

镜头装配的一些想法

摘要 在制造镜头中镜头的装配是个主要的问题。支架的设计，所使用的材料和制造方法在很大程度上影响着镜头的性能、成本和利润。

这里描述的各种装配方法和为改进装配而提出来的某些想法，建议的改进是基于这样一种意见，即：光学车间的环境对精密仪器和机器来说是比较不利的。研究材料和液体对精密工具为害很大。镜头的制作中一个特殊程序是对抛光球面的注意程度，对于最佳制造程序人们考虑是尽可能除在抛光之外在所有步骤减少精密要求。这种方法导致寻找一种能在洁净的条件下新的装配方法。

现代的环氧树脂胶、渐进蜗轮、干涉仪和微型计算机设备应用在装配中能简化精密镜头成型和实现紧密的装配公差。

镜头装配的标准方法是把镜头装在一个镜筒内，定各透镜中心，磨边并用垫片把透镜装在镜筒内，以透镜的边和镜筒一起确定单一的光轴。在原理上这种方法使得系统过分的烦琐，为了对准透镜，所有的透镜直径必须与镜筒的内直径匹配。同样也必须调准垫片。为了使透镜能很好的装在镜筒内，透镜的直径必须准确，并且没有楔度。透镜的镜筒和垫片必须是圆的，镜筒的内直径也必须是直的。

上述对于镜筒、透镜和垫片部份的精密要求使得制作一个精密镜头变得很困难。残余的不同心是可能的，这是引起成像质量下降的一个主要原因。为了制作一个精密镜头，就必需在光学和机械车间在所有的操作中给以严格的公差（ ± 2 微米）。光学车间的主要任务是在一片正确厚度的玻璃上研磨并抛光球面，镜头就是靠它们成像，这个任务只有光学车间能胜任。要制出带有最小楔度的透镜，毛坯直径只能有很小的公差。抛光之后的步骤是定中心和磨边，而这一要求高的精密度，为满足这一要求，光学车间环境就成为主要问题。人们使用一种带有研磨沙轮的机器使其对着透镜研磨，而透镜用腊粘住，腊的周围有冷却液，磨掉的碎屑和玻璃碎屑由冷却液带走，以期达到高精密度。麻烦的是光学工人在碗状工具上精确对

心透镜的时候而没有适当的传感器，在这样的环境中传感器是易于受损害的。

这样一来在透镜制作过程中采用新方法就成为一种必要。图1所示是一个完全对心的镜头，注意下列

1. 所有的透镜都带有楔度
2. 垫片有楔度
3. 完全对心的透镜有最小的总长度
4. 结果只以测量间隙厚度为准，则垫片并不必需是圆的。
5. 为了与透镜的接触玻璃表面匹配，垫片理想表面应当是球形的，假如它们并没有制成球形，那么在角度上为了或者在内直径或者在外直径使垫片环保证接触就应当使它们做成锥形，见图2、由于这一种观点，即：为了在边缘增加防止产生毛口和裂痕的抵抗能力，而要保证最钝的边缘，这样最好选择方法2。

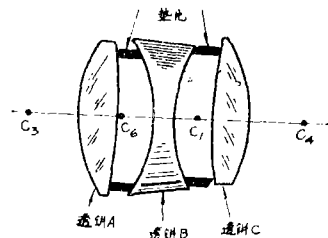


图1 这是完全对好中心的三组元镜头，而透镜和垫片都没有同心。

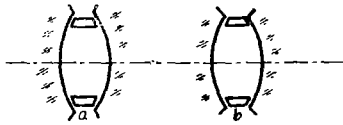


图2 垫片面型切割的类型。

如果抛弃为对准透镜而使用镜筒内直径作为参改轴的概念，那么如图1所示的透镜组是可以稳定装配起来的。这种装配采用平行光管，特别是用激光平行光管可以更好地装配起来，它是以镜头本身来表示光轴的直度的。这种装配方法是依据于这样一种概念，即：来自光轴上点光源的光在每个透镜表面所反射的像，当透镜调整好中心时，各个像被集中在一直线上。返回的像聚焦在这条直线的正无穷远到负无穷远的距离范围内。为了聚焦观察这些像，在一个大范围内移动平行光管或目镜是必要的。平行光管或目镜的任何移动都可以破坏最初的要求，即准直光束必须平行于光轴进入透镜。如果需要的话是可以使透镜在一恒定直线上移动。然而，采用激光的方法就使得上述作法成为不必要。图3所示是采用激光平行光管的方法来装配一个光学系统，激光应聚焦在空间滤光片上（小孔）。空间滤光片、棱镜和物镜的节点决定了参改轴，借助这个参考轴透镜对准并被装配。激光将从参考表面下用一可转反射镜引入。在镜头装配过程中保持这个轴的稳定是必要的。

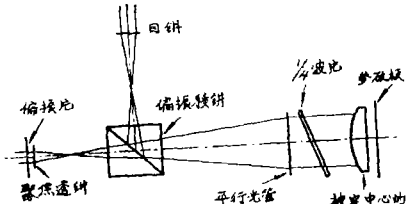


图3 用于定光学系统中心的光学系统。

镜头可以如图4所示来装配

1. 在垂直于参考光学表面的方向上对准激光轴，这可通过调节回射反射镜来达到，同时注意光返回通过小孔，这可以用眼

睛来观察或观察光探测器探测光输出的结果来实现。

2. 然后把垫片1安放在参考板的台上，它将对准参考表面的中心，并足以保证准直光束通过它的中心。后将垫片固定在参考板上，通过适当的设计是可以采用真空的方法实现的。也可用压板或软腊把它把住。然后把透镜1安在垫片1上，可以把透镜前后左右晃动，直到透镜的光轴与平行光管光束平行时为止。也应当提及，并不需要使它们的光轴共轴。人们可以在目镜中观察干涉条纹来看它们的平行情况。每个面，参考表面和透镜的第一、第二个面返回的波前具有不同的曲率。这三组波前形成三组类似于“牛顿”环的干涉条纹。当三个表面的中心有一个共同轴联结着的话则它们的三个干涉图形是同心的，目镜可以调焦于来自一个表面的反射像。它以一个点形式出现在由另外二个表面所形成的环图形的中心。有些情况是干涉条纹有如此大的中心，以至使第三个表面的点像精确的同心发生困难。如果这种现象发生，目镜的十字丝能够帮助保持确定它的中心。还有一些其它方法可以避免发生这种问题。干涉图形出现大的同心环，表示两个表面的中心已经紧密挨在一起了。如果这种现象发生，人们可以加上一个同心的透镜，这样可以引入更多小的同心环。如果原始的准直光束不能很好的垂直于参考表面，它就不可能同时把所有的像聚拢。转动反射镜同时调节和移动透镜使全部干涉条纹同心。一旦透镜与参考板光轴同心，就可用紫外凝固胶胶合到元件上。

3. 之后把垫片2放在透镜1上。第二

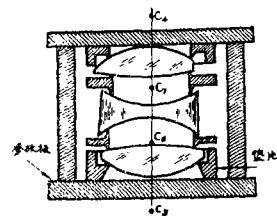


图4 一个装配镜头的系统的简图。

个透镜安放在垫片上。在透镜 1 上移动垫片 2 直到来自表面 3 的反射与先前已经对准的表面排成一排为止。在这完成的同时，元件被胶合到透镜 1 上，最后移动透镜 2 直到与表面 4 同心时为止。

4. 垫片 3 和透镜 3 以同样的方法安装在上部。

5. 最后顶部和垫片 4 安放在透镜上，移动它直到上部表面平行于底部表面为止。后夹紧顶部和底部的垫片以便使同心系统具有最小的总长度。外部镜筒没有必要精确和稳定。系统的稳定性主要是垫片和透镜。而这是对镜头最主要的。

应用平行光管对准原理来装配镜头是有很多方案可供选择，例如，可以较好的一次在垫片上装配一片透镜，然后再将两个叠在一起。业已指出透镜垫片并不必成为圆的，在胶合之前镜头可以实现同心。很清楚最好还是选择圆垫片，这样可以使镜头安装的更平，同时在叠加起来的镜头为了保持最小的间隙而在两端施加压力的时候不致使镜头变形。圆型垫片也使得透镜内的间隙更可靠。这种装配方法对于装配精度要求不高。图 4 所示是一种装配方法，在这里垫片实际上并没有接触镜筒，垫片与两光学表面接触。另一种方法仅有一个垫片装在透镜上，空隙的保证是由垫片互相接触来实现的，图 5 所示就是这种情况的一个剖面图。当空气间隙非常薄时这种装配方法就成为必要，例如，望远镜中有空气间隔的双合透镜。如果使用这种方法进行装配，那么垫片的平面就必须精确的平行。这种方法可以在外部开槽进行胶合，拆卸的可能是一个重要的考虑，

因为不能拆卸就将造成很多麻烦，除非在装配之前对另件进行极认真仔细的测量，则稍有厚度和表面误差都将使成像质量下降。假如真是这样而镜头的造价又昂贵的话，则应将其拆装和排除其中为害的问题。

这种装配方法已经在一些试验性的装配中进行了，结果可以看出是很有希望的。对

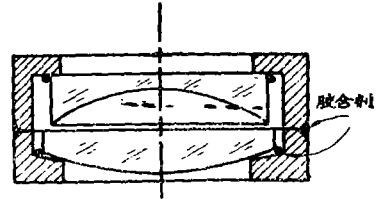


图 5 透镜只与一个镜框胶合的装配方法示意图，镜框必须平面平行。

于最精密的镜头来说采用这种装配方法同心度的精度也似乎是足够的。已经作的试验表明同心度可以在 ± 2 微米以内。同心的限度似乎主要由所使用定位透镜的技术以及观察许多条纹图形的同心度的能力所限制。一个设计很好的平行光管系统和在装配阶段使用合理的装配工具使我们能发挥系统的固有能力的。

概 括

业已指出，不用在所有部件尺寸上达到精密就可以在主镜头装配上能够接近完全的同心。主要的是使球形表面、透镜的厚度和垫片达到精密。方法更主要的是强调程序，它要求在洁净的装配房间内要有好的仪器和熟练的操作者。

译自 "Optical Engineering"

Vol.15 No.5, 1976.9, P. 428

(杨志中译 卢寿树校)