

高等学校教材

公路工程地质

(第二版)

(公路与城市道路、桥梁工程专业用)

李 斌 主编



人民交通出版社

高等学校教材

U412.22

3

-2

Gonglu Gongcheng Dizhi

公路工程地质

(第二版)

(公路与城市道路、桥梁工程专业用)

李 斌 主编



人民交通出版社

内 容 提 要

本教材共三篇十五章。第一篇为基础知识,内容包括:岩石、地质构造、地震、地球演化、外力作用、地貌、地下水和岩体结构及岩体稳定的结构分析。第二篇为常见的不良地质现象,内容包括:崩塌与滑坡、泥石流、岩溶、风沙、多年冻土。第三篇为公路工程地质勘测,内容包括勘测的主要方法及主要工程地质问题。

本教材适用于:公路与城市道路、桥梁工程专业。也可供有关工程技术人员参考。

(作者通信地址:李斌 710064 西安市翠华路3号西安公路交通大学)

图书在版编目(CIP)数据

公路工程地质/李斌主编. —2版. —北京:人民交通出版社,1997.6重印

ISBN 7-114-00754-X

I. 公… II. 李… III. 道路工程-地质勘探
IV. U412.22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 11162 号

高等学校教材 公路工程地质 (第二版)

(公路与城市道路、桥梁工程专业用)

李 斌 主编

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

北京鑫正大印刷有限公司印刷

开本:787×1092 1/16 印张:14 字数:334千

1980年7月 第1版

2003年2月 第2版 第24次印刷

印数:148251—151250册 定价:16.00元

ISBN 7-114-00754-X

U · 00445

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。

前 言

(第 二 版)

本版教材是在1980年出版的高等学校试用教材《公路工程地质》的基础上,经过补充、修改而成。改编是以1982年高等院校路、桥专业教材编审委员会所确定的《公路工程地质》教材大纲为依据,同时注意吸取国内外同类教材的有益经验。

与1980年第一版教材相比,主要有如下变动:(1)体系上划分为三篇,注重加强基础知识;(2)增加地球演化、多年冻土两章;(3)对地下水一章作了较多补充;(4)对岩石、地质构造、地震、外力作用、泥石流、岩溶各章作了部分修改、补充。其余六章均沿用第一版内容,基本未动,仅个别地方作了文字上的修改。

编者在教材编委会所定编写大纲以外,增加地球演化一章,是基于更新内容、拓宽知识面的考虑,各院校可根据具体情况确定是否讲授。

和第一版一样,在编写过程中,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,取材紧密结合公路工程的主要地质问题。

本版教材由西安公路学院李斌主编,哈尔滨建筑工程学院杨可铭主审。书中所用新图,均由西安公路学院钟孝顺描绘。

对本版教材存在的缺点和错误,诚恳地希望读者提出宝贵意见。

绪 论

一、地 壳

地球是一个旋转椭球体。它不是均质球体，而是具有圈层结构的球体。以地表为界，地球可分为内圈和外圈。内圈根据物质成分、状态和性质的不同，可以划分成许多圈层，一般分为地核、地幔和地壳三个圈层（图 4-2）。外圈一般分为生物圈、水圈和大气圈三个圈层。

地核是由铁-镍合金组成的，平均密度超过 $10\text{g}/\text{cm}^3$ 。

地幔是由岩石组成的，平均密度 $4.5\text{g}/\text{cm}^3$ 。地幔又可分上下两层，上地幔的运动和历史与地壳的运动和历史紧密相关。

地壳由固体岩石构成，平均密度 $2.8\text{g}/\text{cm}^3$ 。地壳平均厚度约为 16km ，有些地方厚，有些地方薄，厚度很不一致。大陆部分的地壳比较厚，平均约为 35km ；海洋下面的地壳薄，平均只有 6km 。

人类的一切工程活动，都是在地壳的最表层。

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，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以及地球的重力能等。外力作用的方式，可以概括为以下几种：

1. **风化作用** 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，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** 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，一般认为，它应包括土和岩石的工程性质、地质构造、地貌、水文地质、地质作用、自然地质现象和天然建筑材料等。

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，在城市过量抽吸地下水，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，在某些地区还可能产生诱发地震。

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。

四、工程地质学

工程地质学是研究工程活动与地质环境相互作用的一门学科。它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,对工程所辖地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。

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为区域工程地质学。

随着生产的发展和研究的深入,一些新的分支学科正在形成。如:环境工程地质、海洋工程地质与地震工程地质等。

为各类工程(铁路、矿山、水利水电、工业与民用建筑等)服务的工程地质,均有其自己的特点。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。

五、本课程的任务与学习要求

我国地域辽阔,自然条件复杂,在公路建设中常常遇到各种各样的自然条件和地质问题,如康藏公路、青藏公路、天山公路等长大干线,都是以地质条件复杂著称于世。因此,作为公路工程师,必须具备一定的工程地质的科学知识,才能正确处理公路建设与自然地质条件的相互关系,才能胜任自己的工作。

本课程是公路与城市道路、桥梁工程专业的一门技术基础课,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,学好工程地质学,对于理解和掌握唯物辩证法,树立唯物主义的世界观也是有重要意义的。

目 录

绪论.....	1
---------	---

第一篇 工程地质基础知识

第一章 岩石.....	1
第一节 造岩矿物.....	1
第二节 岩浆岩.....	4
第三节 沉积岩.....	8
第四节 变质岩.....	12
第五节 岩石的工程地质性质.....	15
第二章 地质构造.....	21
第一节 地质年代.....	22
第二节 地质构造.....	26
第三节 阅读地质图.....	35
第三章 地震.....	42
第一节 地震及地震波.....	43
第二节 地震的震级与烈度.....	48
第三节 公路震害及防震原则.....	53
第四章 地球演化.....	58
第一节 地球的总体特性.....	58
第二节 地球的内部构造.....	60
第三节 板块构造理论.....	62
第五章 外力作用.....	69
第一节 风化作用.....	69
第二节 地表流水的地质作用.....	75
第六章 地貌.....	83
第一节 地貌概述.....	85
第二节 山岭地貌.....	88
第三节 平原地貌.....	92
第四节 河谷地貌.....	93
第七章 地下水.....	97
第一节 地下水的物理性质和化学成分.....	97
第二节 地下水及泉的类型.....	100
第三节 地下水的运动规律和涌水量计算.....	107
第八章 岩体结构及岩体稳定的结构分析.....	113

第一节 岩体结构.....	114
第二节 岩体稳定分析的方法.....	118

第二篇 常见的不良地质现象

第九章 崩塌与滑坡.....	129
第一节 崩塌与岩堆.....	129
第二节 滑坡.....	134
第十章 泥石流.....	142
第一节 泥石流的形成条件及其发育特点.....	143
第二节 泥石流的分类.....	144
第三节 泥石流的防治.....	145
第十一章 岩溶.....	147
第一节 岩溶的形态及发育规律.....	147
第二节 岩溶的分类.....	150
第三节 岩溶发育地区修筑公路应注意的问题.....	151
第十二章 风沙.....	153
第一节 风沙地貌.....	154
第二节 风沙运动.....	156
第三节 风沙与公路.....	160
第十三章 多年冻土.....	161
第一节 多年冻土概论.....	161
第二节 冻土的工程性质与分类.....	166
第三节 多年冻土地区的特殊筑路问题.....	172
第四节 多年冻土地区的公路设计原则.....	175

第三篇 公路工程地质勘测

第十四章 公路工程地质勘测的主要方法.....	178
第一节 研究既有资料.....	178
第二节 调查与测绘.....	179
第三节 勘探.....	181
第四节 试验.....	186
第五节 长期观测.....	187
第十五章 公路勘测中的主要工程地质问题.....	189
第一节 路线勘测中的主要工程地质问题.....	189
第二节 桥渡勘测中的主要工程地质问题.....	193
第三节 隧道勘测中的主要工程地质问题.....	200
附录 一般性地质符号.....	206
参考书目.....	209

第一篇 工程地质基础知识

第一章 岩 石

在地质作用下产生的，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。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，如花岗岩主要是由正长石、石英和云母等矿物组成的复矿岩。根据矿物组成，可对岩石大致进行分类。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 造岩矿物

一、矿物的概念

地壳和地球内部的化学元素，除极少数呈单质存在者外，绝大多数都是以化合物的形态存在。这些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。

自然界的矿物，都是在一定的地质环境中形成的，随后并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，形成新的次生矿物。

地质学家不但把矿物看作是岩石的组成单元，而且把矿物看作是研究岩石生成环境和随后历史的一把重要的钥匙。

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。



图1-1 食盐晶格构造

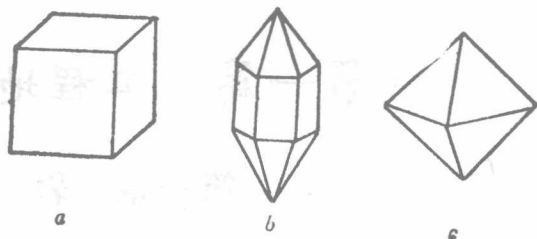


图1-2 矿物晶体

a-食盐晶体；b-石英晶体；c-金刚石晶体

(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。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. 丝绸光泽

纤维状或细鳞片状矿物，由于光的反射互相干扰，形成丝绸般的光泽，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，对岩石的力学强度会产生不同的影响。

此外，如滑石的滑腻感，方解石遇盐酸起泡等，都可作为鉴别该种矿物的特征。

三、常见的造岩矿物

常见的造岩矿物及其物理性质，见表1-1。

常见造岩矿物物理性质简表

表1-1

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	肉色、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 $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ — $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	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
白云母 $\text{KAl}_2(\text{AlSi}_2\text{O}_{10})_2(\text{OH})_2$	板状、片状	无色、灰白至浅灰色	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 $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_2(\text{AlSi}_2\text{O}_{10})_2(\text{OH})_2$	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 $(\text{Ca}, \text{Na})(\text{Mg}, \text{Fe})_2(\text{Al}, \text{Fe})_2(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{11}_2(\text{OH})_2$	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 $(\text{Fe}, \text{Mg})_2(\text{SiO}_4)$	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
高岭石 $\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)_2(\text{OH})_4$	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 $\text{Mg}_3(\text{Si}_4\text{O}_{10})_2(\text{OH})_2$	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 $(\text{Mg}, \text{Fe})_3\text{Al}(\text{AlSi}_2\text{O}_{10})_2(\text{OH})_2$	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 $\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5)_2(\text{OH})_4$	块状、片状、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 $(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn}, \text{Ca})_2(\text{Al}, \text{Fe}, \text{Cr})_2(\text{SiO}_4)_3$	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	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

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，还有其它元素、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。

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。

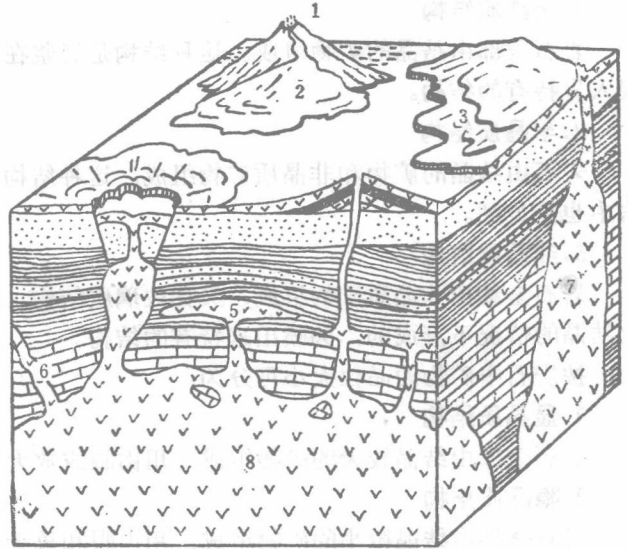


图1-3 岩浆侵入体和喷出体示意图

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

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：

1. 浅色矿物

有石英、正长石、斜长石及白云母等。

2. 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 $65 \sim 52\%$)

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 $52 \sim 45\%$)

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，密度也比较大。

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、晶粒大小、晶体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。

按岩石中矿物的结晶程度可分为：

1. 全晶质结构

岩石全部由结晶的矿物组成。这种结构是岩浆在温度缓慢降低的情况下形成的，通常是侵入岩特有的结构。

2. 半晶质结构

岩石由结晶的矿物和非晶质矿物组成。这种结构主要为浅成岩具有的结构，有时在喷出岩中也能见到。

3. 非晶质结构

岩石全部由非晶质矿物组成，又称玻璃质结构。这种结构是岩浆喷出地表迅速冷凝来不及结晶的情况下形成的，为喷出岩特有的结构。

按岩石中矿物的晶粒大小可分为：

1. 显晶质结构

岩石全部由结晶较大的矿物组成，用肉眼或放大镜即可辨认。

2. 隐晶质结构

岩石全部由结晶微小的矿物组成，用肉眼和放大镜均看不见晶粒，只有在显微镜下可识别。

3. 玻璃质结构

岩石全部为非晶质所组成，均匀致密似玻璃。

按岩石中矿物晶粒的相对大小可分为：

1. 等粒结构

岩石中的矿物全部是显晶质粒状，同种主要矿物结晶颗粒大小大致相等。等粒结构是深成岩特有的结构。按矿物结晶颗粒大小可进一步划分为：

粗粒结构 矿物结晶颗粒平均直径大于 5 mm；

中粒结构 矿物结晶颗粒 5 ~ 1 mm；

细粒结构 矿物结晶颗粒小于 1 mm。

2. 不等粒结构

岩石中同种主要矿物结晶颗粒大小不等，相差悬殊。其中晶形完好、颗粒粗大的称为**斑晶**，小的称为**石基**。按其颗粒相对大小又可分为：

斑状结构 石基为隐晶质或玻璃质。此种结构是浅成岩或喷出岩的重要特征。

似斑状结构 石基为显晶质。此种结构多见于深成岩体的边缘或浅成岩中。

(二) 构造

岩浆岩的构造，是指矿物在岩石中排列和充填方式所反映出来的外貌特征。岩浆岩的构造特征，主要决定于岩浆冷凝时的环境。常见的岩浆岩构造有：

1. 块状构造

矿物在岩石中分布比较均匀，无一定的排列方向。这种构造是花岗岩、花岗斑岩等侵入岩所具有的构造。

2. 流纹状构造

岩石中不同颜色的条纹、拉长了的气孔以及长条形矿物沿一定方向排列所形成的流动状构造。这种构造是流纹岩等喷出岩所具有的构造。

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。

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、岩浆岩的分类和常见的岩浆岩

(一) 岩浆岩的分类

岩浆岩的分类，如表1-2。

岩浆岩分类简表

表1-2

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		不含长石	
				石英、黑云母、角闪石	角 闪 石、黑云母	角闪石、辉石、黑云母	辉石、角闪石、橄榄石	橄榄石、辉石、角闪石	
产 状 构 造 结 构									
侵入岩	深成岩	岩 基 岩 株	块 状	等 粒	花岗岩	正长岩	闪长岩	辉 长 岩	橄 榄 岩 辉 岩
	浅成岩	岩 岩 岩 床 岩 墙	块状、气孔	等粒、似斑状及斑状	花岗斑岩	正长斑岩	闪长玢岩	辉 绿 岩	少见
喷出岩	火山锥 熔岩流 熔岩被		块状、气孔、杏仁、流纹	隐晶质、玻璃质、斑状	流纹岩	粗面岩	安山岩	玄 武 岩	少见
			块状、气孔	玻璃质	浮岩、黑曜岩			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、浅灰、灰白等色。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，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，呈岩流状产出。常呈灰白、灰红、浅黄褐等色。矿物成分同花岗岩，具典型的流纹构造，隐晶质斑状结构。细小的斑晶常由石英或长石组成。

2.中性岩类

正长岩 是深成侵入岩。多呈肉红色、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