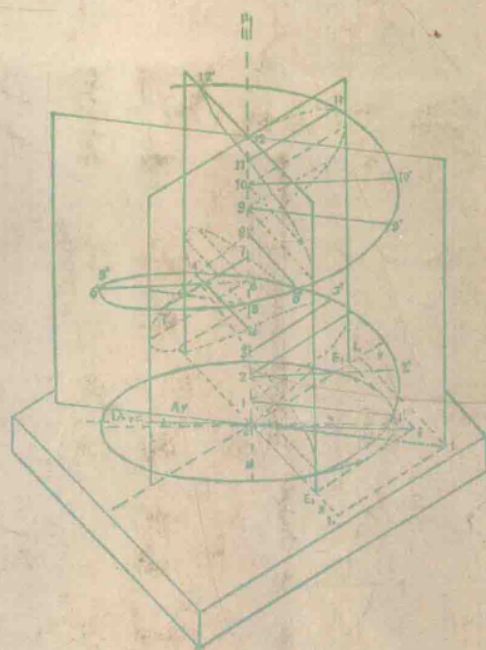


矿相学教程

包相臣 主编



成都科技大学出版社

矿相学教程

包相臣 主 编

成都科技大学出版社

成都科技大学出版社

1993.8

(川)新登字015号

内 容 简 介

本教程系根据地矿部教材编审委员会拟定的《矿相学》教学大纲编写的。内容包括矿相学的概念和任务、吸收性晶体光学基本原理、矿相显微镜、矿物的反射率、矿物反射色与矿物颜色指数、矿物在直射正交偏光下的旋转性、矿物在聚敛偏光下的旋转性、矿物的显微硬度及内反射、矿物微区分析、矿石组构、成矿过程分析、矿石评价等；并附有包括160种金属矿物的鉴定表，数据齐全，鉴定标志详尽，内容丰富。

本书突出了理论与实际的紧密结合，引入了若干新技术和新方法，结构合理，取材精当，文字简明易懂。本书既可作为高校地质专业和岩矿鉴定专业的教材，也可供地质类函授生自学及地质科技人员参考。

矿 相 学 教 程

主 编 包相臣

责任编辑 赵成永

成都科技大学出版社出版发行

新都一中印刷厂印刷

开本 787×1092毫米 1/16 印张 19.25

1993年8月第1版 1993年8月第1次印刷

印数 1—2000册 字数 461千字

ISBN 7-5616-2671-1/P·52

定价：8.00元

前 言

矿相学作为一门独立的地质基础课,在我国地质专业已开设近四十年。在这期间,国内虽先后公开或内部出版过一些矿相学教材,但都远不能适应新形势发展的需要。1986年我们曾结合我院教学条件,编写了学院内部出版的《矿相学教程》一书。几年的教学试用证明,该书深入浅出,通俗易懂,基本符合教学要求。在此基础上,我们对该书作了全面补充、修改,编写成本教程。希望通过本书的公开出版,能对今后的矿相学教学有所裨益。

本教程是根据地矿部教材编审委员会拟定的《矿相学》教学大纲编写的。《大纲》中规定学时数为50~60学时。这次编写,既重视教学大纲的要求,也注意了“留有余地,使教材内容比实际学时要求稍多一些、丰富一些,有利于学员自学、提高”的原则。

为使学生的基础打得“深一点、宽一点、好一点”,书中仍单独设立了“吸收性晶体光学基本原理”一章。该章介绍了三种偏光状态、三种界面反射基本规律和吸收性复数指示体的概念,这样既条理清晰,又通俗易懂。显微镜是矿相学研究所使用的主要工具。为使学生能熟练地使用显微镜,避免对操作只知其然而不知其所以然,书中对显微镜的光路原理作了较深入论述;对光路中易出现的疵病也作了理论分析。书中对矿物反射率、反射色等光性,侧重于定量方法介绍,对测试原理也作了适当阐述。金属矿物旋转性的测定,是矿相学中的难点之一。本着循序渐进的原则,书中将有关内容分散在第二、六、七章中讨论,对内容和插图都进行了精选,力求作到简明扼要。为反映国内外地质科技的新成果,在“矿物微区分析”一章里,用电子探针和激光微区分析取代了古典的浸蚀鉴定,且论述通俗易懂。“矿石组构”一章,不但对各种组构作了形态描述,还引用地质热力学原理,对矿物连生关系、结构形态作了理论探讨;对一些常见金属矿物的标型特征也作了适当介绍。其目的是,为成矿物理化学条件的分析提供更多的信息,为成矿作用作出有说服力的解释。“成矿过程分析”一章,理应对成矿过程的物理化学条件变化及矿物共生条件作较深入的分析。这次修编充分重视了这个方面,与以前该章(成矿期、成矿阶段划分)的编写指导思想稍有不同。《教学大纲》对矿石工艺研究方面的要求,实为对原矿石的技术评价,而对矿石加工产品的全面检验及各类矿石深层次的工艺性探讨则基本上没有涉及。若该章仍沿用“矿石工艺性研究”这一名称是名不符实的。鉴于这一认识,按照《大纲》的内容要求,将该章名称改为“矿石评价”,既切合地质工作实际,又符合国家“综合找矿、综合评价”的方针。书中将矿物硬度和内反射两个内容合为一章,完全是为了便于课时安排。考虑到矿物双反射这一光性的重要性,完全可由非均性取代,所以仅将有关内容并入有关章节讨论。“矿物鉴定表”包括160种矿物,数据齐全,说明详尽。

根据内容安排,本书既适用于地质类专业,也适用于岩矿鉴定专业;对地质类函授生自

学也能适用。

本书1986年内部版的第一、二、三章及附录，由包相臣参加编写；第四、五章由王志辉参加编写；第六、七章由叶韵琴参加编写；第八、九、十二、十三章由曾照祥参加编写；第十、十一章由廖光素参加编写；全书由包相臣统一整理定稿。在这次修编成本教程的过程中，曹志敏参加了第十章的编写。全书修编由包相臣负责。在整个编写和修编过程中，曾得到教研室的大力支持。修编稿完成后，经张斌教授详细审阅，最后由赵成永同志进行编辑加工。书中插图，主要由我院绘图室清绘，照片由杨家和同志摄制。对此，我们一并致以衷心感谢。

限于水平，书中不当之处在所难免，诚望读者不吝指正。

编者

1993.5 于成都理工学院

目 录

第一章 绪 论	(1)
第一节 矿相学的概念、任务及研究意义	(1)
第二节 光片磨制	(2)
第三节 矿相学的现状及发展方向	(4)
第二章 吸收性晶体光学基本原理	(6)
第一节 光的本性	(6)
第二节 光的偏振状态	(7)
一、直线偏光	(7)
二、椭圆偏光	(8)
三、圆偏光	(9)
第三节 几种界面的光性规律	(10)
一、斜照光外反射引起的偏振和周相差	(10)
二、斜照光内反射引起的周相变化	(11)
三、磨光面对反射光的影响	(12)
第四节 吸收性晶体的基本概念	(12)
一、矿物的吸收性	(12)
二、吸收性晶体的复数指示体	(13)
第三章 矿相显微镜	(17)
第一节 概 述	(17)
一、镜筒光路	(17)
二、镜筒结构	(17)
三、显微镜的总放大率	(19)
第二节 物 镜	(20)
一、球差	(20)
二、慧差	(21)
三、色差	(21)
四、畸变差	(22)
五、光组	(22)
六、物镜的放大率和分辨率	(23)

七、物镜的焦距和工作距	(24)
八、物镜的种类和标记	(25)
第三节 目 镜	(26)
一、惠更斯目镜	(27)
二、补偿目镜	(27)
三、兰姆斯登目镜	(27)
四、无畸变目镜	(27)
△第四节 垂直照明器	(28)
一、孔径光栏	(28)
二、准直透镜	(28)
三、视场光栏	(28)
四、起偏镜	(29)
五、校正透镜	(29)
六、反射器	(29)
第五节 矿相显微镜的附件	(32)
一、光源	(32)
二、压平器	(34)
三、穿孔目镜	(34)
四、双石英试板	(34)
五、石膏试板	(34)
第六节 矿相显微镜的调节、使用与维护	(34)
一、校正灯丝	(34)
二、校正孔径光栏和视场光栏中心	(34)
三、对反射器的检验	(35)
四、偏光镜零位的准确校正	(35)
五、偏光振动方向的检验	(36)
六、显微镜的保管与维护	(36)
第四章 矿物的反射率	(37)
△第一节 概 述	(37)
一、反射率的概念	(37)
二、矿物反射率高低的取决因素	(37)
第二节 反射率的测定方法	(42)
一、所谓客观的测定法	(42)
二、所谓主观的测定法	(45)
三、简易比较法	(48)
第三节 反射率“标准”、反射率的测量误差及其校正	(48)
一、反射率“标准”	(48)
二、反射率的测量误差及其校正	(50)
第四节 非均质矿物光性符号的测定	(51)
一、卡梅伦法	(51)

二、维亚利索夫法	(52)
第五节 非均质矿物的双反射 (单偏光)	(52)
第五章 矿物反射色与矿物颜色指数 (铜蓝, 反射率)	(54)
△第一节 概 述	(54)
第二节 反射色的简易观察	(55)
一、反射色视测分级	(55)
二、影响反射色观察的因素	(55)
第三节 金属矿物反射色的定量测量	(56)
一、反射色色度测量的基本原理	(56)
二、金属矿物颜色指数的测定法	(59)
第六章 矿物在直射正交偏光下的旋转性	(67)
△第一节 概 述	(67)
第二节 椭圆偏光的研究意义	(69)
第三节 旋转性的测定方法	(71)
一、穿孔目镜法	(71)
二、光电光度计法	(77)
三、其它测定方法	(77)
第四节 非均质矿物的色散及偏光色	(78)
一、非均质矿物的色散	(78)
二、色散的测定方法	(79)
三、偏光色	(79)
第五节 不透明矿物的非均性	(80)
一、非均性的视测分级	(80)
二、观测非均质性时的注意事项	(82)
第七章 矿物在聚敛偏光下的旋转性	(83)
第一节 概 述	(83)
第二节 反射旋转角及反射视旋转角的形成	(83)
一、反射旋转角的形成	(83)
二、反射视旋转角的形成	(84)
三、聚敛光下反射旋转和反射视旋转的几个基本规律	(84)
第三节 均质矿物偏光图	(85)
一、黑十字的形成	(85)
二、双曲线的形成	(85)
三、反射旋转角 $R_r\beta$ 和反射视旋转角 R_r 的测量	(85)
第四节 非均质矿物偏光图	(86)
一、非均质矿物双曲线的形成	(86)
二、聚敛正交偏光下 A_r 、 2θ 及相差符号的测定	(87)

第五节 矿物的旋转色散	(87)
一、均质吸收性矿物偏光图的色散	(87)
二、非均质吸收性矿物偏光图的色散	(88)
第六节 非均质矿物偏光图双曲线的最大分离度	(91)
第八章 矿物的显微硬度及内反射	(92)
第一节 矿物的显微硬度	(92)
一、概述	(92)
二、刻划硬度测定法	(93)
三、相对抗磨硬度测定法	(93)
四、压入硬度测定法	(94)
第二节 矿物的内反射	(99)
一、概述	(99)
二、内反射中直线偏光振动方向的旋转和椭圆偏化	(99)
三、内反射的观察方法	(100)
四、观察内反射的注意事项	(101)
五、内反射的视测分级	(101)
第九章 矿物微区分析	(102)
第一节 激光微区分析	(102)
一、激光的概念	(102)
二、激光发生器	(104)
三、瞄准器和辅助激发系统	(106)
四、摄谱仪	(107)
五、摄谱与释谱	(108)
第二节 电子探针分析	(109)
一、概述	(109)
二、基本原理	(109)
三、X射线的分光与强度测定	(111)
四、仪器结构	(112)
五、样品制备	(112)
六、分析方法简介	(113)
第十章 矿石结构	(114)
第一节 概述	(114)
第二节 矿石构造	(114)
一、矿石构造的成因分类	(114)
二、矿石构造的形态特征及鉴定标志	(116)
三、几种标型矿石构造举例	(121)
第三节 矿石结构	(123)

一、矿石结构的成因分类	(123)
二、矿石结构的形态特征	(123)
第四节 晶粒内部结构	(131)
一、晶粒内部结构的研究方法	(132)
二、矿物晶粒内部结构	(135)
第五节 矿石结构的热力学原理	(138)
一、矿物共生	(138)
二、镜下判断矿物共生的四条准则	(138)
三、相律	(139)
四、典型矿石组构与相平衡关系	(140)
五、矿物标型特征	(142)
附 图 矿石组构图版	(148)
第十一章 成矿过程分析	(167)
第一节 成矿过程划分	(167)
一、成矿期	(167)
二、成矿阶段	(167)
三、矿物共生顺序	(169)
四、矿物世代	(170)
第二节 矿物生成顺序图表的编制	(171)
第三节 矿物共生分析	(172)
一、共生图解的作法	(174)
二、共生图解分析	(174)
三、矿石研究程序	(175)
第十二章 矿石评价	(178)
第一节 概 述	(178)
第二节 元素赋存状态对矿石加工的影响	(179)
一、元素赋存状态	(179)
二、考察元素赋存状态的基本方法	(180)
三、矿物百分含量测定	(181)
四、有用元素的配分计算	(182)
五、元素赋存状态与矿石加工的关系	(183)
第三节 矿物的物理性质对选矿的影响	(183)
一、硬度	(183)
二、解理	(183)
三、比重	(183)
四、磁性	(184)
五、润湿性	(184)
第四节 有用矿物连晶特性对选矿的影响	(185)

第五节 矿物嵌布特性和原矿粒度分析	(185)
一、矿石嵌布类型	(185)
二、工艺粒度测量	(185)
三、工艺粒度划分与原矿粒度分析	(187)
第六节 矿石评价报告的内容	(189)
一、矿床地质简况	(189)
二、矿物的嵌布特征和嵌镶关系	(189)
三、粒度特性	(190)
四、矿石的解离性与可选性	(190)
第十三章 金属矿物鉴定表	(191)
第一节 概 述	(191)
第二节 金属矿物鉴定表的几点说明	(192)
第三节 金属矿物鉴定表	(194)
附录一 矿相学课程作业指导书	(290)
附录二 矿物名称中、英、俄文索引	(292)
参考文献	(297)

第一章 绪 论

① 指导找矿勘探、评价。

② 矿石选冶、加工流程。

第一节 矿相学的概念、任务及研究意义

矿相学一词，原文为mineragraphy，是由万德芬(R.W.Vande Veen)于1925年提出，后来史奈德洪(H.Schneidehehn)规定其研究范围为金属矿物和矿石。现在矿相学一词，国际上通写成Ore microscopy。

矿相学与早年的岩相学大致相当。早年的岩相学包括非金属矿物学和岩相学两部分，后来分别独立成为光性矿物学和岩石学。矿相学今后也将分别独立成为不透明光性矿物学和矿石学。这门学科自诞生至今，已60余年。在这几十年中，特别是50年代以后，原西德、原苏联、美国和我国相继出版了一些矿相学专著，为矿相学的发展奠定了基础。

矿相学是以矿石为研究对象的一门地质基础学科。其任务是在矿相(反光)显微镜下研究矿石矿物(以不透明矿物为主)的光学、物理和化学性质特征；研究矿石的组构以及矿石在时间与空间上发育的规律性；研究矿石的粒度特性(工艺特性)等。

矿相学的研究意义，在于鉴定不透明矿物；帮助确定成矿的物理化学条件；评价矿石的经济价值，并对矿石的技术加工方法和流程提出建议。这里仅对后两点研究意义加以说明。

1. 关于确定成矿的物理化学条件

矿石是矿相学的研究对象，也是组成矿床的基本物质，又是成矿作用的真实写照，所以矿相学与矿床学密切相关。这也正是50年代以前将矿相学与矿床学作为一门课程，并把矿相学视作矿床学的基本研究手段的主要原因。随着科学技术的发展，50年代以后，矿相学作为一门课程已从矿床学中独立出来。但它们之间的密切关系并未因此而改变。通过矿相学的研究，弄清矿石的矿物成分和化学成分以及矿石的组构特征，可帮助分析含矿溶液的性质、成矿方式、成矿温度和深度以及成矿过程，从而帮助确定矿床成因。

例如，经研究发现，某气成热液矿床的矿石中，广泛发育有早期形成的贫硫矿物毒砂 FeAsS ($\text{Fe}=34.2\%$ ， $\text{As}=46.0\%$ ， $\text{S}=19.8\%$)被较晚形成的富硫矿物黄铁矿 FeS_2 ($\text{Fe}=46.6\%$ ， $\text{S}=53.4\%$)和黄铜矿 CuFeS_2 ($\text{Cu}=34.56\%$ ， $\text{Fe}=30.54\%$ ， $\text{S}=34.9\%$)溶蚀交代。这一现象表明，随着成矿温度的降低，残余溶液中硫的浓度相应提高。

又如，锡石硫化物矿床和自然金矿床的矿石中，广泛发育着硫化物矿物溶蚀交代早期石英的现象。这表明在矿化作用的后期，矿液中pH值增大、碱质含量增加，使硅质(SiO_2)成为碱质硅酸盐溶液状态而迁移。

另外,根据矿石组构特征还能确定成矿温度范围。地质热力学相图表明,两种互相混溶的固相物质,当温度降至“共析点”时则分离成两种单独物质(矿物)。这种作用叫固溶体分离作用。一定组合的固溶体,其“共析点”是个定值(如黄锡矿与黄铜矿的分离温度是 500°C ,斑铜矿与黄铜矿的分离温度是 475°C),并形成一定形态的矿石组构。所以,固溶体分离作用所形成的矿石结构具有矿物温度计意义。

2. 关于矿石评价

矿相学对于正确地进行矿石技术评价是非常重要的。据切利谢夫(Челишев, Н. Ф.) 1977年资料,人类已发现的2000多种天然矿物中,能被利用者只有百余种。这些可被利用的矿物中,往往由于选冶工艺限制,而不能百分之百的回收。其损失率,一般是黑色金属为20%,有色金属为40%,稀有金属大于50%,分散元素一般不超过10~15%。影响回收、利用的因素计有矿石中有益、有害元素的赋存状态,矿石中各有用矿物和脉石矿物的百分含量,矿物的工艺粒度特性和连晶特性,矿物间的物性差异等等。在查明以上诸因素中,矿相学有其独特功能。众所周知,矿石进行冶炼之前必须先进行选矿。选矿的第一道工序是碎矿。这一工序一般占选矿费用的50~60%。碎矿时,若破碎直径过大,会使矿石矿物与脉石矿物解离不开;若过小则不但增加碎矿工作量、提高成本,而且会发生矿粉“泥化”,在尾砂中流失有用矿物。因此,选择适当的碎矿直径是一个很重要的问题。碎矿直径的确定,有赖于矿相学查明矿石中有用矿物的粒度特性和连晶特性。

例如,某铁锌矿石,经矿相学研究发现,磁铁矿粒度大于 0.2mm 者占99.87%,闪锌矿的粒度大于 0.2mm 者占97.15%。据此,可确定该矿石最终碎矿直径为 0.2mm 。但这只是把矿物的连晶特性当作最简单的平直接触关系处理。实际上该矿石的矿物间呈参差接触的弯曲边界,显然合理的最终磨矿直径要更小些才合理。若把弯曲边界构成的“半岛”状分支,分别测定其粒径,一般仅 0.1mm 。通过选矿实验最后也证明了矿相学研究的这一结论:当磨矿到 0.2mm 时,解离度仅10%,即仍有90%的复合粒;当磨矿至 0.1mm 的粒径时,解离度才达90%。因此,把该矿石合理的最终磨矿直径确定为 0.1mm 。

矿相学不仅能合理地确定碎矿直径,而且对选矿方法的选择、选矿流程的确定也有极重要的作用。众所周知,不同的选矿方法对矿物粒径要求不同。如上述铁锌矿石最终磨矿直径是 0.1mm ,而这一粒径能适用的选矿方法仅有湿式磁选和浮选。仅从这一实例不难看出,矿相学在进行矿石技术评价方面的重要意义。

第二节 光片磨制

光片磨制的质量高低,将直接影响镜下对矿物的鉴定识别。为适应矿物镜下鉴定由定性向定量发展的趋势,对光片磨制必须引起足够重视。

受篇幅限制,这里不讨论光片磨制过程中的截锯、粗磨工序,只着重讨论细磨、抛光工序。细磨是抛光的基础。若细磨不够,则磨面上的麻点将会大小不均,这将不可能加工出符合要求的光片。凡加工质量高的光片,均系在细磨工序下了功夫。为克服磨面上麻点大小不均,最好是按磨料等级由粗砂到细砂,依次磨下去。磨料等级基本上按照 $1/2$ 的粒度递减,

即后一工序的粒度为前一工序粒度的一半左右。每一次换砂粒度的级差不宜超越这个范围；不然，前道工序的粗麻点，在后道工序用几倍的时间也磨不掉。一般细磨都是在玻璃板上用手工进行。金刚粉要用至M1.5*（粒径 $1\sim 1.5\mu$ ）。为减轻劳动强度，最好使用光学细磨机成盘（每盘粘8~9块）自动细磨。

抛光是光片加工的最后工序。国内各地地质部门磨片室使用的抛光机，一般都是国产高速抛光机（每分钟1500~2000转）。转盘上的蒙布也多采用海军呢。在这样条件下抛光出的光片，往往是硬矿物突起高，软矿物凹陷很深，二者高低相差很大。不仅如此，细小矿物表面还往往变成弧形凸面和凹面。这对镜下光学现象的观察、数值的测定以及显微照像都极为不利。因此国外特别忌讳用海军呢作蒙布进行高速抛光。

把国内外光学抛光经验作如下扼要介绍：

近年英国出版的《矿物物理》（*Physical meths in determinative mineralogy*）一书介绍称：“英国皇家地球化学研究所磨制光片，用光学细磨机低速（每分钟100~200转）成盘抛光取得良好效果。抛光盘是用沥青盘（图1-1）代替海军呢蒙布，这样可避免软硬矿物集合体磨光面出现弧形凸面和凹面。光片可用沥青或火漆粘在粘盘上（图1-2）。每盘可粘8~9块（甚至十多块）”。因为是成盘抛光，所以尽管抛光盘转速很低，但工效并不低，且还节省抛光粉（离心力小，抛光粉甩不出去）。

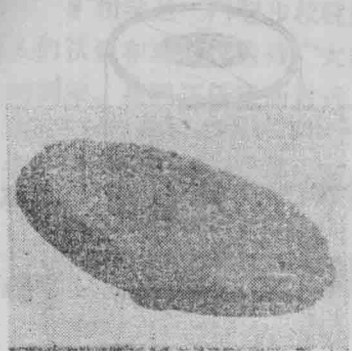


图1-1 沥青盘

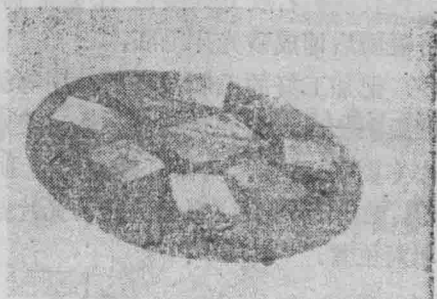


图1-2 粘盘

上届国际矿相学会（COM）主席乌屯布格（W. Uytendogaardt）来我国讲学称：“磨制光片时，抛光盘转速每分钟几十转即可，切忌高速抛光”。高速抛光能在光片表面结成一层非晶质薄膜。这种薄膜能使矿物反射率显著降低、硬度提高、非均质性显著变弱。薄膜填充裂隙后，观察组构也受影响。

等轴晶系矿物（黄铁矿、方铅矿）的非均质性确实存在。斯坦顿（R. L. Stanton）曾磨制350个黄铁矿光片，证明除其中平行（111）切面者为严格均质外，其它都具有不同程度的非均质性。光谱分析证明，非均质性并非由As或其它杂质所引起。如在真空中加热至570℃则非均质性是可逆的。我们有理由认为，若不适当地高速抛光，在抛光面表层温度极高，加之受磨盘扭应力影响，则产生流变作用，使磨光面表层晶格歪扭，从而具有非均质性。据此认为，尽快改变我国高速抛光的现状已迫在眉睫。

对硬矿物、特别是黄铁矿的抛光是比较困难的。据地科院磨片室的经验，用氧化铬

(Cr_2O_3) 抛光时, 加适量的铬酸氨水溶液对抛光黄铁矿以及其它一些硬矿物特别有效, 即使单用铬酸氨水溶液而不用三氧化二铬抛光粉也能抛光黄铁矿。值得说明的是, 铬酸氨水溶液对机器有腐蚀作用。

随着近些年国家对贵金属资源的大量开发, 金属矿物镜下鉴定使用砂光片越来越多。因矿石中贵金属矿物含量极低, 若用原矿磨片则需磨制很多(因遇上贵金属矿物的机遇很小), 磨片、鉴定工作量极大; 相反, 若将原矿破碎, 淘洗人工重砂, 磨制砂光片, 则可节省大量工作量。贵金属矿物研究需使用砂光片的原因就在于此。当然, 工艺矿相学研究中需要大量砂光片的道理更是不言而喻。砂光片的磨制一般都经以下程序:

1. 为保证重砂矿物在光片中相对集中, 减少观察时砂光片在物台上的移动量, 可用矿岩胶或502胶以及环氧树脂先将砂粒胶结成砂粒浓集的小矿饼。矿饼直径一般为10~12mm, 厚约3mm。制饼前, 需用稍硬的纸制成直径约10~12mm、高3mm的小纸圈为模子, 置于铺在桌上的废纸上。将按一定比例调制好的含砂胶倒于纸圈模子中, 待凝固后即成矿饼。

2. 为保证下一工序的顺利进行和制成的砂光片美观, 先把矿饼周围的纸圈用刀子刮去或磨掉, 粘有废纸的矿饼底面也稍稍磨平(以磨至接近砂粒最大粒径出露为度)。然后, 用事先制好的电木圈或塑料圈(可用塑料水管车削而成)作模子置于铺在桌子上的废纸上, 把矿饼置于正中(底面向下), 再将加拿大树胶或矿岩胶(火漆也行)浇铸其中, 待凝固后即成砂光片毛胚。

3. 把加工好的毛胚按磨料粒序等级依次在玻板上细磨, 抛光后即获合格、美观的砂光片(图1-3)。为保证砂光片的顶底面平行, 在细磨时要注意经常转动光片与手指的相对位置。

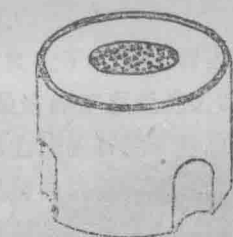


图1-3 砂光片

第三节 矿相学的现状及发展方向

自60年代以来, 金属矿物鉴定方法逐渐地从定性走向定量研究, 对其光性原理解释也有很大发展。矿相学发展至今, 对金属矿物光性研究的内容, 已与透明矿物晶体光学的研究内容基本对应, 在某些方面甚至还稍有超过。这里将矿物光性对比列表于下页。

从表中可看出, 近30余年矿相学鉴定方法已日趋完备成熟。随着科学技术的发展, 以及数、理、化基础学科的进一步渗透, 矿相学必将进一步迅速发展。从近年美国出版的《矿相学和矿石学》(*Ore microscopy and ore petrography*)一书中不难看出, 在对矿石研究中, 引用热力学相图和包裹体测温资料对矿石进行切合实际的成因解释是一个引人注目的动向。国内陈正等人的《矿石学》专著已由地质出版社出版。该书中不仅从晶体化学入手对各类金属矿物进行了论述, 按成因类型对各种矿石组构进行了讨论; 还从相平衡原理入手, 对各种矿石组构形态进行了理论解释, 按建造对各类矿石进行了成因探讨。现在可以说, 矿相

透明与不透明矿物的光性对比表

晶体光学	折光率 (n)	贝克氏线	颜色	多色性	双折射	消光角	程差	延性符号	干涉图					
									光性符号	区分轴性	色散符号	(2V)		
矿相学	反射率 (R)	亮线(硬度) (H)	反射色(矿物颜色指数) (λd) (Pe) (Rvis) (x, y)	多色性	双反射	视旋转角 (Ar)	相差符号 (2θ) (Ps)	旋向符号 (Rs)	光性符号	偏光图			内反射	激光微区分析
										区分轴性	色散符号	分离度 双曲线最大		

学正处于“第一个春天”！

应指出，矿相学是一门起步较晚的“年青”地质学科，其中不少的理论问题十分复杂，甚至未被人们认识和理解，有待广大矿相工作者今后去解决。应看到，为迎接矿相学“第二个春天”的到来，我们还任重而道远。

第二章 吸收性晶体光学基本原理

第一节 光的本性

关于光的性质问题，最初有牛顿的微粒说，其后有惠更斯的波动说。几个世纪以来，两派一直争论不休。

1873年，苏格兰物理学家马克斯威(J.C.Maxwell)建立了电磁理论。他用实验证明了，变换着的电磁场，能使原子中的价电子产生周期相同的振动并沿振动的垂直方向释放电磁波。换言之，电磁波是由获得能量(电磁感应或吸收热能及化学能)并跃迁至原子外层的高能态电子，跳回低能态时，再释放能量而产生的。

1888年，赫兹(Hertz)用小的振荡电路也产生了波长甚短的电磁波(相当于今日的微波)。他实验证明了这种电磁波具有光波的一切特性，如能够被反射、折射、用透镜会聚以及发生偏振等等。此后，光的电磁理论广为人们所承认。如图2-1所示，电磁波的波长范围很宽，可见光仅是其中很窄的一段。



图2-1 电 磁 波 谱

按波长范围，可见光可分为七色：

红	770~650nm
橙	650~590nm
黄	590~570nm
绿	570~500nm
青	500~460nm
蓝	460~430nm
紫	430~390nm

几种常用的波长及波长符号：

A—钾盐燃烧的红	768.20nm
c—氢气燃烧的红	656.28nm
D—钠盐燃烧的黄	589.29nm
d—氦气燃烧的黄	587.57nm
e—汞气燃烧的绿色	546.07nm
F—氢气燃烧的青	486.13nm
g—汞气燃烧的青	435.83nm
G—氦气燃烧的兰	434.05nm
h—汞气燃烧的紫	404.66nm

①旧制的mμ相当于新的国际单位nm。