

51.712
144
13

高等学校教学用书



岩相学和矿相学

中南矿冶学院
北京钢铁学院 合編
东北工学院

中国工业出版社

本书系根据1959年全国指导性教育计划选编的，适用于65~70教学时。内容共分八章，系统地阐述透明及不透明矿物在显微镜下不同特征的基本概念及其观察和测定方法，并对矿石及工艺产品的研究，加以简单的叙述，书末附有鉴定表与矿物各论，作为读者鉴定矿物时参考。

本书经冶金工业部教育司推荐作为高等学校选矿、制团、炼铁等专业的教材，亦可供生产单位的岩矿鉴定人员及从事选矿、冶炼工作者参考。

本书第一、二、五、六、七、八章由陈祖蔭编写，第三章由刘正杲编写，第四章由姜德厚编写，附录（鉴定表和矿物各论）由刘正杲、姜德厚两人合编。

编者限于水平，内容上错误之处在所难免，希读者批评指正。

岩相学和矿相学

中南矿冶学院 北京钢铁学院

东北工学院 合编

*

冶金工业部工业教育司编辑（北京猪市大街78号）

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路西10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本787×1092¹/₃₂·印张7¹/₄·插页2·字数147,000

1961年8月北京第一版·1964年6月北京第四次印刷

印数3,348—3,941·定价（科五）1.15元

*

统一书号：K15165·467（冶金-135）

目 录

緒論	7
第一章 显微镜的构造和使用及其检查	10
第一节 偏光显微镜	10
第二节 矿相显微镜	18
第三节 实体显微镜	24
第四节 显微镜的保养	25
第二章 鑑定前样品的准备	27
第一节 样品分离	27
第二节 碎屑物质的团块	31
第三节 光片的制作	32
第四节 薄片的制作	35
第三章 透明矿物显微镜鑑定	38
第一节 晶体光学的基本概念	38
一 自然光与偏光	38
二 光的干涉	39
三 光在均质介质中的传播	40
四 光在非均质介质中的传播	43
五 光率体	43
第二节 单偏光镜下的观察	50
一 颜色及多色性	50
二 解理及其夹角的测定	51
三 突起与糙面的观察	53
四 贝克线测定相对折射率	55
第三节 正交偏光镜下的观察	56
一 消光	59
二 干涉现象及干涉色产生原因	60
三 测定光率体轴的名称和位置	64

07136

四	双折射率的测定	65
五	消光角的测定	67
六	双晶	68
七	晶体延性符号的测定	69
第四节	锥光镜下的观察	71
一	锥光的装配及其干涉原理	71
二	一轴晶干涉图及其光性测定	73
三	二轴晶干涉图及其光性测定	80
第五节	油浸法	87
一	油浸液	88
二	油浸实验标本的制备	90
三	折射率的测定	91
第四章	不透明矿物显微镜鉴定	95
第一节	不透明矿物的光学特征	95
一	反射力及双反射	95
二	反射色及反射多色性	102
三	内反射及内反射色	103
四	正交偏光下的光性	105
第二节	不透明矿物其他物理特征	108
一	硬度	108
二	磁性和导电性	115
第三节	不透明矿物的化学性质	117
一	浸蚀反应	117
二	光线浸蚀	121
三	印痕法	121
第五章	矿石的构造和结构	125
第一节	矿石的构造	125
第二节	矿石的结构	135
第三节	结晶颗粒的结构	145

第六章 高炉用铁矿石、耐火材料及其炉渣产品.....	153
第一节 铁矿石在焙烧、烧结、球团和 冶炼过程中的变化.....	153
第二节 耐火砖.....	163
第三节 高炉炉渣.....	172
第七章 矿物颗粒的测量和矿石定量.....	176
第一节 测定矿物颗粒的直径.....	176
第二节 矿物定量测定的方法.....	178
第三节 计算矿石中金属含量百分比.....	184
第四节 显微镜矿石定量分析在选矿上的应用.....	185
第八章 矿石及其工艺产品的研究方法.....	189
第一节 采样.....	189
第二节 原矿石的研究.....	189
第三节 矿石工艺处理产品的研究.....	194
第四节 研究报告的编写.....	196

附 录

鑑定表

附表 1 透明矿物鑑定表

附表 2 不透明矿物鑑定表

附表 3 重砂矿物鑑定表

附表 4 硅酸盐工艺产品主要人造矿物光学性质

矿物各論

1. 自然金 2. 自然銅 3. 金刚石 4. 石墨
5. 輝銅矿 6. 銅兰 7. 閃鋅矿 8. 方鉛矿
9. 辰砂 10. 輝鎳矿 11. 雄黄 12. 雌黄
13. 鍍黄鉄矿 14. 磁黄鉄矿 15. 輝鉛矿
16. 黄鉄矿 17. 白鉄矿 18. 輝鋅矿 19. 黄
銅矿 20. 斑銅矿 21. 黝銅矿 22. 輝鉍矿

23. 毒砂 24. 刚玉 25. 赤铁矿 26. 钛铁矿
27. 金红石 28. 锡石 29. 软锰矿 30. 石英
31. 磁铁矿 32. 铬铁矿 33. 晶质透青铀矿
34. 钨铁矿—钽铁矿 35. 铝土矿 36. 褐铁矿
37. 硬锰矿—锰土 38. 萤石 39. 方解石
40. 菱镁矿 41. 白云石 42. 菱铁矿
43. 菱锰矿 44. 菱锌矿 45. 白铅矿 46. 孔雀石
47. 兰铜矿 48. 重晶石 49. 明矾石
50. 磷钼矿 51. 磷灰石 52. 锡锰铁矿
53. 锡酸钙矿 54. 锆石 55. 橄榄石 56. 石榴石
57. 兰晶石 58. 红柱石 59. 黄玉
60. 十字石 61. 符山石 62. 绿帘石 63. 绿柱石
64. 硅孔雀石 65. 电气石 66. 透辉石
67. 普通辉石 68. 透闪石—阳起石 69. 普通角闪石
70. 硅灰石 71. 滑石 72. 白云母
73. 黑云母 74. 绿泥石 75. 叶蛇纹石
76. 纤维蛇纹石 77. 高岭石 78. 正长石
79. 钾微斜长石 80. 斜长石

参考文献目录

緒 論

一、本課程的目的和意義

岩相礦相學是應用偏光和礦相顯微鏡來研究岩石和礦石中的礦物組成（定性和定量的）及其相互關係的一門學科。

地質工作者學習岩相礦相學的目的是研究礦石中的礦物組成、共生關係以及結構構造特點，並配合野外地質觀察用以闡明成礦規律，提供礦床成因的充分資料，從而對礦床作出正確評價，以便選擇合理的快速綜合勘探方法。

這門課程對選礦、冶煉工作者來說，在原有地質勘探資料的基礎上，可進一步查明原礦石中的礦物組成、礦石構造結構（類似於嵌布和嵌鑲的概念）特徵、有益及有害元素的賦存狀態，並進行有用礦物粒徑的測量與礦石中有用礦物及金屬的定量。選礦工作者根據這些資料可以作為選礦設計的依據，以便選擇最經濟最有效的選礦方法和選礦流程。冶煉工作者根據這些資料，對礦石的還原性、透氣性、機械強度、酸鹼性等進一步的了解，可以作為高爐冶煉和設計的參考資料。

礦石在工藝處理過程中，選礦人員必須了解有用礦物在不同粒徑級別中的单体分離程度、有用礦物在不同粒徑級別中的含量分布，並須檢查精礦和尾礦的質量，找出精礦品位過低與尾礦品位偏高的原因，進一步指導生產的進行。

有些礦石在採礦或加工破碎過程中產生了礦粉，不能直接冶煉；必須經過燒結和球團的造塊才能進行冶煉，因而研

究燒結和球團礦在反應過程中引起的礦物相的變化和結構特征，對提高燒結和球團礦的質量，具有重要的實際意義。

同學們學習本課程的目的，在於基本掌握顯微鏡下鑑定礦物的方法和具有獨立鑑定一些常見礦物的能力，並能應用礦石構造結構特征，結合專業的知識初步解決生產中的實際問題。

二、本課程的內容及與其他科學的關係

本課程的內容包括下列幾方面：

(一) 鑑定透明礦物 將透明礦物製成薄片後用偏光顯微鏡來鑑定。主要是根據它的光學性質（顏色、多色性、干涉色、消光角、軸性、光性、油浸觀察下測定礦物的折光率等）。

(二) 鑑定不透明礦物 將不透明礦物製成光片後用礦相顯微鏡來鑑定。主要是根據它的物理特征（反射力、反射色、內反射、偏光性、硬度等），並配合化學方法（浸蝕反應、印痕法等）。

以上兩部分為本課程的主要內容。為了達到鑑定礦物的目的，必須掌握顯微鏡的操作和了解光片、薄片的制作工序與步驟。

(三) 測定有用礦物的粒徑大小及礦石中有用礦物與金屬定量。

(四) 研究礦石和有關工藝產品的構造結構的特征。

上述兩部分的內容，根據各專業不同的須要和要求，在教學過程中分別加以適當的取舍。

最後，應當指出，尋找和充分利用我國的礦產資源，對於發展國民經濟，具有特殊重要的意義。隨着我國生產力和

科学技术的飞跃发展，对有用矿物的需要不但是在数量上有着极大的增长，而且要求品种齐全。在地质采矿部门摸清资源、充分供应矿石的条件下，选矿和冶炼工业负担着综合利用矿产资源的任务。

选矿和冶炼工业在处理矿石前必须对矿石的加工性质有充分的了解，而且在处理时必须对其中间产品和最终产品进行检查，因而掌握岩相矿相学方面的知识是必不可缺少的，它在很大程度上决定着矿石的加工方法和加工流程，而加工方法和流程对提高了有用成分的回收率和产品的质量，降低生产费用，节约国家资金，有着很重要的实际意义。

第一章 显微镜的构造和使用 及其检查

本章将阐述研究透明矿物用的偏光显微镜，研究不透明矿物用的矿相显微镜及观察矿物立体形象用的实体显微镜的构造、使用和检查。同学们在掌握此等工具后，就可以顺利地研究岩石和矿石。

第一节 偏光显微镜

偏光显微镜是研究透明矿物的。它与生物显微镜的主要异点，在于它有两个偏光镜。

一、偏光显微镜的构造

(一) 偏光显微镜的基本构造。图 1-1 是一个偏光显微镜的解剖图，其部件自上而下简介如下：

- (1) 目镜；
- (2) 升降勃氏镜的螺旋；
- (3) 勃氏镜，用以放大干涉图象用，能推进推出；
- (4) 粗动螺旋，用以升降镜筒；
- (5) 透镜；
- (6) 上偏光镜（检偏镜、分析镜），可推进推出；
- (7) 微动升降螺旋；
- (8) 物镜夹子；
- (9) 插补色器孔；
- (10) 物镜上的校正螺旋；
- (11) 物镜；
- (12) 镜身；

(13) 聚光鏡，
用以聚斂光綫，能加
上和拆下；

(14) 照明透
鏡；

(15) 載物台，
能够旋轉，有360°的
刻度；

(16) 薄片夹
子；

(17) 載物台旁
游标，当十进位时，
精度可达6′；

(18) 鎖光圈；

(19) 下偏光
鏡，又名起偏鏡；

(20) 升降下偏
光鏡用的螺旋；

(21) 反光鏡，
一面为平的，一面为凹的；

(22) 夹持鏡身的螺旋；

(23) 鏡座。

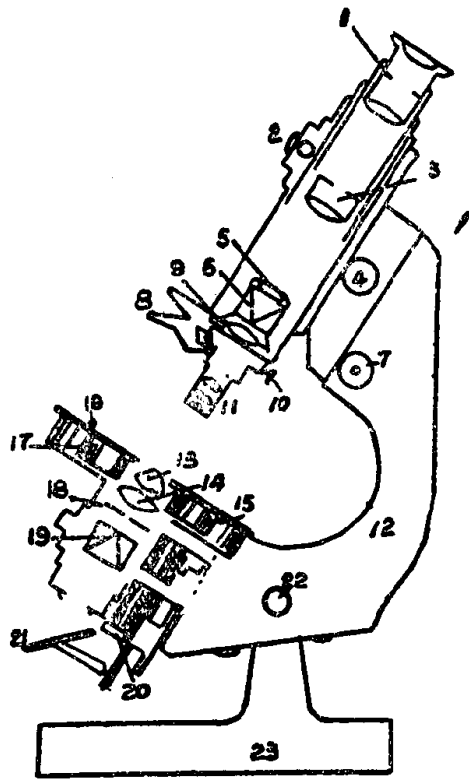


图 1—1 偏光显微镜的构造略图

图 1—2 是我国上海光学仪器厂制造的XPG型偏光显微镜，有3×、8×、45×及100×四个物鏡，和5×及10×两个目鏡，最高放大倍数为1000×。

(二) 物鏡和目鏡。物鏡系用来放大观察物体形象的。物鏡通常用夹子固定在鏡筒下端，或轉紧在鏡筒下端的物鏡

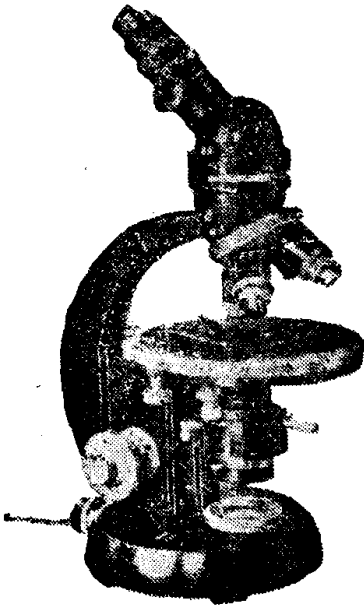


图 1—2 上海光学仪器厂出品的偏光显微镜

$$N.A. = n \sin u.$$

物鏡的解象能力与数值孔径有关，数值孔径增大，物鏡解象能力也随之增大。随着解象能力的增加，物鏡的放大倍数才能有效地增加。孔径角大小与物鏡的焦距成反比例，物鏡焦距减小，孔径角就增大。数值孔径增大后，放大倍数就增加，所以物鏡放大倍数是随物鏡焦距的减小而增大的。

由于数值孔径 $N.A.$ 与介质的折射率 n 有关，所以若把物鏡和观察物体間換以浸油时（通常

轉盘上。

物鏡分干燥和油浸两种。物鏡与观察物体間的介质为空气者，称为干燥的物鏡；为油者称为油浸物鏡。

物鏡的工作能力通常用放大倍数（如 $3 \times$ 、 $8 \times$ 等）、数值孔径（如 $N.A. = 0.10$ 等）和焦距（如 $f = 39.50$ 毫米等）来表示。

数值孔径系物鏡与观察物体間介质的折射率 n 和物鏡观察物体所构成的孔径角 $2u$ 的一半的正弦值（ $\sin u$ ）的乘积（图 1—3）。

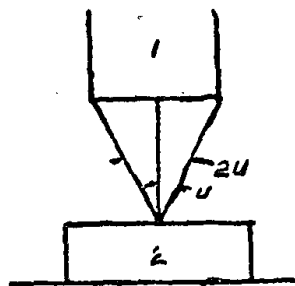


图 1—3 物鏡对观察物体所形成的孔径角
1—物鏡；2—光片

用松柏油， $n = 1.520 \pm$ ），物鏡的放大倍数就可显著提高。油浸物鏡的高倍放大倍数就是由此造成的。

由于透鏡放大物象时，不同光波的放大率和成象位置是不同的，因之在用白光作光源时，能形成放大形象的色差現象。消色差和复消色差物鏡就是用来消除色差的。消色差物鏡能使紅光和黄光会聚于一点，因此消除了紅光和黄光間光波所形成的色散。复消色差物鏡能使所有色光会聚于一点，因之它的消除色散能力更为优越。

物鏡有两个螺旋是用来校正中心的。

目鏡系用来放大物鏡所形成的形象的，放大倍数的表示与物鏡同（如 $3 \times$ 、 $8 \times$ 等）。

有的目鏡內安有蛛絲十字絲，近来用极細的合金絲来代替蛛絲。有的目鏡十字絲是刻在圓玻璃片上的。

有的目鏡內能安置測微尺，它是用来测定矿物顆粒大小和矿石定量的。

目鏡根据其光学性能可分为：

惠更斯目鏡，系由两个平凸透鏡构成的，其放大倍数較小，一般与消色差物鏡配合使用；

补偿目鏡，与高倍复消色差物鏡配合使用时，能完善地消除光学缺陷。

无畸变目鏡，能消除球面象差等畸变，在显微照象时就使用此种目鏡。

显微鏡的放大倍数，即目鏡放大倍数和物鏡放大倍数的乘积。

（三）偏光鏡。偏光鏡是用以产生平面偏振光的。自然光通过偏光鏡后以平面偏振光射出。

早先的偏光鏡是用冰洲石制成的，近来渐用具有强烈吸

收性的碘化硫酸奎宁来制造偏光片，以代替冰洲石制成的偏光镜。

聶氏偏光鏡是一种用冰洲石制成的最早的偏光鏡。此偏光鏡的制造如下：取一长与宽比为3：1的冰洲石解理块（图1—4之A）；研磨ABCD和EFGH=底面，使AD'HE'断面为一具有68°和112°夹角的平行四边形（图1—4之B）；然后沿D'E'对角线把冰洲石锯开，再用树胶把此两半胶合（图1—4之C）；此后用黑漆把此稜柱四周漆黑，或蒙上不透明的涂料。

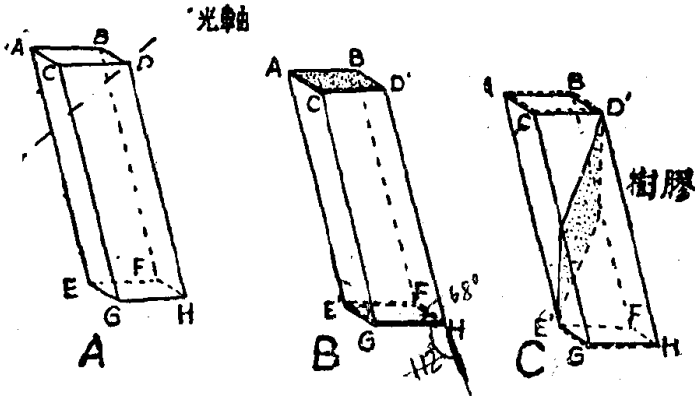


图 1—4 制造简单聶氏偏光鏡的步骤

当光线MN由下面射入偏光鏡时，就因双反射而分解为两条偏振光（图1—5）。其中一条为常光，折射率是不变的，为1.658。当它射至树胶面时，因它的折射率比树胶（ $N=1.54$ ）大，于是全反射而为偏光鏡遮盖物所吸收（NOP为常光线）。另一条为非常光，在此截面中进行时，其折射率恰与1.54相仿而为1.52，因之得通过树胶层，而以偏振光射出偏光鏡表面（NQR为非常光线）。

在偏光显微镜中有二个偏光镜：

在载物台下者称下偏光镜或称起偏镜，能转动；在镜筒中者为上偏光镜或称检偏镜，一般不能转动，而仅能推进推出。

(四) 目镜测微尺和物镜测微尺。目镜测微尺系一带有1厘米长100等分刻度标尺的圆玻璃片。它安置于目镜内，能取出换以方格网片。显然，有十字丝的目镜是不能安置测微尺的。

物镜测微尺系一在中心有两毫米长分为200等分刻度标尺的玻璃片。显然，每一刻度等于0.01毫米。

物镜测微尺是用来在不同放大倍数的物镜条件下标定目镜测微尺每一刻度的值。

测微尺和方格网片是用来测定矿物颗粒大小和矿石定量的。

如何标定和测定在第七章中将详细叙述。

(五) 补色器。在偏光显微镜中，一般附有一 λ 石英板或石膏板， $1/4\lambda$ 的云母板，和能显示1—4级干涉色的石英楔。这些补色板都是在正交偏光和锥光条件下测定晶体光学性质用的。

二、偏光显微镜的使用和检查

(一) 照明。偏光显微镜的照明可使用自然光，然而绝对禁止直接利用太阳光来观察。当用人工光照明时，应让光

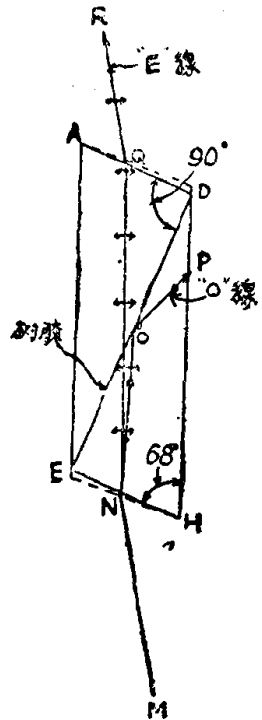


图 1—5 光通过聶氏偏光鏡截面的途径

通过浅蓝色的毛玻璃，以获得柔和的漫射光。

(二) 准焦。当使用显微镜时，物体位于物镜焦点平面上时，可得到最清楚的形象，准焦的目的就是要获得最清楚的形象。

准焦时，下降镜筒，使物镜贴近观察物体，此时人应在旁边监视，切忌镜头碰撞物体以致损伤。再提升镜筒，此时应在目镜上不断观察，当形象将清楚时，应转动微动螺旋，调整镜筒高度，直至物体形象最清楚为止。准焦工作到此结束。

(三) 物镜的中心校正。显微镜观察时，往往会发现随着载物台的转动，位于目镜十字丝交点的一形象会绕着某一中心而转动，甚至遁出视野。这种现象是由于载物台转轴与显微镜光学系统中轴不相重合所造成的。中心校正的目的就是要使此二轴重合。

中心校正的工作可以借助于转动物镜框上二只校正螺旋来完成。校正时，迅速来回转动载物台，记住视野的转动

中心位置（图1—6之A点），然后转动校正螺旋，使该转动中心移至十字丝交点上。

由于显微镜中所观察到的形象一般是反象，因之螺旋的移动方向应与A点的移动方向相反。若要使A点向右下角移动，就要使 S_2 螺旋向前进。

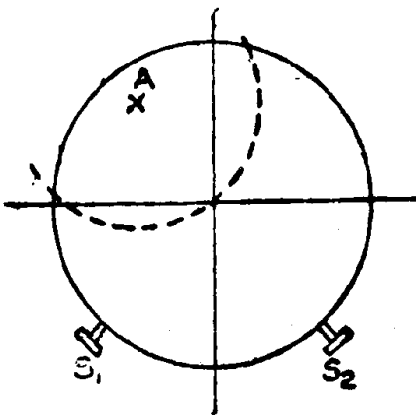


图 1—6 物镜的中心校正

S_1, S_2 是校正螺旋

(四) 检查目镜十字丝

的垂直。检查时，在显微镜下观察一具有良好解理的某矿物，如白云母。转动载物台，使解理纹平行于目镜十字丝的竖丝，记下读数。再转动载物台，使该解理纹平行于目镜十字丝的横丝，记下读数。前后两次读数差应该等于 90° ，误差不能大于 1° 。若十字丝不垂直时，应请光学技师重新安置十字丝。

(五) 调整锁光圈的中心位置。

锁光圈中心位置正确与否在油浸法观察和显微照象时很重要。

检查时，撤走下偏光镜上所有聚光镜，并关小光圈，用低倍物镜直接观察光圈轮廓。若光圈不位于十字丝中心时，应转动光圈圆周上的校正螺旋，直至光圈轮廓位于十字丝中心为止。

(六) 检查下偏光镜平面偏振光振动方向。工厂制造的显微镜没有经过重大拆卸的话，当转动下偏光镜至 0° 位置时，它的平面偏振光振动方向应在正确的垂直位置（位于显微镜对称面内）或水平位置。

检查时，选择一具有清晰解理的黑云母薄片，转动载物台时，可见该黑云母呈现多色性能，由浅黄色变到深褐色。当黑云母呈现最深的颜色时，它的解理方向就是下偏光镜的平面偏振光振动方向。

(七) 检查偏光镜的正交。当下偏光镜和上偏光镜的平面偏振光垂直时，是谓正交。正交时，视野应当是黑暗的。

检查时，撤走载物台上的薄片。若下偏光镜转至 0° 时，它的平面偏振光的振动方向正确的話，此时可加入上偏光镜。再稍微来回转动下偏光镜，当视野转至最黑暗时，下偏光镜是否位于 0° 。若下偏光镜不位于 0° 时，则应将下偏光