

光学仪器装配与校正

北京工业学院光学仪器教研室 编

国防工业出版社

光学仪器装配与校正

北京工业学院光学仪器教研室 编

国防工业出版社

内 容 简 介

本书为光学仪器专业的教材，是在总结以往经验的基础上来编写的。在内容上加强了理论性和系统性，注意了培养学生掌握光学仪器装校原理方面的基本理论知识和解决实际问题的分析能力。

本书共分九章，主要内容是装配精度计算和光学调整原理以及各类典型望远仪器的一般校正规律和方法。

本书对在本专业的工厂、设计与研究单位工作的工程技术人员有参考价值。

光学仪器装配与校正

北京工业学院光学仪器教研室 编

*

国防工业出版社 出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₁₆ 印张15 347千字

1980年12月第一版 1980年12月第一次印刷 印数：0,001—6,000册

统一书号：15034·2136 定价：1.55元

前 言

《光学仪器装配与校正》是光学仪器专业的一本专业教材。

本书总的说来是论述光学仪器装配过程中的一般规律，重点是讨论装配过程中的各种补偿原理，并以此来分析各类光学仪器中一些特有的规律。

在设计产品时，除了要具备原理和结构设计的能力外，还应当具备考虑产品装配过程中主要问题的能力。本书力图在这方面比较系统地提供一些必要的理论知识，从而使读者在设计方面的知识更趋全面。

以往的“装校”讲义，主要以装校工艺为主，这次则是采取以校正原理为主，并按照为仪器结构设计服务的观点来编写的，从内容到编写方法都强调了理论性和一定的系统性，同时也注意到尽可能结合各种类型光学仪器的特点来运用所得的结论。考虑到国内光学仪器装配校正方面的书籍很少，因而在编写时，除了照顾专业教材的特点之外，还尽可能兼顾到便于本专业的工程技术人员和有关专业的同志亦能参考。

根据教学大纲的要求，本书的内容只限于望远系统类型的光学仪器。对于显微系统、投影系统、摄影系统等方面的光学仪器的装配与校正本书均未涉及。

本书由于编写时间比较仓促，同时限于编者的学术水平，一定存在不少问题和缺点，切望读者批评指正。

本教材由邱松发同志主编。参加编写的同志有邱松发（第一章）、江先进（第三、八、九章）、邱廷荣（第五、六章）、任志文（第二、七章）和王琦（第四章）。

编 者

目 录

第一章 光学仪器装配校正的一般知识	1
§ 1-1 光学仪器的一般构造及其特点	1
§ 1-2 光学仪器装配校正的一般工艺过程	4
§ 1-3 例行试验	11
§ 1-4 从装校工艺出发对设计提出的要求	12
第二章 装配精度和尺寸链计算	15
§ 2-1 装配精度和尺寸链计算概述	15
§ 2-2 工艺误差	17
§ 2-3 装配精度计算方法	25
§ 2-4 装配尺寸链计算	30
§ 2-5 不同装配方法的尺寸链计算	39
第三章 光学调整原理	45
§ 3-1 向量旋转与坐标变换	45
§ 3-2 平面镜棱镜系统的物象共轭关系	52
§ 3-3 光学元件旋转状态下的物象方向共轭关系	69
§ 3-4 平面镜棱镜系统微量象偏转计算	73
§ 3-5 光学元件移动产生的象点位移	85
§ 3-6 光学元件微量转动产生的象点位移	87
第四章 校正用的基本光学工具	95
§ 4-1 平行光管	95
§ 4-2 检调管	98
§ 4-3 望远镜	98
§ 4-4 自准直望远镜	100
§ 4-5 读数显微镜	103
§ 4-6 象限仪和水准仪	106
第五章 望远系统基本光学性能与成象位置的检验与校正	109
§ 5-1 望远系统视度的检验与校正	109
§ 5-2 望远系统视差的检验与校正	114
§ 5-3 望远系统分划倾斜与象倾斜的检验与校正	125
§ 5-4 望远系统视放大率的检验	126
§ 5-5 望远系统出瞳直径与眼点距离的检验	130
§ 5-6 望远系统视场与分划值的检验	133
§ 5-7 望远系统分辨率与象质的检验	134
第六章 铰链式双眼仪器的校正	137
§ 6-1 双眼望远镜的光学系统及结构	137
§ 6-2 校正象倾斜一致性的原理与方法	138
§ 6-3 光轴平行性的校正	140

第七章 体视测距仪的校正	154
§ 7-1 体视测距仪光学系统概述	154
§ 7-2 光学补偿器的校正	155
§ 7-3 测标系统的端部角镜的校正	161
§ 7-4 相对放大率差的校正	167
§ 7-5 相对视差的校正	173
§ 7-6 相对象倾斜的校正	179
§ 7-7 光轴平行性校正及测距精度检查	182
第八章 回转瞄准镜管测角仪器的校正	189
§ 8-1 回转瞄准镜管测角仪器的一般构造和要求	189
§ 8-2 三轴倾斜造成的扫描误差	191
§ 8-3 回转瞄准镜管测角仪器的三轴校正	197
§ 8-4 光学读数系统的校正	204
第九章 转镜扫描光学仪器的校正	211
§ 9-1 转镜扫描光学仪器的特点	211
§ 9-2 扫描光学仪器的调整误差	213
§ 9-3 周视瞄准镜的构造原理	216
§ 9-4 周视镜望远系统瞄准轴的校正	217
§ 9-5 道威棱镜部件的校正	220
§ 9-6 头部棱镜部件的校正	224
§ 9-7 周视瞄准镜的总校	229

第一章 光学仪器装配校正的一般知识

一种定型产品的生产过程，一般由零件制造和产品装配两个阶段组成。零件制造阶段由零件生产车间生产出产品所属的、并符合图纸要求的全部合格零件；产品装配阶段则由装配车间将前一阶段所提供的全部零件，加上标准件、外购件、以及装配图明细表所规定的其他特殊件和辅助材料等，按照装配图所表示的装配关系和所规定的技术要求，将它们组合成为一个合格产品。从制造零件到成品的生产过程中都伴随着一系列的检验和校正，这一系列的检验和校正对保证产品的质量具有极为重要的作用。

由于各类产品都有其本身的特点，因而生产过程的两个阶段也有其各自的特点，特别是产品装配阶段更是如此。对于光学仪器来说，它的装配阶段的特点就尤为明显。

本书将以生产实际为基础，从理论上叙述光学仪器装配阶段的一般规律。研究一般规律的目的，主要在于进一步充实和加强本专业学员设计光学仪器的理论基础，使其设计思想更趋完善。

为了使后续各章的讨论有初步的实际基础，本章先就装配校正的一般工艺过程，以及设计与装配工艺的关系等问题，进行简单的叙述。

§ 1-1 光学仪器的一般构造及其特点

现代光学仪器多数是光、机、电技术的综合体，其中多数是以光学系统为仪器的核心部分，辅以机和电而成为具有某种性能和用途的光学仪器。在光机和光电两者之间，结构上光机的关系则更为密切。这一节就以光学机械仪器为例论述其特点。

一、光学机械仪器的一般构造

光学机械仪器通常由较精密的机械结构和光学零件或组件所构成，其中机械结构的主要作用是保证实现光学系统的设计性能。其中包括：

1) 保证实现光学系统的各项性能，如放大率 Γ 、视场 2ω 、出瞳直径 D' 、出瞳距离 l'_z 等，如图 1-1 所示。

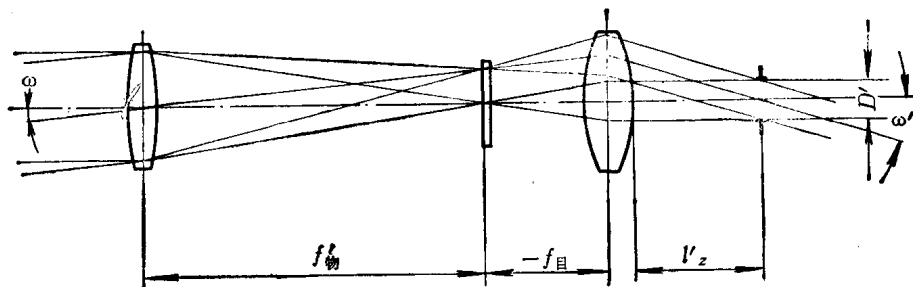


图 1-1

2) 实现光学系统中有运动要求的光学件的运动性能。如扫描棱镜或扫描反射镜、道威棱镜、立方棱镜的转动；变倍系统、内调焦系统及视度调节等的透镜组的移动；光学测微补偿器的光学件的运动；实现系统内部测量的分划板运动；以及双眼仪器的目距调节等等。各种光学件的运动示意如图 1-2 和图 1-3 所示。

3) 实现整个光学系统镜筒的运动，如使整个镜筒作高低方向和水平方向的转动；整个镜筒三个方向的移动。前者如测角仪器——经纬仪、方向盘等，如图 1-4 (a) 所示；后者如测量显微镜等，如图 1-4 (b) 所示。

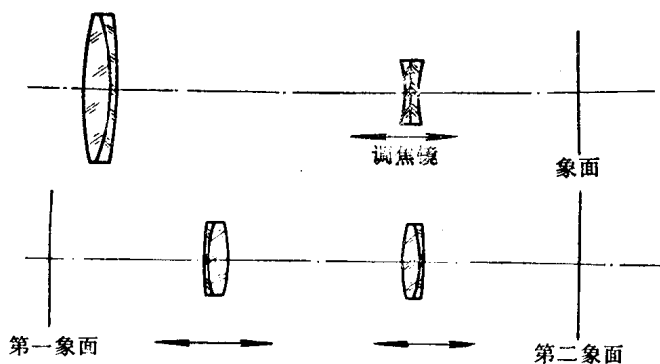


图 1-2

一个完整的光学机械仪器，通常由上述各种结构中的某些结构组合而成。

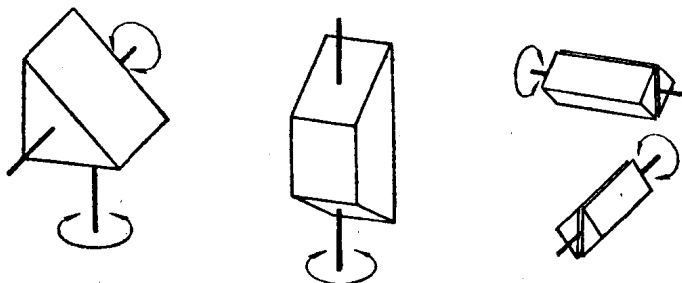


图 1-3

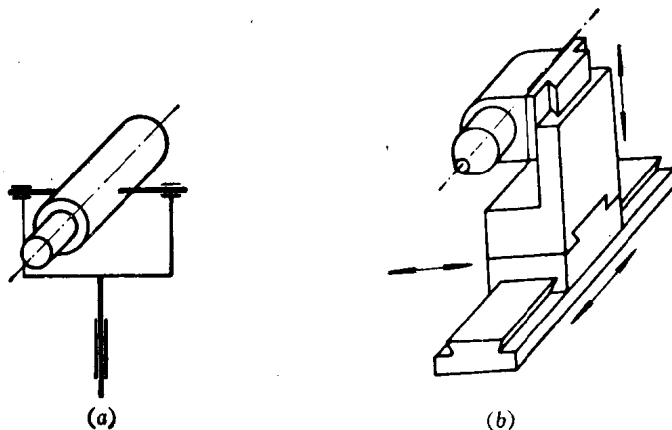


图 1-4

二、对光学机械仪器成品的一般要求

1. 要求镜筒内部严格清洁

这是因为：

- 1) 如果系统中的光学零件表面不清洁，则会影响光学系统的透光度，使最后从产品

实际射出的光能比应有的减少，从而影响仪器的观察效果，特别是位在象面上（或靠近象面的）光学零件，如果其上有脏物，则影响对目标的观察。

2) 如果在镜管内留有潮湿气体和其他有害气体，以及管内与光学零件接触的金属零件没有很好地脱脂，或镜管内防尘油脂质量不合要求，即使在当时看起来很清洁，但使用到一定的时间以后，就会在光学零件表面上逐渐产生各种类型的霉斑。并且随使用时间的延长而扩大，直至布满整个光学件的表面而使仪器无法使用。图 1-5 为两种不同性质的霉斑图，其中 (a) 为油脂或其他脏物落在光学零件表面上所引起的霉斑，(b) 为微生物(如孢子植物)在适当温度和湿度的条件下在光学零件表面上生长而成的霉斑。

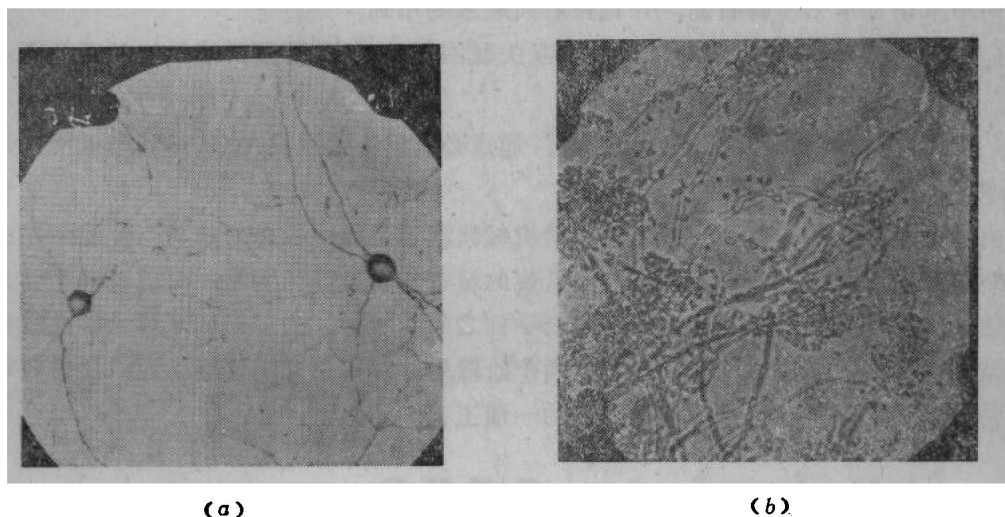


图 1-5

2. 要求精密的定位精度和传动精度

光学机械仪器通常用来进行精密测量，如角度测量、长度测量，或通过仪器来装定某些已知量，如装定炮目距离、装定瞄准角，有些光学仪器对目标进行扫描、跟踪等。因此，光学仪器中各个光学零件之间的相对位置精度和它们的运动精度，一般都要求很高，这样才能实现整个仪器的精度要求。如经纬仪的测角精度一般在秒级，高精度的可以到秒以内。又如测距仪的测距精度对应于测角精度也在秒级或小于秒。

由于光学系统各部分光学零件之间的定位精度和运动精度的要求，对仪器结构（其中包括固定、定位及传动机构）都要求有相应的精度来保证，当然精度要求高的部分就要求相应的高精度结构来保证。

3. 要求成品具有高的稳定性

所谓稳定性，是指成品在各种使用条件下和使用寿命的范围内，它的各项性能指标的变化，不能超出预先规定的范围。具体来说，例如要求成品在气温从负若干度到正若干度的范围内正常工作；要求成品在相对湿度百分之几和若干灰雾度的环境中正常工作；要求成品在几个重力加速度 g 的冲击情况下和振动频率为若干次/秒及振幅为若干毫米的使用或运载条件下进行正常工作和经得住长时间高频小振幅和低频大振幅的运输工具的振动和颠簸；要求成品在大暴雨的条件下仍能进行正常工作等等。

以上各项随着各类成品的使用条件、运输条件、储藏条件的不同，各有其不同的要求，

这些要求均规定在产品验收技术条件中。

由上述各点不难看出,光学机械仪器具有机械结构精密和仪器内部清洁的特点,对军用光学仪器来说,还具有使用条件恶劣这样一个特点。

§ 1-2 光学仪器装配校正的一般工艺过程

将全部合格零件组合成完整的合格产品[●],这一过程称为装配过程。在这一过程中,伴随着一系列的检验和校正,就是说,在装配过程中的主要工艺有装配、检验和校正。为了便于后续各章的叙述,在这里有必要把有关术语的含义进行简要的说明,特别是装配、校正这两个术语是本书所特有的,并且在后面经常要用到。

(1) 装配 将两个或两个以上的相互关联的零件,按装配图所表示的关系及要求装在一起,称为装配[●]。

(2) 校正 将初步装配完成的产品,通过必要的工艺手段,使其达到图纸所规定的有关技术性能的过程,称为校正。

由光学机械仪器的特点,决定了光学机械仪器的装配过程必须分两个阶段来完成,即机械装配和光学装配。前者主要指产品所属的精密传动部分的装配,而后者则主要是指经过清洁处理并与光学件有关的金属件与光学件之间的装配。为了保证军用光学仪器在野外恶劣条件下仍能正常使用,在完成上述两个阶段外,对军用光学仪器来说,还需要对产品进行密封等。下面主要讨论前两个阶段的一般工艺。

一、机械装配

对有些产品来说,只要把它们所属的全部合格零件和规定的辅助材料组合起来,装配过程即告完成,并且产品必定是合格产品。这类产品在设计时是考虑到按完全互换法进行装配。也就是说,在设计时已经考虑到只要全部零件的各相互有关的尺寸出现在所规定的极限偏差范围内,就能保证所装成的产品合格,即使所有零件的各相关尺寸都为极限值时,产品也照样合格。

这样的设计,给装配工作带来很多好处。比如装配非常方便,因此生产率高;在装配过程中不需要复杂的工装和其他辅助设备;对操作工人的技术水平要求也不高。这就是说,这种完全互换性装配是既有高的生产率,又有很好的经济性。但这种设计往往只适用于一些比较简单,并且要求不高的产品。有些产品虽然有一定的复杂程度,但总的说来要求不高,也可用这种设计方法。对于那些既复杂又有一定精度要求的产品,就不可能将全部零件都按完全互换法进行设计,特别是定位精度、传动精度较高又包括光学件的产品更是如此。在这种情况下,设计时必须考虑在装配过程中进行补偿的措施。

所谓补偿,总的说来是指在一个产品中,用改变其中某一组成件(零件或部件)的尺寸或位置,以实现此产品的某一技术要求。对应于产品的某一要求而使组成件的尺寸或位置的改变量称为补偿量。

在光学机械仪器的装配过程中,补偿又可分为机械补偿和光学补偿。机械补偿指补偿

- 这里所指的产品,可以是总体,也可以是一个部件或一个组件。
- 在非光学行业中或习惯上,常将我们这里定义的装配过程称为装配。

一个机械量，这一补偿往往是以装配尺寸链[●]的形式出现，求补偿量时需要进行尺寸链计算。光学补偿指补偿一个象点的位移量或光束方向的改变量。有时，象点位移量的补偿也可以表现为装配尺寸链形式，而在一般情况下，光学补偿表现为通过某一光学件的位置改变量的传递而得到。

补偿法在光学机械仪器装配过程中被大量采用。

在装配过程中可采用的机械补偿方法通常有以下三种：修配法、分组选配法和调整法。下面分别叙述这三种方法各自的工艺特点。

1. 修配法

此法是通过在装配尺寸链中设计时预先指定的一个或几个零件或部件的某个部位表面进行补充加工，以达到此尺寸链中某一尺寸的公差要求。这些要进行补充加工的零件或部件在此尺寸链中就是所谓补偿环。对补偿环的修配方法、修切量及修配后所达到的封闭环的要求，均需在设计时提出并计算好。要求既要保证有裕量可以修切，又不致使修切量太大。

修配法又可分为研磨法和修切法两种。

1) 研磨法 此法在机械装配过程中一般用于具有一定精度、并且有一定运动要求的轴孔配合和端面或接触面有相对运动的部分，如图 1-6 所示。

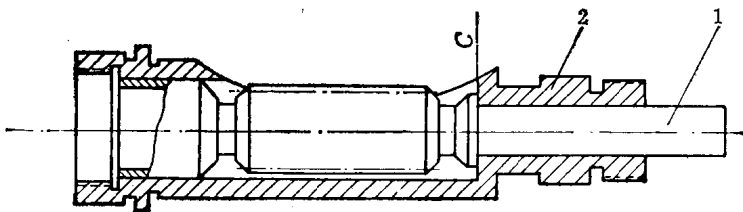


图 1-6

1—蜗杆；2—套管。

图中表示蜗杆 1 与套管 2 之间的装配。图纸要求序号 1 相对于序号 2 平滑转动，无松动和卡滞现象出现，并规定间隙为 0.01~0.02 毫米。此技术要求说明：

- (1) 孔和轴的配合部分的几何形状精度要求很高；
- (2) 件 1 和件 2 的两部分轴和孔之间的不同轴度要求很高；
- (3) 尺寸精度（配合部分）要求很高；
- (4) 要求端面 C 和轴线之间的不垂直度和表面光洁度也比较高。

如果几何形状误差和不同轴度误差不合要求，则会表现出不平滑和卡滞现象；端面不垂直度超差，则表现出端面没有完全接触，也会出现不平滑和卡滞现象；而尺寸误差会反映出传动过紧或过松。

从上面分析，这种配合要求如果用完全互换法来保证，必然会使加工精度提得很高，这样做是很不经济的。因此，遇到这种情况，通常规定在装配时采用研磨法，即轴孔研磨、端面研磨等。

研磨工艺有一套严格的规定，有一定的工装和步骤，以及研磨时所用的辅料，如研磨

● 关于装配尺寸链的定义及各种解法将在第二章中详细讲述。

棒、研磨套、研磨平台，以及金刚砂、氧化铝膏等等。至于具体的研磨工艺过程，在此从略。

2) 修切法 通过修切（如车、铣、磨等）去改变某一零件的装配尺寸，即改变装配尺寸链中补偿环的尺寸，以达到该尺寸链中某一尺寸要求的方法，称为修切法。

从修配法的工艺来看，这种方法由于在装配时会产生金属切屑或研磨后的残渣，对工作场所的清洁有影响。所以，这种方法一般只用于机械装配阶段，而不用于光学装配阶段；又由于要对零件进行补充加工，所以，工艺过程比较复杂，要有一定的工装，工人技术水平也要求较高，生产效率则比较低。但它的优点也是很突出的，既能达到较高的精度要求，又能达到较高的稳定性。例如经纬仪的竖轴，通过研磨可达 $2\sim 5$ 微米的间隙。

2. 选配法、分组装配法和调整法

这些方法的原理在第二章中将详细叙述。由于这些方法均属于无补充加工的装配法，故在装配时没有金属切屑和残渣产生。其中调整法在光学装配过程中用得很多，而选配法又往往作为机械装配中研磨和修切法的预备工序。

例如图 1-7 表示一个镜管的上下部之间的装配。上镜管 1 和下镜管 2 通过螺纹连接，要求在连接后上下两部分的通光口位于图示方向，其俯视图位置如 (a) 所示。由于是螺纹连接，故必须通过修切上镜管 1 的 A 面来达到上述要求。如果螺纹是右旋的，则应选取图中 (d) 所示的情形。因为在这种情况下修切量较小，而 (b)、(c) 所示情形的修切量太大，如遇这种情形应重选。

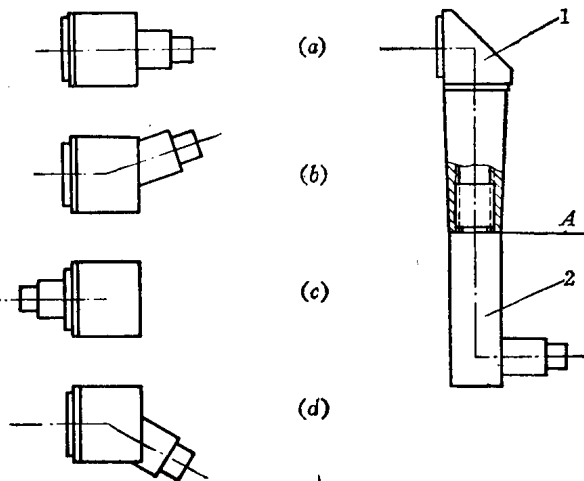


图 1-7

1—上镜管；2—下镜管。

二、光学装配

在这一装配阶段中，首先遇到的是大量的清洗工艺。关于这方面的问题在此不作讨论（当然这一工艺过程也是非常重要和必不可少的）。在这一小节中，主要讨论清洗以后的光学零件、部件和经过机械装配并经过清洗、烘干且与光学零部件有关的金属零件和部件之间的装配。

1. 对光学部件装配的要求

光学部件通常分为圆形光学零件组成的部件（如透镜、圆形分划板、圆形反射镜等）和非圆形光学零件组成的部件（如棱镜、反射镜等）。

对于透镜组成的部件来说，有各透镜光轴的不同轴度和各透镜顶点之间的间距要求；对于非圆形光学零件组成的部件来说，光学零件的某一工作面与所装入的金属零件的某一点、线、面之间的相对位置要求。此外，对有些要求比较高的光学部件，则还有保证光学零件受最小应力要求。

要达到以上这些要求,首先要有一个良好的结构设计。只有这样,在装配时才有可能选用适当的工艺方法和校正仪器来达到图纸规定的技术要求。

2. 装配举例

1) 圆形光学零件装配举例

对小口径的单透镜或胶合透镜的装配,如果对装成的部件要求不高时,可采用轱边结构或压圈结构,如图 1-8 所示。

图中 (a) 为轱边结构, (b) 为压圈结构。如果有一定的消应力要求,可以在图 1-8 (b) 压圈与透镜之间加上弹性隔圈; 如果消应力要求较高,则可采取较好的消应力的结构措施,如图 1-9 所示。

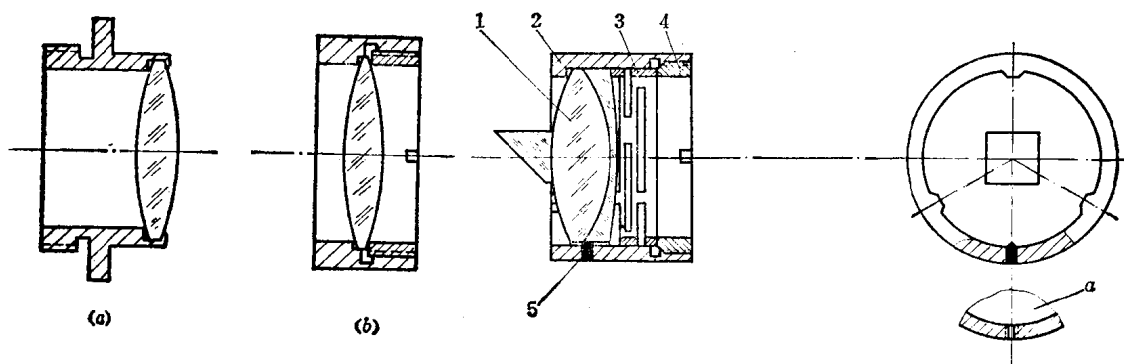


图 1-8

图 1-9

1—透镜; 2—镜框; 3—弹性隔圈; 4—压圈; 5—水泥胶;
a—未灌水泥胶时的螺孔。

图中镜框 2 与透镜接触的端面不是一个整圆,而是三个按 120° 均布的凸台。弹性隔圈 3 的端面也是三个凸台。在结构上要保证装入透镜 1 后,镜框 2 和弹性隔圈 3 之三个凸台能一一对应,然后用压圈 4 压紧。由于只有三个点对应接触,故压力只是通过接触部位,而其他通光部分既不受压应力,也不会由于弯曲而产生应力。为了防止透镜转动的可能性,又不致产生径向压应力,没有象一般结构那样采用紧定螺钉,而是用胶来代替,即在螺孔内灌注水泥胶 5,待干燥后即起紧定作用,但基本上不产生径向压力。实际上这种结构也不能完全消除装配时所产生的应力,但相对于前述两种结构来说,消除装配应力的可能性要提高很多。

对于口径较大的圆形光学零件,其装配结构就不宜用轱边法,通常采用的是压圈法。并且随着装配部件的要求不同,要设计不同的装配结构。

如果一个光学部件由几个圆形光学零件组成(如目镜部件),或由两个以上独立的圆形光学部件组成(如由双分离透镜组成的焦距可调的组合透镜),则根据具体结构,有时必须考虑有补偿结构。

2) 非圆形光学零件的装配举例

图 1-10 是一个装有棱镜的部件。图中棱镜 4 由定位片 5 在棱镜座 1 中定位,然后在棱镜上端放一软垫片 7,用压板 3 套在螺柱 2 上并用螺母 6 压紧。由于这种结构的压力是通过棱镜的通光部分,因此可能使象质变坏。不过棱镜是一个实体,只要压力不大,一般不

会产生变形。因此,如果要求不很高,这种结构还是允许的。

图 1-11 是平面反射镜的装配结构。图中表示反射镜 3 装在壳体 1 中并由定位片 4 定位,然后由片簧 2 将反射镜压紧。由图可见,压力只通过反射镜的边缘,其中心部分基本上不受力。因此,反射镜不致因变形而使象质变坏。这种结构对一般要求不高的光学仪器是可以采用的,但如果仪器的光学系统对象质要求很高,特别是放大率高并用作精密测量的仪器,则必须采取更严格的减少应力的结构。

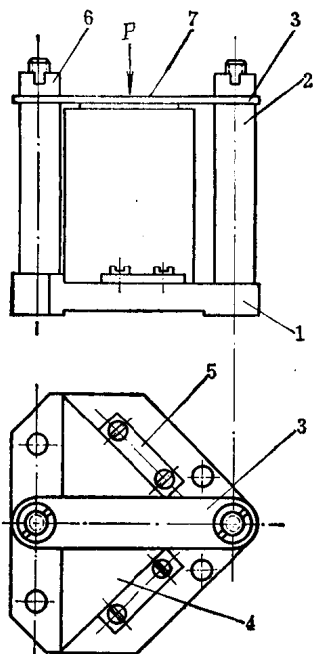


图 1-10

1—棱镜座; 2—螺柱; 3—压板; 4—棱镜;
5—定位片; 6—螺母; 7—软垫片。

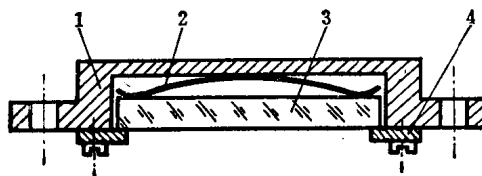


图 1-11

1—壳体; 2—片簧; 3—反射镜;
4—定位片。

图 1-12 表示棱镜 1 的析光面 A 与镜座 2 的定位面 B 之间构成正确关系的校正方法。

图 1-12 (a) 表示棱镜 1 在镜座 2 中的装配位置,由定位片确定棱镜的 A 面与镜座的 B 面之夹角 α 。

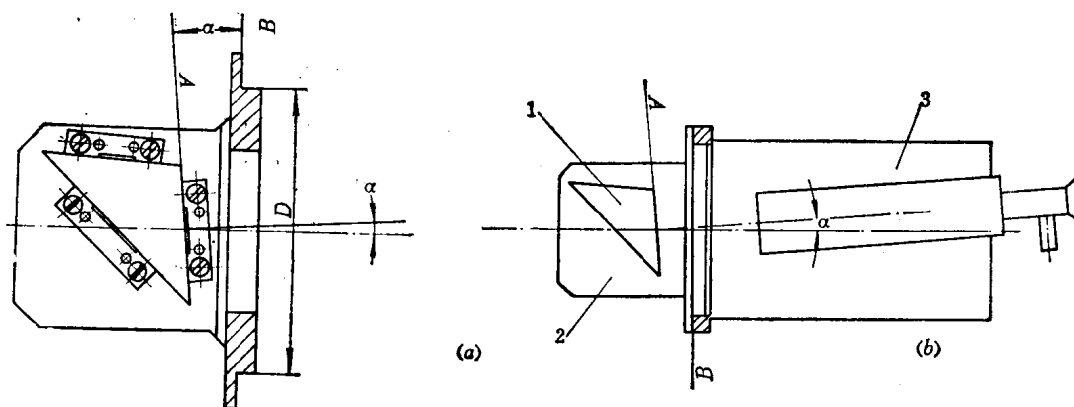


图 1-12

1—棱镜; 2—镜座; 3—校正仪。

图 1-12 (b) 表示棱镜部件以镜座的定位面 B 与校正仪 3 的定位面重合,校正仪上的自准望远镜瞄准轴与定位面 B 的法线之间的夹角等于所要求的 α 。当安放棱镜时,如果棱

镜的A面的反射象与自准望远镜的分划重合,则表示棱镜的安装方位正确。当其位移也达到要求时,就可以在定位片上打定位销。于是棱镜在棱镜座中的所有位置就完全确定。

从上述各例中可知,在设计带光学零件的部件时,必须考虑此部件经装配后的校正方法及校正装置的设计。

军用光学仪器的装配校正,除上述两个工艺阶段外,尚有总装、密封和例行试验等工艺阶段。

有些较复杂的光学机械仪器,在光学装配时,所有部件都平行作业(包括光学部件和非光学部件),因此需要一个总的组合成为合格产品的工艺阶段。这一工艺阶段叫做总装配。在各光学部件和非光学部件装入总体后,有一系列的补偿措施,特别是各光学部件之间的相互补偿。为了保证产品光学系统的各项性能,如放大率、视场、出瞳直径和出瞳距离,以及各项成像位置精度等,要设计一系列的调整机构及校正总体光学性能、机械性能的校正装置。关于这一部分,将在后续各章中逐步讨论,这里不作系统论述。

通过总装校后的产品,按验收技术条件规定而进行密封和各种使用及运输条件的模拟试验,通称例行试验。

三、产品的密封与干燥

装配好的产品,经上述各项总的性能检验合格后,需要按照图纸规定进行密封和产品内部的干燥。

1. 密封

密封的主要工艺措施是涂密封油灰。涂油灰部位一般在固定连接部分,如盖板与壳体的连接等。

1) 密封工艺 密封工艺比较简单。软油灰可以直接用工具涂抹,一般在连接以前,将软油灰涂抹在需要密封的结合面上,然后拧紧螺钉,利用螺钉拧紧时的压力,把多余的油灰挤出,而在结合面内留下一层均匀的薄层起密封作用。也可以用硅橡胶在连接前涂抹在结合部分,连接后成为密封圈。

在涂油灰时必须注意,除必须涂抹的表面外,其他部位,特别是要求比较高的接触面和有相对滑动的表面,均不应有油灰。因此,螺钉拧紧时所挤出来的多余油灰必须去掉,并且擦拭干净,以免在例行试验时震落到产品内部的其他部位。在有相对运动的部位,一般用油毛毡和塑料等材料制成的密封圈结构。图1-13表示目镜视度调节机构的密封。

2) 密封检验 在密封好的产品内部压入气体,使产品内部的气压高于外界0.1~0.2大气压,然后放置一段时间,如果产品内部气压的下降量在规定的范围内即为合格。

2. 干燥

产品内部的干燥,主要在产品密封以后在产品内部灌入干净的干燥气体,现在一般是

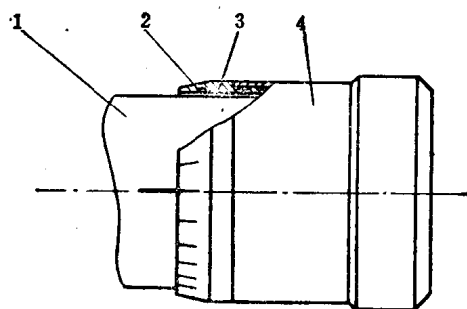


图 1-13

1—目镜管座；2—密封圈；3—视度分划圈；
4—视度转螺。

灌入氮气。

干燥的主要方法是循环法，图 1-14 表示用循环法干燥的原理。

对一般大型产品来说，产品的两头各有一个进气阀和出气阀。开动抽气机后，产品中原有的空气从出气阀抽出，经过湿度计，抽气机到吸潮器，最后成为较清洁并且较干燥的空气从进气阀进入产品，这样多次循环，直至湿度计所指示的湿度符合要求为止。有的产品经内部清洁干燥后，还需灌入氮气，以便更有效地杜绝霉的生长，特别是生物性霉的生长。

对于有些内腔不大的产品，其内腔在结构上有时被分割成为两部分，如图 1-15 所示。

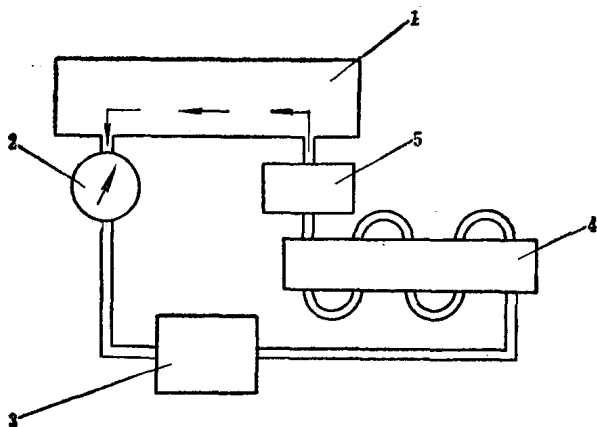


图 1-14

1—被干燥的产品；2—湿度计；3—抽气机；
4—吸潮器；5—过滤器。

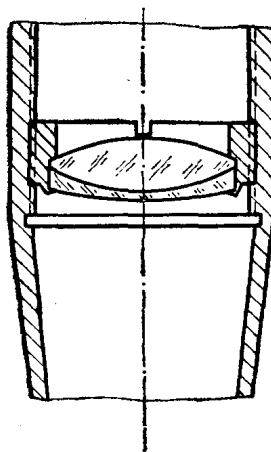


图 1-15

图中表示镜管被透镜结构分割成互不相通的两部分。如果按这样的设计，就无法进行循环，内部干燥就比较困难。在这种情况下，可设法将透镜结构设计成图 1-16 和图 1-17 的形式。

从图 1-16 和图 1-17 的透镜结构很容易看出，图 1-16 结构的空气可以通过透镜结构上的小孔进行循环；而图 1-17 结构则可以通过槽 A 进行循环。当然还可以根据具体结构设计出达到上述目的的其他结构形式。

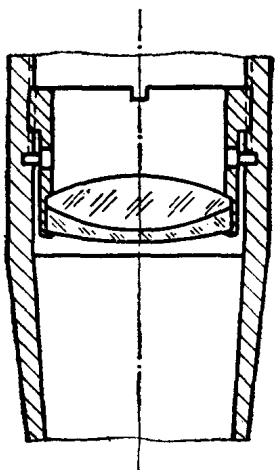


图 1-16

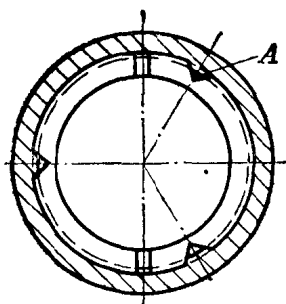


图 1-17

§ 1-3 例行试验

一、试验的目的

为了保证已装配成的产品出厂后在各种使用条件下都能保持出厂时的性能，在出厂前要对产品进行各种使用和运输条件的模拟试验，对产品的这种模拟试验是例行的，在一般情况下有五个具体试验项目，故一般称为例行试验或五项试验。

例行试验的目的，主要是考验产品两个方面的质量，即设计质量和装配质量。在产品试制阶段，主要是考验设计质量，例如结构、材料、传动、各部分配合精度的规定，以及辅助材料的选定等；在正规生产中，则主要考验装配质量，如各部分补偿的正确性，各部分连接的牢固性，传动力矩的控制，金属零件和光学零件的清洗质量，以及各种辅料应用的正确性和辅料的质量等。

为了保证产品更好地符合实际使用要求，模拟试验的条件一般要严于实际使用的条件。总的说来，是通过试验来检验产品的牢固性和稳定性。

二、试验项目

试验项目是根据各类仪器的特点来确定的。一般有如下三类试验：

1. 振动试验

这一类试验、主要是模拟由重力加速度所产生的外力对产品的影响，通常是模拟以下三种实际使用情况：

- 1) 模拟产品在运输时的颠簸，这种振动的特点是振幅比较大，频率比较低，根据产品的特点，规定振幅、频率及一次试验的持续时间。
- 2) 模拟实际使用中运载工具的发动机的振动，这种振动的特点是振幅小、频率高。
- 3) 模拟产品在武器上进行射击时的冲击震动，这类振动要根据与不同武器配合使用的产品，规定冲击力的大小和一次试验的冲击次数。

2. 密封性试验

- 1) 淋雨试验，模拟产品在大暴雨条件下使用。
- 2) 潮湿试验，模拟产品在连续阴雨的条件下进行使用和储藏。
- 3) 吹灰试验，模拟产品在充满微小尘埃及刮大风的条件下使用。

经上述试验后检查产品是否进水、进气或进灰。具体条件要根据不同产品而定。

3. 高低温试验

- 1) 高温试验，模拟产品在高温地区和高温季节使用。对于测距仪来说，还需要进行单面加热试验，以模拟产品在太阳照射时，由于产品内部气体的热不均匀而引起的失调。
- 2) 低温试验，模拟产品在严寒地区和低温季节使用。

通过高低温试验后，对一般仪器来说，需要检查传动力矩、密封油灰和润滑脂的质量等。同时检查经过密封试验后有否进水、进气等。

对用作测量的产品来说，应在高低温试验的环境中进行精度检验。

在实际试验时，一般按上述顺序进行，因为按这样的顺序试验，对产品的考验是比较