

光学设计手册

李士贤 郑乐年 编
袁旭沧 审校

● 北京理工大学出版社

光学设计手册

李士贤 郑乐年 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，手册中编入了最新制（修）订的80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。对标准的贯彻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设计、制造、工艺人员及高等院校师生的专业参考书、工具书。

手册内容由三部分组成。光学材料，除无色及有色光学玻璃外，还介绍了晶体材料、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和加工技术条件的最新国家标准；各类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多个典型光学系统数据。

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，读者能以较经济的时间和价钱，在一本手册中就可查到有关“光学设计”方面的现行的和最新的国家标准、专业标准及部颁标准，免受东寻西找之苦。

光 学 设 计 手 册

李士贤 郑乐年 编

袁旭沧 审校

北京理工大学出版社出版
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
地质出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 21.5 印张 659 千字
1990年8月第一版 1990年8月第一次印刷
ISBN 7-81013-330-6/O·61
印数：1—1800册 定价：12.55元

前 言

为了适应改革开放的需要,近年来我国光学工业领域参照国际、国外先进标准,结合我国国情,制(修)订了许多新标准,这些标准是进行设计工作的重要依据,贯彻执行这些标准是提高产品质量的重要途径。因此,我们把光学设计有关的国家标准和重要的技术资料,加以系统整理,汇编成册,提供给光学设计者。这对提高我国光学设计质量,促进光学设计工作者的知识更新将是很有意义的。

近年来,国内出版了不少有关光学方面的手册,但是他们的内容大多包罗万象,篇幅巨大,价钱昂贵,不便于使用者人手一册。我们编写的这本手册内容集中,针对性强;可用数据多,技术资料多,常用图表多,但篇幅又不过大,便于查阅,经济实用性好,使用者有条件人手一册。

本手册与《应用光学》(袁旭沧主编,1988年7月国防工业出版社再版)和《光学设计》(袁旭沧等编著,1983年2月科学出版社出版,经改编后1988年12月北京理工大学出版社出版)构成一个完整的体系,但又是一本独立的光学专业工具书。上述两本书中已阐述过的光学仪器成像原理,外形尺寸计算方法,像差计算、像差理论、各种典型光学系统的设计方法和设计过程等内容,手册中均不再重复。手册的内容主要由三部分组成:光学材料(包括无色光学玻璃、有色光学玻璃、光学晶体、及光学塑料、微晶玻璃、光学纤维等其他光学材料),光学制图及对光学零件材料和加工的技术要求的各种标准;各种典型光学系统(包括平面镜棱镜、双筒望远镜、炮兵用光学仪器、大地测量仪器、通用及各种专用显微镜、照相机镜头、人像镜头、放大机镜头、投影物镜、电影放映物镜等)。前两部分是手册的基本内容,在光学设计中,选择符合标准要求的光学材料、对光学零件的材料及加工提出合理的技术要求,绘制出规范化的各类光学图样,是对光学设计者的基本要求。而涉及这些内容的许多国家标准都已进行了更新,例如最常用的“无色光学玻璃”、“光学制图”、“光学零件球面半径数值系列”、“透镜中心误差”、“光学零件表面疵病”、“光学零件气泡度”、“光学零件镀膜”中一系列标准等,都已用新的国家标准取代了原有国家标准,我们将新标准均收入手册中。第三部分涉及的标准多,内容广泛,相互间又有重复,我们在收集大量标准和技术资料的基础上,进行了整理精选和适当的合并压缩,其主要内容侧重于各种不同类型光学系统的基本参数、技术条件和通用技术规范有关的标准,这些标准是使用单位提出技术要求、光学设计工作者进行设计的重要依据。为了便于读者查证,在有关标题后面用括弧注上标准号。标GB $\times\times\times$ - $\times\times$ 字样的标准,暂未下达标准号,其内容根据标准的送审稿编写而成,待正式标准发布后,再进行订正。手册中共收入80多个标准,210多个光学系统结构数据,供读者查用、参考。

由于各项标准制(修)订工作是陆续进行的,因此在一些尚未修订的现行标准中,所引用的某些标准号已改变,但为了保持尚未修订的现行标准的完整性,我们仍引用这些标准的原文。

手册的第一、二、三、四、六章由李士贤负责编写,第五章由郑乐年负责编写,袁旭

沧教授审阅了全稿，并给予了許多有益的指导，查立豫教授、陆乃驹副教授、汤自义工程师，北京光学仪器厂的韩忆南高级工程师、机电委标准化研究所唐捷同志为手册提供了宝贵资料，还有许多同志给予了很大支持，在此一并表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，对标准理解不深，一定有不少缺点错误，热忱欢迎读者批评指正。

编 者

1989年7月于北京理工大学

目 录

第一章 光学材料

第一节 无色光学玻璃	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	14
4 国产无色光学玻璃与国外牌号对照	38
第二节 有色光学玻璃	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	52
4 有色光学玻璃的物理化学性能及光谱透过曲线	55
5 有色玻璃牌号与国外牌号对照	78
第三节 光学晶体	80
1 主要性能参数	80
2 光学晶体质量指标分级分类	80
3 技术要求	83
4 几种常用晶体材料性能	83
5 光学晶体透过率曲线	84
第四节 其他光学材料	84
1 光学石英玻璃	84
2 微晶玻璃	88
3 光学塑料	88
4 光学纤维	91
5 航空有机玻璃	91
6 乳白漫射玻璃	92
7 常用液体的折射率	93

第二章 光学制图及光学零件技术要求

第一节 光学制图	94
1 一般规定	94
2 图样类型	94
3 各种图样类型的应用举例	99
4 光学结构参数表及矢高表	102
第二节 对光学零件材料的要求	102
第三节 对光学零件的加工要求	103
1 光学零件球面半径数值系列	103
2 光学零件的表面误差	112

3	光学零件外径及配合公差	114
4	光学零件的中心厚度及边缘最小厚度	115
5	光学零件厚度公差	118
6	光学零件的倒角	118
7	透镜中心误差	119
8	角度公差	122
9	光学零件气泡度	123
10	光学零件表面疵病	126
11	表面粗糙度	129
12	光学分划零件技术要求	132
13	光学零件镀膜	137
14	光学零件的胶合	142
15	光学零件外圆涂漆	143

第三章 平面反射镜及棱镜

第一节	平面反射镜	144
第二节	反射棱镜光轴、光轴长度、光轴截面与光学平行度	144
1	术语定义	144
2	在图样上的标注	145
3	光学平行度与棱镜几何误差的关系	146
第三节	直角棱镜	147
1	型式和基本尺寸	147
2	技术要求	148
3	直角棱镜标记的表示方法	151
4	直角棱镜的光学平行差与角量偏差的关系	151
第四节	反射棱镜分类、代号与图表	153
1	棱镜分类	153
2	棱镜名称的表示符号	154
3	光轴折转次数及表示符号	154
4	光轴偏转角及光轴折转角	154
5	棱镜代号	154
6	棱镜图表说明	155
7	标注	156
8	棱镜图表	156
9	角度公差给定原则(参考)	171
第五节	反射棱镜像偏转特性	171
1	名词术语	171
2	常用反射棱镜像偏转特性图表	172
3	反射棱镜作用矩阵、像偏转的计算方法	172
第六节	反射棱镜系统的应用举例	203
1	转像系统	203
2	分像或合像系统	204
第七节	折射棱镜	206

1	折射棱镜的性质	206
2	直视棱镜和消色差棱镜	206
3	折射棱镜的应用举例	206

第四章 望远镜系统

第一节	棱镜式双筒望远镜和伽里略式双筒望远镜	210
1	名词术语	210
2	棱镜式双筒望远镜的分类	210
3	技术要求	210
第二节	炮用瞄准镜光学性能要求	212
第三节	炮兵光学仪器光学性能要求	213
1	视放大率	213
2	视场	213
3	出瞳直径	213
4	出瞳距离	213
5	眼点距离	213
6	视度零位和调整范围	213
7	视差	213
8	分划倾斜	214
9	物像倾斜和相对倾斜	214
10	透过系数	214
11	杂光系数	214
12	分辨率和像质	214
13	双目产品的特殊性能要求	215
第四节	大地测量仪器	215
1	经纬仪	215
2	平板仪	220
3	水准仪系列及其基本参数	221
4	大地测量仪器分划板	222
第五节	望远镜典型结构参数	223
第六节	目镜典型结构参数	229

第五章 显微镜系统

第一节	显微镜通用技术规范	244
1	显微镜物镜系列	244
2	显微镜目镜系列	245
3	显微镜聚光镜系列	245
4	显微镜放大率	246
5	显微镜物镜和目镜的标志	248
6	显微镜光学连接尺寸	251
7	显微镜用载玻片	252
8	显微镜用盖玻片	253
9	显微镜光学显微术通用浸油	254

10 显微镜光谱滤色片基本规格	254
第二节 专用显微镜系列和技术条件	255
1 生物显微镜	255
2 体视显微镜	258
3 工具显微镜系列	259
4 读数显微镜	261
5 金相显微镜系列	261
6 偏光显微镜	261
第三节 显微镜物镜典型结构参数	266

第六章 照相物镜

第一节 照相机镜头	276
1 名词术语	276
2 基本参数、性能及指标	279
第二节 人像镜头及放大机镜头技术条件	283
1 人像镜头	283
2 放大镜头	285
第三节 电影放映物镜及投影仪物镜技术条件	286
1 电影放映物镜技术条件	286
2 投影物镜技术条件	287
第四节 照相机镜头系列	288
1 35mm照相机定焦距镜头系列	288
2 35mm照相机变焦镜头系列	289
3 120照相机定焦距镜头系列	290
4 座式照相机镜头系列	291
5 电影摄影物镜系列	291
第五节 国内部分照相镜头产品系列（目录）	293
1 照相机镜头产品系列	293
2 放大镜头产品系列	295
3 复印机镜头产品系列	296
4 电影摄影、放映镜头产品系列	298
第六节 照相机像幅尺寸	302
1 照相机像幅尺寸	302
2 航空摄影测量照相机的像幅尺寸	302
3 座式照相机像幅尺寸	303
4 便携式座式照相机像幅尺寸	303
第七节 摄影用滤光镜	303
1 摄影用玻璃滤光镜的通用规则	303
2 摄影用色滤光镜	305
3 摄影用中性玻璃滤光镜	306
第八节 照相物镜典型结构参数	307
1 投影物镜典型结构参数	307
2 放映物镜典型结构参数	309

3	国内部分照相物镜典型结构参数	310
4	国外部分照相物镜典型结构参数	315
附录	几何光学常用术语、符号 (GB 1224—76)	324

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 ν_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。

无色光学玻璃类型

表 1-1

玻璃类型		玻璃类型	
代号	名称	代号	名称
FK	氟冕玻璃	QP	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 ν_d 的标准数值按表1-2的规定。

无色光学玻璃 n_d 、 n_F-n_C 、 ν_d 标准数值

表 1-2

玻璃牌号		折射率 n_d	中部色散 n_F-n_C	色散系数 ν_d	玻璃牌号		折射率 n_d	中部色散 n_F-n_C	色散系数 ν_d
P系列	N系列				P系列	N系列			
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	—	1.50463	0.007797	64.72
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 ν_d	玻璃牌号		折射率 n_d	中部色散 $n_F - n_C$	色散系数 ν_d
P系列	N系列				P系列	N系列			
冕 玻 璃					镧 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					KP1	KP501	1.50058	0.008750	57.21
PK1	—	1.51907	0.007430	69.86	KP2	KP502	1.51539	0.009460	54.48
PK2	—	1.54867	0.008060	68.07	KP3	—	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
镧 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	$n_F - n_C$	ν_d	P系列	N系列	n_d	$n_F - n_C$	ν_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
ZF1	ZF501	1.64767	0.019120	33.87	钛 火 石 玻 璃				
ZF2	ZF502	1.67268	0.020870	32.23	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	1.74062	0.026280	28.16	TiF4	—	1.61650	0.019904	30.97
ZF6	ZF506	1.75523	0.027430	27.53	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					

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。

无色光学玻璃 n_d 允许差值

表 1—3

类 别	折射率 n_d 允许差值	类 别	折射率 n_d 允许差值
00	$\pm 2 \times 10^{-3}$	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	$\pm 20 \times 10^{-4}$

ν_d 允许差值

表 1—4

类 别	色散系数 ν_d 允许差值	类 别	色散系数 ν_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。

玻璃一致性的分级

表 1—5

级 别	同一批玻璃中的最大差值	
	折 射 率	色 散 系 数
A	0.5×10^{-4}	0.15%
B	1×10^{-4}	
C	2×10^{-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 α/α_0 表示时，按表1—6分为4类。

玻璃光学均匀性的分类

表 1—6

类 别	α/α_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： α_0 代表平行光管的理论分辨率； α 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 Δn_{\max} 表示时, 表按1—7分为4类。

表 1—7

类 别	折射率最大微差 Δn_{\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 δ (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 δ (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 δ_{\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 δ_{\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。

玻璃条纹度分类(mm)

表 1—10

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 ³ 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。

玻璃条纹度分级

表 1—11

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。

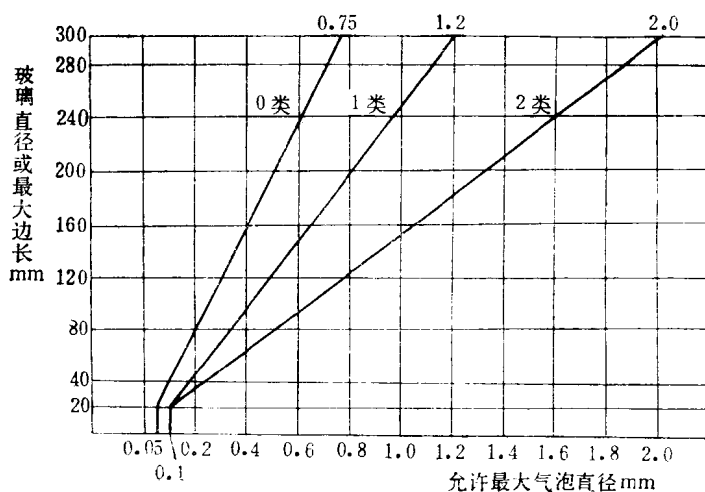


图 1—1 气泡度分类图

2.2.5.2 玻璃的气泡度级别根据每100cm³玻璃内允许含有气泡的总截面积 (mm²) 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)。

玻璃气泡度分级 (mm²/100cm³)

表 1—12

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

光学玻璃的气泡度级别也可根据每100cm³玻璃内允许含有的气泡数量按表1—13分为 7 级。

玻璃气泡度分级

表 1—13

气泡度级别	每100cm ³ 玻璃中, 直径 $\phi \geq 0.05\text{mm}$ 的气泡平均数 (个)
a ₀₀	1
a ₀	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

$$F_2 = F_1' e^{-k'l}$$

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 $e^{-k'l}$ 为透明介质的内透过率, 用 τ_{t1} 表示, 即

$$\tau_{t1} = e^{-k'l}$$

对上式两边取自然对数, 得

$$\ln \tau_{t1} = -k'l$$

或

$$k = \frac{-\ln \tau_{t1}}{l}$$

若取 l 为单位长度 (1cm), 则 $k = -\ln \tau_{t1}$, 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。