

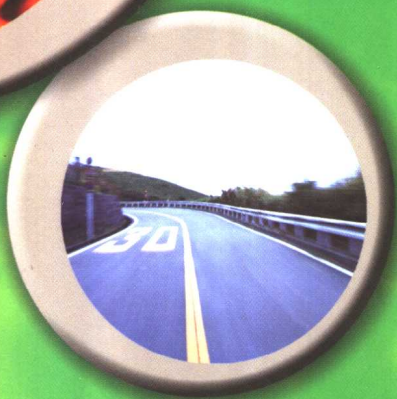
中等职业教育国家规划教材配套教材

土 工 技 术

【 公路与桥梁专业 】

● 李中秋 主编

● 游金梅 主审



人民交通出版社

中等职业教育国家规划教材配套教材

Tugong Jishu

土工技术

(公路与桥梁专业)

李中秋 主编
游金梅 主审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书分两篇讲述地质基础知识和土力学。主要包括:矿物与岩石、地质构造、地貌、地下水、常见不良地质现象以及它们与公路工程建设的关系;土中应力计算,土的压缩性与地基沉降计算,地基承载力,土压力计算,挡土墙设计和土坡稳定分析的基本方法。全书共 11 章。

本书为中等职业教育公路与桥梁专业国家规划教材的配套教材,亦可供工程技术人员学习参考

图书在版编目(CIP)数据

土工技术/李中秋主编. —北京:人民交通出版社,
2003.7
ISBN 7-114-04718-5

I.土... II.李... III.土工学 IV.TU4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 048650 号

中等职业教育国家规划教材配套教材

土 工 技 术

(公路与桥梁专业)

李中秋 主编

游金梅 主审

正文设计:姚亚妮 责任校对:张莹 责任印制:杨柏力

人民交通出版社出版

(100013 北京和平里东街 10 号 010 64216602)

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经销

北京鑫正大印刷有限公司印刷

开本:787×1092 1/16 印张:12 字数:296 千

2003 年 8 月 第 1 版

2003 年 8 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:0001—5000 册 定价:23.00 元

ISBN 7-114-04718-5

前 言

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》,落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的“职业教育课程改革和教材建设规划”,教育部于 2001 年全面启动了中等职业教育国家规划教材建设工作。交通职业教育教学指导委员会路桥工程学科委员会于 2001 年 11 月组织全国交通职业学校(院)的教师,根据教育部最新颁布的公路桥梁专业主干课程教学基本要求,编写了中等职业教育国家规划教材(工程测量、道路材料试验、公路工程施工技术、钢筋混凝土结构、路面结构、桥梁构造与施工、公路工程管理、公路养护与管理共 8 种),经全国中等职业教育教材审定委员会审定后,于 2002 年 7 月在人民交通出版社出版发行。

根据教育部《中等职业学校公路与桥梁专业教学指导方案》中专业课程设置的要求,路桥工程学科委员会在启动主干课程教材编写的同时,着手与之配套的教材的组织编写工作。经过广泛征求意见及建议,通过多次讨论,最后选定《工程制图》(附《工程制图习题集》)、《应用力学》、《土工技术》、《公路几何设计》、《公路小桥涵设计》、《施工监理基础》、《施工机电基础》、《高速公路简介》共 8 种教材作为中等职业教育国家规划教材的配套教材。

本套教材在编写中注意了与主干课程教材的合理衔接,融入了全国各交通职业学校(院)公路与桥梁专业的教学改革成果,结合最新的技术标准、规范以及公路科技进步等情况,具有较强的针对性;较好地贯彻了素质教育的思想,力求体现以人为本的现代理念,从交通行业岗位群的知识与技能要求出发,并结合对学生动手能力、创新能力、职业道德方面的要求,提出教学目标,组织教学内容,在教材的理论体系、组织结构、内容描述上与传统教材有了明显的区别。

《土工技术》是中等职业教育国家规划教材配套教材之一,讲述地质学基础知识和土力学。主要包括:矿物与岩石、地质构造、地貌、地下水、常见不良地质现象以及它们与公路工程建设的关系;土中应力计算,土的压缩性与地基沉降计算,地基承载力,土压力计算,挡土墙设计和土坡稳定分析的基本方法。全书共 11 章。书后附有本课程的“教学基本要求”,供各院校在进行教学组织和安排时参考。

参加本书编写工作的有:河北交通职业技术学院李中秋(编写绪论,第一、二、三、十一章)、徐辉(编写第六、七、九章),吉林交通职业技术学院齐丽云(编写第四、五章),山西交通职业技术学院张美珍(编写第八章),湖北交通职业技术学院游金梅(编写第十章),全书由李中秋主编,游金梅主审,浙江交通职业技术学院郭发忠担任责任编委。

限于编者经历及水平,教材内容很难反映全国各地的实际情况,希望各教学单位在积极选用和推广新教材的同时,注意总结经验,及时提出修改意见和建议,以便再版修订时改正。

交通职业教育教学指导委员会
路桥工程学科委员会

2003 年 4 月

目 录

绪论.....	1
---------	---

第一篇 地质学基础知识

第一章 矿物与岩石.....	3
第一节 地壳与地质作用.....	3
第二节 造岩矿物.....	5
第三节 岩浆岩.....	9
第四节 沉积岩	12
第五节 变质岩	14
第六节 岩石风化	17
第二章 地质构造	21
第一节 地史的基本知识	21
第二节 地质构造	25
第三节 阅读地质图	32
第三章 地貌	38
第一节 概述	38
第二节 山岭地貌	40
第三节 流水地貌	43
第四节 平原地貌	49
第四章 地下水	51
第一节 概述	51
第二节 地下水类型	52
第三节 地下水的物理性质和化学成分	55
第四节 地下水对公路工程的影响	57
第五章 常见的不良地质现象	58
第一节 崩塌	58
第二节 滑坡	60
第三节 泥石流	64
第四节 岩溶	66
第五节 地震	68

第二篇 土 力 学

第六章 土中应力	72
第一节 概述	72
第二节 自重应力计算	73
第三节 基础底面的压力分布	74

第四节 附加应力计算	77
第七章 土的压缩性与地基沉降计算	90
第一节 概述	90
第二节 固结试验	91
第三节 荷载试验	94
第四节 分层总和法计算沉降	96
第五节 饱和土体渗透固结的概念	100
第八章 土的强度和地基承载力	102
第一节 概述	102
第二节 土的抗剪强度与直剪试验	103
第三节 极限平衡条件与三轴剪切试验	104
第四节 地基容许承载力	108
第九章 作用于支挡结构上的土压力	117
第一节 概述	117
第二节 静止土压力计算	118
第三节 朗金土压力理论	120
第四节 库伦土压力理论	125
第五节 填土面上有荷载时库伦公式的应用	130
第六节 库伦理论在复杂情况下的近似应用	135
第十章 挡土墙设计	137
第一节 概述	137
第二节 重力式挡土墙的构造与布置	139
第三节 挡土墙计算	143
第十一章 土坡的稳定分析	152
第一节 概述	152
第二节 无粘性土坡的稳定分析	154
第三节 粘性土土坡的稳定性分析	155
第四节 土坡稳定分析中一些问题的讨论	163
附录一 课程实验(实验一至实验五)	165
附录二 各种地质符号	177
附件 《土工技术》教学基本要求	179
地质实习教学基本要求	183
参考文献	185

绪 论

《土工技术》是公路与桥梁专业的一门技术基础课,主要研究工程建筑的地质条件,以及建筑物建成后地基所受到的影响和可能发生的变化,并提出保证建筑物稳定和正常使用的措施。该课程不仅与普通课及其它技术基础课有着知识之间的关联或相互渗透,而且对专业课的学习起着铺垫作用。

《土工技术》包括地质学和土力学两部分内容。地质学部分以公路工程地质为主线,对地质学、工程地质学等有关方面的基本理论知识与技能进行讨论;土力学部分以天然土体作为研究对象,从土的力学性能角度,研究土在外荷载作用下引起的力学方面的变化规律,讨论地基承载力、基础沉降量和作用在挡土结构上的土压力等工程实际问题。为了让初学者了解本课程,下面就本课程的研究对象、学习内容、学习目的和方法进行介绍。

一、地质学

地质学是研究地球的一门学科。主要研究地球表层的物质组成、结构构造、发展历史与演化规律等。由于人类活动主要是在地表进行的,所以地质学的研究对象准确的说是地球的表层——地壳。地质学作为一门独立的科学是 18 世纪下半叶到 19 世纪 30 年代逐渐形成的,至今已派生出许多分支学科。在理论方面:有研究地壳物质组成的矿物学、岩石学和矿床学;有研究各种地质作用的动力地质学;有研究地壳变动的构造地质学、地质力学等;有研究地球形成历史和演化规律的地史学、地层学等。在应用地质学方面,随着人类活动和科学技术的发展,也形成了许多独立的学科,如工程地质学、水文地质学、石油地质学、海洋地质等。研究地质学不仅要有数学、物理、化学、天文、生物、气象等方面的科学知识,还要有机械钻探、化学分析、物理勘探、高温高压试验、航空测量与摄影、卫星遥感测量、电子计算等先进的技术手段。其中许多先进技术,也是我们公路与桥梁工程勘测、设计所不可缺少的手段。

人类的工程活动都是在一定的地质环境中进行的。工程活动的地质环境亦称工程地质条件,通常包括岩性、地质构造、地貌、水文地质、自然地质现象和天然建筑材料等。我国地域辽阔,自然条件复杂,在工程建设中常常遇到各种各样的自然条件和地质问题,它会直接影响建筑物的稳定和正常使用。如在开挖高边坡时,忽视地质条件,可能引起大规模的崩塌或滑坡,不仅增加工程量,延长工期和提高造价,甚至危及施工安全。我国在 20 世纪 50 年代建成的武汉长江大桥,其地质条件非常复杂,7 号桥墩的位置就处在断层上。由于技术人员在勘察中对该地区的地质条件掌握较为透彻,在设计中采取了有效措施进行处理,经过近 50 年的使用目前仍然运行良好。因此,作为工程技术人员,必须具备一定的地质知识,才能正确处理好公路建设与自然地质条件的相互关系。

二、土力学

土力学是工程力学的一个分支,主要研究与工程建筑有关的土的应力、应变、强度和稳定性等力学问题。由于土是一种天然的地质产物及土的分散性,使得土力学除了适用一般连续

体力学的基本原理外,还应结合土的实际情况进行研究。在土力学计算中所提出的一些力学计算模型,土的计算参数必须通过土的现场勘察及室内土工试验测定,因此土力学是一门实践性很强的学科。

土力学始于 18 世纪,1773 年法国的库伦(Coulomb)发表了著名的砂土抗剪强度公式和土压力理论计算公式。1869 年英国朗金(Rankine)又从强度理论方面提出与之结果相同,且能应用于粘性土的土压力理论。1885 年法国的布辛奈斯查(Boussinesq)得出了半无限弹性体在竖向力作用下的应力和变形的理论。1922 年瑞典的费伦纽斯(Fellenius)为解决铁路滑塌问题,提出了土坡稳定分析方法。这些古典的理论和方法为土力学成为一门独立的学科奠定了初步的理论基础。1925 年美国土力学家太沙基(Terzaghi)《土力学》专著的问世,使土力学成为了一门独立的学科。自 1936 年成立了国际土力学基础工程学会,并举行了第一次国际学术会议起。至今已召开了十几次国际会议,每年还要举办专题讨论会。到 1957 年这门学科又进入力学新时期,现代科技成就,尤其是电子技术渗入了土力学基础工程的研究领域,使其在基本理论、计算方法、实验技术及设备诸方面都得到了快速发展。在基本理论方面,如岩石本构关系的研究,将各种应力—应变—时间的非线性模型应用于实际问题;在计算方法方面,广泛采用计算机用数值计算方法解决以往无法解决的复杂边界和初始条件及不均匀土层问题;在实验技术和设备方面,采用动、静三轴仪,离心模型机,触探仪,压力仪等广泛应用计算机程序控制试验过程,使土力学理论与实践的结合产生了新的飞跃。

三、本课程的任务及学习方法

本课程的主要任务是在路桥工程中能从技术的角度去认识和解决有关工程地质方面的问题、墙背土压力问题和边坡稳定问题。通过课堂教学与实验教学使学生受到一些基本技能的训练,具备分析评价一般地质问题的能力,会进行土应力计算、基础沉降计算、土压力计算、地基承载力的确定、挡土墙设计及边坡稳定分析。为今后能完成路桥工程勘测、设计及施工工作打下良好的基础。

本课程是一门实践性较强的学科。在教学中应用辩证唯物主义观点,由浅入深、循序渐进,尽量采用现代化教学手段进行教学。为增强学生的感性认识,加强实践性教学,应安排适当的试验,以巩固课堂所学的理论知识,提高学生的实际动手能力。特别是土力学中必须着重认识土的特点,然后才能使用土力学的基本知识,去正确地解决道路与桥梁工程中的土工问题。

第一篇 地质学基础知识

第一章 矿物与岩石

地壳是由各种各样的岩石组成的,岩石是由矿物组成的。矿物的成分、性质及其在各种地质因素作用下所发生的变化,都会对岩石的工程性质产生影响。因此在从事各项工程建设活动中,就要首先了解岩石及岩石在各种地质条件下的变化,进而对岩石的工程性质作出评价。

第一节 地壳与地质作用

一、地壳

地球是太阳系中九大行星之一,其形状是一个平均半径约为 6371km 的旋转椭球体。它的内部结构很复杂,根据物质成分、状态和性质的不同,可划分为内部圈层和外部圈层两部分。外部圈层可分为大气圈、水圈和生物圈;内部圈层可分为地壳、地幔和地核。

地壳是指地球外表的一层薄壳,其厚度各地有很大的差异性,平均厚度约为 33km。地壳是由岩石组成的。根据岩石的物质组成,地壳可分为硅铝层和硅镁层。上地壳为硅铝层,密度约为 $2.6 \sim 2.7\text{g/cm}^3$,平均厚度约为 5 ~ 6km,构成硅铝层的岩石相当于花岗岩,又称花岗岩质层。下地壳为硅镁层,密度约为 3.3g/cm^3 。构成硅镁层的岩石相当于玄武岩,又称玄武岩质层。

地幔是指地面下 33 ~ 2 900km 之间的部分,也称为中间层。主要由铬、铁、镁及硅酸盐等物质组成,密度接近地球的平均密度,约为 5.52g/cm^3 。据推测,在深度 50km 以内是固体状态的物质,再向下即逐渐变为熔融状态。这种熔融状态的物质,称为岩浆。

地核是指地面下 2 900 ~ 6 371km 之间的部分,主要由铁、镍等金属组成,其比重大、密度高,构成地球的核心。根据科学推测,在地心处压力高达 360 万个大气压,温度可达 $4\,000 \sim 6\,000^\circ\text{C}$,密度约为 16.0g/cm^3 。在这里由于温度高、压力大,物质的熔点高,所以地核处于一个特殊的物质状态。

地壳表面的热学状态,主要决定于太阳的辐射热能。由于地球的自转和公转运动,地球表面某一范围接受的太阳辐射热量按日按季节而变化。这种变化使太阳辐射热量的影响从地面往下逐渐减弱,如北京地区到地面下 12 ~ 14m 深处的地方其热能影响已经基本消失,大致保持着相当于或稍高于当地全年平均气温的温度,这个地温终年不变的地带,习惯上称为常温层。从常温层往下,地温随着深度而不断升高,深度每增加 1km,温度上升约为 30°C 。据推算,在地幔的上部,温度约为 $1\,000^\circ\text{C}$ 左右,在地幔的下部即地面下 2 900km 处,温度可达 $2\,000^\circ\text{C}$ 。地球

内部的这种高温现象,可以由温泉、火山爆发等大家所熟知的现象得到证实。地球内部巨大的热量,主要是由于地球内部放射性物质不断释放热能的缘故。

地壳的物质成分是很复杂的,就其化学元素的组成讲,包括了元素周期表中所有化学元素。地壳是由各种化学元素组成的,根据地球化学分析,在地壳中已发现有 90 多种元素,但各元素的含量极不均匀,其中最主要的是下列几种,它们约占地壳总质量的 99.96%。

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

地壳中的这些化学元素,绝大多数是呈化合物的状态存在,如 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (石膏)、 SiO_2 (石英)等等;只有极少数呈自然元素单独存在,如 C(金刚石)、S(硫磺)、Au(自然金)等等。这些天然的化合物和元素称为矿物。所有这些天然矿物都具有一定的化学成分和物理性质,是组成地壳的基本物质。但是在地壳中,经常见到的是由一种或多种矿物以一定的规律共生在一起的集合体,这些由一种或多种矿物以一定规律组成的自然集合体叫做岩石。由一种矿物组成的岩石,叫单矿岩,如石灰岩就是由方解石组成的单矿物岩石;由两种或两种以上的矿物组成的岩石,叫复矿岩,如花岗岩主要是由正长石、石英和云母等矿物组成的复矿岩。

可以看出,矿物是组成岩石的单位物质。我们只有具备矿物的基本知识,才能为以后学习好岩石创造有利的条件。

二、地质作用

地壳自形成以来,一直处在不停的运动和变化之中。如某个地区可能遭受挤压褶皱形成高山,某个地区可能会凹陷形成海洋;高山不断遭受剥蚀被夷为平地,沧海又不断被泥土充填变成桑田;坚硬的岩石破碎成为松软泥沙,而松软泥沙不断沉积形成新的岩石。在地质历史发展的过程中,促使地壳物质组成、构造和地表形态不断变化的作用统称为地质作用,由地质作用所引起的各种自然现象称为地质现象。

地质作用是由各种自然力产生的,按照这些自然力来源的不同,可分为由地球内部能量引起地球发生变化的内动力地质作用和由地球外部能量引起地壳形态发生变化的外动力地质作用。

(一)内动力地质作用

内动力地质作用是由地球的转动能、重力能和放射性元素蜕变产生的热能等所引起的。根据动力和作用方式可分为如下几种类型:

1. 地壳运动

由内部能源引起地壳结构和面貌发生改变或相对位移的运动为地壳运动。按地壳运动的方向可分水平运动和升降运动。地壳运动不断地改变地壳的原始状态,当地壳受到挤压、拉张、扭转等应力时,便形成各种各样的构造形态。地壳运动在内力地质作用中是诱发地震作用、影响岩浆作用和变质作用的重要条件,也影响外动力地质作用的强度和变化。因此,地壳运动在地质作用的总概念中是带有全球性的主导因素。

2. 岩浆作用

岩浆,通常是指 40 ~ 100km 深处、呈高温粘稠状的、富含挥发组分、成分复杂的硅酸盐熔融体。岩浆在高温高压下常处于相对平衡状态,但当地壳运动使地壳出现破裂带,或其上覆岩层受外力地质作用发生物质转移时,造成局部压力降低,打破了岩浆的平衡环境,岩浆就会向低压方向运动,这种现象称为岩浆活动。当其侵入地壳上部或喷出地表冷凝成的岩石称岩浆岩。岩浆作用使围岩发生变质现象,同时引起地形改变。

3. 变质作用

由于地壳运动、岩浆作用等引起物理和化学条件发生变化,促使岩石在固体状态下改变其成分、结构和构造的作用为变质作用。变质作用形成各种不同的变质岩。

4. 地震

地震是地壳的快速振动现象,地壳运动和岩浆作用都能引起地震。

(二)外动力地质作用

由来自外部能源所引起的地质作用主要有太阳辐射能,天体引力能及其它行星、恒星对地球的辐射等。其具体表现方式有风化、剥蚀、搬运、沉积和成岩作用。

1. 风化作用

由于太阳辐射,大气、水和生物等风化营力的作用,地壳表层的岩石发生崩解、破碎以至逐渐分解等物理和化学的变化则称为风化作用。风化作用是外力作用中较为普遍的一种,在大陆的各种地理环境中,都有风化作用在进行。其作用在地表最显著,随着深度的增加,其影响就逐渐减弱以至消失。风化作用使岩石逐渐破裂,转变为碎石、砂和粘土等。

2. 剥蚀作用

通过风力、地面流水、地下水、湖泊、海洋和生物等各种外动力因素,把风化后的松散物从岩石表面搬离原地,并以风化物为工具,参与对岩石、矿物进行风化破坏的过程,统称为剥蚀作用。剥蚀作用在破坏组成地壳物质的同时,也不断地改变着地表的基本形态。

3. 搬运作用

风化剥蚀的产物,通过风力、流水、冰川、湖水、海水以及生物的动力,被搬离母岩后,随着动能力量的大小而转移空间的过程,称为搬运作用。搬运与剥蚀往往是在同一种动力下进行的。例如风和流水在剥蚀着岩石的同时,又将剥蚀得来的岩屑搬走。按搬运动力因素的不同,可以分为风的搬运作用、流水的搬运作用和冰川的搬运作用等。

4. 沉积作用

被搬运的物质,由于搬运能力减弱,搬运介质的物理化学条件发生变化或由于生物的作用,从搬运介质中分离出来,形成沉积物的过程,称为沉积作用。按其沉积方式可以分为:机械沉积、化学沉积和生物沉积。

5. 成岩作用

使松散堆积物固结为岩石的过程,称为成岩作用。在固结过程中,要经历物理的压实作用和化学的胶结作用。当沉积物达到一定厚度时,上覆沉积物的静压力使矿物颗粒互相靠紧,发生脱水,孔隙减小,体积压缩,密度增大,再通过孔隙中水溶胶结物质的化学沉淀,将松散碎屑物胶结、凝聚起来;同时,随着沉积物的埋深而升温、加压,使其中细粒矿物发生化学反应进行结晶而固化成岩。可见,此时地球的内能对成岩作用有着很大的意义。

内力作用总的趋势是形成地壳表层的基本构造形态和地壳表面大型的高低起伏。而外力作用则是破坏内力作用形成的地形或产物,总的趋势是削高补低,形成新的沉积物,并进一步塑造了地表形态。内、外力地质作用在漫长地质年代里是使地壳发生不断演变的强大动力因素,研究各种地质作用的运动规律是地质学的主要任务之一。

第二节 造岩矿物

矿物是指自然界中具有一定的化学成分和物理性质的自然元素和化合物。自然元素是指

由单一元素组成的物质,如自然铜、金刚石等,绝大多数矿物是以化合物的形式存在的,如石英、方解石等。其中构成岩石的矿物称为造岩矿物。

一、矿物的一般知识

矿物是构成岩石的基本物质,目前自然界已被发现的矿物约 3 300 多种,其中构成岩石的矿物有 30 余种。自然界中的矿物绝大多数呈固体状态存在,也有少数呈液体(石油)和气体(天然气)状态存在。造岩矿物一般为固体状态。

矿物按其结晶程度可分为结晶质和非结晶质。造岩矿物绝大部分是结晶质的,结晶质的基本特点是组成矿物的元素质点(离子、原子或分子),在矿物内部按一定的规律重复排列,形成稳定的格子构造(如图 1-1 和图 1-2)。在生长过程中如条件适宜,能生成被若干天然平面所包围的固定的几何形态,但绝大多数矿物在发育时受空间条件的限制往往不具有规则的外形。非结晶质矿物的内部质点排列没有一定的规律性,所以外表不具有固定的几何形态。

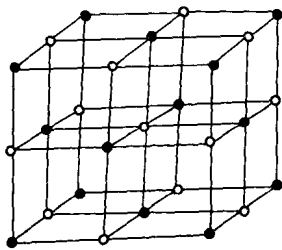


图 1-1 食盐格子构造

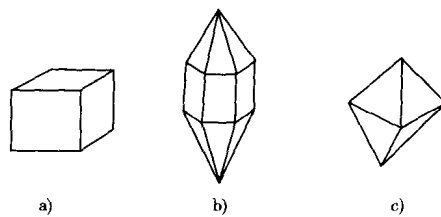


图 1-2 矿物晶体的几何外形

a)食盐;b)石英;c)金刚石

矿物按其形成的原因可分为三种,即原生矿物、次生矿物和变质矿物。原生矿物是由岩浆作用形成的,如石英、云母等;次生矿物是通过一系列的外力地质作用形成的,如方解石、白云石等;变质矿物是通过变质作用形成的,如绿泥石、石榴子石等。

二、矿物的物理性质

矿物的物理性质主要是由它的内部构造和化学成分决定的。不同的矿物其化学成分和内部构造是不同的。其主要物理性质包括矿物的形态、颜色、条痕、透明度、光泽、解理、断口、硬度等。

1. 矿物的形态

指矿物晶体外形和集合体的状态。每种矿物一般都具有一定的形态,因而可以帮助识别矿物。常见晶体形状有柱状、粒状、纤维状、板状、片状、结核状等。集合体的形态主要有纤维状、钟乳状、鲕状、土状和块状等。

2. 颜色

指矿物新鲜面显示的颜色。它是矿物最明显、最直观的物理性质,常以标准色谱的红、橙、黄、绿、青、蓝、紫,以及白、灰、黑来说明矿物颜色。根据矿物产生的原因可分为自色、他色和假色。矿物本身所固有的颜色为自色,自色对鉴定矿物具有重要的意义。他色是由于矿物混入了某些杂质所引起的,与矿物本身的成分无关。假色是由于某种物理原因(如光的折射、散射)所引起的。

3. 条痕

条痕是矿物粉末的颜色,一般指矿物在白色无釉瓷板上擦划时所留下的粉末痕迹。条痕对不透明、深色、金属矿物具有鉴定意义。

4. 光泽

矿物反射光线的能力称为矿物的光泽。根据反光强弱用类比方法分为金属光泽、半金属光泽和非金属光泽。绝大多数造岩矿物属非金属光泽。

非金属光泽包括:①玻璃光泽,反射较弱,如同玻璃表面所呈现的光泽;②油脂光泽,如同油脂反光一样;③丝绢光泽,如同丝绢反光一样;④珍珠光泽,如同珍珠表面所呈现的光泽。还有蜡状光泽、土状光泽等。

矿物遭受风化后,光泽就会有不同程度的降低,如玻璃光泽变为油脂光泽等。

5. 透明度

矿物透过光线的程度称为矿物的透明度。肉眼鉴定矿物时,根据透明度的差别分为透明矿物(如水晶、冰洲石)、半透明矿物(蛋白石)和不透明矿物(磁铁矿、黄铁矿)。透明度是相对的概念,通常矿物的透明度与厚度变化有关,同样的矿物,厚度越大透明度越差。

6. 硬度

矿物抵抗外力刻划和摩擦的能力称为矿物的硬度。一般确定矿物硬度时常用两种矿物相对刻划的方法确定,国际公认的“摩氏硬度计”以常见的 10 种矿物为标准,从低到高分 10 级,见表 1-1。

摩氏硬度计

表 1-1

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

在野外鉴别矿物硬度时,还可采用简易鉴定方法来测试其相对硬度,即利用指甲(2~2.5)、小刀(5~5.5)、玻璃片(5.5~6)和钢刀(6~7)等粗略判定。矿物的硬度是指单个晶体的硬度,而纤维状、放射状等集合方式对矿物硬度有影响,难以测定矿物的真实硬度。

7. 解理与断口

矿物受外力打击后能沿一定方向裂开成光滑平面的性质称为解理,其裂开的面为解理面。根据解理发育的程度可将解理分为极完全解理(如云母)、完全解理(如方解石)、中等解理(如长石)和不完全解理(如磷灰石)。

具有解理的矿物严格受其内部格子构造的控制,形成解理的组数不同、矿物各异。有的沿着一组平行方向发育的称为一组解理,有的沿两个方向发育的为二组解理,还有的沿三个方向发育的为三组解理等(图 1-3)。

矿物在外力打击下,沿任意方向发生不规则的破裂称断口。断口按其形状可分为贝壳状(如石英)、参差状(如黄铁矿)、锯齿状(如石膏)和平坦状(如高岭石)。对于某种矿物来说,解理与断口的发生常互为消长的关系,越容易出现解理的方向越不易发生断口。

8. 其他性质

矿物除上述几种物理性质外,有些矿物还具有独特的性质,如磁性、弹性、挠性、发光性、人的感官感觉等。在鉴定矿物时,要善于抓住主要矛盾,注意比较各种矿物的异同点,找出各种矿物的特殊点。

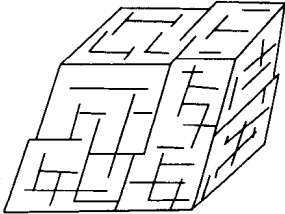


图 1-3 方解石的三组解理

三、常见的造岩矿物

矿物的种类繁多,一种矿物之所以不同于别的矿物,是由于其化学成分、内部构造和物理性质三个方面有别于其它矿物。下面介绍最常见的造岩矿物。

石英(SiO_2)

石英(SiO_2)无色,因含杂质等可呈各种颜色,无解理,断口有油脂光泽,硬度 7 度,透明度较好,晶形为六方柱状、锥状,集合体为晶簇状,玻璃光泽,化学性质稳定,抗风化能力强,含石英越多的岩石,岩性越坚硬。石英广泛分布在各种岩石和土层中,是重要的造岩矿物。

正长石(KAlSi_3O_8)

呈短柱状或厚板状,颜色为肉红色或黄褐色或近于白色,玻璃光泽,硬度 6 度,中等解理,两组解理面近于 90° 正交,易于风化,完全风化后形成高岭石、绢云母、铝土矿等次生矿物。

斜长石 [$m\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8) \sim \sim \sim n\text{Ca}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$]

呈长柱状、板条状,白色至暗灰色,玻璃光泽,硬度 6 度,中等解理,两组解理面呈 86° 左右斜交,易于风化,解理面上有细条纹,其成分以 Na^+ 为主的称为酸性斜长石,以 Ca^{2+} 为主的称基性斜长石,二者之间的为中性斜长石。斜长石是构成岩浆岩最主要的矿物。

白云母 [$\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$]

呈片状、鳞片状,薄片无色透明,珍珠光泽,硬度 2~3 度,薄片有弹性,一组极完全解理,具有高的电绝缘性,抗风化能力较强,主要分布在变质岩中。

黑云母 [$\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$]

呈片状、板状,颜色深黑,其他性质与白云母相似,易风化,风化后可变成蛭石,薄片失去弹性。当岩石含云母较多时,其强度降低。黑云母广泛分布于岩浆岩和变质岩中。

角闪石 [$\text{NaCa}_2(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_5[(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$]

呈长柱状、针状,颜色暗绿至黑色,玻璃光泽,硬度 6 度,中等解理,两组解理交角 56° ,较易风化,风化后可形成粘土矿物、碳酸盐及褐铁矿等,多产于中、酸性岩浆岩和某些变质岩中。

辉石 ($\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al}$) [$(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6$]

呈短柱状、粒状,黑色,玻璃光泽,中等解理,两组解理面交角 87° ,较易风化,多产于基性或超基性岩浆岩中。

橄榄石 (Mg, Fe) $_2[\text{SiO}_4]$

呈粒状集合体,橄榄绿色,玻璃光泽,硬度 6.5~7 度,断口贝壳状,常见于超基性岩浆岩中,易风化。

方解石 (CaCO_3)

呈菱面体或六方柱,无色或乳白色,玻璃光泽,硬度 3 度,三组完全解理,与稀盐酸有起泡反应。方解石是组成石灰岩的主要成分,用于制造水泥和石灰等建筑材料;也可用作电气及炼钢的熔剂等。

白云石 [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$]

菱面体,集合体呈块状,灰白色,硬度为 3.5~4 度,遇稀盐酸时有微细气泡。

石膏 [$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$]

集合体呈致密块状或纤维状,一般为白色,硬度为 2 度,玻璃光泽,一组完全解理,广泛用于水泥、建筑、医学等方面。

粘土矿物,泛指各种形成粘土的矿物。

高岭石 $[\text{Al}_4(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_8]$

常呈致密块状、土状，白色，土状光泽，硬度近于 1 度，干燥时粘舌，易捏成粉末，湿润具有可塑性。

蒙脱石 $[(\text{Al}_2\text{Mg}_3)(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$

呈土状、块状，白色，土状光泽，硬度为 1 度，吸水性很强，吸水后体积可膨胀几倍至十几倍，具有很强的吸附力和阳离子交换性能。

伊利石 $[\text{K} < 1\text{Al}_2[(\text{Al}, \text{Si})\text{Si}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$

呈块状，白色，不具膨胀性和可塑性，因产于美国伊利诺斯州而得名。

蛇纹石 $[\text{Mg}_6(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_8]$

集合体呈致密块状，颜色黄绿，腊状光泽，硬度 2.5 ~ 3.5 度，断口平坦，可作室内装饰材料，为富镁质超基性岩等变质后形成的主要变质矿物，常与石棉共生。

绿泥石 $[(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})[(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}][\text{OH}]_8]$

集合体为隐晶质土状或片状，浅绿到深绿色，玻璃光泽，一向中等解理，薄片有挠性无弹性，硬度 2 ~ 2.5 度，强度较低，是长石、辉石、角闪石、橄榄石等的次生矿物，在变质岩中分布最多。

滑石 $[\text{Mg}_3(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2]$

集合体呈致密块状，白色、淡黄色、淡绿色，珍珠光泽，硬度 1 度，富有滑腻感，为工业上常用原料，是富镁质超基性岩、白云岩等变质后形成的主要变质矿物。

石榴子石 $[\text{A}_2\text{B}_2(\text{SiO}_4)_3]$

晶体菱形十二面体或粒状，颜色随成分而异，玻璃光泽，硬度 6.5 ~ 7.5 度，无解理，主要用作研磨材料。

黄铁矿 $[\text{FeS}_2]$

立方体，颜色为浅黄铜色，金属光泽，不规则断口，硬度为 6 ~ 6.5 度，易风化，风化后生成硫酸和褐铁矿，常见于岩浆岩和沉积岩的砂岩和石灰岩中。

第三节 岩 浆 岩

一、岩浆岩的形成

岩浆是处于地壳深处高温、高压状态下呈流动状态的复杂成分的硅酸盐熔融体。岩浆经常处于活动状态中，当地壳发生变动或受到其它内力作用时，它就会沿地壳的软弱带或裂缝上升，侵入地壳中或喷发到地表来，由于温度降低使之冷凝形成了岩浆岩。

岩浆岩按其生成环境可分为侵入岩和喷出岩。岩浆侵入地壳内部，在高温下缓慢冷却结晶而成的岩浆岩，称为侵入岩。如果在岩浆源附近凝结的称深成侵入岩；如果是在接近地表不远的地段凝结而成的岩石称浅成侵入岩。岩浆喷出地表冷凝而成的岩石称喷出岩。

岩浆岩生成的空间位置和形状大小称岩浆岩的产状。按照岩浆活动和冷凝成岩的情况，岩浆岩体可具有各种复杂的产状(如图 1-4 所示)。喷出岩的产状有熔岩流、熔岩被、火山堆等；侵入岩的产状有岩基、岩株、岩盘、岩床、岩脉、岩墙等。

二、岩浆岩的主要特征

1. 岩浆岩的矿物组成

组成岩浆岩的矿物大约有 30 多种,主要的只有十几种,按照它们的化学成分和颜色可以分为硅铝矿物(浅色)和硅镁矿物(深色),前者主要是长石、石英和白云母,后者主要是黑云母、角闪石、辉石和橄榄石。

岩浆岩的矿物成分既可反映岩石的化学成分和生成条件,又是岩浆岩分类命名的主要依据之一。由于二氧化硅几乎是所有岩浆岩最重要的化学组成,它的含量在一定程度上决定着岩石的性质,因此通常按二氧化硅含量的不同,把岩浆岩分为四大类,见表 1-2。

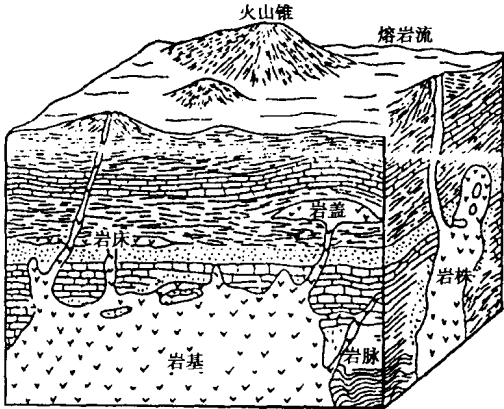


图 1-4 岩浆岩的产状

岩浆岩按 SiO₂ 的含量分类 表 1-2

化 学 成 分	酸 性 岩	中 性 岩	基 性 岩	超 基 性 岩
SiO ₂ 的含量 (%)	65 ~ 75	55 ~ 65	45 ~ 55	< 45

2. 岩浆岩的结构和构造

(1)岩浆岩的结构 是指组成岩石的矿物颗粒的结晶程度、晶粒大小、形态及晶粒之间的相互结合方式。在研究岩浆岩时,除了要鉴定其矿物成分外,还必须了解这些矿物是以什么样的方式组合构成岩石的。成分相同的岩浆岩,在不同的冷凝条件下,可以形成结构、构造不同的岩浆岩。即岩浆岩的结构和构造,反映了岩石形成环境和物质成分变化的规律性,是鉴定岩浆岩的重要标志之一,还直接影响岩石的物理力学性质。

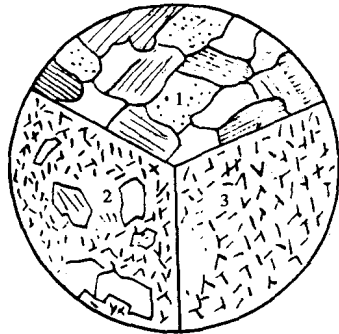


图 1-5 岩浆岩按结晶程度划分为三种结构

1-全晶质结构;2-半晶质结构;3-非晶质结构(玻璃质结构)

岩浆岩的结构根据其结晶程度可分为全晶质结构、半晶质结构、非晶质结构,如图 1-5 所示。全晶质结构是指岩石全部由结晶的矿物颗粒组成;半晶质结构是指岩石由结晶的矿物颗粒和未结晶的玻璃质组成;非晶质结构又称玻璃质结构,岩石全部由熔岩急骤冷凝而成的玻璃质组成。根据颗粒相对大小分为等粒、不等粒。等粒结构指的是岩石中同种矿物颗粒大小相近;不等粒结构,是指组成岩石的主要矿物结晶颗粒大小不等,相差悬殊,其中晶形完好,颗粒粗大的称斑晶,小的称石基。如果石基为显晶质者称为似斑状结构。

一般深成侵入岩所具有的结构多为全晶质等粒结构或似斑状结构;浅成侵入岩多为斑状结构;喷出岩多为隐晶质致密结构(晶粒很小,肉眼不能识别)和玻璃质结构(矿物没有结晶,为玻璃质),有时为斑状结构。

(2)岩浆岩的构造 是指岩石中各种矿物在空间排列及充填方式上所表现出来的外表特征。常见的构造形式有:

块状构造。岩石中的矿物分布比较均匀,在排列上无特殊规律,则称为块状构造。块状构造是大部分侵入岩所具有的构造。

流纹状构造,喷出地表的岩浆在流动中逐渐凝固,在形成的岩石上留有流动的纹理,这种

形式称为流纹状构造。

气孔及杏仁状构造。当熔岩喷出时,由于温度和压力骤然降低,岩浆中大量挥发性气体被包裹于冷凝的玻璃质中,气体逐渐逸出,形成各种大小和数量不同的孔洞,称气孔构造。有的岩石气孔极多,以至岩石呈泡沫状块体,如浮岩。如果孔洞中被后期次生方解石、蛋白石等矿物充填,形如杏仁称为杏仁状构造。

三、岩浆岩的分类及常见的岩浆岩

岩浆岩是根据岩石的化学成分、产状、结构、构造等方面的综合特征分类,见表 1-3。

岩 浆 岩 分 类 表 表 1-3

类 型				酸 性 岩	中 性 岩		基 性 岩	超 基 性 岩	
SiO ₂ 含量 (%)				75 ~ 65	65 ~ 55		55 ~ 45	< 45	
代表岩类 颜色				浅色的(浅灰、浅红、红色、黄色)			深色(深灰、绿色、黑色)		
矿物成分		主要矿物		石英、正长石	正长石	角闪石、斜长石	辉石、斜长石	橄榄石、辉石	
		次要矿物		云母角闪石	角闪石、黑云母	辉石、黑云母	角闪石、橄榄石	角闪石	
其他矿物特征				正长石多于斜长石		斜长石多于正长石		无长石	
				石英 > 20%	石英 0 ~ 20%		极少石英	无石英	
成因	产 状	构 造	结 构	岩 石 名 称					
喷出岩	火山锥、熔岩流	气孔、杏仁、流纹、块状	玻璃质	浮 岩、黑 耀 岩 等					
			隐晶质斑状	流纹岩	粗面岩	安山岩	玄武岩	少见	
侵入岩	浅成岩	岩墙 岩盘 岩床	块状	斑状、细粒	花岗斑岩	正长斑岩	闪长玢岩	辉绿岩	少见
	深成岩	岩基 岩株	块状	全晶质等粒	花岗岩	正长岩	闪长岩	辉长岩	橄榄岩

岩浆岩的种类很多,现将常见的岩浆岩及其特征分述如下:

1. 酸性岩类

花岗岩:属深成岩,多呈肉红色、灰白色,主要矿物为石英、正长石和酸性斜长石,次要的有黑云母和角闪石等,全晶质等粒结构,块状构造。花岗岩分布广泛,抗压强度大,质地均匀坚实,颜色美观,是优质的建材。产状多为岩基、岩株,可作为良好的建筑物地基和天然建筑材料。

花岗斑岩:属浅成岩,成分与花岗岩相似,不同的是具有斑状结构,斑晶主要有钾长石、石英或斜长石,块状构造。

流纹岩:属喷出岩,呈灰白色、紫红色,斑状结构,斑晶多为斜长石或石英或正长石,流纹状构造,抗压强度略低于花岗岩。它也可作为良好的建筑材料,但是若作为建筑物地基时,需要注意下伏岩层和接触带的性质。

2. 中性岩类

正长岩:属深成岩,肉红色、浅灰色,全晶质等粒结构或似斑状结构,块状构造,主要矿物为正长石,次要矿物有黑云母、角闪石,含极少量石英,较易风化。

粗面岩:属浅成岩,斑状结构,斑晶为正长石,块状构造,表面具有细小孔隙,表面粗糙。

闪长岩:属深成岩,灰色或浅绿灰色,主要矿物为中性斜长石和角闪石,次要的有黑云母、辉