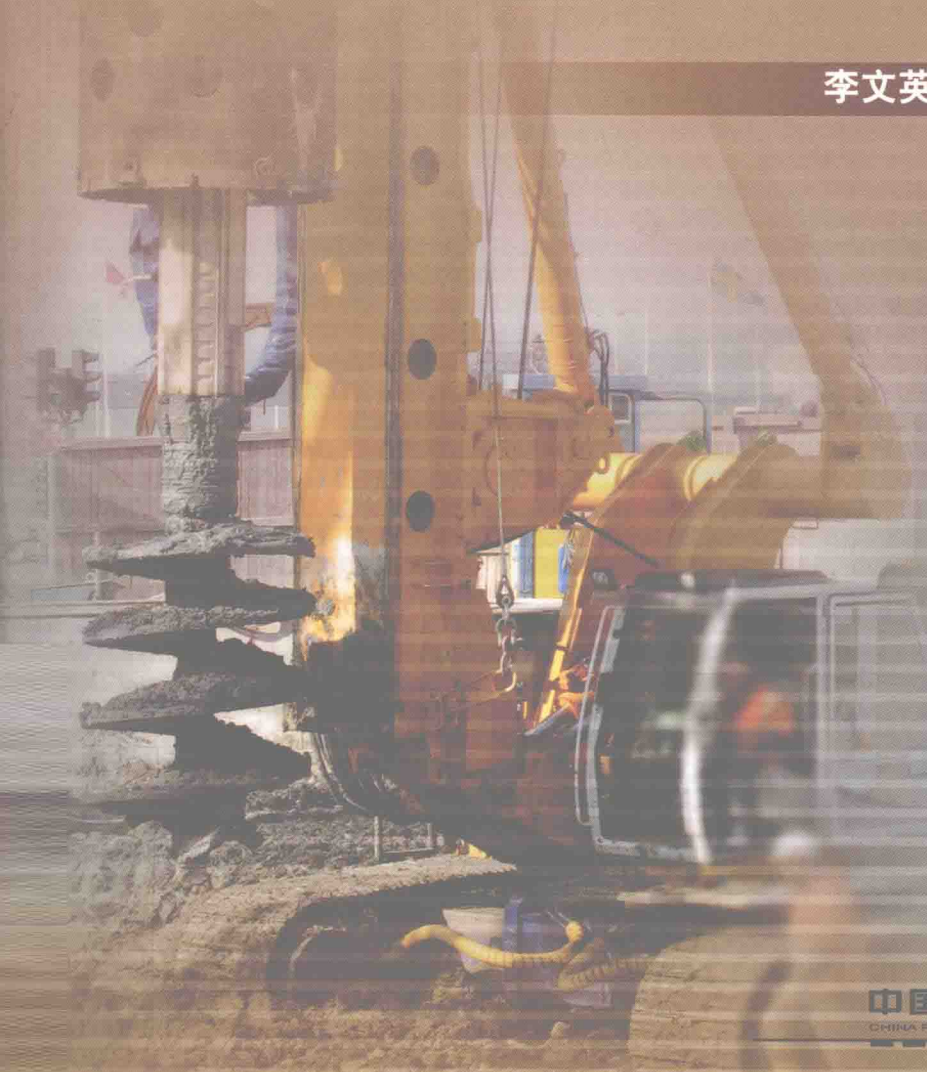
高职高专土木工程专业新编系列教材

岩土分析与试验（高职）

李文英　崔春霞　主编



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

需要全本请访问 www.ertongbook.com

高职高专土木工程专业新编系列教材

岩土分析与试验

李文英　崔春霞　主编
荆志东　李凤友　主审

中国铁道出版社
2010年·北京

内 容 简 介

本书主要讲述了工程岩石和土的鉴定与分类、工程岩石的物理力学性质分析、土的物理力学性质分析、常见工程地质问题及地基承载力的确定、地质构造对土木工程的影响分析、工程地质勘察等内容。

本书可作为高职高专土木工程相关专业的教材，也可供从事土木工程施工及养护工作的人员自学或参考。

图书在版编目(CIP)数据

岩土分析与试验/李文英，崔春霞主编．—北京：中国铁道出版社，2010.6

（高职高专土木工程专业新编系列教材）

ISBN 978-7-113-11414-5

Ⅰ.①岩… Ⅱ.①李…②崔… Ⅲ.①岩土工程-高等学校：技术学校-教材 Ⅳ.①TU4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 085177 号

书　　名：岩土分析与试验

作　　者：李文英　崔春霞　主编

责任编辑：李丽娟　　**电话**：(010)51873135　　**教材网址**：http://www.tdjiao cai.com

封面设计：冯龙彬

责任校对：孙　玫

责任印制：陆　宁

出版发行：中国铁道出版社(100054，北京市宣武区右安门西街 8 号)

网　　址：http://www.tdpress.com

印　　刷：三河市华丰印刷厂

版　　次：2010 年 6 月第 1 版　2010 年 6 月第 1 次印刷

开　　本：787 mm×1092 mm　1/16　印张：13　字数：312 千

书　　号：ISBN 978-7-113-11414-5

定　　价：25.00 元

版权所有　侵权必究

凡购买铁道版的图书，如有缺页、倒页、脱页者，请与本社读者服务部联系调换。

电　　话：市电(010)51873170，路电(021)73170(发行部)

打击盗版举报电话：市电(010)63549504，路电(021)73187

前言

“岩土分析与试验”是三年制高职土木工程道路与桥梁、隧道与地下工程、铁道工程及测量工程技术、基础工程技术等专业必修的一门专业基础课程。按照教、学、做一体化，强化学生能力的培养要求，本教材编写时注重考虑了土木工程专业人员应具备的有关岩石与土的工程性质及岩石与土的物理力学性质试验、工程地质图和工程地质勘探方面的基本知识和基本技能的要求。

根据“岩土分析与试验”课程的培养目标，教材内容的设计主要考虑满足学生毕业后在施工或设计单位从事试验员、监理员、质检员、钻探工等的工作要求。上述岗位的典型工作内容为：按相应的规范规程做好各项试验，填写试验记录和试验报告；根据工程岩土体的试验参数确定岩土体相应施工方案，进行现场质量验收和隐蔽工程质量验收；根据工程布局确定勘探方案及勘探方法，整理勘探记录和编写勘察报告；对各种类型试验结果或勘察报告进行整理归档等。

为满足上述岗位要求，本教材在编写过程中考虑了学生应具备的技能和相关知识点，以项目教学为主线，每一项目都有明确的知识、技能和素质培养目标，并配有项目小结和项目训练内容。

本书可作为高职院校土木工程相关专业“岩土分析与试验”课程的教材，也可供从事土木工程施工及养护工作的人员自学或参考。

本书由天津铁道职业技术学院李文英、崔春霞主编，铁道第三勘察设计院集团有限公司教授级高工荆志东、天津铁道职业技术学院李凤友主审。参加编写的有天津铁道职业技术学院李文英（项目五、附录）、崔春霞（项目一、二）、王虎妹（项目三）、任晓军（项目四）、刘振江（项目六）。为配合本教材的使用，另外还编写了《岩土分析与试验实训指导书》。

在本书编写过程中，天津铁道职业技术学院精品课领导小组对教材的编写提出了许多宝贵意见，同时也得到了各有关部门的大力支持，在此一并表示感谢。

由于编者水平所限，书中难免存在不足之处，敬请读者批评指正。

编　者

2010 年 2 月

目录

项目 1　工程岩石和土的鉴定与分类 …… 1

任务 1-1　造岩矿物的认识与鉴定 …… 2
任务 1-2　工程岩石的认识与鉴定 …… 8
任务 1-3　土的工程分类 …… 26
复习思考题 …… 34

项目 2　工程岩石的物理力学性质分析 …… 35

任务 2-1　岩石的抗压强度检测 …… 36
任务 2-2　工程岩石物理力学指标应用 …… 41
复习思考题 …… 48

项目 3　土的物理力学性质分析 …… 49

任务 3-1　试验土样类型认识 …… 50
任务 3-2　土的物理性质分析 …… 51
任务 3-3　土体中的应力计算 …… 63
任务 3-4　土的力学性质试验 …… 85
复习思考题 …… 102

项目 4　常见工程地质问题及地基承载力的确定 …… 105

任务 4-1　常见工程地质问题认识 …… 106
任务 4-2　天然地基容许承载力确定 …… 127
复习思考题 …… 143

项目 5　地质构造对土木工程的影响分析 …… 144

任务 5-1　常见的地质构造认识 …… 145
任务 5-2　地质图的阅读和分析 …… 163
任务 5-3　地质构造对工程建筑物的影响分析 …… 168
复习思考题 …… 174

项目 6　工程地质勘察 …… 175

任务 6-1　工程地质勘察任务及阶段划分 …… 176

需要全本请访问 www.ertongbook.com

任务 6-2　工程地质勘探技术与方法的认识 …… 179
任务 6-3　工程地质勘察要求认识及勘察实例分析 …… 188
复习思考题 …… 196

附　　录　地层符号与地质图例 …… 197

参考文献 …… 199

项目1　工程岩石和土的鉴定与分类



项目描述

任何建筑物都支承于地层之上，地球表面的地层是由岩石和土组成的，所以说岩石和土是岩土工程、建筑工程和铁路工程的基础。了解岩石和土的鉴定和分类，才能选择施工方便、安全可靠、经济合理的施工方法。



学习目标

1. 知识

- 掌握造岩矿物的物理力学性质；
- 掌握工程岩石的物理特性和分类；
- 掌握土的工程分类。

2. 技能

- 能够熟练鉴定常见造岩矿物；
- 能够熟练鉴定常见岩石；
- 能够对土进行大致工程分类。

3. 素质

- 养成严谨求实的工作作风；
- 具备协作精神；
- 具备一定的协调、组织能力。

相关案例——京沪高速铁路施工

京沪高速铁路全长 1 318 km，正线设计时速 300 km，采用无砟轨道并一次铺设跨区间无缝线路。全线路基工程正线长度累计 232.38 km，有软土路基、松软土路基、岩溶路基、浸水路基、下蜀黏土路基和黄土路基等。隧道长度约 16 km，桥梁长度约 1 140 km。

1. 京沪高速铁路徐州至上海段土层为第四系上更新统下蜀黏土。下蜀黏土具有易湿化、水稳性差、浸水前后强度相差悬殊等特点，未经改良的原状土不能直接填筑路基。施工设计时对下蜀黏土掺 5%石灰进行了改良，改良后的土可作为京沪高速铁路路基填料，能够满足施工要求。

2. 京沪高速铁路安徽省凤阳段，属淮河二级阶地，地形平坦开阔。地基土层均为典型的中等压缩性土层，由于中等压缩性土的沉降不能满足高速铁路对沉降控制精度的要求，故采用

CFG 桩网复合地基、CFG 桩网复合地基联合堆载预压、CFG 桩筏复合地基等地基处理方案。考虑到中等压缩性土承载能力相对较高、压缩性低等特点，采用了不同的桩间距和桩径，桩间距 1.8 m 或 2.0 m，桩径 0.5 m 或 0.4 m，堆载预压高 3 m。地基土经过处理后，可以实现高速铁路中等压缩性土路基纵向高平顺性的要求，可满足无砟轨道高速铁路工后沉降控制要求，提高了路基整体稳定性。

3. 京沪高速铁路山东省枣庄段路基最大填高 7.2 m，该处地下水位较高，埋深 1.1m。地基表层为全新统冲积层黏土，厚 4.4～8.3 m，局部为粉质黏土，呈可塑～硬塑状态，下层为砂岩、泥岩。其黏土天然地基不满足高速铁路路基沉降控制标准。本段路基采用强夯碎石墩进行加固。经过加固处理后，厚 4.4～8.3 m 的黏土、粉质黏土层全部得到了加固；土层与碎石墩硬度较大，达到了预期加固效果；地基承载力特征值可达到 240 kPa，满足设计要求。

4. 京沪高速铁路三标段滕州隧道位于低山丘陵区，进出口地势较平缓，各有 230 m 浅埋地段，埋深约 5 m。山顶附近植物茂盛，出口大部分基岩裸露，植物稀少。隧道全长 1 504 m，隧道最大埋深为 130 m。隧道通过地层为灰岩，鲕状、隐晶质、块状构造，厚层—中厚层状，节理裂隙发育，含泥质条带，以薄层状为主，夹中厚层鲕状灰岩及竹叶状灰岩，强风化～弱风化，地表多溶沟，充填黏土。该隧道围岩为Ⅱ～Ⅲ级。针对这种地质情况，施工时采取上下台阶两步光面爆破开挖，比预计工期提前顺利贯通，保证了施工安全。

通过以上事例可知，不同的土质有不同的加固方法，不同的岩层有不同的开挖方法。对于工程技术人员来说，只有了解土的类型和土的工程性质，才可能选择正确的加固方法；只有了解岩石类型及岩石的裂隙发育情况才能选择合适的施工方法。在本项目里，我们将要学习岩石及岩石的工程性质，认识土并对土进行分类。

任务 1-1　造岩矿物的认识与鉴定

一、矿　　物

地球是一个平均半径为6 371 km的旋转椭球体。其内部结构非常复杂，根据物质成分、状态和性质的不同，可以把地球划分为几个圈层：地球内部一般分为地壳、地幔和地核三个圈层。围绕地壳外部的圈层为大气圈、水圈和生物圈。

地壳表面是起伏不平的，有高山、丘陵、平原、湖盆地和海盆地等，平均厚度33 km，与地球平均半径6 371 km相比，它是地球表面极薄的一层硬壳。但是，地壳厚度在各处变化很大，一般陆地地壳较厚，海底地壳较薄。例如我国青藏高原地区地壳厚约为70 km，而玛利亚纳海沟地壳厚度仅为 5～6 km，人类工程活动一般都在地表以下几百米以内，因此，人类活动主要在地壳表层进行。

地壳的组成物质很复杂，目前已知的元素中约有 92 种在地壳中被发现，但各种元素在地壳中的含量和分布是很不均匀的。氧(O)、硅(Si)、铝(Al)、铁(Fe)、钙(Ca)、钠(Na)、钾(K)、镁(Mg)、钛(Ti)及氢(H)十种元素，按质量计约占 99.96%，其中氧(O)、硅(Si)、铝(Al)三种元素约占 88.17%(表 1-1)。

这些元素在地壳中大多数以化合物状态存在，少数以单一元素存在，它们形成各种化合物和单质天然矿物，例如石英(SiO_2)、方解石($CaCO_3$)等化合物矿物和石墨(C)、天然硫(S)等单

质天然矿物。

表 1-1　地壳中元素质量百分比

元　素	符　号	质量比(%)	元　素	符　号	质量比(%)
氧	O	46.95	钠	Na	2.78
硅	Si	27.88	钾	K	2.58
铝	Al	8.13	镁	Mg	2.06
铁	Fe	5.17	钛	Ti	0.62
钙	Ca	3.65	氢	H	0.14

矿物是天然生成的、具有一定物理性质和化学成分的物质，是组成地壳的基本物质单位。它们在地壳中按一定规律共生组合在一起，形成由某一种矿物或几种矿物组成的天然集合体，这种天然矿物的集合体称为岩石。主要由一种矿物组成的岩石叫单矿岩，如方解石组成的石灰岩；由两种或多种矿物组成的岩石称复矿岩，如正长石、石英和云母等组成的花岗岩。可以看出，矿物是组成岩石的单位物质，岩石是矿物的集合体。

自然界中已被发现的矿物有 3 000 多种，其中大部分矿物数量很少，分布也很分散，而且这些矿物对岩石性质影响不大，对鉴定岩石也没有普遍意义，在岩石中常见而且显著影响岩石性质，对鉴定和区别岩石种类起重要作用的矿物约 20 多种，称之为造岩矿物。

由于每一种矿物的化学组成及结晶构造不同，其物理和化学性质也各不相同。鉴定矿物的方法很多，主要有偏光显微镜鉴定法、电子显微镜鉴定法、化学分析法、X 射线分析法、差热分析法等。这些方法都是用一定的仪器或药品在室内进行的。在野外只能用肉眼根据矿物的物理性质进行鉴定。

二、矿物的形态

在通常情况下，自然界中的矿物绝大多数呈固态，只有极少数呈液态(如石油、自然汞等)和气态(如天然气)。

固态矿物又可分为结晶质和非晶质两类，大多数造岩矿物是结晶质。结晶质矿物的内部质点(原子、分子或离子)在三维空间呈有规律的周期性重复排列，形成空间格子构造。结晶质矿物内部质点的规律性排列，只有在晶体生长速度较慢、周围有不受干扰的自由空间时才能形成由自由晶面包围的本身固有的规则几何外形，这种晶体呈自形晶体，例如食盐的立方晶体(图 1-1)。

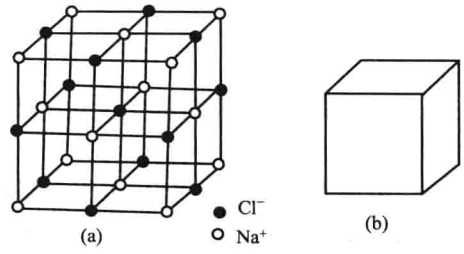


图 1-1　食盐的晶体构造

(a)食盐晶格构造；(b)食盐晶体外形。

但是，在自然界中这种发育良好的自形晶体较少见，因为在晶体的生长过程中，受生长速度和周围环境的影响晶面发育不完整，不能使晶体发育成规则的几何外形，而是形成不规则形状的晶粒，称之为他形晶，岩石中的造岩矿物多数为粒状他形晶。

非晶质矿物内部质点的排列没有规律性，因而不具有规则几何外形。非晶质矿物可分为玻璃质和胶体质矿物两种。玻璃质矿物是由高温熔融状物质迅速冷却而成的，如火山玻璃；胶

体质矿物是由胶体溶液凝聚而成的，如由硅胶凝聚而成的蛋白石($SiO_2 \cdot nH_2O$)。

结晶质矿物在生长发育过程中，在空间不同方向上，生长速度是不同的，生长条件也不相同。因此，有的形成针状或长柱状外形，有的形成片状或板状外形等。常见的矿物单体形态有：

片状、鳞片状——如云母、绿泥石等；

板状——如斜长石、板状石膏等；

柱状——如长柱状的角闪石、短柱状的辉石等；

棱面体状——如方解石、白云石等；

纤维状——如纤维状石膏等；

晶簇——在一个共同的基面上，许多相同的晶体丛生在一起，这个晶体群称为晶簇，见图 1-2。

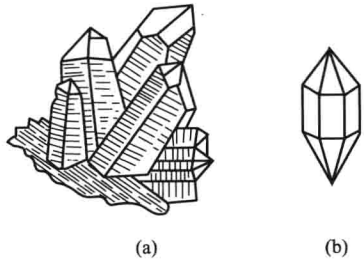


图 1-2 石英晶体形态

(a)石英晶簇集合体；(b)石英单晶体。

粒状、块状、土状——矿物在空间三个方向上接近等长的集合体形态。若颗粒边界较明显的则称为粒状，如橄榄石等；若肉眼不易分辨颗粒边界的则称为块状，如石英等；疏松的块状称土状，如高岭土等。

三、矿物的光学性质

矿物的光学性质是指矿物对自然光所表现出来的反射、折射和吸收等各种性质。包括透明度、光泽、颜色和条痕等。

(一)透 明 度

矿物能够透过光线的程度称为透明度。矿物透明度的大小与矿物吸收和反射可见光的程度有关，这是由于矿物的成分和内部结构不同而引起的。在一般情况下，矿物反射光和吸收光的能力强则透明度低，反之则透明度高。可以概括地说，所有金属矿物都是非透明矿物，而大部分非金属矿物都是透明矿物。有些矿物介于两者之间，可称为半透明矿物。

观察矿物透明度时，应选择在厚度大致相等的薄片上进行比较。肉眼观察时，可在矿物碎片边缘处进行。

(二)光 泽

光泽实质是矿物新鲜面上反射光线的能力。根据反射光的强弱，矿物光泽可分为下列三种：

1. 金属光泽。反光强烈，类似金属新鲜面的光泽，如黄铁矿、方铅矿等。

2. 半金属光泽。反光较强，亮度稍差，如磁铁矿。一般情况下，具有金属光泽和半金属光泽的矿物是不透明的。

3. 非金属光泽。非金属光泽是指透明矿物所表现的光泽。根据其反光程度和特征又可分为下列几种：

(1)金刚光泽——反光较强，闪烁烂漫，如金刚石等。

(2)玻璃光泽——近似一般玻璃平面上的光泽，如长石、石英晶面等。

(3)油脂光泽——如同涂上了油脂后的反光。这是由于断裂面凸凹不平，光线漫射引起的，多出现在浅色矿物的断口上，如石英断口等。

(4)珍珠光泽——如同珍珠或贝壳内面出现的乳白彩光，如白云母薄片等。

(5)丝绢光泽——出现在纤维状集合体矿物上，如石棉、绢云母等。

(6)土状光泽——裂面上反光暗淡，如高岭石及某些褐铁矿等。

(三)颜　　色

矿物的固有颜色与它的化学成分和内部结构有关，颜色是矿物对可见光的吸收作用产生的。按成色原因分，有自色、他色、假色。

1. 自色：矿物的固有颜色与它的化学成分和内部结构有关，一般是固定的。如黄铁矿是铜黄色；橄榄石为橄榄色。但是由于矿物是自然形成的，所以很容易混入各种其他杂质物，从而改变其固有的颜色。例如纯质石英(SiO_2)是无色透明的，当含有杂质时，就会出现乳白、紫红、烟黑等多种颜色。

2. 他色：矿物混入了某些杂质引起的颜色，与矿物本身性质无关，他色不固定，随杂质不同而变化，对鉴定矿物没有很大意义。

3. 假色：由矿物内部的裂隙或表面的氧化膜对光的折射、散射所引起的。如方解石的解理面上出现的虹彩。

(四)条　　痕

条痕是指矿物粉末的颜色，一般是把矿物放在白色粗瓷板上擦划来观察。某些矿物的颜色和它的条痕色并不相同，例如铜黄色的黄铁矿，它的条痕色是黑色。大多数造岩矿物的条痕色都是无色或浅色的，所以条痕色多用于鉴别色调浓重的金属矿物。

四、矿物的力学性质

矿物的力学性质是指矿物在外力(敲打、刻画、拉、压等)作用下，所表现出来的各种性质，包括硬度、解理、断口等。

(一)硬　　度

矿物的硬度是指矿物抵抗外力机械刻画的能力。其测定方法，通常是用十种已知硬度的矿物组成的摩氏硬度计(表1-2)作为标准，刻画欲确定的矿物，从而确定其硬度等级。例如某欲测定的矿物能刻画石膏，但被方解石刻成划痕，则该矿物的硬度等级定为2～3。

摩氏硬度计中10种矿物的硬度是指硬度的相对高低，并不是硬度的绝对值。矿物硬度的大小，主要取决于它的内部质点的结合强度。例如以分子键结合的石墨(C)的硬度为1～2，而以共价键结合的金刚石(C)是硬度最高的矿物。

矿物的硬度对岩石的强度有很大影响，风化、裂隙、杂质等都会影响矿物的硬度。所以鉴别矿物硬度时一定要在新鲜面上进行。

(二)解　　理

矿物晶体受外力敲击时，能够沿一定方向裂开成光滑平面的性质称为矿物的解理性(或劈开性)。开裂的平面称为解理面。这是由于晶体内部质点间的结合力在不同方向上不均一造成的。如果矿物晶体内部质点在几个方向上的结合力都比较弱，那么这些矿物就具有多组解理。

根据矿物产生解理性能强弱程度的不同，一般将解理分为四级。

1. 极完全解理。极易沿一定方向劈裂形成一组薄片，而且解理面平坦光滑，如云母等。

2. 完全解理。一般易裂开成块状，常有三组平整光滑的解理面，如岩盐、方解石等。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

表 1-2 摩氏硬度计

硬 度	矿 物 名 称	简 易 鉴 定	代 用 品 硬 度
1	滑 石	指甲易刻画	指甲为 2～2.5； 铁刀刃 3～3.5； 玻璃 5～5.5； 钢刀刃 6～6.7
2	石 膏	指甲不易刻画	
3	方解石	小刀易刻画	
4	萤 石	小刀可刻画	
5	磷灰石	小刀刻画有痕迹	
6	长 石	小刀几乎不能刻画	
7	石 英	小刀不能刻画，用它可刻画玻璃	
8	黄 玉	能刻画石英	
9	刚 玉		
10	金刚石		

3. 中等解理。一般易裂开成块状或板状，常在两个方向上出现两组不连续、不平坦的解理面，在第三个方向上为不规则断裂面，如长石和角闪石等。

4. 不完全解理。指一般很难发现完全解理面，如橄榄石等。

解理面常出现在矿物单体上。在颗粒细小的矿物集合体上，较难找到矿物解理面。

(三)断 口

完全不具有解理性的矿物，在受锤击后沿任意方向发生不规则断裂，其断裂面可称为断口。常见的断口形态有以下四种：

1. 贝壳状断口。断口呈曲面，如石英的断口。

2. 平坦状断口。断裂面呈比较平坦的致密状，如蛇纹石等。

3. 参差状断口。断裂面参差起伏不平、粗糙，如黄铁矿、磷灰石等。

4. 锯齿状断口。断裂面呈波形起伏的尖齿状，常见于具有延展性较强的金属矿物，如自然铜、纤维状石膏等。

矿物的物理性质表现在很多方面。除了上面分析的以外，还有很多其他性质也可用来对某些矿物进行鉴定，例如矿物的比重、磁性、压电性、检波性，矿物薄片的弹性、挠性等。另外，矿物的一些简单化学性质，对于鉴别某些矿物也是十分重要的，如方解石遇稀盐酸强烈起泡，白云石遇镁试剂变蓝色。

五、主要造岩矿物及其鉴定特征

最常见的主要造岩矿物有下述几种。它们的共生规律和数量不但是鉴定岩石名称的依据，而且也显著地影响岩石的力学性质。

(一)石英(SiO_2)

石英是浅色岩石中最常见的矿物之一。条件适宜时易形成单晶体或丛生的晶簇。一般在岩石中多呈致密的块状或粒状集合体。纯净的石英多为无色透明的六方双锥，称为水晶。当含有各种杂质时可变成红、紫、烟黑、茶色等各种颜色。

石英晶面具有玻璃光泽，在断口上为油脂光泽，硬度为 7，无解理，贝壳状断口，比重为 2.65。石英的高硬度、贝壳状断口及油脂光泽是其主要鉴定特征。

（二）长　　石

长石是地壳中分布最广的矿物，在岩石分类和定名中占有重要的地位。长石是一大族矿物，有三种基本类型：钾长石〔$K(AlSi_3O_8)$〕、钠长石〔$Na(AlSi_3O_8)$〕和钙长石〔$Ca(Al_2Si_2O_8)$〕。以钾长石为主的矿物称为正长石；以不同比例的钠长石和钙长石混熔而成的一系列矿物都称为斜长石。

1. 正长石：在岩石中常呈肉红色或淡玫瑰红色，单晶为柱状或板状，有两组正交解理，解理面上有玻璃光泽，粗糙状断口，硬度6，相对密度2.54～2.56。常与石英伴生于酸性岩如花岗岩中。

2. 斜长石：颜色多为灰白、灰黄色，常呈板状或柱状晶体，晶面上有平行条纹，玻璃光泽，有两组接近正交的解理，粗糙状断口，硬度6～6.5，相对密度2.61～2.75。常与角闪石或辉石共生于颜色较深的岩石中，如闪长岩或辉长岩中。

（三）白云母〔$KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$〕

单晶体为板状、片状，横截面为六边形，有一组极完全解理，易撕裂成薄片，薄片无色透明，具有玻璃光泽，集合体常呈浅黄、淡绿色，有珍珠光泽，薄片有弹性，硬度2～3，相对密度2.76～3.10。

（四）黑云母〔$K(Mg,Fe)_3(AlSi_3O_{10})(F,OH)_2$〕

单晶体为板状或片状，横截面为六边形，有一组极完全解理，易撕裂成薄片，薄片颜色棕褐或棕黑，珍珠光泽，薄片有弹性，半透明，硬度2～3，相对密度3.02～3.12。

（五）普通角闪石{$Ca_2Na(Mg,Fe)_4(Al,Fe)[(Si,Al)_4O_{11}]_2(OH)_2$}

单晶体一般为长柱状或针状，少数为三向近等长晶体，玻璃光泽，中等解理，两组解理面交角为124°，硬度5.5～6，相对密度3.2～3.6，颜色多为暗绿黑至暗褐色。普通角闪石分布较广，是许多岩浆岩的标准矿物。

（六）普通辉石〔$Ca(Mg,Fe,Al)(Si,Al)_2O_6$〕

单晶体多为短柱状，横截面多为八角形，中等解理，解理面交角为87°，完整晶体较少见，在岩石中多呈粒状集合体，颜色多为黑色或带绿、带褐的黑色，硬度5.5～6，相对密度3.2～3.6。普通辉石常与基性斜长石伴生于颜色较深的基性岩中。

普通角闪石和普通辉石都是黑至黑绿色，硬度5.5～6，有玻璃光泽，有两组解理，容易与其他岩石相区别，但要把普通角闪石和普通辉石区别开较困难，一般多从晶体形态（长柱与短柱）、解理面交角（124°与87°）及与其他矿物共生组合关系上去鉴别。

（七）橄榄石〔$(Mg,Fe)_2(SiO_4)$〕

在岩石中呈粒状集合体，颜色呈浅黄绿色至橄榄绿色，玻璃光泽，不完全解理，贝壳状断口，断口处为油脂光泽，硬度6.5～7，相对密度3.3～3.5。常见于超基性岩中。

（八）方解石（$CaCO_3$）

无色，但因含杂质而呈灰白、浅黄或浅红至黑褐色，方解石的标准晶体为菱形六面体，在岩石中常呈粒状，有时在岩石裂隙中发育成晶簇，有三组完全解理，硬度3，相对密度2.6～2.8，在冷稀盐酸中有剧烈气泡。方解石是石灰岩和大理岩的主要矿物成分。

（九）白云石〔$CaMg(CO_3)_2$〕

白色，含杂质后变成浅黄、灰褐、灰黑等色，单晶微菱面体。在岩石中多为粒状集合体，完全解理，玻璃光泽，硬度3.5～4，相对密度2.8～2.9。在热稀盐酸中有起泡反应，遇镁试剂变

蓝。白云石是白云岩的主要矿物成分。

（十）滑石〔$Mg_3(Si_4O_{10})(OH)_2$〕

完整的六方菱形晶体很少见，常呈板状或片状集合体，半透明，颜色多呈浅黄、浅褐或白色，有一组极完全解理，解理面上具有珍珠光泽，薄片有挠性，手摸有滑腻感，硬度 1，相对密度 2.7～2.8。

（十一）蛇纹石〔$Mg_6(Si_4O_{10})(OH)_8$〕

一般为鳞片状或者块状集合体，颜色多为黄绿、暗绿或褐黑色，硬度 2.5～3，相对密度 2～3。块状体呈油脂光泽，贝壳状断口多与橄榄石、辉石伴生于热液变质带中。

（十二）绿泥石〔$(Mg,Al,Fe)_6((Si,Al)_4O_{10})(OH)_8$〕

主要是很复杂的铝硅酸盐矿物，比重小，硬度低，解理发育，颜色暗绿，多呈鳞片状或片状。集合体存在于温度不高的热液变质岩中，有一组完全解理，薄片有挠性，具有珍珠光泽，相对密度 2.6～2.85。由绿泥石组成的岩石强度低且易风化。

（十三）硬石膏（$CaSO_4$）

硬石膏晶体为近正方形的厚板状或柱状，通常呈致密粒状，有三组完全解理，具有玻璃光泽，质纯的硬石膏无色透明，硬度 3～3.5，相对密度 2.8～3.0。

硬石膏在一般大气压下，遇水能逐渐变为石膏，同时体积膨胀约 30%。这种由于膨胀产生的附加压力，有时能使建筑物基础或隧道衬砌产生变形直至崩解。

（十四）石膏（$CaSO_4 \cdot 2H_2O$）

颜色呈灰白，有的呈无色透明，晶体多为板状，也有具有丝绢光泽的纤维状（纤维石膏）和细粒集合体的块状（雪花石膏），硬度 2，相对密度 2.3。有一组极完全解理，沿解理能撕成薄片，薄片无弹性，有挠性。石膏在条件适宜时能脱水转化成硬石膏。

（十五）黄铁矿（FeS_2）

黄铁矿在岩石中多呈粒状或块状集合体，有时也发育成良好的立方体或五角十二面体单晶，晶面上有条纹。黄铁矿的颜色为铜黄色，但条痕却是绿黑色，硬度 6～6.5，相对密度 4.9～5.2，有金属光泽，参差状断口。黄铁矿在地表风化带环境中易风化而产生腐蚀性硫酸。

任务 1-2　工程岩石的认识与鉴定

岩石是组成地壳的基本物质，是一种或多种矿物组成的集合体，外表形态为坚硬或疏松块体（土体）。岩石在工程中不仅可作为建筑物地基、路基边坡、隧道围岩等，还可作为建筑材料使用。因此，作为一个工程技术人员，必须掌握岩石的基本知识。

自然界中，岩石种类繁多，性质复杂，形成原因各异，不同地质作用形成的岩石，其类型和性质也各不相同。通常按成因将其分为岩浆岩、沉积岩和变质岩三大类。

一、岩 浆 岩

（一）岩浆作用及岩浆岩的形成

岩浆岩是由岩浆冷凝而成的岩石。根据目前资料，一般认为岩浆是以硅酸盐为主要成分，

富含挥发性物质，在上地幔和地壳深处形成的炽热而黏稠的熔融体。

岩浆的温度可以直接从火山熔岩流中测得，也可以通过岩浆岩的熔融实验和热力学计算方法求得。一般认为岩浆的温度约在700～1 300 ℃。

岩浆的化学成分非常复杂，它包含地壳中存在的所有元素，但是也可以概括地将岩浆的成分分为两部分：一部分是由硅和铝的氧化物构成的络离子；另一部分是由铁、镁、钙、钠、钾等金属元素构成的阳离子。地下各部位的物质成分与其所处的环境保持着稳定平衡或准稳定平衡状态。由于地壳的变动，一旦这种平衡条件稍微改变，深处的岩浆便沿着地壳的薄弱地带上升，在地壳的不同部位逐渐冷却，凝结成岩浆岩。岩浆在冷凝过程中，由于岩浆的成分、黏性不同，温度下降速率不同，同时又受到不同的冷凝环境因素的影响，从而形成了结构、构造不同，矿物组合规律不同的各种各样的岩浆岩。

如果岩浆上升没有到达地表，而在地壳中逐渐冷凝，称为岩浆的侵入作用。由侵入作用形成的岩石称为侵入岩，侵入岩又可以根据凝结部位距地表的深浅分成深成岩和浅成岩。深度大于3 km的为深成岩；小于3 km的为浅成岩。

如果岩浆上升沿构造裂隙溢出地表，或通过火山口喷到地表，则称为岩浆的喷出作用，由此而凝结的岩石称为喷出岩。喷出岩有两种类型：一种是由溢出的熔浆凝结成的岩石，称为喷出岩；另一种是岩浆或其他碎屑物质，被猛烈的火山喷发到空中，从大气中降落到地面所形成的岩石，称为火山碎屑岩。

（二）岩浆岩的产状

岩浆岩的产状是指岩浆凝结后岩体的状态，即岩浆岩体所占据的空间量以及它与围岩的谐和关系。岩浆岩的产状除了与岩浆的成分和物理化学条件有关外，还受到凝结地带的环境影响，所以岩浆岩的产状是多种多样的。

1. 侵入岩的产状

（1）岩基。岩基是岩浆侵入到地壳内，凝结而成的岩体中规模最大的一种（图1-3）。它的出露面积可达数十万平方公里，基底埋藏很深。常见的岩基多数是由酸性岩浆凝结而成的花岗岩类岩体。如我国的秦岭、祁连山等处的主要山脉，就是由花岗岩岩基组成的。岩基内常常含有围岩的崩落碎块，这些围岩碎块称为捕虏体。岩基埋藏深、范围大，岩浆冷却凝固速度慢，矿物结晶程度高，岩石性质均一，强度较高，是建筑物的良好基础，也可作为良好的建筑材料。岩基与围岩接触部位，由于岩浆与围岩相互作用，该处的矿物、岩石成分非常复杂。

（2）岩株。岩株是分布范围较小（通常为几十平方米至几十平方公里），形态又不太规则的

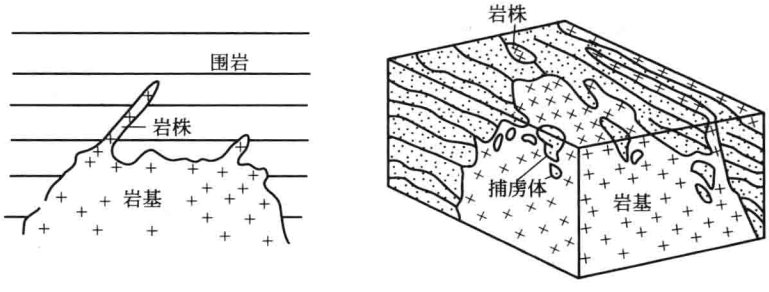


图1-3　岩基与岩株

侵入岩体，如图 1-3 所示。有的岩株是岩基的突出部分，特点与岩基相似。

(3)岩盘(岩盖)。岩盘是由一种黏性较大的岩浆沿层理侵入地壳浅处，冷凝后流动不远形成的伞形或透镜状的侵入体，如图 1-4 所示。



图 1-4 岩盘

(4)岩床。岩床是由黏性较小、流动性较大的基性岩浆，沿沉积岩层面侵入，充填在岩层中间形成厚度较小而分布范围较广的岩体，如图 1-5 所示。岩床常常是基性浅成岩，如辉绿岩的产状。

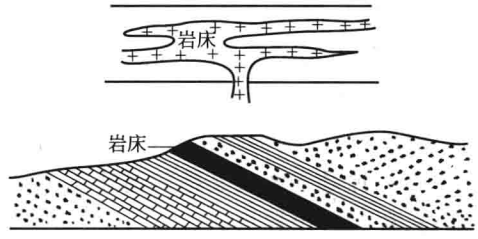


图 1-5 岩床

(5)岩墙和岩脉。岩墙和岩脉是指岩浆沿围岩裂隙或断裂带侵入凝固而成的岩体。当围岩是沉积岩时，岩墙和岩脉往往切割围岩的层理方向。岩体的分布范围变化较大，宽由数厘米到数十米以上，长由数米到数十公里不等。一般常将岩体窄小的称为岩脉，将岩体较宽且近于直立的称为岩墙。岩墙和岩脉多产生在围岩构造裂隙较多的地方，而且岩墙和岩脉本身，由于岩体薄，与围岩接触的冷却面大，从而产生很多的收缩拉张裂隙，所以岩墙和岩脉发育地带往往是岩体稳定性较差地区，也是地下水活动较强的地区，这种地区往往给隧道工程的施工带来困难。

2. 喷出岩的产状

喷出岩的产状取决于岩浆的成分、黏性、通道的性质、围岩的构造以及地表形态。常见的喷出岩产状有岩流、熔岩台地和火山锥(岩钟)等。

(1)岩流。岩流是岩浆喷出或溢出地表后，在流动过程中凝结成的岩体。岩流的形状和分布范围与岩浆黏稠度及地面形态有密切关系。黏性小的基性岩浆，沿平坦或缓倾斜的地面流动，可以形成分布范围很广的岩流，如图 1-6 所示。例如印度德干高原的玄武岩流，厚度达 1 800 m，面积近60 000 km^2；冰岛的玄武岩盖层，厚度竟达3 000 m；我国西南地区也广泛分布有二叠系玄武岩流。由于火山喷发具有间歇性，所以岩流在垂直方向上往往具有不同喷发期的层状构造。

(2)火山锥(岩钟)及熔岩台地。黏性较大的岩浆喷出地表后，流动性差，常和喷发的碎屑物质凝结在一起，形成锥状或钟状的山体，称为火山锥或岩钟，如图 1-7 所示。我国长白山主峰白头山就是由熔岩和喷发的碎屑组成的火山锥，山顶的天池为火山口湖。若岩浆喷发形式为较宁静的溢出，则溢出地表的岩浆填充地表形成台状高地，称为熔岩台地。黑龙江德都县

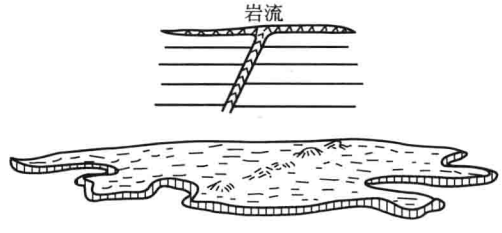


图 1-6 岩流

一带就是由玄武岩组成的熔岩台地，它分段横截讷谟尔河，形成五个串珠状分布的壅塞湖，人称五大连池。附近的火烧山是1720年火山喷发时形成的截顶椭圆形的火山锥，锥顶火山口深约63 m。



图1-7　岩钟

(三)岩浆岩的结构、构造及矿物成分

岩浆岩的结构和构造特征是区分和鉴别岩浆岩的重要标志之一，在不同的环境下，可以形成结构、构造截然不同的岩浆岩，因此它是岩石形成环境和物化条件的反映。所以研究岩浆岩的结构和构造不但可以对岩浆岩进行分类，而且还可以追索岩浆岩的形成条件和过程。

1. 岩浆岩的结构

岩浆岩的结构是指岩浆岩的结晶程度、矿物晶粒的大小(绝对大小和相对大小)、晶粒的形状特征及这些物质彼此间的相互关系等所体现出的特征。岩浆岩的结构特征是划分岩浆岩类型和鉴定岩浆岩的主要根据之一。

岩浆岩的结构特征与岩浆的化学成分及其凝结过程中的物理化学状态，如岩浆的温度、压力、黏度及冷却速度等因素有关。其中特别是与冷却速度有关，缓慢冷却时能形成自形程度高、晶形较好、颗粒粗大的矿物。若冷却速度快，短时间内出现过多的矿物晶芽，互相干扰，则形成晶体颗粒细小、晶形不规则、自形程度低的矿物。

(1)按照结晶程度可将岩浆岩结构分为三类：

①全晶质结构。岩石全部由结晶的矿物颗粒组成，常见于深成侵入岩中。

②玻璃质结构。岩石全部由玻璃质组成，是由岩浆在温度骤然下降到岩浆的平衡结晶温度以下时形成的。玻璃结构是喷出岩特有的结构。

玻璃质岩石一般具有玻璃光泽、贝壳状断口，是一种稳定性较差的物质。它们还会向结晶质转化，所以玻璃质结构仅存在于新喷出的岩石中。

③半晶质结构。半晶质结构是指岩石中同时存在结晶质和玻璃质的一种结晶。常见于喷出岩及部分浅成岩的岩体边缘部分。

(2)按照矿物晶粒的绝对大小，可把岩浆岩的结构分为显晶质和隐晶质两种类型：

①显晶质结构。矿物颗粒粗大，凭肉眼或用一般的放大镜就能够辨认，如图1-8所示。



图1-8　显晶质结构

根据矿物颗粒直径的平均大小，又可进一步将显晶质结构分为：

a. 粗粒结构：颗粒直径大于5 mm；

b. 中粒结构：颗粒直径1～5 mm；

c. 细粒结构：颗粒直径0.1～1 mm；

d. 微粒结构：颗粒直径小于0.1 mm。

需要全本请访问 www.ertongbook.com