

光学设计手册

李士贤 郑乐年 编
袁旭沧 审校

● 北京理工大学出版社

光学设计手册

李士贤 郑乐年 编

袁旭沧 审校

北京理工大学出版社



内 容 简 介

本手册是为光学设计者编写的专业工具书，手册中编入了最新制（修）订的80多个标准及其他重要技术资料，这些标准和资料是光学设计的重要依据。对标准的贯彻是提高产品质量的重要途径，因此本手册也可作为从事光学仪器设计、制造、工艺人员及高等院校师生的专业参考书、工具书。

手册内容由三部分组成：光学材料，除无色及有色光学玻璃外，还介绍了晶体材料、光学塑料，光学纤维等其他光学材料；光学制图及对光学零件材料和加工技术条件的最新国家标准；各类型典型光学系统的基本参数、技术条件、通用技术规范等有关标准，并提供了210多个典型光学系统数据。

本手册的特点是内容集中、针对性强，可用数据多、技术资料多、常用图表多，实用性极强。有了本手册，读者能以较经济的时间和价钱，在一本手册中就可查到有关“光学设计”方面的现行的和最新的国家标准、专业标准及部颁标准，免受东寻西找之苦。

光 学 设 计 手 册

李士贤 郑乐年 编

袁旭沧 审校

北京理工大学出版社出版
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经营
北京理工大学印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 21.5 印张 659 千字
1990年8月第一版 1990年8月第一次印刷
ISBN 7-31013-380-6/O·61
印数：1—1800册 定价：12.55元

前 言

为了适应改革开放的需要,近年来我国光学工业领域参照国际、国外先进标准,结合我国国情,制(修)订了许多新标准,这些标准是进行设计工作的重要依据,贯彻执行这些标准是提高产品质量的重要途径。因此,我们把光学设计有关的国家标准和重要的技术资料,加以系统整理,汇编成册,提供给光学设计者。这对提高我国光学设计质量,促进光学设计工作者的知识更新将是很有意义的。

近年来,国内出版了不少有关光学方面的手册,但是他们的内容大多包罗万象,篇幅巨大,价钱昂贵,不便于使用者人手一册。我们编写的这本手册内容集中,针对性强;可用数据多,技术资料多,常用图表多,但篇幅又不过大,便于查阅,经济实用性好,使用者有条件人手一册。

本手册与《应用光学》(袁旭沧主编,1988年7月国防工业出版社再版)和《光学设计》(袁旭沧等编著,1983年2月科学出版社出版,经改编后1988年12月北京理工大学出版社出版)构成一个完整的体系,但又是一本独立的光学专业工具书。上述两本书中已阐述过的光学仪器成像原理,外形尺寸计算方法,像差计算、像差理论、各种典型光学系统的设计方法和设计过程等内容,手册中均不再重复。手册的内容主要由三部分组成:光学材料(包括无色光学玻璃、有色光学玻璃、光学晶体、及光学塑料、微晶玻璃、光学纤维等其他光学材料);光学制图及对光学零件材料和加工的技术要求的各种标准;各种典型光学系统(包括平面镜棱镜、双筒望远镜、炮兵用光学仪器、大地测量仪器、通用及各种专用显微镜、照相机镜头、人像镜头、放大机镜头、投影物镜、电影放映物镜等)。前两部分是手册的基本内容,在光学设计中,选择符合标准要求的光学材料、对光学零件的材料及加工提出合理的技术要求,绘制出规范化的各类光学图样,是对光学设计者的基本要求。而涉及这些内容的许多国家标准都已进行了更新,例如最常用的“无色光学玻璃”、“光学制图”、“光学零件球面半径数值系列”、“透镜中心误差”、“光学零件表面疵病”、“光学零件气泡度”、“光学零件镀膜”中一系列标准等,都已用新的国家标准取代了原有国家标准,我们将新标准均收入手册中。第三部分涉及的标准多,内容广泛,相互间又有重复,我们在收集大量标准和技术资料的基础上,进行了整理精选和适当的合并压缩,其主要内容侧重于各种不同类型光学系统的基本参数、技术条件和通用技术规范有关的标准,这些标准是使用单位提出技术要求、光学设计工作者进行设计的重要依据。为了便于读者查证,在有关标题后面用括弧注上标准号。标GB ×××—××字样的标准,暂未下达标准号,其内容根据标准的送审稿编写而成,待正式标准发布后,再进行订正。手册中共收入80多个标准,210多个光学系统结构数据,供读者查用、参考。

由于各项标准制(修)订工作是陆续进行的,因此在一些尚未修订的现行标准中,所引用的某些标准号已改变,但为了保持尚未修订的现行标准的完整性,我们仍引用这些标准的原文。

手册的第一、二、三、四、六章由李士贤负责编写,第五章由郑乐年负责编写,袁旭

沧教授审阅了全稿，并给予了許多有益的指导，查立豫教授、陆乃驹副教授、汤自义工程师，北京光学仪器厂的韩忆南高级工程师、机电委标准化研究所唐捷同志为手册提供了宝贵资料，还有许多同志给予了很大支持，在此一并表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，对标准理解不深，一定有不少缺点错误，热忱欢迎读者批评指正。

编 者

1989年7月于北京理工大学

目 录

第一章 光学材料

第一节 无色光学玻璃	1
1 系列、类型和牌号	1
2 质量指标、类别和级别	3
3 无色光学玻璃理化性能	14
4 国产无色光学玻璃与国外牌号对照	38
第二节 有色光学玻璃	10
1 名词术语	40
2 类型、牌号、分类和分级	40
3 有色光学玻璃质量范围及供货条件	52
4 有色光学玻璃的物理化学性能及光谱透过曲线	55
5 有色玻璃牌号与国外牌号对照	78
第三节 光学晶体	80
1 主要性能参数	80
2 光学晶体质量指标分级分类	80
3 技术要求	83
4 几种常用晶体材料性能	83
5 光学晶体透过率曲线	84
第四节 其他光学材料	84
1 光学石英玻璃	84
2 微晶玻璃	88
3 光学塑料	86
4 光学纤维	91
5 航空有机玻璃	91
6 乳白漫射玻璃	92
7 常用液体的折射率	93

第二章 光学制图及光学零件技术要求

第一节 光学制图	94
1 一般规定	94
2 图样类型	94
3 各种图样类型的应用举例	99
4 光学结构参数表及矢高表	102
第二节 对光学零件材料的要求	102
第三节 对光学零件的加工要求	103
1 光学零件球面半径数值系列	103
2 光学零件的表面误差	112

3	光学零件外径及配合公差的给定	114
4	光学零件的中心厚度及边缘最小厚度	115
5	光学零件厚度公差	118
6	光学零件的倒角	118
7	透镜中心误差	119
8	角度公差	121
9	光学零件气泡度	123
10	光学零件表面疵病	126
11	表面粗糙度	129
12	光学分划零件技术要求	132
13	光学零件镀膜	137
14	光学零件的胶合	142
15	光学零件外圆涂漆	143

第三章 平面反射镜及棱镜

第一节	平面反射镜	141
第二节	反射棱镜光轴、光轴长度、光轴截面与光学平行度	144
1	术语定义	141
2	在图样上的标注	145
3	光学平行度与棱镜几何误差的关系	146
第三节	直角棱镜	147
1	型式和基本尺寸	147
2	技术要求	148
3	直角棱镜标记的表示方法	151
4	直角棱镜的光学平行差与角量偏差的关系	151
第四节	反射棱镜分类、代号与图表	153
1	棱镜分类	153
2	棱镜名称的表示符号	154
3	光轴折转次数及表示符号	154
4	光轴偏转角及光轴折转角	154
5	棱镜代号	154
6	棱镜图表说明	155
7	标注	156
8	棱镜图表	156
9	角度公差给定原则(参考)	171
第五节	反射棱镜像偏转特性	171
1	名词术语	171
2	常用反射棱镜像偏转特性图表	172
3	反射棱镜作用矩阵、像偏转的计算方法	172
第六节	反射棱镜系统的应用举例	203
1	转像系统	203
2	分像或合像系统	204
第七节	折射棱镜	206

1	折射棱镜的性质	206
2	直视棱镜和消色差棱镜	206
3	折射棱镜的应用举例	206

第四章 望远镜系统

第一节	棱镜式双筒望远镜和伽里略式双筒望远镜	210
1	名词术语	210
2	棱镜式双筒望远镜的分类	210
3	技术要求	210
第二节	炮用瞄准镜光学性能要求	212
第三节	炮兵光学仪器光学性能要求	213
1	视放大率	213
2	视场	213
3	出瞳直径	213
4	出瞳距离	213
5	眼点距离	213
6	视度零位和调整范围	213
7	视差	213
8	分划倾斜	214
9	物像倾斜和相对倾斜	214
10	透过系数	214
11	杂光系数	214
12	分辨率和像质	214
13	双目产品的特殊性能要求	215
第四节	大地测量仪器	215
1	经纬仪	215
2	平板仪	220
3	水准仪系列及其基本参数	221
4	大地测量仪器分划板	222
第五节	望远物镜典型结构参数	223
第六节	目镜典型结构参数	229

第五章 显微镜系统

第一节	显微镜通用技术规范	244
1	显微镜物镜系列	244
2	显微镜目镜系列	245
3	显微镜聚光镜系列	245
4	显微镜放大率	246
5	显微镜物镜和目镜的标志	248
6	显微镜光学连接尺寸	251
7	显微镜用载玻片	252
8	显微镜用盖玻片	253
9	显微镜光学显微术通用浸油	254

10 显微镜光谱滤色片基本规格	254
第二节 专用显微镜系列和技术条件	255
1 生物显微镜	255
2 体视显微镜	258
3 工具显微镜系列	259
4 读数显微镜	261
5 金相显微镜系列	261
6 偏光显微镜	261
第三节 显微镜物镜典型结构参数	266

第六章 照相物镜

第一节 照相机镜头	276
1 名词术语	276
2 基本参数、性能及指标	279
第二节 人像镜头及放大机镜头技术条件	283
1 人像镜头	283
2 放大镜头	285
第三节 电影放映物镜及投影仪物镜技术条件	286
1 电影放映物镜技术条件	286
2 投影物镜技术条件	287
第四节 照相机镜头系列	288
1 35mm照相机定焦距镜头系列	288
2 35mm照相机变焦距镜头系列	289
3 120照相机定焦距镜头系列	290
4 座式照相机镜头系列	291
5 电影摄影物镜系列	291
第五节 国内部分照相镜头产品系列 (目录)	293
1 照相机镜头产品系列	293
2 放大镜头产品系列	295
3 复印机镜头产品系列	296
4 电影摄影、放映镜头产品系列	298
第六节 照相机像幅尺寸	302
1 照相机像幅尺寸	302
2 航空摄影测量照相机的像幅尺寸	302
3 座式照相机像幅尺寸	303
4 便携式座式照相机像幅尺寸	303
第七节 摄影用滤光镜	303
1 摄影用玻璃滤光镜的通用规则	303
2 摄影用色滤光镜	305
3 摄影用中性玻璃滤光镜	306
第八节 照相物镜典型结构参数	307
1 投影物镜典型结构参数	307
2 放映物镜典型结构参数	309

3	国内部分照相物镜典型结构参数	310
4	国外部分照相物镜典型结构参数	316
附录	几何光学常用术语、符号 (GB 1224—76)	324

第一章 光学材料

第一节 无色光学玻璃(GB 903—87)

该标准适用于直径或边长不大于300mm,厚度不大于60mm的无色光学玻璃毛坯(以下简称玻璃)

1 系列、类型和牌号

1.1 系列

无色光学玻璃分为两个系列:

- a 普通光学玻璃系列(P系列),其牌号序号由1~99;
- b 耐辐射光学玻璃系列(N系列),其牌号序号由501~599。

1.2 类型

根据折射率 n_d 和色散系数 ν_d 在 $n_d-\nu_d$ 领域图(见图1-2)中的位置,无色光学玻璃按表1-1分为18种类型。

无色光学玻璃类型

表 1-1

玻璃类型		玻璃类型	
代号	名称	代号	名称
FK	氟冕玻璃	QF	轻火石玻璃
QK	轻冕玻璃	F	火石玻璃
K	冕玻璃	BaF	钡火石玻璃
PK	磷冕玻璃	ZBaF	重钡火石玻璃
BaK	钡冕玻璃	ZF	重火石玻璃
ZK	重冕玻璃	LaF	镧火石玻璃
LaK	镧冕玻璃	ZLaF	重镧火石玻璃
TK	特冕玻璃	TiF	钛火石玻璃
KF	冕火石玻璃	TF	特种火石玻璃

1.3 牌号

各牌号玻璃的折射率 n_d 、中部色散 n_F-n_C 及色散系数 ν_d 的标准数值按表1-2的规定。

无色光学玻璃 n_d 、 n_F-n_C 、 ν_d 标准数值

表 1-2

玻璃牌号		折射率 n_d	中部色散 n_F-n_C	色散系数 ν_d	玻璃牌号		折射率 n_d	中部色散 n_F-n_C	色散系数 ν_d
P系列	N系列				P系列	N系列			
氟冕玻璃					冕玻璃				
FK1	—	1.48605	0.005941	81.81	K1	—	1.49967	0.008050	62.07
FK2	—	1.48656	0.005760	84.47	K2	K502	1.50047	0.007580	66.02
轻冕玻璃					K3	—	1.50463	0.007797	64.72
QK1	—	1.47047	0.007040	68.83	K4	—	1.50802	0.008321	61.05
QK2	—	1.47817	0.007290	65.59	K5	K505	1.51007	0.008050	63.36
OK3	—	1.48746	0.006960	70.04	K6	—	1.51112	0.008454	60.46

续表 1—2

玻璃牌号		折射率 n_d	中部色散 $n_F - n_C$	色散系数 ν_d	玻璃牌号		折射率 n_d	中部色散 $n_F - n_C$	色散系数 ν_d
P系列	N系列				P系列	N系列			
冕 玻 璃					钡 冕 玻 璃				
K7	K507	1.51478	0.008490	60.63	LaK8	—	1.72000	0.014282	50.41
K8	—	1.51602	0.009086	56.79	LaK10	—	1.65113	0.011650	55.89
K9	K509	1.51637	0.008060	64.07	LaK11	—	1.66461	0.012170	54.61
K10	K510	1.51818	0.008790	58.95	LaK12	—	1.69680	0.012404	56.18
K11	—	1.52638	0.008750	60.16	特 冕 玻 璃				
K12	—	1.53359	0.009620	55.47	TK1	—	1.53359	0.009600	61.04
K16	—	1.51878	0.008410	61.69	冕 火 石 玻 璃				
磷 冕 玻 璃					KP1	KP501	1.50058	0.008750	57.21
PK1	—	1.51907	0.007430	69.86	KP2	KP502	1.51539	0.009460	54.48
PK2	—	1.54867	0.008060	68.07	KP3	—	1.52629	0.010320	51.00
钡 冕 玻 璃					轻 火 石 玻 璃				
BaK1	BaK501	1.53028	0.008770	60.47	QF1	—	1.54811	0.011950	45.87
BaK2	BaK502	1.53998	0.009050	59.67	QF2	QF502	1.56091	0.011990	46.78
BaK3	BaK503	1.54678	0.008710	62.78	QF3	QF503	1.57502	0.013920	41.31
BaK4	—	1.55248	0.008720	63.36	QF5	—	1.58215	0.013852	42.03
BaK5	—	1.56069	0.009610	58.34	QF6	—	1.53172	0.010905	48.76
BaK6	BaK506	1.56388	0.009280	60.76	QF9	—	1.56138	0.012410	45.24
BaK7	BaK507	1.56889	0.010150	56.05	QF11	—	1.57842	0.014070	41.11
BaK8	BaK508	1.57249	0.009960	57.48	QF14	—	1.59551	0.015200	39.18
BaK9	—	1.57444	0.010176	56.45	火 石 玻 璃				
BaK11	—	1.55963	0.009143	61.21	F1	—	1.60324	0.015900	37.94
重 冕 玻 璃					F2	—	1.61295	0.016590	36.95
ZK1	ZK501	1.56828	0.009040	62.93	F502	F502	1.61395	0.016590	37.01
ZK2	—	1.58313	0.009831	59.32	F3	—	1.61655	0.016840	36.61
ZK3	ZK503	1.58919	0.009620	61.25	F503	F503	1.61705	0.016840	36.64
ZK4	—	1.60881	0.010344	58.86	F4	—	1.62005	0.017060	36.35
ZK5	ZK505	1.61120	0.010950	55.82	F504	F504	1.62055	0.017060	36.37
ZK6	ZK506	1.61269	0.010500	58.35	F5	—	1.62435	0.017380	35.92
ZK7	ZK507	1.61309	0.010120	60.58	F505	F505	1.62485	0.017380	35.95
ZK8	ZK508	1.61410	0.011140	55.13	F6	—	1.62495	0.017570	35.57
ZK9	ZK509	1.62041	0.010293	60.29	F506	F506	1.62545	0.017570	35.60
ZK10	ZK510	1.62210	0.010970	56.71	F7	—	1.63636	0.018001	35.35
ZK11	ZK511	1.63854	0.011507	55.49	F12	—	1.62364	0.016941	36.81
ZK14	—	1.60311	0.009952	60.60	F13	—	1.62588	0.017530	35.70
ZK15	—	1.60729	0.010214	59.46	钡 火 石 玻 璃				
ZK19	—	1.61375	0.010882	56.40	BaF1	—	1.54809	0.010160	53.95
ZK20	—	1.61720	0.011448	53.91	BaF2	BaF502	1.56970	0.011520	49.45
钡 冕 玻 璃					BaF3	BaF503	1.57960	0.010760	53.87
LaK1	—	1.65950	0.011500	57.35	BaF4	BaF504	1.58271	0.012540	46.47
LaK2	—	1.69211	0.012690	54.54	BaF5	—	1.60562	0.013787	43.93
LaK3	—	1.74693	0.014660	50.95	BaF6	BaF506	1.60772	0.013180	46.11
LaK4	—	1.64050	0.010658	60.10	BaF7	—	1.61413	0.015340	40.03
LaK5	—	1.67790	0.012210	55.52	BaF8	BaF508	1.62604	0.016010	39.10
LaK6	—	1.69350	0.012992	53.38					
LaK7	—	1.71300	0.013245	53.83					

续表 1-2

玻璃牌号		折射率	中部色散	色散系数	玻璃牌号		折射率	中部色散	色散系数
P系列	N系列	n_d	$n_F - n_C$	V_d	P系列	N系列	n_d	$n_F - n_C$	V_d
重钡火石玻璃					镉火石玻璃				
ZBaF1	ZBaF501	1.62231	0.011710	53.14	LaF1	—	1.69362	0.014100	49.19
ZBaF2	ZBaF502	1.63962	0.013250	48.27	LaF2	—	1.71700	0.014972	47.89
ZBaF3	ZBaF503	1.65691	0.012850	51.12	LaF3	—	1.74400	0.016565	44.91
ZBaF4	ZBaF504	1.66426	0.018740	36.45	LaF4	—	1.74950	0.021421	34.99
ZBaF5	ZBaF505	1.67103	0.014190	47.29	LaF5	—	1.75367	0.020080	37.55
ZBaF8	—	1.60729	0.012293	49.40	LaF6	—	1.75719	0.015836	47.81
ZBaF11	—	1.62012	0.012451	49.80	LaF7	—	1.78179	0.021077	37.09
ZBaF13	—	1.63900	0.014151	45.18	LaF8	—	1.78427	0.018989	41.30
ZBaF15	—	1.65128	0.016994	38.32	LaF9	—	1.78443	0.017875	43.88
ZBaF16	—	1.66672	0.013769	48.12	LaF10	—	1.78831	0.016635	47.39
ZBaF17	—	1.66735	0.015921	41.93	重镉火石玻璃				
ZBaF18	—	1.66998	0.017090	39.20	ZLaF1	—	1.80166	0.018111	44.26
ZBaF20	—	1.70181	0.017112	41.01	ZLaF2	—	1.80279	0.017168	46.76
ZBaF21	—	1.72340	0.019040	37.99	ZLaF3	—	1.85544	0.023381	36.59
重火石玻璃					ZLaF4	—	1.91042	0.025665	35.47
ZF1	ZF501	1.64767	0.019120	33.87	钛火石玻璃				
ZF2	ZF502	1.67268	0.020870	32.23	TiF1	—	1.53256	0.011580	45.99
ZF3	ZF503	1.71741	0.024310	29.51	TiF2	—	1.58013	0.015260	38.02
ZF4	ZF504	1.72822	0.025700	28.34	TiF3	—	1.59270	0.016560	35.79
ZF5	ZF505	1.74062	0.026280	28.16	TiF4	—	1.61650	0.019904	30.97
ZF6	ZF506	1.75523	0.027430	27.53	特种火石玻璃				
ZF7	—	1.80627	0.031780	25.37	TF1	—	1.52949	0.010220	51.81
ZF8	—	1.65446	0.019447	33.65	TF3	—	1.61242	0.013890	44.09
ZF10	—	1.68893	0.022998	31.18	TF4	—	1.61340	0.013848	44.30
ZF11	—	1.69895	0.023246	30.07	TF5	—	1.65412	0.016507	39.63
ZF12	—	1.76182	0.028718	26.53	TF6	—	1.68064	0.018305	37.18
ZF13	—	1.78472	0.030468	25.76					
ZF14	—	1.91761	0.042658	21.51					

2 质量指标、类别和级别

2.1 质量指标

玻璃按下列各项质量指标分类和分级：

- a. 折射率、色散系数与标准数值的允许差值；
- b. 同一批玻璃中，折射率及色散系数的一致性；
- c. 光学均匀性；
- d. 应力双折射；
- e. 条纹度；
- f. 气泡度；
- g. 光吸收系数；
- h. 耐辐射性能（N系列玻璃）。

2.2 分类分级

2.2.1 折射率、色散系数

2.2.1.1 根据折射率及色散系数与标准数值的允许差值，玻璃按表1—3和表1—4各分为6类。

无色光学玻璃 n_d 允许差值

表 1—3

类 别	折射率 n_d 允许差值	类 别	折射率 n_d 允许差值
00	$\pm 2 \times 10^{-4}$	2	$\pm 7 \times 10^{-4}$
0	$\pm 3 \times 10^{-4}$	3	$\pm 10 \times 10^{-4}$
1	$\pm 5 \times 10^{-4}$	4	$\pm 20 \times 10^{-4}$

ν_d 允许差值

表 1—4

类 别	色散系数 ν_d 允许差值	类 别	色散系数 ν_d 允许差值
00	$\pm 0.2\%$	2	$\pm 0.7\%$
0	$\pm 0.3\%$	3	$\pm 0.9\%$
1	$\pm 0.5\%$	4	$\pm 1.5\%$

表1—3和表1—4中的4类仅适用于 n_d 大于1.82的玻璃。

2.2.1.2 根据同一批玻璃中，折射率及色散系数的最大差值，玻璃的一致性按表1—5分为4级。

玻璃一致性的分级

表 1—5

级 别	同一批玻璃中的最大差值	
	折 射 率	色 散 系 数
A	0.5×10^{-4}	0.15%
B	1×10^{-4}	
C	2×10^{-4}	
D	在所定类别内	在所定类别内

2.2.2 光学均匀性

光学均匀性指同一块玻璃中各点折射率的不一致性，是由于退火炉内各处温度不均匀所引起的。光线通过一块折射率不均匀的玻璃时，会使各部分光程产生不规则的变化，因而影响光学系统的成像质量。按国家标准规定，当玻璃直径或边长不大于150mm的无色光学玻璃毛坯的光学均匀性用分辨率的比值法表示；玻璃直径或边长为150mm~300mm的无色光学玻璃（称大块光学玻璃）的光学均匀性以一块玻璃中各部位间的折射率微差最大值表示。

2.2.2.1 玻璃的光学均匀性以分辨率的比值 α/α_0 表示时，按表1—6分为4类。

玻璃光学均匀性的分类

表 1—6

类 别	α/α_0 最大比值	星 点 图
1	1.0	中央是一个明亮的圆斑，外面是些同心的圆环，但不应出现断裂、尾翹、畸角及扁圆变形等
2	1.0	中央是一个明亮的圆斑，外面是些变形的同心圆环，所有圆环趋向一致，大致保持圆形，两环之间的间隔大体相等，每个环的宽度允许有变化，但不应有断裂、尾翹、畸角等
3	1.1	—
4	1.2	—

注： α_0 代表平行光管的理论分辨率； α 代表玻璃放入平行光管后的分辨率。

2.2.2.2 玻璃的光学均匀性以一块玻璃中各部位间的折射率微差最大值 Δn_{max} 表示时, 表按1—7分为4类。

表 1—7

类 别	折射率最大微差 Δn_{max}
H1	$\pm 2 \times 10^{-6}$
H2	$\pm 5 \times 10^{-6}$
H3	$\pm 1 \times 10^{-5}$
H4	$\pm 2 \times 10^{-5}$

2.2.3 应力双折射

光学玻璃的内应力是指退火时各处温度不均匀而带来的应力。其危害为:

(1) 应力较大时, 在光学加工过程中, 容易引起玻璃炸裂; 即使应力不大时, 也容易使光圈变坏。

(2) 产生与杂散光相类似的影响, 造成像质变坏。

(3) 应力分布不均匀, 导致折射率不均匀, 使通过玻璃后的光波波面变形, 像质也会变坏。

光学玻璃的应力分中部应力与边缘应力。按规定, 小块玻璃检验中部应力; 大块玻璃(直径大于150mm和重量超过3kg)除了检验中部应力, 还要检验边缘应力。

2.2.3.1 玻璃的应力双折射以其最长边中部单位厚度上的光程差 δ (nm/cm)表示时, 按表 1—8分为4类。

表 1—8

类 别	玻璃中部光程差 δ (nm/cm)
1	2
1a	4
2	6
3	10

2.2.3.2 玻璃的应力双折射以其距边缘5%直径或边长处单位厚度上的最大光程差 δ_{max} (nm/cm)表示时, 按表1—9分为4类。

表 1—9

类 别	玻璃边缘最大光程差 δ_{max} (nm/cm)
S1	3
S2	5
S3	10
S4	20

2.2.4 条纹度

条纹是指玻璃内部折射率的局部不均匀, 外形如线状条纹, 类似于圆柱透镜, 引起光线方向的变

异, 主要是由于光学玻璃熔炼过程中各部分成分不同而引起的。最易引起条纹的玻璃是 ZF 类, 其次为 F, BaF, BaK 等。

2.2.4.1 玻璃用投影条纹仪从规定方向观测时, 条纹度按表 1—10 分为 4 类。

类别	光阑孔径	玻璃与投影屏间的距离	光阑与投影屏间的距离	在屏上观测结果
00	1	650 ± 30	2000 ± 100	无任何条纹影像
0	2	650 ± 30	2000 ± 100	无任何条纹影像
1	2	250 ± 10	750 ± 30	无任何条纹影像
2	4	250 ± 10	750 ± 30	每300cm ³ 玻璃中允许有长度小于12mm的条纹影像10根, 但彼此相距不得小于10mm。

2.2.4.2 根据规定观察玻璃的方向数, 玻璃的条纹度按表 1—11 分为 3 级。

级 别	观察玻璃的方向数
A	3
B	2
C	1

2.2.5 气泡度

玻璃中的气泡相当细微的凹透镜, 引起光的散射和折射。最容易引起气泡的玻璃是含有 BaO 的 BaK、BaF 和 ZK 等。

2.2.5.1 玻璃的气泡度类别根据其直径或最大边长及所含最大气泡的直径, 按图 1—1 分为 3 类。

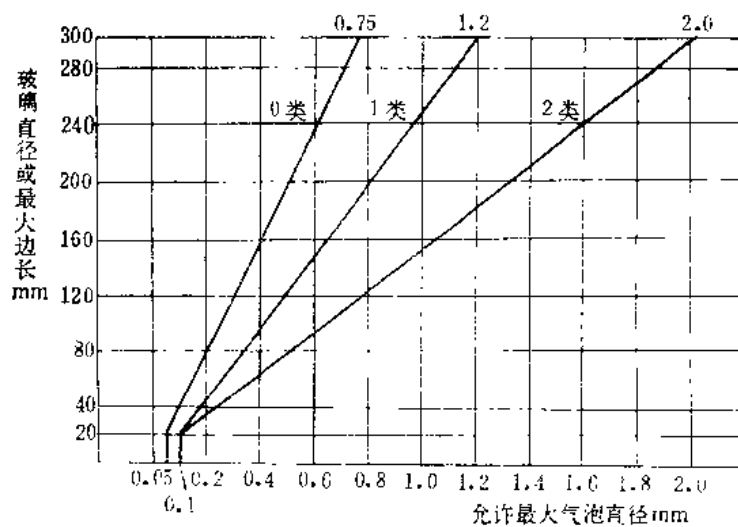


图 1—1 气泡度分类图

2.2.5.2 玻璃的气泡度级别根据每100cm³玻璃内允许含有气泡的总截面积 (mm²) 的大小, 按表 1—12分为 7 级 (结石、结晶体及其它内含物亦作为气泡计算。扁长气泡取最长轴和最短轴的算术平均值为直径计算截面积)。

玻璃气泡度分级 (mm²/100cm³)

表 1—12

级 别	直径 $\phi \geq 0.05\text{mm}$ 气泡的总截面积
A ₀₀	$\geq 0.003-0.03$
A ₀	$> 0.03-0.10$
A	$> 0.10-0.25$
B	$> 0.25-0.50$
C	$> 0.50-1.00$
D	$> 1.00-2.00$
E	$> 2.00-4.00$

光学玻璃的气泡度级别也可根据每100cm³玻璃内允许含有的气泡数量按表1—13分为 7 级。

玻璃气泡度分级

表 1—13

气泡度级别	每100cm ³ 玻璃中, 直径 $\phi \geq 0.05\text{mm}$ 的气泡平均数 (个)
A ₀₀	1
A ₀	2
a	3.3
b	10
c	30
d	90
e	150

结石、结晶体及其它内含物亦作为气泡计算; 扁长气泡的直径为最长轴和最短轴的算术平均值。

2.2.6 光吸收系数

在“应用光学”中曾介绍过光束通过透明介质时吸收损失的计算公式为

$$E_2 = E_1 e^{-k l}$$

式中, l 为透明介质厚度, 以厘米为单位; E_1 为入射到厚度为 l 的透明介质的光通量; E_2 为通过厚度为 l 的透明介质后的光通量; k 为光的吸收系数。

我们称因子 $e^{-k l}$ 为透明介质的内透过率, 用 $\tau_{内}$ 表示, 即

$$\tau_{内} = e^{-k l}$$

对上式两边取自然对数, 得

$$\ln \tau_{内} = -k l$$

或

$$k = \frac{-\ln \tau_{内}}{l}$$

若取 l 为单位长度 (1cm), 则 $k = -\ln \tau_{内}$, 这就是说: 玻璃的光吸收系数用白光通过玻璃中每厘米路程的内透过率的自然对数的负值表示, 按表1—14分为 8 类。

玻璃光吸收系数分类

表 1-14

类别	光吸收系数最大值	类别	光吸收系数最大值
00	0.001	3	0.008
0	0.002	4	0.010
1	0.004	5	0.015
2	0.006	6	0.030

2.2.7 耐辐射性能

2.2.7.1 名词术语

(1) 耐辐射玻璃

在 高能辐射 (如 γ 射线、 x 射线及宇宙射线) 作用下, 具有一定抗辐射稳定性 (不易着色或变暗) 的光学玻璃称为耐辐射玻璃。耐辐射玻璃在无色光学玻璃国标中属 N 系列。

耐辐射玻璃的牌号是这样规定的: 例如 K9 是普通光学玻璃, 而 K509 则表示光学常数与 K9 玻璃相同, 但它能耐 $1 \times 10^5 \text{R}$ (伦琴) 剂量的 γ 射线或 x 射线的辐照。

(2) 光密度

假定一束白光通过透明介质时的透过率为 τ (既考虑了吸收损失, 也考虑了介质两表面的反射损失)。我们把 τ 的对数 (以 10 为底) 的负值称为光密度, 用 D 表示, 即 $D = -\lg \tau$ 。例如 $\tau = 0.1, D = 1; \tau = 0.01, D = 2$ 。光密度数值越大, 表示透明介质的透过率越低。

2.2.7.2 耐辐射性能

耐辐射光学玻璃的耐辐射性能, 用总剂量为 $1 \times 10^5 \text{R}$ (伦琴) 的 x 射线辐照玻璃后的每厘米厚度上的光密度增量 ΔD_1 来表示, 应符合表 1-15 的规定。

光 学 玻 璃

玻璃牌号	折射率类别 n_d	色散系数类别 ν_d	n_d, ν_d 一致性	光学均匀性类别		类 别
				分辨率法	干涉法	
FK1、FK2	1-3	1-3	A-D	2-4	H ₃ -H ₄	1-2
QK1	0-3	0-3	A-D	2-4	H ₃ -H ₄	1-2
QK2	1-3	1-3	A-D	2-4	H ₃ -H ₄	1-2
QK3	0-3	0-3	A-D	2-4	H ₃ -H ₄	1-2
K1-K3	0-3	0-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
K 502	0-3	0-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
K4	0-3	0-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
K5	0-3	1-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
K505	1-3	1-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
K6、K7	1-3	1-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
K507	1-3	1-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
K8、K10、K16	0-3	0-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
K9	00-3	00-3	A-D	1-4	H ₁ -H ₄	00-2
K509	00-3	00-3	A-D	1-4	H ₁ -H ₄	1-2
K510	0-3	0-3	A-D	2-4	H ₂ -H ₄	1-2

耐辐射玻璃的光密度增量

表 1-15

牌 号	光密度增量 ΔD_1 不大于	牌 号	光密度增量 ΔD_1 不大于
K502	0.035	QF503	0.110
K505	0.030	F502	0.080
K507	0.035	F503	0.065
K509	0.030	F504	0.060
K510	0.060	F505	0.050
BaK501	0.025	F506	0.050
BaK502	0.020	BaF502	0.060
BaK503	0.025	BaF503	0.045
BaK506	0.025	BaF504	0.045
BaK507	0.040	BaF506	0.065
BaK508	0.020	BaF508	0.055
ZK501	0.030	ZBaF501	0.055
ZK503	0.025	ZBaF502	0.090
ZK505	0.025	ZBaF503	0.055
ZK506	0.020	ZBaF504	0.200
ZK507	0.025	ZBaF505	0.200
ZK508	0.020	ZF501	0.080
ZK509	0.035	ZF502	0.060
ZK510	0.025	ZF503	0.080
ZK511	0.065	ZF504	0.120
LaK501	0.065	ZF505	0.120
KF501	0.065	ZF506	0.080
KF502	0.110	TF501	0.060
QF502	0.110		

2.3 玻璃质量范围及供货条件

玻璃质量范围及供货条件应遵守表1-16的规定。

质 量 范 围

表 1-16

级 别	气 泡 度		应力双折射类别		光 吸 收 系 数 类 别	玻 璃 牌 号
	类 别	级 别	中部应力	边缘应力		
C	0-2	B-D	2-3	S ₂ -S ₄	1-4	EK1, EK2
C	0-2	A-C	2-3	S ₂ -S ₄	2-4	QK1
C	0-2	D-E	2-3	S ₂ -S ₄	5-6	QK2
C	0-2	A-D	2-3	S ₂ -S ₄	2-4	QK3
A-C	0-2	A-D	1a-3	S ₂ -S ₄	2-4	K1~K3
A-C	0-2	A-D	1a-3	S ₂ -S ₄	3-4	K502
C	0-2	A-D	1a-3	S ₂ -S ₄	2-4	K4
A-C	0-2	A-C	1a-3	S ₂ -S ₄	2-4	K5
A-C	0-2	A-C	1a-3	S ₂ -S ₄	3-4	K505
A-C	0-2	A-D	1a-3	S ₂ -S ₄	2-4	K6, K7
A-C	0-2	A-D	1a-3	S ₂ -S ₄	3-4	K507
A-C	0-2	A-D	1a-3	S ₂ -S ₄	2-4	K8, K10, K16
A-C	0-2	A ₀₀ -B	1-3	S ₁ -S ₄	0-4	K9
A-C	0-2	A ₀ -B	1-3	S ₁ -S ₄	1-4	K509
A-C	0-2	A-D	1a-3	S ₂ -S ₄	2-4	K510

续表 1-16

玻璃代号	折 射 率 类 别 n_d	色散系数 类 别 ν_d	n_d, ν_d 一 致 性	光学均匀性类别		条 纹 度 类 别
				分辨率法	干 涉 法	
K11、BaK1	0-3	0-3	A-D	1-4	H ₂ -II ₁	1-2
K12	1-3	1-3	A-D	1-4	H ₂ -II ₄	1-2
PK1、PK2	1-3	1-3	A-D	2-4	II ₃ -II ₄	1-2
BaK501	0-3	0-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
BaK2	00-3	00-3	A-D	1-4	H ₁ -H ₄	1-2
BaK502	0-3	0-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
BaK503、BaK3-BaK5	0-3	0-3	A-D	1-4	H ₂ -II ₁	1-2
BaK506	0-3	0-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
BaK7、ZK7	00-3	00-3	A-D	1-4	II ₂ -II ₄	1-2
BaK507、BaK8	0-3	0-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
ZK505、ZK506、BaK508	0-3	0-3	A-D	1-4	II ₂ -H ₄	1-2
ZK1、BaK9、BaK11	1-3	1-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
ZK501	1-3	1-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
ZK2~ZK6	0-3	0-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
ZK8、ZK503	0-3	0-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
ZK507、ZK508、ZK509	0-3	0-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
ZK9、ZK10、ZK19	00-3	00-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
ZK505、ZK506、ZK510	0-3	0-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
ZK11	00-3	00-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
ZK511	0-3	0-3	A-D	1-4	H ₂ -II ₄	1-2
ZK14、ZK15、ZK20	1-3	1-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
LaK1、LaK10、LaK11	1-3	1-3	A-D	2-4	H ₃ -II ₁	1-2
LaK501	1-3	1-3	A-D	2-4	H ₃ -H ₄	1-2
LaK2	0-3	0-3	A-D	2-4	H ₃ -H ₄	1-2
LaK3、LaK7、LaK12	1-3	1-3	A-D	2-4	H ₃ -II ₄	1-2
LaK4	1-3	1-3	A-D	2-4	H ₃ -H ₄	1-2
LaK5、LaK6	1-3	1-3	A-D	2-4	H ₃ -H ₄	1-2
LaK8	0-3	0-3	A-D	2-4	H ₃ -H ₄	1-2
TK1	1-3	1-3	A-D	2-4	II ₃ -II ₄	1-2
KF1	1-3	1-3	A-D	1-4	H ₂ -II ₄	1-2
KF501	1-3	1-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
KF2	0-3	0-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
KF502	0-3	0-3	A-D	1-4	H ₂ -II ₄	1-2
QF2、QF6、QF9、QF11、KF3	1-3	1-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
QF1、QF3	0-3	0-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
QF502	1-3	1-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
QF503	1-3	1-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
QF5	0-3	0-3	A-D	1-4	H ₂ -II ₄	1-2
QF14	0-3	0-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
F1	1-3	1-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
F2	0-3	0-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
F502、F504、F505	0-3	0-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
F3	00-3	00-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
F503、ZF5	1-3	1-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
F4、F5	0-3	0-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
F6	1-3	1-3	A-D	1-4	H ₂ -II ₄	1-2

续表 1-16

条纹度		气 泡 度		应力双折射类别		光吸收系数 类 别	玻 璃 牌 号
级 别	类 别	级 别	中 部 应 力	边 缘 应 力	类 别		
A-C	0-2	A-C	1a-3	S ₂ -S ₄	2-4	K11, BaK1	
A-C	0-2	B-D	1a-3	S ₂ -S ₄	2-4	K12	
C	0-2	B-D	2-3	S ₂ -S ₄	2-4	PK1, PK2	
A-C	0-2	A-D	1a-3	S ₂ -S ₄	2-4	BaK501	
A-C	0-2	A-C	1a-3	S ₂ -S ₄	2-4	BaK2	
A-C	0-2	A-C	1a-3	S ₂ -S ₄	2-4	BaK502	
A-C	0-2	A-D	1a-3	S ₂ -S ₄	2-4	BaK503, BaK3--BaK6	
A-C	0-2	A-D	1a-3	S ₂ -S ₄	3-4	BaK506	
A-C	0-2	A-C	1a-3	S ₂ -S ₄	1-4	BaK7, ZK7	
A-C	0-2	A-D	1a-3	S ₂ -S ₄	2-4	BaK507, BaK8	
A-C	0-2	A-D	1a-3	S ₂ -S ₄	3-4	BaK508, ZK505, ZK506	
A-C	0-2	A-D	1a-3	S ₂ -S ₄	2-4	ZK1, BaK9, BaK11	
A-C	0-2	A-D	1a-3	S ₂ -S ₄	3-4	ZK501	
A-C	0-2	A-D	1a-3	S ₂ -S ₄	1-4	ZK2--ZK6	
A-C	0-2	A-D	1a-3	S ₂ -S ₄	2-4	ZK3, ZK503	
A-C	0-2	A-D	1a-3	S ₂ -S ₄	3-5	ZK507, ZK508, ZK509	
A-C	0-2	A-D	1a-3	S ₂ -S ₄	1-4	ZK9, ZK10, ZK19	
A-C	0-2	A-D	1a-3	S ₂ -S ₄	3-4	ZK505, ZK506, ZK510	
A-C	0-2	A-D	1a-3	S ₂ -S ₄	2-4	ZK11	
A-C	0-2	A-D	1a-3	S ₂ -S ₄	4-6	ZK511	
A-C	0-2	A-D	1a-3	S ₂ -S ₄	1-4	ZK14, ZK15, ZK20	
C	0-2	A-D	2-3	S ₂ -S ₄	3-4	LaK1, LaK10, LaK11	
C	0-2	B-D	2-3	S ₂ -S ₄	5-6	LaK501	
C	0-2	A-D	2-3	S ₂ -S ₄	3-4	LaK2	
C	0-2	A-D	2-3	S ₂ -S ₄	4-6	LaK3, LaK7, LaK12	
C	0-2	A-D	2-3	S ₂ -S ₄	3-4	LaK4	
C	0-2	A-D	2-3	S ₂ -S ₄	4-5	LaK5, LaK6	
C	0-2	A-D	2-3	S ₂ -S ₄	4-5	LaK8	
C	0-2	C-E	2-3	S ₂ -S ₄	3-4	TK1	
C	0-2	A-D	2-3	S ₂ -S ₄	2-4	KF1	
C	0-2	B-D	2-3	S ₂ -S ₄	3-4	KF501	
A-C	0-2	A-D	2-3	S ₂ -S ₄	3-4	KF2	
A-C	0-2	B-D	2-3	S ₂ -S ₄	3-4	KF502	
A-C	0-2	A-D	2-3	S ₂ -S ₄	2-4	KF3, QF2, QF6, QF9, QF11	
A-C	0-2	A-D	2-3	S ₂ -S ₄	2-4	QF1, QF3	
A-C	0-2	B-D	2-3	S ₂ -S ₄	3-4	QF502	
A-C	0-2	B-D	2-3	S ₂ -S ₄	2-4	QF503	
A-C	0-2	A-C	2-3	S ₂ -S ₄	2-4	QF5	
C	0-2	A-D	2-3	S ₂ -S ₄	2-4	QF14	
C	0-2	A-D	1a-3	S ₂ -S ₄	2-4	F1	
A-C	0-2	A ₀ -C	1a-3	S ₂ -S ₄	1-3	F2	
A-C	0-2	A-C	1a-3	S ₂ -S ₄	2-4	F502, F504, F505	
A-C	0-2	A ₀ -C	1a-3	S ₂ -S ₄	1-3	F3	
A-C	0-2	A-C	1a-3	S ₂ -S ₄	2-4	F503, ZF5	
A-C	0-2	A ₀ -C	1a-3	S ₂ -S ₄	1-4	F4, F5	
A-C	0-2	A ₀ -C	1a-3	S ₂ -S ₄	2-4	F6	

续表 1-16

玻璃牌号	折射率类别 n_d	色散系数 类别 ν_d	n_d, ν_d 一致性	光学均匀性类别		条纹度 类别
				分辨率法	干涉法	
F506	1-3	1-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
F7, F12	1-3	1-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
BaF3, F13	1-3	1-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
BaF1	1-3	1-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
BaF ₂ , BaF ₄ , BaF ₆ , BaF ₈	0-3	0-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
BaF502	0-3	0-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
BaF503	1-3	1-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
BaF504	0-3	0-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
BaF506	1-3	1-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
BaF7	1-3	1-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
BaF8	0-3	0-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
BaF508	1-3	1-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
ZBaF1	0-3	0-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
ZBaF501, ZBaF502	1-3	1-3	A-D	2-4	H ₂ -H ₄	1-2
ZBaF2, ZBaF4, ZBaF5	1-3	1-3	A-D	2-4	H ₂ -H ₄	1-2
ZBaF3	00-3	00-3	A-D	2-4	H ₂ -H ₄	1-2
ZBaF503	0-3	0-3	A-D	2-4	H ₂ -H ₄	1-2
ZBaF504, ZBaF505	1-3	1-3	A-D	2-4	H ₂ -H ₄	1-2
ZBaF8	0-3	0-3	A-D	2-4	H ₂ -H ₄	1-2
ZBaF11, ZBaF17, ZBaF18	1-3	1-3	A-D	2-4	H ₂ -H ₄	1-2
ZBaF13, ZBaF15, ZBaF16	0-3	0-3	A-D	2-4	H ₂ -H ₄	1-2
ZBaF20, ZBaF21	0-3	0-3	A-D	2-4	H ₂ -H ₄	1-2
ZF1, ZF2	00-3	00-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
ZF3, ZF4, ZF501, ZF502	0-3	0-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
ZF503	0-3	0-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
ZF504	0-3	0-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
ZF505, ZF506	1-3	1-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
ZF6, ZF11	0-3	0-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
ZF7	1-3	1-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
ZF8	1-3	1-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
ZF10	0-3	0-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
ZF12	1-3	1-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
ZF13	1-3	1-3	A-D	1-4	H ₂ -H ₄	1-2
ZF14	2-4	2-4	A-D	2-4	H ₃ -H ₄	1-2
LaF1	0-3	0-3	A-D	2-4	H ₂ -H ₄	1-2
LaF2	1-3	1-3	A-D	2-4	H ₂ -H ₄	1-2
LaF ₃	0-3	0-3	A-D	2-4	H ₂ -H ₄	1-2
LaF4, LaF5	1-3	1-3	A-D	2-4	H ₂ -H ₄	1-2
LaF6~LaF10	1-3	1-3	A-D	2-4	H ₂ -H ₄	1-2
ZLaF1, ZLaF2	1-3	1-3	A-D	2-4	H ₃ -H ₄	1-2
ZLaF3, ZLaF4	2-4	2-4	A-D	2-4	H ₃ -H ₄	1-2
TiF1	1-3	1-3	A-D	2-4	H ₂ -H ₄	1-2
TiF2~TiF4	1-3	1-3	A-D	2-4	H ₂ -H ₄	1-2
TF1	1-3	1-3	A-D	2-4	H ₂ -H ₄	1-2
TF3	1-3	1-3	A-D	2-4	H ₃ -H ₄	1-2
TF4~TF6	1-3	1-3	A-D	2-4	H ₃ -H ₄	1-2

续表 1-16

条纹度 级 别	气 泡 度		应力双折射类别		光吸收系 数 类 别	玻 璃 牌 号
	类 别	级 别	中部应力	边缘应力		
A-C	0-2	A-C	1a-3	S ₂ -S ₄	3-4	F506
C	0-2	A-D	1a-3	S ₂ -S ₄	2-4	F7, F12
A-C	0-2	A-D	1a-3	S ₂ -S ₄	2-4	BaF ₃ , F13
A-C	0-2	A-C	1a-3	S ₂ -S ₄	2-4	BaF1
A-C	0-2	A-D	1a-3	S ₂ -S ₄	2-4	BaF2, BaF4, BaF5, BaF6
A-C	0-2	B-D	1a-3	S ₂ -S ₄	2-4	BaF502
A-C	0-2	B-D	1a-3	S ₂ -S ₄	3-5	BaF503
A-C	0-2	B-D	1a-3	S ₂ -S ₄	4-5	BaF504
A-C	0-2	B-D	1a-3	S ₂ -S ₄	4-5	BaF506
A-C	0-2	A-D	1a-3	S ₂ -S ₄	2-4	BaF7
A-C	0-2	A-C	1a-3	S ₂ -S ₄	2-1	BaF8
A-C	0-2	B-D	1a-3	S ₂ -S ₄	3-5	BaF508
C	0-2	A-D	1a-3	S ₂ -S ₄	2-4	ZBaF1
C	0-2	B-D	1a-3	S ₂ -S ₄	3-5	ZBaF501, ZBaF502
C	0-2	A-D	1a-3	S ₂ -S ₄	2-4	ZBaF2, ZBaF ₄ , ZBaF5
C	0-2	A-C	1a-3	S ₂ -S ₄	3-5	ZBaF3
C	0-2	B-D	1a-3	S ₂ -S ₄	4-5	ZBaF503
C	0-2	B-D	1a-3	S ₂ -S ₄	4-6	ZBaF504, ZBaF505
C	0-2	A-D	1a-3	S ₂ -S ₄	2-4	ZBaF8
C	0-2	A-D	1a-3	S ₂ -S ₄	3-5	ZBaF11, ZBaF17, ZBaF18
C	0-2	A-D	1a-3	S ₂ -S ₄	3-5	ZBaF13, ZBaF15, ZBaF16
C	0-2	A-D	1a-3	S ₂ -S ₄	4-5	ZBaF20, ZBaF21
A-C	0-2	A-C	1a-3	S ₂ -S ₄	1-3	ZF1, ZF2
A-C	0-2	A-C	1a-3	S ₂ -S ₄	2-4	ZF3, ZF4, ZF501, ZF502
A-C	0-2	A-C	1a-3	S ₂ -S ₄	3-5	ZF503
A-C	0-2	A-C	1a-3	S ₂ -S ₄	4-5	ZF504
A-C	0-2	B-D	1a-3	S ₂ -S ₄	3-5	ZF505, ZF506
A-C	0-2	A-D	1a-3	S ₂ -S ₄	3-5	ZF6, ZF11
A-C	0-2	A-D	1a-3	S ₂ -S ₄	3-5	ZF7
A-C	0-2	B-D	1a-3	S ₂ -S ₄	2-4	ZF8
A-C	0-2	A-D	1a-3	S ₂ -S ₄	2-4	ZF10
A-C	0-2	A-D	1a-3	S ₂ -S ₄	4-5	ZF12
C	0-2	B-D	2-3	S ₂ -S ₄	4-5	ZF13
C	0-2	D-F	2-3	S ₂ -S ₄	5-6	ZF14
C	0-2	B-D	2-3	S ₂ -S ₄	3-5	LaF1
C	0-2	B-D	2-3	S ₂ -S ₄	3-5	LaF2
C	0-2	B-D	2-3	S ₂ -S ₄	4-5	LaF3
C	0-2	B-D	2-3	S ₂ -S ₄	4-5	LaF4, LaF5
C	0-2	B-D	2-3	S ₂ -S ₄	4-6	LaF6~LaF10
C	0-2	B-E	2-3	S ₂ -S ₄	4-6	ZLaF1, ZLaF2
C	0-2	B-E	2-3	S ₂ -S ₄	4-6	ZLaF3, ZLaF4
C	0-2	B-E	2-3	S ₂ -S ₄	4-6	TiF1
C	0-2	A-D	2-3	S ₂ -S ₄	4-6	TiF2~TiF4
C	0-2	A-C	2-3	S ₂ -S ₄	2-4	TF1
C	0-2	B-D	2-3	S ₂ -S ₄	3-5	TF3
C	0-2	B-D	2-3	S ₂ -S ₄	4-6	TF4~TF6

3 无色光学玻璃理化性能

3.1 光学性能

3.1.1 光学性能的波长及其相应的化学元素谱线见表1—17。

波长及相应的化学元素谱线

表 1—17

紫 外 范 围			可 见 范 围			红 外 范 围			
波 长 nm	谱线代号	化学元素	波 长 nm	谱线代号	化学元素	波 长 nm	谱线代号	化学元素	
365.01	i	Hg	401.66	h	Hg	852.11	s	Cs	
			435.84	g	Hg	1013.98	t	Hg	
			479.09	F'	Cd				
			486.13	F	H				
			546.07	e	Hg				
			587.56	d	He				
			589.29	D	Na				
			632.8	He + Ne					
			643.85	c'	Cd				
			656.27	c	H				
			706.52	r	He				

3.1.2 谱线折射率见表1—18。

玻璃的谱线折射率表 1-18

波長入及 谱线代号 (nm)	号													
	FK1	FK2	QK1	QK2	QK3	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7		
n_D^{21} 365.01	1.50045 ₀	1.50048 ₀	1.48736 ₀	1.48551 ₀	1.50414 ₀	1.51943 ₀	1.51889 ₀	1.52337 ₀	1.52825 ₀	1.52982 ₀	1.53188 ₀	1.53557 ₀		
n_D^{23} 404.66	1.49600 ₀	1.49619 ₀	1.48215 ₀	1.48024 ₀	1.49900 ₀	1.51321 ₀	1.51308 ₀	1.51759 ₀	1.52197 ₀	1.52356 ₀	1.52540 ₀	1.52906 ₀		
n_D^{24} 485.84	1.49337 ₀	1.49364 ₀	1.47907 ₀	1.48706 ₀	1.49596 ₀	1.50980 ₀	1.50975 ₀	1.51417 ₀	1.51826 ₀	1.51998 ₀	1.52158 ₀	1.52525 ₀		
n_D^{25} 479.99	1.49051 ₀	1.49088 ₀	1.47572 ₀	1.48360 ₀	1.49264 ₀	1.50571 ₀	1.50613 ₀	1.51045 ₀	1.51424 ₀	1.51610 ₀	1.51748 ₀	1.52116 ₀		
n_D^{27} 486.13	1.49017 ₀	1.49055 ₀	1.47532 ₀	1.48319 ₀	1.49226 ₀	1.50525 ₀	1.50570 ₀	1.51001 ₀	1.51372 ₀	1.51555 ₀	1.51700 ₀	1.52067 ₀		
n_D^{28} 546.07	1.48747 ₀	1.48793 ₀	1.47214 ₀	1.47990 ₀	1.48911 ₀	1.50159 ₀	1.50227 ₀	1.50648 ₀	1.51000 ₀	1.51199 ₀	1.51314 ₀	1.51680 ₀		
n_D^{29} 587.56	1.48605 ₀	1.48656 ₀	1.47046 ₀	1.47816 ₀	1.48745 ₀	1.49967 ₀	1.50046 ₀	1.50462 ₀	1.50801 ₀	1.51007 ₀	1.51124 ₀	1.51477 ₀		
n_D^{30} 589.29	1.48599 ₀	1.48650 ₀	1.47040 ₀	1.47810 ₀	1.48740 ₀	1.49980 ₀	1.50040 ₀	1.50455 ₀	1.50794 ₀	1.51000 ₀	1.51105 ₀	1.51470 ₀		
n_D^{31} 643.85	1.48452 ₀	1.48508 ₀	1.46884 ₀	1.47626 ₀	1.48566 ₀	1.49760 ₀	1.49850 ₀	1.50280 ₀	1.50587 ₀	1.50799 ₀	1.50895 ₀	1.51259 ₀		
n_D^{32} 656.27	1.48423 ₀	1.48479 ₀	1.46828 ₀	1.47590 ₀	1.48530 ₀	1.49720 ₀	1.49812 ₀	1.50222 ₀	1.50546 ₀	1.50760 ₀	1.50854 ₀	1.51218 ₀		
n_D^{33} 706.52	1.48320 ₀	1.48379 ₀	1.46703 ₀	1.47458 ₀	1.48406 ₀	1.49579 ₀	1.49677 ₀	1.50082 ₀	1.50398 ₀	1.50618 ₀	1.50707 ₀	1.51069 ₀		
n_D^{34} 852.11	1.48101 ₀	1.48160 ₀	1.46429 ₀	1.47170 ₀	1.48134 ₀	1.49275 ₀	1.49383 ₀	1.49779 ₀	1.50081 ₀	1.50313 ₀	1.50394 ₀	1.50752 ₀		
n_D^{35} 1013.91	1.47935 ₀	1.48002 ₀	1.46202 ₀	1.46932 ₀	1.47910 ₀	1.49031 ₀	1.49146 ₀	1.49531 ₀	1.49828 ₀	1.50069 ₀	1.50151 ₀	1.50501 ₀		
n_D^{36} 632.8	1.48479 ₀	1.48534 ₀	1.46896 ₀	1.47660 ₀	1.48597 ₀	1.49706 ₀	1.49885 ₀	1.50290 ₀	1.50625 ₀	1.50830 ₀	1.50934 ₀	1.51298 ₀		

波长入及 谱线代号 (nm)	号												
	K8	K9	K10	K11	K12	K16	PK1	PK2	BaK1	BaK2	BaK3	BaK4	
H^1 365.01	1.53865 ₀	1.53582 ₀	1.53982 ₀	1.54789 ₀	1.55756 ₀	1.53934 ₀	1.53693 ₀	1.56811 ₀	1.55180 ₀	1.56226 ₀	1.56796 ₀	1.57364 ₀	
H^b 404.66	1.53148 ₀	1.52982 ₀	1.53301 ₀	1.54114 ₀	1.55001 ₀	1.53293 ₀	1.53140 ₀	1.56208 ₀	1.54507 ₀	1.55529 ₀	1.56137 ₀	1.56707 ₀	
H^d 435.84	1.52733 ₀	1.52626 ₀	1.52904 ₀	1.53720 ₀	1.54558 ₀	1.52910 ₀	1.52815 ₀	1.55854 ₀	1.54112 ₀	1.55120 ₀	1.55750 ₀	1.56320 ₀	
H^F 479.99	1.52287 ₀	1.52240 ₀	1.52478 ₀	1.53296 ₀	1.54085 ₀	1.52509 ₀	1.52462 ₀	1.55470 ₀	1.53687 ₀	1.54679 ₀	1.55332 ₀	1.55901 ₀	
H^F 486.13	1.52235 ₀	1.52195 ₀	1.52428 ₀	1.53246 ₀	1.54029 ₀	1.52461 ₀	1.52420 ₀	1.55425 ₀	1.53637 ₀	1.54627 ₀	1.55282 ₀	1.55852 ₀	
H^e 546.07	1.51818 ₀	1.51829 ₀	1.52027 ₀	1.52846 ₀	1.53587 ₀	1.52078 ₀	1.52084 ₀	1.55080 ₀	1.53236 ₀	1.54214 ₀	1.54886 ₀	1.55456 ₀	
H^d 587.56	1.51602 ₀	1.51637 ₀	1.51817 ₀	1.52637 ₀	1.53358 ₀	1.51877 ₀	1.51906 ₀	1.54867 ₀	1.53027 ₀	1.53998 ₀	1.54677 ₀	1.55247 ₀	
H^D 589.29	1.51594 ₀	1.51630 ₀	1.51810 ₀	1.52630 ₀	1.53350 ₀	1.51870 ₀	1.51900 ₀	1.54860 ₀	1.53020 ₀	1.53990 ₀	1.54670 ₀	1.55240 ₀	
H^c 643.85	1.51370 ₀	1.51429 ₀	1.51592 ₀	1.52419 ₀	1.53114 ₀	1.51662 ₀	1.51714 ₀	1.54658 ₀	1.52803 ₀	1.53767 ₀	1.54463 ₀	1.55023 ₀	
H^C 656.27	1.51326 ₀	1.51389 ₀	1.51549 ₀	1.52371 ₀	1.53067 ₀	1.51620 ₀	1.51677 ₀	1.54619 ₀	1.52760 ₀	1.53722 ₀	1.54411 ₀	1.54980 ₀	
H^T 706.52	1.51189 ₀	1.51246 ₀	1.51395 ₀	1.52219 ₀	1.52904 ₀	1.51473 ₀	1.51545 ₀	1.54475 ₀	1.52608 ₀	1.53555 ₀	1.54257 ₀	1.54825 ₀	
H^s 852.11	1.50838 ₀	1.50937 ₀	1.51069 ₀	1.51897 ₀	1.52582 ₀	1.51160 ₀	1.51266 ₀	1.54169 ₀	1.52266 ₀	1.53234 ₀	1.53929 ₀	1.54497 ₀	
H^k 1013.98	1.50584 ₀	1.50687 ₀	1.50811 ₀	1.51646 ₀	1.52303 ₀	1.50913 ₀	1.51010 ₀	1.53921 ₀	1.52037 ₀	1.52980 ₀	1.53668 ₀	1.54246 ₀	
$H^{0,2,8}$ 632.8	1.51411 ₀	1.51466 ₀	1.51632 ₀	1.52453 ₀	1.53157 ₀	1.51700 ₀	1.51748 ₀	1.54696 ₀	1.52812 ₀	1.53807 ₀	1.54493 ₀	1.55062 ₀	

波长入及 谱线代号 (nm)	牌 号													
	BaK5	BaK6	BaK7	BaK8	BaK9	BaK11	ZK1	ZK2	ZK3	ZK4	ZK5	ZK6		
λ_{11}^{K} 365.01	1.58444e	1.58661e	1.59417e	1.59716e	1.59978e	1.59198e	1.59084e	1.60719e	1.61271e	1.63432e	1.63843e	1.63862e		
λ_{12}^{K} 404.66	1.57697e	1.57951e	1.58619e	1.58941e	1.59176e	1.57501e	1.58401e	1.59965e	1.60535e	1.62632e	1.62987e	1.63049e		
λ_{13}^{K} 435.84	1.57261e	1.57535e	1.58155e	1.58487e	1.58711e	1.57092e	1.58000e	1.59527e	1.60105e	1.62164e	1.62486e	1.62573e		
λ_{14}^{K} 479.99	1.56792e	1.57085e	1.57655e	1.58000e	1.58212e	1.58650e	1.57565e	1.59052e	1.59540e	1.61660e	1.61947e	1.62060e		
λ_{15}^{K} 486.13	1.56737e	1.57032e	1.57596e	1.57942e	1.58153e	1.56598e	1.57515e	1.58997e	1.59586e	1.61601e	1.61884e	1.61999e		
λ_{16}^{K} 546.07	1.56297e	1.56609e	1.57130e	1.57486e	1.57686e	1.56181e	1.57103e	1.58547e	1.59147e	1.61127e	1.61381e	1.61519e		
λ_{17}^{K} 587.56	1.56068e	1.56388e	1.56889e	1.57248e	1.57444e	1.55963e	1.56886e	1.58312e	1.58918e	1.60881e	1.61119e	1.61269e		
λ_{18}^{K} 589.29	1.56060e	1.56380e	1.56880e	1.57240e	1.57435e	1.55954e	1.56880e	1.58304e	1.58910e	1.60871e	1.61110e	1.61260e		
λ_{19}^{K} 643.85	1.55823e	1.56150e	1.56630e	1.56994e	1.57185e	1.55728e	1.56655e	1.58061e	1.58671e	1.60616e	1.60843e	1.61001e		
λ_{20}^{K} 656.27	1.55776e	1.56104e	1.56582e	1.56946e	1.57136e	1.55684e	1.56611e	1.58013e	1.58624e	1.60566e	1.60789e	1.60949e		
λ_{21}^{K} 706.52	1.55611e	1.55942e	1.56407e	1.56775e	1.56961e	1.55524e	1.56451e	1.57844e	1.58455e	1.60387e	1.60600e	1.60769e		
λ_{22}^{K} 852.11	1.55263e	1.55600e	1.56044e	1.56416e	1.56695e	1.55186e	1.56109e	1.57486e	1.58097e	1.60011e	1.60212e	1.60390e		
λ_{23}^{K} 1013.98	1.54997e	1.55334e	1.55771e	1.56144e	1.56313e	1.54921e	1.55837e	1.57208e	1.57819e	1.59722e	1.59920e	1.60101e		
λ_{24}^{K} 632.8	1.55866e	1.56192e	1.56676e	1.57039e	1.57231e	1.55770e	1.56696e	1.58105e	1.58715e	1.60663e	1.60890e	1.61048e		

续表 1-18

波长 λ 及 谱线代号 (nm)	牌 号												
	ZK7	ZK8	ZK9	ZK10	ZK11	ZK14	ZK15	ZK19	ZK20	LaK1	LaK2	LaK3	
^{21}Zn 385.01	1.63791 ₀	1.64189 ₀	1.64582 ₀	1.64930 ₀	1.68730 ₀	1.62748 ₀	1.63240 ₀	1.64078 ₀	1.64595 ₀	1.68739 ₀	1.72389 ₀	1.78356 ₀	
^{21}Zn 404.66	1.63015 ₀	1.63312 ₇	1.63776 ₁	1.64074 ₁	1.65818 ₁	1.61987 ₆	1.62455 ₅	1.63227 ₅	1.63681 ₅	1.67836 ₅	1.71370 ₀	1.77193 ₈	
^{24}Zn 435.84	1.62560 ₈	1.62800 ₇	1.63314 ₇	1.63574 ₈	1.65289 ₁	1.61541 ₁	1.61994 ₇	1.62730 ₅	1.63151 ₄	1.67376 ₇	1.70790 ₀	1.76520 ₅	
^{27}Zn 478.99	1.62069 ₈	1.62251 ₇	1.62815 ₅	1.63037 ₇	1.64722 ₀	1.61059 ₁	1.61497 ₀	1.62196 ₄	1.62585 ₅	1.66816 ₅	1.70168 ₀	1.75799 ₅	
^{27}Zn 486.13	1.62012 ₇	1.62187 ₇	1.62756 ₆	1.62978 ₈	1.64656 ₇	1.61002 ₀	1.61439 ₀	1.62134 ₀	1.62518 ₆	1.66760 ₄	1.70095 ₀	1.75715 ₇	
^{28}Zn 545.07	1.61550 ₆	1.61675 ₅	1.62287 ₀	1.62470 ₂	1.64128 ₅	1.60548 ₅	1.60972 ₀	1.61634 ₄	1.61992 ₄	1.66223 ₇	1.69513 ₇	1.75042 ₀	
^{31}Zn 587.56	1.61809 ₁	1.61409 ₀	1.62041 ₄	1.62209 ₇	1.63854 ₇	1.60811 ₀	1.60729 ₀	1.61375 ₀	1.61720 ₁	1.65950 ₅	1.69211 ₅	1.74692 ₈	
^{31}Zn 589.29	1.61300 ₀	1.61400 ₀	1.62032 ₂	1.62200 ₀	1.63843 ₈	1.60801 ₀	1.60718 ₉	1.61365 ₅	1.61710 ₂	1.65940 ₀	1.69200 ₀	1.74080 ₀	
^{31}Zn 643.85	1.61048 ₀	1.61126 ₀	1.61777 ₀	1.61929 ₅	1.63561 ₇	1.60055 ₅	1.60467 ₇	1.61096 ₀	1.61429 ₅	1.65655 ₅	1.68882 ₂	1.74319 ₀	
^{31}Zn 656.27	1.61007 ₀	1.61073 ₇	1.61727 ₅	1.61876 ₀	1.63506 ₀	1.60007 ₄	1.60418 ₂	1.61045 ₀	1.61374 ₀	1.65600 ₄	1.68826 ₀	1.74249 ₀	
^{31}Zn 706.52	1.60824 ₁	1.60883 ₈	1.61548 ₀	1.61688 ₄	1.63308 ₀	1.59834 ₀	1.60241 ₂	1.60869 ₅	1.61178 ₀	1.65402 ₅	1.68610 ₂	1.73998 ₁	
^{31}Zn 852.11	1.60450 ₅	1.60491 ₁	1.61167 ₄	1.61296 ₄	1.62896 ₀	1.59467 ₀	1.59868 ₀	1.60472 ₅	1.60775 ₅	1.64987 ₀	1.68167 ₁	1.73472 ₀	
^{31}Zn 1013.98	1.60168 ₇	1.60198 ₁	1.60870 ₀	1.61001 ₀	1.62582 ₀	1.59182 ₀	1.59583 ₀	1.60179 ₀	1.60472 ₀	1.64670 ₀	1.67812 ₀	1.73072 ₀	
^{31}Zn 632.4	1.61095 ₇	1.61176 ₀	1.61824 ₁	1.61978 ₈	1.63612 ₈	1.60100 ₀	1.60513 ₀	1.61146 ₀	1.61480 ₇	1.65708 ₀	1.68945 ₁	1.74385 ₈	

续表 1-18

波长λ及 谱线代号 (nm)	牌 号											
	LaK4	LaK5	LaK6	LaK7	LaK8	LaK10	LaK11	LaK12	TK1	KF1	KF2	KF3
λ_{11}^{H} 365.01	1.65667c	1.70813b	1.72566c	1.74574c	1.75587c	1.68012c	1.69614c	1.72722c	—	1.52229c	1.53922c	1.55248c
λ_{12}^{H} 404.66	1.65844c	1.69863c	1.71554c	1.73544c	1.74444c	1.67397c	1.68613c	1.71770c	1.60244e	1.51543c	1.53158c	1.54408c
λ_{13}^{H} 435.84	1.65368c	1.69308c	1.70962c	1.72943c	1.73783c	1.66564c	1.68015c	1.71213c	1.59801c	1.51145c	1.52719c	1.53925c
λ_{14}^{H} 479.99	1.64850c	1.68710c	1.70328c	1.72297c	1.73078c	1.65991c	1.67386c	1.70612c	1.59326c	1.50716c	1.52252c	1.53410c
λ_{15}^{H} 486.13	1.64789c	1.68641c	1.70254c	1.72222c	1.72996c	1.65925c	1.67315c	1.70541c	1.59270c	1.50868c	1.52197c	1.53350c
λ_{16}^{H} 546.07	1.64303c	1.68081c	1.69659c	1.71616c	1.72340c	1.65390c	1.66747c	1.69975c	1.58827c	1.50265c	1.51763c	1.52874c
λ_{17}^{H} 587.56	1.64049c	1.67789c	1.69350c	1.71300c	1.71999c	1.65112c	1.66460c	1.69680c	1.58599c	1.50057c	1.51538c	1.52629c
λ_{18}^{H} 589.29	1.64042c	1.67779c	1.69338c	1.71288c	1.71887c	1.65102c	1.66450c	1.69668c	1.58590c	1.50050c	1.51530c	1.52620c
λ_{19}^{H} 643.85	1.63776c	1.67478c	1.69017c	1.70861c	1.71636c	1.64816c	1.66166c	1.69361c	1.58356c	1.49834c	1.51297c	1.52367c
λ_{20}^{H} 656.27	1.63724c	1.67420c	1.68955c	1.70897c	1.71569c	1.64760c	1.66098c	1.69301c	1.58310c	1.49791c	1.51251c	1.52318c
λ_{21}^{H} 706.52	1.63538c	1.67210c	1.68730c	1.70667c	1.71323c	1.64550c	1.65895c	1.69084c	1.58149c	1.49639c	1.51089c	1.52142c
λ_{22}^{H} 852.11	1.63142c	1.66774c	1.68262c	1.70182c	1.70809c	1.64142c	1.65465c	1.68623c	1.57819c	1.49318c	1.50747c	1.51778c
λ_{23}^{H} 1013.98	1.62134c	1.66448c	1.67911c	1.69804c	1.70414c	1.63824c	1.65195c	1.68259c	1.57582c	1.49069c	1.50483c	1.51605c
λ_{24}^{H} 632.8	1.63824c	1.67533c	1.69076c	1.71021c	1.71700c	1.64858c	1.66210c	1.69418c	1.58399c	1.49873c	1.51339c	1.52413c

波长 λ 及 谱线代号 (μm)	号												
	牌	QF1	QF2	QF3	QF5	QF6	QF9	QF11	QF14	F1	F2	F3	F4
λ_{11} 366.01	1.57931 ₀	1.59209 ₀	1.61197 ₀	1.61878 ₀	1.55972 ₀	1.59375 ₀	1.61581 ₀	1.63615 ₀	1.64601 ₀	1.65782 ₀	1.66224 ₀	1.66684 ₀	
λ_{12} 404.66	1.58910 ₀	1.58185 ₀	1.59968 ₁	1.60684 ₁	1.55094 ₁	1.58312 ₀	1.60336 ₁	1.62256 ₁	1.63184 ₀	1.64269 ₁	1.64680 ₁	1.65069 ₄	
λ_{14} 435.84	1.56328 ₀	1.57608 ₀	1.59280 ₀	1.59982 ₁	1.54546 ₄	1.57712 ₀	1.59640 ₀	1.61499 ₀	1.62366 ₀	1.63431 ₂	1.63826 ₇	1.64205 ₄	
λ_{15} 479.99	1.55719 ₀	1.57001 ₁	1.58564 ₄	1.59270 ₀	1.53998 ₀	1.57082 ₀	1.58915 ₀	1.60712 ₀	1.61540 ₄	1.62564 ₄	1.62944 ₀	1.63311 ₀	
λ_{17} 486.13	1.55649 ₀	1.56931 ₄	1.58481 ₅	1.59188 ₀	1.53935 ₄	1.57009 ₂	1.58832 ₀	1.60622 ₂	1.61445 ₀	1.62465 ₀	1.62843 ₀	1.63209 ₇	
λ_{18} 546.07	1.55093 ₇	1.56375 ₀	1.57892 ₀	1.58543 ₀	1.53431 ₂	1.56432 ₀	1.58175 ₀	1.59911 ₀	1.60701 ₀	1.61687 ₀	1.62054 ₀	1.62408 ₀	
λ_{19} 587.56	1.54810 ₀	1.56090 ₀	1.57502 ₀	1.58214 ₇	1.53171 ₀	1.56138 ₁	1.57842 ₂	1.59551 ₀	1.60323 ₀	1.61294 ₀	1.61654 ₇	1.62004 ₀	
λ_{20} 589.29	1.54800 ₀	1.56080 ₀	1.57490 ₀	1.58202 ₀	1.53162 ₀	1.56126 ₀	1.57830 ₀	1.59537 ₇	1.60310 ₀	1.61280 ₀	1.61640 ₀	1.61990 ₀	
λ_{21} 643.85	1.54510 ₀	1.55789 ₁	1.57154 ₇	1.57868 ₀	1.52896 ₀	1.55828 ₇	1.57491 ₁	1.59172 ₇	1.59928 ₀	1.60884 ₀	1.61237 ₄	1.61582 ₄	
λ_{22} 656.27	1.54464 ₀	1.55732 ₄	1.57089 ₀	1.57803 ₀	1.52844 ₀	1.55768 ₂	1.57425 ₀	1.59102 ₇	1.59855 ₀	1.60806 ₀	1.61159 ₀	1.61503 ₀	
λ_{23} 706.52	1.54255 ₂	1.55531 ₅	1.56859 ₀	1.57574 ₄	1.52660 ₀	1.55561 ₂	1.57194 ₂	1.58853 ₂	1.59598 ₁	1.60538 ₀	1.60886 ₄	1.61227 ₀	
λ_{24} 852.11	1.53844 ₀	1.56117 ₀	1.56392 ₂	1.57106 ₇	1.52279 ₁	1.55136 ₀	1.56724 ₂	1.58348 ₀	1.59073 ₂	1.59995 ₀	1.60337 ₄	1.60672 ₀	
λ_{25} 1013.98	1.53539 ₀	1.54804 ₄	1.56055 ₅	1.56769 ₀	1.51994 ₀	1.54824 ₀	1.56884 ₄	1.57988 ₀	1.58702 ₀	1.59610 ₁	1.59948 ₀	1.60277 ₇	
λ_{26} 632.8	1.54563 ₂	1.55842 ₀	1.57215 ₀	1.57929 ₁	1.52945 ₁	1.55881 ₂	1.57552 ₀	1.59238 ₀	1.59998 ₀	1.60935 ₀	1.61310 ₄	1.61656 ₁	

续表 1-16

波长入及 谱线代号 (nm)	牌 号													
	F5	F6	F7	F12	F13	BaF1	BaF2	BaF3	BaF4	BaF5	BaF6	BaF7		
λ_{71} 365.01	1.67162 ₀	1.67288 ₀	1.68547 ₀	1.66954 ₀	1.67356 ₀	1.57371 ₀	1.59929 ₀	1.60665 ₀	1.61535 ₀	1.64182 ₀	1.64195 ₀	1.65512 ₀		
λ_{72} 404.66	1.65559 ₃	1.65661 ₃	1.66880 ₃	1.65104 ₁	1.65741 ₃	1.58552 ₂	1.58989 ₂	1.59803 ₂	1.60467 ₃	1.62989 ₃	1.63077 ₀	1.64142 ₂		
λ_{73} 435.84	1.64677 ₉	1.64766 ₉	1.65963 ₄	1.64547 ₀	1.64850 ₈	1.59800 ₀	1.58423 ₃	1.59307 ₁	1.59862 ₃	1.62317 ₆	1.62442 ₉	1.63379 ₁		
λ_{74} 479.99	1.63767 ₇	1.63842 ₆	1.65015 ₃	1.63661 ₄	1.63931 ₇	1.55677 ₁	1.57844 ₉	1.58773 ₄	1.59226 ₇	1.61612 ₉	1.61774 ₅	1.62585 ₇		
λ_{75} 486.13	1.63863 ₂	1.63737 ₇	1.64908 ₄	1.63560 ₂	1.63826 ₈	1.55513 ₃	1.57777 ₅	1.58712 ₀	1.59150 ₉	1.61531 ₆	1.61697 ₄	1.62494 ₄		
λ_{76} 546.07	1.62847 ₂	1.62911 ₃	1.64062 ₁	1.62765 ₆	1.63003 ₅	1.55050 ₅	1.57244 ₁	1.58215 ₉	1.58569 ₉	1.60889 ₄	1.61085 ₃	1.61777 ₂		
λ_{77} 587.56	1.62435 ₂	1.62495 ₃	1.63635 ₇	1.62364 ₂	1.62688 ₂	1.54809 ₁	1.56970 ₂	1.57959 ₅	1.58271 ₃	1.60562 ₀	1.60771 ₉	1.61413 ₃		
λ_{78} 589.29	1.62420 ₀	1.62480 ₀	1.63620 ₃	1.62349 ₆	1.62572 ₉	1.54800 ₉	1.56960 ₀	1.57950 ₀	1.58260 ₀	1.60549 ₇	1.60760 ₀	1.61400 ₀		
λ_{79} 643.85	1.62004 ₆	1.62061 ₀	1.63190 ₉	1.61944 ₅	1.62154 ₁	1.54550 ₉	1.56679 ₄	1.57687 ₃	1.57955 ₉	1.60217 ₃	1.60440 ₉	1.61031 ₆		
λ_{80} 656.27	1.61925 ₁	1.61980 ₇	1.63108 ₃	1.61886 ₁	1.62073 ₉	1.54502 ₃	1.56625 ₅	1.57636 ₀	1.57886 ₉	1.60152 ₉	1.60379 ₄	1.60960 ₄		
λ_{81} 706.52	1.61643 ₃	1.61696 ₆	1.62817 ₆	1.61590 ₉	1.61790 ₁	1.54329 ₂	1.56431 ₆	1.57452 ₇	1.57687 ₂	1.59925 ₃	1.60159 ₉	1.60709 ₅		
λ_{82} 852.11	1.61080 ₄	1.61128 ₂	1.62236 ₂	1.61037 ₁	1.61222 ₀	1.53967 ₄	1.56034 ₇	1.57072 ₆	1.57261 ₂	1.59463 ₃	1.59713 ₃	1.60204 ₁		
λ_{83} 1013.98	1.60685 ₅	1.60728 ₃	1.61826 ₉	1.60644 ₆	1.60823 ₂	1.53691 ₁	1.55713 ₇	1.56766 ₇	1.56952 ₄	1.59130 ₀	1.59844 ₁	1.59844 ₁		
λ_{84} 632.8	1.62079 ₉	1.62136 ₉	1.63266 ₃	1.62017 ₆	1.62230 ₄	1.54596 ₄	1.56730 ₈	1.57735 ₀	1.58011 ₉	1.60277 ₉	1.60499 ₀	1.61098 ₇		

谱线代号 (nm)	牌 号											
	BaF8	ZBaF1	ZBaF2	ZBaF3	ZBaF4	ZBaF5	ZBaF8	ZBaF11	ZBaF13	ZBaF15	ZBaF16	ZBaF17
⁷¹ 365.01	1.66901 ₀	1.65181 ₀	1.67382 ₀	1.68948 ₀	1.71548 ₀	1.70771 ₀	1.63880 ₀	1.65208 ₀	1.67636 ₀	1.69702 ₀	1.70217 ₀	1.70985 ₀
^{72h} 404.66	1.65460 ₁	1.64242 ₂	1.66268 ₀	1.67908 ₂	1.69804 ₇	1.69576 ₃	1.62861 ₀	1.64472 ₄	1.66415 ₄	1.68166 ₁	1.69066 ₁	1.69576 ₈
⁷⁶ 435.84	1.64659 ₀	1.63698 ₄	1.65635 ₄	1.67306 ₄	1.68850 ₇	1.68897 ₃	1.62279 ₀	1.63581 ₈	1.65728 ₂	1.67314 ₆	1.68410 ₆	1.68790 ₄
^{77f} 479.99	1.63829 ₅	1.63116 ₇	1.64968	1.66864 ₆	1.67863 ₆	1.68180 ₆	1.61661 ₉	1.62956 ₄	1.65007 ₂	1.66429 ₅	1.67717	1.67970 ₄
^{77p} 486.13	1.63738 ₆	1.63049 ₁	1.64899 ₇	1.66590 ₈	1.67752 ₂	1.68097 ₇	1.61590 ₄	1.62884 ₂	1.64924 ₁	1.66327 ₈	1.67637 ₁	1.67876 ₂
^{77c} 516.07	1.62983 ₇	1.62509 ₂	1.64276 ₄	1.65996 ₁	1.66870 ₅	1.67439 ₉	1.61021 ₄	1.62308 ₀	1.64266 ₂	1.65530 ₉	1.66999 ₅	1.67133 ₀
⁷⁴ 567.56	1.62604 ₀	1.62230 ₅	1.63961 ₆	1.65691 ₄	1.66426 ₂	1.67102 ₅	1.60729 ₀	1.62011 ₀	1.63930 ₀	1.65128 ₀	1.66672 ₁	1.66755 ₁
⁷⁰ 589.29	1.62590 ₀	1.62220 ₀	1.63950 ₀	1.65880 ₀	1.66410 ₀	1.67090 ₀	1.60717 ₀	1.62001 ₄	1.63917 ₈	1.65113 ₀	1.66660 ₀	1.66741 ₂
^{70'} 643.85	1.62505 ₅	1.61934 ₀	1.63627	1.65367 ₅	1.65964 ₇	1.66745 ₃	1.60419 ₂	1.61698 ₁	1.63575 ₄	1.64706 ₅	1.66325 ₃	1.66358 ₁
^{7c} 656.27	1.62132 ₀	1.61878 ₁	1.63557	1.65305 ₈	1.65878 ₂	1.66678 ₇	1.60361 ₁	1.61539 ₁	1.63508 ₀	1.64628 ₄	1.66260 ₂	1.66284 ₄
^{7r} 706.52	1.61870 ₀	1.61679 ₇	1.63312 ₃	1.65090 ₀	1.65577 ₄	1.66440 ₀	1.60155 ₀	1.61428 ₃	1.63274 ₁	1.64351 ₉	1.66029 ₃	1.66022 ₈
^{7s} 752.11	1.61346 ₃	1.61270 ₀	1.62887 ₆	1.64648 ₄	1.64973 ₆	1.65955 ₅	1.59731 ₀	1.60986 ₆	1.62794 ₀	1.63797 ₂	1.65554 ₉	1.65493 ₀
⁷⁰ 1013.98	1.60975 ₀	1.60966 ₇	1.62576 ₃	1.64326 ₁	1.64548 ₁	1.65601 ₈	1.59421 ₀	1.60643 ₄	1.62446 ₀	1.63105 ₆	1.65206 ₀	1.65115 ₀
^{701, 2} 652.48	1.62275 ₀	1.61985 ₀	1.63686 ₂	1.65424 ₀	1.66045 ₀	1.66806 ₀	1.60474 ₇	1.61753 ₆	1.63637 ₇	1.64740 ₂	1.66386 ₁	1.66127 ₀

续表 1-18

波长短及 谱线代号 (nm)	牌 号												
	ZBaF18	ZBaF20	ZBaF21	ZR1	ZR2	ZF3	ZF4	ZF5	ZR6	ZF7	ZF8	ZM10	ZF11
Z_1 365.01	1.71603 _b	1.74698 _b	1.77524 _a	1.70022 _b	1.73062 _b	1.78612 _b	1.80126 _b	1.81477 _b	1.83360 _b	1.89876 _b	1.70788 _b	1.75049 _b	1.76486 _b
Z_2 401.66	1.70052 _s	1.73200 _g	1.76756 _b	1.68229 _b	1.71068 _b	1.76214 _b	1.77566 ₇	1.78860 ₂	1.80608 _g	1.86570 _g	1.68965 ₁	1.72925 ₇	1.74174 _g
Z_3 435.84	1.69194 _a	1.72361 ₇	1.74792 _s	1.67245 ₁	1.69983 ₁	1.74925 _b	1.76194 _g	1.77454 ₁	1.79134 _g	1.84833 _g	1.67966 ₄	1.71772 ₄	1.72938 _g
Z_4 479.99	1.68305 _s	1.71484 _g	1.73796 _b	1.66234 ₄	1.68873 _g	1.73617 ₁	1.74805 ₇	1.76031 ₇	1.77644 ₂	1.83088 ₇	1.66939 ₃	1.70594 _b	1.71687 ₃
Z_5 486.13	1.68203 ₇	1.71384 _g	1.73683 _s	1.66119 _g	1.68747 ₂	1.73468 ₇	1.74619 ₁	1.75871 ₄	1.77475 ₅	1.82893 _g	1.66822 ₃	1.70460 ₂	1.71545 _g
Z_6 546.07	1.67403 ₂	1.70587 ₂	1.72790 _g	1.65218 _g	1.67762 ₁	1.72316 _b	1.73429 ₄	1.74623 ₁	1.76171 ₂	1.81376 ₇	1.65906 ₅	1.69415 _g	1.70444 _g
Z_7 587.56	1.66997 _g	1.70181 _g	1.72340 _b	1.64766 ₅	1.67268 ₃	1.71741 ₂	1.72822 ₂	1.74002 ₄	1.75523 ₄	1.80627 ₄	1.65446 ₁	1.68893 ₂	1.69895 ₁
Z_8 588.29	1.66989 ₁	1.70165 _g	1.72323 ₄	1.64750 _g	1.67250 _b	1.71720 _b	1.72890 _n	1.73980 _b	1.75500 _b	1.80600 _g	1.65429 _g	1.68873 _g	1.69874 _g
Z_9 643.85	1.66573 _g	1.69752 _g	1.71867 ₇	1.64295 _g	1.66754 _g	1.71145 _g	1.72194 _g	1.73361 _g	1.74854 ₇	1.79857 ₄	1.64966 ₅	1.68350 ₄	1.69326 _g
Z_{10} 656.27	1.66194 ₇	1.69872 _g	1.71779 ₅	1.64207 _g	1.66600 ₂	1.71037 ₁	1.72070 ₁	1.73243 ₄	1.74732 ₅	1.79715 _g	1.64877 _g	1.68250 ₄	1.69221 ₇
Z_{11} 706.52	1.66216 ₃	1.69389 ₂	1.71469 _g	1.63990 _g	1.66325 _g	1.70550 _g	1.71674 ₁	1.72830 ₇	1.74300 _g	1.79222 ₁	1.64565 _g	1.67898 ₇	1.68853 _g
Z_{12} 852.11	1.65556 ₁	1.68808 _g	1.70846 ₁	1.63288 ₇	1.65664 _g	1.69891 _g	1.70878 ₃	1.72019 ₇	1.73456 ₁	1.78261 ₇	1.63941 _g	1.67202 ₁	1.68126 _g
Z_{13} 1013.98	1.64250 _h	1.68388 ₇	1.70408 ₇	1.62862 _g	1.65207 _g	1.69375 _h	1.70339 ₁	1.71469 _g	1.72887 _g	1.77626 _g	1.63508 _h	1.66724 _g	1.67627 ₇
Z_{14} 632.8	1.65647 ₇	1.69827 _g	1.71950 _g	1.61377 ₇	1.65843 _g	1.71249 _g	1.72304 _g	1.73473 ₁	1.74970 ₄	1.79991 ₁	1.65050 ₁	1.68445 ₁	1.69245 ₁

波长入及 谱线代号 (nm)	牌 号													
	ZF12	ZF13	ZF14	LaF1	LaF2	LaF3	LaF4	LaF5	LaF6	LaF7	LaF8	LaF9	LaF10	
λ_{H1} 365.01	—	—	—	1.73088 ₀	1.75510 ₀	1.76656 ₀	1.80734 ₀	1.82060 ₀	1.79731 ₀	1.83915 ₀	1.83433 ₀	1.83052 ₀	1.83040 ₀	
λ_{H2} 404.66	1.81574 ₂	1.84211 ₃	1.99231	1.71878 ₇	1.74281 ₇	1.77284 ₂	1.78733 ₆	1.79586 ₀	1.78446 ₄	1.81964 ₅	1.81775 ₂	1.81555 ₃	1.81693 ₆	
λ_{H3} 435.84	1.79988 ₁	1.82518 ₂	1.97486 ₀	1.71171 ₀	1.73577 ₆	1.76496 ₄	1.77704 ₀	1.78234 ₆	1.77706 ₂	1.80895 ₄	1.80845 ₀	1.80702 ₂	1.80917 ₇	
λ_{H4} 475.99	1.78406 ₇	1.80834 ₀	1.95083 ₆	1.70436 ₅	1.72832 ₀	1.75659 ₃	1.76586 ₇	1.76956 ₁	1.76917 ₆	1.79793 ₁	1.79874 ₀	1.79800 ₀	1.80089 ₀	
λ_{H5} 486.13	1.78229 ₃	1.80645 ₄	1.94816 ₁	1.70354 ₀	1.72745 ₄	1.75362 ₈	1.76461 ₁	1.76824 ₀	1.76826 ₅	1.79667 ₁	1.79762 ₁	1.79696 ₃	1.79993 ₃	
λ_{H6} 546.07	1.76859 ₂	1.79190 ₁	1.92764 ₇	1.69896 ₁	1.72056 ₀	1.74794 ₀	1.75457 ₂	1.75823 ₃	1.76098 ₁	1.78678 ₆	1.78878 ₁	1.78868 ₁	1.79228 ₀	
λ_{H7} 587.56	1.76182 ₀	1.78472 ₀	1.91761 ₃	1.69362 ₄	1.71699 ₇	1.74400 ₁	1.74950 ₁	1.75367 ₀	1.75719 ₂	1.78179 ₁	1.78427 ₂	1.78443 ₁	1.78830 ₀	
λ_{H8} 589.29	1.76157 ₃	1.78445 ₀	1.91724 ₆	1.69360 ₀	1.71686 ₆	1.74385 ₀	1.74931 ₄	1.75350 ₀	1.75705 ₀	1.78160 ₇	1.78410 ₈	1.78427 ₄	1.78816 ₁	
λ_{H9} 643.85	1.75485 ₀	1.77734 ₂	1.90737 ₂	1.69011 ₁	1.71319 ₀	1.73984 ₂	1.74419 ₀	1.74904 ₅	1.75318 ₂	1.77656 ₆	1.77952 ₁	1.77993 ₂	1.78409 ₇	
λ_{H10} 656.27	1.75357 ₅	1.77598 ₀	1.90550 ₂	1.68944 ₀	1.71248 ₂	1.73906 ₈	1.74319 ₀	1.74816 ₀	1.75242 ₇	1.77559 ₄	1.77863 ₂	1.77908 ₂	1.78330 ₄	
λ_{H11} 706.52	1.74910 ₂	1.77125 ₅	1.89899 ₀	1.68706 ₀	1.70993 ₈	1.73630 ₆	1.73969 ₅	1.74533 ₃	1.74974 ₀	1.77216 ₀	1.77548 ₇	1.77609 ₁	1.78048 ₂	
λ_{H12} 852.11	1.74035 ₁	1.76202 ₁	1.88648 ₁	1.68197 ₆	1.70467 ₇	1.73070 ₁	1.73863 ₀	1.74009 ₆	1.74416 ₀	1.76528 ₈	1.76906 ₂	1.76994 ₄	1.77462 ₂	
λ_{H13} 1013.98	1.73443 ₀	1.75579 ₀	1.87832 ₀	1.67799 ₀	1.70080 ₇	1.72670 ₁	1.72757 ₂	1.73781 ₁	1.73995 ₀	1.76039 ₀	1.76436 ₀	1.76511 ₂	1.77024 ₁	
λ_{H14} 632.8	1.75806 ₂	1.77862 ₀	1.90914 ₂	1.69073 ₃	1.71336 ₇	1.74057 ₈	1.74511 ₁	1.74982 ₄	1.75386 ₇	1.77747 ₆	1.78035 ₂	1.78072 ₁	1.78481 ₂	

续表 1-18

波线代号 (nm)	牌 号												
	ZLaF1	ZLaF2	ZLaF3	ZLaF4	TiF1	TiF2	TiF3	TiF4	TiF1	TiF3	TiF4	TiF5	TiF6
$\lambda_{365.01}^{H_1}$	1.84821	1.84636	1.91806	1.97917	1.56356	1.62237	1.63953	—	1.55515	1.64803	1.64904	1.69760	1.72993
$\lambda_{434.86}^{H_2}$	1.83313	1.83239	1.89713	1.95616	1.55309	1.60773	1.62307	1.65447	1.54698	1.63648	1.63744	1.68319	1.71329
$\lambda_{436.81}^{H_3}$	1.82452	1.82435	1.88546	1.94337	1.54733	1.59985	1.61431	1.64308	1.54225	1.62990	1.63055	1.67511	1.70411
$\lambda_{479.99}^{H_4}$	1.81540	1.81579	1.87333	1.93004	1.54138	1.59181	1.60545	1.63194	1.53720	1.62295	1.62389	1.66688	1.69461
$\lambda_{486.13}^{H_5}$	1.81435	1.81479	1.87192	1.92852	1.54069	1.59098	1.60445	1.63070	1.53662	1.62214	1.62309	1.66570	1.69353
$\lambda_{546.07}^{H_6}$	1.80596	1.80587	1.86099	1.91650	1.53530	1.58372	1.59662	1.62118	1.53192	1.61572	1.61669	1.65803	1.68497
$\lambda_{587.56}^{H_7}$	1.80166	1.80278	1.85544	1.91041	1.53256	1.58013	1.59270	1.61650	1.52949	1.61242	1.61340	1.65417	1.68068
$\lambda_{589.29}^{H_8}$	1.80150	1.80263	1.85523	1.91019	1.53246	1.58000	1.59256	1.61632	1.52940	1.61230	1.61328	1.65397	1.68048
$\lambda_{643.85}^{H_9}$	1.79709	1.79841	1.84964	1.90405	1.52965	1.57635	1.58863	1.61168	1.52689	1.60890	1.60990	1.64997	1.67607
$\lambda_{656.27}^{H_{10}}$	1.79624	1.79763	1.84856	1.90226	1.52916	1.57564	1.58789	1.61079	1.52640	1.60825	1.60924	1.64920	1.67522
$\lambda_{706.52}^{H_{11}}$	1.79320	1.79472	1.84476	1.89869	1.52718	1.57519	1.58523	1.60769	1.52463	1.60588	1.60689	1.64644	1.67221
$\lambda_{852.11}^{H_{12}}$	1.78695	1.78873	1.83714	1.89034	1.52319	1.56813	1.57990	1.60153	1.52091	1.60094	1.60192	1.64075	1.66605
$\lambda_{1013.98}^{H_{13}}$	1.78201	1.78425	1.83179	1.88454	1.52019	1.56449	1.57607	1.59723	1.51802	1.59713	1.59820	1.63649	1.66152
$\lambda_{632.8}^{H_{14}}$	1.78789	1.79921	1.85065	1.90516	1.53016	1.57701	1.58934	1.61252	1.52735	1.60952	1.61051	1.65070	1.67687

3.2 玻璃热学性能、机械性能、化学稳定性

3.2.1 名词、术语

3.2.1.1 光学玻璃的热学性能。

(1) 玻璃折射率温度系数 β 。温度变化时,玻璃折射率将发生变化,温度每升高 1°C ,折射率的增量称作玻璃折射率温度系数,用 β 表示。即 $\beta = dn/dt$ 。除个别玻璃的 dn/dt 为负值外,其余均为正值。单位 $1/^{\circ}\text{C}$ 。

(2) 转变温度 T_g 。光学玻璃的转变温度是玻璃的热膨胀曲线中低温区域和高温区域的直线部分的延伸交点所表示的温度。单位 $^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 导热系数 λ 。材料的导热系数表示容许热流传导的能力。其定义式为:

$dQ/dt = \lambda A(dT/dx)$, 其中: Q —热能; t —时间; A —棒料横截面积; T —温度; x —棒的长度坐标值; λ —导热系数。单位为 $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 。

(4) 线膨胀系数 α 。在规定的温度范围内,每 1°C 温度变化对单位长度引起的长度变化。单位为 $\text{cm}/\text{cm}\cdot^{\circ}\text{C}$ 。

3.2.1.2 光学玻璃的机械性能。

(1) 光学玻璃的弹性。包括弹性模量 E 、切变模量 G 、泊松比 μ 。

a. 弹性模量 E 为正应力 σ 与线应变 ϵ 之比,即 $E = \sigma/\epsilon$ 。 ϵ 是试件伸长量 Δl 与原有长度 l 之比,即 $\epsilon = \Delta l/l$ 。

b. 切变模量 G 为切应力 τ 与切应变 γ 之比,即 $G = \tau/\gamma$ 。而 $\gamma = \Delta x/d$, Δx 是厚度为 d 的薄层上表面对下表面的平行位移。

c. 泊松比 $\mu = -\epsilon'/\epsilon$ 。 ϵ' 是侧应变, $\epsilon' = \Delta b/b$, 即垂直于拉力方向的应变。 b 为试件的原宽度, Δb 是垂直于拉力方向的收缩量。

(2) 光学玻璃的硬度。包括显微硬度和研磨硬度。

a. 显微硬度表示抵抗硬物压入的能力。光学玻璃用Knoop显微硬度HK表示显微硬度值。

b. 研磨硬度是指相同的研磨条件下,标准玻璃(K9)所磨掉的体积与被测玻璃所磨掉的体积之比,用FA表示。

3.2.1.3 光学玻璃的化学稳定性:玻璃抵抗潮湿空气、水、酸、碱、盐的侵蚀能力,称为玻璃的化学稳定性。包括耐潮性和耐酸性。

(1) 光学玻璃的耐潮稳定性。光学玻璃受潮气侵蚀后,表面产生“白斑”或“雾浊”等变质层,导致光线的散射,因此用被侵蚀玻璃样品表面的光散射的强弱来度量玻璃表面变质程度。

将两表面抛光的被测玻璃样品置于 $70 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 和相对湿度 $RH = 100\%$ 的条件下侵蚀 t 昼夜后,用测定玻璃散射的装置,测出样品分别置于A、B两位置时的透过率 τ_A 和 τ_B ,则浊度 $H = (\tau_A - \tau_B)/\tau_A$ 。若用 H_1 和 H_0 分别表示实验前后样品的浊度,则玻璃的浊度值 $H = H_1 - H_0$ 。国标规定以BaK7和ZK9玻璃作为标准样品,将标准样品与被测样品同时抛光、侵蚀和测试,然后,将被测样品与标准样品的浊度比较。光学玻璃耐潮稳定性分为四级,如下表所示。

级别	1	2	3	4
指标	\leq BaK7的浊度值,且无水斑	\leq BaK7的浊度值,有水斑	\leq ZK9的浊度值	$>$ ZK9的浊度值

(2) 光学玻璃的耐酸稳定性。用酸度为 $\text{pH} = 2.9$ 的醋酸, $\text{pH} = 4.6$ 的标准醋酸盐, $\text{pH} = 5.8$ 的蒸馏水作为测定介质,侵蚀样品的抛光表面,用被测表面出现紫蓝色的干涉色的时间,或出现杂色和脱落现象的时间,对光学玻璃的耐酸性进行分类定级,如下表所示。

酸度	级					
	1a	1b	2a	2b	3a	3b
$\text{pH} = 2.9$	$> 5\text{h}$	$< 5\text{h}$				
$\text{pH} = 4.6$		$\geq 0.5\text{h}$	$> 30\text{min}$	$< 30\text{min}$		
$\text{pH} = 5.8$				$\geq 5\text{min}$	$> 3\text{h}$	$\leq 3\text{h}$

3.2.2 玻璃热学性能、机械性能、化学稳定性指标

玻璃折射率温度系数 β 、转变温度 T_g 、温度为 100°C 时的导热系数 λ 、线膨胀系数 α 、弹性模量 E 、剪切模量 G 、泊松比 μ 、显微硬度HK、研磨硬度FA、密度 ρ 、化学稳定性,见表1—19。

表 1 19

玻璃热学性能、机械性能、化学稳定性

玻璃 牌号	20~120°C下折射率温度系数 $\Delta n/\Delta t$ 绝对值($10^{-7}/^{\circ}\text{C}$)			转变 温度 $T_g(^{\circ}\text{C})$	导热 系数 λ [W/m·K]	线膨胀系数 $\alpha(10^{-7}/^{\circ}\text{C})$			弹性 模量E [10^7Pa]	剪切 模量G [10^7Pa]	泊松比 μ	研磨 硬度HK [10^7Pa]	显微 硬度HK [10^7Pa]	密度 ρ [g/cm ³]	化学稳定性	
	$\beta_{s'}$	β_e	β_d			β_c'	耐酸级别									
							耐碱	耐水								
PK1	-81	-82	-83	-84	0.861	130	141	151	7959	3021	0.317	—	355	3.57	3a	3
PK2	-79	-81	-83	-81	0.911	131	139	150	7843	2999	0.307	—	355	3.80	3a	3
QK1	-5	-7	-8	-10	1.012	75	81	86	4969	2058	0.207	0.75	395	2.80	3a	2
QK2	67	65	64	62	1.255	33	35	37	6815	2891	0.184	1.60	—	2.27	1a	1
QK3	-13	-15	-16	-16	1.078	88	91	100	6228	2571	0.221	0.90	495	2.16	3a	2
K1	32	30	29	28	1.240	60	61	66	6843	2851	0.200	1.13	495	2.50	1a	1
K2	37	35	33	31	1.214	60	65	68	7127	2951	0.206	0.99	505	2.41	1a	1
K3	16	13	11	10	1.142	58	63	66	6885	2869	0.200	0.87	495	2.40	2a	1
K4	61	62	61	60	1.117	42	48	53	7144	2949	0.211	1.05	475	2.50	1a	1
K5	22	20	19	18	1.210	75	82	87	7573	3142	0.203	0.99	510	2.47	1a	1
K6	12	9	7	5	1.211	78	85	90	6880	2840	0.212	0.90	460	2.54	1a	1
K7	41	37	36	34	1.243	64	72	78	7842	3273	0.198	0.98	505	2.54	1a	1
K8	—	—	—	—	1.128	81	88	94	6765	2893	0.207	0.83	450	2.52	1a	2
K9	21	21	20	18	1.207	66	75	81	8132	3316	0.209	1.00	570	2.53	1a	2
K10	37	34	33	31	1.210	61	74	81	7691	3184	0.208	0.96	520	2.58	1a	1
K11	47	44	42	40	1.104	66	74	81	7341	3038	0.208	0.94	510	2.61	1a	1
K12	32	28	26	23	1.056	81	92	102	6688	2697	0.240	1.00	495	2.76	1a	1
K16	19	16	15	13	1.030	74	80	87	7056	2894	0.219	0.90	500	2.62	1a	1
BaK1	20	16	15	13	1.069	70	77	82	7027	2865	0.226	0.95	450	2.76	1a	1
BaK2	14	11	10	8	1.016	75	82	88	7122	2923	0.218	0.92	485	2.86	1a	1
BaK3	35	32	30	29	1.130	52	60	66	8164	3282	0.214	0.94	530	2.86	1b→2a	1
BaK4	25	24	23	22	1.125	61	68	74	8357	3398	0.229	0.90	505	2.93	1b	2
BaK5	27	24	23	22	1.012	70	76	82	7550	3017	0.251	0.82	480	3.02	1a	1
BaK6	29	27	26	25	1.029	61	66	69	7822	3115	0.243	0.85	520	3.09	1b	1
BaK7	38	35	33	31	0.959	60	72	76	7528	3027	0.244	0.79	465	3.12	1b	2
BaK8	34	30	29	27	0.920	73	77	81	7378	2972	0.241	0.79	475	3.20	2a	2
BaK9	23	18	16	15	0.977	70	71	82	7915	3189	0.211	0.77	490	3.11	1a	2
BaK11	25	23	22	21	1.015	63	69	72	7890	3254	0.237	0.86	505	3.03	1a	2

续表 1-19

玻璃 牌号	20~120°C下折射率温度系数 $\Delta n/\Delta t$ 绝对值($10^{-7}/^{\circ}\text{C}$)				转变 温度 $T_g(^{\circ}\text{C})$	导热 系数 λ (W/m·K)	线膨胀系数 $\alpha(10^{-7}/^{\circ}\text{C})$			弹性 模量E (10^{11}Pa)	剪切 模量G (10^{10}Pa)	泊松比 μ	研磨 硬度 HVA	显微 硬度HK (10^3Pa)	密度 ρ (g/cm ³)	化学稳定性
	$\beta_{F'}$	β_e	β_d	β_c'			-60~ +20°C	20~ 120°C	20~ 300°C							
PK1	—	—	—	-4	480	1.141	84	91	98	6669	2711	0.230	0.40	—	—	—
PK2	—	—	—	—	—	—	70	72	79	—	—	—	—	—	—	—
ZK1	24	22	21	20	624	1.041	56	64	70	5487	3330	0.265	0.78	515	2b	2
ZK2	27	23	22	21	639	0.946	62	70	77	7995	3328	0.201	0.74	540	2a-2b	2-3
ZK3	31	28	26	24	670	0.956	52	60	76	8461	3415	0.238	0.84	540	2a-2b	3
ZK4	24	21	19	17	630	0.919	71	78	83	8322	3411	0.220	0.62	515	3a	3
ZK5	41	37	36	34	589	0.850	77	85	93	8018	3107	0.290	0.56	510	3a	3
ZK6	10	16	14	13	668	0.908	62	71	78	8302	3313	0.252	0.68	475	2a-2b	3
ZK7	14	12	11	9	653	0.976	61	68	75	9001	3654	0.231	0.65	525	3b	3
ZK8	34	30	28	26	674	0.854	60	68	73	7673	3058	0.255	0.74	490	1a-1b	2
ZK9	16	14	13	11	666	0.910	60	68	75	8899	3638	0.223	0.63	495	3b	3
ZK10	18	15	14	12	662	0.873	65	73	79	8278	3256	0.272	0.68	475	3a	2
ZK11	48	46	45	43	655	0.912	62	74	80	8828	3602	0.226	0.56	480	3a	3
ZK14	21	18	16	15	649	0.967	59	67	73	8520	3458	0.232	0.72	515	3a	3
ZK15	22	19	17	15	643	0.920	62	68	74	8434	3336	0.264	0.75	520	3a	3
ZK19	41	37	35	33	646	0.883	65	71	75	7891	3108	0.269	0.67	470	3a	2
ZK20	43	39	37	35	621	0.884	61	67	73	7914	3133	0.263	0.71	475	3a	3
LaK1	1	-2	-4	-5	658	0.895	68	74	79	9040	3549	0.274	0.52	510	3b	3
LaK2	—	—	—	—	657	0.880	60	69	75	10446	4058	0.287	0.76	555	3a-3b	3
LaK3	—	—	—	—	671	0.925	52	60	67	11924	4648	0.283	1.16	635	3a-3b	3
LaK4	4	2	1	-0.8	627	—	66	72	79	9100	3577	0.272	0.90	470	3b	4
LaK5	-6	-10	-12	-14	614	—	77	83	88	8536	3308	0.290	0.47	470	3b	4
LaK6	-9	-13	-15	-17	627	0.667	82	89	95	8372	3175	0.284	0.42	465	3b	4
LaK7	41	37	35	33	659	0.938	55	64	70	11378	4436	0.282	0.99	620	2b-3a	2
LaK8	44	42	39	37	647	—	79	88	94	8765	3382	0.296	0.91	499	3a	3
LaK10	—	—	—	—	650	—	61	69	74	9029	3650	0.272	0.77	475	3b	4
LaK11	—	—	—	—	616	0.721	72	78	83	8433	3258	0.291	0.49	405	3a-3b	3
LaK12	—	—	—	—	660	—	57	63	69	11400	4436	0.285	0.99	620	2b-3a	3

续表 1—19

玻璃 牌号	20~120°C下,折射率温度系数 $\Delta n/\Delta t$ 绝对值 $[10^{-7}/^\circ\text{C}]$				转变 温度 $T_g [^\circ\text{C}]$	导热 系数 λ [W/m·K]	线膨胀系数 $\alpha [10^{-7}/^\circ\text{C}]$			弹性 模量 E [10^7Pa]	剪切 模量 F [10^7Pa]	泊松比 μ	研磨 硬度 RA	显微 硬度 HK [10^7Pa]	密度 ρ [g/cm ³]	化学稳定性	
	B_f'	B_a	B_c'	B_c			耐潮级别										
							-60~ +20°C	20~ 120°C	20~ 300°C							耐潮级别	
TK1	-36	-40	-44	-44	529	0.866	137	140	—	7276	2830	0.285	—	430	4.11	—	
KF1	44	40	37	36	456	1.233	62	68	73	6685	2785	0.198	0.56	420	2.52	1a	
KF2	37	35	33	31	498	1.087	62	66	69	6325	2637	0.199	0.89	430	2.69	1a	
KF3	29	25	23	21	458	1.072	79	89	101	6478	2657	0.219	0.89	395	2.71	1a	
QF1	31	26	24	22	451	1.004	75	83	89	6505	2668	0.219	0.69	430	2.93	1a	
QF2	36	31	29	27	543	0.995	68	71	73	6524	2653	0.225	0.72	366	3.02	1a	
QF3	51	45	42	38	511	0.993	69	72	73	5654	2344	0.204	0.58	410	3.23	1a	
QF5	39	31	29	25	464	1.027	78	84	96	6337	2628	0.206	0.71	465	3.22	1a	
QF6	29	25	23	21	422	—	73	79	85	6276	2604	0.205	0.83	455	2.81	1a	
QF9	25	20	18	15	465	—	80	87	93	6404	2627	0.219	0.83	430	3.02	1a	
QF11	52	47	43	39	470	0.962	71	75	79	5570	2302	0.210	0.71	435	3.23	1a	
QF14	39	30	25	21	446	—	80	87	93	5982	2448	0.222	0.67	390	3.38	1a	
F1	56	49	45	41	465	0.976	72	78	81	5740	2362	0.215	0.61	400	3.18	1a	
F2	62	52	48	44	493	0.964	69	72	73	5650	2287	0.235	0.58	390	3.58	1a	
F3	59	51	48	44	486	0.940	73	76	78	5698	2307	0.215	0.59	380	3.60	1a	
F4	66	57	53	48	474	0.910	70	74	77	5660	2317	0.221	0.61	390	3.63	1a	
F5	67	56	52	48	480	0.937	73	76	78	5614	2267	0.238	0.59	360	3.68	1a	
F6	20	12	9	5	442	0.837	95	101	107	5410	2174	0.215	0.64	380	3.62	1b	
F7	45	35	30	26	440	—	84	89	95	5668	2302	0.231	0.60	375	3.76	1a	
F12	—	—	—	—	460	—	77	83	88	5904	2416	0.222	0.67	—	3.62	1a	
F13	38	28	24	21	435	0.880	85	90	96	5580	2270	0.229	0.60	365	3.65	1a	
BaF1	37	34	32	30	602	1.015	70	75	78	6816	2799	0.217	0.82	455	2.93	1a	
BaF2	28	23	20	18	513	0.978	79	86	92	6718	2658	0.264	0.60	450	3.16	1a	
BaF3	43	40	38	37	577	0.908	70	75	80	7427	2951	0.258	0.75	485	3.23	2a	
BaF4	31	29	27	24	520	0.902	77	82	87	6419	2590	0.239	0.50	475	3.28	1a	
BaF5	34	23	25	22	540	0.854	77	82	87	6477	2615	0.238	0.70	455	3.50	1a	
BaF6	56	51	49	46	553	0.858	72	77	83	6844	2721	0.256	0.71	420	3.53	1a	
BaF7	57	51	48	45	510	0.860	70	76	81	6242	2532	0.240	0.70	400	3.56	1a	

续表 1-19

玻璃 牌号	20~120°C下折射率温度系数 $\Delta n/\Delta t$ 绝对值 $10^{-7}/^\circ\text{C}$				转变 温度 $T_R(^\circ\text{C})$	导热 系数 λ [W/(m·k)]	线膨胀系数 $\alpha(10^{-6}/^\circ\text{C})$			弹性 模量E [10^7Pa]	剪切 模量G [10^7Pa]	泊松比 μ	研磨 硬度 FA	显微硬 度HK [10^3Pa]	密度 ρ [g/cm ³]	化学稳定性	
	β_t'	β_n	β_{nr}	β_c'			耐酸级别	耐碱级别									
	-60— +20°C	20 120°C	20— 300°C														
ZBaF8	38	30	27	23	497	0.821	81	86	90	6146	2486	0.236	0.63	425	3.68	1a	1
ZBaF1	47	43	41	40	906	0.922	71	78	83	8474	3377	0.355	0.66	460	3.47	2a	2
ZBaF2	47	42	40	38	614	0.808	60	66	71	7803	3043	0.282	0.66	445	3.83	2a-2b	2
ZBaF3	30	25	23	21	628	0.751	73	80	86	7988	3097	0.289	0.52	360	3.98	3a	3
ZBaF4	97	86	82	77	481	0.824	69	07	102	6568	2622	0.253	0.80	455	3.91	1b	2
ZBaF5	30	24	22	19	609	0.842	75	82	89	7976	3053	0.292	0.50	370	4.02	2b	2
ZBaF8	39	33	31	28	604	—	68	74	78	7080	2821	0.255	0.71	450	3.54	2b	2
ZBaF11	—	—	—	—	550	—	80	85	92	7895	3133	0.260	0.56	450	3.27	3a	3
ZBaF13	—	—	—	—	569	—	67	73	79	7843	3147	0.262	0.60	455	3.60	3a	3
ZBaF15	—	—	—	—	479	—	87	94	100	6610	2615	0.264	0.56	475	3.91	3a	3
ZBaF16	—	—	—	—	630	—	71	77	86	8797	3439	0.279	0.67	470	3.76	2a	2
ZBaF17	45	36	33	29	570	0.834	72	78	86	8041	3183	0.263	0.53	445	3.76	2a-2b	2
ZBaF18	—	—	—	—	530	—	77	84	90	7400	2934	0.261	—	430	3.90	2b	2
ZBaF20	89	80	78	74	535	—	50	57	62	8640	3367	0.283	—	475	3.96	3a-3b	3
ZBaF21	106	94	90	86	595	—	67	78	87	8819	3482	0.266	0.51	450	3.96	3a	3
ZF1	53	42	38	33	466	0.831	79	83	87	5468	2246	0.218	0.61	360	3.86	1a	1
ZF2	79	66	61	55	471	0.815	72	77	81	5548	2256	0.229	0.62	380	4.09	1a	1
ZF3	88	72	64	57	436	0.756	77	82	85	5518	2261	0.220	0.63	370	4.46	2a	1
ZF4	70	54	46	39	427	0.721	91	97	103	5288	2139	0.235	0.56	340	4.52	2b	1
ZF5	102	84	75	67	456	0.735	78	85	88	5456	2174	0.255	0.61	360	4.65	2a	1
ZF6	108	89	80	72	451	0.710	76	81	84	5472	2250	0.216	0.62	340	4.78	2a	1
ZF7	138	113	103	93	445	0.680	77	82	86	5484	2237	0.226	0.50	330	5.20	2b-3a	1
ZF8	68	53	45	39	435	—	79	86	92	5806	2362	0.229	0.62	360	3.91	2a	1
ZF10	80	66	60	55	445	0.805	79	85	91	5570	2239	0.233	0.53	355	4.22	2a	1
ZF11	69	52	44	38	460	—	76	83	87	6059	2196	0.214	0.58	380	4.06	1a	1
ZF12	131	106	97	90	480	—	64	68	71	6512	2636	0.235	0.45	360	4.51	2b	1
ZF13	149	133	115	107	503	0.737	59	64	69	6589	2460	0.237	0.42	370	4.74	2b	1
ZF14	170	126	112	96	390	—	87	94	101	5217	2064	0.261	—	—	5.95	—	—

续表 1—19

玻璃 牌号	20~120℃下,折光率温度 系数 $\Delta n/\Delta t$ 绝对值($10^{-7}/^\circ\text{C}$)				转变 温度 $T_g(^\circ\text{C})$	导热 系数 λ [W/m·K]	线膨胀系数 $\alpha(10^{-7}/^\circ\text{C})$			弹性 模量E [10^9Pa]	剪切 模量G [10^9Pa]	泊松比 μ	研磨 硬度 FA	显微硬 度HK [10^7Pa]	密度 ρ [g/cm ³]	化学稳定性	
	$\beta_{F'}$	β_e	β_d	$\beta_{d'}$			-60~ +20℃	20~ 120℃	20~ 300℃							耐酸级别	耐碱级别
LaF1	—	—	—	—	540	0.772	91	98	106	9326	3628	—	—	4.41	3a	3	
LaF2	21	14	12	9	614	0.767	74	86	92	8584	3328	0.46	480	4.44	3a	3	
LaF3	21	12	9	6	616	0.740	80	86	91	8700	3362	0.89	440	4.60	3a	3	
LaF4	88	77	72	68	570	—	51	57	64	7953	3107	0.44	430	4.22	3a	3	
LaF5	—	—	—	—	577	0.781	64	73	81	9090	3510	0.57	475	4.18	3a→3b	3	
LaF6	—	—	—	—	619	—	56	63	69	11572	4461	1.20	680	4.24	3a	3	
LaF7	48	33	28	25	660	—	65	72	77	10003	3879	—	470	4.21	1b→2a	2	
LaF8	81	72	68	64	690	0.848	56	63	70	11062	4245	—	510	4.47	3a	3	
LaF9	—	—	—	—	650	—	53	60	67	11415	4384	—	680	4.16	3a	3	
LaF10	47	41	39	37	687	0.884	53	62	70	12334	4792	1.20	615	4.55	1b	2	
ZLaF1	60	54	51	47	650	—	56	63	70	11900	4588	—	610	4.42	—	—	
ZLaF2	57	51	49	46	626	0.814	57	63	71	12101	4654	—	590	4.96	—	—	
ZLaF3	96	85	80	74	620	0.802	60	66	73	11042	4218	—	530	5.10	—	—	
ZLaF4	—	—	—	—	676	—	65	70	76	—	—	—	—	5.47	—	—	
TiF1	—	—	—	—	455	—	84	89	95	8031	2436	0.71	440	2.51	1a	2	
TiF2	11	5	2	-1	508	1.064	80	86	90	6844	2751	0.70	420	2.61	1a	2	
TiF3	—	—	—	—	497	0.923	81	86	91	6696	2689	0.56	455	2.69	1a	2	
TiF4	—	—	—	—	288	—	173	193	210	16688	6468	—	300	3.31	2b→3a	3	
TiF1	38	34	32	31	451	0.953	59	64	68	5159	2102	0.60	400	2.56	3b	2	
TiF3	33	29	27	26	486	0.848	46	55	62	8200	2411	0.58	430	3.23	3b	4	
TiF4	55	49	47	44	506	0.766	39	45	57	6159	2408	—	565	3.21	3b	4	
TiF5	60	54	52	49	493	—	48	51	56	6762	2470	—	515	3.58	3b	4	
TiF6	70	61	58	54	491	—	48	50	56	6519	2542	—	450	3.84	3b	4	

3.3 厚度为10mm的玻璃内透过率见表1-20

厚度为10mm的玻璃内透过率

表 1-20

波长 λ nm	光谱内透 过 率 τ_{λ}															
	QK1	QK3	K1	K2	K3	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	BaK1	BaK2	BaK3	BaK4
700	0.997	0.996	0.997	0.996	0.995	0.996	0.993	0.993	0.996	0.999	0.996	0.996	0.997	0.998	0.995	0.999
650	0.997	0.993	0.995	0.994	0.993	0.996	0.992	0.994	0.997	0.998	0.996	0.996	0.997	0.999	0.995	0.998
600	0.998	0.993	0.995	0.994	0.998	0.996	0.991	0.994	0.998	0.998	0.996	0.996	0.998	0.999	0.995	0.992
550	0.996	0.992	0.993	0.996	0.998	0.994	0.990	0.994	0.998	0.998	0.995	0.996	0.998	0.999	0.997	0.993
500	0.991	0.992	0.994	0.993	0.997	0.992	0.992	0.992	0.999	0.998	0.994	0.995	0.996	0.997	0.992	0.983
480	0.992	0.992	0.994	0.992	0.995	0.992	0.991	0.992	0.999	0.998	0.994	0.994	0.996	0.996	0.993	0.986
460	0.989	0.992	0.993	0.991	0.992	0.991	0.990	0.992	0.999	0.996	0.992	0.992	0.994	0.995	0.991	0.984
440	0.984	0.990	0.992	0.990	0.991	0.986	0.985	0.991	0.996	0.996	0.991	0.989	0.992	0.990	0.991	0.980
420	0.983	0.990	0.992	0.988	0.989	0.985	0.985	0.991	0.994	0.996	0.990	0.989	0.991	0.990	0.990	0.978
400	0.988	0.990	0.992	0.994	0.993	0.981	0.985	0.990	0.996	0.994	0.987	0.982	0.989	0.988	0.990	0.973
390	0.984	0.990	0.986	0.987	0.991	0.979	0.983	0.985	0.994	0.992	0.985	0.985	0.985	0.978	0.975	0.955
380	0.964	0.968	0.974	0.956	0.973	0.963	0.965	0.971	0.988	0.988	0.951	0.972	0.972	0.958	0.953	0.923
370	0.960	0.970	0.975	0.971	0.973	0.955	0.968	0.965	0.982	0.985	0.905	0.972	0.970	0.960	0.938	0.910
360	0.952	0.958	0.971	0.964	0.966	0.941	0.962	0.951	0.982	0.980	0.812	0.964	0.955	0.935	0.885	0.835
350	0.922	0.935	0.955	0.925	0.938	0.906	0.842	0.918	0.970	0.969	0.630	0.935	0.922	0.885	0.800	0.722
340	0.852	0.892	0.922	0.859	0.899	0.832	0.806	0.852	0.920	0.942	0.360	0.882	0.856	0.778	0.662	0.522
330	0.740	0.883	0.855	0.742	0.810	0.680	0.800	0.731	0.810	0.890	0.110	0.791	0.745	0.600	0.452	0.300
320	0.532	0.713	0.672	0.551	0.650	0.479	0.610	0.502	0.570	0.772	0.039	0.590	0.552	0.342	0.235	0.100
310	0.252	0.500	0.355	0.282	0.400	0.300	0.340	0.240	0.275	0.590	0.004	0.310	0.302	0.112	0.062	0.015
300	0.052	0.220	0.060	0.04	0.150	0.120	0.085	0.028	0.040	0.300	0.004	0.070	0.085	0.012	0.006	
290		0.060	0.005		0.02	0.02	0.01	0.005	0.002	0.030		0.003	0.009			
280								0.005		0.005						

续表 1-20

波长 λ nm	光谱内透射率 T_{14}															
	BaK5	BaK6	BaK7	BaK8	BaK9	BaK11	ZK1	ZK2	ZK3	ZK4	ZK5	ZK6	ZK7	ZK8	ZK10	ZK11
700	0.986	0.997	0.995	0.996	0.995	0.991	0.990	0.997	0.996	0.990	0.991	0.996	0.996	0.988	0.992	0.998
650	0.986	0.997	0.995	0.994	0.995	0.992	0.988	0.998	0.998	0.993	0.991	0.996	0.996	0.988	0.994	0.999
600	0.986	0.996	0.994	0.994	0.994	0.992	0.988	0.998	0.998	0.995	0.993	0.996	0.996	0.988	0.996	0.999
550	0.987	0.996	0.997	0.996	0.997	0.994	0.989	0.998	0.998	0.994	0.992	0.999	0.998	0.990	0.998	0.998
500	0.988	0.995	0.996	0.995	0.996	0.994	0.985	0.998	0.997	0.992	0.990	0.999	0.997	0.985	0.996	0.992
480	0.984	0.993	0.994	0.994	0.995	0.991	0.982	0.997	0.995	0.991	0.989	0.994	0.991	0.984	0.995	0.990
460	0.982	0.988	0.993	0.992	0.992	0.991	0.982	0.995	0.994	0.986	0.985	0.994	0.992	0.978	0.990	0.984
440	0.982	0.985	0.986	0.990	0.988	0.980	0.976	0.992	0.990	0.985	0.984	0.989	0.986	0.972	0.987	0.973
420	0.982	0.982	0.985	0.990	0.983	0.985	0.973	0.990	0.997	0.978	0.982	0.985	0.982	0.965	0.981	0.958
400	0.980	0.976	0.982	0.986	0.983	0.978	0.968	0.982	0.974	0.958	0.968	0.959	0.952	0.945	0.958	0.912
390	0.973	0.965	0.970	0.975	0.945	0.972	0.958	0.968	0.960	0.926	0.960	0.920	0.948	0.918	0.938	0.860
380	0.955	0.940	0.944	0.960	0.910	0.952	0.945	0.948	0.935	0.890	0.936	0.872	0.898	0.889	0.906	0.760
370	0.948	0.915	0.928	0.945	0.865	0.938	0.915	0.932	0.895	0.825	0.900	0.790	0.840	0.820	0.860	0.620
360	0.915	0.854	0.876	0.900	0.763	0.895	0.860	0.868	0.812	0.711	0.821	0.635	0.725	0.710	0.775	0.402
350	0.848	0.750	0.782	0.820	0.590	0.820	0.770	0.772	0.694	0.550	0.702	0.415	0.552	0.550	0.640	0.171
340	0.712	0.570	0.615	0.670	0.315	0.692	0.625	0.615	0.518	0.350	0.515	0.195	0.350	0.332	0.450	0.029
330	0.590	0.450	0.356	0.455	0.060	0.505	0.440	0.400	0.302	0.175	0.300	0.055	0.152	0.140	0.222	
320	0.262	0.125	0.132	0.205		0.262	0.220	0.165	0.132	0.045	0.097	0.003	0.035	0.028	0.058	
310	0.072	0.025	0.022	0.050		0.019	0.070	0.042	0.035	0.005	0.012		0.002			
300	0.004		0.003			0.009	0.009	0.004	0.001							
280																
260																

波长λ nm	光谱透过滤过率 τ ₁₁																		
	ZK14	ZK19	LaK1	LaK2	LaK3	LaK5	LaK6	LaK7	LaK11	KF1	KF2	KF3	QF1	QF2	QF3	QF5			
700	0.999	0.990	0.994	0.992	0.993	0.995	0.992	0.998	0.992	0.996	0.998	0.990	0.998	0.998	0.998	0.997			
650	0.999	0.990	0.993	0.992	0.992	0.994	0.992	0.998	0.992	0.995	0.998	0.990	0.997	0.998	0.998	0.997			
600	0.999	0.993	0.992	0.991	0.993	0.992	0.996	0.996	0.992	0.996	0.998	0.992	0.996	0.998	0.998	0.997			
550	0.998	0.994	0.992	0.990	0.992	0.988	0.990	0.996	0.989	0.998	0.998	0.993	0.996	0.998	0.998	0.997			
500	0.996	0.991	0.986	0.985	0.990	0.980	0.985	0.995	0.986	0.998	0.998	0.991	0.995	0.998	0.998	0.997			
480	0.994	0.988	0.982	0.984	0.985	0.975	0.982	0.992	0.984	0.998	0.998	0.990	0.995	0.998	0.998	0.994			
460	0.992	0.980	0.978	0.976	0.975	0.966	0.976	0.982	0.980	0.998	0.997	0.987	0.994	0.996	0.995	0.992			
440	0.990	0.974	0.970	0.966	0.965	0.954	0.972	0.972	0.974	0.998	0.994	0.983	0.992	0.993	0.992	0.990			
420	0.987	0.968	0.963	0.948	0.948	0.926	0.962	0.952	0.968	0.998	0.994	0.983	0.992	0.992	0.990	0.989			
400	0.982	0.940	0.945	0.902	0.895	0.858	0.928	0.906	0.948	0.998	0.995	0.983	0.988	0.989	0.985	0.985			
390	0.972	0.912	0.925	0.848	0.840	0.785	0.890	0.862	0.931	0.998	0.995	0.982	0.984	0.978	0.970	0.976			
380	0.956	0.858	0.892	0.758	0.750	0.672	0.818	0.782	0.895	0.988	0.980	0.970	0.969	0.952	0.955	0.952			
370	0.937	0.780	0.848	0.625	0.620	0.540	0.695	0.662	0.840	0.990	0.980	0.968	0.956	0.945	0.930	0.946			
360	0.885	0.649	0.752	0.432	0.435	0.405	0.505	0.502	0.745	0.988	0.974	0.958	0.926	0.898	0.910	0.911			
350	0.810	0.460	0.630	0.240	0.245	0.270	0.390	0.312	0.602	0.972	0.958	0.928	0.870	0.805	0.850	0.850			
340	0.682	0.250	0.452	0.078	0.092	0.135	0.108	0.152	0.425	0.950	0.920	0.865	0.750	0.600	0.750	0.650			
330	0.500	0.080	0.280	0.015	0.020	0.048	0.030	0.050	0.242	0.872	0.822	0.715	0.530	0.260	0.530	0.460			
320	0.292	0.010	0.120			0.009	0.004	0.009	0.100	0.692	0.622	0.455	0.235	0.020	0.090	0.090			
310	0.120		0.040						0.032	0.351	0.252	0.161	0.008		0.050	0.050			
300	0.028		0.009						0.006	0.045	0.018								
290																			
280																			

续表 1—20

波长 λ	光谱内透过程率 τ_{λ}															
	F1	F2	F4	F5	F6	BaF1	BaF3	BaF5	BaF6	BaF7	BaF8	ZBaF1	ZBaF2	ZBaF3	ZBaF17	ZBaF21
700	0.996	0.998	0.998	0.992	0.998	0.995	0.998	0.992	0.995	0.995	0.996	0.986	0.995	0.982	0.996	0.994
650	0.996	0.998	0.996	0.993	0.995	0.996	0.998	0.992	0.995	0.994	0.996	0.986	0.996	0.984	0.996	0.994
600	0.996	0.998	0.996	0.995	0.998	0.996	0.998	0.991	0.998	0.991	0.998	0.990	0.996	0.986	0.995	0.991
550	0.997	0.998	0.998	0.994	0.998	0.995	0.998	0.993	0.998	0.993	0.996	0.990	0.996	0.988	0.992	0.985
500	0.997	0.996	0.996	0.993	0.998	0.995	0.998	0.992	0.998	0.992	0.996	0.985	0.995	0.986	0.992	0.988
480	0.996	0.995	0.995	0.992	0.994	0.991	0.998	0.992	0.995	0.991	0.994	0.980	0.992	0.985	0.972	0.954
460	0.991	0.992	0.994	0.990	0.992	0.994	0.998	0.990	0.992	0.988	0.992	0.970	0.988	0.978	0.956	0.928
440	0.990	0.988	0.992	0.985	0.991	0.992	0.986	0.984	0.985	0.982	0.980	0.964	0.978	0.970	0.925	0.878
420	0.988	0.985	0.990	0.982	0.991	0.991	0.985	0.982	0.982	0.978	0.988	0.948	0.962	0.960	0.878	0.778
400	0.982	0.972	0.984	0.973	0.988	0.991	0.988	0.974	0.972	0.962	0.972	0.900	0.912	0.920	0.765	0.562
380	0.974	0.962	0.970	0.960	0.974	0.990	0.982	0.962	0.950	0.942	0.955	0.842	0.860	0.870	0.660	0.390
370	0.935	0.892	0.912	0.885	0.930	0.975	0.950	0.920	0.882	0.872	0.892	0.738	0.772	0.822	0.500	0.185
360	0.889	0.818	0.832	0.796	0.868	0.962	0.908	0.870	0.810	0.782	0.808	0.600	0.650	0.730	0.300	0.050
350	0.800	0.682	0.700	0.650	0.770	0.930	0.835	0.772	0.670	0.640	0.660	0.140	0.250	0.375	0.095	0.002
340	0.612	0.412	0.440	0.362	0.562	0.852	0.695	0.582	0.462	0.375	0.392	0.016	0.075	0.162		
330	0.340	0.100	0.100	0.060	0.210	0.700	0.470	0.280	0.290	0.080	0.010		0.009	0.030		
320	0.029	0.002	0.002		0.006	0.372	0.188	0.022	0.016				0.004	0.003		
310	0.002					0.060	0.030	0.004	0.004				0.004			
300						0.010	0.006									
280																

续表 1-20

波长 λ nm	光谱透射率 τ_{λ}												
	ZF1	ZF2	ZF4	ZF3	ZF6	ZK7	ZF11	LaF2	LaF5	LaF10	TiF2	TF1	TF3
700	0.992	0.998	0.998	0.995	0.994	0.993	0.998	0.990	0.984	0.947	0.994	0.997	0.998
650	0.992	0.998	0.997	0.998	0.995	0.994	0.997	0.990	0.984	0.945	0.994	0.998	0.998
600	0.993	0.998	0.997	0.998	0.998	0.998	0.998	0.990	0.984	0.943	0.994	0.996	0.998
550	0.988	0.998	0.994	0.994	0.996	0.996	0.998	0.992	0.980	0.843	0.995	0.997	0.998
500	0.985	0.996	0.991	0.982	0.993	0.994	0.995	0.986	0.970	0.934	0.991	0.995	0.998
480	0.982	0.994	0.986	0.970	0.990	0.988	0.992	0.983	0.958	0.928	0.990	0.992	0.994
460	0.980	0.990	0.978	0.945	0.980	0.988	0.985	0.980	0.946	0.918	0.986	0.988	0.887
440	0.975	0.978	0.968	0.862	0.954	0.920	0.975	0.972	0.924	0.900	0.982	0.978	0.970
420	0.970	0.965	0.942	0.670	0.895	0.772	0.952	0.964	0.882	0.872	0.972	0.963	0.920
400	0.955	0.922	0.875	0.310	0.736	0.440	0.855	0.936	0.770	0.802	0.924	0.922	0.758
390	0.935	0.865	0.800	0.090	0.590	0.220	0.715	0.911	0.650	0.740	0.855	0.878	0.615
380	0.894	0.770	0.682	0.006	0.405	0.065	0.415	0.860	0.450	0.625	0.700	0.812	0.425
370	0.850	0.660	0.512		0.212		0.010	0.782	0.172	0.470	0.430	0.730	0.210
360	0.750	0.462	0.275		0.062			0.645	0.012	0.270	0.130	0.612	0.065
350	0.554	0.240	0.065		0.005			0.452		0.130	0.096	0.460	0.010
340	0.235	0.015						0.200		0.036		0.288	
330	0.016							0.032		0.004		0.150	
320												1.045	
310													
300													
290													
280													

3.4 光学玻璃 $n_d - \nu_d$ 领域图 (图1-2)

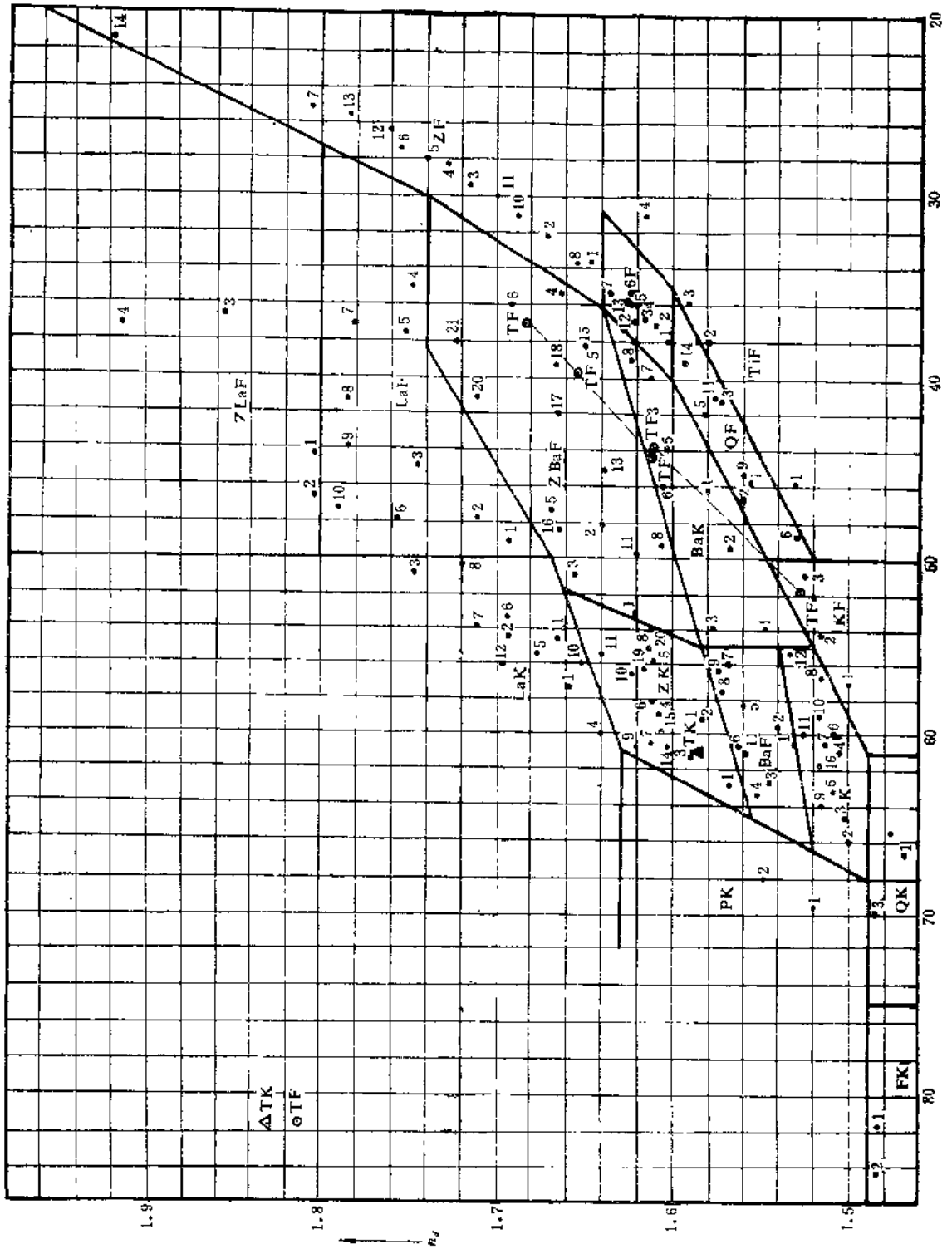


图 1-2 无色光学玻璃 $n_d - \nu_d$ 领域图

4 国产无色光学玻璃与国外牌号对照 (表1—21)

表 1—21

序 号	中国牌号	相当苏联牌号	相当联邦德国牌号	序 号	中国牌号	相当苏联牌号	相当联邦德国牌号
1	FK1	—	FK52	35	ZK5	TK4	—
2	FK2	—	FK61	36	ZK6	TK16	—
3	QK1	ЛК6	—	37	ZK7	TK14	—
4	QK2	ЛК5	—	38	ZK8	TK8	—
5	QK3	ЛК3	—	39	ZK9	—	SK16
6	K1	KΦ5	—	40	ZK10	TK20	—
7	K2	K2	—	41	ZK11	—	SK18
8	K3	—	BK5	42	ZK14	—	SK14
9	K4	—	ZK7	43	ZK15	—	SK7
10	K5	K3	—	44	ZK19	—	SK6
11	K6	K6	K7	45	ZK20	—	SSK1
12	K7	K14	—	46	LaK1	CTK3	—
13	K8	—	K2	47	LaK2	CTK4	—
14	K9	K8	—	48	LaK3	CTK6	—
15	K10	KБ4	—	49	LaK4	—	LaK21
16	K11	K20	—	50	LaK5	—	LaK12
17	K12	K15	—	51	LaK6	—	LaK13
18	K16	K19	—	52	LaK7	—	LaK8
19	PK1	BK1	—	53	LaK8	—	LaK10
20	PK2	BK3	—	54	LaK10	—	LaK22
21	BaK1	BK4	—	55	LaK11	—	—
22	BaK2	BK6	—	56	LaK12	—	LaK24
23	BaK3	BK8	—	57	TK1	—	LaSK2
24	BaK4	BK11	—	58	KF1	KΦ6	—
25	BaK5	BK12	—	59	KF2	KΦ1	—
26	BaK6	TK1	—	60	KF3	KΦ3	—
27	BaK7	BΦ10	—	61	QF1	ЛΦ10	—
28	BaK8	TK2	—	62	QF2	ЛΦ11	—
29	BaK9	—	BaK6	63	QF3	ЛΦ5	—
30	BaK11	—	SK20	64	QF4	—	LF3
31	ZK1	TK12	—	65	QF6	—	LLF3
32	ZK2	—	SK12	66	QF9	—	LLF3
33	ZK3	TK3	—	67	QF11	ЛΦ7	—
34	ZK4	—	SK3	68	QF14	—	F2

续表 1—21

序 号	中国牌号	相当苏联牌号	相当联邦德国牌号	序 号	中国牌号	相当苏联牌号	相当联邦德国牌号
69	F 1	Φ6	—	103	ZF4	БΦ7	—
70	F 2	Φ1	—	104	ZF5	БΦ1	—
71	F 3	Φ2	—	105	ZF6	БΦ5	—
72	F 4	Φ13	—	106	ZF7	БΦ10	—
73	F 5	Φ4	—	107	ZF8	—	SF9
74	F 6	Φ8	—	108	ZF10	—	SF7
75	F 7	—	F 6	109	ZF11	—	SF15
76	F 12	—	F 10	110	ZF12	—	SF14
77	F 13	—	F 1	111	ZF13	—	SF 11
78	BaF1	БΦ4	—	112	ZF14	—	SF53
79	BaF2	БΦ6	—	113	LaF1	—	—
80	BaF3	БΦ7	—	114	LaF2	—	LaF3
81	BaF4	БΦ8	—	115	LaF3	—	LaF2
82	BaF5	БΦ10	BaF4	116	LaF4	—	LaF7
83	BaF6	БΦ25	—	117	LaF5	—	—
84	BaF7	БΦ21	—	118	LaF6	—	LaF24
85	BaF8	БΦ12	—	119	LaF7	—	LaF22
86	ZBaF1	БΦ11	—	120	LaF8	—	LaF25
87	ZBaF2	БΦ13	—	121	LaF9	—	LaF10
88	ZBaF3	TK21	—	122	LaF10	—	LaF21
89	ZBaF4	БΦ28	—	123	ZLaF1	—	LaSF11
90	ZBaF5	БΦ16	—	124	ZLaF2	—	LaSF1
91	ZBaF8	—	BaF5	125	ZLaF3	—	LaSF13
92	ZBaF11	—	SSK9	126	ZLaF4	—	—
93	ZBaF13	—	BaF12	127	TiF1	—	LiF7
94	ZBaF15	—	BaSF4	128	TiF2	ЛΦ9	—
95	ZBaF16	—	BaFN11	129	TiF3	—	F 16
96	ZBaF17	—	BaSF6	130	TiF4	—	TiF5
97	ZBaF18	—	BaSF12	131	TF1	ОΦ1	—
98	ZBaF20	—	BaSF52	132	TF3	ОΦ3	—
99	ZBaF21	—	BaSF52	133	TF4	—	K2FSN4
100	ZF1	БΦ1	—	134	TF5	—	K2FSN5
101	ZF2	БΦ2	—	135	TF6	—	K2FSN7
102	ZF3	БΦ3	—				

注：有 4 个牌号 LaK11、LaF1、LaF5、TiF2 修改时分别更名为 ZK12、ZBaF6、ZBaF7、QF4

第二节 有色光学玻璃(WJ 277—65)

有色光学玻璃用来制作滤色镜,主要用于观察、电影、电视、摄影、色度等光学仪器中,以提高仪器的能见度,进行颜色校正、分离、补偿等。本节内容主要依据标准(WJ 277—65)编写的。

1 名词术语

1.1 光谱特性

各种有色光学玻璃在规定的光谱区内的透过和吸收性能称为光谱特性。它是有色光学玻璃的主要特性,通常以各种波长的透过率 τ_λ 、吸收率 E_λ 和光密度 D_λ 来表示。

1.2 光密度 D_λ

有色光学玻璃对不同波长透过率 τ_λ 取对数的负值定义为有色光学玻璃的光密度,用 D_λ 表示。即 $D_\lambda = -\lg \tau_\lambda$ 。

1.3 吸收率 E_λ

有色光学玻璃厚度为1mm时,仅考虑吸收损失(不考虑表面反射损失)的光密度定义为有色光学玻璃的吸收率,用 E_λ 表示。即 $E_\lambda = -\lg \tau_{\lambda 1}$, $\tau_{\lambda 1}$ 为厚度等于1mm的有色玻璃对不同波长的透过率(只考虑吸收损失,不考虑表面反射损失)。

1.4 有色玻璃的反射修正值 D_r

我们把对 $(1-\rho)^2$ 取对数的负值定义为有色玻璃的反射修正值,用 D_r 表示。即 $D_r = -\lg(1-\rho)^2$,其中 ρ 为玻璃表面反射系数, $\rho = [(n_D - 1)/(n_D + 1)]^2$,对于每种牌号的玻璃,其折射率 n_D 是一定的,所以 D_r 也是一个定值。其值列于表1-34中。

D_r 的物理意义及作用如下:厚度为 l 毫米的有色光学玻璃的透过率 τ_λ (同时考虑吸收损失和表面反射损失),与厚度为1mm的有色光学玻璃仅考虑吸收损失时的透过率 $\tau_{\lambda 1}$ 以及有色玻璃表面反射系数 ρ 之间的关系为

$$\tau_\lambda = \tau_{\lambda 1}^l (1-\rho)^{2l} \quad (1-1)$$

两边取对数得

$$\lg \tau_\lambda = l \cdot \lg \tau_{\lambda 1} + \lg(1-\rho)^{2l}$$

已知 $D_\lambda = -\lg \tau_\lambda$, $E_\lambda = -\lg \tau_{\lambda 1}$, $D_r = -\lg(1-\rho)^2$

所以有

$$D_\lambda = l \cdot E_\lambda + D_r$$

或

$$E_\lambda = \frac{D_\lambda - D_r}{l} \quad (1-2)$$

欲求某有色光学玻璃的吸收率 E_λ ,可通过测出被测样品的透过率 τ_λ 和样品厚度 l 毫米,按着公式(1-2)经过 D_r 的“修正”后(实质上去掉反射损失的影响),便可求得 E_λ 。

2 类型、牌号、分类和分级

2.1 按着色剂特性,有色光学玻璃分为以下三种类型:

- (1) 硒镉着色玻璃;
- (2) 离子着色的中性(暗色)玻璃;
- (3) 离子着色的选择性吸收的玻璃。

2.2 有色光学玻璃牌号(表1-22)

有色玻璃牌号

表 1-22

玻璃名称	代号	玻 璃 牌 号
透紫外线玻璃	ZWB	ZWB1 ZWB2
透红外线玻璃	HWB	HWB1 HWB2 HWB3 HWB4
紫色玻璃	ZB	ZB1 ZB2 ZB3
蓝色(青色)玻璃	QB	QB1 QB2 QB3 QB4 QB5 QB6 QB7 QB8 QB9 QB10 QB11 QB12 QB13 QB14 QB15 QB16 QB17 QB18 QB19 QB20 QB21 QB22
绿色玻璃	LB	LB1 LB2 LB3 LB4 LB5 LB6 LB7 LB8 LB9 LB10 LB11 LB12 LB13 LB14 LB15 LB16
黄色(金色)玻璃	JB	JB1 JB2 JB3 JB4 JB5 JB6 JB7 JB8
橙色玻璃	CB	CB1 CB2 CB3 CB4 CB5 CB6 CB7
红色玻璃	HB	HB1 HB2 HB3 HB4 HB5 HB6 HB7 HB8 HB9 HB10 HB11 HB12 HB13 HB14 HB15 HB16
防护玻璃	FB	FB1 FB2 FB3 FB4 FB5 FB6 FB7
中性(暗色)玻璃	AB	AB1 AB2 AB3 AB4 AB5 AB6 AB7 AB8 AB9 AB10
透紫外线白色玻璃	BB	BB1 BB2 BB3 BB4 BB5 BB6 BB7 BB8

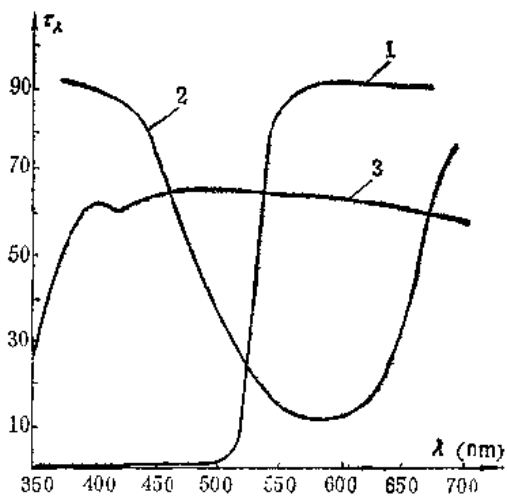
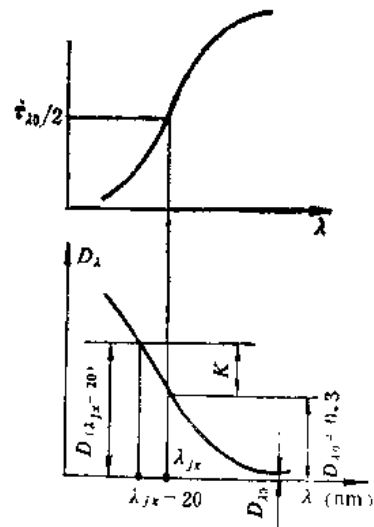
图 1-3 硒镉玻璃 τ_λ - λ 曲线

图 1-4

2.3 有色光学玻璃按下列质量指标分类分级:

- (1) 各种牌号玻璃吸收率的光谱曲线参数与规定值的允许偏差;
- (2) 双折射;
- (3) 条纹度;
- (4) 气泡度。

2.4 按吸收率的光谱曲线参数与规定值的允许偏差分类:

2.4.1 硒镉光学玻璃

硒镉玻璃的特点是有相当宽的高透过区和高吸收区，在高透过区和高吸收区之间有一过渡区，过渡区越窄表示这类玻璃的性能越好，因为这类玻璃主要用于拦截某一波长以下的全部光能。其 $\tau_i - \lambda$ 曲线如图1—3中曲线1所示。

表征这类玻璃光谱特性的参数是：

E_{λ_0} ——硒镉玻璃在最大透过率区域内，标准中规定的某一波长 λ_0 处的吸收率；

λ_{1x} ——硒镉玻璃规定的光谱透过界限的波长。标准中把规定厚度的硒镉玻璃，在可见光谱中透过率的最大值的50%处所对应的波长，定为光谱透过界限波长。亦即光密度 $D_{\lambda_{1x}}$ 与最小光密度 D_{λ_0} 差0.3（即 $D_{\lambda_{1x}} - D_{\lambda_0} = 0.3$ ）时的波长。如图1—4所示；

K ——硒镉玻璃在过渡区域的斜率。它是以波长为 λ_{1x} 和波长为 $\lambda_{1x} - 20\text{nm}$ 处，在规定厚度下对应的光密度之差表示。即 $K = D_{\lambda_{1x} - 20} - D_{\lambda_{1x}}$ ， K 值越大，硒镉玻璃截止性能越好。

硒镉光学玻璃的光谱特性参数指标如表1—23所示。

硒镉玻璃光谱特性参数

表 1—23

玻璃牌号	波长 λ_{1x} (nm)			波 长 λ_0 (nm)	吸收率 E_{λ_0} (mm^{-1}) 不大于	下列工作厚度内的最小斜率 K				
	标准值	各类允许偏差				2—5	5—10	10—15	15 mm	
		1	2			3	mm	mm	mm	以上
JB4	420			560	0.005	0.6	—	—	—	
JB5	450			560	0.005	0.6	—	—	—	
JB6	470			560	0.005	0.8	0.8	—	—	
JB7	490			580	0.005	0.8	1.0	—	—	
JB8	510			600	0.005	1.0	1.2	1.2	1.0	
CB3	535			650	0.007	1.2	1.2	1.2	1.0	
CB4	550			650	0.007	1.2	1.2	1.2	1.0	
CB5	565			650	0.007	1.2	1.2	1.2	1.0	
CB6	580			680	0.007	1.2	1.2	1.2	1.2	
CB7	540	±5	±10	±15	650	0.007	0.4—1.2	—	—	
HB8	610			680	0.010	0.5	—	—	—	
HB9	600			680	0.007	1.2	1.2	1.2	1.2	
HB10	610			680	0.007	1.2	1.2	1.2	1.2	
HB11	630			700	0.007	1.2	1.2	1.2	1.2	
HB12	640			720	0.007	1.2	1.2	1.2	1.0	
HB13	650			720	0.010	1.0	1.0	0.8	0.6	
HB14	670			750	0.010	1.0	—	—	—	
HB15	685			800	0.020	0.8	—	—	—	
HB16	700			800	0.030	0.6	—	—	—	

2.4.2 离子着色的选择性吸收的玻璃

离子着色的选择性吸收的玻璃特征，是它对某一光谱区有明显的“透明”或“拦截”，其透过率曲线（ $\tau_i - \lambda$ 曲线）如图1—3中曲线2所示。表征这类玻璃光谱特性的参数是：

E_{λ} ——规定波长处的吸收率；

$E_{\lambda_1}/E_{\lambda_2}$ ——在规定的波长 λ_1 和 λ_2 处相应的吸收率 E_{λ_1} 和 E_{λ_2} 之比。不同牌号的选择吸收玻璃，规定的 λ_1 和 λ_2 是不相同的。

离子着色的选择性吸收玻璃的光谱特性参数指标如表1—24所示。

离子着色玻璃光谱特性参数

表 1-24

玻璃牌号	波长 λ (nm)	吸 收 率 E_{λ} (mm ⁻²)			吸收率之比
		标准值	各 类 界 限 值		
			1	2	
ZWB1	280	3.173	≤ 0.21	≤ 0.26	$\frac{E_{405}}{E_{280}} \geq 5.5$
	313	3.933	≤ 0.05	≤ 0.05	
	405	>3	≥ 2.50	≥ 1.75	$\frac{E_{700}}{E_{280}} \geq 2.3$
	700	0.654	≥ 0.56	≥ 0.46	
ZWB2	313	0.220	≤ 0.27	≤ 0.41	$\frac{E_{405}}{E_{365}} \geq 1$
	365	0.038	≤ 0.05	≤ 0.06	
	405	1.400	≥ 1.26	≥ 1.05	
	700	0.900	≥ 0.81	≥ 0.67	
HWB1	400	0.900	≥ 0.81	≥ 0.72	$\frac{E_{700}}{E_{1100}} \geq 5$
	700	1.360	≥ 1.22	≥ 1.09	
	800	0.550	0.49—0.61	0.42—0.70	
	1100	0.020	≤ 0.03	≤ 0.03	
HWB2	400	2.000	≥ 1.90	≥ 1.80	$\frac{E_{800}}{E_{1100}} \geq 24$
	800	0.780	0.76—0.79	0.72—0.80	
	960	0.100	0.12—0.10	0.13—0.10	
	1100	0.030	≤ 0.03	≤ 0.03	
HWB3	400	2.900	≥ 2.60	≥ 2.30	$\frac{E_{700}}{E_{1100}} \geq 20$
	700	2.400	≥ 2.15	≥ 1.90	
	860	0.560	0.50—0.62	0.39—0.70	
	1100	0.080	≤ 0.10	≤ 0.10	
HWB4	400	>3	≥ 3	≥ 3	$\frac{E_{800}}{E_{1100}} \geq 14$
	800	1.590	≥ 1.43	≥ 1.27	
	900	0.480	0.43—0.53	0.36—0.60	
	1100	0.080	≤ 0.10	≤ 0.10	
ZB1	400	0.050	≤ 0.06	≤ 0.06	$\frac{E_{480}}{E_{400}} \geq 11$
	480	0.750	0.67—0.83	0.56—0.94	$\frac{E_{700}}{E_{400}} \geq 13$
	700	0.960	0.70—1.16	0.67—1.25	
ZB2	300	0.204	≤ 0.23	≤ 0.25	$\frac{E_{480}}{E_{360}} \geq 20$
	360	0.028	≤ 0.036	≤ 0.036	
	480	0.821	0.73—0.91	0.61—1.03	$\frac{E_{710}}{E_{200}} \geq 25$
	710	0.692	0.52—0.78	0.24—0.97	
	800	0.013	≤ 0.03	≤ 0.03	
ZB3	300	0.315	≤ 0.35	≤ 0.40	$\frac{E_{480}}{E_{360}} \geq 40$
	360	0.026	≤ 0.036	≤ 0.036	
	480	1.790	1.52—2.06	1.34—2.24	$\frac{E_{720}}{E_{800}} \geq 25$
	720	0.644	0.48—0.74	0.39—0.83	
	800	0.013	≤ 0.03	≤ 0.03	

续表 1-24

玻璃牌号	波长 λ (nm)	吸 收 率 E_{λ} (nm^{-1})			吸收率之比
		标准值	各 类 界 限 值		
			1	2	
QB1	420	0.010	≤ 0.02	≤ 0.02	$\frac{E_{700}}{E_{440}} \geq 0.9$ 至 1.5
	540	0.150	0.14—0.16	0.13—0.17	
	640	0.300	0.28—0.32	0.26—0.34	
	700	0.180	0.17—0.19	0.15—0.21	
QB2	500	0.010	≤ 0.020		—
	540	0.256	0.20—0.31		
	600	0.389	0.32—0.48		
QB3	450	0.150	≤ 0.16	≤ 0.18	$\frac{E_{540}}{E_{450}} \geq 7.5$
	540	1.528	1.37—1.68	1.22—1.83	
	680	0.010	0.80—1.20	0.70—1.30	
QB4	420	0.050	≤ 0.06	≤ 0.065	$\frac{E_{540}}{E_{420}} \geq 1.5$ $\frac{E_{700}}{E_{420}} \geq 7$
	540	1.181	1.06—1.30	0.94—1.42	
	700	0.480	0.42—0.54	0.33—0.63	
QB5	420	0.072	≤ 0.10		—
	540	0.781	0.62—0.94		
	700	0.040	0.83—1.25		
QB6	400	0.012	≤ 0.020	≤ 0.020	$\frac{E_{640}}{E_{450}}$ 由 2.1 到 3.5 $\frac{E_{700}}{E_{450}}$ 由 0.2 到 1.4
	450	0.056	0.050—0.062	0.044—0.068	
	560	0.094	0.084—0.104	0.075—0.113	
	640	0.150	0.135—0.165	0.120—0.180	
	700	0.060	0.054—0.066	0.048—0.090	
QB7	320	0.590	≥ 0.5		$\frac{E_{700}}{E_{450}}$ 由 1.4 到 2.1
	450	0.330	0.26—0.40		
	540	1.380	1.10—1.61		
	700	0.580	0.46—0.70		
	1000	0.270	≥ 0.25		
QB8	320	1.650	≥ 1.30		$\frac{E_{700}}{E_{450}}$ 由 1.0 到 2.7
	450	0.269	0.21—0.43		
	540	1.388	1.11—1.67		
	700	0.576	0.46—0.70		
	1000	0.996	≥ 0.80		
QB9	400	0.409	≤ 0.49		—
	480	0.164	≤ 0.20		
	680	1.675	1.34—2.01		
QB10	450	0.031	≤ 0.04	≤ 0.04	$\frac{E_{1000}}{E_{450}} \geq 1.5$
	700	0.276	0.26—0.30	0.23—0.32	
	1000	0.740	≥ 0.69	≥ 0.62	

续表 1-24

玻璃牌号	波长 λ (nm)	吸 收 率 E_d (mm^{-1})			吸效率 E_d 之比
		标准值	各 类 界 限 值		
			1	2	
QB11	400	0.015	≤ 0.03	≤ 0.03	$\frac{E_{700}}{E_{480}} \geq 10$
	480	0.010	≤ 0.02	≤ 0.02	
	700	0.533	0.50—0.57	0.45—0.61	
QB12	400	0.063	≤ 0.08	≤ 0.08	$\frac{E_{700}}{E_{480}} \geq 50$
	480	0.026	≤ 0.04	≤ 0.01	
	700	1.232	1.16—1.31	1.05—1.42	
QB13	400	0.280	≤ 0.31	≤ 0.33	$\frac{E_{640}}{E_{480}} \geq 10$
	480	0.110	≤ 0.12	≤ 0.125	
	640	1.630	1.50—1.76	1.37—1.89	
QB14	450	0.038	≤ 0.040	≤ 0.043	$\frac{E_{850}}{E_{550}} \geq 7$
	555	0.040	≤ 0.042	≤ 0.045	
	850	0.290	0.300—0.350	0.32—0.38	
	1010	0.367	0.370—0.380	0.380—0.400	
QB15	450	0.015	≤ 0.02	≤ 0.03	$\frac{E_{1000}}{E_{450}} \geq 35$
	700	0.091	0.08—0.10	0.07—0.11	
	1000	0.708	≥ 0.66	≥ 0.60	
QB16	400	0.004	≤ 0.006	≤ 0.008	$\frac{E_{800}}{E_{400}} \geq 30$
	500	0.005	≤ 0.007	≤ 0.009	
	650	0.062	0.055—0.070	0.050—0.075	
	800	0.182	0.16—0.20	0.14—0.22	
QB17	450	0.042	≤ 0.055	≤ 0.06	$\frac{E_{1000}}{E_{450}} \geq 10$
	700	0.210	0.19—0.23	0.16—0.26	
	1000	0.609	≥ 0.56	≥ 0.48	
QB18	420	0.011	0.005—0.015		$\frac{E_{700}}{E_{540}}$ 由6.8到8.5
	510	0.023	0.011—0.035		
	700	0.188	0.095—0.230		
QB19	400	0.049	≤ 0.10	≤ 0.10	$\frac{E_{620}}{E_{560}} \geq 2.5$
	560	0.247	≤ 0.30	≤ 0.33	
	620	1.070	0.90—1.23	0.80—1.34	
	700	1.000	≥ 0.85	≥ 0.70	
QB20	400	0.033	≤ 0.10	≤ 0.10	$\frac{E_{620}}{E_{560}} \geq 2.3$
	560	0.405	≤ 0.488	≤ 0.525	
	620	1.460	1.24—1.68	1.09—1.83	
	700	1.300	≥ 1.00	≥ 0.80	
QB21	360	0.038	≤ 0.05	≤ 0.10	$\frac{E_{680}}{E_{500}} \geq 1.30$
	500	0.003	≤ 0.007	≤ 0.015	
	680	1.015	0.91—1.22	0.81—1.32	

续表 1-24

玻璃牌号	波 长 λ (nm)	吸 收 率 E_d (mm^{-1})			吸收率 E_d 之比
		标准值	千 类 界 限 值		
			1	2	
QB22	400	0.017	≤ 0.03	≤ 0.05	$\frac{E_{500}}{E_{460}} \geq 5$
	460	0.007	≤ 0.009	≤ 0.02	
	600	0.673	0.60—0.80	0.56—0.87	
LB1	430	1.480	1.33—1.63	1.18—1.78	$\frac{E_{420}}{E_{530}} \geq 8$
	530	0.143	≤ 0.16	≤ 0.17	$\frac{E_{650}}{E_{530}} \geq 5$
	650	0.860	0.77—0.95	0.73—0.99	
LB2	450	1.650	1.48—1.82	1.32—1.98	$\frac{E_{450}}{E_{530}} \geq 4$
	530	0.310	≤ 0.33	≤ 0.35	$\frac{E_{650}}{E_{530}} \geq 5$
	650	1.550	1.39—1.71	1.32—1.78	
LB3	450	0.320	0.25—0.39		—
	520	0.150	≤ 0.18		
	650	1.080	0.86—1.30		
LB4	450	0.185	0.38—0.59		—
	520	0.240	≤ 0.29		
	650	1.670	1.33—2.00		
LB5	578	0.052	≤ 0.07	≤ 0.08	$\frac{E_{630}}{E_{578}} \geq 1.25$
	630	1.042	0.93—1.15	0.83—1.25	≥ 1.1
LB6	460	0.150	0.13—0.17	0.11—0.19	$\frac{E_{660}}{E_{460}} \geq 2.1$
	560	0.025	≤ 0.030	≤ 0.032	
	660	0.250	0.22—0.28	0.20—0.30	
LB7	480	0.700	0.45—1.05		$\frac{E_{480}}{E_{540}} \geq 3.0$
	545	0.190	0.15—0.23		$\frac{E_{620}}{E_{545}} \geq 2.5$
	620	0.600	0.37—1.03		
LB8	420	1.150	0.92—1.38		$\frac{E_{420}}{E_{560}} \geq 4.5$
	560	0.200	0.16—0.24		$\frac{E_{610}}{E_{560}} \leq 1.4$
	640	0.230	0.18—0.28		
LB9	400	1.071	0.96—1.18	0.75—1.10	$\frac{E_{400}}{E_{650}} \geq 13$ 到 24
	550	0.018	≤ 0.02	≤ 0.04	
	650	0.060	0.054—0.066	0.048—0.072	
LB10	420	1.210	1.09—1.33	0.97—1.45	$\frac{E_{420}}{E_{650}} \geq 8$ 到 15
	550	0.038	≤ 0.05	≤ 0.05	
	650	0.110	0.10—0.12	0.09—0.13	

续表 1—24

玻璃牌号	波长 λ (nm)	吸 收 率 E_{λ} (mm^{-1})			吸收率 E_{λ} 之注
		标 准 值	各 类 界 限 值		
			1	2	
LB11	420	1.600	1.44—1.76	1.20—2.00	$\frac{E_{420}}{E_{540}}$ 由1.6到3.7
	540	0.065	≤ 0.07	≤ 0.08	
	680	0.324	0.29—0.35	0.27—0.37	
LB12	360	1.470	1.32—1.62	1.03—1.91	$\frac{E_{360}}{E_{550}}$ 由1.5到1.7
	550	0.019	≤ 0.03	≤ 0.03	
	650	0.029	≤ 0.04	≤ 0.05	
LB13	480	1.270	0.82—1.87		$\frac{E_{480}}{E_{540}}$ 由1.7到2.6
	540	0.600	0.48—0.72		
	620	1.350	0.86—2.00		
LB14	480	1.670	1.08—2.48		$\frac{E_{480}}{E_{540}}$ 由1.5到2.3
	540	0.900	0.72—1.08		
	620	1.600	1.05—2.37		
LB15	480	2.320	1.46—3.36		$\frac{E_{480}}{E_{510}}$ 由1.3到2.0
	540	1.400	1.12—1.68		
	620	2.130	1.34—3.20		
LB16	460	0.410	0.14—0.47	0.37—0.51	$\frac{E_{460}}{E_{660}}$ ≥ 1.5
	560	0.013	≤ 0.017	≤ 0.019	
	660	0.200	1.185—0.215	0.17—0.23	
JB1	313	0.240	≤ 0.29	≤ 0.38	$\frac{E_{365}}{E_{313}}$ ≥ 1.5
	365	1.850	0.9—2.7	0.9—2.7	
JB2	370	1.125	1.00—1.24	0.85—1.40	$\frac{E_{370}}{E_{450}}$ ≥ 1.5
	450	0.025	≤ 0.03	≥ 0.035	
JB3	350	0.210	≤ 0.26	≤ 0.35	—
	410	0.210	0.19—0.23	0.16—0.26	
	650	0.001	≤ 0.003	≤ 0.005	
CB1	420	1.160	1.00—1.35	0.80—1.50	—
	700	0.066	≤ 0.08	≤ 0.09	
CB2	420	0.300	0.25—0.34	0.21—0.39	—
	700	0.020	≤ 0.05	≤ 0.05	

续表 1-24

玻璃牌号	波长 λ (nm)	吸 收 率 E_d (mm^{-1})			吸收率 E_d 之比
		标准值	各 类 界 限 值		
			1	2	
H1B1	420	0.020	0.018—0.036		$\frac{E_{510}}{E_{420}}$ 由2.3到2.8
	510	0.019	0.054—0.090		
	570	0.032	0.035—0.070		
	680	0.014	≤ 0.030		$\frac{E_{510}}{E_{570}}$ 由1.25到1.35
H1B2	546	0.012	≤ 0.015	≤ 0.020	$\frac{E_{578}}{E_{546}} \geq 3$
	578	0.490	0.43—0.55	0.37—0.61	
H1B3	440	0.630	0.50—0.80	0.40—1.00	$\frac{E_{530}}{E_{650}} \geq 9$
	530	1.610	1.20—1.80	1.00—2.00	
	650	0.089	0.05—0.13	≤ 0.18	$\frac{E_{530}}{E_{440}} \geq 1.6$
H1B4	254	0.048	≤ 0.15	≤ 0.25	$\frac{E_{580}}{E_{400}} \geq 70$
	400	0.011	≤ 0.015	≤ 0.020	
	580	1.410	1.29—1.59	1.15—1.73	
	700	0.033	0.025—0.050	0.025—0.050	
H1B5	405	0.148	≤ 0.17	≤ 0.20	$\frac{E_{436}}{E_{405}} \geq 4.5$
	436	0.674	≥ 0.60	≥ 0.55	
H1B6	400	0.005	≤ 0.01		$\frac{E_{570}}{E_{400}} \geq 6.2$
	570	0.069	0.035—0.105		
	670	0.020	0.010—0.030		$\frac{E_{570}}{E_{670}}$ 由2.5到5.7
H1B7	420	0.051	≤ 0.10	≤ 0.10	$\frac{E_{560}}{E_{420}} \geq 8$
	560	0.763	0.68—0.85	0.60—0.90	
	700	0.046	≤ 0.08	≤ 0.08	$\frac{E_{560}}{E_{700}} \geq 10$
FB1	320	1.550	≥ 1.24	≥ 1.05	$\frac{E_{450}}{E_{570}}$ 由1.6到2.5
	450	0.765	0.65—0.88	0.54—0.99	
	570	0.390	0.33—0.45	0.27—0.51	$\frac{E_{660}}{E_{570}}$ 由0.8到1.2
	660	0.400	0.34—0.46	0.28—0.52	
FB2	320	> 3	≥ 2.2	≥ 2.1	$\frac{E_{450}}{E_{570}}$ 由1.5到1.7
	450	1.300	1.10—1.50	0.91—1.69	
	570	0.940	0.80—1.08	0.66—1.22	
	660	1.200	1.02—1.38	0.84—1.56	$\frac{E_{660}}{E_{570}}$ 由1.0到1.6
	1000	0.680	≥ 0.50	≥ 0.41	

续表 1-24

玻璃牌号	波长 λ (nm)	吸 收 率 E_d (mm^{-1})			吸收率 E_d 之比
		标准值	各 类 界 限 值		
			1	2	
FB3	320	>3	≥ 3.0	≥ 3.0	$\frac{E_{450}}{E_{570}}$ 由1.1到1.7
	450	2.758	2.36—3.16	1.96—3.59	
	570	1.960	1.66—2.26	1.37—3.55	
	660	2.485	2.11—2.86	1.74—3.23	$\frac{E_{660}}{E_{570}}$ 由1.0到1.6
	1000	1.420	≥ 1.14	≥ 1.00	
FB4	320	2.000	≥ 1.70	≥ 1.25	$\frac{E_{450}}{E_{570}}$ 由1.1到1.8
	450	1.050	0.89—1.21	0.73—1.37	
	570	0.750	0.64—0.86	0.52—0.98	
	660	0.900	0.76—1.04	0.63—1.17	$\frac{E_{660}}{E_{570}}$ 由0.9到1.3
	1000	0.418	≥ 0.33	≥ 0.29	
FB5	340	1.930	≥ 0.45	≥ 0.45	$\frac{E_{450}}{E_{660}}$ 由1.8到2.9
	450	0.374	0.32—0.43	0.26—0.49	
	570	0.207	0.17—0.24	0.14—0.27	
	660	0.159	0.13—0.19	0.11—0.21	
	1000	0.207	≥ 0.15	≥ 0.13	
FB6	340	2.990	≥ 0.70	≥ 0.65	$\frac{E_{450}}{E_{660}}$ 由1.8到2.0
	450	0.575	0.48—0.66	0.40—0.75	
	570	0.321	0.27—0.37	0.22—0.42	
	660	0.247	0.21—0.29	0.17—0.32	
	1000	0.320	≥ 0.24	≥ 0.19	
FB7	420	0.809	0.72—0.89	0.65—0.97	$\frac{E_{420}}{E_{480}}$ 由1.3到2.5
	480	0.378	0.36—0.40	0.32—0.44	
	560	0.451	0.42—0.48	0.38—0.52	$\frac{E_{560}}{E_{450}}$ 由1.1到1.5
	700	0.661	≥ 0.07	≤ 0.085	
BB1	254	0.830	≥ 0.74	≥ 0.57	$\frac{E_{254}}{E_{313}} \geq 8$
	303	0.055	≤ 0.08	≤ 0.12	
BB2	280	1.113	≥ 0.82	≥ 0.67	$\frac{E_{280}}{E_{313}} \geq 9$
	313	0.070	≤ 0.09	≤ 0.10	
BB3	313	0.385	≥ 0.33	≥ 0.27	$\frac{E_{313}}{E_{334}} \geq 4$
	334	0.060	≤ 0.07	≤ 0.08	
BB4	313	1.502	≥ 1.28	≥ 1.06	$\frac{E_{313}}{E_{365}} \geq 40$
	365	0.016	≤ 0.02	≤ 0.03	
BB5	334	1.420	≥ 1.25	≥ 1.00	$\frac{E_{334}}{E_{365}} \geq 11$
	365	0.084	≤ 1.00	≤ 0.11	

续表 1—24

玻璃牌号	波 长 λ (nm)	吸 收 率 E_{λ} (mm^{-1})			吸收率 E_{λ} 之比
		标 准 值	各 类 界 限 值		
			1	2	
BB6	365	0.343	≥ 0.30	≥ 0.26	$\frac{E_{365}}{E_{405}} \geq 10$
	405	0.019	≤ 0.02	≤ 0.03	
BB7	340	0.796	0.70—0.89	0.60—0.99	—
	400	0.002	≤ 0.005	≤ 0.005	
BB8	254	0.325	≤ 0.36	≤ 0.50	—

2.1.3 离子着色的中性(暗色)玻璃

这类玻璃是不带颜色的,所以又称灰色玻璃。其特点是在可见光区域内能均匀地减低光源的光强度,也就是说,在规定的整个光谱区域内,各个波长的透过率是相同的, τ_{λ} - λ 曲线非常接近平行于横坐标轴的直线,如图1—3中的曲线3所示。

中性玻璃由下列参数表征其光谱特性:

E_p ——中性玻璃在规定光谱区域内,每隔20nm所测得的吸收率 E_{λ} 的算术平均值(牌号为AB1、AB2和AB3的中性玻璃,其测量光谱区为410—660nm,其余牌号的中性玻璃则为400—700nm)。其表示式为

$$E_p = \frac{\sum E_{\lambda}}{n}$$

n 为测量点的个数; E_p 表示对中性玻璃的平均吸收率; Q_p 为中性玻璃在规定的的光谱区内, $|E_{\lambda} - E_p|$ 的算术平均值对 E_p 的相对量,以百分数表示,其表示式为

$$Q_p = \frac{\sum |E_{\lambda} - E_p|}{n} \frac{1}{E_p} 100\%$$

Q_p 值说明中性玻璃在规定的的光谱区域内,吸收率 E_{λ} 的稳定性。 Q_p 值越小,则 E_{λ} 越稳定,中性玻璃的光谱特性越好。

Q_z 为中性玻璃在规定的的光谱区内, $|E_{\lambda} - E_p|$ 的最大值(即 $|E_{\lambda} - E_p|_{\text{最大}}$)对 E_p 的相对量,以百分数表示。其表示式为

$$Q_z = \frac{|E_{\lambda} - E_p|_{\text{最大}}}{E_p} \times 100\%$$

Q_z 表示 E_{λ} 的最大相对变化幅度,其值越小越好。

离子着色的中性玻璃的光谱特性参数指标如表1—25所示。

离子着色中性玻璃光谱特性参数

表 1—25

玻璃牌号	平均吸收率 E_p (mm^{-1})			各类 Q_p 和 Q_z 的最大值		
	标 准 值	各 类 界 限 值		—	1	2
		1	2			
AB1	0.07	0.06—0.08	0.05—0.09	Q_p Q_z	10 20	15 25
AB2	0.24	0.21—0.27	0.19—0.29	Q_p Q_z	10 20	15 25

续表 1-25

玻璃牌号	平均吸收率 E_p (mm^{-1})			各类 Q_p 和 Q_z 的最大值%		
	标准值	各类界限值		—	1	2
		1	2			
AB3	0.47	0.42—0.52	0.37—0.57	Q_p Q_z	10 25	15 30
AB4	0.06	0.05—0.07	0.04—0.08	Q_p Q_z	10 30	15 35
AB5	0.12	0.10—0.14	0.08—0.16	Q_p Q_z	7 17	10 23
AB6	0.27	0.24—0.30	0.21—0.33	Q_p Q_z	5 10	10 15
AB7	0.55	0.49—0.61	0.44—0.66	Q_p Q_z	5 15	10 20
AB8	0.90	0.81—1.00	0.72—1.10	Q_p Q_z	5 20	10 25
AB9	1.80	1.62—1.98	1.44—2.16	Q_p Q_z	5 20	10 25
AB10	3.30	2.95—3.65	2.64—3.96	Q_p Q_z	10 30	15 35

2.5 按双折射大小分为三类 (表1-26):

双折射分类

表 1-26

类 别	最大光程差 (nm/mm)
3	10
4	20
5	50

光程差以通过玻璃毛坯最大尺寸方向中部的测量数值为准。

2.6 条纹度按其特征分为四类 (表1-27):

条纹度分类

表 1-27

类 别	发光点直径 (mm)	毛坯与投影屏间的距离 (mm)	发光点与投影屏间的距离 (mm)	观 察 结 果
1	2	500	750	屏上不允许有条纹影像。
2	4	500	750	屏上发现个别条纹影像但彼此相距不小于10mm。
3	不允许有条纹束存在, 允许单根条纹及交叉条纹			
4	不作规定 (没有粗条纹、以熔炼时搅拌玻璃来保证)			

要求一类和二类条纹度的玻璃，每公斤玻璃在投影屏上允许看到10条长度小于12mm的条纹。

2.7 气泡度规定为八类六级：

(1) 根据玻璃毛坯中最大气泡允许的直径分为8类(表1-28)：

气泡度分类

表 1-28

气泡类别	玻璃毛坯中最大气泡直径 (mm)	气泡类别	玻璃毛坯中最大气泡直径 (mm)
1	0.05	5	0.5
2	0.1	6	0.7
3	0.2	7	1.0
4	0.3	8	2.0

(2) 按1kg玻璃中直径大于0.03mm的气泡平均数为6级(表1-29)：

气泡度分级

表 1-29

气泡级别	1kg玻璃中直径大于0.03mm的 气泡平均数不多于(个)	气泡级别	1kg玻璃中直径大于0.03mm的 气泡平均数不多于(个)
A	10	D	300
B	30	E	700
C	100	F	1000

玻璃中存在的结石、结晶、交叉条纹的中心均作气泡看待。扁长的气泡取其长轴和短轴的算术平均值作直径。

3 有色光学玻璃质量范围及供货条件

3.1 硒镉着色的有色光学玻璃毛坯颜色不均匀性不得超过下表规定的毛坯内 $\lambda_{1\lambda}$ 值的最大差(表1-30)：

硒镉着色玻璃不均匀性

表 1-30

毛坯直径或边长(mm)	$\lambda_{1\lambda}$ 值 最 大 差 (nm)
0—40	2
40—90	3
90—180	5
180—350	10

3.2 订货方对有色光学玻璃光谱特性、条纹度、气泡度提出要求时，应遵守下表规定(表1-31)：

表 1-31

玻璃牌号	光谱特性 最高类别	条纹度 最高级别	气泡度 最高级别	按气泡度类别供应毛坯的最大重量 (g)						
				2	3	4	5	6	7	8
酒器玻璃	2	2	C	30	50	100	300	500	1000	3000
ZWB1	2	4	F	—	—	—	—	—	—	—
ZWB2	1	4	E	—	—	—	—	—	—	—
HWB1	2	4	D	—	—	—	30	50	100	200
HWB2	2	4	D	—	—	—	30	50	100	200
HWB3	2	4	D	—	—	—	30	50	100	200
HWB4	2	4	D	—	—	—	30	50	100	200
ZB1	2	4	D	—	—	—	20	50	100	100
ZB2	1	4	D	—	—	—	20	50	100	100
ZB3	1	4	D	—	—	—	—	—	—	—
QB1	2	2	C	—	20	30	50	100	300	3000
QB2	1	2	C	—	20	30	50	100	300	500
QB3	2	3	D	—	—	10	50	100	100	100
QB4	2	3	D	—	—	30	50	100	100	100
QB5	1	3	C	—	—	20	30	50	100	100
QB6	2	2	C	10	20	30	50	100	300	3000
QB7	1	2	C	—	—	10	50	100	100	300
QB8	1	3	D	—	—	10	30	50	100	100
QB9	2	3	E	—	20	50	100	200	300	500
QB10	2	2	E	5	20	50	100	200	300	2000
QB11	2	2	D	5	10	30	50	100	300	3000
QB12	2	2	D	—	—	30	50	100	300	500
QB13	2	2	E	—	—	30	50	100	300	500
QB14	2	2	E	5	20	50	100	200	300	2000
QB15	1	4	D	5	20	100	200	300	300	1000
QB16	2	2	F	5	20	50	100	200	300	2000
QB17	2	2	E	—	5	30	50	100	200	1000
QB18	1	2	D	10	20	30	50	100	300	2000
QB19	2	2	C	—	10	50	100	100	300	500
QB20	2	2	C	—	10	50	100	200	300	500
QB21	2	3	D	—	10	30	50	100	300	500
QB22	2	3	D	—	10	30	50	100	300	500
LB1	2	3	C	—	30	50	100	200	300	500
LB2	2	3	C	—	—	—	—	—	100	100
LB3	2	3	C	10	30	50	100	200	300	500
LB4	2	3	C	—	5	20	50	100	300	500
LB5	2	4	F	—	5	10	30	100	200	500
LB6	2	3	F	—	10	30	50	100	300	500
LB7	2	2	C	10	20	30	50	100	300	500
LB8	2	2	C	10	20	30	50	100	300	500
LB9	2	2	C	10	20	30	50	100	300	3000
LB10	2	2	C	10	20	30	50	100	300	3000
LB11	2	2	C	10	20	30	50	100	300	3000

续表 1-31

玻璃牌号	光谱特性 最高类别	条纹度 最高级别	气泡度 最高级别	按气泡度类别供应毛坯的最大重量 (g)						
				2	3	4	5	6	7	8
LB12	2	2	E	10	20	50	100	200	300	2000
LB13	1	3	D	—	—	10	30	50	100	100
LB14	1	4	D	—	—	10	30	50	100	100
LB15	1	4	D	—	—	—	—	—	—	—
LB16	2	3	F	—	10	30	50	100	300	500
JB1	1	2	E	5	5	10	30	200	300	2000
JB2	2	2	D	10	20	30	50	100	300	3000
JB3	2	2	D	10	20	30	50	100	300	3000
CB1	2	2	E	—	—	10	20	30	100	3000
CB2	2	3	D	—	10	20	30	50	100	3000
HB1	1	2	C	—	10	20	30	100	200	3000
HB2	2	3	E	—	10	50	100	200	300	3000
HB3	2	4	F	—	—	30	50	100	100	100
HB4	2	4	F	—	—	—	20	50	100	100
HB5	2	4	F	—	—	10	30	50	100	100
HB6	1	2	E	—	10	50	100	200	300	500
HB7	2	3	E	—	10	50	100	200	300	500
PB1	2	2	C	—	10	20	30	50	100	500
PB2	2	3	C	—	—	10	20	50	100	100
PB3	2	4	C	—	—	—	—	—	—	—
PB4	2	3	C	—	—	10	20	50	100	100
PB5	2	3	D	—	—	10	30	50	100	500
PB6	2	3	D	—	—	10	20	50	100	500
PB7	2	3	F	—	—	10	20	50	100	500
BB1	2	2	D	30	50	100	200	500	500	3000
BB2	2	2	E	10	20	50	100	300	1000	3000
BB3	2	2	B	100	100	100	300	500	500	3000
BB4	2	2	B	300	500	500	700	1000	1000	3000
BB5	2	2	C	50	100	200	300	500	500	3000
BB6	2	2	D	20	50	100	200	300	500	3000
BB7	2	2	F	—	5	10	50	50	300	3000
BB8	2	2	D	20	50	200	300	500	500	3000
AB1	2	2	C	—	10	20	30	50	100	3000
AB2	2	2	C	—	—	10	30	50	100	500
AB3	2	3	C	—	—	10	20	30	100	500
AB4	2	2	C	—	10	30	50	100	200	3000
AB5	2	2	C	—	10	30	50	100	200	3000
AB6	2	2	C	—	—	10	20	50	100	100
AB7	2	3	C	—	—	—	20	30	100	100
AB8	2	3	C	—	—	—	—	—	—	—
AB9	2	4	C	—	—	—	—	—	—	—
AB10	2	4	C	—	—	10	50	100	100	100

4.2 有色光学玻璃的物理化学性能及光谱透过曲线

4.1 表1—32~表1—34列出如下有色光学玻璃物理化学性能参数:

(1) 从240—3000nm光谱范围内, 5mm厚度(对CB7玻璃为2mm)硒镉玻璃光密度 D_s 值(表1—32), 及白色透紫外线玻璃和离子着色玻璃的吸收率 E_s 值(表1—33);

(2) 波长为589.3nm的黄光折射率 n_D (以下几项见表1—34);

(3) 按公式 $D_r = -\lg(1 - \rho)^2$ 计算的反射修正值 D_r , 其中 $\rho = [(n_D - 1)/(n_D + 1)]^2$;

(4) 比重;

(5) 化学稳定性。

硅酸盐玻璃耐潮稳定性: 按着在温度50℃相对湿度85%条件下, 在玻璃抛光表面上产生霉污的时间分成三组:

级 别	A	B	C
生霉时间	>20 h	5—20 h	<5 h

硅酸盐玻璃耐酸稳定性: 按着在温度50℃, 浓度为0.1N醋酸溶液中, 在玻璃抛光表面上, 侵蚀厚度达135nm的时间分成三组:

级 别	I	II	III
侵蚀时间	>5 h	1—5 h	<1 h

非硅酸盐玻璃耐潮稳定性分二组:

级 别	a	b
玻璃性质	稳定的玻璃	不稳定的玻璃

非硅酸盐玻璃耐酸稳定性分三组:

级 别	1	2	3
玻璃性质	难溶解的玻璃	中等溶解度的玻璃	易溶解的玻璃

4.2 有色光学玻璃的光谱内透过率曲线

5mm厚(对CB7玻璃为2mm)硒镉玻璃内透过率 τ_i 的光谱曲线见图1—5。

不同厚度的离子着色玻璃及白色透紫外线玻璃的内透过率 τ_i 的光谱曲线见图1—6。

5mm厚 (对CB玻璃为2mm) 硒碲玻璃的光密度D_s

λ (nm)	玻 璃 牌 号																		
	JB4	JB5	JB6	JB7	JB8	CB3	CB4	CB5	CB6	CB7	HB9	HB10	HB11	HB12	HB13	HB14	HB15	HB16	
240	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4
300	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4
350	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4
400	1.930	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	3.480	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4
410	0.750	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	3.200	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4
420	0.305	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	3.100	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4
430	0.180	2.850	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	2.940	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4
440	0.115	0.850	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	2.760	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4
450	0.085	0.305	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	2.560	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4
460	0.060	0.190	1.540	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	2.320	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4
470	0.044	0.130	0.305	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	2.020	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4
480	0.033	0.085	0.150	1.360	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	1.760	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4
490	0.025	0.065	0.075	0.310	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	1.500	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4
500	0.020	0.038	0.045	0.130	1.100	> 4	> 4	> 4	> 4	1.320	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4
510	0.016	0.030	0.030	0.080	0.315	> 4	> 4	> 4	> 4	1.160	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4
520	0.013	0.020	0.020	0.055	0.155	2.800	> 4	> 4	> 4	0.920	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4
530	0.010	0.015	0.013	0.035	0.085	0.580	> 4	> 4	> 4	0.620	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4
540	0.008	0.010	0.009	0.025	0.050	0.190	1.870	> 4	> 4	0.314	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4

λ (nm)	玻 璃 牌 号																	
	JB4	JB5	JB6	JB7	JB8	CB3	CB4	CB5	CB6	CB7	IB9	IB10	IB11	IB12	IB13	IB14	IB15	HR6
550	0.006	0.007	0.006	0.018	0.035	0.080	0.315	2.945	> 4	0.160	> 4	> 1	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4
560	0.005	0.005	0.005	0.013	0.028	0.040	0.100	2.790	3.840	0.100	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4
570	0.004	0.003	0.003	0.011	0.022	0.025	0.043	0.175	1.150	0.050	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4
580	0.004	0.002	0.003	0.010	0.019	0.018	0.032	0.070	0.305	0.033	3.900	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4
590	0.003	0.004	0.003	0.009	0.017	0.015	0.025	0.046	0.080	0.027	1.360	3.975	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4
600	0.003	0.001	0.003	0.010	0.015	0.013	0.020	0.035	0.050	0.023	0.315	1.210	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4
610	0.003	0.001	0.004	0.010	0.014	0.012	0.017	0.028	0.035	0.020	0.110	0.320	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4	> 4
620	0.003	0.002	0.005	0.010	0.013	0.011	0.015	0.023	0.025	0.018	0.050	0.115	1.200	3.300	> 4	> 4	> 4	> 4
630	0.004	0.002	0.006	0.010	0.013	0.010	0.015	0.020	0.020	0.017	0.026	0.050	0.315	1.120	3.300	> 4	> 4	> 4
640	0.004	0.003	0.007	0.010	0.012	0.010	0.015	0.017	0.015	0.015	0.020	0.037	0.095	0.315	0.950	> 4	> 4	> 4
650	0.005	0.005	0.008	0.011	0.012	0.010	0.015	0.016	0.010	0.014	0.018	0.030	0.040	0.130	0.310	> 4	> 4	> 4
660	0.007	0.006	0.010	0.011	0.012	0.010	0.017	0.014	0.008	0.014	0.016	0.025	0.023	0.070	0.120	1.650	> 4	> 4
670	0.008	0.007	0.011	0.012	0.012	0.010	0.018	0.014	0.006	0.013	0.015	0.022	0.020	0.040	0.050	0.325	2.360	> 4
680	0.009	0.010	0.013	0.013	0.012	0.011	0.020	0.015	0.005	0.012	0.015	0.020	0.017	0.035	0.025	0.100	0.780	2.690
690	0.011	0.011	0.014	0.014	0.012	0.011	0.021	0.015	0.005	0.012	0.014	0.018	0.016	0.028	0.018	0.050	0.200	1.000
700	0.013	0.013	0.015	0.015	0.012	0.012	0.021	0.010	0.005	0.012	0.014	0.017	0.015	0.020	0.015	0.036	0.110	0.340
710	0.014	0.015	0.017	0.017	0.012	0.013	0.025	0.017	0.005	0.011	0.014	0.016	0.015	0.017	0.012	0.030	0.070	0.125
720	0.015	0.017	0.019	0.020	0.012	0.015	0.028	0.018	0.005	0.011	0.015	0.017	0.016	0.015	0.010	0.026	0.063	0.063
730	0.017	0.020	0.020	0.022	0.012	0.016	0.030	0.019	0.006	0.011	0.015	0.017	0.016	0.015	0.008	0.021	0.015	0.051
740	0.018	0.022	0.022	0.024	0.012	0.017	0.032	0.021	0.007	0.011	0.016	0.018	0.017	0.015	0.006	0.021	0.040	0.045

λ	牌 号																	
	JB4	JB5	JB6	JB7	JB8	CB3	CB4	CB5	CB6	CB7	HB9	HB10	HB11	HB12	HB13	HB14	HB15	HB16
750	0.020	0.024	0.024	0.026	0.013	0.019	0.035	0.028	0.008	0.011	0.017	0.018	0.017	0.015	0.005	0.025	0.037	0.042
760	0.022	0.026	0.026	0.029	0.013	0.020	0.038	0.025	0.009	0.011	0.018	0.019	0.018	0.016	0.005	0.026	0.035	0.040
770	0.023	0.029	0.028	0.031	0.013	0.022	0.040	0.027	0.010	0.010	0.019	0.020	0.018	0.017	0.006	0.026	0.034	0.039
780	0.025	0.031	0.030	0.034	0.014	0.024	0.048	0.029	0.012	0.010	0.021	0.021	0.019	0.018	0.007	0.027	0.034	0.039
790	0.027	0.033	0.032	0.037	0.014	0.025	0.047	0.032	0.014	0.010	0.022	0.023	0.019	0.019	0.009	0.028	0.035	0.040
800	0.028	0.035	0.034	0.039	0.015	0.027	0.050	0.034	0.015	0.009	0.024	0.024	0.020	0.020	0.010	0.029	0.035	0.040
900	0.038	0.046	0.043	0.049	0.024	0.035	0.063	0.044	0.023	0.010	0.039	0.036	0.025	0.030	0.018	0.040	0.039	0.043
1000	0.040	0.055	0.051	0.059	0.025	0.045	0.075	0.050	0.030	0.012	0.050	0.047	0.028	0.037	0.015	0.048	0.042	0.046
1200	0.038	0.055	0.050	0.060	0.022	0.045	0.075	0.050	0.025	0.011	0.045	0.045	0.025	0.035	0.013	0.045	0.040	0.045
1500	0.027	0.038	0.035	0.035	0.020	0.030	0.055	0.030	0.020	0.010	0.025	0.033	0.018	0.026	0.010	0.030	0.030	0.030
1800	0.025	0.025	0.025	0.028	0.020	0.030	0.045	0.030	0.020	0.010	0.023	0.028	0.020	0.020	0.011	0.029	0.028	0.027
2100	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.035	0.045	0.035	0.025	0.012	0.030	0.035	0.030	0.025	0.014	0.038	0.030	0.035
2400	0.045	0.045	0.045	0.045	0.075	0.050	0.050	0.050	0.035	0.030	0.050	0.057	0.048	0.040	0.025	0.055	0.045	0.050
2700	0.310	0.310	0.310	0.220	0.165	0.210	0.170	0.470	0.245	0.080	0.210	0.335	0.245	0.360	0.435	0.215	0.335	0.470
3000	0.800	0.800	0.800	0.780	0.600	0.810	1.185	1.185	0.800	0.240	0.760	0.925	0.805	0.800	0.395	0.925	0.800	1.210

离子着色玻璃及白色透紫外线玻璃的吸收率E_i

表 1—33

λ (nm)	玻 璃 牌 号													
	ZW11	ZWB2	ZB1	ZB2	ZB3	QB1	QB2	QB3	QB4	QB5	QB6	QB7	QB8	QB9
240	2.700	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3
260	1.665	> 3	> 3	2.109	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3
280	0.173	1.740	> 3	0.610	1.304	> 3	2.732	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3
300	0.053	0.480	> 3	0.204	0.315	2.000	0.710	1.500	> 3	> 3	1.200	2.800	> 3	> 3
320	0.028	0.130	0.785	0.094	0.099	0.462	0.152	0.682	> 3	2.400	0.270	0.590	1.650	> 3
340	0.029	0.045	0.250	0.049	0.043	0.110	0.055	0.272	1.522	0.680	0.048	0.260	0.503	2.000
350	0.036	0.035	0.145	0.037	0.032	0.060	0.040	0.163	1.000	0.375	0.024	0.200	0.265	1.229
360	0.055	0.033	0.075	0.028	0.026	0.030	0.032	0.080	0.565	0.181	0.016	0.150	0.142	0.921
380	0.271	0.104	0.040	0.024	0.034	0.015	0.015	0.050	0.175	0.092	0.010	0.120	0.067	0.569
400	2.210	0.830	0.050	0.036	0.068	0.010	0.010	0.040	0.078	0.078	0.012	0.150	0.063	0.409
420	> 3	> 3	0.080	0.081	0.168	0.010	0.010	0.055	0.072	0.028	0.210	0.128	0.311	
440	> 3	> 3	0.173	0.179	0.383	0.012	0.016	0.115	0.069	0.080	0.051	0.290	0.228	0.233
450	> 3	> 3	0.254	0.259	0.505	0.015	0.025	0.150	0.072	0.102	0.056	0.330	0.269	0.207
460	> 3	> 3	0.392	0.378	0.831	0.020	0.040	0.232	0.090	0.130	0.059	0.400	0.317	0.187
480	> 3	> 3	0.750	0.821	1.790	0.040	0.079	0.491	0.170	0.230	0.066	0.580	0.500	0.164
500	> 3	> 3	1.408	1.490	2.900	0.080	0.152	0.880	0.370	0.400	0.078	0.850	0.787	0.170
520	> 3	> 3	2.255	1.850	> 3	0.132	0.244	1.340	0.725	0.640	0.097	1.230	1.185	0.230
540	> 3	> 3	2.500	1.990	> 3	0.150	0.256	1.528	1.181	0.781	0.109	1.380	1.388	0.275
550	> 3	> 3	2.198	1.850	> 3	0.129	0.220	1.270	1.161	0.730	0.100	1.230	1.220	0.337
560	> 3	> 3	2.020	1.720	> 3	0.140	0.200	1.218	1.050	0.700	0.094	1.140	1.139	0.410
580	> 3	> 3	> 3	2.400	> 3	0.221	0.330	1.862	1.445	1.080	0.117	1.630	1.707	0.590
600	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	0.263	0.398	2.253	1.832	1.381	0.145	2.030	2.050	0.810
620	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	0.271	0.370	2.102	1.785	1.461	0.142	1.940	1.948	1.030
640	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	0.300	0.392	2.223	1.991	1.620	0.150	2.040	2.085	1.250
650	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	0.306	0.384	2.102	1.840	1.641	0.149	2.010	2.050	1.356
660	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	0.290	0.330	1.850	1.672	1.633	0.139	1.810	1.815	1.480
680	1.362	2.920	2.230	2.740	> 3	0.220	0.180	1.010	0.935	1.370	0.100	1.150	1.083	1.575
700	0.654	0.900	0.960	1.222	2.220	0.180	0.044	0.330	0.480	1.040	0.060	0.580	0.576	1.850
720	0.489	0.410	0.530	0.374	0.644	0.170	0.009	0.049	0.391	1.020	0.060	0.400	0.478	1.935
740	0.630	0.280	0.440	0.105	0.166	0.166	0.001	0.011	0.372	1.018	0.050	0.330	0.508	1.960
750	0.754	0.300	0.420	0.054	0.072	0.166	0.000	0.008	0.372	1.000	0.040	0.310	0.535	1.970
760	0.912	0.360	0.400	0.033	0.040	0.166	0.000	0.005	0.365	1.012	0.040	0.310	0.564	1.960
780	1.270	0.470	0.400	0.015	0.017	0.168	0.000	0.005	0.381	1.042	0.040	0.310	0.524	1.940
800	1.510	0.570	0.400	0.013	0.013	0.169	0.000	0.005	0.400	1.101	0.040	0.320	0.686	1.900
840	1.950	0.780	0.400	0.015	0.018	0.160	0.000	0.008	0.403	1.070	0.040	0.320	0.787	1.840
880	2.170	0.900	0.380	0.019	0.028	0.152	0.001	0.011	0.410	1.000	0.040	0.310	0.870	1.780
920	2.130	0.940	0.358	0.026	0.043	0.140	0.002	0.016	0.400	0.921	0.040	0.290	0.929	1.705
960	2.008	0.960	0.320	0.037	0.067	0.130	0.003	0.023	0.386	0.852	0.040	0.280	0.972	1.600
1000	1.725	0.990	0.325	0.057	0.109	0.120	0.005	0.037	0.363	0.780	0.040	0.270	0.996	1.450
1100	1.320	1.220	0.425	0.161	0.341	0.110	0.022	0.142	0.331	0.681	0.040	0.330	1.062	1.200
1200	1.742	1.510	0.560	0.366	0.695	0.096	0.050	0.267	0.332	0.561	0.040	0.410	1.110	0.790
1300	2.190	1.540	0.713	0.544	0.920	0.080	0.050	0.380	0.463	0.480	0.040	0.410	1.050	0.590
1400	2.379	1.410	0.636	0.590	0.935	0.070	0.047	0.357	0.434	0.410	0.040	0.410	0.906	0.444
1500	2.399	1.580	0.696	0.622	1.020	0.060	0.058	0.414	0.460	0.346	0.040	0.410	0.852	0.310
1800	2.190	1.580	0.442	0.577	0.850	0.050	0.043	0.370	0.369	0.240	0.036	0.380	0.599	0.167
2100	1.700	1.150	0.161	0.301	0.382	0.040	0.008	0.154	0.103	0.141	0.030	0.210	0.435	0.100
2400	1.163	0.840	0.055	0.129	0.082	0.027	0.000	0.048	0.027	0.100	0.028	0.130	0.291	0.063
2700	1.051	0.600	0.135	0.123	0.204	0.047	0.051	0.057	0.042	0.110	0.045	0.170	0.314	0.100
3000	2.221	0.530	0.214	0.324	0.173	0.193	0.134	0.241	0.122	0.140	0.158	0.330	0.458	0.220

λ (mm)	玻												璃	
	QB10	QB11	QB12	QB13	QB14	QB15	QB17	QB18	QB19	QB20	QB21	QB22	LB1	LB2
240	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3
260	> 3	> 3	> 3	> 3	1.812	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3
280	> 3	> 3	> 3	> 3	0.492	2.926	> 3	> 3	2.579	2.356	> 3	> 3	> 3	> 3
300	> 3	> 3	> 3	> 3	0.173	1.260	> 3	2.400	1.830	1.570	> 3	> 3	> 3	> 3
320	1.520	0.752	1.553	> 3	0.056	0.360	1.365	0.462	1.182	0.960	1.349	> 3	2.900	> 3
340	0.460	0.165	0.428	1.435	0.019	0.110	0.394	0.096	0.660	0.492	0.233	1.103	> 3	> 3
350	0.250	0.086	0.257	0.956	0.012	0.055	0.238	0.047	0.475	0.339	0.093	0.492	> 3	> 3
360	0.190	0.049	0.171	0.680	0.007	0.024	0.145	0.026	0.324	0.223	0.033	0.214	> 3	> 3
380	0.050	0.026	0.094	0.411	0.005	0.009	0.086	0.016	0.134	0.087	0.007	0.046	> 3	> 3
400	0.034	0.015	0.063	0.280	0.009	0.004	0.057	0.009	0.049	0.033	0.003	0.017	> 3	> 3
420	0.031	0.011	0.043	0.203	0.013	0.004	0.050	0.011	0.020	0.016	0.001	0.009	1.960	> 3
440	0.031	0.010	0.034	0.153	0.014	0.003	0.045	0.011	0.013	0.015	0.001	0.008	1.080	2.060
450	0.031	0.009	0.029	0.136	0.015	0.003	0.042	0.011	0.012	0.017	0.001	0.007	0.800	1.650
460	0.031	0.009	0.027	0.122	0.015	0.003	0.039	0.010	0.012	0.018	0.001	0.007	0.620	1.240
480	0.031	0.010	0.028	0.110	0.014	0.003	0.033	0.008	0.023	0.036	0.001	0.007	0.380	0.770
500	0.031	0.017	0.041	0.128	0.011	0.005	0.031	0.013	0.044	0.077	0.003	0.011	0.229	0.480
520	0.034	0.034	0.076	0.187	0.012	0.007	0.033	0.014	0.083	0.141	0.008	0.028	0.160	0.330
540	0.041	0.032	0.138	0.303	0.012	0.010	0.036	0.023	0.137	0.236	0.023	0.076	0.160	0.310
550	0.046	0.079	0.180	0.386	0.012	0.018	0.039	0.029	0.180	0.320	0.036	0.116	0.180	0.340
560	0.052	0.100	0.231	0.488	0.012	0.015	0.043	0.037	0.247	0.405	0.056	0.182	0.220	0.410
580	0.074	0.155	0.349	0.720	0.015	0.022	0.052	0.050	0.379	0.612	0.117	0.371	0.340	0.620
600	0.096	0.214	0.495	1.000	0.020	0.032	0.065	0.077	0.632	0.965	0.211	0.673	0.490	0.800
620	0.126	0.280	0.642	1.300	0.028	0.042	0.083	0.101	1.070	1.470	0.343	1.093	0.670	1.230
640	0.160	0.332	0.818	1.530	0.039	0.055	0.109	0.125	1.120	1.520	0.537	1.640	0.810	1.460
650	0.176	0.339	0.829	1.780	0.046	0.062	0.120	0.136	1.200	1.680	0.620	1.990	0.860	1.550
660	0.194	0.419	0.979	1.925	0.053	0.068	0.138	0.146	1.420	1.860	0.759	2.390	0.900	1.630
680	0.232	0.484	1.160	2.228	0.070	0.085	0.171	0.168	1.280	1.745	1.015	> 3	0.950	1.800
700	0.276	0.533	1.232	2.140	0.091	0.100	0.210	0.188	1.000	1.300	1.315	> 3	1.000	1.880
720	0.320	0.570	1.320	2.610	0.114	0.118	0.246	0.196	0.282	0.395	1.645	> 3	1.050	1.990
740	0.370	0.595	1.370	2.738	0.139	0.136	0.281	0.201	0.046	0.068	1.900	> 3	1.060	1.900
750	0.396	0.611	1.390	2.798	0.155	0.142	0.300	0.202	0.015	0.024	2.080	> 3	1.050	1.900
760	0.420	0.613	1.403	2.850	0.169	0.150	0.320	0.204	0.006	0.009	2.210	> 3	1.040	1.880
780	0.470	0.620	1.430	2.910	0.201	0.166	0.358	0.204	0.001	0.002	2.450	> 3	1.022	1.830
800	0.522	0.620	1.430	2.320	0.237	0.182	0.394	0.201	0.001	0.002	2.840	> 3	0.980	1.770
840	0.580	0.597	1.370	2.820	0.320	0.208	0.465	0.192	0.002	0.003	2.890	> 3	0.940	1.660
880	0.640	0.555	1.284	2.640	0.417	0.226	0.520	0.175	0.002	0.004	2.980	> 3	0.900	1.640
920	0.690	0.500	1.168	2.430	0.524	0.239	0.560	0.158	0.003	0.006	2.860	> 3	0.850	1.590
960	0.720	0.440	1.036	2.200	0.621	0.249	0.589	0.138	0.005	0.009	2.660	> 3	0.790	1.500
1000	0.740	0.389	0.910	1.920	0.708	0.250	0.609	0.117	0.006	0.011	2.480	> 3	0.720	1.350
1100	0.740	0.284	0.674	1.422	0.881	0.244	0.615	0.085	0.013	0.016	1.890	> 3	0.580	1.140
1200	0.700	0.212	0.501	1.062	0.883	0.235	0.560	0.069	0.025	0.042	1.420	> 3	0.420	0.780
1300	0.620	0.153	0.365	0.785	0.864	0.221	0.482	0.057	0.029	0.080	1.110	2.960	0.310	0.560
1400	0.540	0.112	0.275	0.620	0.839	0.187	0.382	0.032	0.068	0.135	0.774	2.050	0.215	0.436
1500	0.410	0.081	0.202	0.432	0.790	0.160	0.308	0.016	0.120	0.316	0.475	1.390	0.180	0.334
1800	0.310	0.028	0.076	0.165	0.511	0.096	0.230	0.016	0.150	0.371	0.124	0.450	0.103	0.160
2100	0.270	0.010	0.033	0.065	0.522	0.099	0.200	0.016	0.129	0.304	0.078	0.200	0.065	0.105
2400	0.260	0.006	0.017	0.022	0.465	0.085	0.164	0.020	0.073	0.154	0.080	0.155	0.055	0.080
2700	0.350	0.031	0.039	0.037	0.376	0.100	0.185	0.037	0.244	0.381	0.160	0.210	0.015	0.070
3000	0.500	0.112	0.119	0.113	0.707	0.264	0.325	0.284	1.529	2.060	2.080	1.930	0.190	0.180

λ (nm)	玻 璃											
	JB1	JB2	JB3	CB1	CB2	HWB1	HWB3	IHWB4	IIB1	IIB2	IIB3	IIB4
240	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3
250	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	0.077
280	2.580	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	1.002	> 3	0.910
300	0.410	> 3	> 3	> 3	1.080	> 3	> 3	> 3	> 3	0.345	> 3	0.063
320	0.300	> 3	2.500	1.770	0.480	2.500	> 3	> 3	1.445	0.140	1.300	0.011
340	1.020	> 3	0.530	1.330	0.370	1.150	> 3	> 3	0.253	0.052	0.800	0.001
350	1.430	> 3	0.210	1.240	0.340	0.900	> 3	> 3	0.128	0.254	0.720	0.001
360	1.880	> 3	0.090	1.180	0.320	0.750	> 3	> 3	0.071	0.230	0.700	0.002
380	1.250	0.604	0.071	1.170	0.300	0.700	> 3	> 3	0.025	0.004	0.680	0.004
400	0.390	0.190	0.170	1.170	0.300	0.400	> 3	> 3	0.013	0.005	0.660	0.011
420	0.170	0.068	0.190	1.160	0.300	1.600	2.900	> 3	0.020	0.005	0.630	0.032
440	0.082	0.033	0.110	1.030	0.272	2.750	> 3	> 3	0.031	0.014	0.630	0.085
450	0.052	0.025	0.060	0.900	0.240	> 3	> 3	> 3	0.036	0.013	0.620	0.140
460	0.036	0.019	0.052	0.800	0.200	> 3	> 3	> 3	0.041	0.026	0.640	0.220
480	0.014	0.013	0.035	0.610	0.156	> 3	> 3	> 3	0.047	0.037	0.700	0.420
500	0.007	0.008	0.030	0.460	0.110	> 3	> 3	> 3	0.049	0.025	0.960	0.610
520	0.004	0.008	0.005	0.360	0.075	> 3	> 3	> 3	0.049	0.075	1.470	0.880
540	0.002	0.006	0.002	0.268	0.050	> 3	> 3	> 3	0.046	0.042	1.480	0.990
550	0.002	0.005	0.001	0.230	0.040	> 3	> 3	> 3	0.043	0.009	1.180	0.990
560	0.002	0.005	0.001	0.200	0.035	> 3	> 3	> 3	0.041	0.012	0.840	1.110
580	0.003	0.005	0.001	0.156	0.025	2.850	> 3	> 3	0.033	0.473	0.440	1.440
600	0.005	0.004	0.001	0.120	0.022	2.470	> 3	> 3	0.027	0.166	0.250	1.300
620	0.006	0.003	0.001	0.100	0.020	2.210	> 3	> 3	0.023	0.006	0.160	1.220
640	0.008	0.003	0.001	0.084	0.020	2.000	> 3	> 3	0.020	0.003	0.110	0.930
650	0.007	0.003	0.001	0.080	0.020	1.900	> 3	> 3	0.018	0.002	0.089	0.670
660	0.007	0.003	0.002	0.076	0.020	1.800	> 3	> 3	0.017	0.002	0.077	0.450
680	0.006	0.002	0.002	0.070	0.020	1.600	2.720	> 3	0.014	0.025	0.058	0.120
700	0.005	0.002	0.002	0.066	0.020	1.360	2.400	> 3	0.012	0.004	0.045	0.033
720	0.003	0.002	0.002	0.063	0.021	1.260	2.000	> 3	0.010	0.009	0.037	0.015
740	0.002	0.002	0.001	0.061	0.022	1.030	1.710	> 3	0.008	0.340	0.032	0.012
750	0.002	0.002	0.001	0.060	0.022	0.940	1.570	2.840	0.008	0.260	0.029	0.013
760	0.002	0.001	0.001	0.060	0.023	0.860	1.450	2.580	0.007	0.090	0.027	0.014
780	0.001	0.001	0.002	0.060	0.025	0.190	1.190	2.050	0.006	0.044	0.023	0.016
800	0.001	0.001	0.002	0.060	0.027	0.550	0.940	1.590	0.004	0.295	0.020	0.019
840	0.000	0.001	0.002	0.060	0.029	0.390	0.680	1.120	0.002	0.009	0.016	0.028
880	0.000	0.001	0.002	0.060	0.030	0.230	0.450	0.670	0.001	0.133	0.018	0.039
920	0.000	0.001	0.002	0.060	0.030	0.100	0.290	0.370	0.000	0.007	0.010	0.050
960	0.000	0.001	0.002	0.060	0.030	0.050	0.200	0.226	0.000	0.002	0.009	0.058
1000	0.000	0.001	0.001	0.060	0.030	0.030	0.150	0.140	0.000	0.002	0.007	0.062
1100	0.000	0.001	0.001	0.060	0.030	0.020	0.080	0.080	0.000	0.002	0.006	0.063
1200	0.000	0.000	0.001	0.056	0.030	0.020	0.050	0.048	0.000	0.003	0.005	0.076
1300	0.000	0.000	0.001	0.054	0.030	0.010	0.039	0.036	0.000	0.002	0.005	0.090
1400	0.000	0.000	0.001	0.050	0.030	0.010	0.037	0.032	0.000	0.007	0.004	0.122
1500	0.000	0.000	0.001	0.040	0.024	0.010	0.036	0.029	0.000	0.013	0.003	0.130
1600	0.000	0.000	0.001	0.032	0.020	0.010	0.031	0.023	0.001	0.007	0.002	0.107
2100	0.001	0.001	0.002	0.030	0.020	0.010	0.032	0.023	0.003	0.005	0.004	0.119
2400	0.005	0.007	0.009	0.030	0.022	0.020	0.030	0.033	0.006	0.007	0.006	0.147
2700	0.023	0.026	0.065	0.014	0.056	0.040	0.045	0.045	0.163	0.036	0.034	0.320
3000	0.146	0.164	0.230	0.150	0.150	0.100	0.130	0.130	0.156	0.208	0.178	1.545

续表 1-33

牌 号															
HB5	HB6	HB7	AB1	AB2	AB3	AB4	AB5	AB6	AB7	AB8	AB9	AB10	FB1	FB2	
> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	
> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	
> 3	1.600	2.361	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	
> 3	0.606	1.152	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	
1.510	0.237	0.490	0.950	> 3	> 3	1.125	2.200	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	1.550	> 3	
0.430	0.095	0.204	0.203	0.700	2.000	0.365	0.617	1.148	2.287	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	
0.240	0.051	0.131	0.100	0.291	0.700	0.205	0.369	0.747	1.548	2.300	> 3	> 3	> 3	> 3	
0.140	0.026	0.091	0.041	0.167	0.402	0.129	0.244	0.536	1.120	1.699	> 3	> 3	> 3	> 3	
0.073	0.010	0.051	0.011	0.080	0.200	0.127	0.222	0.443	0.894	1.319	> 3	> 3	> 3	> 3	
0.110	0.005	0.040	0.031	0.080	0.200	0.062	0.123	0.291	0.619	0.990	2.303	> 3	2.850	2.400	
0.380	0.006	0.054	0.050	0.140	0.384	0.071	0.127	0.288	0.595	0.930	2.107	> 3	1.440	1.310	
0.810	0.010	0.101	0.079	0.286	0.541	0.066	0.125	0.283	0.580	0.900	2.020	> 3	0.900	1.300	
1.120	0.014	0.156	0.081	0.290	0.552	0.061	0.116	0.271	0.560	0.875	1.960	> 3	0.765	1.300	
1.380	0.021	0.229	0.080	0.272	0.538	0.055	0.109	0.258	0.541	0.846	1.887	> 3	0.680	1.300	
1.740	0.035	0.382	0.073	0.249	0.480	0.053	0.109	0.260	0.544	0.850	1.887	> 3	0.560	1.250	
1.960	0.046	0.526	0.070	0.232	0.464	0.053	0.111	0.274	0.558	0.875	1.900	> 3	0.502	1.200	
1.980	0.053	0.568	0.071	0.232	0.464	0.051	0.110	0.274	0.560	0.875	1.917	> 3	0.470	1.100	
1.880	0.057	0.627	0.073	0.240	0.450	0.050	0.107	0.260	0.547	0.861	1.887	> 3	0.426	1.000	
1.780	0.063	0.695	0.070	0.224	0.440	0.050	0.106	0.258	0.545	0.854	1.887	> 3	0.410	0.970	
1.690	0.068	0.763	0.066	0.208	0.425	0.051	0.107	0.260	0.547	0.861	1.887	> 3	0.390	0.950	
1.440	0.068	0.743	0.072	0.232	0.355	0.053	0.113	0.269	0.563	0.881	1.917	> 3	0.400	0.940	
1.220	0.061	0.663	0.078	0.248	0.460	0.055	0.116	0.275	0.574	0.895	1.900	> 3	0.410	1.000	
1.080	0.052	0.558	0.079	0.250	0.487	0.058	0.115	0.272	0.568	0.875	1.850	> 3	0.420	1.060	
0.920	0.038	0.429	0.081	0.264	0.520	0.059	0.117	0.273	0.552	0.862	1.784	> 3	0.430	1.150	
0.870	0.031	0.356	0.076	0.252	0.480	0.060	0.118	0.274	0.546	0.862	1.750	> 3	0.420	1.180	
0.830	0.025	0.280	0.070	0.218	0.468	0.060	0.118	0.274	0.541	0.850	1.713	> 3	0.400	1.200	
0.730	0.013	0.128	0.043	0.128	0.244	0.062	0.116	0.264	0.503	0.810	1.577	2.725	0.325	1.250	
0.640	0.004	0.046	0.030	0.080	0.144	0.064	0.112	0.250	0.457	0.755	1.427	2.345	0.265	1.250	
0.550	0.002	0.025	0.030	0.070	0.107	0.068	0.114	0.250	0.440	0.735	1.340	2.120	0.220	1.200	
0.480	0.001	0.021	0.020	0.062	0.099	0.074	0.120	0.250	0.438	0.736	1.280	1.995	0.180	1.120	
0.440	0.001	0.024	0.020	0.060	0.097	0.078	0.124	0.265	0.440	0.744	1.260	1.970	0.174	1.070	
0.400	0.001	0.026	0.022	0.055	0.097	0.081	0.129	0.274	0.446	0.752	1.243	1.925	0.158	1.050	
0.320	0.001	0.029	0.024	0.065	0.106	0.089	0.139	0.291	0.453	0.784	1.207	1.864	0.130	1.060	
0.250	0.002	0.035	0.030	0.080	0.142	0.099	0.154	0.307	0.467	0.805	1.183	1.810	0.120	1.050	
0.150	0.002	0.044	0.038	0.095	0.165	0.114	0.171	0.349	0.508	0.870	1.177	1.768	0.100	0.970	
0.087	0.003	0.053	0.040	0.103	0.180	0.127	0.191	0.388	0.548	0.936	1.210	1.755	0.090	0.880	
0.048	0.005	0.059	0.044	0.110	0.198	0.141	0.210	0.424	0.592	0.985	1.243	1.755	0.080	0.780	
0.026	0.006	0.067	0.048	0.120	0.208	0.154	0.227	0.457	0.625	1.050	1.273	1.765	0.070	0.700	
0.015	0.008	0.080	0.050	0.120	0.216	0.162	0.240	0.487	0.655	1.100	1.287	1.750	0.065	0.630	
0.002	0.010	0.100	0.050	0.138	0.218	0.173	0.254	0.536	0.680	1.102	1.253	1.673	0.058	0.500	
0.002	0.011	0.110	0.040	0.134	0.217	0.170	0.249	0.512	0.634	1.060	1.152	1.525	0.055	0.380	
0.002	0.012	0.128	0.040	0.112	0.200	0.134	0.200	0.450	0.514	0.900	0.973	1.230	0.050	0.300	
0.002	0.013	0.148	0.040	0.100	0.184	0.104	0.160	0.353	0.410	0.710	0.825	1.050	0.041	0.210	
0.002	0.011	0.116	0.036	0.096	0.172	0.080	0.128	0.297	0.348	0.560	0.680	0.885	0.038	0.140	
0.003	0.011	0.100	0.040	0.090	0.176	0.052	0.100	0.235	0.280	0.460	0.576	0.793	0.032	0.080	
0.005	0.012	0.097	0.032	0.090	0.160	0.040	0.080	0.190	0.220	0.330	0.473	0.615	0.023	0.050	
0.011	0.021	0.079	0.040	0.080	0.152	0.052	0.076	0.151	0.162	0.260	0.320	0.430	0.018	0.030	
0.022	0.044	0.091	0.066	0.100	0.180	0.120	0.124	0.219	0.224	0.300	0.338	0.595	0.050	0.040	
0.096	0.681	0.826	0.130	0.220	0.280	0.296	0.485	0.618	0.610	0.630	0.760	0.776	0.200	0.260	

续表 1-33

λ (nm)	玻 璃 牌 号													
	FB3	FB4	FL5	FL6	FB7	BB1	BB2	BB3	BB4	BB5	BB6	BB7	BB8	
240	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	1.220	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	0.496
260	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	0.876	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	0.261
280	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	0.218	1.113	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	0.083
300	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	0.650	0.179	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	0.25
320	> 3	2.000	> 3	> 3	> 3	0.020	0.038	0.139	0.402	> 3	> 3	> 3	> 3	0.003
340	> 3	2.500	1.930	2.990	> 3	0.007	0.009	0.033	0.074	1.850	> 3	> 3	0.796	0.001
350	> 3	> 3	0.935	1.150	> 3	0.003	0.004	0.018	0.036	0.329	1.515	0.240	0.000	0.000
360	> 3	> 3	0.586	0.910	> 3	0.002	0.002	0.009	0.020	0.133	0.551	0.060	0.000	0.000
380	> 3	> 3	0.395	0.619	> 3	0.000	0.001	0.005	0.008	0.631	0.102	0.011	0.000	0.000
400	> 3	1.700	0.325	0.494	1.950	0.000	0.000	0.002	0.004	0.009	0.026	0.002	0.000	0.000
420	2.640	0.980	0.340	0.527	0.809	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.008	0.000	0.000	0.000
440	2.715	1.018	0.367	0.569	0.458	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000
450	2.758	1.050	0.374	0.575	0.422	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
460	2.760	1.070	0.370	0.573	0.396	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
480	2.665	1.050	0.363	0.562	0.378	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
500	2.490	0.895	0.340	0.526	0.394	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
520	2.250	0.900	0.309	0.479	0.330	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
540	2.070	0.800	0.263	0.416	0.105	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
550	2.000	0.760	0.241	0.371	0.129	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
560	1.965	0.760	0.217	0.336	0.151	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
580	1.970	0.750	0.207	0.321	0.135	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
600	2.065	0.776	0.155	0.303	0.391	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
620	2.232	0.840	0.180	0.273	0.340	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
640	2.380	0.880	0.171	0.264	0.263	0.000	0.000	0.000	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
650	2.444	0.900	0.166	0.257	0.217	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
660	2.485	0.900	0.159	0.247	0.175	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
680	2.558	0.830	0.130	0.201	0.096	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
700	2.530	0.860	0.111	0.170	0.061	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
720	2.525	0.840	0.114	0.177	0.059	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
740	2.380	0.800	0.119	0.184	0.049	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
750	2.225	0.792	0.125	0.184	0.049	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
760	2.193	0.785	0.131	0.203	0.050	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
780	2.180	0.766	0.140	0.217	0.052	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
800	2.150	0.759	0.149	0.231	0.054	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
810	2.015	0.680	0.166	0.257	0.060	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
820	1.850	0.660	0.182	0.282	0.065	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
920	1.720	0.525	0.193	0.299	0.068	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
960	1.600	0.480	0.202	0.311	0.072	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1000	1.420	0.418	0.207	0.320	0.076	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1100	1.050	0.325	0.212	0.329	0.082	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1200	0.900	0.250	0.203	0.318	0.081	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1300	0.724	0.200	0.189	0.293	0.078	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1400	0.560	0.140	0.163	0.252	0.077	0.001	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1500	0.430	0.100	0.137	0.212	0.076	0.001	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1600	0.210	0.060	0.103	0.160	0.073	0.003	0.011	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2100	0.115	0.040	0.081	0.123	0.067	0.007	0.026	0.004	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
2400	0.120	0.020	0.070	0.109	0.067	0.014	0.062	0.006	0.002	0.002	0.005	0.005	0.008	0.025
2700	0.155	0.040	0.093	0.145	0.218	0.047	0.215	0.017	0.027	0.024	0.020	0.031	0.034	0.154
3000	0.240	0.200	0.111	0.219	1.189	0.200	0.450	0.100	0.136	0.161	0.153	0.152	0.152	0.307

有色光学玻璃的折射率、反射修正值、化学稳定性和比重

表 1—34

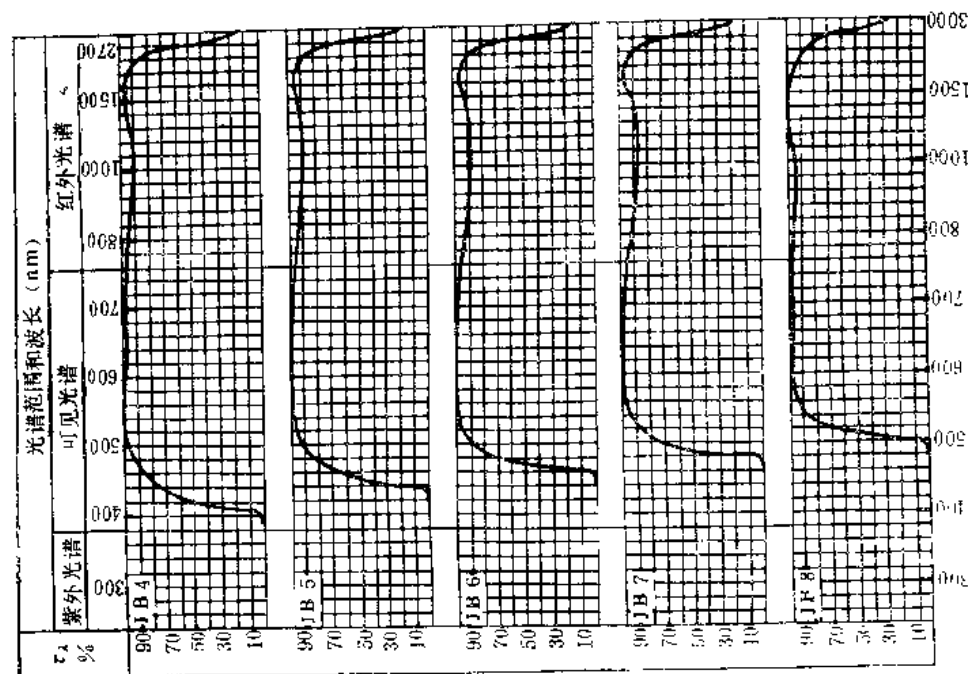
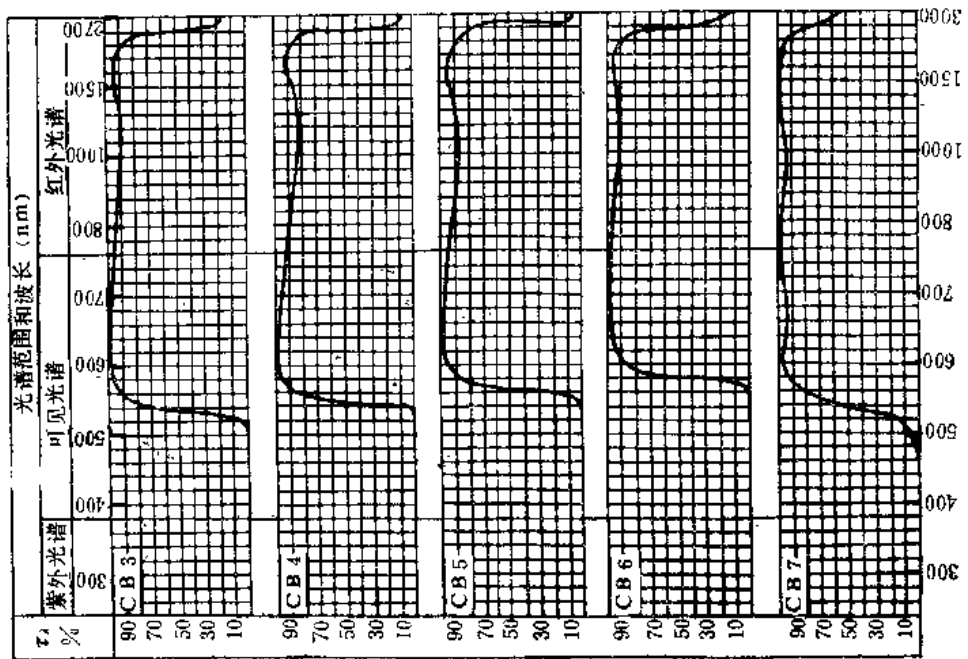
玻 璃 牌 号	折 射 率 n_D	反 射 修 正 值 D'	化 学 稳 定 性 类 别		比 重
			对 潮 湿 大 气	对 酸 溶 液	
JB1	1.523	0.038	C	I	2.64
JB5	1.523	0.038	C	I	2.64
JB6	1.523	0.038	C	I	2.64
JB7	1.523	0.038	C	I	2.64
JB8	1.523	0.038	C	I	2.64
CB3	1.523	0.038	C	I	2.64
CB4	1.523	0.038	C	I	2.64
CB5	1.523	0.038	C	I	2.64
CB6	1.523	0.038	C	I	2.64
CB7	1.523	0.038	C	I	2.64
HB9	1.523	0.038	C	I	2.64
HB10	1.523	0.038	C	I	2.64
HB11	1.523	0.038	C	I	2.64
HB12	1.523	0.038	C	I	2.64
HB13	1.523	0.038	C	I	2.64
HB14	1.523	0.038	C	I	2.64
HB15	1.523	0.038	C	I	2.64
HB16	1.523	0.038	C	I	2.64
ZWB1	1.557	0.043	b	I	2.65
ZWB2	1.520	0.038	c	I	2.68
ZE1	1.524	0.038	B	I	2.71
ZE2	1.495	0.035	B	I	2.72
ZE3	1.501	0.035	B	I	2.72
QB1	1.526	0.038	C	I	2.62
QB2	1.520	0.038	C	I	2.73
QB3	1.517	0.037	C	I	2.73
QB4	1.582	0.046	C	I	2.77
QB5	1.520	0.038	B	I	2.77
QB6	1.516	0.038	C	I	2.77
QB7	1.523	0.038	C	I	2.72
QB8	1.520	0.038	C	I	2.72
QB9	1.524	0.038	B	I	2.71
QB10	1.529	0.039	C	I	2.71
QB11	1.514	0.037	C	I	2.71
QB12	1.517	0.037	C	I	2.71
QB13	1.522	0.038	C	I	2.69
QB14	—	—	—	—	—
QB15	1.512	0.037	a	I	2.67
QB16	1.520	0.038	C	I	2.71

续表 1—34

玻璃牌号	折 射 率 n_D	反 射 修 正 值 D_r	化学稳定性类别		比 重
			对潮湿大气	对酸溶液	
QB17	1.515	0.037	B	I	2.60
QB18	1.518	0.037	B	I	2.50
QB19	1.477	0.032	C	III	2.27
QB20	1.477	0.032	C	III	2.27
QB21	1.535	0.040	b	2	2.86
QB22	1.535	0.040	b	2	2.93
LB1	1.524	0.038	C	I	2.52
LB2	1.524	0.038	C	I	2.56
LB3	1.523	0.038	C	I	2.52
LB4	1.523	0.038	C	I	2.52
LB5	1.535	0.040	b	3	2.85
LB6	1.534	0.040	b	2	2.83
LB7	1.522	0.038	B	I	2.52
LB8	1.523	0.038	C	I	2.52
LB9	1.522	0.038	C	I	2.50
LB10	1.522	0.038	C	I	2.50
LB11	1.522	0.038	C	I	2.52
LB12	1.536	0.040	C	III	2.73
LB13	1.527	0.039	C	I	2.53
LB14	1.527	0.039	C	I	2.53
LB15	1.527	0.039	C	I	2.53
LB16	1.535	0.040	b	2	2.84
JB1	1.536	0.040	C	III	2.78
JB2	1.632	0.052	A	II	3.69
JB3	1.502	0.036	B	III	2.40
CB1	1.523	0.038	C	I	2.55
CB2	1.523	0.038	C	I	2.55
HWB1	1.525	0.038	B	I	2.53
HWB2	1.525	0.038	B	I	2.53
HWB3	1.525	0.038	B	I	2.53
HWB4	1.525	0.038	B	I	2.52

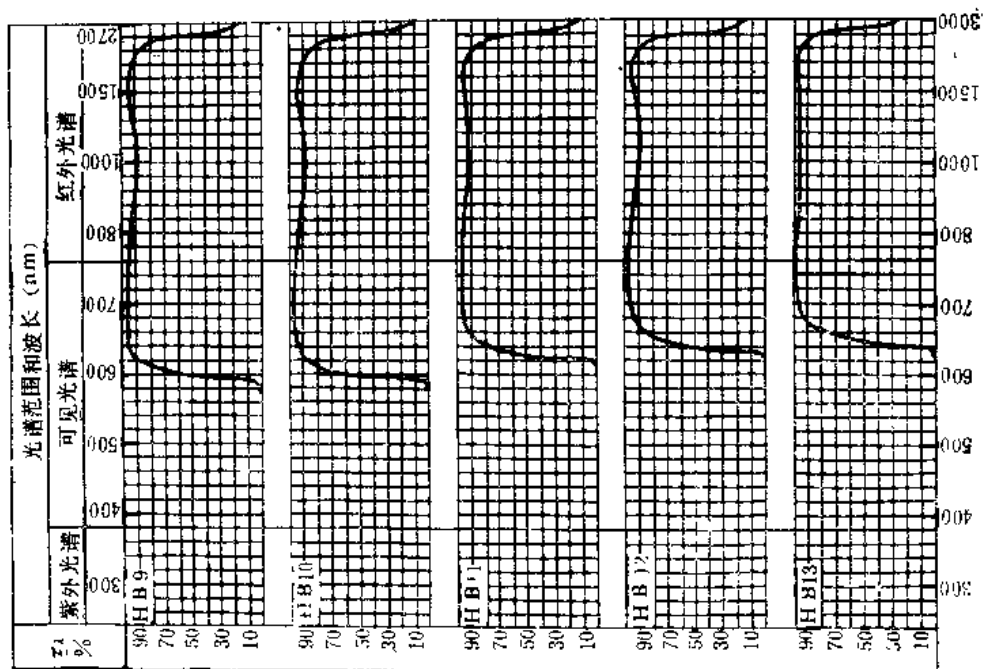
续表 1—34

玻 璃 牌 号	折 射 率 n_D	反 射 修 正 值 D_c	化 学 稳 定 性 类 别		比 重
			对 潮 湿 大 气	对 酸 溶 液	
HB1	1.673	0.057	A	I	4.09
HB2	1.537	0.040	B	I	2.72
HB3	1.604	0.048	B	III	3.37
HB4	1.533	0.039	b	2	2.83
HB5	1.591	0.047	C	II	3.26
HB6	1.477	0.032	C	III	2.27
HB7	1.477	0.032	C	III	2.27
AB1	1.521	0.038	C	I	2.51
AB2	1.523	0.038	C	I	2.52
AB3	1.526	0.039	C	I	2.52
AB4	1.502	0.036	B	II	2.42
AB5	1.502	0.036	B	II	2.42
AB6	1.502	0.036	B	II	2.42
AB7	1.505	0.036	B	II	2.42
AB8	1.509	0.037	B	II	2.42
AB9	1.514	0.037	B	II	2.43
AB10	1.527	0.038	B	II	2.46
FB1	1.522	0.038	C	I	2.53
FB2	1.525	0.038	B	I	2.53
FB3	1.524	0.038	C	I	2.53
FB4	1.523	0.038	C	I	2.53
FB5	1.526	0.038	C	I	2.52
FB6	1.526	0.038	C	I	2.52
FB7	1.700	0.060	b	3	3.70
BB1	1.512	0.037	C	I	2.52
BB2	1.502	0.036	C	I	2.38
BB3	1.575	0.045	A	I	3.23
BB4	1.624	0.050	A	I	3.67
BB5	1.643	0.054	B	I	3.72
BB6	1.700	0.060	A	I	4.22
BB7	1.518	0.038	C	I	2.50
BB8	1.508	0.037	A—B	I	2.47

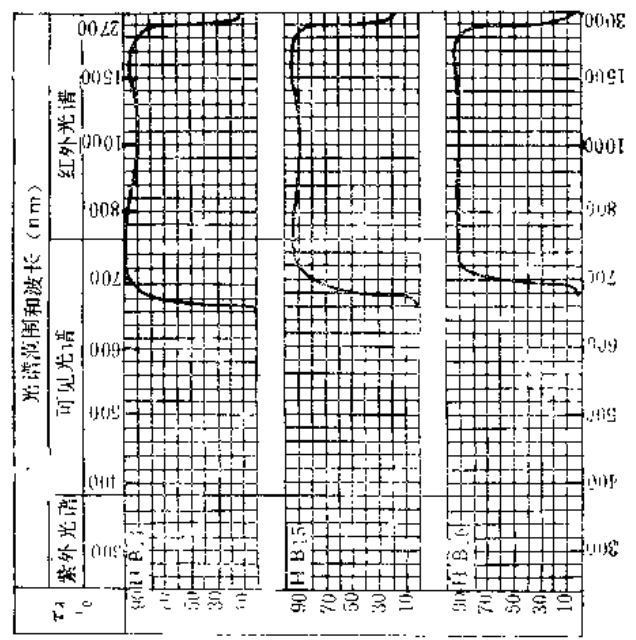


纹图 1-3

图 1-4 硼硅玻璃内透射 T_λ 的光谱曲线



续图 1—5



续图 1—6

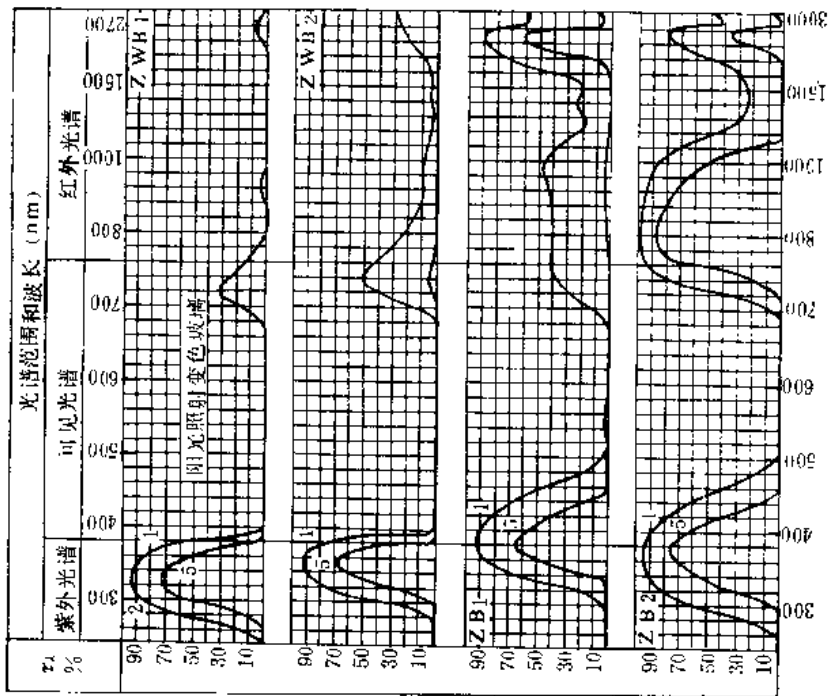
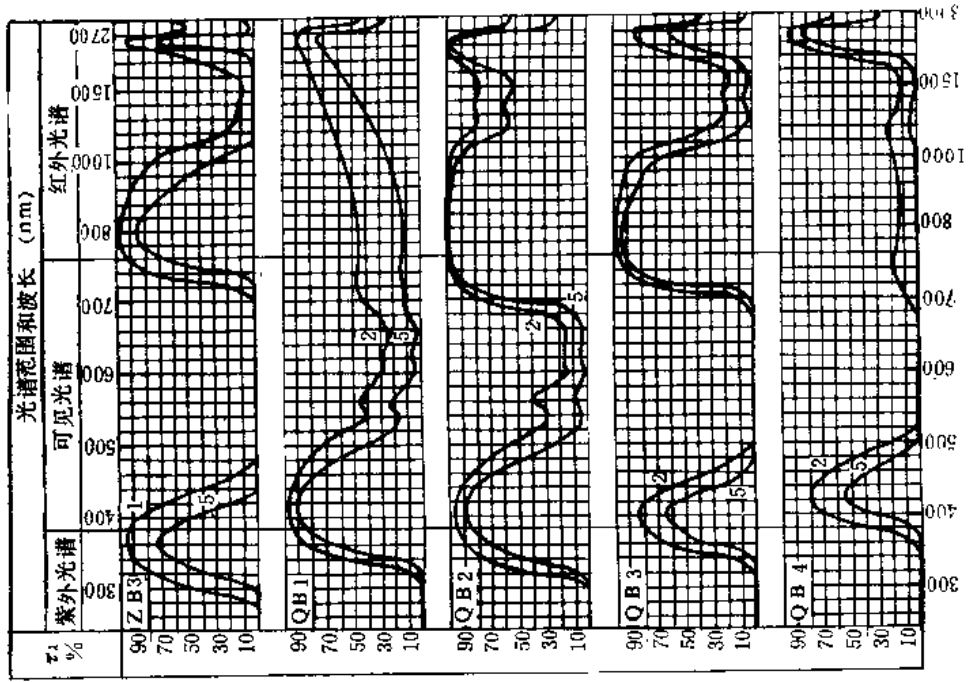
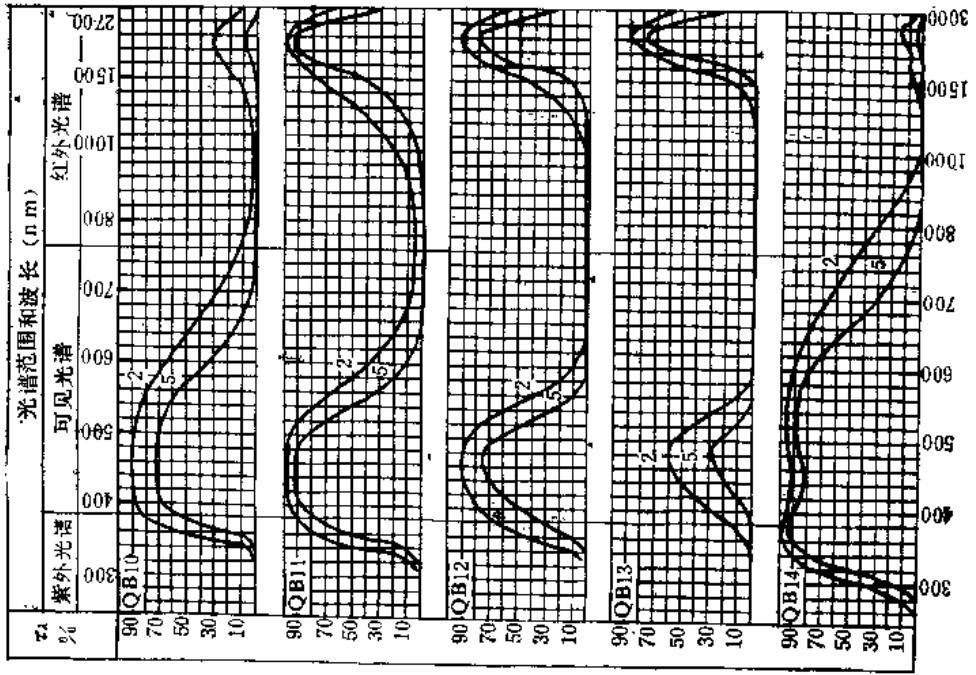
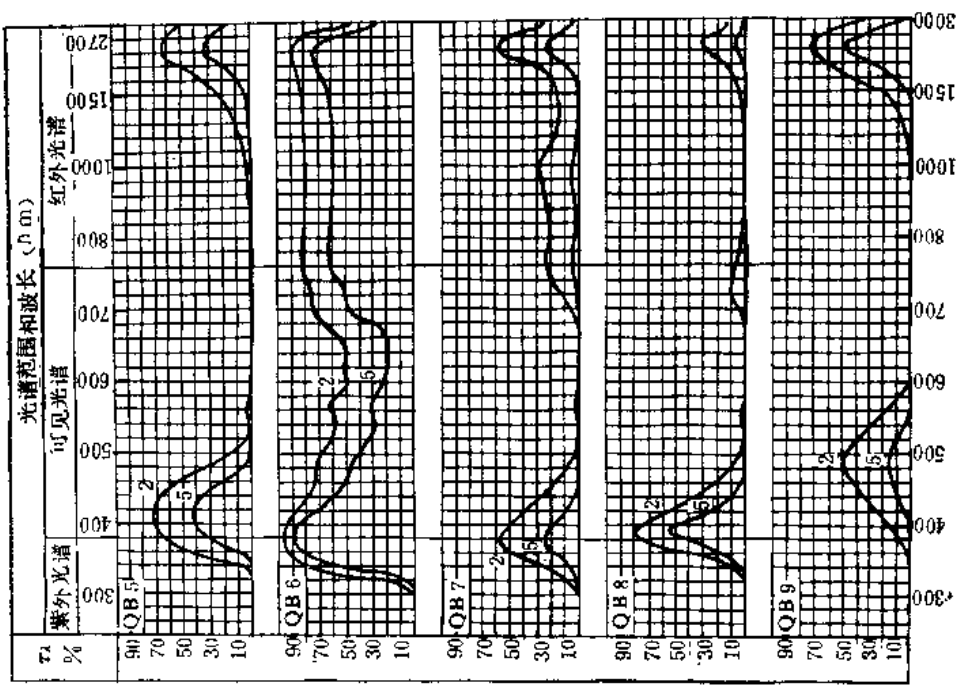


图 1—6 离子染色玻璃对白色透紫外玻璃内透过率 τ_1 光谱曲线

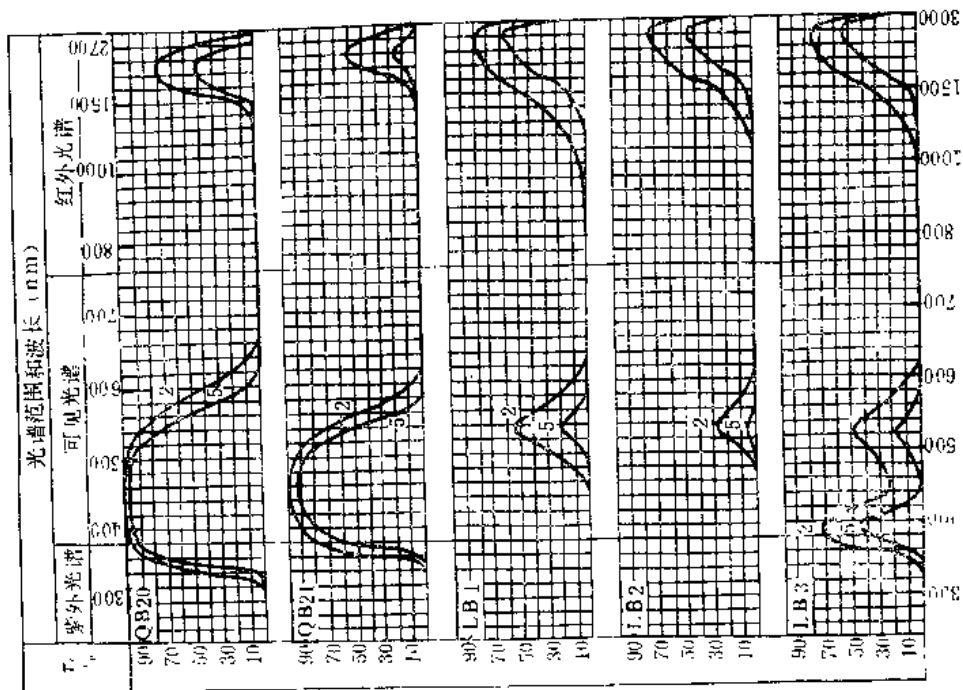
续图 1—6



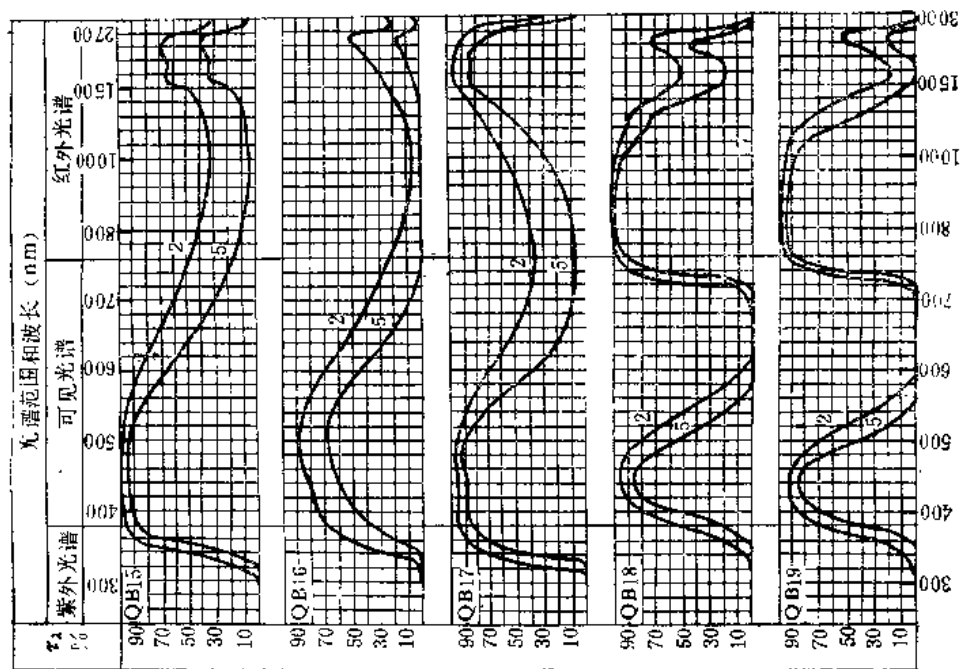
续图 1—6



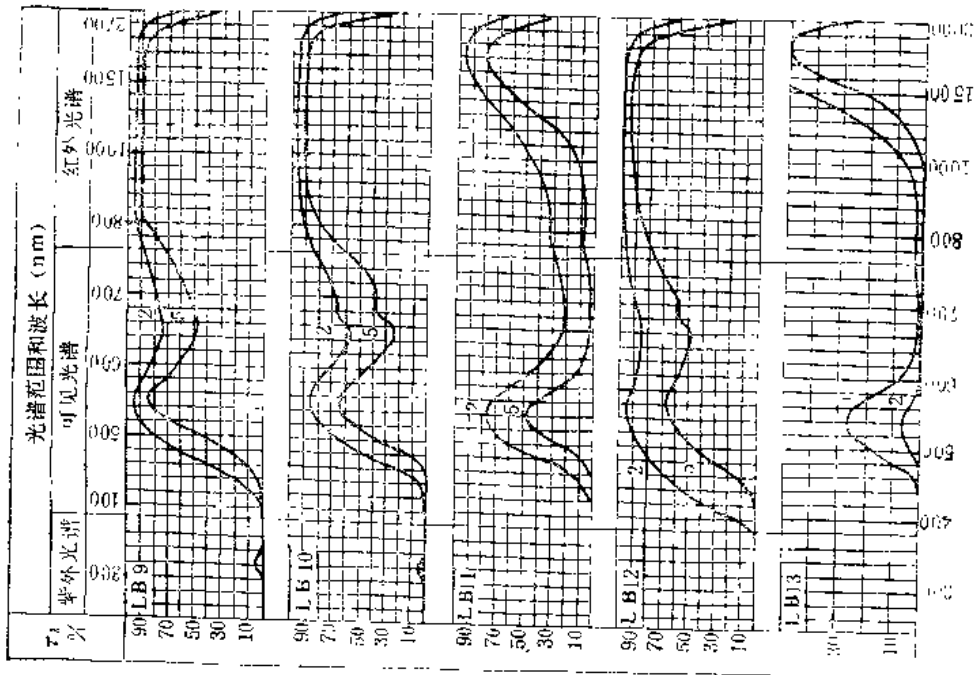
续图 1—6



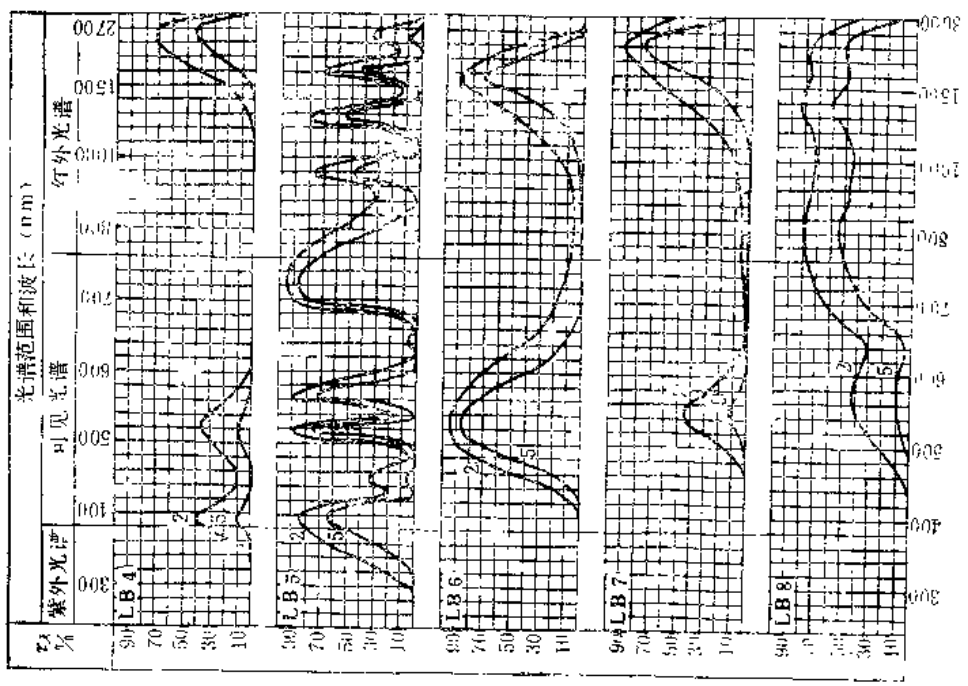
续图 1—6



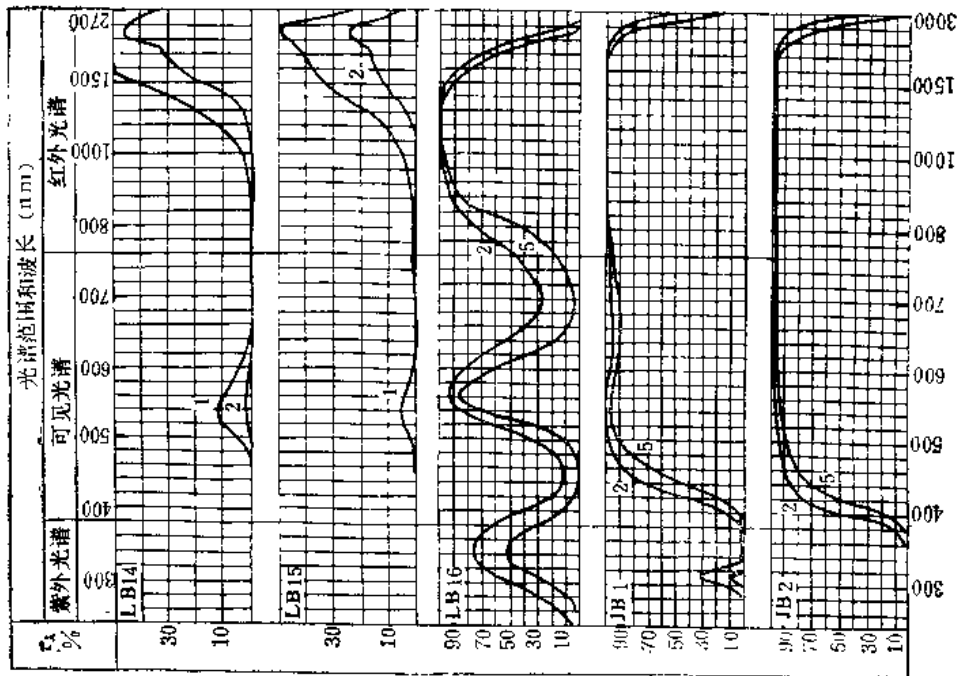
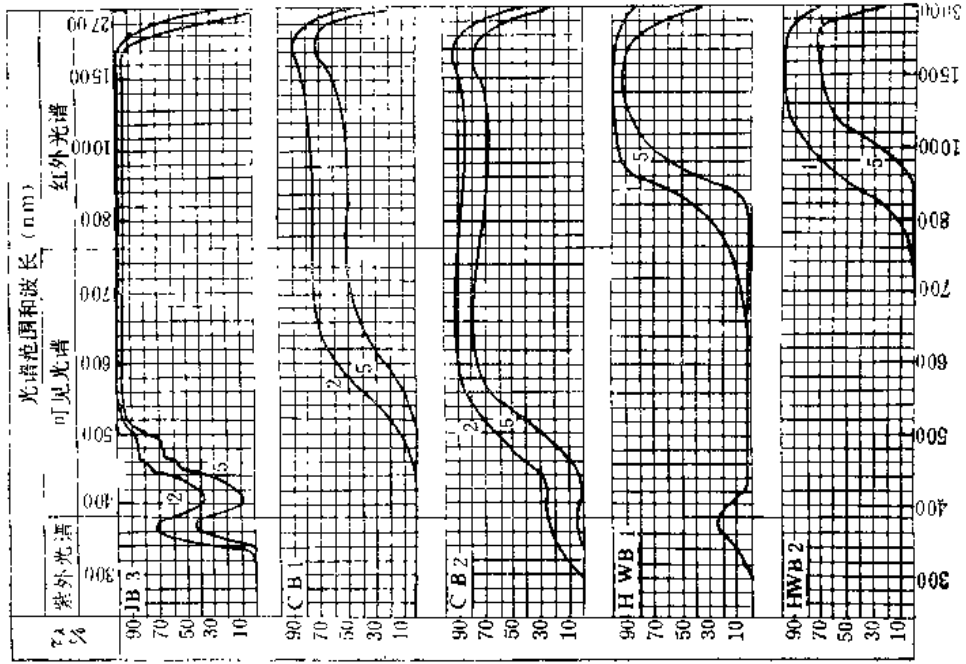
续图 1—6



紋圖 1-6

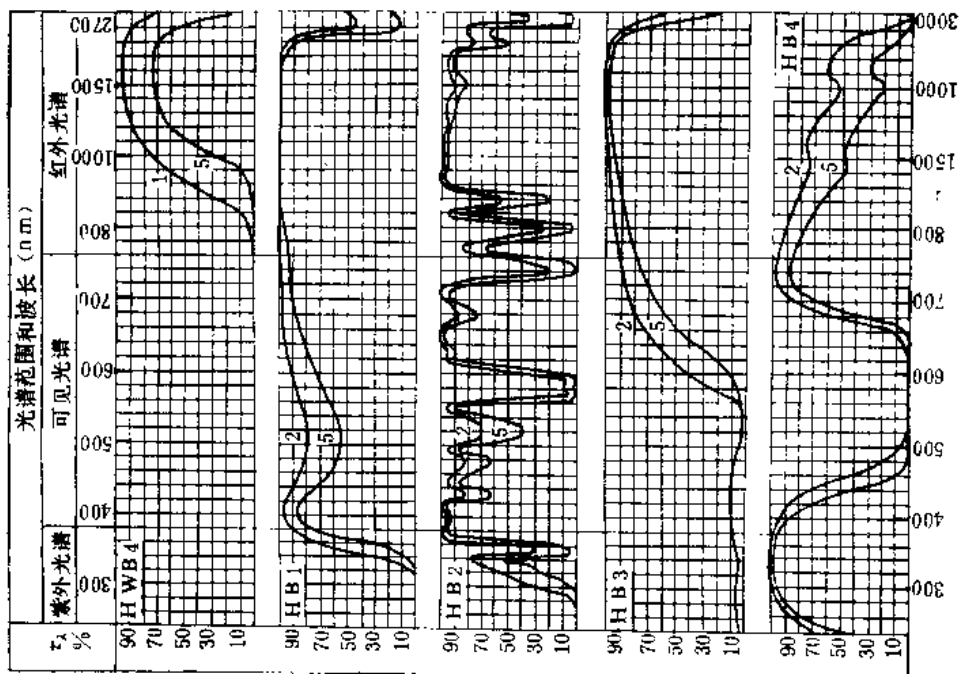


紋圖 1-6

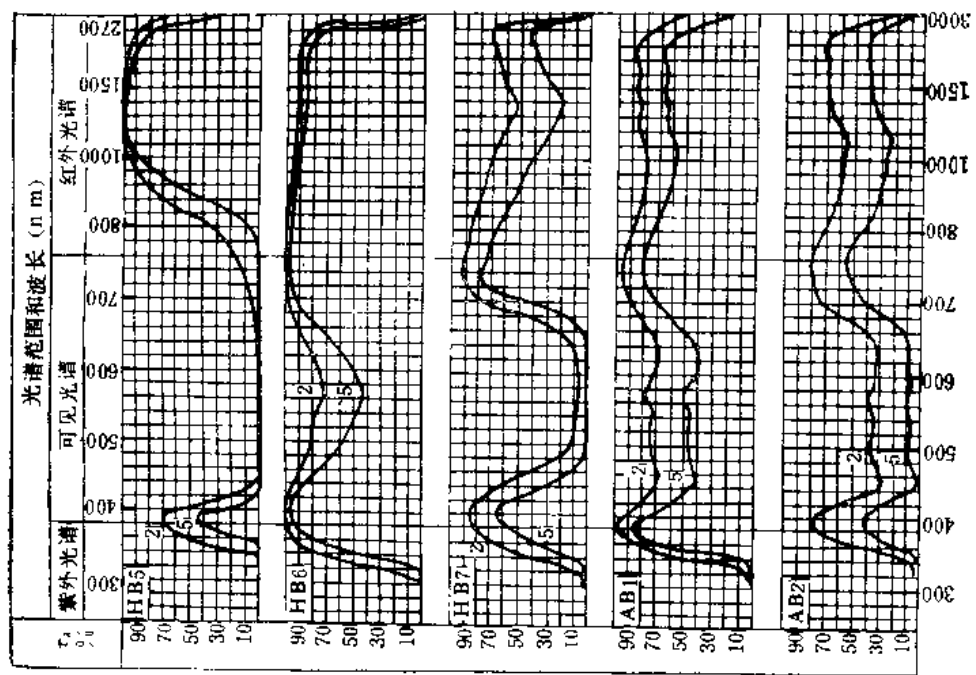


续图 1-6

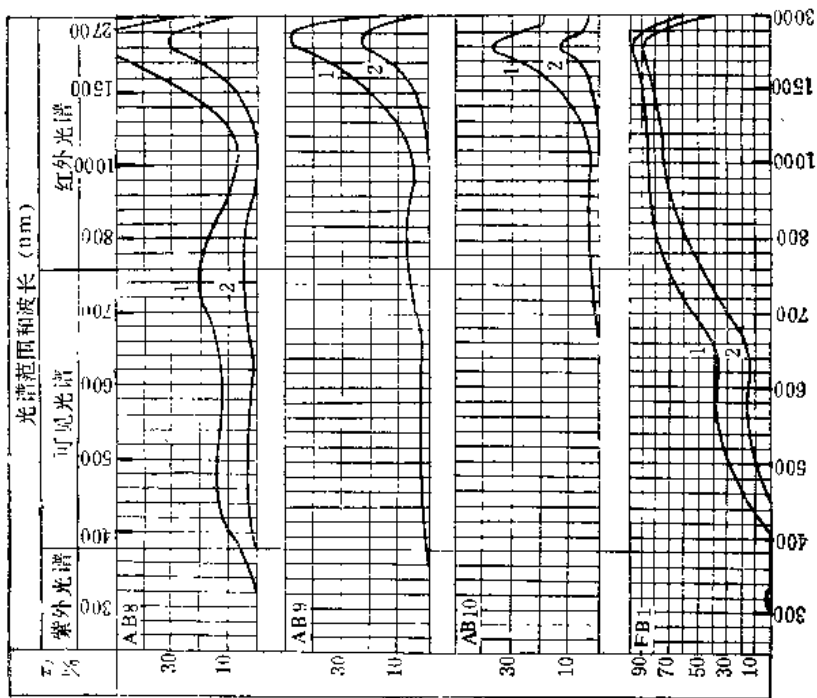
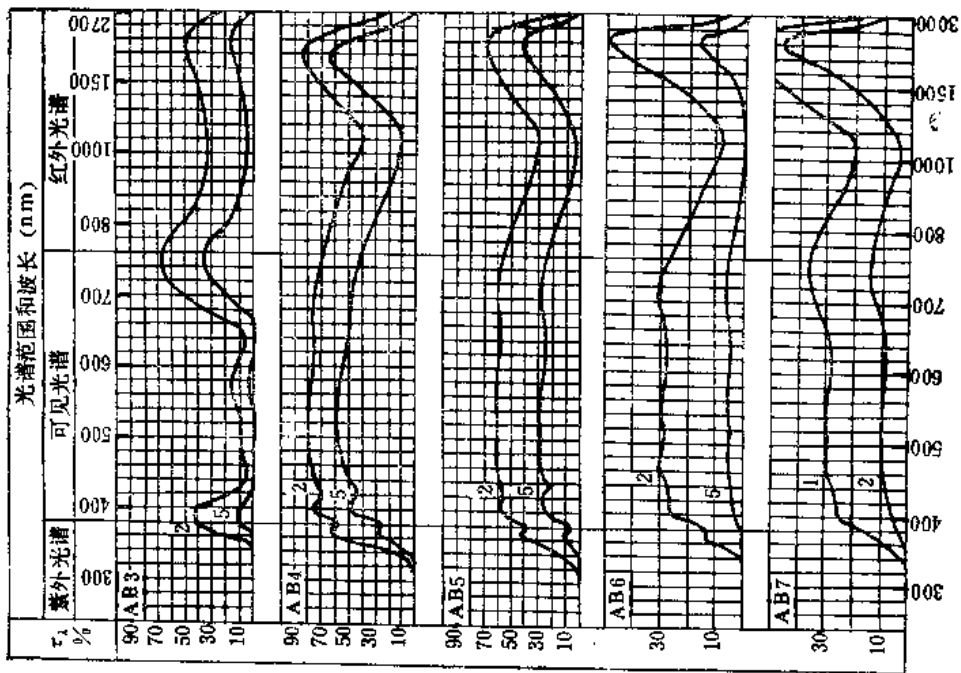
续图 1-6



续图 1—6

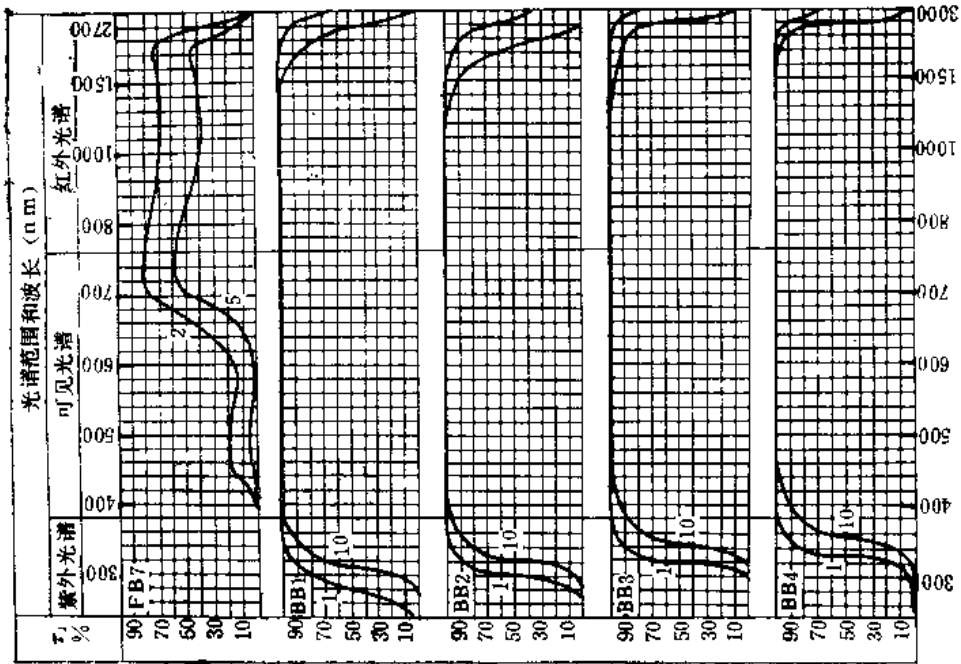


续图 1—6

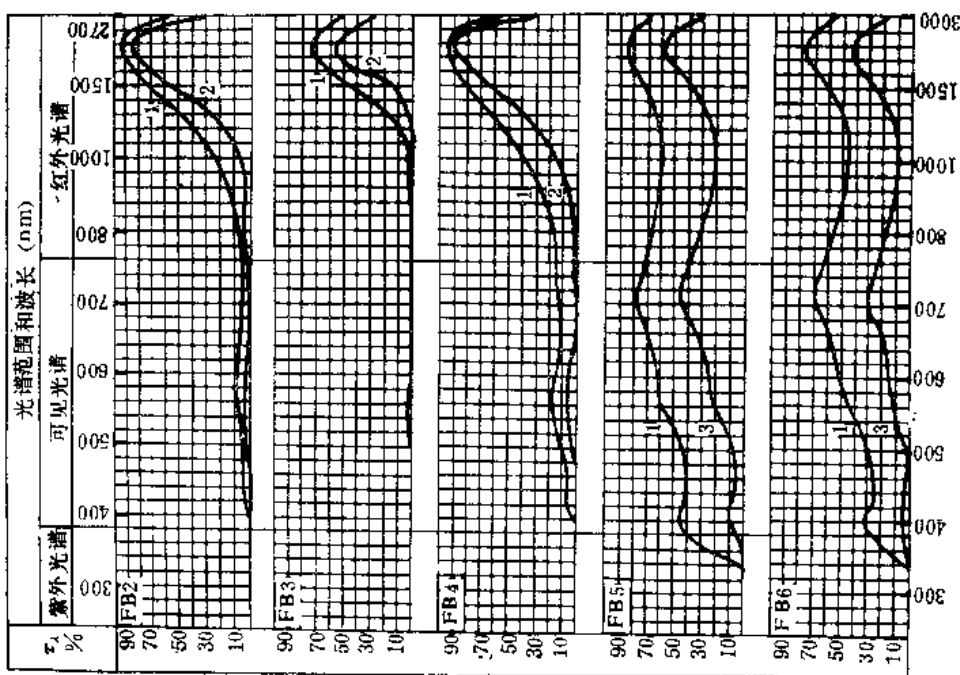


续图 1-5

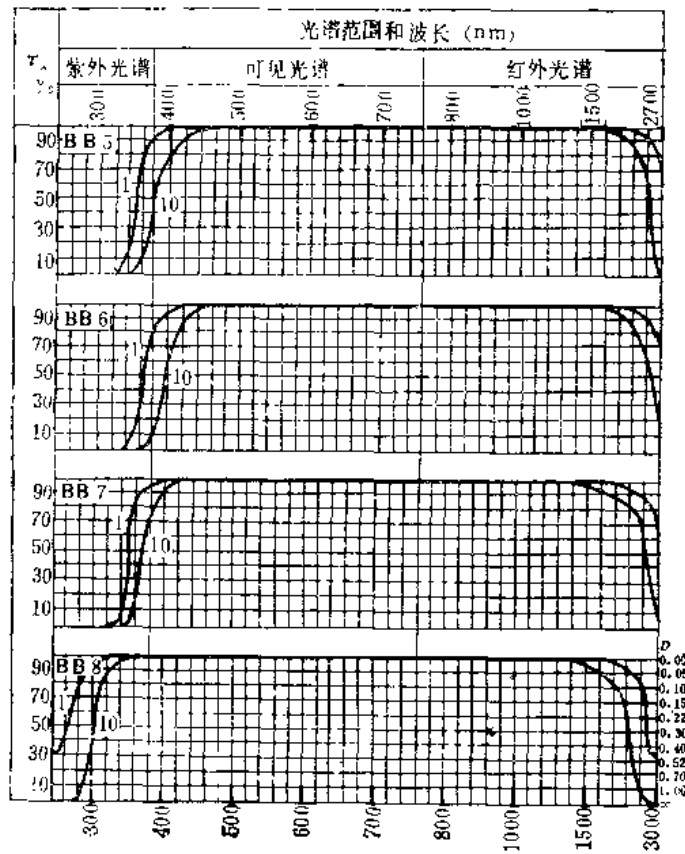
续图 1-6



续图 1-4



续图 1-6



续图 1—6

注：BB8透过率曲线右侧的数值为光学密度值，其光学密度曲线与透过率曲线相同。

5 有色玻璃牌号与国外牌号对照

中国-联邦德国-苏联部分有色光学玻璃牌号对照表

序号及名称	玻璃牌号	相应国外牌号		序号及名称	玻璃牌号	相应国外牌号		
		联邦德国	苏联			联邦德国	苏联	
透线紫玻璃	1	ZWB1	UG11	蓝色(青色)玻璃	13	QB7	CC11	
	2	ZWB2	UG 2		14	QB8	CC14	
	3	ZWB3	UG 5		15	QB9	C3C3	
紫色玻璃	4	ZB1	BG3		16	QB10	C3C5	
	5	ZB2			17	QB11	C3C7	
	6	ZB3			18	QB12	C3C8	
蓝色(青色)玻璃	7	QB1	BG32		19	QB13	C3C9	
	8	QB2			20	QB15	C3C14	
	9	QB3			21	QB16	C3C15	
	10	QB4			22	QB17	C3C16	
	11	QB5			23	QB18	C3C17	
	12	QB6			24	QB19	C3C19	
					25	QB20	C3C20	
							BG22	C3C16

序号及名称	玻璃牌号	相应国外牌号		序号及名称	玻璃牌号	相应国外牌号				
		联邦德国	苏联			联邦德国	苏联			
蓝色(青色玻璃)	26	QB21	BG23	C3C21	绿色玻璃	58	HB1	RG6	HC5	
	27	QB22				59	HB2		HC7	
	28	QB23	BG7			60	HB3		HC8	
	29	QB24	BG12			61	HB4		HC11	
	30	QB26	BG18			62	HB5		HC13	
	31	QB28	BG20			63	HB6		HC14	
	32	QB29	BG25			64	HB7		HC15	
	33	QB30	BG5			65	HB8		KC2	
						66	HB9		KC10	
						67	HB10	RG1	KC11	
绿色玻璃	34	LB1	VG9	3C1	透玻璃 红 外 璃	77	HB11	RG2	KC13	
	35	LB2	VG11	3C2		78	HB12		KC14	
	36	LB3		3C3		79	HB13		KC15	
	37	LB4		3C6		80	HB14	RG5	KC17	
	38	LB5	VG3	3C7		81	HB15		KC18	
	39	LB6		3C8		82	HB16	RG8	KC19	
	40	LB7	VG8	Ж3C1		83	HB16			
	41	LB8		Ж3C4		84	HWB1		HKC1	
	42	LB9	VG10	Ж3C5		85	HWB3	RG7	HKC2	
	43	LB10		Ж3C6		86	HWB4		HKC3	
	44	LB11		Ж3C9		防护玻璃	87	FB1		TC1
	45	LB12		Ж3C10			88	FB2		TC2
	46	LB13		Ж3C12			89	FB3		TC3
	47	LB14		Ж3C13			90	FB4		TC4
	48	LB15		Ж3C17			91	FB5		TC6
	49	LB16		Ж3C18			92	FB6		TC7
	50	LB17	VG5				93	FB7		TC8
	51	LB18	VG6				透紫外线 无色玻璃	94	BB1	WG7
52	LB19	VG4		95	BB2	WG6		BC4		
金黄色(黄色)玻璃	53	JB1		ЖC3	96	BB3			BC5	
	54	JB2	GG4	ЖC4	97	BB4		WG3	BC6	
	55	JB3		ЖC19	98	BB5		WG9	BC7	
	56	JB4	GG3	ЖC11	99	BB6		WG1	BC8	
	57	JB5	GG5	ЖC12	100	BB7	WG2	BC10		
	58	JB6	GG6	ЖC16	101	BB8		BC12		
	59	JB7	GG11	ЖC17	102	BB9				
	60	JB8	GG4	ЖC18	中性灰色 滤光玻璃	103	AB1	NG6	HC1	
橙色玻璃	61	CB1		OC5		104	AB2		HC2	
	62	CB2		OC6		105	AB3	NG4	HC3	
	63	CB3	OG5	OC11		106	AB4		HC6	
	64	CB4	OC2	OC12		107	AB5	NG11	HC7	
	65	CB5		OC13		108	AB6	NG5	HC8	
	66	CB6	OG3	OC14		109	AB7	NG7	HC9	
	67	CB7	OG1	OC17		110	AB8	NG3	HC10	
				111		AB9	NG9	HC11		
				112		AB10		HC12		

第三节 光学晶体(ZB N05001.1—86)

利用晶体透紫外及红外的性能，在紫外、红外光学仪器中光学晶体被利用做制造窗口、分光棱镜、透镜材料；利用晶体的双折射性质，制造偏振零件。

常用于紫外光谱区域的晶体材料有：氟化锂(LiF)、氯化钠(NaCl)、溴化钾(KBr)、石英(SiO₂)、溴化铯—碘化铯(KRS-5)；常用于红外光谱区域的晶体材料有：硅(Si)、三硫化二砷(As₂S₃)；常用的偏振晶体有：方解石(CaCO₃)、电气石(NaMg₃Al₃[(OH)₄(BO₃)₃-Si₆O₁₈])、硝酸钠(NaNO₃)、硫酸钾(K₂SO₄)等；常用于光激励器的晶体材料有：宝石(Al₂O₃)、氟化钙(CaF₂)、钇铝石榴石(Y₃Al₅O₁₂)等。

ZB N05001.1—86标准规定了十个品种的人工光学晶体。名称为氟化锂(LiF)、氟化镁(MgF₂)、氟化钙(CaF₂)、氟化锶(SrF₂)、氟化钡(BaF₂)、氯化钠(NaCl)、氯化钾(KCl)、溴化钾(KBr)、碘化铯(CsI)、溴-碘化铯(KRS-5)。该标准适用于制作透镜及折射、反射光学元件的直径不大于200mm的人工光学晶体。

1 主要性能参数

十个品种光学晶体的折射率 n_d 、中部色散 ($n_F - n_C$) 的标准值及 0.2 μ m 和 5 μ m 的透过率标准值由表 1—35 规定。

光学晶体 $n_d, n_F - n_C, \tau$ 的标准值

表 1—35

品 种	n_d	$n_F - n_C$	透过波段 (μ m)	$\tau_{0.2\mu m}$	$\tau_{5\mu m}$
LiF	1.39212	0.00395	0.11—8.00		0.94
MgF ₂	$n_D: 1.37774$ $n_C: 1.38954$	0.00355	0.11—9.16	0.85	0.93
CaF ₂	1.43382	0.00455	0.11—11.00	0.85	0.94
SrF ₂	1.43798	0.00619	0.16—11.50		0.91
BaF ₂	1.47443	0.00578	0.13—14.00	0.75	0.93
NaCl	1.54427	0.01270	0.25—22.00		0.90
KCl	1.49025	0.01114	0.20—27.50		0.91
KBr	1.56000	0.01668	0.20—34.00		0.91
CsI	1.78746		0.20—60.00		0.88
KRS-5	2.61748		0.50—45.00		0.88

2 光学晶体质量指标分级分类

2.1 质量指标

光学晶体按下列各项质量指标分级和分类：

- 折射率 n_d 和中部色散 $n_F - n_C$ 与标准值的允许偏差；
- 紫外 (0.2 μ m) 和红外 (5 μ m) 处透过率与标准值比较；
- 应力双折射；

- d. 散射颗粒度;
- e. 白光吸收系数;
- f. 光学均匀性。

2.2 分级分类

2.2.1 根据折射率和中部色散与标准值的允许差值, 光学晶体按表1—36分为4类。

折射率和中部色散分类

表 1—36

类 别	允 许 差 值	
	折射率 Δn_d	中部色散 $\Delta(n_F - n_C)$
1	$\pm 0.5 \times 10^{-4}$	$\pm 0.5 \times 10^{-5}$
2	$\pm 1.0 \times 10^{-4}$	$\pm 1.0 \times 10^{-5}$
3	$\pm 3.0 \times 10^{-4}$	$\pm 3.0 \times 10^{-5}$
4	$\pm 7.0 \times 10^{-4}$	$\pm 7.0 \times 10^{-5}$

2.2.2 光学晶体以其在0.2 μ m和5 μ m处的透过率与标准值比较按表1—37分为3类。

光学晶体透过率分类

表 1—37

类 别	低于标准透过率值 %
1	0
2	≤ 2
3	≤ 4

2.2.3 应力双折射

2.2.3.1 光学晶体的应力双折射, 以它中部单位长度上最大光程差表示, 按表1—38分为5类。

应力双折射分类

表 1—38

类 别	晶体中部单位长度上最大光程差 δ_{\max} (nm/cm)
1	2
2	6
3	10
4	20
5	30

2.2.3.2 大于 $\phi 70$ mm晶体的应力双折射, 以其边缘(直径或边长的3%处)的单位长度上最大光程差按表1—39分为5类。

应力双折射分类

表 1—39

类 别	晶体边缘单位长度上最大光程差 δ_{\max} (nm/cm)
1	3
2	5
3	10
4	20
5	30

2.2.4 散射颗粒度

2.2.4.1 光学晶体中影响光透过的杂质（如气泡、包裹体、大的位错区及雾丝等）统称散射颗粒。散射颗粒度根据每100cm³体积内含大于0.05mm以上的散射颗粒的总截面积的大小按表1—40分为3级。

散射颗粒度分级

表 1—40

级 别	100cm ³ 光学晶体中散射颗粒的总截面积 mm ²
A	≤0.25
B	≤0.50
C	≤1.00

2.2.4.2 直径小于0.05mm的散射颗粒根据丁达尔效应的轻重程度按表1—41分为3类。

散射颗粒度分类

表 1—41

类 别	观 察 结 果
1	用2mW氩氛激光束照明，晶体内无轻微光柱
2	用2mW氩氛激光束照明，晶体内有轻微光柱
3	用100W白炽灯照明，晶体内有轻微光柱

2.2.5 光学晶体的白光吸收系数

光学晶体的白光吸收系数根据白光通过晶体中每厘米路程，被吸收的光通量与起始光通量的百分比计算。按表1—42分为6类。

白光吸收系数分类

表 1—42

类 别	吸收系数最大值	类 别	吸收系数最大值
1	0.1	4	0.6
2	0.2	5	0.8
3	0.4	6	1.0

2.2.6 光学晶体的光学均匀性

光学晶体的光学均匀性，以一块晶体内部折射率微差的大小按表1—43分为4类。

光学均匀性分类

表 1—43

类 别	折射率微差值 Δn
1	≤±1×10 ⁻⁶
2	≤±5×10 ⁻⁶
3	≤±10×10 ⁻⁶
4	≤±20×10 ⁻⁶

3 技术要求

用户对光学晶体提出质量要求时,除了对光吸收和透过率可以提出任意类别外,对其余质量指标提出要求应遵守表1—44的规定。

表 1—44

项 目	保证供货的质量类别	协商决定的质量类别
$n_d, n_F - n_c$	2、3、4	1
应力双折射	2、3、4、5	1
散射颗粒度	B、C级, 2、3	A级、1类
光学均匀性	2、3、4	1

4 几种常用晶体材料性能 (表1—45)

常用光学晶体性能

表 1—45

名 称	透过波长 区 域 μm	折射率 n_D 5 μm	折射率 标准值	dn/dT $\times 10^5$ /°C	线膨胀 系数 $10^6/°C$	热导率 W/mk	Knoop 硬度	弹性 模量 10^{11} Pa	熔点 °C	溶解度		比 重	
										g/100g H ₂ O	温度 °C	g/cm ³	温度 °C
NaF	0.15—12	1.30	1.32549	-1.6	33	9.20	60	6.61	997	4.22	18	2.79	20
LiF	0.11—8	1.33	1.39182	-1.27	37	14.21	102	6.61	870	0.27	18	2.601	20
CaF ₂	0.11—11	1.40	1.43384	-1.2	19.7	9.51	158	7.73	1360	0.0016	18	3.18	20
SrF ₂	0.16—11.5	1.44	1.43781	-1.2	15.8			10.19	1190	0.012			
BaF ₂	0.13—11	1.45	1.47143	-1.7	18.4	11.70	82	5.41	1280	0.0016	18	4.83	20
KCl	0.20—27.5	1.47	1.49020	-2.7	36	6.52	7	3.02	776	34.7	20	1.984	20
NaCl	0.25—22	1.52	1.54416	-2.5	44	6.48	15	4.08	801	35.7	0	2.165	20
KBr	0.20—34	1.54	1.55995	-4.0	43	4.81	6	2.74	730	53.48	0	2.75	25
KI	0.3—31	1.63	1.66643	-5.0	43	2.09		3.52	723	127.5	0	3.13	20
CsBr	0.2—40	1.67	1.70189 (c)	-7.9	48	0.96	20	1.41	636	124.3	25	4.44	20
CsI	0.20—60	1.74	1.78864 (0.579 μm)	-8.5	50	1.13	很软	5.62	621	44	0	4.51	20
KRS—5	0.50—45	2.61	2.62505 (0.579 μm)		58	0.34	40	1.62	414.5	0.05	20	7.371	16
MgF ₂	0.11—9.10		1.37770		18.8 (// C) 13.1 (⊥ C)	3.14	576		1255	不溶			
Al ₂ O ₃	0.17—7.0	1.63	1.76871 (0.579 μm)	1.3	6.7 (// C) 5.0 (⊥ C)	25.08 (// C) 20.9 (⊥ C)	1370	35.2	2030	0.000098	29	3.98	20

5 光学晶体透过率曲线

光学晶体透过率曲线如图1—7所示。

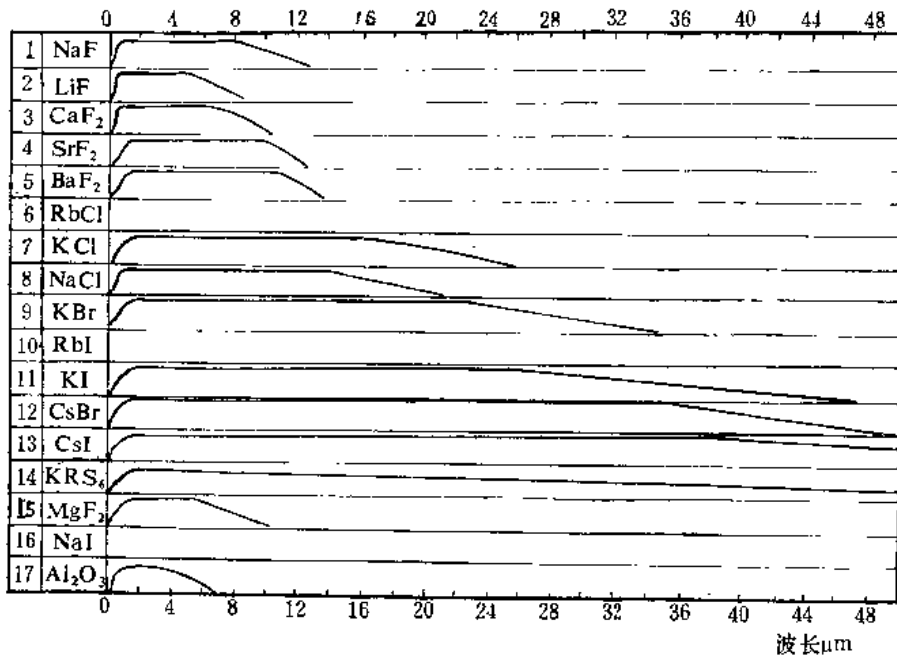


图 1—7 光学晶体透过率曲线

第四节 其他光学材料

1 光学石英玻璃

1.1 JC 185—73中规定的石英玻璃的牌号与名称 (表1—46)

石英玻璃的牌号与名称		表 1—46
牌 号	名 称	应用光谱波段范围 (μm)
JGS1	远紫外光学石英玻璃	0.185—2.5
JGS2	紫外光学石英玻璃	0.220—2.5
JGS3	红外光学石英玻璃	0.260—3.5

1.2 光学石英玻璃的质量指标

光学石英玻璃按光谱特性、光学均匀性、应力双折射、条纹度、颗粒不均匀性、气泡度、荧光特性等各项质量指标分类分级。

1.2.1 光谱特性分类

JGS1、JGS2、JGS3石英玻璃按光谱特性均分为三类 (表1—47)

光谱特性分类

表 1-47

类别	厚度 10mm 毛坯的透过率(%)											
	JGS1 远紫外光学石英玻璃					JGS2 紫外石英玻璃			JGS3 红外石英玻璃			
	0.185 μm	0.200 μm	0.240 μm	0.300 μm	0.185— 1.2 μm	0.220 μm	0.240 μm	0.300 μm	2.0 μm	2.7 μm	2.8 μm	0.280— 2.8 μm
1	>85	>85	>87	>90	无吸收峰	>80	>75	>80	>90	>90	>85	无吸收峰
2	>70	>80	>80	>85	无吸收峰	>75	>70	>75	>85	>85	>80	无吸收峰
3		>70	>70	>80	允许有吸收峰		>65	>70	>80	>85	>85	允许有吸收峰

注：JGS1、JGS2、JGS3在可见光区域平均透过率均应大于90%。

1.2.2 光学均匀性分类

光学均匀性按分辨率 α 与理论分辨率 α_0 之比分为五类（表1-48）

光学均匀性分类

表 1-48

类别	α/α_0	星点图
1	1.0	一类玻璃的星点图要求：中央是一个明亮的圆斑，外面是些同心的圆环，但不应出现断裂、尾翅、畸角及扁圆变形等。
2	1.0	
3	1.1	
4	1.2	
5	1.5	

1.2.3 应力双折射按毛坯中每厘米最大光程差分为五类（表1-49）

应力双折射分类

表 1-49

类别	毛坯中每厘米最大光程差 (nm)
1	2
2	6
3	10
4	20
5	50

1.2.4 条纹度

1.2.4.1 按JGS1规定方向观察毛坯，分为四类（表1-50）

JGS1按条纹允许程度分类

表 1—50

类 别	毛坯侧面允许条纹程度		毛坯正面允许条纹程度 (相当于直径1—4mm 不均匀斑点条纹数)
	1mm宽的通常条纹数	每厘米的最密集短条纹数	
1	不允许	不允许	不允许
2	1	3	3
3	2	5	6
4	5	10	15

注：①条纹允许程度以 $40 \times 40 \times 40\text{mm}^3$ 试样为准。

②条纹数量应按最多面计，侧面条纹短于5mm不计。

③条纹长度超过所测面的3/4，按通常条纹计。

④通常条纹宽度不足1mm者，可按宽度累计计算。如二类允许1mm通常条纹一条，若宽度为0.5mm，则允许二条。

1.2.4.2 JGS2、JGS3按条纹允许程度分为两类（表1—51）

JGS2、JGS3按条纹允许程度分类

表 1—51

类 别	观 察 结 果
1	不允许出现任何条纹影像
2	允许出现条纹

注：长度5—15mm的条纹，每100g不超过一条。

1.2.4.3 JGS2、JGS3根据规定观察毛坯的方向数，条纹度分三级（表1—52）

JGS2、JGS3观察毛坯方向数条纹度分级

表 1—52

级 别	观察毛坯的方向数
A	3
B	2
C	1

1.2.5 颗粒不均匀按颗粒影像分为三类（表1—53）

表 1—53

类 别	观 察 投 影 屏 影 象
1	不允许出现任何不均匀颗粒影像
2	出现轻微不均匀颗粒影像
3	出现不均匀颗粒影像

1.2.6 气泡度按气泡大小及数量分为七类（表1—54）

气泡度分类

表 1—54

类别	100g毛坯中 气泡总数 (个)	允许毛坯中气泡直径 (mm) 及个数				1.1—3mm透明 及不透明杂质 (100g毛坯中 允许个数)	3.1—5mm半透 明及不透明杂质 (1kg毛坯中允 许个数)
		0.03—0.3	0.31—0.70	0.70—1.00	1.10—2.00		
0	不允许	不允许	5允许	不允许	不允许	不允许	不允许
1	5	总数以内	不允许	不允许	不允许	不允许	不允许
2	30	总数以内	<2*	1*	不允许	1	不允许
3	100	总数以内	<5	<2*	不允许	1	1
4	300	总数以内	<15	<3	不允许	<3	<2
5	700	总数以内	<50	<3	<2	<4	<3
6	1000	总数以内	<100	<15	<4	<5	<4

- 注：(1) 带“*”者只允许半透明，不透明杂质。
 (2) 气泡密集度，每平方厘米不超过平均数的五倍。
 (3) 尺寸小于1mm的半透明与不透明杂质按气泡计算。
 (4) 扁长气泡或杂质取最长轴和最短轴的算术平均值为直径。
 (5) 半透明与不透明杂质包括：薄膜、蓝斑、气泡夹杂物、气泡群晶状颗粒灰白点、褐色点、黑点等。
 (6) 群集状杂质或气泡群计算方法：按外围杂质或气泡总外径计算（密集杂质或小气泡中，点与点间的间距不得大于1mm）。

1.2.7 按荧光特性分二类（表1—55）

荧光特性分类

表 1—55

类别	荧光特性
1	不允许发生荧光
2	允许发生荧光

1.3 常用光学石英玻璃应达到的技术指标

1.3.1 颗粒不均匀性、气泡度最高类别（表1—56）

颗粒不均匀性和气泡度最高类别

表 1—56

牌号	颗粒不均匀性最高类别	100g毛坯气泡最高类别	1kg毛坯气泡最高类别
JGS1	1	0	1
JGS2	3	1	2
JGS3	2	2	3

1.3.2 毛坯非工作区表面疵病（烟雾、皱纹、凹痕、孔伤、破损层、小裂纹等）（表1—57）

表 1—57

名 称	允许疵病层深度(mm)不大于			
	毛坯重量 100—200 g	毛坯重量 201—500 g	毛坯重量 501—2000 g	毛坯重量 2000 g 以上
工作表面	1.0	1.5	1.7	2.0
侧面或圆柱面	0.5	1.5	2.0	2.5

注：毛坯表面小裂纹深度不应超过1mm。

1.4 石英玻璃的理化性能 (表1—58)

石英玻璃的理化性能

表 1—58

性 能	物 理 性 能						化学稳定性		
	比 重 (g/cm ³)	硬 度 (莫氏)	线膨胀系数 (-60°—20°C)	熔 点 (°C)	20°C 时的光学常数			耐潮级别	耐酸级别
					n_D	$n_F - n_C$	ρ		
参考数据	2.21	5.5	2.1×10^{-7}	1700	1.4585 $\pm 4 \times 10^{-4}$	0.96674 $\pm 4 \times 10^{-5}$	68.0	A 级	1 级

2 微晶玻璃

微晶玻璃具有许多优异的性能，如热膨胀系数低、热稳定性好、软化温度高、强度高、硬度大、电绝缘性能好等。在某一温度范围内膨胀系数达到或接近于零，可用于制造天文望远镜的主镜、高精度反射镜、样板、精密平面等光学零件；也可用于激光技术中要求尺寸稳定性高、反射大能量而不产生热变形的材料。现将V-02型零膨胀微晶玻璃性能列于表1—59。

V-02型零膨胀微晶玻璃性能

表 1—59

线膨胀系数 (0—50°C) (°C) $\times 10^{-7}$	双 折 射 (nm/cm)	折 射 率 n_D	比 重 (g/cm ³)	弹性模量E 10 ⁷ Pa	刚性模量G 10 ⁷ Pa	泊 桑 比 μ	最大毛坯尺寸 (重4t)
0 \pm 1.5	<15	1.543	2.58	8987	3587	0.247	ϕ 2.2m (重4t)

3 光学塑料

光学塑料与光学玻璃相比成形方便，能制造一般用玻璃不能制造或很难制造的光学零件；比重小(0.83—1.46)；耐冲击强度高，比光学玻璃大10倍。它的应用日益广泛，例如用来制造高级相机的取景器、中低档相机镜头、费涅尔透镜、放大镜头、眼镜片、低视力助视器等。下面我们列出几种常用光学塑料的性能(表1—60)

表 1—60

几种常用光学塑料性能

塑料性能	单位	聚甲基丙烯酸酯 PMMA	聚苯乙烯PS	苯乙烯-甲基丙烯酸酯共聚物	聚碳酸酯PC	烯丙基-二甘醇碳酸酯CR39	苯乙烯-丙烯酸共聚物AS	苯乙烯-丁二烯-丙烯酸酯ABS
耐酸性及对非溶液的稳定性		除强氧化酸外, 对酸盐水均稳定	除强氧化酸外, 对酸盐水均稳定	除强氧化酸外, 对酸盐水均稳定	强氧化剂有破坏作用, 在高于60℃水中水解, 对稀酸、盐、水稳定			对酸、水、无机盐几乎完全没有影响, 在冰醋酸中会引起应力开裂
耐碱性		对强碱有侵蚀, 对弱碱较稳定	对碱类化合物稳定	对强碱有侵蚀, 对弱碱较稳定	强碱溶液, 氨和胺类能腐蚀和分解, 弱碱影响较轻			耐碱性良好
耐油性		对动植物油、矿物油稳定	影响表面及颜色	对动植物油、矿物油稳定	对动植物油和多数烃油及其酯类稳定			对某些植物油会引起应力开裂
耐有机溶剂性		对芳香族、氯化烃等能溶解, 醇类脂肪族无影响	受许多烃类、酮类高级脂肪族的侵蚀而软化, 溶解对醇类稳定	对芳香族、氯化烃等能溶解醇类脂肪族无影响	溶于氯化烃和部分酮、酯及芳香烃中, 不溶于脂肪族、醚和醇类化合物、醚和醇类			在酮、酯、醇以及有些氯化烃中要溶解, 长期接触烃类会软化 and 溶胀
日光及耐气候性		紫外透过率73.5%	日光照射会变黄	紫外透过率73.5%	日光照射微氧化		路变黄	比聚苯乙烯好
密度	kg/m ³	(1.17—1.20) × 10 ³	(1.04—1.06) × 10 ³	(1.12—1.16) × 10 ³	1.2 × 10 ³	25℃ 1.32 × 10 ³	(1.075—1.1) × 10 ³	(1.02—1.16) × 10 ³
n _D , n _p		1.49, 57.2—57.8	1.59—1.60, 30.8—30.9	1.533, 42.4	1.586(25℃), 29.9	1.498, 53.6—57.8	1.57, 34.7	
透过率	%	90—92	88—92	90	80—90	92	80—88	
吸水率	%	0.3—0.4	0.03—0.05	0.2	23℃ RH150% 0.15 23℃ 水中0.35	0.2 24h, 25℃	0.2—0.3 24h	0.2—0.4 24h

续表 1-60

塑料性能	单位	聚甲基丙烯酸甲酯 PMMA	聚苯乙烯PS	苯乙烯-甲基丙烯酸 酯共聚物	聚碳酸酯PC	烯丙基二甘醇 碳酸酯CR39	苯乙烯丙烯腈 共聚物AS	苯乙烯-丁二烯-丙 烯脂ABS
玻璃化温度	°C	105	100		149			
熔点 (或粘流温度)	°C	160—200	131—165		225—250 (267)			130—160
马丁耐热	°C	68	70	<60	116—129			63
热变形温度	°C	74—109 ($4.6 \times 10^5 \text{Pa}$)	65—96.0 ($18.5 \times 10^5 \text{Pa}$)	85—99 ($18.5 \times 10^5 \text{Pa}$)	132—141 ($4.6 \times 10^5 \text{Pa}$)	8×10^{-5} ($-40 \sim +25^\circ\text{C}$) 11.4×10^{-5} ($25 \sim 75^\circ\text{C}$) 14.3×10^{-6} ($75 \sim 125^\circ\text{C}$)		90—108 ($4.6 \times 10^5 \text{Pa}$)
		68—99 ($18.5 \times 10^5 \text{Pa}$)			132—138 ($18.5 \times 10^5 \text{Pa}$)			83—103 ($18.5 \times 10^5 \text{Pa}$)
线膨胀系数	1/°C	$(5-9) \times 10^{-6}$	$(6-8) \times 10^{-5}$	$(6-8) \times 10^{-5}$	6×10^{-5}		3.6×10^{-5}	7.0×10^{-5}
计算收缩率	%	1.5—1.8	0.5—0.6		0.5—0.7			0.4—0.7
比热	J/kgK	1465	1340		1256			1381—1675
导热系数	W/m·K	0.167—0.251	0.110—0.138	0.125—0.167	0.193			0.173—0.303
燃烧性	m/min	慢	慢	慢	自熄			慢

4 光学纤维

北京玻璃研究所生产的光学纤维的名称、规格和主要技术数据列于表1—61。

表 1—61

项 目 名 称	数值孔径	透 过 率	最小弯曲 半径 (cm)	纤维束直径 (mm)	纤维束长度 (mm)	主 要 用 途
光学纤维传光束	0.5	50%(1m) 35%(3m)	1	0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 4.0, 5.0	200, 500, 1000, 1600, 2000, 3000	用于可见光冷光的远距离、并可任意弯曲的导光, 作为各种仪器仪表及各种曲折孔腔的冷光照明光源
石英光纤传光束	0.25	40%(10m)	2	0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 4.0, 5.0	500, 1000, 2000, 5000, 10000, 20000	用于紫外到红外光的远距离、并可任意弯曲的导光
多组份玻璃 传光单纤维	0.5	75%(1m) 60%(2m) 48%(3m)		35, 50, 75, 100 (μ m)	500, 1000, 2000, 3000, 5000(m)	用于传送激光光束
石英传光单光纤	0.25	$\geq 90\%$ (5m)		50, 75, 100, 200, 300(μ m)	50, 100, 200, 300, 500(m)	
分叉传光束 (光分配器)	具体技术条件与规格供需双方协商					可把一个光源发出的光能按需要分配到几个需要照明的地方, 能减少使用光源数目, 简化照明系统。例如色度仪中可使用四叉传光束。
传像束	0.5	45%	分辨 率, 32lp/mm	截面, 2×2, 2.5× 2.5, 3×3, 4× 4mm ²	1000, 1260 (mm)	用于各种医用内窥镜和工业内窥镜

5 航空有机玻璃 (HG 6—127—66)

航空有机玻璃主要用于飞机上的玻璃件, 也可用于磨制光学镜片。

5.1 航空有机玻璃的规格 (表1—62)

航空有机玻璃规格

表 1—62

厚度(mm)	厚度公差(mm)	厚度(mm)	厚度公差(mm)
0.8—1.0, 1.5	±0.3	6.0	±0.65
2.0, 2.5	±0.4	7.0, 8.0	±0.75
3.0	±0.5	9.0, 10.0	±0.85
4.0	±0.55	11.0	±1.0
5.0	±0.60	12.0	—
幅 面 面 积 (mm ²)			
1600×1400, 1250×1150, 650×1150, 500×400			

5.2 航空有机玻璃物理机械性能 (表1—63)

航空有机玻璃物理机械性能

表 1—63

指标名称	指标值	指标名称	指标值
布氏硬度(kg/cm ²)		抗拉强度(kg/cm ²) ≥	650
厚度 ≤ 12mm	18—24	延伸率(%) ≥	2.5
厚度 > 12mm	19—26	抗拉弹性模数(kg/cm ²) ≥	27000
尺寸 10×1600×1400	19—24	表面抗银性	
冲击强度(kg·cm/cm ²)		在苯二甲酸二丁酯内	保持 6 h, 出现银纹
平均值 ≥	12		
最小值 ≥	10		

6 乳白漫射玻璃 (WJ 1063—79)

乳白漫射玻璃 (简称乳白玻璃) 用于制造起漫射作用的光学零件。根据 WJ 1063—79 对 RM1 和 RM2 乳白玻璃的白光透过系数、平均中性偏差及最大中性偏差按表 1—64 规定。

乳白漫射玻璃技术条件及性能

表 1—64

玻璃牌号	技 术 条 件					性 能	
	试样尺寸 (mm)		白光透过系数 τ %	平均中性偏差 $\overline{\Delta\tau}$ %	最大中性偏差 $\Delta\tau_{max}$ %	线膨胀系数 α × 10 ⁻⁶ (温度由 +20—+120℃)	比 重
	厚 度	公 差					
RM1	1	±0.1	31±5	≤15	≤20	93	2.45
	2	±0.1	21±5				
	4	±0.1	11±5				
RM2	2	±0.1	>50	≤5	≤7.5	81	2.51

表1-64中:

$\overline{\Delta\tau}$ 为乳白玻璃对规定波长(410nm、530nm、700nm)的透过系数 τ_i 与它们的算术平均值 $\overline{\tau}$ 之差的绝对值的算术平均值,以 $\overline{\tau}$ 的百分数表示。

$\Delta\tau_{max}$ 为乳白玻璃对规定波长(410nm、530nm、700nm)的透过系数 τ_i 与它们的算术平均值 $\overline{\tau}$ 的最大偏差绝对值,以 $\overline{\tau}$ 的百分数表示。

7 常用液体的折射率 (表1-65)

常用液体折射率

表 1-65

温度 °C	名 称	n_D	$n_D - n_F$	注
20	水	1.3330		
20	一氯醋酸乙烷	1.419	0.0075	
20	火油	1.446	0.0088	①
	甘油	1.460		①
20	液体石蜡	1.480	0.0086	粘度过高
	杉木油	1.515	0.0112	
20	氯苯	1.524	0.0172	易蒸发
20	丁香油	1.533	0.0174	
20	硝基苯	1.5529		
20	苯胺	1.5863		
20	三溴甲烷	1.598	0.0181	
20	碘苯	1.616	0.0247	
20	α 溴代萘	1.656	0.0320	①
20	碘一溴萘	1.660	0.0261	
20	α 碘代萘	1.699	0.0373	
20	二碘甲烷	1.741	0.0375	①
20	二碘甲烷和硫磺的饱和液	1.787	0.0423	①
	溶于二碘甲烷的磷	1.94		

① 为经常作调配各种不同折射率浸液的液体。

第二章 光学制图及光学零件技术要求

第一节 光学制图(GB×××—××)

光学系统的像差设计完成后,将要绘制光学系统图、光学部件图、光学零件图,为光学仪器的装配校正、胶合部件以及光学零件的加工、检验提供依据。本节主要内容是介绍《光学制图》(GB×××—××)标准。该标准规定了光学制图的一般规定,图纸类型及各种图纸类型的应用举例,它适用于在图纸上对光学零件、部件和系统提出技术要求。

1 一般规定

1.1 光学图纸的图幅、比例、字体、字母、图线、剖面符号、图纸画法、尺寸及尺寸公差注法等,除本标准规定外,按机械制图GB 4457—4460的规定执行。

1.2 在光学图样上光轴用细点划线,光轴中断线用波浪线。

1.3 在光学图样上,零件的有效孔径若对称于表面形状分布,则应在所列表格的“ D_0 ”栏内标明,圆形注“ ϕ 直径”,例“ $\phi 30$ ”,矩形注“ \square 长 \times 宽”,例“ $\square 30 \times 20$ ”,椭圆注“ \bigcirc 长轴 \times 短轴”,例“ $\bigcirc 30 \times 20$ ”等。

1.4 需镀涂的光学零件及光学胶合件应在镀涂表面注以标记或字母,并予说明,局部镀涂时,尚需用细实线或涂色画出镀涂范围(图2-1)。

1.5 光学纤维件的剖面画法如图2-2。

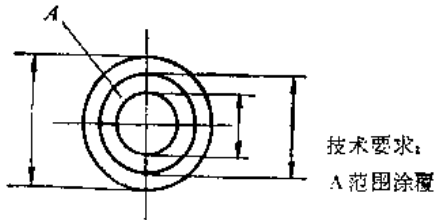


图 2-1

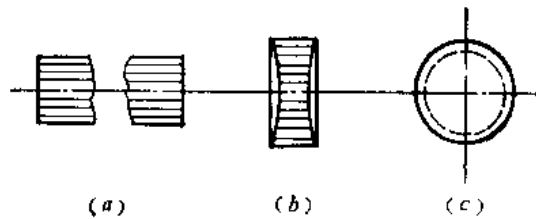


图 2-2 光学纤维剖面图

(a)、(b)—沿光学纤维方向; (c)—垂直光学纤维方向

1.6 晶体的剖面符号与玻璃的剖面符号一样(图2-3(a)),一轴晶在图纸上的画法(图2-3(b)),晶轴方向用箭头表示(图2-3(a)、图2-3(b))。

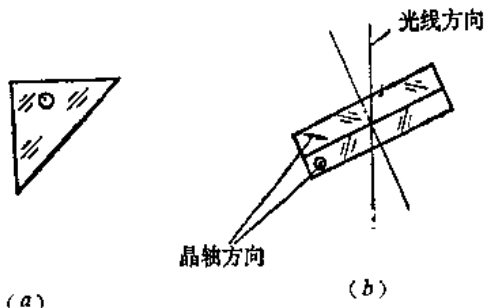


图 2-3 晶体的剖面及晶轴方向

1.7 光源、光栏等标记规定见表2-1

2 图样类型

2.1 光学系统图

2.1.1 光学系统图一般按光路前进方向自左至右,自下而上绘制,亦可根据仪器工作位置绘制。

2.1.2 零件或部件(或零件表上参考号)沿光轴前进方向编排序号,置换使用的零件、部件序号连续编排(图2-8中序号3、4);重复出现的相同零件、部件均标第一次编排的序号(图2-8中序号5),附件最后编排序号。

2.1.3 应标注整个光学系统中的所有零件或部件的相对位置。

2.1.4 光阑、光瞳及狭缝的大小、位置和狭缝的方向应标注。

2.1.5 光学系统中有多个分划元件（如分划板、度盘、标尺）在同一视场中成像时，可将像面上的视见情况绘出示意图，并注出视见“示意图”字样，此图的比例可不与整个图纸一致，细节允许夸大，（图2—8中序号4的视见示意图）。

2.1.6 必要时可标注安装基面。

2.1.7 光学系统图上应列出该系统的主要光学性能（见表2—2中推荐表）和技术要求。

光源及光阑等标记

表 2—1

序号	名称	标记	尺寸	图线名称	附注	
1	光阑或光瞳			粗 实 线	① 尺寸 a 的选取应与整幅图面相称。 ② 光源与光电接收器的型号和要求在图样的明细栏中注明。 ③ 序号 1 - 5 亦可根据需要按实体绘制。 ④ 毛面标记仅适用于系统图中。	
2	狭缝					
3	物面或像面					
4	光源					
5	光电接收器					
6	眼点					
7	分划面			细 实 线		
8	毛面					
9	减反射膜					

续表 2-1

序号	名称	标记	尺寸	图线名称	附注
1	反射膜	内反射膜		粗 实 线	
		外反射膜			
2	分束(色)膜				
3	滤光膜				
4	保护膜				
5	导电膜				
6	偏振膜				
7	涂黑	—			

2.1.8 根据需要可增绘光学系统轴测示意图。

2.2 光学部件图

2.2.1 应标注整个部件图中所有零件之间(零件和胶合件)的相对位置。

2.2.2 胶合件图的左上角画“对胶合件的要求”专用表格。

2.2.3 胶合件图中必须标注技术要求。

光学系统的主要光学性能项目、顺序推荐表

表 2-2

所标项目		光学系统			
光学性能		望远系统	显微系统	照相系统	光导系统
视放大率 (J)		△	△		△
工作波段					△
象方焦距 (f')				△	
相对孔径 (A)				△	△
数值孔径 (NA)			△		
像质	分辨率(α, σ, N)	△	○	○	△
	星点	○	○	○	
	光学传递函数	○ (调制)		△	
	波像差 (干涉法)		○		
	Strenl 法 (中心光强比)		○		
角	视场 (2ω)	△		△	
	视场 (2γ)		△		
纹	出瞳直径 (D')	○	○		
	出瞳距离 (l'_2)	○	○		
	眼点距离 (l'_1)	○			
	像面尺寸			△	
	线色散倒数				△
	共轭距离		△		

注：●有△符号的表示需标注的项目。

●有○符号的表示必要时标注的项目。

●在图上标注时一律用符号，或一律用文字。

●其他光学系统，可根据该系统的主要用途并参照上表自行规定。

2.3 光学零件图

2.3.1 光学零件图应在左上角画出“对材料的要求”与“对零件的要求”的专用表格。若对零件有气液度要求，可根据需要填写。

2.3.2 曲率半径过大时，其曲率允许夸大绘制，如图2-4中的R1028；透镜的表面为平面时，应标注R∞。

2.3.3 光学零件图上一般用图形和文字表明倒角要求(图2-5(a)(b))若倒角尺寸在图形上小于 2^2_{mm} ，可不绘制倒角图形，只需在倒角处引出细实线，标注倒角尺寸(图2-5(c))或用文字说明，不允许倒角的棱应用细实线引出，并注明尖棱字样(图2-5(d))

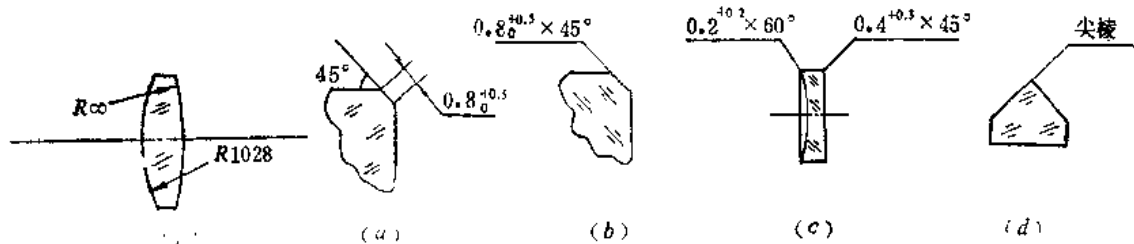


图 2-4 曲率半径标注

图 2-5 光学零件倒角

2.3.4 棱镜零件图上若未注倒角尺寸的倒角图形，则所标注尺寸一律为尖棱尺寸(如图2-6中尺寸

21.2±0.1)。

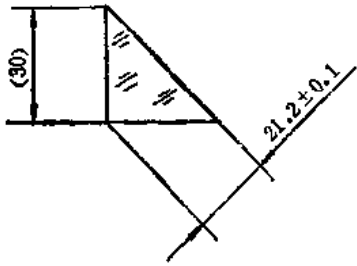


图 2-6 棱镜倒角

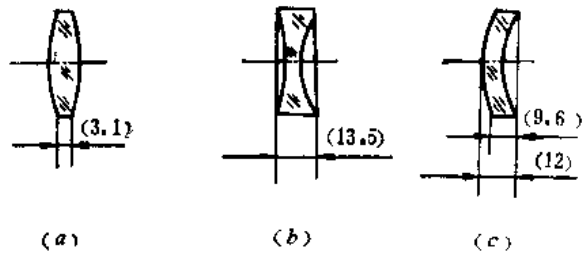


图 2-7 透镜参考尺寸标注

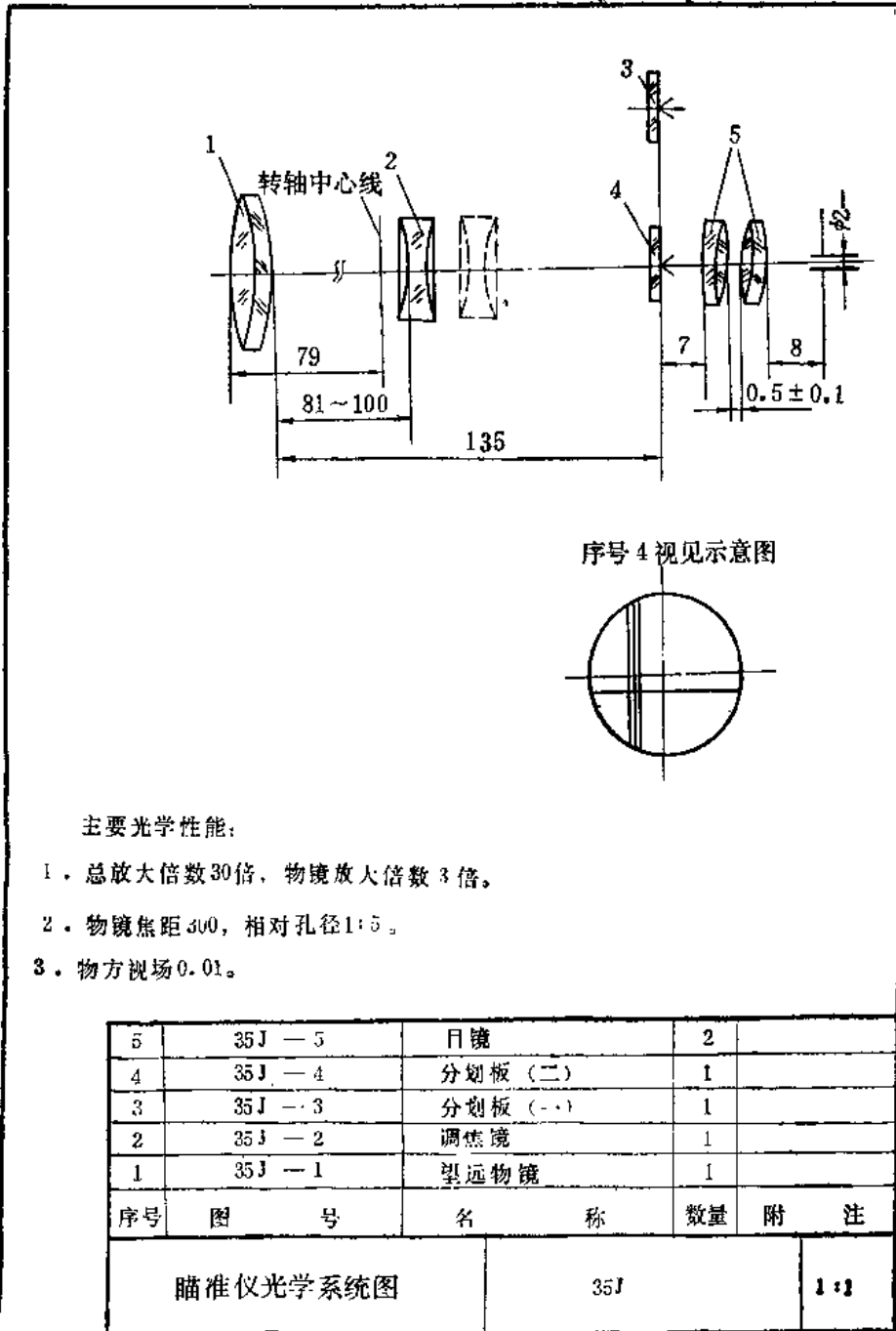


图 2-8 光学系统图

2.3.5 光学零件图上可根据需要标注参考尺寸,如图2-6中的尺寸(30)及图2-7中的尺寸。

2.3.6 非球面光学零件图上,尚应根据需要列出曲线方程式,必要时亦可用表格列出坐标值。

3 各种图样类型的应用举例见图2-8至图2-11。

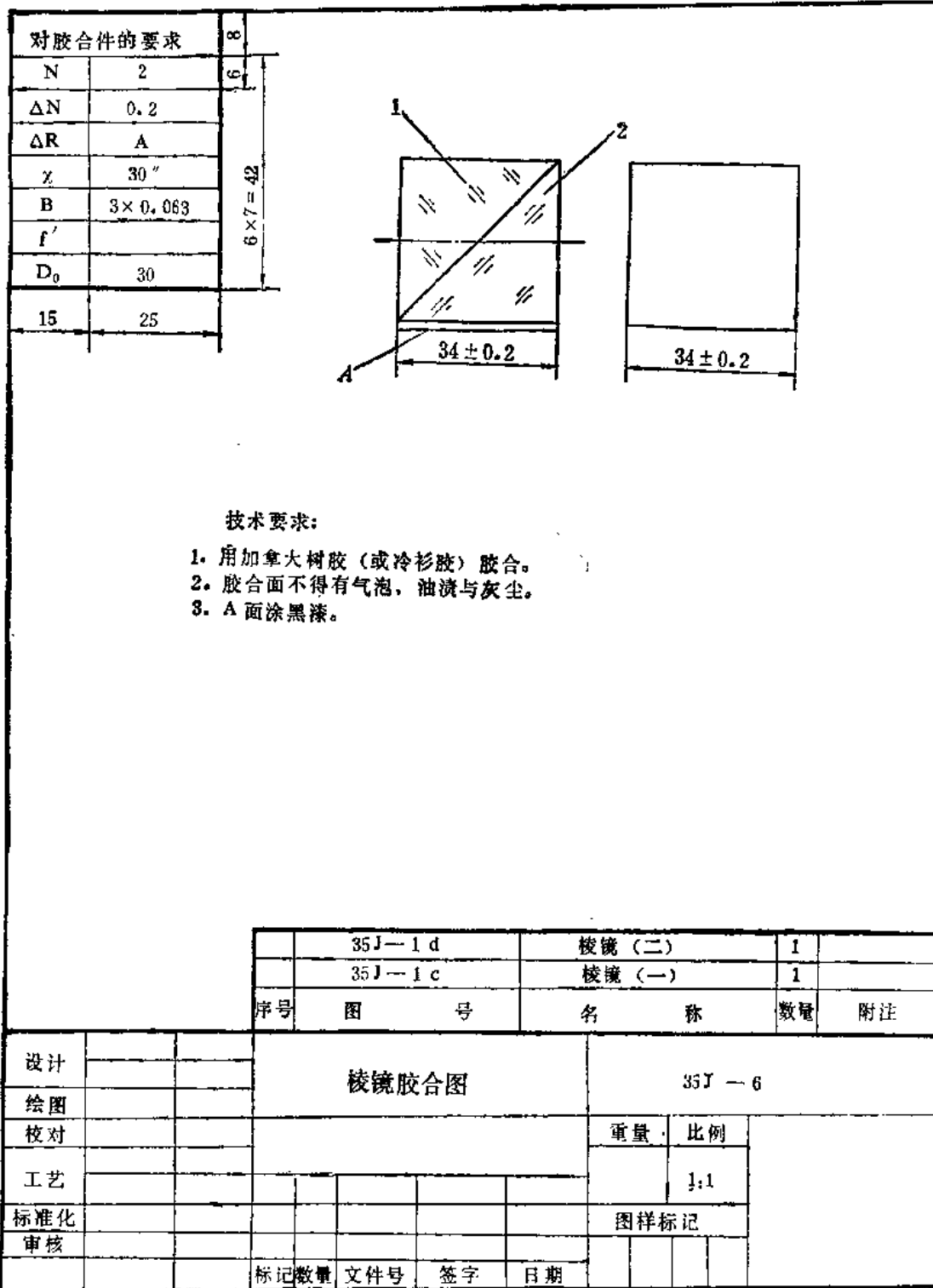


图 2-9 棱镜胶合图

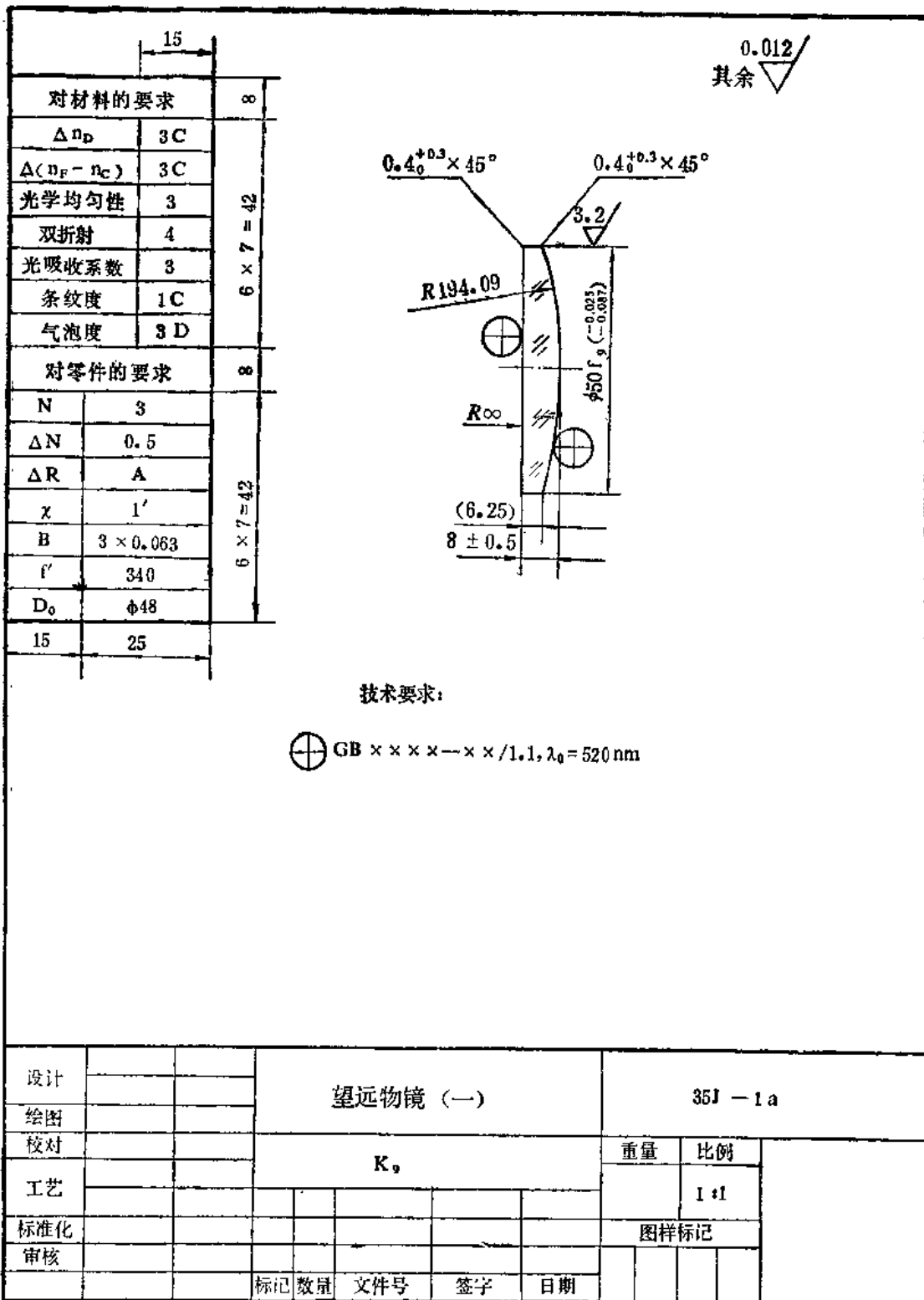


图 2-10 透镜图

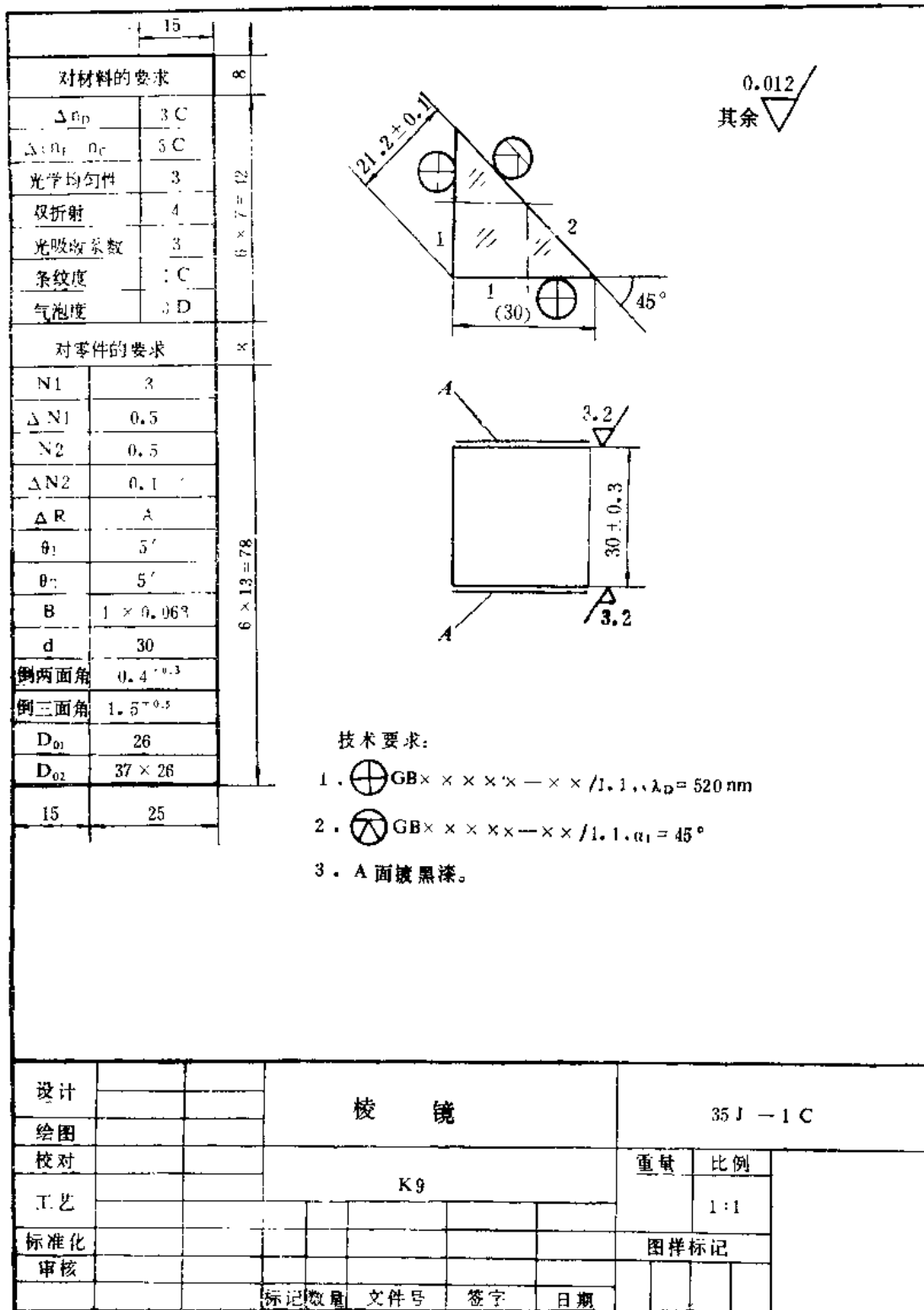


图 2-11 棱镜图

4 光学结构参数表及矢高表 (表2-3(a)、(b))

光学结构参数 表 2-3(a)

序 号	R	d	材 料	n _D	ν	轮廓尺寸	D ₀	↓ ∞ ↑
1								↓ ∞ ↑
2								↓ ∞ ↑
3								↓ ∞ ↑
4								↓ ∞ ↑
⋮								↓ ∞ ↑

矢 高 表 2-3(b)

序 号	外形轮廓尺寸	镜框孔径D ₀₁	r _{r01}	镜框孔径D ₀₂	r _{r02}	↓ 中心厚度 ∞ ↑
1						↓ ∞ ↑
2						↓ ∞ ↑
3						↓ ∞ ↑
4						↓ ∞ ↑
5						↓ ∞ ↑
6						↓ ∞ ↑
7						↓ ∞ ↑
8						↓ ∞ ↑
9						↓ ∞ ↑
⋮						↓ ∞ ↑

第二节 对光学零件材料的要求

光学零件的技术要求反应了光学系统像差设计的要求，也是对加工后的光学系统成像质量的保证，它包括对光学材料的质量要求和对光学零件加工精度的要求。

对光学材料的要求如下：

(1) 对无色光学玻璃的要求。对无色光学玻璃的要求原则上应该根据光学系统像差设计的要求来确定。但不同用途的光学零件对光学玻璃材料的要求，可参考表2-4给出的经验数据。

(2) 对有色光学玻璃的要求。对均匀性、双折射、条纹和气泡度的要求一般比无色光学玻璃降低1~2级，而光谱特性指标则根据生产单位提供的指标及实际需要来定。

(3) 对晶体材料的要求。按无色光学玻璃的质量指标给定。可参考表2-5给出的经验数据。

各种光学零件对无色玻璃要求经验数据

表 2-4

技术指标	物 镜			目 镜		分划板	棱 镜	聚光镜	反射镜
	高精度①	中精度②	一般精度	$2\omega > 50^\circ$	$2\omega < 50^\circ$				
Δn_D ③	1B	2C	3C	3C	3D	3D	3D	3D	—
$\Delta(n_F - n_C)$	1B	2C	3C	3C	3D	3D	3D	3D	—
均匀性	3	3	4	4	4	4	3	5	3
双折射	2	2	3	3	3	3	3	4	2~3
光吸收系数④	3	3	4	3	4	4	3	5	—
条纹度	1C	1C	2C	1B	1C	1C	1A	2C	—
气泡度④	1C	1C	1C	1B	1C	1A	1C	1D	—

注：①高精度物镜一般包括：大孔径照相物镜、高倍显微镜物镜、测距仪物镜等；

②中等精度物镜一般包括：一般照相物镜、低倍显微镜物镜等；

③对于需知实际折射率的物镜，此项可不填；

④对该项指标有较高要求时，请参考光学玻璃产品目录中的生产最高水平，以符合生产实际情况。

光学零件对晶体材料的要求

表 2-5

质量指标	Δn_D	$\Delta(n_F - n_C)$	均匀性	双 折 射	光吸收系数	条 纹	气 泡
棱 镜	—	—	2	2	1	1A	2C
透 镜	—	—	3	3	1	2C	1D

第三节 对光学零件的加工要求

1 光学零件球面半径数值系列 (GB 3158—82)

球面半径应按照国家标准GB 3158—82中规定的数值选用。

1.1 构成

光学零件球面半径数值系列由公比为 $\sqrt[10]{10}$ 并将数值化整的几何级数构成。根据实际经验将半径数值分成七个疏密程度不同的区域，各区域的划分和根指数 n 的取值见表2-6

表 2-6

半径 (mm)	0.5—2	2—5	5—10	10—200	200—1000	1000—5000	5000—10000
根指数 n	125	250	500	1000	500	250	125
半径数目	75	99	150	1302	349	175	38

1.2 半径数值

1.2.1 0.5—2mm的半径数值见表2-7。

0.2—2mm的半径数值

表 2-7

125 系 列					
0.5058	0.6427	0.8166	1.0375	1.3183	1.6749
0.5152	0.6546	0.8318	1.0548	1.3428	1.7061
0.5248	0.6668	0.8472	1.0765	1.3677	1.7378
0.5346	0.6792	0.8630	1.0965	1.3932	1.7701
0.5445	0.6918	0.8790	1.1169	1.4191	1.8030
0.5546	0.7047	0.8954	1.1376	1.4454	1.8365
0.5649	0.7178	0.9120	1.1588	1.4723	1.8707
0.5754	0.7311	0.9290	1.1803	1.4997	1.9055
0.5861	0.7447	0.9462	1.2023	1.5276	1.9409
0.5970	0.7586	0.9638	1.2246	1.5560	1.9770
0.6081	0.7727	0.9817	1.2474	1.5849	
0.6194	0.7870	1.0000	1.2706	1.6144	
0.6310	0.8017	1.0186	1.2942	1.6444	

1.2.2 2—5mm的半径数值见表2-8

2—5mm的半径数值

表 2-8

250 系 列					
2.014	2.377	2.805	3.311	3.908	4.613
2.032	2.399	2.831	3.342	3.945	4.656
2.051	2.421	2.858	3.373	3.981	4.699
2.070	2.443	2.884	3.401	4.018	4.742
2.089	2.466	2.911	3.436	4.055	4.786
2.109	2.489	2.938	3.467	4.093	4.831
2.128	2.512	2.965	3.499	4.130	4.875
2.148	2.535	2.992	3.532	4.169	4.920
2.168	2.559	3.020	3.565	4.207	4.966
2.188	2.582	3.048	3.597	4.246	
2.208	2.606	3.076	3.631	4.285	
2.228	2.630	3.105	3.664	4.325	
2.249	2.655	3.133	3.698	4.365	
2.270	2.679	3.162	3.733	4.406	
2.291	2.704	3.192	3.767	4.446	
2.312	2.729	3.221	3.802	4.487	
2.333	2.754	3.251	3.837	4.529	
2.355	2.780	3.281	3.873	4.571	

1.2.3 5—10mm的半径数值见表2-9

5—10mm的半径数值

表 2-9

500 系 列					
5.012	5.105	5.200	5.297	5.395	5.495
5.035	5.129	5.224	5.321	5.420	5.521
5.058	5.152	5.248	5.346	5.445	5.546
5.082	5.176	5.272	5.370	5.470	5.572

500 系 列					
5.598	6.194	6.855	7.586	8.395	9.290
5.623	6.223	6.887	7.621	8.433	9.313
5.649	6.252	6.918	7.656	8.472	9.376
5.675	6.281	6.950	7.691	8.511	9.419
5.702	6.310	6.982	7.727	8.551	9.462
5.728	6.339	7.015	7.762	8.590	9.506
5.754	6.368	7.047	7.798	8.630	9.550
5.781	6.397	7.079	7.834	8.670	9.594
5.808	6.427	7.112	7.870	8.710	9.638
5.834	6.457	7.145	7.907	8.750	9.683
5.861	6.486	7.178	7.943	8.790	9.727
5.888	6.516	7.211	7.980	8.831	9.772
5.916	6.546	7.244	8.017	8.872	9.817
6.443	6.577	7.278	8.054	8.913	9.863
5.970	6.607	7.311	8.091	8.954	9.908
5.998	6.637	7.345	8.128	8.995	9.954
6.026	6.668	7.379	8.166	9.036	
6.053	6.699	7.413	8.204	9.078	
6.081	6.730	7.447	8.241	9.120	
6.109	6.761	7.482	8.279	9.162	
6.138	6.792	7.516	8.318	9.204	
6.166	6.823	7.551	8.356	9.247	

1.2.4 10—200mm的半径数值见表2—10

10—200mm的半径数值

表 2—10

1000 系 列					
10.000	10.520	11.066	11.641	12.246	12.882
10.023	10.544	11.092	11.668	12.274	12.912
10.046	10.568	11.117	11.695	12.303	12.942
10.069	10.593	11.143	11.722	12.331	12.972
10.093	10.617	11.169	11.749	12.359	13.002
10.116	10.641	11.194	11.776	12.388	13.032
10.139	10.666	11.220	11.803	12.417	13.062
10.162	10.691	11.246	11.830	12.445	13.092
10.186	10.715	11.272	11.858	12.474	13.122
10.209	10.740	11.298	11.885	12.503	13.152
10.233	10.765	11.324	11.912	12.531	13.183
10.257	10.789	11.350	11.940	12.560	13.213
10.280	10.814	11.376	11.967	12.589	13.243
10.304	10.839	11.402	11.995	12.618	13.274
10.328	10.864	11.429	12.023	12.647	13.305
10.351	10.889	11.455	12.050	12.677	13.335
10.375	10.914	11.482	12.078	12.706	13.366
10.399	10.940	11.508	12.106	12.735	13.397
10.423	10.965	11.535	12.134	12.764	13.428
10.447	10.990	11.561	12.162	12.794	13.458
10.471	11.015	11.588	12.190	12.823	13.490
10.495	11.041	11.614	12.218	12.853	13.521

1000 系 列					
13.552	15.101	16.827	18.750	20.89	23.18
13.583	15.136	16.866	18.793	20.94	23.33
13.614	15.171	16.904	18.836	20.99	23.39
13.646	15.205	16.943	18.880	21.04	23.44
13.677	15.241	16.982	18.923	21.09	23.50
13.709	15.276	17.022	18.967	21.13	23.55
13.740	15.311	17.061	19.011	21.18	23.60
13.772	15.346	17.100	19.055	21.23	23.66
13.804	15.382	17.140	19.099	21.28	23.71
13.836	15.417	17.179	19.143	21.33	23.77
13.868	15.453	17.219	19.187	21.38	23.82
13.900	15.488	17.258	19.231	21.43	23.88
13.932	15.524	17.298	19.275	21.48	23.93
13.964	15.560	17.338	19.320	21.53	23.99
13.996	15.596	17.378	19.364	21.58	24.04
14.028	15.631	17.418	19.409	21.63	24.10
14.060	15.668	17.458	19.454	21.68	24.15
14.093	15.704	17.498	19.498	21.73	24.21
14.125	15.740	17.539	19.543	21.78	24.27
14.158	15.776	17.579	19.588	21.83	24.32
14.191	15.812	17.620	19.634	21.88	24.38
14.223	15.849	17.660	19.679	21.93	24.43
14.256	15.885	17.701	19.724	21.98	24.49
14.289	15.922	17.742	19.770	22.03	24.55
14.322	15.959	17.783	19.815	22.08	24.60
14.355	15.996	17.824	19.861	22.13	24.66
14.388	16.032	17.865	19.907	22.18	24.72
14.421	16.069	17.906	19.953	22.23	24.77
14.454	16.106	17.947	19.999	22.28	24.83
14.488	16.144	17.989	20.04	22.34	24.89
14.521	16.181	18.030	20.09	22.39	24.95
14.555	16.218	18.072	20.14	22.44	25.00
14.588	16.255	18.113	20.18	22.49	25.06
14.622	16.293	18.155	20.23	22.54	25.12
14.655	16.331	18.197	20.28	22.59	25.18
14.689	16.368	18.239	20.32	22.65	25.23
14.723	16.406	18.281	20.37	22.70	25.29
14.757	16.444	18.323	20.42	22.75	25.35
14.791	16.482	18.365	20.46	22.80	25.41
14.825	16.520	18.408	20.51	22.86	25.47
14.859	16.558	18.450	20.56	22.91	25.53
14.894	16.596	18.493	20.61	22.96	25.59
14.928	16.634	18.535	20.65	23.01	25.64
14.962	16.672	18.578	20.70	23.07	25.70
14.997	16.711	18.621	20.75	23.12	25.76
15.031	16.749	18.664	20.80	23.17	25.82
15.066	16.788	18.707	20.84	23.23	25.88

1000 系 列					
25.94	28.91	32.21	35.89	39.99	44.57
26.00	28.97	32.28	35.97	40.09	44.67
26.06	29.04	32.36	36.06	40.18	44.77
26.12	29.11	32.43	36.14	40.27	44.87
26.18	29.17	32.51	36.22	40.36	44.98
26.24	29.24	32.58	36.31	40.46	45.08
26.30	29.31	32.66	36.39	40.55	45.19
26.36	29.38	32.73	36.48	40.64	45.29
26.42	29.44	32.81	36.56	40.74	45.39
26.49	29.51	32.89	36.64	40.83	45.50
26.55	29.58	32.96	36.73	40.93	45.60
26.61	29.65	33.04	36.81	41.02	45.71
26.67	29.72	33.11	36.90	41.11	45.81
26.73	29.79	33.19	36.98	41.21	45.92
26.79	29.85	33.27	37.07	41.30	46.03
26.85	29.92	33.34	37.15	41.40	46.13
26.92	29.99	33.42	37.24	41.50	46.24
26.98	30.06	33.50	37.33	41.59	46.34
27.04	30.13	33.57	37.41	41.69	46.45
27.10	30.20	33.65	37.50	41.78	46.56
27.16	30.27	33.73	37.58	41.88	46.67
27.23	30.34	33.81	37.67	41.98	46.77
27.29	30.41	33.88	37.76	42.07	46.88
27.35	30.48	33.96	37.84	42.17	46.99
27.42	30.55	34.04	37.93	42.27	47.10
27.48	30.62	34.12	38.02	42.36	47.21
27.54	30.69	34.20	38.11	42.46	47.32
27.61	30.76	34.28	38.19	42.56	47.42
27.67	30.83	34.36	38.28	42.66	47.53
27.73	30.90	34.43	38.37	42.76	47.64
27.80	30.97	34.51	38.46	42.85	47.75
27.86	31.05	34.59	38.55	42.95	47.86
27.93	31.12	34.67	38.64	43.05	47.97
27.99	31.19	34.75	38.73	43.15	48.08
28.05	31.26	34.83	38.82	43.25	48.19
28.12	31.33	34.91	38.90	43.35	48.31
28.18	31.41	34.99	38.99	43.45	48.42
28.25	31.48	35.08	39.08	43.55	48.53
28.31	31.55	35.16	39.17	43.65	48.64
28.38	31.62	35.24	39.26	43.75	48.75
28.44	31.70	35.32	39.36	43.85	48.87
28.51	31.77	35.40	39.45	43.95	48.98
28.58	31.84	35.48	39.54	44.06	49.09
28.64	31.92	35.56	39.63	44.16	49.20
28.71	31.99	35.65	39.72	44.26	49.32
28.77	32.06	35.73	39.81	44.36	49.43
28.84	32.14	35.81	39.90	44.46	49.55

1000 系 列					
49.66	55.31	61.66	68.71	76.56	83.31
49.77	55.46	61.80	68.87	76.74	83.51
49.89	55.59	61.94	69.02	76.91	83.70
50.00	55.72	62.09	69.18	77.09	83.90
50.12	55.85	62.23	69.34	77.27	84.10
50.23	55.98	62.37	69.50	77.45	84.30
50.35	56.10	62.52	69.66	77.62	84.50
50.47	56.23	62.66	69.82	77.80	84.70
50.58	56.36	62.81	69.98	77.98	84.90
50.70	56.49	62.95	70.15	78.16	85.10
50.82	56.62	63.10	70.31	78.34	85.30
50.93	56.75	63.24	70.47	78.52	85.50
51.05	56.89	63.39	70.63	78.70	85.70
51.17	57.02	63.53	70.79	78.89	85.90
51.29	57.15	63.68	70.96	79.07	86.10
51.40	57.28	63.83	71.12	79.25	86.31
51.52	57.41	63.97	71.29	79.43	86.51
51.64	57.54	64.12	71.45	79.62	86.72
51.76	57.68	64.27	71.61	79.80	86.92
51.88	57.81	64.42	71.78	79.98	87.13
52.00	57.94	64.57	71.94	80.17	87.33
52.12	58.08	64.71	72.11	80.35	87.54
52.24	58.21	64.86	72.28	80.54	87.74
52.36	58.34	65.01	72.44	80.72	87.95
52.48	58.48	65.16	72.61	80.91	88.16
52.60	58.61	65.31	72.78	81.10	88.36
52.72	58.75	65.46	72.95	81.28	88.57
52.84	58.88	65.61	73.11	81.47	88.78
52.97	59.02	65.77	73.28	81.66	88.99
53.09	59.16	65.92	73.45	81.85	89.20
53.21	59.29	66.07	73.62	82.04	89.41
53.33	59.43	66.22	73.79	82.22	89.62
53.46	59.57	66.37	73.96	82.41	89.82
53.58	59.70	66.53	74.13	82.60	89.94
53.70	59.84	66.68	74.30	82.79	90.26
53.83	59.98	66.83	74.47	82.99	90.47
53.95	60.12	66.99	74.64	83.18	90.68
54.08	60.26	67.14	74.82	83.37	90.90
54.20	60.39	67.30	74.99	83.56	91.11
54.33	60.53	67.45	75.16	83.75	91.33
54.45	60.67	67.61	75.34	83.95	91.54
54.58	60.81	67.76	75.51	84.11	91.76
54.70	60.95	67.92	75.68	84.33	91.97
54.83	61.09	68.08	75.86	84.53	92.19
54.95	61.24	68.23	76.03	84.72	92.41
55.08	61.38	68.39	76.21	84.92	92.62
55.21	61.52	68.55	76.38	85.11	92.84

1000 系 列					
95.06	105.93	118.03	131.52	146.55	163.31
95.28	106.17	118.30	131.83	146.89	163.68
95.50	106.41	118.58	132.13	147.23	164.06
95.72	106.66	118.85	132.43	147.57	164.44
95.94	106.91	119.12	132.74	147.91	164.82
96.16	107.15	119.40	133.05	148.25	165.20
96.38	107.40	119.67	133.35	148.59	165.58
96.61	107.65	119.95	133.66	148.91	165.96
96.83	107.98	120.23	133.97	149.28	166.34
97.05	108.14	120.50	134.28	149.62	166.72
97.27	108.39	120.78	134.59	149.97	167.11
97.50	108.64	121.06	134.90	150.31	167.49
97.72	108.89	121.34	135.21	150.66	167.88
97.95	109.14	121.62	135.52	151.01	168.27
98.17	109.40	121.90	135.83	151.36	168.66
98.40	109.65	122.18	136.14	151.71	169.04
98.63	109.90	122.46	136.46	152.05	169.43
98.86	110.15	122.74	136.77	152.41	169.82
99.08	110.41	123.03	137.09	152.76	170.22
99.31	110.66	123.31	137.40	153.11	170.61
99.54	110.92	123.59	137.72	153.46	171.00
99.77	111.17	123.88	138.04	153.82	171.40
100.00	111.43	124.17	138.36	154.17	171.79
100.23	111.69	124.45	138.68	154.53	172.19
100.46	111.94	124.74	139.00	154.88	172.58
100.69	112.20	125.03	139.32	155.24	172.98
100.93	112.46	125.31	139.64	155.60	173.38
101.16	112.72	125.60	139.96	155.96	173.78
101.39	112.98	125.89	140.28	156.31	174.18
101.62	113.24	126.18	140.60	156.68	174.58
101.86	113.50	126.47	140.93	157.04	174.98
102.09	113.76	126.77	141.25	157.40	175.39
102.33	114.02	127.06	141.58	157.76	175.79
102.57	114.29	127.35	141.91	158.12	176.20
102.80	114.55	127.64	142.23	158.49	176.60
103.04	114.82	127.94	142.56	158.86	177.01
103.28	115.08	128.23	142.89	159.22	177.42
103.51	115.35	128.53	143.22	159.59	177.83
103.75	115.61	128.82	143.55	159.96	178.24
103.99	115.88	129.12	143.88	160.32	178.65
104.23	116.14	129.42	144.21	160.69	179.06
104.47	116.41	129.72	144.54	161.06	179.47
104.71	116.68	130.02	144.88	161.44	179.89
104.95	116.95	130.32	145.21	161.81	180.30
105.20	117.22	130.62	145.55	162.18	180.72
105.44	117.49	130.92	145.88	162.55	181.13
105.68	117.76	131.22	146.22	162.93	181.55

1000 系 列					
181.97	185.35	188.80	192.31	195.88	199.53
182.39	185.78	189.23	192.75	196.34	199.99
182.81	186.21	189.67	193.20	196.79	
183.23	186.64	190.11	193.64	197.24	
183.65	187.07	190.55	194.09	197.70	
184.08	187.50	190.99	194.54	198.15	
184.50	187.93	191.43	194.98	198.61	
184.93	188.36	191.87	195.43	199.07	

1.2.5 200—1000mm的半径数值见表2—11

200—1000mm的半径数值

表 2—11

500 系 列					
200.4	233.3	271.6	316.2	368.1	428.5
201.4	234.4	272.9	317.7	369.8	430.5
202.3	235.5	274.2	319.2	371.5	432.5
203.2	236.6	275.4	320.6	373.3	434.5
204.2	237.7	276.7	322.1	375.0	436.5
205.1	238.8	278.0	323.6	376.7	438.5
206.1	239.9	279.3	325.1	378.4	440.6
207.0	241.0	280.5	326.6	380.2	442.6
208.0	242.1	281.8	328.1	381.9	444.6
208.9	243.2	283.1	329.6	383.7	446.7
209.9	244.3	284.4	331.1	385.5	448.7
210.9	245.5	285.8	332.7	387.3	450.8
211.8	246.6	287.1	334.2	389.0	452.9
212.8	247.7	288.4	335.7	390.8	455.0
213.8	248.9	289.7	337.3	392.6	457.1
214.8	250.0	291.1	338.8	394.5	459.2
215.8	251.2	292.4	340.4	396.3	461.3
216.8	252.3	293.8	342.0	398.1	463.4
217.8	253.5	295.1	343.6	399.9	465.6
218.8	254.7	296.5	345.1	401.8	467.7
219.8	255.9	297.9	346.7	403.6	469.9
220.8	257.0	299.2	348.3	405.5	472.1
221.8	258.2	300.6	349.9	407.4	474.2
222.8	259.4	302.0	351.6	409.3	476.4
223.9	260.6	303.4	353.2	411.1	478.6
224.9	261.8	304.8	354.8	413.0	480.8
225.9	263.0	306.2	356.5	415.0	483.1
227.0	264.2	307.6	358.1	416.9	485.3
228.0	265.5	309.0	359.7	418.8	487.5
229.1	266.7	310.5	361.4	420.7	489.8
230.1	267.9	311.9	363.1	422.7	492.0
231.2	269.2	313.3	364.8	424.6	494.3
232.3	270.4	314.8	366.4	426.6	496.6

续表 2-11

500 系 列					
498.9	564.9	639.7	724.4	820.4	929.0
501.2	567.5	642.7	727.8	824.1	933.3
603.5	570.2	645.7	731.1	827.9	937.6
505.8	572.8	648.6	734.5	831.8	941.9
508.2	575.4	651.6	737.9	835.6	946.2
510.5	578.1	654.6	741.3	839.5	950.6
512.9	580.8	657.7	744.7	843.3	955.0
515.2	583.4	660.7	748.2	847.2	959.4
517.6	586.1	663.7	751.6	851.1	963.8
520.0	588.8	666.8	755.1	855.1	968.3
522.4	591.6	669.9	758.6	859.0	972.7
524.8	594.3	673.0	762.1	863.0	977.2
527.2	597.0	676.1	765.6	867.0	981.7
529.7	599.8	679.2	769.1	871.0	986.3
532.1	602.6	682.3	772.7	875.0	990.8
534.6	605.3	685.5	776.2	879.0	995.4
537.0	608.1	688.7	779.8	883.1	
539.5	610.9	691.8	783.4	887.2	
542.0	613.8	695.0	787.0	891.3	
544.5	616.6	698.2	790.7	895.4	
547.0	619.4	701.5	794.3	899.5	
549.5	622.3	704.7	798.0	903.6	
552.1	625.2	707.9	801.7	907.8	
554.6	628.1	711.2	805.4	912.0	
557.2	631.0	714.5	809.1	916.2	
559.8	633.9	717.8	812.8	920.4	
562.3	636.8	721.1	816.6	924.7	

1.2.6 1000—5000mm的半径数值见表2-12。

1000—5000mm的半径数值

表 2-12

250 系 列					
1000.0	1137.6	1294.2	1472.3	1674.9	1905.5
1009.3	1148.2	1306.2	1485.9	1690.4	1923.1
1018.6	1158.8	1318.3	1499.7	1706.1	1940.9
1028.0	1169.5	1330.5	1513.6	1721.9	1958.8
1037.5	1180.3	1342.8	1527.6	1737.8	1977.0
1047.1	1191.2	1355.2	1541.7	1753.9	1995.3
1056.8	1202.3	1367.7	1556.0	1770.1	2014
1066.6	1213.4	1380.4	1570.4	1786.5	2032
1076.5	1224.6	1393.2	1584.9	1803.0	2051
1086.4	1235.9	1406.0	1599.6	1819.7	2070
1096.5	1247.4	1419.1	1614.4	1836.5	2089
1106.6	1258.9	1432.2	1629.3	1853.5	2109
1116.9	1270.6	1445.4	1644.4	1870.7	2128
1127.2	1282.3	1458.8	1659.6	1888.0	2148

续表 2-12

250 系 列					
2168	2512	2911	3373	3908	4529
2188	2535	2938	3404	3945	4571
2208	2559	2965	3436	3981	4613
2228	2582	2992	3467	4018	4656
2249	2606	3020	3499	4055	4699
2270	2630	3048	3532	4093	4742
2291	2655	3076	3565	4130	4786
2312	2679	3105	3597	4169	4831
2333	2702	3133	3631	4207	4875
2355	2729	3162	3664	4246	4920
2377	2754	3192	3698	4285	4966
2399	2780	3221	3733	4325	
2421	2805	3251	3767	4365	
2443	2831	3281	3802	4406	
2466	2858	3311	3837	4446	
2489	2884	3342	3873	4487	

1.2.7 5000—10000mm的半径数值见表2-13。

5000—10000mm的半径数值

表 2-13

125 系 列					
5058	5751	6546	7447	8472	9638
5152	5861	6668	7586	8630	9817
5248	5970	6792	7727	8790	10000
5346	6081	6918	7870	8954	
5445	6194	7047	8017	9120	
5546	6310	7178	8166	9290	
5649	6427	7311	8318	9462	

1.2.8 如必须选用大于10000mm的半径时，应按125系列选择。

注：表2-8至表2-12中的黑体字为优先选用数值。

2 光学零件的表面误差

光学零件表面误差指球面半径误差、平面的平面性偏差和表面的局部误差。造成光学零件表面误差的原因有二：其一是光学样板本身的表面误差；其二是零件表面与样板表面之间的误差，即光学零件的面形偏差。

2.1 光学样板 (GB 1240—76)

2.1.1 光学样板按用途分为两类：

标准样板——复制工作样板用的光学样板；

工作样板——检验光学零件用的光学样板。

2.1.2 标准样板的精度（即“零件的要求”中的 ΔR ）分为A、B两级，其允差应符合表2-14(a)及表2-14(b)的规定。

标准样板半径允差

表 2—14(a)

精度等级	球面标准样板曲率半径 R (mm)					
	0.5—5	>5—10	>10—35	>35—350	>350—1000	>1000—40000
	允 差 (±)					
	μm			R 公称尺寸的百分数 (%)		
A	0.5	1.0	2.0	0.02	0.03	$\frac{0.03 R}{1000}$
B	1.0	3.0	5.0	0.03	0.05	$\frac{0.05 R}{1000}$

标准样板光圈

表 2—14(b)

曲率半径 R (mm)	0.5—750		>750—40000		—	
精度等级	A	B	A	B	A	B
N	0.5	1.0	0.2	0.5		
ΔN	0.1				0.05	0.1

2.1.3 球面工作样板的光圈根据被检光学零件的要求按表2—15选取。

球面工作样板光圈

表 2—15

组 别	I	II	III
N	0.1	0.5	1.0
ΔN	0.1	0.1	0.1

2.1.4 平面工作样板相对标准样板的偏差与平面标准样板的允差相同(见表2—14)。

2.2 光学零件的面形偏差(GB 2831—81)

2.2.1 面形偏差的定义

被检光学表面相对于参考光学表面(工作样板)的偏差称为面形偏差。

2.2.2 面形偏差的分类

面形偏差是在圆形检验范围内,通过垂直位置所观察到的干涉条纹(通称光圈)的数目、形状、变化和颜色来确定的。面形偏差包括下面三项:

a. 被检光学表面的曲率半径相对于参考光学表面曲率半径的偏差称半径偏差。此偏差对应的光圈数用 N 表示。

b. 被检光学表面在二个相互垂直方向上产生的光圈数不等所对应的偏差称像散偏差,此偏差所对应的光圈数用 $\Delta_1 N$ 表示。

c. 被检光学表面与参考光学表面在任一方向上产生的干涉条纹的局部不规则程度称局部偏差,此偏差所对应的光圈数用 $\Delta_2 N$ 表示。

2.2.3 光圈正负号规定

高光圈(凸)为正(相当于中间接触);

低光圈(凹)为负(相当于边缘接触)。

2.2.4 标注方法

2.2.4.1 被检光学表面允许的最大半径偏差以 N 个光圈数表示。如 $N=2$,表示被检光学表面与参考光学表面允许的最大半径偏差为2个光圈,一般情况下,光圈数不需标注正负号,必要时,可在 N 前加“+”(高光圈)或“-”(低光圈)。

2.2.4.2 被检光学表面在两个互相垂直方向上光圈数的允许最大差值(像散偏差)以 $\Delta_1 N$ 表示。相对于平滑干涉条纹的不规则程度(局部偏差)的允许最大值以 $\Delta_2 N$ 表示。例如:

- a. 如 $\Delta_1 N = 0.1$ 即表示允许的最大像散光圈数为0.1;
- b. 如 $\Delta_2 N = 0.1$ 即表示允许的最大局部光圈数为0.1;
- c. 如 $\Delta N = 0.1$ 即表示允许的最大像散光圈数和局部光圈数均为0.1。

2.2.4.3 如有必要,可在 N 数值后面标注检验范围的直径,如 $N=2(60)$,即表示在 $\phi 60\text{mm}$ 检验范围内允许的最多光圈数为2。

2.3 表面误差的给定可参考表2—16

光学零件表面误差参考数值

表 2—16

仪器类型	零件性质	表面误差		仪器类型	零件性质	表面误差		
		N	ΔN			N	ΔN	
显微镜和精密仪器	物 镜	1—3	0.1—0.5	望远系统	棱 镜	反射面	1—2	0.1—0.5
	目 镜	3—5	0.5—1.0			折射面	2—4	0.3—0.5
照相系统	物 镜	2—5	0.1—1.0			屋脊面	0.1—0.4	0.05—0.1
投影系统	滤 光 镜	1—5	0.1—1.0		反 射 镜		0.1—1.0	0.05—0.2
	望远系统	物 镜	3—5			0.5—1.0	场镜、滤光镜、分划板	
转像透镜		3—5	0.5—1.0					
目 镜		3—6	0.5—1.0					

光学零件精度等级的分类见表2—17。

光学零件精度等级分类

表 2—17

零件精度等级	精度性质	公 差	
		N	ΔN
1	高精度	0.1—2.0	0.05—0.5
2	中精度	2.0—6.0	0.5—2.0
3	一般精度	6.0—15.0	2.0—5.0

光学表面允许的最大半径偏差也可直接根据像差变化量表确定。给定表面曲率增量 ΔC ,计算相应的各种像差变化量,根据允许的像差变化量来确定允许表面曲率误差,然后按下述关系式求得允许的最大半径偏差 N 。

$$N = \frac{D^2}{4\lambda} \Delta C$$

其中 N 为半径偏差(光圈数); ΔC 为表面曲率偏差; D 为被检表面直径(mm); λ 为平均波长(mm)。

3 光学零件外径及配合公差的规定

3.1 光学零件的外径

光学零件与镜框固定，固定方式不同，光学零件外径所需的余量不同，见表2—18。

光学零件外径余量

表 2—18

通光口径 (D)mm	外 径 (ϕ)mm		通光口径 (D)mm	外 径 (ϕ)mm	
	用滚边法固定	用压圈固定		用滚边法固定	用压圈固定
到6	D+0.6	—	>30—50	D+2.0	D+2.5
>6—10	D+0.8	D+1.0	>50—80	D+2.5	D+3.0
>10—18	D+1.0	D+1.5	>80—120	—	D+3.5
>18—30	D+1.5	D+2.0	>120	—	D+4.5

按上表得出的外径 ϕ 应规格化成标准直径的数值。具体数值见WT 1003—62。

3.2 圆形零件与镜框的配合公差见表2—19

圆形零件与镜框的配合公差

表 2—19

零 件 性 质		公差与配合	
		透 镜	镜 框
高倍显微镜和高精度望远镜的物镜、照相物镜	配合的 非配合的	h6, f7 b11, c10, c11	H7
低倍显微镜和较高精度望远镜的物镜，具有调节 视度装置的高倍目镜	配合的 非配合的	h8, h9 b11, c10, c11	H8, H9
一般望远镜的物镜和目镜、聚光镜、转像透镜、分 划板	配合的 非配合的	f9 b11, c10, c11	H8, H9
滤光镜、反光镜		d11	H11

注：①对特高精度的配合，可用选配法达到，不宜提高精度；

②对胶合透镜中，一般以负透镜作为配合尺寸，正透镜为非配合尺寸。

3.3 新旧国标轴孔配合的公差带对照 (GB 1801—79)(表2—20、表2—21)

4 光学零件的中心厚度及边缘最小厚度 (GB 1205—75)

玻璃材料的球面的双凸透镜、平凸透镜、正弯月透镜的边缘最小厚度 (图 2—12) 和双凹透镜、平凹透镜、负弯月透镜的中心厚度 (图 2—13) 都必须有一定的数值，以保证光学零件的必要强度，使其在加工中不易变形或破损。

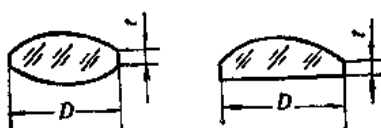


图 2—12 凸透镜边缘最小厚度

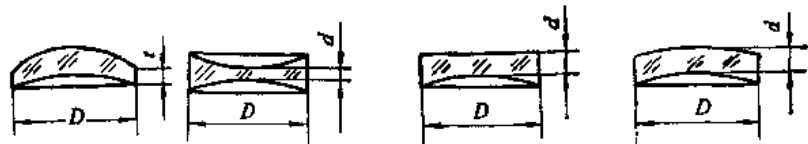


图 2—13 凹透镜中心最小厚度

透镜边缘及中心最小厚度按表2—22给定 (GB 1205—75标准)。

新旧国标基孔制配合的轴公差带对照 (尺寸1—500mm) (GB 1801—79)

表 2—29

间隙配合			过渡配合			过盈配合		
旧国标	新国标	备注	旧国标	新国标	备注	旧国标	新国标	备注
d1	h6		ga1	n5	p5①	jb1	s5	s6●
db1	g5	g6①	gb1	m5	n5①	jc1	r5	r6①
dc1	f5, f6	②	gc1	k5	m4①	jd	s7, u5, u6	③
d	h6		gd1	j5, js5	④	je	r6, s6	⑤
db	g6		ga	n6	p6●	jf	r6	
dc	f7		gb	m6	n6①	jb3	u8	
dd	e8		gc	k6		jc3	s7	
de	d8		gd	js6		ja4		①
df	c8		ga3	n7	p7①	jb4		●
d3	h7		gb3	m7		jc4		①
dc3	f8		gc3	k7		je6		①
d4	h8, h9	⑥	gd3	j7, js7	⑥			
dc4	f9		注: ① 仅1—3mm尺寸分段使用。 ② 不同尺寸分段分别与不同的新国标符号相近似。 ③ 介于两者之间。 ● 没有适当的相近的符号。					
de1	d9, d10	●						
d5	h10							
d6	h11							
dc6	d11							
dd6	b11, c10, c11	②						
de6	a11, b11	②						
d7	h12, h13	③						
de7	b12, c12, c13	③						

新旧国标基轴制配合的孔公差带对照 (尺寸1—500mm) (GB 1801—79) 表 2—21

间隙配合			过渡配合			过盈配合		
旧国标	新国标	备注	旧国标	新国标	备注	旧国标	新国标	备注
D1	H6		Ga1	N6		Jd	U7, S7	②
D51	G6		Gb1	M6		Je	R7, R8	②
Dc1	F7		Gc1	K6		Jb8	U8	
D	H7		Gd1	J6, JS6	②			
Db	G7		Ga	N7				
Dc	F8		Gb	M7	K7①			
Dd	H8, H9	②	Gc	K7	JS7①			
De	D8, D9	②	Gd	J7				
D3	H8		Ga3	N8				
D4	H8, H9	③	Gb3	M8				
Dc4	F9		Gc3	K8				
De4	D9, D10	②	Gd3	J8				
D5	H10		注: ① 仅1—3mm尺寸分段使用。 ② 不同尺寸分段分别与不同的新国标符号相近似。 ③ 介于两者之间。 ④ 没有适当的相近的符号。					
D6	H11							
Dc6	D11							
Dd6	B11, C11	②						
De6	A11, B11	②						
D7	H12, H13	③						
De7		④						

透镜边缘及中心最小厚度

表 2-22

透镜直径 D (mm)	正透镜边缘最小厚度 t (mm)	负透镜中心最小厚度 d (mm)
3—6	0.4	0.6
>6—10	0.6	0.8
>10—18	0.8—1.2	1.0—1.5
>18—30	1.2—1.8	1.5—2.2
>30—50	1.8—2.4	2.2—3.5
>50—80	2.4—3.0	3.5—5.0
>80—120	3.0—4.0	5.0—8.0
>120—150	4.0—6.0	8.0—12.0

根据透镜直径, 考虑精度、焦距要求和工艺情况, 在上表中每一尺寸分级所规定的最小范围内选一数值作为其最小厚度。

光学零件的厚度公差

5.1 透镜中心厚度公差

透镜中心厚度公差随透镜的用途不同而不同, 其具体数值可参考表 2-23, 要求高的可按计算结果确定。

透镜中心厚度

表 2-23

透镜类别	仪器种类	厚度公差 (mm)
物 镜	显微镜及试验室仪器	± 0.01 — ± 0.05
	照相物镜及放映镜头	± 0.05 — ± 0.3
	望 远 镜	± 0.1 — ± 0.3
目 镜	各种仪器	± 0.1 — ± 0.3
聚 光 镜	各种仪器	± 0.1 — ± 0.5

5.2 分划板的厚度及其公差参考表 2-24

分划板厚度及公差

表 2-24

分划板直径 D (mm)	厚度及厚度公差 (mm)	分划板直径 D (mm)	厚度及厚度公差 (mm)
到 10	1.5 ± 0.3	>30—50	4.0 ± 0.5
>10—18	2.0 ± 0.3	>50—80	5.0 ± 0.5
>18—30	3.0 ± 0.3		

6 光学零件的倒角 (GB 1204—75)

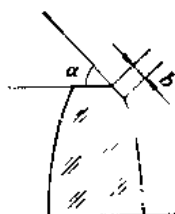
光学零件的倒角分为设计性和保护性两大类, GB 1204—75 标准适用于光学零件的保护性倒角, 其有关数值由表 2-25 和表 2-26 给定。

6.1 圆形光学零件的倒角

6.1.1 倒角宽度 b 按表 2—25 给定。

倒角宽度 (mm)

表 2—25

零件直径 D	倒角宽度 b			倒角位置
	非胶合面	胶合面	辊边面	
3—6	$0.1^{+0.1}$	$0.1^{+0.1}$	$0.1^{+0.1}$	
>6—10			$0.3^{+0.2}$	
>10—18	$0.3^{+0.2}$	$0.2^{+0.1}$	$0.4^{+0.2}$	
>18—30			$0.5^{+0.3}$	
>30—50	$0.4^{+0.3}$	$0.2^{+0.2}$	$0.7^{+0.3}$	
>50—80			$0.8^{+0.4}$	
>80—120	$0.5^{+0.4}$	$0.3^{+0.3}$	—	
>120—150	$0.6^{+0.5}$	—	—	

6.1.2 倒角角度 α 按表 2—26。

倒角角度

表 2—26

零件直径与表面半径的比值 D/r	倒角角度 α		
	凸面	凹面	平面
<0.7	45°	45°	45°
>0.7—1.5	30°	60°	
>1.5—2	—	90°	

6.1.3 在图样上应标注倒角宽度和角度。如 $0.3^{+0.2} \times 45^\circ$

6.2 非圆形光学零件的倒角

(1) 一般约小于 135° 的二面角需倒角。

(2) 棱镜倒角宽度按表 2—27。

棱镜倒角宽度 (mm)

表 2—27

最短棱边长度	二面角倒角宽度	三面角倒角宽度	倒角位置
3—6	$0.1^{+0.2}$	$0.4^{+0.3}$	二面角： 倒角面垂直于二面角的二等分面。 三面角： 倒角面垂直于三面角中每个二面角的二等分面之交线
>6—10	$0.2^{+0.2}$	$1.0^{+0.4}$	
>10—30	$0.4^{+0.3}$	$1.5^{+0.6}$	
>30—50	$0.6^{+0.4}$	$2^{+0.8}$	
>50	$0.8^{+0.5}$	$2.5^{+0.8}$	

注：① 三面角倒角宽度是指倒角后所得到的三角形倒角面中最长边的长度；

② 在图样上应注明倒角宽度。如：倒二面角 $0.2^{+0.2}$ ；倒三面角 $1.0^{+0.4}$ 。

7 透镜中心误差 (GB 7242—87)

透镜中心误差按 GB 7242—87 标准规定，该标准适用于由球面与球面或球面与平面组成的且具有旋

转对称边缘面的单透镜和胶合透镜。对于具有其他边缘形状的透镜（例如：矩形透镜）也基本适用。

7.1 术语及定义

7.1.1 中心误差：光学表面定心顶点处的法线对基准轴的偏离量。

中心误差是用光学表面定心顶点处的法线与基准轴的夹角来度量，此夹角称为面倾角，用希腊字母 α 表示（见图2—14）

7.1.1.1 定心顶点：光学表面与基准轴的交点。

7.1.1.2 基准轴：用来标注、检验和校正中心误差的一条确定的直线，该直线应体现系统的光轴。

7.1.2 光轴：单透镜两光学表面球心的连线；胶合透镜在理想情况下诸光学表面球心的连线。

7.1.3 定心：校正中心误差的过程。

7.1.3.1 若被定心的光学表面定心顶点处的法线与所选定的基准轴重合，则该光学表面已定好中心。

7.1.3.2 若透镜诸光学表面定好中心，透镜的光轴即与基准轴重合，则该透镜已定好中心。

7.2 基准轴的选定及其标注示例

7.2.1 对单透镜可根据透镜安装表面的形状和装夹条件来选定基准轴（见表2—28中例1—4）；对胶合透镜可根据中心误差要求，来选定表中例2—4的基准轴，或选定定心仪的旋转轴为胶合透镜的基准轴（见表2—28中例5）。

7.2.2 对三片以上的胶合透镜，各次定胶合心操作应遵守基准轴不变的原则，当工艺需要改变基准轴时，必须保证已胶合部分各光学表面的中心误差均符合要求。

7.3 中心误差的标注

7.3.1 中心误差的标注包括基准轴的标注（或标注确定基准轴的主要表面，此主要表面是基准面）和中心误差允许值的标注两部分。

7.3.1.1 基准轴用 GB 1131—80《形状和位置公差 代号及其注法》的基准代号，在零件图样和有关工艺图样上，标注确定基准轴的主要表面或直接标注基准轴（见表基准轴（面）的标注）。

7.3.1.2 各光学表面中心误差的允许值用 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots$ 标注在技术要求栏内，单位优先用分（'），若图样中出现两个以上基准代号时，则在 α 值后注明，例如 $\alpha = 1' A$ 。 α 的脚号 1、2、3……表示自左向右光学表面的序号。

当某一光学表面选作基准面时，其 α 值为零，不必注出。

7.3.1.3 按表中例5标注基准轴时，各光学表面的中心误差，都必须注出。

7.3.2 若对胶层楔形有要求时，用文字说明。

7.4 透镜中心误差允许值的给定

7.4.1 透镜中心误差也可采用透射式定心仪检验其偏心差 c （见 GB 1224—76 几何光学名词术语），在数值上用焦点像跳动圆半径来度量。用透射式定心仪检验出的偏心差 c ，要保证图纸上规定的面倾角 α 的要求。

7.4.2 偏心差 c 和面倾角 α 之间的关系

a. 单透镜两光学表面中有一个选作基准面时，则偏心差 c 与另一光学表面面倾角 α 的关系为

$$c = 0.291(n-1)l_F' \alpha 10^{-3}$$

式中 c 为偏心差（mm）； α 为面倾角（'）； n 为透镜材料的折射率； l_F' 为透镜的像方顶焦点（mm）。

b. 双胶合透镜三个光学表面中有一个选作基准面时，则偏心差 c 与另两个光学表面面倾角 α_2, α_3 的关系为：

$$c = 0.291l_F' [(n_2-1)|\alpha_3| - (n_2-n_1)\alpha_2] 10^{-3}$$

式中 c 为偏心差（mm）； α_2, α_3 分别为光学表面 2, 3 的面倾角（'）； n_1, n_2 分别为第一透镜（其中一

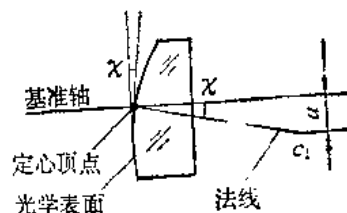
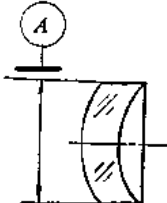
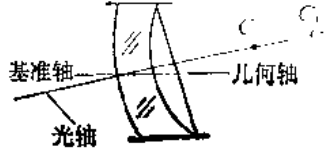
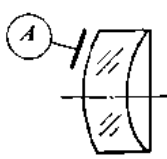
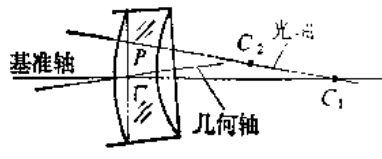
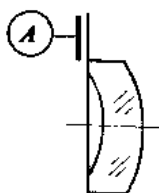
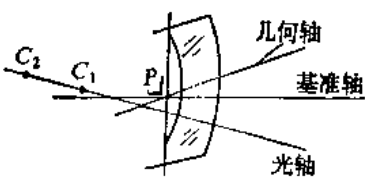
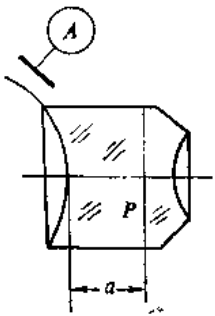
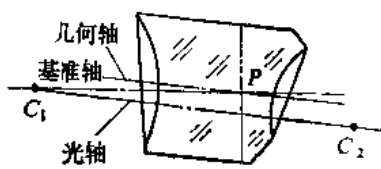
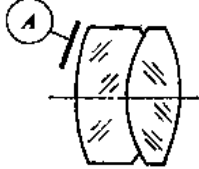
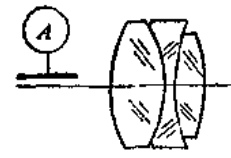
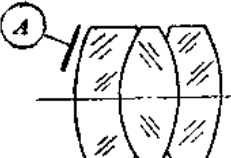


图 2—14 中心误差

基准轴的选定	基准轴(面)的标注	说明
<p>例 1: 以透镜边缘面的对称轴为基准轴。</p>		
<p>例 2: 以透镜边缘面与光学表面交线圆中心 P 和该光学表面球心 C_1 的连线为基准轴。</p>		
<p>例 3: 以过透镜边缘面和端平面交线圆中心 P 的该圆平面的法线为基准轴。</p>		
<p>例 4: 以光学表面球心 C_1 和边缘面与一选定平面交线圆中心 P 的连线为基准轴。</p>		
<p>例 5: 以定心仪的旋转轴为基准轴。</p>		<p>标注的胶合透镜光轴, 即光学设计时给定中心误差的基准轴, 一般是以定心仪的旋转轴来实现。</p>

基准轴的选定	基准轴(面)的标注	说明
例6: 以例2的基准轴为双胶合透镜的基准轴。		胶合面的中心误差是磨边工序剩余下来的允许值, 本工序只校正外表面的中心误差。
例7: 以例2的基准轴为三胶合透镜的基准轴。		两胶合面的中心误差是磨边和上道胶合工序剩余下来的允许值, 本工序只校正外表面的中心误差。

- 注: ① 说明图中 C_1 、 C_2 等表示自左向右光学表面的球心。
 ② 同例6、例7一样, 例3和例4的基准轴均可作为胶合透镜的基准轴。

个面是基准面)、第二透镜材料的折射率, i_F' 为双胶合透镜组的像方顶焦点(mm)。

其中 $|n_2 - n_1|x_2|$ 不得大于 $(n_1 - 1)|x_3|$ 。

7.4.3 透镜中心误差允许值的给定

光学表面面倾角 α 的允许值可根据像差计算结果给定, 也可参考表2-29给出的偏心差 c 允许值, 然后根据上述 c 和 α 关系式给定 α 的允许值

偏心差允许值

表 2-29

透镜性质	偏心差 c (mm)	透镜性质	偏心差 c (mm)
显微镜与精密仪器	0.002—0.01	望远镜	0.01—0.1
照相投影系统	0.005—0.1	聚光镜	0.05—0.1

8 角度公差

8.1 玻璃平板

任何一块玻璃平板(如分划板、滤光镜、保护玻璃等)两个表面不会绝对平行, 不同用途的玻璃平板不平行度允差数值参考表2-30。

玻璃平板不平行度允差参考数值

表 2-30

玻璃平板性质		不平行度(θ)	玻璃平板性质	不平行度(θ)
滤光镜	高精度	$3''-1'$	表面涂层的平面反射镜	$10'-15'$
	一般精度	$1'-10'$		
分划板		$10'-15'$	背面涂层的平面反射镜	$2''-30''$

8.2 光楔

表2—31给出了光楔角度公差 θ 。

光楔角度公差

表2—31

光 楔 性 质	角 度 公 差 θ
高 精 度	$\pm 0.2'' - \pm 10''$
中 精 度	$\pm 10'' - \pm 30''$
一 般 精 度	$\pm 30'' - \pm 1'$

9 光学零件气泡度 (GB 7661—87)

凡是光学零件，一般均应规定其气泡度。GB 7661—87标准规定了光学零件气泡度，该标准适用于玻璃以及其他光学材料制造的任何光学零件。

9.1 定义

光学零件气泡度是指光学零件内部允许气泡存在的程度。即规定光学零件内允许存在气泡的大小和个数，或允许从光学零件在光学系统中，光束通过的方向观察气泡显现的总面积的大小。光学零件内的结石和其他类似杂质作为气泡计算，但与气泡、结石或其他类似杂质相连接的条纹，不作气泡计算，仍作为条纹检验。

9.2 标注方法

9.2.1 光学零件气泡度标注在光学零件图中“对零件的要求”栏内。

9.2.2 气泡的尺寸一律以毫米为单位，在记号中不再标出单位。

9.2.3 根据光学零件使用情况的不同，光学零件气泡度，分四种方法标注：

9.2.3.1 第一种标注方法规定气泡的大小不限数量，或限定数量。

a. “ $q=0$ ”。表示要求零件整个有效孔径范围内不得出现气泡。

b. “ $q=0.1$ ”。表示允许零件整个有效孔径范围内，有直径不大于0.1mm的气泡，数量不限。

c. “ $q=0.2 \times 3$ ”。表示允许零件整个有效孔径范围内，有直径不大于0.2mm的气泡3个。

d. “ $q=0.2 \times 3 + 0.1$ ”。表示允许零件整个有效孔径范围内，有直径不大于0.2mm的气泡3个，气泡直径不大于0.1mm的无限数量。

e. “ $q=0.1 \times 1/\phi 5$ ”。表示允许零件整个有效孔径范围内，任一部位的直径为5mm的圆的范围内，有直径不大于0.1mm的气泡一个。

9.2.3.2 第二种标注方法规定分区限制气泡的大小和数量。

“ $q=(\phi 2)0+(\phi 10)0.01 \times 3+0.02 \times 5$ ”。表示以零件的有效孔径，划出两个同心圆环来分区，直径为2mm范围内的中心区不允许有气泡，第二区直径为2mm到直径为10mm的范围内，允许有不大于0.01mm的气泡不多于3个，最外区（直径为10mm以外）允许有不大于0.02mm的气泡不多于5个。

9.2.3.3 第三种标注方法规定气泡的总面积。

a. “ $q=\phi 0.6$ ”。表示允许零件整个有效孔径范围内，气泡的总面积不大于直径为0.6mm的圆的面积。

b. “ $q=\phi 0.4/\phi 8$ ”。表示允许零件整个有效孔径范围内，任一部位的直径为8mm的圆的范围内，气泡的总面积不大于直径为0.4mm的圆的面积。

9.2.3.4 第四种标注方法，既规定气泡的总面积，又限定气泡的大小，

a. “ $q=\phi 0.6[0.2]$ ”。表示要求零件整个有效孔径范围内，任一个气泡的直径不得大于0.2mm，所有气泡的总面积不大于直径为0.6mm的圆的面积。

b. “ $q = \phi 0.3[0.1]/\phi 6$ ”。表示要求零件整个有效孔径范围内，任一部位的直径为6mm的圆的范围内，气泡的直径不大于0.1mm，所有气泡的总面积不大于直径为0.3mm的圆的面积。

9.2.4 除上述标注方法外，根据具体情况，允许对光学零件气泡度作其他特殊规定，其文字表述写在光学零件图的“技术要求”栏内。

9.3 光学零件气泡度和毛坯气泡度的给定

给定光学零件气泡度时，首先应保证光学系统性能的要求，然后根据零件的需要和毛坯提供的可能性，给定毛坯气泡度。

毛坯的气泡度，按GB 903—87《无色光学玻璃》规定，标注在光学零件图中“对材料的要求”栏内。

9.3.1 光学零件气泡度的给定

光学零件气泡度的给定，从三个方面考虑。

在成像面上或成像面附近的光学零件应没有气泡，或者是限制气泡的大小，使光学仪器在观察时看不到或不易察觉气泡，实在做不到时则限制其出现的程度。

不在成像面上及其附近的光学零件，应限制气泡的挡光面积（同时就限制它散射的杂散光），使不致呈现黑影。对于要求外观上不希望看到较大气泡时，可根据需要和可能限制气泡的直径和数量。

9.3.1.1 在目视光学系统成像面 ± 1 视度范围内的光学零件*（如分划板、集光镜、靠近像平面的棱镜和目镜透镜等），按以下公式计算允许的气泡直径

$$d_p = 0.0003 f' \quad (2-1)$$

式中 d_p 为允许的气泡直径； f' 为成像面后面的光学系统的组合焦距。

如计算出的 d_p 值小于0.005mm，即作为不允许有气泡看待。

如计算出的 d_p 值大于0.005mm时，小数点后只取一位有效数字。

9.3.1.2 对分划板的气泡度给定，除了可根据9.3.1.1计算外，还可以按产品技术条件或通用技术条件对现场清洁度的要求计算，以9.2.3.2的标注方法给定。气泡度的给定值应高于产品技术条件的要求。

9.3.1.3 对不在成像面上及其附近的光学零件，给定气泡度时，以气泡挡光面积与光束截面积之比 T 计算； T 值的选取，可根据该零件通过的轴向光束直径的最小值 ϕ_s ，以及所用光学材料可能达到的气泡度来确定。

如无特殊要求， T 和 \sqrt{T} 值一般可由表2—32查出。

T 和 \sqrt{T} 值

表 2—32

光学材料能达到的气泡度	ϕ_s	0—2		2—4		4—6		6—15		15以上	
		T %	\sqrt{T}	T %	\sqrt{T}	T %	\sqrt{T}	T %	\sqrt{T}	T %	\sqrt{T}
A	0.30	0.30	0.055	0.25	0.050	0.20	0.045	0.15	0.039	0.10	0.032
B	0.45	0.45	0.067	0.30	0.055	0.25	0.050	0.20	0.045	0.15	0.039
C	0.60	0.60	0.077	0.45	0.067	0.30	0.055	0.25	0.050	0.20	0.045
D	0.80	0.80	0.089	0.60	0.077	0.45	0.067	0.30	0.055	0.25	0.050
E	1.00	1.00	0.100	0.80	0.089	0.60	0.077	0.45	0.067	0.30	0.055

* 距离像平面 ± 1 视度的光学零件的几何距离按下式计算：

$$s = \frac{f'^2 n}{1000}$$

式中： s 为光学零件中距离像平面 $+1$ 或 -1 视度的几何距离； n 为像平面附近介质的折射率。

表中的光学材料能达到的气泡度A、B、C、D、E只是定性排列由高到低的顺序，并不规定该气泡度一定对应于什么数量，既可看作是每公斤允许的气泡个数，也可以看作是单位体积内允许的气泡面积。

有了光束直径 ϕ_s 和定出 \sqrt{T} 值后，就可以按下式算出允许的气泡总面积的直径 ϕ_p ：

$$\phi_p = \phi_s \sqrt{T} \quad (2-2)$$

计算出的 ϕ_p 与 ϕ_s 值在给定气泡度时均应经过凑整。

ϕ_p 往数值小的方向凑整，小数位只留一位有效数字。例如：算出 $\phi_p = 0.05831$ ，则凑整为0.05。而 ϕ_s 往数值大的方向凑整，尽可能凑为整数，若光路计算出为小数，则凑整为一位有效数字，必要时也可凑整为1。

例如：光路计算中， $\phi_s = 9.105$ ，则凑整为10；

光路计算中， $\phi_s = 0.6321$ ，可凑整为0.7或1，根据材料质量情况而定。

ϕ_p 和 ϕ_s 之值经凑整后以9.2.3.4b项的形式“ $q = \phi_p / \phi_s$ ”给定。若 ϕ_s 就是零件的有效孔径，则 ϕ_s 不必写出，也不用凑整，而以9.2.3.4a项的形式“ $q = \phi_p$ ”给定。

9.3.1.4 对外观审视时容易见到气泡的光学零件，从审美的观点出发，在已保证光学性能的条件下，还可以将气泡的直径限制得更小、数量限制得更少。根据用户或设计人员的意愿，以9.2.3.1和9.2.3.4的方式给定，但应当注意光学材料供应的可能性和经济性。

9.3.1.5 内部不通过光线的光学零件（例如外反射的反射镜），一般不必规定零件的气泡度，但应根据出现磨通的气泡影响工作面表面疵病的可能性来给定毛坯气泡度。

9.3.2 毛坯气泡度的给定

毛坯气泡度的给定是为了保证光学零件，能满足零件气泡度的要求，从而保证光学性能。同时考虑到毛坯能供应所需质量的可能性和经济性，

9.3.2.1 光学零件气泡度要求的气泡直径小于0.05mm时，对毛坯的要求给定为能提供的最高等级。

9.3.2.2 对气泡度按直径大小和数量要求的光学零件，毛坯的“类”应定为与零件要求的气泡直径 d_p 最接近而不大于零件的气泡直径。

设一个零件允许的气泡数为 N 。（未规定数量的 $N_0 = 1$ ），一个零件的重量为 M 千克，则一千克光学材料允许的气泡数 N 按下式计算：

$$N = \frac{N_0}{2M} \quad (2-3)$$

以求出的 N 值与毛坯气泡度的级（每千气泡数）比对，以最接近或最好小于 N 的级给定。

若毛坯气泡度以每100cm³范围内所含气泡总面积分级，设一个零件的体积为 V_0 立方厘米，则毛坯每100cm³所允许的气泡总面积 S 按下式计算：

$$S = 40 \frac{\phi_p^2}{V_0} \quad (2-4)$$

以求出的 S 值与毛坯气泡度的级（每100cm³含气泡总面积）比对，以最接近或最好小于 S 的级给定。

9.3.2.3 对以“ $q = d_p / \phi_s$ ”或“ $q = \phi_p / \phi_s$ ”或“ $q = \phi_p [d_p] : \phi_s$ ”的方式规定气泡度的光学零件，首先以 d_p 或与 d_p 接近而较小的直径值规定毛坯气泡度的“类”（允许的气泡直径），若只规定 ϕ_p 的，则以 ϕ_p 作为 d_p 来定毛坯气泡度的“类”。

设该零件的有效孔径为 D_0 ，则上述前两个标注式的零件毛坯一千克光学材料允许的气泡数 N 按下式计算：

$$N = \frac{D_0}{2\phi_s M} \quad (2-5)$$

使用9.2.3.4中b项的标注式时（以 d_p 定“类”）

$$N = \frac{D_0}{2\phi_s M} \left(\frac{\phi_p}{d_p} \right)^2 \quad (2-6)$$

若毛坯气泡度以每100cm³的毛坯中所含的气泡面积分级, 则毛坯每100cm³所允许的气泡总面积 S 按下式计算:

$$S = 40 \frac{D_0}{\phi_s V_0} \phi_p^2 \quad (2-7)$$

以求出的 S 值与毛坯气泡度的级 (每100cm³毛坯的气泡总面积) 比对, 以最接近或最好小于 S 的级给定。

9.3.2.4 以上(2-3)、(2-5)和(2-6)式中的 M 一般限于 M 小于1的情况; (2-4)和(2-7)式中的 V_0 限于 V_0 小于100的情况, 若 M 大于1或 V_0 大于100, 已没有毛坯切削所引起的气泡分配问题, 若所需毛坯特别大时, 得特殊规定、特殊定货。

若零件较大, 按比例会允许气泡总面积 ϕ_p 较大, 为了减小气泡直径和使气泡分散, 可用“ $q = d_p \times N_0$ ”、“ $q = d_p / \phi_s$ ”或“ $q = \phi_p / \phi_s$ ”的方式给定, 这里 ϕ_s 不是实际光束直径, 只是安排任意两个气泡中心的最短距离, 气泡不致密集。

9.3.2.5 计算结果, 若发现零件气泡度与毛坯气泡度不能互相适应, 可以调整两者的要求。

10 光学零件表面疵病 (GB ×××—××)

单个光学零件完工后的抛光表面需要按光学零件图上“对零件的要求”栏中的表面疵病进行检验。新国标GB ×××—××规定了光学零件表面疵病术语、符号、代号、划分、标注方法、麻点和擦痕的转换、密集等。下面分别进行介绍。

10.1 术语、符号、代号

10.1.1 表面疵病 B

表面疵病系指麻点, 擦痕, 开口气泡, 破点及破边。

10.1.2 级数 J

级数 J 表征表面疵病大小, 它由 $J = \sqrt{M}$ 计算而得, 式中 M 为表面疵病的面积, 单位 mm^2 , 正方形表面疵病其边长即为级数 J 。

10.1.3 个数 G

G 为允许表面疵病数目。

10.2 划分

划分系指较大级数的表面疵病允许用若干个具有较小级数的表面疵病来代替, 但它们的面积之和不超过原级数的表面疵病面积。根据需要, 表面疵病也可以不允许划分。表2-33是表面疵病级数与疵病个数换算系数表。

例: 对级数 $J = 0.63$ 的3个表面疵病按表2-33进行划分:

全部划分:

若用换算系数1, 则 $3 \times 1 = 3$; 允许3个表面疵病, 它们的级数 $J = 0.63$, 若用换算系数2.5, 则 $3 \times 2.5 = 7.5$, 取整数8, 允许8个表面疵病, 在表2-33中可查得相应的级数 $J = 0.4$ 。即可划分为级数 $J = 0.4$ 的8个表面疵病。

部分划分:

将其中一个表面疵病进行划分, 而其余二个表面疵病保留原级。

若用换算系数6.3, 则 $1 \times 6.3 = 6.3$, 取整数6, 在表2-33中可查得相应的级数 $J = 0.25$, 即可划分为级数 $J = 0.63$ 的2个表面疵病和级数 $J = 0.25$ 的6个表面疵病。

再划分一个原级疵病, 仅保留一个原级疵病。

若用换算系数16, 则 $1 \times 16 = 16$, 在表2-33中可查得相应的级数 $J = 0.16$ 。即可划分为级数 $J =$

表面疵病与个数换算系数

表 2—33

疵病个数换算系数	1	2.5	6.3	16	40
级数 <i>J</i>	0.0063	0.004	—	—	—
	0.01	0.0063	0.004	—	—
	0.016	0.010	0.0063	0.004	—
	0.025	0.016	0.010	0.0063	0.0040
	0.04	0.025	0.016	0.010	0.0063
	0.063	0.040	0.025	0.016	0.010
	0.10	0.063	0.040	0.025	0.016
	0.16	0.10	0.063	0.04	0.025
	0.25	0.16	0.10	0.063	0.04
	0.40	0.25	0.16	0.10	0.063
	0.63	0.40	0.25	0.16	0.10
	1.0	0.63	0.40	0.25	0.16
	1.6	1.0	0.63	0.40	0.25
	2.5	1.6	1.0	0.63	0.40
	4.0	2.5	1.6	1.0	0.63
	6.3	4.0	2.5	1.6	1.0
10	6.3	4.0	2.5	1.6	

注：①表面疵病原级数个数乘疵病个数换算系数等于划分后的级数个数（结果应化为整数）；
 ②级数公比数为1.6，疵病个数换算系数公比数为2.5；
 ③级数小于0.004和擦痕宽度小于0.0005mm的疵病不作考核；
 ④开口气泡和破点均当作麻点处理；
 ⑤不允许将表面疵病划分为多于40个小表面疵病。

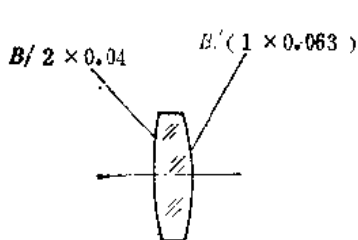
0.63的1个表面疵病，级数 $J = 0.25$ 的6个表面疵病和级数 $J = 0.16$ 的16个表面疵病。

10.3 标注方法

10.3.1 一般标注

10.3.1.1 表面疵病的代号为*B*，其值由式 $G \times J$ 表示，表面疵病一般标注为 $B/G \times J$ 。

10.3.1.2 不允许划分的表面疵病，其值加括号（ ），见图2—15。



表面疵病 $B/G \times J$ 可以用引出线在图中表示，见图2—16；也可填在“对零件要求”表格栏中。

10.3.1.3 对表面疵病如有特殊要求，可在技术文件中另行规定。

10.3.2 分区的标注

分区系指光学零件表面疵病要求不同的区域，对有分区要求的圆形零件和非圆形零件图上划出范围线并标注尺寸，范围线用细实线，见图2—16和图2—17。

图 2—15 不允许划分的表面疵病标注

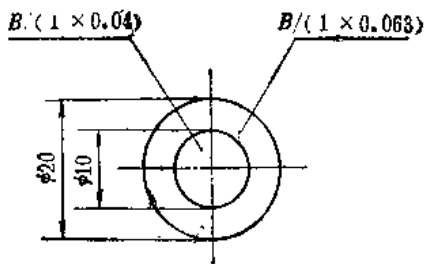


图 2—16 表面疵病分区标注

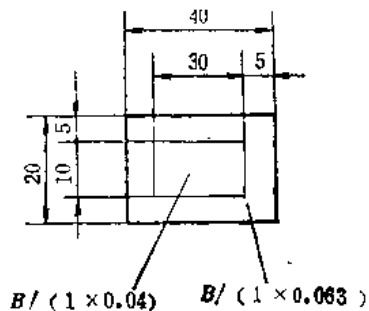


图 2—17 表面疵病分区标注

10.3.3 擦痕

除已定疵病外，允许有任意长度的擦痕，则应在表面疵病一般标注后附加标注符号 *C*，擦痕的数目和允许最大宽度的数值，并用分号分开（见表2—34）。

擦痕数目和允许最大宽度的数值

表 2—34

$B/3 \times 0.25; C2 \times 0.01$	带有擦痕的表面疵病标注
B	表面疵病代号
3	未划分的表面疵病数
0.25	级数
C	任意长度的擦痕符号
2	允许擦痕数
0.01	允许擦痕宽度

10.3.4 破边

零件表面有效孔径以外的疵病，若不影响零件在镜框中的牢固性，密封性，成像质量，则允许存在，凡发展性的疵病不允许存在。

破边的标注方法是在表面疵病一般标注后附加标注符号 *P* 和破边的径向尺寸，其间以分号分开（见表2—35）

破边的标注

表 2—35

$B/8 \times 0.4; P0.5$	带有破边的表面疵病标注
B	表面疵病代号
8	未划分的表面疵病数
0.4	级数
P	破边符号
0.5	破边径向尺寸

10.4 麻点和擦痕的转换

麻点可以按面积转换成擦痕。

例： $B/3 \times 0.16$ 将其中一个麻点转换成不同长度的擦痕，见表2—36

麻点与擦痕的转换

表 2—36

麻 点 级 数	擦 痕		面 积 mm ²	说 明
	长 度 mm	宽 度 mm		
0.16	0.25	0.10	0.025	3个疵病：2个0.16的点，1条0.25×0.1的擦痕
0.16	0.4	0.063	0.025	3个疵病：2个0.16的点，1条0.4×0.063的擦痕
0.16	0.63	0.04	0.025	3个疵病：2个0.16的点，1条0.63×0.04的擦痕
0.16	16	0.0016	0.025	3个疵病：2个0.16的点，1条16×0.0016的擦痕

10.5 密集

表面疵病不允许密集，密集系指在4%的检验面积范围内，在圆形检查区相应于1/5直径范围内，不超过2个表面疵病数或不超过所有表面疵病数的1/5。

11 表面粗糙度 (GB 1031—83)

11.1 名词定义

11.1.1 轮廓算术平均偏差：在取样长度 l 内轮廓偏离绝对值的算术平均值。见图2—18。其符号为“ R_a ”。

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx$$

或近似为：

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$$



图 2—18 轮廓算术平均偏差

参数“ R_a ”在旧国标GB 1031—68中早已被采用。“ R_a ”是目前世界各国评定表面粗糙度所普遍采用的一个参数。

11.1.2 微观不平度十点高度：在取样长度内5个最大的轮廓峰高的平均值与5个最大的轮廓谷深的平均值之和。见图2—19其符号为“ R_z ”。参数“ R_z ”在旧国标GB 1031—68中也被采用。

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 y_{pi} + \sum_{i=1}^5 y_{vi}}{5}$$

式中 y_{pi} 为第 i 个最大的轮廓峰高； y_{vi} 为第 i 个最大的轮廓谷深。

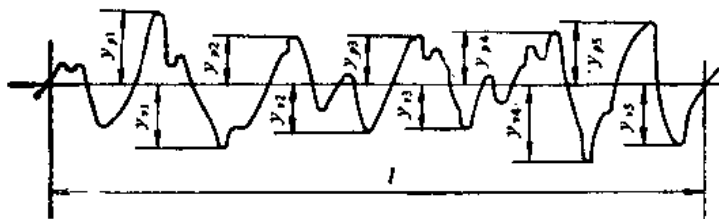


图 2—19 微观不平度十点高度

11.2 表面粗糙度的代（符）号及其注法

新国标GB 131—83《机械制图 表面粗糙度代号及其注法》规定了零件表面粗糙度代（符）号及其在图样上的注法。

图样上所标注的表面粗糙度代（符）号，是表示该表面加工完毕后的要求。若仅需要加工，但对表面粗糙度的其它规定没有要求时，可以只注表面粗糙度符号。

11.2.1 零件表面粗糙度的符号

零件表面粗糙度的符号见表2—37。

符号	意 义
✓	基本符号, 单独使用这符号是没有意义的
▽	基本符号上加一短划, 表示表面粗糙度是用去除材料的方法获得, 例如: 车、铣、钻、磨、剪切、抛光、腐蚀、电火花加工等
⊿	基本符号上加一小圆, 表示表面粗糙度是用不去除材料的方法获得, 例如: 铸、锻、冲压变形、热轧、冷轧、粉末冶金等。或者是用于保持原供应状况的表面 (包括保持上道工序的状况)

表面粗糙度符号的画法见图2—20。

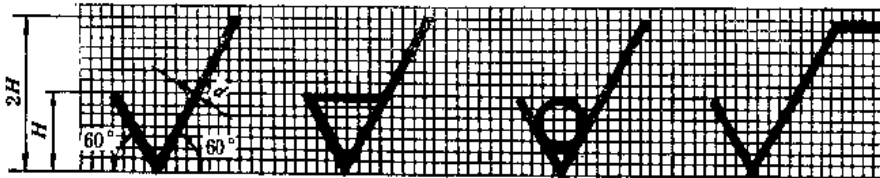


图 2—20 表面粗糙度符号的画法

11.2.2 表面粗糙度高度参数的标注

(1) 轮廓算术平均偏差 R_a 在代号中用数值表示 (单位为微米), 规定写在表面粗糙度符号长边的左边, 不需标出参数符号 R_a , 其标注方法见表2—38。

R_a 的标注方法

表 2—38

代 号	意 义
3.2 / ✓	用任何方法获得的表面, R_a 的最大允许值为 $3.2\mu\text{m}$
3.2 / ▽	用去除材料方法获得的表面, R_a 的最大允许值为 $3.2\mu\text{m}$
3.2 / ⊿	用不去除材料方法获得的表面, R_a 的最大允许值为 $3.2\mu\text{m}$
3.2 / 1.6 / ▽	用去除材料方法获得的表面, R_a 的最大允许值为 $3.2\mu\text{m}$, 最小允许值为 $1.6\mu\text{m}$





(2) 轮廓微观不平度十点高度 R_z 、轮廓最大高度 R_y 在代号中用参数符号 R_z 或 R_y 及其数值, 按规定写在表面粗糙度符号长边的左边, 其标注方法见表2—39。

11.2.3 镀涂或其它表面处理的要求, 也可以标注在符号长边的横线上。

需要表示镀涂或其它表面处理后的表面粗糙度值时, 其标注方法见图2—21(a)。

需要表示镀涂前的表面粗糙度值时, 应另加说明, 见图2—21(b)。

若同时要求表示镀涂前及镀涂后的表面粗糙度值时, 其标注方法见图2—21(c)。

代号	意义
$R_y 3.2$ / 	用任何方法获得的表面, R_y 的最大允许值为 $3.2 \mu\text{m}$
$R_z 3.2$ / 	用不去除材料方法获得的表面, R_z 的最大允许值为 $3.2 \mu\text{m}$
$R_z 3.2$ / $R_y 1.6$ / 	用去除材料方法获得的表面, R_z 的最大允许值为 $3.2 \mu\text{m}$, 最小允许值为 $1.6 \mu\text{m}$
3.2 / $R_{y12.5}$ / 	用去除材料方法获得的表面, R_x 的最大允许值为 $3.2 \mu\text{m}$, R_y 的最大允许值为 $12.5 \mu\text{m}$

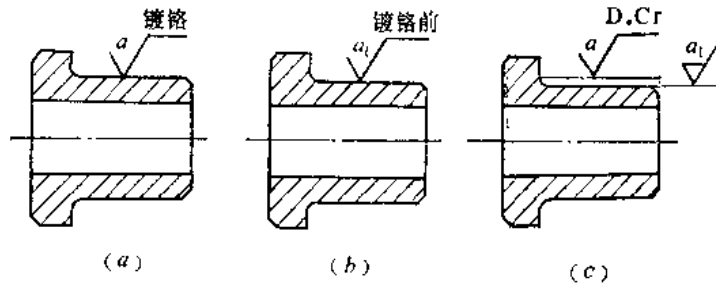


图 2-21 镀涂或其它表面处理的标注

11.3 表面粗糙度新旧国标的参数数值过渡表 (表2-40)

表面粗糙度新旧国标的参数数值过渡表 μm

表 2-40

级 别	R_a			R_z		
	原最大允许值 (为新国标第 2 系列)	新最大允许值 (为新国标第 1 系列)		原最大允许值 (为新国标第 2 系列)	新最大允许值 (为新国标第 1 系列)	
		I	II		I	II
$\nabla 1$	80	100	50	320	400	200
$\nabla 2$	40	50	25	160	200	100
$\nabla 3$	20	25	12.5	80	100	50
$\nabla 4$	10	12.5	6.3	40	50	25
$\nabla 5$	5	6.3	3.2	20	25	12.5
$\nabla 6$	2.5	3.2	1.60	10	12.5	6.3
$\nabla 7$	1.25	1.60	0.80		6.3	
$\nabla 8$	0.63	0.80	0.40		3.2	
$\nabla 9$	0.32	0.40	0.20		1.60	
$\nabla 10$	0.16	0.20	0.100		0.80	
$\nabla 11$	0.08	0.100	0.050		0.40	
$\nabla 12$	0.04	0.050	0.025		0.20	
$\nabla 13$	0.02	0.025	0.012		0.10	
$\nabla 14$	0.01	0.012	—		0.05	

注① 标准规定要优先选用第 I 系列。

② R_a 为轮廓算术平均偏差; R_z 为微观不平度十点高度。

12 光学分划零件技术要求

12.1 分划板和分划板保护镜尺寸系列 (WJ1347—82)

WJ 1347—82标准适用于圆平行平面分划板和分划板保护镜, 也适用于分辨率板、星点板等圆平行平面分划元件和保护镜。

分划板和分划板保护镜的尺寸应符合表2—41规定。

分划板和分划板保护镜尺寸 (mm)

表 2—41

直 径 D		厚 度 d				
分 划 板 (f9)	分划板保护镜 (b11)	分 划 板			分划板保护镜	
		基本尺寸		极限偏差	基本尺寸	极限偏差
		I 系列	II 系列			
[5] (5.2) 5.5 (5.8) [6]		1	2	±0.2	1	±0.2
(6.5) [7] (7.5) [8] (8.5) [9] (9.5) [10]		1.5				
(10.5) [11] (11.5) [12] 13 [14] 15 [16] 17 [18]		2	3	±0.3	1	±0.2
19 [20] (21) [22] 24 [25] 26 [28] 30		2.5	4			

续表 2-41

直 径 D		厚 度 d				
分划板 (F9)	分划板保护镜 (b11)	分 划 板			分划板保护镜	
		基本尺寸		极限偏差	基本尺寸	极限偏差
		I 系列	II 系列			
[32] 34 [36] 38 [40] 42 [45] 48 [50]		3	4	±0.3	2	
52 [55] 58 [60] 66 [70] 75 [80]		4			2.5	
85 [90] 95 [100] [105] [110] [115] [120]				±0.5	3	
130 [140] 150 [160] 170 [180] 190 [200] [210] [220] 240 [250] 260		5			4	

- 注① 带方括号的尺寸应优先选用。
 ② 带圆括号的尺寸应尽量不选用。
 ③ 厚度 II 系列一般用于径向照明分划板。

12.2 光学分划零件通用技术条件 (GB1784—79)

GB 1784—79标准适用于玻璃分划板(镜)、刻尺和度盘上线条的技术条件,不适用于光栅、编码盘和分辨率板等分划零件。

12.2.1 分划线条

(1) 分划线宽度公差和同一零件上公称宽度相同的分划线彼此间宽度不均匀性,不应超过表2—42中的规定。

公称宽度		-0.003	>0.003—0.007	>0.007—0.012	>0.012—0.02	>0.02—0.03
1 级	公差	±0.0005	±0.001	±0.0015	±0.0025	±0.004
	不均匀性	0.0005	0.001	0.0015	0.0025	0.004
2 级	公差	±0.001	±0.0015	±0.003	±0.005	±0.007
	不均匀性	0.001	0.0015	0.003	0.005	0.007
公称宽度		>0.03—0.05	>0.05—0.08	>0.08—0.12	>0.12—0.2	>0.2
1 级	公差	±0.006	±0.01	±0.015	±0.02	±线宽的10%
	不均匀性	0.006	0.008	0.01	0.015	线宽的10%
2 级	公差	±0.01	±0.015	±0.02	±0.03	±线宽的15%
	不均匀性	0.01	0.012	0.015	0.02	线宽的15%

(2) 分划线长度公差不应超过表2—43的规定。

公称长度	-0.2	>0.2—0.5	>0.5—1.0	>1.0—10	>10—20	>20
公差	±0.01	±0.03	±0.05	±0.10	±0.20	±线长的2%

(3) 在视场内可同时观察到的一组分划线列(指游标、带尺等)。各分划线的一端应处在同一连线上,其允许偏差按下述规定。

各分划线与端点连线的不垂直度应不大于 $3'$ 。

a. 当无干线时,各线端之间最大偏差距离不应超过分划线的宽度(见图2—22)

b. 当有干线时,各线端与干线未相交的断缝距离不应超过分划线的宽度,但不允许线端穿越干线(见图2—23)

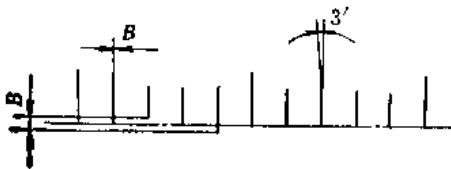


图 2—22

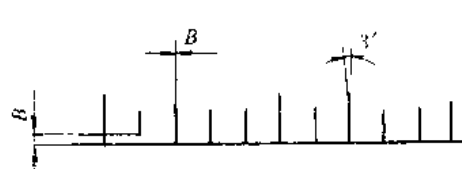


图 2—23

(4) 十字线或由虚线、点组成的十字线对交叉点的不对称度($A_1—A_2$)不应超过十字线长度 A 的3%(见图2—24)

虚线或点的中心线应处于同一直线上,其允许偏差不应超过线宽(或点的直径)的五分之一,但不

得大于0.01mm (见图2-25)

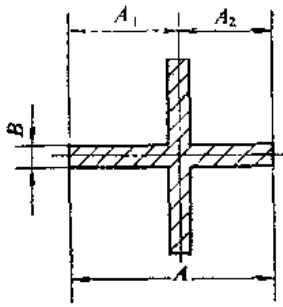


图 2-24

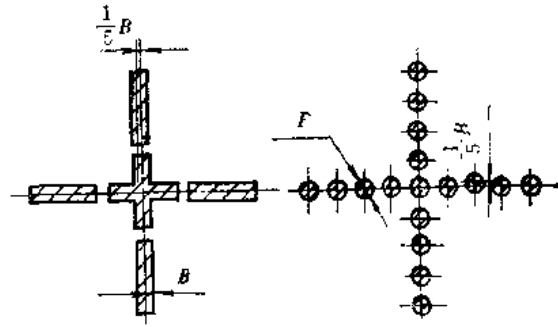


图 2-25

(5) 线条和交叉线条任何部分宽度的变动不应超过线宽的二分之一, 但不得大于0.01mm, 变动的长度或断缝不应超过线宽, 但也不得大于0.02mm。

(6) 线条宽度的均匀变动(即楔形、鼓形等)和线条的弯曲, 不应超过线宽的三分之一, 但不得大于0.01mm。

对于线条长度小于等于1mm时, 不应存在上述线条疵病。

(7) 线条上的麻点疵病(即透光或不透光点), 各麻点最大直径之和, 当超过线条断缝要求时, 按一个断缝考核。

(8) 按该标准(3)至(7)条允许的各种疵病在零件上的总数量分为三个等级, 各等级疵病总数应不超过表2-44的规定。

疵病等级

表 2-44

零件上线条的总数量 (条)		—20	>20—50	>50—100	>100
线条疵病的总数量 (个)	0级	0	1	1	线条总数的1%
	1级	2	3	5	线条总数的5%
	2级	4	6	10	线条总数的10%

12.2.2 字型和符号笔划线

(1) 字型和符号笔划线宽度公差和同一零件上公称宽度相同的笔划线彼此间宽度不均匀性, 不应超过表2-45的规定。

字型和笔划线宽度公差 (mm)

表 2-45

公称宽度	—0.007	>0.007—0.012	>0.012—0.02	>0.02—0.03	>0.03—0.05
公差	±0.002	±0.003	±0.005	±0.007	±0.01
不均匀性	0.002	0.003	0.005	0.007	0.01
公称宽度	>0.05—0.08	>0.08—0.12	>0.12—0.2	>0.2—0.4	>0.4
公差	±0.015	±0.02	±0.03	±0.04	±线宽的15%
不均匀性	0.015	0.02	0.03	0.04	线宽的15%

(2) 字型和符号应按GB1785—79《光学仪器的字型和符号》的规定。字型和符号的高度与宽度尺寸偏差为其公称尺寸的15%，同一零件上尺寸的不均匀性为其公称尺寸的10%。

(3) 一组数字的中心相对被标线条中心的偏差，按下述规定：

a. 当被标线条对准数字时，在字宽方向上的偏差不应超过该数字宽度的四分之一；或在字高方向上的偏差不应超过该数字高度的五分之一。

b. 当被标线条对准二个数字的内侧间隔时，偏差不应超过间隔的三分之一。

数字彼此之间和数字与分划线之间，在实际使用条件下观察不应有显著的歪斜、间距差和高低不齐。

(4) 在同一视场内一排（或一行）数字中心的连线相对被标线条端点连线的不平行度应不大于5′，但在全长上不应超过0.03mm。

(5) 字型和符号的线条疵病按该标准规定，任何部分宽度的变动不应超过线宽的二分之一，变动的长度或断缝不应超过线宽。

(6) 按上述(5)规定允许的线条疵病在零件上的总数量不应超过表2—46的规定。

线条疵病总数量规定

表 2—46

字型和符号的总数量	—20	>20—40	>40—60	>60—100	>100—200	>200—400	>400—600	>600
线条疵病的总数量	2	3	5	8	12	18	26	字型和符号总数的5%

12.2.3 线条的光学密度和一般要求

分划线和笔划线及不透光底面的光学密度不应低于表2—47的规定。

线条的光学密度规定

表 2—47

线条被放大的总倍数（倍）	—40	>40
线条的光学密度	1.4	1.6
不透光底面的光学密度	2.0	
备 注	线宽<0.003mm为1.2	

注：① 不包括直接刻划不上色线条及彩色和发光线条的要求。

② 光学密度的定义：

$$S = \lg \frac{I_0}{I}$$

式中S为光学密度； I_0 为没有线条部分通过的光能量； I 为线条上透过的光能量。

12.3 光学零件用刻线填料（WJ 416—65）

本标准适用于填充光学仪器的玻璃零件（分划板、度盘、水准器）上的线条，字型及符号上的刻线所用的填料。

12.3.1 定义和用途

填料是一种由颜料和粘剂混合而成的物质。用于填充玻璃零件上的刻线，以使刻线具有所需的颜色和光学密度，增加刻线的衬度和读数的清晰度。

12.3.2 分类

填料按其颜色和填充刻线的宽度分为表2—48中四种。

12.3.3 技术条件

(1) 填料填入刻线后应具有稳定的颜色，在透射光中应为黑色或黑褐色，在反射光中根据填料的

填料分类和填充刻线宽度 (mm)

表 2—48

种 类	颜 色	主 要 成 分	填充时用的粘结剂	适用于刻线的填充宽度
1号	白 色	氧化锌	水 玻 璃	0.065—0.1
2号	黑 色	氧化铜或氧化锰	水 玻 璃	0.005—0.1
3号	红 色	氧化铅 (铅丹)	水 玻 璃	0.01—0.5
4号	黑 色	经熬制的生漆及石墨粉	—	0.002—0.005

牌号, 应有不被杂色所调的白色或红色。

(2) 填充在玻璃上后, 加温到70—120℃时, 不应产生肉眼可见的颜色变暗的现象, 用手指摩擦不应脱落。

(3) 干涸的填料在温度+50℃时不应熔化和变污。

13 光学零件镀膜

13.1 光学零件薄膜的分类、符号及标注 (GB 1315—77)

该标准适用于镀在光学零件 (除分划板和光栅) 表面上的各种薄膜的分类、符号及标注。

13.1.1 薄膜的分类、符号

(1) 薄膜按其用途分为表2—49中几类:

薄 膜 分 类

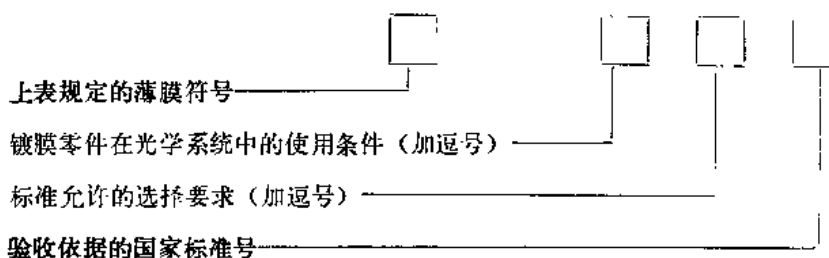
表 2—49

序 号	种 类	图 示 符 号
1	增 透 膜	⊖
2	反 光 膜	内反光膜
		外反光膜
3	分 光 膜	∩
4	滤 光 膜	∩
5	偏 振 膜	∩
6	保 护 膜	⊕
7	电 热 膜	⊕

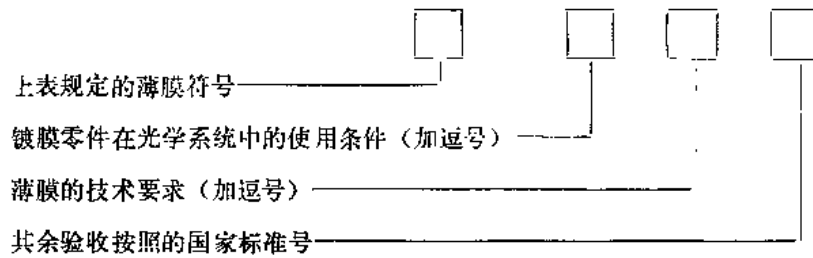
(2) 薄膜按其结构可分为单层、双层、三层和多层膜。

13.1.2 薄膜在图上的编写

(1) 对已定国家标准的薄膜按下列方式填写。



(2) 对暂无国家标准的薄膜按下列方式填写。



13.1.3 薄膜在图纸上的标注

(1) 对已定国家标准的薄膜。当标准尚未规定使用条件和允许有选择指标时, 应标注使用条件和选择指标, 然后标注相应标准号; 当标准已规定使用条件, 且不允许有选择指标时, 标注相应标准号。

增透膜:

a. 对于单层氟化镁及双层二氧化钛加二氧化硅和一氧化硅加氟化镁的增透膜, 应标注中心波长 λ_0 。

例如: $\oplus \lambda_0 = 500\text{nm}$ GB 1316—77

b. 对于三层水解法镀二氧化钛和二氧化硅及其混合物的增透膜标准, 已规定使用条件和选择指标, 则标注相应标准号。

例如: \oplus GB 1319—77

反光膜:

a. 对铝加一氧化硅和铝加三氧化二铝及银加铜加漆保护的反光膜应标注使用入射光线的入射角 α 。

例如: $\odot \alpha = 45^\circ$, GB 1320—77

b. 对氟化镁、硫化锌多层高反射膜, 标准已定使用条件和某项选择指标, 则标注相应的标准号。

例如: \odot GB 1324—77

(2) 对于干涉滤光膜(银、氟化镁、银和氟化镁、硫化锌)应标注最大透射波长 λ_0 和半宽度 $\delta\lambda_{0.5}$ 。

例如: $\ominus \lambda_0 = 456.1 \pm 10.0\text{nm}$, $\delta\lambda_{0.5} \leq 9.0\text{nm}$, GB 1330—77

(3) 对暂无国家标准(包括有标准而有特殊要求和特定使用条件)的薄膜, 其标注按第13.1.2中的第2格式填写。

例如:

当斜光束射入增透膜时, 需标注其入射角 α 及其对应的反射率 R 。

$\oplus \alpha = 45^\circ$, $\lambda = 500\text{nm}$, $R = 21\%$, 其余按照GB 1316—77验收。

当设计要求反射率 R 超过某标准规定值时, 应标注反射率值 R 。

$\odot \alpha = 45^\circ$, $R \geq 90\%$, 其余按照GB 1320—77验收。

当入射角为 45° 时, 要求偏振度为99.5%, 透射率不低于45%的偏振膜。

$\ominus \alpha = 45^\circ$, $P = 99.5\%$, $T \geq 45\%$, 其余按照GB 1328—77验收。

(4) 在光学零件需镀膜的表面上应绘注图示符号。绘注方法按GB 1331—77《光学制图》的规定。

(5) 在同一图纸上有两处或两处以上同类薄膜而要求不同时, 图示符号应加注脚标, 分别注明技术要求, 以示区别。脚标用阿拉伯数字标注。

13.2 常用膜层

13.2.1 减反射膜(详见GB 1316—88)

本标准适用于镀在光学玻璃(折射率 n 为1.45—1.90)零件上的减反射膜。

13.2.1.1 分类: 单层减反射膜、双层减反射膜、宽带减反射膜

13.2.1.2 镀膜后零件的光学性能

(1) 单层减反射膜中心波长 λ_0 在光谱的可见区内选定。在波长 $0.8\lambda_0$ — $1.12\lambda_0\text{nm}$ 上, 镀膜后零件表面中心的反射比 R 不超出图2—26所示曲线。当波长 $0.8\lambda_0$ 小于400nm时, 取400nm为限; 当波长 $1.12\lambda_0$ 大

于700nm时, 取700nm为限。

(2) 双层减反射膜中心波长 λ_0 在光谱的可见区内选定。在中心波长 λ_0 处镀膜后零件表面中心的反射比 R , 按图2-27所示不大于0.3%。

(3) 宽带减反射膜镀膜后零件中心允许的最大反射比 R_{\max} 和平均反射比 \bar{R} 按图2-28所示。

a. 在波长 $\lambda_1 - \lambda_1 + \Delta\lambda$ nm范围内, 最大反射比 R_{\max} 不大于0.8%, $\Delta\lambda$ 不小于220nm, λ_1 、 $\lambda_1 - \Delta\lambda$ 在光谱的可见区内选定。

b. 在425—675nm波段内的平均反射比 \bar{R} 不大于0.5%。

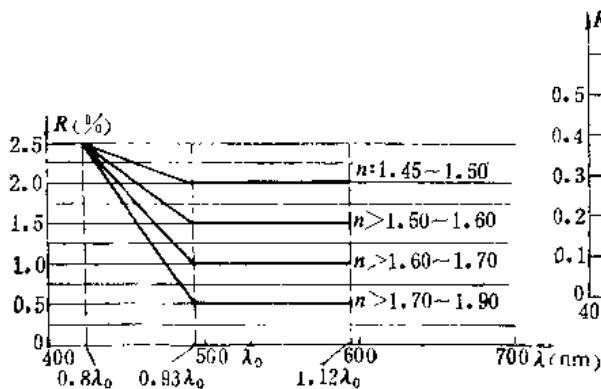


图 2-26 单层减反射膜反射比曲线

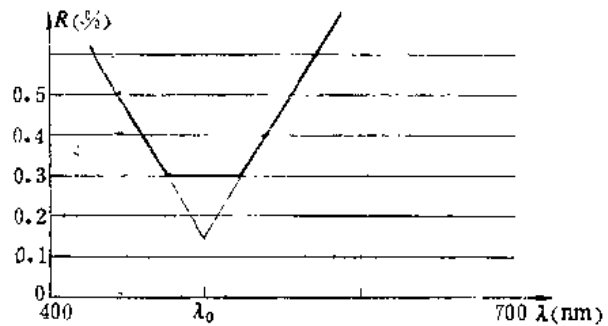


图 2-27 双层减反射膜反射比曲线

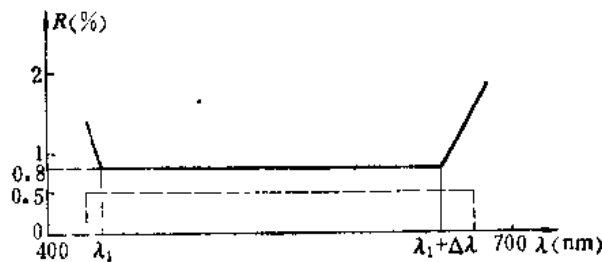


图 2-28 宽带减反射膜反射比曲线

c. 均匀性: 单层减反射膜和宽带减反射膜零件表面有效孔径内边缘与中心的反射比偏差 不大于 0.3%。

13.2.2 水解法镀双层减反射膜 (详见GB 1318—88)

本标准适用于正钛酸乙酯和正硅酸乙酯溶液用水解法镀在光学玻璃零件上的双层减反射膜。

镀膜后零件的光学性能

(1) 反射比: 中心波长 λ_0 在光谱的可见区内选定。镀膜后零件表面中心在波长 $0.9\lambda_0 - 1.1\lambda_0$ 范围内任何波长处的垂直反射比不大于1%。

(2) 均匀性: 零件表面有效孔径的边缘与中心的反射比偏差不大于0.3%。

13.2.3 内反射膜 (详见GB 1322—88)

本标准适用于镀在光学玻璃零件上加有保护层的银或铝内反射膜, 用其他材料镀制而成的内反射膜可作相应参考。

内反射膜的分类及镀膜后零件的光学性能见表2-50。

13.2.4 外反射膜 (详见GB 1320—88)

本标准适用于镀在光学零件上有保护膜的外反射膜, 用其他材料镀制而成的外反射膜可作相应参考。

外反射膜的分类及镀膜后零件的光学性能见表2-51。

内反射膜分类及镀膜后零件的光学性能

表 2—50

分 类	镀膜后零件的光学性能	
	白光反射比 R 不小于%	最小光谱反射比 R _{min} 不小于%
真空镀膜内反射膜	90	80
溶液沉淀法镀膜内反射膜	88	78
真空镀膜内反射膜	85	80

注：①对光谱反射比有要求的，在400—700nm波段上最小反射比 R 按此规定。

外反射膜的分类及镀膜后零件的光学性能

表 2—51

分 类	光谱反射比		白光反射比不小于%
	波段 nm	最小反射率 R 不小于%	
镀铝加介质保护膜用于可见光谱区域	400—420	82	87
	>420—700	86	
镀铝加介质保护膜用于紫外—可见光谱区域	200—800	80	

13.2.5 截止滤光膜 (详见GB 10218—88)

本标准适用于镀在光学玻璃零件上的截止滤光膜。

(1) 分类

- a. 长波截止滤光膜 (图2—29)
- b. 短波截止滤光膜 (图2—30)

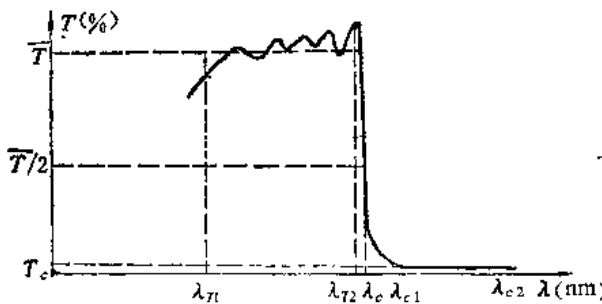


图 2—29 长波截止滤光膜

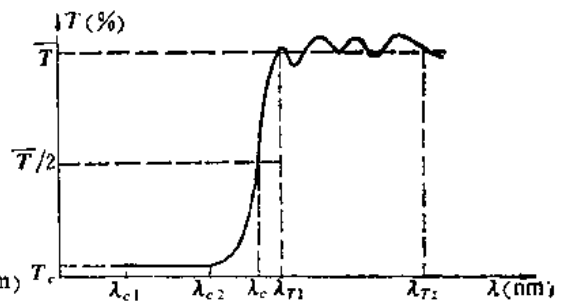


图 2—30 短波截止滤光膜

(2) 镀膜后零件的光学性能

- a. 截止波长 λ_c 规定为透射比是平均透射比 \bar{T} 的 50% 所对应的波长见图 2—29、图 2—30，应在产品标准和技术规范中规定。
- b. 截止区域 $\lambda_{c1}—\lambda_{c2}$ 应在产品标准和技术规范中规定。
- c. 截止区域最大透射比 T_c 按图 2—29、图 2—30 所示不大于 0.5%。
- d. 透射区域 $\lambda_{T1}—\lambda_{T2}$ 应在产品标准和技术规范中规定。
- e. 透射区域的平均透射比 \bar{T} 按表 2—52 规定。

13.2.6 窄带干涉滤光膜 (详见GB 1330—88)

本标准适用于镀在光学零件上的通用型窄带干涉滤光膜，按技术要求的高、低分为三类。

透射区域的平均透射比 \bar{T}

表 2—52

长波截止滤光膜		短波截止滤光膜	
截止波长 $\lambda_c(\text{nm})$	透射区域平均透射比不小于%	截止波长 $\lambda_c(\text{nm})$	透射区域平均透射比不小于%
500—900	75	400—700	80
900—1500	70	700—1100	80
1500—2500	65	1100—1800	75
		1800—2500	75

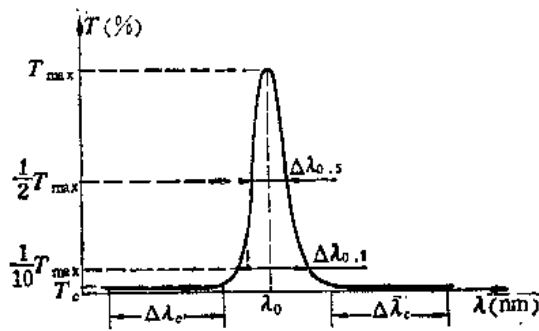


图 2—31

比为 T_c ，见图2—31。

(3) 镀膜后零件的光学性能

a. 中心波长 λ_0 在光谱的可见区内选定，中心波长偏差 $\Delta\lambda_0$ 和相对半宽度 RHW应在产品标准或技术规范中规定。

b. 各类窄带滤光片的相对半宽度RHW和其余要求按表2—53规定。

窄带滤光片的RHW和其余要求

表 2—53

第 I 类窄带滤光片				第 II 类窄带滤光片					第 III 类窄带滤光片				
RHW为3%—2%				RHW为2%—1%					RHW为1%—0.5%				
$\Delta\lambda_c$ nm		T_c 不大于%	T_{max} 不小于%	$\Delta\lambda_c$ nm		T_c 不大于%	η 不大于	T_{max} 不小于%	$\Delta\lambda_c$ nm		T_c 不大于%	r 不大于	T_{max} 不小于%
短波限	长波限			短波限	长波限				短波限	长波限			
350	800	1	30	350	800	0.5	3	50	350	800	0.1	3	40
350	1000	1	30	350	1000	0.5	3	50	350	1000	0.1	3	40
350	2500	1	30	350	2500	0.5	3	50	350	2500	0.1	3	40
				350	800	0.1	3	50	350	800	0.1	1.7	30
				350	1000	0.1	3	50	350	1000	0.1	1.7	30
				350	2500	0.1	3	50	350	2500	0.1	1.7	30
				350	800	0.5	1.7	40					
				350	1000	0.5	1.7	40					
				350	2500	0.5	1.7	40					
				350	800	0.1	1.7	40					
				350	1000	0.1	1.7	40					
				350	2500	0.1	1.7	40					

13.2.7 中性滤光膜 (详见GB 1329—89)

本标准适用于镀在光学玻璃零件上的中性滤光膜。

(1) 镀膜后零件的光学性能

a. 白光光密度

计算白光光密度 D 的公式: $D = \log_{10}(1/\tau)$ 。式中 τ 为白光透射比。

白光光密度 D 及其偏差应在产品标准或技术规范中规定。

b. 中性程度

在400—700 (nm) 光谱区域内, 最大透射比与最小透射比之差 $\Delta\tau$ 应符合表2—54规定。

最大透射比与最小透射比之差 $\Delta\tau$

表 2—54

D	>1.10	$\leq 1.10-0.7$	$<0.7-0.4$	$<0.4-0.2$	$<0.2-0.1$
$\Delta\tau$	$\leq 3\%$	$\leq 4\%$	$\leq 5\%$	$\leq 6\%$	$\leq 8\%$

13.2.8 分束膜 (详见GB 10989—89)

本标准适用于镀在光学玻璃零件上把入射光分为一定比值的反射光和透射光的膜层。

13.2.8.1 分类及说明

(1) 单波长分束膜: 在选定波长上要求一定的反射比与透射比之比的膜层。

(2) 波段分束膜: 在选定波段上要求一定的反射比与透射比之比的膜层。

a. 选定波段和比值分束膜: 在选定波段上, 反射比与透射比之比为一定值的膜层。

b. 白光等比分束膜: 白光反射比与透射比之比为1的膜层。

13.2.8.2 镀膜后零件的光学性能

(1) 单波长分束膜应在产品标准或技术规范中规定所要求的 λ_0 、光线入射角 α 、反射比与透射比之比 ($\rho:\tau$) 及其偏差、反射比与透射比之和 ($\rho+\tau$) 和偏振特性等。

(2) 波段分束膜应在产品标准或技术规范中规定所要求的波段范围 $\Delta\lambda$ 、光线入射角 α 、反射比与透射比之比 ($\rho:\tau$) 及其偏差、反射比与透射比之和 ($\rho+\tau$) 和偏振特性等。

13.2.8.3 白光等比分束膜按下列技术要求

(1) 白光的反射比与透射比之比的偏差应不超过 ± 0.2 。

(2) 白光的反射比与透射比之和 ($\rho+\tau$) 按表2—55规定选用。

白光的反射比与透射比之和

表 2—55

型 式	全介质型	半透金属银型	半透金属铝型	半透金属铬型
$(\rho+\tau)\%$	≥ 98	≥ 88	≥ 76	≥ 58

(3) 膜层的中性程度指在420—700nm波段内的透射比最大值和最小值之差 $\Delta\tau$ 不应大于10%。

14 光学零件的胶合

14.1 胶合材料的种类

(1) 天然树脂光学胶: 常用的有加拿大胶、中国香胶、冷杉胶等。

(2) 合成树脂光学胶: 常用的有甲醇胶、环氧树脂胶、光敏胶等。

14.2 几种常用光学胶的性能指标

光学零件胶合的具体要求, 可见标准(WJ 290—65)、(WJ 291—65)及(WJ 1171—79)的规定。

现将几种常用胶的有关性能指标列于表2—56。

几种常用胶性能指标

表 2—56

胶种	性能指标	外观颜色	白光透过率 (厚度为 1cm)	20℃ 时折 射率 n_D	热膨胀系数 (1/℃)	收缩率 (%)	剪切强度 Pa	耐温、低温范 围 (℃)
天然树胶 (中国香胶)		浅黄色	93%	1.52—1.54	$(0.5—2.3) \times 10^{-4}$	6	22×10^6	+50—-10
光学环氧树脂胶 (KH-790)		浅黄或黄	92%	1.51—1.52	$(6—7) \times 10^{-4}$	5.9	$>16 \times 10^6$	+120—-70
光敏胶 (GBN-501)		无色或浅黄	92%	1.54—1.55	5.5×10^{-5}	4	18×10^6	+60—-60

14.3 胶合件胶层厚度值 (表2—57)

胶合件胶层厚度

表 2—57

胶合件直径(mm)	胶层厚度(mm)
≤20	0.005—0.02
>20—50	0.01—0.03
>50—100	0.01—0.04

15 光学零件外圆涂漆

为了减少或消除仪器中的漫射光，常在光学零件的非工作面、端面 and 倒边上涂黑色消光漆。对黑色消光漆的技术要求，见标准 (WJ 288—65)。

漆膜厚度一般不能超过 0.1mm。对于有配合尺寸或其它特殊要求的零件，漆膜的厚度应符合零件图的规定。涂漆后漆层不得透光。

第三章 平面反射镜及棱镜

第一节 平面反射镜

平面反射镜按反射面位置分为内反射面反射镜和外反射面反射镜两种。平面反射镜与棱镜相比,主要优点是重量轻,材料要求较低。但由于厚度较小,易变形而影响成像质量,因此对加工精度要求高,尤其对于内反射镜的楔形差(平行度)要求高,否则将产生双像差和色差,在会聚光束中还会产生其它像差。因此使用范围受到了一定的限制。

平面反射镜在装配和使用中应力及变形大,因此只用于大口径光学系统中,或者用于要求不太高的光学部件中,例如照明装置、照相机取景器、显微镜和绘图装置等。对于个别要求较高的地方,大多采用石英玻璃材料制造平面反射镜,以保证其精度。

平面反射镜厚度与口径的关系:为了满足平面反射镜表面精度的不同要求,其厚度与口径的关系可参考表3-1

平面反射镜厚度

表 3-1

特高精度平面反射镜 (如干涉仪、测距仪的端部反射镜等)	较高精度 (如观察与测量系统的反射镜)	一般要求 (如照明系统的反射镜)
$d \geq \frac{1}{5} L \sim \frac{1}{7} L$	$d \geq \frac{1}{8} L \sim \frac{1}{10} L$	$d \geq \frac{1}{10} L \sim \frac{1}{25} L$

注: d 为平面反射镜厚度; L 为平面反射镜的最大尺寸。

对于内反射面平面反射镜的最大尺寸 L 与厚度 d 的关系如下:

$$L = \frac{D}{\cos i} + \frac{2d \sin i}{\sqrt{n^2 - \sin^2 i}}$$

式中 D 为光束口径; i 为光线的入射角; n 为反射镜材料的折射率。

为消除内反射面平面反射镜产生的双像差和色差,对其平行度 θ 的要求应满足

$$\left(\frac{\sqrt{n^2 - \sin^2 i}}{\cos i} - 1 \right) \frac{2\theta}{l} \leq 20''; \quad 2(n_p - n_c) \theta D \leq \frac{\lambda}{4}$$

式中 l 为平面反射镜后光学系统的放大率。

第二节 反射棱镜光轴、光轴长度、光轴截面与光学平行度(GB 7660.1-87)

从本节开始,我们将介绍几个有关反射棱镜的国家标准。至于反射棱镜的成像性质、初级像差计算公式、判断棱镜系统成像方向的法则等,请读者参阅“应用光学”(袁旭沧主编,国防工业出版社1988年7月出版)及“光学设计”(袁旭沧主编,北京理工大学出版社1988年12月出版)等有关专著。GB 7660.1-87标准适用于反射棱镜(以下简称棱镜)的设计、制造与检验。

1 术语定义

1.1 棱镜光轴——光学系统光轴通过棱镜的部分。

例如图3—1中的 ABC 折线就是棱镜光轴。若将棱镜展开成等效平板，则棱镜光轴为直线。

1.2 光轴长度——棱镜光轴的几何总长度。对于光轴垂直入射面入射的棱镜，它相当于展开成等效平板的厚度。

例如图3—1中棱镜的光轴长度为： $AB + BC$

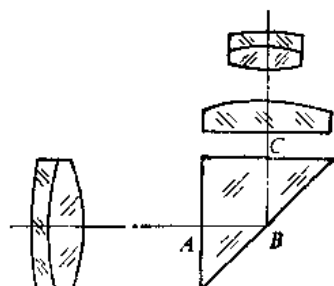


图 3—1 棱镜光轴长度

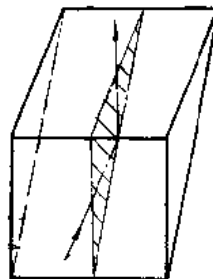


图 3—2 棱镜光轴截面

1.3 光轴截面——由棱镜光轴的相连接的直线所决定的平面。

例如图3—2的直角棱镜中，打上阴影的平面就是这个棱镜的光轴截面。

1.3.1 入射光轴截面——包含入射光轴的光轴截面。

1.3.2 出射光轴截面——包含出射光轴的光轴截面。

1.4 平面棱镜——光轴位于同一平面内的棱镜。

1.5 光学平行度——将棱镜展开成等效平板后，这一等效平板的平行度称为棱镜的光学平行度，以符号 θ 表示。

对于光轴垂直入射面*入射的棱镜， θ 就是光轴在出射前和出射面法线的偏差。

平面棱镜的光学平行度，以其互相垂直的两个分量表示。

1.5.1 第一光学平行度——光学平行度在入射光轴截面内的分量，以符号 θ_x 表示。

1.5.2 第二光学平行度——光学平行度在垂直于入射光轴截面方向的分量，以符号 θ_y 表示。

2 在图样上的标注

2.1 在棱镜的零件图和胶合作图中，采用点划线画出光轴。

绘制光轴时，棱镜外亦应绘出约5毫米长的线段，以明确表示光学系统光轴入射到棱镜以及从棱镜出射时的情况。但在棱镜的零件图和胶合作图中，不必标出棱镜外光轴的尺寸。入射面与出射面需加区分时，可于外露部分加上箭头，如图3—3所示。

若棱镜是完全对称的，则不必用箭头来区分入射面和出射面。

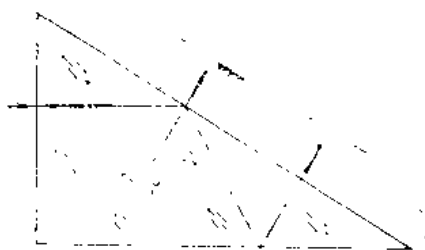


图 3—3 棱镜光轴画法

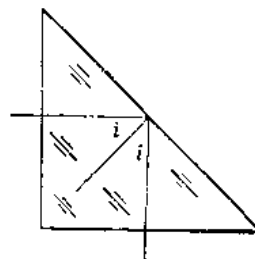


图 3—4 反射面光轴入射角

* 对立方棱镜、道威棱镜等光轴与入射面不垂直的棱镜，检验时仍以光线垂直于入射面或辅助入射面 θ_0 。

在棱镜的零件图和胶合件图中，不论有多少投影图和截面图，光轴若能在一个截面图内标注清楚，则其余的投影图或截面图内，即不需画出光轴。

2.2 棱镜光轴长度的理论值和等效平板厚度值的标注。

2.2.1 用分式标注，分子为光轴长度，分母为等效平板厚度，中间用斜线分开。对于光轴垂直入射面入射的棱镜，其光轴长度和等效平板厚度相同，只用一个数字标注。

2.2.2 在光学系统图中，标注在“中心厚度”栏内。在棱镜的零件图中，标注在“对零件的要求”栏内。在棱镜的胶合件图中，标注在“对胶合件的要求”栏内。

2.3 棱镜的图样中，一般应规定光学平行度 θ_{I} 和 θ_{II} 之值。在棱镜的零件图中，标注在“对零件的要求”栏内。在棱镜的胶合件图中，标注在“对胶合件的要求”栏内。

例如： $\theta_{\text{I}} = 5'$ $\theta_{\text{II}} = 30''$

图样中注明光学平行度后，还可用括号注明形成光学平行度的一些几何误差关系作为参考。

在特殊情况下，允许棱镜不规定光学平行度。

3 光学平行度与棱镜几何误差的关系

3.1 术语定义。

3.1.1 工作面——棱镜中，凡起折射和反射作用的抛光平面，都叫做工作面。其余的毛面，就叫做非工作面。

3.1.2 棱——两个相邻工作面的交线。

3.1.3 棱差——棱镜的棱的实际位置对理论位置的偏差，(以夹角表示)叫做棱差。棱差分为两类，即A棱差及C棱差。

A棱差——平面棱镜的任一工作面(屋脊面除外)与其所对的棱的平行度。A棱差又称为面棱棱差，以符号 γ_{A} 表示。

C棱差——屋脊棱镜的屋脊棱在垂直于屋脊平分面的平面内，相对于理论位置的倾转角度。C棱差又称屋脊棱差，以符号 γ_{C} 表示。

3.1.4 反射面的光轴入射角——光轴经棱镜的反射面反射时，光轴与反射面法线的夹角，以符号 β 表示。见图3-4。

3.1.5 屋脊的光轴入射角——屋脊棱镜的光轴经屋脊反射时，光轴与屋脊平分面内垂直于屋脊棱的准法线的夹角，以符号 β 表示，见图3-5。

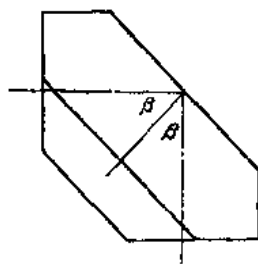


图 3-5 屋脊的光轴入射角

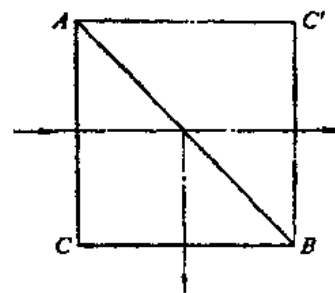


图 3-6 棱镜的展开

3.2 光学平行度的影响，首先是白光光束通过棱镜后产生色散，此外，成像用的平面棱镜的第一光学平行度会导致光轴偏，第二光学平行度会导致光轴偏和像倾斜。

对于空间棱镜和其他复杂棱镜的影响，可以分解为两个或两个以上平面棱镜看综合效果。

3.3 第一光学平行度是由平面棱镜在光轴截面上的角度误差引起的。两者之间的关系，只要将棱镜展开为等效平板时即可找出。

例如图3-6中一个弦面反射的直角棱镜ABC展开为等效平板后，ABC'为直角棱镜ABC经弦面AB反

射后所成的像。理论上, AC 与 $C'B$ 应该平行。若不平行, 则 AC 与 $C'B$ 的夹角就是这个棱镜的第一光学平行度。第一光学平行度是内错角 $\angle CAB$ 与 $\angle ABC'$ 之差。 $\angle CAB$ 与 $\angle ABC'$ 的名义值都是 45° , 这两个角度之差用符号 $\delta 45^\circ$ 表示。因此, 弦面反射的直角棱镜的第一光学平行度与角度误差的关系式是:

$$\theta_{\text{I}} = \delta 45^\circ$$

以后用符号 Δ 表示某一角度的实际值与名义值之差, 例如直角面反射的直角棱镜有:

$$\theta_{\text{I}} = 2\Delta 90^\circ$$

对于有两个反射面的棱镜, 光线经过这两个面反射后的偏转角等于两个反射面夹角的两倍。两个折射面的夹角, 必须与之适应, 才能保证第一光学平行度为零。

3.4 第二光学平行度是由平面棱镜的棱差引起的。

3.4.1 若在平面棱镜中某一反射面与其所对的棱所构成的棱差为 γ_A , 则它所引起该棱镜的第二光学平行度等于该反射面的光轴入射角 i 的余弦的两倍再乘上 γ_A , 即

$$\theta_{\text{II}} = 2\gamma_A \cos i$$

若在平面棱镜中某一折射面与其所对的棱的棱差为 γ_A , 则它所引起的该棱镜的第二光学平行度就等于 γ_A , 即

$$\theta_{\text{II}} = \gamma_A$$

若在带屋脊的平面棱镜中, 屋脊棱的棱差为 γ_c , 则它所引起的该棱镜的第二光学平行度等于该屋脊的光轴入射角 β 的正弦的两倍再乘上 γ_c , 即

$$\theta_{\text{II}} = 2\gamma_c \sin \beta$$

3.4.2 对于平面棱镜, 主要用反射面、折射面和折反射面(一个工作面同时起折射和反射作用), 来区别选用不同的基准棱。其符号为:

$\gamma_A(\text{反})$ —反射面与它所对的棱构成的 A 棱差。

$\gamma_A(\text{折})$ —折射面与它所对的棱构成的 A 棱差。

$\gamma_A(\text{折反})$ —折反射面与它所对的棱构成的 A 棱差。

为了便于用修改非屋脊的工作面来改正屋脊棱的 θ_{II} , 可以把屋脊看作一个反射面(通过屋脊棱且与屋脊平分面垂直)与其相邻的工作面相交, 得到一个假想的基准棱来计算其所对的工作面的 γ_A 。

若有四个或四个以上工作面(屋脊可以看作一个工作面)的平面棱镜, 固定一个基准棱后, 其所对的两个或两个以上工作面产生的 γ_A 有互相叠加或抵消作用。修改时, 可以只改一个工作面, 在满足其它要求时, 也可以同时修改两个面。

第三节 直角棱镜(GB 2929—82)

等腰直角反射棱镜(简称直角棱镜)是使用最广泛的棱镜, 通过大量的、长期的生产和使用的实践, 积累了丰富的经验, 在此基础上制定了直角棱镜国家标准GB 2929—82。在标准中规定了直角棱镜的基本尺寸、技术要求、检验范围和尺寸等内容, 在本节我们将逐一进行介绍。

1 型式和基本尺寸

1.1 直角棱镜的型式分为一次反射型(I型)和二次反射型(II型)两种。

1.1.1 一次反射型(I型)直角棱镜的型式和尺寸按图3—7的规定。

$$b = a, \quad h = \frac{1}{\sqrt{2}} a$$

1.1.2 二次反射型(II型)直角棱镜的型式和尺寸按图3—8的规定。

$$c = 2a, \quad h = a$$

1.2 直角棱镜的基本尺寸按表3—2的规定。

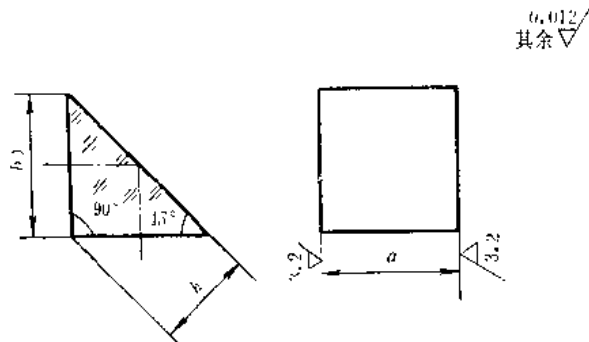


图 3-7 一次反射型 (I 型) 直角棱镜型式和尺寸标注

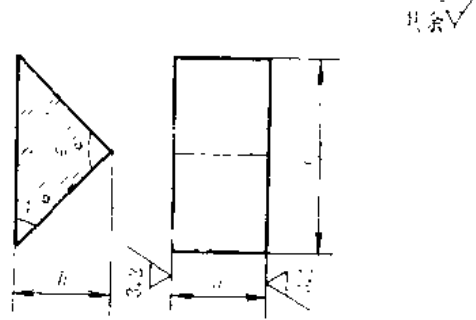


图 3-8 二次反射型 (II 型) 直角棱镜的型式和尺寸标注

基本尺寸 (mm)

表 3-2

基本尺寸参数	$a(b)$	c	h	
			I 型 (h_I)	II 型 (h_{II})
5	5	10	3.54	5
6	6	12	4.24	6
8	8	16	5.66	8
10	10	20	7.07	10
12	12	24	8.49	12
14	14	28	9.9	14
16	16	32	11.31	16
18	18	36	12.73	18
20	20	40	14.14	20
22	22	44	15.56	22
25	25	50	17.68	25
28	28	56	19.80	28
32	32	64	22.63	32
35	35	70	24.75	35
40	40	80	28.28	40
45	45	90	31.82	45
50	50	100	35.36	50

注: 表中 a 、 c 、 h_I 和 h_{II} 的极限偏差规定为 $js 14$, GB 1804—79《公差与配合 未注公差尺寸的极限偏差》。

2 技术要求

2.1 直角棱镜的精度等级分为三级。

直角棱镜的光学平行差及相应的角度极限偏差按表 3-3 的规定, 面形偏差按表 3-4 的规定。

2.2 直角棱镜所有棱边都应有保护性倒角, 按 GB 1204—75《光学零件的倒角》的规定。

2.3 直角棱镜的材料及其要求, 按 GB 903—85《无色光学玻璃》* 的规定。

a. 材料牌号	K9		
b. 对材料的要求			
Δn_D	3B	条纹度	1B
$\Delta(n_F - n_C)$	3B	气泡度	3B
光学均匀性	3	光吸收系数	3
双折射	3		

* GB 903—87 已代替 GB 903—65 标准。

直角棱镜的角度极限偏差

表 3-3

精度等级	角度极限偏差(分)					
	I 型			II 型		
	θ_I	θ_{II}	$\Delta 90^\circ$	θ_I	θ_{II}	$\Delta 45^\circ$
1	2		± 2	2		± 2
2	5		± 5	5		± 5
3	10		± 10	10		± 10

直角棱镜的面形偏差

表 3-4

精度等级	光圈数 $N(\Delta_1 N)(\Delta_2 N)$	
	透 射 面	反 射 面
1	2(0.4)	0.5(0.1)
2	3(0.6)	0.7(0.2)
3	4(0.8)	1(0.3)

注：光圈数 N 后只有一个括号，如 2(0.4) 表示 $\Delta_1 N = \Delta_2 N = 0.4$

2.4 直角棱镜各面的表面疵病为 $B = IV$ 按 GB 1185—74《光学零件表面疵病》* 的规定，并按表 3-7 中规定的工作面积的等效直径 D_0 考核。

2.5 直角棱镜的透射面和反射面的薄膜分 A、B 和 C 三类，按表 3-5 的规定。

直角棱镜的薄膜分类

表 3-5

薄膜类别	透 射 面	反 射 面
A	镀 增 透 膜	镀 反 光 膜
B		不 镀 膜
C		

注：直角棱镜薄膜的选择按 GB 1315~1330—77《光学零件薄膜》** 的规定。

2.6 检验范围和尺寸。

直角棱镜的面形偏差、表面疵病和薄膜质量的检验范围和尺寸按图 3-9、图 3-10 和表 3-6 的规定。计算表面疵病麻点数量和擦痕长度的等效直径 D_0 见表 3-7。

* 请参照第二章第三节第 10 条《光学零件表面疵病》(GB × × × — × ×)。

** 其中 GB 1325~1326—77, GB 1328—77 参照《分束膜》(GB 10989—89), GB 1329—77 参照《中性滤光膜》(GB 1329—89)。

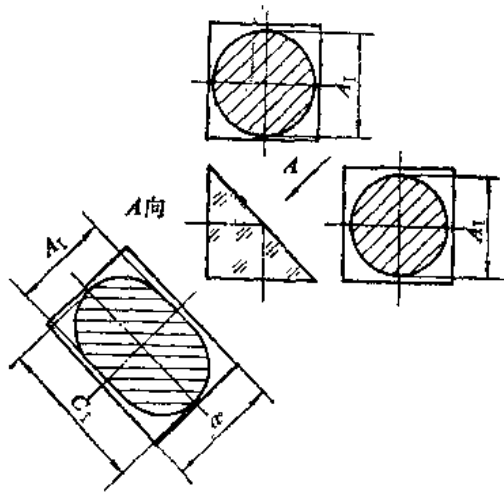


图 3-9 I型直角棱镜检验范围

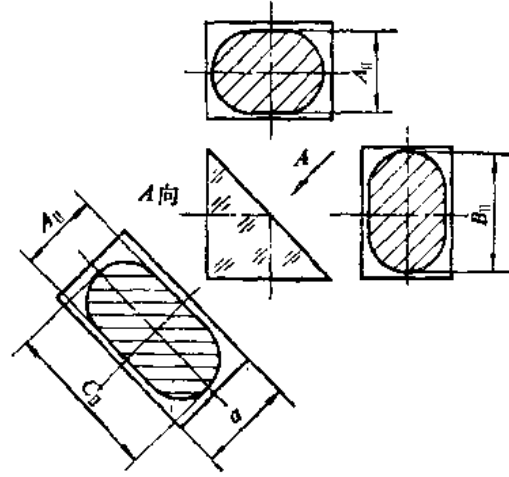


图 3-10 II型直角棱镜检验范围

检验范围 (mm)

表 3-6

基本尺寸参数	I 型		II 型		
	A_I	C_I	A_{II}	B_{II}	C_{II}
5	4.0	5.7	4.2	5.9	8.4
6	5.0	7.1	5.2	7.4	10.4
8	6.5	9.2	6.8	9.6	13.8
10	8.1	11.9	8.8	12.4	17.6
12	9.7	13.7	10.2	14.4	20.4
14	11.7	16.5	12.2	17.3	24.4
16	13.7	19.4	14.2	20.1	28.4
18	15.7	22.2	16.2	22.9	32.4
20	17.7	25.0	18.2	25.7	36.4
22	19.7	27.9	20.2	28.6	41.4
25	22.7	32.1	23.2	32.6	46.4
28	25.6	36.2	26.2	37.1	52.4
32	28.8	40.7	29.5	41.7	59.0
35	31.8	45.0	32.5	46.0	65.0
40	36.8	52.0	37.5	53.0	75.0
45	41.7	59.0	42.5	60.1	85.0
50	46.7	66.0	47.5	67.2	95.0

检验范围的等效直径 D_0 (mm)

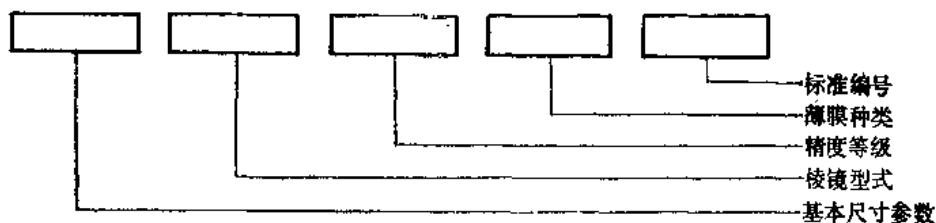
表 3-7

基本尺寸参数	I 型		II 型	
	$A_I - B_I$	$A_I - C_I$	$A_{II} - B_{II}$	$A_{II} - C_{II}$
5	4.0	4.8	5.2	6.3
6	5.0	6.2	6.5	7.8
8	6.5	8.0	8.4	10.3
10	8.4	10.4	10.9	13.3
12	9.7	12.0	12.6	15.4
14	11.7	14.4	15.1	18.4

基本尺寸参数	I 型		II 型	
	A_I-B_I	A_I-C_I	$A_{II}-B_{II}$	$A_{II}-C_{II}$
16	13.7	16.9	17.6	21.4
18	15.7	19.4	20.0	24.4
20	17.7	21.9	22.5	27.4
22	19.7	24.4	25.0	30.5
25	22.7	28.1	28.7	35.0
28	25.6	31.6	32.4	39.5
32	28.8	35.6	36.4	44.5
35	31.8	39.3	40.2	49.0
40	36.8	45.5	46.3	56.5
45	41.7	51.6	52.5	64.1
50	46.7	57.7	58.7	71.6

3 直角棱镜标记的表示方法

标记由五部分组成。



标记示例:

基本尺寸参数为18mm, I型, 精度为2级, B类薄膜的等腰直角反射棱镜的标记为:

18 I—2B GB 2929—82

4 直角棱镜的光学平行差①与角量偏差的关系

注: ① “光学平行差”在GB 7660.1—87标准中为“光学平行度”。

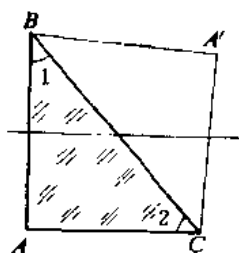


图 3-11 I型直角棱镜第一平行差

4.1 A棱差——反射棱镜的光学平面(屋脊面除外)与其所对的棱的平行差。记为 γ_A 。

4.2 I型直角棱镜的光学平行差与角量偏差的关系

4.2.1 第一光学平行差与光轴截面内角度偏差的关系

假设棱镜无A棱差。

将棱镜展开成平板玻璃, 则光轴截面与各棱均垂直。此时, 第一光学平行差 θ_I 表征为光轴截面内AB、C'A'两直线之间的平行差, 如图3-11所示。

由图3-11可得:

$$\begin{aligned}\theta_I &= \angle ABC - \angle BCA' \\ &= (45^\circ + \Delta_1 45^\circ) - (45^\circ + \Delta_2 45^\circ) \\ &= \Delta_1 45^\circ - \Delta_2 45^\circ = \delta 45^\circ\end{aligned}\quad (3-1)$$

同理可得:

$$\theta_I = \Delta 90^\circ + 2\Delta_2 45^\circ \quad (3-2)$$

$$\theta_I = \Delta 90^\circ + 2\Delta_1 45^\circ \quad (3-3)$$

式中 $\Delta_1 45^\circ$ 为 $\angle ABC$ 相对于公称值 45° 的实际偏差, 其值可正可负; $\Delta_2 45^\circ$ 为 $\angle BCA$ 相对于公称值 45° 的

实际偏差, 其值可正可负; $\Delta 90^\circ$ 为 $\angle BAC$ 相对于公称值 90° 的实际偏差, 其值可正可负; $\delta 45^\circ$ 为两个 45° 角的实际值之差。

由公式(3-1)、(3-2)、(3-3)可得: 棱镜的第一光学平行差是由光轴截面内角度偏差引起的。

4.2.2 第二光学平行差与 A 棱差的关系

假设棱镜在光轴截面内的角度偏差为零。

取棱 A 垂直于光轴截面, 则入射面和出射面两法线均位于 (或平行于) 光轴截面内。同时, 反射面相对于棱 A 的平行差 γ_{A2} , 亦为反射面法线相对于光轴截面的垂直偏差。如图3-12所示。

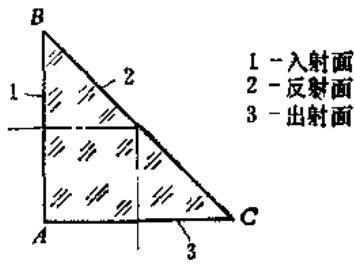


图 3-12 I 型直角棱镜第二平行差

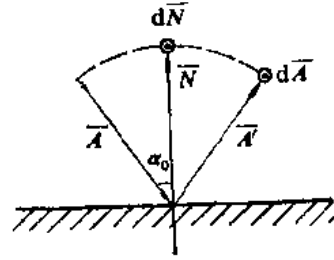


图 3-13 光线的向量表示

光线垂直于入射面入射, 经入射面折射至反射面。由于反射面法线垂直偏离光轴截面, 光线经反射面反射之后, 也就偏离了光轴截面。

由向量反射公式:

$$\vec{A}' = \vec{A} - 2(\vec{A} \cdot \vec{N})\vec{N} \quad (3-4)$$

式中 \vec{A} 为入射光线向量, 单位向量; \vec{A}' 为反射光线向量, 单位向量; \vec{N} 为反射面法线向量, 单位向量。

对公式(3-4)微分, 得:

$$d\vec{A}' = -2(\vec{A} \cdot \vec{N})d\vec{N} - 2(\vec{A} \cdot d\vec{N})\vec{N} \quad (3-5)$$

由于反射面法线垂直偏离光轴截面, 所以 $d\vec{N}$ 垂直于光轴截面。

图3-13中用 \odot 表示垂直向上。

又因为 \vec{A} 位于光轴截面内, 所以

$$\begin{aligned} d\vec{N} \perp \vec{A} \\ \vec{A} \cdot d\vec{N} = 0 \end{aligned}$$

将上式代入公式(3-5), 得:

$$\begin{aligned} d\vec{A}' &= -2(\vec{A} \cdot \vec{N})d\vec{N} \\ &= 2 \cos \alpha_0 \cdot d\vec{N} \end{aligned} \quad (3-6)$$

式中: α_0 为入射角。

由公式(3-6)可以得到:

$$d\vec{A}' \text{ 的大小: } |d\vec{A}'| = 2 \cos \alpha_0 |d\vec{N}| \quad (3-7)$$

$d\vec{A}'$ 的方向: 与 $d\vec{N}$ 相同, 即也垂直于光轴截面, 在图3-13中用 \odot 表示。

在微小角量时, 有: $|d\vec{N}| = \gamma_{A2}$

又因为光线经反射面反射之后, 至出射前与出射面法线在垂直于光轴截面方向的偏差——第二光学平行差, 在微小角量时, 亦为反射光线相对于光轴截面的垂直偏差 $|d\vec{A}'|$, 即:

$$\theta_{\text{II}} = |d\vec{A}'|$$

将上述两式代入公式(3-7), 得:

$$\theta_{\text{II}} = 2\gamma_{A2} \cos \alpha_0$$

在 I 型直角棱镜中, 入射角 $\alpha_0 = 45^\circ$, 代入上式, 得:

$$\theta_{\text{II}} = \sqrt{2} \gamma_{A2} \quad (3-8)$$

同理可证:

$$\theta_{\text{I}} = \gamma_{A_1} \quad (3-9)$$

$$\theta_{\text{I}} = \gamma_{A_2} \quad (3-10)$$

式中 γ_{A_1} 为入射面相对于棱 C 的平行差; γ_{A_2} 为反射面相对于棱 A 的平行差; γ_{A_3} 为出射面相对于棱 B 的平行差。

由公式(3-8)、(3-9)、(3-10)可得: 棱镜的第二光学平行差是由 A 棱差引起的。

4.3 II型直角棱镜的光学平行差与角量偏差的关系。其关系式的求解方法与 I 型直角棱镜相同。

4.3.1 第一光学平行差与光轴截面内角度偏差的关系参见图3-14。

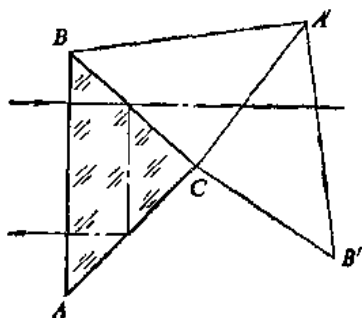


图 3-14 II型直角棱镜的第一平行差

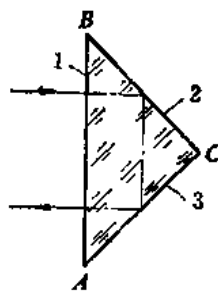


图 3-15 II型直角棱镜的第二平行差

1—入射面、出射面; 2—第一次反射面; 3—第二次反射面

$$\theta_{\text{I}} = 2\Delta_{90^\circ} \quad (3-11)$$

$$\theta_{\text{I}} = 2\Delta_{145^\circ} + 2\Delta_{245^\circ} \quad (3-12)$$

$$\theta_{\text{I}} = \Delta_{145^\circ} + \Delta_{245^\circ} - \Delta_{90^\circ} \quad (3-13)$$

4.3.2 第二光学平行差与 A 棱差的关系参见图3-15。

$$\theta_{\text{I}} = 2\gamma_{A_1} \quad (3-14)$$

$$\theta_{\text{I}} = \sqrt{2}\gamma_{A_2} \quad (3-15)$$

$$\theta_{\text{I}} = \sqrt{2}\gamma_{A_3} \quad (3-16)$$

式中 γ_{A_1} 为入射面(出射面)相对于棱 C 的平行差; γ_{A_2} 为第一次反射面相对于棱 A 的平行差; γ_{A_3} 为第二次反射面相对于棱 B 平行差。

第四节 反射棱镜分类、代号与图表(GB 7660.2-87)

该标准规定了反射棱镜(简称棱镜)的分类、代号,并列出了棱镜图表,适用于棱镜的设计和制造。

1 棱镜分类

1.1 按组成方式分为单棱镜与复合棱镜。

1.1.1 单棱镜: 由光学玻璃或其他光学材料制成的单个棱镜。

1.1.2 复合棱镜: 由两个或两个以上单棱镜组成的棱镜。

1.2 按成像特性分为平面棱镜与空间棱镜

1.2.1 光轴平面: 同时平行于棱镜入射光轴和出射光轴的平面。

1.2.2 共轭光轴平面: 平行于相互平行的一对共轭物像平面的光轴平面。

1.2.3 平面棱镜: 存在共轭光轴平面的棱镜。

1.2.4 空间棱镜: 不存在共轭光轴平面的棱镜。

2 棱镜名称的表示符号

用大写汉语拼音字母表示。

2.1 单棱镜的表示符号：通常用棱镜名称的汉语拼音第一个字母表示，特殊情况下用棱镜名称的汉语拼音前两个字母表示。

2.2 复合棱镜的表示符号：用大写汉语拼音字母 F 和棱镜名称的汉语拼音第一个字母表示，字母 F 在前。

2.3 空间棱镜的表示符号：用大写汉语拼音字母 K 表示。棱镜名称的表示符号示例见表3—8。

棱镜名称的表示符号

表 3—8

名称	等腰棱镜	五棱镜	半五棱镜	四方棱镜	列曼棱镜	阿拉司棱镜	空间棱镜
符号	D	W	B	X	L	WL	K
名称	立方棱镜	潜望棱镜	靴形棱镜	烟斗棱镜	背柔棱镜	阿贝棱镜	空间棱镜
符号	FL	FO	FX	FY	FP	FA	K

3 光轴折转次数及表示符号

3.1 光轴折转次数：棱镜光轴折转次数的总和。

3.2 光轴折转次数的表示符号：

一次折转的表示符号为 I；二次折转的表示符号为 II；三次折转的表示符号为 III，余类推。

4 光轴偏转角及光轴折转角

4.1 光轴偏转角：棱镜入射光轴的正向与出射光轴的正向之间的夹角 ($\leq 180^\circ$)。

4.2 光轴折转角：棱镜光轴在各反射面或屋脊面上折转的角度。

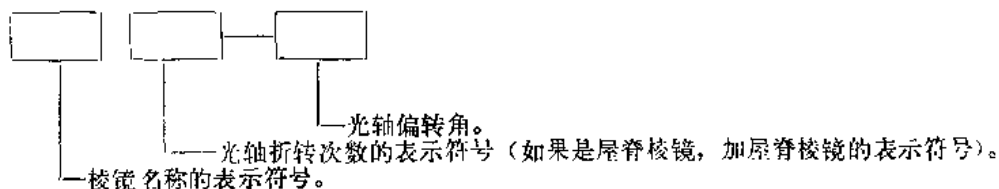
4.3 光轴偏转角与光轴折转角的数值及单位：光轴偏转角和光轴折转角的数值用阿拉伯数字表示，单位为度。

5 棱镜代号

由棱镜名称的表示符号、光轴折转次数的表示符号（包括屋脊棱镜的表示符号）与光轴偏转角或光轴折转角组成。

5.1 平面棱镜代号。

由三部分组成。第一部分为棱镜名称的表示符号，第二部分为光轴折转次数的表示符号，第三部分为光轴偏转角。第一、二两部分与第三部分之间用连字符“—”隔开。其形式为：



示例：

D I -90：表示等腰棱镜，光轴折转一次、光轴偏转角为90度。

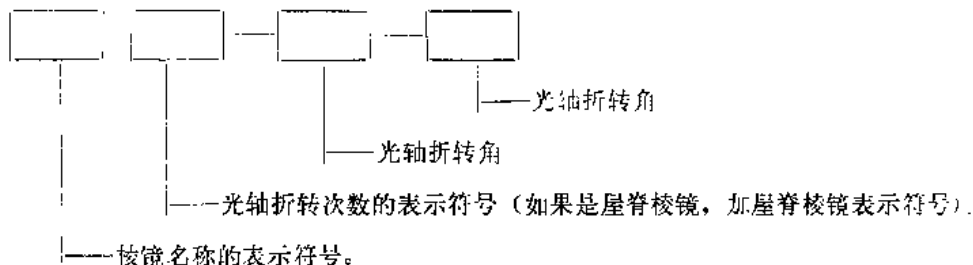
L III_J -0：表示列曼屋脊棱镜，光轴折转三次、光轴偏转角为0度。

FL I -0：表示立方棱镜（复合棱镜），光轴折转一次、光轴偏转角为0度。

FY III_J -60：表示烟斗屋脊棱镜（复合棱镜）、光轴折转三次、光轴偏转角为60度。

5.2 空间棱镜代号。

由三部分组成。第一部分为棱镜名称的表示符号，第二部分为光轴折转次数的表示符号，第三部分为光轴折转角，第一、二两部分与第三部分之间用连字符“—”隔开，第三部分中的光轴折转角之间用连字符“—”隔开。其形式为：



示例：

K II-90-80：表示空间棱镜、光轴折转两次，光轴一次折转90度，另一次折转80度。

K II_r-90-100：表示空间屋脊棱镜、光轴折转两次，光轴一次折转90度，另一次折转100度。

6 棱镜图表说明

棱镜图表列出了棱镜的名称、代号、外形简图、尺寸关系式、角度关系式与角度公差。

图表只列出了大部分常用棱镜。对于其他棱镜，按本标准的规定给出代号、进行计算和标注。

6.1 棱镜的位置。

图表中棱镜在图面的位置，大部分按GB 1224—76《几何光学常用术语、符号》中1.7条的规定放置，小部分仍按习惯画法放置。

6.2 外形简图。

外形简图不作为棱镜工作图。棱镜工作图应按GB ×××—×××《光学制图》的规定绘制。

6.3 尺寸关系式：尺寸关系式是设计棱镜和绘制棱镜工作图时，计算各部分尺寸的依据。

6.3.1 尺寸关系式是按平行于光轴的圆柱形光束推导出来的，对于其他形状的光束截面，需要另行考虑。

6.3.2 符号 D_0 为棱镜入射表面上的理论通光孔径，由此计算出来的各部分尺寸均为理论尺寸。由于实际棱镜倒边、倒角及装配调整等因素，需要加大棱镜尺寸时，只要将加大后的尺寸数值作为实际通光孔径代替 D_0 ，即可算出棱镜的实际尺寸。

6.3.3 设计棱镜时，下述两种情况允许作另行处理。

a. 为了减小光学仪器的尺寸，需要将棱镜的某些尺寸减小或去掉棱镜的某一部分。

b. 为了简化棱镜的加工工序，需要保留棱镜的某些非工作部分，或者为了安装和加工的方便，需要增大棱镜的某些尺寸。

6.4 角度关系式：

a. 光学平行度与光轴截面内角度误差及棱差的关系式。

该关系式是以A棱为基准棱推导出来的。A棱的选取原则是：一般情况下以入射表面和出射表面的交棱为基准棱。对于入、出射表面平行或重合的棱镜，则以入射表面与第一个反射面的交棱为基准棱。基准棱在外形简图中用黑圆点表示。

允许选取其他棱作为基准棱而得出不同的角度关系式。允许用不同光轴截面内的角度误差来表示光学平行度。

b. 屋脊双像差与屋脊角误差的关系式。

c. 屋脊面与相邻工作面的二面角。

d. 空间棱镜两反射面的二面角。

6.5 图表中的符号。

L —棱镜光轴长度。在有空气隙的复合棱镜中， L 是单棱镜光轴长度的总和，不包括空气隙厚度。

t —有空气隙复合棱镜的空气隙厚度，即两光学平面间的垂直距离。

$\Delta \times \times$ —光轴截面内某个角的角度误差，即实际值与基本值之差。

$\delta \times \times$ —等腰棱镜两底角实际值之差，即两底角误差值之差。

S —屋脊双像差。

δ —屋脊角误差。

Φ —屋脊面与相邻工作面的二面角。

ϕ_R —屋脊面与入射表面的二面角。

ϕ_C —屋脊面与出射表面的二面角。

ψ —空间棱镜两反射面的二面角。

①、②、③…为复合棱镜和空间棱镜（可视为由单棱镜组成）中各单棱镜序号，以光轴行进方向为序。

1、2、3…为棱镜的各工作面序号，以光轴行进方向为序。

$\theta_{1,3}$ 、 $\theta_{1,4}$ 为棱镜的第一面与第三面、第一面与第四面的几何平行差。

7 标注

棱镜工作图应该标注棱镜名称及代号，一般情况下也应标注角度公差。

7.1 名称及代号的标注。

棱镜名称及代号应一起标注在棱镜工作图的标题栏里。名称与代号之间空一个字。

凡是习惯上有其他名称的棱镜，允许标注任何一种，但其代号不变，例如等腰棱镜DI-0，通常又称为道威棱镜，其代号仍为DI-0。

示例：

等腰棱镜 DI-0

或道威棱镜 DI-0

7.2 角度公差的标注。

图表中〈角度公差〉栏给出了正常使用时应该标注的公差，同一棱镜作其他使用时，允许按实际情况另行标注。

7.2.1 光学平行度按GB 7660.1—87〈反射棱镜光轴、光轴长度、光轴截面与光学平行度〉的规定标注。

7.2.2 屋脊双像差应在棱镜工作图中〈对零件要求〉栏里标注。

7.2.3 屋脊角公差和光轴截面内角度公差应在棱镜工作图上的角度基本值处标注。

7.2.4 棱镜的两工作面几何平行差应在棱镜工作图中棱镜的两相应面之间标注。

8 棱镜图表

(1) 单棱镜 (表3—9)

单 棱 镜

表 3—9

名称及代号	外形简图	尺寸关系式	角度关系式	角度公差
等腰棱镜 DI-0 (道威棱镜)		$a = \frac{2\sqrt{2n^2-1}D_0}{\sqrt{2n^2-1}-1}$ $b = h = D_0$ $c = 1.41D_0$ $H = \frac{\sqrt{2n^2-1}D_0}{\sqrt{2n^2-1}-1}$ $L = \frac{2nD_0}{\sqrt{2n^2-1}-1}$	$\theta_I = \delta 45^\circ$ $\theta_R = 1.41' / \Delta$	$\theta_I, \theta_R, \Delta 90^\circ$

续表 3—9

名称及代号	外形简图	尺寸关系式	角度关系式	角度公差
等腰棱镜 DI-45		$a = 2.61D_0$ $b = c = D_0$ $H = 3.15D_0$ $h = 0.92D_0$ $L = 2.41D_0$	$\theta_I = 867^{\circ}30'$ $\theta_{II} = 0.77\gamma_A$	$\theta_I, \theta_{II}, \Delta 45^{\circ}$
等腰棱镜 DI-60		$a = 2D_0$ $b = c = D_0$ $H = 1.73D_0$ $h = 0.87D_0$ $L = 1.73D_0$	$\theta_I = 860^{\circ}$ $\theta_{II} = \gamma_A$	$\theta_I, \theta_{II}, \Delta 60^{\circ}$
等腰棱镜 DI-80		$a = 1.56D_0$ $b = c = D_0$ $h = 0.93D_0$ $h = 0.77D_0$ $L = 1.19D_0$	$\theta_I = 850^{\circ}$ $\theta_{II} = 1.29\gamma_A$	$\theta_I, \theta_{II}, \Delta 80^{\circ}$
直角棱镜 DI-90		$a = 1.41D_0$ $b = c = D_0$ $h = 0.71D_0$ $L = D_0$	$\theta_I = 845^{\circ}$ $\theta_{II} = 1.41\gamma_A$	$\theta_I, \theta_{II}, \Delta 90^{\circ}$
等腰棱镜 DI-105		$a = 1.26D_0$ $b = c = D_0$ $d = 1.59D_0$ $h = 0.82D_0$ $L = 1.30D_0$	$\theta_I = 837^{\circ}30'$ $\theta_{II} = 1.59\gamma_A$	θ_I θ_{II} $\Delta 105^{\circ}$

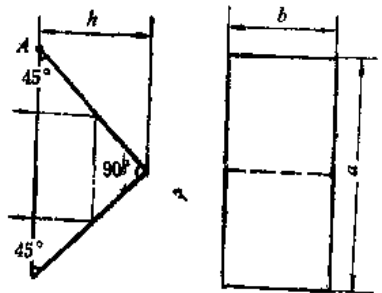
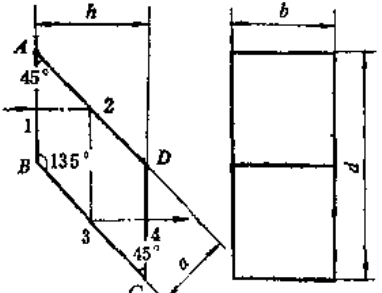
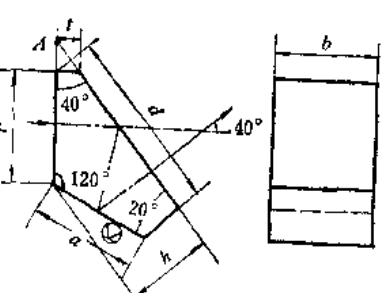
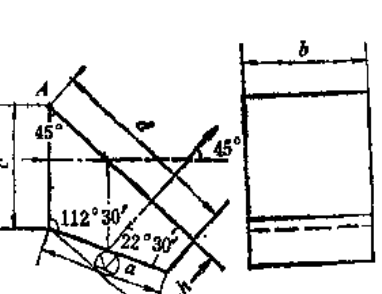
续表 3-9

名称代号	外形简图	尺寸关系式	角度关系式	主要公差
等腰棱镜 DI-β (β < 90°)		$\alpha = \frac{1}{2}(180^\circ - \beta)$ $J = \frac{D_0}{\sin \frac{\beta}{2}}$ $b = c = D_0$ $H = \frac{D_0}{2} \frac{\operatorname{ctg} \frac{\beta}{2}}{\sin \frac{\beta}{2}}$ $h = D_0 \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2}$ $L = \left(\operatorname{ctg} \frac{\beta}{2} \right) D_0$	$\theta_I = \delta \alpha$ $\theta_{II} = \left(2 \sin \frac{\beta}{2} \right) \gamma_A$	$\theta_I, \theta_{II}, \Delta \delta$
等腰棱镜 DI-β (β > 90°)		$a = \frac{D_0}{\sin \frac{\beta}{2}}$ $b = c = D_0$ $d = \left(2 \sin \frac{\beta}{2} \right) D_0$ $h = \frac{D_0}{2 \cos \frac{\beta}{2}}$ $\alpha = \frac{1}{2}(180^\circ - \beta)$ $L = \left(\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \right) D_0$	$\theta_I = \delta \alpha$ $\theta_{II} = \left(2 \sin \frac{\beta}{2} \right) \gamma_A$	θ_I θ_{II} $\Delta \delta$
道威屋脊棱镜 DI-J-0		$a = \frac{2\sqrt{2n^2-1}D_0}{\sqrt{2n^2-1}-1}$ $b = D_0$ $c = \sqrt{2}D_0$ $d = \frac{(1+\sqrt{2}) \cdot \sqrt{2n^2-1}}{\sqrt{2n^2-1}-1} + \frac{(\sqrt{2}-1)D_0}{-1}$ $h = 1.21D_0$ $t = \frac{(\sqrt{2}-1)nD_0}{\sqrt{2n^2-1}-1}$ $l = \frac{2\sqrt{2}nD_0}{\sqrt{2n^2-1}-1} D_0$	$\theta_I = \delta 45^\circ$ $\theta_{II} = 1.47\gamma_c$ $\phi = 60^\circ$ $S = (4c \cdot s \alpha_0) \gamma_\delta$	θ_I θ_{II} S 或 δ $\Delta \phi$ $\Delta 9''$
等腰屋脊棱镜 DJ-J-45		$a = 2.61D_0$ $b = c = D_0$ $d = 3.67D_0$ $H = 4.65D_0$ $h = 1.14D_0$ $t = 0.57D_0$ $l = 3.56D_0$	$\theta_I = \delta 67^\circ 30'$ $\theta_{II} = 1.85\gamma_c$ $\phi = 74^\circ 18'$ $S = 1.53n\delta$	θ_I θ_{II} S 或 δ $\Delta \phi$ $\Delta 45''$

续表 3-3

名称及代号	外形简图	尺寸关系式	角度关系式	角度公差
等腰屋脊棱镜 DI _J -60		$a = 2D_0$ $b = c = D_0$ $d = 2.79D_0$ $t = 0.46D_0$ $H = 2.65D_0$ $h = 1.09D_0$ $l = 2.65D_0$	$\theta_I = 86^\circ$ $\theta_{II} = 1.737\gamma_c$ $\phi = 69^\circ 18'$ $S = 2n\delta$	θ_I θ_{II} Δ 或 δ $\Delta\phi$ $\Delta 60^\circ$
等腰屋脊棱镜 DI _J -80		$a = 1.56D_0$ $b = c = D_0$ $d = 2.14D_0$ $H = 1.52D_0$ $h = 1.01D_0$ $t = 0.38D_0$ $L = 1.96D_0$	$\theta_I = 85^\circ$ $\theta_{II} = 1.537\gamma_c$ $\phi = 62^\circ 58'$ $S = 2.57n\delta$	θ_I θ_{II} Δ 或 δ $\Delta\phi$ $\Delta 8^\circ$
直角屋脊棱镜 DI _J -90		$b = c = D_0$ $d = 1.93D_0$ $c = 0.41D_0$ $f = 0.52D_0$ $H = 1.23D_0$ $h = 0.97D_0$ $K = 1.37D_0$ $L = 1.73D_0$	$\theta_I = 84.5^\circ$ $\theta_{II} = 1.417\gamma_c$ $\phi = 60^\circ$ $S = 2.83n\delta$	θ_I, θ_{II} Δ 或 δ $\Delta\phi, \Delta 90^\circ$
等腰屋脊棱镜 DI _J - β		$\alpha = \frac{1}{2}(180^\circ - \beta)$ $a = \frac{D_0}{\sin \frac{\beta}{2}}$ $b = c = D_0$ $d = a + 2t \cos \frac{\beta}{2}$ $s = \frac{D_0}{2} \left(\sqrt{1 + 2c \operatorname{tg}^2 \frac{\beta}{2}} - c \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \right)$ $H = \frac{L}{2 \sin \frac{\beta}{2}}$ $h = \frac{D_0}{2} \left(\sqrt{1 + \cos^2 \frac{\beta}{2}} \right)$	$\theta_I = \beta$ $\theta_{II} = \left(2 \cos \frac{\beta}{2} \right) \gamma_c$ $\phi = \arccos \left(\frac{\sqrt{2}}{2} \sin \frac{\beta}{2} \right)$ $S = \left(4 \sin \frac{\beta}{2} \right) n\delta$	θ_I, θ_{II} Δ 或 δ $\Delta\phi, \Delta\beta$

续表 3-9

名称及代号	外形简图	尺寸关系式	角度关系式	角度公差
		$+ \cos \frac{\beta}{2}$ $L = 2r + D_0 \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2}$		
直角棱镜 DII-180		$\alpha = 2D_0$ $b = D_0$ $h = D_0$ $L = 2D_0$	$\theta_I = 2\Delta 90^\circ$ $\theta_{II} = 1.41\gamma_A$	θ_I θ_{II} $\Delta\phi$ $\Delta 15^\circ A$
斜方棱镜 XII-0 (又称菱形棱镜)		$a = 0.71D_0$ $b = D_0$ $d = 2D_0$ $h = D_0$ $L = 2D_0$	$\theta_I = \Delta 45^\circ A - \Delta 135^\circ D$ $- 2\Delta 45^\circ c$ $\theta_{II} = 1.41\gamma_{A3} + \gamma_{A4}$	θ_I θ_{II} θ_{III}
半五棱镜 BII-40		$a = 1.06D_0$ $b = c = D_0$ $d = 1.77D_0$ $h = 0.78D_0$ $l = 0.18D_0$ $L = 1.97D_0$	$\theta_I = \Delta 40^\circ - 2\Delta 20^\circ$ $\theta_{II} = 1.88\gamma_A$	θ_I θ_{II} $\Delta 40^\circ$
半五棱镜 BII-45		$a = 1.08D_0$ $b = c = D_0$ $d = 1.71D_0$ $h = 0.71D_0$ $L = 1.71D_0$	$\theta_I = \Delta 45^\circ - 2\Delta 22^\circ 30'$ $\theta_{II} = 1.85\gamma_A$	θ_I θ_{II} $\Delta 45^\circ$

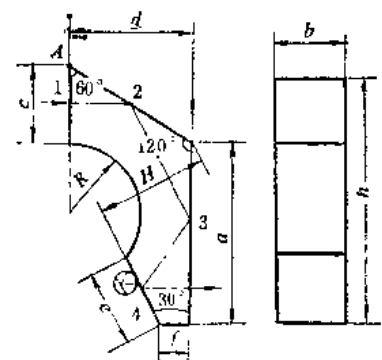
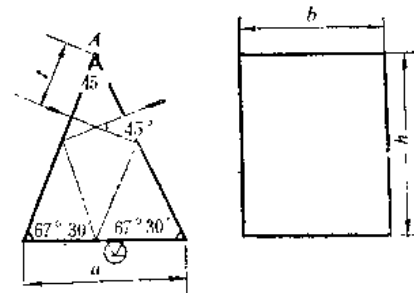
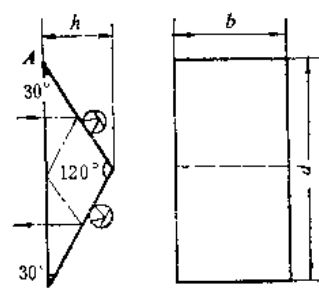
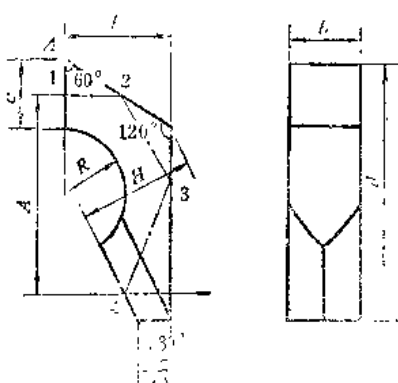
续表 3-9

名称及代号	外形简图	尺寸关系式	角度关系式	角度公差
半五棱镜 BH-60		$a = 1.73D_0$ $b = c = D_0$ $h = 0.87D_0$ $L = 1.73D_0$	$\theta_I = \Delta 60^\circ - 2\Delta 30^\circ$ $\theta_{II} = 1.73\gamma_A$	θ_I θ_{II} $\Delta 60^\circ$
五棱镜 WH-60		$a = b = c = D_0$ $d = 1.04D_0$ $H = 2D_0$ $h = 1.87D_0$ $L = 5.46D_0$	$\theta_I = \Delta 60^\circ - 2\Delta 30^\circ$ $\theta_{II} = 1.93(\gamma_{A2} + \gamma_{A1})$	θ_I θ_{II} $\Delta 60^\circ$
五棱镜 WH-80		$b = c = D_0$ $d = 1.06D_0$ $H = 1.56D_0$ $h = 1.77D_0$ $L = 3.94D_0$	$\theta_I = \Delta 80^\circ - 2\Delta 40^\circ$ $\theta_{II} = 1.88(\gamma_{A2} + \gamma_{A3})$	θ_I θ_{II} $\Delta 80^\circ$
五棱镜 WH-90		$b = c = D_0$ $d = 1.08D_0$ $H = 1.41D_0$ $h = 1.71D_0$ $L = 3.41D_0$	$\theta_I = \Delta 90^\circ - 2\Delta 45^\circ$ $\theta_{II} = 1.85(\gamma_{A2} + \gamma_{A3})$	θ_I θ_{II} $\Delta 90^\circ$
乌拉司棱镜 WL11-90		$a = 2.61D_0$ $b = c = D_0$ $d = 4.83D_0$ $R = 2.41D_0$ $H = 3.41D_0$ $h = 1.71D_0$ $L = 4.83D_0$	$\theta_I = \Delta 90^\circ + 2\Delta 135^\circ$ $\theta_{II} = 0.77(\gamma_{A2} + \gamma_{A3})$	θ_I θ_{II} $\Delta 90^\circ$

续表 3-9

名称及代号	外形简图	尺寸关系式	角度关系式	角度公差
四棱镜 DII-90 (在平行光中使用)		$b = D_0$ $c = \sqrt{2} D_0$ $d = \sqrt{2} \sqrt{2n^2 - 1} D_0$ $H = \sqrt{2n^2 - 1} D_0$ $l = 2n D_0$	$\theta_I = \Delta 90^\circ - 2\Delta 45^\circ c$ $\theta_{II} = 1.41\gamma_A$	θ_I θ_{II} $\Delta 90^\circ$
直角屋脊棱镜 DII-180		$a = 2.23 D_0$ $b = D_0$ $f = 0.37 D_0$ $t = 0.23 D_0$ $H = 2.09 D_0$ $h = 1.37 D_0$ $L = 2.96 D_0$	$\theta_I = 2\Delta 90^\circ$ $\theta_{II} = 1.41\gamma_c$ $\phi = 60^\circ$ $S = 2.83n\delta$	θ_I θ_{II} S 或 δ $\Delta \phi$ $\Delta 45^\circ A$
屋脊半五棱镜 BII-45		$a = 1.24 D_0$ $b = D_0$ $d = 1.88 D_0$ $h = 0.88 D_0$ $L = 2.11 D_0$	$\theta_I = \Delta 45^\circ - 2\Delta 22^\circ 30'$ $\theta_{II} = 0.77\gamma_c$ $\phi_R = 105^\circ 42'$ $\phi_C = 49^\circ 13'$ $S = 3.70n\delta$	θ_I θ_{II} S 或 δ $\Delta \phi_R$ $\Delta \phi_C$ $\Delta 45^\circ$
屋脊半五棱镜 BII-60		$a = 1.16 D_0$ $b = c = D_0$ $d = 2.62 D_0$ $h = 1.62 D_0$ $L = 2.80 D_0$	$\theta_I = \Delta 60^\circ - 2\Delta 30^\circ$ $\theta_{II} = \gamma_c$ $\phi = 52^\circ 14'$ $S = 3.46n\delta$	θ_I θ_{II} S 或 δ $\Delta \phi$ $\Delta 60^\circ$
屋脊五棱镜 WII-90		$a = 1.24 D_0$ $b = D_0$ $h = 1.88 D_0$ $H = 1.75 D_0$ $L = 4.22 D_0$	$\theta_I = \Delta 90^\circ - 2\Delta 45^\circ$ $\theta_{II} = 1.85\gamma_A - 0.77\gamma_C$ $\phi = 105^\circ 42'$ $S = 3.70n\delta$	θ_I θ_{II} S 或 δ $\Delta \phi$ $\Delta 90^\circ$

续表 3-9

名称及代号	外形简图	尺寸关系式	角度关系式	角度公差
列曼棱镜 L III-0		$a = 2.5D_0$ $b = c = D_0$ $d = 1.73D_0$ $e = 1.16D_0$ $f = 0.29D_0$ $H = 1.5D_0$ $h = 2.5D_0$ $R = D_0$ $L = 4.33D_0$	$\theta_I = \Delta 60^\circ - \Delta 120^\circ + 2\Delta 30^\circ$ $\theta_{II} = \gamma_{A_3} + 1.73\gamma_{A_1}$	θ_I θ_{II} $\theta_{1,2}$
列米特棱镜 D III-45		$a = 1.08D_0$ $b = D_0$ $t = 0.5D_0$ $h = 1.31D_0$ $l = 2.41D_0$	$\theta_I = 867^\circ 30'$ $\theta_{II} = 1.85\gamma_A$	θ_I θ_{II} $\Delta 15^\circ$
等腰棱镜 D III-180		$b = D_0$ $d = 2D_0$ $h = 0.58D_0$ $l = 1.73D_0$	$\theta_I = 2830^\circ$ $\theta_{II} = 1.73\gamma_A$	θ_I θ_{II} $\Delta 30^\circ A$
列曼屋脊棱镜 L III J-0 ($A = 2.81D_0$)		$b = c = D_0$ $d = 3.81D_0$ $f = 0.47D_0$ $H = 1.81D_0$ $h = 1.73D_0$ $R = D_0$ $L = 4.87D_0$ $A = 2.81D_0$	$\theta_I = \Delta 60^\circ - \Delta 120^\circ + 2\Delta 30^\circ$ $\theta_{II} = \gamma_C$ $\phi = 52^\circ 14'$ $S = 3.46\pi\delta$	θ_I θ_{II} S 或 δ $\theta_{1,2}$ $\Delta\phi$

续表 3-9

名称及代号	外形略图	尺寸关系式	角度关系式	角度公差
列曼屋脊棱镜 L III r-0 ($A=3.00D_0$)		$b=c=D_0$ $d=4.00D_0$ $f=0.58D_0$ $H=2.00D_0$ $h=1.73D_0$ $L=5.20D_0$ $A=3.00D_0$	$\theta_I = \Delta 60^\circ - \Delta 120^\circ + 2\Delta 30^\circ$ $\theta_{II} = \gamma_c$ $\phi = 52^\circ 14'$ $S = 3.46n\delta$	θ_I θ_{II} S 或 δ ϕ $\Delta\phi$
施米特屋脊棱镜 D III r-45		$a=1.36D_0$ $b=D_0$ $l=0.63D_0$ $h=1.65D_0$ $L=3.04D_0$	$\theta_I = \Delta 67^\circ 30'$ $\theta_{II} = 0.77\gamma_c$ $\phi = 74^\circ 18'$ $S = 3.70n\delta$	θ_I θ_{II} S 或 δ $\Delta\phi$ $\Delta 15^\circ$
等腰屋脊棱镜 D III r-180		$b=D_0$ $c=2.62D_0$ $h=0.98D_0$ $L=2.80D_0$	$\theta_I = \Delta 30^\circ$ $\theta_{II} = \gamma_c$ $\phi = 52^\circ 14'$ $S = 3.46n\delta$	θ_I θ_{II} S 或 δ $\Delta\phi$ $\Delta 0.1^\circ A$

(2) 复合棱镜 (表3-10)

复合棱镜

表 3-10

名称及代号	外形简图	尺寸关系式	角度关系式	角度公差
立方棱镜 FL-0 (只用于 平行光 路)		$b=c=D_0$ $d = \frac{\sqrt{2n^2-1}}{\sqrt{2n^2-1-1}} D_0$ $L = \frac{n}{\sqrt{2n^2-1-1}} D_0$	$\theta_{I\text{①}} = \Delta 45^\circ \text{①}$ $\theta_{I\text{②}} = \Delta 45^\circ \text{②}$ $\theta_{II\text{①}} = 1.41\gamma_{A\text{①}}$ $\theta_{II\text{②}} = 1.41\gamma_{A\text{②}}$ $S = \sqrt{(\mu'_{y\text{①}} - \mu'_{y\text{②}})^2 + (\mu'_{x\text{①}} - \mu'_{x\text{②}})^2}$	θ_I θ_{II} S

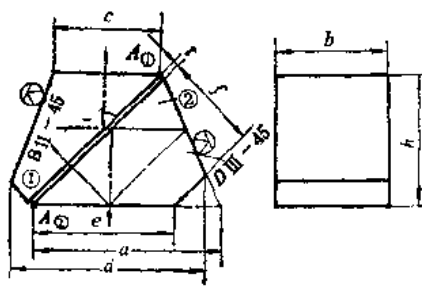
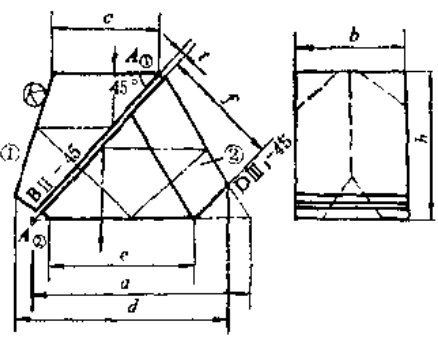
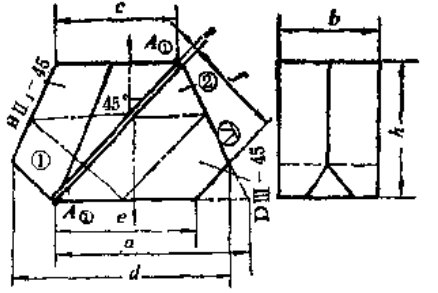
名称及代号	外形简图	尺寸关系式	角度关系式	角度公差
靴形棱镜 FX II - 90		$a = 1.04D_0$ $b = c = e = D_0$ $t \approx 0.1\text{mm}$ $h = 1.73D_0$ $R = 1.13D_0$ $L = 2.31D_0$	$\theta_I = 2\Delta 45^\circ - (\Delta 60^\circ \oplus + \Delta 30^\circ)$ $\theta_{II} = 1.93\gamma_{A\Delta}$	θ_I θ_{II}
靴形屋脊棱镜 FX II J - 90		$a = 1.04D_0$ $b = c = e = D_0$ $t \approx 0.1\text{mm}$ $f = 0.25D_0$ $H = 2.24D_0$ $h = 1.95D_0$ $R \approx 0.97D_0$ $L = 2.986D_0$	$\theta_I = 2\Delta 45^\circ - (\Delta 60^\circ \oplus + \Delta 30^\circ)$ $\theta_{II} = 0.52\gamma_{C\Delta}$ $S = 2.86\pi\delta$	θ_I θ_{II} S
普柔棱镜 FP III - 90		$a = 2.00D_0$ $b = c = D_0$ $d = 2.00D_0$ $e = D_0$ $L = 3.00D_0$	$\theta_I = \delta 45^\circ \oplus + 1.41\gamma_{A\Delta}$ $\theta_{II} = 1.41\gamma_{A\Delta} \oplus + \delta 45^\circ \ominus$	θ_I θ_{II}
阿贝棱镜 FA III - 0		$a = 1.16D_0$ $b = c = D_0$ $d = 3.46D_0$ $h = 2.00D_0$ $L = 5.20D_0$	$\theta_I = \theta_{I\oplus} + \theta_{II\ominus}$ $\theta_{II} = \theta_{II\oplus} + \theta_{II\ominus}$	θ_I θ_{II}

续表 3-10

名称及代号	外形简图	尺寸关系式	角度关系式	角度公差
阿贝屋脊棱镜 FA III J-0		$b = c = D_0$ $d = 3.46D_0$ $h = 2D_0$ $L = 5.20D_0$	$\theta_I = \theta_{I\text{I}} + \theta_{II}$ $\theta_{II} = \theta_{II\text{I}} + \theta_{II\text{II}}$ $S = 3.46n\delta$	θ_I S_{II} S
潜望棱镜 FQ III-0		$a = 0.58(A + D_0)$ $b = c = D_0$ $d = 1.15(A + D_0)$ $e = D$ $H = 0.33(A + D_0)$ $h = A + D_0$ $t \approx 0.1\text{mm}$ $L = 1.15(A + D_0)$	$\theta_I = \Delta 30^\circ_{\text{D}} - 2\Delta 120^\circ$ $+ \Delta 30^\circ_{\text{G}}$ $\theta_{II} = \gamma_{\text{AD}}$	θ_I θ_{II}
烟斗棱镜 FY III-60		$a = 1.16D_0$ $b = c = D_0$ $d = 1.73D_0$ $e = 0.58D_0$ $f = 0.29D_0$ $g = 1.16D_0$ $h = 2.5D_0$ $L = 4.33D_0$	$\theta_I = \Delta 30^\circ_{\text{D}} - 2\Delta 90^\circ$ $- \Delta 30^\circ_{\text{G}}$ $\theta_{II} = 1.73\gamma_{\text{AI}}$	θ_I S_{II}
烟斗屋脊棱镜 FY III J-60		$a = 1.22D_0$ $b = c = D_0$ $d = 1.89D_0$ $e = 0.58D_0$ $f = 0.29D_0$ $g = 1.16D_0$ $h = 2.62D_0$ $L = 4.47D_0$	$\theta_I = \Delta 30^\circ - 2\Delta 90^\circ$ $- \Delta 30^\circ_{\text{G}}$ $\theta_{II} = \gamma_{\text{C}}$ $S = 3.46n\delta$	θ_I S_{II} S

续表 3-10

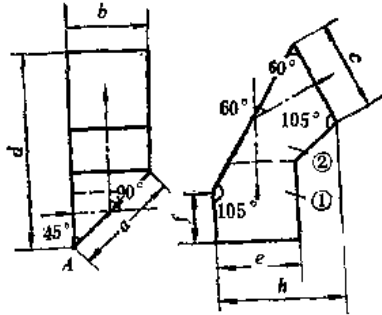
名称及代号	外形简图	尺寸关系式	角度关系式	公差
普柔棱镜 FP IV-0		$a = 2.00D_0$ $b = D_0$ $c = 2.00D_0$ $e = D_0$ $L = 4.00D_0$	$\theta_I = \theta_{I1} + \theta_{I2} + \theta_{I3}$ $\theta_{II} = \theta_{II1} + \theta_{II2} + \theta_{II3}$	θ_I θ_{II}
普柔棱镜 FP IV-0		$a = 2.00D_0$ $b = D_0$ $c = 2.00D_0$ $e = D_0$ $L = 4.00D_0$	$\theta_I = \theta_{I1} + \theta_{I2} + \theta_{I3}$ $\theta_{II} = \theta_{II1} + \theta_{II2} + \theta_{II3}$	θ_I θ_{II}
普柔棱镜 FP IV-0		$a = 2D_0$ $b = D_0$ $c = d = 2D_0$ $L = 4D_0$	$\theta_I = \theta_{I1} + \theta_{I2}$ $\theta_{II} = \theta_{II1} + \theta_{II2}$	θ_I θ_{II}
普柔棱镜 FP IV-0		$a = 2D_0$ $b = D_0$ $c = d = 2D_0$ $L = 4D_0$	$\theta_I = \theta_{I1} + \theta_{I2}$ $\theta_{II} = \theta_{II1} - \theta_{II2}$	θ_I θ_{II}

名称及代号	外形简图	尺寸关系式	角度关系式	角度公差
别汉棱镜 FBV-0		$a = 1.71D_0$ $b = c = D_0$ $d = 1.83D_0$ $e = 1.41D_0$ $f = D_0$ $h = 1.21D_0$ $r \approx 0.1\text{mm}$ $l = 4.62D_0$	$\theta_I = \theta_{I①} + \theta_{I②}$ $\theta_{II} = \theta_{II①} + \theta_{II②}$	θ_I θ_{II}
别汉屋脊棱镜 FBV _J -0		$a = 2.02D_0$ $b = c = D_0$ $d = 2.01D_0$ $e = 1.41D_0$ $f = 1.13D_0$ $h = 1.30D_0$ $t \approx 0.10\text{mm}$ $L = 5.16D_0$	$\theta_I = \theta_{I①} + \theta_{I②}$ $\theta_{II} = \theta_{II①} + \theta_{II②}$ $S = 3.70\pi d$	θ_I θ_{II} S
别汉屋脊棱镜 FBV _J -0		$a = 1.88D_0$ $b = D_0$ $c = 1.24D_0$ $d = 2.07D_0$ $e = 1.41D_0$ $f = D_0$ $h = 1.33D_0$ $t \approx 0.10\text{mm}$ $L = 5.31D_0$	$\theta_I = \theta_{I①} + \theta_{I②}$ $\theta_{II} = \theta_{II①} + \theta_{II②}$ $S = 3.70\pi d$	θ_I θ_{II} S

(3) 空间棱镜 (表3-11)

空间棱镜

表 3-11

名称及代号	外形简图	尺寸关系式	角度关系式	角度公差
空间棱镜 K II-90-60		$a = 1.41D_0$ $b = c = D_0$ $d = 2.37D_0$ $e = D_0$ $f = 0.63D_0$ $h = 1.50D_0$ $L = 2.37D_0$	$\theta_I = \delta 45^\circ + \gamma_{A②}$ $\theta_{II} = 1.41\gamma_{A②} + \delta 60^\circ$ $\varphi = 69^\circ 18'$	θ_I θ_{II} $\Delta\varphi$

续表 3-11

名称及代号	外形简图	尺寸关系式	角度关系式	角度公差
空间棱镜 K II-90- 60		$a = 1.41D_0$ $b = c = D_0$ $d = 2.37D_0$ $e = 0.82D_0$ $f = 0.63D_0$ $h = 1.50D_0$ $l = 2.37D_0$	$\theta_I = 845^\circ + \gamma_{A2}$ $\theta_{II} = 1.41\gamma_{A1} + 860^\circ$ $\psi = 69^\circ 18'$	θ_I θ_{II} $\Delta\psi$
空间棱镜 K II-90- 80		$a = 1.41D_0$ $b = c = D_0$ $d = 1.87D_0$ $e = D_0$ $f = 0.68D_0$ $h = 1.17D_0$ $L = 1.87D_0$	$\theta_I = 845^\circ + 1.29\gamma_{A2}$ $\theta_{II} = 1.41\gamma_{A1} + 850^\circ$ $\psi = 62^\circ 58'$	θ_I θ_{II} $\Delta\psi$
空间棱镜 K II-90- 80		$a = 1.41D_0$ $b = c = D_0$ $d = 1.87D_0$ $e = 0.85D_0$ $f = 0.68D_0$ $h = 1.17D_0$ $L = 1.87D_0$	$\theta_I = 845^\circ + 1.29\gamma_{A2}$ $\theta_{II} = 1.41\gamma_{A1} + 850^\circ$ $\psi = 62^\circ 58'$	θ_I θ_{II} $\Delta\psi$
空间棱镜 K II-90- 90		$a = 1.41D_0$ $b = D_0$ $d = 1.71D_0$ $e = D_0$ $f = 0.71D_0$ $L = 1.71D_0$	$\theta_I = 845^\circ + 1.41\gamma_{A2}$ $\theta_{II} = 1.41\gamma_{A1} + 845^\circ$ $\psi = 60^\circ$	θ_I θ_{II} $\Delta\psi$

续表 3-11

名称及代号	外形简图	尺寸关系式	角度关系式	角度公差
空间棱镜 K II-90-100		$a = 1.41D_0$ $b = D_0$ $d = 1.73D_0$ $e = 0.92D_0$ $f = 0.89D_0$ $h = 1.22D_0$ $l = 1.95D_0$	$\theta_I = \delta 45^\circ + 1.53\gamma_{A\delta}$ $\theta_{II} = 1.41\gamma_{A\delta} + \delta 40^\circ$ $\psi = 57^\circ 12'$	θ_I θ_{II} $\Delta\psi$
空间棱镜 K II-90-120		$a = 1.41D_0$ $b = D_0$ $d = 2.00D_0$ $e = 0.79D_0$ $f = 1.43D_0$ $h = 1.71D_0$ $l = 2.82D_0$	$\theta_I = \delta 45^\circ + 1.73\gamma_{A\delta}$ $\theta_{II} = 1.41\gamma_{A\delta} + \delta 30^\circ$ $\psi = 52^\circ 14'$	θ_I θ_{II} $\Delta\psi$
空间屋脊棱镜 K II J-90-100 (V点不相切)		$a = 1.31D_0$ $b = D_0$ $c = 1.41D_0$ $d = 2.23D_0$ $e = 0.97D_0$ $f = 1.39D_0$ $l = 2.58D_0$	$\theta_I = \delta 45^\circ + 1.29\gamma_{C\delta}$ $\theta_{II} = 1.41\gamma_{A\delta} + \delta 40^\circ$ $\psi = 32^\circ 48'$ $S = 3.06\pi\delta$	θ_I θ_{II} S 或 δ $\Delta\psi$
空间屋脊棱镜 K II J-90-100 (I点不相切)		$a = 1.31D_0$ $b = D_0$ $c = 1.41D_0$ $d = 2.51D_0$ $e = 0.92D_0$ $f = 1.67D_0$ $l = 2.88D_0$	$\theta_I = \delta 45^\circ + 1.29\gamma_{C\delta}$ $\theta_{II} = 1.41\gamma_{A\delta} + \delta 40^\circ$ $\psi = 32^\circ 48'$ $S = 3.06\pi\delta$	θ_I θ_{II} S 或 δ $\Delta\psi$

9 角度公差给定原则 (参考)

9.1 光学平行度、光轴截面内角度公差与棱差的给定原则

其基本原则是从色散和像偏转两方面考虑而给定公差。

9.1.1 系统中有调整机构,能用微量转动产生的像偏转补偿制造误差产生的像偏转时,可以只按色散给定公差。

色散只与光学平行度有关,因此图纸上应标注光学平行度。为了不使棱镜的形状变化太大,还应该标注图表中<角度公差>栏里有关的角度公差。

9.1.2 如果系统中只有一块棱镜,特别是斜方棱镜XII-0、直角屋脊棱镜DIIJ-180,它们的特点是绕空间任意轴旋转均不产生像偏转;或是列曼屋脊棱镜LIIIJ-0、阿贝屋脊棱镜FAIIIJ-0、别汉屋脊棱镜EBVJ-0、普柔棱镜FPIII-0等,它们的特点是绕空间任意轴旋转均不产生像倾斜(X'像偏转)。这种情况是无法用微量转动产生的像偏转去补偿制造误差产生的像偏转的,因此应同时考虑色散和像偏转而给定公差。

9.1.3 系统对像偏转要求严格又无调整环节时,也应同时考虑色散和像偏转而给定公差。

9.2 屋脊角公差的给定原则

应按屋脊双像差而给定。屋脊双像差与屋脊角误差的关系为: $\delta = S / [\text{Arcos} \alpha_0]$

式中 α_0 为以屋脊棱为法线的平面与入射到屋脊棱上的光轴之间的夹角。

9.3 屋脊面与相邻工作面的二面角公差的给定原则

影响屋脊面与相邻工作面的二面角的因素有:光轴截面内角度误差、C棱差和屋脊面绕屋脊的旋转、屋脊面与相邻工作面的二面角公差,可根据这三项计算后给定。

第五节 反射棱镜像偏转特性(GB 7660.3—87)

反射棱镜的制造及装配误差,将导致光学系统产生光轴偏、像倾斜,掌握了反射棱镜像偏转特性,可以正确地给定棱镜的制造公差,并可在装配工作中,利用棱镜的微量转动来调整光学系统的光轴偏、像倾斜。本节是根据GB 7660.3—87<反射棱镜像偏转特性>编写的。内容大致分三部分:

- (1) 有关名词术语。
- (2) 常用反射棱镜像偏转特性图表。
- (3) 反射棱镜作用矩阵,像偏转的计算方法。

1 名词术语

1.1 标定坐标系

取右手直角坐标系 x' 、 y' 、 z' 作为标定坐标系, x' 轴取棱镜出射光轴正向。该标准中的标定坐标系就是棱镜的像坐标,图表部分给出了一种形式。标准中所有向量均在标定坐标系内标定。

1.2 作用矩阵

反映棱镜物向量与像向量共轭关系的矩阵,用 R 表示。物向量为 \overline{A} ,其像向量为 $\overline{A'}$,它们的关系为:

$$\overline{A'} = R \overline{A}$$

1.3 特征方向和特征转角

偶次反射棱镜的像坐标是物坐标绕某一特定轴转一特定角度而成;奇次反射棱镜的像坐标是物坐标反向后绕某一特定轴转一特定角度而成。此特定轴称为棱镜的特征方向,用单位自由向量 \overline{T} 表示。特定角度称为特征转角,用 2φ 表示, 2φ 的符号符合右旋法则。

1.4 像偏转

1.4.1 像体:物体经棱镜成像后的共轭体。

1.4.2 像偏转

像体的微量旋转,用微量转角向量 $\overline{\mu}$ 表示。它的方向表示像体旋转的转轴方向,模表示转角大小,其符号按右旋法则。

a. x' 像偏转:像偏转 $\overline{\mu}$ 在 x' 轴上的投影,用 $\overline{\mu}'_{x'}$ 表示。

b. y' 像偏转:像偏转 $\overline{\mu}$ 在 y' 轴上的投影,用 $\overline{\mu}'_{y'}$ 表示。

c. z' 像偏转:像偏转 $\overline{\mu}$ 在 z' 轴上的投影,用 $\overline{\mu}'_{z'}$ 表示。

1.5 像偏转极值轴向和像偏转极值

棱镜绕不同方向的轴转过一微量转角 $\Delta\alpha$ 时,能产生像偏转最大值的轴向称为像偏转极值轴向,此最大值称为像偏转极值。

1.5.1 x' 像偏转极值轴向:棱镜绕其转动产生 x' 像偏转最大值的轴向,用单位自由向量 \overline{u} 表示。

1.5.2 y' 像偏转极值轴向:棱镜绕其转动产生 y' 像偏转最大值的轴向,用单位自由向量 \overline{v} 表示。

1.5.3 z' 像偏转极值轴向:棱镜绕其转动产生 z' 像偏转最大值的轴向,用单位自由向量 \overline{w} 表示。

1.5.4 x' 像偏转极值、 y' 像偏转极值、 z' 像偏转极值分别用 $\mu'_{x' \max}$ 、 $\mu'_{y' \max}$ 、 $\mu'_{z' \max}$ 或 δu 、 δv 、 δw 表示。

1.6 图表说明

1.6.1 棱镜绕空间任意轴微量转动产生的像偏转

图表给出了棱镜绕空间任意轴微量转动时产生的像偏转计算公式。 \overline{P} 为转轴方向的单位自由向量, $P_{x'}$ 、 $P_{y'}$ 、 $P_{z'}$ 分别是 \overline{P} 在标定坐标系 x' 轴、 y' 轴、 z' 轴上的投影, $\Delta\alpha$ 为微量转角。

1.6.2 制造误差产生的像偏转

图表给出了以A棱为基准棱时制造误差产生的像偏转计算公式。 $\Delta\omega_{y'}$ 是由于制造误差使出射表面绕 y' 轴偏转的角度; $\Delta\omega_{z'}$ 是由于制造误差使出射表面绕 z' 轴偏转的角度。 $\theta_{1,4(\Gamma)}$ 表示图中1面和4面的几何平行差 $\theta_{1,4}$ 在光轴截面内的分量。脚标①、②、③表示组成复合棱镜(空间棱镜视为两块单棱镜组成)的单棱镜序号。

以上的定义、概念、术语及计算公式可以推广到棱镜组合系统、平面镜、平面镜组合系统及棱镜平面镜组合系统。

2 常用反射棱镜像偏转特性图表(见表3—12)

3 反射棱镜作用矩阵、像偏转的计算方法

常用大部分反射棱镜的作用矩阵、像偏转已在图表中给出。图表未给出的棱镜,可用以下方法计算它们的作用矩阵、像偏转。

3.1 棱镜的作用矩阵计算方法

3.1.1 由棱镜的物、像坐标求作用矩阵

棱镜物、像坐标基底的转换矩阵就是棱镜的作用矩阵。

物坐标 xyz 的基底为 i 、 j 、 k ,像坐标 $x'y'z'$ 的基底为 i' 、 j' 、 k' ,两坐标基底间的关系为:

$$\begin{pmatrix} i \\ j \\ k \end{pmatrix} = R \begin{pmatrix} i' \\ j' \\ k' \end{pmatrix} \quad (3-17)$$

式中

$$R = \begin{pmatrix} \cos(\hat{x}, \hat{x}') & \cos(\hat{x}, \hat{y}') & \cos(\hat{x}, \hat{z}') \\ \cos(\hat{y}, \hat{x}') & \cos(\hat{y}, \hat{y}') & \cos(\hat{y}, \hat{z}') \\ \cos(\hat{z}, \hat{x}') & \cos(\hat{z}, \hat{y}') & \cos(\hat{z}, \hat{z}') \end{pmatrix} \quad (3-18)$$

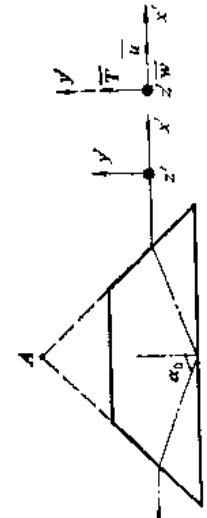
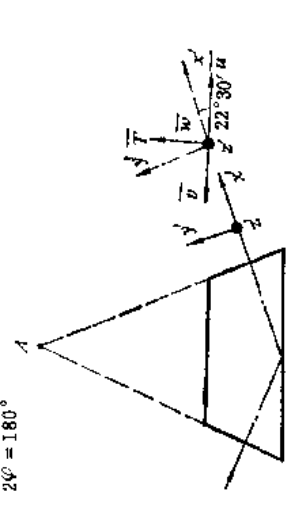
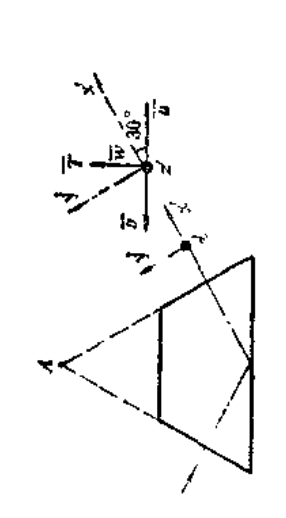
R 反映了棱镜物、像方向共轭关系,称为棱镜的作用矩阵。物向量为 \overline{A} ,像向量为 $\overline{A'}$,它们的关系为,

$$\overline{A'} = R \overline{A} \quad (3-19)$$

由棱镜物、像坐标的几何关系, R 即可求得。

表 3-12

常用反射棱镜像偏转特性图表

名称及代号	特征方向、极值轴示意图	作用矩阵	像偏转极值	像偏转	绕任意轴 P 转 $\Delta\alpha$ 角产生的像偏转	制造误差产生的像偏转
道威棱镜 DI-0	$2\varphi = 180^\circ, \alpha_0 = 45^\circ + \arcsin \frac{\sqrt{2}}{2n}$ 	$R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = 2\Delta\alpha$ $\mu'_{y'} \max = 0$ $\mu'_{z'} \max = 2\Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	$2\Delta\alpha P_{x'}$ 0 $2\Delta\alpha P_{z'}$	$2\gamma_A \sin \alpha_0$ $2n\gamma_A \cos \alpha_0$ $\sqrt{2n^2 - 1} \theta_I + \Delta 90^\circ$
等腰棱镜 DI-4E	$2\varphi = 180^\circ$ 	$R = \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{2}}{2} & \frac{\sqrt{2}}{2} & 0 \\ -\frac{\sqrt{2}}{2} & -\frac{\sqrt{2}}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = 1.85\Delta\alpha$ $\mu'_{y'} \max = 0.77\Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \max = 2\Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	$\Delta\alpha(1.71P_{x'} - 0.71P_{y'})$ $\Delta\alpha(-0.71P_{x'} + 0.29P_{y'})$ $2\Delta\alpha P_{z'}$	$1.85\gamma_A$ $n\theta_{II}$ $n\theta_I + 445^\circ$
等腰棱镜 DI-6D	$2\varphi = 180^\circ$ 	$R = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} & 0 \\ -\frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{1}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = \sqrt{3}\Delta\alpha$ $\mu'_{y'} \max = \Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \max = 2\Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	$\Delta\alpha(1.50P_{x'} - 0.87P_{y'})$ $\Delta\alpha(-0.87P_{x'} + 0.50P_{y'})$ $2\Delta\alpha P_{z'}$	$\sqrt{3}\gamma_A$ $n\theta_{II}$ $n\theta_I + \Delta 80^\circ$

名称及代号	特征方向、极值轴示意图	旋转矩阵	像偏转极值	像偏转	方位角制 P 及 $\Delta\alpha$ 角产生的像偏转	制造误差产生的像偏转
等腰棱镜 DI-80	$2\psi = 180^\circ$ 	$R = \begin{bmatrix} 0.17 & -0.99 & 0 \\ -0.99 & -0.17 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = 1.53\Delta\alpha$ $\mu'_{y'} \max = 1.28\Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \max = 2\Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	$\Delta\alpha(1.17P_{x'} - 0.99P_{y'})$ $\Delta\alpha(-0.99P_{x'} + 0.83P_{y'})$ $2\Delta\alpha P_{z'}$	$1.53\gamma_A$ $n\theta_{II}$ $n\theta_I + \Delta\theta$
直角棱镜 DI-90	$2\psi = 180^\circ$ 	$R = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = \sqrt{2}\Delta\alpha$ $\mu'_{y'} \max = \sqrt{2}\Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \max = 2\Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	$\Delta\alpha(P_{x'} + P_{y'})$ $\Delta\alpha(P_{x'} + P_{y'})$ $2\Delta\alpha P_{z'}$	$\sqrt{2}\gamma_A$ $n\theta_{II}$ $n\theta_I + \Delta 90^\circ$
等腰棱镜 DI-105	$2\psi = 180^\circ$ 	$R = \begin{bmatrix} -0.26 & -0.97 & 0 \\ -0.97 & 1.26 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = 1.22\Delta\alpha$ $\mu'_{y'} \max = 1.59\Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \max = 2\Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	$\Delta\alpha(0.11P_{x'} - 0.97P_{y'})$ $\Delta\alpha(-0.97P_{x'} + 1.26P_{y'})$ $2\Delta\alpha P_{z'}$	$1.22\gamma_A$ $n\theta_{II}$ $n\theta_I + \Delta 10^\circ$

续表 3-12

名称代号	特征方向、极值轴示意图	作用矩阵	像的极值	像偏转	绕任意轴P转 $\Delta\alpha$ 角产生的像偏转	制造误差产生的像偏转
等腰棱镜 DI- β ($\beta < 90^\circ$)	<p>$2\varphi = 180^\circ$</p>	$R = \begin{bmatrix} \cos\beta & -\cos(90^\circ - \beta) & 0 \\ -\cos(90^\circ - \beta) & -\cos\beta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = 2\Delta\alpha \cos \frac{\beta}{2}$ $\mu'_{y'} \max = 2\Delta\alpha \sin \frac{\beta}{2}$ $\mu'_{z'} \max = 2\Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	$\Delta\alpha[(1 + \cos\beta)P_{x'} - \cos(90^\circ - \beta)P_{y'}]$ $\Delta\alpha[-\cos(90^\circ - \beta)P_{x'} + (1 - \cos\beta)P_{y'}]$ $2\Delta\alpha P_{z'}$	$2\gamma \alpha \cos \frac{\beta}{2}$ $n\theta \pi$ $n\theta I + \Delta\beta$
等腰棱镜 DI- β ($\beta > 90^\circ$)	<p>$2\varphi = 180^\circ$</p>	$R = \begin{bmatrix} \cos\beta & -\cos(90^\circ - \beta) & 0 \\ -\cos(90^\circ - \beta) & -\cos\beta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = 2\Delta\alpha \cos \frac{\beta}{2}$ $\mu'_{y'} \max = 2\Delta\alpha \sin \frac{\beta}{2}$ $\mu'_{z'} \max = 2\Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	$\Delta\alpha[(1 + \cos\beta)P_{x'} - \cos(\beta - 90^\circ)P_{y'}]$ $\Delta\alpha[-\cos(\beta - 90^\circ)P_{x'} + (1 - \cos\beta)P_{y'}]$ $2\Delta\alpha P_{z'}$	$2\gamma \alpha \cos \frac{\beta}{2}$ $n\theta \pi$ $n\theta I + \Delta\beta$
道威棱镜 DI-0	<p>$2\varphi = 180^\circ$, $\alpha_0 = 45^\circ + \arcsin \frac{\sqrt{2}}{2n}$</p>	$R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = 0$ $\mu'_{y'} \max = 2\Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \max = 2\Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	$2\Delta\alpha P_{y'}$ $2\Delta\alpha P_{z'}$	$2\gamma \alpha \cos \alpha_0$ $2n\gamma \alpha \sin \alpha_0$ $\sqrt{2n^2 - 1}\theta I + \Delta\theta$

续表 3—12

名称及代号	特征方向、极值轴示意图	作用矩阵	像偏转极值	像偏转	绕任意轴P转 $\Delta\alpha$ 角产生的像偏转	制造误差产生的像偏转
等腰屋脊棱镜 DIJ-45	<p>$2\varphi = 180^\circ$</p>	$R = \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{2}}{2} & -\frac{\sqrt{2}}{2} & 0 \\ \frac{\sqrt{2}}{2} & \frac{\sqrt{2}}{2} & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \text{ max} = 0.77\Delta\alpha$ $\mu'_{y'} \text{ max} = 1.85\Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \text{ max} = 2\Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	$\Delta\alpha(0.29P_{x'} + 0.71P_{y'})$ $\Delta\alpha(0.71P_{x'} + 1.71P_{y'})$ $2\Delta\alpha P_{z'}$	$0.77\gamma_c$ $n\theta_{II}$ $n\theta_I + \Delta 45^\circ$
等腰屋脊棱镜 DIJ-60	<p>$2\varphi = 180^\circ$</p>	$R = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} & 0 \\ \frac{\sqrt{3}}{2} & \frac{1}{2} & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \text{ max} = \Delta\alpha$ $\mu'_{y'} \text{ max} = \sqrt{3}\Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \text{ max} = 2\Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	$\Delta\alpha(0.50P_{x'} + 0.87P_{y'})$ $\Delta\alpha(0.87P_{x'} + 1.50P_{y'})$ $2\Delta\alpha P_{z'}$	γ_c $n\theta_{II}$ $n\theta_I + \Delta 60^\circ$
等腰屋脊棱镜 DIJ-80	<p>$2\varphi = 180^\circ$</p>	$R = \begin{bmatrix} 0.17 & -0.99 & 0 \\ -0.99 & -0.17 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \text{ max} = 1.29\Delta\alpha$ $\mu'_{y'} \text{ max} = 1.53\Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \text{ max} = 2\Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	$\Delta\alpha(0.83P_{x'} + 0.99P_{y'})$ $\Delta\alpha(0.99P_{x'} + 1.17P_{y'})$ $2\Delta\alpha P_{z'}$	$1.29\gamma_c$ $n\theta_{II}$ $n\theta_I + \Delta 80^\circ$

续表 3-12

名称及代号	特征方向、极值轴示意图	作用矩阵	像偏转极值	像偏转	绕任意轴P转 $\Delta\alpha$ 角产生的像偏转	制造误差产生的像偏转
直角屋脊棱镜 DI-90	<p>$2\varphi = 180^\circ$</p>	$R = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{y'} \max = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \max = 2\Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	$\Delta\alpha(P_{x'} - P_{y'})$ $\Delta\alpha(-P_{x'} + P_{y'})$ $2\Delta\alpha P_{z'}$	$\sqrt{2} \gamma c$ $n\theta_{II}$ $n\theta_I + \Delta 90^\circ$
等腰屋脊棱镜 DI J- β ($\beta < 90^\circ$)	<p>$2\varphi = 180^\circ$</p>	$R = \begin{bmatrix} \cos\beta & -\cos(90^\circ - \beta) & 0 \\ -\cos(90^\circ - \beta) & -\cos\beta & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = 2\Delta\alpha \sin \frac{\beta}{2}$ $\mu'_{y'} \max = 2\Delta\alpha \cos \frac{\beta}{2}$ $\mu'_{z'} \max = 2\Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	$\Delta\alpha[(1 - \cos\beta)P_{x'} + \cos(90^\circ - \beta)P_{y'}]$ $\Delta\alpha[\cos(90^\circ - \beta)P_{x'} + (1 + \cos\beta)P_{y'}]$ $2\Delta\alpha P_{z'}$	$2\gamma c \sin \frac{\beta}{2}$ $n\theta_{II}$ $n\theta_I + \Delta\beta$
直角棱镜 D II-180	<p>$2\varphi = 180^\circ$</p>	$R = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = 2\Delta\alpha$ $\mu'_{y'} \max = 2\Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \max = 0$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	$2\Delta\alpha P_{x'}$ $2\Delta\alpha P_{y'}$ 0	$\sqrt{2} \gamma a$ $n\theta_{II}$ $n\theta_I$

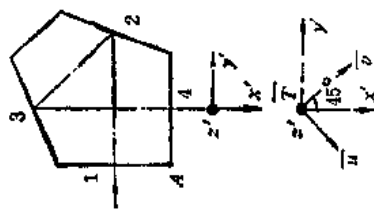
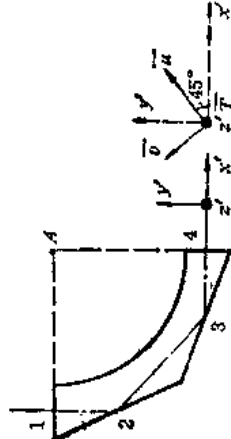
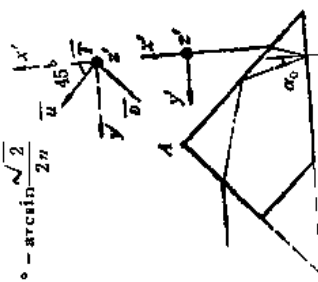
续表 3-12

名称及代号	特征方向、极轴轴示意图	作用矩阵	密近转极值	像偏转	绕任意轴 P 转 Δα 角产生的像偏转	制造误差产生的像偏转
斜方棱镜 XII-0	<p>特征方向示意图</p>	$R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = 0$ $\mu'_{y'} \max = C$ $\mu'_{z'} \max = 0$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	0 0 0	$\sqrt{2}\gamma_A$ $n\theta_{II} + \gamma_A$ $n\theta_I + \theta_{II} + \Delta 10$
半五棱镜 BII-40	<p>$2\varphi = 40^\circ$</p>	$R = \begin{bmatrix} 0.77 & -0.64 & 0 \\ 0.64 & 0.77 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = 0.68\Delta\alpha$ $\mu'_{y'} \max = 0.68\Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \max = 0$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	$\Delta\alpha(0.23P_{x'} + 0.64P_{y'})$ $\Delta\alpha(-0.64P_{x'} + 0.23P_{y'})$ 0	$0.68\gamma_A$ $n\theta_{II}$ $n\theta_I + \Delta 10^\circ$
半五棱镜 BII-15	<p>$2\varphi = 45^\circ$</p>	$R = \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{2}}{2} & -\frac{\sqrt{2}}{2} & 0 \\ \frac{\sqrt{2}}{2} & \frac{\sqrt{2}}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = 0.77\Delta\alpha$ $\mu'_{y'} \max = 0.77\Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \max = 0$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	$\Delta\alpha(0.29P_{x'} + 0.71P_{y'})$ $\Delta\alpha(-0.71P_{x'} + 0.29P_{y'})$ 0	$0.77\gamma_A$ $n\theta_{II}$ $n\theta_I + \Delta 45^\circ$

续表 3-12

名称及代号	特征方向、极值轴示意图	作用矩阵	像偏转极值	像偏转	绕任意轴 P 转 $\Delta\alpha$ 角产生的像偏转	制造误差产生的像偏转
半五棱镜 BH-60	<p>$2\varphi = 60^\circ$</p>	$R = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} & 0 \\ \frac{\sqrt{3}}{2} & \frac{1}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{xi \max} = \Delta\alpha$ $\mu'_{yi \max} = \Delta\alpha$ $\mu'_{zi \max} = 0$	μ'_{xi} μ'_{yi} $\mu'_{zi} = 0$	$\Delta\alpha(0.50P_{xi} + 0.87P_{yi})$ $\Delta\alpha(-0.87P_{xi} + 0.50P_{yi})$ 0	γ_A $\pi\theta_{II}$ $\pi\theta_I + \Delta 60^\circ$
五棱镜 WII-60	<p>$2\varphi = 60^\circ$</p>	$R = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} & 0 \\ \frac{\sqrt{3}}{2} & \frac{1}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{xi \max} = \Delta\alpha$ $\mu'_{yi \max} = \Delta\alpha$ $\mu'_{zi \max} = 0$	μ'_{xi} μ'_{yi} $\mu'_{zi} = 0$	$\Delta\alpha(0.50P_{xi} + 0.87P_{yi})$ $\Delta\alpha(-0.87P_{xi} + 0.50P_{yi})$ 0	$0.52(\gamma_{A2} + \gamma_{A3})$ $\pi\theta_{II}$ $\pi\theta_I + \Delta 60^\circ$
五棱镜 WII-80	<p>$2\varphi = 80^\circ$</p>	$R = \begin{bmatrix} 0.17 & -0.99 & 0 \\ 0.99 & 0.17 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{xi \max} = 1.29\Delta\alpha$ $\mu'_{yi \max} = 1.29\Delta\alpha$ $\mu'_{zi \max} = 0$	μ'_{xi} μ'_{yi} μ'_{zi}	$\Delta\alpha(0.83P_{xi} + 0.99P_{yi})$ $\Delta\alpha(-0.99P_{xi} + 0.83P_{yi})$ 0	$0.68(\gamma_{A2} + \gamma_{A3})$ $\pi\theta_{II}$ $\pi\theta_I + \Delta 80^\circ$

续表 3-12

名称及代号	特征方向、极值轴示意图	作用矩阵	像偏转极值	像偏转	绕任意轴 P 转 $\Delta\alpha$ 角产生的像偏转	制造误差产生的像偏转
五棱镜 WΠ-90	$2\varphi = 90^\circ$ 	$R = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x1 \max} = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{y1 \max} = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{z1 \max} = 0$	μ'_{x1} μ'_{y1} $\mu'_{z1} = 0$	$\Delta\alpha(P_{x'} - P_{y'})$ $\Delta\alpha(P_{x1} + P_{y1})$	$0.77(\gamma_{A2} + \gamma_{A3})$ $n\theta_{II}$ $n\theta_I + \Delta 90^\circ$
马拉可棱镜 WL-90	$2\varphi = 90^\circ$ 	$R = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x1 \max} = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{y1 \max} = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{z1 \max} = 0$	μ'_{x1} μ'_{y1} $\mu'_{z1} = 0$	$\Delta\alpha(P_{x1} + P_{y1})$ $\Delta\alpha(-P_{x1} + P_{y1})$	$1.85(\gamma_{A2} + \gamma_{A3})$ $n\theta_{II}$ $n\theta_I + \Delta 90^\circ$
四棱镜 LΠ-90	$2\varphi = 90^\circ$ $\alpha_0 = 45^\circ - \arcsin \frac{\sqrt{2}}{2n}$ 	$R = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x1 \max} = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{y1 \max} = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{z1 \max} = 0$	μ'_{x1} μ'_{y1} $\mu'_{z1} = 0$	$\Delta\alpha(P_{x1} + P_{y1})$ $\Delta\alpha(-P_{x1} + P_{y1})$	$2\gamma_{A1} \sin \alpha_0$ $2n\gamma_{A1} \sin \alpha_0$ $\sqrt{2n^2 - 1} \theta_I + \Delta 90^\circ$

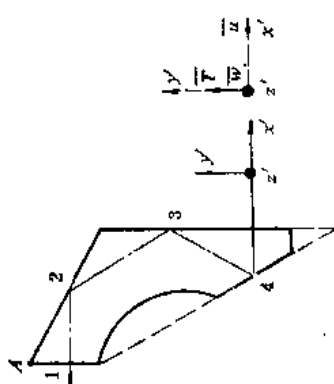
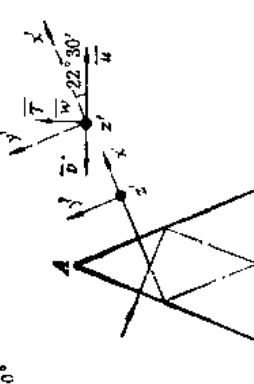
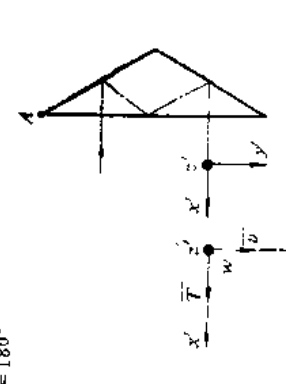
续表 3-12

名称及代号	特征方向、极值轴向示意图	作用矩阵	像偏转极值	像偏转	绕任意轴P转 $\Delta\alpha$ 角产生的像偏转	制造误差产生的像偏转
直角屋脊棱镜 DII r-180	<p>$2\varphi = 0^\circ$</p>	$R = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = 0$ $\mu'_{y'} \max = 0$ $\mu'_{z'} \max = 0$	$\mu'_{x'} = 0$ $\mu'_{y'} = 0$ $\mu'_{z'} = 0$	0	$\sqrt{2}\gamma_0$
立方角棱镜 LIII r-180	<p>$2\varphi = 0^\circ$</p>	$R = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = 0$ $\mu'_{y'} \max = 0$ $\mu'_{z'} \max = 0$	$\mu'_{x'} = 0$ $\mu'_{y'} = 0$ $\mu'_{z'} = 0$	0	1.85 γ_0
原脊半五角棱镜 BII r-45	<p>$2\varphi = 135^\circ$</p>	$R = \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{2}}{2} & -\frac{\sqrt{2}}{2} & 0 \\ \frac{\sqrt{2}}{2} & \frac{\sqrt{2}}{2} & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = 1.85\Delta\alpha$ $\mu'_{y'} \max = 1.85\Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \max = 0$	$\mu'_{x'} = \Delta\alpha(1.71P_{x'} - 0.71P_{y'})$ $\mu'_{y'} = \Delta\alpha(0.71P_{x'} + 1.71P_{y'})$ $\mu'_{z'} = 0$	$\Delta\alpha(1.71P_{x'} - 0.71P_{y'})$ $\Delta\alpha(0.71P_{x'} + 1.71P_{y'})$ 0	1.85 γ_0 $\pi\theta_{II}$ $\pi\theta_I + \Delta 45^\circ$

续表 3-12

名称及代号	特征方向、极值轴向示意图	作用矩阵	像偏转极值	像偏转	绕任意轴 P 转 $\Delta\alpha$ 角产生的像偏转	制造误差产生的像偏转
屋脊半五棱镜 BII J-60	<p>$2\varphi = 120^\circ$</p>	$R = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} & 0 \\ \frac{\sqrt{3}}{2} & \frac{1}{2} & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{xi, \max} = \sqrt{3} \Delta\alpha$ $\mu'_{yi, \max} = \sqrt{3} \Delta\alpha$ $\mu'_{zi, \max} = 0$	μ'_{xi} μ'_{yi} $\mu'_{zi} = 0$	$\Delta\alpha(1.50P_x, -0.87P_y)$ $\Delta\alpha(0.87P_x, +1.50P_y)$ 0	$\sqrt{3}\gamma_C$ $n\theta_{II}$ $n\theta_I + \Delta 60^\circ$
屋脊五棱镜 WII J-90	<p>$2\varphi = 90^\circ$</p>	$R = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{xi, \max} = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{yi, \max} = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{zi, \max} = 0$	μ'_{xi} μ'_{yi} $\mu'_{zi} = 0$	$\Delta\alpha(P_x, +P_y)$ $\Delta\alpha(-P_x, +P_y)$ 0	$0.77\gamma_A + 1.85\gamma_C$ $n\theta_{II}$ $n\theta_I + \Delta 90^\circ$
屋脊斜方棱镜 XII J-0	<p>$2\varphi = 180^\circ$</p>	$R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{xi, \max} = 2\Delta\alpha$ $\mu'_{yi, \max} = 2\Delta\alpha$ $\mu'_{zi, \max} = 0$	μ'_{xi} μ'_{yi} $\mu'_{zi} = 0$	$2\Delta\alpha P_x$ $2\Delta\alpha P_y$ 0	$\sqrt{2}\gamma_C$ $n\theta_{II} + \gamma_C$ $n\theta_I + \theta_{I-40}$

续表 3-12

名称及代号	特征方向、极值轴示意图	作用矩阵	像偏转极值	像偏转	绕任意轴 P 转 $\Delta\alpha$ 角产生的像偏转	制造误差产生的像偏转
列曼棱镜 I, III-0	<p>$2\varphi = 180^\circ$</p> 	$R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = 2\Delta\alpha$ $\mu'_{y'} \max = 0$ $\mu'_{z'} \max = 2\Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	$2\Delta\alpha P_{x'}$ 0 $2\Delta\alpha P_{z'}$	$\sqrt{3}\gamma_{As} + \gamma_{As}$ $n\theta_{II} + \gamma_{As}$ $n\theta_I + \theta_{I,Stt}$
施米特棱镜 D III-45	<p>$2\varphi = 180^\circ$</p> 	$R = \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{2}}{2} & -\frac{\sqrt{2}}{2} & 0 \\ -\frac{\sqrt{2}}{2} & -\frac{\sqrt{2}}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = 1.85\Delta\alpha$ $\mu'_{y'} \max = 0.77\Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \max = 2\Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	$\Delta\alpha(1.71P_{x'} - 0.71P_{y'})$ $\Delta\alpha(-0.71P_{x'} + 0.89P_{y'})$ $2\Delta\alpha P_{z'}$	0.777Δ $n\theta_{II}$ $n\theta_I + \Delta 45^\circ$
等腰棱镜 D III-180	<p>$2\varphi = 180^\circ$</p> 	$R = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = 0$ $\mu'_{y'} \max = 2\Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \max = 2\Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	0 $2\Delta\alpha P_{y'}$ $2\Delta\alpha P_{z'}$	γ_A $n\theta_{II}$ $n\theta_I$

名称及代号	特征方向、极值轴向示意图	作用矩阵	像偏转极值	像偏转	绕任意轴P转 $\Delta\alpha$ 角产生的像偏转	制造误差产生的像偏转
列曼屋脊棱镜 LIII r=0	<p>$2\varphi = 180^\circ$</p>	$R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = 0$ $\mu'_{y'} \max = 2\Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \max = 2\Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	0 $2\Delta\alpha P_{y'}$ $2\Delta\alpha P_{z'}$	$\sqrt{3}(\gamma_A + \gamma_C)$ $n\theta_{II} + \gamma_A$ $n\theta_I + \theta_{I,3(II)}$
列曼屋脊棱镜 LII r=0	<p>$2\varphi = 180^\circ$</p>	$R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = 0$ $\mu'_{y'} \max = 2\Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \max = 2\Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	0 $2\Delta\alpha P_{y'}$ $2\Delta\alpha P_{z'}$	$\sqrt{3}(\gamma_A + \gamma_C)$ $n\theta_{II} + \gamma_A$ $n\theta_I + \theta_{I,3(II)}$
施米特屋脊棱镜 LIII r=45	<p>$2\varphi = 180^\circ$</p>	$R = \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{2}}{2} & -\frac{\sqrt{2}}{2} & 0 \\ -\frac{\sqrt{2}}{2} & -\frac{\sqrt{2}}{2} & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = 0.77\Delta\alpha$ $\mu'_{y'} \max = 1.85\Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \max = 2\Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	$\Delta\alpha(0.29P_{x'} + 0.71P_{y'})$ $\Delta\alpha(0.71P_{x'} + 1.71P_{y'})$ $2\Delta\alpha P_{z'}$	$1.85\gamma_0$ $n\theta_{II}$ $n\theta_I + \Delta\Delta_0$

续表 3-12

名称及代号	特征方向、极值轴向示意图	作用矩阵	像偏转极值	像偏转	绕任意轴P转 $\Delta\alpha$ 角产生的像偏转	制造误差产生的像偏转
等腰屋脊棱镜 DIII J-180		$R = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = 2\Delta\alpha$ $\mu'_{y'} \max = 0$ $\mu'_{z'} \max = 2\Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	$2\Delta\alpha P_{x'}$ 0 $2\Delta\alpha P_{z'}$	$\sqrt{3}\gamma_0$ $n\theta_{II}$ $n\theta_I$
立方棱镜 FII I-0		$R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = 2\Delta\alpha$ $\mu'_{y'} \max = 0$ $\mu'_{z'} \max = 2\Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	$2\Delta\alpha P_{x'}$ 0 $2\Delta\alpha P_{z'}$	$2\gamma \text{Asin}\alpha_0$ $2\gamma \text{Acos}\alpha_0$ $n\theta_I + \Delta 80^\circ$
靴形棱镜 FX II-90		$R = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = \sqrt{2}\Delta\alpha$ $\mu'_{y'} \max = \sqrt{2}\Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \max = 0$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	$\Delta\alpha(P_{x'} + P_{y'})$ $\Delta\alpha(-P_{x'} + P_{y'})$ 0	$0.52\gamma \text{Acos}$ $n\theta_{II}$ $n\theta_I + \Delta A_{10} + \Delta A_{20}$

续表 3-12

名称及代号	特征方向、极值轴向示意图	作用矩阵	像偏转极值	像偏转	绕任意轴 P 转 $\Delta\alpha$ 角产生的像偏转	制造误差产生的像偏转
靴形屋脊棱镜 FX II J-80	$2\varphi = 90^\circ$ 	$R = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{y'} \max = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \max = 0$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'} = 0$	$\Delta\alpha(P_{y'} - P_{z'})$ $\Delta\alpha(P_{x'} + P_{y'})$ 0	$1.93\gamma_c$ $n\theta_{II}$ $n\theta_I + \Delta d_{\text{I}} + \Delta d_{\text{II}}$
普柔棱镜 FP III-80	$2\varphi = 90^\circ$ 	$R = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{y'} \max = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \max = 0$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'} = 0$	$\Delta\alpha(P_{x'} + P_{y'})$ $\Delta\alpha(-P_{x'} + P_{y'})$ 0	$\sqrt{2}(\gamma_{A\text{D}} + \gamma_{A\text{B}})$ $n\theta_{II} + \Delta\omega_{y'}$ $n\theta_I + \Delta\omega_{z'}$
普柔棱镜 FP III-90	$2\varphi = 90^\circ$ 	$R = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{y'} \max = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \max = 0$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'} = 0$	$\Delta\alpha(P_{x'} - P_{y'})$ $\Delta\alpha(P_{x'} + P_{y'})$ 0	$\sqrt{2}(\gamma_{A\text{D}} + \gamma_{A\text{B}})$ $n\theta_{II} + \Delta\omega_{y'}$ $n\theta_I + \Delta\omega_{z'}$

续表 3-12

名称及代号	特征方向, 极轴轴向示意图	作用矩阵	像偏转极值	像偏转	绕任意轴 P 转 $\Delta\alpha$ 角产生的像偏转	制造误差产生的像偏转
阿贝棱镜 FA III-0	$2\varphi = 180^\circ$ 	$R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = 2\Delta\alpha$ $\mu'_{y'} \max = 0$ $\mu'_{z'} \max = 2\Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'} = 0$ $\mu'_{z'}$	$2\Delta\alpha P_x$ 0 $2\Delta\alpha P_z$	$\sqrt{3}\gamma_{A0} + \gamma_{A1}$ $n\theta_{II}$ $n\theta_I + \theta_{I,SI}$
阿贝屋脊 棱镜 FA III-0	$2\varphi = 180^\circ$ 	$R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = 0$ $\mu'_{y'} \max = 2\Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \max = 2\Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	0 $2\Delta\alpha P_y$ $2\Delta\alpha P_z$	$\sqrt{3}(\gamma_{A0} + \gamma_{C0})$ $n\theta_{II}$ $n\theta_I + \theta_{I,SI}$
潜望棱镜 FO III-0	$2\varphi = 180^\circ$ 	$R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = 2\Delta\alpha$ $\mu'_{y'} \max = 0$ $\mu'_{z'} \max = 2\Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	$2\Delta\alpha P_x$ 0 $2\Delta\alpha P_z$	$\sqrt{3}\gamma_{A1}$ $n\theta_{II}$ $n\theta_I + \Delta I_1 + \Delta I_2$

续表 3-12

名称及代号	特征方向、级值轴示意图	作用矩阵	像偏转极值	像偏转	绕任意轴P转 $\Delta\alpha$ 角产生的像偏转	制造误差产生的像偏转
烟斗棱镜 FY III-60	<p>$2\varphi = 180^\circ$</p>	$R = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} & 0 \\ \frac{\sqrt{3}}{2} & \frac{1}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = \sqrt{3} \Delta\alpha$ $\mu'_{y'} \max = \Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \max = 2\Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	$\Delta\alpha(1.50P_{x'} - 0.87P_{y'})$ $\Delta\alpha(-0.87P_{x'} + 0.50P_{y'})$ $2\Delta\alpha P_{z'}$	$\gamma_{A\odot}$ $n\theta_{\text{I}}$ $n\theta_{\text{I}} + \Delta A_{\odot} + \Delta A_{\text{II}}$
烟斗屋脊棱镜 FY III-60	<p>$2\varphi = 180^\circ$</p>	$R = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} & 0 \\ \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{1}{2} & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = \Delta\alpha$ $\mu'_{y'} \max = \sqrt{3} \Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \max = 2\Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	$\Delta\alpha(0.50P_{x'} + 0.87P_{y'})$ $\Delta\alpha(0.87P_{x'} + 1.50P_{y'})$ $2\Delta\alpha P_{z'}$	$\sqrt{3} \gamma_{\odot}$ $n\theta_{\text{II}}$ $n\theta_{\text{I}} + \Delta A_{\text{II}} + \Delta A_{\text{III}}$
普柔棱镜 IV-0	<p>$2\varphi = 180^\circ$</p>	$R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = 0$ $\mu'_{y'} \max = 2\Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \max = 2\Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	0 $2\Delta\alpha P_{y'}$ $\Delta\alpha P_{z'}$	$\sqrt{2} \gamma_{A \cdot}$ $n\theta_{\text{II}}$ $n\theta_{\text{I}} + \theta_{1, \odot(\text{I})}$

续表 3-12

名称及代号	特征方向、极值轴示意图	作用矩阵	像偏转极值	像偏转	绕任意轴 P 转 $\Delta\alpha$ 角产生的像偏转	制造误差产生的像偏转
普柔棱镜 HPV-0	$2\psi = 180^\circ$ 	$R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = 0$ $\mu'_{y'} \max = 2\Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \max = 2\Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	0 $2\Delta\alpha P_{y'}$ $2\Delta\alpha P_{z'}$	$\sqrt{2}\gamma_{A0}$ $n\theta_{II}$ $n\theta_I + \theta_{I, K(I)}$
普柔棱镜 FPV-0	$2\psi = 180^\circ$ 	$R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = 0$ $\mu'_{y'} \max = 2\Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \max = 2\Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	0 $2\Delta\alpha P_{y'}$ $2\Delta\alpha P_{z'}$	$\sqrt{2}(\gamma_{A0} + \gamma_{A0z})$ $n\theta_{II}$ $n\theta_I$
普柔棱镜 FPV-0	$2\psi = 180^\circ$ 	$R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = 0$ $\mu'_{y'} \max = 2\Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \max = 2\Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	0 $2\Delta\alpha P_{y'}$ $2\Delta\alpha P_{z'}$	$\sqrt{2}(\gamma_{A0} + \gamma_{A0z})$ $n\theta_{II}$ $n\theta_I$

续表 3-12

名称及代号	特征方向、级值轴向示意图	作用矩阵	像偏转级值	像偏转	绕任意轴 P 转 $\Delta\alpha$ 角产生的像偏转	制造误差产生的像偏转
别汉棱镜 FBV-0	<p>$2\varphi = 180^\circ$</p>	$R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{z'} \max = 2\Delta\alpha$ $\mu'_{y'} \max = 0$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ 0 $\mu'_{z'}$	$2\Delta\alpha P_{x'}$ 0 $2\Delta\alpha P_{z'}$	$0.77(\gamma_{A\odot} + \gamma_{A\ominus})$ $n\theta_{II}$ $n\theta_I + \theta_{I,7}(I)$
别汉屋脊 棱镜 FBV _Γ -0	<p>$2\varphi = 180^\circ$</p>	$R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{z'} \max = 0$ $\mu'_{y'} \max = 2\Delta\alpha$ $\mu'_{x'} \max = 2\Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ 0 $\mu'_{y'}$	$2\Delta\alpha P_{y'}$ $2\Delta\alpha P_{x'}$	$0.77\gamma_{A\odot} + 1.85\gamma_{A\ominus}$ $n\theta_I$ $n\theta_I + \theta_{I,7}(I)$

续表 3-12

名称及代号	特征方向、极值轴向示意图	作用矩阵	像偏转极值	像偏转	绕任意轴P转 $\Delta\alpha$ 角产生的像偏转	制造误差产生的像偏转
别汉屋脊棱镜 EHV ₁ -0	<p>$2\varphi = 180^\circ$</p>	$R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = 0$ $\mu'_{y'} \max = 2\Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \max = 2\Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	0 $2\Delta\alpha P_{y'}$ $2\Delta\alpha P_{z'}$	$1.58\gamma_{CD} + 0.77\gamma_{A\textcircled{2}}$ $\pi\theta_{II}$ $\pi\theta_I + \theta_{t,y'}(I)$
空间棱镜 K II-90 -60	<p>$2\varphi = 188^\circ 26'$</p>	$R = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1/2 & \sqrt{3}/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -1/2 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = \sqrt{2}\Delta\alpha$ $\mu'_{y'} \max = \sqrt{2}\Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \max = \sqrt{3}\Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	$\Delta\alpha(P_{x'} - P_{y'})$ $\Delta\alpha(-0.50P_{x'} + P_{y'} - 0.87P_{z'})$ $\Delta\alpha(-0.87P_{x'} + 1.50P_{z'})$	$\sqrt{2}\gamma_{A\textcircled{1}} + \sqrt{3}\gamma_{A\textcircled{2}}$ $\pi\theta_{II} + \Delta\omega_{y'}$ $\pi\theta_I + \Delta\omega_{z'}$

续表 3-12

名称及代号	特征方向、极值轴示意图	作用矩阵	像偏转极值	像偏转	绕任意轴P转 $\Delta\alpha$ 角产生的像偏转	制造误差产生的像偏转
空间棱镜 K II-90 -60	<p>2φ = 138°36'</p>	$R = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -\frac{1}{2} & 0 & -\frac{\sqrt{3}}{2} \\ \frac{\sqrt{3}}{2} & 0 & -\frac{1}{2} \end{bmatrix}$	$\mu'_{x1 \max} = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{y1 \max} = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{z1 \max} = \sqrt{3} \Delta\alpha$	μ'_{x1} μ'_{y1} μ'_{z1}	$\Delta\alpha(P_{x1} + P_{y1})$ $\Delta\alpha(0.50P_{x1} + P_{y1} + 0.87P_{z1})$ $\Delta\alpha(-0.87P_{x1} + 1.50P_{z1})$	$\sqrt{2} \gamma_{A0} + \sqrt{3} \gamma_{A2}$ $n\theta_{II} + \Delta\omega_{y1}$ $n\theta_{I} + \Delta\omega_{z1}$
空间棱镜 K II-90 -60	<p>2φ = 138°36'</p>	$R = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ \frac{1}{2} & 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} \\ \frac{\sqrt{3}}{2} & 0 & -\frac{1}{2} \end{bmatrix}$	$\mu'_{x1 \max} = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{y1 \max} = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{z1 \max} = \sqrt{3} \Delta\alpha$	μ'_{x1} μ'_{y1} μ'_{z1}	$\Delta\alpha(P_{x1} - P_{y1})$ $\Delta\alpha(-0.50P_{x1} + P_{y1} - 0.87P_{z1})$ $\Delta\alpha(-0.87P_{x1} + 1.50P_{z1})$	$\sqrt{2} \gamma_{A0} + \sqrt{3} \gamma_{A2}$ $n\theta_{II} + \Delta\omega_{y1}$ $n\theta_{I} + \Delta\omega_{z1}$

续表 3-12

名称及代号	特征方向、极值轴示意图	作用矩阵	像偏转极值	像偏转	绕任意轴P转 $\Delta\alpha$ 角产生的像偏转	制造误差产生的像偏转
空间棱镜 K II -90 -80	<p>$2\varphi = 138^\circ 56'$</p>	$R = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -\frac{1}{2} & 0 & -\frac{\sqrt{3}}{2} \\ \frac{\sqrt{3}}{2} & 0 & -\frac{1}{2} \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{y'} \max = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \max = \sqrt{3} \Delta\alpha$	$\mu'_{z'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{x'}$	$\Delta\alpha(P_{x'} + P_{y'})$ $\Delta\alpha(0.50P_{x'} + P_{y'} + 1.87P_{z'})$ $\Delta\alpha(-0.87P_{x'} + 1.50P_{z'})$	$\sqrt{2} \gamma_{A0} + \sqrt{3} \gamma_{A\omega}$ $\theta_{II} + \Delta\omega_{z'}$ $\theta_{II} + \Delta\omega_{x'}$
空间棱镜 K II -90 -80	<p>$2\varphi = 125^\circ 56'$</p>	$R = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0.17 & 0 & 0.99 \\ 0.99 & 0 & -0.17 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{y'} \max = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \max = 1.53 \Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	$\Delta\alpha(P_{x'} - P_{y'})$ $\Delta\alpha(-0.17P_{x'} + P_{y'} - 0.99P_{z'})$ $\Delta\alpha(-0.17P_{x'} + 1.17P_{z'})$	$\sqrt{2} \gamma_{A0} + 1.53 \gamma_{A\omega}$ $\theta_{II} + \Delta\omega_{y'}$ $\theta_{II} + \Delta\omega_{z'}$

续表 3-12

名称及代号	特征方向、极值指向示意图	作用矩阵	像偏转极值	像偏转	绕任意轴 P 转 $\Delta\alpha$ 角产生的像偏转	制造误差产生的像偏转
空间棱镜 K II-90 -80	<p>$2\varphi = 125^\circ 56'$</p>	$R = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -0.17 & 0 & -0.99 \\ 0.99 & 0 & -0.17 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{y'} \max = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \max = 1.53 \Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	$\Delta\alpha(P_{x'} + P_{y'})$ $\Delta\alpha(0.17P_{x'} + P_{y'} + 0.99P_{z'})$ $\Delta\alpha(-0.99P_{x'} + 1.17P_{z'})$	$\sqrt{2} \gamma_{\Delta\alpha} \textcircled{1} + 1.53 \gamma_{\Delta\alpha} \textcircled{2}$ $n\theta_{II} + \Delta\omega_{y'}$ $n\theta_{I} + \Delta\omega_{z'}$
空间棱镜 K II-90 -80	<p>$2\varphi = 125^\circ 56'$</p>	$R = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0.17 & 0 & 0.99 \\ 0.99 & 0 & -0.17 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{y'} \max = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \max = 1.53 \Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	$\Delta\alpha(P_{x'} - P_{y'})$ $\Delta\alpha(-0.17P_{x'} + P_{y'} - 0.99P_{z'})$ $\Delta\alpha(-0.99P_{x'} + 1.17P_{z'})$	$\sqrt{2} \gamma_{\Delta\alpha} \textcircled{1} + 1.53 \gamma_{\Delta\alpha} \textcircled{2}$ $n\theta_{II} + \Delta\omega_{y'}$ $n\theta_{I} + \Delta\omega_{z'}$

续表 3-12

名称及代号	特征方向、极值轴向示意图	作用矩阵	极值转极值	像偏转	绕任意轴 P 转 $\Delta\alpha$ 角产生的像偏转	制造误差产生的像偏转
空间透镜 K II -90 -80	<p>$2\varphi = 125^\circ 56'$</p>	$R = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -0.17 & 0 & -0.99 \\ 0.99 & 0 & -0.17 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{y'} \max = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \max = 1.53 \Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	$\Delta\alpha(P_{x'} + P_{y'})$ $\Delta\alpha(0.17P_{x'} + P_{y'} + 0.99P_{z'})$ $\Delta\alpha(-0.99P_{x'} + 1.17P_{z'})$	$\sqrt{2} \gamma_{A0} + 1.53 \gamma_{A3}$ $\pi\theta_{\Pi} + \Delta\omega_{y'}$ $\pi\theta_{\Pi} + \Delta\omega_{z'}$
空间透镜 K II -90 -90	<p>$2\varphi = 120^\circ$</p>	$R = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{y'} \max = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \max = \sqrt{2} \Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	$\Delta\alpha(P_{x'} - P_{y'})$ $\Delta\alpha(P_{y'} - P_{z'})$ $\Delta\alpha(-P_{x'} + P_{z'})$	$\sqrt{2}(\gamma_{A1} + \gamma_{A2})$ $\pi\theta_{\Pi} + \Delta\omega_{y'}$ $\pi\theta_{\Pi} + \Delta\omega_{z'}$

续表 3-12

名称及代号	特征方向、极值轴示意图	作用矩阵	像偏转极值	像偏转	绕任意轴 P 转 $\Delta\alpha$ 角产生的像偏转	制造误差产生的像偏转
空间棱镜 K II -90 -90	<p>$2\varphi = 120^\circ$</p>	$R = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{y'} \max = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \max = \sqrt{2} \Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	$\Delta\alpha (P_{x'} + P_{y'})$ $\Delta\alpha (P_{y'} + P_{z'})$ $\Delta\alpha (-P_{x'} + P_{z'})$	$\sqrt{2} (\gamma_{A0} + \gamma_{A2})$ $n\theta_{II} + \Delta\omega_v$ $n\theta_{II} + \Delta\omega_s$
空间棱镜 K II -90 -100	<p>$2\varphi = 114^\circ 24'$</p>	$R = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -0.17 & 0 & 0.99 \\ 0.99 & 0 & 0.17 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{y'} \max = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \max = 1.28 \Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	$\Delta\alpha (P_{x'} - P_{y'})$ $\Delta\alpha (0.17P_{z'} + P_{y'} - 0.99P_{x'})$ $\Delta\alpha (-0.99P_{x'} + 0.83P_{z'})$	$\sqrt{2} \gamma_{A0} + 1.29 \gamma_{A2}$ $n\theta_{II} + \Delta\omega_{y'}$ $n\theta_{II} + \Delta\omega_s$

续表 3-12

名称及代号	特征方向、极值轴向示意图	作用矩阵	像偏转极值	像偏转	绕任意轴P转 $\Delta\alpha$ 角产生像的偏转	制造误差产生的像偏转
空间棱镜 K II -9) -100	<p>$2\varphi = 114^\circ 24'$</p>	$R = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 0.17 & 0 & -0.99 \\ 0.99 & 0 & 0.17 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{y'} \max = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \max = 1.89 \Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	$\Delta\alpha(P_{x'} + P_{y'})$ $\Delta\alpha(-0.17P_{x'} + P_{y'} + 0.99P_{z'})$ $\Delta\alpha(-0.99P_{x'} + 0.17P_{z'})$	$\sqrt{2} \gamma_{A(0)} + 1.29 \gamma_{A(2)}$ $n\theta_{II} + \Delta\omega_{y'}$ $n\theta_{II} + \Delta\omega_{z'}$
空间棱镜 K II -9) -120	<p>$2\varphi = 104^\circ 29'$</p>	$R = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -\frac{1}{2} & 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} \\ \frac{\sqrt{3}}{2} & 0 & \frac{1}{2} \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{y'} \max = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \max = \Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	$\Delta\alpha(P_{x'} - P_{y'})$ $\Delta\alpha(0.50P_{x'} + 0.87P_{z'})$ $\Delta\alpha(-0.87P_{x'} + 0.50P_{z'})$	$\sqrt{2} \gamma_{A(0)} + \gamma_{A(2)}$ $n\theta_{II} + \Delta\omega_{y'}$ $n\theta_{II} + \Delta\omega_{z'}$

续表 3-i2

名称及代号	特征方向、极值轴图示图	作用矩阵	像偏转极值	像偏转	绕任意轴 P 转 $\Delta\alpha$ 角产生的像偏转	制造误差产生的像偏转
空间棱镜 K II-90 -120	<p>$2\alpha = 104^\circ 29'$</p>	$R = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ \frac{1}{2} & 0 & -\frac{\sqrt{3}}{2} \\ \frac{\sqrt{3}}{2} & 0 & \frac{1}{2} \end{bmatrix}$	$\mu'_{x, \max} = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{y, \max} = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{z, \max} = \Delta\alpha$	$\mu'_{x, i}$ $\mu'_{y, i}$ $\mu'_{z, i}$	$\Delta\alpha(P_x, +P_y)$ $\Delta\alpha(-0.50P_x, +P_y, +0.87P_z)$ $\Delta\alpha(-0.87P_x, +0.50P_z)$	$\sqrt{2} \gamma_{A0} + \gamma_{A0}$ $\pi\theta_{II} + \Delta\omega_y$ $\pi\theta_I + \Delta\omega_z$
空间屋脊棱镜 K II J -90-100	<p>$2\varphi = 125^\circ 56'$</p>	$R = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -0.17 & 0 & -0.99 \\ -0.99 & 0 & 0.17 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x, \max} = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{y, \max} = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{z, \max} = 1.53 \Delta\alpha$	$\mu'_{x, i}$ $\mu'_{y, i}$ $\mu'_{z, i}$	$\Delta\alpha(P_x, -P_y)$ $\Delta\alpha(-0.17P_x, +P_y, -0.99P_z)$ $\Delta\alpha(-0.99P_x, +1.17P_z)$	$\sqrt{2} \gamma_{A0} + 1.53 \gamma_{A0}$ $\pi\theta_{II} + \Delta\omega_y$ $\pi\theta_I + \Delta\omega_z$

续表 3-12

名称及代号	特征方向、极值轴示意图	作用矩阵	像偏转极值	像偏转	绕任意轴 P 转 $\Delta\alpha$ 角产生的像偏转	制造误差产生的像偏转
空间圆锥 镜 K II-90 -100	<p>$2\varphi = 125^\circ 56'$</p>	$R = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0.17 & 0 & 0.99 \\ -0.99 & 0 & 0.17 \end{bmatrix}$	$\mu'_{x'} \max = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{y'} \max = \sqrt{2} \Delta\alpha$ $\mu'_{z'} \max = 1.53 \Delta\alpha$	$\mu'_{x'}$ $\mu'_{y'}$ $\mu'_{z'}$	$\Delta\alpha(P_{x'} + P_{y'})$ $\Delta\alpha(0.17P_{x'} + P_{y'} + 0.99P_{z'})$ $\Delta\alpha(-0.99P_{x'} + 1.17P_{z'})$	$\sqrt{2} \gamma_{A0} + 1.53 \gamma_{C0}$ $\pi\theta_{II} + \Delta\omega_{y'}$ $\pi\theta_{I} + \Delta\omega_{z'}$

例：求屋脊半五棱镜B II_J-60的作用矩阵。

由图表给出的物、像坐标的几何关系，得：

$$R = \begin{pmatrix} \cos 60^\circ & -\sin 60^\circ & 0 \\ \sin 60^\circ & \cos 60^\circ & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} & 0 \\ \frac{\sqrt{3}}{2} & \frac{1}{2} & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$$

3.1.2 由特征方向和特征转角求作用矩阵

根据特征方向和特征转角的定义，偶次反射棱镜的任一像向量 \bar{A}' ，可由其共轭的物向量 \bar{A} 绕 T 转 2φ 角而成；奇次反射棱镜的任一像向量 \bar{A}' ，则可由其共轭的物向量 \bar{A} 的反向量 $(-\bar{A})$ 绕 T 转 2φ 角而成。数学表达式如下：

$$\bar{A}' = S_{\bar{T}, 2\varphi} \cdot (-1)^t \bar{A} \quad (3-20)$$

式中 t 为棱镜反射次数。

$$S_{\bar{T}, 2\varphi} = \begin{pmatrix} \cos 2\varphi + 2T_x'^2 \sin^2 \varphi & -T_x' \sin 2\varphi + 2T_x' T_y' \sin^2 \varphi & T_y' \sin 2\varphi + 2T_x' T_z' \sin^2 \varphi \\ T_x' \sin 2\varphi + 2T_x' T_y' \sin^2 \varphi & \cos 2\varphi + 2T_y'^2 \sin^2 \varphi & -T_x' \sin 2\varphi + 2T_y' T_z' \sin^2 \varphi \\ -T_y' \sin 2\varphi + 2T_x' T_z' \sin^2 \varphi & T_x' \sin 2\varphi + 2T_y' T_z' \sin^2 \varphi & \cos 2\varphi + 2T_z'^2 \sin^2 \varphi \end{pmatrix}$$

和(3-19)式比较，得：

$$R = (-1)^t S_{\bar{T}, 2\varphi} \quad (3-21)$$

例：求屋脊半五棱镜B II_J-60的作用矩阵。

由图表中可得

$$\begin{cases} T_x' = 0 \\ T_y' = 0 \\ T_z' = -1; \quad 2\varphi = 120^\circ; \quad t = 3 \end{cases}$$

代入(3-21)式，得

$$R = (-1)^3 \begin{pmatrix} \cos 120^\circ & \sin 120^\circ & 0 \\ -\sin 120^\circ & \cos 120^\circ & 0 \\ 0 & 0 & \cos 120^\circ - 2\sin^2 120^\circ \end{pmatrix} \\ = \begin{pmatrix} \frac{1}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} & 0 \\ \frac{\sqrt{3}}{2} & \frac{1}{2} & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$$

3.2 像偏转计算方法

棱镜位于平行光路中时， μ'_x 表示像倾斜， μ'_y 、 μ'_z 表示光轴偏；棱镜位于会聚光路中时， μ'_x 仍表示像倾斜， μ'_y 、 μ'_z 表示像面偏。

3.2.1 棱镜微量转动产生的像偏转

3.2.1.1 由棱镜调整定理(余弦律和差向量法则)计算极值特性向量和像偏转分量。

棱镜调整定理：“ \bar{r}' 像偏转 μ'_r ”同引起像偏转的棱镜微量转角向量 $\Delta\alpha_P$ 之间的关系受余弦律支配： $\mu'_r = \bar{P} \cdot \bar{\delta}_h = \delta_h \cos(\bar{P}, \bar{\delta}_h)$ ，而余弦律中的唯一矢参量 $\bar{\delta}_h$ 可依据差向量法则求得： $\bar{\delta}_h = \Delta\alpha(\bar{r}' - (-1)^t \bar{r})$ 。这里， \bar{r} 和 \bar{r}' 为棱镜物像空间内的一对共轭的单位向量”。

现先后用像空间 x' 、 y' 、 z' 轴取代余弦律和差向量法则中的 \bar{x} ，则定理中的公式相应地变成下列两组公式：

$$\left. \begin{aligned} \mu'_{x'} &= \overline{\bar{p} \cdot \bar{\delta}_u} = \overline{\delta_u \cos(\bar{p}, \bar{\delta}_u)} = \delta_u \cos \alpha \\ \mu'_{y'} &= \overline{\bar{p} \cdot \bar{\delta}_v} = \overline{\delta_v \cos(\bar{p}, \bar{\delta}_v)} = \delta_v \cos \beta \\ \mu'_{z'} &= \overline{\bar{p} \cdot \bar{\delta}_w} = \overline{\delta_w \cos(\bar{p}, \bar{\delta}_w)} = \delta_w \cos \gamma \end{aligned} \right\} \quad (3-22)$$

$$\left. \begin{aligned} \bar{\delta}_u &= \Delta \alpha [\bar{i}' - (-1)^t \bar{i}] = \delta_u \bar{u} \\ \bar{\delta}_v &= \Delta \alpha [\bar{j}' - (-1)^t \bar{j}] = \delta_v \bar{v} \\ \bar{\delta}_w &= \Delta \alpha [\bar{k}' - (-1)^t \bar{k}] = \delta_w \bar{w} \end{aligned} \right\} \quad (3-23)$$

式中 \bar{i} 、 \bar{j} 、 \bar{k} 和 \bar{i}' 、 \bar{j}' 、 \bar{k}' 分别为 x 、 y 、 z 轴和 x' 、 y' 、 z' 轴的单位向量； α 、 β 、 γ 为棱镜转轴 \bar{P} 分别同单位向量 \bar{u} 、 \bar{v} 、 \bar{w} 的夹角。

由式(3-22)可见，当 $\bar{P} \parallel \bar{\delta}_u$ (或 $\bar{P} \parallel \bar{u}$) 时， $\mu'_{x'} = \delta_u \cos 0^\circ = \delta_u = \mu'_{x' \max}$ 。同理，当 $\bar{P} \parallel \bar{\delta}_v$ (或 $\bar{P} \parallel \bar{v}$) 时， $\mu'_{y'} = \delta_v = \mu'_{y' \max}$ ，以及当 $\bar{P} \parallel \bar{\delta}_w$ (或 $\bar{P} \parallel \bar{w}$) 时， $\mu'_{z'} = \delta_w = \mu'_{z' \max}$ 。根据这一特点， u 、 v 、 w 分别取名为 $\mu'_{x'}$ 、 $\mu'_{y'}$ 、 $\mu'_{z'}$ 的极值轴向。 δ_u 、 δ_v 、 δ_w 分别取名为 x' 、 y' 、 z' 像偏转极值，而 $\bar{\delta}_u$ 、 $\bar{\delta}_v$ 、 $\bar{\delta}_w$ 本身则取名为 $\mu'_{x'}$ 、 $\mu'_{y'}$ 、 $\mu'_{z'}$ 的极值特性向量。

实际上，三个极值向量 $\bar{\delta}_u$ 、 $\bar{\delta}_v$ 、 $\bar{\delta}_w$ 在很大程度上反应了棱镜的调整特性，因此，它们是棱镜调整特性参量中的一个重要组成部分。

例：求靴形屋脊棱镜 FX II J-90 的极值轴向、像偏转极值和绕空间任意轴微量旋转产生的像偏转。由图表和式(3-23)可求得

$$\left\{ \begin{aligned} \bar{\delta}_u &= \Delta \alpha (\bar{i}' - \bar{j}') = \delta_u \bar{u} \\ \bar{\delta}_v &= \Delta \alpha (\bar{i}' + \bar{j}') = \delta_v \bar{v} \\ \bar{\delta}_w &= 0 \end{aligned} \right.$$

根据像偏转极值定义得

$$\left\{ \begin{aligned} \mu'_{x' \max} &= \delta_u = \sqrt{2} \Delta \alpha \\ \mu'_{y' \max} &= \delta_v = \sqrt{2} \Delta \alpha \\ \mu'_{z' \max} &= 0 \end{aligned} \right.$$

若棱镜绕竖直轴(图中 x 轴方向)微量转动，由式(3-22)求得

$$\left\{ \begin{aligned} \mu'_{x'} &= \sqrt{2} \Delta \alpha \cos 45^\circ = \Delta \alpha \\ \mu'_{y'} &= \sqrt{2} \Delta \alpha \cos 135^\circ = -\Delta \alpha \\ \mu'_{z'} &= 0 \end{aligned} \right.$$

3.2.1.2 由棱镜转动定理计算极值轴向和像偏转

棱镜转动定理可写成下列数学形式

$$\bar{\mu}' = [E - (-1)^t K] \Delta \alpha \bar{P} \quad (3-24)$$

式中 E 为单位矩阵。

令：
$$D = E - (-1)^t R \quad (3-25)$$

则：
$$\bar{\mu}' = D \Delta \alpha \bar{P} \quad (3-26)$$

矩阵 D 的各行所对应的向量分别是 \bar{u} 、 \bar{v} 、 \bar{w} 的方向，其模乘以 $\Delta \alpha$ 分别是 $\mu'_{x' \max}$ 、 $\mu'_{y' \max}$ 、 $\mu'_{z' \max}$ 。

例：求靴形屋脊棱镜 FX II J-90 的极值轴向、像偏转极值和绕空间任意轴微量旋转产生的像偏转。

将此棱镜的作用矩阵 R 代入式(3-26)得

$$D = \begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

由此得极值轴向为:

$$\begin{cases} \bar{u} = \frac{\sqrt{2}}{2} \bar{i}' - \frac{\sqrt{2}}{2} \bar{j}' \\ \bar{v} = \frac{\sqrt{2}}{2} \bar{i}' + \frac{\sqrt{2}}{2} \bar{j}' \\ \bar{w} = 0 \end{cases}$$

像偏转极值为

$$\mu'_{x'} \max = \sqrt{2} \Delta\alpha; \quad \mu'_{y'} \max = \sqrt{2} \Delta\alpha; \quad \mu'_{z'} \max = 0$$

将D代入式(3-26), 求得棱镜绕空间任意轴微量旋转产生的像偏转为:

$$\begin{cases} \mu'_{x'} = \Delta\alpha(P_{x'} - P_{y'}) \\ \mu'_{y'} = \Delta\alpha(P_{x'} + P_{y'}) \\ \mu'_{z'} = 0 \end{cases}$$

若棱镜绕垂直轴(图中x轴方向)微量转动, 则:

$$P_{x'} = 0; \quad P_{y'} = -1; \quad P_{z'} = 0$$

代入上式求得像偏转为:

$$\mu'_{x'} = \Delta\alpha; \quad \mu'_{y'} = -\Delta\alpha; \quad \mu'_{z'} = 0$$

3.2.2 制造误差产生的像偏转

3.2.2.1 任何一个棱镜, 都是在位于设计位置的条件下, 将系统光轴折转固定角度, 从而保证系统光轴的共轴性。如果有了制造误差, 即使棱镜处于设计位置, 光轴经棱镜折转后也会偏离正确方向, 使棱镜前面光学元件的光轴经棱镜后不再和后面光学元件的光轴重合。同时, 制造误差也会产生像倾斜。

3.2.2.2 以A棱为基准棱, 基准棱的选取原则见GB 7660.2-87《反射棱镜分类、代号与图表》。令基准棱位于设计位置, 制造误差会使其他工作面法线或屋脊棱偏离正确位置, 从而导致像偏转。

3.2.2.3 制造误差产生的 y' 、 z' 像偏转

a. 以入射表面和出射表面交棱为基准棱, 使用时光轴又是垂直入射表面入射的棱镜, 制造误差产生的 y' 、 z' 像偏转分别为:

$$\left. \begin{aligned} \mu'_{y'} &= n\theta_{\text{I}} \\ \mu'_{z'} &= n\theta_{\text{I}} + \Delta\omega_{z'} \end{aligned} \right\} \quad (3-27)$$

使用时光轴不垂直入射表面入射的棱镜, 制造误差产生的 y' 、 z' 像偏转分别为:

$$\left. \begin{aligned} \mu'_{y'} &= n\theta_{\text{I}} \\ \mu'_{z'} &= \frac{\sqrt{n^2 - \sin^2 i_0}}{\cos i_0} \theta_{\text{I}} + \Delta\omega_{z'} \end{aligned} \right\} \quad (3-28)$$

式中 i_0 为光轴在入射表面上的入射角

b. 以入射表面和第一个反射面交棱为基准棱的棱镜, 制造误差产生的 y' 、 z' 像偏转分别为:

$$\left. \begin{aligned} \mu'_{y'} &= n\theta_{\text{I}} + \Delta\omega_{y'} \\ \mu'_{z'} &= n\theta_{\text{I}} + \Delta\omega_{z'} \end{aligned} \right\} \quad (3-29)$$

3.2.2.4 制造误差产生的 x' 像偏转(像倾斜)

制造误差产生的 x' 像偏转是由棱差引起的。A棱差使反射面法线绕该反射面的 \bar{u} 轴旋转, C棱差使屋脊棱绕两屋脊面构成的双面镜之 \bar{u} 轴旋转。它们产生的 x' 像偏转分别为:

$$\left. \begin{aligned} \mu'_{x'_A} &= 2\gamma_A \cos\alpha_0 \\ \mu'_{x'_C} &= 2\gamma_C \cos\alpha_0 \end{aligned} \right\} \quad (3-30)$$

式中 α_0 为光轴在反射面或屋脊棱上的入射角。

3.2.2.5 既然制造误差产生的像偏转是各个量代数相加, 必然要有符号规定, 公式本身也会出现正负号, 问题比较复杂。而制造误差产生的像偏转主要用于给定角度公差, 无论是按极限误差还是按均方误差给定公差, 有意义的是各误差源的绝对值, 故图表中给出的关系式均用相加形式。

第六节 反射棱镜系统的应用举例

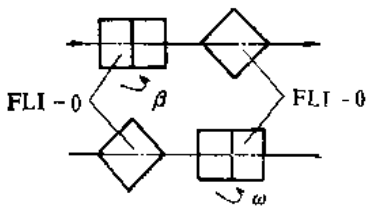
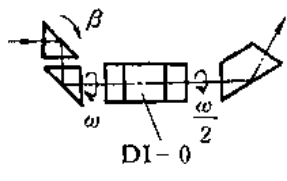
1 转像系统 如表3-13所示。

转像系统

表 3-13

名 称	外 形 简 图	特 点
入射光轴截面和出射光轴截面共面的转像系统		入射光轴与出射光轴夹角不变的转像系统
		入射光轴与出射光轴的夹角在光轴截面内可变的系统，入射光轴变动的范围为 2β
入射光轴截面与出射光轴截面异面的转像系统。 (略图是当 $\beta = 0, \omega = 0$ 的特例)		入射光轴与出射光轴夹角不变的系统
		入射光轴在入射光轴截面内变动的转像系统，变动范围为 2β
		入射光轴在空间运动的周视转像系统，周视 360° ，俯仰 2β

r
2
2
1

名称	外形简图	特点
入射光轴截面与出射光轴截面异面的转像系统。 (略图是当 $\beta=0, \omega=0$ 的特例)		入射光轴在空间一定范围内运动的扫描系统，两个方向的变动范围为 $\pm 2\omega, \pm 2\beta$
		入射光轴在顶角为 2β 的圆锥体内变动的扫描系统

2 分像或合像系统

2.1 分束棱镜

2.1.1 利用膜层的分束作用，如图3-16所示。

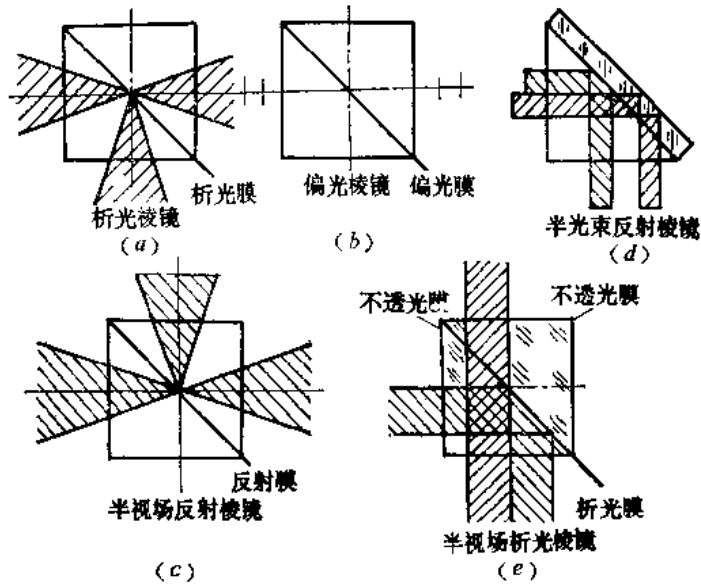


图 3-16 膜层的分束作用

2.1.2 利用棱镜对光线偏折的作用，如图3-17所示。

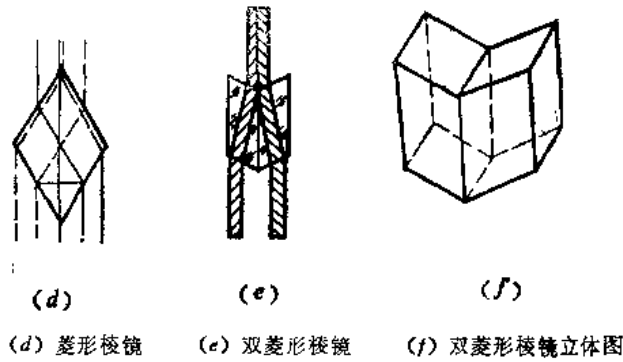
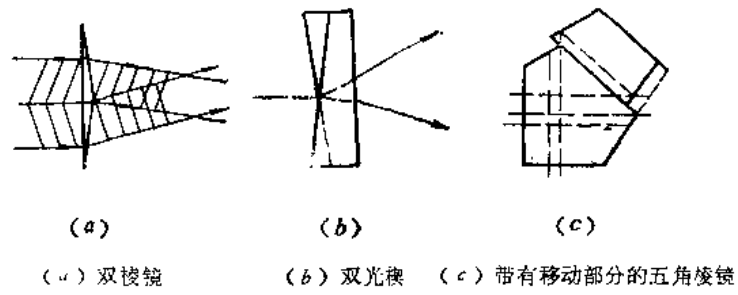


图 3-17 棱镜对光线的偏折作用

2.2 目视光学仪器中的分像（或合像）组件（图3-18）

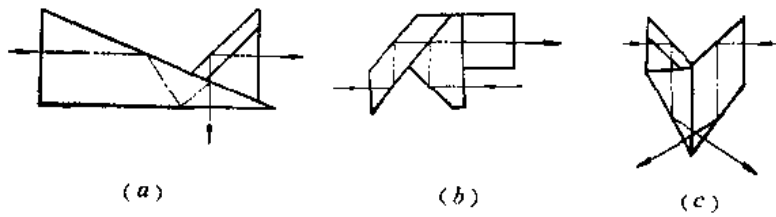


图 3-18 分像（或合像）棱镜组件

2.3 分像（或合像）系统

图3-19所示为双面读数经纬仪中的复合棱镜系统。

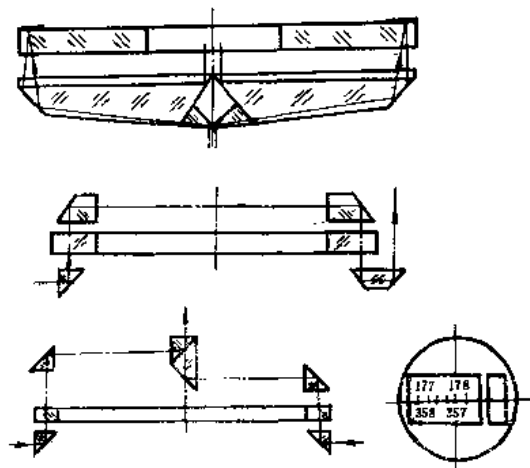


图 3-19 双面读数经纬仪中的复合棱镜系统

第七节 折 射 棱 镜

1 折射棱镜的性质

依靠折射作用使光线偏折的棱镜叫折射棱镜。它具有两个性质：偏向性、色散性。利用其偏向性，折射棱镜可使光路按所需要的方向进行折转；利用其色散性，折射棱镜可做为色散元件。

1.1 偏向性

用偏向角 δ 表示其偏向性。偏向角指折射棱镜使光线偏离原来方向的角度。通常用D光的偏向角 δ_D 表示。当入射角 i 不太大时， δ_D 的经验公式为

$$\delta_D = (n_D - 1)\alpha + i\alpha^3$$

式中 α 为折射棱角，即二相邻折射面间的夹角。其符号规则为：出射面转向入射面，顺时针为正，反之为负； n_D 为棱镜材料对D光的折射率

$$i = \frac{1}{24}(n_D^3 - n_D)$$

δ_D 为D光偏向角，符号规则为：入射光线转向出射光线，顺时针为正，反之为负。

当折射棱角 α 很小时， α^3 可以忽略，则

$$\delta_D = (n_D - 1)\alpha$$

我们把两个折射面夹角较小的折射棱镜称作楔镜或光楔。上式即为楔镜的偏向角计算公式。

1.2 色散性

两种不同颜色光线的出射光线分开的角度表示折射棱镜的色散性，通常用C、F光线分开的角度 δ_{FC} 表示。当入射角 i 不太大时， δ_{FC} 的经验公式为

$$\delta_{FC} = (n_F - n_C)\alpha + K\alpha^3$$

式中 n_F 、 n_C 为棱镜材料的中部色散。

$$K = \frac{1}{24}[(n_F^3 - n_C^3) - (n_F - n_C)]$$

2 直视棱镜和消色差棱镜

2.1 直视棱镜

两块或两块以上不同材料的棱镜胶合在一起，使其出射光线和入射光线方向保持一致（ $\delta_D = 0$ ）的棱镜组叫作直视棱镜。由两块棱镜构成的直视棱镜应满足如下条件：

$$\delta_D = [(n_{1D} - 1)\alpha_1 + i_1\alpha_1^3] + [(n_{2D} - 1)\alpha_2 + i_2\alpha_2^3] = 0$$

2.2 消色差棱镜

两块或两块以上不同材料的棱镜胶合在一起，使其C、F光线的出射光线方向一致（ $\delta_{FC} = 0$ ），消除了色差的棱镜组叫作消色差棱镜。由两块棱镜构成的消色差棱镜应满足如下条件：

$$\delta_{FC} = [(n_{1F} - n_{1C})\alpha_1 + K_1\alpha_1^3] + [(n_{2F} - n_{2C})\alpha_2 + K_2\alpha_2^3] = 0$$

3 折射棱镜的应用举例

3.1 楔镜和补偿器

楔镜的两折射面之间的夹角足够小，以致使其产生的色散角察觉不出来。楔镜使光路实现预定的偏向、旋转或平移，使光束的偏向角发生大小或方向的变化，从而改变像的位置。楔镜的偏向角很小，通常都用于光学测微器及补偿器上，常用的楔镜补偿器或其他形式的补偿器列于表3—14和表3—15中。

3.1.1 使用在平行光路中的补偿器（表3—14）

使用在平行光路中的补偿器

表 3—14

名称	外形略图	计算公式	特点
旋转的单光楔		$ \delta_x = \delta \cos\beta$ $= (n-1)\alpha \cos\beta$ $ \delta_y = \delta \sin\beta$ $= (n-1)\alpha \sin\beta$	用在一般校验仪器上或微调机构
旋转的双光楔		$\delta = \delta_1 + \delta_2$ 当 $ \delta_1 = \delta_2 = (n-1)\alpha$ $\beta_1 = -\beta_2 = \beta$ 则 $ \delta_x = 2(n-1)\alpha \cos\beta$ $ \delta_y = 0$	楔角配对要求高，要求传动机构的两个转角相等、相反。适用于产生任意偏角的补偿器，用于照相机中调焦系统
摆动双光楔		$\delta = 2\left(\frac{\sqrt{n^2 - \sin^2 i}}{\cos i} - 1\right)\alpha$	结构尺寸较大
移动的长焦距透镜组		$\delta = \frac{\Delta}{f_2'}$	两透镜配对要求高，常用于电视测距机中
摆动的焦距透镜组		透镜绕球心相对光轴转动 β 角 $\delta = (n-1)\beta$ $\Delta = R\beta$	两透镜配对要求高，用于照相机中调焦系统

注：矢量 δ 为光楔偏向角矢量。它自光轴起，垂直于光轴指向出射光线的偏振方向。它的模为偏向角的值，即 $|\delta| = (n-1)\alpha$

对所有光楔与补偿透镜，在目方所产生的最大色差量均需进行分析计算。当色差的最大角值大于 $30''$ 时，对于重要的系统须考虑改用消色差的光楔与补偿透镜。

3.1.2 使用在会聚光路中的补偿器 (表3—15)

使用在会聚光路中的补偿器

表 3-15

名称	外形略图	计算公式	特点
轴向移动的单光楔		$\Delta = \delta x = (n-1)\alpha x$ 像点在光轴上时, 所对应的 $x = \frac{\beta f'}{\delta} = \frac{\beta f'}{(n-1)\alpha}$	移动机构简单; 有像面倾斜与附加色差。适用于普通精度的水平仪中
移动单个光楔的双光楔组		$\Delta = \delta x = (n-1)\alpha x$	两光楔贴合时, 像点位置不发生位移; 移动机构简单; 无像面倾斜。适用于高精度的经纬仪中
轴向移动的双光楔组		$2\Delta = 2\delta x = 2(n-1)\alpha x$	视场上下的两像点有相反方向的像面倾斜, 故只适用于小相对孔径和小视场的光学系统中, 如经纬仪的度盘及水泡复台系统
横向移动的双光楔		$\Delta = y_1 - y_2$ $= \sin\alpha \left(\frac{n \sin\alpha}{\sqrt{1 - \sin^2\alpha}} - 1 \right) \times (L_1 - L_2)$	横向结构尺寸大, 移动起来很不灵敏; 楔角大, 产生不对称像差
横向移动的单透镜		$\Delta = \frac{x}{f'} h$	横向结构尺寸大, 有像面位移
摆动的平行玻璃		$\Delta = d \frac{\sin(\varphi - \varphi')}{\cos\varphi'}$ $\beta = \frac{d}{f'} \frac{\sin(\varphi - \varphi')}{\cos\varphi'}$ 当 phi 很小时 $\beta = \frac{d}{f'} \varphi \left(1 - \frac{1}{n} \right)$	转动时由于光程的改变, 有像面位移及色差的变化, 故转角不宜过大

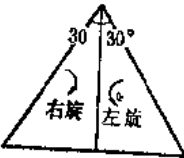
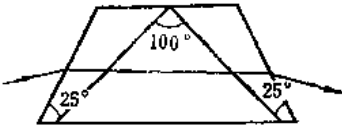
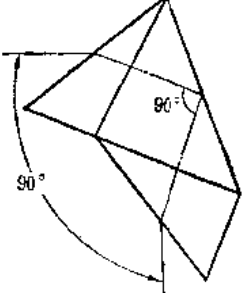
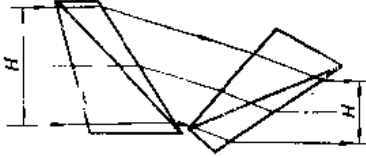
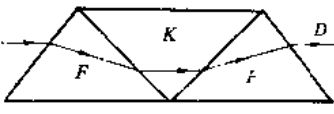
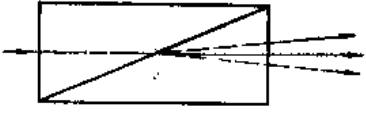
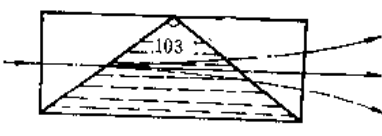
3.1.3 使用在焦面上的旋转楔镜

在双目光学系统中可以通过在焦面上的楔镜旋转运动，实现目距的调节。

3.2 色散棱镜的应用：如表3—16所示。

色散棱镜

表 3—16

名称	图 形	特 点 说 明
科尔组棱镜		由两块直角三棱镜组成，一块用左旋石英制成，另一块用右旋石英制成，广泛用于紫外光谱仪器中
赖才尔福特棱镜		中间大棱镜由折射率较大的火石玻璃制成，两侧两小棱镜由折射率较小的冕玻璃制成，用以增大角色散率
阿贝恒偏向角棱镜		由两块30°的直角分光棱镜和一块45°的直角反光镜棱镜胶合而成。任何波长的光线，只要处于最小偏向角状态，其偏向角皆为90°，用于光谱仪器中
变形棱镜		由两块胶合棱镜组成，使入射光口径一个方向上（图面方向）缩小一半，主要用于变形宽银幕镜头中
阿米西直视棱镜		两侧两块用低色散的冕牌玻璃，中间一块用高色散的火石玻璃制成。它使所要求的白光（如D光）不产生偏向，用于阿贝折射仪
曾格直视棱镜		由两块棱镜组成，这两块棱镜对于所波段的中间波长的折射率相等，但它角色散率不同，要求第二块棱镜由液体制成
威尔尼基直视棱镜		是一种具有很高透光性和色散的液体盖板棱镜，用水银溴化物的银溶液作为色散液体，制成顶角可达103°的液体棱镜

第四章 望远镜系统

第一节 棱镜式双筒望远镜和伽里略式双筒望远镜

本节是根据GB ×××—××《棱镜式双筒望远镜》和GB ×××—××《伽里略式双筒望远镜》编写的。这两个标准分别适用于手持棱镜式双筒望远镜（也适用于用平面反射镜代替棱镜的双筒望远镜）和伽里略式双筒望远镜。单筒望远镜也可参照标准中的有关规定。

首先介绍有关名词术语，然后再介绍有关技术要求。

1 名词术语

1.1 视放大率

物体通过光学系统所成的像对人眼的张角正切与物体直接对人眼的张角正切之比。

1.2 出瞳直径

光学系统孔径光阑在像方所成像的直径。

1.3 视差

无穷远物体通过物镜所成的像面与分划面的重合误差。用屈光度表示。

1.4 光轴平行度

平行光束通过左、右两支光学系统后，出射的两束光线的平行程度。分垂直方向和水平方向（会聚和发散）。用角度表示。

1.5 分划板倾斜

当望远镜处于设计位置时，分划板垂直刻线相对于铅垂方向的偏斜。用角度表示。

1.6 相对像倾斜

左右光学系统像倾斜之代数差。用角度表示。

2 棱镜式双筒望远镜的分类

根据望远镜的特性和使用要求分两类（表 4—1）。

表 4—1

分 类 代 号	用 途
SW	供一般观察用
MSW	供测距和观察用，具有密封性能

表中：S为汉语拼音“双”字第一个字母；W为汉语拼音“望”字第一个字母；M为汉语拼音“密”字第一个字母。

3 技术要求

3.1 光学性能允许误差（表 4—2）

双筒望远镜光学性能允许误差

表 4-2

望远镜类别		棱镜式双筒望远镜		伽里略式双筒望远镜
		SW	MSW	
视放大率误差 ΔL $\Delta L = \frac{F_{实际} - F_{公差}}{F_{公差}} \times 100\%$		±5%		±8%
视放大率差 L $L = \frac{F_{左} - F_{右}}{F_{公差}} \times 100\%$		2%	1.5%	3%
视场误差 $\Delta\omega$ $\Delta\omega = \frac{\omega_{实际} - \omega_{公差}}{\omega_{公差}} \times 100\%$		±5%		
出瞳直径误差 $\Delta D'$ $\Delta D' = \frac{D'_{实际} - D'_{公差}}{D'_{公差}} \times 100\%$		±10%	±5%	
出瞳距离误差 $\Delta l'_z$ $\Delta l'_z = \frac{l'_{z实际} - l'_{z公差}}{l'_{z公差}} \times 100\%$		±10%		
零视度误差		±1屈光度	±0.5屈光度	
视 差		±0.5屈光度		
分划板倾斜		1°30'		
像 倾 斜		1°30'	1°	
相对像倾斜		40'	30'	
光轴平行度	水平会聚	30'	20'	30'
	水平发散	1°20'	60'	1.50
	垂直方向	30'	20'	30'

3.2 分辨率 (表 4-3)

分 辨 率

表 4-3

望 远 镜 类 别		棱镜式双筒望远镜		伽里略式双筒望远镜
		SW	MSW	
K值、 K_1 值				
视场中心分辨率 α $\alpha = K \left(\frac{140}{D_{入瞳}} \right)''$		≤2	≤1.6	≤1.8
2/3视场分辨率 α_1 $\alpha_1 = K_1 \alpha$		表观视场 < 65° 时, $K_1 = 2.4$ 表观视场 ≥ 65° ~ 75° 时, $K_1 = 2.6$ 表观视场 > 75° 时, $K_1 = 2.9$		

- 注: ① 棱镜式双筒望远镜的视场中心分辨率还应满足:
 $D' > 2.3\text{mm}$ 时, $\alpha F \leq 60''$; $D' \leq 2.3\text{mm}$ 时, $\alpha F \leq 120''$
 ② 伽里略式双筒望远镜的视场中心分辨率还应满足: $\alpha F \leq 60''$
 ③ 伽里略式双筒望远镜 $D_{入瞳} = F D'_{设置}$, $D'_{设置} \geq 4\text{mm}$, $D'_{设置}$ 为设计出瞳直径。

丁
工
学

3.3 结构性能指标 (表 4-4)

双筒望远镜结构性能指标

表 4-4

望远镜类别		棱镜式双筒望远镜		伽里略式双筒望远镜
		SW	MSW	
目距调节范围(mm)		≥56~72		≥52~70
视度调节范围 (屈光度)	有中轴视度调节机构	≥-4~+8 右目镜(或左目镜)视度调节量≥±3		≥±4
	无中轴视度调节机构	左、右目镜的视度调节量≥±5 带分划板的目镜≥±4		左、右目镜的视度调节量≥±4

第二节 炮用瞄准镜光学性能要求(GJB ×××—××)

炮用瞄准镜光学性能技术要求如下:

- (1) 视放大率。产品视放大率应与公称值一致,其上偏差无限,下偏差不超过-5%。
- (2) 视场。产品物方视场角应与公称值一致,其上偏差无限,下偏差不超过-5%。
- (3) 视场中心偏。分划板中心与视场光阑中心的偏心距(视场中心偏)不得超过15',有特殊要求在产品专用技术条件中规定。
- (4) 出瞳直径。出瞳直径应与公称值一致,其上偏差无限,下偏差不超过-5%。当出瞳不成圆形时,出瞳直径按其内切圆计算。
- (5) 出瞳距离和眼点距离。出瞳距离和眼点距离应与公称值一致,其上偏差无限,下偏差不超过-10%。
- 出瞳距离和眼点距离不得小于20mm,特殊要求在产品专用技术条件中规定。
- (6) 视度。瞄准镜的视度一般为固定视度,视度范围为-0.5~-1.0屈光度。
- (7) 视差。分划板的分划面与物镜后焦面不重合引起的视差(指全视差),直接瞄准镜不得大于1',间接瞄准镜不得大于2'。有特殊要求在产品专用技术条件中规定。
- (8) 分划板倾斜。瞄准镜内分划倾斜偏差不得超过±30'。
- (9) 物像倾斜和相对倾斜。光学系统有反射平面的产品,其像倾斜不得超过±30',物像对分划板的相对倾斜不得超过±20'。有特殊要求在产品专用技术条件中规定。
- (10) 透光系数。透光系数不得低于50%。
- (11) 分辨率和像质。

分辨率:

瞄准镜光学系统中央分辨率最大极限值(α)推荐采用下式

$$\alpha = K \left(\frac{35}{F'} \right)''$$

式中 F' 为瞄准镜的视放大率; K 为数值系数, K 值的选择范围为1.2~1.5。

像质:

当通过前置镜观察时,图案像或星点像应无明显的几何形状的变形、像散、双像、彗尾、色彩等缺陷。根据产品的不同性能,必要时可在产品专用技术要求中规定传递函数的要求。

第三节 炮兵光学仪器光学性能要求(GJB 369—87)

本节是根据军标 GJB 369—87《炮兵光学仪器通用技术条件》编写的，标准中涉及的内容很广，我们只介绍与光学系统设计关系密切的内容，即主要介绍炮兵光学仪器对光学性能的要求。

1 视放大率

视放大率应与公称值一致，其误差不得超过-5%。

2 视场

光学系统的物方视场应与公称值一致，其误差不得小于-5%。并应在产品专用技术条件中规定，当目镜调焦至视场中央物像清晰时，视场边缘的像质清晰度及光的强度等不得影响对观察或测量精度的影响。

3 出瞳直径

光学系统的出瞳直径（或最小横向尺寸）应与公称值相一致，其误差不得小于-5%。出瞳不成圆形时按内切圆计算；几何形状不为圆形的，应在产品图或产品专用技术条件中注明其形状和几何尺寸。

4 出瞳距离

出瞳距离指光学系统最后一面顶点到出瞳平面与光轴交点的距离。出瞳距离应与公称值一致，其误差不得小于-10%。对于出瞳距离超过40mm的光学系统，可以不规定出瞳距离，而规定眼点距离。

5 眼点距离

眼点距离指光学系统最后一面顶点到眼点（视场边缘光束的主光线在目镜像方与光轴的交点）的距离。当眼点距离与出瞳距离相差较大时，则应规定眼点距离。眼点距离应与公称值一致，其误差不得小于-10%。

6 视度零位和调整范围

6.1 固定视度的产品，其视度应装定在-0.50~-1.00屈光度范围内。

6.2 可调视度的产品，当内基线测距产品出瞳直径大于2mm，其他产品出瞳直径大于5mm时，其视度零位的误差不得大于±0.25屈光度；当出瞳直径小于和等于3mm时，其误差不得大于±0.50屈光度。

6.3 视度的调整范围不得小于±4视度。遇有特殊需要应在产品专用技术条件中另行规定。

7 视差

分划板的分划面应精确地装定在物镜的后焦面上，因不重合引起的视差（系指全视差）应符合下列规定（表4—5）。

炮兵光学仪器视差规定

表 4—5

产品类型	高精度或大倍率火控瞄准产品	一般瞄准的非火控产品	一般观察用产品	内基线测距产品
视差（不大于）	1'	2'	3' 且在像方不得大于1.00屈光度	不得大于0.25屈光度

8 分划倾斜 (表 4-6)

分划倾斜误差

表 4-6

产品类型	测地产品	定向基准明确产品	定向基准不明确产品	手持产品, 目镜为 8.0mm
分划倾斜 (不超过)	10~20'	30'	60'	1°30'

9 物像倾斜和相对倾斜

9.1 光学系统中有反射平面的产品, 垂直物体的像应处于垂直位置, 像倾斜误差应符合表 4-7 规定。

像倾斜误差

表 4-7

产品类型	一般用途的产品	瞄准或有测量精度要求的产品
像倾斜 (不大于)	60'	30'

9.2 当产品处于水平状态或产品专用技术规定的状态时, 垂直物体的像对分划板的相对倾斜应符合表 4-8 规定。

垂直物体像对分划板的相对倾斜

表 4-8

产品类型	一般产品	瞄准或测量精度高的产品
相对倾斜 (不大于)	30~45'	15~20'

10 透过系数

产品的透过系数, 应在产品专用技术条件中规定。

双目产品的两镜筒透过率之差, 不得超过较大一边透过率的 15%; 对于左右两支光学系统不对称的产品, 其透过率之差不得超过 30%。

11 杂光系数

产品内部的杂光系数, 应从结构设计和加工工艺上予以消除和抑制, 其杂光系数应根据产品的使用要求和结构的不同情况, 在产品专用技术条件中规定。

12 分辨率和像质

12.1 分辨率

12.1.1 产品的分辨率应在产品图样或产品专用技术条件中规定。其光学系统视场中央分辨率最大许可极限值 α , 依出瞳直径大小确定 (表 4-9)。

视场中央分辨率

表 4-9

出瞳直径 (mm)	< 3.5	≥ 3.5
分辨率 α (")	$K \left(\frac{140}{D} \right)$	$K \left(\frac{35}{F} \right)$

表中: D 为出瞳直径 (mm); F 为光学系统视放大率; K 为数值系数。

12.1.2 确定数值系数 K 时, 可根据产品的结构情况、使用精度要求及制造的难易程度等, 按表 4-10 选择。

数值系数K

表 4-10

产品类型	相对孔径小、 视放大率低 的简单产品	望远镜、内 基线测距机、 大地测量和 精密测量	有一个透镜 转像系统	有一个棱镜 转像系统	高视放大率 的变倍产品， 结构复杂产品	转像系统多、 反射镜、棱镜 多， $F > 20\times$ 的产品
K	1.05	1.20	1.30	1.50	2.00	2.20

12.2 像质

当通过前置镜观察时，图案（像）或星点（像）应无明显的缺陷，如几何形状的变形、像散、重像、彗尾、色彩、背景泛白等。

12.3 低对比分辨率

若采用低对比分辨率测试，则应采用对比度为 35% 的低对比分辨率板进行。其要求应在产品图样和产品专用技术条件中规定。

12.4 光学传递函数

对光学传递函数要求，应根据产品性能需要，在产品图样和产品专用技术条件中规定。

13 双目产品的特殊性能要求

13.1 目距范围

双目产品目距的调节范围，应根据使用上的需要和结构上的可能性，一般为 54—70mm。

13.2 光轴平行度

当入射光束为两支相互平行的光束时，左右两支的出射光束应平行，其平行度偏差应符合下列规定：垂直方向不得大于 $15'$ ；水平会聚不得大于 $20'$ ；水平发散不得大于 $60'$ 。

13.3 视放大率差

左右两支的视放大率应一致，其误差应符合下列规定：目镜视场大于 50° 时，不得大于 1.5%；目镜视场小于或等于 50° 时，不得大于 2%；内基线测距机不得大于 0.5%。

13.4 基线误差

内基线测距机的基线应与公称值一致，其误差不得超过 $\pm 0.1\%$ 。

13.5 左右支光学系统的相对像倾斜

左右支的相对像倾斜，不得大于 $30'$ ；精度高的产品，不得大于 $15-20'$ ；内基线测距机左右支标志的相对像倾斜，不得大于 $15-20'$ 。左右倾斜方向相同者两量相减；方向相反者两量相加。

第四节 大地测量仪器

大地测量仪器是用来在野外测量地面点相对位置的一类测绘仪器，它们被广泛应用于各种工、农业建设和国防工程中，主要包括经纬仪、水准仪、平板仪等。本节将介绍这些仪器的系列、基本参数、光学性能技术要求等。

1 经纬仪

1.1 经纬仪的定义及光学系统基本组成部分

1.1.1 经纬仪定义：主要作为测量水平角和竖直角用的光学仪器。

1.1.2 经纬仪光学系统的基本组成部分

(1) 照准设备——望远镜；(2) 角度标准器——水平度盘及竖直度盘；读数设备——指标、游标、读数显微镜、测微器、光电读数装置及显示器等。

1.1.1.3 经纬仪典型光学系统图

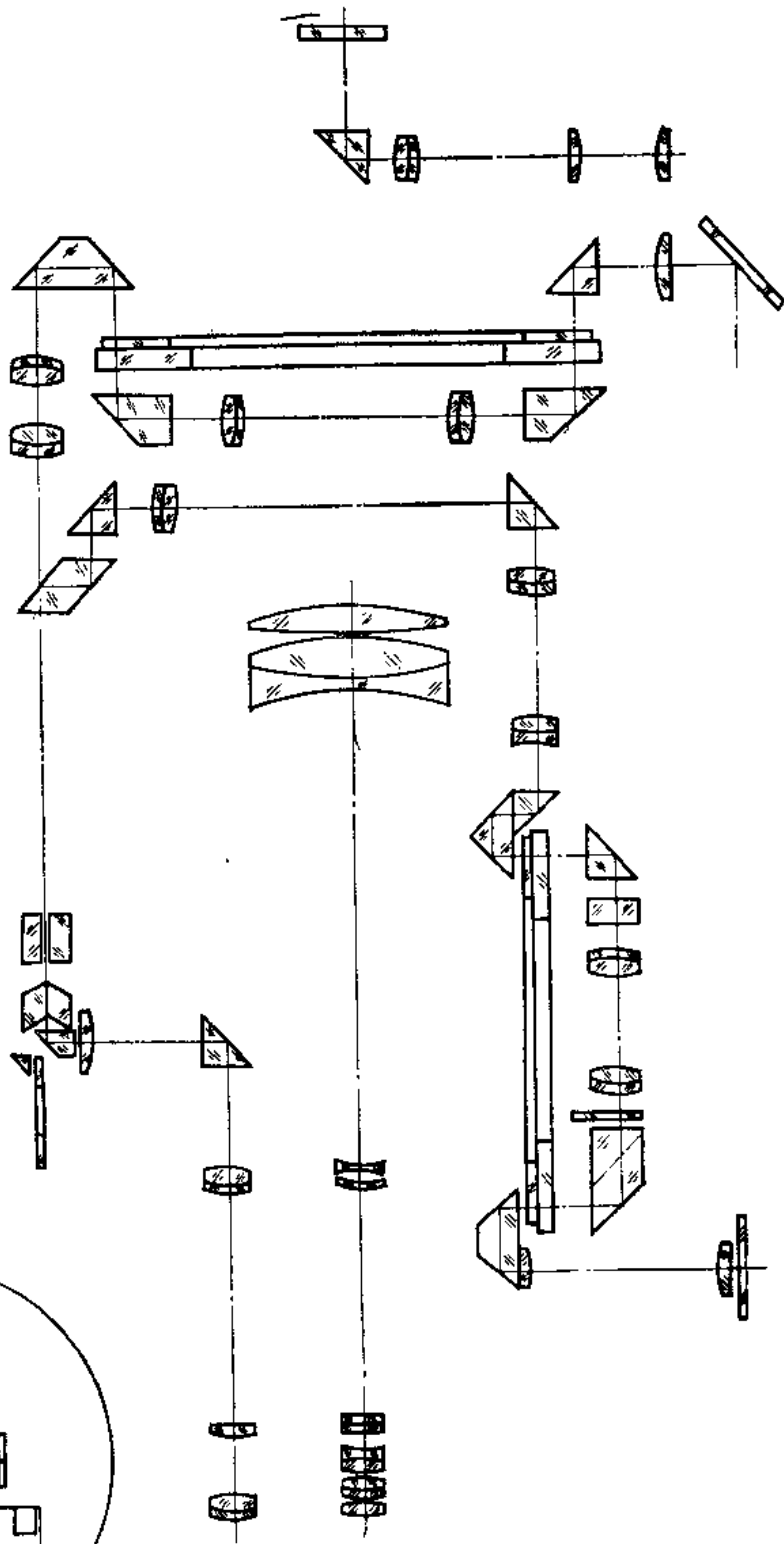
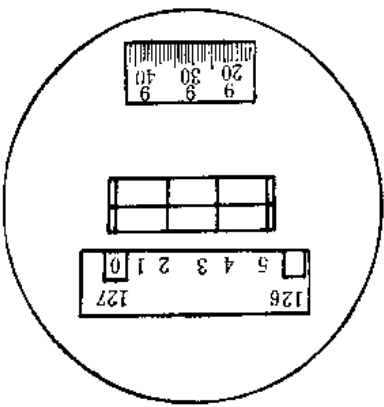


图 4-1 UDJ2经纬仪光学系统

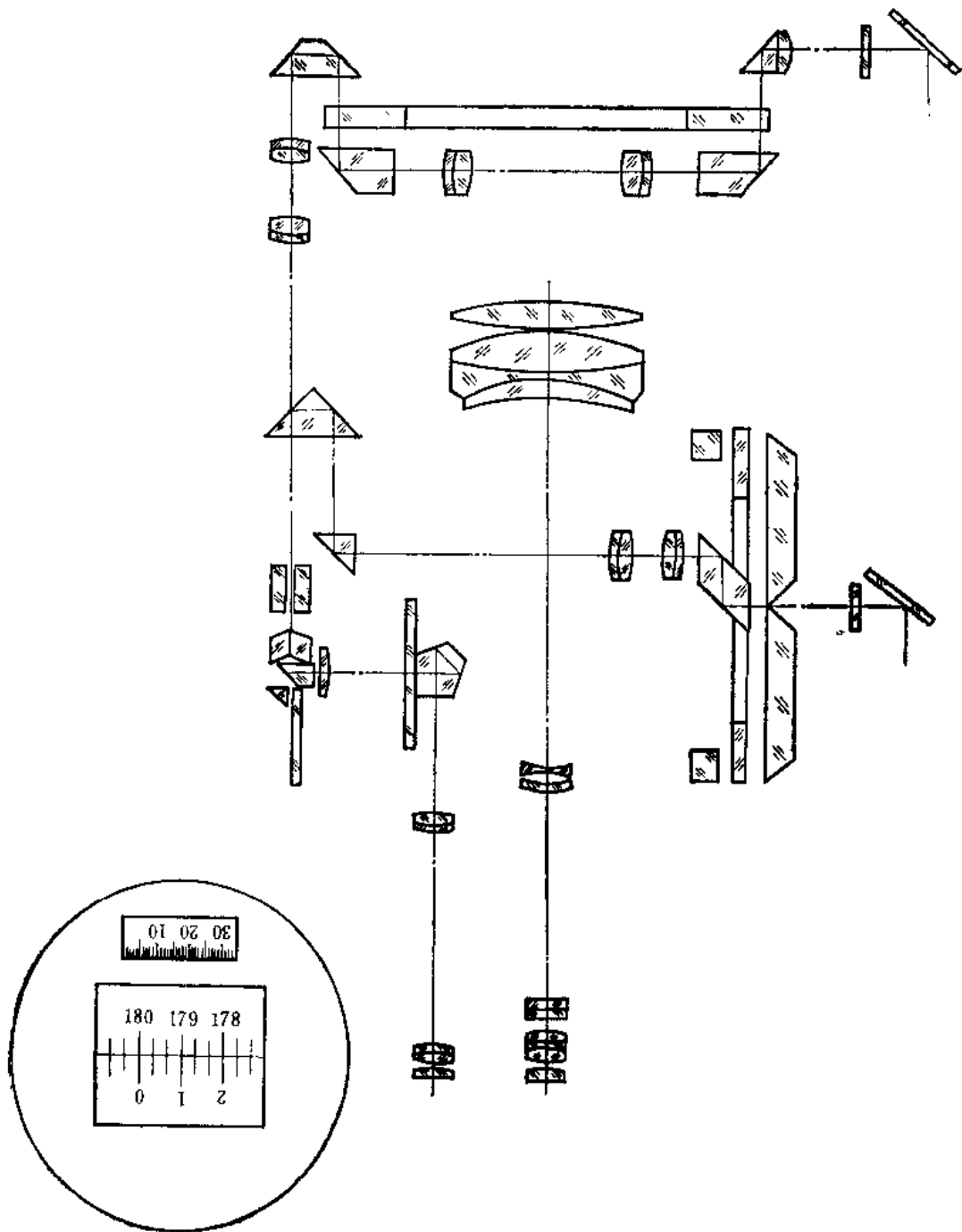


图 4-2 DJ2经纬仪光学系统

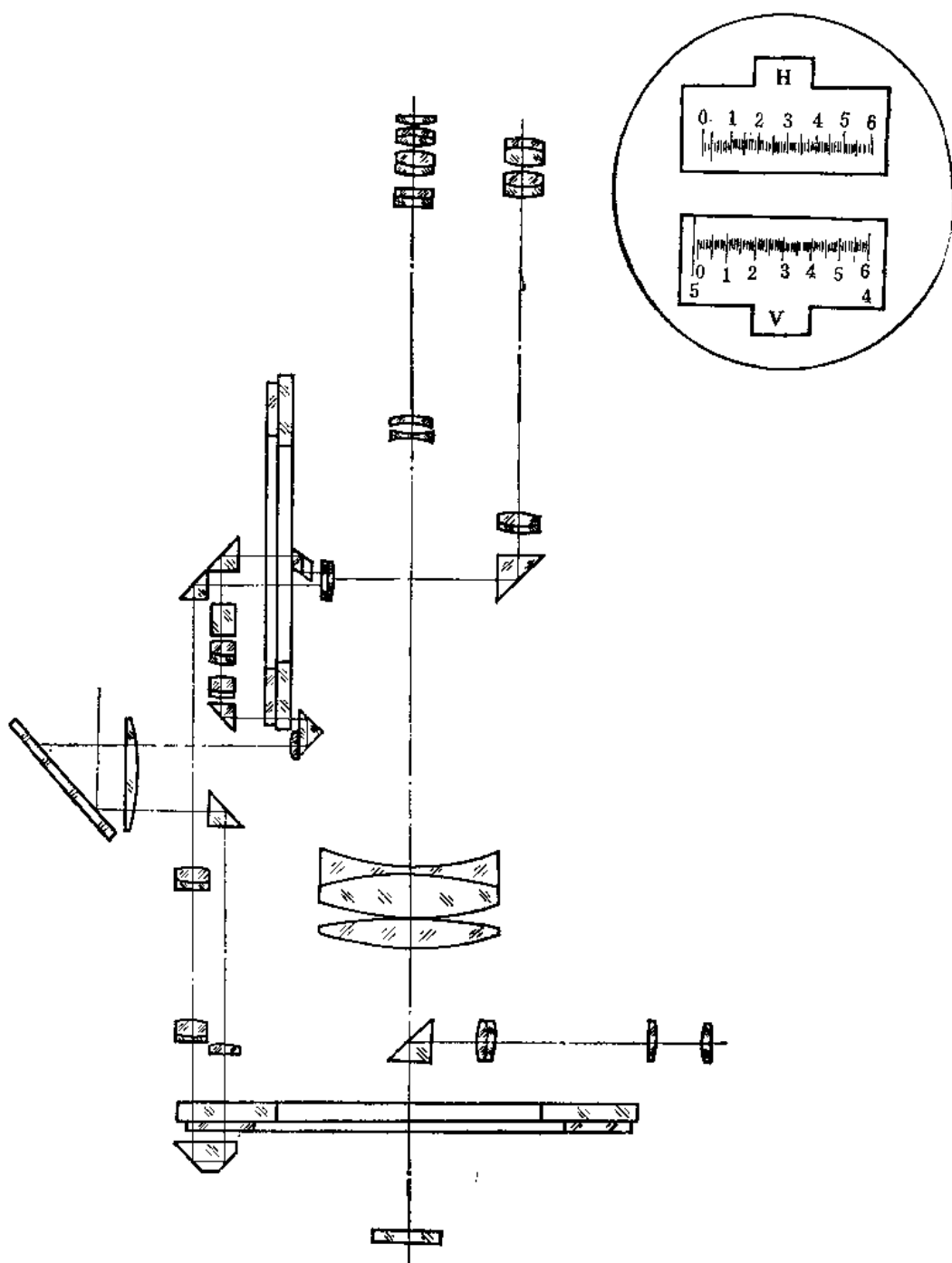


图 4-3 J1113红线仪光学系统

1.2 经纬仪系列及基本参数 (GB 3161—82)

GB 3161—82标准适用于大地测量仪器中的经纬仪

1.2.1 名词及其说明

1.2.1.1 经纬仪

主要作为测量水平角和竖直角用的光学仪器。

1.2.1.2 仪器精度

一测回水平方向中误差 (即一测回水平方向标准偏差)。

1.2.2 经纬仪系列的分级及其基本参数 (表4—11)

经纬仪系列的分级及其基本参数

表 4—11

参 数 名 称		单 位	等 级				
			DJ5	DJ1	DJ2	DJ3	DJ6
仪 器 精 度	室外	"	±0.7	±1.0	±2.0	±6.0	±30.0
	室内	"	±0.6	±0.8	±1.6	±4.0	±20.0
望 远 镜	放大倍数, 不小于	倍	30.45.55	24.30.45	28	25	18
	物镜有效孔径, 不小于	mm	65	60	40	35	25
	最短视距, 不大于	m	3.0	3.0	2.0	2.0	1.0
水 准 泡 角 值	照准部 竖直度盘指标 望远镜	"/2mm	4	6	20	30	60
			10	10	20	30	—
			—	—	20	30	30
	圆形	"/2mm	8	8	8	8	8
竖直度盘指标自 动归零补偿器	补偿范围	"	—	—	±2	±2	—
	安平精度	"	—	—	±0.3	±1.0	—
度 盘 刻 划 直 径	水平度盘, 不小于	mm	150	130	90	90	50
	竖直度盘, 不小于	mm	90	90	70	70	50
水平读数最小格值		"	0.2	0.2	1	60	120
仪器净重, 不大于		kg	17.0	13.0	6.0	4.5	2.5
主 要 用 途			国家一 等三角测 量	国家二 等三角测 量和精密 工程测量	国家三、 四等三角 测量和工 程测量	地形测 图的控制 测量和一 般工程测 量	一般工 程测量和 矿山测量

1.3 J2级及J6级经纬仪技术要求 (详见JB 2127—77, JB 820—77)

1.3.1 精度指标

(1) 一测回水平方向测量的方向中误差

	J2	J6
在室外检验时:	≤±2"	≤±6"
在室内检验时:	≤±1.6"	≤±4"

(2) 一测回垂直角测量中误差

在室内检验时:	≤±6"	≤±10"
---------	------	-------

1.3.2 一测回水平方向二倍照准差变化: $\leq 8''$ $\leq 30''$

1.3.3 竖直度盘指标差变化(在垂直角 $\pm 30^\circ$ 范围内) $\leq 12''$ $\leq 15''$

1.3.4 竖直度盘在仪器倾斜 $\pm 2'$ 范围内, 补偿器的自动补偿误差 $\leq 2''$ $\leq 3''$

1.3.5 分划板、度盘和测微尺上的分划线和标记, 均应粗细均匀, 明显, 清晰, 不得有妨碍瞄准或读数及严重影响美观的疵病。

1.3.6 读数显微镜视场内, 应有足够而均匀的亮度, 无明显像差, 分划线成像应正直清晰, 位置正确, 在度盘任意位置时, 不应产生超过一个屈光度的视差。

1.3.7 望远镜十字丝中心附近的鉴别率不应超过

$$K \frac{120}{D}$$

式中 $K = 1.2$; D 为物镜有效口径 (mm)

1.3.8 望远镜的成像无明显的球差、色差和彗差。

1.3.9 望远镜光学系统的透过率 $\geq 70\%$

1.3.10 望远镜光漫射率 $\leq 10\%$

1.3.11 望远镜的视轴在水平方向的变化从无穷远调焦到 2m 时:

J 2 级 $\leq 10''$; J 6 级 $\leq 15''$

1.3.12 望远镜视距乘常数误差不应超过 0.2%。

1.3.13 望远镜视距上下丝不对称的差值与视距上下丝间距之比不应超过 0.2%。

1.3.14 望远镜最短视距 $\leq 2\text{m}$

1.3.15 望远镜出瞳与目镜最后面的距离应在 6~8mm 范围内。

1.3.16 光学对点器的最短视距不大于 0.8m。

1.3.17 光学对点器的视轴应与竖轴重合, 在 0.8m 到 1.5m 高度内误差不大于 1mm。

2 平板仪 (ZBY 341—85)

ZBY 341—85 标准适用于大地测量仪器中固定视差角型的 DP₃, DP₅ 和 DP₁₀ 级平板仪。

2.1 术语

2.1.1 平板仪

是一种用以测定点位和直接绘制地形图的仪器。

2.1.2 仪器精确度

归算到 100m 时的测距全标准偏差 (中误差)。

2.1.3 平板仪系列的分级及基本参数

平板仪系列仪器的主要精确度指标及基本参数 (表 4—12)。

平板仪系列的分级及基本参数

表 4—12

参 数 名 称	单 位	等 级			
		DP ₃	DP ₅	DP ₁₀	
仪器精确度	归算到 100m 测距全标准偏差 (中误差) 不大于	mm/100m	± 3	± 5	± 10
望 远 镜	放大倍数, 不小于	倍	24	15	6
	物镜有效孔径, 不小于	mm	35	25	14
	视场角, 不小于	°	1.3	1.6	2
	最短视距, 不大于	m	4.0	3.0	2.5

续表 4-12

参数名称	单位	等级			
		DP ₃	DP ₅	DP ₁₀	
水准 测角值	气泡	"/2mm	40	—	—
	竖直度盘指标	"/2mm	30	60	—
	基尺圆形	"/2mm	—	8	8
	独立圆形	"/2mm	8	8	8
划 线 尺	工作长度, 不小于	mm	250		
	平行尺平移范围, 不小于	mm	30	20	
照准仪重量, 不大于	kg	3.5	1.5	1.2	
	竖直度盘读数最小格值	1	10 (估读 1)	5	10
	视距乘常数		100	100	100
	视距加常数		0	0	150—200
	平板尺寸	mm	600×600	600×500	600×500
主要用途			测量大比例尺地形图	测量小比例尺地形图及套勘用	绘制农田水利、规划用图、地质、勘查草图等

2.3 有关技术要求 (详见 ZBY 341—85 标准)

2.2.1 一测回垂直方向测角标准偏差 DP₃ 不超出 ±1'；DP₅ 不超出 ±5'；DP₁₀ 不超出 ±10'。

2.2.2 分划线的注记均应粗细均匀、明显清晰，读数视场有足够而均匀的亮度，在度盘的任意位置，不应产生超过 ±1 屈光度的视差。

2.2.3 望远镜十字丝中心附近的分辨率 DP₃ 优于 4.2"；DP₅ 优于 6.7"；DP₁₀ 优于 13.8"。

2.2.4 望远镜的杂光系数不大于 10%。

2.2.5 望远镜的透过系数不小于 70%。

2.2.6 望远镜成象质量，应无明显的球差、色差和彗差。

2.2.7 从 50m 调焦到 10m，望远镜视轴、在垂直方向的变化 DP₃ 不超过 5mm；DP₅ 不超过 7mm；DP₁₀ 不超过 15mm。

2.2.8 当望远镜调焦到无穷远时，放松横轴制动螺旋，望远镜不应有自行转动现象。

2.2.9 视距乘常数误差，DP₃ 不超过 0.2%；DP₅ 不超过 0.3%；DP₁₀ 不超过 0.7%，视距上下丝间距之比，不应超过 0.2%，内调焦望远镜加常数误差不超过 10mm。

2.2.10 目镜调节范围不小于 ±5 屈光度，目镜调节时视场内观测点不应有显著的晃动现象。

2.2.11 望远镜出瞳与目镜最后镜面的距离应在 6~8mm 范围内。

2.2.12 望远镜上粗瞄准线应与望远镜的视轴平行，当粗瞄后，在望远镜视场内观察到的目标，其位置中心不应超过视场半径的二分之一。

3 水准仪系列及其基本参数 (GB 3160—82)

该标准适用于水准泡水准仪和自动安平水准仪。

3.1 名词及其说明

3.1.1 水准仪

借助水平视线作为基准，测量高差的光学仪器。

3.1.2 仪器精度

每公里往返测量高差中数的偶然中误差（即每公里水准测量往返高差中数的标准偏差）。

3.2 水准仪系列的分级及其基本参数（表 4—13）

水准仪系列的分级及其基本参数

表 4—13

参数名称		单位	等 级			
			DS05*	DS1	DS3*	DS2 [△]
仪器精度		mm	±0.5	±1.0	±2.0	±20.0
望远镜	放大倍数，不小于	倍	42	38	28	1.5
	物镜有效孔径，不小于	mm	55	47	38	20
	最短视距，不大于	m	3.0	3.0	2.0	1.5
管状水准泡角值	符合式	"/2mm	10	10	20	—
	普通式	"/2mm	—	—	—	60
自动安平补偿性能	补偿范围	'	±8	±8	±8	±15
	安平精度	"	±0.1	±0.2	±0.5	±4
	安平时间，不长于	s	2	2	2	2
粗水准泡角值	直交型管状	"/2mm	2	2	—	—
	圆形	"/2mm	8	8	8	15
测微器	测量范围	mm	5	5	—	—
	最小格值	mm	0.05	0.05	—	—
仪器净重，不大于		kg	6.5	6.0	3.0	2.0
主要用途			国家一等水准测量及地震水准测量	国家二等水准测量及其它精密水准测量	国家三、四等水准测量及一般工程水准测量	建筑及简易农田水利工程水准测量

* 为优先等级。

4 大地测量仪器 分划板（ZBY 342—85）

该标准规定了大地测量仪器用分划板的基本型式及主要尺寸要求。不适用于大地天文测量仪器用分划板。

4.1 基本型式及主要参数

4.1.1 基本型式及主要参数

基本型式及主要参数见图4—4。

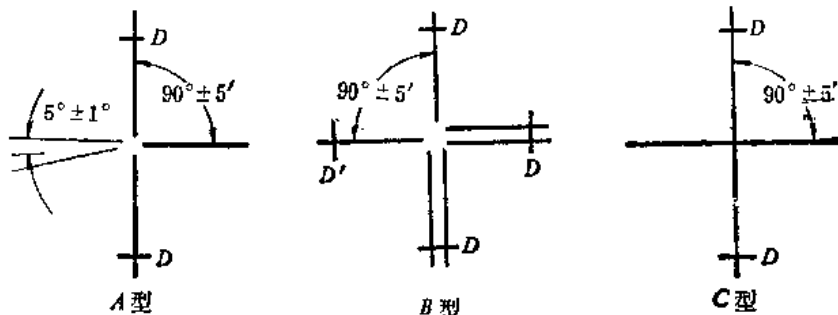


图 4—4 大地测量仪器分划板型式

4.1.2 主要用途

主要用途见表4—14。

不同类型大地测量仪器的用途

表 4—14

型 式	A 型	B 型	C 型
主要用途	经纬仪	水准仪 低档经纬仪	精密水准仪

4.2 尺寸要求

4.2.1 分划板刻划线 DD 、 $D'D'$ 之间的距离应符合于乘常数等于100。

4.2.2 分划板的分划线也允许是通过分划板中央的连续直线。


4.2.3 C型分划板的 ν 型线和横线组成的上下两夹角，其角度之差不大于 $5'$ 。

第五节 望远物镜典型结构参数

望远物镜典型结构参数 (表4—15)。

望远物镜典型结构参数



表 4—15

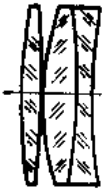
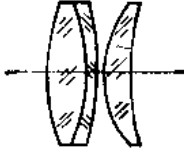
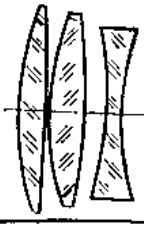
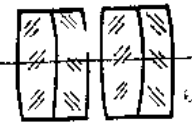
名 称	光学性能	结构型式	结 构 参 数			
			r	d	n_D	D_0
双 胶 合 物 镜	$f' = 35.02$ $D/f' = 1:2.5$ $2\omega = 9^\circ$ $l'_F = 30.81$		23.77	6	1.5891 (ZK3)	14
			-10.72	2	1.6242 (F5)	14
	$f' = 49.75$ $D/f' = 1:4$ $2\omega = 12^\circ$ $l'_F = 47.77$		31.05	3	1.5163 (K9)	12.5
			-21.88	1.2	1.8725 (ZF2)	12.5
	$f' = 59.07$ $D/f' = 1:3$ $2\omega = 12.5^\circ$ $l'_F = 56.79$		33.27	2.5	1.5163 (K9)	19
			-26.55	2.0	1.6475 (ZF1)	19
	$f' = 75.07$ $D/f' = 1:3.6$ $2\omega = 7.5^\circ$ $l'_F = 72.37$		51.76	4.5	1.5163 (K9)	21
-29.65		1.6	1.6242 (F5)	21		
$f' = 79.90$ $D/f' = 1:4.7$ $2\omega = 12.8^\circ$ $l'_F = 76.65$	45.71	4.1	1.5688 (BaK7)	17		
	-39.63	1.6	1.7172 (ZF3)	17		
$f' = 92.24$ $D/f' = 1:4.9$ $2\omega = 10^\circ$ $l'_F = 90.13$	71.94	4	1.5163 (K9)	19		
	-32.51	2	1.6475 (ZF1)	19		
	-82.99					

续表 4-15

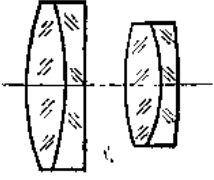
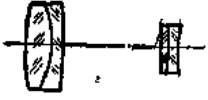
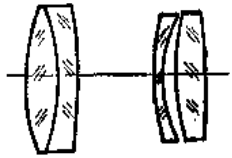
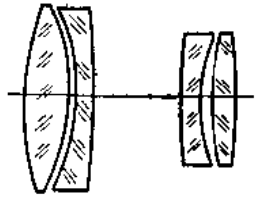
名称	光学性能	结构型式	结构参数			
			r	d	n_D	D_s
双 合 物 镜	$f' = 101.52$ $D/f' = 1:2.5$ $2\omega = 5^\circ$ $l'_F = 90.27$		47.86 -54.7 -2421.0	13.0 2.5	1.5399(BaK2) 1.6128(F2)	40 40
	$f' = 109.81$ $D/f' = 1:2.2$ $2\omega = 12^\circ$ $l'_F = 99.12$		58.88 -50.35 -191.43	15 3	1.5163(K9) 1.6725(ZF2)	53.5 50.5
	$f' = 119.94$ $D/f' = 1:4$ $2\omega = 8^\circ$ $l'_F = 115.82$		75.15 -52.72 -149.28	6 3	1.5163(K9) 1.6725(ZF2)	30 30
	$f' = 140.91$ $D/f' = 1:4.7$ $2\omega = 11^\circ$ $l'_F = 136.01$		98.63 -46.88 -263.4	7 3	1.5724(BaK8) 1.6199(F4)	30.2 30.4
	$f' = 159.98$ $D/f' = 1:4.4$ $2\omega = 12^\circ$ $l'_F = 155.78$		118.30 -59.02 -155.24	7.5 3.5	1.5163(K9) 1.6475(ZF1)	26 36
	$f' = 182.09$ $D/f' = 1:3.6$ $2\omega = 5.5^\circ$ $l'_F = 173.14$		112.2 -79.43 -230.10	13 6	1.5163(K9) 1.6725(ZF2)	53.6 58.6
	$f' = 200.49$ $D/f' = 1:5.6$ $2\omega = 12^\circ$ $l'_F = 196.44$		136.14 -78.89 -223.9	6 4	1.5163(K9) 1.6475(ZF1)	35 36
	$f' = 299.64$ $D/f' = 1:6$ $2\omega = 6^\circ$ $l'_F = 292.78$		181.97 -133.05 -397.2	9 6	1.5163(K9) 1.6725(ZF2)	50 50
	$f' = 392.72$ $D/f' = 1:8$ $2\omega = 3^\circ$ $l'_F = 386.17$		240.4 -144.54 -1000.0	8 4	1.5638(BaK6) 1.6242(F5)	50 50
	$f' = 501.57$ $D/f' = 1:10$ $2\omega = 5.7^\circ$ $l'_F = 494.17$		291.07 -251.4 -1132.4	8 6	1.5688(BaK7) 1.7172(ZF3)	50 50

续表 4-15

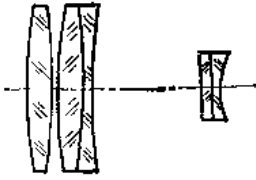
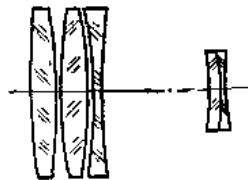
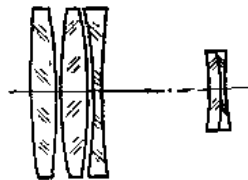
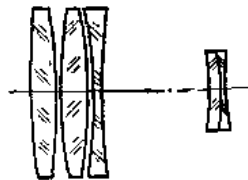
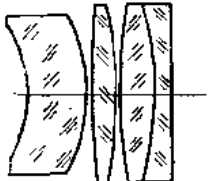
名称	光学性能	结构型式	结构参数			
			r	d	n_D	D_0
双 胶 合 物 镜	$f' = 1002.2$ $D/f' = 1:20$ $2\omega = 11.5^\circ$ $l'_F = 992.88$		588.8 -456 -1445.4	13 5	1.5163(K9) 1.6725(ZF2)	43 43
	$f' = 48.70$ $D/f' = 1:4.1$ $2\omega = 16^\circ$ $l'_F = 45.85$		25.11 12.88 -135.79	1.5 3.2	1.6164(F3) 1.5163(K9)	12 12
	$f' = 149.09$ $D/f' = 1:4.8$ $2\omega = 11^\circ$ $l'_F = 145.89$		101 43.44 -155.9	2 6	1.6475(ZF1) 1.5181(K10)	31 31
双 分 离 物 镜	$f' = 209.13$ $D/f' = 1:4.2$ $2\omega = 11^\circ$ $l'_F = 201.47$		127.38 -72.95 -73.62 -305.50	10 0.1 5	1.5163(K9) 1.6128(F2)	50 50
	$f' = 286.07$ $D/f' = 1:9$ $2\omega = 2.7^\circ$ $l'_F = 272.57$		140.28 -140.28 -131.83 -518.8	6.1 4 3	1.5046(K3) 1.6725(ZF2)	32 32
	$f' = 999.21$ $D/f' = 1:10$ $2\omega = 3^\circ$ $l'_F = 986.38$		580.8 -501.2 -501.2 -2249	14 0.5 10	1.5688(BaK7) 1.7172(ZF3)	100 100
	$f' = 1499.0$ $D/f' = 1:10$ $2\omega = 1.2^\circ$ $l'_F = 1481.9$		963.8 -508.2 -508.2 -3401	15 0.2 19	1.5638(BaK6) 1.6128(F2)	150 150
	$f' = 2010.6$ $D/f' = 1:20$ $2\omega = 1^\circ$ $l'_F = 1992.3$		1219 -685.3 -693.4 -2992	20 0.5 16	1.5163(K9) 1.6128(F2)	100 100
	$f' = 3000.4$ $D/f' = 1:10$ $2\omega = 1^\circ$ $l'_F = 2983.5$		1819.7 -1026.5 -1039.3 -4487	20 0.2 14	1.5163(K9) 1.6128(F2)	300 300

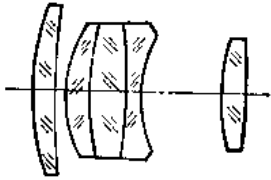
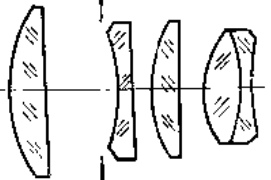

名称	光学性能	结构型式	结构参数			
			r	d	n_D	D
单 双 物 镜	$f' = 90.14$ $D/f' = 1:1.3$ $2\omega = 8^\circ$ $l'_r = 57.79$		68.55 -369.3 49.2 -90.16 65.31	12 0.7 17.8 5.8	1.5163(K9) 1.5163(K9) 1.6475(ZF1)	70 61 61
	$f' = 129.82$ $D/f' = 1:3.3$ $2\omega = 1.5^\circ$ $l'_r = 115.81$		106.17 -328.1 72.44 -188.36 121.06	5 0.1 7.4 3.4	1.5163(K9) 1.5163(K9) 1.6725(ZF2)	40 39 37.6
双 单 物 镜	$f' = 89.94$ $D/f' = 1:3.2$ $2\omega = 7.5^\circ$ $l'_r = 83.86$		82.2 -57.81 -4742.0 71.45 ∞	5.5 3 2.8 3.5	1.5163(K9) 1.6475(ZF1) 1.5163(K9)	28 28 27.5
	$f' = 213.80$ $D/f' = 1:11$ $2\omega = 5^\circ$ $l'_r = 189.19$		41.31 -62.95 262.4 47.986 29.17	4 2 1.4 3.5	1.5688(BaK7) 1.6164(F3) 1.5638(BaK6)	19 19 19
三 分 离 物 镜	$f' = 136.89$ $D/f' = 1:3$ $2\omega = 1.3^\circ$ $l'_r = 102.51$		68.55 -594.29 59.02 -153.82 -106.91 63.10	5.86 0.89 7.85 4.62 4	1.5163(K9) 1.5163(K9) 1.6475(ZF1)	45 42.5 36.6
	$f' = 1995.1$ $D/f' = 1:12$ $2\omega = 1.6^\circ$ $l'_r = 1977.3$		1452.1 -426.5 -430.5 430.5 426.5 -2183	18 1 12 1 18	1.5399(BaK2) 1.6128(F2) 1.6076(BaF6)	165 165 165
对 称 式 物 镜	$f' = 29.44$ $D/f' = 1:39$ $2\omega = 25^\circ$ $l'_r = 25.27$		40.60 -18.60 -58.46 40.60 -18.60 -58.46	3 2 1 3 2	1.5163(K9) 1.6164(F3) 1.5163(K9) 1.6164(F3)	7.5 7.5 7.5 7.5

续表 4-15

名称	光学性能	结构型式	结构参数				
			r	d	n_D	D_s	
对称式物镜	$f' = 60.11$ $D/f' = 1:1.6$ $2\omega = 8^\circ$ $l'_F = 20.06$		47.44	10.2	1.5163(K9)	37	
			-47.17	3.6	1.6164(F3)	37	
			∞	51.1			
			-27.36	8.4	1.5163(K9)	25	
			27.05	2.4	1.6164(F3)	25	
			-355.78				
摄影远物镜	$f' = 199.39$ $D/f' = 1:1.3$ $2\omega = 2.6^\circ$ $l'_F = 62.7$		34.36	6.0	1.5638(BaK6)	15	
			-18.42	2.0	1.6128(F2)	15	
			-121.43	31.0			
			∞	1.5	1.6725(ZF2)	6	
			-14.93	1.0	1.5638(BaK6)	6	
				11.13			
		$f' = 220.21$ $D/f' = 1:1.8.8$ $2\omega = 6^\circ$ $l'_F = 113.76$		77.98	3	1.6725(ZF2)	25
				32.81	7	1.5891(ZK3)	25
				-192.31	47.63		
				-47.42	4	1.6725(ZF2)	19
				-22.28	2	1.5467(BaK3)	19
				∞			
		$f' = 250.06$ $D/f' = 1:7$ $2\omega = 1.6^\circ$ $l'_F = 50.55$		84.53	8.5	1.5163(K9)	36
				-50.70	3.5	1.6725(ZF2)	36
				-126.47	89.66		
-104.71				2.7	1.6242(F5)	10	
-17.14				1.5	1.5638(BaK6)	10	
			31.19				
物镜	$f' = 104.58$ $D/f' = 1:2.2$ $2\omega = 10.7^\circ$ $l'_F = 54.79$		72.11	12.5	1.5399(BaK2)	48.8	
			-52.97	3.5	1.6128(F2)	48.5	
			-765.60	46.0			
			68.55	3.5	1.6199(F4)	39.6	
			38.99	2.8			
				44.98	7.3	1.5163(K9)	38.1
				-1393.20			
		$f' = 309.73$ $D/f' = 1:2.1$ $2\omega = 10^\circ$ $l'_F = 158.05$		225.9	38.6	1.5399(BaK2)	152
				-163.68	0.1		
				-163.68	13.0	1.6128(F2)	150
-2355.0				146.5			
211.8				15.4	1.6199(F4)	110	
			121.9	8.6			
			138.68	20.0	1.5163(K9)	110	
			-4286.0				

续表 4-15

名称	光学性能	结构型式	结构参数				
			r	d	n_D	D_s	
望远镜	$f' = 600.05$ $D/f' = 1:12$ $2\omega = 1.1^\circ$ $l'_F = 112.5$		248.9	6	1.5891(ZK3)	50	
			-515.2	0.8			
			102.28	9	1.5163(K9)	50	
			-527.2	3.5	1.6725(ZF2)	50	
			167.49	155.7			
			∞	3	1.5688(BaK7)	15	
		3	1.6725(ZF2)	15			
		34.04					
	物镜	$f' = 253.75$ $D/f' = 1:7$ $2\omega = 1.5^\circ$ $l'_F = 61.53$		116.82	6	1.5163(K9)	36
				-228.35	0.25		
				89.23	7	1.5163(K9)	36
				-107.18	1		
-110.13				3	1.6475(ZF1)	36	
147.86				84.68			
	2.7	1.6475(ZF1)	10				
	1.2	1.5724(BaK8)	10				
	38						
物镜	$f' = 288.11$ $D/f' = 1:6.4$ $2\omega = 1.3^\circ$ $l'_F = 59.72$		68.55	5.86	1.5163(K9)	45	
			-594.29	0.89			
			59.02	7.85	1.5163(K9)	42.5	
			-153.82	4.62			
			-106.91	4	1.6475(ZF1)	36.6	
			63.10	79.08			
	2	1.5163(K9)	12				
	2.5	1.6164(F3)	12				
	16.44						
物镜	$f' = 353.64$ $D/f' = 1:5.9$ $2\omega = 1.2^\circ$ $l'_F = 52.18$		142.56	6.0	1.5724(BaK8)	60.1	
			-2965.0	1.9			
			93.64	9.4	1.5724(BaK8)	58.1	
			-228.0	5.37			
			-184.5	5.0	1.6475(ZF1)	52.7	
			100.46	154.46			
	3.0	1.6128(F2)	13.3				
	2.0	1.6126(ZK6)	13.2				
	22.75						
物镜	$f' = 97.25$ $D/f' = 1:2.7$ $2\omega = 25.5^\circ$ $l'_F = 105.86$		-29.91	15.0	1.6088(ZK4)	40	
			-37.74	1.5			
			427.06	6.0	1.6088(ZK4)	45	
			-101.08	0.8			
			135.64	9.0	1.5891(ZK3)	45	
			-78.44	4.0	1.755(ZF6)	45	
	∞						

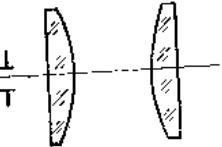
名称	光学性能	结构型式	结构参数			
			r	d	n_D	D_b
	$f' = 52.87$ $D/f' = 1:1.5$ $2\omega = 30^\circ$ $l'_F = 17.07$		41.89	7.8	1.6220(ZK10)	34
			274.312	0.4		
			24.32	7.4	1.6220(ZK10)	30.2
			62.713	7.0	1.4704(QK1)	29
			-155.96	6.0	1.7559(ZF6)	28
			15.488	9.8		
			32.542	5.5	1.5475(ZF1)	22
			-157.4			
	$f' = 59.77$ $D/f' = 1:1.6$ $2\omega = 8^\circ$ $l'_F = 18.42$		54.95	9	1.6220(ZK10)	54
			297.4	31.2		
			∞	1.3		36.6
			-62.52	3.7	1.6128(I2)	31.2
			-622.30	22.5		
			44.17	5.5	1.6220(ZK10)	22.7
			1644.4	8.9		
			27.36	6.3	1.5163(K9)	18.6
			-55.21	2.5	1.7559(ZF6)	18.6
			342.0			
				$f' = 208.09$ $D/f' = 1:6.5$ $2\omega = 11.5^\circ$ $l'_F = 0.002$		95.72
59.16	20.45					
74.99	9.8	1.5163(K9)				36
-182.81	79.0					
∞	102.52	1.5163(K9)				32
∞	18.15					
-39.45	3.7	1.5180(BaF1)				38
33.19	8.8	1.6568(ZBaF5)				39
-399.9	8.8					
-210.9	6.4	1.5688(BaF7)				42
-55.59						

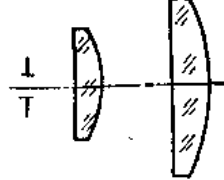
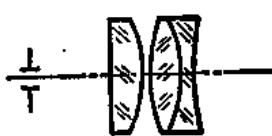
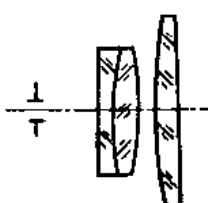
第六节 目镜典型结构参数

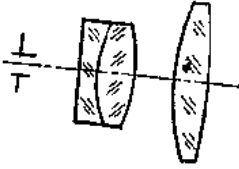
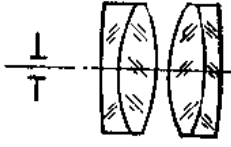
目镜典型结构参数 (表4-16)

目镜典型结构参数

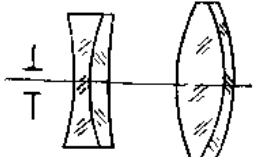
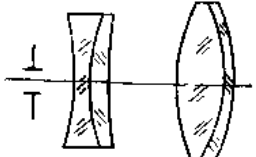
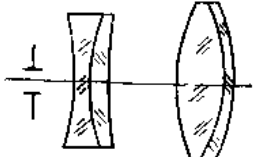
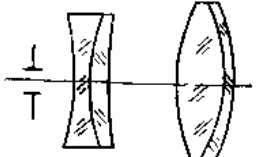
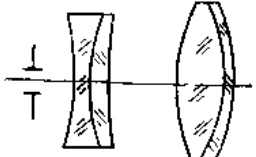
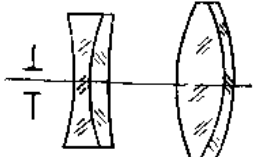
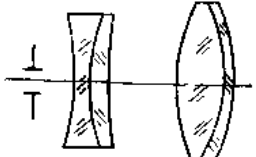
表 4-16

名称	光学性能	结构型式	结构参数			
			r	d	n_D	D_b
冉斯登目镜	$f' = 18.75$ $2\omega = 30^\circ$ $l'_F = 4.23$ $l_c = -7.5$ $D = 2.3$		∞	2.3	1.5163(K9)	12
			-12.057	16.2		
			15.06	2.3	1.5163(K9)	12
			∞			

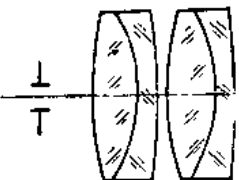
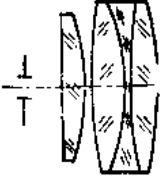

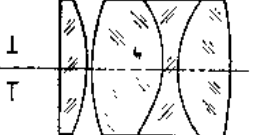

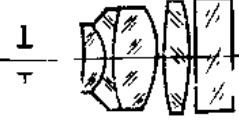
名称	光学性能	结构型式	结构参数			
			r	d	n_D	D_2
惠更斯目镜	$f' = 20.07$ $2\omega = 36^\circ$ $l'_F = -8.92$ $l_Z = -5$ $D = 2$		∞	2	1.5163(K9)	8
			-7.798	19.5		
			∞	3.52	1.5163(K9)	18
	$f' = 25$ $2\omega = 33.7^\circ$ $l'_F = -11.58$ $l_Z = -6.25$ $D = 1.25$		∞	2.1	1.5163(K9)	8
			-9.506	24.5		
			∞	3.7	1.5163(K9)	17
	$f' = 50.03$ $2\omega = 22.6^\circ$ $l'_F = -31.45$ $l_Z = -13.05$ $D = 2.5$		∞	3.76	1.5163(K9)	13
			-14.444	49.1		
			∞	4.2	1.5163(K9)	21
	$f' = 11.96$ $2\omega = 19^\circ$ $l'_F = 8.05$ $l_Z = -16$ $D = 1.2$		∞	2	1.5163(K9)	8
			-9.68	0.15		8
			8.77	3.5	1.5163(K9)	8
			-8.77	1	1.6475(ZF1)	7.5
			25.39			
	$f' = 20.48$ $2\omega = 30^\circ$ $l'_F = 11.28$ $l_Z = -16.3$ $D = 1.6$		∞	5	1.5467(BaK3)	20
			+17.061	5		
			20.51	7	1.5467(BaK3)	20
	$f' = 36.77$ $2\omega = 28.8^\circ$ $l'_F = 19.30$ $l_Z = -35$ $D = 4.6$		-18.03	1.5	1.7172(ZF3)	20
			∞			
			50.14	8	1.5163(K9)	32
			-50.14	0.5		32
29.04			14	1.5163(K9)	32	
		-29.04	3.5	1.6475(ZF1)	28	
		50.14				
		∞				
		7.98	1	1.6128(F2)	10	
		-9.462	4.9	1.5891(ZK3)	10	
$f' = 12.41$ $2\omega = 52^\circ$ $l'_F = 3.18$ $l_Z = -4.5$ $D = 1.2$		12.61	8.4			
		∞	4.7	1.5163(K9)	17	

名称	光学性能	结构型式	结构参数			
			r	d	n_D	D_n
凯 程	$f' = 15.37$ $2\omega = 44^\circ$ $l'_F = 2.6$ $l_x = -6.2$ $D = 4$		∞	1.1	1.6199(K4)	8.7
	7.379		3.4	1.6087(ZK1)	8.7	
-11.43	13					
12.88	3.4		1.5163(K9)	12.2		
∞						
79.8	2		1.6199(F4)	10		
11.298	5		1.5399(BaK2)	10		
-15.031	14.7					
25.94	4.5		1.5163(K9)	18		
-55.34						
尔 目 镜	$f' = 25.25$ $2\omega = 33^\circ$ $l'_F = 8.9$ $l_x = -9.3$ $D = 2.4$		96.16	4.1	1.6199(F4)	15
	13.709	5	1.5399(BaK2)	15		
-18.707	18					
31.99	5	1.5163(K9)	19			
-55.34						
$f' = 30.44$ $2\omega = 40^\circ$ $l'_F = 8.90$ $l_x = -12.8$ $D = 3$		∞	1.5	1.6128(F2)	13.5	
148.25	6	1.5891(ZK3)	13.5			
-21.73	24					
28.05	4.5	1.5163(K9)	23			
∞						
$f' = 50.05$ $2\omega = 25^\circ$ $l'_F = 6.13$ $l_x = -12.7$ $D = 1.37$		∞	2	1.6199(F4)	7.6	
18.825	8.44	1.6220(ZK10)	9.7			
-36.241	45.53					
46.754	7.03	1.5163(K9)	22.3			
-175.27						
对 称 式 目 镜	$f' = 8.27$ $2\omega = 57^\circ$ $l'_F = 4.24$ $l_x = -4.3$ $D = 0.82$		55.98	1.2	1.6475(ZF1)	9
	7.878		4.6	1.5163(K9)	9	
-7.878	0.5					
7.878	4.6		1.5163(K9)	9		
-7.878	1.2		1.6475(ZF1)	9		
-55.98						
$f' = 9.97$ $2\omega = 43^\circ$ $l'_F = 7.29$ $l_x = -8.7$ $D = 1.4$			29.92	0.7	1.6128(F2)	9.5
9.162	3.15		1.5163(K9)	9.5		
-11.967	0.16					
11.967	3.15		1.5163(K9)	9.5		
-9.162	0.7	1.6128(F2)	9.5			
-29.92						

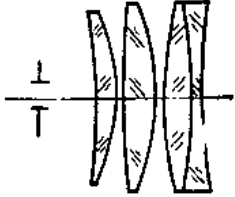
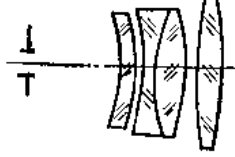

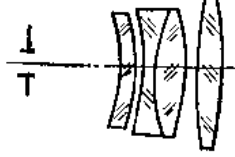
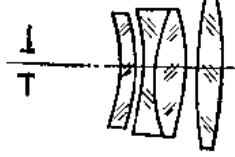

续表 4-16

名称	光学性能	结构型式	结构参数			
			r	d	n_D	D
对 称 式	$f' = 12.86$ $2\omega = 50.7^\circ$ $l'_F = 8.15$ $l_2 = -8.2$ $D = 5$		36.14	1.3	1.6164(F3)	13
			12.217	5.2	1.5163(K9)	13
	-15.205		0.1			
	15.205		5.2	1.5163(K9)	13	
	-12.217		1.3	1.6164(F3)	13	
	-36.14					
对 称 式	$f' = 14.74$ $2\omega = 28^\circ$ $l'_F = 9.09$ $l_2 = -11$ $D = 2.5$		62.52	1.7	1.6475(ZF1)	8.5
			15.488	6.7	1.5163(K9)	8.5
	-15.488		0.1			
	15.488		6.7	1.5163(K9)	8.5	
	-15.488		1.7	1.6475(ZF1)	8.5	
	-62.52					
对 称 式	$f' = 20.17$ $2\omega = 45^\circ$ $l'_F = 15.06$ $l_2 = -17.5$ $D = 1.2$		59.70	1.5	1.6164(F3)	19
			19.77	6	1.5163(K9)	19
	-21.66		0.1			
	24.66		6	1.5163(K9)	19	
	-19.77		1.5	1.6164(F3)	19	
	-59.70					
对 称 式	$f' = 25.01$ $2\omega = 40^\circ$ $l'_F = 18.89$ $l_2 = -26.1$ $D = 5$		76.64	1.5	1.6164(F3)	25
			24.60	7.5	1.5163(K9)	25
	-30.62		0.1			
	30.62		7.5	1.5163(K9)	25	
	-24.60		1.5	1.6164(F3)	25	
	-76.64					
对 称 式	$f' = 29.93$ $2\omega = 44^\circ$ $l'_F = 21.39$ $l_2 = -24$ $D = 6$		117.85	2	1.6475(ZF1)	28
			27.51	10.5	1.5163(K9)	28
	-31.44		0.5			
	31.44		10.5	1.5163(K9)	28	
	-27.51		2	1.6475(ZF1)	28	
	-117.85					
对 称 式	$f' = 49.83$ $2\omega = 36^\circ$ $l'_F = 41.03$ $l_2 = -43.5$ $D = 5$		342.0	3	1.6128(F2)	34
			46.99	9	1.5163(K9)	34
	-46.99		0.2			
	46.99		9	1.5163(K9)	34	
	-46.99		3	1.6128(F2)	34	
	-342.0					
对 称 式	$f' = 32.98$ $2\omega = 18^\circ$ $l'_F = 43.41$ $l_2 = -3.7$ $D = 4$		-38.02	2	1.5467(BaK3)	9
			25.05	3	1.6475(ZF1)	9
	100.69		18			
	27.36		5	1.5688(BaK7)	12	
	-10.593		2	1.7172(ZF3)	12	
	-25.05					

续表 4-16

名称	光学性能	结构型式	结构参数			
			r	d	n_D	D
	$f' = 52.58$ $2\omega = 30^\circ$ $l'_F = 41.91$ $l_Z = -50$ $D = 8$		87.57	11.5	1.5688(BaK7)	40
			-35.95	3.0	1.6175(ZF1)	10
			-109.71	0.5		
			87.57	11.5	1.5688(BaK7)	40
			-35.95	3.0	1.6473(ZF1)	40
			-109.71			
无	$f' = 8.27$ $2\omega = 40^\circ$ $l'_F = 3.36$ $l_Z = -7$ $D = 1.5$		∞	1.6	1.5831(ZK2)	6.5
			-7.015	0.1		
			10.99	4.0	1.5187(K16)	7.0
			-5.105	1.0	1.6199(F4)	6.4
			6.577	2.4	1.5187(K16)	6.4
			-16.596			
畸 变	$f' = 25.02$ $2\omega = 30.5^\circ$ $l'_F = 16.34$ $l_Z = -20.81$ $D = 1.2$		∞	4	1.5891(ZK3)	15.3
			-23.01	1		
			33.65	7	1.5163(K9)	16.3
			-16.634	1.5	1.6242(F5)	16.8
			16.634	7	1.5163(K9)	16.8
			-33.65			
目 镜	$f' = 12.47$ $2\omega = 36^\circ$ $l'_F = 7.11$ $l_Z = -10.4$ $D = 2$		∞	2.5	1.5724(BaK8)	8.8
			-11.429	0.12		
			16.293	4	1.5117(K7)	8.8
			-7.980	1	1.6164(F3)	8.8
			7.980	4	1.5147(K7)	8.8
	-16.293					
	$f' = 17.9$ $2\omega = 36^\circ$ $l'_F = 3.22$ $l_Z = -22$ $D = 4$		∞	3.9	1.5163(K9)	18.4
			-12.023	0.58		
			26.61	5.4	1.5163(K9)	11.5
			-10.715	11.9	1.6725(ZF2)	11.5
10.715			5.4	1.5163(K9)	11.5	
-20.61						
	$f' = 19.96$ $2\omega = 37.3^\circ$ $l'_F = 23.57$ $l_Z = -9.6$ $D = 4$		-28.97	3.5	1.5163(K9)	13
			-7.417	0.8	1.6641(ZBaF4)	13
			16.866	7.2	1.5724(BaK8)	15
			-13.804	0.2		
			31.84	4	1.6126(ZK6)	15
			-40.74	2.3		
			∞	30	1.5163(K9)	
			∞			
			∞			


续表 4-16

名称	光学性能	结构型式	结构参数			
			r	d	n_D	D
	$f' = 12.57$ $2\omega = 51.5^\circ$ $l'_F = 5.62$ $l_z = -11.18$ $D = 1$		-115.13	2.1	1.6130(ZK7)	12.4
	-24.35		0.5			
	$f' = 19.25$ $2\omega = 60^\circ$ $l'_F = 6.72$ $l_z = -19.9$ $D = 2.5$		328.0	3.7	1.6203(ZK9)	14
	-14.55		0.5			
			19.5	7.1	1.6130(ZK7)	13.8
			-9.35	1.4	1.7398(ZF5)	12
			72.91			
			∞	5.5	1.5163(K9)	26.6
			-24.04	0.2		
			48.75	6.0	1.5467(BaK3)	29.3
			-48.75	0.2		
			23.55	11.0	1.5467(BaK3)	27.2
			-23.55	2.0	1.7398(ZF5)	25.1
			36.98			
	$f' = 13.61$ $2\omega = 48^\circ$ $l'_F = 18.07$ $l_z = -8.65$ $D = 0.8$		-7.556	2.4	1.5163(K9)	9.6
	-7.311		0.4			
	$f' = 24.96$ $2\omega = 43.7^\circ$ $l'_F = 24.66$ $l_z = -15.9$ $D = 1.2$		-21.98	1.6	1.806(ZF7)	12.8
	17.458		5.0	1.6203(ZK9)	14.6	
			-14.322	0.2		
			29.17	4.0	1.6203(ZK9)	16.8
			-29.17			
			-24.32	3.8	1.5163(K9)	13.5
	$f' = 27.95$ $2\omega = 70^\circ$ $l'_F = 15.27$ $l_z = -19$ $D = 8$		-15.776	0.6		
	-39.26		2.5	1.806(ZF7)	19	
			28.84	8.0	1.6203(ZK9)	21.7
			-25.23	2.0		
			47.86	6.3	1.6203(ZK9)	25.1
			-47.86			
	$f' = 49.84$ $2\omega = 61.3^\circ$ $l'_F = 37.73$ $l_z = -30$ $D = 5$		-267.9	7	1.5163(K9)	34.7
	-26.3		0.3			
			162.98	3	1.7398(ZF5)	41.2
			32.5	14	1.5467(BaK3)	41.2
			-47.42	0.3		
			36.98	10.57	1.5467(BaK3)	41.2
			134.28			
			∞	10.0	1.5524(BaK4)	43.6
			-44.87	0.3		
			∞	3.3	1.7289(ZF4)	46.4
			52.72	17.0	1.5163(K9)	52.2
			-80.17	0.3		
			188.80	11.0	1.5608(QF2)	55.6
			-124.74			

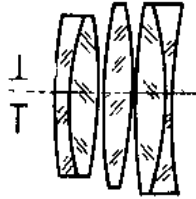
续表 4-16

名称	光学性能	结构型式	结构参数			
			r	d	n_D	D_0
	$f' = 26.91$ $2\omega = 60^\circ$ $l'_F = 12.20$ $l_Z = -24.15$ $D = 2.5$		∞ -24.04 30.55 -32.81 ∞ -24.95 -165.2	7.5 0.2 10.5 2.0 6.8 2.0	$1.5795(\text{BaF}_3)$ $1.5467(\text{BaK}_3)$ $1.7280(\text{ZF}_4)$ $1.5163(\text{K}_9)$ $1.6475(\text{ZF}_1)$	28 30 30 30 30
	$f' = 19.28$ $2\omega = 64^\circ$ $l'_F = 12.92$ $l_Z = -13$ $D = 4$		∞ -19.41 -168.27 21.88 -24.83 22.01 ∞	4.0 0.13 2.0 9.2 0.13 6.5	$1.5163(\text{K}_9)$ $1.7398(\text{ZF}_5)$ $1.5163(\text{K}_9)$ $1.5163(\text{K}_9)$	
	$f' = 20.60$ $2\omega = 40^\circ$ $l'_F = 24.6$ $l_Z = -16$ $D = 3$		-29.17 -7.465 16.904 -13.996 31.99 -41.21	2.0 0.8 7.2 0.2 2.4	$1.5163(\text{K}_9)$ $1.6641(\text{ZBaF}_4)$ $1.5724(\text{BaK}_8)$ $1.6111(\text{ZK}_5)$	
	$f' = 20.06$ $2\omega = 56^\circ$ $l'_F = 20.47$ $l_Z = -13$ $D = 4$		-18.967 40.74 -14.655 61.94 -67.3 35.9 ∞	1.2 5.5 0.05 3.5 0.1 3.2	$1.7280(\text{ZF}_4)$ $1.6220(\text{ZK}_10)$ $1.6220(\text{ZK}_10)$ $1.6220(\text{ZK}_10)$	
	$f' = 12.60$ $2\omega = 30^\circ$ $l'_F = 14.63$ $l_Z = -6.8$ $D = 2$		-40.784 -5.8 4.06 -10.599 11.722 33.995 -13.188 19.537 -19.537	1.3 0.8 4.0 1.0 2.73 2.93 0.05 2.93	$1.6220(\text{ZK}_10)$ $1.620(\text{F}_4)$ $1.6220(\text{ZK}_10)$ $1.5163(\text{K}_9)$ $1.5101(\text{K}_5)$ $1.5101(\text{K}_5)$	

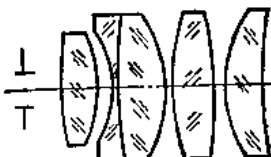
续表 4-16

名 称	光学性能	结构形式	结构参数			
			r	d	n_D	ω
广 角 目 镜	$f' = 24.70$ $2\omega = 84^\circ$ $l'_F = 3.57$ $l_Z = -20$ $D = 8$		-85.11	9.7	1.6229(ZK10)	32
			-24.83	0.29		
			92.9	8.5	1.6220(ZK10)	
	-80.17		0.29			
	38.73		15.0	1.5891(ZK3)	41	
	-33.57		2.0	1.806(ZF7)	41	
	33.57		10.0	1.5163(K9)	36	
	-158.49					
	$f' = 25.08$ $2\omega = 57.5^\circ$ $l'_F = 6.24$ $l_Z = -13.5$ $D = 1$		∞	6.5	1.5524(BaK4)	22
			-31.19	0.25		
			62.95	6.6	1.5524(BaK4)	27
			-62.95	0.25		
			31.62	12.0	1.4874(QK3)	27
			-31.62	2.2	1.7280(ZF4)	27
	$f' = 32.40$ $2\omega = 80^\circ$ $l'_F = 5.04$ $l_Z = -26.9$ $D = 6$		22.23	7.0	1.4874(QK3)	27
-194.09						
-109.4		12.5	1.6130(ZK7)	48		
-31.92		0.4				
119.67		11.0	1.6130(ZK7)	37.5		
-103.04		0.4				
$f' = 7.99$ $2\omega = 42^\circ$ $l'_F = 4.57$ $l_Z = -6$ $D = 1.4$	51.52	20.0	1.5891(ZK3)	55		
	-43.85	2.6	1.806(ZF7)	55		
	43.85	12.2	1.5163(K9)	53.2		
	-203.7			49		
	∞	1.4	1.5163(K9)	6.4		
	-10.423	0.1				
	48.42	0.8	1.755(ZF6)	7.4		
	10.423	2.9	1.5181(K10)	7.4		
	-10.423	0.1				
$f' = 15.89$ $2\omega = 60^\circ$ $l'_F = 4.86$ $l_Z = -15$ $D = 3$	10.423	2.9	1.5181(K10)	7.4		
	-10.423	0.8	1.755(ZF6)	7.4		
	-48.42					
	67.30	4.0	1.5163(K9)	21		
	-20.61	0.1				
	67.30	1.5	1.6199(F4)	22		
$f' = 15.89$ $2\omega = 60^\circ$ $l'_F = 4.86$ $l_Z = -15$ $D = 3$	13.521	7.0	1.5163(K9)	22		
	-25.82	0.1				
	15.453	8.0	1.5163(K9)	22		
	-15.453	1.5	1.6199(F4)	22		
	20.61					

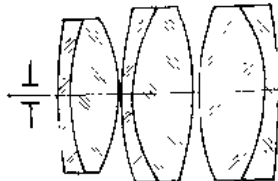
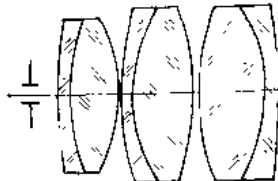
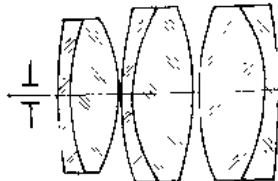
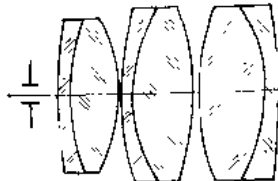
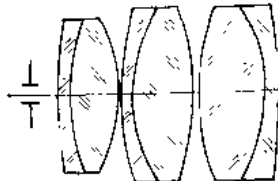
续表 4-16

名称	光学性能	结构型式	结构参数			
			r	d	n_D	D_j
	$f' = 19.03$ $2\omega = 36.7^\circ$ $l'_F = 5.69$ $l_Z = -20$ $D = 4$		84.3	4.6	1.5163(K9)	18.4
			-25.76	0.15		
			84.3	1.5	1.6199(F4)	18.7
			16.368	8.7	1.5163(K9)	19.0
			-31.7	0.15		
			18.281	10.3	1.5163(K9)	18.4
			-18.281	1.9	1.6199(F4)	15.3
			24.38			
	$f' = 22.63$ $2\omega = 37.5^\circ$ $l'_F = 12.26$ $l_Z = -21$ $D = 3.2$		87.3	5.0	1.5163(K9)	19
			-28.05	0.2		
			84.53	1.5	1.6725(ZF2)	19
			22.39	6.5	1.5163(K9)	19
			-34.91	0.2		
			22.39	6.5	1.5163(K9)	19
-22.39	1.5	1.6725(ZF2)	19			
43.25						
爱	$f' = 12.50$ $2\omega = 35.5^\circ$ $l'_F = 9.88$ $l_Z = -10.15$ $D = 0.62$	52.0	11.5	1.7398(ZF5)	7.4	
		17.338	3.07	1.5163(K9)	7.4	
		-14.894	0.25			
		65.77	2.4	1.5163(K9)	8.5	
		-18.323	0.2			
		17.179	3.65	1.5163(K9)	8.5	
		-17.179	11.5	1.7398(ZF5)	8.5	
		61.80				
尔 弗	$f' = 15.62$ $2\omega = 68^\circ$ $l'_F = 10.35$ $l_Z = -10.8$ $D = 3.8$	104.81	1.5	1.6128(F2)	18	
		22.01	7.4	1.5163(K9)	18	
		-19.31	0.5			
		37.44	5.2	1.5163(K9)	21.5	
		-37.44	0.5			
		22.01	8.4	1.5163(K9)	21.5	
		-22.01	1.5	1.6128(F2)	21.5	
		38.04				
目 镜	$f' = 25.38$ $2\omega = 60^\circ$ $l'_F = 8.97$ $l_Z = -18$ $D = 3.8$	174.91	3	1.6199(F4)	25	
		34.79	14	1.5163(K9)	28.3	
		-29.67	0.25		32.6	
		72.03	7.8	1.5163(K9)	36	
		-72.03	0.25			
		32.27	15.3	1.5163(K9)	35.2	
		-32.27	1.7	1.6199(F4)	32.3	
		56.77			29.2	

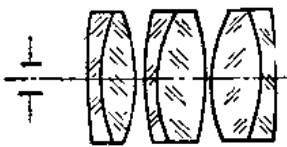
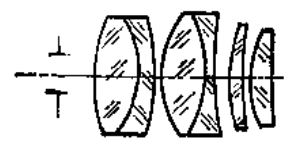
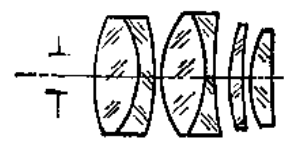
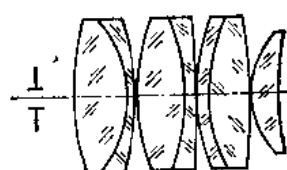
续表 4-16

名称	光学性能	结构图式	结构参数			
			r	d	n_D	D
爱	$f' = 25.46$ $2\omega = 60^\circ$ $l'_F = 0.77$ $l_Z = -23.9$ $D = 0.5$		644.2	2.0	1.6475(ZF1)	30
			35.7	15.0	1.5163(K9)	33
			-26.36	0.5		36
			59.98	10.0	1.5163(K9)	40.2
			-59.98	0.5		37
			35.7	13.0	1.5163(K9)	35
			-35.7	2.0	1.6475(ZF1)	30.5
			53.09			
尔	$f' = 28$ $2\omega = 50^\circ$ $l'_F = 18.66$ $l_Z = -17$ $D = 8$		-60.12	2.5	1.6475(ZF1)	25
			40.46	10.5	1.5724(BaK8)	30
			-26.06	0.3		
			∞	7.5	1.5163(K9)	37
			-42.07	0.3		
			54.70	4.0	1.6475(ZF1)	39
			32.29	13.0	1.5163(K9)	39
			-117.49			
弗	$f' = 30.16$ $2\omega = 60^\circ$ $l'_F = 15.33$ $l_Z = -20$ $D = 7$		204.6	2.2	1.6242(F5)	35
			40.93	11.0	1.5163(K9)	35
			-35.08	0.25		
			74.47	7.3	1.5163(K9)	36
			-74.47	0.25		
			39.81	12.2	1.5163(K9)	36
			-39.81	2.2	1.6242(F5)	36
			67.30			
日	$f' = 37.10$ $2\omega = 60^\circ$ $l'_F = 19.63$ $l_Z = -28$ $D = 6$		1180.3	3.5	1.7280(ZF1)	42.3
			72.44	12.5	1.5524(BaK4)	43.8
			-36.14	0.25		
			97.27	9.0	1.4874(QK3)	18
			-87.50	0.25		
			75.16	14.0	1.5524(BaK4)	17
			-52.0	5.0	1.6475(ZF1)	15
			155.6			
镜	$f' = 7.63$ $2\omega = 47^\circ$ $l'_F = 3.33$ $l_Z = -7.3$ $D = 7$		38.46	3.1	1.7468(LaK3)	12
			-13.868	1.65		
			-7.345	1.0	1.806(ZF7)	14
			75.81	5.8	1.7468(LaK3)	18
			-10.789	0.1		
			24.21	4.0	1.7468(LaK3)	18
			-50.35	0.1		
			10.324	4.1	1.7468(LaK3)	18
			52.97			

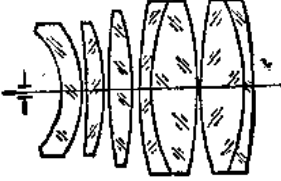
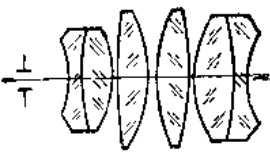
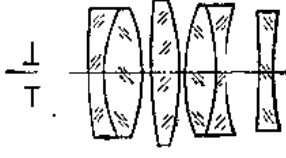
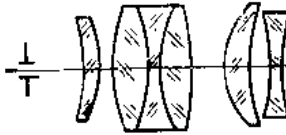
续表 4-16

名称	光学性能	结构型式	结构参数			
			r	d	n_d	ν
	$f' = 23.99$ $2\omega = 81.6^\circ$ $l'_F = 5.27$ $l_2 = -21.1$ $D = 4$		∞	9.1	1.6130(ZK7)	37
			-28.05	0.2		
			69.34	2.95	1.8000(ZF7)	41.2
			28.05	15.7	1.6130(ZK7)	12
			-79.07	0.2		
			33.9	8.5	1.5638(LaK6)	41.2
			∞	4.38		
			-59.12	2.5	1.6725(ZF2)	41.2
			∞			
	$f' = 36.89$ $2\omega = 62^\circ$ $l'_F = 13.57$ $l_2 = -19.941$ $D = 8.2$		262.61	3.0	1.6199(F4)	
			50.82	14.4	1.5163(K9)	
			-44.26	0.24		
			102.33	3.6	1.6475(ZF1)	
			42.17	18.0	1.5163(K9)	
			-72.48	0.24		
			60.90	19.2	1.5163(K9)	
			-50.94	3.0	1.6475(ZF1)	
			-208.06			
	$f' = 31.58$ $2\omega = 60^\circ$ $l'_F = 15.96$ $l_2 = -24$ $D = 6$		∞	2.0	1.6709(ZBaF5)	
			38.02	18.0	1.6203(ZK9)	
			-38.02	0.2		
			59.98	11.9	1.6203(ZK9)	
			-59.98	2.4	1.755(ZF6)	
			∞	0.2		
			47.97	13.0	1.5163(K9)	
			-59.98	2.4	1.755(ZF6)	
			235.9			
	$f' = 23.03$ $2\omega = 60^\circ$ $l'_F = 14.46$ $l_2 = -16.5$ $D = 4$		-198.61	1.3	1.6641(ZBaL4)	
			28.06	10.0	1.6032	
			-29.11	0.3		
			198.61	1.5	1.755(ZF6)	
			45.08	10.0	1.6203(ZK9)	
			-34.99	0.1		
			38.64	10.0	1.5182	
			-38.64	1.5	1.755(ZF6)	
			309.00			
	$f' = 20.23$ $2\omega = 60^\circ$ $l'_F = 8.70$ $l_2 = -14.8$ $D = 4$		-351.60	2.0	1.6890	
			32.28	8.3	1.6203(ZK9)	
			-24.38	0.2		
			60.53	7.3	1.6203(ZK9)	
			-28.25	2.0	1.6490	
			-60.53	0.2		
			30.34	9.2	1.6203(ZK9)	
			-30.34	2.0	1.6890	
			44.06			


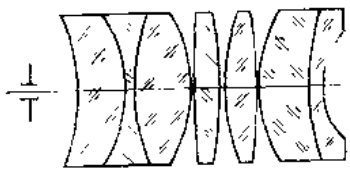
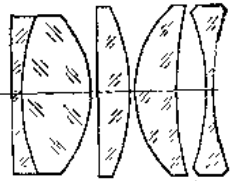

续表 4-16

名称	光学性能	结构型式	结构参数			
			r	d	r_D	D
大 孔 目 镜	$f' = 30.62$ $2\omega = 60.5^\circ$ $f'_F = 11.45$ $l_Z = -24.5$ $D = 5.5$		220.4	2.5	1.6199(F4)	36
			42.56	12.0	1.5163(K9)	36
			-36.68	0.2		
			85.11	3.0	1.6475(ZF1)	40
			35.16	15.0	1.5163(K9)	40
			-60.4	0.2		
			50.82	16.0	1.5163(K9)	40
			-42.17	2.5	1.6475(ZF1)	40
			-173.38			35
大 孔 目 镜	$f' = 11.02$ $2\omega = 27.8^\circ$ $f'_F = 3.69$ $l_Z = -14.4$ $D = 7$		43.25	6.5	1.5147(K7)	14.2
			-11.324	1.5	1.755(ZF6)	16.2
			-27.89	0.2		
			24.21	6.0	1.5147(K7)	14.8
			-17.66	1.5	1.755(ZF6)	14.6
			-122.18	0.2		
			19.41	4.3	1.5688(BaK7)	14.8
			-107.89	0.1		
			10.0	4.8	1.5688(BaK7)	10.5
			92.04			
大 孔 目 镜	$f' = 12.75$ $2\omega = 34^\circ$ $f'_F = 2.86$ $l_Z = -16.5$ $D = 7$		19.41	7	1.5147(K7)	15
			-10.595	1.3	1.6475(ZF1)	15
			-35.5	0.15		
			14.25	6.4	1.5147(K7)	15
			-15.24	2.2	1.6475(ZF1)	15
			169.34	0.15		
			17.06	2.3	1.5117(K7)	12.5
			79.8	0.15		
			15.24	2.7	1.5147(K7)	12
			∞			
大 孔 目 镜	$f' = 17.52$ $2\omega = 46^\circ$ $f'_F = 6.44$ $l_Z = -19.88$		87.50	8.75	1.6126(ZK6)	
			-20.61	1.55	1.7398(ZF5)	
			-55.98	0.1		
			42.56	8.25	1.6126(ZK6)	
			-33.34	1.55	1.7398(ZF5)	
			∞	0.1		
			33.31	2.95	1.7398(ZF5)	
			27.98	7.2	1.6126(ZK6)	
			-205.50	0.1		
			16.3	5.35	1.6126(ZK6)	
60.67						

续表 4-16

名称	光学性能	结构型式	结构参数			
			r	d	n_D	D_0
大孔径目镜	$f' = 16.06$ $2\omega = 52^\circ$ $l'_F = 12.16$ $l_Z = -4.1$ $D = 7$		-8.017	1.9	1.6126(ZK6)	
			-11.912	0.1		
			-70.63	1.8	1.5302(BaK1)	
			-20.84	0.1		
			77.98	2.5	1.5302(BaK1)	
			-28.77	0.1		
			44.36	1.0	1.7172(ZF3)	
			16.943	5.0	1.5302(BaK1)	
			-45.71	0.1		
			43.05	4.8	1.5302(BaK1)	
			-20.32	1.0	1.7172(ZF3)	
			-44.87			
			大视	$f' = 12.32$ $2\omega = 67.5^\circ$ $l'_F = 5.39$ $l_Z = -8.47$ $D = 3.5$		-14.488
34.04	6.5	1.6203(ZK9)				19.6
-13.9	0.1					
199.99	4.7	1.5891(ZK3)				25
-21.48	0.1					
26.61	5.2	1.5891(ZK3)				26.2
-92.9	0.1					
17.701	7.5	1.5891(ZK3)				22.4
-119.95	1.4	1.7398(ZF5)				15.4
12.706						
场目镜	$f' = 24.72$ $2\omega = 70^\circ$ $l'_F = -1.3$ $l_Z = -21.2$ $D = 3$		93.02	2.0	1.755(ZF6)	39
			32.74	13.26	1.6384(ZK11)	39
			-44.43	0.2		
			115.85	7.1	1.6384(ZK11)	42
			-65.59	0.2		
			38.46	14.9	1.6384(ZK11)	40
			-34.51	2.0	1.755(ZF6)	35
			65.59	9.5		
			∞	2.0	1.5688(BaK7)	21
			59.84			
镜	$f' = 25.02$ $2\omega = 72^\circ$ $l'_F = -1.64$ $l_Z = -23$ $D = 5$		-104.35	6.7	1.5688(BaK7)	33.6
			-26.36	0.1		
			39.17	12.4	1.6126(ZK9)	39.1
			-41.50	1.6	1.7398(ZF5)	37.9
			34.44	10.0	1.6126(ZK9)	37.9
			-109.65	10.6~0.2		
			23.01	7.8	1.5688(BaK7)	35
			69.66	5.1		
			-51.88	2.6	1.5688(BaK7)	33.4
			57.02			

续表 4-16

名称	光学性能	结构型式	结构参数						
			r	d	n_D	γ'	D		
大 视 场 目 镜	$f' = 31.45$ $2\omega = 72.5^\circ$ $l'_F = -1.954$ $l_Z = -25$ $D = 4$		-82.0	2.5	1.6128(F2)	15			
			∞	12.7	1.6130(ZK7)	45			
			-30.20	0.18					
			112.0	10.3	1.6130(ZK7)	50			
			-96.3	0.18					
			46.5	18.0	1.5524(BaK4)	17			
			-40.3	3.5	1.755(ZiE)	47			
			38.5	13.0	1.4701(QK1)	43			
			-190.0	4.5					
			-220.0	3.6	1.5163(K3)	42			
			∞						
			大 视 场 目 镜	$f' = 27.00$ $2\omega = 80^\circ$ $l'_F = 15.01$ $l_Z = -14.55$ $D = 3.8$		-48.19	13.0	1.5203	60
-36.14	3.0	1.75182				26.5			
63.83	16.0	1.6203				50.5			
-36.98	0.3								
181.13	7.4	1.6920				54.5			
-104.23	0.3								
61.52	7.4	1.6920				54.5			
-306.20	0.3								
31.33	14.0	1.78847				50.48			
72.11	3.0	1.85026				32.25			
18.45									
目 镜	$f' = 19.93$ $2\omega = 90^\circ$ $l'_F = 4.02$ $l_Z = -13$ $D = 3$					∞	2.08	1.8060	25.1
			43.45	14.54	1.6130	50.6			
			-22.91	0.21					
			∞	7.11	1.5688	52.0			
			-33.50	0.21					
			24.49	9.65	1.6568	51.1			
			73.00	5.92					
			-55.30	2.18	1.8060	25.1			
			61.62						
			目 镜	$f' = 18.99$ $2\omega = 90^\circ$ $l'_F = 3.06$ $l_Z = -13$ $D = 3$		∞	2.0	1.8060	25.1
						50.0	14.0	1.6126	52.0
						-24.2	0.2		
∞	7.0	1.6126				58.3			
-40.0	0.2								
28.0	11.5	1.6126				58.3			
∞	5.8								
-37.0	1.0	1.8060				25.1			
∞									

续表 4-16

名称	光学性能	结构型式	结构参数			
			r	d	n_D	γ
大 视 场 目 镜	$f' = 15.99$ $2\omega = 90^\circ$ $l'_F = 2.26$ $l_2 = -9.5$ $D = 4$		∞ -23.07 46.13 -23.07 ∞ -27.67 23.07 ∞ -31.62 -645.50	3.6 1.3 8.2 0.1 6.9 0.1 8.7 6.22 1.0	1.6126 1.7280 1.6126 1.6126 1.6126 1.6126 1.6126 1.7280	58.3 28.3 58.3 58.3 58.3 58.3 58.3 28.3
	$f' = 25$ $2\omega = 106^\circ$ $l'_F = 5$ $l_2 = -10$ $D = 4$		-59.28 39.26 -25.11 ∞ -47.42 83.56 46.14 -131.21 51.99 95.93 141.89 ∞	1.78 9.48 0.24 8.3 0.24 3.56 14.23 0.24 7.11 1.42 7.11	1.6475 1.6126 1.5163 1.5163 1.7398 1.6126 1.5163 1.5163	33.9 58.3 64.1 64.1 28.2 58.3 64.1 64.1
	$f' = 10.01$ $2\omega = 120^\circ$ $l'_F = -21.81$ $l_2 = -6.3$ $D = 1.4$		-26.55 -93.54 -14.289 -510.5 38.28 -38.28 -91.84 -45.5 114.29 ∞ 75.34 -255.9 42.95 85.7 ∞ -29.79 13.583 25.29	1.7 6.5 0.19 2.3 8.8 0.12 7.66 0.12 3.83 0.12 5.75 0.12 5.5 39.33 5.02 1.42 4.25	1.7280 1.6031 1.7280 1.6031 1.6031 1.6204 1.6204 1.6204 1.6080 1.6201 1.6031 1.6031 1.7280	28.3 60.7 28.3 60.7 60.3 60.3 60.3 46.2 60.3 60.3 37.9 60.7 28.3

表中： l_2 为目镜反向光路计算时的入瞳距离； D 为目镜反向光路计算时的入瞳直径。其他符号意义同前。

第五章 显微镜系统

第一节 显微镜通用技术规范

为了提高显微镜的光学性能和用途，通常显微镜的物镜和目镜可由不同倍率的物镜和目镜互换使用。在物镜或目镜更换时，需要保持像面的稳定性，即满足成像的齐焦要求。因此就要求显微镜的镜筒长度、物镜倍率、数值孔径、线视场、工作距离和目镜倍率等项光学性能指标应作统一规定，以使不同的物镜和目镜能互相匹配。早期的显微镜，大多采用英国显微镜协会（RMS）标准。我国参照国际标准化协会（ISO）有关标准，已经制订出一些相应的显微镜标准。其中主要的有显微镜物镜系列，目镜系列，物镜和目镜的标志，显微镜用载玻片和盖玻片，显微镜光学显微术通用浸油，显微镜光学连接尺寸，显微镜光谱滤光片基本规格，生物显微镜系列，生物显微镜技术条件，金相显微镜系列，工具显微镜系列，体视显微镜，读数显微镜和偏光显微镜等国家标准或部颁标准。现行的显微镜标准已成为各生产厂家研制和生产显微镜的技术规范和依据。下面将有关的标准分别加以介绍。

1 显微镜物镜系列，根据国家标准（GB 2609—81）规定如下：

- 1.1 显微镜物镜的共轭距离规定为195mm（不包括1.6×及2.5×）和无穷远。
- 1.2 共轭距离为195mm的物镜，其机械筒长规定为160mm。
- 1.3 显微镜物镜的放大率：

共轭距离为195mm时，规定为 $\frac{\text{像高}}{\text{物高}}$

共轭距离为无穷远时，规定为 $\frac{250(\text{mm})\text{①}}{\text{物镜焦距}(\text{mm})}$

注：① 为辅助物镜焦距。

1.4 显微镜物镜的基本参数系列应按表5—1的规定。

显微镜物镜的基本参数系列

表 5—1

最小数值孔径 分类	放大率	1.6×	2.5×	4×	6.3×	10×	16×	25×	40×	(50×)	63×	(80×)	100×	代号
消色差物镜		—	—	0.10	—	0.22	—	0.40	0.65	—	0.85	—	1.25	—
平场消色差物镜		0.04	0.07	0.10	0.15	0.22	0.32	0.40	0.65	0.75	0.85	0.95	1.25	PC
平场半复消色差物镜		—	—	—	0.20	0.30	0.40	0.60	0.75	—	0.90	—	1.3	PB
平场复消色差物镜		—	—	0.16	0.20	0.30	0.40	0.65	0.80	—	0.95	—	1.5	PF

注：① 除100×油浸外的其他物镜为干燥系统，对于特殊需要的水浸、长工作距离等物镜的放大率应按本标准系列，但数值孔径不作规定。

② 括号内的放大率只适宜在反射光下使用。

③ 对于特殊要求，并且经供需双方协商而定的物镜放大率，可允许不按此表的规定。

④ 当放大率超过100×时，其倍率应按优先系数R10选取。

1.5 消除放大率色差不用补偿目镜的平场物镜，在物镜外壳刻上以下代号：

平场消色差物镜 PC₀;
 平场半复消色差物镜 PB₀;
 平场复消色差物镜 PF₀₀。

1.6 常用物镜外壳表面颜色图按表5-2的规定。

常用外壳表面颜色图

表 5-2

放大率	1.6×, 2.5×	4×, 6.3×	10×	16×, 25×	40×, 50×	63×, 80×	100×
颜色	黑	蓝	紫	绿	黄	红	白

1.7 长工作距离物镜、相衬物镜、偏光物镜，应在物镜的类别前加长、相、偏汉语拼音的第一字母C、X、P作为标志。

2 显微镜目镜系列 (GB ××××-××)

本标准适用于显微镜观察用目镜 (以下简称目镜)，也适用于摄影目镜及投影目镜。

2.1 显微镜目镜放大率

$$M_{oc} = \frac{250}{f_{oc}}$$

式中 M_{oc} 为目镜放大率；250为明视距离 (mm)； f_{oc} 为目镜焦距 (mm)。

2.2 摄影目镜或投影目镜放大率如下式所示

$$M_{ocp} = \frac{Y'}{Y}$$

式中 M_{ocp} 为摄影目镜或投影目镜放大率； Y' 为摄影目镜或投影目镜成像像高； Y 为被摄影或投影的第一次像像高。

2.3 显微镜目镜的代号应按表3-3规定。

显微镜目镜代号

表 5-3

类型	代号	型式	普通式		补偿式	
惠更斯目镜			—		—	
平场目镜			P		PC	
广视场目镜			W		WC	
超广视场目镜			SW		SWC	
摄影目镜				P_{ho}		
投影目镜				P_{io}		

注：凡属高眼点目镜则应加注符号 H 。

2.4 显微镜目镜视场数应按表5-4规定。

2.5 目镜的前焦面应位于目镜安装定位面之下 10 ± 0.3 mm。

2.6 显微镜目镜放大率及偏差应符合GB ××××-××《显微镜放大率》规定。

3 显微镜聚光镜系列 (GB ×××-××)

显微镜聚光镜系列及基本参数应按表5-5规定。

显微镜目镜视场数

表 5-4

分 类	M_{oc}	最小视场数
非广视场目镜	$\leq 20\times$	$2.8\sqrt{f_{oc}}$
	$> 20\times$	$1.9\sqrt{f_{oc}}$
广视场目镜	$\leq 10\times$	$3.6\sqrt{f_{oc}}$
	$> 10\times$	$4.4\sqrt{f_{oc}}$

聚光镜系列及基本参数

表 5-5

类 型		数值孔径	适用的物镜 放大率范围	可变孔径光阑
干 式	极低放大率用聚光镜	≥ 0.16	1-4	—
	低放大率用聚光镜	≥ 0.4	2-40	—
	阿贝二片式聚光镜	≥ 0.85	4-100	有
	暗场聚光镜	内侧 = 0.80 ± 0.05 外侧 = 内侧 + 0.10	10-40	—
浸 液	阿贝三片式聚光镜	≥ 1.2	4-100	有
	消色差消球差聚光镜	≥ 1.3	10-100	有
	暗场聚光镜	内侧 = $1.25^{+0.00}$ 外侧 = 内侧 + 0.15		—

4 显微镜放大率

本标准规定了显微镜及其部件（物镜、目镜、镜筒透镜、摄影目镜和投影目镜）的放大率数值。

4.1 放大率数值系列。

放大率数值按GB 321-80《优先数和优先数系》中优先数R10系列。

					0.32	0.4	0.5	0.63	0.8
1	1.25	1.6	2	2.5	3.2	4	5	6.3	8
10	12.5	16	20	25	32	40	50	63	80
100	125	160	200	250	320	400	500	630	800
1000	1250	1600							

4.2 显微镜放大率、符号和表示举例。

4.2.1 物镜放大率

4.2.1.1 共轭距离为有限远的物镜

由物镜产生的第一次实像，其放大率等于物镜的横向放大率。

放大率符号： M_{OBJ}

表示举例：25或 $M_{OBJ} = 25:1$

4.2.1.2 共轭距离为无限远的物镜①

此物镜只有与校正无限远像差的镜筒透镜组合才能产生一个实像。

放大率符号： $M_{OBJ\infty}$

物镜放大率为： $M_{OBJ\infty} = \frac{f_{TLR}}{f_{OBJ\infty}}$

式中 f_{TLR} 为相关镜筒透镜焦距 (mm)②； $f_{OBJ\infty}$ 为共轭距离为无限远的物镜焦距 (mm)。

注：① 对校正共轭距离为无限远的物镜，镜筒系数规定为

$$q_{\infty} = \frac{f_{TL}}{f_{TLR}}$$

式中 f_{TL} 为镜筒透镜焦距 (mm)。

表示举例： $\times/0.8\times$ 或 $q_{\infty} = 0.8\times$

② 相关镜筒透镜焦距 f_{TLR} 一般为 160mm、200mm、250mm，优先选用 200mm。

表示举例： $25\times$ 或 $M_{OBJ\infty} = 25\times$

4.2.2 镜筒透镜系数和镜筒系数

镜筒透镜系数是表示镜筒透镜对像的放大率的影响。总的镜筒系数是各单个镜筒系数的乘积。

镜筒系数符号： q $q_{\Delta} = q_1 \times q_2 \times \dots$

表示举例： 1.25 或 $q = 1.25$

4.2.3 目镜放大率

符号： M_{OC}

目镜放大率为： $M_{OC} = \frac{250}{f_{OC}}$

式中 250 为明视距离 (mm)； f_{OC} 为目镜焦距 (mm)。

表示举例： $10\times$ 或 $M_{OC} = 10\times$

4.2.4 摄影系数和投影系数

该系数表示显微摄影（摄影目镜、照相镜头、暗箱的伸缩）和显微投影（投影距离）对显微镜放大率的影响。

符号： P

表示举例： 0.32 或 $P = 0.32$

a. 用照相镜头通过观察用目镜摄影时，则 P 系数③规定为

$$P = \frac{f_c}{250}$$

式中 f_c 为照相镜头的焦距 (mm)；250 为明视距离 (mm)。

注：③ 用摄影目镜进行显微摄影时， P 系数不用，总放大率计算见 4.2.6。

b. 用一个观察用目镜直接成像于感光乳剂表面或屏幕上，则 P 系数规定为

$$P = \frac{a}{250}$$

式中 a 为目镜的后焦面到感光乳剂表面或屏幕的距离 (mm)；250 为明视距离 (mm)。

4.2.5 供观察用显微镜总放大率

符号： M_{TV}

$$M_{TV} = M_{OBJ} \times M_{OC} \times q$$

表示举例： $500\times$ 或 $M_{TV} = 500\times$

4.2.6 用于产生一个实像的显微镜总放大率

此值等于显微镜产生物体实像的横向放大率。

符号： M_{TC}

$$M_{TC} = M_{OBJ} \times M_{OC} \times q \times P$$

如用摄影目镜进行显微摄影时，则具有下列形式：

$$M_{TC} = M_{OBJ} \times M_{OCP} \times q$$

4.3 偏差见表5—6。

偏差数值规定

表 5—6

M_{OBJ}	q	$M_{OC, OCF}$	P
$\pm 5\%$	$\pm 2\%$	$\pm 5\%$	$\pm 1\%$

5 显微镜物镜和目镜的标志, 根据国家专业标准 (ZB Y 329—85) 规定如下:

本标准规定了显微镜物镜和目镜标志的详细内容, 并规定了表示物镜放大率和浸渍介质的颜色圈的颜色和位置。

5.1 物镜

5.1.1 必须标志的内容 (见表5—7):

显微镜物镜必须标志的内容

表 5—7

项 目	标志的内容	标志示例	说 明
放大率	初次成像距离为有限或无限的物镜的放大率	100	放大率和数值孔径必须用一斜线隔开 例: 100/1.30; 100×/1.30 数值孔径必须确定到小数后二位 小数点后最末数字必须取整 显微镜制造厂标志的放大率, 只有与目镜筒透镜相组合才是有效的
		100×	
孔 径	数值孔径	/1.30	
浸渍介质	oil 表示油	OIL	可使用颜色圈作为附加的标志 (见5.1.2条) 所有其他介质必须标明
	w 表示水	W	
	Glyc 表示甘油	GLYC	
筒 长	初次成像距离为有限的物镜的筒长(mm)	160	筒长和盖玻片厚度必须用一斜线隔开, 对于无需盖玻片者, 用数字“0”表示盖玻片的厚度 对于数值孔径 ≤ 0.35 的物镜, 可与式无需盖玻片者 (即 $d = 0.18$ 至 $d = 0$) 用符号“-”表示 例: 160/0.17; 160/-; 160/0; ∞ 0
	初次成像距离为无限大的物镜, 用∞符号表示	∞	
盖玻片厚度	厚度(mm)	0.17	
制造厂	名称或商标		

5.1.2 推荐的附加标志的内容 (见表5—8)

显微镜物镜推荐的附加标志的内容

表 5—8

项 目	标志的内容	标志示例	说 明
放 大 率		颜色圈	
	1 1.25	黑 色	
	1.6 2	灰 色	
	2.5 3.2	棕 色	

续表 5-8

项 目		标 志 的 内 容		标志示例	说 明
放 大 率		4 5	红 色		
		6.3 ?	橙 色		
		10 12.5	黄 色		
		16 20	淡 绿 色		
		25 32	深 绿 色		
		40 50	淡 蓝 色		
		63 80	深 蓝 色		
		100 125 160	白 色		
浸 渍 介 质			颜 色 圈		
		空 气	不 加 标 志		
		油	黑 色		
		水	白 色		
		甘 油	橙 色		
		所有其他介质	红 色		
色差校正状况	消 色 差	不 加 标 志			
	复消色差	符 号 APO			
平 视 场		符 号 PL		PL	
可 变 光 圈		数 值 孔 径 的 范 围 和 (或) 光 圈 符 号		/1.30--0.80	
相 衬		符 号 PH		PH 2	符号后面的数字表示 相关联的环形光阑 除颜色圈的颜色仍按 放大率和浸渍介质的附 加标志规定外, 整个标 志应为绿色

项 目	标志的内容	标志示例	说 明
偏光显微镜的光学系统	符号 P	P	除颜色圈的颜色外按放大率和浸渍介质的附加标志规定外, 整个标志或至少其符号应为红色
微分干涉相衬	符号 DIC	DIC	
用于人射光的明视场和暗视场物镜	符号 D	D	
长 工 作 距 离	符号 L	L	

5.1.3 推荐的标志排列位置:

表5—9中的细目B应安排在中央、清晰、明显的位置。

表5—9中的细目A, 建议位于细目B的上面或前面, 细目C位于B的下面或后面。

表 5—9

A	B	C
平视场 色差校正状况 长工作距离	数值孔径放大率	浸渍介质 可变光阑数值孔径的范围 相衬 偏光显微镜光学系统 微分干涉相衬 用于人射光的明视场和暗视场物镜

物镜的放大率, 可以用颜色圈作为附加标志, 颜色圈建议位于物镜上端。

物镜所用浸渍介质也可以用颜色圈作为附加标志, 颜色圈建议位于物镜下端 (靠近物镜前透镜的地方)。

筒长、盖玻片厚度等标志, 以及制造厂名称或商标可位于任何位置。

5.2 观察目镜

5.2.1 必须标志的内容 (见表5—10)。

观察目镜必须标志的内容

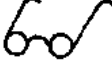

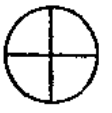
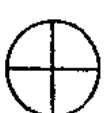
表 5—10

项 目	标志的内容	标志示例	说 明
放 大 率	角放大率	10×	角放大率和视场直径, 以斜线隔开; 例10×/18
视 场	直径 (mm)	/18	
制 造 厂	名称或商标		

5.2.2 推荐的附加标志的内容 (见表5—11)。

观察目镜推荐的附加标志的内容

表 5—11

项目	标志的内容	标志示例	说明
适合于带眼镜的人	符号 		与放大率和视场直径一起标志
带有十字线并定好中心	符号 		仅适用于定好十字线中心和校正好光轴的目镜

6 显微镜光学连接尺寸, 根据国家专业标准 (ZB Y 328—85), 其规定如下:

本标准适用于物镜像距为150mm, 筒长为160mm的显微镜。

6.1 术语及定义 (参考图5—1)

6.1.1 物镜的齐焦距离

物镜的定位面至裸露物体的物平面之间的距离。用符号 l_1 表示。

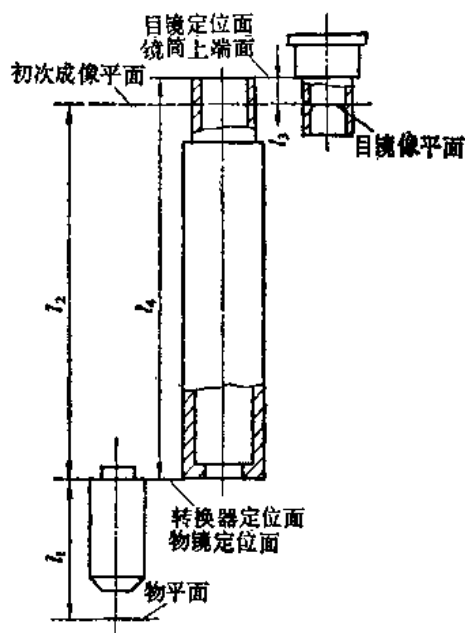


图 5—1 显微镜物镜的定位

6.1.2 物镜的像距

物镜定位面至初次成像平面之间的距离。用符号 l_2 表示。

6.1.3 目镜的齐焦距离

目镜定位面至初次成像平面之间的距离。用符号 l_3 表示。

注: 如果在视场光阑的前面没有光学元件, 则目镜的像平面与初次成像平面相重合。如果在视场光阑之前有光学元件, 则由于这些光学元件的作用, 使像发生位移, 从而导致像平面的位置发生变化。

6.1.4 筒长

转换器定位面至镜筒上端面之间的距离。用符号 l_4 表示。

6.2 尺寸

6.2.1 物镜的齐焦距规定为45mm。其极限偏差应符合表5—12的规定。

物镜齐焦距的极限偏差

表 5—12

物镜的放大率	极限偏差 (mm)
至4×	±0.2
>4×—10×	±0.1
>10×—25×	±0.05
>25×	±0.01

注：如果物体被盖玻片复盖，则根据物体被盖玻片垂直移动的原理，物镜的定位面和物平面之间的距离将增大（见图5—2）。

例如：对于复盖有厚度为0.17mm盖玻片的生物标本，其名义齐焦距应为45.06mm。

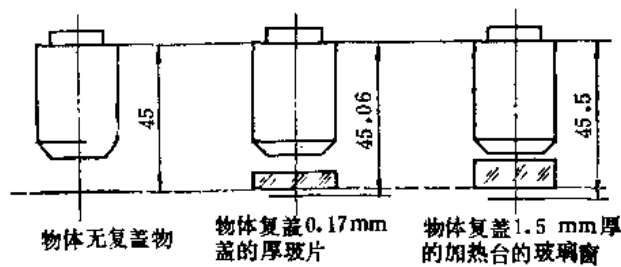


图 5—2 物体被盖玻片复盖时物平面位置

6.2.2 物镜的像距的极限偏差为±0.5mm。

6.2.3 目镜的齐焦距规定为10mm。其极限偏差为±0.3mm。

6.3 标志

筒长为180mm的显微镜镜筒不必标志。如果由于光学系统的结构，而使初次成像的尺寸比例发生了变化，则该镜筒系数应予以标志①。

例如：1.25×

注：① 许多镜筒内置有棱镜和透镜，以改变像的位置及(或)其尺寸比例。镜筒系数表示了镜筒透镜对象的尺寸比例数值的影响。在这种情况下，棱镜和透镜与物镜相组合的镜筒长度，应保证初次成像面的位置符合本标准的规定。

7 显微镜用载玻片，根据国家标准 (GB 6272—86)，其中有关规定如下：

本标准适用于可见光透射式显微镜用载玻片。

技术要求：

(1) 载玻片的外形尺寸应符合表5—13的规定。

载玻片的外形尺寸 (mm)

表 5—13

长 度		宽 度		厚 度	
基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差
45		26			
76	0 - 1	26	0 - 1	1.1	+0.1 -0.2
76		39			
76		52			

(2) 载玻片的折射率 $n_e = 1.53 \pm 0.02$ 。

注：① n_e 为波长546.07nm的汞谱线的绿光折射率。

(3) 载玻片化学性能稳定，应能耐大气腐蚀。

(4) 载玻片应能承受煮沸。

(5) 载玻片表面应洁净，不应有雾状、水迹和指印等缺陷。

(6) 载玻片在35mm×20mm中心区域内不应有气泡、条纹、夹杂物、麻点和擦痕等疵病。

(7) 载玻片边缘不应有明显的破边。

(8) 载玻片两端宽度差不应大于0.5mm。

(9) 载玻片应无色透明。

(10) 载玻片的一面或两面的一端可以磨砂，从片端起磨砂 19 ± 3 mm，也可以两端都磨砂 9 ± 2 mm，磨砂面上书写字迹应清晰。

(11) 载玻片应具有可湿性。

(12) 载玻片在运输环境条件下应符合 ZB Y 002—81《仪器仪表运输、运输贮存基本环境条件及试验方法》的要求。其中高温： $+55^\circ\text{C}$ ，低温： -40°C ，跌落：自由跌落高度250mm。

8 显微镜用盖玻片，根据国家标准 (GB 6273—86)，其中有关规定如下：

本标准适用于可见光透射式显微镜用盖玻片。

8.1 技术要求

8.1.1 盖玻片的外形尺寸应符合表5—14的规定。

盖玻片的外形尺寸 (mm)

表 5—14

形 状	长 度		宽 度		直 径	
	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差
正 方 形	18	± 0.5	18	± 0.5	—	—
	20					
	22					
	24					
长 方 形	24	± 0.5	32	± 0.5	—	—
	24		50			
圆 形	—		—		16	± 0.5
	—		—		18	

8.1.2 盖玻片的厚度应符合表5—15的规定。

盖玻片的厚度 (mm)

表 5—15

型 式	厚 度	
	基 本 尺 寸	极 限 偏 差
G型 (普通)	0.17	0 -0.04
P型 (高性能)	0.17	0 -0.02

8.1.3 盖玻片的折射率 $n_o = 1.525 \pm 0.0015$ 。

注： n_o 为波长546.07nm的汞谱线的绿光折射率。

8.1.4 盖玻片的色散系数 $\nu_o = 56 \pm 2$ 。

8.1.5 盖玻片化学性能稳定，应能耐大气腐蚀。

9 显微镜光学显微术通用浸油，根据国家专业标准 (ZB Y 326—85)，其中有关条款如下：

本标准适用于可见光谱区域工作的显微镜用浸油（不包括荧光显微镜用浸油）。

9.1 技术要求

9.1.1 外观与气味

浸油应为无气泡、无夹杂物的淡黄色透明液体，允许有轻微的不带刺激性的气味。

9.1.2 光学性质

9.1.2.1 显微镜用浸油要具有以下的光学性质 ($23 \pm 0.1^\circ\text{C}$)：

折射率 $n_o = 1.5180 \pm 0.0005$

($n_D = 1.515 \pm 0.0005$)

色散系数 $\nu_o = \frac{n_o - 1}{n_F' - n_C'} = 44 \pm 3$

$$\left(\nu_D = \frac{n_D - 1}{n_F' - n_C'} \right)$$

式中 n_o 为汞绿线 σ 光的折射率 ($\lambda_o = 546.07\text{nm}$)； n_F' 为镉蓝线 F' 光的折射率 ($\lambda_{F'} = 479.99\text{nm}$)； n_C' 为镉红线 C' 光的折射率 ($\lambda_{C'} = 643.85\text{nm}$)。

9.1.2.2 浸油的最小透过率应符合表5—16的规定。

浸油的最小透过率

表 5—16

波 长 (nm)	透 过 率 %
400	60
500	95
600	95
700	95
800	95

10 显微镜光谱滤色片基本规格，根据国家专业标准 (ZB Y 327—85)，其规定如下：

本标准规定了显微镜用滤色片的基本规格。不包括干涉滤色片和有特殊要求的滤色片。

10.1 类型

A 型——用于成象和照明光路中的滤色片。

B 型——用于照明光路中的滤色片。

10.2 规格

显微镜用滤色片的基本规格应符合表5—17的规定。

显微镜用滤色片的基本规格

表 5—17

类型		A	B
直径	D (mm)	14 18 25 32	14 18 25 32 40 50
	允许公差	h_{11}	h_{11}
厚度d (mm)		1.5 2	1.5 2 2.5
条纹		2C	2C
表面疵病		IV	IV
面形偏差		3 (0.5)	20 (10)
表面粗糙度	抛光面	0.01 ▽	0.01 ▽
	非抛光面	—	1.25 ▽
平行度		2.5'	10'

第二节 专用显微镜系列和技术条件

1 生物显微镜 (GB ×××—××)

1.1 生物显微镜系列

1.1.1 生物显微镜的分类按表5—18规定。

生物显微镜的分类

表 5—18

项 目	普 及 显 微 镜		实验室显微镜	研究用显微镜
	低 倍	高 倍		
机械筒长	160mm		160mm或∞	
总放大率×	不大于640		大于640	
适用的显微术种类	适用于一般明场观察	适用于一般明场观察	适用于明场、暗场、荧光、相衬显微术及显微摄影术	适用于明场、暗场、荧光、相衬、偏光、微分干涉相衬显微术及显微摄影术
物 镜	类 别	消色差物镜	平场消色差物镜	平场消色差物镜、平场半复消色差物镜及平场复消色差物镜
	放大率	根据 GB 2609规定选用		

续表 3-13

项 目	普 及 显 微 镜		实 验 室 显 微 镜	研 究 用 显 微 镜
	低 倍	高 倍		
目 镜	放大率	根据 GB 9246 选用与物镜性能相适应的目镜		
	观察形式	单 目	单目或双目	双 目
	镜筒形式	单 筒	单筒或双筒	三 筒
	目镜与 镜管的配 合尺寸	$\phi 23.2 \frac{F8}{h8}$		$\phi 23.2 \frac{F8}{h8}$ 或 $\phi 30 \frac{F8}{h8}$
物镜转换器规格	三孔或不具备转换器	三孔或三孔以上	四孔或四孔以上	
聚光镜	无	根据 GB 9247 选用		
载物台	中心可调式载物台 或仅有标本压簧的固 定载物台	机械式载物台或附 标本移动器的固定载 物台	机械式载物台、以 光轴为中心的移动范 围 X方向±35mm Y方向±15mm	机械式载物台、以光 轴为中心的移动范围 X方向±35mm Y方向±25mm
微调机构	可不具有微调机构	有微调机构,其分 度值为 0.005—0.002mm	有微调机构,其分 度值为0.002mm	有微调机构,其分度 值为0.002—0.001mm
必需具备的可供选 购的附件	—	—	相衬装置 荧光装置 暗场照明装置 摄影装置	相衬装置、荧光装置 偏光装置 暗场照明装置 微分干涉相衬装置 显微摄影装置
其它附件	—	摄影装置 暗场聚光镜 显微描绘器	显微描绘器	电视装置、电影摄影装置 显微光度计 垂直照明装置

1.1.2 目镜定位面与初次成像平面之间的距离为10mm。

1.1.3 生物显微镜物镜的像距为无穷远的光学系统,其镜筒透镜的焦距应在160、200、250mm三种数值中选用。

1.1.4 生物显微镜载物台上安装标本移动器或标本夹(压簧)的孔的尺寸和位置应按GB 9244的规定。

1.1.5 双目镜瞳间距离可调节的范围为55—75mm,最小不大于55mm,最大不小于75mm。

1.1.6 显微镜物镜和目镜的标志应符合ZB Y 329的规定。

1.1.7 物镜齐焦尺寸应符合ZB Y 328规定。

1.1.8 显微镜可拆卸聚光镜、滤色片的连接尺寸应符合GB 9245规定。

1.2 技术要求

1.2.1 生物显微镜物镜在符合GB 2609标准,盖玻片厚为0.17mm的情况下,显微镜的各类物镜应校正好相应的像差。

1.2.2 生物显微镜光学系统成像应清晰，当视场中心的像调节清晰后，视场的圆形清晰范围（直径）应符合表5—19之规定。

生物显微镜视场的圆形清晰范围（mm） 表 5—19

物镜的数值孔径	圆形清晰范围（直径）		
	低倍普及显微镜 （消色差物镜）	高倍普及显微镜 （消色差物镜）	各类平场物镜
0.08以上 不足 0.2	7	8	不小于平场目镜（或广视场目镜）视场直径的85%
0.2 以上 不足 0.4	5.5	8	
0.4 以上 不足 0.6	4.5	6.5	
0.6 以上 不足 0.8	3.5	5	
0.8 以上 不足 1.0	3	4.5	
1.0 以上	—	4	

1.2.3 生物显微镜物镜数值孔径应符合设计值，其偏差应符合表5—20规定。

数值孔径偏差 表 5—20

NA	偏 差
大于1	±4%
0.4—1	±8%
小于0.4	±10%

1.2.4 生物显微镜物镜光轴对物镜螺纹轴线之同轴度。

物镜放大率在6.3×以下的（含6.3×），同轴度不大于 $\phi 0.1\text{mm}$ 。

物镜放大率大于6.3×的，同轴度不大于 $\phi 0.06\text{mm}$ 。

1.2.5 使用物镜转换器换用不同放大率的物镜时，各物镜应齐焦，齐焦差允许范围见表5—21。

齐焦差允许范围（mm） 表 5—21

物镜放大率	由10×换用10×以下的其它物镜	由10×换用10×以上的干燥系物镜	由干燥系高倍物镜至液浸系物镜
普及显微镜	±0.15	±0.06	±0.03
实验室和研究用显微镜	±0.12	±0.04	+0.02 -0.03

注：负号是指物镜接近标本的方向。

1.2.6 物镜转换器定位应准确稳定，其最大定位误差，相当于物面中心的最大位移

普及显微镜 不大于0.03mm

实验室显微镜及研究用显微镜 不大于0.02mm

1.2.7 使用物镜转换器换用不同放大率的物镜后，原像面中心不应越出视场。

1.2.8 载物台与显微镜架的联结应牢固，当载物台的左侧或右侧受到5N水平方向的作用力时，其最大位移不得大于0.015mm，作用力撤去后，载物台应恢复到原位，不重复性不大于0.0025mm。

1.2.9 使用机械式载物台或标本移动器使标本在5mm×5mm范围内移动时标本像不应模糊，如需要重新调焦时，其调节量：

普及显微镜 不大于0.012mm

实验室显微镜及研究用显微镜 不大于0.008mm。

1.2.10 视场内像的清晰区域应与视场同心，无一边清晰一边模糊现象，由于视场两端清晰度不同造成的离焦量不得大于0.002mm。

1.2.11 使用微调焦机构时，用10×物镜观察，在景深范围内像面中心位移

普及显微镜 不大于0.1mm

实验室及研究用显微镜 不大于0.05mm

1.2.12 微调焦机构空回

低倍普及显微镜 不大于0.016mm

高倍普及显微镜 不大于0.008mm

实验室显微镜 不大于0.004mm

研究用显微镜 不大于0.002mm

1.2.13 使用粗调焦机构使镜筒或载物台上下移动时，其移动方向应与仪器光轴平行，其平行度偏差

普及显微镜 不大于30′

实验室及研究用显微镜 不大于20′

1.2.14 显微镜物镜放大率准确度

普及显微镜 不超出±8%

实验室及研究用显微镜 不超出±5%

1.2.15 显微镜目镜放大率准确度

放大率小于或等于6.3×时 不超出±8%。

放大率大于6.3×时 不超出±5%。

1.2.16 带有倾斜式目镜筒的显微镜，当目镜筒作360°旋转时，目镜焦平面上像中心的位移不大于0.6mm。

1.2.17 照明系统与观察系统的光轴应一致，视场内照明均匀，无一边亮一边暗或拦光现象，当聚光镜上升到最高位置时，聚光镜顶端应低于载物台表面。

1.2.18 双目显微镜左右两系统放大率差不应大于1.5%。

1.2.19 双目显微镜左右两系统光谱色应基本一致，其明暗差不大于12%。

1.2.20 双目显微镜左右两系统像面图形方位差不大于40′。

1.2.21 双目镜筒的光轴应平行，在瞳距为55—75mm范围的任意位置上进行测量，其平行度偏差

水平方向的发散度 不大于60′

水平方向的会聚度 不大于30′

垂直方向的交叉 不大于20′

1.2.22 目镜处于零视度时，左右两系统的目镜端面应在同一平面内，其偏差不大于1.5mm。

1.2.23 生物显微镜各传动转动部分应传动舒适灵活，无过紧过松及滞涩急跳现象。

1.2.24 生物显微镜光学零部件表面应清洁、无擦痕裂纹、无有害气泡、晕雾、霉点、垃圾、胶合面无脱胶，在视场内不应有妨碍观察的阴影或反射光斑等疵病。

2 体视显微镜

部颁标准 (JB 1784—76)适用于200×以内的普通体视显微镜和连续变倍体视显微镜。其有关规定如下：

2.1 基本参数

(1) 体视显微镜的最小工作距离应符合表5—22的规定。

(2) 体视显微镜的目镜应具有广角性能，并符合JB 1782—76《显微镜目镜系列》的规定。

体视显微镜最小工作距离

表 5-22

总放大倍数 (×)	<80	>80—120	>120—160	>160—200
最小工作距离 (不小于) (mm)	80	45	25	15

(3) 目镜视度调节范围为 ±5 屈光度。

(4) 两目镜出射光瞳中心的距离应可调节, 其调节范围最小不大于 55mm, 最大不小于 70mm。

(5) 体视显微镜的调焦范围不应小于 50mm。

(6) 体视显微镜支架内孔直径尺寸为 φ15(H9)mm。

2.2 技术要求

2.2.1 体视显微镜的成像应清晰, 清晰范围不应低于视场直径的 70%。

2.2.2 体视显微镜的物镜在视场中心的分辨率应符合表 5-23 的规定。

视场中心分辨率

表 5-23

物镜放大倍数 (×)	0.63	1	1.6	2.5	4	6.3	10
应分辨的条数 (lp/mm)	60	85	110	140	200	260	350

2.2.3 体视显微镜物镜成像应齐焦, 变换物镜放大倍数后, 不加调焦, 应能看见物体轮廓。

2.2.4 体视显微镜物镜变倍时, 视场中心相对偏移量不应大于视场半径的 1/2。

2.2.5 体视显微镜的物镜、目镜放大倍数及视场直径允差不大于 5%。

2.2.6 体视显微镜左右两系统放大倍数的相对误差不应大于 1%。当两目镜互换时, 也能达到此要求。

2.2.7 体视显微镜左右两系统的视场应一致, 不应产生目视可见的双像。

左右视场中心不应偏移。在物镜像面内上下偏移量不应大于 0.1mm, 左右偏移量不应大于 0.2mm。在扳动目镜筒调节目距时也应符合上述要求。

2.2.8 体视显微镜左右两系统的视场应一致, 不应产生明显的像倾斜现象。

2.2.9 体视显微镜调焦机构不应因本身重量而有下降现象, 各活动部分的移动或转动应平稳舒适, 定位明确, 不应有卡住或急跳现象。

2.2.10 体视显微镜的照明装置应保证在视场中心照明均匀, 且有足够亮度。

2.2.11 体视显微镜视场内, 不应有显著的和影响观察的疵病存在。

3 工具显微镜系列

根据部颁标准 (JB 1783—76), 其有关规定如表 5-24 所示。

工具显微镜系列

表 5-24

工具显微镜等级		组合小型工具显微镜	大型工具显微镜	万能工具显微镜	重型万能工具显微镜
项目	坐标工作台测量范围不 小于, (mm)				
	纵向	0—50	0—150	0—200	0—300
	横向	0—25	0—75	0—100	0—200
	竖向	—	—	—	0—200
最小分度值	坐标工作台, (mm)	0.01	0.001	0.001	0.001
	圆工作台	—	2'	30"	10"
	测角目镜	1'、5'	1'	1'	1'
	分度头	—	3'	1'	1'

续表 5-24

工具显微镜等级		组合小型工具显微镜	大型工具显微镜	万能工具显微镜	重型万能工具显微镜	
项目	仪器的最大不准确度不应超过, (mm):			仪器分划尺不进行修正	仪器分划尺按修正表进行修正	
精度	纵向	0.005	0.005	0.0035	0.0025	0.006
	横向	0.003	0.003	0.0025	0.0015	0.003
	竖向	—	—	—	—	0.005
	圆工作台	—	2'	30"	—	12"
	测角目镜	1', 5'	1'	1'	—	1'
	分度头	—	3'	1'	—	20"
中央显微镜的放大倍数		30×, 100×, 400×	10×, 30×, 50×, 100×	10×, 30×, 50×	—	10×, 30×, 50×
物镜放大倍数		3×, 10×, 40×	1×, 3×, 5×, 10×	1×, 3×, 5×	—	1×, 3×, 5×
目镜放大倍数		10×	10×	10×	—	10×,
根据放大倍数中央显微镜的物方视场直径不小于, (mm)		6.6, 2, 0.5	20, 6.6, 4, 2	20, 6.6, 4	—	20, 6.6, 4
立柱的倾斜范围左右各不小于		12°	12°	12°	—	15°
工作台承载重量不小于		—	20kg	40kg	—	80kg
基本附件	1. 坐标工作台 2. 微调工作台 (与40×物镜配用) 3. 固定工作台 4. 3×, 10×, 40×物镜 5. 1', 5'测角目镜 6. 轮廓目镜 7. 测微目镜 (与10×物镜配用) 8. 带十字线分划板的普通目镜 9. 倾斜顶针架 10. V型支架 11. 反射照明设备 12. 13. 14. 15.	坐标工作台 圆工作台 无中心夹具 1×, 3×, 5×, 10×物镜 测角目镜 轮廓目镜 定位器 双像目镜 顶针架 V型支架 反射照明设备 分度头 高顶针架 测量刀 (或干涉装置) 定焦杆	坐标工作台 圆工作台 平面工作台 1×, 3×, 5×物镜 测角目镜 轮廓目镜 定位器 双像目镜 顶针架 V型支架 反射照明设备 分度头 高顶针架 测量刀 (或干涉装置) 定焦杆	坐标工作台 圆工作台 平面工作台 1×, 3×, 5×物镜 测角目镜 轮廓目镜 定位器 双像目镜 顶针架 V型支架 反射照明设备 分度头 高顶针架 测量刀 (或干涉装置) 定焦杆	坐标工作台 圆工作台 倾斜工作台 1×, 3×, 5×物镜 测角目镜 轮廓目镜 定位器 双像目镜 顶针架 V型支架 反射照明设备 分度头 高顶针架 测量刀 (或干涉装置) 定焦杆	

注: ① 组合小型工具显微镜的附件均为组合件。
② 丝杆读数式大型工具显微镜作为过渡形式。

4 读数显微镜

部颁标准 (JB 2369—78) 适用于分度值为 0.01mm、0.001mm 和 0.0005mm 的读数显微镜。其有关规定如下:

4.1 型式、基本参数及尺寸

4.1.1 型式、基本参数及尺寸应符合表 5—25 的规定。

读数显微镜型式及基本参数

表 5—25

序号	名称	型 式		
		JC10	JC1	JC05
1	测量范围(mm)	6	1	1
2	显微镜总放大倍数	20×	60×	100×
3	仪器最小分度值(mm)	0.01	0.001	0.0005
4	显微镜物方视场直径(mm)	9	≥1.5	1.3
5	目镜千分尺丝杆螺距(mm)	1	—	—
6	镜管联接尺寸(mm)	φ28d	φ28d	φ28d

4.2 技术要求

4.2.1 JC10 型仪器在进行检验时, 房间内的温度必须保证为 $20 \pm 5^\circ\text{C}$, 其温度变化每小时不应超过 2°C , 被检仪器和检验工具必须等温 3 小时以上。

JC1 型和 JC05 型仪器在进行检验时, 房间内的温度必须保证为 $20 \pm 3^\circ\text{C}$, 其温度变化每小时不应超过 1°C , 被检仪器和检验工具必须等温 3 小时以上。

4.2.2 显微镜的光学系统应保证读数范围内成像清晰。

5 金相显微镜系列

部颁标准 (JB 2365—78) 适用于常温下在可见光谱范围内观察和拍摄金相组织的金相显微镜。

6 偏光显微镜

金相显微镜系列的分级应符合表 5—26 的规定。

金相显微镜系列

表 5—26

参 数 及 性 能 项 目		级 别	初级金相显微镜	中级金相显微镜	高级金相显微镜
			性 能	明场、(摄影)	明场、暗场、偏光、摄影、 (双筒目镜)(相衬)(显微硬度)
基本放大率	物 镜	明 场	10×、40×、(100×)	4×、10×、25×、40×、63×、100×	2.5×、4×、10×、25×、40×、 63×、100×
		暗 场	—	10×、25×	10×、25×、40×
	相 衬	—	(10×)、(40×)	(10×)、(40×)、(63×)	
目 镜			5×、10×、12.5×	8×、10×、12.5×、16×	8×、10×、12.5×、15×、20×

续表 5-26

参数及性能 项目		初级金相显微镜	中级金相显微镜	高级金相显微镜	
物镜类别		消色差	平场消色差	平场消色差或平场半复消色差、平场复消色差	
滤光片		黄、绿、蓝	黄、绿、蓝	黄、绿、蓝	
观察形式	目视	单目	单目、(双目)	双目	
	摄影	总倍率	—	100×、200×、500×、1000×	100×、200×、400×、500×、800×、1000×
		幅面	—	8.25×12cm ²	12×16.5cm ²
	投影直径	—	—	不小于φ250mm	
工作台		可作纵、横方向移动	可转动360°,最小读数1°。纵、横方向移动范围均不小于10mm	可转动360°。最小读数1°。纵、横方向移动范围均不小于15mm	
微动调焦机构		微动调焦范围不小于1.8mm,分度值为0.002mm	微动调焦范围不小于2mm,分度值为0.002mm		
附件	必备	—	10×分划目镜、0.01mm测微尺晶粒度板	120或135摄影装置,自动曝光装置,10×分划目镜、0.01测微尺、晶粒度板	
	选购	100×消色差物镜、摄影装置、10×分划目镜、0.01测微尺	双筒目镜、相衬装置、显微硬度	相衬装置、显微硬度装置、干涉装置、干涉相衬装置	
用途		供工厂现场及学校实验室作一般金相组织分析用	供工厂及大专院校作金相分析及研究之用	供大、中型工厂、高等院校及科研部门作金相研究之用	

注:括号内的内容为选购附件的参数及性能。

可对晶体进行分析和研究,现将与其有关的规定,诸如偏光显微镜参考系统、型式、无应力消色差物镜、平场目镜、消色差聚光镜和补偿器等标准分别摘录如下。

6.1 偏光显微镜参考系统

国家专业标准(ZB Y330.1-85)规定的参考系统适用于偏光显微镜及其附件。

6.1.1 原理

在参数(压力、温度、波长)不变的情况下,各向异性、非均质、非吸收的晶体的光学性质,可以用一个三轴椭球体和一条垂直轴来描述。

折射率 n_x 、 n_y 和 n_z 与三轴椭球体轴的长度成正比。

根据定义: $n_x \leq n_x' \leq n_y \leq n_y' \leq n_z$

6.1.2 旋转方向和位移的参考系统

用一个正的笛卡尔参考坐标 X 、 Y 、 Z 系统作为基础来表示。其中 Z 轴方向系光线传播方向。对于立式和倒置式显微镜,通过目镜观察,可测出其垂直于 Z 轴方向平面内的、按逆时针方向增大的 Γ 角(见

图5-3)。

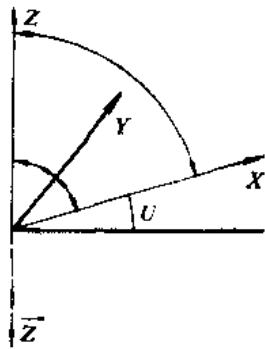


图 5-3 偏光显微镜参考系统

Z —— 光线传播方向
 \bar{Z} —— 观察方向
 $\angle XY = 90^\circ$
 $\angle XZ = 90^\circ$
 $\angle YZ = 90^\circ$

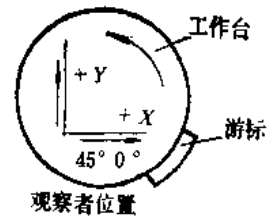


图 5-4 工作台和移动尺

6.1.2.1 工作台和移动尺 (见图5-4)

移动尺安置在工作台上,以便使物体能在X、Y方向上移动。当工作台处于“零”位($\tau = 0^\circ$)时,移动尺的正X方向和参考方向(东西方向)是一致的,即平行于偏振光的振动方向(起偏镜 $V = 0^\circ$,见6.1.2.2)。

6.1.2.2 起偏镜和检偏镜 (见图5-5)

起偏镜和检偏镜的透射方向为东西方向,和参考方向一致($U = 0^\circ$)。起偏镜和检偏镜的旋转角度,按逆时针方向转动为正。正交偏光位置是:起偏镜 $V = 0^\circ$,检偏镜 $W = 90^\circ$ 。

6.1.2.3 补偿器 (见图5-6)

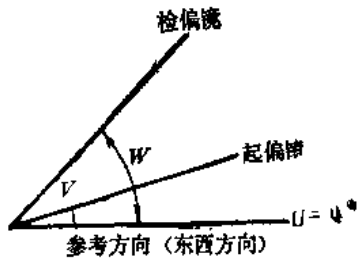


图 5-5 起偏镜和检偏镜的旋转角度

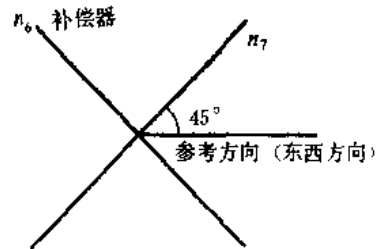


图 5-6 补偿器折射率较高(n_y)方向

补偿器安放在镜筒的标准槽内,补偿器折射率较高(n_y)的方向与参考方向的夹角为 45° 。

6.2 偏光显微镜型式

国家专业标准(ZB Y 330.3-85)适用于能产生偏振光和观察光性物体的显微镜。偏光显微镜的

偏光显微镜型式

表 5-27

参数及性能项目	型式	实验室偏光显微镜			型号 偏光显微镜	
		透射式	反射式	透反射式		
无应力物镜	类别	消色差或平场消色差			平场消色差或平场复消色差	
	放大率	透射	(2.5×); 4×; 10×; 25×; 10×; 63×; (100×)		(1×); (2.5×); 4×; 10×; 25×; 40×; 63×; (100×)	(1×); (2.5×); 4×; 10×; 25×; 40×; 63×; 100×
		反射		5×; 10×; 20×; 50×; 100×	(2.5×); 5×; 10×; 20×; 50×; 100×	(2.5×); 5×; 10×; 20×; 50×; 100×

型式应符合表5—27的规定。

续表 5—27

参数及性能 型式			实验室偏光显微镜			研究用 偏光显微镜
			透射式	反射式	透反射式	
项目	目镜	放大率	平场	12.5×或10×		
观察形式			单目或双目			双 E
聚光镜系统			消色差聚光镜 数值孔径≥ 0.9; (1.3)		消色差聚光镜 数值孔径≥ 0.9; (1.3)	消色差聚光镜 数值孔径≥ 0.9; 1.3
照明装置			适合各种用途的人工照明装置			
工作台			移动尺: 移动范围30×40mm 旋转工作台: 可转动360°			
微动机构			微调范围不小于1.8mm, 格值为0.002mm			
物镜转换器			三孔或三孔以上			四孔或四孔以上
附件	必备件	十字带尺平场目镜 一级红补偿器 $\frac{\lambda}{4}$ 补偿器 石英楔补偿器 中性滤色片 蓝色滤色片 移动尺	十字带尺平场目镜 一级红补偿器 $\frac{\lambda}{4}$ 补偿器 石英楔补偿器 中性滤色片 蓝色滤色片 垂直照明器 压平器 移动尺	十字带尺平场目镜 一级红补偿器 $\frac{\lambda}{4}$ 补偿器 石英楔补偿器 中性滤色片 蓝色滤色片 垂直照明器 压平器 移动尺	十字带尺平场目镜 网格平场目镜 一级红补偿器 $\frac{\lambda}{4}$ 补偿器 石英楔补偿器 垂直照明器 压平器 摄影装置 自动曝光装置 0.01mm测微尺 各种滤色片	
	选购件	网格平场目镜 摄影装置 0.01mm测微尺			倾斜补偿器 旋转椭圆补偿器 暗视场聚光镜 相衬装置 荧光装置 穿孔目镜 万能旋转台 (费氏台) 浸液反差物镜 1330型热台 1750型热台 显微硬度计 显微光度计	

注: 括号内的数字为选购附件的参数。

6.3 偏光显微镜无应力消色差物镜。

国家专业标准 (ZB Y 330.5—85) 规定偏光显微镜无应力消色差物镜的技术要求。

6.3.1 基本参数及尺寸

6.3.1.1 基本参数应符合 ZB Y 330.3—85《偏光显微镜 型式》的规定。

6.3.1.2 光学连接尺寸应符合 ZB Y 328—85《显微镜光学连接尺寸》的规定。

6.3.1.3 物镜螺纹应符合 ZB Y 009—82《显微镜物镜螺纹》的规定。

6.3.2 技术要求

6.3.2.1 物镜应校好像差。用显微镜物镜干涉仪检验时, 球差和色差不应超过 $\lambda/2$ 。慧差和像散不应超过 $\lambda/4$ ①。

注: ① λ 为所使用光线的波长。

6.3.2.2 物镜光轴对物镜螺纹轴线的同轴度不应超过 $\phi 0.01\text{mm}$ ②。

注: ② 放大率小于 $4\times$ 的物镜可不要求。

6.3.2.3 放大率的极限偏差为 $\pm 5\%$ 。

6.3.2.4 物镜不应有应力。

6.3.2.5 数值孔径的极限偏差为 ± 0.025 。

6.3.2.6 保护标本的功能必须在整个缓冲行程范围内起作用, 压缩镜头所需的力不应大于 5N , 但也不得小于 2N 。

6.3.2.7 油浸物镜不应有渗油现象。

6.3.3 标志

标志应符合 ZB Y 329—85《显微镜 物镜和目镜的标志》的规定。

6.4 偏光显微镜平场目镜。

国家专业标准 (ZB Y 330.6—85) 规定偏光显微镜平场目镜的技术要求。

6.4.1 基本参数及尺寸

6.4.1.1 基本参数应符合 ZB Y 330.3—85《偏光显微镜 型式》的规定。

6.4.1.2 光学连接尺寸应符合 ZB Y 328—85《显微镜光学连接尺寸》的规定。

6.4.1.3 与镜管配合的目镜外径尺寸为 $\phi 23.2h_8$ 。

6.4.2 技术要求

6.4.2.1 放大率的极限偏差为 $\pm 5\%$, 但用于双筒目镜, 放大率的极限偏差为 $\pm 0.5\%$ 。

6.4.2.2 旋转目镜时, 视场光阑的径向跳动在初次成像面上不应超过 0.1mm 。

6.4.2.3 旋转目镜时, 被观察像点的最大位移在初次成像面上不应超过 0.1mm 。

6.4.2.4 十字线中心位置的极限偏差在初次成像面上不应超过 $\phi 0.1\text{mm}$ 范围。

6.4.2.5 十字线方向相对定位销位置的极限偏差不应超过 $15'$ 。

6.5 偏光显微镜消色差聚光镜。

国家专业标准 (ZB Y 330.7—85) 规定偏光显微镜消色差聚光镜的技术要求。

6.5.1 基本参数

基本参数应符合 ZB Y 330.3—85《偏光显微镜 型式》的规定。

6.5.2 技术要求

6.5.2.1 聚光镜不应有应力。

6.5.2.2 当载玻片厚度为 1.2mm , 聚光镜升至最高位置时, 视场光阑成像应清晰, 边缘颜色应均匀。

6.5.2.3 把已调好中心的聚光镜前组摆出光路 (关小视场光阑) 和下降聚光镜后所引起的视场光阑中心的位移, 物方不应超过 0.2mm 。

6.5.2.4 前组摆动架不应有间隙, 多次摆入聚光镜前组时, 由于间隙所引起的视场光阑像的变动, 在物方不应超过 0.02mm 。

6.5.2.5 孔径光阑应能关小至 $\phi 2\text{mm}$ 。光阑片上不应有油脂痕迹。

6.5.2.6 旋转起偏镜所引起的视场光阑（视场光阑半开）像的位移，在物方不应超过 0.05mm 。

6.5.2.7 锁紧起偏镜后不应产生应力。

6.6 偏光显微镜补偿器

国家专业标准 (ZB Y 330.11—85)规定一级红、 $\lambda/4$ 和石英楔补偿器的技术要求。

6.6.1 参考系统

参考系统应符合ZB Y 330.1—85《偏光显微镜 参考系统》的规定。

6.6.2 尺寸

与镜筒槽配合的补偿器滑板的连接尺寸应符合ZB Y330.2—85《偏光显微镜 补偿器 滑板和镜筒槽的连接尺寸》的规定。

6.6.3 技术要求

6.6.3.1 一级红补偿器，其光程差为 551.9nm 。在正交偏光下，干涉色应均匀一致。

6.6.3.2 $\lambda/4$ 补偿器，其光程差为 $137.8 \pm 10\text{nm}$ ，在正交偏光下，干涉色应均匀一致。

6.6.3.3 石英楔补偿器在正交偏光下观察时，在插入过程中在视场中部应能看到4级红。石英楔开始插入时出现的零级应为暗条纹。干涉条纹应颜色明显、等距、平直、不得弯曲，并与石英楔长度方向垂直，不允许有可见的双晶。

6.6.3.4 使用 $10\times$ 物镜观察工作台上测微尺，由于插入补偿器所引起的初次成像面上像的位移不应超过下列数值：

石英楔补偿器	0.3mm
一级红和 $\lambda/4$ 补偿器	0.15mm

6.6.3.5 补偿器的折射率较高 (n_y) 方向应与所标注的方向一致，偏差不应超过 $30'$ 。

6.6.4 标志

补偿器上应刻有表示折射率较高 (n_y) 方向的指示线和符号“ γ ”。如图5—7所示。

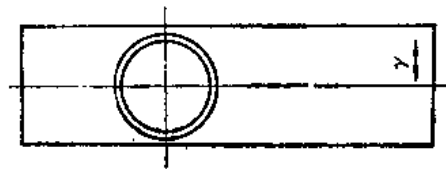


图 5—7 补偿器的标志

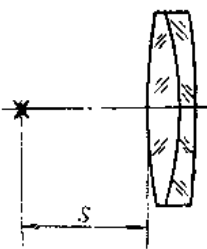
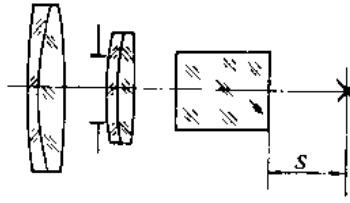
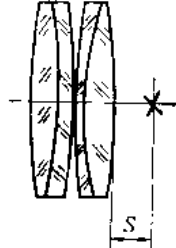
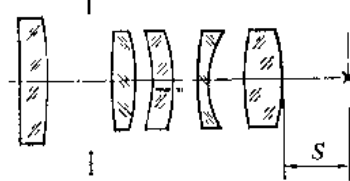
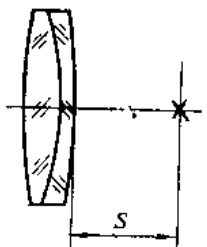
第三节 显微镜物镜典型结构参数

为了供读者在设计显微镜时参考，下面将列出一些不同倍率和结构型式的显微物镜结构参数，包括光学性能、结构型式图和具体结构数据。本节没有列出显微目镜的设计结果，因为从目前使用情况来看，显微镜目镜和望远镜目镜在设计上没有很大差别，并且从一个设计结果中不易判断该目镜原来是用于显微镜中或是望远镜中的。在本章第二节显微镜目镜系列中看到，显微镜目镜可分为观察目镜和摄影目镜两大类。观察目镜又可分为普通目镜和平场补偿目镜，普通目镜一般指惠更斯目镜、凯涅尔目镜和对称目镜等；而平场补偿目镜指的配合物镜消垂轴色差并且自己消像面弯曲和像散的广角目镜。摄影目镜与观察目镜的区别仅仅在于，物镜的像经摄影目镜后成像在某给定的位置上而不是无限远，并且对出瞳位置没有要求；另外，摄影目镜的像面弯曲应得到很好校正。诚然，显微目镜在大多情况下，不要求较大的出瞳直径（一般小于 1.5mm ）和出瞳距离（一般可小于 10mm ）。根据以上情况，为了不增加篇幅，决定在本章中不再列出显微目镜设计结果的有关数据。读者可以根据自己设计课题的特点，参照本手册第四章给出的望远镜目镜的典型结构参数。

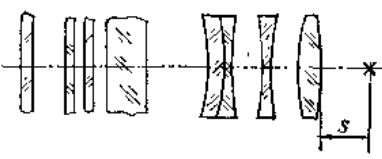
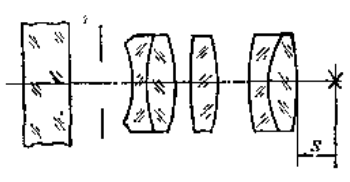
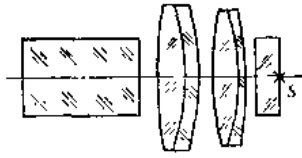
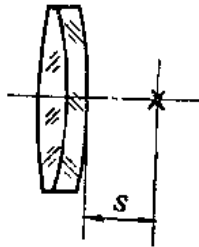
在下面给出的显微镜物镜表中(见表5—28),各符号的意义如下: M_{OBJ} 为横向放大率; f' 为像方焦距; NA为数值孔径; S 为工作距离; $2y$ 为线视场; L 为共轭距离。表中除 $M_{OBJ} = -1 \times$ 外,均按反向光路计算像差,结构示意图和参数已按反向光路表示和填写。光学性能中的数据是对正向光路而言的。

显微镜物镜

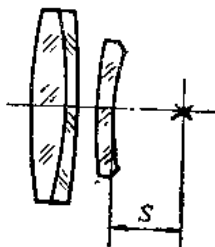
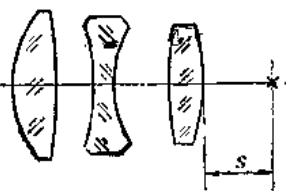
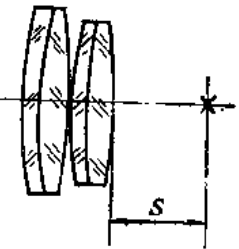
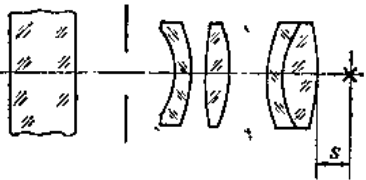
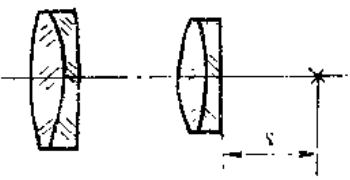
表 5—28

名称	光学性能	结构型式	结构参数			
			r	d	n_d	d_s
双胶合	$M_{OBJ} = -1 \times$ $f' = 84.9$ $NA = 0.05$ $S = -165$ $2y = 17.5$ $L = 335.81$		102.57	4	1.5167	17
			-24.1	2	1.6164	17
			-65.16			
双胶合	$M_{OBJ} = -1.5 \times$ $f' = 100.39$ $NA = 0.05$ $S = 86$ $2y = 11$ $L = 331.3$		87.30	2.8	1.6199	27
			29.58	9.6	1.5399	27
			-78.52	88		
			光阑	11		
			9.55	2.3	1.6475	10.5
			40.64	4.5	1.5891	10.5
			-282.5	33.4		
			∞	99.7	1.5163	
			∞			
双胶合	$M_{OBJ} = -2 \times$ $f' = 6.97$ $NA = 0.1$ $S = 8.3$ $2y = 2.1$ $L = 33.26$		11.75	2	1.5688	3.5
			-29.45	1	1.6031	3.5
			-12.62	0.2		
			12.62	1	1.6031	3.5
			29.45	2	1.5688	3.5
			-11.75			
双胶合	$M_{OBJ} = -2 \times$ $f' = 17.5$ $NA = 0.1$ $S = 6.32$ $2y = 2.5$ $L = 30.1$		∞	2	1.5163	7
			-8.1	10.4		
			∞	1.6		12
			18.7	1.7	1.7172	3
			-3.7	0.3		
			-2.54	0.5	1.7172	3
			-3.71	1		
			7.6	0.5	1.5163	3
			3.36	0.3		
			5.6	2.5	1.5163	3.4
-3.6						
双胶合	$M_{OBJ} = -3 \times$ $f' = 41.11$ $NA = 0.1$ $S = 53.16$ $2y = 5$ $L = 216.32$		34.75	3	1.5167	10.5
			-13.614	1.5	1.6242	10.5
			-42.46			

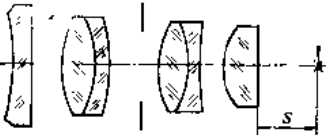
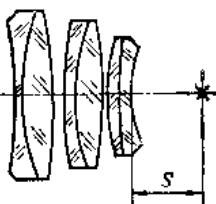
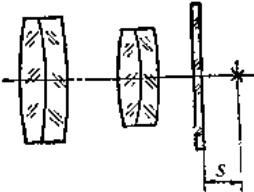
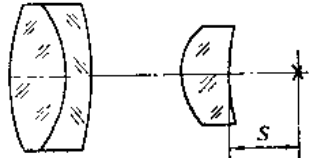
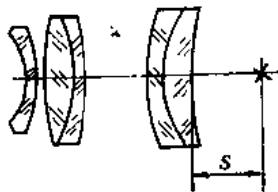
续表 5-28

名称	光学性能	结构型式	结构参数			
			r	d	n_D	D_1
	$M_{OBJ} = -3\times$ $f' = 54.19$ $NA = 0.09$ $S = 86.29$ $2y = 6.6$ $L = 352.59$		∞	4	1.5163	20
			∞	21.78		
			∞	2	1.5163	20
			∞	3		
			∞	2	1.5163	20
			∞	5		
			∞	99.8	1.6199	19.1
			∞	93.25		
			-15.827	14	1.6076	24
			-32.66	3	1.6140	24
			242.1	5.5		
			-45.5	4	1.7172	24
			97.27	3		
			27.1	6	1.5181	24
-83.56						
	$M_{OBJ} = -3\times$ $f' = 56.04$ $NA = 0.1$ $S = 84.70$ $2y = 6.6$ $L = 354.41$		∞	99.7	1.5163	20
			∞	67.5		
			∞	28.4		20
			-19.953	2.8	1.6220	17
			34.36	12.2	1.5399	23
			-36.98	0.1		
			79.07	5.7	1.5163	23
			-44.77	10		
			84.14	2.1	1.6641	23
			23.77	6.2	1.4874	23
			-77.98			
	$M_{OBJ} = -3.7\times$ $f' = 11.71$ $NA = 0.17$ $S = 0$ $2y = 1.15$ $L = 76.89$		∞	44.8	1.5163	
			∞	5.9		
			15.704	2	1.5147	5.2
			-5.152	1	1.5480	5
			-38.73	6.1		
			11.066	1.8	1.5163	4.4
			-6.397	1	1.6242	4.2
			-16.596	1.1		
			∞	4.2	1.5163	
			∞			
	$M_{OBJ} = -4\times$ $f' = 31.94$ $NA = 0.1$ $S = 38.56$ $2y = 4.5$ $L = 197.27$		23.33	2.4	1.5163	8
			-11.803	1.2	1.6475	8
			-31.12			

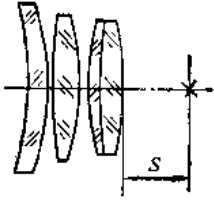
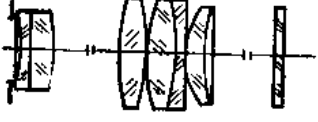
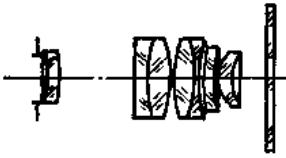
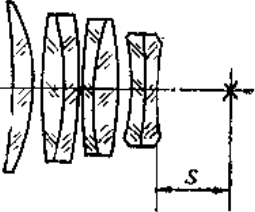
续表 5-28

名称	光学性能	结构型式	结构参数			
			r	d	n_D	D
	$M_{OBJ} = -4 \times$ $f' = 29.05$ $NA = 0.25$ $S = 18.61$ $2y = 4$ $L = 195.04$		20.51 -12.647 -29.38 7.691 5.035	3.08 1.89 9.58 4.61	1.5163 1.7172 1.5163	8 8 6.7
	$M_{OBJ} = -4 \times$ $f' = 62.48$ $NA = 0.1$ $S = 49.13$ $2y = 6.2$ $L = \infty$		20.924 -129.49 -36.932 21.986 86.471 -39.338	3.53 4.166 1.176 5.34 2.35	1.613 1.6259 1.4171	12.5 1^2.2 10
	$M_{OBJ} = -5 \times$ $f' = 25.1$ $NA = 0.15$ $S = 16.04$ $2y = 3.73$ $L = 149.05$		75.86 13.183 -16.144 65.46 15.79 -26.79	2.6 3 18 2.06 3	1.6128 1.5163 1.6164 1.5163	9 9 8.5 8.5
	$M_{OBJ} = -5 \times$ $f' = 42.82$ $NA = 0.14$ $S = 53.5$ $2y = 4.02$ $L = 356.7$		∞ ∞ ∞ -15.524 -40.83 81.53 -31.48 30.62 14.125 776.2	99.7 113.6 23.9 11.6 0.2 4.1 7.7 2.3 6.5	1.5163 1.5724 1.5604 1.7280 1.5163	20 19 19 19 19
	$M_{OBJ} = -8 \times$ $f' = 20.08$ $NA = 0.2$ $S = 8.66$ $2y = 2.2$ $L = 168.74$		19.77 -11.482 -67.61 10.233 -12.972 -40.74	2.4 1.5 18 2 1.5	1.5467 1.6259 1.5163 1.755	8 8 4.8 4.8

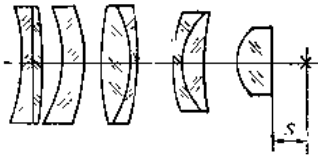
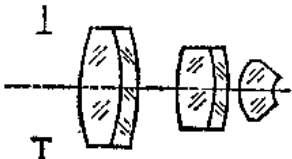
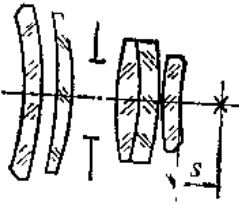
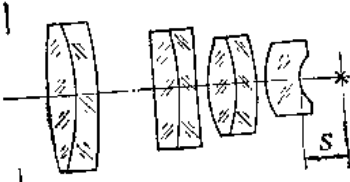
续表 5-28

名称	光学性能	结构型式	结构参数			
			r	d	n_D	D
	$M_{OBJ} = -10 \times$ $f' = 14.42$ $NA = 0.3$ $S = 8.83$ $2y = 0.86$ $L = 196.23$		-74.38	2	1.5163	8.7
			∞	2.12		
			24.82	3	1.5183	8.9
			-12.32	1	1.6475	8.7
			-48.59	2.7		
			∞	13		
			10.5	1.7	1.5183	8
			-11.26	1	1.6475	7
			280.4	1		
			12.01	1.42	1.5183	6.1
			∞			
	$M_{OBJ} = -10 \times$ $f' = 14.80$ $NA = 0.18$ $S = 11.43$ $2y = 0.9$ $L = 194.7$		-84.528	1.38	1.7280	7.2
			10.423	3.21	1.6395	7.4
			-13.644	8.72		
			34.2	1.7	1.7172	6.4
			17.76	3.2	1.6384	6.1
			-26.73	0.85		
			16.34	3.1	1.6920	4.5
			115.13	3.4	1.6140	4.1
			9.44			
	$M_{OBJ} = -10 \times$ $f' = 17.13$ $NA = 0.25$ $S = 7.2$ $2y = 2$ $L = 195.06$		16.982	2.7	1.5004	8.1
			-13.092	1.8	1.6259	7.9
			-102.09	17.55		
			8.356	2.9	1.5159	4.8
			-6.252	1.1	1.7172	4.8
			-15.488	7.203		
			∞	0.17	1.5163	20
			∞			
	$M_{OBJ} = -10 \times$ $f' = 17.71$ $NA = 0.25$ $S = 3.26$ $2y = 1.9$ $L = 196.06$		17.865	2.8	1.5467	9.3
			-10.864	1.5	1.69875	9.5
			-31.84	19.1		
			5.861	3.36	1.6076	5.5
			17.989			
	$M_{OBJ} = -10 \times$ $f' = 25$ $NA = 0.2$ $S = 18.6$ $2y = 8.6$ $L = \infty$		-9.992	6.76	1.6076	13.3
			-12.465	0.29		
			39.617	4.94	1.5399	11.1
			-13.55	1.49	1.6725	14.2
			-44.372	9.67		
			21.692	2	1.6128	11.5
			11.581	4.92	1.6126	13.7
			41.189			

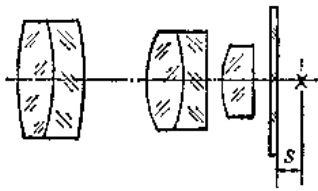
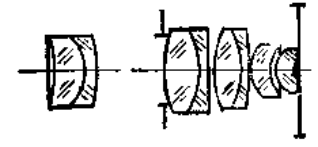
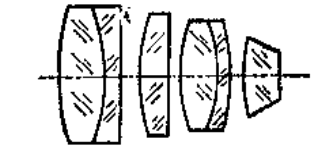
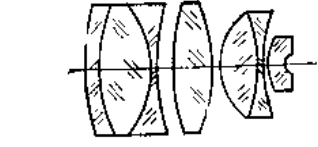
续表 7-23

名称	光学性能	结构型式	结构参数			
			r	d	n_D	ρ
	$M_{OBJ} = -16\times$ $f' = 7.86$ $NA = 0.25$ $S = 3.1$ $2y = 0.5$ $L = 151.11$		-17.28 -8.58 58.816 -9.94 24.997 64.3 -15.5	0.7 1 3.5 3 0.8 3	1.5891 1.6203 1.7550 1.5467	4.72 3.2 2.1 1.8
	$M_{OBJ} = -16\times$ $f' = 15.77$ $NA = 0.32$ $S = 14.15$ $L = \infty$		-15.922 110.66 -23.39 36.14 -57.02 33.57 -26.42 ∞ 13.122 18.535 ∞ ∞	1.3 4.0 25.0 4.1 0.5 4.4 1.4 0.1 2.7 14.15 1.5	1.6128 1.6130 1.6130 1.5831 1.76157 1.6130 1.45845	10.7 10.6 11.5 16.3 15.8 15.1 11.5 16.7 13.0 11.4
	$M_{OBJ} = -20\times$ $f' = 12.46$ $NA = 0.45$ $S = 10.83$ $L = \infty$		-16.634 -32.58 150.66 29.31 -31.41 27.8 -31.41 66.68 24.66 69.82 16.139 14.289 ∞ ∞	3.0 25.0 3.3 7.0 0.2 5.4 1.5 0.2 4.0 0.2 3.5 10.83 1.5	1.6175 1.6128 1.6130 1.5100 1.7172 1.6130 1.45845	11.2 12.3 18.5 19.5 20.0 19.5 18.0 17.5 17.0 16.0 14.1 12.3
	$M_{OBJ} = -21\times$ $f' = 7.23$ $NA = 0.3$ $S = 5.78$ $2y = 0.5$ $L = 179.57$		-275.049 -9.94 173.586 -8.58 -24.549 84.559 9.771 -31.927 -12.65 -105.067 7.8	5.5 5 4.5 1.2 2.22 1.3 2.8 3.77 6.3 5.2	1.6561 1.5688 1.6725 1.6111 1.5688 1.6725 1.6568	6 5.8 5.2 5 4.8 3.4 3

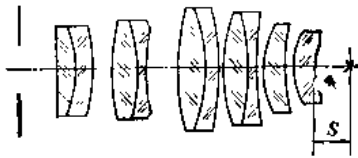
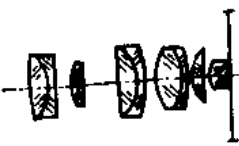
续表 5-28

名称	光学性能	结构型式	结构参数			
			r	d	n_D	D
	$M_{OBJ} = -23 \times$ $f' = 6.53$ $NA = 0.37$ $S = 1.6$ $2y = 0.5$ $L = \infty$		-27.55 ∞ -69.57 -11.67 -15 19.23 -7.679 -23.84 8.368 5.131 31.55 4.16 ∞	1 2 1 7 1 2.5 1 4 1 2.5 4.42 3	1.5688 1.6259 1.5163 1.5163 1.6475 1.6475 1.5163 1.6475 1.5163 1.5399	5.3 5.4 6.4 5.4 6.4 5.9 5.4 5.2
	$M_{OBJ} = -25 \times$ $f' = 10.13$ $NA = 0.4$ $S = 1.047$ $2y = 1.48$ $L = \infty$		22.82 -12.791 -51.161 13.175 -5.747 -10.225 3.222 2.78	3.75 1.88 16.68 3.55 1.82 0.51 3.55	1.5480 1.7398 1.5163 1.7398 1.5163	8.76 8.65 8.75 7.20 7.40 5.67 2.69
	$M_{OBJ} = -25 \times$ $f' = 6.93$ $NA = 0.4$ $S = 1.28$ $2y = 0.64$ $L = 195.30$		-6.823 -11.015 -25.29 -17.022 ∞ 11.722 -6.546 -22.91 3.597 2.63	0.95 2.7 1.96 7.5 7.4 2.38 1.19 0.32 1.08	1.806 1.5891 1.6203 1.806 1.6568	6 7 4.8 1.1 3.9
	$M_{OBJ} = -40 \times$ $f' = 6.153$ $NA = 0.65$ $S = 5.99$ $2y = 0.96$ $L = \infty$		19.588 -8.705 -41.30 ∞ -9.461 ∞ 5.129 -5.702 -13.544 2.24 1.64	4.14 1.17 11.20 1.41 1.41 0.028 3.71 0.94 0.047 2.42	1.5181 1.7172 1.6130 1.6128 1.5163 1.7550 1.6126	8.56 8.73 8.91 8.83 8.82 8.80 6.40 5.36 6.50 6.84

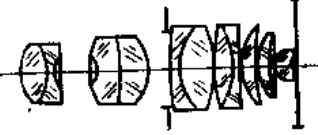
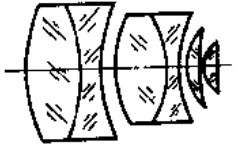
续表 5-20

名称	光学性能	结构型式	结构参数			
			r	d	n_D	D
	$M_{OBJ} = -40\times$ $f' = 4.65$ $NA = 0.65$ $S = 0.63$ $2y = 0.45$ $L = 194.75$		11.041	2.48	1.5263	6.5
			-6.982	1.27	1.7550	6.5
			-20.42	1.31		
			4.966	2.74	1.5153	6
			-6.053	1.05	1.7550	6
			∞	1.15		
			2.309	1.92	1.6140	3.6
			∞	0.632		
			∞	0.17	1.5153	10
			∞			
	$M_{OBJ} = -50\times$ $f' = 5.0$ $NA = 0.75$ $S = 0.703$ $L = \infty$		-25.12	5.04	1.5480	8.4
			-6.516	1.52	1.6709	2.5
			-26.36	13.08		9.0
			18.967	5.17	1.5187	10.24
			-10.765	1.51	1.6725	10.2
			-208.0	0.37		10.1
			10.641	5.04	1.5163	10.1
			-12.19	1.26	1.7550	9.0
			-53.21	0.25		8.7
			5.546	3.75	1.6594	7.8
			8.091	0.17		5.3
			3.192	2.71	1.6594	4.5
			2.535			1.8
	$M_{OBJ} = -60\times$ $f' = 4.234$ $NA = 0.6$ $S = 0.781$ $2y = 1.16$ $L = \infty$		9.838	2.4	1.4874	6.14
			-5.808	1.58	1.6475	6.13
			-71.61	0.2		6.30
			9.119	1.53	1.4645	6.29
			24.83	0.8		5.98
			4.468	2.52	1.4874	6.18
			-3.664	0.65	1.5785	5.48
			-21.43	0.2		4.25
			1.738	1.59	1.4645	4.33
			∞			
	$M_{OBJ} = -63\times$ $f' = 3.967$ $NA = 0.85$ $S = 0.169$ $2y = 0.58$ $L = \infty$		13.708	1.31	1.6725	6.81
			5.12	4.45	1.5480	6.54
			-4.182	0.92	1.6725	6.57
			95.5	0.26		7.62
			7.907	2.62	1.5608	7.41
			-29.907	0.88		7.16
			2.911	2.96	1.5163	5.73
			-5.896	0.41	1.6475	6.39
			9.8	0.056		4.54
			1.752	1.39		3.69
			1.383			1.60

续表 5-28

名称	光学性能	结构型式	结构参数			
			r	d	n_D	D_n
	$M_{OBJ} = -63 \times$ $f' = 3.98$ $NA = 0.84$ $S = 0.67$ $2y = 0.4$ $L = \infty$		∞	8		6.7
			∞	4	1.6475	6.7
			-5.715	2	1.6568	6.7
			-404.43	8		
			12.11	4.02	1.5467	7.2
			-7.276	1.51	1.6725	7.2
			8.096	11.09		
			12.683	4.12	1.5163	10.2
			-8.352	1.21	1.6725	10.2
			-19.638	0.25		
			8.612	4.02	1.5163	9.6
			-12.435	0.5	1.7550	9
			38.39	0.2		
			4.461	2.62	1.6568	7.2
			7.42	0.1		
			2.618	2.33	1.6568	4.3
			1.97			
				$M_{OBJ} = -80 \times$ $f' = 3.125$ $NA = 0.95$ $S = 0.319$ $L = \infty$		39.08
-6.887	1.0	1.6891				7.2
∞	7.3					7.2
13.062	1.0	1.5480				8.2
7.447	16.0					8.7
181.97	3.2	1.4874				6.2
-5.272	1.0	1.6110				8.0
-12.474	2.1					8.1
5.675	4.15	1.4874				8.4
-6.823	1.0	1.6725				8.0
-17.783	0.4					7.9
3.945	1.91	1.48601				6.2
18.923	0.09					5.8
1.887	2.262	1.6920				3.7
1.23						1.2

续表 5-28

名称	光学性能	结构型式	结构参数			
			r	d	n_D	D_s
	$M_{OBJ} = -100 \times$ $f' = 3.788$ $NA = 1.25$ $S = 0.252$ $L = \infty$		7.311			8.5
			-9.954	3.9	1.6128	6.7
			5.129	1.45	1.6111	5.7
			-3.342	6.78		5.1
			-56.75	3.49	1.6128	8.1
			-7.943	5.48	1.6111	10.6
			72.78	4.2		10.62
			10.023	1.22	1.7280	11.13
			-18.793	5.11	1.6130	11.6
			39.51	1.03		11.0
			-12.388	2.95	1.4874	10.6
			-174.18	0.89	1.8060	10.4
			9.506	0.27		9.8
			47.75	2.35	1.6920	8.8
			10.693	0.44		7.4
			16.982	2.18	1.6920	5.0
			2.559	0.095		1.3
			0.912	3.24	1.6920	0.9
			∞	0.5		
				$M_{OBJ} = -100 \times$ $f' = 3.8$ $NA = 1.25$ $S = 0.215$ $2y = 0.254$ $L = \infty$		6.433
-7.127	2.54	1.5163				5.79
27.653	1.27	1.6725				5.44
5.025	0.46					5.27
-6.241	2.10	1.5163				4.83
13.708	0.99	1.7172				4.29
2.596	0.12					4.0
15.783	1.1	1.5399				3.74
0.964	0.15					1.81
∞	1.32	1.5399				1.67

第六章 照相物镜

照相机光学系统由照相机镜头、取景系统和调焦系统组成。取景、调焦系统比较简单，读者需要时可参考“应用光学”等有关专著，本章不再赘述。

照相物镜的光学特性和设计特点、照相物镜的类型以及各种不同类型照相物镜的具体设计方法等内容，在“光学设计”一书中作了详尽的阐述，这里不再重复。本章着重介绍如下内容：

- (1) 照相机镜头的名词术语；
- (2) 照相机镜头、人像镜头、放大机镜头、电影放映物镜及投影物镜技术条件；
- (3) 照相机镜头及电影摄影物镜系列；
- (4) 国内照相机镜头、复印机镜头、放大机镜头、电影摄影、放映镜头等产品系列(目录)；
- (5) 照相物镜典型结构参数；
- (6) 照相机像幅尺寸及摄影用滤光镜标准。

第一节 照相机镜头(GB × × × — × ×)

本节根据国标GB × × × —86(送审稿)编写的。主要内容分两部分，第一部分是照相机镜头的有关名词术语；第二部分为照相机镜头的基本参数、性能及指标。

GB × × × —86标准适用于像幅24×36，56×56的民用照相机的照相镜头。对鱼眼镜头以及其它像幅的民用照相机和特殊用途的照相机镜头本标准仅作参考。

1 名词术语

1.1 焦距

〈主〉焦点到照相镜头后节点(或后主点)间的距离。对照相机镜头还可定义高度为 Y 的远距离物体所成清晰像的像高 Y' ，与物空间中对物体 Y 的张角 ω 正切之比的极限

$$f = - \lim_{\omega \rightarrow 0} \frac{Y'}{\operatorname{tg} \omega} = - \lim_{\omega \rightarrow 0} \frac{Y'}{\omega}$$

1.2 相对孔径

1.2.1 孔径光阑

限制通过物镜而能到达像面中心点的光束横截面的物理光阑。

1.2.2 入射光瞳

孔径光阑在光学系统物方所成的像。对照相机镜头亦可定义为：在物空间无穷远处的轴上点观察到的孔径光阑所成的像。

1.2.3 出射光瞳

孔径光阑在光学系统像方所成的像。对照相机镜头亦可定义为：在像平面及物镜光轴上的点观察到的孔径光阑所成的像。

1.2.4 相对孔径

照相镜头的相对孔径是入射光瞳直径与镜头的焦距之比。如果物镜的入射光瞳不是圆形或者是中心遮挡的情况下，可以用具有相同面积的等效圆的孔径来代替入射光瞳直径进行计算。这个等效圆孔也被叫做有效光阑，有效光阑的直径即有效孔径。

1.2.5 光圈数

焦距与入射光瞳直径之比，即相对孔径的倒数。

1.2.6 光圈数系列

随着现代照相机镜头的不断发展，相对孔径系列已不是单一的主光圈系列（即“65”标准给出的光圈数系列），而是发展到二分光圈系列和三分光圈系列。

照相镜头相对孔径的标准数值是按下式计算的一系列的 F 数，列于表6-1。

$$F = 2^{\frac{m}{n}}$$

式中 m 为任意的正整数或负整数或零； n 为1, 2, 3分别表示为主光圈、二分光圈、三分光圈。

光 圈 数 系 列

表 6-1

主 光 圈		二 分 光 圈		三 分 光 圈	
m	$n = 1$	m	$n = 2$	m	$n = 3$
-2	0.5000	-4	0.5000	-6	0.5000
		-3	0.5946	-5	0.5612
				-4	0.6309
-1	0.7071	-2	0.7071	-3	0.7071
		-1	0.8409	-2	0.7937
				-1	0.8909
0	1.000	0	1.000	0	1.000
		1	1.189	1	1.122
				2	1.260
1	1.414	2	1.414	3	1.414
		3	1.682	4	1.587
				5	1.782
2	2.000	4	2.000	6	2.000
		5	2.378	7	2.245
				8	2.520
3	2.828	6	2.828	9	2.828
		7	3.384	10	3.175
				11	3.564
4	4.000	8	4.000	12	4.000
		9	4.757	13	4.496
				14	5.040
5	5.567	10	5.657	15	5.657
		11	6.727	16	6.350
				17	7.127
6	8.000	12	8.000	18	8.000
		13	9.514	19	8.986
				20	10.08
7	11.31	14	11.31	21	11.31
		15	13.45	22	12.79
				23	14.25
8	16.00	16	16.00	24	16.00
		17	19.03	25	17.96
				26	20.16

续表 6-1

主 光 圈		二 分 光 圈		三 分 光 圈	
m	$n = 1$	m	$n = 2$	m	$n = 3$
9	22.63	18	22.63	27	22.63
		19	16.91	28	25.17
10	32.00	20	32.00	29	28.51
		21	38.05	30	32.00
				31	35.92
	—		—	32	40.32
	—		—		—
	—		—		—

1.3 像面照度均匀度

当被测镜头摄影倍率和光圈都为某一定值时, 将它正对着均匀面光源, 在其共轭像面上距光轴为 Y' 处像点照度和光轴上的像点照度之比, 用百分比表示。

$$K'_y = \frac{E'_y}{E'_0} \times 100\%$$

式中 K'_y 为像面照度均匀度 (%); E'_y 距光轴 Y' 处像点照度 (或与它成比例的值); E'_0 光轴上的像点照度 (或与它成比例的值)。

1.4 照相分辨率

在有限距离的共轭平面上, 具有一定对比度的图案, 通过被测镜头成像在感光材料上, 以每毫米若干线对所表示的分辨率。

1.5 杂光系数

照相镜头成像面上的杂散光能量和总的能量之比称为杂光系数。

$$C = \frac{\Delta E}{E + \Delta E} \times 100\%$$

式中 C 为镜头杂光系数; ΔE 为照相镜头对具有亮度分布趋近零的物体成像以后像面上的能量即杂光能量; $E + \Delta E$ 为照相镜头对具有一定亮度分布的物体成像以后像面上的总能量。

1.6 色增生指数

一种由三个数组成的数组, 它表征由镜头造成摄影彩色变化的程度。

1.7 畸变

照相镜头对同一垂轴物面上不同物高成像时, 由于其垂轴放大率不为常数, 而使实际所成像的形状与理想像的偏差称为畸变。

1.7.1 绝对畸变

由主光线和像面的交点到物镜光轴的距离 Y'_x (即实际像高) 与 Y'_0 (理想像高) 之差。

$$\delta Y'_x = Y'_x - Y'_0 = Y'_x - \beta Y_0$$

式中 Y_0 计算畸变时的 Y'_0 所对应的物高; β 近轴区成像的垂轴放大率。

1.7.2 相对畸变

绝对畸变 $\delta Y'_x$ 与理想像高 Y'_0 的比值。

$$q = \frac{\delta Y'_x}{Y'_0} \times 100\%$$

1.7.3 畸变的正负由图6—1所规定：

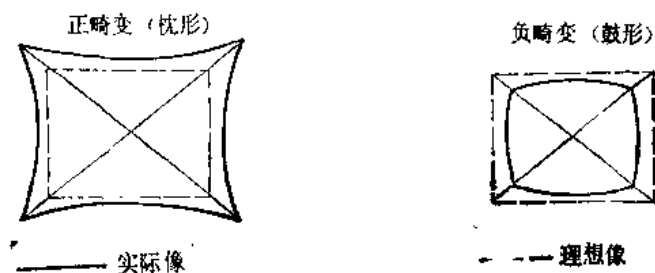


图 6—1 畸变类型

1.8 调制传递函数MTF(r, λ)

1.8.1 调制传递函数的定义用下式表示：

$$MTF(r) = \frac{M_{\text{像}}(r)}{M_{\text{物}}(r)}$$

式中 $MTF(r)$ 某一空间频率 (r) 时的调制传递函数值，即由于像差等诸因素的影响，造成像对物的对比度的下降数值； $M_{\text{物}}(r)$ 表示某一空间频率 r 时物的调制度； $M_{\text{像}}(r)$ 表示某一空间频率 r 时像的调制度。

1.8.2 特征频率 r_{ch}

按照成像系统的使用要求，选择一个或若干个空间频率，其相应的调制传递函数能较好表征系统成像的清晰度，这样的空间频率称为特征频率，用 r_{ch} 表示。

1.9 交换镜头的定位截距

交换镜头与相机机身连接的定位表面到镜头被选定的最佳成像面（常为后焦面）间的距离。

1.10 变焦距镜头的像面位移

当变焦距镜头的调焦圈固定在 ∞ 远位置时，在整个变焦过程中，被选定的最佳像面轴向位置发生改变，其最大的改变量即为变焦距镜头的像面位移。

2 基本参数、性能及指标

2.1 焦距

2.1.1 设计焦距 f_1 与名义焦距 f_2 之偏差的相对值为

$$\left. \begin{array}{l} \text{定焦距镜头} \\ \text{变焦距镜头} \end{array} \right\} \left| \frac{f_1 - f_2}{f_2} \right| \times 100\% \leq 5\%$$

名义焦距 f_2 为38mm的镜头，其设计焦距 f_1 与名义焦距 f_2 之偏差的相对值为+2.5%。

2.1.2 实测焦距 f_3 与设计焦距 f_1 之偏差的相对值为

$$\left. \begin{array}{l} \text{定焦距镜头} \\ \text{变焦距镜头} \end{array} \right\} \left| \frac{f_3 - f_1}{f_1} \right| \times 100\% \leq 1\%$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{短焦端} \\ \text{长焦端} \end{array} \right\} \begin{cases} \frac{f_2 - f_1}{f_1} \times 100\% \leq +1.5\% \\ \text{— 不限} \\ \frac{f_2 - f_1}{f_1} \times 100\% \geq + \text{不限} \\ \text{— 1.5\%} \end{cases}$$

2.1.3 双镜头反光相机的取景镜头实测焦距 f_4 与照相镜头的实测焦距 f_3 之偏差的相对值为

$$\left| \frac{f_4 - f_3}{f_3} \right| \times 100\% \leq 0.5\%$$

2.1.4 当 f_1 不知道时，实测焦距 f_3 与名义焦距 f_2 之偏差的相对值为

$$\begin{aligned} & \text{定焦镜头 } \left| \frac{f_3 - f_2}{f_2} \right| \times 100\% \leq 6\% \\ & \text{变焦镜头 } \begin{cases} \text{短焦端 } \frac{f_3 - f_2}{f_2} \times 100\% \leq +6.5\% \\ \text{长焦端 } \frac{f_3 - f_2}{f_2} \times 100\% \geq -6.5\% \end{cases} \end{aligned}$$

名义焦距 f_2 为38mm的镜头，其实测焦距 f_3 与名义焦距 f_2 之偏差的相对值不大于+3.5%。

2.2 相对孔径

2.2.1 相对孔径的公差用 F 数的公差表示，实际测量的 F 数应符合1.2.6中表6-1所列的数值，但可以允许在下式计算的范围内变动。

$$F = 2^{\frac{1}{2}n} \text{ (mm)}$$

式中 δ 表达了 F 数的公差，用曝光指数($E_v = \frac{A}{2T}$)表示(其中 A 为镜头的 F 数， T 为快门有效曝光时间，单位为秒)，对不同入射光瞳直径的 δ 公差由表6-2规定。

F数的公差分级

表 6-2

级 别	入射光瞳直径 ϕ (mm)	δ_{\pm} (E _v)
I	$\phi > 8$	± 0.33
	$8 \geq \phi \geq 1$	± 0.4
	$\phi < 1$	± 0.5
II	$\phi > 6$	± 0.33
	$6 \geq \phi \geq 3$	± 0.4
	$\phi < 3$	± 0.5
III	全 部	± 1

2.2.2 对于最大孔径时的相对孔径公差用 $\frac{\Delta F}{F}$ 表示，其数值不大于 $\pm 5\%$ 。

2.3 像面照度均匀度

像面照度均匀度 K_v 按表6-3规定：是在照相镜头最大光圈，物距刻度调整到 $50f$ 附近(f 为名义焦距)的数值。

像面照度均匀度

表 6-3

名义像幅 (mm)	K_v
24 × 36	$f \leq 35 \geq 20\%$
	$f > 35 \geq 30\%$
56 × 56	$\geq 40\%$

2.4 照相分辨率

2.4.1 像幅24 × 36的定焦镜头按表6-4规定。

照相分辨率 (lp/mm)

表 6—4

镜头类别	级 别	视 场	
		中 心	边 缘
标准镜头 $f=38-61$	J I	36	20
	J II	32	16
	J III	28	12
广角镜头 $f < 38$	J I	36	18
	J II	32	14
	J III	28	11
远摄镜头 $f > 61$	J I	32	20
	J II	28	16
	J III	25	12

2.4.2 像幅 24×36 的变焦镜头按表6—5规定。

像幅 24×36 变焦镜头照相分辨率 (lp/mm)

表 6—5

镜头类别	级 别	视 场	
		中 心	边 缘
标准镜头 $f=38-61$	J I	32	18
	J II	28	14
	J III	25	10
广角端 $f < 38$	J I	32	16
	J II	28	12
	J III	25	9
远摄端 $f > 61$	J I	28	18
	J II	25	14
	J III	22	10

注：变焦镜头照相分辨率的最终评定等级，以测试中最低的等级端为准。

2.4.3 像幅 56×56 的定焦镜头按表6—6规定。

像幅 56×56 定焦镜头照相分辨率 (lp/mm)

表 6—6

镜头类别	级 别	视 场	
		中 心	边 缘
$f \leq 74.5$	J I	28	14
	J II	20	10
	J III	16	8
$f = 75-94.5$	J I	28	16
	J II	20	11
	J III	16	9
$f \geq 95$	J I	25	16
	J II	18	11
	J III	14	9

2.4.4 各表中心指 0.25ω 之内的分辨率，边缘是指 0.5ω 和 0.707ω 两带的分辨率， f 均以镜头的名义焦距为准。

2.4.5 中心视场外任一视场带及任一方向上的最低分辨率应不低于 5 lp/mm 。

2.5 杂光系数

照相镜头的杂光系数的允许值按表6—7规定，表6—7的数值是在照相镜头轴上 $f/8$ 的条件下的允许值。

杂光系数允许值

表 6—7

定 焦 镜 头	$\leq 4\%$
变 焦 镜 头	$\leq 5\%$

2.6 色增生指数

照相镜头色增生指数的标准值及公差，按表6—8给出。

色增生指数标准值及公差

表 6—8

色	标 准 值	公 差
蓝	0	+3 -1
绿	5	0 -2
红	4	+1 -2

2.7 照相镜头的畸变允许值在画幅的长边（宽度）方向的相对畸变值按表6—9

照相镜头相对畸变允许值

表 6—9

相对畸变	镜头类别	定 焦 镜 头	变 焦 镜 头
	q	$\leq 3\%$	$\leq 5\%$

注：表中数值指 0.866ω 和 0.5ω 两视场带的测定数值。

2.8 调制传递函数MTF(r_{ch})

2.8.1 像幅为 24×36 照相镜头的MTF按表6—10规定。

像幅为 24×36 照相镜头的MTF值

表 6—10

MTF(r_{ch}) 孔 径	特征频率 视 场	10 lp/mm		25 lp/mm	
		轴 上	0.707ω	轴 上	0.707ω
全 孔 径		0.7	0.35	0.4	0.15
$f/5.6$		0.8	0.4	0.5	0.2

2.8.2 像幅 56×56 照相镜头的MTF按表6—11规定。

像幅56×56照相镜头的MTF值

表 6—11

MTF (r_{ch})	特征频率 视场	10 lp/mm		25 lp/mm	
		轴 上	0.707ω	轴 上	0.707ω
全 孔 径		0.55	0.3	0.3	0.15
$F 5.6$		0.6	0.35	0.35	0.15

2.9 交换镜头的定位截距

2.9.1 定位截距的要求按表6—12规定。

交换镜头的定位截距及公差

表 6—12

相 机 类 别	定位截距 (mm)	公 差 (mm)
135单反相机的交换镜头	45.5	上偏差 0 下偏差 -0.04
120单反相机的交换镜头	74.8	上偏差 +0.01 下偏差 -0.05

2.9.2 对已批量生产或在其上改型的相机允许定位截距为43.5mm, 公差按上表。

2.9.3 对变焦距镜头的定位截距计算时, 最佳像面应取在变焦距镜头像面位移量的二分之一位置上。

2.10 变焦距镜头的像面位移

变焦距镜头的像面位移依据镜头焦深的%数值进行分级。按表6—13规定。

焦深的计算公式:

$$\text{焦深} = \pm F_{\min} d$$

式中 d 为弥散圆直径, 其数值由镜头所规定的照相分辨率等级中的中心分辨率的倒数确定。按2.4中各相应表中的值计算; F_{\min} 照相镜头的最小光圈数。

变焦距镜头像面位移的分级

表 6—13

级 别	I	II
像 面 位 移	(焦深) × 30%	(焦深) × 50%

注: 对同一个变焦镜头有二个 F_{\min} 数时, 应分别计算焦深。

第二节 人像镜头及放大机镜头技术条件

1 人像镜头 (ZB Y 265—84)

本标准适用于座式照相机、便携式座式照相机用的照相镜头。

1.1 参数系列

1.1.1 焦距系列标准值为:

135、150、180、210、240、300、360(mm)。

1.1.2 F 数刻度值的标准系列为:

2.8、4、5.6、8、11、16、22、32、45。

镜头最小 F 数允许不符合标准系列中的数字,但以后的数值应从本系列中选取。

1.2 技术要求

1.2.1 焦距

实测焦距 f_2 与名义焦距 f_1 之差的绝对值不得超过名义焦距的5%,即:

$$\left| \frac{f_2 - f_1}{f_1} \right| \times 100\% \leq 5\%$$

1.2.2 F 数

F 数的极限偏差、 F 数极限偏差与 F 数的名义值之比的百分数应符合表6-14的规定。

人像镜头 F 数的偏差

表 6-14

F 数的名义值	F 数的极限偏差 E_v	F 数的极限偏差/ F 数的名义值(E_v) %
光圈全开	+0.14 -0.15	±5
5.6以下	±1/3	+12 -11
5.6—8	±1/2	+19 -16
8以上值	±2/3	-26 -21

1.2.3 渐晕系数

光圈全开时,在镜头全视场80%处的渐晕系数应在40%以上。

1.2.4 分辨率

1.2.4.1 各种画幅的分辨率要求应符合表6-15的规定。

人像镜头分辨率

表 6-15

分辨率 (lp/mm)	视场	中心视场	中心以外视场
底片画幅(mm)			
165×120		24	8
216×165		21	7
305×254		18	6

1.2.4.2 任何视场任何区域分辨率不得低于分辨率图案的最低组数。

1.2.5 杂光

$$\text{杂光系数 } C \left(\frac{\text{像面上杂光曝光量}}{\text{像面上全部曝光量}} \times 100\% \right) \leq 4\%$$

1.2.6 色增生指数

色增生指数按ZB Y 240—84《照相镜头的色增生指数》标准。

2 放大镜头 (ZB Y 264—84)

本标准适用于各种规格黑白放大机所使用的镜头。

2.1 参数系列

2.1.1 焦距系列标准值为:

35、45、50、(58)、75、80、90、105、135、150、180、210、240、300(mm)。

2.1.2 F数刻度值的标准系列为:

1、1.4、2、2.8、4、5.6、8、11、16

镜头最小F数允许不符合标准系列中的数字,但以后的数值应从本系列中选取。

2.2 技术要求

2.2.1 焦距

实测焦距 f_s 与名义焦距 f_n 之差的绝对值不得超过名义焦距的5%,即:

$$\left| \frac{f_s - f_n}{f_n} \right| \times 100\% \leq 5\%$$

2.2.2 F数

F数的极限偏差、F数极限偏差与F数的名义值之比的百分数应符合表6—16的规定。

放大镜头F数偏差

表 6—16

F数的名义值	F数的极限偏差 E_V	F数的极限偏差/F数的名义值(E_V) %
光圈全开	+0.14 -0.15	±5
5.6以下	±1/3	+12 -11
5.6—8	±1/2	+19 -16
8以上	±2/3	+26 -21

2.2.3 渐晕系数

光圈全开时,在镜头全视场80%处的渐晕系数应在40%以上。

2.2.4 分辨率

各种画幅的分辨率要求应符合表6—17的规定。

放大镜头分辨率

表 6—17

分辨率 (lp/mm)	底片画幅尺寸 (mm)	分辨率		
		60×60	60×90	24×36
级别				
JI		12.5以上		20以上
II		9以上		15以上
III		5以上		9以上

2.2.5 镜头外形尺寸

镜头外形尺寸见表6—18、图6—2。

放大镜头外形尺寸 (mm)

表 6—18

名 称		尺 寸
镜头定位截距	a	43 以 上
镜头座定位面到镜筒后端面的尺寸	b	15 以 下
镜头座定位面到镜筒前端面的尺寸	l	34 以 下
镜筒最大半径	r	28 以 下

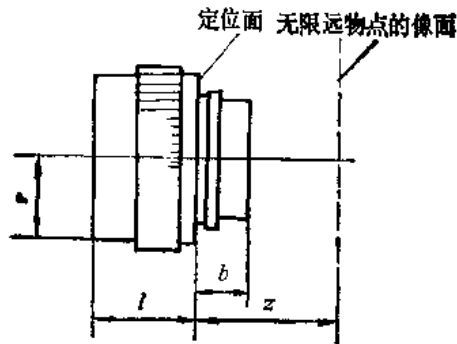


图 6—2 放大镜头外形尺寸

第三节 电影放映物镜及投影仪物镜技术条件

1 电影放映物镜技术条件 (表6—19) 根据JB 1786—76和JB 1787—76标准编写。

电影放映物镜技术条件

表 6—19

参 数	镜头类型	35mm电影放映物镜(JB 1786—76)	16mm电影放映物镜 (JB 1787—76)
	基本参数	焦距系列 f' (mm)	90、100、110、120、130、140、150、 160、170、180
光圈数系列 F		1.7、1.8、1.9、2、2.1、2.2、2.3、 2.4、2.5、2.6	1.1、1.2、1.3、1.4、1.5、1.6、 1.7、1.8
技术要求	焦距误差: $ f_1 - f /f$ (%) $ f_2 - f_1 /f_1$ (%)	≤ 1 ≤ 1.5	≤ 3 ≤ 2

续表 6-19

参 数	镜头类型	35mm电影放映物镜(JB 1786-76)		16mm电影放映物镜(JB 1787-76)	
		技术 要 求	相对孔径误差 $[F_1-F]/F_1$ (%)	≤ 2	
	目视分辨率 (lp/mm)	轴上点 500	0.7视场 250	轴上点 600	0.7视场 300
	透光率	$\geq 75\%$		$\geq 75\%$	
	照度均匀性	视场边缘照度不应低于中心照度的85%			

注：表中 f 为焦距名义值； f_1 为焦距的设计值； f_2 为焦距的实测值； F 为光圈数的名义值； F_1 为光圈数的设计值。

2 投影物镜技术条件 (摘自GB 2928-82)

2.1 投影仪基本参数 (表6-20)

投影仪基本参数

表 6-20

名 称	仪 器 型 式								
	250	(300)	400	560	500	600	800	1000	1200
投影屏尺寸 (mm)	$\phi 250$	$\phi 300$	$\phi 400$	560×460	$\phi 500$	$\phi 600$	$\phi 800$	$\phi 1000$	$\phi 1200$
物镜放大率	10×; 20×; 50×; 100×								
物方线视场	投影屏尺寸/放大率								

2.2 投影物镜技术条件 (表6-21)

投影物镜技术条件

表 6-21

指 标 名 称	工作 台 型 式	仪 器 型 式									
		250	(300)	400	560	500	600	800	1000	1200	
包含畸变 在内的物 镜放大率 误差	透射照 明 时	A 型	全 视 场 内					全 视 场 内			
		B 型	$\pm 0.08\%$					$\pm 0.06\%$			
		C 型	$\pm 0.08\%$					$\pm 0.06\%$			
	反射照 明 时	A 型	$\leq \pm 0.15\%$								
物镜分辨率	A 型	放大率	每1mm中应分辨出的线对数								
			中心 $\frac{2}{3}$ 视场范围 内 ^①	边缘 $\frac{1}{3}$ 视场范围 内 ^②	中心 $\frac{2}{3}$ 视场范围 内	边缘 $\frac{1}{3}$ 视场范围 内					
		10×	79.4	63	79.4	59.5					
		20×	133	112	133	100					
B 型	30×	211	168	200	150						
	100×	266	211	251	200						
C 型	10×	79.4	63	79.4	59.5						
	20×	133	112	133	100						
	30×	211	168	200	150						
	100×	266	211	251	200						

指标名称	工作台 型式	仪 器 型 式										
		250	(300)	400	560	500	600	800	1000	1200		
投影屏上 的照度 (勒克司)	透射照 明 时	放大率	中心2/3视场范围内									
		A 型	10×	40								
		B 型	20×	30								
		C 型	50×	20								
		C 型	100×	15								
		边缘1/3视场范围内的照度不低于中心实际照度的70%										
	反射照 明 时	A 型	投影屏上的照度以能清晰观察物体轮廓像为准									
		B 型										
		C 型										
物镜的场曲	A 型	放大率	调 焦 量 (mm)									
		10×	0.2	0.3			0.4					
		B 型	20×	0.09	0.15			0.15				
		C 型	50×	0.06	0.06			0.06				
		C 型	100×	0.04	0.04			0.05				

注：A型表示简易型工作台；B型表示轻型工作台；C型表示重型工作台。

- ① 中心2/3视场范围内——距影屏中心2/3半径以内的视场范围内。
- ② 边缘1/3视场范围内——距影屏中心2/3半径以外的视场范围内。

第四节 照相机镜头系列

目前我国，135型、120型和大型照相机用的交换镜头品种约有70种以上。但其中有些镜头在光学性能上差异很小，应当进行简化、统一；另外，摄影技术不仅用于人物、风景摄影，而且已扩展到科学研究、军事、公安、新闻、文体等领域中，这就需要生产品种多样化，且具有通用性、高性能、标准化的系列镜头，因此制定我国的“照相机镜头系列”是非常必要的。下面分别介绍我国各种不同型号照相机的镜头系列。

1 35mm照相机定焦距镜头系列 (GB ×××—××)

本标准适用于35mm照相机使用的定焦距可换镜头。

35mm照相机可换定焦距镜头系列，应符合表6—22的规定，其中最大相对孔径和最近摄影距离为优先选用系列。

可换定焦距镜头系列

表 6—22

焦距标准值 (mm)	最大相对孔径不小于		最近摄影距离 (至像面) (mm)
	大孔径镜头	一般镜头	
7.5	1:4	1:5.6	0.5
10	1:2.8	1:5.6	0.5
12	1:2.8	1:5.6	0.35

焦距标准值 (mm)	最大相对孔径不小于		最近摄影距离 (至像面)小于 (m)
	大孔径镜头	一般镜头	
14	1:2.8	1:5.6	0.35
16	1:2.8	1:5.6	0.5
18	1:2.8	1:4.5	0.25
20	1:2.8	1:4.5	0.25
24	1:2.8	1:4	0.3
28	1:2	1:3.5	0.3
35	1:2	1:3.5	0.35
40	1:2	1:3.5	0.4
50	1:1.4	1:2.8	0.5
58	1:2	1:3.5	0.6
85	1:1.8	1:3.5	0.9
105	1:2	1:4	1
135	1:2.8	1:4.5	1.3
200	1:2.8	1:4.5	1.5
300	1:4	1:5.6	3
400	1:4.5	1:5.6	4
500	1:4.5	1:8	5
600	1:5.6	1:8	8
800	1:5.6	1:8	14
1000	1:6.3	1:11	20
1200	1:11	1:16	25
1500	1:11	1:16	35
2000	1:11	1:16	50
2500	1:11	1:16	60

注：摄影画幅尺寸采用 $24 \times 36\text{mm}^2$

2 35mm照相机变焦距镜头系列 (GB × × ×—× ×)

本标准适用35mm照相机使用的变焦距可换镜头。

35mm照相机可换变焦距镜头系列应符合表6-23的规定，其中最大相对孔径和最近摄影距离为优先选用系列。

35mm照相机变焦距镜头系列

表 6-23

焦距标准值 (mm)	最大相对孔径不小于		最近摄影距离 (至像面)小于 (m)
	大孔径镜头	一般镜头	
20—35	1:3.5	1:5.6	0.5
28—55	1:3.5	1:5.6	0.6
28—70	1:3.5	1:5.6	0.6
28—85	1:3.5	1:4.5	0.9
28—135	1:4	1:5.6	1.5
35—70	1:2.8	1:4.5	0.7

续表 6-23

焦距标准值 (mm)	最大相对孔径不小于		最近摄影距离 (至像面)小于 (m)
	大孔径镜头	一般镜头	
35-105	1:2.8	1:4.5	1.5
35-135	1:3.5	1:5.6	1.5
35-210	1:3.5	1:5.6	2
50-135	1:3.5	1:4.5	1.5
50-300	1:4.5	1:6.3	2.5
70-210	1:3.5	1:5.6	1.2
80-200	1:3.5	1:5.6	1.8
85-300	1:3.5	1:5.6	2.5
100-200	1:4.5	1:5.6	2.5
100-300	1:5	1:6.3	2.5
200-400	1:5	1:6.3	3.5
150-600	1:5.6	1:8	4
360-1200	1:11	1:16	8.5

注：摄影画面尺寸采用 $24 \times 36 \text{mm}^2$

3 120照相机定焦距镜头系列 (GB $\times \times \times - \times \times$)

本标准适用120照相机使用的定焦距可换镜头。120照相机可换定焦距镜头系列应符合表6-24的规定，其中最大相对孔径和最近摄影距离为优先选用系列。

120照相机定焦距镜头系列

表 6-24

焦距标准值 (mm)	最大相对孔径不小于		最近摄影距离 (至像面)小于 (m)
	大孔径镜头	一般镜头	
24	1:4	1:5.6	0.3
30	1:3.5	1:4.5	0.3
40	1:4	1:5.6	0.4
50	1:3.5	1:5.6	0.5
60	1:3.5	1:5.6	0.7
75	1:3.5	1:5.6	0.8
80	1:2.8	1:4.5	0.8
90	1:3.5	1:4.5	1
105	1:3.5	1:5.6	1
120	1:4.5	1:6.3	1.2
150	1:3.5	1:6.3	1.5
200	1:4	1:5.6	2
250	1:4.5	1:6.3	2.5
350	1:5.6	1:8	5
500	1:5.6	1:8	8.5
600	1:5.6	1:8	12
800	1:5.6	1:11	15
1000	1:8	1:11	30

注：摄影画幅尺寸可采用 6×4.5 、 6×6 、 6×7 、 $6 \times 9 \text{mm}^2$

4 座式照相机镜头系列 (GB ×××—××)

本标准适用于使用大画幅底片的座机和便携式座机的定焦距镜头，航空摄影机及其它用途照相机的镜头不包括在内。

座式照相机镜头系列应符合表6—25的规定，其中最大相对孔径为优先选用系列。

座式照相机镜头系列

表 6—25

焦距标准值(mm)	视 场 角	最大相对孔径	摄影画幅尺寸(英寸/cm)
65	98°	1:4.5	4×5/9×12
75	90°	1:4.5	4×5/9×12
90	102°	1:5.6	5×7/13×18
100	96°	1:5.6	5×7/13×18
135	79°	1:5.6	5×7/13×18
150	73°	1:4.5	5×7/13×18
180	63°	1:4.5	5×7/13×18
210	56°	1:4.5	5×7/13×18
240	57°	1:4.5	6×8/15×21
300	65°	1:5.6	10×12/24×30
360	56°	1:5.6	10×12/24×30
420	49°	1:6.3	10×12/24×30
480	44°	1:6.3	10×12/24×30

5 电影摄影物镜系列 (JB 2384—78)

本标准适用于35mm、16mm、8.75mm摄影机使用的定焦距及变焦距摄影物镜，不包括变形及特殊用途的摄影物镜。

本系列主要考虑了电影摄影的需要，同时考虑了国防及科研等方面的部分需要。

5.1 35mm定焦距摄影物镜系列应符合表6—26及表6—27的规定，其中表6—26规定的系列为优先选用系列，表中最大相对孔径及摄影距离的数值为参考数值。

35mm定焦距摄影物镜优先选用系列

表 6—26

焦距/的标准值(mm)	视 场 范 围	最大相对孔径	摄影距离 (m)
16	80°44'	1:1.2或1:2	0.25—∞
20	68°26'	1:1.2或1:2	0.30—∞
28	51°49'	1:1.2或1:2	0.40—∞
40	37°34'	1:1.2或1:2	0.60—∞
85	18°11'	1:1.2或1:2	0.75—∞
150	10°22'	1:2.8	2—∞
300	5°12'	1:4	6—∞
600	2°36'	1:4.5	10—∞
1000	1°34'	1:6.3	—
2000	0°47'	1:10	—

注：摄影画幅尺寸按22×16mm²计算。

35mm定焦距摄影物镜系列

表 6-27

焦距 f 的标准值 (mm)	视场范围	最大相对孔径	摄影距离 (m)
18	74°9'	1:2	0.3—∞
25	57°6'	1:2	0.3—∞
35	42°28'	1:2	0.4—∞
50	30°26'	1:2	0.75—∞
75	20°34'	1:2	0.75—∞
100	15°30'	1:2	1—∞
800	1°57'	1:5.6	—
1500	1°2'	1:8	—

注：摄影画面尺寸按 $22 \times 16\text{mm}^2$ 计算。

5.2 35mm变焦距摄影物镜系列，应符合表6-28的规定，其中最大相对孔径及摄影距离为参考数值。

35mm变焦距摄影物镜系列

表 6-28

焦距 f 的标准值 (mm)	变焦倍数	视场范围	最大相对孔径	摄影距离 (m)
20—100	5×	68°26'—15°29'	1:2.8	0.7~∞或1~∞
25—125	5×	57°6'—12°25'	1:4	0.5—∞
20—120	6×	68°26'—12°56'	1:2.8	1—∞
20—200	10×	68°26'—7°47'	1:3.2	1.5—∞
25—250	10×	57°5'—6°13'	1:3.2	1.7—∞
25—500	20×	57°5'—3°7'	1:4	2—∞

注：摄影画面尺寸按 $22 \times 16\text{mm}^2$ 计算。

5.3 16mm定焦距摄影物镜系列应符合表6-29的规定，其中最大相对孔径及摄影距离为参考数值。

16mm定焦距摄影物镜系列

表 6-29

焦距 f 的标准值 (mm)	视场范围	最大相对孔径	摄影距离 (m)
8	77°25'	1:1.8	0.25—∞
10	65°19'	1:1.1或1:1.8	0.25—∞
16	43°40'	1:1.1或1:1.8	0.25—∞
25	28°46'	1:1.1或1:1.4	0.30—∞
50	14°36'	1:1.8	0.60—∞
100	7°20'	1:2.8	1—∞
300	2°26'	1:4	5—∞
500	1°28'	1:5.6	6—∞
1000	0°44'	1:6.3	10—∞

注：摄影画面尺寸按 $10.4 \times 7.5\text{mm}^2$ 计算。

5.4 16mm变焦距摄影物镜系列应符合表6-30的规定，其中最大相对孔径及摄影距离为参考数值。

16mm变焦距摄影物镜系列

表 6-30

焦距 f 的标准值 (mm)	变焦倍数	视场范围	最大相对孔径	摄影距离 (m)
9.5—57	6×	68°1'—12°50'	1:1.8	1—∞
12.5—75	6×	54°18'—9°46'	1:2.2	1—∞
12.5—100	8×	54°18'—7°20'	1:2.2	1.2—∞
9.5—95	10×	68°1'—8°43'	1:2.2	0.75—∞或1—∞
12—120	10×	56°13'—6°7'	1:2.2—1:2.8	1.5—∞
10—150	15×	65°19'—4°53'	1:2.2	1—∞
12—240	20×	56°13'—3°3'	1:3.5—1:4.8	1.5—∞

注：摄影画面尺寸按 $10.4 \times 7.5\text{mm}^2$ 计算。

5.5 8.75mm变焦距摄影物镜系列应符合表6-31的规定，其中最大相对孔径及摄影距离为参考数值。

8.75mm变焦距摄影物镜系列

表 6-31

焦距 f 的标准值 (mm)	变焦倍数	视场范围	最大相对孔径	摄影距离 (m)
6—60	10×	67°20'—7°37'	1:1.4	1—∞
9—36	4×	47°53'—12°40'	1:1.8	1.2—∞
9—54	6×	47°53'—8°13'	1:1.8	1.2—∞

注：摄影画面尺寸按 $6.43 \times 4.75\text{mm}^2$ 计算。

第五节 国内部分照相镜头产品系列(目录)

为了给光学技术人员和使用单位选用、订货提供方便,本节列出了国内部分实际生产并经鉴定合格的产品目录及生产厂家。其中包括照相相机镜头、放大机镜头、复印机镜头、电影摄像镜头及电影放映镜头等产品系列。

1 照相相机镜头产品系列 (表6-32)

产品名称	型号	光学性能				主要用途和技术要求	生产厂家	备注
		焦距 (mm)	相对孔径 f	视场角 2ω (°)	拍摄物距 (m)			
135照相相机镜头系列 (1)广角镜头	PH-35	35	2.8	64	0.3—∞	与DF型照相相机配套使用	长春第二光学仪器厂	
	823			62				
	凤凰JC303		0.5—∞					
	DFSJ-135	36	1.5—∞					
(2)中焦镜头	PH-135	135	2.8	18	卡口式	与DF型照相相机配套使用	长春第二光学仪器厂	
	822							
	凤凰JC303							
	DFSJ-200	200	3.5	2—∞				
长焦镜头	8B	500	5	5	1.5—∞		上海照相相机总厂	
	VW III	7000	10	2°30'	2.5—∞		北京照相相机总厂	
	HJ 3.5/35-70	35 70	3.5	—	1—∞		天津照相相机总厂	

表 6-32

照相相机镜头产品系列

续表 6-32

产品名称	型号	光学性能				主要用途和 使用要求	生产厂	备注
		焦距 (mm)	相对孔径 $f/\#$	视场角 $2\omega(^{\circ})$	像面尺寸 (mm)			
艺术人像 镜头系列	晨光F135	135	4.5	55	6	适用于室内 外人像、景物 摄影、翻拍文 件等	天津照相机厂	柔光档位 0-5
	XIS-180	180		54			北京608厂	
	晨光F180						天津照相机厂	
	JR4.5/180			56			天津第二光学仪器厂	
	RL180-I			54			上海照相机四厂	连接螺纹 M56 x 0.75
	YF180			53			扬州光学仪器厂	
	IS-210	210		54	7		北京608厂	
	XIS-240	240			8			
	IS-240							
	晨光F240						天津照相机厂	
	RL240-I							
	RL240-II			56			上海照相机四厂	连接螺纹 为M65 x 0.75
	YF240			53			扬州光学仪器厂	
	YF300	300						
	XIS-360	360	5.6	54	12			
	IS-360		4.5	53			北京608厂	柔光档位 0-5
晨光F360					天津照相机厂			

放大镜头产品系列 (表6-33)

放大镜头产品系列

表 6-33

产品名称	型号	光学性能			主要用途和 技术要求	生产厂	备注
		焦距 (mm)	相对孔径 $F/\#$	像面尺寸 (mm)			
放大镜头 系列	FD-50	50	3.5	24 × 36	与放大机配 套使用	北京照相机总厂	
	晨光FD150		2.8			天津照相机厂	
	晨光F50		3.2			上海照相机三厂	
	F50		4.5			重庆第二光学仪器厂	
	JS58/3.5	58	3.5			北京608厂	
	长城	75	3.5	60 × 60		北京照相机厂	
	长城CF		4.5			天津照相机厂	
	晨光F75		4.5			天津第三光学仪器厂	
	75mm		4.5			上海照相机总厂	
	923		3.7				
	924						
	F75-I						
	F75-II		3.5				上海南江光学仪器厂
	F75-III						
	YF75		3.5				扬州光学仪器厂
	西湖W75		4.5				杭州照相机械研究所实验工
JS75/3.5		3.5			重庆第二光学仪器厂		
FD175-II		4.5			昆明市光学仪器厂		
长城		4.5			北京608厂		
F80		5.6	60 × 90		上海照相机三厂		

产品名称	型号	光学性能				主要用途和 技术要求	生产厂	备注
		焦距 (mm)	相对孔径 $F/\#$	像面尺寸 (mm)	连接螺纹			
放大镜头 头系列	长城	90	4.5	60×90	M39×1	与放大机配 套使用	北京608厂	
	晨光90/4.5		4.5	60×70			天津照相厂	
	F100	100	5.6	80×100			上海照相厂	
	长城	105	4.5	60×90			北京608厂	
	晨光F105				天津照相厂			
	西湖F105				杭州照相机械研究所			
	JS105/4.5				重庆第二光学仪器厂			
	长城	135	3.5		北京608厂			
	晨光F135		4.5		天津照相厂			

3 复印机镜头产品系列 (表6—34)

复印机镜头产品系列

产品名称	型号	光学性能				主要用途和 使用要求	生产厂	备注
		焦距 (mm)	相对孔径	倍率	视场角			
复印机镜头 A1、A2幅面复印 机镜头	A1P0-450	450	1:10—1:12P	1:1	在标准倍率 下像幅尺寸 $\phi 580\text{mm}$ $\phi 670\text{mm}$	用于静电复印机和制 版机	湖州照相厂 湖州照相厂	4组1片 4组6片
	A1P0-600	600	1:9—1:12R	1:1				
	曙光FY450	450	1:10	1:2—1:4	45°	同 上	天津市照相社总厂 天津市照相社总厂	1组1片
	曙光FY600	600	1:10	1:2—1:4	42°			
	F3-450	450	1:10	1:1	线视场 700mm 1100mm 1100mm	YY 奉化仪器厂、衡 阳复印机厂、太仓复印 机厂、天津复印设备厂 等复印机配套	杭州照相机械研究所 杭州照相机械研究所	北展生产 6组16片
	F3-650	650	1:10	1:1				
	F3-700	700	1:10	1:1				
	FY A、B、C、D	500	1:11	1:1	1:1		上海九学德厂	1组1片

表 6—34

线表 6—34

产品名称	型号	光学性能				主要用途和 使用要求	生产厂	备注	
		焦距 (mm)	相对孔径	倍率	视场角				接口尺寸(或) 外形尺寸
A3 幅面复印机镜头	晨光FX150	150	1:4	1:1	50°	M64×0.5	天津市照相机总厂	代派德式	
	晨光FX150 II	150	1:4	1:1	50°	M64×0.5	同上	半现代反射镜	
	晨光FX150 III	150	1:4	1:1	50°	M64×0.5	同上	组8片	
	FF150	150	1:4.5	1:1	50°	φ53.5	杭州照相机械研究所	叉寸式	
	FYA3-300	300	1:5	1:1			上海光学镜头厂	对称式	
	FY-300	300	1:5.8	1:1		φ146×110	武汉光学仪器厂		
	YF150	150	1:6	1:1	48°	M45×1	扬州光学仪器厂	对称, 半组	
	YP210	210	1:5.8	1:1	36°	M70×0.75	扬州光学仪器厂	全对称	
	YF210	210	1:5.6	1:1	36°	φ80×110	武汉光学仪器厂	全对称	
	FY- II	150	1:4.5	1:1	50°	φ42×59	辽宁盖县熊岳光学仪器厂	双高斯半组	
FY- III	210	1:5.6	1:1	36°	φ71×85	辽宁盖县熊岳光学仪器厂	四组六片		
FY- IV	106	1:6	1:1	32°	φ43×38	辽宁盖县熊岳光学仪器厂	四组六片		
B4 幅面复印机镜头	FF210	210	1:5.6	1:1	线视场2y 300mm 200mm 260mm	M69×0.75	杭州照相机械研究所	叉寸式全对称	
	FF280	280	1:4.5	1:1		M81.5×0.75	杭州照相机械研究所	同上	
	FF106	106	1:5.6	1:1		φ46.2×16	杭州照相机械研究所	同上	
	FYB4-130	130	1:7	1:1			上海光学镜头厂	对称式	
	FJ 2	150	1:6	1:1	50°	φ75×70.6	湖南邵阳市第一光学仪器厂	半现代反射式	
	FJ 1	210	1:5.6	1:1	40°	φ54×36.9	湖北沙市第一光学仪器厂	同上	

4 电影摄影、放映镜头产品系列 (表6—35)

电影摄影、放映镜头产品系列

表 6—35

产品名称	型 号	光 学 性 能		主要用途和使用要求	生 产 厂	备 注
35mm 电影 摄影镜头	JS35	焦距 (mm)	相对孔径	35mm 电影摄影用	北京608厂	
		16	1:2			
		20	1:2			
		20	1:1.4			
		28	1:2			
		28	1:1.4			
		35	1:2			
		35	1:1.4			
		40	1:2			
		50	1:2			
		50	1:1.4			
		75	1:2			
		75	1:2			
		85	1:1.4			
		150	1:2.8			
		300	1:4			
600	1:4.5					
800	1:5.6					
1000	1:6.3					
1500	1:8					
2000	1:10					
35mm 电影 变焦距摄影镜头	JS35-5×20	20—100	1:2.8		长春第二光学仪器 厂	
	JS35-10×18	18—180	1:3.2			
	DJS35-3X	25—75	1:1.4			
	JS35-10X	25—250	3.2—32			
	JS35-30X	25—750	3.2—32			
	JSB-1	25—250	3.2—32			
16mm 电影 摄影镜头	JS-16	10	1:1.2		北京608厂	
		16	1:1.2			
		25	1:1.2			

续表 6-35

产品名称	型号	光学性能		主要用途和使用要求	生产厂	备注
		焦距 (mm)	相对孔径			
16mm 电影摄影镜头	JS-15	50	1:1.2	16mm 电影摄影用	北京608厂	
16mm 电影变焦距摄影镜头	JS16-10X	9—90	1:2.2	16mm SX-16K 型新闻快速摄影机用	秦皇岛视听设备技术研究中心	可提供不同安装卡口座
	JS16-20X	11.5—230	1:1.5			
	JS16-	12.5—75	1:2.2	16mm 电影、电视摄影用		
	JS16-15X	10—150	2.2—3.2	16mm 电影摄影用	长春第二光学仪器厂	
	JS16-10X	9.5—95	1:2.2			
	JS16-20X	10—200	3.2/4.8—22			
特种后座倍率镜头	JB2X	24—240	1:4.4	将16mm 电影变焦距镜头变为35mm 电影变焦距镜头用	北京608厂	
35mm 电影放映镜头	JF35	60	1:1.5	35mm 电影放映用	北京608厂	
		70	1:1.4			
		70	1:1.6			南京电影机械厂 甘肃光学仪器厂 北京608厂
		80	1:2			北京608厂
		80	1:1.6			
		80	1:1.8			哈尔滨、南京电影机械厂 连云港市光学仪器厂
		80	1:1.7			甘肃光学仪器厂
		85	1:2			沈阳电影反光镜厂
		85	1:1.8			哈尔滨电影机械厂
		90	1:2			北京608厂 南京电影机械厂
		90	1:1.6			北京608厂
		90	1:1.7			哈尔滨电影机械厂 甘肃光学仪器厂
		100	1:2			北京608厂
		100	1:1.7			哈尔滨电影机械厂
		110	1:2			北京608厂 南京电影机械厂
110	1:1.8		北京608厂 哈尔滨电影机械厂			

续表 6-35

产品名称	型 号	光 学 性 能		主要用途和以后要求	生 产 厂	备 注
		焦距 (mm)	相对孔径			
35mm 电影 放映镜头	JF35	120	1:2	35mm 电影放映用	北京608厂 沈阳电影反光镜厂 哈尔滨电影机械厂 南京电影机械厂 郑州光学仪器厂	
		120	1:1.7		沈阳电影反光镜厂	
		120	1:1.8		北京608厂	
		120	1:1.9		甘肃光学仪器厂	
		130	1:2		北京608厂 哈尔滨电影机械厂 南京电影机械厂	
		140	1:2		北京608厂 沈阳电影反光镜厂 甘肃光学仪器厂 锦州、哈尔滨、南京电影机械厂	
		150	1:2		北京608厂 沈阳电影反光镜厂 哈尔滨、南京电影机械厂	
		160	1:2		北京608厂 哈尔滨电影机械厂	
		170	1:2		北京608厂 沈阳电影反光镜厂 哈尔滨、南京电影机械厂	
		200	1:3		南京电影机械厂	
35mm 立体 电影放映镜头	LJF35	60	1:1.48	35mm 立体电影放映用	南京电影机械厂	
35mm 电影 变焦距放映镜头	BJF35	90—150	1:1.9	35mm 电影放映用	郑州光学仪器厂	
35mm 宽银 幕电影放映镜头	JFK-2X	变形系数: 2倍		35mm 宽银幕电影放映用	长春第二光学仪器厂 哈尔滨电影机械厂 甘肃光学仪器厂	
	A100-35	变形系数: 2倍			锦州、南京电影机械厂	

续表 6-5

产品名称	型号	光学性能		主要用途和使用要求	生产厂 备注
16mm电影 放映镜头	JF16	焦距 (mm)	相对孔径	16mm电影放映用	南京电影机械厂 甘肃光学仪器厂 南京电影机械厂 甘肃光学仪器厂 北京608厂 沈阳电影反光镜厂 南京电影机械厂 甘肃、连云港市光学仪器厂 哈尔滨电影机械厂 郑州光学仪器厂 哈尔滨电影机械厂
		50	1:1.2		
		50	1:1.4		
		60	1:1.3		
		63	1:1.2		
		65	1:1.5		
		65	1:1.4		
		65	1:1.48		
75	1:1.8				
16mm宽银 幕电影放映 镜头	JFK16-2X	变形系数: 2倍		16mm宽银幕电影 放映用	北京608厂 长春第二光学仪器 厂 哈尔滨、南京电影 机械厂 甘肃光学仪器厂
16mm电影 放映变倍套 镜	JFB16	变倍系数: 0.7—1.4		装在16mm放映主 镜头前, 能在不同距 离的放映场地放映电 影	南京电影机械厂
8.75mm电 影放映镜头	JF8.75	焦距 (mm)	相对孔径	8.75mm电影放映 用	北京608厂 长春电影机械厂
		30	1:1.2		
		40	1:1.2		
8.75mm宽 银幕电影放映 镜头	JFK8.75-2X	变形系数: 2倍		8.75mm宽银幕电 影放映用	
超8mm电影 变焦距放映 镜头	JF-S8	16.5	1:1.5	超8mm电影放映用	北京608厂
幻灯放映 镜头	XD60	60	1:3	幻灯放映用	北京608厂
	XD85	85	1:2.8		
	JH50	50	1:2.5	PH150型幻灯机用	重庆第二光学仪器 厂
	JH100-3A	100	1:3		
	JH200	200	1:5		

第六节 照相机像幅尺寸

1 照相机像幅尺寸 (ZB Y 180—83)

该标准只规定了普通照相机的像幅尺寸,不适用于立体摄影。像幅的形状和尺寸如图 6—3、表 6—36 所示。

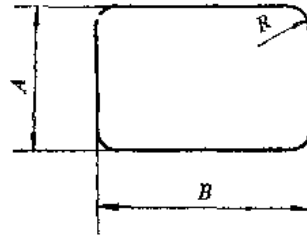


图 6—3 照相机像幅形状和尺寸

照相机像幅尺寸 (mm)

表 6—36

像幅名义尺寸	像幅基本尺寸		极限偏差	R (max)
	A	B		
10×14	10	14	+0.5	0.5
12×12	12	12	0	
12×17	12	17	0	
18×24	17	24	+0.8	
21×24	24	21	0	
24×36	24	36	0	
45×60	41.5	56	±1.0	0.8
60×60	56	56		
60×90	56	82.6		

注: ① 所指像幅尺寸不是照相机本身的画框尺寸,而是指被摄影胶片的像幅尺寸。
② 尺寸A、B对可以换镜头的照相机,则在使用标准镜头的情况下才是适用的。

2 航空摄影测量照相机的像幅尺寸 (ZB Y104—82) (见表6—37)

航空摄影测量照相机像面尺寸 (mm)

表 6—37

名称	像面尺寸		焦距
一八片	X	180	70、100、200
	Y	180	
二三片	X	230	88、152、213、304
	Y	230	

注: X、Y为直角坐标。

3 座式照相机像幅尺寸 (ZB Y 237—84) (见表6—38)

座式照相机像幅尺寸 (mm)

表 6—38

胶片规格	胶片尺寸	像幅尺寸
165×120	$165_{-2} \times 120_{-2}$	$156_{-0.5}^{+1} \times 111_{-0.5}^{+1}$
216×165	$216_{-2} \times 165_{-2}$	$207_{-0.5}^{+1} \times 156_{-0.5}^{+1}$
305×254	$305_{-2} \times 254_{-2}$	$296_{-0.5}^{+1} \times 245_{-0.5}^{+1}$

4 便携式座式照相机像幅尺寸 (ZB Y 236—84) (见表6—39)

便携式座式照相机像幅尺寸 (mm)

表 6—39

胶片规格	胶片尺寸	像幅尺寸
120×82.5	$120_{-2} \times 82.5_{-2}$	$112 \pm 0.5 \times 74.5 \pm 0.5$
165×120	$165_{-2} \times 120_{-2}$	$156_{-0.5}^{+1} \times 111_{-0.5}^{+1}$
216×165	$216_{-2} \times 165_{-2}$	$207_{-0.5}^{+1} \times 156_{-0.5}^{+1}$
305×254	$305_{-2} \times 254_{-2}$	$296_{-0.5}^{+1} \times 245_{-0.5}^{+1}$

第七节 摄影用滤光镜

为了提高摄影效果,在照相机镜头上常常加上不同颜色的滤光镜,本节介绍有关玻璃滤光镜的三个标准:

- (1) 摄影用玻璃滤光镜的通用规则;
- (2) 摄影用色滤光镜;
- (3) 摄影用中性玻璃滤光镜。

1 摄影用玻璃滤光镜的通用规则 (GB ×××—××)

1.1 适用范围

1.1.1 本标准适用于摄影用的玻璃滤光镜。或经过镀膜处理的玻璃滤光镜的通用规则。(以下简称滤光镜)

1.1.2 本标准适用于螺纹框滤光镜、罩盖框滤光镜及平框滤光镜。以上三种滤光镜都应符合表6—41的要求。

1.1.3 本标准不适用于航空摄影测量等特殊用途的滤光镜及供特殊摄影镜头使用的滤光镜。

1.2 术语定义

1.2.1 有效孔径

一束平行光垂直于滤光镜玻璃表面入射时,透过滤光镜后的最小直径,为有效孔径。

1.2.2 滤光镜的透过偏角

一束平行光垂直于滤光镜玻璃任一表面入射时，透过滤光镜的光束相对于入射光束方向的偏角。(以下简称偏向角)

相对于原入射光束方向的夹角。

1.2.3 滤光镜的分辨率

通过滤光镜观察的物体表面上，被确认分开的二点间最小间隔对滤光镜所成的张角。

1.3 一般性能

滤光镜的性能用偏向角、分辨率及焦距来表示。

1.3.1 偏向角

不管有效孔径为多少，滤光镜的偏向角 δ 都必须在 $3'$ 以内。

1.3.2 分辨率①

注：① 分辨率标准系列与GB321—80（优先数和优先数系）所规定的基本系列R10相同。

沿滤光镜各个直径方向测定的分辨率应在 $165/D_0$ (D_0 为有效孔径) 以下，根据有效孔径 D_0 决定的分辨率允许极限值在 $5''$ 以下时为 $5''$ ，若超过 $5''$ 则应按表 6—40 中标准系列② 选取 5；6.3；8；10；…… ($''$)。

注：② D_0 的单位为 mm，对 D_0 的数值应按“GB11—81 数字修约规则”修约成整数。

摄影用滤光镜分辨率

表 6—40

有效孔径 D_0 (mm)	分辨率 ($''$)
≤ 11	≤ 16
$\geq 12 \leq 14$	≤ 12.5
$\geq 15 \leq 18$	≤ 10
$\geq 19 \leq 23$	≤ 8
$\geq 24 \leq 29$	≤ 6.3
≥ 30	≤ 5

1.3.3 焦距

有效孔径 D_0 为不同值时，沿滤光镜各直径方向测定的焦距 $f_{\text{允}}$ 应符合下列条件。

1.3.3.1 滤光镜焦距的绝对值应不小于 $6.9D_0$ (m)。

按有效孔径 D_0 求出焦距的允许极值未满 100 m 时，其尾数应化整。以 10 m 为单位进位，当超过 100 m 时，其尾数应化整，以 100 m 为单位进位（见表 6—41）。

滤光镜焦距

表 6—41

有效孔径 D_0 (mm)	焦距 $ f $ (m)
10	≥ 70
11	≥ 80
12 13	≥ 90
14	≥ 100
$\geq 15 \leq 28$	≥ 200
$\geq 29 \leq 43$	≥ 300
$\geq 44 \leq 57$	≥ 400
$\geq 58 \leq 72$	≥ 500
$\geq 73 \leq 86$	≥ 600
$\geq 87 \leq 101$	≥ 700

1.3.3.2 沿滤光镜直径方向, 所测得焦距的差异是以任意两个直径方向的焦距之比值来表示, 其值应为0.5~2。但是, 当所测焦距绝对值大于 $14D_0$ (m) 时, 本标准不作规定。

2 摄影用色滤光镜

2.1 适用范围

本标准对于符合《摄影用玻璃滤光镜的通用规则》的色滤光镜作了规定。这里的滤光镜是指在350~800nm波长范围内, 大量吸收透过临界波长以下的光, 而使大于该波长的光尽可能多地透过的色滤光镜(以下简称滤光镜)。

本标准未作规定的事项仍参照《摄影用玻璃滤光镜的通用规则》。

2.2 术语的定义(参阅图6-4)

2.2.1 高透过区和高透过临界波长

滤光镜的透射比在72%以上的波长范围称为高透过区。滤光镜高透过区极限处所对应的波长称为高透过临界波长。

2.2.2 吸收区和吸收临界波长

滤光镜的透射比在5%以下的波长范围称为滤光镜吸收区。滤光镜吸收区极限处所对应的波长称为吸收临界波长。

2.2.3 波长倾斜幅度

滤光镜的光谱透过率曲线上, 高透过临界波长与吸收临界波长之间的波长间隔。

2.2.4 透过临界波长

对应于滤光镜波长倾斜幅度中点的波长。

2.3 符号

2.3.1 锐截止符号

色滤光镜用锐截止符号“S”表示。

2.3.2 透过临界波长符号

滤光镜的透过临界波长符号即将波长值以10nm为单位的整数表示。

2.3.3 颜色符号

滤光镜的颜色是按透过临界波长划分, 其符号如表6-42。

颜色	颜色符号	透过临界波长的符号
无色	I	≤ 42
黄色	Y	43-52
橙色	O	53-59
红色	R	≥ 60

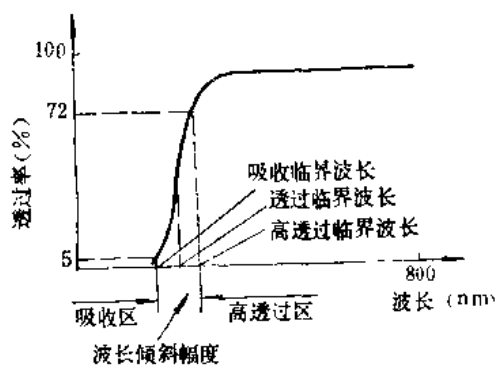


图 6-4

2.4 种类

滤光镜的种类, 原则上分以下几种, 如表6-43。

滤光镜种类

表 6-43

SI 39	SY44	SO56	SR60
	SY48		SR64
	SY52		

2.5 光谱特性

滤光镜在350~800nm波长范围内的光谱透射比必须满足以下条件:

- 2.5.1 波长倾斜幅度不大于35nm。
- 2.5.2 透过临界波长与2.3.2的符号所表示的波长之差不大于5nm。
- 2.5.3 高透过区的透射比平均值不小于85%。
- 2.5.4 比吸收临界波长小30nm以上的吸收区的透射比不大于1%。

2.6 名称

滤光镜的名称由锐截止符号、颜色符号、透过临界波长符号依次排列组成。示例:SY44。其中S是锐截止符号,表示色滤光镜;Y表示黄色;44表示透过临界波长为440nm。

3 摄影用中性玻璃滤光镜 (GB ×××—××)

本标准适用于在400~700nm波长范围内只改变光的强度而不改变光谱成分的中性玻璃滤光镜(以下简称滤光镜)。

本标准中未作规定的有关事项按《摄影用玻璃滤光镜通用规则》的规定。

3.1 术语定义

3.1.1 平均透射比

在波长400nm到700nm范围内的滤光镜分光透射比的平均值,这分光透射比的平均值,是取下面 τ_b 、 τ_s 及 τ_r 所示的算术平均值。

τ_b 为在波长405nm、435nm和465nm处的滤光镜透射比的平均值;

τ_s 为在波长510nm、545nm和565nm处的滤光镜透射比的平均值;

τ_r 为在波长610nm、635nm和655nm处的滤光镜透射比的平均值。

3.1.2 曝光倍数

对一定亮度的被摄体摄影时,为了获得正确曝光量,镜头加上滤光镜与不加滤光镜时所需曝光时间之间的比值。滤光镜的曝光倍数 m 由下式求得:

$$m = \frac{100}{\tau}$$

式中 τ 为滤光镜的平均透射比(%)。

3.1.3 曝光补偿系数

镜头装上滤光镜摄影时,为了获得正确曝光量,必须加大镜头光圈档数进行补偿的值。滤光镜的曝光补偿系数 P 由下式求得:

$$P = \log_2 \frac{100}{\tau} = 3.32 (2 - \lg \tau)$$

3.2 符号

3.2.1 中性密度的光谱特性用ND来表示。

3.2.2 曝光倍数按3.1.2的公式求出 m 、用mX来表示。 m 与 τ 对应的范围应按表中的规定。

3.2.3 曝光补偿系数按3.1.3的公式求出 P 、用(P)来标记。 P 与 τ 对应的范围应按表中的规定。

3.3 光谱特性

在400~700nm波长范围内，滤光镜的光谱透射比须满足以下条件（表6—44）。

滤光镜光谱透射比

表 6—44

平均透过率 τ %		曝光倍数 m	曝光补偿系数 P
≥ 59	≤ 84	1.4	0.5
≥ 42	< 59	2	1
≥ 30	< 42	2.8	1.5
≥ 21	< 30	4	2
≥ 15	< 21	5.6	2.5
≥ 11	< 15	8	3

注：本表中对 m 小于1.4和大于8（ P 小于0.5大于3）的滤光镜未作规定。如有必要，可用3.1.2及3.1.3条的公式求出相应的值。

3.3.1 平均透射比 τ (%) 应和曝光倍数 m 或曝光补偿数 P 相对应，并满足表中的规定。

3.3.2 对于光谱透射比 τ_b 、 τ_s 和 τ_r ，其中最大值与最小值之比不超过1.25。

3.4 种类

滤光镜的种类应优先取ND2X, ND4X, ND8X。

3.5 名称

滤光镜的名称由中性符号 (ND) 和曝光倍数符号 (mX) 排列组成。

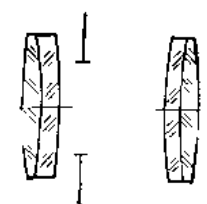
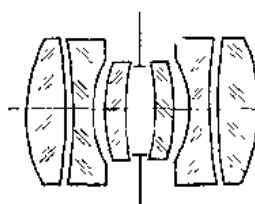
例：ND4X。

第八节 照相物镜典型结构参数

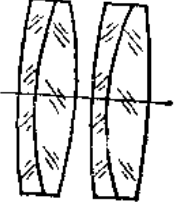
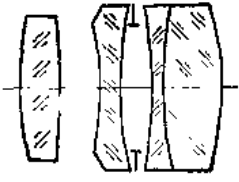
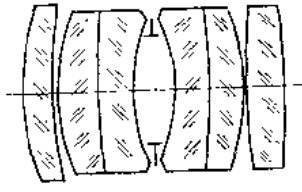
1 投影物镜典型结构参数

投影物镜典型结构参数

表 6—45

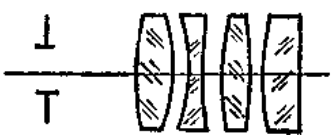
名称	光学性能	结构型式	结构参数			
			r	d	玻璃牌号	D_s
	$\beta = -0.62 \times$ $f' = 236.63$ $\sin U_{\max} = 0.031$ $2y = 27.2$ $l = -444.06$ $l' = 210.34$		287.1	6	K10	36
			-77.276	4.5	F2	36
			-224.9	87.3		36
			光阑	125.2		25
			224.9	4.5	F2	36
			77.276	6	K10	36
			-287.1			36
	$\beta = -1 \times$ $f' = 107.97$ $\sin U_{\max} = 0.047$ $2y = 257$ $l = -195.05$ $l' = 195.05$		30.5	9.67	ZK6	32
			-188.8	0.1		32
			-181.52	3.17	QF1	32
			21.952	2.34		23
			32.89	5.0	ZK3	18
			54.95	1.89		18
			光阑	1.89		16

续表 6-15

名称	光学性能	结构型式	结构参数			
			r	d	玻璃牌号	D_s
			-54.95 -32.89 -21.952 181.52 188.8 -30.5	5.0 2.34 3.17 0.1 9.67	ZK3 QI-1 ZK6	16 18 23 32 32 23
	$\beta = -2.6 \times$ $f' = 16.31$ $\sin U_{\max} = 0.03$ $2y = 1$ $l = -14$ $l' = 53.12$		79.62 11.324 -14.997 79.62 11.324 -14.997	1.0 4.5 5.2 1.0 4.5	F4 BaK2 F4 BaK2	
	$\beta = -5 \times$ $f' = 236.69$ $\sin U_{\max} = 0.05$ $2y = 56.9$ $l = -272.59$ $l' = 1387.4$		88.10 -207.5 -63.10 97.50 光阑 -115.61 86.90 -54.20	7.8 9.0 3.9 1.6 3.5 2.25 12.0	ZK7 QF3 TF1 ZK8	29.5 26.6 32
	$\beta = -10 \times$ $f' = 138.90$ $\sin U_{\max} = 0.1$ $2y = 27.7$ $l = -116.38$ $l' = 1516.9$		54.83 171.0 53.83 111.94 33.27 光阑 -34.36 -108.39 -44.26 527.80 -119.95	6.8 0.5 7.9 7.0 11.2 11.2 7.0 7.9 0.5 6.8	ZK7 ZK7 F2 F2 ZK7 ZK7	31.4 29.0 29.0 31.0 31.0 32.6
	$\beta = -20 \times$ $f' = 80.56$ $\sin U_{\max} = 0.17$ $2y = 14.8$ $l = -60.18$ $l' = 1597$		43.65 157.76 29.65 95.28 20.61 光阑 -24.10 -78.52 -28.77 136.14 -125.10	5.0 0.4 5.0 5.0 7.0 7.0 5.0 5.0 0.4 5.0	ZK7 ZK7 F2 F2 ZK7 ZK7	29.0 27.4 31.9 26.0 25.6

1721

续表 6-45

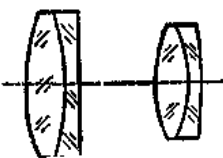
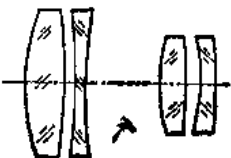
名称	光学性能	结构型式	结构参数			
			r	d	玻璃牌号	D_0
	$\beta = -30\times$ $f' = 11.75$ $\sin U_{\max} = 0.25$ $2y = 2.06$ $l = -8.49$ $l' = 358.86$		光阑	6.44		
			16.363	2.7	ZK7	5.89
			-21.230	0.7		7.2
			-11.376	1.0	ZF6	7.1
			52.970	1.0		
			20.510	2.3	ZK7	7.6
			-20.510	1.0		
			12.706	2.7	ZK7	7.3
			∞			

注: β 为垂轴放大率; f' 为物镜像方焦距; U_{\max} 为轴上物点入射光束的最大锥顶角($2U_{\max}$)的一半; $2y$ 为物方线视场; l 为自物镜第一面顶点到轴上物点的距离; l' 为自物镜最后一面顶点到轴上像点的距离; r 为曲率半径; d 为顶点间距; D_0 为零件有效孔径。

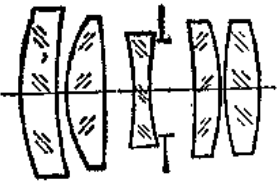
2 放映物镜典型结构参数

放映物镜典型结构参数

表 6-46

名称	光学性能	结构型式	结构参数			
			r	d	玻璃牌号	D_0
	$f' = 31.50$ $D/f' = 1:1.2$ $l'_F = 12.06$ $2\omega = 13.5^\circ$		32.81	8.0	BaF4	26
			-32.81	2.4	ZF6	26
			-566.5	23.0		24
			20.0	8.0	ZK6	19
			-17.5	1.7	ZF6	19
			-81.1			17
			102.026	18.6	K9	
			-102.026	5.5	BaF8	64
			∞	100.58		
			64.448	15.8	K9	
-54.519	4.2	ZF1	48			
-248.43						
	$f' = 64.11$ $D/f' = 1:1.5$ $l'_F = 12.92$ $2\omega = 12^\circ$		52.48	12.6	ZK11	46
			-147.23	2.2		43
			-101.39	3.4	ZF6	41
			233.9	47.0		39
			31.26	17.5	ZK11	31
			-134.59	5.8		27
			-38.02	3.3	ZF6	22
			-179.47			21

续表 6-46


名称	光学性能	结构型式	结构参数						
			r	d	玻璃牌号	D_0			
	$f' = 130.78$ $D/f' = 1:2$ $l'_F = 48.78$ $2\omega = 12^\circ$		97.28	14.8	ZK11	66			
			-170.61	0.7	ZF6	65			
			-152.05	4.4		65			
			1202.3	88.0		65			
			99.08	9.5	ZK11	51			
			-167.11	4.5	ZF6	48			
			-91.83	3.7		48			
			-257.0			48			
				$f' = 160.8$ $D/f' = 1:2$ $l'_F = 65.5$ $2\omega = 10^\circ$		106.17	18.0	ZK11	83.0
						-205.1	2.7	ZF1	78.0
-157.04	6.3	76.5							
233.9	93.0	71.0							
95.28	20.0	ZK11				57.0			
-134.59	13.2	ZF6				52.0			
-80.72	6.0					44.5			
-512.9						38.5			
	$f = 90.25$ $D/f' = 1:2$ $l'_F = 58.42$ $2\omega = 17^\circ$					106.17	7.5	ZK11	
						205.1	0.5	ZK9	
			65.16	11.4					
			-611.88	15.3					
			-67.30	6.7	ZF5				
			71.78	3.5	ZBaF4				
			光阑	9.0					
			-749.9	10.8					
			-58.34	0.2	ZK9				
			184.07	8.1					
			-140.93						

注: f' 为物镜像方焦距; D/f' 为相对孔径; l'_F 为像方顶焦点; 2ω 为物方视场角。

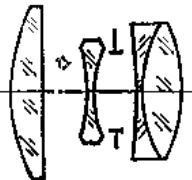
3 国内部分照相物镜典型结构参数见表6-47(a)

照相物镜典型结构参数

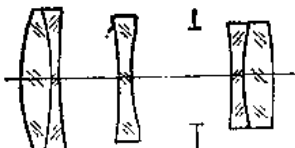



表 6-47(a)

名称	光学性能	结构型式	结构参数				备注
			r	d	玻璃牌号	D_0	
三片型照相物镜	$f' = 23.81$ $D/f' = 1:3.5$ $l'_F = 17.58$ $2\omega = 13^\circ$		9.26	2.5	ZK6	7.12	
			-63.39	1.98	ZF1	5.53	
			-14.791	1.0		5.53	
			8.63	1.98	ZK6	6.82	
			22.91	2.5		6.82	
						-13.092	

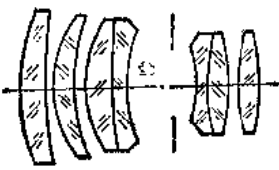
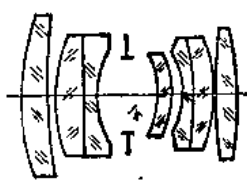
续表 6-47(a)

名称	光学性能	结构型式	结构参数				备注
			r	d	玻璃牌号	D	
三片型照相机物镜	$f' = 74.98$ $D/f' = 1:3.5$ $l'_F = 64.18$ $2\omega = 56^\circ$		28.25	3.7	ZK5	23	
	$f' = 196.47$ $D/f' = 1:4.5$ $l'_F = 168.20$ $2\omega = 30^\circ$		-781.44 -42.885 28.5 光阑 160.972 -32.795	6.62 1.48 4.0 4.17 4.38	F6 ZK11	18 18 19.5	
天塞型照相机物镜	$f' = 49.92$ $D/f' = 1:2.8$ $l'_F = 40.19$ $2\omega = 47^\circ$		18.57	4.62	ZK11	30	
	$f' = 79.96$ $D/f' = 1:4.5$ $l'_F = 65.217$ $2\omega = 30^\circ$		∞ -33.58 16.996 光阑 218.33 16.36 -25.0	3.43 1.08 2.85 0.87 1.08 4.51	F1 QF14 ZBaF16	15 19.6 19.2	
			26.736	5.71	ZBaF3	28.5	
			-213.84 -33.094 22.543 光阑 -342.65 21.515 -26.964	7.29 1.76 3.72 3.56 1.51 6.35	ZF11 F6 ZBaF20	27.6 15.2 13.2 14.0 16.5 18.9 20.0	
	$f' = 299.12$ $D/f' = 1:4.5$ $l'_F = 258.99$ $2\omega = 20^\circ$		81.06	12	ZK5	72	
			∞ -183.65 75.16 光阑 -580.8 76.56 -119.12	13.7 5.4 5.2 12.03 4.2 16.0	QF3 TF1 ZK10	60 60 60	

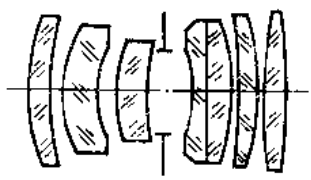
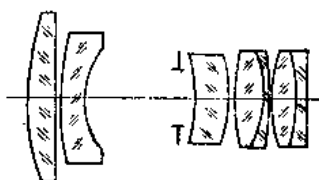
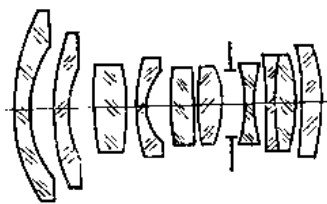
续表 6-47(a)

名称	光学性能	结构型式	结构参数				备注
			r	d	玻璃牌号	D_0	
	$f' = 210.57$ $D/f' = 1:4.5$ $l'_F = 185.09$ $2\omega = 56^\circ$		56.49	10.6	ZK8	48	
	-93.11 ∞ -116.95 52.0 光阑 -428.5 49.89 -80.72		2.7 5.51 2.6 7.0 4.0 2.7 11.6	BaK7 QF5 K12 ZK7	48 45 41.8 39.5 40.3 40.8 42 42		
	$f' = 599.99$ $D/f' = 1:2$ $l'_F = 538.13$ $2\omega = 30^\circ$		206.858	21.32	LaK2	108	
	-277.826 2731.95 -289.699 202.22 光阑 -1145.51 214.115 -227.999		5.69 29.19 7.91 3.64 38.27 5.95 25.33	TF3 TF3 TF3 LaK2	102 96 69 64 63.5 90 97 102		
	$f' = 49.89$ $D/f' = 1:1.7$ $l'_F = 23.15$ $2\omega = 26.6^\circ$		47.04	10.0	ZK6	33.2	
	-188.98 304.13 23.02 58.61 光阑 -183.16 15.41 26.3 -39.55		3.0 0.4 3.5 7.0 3.0 5.0 6.05 5.0	ZF6 ZK6 ZF3 ZBaF3	30 30 28.4 25.6 22 19 17 21.2 21.2		
双高斯型照相物镜	$f' = 33.93$ $D/f' = 1:2$ $l'_F = 25.42$ $2\omega = 47.7^\circ$		22.86	2.71	BaK8	18	
	108.64 15.136 ∞ 9.954 光阑 -9.954 50.0 -13.49 206.5 -25.7		0.32 3.83 1.04 2.89 2.9 1.07 3.77 0.17 2.97	ZK6 QF3 QF3 ZK6 ZK6	16 12.4 12.5 11.5 14.5 18		

续表 6-47(a)

名称	光学性能	结构型式	结构参数				备注
			r	d	玻璃牌号	D	
双高斯型照相物镜	$f' = 76.43$ $D/f' = 1:2.8$ $l'_F = 12.06$ $2\omega = 41.6^\circ$		38.9	7.0	ZK12	40.0	
			106.66	0.1		37.2	
			24.77	8.73	ZK12	31.4	
			3436.00	1.7	ZBaF4	27.0	
			16.558	10.3		20.0	
			光阑	10.3		16.6	
			-19.543	3.3	ZBaF4	22.0	
			-92.9	6.43	ZK12	29.0	
			-27.16	0.1		32.0	
			291.4	6.9	ZK12	39.0	
	-52.72			40.0			
	$f' = 100.03$ $D/f' = 1:3$ $l'_F = 56.41$ $2\omega = 46^\circ$		41.3	8.93	ZK11	55.6	
			95.94	0.2		55.6	
			27.42	9.22	ZK7	13.4	
			66.53	2.35	F3	43.4	
			18.323	16.37		32.0	
			光阑	14.37		20.0	
			-21.43	2.35	F5	36.0	
			169.9	9.9	BaK9	37.4	
			-28.05	0.2		39.4	
293.3			8.93	ZBaF5	53.2		
-57.54			53.2				
$f' = 20.59$ $D/f' = 1:1$ $l'_F = 7.57$ $2\omega = 47^\circ$		36.56	2.8	LaF3	26		
		92.04	0.1				
		17.989	2.7	LaF7	19		
		31.05	0.05				
		11.041	4.7	LaK3	16.4		
		100.69	1.0	ZF6	16.4		
		6.281	3.1				
		光阑	1.25		10.4		
		-10.965	1.0	ZF2	11.1		
		15.922	4.6	LaF7	11.4		
		-15.922	0.1				
		16.368	5.1	LaF7	19		
		-75.81					
$f' = 100.13$ $D/f' = 1:2.5$ $l'_F = 64.49$ $2\omega = 60^\circ$		54.95	9.7	ZK6	69.12		
		214.7	0.2		68.8		
		46.1	9.5	ZK10	53.88		
		382.2	5.9	F2	50.62		
		29.78	9.14		31.4		
		光阑	9.0		27.2		
		-27.0	3.6	ZBaF2	27.7		
		-24.04	3.24		30.78		
		-22.02					

续表 6—47(a)

名称	光学性能	结构型式	结构参数				备注
			r	d	玻璃牌号	D	
			-130.24	2.3	F2	33.04	
			-32.32	8.6	ZK6	47.7	
			279.60	0.7		60	
			-89.13	8.4	ZK10	60	
	$f' = 51.85$ $D/f' = 1:1.4$ $l'_F = 37.91$ $2\omega = 45^\circ$		42.17	7.2	ZK9	46	
			189.23	0.1		16	
			27.86	9.7	ZF2	37	
			16.943	4.9		25	
			56.49	8.4	ZK10	25	
			53.58	2.8		23	
			光阑	6.15		22	
			-17.338	2.3	ZF7	22	
			1023.3	9.5	LaK2	30	
			-27.23	0.1		29	
			-124.74	5.1	LaK2	33	
			-32.14	0.1		33	
			67.14	4.1	ZBaF20	36	
			-247.2			36	
	$f' = 39.71$ $D/f' = 1:2$ $l'_F = 61$ $2\omega = 41^\circ$		143.70	14	ZF5	20.7	
			∞	2.1			
			167.61	12.85	BaF6	57.6	
			33.11	91.82			
			光阑	16.48		28	* 德
			-85.51	18	BaSF51*	40.2	司
			-69.82	1.4			法
			155.60	16.3	ZBaF3	44.1	国
			-42.36	4.0	ZF3	15.7	
			-190.11	0.4			
			80.91	14.0	LaK12*	46.4	
			-113.24	7.0	ZF5	45.1	
			∞				
	$f' = 24.03$ $D/f' = 1:2.8$ $l'_F = 40.99$ $2\omega = 34^\circ$		41.5	3.2	BaK11	47.2	
			23.07	7.06		37.8	
			48.75	2.5	BaK11	36.9	
			23.55	6.47		31.7	
			109.65	9.16	BaF3	30.8	
			-85.51	1.75		27.2	
			29.65	1.4	LaF2	21.4	
			11.298	4.66		17.7	
			38.5	5.28	ZF7	17.5	
			688.7	0.1		16.2	
			77.45	10.98	K9	15.9	
			-15.181	2.94		16.2	
			光阑			14.5	

台 2 2 7 号

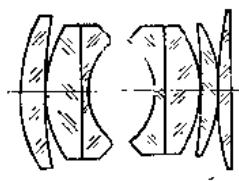

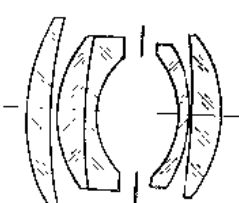
续表 6-47(a)

名称	光学性能	结构型式	结构参数				备注
			r	d	玻璃牌号	n_D	
			-21.70	2.92			13.9
			44.87	1.96	ZF2		14.2
			-335.0	0.72			14.2
			75.34	1.15	ZF7		15.0
			-18.45	4.28	OK3		17.0
			-190.0	0.1			19.2
			-28.05	3.34	LaF2		20.2

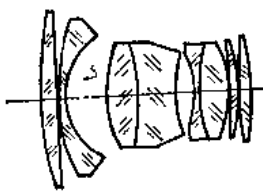
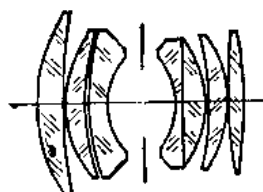


4 国外部分照相物镜典型结构参数见表6-47(b)

国外照相物镜结构参数

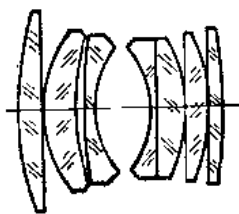
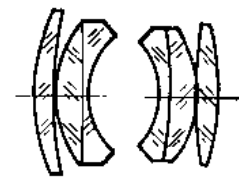
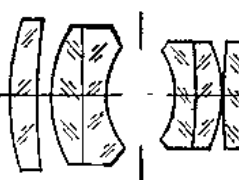
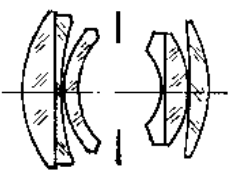
表 6-47(b)

名称	光学性能	结构型式	结构参数				备注
			r	d	n_D	ν	
大孔径 长工作截 距摄影镜 头	$f' = 1$ $2\omega = 46^\circ$ $D/f' = 1:1.1$ $l'_F = 0.75$		0.7655				
			2.5053	0.1260	1.66446	35.9	
			0.5736	0.0019			
			12.4041	0.1686	1.69350	53.4	
			0.3240	0.0329	1.64831	33.8	
			-0.2892	0.3256			
			-3.8760	0.0407	1.69895	30.1	
			-0.4535	0.1647	1.71300	53.9	
			-2.3256	0.0039			
			-0.6357	0.0833	1.67790	55.5	
			1.5504	0.0019			
-16.8774	0.0620	1.71300	53.9				
大孔径 电影摄影 物镜	$f' = 100$ $2\omega = 8^\circ$ $D/f' = 1:1.8$		89.19	8.95	1.61375	56.3	
			-521.30	0.69			
			51.25	15.48	1.62041	60.3	
			96.35	5.51			
			-97.66	5.16	1.71736	29.5	
			42.24	12.39			
			173.49	12.39	1.62041	60.3	
-45.47							
大孔径 广角摄影 物镜	$f' = 0.98$ $2\omega = 64^\circ$ $D/f' = 1:2$ $l'_F = 0.656$		0.4722	0.0611	1.67790	55.5	
			1.0550	0.0194			
			0.2886	0.0750	1.74443	49.4	0.1194*
			1.0000	0.0306	1.78472	25.7	= 0.1134
			0.2989	0.2194*			+ 0.1080
			-0.2336	0.0278	1.78472	25.7	
			-0.3306	0.0028			
			-1.5833	0.0778	1.73350	51.1	
			-0.3539				

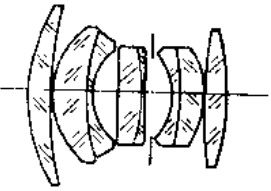

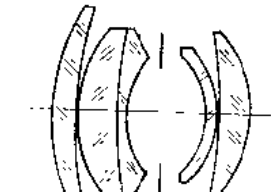
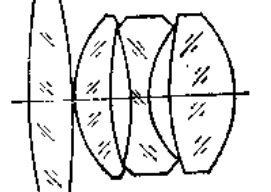
续表 6—17(b)

名称	光学性能	结构型式	结构参数				备注				
			r	d	n_D	ν					
长后截 距大孔径 摄影物镜	$f' = 1$ $2\omega = 62^\circ$ $D/f' = 1:2$ $l'_F = 1.1342$		3.2117	0.10833	1.71300	53.9	0.14722* = 0.07200 + 0.07522				
			∞	0.00278							
			1.3889	0.06111	1.51680	64.0					
			0.4778	0.31111							
			0.8945	0.22778	1.66755	41.9					
			-1.6278	0.29167	1.51454	54.6					
			0.9444	0.14722*							
			-0.5992	0.02778	1.78470	26.1					
			1.0775	0.19444	1.74443	49.4					
			-0.7172	0.00278							
			-3.0556	0.08333	1.76684	46.2					
			-1.0691	0.00278							
			3.6111	0.06944	1.74400	44.9					
			-2.1985								
双高斯 型物镜	$f' = 1$ $2\omega = 46^\circ$ $D/f' = 1:1.4$ $l'_F = 0.7098$		0.7075	0.128	1.62041	60.3	0.326* = 0.163 + 0.163				
			3.6570	0.003							
			0.5083	0.087	1.69350	53.4					
			0.8919	0.014							
			1.1600	0.087	1.58215	42.0					
			0.2894	0.326*							
			-0.2924	0.020	1.75520	27.5					
			14.8000	0.116	1.69350	53.4					
			-0.4807	0.003							
			-1.4500	0.089	1.80610	40.7					
			-0.5004	0.003							
			2.0800	0.060	1.69350	53.4					
			-2.5945								
			双高斯 型物镜	$f' = 1$ $2\omega = 46^\circ$ $D/f' = 1:1.4$ $l'_F = 0.75$		0.7655		0.1260	1.66446	35.9	0.3256* = 0.1600 + 0.1656
2.5053	0.0019										
0.5736	0.1686	1.69350				53.4					
12.4041	0.0329	1.64831				33.8					
0.3240	0.3256*										
-0.2892	0.0407	1.69895				30.1					
-3.8760	0.1647	1.71300				53.9					
-0.4535	0.0039										
-2.3256	0.0833	1.67790				55.5					
-0.6357	0.0019										
1.5594	0.0620	1.71300				53.9					
-16.8774											
双高斯 型物镜	$f' = 1$ $2\omega = 48^\circ$ $D/f' = 1:1.4$ $l'_F = 0.6959$					1.15720		n_g			
						-76.27345	0.1044	1.72055	47.69		
			0.51319	0.0019							
			0.98070	0.1369	1.78868	43.62					
			1.75657	0.0306							

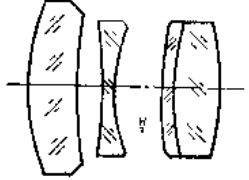
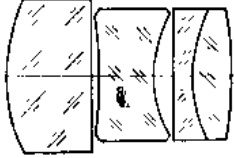
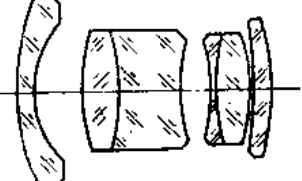
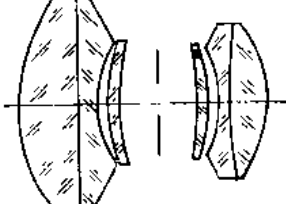
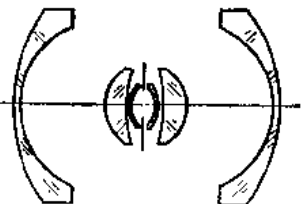
续表 6-47(b)

名称	光学性能	结构型式	结构参数				备注
			r	d	n_D	ν	
			0.35550 -0.36599 -7.84738 -0.57576 -12.43738 -0.73012 9.06032 -1.73118	0.0440 0.2316 0.0287 0.1149 0.0010 0.0929 0.0010 0.0565	1.72311 1.79180 1.78368 1.74795	29.39 25.90 43.62 44.49	
双高斯型摄影或电影摄影物镜	$f' = 100$ $2\omega = 36^\circ$ $D/f' = 1:2$ $l'_F = 71.9$		63.05 121.37 37.88 575.52 25.52 -30.88 -134.40 -41.25 864.04 -82.71	6.13 0.38 10.73 2.30 24.91 3.83 10.35 0.38 7.28	1.78868 1.68081 1.59910 1.81262 1.78868 1.78868	43.62 55.31 38.98 25.28 43.62 43.62	
双高斯型摄影物镜	$f' = 100$ $2\omega = 45^\circ$ $D/f' = 1:1.8$ $l'_F = 61.56$		75.20 271.65 42.71 ∞ 27.56 -28.72 -1023.62 -39.66 220.67 -93.18	9.00 4.03 10.59 7.91 22.02* 7.0 8.97 0.1 7.97	1.720 1.720 1.720 1.605 1.657 1.691	47.5 12.0 29.3 38.0 57.2 54.8	22.02* = 11.01 + 11.01
双高斯型广角物镜	$f' = 100$ $2\omega = 58^\circ$ $D/f' = 1:2.8$ $l'_F = 84.53$		42.61756 -360.4458 72.23246 30.76853 22.70012 -24.25732 360.4458 -30.76853 -360.4458 -46.53649	11.62507 1.30278 0.12838 3.49673 27.68711* 1.29879 8.99159 0.09991 7.31316	1.7170 1.6490 1.7618 1.7618 1.6398 1.7440	42.2 38.2 26.5 26.5 34.6 41.9	27.68711* = 14.14410 - 13.54271
中心快门式大孔径摄影物镜	$f' = 1$ $2\omega = 50^\circ$ $D/f' = 1:1.4$ $l'_F = 0.515$		0.756 2.140 0.397 0.920	0.1040 0.0022 0.1600	1.83400 1.69686	37.2 55.6	

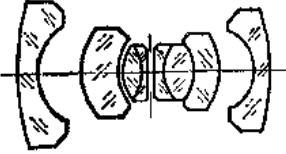
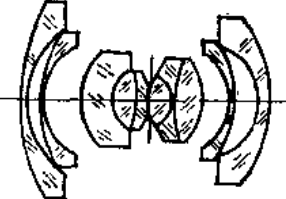
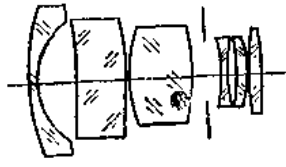
续表 6-47(b)

名称	光学性能	结构示意图	结构参数				备注
			r	d	n_D	ν	
			0.263 5.000 -9.700 ∞ -0.303 -1.500 -9.402 2.230 -1.178	0.0240 0.1120 0.1160 0.0240 0.1180* 0.1240 0.1200 0.0022 0.0960	1.72825 1.83930 1.74077 1.55270 1.69680 1.80610	28.3 45.0 27.7 35.4 55.6 45.7	0.1180* = 0.23 -0.188
大孔径 摄影物镜	$f' = 1$ $2\omega = 46^\circ$ $D/f' = 1:1.4$ $l'_F = 0.6927$		0.34100 10.81836 0.52000 1.59239 1.75000 0.33128 -0.32000 7.10000 -0.42385 5.34000 -1.18001 1.45000 6.34901	0.125 0.002 0.128 0.016 0.043 0.335* 0.030 0.160 0.002 0.060 0.002 0.042	1.62041 1.67003 1.69342 1.74677 1.74400 1.77250 1.77250	67.2 47.2 32.0 27.7 44.7 49.5 49.5	0.335* = 0.1675 +0.1675
改进的 高斯型五 片式摄影 物镜	$f' = 100.7$ $2\omega = 55^\circ$ $D/f' = 1:2.8$ $l'_F = 72.3$		45.8 83.0 30.6 109.2 19.3 -18.3 -24.3 -123.0 -28.0	5.50 0.12 9.80 2.10 19.40* 2.40 0.12 7.80	1.6668 1.6935 1.6889 1.7283 1.6204	33.1 53.5 31.1 28.3 60.3	19.40* = 9.70 +9.70
	$f' = 100$ $2\omega = 16^\circ$ $D/f' = 1:1.4$ $l'_F = 48.09$ $l'_{z1} = -5.0$		258.4 -258.4 48.6 37.81 -308.7 37.3 93.75 -52.7	5.0* 20.1 1.5 17.1 8.87 12.2 8.64 31.7	1.697 1.697 1.720 1.697	56.0 56.0 29.0 56.0	

续表 8-47(b)

名称	光学性能	结构型式	结构参数				备注
			r	d	r_D	ν	
	$f' = 100$ $2\omega = 56^\circ$ $D/f' = 1:2.8$ $l'_F = 79.91$ $l_{z1} = 0.5$		39.266 283.625 -99.940 35.715 263.763 50.234 -69.533	10.62 5.69 2.53 9.63 2.39 9.19	1.7130 1.6236 1.6261 1.7350	53.89 36.73 39.10 53.28	
	$f' = 100$ $2\omega = 28.68^\circ$ $D/f' = 1:2.7$ $l'_F = 69.47$ $l_{z1} = -17.4$		19.2 1017.5 -121.1 31.9 150.0 34.8 -82.0	17.4* 22.1 2.2 14.6 4.2 5.7 10.8	1.759 1.69 1.53 1.75	52.4 31.5 51.6 52.4	
广角摄影物镜	$f' = 1$ $2\omega = 64^\circ$ $D/f' = 1:2.8$ $l'_F = 1.0364$		0.71390 0.34518 0.74006 -0.69253 0.75612 -0.62723 0.84232 -0.53152 -5.83624 -0.89233	0.06805 0.19462 0.13822 0.23681 0.10888* 0.02450 0.13336 0.00272 0.07349	1.47069 1.72000 1.50173 1.80518 1.73520 1.74400	67.24 50.31 56.46 25.46 41.00 41.9	0.10888* = 0.05 + 0.05888
改进的对称式广角物镜	$f' = 100.24$ $2\omega = 60^\circ$ $D/f' = 1:5.6$ $l'_F = 83.88$		22.79 -774.00 14.65 20.20 31.94 -42.35 -25.83 -14.93 142.70 -17.95	8.98 2.40 1.20 1.89 10.10* 1.37 1.53 1.66 4.77	1.6055 1.5543 1.5201 1.5201 1.6055	60.5 49.3 65.0 65.0 60.5	10.10* = 3.30 + 4.80
超广角镜头	$f' = 1$ $2\omega = 90^\circ$ $D/f' = 1:5.8$ $l'_F = 0.1655$		1.51712 0.79484 0.41764 1.21430 0.27141 0.21875 -0.21875 -0.26565	0.03408 0.81275 0.20318 0.03215 0.02130 0.23346* 0.02130 0.00102	1.700 1.613 1.748 1.748	56.2 59.3 27.9 27.9	0.23346* = 0.11673 + 0.11673

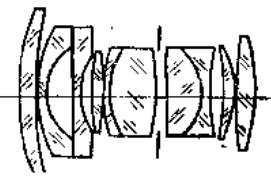
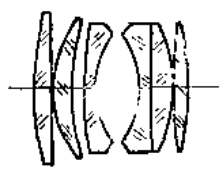
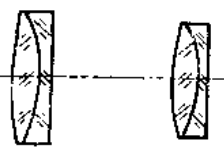
续表 6—47(b)

名称	光学性能	结构型式	结构参数				备注
			r	d	n_D	ν	
			-1.29659				
			-0.41553	0.21553	1.651	58.6	
			-0.76831	0.80937			
			-1.49349	0.03408	1.748	27.9	
超广角 镜头	$f' = 100$ $2\omega = 90^\circ$ $D/f' = 1:2.8$ $l'_F = 32.71$		267.00		n_d		
			48.21	17.00	1.49388	68.1	
			67.64	40.80			
			40.75	35.16	1.66998	39.2	
			45.25	3.04			
			-48.00	16.90	1.67790	55.5	
			-715.00	6.80	1.56138	45.3	5.76*
			893.84	5.76*			= 3.00
			34.85	9.55	1.47069	67.3	-2.76
			-41.50	27.00	1.55753	67.3	
			-36.87	0.70			
			-63.54	24.10	1.85000	29.0	
			-42.55	32.00			
			-199.70	12.50	1.51823	59.0	
超广角 物镜	$f' = 100$ $2\omega = 110^\circ$ $D/f' = 1:4$ $l'_F = 30.8$		163.25		n_d		
			74.41	4.53	1.5168	64.2	
			99.80	14.14			
			53.18	3.96	1.52054	69.7	
			62.21	36.17			
			29.33	26.82	1.74400	44.8	
			-55.22	22.80	1.65100	41.9	
			32.50	6.80	1.59308	35.7	3.90*
			973.65	3.00	1.64350	47.8	= 1.50
			-1385.90	3.90*			+ 2.00
			-21.78	18.00	1.55232	63.5	
			90.00	1.00	1.63636	35.3	
			-57.55	25.80	1.74300	33.3	
			-48.76	22.91			
-83.25	5.96	1.53375	55.3				
-51.42	21.00						
-111.90	10.30	1.64050	60.1				
反远距 广角镜头	$f' = 100$ $2\omega = 62^\circ$ $D/f' = 1:2.8$ $l'_F = 107.292$		133.333		n_D		
			42.083	5.556	1.51451	54.6	
			-258.333	22.222			
			-233.333	27.778	1.51680	64.2	17.222*
			73.056	0.278			= 8.6111
			-133.889	37.500	1.71300	53.9	+ 8.3111
			-59.023	17.222*			
			110.667	4.167	1.71736	23.5	
			-123.611	3.730			

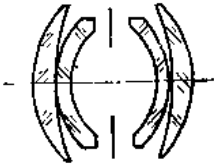
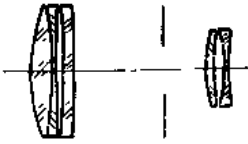
续表 6-47(b)

名称	光学性能	结构型式	结构参数				备注
			r	d	n_D	ν	
			-49.167 277.778 -188.669	7.500 0.278 6.944	1.74443 1.62041	49.4 60.3	
反远距 广角镜头	$f' = 1.0$ $2\omega = 80^\circ$ $D/f' = 1:4$ $l'_F = 1.438$		2.6099 1.1903 8.9468 -3.0154 0.8543 1.3277 -0.9506 -3.4224 0.6728 2.1657 -3.1116 0.6464 6.6224 0.7162 -0.8590	0.1164 0.4384 0.2716 0.1164 1.1251 0.1552 0.0388 0.0039 0.1048 0.0854 0.1552 0.0660* 0.0310 0.1785	1.5014 1.8052 1.4463 1.6385 1.7408 1.5673 1.8052 1.6200 1.7363	56.5 25.5 67.3 55.5 28.1 42.8 25.5 36.3 32.1	0.066* = 0.033 + 0.033
反远距 广角摄影 镜头	$f' = 99.3$ $2\omega = 74.5^\circ$ $D/f' = 1:2$ $l'_F = 133.4$		227.238 76.224 237.762 5956.748 213.252 63.986 117.098 -134.266 321.241 297.203 -106.388 -67.133 253.497 -244.755 -76.923 875.524 -127.295	11.189 22.727 16.434 0.350 6.993 38.461 23.427 15.743 5.245 17.483 20.280* 18.881 4.895 11.888 0.350 12.233	1.62299 1.74400 1.62299 1.77250 1.51680 1.51680 1.78470 1.74443 1.71300	58.1 44.9 58.1 49.5 64.2 64.2 26.1 47.9 53.9	20.28* = 8.00 + 12.28
反远距 广角照相 机镜头	$f' = 1.027$ $2\omega = 80^\circ$ $D/f' = 1:2.8$ $l'_F = 1.548$		2.0873 0.7842 4.6000 -2.9420 1.1160 0.4520 0.8400 -0.8400	0.180 0.300 0.552 0.004 0.092 0.232 0.200	1.62041 1.62280 1.58913 1.57501	60.3 56.9 61.2 41.3	

续表 6-47(b)

名称	光学性能	结构型式	结构参数				注
			r	d	n_d	ν	
			-1.4709	0.054	1.56248	50.9	
			-40.0000	0.088*			
			0.9280	0.160	1.51823	59.0	0.83*
			-0.9280	0.112			=0.180
			1.1768	0.028	1.78470	28.1	-0.058
			-0.7440	0.180	1.66790	55.5	
			-8.8000	0.004			
			-0.9618	0.104	1.76684	46.2	
反远距超广角摄影镜头	$f' = 97.4$ $2\omega = 84^\circ$ $D/f' = 1:2$ $l'_F = 160.7$		204.057 626.767 138.494 52.127 ∞ 67.098 233.682 -633.159 111.159 64.249 -316.204 -2779.380 -55.363 175.371 -261.812 -88.820 339.233 -239.616	18.27 0.82 7.35 26.12 6.12 12.21 9.80 0.82 6.12 14.08 10.61* 32.23 8.16 12.25 12.25 0.82 15.51	n_d 1.744 1.603 1.603 1.516 1.773 1.603 1.773 1.699 1.697 1.67	44.8 60.7 60.7 56.8 49.6 38.0 49.6 30.1 55.6 57.3	10.61* =5.31 +5.3)
应用高折射率的摄影物镜	$f' = 100$ $2\omega = 45.4^\circ$ $D/f' = 1:1.7$ $l'_F = 71.28$		139.28 -15328.50 44.89 94.93 205.55 34.83 -38.37 728.12 -52.83 160.21 -109.11	6.99 0.19 7.98 5.17 4.73 18.98* 4.82 9.01 0.19 5.53	n_D 1.81600 1.81600 1.72825 1.66680 1.81600 1.81600	46.8 46.8 28.3 33.1 46.8 46.8	18.98* =9.04 +9.00
放映物镜	$f' = 100$ $2\omega = 9.16^\circ$ $D/f' = 1:1.9$ $l'_F = 38.4$		90.00 -50.00 ∞ 88.00 -42.00 -386.92	12.5 4.0 79.5* 11.5 3.0	n_D 1.5799 1.6130 1.5904 1.6489	53.8 36.9 61.2 38.8	79.5* =30.0 +49.5

续表 6-17(b)

名称	光学性能	结构型式	结构参数				备注
			r	l	n_D	ν	
对称复制透镜系统	$f' = 0.99$ $2\omega = 50^\circ$ $D/f' = 1:4.5$ $l'/f' = 0.78$		0.217				
			0.435	0.0480	1.62	60.3	
			0.207	0.0004			
			0.147	0.0300	1.72	29.3	0.19*
			-0.147	0.1900*			= 0.095
			-0.207	0.0300	1.72	29.3	+ 0.095
			-0.435	0.0004			
			-0.217	0.0480	1.62	60.3	
大倍率远摄照相机物镜	$f' = 0.9953$ $2\omega = 8^\circ$ $D/f' = 1:4$ $l'/f' = 3.2031$		0.42156				
			-0.88214	0.06676	1.64250	58.09	
			-18.00073	0.01945	1.72830	28.66	
			-1.37288	0.01183			0.2283*
			-5.30649	0.01945	1.65446	33.79	= 0.10290
			0.34202	0.52203*			+ 0.11918
			1.17496	0.02234	1.75787	31.56	
			-0.31069	0.03859			
0.09782	0.09529	1.65016	39.31				

注: n_D, n_d, n_c 分别为 D, d, c 谱线的折射率; ν 为玻璃的色散系数; l_x 为入瞳距离或光阑距 l_x 下标所示面距; 其他符号意义同前。

附 录

几何光学常用术语、符号 (GB 1224—76)

本标准规定在图纸资料和技术文件上普遍常用的可见光部分的几何光学、光学零部件、光学系统等方面的术语和符号。

本标准内符号用汉语拼音字母和希腊字母表示。

一、几何光学

1 符号规则

(1) 点：用大写字母表示。

(2) 线量和角度：近轴区用小写字母表示；远轴区用大写字母表示。

(3) 在物空间和像空间中对应的（同名的或共轭的）量用同一字母表示。但对于像空间的量在字母右上角加“'”。

例如： F, F' ； l, l' ； u, u' ； n, n' 等。

(4) 光学系统的折射面和反射面依照光线进行方向，按先后次序用数字1、2、3、…… k 作为注脚加以区别。

在每面物（像）空间的介质、点、线量、角度等以该面的序号注在规定字母的右下脚。

两相邻面之间的距离用前一面的序号表示。如第一面至第二面之间的距离用 d_1 表示。

(5) 为了表示量的属性和关系，在该量字母右下角加注有关字母。

例如： D, F, C 等谱线的折射率用 n_D, n_F, n_C 等表示；主光线的物方截距用 l_z 表示。

(6) 坐标系：采用以光轴为 X 轴的右手坐标系。 X 轴向右、 Y 轴向上为正。

物面坐标为 X, Y, Z ；像面坐标为 X', Y', Z' 。

入瞳坐标为 ξ, η, ζ ；出瞳坐标为 ξ', η', ζ' 。

方向余弦为 α, β, γ 。

(7) 入射光线从左向右为正向光路；反之为反向光路。不同线量的坐标原点的选择不同。

例如：截距、曲率半径、矢高以表面顶点为原点；焦距以主点为原点；焦物距以焦点为原点；入射高度以轴上点为原点；顶点间距以前一面顶点为原点；像差以理想像点为原点等。

(8) 角度以锐角量度。

斜角由光轴转向光线，顺时针为正，反之为负。

入（折、反）射角由光线转向法线，顺时针为正，反之为负。

球心角由光轴转向法线，顺时针为正，反之为负。

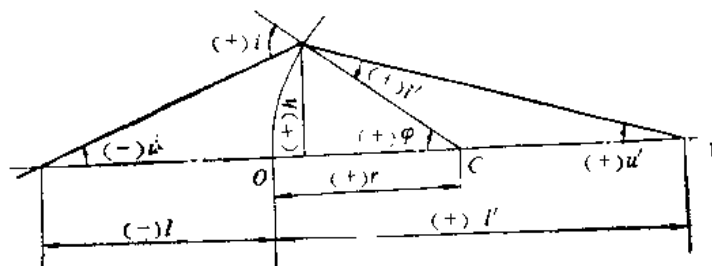


图 A-1 线量和角度正负号示例（使用时括号和正号可省略）

2 主要“点”的术语、符号见表A—1。

“点”的术语、符号

表 A-1

序号	术 语	符 号	说 明
1	顶 点	O	
2	曲 率 中 心	C	
3	焦 点	F, F'	
4	主 点	H, H'	
5	节 点	J, J'	

3 线量的术语、符号见表A—2。

线量的术语、符号

表 A-2

序号	术 语	符 号	说 明
1	曲 率 半 径	r, R	
2	矢 高	x_r	
3	物 方 截 距	l, L	自顶点到入射光线与光轴交点的距离
4	像 方 截 距	l', L'	自顶点到出射光线与光轴交点的距离
5	物 距	l	自光学系统物方主点到轴上物点的距离
6	像 距	l'	自光学系统像方主点到轴上像点的距离
7	物方顶焦点	l_F	自光学系统第一面顶点到系统物方焦点的距离
8	像方顶焦点	l'_F	自光学系统最后一面顶点到系统像方焦点的距离
9	物 方 焦 距	f	自光学系统物方主点到系统物方焦点的距离
10	像 方 焦 距	f'	自光学系统像方主点到系统像方焦点的距离
11	焦 物 距	x	自光学系统物方焦点到轴上物点的距离
12	焦 像 距	x'	自光学系统像方焦点到轴上像点的距离
13	物 高	y	
14	像 高	y'	
15	入 射 高	h	自光轴到光线入射点的距离
16	光 学 间 距	Δ	自前一系统像方焦点到后一系统物方焦点的距离 (显微镜中称光学筒长)。
17	顶 点 间 距	d	前一折 (反) 射面顶点到相邻后一面顶点之间的距离
18	主 点 间 距	d_H, d_H'	自前一系统像方主点到后一系统物方主点距离

4 角度的术语、符号见表A—3。

角度的术语、符号

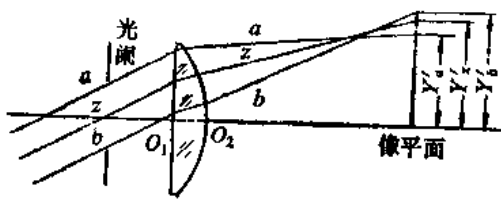
表 A-3

序号	术 语	符 号	说 明
1	入 射 角	i, I	入射光线和法线间的夹角
2	折 (反) 射角	i', I'	折 (反) 射光线和法线间的夹角
3	球 心 角	φ	光轴和法线间的夹角
4	物 方 倾 斜 角	u, U	光轴和入射光线间的夹角
5	像 方 倾 斜 角	u', U'	光轴和出射光线间的夹角
6	物 方 孔 径 角	$2U_{max}$	轴上物点入射光束的最大锥顶角
7	像 方 孔 径 角	$2U'_{max}$	轴上像点出射光束的最大锥顶角
8	物 方 视 场 角	2ω	边缘物点的主光线和光轴夹角的两倍
9	像 方 视 场 角	$2\omega'$	边缘像点的主光线和光轴夹角的两倍
10	偏 向 角	δ	折射棱镜 (楔镜) 使光线偏离原来方向的角度
11	折 射 棱 角	α	二相邻折射面间的夹角

5 像差的术语、符号见表A-4。

像差的术语、符号

表 A-4

序号	术语	符号	说明
1	轴向球差	$\delta L'$	$\delta L' = L' - l'$
2	子午彗差	K_T'	$K_T' = \frac{1}{2} (Y_a' + Y_b') - Y_z'$ <p>式中Y_a'、Y_b'是物空间对称于主光线的两条上、下子午光线(a、b光线)在像平面上的高度</p>  <p style="text-align: center;">图 A-2 子午彗差</p>
3	弧矢彗差	K_S'	$K_S' = Y_S' - Y_z'$ <p>其中Y_S'为弧矢光线在像平面上的高度</p>
4	正弦差	SC'	$SC' = \frac{\sin U_1}{m} = \frac{u_k'}{\sin U_k'} = \frac{l_k' - l_{zk}'}{L_k - L_{zk}'} - 1$
5	细光束子午场曲	x_1'	$x_1' = l_1' - l'$
6	细光束弧矢场曲	x_s'	$x_s' = l_s - l'$
7	像散	$x_{t,s}'$	$x_{t,s}' = x_t' - x_s'$
8	宽光束子午场曲	X_T'	$X_T' = L_T' - l'$

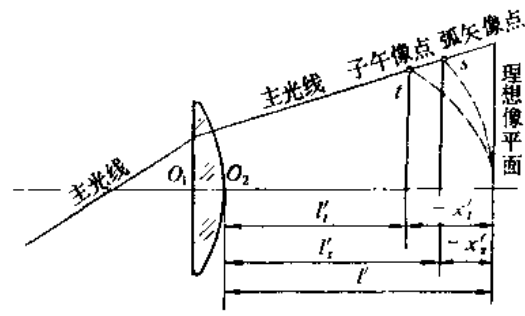


图 A-3 细光束子午、弧矢场曲

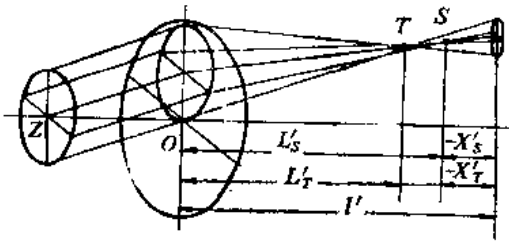


图 A-4 宽光束子午、弧矢场曲

序号	术语	符号	说明
9	宽光束弧矢场曲	X'_S	$X'_S = l'_S - l'$
10	轴外子午球差	$\delta l'_T$	$\delta l'_T = X'_T - x'_T$
11	轴外弧矢球差	$\delta L'_S$	$\delta L'_S = X'_S - x'_S$
12	畸变	$\delta Y'_z$	$\delta Y'_z = Y'_z - y'$
13	相对畸变	q	$q = \frac{\delta Y'_z}{y'} \cdot 100\%$
14	垂轴像差	$\delta Y'$	
15	子午分屋垂轴像差	$\delta Z'$	
16	弧矢分量轴向色差	$\Delta l'_{\lambda_1 \lambda_2}$	$\Delta l'_{\lambda_1 \lambda_2} = l'_{\lambda_1} - l'_{\lambda_2}$ ($\lambda_1 < \lambda_2$)
		$\Delta L'_{\lambda_1 \lambda_2}$	$\Delta L'_{\lambda_1 \lambda_2} = L'_{\lambda_1} - L'_{\lambda_2}$ 例如: $\Delta l'_{FC} = l'_F - l'_C$
17	垂轴色差	$\Delta Y'_{\lambda_1 \lambda_2}$	$\Delta Y'_{\lambda_1 \lambda_2} = Y'_{\lambda_1} - Y'_{\lambda_2}$ ($\lambda_1 < \lambda_2$)
18	二级光谱	$\Delta L'_{\lambda_1 \lambda_2 \lambda}$	λ_1, λ_2 为校正轴向色差的两种波长, λ 是用以计算二级光谱的第三种波长 例如: $\Delta l'_{FCB}$
19	波像差	W	自实际波面到像方参考点的光程减理想波面到同一点的光程
20	波色差	$W_{\lambda_1 \lambda_2}$	自波长 λ_1 波面到波长 λ_2 波面在法线方向的光程

6 有关术语见表A-5。

其他有关术语

表 A-5

序号	术语	符号	说明
1	光学系统		一种或几种光学零部件,按某种要求组合的系统
2	理想光学系统		在均匀介质中,物空间上任意一点发出的所有光线,都会聚到像空间对应点的光学系统
3	光轴		一般指光学系统中的对称轴线。在共轴球面系统中则是各曲率中心的连线
4	物(像)空间		实物(像)和虚物(像)所在的空间,简称物(像)方
5	近轴区		认为满足理想光学系统物像关系的区域
6	远轴区		近轴区以外的区域
7	孔径光阑		限制轴上物点入射光束大小的光阑
8	视场光阑		限制视场范围的光阑
9	入瞳		孔径光阑在系统物方所成的像
10	出瞳		孔径光阑在系统像方所成的像
11	主光线	z	成像光束的中心线或通过孔径光阑中心的光线
12	子午面		轴外点主光线和光轴所构成的平面
13	弧矢面		与子午面垂直并通过主光线的平面
14	折射率	n	
15	轴向放大率	α	$\alpha = \frac{dx'}{dx}$

序号	术语	符号	说明
16	垂轴放大率	β	$\beta = \frac{y'}{y}$
17	角放大率	γ	$\gamma = \frac{\tan u'}{\tan u}$
18	光焦度	φ	$\varphi = \frac{n'}{f'}$ 空气中相距正一米的透镜之光焦度作为光焦度的单位称屈光度
19	明视距离		正常人眼在一般照明下习惯的工作距离 (约250mm)
20	瞄准轴		在光学仪器中, 某一瞄准标志与物镜像方节点的连线
21	等效空气厚度	d_n	$d_n = -\frac{d}{n} \frac{\cos t}{\cos t'}$ d 为等效平板厚度
22	几何焦深		物面位置固定, 对应允许清晰度的像面沿轴离焦量
23	物理焦深	$2dl'$	理想波面的参考点沿轴向离焦, 产生 $\frac{\lambda}{2}$ 波差 (由 $\frac{\lambda}{4} \sim \frac{\lambda}{4}$) 所对应的离焦量。简称焦深

二、光学零部件

7 透镜、透镜系统见表A-6。

透镜、透镜系统

表 A-6

序号	术语	说明
1	透镜	由两个折射曲面围限的透明体。其中一个折射面可以是平面
2	正透镜	像方焦距为正值透镜
3	负透镜	像方焦距为负值的透镜
4	凸透镜	两个折射面向外凸出的透镜 (称双凸透镜) 其中一个折射面可以是平面 (称平凸透镜)
5	凹透镜	两个折射面向内凹进的透镜 (称双凹透镜) 其中一个折射面可以是平面 (称平凹透镜)
6	弯月透镜	两个折射面向同向弯曲的透镜。若为正 (负) 透镜, 称正 (负) 弯月透镜
7	同心透镜	两个折射面的曲率中心相重合的透镜
8	球面透镜	折射面为球面的透镜, 其中一个折射面可以是平面。简称透镜
9	非球面透镜	含有非球面的透镜
10	胶合透镜	由两个或两个以上透镜胶合而成的透镜
11	物镜	一般指按一定要求首先成实像的光学系统
12	折射物镜	由一个或多个透镜组成的物镜
13	反射物镜	由一个或多个曲面反射镜组成的物镜
14	折反射物镜	由透镜和曲面反射镜组成的物镜
15	浸液物镜	最前透镜的第一面与物体之间浸以液体的物镜
16	消色差物镜	两条谱线之间轴向色差经过校正的物镜
17	复消色差物镜	三条谱线之间轴向色差经过校正的物镜
18	变形系统	使物体在长宽两个方向上按不同比例成像的光学系统
19	变焦距系统	焦距可在一定范围内改变而保持像面不动的光学系统

续表 A-6

序号	术语	说明
20	目镜	在目视光学仪器中,以一定的放大率观察物镜系统(包括转像系统等)所成的像的光学系统
21	场镜	位于光学系统中的像面或像面附近的透镜
22	聚光镜	会聚光能并使光能分布均匀的光学系统
23	调焦镜	光学系统的一部分,通过其移动,能配合系统物面位置改变,保持光学系统成像在原位置上
24	透镜转像系统	在光学系统中,将前面光学系统的像完全倒置的透镜系统

8 棱镜、棱镜系统见表A-7。

棱镜、棱镜系统

表 A-7

序号	术语	说明
1	棱镜	含有两个或两个以上相交的折(反)射平面组成的透明体
2	折射棱镜	依靠折射作用使光线偏折的棱镜
3	楔形棱镜	两个折射面夹角较小的折射棱镜
4	反射棱镜	具有反射平面,并能展开成等效平板的棱镜
5	屋脊棱镜	两个互相垂直相交的反射平面(称屋脊面)代替一个反射平面的棱镜,其屋脊棱应在原反射平面的光轴截面上 光学系统的光轴通过反射棱镜所决定的平面称光轴截面
6	分(合)像棱镜	在光学系统中分割光瞳或视场的棱镜,称分像棱镜,反之称合像棱镜
7	空间棱镜	出射光轴截面和入射光轴截面不位于同一平面内的反射棱镜
8	偏振棱镜	使非偏振光成为偏振光的棱镜
9	胶合棱镜	由两个或两个以上棱镜胶合而成的棱镜
10	棱镜转像系统	使像完全倒置的反射棱镜或反射棱镜系统
11	分光棱镜	把一束光分成几束不同颜色的光分别射出的棱镜或棱镜系统

9 反射镜见表A-8。

反射镜

表 A-8

序号	术语	说明
1	反射镜	具有反射面的光学零件
2	内反射镜	具有内反射面的反射镜
3	外反射镜	具有外反射面的反射镜
4	平面反射镜	反射面为平面的反射镜
5	球面反射镜	反射面为球面的反射镜
6	非球面反射镜	反射面为非球面的反射镜
7	析光镜	使反射光和透射光能量按一定比例分配的光学零件
8	角镜	按一定角度组成的两个平面反射镜(其中一个可以是析光镜)

10 分划元件见表A—9。

分划元件

表 A—9

序号	术语	说明
1	分划板(镜)	为了测量、标定或瞄准而在一个表面上制有一定标志的光学零件
2	光学度盘	为了测量角度而在一个表面上制有圆周分划的光学零件
3	光学刻尺	为了测量长度而在一个表面上制有长度分划的光学零件
4	分辨率板	为了检验分辨率而在一个表面上制有特定图案的光学零件
5	星点板	为模拟点光源而制成的带有透光小孔的光学零件
6	编码度盘	在一个表面上制有按一定规律变化的圆弧编码图案的光学零件,用以显示角度值,简称码盘
7	编码尺	在一个表面上制有按一定规律变化的直线编码图案的光学零件,用以显示长度值,简称码尺

11 玻璃平板及其他光学零件见表A—10。

玻璃平板及其他光学零件

表 A—10

序号	术语	说明
1	玻璃平板	由两个平行的光学平面形成的光学零件
2	中性滤光镜(片)	改变光强度而不改变光谱成分的光学零件
3	颜色滤光镜(片)	用选择吸收法改变光的光谱成分的光学零件 例如:透过黄色的颜色滤光镜(片)称黄色滤光镜(片)
4	干涉滤光镜(片)	用干涉法改变光的光谱成分的光学零件
5	偏振片	能使非偏振光成为偏振光的片状光学零件
6	隔热玻璃片	起隔热作用的玻璃片
7	保护镜	保护光学仪器内部免受尘埃、湿气等的侵蚀及机械碰伤的光学零件
8	载物片	显微镜工作中放实验标本的玻璃片
9	盖玻片	显微镜工作中复盖在实验标本上面的保护玻璃片
10	毛玻璃片	使光线漫射的磨砂玻璃片
11	光学纤维	经多次全反射使光线通过的纤维
12	光学纤维束	大量相互紧贴的光学纤维,用以传导光束或将像面自一端转移到另一端,前者叫导光束,后者叫传像束
13	多面体	工作面全部是外反射面的棱柱

三、光学零件的技术要求

12 光学零件的技术要求见表A—11。

光学零件技术要求

表 A—11

序号	术语	符号	说明
1	光圈数	N	被检光学表面与其参考光学表面曲率半径有偏差时所产生的干涉圆数
2	光圈局部误差	ΔN	被检光学表面与其参考光学表面产生的干涉条纹的不规则程度
3	标准样板精度	ΔR	标准样板的曲率半径名义值与其曲率半径实际值的偏差
4	光学零件表面疵病	B	光学表面的疵病系指麻点、擦痕、开口气泡、破点及破边
5	光学零件气泡度	q	光学零件在一定范围内含有的气泡的大小和个数

序号	术语	符号	说明
6	透镜偏心差	e	透镜的外圆中心轴和光轴的偏离程度
7	塔差	π	一般指在三棱镜中, 棱与其所对的光学平面间的夹角
8	不平行度	θ	玻璃平板的两个平面的不平行程度
9	第一光学不平行度 第二光学不平行度	θ_1 θ_2	光线从反射棱镜的入射面垂直入射, 光线在出射前对出射面法线的偏差, 在入射光轴截面方向的分量, 称做“第一光学平行差”, 在垂直于入射光轴截面方向的分量, 称做“第二光学平行差”
10	屋脊双像差	S	由于屋脊角的误差, 当一束平行光经过屋脊棱镜后, 被分成两束平行光线间的夹角
11	平板最小焦距	f_{\min}	玻璃平板、平面反射镜或反射棱镜, 由于加工时产生了光学平面的球面性误差, 所允许焦距的最小值
12	零件中心厚度	d	
13	透镜边缘厚度	t	
14	零件直径	D	
15	零件有效孔径	D_0	
16	反射系数	ρ	表面反射光通量与入射光通量之比

四、光学系统性能

13 光学系统性能见表A-12。

光学系统性能

表 A-12

序号	术语	符号	说明
1	视放大率	I'	目视仪器所成的像对肉眼的张角正切和物体直接对肉眼的张角正切之比 当仪器为放大镜或显微镜时, 肉眼观察距离取为250mm
2	视场	$2y; 2\omega$	被光学系统成像的物面大小, 以线量表示者称线视场(2y), 以角度表示者称角视场(2 ω)
3	视差	$\Delta SD; \epsilon$	在仪器中以分划面与实际像面不重合的量表征视差可用视差差(ΔSD)表示; 也可用物方(像方)所对应的最大瞄准角误差 $\epsilon(\epsilon')$ 表示
4	入瞳直径	D	
5	出瞳直径	D'	
6	出瞳距离	l'_e	自光学系统最后一面顶点到出瞳平面与光轴交点的距离
7	眼点距离	l'_e	自望远系统最后一面顶点到眼点的距离 眼点一般指望远系统视场边缘光束的主光线在目镜像方与光轴交点
8	基线	B	双筒仪器中, 物空间两光学系统光轴之间的距离
9	目距	b	双目仪器中, 两出瞳之间距离
10	光轴不平行度		双目仪器或有两种视场的主轴仪器中, 两光学系统的光轴不平行程度
11	共轭点距离		物面到像面沿光轴的距离
12	工作距离	S	物面到光学系统第一面(第一面可以是光阑面)的轴向距离
13	装座距离	Z	镜头的安装端面到物面(对放映镜头)或到像面(对摄影镜头)的轴向距离

序号	术语	符号	说明
14	相对孔径	A	入瞳直径与像方焦距之比
15	数值孔径	NA	$NA = n \cdot \sin U_{max}$
16	光阑指数	F	物镜像方焦距与入瞳直径之比, 俗称光圈
17	有效光阑指数	f	与实际物镜透过的光能量等效并假设透过率为100%的物镜的光阑指数, 称为该物镜的有效光阑指数
18	景深	Δl	能在像面上获得清晰像(物点所成弥散圆不被接受器所分辨)的物空间深度
19	杂光系数	η	在光学系统的像面上杂光的光通量与要求成像光束的光通量之比
20	像面照度均匀度	K	像面边部的照度和中心部分的照度之比
21	放大率误差	$\delta\Gamma, \delta\beta$	光学系统的实际放大率对于理想放大率的偏差
22	放大率差	$\Delta\Gamma$	双筒仪器两筒实际放大率之差
23	变形系数	b	变形系统中长宽两方向的垂轴放大率之比
24	潜望高	H	望远系统出瞳中心到物方水平瞄准轴的高度差
25	视度	SD	目视仪器轴上出射光线的会聚或发散程度以屈光度为单位
26	线渐晕系数	K_D	轴外物点与轴上物点于午成像光束在出瞳面上的宽度之比
27	面渐晕系数	K_S	在出瞳面上, 轴外光束与轴上光束截面面积之比
28	变倍比	M	共轭点距离一定时, 放大率可变的光学系统中最大放大率与最小放大率之比
29	分划倾斜		分划标记在垂直于光轴平面内相对于设计位置的偏斜
30	像倾斜		物体通过光学系统所成的像相对于设计位置的偏斜
31	透过系数	τ	透过系统的光通量与入射光通量之比

五、像质评定

14 像质评定见表A-13。

像质评定

表 A-13

序号	术语	符号	说明
1	分辨率	α, σ, N	能分辨物体细节的本领 以物面上刚能被分辨的两点对入瞳中心的张角度量的用 α 表示 以物面上两点刚能被分辨开的距离度量的用 σ 表示 以像面上一毫米内刚能被分辨开的线对数度量的用 N 表示
2	星点图		点光源通过光学系统成像时, 在像平面及其附近的光束截面上观察到的衍射图形
3	阴影图		点(狭缝)光源通过光学系统成像时, 在像点及其附近用刀片切割光束, 在后方观察人瞳面上的亮度分布图形
4	光学传递函数		各种空间频率的正弦光信号, 经系统传递后, 调制度和位相的变化与空间频率的函数关系