

光学冷加工 工艺手册

吕茂钰 主编

机械工业出版社



86
282

光学冷加工工艺手册

吕茂钰 主编



机械工业出版社

9110151

本手册的主要内容包括常用的基本资料、光学知识、材料和辅料、模具、冷加工工艺及加工过程中的测量方法。在编写方法上由浅入深，既注意到最基本的工艺知识和操作技术、测试方法，也有最新的工艺技术介绍。在资料的选取上，特别注意实用性。

本手册供从事光学冷加工的工人阅读，有关技术人员及院校师生亦可参考。

光学冷加工工艺手册

吕茂钰 主编

*

责任编辑：郑姍娥 版式设计：霍永明
封面设计：刘代 责任校对：董一平
责任印制：卢子祥

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）
（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）
机械工业出版社印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168\frac{1}{32}$ ·印张 $18\frac{3}{8}$ ·字数484千字
1991年2月北京第一版·1991年2月北京第一次印刷
印数0,001—1,800 定价：18.10元

*

科技新书目：235-001
ISBN7-111-02238-6/TH·367

DS74/107

前 言

本手册是为在生产第一线从事光学冷加工的读者编写的。它的内容包括常用的基本资料、专业知识、实际加工技术和测试方法。考虑到在生产车间工作的读者手头不可能备有各种有关书籍，因此本手册力求提供一些常用的资料以供查阅。但为使篇幅不致过大，所收资料以最基本的通用资料或最常用的专业资料为主。

本手册除了提供基本数据、资料、图表外，还对基本专业知识作了较系统的简要叙述，力求使手册在某些方面起到一本专业知识辅助读物的作用。

在内容的编排上，尽量做到由浅入深，既有最基本的工艺知识和操作方法介绍，也有目前最新的工艺技术，尤其注意到资料的实用性。

本手册由下列人员分工编写：第一章至第四章——吕茂钰。第五章中的一~八（开料、粗磨）——柳周镐；九、十、十四、十六、十七（上盘、细磨、抛光、下盘和清洗、样板制造、非球面加工）——吕茂钰；十一~十三（固着磨料精磨和抛光）——刘尊愚、吕秉锋；十五（定心磨边）——柳周镐；十八（晶体加工）——张心德；十九（光学复制）——陆一骏。第六章——柳周镐。另外，周英镛同志提供了抛光面保护胶的资料。最后由吕茂钰负责全书的统稿工作。

本手册由查立豫教授审校，她为提高书稿质量做了细致深入的工作。

编写这样一本包括多方面内容的实用手册，对我们来说是一个初步尝试。由于缺乏经验和学识有限，肯定会有不少缺点和错误，热诚欢迎广大读者批评指正。

对在手册中引用的资料，由于篇幅所限，在参考文献中仅列出了主要部分，其余未能一一列出的部分，在此一併致谢！

编 者

1987年9月于北京

目 录

前言

第一章 常用资料	1
一、汉语拼音字母	1
二、希腊字母	1
三、常用数学符号	2
四、平面和立体图形计算公式	3
1. 平面图形计算公式	3
2. 立体图形计算公式	7
五、小角求对边表	11
六、三角函数表	15
七、法定计量单位	23
1. 常用法定计量单位	23
2. 用于构成十进倍数和分数单位的词头	25
3. 应淘汰的计量单位	25
八、光学零件重量计算	27
九、公差与配合	27
1. 术语及定义	27
2. 基本规定	33
十、形状和位置公差	37
1. 形状和位置公差各项目的符号	37
2. 附加要求符号	38
3. 形位公差带的定义和示例	39
十一、表面粗糙度与光学零件表面疵病	50
1. 表面粗糙度符号	50
2. 部分术语与定义	50
3. 表面粗糙度标注方法	53
4. 光学零件表面粗糙度	55
5. 光学零件表面疵病	56

十二、光学零件的技术要求	60
十三、光学零件图	61
十四、光学零件的倒角	63
1. 圆形光学零件的倒角	63
2. 非圆形光学零件的倒角	64
十五、光圈识别	65
1. 高低光圈的识别	65
2. 光圈的度量	67
十六、光学样板	69
1. 型式和尺寸	69
2. 技术要求	72
3. 验收规则	74
4. 标记、包装、运输和保管	74
十七、莫氏硬度标准材料	75
十八、部分常用材料莫氏硬度	76
十九、擦布脱脂	77
1. 材料	77
2. 脱脂操作	77
第二章 光学知识	78
一、光波 光线 折射率	78
二、几何光学基本定律	79
三、单个球面近轴象	80
1. 物象位置关系式	80
2. 物象大小关系式	80
四、共轴球面系统的基点	81
五、单个折射球面和透镜的主平面及焦点	82
1. 单个折射球面的主平面和焦点	82
2. 位于空气中的单透镜的主平面和焦点	82
3. 典型单透镜主平面位置	83
六、用作图法求理想象	85
七、用解析法求理想象	87
八、透镜组成象	88
九、平面镜和棱镜成象	90

十、反射棱镜的光学平行差	93
十一、象差概念	94
十二、眼睛和光学仪器工作原理	97
1. 眼睛	97
2. 望远镜的工作原理	101
3. 放大镜和显微镜的工作原理	103
4. 照相机和幻灯机的工作原理	105
十三、光的干涉	106
1. 光的干涉现象及相干条件	106
2. 平板(薄膜)干涉	107
3. 多光束干涉	112
十四、光的衍射	113
十五、光的偏振	118
1. 偏振光的特点和获得方法	118
2. 波片	123
3. 偏振光的干涉	124
4. 物质的旋光性	126
十六、激光	126
十七、全息照相	130
第三章 常用材料和辅料	132
一、无色光学玻璃	132
1. 系列和分类	132
2. 牌号	132
3. 质量指标	132
4. 耐辐射光学玻璃	133
5. 部分光学玻璃的物理、化学特性	133
二、有色光学玻璃	138
1. 按特性分类	138
2. 牌号	138
3. 按质量指标分类、分级	139
4. 有色光学玻璃的物理、化学性质	139
5. 有色光学玻璃的折射率、反射修正值、化学稳定性和密度的数据	140

三、其他技术玻璃	144
1. 光学石英玻璃	144
2. 硬质玻璃	145
3. 微晶玻璃(超低膨胀玻璃)	146
四、光学晶体	146
1. 晶体和非晶体	146
2. 晶体的一般特性	147
3. 单晶和多晶	148
4. 晶体的内部结构	148
5. 七大晶系	149
6. 晶面指数和面间距	151
7. 晶体的解理面和解理程度	153
8. 部分光学晶体性能	153
五、磨料和磨具	163
1. 磨料的种类和性能	163
2. 磨料粒度及其组成	164
3. 人造金刚石	168
4. 磨具	169
5. W50以下磨料新旧标号对照	172
六、抛光粉	173
1. 抛光粉的种类与性能	173
2. 添加剂	174
七、粘结胶	174
1. 配制粘结胶常用材料特性	174
2. 部分粘结胶配方	184
八、抛光胶	186
九、常用有机溶剂	189
十、擦拭材料	190
1. 擦布	190
2. 脱脂棉	191
十一、保护涂料	192
第四章 模具	195
一、平模	195

VIII

1. 圆形平模上圆形零件的粘结数	195
2. 镜盘和粘结模的直径	196
3. 计算圆形零件粘结数的综合表	197
4. 圆平模材料和结构参数	199
二、球模	203
1. 粘结模	203
2. 研磨模	216
3. 倒边模	224
4. 抛光模	225
5. 球模材料和结构参数	227
6. 球模的工作面制造公差及检验	246
7. 球面镜盘参数表	246
三、夹模	351
四、圆弧样板	354
附录 I 磨料粒度与磨料层厚度	357
附录 II 各号刚玉对 K9 玻璃的毛面深度及与其他牌号 玻璃的换算系数	357
第五章 光学冷加工工艺	359
一、开料	359
1. 手工切割	359
2. 外圆切割机切割	361
3. 内圆切割机切割	362
4. 静压切割	363
5. 毛玻璃板划切	363
6. 窗玻璃划圆	364
二、磨外圆	365
1. 手工滚圆	365
2. 机器磨外圆	366
3. 外圆加工余量及公差	371
4. 外圆加工常见的问题	372
三、粗磨平面	372
1. 散粒磨料多片加工	372
2. 散粒磨料单件加工	373

3. 环形工件加工	373
4. 双面加工	374
5. 铣磨加工	374
6. 粗磨平面疵病产生原因	379
四、粗磨棱镜及斜面	379
1. 夹模	379
2. 平模	379
3. 铣磨棱镜	379
4. 磨斜面	380
5. 磨椭圆反射镜斜面	380
五、粗磨球面	380
1. 单件手工加工	380
2. 沟槽模加工	382
3. 整盘粗磨球面	382
4. 铣磨球面	382
5. 铣磨冷却液	389
6. 铣磨中常见的问题	390
7. 面形检验	390
8. 砂轮轴倾斜角 α 表	391
六、打孔	408
1. 硬质合金钻头	408
2. 空心钻头	408
3. 金刚石空心钻头	410
4. 台钻打孔	410
5. 超声波打孔	410
6. 打孔余量 ⁶	411
7. 打孔常见的问题	412
七、铣槽及磨圆弧	412
1. 铣槽	412
2. 铣刀	413
3. 磨圆弧	414
八、粗磨加工余量及公差	416
1. 粗磨余量	416

X

2. 开球面余量	416
3. 粗磨尺寸公差	416
九、上盘	417
1. 平行平面上盘	417
2. 透镜上盘	421
3. 棱镜上盘	423
十、散粒磨料细磨(精磨)	428
1. 细磨抛光机	428
2. 磨料	429
3. 模具	430
4. 注意事项	430
5. 常见疵病产生原因及克服办法	431
十一、固着磨料精磨	431
1. 机床	431
2. 精磨片	431
3. 磨盘	435
4. 冷却液	443
5. 主要工艺参数	443
6. 常见疵病产生原因及克服办法	445
十二、平面摆动式抛光	446
1. 抛光机	446
2. 抛光辅料	446
3. 抛光模	449
4. 修改光圈要领	449
5. 常见疵病产生原因及克服办法	449
6. 平行薄片的双面抛光	453
7. 环形抛光模抛光	454
十三、固着磨料抛光	455
1. 抛光机	455
2. 抛光片	455
3. 抛光模	455
4. 冷却液	456
5. 主要工艺参数	456

6. 常见疵病产生原因及克服办法	457
7. 国内首批生产线加工透镜技术要求和加工指标	458
十四、下盘和清洗	458
1. 加热法下盘	458
2. 冷冻法下盘	460
3. 局部加热法下盘	460
4. 敲击法下盘	460
5. 清洗	460
十五、定心和磨边	462
1. 定心方法	462
2. 磨边接头	468
3. 砂轮	468
4. 冷却液	471
5. 粘结胶	472
6. 倒角	472
7. 磨边机	473
8. 定心磨边余量	473
9. 磨边常见疵病及产生原因	476
十六、样板制造	476
1. 球面样板	476
2. 平面样板	481
十七、非球面加工	482
1. 二次曲面	482
2. 曲线样板	484
3. 最接近比较球面和最大非球面度	485
4. 非球面加工	487
5. 抛光模	490
6. 检验	491
7. 柱面镜制造	491
十八、晶体加工	501
1. 定向	501
2. 切割	512
3. 研磨	517

4. 抛光	519
5. 劳动保护	522
十九、光学零件的复制	523
1. 复制工艺	525
2. 常见疵病	529
第六章 加工过程中的测量	531
一、面形偏差测量	531
1. 干涉法	531
2. 阴影法	535
二、曲率半径测量	538
1. 机械法	538
2. 自准直法	541
3. 干涉法	543
4. 阴影法	544
三、平行度测量	545
1. 玻璃平板平行度测量	545
2. 棱镜光学平行差测量	550
四、角度测量	562
1. 直接测量法	562
2. 比较测量法	563
五、焦距测量	564
1. 放大率法	564
2. 附加透镜法	566
六、象质检验	567
1. 分辨率测量	567
2. 星点检验	573
参考文献	576

第一章 常用资料

一、汉语拼音字母

表 1-1 汉语拼音字母

大 写	小 写	名 称		大 写	小 写	名 称		大 写	小 写	名 称		大 写	小 写	名 称	
		拼音	汉字 注音			拼音	汉字 注音			拼音	汉字 注音			拼音	汉字 注音
A	a	a	阿	H	h	ha	哈	O	o	o	喔	V	v	vê	物
B	b	bê	玻	I	i	l	衣	P	p	pê	坡	W	w	wo	蛙
C	c	cê	雌	J	j	je	街	Q	q	qu	邱	X	x	xi	希
D	d	dê	得	K	k	kê	科	R	r	ar	阿	Y	y	ya	呀
E	e	e	鹅	L	l	êl	诶	S	s	ês	诶	Z	z	zê	资
F	f	fê	佛	M	m	êm	摸	T	t	tê	特				
G	g	gê	哥	N	n	nê	讷	U	u	u	乌				

注：1. 字母的手写体依照拉丁字母的一般书写习惯。
2. 名称栏内的汉字注音是按普通话的近似音，二字以上的要连续读。
3. “V”只用来拼写外来语、少数民族语言和方言。

二、希腊字母

表 1-2 希腊字母

正体		斜体		名 称 (汉语拼音注音)	正体		斜体		名 称 (汉语拼音注音)				
大写	小写	大写	小写		大写	小写	大写	小写					
A	α	<i>A</i>	<i>a</i>	alfa	I	ι	<i>I</i>	<i>i</i>	yota				
B	β	<i>B</i>	<i>\beta</i>	beta	K	κ	<i>K</i>	<i>\kappa</i>	kapa				
Γ	γ	<i>\Gamma</i>	<i>\gamma</i>	gama	Λ	λ	<i>\Lambda</i>	<i>\lambda</i>	lamda				
Δ	δ	<i>\Delta</i>	<i>\delta</i>	dêlta	M	μ	<i>M</i>	<i>\mu</i>	mlu				
E	ϵ, ϵ'	<i>E</i>	<i>\epsilon</i>	êpsilon	N	ν	<i>N</i>	<i>\nu</i>	niu				
Z	ζ	<i>Z</i>	<i>\zeta</i>	zita	Ξ	ξ	<i>\Xi</i>	<i>\xi</i>	ksai				
H	η	<i>H</i>	<i>\eta</i>	yita	O	\omicron	<i>O</i>	<i>\omicron</i>	omikron				
Θ	θ, θ'	<i>\Theta</i>	<i>\theta, \theta'</i>	sita	Π	π	<i>\Pi</i>	<i>\pi</i>	pai				
									P	ρ	<i>P</i>	<i>\rho</i>	rou
									Σ	σ	<i>\Sigma</i>	<i>\sigma</i>	sigma
									T	τ	<i>T</i>	<i>\tau</i>	tao
									Y	υ	<i>Y</i>	<i>\upsilon</i>	yupsilon
									Φ	ϕ, ϕ'	<i>\Phi</i>	<i>\phi, \phi'</i>	fat
									X	χ	<i>X</i>	<i>\chi</i>	kai
									Ψ	ψ	<i>\Psi</i>	<i>\psi</i>	psai
									Ω	ω	<i>\Omega</i>	<i>\omega</i>	omiga

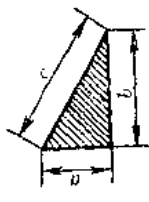
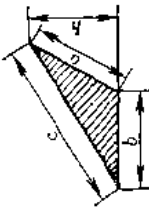
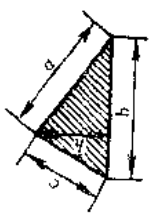
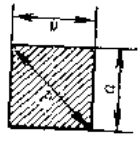
三、常用数学符号
表 1-3 常用数学符号

符 号	意 义	符 号	意 义
+	加, 正号	L	直角
-	减, 负号	\triangle	三角形
\pm	加或减, 正或负	\square	正方形
\mp	减或加, 负或正	\square	矩形
\times 或 \cdot	乘 ($a \times b = a \cdot b = ab$)	\square	平行四边形
+ 或 /	除 ($a \div b$ 或 $\frac{a}{b}$ 或 a/b 即 b 除 a 或 a 除以 b)	\odot	圆
=	等于	\perp	垂直
\equiv	恒等于	//	平行
\neq 或 \times	不等于	π	圆周率
<	小于	\sim	相似
>	大于	\cong	全等
\leq	小于或等于 (不大于)	\because	因为
\geq	大于或等于 (不小于)	\therefore	所以
\ll	远小于	\circ	度
\gg	远大于	/	分
\approx	约等于	"	秒
.	小数点 (如 3.14)	$\sin x$	x 的正弦
:	比 ($a:b$)	$\cos x$	x 的余弦
\propto	成正比	$\operatorname{tg} x$	x 的正切
∞	无穷大	$\operatorname{ctg} x$	x 的余切
%	百分比	$\operatorname{sec} x$	x 的正割
()	圆括号	$\operatorname{csc} x$	x 的余割
[]	方括号	$\arcsin x$	x 的反正弦
{}	花括号	$\arccos x$	x 的反余弦
\sim	数字范围 (如 5~10 表示由 5 到 10)	$\operatorname{arctg} x$	x 的反正切
Σ	总和	$\operatorname{arccot} x$	x 的反余切
a^c	a 的 c 次方 (c 不限定是正整数)	$\operatorname{arcsec} x$	x 的反正割
\sqrt{a}	a 开平方	$\operatorname{arccsc} x$	x 的反余割
$\sqrt[n]{a}$	a 开 n 次方	$\log_a x$	以 a 为底的 x 的对数
$ a $	a 的绝对值	$\ln x$	以 e 为底的 x 的对数 (自然对数)
<	角	$\lg x$	以 10 为底的 x 的对数
		\lim	极限
		\max	最大
		\min	最小

1. 平面图形计算公式

四、平面和立体图形计算公式

表 1-4 平面图形计算公式

图 形	计 算 公 式	图 形	计 算 公 式
直角三角形 	$A = \frac{ab}{2}$ $c = \sqrt{a^2 + b^2}$ $a = \sqrt{c^2 - b^2}$ $b = \sqrt{c^2 - a^2}$ (A——面积)	钝角三角形 	$A = \frac{bh}{2}$ $= \frac{b}{2} \sqrt{a^2 - \left(\frac{c^2 - a^2 - b^2}{2b}\right)^2}$ 设 $S = \frac{1}{2}(a+b+c)$ 则 $A = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$
锐角三角形 	$A = \frac{bh}{2}$ $= \frac{b}{2} \sqrt{a^2 - \left(\frac{a^2 + b^2 - c^2}{2b}\right)^2}$ 设 $S = \frac{1}{2}(a+b+c)$ 则 $A = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$	正方形 	$A = a^2$ $A = \frac{1}{2}d^2$ $a = 0.7071d$ $d = 1.414a$