

公路工程 地质与勘察

(公路与城市道路、桥梁工程专业用)

刘世凯 陆永清 欧湘萍 编著



人民交通出版社

Gonglu Gongcheng Dizhi Yu Kancha

公路工程地质与勘察

(公路与城市道路、桥梁工程专业用)

刘世凯 陆永清 欧湘萍 编著

人民交通出版社

内 容 提 要

全书分两篇,第一篇为工程地质学基础,包括矿物与岩石,地质构造,地震,地貌及第四纪沉积物,地下水,岩体稳定性分析、不良地质现象,特殊土等八章,扼要地叙述了工程地质学的基础知识;第二篇为公路工程地质勘察与评价,包括勘察阶段与主要勘察方法,公路勘察中的主要工程地质问题,不良地质现象与特殊土的勘察与评价,公路工程地质实例分析等四章,比较系统地论述了公路勘察的阶段、主要方法、主要工程地质问题的评价等,并结合实例进行了分析。

本书可作为高等学校公路与城市道路、桥梁工程专业的教材,亦可供土木类其它专业的师生与工程技术人员参考。

公路工程地质与勘察

(公路与城市道路、桥梁工程专业用)

刘世凯 陆永清 欧湘萍 编著

版式设计: 刘晓方 责任校对: 刘素燕 责任印制: 杨柏力

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街10号)

各地新华书店经销

北京牛山世兴印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 12.75 字数: 317 千

1999年10月 第1版

2000年7月 第1版 第2次印刷

印数: 2501~4500册 定价: 28.00元

统一书号: 15114·0359

前 言

本书是根据交通部公路工程专业教材编审大纲及武汉交通科技大学《“九五”重点教材出版规划》编写的,是交通高等院校公路与城市道路、桥梁工程专业的专业基础课教材。全书系统地扼要地叙述了工程地质学基础知识,重点突出了公路工程所涉及的路基、边坡、桥基、隧道等方面的主要工程地质问题的勘察与评价,并结合国内外实例进行了解析,帮助学生在公路勘测设计与施工中学会如何利用有利的地质条件和避开不利的地质条件。

本书在编著过程中,力求反映国内外本学科的发展现状,尽量结合专业的需要,并考虑到生源地域性特点,按理论结合实际的原则进行编写。刘世凯编写前言、绪论、第四章第五节、第十、十一、十二章;陆永清编写第四章的第一至四节、第五、八、九章;欧湘萍编写第一、二、三、六、七章。刘世凯任主编,中国地质大学唐辉明主审。在编著过程中,承蒙交通部第二航务工程勘察设计院周炳源,交通部第二公路勘察设计院赵思贤,西安公路交通大学何德海等专家们的热情指导和帮助,在此表示诚挚谢意。

本书的插图绘制及文字抄录由王政梅、陈世武、马四祥、王小敏完成,在此一并致谢。

由于编者水平有限,书中一定有许多不足之处,诚请读者指正。

编著者

1999年8月

目 录

绪论.....	1
---------	---

第一篇 工程地质学基础

第一章 矿物与岩石	6
第一节 造岩矿物.....	6
第二节 岩石	11
第三节 岩石的工程地质性质	20
第二章 地质构造	27
第一节 地质年代	27
第二节 地质构造	31
第三节 地质图	40
第三章 地震	50
第一节 概述	50
第二节 地震震级与烈度	52
第三节 公路防震原则	55
第四章 地貌与第四纪沉积物	57
第一节 地貌概述	57
第二节 山岭地貌	61
第三节 平原地貌	66
第四节 河谷地貌	68
第五节 第四纪沉积物	71
第五章 地下水	74
第一节 概述	74
第二节 地下水的物理性质和化学成分	75
第三节 地下水的基本类型	78
第四节 泉	85
第六章 岩体稳定性分析	86
第一节 岩体的结构特征	86
第二节 岩体稳定性分析	92
第七章 常见不良地质现象	99
第一节 崩塌	99
第二节 滑坡.....	101
第三节 泥石流.....	108

第四节	岩溶·····	112
第五节	风沙·····	116
第八章	特殊土·····	119
第一节	软土·····	119
第二节	黄土·····	123
第三节	膨胀土·····	127
第四节	其它几种特殊土·····	132

第二篇 公路工程地质勘察与评价

第九章	公路工程地质勘察阶段与主要勘察方法·····	141
第一节	公路工程地质勘察阶段与内容·····	141
第二节	公路工程地质勘察的主要方法·····	144
第十章	公路勘察中的主要工程地质问题·····	158
第一节	路线勘察中的主要工程地质问题·····	158
第二节	桥渡勘察中的主要工程地质问题·····	161
第三节	隧道勘察中的主要工程地质问题·····	164
第十一章	不良地质现象与特殊土的勘察与评价·····	169
第一节	不良地质现象的勘察与评价·····	169
第二节	特殊土的工程地质勘察与评价·····	178
第十二章	公路工程地质实例分析·····	182
第一节	山区公路环境地质·····	182
第二节	软土路基·····	186
第三节	桥梁工程地质·····	193
参考文献	·····	198

绪 论

工程地质学是地质学的一个分支,它研究与工程建设有关的地质理论,应用于工程规划、勘察、设计、施工与正常使用。因此,工程地质学是地质学与工程学科交叉渗透的产物。地质学是研究地球的结构、物质成分、形成过程及其发展历史的综合科学。我国的工程地质学是从 20 世纪 50 年代开始不断发展而逐渐完善的一门学科,随着地质科技人员的不断扩大,勘探、测试手段逐渐完善,新技术、新方法、新理论在地质学研究的各个领域广泛采用,而得到了蓬勃发展。由于地质现象错综复杂,千变万化,只有用科学的态度,以唯物辩证的观点深入实际,调查研究,分析和揭露地壳内部矛盾,认识和掌握其规律,才能主动地改造自然、利用自然,为祖国的工程建设作出贡献。

一、地球概述

地球是太阳系的一个行星,是一个不标准的旋转椭球体,平均半径 6 371km,极地与赤道半径相差 22km。地球并不是一个均质体,具有圈层结构。以地表为界分为内圈和外圈,它们又再分几个圈层,每个圈层都有自己的物质运动特征和物理、化学性质,对地质作用各程度不同的、直接或间接的影响。

(一) 地球外圈

地球表面以上,根据物质性状可以分为大气圈、水圈和生物圈。它们各自形成连续完整的外圈。

(二) 地球内圈

根据地震波传播速度的突变,可以确定地球内部的分界面,地球物理学上称为不连续面或界面。地球内部有两个波速变化最明显的界面:第一个界面深度很不一致,在大陆区较深,最深可达 60km 以上;在大洋区较浅,最浅不足 5km,这个界面叫莫霍洛维奇不连续面,简称莫霍面,是前南斯拉夫莫霍洛维奇 1909 年发现的。第二个界面在地表下约 2 900km 处,叫古登堡不连续面,简称古登堡面,是美国古登堡 1914 年提出的。根据这两个界面把地球内部分为三圈,即地壳、地幔和地核,如图 0-1 所示。

1. 地核

古登堡面以下为地核,半径 3 471km,体积占地球总体积的 16.2%,平均密度超过 $10\text{g}/\text{cm}^3$ 。形成这么巨大密度的地核,最合理的物质是金属。对陨石(一般认为陨石是行星爆炸遗留物,保留着太阳系原始成分较多,而地幔和地核也是地球的原始成分,故可对比)分析表明,构成行星的物质中铁是最常见的,在铁陨石中,铁与少量的镍形成合金。因此,大多数地质学家都认为,地核的成分很可能是铁—镍合金。根据地震波传播的变化,地核可分出内核、过渡层和外核三个次

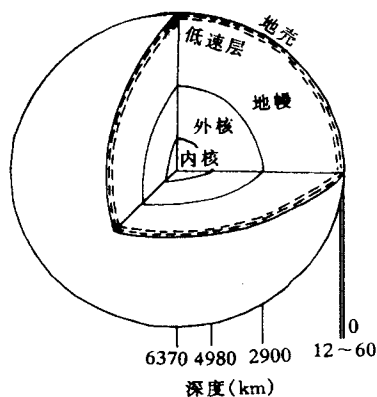


图 0-1 地球内部的分层构造图

级的圈层。

(1) 内核：研究穿过地核内部的纵波，肯定内核是固体。

(2) 过渡层：波速变化复杂，并测到速度不大的横波，是液态向固态过渡的象征。

(3) 外核：纵波速度急剧降低，横波不能通过，说明外核是液体。有人认为，地球外核熔融铁的运动就像一架巨大的直流发电机，它必定是地球磁场的来源。

2. 地幔

莫霍面与古登堡面之间为地幔，厚 2 800 多公里，占地球总体积的 83%。地幔的平均密度为 4.5g/cm^3 ，说明地幔是由岩石组成的，而不是由金属物质组成的。根据地震波速变化情况，可分为下地幔、过渡带和上地幔三个圈层。根据对陨石成分的比较，一般认为铁陨石相当于下地幔成分，而石陨石则相当于上地幔成分。

(1) 下地幔：由地球内 700km 深度延伸到古登堡面为下地幔。平均密度 5.1g/cm^3 。下地幔能传播 S 波，说明其组成物质基本上是固体。

(2) 过渡带：400~700km 深为过渡带。带内波速的变化可能与成分的变化无关，而与晶体结构的变化即相变有关，故亦称相变带。

(3) 上地幔：莫霍面以下到 400km 深为上地幔。这一层对研究地球表面的地质是重要的，因为它的运动和历史与地壳的运动和历史有关。上地幔的平均密度为 3.3g/cm^3 。上地幔能传播 S 波，因此它必定大部分是固体。

根据陨石成分，得出上地幔地震波速度和密度的数据，经与实验室对各种硅酸盐矿物按不同比例组合，在高温高压下测得的波速和密度数据对比，推测上地幔主要由橄榄石、辉石和石榴石组成。

上地幔最显著的特点是其低速层，该层的纵波、横波速度要比其上、下的物质的速度都低。低速层顶部的深度各地不同，一般是从 80km 到 120km，其厚度大约为 100~200km。低速层波速低，说明其物质接近于熔融。低速层内有些区域不传播横波，表明那里已形成液态区，可能是岩浆发源地。由于低速层岩石塑性较大，给其上固体岩石的活动创造了条件，所以在构造地质学中把低速层也叫做软流圈。

3. 地壳

地壳由固体岩石构成，平均密度 2.8g/cm^3 ，下界面为莫霍面，表面在陆地上直接暴露于地表。整个地壳平均厚度约为 16km，只有地球半径的 $1/400$ ，体积只有地球体积的 0.8%。地壳的厚度变化很大，大洋地壳较薄，大陆地壳较厚。由于海洋和陆地下面的地壳各有特色，故可分为大洋壳和大陆壳两种基本类型。

(1) 大洋壳：海洋约占地壳面积的 65%，大洋壳上平均覆盖 4km 深的海水。有些地方大洋壳的岩浆岩基底裸露在海水中，在另一些地方，特别是在大陆边缘，大洋壳的岩浆岩基底被很厚的沉积物深深地埋在下面。一般说来，大洋壳上平均覆盖着 0.5km 左右的沉积物，平均厚 6km，最厚约为 8km，最薄处不到 5km。大洋壳的主要组成物质是铁镁质的，相当于玄武岩或辉长岩。

(2) 大陆壳：大陆壳与大洋壳不同，大陆壳平均厚 35km，最厚处可达 70km（青藏高原），最薄处不到 25km。最高的珠穆朗玛峰海拔高度超过 8.8km，但是大陆地表的平均海拔高度大约只有 800m。大陆壳的构造不是简单和均匀的。能直接观察到的地壳上部是由沉积岩、岩浆岩和变质岩组成的复杂的混合物。大陆壳下部的地震波速度要比上部高，这种情况可能反映了成分上的变化，也可能是成分大致不变而发生了相变的结果。大陆壳和大洋壳不仅在

高程、厚度和构造等方面很不相同，它们的总成分也有很大的差别。大陆壳与大洋壳相比，硅和钾较多，而铁、镁和钙较少。大陆壳具有与安山岩、花岗闪长岩类似的中性成分，而不是大洋壳的玄武岩成分。

二、地质作用

地球一直处在不停的运动和变化之中，因而引起地壳构造和地表形态不断地发生演变。在地质历史发展的过程中，促使地壳的组成物质、构造和地表形态不断变化的作用，统称为地质作用。地质作用按其能源的不同，可分为外力地质作用和内力地质作用两类。

（一）外力地质作用

外力地质作用简称外力作用，是由地球外部的动力引起的。它的能源主要来自太阳的热能、太阳和月球的引力能及地球的重力能等。外力作用的方式，可以概括为以下几种：

（1）风化作用：风化作用是在温度变化、气体、水及生物等因素的综合影响下，促使组成地壳表层的岩石发生破碎、分解的一种破坏作用。风化作用使岩石强度和稳定性大为降低。

（2）剥蚀作用：剥蚀作用是将岩石风化破坏的产物从原地剥离下来的作用。它包括除风化作用以外的所有方式的破坏作用，诸如河流、大气降水、地下水、海洋、湖泊以及风等的破坏作用。

（3）搬运作用：岩石经风化、剥蚀破坏后的产物，被流水、风、冰川等介质搬运到其它地方的作用。

（4）沉积作用：被搬运的物质，由于搬运介质的搬运能力减弱，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，形成沉积的过程，称为沉积作用。

（5）成岩作用：沉积下来的各种松散堆积物，在一定条件下，由于压力增大、温度升高以及受到某些化学溶液的影响，发生压缩、胶结及重结晶等物理化学过程，使之固结成为坚硬岩石的作用，称为成岩作用。

外力地质作用，一方面通过风化和剥蚀作用不断地破坏了出露地面的岩石；另一方面又把高处剥蚀下来的风化产物通过流水等介质，搬运到低洼的地方沉积下来重新形成新的岩石。外力地质作用总的趋势是切削地壳表面隆起的部分，填平地壳表面低洼的部分，不断使地壳的面貌发生变化。

（二）内力地质作用

内力地质作用简称内力作用，是由地球的转动能、重力能和放射性元素蜕变产生的热能所引起，主要是在地壳或地幔内部进行。内力地质作用包括以下几种：

（1）地壳运动：地壳运动引起海陆变迁，产生各种地质构造。因此，在一定意义上又把地壳运动称为构造运动。发生在晚第三纪末和第四纪的构造运动，在地质学上称为新构造运动。伴随地壳运动，常常发生地震、岩浆作用和变质作用。

（2）岩浆作用：地壳内部的岩浆，在地壳运动的影响下，向外部压力减小的方向移动，上升侵入地壳或喷出地面，冷却凝固成为岩石的全过程，称为岩浆作用。岩浆作用形成岩浆岩，并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，称为变质作用。变质作用形成各种不同的变质岩。

（4）地震：地震是地壳快速震动的现象，是地壳运动的一种表现形式。地壳运动和岩浆

作用都能引起地震。

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。它一方面起着改变外力地质过程的作用，同时又为外力作用的不断发展提供新的条件。内力作用与外力作用紧密关联、互相影响，始终处于对立统一的发展过程中，成为促使地壳不断运动、变化和发展的基本力量。

三、工程地质学研究任务与内容

人类的工程活动都是在一定的地质环境中进行的，两者之间有密切的关系，并且是相互影响、相互制约的。

工程活动的地质环境亦称工程地质条件，一般认为它应包括岩土类型及其工程性质、地质构造、地形地貌、水文地质、物理地质现象和天然建筑材料等。

研究人类工程活动与地质环境之间的相互制约关系，以便做到既能使工程建筑安全、经济、稳定，又能合理开发和保护地质环境，这就是工程地质学的基本任务。而在大规模的改造自然环境的工程中，如何按地质规律办事，有效地改造地质环境，提出保证建筑物的稳定性和正常使用的有效措施，则是工程地质学面临的主要任务。

工程地质学是把地质科学应用于工程实践，通过工程地质调查及理论性的综合研究，对工程区的工程地质条件进行评价，解决与工程建筑有关的工程地质问题，预测并论证工程区内各种物理地质现象的发生、发展，提出改善和防治措施。为工程建筑的规划、设计、施工、使用和维护提供所需的地质资料和数据。

工程地质学包括工程岩土学、工程地质分析、工程地质勘察三个基本部分，它们都已形成分支学科。工程岩土学的任务是研究土石的工程地质性质，研究这些性质的形成和它们在自然或人类活动影响下的变化。工程地质分析的任务是研究工程活动的主要工程地质问题，研究这些问题产生的地质条件、力学机制及其发展演化规律，以便正确评价和有效防治它们的不良影响。工程地质勘察的任务是探讨调查研究方法，以便有效查明有关工程活动的地质因素及各种地质条件。

由于工程地质条件有明显的区域性分布规律，因而工程地质问题也有区域性分布的特点，研究这些规律和特点的分支学科称为区域工程地质学。

随着建设和科学研究的深入，一些新的分支学科正在形成。如环境工程地质学、海洋工程地质学与地震工程地质学等。

各类工程（交通、矿山、水利水电、工业与民用建筑等）对工程地质条件有不同的要求，主要工程地质问题亦不同，由于各地工程地质条件复杂多变，决定了工程地质问题千差万别。由于公路工程是一种延伸很长的线型建筑物，又主要是一种表层建筑物，它会遇到各种各样的自然条件和地质问题，并易受频繁变化的大气物理作用的影响，因此，公路工程地质无论在研究对象和方法上都有自己的特点。

四、工程地质学的发展前景

工程地质学是一门新的学科，它的理论还很不完善，很多问题如岩质边坡的稳定性、各种特殊地层的工程性质、不良地质的处理措施等都有待进一步研究。当前，大量采用先进技术，提高工程地质勘探和测试质量是重要的努力方向。近十几年来，在地质勘探方面，发展了一系列地球物理勘探方法，如电探、触探、地震勘探、声波探测、重力勘探、磁力勘探、放

射性勘探等，其中有的已经取得了较好的成果。此外，航空工程地质勘探及遥感技术和电子技术的进展极为迅速，它们的应用将为工程地质学的研究开辟更为广阔的前景。

随着科学技术的进步，在路基工程方面也有很大的发展，应用先进的电子计算技术，现在已有考虑土的特殊性质采用有限元法来计算路基的强度和稳定性；在改良和加固不良土质方面，已开始应用化学加固、电硅化加固、纸板排水、真空法排水、化纤薄膜铺垫法等；在支挡建筑物方面，逐步向新型、轻型结构发展，如采用轻型挡土墙、柔性挡土墙等。

当我们跨入 21 世纪的时候，不论是公路还是桥梁，随着其等级标准的提高，其各类工程建筑物的工程地质条件要求更高，其新理论、新方法、新技术应用更为广泛。

五、学习方法与要求

工程地质学应以严肃认真的科学态度，善于综合应用地质学理论及 20 世纪 80 年代发展起来的各种新技术、新方法、新理论（包括试验、计算），相互核对，相互验证，客观地反映各种地质现象，正确、全面地评价工程地质条件，为选择线路和各种建筑物方案的工程设计提供可靠的地质依据。

本课程是公路与城市道路、桥梁工程专业的一门专业基础课，它结合我国自然地质条件和公路、桥梁与隧道工程的特点，为学习专业和开展有关问题的科学研究，提供必要的工程地质学的基础知识；同时，通过一些基本技能的训练，懂得搜集、分析和运用有关的地质资料，对一般的工程地质问题能进行初步评价。学习本课程最重要的不是死记硬背某些条文，而是学会具体问题具体分析。作为公路工程师，必须具备一定的工程地质科学知识。

第一篇 工程地质学基础

第一章 矿物与岩石

地壳中有近百种化学元素，除少数以自然元素形式存在外，如金钢石(C)、硫磺(S)等，绝大多数以两种或多种元素组成化合物的形式存在，如石英(SiO_2)、石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)等。这些具有一定物理性质和化学成分的自然元素和化合物，称为矿物。而由一种或多种矿物以一定的规律组成的自然集合体称为岩石。矿物和岩石都是地质作用的产物。矿物是岩石的组成单元，岩石的特性在很大程度上决定于它的矿物成分。

由于岩石的矿物成分、结构、构造及成因等因素的差异，岩石具有不同的物理力学性质，它直接关系到岩石的强度和工程建筑物的地基稳定。因此，有必要对地壳中的主要矿物和常见岩石，以及它们的工程地质性质等进行研究。

第一节 造岩矿物

矿物在自然界中绝大多数呈固体状态，如石英、正长石等，但也有少数液态矿物，如水银、石油等，以及气态矿物，如天然气。

目前，世界上已发现的矿物约有 3000 多种，但组成岩石的主要矿物仅 20 多种。这些组成岩石的矿物称为造岩矿物，如常见的石英、长石、方解石等。

矿物按其组成元素质点(原子或离子)有无规则排列，可分结晶质矿物和非晶质矿物。结晶质矿物的元素质点在矿物内部呈有规律的排列，形成稳定的结晶格子构造，如食盐(NaCl)中钠离子(Na^+)和氯离子(Cl^-)呈立方形交替排列，形成结晶格子构造，如图1-1所示。这种结晶质矿物，因为内部质点有规律的排列，所以在适宜的生长条件下，能生成具有一定几何外形的晶体(图1-2)，如食盐的正立方晶体、石英的六方双锥晶体等。非晶质矿物内部质点排列没有一定的规律性，所以，外表就不具有固定的几何形态，如蛋白石、褐铁矿等。矿物的外形特征和许多物理性质，都是矿物的化学成分和内部构造的反映。

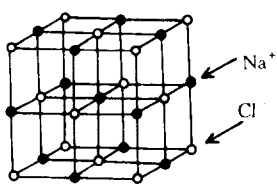


图 1-1 食盐的晶格构造

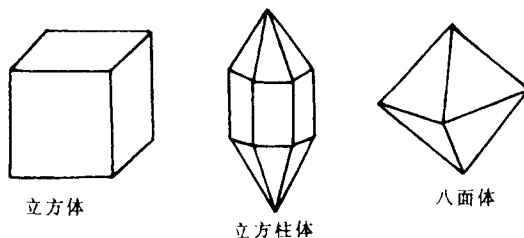


图 1-2 矿物晶体外形

自然界的矿物都是在一定的地质环境中形成的，随后又因经受各种地质作用而不断地发生变化。每一种矿物只是在一定的物理和化学条件下才是相对稳定的，当外界条件改变到一定程度后，矿物原来的成分、内部构造和性质就会发生变化而形成新的矿物。按照形成矿物的地质作用不同，矿物分为原生矿物、次生矿物和变质矿物三种成因类型。原生矿物是岩浆冷凝结晶形成的矿物，如橄榄石、云母、长石、石英等。次生矿物是原生矿物受到各种外力作用（如风化作用、沉积作用）后形成的矿物，如粘土矿物、方解石、石英等。变质矿物是由变质作用形成的矿物，如红柱石、石榴子石等。

一、矿物的物理性质

不同的矿物具有不同的化学成分和内部构造。因此，它们具有各不相同的物理性质。矿物的物理性质主要有颜色、条痕、透明度、光泽、硬度、解理及断口等。它们是鉴别矿物的主要特征。

（一）颜色

矿物的颜色是矿物对可见光波的吸收作用所表现出的性质。它主要取决于组成矿物的化学成分和内部结晶构造。矿物的颜色是矿物最明显的标志之一，可分为自色和他色两种。自色是矿物本身固有的颜色，比较固定，如黄铜矿呈金黄色。他色是矿物中含有杂质而呈现的颜色。他色不固定，随杂质的不同而异。如石英是无色透明的晶体，但因混入不同的杂质就可能使石英呈现出紫色、玫瑰色等。也有些矿物因氧化或风化而引起颜色的变化，形成假色。因此，在观察矿物时，应以矿物的新鲜面为标准来确定矿物的颜色，不能用假色来鉴别矿物。

通常含铁、锰多的矿物，颜色较深，多呈灰绿、墨绿以至黑色，称为深色矿物，如黑云母、普通角闪石、普通辉石等。含硅、铝、钙等成分多的矿物，颜色较浅，多呈白、灰白、淡黄、浅红等各种浅色，称为浅色矿物，如长石、石英、方解石、石膏等。

（二）条痕

矿物在毛瓷板上刻划后留下的粉末所呈现的颜色称为条痕。它比矿物表面的颜色更为固定，它能脱去假色而显示本色，因而更具有鉴定意义。如黄铁矿表面为金黄，而条痕则呈暗绿色，说明矿物颜色与条痕颜色不一定相同，暗绿色条痕显示出铁的本色。

（三）透明度

矿物的透光程度称为透明度。矿物的透明度可分为透明的（如无色不含杂质的水晶）、半透明的（如石膏）及不透明的（如石墨）。

（四）光泽

矿物新鲜面反射光线的能力称为光泽。按其强弱程度可分为金属光泽、半金属光泽和非金属光泽。金属光泽表明矿物表面反光能力强，是金属矿物固有的光泽，如黄铜矿。非金属光泽表明矿物表面的反光能力较弱，是大多数非金属矿物所固有的特点，如石英、滑石。

由于矿物表面的性质或矿物集合体的集合方式不同，非金属光泽又会反映出以下不同特征的光泽。

- （1）玻璃光泽：矿物表面与玻璃的反光相似，如长石、方解石解理面上呈现的光泽。
- （2）油脂光泽：矿物表面好象涂了一层油脂一样，如石英断口上呈现的光泽。
- （3）珍珠光泽：矿物表面象贝壳内珍珠层所呈现的光泽一样，如云母。
- （4）丝绢光泽：矿物表面犹如丝绢反光，如石膏。
- （5）土状光泽：矿物表面粗糙，无光泽，暗淡如土，如高岭石。

(五) 硬度

矿物抵抗外力摩擦和刻划的能力称硬度。它是通过一种矿物与已知硬度的另一种矿物或物体互相刻划得出的。目前一般用摩氏硬度计来决定矿物的相对硬度。摩氏硬度计是从软到硬选用 10 种矿物的硬度分为 10 级，作为硬度对比的标准，用来对其它矿物进行互相刻划比较以确定矿物的相对硬度，如表 1-1 所示。例如，将需要鉴定的矿物与摩氏硬度计中的方解石对刻，结果被方解石刻伤而自身又能刻伤石膏，说明其硬度大于石膏而小于方解石，在 2~3 之间，即可将该矿物的硬度定为 2.5。可以看出，摩氏硬度只反映矿物相对硬度的顺序，并不是矿物绝对硬度值。常见造岩矿物的硬度大部分在 2~6.5 之间，大于 6.5 的只有石英、橄榄石等少数几种。

摩氏硬度计表

表 1-1

硬度序号	矿物名称	简易鉴定	备注
1	滑石	指甲易刻划	指甲硬度 2~2.5
2	石膏	指甲可刻划	
3	方解石	小刀易刻划	
4	萤石	小刀可刻划	
5	磷灰石	小刀刻划有痕迹	铅笔刀硬度 5~5.5 窗玻璃硬度 5.5~6 钢刀硬度 6~7
6	长石	小刀几乎不能刻划	
7	石英	小刀几乎不能刻划，可划玻璃	
8	黄玉	能刻划石英	
9	刚玉	能刻划石英	
10	金刚石	能刻划石英	

在野外调查时，常用指甲（2~2.5）、铅笔刀（5~5.5）、玻璃（5.5~6）、钢刀刃（6~7）鉴别矿物的硬度。

硬度是矿物的一个主要鉴别特征，不同的矿物由于不同的化学成分和内部结构而具有不同的硬度。在鉴别矿物的硬度时，应在矿物的新鲜晶面或解理面上进行。

(六) 解理

矿物受敲击后，能沿一定的方向裂开成光滑平面的性质称解理。裂开的光滑平面称为解理面。根据解理方向的多少，解理可以分为一组解理（如云母）、二组解理（如长石）和三组解理（如方解石）等。根据解理的完全程度，可将解理分为以下四种：

(1) 极完全解理：极完全解理是指矿物的解理面光滑、大而完整，极易裂成薄片，如云母。

(2) 完全解理：完全解理是指矿物易裂成片状或块状，解理面平整光滑，如方解石。

(3) 中等解理：中等解理是指矿物的解理面较清晰，光滑程度较差，如正长石。

(4) 不完全解理：不完全解理的解理面很难辨认，只有局部出现不大的光滑平面，如磷灰石。

同一矿物的解理面方向和解理面的平滑程度总是相同的。其性质很固定，解理是矿物的另一个鉴定特征。

(七) 断口

矿物受敲击后，不按一定方向裂开，而形成凹凸不平的断开面称为断口。矿物解理的完全程度和断口是相互消长的，解理完全时则不显断口，解理不完全时，则断口显著。常见的断口有贝壳状断口、锯齿状断口、土状断口等。

二、常见的造岩矿物

常见的造岩矿物及其鉴定特征如表 1-2 所示。

常见造岩矿物鉴定表

表 1-2

次序	矿物名称	形 状	颜 色	光泽、透明度	解理、断口	硬 度	条痕	物理、化学及工程特性	分 布
1	石英 SiO_2	完整晶形为六棱柱或双锥体,但呈粒状居多	纯者无色,乳白色,含杂质时呈紫红烟色	玻璃光泽,断口呈油脂光泽;透明	贝壳状断口	7	无	化学性质稳定,不溶于水,抗风化能力和抗腐蚀性强,性质坚硬。含石英颗粒越多的岩石,岩性越坚硬	呈单晶、晶簇及脉状产出或产于岩浆岩、沉积岩和变质岩中,特别是酸性岩浆岩中最多
2	正长石 KAlSi_3O_8	柱状或板状,粒状	肉红、浅玫瑰或近于白色	玻璃光泽,半透明或不透明	完全两组正交解理	6	白色	较易风化,风化后光泽变暗,硬度降低,完全风化后形成高岭石、方解石等次生矿物。长石含量较多的岩石,性质软弱,易风化	分布于花岗岩、正长岩、伟晶岩等岩浆岩和片麻岩中最多
3	斜长石 (Na,Ca) AlSi_3O_8	外形为板状	白色或灰白色	玻璃光泽,半透明或不透明	完全两组解理斜交,断口平坦	6	白色	特性同正长石	含 Na 多者只产于酸性或中性岩浆岩中;含 Ca 多者只产于中性或基性岩浆岩中
4	角闪石 (Ca,Na) (Mg,Fe) $_4$, (Al,Fe) [(Si,Al) $_4$ O $_{11}$] $_2$ [OH] $_2$	长柱或纤维状,断面六边形	深绿暗黑色	玻璃光泽,不透明	两组解理交角 56°	5.5~6	白色 淡绿	受水热作用后,可变成绿泥石或蛇纹石。含角闪石多的岩石,易于风化,岩石强度降低	多产于中性岩浆岩中,如闪长岩、安山岩,也可单独组成超基性的角闪岩
5	辉石 (Na,Ca) (Mg,Fe,Al) [(Si,Al) $_2$ O $_6$]	短柱状,断面呈八边形,在岩石中常呈粒状	深黑、褐黑,紫黑及棕黑色	玻璃光泽,半透明或不透明	具有两组完全或中等解理,两组解理交角呈 87°和 93°	5~6	灰绿	受水热作用后,可变成绿泥石或蛇纹石,辉石性脆,亦易风化	多产于基性岩浆岩和变质岩中,如辉长岩、玄武岩,也能单独组成超基性辉岩
6	黑云母 K(Mg,Fe) $_3$ [AlSi $_3$ O $_{10}$] [OH] $_2$	薄片状	黑色	珍珠光泽、透明	一组极完全解理	2.5~3	白色	具有弹性,但含铁质较多时,易风化。风化后失去弹性,而呈疏松状态,降低岩石力学强度 当岩石含云母较多,且成定向排列时,则沿层状方向易产生滑动,影响岩体稳定	广泛分布在岩浆岩和变质岩中
7	白云母 KAl $_2$ [AlSi $_3$ O $_{10}$] [OH] $_2$	片 状	无色,有时呈灰白、淡黄、淡红色等	玻璃或珍珠光泽,透明	一组极完全解理	2.5~3	白色	具有弹性,其他性质同黑云母	广泛分布在岩浆岩和变质岩中
8	橄榄石 (Mg,Fe) $_2$ [SiO $_4$]	常呈粒状集合体	橄榄绿、淡黄绿色	油脂光泽或玻璃光泽,透明或不透明	通常无解理,贝壳状断口	6.5~7	白色 淡绿	溶于硫酸时急剧分解,析出 SiO $_2$ 胶体	只产于基性岩浆岩中,也可单独组成橄榄岩

续表 1-2

次序	矿物名称	形 状	颜 色	光泽、透明度	解理、断口	硬 度	条痕	物理、化学及工程特性	分 布
9	方解石 CaCO_3	菱面体或粒状	白色,灰白色,含铁时呈褐红色,含锰时呈棕黑色	玻璃光泽,透明或半透明	三组完全解理	3	白色	与稀盐酸作用后,剧烈起泡,是石灰岩、大理岩中主要矿物成分,这类岩石在水流的作用下,易产生岩溶现象	广泛存在石灰岩中,大理岩中也有,某些岩脉中也有少量出现,也可呈方解石脉出现
10	白云石 $(\text{Mg}, \text{Ca})\text{CO}_3$	常为菱面体块状,晶面常弯曲成鞍状	灰白、淡黄或淡红色	玻璃光泽,透明或不透明	三组完全解理	3.5~4	白色	遇稀盐酸起泡少,以此区别于方解石。白云石组成的岩石,长期在水的作用下,易产生岩溶现象	主要存在白云岩中,有时在大理岩、石灰岩中也可出现
11	石 膏 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	板状、条状或呈纤维状集合体	无色、白色或呈灰白色	玻璃光泽、纤维状呈绢丝光泽,透明或半透明	一组解理发育	1.5~2	无色淡灰	溶于盐酸,具有滑感,挠性,硬度小,与水作用后,强度降低,体积膨胀,特别是夹于坚硬岩层之间,形成软弱夹层,在水的作用下,会丧失稳定,产生沉陷、渗漏、滑动	为泻湖相及海湾相沉积物,分石膏和硬石膏两种矿物
12	高岭石 $\text{Al}_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}][\text{OH}]_2$	鳞片状或致密块状集合体	鳞片无色,致密块体呈白色	无光泽或呈土状光泽,不透明	一组完全解理	1	白色	高岭石、蒙脱石(胶岭石)、水云母等通称为粘土矿物,其性软弱,硬度小,吸水性强,遇水后易膨胀,易软化,具有可塑性。粘土质岩石强度低,压缩性大,易产生沉陷,作为边坡或地基时,应特别注意稳定问题	为长石、辉石等风化后形成的粘土类矿物,分布广泛
13	滑 石 $\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}][\text{OH}]_2$	片状、块状	白色、淡红或浅灰色	蜡状或珍珠光泽,半透明或不透明	一组完全解理	1	白色淡绿	具有高度滑感,性质软弱,由于摩擦系数很小,故抗滑力很低,此类矿物组成的岩石地基,应注意滑动问题	为橄榄石、辉石、角闪石等变质后形成的主要变质矿物
14	绿泥石 $(\text{Mg}, \text{Fe})_5\text{Al}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}][\text{OH}]_2$	片状或板状集合体	深绿色	珍珠光泽,半透明或不透明	一组完全解理	2~2.5	白色	是长石、辉石、角闪石、橄榄石等矿物的次生矿物,其性质具有挠性,无弹性,是变质岩中常见矿物,岩性软弱,抗滑性很小	在变质岩中分布最多,往往构成绿泥石片岩
15	蛇纹石 $\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}][\text{OH}]_2$	致密块状或呈片状,纤维状	浅黄绿或深绿色	块状为蜡状光泽,纤维状为绢丝光泽,半透明或不透明	无	3~3.5	白色	由橄榄石、辉石交代反应变化而成,并能溶于盐酸	常与石棉相伴产出,多为超基性岩的变质矿物
16	红柱石 $\text{Al}_2[\text{SiO}_4]\text{O}$	柱状、放射状	粉红色或灰白色	玻璃或油脂光泽,半透明或不透明	一组解理,不平坦断口	7~7.5	无	表面风化后具有滑感	常分布于变质岩中,为接触变质矿物

续表 1-2

次序	矿物名称	形 状	颜 色	光泽、透明度	解理、断口	硬 度	条痕	物理、化学及工程特性	分 布
17	石榴子石 $\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	菱形十二面体, 二十四面体或八面体	深褐或紫红, 黑等色	玻璃光泽, 不透明	断口不平坦	6.5~7	白色	较稳定, 如风化则变为褐铁矿等	产于变质岩中, 为标准变质矿物
18	黄铁矿 FeS_2	块状, 呈立方体	浅黄铜色	金属光泽, 不透明	贝壳瓶口或不规则断口	6~6.5	暗绿棕色	氧化或水的作用下会生成硫酸及褐铁矿, 晶面有条纹	常见于岩浆岩或沉积岩的砂岩和石灰岩中
19	黄铜矿 CuFeS_2	致密状块	铜黄色	金属光泽, 不透明	无	3~4		经风化作用, 易溶于水, 性脆	常见于基性岩浆岩中, 有时变质岩和沉积岩中也出现
20	褐铁矿 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	块状, 土状或结核状	黄褐或棕褐色	半金属光泽, 不透明	粒状断口	4~5.5	锈黄	胶体状块体, 在盐酸内缓慢溶解; 易风化, 土状者硬度低	为含 Fe 矿物风化后的产物, 也可由沉积而成
21	磁铁矿 Fe_3O_4	呈八面体, 但常以块状出现	金属黑色	金属或半金属光泽, 不透明	无	5.5~6	黑色	风化后可变为褐铁矿, 但较难风化; 性脆、具有强磁性	分布在岩浆岩和部分变质岩中

第二节 岩 石

岩石由矿物组成。主要由一种矿物组成的岩石称单矿岩, 如石灰岩就是由方解石组成的单矿岩; 由两种或两种以上的矿物组成的岩石称复矿岩, 如花岗岩就是由石英、正长石和云母等矿物组成的复矿岩。

自然界有各种各样的岩石, 它们都是地质作用的产物。按成因, 岩石可分为岩浆岩、沉积岩和变质岩三大类。其中, 沉积岩是地壳表面分布最广的一种岩石, 虽然它的体积只占地壳的 5%, 但其出露面积却占陆地表面面积的 75%, 而岩浆岩和变质岩仅占 25%。

岩石的主要特征, 一般包括矿物成分、结构和构造三方面。岩石中矿物颗粒的结晶程度、大小和形状及其彼此间的组合方式等特征, 称岩石的结构。岩石中矿物的排列方式和充填方式所反映出的岩石外貌特征称岩石的构造。下面介绍岩浆岩、沉积岩和变质岩的主要特征。

一、岩 浆 岩

岩浆岩又称火成岩。它是由地壳深处的岩浆沿地壳构造薄弱带上升侵入地壳, 或喷出地面冷却凝固后形成的岩石。

岩浆是地壳深处一种处于高温、高压下的硅酸盐熔融体。它的主要成分是 SiO_2 , 还有其它元素、化合物和挥发性成分。岩浆经常处于活动状态, 具有流动性。当地壳发生变动或受到其它内力作用时, 承受巨大压力的岩浆就会沿着构造薄弱带上升, 侵入地壳或喷出地面。在地壳深处(一般是地表 3km 以下)结晶形成的岩石称为深成岩; 在地壳浅处(通常是地表以下 3km 以内)形成的岩石称为浅成岩, 两者统称为侵入岩。由喷出地面的熔岩冷凝形成的岩石称为喷出岩。侵入岩和喷出岩由于冷凝空间的限制与否, 使其岩体大小和形态差异很大。岩浆岩的空