

高等学校专修科教材

# 铁路工程地质

西南交通大学 李隽蓬 主编

中国铁道出版社

高等学校专修科教材

# 铁路工程地质

|        |     |    |
|--------|-----|----|
| 西南交通大学 | 李隽蓬 | 主编 |
| 北方交通大学 | 满开言 | 主审 |

中国铁道出版社

2001年·北京

(京)新登字 063 号

## 内 容 简 介

本书系高等学校交通土建工程专业专修科教材。全书共分六章。第一至三章主要讲述工程地质的基础理论,内容包括:岩石与土的地质特性和工程特性;岩层及岩层产状、褶皱构造和断裂构造等地质构造的基本知识;地表水与地下水的地质作用。第四、五章主要结合工程实例,阐述铁路地质灾害(包括滑坡、崩塌、岩堆、泥石流、岩溶等)和有关的铁路工程地质(包括线路、桥梁、隧道等工程地质)问题。第六章主要是为野外实习所编写的,概要介绍铁路工程地质勘测的一般知识。书中引用了较多的典型工程实例,以加强理论和实践的联系,满足培养高级应用性人才的需要。

## 图书在版编目(CIP)数据

铁路工程地质/李隽蓬主编. -北京:中国铁道出版社, 2001, 重印

高等学校专修科教材

ISBN 7-113-02281-2

I. 铁… II. 李… III. 铁路工程-工程地质-高等学校-教材 IV. 0212.22

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 09174 号

书 名: 铁路工程地质

作 者: 西南交通大学 李隽蓬

出版发行: 中国铁道出版社 (100054, 北京市宣武区右安门西街 8 号)

责任编辑: 刘桂华

封面设计: 姜 欣

印 刷: 北京市彩桥印刷厂

开 本: 787×1092 1/16 印张: 11 字数: 266 千

版 本: 1996 年 9 月第 1 版 2001 年 2 月第 2 次印刷

印 数: 3001~5000 册

书 号: ISBN 7-113-02281-2/TU·493

定 价: 15.50 元

版权所有 盗印必究

凡购买铁道版的图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 请与本社发行部调换。

# 前 言

本书是为高等学校交通土建工程专业(原铁道工程、桥梁工程及隧道工程专业)专修科铁路工程地质课程编写的教材。教学时数为 50 学时。

本书是在各铁路高等院校工程地质课教师多年从事铁、桥、隧专业大专教学经验的基础上编写的。根据 1991 年国家教委武汉教材会议的精神和铁道部铁、桥、隧专业教学指导委员会的决议,铁路高校工程地质课程指导小组讨论确定了本书编写大纲,希望这本专科教材具有“突出针对性、适用性,注意理论的应用与实践技术训练”的特点。为此,与本科工程地质教材相比:对基本理论部分进行了精简,又能保持其系统性与科学性;加强了理论与实际应用的紧密联系,把岩土的工程性质与岩土的地质性质安排在第一章内讲述;并新增加了第五章铁路工程地质问题的内容;大大加强了应用部分,基本满足了工程部门和工程课教师提出的要求。由于第五章是首次编入教材,因此,希望通过教学实践不断积累经验加以改进。在使用第五章内容进行教学时,可以根据各校教师的情况有一定的灵活性。

本书由西南交通大学李隽蓬主编,钱惠国协编,北方交通大学满开言主审。绪论、第一章和第三章由李隽蓬编写,第二章、第四章、第五章和第六章由钱惠国编写。

由于编者水平所限,书中缺点、错误在所难免,热忱欢迎读者提出批评和指正。

编 者

1996 年元月

# 目 录

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 绪 论                   | 1   |
| 第一章 岩石和土              | 3   |
| 概 述                   | 3   |
| 第一节 主要造岩矿物            | 4   |
| 第二节 岩浆岩               | 8   |
| 第三节 沉积岩               | 12  |
| 第四节 变质岩               | 17  |
| 第五节 岩石的工程性质           | 21  |
| 第六节 特殊土及其工程性质         | 36  |
| 第二章 地质构造              | 54  |
| 第一节 岩层及岩层产状           | 54  |
| 第二节 褶皱构造              | 58  |
| 第三节 断裂构造              | 61  |
| 第四节 地层年代及地质图          | 72  |
| 第三章 第四纪松散沉积物和地下水      | 83  |
| 第一节 水的地质作用概述          | 83  |
| 第二节 地表水的地质作用和第四纪松散沉积物 | 84  |
| 第三节 地下水               | 91  |
| 第四章 铁路地质灾害            | 106 |
| 第一节 滑坡                | 106 |
| 第二节 崩塌、岩堆             | 114 |
| 第三节 泥石流               | 118 |
| 第四节 岩溶                | 124 |
| 第五章 铁路工程地质问题          | 131 |
| 第一节 路基工程地质问题          | 131 |
| 第二节 桥梁工程地质问题          | 141 |
| 第三节 隧道工程地质问题          | 146 |
| 第六章 铁路工程地质勘测          | 161 |
| 第一节 铁路工程地质勘测的目的、任务和程序 | 161 |
| 第二节 铁路工程地质勘测方法        | 162 |
| 参考文献                  | 169 |

# 绪 论

## 一、铁路工程地质在铁路建设中的作用

工程地质学是地质学的一个分支,是应用地质学的基本知识为工程建设服务的一门科学。工程地质学主要研究与工程建设密切相关的岩体、土体、水体、地质构造及各种地质作用所提供的工程地质条件和环境,评价这些工程地质条件和环境的优劣,预测工程建设与周围自然地质环境相互作用的发展趋势,并提出相应的工程措施,以确保工程建筑物的稳定和正常使用。

铁路工程地质是工程地质学的重要组成部分,它主要研究铁路通过地区及各种铁路建筑物如路基、桥梁、隧道、车站等建筑场地的工程地质条件对线路及建筑物的影响。铁路工程与其它一些工程如水利水电、房屋建筑等工程相比,有其自身的特点。铁路工程线路长、建筑工点多,线路及建筑物位置的选定,不仅要考虑工程地质条件的优劣,还要根据政治、经济、军事等多方面的要求而定,很难完全避开工程地质条件不良地段。因此,研究如何避开、控制和改善不良的工程地质条件,成为铁路工程地质的重要内容。

一条铁路的设计质量高低和施工方案的合理性,往往受到工程地质条件的很大影响,特别是在复杂的地形、地质条件下,取决于对工程地质条件的认识和掌握的程度。解放前,我国只在沿海和平原地区修筑了少量铁路,铁路工程地质工作几乎是空白。刚刚进入陇海路西段山区的宝天线,由于没有进行必要的地质工作,在施工过程中,发生大量的崩塌、滑坡、河岸冲刷、泥石流等工程地质问题,直到1949年也未能正常通车运营。解放后,国家历年都拨出大量经费进行维修、整治,长期被称为铁路“盲肠”。

随着新中国大规模经济建设的进行,作为国民经济先行官的铁路建设也得到迅速发展。1949年以来,我国新建了3万多公里铁路,遍布全国各地。从1952年开始,在铁路部门正式建立了铁路工程地质体制,系统地开展了工程地质工作。通过40多年来丰沙、蓝烟、成渝、黎湛、宝成、鹰厦、川黔、成昆等几十条铁路的建设实践,我国铁路工程地质科学、技术得到了重大发展和进步,取得了丰富的经验和深刻的教训,为铁路建设的顺利进行作出了重要贡献。多年来,大量的铁路建设实践,特别是山区铁路和复杂地质地段铁路的建设实践表明,只要充分认识到铁路工程地质工作的重要性,工程地质工作做得深入细致,工程地质条件掌握得全面透彻,即使工程地质条件比较复杂,也能建成高质量的铁路;反之,即使在工程地质条件比较简单地段,由于忽视了铁路工程地质工作,往往也会发生问题。

位于我国西南边陲的成(都)一昆(明)铁路,是一条在政治、经济、国防上都具有重要意义的干线铁路。但是,成昆线纵贯我国西南横断山的断裂构造带,沿线地形、地质条件异常复杂,曾被称为“世界地质博物馆”,某些外国专家实地考察后预言成昆线很难建成。国务院和铁道部非常重视这些复杂和困难的条件,领导不仅组织了全路工程地质专家和技术人员开展了大会战,还多次组织全国工程地质专家进行“会诊”和研究,结合地质条件选线,保证了成昆铁路顺利建成,许多地质复杂地段线路位置的选择和工程设计获得成功的实例举世公认。

工程地质学自本世纪 30 年代前后形成,几十年来随着大规模工程建设发展的需要,逐渐成为一门比较成熟的学科,特别是近十几年来国内外大型水电站、大跨度地下洞室、长大深埋隧道、高达 500m 以上的露天矿边坡、高层建筑等重大工程建设的实践,使工程地质学的理论和技术水平有了迅速的发展和较大的提高。我国铁路工程地质工作者为适应铁路建设发展的需要和工程地质学科的迅猛发展,作出了自己的贡献,取得了很大的成绩,可以从 80 年代四个突出的事例得到证明:第一个是京广线上的大瑶山双线隧道,长 14.3km,是我国最长的隧道,采用了施工地质预报、工程地质课题科研攻关等措施,有力地配合了先进的施工技术,使大瑶山隧道顺利建成通车;第二个是大秦线上的军都山隧道,地质条件复杂,在路内外工程地质专家的共同努力下,成功地建成通车;第三个是西安—安康线上的秦岭越岭隧道,其选线工作采用了遥感地质选线、综合地质勘测及增加勘测子阶段等措施,取得了满意的结论;第四个是包兰线防沙治沙成果,经过 20 多年的实践考验,获得国家科技进步特等奖。此外,铁路工程地质工作在山区铁路病害整治方面,如滑坡、崩塌的分析、处理等;在岩溶、泥石流地区的选线和防治方面;在黄土、膨胀土、软土、盐渍土和冻土地区修建铁路方面等,都有独特的经验和成就。

## 二、本课程主要内容及学习要求

本课程主要内容可分为两大部分:基础地质部分和工程地质部分。

基础地质部分包括岩石和土的成因类型、地质特征及其工程性质;地质构造基本类型及特征;地表水的地质作用及地下水的基本类型、特征。岩土、构造和水是地质环境中最基本的三要素,不同地区和工程建筑场地,三要素的类型和特征各不相同,对工程建筑物构成了不同的工程地质环境和条件,有时则形成不同的不良地质现象和工程地质问题。基础地质是掌握工程地质必不可少的基本理论和知识。

工程地质部分包括常见的铁路地质灾害及铁路工程地质问题,这些灾害或问题的形成、特征、发展、危害及防治措施;铁路工程地质勘测。

本课程是大专铁、桥、隧专业的技术基础课。通过本课程的学习,应使学生获得铁路工程地质的基本理论知识,能阅读一般的地质资料;基本掌握常见的铁路地质灾害、铁路工程地质问题对铁路路基、桥梁、隧道及车站建筑物的影响和防治措施。要求学生能在工作中初步应用上述所学的理论知识和技能,密切结合具体工程的工程地质条件进行新线施工、既有线改造和病害工点整治等工作。

# 第一章 岩石和土

## 概 述

### 一、地球及地壳的概念

地球是太阳系九大行星之一,是人类生存和活动的地方。地球的形状被称为旋转椭球体,赤道半径为 6378km,极地半径为 6357km,平均半径为 6371km。地球的表面积为 5 亿  $\text{km}^2$ ,其中陆地占 29.3%;海洋占 70.7%。地球的体积为 1 万亿  $\text{km}^3$ 。

地球的内部构造是很复杂的,根据地球物理测量的资料,地球内部具有分层的结构特点,可称为地球内部圈层构造(图 1—1),从地心到地表可分为地核、地幔和地壳三个圈层。

地核:地表以下 2900km 至地心,主要由铁、镍等金属物质组成。推测其压力可达  $36 \times 10^4 \text{MPa}$ ,温度为  $3000 \sim 5000^\circ\text{C}$ ,密度为  $16 \sim 18 \text{g/cm}^3$ 。

地幔:地表以下 33~2900km 之间部分,也称中间层,主要由铁、镁硅酸盐物质组成。压力由几千兆帕到 14 万兆帕,温度为  $1500 \sim 3000^\circ\text{C}$ ,密度为  $3.32 \sim 5.66 \text{g/cm}^3$ 。

地壳:地球表面一层坚硬的壳体,由岩石组成。地壳平均厚度为 33km,大陆地壳较厚,我国西藏高原地区地壳厚达 70~80km,海洋底地壳较薄,太平洋西部玛利亚纳海沟处地壳厚仅 5~6km。人类的工程活动都是在地壳表层进行的,一般都不会超过 1km 深,最深的金矿矿井和钻孔深度也都在 12km 以内。

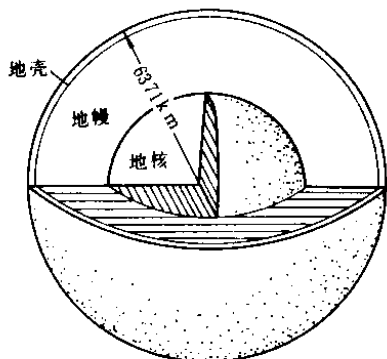


图 1—1 地球内部圈层构造

### 二、矿物及岩石的概念

地壳是由岩石组成的,岩石是由矿物组成的,矿物则是由各种化合物或化学元素组成的。目前,在地壳中已发现 90 多种化学元素,它们在地壳中的含量和分布都很不均匀,其中氧、硅、铝、铁、钙、钠、钾、镁、钛和氢十种元素按重量计占元素总量的 99.96%,而氧、硅、铝三元素就占了 88.17%(见表 1—1)。

地壳中的化学元素多数以化合物状态出现,少数以单质元素状态存在。因此,多数矿物由化合物组成,例如石英( $\text{SiO}_2$ )、方解石( $\text{CaCO}_3$ )和正长石( $\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$ )等;少数为单质元素组成的矿物,例如石墨(C)和天然硫(S)等。

矿物是天然生成的、具有一定物理性质和一定化学成分的物质,是组成地壳的基本物质单位。它们在地壳中按一定的规律共生组合在一起,形成由一种或几种矿物组成的天然集合体,岩石就是矿物的天然集合体。主要由一种矿物组成的集合体称单矿岩,例如由石英组成的石英

岩和由方解石组成的石灰岩等;由两种或更多种矿物组成的集合体称复矿岩,例如由石英、正长石及少量角闪石、黑云母组成的花岗岩等。

地壳主要化学元素重量百分比 表 1—1

| 元素 | 符号 | 重量比(%) | 元素 | 符号 | 重量比(%) |
|----|----|--------|----|----|--------|
| 氧  | O  | 46.95  | 钠  | Na | 2.78   |
| 硅  | Si | 27.88  | 钾  | K  | 2.58   |
| 铝  | Al | 8.13   | 镁  | Mg | 2.06   |
| 铁  | Fe | 5.17   | 钛  | Ti | 0.62   |
| 钙  | Ca | 3.65   | 氢  | H  | 0.14   |

(本表引自 Scientific American, 1970)

人类工程建设活动都是在地壳上或地壳中进行的,因此,必须充分了解和掌握工程建筑物周围地壳岩石的特性。岩石的形成过程决定了岩石的地质特征,不同岩石的地质特征具有不同的工程特性,从而对工程建筑物有不同的影响。本章重点是按岩石的形成过程,把地壳中的岩石分为三大类:岩浆岩、沉积岩和变质岩,并分别讨论常见岩石的地质特征,为进一步掌握岩石工程特性的评价打下基础。

第一节 主要造岩矿物

自然界中已被发现的矿物约 3000 种,其中能够组成岩石的矿物被称为造岩矿物。主要造岩矿物是指在岩石中经常见到、明显影响岩石性质、对鉴定和区别岩石种类起重要作用的矿物,约有 20~30 种。岩石中的矿物组成是岩石重要地质特征之一。

一、矿物的形态及主要物理性质

当我们使用简单工具及肉眼观察,对矿物进行鉴定识别时,矿物的形态及主要物理性质对其工程特性的利用具有重要意义。

(一)矿物的形态

1. 结晶质矿物与非晶质矿物

绝大多数矿物呈固态,只有极个别矿物呈液态(如石油和天然汞等)和气态(如天然气)。固态矿物又可分为结晶质和非晶质两大类,主要造岩矿物多为固态结晶质。

结晶质矿物的内部质点(原子、分子和离子)在三维空间呈有规律的周期性重复排列,形成空间结晶格子构造。因此,当晶体生长速度较慢、周围又有自由空间时,就能形成由自生晶面包围的、本身固有的规则几何外形称为自形晶或单晶体。例如岩盐的立方晶体格架(图 1—2)。但是,在自然界中这种发育良好的自形晶体很少见到,因为在晶体生长过程中,受生长速度和周围环境的限制,晶体发育不完整,形成了不规则外形的晶粒,称为他形晶体。造岩矿物多为粒状他形晶体的集合体,它们虽然不具有规则的几何外形,但仍具有不受颗粒大小和形状影响的内部结晶构造。

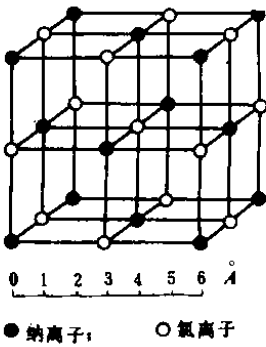


图 1—2 岩盐的立方晶体格架

非晶质矿物的内部质点排列没有一定规律,故不具有规则的几何外形。非晶质矿物分为玻

璃质矿物和胶体质矿物两种。前者是高温熔融体迅速冷凝而成,如火山喷出的岩浆迅速冷凝生成的黑曜岩,就属于火山玻璃物质;后者是由胶体溶液沉淀或干涸而成,如硅质胶体沉淀而成的蛋白石( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ )。

## 2. 矿物的形态

常见的单晶体矿物形态有:

片状、鳞片状——如云母、绿泥石等;

板状——如长石、板状石膏等;

柱状——如长柱状的角闪石和短柱状的辉石等;

立方体状——如岩盐、黄铁矿、方铅矿等;

菱面体状——如方解石等;

菱形十二面体状——如石榴子石等。

常见的矿物集合体形态有:

粒状、块状、土状——矿物在空间三个方向上接近等长的集合体形态。若晶粒间边界较明显,称粒状集合体,如橄榄石等;若肉眼不易分辨晶粒边界的称块状集合体,如石英等;疏松多孔的块状称土状集合体,如高岭土等;

鲕状、豆状、肾状——具有同心构造、近圆球或椭球形的集合体形态。象鱼卵大小的集合体称鲕状,如方解石等;近似黄豆大小的集合体称豆状,如赤铁矿等;比豆状更大的则为肾状,不规则球形的集合体可称葡萄状等;

纤维状——如石棉、纤维石膏等;

钟乳状——如钟乳石(方解石)、褐铁矿等。

## (二)矿物的光学性质

### 1. 矿物的颜色和条痕

矿物的颜色是矿物对光线吸收和反射的物理性能的表现,矿物的化学成分和内部结构决定了矿物固有的颜色。例如黄铁矿是铜黄色;橄榄石呈橄榄绿色;磁铁矿则为黑色等。矿物的固有颜色称自色;但由于矿物是天然产出的,很容易混入少量其它杂质,从而改变了矿物的固有颜色,呈现出受杂质影响的颜色,称为他色。例如石英纯质时是无色透明的,含有不同杂质时可呈现出乳白、灰色、紫色、烟黑等他色。用自色可作为鉴定矿物的特征之一,不可用他色鉴别矿物。观察矿物颜色时应取岩矿标本的新鲜面,不可在风化面上观察。颜色的描述可采用标准色谱(红、橙、黄、绿、青、蓝、紫)或对比实物颜色(如玫瑰红、砖红色、乳白色、草绿色等)。

矿物的条痕是指矿物粉末的颜色。由于浅色矿物的条痕大多为无色或与矿物本身颜色相同的浅色;深色矿物的条痕则有两种类型;一种是矿物颜色与条痕颜色相同,如磁铁矿颜色与条痕均为黑色;另一种是矿物颜色与条痕有较大差别,如黄铁矿为铜黄色,条痕为黑色;角闪石为黑绿色,条痕为淡绿色;辉石为黑色,条痕为浅棕红色等。因此,条痕只对某些深色不透明或半透明矿物有鉴定意义。

### 2. 矿物的透明度

矿物能够透过光线的程度称矿物的透明度。透明度大小与矿物吸收和反射光线的能力密切相关,吸收和反射能力越强,透过的光线越少。根据透明度大小,可将矿物分为三类:

(1)透明矿物——多数非金属矿物为透明矿物,如单晶石英组成的水晶、纯净方解石组成的冰洲石等;

- (2)半透明矿物——部分非金属矿物为透明与不透明之间的矿物,如滑石等;
- (3)不透明矿物——全部金属矿物为不透明矿物,如黄铁矿、磁铁矿、方铅矿等。

观察对比矿物的透明度,应在相同厚度条件下进行,肉眼观察可在矿物碎片边缘进行。

### 3. 矿物的光泽

矿物表面反射光线的能力称光泽。按反射光线的强弱,矿物光泽可有下列几种:

- (1)金属光泽:反光强烈,光辉闪耀,如黄铁矿、方铅矿等。
- (2)半金属光泽:反光较强,如磁铁矿等。一般具有金属和半金属光泽的矿物都是不透明矿物。

(3)非金属光泽:为大多数透明和半透明矿物的光泽,又可分为:金刚光泽、玻璃光泽、油脂光泽、珍珠光泽、丝绸光泽、蜡状光泽和土状光泽等。

### (三)矿物的力学性质

#### 1. 矿物的硬度

矿物抵抗外力刻划和磨擦的能力称硬度。目前最广泛应用的方法,是对比摩氏硬度计(见表 1—2)中十种已定硬度的矿物来确定待定矿物的相对硬度。例如,经过刻划试验对比,石墨的硬度与滑石近似,可定为硬度 1 度;云母的硬度介于石膏和方解石之间,可定为 2~3 度等。矿物的硬度主要取决于内部质点间的结合强度。

摩 氏 硬 度 计 表 1—2

| 硬 度 | 矿物名称 | 硬 度 | 矿物名称 |
|-----|------|-----|------|
| 1   | 滑 石  | 6   | 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  |

#### 2. 矿物的劈开和断口

矿物晶体在外力敲击下,沿晶面方向裂开的性能称劈开,也称解理,裂开面称劈开面或解理面。矿物的劈开性能完全取决于矿物内部的结晶构造,与矿物外部宏观形状无关。根据矿物劈开发育程度的不同,可分为:

- (1)极完全劈开:矿物极易沿一组晶面方向破裂成薄片,劈开面平整、光滑。如云母等。
- (2)完全劈开:矿物容易沿三组晶面方向破裂成块状或板状,劈开面平整、光滑。如方解石、岩盐等。
- (3)中等劈开:矿物沿两组晶面方向裂开成板状或块状,两方向劈开面多呈不连续、不平坦的阶梯状晶面,其它方向则为无规则的断裂面。如长石、角闪石、辉石等。
- (4)无劈开:肉眼鉴定不易发现劈开面或实际上无劈开面,前者如橄榄石,后者如单晶体石英和单晶体黄铁矿、刚玉和磁铁矿等。

实际无劈开的矿物在外力敲击下,可沿任意方向发生无规则的断裂破碎,其断裂面称断口。断口不平整、不光滑,常呈各种形状,如贝壳状断口(见图 1—3)、参差



图 1—3 单晶石英的  
贝壳状断口

状断口、锯齿状断口和平坦状断口等。

#### (四)矿物的其它特殊性质

前述矿物的形态及主要物理性质在鉴定矿物时被广泛采用。少数矿物具有某些特殊的物理化学性质,应用这些特殊性质鉴定个别矿物则是简便有效的。例如云母薄片有弹性;绿泥石和滑石有挠性;重晶石在浅色透明矿物中比重最大;磁铁矿有磁性;方解石上滴稀盐酸剧烈起气泡等。

## 二、主要造岩矿物及其鉴定特征

(一)石英( $\text{SiO}_2$ ):发育好的石英单晶为六方锥柱(见图 1—3),通常为块状或粒状集合体;纯净透明石英晶体称水晶,是无色的,一般为白、灰白、乳白色,含杂质时呈现紫、红、烟、茶等各种他色;晶面玻璃光泽,断口或集合体为油脂光泽,无劈开,断口贝壳状;硬度 7;比重 2.65。

(二)长石:是地壳中分布最广的矿物,约占地壳重量的 50%。长石是一大族矿物,包括三个基本类型:钾长石 $[\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)]$ 、钠长石 $[\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)]$ 、钙长石 $[\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)]$ 。钾长石中最常见的是正长石;以不同比例钠长石和钙长石混熔而组成各种斜长石。

1. 正长石:单晶为短柱状或厚板状,集合体为粒状或块状;在岩石中常呈肉红、浅黄、浅玫瑰色;有两组完全正交的劈开面,粗糙状断口,劈开面上玻璃光泽;硬度 6;比重 2.54~2.57。

2. 斜长石:单晶为板状或柱状,集合体呈粒状;白色或灰白色;有两组接近正交的劈开面(交角  $86^\circ 24'$ ),粗糙状断口;玻璃光泽;硬度 6~6.5;比重 2.61~2.75。

(三)云母:是含有钾、铁、镁、铝等多种金属阳离子的铝硅酸盐矿物。按所含阳离子的不同,主要有白云母和黑云母。

1. 白云母 $[\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2]$ :单晶常呈板状、片状,薄片无色透明,有弹性,集合体呈片状、鳞片状,细鳞片状集合体则称绢云母;集合体微显浅黄、浅绿、浅灰色,一个方向劈开极完全;玻璃光泽,劈开面珍珠光泽;硬度 2.5~3;比重 2.76~3.12。

2. 黑云母 $[\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{F}, \text{OH})_2]$ :单晶与集合体形态同白云母;成分中富铁的称铁黑云母,富镁的( $\text{Mg}:\text{Fe} > 2:1$ )称金云母;集合体通常为黑色;一个方向劈开极完全;珍珠光泽;硬度 2.5~3;比重 3.02~3.12。

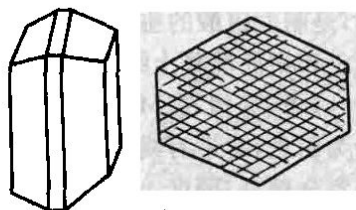


图 1—4 角闪石长柱状单晶及横截面图

(四)普通角闪石 $[\text{Ca}_2\text{Na}(\text{Mg}, \text{Fe})_4(\text{Al}, \text{Fe})\{(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{11}\}_2(\text{OH})_2]$ :单晶或集合体均常呈长柱状或针状,集合体有时呈粒状或块状;颜色暗绿至黑色;玻璃光泽;有两组完全劈开,劈开面交角  $56^\circ$  和  $124^\circ$ (见图 1—4);硬度 5~6;比重 3.1~3.3。

(五)普通辉石 $[\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6]$ :单晶或集合体常呈短柱状或粒状,集合体有时呈块状;黑褐或黑色;玻璃光泽;有两组完全劈开,劈开面交角  $87^\circ$  和  $93^\circ$ (见图 1—5);硬度 5.5~6;比重 3.23~3.56。

角闪石与辉石的许多性质接近,主要区别是:角闪

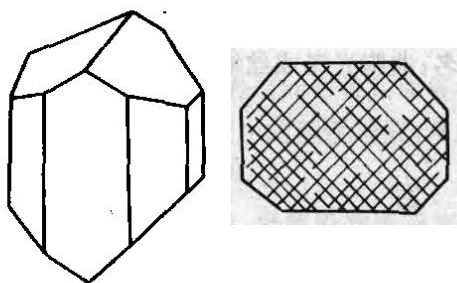


图 1—5 辉石短柱状单晶及横截面图

石多黑绿、晶体细长、横断面成六边形、两组劈开面斜交、常见于中、基性侵入岩和变质岩中；辉石多黑色、晶体短粗、横断面成八边形、两组劈开面接近正交、常见于基性、超基性岩中。

(六)橄榄石 $[(\text{Mg}, \text{Fe})_2(\text{SiO}_4)]$ ：通常呈粒状集合体出现；浅黄绿至橄榄绿色；晶面玻璃光泽，断口油脂光泽；中等劈开，断口贝壳状；硬度大 6.5~7；比重 3.3~3.5；性脆。

(七)方解石 $[\text{CaCO}_3]$ ：标准单晶为菱形六面体，集合体多为粒状，无色透明者称冰洲石；一般为白色、灰色，因含杂质高有时呈浅黄、黄褐、浅蓝等色；玻璃光泽；三组完全劈开；硬度 3；比重 2.6~2.8；滴冷盐酸剧烈起泡。

(八)白云石 $[\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2]$ ：晶体形态同方解石；纯者白色，含杂质者可呈浅黄、灰褐等色；玻璃光泽；三组完全劈开，但劈开面多弯曲不平直；硬度 3.5~4；比重 2.8~2.9；滴热盐酸有起泡反应；滴冷盐酸起泡不明显，但再滴紫红色镁试剂可变蓝色。

(九)硬石膏 $[\text{CaSO}_4]$ 和石膏 $[\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ ：

硬石膏单晶常呈板状、柱状，集合体有粒状、块状等；纯者无色透明，一般为白色；玻璃光泽；有三组完全劈开；硬度 3~3.5；比重 2.8~3.0。硬石膏在一般大气压下，遇水生成石膏，同时体积膨胀约 30%，这种膨胀有时对工程建设造成严重危害。

石膏单晶呈板、柱、片状，集合体有纤维状或块状等；无色透明者称透石膏，一般白色，含杂质可为浅黄、灰、褐色；平面反光为玻璃光泽，纤维状反光为丝绢光泽；一组劈开极完全；硬度 2；比重 2.30~2.37。

(十)高岭石 $[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4]$ ：单晶极细小，肉眼不可见，集合体多为土状或块状；纯者白色，含杂质者可显浅黄、浅灰、浅红、浅绿等颜色；土状光泽；硬度 1~2；比重 2.58~2.61；干燥块体有粗糙感，易捏碎成粉末，吸水性强，潮湿时具有可塑性。

(十一)黄铁矿 $[\text{FeS}_2]$ ：单晶为立方体，集合体常为粒状或块状；铜黄色；条痕为黑色；强金属光泽；无劈开；断口参差状；硬度 6~6.5；比重 4.9~5.2；黄铁矿是地壳中分布最广泛的硫化物，是制取硫酸的主要矿物原料。岩石中的黄铁矿易氧化分解成铁的氧化物和硫酸，从而对混凝土和钢筋混凝土结构物产生腐蚀作用。

(十二)滑石 $[\text{Mg}_3(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2]$ ：单晶少见，通常为致密块状、片状或鳞片状集合体；纯净者为白色，常带有浅黄、浅绿、浅褐等色；晶面呈珍珠光泽或玻璃光泽，断口呈油脂光泽；有一组极完全劈开；硬度 1；比重 2.7~2.8；薄片透明或半透明；无弹性而具有挠性；有滑腻感。

(十三)绿泥石 $[(\text{Mg}, \text{Al}, \text{Fe})_3\{(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}\}(\text{OH})_2]$ ：绿泥石是一族种类繁多的矿物，是一种很复杂的铝硅酸盐化合物。多呈片状或鳞片状集合体出现在温度不高的热液变质岩中；暗绿色；劈开面呈珍珠光泽；有一组极完全劈开；硬度 2~2.5；比重 2.60~2.85；薄片有挠性。绿泥石与滑石、云母类矿物的特性有很多相近处，由这些矿物为主组成的岩石强度低且易风化。

(十四)蛇纹石 $[\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4]$ ：通常为块状或纤维状集合体；一般为深绿色，而条痕为白色或淡绿色，有的具有斑点状花纹，类似蛇皮，因而得名；油脂光泽或丝绢光泽；断口贝壳状；硬度 2.5~3；比重 2.5~2.7。

## 第二节 岩 浆 岩

### 一、岩浆作用及岩浆岩形成的过程

#### (一)岩浆和岩浆作用

岩浆是一种存在于上地幔和地壳深处、以硅酸盐为主要成分、富含挥发性物质、处于高温(700~1300℃)、高压(高达数千大气压)状态的熔融体。按照岩浆中所含  $\text{SiO}_2$  数量的多少,可把岩浆分为酸性的、中性的、基性的和超基性的四种,它们的性质可参看表 1—3。

岩浆按  $\text{SiO}_2$  含量的分类表

表 1—3

| 岩浆类型 | $\text{SiO}_2$ 含量 | 颜 色         | 稀 稠         | 比 重         |
|------|-------------------|-------------|-------------|-------------|
| 酸性的  | >65%              | 浅<br>↕<br>深 | 稠<br>↕<br>稀 | 轻<br>↕<br>重 |
| 中性的  | 65%~52%           |             |             |             |
| 基性的  | 52%~45%           |             |             |             |
| 超基性的 | <45%              |             |             |             |

在地下深处,处于相对平衡状态下的岩浆,一旦受到地壳运动的影响,就发生由高温、高压的地下深处沿地壳中的软弱、开裂地带向相对低温、低压的地表方向运动,岩浆的这种运动称岩浆作用。岩浆上升运动未到达地表,在地下某个深度即冷却凝固,称为岩浆侵入作用;若岩浆沿地壳裂缝一直上升至地表面,在地面冷却凝固,称为岩浆喷出作用,也称火山作用。

## (二)岩浆岩及其产状

1. 岩浆岩的形成:在岩浆作用后期,岩浆冷却凝固形成的岩石称为岩浆岩。经岩浆侵入作用形成侵入岩,岩浆冷凝位置离地表深的形成深成侵入岩,离地表浅的形成浅成侵入岩;岩浆经喷出作用形成喷出岩或火山岩。

2. 岩浆岩的产状:是指岩浆冷凝成岩体的形态、大小及其与周围岩体之间的相互关系,因此,岩浆岩的产状既与岩浆的性质密切相关,也受到周围岩体、环境的影响。

(1)岩基:是规模最大的岩体,属深成侵入岩的产状,基底埋藏深,多为花岗岩所组成。常有围岩碎块落入岩基内,成为捕虏体(见图 1—6)。

(2)岩株:是岩基上突出伸入围岩中的岩体,规模仅次于岩基,也属于深成侵入岩的产状。岩株的形状多为不规则,宏观呈树枝状(见图 1—6)。

(3)岩盘:在围岩层间,形状如透镜状或倒扣的盘子状的岩体,也称岩盖。岩盘多为粘性较大的酸性岩浆浅成侵入岩的产状(见图 1—6)。

(4)岩床:在围岩层间形状如厚板状的岩体。岩床多为粘性较小的基性岩浆,浅成侵入岩的产状(见图 1—6)。

(5)岩墙和岩脉:岩浆沿着近垂直的围岩裂隙侵入,所形成的岩体称为岩墙(见图 1—6),厚度由数米到数百米,长度由数米到数千米。岩浆侵入围岩的各种断层或裂隙,形成的脉状岩体称为岩脉,厚度由数毫米到数米,长度由数厘米到数十米。岩墙和岩脉都属于浅成侵入岩的产状。

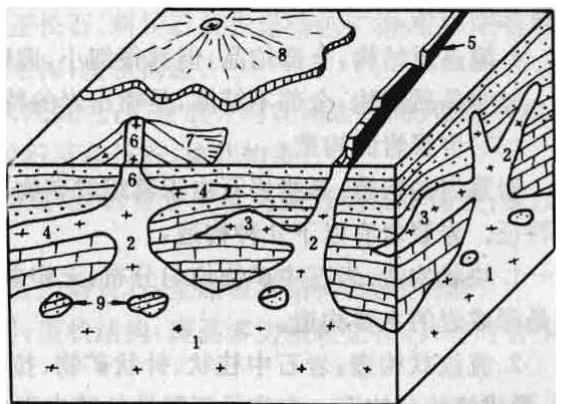


图 1—6 岩浆岩的产状示意图

1—岩基;2—岩株;3—岩盘;  
4—岩床;5—岩墙;6—火山颈;  
7—岩钟;8—岩流;9—捕虏体。

(6)火山颈:是火山喷发时岩浆在火山口通道里冷凝形成的岩体,呈近直立的不规则圆柱形岩体,属于浅成与喷出之间形成的产状(见图 1—6)。

(7)岩钟:粘度大的酸性岩浆在喷出火山口后,于火山口周围凝结而成的钟状或锥状岩体,又称火山锥,属喷出岩的产状(见图 1—6)。

(8)岩流:粘度小的基性岩浆在喷出火山口后迅速向低处流动,边流动边凝固而形成的岩体,故称岩流(见图 1—6),由于它在较大范围内呈一定厚度盖在地面上,也称岩被,属喷出岩的产状。

## 二、岩浆岩的特征

岩浆岩的地质性质主要包括岩浆岩的结构、构造和矿物成分三项内容,它们都是由岩浆岩的形成过程决定的,也是鉴定岩浆岩的特征。

### (一)岩浆岩的结构

岩浆岩的结构是指岩浆岩的结晶程度、矿物晶粒大小(绝对大小和相对大小)、晶粒形态及晶粒间的相互关系。岩浆岩有以下几种结构:

1. 全晶粒状结构:矿物全部结晶,肉眼可见晶粒,晶粒大小均匀。按晶粒大小又可分为粗粒(晶粒大于 5mm)、中粒(晶粒在 5~1mm 之间)、细粒(晶粒小于 1mm)。是深成岩常见的结构。

2. 结晶斑状结构:矿物全部结晶,肉眼可见晶粒,晶粒大小不均,大于 5mm 以上的粗大晶粒(称为斑晶)被较小晶粒包围(称基质)。又称似斑状结构。是深成岩结构之一。

3. 斑状结构:矿物全部结晶,但肉眼只能看到粗大晶粒(多为大于 5mm 之浅色石英、长石晶体),包围粗大晶粒的基质则为极细小的肉眼不可分辨的晶粒,这种实际上结晶但晶粒极细小以致肉眼不可分辨的结构称为隐晶质,即斑状结构为粗大斑晶被隐晶质基质所包围。是浅成岩常见的结构。

4. 隐晶质结构:全部结晶,但都很细小,肉眼不可分辨。是浅成岩和喷出岩常见的结构。

5. 非晶质结构:全部不结晶,是喷出岩的特有结构。

### (二)岩浆岩的构造

岩浆岩的构造,是指岩石由于其组成矿物在空间的排列与充填方式不同,所反映出来的外貌特征。岩浆岩有以下几种构造:

1. 块状构造:岩石中矿物均匀分布,无定向排列现象,呈匀称的块体。是大多数岩浆岩、特别是深成岩的主要构造。

2. 流纹状构造:岩石中柱状、针状矿物、拉长的气孔及不同颜色的条带,相互平行、定向排列,形成流纹状构造。它常见于酸性的喷出岩中。

3. 气孔状构造:岩石中含有大小不一的气孔。它常见于喷出岩中,当喷出的岩浆中含有较多气体或挥发性成分时,随着岩浆在地表迅速冷却凝固形成岩石的同时,这些气体或挥发物逸出,原储存的位置留下了大小不等的气孔。

4. 杏仁状构造:具有气孔状构造的岩石,在岩石生成后,其气孔中逐渐充填了某些次生矿物,如石英、方解石等,称为杏仁状构造,常见于喷出岩中。

### (三)岩浆岩的矿物成分

岩浆岩中最常见的主要矿物有石英、正长石、斜长石、黑云母、角闪石、辉石、橄榄石等。根据各种矿物在岩浆岩中的含量及其在分类定名中的作用,可以把岩浆岩中的矿物分为主要矿

物和次要矿物。

三、岩浆岩的分类及常见岩浆岩的鉴定特征

(一)岩浆岩的分类

表 1—4 所列岩浆岩的分类,是以手标本肉眼鉴定为基础,以岩浆岩的产状、结构、构造及矿物成分的特征为根据,列出了主要的分类及岩石名称。

岩浆岩分类表 表 1—4

| 成因<br>产状<br>构造<br>结构 |          |                          |  | 颜 色                 | 浅←→深              |                            |                            |                   |                     |
|----------------------|----------|--------------------------|--|---------------------|-------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|---------------------|
|                      |          |                          |  | 岩 类                 | 酸 性               |                            | 中 性                        | 基 性               | 超基性                 |
|                      |          |                          |  | SiO <sub>2</sub> 含量 | >65%              |                            | 65%~52%                    | 52%~45%           | <45%                |
|                      |          |                          |  | 主 要 矿 物             | 石 英<br>正长石<br>斜长石 | 正长石<br>斜长石                 | 角闪石<br>斜长石                 | 斜长石<br>辉 石        | 橄榄石<br>辉 石          |
|                      |          |                          |  | 次 要 矿 物             | 云 母<br>角闪石        | 角闪石<br>黑云母<br>辉 石<br>石英<5% | 辉 石<br>黑云母<br>正长石<br>石英<5% | 橄榄石<br>角闪石<br>黑云母 | 角闪石<br>基性斜长石<br>黑云母 |
| 喷出岩                  | 岩钟<br>岩流 | 气孔状<br>杏仁状<br>流纹状<br>块 状 |  | 非晶质<br>(玻璃质)        | 黑曜岩、浮岩等           |                            |                            |                   | 少见                  |
|                      |          |                          |  | 隐晶质<br>斑 状          | 流纹岩               | 粗面岩                        | 安山岩                        | 玄武岩               | 少见                  |
| 浅成岩                  | 岩床<br>岩墙 | 块状                       |  | 斑状<br>全晶细粒          | 花岗斑岩              | 正长斑岩                       | 闪长玢岩                       | 辉绿岩               | 少见                  |
| 深成岩                  | 岩株<br>岩基 |                          |  | 似斑状全<br>晶中粗粒        | 花岗岩               | 正长岩                        | 闪长岩                        | 辉长岩               | 橄榄岩<br>辉岩           |

(二)常见岩浆岩的鉴定特征

- 1. 花岗岩:灰白、肉红色;主要矿物为石英、正长石、斜长石及少量暗色矿物,正长石比斜长石多,暗色矿物多为角闪石或黑云母;全晶粒状结构;块状构造。
- 2. 花岗斑岩:也称斑状花岗岩,一般为灰红、浅红色;矿物成分与花岗岩相同;似斑状结构,斑晶多为石英或正长石粗大晶粒,基质多为细粒石英和长石,块状构造。
- 3. 流纹岩:多浅红、浅灰色或浅灰紫色;隐晶质结构,常含少量可见石英细小晶粒;流纹状构造,常可见被拉长的细小气孔。
- 4. 正长岩:浅灰或肉红色;主要矿物为正长石及斜长石;全晶粒状结构;块状构造。
- 5. 正长斑岩:颜色和矿物成分与正长岩相同;斑状结构,斑晶多为粗粒正长石,有时含少量粗粒斜长石,基质为微晶或隐晶的长石颗粒。
- 6. 粗面岩:灰色或浅红色;斑状或隐晶质结构;成分与正长岩相同;块状构造;断裂面多粗糙不平而得名。
- 7. 闪长岩:灰色或灰绿色;主要矿物成分为角闪石和斜长石;全晶粒状结构;块状构造。
- 8. 闪长玢岩:灰绿、灰褐色;矿物成分同闪长岩;斑状结构,斑晶主要为板状灰白色斜长石粗大晶粒,基质为黑绿色隐晶质;块状构造。
- 9. 安山岩:有灰、棕、绿等色;多为隐晶质结构;块状构造。
- 10. 辉长岩:深灰、黑绿至黑色;主要矿物成分为斜长石及辉石;全晶粒状结构;块状构造。
- 11. 辉绿岩:多灰绿至黑绿色;矿物成分同辉长岩;多为“辉绿结构”或隐晶质结构,“辉绿结构”是指辉石微晶充填于斜长石微晶的空隙中;块状构造。

12. 玄武岩:灰黑、黑绿至黑色;多为隐晶质结构;常见块状构造、气孔状构造或杏仁状构造。
13. 橄榄岩:橄榄绿或黄绿色;主要矿物成分为橄榄石和少量辉石;全晶粒状结构;块状构造。
14. 辉岩:灰黑、黑绿至黑色;主要矿物成分为辉石和少量橄榄石;全晶粒状结构;块状构造。
15. 黑曜岩:浅红、灰褐至黑色;几乎全部为玻璃质组成的非晶质结构;块状构造。
16. 浮岩:灰白、灰黄色;为岩浆中的泡沫物质在地表迅速冷凝而成,非晶质结构;气孔状构造。

### 第三节 沉 积 岩

#### 一、沉积岩的形成过程

沉积岩是地球表面最常见的岩石,虽然从体积上看沉积岩只占地壳岩石总体积的 7.9%,但从在地球表面所分布的面积看,沉积岩却占陆地总面积的 75%。

沉积岩是在地表或靠近地表的常温常压条件下,由原岩(早期形成的岩浆岩、沉积岩或变质岩)经过风化破碎、风化产物的搬运、沉积及成岩作用四个过程而形成的岩石。

##### (一)原岩风化破碎

原岩经过风化作用(详见本章第五节)后的产物,是构成沉积岩的主要物质来源,被称为沉积物。此外,在特定环境和条件下,大量生物遗体堆积而成的有机物也是沉积物的一部分。风化产物按其性质可分为三种:一是大小不等的岩石和矿物碎屑,称为碎屑沉积物,大者可有体积达数  $10\text{m}^3$  的岩石巨块,小者则为粒度仅有  $0.05\sim 0.005\text{mm}$  的粉砂粒;二是颗粒小于  $0.005\text{mm}$  的粘土颗粒,称为粘土沉积物;三是以离子或胶体分子形式存在于水中的化学成分,例如矿物中的 K、Ca、Na、Mg 等成分溶解于水中,形成离子状态真溶液;而 Al、Fe、Si 等元素的氧化物、氢氧化物难溶于水,但它们的细小质点分散到水中形成胶体溶液。这些化学成分可统称为化学沉积物。

##### (二)风化产物的搬运和沉积

原岩风化产物除少部分残留在原地外,大部分要经过搬运后再沉积到异地。搬运介质有水、风、重力和冰川等。

##### 1. 碎屑和粘土沉积物的搬运和沉积

碎屑和粘土沉积物以机械搬运(或称物理搬运)方式为主,有悬浮、跳跃和滚动三种搬运方式。

由流水搬运的物质,在搬运过程中因受碰撞和磨蚀而棱角逐渐消失,成为卵圆或滚圆外形,碎块圆化程度称磨圆度,搬运距离愈长磨圆度愈高。

当流水的流量、流速逐渐减小时,被搬运的沉积物按其大小、比重和形状的不同,先后沉积下来,停止搬运。颗粒大的比小的先沉积,重的比轻的先沉积,球状的比片状的先沉积。沉积在同一地段的沉积物,其颗粒大小均匀的程度称为分选性,颗粒大小接近的分选性好,颗粒大小悬殊的分选性差。