

光学零件工艺手册

上册



国防工业出版社

光学零件工艺手册

(上)

《光学零件工艺手册》编写组 编写

国防工业出版社



A501355

内 容 简 介

本手册分为上、中、下三册。上册为光学零件的基本加工；中册为特种加工；下册为常用资料附录。

本书上册主要介绍了光学零件加工的一般知识、工艺设计、毛坯加工、粗加工、精磨、抛光，以及定中心磨边等基本工艺过程与原理。同时对于球面、平面与非球面等典型零件的加工，以及特殊材料光学零件、光学样板和水准泡的加工亦作了较详细的叙述。另外，对基本加工中所用的一些主要通用工装也作了简要的介绍。

本手册可供光学仪器制造专业的光学工人、干部、技术人员和有关专业院校的师生参考。

光 学 零 件 工 艺 手 册

(上)

《光学零件工艺手册》编写组 编写

国防工业出版社 出版

北京市朝内大街165号 国防工业出版社 074号

国防工业出版社印刷厂 印刷 内部发行

787×1092^{1/16} 印张 39 插页 6 919 千字

1977年4月第一版 1977年4月第一次印刷 印数：0,001—5,000 册

统一书号：N15034·1546 定价：5.65元

绪 言

在毛主席革命路线指引下，我国的光学工业迅速发展起来了。光学仪器已广泛地应用在国民经济的许多部门和领域。随着光学工业的日益发展，新型光学仪器的采用和光学设计技术的不断提高，对光学零件的制造，在质量和数量上都提出了愈来愈高的要求。

近年来，在无产阶级文化大革命强劲东风和大庆精神的鼓舞下，我国光学工业战线上的广大工人、干部和技术人员以阶级斗争为纲，坚持党的基本路线，高举鞍钢宪法的光辉旗帜，坚持独立自主，自力更生的伟大方针，在三大革命运动实践中，积累了许多宝贵经验。为适应光学工业生产发展的需要，经过调查研究，我们搜集整理了一些经验和资料，并作了一些必要的试验后，汇编成这本《光学零件工艺手册》。

本书在内容安排上，是以工艺为主，也相应地阐述了一些与工艺有关的基本知识和工艺原理。另外，还把加工过程中常用的材料、辅料和数表列为附录。

本书主要供从事光学工业的广大工人、干部、技术人员，以及有关专业院校的师生参考使用。

在本书编写过程中，得到全国许多单位和同志们们的热情帮助和大力支持，特此志谢。由于编者水平有限，书中欠妥和错漏之处，在所难免，希望同志们提出批评指正。

《光学零件工艺手册》编写组

一九七六年五月

目 录

第一篇 一般知识	
第一章 光学零件类型与光学零件图..... 5	
第一节 光学零件基本类型..... 5	
第二节 光学零件图..... 19	
第二章 光学零件结构要素与技术要求..... 34	
第一节 透镜及圆形零件..... 34	
第二节 棱镜及非圆形零件..... 41	
第三节 分划元件的分划与字型尺寸要素..... 42	
第四节 光学零件技术要求..... 62	
第三章 光学零件工艺设计..... 76	
第一节 光学零件生产特点..... 76	
第二节 光学零件工艺审查..... 85	
第三节 光学零件工艺规程编制..... 88	
第二篇 基本加工	
第四章 光学零件毛坯加工..... 136	
第一节 型料毛坯..... 136	
第二节 块料毛坯..... 158	
第五章 光学零件的粗加工..... 164	
第一节 加工方法及影响因素..... 164	
第二节 粗加工上盘、装夹与胶条..... 168	
第三节 划切..... 172	
第四节 磨外圆..... 173	
第五节 粗加工平面与球面..... 178	
第六节 钻孔..... 193	
第七节 铣槽与磨圆弧..... 195	
第八节 检验..... 197	
第六章 光学零件精磨工艺..... 200	
第一节 精磨上盘..... 200	
第二节 精磨工艺..... 208	
第三节 精磨和抛光的模具与设备..... 221	
第七章 光学零件抛光工艺..... 236	
第一节 抛光原理..... 236	
第二节 古典法抛光..... 238	
第三节 准球心法抛光..... 262	
第四节 苕成法抛光..... 270	
第五节 离子抛光..... 274	
第六节 检验..... 275	
第七节 抛光面的保护..... 288	
第八章 光学零件定中心和磨边..... 292	
第一节 定中心..... 293	
第二节 磨边..... 303	
第三节 工装与设备..... 313	
第九章 球面与平面典型零件的加工..... 316	
第一节 透镜类型的零件加工..... 316	
第二节 楔形镜和平面镜类型的零件加工..... 325	
第三节 棱镜类型的零件加工..... 332	
第四节 其他类型的零件加工..... 350	
第十章 非球面典型零件的加工..... 361	
第一节 面对称非球面的加工..... 361	
第二节 轴对称非球面的加工..... 369	
第三节 轴对称非球面的检验..... 383	
第十一章 特殊材料光学零件加工..... 395	
第一节 晶体光学零件的加工..... 395	
第二节 塑料光学零件的加工..... 412	
第三节 H型偏振片的加工..... 415	
第四节 金属反光镜的加工..... 419	
第五节 纤维光学元件的加工..... 421	
第十二章 光学样板制造..... 431	
第一节 样板的精度等级..... 431	
第二节 样板的类型和尺寸..... 438	
第三节 弧形样板制造..... 448	
第四节 超半球及全球样板制造..... 469	
第五节 平面样板制造..... 482	
第六节 柱面样板制造..... 492	
第十三章 水准泡制造..... 498	
第一节 水准泡的型式及尺寸..... 498	
第二节 水准泡的技术要求..... 503	
第三节 水准泡制造工艺..... 505	
第四节 水准泡检验..... 524	
第十四章 基本加工通用工装..... 535	
第一节 刀具..... 535	
第二节 夹具与模具..... 548	
第三节 量具..... 595	
第四节 辅助工具..... 610	
第五节 其他工装及仪器..... 623	

第一篇 一般知识

光学零件的种类繁多，形式各异，其加工方法也各有不同。为了采取合理、完善、先进、可靠的制造工艺，必须正确地了解光学图纸中所标注的尺寸、角度、公差等各种技术要求和必要的工艺设计知识。

第一章 光学零件类型与光学零件图

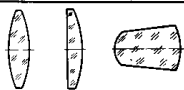
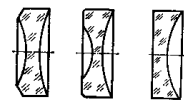
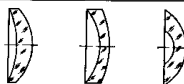
第一节 光学零件基本类型

光学零件按其结构和工艺特点可分为透镜、棱镜、反射镜、分划元件、玻璃平板、光楔等基本类型。

一、透镜


透镜是由两个折射曲面或一个曲面和一个平面所围限的透射体。根据透镜的表面几何形状、结构尺寸和组合情况，透镜有以下基本类型（见表1-1）。

表1-1 透镜的基本类型

类型及名称	外形图	说 明
球 凸 透 镜		两个折射面向外凸出的透镜称双凸透镜，其中有一个折射面是平面的称平凸透镜
面 凹 透 镜		两个折射面向内凹进的透镜称双凹透镜，其中有一个折射面是平面的称平凹透镜
镜 弯月透镜		两个折射面向同弯的透镜称弯月透镜

类型及名称	外形图	说明
球面 同心透镜		两个折射面向同弯曲且曲率中心相重合的透镜称同心透镜
球面 超半球透镜		矢高大于折射面曲率半径的凸透镜称超半球透镜
非球面 柱面透镜		有一个折射面为柱面的透镜称柱面透镜
非球面 抛物面透镜		有一个折射面为抛物面的透镜
菲涅尔透镜		其面形一般是由轴上点象差决定
胶合 双胶合透镜		由两块透镜胶合而成
胶合 三胶合透镜		由三块透镜胶合而成

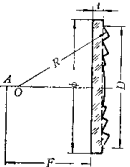
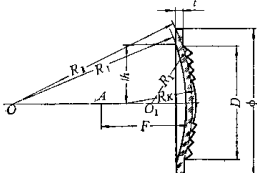
(续)

类型及名称	外形图	说明
四胶合透镜		由四块透镜胶合而成

注：要完整地表达某一透镜的性质，应该用复合名称。如平凸柱面透镜；球面凹柱面透镜；双胶合物镜等。

除上述外，还有一种罗纹透镜（见表1-2），这种透镜是一种消球差的大孔径聚光镜。广泛地应用于电影、电视、精密投影及舞台照明系统中，其加工方法一般为精密制模浇铸和热压成型。对于弱光源系统也可用有机玻璃车制而成。

表1-2 罗纹透镜

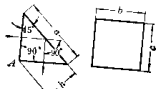
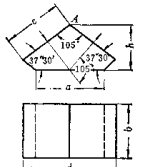
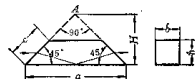
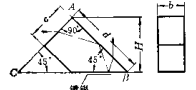
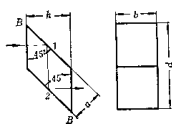
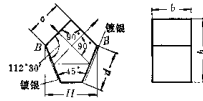
名称	外形图	说明
平面型罗纹透镜		第 I 面为平面，第 II 面是由曲率半径 R 不同的球面组成的不连续的阶梯面●
弧面型罗纹透镜		第 I 面为球心位于光轴上之球面，第 II 面是由曲率半径 R 不同的球面组成的不连续的阶梯面●

● 按照球差矫正情况，阶梯面可以由共轴球面系统或由非共轴球面系统构成。

二、棱镜

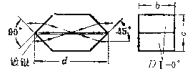
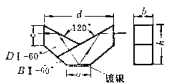
棱镜是由两个或两个以上相交的折射或反射平面所组成的透射体，能起分光作用或使光线转折。根据棱镜的结构和工艺特点一般有如下几种类型（表1-3）。

表1-3 典型棱镜

名称及代号	外形图	尺寸关系式	角度关系式	图纸应注角度公差
直角棱镜 DI-90°		$a = 1.414D$ $b = D$ $c = \beta$ $h = 0.707D$ $L = D$	$\bar{\theta}_1 = \delta 45^\circ$ $\bar{\theta}_2 = 1.4Y_A$ 式中 $\delta 45^\circ$ 符号表示两个 45° 角的实际值之差, Y_A 为 A 棱与其所对的工作面之间的夹角	$\bar{\theta}_1, \bar{\theta}_2, \Delta 90^\circ$ $\Delta 90^\circ$ 符号表示 90° 角的实际误差 $\bar{\theta}_1, \bar{\theta}_2$ 为光学平行差
等腰棱镜 DI-105°		$a = 1.260D$ $b = D$ $c = D$ $d = 1.587D$ $h = 0.821D$ $L = 1.303D$	$\bar{\theta}_1 = \delta 37^\circ 30'$ $\bar{\theta}_2 = 1.58Y_A$	$\bar{\theta}_1, \bar{\theta}_2, \Delta 105^\circ$
道威棱镜 DI-0°		$a = \frac{2\sqrt{2n^2-1}D}{\sqrt{2n^2-1}-1}$ 式中: n —玻璃折射率 $b = D$ $C = 1.414D$ $H = 0.500a$ $h = D$ $L = \frac{2nD}{\sqrt{2n^2-1}-1}$	$\bar{\theta}_1 = \delta 45^\circ$ $\bar{\theta}_2 = 1.4Y_A$	$\bar{\theta}_1, \bar{\theta}_2, \Delta 90^\circ$
四棱镜 DI-90°		$b = D$ $c = 1.414D$ $d = 1.414\sqrt{2n^2-1}D$ $H = \sqrt{2n^2-1}D$ $L = 2nD$	$\bar{\theta}_1 = \delta 45^\circ$ $-\Delta 90^\circ$ $\bar{\theta}_2 = 1.4Y_A$	$\bar{\theta}_1, \bar{\theta}_2, \Delta 90^\circ$
新方棱镜 (又称菱形棱镜) XI-0°		$a = 0.707D$ $b = D$ $d = 2D$ $h = D$ $L = 2D$	$\bar{\theta}_1 = \theta_{1,2} + \delta 45^\circ$ $\bar{\theta}_2 = 0.9Y_B$ 式中 $\theta_{1,2}$ 为 1, 2 两面在光轴截面内的几何平行差, Y_B 为两 B 棱在通过此两棱的标准位置的平面上的相对偏转角	$\bar{\theta}_1, \bar{\theta}_2, \theta_{1,2}$ $(\Delta 45^\circ)$
五棱镜 WI-90°		$b = D$ $c = D$ $d = 1.082D$ $H = 1.414D$ $h = 1.705D$ $L = 3.414D$	$\bar{\theta}_1 = 2\Delta 45^\circ$ $-\Delta 90^\circ$ $\bar{\theta}_2 = 2.4Y_B$	$\bar{\theta}_1, \bar{\theta}_2, \Delta 112^\circ 30'$ $\Delta 45^\circ, (\Delta 90^\circ)$

(续)

名称及代号	外形图	尺寸关系式	角度关系式	图纸应注角度公差
半五棱镜 B I -45°		$a = 1.082D$ $b = D$ $c = D$ $d = 1.707D$ $h = 0.707D$ $L = 1.707D$	$\bar{\theta}_1 = 2\Delta 22^\circ 30'$ $\quad - \Delta 45^\circ$ $\bar{\theta}_1 = 2.47\alpha$	$\bar{\theta}_1, \bar{\theta}_1, \Delta 45^\circ$ $(\Delta 22^\circ 30')$
乌拉司棱镜 W I -90°		$a = 2.613D$ $b = D$ $c = D$ $d = 4.828D$ $R = 2.414D$ $H = 3.414D$ $h = 1.707D$ $L = 4.828D$	$\bar{\theta}_1 = \Delta 90^\circ$ $\bar{\theta}_1 = \gamma_B$	$\bar{\theta}_1, \bar{\theta}_1$ $\Delta 67^\circ 30'$ $(\Delta 135^\circ)$
直角屋脊棱镜 D I, 90°		$b = D$ $c = D$ $d = 1.932D$ $e = 0.414D$ $K = 1.732D$ $H = 1.225D$ $h = 0.966D$ $L = 1.732D$	$\bar{\theta}_1 = \delta 45^\circ$ $\bar{\theta}_1 = 1.47c$ $\varphi = 60^\circ$ φ 为折射面与屋脊面之两面角 γ S 为屋脊双象差	$\bar{\theta}_1, \bar{\theta}_1, S$ $\Delta \varphi, (\Delta 90^\circ)$ S 为屋脊双象差
屋脊五棱镜 W I, 90°		$a = 1.237D$ $b = D$ $h = 1.874D$ $H = 1.893D$ $L = 4.223D$	$\bar{\theta}_1 = 2\Delta 45^\circ$ $\quad - \Delta 90^\circ$ $\bar{\theta}_1 = 1.47c$ $\varphi_1 = 60^\circ$ $\varphi_2 = 105^\circ 42'$ $\varphi_3 = 49^\circ 13'$	$\bar{\theta}_1, \bar{\theta}_1, S$ $\Delta \varphi_1, \Delta \varphi_2$
列曼棱镜 L I -0°		$a = 2.5D$ $b = D$ $c = D$ $d = 1.732D$ $e = 1.155D$ $f = 0.285D$ $H = 1.5D$ $h = 3.5D$ $R = D$ $L = 4.33D$	$\bar{\theta}_1 = 2\Delta 30^\circ$ $\quad + \theta_{1,2}$ $\bar{\theta}_1 = \gamma_B$	$\bar{\theta}_1, \bar{\theta}_1, \Delta 30^\circ$ $\Delta 60^\circ$
等腰屋脊棱镜 (又称迈密特棱镜) D I -45°		$a = 1.363D$ $b = D$ $t = 0.63D$ $h = 1.645D$ $L = 3.040D$	$\bar{\theta}_1 = \delta 67^\circ 30'$ $\bar{\theta}_1 = 0.767c$ $\varphi = 74^\circ 18'$	$S, \bar{\theta}_1, \bar{\theta}_1$ $\Delta 45^\circ, \Delta \varphi$



名称及代号	外形图	尺寸关系式	角度关系式	图派应用角度公式
立方棱镜 FL-0°		$b = D$ $c = D$ $d = \sqrt{\frac{2n^2 - 1}{2n^2 - 1}} D$ $L = \frac{nD}{\sqrt{2n^2 - 1 - 1}}$		$S, \bar{\theta}_1, \bar{\theta}_2$ $\Delta 90^\circ$
复合棱镜 (又称阿贝棱镜) FA-0°		$a = 1.155D$ $b = D$ $c = D$ $d = 3.464D$ $h = 2D$ $L = 5.196D$		组合的 $\bar{\theta}_1, \bar{\theta}_2$

● 四棱镜的 $\bar{\theta}_1 = \delta 45^\circ - \Delta 90^\circ$ 中的 $\delta 45^\circ = \angle B - \angle C$, 90° 偏大时 $\Delta 90^\circ$ 为正, 反之则为负。


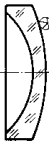
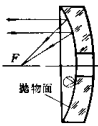
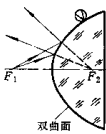
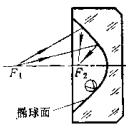
三、反射镜

反射镜是以其反射面对于预定光束产生转折或成像的光学元件。常用的反射镜, 按其形状可分为平面反射镜, 球面反射镜和非球面反射镜三种; 按反射面位置可分为内反射面反射镜和外反射面反射镜; 按反射程度分为全反射反射镜和半透光半反射反射镜(分光镜)。常用反射镜的基本类型见表 1-4。

表 1-4 反射镜基本类型

类型及名称	图
平 面 反 射 镜	
内 反 射 镜	

(续)

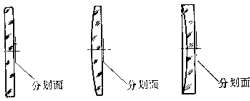
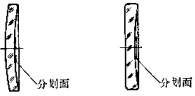
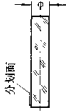
类型及名称		简图
球 面 反 射 镜	外反射 球面反射镜	
	内反射 球面反射镜	
非 球 面 反 射 镜	抛物面反射镜	
	双曲面反射镜	
椭 球 面 反 射 镜	椭球面反射镜	

类型及名称		简 图
非 球 面 反 射 镜	锥面反射镜	
	柱面反射镜	
分 光 镜	平面分光镜	
	棱镜分光镜	

四、分划元件

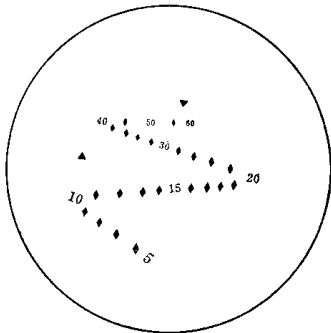
在一个表面上制有一定标志、分划或特定图案的光学零件统称分划元件。这种光学零件一般都位于光学系统的焦平面上。按其用途，分划元件包括分划板（镜）、光学度盘、光学码盘、光学刻尺、分辨率板、星点板等几种。分划面通常都是平面的，也有球面或柱面形式的，其外形见表 1-5。

表1-5 分划元件外形图例

分划面	外形图	注
平面		分划标志制造方便
球面		便于分划面与象面重合
柱面		

分划元件上的标志、分划或图案形式见表 1-6~8。

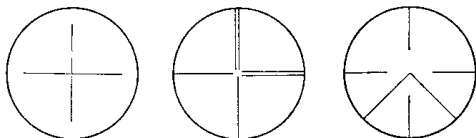
表1-6 分划形式图例

分划类型	分划图例
菱形标志	

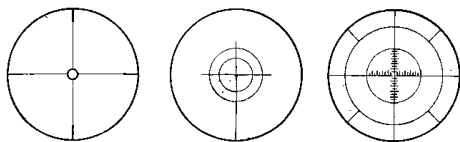
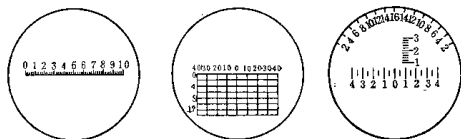
分划类型

分 划 图 例

直线分划



圆与直线分划

数字、直线
分划

数字、曲线
分划

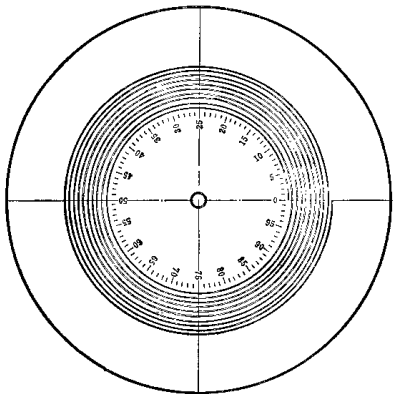
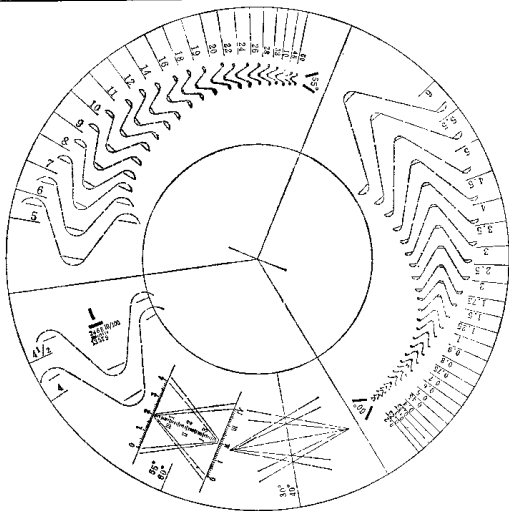
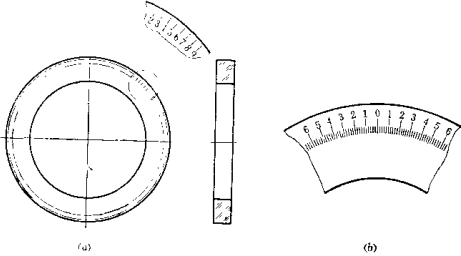


表1-7 量规、刻尺、码盘图例

名 称	图	例
光学度盘	 <p>(a)</p> <p>(b)</p>	
光学刻尺	