

高等学校教材

工程地质学

刘红军 张秀华 主编

杨润田 主审



东北林业大学出版社

P642
L-381

工程地质学

刘红军 张秀华 主编
杨润田 主审

东北林业大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

工程地质学/刘红军, 张秀华主编. —哈尔滨: 东北林业大学出版社, 2004.3

ISBN 7-81076-557-4

I. 工... II. ①刘... ②张... III. 工程地质 IV. P642

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 020415 号

责任编辑: 倪乃华 赵 侠

封面设计: 彭 宇

高等学校教材

工 程 地 质 学

Gongcheng Dizhixue

刘红军 张秀华 主编

杨润田 主审

东北林业大学出版社出版发行

(哈尔滨市和兴路26号)

哈尔滨工业大学印刷厂印装

开本787×1092 1/16 印张14.25 字数322千字

2004年3月第1版 2005年7月第2次印刷

ISBN 7-81076-557-4

TU·25 定价: 26.00 元

前 言

本书除了对工程地质的一些基本理论和基础知识加以论述外,还对北方寒冷地区常见的一些地质现象,如冻土等作了重点论述。全书共包括三个方面内容,即工程地质学的基本知识、工程地质分析、工程地质勘测。本书在编写的过程中注重把工程地质学的知识应用到工程实践中去,而且将其与室内、野外实习教学紧密联系,力求达到科学性、系统性、实用性的统一。

本教材共分九章,内容包括矿物与岩石、地质构造、地表地质作用、地貌、地下水、常见的不良地质现象、工程地质勘测的主要方法、公路勘测中的主要工程地质问题、城市规划和工业与民用建筑勘测中的主要工程地质问题等。

本教材由东北林业大学刘红军、张秀华主编,黑龙江科技学院吕志彬、韩忠生参编。其中绪论、第一章、第四章、第六章的第二、三、四、六节由刘红军编写,第五章、第六章的第五节、第七章和第九章由张秀华编写,第三章、第八章由吕志彬编写,第二章、第六章的第一节由韩忠生编写。全书由杨润田教授主审,并提出了许多宝贵意见。

本书可作为高等院校道路桥梁和工业与民用建筑专业的教学用书,也可供有关工程技术人员参考。

由于编写时间仓促,加之编者水平有限,书中疏漏和错误之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2003年7月于哈尔滨

目 录

绪 论	(1)
-----	-------

第一篇 工程地质基础知识

第一章 造岩矿物与岩石	(4)
第一节 造岩矿物	(4)
第二节 岩石	(9)
第三节 岩石的工程地质性质	(22)
第二章 地质构造	(30)
第一节 地球的物质组成及地质作用	(30)
第二节 地质年代	(32)
第三节 地质构造	(36)
第四节 地质图	(49)
第三章 地表地质作用	(57)
第一节 风化作用	(57)
第二节 地表水流的地质作用	(66)
第四章 地 貌	(74)
第一节 地貌的形成和发展	(74)
第二节 地貌的分级与分类	(77)
第三节 山岭地貌	(79)
第四节 平原地貌	(83)
第五节 河谷地貌	(85)
第五章 地下水	(89)
第一节 地下水概述	(89)
第二节 地下水的物理性质及化学成分	(91)
第三节 地下水的类型	(93)
第四节 地下水的补给、径流与排泄	(101)
第五节 地下水与工程	(104)
第六章 常见的不良地质现象	(109)
第一节 崩塌与岩堆	(109)
第二节 滑坡	(113)
第三节 泥石流	(123)
第四节 岩溶与土洞	(127)

第五节 地震及其效应·····	(134)
第六节 冻土·····	(143)

第二篇 工程地质勘测

第七章 工程地质勘测的主要方法·····	(160)
第一节 研究既有资料·····	(160)
第二节 工程地质测绘·····	(161)
第三节 工程地质勘探·····	(163)
第四节 工程地质试验·····	(170)
第五节 现场监测·····	(191)
第六节 勘察资料的内业整理·····	(193)
第八章 公路勘测中的主要工程地质问题·····	(195)
第一节 路线勘测中的主要工程地质问题·····	(195)
第二节 桥渡勘测中的主要工程地质问题·····	(199)
第三节 隧道勘测中的主要工程地质问题·····	(202)
第九章 城市规划和工业与民用建筑勘测中的主要工程地质问题·····	(206)
第一节 城市规划中的工程地质勘察·····	(206)
第二节 一般工业与民用建筑工程中的地质勘察·····	(210)
附录 本书应用的主要符号及其意义·····	(218)
参考文献·····	(220)

绪 论

一、工程地质学的研究对象

工程地质学是调查、研究、解决与各类工程建筑的设计和使用有关的地质问题的一门学科，简而言之，是研究人类工程活动与地质环境相互作用的一门学科，它是地质学在应用方面的一个分支。目前，工程地质学已发展成为一门独立的科学。

各项工程建筑包括道路、桥梁、工业与民用建筑、港口与码头、各种军事工程、地下工程建筑等，它们都是建筑在地表或不太深的地下。地壳层的岩石（土）常作为建筑物的地基、环境与材料。由于它们的成因、物质组成及分布规律不一，所受各种地质作用的影响不同，因此它们的强度和稳定性不同，这就直接影响到建筑物的安全。而工程建筑物的施工和使用又影响到地质因素的变化，使得建筑物的稳定性更加复杂化。因此工程地质学主要是用来研究各种建筑区域的工程地质条件，解决工程地质问题，以及人类的工程活动对地质环境的影响。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，这三个方面现在均已成为分支学科。

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的影响下的变化。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止它们的不良影响。工程地质勘察的任务是讨论调查方法，以便有效查明有关工程活动的地质因素。

二、工程活动与地质环境

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为工程地质条件，是指各项地质因素的综合。这些因素包括：

(1) 土和岩石的工程性质：是最基本的工程地质因素，包括它们的成因、时代、岩性、产状、成岩作用特点、变质程度、风化特征、软弱夹层和接触带以及物理力学性质等。

(2) 地质构造：也是工程地质工作研究的基本对象，包括褶皱、断层、节理构造的分布和特征。地质构造，特别是形成时代新、规模大的优势断裂，对地震等灾害具有控制作用，因而对建筑物的安全稳定和沉降变形等具有重要意义。

(3) 地形地貌：地形是指地表高低起伏状况、山坡陡缓程度与沟谷宽窄及形态特征等。地貌则说明地形形成的原因、过程和时代。地形、地貌影响着各类工程的布局，对工程建筑的质量和造价有着直接的影响。

(4) 水文地质条件：是重要的工程地质因素，包括地下水的成因、埋藏、分布、动态和化学成分等。

(5) 地质作用：主要包括外力地质作用与内力地质作用，它们直接影响到其他各种地质环境要素的形成和发展。

(6) 天然建筑材料：一些工程建筑在施工的过程当中需要大量的天然建筑材料，合理地使用天然建筑材料，既可以保证工程质量，又可以减少工程造价。例如在道路工程中需要大量的路基填土，在进行选线时，也要考虑沿线土场情况，按照就近取材的原则，选择沿线附近质量好、储量丰富的土作为路基填筑材料。

地质环境对工程活动的制约是多方面的。它可以影响工程建筑的工程造价与施工安全，也可以影响工程建筑的稳定和正常使用。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。又如，在岩溶地区修建水库，如不查明岩溶情况并采取适当措施，轻则蓄水大量漏失，重则完全不能蓄水，使建筑物不能正常使用。

工程活动也会以各种方式影响地质环境。如房屋引起地基土的压密沉降，桥梁使局部河段冲刷淤积发生变化等。又如，在城市过量抽取地下水，可能导致大规模的地面沉降，而大型水库对地质环境的影响则往往超出局部场地的范围而波及广大区域。在平原地区可能引起大面积的沼泽化，在黄土地区可能引起大范围的湿陷，在某些地区还可能诱发地震。

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，这是工程地质学的基本任务。而在大规模地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，则是工程地质学将要面临的主要任务。

三、工程地质学的研究方法

工程地质学的研究方法有三种：

(1) 地质法：也是自然历史分析法。因为各种地质体、地质构造、地质现象以及地貌形态都是地质历史发展的产物，它们的特征都是在一定的地质发展过程中赋予的。为了分析影响建筑物稳定的各种地质条件和地质现象，就要用地质学的研究方法。首先要直接或间接地取得大量的实际资料，然后通过对资料的整理、分析和归纳，找出其规律性和对其的处理措施。

(2) 试验方法：地质学研究方法得出的结论是原则性的基本情况，不能全部满足工程设计和施工的具体要求，所以还必须采用试验和数学计算手段，求得具体的数字指标和参数，供设计和施工应用。如通过实验室或野外现场试验，取得土、石的各种物理、水理和力学性质指标等。

(3) 计算方法：也是工程地质学常用的研究方法。在进行定量评价时，根据用试验方法取得的有关数据，利用有关的理论计算公式进行计算。随着电子计算机的普及与应用，工程地质数值法也得到了快速发展，因此理论计算方法在工程地质研究中得到了广泛的应用。

上述三种方法，必须综合应用，紧密结合。地质方法是最根本的方法，离开了这一方法，既不能正确使用试验方法取得符合实际的参数，也不能合理使用计算方法，根据具体条件进行计算。而单独采用地质方法，没有试验方法和计算方法，就不能充分满足工程建筑的要求，达到彻底为工程建筑服务的目的。能够综合运用上述三种研究方法，首先要求我们必须具备一定的工程地质知识。

四、学习本课程的要求

本课程是土木工程建筑专业的一门技术基础课，通过对本课程的学习，学生可以获得工程地质方面的基本理论知识，并能够分析和解决工程建筑当中存在的一些常见的工程地质问题。

第一篇 工程地质基础知识

第一章 造岩矿物与岩石

地壳由各种各样的坚硬岩石组成，矿物是构成各种岩石的最基本物质。矿物的成分、性质及其在各种因素作用下所发生的变化，都会对岩石的强度和稳定性产生影响。因此工程技术人员从事建筑活动，就要认真了解岩石，要分析了解岩石在各种自然条件下的变化，进而对岩石的工程性质作出评价。这就要求首先从了解矿物开始。

第一节 造岩矿物

矿物是组成岩石的基本单位，也是组成地壳的基本物质，它是在各种地质作用下形成的具有一定的化学成分和物理性质的单质或化合物，其中构成岩石的矿物称为造岩矿物。

一、矿物的一般知识

目前在自然界中已经发现的矿物约有 3 300 种，其中构成岩石的矿物有 30 余种。

造岩矿物绝大多数是结晶质的，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，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。非晶质矿物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，如蛋白石（ $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ）褐铁矿（ $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ）等。自然界的矿物按其成因可分为三大类型：

（1）原生矿物：指在成岩或成矿的时期内，从岩浆熔融体中经冷凝结晶过程所形成的矿物，如石英、长石等。

（2）次生矿物：指原生矿物遭受化学风化而形成的新矿物，如正长石经水解作用后而形成的高岭石。

3. 变质矿物：指在变质作用过程中形成的矿物，如区域变质的结晶片岩中的蓝晶石等。

二、矿物的物理性质

矿物的物理性质主要取决于它的内部构造和化学成分。掌握矿物的物理性质是鉴别矿物的主要依据。在实际工作中，一般用肉眼观察并借助简单的工具和试剂来鉴定矿物。

(一) 矿物的形状

在液态或固态物质中的离子或原子互相结合形成晶体的过程称为结晶。晶体内部质点的排列方阵称晶体结构。不同的离子或原子可构成不同晶体结构，相同的离子或原子在不同的地质条件下也形成不同的晶体结构。晶质矿物因内部结构固定，因此具有特定的外形。

造岩矿物主要是指固体矿物，常见的形状有柱状、粒状、纤维状、板状、片状、结核状、鳞片状等。矿物在有充分的物质来源、足够的空间和时间等条件下，能够按其晶体结构的特征长成具有规则的几何多面体外形，呈现出该矿物特有的晶体形态（如图 1-1 所示）。

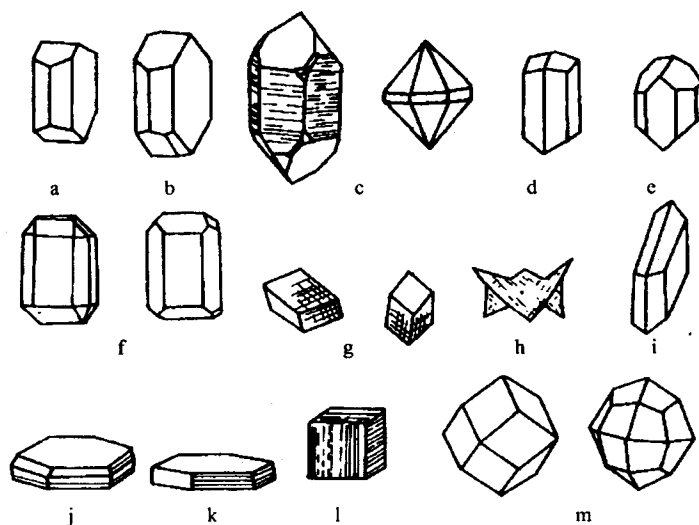


图 1-1 常见矿物的晶体形态

a. 正长石；b. 斜长石；c. 石英；d. 角闪石；e. 辉石；f. 橄榄石；g. 方解石；h. 白云母；
i. 石膏；j. 绿泥石；k. 云母；l. 黄铁矿；m. 石榴子石

(二) 矿物的光学性质

矿物的光学性质是指矿物与可见光作用时，对可见光的吸收、反射和允许光线透过所表现出来的性质，具体有下列几种。

1. 颜色

矿物的颜色是矿物对可见光波的吸收作用所引起的。由于对光波的吸收程度不同，矿物呈现出白、灰、黑色；如果只吸收某些色光，就呈现出另一部分色光的混合色。根据矿物颜色产生的原因，可将颜色分为三种：

(1) 白色：是矿物本身固有的颜色。白色取决于矿物的内部性质，特别是所含色素

离子的类别。例如赤铁矿呈砖红色是因为它含有 Fe^{3+} ，孔雀石呈绿色是因为它含有 Cu^{2+} 。自色比较固定，因而具有鉴定意义。

(2) 他色：是矿物混入了某些杂质所引起的，与矿物的本身性质无关。他色不固定，随杂质的不同而异。如纯净的石英晶体是无色透明的，混入杂质就呈紫色、玫瑰色、烟色。由于他色不固定，对鉴定矿物没有很大意义。

(3) 假色：是由矿物内部的裂隙或表面的氧化薄膜对光的折射、散色所引起的。如方解石解理面上出现的虹彩，斑铜矿表面常出现斑驳的蓝色和紫色。

为消除矿物由于外界干扰所产生的他色和假色，常将矿物在素瓷板上擦划得到粉末的颜色称为矿物的条痕。由于条痕能反映出矿物真正的颜色，所以对鉴定矿物的颜色具有重要意义。条痕对不透明、深色金属矿物具有鉴定意义。

2. 光泽

光泽是矿物表面对可见光的反射能力。通常根据反射能力自强而弱划分：

(1) 金属光泽：反射很强，类似于镀铬的金属平滑表面的反光（如方铅矿、黄铁矿的光泽），是大多数金属矿物所具有的特征。

(2) 半金属光泽：类似于金属光泽，但较为暗淡，如铬铁矿。

(3) 非金属光泽：是非金属矿物所具有的光泽。其中包括有金刚光泽、玻璃光泽、油脂光泽、丝绸光泽、珍珠光泽及蜡状光泽。

3. 透明度

透明度是指矿物透过可见光波的能力，即光线透过矿物的程度。一般规定以 0.3 mm 的厚度作为标准进行对比。据此，透明度可分以下三级：

(1) 透明的：绝大多数光线可以通过矿物，因而隔着矿物的薄片可以清楚地看到对面的物体，如无色石英、冰洲石（透明的方解石）等。主要指浅颜色矿物。

(2) 半透明的：光线可以部分通过矿物，因而隔着矿物的薄片可以模糊地看到对面的物体，如闪锌矿、辰砂等。

(3) 不透明的：光线几乎不能透过矿物，如黄铁矿、磁铁矿、石墨等。主要指一些深颜色矿物。

(三) 矿物的力学性质

矿物的力学性质是指矿物在受力后所表现出来的性质。

1. 硬度

硬度是指矿物抵抗刻划、研磨的能力。一般用肉眼鉴定矿物时常用两种矿物对划的方法确定矿物的相对硬度，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。矿物的硬度是相对硬度，并不是硬度的绝对值，所以不能认为金刚石要比滑石硬 10 倍。

国际公认的摩氏硬度计以常见的 10 种矿物作为标准，从低到高分 10 级（表 1-1）。

表 1-1 摩氏硬度计

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

2. 解理

解理是指矿物受打击后常沿一定方向裂开，并形成光滑平面的性质（如图 1-2 所示）。各种矿物的解理数目不一，具有一个方向的解理称为一组解理，如片状云母；具有两个方向的解理称为两组解理，如柱状长石；具有三个方向的解理称为三组解理，如棱块状方解石等。

解理根据发育的程度可分为：

- (1) 极完全解理：解理非常发育，解理面很平滑，极易裂成薄片，如云母。
- (2) 完全解理：解理发育，解理面平滑，矿物易分裂成薄片及小块状，如方解石。
- (3) 中等解理：解理较发育，解理面比较平滑，如角闪石。
- (4) 不完全解理：解理不十分发育，解理面不易发现，如磷灰石。

3. 断口

矿物在外力打击下，沿任意方向发生的不规则裂口称为断口。对于某种矿物来说，解理与断口的发生常是互为消长的关系。越易出现解理的方向越不易发生断口。断口根据其形状可分为贝壳状（如图 1-3 所示）、参差状、锯齿状等。

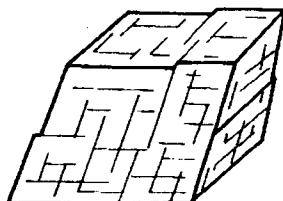


图 1-2 方解石的三组解理

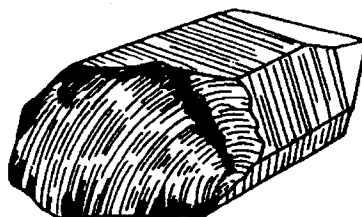


图 1-3 石英的贝壳状断口

除具有以上性质外，有些矿物还具有一些特性，如方铅矿具有脆性，自然银具有延展性，云母具有弹性，磁铁矿具有磁性等。

三、常见的造岩矿物

常见的主要造岩矿物及其特征（见表 1-2）。

表 1-2 常见造岩矿物的主要特征

矿物名称及化学成分	形 状	物 理 性 质				主要鉴定特征
		颜 色	光 泽	硬 度	解理、断口	
石英 SiO_2	六棱柱状或双锥状、粒状、块状	无色、乳白色或其他色	玻 璃 光 泽，断口为油脂光泽	7	无解理，贝壳状断口	形状、硬度
正长石 $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	短柱状、板状、粒状	肉色、浅玫瑰色或近于白色	玻璃光泽	6	二向完全解理，近于正交	解理、颜色
斜长石 $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$	长柱状、板条状	白色或灰白色	玻璃光泽	6	二向完全解理，斜交	颜色、解理面有细条纹

续表 1-2

矿物名称及化学成分	形 状	物 理 性 质				主要鉴定特征
		颜 色	光 泽	硬 度	解理、断口	
白云母 $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}][\text{OH}]_2$	板状、片状	无色、灰白色至灰色	玻璃或珍珠光泽	2~3	一向极完全解理	解理、薄片有弹性
黑云母 $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}][\text{OH}]_2$	板状、片状	深色、黑绿至黑色	玻璃或珍珠光泽	2.5~3	一向极完全解理	解理、颜色、薄片有弹性
角闪石 $(\text{Ca}, \text{Na})(\text{Mg}, \text{Fe})_4(\text{Al}, \text{Fe})[(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{11}]_2[\text{OH}]_2$	长柱状、纤维状	深绿至黑色	玻璃光泽	5.5~6	二向完全解理, 交角近 56°	形状、颜色
辉石 $(\text{Na}, \text{Ca})(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})[(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6]$	短柱状、粒状	褐色、棕黑至深黑色	玻璃光泽	5~6	二向完全解理, 交角近 90°	形状、颜色
橄榄石 $(\text{Mg}, \text{Fe})_2[\text{SiO}_4]$	粒状	橄榄绿、淡黄绿色	油脂或玻璃光泽	6.5~7	通常无解理, 贝壳状断口	颜色、硬度
方解石 CaCO_3	菱面体、块状、粒状	白、灰白或其他色	玻璃光泽	3	三向完全解理	解理、硬度, 遇盐酸强烈起泡
白云石 $\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$	菱面体、块状、粒状	灰白、淡红或淡黄色	玻璃光泽	3.5~4	三向完全解理, 晶面常弯曲呈鞍形	解理、硬度, 晶面常弯曲, 遇盐酸起泡微弱
石膏 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	板状、条状、纤维状	无色、白色或灰白色	玻璃或丝绸光泽	2	一向完全解理	解理、硬度、薄片无弹性和挠性
高岭土 $\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}][\text{OH}]_8$	鳞片状、细粒状	白、灰白或其他色	土状光泽	1	一向完全解理	性软、粘舌, 具可塑性
滑石 $\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}][\text{OH}]_2$	片状、块状	白、淡黄、淡绿或浅灰色	蜡状或珍珠光泽	1	一向完全解理	颜色、硬度, 触抚有滑腻感
绿泥石 $(\text{Mg}, \text{Fe})_5\text{Al}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}][\text{OH}]_8$	片状、土状	深绿色	珍珠光泽	2~2.5	一向完全解理	颜色、薄片无弹性有挠性
蛇纹石 $\text{Mg}_6[\text{Si}_4\text{O}_{10}][\text{OH}]_8$	片状、块状、纤维状	淡黄绿、淡绿或淡黄色	蜡状或丝绸光泽	3~3.5	无解理、贝壳状断口	颜色、光泽
石榴子石 $(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn}, \text{Ca})_3(\text{Al}, \text{Fe}, \text{Cr})_2[\text{SiO}_4]_3$	菱形十二面体、二十四面体、粒状	棕、棕红或黑红色	玻璃光泽	6.5~7.5	无解理、不规则断口	形状、颜色、硬度
黄铁矿 FeS_2	立方体、粒状	淡黄铜色	金属光泽	6~6.5	贝壳状或不规则断口	形状、颜色、光泽

第二节 岩石

岩石是在地壳发展过程中由一种或多种矿物组成的具有一定规律的集合体。主要由一种矿物组成的岩石称为单矿岩，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为复矿岩，如花岗岩就是由正长石、石英和云母等矿物组成的复矿岩。岩石是构成地壳的最基本单位。按其成因可将地壳的岩石分为三大类：岩浆岩、沉积岩和变质岩。

岩石与人们的生活、国民经济发展和科学研究有着密切关系。岩石不仅是研究地质构造、地貌、水文地质、矿产等的基础，而且也是人类一切工程建筑的地基和原料。

一、岩浆岩（火成岩）

岩浆岩是由岩浆冷凝形成的岩石。岩浆存在于地壳的深处，是处于高温、高压下的硅酸盐熔融体。它的主要成分是硅酸盐，还有其他元素、化合物以及溶解的气体（ H_2O 、 CO_2 等）。

岩浆经常处于活动状态中，当地壳发生变动或受到其他内力作用时，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。岩浆在上升过程中，压力减小，热量散失，经复杂的物理化学过程，最后冷却凝结，就形成了岩浆岩。

依冷凝成岩浆岩的地质环境的不同将岩浆岩分三大类：

（1）深成岩：岩浆侵入地壳深处（约距地表 3 km）冷却而成的岩石。由于岩浆压力和温度较高，且压力和温度降低又比较缓慢，因此组成岩石的矿物结晶良好。

（2）浅成岩：岩浆沿地壳裂缝上升距地表较浅处冷凝而成的岩石。由于岩浆压力小，温度降低较快，组成岩石的矿物结晶较细小。

（3）喷出岩：岩浆沿地壳裂缝一直上升喷出地表，这种活动叫火山喷发，对地表产生的一切影响叫火山作用，形成的岩石叫喷出岩。在地表条件下，温度降低迅速，矿物来不及结晶或结晶较差。肉眼不易看清楚。

岩浆岩的产状可以反映岩体空间位置与围岩的相互关系及其形态特征。由于岩浆本身成分的不同，受地质条件的影响，岩浆岩产状大致有下列几种（如图 1-4 所示）。

（1）岩基：深成巨大的侵入岩体，范围很大，常与硅铝层连在一起，形状不规则，表面起伏不平。与围岩成不和谐接触，露出地面的大小决定当时的剥蚀深度。

（2）岩株：与围岩接触较陡，面积达几平方千米或几十平方千米，其下部与岩基相连，比岩基小。

（3）岩盘：岩浆冷凝成为上凸下平呈透

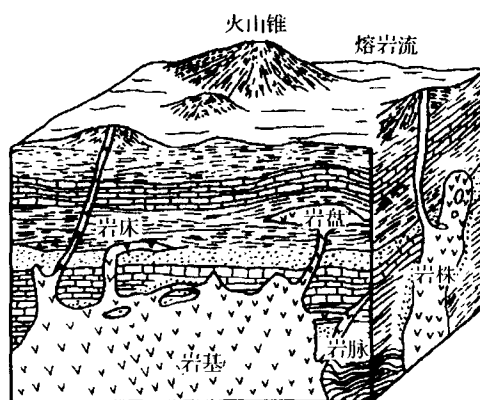


图 1-4 岩浆岩的产状

镜状的侵入体，底部通过颈体和更大的侵入体连通，直径可大至几千米。

(4) 岩床：岩浆沿着成层的围岩方向侵入，表面无凸起，略为平整，范围1 m至几米。

(5) 岩脉：沿围岩裂隙冷凝成的狭长形的岩浆体，与围岩成层方向相交成垂直或近于垂直。另外，垂直或大致垂直地面者称为岩墙。

(一) 岩浆岩的矿物成分及化学成分

组成岩浆岩的矿物根据颜色可分为浅色矿物和深色矿物两类。浅色的矿物有石英、正长石、斜长石及白云母等；深色的矿物有黑云母、角闪石、辉石及橄榄石等。

岩浆岩的矿物成分是岩浆化学成分的反映。岩浆的化学成分相当复杂，但含量高，对岩石的矿物成分影响最大的是 SiO_2 。根据 SiO_2 的含量，岩浆岩可分下面几类：

(1) 酸性岩类： $(\text{SiO}_2 \text{ 含量} > 65\%)$ 矿物成分以石英、正长石为主，并含有少量的黑云母和角闪石，岩石的颜色浅，比重小。

(2) 中性岩类： $(65\% \geq \text{SiO}_2 \text{ 含量} > 52\%)$ 矿物成分以正长石、角闪石、斜长石为主，并含有少量的黑云母及辉石。岩石的颜色比较深，比重比较大。

(3) 基性岩类： $(52\% \geq \text{SiO}_2 \text{ 含量} \geq 45\%)$ 矿物成分以斜长石、辉石为主，含有少量的角闪石及橄榄石。岩石的颜色深，比重比较大。

(4) 超基性岩类： $(\text{SiO}_2 \text{ 含量} < 45\%)$ 矿物成分以橄榄石、辉石为主，其次有角闪石，一般不含硅铝矿物。岩石的颜色深，比重很大。

(二) 岩浆岩的结构与构造

1. 结构

岩浆岩的结构是指组成岩石的矿物的结晶程度、晶粒大小、形状及其相互结合的情况。岩浆岩的结构特征是岩浆成分和岩浆冷凝时物理环境的综合反映。

(1) 全晶质结构：岩石全部由结晶的矿物颗粒组成（如图1-5所示）。其中同一种矿物的结晶颗粒大小近似者称为等粒结构。等粒结构按结晶颗粒的绝对大小可以分为：

粗粒结构 矿物的结晶颗粒 $> 5 \text{ mm}$ ；

中粒结构 矿物的结晶颗粒为 $5 \sim 2 \text{ mm}$ ；

细粒结构 矿物的结晶颗粒为 $2 \sim 0.2 \text{ mm}$ ；

微粒结构 矿物的结晶颗粒 $< 0.2 \text{ mm}$ ；

岩石中的同一种主要矿物，其结晶颗粒如大小悬殊，则称为似斑状结构。其中晶形比较完好的粗大颗粒称为斑晶，小的结晶颗粒称为石基。全晶质结构主要为深成岩和浅成岩的结构，部分喷出岩有时也具有这种结构。

(2) 半晶质结构：岩石全部由结晶的矿物颗粒和部分细晶的玻璃质组成（如图1-5所示）。结晶的矿物如颗粒粗大，晶形完好，就称为斑状结构。半晶质结构主要为浅成岩具有的结构，有

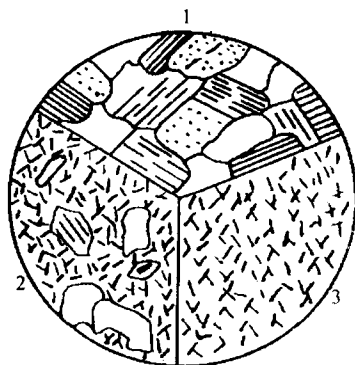


图1-5 岩浆岩按结晶程度划分的三种结构

1. 全晶质结构；2. 半晶质结构；

3. 非晶质结构

时在部分喷出岩中也能看到这种结构。

(3) 非晶质结构：又称玻璃质结构。岩石全部由熔岩冷凝的玻璃质组成（如图 1-5 所示）。非晶质结构为喷出岩具有的结构。

2. 构造

岩浆岩的构造是指矿物在岩石中的组合方式和空间分布情况。构造的特征主要取决于岩浆冷凝时的环境。岩浆岩最常见的构造主要有：

(1) 块状构造：组成岩石的各种矿物均匀分布于岩石之中，不显层次，呈致密块状。如花岗岩、花岗斑岩等一系列深成岩与浅成岩的构造（如图 1-6 所示）。

(2) 流纹状构造：由于熔岩流动，由一些不同颜色和拉长气孔等定向排列所形成的流动状构造。这种构造仅出现于喷出岩中，如流纹岩所具有的构造。

(3) 气孔状构造：岩浆凝固时挥发性的气体未能及时逸出，以致在岩石中留下许多圆形、椭圆形或长管形的孔洞。气孔状构造常为玄武岩等喷出岩所具有（如图 1-7 所示）。

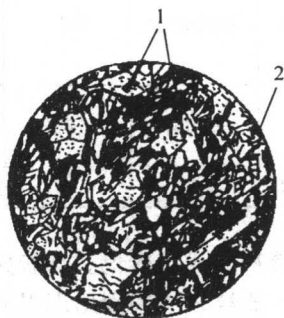


图 1-6 块状构造

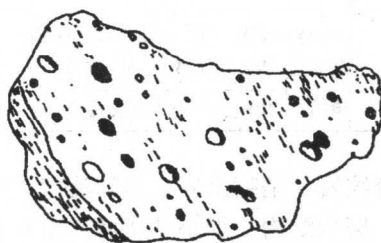


图 1-7 气孔状构造

(4) 杏仁状构造：岩石中气孔为后期产物（如方解石、石英等）充填所形成的一种形状似杏仁的构造，如某些玄武岩和安山岩的构造。气孔状构造和杏仁状构造多分布于熔岩的表层。

(三) 岩浆岩的分类和常见的岩浆岩

1. 岩浆岩的分类

岩浆岩的种类很多，其间既存在着差异又存在着联系。现行岩浆岩分类通常是从岩浆的成分和凝固成岩环境两方面考虑。岩浆岩按其中 SiO_2 的含量又分成超基性岩、基性岩、中性岩及酸性岩。分类的另一种标志是岩浆冷凝环境，据此分成侵入岩与喷出岩，侵入岩又可分为深成岩和浅成岩。超基性、基性、中性及酸性岩浆岩在各种冷凝环境下形成不同代表性的岩石（见表 1-3）。

2. 常见的岩浆岩

(1) 酸性岩

花岗岩 是深成侵入岩。多呈肉红色、灰色或灰白色。矿物成分主要为石英和正长石，其次为黑云母、角闪石和其他矿物。全晶质等粒结构（也有不等粒或似斑状结构），块状构造。根据所含深色矿物的不同，可进一步分为黑云母花岗岩、角闪石花岗岩等。