



普通高等教育土建学科专业“十五”规划教材

高校土木工程  
专业指导委员会规划推荐教材

# 岩土工程勘察

浙江大学 王奎华 主编  
南京工业大学 陈新民 主审



中国建筑工业出版社

CHINA ARCHITECTURE & BUILDING PRESS

普通高等教育土建学科专业“十五”规划教材

高校土木工程专业指导委员会规划推荐教材

# 岩土工程勘察

浙 江 大 学 王奎华 主编

南京工业大学 陈新民 主审

中国建筑工程出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

岩土工程勘察/王奎华主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2004

普通高等教育土建学科专业“十五”规划教材

高校土木工程专业指导委员会规划推荐教材

ISBN 7-112-06658-1

I. 岩... II. 王... III. 岩土工程-地质勘探-高等学校-教材 IV. TU412

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 101820 号

本书按照最新的《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001) 编写。主要内容包括三大部分: 岩土类型及其工程性质; 岩土工程勘察方法; 具体岩土工程的勘察、分析评价和成果报告。

本书既可以作为高校土木工程专业教材, 也适合作为从事岩土工程勘察工作的人员参考用书。

\* \* \*

责任编辑: 王 跃 吉万旺

责任设计: 孙 梅

责任校对: 李志瑛 王 莉

## 普通高等教育土建学科专业“十五”规划教材

高校土木工程专业指导委员会规划推荐教材

### 岩土工程勘察

浙 江 大 学 王 奎 华 主 编

南 京 工 业 大 学 陈 新 民 主 审

\*

中国建筑工业出版社出版 (北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京市兴顺印刷厂印刷

\*

开本: 787×960 毫米 1/16 印张: 19% 字数: 480 千字

2005 年 1 月第一版 2005 年 1 月第一次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 27.00 元

ISBN 7-112-06658-1

TU·5812 (12612)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.china-abp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

# 前 言

本书主要作为高等学校土木工程专业岩土工程勘察课程的教材，是高等学校土木工程专业指导委员会的规划推荐教材之一，主编单位、主审单位均由专业指导委员会确定。本书按新修订的《岩土工程勘察》课程教学大纲要求编写，该课程目前为限定选修课，建议学时为40学时。根据大纲要求，本教材内容主要包括三个部分：一是岩土类型及其工程性质，介绍不同类型岩土的工程性质及其影响因素；二是岩土工程主要勘察方法，包括工程地质测绘和调查、岩土工程勘探、岩土工程原位测试、室内试验几个部分；三是具体岩土工程的勘察、分析评价和成果报告，介绍几种主要岩土工程的勘察、分析评价的基本内容和要求、岩土参数的统计分析方法以及岩土工程勘察成果报告的编写方法及分析运用成果报告的方法。

在本教材的编写过程中，对岩土工程勘察技术方面的要求紧密结合最新修订的中华人民共和国国家标准《岩土工程勘察规范》（GB 50021—2001）的相关规定编写。对涉及的其他国家标准和行业标准也都按最新版本的要求进行介绍。尽量做到密切跟踪国内外最新的勘察技术发展现状，反映学科发展的最新水平。

由于学时限制，本书篇幅不可能太大，而岩土工程勘察内容繁多，特别是原位测试方法和室内试验方法很多、内容广泛，因此不可能对每一种方法均进行详细介绍，本教材仅对主要方法进行较详细地介绍，对其余方法只作概略性介绍，以期让读者对各种方法的原理和要点有所了解。

本书由浙江大学教授王奎华博士主编，浙江大学副研究员韩同春博士和浙江科技学院副教授夏建中博士共同编写，由南京工业大学陈新民教授主审。编写人员分工如下：第1章、第4章、第5章、第6章、第7章、第8章由王奎华负责编写；第2章、第3章由夏建中编写；第9章、第10章、第11章、第12章由韩同春编写。在本书插图的绘制工作中，研究生阙仁波、周铁桥、张智卿等做了不少工作。由于编者水平及编写时间限制，书中肯定有不少缺点和错误之处，恳请读者批评指正！

最后编者向本书的主审单位和陈新民教授、中国建筑工业出版社、以及在本书编写过程中提供过支持和帮助的所有专家和同行表示感谢！

# 目 录

<b>第1章 绪论</b> .....	1
1.1 岩土工程勘察内容、目的和任务 .....	1
1.2 本课程的目的、内容和基本要求 .....	2
思考题.....	2
<b>第2章 岩石、岩体及其工程性质</b> .....	3
2.1 矿物的基本概念及物理性质 .....	3
2.2 岩石的分类及物质成分 .....	6
2.3 岩石的工程性质 .....	16
2.4 岩体的结构特征及工程性质 .....	19
思考题 .....	22
<b>第3章 土的分类及其工程性质</b> .....	23
3.1 土的物质组成 .....	23
3.2 土的物理力学性质及其指标 .....	28
3.3 土的工程分类及各类土的工程特性 .....	33
3.4 特殊土的主要工程性质 .....	35
思考题 .....	43
<b>第4章 岩土工程勘察等级、阶段划分及基本要求</b> .....	44
4.1 岩土工程勘察等级的划分 .....	44
4.2 岩土工程勘察阶段的划分及各阶段的基本要求 .....	46
4.3 岩土工程勘察的主要方法概述 .....	52
思考题 .....	52
<b>第5章 工程地质测绘与调查</b> .....	53
5.1 概述 .....	53
5.2 工程地质测绘和调查的技术要求 .....	53
5.3 工程地质测绘前的准备工作 .....	55
5.4 测绘方法 .....	56
5.5 工程地质测绘与调查的内容 .....	57
5.6 资料整理及成果 .....	58
5.7 不同岩、土分布区工程地质测绘及调查要点 .....	58
5.8 遥感技术在工程地质测绘及调查中的应用 .....	61

思考题 .....	64
<b>第6章 工程地质勘探与取样 .....</b>	<b>65</b>
6.1 勘探 .....	65
6.2 岩土取样 .....	72
思考题 .....	81
<b>第7章 岩土工程原位测试 .....</b>	<b>82</b>
7.1 静力载荷试验 .....	82
7.2 静力触探试验 .....	89
7.3 圆锥动力触探试验 .....	101
7.4 标准贯入试验 .....	106
7.5 十字板剪切试验 .....	113
7.6 旁压试验 .....	116
7.7 扁铲侧胀试验 .....	120
7.8 波速测试 .....	124
7.9 现场直接剪切试验 .....	129
7.10 激振法测试 .....	131
7.11 岩体原位应力测试简介 .....	135
思考题 .....	136
<b>第8章 室内试验 .....</b>	<b>138</b>
8.1 概述 .....	138
8.2 土的物理性质试验 .....	138
8.3 土的固结、压缩试验 .....	153
8.4 土的抗剪强度试验 .....	158
8.5 土的动力性质试验 .....	165
8.6 岩石试验 .....	167
思考题 .....	175
<b>第9章 房屋建筑与构筑物的勘察与评价 .....</b>	<b>176</b>
9.1 区域地壳稳定性 .....	177
9.2 地基承载力的确定 .....	192
9.3 地基沉降计算 .....	195
9.4 基坑工程 .....	202
9.5 桩基础 .....	211
思考题 .....	222
<b>第10章 地下洞室的勘察与评价 .....</b>	<b>223</b>
10.1 初始应力、围岩应力和山岩应力 .....	223
10.2 围岩的变形和破坏形式 .....	230

---

10.3	围岩分类 .....	233
10.4	地下洞室稳定性评价 .....	244
10.5	地下洞室位址和方向的选择 .....	250
10.6	地下采空区 .....	253
10.7	地下洞室的勘察要点 .....	259
	思考题 .....	261
<b>第 11 章</b>	<b>边坡工程的勘察与评价</b> .....	<b>262</b>
11.1	边坡破坏类型和影响稳定性的因素 .....	263
11.2	崩塌 .....	266
11.3	滑坡 .....	271
11.4	边坡工程的稳定性分析 .....	278
11.5	边坡工程的勘察评价要点 .....	284
	思考题 .....	286
<b>第 12 章</b>	<b>岩土工程分析评价和成果报告编写</b> .....	<b>287</b>
12.1	岩土参数的统计和选用 .....	287
12.2	岩土工程的分析评价 .....	291
12.3	岩土工程勘察报告的编写 .....	292
12.4	岩土工程勘察报告图表 .....	295
12.5	岩土工程勘察报告实例 .....	300
	思考题 .....	306
	主要参考文献 .....	307

# 第1章 绪 论

## 1.1 岩土工程勘察内容、目的和任务

岩土工程工作包括岩土工程勘察、设计、施工、检验、监测和监理等。岩土工程勘察是整个岩土工程工作的重要组成部分之一，也是一项基础性的工作，它的成败将对后续环节的工作产生极为重要的影响。中华人民共和国国务院在2000年9月25日颁布的《建设工程勘察设计管理条例》的总则部分规定，从事建设工程勘察设计活动，应当坚持先勘察、后设计、再施工的原则。

岩土工程勘察是指根据建设工程的要求，查明、分析、评价场地的地质、环境特征和岩土工程条件，编制勘察文件的活动。与其他的勘察工作相比，岩土工程勘察具有明确的针对性，即其目的是为了满工程建设的求，因此所有的勘察工作都应围绕这一目的展开。岩土工程勘察的内容是要查明、分析、评价建设场地的地质、环境特征和岩土工程条件。其具体的技术手段有多种，如工程地质测绘和调查、勘探和取样、各种原位测试技术、室内土工试验和岩石试验、检验和现场监测、分析和计算、数据处理等等。但不是每一项工程建设都要采用上述全部的勘察技术手段，可根据具体的工程情况合理地选用。岩土工程勘察的对象是建设场地（包括相关部分）的地质、环境特征和岩土工程条件，具体而言主要是指场地岩石的岩性或土层性质、空间分布和工程特征，地下水的补给、贮存、排泄特征和水位、水质的变化规律，以及场地及其周围地区存在的不良地质作用和地质灾害情况。岩土工程勘察工作的任务是查明情况，提供各种相关的技术数据，分析和评价场地的岩土工程条件并提出解决岩土工程问题的建议，以保证工程建设安全、高效进行，促进社会经济的可持续发展。

我国的岩土工程勘察体制形成于20世纪80年代，而在此之前一直采用的是建国初期形成的前苏联模式的勘察体制，即工程地质勘察体制。工程地质勘察体制提出的勘察任务是查明场地或地区的工程地质条件，为规划、设计、施工提供地质资料。因此在实际工程地质勘察工作中，一般只提出勘察场地的工程地质条件和存在的地质问题，而不涉及解决问题的具体方法。对于所提供的资料，设计单位如何应用也很少了解和过问，使得勘察工作与设计、施工严重脱节，对工程建设产生了不利的影。针对上述问题，自20世纪80年代以来，我国开始实施岩土工程勘察体制。与工程地质勘察相比，岩土工程勘察任务不仅要正确反映场地和地基的工程地质条件，还应结合工程设计、施工条件进行技术论证和分析评价，提出解决具体岩土工程问题的建议，并服务于工程建设的全过程，因此具有



很强的工程针对性。经过 20 多年的努力，这一勘察体制已经较为完善，最近两次修订的中华人民共和国国家标准《岩土工程勘察规范》（分别为 1994 年和 2001 年修订）都严格遵循了这一重要的指导思想。

## 1.2 本课程的目的、内容和基本要求

本课程是土木工程专业岩土工程课程组的重要专业课程之一，学生通过本课程学习，应达到以下几个目的：

- (1) 掌握岩土工程勘察的基本理论和技术技能；
- (2) 基本掌握采用勘探、原位测试及室内试验手段获取岩土物理、力学指标的方法；
- (3) 学会基本的岩土物理、力学指标的统计分析方法；
- (4) 根据不同的岩土类型和环境条件、测试结果，对岩土体作出科学合理的评价。

针对上述目的，本教材内容共分为三大部分，共十二章（包括绪论部分），具体如下：

第一部分：岩土类型及其工程性质。该部分共有两章，即第 2 章：岩石、岩体及其工程性质；第 3 章：土的类型及其工程性质。

第二部分：岩土工程勘察方法。该部分由五章组成，即第 4 章：岩土工程勘察等级划分及基本要求；第 5 章：工程地质测绘和调查；第 6 章：岩土工程勘探与取样；第 7 章：原位测试技术；第 8 章：室内试验。

第三部分：具体岩土工程的勘察、分析评价和成果报告。该部分由四章构成，即第 9 章：房屋建筑与构筑物的勘察与评价；第 10 章：地下洞室的勘察与评价；第 11 章：边坡工程的勘察与评价；第 12 章：岩土工程分析评价和成果报告编写。

通过本课程学习，要求学生熟练掌握岩土的工程性质及其分类，熟悉岩土工程勘察的基本方法，学会岩土室内试验及原位测试数据的整理运用，能够完成勘察报告的编写工作。

### 思 考 题

- 1.1 什么是岩土工程勘察，其目的和任务是什么？
- 1.2 岩土工程勘察体制与工程地质勘察体制相比有何不同？

## 第2章 岩石、岩体及其工程性质

地球可近似地看做一个旋转椭球体，它的平均半径约为 6370km。以地表面为界，地球可分为外圈层和内圈层，两者各有不同的圈层构造。

地球的外圈层可分为大气圈、水圈和生物圈。三者之间是相互依存又相互关联的，其中生物圈是地球上生物生存和活动的范围，是人类赖以生存和发展的环境，它们与人类的活动，特别是工程建设活动密切相关。

地球的内圈层构造，从地表到地心可分为地壳、地幔和地核三部分。地核位于深约 2898km 的古登堡（Gutenberg）面以下直到地心，主要由比重较大的铁、硅、镍熔融体组成，又称铁镍核心。地核和地壳之间称为地幔，其体积约占地球总体积的 83%，它的上部与地壳的分界线称为莫霍（M.h.rovtc）面，地幔主要由铬、铁、镍、二氧化硅等物质组成，密度也较地壳岩石为大。地壳是地球表层很薄的一层坚硬的固体外壳，它厚薄不均，平均厚度约为 33km，大陆上最厚的地方如帕米尔——喜马拉雅山脉地区可达 75km；而海洋里最薄的地方如南美洲海岸外的大西洋中的某些地方，厚仅 1.6km。组成地壳的元素有 O、Si、Al、Fe、Ca、Na、Mg、K、H 等，这几种元素占地壳重量的 98% 以上。Si、Al 主要分布在地壳的上部，称硅铝层，而分布在地壳下部的主要是 Si、Mg，称硅镁层。

### 2.1 矿物的基本概念及物理性质

#### 2.1.1 矿物的基本概念

地壳中由各种地质作用而形成的具有一定化学成分和物理性质的自然元素及其化合物，称为矿物。其中构成岩石的矿物，称为造岩矿物，如较为常见的石英（ $\text{SiO}_2$ ）、正长石（ $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ）和方解石（ $\text{CaCO}_3$ ）等。

造岩矿物内部的离子、原子或分子都是按一定的规律排列的，形成稳定的结晶格子构造（图 2-1），我们称之为结晶质。结晶质在适宜的条件下，能生成具有一定几何外形的结晶体（图 2-2）。如食盐的正方晶体，石英的六方双锥晶体和金刚石的八面体等。矿物的化学成分和内部晶体构造规律决定了矿物的外形特征和许多的物理化学性质。

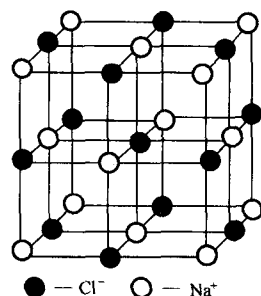


图 2-1 食盐的结晶格子构造

自然界的万物都处于不断的变化中，矿物也不例外。它一方面不断地在各种地质过程中形成，同时又在后续的各种地质作用下而不断地发生变化，在某一特定的物理和化学条件下矿物的性质是相对稳定的，但当这一特定的物理和化学条件发生一定程度的改变后，矿物原来的成分、内部构造和性质就会发生变化，形成新的矿物，叫次生矿物。

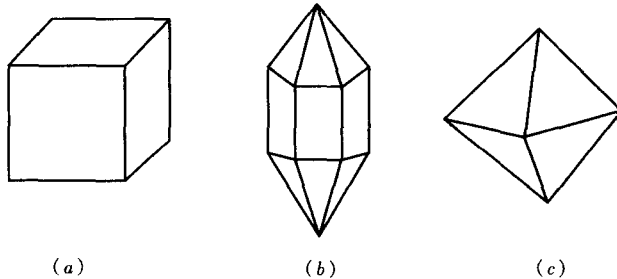


图 2-2 三种矿物的结晶体  
(a) 食盐晶体；(b) 石英晶体；(c) 金刚石晶体

### 2.1.2 矿物的物理性质

自然界中的大多数矿物都具有一定的物理化学性质，研究矿物的物理性质，可以作为对矿物进行肉眼鉴定的依据。以下为几种有助于对矿物进行肉眼鉴定的物理性质：

#### (1) 形状

自然界的矿物，除少数为液态（如自然汞）和气态（如天然气）之外，绝大部分为固态。矿物的形状，是指固态矿物单个晶体的形态，或矿物晶体聚集在一起的集合体的形态。常见的矿物形状有柱状、针状、片状、板状等。矿物集合体的形状有纤维状、粒状、放射状、鳞片状、晶簇等。

#### (2) 颜色

矿物的颜色是指其在自然光下所呈现的颜色。矿物本身所固有的颜色称为“自色”。通常由于某些杂质的混入，使矿物的自然色被杂质的颜色所混杂，而呈现其他颜色，称为“他色”。如纯石英是无色透明的，含杂质时可呈紫色、褐色、烟灰色等。

#### (3) 条痕

矿物在白色无釉瓷板上摩擦而留下的粉末的颜色称为条痕。矿物的条痕往往是比较固定的，如块状赤铁矿，表面常呈铁黑色，但条痕为砖红色，故条痕可作为鉴别金属矿物的重要标志。

#### (4) 光泽

矿物表面对可见光的反射能力称为光泽。依据反射的强弱可以分为金属光泽

表 2-1

常见矿物的主要特征表

类别	矿物名称	形 状	颜 色	条痕	光 泽	硬 度	解 理	断 口	相对密度	主要鉴定特征
硫化物	黄铁矿	立方体或块状粒状	铜黄色	绿黑	金属	5~6	无	参差状	4.9~5.2	形状、光泽、颜色；条痕
	赤铁矿	块状、瓣状、肾状	红褐色	樱红	半金属	5~6	无	贝壳	4.9~5.3	条痕、颜色、比重
氧化物	石英	柱状、块状	乳白或无色	无	玻璃、油脂	7	无		2.6	形状、光泽、断口、颜色
	方解石	菱形、粒状	白或无色	无	玻璃	3	三组完全	平坦	2.7	形状、硬度、解理与酸作用
碳酸盐 及 硫酸盐	白云石	块状或菱形	白带灰色	白	玻璃	3~4	三组完全		2.8~2.9	形状、解理与酸作用
	石膏	板状、纤维状	白色	白	丝绢	2	中等		2.3	形状、硬度、解理
硅酸盐	橄榄石	粒状	橄榄绿色	无	玻璃	6~7	无	贝壳	3.3~3.5	颜色、硬度、形状
	辉角石	短柱状	黑绿色	灰绿色	玻璃	5~6	两组解理交成 93	平坦	3.3~3.6	形状、颜色、光泽
	闪石	长柱状	绿黑色	淡绿	玻璃	6	两组解理交成 24	锯齿	3.1~3.6	形状、颜色、光泽
	斜长石	板状、柱状	灰白色	白	玻璃	6	中等		2.6~2.7	解理、光泽、硬度、颜色
	正长石	板状、短柱状	肉红	白	玻璃	6	中等		2.6	解理、光泽、颜色
	白云母	片状、鳞片状	白或无色	无	玻璃、珍珠	2~3	一组完全		3~3.2	解理、颜色、光泽、形状
	黑云母	片状、鳞片状	黑或棕黑	无	玻璃、珍珠	2~3	一组完全		2.7~3.1	解理、颜色、光泽、形状
	绿泥石	板状、鳞片状	绿色	无	玻璃、珍珠	2~3	一组完全		2.8	颜色、硬度、薄片弯曲无弹性
	蛇纹石	纤维状、板状	浅绿至深绿	白	油脂、丝绢	3~4	中等		2.5~2.7	形状、光泽、颜色、硬度
	石榴子石	粒 状	黄、绿、褐	白	脂肪	6.7~7.5	中等		3.5~4.2	形状、光泽、颜色、硬度
滑石	板状、鳞片状	白、黄、绿	浅绿	油脂	1	一组中等		2.7~2.8	形状、光泽、硬度、滑感	
	土 状	白、黄色	白	土状	1	无				形状、光泽、吸水
蒙脱石	土状、显微鳞片状	白、浅粉红色	白	土状	1	无				形状、剧烈吸水膨胀性

和非金属光泽。造岩矿物一般呈非金属光泽，如比较常见的有长石和方解石解理面上的玻璃光泽、云母解理面上的珍珠光泽、石英断口的油脂光泽、纤维石膏及绢云母等呈现的丝绢光泽。

#### (5) 解理

矿物受外力作用，能沿一定方向裂开成光滑平面的性质称为“解理”，开裂平面称为解理面。不同矿物的解理面可能有一个方向的，也可能有两个或三个方向的，分别称为一组解理、二组解理和三组解理。按沿解理面分裂的难易程度和解理面发育的完善程度，可将解理分为极完全解理、完全解理、中等解理和不完全解理。

#### (6) 断口

矿物受外力打击出现的不规则断裂面称为断口。断裂面可呈不同的形状，如贝壳状（石英）、参差状（黄铁矿）、锯齿状（自然钢）等。

#### (7) 硬度

矿物抵抗机械作用（如刻划、压入、研磨）的能力称为硬度。取自然界常见的10种矿物作为标准，将硬度分为1度到10度10个等级，称为摩氏硬度，摩氏硬度反映的只是矿物的相对硬度，并不是矿物的绝对硬度。从软到硬的10种矿物依次为：滑石、石膏、方解石、萤石、磷灰石、正长石、石英、黄玉、刚玉、金刚石。

常见的造岩矿物及其物理性质见表2-1。

## 2.2 岩石的分类及物质成分

### 2.2.1 岩石的基本概念

岩石是天然产出的具有一定结构构造的矿物天然集合体，少数岩石也可由玻璃或生物遗骸组成。岩石构成地壳及上地幔的固态部分，是地质作用的产物。

人类目前使用的多种自然资源如各种金属与非金属矿产以及石油等都蕴藏于岩石中，并且与岩石具有成因上的联系；在工程上，岩石通常作为建筑物或构筑物的基础持力层，其物理力学性质对这些工程建筑起着至关重要的作用；岩石也是构成各种地质构造和地貌的物质基础，并且记录了地壳和上地幔形成、演化的历史。因此，进行岩石学的研究，对指导找矿勘探、开发地下水资源、工程建筑的设计，以及交通运输、国防工程的建设等都具有极其重要的意义。

目前岩石的分类主要按其形成原因来分，可分为岩浆岩、沉积岩和变质岩三大类。

### 2.2.2 岩浆岩

在地壳下部, 物质都处于 1000℃ 以上的高温高压状态下, 并以一种可塑状态存在, 其成分以硅酸盐为主, 并含有大量的水汽和各种其他的气体。当上部地壳变动时, 上覆压力一旦减低, 可塑性状态的物质就立即转变为高温的熔融体, 称为岩浆。它的化学成分主要有  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{FeO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{MnO}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$  等。

在地壳运动的过程中, 岩浆沿着地壳的软弱带或断裂带不断向地壳压力低的地方移动, 侵入到地壳的不同部位, 直至喷出地表, 形成火山。岩浆在侵入的过程中, 上升到一定高度, 温度、压力都要减低。当岩浆的内部压力小于上部岩层压力时, 岩浆将停留下来不再流动, 冷凝后形成的岩石就叫岩浆岩。岩浆侵入地壳内部所形成的岩石称为侵入岩 (深成岩或浅成岩); 岩浆喷出地表后冷凝或堆积而成的岩石称为喷出岩。

#### 2.2.2.1 岩浆岩的分类

按岩浆岩组成物质中  $\text{SiO}_2$  的含量多少, 可将其分为酸性岩、中性岩、基性岩和超基性岩等四大类。再按岩石的结构、构造和产状又可将每类岩石划分为深成岩、浅成岩和喷出岩 (见表 2-2)。

(1) 深成岩: 岩浆侵入地壳较深处 (距地表 3km 以下) 冷凝而成的岩石。由于岩浆的压力和温度都较高, 温度降低缓慢, 使组成岩石的矿物结晶良好。

(2) 浅成岩: 岩浆沿地壳裂缝上升至距地表较浅处 (距地表 3km 以上) 冷凝而成的岩石。由于岩浆压力小, 温度降低较快, 使组成岩石的矿物结晶较细小。

(3) 喷出岩 (火山岩): 岩浆沿地表裂缝上升直至喷出地表而形成的岩石叫喷出岩。这种活动叫火山喷发。由于地表环境温度较低, 使岩浆的温度降低迅速, 组成岩石的矿物来不及结晶或结晶较差。

岩浆岩的分类表

表 2-2

化学成分		含 Si、Al 为主		含 Fe、Mg 为主		产 状	
颜 色		浅色的 (浅灰、浅红、黄色)		深色的 (深灰、绿色、黑色)			
酸碱性		酸性	中性	基性	超基性		
矿物成分		含正长石		含斜长石			不含长石
		石英 云母 角闪石	黑云母 角闪石 辉石	角闪石 辉石 黑云母	辉石 角闪石 橄榄石	橄榄石 辉石	
成因及结构							
深成岩	等粒状, 有时为斑状, 所有矿物皆能用肉眼鉴别	花岗岩	正长岩	闪长岩	辉长岩	橄榄岩、辉石	岩基、岩株
浅成岩	斑状 (斑晶较大且可分辨出矿物名称)	花岗斑岩	正长斑岩	玢岩	辉绿岩	未遇到	岩脉 岩床 岩盘

续表

化学成分		含 Si、Al 为主		含 Fe、Mg 为主		产 状	
颜 色		浅色的 (浅灰、浅红、黄色)		深色的 (深灰、绿色、黑色)			
酸性		酸性	中性	基性	超基性		
矿物成分		含正长石		含斜长石			不含长石
		成因及结构		石英 云母 角闪石	黑云母 角闪石 辉石	角闪石 辉石 黑云母	辉石 角闪石 橄榄石
喷出岩	玻璃状, 有时为细粒斑状, 矿物难用肉眼鉴别	流纹岩	粗面岩	安山岩	玄武岩	未遇到	熔岩流
	玻璃状或碎屑状	黑曜岩、浮石、火山凝灰岩、火山碎屑岩、火山玻璃				火山喷出的堆积物	

### 2.2.2.2 岩浆岩的矿物成分

根据组成岩浆岩的矿物的颜色, 可将其分为浅色矿物和深色矿物两类:

浅色矿物: 石英、正长石、斜长石及白云母等。

深色矿物: 黑云母、角闪石、辉石及橄榄石等。

岩浆岩的矿物成分是由岩浆的化学成分决定的。其中影响最大的是  $\text{SiO}_2$ 。根据  $\text{SiO}_2$  的含量, 可将岩浆岩分为下面几类:

(1) 酸性岩类 ( $\text{SiO}_2$  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。在化学成分上富含钾、钠和硅, 而贫镁、铁、钙。

(2) 中性岩类 ( $\text{SiO}_2$  含量  $52\% \sim 65\%$ ) 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 ( $\text{SiO}_2$  含量  $45\% \sim 52\%$ ) 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, 比重大。在化学成分上富含钙、镁和铁, 而贫钾和钠。

(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。

### 2.2.2.3 岩浆岩的结构和构造

#### (1) 岩浆岩的结构

岩浆岩的结构, 是指组成岩石的矿物结晶程度、晶粒的大小和形状及晶粒之间相互结合的状况。岩浆岩的结构可分为以下几种:

1) 全晶质结构 岩石全部由结晶的矿物颗粒组成(图 2-3)。如果同一种矿物的结晶颗粒大小近似, 称为等粒结构; 如大小悬殊, 称为似斑状结构; 如颗粒粗大, 晶形完好, 则称为斑状结构。等粒结构按结晶颗粒的绝对大小, 又可以分为:

粗粒结构 矿物的结晶颗粒大于  $5\text{mm}$ ;

中粒结构 矿物的结晶颗粒介于 2~5mm;

细粒结构 矿物的结晶颗粒介于 0.2~2mm。

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 岩石一部分为结晶的矿物颗粒,一部分为未结晶的玻璃质(图 2-3)。半晶质结构主要为浅成岩的结构,部分喷出岩中有时也能看到这种结构。

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(图 2-3)。非晶质结构为部分喷出岩具有的结构。

### (2) 岩浆岩的构造

岩浆岩的构造,是指岩石中矿物或矿物集合体之间的相互关系特征。岩石的构造决定了岩石的外貌特点,其最常见的构造有:

1) 块状构造 矿物在岩石中呈无规律的致密状分布。花岗岩、花岗斑岩等侵入岩具有这类构造。

2) 流纹状构造 岩石中存在的一些杂色条纹和拉长的气孔等构造。这种构造是由于熔岩流动而造成的,只出现于喷出岩中,如流纹岩的构造。

3) 气孔状构造 岩浆凝固时,由于一些挥发性气体未能及时逸出,而导致在岩石中留下了许多圆形、椭圆形或长管形的孔洞,称为气孔状构造,常见于喷出岩中的玄武岩等,且多分布于熔岩的表层。

4) 杏仁状构造 岩石中的气孔为后期的方解石、石英等矿物充填所形成的一种形似杏仁的构造。杏仁状构造常见于某些玄武岩和安山岩等,多分布于熔岩的表层。

### 2.2.2.4 常见的岩浆岩

#### (1) 酸性岩类

1) 花岗岩 深成侵入岩,颜色以肉红色、灰色或灰白色为主。矿物成分主要为石英、正长石、黑云母和角闪石等。全晶质等粒结构,块状构造,部分也有不等粒或似斑状结构。花岗岩性质坚固,是良好的建筑石料。

2) 花岗斑岩 浅成侵入岩,成分与花岗岩相似,具斑状结构,矿物主要为长石或石英。

3) 流纹岩 喷出岩,常呈灰白、紫灰或浅黄褐色。具流纹构造,斑状结构,矿物主要为石英或长石。



图 2-3 岩浆岩的三种结构  
1—全晶质结构; 2—半晶质结构;  
3—非晶质结构(玻璃质结构)



### (2) 中性岩类

1) 正长岩 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。

2) 正长斑岩 浅成侵入岩, 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。

3) 粗面岩 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。

4) 闪长岩 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。

5) 闪长玢岩 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。

6) 安山岩 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

1) 辉长岩 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。

2) 辉绿岩 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。强度很高。

3) 玄武岩 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。

## 2.2.3 沉积岩

出露地表的各先成岩石, 经过长期的风化破坏, 逐渐松散分解成为岩石碎屑或细粒黏土矿物等风化产物, 这些产物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, 再经过长期的压密、胶结、重结晶等复杂的地质过程, 就形成了沉积岩。另外生物活动或火山喷出物的堆积也是形成沉积岩的一种途径。

### 2.2.3.1 沉积岩的物质组成

组成沉积岩的物质来源主要是各种原岩碎屑、造岩矿物及溶解物质。

(1) 碎屑物质 主要是原生矿物的碎屑, 如石英、长石、白云母等; 小部分是原岩破坏后的残留碎屑, 或火山喷发所产生的火山灰等。