

高等学校教材

===== 专 科 适 用 =====

# 工程地质与土力学基础

山东水利专科学校 俞德法 主编

水利电力出版社

(京)新登字115号

**内 容 提 要**

本书是大专学校水利经济和水利工程管理专业的基础课教材。全书共分十一章，第一章至第五章主要介绍了岩石、地质构造、地下水等工程地质方面的一些基本知识，并重点阐述了与水利工程密切相关的一些地质作用与地质现象。第六章至第十一章介绍了土力学的基本知识，主要有土的物质性质、土的渗透性、土中应力、土的抗剪强度等方面的内容，并在此基础上论述了有关水利工程的地基设计和地基处理的原理和方法。

本书也可供从事水利水电工程的技术人员参考。

**高 等 学 校 教 材**

**专 科 适 用**

**工程地质与土力学基础**

山东水利专科学校 俞德法 主编

\*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

北京樱花印刷厂印刷

\*

787×1092毫米 16开本 13.5印张 305千字

1993年10月第一版 1993年10月北京第一次印刷

印数0001—1530册

ISBN 7-120-01871-X/T V · 678

定价6.25元

## 前 言

《工程地质与土力学基础》系大专学校水利经济和水利工程管理专业的基础课教材。

本书是根据《1990—1995年高等学校水利水电类专业专科教材编审出版规划》组织编写的。

由于本学科内容多、涉及面广、实践性强，因此，在编写过程中，力求适应水利经济和水利工程管理专业的需要，注意内容要少而精、理论联系实际的原则，着重讲清本课程的基本概念、理论和方法，紧密联系水利工程建设中主要的地质和土工问题，并适当反映本学科的新技术和发展方向。

本书由山东水利专科学校俞德法（绪论及第一、二、三、四、五、九、十一章）和刘传宝（第六、七、八、十章）编写。俞德法任主编，姜玉美对书稿作了校核，全书插图由张永良描绘。

本书由湖南水利学校曾纪桂同志主审，主审人对初稿提出了很多宝贵意见，使本书的质量得到进一步的提高，在此表示衷心感谢。

限于编者水平，书中缺点和谬误之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者

1992.7

# 目 录

## 前 言

## 绪 论

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 第一章 岩石及其工程地质性质 .....     | 5   |
| 第一节 造岩矿物 .....           | 6   |
| 第二节 岩石 .....             | 8   |
| 第三节 岩石的工程地质性质 .....      | 15  |
| 第二章 地质构造 .....           | 22  |
| 第一节 地质时代的概念 .....        | 22  |
| 第二节 倾斜岩层的产状要素 .....      | 25  |
| 第三节 褶皱构造 .....           | 26  |
| 第四节 断裂构造 .....           | 28  |
| 第五节 地震 .....             | 32  |
| 第三章 自然地质作用 .....         | 35  |
| 第一节 风化作用 .....           | 35  |
| 第二节 地面流水的地质作用 .....      | 38  |
| 第三节 岩溶 .....             | 43  |
| 第四节 与斜坡岩体稳定有关的地质作用 ..... | 45  |
| 第四章 地下水 .....            | 55  |
| 第一节 地下水的物理性质和化学成分 .....  | 55  |
| 第二节 地下水的基本类型及主要特征 .....  | 57  |
| 第三节 地下水的运动规律 .....       | 66  |
| 第五章 水利工程的一般地质问题 .....    | 68  |
| 第一节 库区工程地质问题 .....       | 68  |
| 第二节 坝的工程地质问题 .....       | 69  |
| 第三节 引水建筑物的工程地质问题 .....   | 74  |
| 第六章 土的物理性质及工程分类 .....    | 80  |
| 第一节 土的三相组成和土的结构 .....    | 80  |
| 第二节 土的粒组 and 粒径级配 .....  | 83  |
| 第三节 土的物理性质指标 .....       | 84  |
| 第四节 土的物理状态指标 .....       | 88  |
| 第五节 土的压实性 .....          | 90  |
| 第六节 土的工程分类 .....         | 94  |
| 第七章 土的渗透性 .....          | 100 |
| 第一节 达西定律及其适用范围 .....     | 100 |

第二节 渗透力和渗透变形..... 103

第八章 土中应力及地基变形计算 ..... 108

第一节 土的自重应力..... 108

第二节 基底压力..... 109

第三节 地基中的附加应力..... 111

第四节 土的压缩性..... 121

第五节 地基最终沉降量计算..... 126

第六节 地基变形与时间的关系..... 130

第九章 土的抗剪强度和地基承载力 ..... 137

第一节 土的抗剪强度与直接剪切试验..... 137

第二节 土的极限平衡条件与三轴剪切试验..... 139

第三节 地基承载力..... 142

第四节 按规范确定地基容许承载力..... 152

第五节 按原位试验方法确定地基承载力..... 155

第十章 土压力及土坡稳定分析 ..... 159

第一节 挡土墙上的土压力..... 160

第二节 朗肯土压力理论..... 162

第三节 库伦土压力理论..... 169

第四节 土坡稳定分析..... 173

第十一章 地基设计和地基处理..... 181

第一节 天然地基上浅基础的设计..... 182

第二节 桩基础..... 189

第三节 地基处理..... 200

# 绪 论

## 一、工程地质学与土力学的研究对象和任务

工程地质学和土力学是研究地表及一定深度范围内岩石和土的工程性质的一门学科，它实际是两门不同性质、不同研究方法的学科。工程地质学是地质学的一个分支，是专门研究与工程设计、施工及正常使用有关地质问题的一门学科。而土力学则是力学的一个分支，主要研究与工程建设有关的土的应力、应变、强度和稳定及渗透等课题的一门学科。然而它们的研究目的又是相同的，即都是为保证建筑物地基的岩、土体稳定和建筑物的正常使用提供可靠的地质论证和力学计算依据。因此这两门学科在工程实践中也是互相依存、互相渗透、互相结合的。随着社会生产力的不断提高和科学的不断发展，这种相互结合将日益重要，相互渗透也日趋明显。

### （一）工程地质学的研究对象和任务

水工建筑物地基范围广、作用的荷载复杂多样，一切水工建筑物（水库、闸坝、隧洞、厂房等）的兴建和使用过程中，必然会遇到各种地质问题。如对水库的修建，首先要选择适宜的地形，查明筑坝地段坝址和坝肩岩体的稳定性，坝基和库区是否存在渗漏通道，查明水库建成后可能发生的环境地质问题（如水库坍岸、淤积和水库周围由于地下水位的抬高形成土壤沼泽化和盐渍化问题等），以便充分利用有利的地质条件，避开或改良不利条件。实践证明，没有高质量的工程地质勘察，就不可能制定和选择最优的设计和施工方案，更谈不上降低造价和缩短工期。据统计，世界上遭受严重破坏的水工建筑物，由于地质问题所造成的占有较大的百分比。例如，法国的马尔帕赛拱坝，由于坝基和坝肩的片麻岩中存在细微裂隙和断层，构成软弱滑动面，库水位猛涨后，造成左岸拱座滑动破坏，库水冲毁下游市镇，死亡失踪近500人。又如西班牙蒙特哈水库，建成后，库水从石灰岩溶洞中漏失，致使高达72m的大坝耸立在干枯的河谷中。类似的例子还可举出很多。新中国成立后修建了很多水工建筑物，由于重视了工程地质勘探工作，成功地解决了许多复杂的工程地质问题，使工程设计和施工顺利进行，保证了工程建成后安全正常地运行。但也有少数工程，由于对复杂的地质条件缺乏周密的调查勘探，设计方案没有足够的地质依据，就急于破土动工，结果遇到了严重的地质问题，因而拖延工期，增加投资，造成浪费，或遗留隐患，使工程不能发挥应有效益。

因此，工程地质工作的任务就是通过地质勘探，查明建筑区的工程地质条件，预测可能出现的工程地质问题，提出解决这些问题的建议和方案，为工程建设规划、选址、设计和正常使用提供可靠的地质依据，以保证所修建的建筑物经济合理、安全可靠。所谓工程地质条件，即是指地形、地貌、地层岩性、地质构造、水文地质、物理地质作用和天然建筑材料等与工程建设有关的地质条件。

(二) 土力学的研究对象与任务

土力学的研究对象是土，是专门解决工程中有关土的问题的学科。土是自然历史的产物，是地表岩石经长期风化作用，不断碎裂、分解形成的碎屑和矿物颗粒——土粒，经过各种介质（如水、风）搬运或残留在原地堆积而成的松散堆积物。因此土具有松散性，土粒间没有联结或联结甚小。土粒间存在着许多孔隙，具有多孔性。在孔隙中充满水和空气，故土又是由土粒、水和空气构成的固、液、气三相体系。因此，对土的研究除了应用一般力学的基本原理外，尚需密切结合土的实际情况进行研究。在土力学中提出的一些计算方法，必须注意它的应用条件，并结合现场勘察和土工试验测定的计算参数综合确定。

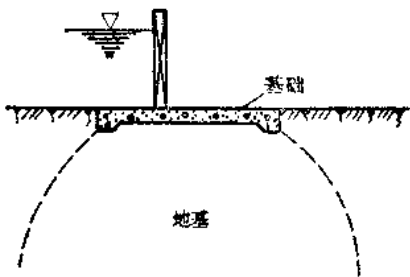


图 0-1 地基与基础示意图

土在工程建设中，被广泛用作各种建筑物的地基、材料和周围介质。许多建筑物，例如房屋、堤坝、涵洞、桥梁等，都建造在土层之上，土支承着建筑物的全部荷载，这时在土层内一定范围的应力状态将发生变化，我们把应力状态发生变化的这部分土体称为建筑物的地基。而建筑物的地下部分称为基础（图0-1），基础一般埋置在强度较高的土层上，并将建筑物的

的荷载传播到地基中去。

在修筑堤坝、路基等土工建筑物时，土是一种廉价的建筑材料，图0-2表示用土料修筑的土坝。

在天然土层中修建涵洞、隧洞、渠道及各种地下洞室时，土又是建筑物周围的介质，图0-3（a）、（b）分别为隧洞和渠道示意图。

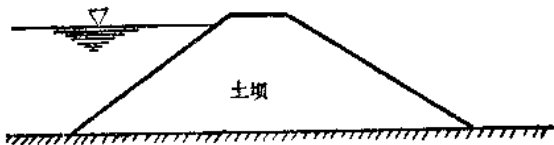


图 0-2 土坝

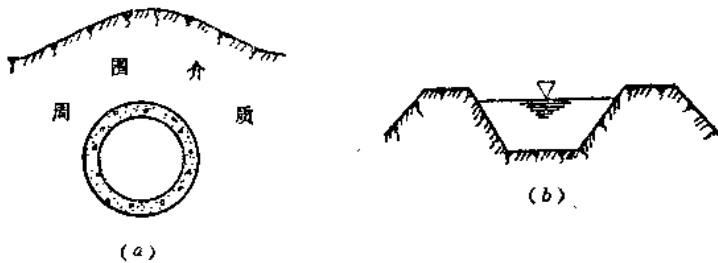


图 0-3 隧洞和渠道  
(a) 土隧洞；(b) 土渠道

由于土具有多孔性，故易于透水和产生压缩变形，土的松散性，则又使土粒间联结强度低，抗剪强度小，易产生剪切破坏。故而，土作为各种建筑物地基时，在荷载作用下易产生压缩变形，引起建筑物沉降。当荷载较大时，可能使地基产生剪切滑动，致使地基失去稳定而破坏。在水利工程中，对于闸坝地基，还可能引起渗漏和渗透破坏。

从以上分析，使我们认识到，土是自然历史的产物，其性质复杂多变，修筑工程建(构)筑物时，土作为地基或建筑材料使用以及充当周围介质，都必须全面研究分析土的物理力学性质和土的渗透、变形、强度和稳定的特性，要求作用在地基上的荷载强度不超过地基的承载能力，保证地基在防止剪切破坏方面有足够的安全系数。控制地基的沉降量不超过地基变形的容许值，保证建筑物不会因沉降过大而损坏或影响正常使用。对水工建筑物，还要控制渗流，确保不致发生渗透破坏。

## 二、本课程的基本内容与学习要求

本课程是一门理论性和实践性较强的课程，作为一门技术基础课，为学习水利工程管理、维修和水工建筑物的设计与施工打好基础。

### 1. 基本内容

(1)了解岩石、地质构造、物理地质作用和地下水的基本概念及其与水利工程建设的关系。

(2)了解土的基本物理性质，即土的颗粒组成、密度、湿度、可塑性以及土所处的物理状态。了解土的力学性质，即土在外力作用下所表现的渗透性，压缩性和抗剪强度等及其指标的测定方法。

(3)掌握地基应力，变形和地基承载力以及挡土墙土压力、土坡稳定计算原理和一般计算方法。

(4)了解地基设计的程序、内容和计算方法，地基处理的方法和原理。

### 2. 学习要求

由于本课程实践性较强，在学好基础理论的同时，对工程地质部分，应重视野外地质现象的观察分析及其对工程的影响。对于土力学部分则应注意各种计算方法的局限性及简化，假设可能引起的误差范围，掌握室内土工试验基本方法，了解野外原位测试的新技术，提高分析解决实际问题的能力。

## 三、工程地质学与土力学的发展简况

工程地质学和土力学是与工程建设紧密联系的两门学科，是随着国家经济建设的发展而发展的。

工程地质学作为一门学科，在旧中国，几乎没有什么工程建设，因此也无人研究工程地质问题。

新中国成立后，为适应社会主义事业建设需要，在水利水电、工业与民用建筑、铁路公路及国防工程等部门都积极开展工程地质工作。以水利建设为例，新中国成立后不久，对官厅水库进行了勘察工作，为水库建设提供了基本资料和设计依据。以后，对黄河、淮河、长江、海河等全国主要河流进行了全流域规划及主要坝(闸)的工程地质勘察。据统计，至1979年，我国已修建了大、中、小型水库84000多座，地质工作者解决了许多极其复杂的工程

地质问题。

工程地质学是一门较年轻的地质学科，近年来，由于岩石力学的发展，有限单元法和电子计算机的广泛应用，使得工程地质评价，由“定性分析”向“定量计算”方向发展，使定性分析和定量计算紧密结合起来。同时，为适应科学技术的发展和生产建设的需要，加强对本学科基础理论的研究，广泛采用先进的勘探技术和测试手段（如地震勘探法、电视测井、遥控遥感技术应用等），以加快勘探速度，降低成本。提高测试数据精度，是今后迫切需要解决的问题。

土力学是一门新兴的应用学科，然而又是一门古老的工程技术。我国在古代就成功地解决了某些地基基础技术问题。如万里长城、大运河、赵州桥等。印度的一些土坝，至今已蓄水2000年以上，罗马人早在2000年前就成功地修建了许多桥梁、道路和渠道工程，然而在理论上直到18世纪才有局部突破，但尚未形成统一的理论。

1773年法国的库伦(Coulomb)创立了抗剪强度公式及挡土墙土压力理论。1856年，法国学者达西(Darcy)通过试验发表了土的渗透定律。1869年英国的朗肯(Rankine)从不同的途径提出挡土墙土压力理论，对后来土体强度理论的发展起了很大的促进作用。1885年，法国的布辛奈斯克(Boussinesq)求得弹性半无限空间的竖向集中力作用下的应力和变形的理论解。1922年，瑞典的费伦纽斯(Fellenius)为解决铁路坍方提出土坡稳定分析法。这些古典的理论和方法，直至现在仍不失其应用价值。直到1925年美国太沙基(Terzaghi)的专著《土力学》发表，土力学才作为独立学科，为现代土力学奠定了基础。从1936~1985年，已召开了十一届国际土力学与基础工程学术会议，以及许多国家也召开了相应的专业会议，交流和总结本学科的新成果，这些都对本学科的发展起到推动作用。

新中国成立后，我国进行了大规模的工程建设，成功地处理了许多大型的基础工程。如武汉、南京长江大桥，葛洲坝水利枢纽工程，上海宝山钢铁厂以及众多的高层建筑都为验证土力学的理论，积累了丰富的经验。在我国自1958年至1991年已先后召开六届土力学与基础工程会议，建立了许多土力学地基基础专业研究机构、施工队伍和土工试验室，培养了大批专业技术人才。我国有不少学者对土力学理论的发展是有所建树的。如陈宗基教授对土流变学和粘土结构模式的研究，黄文熙教授对沙土振动液化和地基沉降的研究等，都对现代土力学发展做出了突出的贡献。

近年来，我国还在室内及原位测试，地基处理技术，新设备、新工艺、新材料的研究及应用上取得很大进展。例如，振冲法、深层搅拌法、高压旋喷法、真空预压法、强夯法等均取得较好的经济技术效果。这些新技术的应用对土力学理论和实践产生很大促进。随着我国社会主义建设事业的不断发展，土力学这门既年轻又古老的学科必将得到新的发展。

# 第一章 岩石及其工程地质性质

地球的外层称地壳，它是人类进行各种工程建设和活动的地方。了解地球的内部构造，特别是地壳的物质组成、结构及变化规律具有十分重要的意义。

地球的内部构造，目前人们能够直接获得的深度资料很有限。地球的平均半径约为6370km，而最深的钻井仅10km。至于更深的地方，主要是根据火山喷发和地球物理方法所得的资料加以推断。地球内部构造从地表到地心大致可以分为地壳、地幔和地核三个同心圆层（图1-1）。

地核为地球内部的核心部分，地幔位于地核和地壳之间，地幔和地壳之间有一不规则的分界面称莫霍面，莫霍面以上部分称地壳。地壳由固体岩石组成，其厚度变化很大，为5~70km之间，大洋地区厚度较薄，为5~10km，如太平洋最小厚度仅为5km。高山地区的厚度较大，平均约35km，我国西藏高原的地壳厚度约为50~70km。地壳是地球表面很薄的一层硬壳，其与地球体积相比仅占0.8%。

组成地壳的基本物质是化学元素，根据分析资料最主要的有下列13种（表1-1）。这13种元素约占地壳的总重量99.6%。

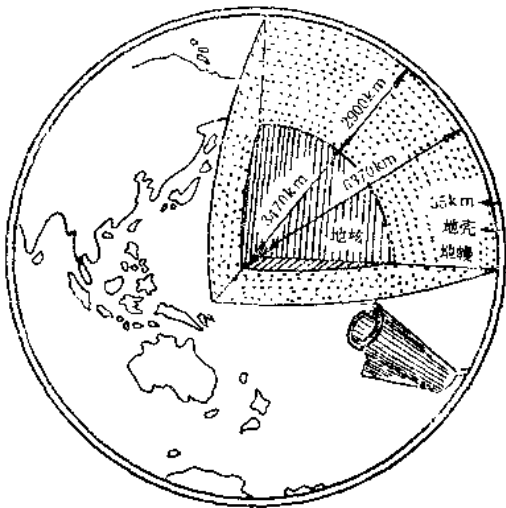


图 1-1 地球构造示意图

表 1-1 构成地壳的主要化学元素

| 元素名称 | 重量百分比（%） | 元素名称 | 重量百分比（%） | 元素名称 | 重量百分比（%） |
|------|----------|------|----------|------|----------|
| 氧    | 46.7     | 钠    | 2.7      | 磷    | 0.13     |
| 硅    | 27.7     | 钾    | 2.6      | 碳    | 0.094    |
| 铝    | 8.1      | 镁    | 2.1      | 硫    | 0.052    |
| 铁    | 5.1      | 钛    | 0.62     |      |          |
| 钙    | 3.6      | 氢    | 0.14     |      |          |

地壳中的化学元素，往往在一定的地质条件下聚集成各种化合物或单质产出，形成矿物，矿物的自然集合体又构成岩石。地壳主要由岩石组成，根据岩石成因，可将岩石分为岩浆岩、沉积岩、变质岩三大类。沉积岩在地表分布最广泛，约占陆地表面75%。但从地表往下沉积岩所占比例逐渐缩小，到地表以下16~20km处，沉积岩仅占5%，而岩浆岩和变质岩占95%。

岩石由于本身的形成条件、矿物成分、结构、构造等因素的差异，因而具有不同的物理力学性质，这又直接关系到建筑物的稳定和石料质量的好坏。在水利工程建设中有必要对组成地壳的主要矿物和岩石及其工程地质性质进行研究。

### 第一节 造 岩 矿 物

矿物是地壳中天然生成的自然元素和化合物，它具有一定的物理性质、化学成分和形态特征。目前已发现的矿物有3000多种，但组成岩石的主要矿物仅30多种，这些矿物称造岩矿物，如石英、长石、辉石、角闪石、云母、方解石、高岭石、绿泥石、石膏、赤铁矿、黄铁矿等。

矿物通常以固体状态存在于地壳中，只有少数呈液态（如石油）、气态（如天然气）。固体矿物中大多数呈结晶体，即其外表是具有规则的多面体（图1-2）。少数矿物不具规则的外形称非晶体，非晶体可分玻璃质和胶体两种。

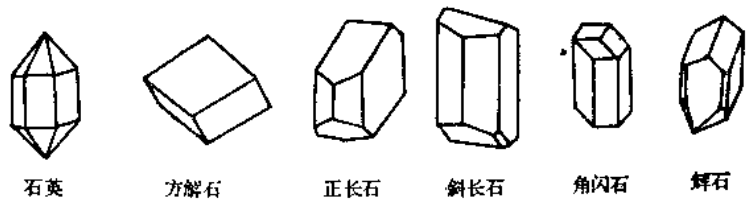


图 1-2 几种主要造岩矿物单个晶体的形态

不同矿物由于其化学组成和内部构造不同，因而具有不同的物理性质和外表特征，这是鉴定矿物的重要依据。

#### 一、矿物的物理性质

矿物的物理性质有形状、颜色、条痕、光泽、硬度、解理、断口等。

##### （一）形状

结晶矿物常具以下几种几何形态：

- （1）柱状、针状。如石英、石棉等。
- （2）片状、板状、鳞片状。如云母、石膏、绿泥石等。
- （3）粒状。多为立方体、八面体、十二面体。如黄铁矿、磁铁矿、石榴子石等。

##### （二）颜色和条痕

矿物的颜色取决于矿物的化学成分和其所含的杂质，一般分为浅色（白、浅灰、肉红等色，如石英、长石）和深色（深灰、深绿、灰黑、黑色，如角闪石、辉石）两类。

条痕是指矿物粉末的颜色，是将矿物在白色无釉的瓷板上刻划，留下的粉末痕迹。条痕颜色较固定，因而也是鉴定矿物的一种标志。

##### （三）光泽

光泽指矿物表面反射光线的强弱程度，可分为金属光泽和非金属光泽，后者又可分为

玻璃、金刚、油脂、珍珠、丝绸等光泽。

(四) 硬度

硬度指矿物抵抗外力刻划的能力，通常选用十种不同硬度的矿物作为标准，用来对其他矿物进行互相刻划比较，以确定矿物的相对硬度。这十种矿物依次排列 如表1-2。在野外也可用小刀等物品来确定矿物的硬度。

表 1-2 摩氏矿物硬度及某些物品的硬度

| 硬 度 | 标 准 矿 物 | 物 品 名 称 | 硬 度   |
|-----|---------|---------|-------|
| 1   | 滑 石     | 软铅笔     | 1     |
| 2   | 石 膏     | 指 甲     | 2~2.5 |
| 3   | 方解石     | 小铁刀     | 3~3.5 |
| 4   | 萤 石     |         |       |
| 5   | 磷灰石     | 玻 璃     | 5~5.5 |
| 6   | 正长石     | 小钢刀     | 6~6.5 |
| 7   | 石 英     | 工具钢     | 7.5~8 |
| 8   | 黄 玉     |         |       |
| 9   | 刚 玉     | 超硬钢     | 9~9.9 |
| 10  | 金刚石     |         |       |

(五) 解理和断口

指矿物受外力敲击后，沿一定方向裂开成光滑平面（称为解理面）的性能。解理面常与结晶体的晶面平行，一般可分为极完全解理（极易裂开成薄片状，如云母）、完全解理（裂开成鳞片状，板状或块状，如方解石），不完全解理（裂开面只有局部光滑平面，如橄榄石）及无解理（裂面呈不规则状即断口，如石英），见图1-3。

断口是指矿物受外力敲击后，裂开面为不规则的凹凸不平的形状，常常有贝壳状、参差状和平坦状等。

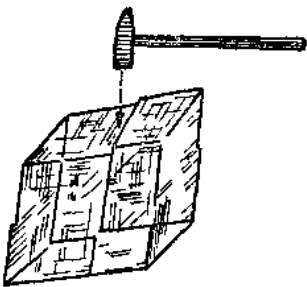


图 1-3 方解石的完全解理

二、主要造岩矿物鉴定方法

认识和区别各种矿物，一般从观察比较矿物的物理性质入手，即用肉眼鉴定方法。鉴定时可借用一些简单工具，如小钢刀、放大镜和稀盐酸等。鉴定时可先从颜色，定出是深色矿物还是浅色矿物，再按形状、光泽和硬度，最后根据解理及其他特征综合定出矿物名称。表1-3列出几种最主要造岩矿物的鉴定特征，以供鉴定时参考。

表 1-3

最主要造岩矿物特征表

| 编号 | 矿物名称 | 形 状         | 颜 色        | 条 痕      | 光 泽      | 硬 度   | 解 理      | 比 重     | 其 他 特 征                       |
|----|------|-------------|------------|----------|----------|-------|----------|---------|-------------------------------|
| 1  | 石 英  | 块 状<br>六棱柱状 | 无 色<br>乳白色 | 白        | 玻璃<br>油脂 | 7     | 无        | 2.6~2.7 | 晶面有平行条纹具贝壳状断口                 |
| 2  | 正长石  | 柱状<br>板状    | 玫瑰色<br>肉红色 | 白        | 玻璃       | 6     | 完全       | 2.3~2.6 | 两组晶面直交                        |
| 3  | 斜长石  | 柱状<br>板状    | 灰白色        | 白        | 玻璃       | 6     | 完全       | 2.6~2.8 | 两组晶面斜交<br>晶面上有条痕              |
| 4  | 辉 石  | 短柱状         | 深褐色<br>黑色  | 白带绿      | 玻璃       | 5~6   | 完全       | 2.9~3.6 |                               |
| 5  | 角闪石  | 针 状<br>长柱状  | 深绿色<br>黑色  | 白带绿      | 玻璃       | 5.5~6 | 完全       | 2.8~3.6 |                               |
| 6  | 方解石  | 菱 形<br>六面体  | 乳白色        | 白        | 玻璃       | 3     | 三组<br>完全 | 2.6~2.8 | 滴稀盐酸起泡                        |
| 7  | 云 母  | 薄片状         | 绿白色<br>黑色  | 白        | 珍珠<br>玻璃 | 2~3   | 极完全      | 2.7~3.2 | 透明至半透明、薄片具有弹性                 |
| 8  | 绿泥石  | 鳞片状         | 草绿色        | 白或<br>浅绿 | 珍珠<br>玻璃 | 2~2.5 | 完全       | 2.6~2.9 | 半透明、鳞片无弹性                     |
| 9  | 高岭石  | 鳞片状         | 白 色<br>淡黄色 | 白        | 暗淡       | 1     | 无        | 2.5~2.6 | 土状断口，吸水膨胀滑粘                   |
| 10 | 石 膏  | 纤维状<br>板 状  | 白 色        | 白        | 玻璃<br>丝绸 | 2     | 完全       | 2.2~2.4 | 易溶解于水，产生大量 $\text{SO}_4^{2-}$ |

## 第二节 岩 石

岩石是由一种或多种矿物组成的天然集合体，如大理岩主要由方解石组成。花岗岩是由石英、长石、云母等多种矿物组成。

岩石按成因可分为三大类，即岩浆岩（火成岩）、沉积岩和变质岩。

岩石的主要特征一般包括矿物成分、结构、构造三个方面。岩石的结构是指岩石中矿物颗粒的结晶程度、大小和形状及其组合方式等特征；岩石的构造则是指组成岩石的矿物颗粒的排列方式和填充方式。不同类型的岩石由于它们形成的地质环境和条件不同就产生了不同的结构构造。下面就岩浆岩、沉积岩和变质岩的主要特征分别进行讨论。

### 一、岩浆岩

岩浆岩是由地壳深处的岩浆沿地壳薄弱地带上升侵入地壳或喷出地表后冷凝而成的岩石。岩浆主要由复杂的硅酸盐和一部分金属硫化物及氧化物、水蒸气和其他挥发物质（如F、Cl、 $\text{CO}_2$ 等）组成的高温、高压熔融体。

岩浆喷出地表冷凝而成的岩浆岩称喷出岩，而在地表以下冷凝而成的则称侵入岩，侵入岩又可分为深成岩和浅成岩。深成岩是在地下深处冷凝而成，在浅处冷凝而成的则称浅成岩。根据它们的天然产出形状，则有岩基、岩株、岩盘、岩脉和熔岩流、火山锥等产状（图1-4）。

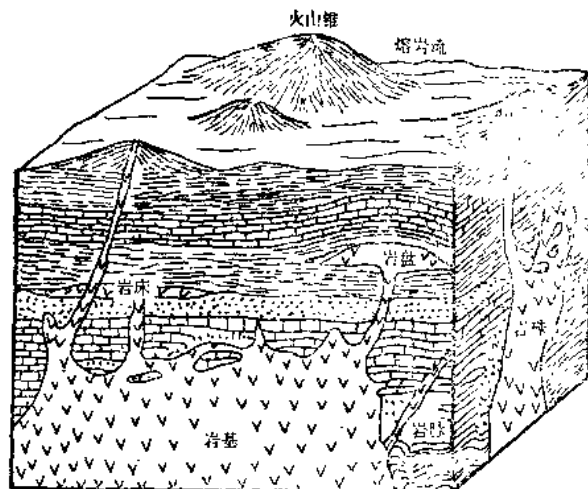


图 1-4 岩浆岩岩体产状示意图

### (一) 岩浆岩的矿物成分

岩浆岩的化学成分以 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{FeO}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{TiO}_2$ 等为主，其中以 $\text{SiO}_2$ 含量最多，约占60.8%，是岩浆岩的主要成分。

岩浆岩的矿物成分按其颜色和化学成分的特点可分为两大类：一类是浅色矿物，富含硅铝成分，如正长石、斜长石、石英、白云母等。另一类是深色矿物，富含铁镁成分，如角闪石、辉石、黑云母、橄榄石等。这两类矿物在岩石中的含量比例，既反映了岩石的化学成分变化，也决定了岩石颜色的深浅和比重大小，是岩浆岩分类和定名的主要依据。

通常我们把岩浆冷凝固过程中形成的矿物称为原生矿物，如石英、长石、角闪石、辉石、橄榄石等。原生矿物经风化作用后，改变了原来矿物的化学成分和物理性质而形成新的矿物，称次生矿物，如长石风化后可成高岭石，辉石或角闪石风化后可成绿泥石等。

### (二) 岩浆岩的结构和构造

岩浆在不同的地质环境（如地表或地下不同深处）冷凝时，由于物理化学条件（温度、压力等）的不同，冷凝后的岩浆则有不同的结构构造。故而结构、构造可以用来反映岩石形成时环境和条件，是岩浆岩分类定名的主要依据。

#### 1. 岩浆岩的结构

按照岩浆岩的结构特征，可将结构分为显晶质结构、隐晶质结构、玻璃质结构和斑状结构。

(1) 显晶质结构。岩石中的矿物以肉眼可见的结晶颗粒状为主组成的结构，称为显晶质结构。为侵入岩所特有的结构，若岩石中大多数矿物颗粒比较均匀称等粒结构。按矿物颗粒大小又可分为粗粒（直径大于5mm）、中粒（直径为5~2mm）、细粒（直径为2~0.2mm）结构。

(2) 隐晶质结构。用肉眼或放大镜不能辨认矿物颗粒的致密结构，矿物颗粒只有在显微镜下才能鉴别。

(3)玻璃质结构。岩石中的所有成分均为玻璃质，它是岩浆骤然冷却，所有矿物来不及结晶冷凝而成的。

(4)斑状结构。岩石中一部分晶质矿物被许多隐晶质(或玻璃质)矿物包围，其中显晶矿物称斑晶，隐晶质(或玻璃质)称基质。

隐晶质和玻璃质结构都是岩浆喷出地表后迅速冷凝而成的，为喷出岩所特有的结构。斑状结构是因为岩浆在地壳深处已开始结晶，生成较大的斑晶，而后岩浆上升或喷出地表，尚未结晶的部分迅速冷凝而成隐晶质或玻璃质的基质，所以斑状结构是浅成岩和喷出岩的特有结构。

2.岩浆岩的构造

岩浆岩的构造主要反映岩石的外貌特征，常见的有下列几种：

- (1)流纹状构造。在熔岩流动的情况下，物质成分顺着熔岩流动方向作定向排列，如流纹岩。
- (2)气孔状构造。熔岩凝结时气体来不及逸出，形成气孔，如玄武岩、浮岩。
- (3)杏仁状构造。岩石气孔被后来形成的矿物(如方解石、石英)充填，形如杏仁，如玄武岩。
- (4)块状构造。岩石中矿物分布均匀，无定向排列，称块状构造，具有等粒结构和斑状结构的岩石常具此构造。

(三)岩浆岩的分类及其主要特征

岩浆岩的种类很多，为便于肉眼鉴定，列表1-4供参考。

表 1-4 岩 浆 岩 分 类 简 表

| 颜 色                       |            | 浅色(浅灰、浅红、肉红色)→深色(深灰、深绿、黑色) |            |      |            |           |        |
|---------------------------|------------|----------------------------|------------|------|------------|-----------|--------|
| 化学成分: SiO <sub>2</sub> 含量 |            | 酸性(>65%)                   | 中性(65~52%) |      | 基性(52~40%) | 超基性(<40%) |        |
| 结构及成因                     |            | 含正长石                       |            | 含斜长石 |            | 不含长石      |        |
|                           |            | 石英                         | 角闪石        | 角闪石  | 辉石         | 辉石        |        |
|                           |            | 云母                         | 黑云母        | 辉石   | 角闪石        | 橄榄石       |        |
|                           |            | 角闪石                        | 辉石         | 黑云母  | 橄榄石        | 橄榄石       |        |
| 侵入岩                       | 等粒         | 块状                         | 花岗岩        | 正长岩  | 闪长岩        | 辉长岩       | 橄辉岩、辉岩 |
|                           | 斑粒         | 块状                         | 花岗斑岩       | 正长斑岩 | 玢岩         | 辉绿岩       |        |
| 喷出岩                       | 斑状、隐晶质或玻璃质 | 流纹、气孔状或杏仁状                 | 流纹岩        | 粗面岩  | 安山岩        | 玄武岩       |        |

表中的纵向表示矿物成分相同而结构不同的岩石，横向表示矿物成分不同而结构相似的岩石。自闪长岩向左，浅色矿物增加，岩石为浅色。自闪长岩向右，深色矿物增加，岩石为深色。岩石在横向上从左至右，由酸性、中性、变为超基性，在酸性岩中，二氧化硅呈过饱和状态，部分单独析出，即为石英，且含量较多。在中性岩中，二氧化硅呈饱和状态，在岩石中没有或仅有少量石英出现。基性和超基性岩中，二氧化硅为不饱和状态，岩石中无石英出现。

#### （四）岩浆岩的鉴定步骤

（1）查明岩体产状，结合岩石的结构、构造，确定是否为岩浆岩，以区别于沉积岩和变质岩。

（2）观察岩石的颜色和矿物成分，根据岩石的颜色深浅、主要矿物和次要矿物成分，对照表1-4，确定基性岩、酸性岩、中性岩。

（3）根据岩石的结构构造，确定其产出环境，再结合岩石的颜色和主要矿物，定出岩石类型，查表1-4，纵横交汇即得出岩石的具体名称。

## 二、沉积岩

沉积岩是由岩石碎屑、溶液析出物或有机物以及某些火山物质，在陆地和海洋中堆积而成的次生岩石。沉积岩分布广泛，约占地表面积的75%，因此研究沉积岩的形成及其特征，对工程建设具有重要意义。

### （一）沉积岩的形成

沉积岩主要是由岩石被风化、流水等地质作用破坏成碎屑物质，再被流水、风等搬运到陆地低洼处或海洋里堆积而成。沉积的碎屑物质在硬结成岩前是松散沉积物，如卵石、砾石、砂和粘土。碎屑物质经过压密或被化学物质胶结，再结晶等硬结成岩作用，即为坚硬的沉积岩（如砾岩、砂岩、页岩和泥岩等）。在水体中的盐类或生物遗体在化学或生物化学作用下堆积硬结而成的如石灰岩、泥灰岩、白云岩等岩石也是沉积岩（化学岩、生物化学岩）。

此外，还有一些火山喷出的碎屑物质，在地表经短距离搬运或就地沉积而成为特殊的沉积岩。

根据沉积环境的不同，沉积岩可分为海相、陆相和过渡相三种类型。海洋是地壳表面最低洼的地区，且占地表面积极为广大，所以海相沉积岩的数量最多，其物质成分、岩性、岩层厚度都比较稳定。而陆相沉积岩的物质成分、岩性和岩层厚度变化较大。

### （二）沉积岩的特征

#### 1. 沉积岩的矿物成分

沉积岩在形成过程中可以保留原岩的矿物成分——原生矿物，如石英、长石、云母等。同时尚可形成新生矿物——次生矿物，如方解石、白云石、石膏、岩盐和粘土矿物（高岭石、蒙脱石、水云母等）。

#### 2. 沉积岩的结构和构造

（1）沉积岩的结构。沉积岩的结构按不同成分分为碎屑结构、泥质结构、化学结构和生物化学结构。

1）碎屑结构。是由碎屑物质被胶结物胶结而成。按碎屑颗粒大小可分为：砾状结构（粒径 $>2\text{mm}$ ）、砂状结构（ $2\sim0.05\text{mm}$ ）和粉砂状结构（ $0.05\sim0.005\text{mm}$ ）。根据颗粒形状分为：棱角状结构、半棱角状结构、半圆状结构和圆状结构。按碎屑物质被胶结的形式可分为基底胶结、孔隙胶结和接触胶结三类（图1-5）。胶结物有硅质、钙质、铁质和泥质等。

2）泥质结构。由粒径小于 $0.005\text{mm}$ 的粘土颗粒组成的结构。

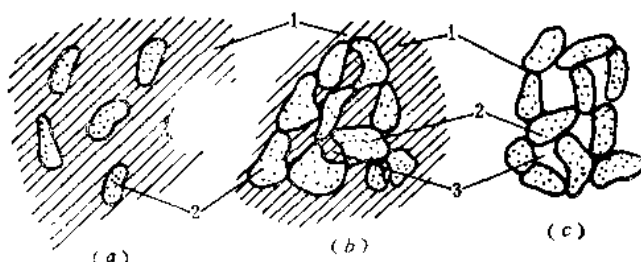


图 1-5 沉积岩的胶结类型

(a) 基底胶结; (b) 孔隙胶结; (c) 接触胶结

1—胶结物; 2—颗粒; 3—孔隙

3) 化学结构和生物化学结构。由化学成因形成的结构和生物遗体构成的结构。常见的有结晶粒状结构、致密块状结构、鲕状、结核状和贝壳、珊瑚结构等。

(2) 沉积岩的构造。沉积岩最重要的外部构造特征是层理构造，层理是沉积岩在形成过程中，由于沉积环境的改变，引起沉积物质成分、颗粒大小、形状以及颜色等的相互交替变化而形成的成层现象。当沉积物连续不断沉积形成的单元岩层称为层，层的顶、底面称为层面。根据层的厚度可分为巨厚层 ( $>2\text{m}$ )、厚层 ( $2\sim0.5\text{m}$ )、中厚层 ( $0.5\sim0.1\text{m}$ ) 和薄层 ( $<0.1\text{m}$ )。

层理由于其形态和成因不同，可分为平行层理、斜层理和交错层理以及层的尖灭和透镜体 (图1-6)。

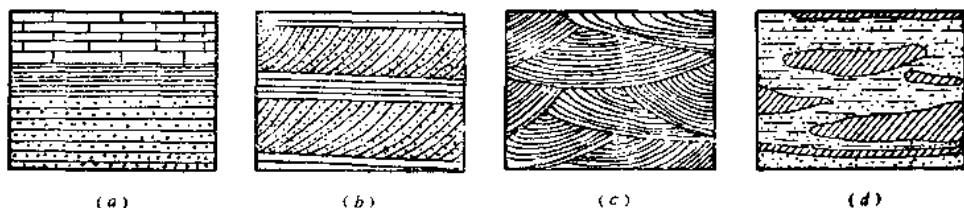


图 1-6 沉积岩层理形态示意图

(a) 平行层理; (b) 斜层理; (c) 交错层理; (d) 透镜体和尖灭层

此外，沉积岩中还常可见到化石、雨痕、波痕、泥裂、结核等，这些都是沉积岩的重要特征。

### (三) 沉积岩的分类及鉴定

沉积岩可分为胶结的坚硬岩石和未胶结的松散沉积物两大类。松散沉积物在地表分布广泛，是各种建筑物的地基 (软基) 和建筑材料 (如砂、砾、土料)。关于松散沉积物的工程性质将放在第六章中专门讲述，现将胶结的沉积物——沉积岩作一概要的论述。

沉积岩按其不同的物质来源和成因，可分为碎屑岩、粘土岩、化学岩和生物化学岩三大类。

(1) 碎屑岩。主要由岩石风化碎屑物质经搬运、沉积、压密、胶结而成。这类岩石应注意其碎屑颗粒的大小、形状、成分、数量和胶结物的性质及胶结类型，其典型的岩石为砾岩和砂岩。火山喷出的碎屑沉积物，如凝灰岩、火山角砾岩、火山集块岩等也应属于此类岩石。