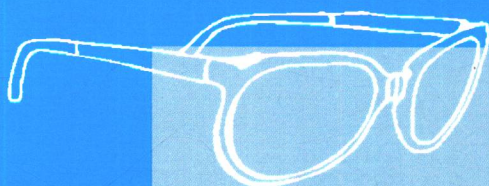




眼镜材料与质量检测

主 编 杨晓莉 王淮庆



南京大学出版社

TS959.6
20121

眼镜材料与质量检测

主 编 杨晓莉 王淮庆



南京大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

眼镜材料与质量检测 / 杨晓莉, 王淮庆主编. —南京: 南京大学出版社, 2011. 7

ISBN 978-7-305-08502-4

I. ①眼… II. ①杨… ②王… III. ①眼镜—材料—质量检验 IV. ①TS959.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 133013 号

出版发行 南京大学出版社

社 址 南京市汉口路 22 号 邮编 210093

网 址 <http://www.NjupCo.com>

出 版 人 左 健

书 名 眼镜材料与质量检测

主 编 杨晓莉 王淮庆

责任编辑 李 磊 编辑热线 025-83592193

照 排 南京玄武湖印刷实业有限公司

印 刷 常州市武进第三印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张 15.5 字数 387 千

版 次 2011 年 7 月第 1 版 2011 年 7 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-305-08502-4

定 价 28.00 元

发行热线 025-83594756

电子邮件 Press@NjupCo.com

Sales@NjupCo.com (市场部)

* 版权所有, 侵权必究

* 凡购买南大版图书, 如有印装质量问题, 请与所购图书销售部门联系调换

编 委 会

主 编 杨晓莉（金陵科技学院）

王淮庆（金陵科技学院）

副主编 王本平（国家眼镜产品质量监督检验中心）

欧阳晓勇（江苏万新光学有限公司）

参 编 林眉德（国家眼镜产品质量监督检验中心）

王 玲（金陵科技学院）

李新华（金陵科技学院）

亓昊慧（金陵科技学院）

许 薇（金陵科技学院）

井 云（金陵科技学院）

主 审 赵 晶（江苏省质量技术监督局）

统 稿 欧阳永斌（金陵科技学院）

前 言

本书为金陵科技学院立项建设精品教材,由金陵科技学院、江苏万新光学有限公司资助完成。

我国大约有 3 亿人配戴眼镜,眼镜的年销售量超过 1 亿副,市场巨大,但是这些眼镜的合格率却不高。造成眼镜质量低劣的原因很多,主要是眼镜市场行为不规范、眼镜行业的法律、法规不完善,从业人员素质较低,职业教育或培训尚未形成或普及等。

全书共分 8 章,内容包括眼镜镜片质量检测、眼镜镜架质量检测、配装眼镜质量检测、防辐射镜片质量检测、太阳镜质量检测、隐形眼镜质量检测、光致变色镜片质量检测、ISO9000 系列标准。在系统介绍基础知识的基础上,分析了现有眼镜产品的质量问題,着重对眼镜产品的质量检测方法、国内外相关标准等进行解析,内容力求简明、适用。

本书根据拓宽专业口径,为适应材料科学与工程专业(视光材料方向)的教学而编写。能满足材料专业(视光材料方向)本科教学用书需要,同时也可作为眼视光专业本、专科教材、眼镜质检员培训教材。

在编写本书的过程中,参考了大量的国内外资料,得到了许多专家和学者的大力支持,听取了多方面的宝贵意见和建议。但由于编写时间仓促、水平有限,错误和不足之处在所难免,敬请各位读者批评斧正。

编 者
2011 年 7 月

目 录

第一章 眼镜镜片质量检测	1
第一节 眼镜镜片基础知识	1
第二节 眼镜镜片市场分析	11
第三节 眼镜镜片质量问题及检测方法	14
第四节 眼镜镜片标准解析	19
实验报告实例 1	27
附件一 《眼镜镜片》国家标准	28
第二章 眼镜镜架质量检测	36
第一节 眼镜镜架基础知识	36
第二节 眼镜镜架质量问题及检测方法	42
第三节 眼镜镜架标准解析	50
实验报告实例 2	51
附件二 《眼镜镜架》国家标准	52
第三章 配装眼镜质量检测	58
第一节 配装眼镜基础知识	58
第二节 配装眼镜市场分析	71
第三节 配装眼镜质量问题与标准解析	74
实验报告实例 3	87
附件三 《配装眼镜》国家标准	89
第四章 防辐射镜片质量检测	94
第一节 防辐射镜片基础知识	94
第二节 防辐射镜片市场分析	97
第三节 防辐射镜片质量问题及检测方法	99
第四节 防辐射镜片标准解析	99
实验报告实例 4	105
附件四 《防辐射镜片》检测标准(草稿)	107
第五章 太阳镜质量检测	116
第一节 太阳镜基础知识	116
第二节 太阳镜市场分析	122

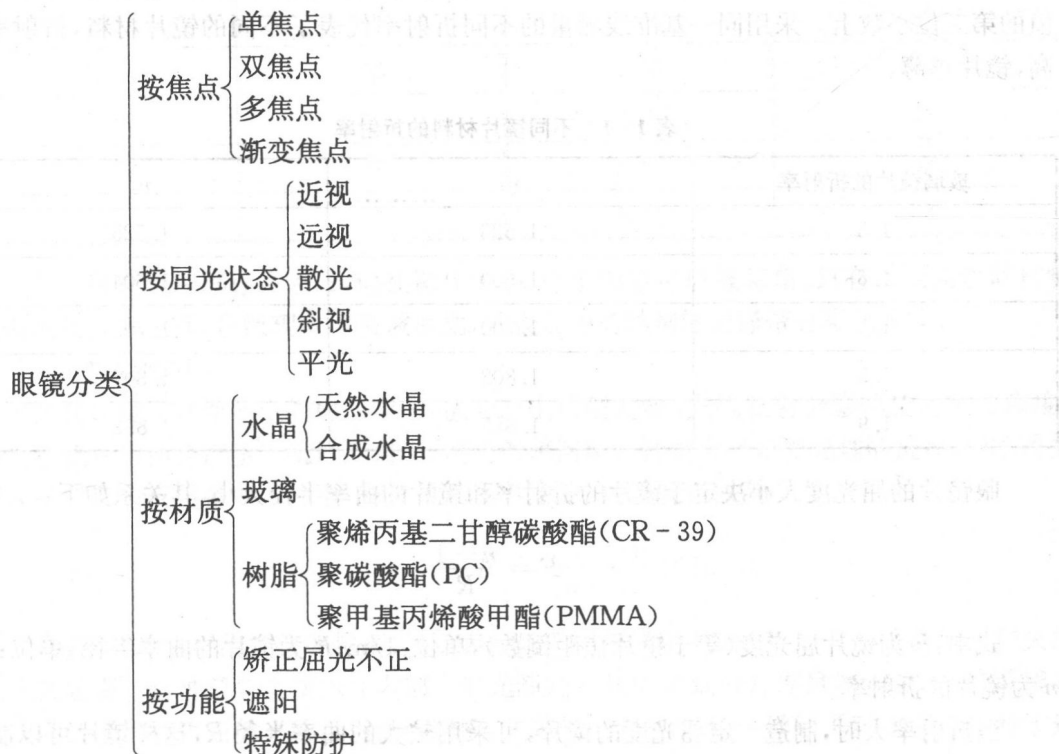
第三节 太阳镜质量问题及检测方法	128
第四节 太阳镜标准解析	134
实验报告实例 5	143
附件五 《太阳镜》国家标准	146
第六章 隐形眼镜质量检测	153
第一节 隐形眼镜基础知识	153
第二节 隐形眼镜市场分析	164
第三节 隐形眼镜质量问题及检测方法	166
第四节 隐形眼镜标准解析	178
实验报告实例 6	180
附件六 《角膜接触镜》国家标准	181
第七章 光致变色镜片质量检测	191
第一节 光致变色镜片基础知识	191
第二节 光致变色镜片市场分析	197
第三节 光致变色镜片质量问题及检测方法	199
第四节 光致变色镜片标准解析	201
实验报告实例 7	204
第八章 ISO9000 系列标准	205
第一节 实施 ISO9000 系列标准的意义	205
第二节 ISO9000 质量管理体系基本原理	206
第三节 ISO9001:2000 标准简介	209
附 录	215
附录一 中华人民共和国计量法	215
附录二 中华人民共和国标准化法	218
附录三 中华人民共和国产品质量法	221
附录四 中华人民共和国消费者权益保护法	229
附录五 产品标识标注规定	235
附录六 商品条码管理办法	238

第一章 眼镜镜片质量检测

第一节 眼镜镜片基础知识

一、眼镜镜片的分类

常用的眼镜镜片有如下分类方法：



二、眼镜镜片的基本特性

眼镜镜片材料的性能要求主要是安全、舒适、美观、光学性能好，其主要判定的技术指标如下：

1. 镜片材料的光学属性

光学性质是材料的基本性质，与镜片在日常生活中所见到的各种光学现象相符合，主要为光线在镜片表面的折射和反射，材料本身的吸收，以及散射和衍射现象。

(1) 光线折射

通过镜片的光线会在镜片的前后表面发生折射或偏离现象。光线的偏离幅度由材料的折射能力和入射光线在镜片表面的入射角度决定。

① 折射率

透明媒质的折射率(n)是光线在真空中的速度(c)与在媒质中的速度(v)的比,即

$$n = c/v$$

该比值没有单位并且总是大于 1。折射率反映媒质的折射能力,折射率越高,从空气进入该媒介的光束偏离得越多。

由于透明媒质中的光速随着波长的变化而变化,所以折射率的值总是参考某一特定波长表示。在欧洲和日本,参考波长为: $\lambda_e = 546.07\text{ nm}$ (汞,绿光谱线);在英、美等国家则是 $\lambda_d = 587.56\text{ nm}$ (氦,黄光谱线)。注意 n_e 值稍大于 n_d ,因此当材料用 n_e 值表示时反映的折射率相对偏大(见表 1-1),但这个区别并没有造成实际影响,因为它的区别仅仅在折射率值的第三位小数上。采用同一基准线测量的不同折射率代表了不同的镜片材料,折射率越高,镜片越薄。

表 1-1 不同镜片材料的折射率

玻璃镜片的折射率	n_d	n_e
1.5	1.523	1.525
1.6	1.600	1.604
1.7	1.700	1.705
1.8	1.802	1.807
1.9	1.885	1.892

眼镜片的屈光度大小决定于镜片的折射率和镜片的曲率半径大小,其关系如下:

$$F = \frac{n-1}{R}$$

式中: F 为镜片屈光度(等于镜片焦距倒数),单位:1/m; R 为镜片的曲率半径,单位:m; n 为镜片的折射率。

当折射率大时,制造一定屈光度的镜片,可采用较大的曲率半径 R ,这样镜片可以制造得薄一些,可以减轻眼镜重量;反之,镜片厚,眼镜重。因此,高折射率的镜片材料比低折射率的材料更薄更美观。现在制造镜片的材料 n 一般在 1.40~1.90 之间。

② 色散系数

当白光入射镜片时,由于不同光线波长不同引起折射率变化,从而产生色散现象。色散力是眼视光学的一个重要特性,当使用高屈光力镜片视物时,镜片的高色散会使视物体边缘产生彩色条纹。

为了简便清楚地反映镜片的色散能力,通常用色散系数,又称阿贝数来表达,用 V 值表示。对于同一种透光物质,采用不同波长的光线测定其折射率,其结果不同,用短波测的折射率小,色散系数计算公式如下:

$$V_d = \frac{n_d - 1}{n_F - n_c}$$

式中： n_F 为采用波长为 486.3 nm 的浅蓝色光(即汞光谱中的 F 线)所测折射率; n_c 为采用波长为 656.3 nm 的红光(即氢光谱中的 C 线)所测折射率; n_D 为采用波长为 587.6 nm 的黄色光(即钠光谱中的 D 线)所测折射率。

阿贝数与材料的色散力成反比。一般镜片材料的阿贝数值在 30~60 之间。阿贝数越大,色散就愈小;阿贝数越小,色散就越大,对成像质量的影响就越大。常用镜片材料的阿贝数如表 1-2 所示。所有的高折射率材料,因较低的阿贝数更容易产生色差现象。

表 1-2 常用镜片材料的阿贝数

玻璃材料	V_d	树脂材料	V_d
1.5	59	1.5	58
1.6	42	1.56	37
1.7	42	1.59	31
1.8	35	1.6	36
1.9	31	1.67	32
		1.74	33

尽管所有镜片都存在色散,但在镜片中心,这个因素可以被忽略,只有在用高色散材料制造的镜片周边部,色散现象才易被察觉,其表现为离轴物体边缘带有彩色条纹。

(2) 光线反射

光线在镜片表面产生折射的同时,也会产生反射现象,光线反射会影响镜片的清晰度,而且在镜片表面会产生干扰性反射光,用反射率衡量。针对未经表面处理的镜片,即不改变镜片材料本身反射量的条件下,镜片单面反射率 P_1 的计算公式如下:

$$P_1 = \frac{(n-1)^2}{(n+1)^2} \times 100\%$$

通常,镜片材料的折射率越高,镜片表面的反射率就越大(见表 1-3),因反射而损失的光线就越多。这种现象会使镜片内部产生光圈现象从而导致镜片厚度明显显现,使戴镜者的眼睛会因镜片表面的光线反射而被隐藏,使戴镜者产生眩光而降低了对比度等。对于这些问题的解决办法是在镜片表面镀减反射膜。

表 1-3 不同折射率镜片的反射率比较

折射率	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9
反射率	7.8%	10.4%	12.3%	15.7%	18.3%

(3) 光线吸收

镜片材料本身的吸收特性会减少镜片的光线透过率,这部分的光损失对于无色镜片是可以忽略的,但如果为染色或光致变色镜片,镜片本身对光的吸收量会很大,这也是此类功能镜片的设计目的,即减少光线入射量。镜片的光线吸收通常指材料内部的光线吸收,可通

过镜片前、后表面吸收光线的百分比表示。例如,30%的光线吸收相当于30%的光通量在镜片内部的减少。材料的光线吸收遵循郎伯定律,根据镜片的厚度呈指数性的变化。

镜片的透过率指光线通过镜片而没有被反射和吸收的可见光透过率。通过镜片抵达眼的光通量 ϕ_t ,相当于镜片前表面的入射量 ϕ ,减去镜片前、后表面的反射量 ϕ_r ,减去可能被材料吸收的光通量 ϕ_a ,即 $\phi_t + \phi_r + \phi_a = \phi$ 。因此,戴镜者的视觉受三个方面的综合影响:入射光的强度和入射光谱范围、镜片吸收和对光谱的选择、眼对不同可见波长的敏感度。

(4) 光线散射和衍射

① 散射:光线在各个方向上被散播的一种现象,它一般在固体的表面以及透明材料的内部产生。理论上镜片表面没有散射现象发生,因为镜片的磨片过程(抛光)消除了这一现象。然而当镜片由于外界污染而弄脏或表面由于油渍而模糊不清时会产生散射。镜片内部的散射也非常有限,只在偶尔情况下,可能会使镜片呈现黄色或乳白色。合格的眼镜片只有非常少量的散射光线产生,通常可以忽略不计。

② 衍射:光波遇到小障碍而改变行径方向的一种现象。在眼镜光学里衍射现象是需引起重视的,因为衍射会使镜片表面产生异常干扰,尤其是在使用不当或不小心的情况下造成磨损的情况下。

(5) 紫外线切断(UV cut-off)

光线包含了不同的波长射线,可以显现为明显的纯色色彩,例如红色、橙色、黄色、绿色、青色、蓝色和紫色。红光的波长最长,紫光的波长最短。可见光谱引起视觉感应的波长范围是从380 nm的紫光端点至780 nm的红光端点。超过红光端点的为红外线,吸收了红外线会引起温度上升,即所谓的热射线。超过紫光端点则为紫外线,能够引起化学作用。

光辐射可区分为三大类:紫外线、可见光和红外线。红外线一般不对眼睛造成危险,需注意的是工业作业的800~1200 nm的红外线可导致热辐射性白内障。较长波长的可见光会引起温度上升和化学作用,但与红外线、紫外线所引起的作用相比则较弱。

习惯上将紫外线分为三个波段:UVC(10~280 nm)、UVB(280~315 nm)和UVA(315~380 nm)。UVC一般被大气层中的氧、氮和臭氧层所吸收,但不排除工业来源的UVC。UVB可致皮肤癌,大部分的UVA和UVB能够进入人眼,所以排除UVB和UVA,对于保护眼睛很重要。

紫外线切断点反映了材料阻断紫外线辐射透过的波长。中高折射率树脂镜片材料的紫外线切断几乎为100%的效果。光致变色镜片是通过紫外线辐射及光谱蓝紫区域产生作用的,它们能够自动提供紫外线的防护作用。

2. 镜片材料的物理属性

(1) 密度

密度表示单位体积的质量,单位是 g/cm^3 。不同镜片材料的密度,反映了材料重量。通过密度的比较可预测所使用材料的重量可能发生的变化。镜片材料所含的氧化物决定了镜片材料的密度,例如普通冕牌镜片的密度为 $2.54 \text{ g}/\text{cm}^3$,燧石玻璃的密度为 $2.9\sim 6.3 \text{ g}/\text{cm}^3$,含钛元素和铌元素的玻璃密度为 $2.99 \text{ g}/\text{cm}^3$ 。

(2) 硬度

玻璃易碎,但非常硬,尽管如此,在长期使用或者没有基本防护(眼镜和硬物接触)情况

下,原本高光洁度的眼镜片会被磨损。眼镜片上的大量细小的表面磨损会使入射光线发生散射,改变玻璃镜片的透光率,影响成像质量。

对于树脂镜片而言,其耐磨损性能不可以单凭硬度一个指标来进行评价,还需要综合考虑镜片材料的弹性变形、塑性变形以及材料的分子结合力。

(3) 抗冲击性

反应了镜片材料在规定条件下抵抗硬物冲击的能力,各种材料的相对抗冲击性取决于冲击物的尺寸和形状等因素。

为了测定眼镜片的抗冲击性,英、美、德、法等国家制订了一项测试标准。测试的方法为落球测试,即将一钢球从某一高度落在镜片凸面上,观察镜片是否破碎(见图 1-1)。

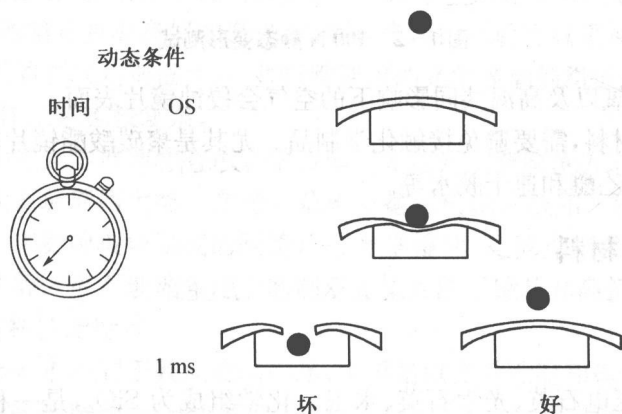


图 1-1 镜片落球实验

安全标准:为了预防及尽可能避免因镜片破碎而导致的损伤,一些国家强制规定某些特定人群(例如儿童、驾驶员)应该佩戴的镜片种类。

① 满足中等强度抗冲击的测试:镜片必须能够承受一个 16 g 球从 127 cm 高度下落的冲击。

② 满足高强度的抗冲击性测试:镜片必须能够承受一个 44 g 球从 130 cm 高度下落的冲击。

普通玻璃镜片材料不能通过上述抗冲击性的测试。

(4) 抗静态变形测试

采用由欧洲标准化委员会制定的“100 N”静态变形测试。该测试是在一个恒定速度下增加压力直到 100 N,经过 10 s 后观察被测镜片的情况(见图 1-2)。

3. 镜片材料的化学属性

化学属性反映了在镜片制造及日常生活中,镜片材料对于化学物质的反应特性,或是在某些极端条件下材料的反应特性。测试时通常使用冷水、热水、酸类以及各种有机溶剂。

一般情况下,玻璃镜片材料不受各种短时间偶然接触的化学制品的影响,但下列因素会对玻璃镜片材料侵蚀:

(1) 氢氟酸、磷酸及其衍生物。

(2) 水,尤其在高温下的水,会使光滑镜片表面粗糙。

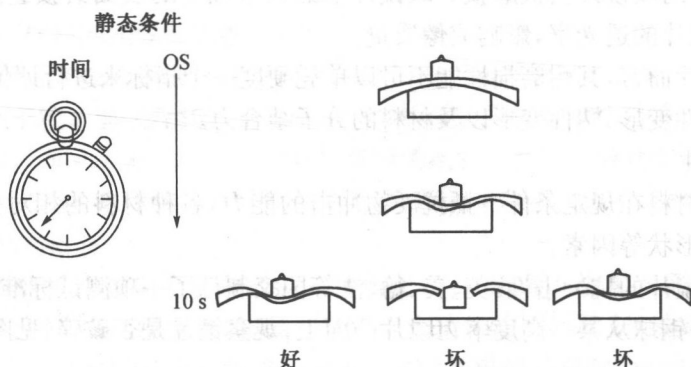


图 1-2 100 N 静态变形测试

(3) 湿气、碳酸氧以及高温共同影响下的空气会侵蚀镜片表面。

对于树脂镜片材料,需要避免接触化学制品。尤其是聚碳酸酯镜片材料,在加工或使用中要避免接触丙酮、乙醚和速干胶水等。

三、眼镜镜片材料

1. 水晶

水晶镜片又名压电石英、光学石英、水玉。化学组成为 SiO_2 , 是一种透明的晶体物质。纯洁者无色透明,因混入杂质或包裹体而形成各种变种,如烟水晶、墨晶、紫水晶、黄水晶、蓝石英、发晶、星彩水晶等。

水晶的主要物化性能如下:硬度为 7,比普通玻璃硬;相对密度为 2.653~2.660;折射率 $n_d = 1.544$, $n_e = 1.553$,具有双折射和旋光性;能透过红外线和紫外线,茶水晶可以吸收少部分紫外线,但不影响红外线的透过性能;导热性能差,热膨胀系数很小,所以尺寸稳定性好;熔点 1710~1756℃;无缺陷的单晶具有压电效应和双折射现象;化学稳定性好,在常温下不溶于水、硫酸、盐酸、硝酸和碱液,但可溶于氢氟酸。

用于制造眼镜的水晶大部分是无色水晶、烟水晶和紫水晶等。因天然水晶能用来制造眼镜的数量很少,现多采用人工方法合成的水晶来制镜。采用合成水晶纯度大,光学性能好,生产效率高,使水晶眼镜售价大大下降。合成水晶一般是无色透明的,再经过激光和 X 射线等处理后可变成茶色,其后续处理又有单面处理和双面处理之分。

中国传统文化认为,水晶可以养目,能清凉、去火、消炎等,这种说法是不科学的。如果眼镜能吸收紫外线和红外线,避免其射入眼内,就可以起到护眼的作用,即能养目;但是紫外线和红外线能透过水晶射入眼内,所以不能养目。之所以在室外戴水晶眼镜,特别是在太阳光下,眼睛感到凉爽,是因为水晶镜片能让红外线透过,红外线特点是有热感,因不能吸收红外线,所以温度不会升高,使人感到凉爽,但与此同时红外线已射入眼内。相反光学玻璃镜片因吸收红外线而使镜片温度升高,与水晶眼镜相比,戴上它不会感觉凉爽,但实际戴普通光学玻璃镜片要比戴水晶片对眼睛好。

当然水晶镜片也有优点,即硬度大、耐磨、耐刮擦、耐酸、碱、盐溶液和水分的腐蚀,经久

耐用,天然水晶稀少,所以很多人以有一副天然水晶眼镜为荣。

2. 玻璃材料

玻璃是非常特殊的不定型无机材料,是由二氧化硅、氧化钠、氧化钾、氧化钙和氧化钡等多种氧化物组合而成。玻璃在常温下呈固体、坚硬但易碎,在高温下具有粘性。通常在约 $1\,500^{\circ}\text{C}/2\,700^{\circ}\text{F}$ 高温下,玻璃融化形成氧化混合物,冷却后成为非晶体,并保持非结晶状态。

玻璃没有固定的化学结构,因而没有确切的熔点。随着温度的上升,玻璃材料会变软,粘性增加,并逐渐由固体变为液体,这种逐渐变化的特性称之为“玻璃”状态。这一特性意味着玻璃在高温时可以被加工和铸型。用于制作镜片的玻璃材料属光学玻璃,这种玻璃是具有不同要求的光学常数、高度的透明性、物理均匀性和化学稳定性,以及一定的热力学和机械性质的材料,制成的镜片具有良好的透光性,而且表面抛光后可以更加透明。光学玻璃的组成根据种类和应用的要求差别很大,一些特殊要求的光学玻璃的组成较多,而且对原料的要求非常严格,其制作工艺也较复杂。

光学玻璃分为无色光学玻璃和有色光学玻璃。无色光学玻璃按折射率和阿贝数的大小可分为冕牌玻璃和火石玻璃两大类。在光学系统中冕牌玻璃一般用于制作凸透镜,火石玻璃用于制作凹透镜。用冕牌玻璃制成的眼镜片有光学镜片、克罗克斯镜片、克鲁赛脱镜片、有色镜片和变色镜片等。火石玻璃多用于磨制双光镜片的子镜片和高折射率镜片等。

(1) 玻璃镜片材料性能特点

眼镜玻璃的性能要求不同于其他玻璃产品,主要是以光学性能和理化性能等为主。

① 折射率:一般冕牌玻璃的折射率在 $1.49\sim 1.53$ 之间,火石玻璃的折射率在 $1.60\sim 1.806$ 左右,折射率越高,镜片就越薄。

② 阿贝数:阿贝数的大小可用来衡量镜片成像的清晰程度。阿贝数越大,色散就越小,成像的清晰程度就越好。但一般来讲,折射率越高,阿贝数相对越小,则成像的清晰程度就越差。一般冕牌玻璃的阿贝数在 55 以上,而火石玻璃的阿贝数在 50 以下。

③ 透光率:透光率可以用来衡量通过镜片视物的清晰程度,即透光率越高,视物就越清晰,一般要求无色光学玻璃对可见光的透光率在 91% 以上,火石玻璃的透光率在 87% 左右。

④ 密度:通常用于制作眼镜片的玻璃密度均比较大。冕牌玻璃的密度为 2.54,火石玻璃的密度为 3.6,而且随着镜片折射率的增加,密度也增加,同时,阿贝数在减小。因此,折射率高、镜片薄、阿贝数大、镜片边缘色散小、密度小、镜片轻是最为理想的眼镜片。

⑤ 化学稳定性:指镜片在加工或使用过程中对水、酸、碱溶液以及抛光剂等化学物质的耐腐蚀能力。因为这些化学物质均能与玻璃发生作用,使镜片发霉、表面光洁度发生变化等,影响使用寿命。

(2) 玻璃镜片材料分类

按照折射率大小的不同,可将镜片材料分为如下几类:

① 标准冕牌玻璃镜片:也称皇冠玻璃,折射率为 1.523,是传统光学镜片的制造材料,其中 60%~70% 为二氧化硅,其余则由氧化钙、钠和硼等多种物质混合。在近代眼镜行业中,也将 1.6 折射率材料作为新的标准玻璃镜片材料。

② 高折射率玻璃:用于制造近视、无晶状体以及高度远视者所需的高屈光度镜片。比皇冠玻璃薄,外观美观,更受配戴者青睐。主要有:

- 1.7 折射率:主要成分为钛元素,阿贝数为 41,1975 年进入市场;
- 1.8 折射率:主要成分为镧元素,阿贝数为 34,1990 年进入市场;
- 1.9 折射率:主要成分为铈元素,阿贝数为 30,1995 年进入市场,是目前折射率最高的眼镜片材料。

近年来高折射率玻璃镜片材料都逐步倾向于选用含钛元素的材料。经过多年研究,镜片制造商已经找到了在提高材料折射率的同时又保持低色散力的方法。

虽然采用这些材料所制造的玻璃镜片越来越薄,但是却没有减少镜片重量。事实上,随着折射率的增加,玻璃材料的密度也随之增加,这样就抵消了因为镜片厚度减薄而带来的重量上的减轻。

按照吸收特性的不同,可将镜片材料分为如下几类:

① 透明玻璃:具有高透光率的透明镜片,需要确保玻璃熔体中不存在金属氧化物,因为金属氧化物(例如氧化铁)易使镜片着色。

② 单色吸收式镜片:在混合物中添加金属氧化物,根据添加剂的量和熔合条件,镜片具备如下属性:对光谱的不同波长具有特殊的吸收属性;特定颜色的选择式吸收。这些有色镜片材料主要应用于大规模地生产平光太阳镜片或防护镜片(见表 1-4)。

表 1-4 有色玻璃镜片特点和用途表

名称	着色剂	特点及用途
灰色	钴、铜、铁、镍等氧化物	均匀吸收光谱线、吸收紫外线、红外线
绿色	钴、铜、铬、铁、铈等氧化物	吸收紫外线、红外线 护目镜(气焊、电焊、氩弧焊)
蓝色	钴、铁、铜、锰等氧化物	防炫光、护目镜(高温炉前)
红色	硒化镉、硫化镉	防荧光刺眼 护目镜(医务 X 光)
黄色	硒化镉和铈、钛等氧化物	吸收紫外线 夜视镜或驾驶员阴天、雾天配戴

③ 均匀色彩的吸收式镜片:近视或远视镜片的中心和边缘厚度不一致,所以玻璃镜片染色后,镜片上会产生颜色差异,一般较深的染色能使镜片颜色趋向基本一致。

④ 真空镀膜染色:是现代玻璃镜片的染色方法,即在真空条件下,在镜片表面镀制一层几微米厚的金属氧化物薄膜。该膜层须和玻璃有良好的粘着性,具有良好的吸收属性。

3. 树脂镜片材料

(1) 树脂镜片的性能特点

树脂镜片材料属有机材料,其主要组成元素以碳、氢、氧、氮为主。用以制作镜片的树脂材料必须质地均匀、透明且不易变形,属光学树脂材料。和玻璃镜片相比,光学树脂镜片材料体现以下性能特点:

① 树脂镜片的光学特性:表面光泽、平滑度绝不逊于一般玻璃镜片;折射率低于一般玻璃镜片,所以同度数的树脂镜片较厚;与一般玻璃镜片的色散性极为相近;透视率超过

92%，较一般玻璃镜片高2%以上；表面反射较一般玻璃镜片为低，也较不刺眼，这是因其透光率较高，折射率较低所致；双光镜片是整片构成，并非像一般玻璃双光镜片熔合制成，因此，树脂双光镜片没有色差。

光学性质极为稳定，无论在高温或低温中都不会产生变化。

② 树脂镜片的机械特性：可铸成透明度高，而且符合光学要求的各种形状镜片；比一般玻璃镜片更易于车边装框；树脂镜片极易染色，可以视需要，染制成各种不同透光率的彩色镜片。

③ 树脂镜片的物理特性：树脂镜片的质地轻，其重量仅为玻璃镜片的一半；抗撞击力强，受到撞击发生碎裂时，碎片较少，碎片面积大而钝边，可有效减低眼部及脸部的受伤程度；树脂镜片即使长期使用，镜片表面也不容易发生破碎；对于温度高、体积小的物体有强力耐击性，这类物体撞击到树脂镜片时，会立即弹开，而一般玻璃镜片，则很容易造成凹痕和斑点，因此，在焊接或使用砂轮时，为防止眼受飞溅的火屑伤害，可采用树脂镜片；导热性较低，故其抗雾性比一般镜片好；抗热性较高，在一定限度的高温下，不容易产生扭曲变形。

④ 树脂镜片的化学特性：树脂镜片抗御化学品及化学溶剂的范围极广，目前家庭用化学药品及化学溶剂，几乎都不会对树脂镜片造成伤害。

(2) 树脂镜片材料分类

按照受热行为，树脂镜片材料可分为热固性材料和热塑性材料两大类。

① 热固性材料：加热后硬化，受热不变形。

镜片大部分以这种材料为主，主要是 CR-39 (Colombia resin 39, 化学名：聚烯丙基二甘醇碳酸酯)，是应用最广泛的制造普通树脂镜片的材料。它于 20 世纪 40 年代被美国哥伦比亚公司的化学家发现，是美国空军所研制的一系列聚合物中的第 39 号材料，因此，被称为 CR-39。50 年代，CR-39 被正式用于生产眼用矫正镜片。

CR-39 作为一种热固性材料，单体呈液态，在加热和加入催化剂的条件下聚合固化。CR-39 材料的折射率为 1.5，密度为 1.32 g/cm^3 ，阿贝数约为 58，抗冲击性好，高透光率，可以进行染色和镀膜处理。其主要缺点是耐磨性差，需要给予镀耐磨损膜的表面处理。树脂镜片一般可采用模压法加工镜片表面的曲率，因此更适应于制造非球面镜片。

中高折射率树脂镜片材料可以采用以下技术来增加热固性树脂镜片材料的折射率：

- 改变原分子中电子的结构，例如：引入苯环结构。
- 在原分子中加入重原子，例如：卤素（氯、溴等）或硫。

与传统 CR-39 相比，用中高折射率树脂材料制造的镜片更轻、更薄。它们的密度与 CR-39 差不多（在 1.20~1.40 之间），但色散相对较大（阿贝数 ≤ 45 ），抗热性能较差，但抗紫外线能较强，同时也可以染色和进行各种系统的表面镀膜处理。使用这些材料的镜片制造工艺与 CR-39 的制造原理大体一致。现在折射率 1.67 的树脂材料已广泛流行，折射率 1.74 的树脂镜片材料也已进入市场。

② 热塑性材料：加热后软化，适合于热塑和注塑。

早在 20 世纪 50 年代，热塑性材料 PMMA（化学名：聚甲基丙烯酸甲酯，polymethyl methacrylate，俗称：有机玻璃）已经被用于制造光学镜片，但是由于受热易变形及耐磨性较差的缺点，很快就被 CR-39 所替代。然而今天，PC 材料（化学名：聚碳酸酯 polycarbonate）以及相关镀膜工艺的发展将热塑性材料又带回了镜片领域，并被眼视光行业的专业人士认

可为 21 世纪的主导镜片材料。

PC 材料早于 1898 年被发现,后期主要被人们应用于宇航、太空产品等各种领域。在 20 世纪 30 年代,当 PC 材料得到了改良后便应用于眼镜片领域。1941 年,美国的 PPG 公司最早将该材料推向了商业领域。在历经了数年的研制和多次的改进之后,PC 材料的光学性能可与其他镜片材料相媲美,故近年来所占的镜片市场份额在不断扩增。

PC 材料是直线形无定型结构的热塑聚合体,具有许多光学方面的优点:出色的抗冲击性(超过 CR-39 的 10 倍以上),高折射率($n_e = 1.591, n_d = 1.586$),非常轻(密度 1.20 g/cm^3),100% 抗紫外线(385 nm),耐高温(软化点为 $140^\circ\text{C}/280^\circ\text{F}$)。PC 材料也可进行复合镀膜处理,它的阿贝数低($V_e = 31, V_d = 30$),但在实际生活中对配戴者没有显著的影响。在染色方面,由于 PC 材料本身不易着色,所以大多通过可染色的耐磨损膜吸收染料进行着色。

(3) 各种镜片材料性能比较(见表 1-5 和表 1-6)

表 1-5 CR-39、PMMA、PC 树脂镜片性能比较

性能/种类	CR-39	PMMA	PC	性能特点比较
折射率(n_e)	1.498	1.491	1.586	PC>CR-39>PMMA
阿贝数	57.8	57.6	29.9	CR-39>PMMA>PC
光透比(%)	89~92	92	85~91	基本相同,PC 略差
密度(g/cm^3)	1.32	1.19	1.20	CR-39>PC>PMMA
耐磨性(H)	4H	2H	B	CR-39>PMMA>PC
耐冲击性(kg/cm^2)	2.4	5.6	92	PC>PMMA>CR-39
耐热性($^\circ\text{C}$)	>210	118	153	CR-39>PC>PMMA

表 1-6 树脂镜片与玻璃镜片性能比较

性能/种类	CR-39 树脂镜片	玻璃镜片
透光量	92%	91%
密度	1.32 g/cm^3	2.54 g/cm^3
抗冲击实验(16 kg 钢球 1.27 m 自由落下)	不碎	碎
破碎情况	较大块、无锐角	细碎、尖锐
阻断紫外线	390 nm	290~300 nm
折射率	1.502	1.523
厚度	较厚	较薄
耐磨损性	玻璃好于树脂	
雾化趋势	玻璃好于树脂,减少 60%~75%	
染色	容易着色	不易着色