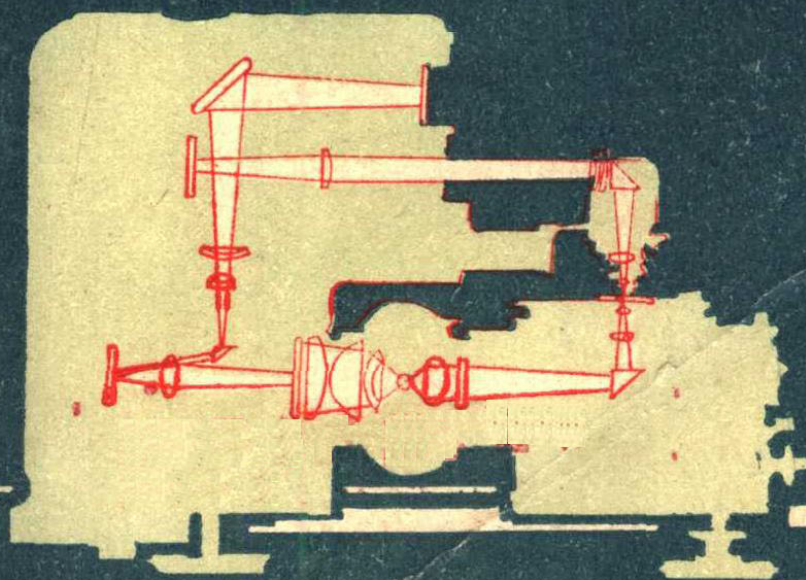


光谱分析仪回与常用技术资料



福建省地质中心实验室

73
9

光谱分析仪器与常用技术资料

(内部资料)



福建省地质中心实验室

毛主席语录

工业学大庆。

围绕着一个基本方针，就是要 把 国
内外一切积极因素调动起来，为社会主义事业服务。

我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

前 言

随着地质光谱分析工作的发展和光谱分析队伍的扩大，在实际工作中感到十分需要一种手册，以便于查阅常用光谱分析仪器的技术性能、构造、安装调试、使用方法、故障排除以及其他一些如地质样品光谱分析工作中常用的地球化学、光谱化学等方面的资料。为此，我们近两年来，在工作之余，查阅了国内外常用光谱分析仪器的说明书和有关资料，结合我们的工作实践，并收集了国内有关的技术革新成果，进行了汇编、整理。

打倒了“四人帮”，思想大解放，亿万人民欢欣鼓舞，干劲倍增。华主席抓纲治国的战略决策日益深入人心，日见成效。地质战线上，工业学大庆的群众运动也在蓬勃发展，向科学技术现代化进军的群众运动蓬勃兴起。在这样一派大好形势鼓舞下，我们遵照毛主席“**要认真总结经验**”的教导，将原有的资料进行了修改和加工，汇编成这本《光谱分析仪器与常用技术资料》的册子，作为业务交流和开展光谱分析工作的参考。

这本册子的内容包括了《光谱仪器》、《光谱光源》、《光谱分析自动控制》和《常用技术资料》四个部分，以及十一个附录。

限于我们所接触的范围，尚有不少常用的资料还没有编入。册中有部分内容，例如，《摄谱仪的照明系统》一节，考虑到地质出版社《岩石矿物光谱分析》一书中所介绍的内容和行文的优点，以及本册子在使用上的方便，我们没有另行编写而基本上照原文编入。

由于我们水平低，工作实践也不多，谬误之处，恳请批评指正。

一九七七年七月

目 录

前 言

第一部分 光谱仪器

第一章 基本知识	1
一、光谱仪器的光学元件	1
二、光谱仪器的光学性质	23
三、摄谱仪的照明系统	50
四、摄谱仪的安装和调整	57
五、摄谱仪一般故障的排除	64
六、光谱仪器的维护与光学元件的清理	65
第二章 光栅摄谱仪	68
一、WSP—2 型 0.5 米 光栅 摄谱仪	68
二、GSP1—70 型 0.5 米光栅摄谱仪	81
三、WPG—100 型 平面 光栅摄谱仪	89
四、PGS—2 型平面光栅 摄 谱 仪	104
五、ДФС—8 型平面光栅摄 谱 仪	113
第三章 棱镜摄谱仪	121
一、ИСП—28 型 石英摄谱仪	121
二、ИСП—30 型 石英摄谱仪	125
三、Fuess 110M 石英摄谱仪	131
四、Q—24 型石英摄谱仪	140
五、E 742 大型石英玻璃摄谱仪	150
第四章 测量仪器	162
一、Zeiss G I 型快速测微光度计	162
二、B 型阿贝比长仪	175
三、8 W WTY 型 光谱投影仪	177

四、GST 1—70 型双片光谱投影仪	182
第二部分 光谱光源	
第一章 基本知识	185
一、光谱光源概述	185
二、最常用的激发源——电弧与火花	189
三、发生器激发稳定性的调整	197
四、发生器一般故障的排除	199
五、发生器的维护与保养	202
六、安全用电注意事项	202
第二章 几种型号的光谱光源	204
一、ΠC—39 型交流电弧发生器	204
二、ΠΓ—2 型交流电弧发生器	205
三、WPF—2 型交流电弧发生器	212
四、KT—591 型电弧自动控制台	219
五、UBI—1 万用电弧脉冲发生器	220
六、可控硅电弧光源	238
七、激光光源	241
第三部分 光谱分析自动控制	
第一章 继电器自动控制	245
一、利用继电器接通和关断电源	245
二、利用继电器自动加大电流	246
三、利用继电器自动切断电源	247
四、摄谱仪的自动板移装置	247
五、水平电极撒样半自动控制装置	249
第二章 晶体管自动控制	251
一、晶体管的开关特性	251
二、晶体管反向器	256
三、RC 电路的充放电特性及加速电容	258
四、单管延时释放继电器	263

五、单管延时吸合继电器·····	264
六、双管延时电路·····	265
七、单结晶体管延时电路·····	266
八、双稳态电路·····	269
九、无稳态电路·····	275
十、单稳态电路·····	278

第四部分 常用技术资料

第一章 地球化学资料····· 281

一、矿物成份表·····	281
二、元素在主要类型岩石中的平均含量·····	307
三、各种岩石化学成份的平均含量·····	313
四、火成岩岩浆几个主要类型的化学成份·····	314
五、某些岩石类型主要化学成份·····	316
六、几种主要矿产中常见有益伴生组份·····	317
七、含稀有分散元素的矿石矿物·····	318
八、稀有分散元素在最常见矿物中的含量·····	320
九、最主要的稀土矿物·····	325

第二章 光谱化学资料····· 327

一、各种类型基物组成·····	327
二、元素及其化合物常用物理化学数据·····	328
三、光谱分析常用的缓冲剂、内标及分析线对·····	336
四、混合物在碳粉中的温度·····	351
五、不同缓冲剂化合物在电弧中的温度·····	352
六、在碳电弧中元素光谱线出现的顺序·····	352
七、第三元素影响的部分资料·····	354
八、光谱粉末标准的配制公式·····	358
九、几种感光板的性能和应用范围·····	360
十、各种显影液的配方·····	364
十一、各种定影液的配方·····	367

十二、暗室处理常用化学药品简介.....	368
第三章 国外光谱仪器资料	372
一、中型棱镜摄谱仪.....	372
二、大型棱镜摄谱仪.....	376
三、光栅摄谱仪.....	381
四、测微光度计.....	386
五、光谱放大仪.....	388
附 录	391
附录 1. 光谱中背景的修正值 D.....	391
附录 2. S—W 转换表.....	392
附录 3. S—P 转换表.....	395
附录 4. 按元素排列的元素灵敏线表.....	398
附录 5. 按波长排列的在紫外光谱区域和可见 光谱区域中最后线一览表.....	412
附录 6. 稀土元素常用的灵敏线表.....	425
附录 7. 1973年国际原子量表.....	426
附录 8. 电气线路图形符号.....	429
附录 9. 常用电路元件和装置代号.....	433
附录 10. 常用电工技术量符号及其单位.....	434
附录 11. 我国标准单线线规表.....	438

第一章 基本知识

一、光谱仪器的光学元件

(一) 棱镜

1. 制造棱镜的材料

光谱仪器中，用于制造棱镜和透镜的材料主要有光学玻璃和光学晶体两类。

光学玻璃对于可见光具有良好的透过率，吸收系数约为 0.4—1.5%。并且改变光学玻璃的组成，即使在长波的光谱波段也可以得到大的色散。因此，用光学玻璃制造的棱镜不但适用于可见光波段，而且适用于红外波段。

光学玻璃的组成较普通玻璃复杂，并且各种类型的光学玻璃组成上也有差异。冕玻璃的二氧化硅含量比较高，钡冕玻璃的氧化钡含量比较高，而重冕玻璃的氧化钡含量更高，钡火石玻璃的特点是既含有一定数量的氧化钡又含有较大量的氧化铅，重火石玻璃的氧化铅含量则更大。

由于氧化物含量不同，光学常数也就不同。为使光谱具有大的色散，一般采用大折射率的重火石玻璃作为光谱的棱镜。

光学晶体主要用于光谱的紫外光部分。石英晶体对于 2000—4000 $\text{\AA}$ 的紫外波段具有良好的透过率，并且色散也很好；萤石对于 1300—2000 $\text{\AA}$ 的波段具有较好的透过率和好的色散。对可见光波段和红外波段，石英和萤石的色散率都显著降低，不适于选用作光谱棱镜。人工培育的碱金属卤化物晶体，如氯化钾对于 2000—2100 $\text{\AA}$ ，氟化锂对于 1100—2000 $\text{\AA}$ ，溴化钾对于 100000—250000 $\text{\AA}$ 的波段都具有良好的透过率，也是制造棱镜的材料。但是，这类材料往往由

于容易吸收水分而较少采用。

图1.1表示了几种常用作棱镜和透镜材料的色散曲线。

表1.1列出了几种材料制造的棱镜摄谱仪的适用光谱范围。

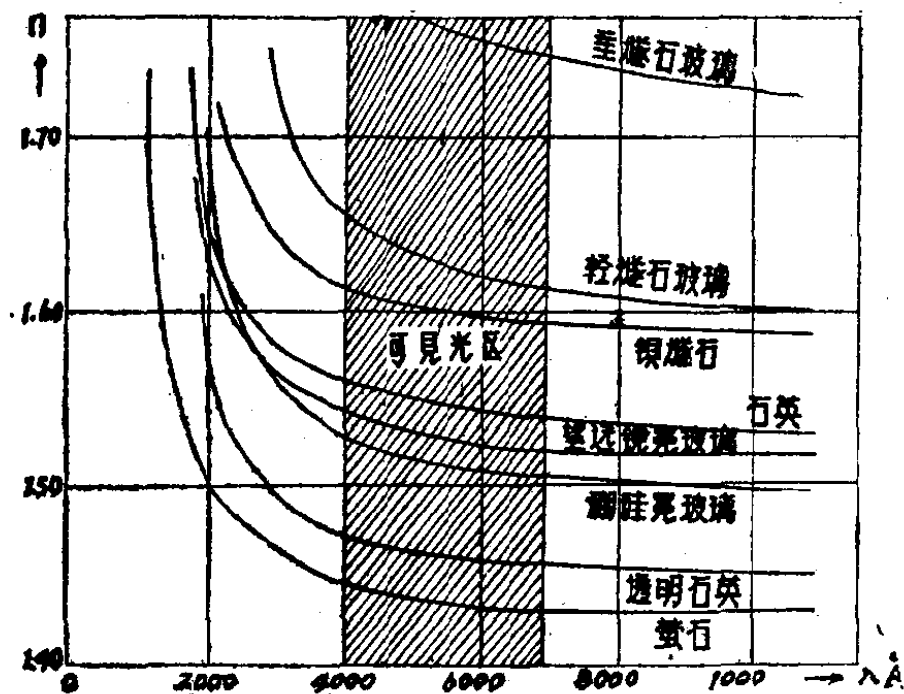


图1.1 几种常用作透镜和棱镜的材料色散曲线

表1.1

摄谱仪类型	适用波段范围	说明
大型玻璃棱镜摄谱仪	6000Å 以上的红外波段	随着波长的增大，折射率色散 $\frac{dn}{d\lambda}$ 将显著降低，为了获得足够的色散率，必须采用大焦距的物镜或数个棱镜进行分光。
玻璃棱镜摄谱仪	3600—6000Å 的可见波段	石英对 3600Å 以上的波段色散率显著降低，必须选用玻璃作为棱镜。
石英棱镜摄谱仪	2000—3500Å 的紫外波段	玻璃对 3600Å 以下的紫外波段吸收率显著增加，必须选用石英作为棱镜。
置于真空中的萤石棱镜摄谱仪	1250—1800Å 的远紫外波段	1800Å 以下波段，石英有明显吸收；1900Å 以下，空气有明显吸收。若在 1250Å 以下，萤石也将有明显吸收。

2. 棱镜的类型

科尔纽棱镜 它是一个顶角 60° 的棱镜。为了防止产生双折射现象，这个 60° 的棱镜是由两块顶角 30° 的直角棱镜组合成的，其中一块为左旋石英，另一块为右旋石英（如图 1.2 所示）。很多摄谱仪，如 ИСП—28 型，ИСП—30 型，Q—24 型，Fuess110M 等都采用了这种棱镜。

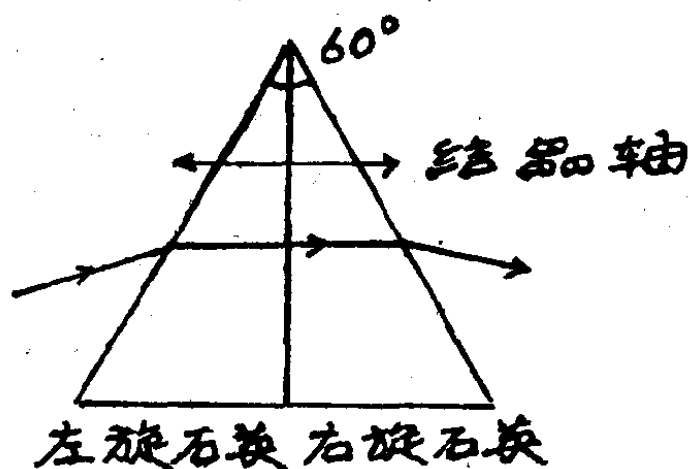


图 1.2 科尔纽棱镜

立特鲁棱镜 它是一个顶角 30° 的直角棱镜，由左旋或右旋石英制成，在棱镜 30° 的直角面上镀上金属膜（如图 1.3 所示）。由于光线在同一棱镜中往返两次，所以不会产生双折射现象。英 E478、E472、E742、苏 KCA—1、日 L·170 等摄谱仪均采用了这种棱镜。这类仪器具有可置换的玻璃棱镜，其形状与石英的相似。

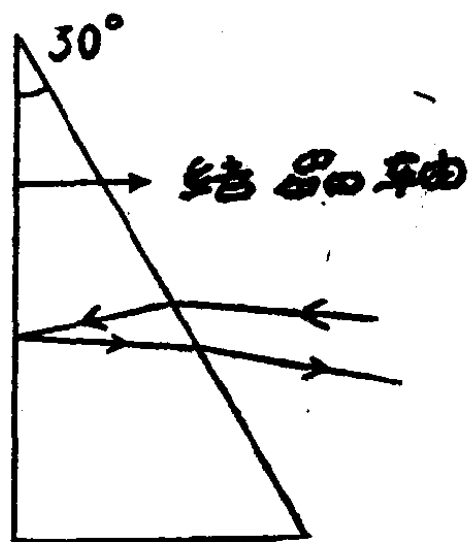


图 1.3 立特鲁棱镜

罗瑟福——勃朗宁复合棱镜 它是由三个棱镜组成的复合棱镜（如图 1.4 所示）。中

间是一个顶角 100° 的重火石玻璃棱镜，两边为两个具有 21° — 25° 角的冕玻璃棱镜。这种复合棱镜的色散，相当于两个 60° 棱镜的组合

色散。但是由于第一折射面上的入射角很大，所以因反射而损失的光也较强。国产 BS—60 型玻璃摄谱仪就是采用这种棱镜。

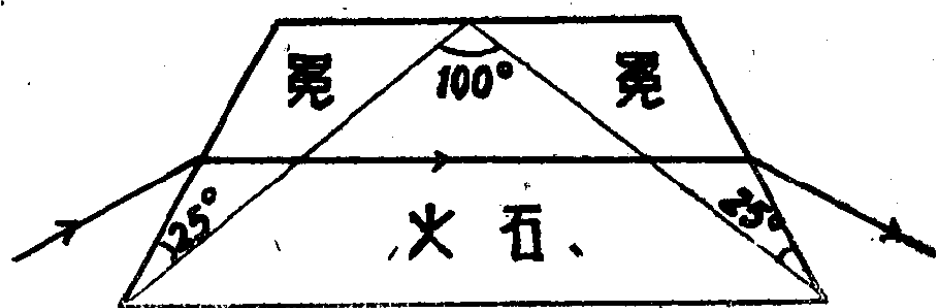


图 1.4 罗瑟福—勃朗宁棱镜

恒偏向棱镜 这种棱镜的形状如图1.5 (A) 所示，它由三个棱镜组成；等腰直角棱镜 BEC 及二个 30—60° 直角棱镜 ABE 和 ACD；棱镜可用一种玻璃制作，也可用火石玻璃作后二个棱镜，而用冕玻璃作第一个棱镜，然后胶合为一个整体。光线 SM 由 AB 面射入且对称地（即在最小偏向角的位置）通过棱镜到达反射面 BC，经反射后沿 NPS' 射出，射出光线 PS' 与入射光线 SM 恒成 90°，这对于任何波长的光线都是相同的。

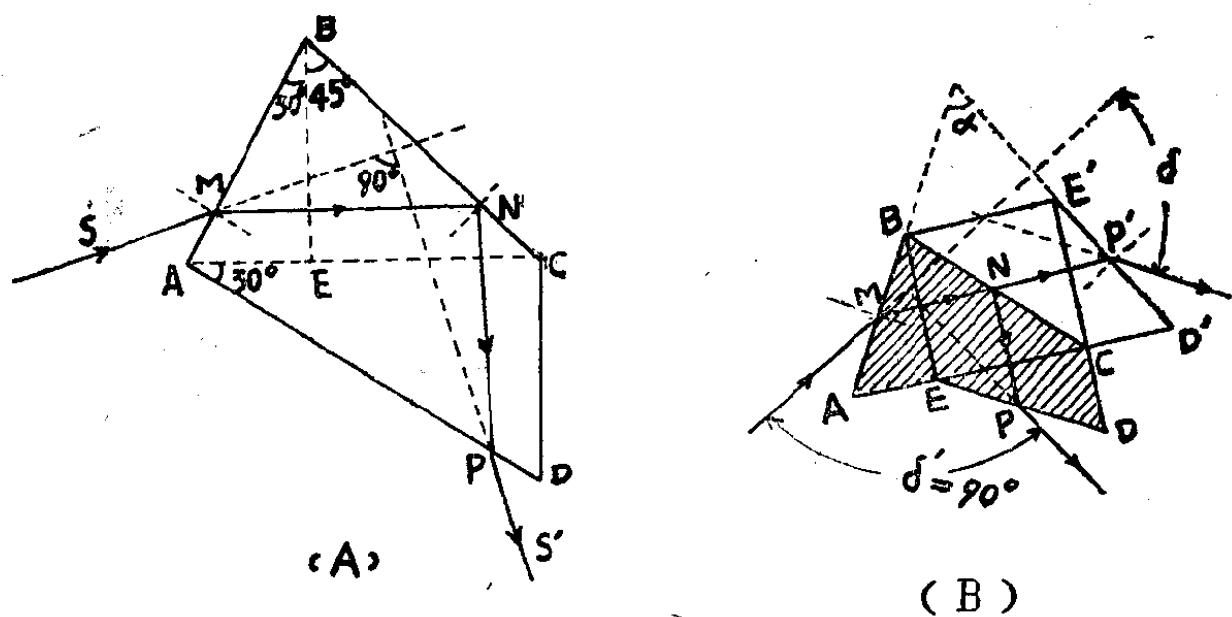


图 1.5 恒偏向角棱镜

这种棱镜是由一般的顶角为 α （例如 60° ）的等腰三棱镜改制成

的。如图 1.5(B) 所示, ABCDE 即为恒偏向的棱镜图形, 其中 BEDC 和 BE'D'C 是以 BC 为对称的, 延长 CD 面使角 A 与角 E 重合即成图 1.5(A) 所示的恒偏向棱镜。此时, 棱镜可用一块玻璃制作。

这种棱镜用于恒偏向分光计以及 ИСН—51 型摄谱仪也用上了它。

(二) 光栅

光栅是光栅摄谱仪的色散元件。它是根据光的衍射原理而设计的。常见的有平面光栅和凹面光栅两种。目前所常用的平面反射光栅, 是在一块极其平整的光学玻璃的镀铝反射面上刻上了许多条严格平行而互相间距离又均等的条纹而制成的。它有每毫米刻划 600 条、1200 条和 1800 条三种, 整块光栅刻线总数可由几万条到几十万条。光栅常数 (即刻线间距) 及光谱级序影响光栅的色散率, 光栅的分辨率为总刻线数与光谱级序的乘积, 即 $R = N \cdot n$ 。

为了将平面反射光栅的光强集中到所要求的光域上, 近代光栅采用了闪耀的办法, 即在刻出的每一条刻线平面与光栅表面之间具有一定的角度, 即闪耀角。这样, 在与刻线平面垂直的方向上有闪耀极大值。因而, 适当选择刻线的倾角, 可使闪耀定向到所需的光域。

随着光栅刻划技术的迅速发展, 刻划光栅的条数已超过 2400 条/mm, 据介绍已达到 5000 条/mm。

近年来又出现了利用在光敏介质中形成全息照像光栅的新技术。这种新型光栅不同于机械刻制的几何刻槽, 实际上它不产生鬼线、像差, 散射光也很弱。无论是平面或凹面光栅都具有较高的分辨率和反射率。

随着半导体制造业中光刻腐蚀技术以及现代激光技术的发展, 还形成了另一种制造全息光栅的方法。用这种方法制造的光栅, 尺寸可达 165 至 320 mm, 刻线可达 1200—3600 条/mm。

(三) 透镜

1. 透镜的类型及其特性

透镜是摄谱仪等光谱仪器上不可缺少的光学元件。它可以根据

需要以光学玻璃或光学晶体制作成界面为球面或者为球面及平面的物体。其球心的连线称为光轴。透镜有几种不同的形式，如图1.6所示。各种透镜可以分成两大类。第一类是正透镜或称会聚透镜，它对通过的光线起会聚作用。第二类是负透镜，或称发散透镜，它对通过的光线起发散作用。对于一般不太厚的透镜，凡是中间厚两端薄的都是正透镜，凡是中间薄两端厚的都是负透镜。

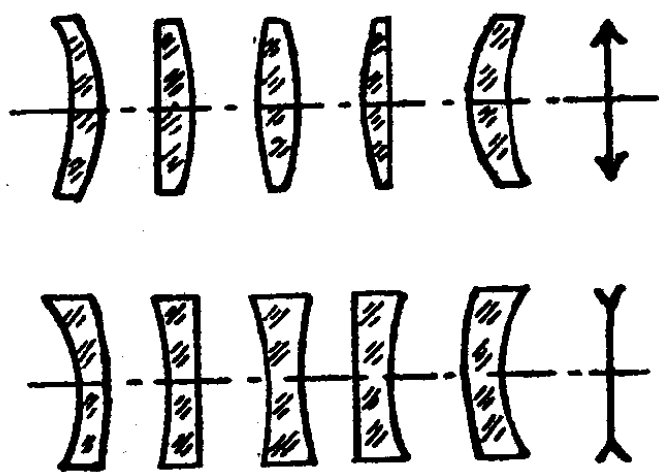


图 1.6 透镜的种类及符号
上排是正透镜，下排是负透镜。

图 1.7 表示了透镜的几个要素。物方平行于光轴的平行光线，经透镜折射后与光轴的交点 F' 称后焦点，或称象方焦点。通过此点作的垂直于光轴的平面称为后焦面或象方焦面。对正透镜来说，后焦点在透镜的右方（在平行光的另一侧），并且是实点；而对负透镜，则因透镜的发散，只有虚的焦点，并且在透镜的左方（与平行光在同一侧）。由物方平行光与最后折射光线延线的交点对光轴所作的垂面称为后主面，此面与光轴的交点（ H' ）称为后主点，后焦点到后主点之间的距离（ $H'F'$ ）称为后焦距，以 f' 表示。我们规定，后焦点在后主点之后的透镜，符号为正，而后焦点在后主点左边的，焦距为负。空气中的透镜，由于 $n = n'$ ，前焦距与后焦距数值相等而符号相反，即 $-f = f'$ 。

此外，还有前主面、前焦点、前焦距等名称可直接由图中看出。

一般的透镜，厚度与曲率半径之比很小，这种透镜称为薄透镜，它们的前后主面几乎是重合的。为了方便（也保证有足够的精度），在一般计算中我们常把两个主面当作是重合的，并把透镜的厚度忽略不计。

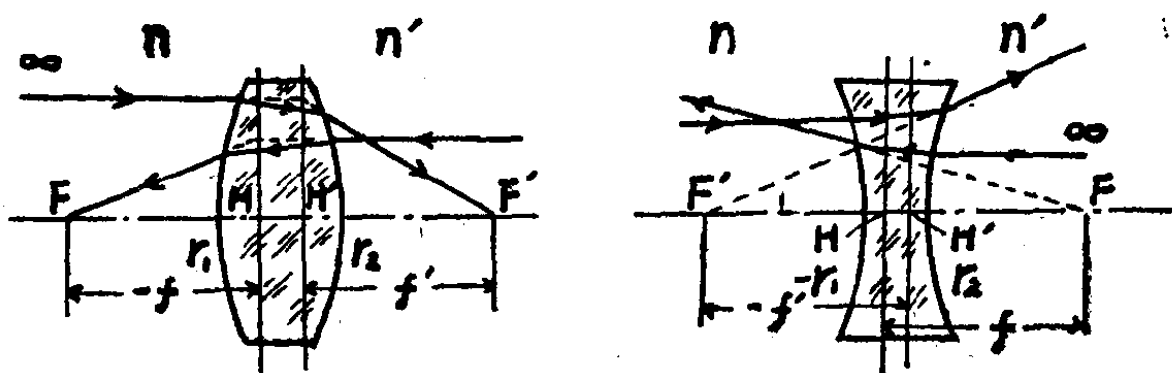


图 1.7 透镜的几个参数

当物方折射率 $n_{\text{物}}$ 与象方折射率 $n_{\text{象}}$ 不相等时，则 $|f| \neq |f'|$ 。如透镜在空气中，即 $n_{\text{物}} = n_{\text{象}} = 1$ ，则 $|f| = |f'|$ 。

2. 透镜的一般计算

了解透镜的特性和计算方法，对于我们理解摄谱仪物镜的作用，掌握摄谱仪照明透镜以及其他光学透镜的配置与调整都有实用意义，下面将作进一步叙述。为了方便，我们均规定光线由左向右入射。

(1) 透镜焦距与曲率半径的关系 通过简单的几何变换可以导出薄透镜的焦距和曲率半径 r_1 、 r_2 及透镜材料折射率 n 之间的关系式： $\frac{1}{f'} = (n-1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = \varphi$ ，式中 $\varphi = \frac{1}{f'}$ ，称为透镜的屈

光度，或光焦度。1屈光度等于1/米。应用此式时要注意符号规则。凡曲率中心在折射面顶点之右的，曲率半径为正。反之为负。

(2) 透镜的物象关系 透镜的物象关系可以用作图法简单地求出。作图的原则有三个：

第一、通过主点的光线，不会发生偏折，仍按原方向传播（图 1.8 A）。

第二、通过焦点的光线，折射后平行于光轴（图 1.8 B）。

第三、平行于光轴的光线，折射后通过焦点（图 1.8 C）。

这三个原则，对正透镜和负透镜都同样适用，也适用于任意物距。

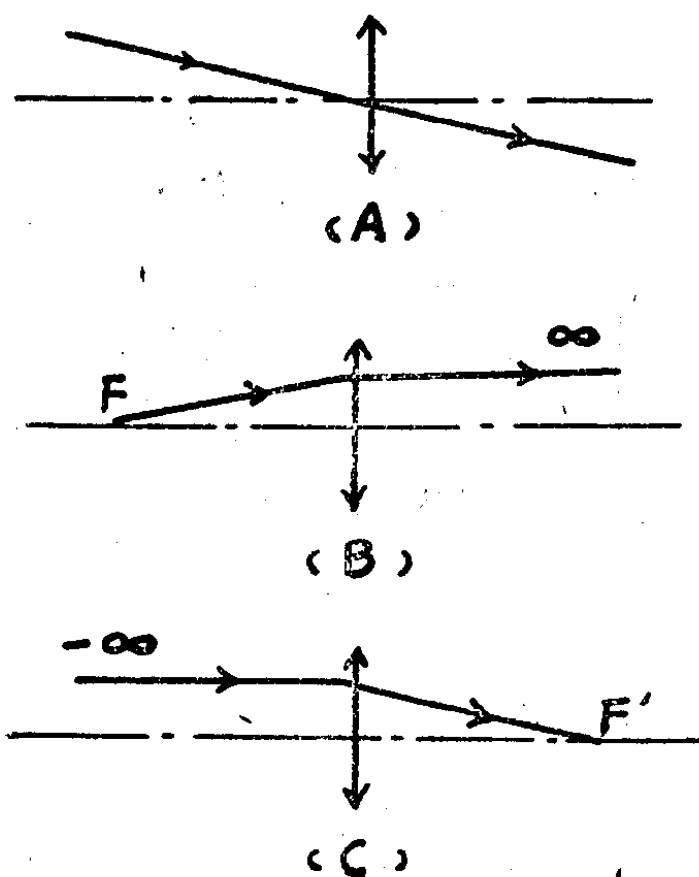


图 1.8 透镜作图的几何原则

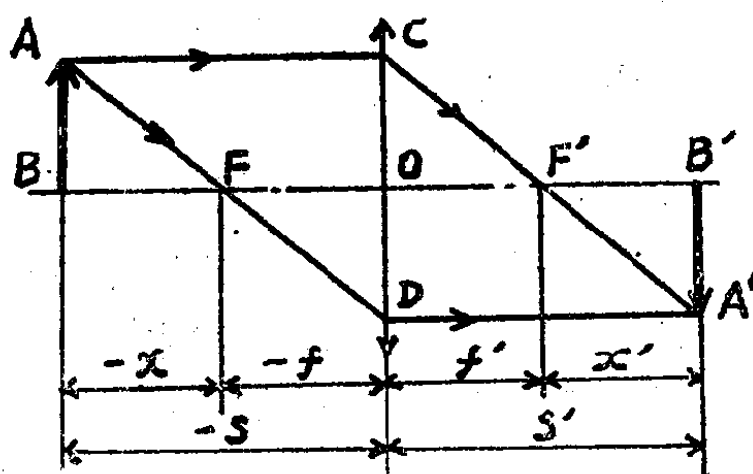


图 1.9 透镜的物象关系

透镜的成像公式可由图 1.9 通过简单的几何变换得到下式：

$$xx' = ff' \quad \text{或} \quad xx' = -f'^2$$

这个公式叫薄透镜的牛顿公式。应用这个公式时，只要注意图中各参数的符号规则，对任意的透镜和任意的物象关系都是适用的。符号规定，相对于两个焦点，物距 x 在 F 之右，则为正，在左则为负。同样，象距 x 在 F' 之右，则为正，在左则为负。

对牛顿公式稍加变换，可得到薄透镜的高斯公式：

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'}$$

应用此式，同样要注意符号关系。正透镜 f' 为正，负透镜 f' 为负。 S' 、 S 是相对于中心 O （两个重合的主点）量度的，在右侧为正，在左侧为负。

（3）两个薄透镜的组合 在应用中，我们常需将两个或多个透镜组合起来使用。原则上可以把单个透镜的公式依次地用于两个透镜，只要注意到 $s_2 = s_1' - d$ 这个关系式（图 1.10）。更多的透镜组合可依此类推。

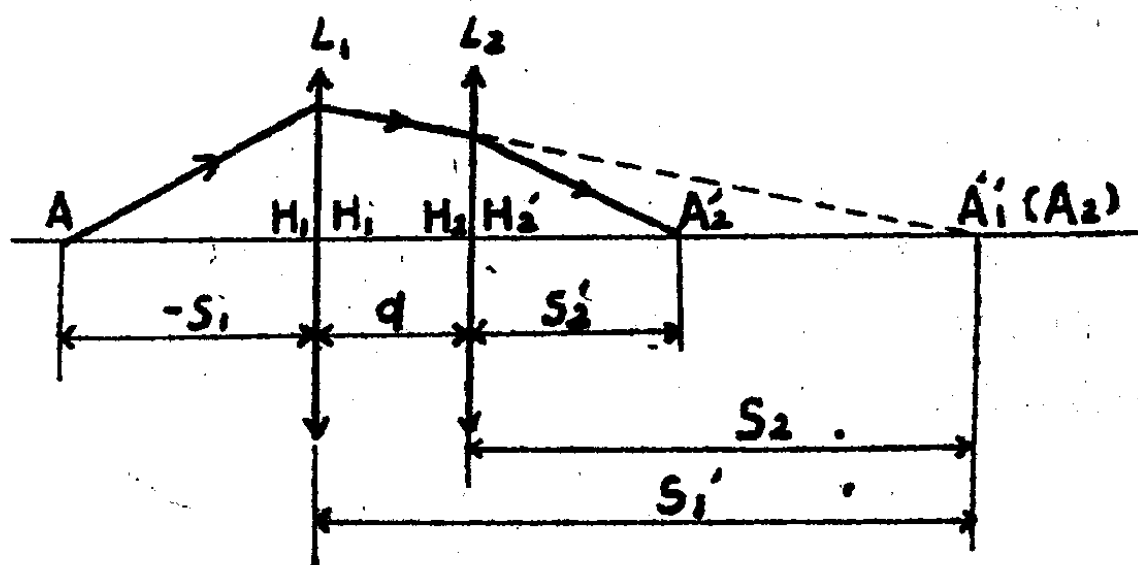


图 1.10 两个薄透镜的组合

（注意：图中 $s_2 = s_1' - d$ ）

它的组合焦距公式为：

$$f' = \frac{f_1' f_2'}{f_1' + f_2' - d}$$