



普通高等院校土木工程专业“十三五”规划教材
国家应用型创新人才培养系列精品教材

www.jccbs.com
免费下载

工程地质学

Engineering Geology

主 编 周 斌 杨庆光 梁 斌
副主编 申 权 吴晶晶 贺 敏



中国建材工业出版社

普通高等院校土木工程专业“十三五”规划教材
国家应用型创新人才培养系列精品教材

工程地质学

主 编 周 斌 杨庆光 梁 斌

副主编 申 权 吴晶晶 贺 敏

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

工程地质学/周斌, 杨庆光, 梁斌主编. --北京:
中国建材工业出版社, 2019. 1
普通高等院校土木工程专业“十三五”规划教材 国
家应用型创新人才培养系列精品教材
ISBN 978-7-5160-2481-2
I. ①工… II. ①周… ②杨… ③梁… III. ①工程地
质—高等学校—教材 IV. ①P642
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 282379 号

内 容 简 介

本教材内容充实、重点突出、概念清晰、覆盖面广, 能满足我国当前对“大土木”的人才培养需要。教材附有 PPT 和考试题库, 方便教学。本教材包括以下内容: 绪论; 矿物与岩石; 地层与地质构造; 岩体结构; 水的地质作用; 特殊土; 不良地质作用; 工程地质勘察。

本教材可作为“大土木”类专业的教学与学习用书, 也可作为相关考试和行业人员的参考用书。

工程地质学

主 编 周 斌 杨庆光 梁 斌
副主编 申 权 吴晶晶 贺 敏

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市海淀区三里河路 1 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 14.5

字 数: 350 千字

版 次: 2019 年 1 月第 1 版

印 次: 2019 年 1 月第 1 次

定 价: 49.80 元

本社网址: www.jecbs.com, 微信公众号: zgjcgycbs

请选用正版图书, 采购、销售盗版图书属违法行为

版权专有, 盗版必究。本社法律顾问: 北京天驰君泰律师事务所, 张杰律师

举报信箱: zhangjie@tiantailaw.com 举报电话: (010) 68343948

本书如有印装质量问题, 由我社市场营销部负责调换, 联系电话: (010) 88386906



言

在工程建设中会遇到各种各样的工程地质问题，需要工程师具有专业的地质知识，来解决工程建设中与地质有关的工程问题。本教材紧密结合当代人才培养需求，响应“宽口径、少学时”的人才培养模式，在编写内容上注重能力培养和基本技能培养，以适应土建专业特别强调实践性的要求。

本教材内容充实、重点突出、概念清晰、覆盖面广，能满足我国当前对“大土木”的人才培养需要。教材附有 PPT 和考试题库，方便教学。本教材包括以下内容：绪论；矿物与岩石；地层与地质构造；岩体结构；水的地质作用；特殊土；不良地质作用；工程地质勘察。

本教材可作为“大土木”类专业的教学与学习用书，也可作为相关考试和行业人员的参考用书。

参加本教材编写的人员有：湖南工业大学周斌（第 1 章、第 3 章）、吴晶晶（第 2 章）、杨庆光（第 4 章、第 5 章）、申权（第 6 章）、贺敏（第 7 章）、梁斌（第 8 章）。周斌负责全书的统稿和定稿工作。本教材在编写过程中，参考了诸多国内外专家、学者的相关研究成果，在此对这些研究成果的作者表示最衷心的感谢。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免有不妥之处，欢迎读者批评指正。

编者
2019 年 1 月

目 录

第 1 章 绪论	1
习题	6
第 2 章 矿物与岩石	7
2.1 概述	7
2.2 矿物	7
2.3 岩石	17
习题	43
第 3 章 地层与地质构造	44
3.1 概述	44
3.2 地壳运动及地质作用	44
3.3 地层	47
3.4 地质构造	54
3.5 地质图	65
习题	71
第 4 章 岩体结构	72
4.1 概述	72
4.2 结构面	72
4.3 岩体结构类型及特性	74
4.4 岩体的工程分类	75
4.5 岩体稳定性评价	81
习题	99
第 5 章 水的地质作用	100
5.1 概述	100
5.2 地表流水的地质作用	100
5.3 地下水的地质作用	104
习题	115

第 6 章 特殊土 116

6.1 概述 116

6.2 填土 116

6.3 湿陷性黄土 118

6.4 软土 123

6.5 冻土 127

6.6 红黏土 128

6.7 膨胀土 132

6.8 盐渍土 137

习题..... 139

第 7 章 不良地质作用 140

7.1 概述 140

7.2 崩塌 140

7.3 滑坡 142

7.4 泥石流 148

7.5 地震 152

7.6 岩溶与土洞 164

7.7 采空区 168

7.8 地面沉降 173

7.9 地质灾害评估 179

习题..... 190

第 8 章 工程地质勘察 192

8.1 概述 192

8.2 工程地质测绘 196

8.3 工程地质勘探 198

8.4 工程地质试验与监测 204

8.5 工程地质勘察报告 209

习题..... 223

参考文献 224

第1章 绪 论

工程建设时,会遇到各种各样的问题,其中一个最基本的问题就是工程地质问题。它影响建筑物修建的技术可能性、经济合理性和安全可靠。工程地质问题包括区域稳定性问题、地基稳定性问题、地下硐室围岩稳定性问题、边坡岩体稳定性问题、水库渗漏性问题,以及与之相关的规划、设计和施工等问题。

工程地质学是地质学的一个分支。它是调查、研究、解决与兴建各类工程建筑有关的地质问题的学科。工程地质学的研究目的在于查明建设地区、建筑场地的工程地质条件,分析、预测和评价可能存在和发生的工程地质问题及其对建筑环境的影响和危害,提出防治不良地质现象的措施,为保证工程建设的规划、设计、施工和运营提供可靠的地质依据。其任务是评价各类工程建筑场区的地质条件,预测在工程建筑作用下地质条件可能出现的变化和产生的作用,选定最佳建筑场地和提出为克服不良地质条件应采取的工程措施。

1. 工程地质学的研究内容

工程地质学的研究内容主要有:

(1) 岩石、矿物、地层和地质构造

主要研究岩石和矿物的类型、组成成分、形成条件,研究地层的地质历史和新老关系,研究地质构造对工程的影响。

(2) 岩土体的分布规律及其工程地质性质

在进行工程建设时,人们最关心的是建筑地区和建筑场地的工程地质条件,特别是岩体、土体的空间分布及其工程地质性质,以及在工程作用下这些性质的变化趋势。

(3) 不良地质现象及其防治

分析、预测在建筑地区和场地可能发生的各种不良地质现象和问题,例如崩塌、滑坡、泥石流、地面沉降、地表塌陷、地震等的形成条件、发展过程、规模和机制,评价它们对工程建筑物的危害,研究防治不良地质现象的有效措施。

(4) 工程地质勘察

查明建筑地区和场地的工程地质条件,分析预测不良地质作用,评价工程地质问题,为建筑物的设计、施工、运营提供可靠的地质资料。

(5) 区域工程地质研究

研究工程地质条件的区域分布和规律,按照工程地质条件的相似和差异进行分区、分级,为规划工作提供地质依据的同时,也为进一步的工程地质勘察打下基础。

2. 工程地质与土木工程

土木工程包括工业民用建筑工程、铁路和公路工程、水运工程、水利水电工程、矿山

工程、海港工程、近海石油开采工程以及国防工程等。这些工程在设计、施工和运营阶段都离不开对工程地质的研究。大量的国内外工程实践证明,在工程设计和施工前进行详细周密的勘察,运营阶段工程建筑的安全就有保证。反之,则会给工程带来不同程度的安全隐患和人员伤亡,增加了投资、延误了工期,例如,解放前修建的宝(鸡)天(水)铁路,由于当时没有重视工程地质工作,设计开挖了许多高陡路堑,致使发生了大量崩塌、落石、滑坡、泥石流病害,使线路无法正常运营,被称为西北铁路线中的盲肠。湖北盐池河磷矿,在采矿时对岩体崩塌认识不足,1980年6月突然发生 106m^3 的大崩塌,冲击气浪将四层大楼抛至对岸撞碎,造成建筑物毁坏,284人丧生。由于对滑坡认识不深,1963年10月9日,意大利瓦依昂水库突然发生滑坡并高速滑动,将水库中 $5\times 10^7\text{m}^3$ 的水体挤出,激起250m高的涌浪,高150m的洪峰溢过坝顶冲向下游,造成三千多人丧生。

2008年9月15日傍晚,南投县信义乡丰丘明隧道前便道发生山崩,8辆汽车经过时,遭相当于2万辆小轿车重量的2万立方米土石掩埋,搜救人员抢救出9人及找到1名罹难者,经200名援救人员继续抢救,9月16日再挖出6名罹难者遗体,这次山崩埋车事件总计夺走7条宝贵生命(图1-1)。



图 1-1 山崩危害

2008年11月7日,贵州省黄平县重安江镇合家村凯(里)至施(秉)旅游公路上,一巨石从山上滚落砸向公路,将路过此地的一名当地63岁的男性村民砸死。事故原因是由于持续降雨,引发地质灾害,山上巨石滚落造成的(图1-2)。

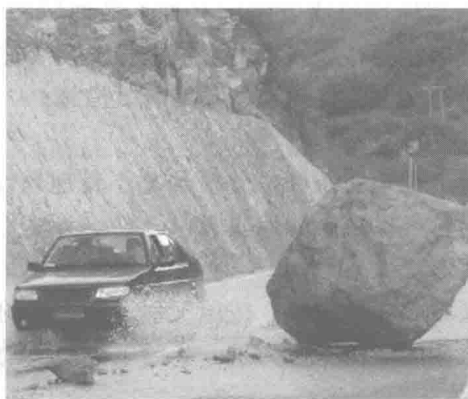


图 1-2 落石危害

2015年5月20日11时29分,贵阳市云岩区宏福景苑小区发生复合式土质山体滑坡,造成16人死亡,直接经济损失5000万元。滑坡宽约为50m,高约为40m,滑坡厚度为3~5m,首次滑塌方量约为6000m³,后续滑动方量达1000m³(图1-3)。成因包括:

- ① 斜坡地形高陡,高差达44m,顺向坡,坡度大于60°。
- ② 滑坡表层残坡积层结构松散,下伏强风化岩厚度大,风化强烈,工程力学性质差。
- ③ 连续强降水下渗松散岩土体。
- ④ 周边人类工程活动对此也有一定程度的影响。



图1-3 滑坡危害

上述实例都说明,只有重视土木工程建设中工程地质工作,才能保证工程的经济合理和安全可靠。

3. 工程地质学的发展历史及趋势

第一次世界大战结束后,整个世界开始进入了大规模建设时期。1929年,奥地利的太沙基出版了世界上第一部《工程地质学》;1937年,苏联萨瓦连斯基的《工程地质学》问世。第二次世界大战以后,各国有一个稳定的和平环境,工程建设发展迅速,工程地质学在这个阶段迅速发展,成为地球科学的一个独立分支学科。20世纪50年代以来,工程地质学逐渐吸收了土力学、岩石力学和计算数学中的某些理论和方法,完善和发展了本身的内容和体系。

在中国,工程地质学的发展基本上始于20世纪50年代。从引进前苏联工程地质学理论和方法开始,经过五十多年的工程实践和理论创新,我国的工程地质学得到突飞猛进的发展,取得了显著成就,积累了大量的经验。大批工程地质学家为新中国的建设发挥了巨大的作用,为我国重大工程建设做出了突出贡献,在国际学术界具有重要影响。

20世纪80年代以来,人类活动的环境效应得到了高度重视,为了防止人类工程活动对地质环境的不利影响,需要预测人类活动干预下地表岩土体的变形破坏过程,预测各种工程活动可能产生的环境效应,研究各种地质灾害的区域性成灾规律和危险性分析评价方

法,研究区域的、城市的或重大工程地质环境评价的原则和方法,以便达到合理开发利用和保护改善环境的目的,这样,一个新的工程地质学分支——环境工程地质学应运而生。环境工程地质学现在已由方向性探讨发展到实质性研究,并开始向工程地质科学各领域渗透。

进入 21 世纪,工程地质学已成为世界性学科。

(1) 国际工程地质学发展趋势

从世界范围看,工程地质研究继续由发达国家向发展中国家扩展。发展中国家的各类工程建设将以前所未有的规模和速度发展着,各种不同复杂程度的地质环境将向工程地质学家提出许多研究课题,也要求工程地质勘察技术手段不断创新和改进。由于岩石圈、大气圈、生物圈各层圈之间相互作用影响着,它们又具有全球观念,所以势必促使工程地质学家们从全球演化的角度来研究工程地质特征的多样性以及各层圈对工程地质条件的影响,进行全球性的工程地质研究和对比。作为地质分支的工程地质学与工程科学、环境科学以及地球科学的其他分支学科关系密切,所以工程地质学与各相关学科更好的交叉和结合能够促进基本理论、分析方法和研究手段等各方面不断更新和前进,进而使工程地质学的内涵不断变化,外延不断扩展。此外,工程地质学必将融入现代数理化、计算机科学、空间科学及材料科学等更多的新鲜知识,以保证在未来的信息世界里工程地质学的适应性。

(2) 我国工程地质学未来的任务和发展趋势

在 21 世纪上半叶,根据我国的发展战略,将大大提高综合国力,加速现代化建设。为保持较快的稳步发展速度,在能源、交通、现代城市化建设和矿产资源开发方面将要有更大、更快发展。同时,为了实施可持续发展战略,要重视环境保护,加强自然灾害的防治。我国的工程地质学应重点解决好环境工程地质、灾害防治等方面的问题以及复杂地质体建模理论技术、崩滑地质灾害发生机理等工程地质方面的理论与技术的发展。

今后工程地质学的主要任务是研究并解决以下问题:

- ① 环青藏高原浅表层动力学条件及其环境效益。
- ② 深埋长大隧道灾害地质问题评价及预测。
- ③ 地下开挖的地面地质效应研究。
- ④ 流域开发及重大工程建设(前期、后期)的环境地质效应评价。
- ⑤ 城市(及重大工程建设区)环境地质信息系统及防灾减灾决策支持系统。
- ⑥ 沿海地区海面上升对地质环境的影响研究。
- ⑦ 城市垃圾卫生填埋处置的环境地质效应分析。
- ⑧ 核电站选址及中-低放射性核废料处置的环境地质效应研究。

今后工程地质学应重点发展的理论与技术有:

① 复杂地质体的建模理论与技术研究。深化开挖卸荷条件下节理岩体的力学响应及其地质-力学模型、深埋(埋深 1000~2000m)条件下岩溶介质的地质-(水动)力学模型和强震条件下水-岩力学作用模型及工程岩体稳定性的研究工作。

② 崩滑地质灾害发生机理及其非线性评价预测理论,加强灾害性地质过程的非线性及全息预报系统理论研究。即以系统工程和信息工程理论为基础,针对地质体结构和信息

源的复杂性,充分考虑地质体可能发出的各种信息,采用信息工程理论对多源复杂信息进行加工处理,再将传统的确定性预测方法和处理复杂系统与探索复杂性的非线性理论有机结合,建立灾害性地质过程的全息预报系统理论。

③ 新一代地质灾害评价与防治理论-地质灾害过程模拟与过程控制,全过程动态模拟的主攻关键问题是复杂地质结构体的三维描述、基于复合材料的复杂介质体结构模型、崩滑地质灾害全过程的数学-力学描述及结构关系(重点是大变形描述理论和变形耦合理论)、全过程模拟的数学力学算法,关键是三维算法及其数据结构、治理工程的模拟及动态优化理论和全过程模拟的成本成像技术。

④ 高精度工程地质解释系统。基本构架包括三维地质数据库管理系统、二维和三维地质资料分析处理及成图、人机联作数据-图形分析处理系统、高精度层析成像技术和高精度定量分析预测技术。

⑤ 灾害评价与预测的3S技术。3S手段特别适用于区域地质灾害及地质环境的评价与管理决策,这方面研究在国内外地学研究领域中尚属起步阶段。3S技术核心是地理信息系统GIS,在环境工程地质领域,GIS技术应用于空间环境、灾害、工程地质信息系统及数字制图,建立地质环境质量综合评价与管理系统以及建立地质灾害动态监测、评价与空间预测系统。综上所述,随着人类工程建设事业以及有关的科学理论和技术的迅速发展,工程地质研究不仅在广度上正在开辟新的、更加广阔的领域,在深度上也将进入一个新的境界,而且工程地质学理论也将会与有关的学科理论相联系、交叉,形成新的独立学科。

4. 工程地质学的研究方法

(1) 地质学方法

地质学方法即自然历史分析法,是运用地质学理论,查明工程地质条件和地质现象的空间分布,分析研究其产生过程和发展趋势,进行定性的判断。

(2) 实验和测试方法

实验和测试方法,包括测定岩石、土体特性参数的实验,对地应力的方向和量级的测试,以及对地质作用随时间延续而发展的监测,其结果可为工程设计或防护措施的制定提供必要的参数和定量数据。

(3) 计算方法

计算方法包括应用统计数学方法对测试数据进行统计分析,利用理论或经验公式对已测得的有关数据进行计算,以定量地评价工程地质问题。

(4) 模拟方法

模拟方法可以分为物理模拟(也称工程地质力学模拟)和数值模拟。它们是在通过地质研究,深入认识地质原型,查明各种边界条件,以及通过实验研究获得有关参数的基础上,结合工程的实际情况,正确地抽象出工程地质模型。

5. 本课程的内容、学习方法和要求

学生学习本课程后,应达到如下基本要求:

① 掌握一定的地质学基础知识和理论。包括基本地质构造的类型和特点,常见岩土、矿物的特征及分类,地下水的类型及其地质作用,不良地质现象类型及危害等。

② 初步掌握对工程活动所涉及的工程地质条件及工程地质问题的评价和分析方法。

③ 了解工程地质、岩土工程的勘察原则和方法，熟悉各种勘察方法的应用条件，具备阅读和分析各种地质图件及地质资料的能力。

④ 初步具备运用工程地质原理分析简单工程地质问题的能力，为解决复杂工程地质问题打下良好的基础。

习 题

1-1 工程地质学的研究内容主要有哪些？

1-2 工程地质学的研究方法主要有哪些？

第2章 矿物与岩石

2.1 概 述

固体地球的最外圈是地壳，它是地质学最直接的研究对象。地壳由岩石组成，岩石由矿物组成，矿物由元素组成。矿物是组成地壳的基本物质单元，用机械方法无法再划分；元素是构成矿物的基本物质单元，用通常的化学方法不能再分解。到2007年为止，总共有118种元素被发现，其中94种存在于地球上，但常见的仅十余种。

1889年，美国化学家克拉克通过对世界各地5159件岩石样品化学测试数据的计算，求出了16km的地壳内50种元素的平均含量与总质量的比值，称为地壳元素丰度(abundance)。为表彰其卓越贡献，国际地质学会将其命名为克拉克值(Clark value)。用质量分数(w_b)来表示，常量元素的单位一般为%，微量元素元素的单位有g/t(克/吨)或 10^{-6} (百万分之一)。

地壳中各元素的含量是极不均匀的。O、Si、Al、Fe、Ca、Mg、Na、K这8种元素占98.03%；而O、Si、Al、Fe、Ca 5种元素占91.26% [图2-1(a)]。若对整个地球元素含量而言，则依次为Fe、O、Si、Mg、S、Ni、Ca、Al这8种元素，占98.4% [图2-1(b)]。

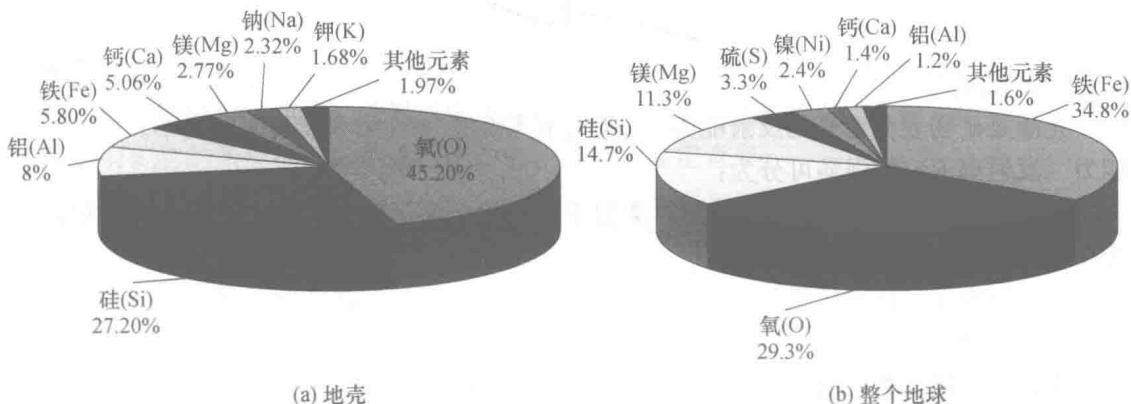


图 2-1 地壳与整个地球中主要元素的含量

2.2 矿 物

矿物是由地质作用形成的，在正常情况下呈结晶质的元素或无机化合物，是组成岩石

和矿石的基本单元。

那些由人工合成的产物，如人造水晶、人造金刚石等，虽然它们具有与矿物相同的特征，但它们不是地质作用形成的，故不能称为矿物。水、气体不是晶体，也不是矿物，冰则是矿物。煤不是无机化合物晶体，不属于矿物。花岗岩虽是固体，但它是由长石、石英、黑云母多种物质聚集而成的，故不能称为矿物。

2.2.1 矿物的物理性质

矿物的物理性质，取决于矿物本身的化学成分和内部构造，可借助于矿物的物理性质的差异来识别矿物、利用矿物和寻找矿物资源。矿物的物理性质包括光学性质、力学性质和其他物理性质等。

1. 光学性质

矿物的光学性质是指矿物对光线的吸收、反射和折射所表现出的各种性质，以及由矿物引起的光线干涉和散射等现象。用肉眼能观察到的矿物光学性质有矿物的透明度、光泽、颜色和条痕等。

(1) 透明度

透明度是指矿物能透过可见光的程度。一般来说，矿物薄片（厚 0.03mm）能清晰地透视其他物体的矿物为透明 [图 2-2 (a)]，能通过光线，但不能清晰地透视其他物体者为半透明 [图 2-2 (b)]，光线完全不能通过者为不透明 [图 2-2 (c)]。

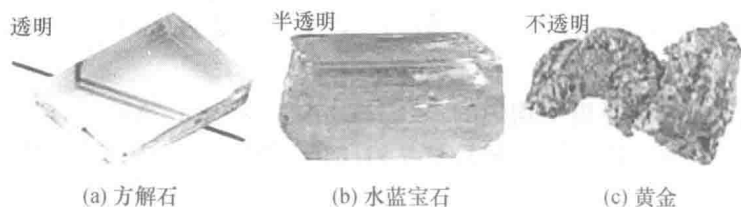


图 2-2 矿物的透明度

(2) 光泽

光泽是矿物表面对光的反射能力，决定于矿物的表面性质和反射率的大小。根据反射能力（反射率 R ）的强弱可分为：

金属光泽：反射很强， $R > 0.25$ ，类似于镀铬的金属平滑表面的反射光，如方铅矿的光泽 [图 2-3 (a)]。

半金属光泽：反射较强， $R = 0.19 \sim 0.25$ ，类似于一般金属的反射光，如赤铁矿的光泽 [图 2-3 (b)]。

非金属光泽：按其对光反射的特征可以进一步划分为金刚光泽和玻璃光泽：①金刚光泽反射较强而耀眼， $R = 0.1 \sim 0.19$ ，如金刚石的光泽 [图 2-3 (c)]；②玻璃光泽反射相对较弱而呈玻璃板表面那样的反光， $R = 0.04 \sim 0.1$ ，如水晶的光泽 [图 2-3 (d)]。

上述光泽是指新鲜矿物在平坦的晶面、解理面或磨光面上所呈现的光泽。若矿物表面不平坦或成集合体时，光泽会减弱，或出现一些特殊的光泽，如油脂光泽、丝绢光泽、珍珠光泽和土状光泽等。

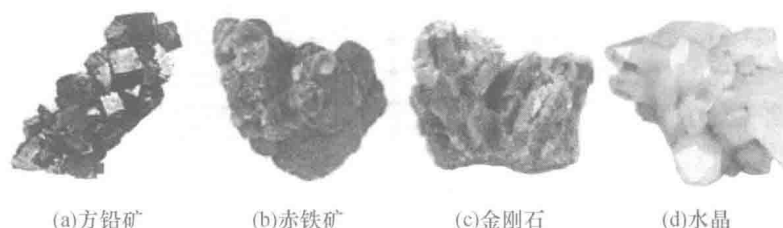


图 2-3 矿物的光泽

(3) 颜色

颜色是指矿物对可见光中的不同波长发生选择性吸收和反射后,在人眼中引起的感觉。矿物对各种波长的可见光普遍而均匀地吸收时,随吸收程度不同,矿物呈现出无色、白色、灰色和黑色等色调。如果矿物对不同波长的可见光选择性吸收时,则矿物呈现出被吸收光波的颜色而表现出特定的颜色。在矿物学中,传统地将矿物的颜色分为自色、他色和假色三类。

自色是指矿物本身所固有的颜色。这种颜色主要取决于矿物的内部构造和化学成分(如含有色素离子),如孔雀石的翠绿色等。

他色是指非矿物本身固有的因素引起的颜色。可以是矿物中机械混入微量杂质所引起,也可以是因在类质同象过程中起替代作用的微量杂质元素所产生,还可以发生在矿物中存在某种晶格缺陷的情况下。如纯净的石英为无色,若混入微量杂质元素,则可呈现紫色(含三价铁)、粉色、褐色等各种颜色。他色很不稳定,常因产地、形成条件的不同而异,一般不作为鉴定矿物的依据,但有时可作为某些矿物的辅助识别标志。

假色是由于某些物理原因所引起的颜色。如黄铜矿表面因氧化膜所引起的锈色,方解石解理引起的晕色等。假色不是矿物的固有特征,一般不具有鉴别的意义。

(4) 条痕

条痕是指矿物粉末的颜色,一般是将矿物在白色无釉瓷板上划擦后,观察其留下的粉末颜色。条痕色比矿物颜色稳定,所以它是矿物重要的鉴定特征。如黄铁矿条痕为绿黑色,赤铁矿颜色可呈赤红、铁黑或钢灰等色,而其条痕恒为樱红色。

透明矿物的条痕都是白色或近于白色,因为无鉴定意义。

2. 力学性质

矿物在外力(如打击、挤压或拉伸、扭力等)作用下所表现的物理机械性质,称为矿物的力学性质。矿物的力学性质主要有解理、裂开、断口、硬度、韧性等。

(1) 解理

矿物在外力作用下,沿一定的结晶方向破裂成光滑平面的能力,称为解理。规则的破裂面称解理面。如未产生破裂而只是出现裂纹,称为解理纹。解理的产生主要取决于矿物结晶构造中质点的排列及质点间连接力的性质。结晶内部不同方向的原子、离子或分子之间距离不等,原子、离子或分子间的引力大小也不同,解理面的方向总是沿着面网(内部原子、离子或分子排列而成的平面)之间联结力最弱的方向发生。密度最大的面网,其间距最大,联结力最弱,因此,解理就容易沿这种面网发生(图 2-4)。

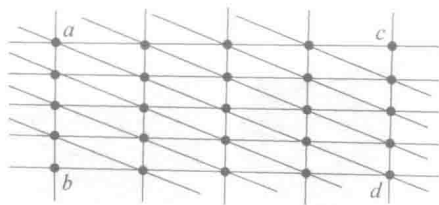


图 2-4 可能发生解理的面网方向

(图中, ab 、 ac 、 ad 表示三组方向面网,

其中 ab 方向面网质点密度最大, 面网间距最大, 易于发生解理)

某些矿物的内部原子、离子或分子在几个方向上的结合力都比较弱, 这种矿物就可能沿着几个方向产生解理面, 如方解石。以金属键相结合的矿物, 如自然金及自然铜等, 因其内部自由电子呈弥散状态, 矿物受到外力作用后, 只发生内部晶格间的滑移, 并不沿固定方向破裂, 它们具有高度的延展特性, 而不产生解理。

不同矿物产生的解理的方向和完好程度是不同的。根据解理的完好程度, 可分为极完全、完全、中等、不完全四级, 解理的特征是识别矿物的重要标志, 如云母有一个方向的极完全解理, 沿此方向极易分裂成薄片; 方解石有三个方向的完全解理, 故受力打击后极易沿此方向破裂, 形成一系列斜平行六面体小块。

(2) 断口

断口是矿物受外力打击后不沿固定的结晶方向开裂而形成的断裂面。断裂方向无规律, 断口的形态多样, 如贝壳状、参差状、锯齿状和裂片状等。断口主要见于解理不发育的矿物或矿物集合体中, 如石英。

(3) 硬度

硬度是矿物抵抗外来机械作用力(如刻划、压入、研磨等)侵入的能力。硬度的大小主要由矿物内部质点联结力的强弱所决定。通常用莫氏硬度计作为标准进行测量。莫氏硬度计由 10 种硬度不同的矿物组成(表 2-1)。其中滑石硬度最低, 为 1; 金刚石硬度最高, 为 10。测定某矿物的硬度, 只需将该矿物同硬度计中的标准矿物相互刻划, 进行比较即可。如某矿物能刻划方解石, 又能被萤石划动, 即矿物的硬度介于 3~4 之间。

表 2-1 莫氏硬度计

硬度等级	代表矿物	硬度等级	代表矿物
1	滑石	6	正长石
2	石膏	7	石英
3	方解石	8	黄玉
4	萤石	9	刚玉
5	磷灰石	10	金刚石

通常还利用其他常见的物体代替硬度计中的矿物。如指甲的硬度为 2~2.5, 铜钥匙的硬度为 3, 小钢刀的硬度为 5~5.5, 窗玻璃的硬度为 6。

莫氏硬度计只能测定各种矿物硬度的相对高低, 不能测定硬度的绝对值。如滑石的硬度为 1, 石英的硬度为 7, 并不代表石英的硬度是滑石的 7 倍; 用硬度计测出的刻划硬度值, 滑石的硬度值为 2.3, 石英的硬度值为 300, 后者的硬度约为前者的 130 倍。

3. 矿物的其他性质

常用于矿物鉴定的其他物理性质还有密度、磁性、韧性等。

(1) 密度

密度是指单位体积矿物的重量。相对密度是指纯净的单矿物在空气中的重量与同体积的4℃的纯水的重量之比。矿物的密度与相对密度的数值相等，但相对密度无量纲。

对非金属矿物而言，可按密度将其分为三级：轻的，密度在 2.5g/cm^3 以下，用手掂之，感到轻；中等的，密度在 $2.5\sim 4\text{g/cm}^3$ 之间，用手掂之，感到重量中等或一般；重的，密度大于 4.0g/cm^3 ，用手掂之，感到很重。

(2) 磁性

矿物的磁性是指矿物能被永久磁铁或电磁铁吸引，或矿物本身能够吸引铁质物体的性质。矿物的磁性主要是由矿物成分中含有铁、钴、镍、铬、钛、钒等元素所致。磁性的强度与矿物中含有这些元素的多少，特别是与含铁的多少有关。

矿物的磁性主要是由组成元素的电子构型和磁性结构所决定。根据磁化率的大小，矿物的磁性可分为抗（逆）磁性、顺磁性及铁磁性三种。而磁性的强弱也可用比磁化系数来表示，比磁化系数是物体单位质量的磁化率，即1立方厘米的矿物在磁场强度为1奥斯特的外磁场中所产生的磁力，即：

$$X_{\text{比}} = X/G \quad (2-1)$$

式中 X ——磁化率；

G ——物体的比重。

按比磁化系数的大小，矿物可分为四类：

① 强磁性矿物： $X_{\text{比}}$ 大于 $3000 \times 10^{-6} \text{cm}^3/\text{g}$ ，如磁铁矿、磁黄铁矿，可用普通马蹄磁铁吸引。

② 中磁性矿物： $X_{\text{比}}$ 在 $(600 \sim 3000) \times 10^{-6} \text{cm}^3/\text{g}$ 之间，如钛铁矿、铬铁矿等，能用弱电磁铁吸引。

③ 弱磁性矿物： $X_{\text{比}}$ 大于 $(15 \sim 600) \times 10^{-6} \text{cm}^3/\text{g}$ 之间，如赤铁矿、褐铁矿、黑钨矿、黄铁矿等，用强电磁铁才能吸引。

④ 非磁性矿物： $X_{\text{比}}$ 小于 $15 \times 10^{-6} \text{cm}^3/\text{g}$ 。如石英、方解石，强电磁铁也不能吸引。

(3) 韧性

矿物受压轧、锤击、弯曲或拉引等力作用时所出现的抵抗能力，称为韧性。可分为：

① 脆性。矿物受力时容易破碎的性质。如镜铁矿硬度大于小刀，但由于具有明显的脆性，因此可被小刀压碎出现粉末或小粒。脆性是离子键矿物的一种特性。

② 延展性。在锤击或拉引下，容易形成薄片或细丝的性质，是金属键矿物的一种特性。一般情况下温度升高，延展性增强。金属键的矿物在外力作用下的一个特征就是产生塑性形变，这就意味着离子能够移动重新排列而失去粘结力，这是金属键矿物具有延展性的根本原因。金属键程度不同，则延展性也有差异。

2.2.2 常见造岩矿物及鉴定方法

已知矿物有四千多种，但绝大多数不常见。最常见的不过两百多种，重要矿产资源的矿物也就数十种。地壳中常见的造岩矿物只有20~30种，其中石英以及长石、云母等硅