

新型三片式照相物镜设计

杨文哲

(长春市第四光学仪器厂)

摘要

本文是作者对新型三片式照相物镜光学设计的总结。文中首先分析了普通型照相物镜的发展趋势和新型照相物镜结构特点。着重介绍这类照相物镜像差特性和校正方法及其用价值工程选择玻璃材料的方法。文中还列举三种新型照相物镜设计结果,并和国外照相镜头加以比较,用大量的可靠数据回答了用普通玻璃设计新型三片式照相物镜的可行性。最后对新型照相物镜从不同角度加以评价。

表 1

名称	代号	型号	焦距 (mm)	相对 孔径	快门 位置	制造厂	价格 (元)
凤凰	JG304 B	135	40	1:3.5	中心	常州照相机总厂	98
华光	SZ-1	135	50	1:5.6	镜间	华北光学仪器厂	100
天鹅	35PA	135	40	1:3.5	镜间	哈尔滨照相机厂	80
珠江	F35	135	38	1:4	镜间	广州照相机厂	105
友谊	PT-2	135	40	1:4.5	镜间	武汉照相机总厂	78
友谊	SF-A	120	75	1:3.5	镜间	武汉照相机总厂	120
风光	-1	120	75	1:3.5	镜间	福州照相机厂	120
华中	SEJ-1	120	75	1:3.5	镜间	华中精密仪器厂	120
华云	SG101	120	75	1:3.5	镜间	永明光学仪器厂	
太湖	-4	120	75	1:3.5	镜间	无锡照相机厂	130
青岛	SF-11	120	75	1:3.5	镜间	青岛照相机厂	120
虎丘	121	120	75	1:3.5	镜间	苏州照相机厂	78
红梅	HM-5	120	75	1:4.5	镜间	常州照相机厂	82
海鸥	203	120	75	1:3.5	镜间	上海照相机厂	90
太湖	DF-1	120	75	1:3.5	镜间	无锡照相机厂	120
青岛	SF-2 A	120	75	1:3.5	镜间	青岛照相机厂	
珠江	4	120	75	1:3.5	镜间	广州照相机厂	139

一、普通型三片式照相物镜发展趋势

普通型三片式照相物镜问世已久,至今在135和120照相机中仍有广泛的应用。国内使用状况见表1。

从表1可以看出,普通型三片式照相物镜相机,价格便宜。国内十几家工厂均普遍采用这类镜头。80年代以来,普通型三片式照相物镜有了新的发展。如日本MD35照相机(“傻瓜”相机)的照相物镜,虽然光学镜片数量没变,但前片形状和普通型照相物镜有较大的不同。尤其是光阑位置有很大变化。这种新型照相物镜,光阑外移,把照相机的中心式快门移到后镜片的后面。不但简化机械结构设计,而且有利于照相机整体体积小型化。1986年国际市场又出现体积更小的照相机。经分析测试,主要是照相物镜的总厚度变薄。如日本MD35照相机镜头总厚度由13mm变薄到10mm。又如香港某照相机厂采用焦距 $f=35\text{mm}$ 、光圈数 $F=3.5$ 的新型照相物镜,其光学总厚度才8.4mm,整机很薄。目前国际市场出现的普及型照相机,体积小、重量轻、携带方便的特点尤为突出。

新型照相物镜用在普及型135照相机上实用价值很大,在国际市场上目前处于发展期。一种产品的寿命周期,大体分投入(研制、设计阶段)→发展→成熟→衰亡四个阶段。它同用户的需求量有直接关系。所谓发展期,即指产品寿命周期中的发展阶段。随着人们生活水平的不断提高,文化生活的日益丰富,照相机尤其是普及型相机,已不再是专业摄影工作者的摄影工具。它已成为人们旅游观光的必备用品。近几年来不但日本大量生产这种新型照相物镜,而且台湾、南朝鲜也陆续生产并在市场

表 2

名称	结构型式	相对孔径	视场(2ω)
柯克型		1:4	40°
天塞		1:3.5	50°
松纳		1:1.9	30°
鲁沙		1:8	120°
达哥		1:8	60°
双高斯		1:2	40°
蔡司依康		1:1.5	30°
摄远		1:8	20°
反摄远		1:20	80°
托卜岗		1:6	90°

上与日本进行竞争。据不完全统计, 仅在香港每年销售量就在百万架以上。1985 年下半年开始, 在国际市场上出现了新的变化, 日本因日元升值导致镜头价格上涨, 市场占有率由以前的第一位迅速降下来, 至使香港这个照相机产业较大的地区受到很大冲击。台湾和南朝鲜的同类照相镜头, 因质量不如日本而价格又差别不大, 迫使经营照相机商品的外商纷纷寻求新的货源地。1985 年以来, 以香港商人代表, 把寻求新型镜头的货源地转向中国。不少照相机制造厂和国内有关工厂用各种形式(联营、来料加工)联合, 解决这种新型物镜与其照相机配套的问题。经市场调查和预测表明, 新型物镜在国际市场上仍是供不应求, 处于发展期。根据价值工程原理, 产品处于发展期, 是取得利润的关键期。此时若能拿出性能质量满足要求、价格便宜的新型照相物镜, 一定有可能打入国际市场, 取得显著的经济效益。

新型照相物镜的问世, 不但有实用价值, 也有一定的学术价值。首先表现在设计方法上具有独特性。回顾照相机各类照相物镜的发展历史, 可以看出这个特点。为简单明了起见, 把各类照相机物镜列成表 2。从表 2 中可看出, 无论是早期的普通三片式照相物镜, 还是逐步发展起来的各种类型照相物镜, 光阑都位于系统中间, 光阑两侧的光学结构趋向对称。设计这些照相物镜的方法可以称为照相物镜的传统设计方法。而新型三片式照相物镜, 为适应照相机整机小型化需要, 将光阑外移至系统后面。在设计上, 打破了这种传统方法, 具有自己的独特性。同时, 新型三片式照相物镜也给光学设计工作者提出一些值得思考和探索的理论和实践问题。如光阑外移打破结构对称性, 这类照相物镜的像差特性如何? 校正的难点在哪些方面? 三片式光阑外移导致前片形状变化较大, 四片或更复杂的照相物镜光阑外移的可行性如何? 结构将有哪些变化? 用不同类玻璃设计这类物镜的水平(指性能或质量)能达到何种程度等等? 新型三片照相物镜的学术价值和实用价值使得它引起了国内外厂家和科

研人员的关注。

从以上的粗略分析中, 可以看出普通型三片式照相物镜的发展趋势是:

1. 光阑外移的新型照相物镜, 将是普通型照相物镜的发展方向。
2. 光阑外移后的新型照相物镜, 将向光学结构变薄和提高性能的方向发展。
3. 新型照相物镜在国际市场上仍处于发展期。我国若打入国际市场并提高占有率, 必须从降低成本入手, 用新型照相物镜取代普通型照相物镜。
4. 随着理论上探索的不断深入, 可以预见新型照相机物镜具有更大的实用价值和理论价值。

二、新型三片式照相物镜结构特点

光学系统的结构特点, 往往决定其像差特

性。为简单起见，将几种典型新型照相物镜结构特点列表分析如下。

从表 3 可看出，新型三片式照相物镜结构上和普通型照相物镜比较，突出特点有：

1. 光阑由系统中间移到后镜片后面；
2. 前镜片由薄透镜变为弯月型厚透镜；
3. 在光学性能相同条件下光学系统总厚变薄；

表 3

光学特性	类型	结构简图	特点
$f = 40.72 \text{ mm}$ $F = 4.5$	柯克型		(1) 光阑在中镜片附近； (2) 三片都是薄透镜； (3) 后片非对称透镜； (4) 光学总厚 11 mm 左右。
$f = 39.6 \text{ mm}$ $F = 4$	新型		(1) 光阑在后镜片后面； (2) 前镜片为厚透镜； (3) 后镜片为对称 ($r_1 = r_2$) 透镜； (4) 用两个隔圈。
$f = 40.37 \text{ mm}$ $F = 4$	新型		(1) 光阑在后镜片后面； (2) 前镜片为厚透镜； (3) 后镜片为对称 ($r_1 = r_2$) 透镜； (4) 省掉前隔圈； (5) 光学总厚度薄。
$f = 35.91 \text{ mm}$ $F = 3.6$	新型		(1) 第一表面到像面总长最短； (2) 光学总厚更薄； (3) 其余特点同 $f = 40.3 \text{ mm}$ $F = 4$ 。

4. 后镜片由非对称型变成对称型；
5. 前镜片到中镜片间隔变小，可去掉一个隔圈。

三、新型三片式照相物镜像差分析

由结构特点看出，新型照相物镜前镜片的形状较普通型有明显不同，光阑外移镜后，破坏了对称结构的像差特性。因此，在像差校正中不得不既考虑轴向像差，又要考虑垂轴像差。可是，用普通玻璃材料制成的新型照相物

镜，其像差特性有哪些规律性，国内外未见报导。为探索这方面的规律，笔者结合本人在 1985 年 12 月~1986 年 1 月 29 日设计的第一个镜头及后来设计的同类镜头，就这种新型照相物镜的像差特性做粗浅的分析。

1. 新型三片式照相物镜各透镜单元的像差分布规律

(1) 前镜片 (见图 1)

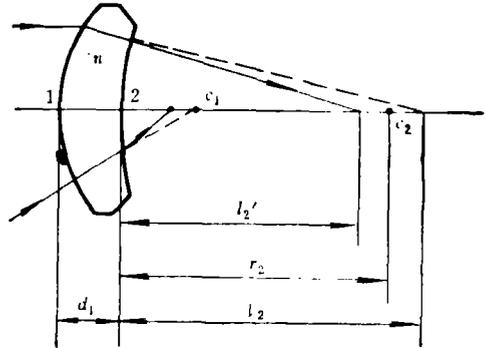


图 1

普通型照相物镜的前镜片是薄透镜，其厚度不作为像差校正因素。而新型照相物镜的前镜片厚度加大了，两个面都弯向光阑，其像差特性上有如下特点：a. 利用厚度可进一步校正系统的场曲。由高斯光学知道，厚透镜的光焦度公式为 $\varphi_{\#} = (n - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) + \frac{(n - 1)^2 d_1}{nr_1 r_2}$ ，其中前项为薄透镜光焦度 $\varphi_{\#} = (n - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$ 。初级场曲 $S_4 = j^2 \Sigma \varphi_{\#} / n$ 。当前镜片光焦度确定之后，增加 d_1 ， $\varphi_{\#}$ 就可减少， S_4 即可下降，使系统的正场曲减小。但 d_1 不能过大，若过大导致系统入瞳距离加长，轴外主光线在各镜片上投射高增加，对校正轴外像差不利。同时设计希望光学总厚愈薄愈好， d_1 过大对减薄不利。设计实践表明，前镜片的厚度 d_1 和其焦距 f'_1 应满足如下关系： $d_1 \approx (0.13 \sim 0.15) f'_1$ ；b. 前镜片第二面只产生像散。如图 1，轴上光线经第一面折射后在第二面基本上不发生折射，物、像距和第二面曲率

半径基本相等, 即 $l_2 \approx l'_2 \approx r_2$ 。由初级像差公式 $S_1 = l u n i' (i' - u) (i - i')$ 可知, 当光线通过第二面球心 c_2 时, $i = i' = 0$, 故 $S_1 = 0, S_2 = 0$, 只产生像散 S_3 。c. 前镜片第一面不产生像散, 产生较大的正球差。为了减小轴外像差, 使第一面弯向光阑, 以减少轴外主光线在该面的入射角 i_p 。当 $i_p = 0$, 即主光线通过第一面球心 C_1 , 则由初级像散公式 $S_3 = S_1(i_p/i)$ 可知 $S_3 = 0$ 。由于第一面弯向光阑, 增大轴上光线在该面的入射角 i , 故产生较大的正球差。

(2) 中镜片 (见图 2)

新型照相物镜中镜片和普通型照相物镜中镜片一样, 都是薄透镜, 光焦度大小基本相当, 两者之比近似为 $1 \sim 1.1$ 之间。均产生负球差、负像散、负场曲。但前后两面对球差和像散贡献量大小有明显区别。普通型照相物镜是前面对二者贡献量大于后面。而新型照相物镜, 对两种像差最大贡献量分别为后面和前面。这是因为光阑外移, 导致在第一面投射高加大, i_p 很大, 尤其下光线入射角 $i_{p\downarrow}$ 更大,

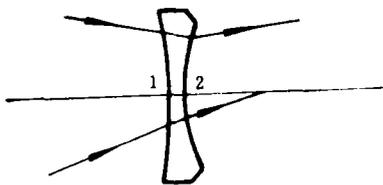


图 2

故产生大量的负像散。而轴上光线入射角相对小得多, 故产生较小负球差。但轴上光线经第二面被发散, i' 较大。故产生大量的负球差。而轴外光线经第二面被发散后, i'_p 较小、故产生的负像散相对要小。

(3) 后镜片 (见图 3)

新型照相物镜后镜片考虑工艺性问题而做成对称型, 这对大批量生产有利。其像差分布情况是: 整个透镜产生的正球差, 初级量比高级量大, 但不如前镜片第一面贡献量大。产生的像散很大, 高级正像散还大于初级像散。像差校正过程中不利用透镜弯曲办法改变像差,

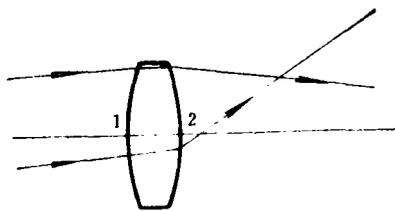


图 3

而是根据系统像差校正需要, 不断调整其光焦度和前镜片光焦度的比例, 用前镜片和中镜片的弯曲、调整间隔和 d_1 来校正系统的像差。新型照相物镜两个正透镜光焦度分配比例与普通型照相物镜有较大差别。普通型照相物镜前镜片和后镜片的光焦度比为 $\varphi_1/\varphi_3 \approx 1$ 左右, 新型照相物镜的 $\varphi_1/\varphi_3 \approx 0.5$ 左右。因后镜片光焦度分配大些, 有利校正视场高级球差和视场高级彗差。

2. 像差校正中考虑的主要问题

(1) 场曲校正状态对系统的高级像差影响很大。像差校正中首先遇到的问题是初级场曲系数 S_4 的选取问题。普通型照相物镜的 S_4 一般为 $0.3 \sim 0.4$, 新型照相物镜的 S_4 一般为 $0.6 \sim 0.8$, 比普通型照相物镜大一倍左右。这是因为光学总厚度希望薄而间隔受到控制, 导致单透镜光焦度加大, 当材料选定之后, 场曲势必增加。 S_4 的大小对系统的高级像差影响很大。 S_4 小, 轴外高级像差增加, S_4 大, 高级像差减小。在设计过程中不断调整其数值, 既要考虑高级像差要小, 又要考虑像散的平衡和最佳像面位置的选择。

(2) 视场高级球差和孔径高级球差相矛盾

像差校正过程中发现, 新型照相物镜这个问题有些和双高斯照相物镜相似的特点。首先分析孔径高级球差产生的原因和校正办法。前面像差分布规律表明, 系统孔径高级负球差主要是中镜片产生的, 随着孔径的增大而急剧增加。当边缘正负球差相消时, 其它带将有剩余正球差。为了减小孔径高级球差, 办法有二个: 一是改变前后镜片光焦度分配比例, 使前镜片光焦度加大, 并用于第一面, 然后保持新

的光焦度不变,利用弯曲和调整 d_1 来保持具有前面指出的像差特性。这样增加了正球差(初级、高级都增加)。后镜片光焦度变小,则初级正球差减小,平衡了前镜片正初级球差因光焦度加大而增加的部分。后镜片的高级正球差量很小,光焦度变小其减小量也不大,但前镜片的高级量增加了。故用增加前镜片光焦度减小后镜片光焦度办法使系统的孔径高级正球差增加达到减小孔径高级负球差的目的;二是变换中镜片两面的光焦度,为此将中镜片背向光阑弯曲,由前面分析可知,高级负球差很快减小。下面再分析一下视场高级球差产生的原因和校正办法。由前面单元透镜像差分布规律可知,前镜片变成弯向光阑的厚透镜形状,解决了因光阑外移导致该镜片产生的高级轴外像差。但轴外光束,尤其下光线经前镜片进入中镜片时, i_p 仍然很大,一般 $i_p > 0.8 \sim 0.95$ 。对全视场全口径的下光线在中镜片第一面几乎有发生全反射的可能。因此中镜片第一面产生大量的高级负像散,导致系统的轴外球差达几mm或几十mm。减小视场高级球差的办法也有二个:一是交换中镜片的两面光焦度,即使中镜片弯向光阑;二是改变前、后镜片光焦度比例,加大后镜片光焦度,使轴外宽光束下光线向主光线靠近,这样使子午场曲 X'_T 变小。由视场高级球差公式 $L'_{T\omega} = X'_T - x'_t - L'_{Am}$ 可知, x'_t 减小,则视场高级球差 $L'_{T\omega}$ 就可减小。

通过上面的分析可看出,校正孔径高级负球差要使 φ_1 升, φ_3 降或中镜片背向光阑弯曲;校正视场高级球差则要使 φ_1 降, φ_3 升或中镜片朝向光阑弯曲。可见两者是矛盾的,若想提高系统的质量是困难的,只能根据使用要求,将各种剩余像差进行平衡。若还不能满足要求,只好选择光学性能更好的玻璃材料或使结构复杂化。

(3) 弧矢像差不容忽视,校正难度大

新型照相物镜焦距短, $f' \approx 40 \sim 35\text{mm}$,对135照相机来说,画幅尺寸为 $24\text{mm} \times 36\text{mm}$,当 $f' = 38\text{mm}$ 时,角视场为 60° ,当 $f' = 35\text{mm}$ 时,角视场为 66° ,相对孔径为 $1:4 \sim 1:3.5$,属于

大视场中等口径的照相物镜。一般来说,弧矢像差比子午像差小。如初级弧矢彗差 K'_s 是子午彗差 K'_T 的三分之一,但在大视场情况下,子午光线均采用不同程度的阑光措施,以提高轴外像质。但弧矢像差是不存在阑光,当子午光线阑光后弧矢像差完全有可能比子午像差大。新型物镜就存在这个问题。设计表明:新型物镜的弧矢像差是不容忽视的,且校正起来比子午更困难。如果弧矢像差 TA_s ,大视场时数量比相应的子午像差 ΔV (阑光后)数量大的多。为了校正 TA_s ,必须调整 S_4 。前面已指出, S_4 的变化对系统高级像差影响大,每变化一次 S_4 都要重新进行像差平衡,校正过程是比较麻烦的。

(4) 既要合理处理轴上像差和轴外像差的矛盾,又要注意大孔径和小孔径的矛盾。为了提高轴外像质,必须合理的处理视场高级球差和孔径高级球差的矛盾。若使轴外像质提高,必须采用轴外高级球差较小而轴上高级球差较大的结果。这时在大孔径下,轴上点像质下降,轴外点提高,整个像面质量比较均匀。与此同时还要注意孔径变化时像差的变化。新型物镜虽然孔径不属大孔径物镜,但因轴外像差较普通型大很多,高级量基本按二次曲线形状变化,而轴上像差,当在大口径时,高级量较大,口径减小后,高级量减小,并比轴外来得快,因此在校正像差过程中也要注意口径改变后轴上轴外的合理匹配,否则出现大孔径下质量好,小孔径下轴上不如轴外质量好的局面。笔者在设计过程中为了实现第一片第一面成盘加工,采用大孔径下用较小轴上高级球差和轴外像差匹配,设计结果很好。但当小口径时,对大口径下选择的最佳像面而言,轴上点质量不如轴外点,甚至达到不能满足使用要求的地步,最后不得不放弃第一片第一面成盘加工的设计。

新型物镜的其它几种像差,如彗差也是比较大的。但子午彗差校正中由于采用阑光措施,一般困难程度不如前述几种像差,只要注意校正方案和整个系统最佳像面匹配是好解决

的。弧矢彗差 TA_y ，对新型物镜不算太大（和 TA_x 比较而言）。至于色差，设计中矛盾不太突出，只要正负透镜材料选择合理，利用两个间隔变化是能得到较好校正的。

四、应用价值工程选择玻璃材料

价值工程这一现代管理方法，已被国家经委决定推广和应用。它可以应用在各个方面。就企业而言，产品设计研制阶段是推行价值工程的重要环节。以往在新产品研制阶段很少用价值工程原理作为指导原则，致使设计人员对新产品的性能质量重视有余，对经济成本重视不足，存在着设计者只管设计，不问经济的不良倾向。近年来，经济效益问题已逐步引起人们的重视。对新型物镜设计，上级要求性能质量接近或达到国外同类镜头水平，成本要低于国外同类镜头。这就迫使设计者不得不考虑性

能指标质量要求的同时，考虑经济成本问题，并力求实现性能和成本的完美统一。这个问题实质上是价值工程在新型物镜设计中的应用问题。然而新型物镜成本主要取决于光学零件成本。而光学零件成本主要有二个因素：一是材料；二是加工方法。只有当选择材料时，既便宜又适合大批量生产，加工中又采用先进工艺方法，方能降低成本。从设计角度看，材料选择是能否降低成本的关键。与此同时选择的材料仍必须保证性能质量为前提。这就要求设计者在光学材料选择上力求实现性能和成本达到完美的统一。

根据价值工程原理，找出新型物镜能够降低成本的目标——玻璃材料的选择。这就要对目标从功能和成本两方面进行深入分析，在此基础上提出选择方案，再进行技术设计。

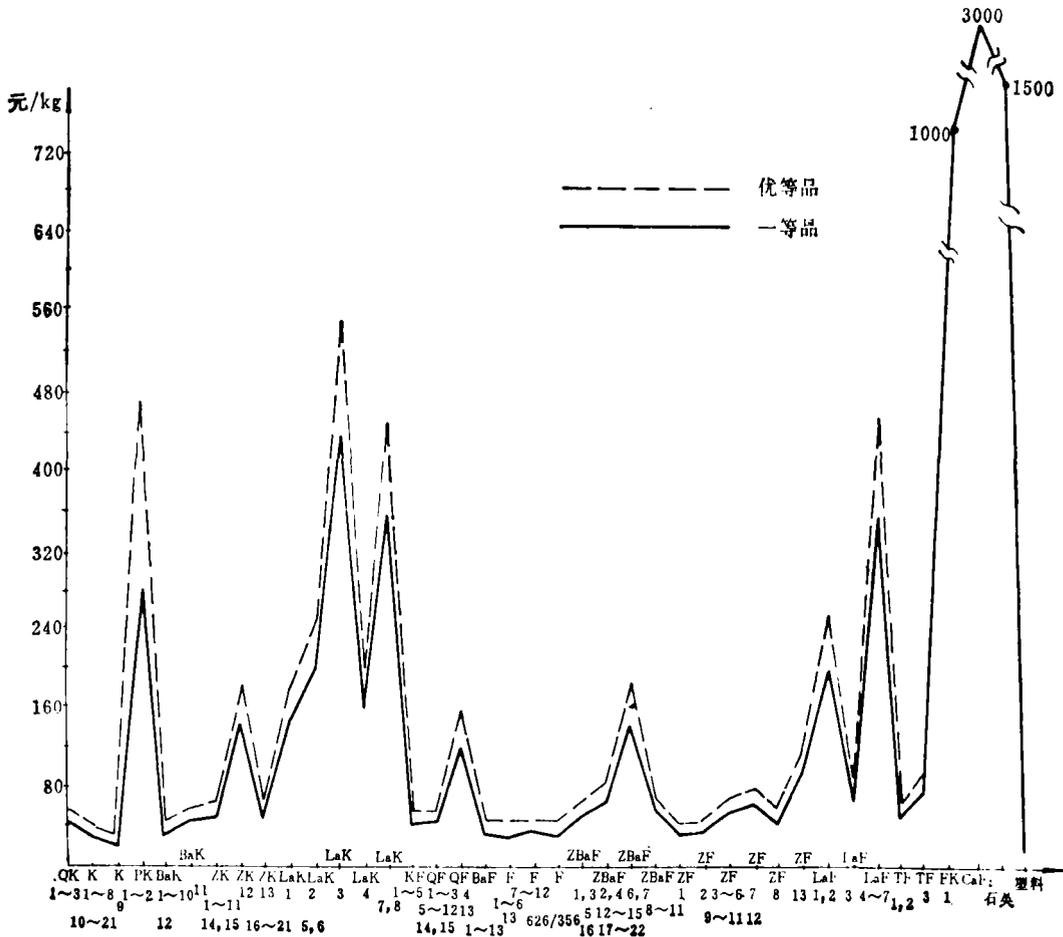


图 4

据我们测试日本 MD35 照相机镜头和外商提供的材料表明, 新型物镜光学材料的国外镜头的二个正透镜都是用烯土玻璃材料制成, 中镜片用重火石玻璃制成。如外商提供的图纸中三片光学材料为 LaK2-ZF2-LaF3(已换成我国牌号)。我们知道烯土玻璃材料在物化性能上具有以下特点:

1. 具有高折射率低色散的优良光学特性, 有利提高光学仪器, 尤其是照相物镜的性能或质量。

2. 化学稳定性差。烯土玻璃化学组成成分中有 La_2O_3 等氧化物, La_2O_3 是离子半径较大的网络外体, 不但导致化学稳定性差且促使玻璃析晶。

3. 多数烯土玻璃含有放射性元素 Th(钍), 这对人体健康是有害的。对相底片也有不良影响, 因在其辐射线长期作用下, 将使玻璃着色。如 LaF3 玻璃含有的放射性氧化物 ThO_2 在整个重量中占 22%。

4. 密度普遍较大。如 LaK 类玻璃 LaK1~LaK2 的密度为 3.4~4.6。而普通玻璃如 ZK1~ZK11 的密度为 3~3.7, 平均相差 0.7。密度大重量增加, 大批量生产时材料费用问题就突出了。

5. 含有 La_2O_3 、 ThO_2 、 Ta_2O_5 等的金属氧化物, 这些物质都是价格昂贵的稀有金属氧化物, 熔炼十分困难, 成本比普通玻璃高得多。

国产普通光学玻璃的物化性能, 大家熟知, 但国产玻璃的价格问题, 有必要略加分析。

根据国仪财字 1982 年第 013 号文件, 其价格按合格品、一等品、优等品规定了出厂价。据此价格表可做出光学玻璃价格图, 见图 4(注: 此图引用长春光机学院光学博士姜会林同志“关于光学系统经济效益问题”一文)。从价格图中可看出, 烯土玻璃的价格普遍高于普通玻璃。如 ZK1~ZK11 一等品是 47 元/kg, LaL1 是 145 元/kg, 比 ZK1~ZK11 的价格高出三倍, LaK3 是 440 元/kg, 比 ZK1~ZK11 高出 9.36 倍。

新型物镜材料成本分析

参照日本 MD35 照相机测绘结果和外商提供的图纸, 按我厂工艺方法, 可对新型物镜玻璃材料成本进行初步的分析。国外三片照相机镜头的材料是 LaK2-ZF2-LaF3, 新型照相机镜头的材料是 ZK1~ZK11-F1~F13-ZK1~ZK11。成本分析见表 4。

表 4

材料	单块件料 (cm)	密度 (g/cm ³)	单件重量 (g)	价格 (一等品) (元/kg)	年产量 (万只)	材料费 (万元)
LaK 2	3.423	4.35	14.890	200	20	59.56
ZF 2	2.151	4.09	10.025	32	20	6.416
LaF 3	1.799	4.10	7.376	200**	20	29.504
ZK 1~ZK11	3.423	3.49*	11.946	47	20	11.229
F 1~F13	2.451	3.64*	8.922	28	20	4.996
ZK 1~ZK11	1.799	3.49*	6.279	47	20	5.902

表中一个 * 表示平均值, 两个 ** 表示工厂实际定货价格。表中计算结果表明, 新型照相物镜玻璃材料若用 ZK1~ZK11-F1~F13-ZK1~ZK11 代替 LaK2-ZF2-LaF3, 按年产 20 万只计算, 每年可节约 73.353 万元, 仅材料成本降低率为 76.83%。

为了最后拟定玻璃材料选择方案, 将上面列举的两种方案, 从功能和成本两方面综合比较列成表 5。

表 5

方案	LaK2-ZF2-LaF3	ZK1~ZK11, F1~F13, ZK1~ZK11
光学特性	好	较差
化学稳定性	差	较好
成本	高	很低
不良影响	有	无
批生产程度	小批量	大批量
可行性	焦距为 38.35mm 的镜头	待技术设计

从表 5 看出, 两种材料方案各有长处和不足, 怎样选择合理, 只有遵循价值工程原理——产品功能与总成本相互匹配, 达到完美的统一。用公式表示有: $V = F/C$, 其中 V 为价值、 F 为功能、 C 为成本。从公式中可知, 若功能 F 不变, 使成本 C 下降, 显然价值 V 提高, 无疑用户和企业都有利。若功能 F 略有变化, 如适当降低次要的质量指标(如全视场的

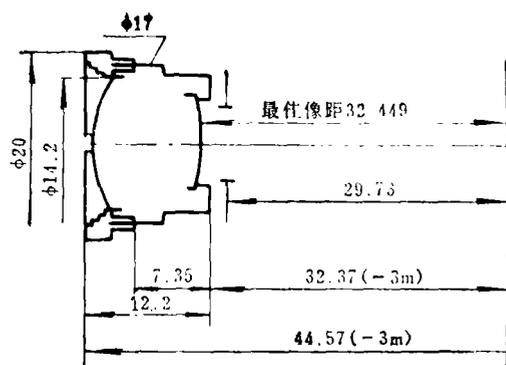
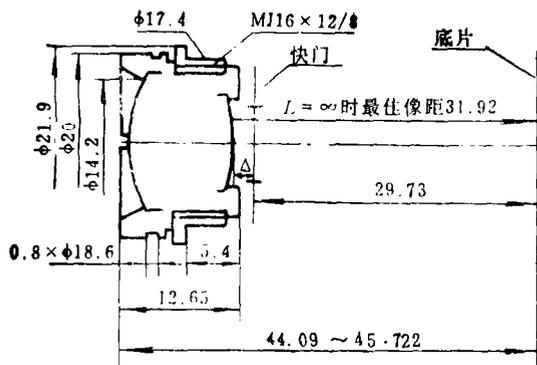


图 5

像面照度均匀性) 而保证主要性能和主要质量指标, 能使成本有较大幅度的降低, 也能提高产品的价值。

综合上述考虑, 拟定玻璃材料选择方案是:

ZK1~ZK11—F1~F13—ZK1~ZK11

五、新型物镜设计结果

1. 外形结构图

(1) 焦距为 38mm、光圈数为 3.8 的照相物镜 图 5 中左图照相物镜的 Δ 分别为 2.20mm、2.73mm、3.09mm、3.83mm。

(2) 焦距为 35mm、光圈数为 3.5 的照相物镜 图 6 中左图的照相物镜的 Δ 分别为 1.5mm、1.879mm、2.137mm、2.663mm。

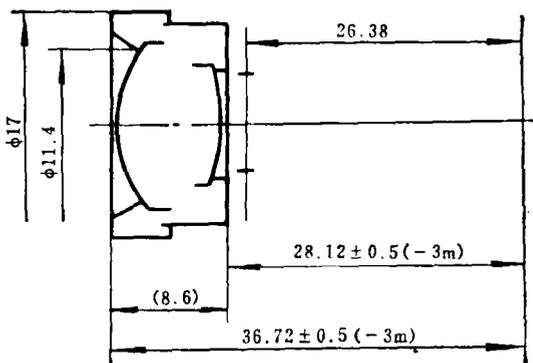
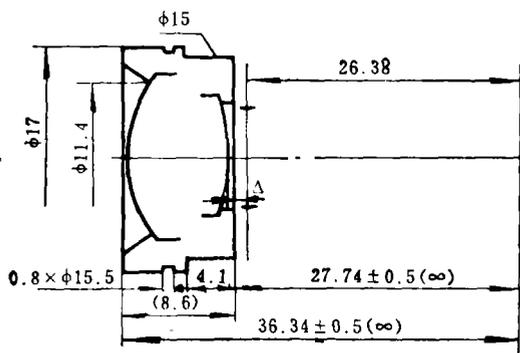


图 6

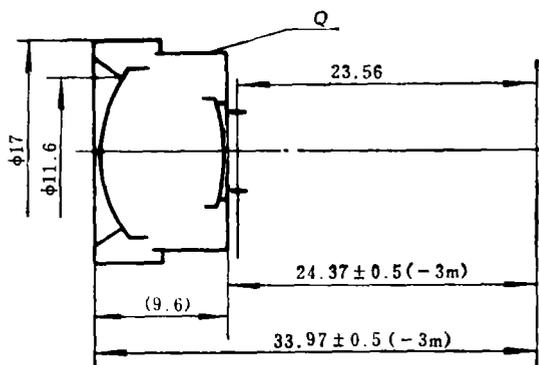
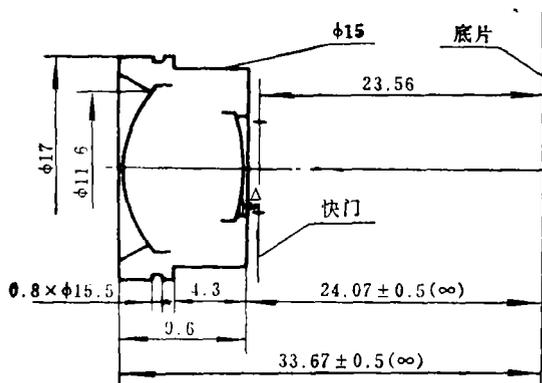


图 7

(3) 焦距为30mm. 光圈数为4的照相物镜图7中左图的 Δ 分别为0.7mm、1mm、1.202mm、1.615mm。

焦距为30mm、光圈数为4的新型物镜传递函数MTF值(设计值)见图8。

六、结束语

用普通玻璃设计新型三片式照相物镜, 仅

是作者的初步探索。如再进一步提高新型照相物镜的设计水平, 仍需不断深入研究。

作者在进行新型照相物镜设计过程中, 曾得到长春光机所十四室尤英奇副研究员等同志的热情帮助, 在测试过程中, 得到了长春光机所照相机检测中心站吴长发和王占仁等同志的大力协助, 在此表示衷心感谢。

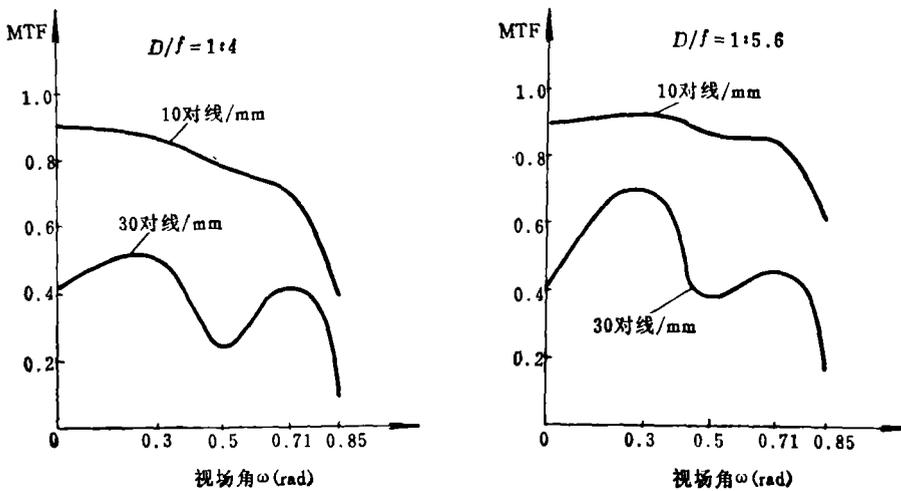


图 8

The Design of New Triplet Photo Objective

Yang Wenzhe

Abstract

The optical design of a new triplet photo objective is summed up. The trend of common photo objective and structural feature of new photo objective are analysed at first. The aberration and their correction of new objective and the selection of glass using the method of value engineering are mainly related. The designing results of three new photo objectives are listed and they are compared with foreign photo objectives. A lot of reliable data show the feasibility to design new triplet photo objective with common glass. In the last part of the article, new photo objective is evaluated from various angles.