

高等学校试用教材

公路工程地质

(道路与桥隧专业用)

西安公路学院 主编

人民交通出版社

高等学校试用教材

公路工程地质

(道路与桥隧专业用)

西安公路学院主编

人民交通出版社

内 容 提 要

本教材共十章，紧密结合公路工程取材。内容包括：岩石、地质构造、地貌、水文等地质基础知识；对工程影响较大的风化作用，地表流水地质作用，地震等自然地质作用及常见的一些不良地质现象；岩体稳定的结构分析；公路工程地质勘测的任务、方法及主要工程地质问题。

本教材适用于：公路工程、桥梁与隧道专业，也可供有关工程技术人员参考。

高等学校试用教材

公 路 工 程 地 质

(道路与桥隧专业用)

西安公路学院主编

人民交通出版社出版

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第006号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本：787×1092 1/32 印张：11.5 字数：282千

1980年7月 第1版

1980年7月 第1版 第1次印刷

印数：0001—3,900册 定价：1.20元

前 言

本教材系以1978年3月交通部公路、桥隧、筑机专业教材编写大纲讨论会所确定的《公路工程地质》教材大纲为依据，并在吸取兄弟院校教学经验的基础上进行编写的。

本教材编写时，力求运用辩证唯物主义的观点，注意贯彻理论和实际相结合的原则，着重讲清工程地质的基本概念、原理和方法，紧密结合公路工程的主要地质问题取材。

本教材并用国际制与公制两种单位，但所列数据均以公制为准，国际制仅供参考。

本教材由西安公路学院李斌和左溪田主编。参加编写的还有重庆建筑工程学院戴震明，河北工学院李宗惕，西安公路学院张尚文、周兰玉等。全书图件由西安公路学院王文锐描绘。编写分工如下：

概述、第一章、第二章由左溪田编写；第三章、第四章由张尚文编写；第五章、第六章由李宗惕编写；第七章由李斌、周兰玉编写；第八章由戴震明、李斌编写；第九章由戴震明编写；第十章由李斌编写。

本教材由北京工业大学黄玉田主审。全国有十一所有关高等学校参加了审稿会议，与会者对教材进行了认真的审阅，提出了许多宝贵的意见和建议。在此，一并致谢。

对本教材的缺点和错误，诚恳地希望读者提出宝贵意见。

目 录

概 述.....	1
第一章 岩 石.....	5
第一节 主要造岩矿物.....	5
第二节 岩浆岩.....	7
第三节 沉积岩.....	11
第四节 变质岩.....	15
第五节 三大岩类小结.....	18
第六节 岩石的工程性质.....	20
第二章 地质构造.....	26
第一节 地质年代.....	26
第二节 地质构造.....	28
第三节 阅读地质图.....	40
第三章 风化作用.....	48
第一节 风化作用的类型.....	48
第二节 风化岩层的分带分级和残积层.....	51
第四章 地表流水的地质作用及沉积层.....	55
第一节 地表暂时流水的地质作用及沉积层.....	55
第二节 河流的地质作用及冲积层.....	58
第五章 地 貌.....	63
第一节 地貌概述.....	64
第二节 山岭地貌.....	67
第三节 平原地貌.....	71
第四节 河谷地貌.....	72
第六章 地下水.....	76
第一节 地下水的形成条件及分类.....	76
第二节 上层滞水.....	78
第三节 潜水.....	79
第四节 承压水.....	82
第七章 地 震.....	84
第一节 概述.....	84
第二节 震级与烈度.....	86
第三节 公路震害及防震原则.....	92
第八章 常见的不良地质现象.....	98
第一节 崩塌与岩堆.....	98

第二节 滑坡.....	103
第三节 泥石流.....	111
第四节 岩溶.....	115
第五节 风沙.....	120
第九章 岩体稳定的结构分析.....	129
第一节 岩体结构.....	129
第二节 岩体稳定的结构分析.....	133
第十章 公路工程地质勘测.....	147
第一节 概 述.....	147
第二节 公路工程地质勘测的主要方法.....	148
第三节 公路勘测中的主要工程地质问题.....	158
附录 一般性地质符号.....	175

概 述

一、地 壳

地球是一个平均半径约为6371公里的旋转椭球体。它的内部结构很复杂，根据物质成分、状态和性质的不同，可以划分成许多圈层，一般分为三个部分（图1）：最外面是一层很薄的地壳，中间很厚的一层是地幔，最里面是地核。

人类的一切工程活动，都是在地壳的最表层。

地壳是由岩石组成的，有些地方厚，有些地方薄，厚度很不一致，参看图2。大陆部分的地壳比较厚，平均厚度约33公里，除表面的沉积层外，主要由两部分组成：上部为花岗岩层，下部为玄武岩层。海洋下面的地壳薄，平均厚度只有几公里，几乎全部由玄武岩层组成。

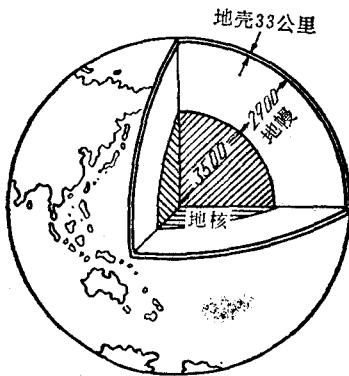


图1 地球内部圈层构造示意图

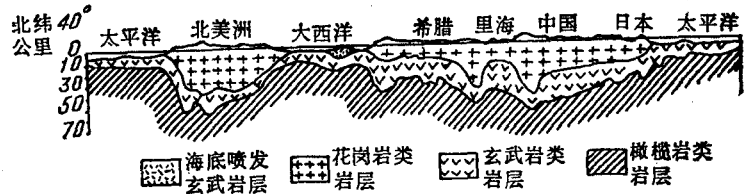


图2 地壳剖面图

大家知道，地壳表面的热学状态，主要决定于太阳的热能。由于地球的运动，有日变化和季节变化。这种变化从地面往下逐渐减弱，到地面下15~30米深的地方，这种变化已经消失，大致保持着相当于或稍高于当地的全年平均温度，地温终年不变，称为常温层。地壳表面的大气、水及生物界的一切运动和变化，主要都是由太阳发出的热能引起的，这些运动介质产生的动力，构成了自然界改造地壳面貌的巨大的外部力量。

常温层往下，地温随着深度不断升高，深度每增加1公里，温度约上升30°C。现代地球物理学研究证明，上述规律只限于地表下20公里的深度范围。如果深度继续增加，地球内部的导热率将随之增大，地温的增加也将大大变慢。据推算，在地幔的上部，温度约为1000°C，在地下2900公里的地幔下部，温度约在2000°C左右。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。地球内部的这种巨大热量，以及地球自转速度的变化等，是引起地球内部物质运动和不断转化的重要能源。地球内部为什么能长期保持这样巨大的热量呢？一般认为，主要是由于地球内部放射性物质不断释放热量的缘故。

二、地质作用

地壳自形成以来，一直处在不停地运动和变化之中，因而引起了地壳构造和地表形态不

断地发生演变。现在我们所看到的地壳，不过是它发展过程中的一个阶段，今天所看到的一切地质现象，也只是它整个演变过程中的一些片段而已。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。

有些地质作用进行得很快，如地震、山崩等，我们可以直接觉察到这些作用产生的现象。但大部分的地质作用都进行得十分缓慢，如现代地壳运动，即使在相当强烈的地区，其速度一年也不过只有几厘米。虽然这样缓慢，但长期进行，就会产生十分显著的结果。因此，正确理解时间因素在地质过程中的意义，对于运用自然历史的观点，认识自然界一切地质现象的形成和发展，无疑是很重要的。

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。

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、太阳和月球的引力以及地球的重力能等。其作用的方式，可以概括为下面五种：

1. 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。

2. 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如河流、大气降水、地下水、海洋、湖泊以及风等对地壳所进行的各种不同方式的破坏作用。

3. 搬运作用 岩石经过风化、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，经过一定距离之后，由于搬运介质的搬运能力（如风速或流速）减弱，或搬运介质的物理化学条件发生变化，或者由于生物的作用，使被搬运的物质从搬运介质中分离出来，形成沉积物的过程，称为沉积作用。

5. 成岩作用 沉积下来的各种松散堆积物，在一定的条件下，由于压力增大、温度升高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。

可以看出，外力地质作用，一方面通过风化和剥蚀作用不断地破坏出露地面的岩石，另一方面又把高处剥蚀下来的风化产物，由流水等介质搬运到地壳低洼的地方沉积下来，最后又重新形成新的岩石。可见，外力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。

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的地质作用，主要是在地壳或地幔内部进行，所以称为内力地质作用（简称为内力作用）。内力地质作用包括地壳运动、岩浆作用、变质作用和地震等。

1. 地壳运动 由于地球转动速度的改变等原因，促使组成地壳的物质（如岩层）不断运动，这种运动，称为地壳运动。地壳运动引起海陆变迁，产生各种地质构造，形成山脉、高原、盆地等地壳表面大型的基本构造形态。

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，最后冷却凝固成为岩石的全部过程，称为岩浆作用。岩浆作用形成了岩浆岩，并使围岩发生变质现象，造成地表隆起，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。由于变质作用，形成各种不同的变质岩。

4.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。

地壳运动在地壳的发展历史中具有特别重要的意义。伴随地壳运动，常发生地震、岩浆作用和变质作用，并引起地壳构造发生变动，促使构成地壳的岩层产生变形，形成各种地质构造。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，在地质学上称之为新构造运动。地壳运动有大致平行于地球表面方向的水平运动，有沿着地球半径方向的升降运动。两者互相联系，互相影响。但水平运动在地壳演变过程中，是相对地表现较为强烈的一种运动形式，也是当前被认为形成地壳表层各种构造形态的主要原因。地质力学的理论认为，由于地球自转速度变化在地壳内部产生的横向压力，是引起地壳发生水平运动的重要因素。地球自转速度发生变化，原因很多，但由于地球质量的逐渐集中或分布发生变化而引起的地球转动惯量的变化，则普遍认为是促使地球自转速度发生变化的主要原因。

从作用的结果看，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了新的条件。两者紧密联系，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。

上述的这些作用，是形成自然界各种地质现象的根本原因，也是影响工程建筑条件的一个重要因素。在这里，只是从总体上概括地说明内外力地质作用在地壳发展过程中的内在联系。至于作用的实质，产生的现象，以及对工程建筑条件的影响等，在后面的有关章节还要作进一步讨论，在这里不再多讲。

三、地质条件与工程建筑

人类的工程活动，主要是在地壳的表层。修建在地壳表层的工程建筑物，都要求以最经济的投资和最快的速度完成工程任务，而且修建的工程必须是坚固的和耐用的。但是由于内外力对地壳不断地作用，促使地壳不断地发生变化，产生各种自然地质现象，如岩层的褶皱和断裂、地震、岩石的风化、流水的侵蚀、山坡的滑动等。他们都会直接或间接地影响工程的建筑条件，或给建筑物的正常使用造成威胁。当建筑物修建以后，在建筑物自身因素的影响下，也会引起当地的地质条件发生变化，产生不良的工程地质现象，如路堑边坡的滑动，隧道洞顶的坍陷，以及路堤或桥梁地基的压缩沉陷等，同样会使建筑物产生变形，甚至遭到破坏。大量事实说明，许多工程建筑物的破坏，往往不是建筑物结构本身的原因造成的，而经常是由建筑物所处的地质条件发生不良变化引起的。然而，这只是说到了问题的一个方面，即人们在自然界中生活，受着自然界客观规律的支配。在工程实践中必须重视自然地质条件对工程建筑的影响，认真进行调查研究，充分占有资料，避免设计工作中的盲目性。但是也应当看到，随着生产和科学实验的发展，人们正在深化对于自然界客观规律的认识，不断取得引人注目的进展，并积累了相当丰富的经验，从而能够认识并充分地利用有利的地质条件，改造或避让不利的地质条件，使设计和修建的工程建筑物尽量地符合于当地的自然实际。在我国，许多在复杂地质条件下的巨大工程的胜利建成和投入使用，就是最好的证明。

四、本课程的任务及学习要求

公路工程是一种延伸很长的线型建筑物。伟大祖国疆域辽阔，自然条件复杂，在大力发

展的公路建设事业中，必然会遇到各种各样的自然条件和地质问题。作为一个公路工程的建设者，肩负着为四个现代化逢山开路，遇水架桥的先行任务，这一艰巨光荣的历史任务，要求我们必须正确地处理工程建筑与自然地质条件的相互关系，多、快、好、省地完成各项工程任务，保证工程质量。为此，我们必须具备一定的地质科学知识，以指导工程实践。

研究自然地质条件的学科很多，如岩石学、构造地质学、动力地质学、地貌学、第四纪地质学及水文地质学等。它们都是研究地壳的物质组成、构造形态和演化规律的科学。从工程建筑的观点，研究与工程建筑有关的地质问题的科学，则称为工程地质学。我们一方面要结合公路、桥梁和隧道工程的特点，创造性的运用工程地质学的知识，有效的解决生产中的实际问题；另一方面，通过实践，要不断地总结新的经验，提高工程的勘测设计质量，为实现四个现代化的宏伟目标作出应有的贡献。

从工程建筑的观点，研究与工程有关的一些地质条件，如岩石的工程性质、地貌、地质构造、水文地质、地质作用、自然地质现象和工程地质现象等，统称为工程地质条件。不难看出，只有对建筑物所处的工程地质条件进行深入研究之后，才能对修建工程建筑物的合理性作出正确的评价，对防治不良地质现象的措施提出比较全面的规划。所以，工程地质学的一个直接任务，就是研究工程建筑地区的工程地质条件，进行方案比较，选择最佳的方案；对选定方案的工程地质条件作进一步的深入调查研究，确定建筑物合理的布置位置；预测建筑物修建后可能引起的地质条件的变化，拟定有效的防治措施，保证建筑物的稳定和正常使用。

本课程是公路、桥隧专业的一门技术基础课，它结合我国的自然条件和公路、桥梁与隧道工程的特点，为学习专业和今后开展有关问题的科学研究，提供了必要的工程地质学的基础知识，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，结合专业学习，对一般的工程地质问题能进行初步评价，为完成工程勘测、设计和施工任务，打下地质学方面的基础。同时，学好工程地质学，对于理解和掌握唯物辩证法，树立辩证唯物主义的世界观也是有重要意义的。

第一章 岩 石

组成地壳的岩石，都是在一定的地质条件下，由一种或几种矿物自然组合而成的矿物集合体。矿物的成分、性质及其在各种因素影响下的变化，都会对岩石的强度和稳定性产生影响。

自然界有各种各样的岩石，按成因，可分为岩浆岩、沉积岩和变质岩三大类。由于岩石是由矿物组成的，所以要认识岩石，分析岩石在各种自然条件下的变化，进而对岩石的工程地质性质进行评价，就必须先从矿物讲起。

第一节 主要造岩矿物

一、矿物的概念

地壳中的化学元素，除极少数呈单质存在者外，绝大多数的元素都以化合物的形态存在于地壳中。这些存在于地壳中的具有一定化学成分和物理性质的自然元素和化合物，称为矿物。其中构成岩石的矿物，称为造岩矿物。如常见的石英(SiO_2)、正长石(KAlSi_3O_8)、方解石(CaCO_3)等。

造岩矿物绝大部分是结晶质。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排列，形成稳定的结晶格子构造(图1-1)，在生长过程中如条件适宜，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。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。

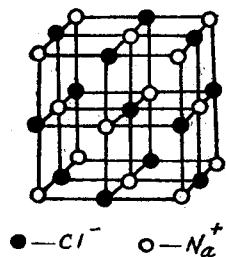


图1-1 食盐晶格构造

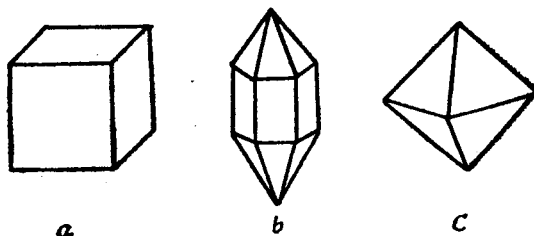


图1-2 矿物晶体

a-食盐晶体；b-石英晶体；c-金刚石晶体

自然界的矿物，它一方面不断地在各种地质过程中形成，同时又经受着各种地质作用而在不断地发生变化，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，形成新的次生矿物。

二、矿物的物理性质

矿物的物理性质，决定于矿物的化学成分和内部构造。由于不同矿物的化学成分或内部

构造不同，因而反映出不同的物理性质。所以，矿物的物理性质，是鉴别矿物的重要依据。

矿物的物理性质是多种多样的。为便于用肉眼鉴别常见的造岩矿物，这里主要介绍矿物的颜色、光泽、硬度、解理和断口。

(一)颜色

矿物的颜色，是矿物对可见光波的吸收作用产生的。按成色原因，有自色、他色、假色之分。

自色 是矿物固有的颜色，颜色比较固定。对造岩矿物来说，由于成分复杂，颜色变化很大。一般来说，含铁、锰多的矿物，如黑云母、普通角闪石、普通辉石等，颜色较深，多呈灰绿、褐绿、黑绿以至黑色；含硅、铝、钙等成分多的矿物，如石英、长石、方解石等，颜色较浅，多呈白、灰白、淡红、淡黄等各种浅色。

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。

假色 是由于矿物内部的裂隙或表面的氧化薄膜对光的折射、散射所引起的。如方解石解理面上常出现的虹彩；斑铜矿表面常出现斑驳的蓝色和紫色。

(二)光泽

矿物表面呈现的光亮程度，称为光泽。矿物的光泽是矿物表面的反射率的表现，按其强弱程度，分金属光泽、半金属光泽和非金属光泽。造岩矿物绝大部分属于非金属光泽。由于矿物表面的性质或矿物集合体的集合方式不同，又会反映出各种不同特征的光泽。

1. **玻璃光泽** 反光如镜，如长石、方解石解理面上呈现的光泽。

2. **珍珠光泽** 光线在解理面间发生多次折射和内反射，在解理面上所呈现的象珍珠一样的光泽，如云母等。

3. **丝绢光泽** 纤维状或细鳞片状矿物，由于光的反射互相干扰，形成丝绢般的光泽，如纤维石膏和绢云母等。

4. **油脂光泽** 矿物表面不平，致使光线散射，如石英断口上呈现的光泽。

5. **蜡状光泽** 象石蜡表面呈现的光泽。如蛇纹石、滑石等致密块体矿物表面的光泽。

6. **土状光泽** 矿物表面暗淡如土，如高岭石等松粒块体矿物表面所呈现的光泽。

(三)硬度

矿物抵抗外力刻划、研磨的能力，称为硬度。由于矿物的化学成分或内部构造不同，所以不同的矿物常具有不同的硬度。硬度是矿物的一个重要鉴定特征。在鉴别矿物的硬度时，是用两种矿物对刻的方法来确定矿物的相对硬度。硬度对比的标准，从软到硬依次由下列10种矿物组成，称为摩氏硬度计。可以看出，摩氏硬度只反映矿物相对硬度的顺序，它并不是矿物绝对硬度的等级。

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

矿物硬度的确定，是根据两种矿物对刻时互相是否刻伤的情况而定。如将需要鉴定的矿物与标准硬度矿物中的磷灰石对刻，结果被磷灰石所刻伤而自己又能刻伤萤石，说明它的硬

度大于萤石而小于磷灰石，在4~5之间，即可定为4.5。常见的造岩矿物的硬度，大部分在2~6.5左右，大于6.5的只有石英、橄榄石、石榴子石等少数几种。野外工作中，常用指甲（2~2.5）、铁刀刃（3~3.5）、玻璃（5~5.5）、钢刀刃（6~6.5）鉴别矿物的硬度。

矿物的硬度，对岩石的强度有明显影响。风化、裂隙、杂质等会影响矿物的硬度。所以在鉴别矿物的硬度时，要注意在矿物的新鲜晶面或解理面上进行。

（四）解理、断口

矿物受打击后，能沿一定方向裂开成光滑平面的性质，称为解理。裂开的光滑平面称为解理面。不具方向性的不规则破裂面，称为断口。

不同的晶质矿物，由于其内部构造不同，在受力作用后开裂的难易程度、解理数目以及解理面的完全程度也有差别。根据解理出现方向的数目，有一个方向的解理，如云母等；有两个方向的解理，如长石等；有三个方向的解理，如方解石等。根据解理的完全程度，可将解理分为以下几种：

1. 极完全解理 极易裂开成薄片，解理面大而完整，平滑光亮，如云母。
2. 完全解理 常沿解理方向开裂成小块，解理面平整光亮，如方解石。
3. 中等解理 既有解理面，又有断口，如正长石。
4. 不完全解理 常出现断口，解理面很难出现，如磷灰石。

矿物解理的完全程度和断口是互相消长的，解理完全时则不显断口。反之，解理不完全或无解理时，则断口显著。如不具解理的石英，则只呈现贝壳状的断口。

解理是造岩矿物的另一个鉴定特征。矿物解理的发育程度，对岩石的力学强度产生影响。此外，如滑石的滑腻感，方解石遇盐酸起泡等，都可作为鉴别这种矿物的特征。

三、常见的主要造岩矿物

常见的主要造岩矿物及其物理性质，见表1-1。

第二节 岩 浆 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，是一种处于高温、高压下的硅酸盐熔融体，富含挥发物质（气体、水分）和一部分金属硫化物。

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。

岩浆上升侵入围岩，在地壳深处结晶形成的岩石，称为深成岩，在地面以下较浅处形成的岩石，称为浅成岩，两者统称为侵入岩。由喷出地面的熔岩凝固形成的岩石，称为喷出岩。侵入岩和喷出岩，由于生成时的物理环境不同，因而具有不同的结构和构造。

岩浆侵入体和喷出体的产出状态，如图1-3所示。

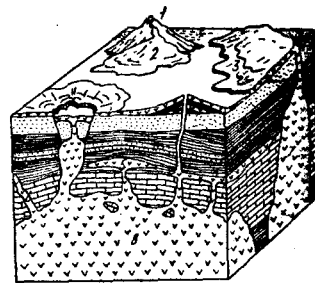


图1-3 岩浆侵入体和喷出体示意图
1-火山锥；2-熔岩流；3-岩被；4-岩床；5-岩盘；6-岩墙；7-岩株；8-岩基

常见主要造岩矿物物理性质简表

表 4-1

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 KAlSi_3O_8	短柱状、板状、粒状	肉红、浅玫瑰或近于白色	玻璃光泽	6	二向完全解理，近于正交	解理，颜色
斜 长 石 ($100-n$) $\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8) \cdot n\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7)$	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
白 云 母 $\text{KAl}_2(\text{OH})_2 \cdot \text{AlSi}_2\text{O}_6$	板状、片状	无色、灰白至浅灰色	玻璃或珍珠光泽	2.5~3	一向极完全解理	解理，薄片有弹性
黑 云 母 $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{OH})_2 \cdot \text{AlSi}_3\text{O}_{10}$	板状、片状	深褐、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 (Ca, Na)(Mg, Fe)(Al, Fe)(Si, Al) $_3\text{O}_{11}$ · $2(\text{OH})_2$	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 (Na, Ca)($\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al}$)(Si, Al) $_3\text{O}_{11}$	短柱状、粒状	褐黑、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 (Fe, Mg) $_2(\text{SiO}_4)$	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，晶面常弯曲呈鞍状	解理，硬度，晶面弯曲，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，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 石 $\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$	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 (Mg, Fe) $_3\text{Al}(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$	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 $\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$	块状、片状、纤维状	淡黄绿、淡绿或浅黄色	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 ($\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn}, \text{Ca}$)($\text{Al}, \text{Fe}, \text{Cr}$) $_2(\text{SiO}_4)_3$	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	无解理，不规则断口	形状，颜色，硬度
黄 铁 矿 FeS_2	立方体、粒状	浅黄铜色	金属光泽	6~6.5	贝壳状或不规则断口	形状，颜色，光泽

一、岩浆岩的矿物成分

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：

浅色矿物：有石英、正长石、斜长石及白云母等。

深色矿物：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，岩浆岩可分为下面几类：

1. 酸性岩类 (SiO_2 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，比重轻。

2. 中性岩类 (SiO_2 含量 $65\sim52\%$) 矿物成分以正长石、斜长石、角闪石为主，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 (SiO_2 含量 $52\sim45\%$) 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，比重也比较大。

4. 超基性岩类 ($\text{SiO}_2 < 45\%$) 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。岩石的颜色很深，比重很大。

二、岩浆岩的结构和构造

(一) 结构

岩浆岩的结构，是指组成岩石的矿物的结晶程度、晶粒的大小、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（参看图1-4）。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 矿物的结晶颗粒大于5毫米；

中粒结构 矿物的结晶颗粒5~2毫米；

细粒结构 矿物的结晶颗粒2~0.2毫米；

微粒结构 矿物的结晶颗粒小于0.2毫米。

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 岩石由结晶的矿物颗粒和部分未结晶的玻璃质组成（参看图1-4）。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，有时在部分喷出岩中也能看到这种结构。

3. 非晶质结构 又称为玻璃质结构。岩石全部由熔岩冷凝的玻璃质组成（参看图1-4）。非晶质结构为部分喷出岩具有的结构。

(二) 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，主要决定于岩浆冷

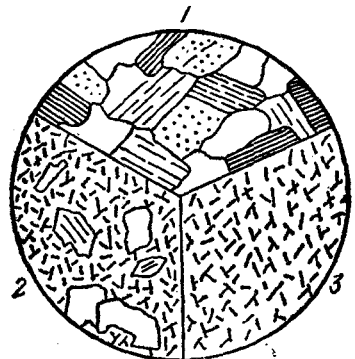


图1-4 岩浆岩按结晶程度划分的三种结构
1-全晶质结构；2-半晶质结构；3-非晶质结构
(玻璃质结构)

凝时的环境。岩浆岩最常见的构造主要的有：

1. **块状构造** 矿物在岩石中分布杂乱无章，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。

2. **流纹状构造** 由于熔岩流动，由一些不同颜色的条纹和拉长的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。

4. **杏仁状构造** 岩石中的气孔，为后期矿物（如方解石、石英等）充填所形成的一种形似杏仁的构造。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、常见的岩浆岩

(一)岩浆岩的分类

常见的岩浆岩的分类，如表1-2。

岩浆岩分类简表

表1-2

产状			岩石类型	酸性岩	中性岩	基性岩	超基性岩
			SiO ₂ 含量(%)	>65	65~52	52~45	<45
			颜色	浅(浅灰、黄、褐、红) → 深(深灰、黑绿、黑)			
			主要矿物成分	正长石		斜长石	
			构造	石英、云母、角闪石	角闪石、黑云母、辉石	角闪石、辉石、黑云母	辉石、角闪石、橄榄石
侵入岩	深成岩	岩基、岩株	粗粒、中粒、似斑状结构。块状构造	花岗岩	正长岩	闪长岩	辉长岩
	浅成岩	岩床、岩墙	细粒、微粒、似斑状及斑状结构。块状构造	花岗斑岩	正长斑岩	闪长玢岩	辉绿岩
	喷出岩	火山锥、熔岩流、熔岩被	微粒、斑状、玻璃质结构。块状、气孔状、杏仁状、流纹状构造	流纹岩	粗面岩	安山岩	玄武岩
							橄榄岩、辉石、角闪石
							橄榄岩、辉石、角闪石
							少 见
							少 见

(二)常见的岩浆岩

1. 酸性岩类

花岗岩 是深成侵入岩。多呈肉红色、灰色或灰白色。矿物成分主要的为石英和正长石，其次有黑云母、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。花岗岩分布广泛，性质均匀坚固，是良好的建筑石料。

花岗斑岩 是浅成侵入岩。成分与花岗岩相似，所不同的是具斑状结构，斑晶为长石或石英，石基多由细小的长石、石英及其他矿物组成。

流纹岩 是喷出岩，呈岩流产出。常呈灰白、紫灰或浅黄褐色。具典型的流纹构造，斑

状结构，细小的斑晶常由石英或长石组成。在流纹岩中很少出现黑云母和角闪石等深色矿物。

2. 中性岩类

正长岩 是深成侵入岩。肉红色、浅灰或浅黄色。全晶质等粒结构，块状构造。主要矿物成分为正长石，其次为黑云母和角闪石，一般石英含量极少。其物理力学性质与花岗岩相似，但不如花岗岩坚硬，且易风化。

正长斑岩 是浅成侵入岩，与正长岩所不同的是具斑状结构，斑晶主要是正长石，石基比较致密。一般呈棕灰色或浅红褐色。

粗面岩 是喷出岩。常呈浅灰、浅褐黄或淡红色。斑状结构，斑晶为正长石，石基多为隐晶质，具细小孔隙，表面粗糙。

闪长岩 是深成侵入岩。灰白、深灰至黑灰色。主要矿物为斜长石和角闪石，其次有黑云母和辉石。全晶质等粒结构，块状构造。闪长岩结构致密，强度高，且具有较高的韧性和抗风化能力，是良好的建筑石料。

闪长玢岩 是浅成侵入岩。灰色或灰绿色。成分与闪长岩相似，具斑状结构，斑晶主要为斜长石，有时为角闪石。岩石中常有绿泥石、高岭石和方解石等次生矿物。

安山岩 是喷出岩。灰色、紫色或灰紫色。斑状结构，斑晶常为斜长石。气孔状或杏仁状构造。

3. 基性岩类

辉长岩 是深成侵入岩。灰黑至黑色。全晶质等粒结构，块状构造。主要矿物为斜长石和辉石，其次有橄榄石、角闪石和黑云母。辉长岩强度高，抗风化能力强。

辉绿岩 是浅成侵入岩。灰绿或黑绿色。具特殊的辉绿结构（辉石充填于斜长石晶体格架的空隙中），成分与辉长岩相似，但常含有方解石、绿泥石等次生矿物。强度也高。

玄武岩 是喷出岩。灰黑至黑色。成分与辉长岩相似。呈隐晶质细粒或斑状结构，气孔或杏仁状构造。玄武岩致密坚硬、性脆，强度很高。

第三节 沉 积 岩

沉积岩是在地表和地表下不太深的地方，由松散堆积物在温度不高和压力不大的条件下形成的。它是地壳表面分布最广的一种层状的岩石。

出露地表的各种岩石，经长期的日晒雨淋，风化破坏，就逐渐地松散分解，或成为岩石碎屑，或成为细粒粘土矿物，或者成为其它溶解物质。这些先成岩石的风化产物，大部分被流水等运动介质搬运到河、湖、海洋等低洼的地方沉积下来，成为松散的堆积物。这些松散的堆积物经长期压密、胶结、重结晶等复杂的地质过程，就形成了沉积岩。此外如沉积过程中的生物活动和火山喷出物的堆积，在沉积岩的形成中也有重要的意义。

一、沉积岩的物质组成和分类

（一）沉积岩的物质组成

沉积岩主要由下面的一些物质组成：

1. 碎屑物质 由先成岩石经物理风化作用产生的碎屑物质组成。其中大部分是化学性质比较稳定，难溶于水的原生矿物的碎屑，如石英、长石、白云母等；一部分则是岩石的碎