

设

光

计

学

手

册



(修订版)

李士贤 编  
李 林

北京理工大学出版社

# 光学设计手册

(修订版)

李士贤 李 林 编

袁旭沧 审校

北京理工大学出版社

## 内 容 简 介

本手册是为光学设计者编写的专业工具书,手册中编入了最新的和现行的 90 多个标准及其他重要技术资料,这些标准和资料是光学设计的重要依据。采用标准是提高产品质量的重要途径,因此本手册也可作为从事光学仪器和光电仪器设计、制造、工艺工作的技术人员及高等院校师生的专业参考书和工具书。

手册内容由四部分组成:光学材料,除无色及有色光学玻璃外,还有红外光学材料、光学塑料、光学纤维等其他光学材料;光学制图及对光学零件材料、光学零件加工技术要求的标准;各类典型光学系统的基本参数、技术条件、通用技术规范等有关标准,并提供了 210 多个典型光学系统结构参数,供设计者参考;光电转换器件,包括红外变像管、像增强器、CCD 器件的性能参数、系列等。

本手册的特点是内容集中,针对性强,可用数据多,技术资料多,常用图表多,实用性极强。有了本手册,读者能在较短时间内查到有关光学设计方面的各类标准,大大提高工作效率。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

光学设计手册/李士贤等编. —修订版. —北京:北京理工大学出版社, 1996  
ISBN 7-81045-111-1/TN·15

I. 光… II. 李… III. 光学仪器-机械设计-手册 IV. TH740.2-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 02882 号

北京理工大学出版社出版发行

(北京市海淀区白石桥路 7 号)

邮政编码 100081 电话(010)8422683

各地新华书店经售

国防科工委印刷厂印刷

\*

787×1092 毫米 16 开本 26.75 印张 825 千字

1996 年 8 月第二版 1996 年 8 月第二次印刷

印数: 1-3000 册 定价: 40.00 元

---

※图书印装有误,可随时与我社退换※

# 再版前言

本书是1990年北京理工大学出版社出版的“光学设计手册”一书的修订本。补充和修改内容如下：

根据正式发布的标准，对书中标GB×××—××字样的23个标准，标上了相应的标准号，对其内容进行了订正。同时还增加了十多个标准和一些技术资料。

第一章“光学材料”中增加了第三节“红外光学材料”，使光学材料内容更充实，应用更广泛。

第六章“照相物镜”中，增加了“放映银幕”一节，内容包括两部分，第一部分是放映银幕的类型、特性和常用尺寸系列；第二部分是两种反射放映银幕（漫反射式和集聚增益反射式）的特性参数，对确定放映系统的光学性能提供了依据。考虑到近年来各光学厂的产品变化较大，删去了“国内部分照相镜头产品系列（目录）”一节，并删去了不常用的“人像镜头”标准。随着科学技术的发展，红外系统和微光夜视系统的应用日益广泛，光电转换器件是这类仪器中必不可少的组成部分，因此增加了第七章“光电转换器件”，主要内容包括红外变像管、像增强器、CCD器件的性能参数、系列及有关标准。

本书由李士贤主编，参加这次修订工作的为：李士贤（第一、二、三、四、六章及附录）、李林（第五、七章），袁旭沧教授审校了全书。本书在编写和修订中曾得到不少同志的帮助和支持，谨致谢意。

编者

1995年9月于北京理工大学

# 目 录

## 第一章 光学材料

<b>第一节 无色光学玻璃</b> .....	( 1 )
1. 系列、类型和牌号 .....	( 1 )
2. 质量指标、类别和级别 .....	( 3 )
3. 无色光学玻璃理化性能 .....	( 13 )
4. 国产无色光学玻璃与国外牌号对照 .....	( 38 )
<b>第二节 有色光学玻璃</b> .....	( 40 )
1. 名词术语 .....	( 40 )
2. 类型、牌号、分类和分级 .....	( 40 )
3. 有色光学玻璃质量范围及供货条件 .....	( 51 )
4. 有色光学玻璃的物理化学性能及光谱透过曲线 .....	( 54 )
5. 有色玻璃牌号与国外牌号对照 .....	( 77 )
<b>第三节 红外光学材料</b> .....	( 84 )
1. 红外光学材料物理化学性能 .....	( 84 )
2. 红外光学材料光谱折射率及透过率曲线 .....	( 84 )
<b>第四节 光学晶体</b> .....	( 119 )
1. 主要性能参数 .....	( 119 )
2. 光学晶体质量指标、分级分类 .....	( 119 )
3. 技术要求 .....	( 122 )
4. 几种常用晶体材料性能 .....	( 122 )
5. 光学晶体透过率曲线 .....	( 123 )
<b>第五节 光学石英玻璃</b> .....	( 123 )
1. JC185 - 73 中规定的石英玻璃的牌号与名称 .....	( 123 )
2. 光学石英玻璃的质量指标 .....	( 123 )
3. 常用光学石英玻璃应达到的技术指标 .....	( 126 )
4. 石英玻璃的理化性能 .....	( 126 )
<b>第六节 人造光学石英晶体</b> .....	( 127 )
1. 名词和定义 .....	( 127 )
2. 产品品种规格 .....	( 127 )
3. 技术要求 .....	( 127 )
<b>第七节 其它光学材料</b> .....	( 129 )
1. 微晶玻璃 .....	( 129 )
2. 光学塑料 .....	( 129 )
3. 光学纤维 .....	( 132 )
4. 航空有机玻璃 .....	( 132 )
5. 乳白漫射玻璃 .....	( 133 )
6. 常用液体的折射率 .....	( 133 )

## 第二章 光学制图及光学零件技术要求

<b>第一节 光学制图</b> .....	(135)
1. 一般规定 .....	(135)
2. 图样要求 .....	(138)
3. 附录 .....	(140)
3.1 附录 A 图样示例 .....	(140)
3.2 附录 B 光学系统主要光学参数项目、顺序推荐表 .....	(145)
3.3 附录 C 光学结构参数、矢高表 .....	(146)
<b>第二节 对光学零件材料的要求</b> .....	(146)
<b>第三节 对光学零件的加工要求</b> .....	(147)
1. 光学零件球面半径数值系列 .....	(147)
2. 光学零件的表面误差 .....	(159)
3. 光学零件外径及配合公差的给定 .....	(161)
4. 光学零件的中心厚度及边缘最小厚度 .....	(162)
5. 光学零件的厚度公差 .....	(165)
6. 光学零件的倒角 .....	(165)
7. 透镜中心误差 .....	(167)
8. 角度公差 .....	(169)
9. 光学零件气泡度 .....	(170)
10. 光学零件表面疵病.....	(173)
11. 表面粗糙度.....	(176)
12. 光学分划零件技术要求.....	(179)
13. 光学零件镀膜.....	(188)
14. 光学零件的胶合.....	(195)
15. 光学零件外圆涂漆.....	(196)

## 第三章 平面反射镜及棱镜

<b>第一节 平面反射镜</b> .....	(197)
<b>第二节 反射棱镜光轴、光轴长度、光轴截面与光学平行度</b> .....	(197)
1. 术语定义 .....	(197)
2. 在图样上的标注 .....	(198)
3. 光学平行度与棱镜几何误差的关系 .....	(199)
<b>第三节 直角棱镜</b> .....	(200)
1. 型式和基本尺寸 .....	(200)
2. 技术要求 .....	(201)
3. 直角棱镜标记的表示方法 .....	(204)
4. 直角棱镜的光学平行差与角量偏差的关系 .....	(204)
<b>第四节 反射棱镜分类、代号与图表</b> .....	(206)
1. 棱镜分类 .....	(206)
2. 棱镜名称的表示符号 .....	(207)
3. 光轴折转次数及表示符号 .....	(207)
4. 光轴偏转角及光轴折转角 .....	(207)

5. 棱镜代号 .....	(207)
6. 棱镜图表说明 .....	(208)
7. 标注 .....	(209)
8. 棱镜图表 .....	(209)
9. 角度公差给定原则 (参考) .....	(226)
<b>第五节 反射棱镜像偏转特性</b> .....	(226)
1. 名词术语 .....	(226)
2. 常用反射棱镜像偏转特性图表 .....	(227)
3. 反射棱镜作用矩阵、像偏转的计算方法 .....	(227)
<b>第六节 反射棱镜系统的应用举例</b> .....	(258)
1. 转像系统 .....	(258)
2. 分像或合像系统 .....	(259)
<b>第七节 折射棱镜</b> .....	(261)
1. 折射棱镜的性质 .....	(261)
2. 直视棱镜和消色差棱镜 .....	(261)
3. 折射棱镜的应用举例 .....	(261)

## 第四章 望远镜系统

<b>第一节 光学和光学仪器——参考波长</b> .....	(265)
1. 适用范围 .....	(265)
2. 波长、参考波长、主折射率、平均色散和阿贝数 .....	(265)
3. 推荐使用的其他波长 .....	(265)
<b>第二节 棱镜式双筒望远镜和伽里略式双筒望远镜</b> .....	(266)
1. 名词术语 .....	(266)
2. 棱镜式双筒望远镜的分类 .....	(266)
3. 技术要求 .....	(266)
<b>第三节 炮用瞄准镜光学性能要求</b> .....	(268)
<b>第四节 炮兵光学仪器光学性能要求</b> .....	(268)
1. 视放大率 .....	(269)
2. 视场 .....	(269)
3. 出瞳直径 .....	(269)
4. 出瞳距离 .....	(269)
5. 眼点距离 .....	(269)
6. 视度零位和调整范围 .....	(269)
7. 视差 .....	(269)
8. 分划倾斜 .....	(269)
9. 物像倾斜和相对倾斜 .....	(270)
10. 透过系数 .....	(270)
11. 杂光系数 .....	(270)
12. 分辨率和像质 .....	(271)
13. 双目产品的特殊性能要求 .....	(271)
<b>第五节 大地测量仪器</b> .....	(271)
1. 经纬仪 .....	(271)

2. 平板仪 .....	(277)
3. 水准仪系列的基本参数及技术条件 .....	(279)
4. 大地测量仪器分划板 .....	(281)
<b>第六节 望远物镜典型结构参数</b> .....	(282)
<b>第七节 目镜典型结构参数</b> .....	(288)

## 第五章 显微镜系统

<b>第一节 显微镜通用技术规范</b> .....	(303)
1. 显微镜物镜系列 .....	(303)
2. 显微镜目镜系列 .....	(304)
3. 显微镜聚光镜系列 .....	(305)
4. 显微镜放大率 .....	(305)
5. 显微镜物镜和目镜的标志 .....	(307)
6. 显微镜光学连接尺寸 .....	(309)
7. 显微镜用载玻片 .....	(311)
8. 显微镜用盖玻片 .....	(312)
9. 显微镜光学显微术通用浸油 .....	(312)
10. 显微镜光谱滤色片基本规格 .....	(313)
11. 显微镜目镜分划板 .....	(314)
12. 显微镜目镜和镜筒的配合尺寸 .....	(314)
<b>第二节 专用显微镜系列和技术条件</b> .....	(315)
1. 生物显微镜 .....	(315)
2. 体视显微镜 .....	(318)
3. 工具显微镜 .....	(320)
4. 读数显微镜 .....	(321)
5. 金相显微镜 .....	(322)
6. 偏光显微镜 .....	(323)
<b>第三节 显微镜物镜典型结构参数</b> .....	(327)

## 第六章 照相物镜

<b>第一节 照相镜头</b> .....	(338)
1. 术语和符号 .....	(338)
2. 基本参数、性能及指标 .....	(341)
<b>第二节 照相镜头系列</b> .....	(345)
1. 35mm 照相机可换定焦距镜头系列 .....	(345)
2. 35mm 照相机可换变焦距镜头系列 .....	(346)
3. 120 照相机定焦距镜头系列 .....	(346)
4. 座式照相机镜头系列 .....	(347)
<b>第三节 电影放映物镜技术条件</b> .....	(348)
1. 16mm 电影放映物镜技术条件 .....	(348)
2. 35mm 电影放映物镜技术条件 .....	(350)
<b>第四节 投影仪</b> .....	(351)
1. 投影仪的基本参数 .....	(352)

2. 投影仪的主要技术指标 .....	(352)
<b>第五节 放大镜头</b> .....	(352)
1. 参数系列 .....	(353)
2. 技术要求 .....	(353)
<b>第六节 照相机像幅尺寸</b> .....	(354)
1. 照相机像幅尺寸 .....	(354)
2. 航空摄影测量照相机的像幅尺寸 .....	(355)
3. 座式照相机像幅尺寸 .....	(355)
4. 便携式座式照相机像幅尺寸 .....	(355)
<b>第七节 摄影用滤光镜</b> .....	(356)
1. 摄影用玻璃滤光镜通用规则 .....	(356)
2. 摄影用色滤光镜 .....	(357)
3. 摄影用中性玻璃滤光镜 .....	(359)
<b>第八节 放映银幕</b> .....	(360)
1. 放映银幕分类 .....	(360)
2. 漫反射放映银幕特性参数 .....	(365)
3. 集聚增益反射放映银幕特性参数 .....	(366)
<b>第九节 照相物镜典型结构参数</b> .....	(371)
1. 投影物镜典型结构参数 .....	(371)
2. 放映物镜典型结构参数 .....	(373)
3. 国内部分照相物镜典型结构参数 .....	(374)
4. 国外部分照相物镜典型结构参数 .....	(379)

## 第七章 光电转换器件

<b>第一节 光电阴极光谱响应特性</b> .....	(388)
1. 命名 .....	(388)
2. 系列 .....	(389)
<b>第二节 像增强器</b> .....	(392)
1. 像增强器参数系列 .....	(392)
2. 国外部分一代像增强器性能 .....	(392)
3. 国外部分二代像增强器性能 .....	(393)
4. 国外部分三代像增强器性能 .....	(394)
5. 国产像增强器性能参数 .....	(395)
6. 几种 X 光增强管性能参数 .....	(395)
7. 美国部分像增强器军标标准 .....	(396)
8. 国营 559 厂二代微光像增强器主要技术参数 .....	(396)
<b>第三节 红外变像管</b> .....	(397)
1. 红外变像管性能参数 .....	(398)
2. 国营 559 厂红外变像管系列、参数 .....	(398)
<b>第四节 CCD 器件</b> .....	(399)
1. 国外部分面型硅 CCD 摄像器件参数 .....	(399)
2. 视像管性能参数 .....	(400)
3. 国外部分黑白 CCD 摄像机型号及性能参数 .....	(401)

4. 日本彩色 CCD 摄像机型号及性能参数 .....	(401)
5. 敏通公司 CCD 器件 .....	(402)
<b>第五节 夜视仪器</b> .....	(404)
1. 我国舰用微光夜视仪光学性能标准 .....	(404)
2. 美军两种夜视瞄准仪标准 .....	(405)

## 附 录

<b>一、几何光学</b> .....	(406)
1. 符号规则 .....	(406)
2. 主要“点”的术语、符号 4 .....	(407)
3. 线量的术语、符号 .....	(407)
4. 角度的术语、符号 .....	(408)
5. 像差的术语、符号 .....	(408)
6. 有关术语 .....	(410)
<b>二、光学零部件</b> .....	(411)
7. 透镜、透镜系统 .....	(411)
8. 棱镜、棱镜系统 .....	(411)
9. 反射镜 .....	(412)
10. 分划元件 .....	(413)
11. 玻璃平板及其他光学零件 .....	(413)
<b>三、光学零件的技术要求</b> .....	(414)
12. 光学零件的技术要求 .....	(414)
13. 光学系统性能 .....	(414)
<b>五、像质评定</b> .....	(416)
14. 像质评定 .....	(416)

# 第一章 光学材料

## 第一节 无色光学玻璃 (GB 903—87)

该标准适用于直径或边长不大于 300mm, 厚度不大于 60mm 的无色光学玻璃毛坯 (以下简称为玻璃)

### 1. 系列、类型和牌号

#### 1.1 系列

无色光学玻璃分为两个系列:

(a) 普通光学玻璃系列 (P 系列), 其牌号序号由 1~99;

(b) 耐辐射光学玻璃系列 (N 系列), 其牌号序号由 501~599。

#### 1.2 类型

根据折射率  $n_d$  和色散系数  $\nu_d$  在  $n_d-\nu_d$  领域图 (见图 1-2) 中的位置, 无色光学玻璃按表 1-1 分为 18 种类型。

表 1-1 无色光学玻璃类型

玻璃类型		玻璃类型	
代 号	名 称	代 号	名 称
FK	氟冕玻璃	QF	轻火石玻璃
QK	轻冕玻璃	F	火石玻璃
K	冕玻璃	BaF	钡火石玻璃
PK	磷冕玻璃	ZBaF	重钡火石玻璃
BaK	钡冕玻璃	ZF	重火石玻璃
ZK	重冕玻璃	LaF	镧火石玻璃
LaK	镧冕玻璃	ZLaF	重镧火石玻璃
TK	特冕玻璃	TiF	钛火石玻璃
KF	冕火石玻璃	TF	特种火石玻璃

#### 1.3 牌号

各牌号玻璃的折射率  $n_d$ 、中部色散  $n_F-n_C$  及色散系数  $\nu_d$  的标准数值按表 1-2 的规定。

表 1-2 无色光学玻璃  $n_d, n_F-n_C, \nu_d$  标准数值

玻璃牌号		折射率	中部色散	色散系数	玻璃牌号		折射率	中部色散	色散系数
P 系列	N 系列	$n_d$	$n_F-n_C$	$\nu_d$	P 系列	N 系列	$n_d$	$n_F-n_C$	$\nu_d$
氟冕玻璃					冕玻璃				
FK1	—	1.48605	0.005941	81.81	K1	—	1.49967	0.008050	62.07
FK2	—	1.48656	0.005760	84.47	K2	K502	1.50047	0.007580	66.02
轻冕玻璃					K3	—	<b>1.50463</b>	<b>0.007797</b>	<b>64.72</b>
QK1	—	1.47047	0.007040	66.83	K4	—	1.50802	0.008321	61.05
QK2	—	1.47817	0.007290	65.59	K5	K505	1.51007	0.008050	63.36
QK3	—	1.48746	0.006960	70.04	K6	—	1.51112	0.008454	60.46

续表 1-2

玻璃牌号		折射率 $n_d$	中部色散 $n_F - n_C$	色散系数 $\nu_d$	玻璃牌号		折射率 $n_d$	中部色散 $n_F - n_C$	色散系数 $\nu_d$
P 系列	N 系列				P 系列	N 系列			
冕 玻 璃					钡 冕 玻 璃				
K7	K507	1.51478	0.008490	60.63	LaK8	—	1.72000	0.014282	50.41
K8	—	1.51602	0.009086	56.79	LaK10	—	1.65113	0.011650	55.89
K9	K509	1.51637	0.008060	64.07	LaK11	—	1.66461	0.012170	54.61
K10	K510	1.51818	0.008790	58.95	LaK12	—	1.69680	0.012404	56.18
K11	—	1.52638	0.008750	60.16	特 冕 玻 璃				
K12	—	1.53359	0.009620	55.47	TK1	—	1.58599	0.009600	61.04
K16	—	1.51878	0.008410	61.69	冕 火 石 玻 璃				
磷 冕 玻 璃					KF1	KF501	1.50058	0.008750	57.21
PK1	—	1.51907	0.007430	69.86	KF2	KF502	1.51539	0.009460	54.48
PK2	—	1.54867	0.008060	68.07	KF3	—	1.52629	0.010320	51.00
钡 冕 玻 璃					轻 火 石 玻 璃				
BaK1	BaK501	1.53028	0.008770	60.47	QF1	—	1.54811	0.011950	45.87
BaK2	BaK502	1.53998	0.009050	59.67	QF2	QF502	1.56091	0.011990	46.78
BaK3	BaK503	1.54678	0.008710	62.78	QF3	QF503	1.57502	0.013920	41.31
BaK4	—	1.55248	0.008720	63.36	QF5	—	1.58215	0.013852	42.03
BaK5	—	1.56069	0.009610	58.34	QF6	—	1.53172	0.010905	48.76
BaK6	BaK506	1.56388	0.009280	60.76	QF9	—	1.56138	0.012410	45.24
BaK7	BaK507	1.56889	0.010150	56.05	QF11	—	1.57842	0.014070	41.11
BaK8	BaK508	1.57249	0.009960	57.48	QF14	—	1.59551	0.015200	39.18
BaK9	—	1.57444	0.010176	56.45	火 石 玻 璃				
BaK11	—	1.55963	0.009143	61.21	F1	—	1.60324	0.015900	37.94
重 冕 玻 璃					F2	—	1.61295	0.016590	36.95
ZK1	ZK501	1.56888	0.009040	62.93	—	F502	1.61395	0.016590	37.01
ZK2	—	1.58313	0.009831	59.32	F3	—	1.61655	0.016840	36.61
ZK3	ZK503	1.58919	0.009620	61.25	—	F503	1.61705	0.016840	36.64
ZK4	—	1.60881	0.010344	58.86	F4	—	1.62005	0.017060	36.35
ZK5	ZK505	1.61120	0.010950	55.82	—	F504	1.62055	0.017060	36.37
ZK6	ZK506	1.61269	0.010500	58.35	F5	—	1.62435	0.017380	35.92
ZK7	ZK507	1.61309	0.010120	60.58	—	F505	1.62485	0.017380	35.95
ZK8	ZK508	1.61410	0.011140	55.13	F6	—	1.62495	0.017570	35.57
ZK9	ZK509	1.62041	0.010293	60.29	—	F506	1.62545	0.017570	35.60
ZK10	ZK510	1.62210	0.010970	56.71	F7	—	1.63636	0.018001	35.35
ZK11	ZK511	1.63854	0.011507	55.49	F12	—	1.62364	0.016941	36.81
ZK14	—	1.60311	0.009952	60.60	F13	—	1.62588	0.017530	35.70
ZK15	—	1.60729	0.010214	59.46	钡 火 石 玻 璃				
ZK19	—	1.61375	0.010882	56.40	BaF1	—	1.54809	0.010160	53.95
ZK20	—	1.61720	0.011448	53.91	BaF2	BaF502	1.56970	0.011520	49.45
钡 冕 玻 璃					BaF3	BaF503	1.57960	0.010760	53.87
LaK1	—	1.65950	0.011500	57.35	BaF4	BaF504	1.58271	0.012540	46.47
LaK2	—	1.69211	0.012690	54.54	BaF5	—	1.60562	0.013787	43.93
LaK3	—	1.74693	0.014660	50.95	BaF6	BaF506	1.60772	0.013180	46.11
LaK4	—	1.64050	0.010658	60.10	BaF7	—	1.61413	0.015340	40.03
LaK5	—	1.67790	0.012210	55.52	BaF8	BaF508	1.62604	0.016010	39.10
LaK6	—	1.69350	0.012992	53.38					
LaK7	—	1.71300	0.013245	53.83					

续表 1-2

玻璃牌号		折射率	中部色散	色散系数	玻璃牌号		折射率	中部色散	色散系数
P 系列	N 系列	$n_d$	$n_F - n_C$	$\nu_d$	P 系列	N 系列	$n_d$	$n_F - n_C$	$\nu_d$
重 钡 火 石 玻 璃					镧 火 石 玻 璃				
ZBaF1	ZBaF501	1.62231	0.011710	53.14	LaF1	—	1.69362	0.014100	49.19
ZBaF2	ZBaF502	1.63962	0.013250	48.27	LaF2	—	1.71700	0.014972	47.89
ZBaF3	ZBaF503	1.65691	0.012850	51.12	LaF3	—	1.74400	0.016565	44.91
ZBaF4	ZBaF504	1.66426	0.018740	35.45	LaF4	—	1.74950	0.021421	34.99
ZBaF5	ZBaF505	1.67103	0.014190	47.29	LaF5	—	1.75367	0.020080	37.55
ZBaF8	—	1.60729	0.012293	49.40	LaF6	—	1.75719	0.015836	47.81
ZBaF11	—	1.62012	0.012451	49.80	LaF7	—	1.78179	0.021077	37.09
ZBaF13	—	1.63930	0.014151	45.18	LaF8	—	1.78427	0.018989	41.30
ZBaF15	—	1.65128	0.016994	38.32	LaF9	—	1.78443	0.017875	43.88
ZBaF16	—	1.66672	0.013769	48.42	LaF10	—	1.78831	0.016635	47.39
ZBaF17	—	1.66755	0.015921	41.93	重 镧 火 石 玻 璃				
ZBaF18	—	1.66998	0.017090	39.20	ZLaF1	—	1.80166	0.018111	44.26
ZBaF20	—	1.70181	0.017112	41.01	ZLaF2	—	1.80279	0.017168	46.76
ZBaF21	—	1.72340	0.019040	37.99	ZLaF3	—	1.85544	0.023381	36.59
重 火 石 玻 璃					ZLaF4	—	1.91042	0.025665	35.47
<b>ZF1</b>	<b>ZF501</b>	<b>1.64767</b>	<b>0.019120</b>	<b>33.87</b>	钛 火 石 玻 璃				
<b>ZF2</b>	<b>ZF502</b>	<b>1.67268</b>	<b>0.020870</b>	<b>32.23</b>	TiF1	—	1.53256	0.011580	45.99
ZF3	ZF503	1.71741	0.024310	29.51	TiF2	—	1.58013	0.015260	38.02
ZF4	ZF504	1.72822	0.025700	28.34	TiF3	—	1.59270	0.016560	35.79
ZF5	ZF505	1.74002	0.026280	28.16	TiF4	—	1.61650	0.019904	30.97
<b>ZF6</b>	<b>ZF506</b>	<b>1.75523</b>	<b>0.027430</b>	<b>27.53</b>	特 种 火 石 玻 璃				
ZF7	—	1.80627	0.031780	25.37	TF1	—	1.52949	0.010220	51.81
ZF8	—	1.65446	0.019447	33.65	TF3	—	1.61242	0.013890	44.09
ZF10	—	1.68893	0.022098	31.18	TF4	—	1.61340	0.013848	44.30
ZF11	—	1.69895	0.023246	30.07	TF5	—	1.65412	0.016507	39.63
ZF12	—	1.76182	0.028718	26.53	TF6	—	1.68064	0.018305	37.18
ZF13	—	1.78472	0.030468	25.76					
ZF14	—	1.91761	0.042658	21.51					

注：本书用黑体字表示的玻璃牌号，为大量使用的牌号，应尽量采用。

## 2. 质量指标、类别和级别

### 2.1 质量指标

玻璃按下列各项质量指标分类和分级：

- (a) 折射率、色散系数与标准数值的允许差值；
- (b) 同一批玻璃中，折射率及色散系数的一致性；
- (c) 光学均匀性；
- (d) 应力双折射；
- (e) 条纹度；
- (f) 气泡度；
- (g) 光吸收系数；
- (h) 耐辐射性能 (N 系列玻璃)。

### 2.2 分类分级

### 2.2.1 折射率、色散系数

2.2.1.1 根据折射率及色散系数与标准数值的允许差值，玻璃按表 1-3 和表 1-4 各分为 6 类。

表 1-3 无色光学玻璃  $n_d$  允许差值

类别	折射率 $n_d$ 允许差值	类别	折射率 $n_d$ 允许差值
00	$\pm 2 \times 10^{-4}$	2	$\pm 7 \times 10^{-4}$
0	$\pm 3 \times 10^{-4}$	3	$\pm 10 \times 10^{-4}$
1	$\pm 5 \times 10^{-4}$	4	$\pm 20 \times 10^{-4}$

表 1-4  $\nu_d$  允许差值

类别	色散系数 $\nu_d$ 允许差值	类别	色散系数 $\nu_d$ 允许差值
00	$\pm 0.2\%$	2	$\pm 0.7\%$
0	$\pm 0.3\%$	3	$\pm 0.9\%$
1	$\pm 0.5\%$	4	$\pm 1.5\%$

表 1-3 和表 1-4 中的 4 类仅适用于  $n_d$  大于 1.82 的玻璃。

2.2.1.2 根据同一批玻璃中，折射率及色散系数的最大差值，玻璃的一致性按表 1-5 分为 4 级。

表 1-5 玻璃一致性的分级

级别	同一批玻璃中的最大差值	
	折 射 率	色 散 系 数
A	$0.5 \times 10^{-4}$	0.15%
B	$1 \times 10^{-4}$	
C	$2 \times 10^{-4}$	
D	在所定类别内	在所定类别内

### 2.2.2 光学均匀性

光学均匀性指同一块玻璃中各点折射率的不一致性，是由于退火炉内各处温度不均匀所引起的。光线通过一块折射率不均匀的玻璃时，会使各部分光程产生不规则的变化，因而影响光学系统的成像质量。按国家标准规定，当玻璃直径或边长不大于 150mm 的无色光学玻璃毛坯的光学均匀性用分辨率的比值法表示；玻璃直径或边长为 150mm~300mm 的无色光学玻璃（称大块光学玻璃）的光学均匀性以一块玻璃中各部位间的折射率微差最大值表示。

2.2.2.1 玻璃的光学均匀性以分辨率的比值  $\alpha/\alpha_0$  表示时，按表 1-6 分为 4 类。

表 1-6 玻璃光学均匀性的分类

类别	$\alpha/\alpha_0$ 最大比值	星 点 图
1	1.0	中央是一个明亮的圆斑，外面是些同心的圆环，但不应出现断裂、尾翘、畸角及扁圆变形等
2	1.0	中央是一个明亮的圆斑，外面是些变形的同心圆环，所有圆环趋向一致，大致保持圆形，两环之间的间隔大体相等，每个环的宽度允许有变化，但不应有断裂、尾翘、畸角等
3	1.1	—
4	1.2	—

注： $\alpha_0$  代表平行光管的理论分辨率； $\alpha$  代表玻璃放入平行光管后的分辨率。

2.2.2.2 玻璃的光学均匀性以一块玻璃中各部位间的折射率微差最大值  $\Delta n_{\max}$  表示时, 按表 1-7 分为 4 类。

表 1-7

类别	折射率最大微差 $\Delta n_{\max}$
H1	$\pm 2 \times 10^{-6}$
H2	$\pm 5 \times 10^{-6}$
H3	$\pm 1 \times 10^{-5}$
H4	$\pm 2 \times 10^{-5}$

2.2.3 应力双折射

光学玻璃的内应力是指退火时各处温度不均匀而带来的应力。其危害为:

- (1) 应力较大时, 在光学加工过程中, 容易引起玻璃炸裂; 即使应力不大时, 也容易使光圈变坏。
- (2) 产生与杂散光相类似的影响, 造成像质变坏。
- (3) 应力分布不均匀, 导致折射率不均匀, 使通过玻璃后的光波波面变形, 像质也会变坏。

光学玻璃的应力分为中部应力与边缘应力。按规定, 小块玻璃检验中部应力; 大块玻璃 (直径大于 150mm 和重量超过 3kg) 除了检验中部应力, 还要检验边缘应力。

2.2.3.1 玻璃的应力双折射以其最长边中部单位厚度上的光程差  $\delta$  (nm/cm) 表示时, 按表 1-8 分为 4 类。

表 1-8

类别	玻璃中部光程差 $\delta$ (nm/cm)
1	2
1a	4
2	6
3	10

2.2.3.2 玻璃的应力双折射以其距边缘 5% 直径或边长处单位厚度上的最大光程差  $\delta_{\max}$  (nm/cm) 表示时, 按表 1-9 分为 4 类。

表 1-9

类别	玻璃边缘最大光程差 $\delta_{\max}$ (nm/cm)
S1	3
S2	5
S3	10
S4	20

2.2.4 条纹度

条纹是指玻璃内部折射率的局部不均匀, 外形如线状条纹, 类似于圆柱透镜, 引起光线方向的变异, 主

要是由于光学玻璃熔炼过程中各部分成分不同而引起的。最易引起条纹的玻璃是 ZF 类, 其次为 F、BaF、BaK 等。

2.2.4.1 玻璃用投影条纹仪从规定方向观测时, 条纹度按表 1-10 分为 4 类。

表 1-10 玻璃条纹度分类(mm)

类别	光阑孔径	玻璃与投影屏间的距离	光阑与投影屏间的距离	在屏上观测结果
00	1	650±30	2000±100	无任何条纹影像
0	2	650±30	2000±100	无任何条纹影像
1	2	250±10	750±30	无任何条纹影像
2	4	250±10	750±30	每 300cm <sup>3</sup> 玻璃中允许有长度小于 12mm 的条纹影像 10 根, 但彼此相距不得小于 10mm

2.2.4.2 根据规定观察玻璃的方向数, 玻璃的条纹度按表 1-11 分为 3 级。

表 1-11 玻璃条纹度分级

级 别	观察玻璃的方向数
A	3
B	2
C	1

### 2.2.5 气泡度

玻璃中的气泡相当细微的凹透镜, 引起光的散射和折射。最容易引起气泡的玻璃是含有 BaO 的 BaK、BaF 和 ZK 等。

2.2.5.1 玻璃的气泡度类别根据其直径或最大边长及所含最大气泡的直径, 按图 1-1 分为 3 类。

2.2.5.2 玻璃的气泡度级别根据每 100cm<sup>3</sup> 玻璃内允许含有气泡的总截面积 (mm<sup>2</sup>) 的大小, 按表 1-12 分为 7 级 (结石、结晶体及其它内含物亦作为气泡计算。扁长气泡取最长轴和最短轴的算术平均值为直径计算截面积)。

表 1-12 玻璃气泡度分级 (mm<sup>2</sup>/100cm<sup>3</sup>)

级 别	直径 $\phi \geq 0.05\text{mm}$ 气泡的总截面积
A <sub>00</sub>	$\geq 0.003 \sim 0.03$
A <sub>0</sub>	$> 0.03 \sim 0.10$
A	$> 0.10 \sim 0.25$
B	$> 0.25 \sim 0.50$
C	$> 0.50 \sim 1.00$
D	$> 1.00 \sim 2.00$
E	$> 2.00 \sim 4.00$

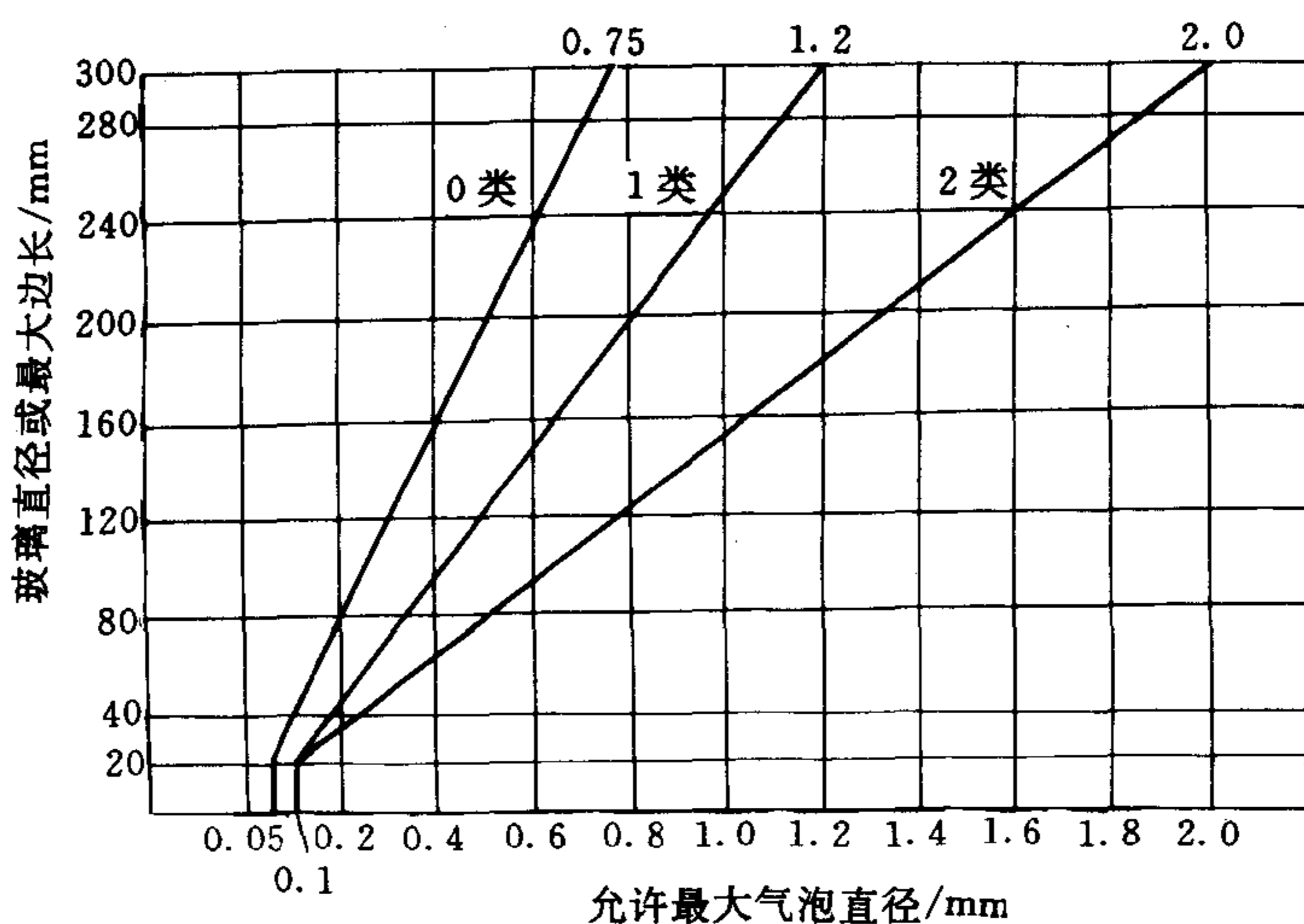


图 1-1 气泡度分类图

光学玻璃的气泡度级别也可根据每 100cm<sup>3</sup> 玻璃内允许含有的气泡数量按表 1-13 分为 7 级。

表 1-13 玻璃气泡度分级

气泡级别	每 100cm <sup>3</sup> 玻璃中, 直径 $\phi \geq 0.05\text{mm}$ 的气泡平均数(个)
a <sub>00</sub>	1
a <sub>0</sub>	2
a	3.3
b	10
c	30
d	90
e	180

结石、结晶体及其它内含物亦作为气泡计算；扁长气泡的直径为最长轴和最短轴的算术平均值。

### 2.2.6 光吸收系数

在“应用光学”中曾介绍过光束通过透明介质时吸收损失的计算公式为

$$F_2 = F_1 e^{-kl}$$

式中： $l$  为透明介质厚度，以厘米为单位； $F_1$  为入射到厚度为  $l$  的透明介质的光通量； $F_2$  为通过厚度为  $l$  的透明介质后的光通量； $k$  为光的吸收系数。

我们称因子  $e^{-kl}$  为透明介质的内透过率，用  $\tau_{i\lambda}$  表示，即

$$\tau_{i\lambda} = e^{-kl}$$

对上式两边取自然对数，得

$$\ln \tau_{i\lambda} = -kl \quad \text{或} \quad k = \frac{-\ln \tau_{i\lambda}}{l}$$

若取  $l$  为单位长度 (1cm)，则  $k = -\ln \tau_{i\lambda}$ ，这就是说：玻璃的光吸收系数用白光通过玻璃中每厘米路程的内透过率的自然对数的负值表示，按表 1-14 分为 8 类。