

高等学校教材試用本

# 矿 相 学

北京地质学院編



中国工业出版社

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

PHYSICS DEPARTMENT

PHYSICS 439



PHYSICS 439

PHYSICS 439

高等学校教材试用本



# 矿 相 学

北京地质学院编

中国工业出版社

本書介紹了礦物的物理性質、化學性質、礦石構造和結構、礦物的綜合鑑定和快速鑑定、礦相學在礦石技術加工方面的應用等。最後一章的內容是礦物各論。附有礦物索引表和金屬礦床礦相學課程作業指導書。

## 礦 相 學

北京地質學院編

\*

中國工業出版社出版(北京佟麟閣路丙10號)

(北京市書刊出版事業許可證出字第110號)

地質印刷廠印刷

新華書店科技發行所發行·各地新華書店經售

\*

開本787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub>·印張14<sup>1</sup>/<sub>8</sub>·插頁9·字數319,000

1961年9月北京第一版·1961年9月北京第一次印刷

印數0001—4,537·定價(10—6)2.05元

統一書號: 15165 766 (45—28)

# 目 录

## 前言

第一章 概論 .....	5
第一节 緒論 .....	5
第二节 矿相学研究工作的組織与进行 .....	9
第三节 反光显微鏡 .....	17
第二章 矿物的物理性質研究 .....	30
第一节 吸收性矿物晶体光学基本原理 .....	30
第二节 矿物的反射力 .....	32
第三节 矿物的反射色和內反射 .....	40
第四节 矿物的双反射和反射多色性 .....	45
第五节 矿物的偏光性质 .....	48
第六节 矿物的硬度 .....	53
第七节 矿物的其他物理性质 (附結晶习性特征) .....	57
第三章 矿物的化学性質研究 .....	62
第一节 浸蚀鑑定 .....	62
第二节 显微結晶化学分析法 .....	65
附某元素显微結晶化学反应結果图片 .....	66~67
第三节 印痕法 .....	68
附某些元素印痕化学反应結果图片 .....	70~71
附重要化学元素反应表 .....	71
第四章 矿石构造和結構的研究 .....	80
第一节 概述 .....	89
第二节 矿石的构造研究 .....	99
第三节 矿石的結構 .....	102
第四节 矿物結晶顆粒的內部結構 .....	115
第五节 矿化阶段和矿物生成順序 .....	121
第五章 矿物的綜合鑑定和快速鑑定 .....	128
第一节 矿物的綜合鑑定和快速鑑定 .....	128
第二节 矿物鑑定表 .....	130
第六章 矿相学在矿石技术加工方面的应用 .....	172
第一节 概 述 .....	173
第二节 矿石的矿物組成和有益有害成分的存在状态对技术加工的影响 .....	178
第三节 有用矿物粒度及連晶特性 .....	181
第四节 有用矿物散布特性和相对含量 .....	184
第五节 磨矿、选矿各流程产物的检查和測定 .....	189
第七章 矿物各論 .....	193
附矿物索引表 .....	227
金属矿床矿相学課程作业指导書 .....	226

## 前 言

解放以来，为了适应我国找矿勘探工作空前发展的需要，各大专地质院校都先后把矿相学列为教学计划中的一门正式课程。几年来在吸收和学习苏联先进经验的基础上，并结合我国实际情况，使矿相学有了很大的发展和改进。特别是1958年大跃进以来随着教育革命的进一步的深入和开展，在教学上各院校也积累了不少经验，就要求从教学方式和教学内容上进行深入细致的改革。为了总结和肯定已有的成果，进一步提高教学质量，而根据教育部和地质部的指示，教材是提高教学质量的关键，因此在最短时期内完成一本能基本满足教学需要的矿相学教材就成为当前的迫切任务。

本教材是根据最新的矿相学教学大纲和教学要求编写成的。在编写体系和取材方面主要以适用于我国大专地质院校的地质专业同学使用为准，但考虑各院校的实验室条件和对课程的要求可能有所不同，因而在取材和实验内容方面均稍多，稍广一些。这样以便于各院校根据自己的情况加以适当的取舍。

本教材是由北京地质学院矿床教研室矿相组成员集体编写而成的。从收集资料到编审完稿，总共只一个多月的时间。同时在编写过程中，大部分教员还担负了繁重的教学任务。因此我们虽然尽了一定的努力，但限于时间条件仍未能将各院校所累积的经验和资料加以汇集和总结，也由于编者水平有限，在教材中错误和不妥之处在所难免，因而衷心希望使用本教材的老师和同学们多加批评和指正。

北京地质学院矿床教研室矿相组

1961年5月

# 第一章 概 論

## 第一节 緒 論

### 一、矿相学的概念及研究意义

矿相学是以矿石为研究对象的一門地质科学。其任务是在显微镜下（以反光显微镜为主）研究矿石的矿物成分（以金属矿物为主）、构造、结构特征、以及矿石在时间与空间上发育的规律性。其目的在于帮助确定矿床的成因，指导地质勘探和对矿石的技术加工提出评价。矿相学在地质科学中并不是孤立的，因而要求在研究矿相的同时，密切注意通过矿床的一般地质情况及其政治、经济、技术条件，使矿相研究能紧密地与实际相结合，在全面稳固的基础上得出正确的结论。

矿相学研究无论在实际方面和理论方面都具有重要的意义。现概括为以下三点简略说明之。

#### 1. 在帮助确定矿床成因方面

在结合矿床地质研究的前提下，深入地研究矿石成分和构造、结构特征能够帮助确定矿床的成因类型（以至工业类型），推测矿化作用的过程（如能帮助确定矿化期、矿化阶段和矿物生成顺序等）以及各个时期成矿溶液的性质和成分等。例如在许多金属矿床，锡石-硫化物矿床和硫化物-自然金矿床的矿石中广泛发育有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较晚期，溶液中砷质含量可能增加，使硅质（石英）成砷性硅酸盐溶液状态而迁移。在很多金属矿床中，富硫的硫化物交代贫硫的硫化物，即表明随着矿化作用的发展，残余溶液中硫的浓度在相应提高。同样，还可以分析氧、碳酸气的浓度、pH值和氧化-还原电位的变化等等。矿相学研究还可以帮助分析成矿地质条件和物理-化学条件。如借助固溶体分离结构、标型矿物、熔点和转变点的资料可以确定成矿温度范围。根据矿物共生组合（如浅成矿床常发育硫酸盐矿物以及各阶段矿物重迭而分带不清等），和构造结构特征（如浅成矿床胶状、角砾状、晶洞状构造较发育）确定成矿深度范围；此外，矿相学研究还能帮助分析矿物沉淀原因和方式，各种成矿元素的地球化学活动规律性以及矿石形成后的变化过程等等。综上所述，矿相学的研究不论在成矿理论及地质勘探工作方面均具有实际意义。

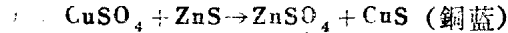
#### 2. 指导找矿地质勘探工作方面

前已述及，矿相学在帮助确定矿床成因方面是起着一定的重要作用。也只有正确地了解矿床成因和矿化规律之后，才能对矿床作出正确的评价和选择最有效的找矿勘探方法。因此矿相学在指导找矿勘探工作方面也有它一定的实用意义。

例如，苏联地质学家们，利用矿相学的方法研究了乌拉尔一系列黄铁矿型铜矿以后，获得了关于硫化矿床氧化带的新理论。从而正确地指导了这一类型矿床的找矿勘探工作。根据一般了解，认为次生硫化物富集带中广泛发育的铜蓝（CuS），是由硫酸铜的水溶液交代黄铜矿形成的。因而推论：次生硫化物富集带容易在原生铜矿石的地点形成。这样就指出了找矿勘探工作的方向——在次生硫化物富集带下面找寻原生铜矿石。

但经过对氧化带和次生富集带矿石进行详细矿相学研究之后，发现大部分的铜蓝是交

代不含銅的閃鋅礦和方鉛礦而形成的。僅有少部分銅藍是沿黃銅礦發育的。同時也發現了銅藍交代閃鋅礦要比交代黃銅礦容易得多。交代可按式進行：



新形成的硫酸鋅水溶液易被帶出礦體而流散，在次生硫化物富集帶中很難找到閃鋅礦，原來閃鋅礦地點都變成疏松的銅藍。

由礦相學的深入研​​究所得的這個新發現，可得知下列規律，這樣就幫助指導找礦勘探工作。

(1) 在黃鐵礦型銅礦床的次生硫化物富集帶的黃鐵礦石里，雖然沒有閃鋅礦，但只要找到煙灰狀的銅藍，就可預言在原生礦石中一定有閃鋅礦。

(2) 在本類礦床中，無論氧化帶和次生富集帶中鋅的含量都會減低。

(3) 在這類礦床中，含閃鋅礦的原生礦石的次生富集帶比不含閃鋅礦的，其含銅量要富。

### 3. 在進行礦石技術評價方面

礦相學研究對於正確地進行礦石技術評價是非常重要的。如在查明礦石中各種有用礦物、脈石礦物的成分和相對含量，礦石中有益、有害雜質賦存狀態，礦物的粒度特性和連晶特性，檢查選礦效果等方面礦相學研究都具有重要意義。以決定磨礦程度為例來看，礦石技術加工時“破碎直徑”過大會因解離度不高影響精礦質量和造成有用組分的損失，“碎礦直徑”過小則不但增大破碎工作量，而且會發生礦粉“泥化”在尾砂中流失大量金屬。因此，選擇適當的“破碎直徑”是一個很重要的問題。而由礦相學研究查明的礦石中有用礦物的粒度特性和連晶特性在這方面起着決定性的作用。如上述鐵鋅綜合礦石，礦相學研究的資料表明磁鐵礦的粒度大於0.2毫米的占99.87%，閃鋅礦的粒度大於0.2毫米的占97.15%。據此初步確定礦石最終破碎直徑為0.2毫米。但是這只是把礦物的連晶特性當作是磁鐵礦、閃鋅礦和脈石礦物及兩個有用礦物本身之間成“平正接觸”關係，碎至0.2毫米時就能得到磁鐵礦和閃鋅礦的单体碎粒。若系“滲染接觸”的彎曲邊界，顯然合理的最終磨礦直徑將要更小一些。上述實例中鐵鋅礦石原礦粒度分析和破碎試驗表明，由於連晶特性的影響，磨礦到0.25—0.1毫米的“中礦”的解離度僅達10%，即仍有90%的“複合粒”。只有小於0.1毫米的“中礦”解離度才達到95%。因此，該礦石合理的最終磨礦直徑應確定為0.1毫米而不是0.2毫米。由此實例可以看出礦相學研究在進行礦石技術評價方面的重要意義。

## 二、礦相學發展簡史：

礦相學是一門較年輕的學科，它是在礦物學、礦床學、金相學的基礎上發展起來的。

在19世紀中葉，由於工業革命後社會生產力的巨大發展，為了適應鋼鐵工業生產的需要，在冶金學的基礎上產生了金相學。1858年英國學者H.C. 索爾比發明了“垂直照明器”，並用來裝備在顯微鏡上觀察鋼、鐵的金相磨光片，研究鋼、鐵的成分和結構特點及與之有關的技術特性。20世紀初W. 凱姆貝爾等把金相學的方法應用來研究天然礦石並發表了相應的著作。此後，隨著黑色、有色、稀有金屬採礦和冶煉工業的迅速發展，隨著礦床學、礦物學、地球化學理論研究發展的需要，礦相學就在工業發達、自然科學較先進的國家內得到了迅速的發展。

歐美各資本主義國家在早期階段，礦相學曾有過較大的發展。1916年以來有H. 史乃德



洪、P.兰姆多尔、M.N.肖特、W.M.戴維、C.M.法哈謀、J.默多奇等人发表了以化学方法为鑑定金屬矿物主要方法的矿相学著作。同时J.康内堡、M.貝瑞克、史乃德洪、兰姆多尔、E.桑朴逊、戴維、法哈謀、J.H.摩斯、J.奥赛等对金屬矿物的光学性质作了一些研究。S.B.塔尔馬支、P.F.克厄、C.K.卡宾和D.哈維对矿物的硬度及导电性能也作了一些研究。但总起来說，矿物物理性质的研究并没有得到資本主义国家的学者們应有的足够重視，他們的鑑定方法都是以手續繁复并鑑定結果不太可靠的化学方法（主要是浸蝕鑑定）为基础的。

在矿石的构造、結構的研究方面，資本主义国家的学者們也作过了一些工作。史乃德洪、兰姆多尔、L.格拉屯、W.H.紐豪斯、G.M.史瓦茲、A.B.受德华茲、E.S.巴斯丁等对构造、結構的定义、分类或个别結構組作过一些研究。但是他們都沒有提出正确的构造、結構定义（如两者混淆不清），并且他們所作的“分类”因为没有与矿床的一定成因类型联系起来而只是一种形态类型的“一览表”。

資本主义国家的某些矿相学家常不注意矿石及矿石中各种矿物和集合体在時間、空間方面发育特点和分布規律；很少探索形成矿石成分复杂性、多样性的內在原因及其与地质、物理-化学条件之間的关系。有时还有脱离野外地质研究和复杂的天然地质条件而孤立地在室內作人工試驗，企图简单地解决矿石形成那样复杂問題的不正确傾向。另外，在鑑定方法方面，也有人不适当地把化学方法（主要是浸蝕鑑定）摆到首要位置而对物理性质研究的重要性估計不足。这些缺点在1917年以后为社会主义国家矿相学者們所糾正。

在伟大的十月社会主义革命以后，在苏联由于社会主义工业高速发展的需要，地质勘探工作就有了史无前例的迅速发展。具体在矿相学方面也获得了重大的成就，迅速地超过了資本主义国家的水平而跃居世界首位。在矿相学鑑定方法方面，有Ф.И.阿布拉莫夫、A.Г.別捷赫琴、Л.В.拉杜京娜、С.А.瓦赫罗麦耶夫、И.С.沃崙斯基、И.Г.馬加克揚、И.А.普多夫金娜、С.А.尤什科、А.Б.巴塔洛夫等都发表了专门著作。其中尤其是沃倫斯基等創立了鑑定金屬矿物以物理性质（尤其是光学性质中的反射力）为基础，并綜合利用化学性质及具鑑定意义的形态特征全面的鑑定方法。这就逐漸形成了先进的苏联矿相学体系，超过了一切資本主义国家的水平。在矿石构造結構的研究方面；И.Ф.格里果里耶夫、別捷赫琴、瓦赫罗麦耶夫、С.И.塔尔迪金、С.С.斯密尔諾夫、Т.Н.沙德龙、Ф.В.丘赫罗夫、А.Н.查瓦里茨基、А.Д.耿京等都有专门論文发表。特别是A.Г.別捷赫琴第一个提出关于构造、結構合理的定义及其分类，他的观点后来被广大地质工作者所采用。到1958年他們集体创作了矿石构造和結構的专著。关于矿物定量测量方法的仪器的創制方面，苏联学者A.A.格拉戈列夫等的工作是卓有成效的（創制电动求积仪等）。另外，关于矿相学在碎矿、选矿方面的实际应用，苏联学者B.A.格拉茲柯夫斯基和B.B.多利沃-多布罗沃尔斯基等也获得了很大的成就。在光片制备方面，苏联技术工人創造了許多先进經驗以保証地质勘探工作及科学研究工作中矿相学研究的需要。总之，由于社会主义制度的优越性和辯証唯物主义哲学观点的正确指导，苏联矿相学派在科学成就方面已遙遙領先，并为矿相学的理論研究和实际应用創造了光輝的前景。

#### 矿相学在我国的发展概况：

我国在解放以前，矿相学只在各大学地质系被作为矿床学的部分实习內容加以講授。在实际运用上也只是少数学者用来研究某些矿床，如程裕洪对揚子江下游鉄矿的研究，孟

宪民、南延宗等对某些錫矿和多金屬矿的研究，郑厚怀、袁見齐对大冶和南京凤凰山鉄矿的研究等。这些研究都是一般的和另星的，特别是在对矿石进行正确的技术評价以及深入地进行理論研究等方面还几乎是一个空白点。

解放以后，由于国家进行了空前大規模的普查、勘探工作，地质工作者在党的正确领导下、在毛泽东思想的指导下努力学习苏联的先进科学技术經驗和其他国家有益的成果，使得我国矿相学研究有了史无前例的发展。首先是我国广大地质工作者在普查、勘探工作中广泛应用了矿相学方法作了許多有价值的工作。例如在大量的生产报告和科学文献中都应用矿相学研究的資料来解决矿床成因和矿石技术評价等方面的問題。并且，我国地质工作者接受了苏联矿相学的先进經驗，在苏联专家的帮助、指导下，科学院、产业部門、地质院校都先后建立了專門的矿相实驗室。出版和翻譯了大批矿相学方面的参考書籍。在高等院校和中等地质学校还專門開設了矿相学課程以提高未来地质干部独立研究矿床和矿石的工作能力。近几年矿相学在地质勘探工作生产实践中和地质科学研究領域內得到如此广泛的应用，是和解放后党所培养的数万地质干部学习和掌握了矿相学研究方法分不开的。

建国十二年以來配合大規模的普查、勘探工作完成了巨大的矿相学研究工作。其研究成果对于指导地质勘探工作和合理利用我国丰富多样的矿产資源作出了有益的貢獻。例如对我国特有的稀土元素鉄矿石的研究資料，对于帮助确定該矿床的成因类型（特殊气成至高温热液交代矿床）、对指导該类矿床的地质勘探工作和确定矿石的技术加工流程等都发挥了积极作用。又如通过矿相学研究，肯定了我国某些銅-鎳矿床中紫硫鎳鉄矿作为矿石矿物的重要意义。扩大了找寻鎳矿石的远景。再如在我国某鉄磁鉄矿床的矿石，經矿相学研究，发现其与一般同类矿石中于磁鉄矿內含有較粗大的鉄鉄矿固溶体分解包体不同，而是含有极纖細的鉄鉄晶石晶片（长数十微米，寬仅达0.4微米）。这就查明了該矿石無論破碎到多細的程度也不能选出鉄精矿而影响鉄精矿的质量（含鉄过多会增加鋼鉄的脆性）的原因。针对这种情况就不进行选矿而在冶炼过程中采取特殊方法处理解决了这个困难問題。

在鑑定方法方面，我国广大地质工作者积累了許多宝贵經驗。較突出的有：創立了研究金屬矿物揮发性和可溶性的新方法，如測反射率的新方法、磷酸溶矿法等。此外，还整理、丰富了显微結晶化学分析和若干矿物的絕對硬度值、脆性、可塑性等新資料。在制片方面，我国磨片技工也創造了不少提高切片质量和改进制片方法的宝贵經驗。并努力向机械化、自动化和簡便化的方向前进。所有这一切都充分說明我国矿相学在党的正确领导下、毛主席思想的光輝照耀下正在迅速的得到发展并有极为广闊的前途。

现阶段矿相学的发展方向可以初步归納为全面地、深入地研究矿石的成分和构造、結構特征及其在時間方面与空間方面发育的規律性，以达到更好地为地质勘探工作及矿石技术加工服务和促进矿床学、矿物学、地球化学及矿石工艺学高度发展的目的。应该指出，随着今后生产力水平和人的認識水平的发展，在矿相学領域內完全有可能出現根本突破現有体系、方法的嶄新局面。矿相工作者应以最大的决心和信心来促使矿相学的全新发展早日实现，以便更好地为社会主义建設服务。

#### 主要参考文献

1. 李四光：建国十年来中国地质工作的发展。地质月刊1959年第10期。
2. 中国科学編譯出版委员会：十年来的中国科学——地质学。1959年11月。

3. 北京地质学院矿床教研室矿相组：矿相学实验教材（适用于岩矿鉴定专业）4—7页。1959年。
4. 各种矿相学教科书及专著的结论部分。
5. A.Г.别捷赫琴：论矿相学。矿产专刊第2辑矿相学5—24页。1945年。

## 第二节 矿相学研究工作的组织与进行

### 一、矿相学研究的工作阶段

如前节所述，矿相学的主要研究内容是鉴定矿石的矿物成分和构造结构特点，以帮助解决矿床成因、找矿勘探工作方向、矿石技术评价诸方面的问题。显而易见，全面的矿相学研究就应该是包括野外初步研究和室内综合研究两个相互联系，相互补充的部分。根据我国地质工作者所积累的经验，以矿相学研究为主的岩矿研究工作可以分为以下四个工作阶段：

1. 野外研究阶段；
2. 室内研究阶段；
3. 综合整理研究阶段；
4. 综合检查阶段。

现分别作简单说明。

#### （一）野外研究工作阶段

和任何调查研究工作一样，占有原始资料是具有重要意义的。在野外工作阶段内，首先是根据勘探队已有的地质资料来了解研究区域及矿床的一般地质构造，包括对区域及矿床的地层、构造、岩浆活动、矿体构造、地质发展史、成矿地质条件和成矿作用过程诸方面材料的了解。在这些工作基础上，再选择最有意义的矿化露头、探槽、坑道壁、掌子面以及鑽探岩心（矿心）进行观察和地质编录工作。这包括在野外用肉眼和其他简易方法鉴定矿石（以及近矿围岩）的矿物成分，研究其构造（还包括肉眼及放大镜能看出的结构）特征并作素描图，初步按成分和构造结构划分矿石类型，初步确定矿化阶段及各阶段产物在空间上的分布关系等等。

在这个阶段内，进行上述研究工作的同时采集作进一步研究用的矿石（岩石）标本具有重要的意义。采集标本的原则应该是：（1）各个矿体或重要矿体各重要部位的标本（要求能表明空间分布特点）；（2）包括有各种矿物（原生的、次生的、金属及非金属矿物、有用矿物和脉石矿物等）的标本；（3）具有典型构造、结构的标本；（4）具有典型矿物共生组合的标本；（5）矿石中各种有用矿物间相对百分含量不同的标本。概括起来可以说是采集两套系统的标本：（1）一套是系统的代表矿床各地段、矿体各部位的标本；把这套标本按照其原有的空间位置摆好就相当于该矿床（矿体）的缩影。（2）有代表意义和特征的矿物——化学研究用标本。标本的采集是按照一定间距（伸缩性较大，可灵活掌握）进行的。一般是沿矿体走向较稀（几米到几十米）、沿倾向较密（几厘米到几米）。地表样品应选择几条有代表性的勘探线系统采集（研究勘探线上的矿化露头和探槽、探井）。地下样品则沿着矿体的穿脉坑道、天井（取样点较密）和沿脉坑道（取样点较稀）采集。采集的样品应在野外及时进行编录工作（及时进行初步研究、画素描图、作文字描述、对标本进行编号并把采样点标明在有关的图件上）。当然，对第二套研究用标本的采集是不受取样间距的限制的。这样工作下来就保证了前述野外研究任务的顺利完成。

并提供了进一步研究的实际资料。

## (二) 室内研究工作阶段

这个阶段最主要的任务是进行室内镜下鉴定和其他专门性的研究工作(如作光谱分析、化学分析、X射线分析、差热分析、放射性测量等)。挑选制片用(或其他分析用)标本要既要考虑满足研究工作的需要又要贯彻节约原则。一个中等复杂程度,中等规模的矿床一般只挑选几十块到百余块室内研究用标本就足够了。原则是多选择前述第二套矿物——化学研究用标本和适宜地挑选少部分系统标本。最好是使整个矿相学研究工作量控制在2—3人月的范围才能保证及时提交报告,及时提交最终勘探成果。

上述制片用标本将根据不同情况分别制成:

(1) 磨光块(矿块)——将矿石中能表现典型矿石构造的一面切开磨光,制成大小 $6 \times 9$ 厘米至 $9 \times 12$ 厘米或更大、更小的磨光块。它可供肉眼观察和双筒放大镜观察,必要时也可以放在反光显微镜下观察。应该强调指出这类磨光块的重要意义,因为往往把具有划分矿化阶段的证据或其他重要成因意义(如矿物集合体生成年代顺序等)的矿石标本制成这种磨光块。

(2) 磨光片(光片)——系大小为 $2 \times 1.5 \times 1$ 厘米到 $4 \times 2.5 \times 1.5$ 厘米的长方形矿石小磨光片,是反光显微镜研究的主要对象。借此可详细研究矿石的矿物成分(定性及定量研究),矿石的结构和部分构造,矿物颗粒的形状和大小,矿物连生关系,矿物生成先后顺序等。

(3) 透明磨光片(光薄片)——为了准确地鉴定矿石中的透明和半透明矿物(如白钨、钨铁矿、锡石、浅色锡石、金红石、透辉石、石榴石、绿帘石等)的成分和它们与不透明矿物的关系,就需要制成这种很薄的(厚度在0.03毫米左右)透明磨光片。作法是把切得相当薄的光片磨光后粘在玻璃片上再反过来磨薄至0.03毫米,再反过来正式粘在另一玻片上。最后用微火烤化移去第一块玻片而构成一种既能当薄片(鉴定透明和半透明矿物)、又能当光片的磨片(鉴定不透明矿物)。更重要的是可以研究不透明矿物和透明、半透明矿物的互相关系,这就给研究工作带来了很大的方便。

(4) 薄片——就是普通的岩石薄片。这是为准确地鉴定脉石矿物中的透明和半透明矿物以及围岩的蚀变矿物而专门切制的,这也是全面的矿相学研究中不可缺少的研究材料。

(5) 无突起的精磨光片——为了精确地作矿物某些特征的定量测定,或者是为了观察矿物的细小包裹体(如黄铁矿中的自然金),需要引用以铅盘仔细磨制的,特点是平滑如镜(硬度不同的矿物交接处也是平正的)并且极少有搔痕和麻点的磨光片。这是一种质量很高的特制光片,磨制时是比较费事而且成本也较高。详细的制备方法见后面光片制备部分。

(6) 碎矿时各级矿粒、矿块以及选矿后的各种精矿、中矿和尾砂可以用电木胶固起来再磨制光片,这对矿石的技术评价工作是不可缺少的研究材料。

制片的方法和过程在下面将专门叙述。研究用切片制成后,往下就是进行镜下研究工作。对矿石光片(薄片)进行镜下研究主要是比在野外更精确地研究矿石(围岩)的物质成分特点(矿物成分、化学成分、矿物共生组合)和形态特征(矿石的构造、结构、矿物晶粒内部结构及其空间分布的规律)。最终得到划分矿石类型、矿化阶段及矿物生成顺

序、矿石工艺特性以及指导进一步地质研究的初步意见等等。具体的研究方法在以后的各章节中专门讨论，这里不再重复。只是指出镜下研究应作专门的记录（记录格式可参考文献3、4）、切片应有编号、素描图及浸蚀地点都要标明其在某号切片的相对位置。这些原始资料（切片、记录簿、报告表等）和最后综合资料（矿相学研究报告书）都要作为正式地质工作文件提交领导机关检查、复核。千万不要丢失或发生混乱差错现象。

### （三）综合整理研究阶段

这个阶段工作的最大特征是其“综合性”。这一方面是指综合野外和室内研究的全部资料进行去粗取精、去伪存真的分析、整理；通过材料、找出规律，另一方面则是指对矿石研究的资料，岩石研究资料，其他一般地质研究资料以及矿石选冶特性和地区政治、经济条件等各方面的全部资料作综合的考虑和研究。以便得到正确地利用矿石的全面结论。这个阶段的最后工作成果是编写并提交、矿相学综合研究报告书（或作在矿床研究或地质报告中部分章节）及其所依据的全部原始资料。

矿相学综合研究报告书一般应包括以下四部分内容：序言、区域及矿床地质特征、矿石物质成分特点及构造结构特征研究、结语。现分别说明之：

#### 序 言

简要说明矿床所在的地理位置、行政区划、对该地区和矿床的地质研究简史、其次矿相学研究工作的组织和进行、矿相研究工作量、工作期限和工作程度等问题。

#### 区域及矿床地质特征

这包括大地构造位置、区域和矿床的地层、构造、岩浆活动、矿体构造（矿体形状、产状、规模大小、赋存规律）、成矿地质条件、地质发展史和成矿作用过程简要阐述等。

#### 矿石物质成分特点及构造结构特征研究

##### 1. 矿石物质成分特点的研究：

（1）矿石的矿物成分特点——为矿相学研究的物质基础和重点之一。应包括各种矿物的鉴定依据、晶粒和连晶的形状及大小、百分含量和有用矿物的粒度测量资料等；

（2）矿石的化学成分特点——系全面研究矿石物质成分不可缺少的一个重要组成部分。包括矿石和个别矿物的化学成分特点。特别应着重在构成矿石有益杂质、有害杂质或具有成因意义的化学元素在矿石和矿物中的分布及其规律性。还应特别注意上述矿石矿物成分和化学成分在空间分布上的规律性。

##### 2. 矿石的构造结构特征：

（1）矿石的构造特征——对典型的矿石构造类型进行具体的描述，一定要联系到矿床形成地质条件以及各类矿石构造对矿石技术加工的影响两个重要方面去；

（2）矿石的结构（包括晶粒内部结构）特征——同样要对典型的结构类型进行具体的描述，也要求要联系到矿物结晶颗粒的形成条件和对矿石技术加工的影响（如有用矿物的粒度及连晶特性研究对碎矿的破碎程度的影响等）。

对这两部分应该附以精致的照片和素描图。

##### 3. 矿化阶段的划分和矿物生成先后顺序的确定：

要求编制矿化阶段及矿物生成顺序图表及作解释。要阐明矿化作用具体过程及其各阶段产物在空间上分布的规律性以指导地质勘探工作和开采、选冶工作。

##### 4. 矿石类型的划分：

根据矿石的物质成分(矿物成分和化学成分)特点和形态特征(矿石构造、结构特征)划分出矿石的自然类型和工业类型。这对于地质勘探工作、开采、选冶工作都是极其重要的(如需不需要单独按各种不同类型的矿石分别圈定矿体,分别进行储量计算和开采、选冶工作等)。

### 結 語

通过上述实际材料的分析提出矿石可选性的初步材料及技术加工的初步方案。可能时还应该对矿床成因、矿物和化学元素的晶体化学及地球化学特性提供较深入的见解,从而对成矿作用过程加以分析。

最后要附上编写本报告所引用的参考文献目录。

### (四) 綜合检查阶段

由上级机关对勘探队所提交的矿相学综合研究报告书组织审查和讨论,并对其原始资料进行复查审查工作(如对有代表性的标本和光薄片进行复查或用更精确的鉴定方法来检验矿相鉴定结果的可靠程度,充分研究野外地质现象及其及室内镜下鉴定工作的联系等)。同时进行补充修正工作和最后对报告书作出正确的评议和批审工作。根据我国的实际经验,这个往往易被忽视的工作阶段对于提高矿相研究的质量是具有重要意义的。应该被当作正常而不可少的一个工作阶段来进行。

最后,我们从上述四个工作阶段的关系可以看出,整个矿相学研究工作过程是一个完整的实践—理论—再实践的过程,也是无限个再认识、再实践的辩证唯物论认识过程中的一个环节。这里面有由感性认识到理性认识的过程,再用理性认识来指导进一步的实践。在新的实践中再发现新的规律等等。因此,不应机械地理解这四个工作阶段的关系,而应掌握其互为联系、互相补充并交错、不断反复地进行的辩证联系。

根据我国具体条件,一个中等复杂程度,规模中等的矿床矿相学研究工作的全部费用(包括制片、药品及器材消耗、仪器折旧、工资等等)约需数百元。

### 二、研究用材料的制备

前已述及,矿石磨光片是在反光显微镜下进行矿相学研究的主要对象。因此,磨光片的质量和迅速及时地制备就直接影响到矿相学研究工作的可靠程度和提交研究成果的期限。这样,不断地提高光片质量和制备的速度(工效)就成为矿相学重要的任务之一。光片的质量指标至少有以下三点:(1)光片表面应该平滑如镜;不应有小坑、细裂缝和妨碍观察的粗大擦痕存在;(2)同一种矿物无论在光片的中央部分或边缘部分磨光程度都应该一样精致;(3)在同一光片中的硬矿物和软矿物的相对突起不应过于明显。光片的质量决定于矿物的磨光性能(主要是抗磨硬度及脆性、韧性)、磨粉的硬度形状及粗细、磨盘的硬度及平滑度、湿润剂的适用程度等诸方面的因素。由物理光学得知,光片的粗糙不平程度在反射光的波长 $\lambda$ 以下时,可以得到犹如镜面的单向反射光。在矿相学领域内,反光显微镜的分辨限度( $l$ )的理论数值为 $\frac{1}{2}\lambda$ (详见第三节),即矿石光片上的擦痕的

宽度或小孔穴的深度不超过 $\frac{1}{2}\lambda$ 时(当 $\lambda$ 射光为白色光时, $\frac{1}{2}\lambda$ 为300毫微米)即可得平滑如镜的光面。因此,最细的磨粉的粒度应该在300毫微米以下才能磨制出高质量的光片。

在制片方面的工作在近年来已发展成为一门专门的学科(制片学)了。在本教材内不

可能詳細深入地探討这方面的問題，只能对制片的操作方法作一簡要介紹。

光片的一般制备过程是由准备矿石、切片、粗磨、細磨、磨光（抛光）、安装等几道工序（步驟）。現簡單分述如下：

1. 准备矿石——对矿石作过肉眼观察之后，把欲进行切磨光片之处用紅鉛筆圈好，以便在指定的地方切片。但要注意只有当矿石是十分致密和坚固的标本才可以直接进行切锯工作。对于疏松的矿石标本应先用松香、胶、漆片等胶固以后再行切开。散粒的矿粉、矿粉（天然重砂或矿技术加工各級产品——中矿、尾矿、精矿等——）需用电木粉胶固后不再切锯而直接进入研磨工序。

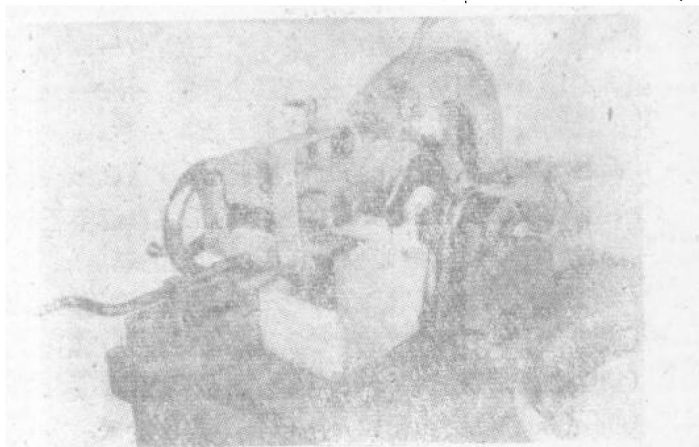


图 1 金刚石锯切片机

2. 切片——和切锯岩石薄片一样，通常是用鑲金刚石砂的直立旋轉白鉄圓鋸盘切锯矿石。这种鋸盘可以用脚踏或机器带动（图 1、2）。切锯用金刚石（即人造碳化矽）的粒度以 120 号左右（直径 125—105 微米，即 1/2 分鐘級）为宜。切片时要注意切出具有研究意义的部分来进一步研磨。我国有些野外队在缺乏切锯设备的条件下用小錘砸碎矿石以代替切锯也获得很不错的結果，唯有时不能恰好砸开原要求露出的部分。

3. 粗磨——将切下来的光片毛坯用水洗净后，在水平旋轉的鉄盘上加以粗磨。磨光机（图 3）轉盘轉速約为每分鐘 1000—1500 轉。首先是和水撒 150 号金刚石（105—75 微米）磨几分鐘，看到光片毛坯已平滑了即可轉入第二道粗磨。此时用 180 号（84—63 微米）、220 号（75—55 微米）或 240 号金刚石（63—42 微米）研磨 1—2 分鐘即可轉入細磨工序。



图 2 国产双鋸盘切片机

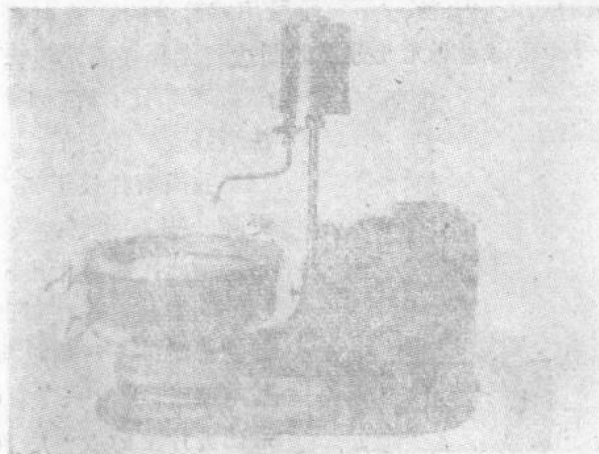


图 3 国产磨片机

在野外无磨片机的条件下可以用手在鉄盘上研磨以代替之。

4. 細磨——是以更細的磨粉在玻璃板上手工研磨，往往需长达半小时以上。这一工序



对光片质量的影响极大。我国磨片技工的经验是换三四种细磨粉研磨至光片在天空光线中已具有若干反光能力后才能转入磨光（抛光、打光）工序。如以手磨（在固定的玻璃板上）第一道细磨以50—10微米的磨料（我国玉器作坊的粗黄泥浆）为宜，第二道是用10—7微米的磨料（黄泥浆或粗白泥浆、第三道用7—5微米的磨料（白泥浆）为宜。每道工序约研磨5分钟。第四道需磨10分钟以上时间，用2—1微米的磨料（国产302、303号白宝药）为宜。我国磨片技工还实行了技术革新，用玻璃圆盘胶固在磨片机的铁盘上（用9两松香和4两松节油加热熔合、冷却制成胶固剂）以每分钟300—400转慢速研磨，既改善了劳动条件，也提高了这一道最费时的工序的工效。近年还创造了以石膏固结数片光片（或十余片）一起进行细磨以至磨光以提高工效的先进经验。

5. 磨光（抛光、打光）——把细磨好了的光片放在蒙有纤维织物（夏布、呢絨）或麂皮圆盘上涂以极细的磨光粉（氧化铬、铁、铝、镁）磨光。实质上磨光是进一步的磨平（消除细磨后留下的不平表面）使光片发光。这借助于更细粒度的磨粉（ $\frac{1}{2}\lambda$ ）和软底垫（呢絨等）使磨粉颗粒下陷以缩小其粒度来求得入射光（ $1\lambda$ ）反映不出其磨痕的近似镜面。同时，由于磨光（抛光）的结果，主要由于塑性变形作用及机械迁移作用于光片表面产生一层厚约数埃（ $\text{\AA}$ ）的非晶质薄膜（或称胶状质薄膜）。这种薄膜不但盖在金属矿物的表面，并填满矿物的裂隙、擦痕、晶粒间空隙、解理缝等低凹处。这就使光片更为平坦光滑。

硬矿物如黄铁矿、磁铁矿、镜铁矿等磨光时底垫以结构较粗的纤维织物（夏布、尼隆、纺绸）为宜。磨光的第一阶段是用粒度为1微米的氧化铬磨粉，第二阶段（最后阶段）采用粒度0.8微米（磨光时本身还含破碎得更细）的氧化镁磨粉以每分钟1000—1500转转速磨光到镜下观察光片表面光滑无麻点为止。可能共需十几分钟到三十分钟的磨光时间。

较软的矿物如磁黄铁矿、黄铜矿、方铅矿等磨光时底垫以结构较细密的纤维织物或兽皮（法兰絨、高级台球呢、细天鹅絨、柔软麂皮等）为宜。磨光的第一阶段用粒度为1微米的氧化铝磨粉，第二阶段用细碎过的氧化铁磨粉（粒度应在1微米以下）以每分钟100—400转转速磨光几分钟时间达到光片表面无粗大擦痕、平滑光亮为止。

若矿石中软硬矿物连生在一起，则可先用磨光硬矿物的方法磨好硬矿物之后，再用磨光软矿物的方法磨好软矿物。

我国磨片技工先进经验指出磨光的时间短一些光片质量会更高一些。

至此，制片工作已基本完成，只剩下安装一道工序了。

6. 安装——在镜下观察光片要求保持“绝对水平”使得旋转物台时也不影响观察。因此，“保持水平”就是安装工作的基本要求。现在一般采用以下三种安装方法：i) 用胶泥安装。系在玻片上置胶泥后放上光片于手压机（图4）下用手轻轻压平即可。此法优点是经济简便、易于取出光片。缺点是不便长期保存（易脱落）和厚度不一。ii) 用火漆、石膏安装。在一长方形（或圆形）的铜圈中用熔化的火漆和调湿的石膏把朝下放好的光片胶好即成。此法的优点是厚度统一（观察对比不同



图4 手压机



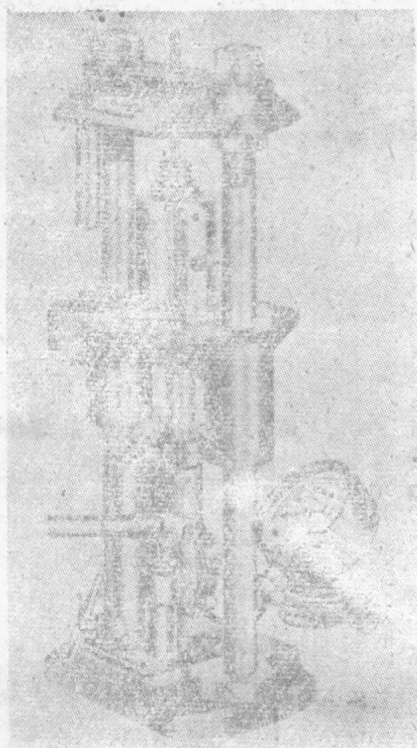


图 5 安装光片用的油压机及电热器装置

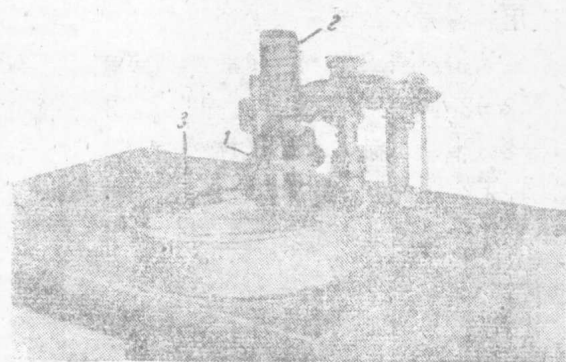


图 6 苏联产铅盘精磨机  
1—机头；2—顶帽；3—铅盘

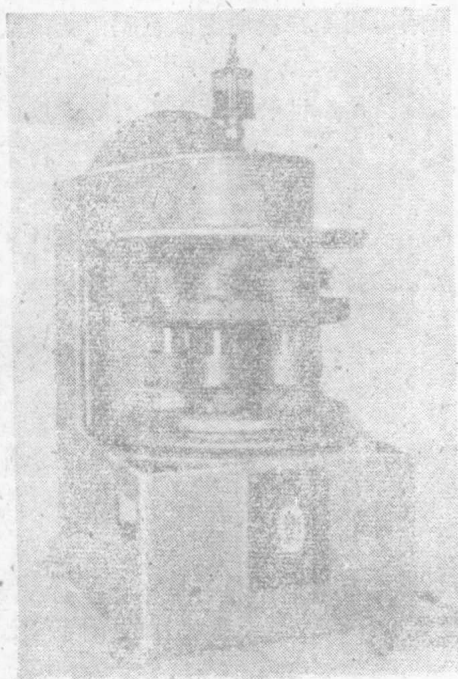


图 7 美制铅盘精磨机

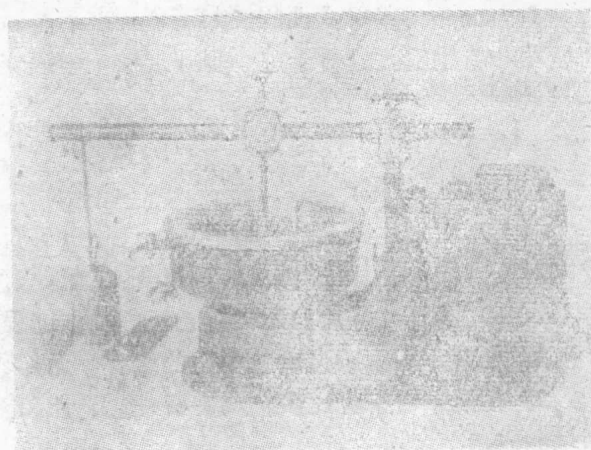


图 8 国产筒式铅盘精磨机