

# 眼 镜 学

# Yanjing Xue

瞿 佳 主编



中国标准出版社

# 眼 镜 学

瞿 佳 王勤美 高 胡 编

中国标准出版社

(京)新登字023号

眼 镜 学  
瞿 佳 主 编  
责任编辑 于茁路

\*

中国标准出版社出版  
(北京复外三里河)  
北京邮电学院出版社印刷厂印刷  
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

版权专有 不得翻印

\*

开本 787×1092 1/16 印张 12.25 字数 282 千字  
1993 年 2 月第一版 1993 年 2 月第一次印刷

\*

ISBN7 - 5066 - 0742 - 5 / TS · 026  
印数 1—3000 定价 10.00 元

## 前 言

眼镜是一种特殊的医疗保健用品，它与每个人都有着密切关系，在每个人的一生中，无论其有无屈光不正存在，均需要配戴眼镜。随着经济的发展，人们生活水平的提高，人们对视力的要求也越来越高，从而对矫正和保护视力的眼镜材料、光学性能、质量和装配都提出了更高的要求，这就需要眼科医师、视光学师、眼镜验配师和与眼镜设计、制造有关的工程技术人员更好和更加深入地了解眼镜的结构、设计、应用和发展，尤其需要掌握镜片的基本知识、基本理论和实践技能。近年来，国外曾有一些介绍眼镜的专业书籍出版，但国内至今尚未见到一本较全面、系统介绍眼镜专业知识的书籍问世。

本书是根据Jalie编写的《The Principals of Ophthalmic Lenses》最新版本体系的思路编写的，其主要内容曾作为温州医学院眼科视光学系的《眼镜学》教材给硕士研究生和大学生使用。这次出版为适应更广泛的读者范围，对许多内容作了调整和补充，它可作为专业人员的教材，同时也适合有关人员自学或在实践中应用。

本书第十六章和第十九章是由王勤美老师编写，第十七和第十八章是由高潮医师编写的。在本书的构思、完成过程中，曾得到作者的导师缪天荣教授启发和鼓励，得到王光霁教授和施明光教授的支持，部分章节曾由包廷钊老师审校。另外在本书的出版过程中还得到卫生部科技司史启同志、科技日报社张瑞勤同志的大力协助，在此一并表示感谢！

瞿 佳

于温州医学院

1992年11月

# 目 录

第一章 绪论	(1)
§1—1 概述	(1)
§1—2 透镜	(1)
§1—3 符号规则	(2)
第二章 球面透镜	(3)
§2—1 镜片屈光力的单位	(3)
§2—2 透镜的视觉像移	(4)
§2—3 球面透镜的中和	(4)
§2—4 透镜的面屈光力和形式	(5)
§2—5 磨片工具	(8)
§2—6 球面透镜的识别与标记	(9)
第三章 圆柱面透镜与球柱面透镜	(11)
§3—1 概述	(11)
§3—2 柱面透镜	(11)
§3—3 旋转试验	(12)
§3—4 正交柱镜的性质	(12)
§3—5 球柱面透镜	(14)
§3—6 球柱面透镜的形式转换	(15)
§3—7 球柱面透镜的标记和识别	(15)
第四章 环曲面透镜	(17)
§4—1 概述	(17)
§4—2 环曲面	(17)
§4—3 环曲面透镜	(18)
§4—4 环曲面透镜片形的转换	(19)
§4—5 环曲面透镜的识别	(22)
第五章 散光透镜的轴向	(24)
§5—1 标准标记法	(24)
§5—2 旧的轴位标记法	(24)
§5—3 眼镜处方	(25)
§5—4 眼镜片标记	(25)
第六章 曲率、透镜厚度和镜片测度表	(27)
§6—1 曲率	(27)
§6—2 透镜的厚度	(27)
§6—3 垂度公式	(28)
§6—4 非圆形球面透镜的厚度	(29)
§6—5 球柱镜片和环曲面镜片的厚度	(29)

§6—6	柱面透镜沿斜向轴向的厚度 .....	(30)
§6—7	近似垂度公式 .....	(31)
§6—8	透镜厚度的三角解法 .....	(32)
§6—9	镜片厚度卡钳 .....	(32)
§6—10	镜片测度表 .....	(33)
<b>第七章</b>	<b>眼用棱镜</b> .....	<b>(35)</b>
§7—1	概述 .....	(35)
§7—2	棱镜的效果 .....	(35)
§7—3	棱镜的单位 .....	(36)
§7—4	棱镜单位的相互关系 .....	(37)
§7—5	正切尺 .....	(38)
§7—6	Orthops尺 .....	(38)
§7—7	棱镜的厚度差 .....	(39)
§7—8	棱镜的中和 .....	(40)
§7—9	底尖线的标记 .....	(40)
§7—10	棱镜度均分于双眼 .....	(41)
§7—11	棱镜效果的合成与分解 .....	(41)
§7—12	斜向轴向的棱镜度 .....	(43)
§7—13	旋转棱镜 .....	(44)
§7—14	视近棱镜的有效棱镜度 .....	(45)
§7—15	大顶角棱镜 .....	(46)
<b>第八章</b>	<b>移心的棱镜效果</b> .....	<b>(47)</b>
§8—1	概述 .....	(47)
§8—2	移心透镜 .....	(48)
§8—3	移心透镜的关系式 .....	(48)
§8—4	球面透镜上任意点的棱镜效果 .....	(48)
§8—5	球面透镜的移心 .....	(49)
§8—6	移心透镜的标记 .....	(50)
§8—7	特殊加工的棱镜透镜 .....	(50)
§8—8	平柱面透镜的棱镜效果 .....	(51)
§8—9	柱面透镜的移心 .....	(51)
§8—10	球柱面的棱镜效果 .....	(52)
§8—11	球柱面透镜的移心 .....	(52)
§8—12	透镜上任意一点棱镜效果的图解法 .....	(53)
§8—13	棱镜效果分析 .....	(58)
<b>第九章</b>	<b>镜片的大小和视场</b> .....	<b>(61)</b>
§9—1	镜片大小 .....	(61)
§9—2	镜片的视场 .....	(61)
<b>第十章</b>	<b>高屈光度缩径镜片和双心镜片</b> .....	<b>(64)</b>

§10—1 高屈光度镜片 .....	(64)
§10—2 负缩径镜片 .....	(66)
§10—3 正缩径镜片 .....	(70)
§10—4 双心镜片 .....	(72)
<b>第十一章 双光眼镜</b> .....	<b>(74)</b>
§11—1 概述 .....	(74)
§11—2 子片的有关术语 .....	(75)
§11—3 双光镜片的技术要求 .....	(76)
§11—4 双光镜片的光学要求 .....	(76)
§11—5 阅读区的光心 .....	(79)
§11—6 视近区的差异棱镜效果 .....	(81)
§11—7 双光镜定心公式 .....	(83)
§11—8 早期双光镜 .....	(86)
§11—9 胶合双光镜 .....	(86)
§11—10 熔合双光镜 .....	(88)
§11—11 特形熔合子片 .....	(94)
§11—12 整体双光镜 .....	(96)
§11—13 其它整体双光镜 .....	(97)
§11—14 塑胶双光镜 .....	(98)
§11—15 双光镜的识别、标记与画线 .....	(98)
<b>第十二章 复光镜</b> .....	<b>(101)</b>
§12—1 概述 .....	(101)
§12—2 三光镜 .....	(101)
§12—3 基本三光镜 .....	(101)
§12—4 熔合三光镜 .....	(102)
§12—5 渐变镜 .....	(103)
<b>第十三章 柱面透镜</b> .....	<b>(106)</b>
§13—1 散光透镜的成像 .....	(106)
§13—2 柱面 .....	(108)
§13—3 透镜“斜向柱面屈光度”的概念 .....	(110)
§13—4 斜交柱面 .....	(114)
<b>第十四章 顶点度和厚透镜</b> .....	<b>(119)</b>
§14—1 概述 .....	(119)
§14—2 透镜的有效屈光度 .....	(119)
§14—3 两同轴薄透镜的顶点度 .....	(120)
§14—4 等效屈光度 .....	(122)
§14—5 厚透镜 .....	(125)
§14—6 眼的屈光状况及眼镜片和远视力 .....	(129)
§14—7 精确的转换 .....	(134)

§14—8 近光眼镜.....	(139)
<b>第十五章 眼镜片设计 .....</b>	<b>(147)</b>
§15—1 概述.....	(147)
§15—2 斜射像散、视场弯曲及远点球面.....	(148)
§15—3 点焦镜片 (球面三阶) .....	(149)
§15—4 Tscherning椭圆 .....	(151)
§15—5 眼镜片设计.....	(152)
§15—6 球柱面和环曲面镜片.....	(153)
§15—7 眼镜片的畸变.....	(156)
<b>第十六章 镜架和镜片测量 .....</b>	<b>(156)</b>
§16—1 镜架的结构.....	(156)
§16—2 镜架的材料及特性.....	(156)
§16—3 镜架的分类.....	(158)
§16—4 镜架的测量.....	(158)
§16—5 镜片的测量.....	(160)
<b>第十七章 镜片的材料和分类 .....</b>	<b>(164)</b>
§17—1 天然介质.....	(164)
§17—2 塑料.....	(164)
§17—3 玻璃.....	(165)
<b>第十八章 镜片的质量与检验 .....</b>	<b>(168)</b>
§18—1 镜片的质量.....	(168)
§18—2 镜片的检验.....	(170)
<b>第十九章 眼镜的配戴 .....</b>	<b>(171)</b>
§19—1 概述.....	(171)
§19—2 瞳距测量.....	(171)
§19—3 镜架选择.....	(173)
§19—4 镜片选择.....	(177)
§19—5 镜片的切割安装.....	(178)
§19—6 镜架的配戴.....	(179)
<b>附录 国家标准GB10810-89《眼镜镜片》 .....</b>	<b>(181)</b>



# 第一章 绪论

## §1-1 概述

应用于眼镜片的透镜理论是以几何光学的基本定律为基础的。眼镜片是一种可改变进入眼睛光束聚散度的特殊器具。透镜 (lens) 一词最初来自拉丁文的扁豆 (lentil seed)。所谓透镜, 可定义为, 由两个抛光面所包围的光学媒质, 两个面中至少有一个为弯曲面, 弯曲面可以是球面、柱面、环曲面 (即弯曲的柱面), 或者非球面 (如椭圆面、双曲面等)。至于平面也可被看成是半径无限大的球面。除此之外, 还有用于减少进入眼睛光量或用于保护眼睛的安全镜片, 如有色眼镜与安全防护眼镜等。

能通过光线的任何物质均为光学媒质, 大部分光学媒质是等方性 (isotropic) 的, 或称为各向同性的, 就是光通过媒质中的速度在任何方向均相等。用于制造眼镜片的物质一般有以下三类:

- a. 天然材料, 如石英等;
- b. 玻璃;
- c. 塑胶。

透镜的两个面可互相倾斜成一定角度, 即含棱镜透镜。在眼镜光学中, 棱镜的作用在于矫正眼球运动肌肉的缺陷。

## § 1-2 透镜

由两个折射面构成的透明媒质称为透镜, 或者两个面都是球面, 或者一面是球面, 另一面是平面。中央比边缘厚的透镜称为凸透镜, 中央比边缘薄的透镜, 称为凹透镜。

透镜的形成如图1-1所示: :

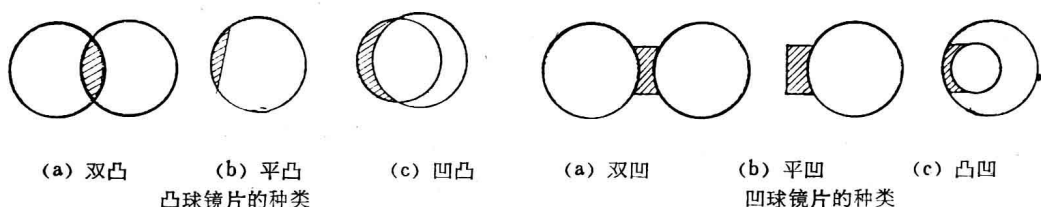


图 1-1 透镜的形成

将透镜放置于光路中, 由于透镜的折射面及其厚度而产生作用。如果平行入射光束会聚于透镜后方一点, 此透镜称为会聚透镜 (converging lens)。图1-2所示就是一个会聚透镜将平行入射光束聚焦于一点 $F'$ 的情形,  $F'$ 称为透镜的第二主焦点, 从透镜的背面到 $F'$ 的距离称为焦距, 以 $f'$ 表示, 图1-3所示为各种不同形式会聚透镜, 会聚透镜的中央比边缘要厚。

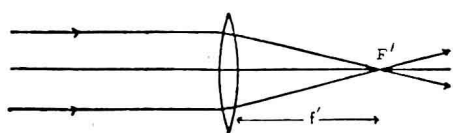


图 1-2 会聚透镜的作用

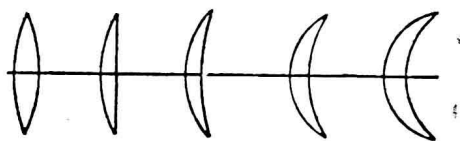


图 1-3 会聚透镜的不同形式

如果平行入射光线被透镜发散, 则光线经过透镜折射后, 好像是从透镜前面一点发出,

此透镜称为发散透镜。 $F'$ 为其第二主焦点， $f'$ 为其焦距，如图1—4所示。图1—5为各种不同形式的发散透镜，发散透镜的中央比边缘要薄。

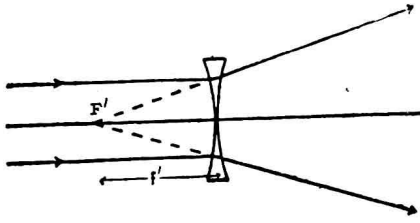


图 1—4 发散透镜的作用

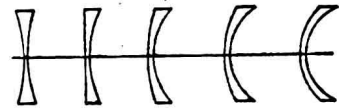


图 1—5 发散透镜的不同形式

### §1—3 符号规则

图1—6所示是以 $C_1$ 和 $C_2$ 为中心， $r_1$ 和 $r_2$ 为半径的球面，两相交球面以 $C_1$ 和 $C_2$ 两点作连线形成对称轴，也可将 $C_1$ 和 $C_2$ 的连线称为透镜的光轴 (optical axis)， $A_1$ 和 $A_2$ 称为透镜的顶点 (vertices)， $A_1$ 为前顶点 (front vertex)， $A_2$ 为后顶点 (back vertex)， $A_1A_2$ 的轴向厚度就是透镜的中心厚度 $t$ 。透镜的光心在光轴上，常在 $A_1$ 和 $A_2$ 之间，但也有例外。一般情况下作为眼镜片的透镜非常薄，所以假定 $A_1$ 和 $A_2$ 与光重合，则光心在透镜与光轴的交点上。

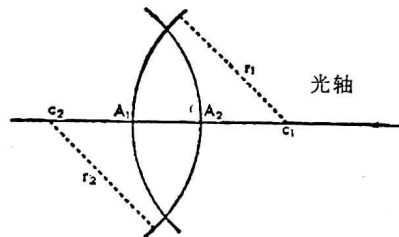


图 1—6 符号规则

本书符号规则采用笛卡尔系统 (Cartesian system)，其内容如下：

所有光线均假定从左至右而行，自透镜面向左度量的距离为负，向右度量的距离为正。自光轴向下度量的为负，向上度量为正。角度的度量则从光线转向光轴，顺时针为负，逆时针为正。符号规则如图1—7所示：

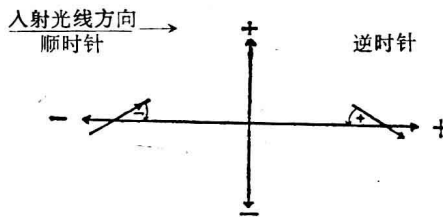


图 1—7 光学符号规则

## 第二章 球面透镜

### §2-1 镜片屈光力的单位

#### (一) 英寸表示法

过去, 透镜的屈光力大小通常以其焦距的英寸长度来表示, 例如, 焦距为 1 英寸时, 就称之为“一号”透镜, 焦距为 3 英寸时, 称之为“三号”透镜, 余以此类推。这种表示法有很多缺点, 因为各国所用的长度单位并不相同, 而且多片透镜结合在一起时, 其总焦距并不是各个焦距相加的总和。

#### (二) 屈光度表示法

现代眼镜片屈光力大小的表示单位为屈光度 (dioptr), 它是由法国城市斯特拉斯堡 (Strasbourg) 的眼科医师 Monoyer 于 1872 年所倡导的。屈光度是以焦距单位为米 (m) 时的倒数来表示的。焦距为 1m 时, 为 1 屈光度, 焦距为 0.5m 时, 则为 2 屈光度。

屈光度的表示见 (2-1) 式:

$$F_D = \frac{1}{f} \quad (2-1)$$

式中:  $f$ ——焦距, m。

如果是会聚透镜 (凸透镜), 称作正透镜, 在其屈光度前加一“+”号, 这是因为正透镜的第二主焦点在透镜的右侧, 故其焦距为正。如果是发散透镜 (凹透镜), 又称作负透镜, 在其屈光度前加一“-”号, 这是因为负透镜的第二主焦点在透镜的左侧, 故其焦距为负 (见图 2-1)。

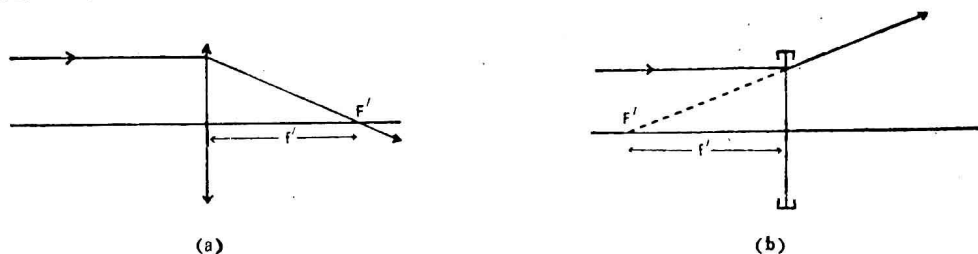


图 2-1 焦距

如果透镜的面是球形的, 称作球面透镜 (Sphere), 以缩写 DS (dioptr of spherical power) 表示。屈光度表示法通常以  $\frac{1}{4}$ DS 为间距, 如  $\pm 0.25$ DS;  $\pm 0.50$ DS;  $\pm 0.75$ DS;  $\pm 1.00$ DS 等, 一般都保留两位小数, 如果透镜的屈光度为零, 则以 0.00DS 或者数学符号  $\infty$  表示, 称为无焦 (afocal) 或平面透镜 (plano lens)。

有时候, 屈光度表示法以  $\frac{1}{8}$ DS 为间距, 仍采用两位小数。将  $\frac{1}{8}$ DS 变为小数时, 将第三位小数的“5”予以舍去, 而写成 0.12DS, 但在计算 0.12 与 0.12 相加时, 舍去的“5”则仍应计算在内, 即  $0.12 + 0.12 = 0.25$ 。 $\frac{1}{8}$ DS 系统如下:

$\pm 0.12$ DS	$\pm 0.37$ DS	$\pm 0.62$ DS	$\pm 0.87$ DS
$\pm 0.25$ DS	$\pm 0.50$ DS	$\pm 0.75$ DS	$\pm 1.00$ DS

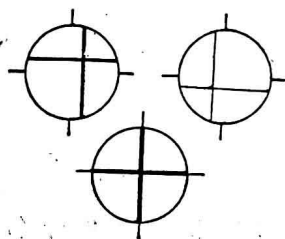
## §2-2 透镜的视觉像移

将+2.00DS透镜置于眼前15cm处,通过该透镜观看远处的一条水平线,当透镜向下移动时,通过透镜看到的水平线将往上移动。如果改用+4.00DS透镜,这种现象就更加明显了,这种视觉像移称作逆向像移(against movement),任何正透镜都能产生这种现象。不过,透镜与观察眼的距离至少应小于该透镜的焦距。如果透镜的第二主焦点在透镜与眼睛之间,则将看到一个缩小的倒像。

通过-2.00DS的透镜看一条水平线,当透镜缓慢地向下移动时,水平线也向下移动,这种视觉像移称作顺向像移(with movement)。任何负透镜都能产生这种现象。

如果将目标改为“十”字线,那么看起来就更明显了,如图2-2所示。图2-2a是正透镜向左下方移动时所看到的像移,同时由于所见线条的变粗说明正透镜有放大作用。图2-2b所示为负透镜向左下方移动时所看到的“十”字线像移,同时由于所见线条的变细说明负透镜有缩小作用。

(a) 正透镜 (b) 负透镜



(c) “十”相重合字线

图 2-2 透镜的视觉像移

当“十”字线互相重合(如图2-2c)时,透镜的光心必定在“十”字线中点与眼睛的连线上,凡是通过光心的光线不会偏向,在实际工作中,将镜片装入镜架后给人配戴时,该镜片的光心必须在瞳孔的正前方。如果要确定光心的位置,可将透镜置于“十”字线前上、下、左、右来回移动,调整至通过透镜所看“十”字线条与透镜视场外的“十”字线条相重合时,通过透镜的“十”字线条中点即为光心,这一步骤称为定心(centring the lens)。另外还有一种方法是将一光源置于被测透镜前面,然后观察光源在透镜前、后两个面所产生的反射

像位置,当两个反射像重合时,重合点就是光心。

## §2-3 球面透镜的中和

如果将+3.00DS透镜与+2.00DS透镜相叠组合,其总的屈光度是+5.00DS,组合后的焦距是 $\frac{1}{5}$ m或20cm。

如果将-1.50DS透镜与-2.50DS透镜相叠组合,其总的屈光度将是-4.00DS,其组合后的焦距是 $-\frac{1}{4}$ m或-25cm。

同样,将+6.00DS透镜与-4.00DS透镜相叠组合,其总的屈光度将是+2.00DS。即透镜联合所产生的效果和单片透镜相同。如果将屈光度相同、符号相反的两个透镜相叠组合,如+3.00DS与-3.00DS,其联合将是零。所以在“十”字线检验中,将不产生视觉像移,这时的正负透镜恰好彼此相互中和。因此,如果我们有一片透镜,不知道其屈光度为多少,而我们有一整套从 $\pm 0.25$ DS至 $\pm 20.00$ DS的球面透镜系列,我们就可用中和法(neutralisation)很容易地求出未知镜片的屈光度。这一整套的测试透镜称为中和透镜组(neutralising set)。一般验光配镜设备中应包括一套完整的中和透镜系列,一般称为试镜箱(trial case),每个透镜都装嵌于金属或塑料镜圈中,镜圈上注明透镜的度数,每一个镜片的光心应与其几何光心重合。

作中和试验时,测试透镜应与未知透镜的背面相接触,所谓背面即指靠近眼睛的这一面

(一般也称作里面)，对于现代弯曲透镜，因含空气的间隙太大，所测结果不准（见图 2—3），所以常将测试透镜置放于要测透镜的前面。



图 2—3 透镜的中和测试方法

由于在该阶段，我们尚未考虑透镜的厚度，所以假定不论在透镜的前面或后面，所测得的度数应该是一样的。测试时，务必使两镜片靠紧，以免测量出现误差。测试透镜和被测透镜还必须完全同轴，所以被测透镜的光心应该预先测出，以便和测试透镜的几何中心（此处就是光心）相重合，以手持住两片镜片尽可能远离眼睛，并尽可能寻找最远的目标观察，以获得较高的敏感度。一般观察的目标应离观察者至少 5~6m。

#### §2—4 透镜的面屈光力和形式

我们已规定透镜的屈光力为该透镜焦距（以米为单位）的倒数，其单位为屈光度，简称度（dioptré, diopter）。现在让我们来研究透镜的聚焦特性。

图 2—4 所示为置于空气中的平板玻璃，两条假设从裂隙中射出的窄光束分别入射进平板玻璃平面如光线 1 和光线 2。光线在空气中的速度为每秒  $30 \times 10^4$  km，当进入较致密的玻璃媒质后，速度将大为减低，玻璃对光线的影响与光线通过玻璃时的速度有关，每一种玻璃传播光的速度均为一定值。光线在空气中的传播速度与在玻璃中的传播速度之比为折射率  $n$ ，玻璃对任一种黄色光的折射率为一常数。

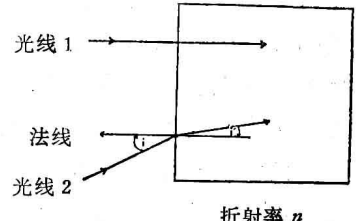


图 2—4 平面折射

$$\text{折射率} = \frac{\text{光线在空气中的速度}}{\text{光线在媒质中的速度}}$$

大多数眼镜片所采用的材料为一种硬质白皇冠玻璃，称作眼镜皇冠玻璃 (Spectacle Crown) 或冕牌玻璃，黄色光在此玻璃中的速度为每秒  $19.698 \times 10^4$  km，所以眼镜皇冠玻璃对黄色光的折射率为：

$$\frac{30}{19.698} = 1.523$$

如果折射率未指明是针对某种色光或某种波长，则被认为是指对黄色光而言，黄色光波长为 587.56nm。

图 2—4 所示玻璃的折射率以  $n'$  表示。

当光线 1 进入玻璃时，其速度比在空气中的速度减低，但其方向不变；光线 2 是斜射向玻璃的，与入射点的法线成  $i$  角，光线 2 进入玻璃后，折向靠近于法线，改变了入射光线的方向，折射后的光线与法线所成的角  $i'$  小于  $i$ ，这一方向的改变与玻璃的折射率有关，当折射率增加（或是光在媒质中的速度减低）时，折射光线的方向改变也增大，入射角  $i$  和折射角  $i'$  之间的关系为：

$$n' = \frac{\sin i}{\sin i'}$$

或者，当玻璃不是在空气中，而是在折射率为  $n$  的其它介质中，则：

$$\frac{n'}{n} = \frac{\sin i}{\sin i'} \quad (2-2)$$

这就是有名 Snell 定律，为几何光学中最重要的关系式之一。

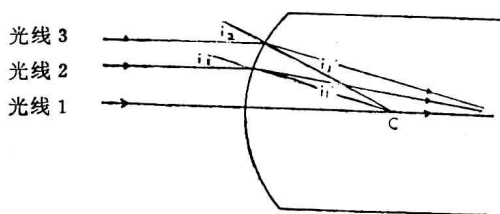


图 2-5 凸面折射

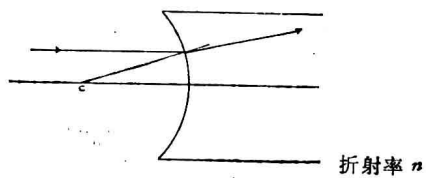


图 2-6 凹面折射

图2—5所示为折射率为 $n$ 的玻璃，形式为半径是 $r$ 的凸球面。入射光线1, 2, 3射至球面上， $C$ 为球面的曲率中心，光线1垂直于球面，所以不被折射，光线2与球面的半径成 $i_1$ 角，折射后成 $i_1'$ 角；光线3与球面的半径成 $i_2$ 角，折射后成 $i_2'$ 角，从图可见凸球面光线2, 3会聚至光轴上几乎同一点。我们在此假定所有折射光线将会聚于球面的主焦点上，对于靠近光轴的光线而言，这一假设十分有效。靠近光轴的球面部分称作近轴区 (paraxial region)。在多数情况下，我们都是讨论入射于近轴区的光线问题。一凸球面，如果它的折射率高于周围媒质的折射率，总是起到将光线会聚的作用，所以凸面称为正面。

图2—6所示为一玻璃，形式是半径为 $r$ 的凹球面，凹球面使光线折射后移近于半径，但远离光轴。如果玻璃的折射率大于周围媒质的折射率，凹面总是对入射光线具有发散作用，凹面又称为负面。

透镜有两个面，每一面都可以是凸（正）面或凹（负）面，或者是平面（屈光力为零），这两个面之间为具有一定厚度的玻璃。在这里，我们假设透镜非常薄，以至其厚度可忽略不计。透镜的每一个面均有其会聚或发散的效果。如图2—5或图2—6所示，我们知道透镜面的会聚或发散效果与它的曲率半径或媒质的折射率有关。透镜面改变入射光束聚散度的能力称为面屈光力。如果以 $F_1$ 表示第一个面的屈光度， $F_2$ 表示第二个面的屈光度，则薄透镜的总屈光度 $F$ 就是每个面屈光度的和，就是：

$$F = F_1 + F_2 \quad (2-3)$$

假设第一面和第二面的曲率半径分别为 $r_1$ 和 $r_2$ ，每一个面两边的媒质折射率为 $n$ 与 $n'$ ，则曲率半径与面屈光力之间的关系是：

$$F_1 = \frac{n' - n}{r_1} \quad \text{与} \quad F_2 = \frac{n - n'}{r_2}$$

如果 $r_1$ 与 $r_2$ 的单位为米，则 $F_1$ 与 $F_2$ 的单位为屈光度。上面式中的分子意思是“光线即将进入的媒质折射率减去光线即将离开的媒质折射率”。对于位于空气中的眼镜片，空气的折射率为1。以 $n$ 表示玻璃的折射力，则：

$$F_1 = \frac{n-1}{r_1}, \quad F_2 = \frac{1-n}{r_2}$$

设 $r$ 的单位为mm

$$F_1 = \frac{1000(n-1)}{r_1}, \quad F_2 = \frac{1000(1-n)}{r_2}$$

前面所述眼镜皇冠玻璃的 $n=1.523$ ，所以

$$F_1 = \frac{523}{r_1}, F_2 = \frac{-523}{r_2}$$

由于

$$F = F_1 + F_2 = \frac{n-1}{r_1} + \frac{1-n}{r_2} = \frac{(r_2 - r_1)(n-1)}{r_1 r_2}$$

所以

$$F = (n-1) \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (2-4)$$

式(2-4)被称为“透镜制造者方程式”，在实际应用时，我们可分别计算两个面的 $F_1$ 和 $F_2$ ，然后相加即得结果，这样反而较容易。

要制造屈光度为 $F$ 的薄透镜，我们可以任意选择两个面的屈光力 $F_1$ 与 $F_2$ ，只要使 $F_1 + F_2 = F$ 即可，所以+8.00DS透镜可任意选择下列一种形式(表2-1)：

表 2-1 +8.00D透镜各种形式

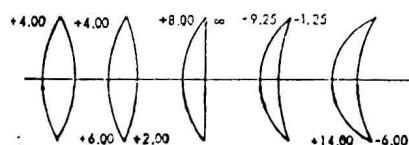
DS

序 号	$F_1$	$F_2$	$F_1 \pm F_2$
1	+ 4.00	+ 4.00	+ 8.00
2	+ 6.00	+ 2.00	+ 8.00
3	+ 8.00	0.00	+ 8.00
4	+10.00	-2.00	+ 8.00
5	+12.00	-4.00	+ 8.00
6	+14.00	-6.00	+ 8.00
7	+16.00	-8.00	+ 8.00

事实上，可选择的片形远不止这些，可以有无限数量的片形。现将上述七种形式分别讨论如下：

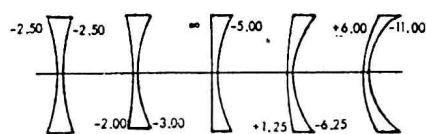
形式(1) +8.00DS 平均分配于两个面，称为等双凸(equi-convex)，如图2-7a所示。

形式(2) 较浅球面(+2.00DS)靠近眼睛，称为背面(back surface)，此形式称为双凸(bi-convex)，如图2-7b所示。



(a) (b) (c) (d) (e)

图 2-7 +8.00DS 透镜的面屈光度



(a) (b) (c) (d) (e)

图 2-8 -5.00DS 透镜的不同面组合

形式(3) 背面为平面，称为平凸(plano-convex)，如图2-7c所示。

以上三种形式有时又称为平直形(flat forms)，它较浅的面称为基曲面或基弧(base curve)，另外四种形式称为新月形或弯曲面(meniscus)，一面为凸起，一面为凹入(见图2-7d和图2-7e)。绝大多数的现代正球面透镜片都采用新月形。

形式(4)又称为2.00基弧新月形(base meniscus),形式(5)称为4.00基弧新月形,余此类推。过去曾将采用过的某种形式给予特别名称。例如图2—7d所示的+8.00DS,其两个球面分别为+9.25DS和-1.25DS,被称为周视透镜(periscopiclens),所有周视形的基曲面均为1.25DS,故+3.50DS周视形的两个面可为+4.75DS和-1.25DS。同样,负透镜也可任意选择它们的形式。图2—8所示为不同屈光力的面之组合,该透镜的总屈光度为-5.00DS。

形式a	$F_1 = -2.50\text{DS}$	$F_2 = -2.50\text{DS}$	称作等双凹 (equi-concave)
形式b	$F_1 = -2.00\text{DS}$	$F_2 = -3.00\text{DS}$	称作双凹 (bi-concave)
形式c	$F_1 = \infty$	$F_2 = -5.00\text{DS}$	称作平凹 (plano-concave)
形式d	$F_1 = +1.25\text{DS}$	$F_2 = -6.25\text{DS}$	称作周视形 (periscopic)
形式e	$F_1 = +6.00\text{DS}$	$F_2 = -11.00\text{DS}$	称作新月形 (meniscus)

形式a、b、c又称作平直形,现代眼镜片很少采用平直形,而多采用新月形。

将透镜由一种形式(或片形)改变为另外一种形式称作片形转换(transposition),由于总屈光度等于 $F_1 + F_2$ 必须保持不变。对于球面透镜的片形转换法则是:加于一个面的屈光度,必定要从另一个面减去。

在实际工作中,球面透镜的实际形式应由多种因素来决定,当然每一种不同屈光度的透镜各有其最理想的片形形式,以减少眼镜片边缘部分像质清晰度的损失。不同的眼镜片制造厂各有其略为不同的理想片形形式,但现代镜片的基弧均与下表大致相近(见表2-2)。

表 2—2 镜片基弧表

屈光度	基 弧	屈光度	基 弧
+1.00DS	-6.50	-1.00DS	+6.50
+2.00DS	-6.00	-2.00DS	+6.00
+3.00DS	-5.50	-3.00DS	+5.50
+4.00DS	-5.00	-4.00DS	+5.00
+5.00DS	-4.50	-5.00DS	+4.50
+6.00DS	-4.50	-6.00DS	+4.00
+7.00DS	-4.50	-7.00DS	+3.50
+8.00DS	-4.00	-8.00DS	+3.00

凡是经过精心计算以消去或减少镜片周边各种缺陷或像差(aberrations)的球面镜片称作透镜的最佳形式,而这些最佳形式几乎全为新月形。

### §2—5 磨片工具

可使用铸铁磨盘磨制球面透镜,该铸铁磨盘的曲率与欲磨球面透镜的曲率相同,但符号相反(图2—9)。如果我们要磨制任意度数的球面,就必须准备大量磨片工具,由于镜片球面的屈光度不但与它的曲率半径有关,而且与该透镜玻璃的折射率有关,所以某一磨片工具只限于磨制某种特定折射率的玻璃。可是镜片制造者无法对每一种折射率玻璃都准备一系列完整的磨片工具,而且设计这些磨盘也非易事。所幸大多数眼镜片都采用特定折射率的玻璃(即眼镜皇冠玻璃, $n = 1.523$ ),所以制造者只要拥有一套以这种折射率玻璃为标准设计的磨片工具即可满足需要。这种磨片工具的曲率半径(mm)等于 $523/F$ 。偶尔,人们必须采用另一种折射率玻璃时(通常是为了减少镜片的厚度),可以经过换算,从 $n = 1.523$ 折射率设计的磨



盘中找出一种用来磨制其它折射率玻璃的正确屈光度数的磨盘。

如果要利用 $n$ 折射率磨盘，以 $n'$ 折射率玻璃为材料磨出屈光度为 $F$ 的球面透镜，应该选用的曲率半径为：

$$r = \frac{n' - 1}{F}$$

具备这种曲率半径的磨盘可磨出的屈光度应为：

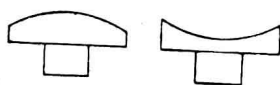
$$T = \frac{n - 1}{r}$$

所以

$$T = \frac{(n - 1)F}{(n' - 1)}$$

设原有磨盘工具是以 $n = 1.523$ 折射率设计的，则

$$T = \frac{0.523F}{(n' - 1)}$$



凹片磨盘 凸片磨盘  
图 2-9 镜片磨制工具



(a) (b)  
图 2-10 考虑绒垫厚度时，磨盘曲率半径的选择

例题：将 $n = 1.625$ 折射率玻璃磨成球面屈光度为 $+10.00\text{DS}$ 的透镜，试计算出应该选用以 $n = 1.523$ 设计的磨盘屈光度为多少？

解：

$$T = \frac{0.523 \times 10}{0.625} = +8.37\text{DS}$$

镜片磨制以后，还需要对镜片进行抛光(polish)，可将一块绒垫铺于磨盘表面上进行。如果曲率半径较大(即指低屈光度数的球面透片)，对绒垫的厚度可忽略不计，但如果曲率半径较小，则绒垫的厚度就将改变曲率半径，从而无法按要求将球面抛光准确。为克服这一困难，可选用半径较大的磨盘，使铺上绒垫后曲率半径正好合适。设绒垫厚度为 $1\text{mm}$ ，要对 $-20.00\text{DS}$ 的镜片进行抛光，磨盘(以 $n = 1.523$ 设计)的半径为 $523 \div 20 = 26.15\text{mm}$ ，考虑绒垫的厚度，我们应选用曲率半径为 $25.15\text{mm}$ 的磨盘，因此，适合于抛光 $-20.00\text{DS}$ 的磨盘工具屈光度应为 $523 \div 25.15 = -20.75\text{D}$ (图2-10a)。如果要抛光 $+20.00\text{D}$ 的球面透镜，考虑绒垫的厚度，需要较浅的磨盘工具，即 $523 \div 27.15 = +19.25\text{D}$ 磨盘(图2-10b)。

## § 2-6 球面透镜的识别与标记

一旦球面镜片的屈光度、形式和光心位置被确定，就完成了对该片识别。屈光度可用中和法测出，球面屈光度的测出一般都用镜片测度表(lens measure)和镜片测度仪(lensmeter)(容后再述)。

如果无特殊说明，眼镜片装入镜架时，其光心必须位于瞳孔正前方，因此，在镜片装配