



KUANGWU HE YANSHI JIANDING SHIYAN ZHIDAO

# 矿物和岩石鉴定实验指导

叶真华 刘琦 编著



同济大学出版社  
TONGJI UNIVERSITY PRESS

# 矿物和岩石鉴定实验指导

叶真华 刘 琦 编著

## 内 容 提 要

本书介绍了矿物、岩浆岩、沉积岩和变质岩的分类,以及用肉眼和偏光显微镜鉴定的方法,分为四章和一个附篇。第一章介绍了依据矿物的形态、光学性质和力学性质,利用简单工具对矿物进行肉眼鉴定的方法,列出了常见矿物的鉴定特征;第二章、第三章和第四章分别介绍了岩浆岩、沉积岩和变质岩的分类,以及肉眼和偏光显微镜鉴定的方法,给出了常见岩石的特征及鉴定描述顺序。附篇是透明矿物的光学显微镜鉴定的具体方法。

本书适合于工科院校地质工程、岩土工程、结构工程、道路与交通工程、桥梁工程和测量工程等专业的工程地质学及普通地质学的室内实验教学使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

矿物和岩石鉴定实验指导 / 叶真华, 刘琦编著. --上海:  
同济大学出版社, 2015. 5  
ISBN 978-7-5608-5822-7

I. ①矿… II. ①叶… ②刘… III. ①实验矿物学—  
高等学校—教学参考资料 ②实验岩石学—高等学校—教学  
参考资料 IV. ①P579②P589

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 082250 号

---

---

## 矿物和岩石鉴定实验指导

叶真华 刘 琦 编著

责任编辑 姚焯铭 责任校对 徐春莲 封面设计 潘向葵

---

出版发行 同济大学出版社 [www.tongjipress.com.cn](http://www.tongjipress.com.cn)  
(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)  
经 销 全国各地新华书店  
印 刷 常熟市大宏印刷有限公司  
开 本 787mm×1092mm 1/16  
印 张 6.25  
字 数 156 000  
版 次 2015 年 5 月第 1 版 2015 年 5 月第 1 次印刷  
书 号 ISBN 978-7-5608-5822-7

---

定 价 16.00 元

---

---

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

# 前 言

矿物和岩石实验课是“基础地质”、“工程地质”等课程整个教学过程中一个重要的环节。课堂上所学的有关矿物、岩石的理论知识必须通过直接观察鉴定,即通过感性认识,才能加深理解,并得以巩固和提高。为此,根据课程的需要,安排矿物岩石实验,并编写此实验指导书。

本书是根据同济大学地质工程专业课程设置的特点(基础地质或工程地质课程后,不再另外开设矿物学和岩石学课程)和课时要求,在原同济大学基础地质教研室同名指导书的基础上,参考原长春地质学院岩石教研室《偏光显微镜技术》、《岩浆岩石学实习指导书》、《沉积岩石学实习指导书》、中国石油大学狄明信《矿物岩石学实验技术》和成都地质学院岩石教研室《晶体光学》等教材,综合考虑地下建筑与工程系地质实验室的标本配置和实验设备编写而成的。

本书分为四章和一个附篇:第一章为矿物实验;第二章为岩浆岩实验;第三章为沉积岩实验;第四章为变质岩实验;附篇为透明矿物的光学显微镜鉴定方法。矿物和三大类岩石都分两次进行实验。

本书是原同济大学基础地质教研室教师们多年教学经验的总结,由叶真华、刘琦编写,莫战琴进行了图片处理和文字输入排版等工作,朱顺然对文稿进行校阅。书稿完成后,由郑家欣教授进行了审阅,提出了许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢!

出版经费由教育部“高等学校本科教学质量与教学改革工程”专业综合改革试点项目资助(教高函[2013]2号)。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中的不当之处,敬请读者批评指正。

编 者

二〇一五年五月

# 目 录

## 前言

<b>第一章 矿物实验</b> .....	1
一、实验的目的与要求 .....	1
二、矿物的鉴定和研究方法 .....	1
(一) 鉴定和研究矿物的化学方法 .....	1
(二) 鉴定和研究矿物的物理方法 .....	2
(三) 鉴定和研究矿物的物理—化学方法 .....	3
三、矿物的肉眼鉴定方法 .....	4
(一) 矿物的形态 .....	4
(二) 矿物的光学性质 .....	5
(三) 矿物的力学性质 .....	7
(四) 矿物的其他物理性质 .....	10
(五) 矿物与化学试剂的反应 .....	11
(六) 矿物的系统鉴定 .....	11
四、矿物的分类.....	11
五、常见矿物的肉眼鉴定特征 .....	12
六、实验安排.....	21
实验一：非硅酸盐矿物.....	21
实验二：硅酸盐矿物.....	21
<b>第二章 岩浆岩实验</b> .....	22
一、岩浆岩的实验目的与要求.....	22
二、岩浆岩的分类.....	22
三、岩浆岩的鉴定描述方法.....	24
(一) 岩石手标本的观察描述方法 .....	24
(二) 光学显微镜下岩石的鉴定和描述方法 .....	26
(三) 岩石鉴定描述(报告)的顺序 .....	29
四、岩浆岩鉴定举例.....	29
五、实验安排.....	34
实验三：岩浆岩(一).....	34
实验四：岩浆岩(二).....	35
<b>第三章 沉积岩实验</b> .....	36
一、沉积岩的实验目的与要求.....	36

二、沉积岩的分类	36
(一) 火山碎屑岩	36
(二) 陆源碎屑岩	38
(三) 黏土岩(泥质岩)	43
(四) 化学和生物化学岩(内源岩)	44
三、沉积岩的鉴定描述顺序	48
四、沉积岩鉴定举例	48
五、实验内容安排	51
实验五:火山碎屑岩和陆源碎屑岩	51
实验六:黏土岩和化学与生物化学岩	52
<b>第四章 变质岩实验</b>	<b>53</b>
一、变质岩的实验目的与要求	53
二、变质岩的分类	53
(一) 区域变质岩类	53
(二) 接触变质岩类	57
(三) 混合岩化岩类	59
(四) 气成——热液变质岩类	59
(五) 动力变质岩类	60
三、变质岩的鉴定描述方法	61
(一) 手标本的肉眼鉴定描述方法	61
(二) 镜下鉴定描述方法	63
四、变质岩鉴定举例	63
五、实验内容安排	66
实验七:变质岩(一)	66
实验八:变质岩(二)	66
<b>附篇 矿物的光学显微镜鉴定方法</b>	<b>67</b>
一、晶体光学原理	67
(一) 均质体的光率体	67
(二) 一轴晶的光率体	67
(三) 二轴晶的光率体	68
(四) 折射率色散	69
二、偏光显微镜	70
(一) 偏光显微镜的构造	70
(二) 偏光显微镜的保养	70
(三) 偏光显微镜焦距调节	71
(四) 偏光显微镜的中心校正	71
(五) 偏光镜的校正	72
三、单偏光镜下晶体光学性质的观察	72

(一) 矿物形态 .....	72
(二) 解理及解理夹角的测定 .....	73
(三) 颜色和多色性 .....	73
(四) 矿物的贝克线、糙面和突起 .....	74
四、正交偏光镜间矿物光学性质的观察 .....	76
(一) 消光及消光类型 .....	76
(二) 干涉现象和干涉色 .....	78
(三) 补色法则和补色器 .....	79
(四) 干涉色级序的观察和测定 .....	80
(五) 测定非均质体矿片上光率体椭圆半径方向和名称 .....	80
(六) 测定矿物的消光角 .....	81
(七) 测定晶体延性符号 .....	82
五、锥光偏光镜下晶体光学性质的观察 .....	82
(一) 锥光系统 .....	82
(二) 一轴晶矿物的干涉图 .....	83
(三) 二轴晶矿物的干涉图 .....	85
六、透明矿物薄片系统鉴定的程序 .....	89
参考文献 .....	90

# 第一章 矿物实验

## 一、实验的目的与要求

(1) 通过同种矿物晶体的理想形态与实际晶体形态的对比,认识它们在几何形态上的区别,达到认识矿物的目的。

(2) 通过对矿物单体形态和集合体形态的认识,理解矿物的结晶习性,掌握常见的矿物晶体形态。

(3) 通过实验观察,掌握常见矿物的光学特性。

(4) 掌握解理面与晶面区别、常见矿物的力学特性。

(5) 了解主要造岩矿物在偏光显微镜下的鉴定特征。

## 二、矿物的鉴定和研究方法

矿物是天然产出的自然元素的单质和化合物,其化学成分和物理性质是相对均一和固定的。一般为结晶质(晶体),极少数为胶体。

矿物的鉴定和研究方法是多种多样的,不同的方法常常从不同的角度直接或间接地揭示矿物的特征。为了比较全面准确地进行矿物的鉴定和研究,常常需要采用多种方法综合研究,才能获得对矿物的全面认识,得出准确的结论。下面将扼要地介绍几种鉴定、研究矿物的方法。

### (一) 鉴定和研究矿物的化学方法

这类方法包括简易化学分析和化学全分析。

#### 1. 简易化学分析

所谓简易化学分析,就是以少数几种药品,通过简便的试验操作,能迅速定性地检验出待定矿物所含的主要化学成分,达到鉴定矿物的目的。常用的有斑点法、显微化学分析法及珠球反应等。

(1) 斑点法 这一方法是将少量待定矿物的粉末溶于溶剂(水或酸)中,使矿物中的元素呈离子状态,然后加微量试剂于溶液中,根据反应的颜色来确定元素的种类。这一试验可在白瓷板、玻璃板或滤纸上进行。此法对金属硫化物及氧化物的效果较好。

(2) 显微化学分析法 该法也是先将矿物制成溶液,从中汲取一滴置载玻片上,然后加适当的试剂,在显微镜下观察反应沉淀物的晶形和颜色等特征,即可鉴定出矿物所含的元素。

(3) 珠球反应 这是测定变价金属元素的一种灵敏而简易的方法。测定时将固定在玻璃棒上的铂丝之前端弯成一直径约为 1mm 的小圆圈,然后放入氧化焰中加热。清污后趁热粘上硼砂(或磷盐),再放入氧化焰中煅烧,如此反复几次,直到硼砂熔成无色透明的小球为止。此时即可将灼热的珠球粘上疑为含某种变价元素的矿物粉末(注意:量一定要少),然后将珠球先后分别送入氧化焰及还原焰中煅烧,使所含元素发生氧化、还原反应,借反应后得到的高价



态和低价态离子的颜色来判定为何种元素。

## 2. 化学全分析

化学全分析包括定性和定量的系统化学分析。进行这一分析时需要较为繁多的设备和标准试剂,需要较纯(98%以上)和较多的样品,需要较高的技术和较长的时间。因此,这一方法是很不经济的,除非在研究矿物新种和亚种的详细成分、组成可变矿物的成分变化规律以及矿床的工业评价时才采用。

## (二) 鉴定和研究矿物的物理方法

这类方法是以物理学的原理为基础,借助各种仪器,以鉴定和研究矿物的各种性质。

### 1. 矿物手标本外观鉴定法

矿物手标本的外观鉴定法,即通常所称的肉眼鉴定法。它是根据矿物的形态以及诸如颜色、光泽、硬度和解理等直观的物理性质特征,参考矿物的成因产状,或再辅以普通的化学试剂,便于野外使用。此方法虽然原始,但对常见矿物的鉴定很有效;而且尽管它在有的情况下难以做出惟一的确切定名,但至少可以圈定范围,获得必要的信息,为选择进一步的鉴定和研究方法提供依据。所以,在任何情况下,首先对矿物手标本进行外观上的鉴定都是必要而且有益的,应充分重视它的重要性。

矿物手标本的外观鉴定,有的可以凭经验直接做出判断,而在其他情况下则可利用矿物鉴定表,系统地按步骤进行鉴定。

### 2. 偏光显微镜和反光显微镜鉴定法

偏光显微镜和反光显微镜鉴定法是根据晶体的均一性和异向性,并利用晶体的光学性质而制定的一种鉴定、研究矿物的方法,也是岩石学、矿床学经常使用的一种晶体光学方法。应用这种方法时,须将矿物、岩石或矿石磨制成薄片或光片,在透射光或反射光下借显微镜以观察和测定矿物的晶形、解理和各项光学性质(颜色、多色性、反射率、折射率、双折射、轴性、消光角以及光性符号等)。透射偏光显微镜用以观察和测定透明矿物(非金属矿物)。在装有费氏台的偏光镜下,还可用来研究类质同象系列矿物的成分变化规律以及矿物在空间的排列方位与构造变动之间的关系。借此可以绘制出岩组图,用以解决地质构造问题。反光显微镜(也称矿相显微镜)主要用以观察和测定不透明矿物(金属矿物),并研究矿物相的相互关系以及其他特征,借以确定矿石矿物成分、矿石结构、构造及矿床成因方面的问题。

### 3. 电子显微镜研究法

电子显微镜研究法是一种适宜于研究微米及其以下级别的微粒矿物的方法,尤以研究粒度小于 $5\mu\text{m}$ 的具有高分散度的黏土矿物最为有效。可基本分为扫描电子显微镜和透射电子显微镜两种方法。

黏土类矿物由于颗粒极细(一般 $2\mu\text{m}$ 左右),常呈分散状态,研究用的样品需用悬浮法进行制备,待干燥后,置于具有超高放大倍数的电子显微镜下,在真空中使通过聚焦系统的电子光束照射样品,可在荧光屏上显出放大数十万倍甚至百万倍的矿物图像,据此以研究各种细分散矿物的晶形轮廓、晶面特征、连晶形态等,用此来区别矿物和研究它们的成因。此外,超高压电子显微镜发出的强力电子束能透过矿物晶体,这就使得人们能直接观察晶体结构和晶体缺陷。

### 4. X射线分析

X射线分析是基于X射线的波长与结晶矿物内部质点间的距离相近,属于同一个数量级

( $10^{-10}$  m),当 X 射线进入矿物晶体后可以产生衍射。由于每一种矿物都有自己独特的化学组成和晶体结构,其衍射图样也各有特征。对这种图样进行分析计算,就可以鉴定结晶矿物的相(每个矿物种就是一个相),并确定它内部原子(或离子)间的距离和排列方式。

### 5. 光谱分析

各种化学元素在受到高温光源(电弧或电火花)激发时,都能发射出它们各自的特征谱线,经棱镜或光栅分光测定后,既可根据样品所出现的特征谱线进行定性分析,也可按谱线的强度进行定量分析。这一方法是目前测定矿物化学成分时普遍采用的一种分析手段。其主要优点是样品用量少(数毫克),能迅速准确地测定矿物中的金属阳离子,特别是对于稀有元素也能获得良好的结果。缺点是仪器复杂、昂贵,并需较好的工作环境。

### 6. 电子探针分析

电子探针分析是一种最适用于测定微小矿物和包体成分的定性、定量成分以及稀有元素、贵金属元素赋存状态的方法。其测定元素的范围由从原子序数为 5 的硼直到原子序数为 92 的铀。仪器主要由探针、自动记录系统及真空泵等部分组成,探针部分相当于一个 X 射线管,即由阴极发出来的高达 35kV~50kV 的高速电子流经电磁透镜聚焦成极细小(最小可达  $0.3\mu\text{m}$ )的电子束——探针,直接打到作为阳极的样品上,此时,由样品内所含元素发出的初级 X 射线(包括连续谱和特征谱)经衍射晶体分光后,由多道记数管同时测定若干元素的特征 X 射线的强度,并用内标法或外标法算出元素含量。

### 7. 红外吸收光谱分析

红外吸收光谱是在红外线的照射下引起分子中振动能级(电偶极矩)的跃迁而产生的一种吸收光谱。由于被吸收的特征频率取决于组成物质的原子量、键力以及分子中原子分布的几何特点,即取决于物质的化学组成及内部结构,因此每一种矿物都有自己的特征吸收谱,包括谱带位置、谱带数目、带宽及吸收强度等。根据光谱中吸收峰的位置和形状可以推断未知矿物的结构,依照特征峰的吸收强度来测定混入物中各组分的含量。此外,红外光谱分析在考察矿物中水的存在形式、络阴离子团、类质同象混入物的细微变化和矿物相变等方面都是一种有效的手段。

## (三) 鉴定和研究矿物的物理—化学方法

当前用于矿物鉴定、研究方面最主要的物理—化学方法有热分析、极谱分析及电渗析等。其中,热分析是一种较为普遍的方法,几乎适用于各类矿物,特别是对黏土矿物、碳酸盐、硫酸盐及氢氧化物的鉴定最为有效。热分析法是根据矿物在不同温度下所发生的脱水、分解、氧化、同质多象转变等热效应特征,来鉴定和研究矿物的一种方法。它包括热重分析和差热分析。

### 1. 热重分析

热重分析是通过测定矿物在加热过程中的质量变化来研究矿物的一种方法。由于大多数矿物在加热时因脱水而失去一部分质量,故又称失重分析或脱水试验。用热天平来测定矿物在不同温度下所失去的质量而获得热重曲线,曲线的形式决定于水在矿物中的赋存形式和在晶体结构中的存在位置,不同的含水矿物具有不同的脱水曲线。此方法只限于鉴定、研究含水矿物。

### 2. 差热分析

矿物在连续的加热过程中,伴随物理—化学变化而产生吸热或放热效应。不同的矿物出

现热效应时的温度和热效应的强度是互不相同的,而对同种矿物来说,只要实验条件相同,则总是基本固定的。因此,只要准确地测定了热效应出现时的温度和热效应的强度,并和已知资料进行对比,就能对矿物作出定性和定量的分析。

### 三、矿物的肉眼鉴定方法

矿物的肉眼鉴定是一种简便、迅速而又经济的方法,是地质工作者的基本功之一。矿物的形态——外表特征和矿物的物理性质,乃是肉眼鉴定矿物的两项主要依据,必须学会使用简单的工具,认识、鉴别、描述矿物的这些性质。

肉眼鉴定矿物的大致过程是从观察矿物的形态着手,然后观察矿物的光学性质、力学性质,进而参照其他物理性质或借助于化学试剂与矿物的反应,最后综合上述观察结果,查阅有关矿物鉴定表,即可查出矿物的定名。但对常见矿物的鉴定特征还需要记忆。

现将矿物的形态和主要物理性质描述方法简述如下。

#### (一) 矿物的形态

##### 1. 理想矿物晶体形态(模型)与实际矿物晶体的观察对比

晶体是内部质点(原子、离子、分子和离子团)在三维空间有规律重复排列(即有序排列)的固体。晶体中各质点间的结合力就是化学键,包括离子键、共价键、金属键。此外,还有分子间的引力。由于质点呈有序排列,晶体内部就具有格子状结构,称为晶体结构。不同晶体,其质点的种类不同,质点的排列方式和间距不同,因而具有不同的晶体结构。由于内部质点排列规则,故在生长条件良好(速度缓慢且有足够生长空间)的情况下,它们能长成规则的几何多面体外形。包围晶体的平面称晶面。几何多面体的外形就是格子构造在宏观上的反映。如,石盐 NaCl 常呈立方体,白云石  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  常呈菱面体,磁铁矿  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  呈八面体;它们分别由 6 个正方形的晶面,6 个菱形的晶面,8 个等边三角形的晶面构成的。多数矿物晶体是由几何不同形状和大小的晶面聚合而成的,如普通角闪石、普通辉石。

通过观察和对比以下矿物,认识晶面条纹。

矿物名称	理想晶体形态	晶面条纹
黄铁矿	立方体、五角十二面体	平行条纹
石英	三方双锥柱状	柱面上有横条纹
方解石	菱面体	平行长对角线的条纹
石榴石	菱形十二面体、四角三八面体	平行长对角线的条纹

值得注意的是,晶面条纹对某些矿物具有重要的鉴定意义。晶面条纹具有原生和次生之分,原生的晶面条纹是在晶体生长过程中形成的,如聚形条纹、生长锥;次生的晶面条纹是晶体形成后受溶蚀而成的,如蚀象。

##### 2. 晶体习性

矿物的单体生长习性按矿物单体的三度空间发育程度和延伸情况的不同,分为以下三种类型。

- ① 向延长包括纤维状(如:石膏、石棉)和长柱状(如:辉锑矿、普通角闪石、辉石)。
- ② 二向延长包括板状(如:硬石膏、正长石)、片状(如:黑云母、白云母)和鳞片状(如:绿泥石、石墨)。

③ 三向延长——粒状(如:橄榄石、石榴石、黄铁矿)。

### 3. 矿物集合体的形态

#### (1) 显晶质集合体形态

柱状集合体:由一向延长的单体呈不规则排列而成,如红柱石。

放射状集合体:单体呈一向延长并围绕一个中心呈放射状排列而成,如阳起石。

板状集合体:由二向延长、呈板状的单体任意排列而成,如重晶石。

粒状集合体:由许多粒状单体任意集合而成,如橄榄石。

#### (2) 隐晶质和胶状集合体形态

结核体 { 结核状:磷灰石  
          { 鲕状:赤铁矿  
          { 豆状:铝土矿

分泌体 { 晶腺:玛瑙  
          { 杏仁体状:安山岩气孔中的浮石、石英、方解石

钟乳状体 { 钟乳状:钟乳石  
          { 葡萄状:闪锌矿、孔雀石、赤铁矿  
          { 肾状:赤铁矿  
          { 土状:高岭土  
          { 致密状:蛇纹石

#### 注意事项:

① 要根据标签揭示的内容进行认真的观察和记录。

② 观察集合体形态,应首先确定集合体中的矿物是显晶质还是隐晶质或胶体,然后按各自的特点描述其集合体形态。显晶质集合体要从单体习性着手。同种矿物单体在不同方位的断面可呈现不同的几何形态,因此必须多看、多分析,统计后才能确定单体的形态,进而才能观察其集合方式。

## (二) 矿物的光学性质

### 1. 颜色

矿物的颜色极为复杂,有时很难描写,往往因人而异。但对颜色的描述应力求确切、简明、通俗,使人易于理解。一般常用的矿物颜色命名法,除用日光七色光光谱(红、橙、黄、绿、青、蓝、紫)外,多与常见矿物的颜色作对比来进行描述。下列矿物的颜色比较稳定,常用来作为比较的标准:

紫色——紫水晶

锡白色——毒砂

蓝色——蓝铜矿

铅灰色——方铅矿

绿色——孔雀石

钢灰色——镜铁矿

黄色——雌黄

铁黑色——磁铁矿

橙色——雄黄

铜红色——自然铜

红色——辰砂

铜黄色——黄铜矿

褐色——褐铁矿

金黄色——自然金

上述标准远远不能包括自然界矿物千变万化的色调,因而有时以复合两种标准色谱来描述矿物的颜色。例如,黄铁矿为淡铜黄色,说明其色较铜黄色淡;绿帘石为黄绿色,说明它以绿

色为主,绿中带黄;蔷薇辉石为玫瑰红色,说明其红色和玫瑰的颜色相似。

根据呈色的原因与矿物本身的关系,可将矿物的颜色分为自色、他色和假色三类。

自色——指矿物自身所固有的颜色。自色的产生,都与矿物本身的化学成分和内部构造直接有关。如果是色素离子引起呈色,那么,这些离子必须是矿物本身固有的组分(包括类质同象混入物),而不是外来的机械混入物。对于一种矿物来说,自色总是比较固定的,在鉴定矿物上具有重要的意义。

他色——指矿物由于外来带色杂质的机械混入所染成的颜色。他色中的色素离子存在于机械混入物中,而不是矿物本身所固有的组分。显然,他色的具体颜色将随混入物组分的不同而异。因此,矿物的他色不固定,一般不能作为鉴定矿物的依据。

假色——指由于某种物理原因所引起的颜色,而且这种物理过程的发生,不直接决定于矿物本身所固有的化学成分或内部构造。例如,斑铜矿的新鲜面上本是暗铜红色,但由于其氧化表面上的薄膜的影响,造成了紫蓝混杂的斑驳色彩。又如,白云母、方解石等具完全解理的透明矿物,由于一系列解理裂缝、薄层包裹体表面对入射光层层反射所造成的干涉现象的结果,可呈现如同彩虹般的不同色带所组成的晕色,它常常呈现同心环状的色环。晕色也属于假色。假色只对特定的某些矿物具有鉴定意义。

此外,在颜色描述过程中,还应注意:

(1) 区分金属色和非金属色两类不同颜色。以表面反射光为主产生的颜色为金属色,具金属色的矿物为不透明或基本不透明;以透射光为主产生的颜色为非金属色,具非金属色的矿物透明或半透明。在上列颜色标准中,左边7种为非金属色,右边7种为金属色。描述矿物时不能乱用。有的矿物在不同情况下颜色不同,如赤铁矿  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  为微透明矿物(当厚度为几微米时,能显著地透过红光)。其片状大晶体完全不透明,具钢灰色金属色;但其隐晶质集合体(鲕状、肾状、土状……)则呈暗红——砖红色,为非金属色。因为它的微粒可以透过红光。

(2) 必须注意描述单矿物的新鲜面的颜色。风化面的颜色也可描述,但应加说明。例如,毒砂的表面颜色为淡铜黄色,但新鲜面是锡白色,不能含混地描述为“毒砂为淡铜黄色”。

矿物的颜色对初学者来说,往往不能确切地描述,但通过反复实践,就能逐步地掌握,并用以鉴定矿物。

## 2. 条痕

矿物在无釉瓷板上摩擦时所留下的粉末的颜色。矿物的条痕可以与其本身的颜色一致,也可以不一致。如,方铅矿的颜色是铅灰色,条痕却是黑色;斜长石的颜色是白色,条痕也是白色。矿物的条痕可以消除假色,减弱他色,故矿物条痕的颜色较为固定。大多数浅色透明矿物的条痕为无色或白色,对矿物鉴定意义不大,但对不透明的金属矿物具有鉴定意义。值得注意的是,不是所有矿物都有条痕,摩氏硬度大于等于7的矿物没有条痕。

## 3. 光泽

矿物受光线(日光)照射后,在其表面(晶面、解理面)所具反射光的能力称矿物光泽。矿物反射光的强弱,与物质本身对光的折射和吸收程度密切相关,折射和吸收越强的反射也越强,折射率越大,反射率越大。不透明矿物折射率大,都呈金属光泽;透明矿物折射率小,都呈玻璃光泽。通过化学键性判断,具金属键的矿物受光线照射,引发内部电子激发,产生电子跃迁,吸收较多的光波,导致反射增强显示金属光泽。离子键、共价键的矿物,吸收少,反射弱。

矿物的光泽决定于矿物新鲜表面反光的强弱,又随光源强弱、矿物表面性质(面积大小、平滑程度、风化影响等)、颜色透明度及集合体方式等因素而变化,因此鉴定矿物光泽要选面积较

大、较平滑和新鲜表面。矿物的光泽分为四级,一般确定光泽等级是将未知矿物与已知光泽的标准矿物进行对比,另外,条痕色可帮助区别矿物光泽:

**金属光泽**——反射光很强,如同金属表面闪烁的光芒,如方铅矿、黄铜矿、辉钼矿。条痕黑色或金属色,一般颜色较深(金、铜等例外)、透明度较差。

**半金属光泽**——反射光强如同金属表面的亮光,多出现在黑色金属矿物表面,如磁铁矿、铬铁矿、赤铁矿。条痕彩色、深褐或深棕红色,磁铁矿、软锰矿例外,条痕黑色。

**金刚光泽**——反射光较强,灿烂耀眼,标准的金刚石状光泽,如钻石、锡石、闪锌矿、辰砂和白铅矿。条痕彩色,一般见于浅色。

**玻璃光泽**——反射光较弱,标准的玻璃状光泽,透明矿物基本均属玻璃状光泽,如蓝宝石、祖母绿、石英、方解石和萤石。条痕白色或浅彩色,透明度较好。

由于矿物表面性质和矿物集合体的集合方式对光线的影响,光线照射矿物表面后,光线呈散射状、内反射或在不平坦表面产生如下几种特殊光泽。

**油脂光泽**:具玻璃光泽的矿物,由于散射原因减弱了表面反射光能力,表面像涂了一层油似的,如霞石、石英。

**松脂光泽**:光泽如同松香状,在颜色较深的矿物中,如黄褐色的闪锌矿、镉闪锌矿的断口处光泽,具金刚光泽矿物的断口处光泽。

**沥青光泽**:标准光泽如同沥青矿物,多出现在黑色半金属光泽矿物。

**珍珠光泽**:标准光泽如同蚌壳内侧闪光晕彩,具完全解理的透明矿物,如珍珠、白云母、透石膏。

**丝绢光泽**:结晶呈纤维状鳞片状集合体的透明矿物,如同蚕丝束状,是玻璃光泽变种,如纤维石膏、绢云母、石棉。

**蜡状光泽**:光泽如同蜡烛表面,多出现在隐晶质、显微粒、胶体矿物中,是玻璃光泽变种,如叶腊石、蛇纹石、玉髓和蛋白石。

**土状光泽**:出现在松散、多孔、细分散状矿物中,是玻璃光泽变种,如高岭土、膨润土、硅藻土。

用人为方法严格划分光泽等级是困难的,要多观察、慢慢体会、逐步掌握。

#### 4. 透明度

矿物的透明度就是指矿物透过可见光波的能力。透明度决定于矿物对光线的反射与吸收程度,吸收越强,反射越强,透过越少,透明度越低。离子键、共价键矿物由于内部不具自由电子,因此对光的吸收弱,透过的光多,矿物越透明。晶体光学中,将磨制的厚度为0.03mm岩石薄片放在透射偏光显微镜下观察,透光的矿物为透明矿物,反之为不透明矿物。对矿物进行肉眼鉴定观察时,通常以观察矿物碎块边缘,隔之可清晰见到对面物象的为透明,模糊为半透明,看不见为不透明。如为深色矿物,对光观察,矿物中心部位的颜色明亮程度与矿物边缘不同的矿物为半透明矿物;没有差异为不透明矿物。鉴定矿物透明度时,常常用矿物的条痕来配合:透明矿物的粉末无色或白色;半透明矿物,由于呈粉末状态时更有条件显示出对不同光波吸收的差异程度,而呈各种彩色(例如红、黄和褐色等);对于不透明矿物来说,其条痕常为黑色。杂色、裂隙、包裹体、颜色和集合体方式都能影响透明度。

### (三) 矿物的力学性质

#### 1. 解理与断口

矿物晶体受力后常沿一定结晶学方向破裂并产生光滑平面的性质称为解理。裂开的光滑

平面为解理面；不具方向性的不规则破裂面，称为断口。解理面一般平行于晶体格架中质点最紧密，联结力最强的面。因为垂直这种面的联结力较弱，晶粒易于平行此面破裂。相对来说，面与面之间的联结力最弱。不同的晶质矿物，由于内部构造不同，在受力作用后开裂的难易程度、解理数目以及解理面的完全程度会有差别。依据解理的完全程度，可将解理分为以下几种：

- (1) 极完全解理——受力后极易沿解理面分裂成薄片，解理面大而平整光滑，如黑云母。
- (2) 完全解理——受力后沿解理面分裂，解理面显著且平滑，难见断口。如方解石。
- (3) 中等解理——受力后常沿解理面分裂，解理面清楚，但不很平滑。碎块可见小面，断口不平，呈阶梯状；常不连续，例如辉石。
- (4) 不完全解理——受力后沿解理面分裂较为困难，仅断续见到不明显的解理面，解理面不平滑，碎块难见小面，断口贝壳状，不平，例如橄榄石。

后二者难分，有时可写成中等—不完全解理。

完全和极完全解理的解理面，易与晶面混淆，区别方法如表 1 所示。

表 1

晶面	解理面
①面上常有花纹，不平整，有时较暗淡。	①无花纹，平整、光亮。
②锤击之晶面破碎，无平面出现(如解理面与晶面方向一致时例外)	②用锤击之，在平行解理面的方向仍出现平滑的面

矿物解理的完全程度和断口是相互消长的，解理完全时，则断口不显。反之，解理不完全或无解理时，则断口显著。如石英晶体受力后，只会出现贝壳状的断口。

## 2. 硬度

矿物硬度指矿物抵抗外来机械作用力(如刻画、压入、研磨等)侵入的能力。

在矿物学中所称的硬度，通常多是指摩氏硬度，即矿物与摩氏硬度计相比较的刻划硬度。1822年，德国矿物学家 Friedrich Mohs 提出用 10 种矿物来衡量物体相对硬度，即摩氏硬度，由软至硬分为十级：①滑石；②石膏；③方解石；④萤石；⑤磷灰石；⑥正长石；⑦石英；⑧黄玉；⑨刚玉；⑩金刚石。各级之间硬度的差异不是均等的，等级之间只表示硬度的相对大小。利用摩氏硬度计测定矿物硬度的方法很简单。将预测矿物和硬度计中某一矿物相互刻划，如某一矿物能划动方解石，说明其硬度大于方解石，但又不能被萤石所划动，说明其硬度小于萤石，则该矿物的硬度为 3 到 4 之间，可写成 3~4。

在野外工作中，常可借助指甲(2.5)、小刀(5.5~6)和石英测试矿物的摩氏硬度。污手的为 1，不污手而指甲能划动者为 2，指甲划不动而刀刻极易者为 3，刀刻中等者为 4，刀刻费力者为 5，刀刻不动而石英能刻动为 6，石英为 7。

硬度常因集合方式及后期变化而降低，所以刻划时要先找到矿物的单体及新鲜面。风化、裂隙、杂质以及集合体方式等因素会影响矿物的硬度。风化后的矿物硬度一般会降低。有裂隙及杂质的存在，会影响矿物内部连接能力，也会使硬度降低。集合体如呈细粒状、土状、粉末状或纤维状，则很难精确确定单体的硬度。因此测试矿物硬度要尽量在颗粒大的单体的新鲜面上进行。有时某些矿物具明显脆性，当它被小刀刻化时极易碎裂成小粒脱落，这并非表示该矿物的硬度小于小刀。

有时在同一矿物的相同晶面的不同方向上，会测定出不同的硬度数值，这就是矿物晶体的

硬度的异向性。由于在同一截面上,不同方向的行列中质点排列的密度不同,沿着质点排列紧密的行列刻划较为容易,而垂直质点排列紧密的行列刻划则较为困难。最典型的例子是蓝晶石,其 $\{100\}$ 的晶面上沿c轴和b轴方向的硬度分别为4.5和6。

以上为矿物的相对硬度,也可以磨制矿物光片,用显微硬度计测定矿物的绝对硬度。同济大学地质工程专业实验室目前使用的是MHV2000型数显显微硬度计。该硬度计可以测定矿物的维氏硬度和克氏硬度(又称努氏硬度、克努普硬度、努普硬度)。

维氏硬度HV试验原理:以49.03~980.7N的负荷,将相对面夹角为 $136^\circ$ 的方锥形金刚石压入矿物表面,保持规定时间后,用测量压痕对角线长度,再按公式来计算硬度的大小。它适用于较大工件和较深表面层的硬度测定。维氏硬度HV的计算公式为:

$$HV=0.102 \times \frac{F}{S}=0.102 \times \frac{2F \sin \frac{\alpha}{2}}{d^2} \quad (1-1)$$

式中  $F$ —负荷(N);

$S$ —压痕表面积( $\text{mm}^2$ );

$\alpha$ —压头相对面夹角= $136^\circ$ ;

$d$ —平均压痕对角线长度(mm)。

报告维氏硬度值的标准格式为 $xHV_y$ 。例如185HV5中,185是维氏硬度值,5指的是测量所用的负荷值。

努氏硬度HK试验原理:将顶部两棱之间的 $\alpha$ 角为 $172.5^\circ$ 和 $\beta$ 角为 $130^\circ$ 的棱锥体金刚石压头用规定的试验力压入矿物表面,经一定的保持时间后卸除试验力。试验力除以试样表面的压痕投影面积之商即为努氏硬度。计算公式如下:

$$HK=0.102 \times \frac{F}{S}=0.102 \times \frac{F}{cd^2} \approx 1.451 \times \frac{F}{d^2} \quad (1-2)$$

式中  $HK$ ——努氏硬度符号;

$F$ ——试验力(N);

$S$ ——压痕投影面积( $\text{mm}^2$ );

$d$ ——压痕长对角线长度(mm);

$c$ ——压头常数,与用长对角线长度的平方计算的压痕投影面积有关。

进行维氏硬度和克氏硬度试验时,应仔细阅读硬度计使用说明书和注意事项。

### 3. 密度与相对密度

密度是矿物单位体积的质量,是矿物质量与体积的比值,用 $\rho$ 表示,公式为 $\rho=m/V$ , $m$ 为天然状态下矿物的质量, $V$ 为体积。相对密度(比重)是矿物在空气中的重量与同体积的 $4^\circ\text{C}$ 的纯水重量之比。相对密度是一个无量纲的物理量。矿物的相对密度变化很大,一般自然金属元素矿物相对密度大,而盐类矿物相对密度较小。矿物的相对密度主要取决于它的化学组成和晶体结构:当矿物晶体结构类型相同时,矿物的密度随所含元素的原子量的增加而增大,随原子或离子半径的增大而减小;在原子量和原子(或离子)半径相同或相近时,晶体结构越紧密的矿物其密度也越大。

矿物的相对密度可分为三级:

(1) 轻级。密度在2.5以下,如石盐、石膏、石墨等。



(2) 中级。密度在 2.5~4 之间,如石英、白云石、正长石等。

(3) 重级。密度在 4 以上,如磁铁矿、黄铁矿、重晶石和方铅矿等。

在肉眼鉴定中,通常用手掂量来估计矿物的相对密度等级。较准确估计需要有相当丰富的经验,初学者应对照已知矿物,反复掂量练习。

#### (四) 矿物的其他物理性质

##### 1. 矿物的电学性质

###### (1) 导电性

矿物对电流的传导能力为矿物的导电性。一般来说,金属矿物是电的良导体;非金属矿物是电的不良导体。软锰矿、黄铁矿、磁铁矿、辉铜矿、方铅矿和石墨为良导体;重晶石、刚玉、蓝晶石、石榴石、橄榄石、透辉石、萤石和透闪石为电的不良导体。

###### (2) 压电性

矿物晶体当受到定向压力或张力的作用时,能使晶体垂直于应力的两侧表面上分别带有等量的相反电荷的性质。若应力方向反转时,则两侧表面上的电荷易号。矿物在力的作用下产生形变,引起其表面带电,这是正压电效应。反之,施加激励电场,矿物将产生机械变形,称逆压电效应。这种奇妙的效应已经被应用在与人们生活密切相关的许多领域,以实现能量转换、传感、驱动和频率控制等功能。水晶、电气石等单晶体就具有压电性。

###### (3) 焦电性

焦电性是指某些电介性矿物晶体被加热或冷却时,在特定结晶学方向的两端表面产生相反电荷的性质。方硼石、石英、电气石等矿物具有焦电性。

压电性和焦电性是晶体因应力作用或热胀冷缩,晶格发生变形,导致正、负电荷的中心偏离重合位置,引起晶体极化而荷电的现象。因此,压电性和焦电性都只见于无对称中心而有极轴(两级无对称关系)的极性介电质晶体中。显然,具有焦电性的晶体必有压电性,反之则未必。

##### 2. 矿物的磁性

在外磁场的作用下,矿物被外磁场吸引、排斥以及被磁化的矿物对外界产生磁场,称为矿物的磁性。根据矿物比磁化系数的大小,可以把所有的矿物分为以下几类:

###### (1) 强磁性矿物

表现为可用普通马蹄磁铁吸引。主要有:磁铁矿、磁赤铁矿( $\gamma$ -赤铁矿)、钛磁铁矿、磁黄铁矿和锌铁尖晶石等。这类矿物大都属于亚铁磁质。

###### (2) 中等磁性矿物

表现为用普通马蹄磁铁不能吸引,而能用弱电磁铁吸引。属于这类矿物仅有钛铁矿及假象赤铁矿等。

###### (3) 弱磁性矿物

表现为用强电磁铁才能吸引。主要有:大多数铁锰矿物——赤铁矿、镜铁矿、褐铁矿、菱铁矿、水锰矿、软锰矿、硬锰矿及菱锰矿等;一些含铬、钨矿物——铬铁矿和黑钨矿等;部分造岩矿物——黑云母、角闪石、绿帘石、绿泥石、蛇纹石、橄榄石、石榴石及辉石等。

###### (4) 非磁性矿物

表现为强电磁铁也不能吸引。主要有:部分金属矿物——辉铜矿、方铅矿、闪锌矿、辉铋矿、白钨矿、锡石和金等。大部分非金属矿物——硫、煤、方解石等。所谓非磁性矿物并非绝对