

高等职业教育精品教材——土木工程类

工程地质与 土工试验检测

主 编◎ 庞旭卿

副主编◎ 郭亚宇 任宝玲

主 审◎ 胡再强 李寻昌



西南交通大学出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

工程地质与土工试验检测 / 庞旭卿主编. —成都:
西南交通大学出版社, 2020.8
ISBN 978-7-5643-7573-7

I. ①工… II. ①庞… III. ①工程地质②土工试验—
检测 IV. ①P642②TU41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2020) 第 158450 号

Gongcheng Dizhi yu Tugong Shiyān Jiāncè

工程地质与土工试验检测

主编 庞旭卿

责任编辑 姜锡伟

封面设计 曹天擎

出版发行 西南交通大学出版社
(四川省成都市金牛区二环路北一段 111 号
西南交通大学创新大厦 21 楼)

邮政编码 610031

发行部电话 028-87600564 028-87600533

网址 <http://www.xnjdcbs.com>

印刷 成都中永印务有限责任公司

成品尺寸 185 mm × 260 mm

印张 21

字数 521 千

版次 2020 年 8 月第 1 版

印次 2020 年 8 月第 1 次

定价 49.00 元

书号 ISBN 978-7-5643-7573-7

课件咨询电话: 028-81435775

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

随着我国大型土木工程建设项目不断增多,建设规模不断加大,有效地进行常见地质灾害防治、土工试验与检测,对于工程项目建设变得尤为重要。为此,编者根据行业企业对土木工程建设人才在工程地质勘察与土工试验检测方面的工作要求,结合工程实际全面系统地介绍了工程地质、土力学、土工试验、工程检测等相关知识。本书可作为高等院校本科和高职大专院校土木工程类专业培养学生创新精神和实践能力的理实一体化教材,也可作为从事土木工程建设的技术人员进行培训或自主学习的参考资料。

本书主要包括“工程地质”“土工试验检测”两篇共 11 个学习情境。“工程地质”部分将涉及的“造岩矿物和岩石”“地质构造”“水的地质作用”“不良地质现象”“工程地质说明书”等相关知识结合工程实际编写为“矿物与岩石鉴定分析”“地质构造识别判定”“常见地质灾害防治”“岩土体稳定性分析”“工程地质勘察”等 5 个学习情境。“土工试验检测”部分将“土的物理性质”“土的渗透性”“土中应力”“土的压缩性”“土的抗剪强度”“地基承载力与地基变形计算”“土压力理论”“地基处理”“土工试验”“原位测试”等内容实施重组与优化,每个学习情境将土力学理论知识融入工程实际,分为土的认知、土工试验、地基检测、应用案例等 4 个层次,按由浅入深、循序渐进的认知规律编写为“碎石类土地基土工试验与检测”“砂类土地基土工试验与检测”“黏性土地基土工试验与检测”“软土地基土工试验与检测”“黄土地基土工试验与检测”“高速铁路路基土工试验与检测”等 6 个学习情境。本书以学生自主学习为主,融入多种学习素材及教学资源,突出专业技术知识的实用性、综合性和先进性,以培养学生进行工程地质问题分析及工程试验检测等工作的能力,真正实现了理论与实践的有机融合。

本书由陕西铁路工程职业技术学院庞旭卿教授任主编、郭亚宇老师和任宝玲老师任副主编,西安理工大学博士生导师胡再强教授、长安大学硕士生导师李寻

昌副教授主审。陕西铁路工程职业技术学院庞旭卿负责编写了学习情境 1、4、5、6、7、8、11，陕西铁路工程职业技术学院任宝玲负责编写了学习情境 2、3，陕西铁路工程职业技术学院郭亚宇负责编写了学习情境 9，陕西铁路工程职业技术学院李连生负责编写了学习情境 10。全书由庞旭卿统稿。在本书编写过程中，编者得到了陕西铁路工程职业技术学院教务处、西安理工大学岩土所、长安大学地质工程与测绘学院及同仁们的大力帮助和支持，在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中引用了许多专家、学者在教学、科研、试验中积累的资料以及有关的规范规程条文，在此一并表示感谢。由于编者水平所限，加之时间仓促，书中不足之处在所难免，敬请各位读者批评指正。

编 者

2020 年 6 月

目 录

第一篇 工程地质

学习情境 1 矿物与岩石鉴定分析	3
典型工作任务 1 主要造岩矿物识别	4
典型工作任务 2 岩浆岩鉴定分析	10
典型工作任务 3 沉积岩鉴定分析	17
典型工作任务 4 变质岩鉴定分析	23
典型工作任务 5 岩石的工程性质及工程分类	27
典型工作任务 6 常见岩石综合肉眼鉴定技能训练	36
情境训练	39
学习情境 2 地质构造识别判定	40
典型工作任务 1 岩层及其产状测量	40
典型工作任务 2 褶皱构造识别及工程评价	44
典型工作任务 3 断裂构造识别及工程评价	48
典型工作任务 4 地质构造对道路工程的影响	55
典型工作任务 5 地质构造的野外识别判定	58
情境训练	61
学习情境 3 常见地质灾害防治	63
典型工作任务 1 滑坡及其工程防治	63
典型工作任务 2 崩塌及其工程防治	71
典型工作任务 3 泥石流及其工程防治	74
典型工作任务 4 岩溶及其工程防治	79
典型工作任务 5 地震与防震抗震	84
典型工作任务 6 野外滑坡、泥石流、崩塌的调查	90
情境训练	92

学习情境 4 岩土体稳定性分析	93
典型工作任务 1 边坡稳定性分析	93
典型工作任务 2 洞室围岩稳定性分析	99
典型工作任务 3 地下工程中的特殊地质问题	102
情境训练	105
学习情境 5 工程地质勘察	107
典型工作任务 1 工程地质勘察的目的与任务	107
典型工作任务 2 工程地质勘察方法	112
典型工作任务 3 工程地质勘察报告的编制	118
情境训练	120

第二篇 土工试验检测

学习情境 6 碎石类土地基土工试验与检测	123
碎石类土的认知	123
典型工作任务 1 土的物理性质指标与碎石类土颗粒分析试验	125
典型工作任务 2 碎石类土地基静力载荷试验检测	142
典型工作任务 3 碎石类土地基土工试验与检测应用案例	155
情境小结	157
情境训练	157
学习情境 7 砂类土地基土工试验与检测	159
砂类土的认知	159
典型工作任务 1 土的渗透性与砂类土地基渗透试验	161
典型工作任务 2 砂类土地基圆锥动力触探和标准贯入试验	165
典型工作任务 3 砂类土地基土工试验与检测应用案例	180
情境小结	181
情境训练	182
学习情境 8 黏性土地基土工试验与检测	183
黏性土的认知	183
典型工作任务 1 土的物理状态指标与黏性土液、塑限联合测定试验	184
典型工作任务 2 土中应力计算与黏性土抗剪强度指标测定	190
典型工作任务 3 黏性土地基土工试验与检测应用案例	203
情境小结	204
情境训练	205

学习情境 9 软土地基土工试验与检测	206
软土的认知	206
典型工作任务 1 土的压缩性与软土固结试验	207
典型工作任务 2 软土地基十字板剪切试验检测	228
典型工作任务 3 软土地基土工试验与检测应用案例	231
情境小结	232
情境训练	233
学习情境 10 黄土地基土工试验与检测	234
黄土的认知	234
典型工作任务 1 土压力与黄土湿陷性试验	235
典型工作任务 2 黄土地基静力触探试验检测	264
典型工作任务 3 黄土地基土工试验与检测应用案例	278
情境小结	279
情境训练	280
学习情境 11 高速铁路路基土工试验与检测	281
典型工作任务 1 高速铁路路基填料及压实标准	281
典型工作任务 2 地基土的击（压）实试验	286
典型工作任务 3 路基压实质量试验检测方法	292
典型工作任务 4 压实地基土工试验与检测应用案例	319
情境小结	325
情境训练	326
参考文献	327

第一篇 工程地质

学习情境 1 矿物与岩石鉴定分析



情境描述

本学习情境主要使学生理解矿物（晶体）的形态，矿物的颜色、透明度、光泽、硬度、解理及断口等物理性质；理解主要硅酸盐、碳酸盐、氧化物造岩矿物的室内鉴定特征；掌握岩浆岩、沉积岩、变质岩的成因、矿物成分、结构、构造、分类及代表性岩石的特征，并能进行常见岩石的野外综合鉴定；掌握岩石的风化程度分级及工程分类。



拟实现的教学目标

1. 能力目标

- 具备识别主要造岩矿物的能力；
- 具备辨认、描述常见岩石的能力；
- 具备进行岩石的工程性质评价及工程分类的能力。

2. 知识目标

- 理解矿物、岩石、岩性等基本概念；
- 了解岩浆岩、沉积岩、变质岩的成因及产状；
- 掌握常见岩石的工程地质特性及工程分类。

矿物是在各种地质作用中形成的、具有一定物理性质和一定化学成分的化学元素单质或化合物，是组成岩石的基本物质。目前已发现的矿物有 3000 多种，但组成岩石的主要矿物仅 30 余种，这些组成岩石的矿物称为造岩矿物，如石英、方解石及正长石等。

岩石是地壳发展过程中，由一种或多种矿物组成、在成分和结构上具有一定规律的集合体，是构成地壳的最基本单位。岩石按成因可分为三大类：岩浆岩、沉积岩和变质岩。岩石不仅是研究地质构造、地貌、水文地质等的基础，而且也是人类一切工程（铁路、公路、桥梁、隧道、房屋等）建筑物的地基和原材料，为了建筑物的安全稳定，必须从认识岩石入手去探讨它们的工程地质性质问题。

典型工作任务 1 主要造岩矿物识别

一、工作任务

通过主要造岩矿物知识的学习，学生应能够承担以下工作任务：

- (1) 理解矿物的形态及主要物理性质。
- (2) 掌握造岩矿物、条痕、解理和断口的基本概念。
- (3) 掌握常见造岩矿物种类及简易鉴定方法。

二、相关配套知识

(一) 矿物的形态及主要物理性质

由于成分和结构不同，每种矿物都有自己特有的物理性质，所以矿物物理性质是鉴别矿物的主要依据。

1. 矿物的形态

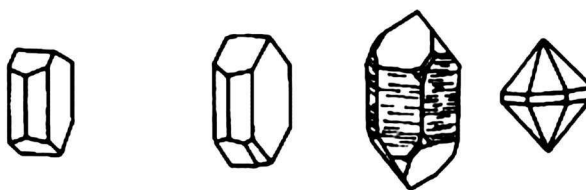
矿物的形态是指矿物单体及同种矿物集合体的形态。矿物形态受其内部结构、化学成分和生成时的环境制约。

1) 矿物单体形态

矿物单体分为结晶质和非晶质两类，造岩矿物绝大部分是结晶质。

结晶质矿物的内部质点（离子、原子或分子）在矿物内部按一定的规律重复排列，形成稳定的结晶格子构造。因此，在一定条件下，每种结晶质矿物都具有固定的规则几何外形。这就是矿物的固有形态特征。如岩盐呈立方体，水晶呈六方柱和六方锥等（图 1-1）。凡具有良好固定形态的晶体称为自形晶或单晶体，但这种晶体在自然界较少见到。在生长过程中，受生长速度和周围自然空间环境的限制，晶形发育不良而形成不规则外形的晶体称为他形晶。岩石中的造岩矿物多为粒状他形晶体的集合体。

非晶质矿物内部质点排列没有一定的规律性，所以外表就不具有固定的几何形态。非晶质可分为玻璃质和胶质两类。



(a) 正长石

(b) 斜长石

(c) 石英

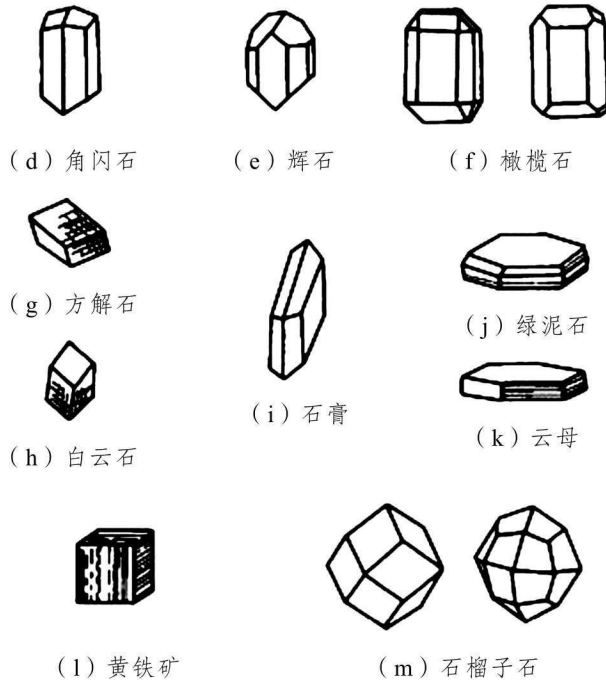


图 1-1 常见矿物晶体的形态

2) 矿物集合体形态

同种矿物多个单体聚集在一起的整体就是矿物集合体。矿物集合体的形态取决于单体的形态和它们的集合方式。集合体按矿物结晶粒度大小进行分类，肉眼可辨认其颗粒的叫作显晶矿物集合体，肉眼不能辨认的则叫作隐晶质或非晶质矿物集合体。

显晶集合体形态有规则连生的双晶集合体如接触双晶和穿插双晶，以及不规则的粒状、块状、片状、板状、纤维状、针状、柱状、放射状、晶簇状等。其中晶簇是以岩石空洞洞壁或裂隙壁作为共同基底而生长的晶体群。

隐晶和胶态集合体可以由溶液直接沉积或由胶体沉积生成，主要形态有球状、土状、结核体、鲕状、豆状、分泌体、钟乳状、笋状集合体等。其中：结核体是围绕某一中心自内向外逐渐生长而成的；钟乳状集合体通常是由真溶液蒸发或胶体凝聚，由同一基底逐层堆积而成的，可成葡萄状、肾状、石钟乳状等；分泌体是在形状不规则或球状的孔洞中，胶体或晶质矿物由洞壁向中心逐层沉淀填充而成的。

2. 矿物的光学性质

矿物的光学性质是指矿物对自然光的吸收、反射和折射所表现出来的各种性质。

1) 颜色

矿物的颜色是矿物对光线吸收和反射的物理性能，根据成色原因可分为自色、它色和假色等。自色是矿物本身固有的成分、结构所决定的颜色，具有鉴定意义，例如黄铁矿的浅铜黄色。它色是某些透明矿物晶格中混有杂质或由其他原因引起的不均匀的颜色。假色是指金属矿物表面氧化膜的颜色。矿物颜色常以标准色谱的红、橙、黄、绿、蓝、靛、紫以及白、

灰、黑来描述；也可以用最常见的实物颜色来描述矿物的颜色，如砖红色、橘黄色、橄榄绿色等。

2) 条 痕

条痕是矿物粉末的颜色，一般是指矿物在白色无釉瓷板（条痕板）上划擦时所留下的粉末的颜色。某些矿物的条痕与矿物的颜色是不同的，如黄铁矿的颜色为浅铜黄色，而条痕为绿黑色。条痕色去掉了矿物因反射所造成的色差，增加了吸收率，扩大了眼睛对不同颜色的敏感度，因而比矿物的颜色更为固定，但只适用于一些深色矿物，对浅色矿物无鉴定意义。

3) 透明度

透明度是指矿物允许可见光透过的程度。透明度受厚度影响，一般以 0.03 mm 的规定厚度作为标准进行对比，将矿物透明度分为透明、半透明、不透明 3 级。在实际应用中，一般只是将矿物归属于透明矿物与不透明矿物两大类。肉眼鉴定矿物时，金属矿物一般都是不透明矿物，非金属矿物基本上都是透明矿物。应当注意，造岩矿物中许多所谓暗色矿物，例如普通辉石、普通角闪石等，它们在手标本上看来是不透明的，但都属于透明矿物。

4) 光 泽

光泽是矿物表面的反光能力。根据矿物表面反光程度的强弱，用类比方法常将其分为 4 个等级：金属光泽，反光很强，犹如电镀的金属表面那样光亮耀眼；半金属光泽，比金属的亮光弱，似未磨光的铁器表面；金刚光泽；玻璃光泽。另外，矿物由于表面不平、内部存在裂纹，或成隐晶质和非晶集合体等，可形成某种独特的光泽，如丝绢光泽、油脂光泽、蜡状光泽、珍珠光泽、土状光泽等。矿物遭受风化后，光泽强度就会有不同程度的降低，如玻璃光泽变为油脂光泽等。

3. 矿物的力学性质

1) 解理和断口

矿物在外力作用下，沿着一定方向破裂成光滑平面的性质称为解理。这些平面叫解理面。根据解理产生的难易程度，可将矿物的解理分成 5 个等级：极完全解理，解理面极完好，平坦而极光滑，矿物晶体可劈成薄片，如云母等；完全解理，矿物晶体容易劈成小规整的碎块或厚板块，解理面完好、平坦、光滑，如方解石等；中等解理，破裂面不甚光滑，往往不连续，如辉石等；不完全解理，一般难发现解理面，偶尔可见小而粗糙的解理面；极不完全解理，实际上无解理，只有在显微镜下才能发现零星的解理，如石英。不同种类的矿物，其解理发育程度不同，有些矿物无解理，有些矿物有 1 组或数组程度不同的解理，如云母有 1 组解理，长石有 2 组解理，方解石则有 3 组解理。如果矿物受外力作用，无固定方向破裂并呈各种凹凸不平的断面，如贝壳状、参差状等，则叫作断口。

2) 硬 度

硬度指矿物抵抗外力的刻划、压入或研磨等机械作用的能力。这里只介绍刻划硬度，它是矿物对外来刻划的抵抗能力，是组成矿物的原子间连接力强弱的一种表现。在鉴定矿物时常用一些矿物互相刻划比较来测定其相对硬度。国际公认的摩氏硬度计以常见的 10 种矿物作

为标准，将矿物硬度从低到高分为 10 个级别：1——滑石；2——石膏；3——方解石；4——萤石；5——磷灰石；6——正长石；7——石英；8——黄玉；9——刚玉；10——金刚石。测定某矿物的硬度，只需将待测矿物同硬度计中的标准矿物相互刻划，进行比较。例如，某矿物可以刻划正长石，而又被石英划破，则该矿物的硬度介于 6 度与 7 度之间。通常以简便的工具来代替摩氏硬度计中的矿物，如指甲的硬度约为 2~2.5，铜钥匙为 3，小钢刀为 5，窗玻璃为 5.5，钢锉为 6.5。矿物的硬度是指单个晶体的硬度，而纤维状、细分散土状等集合方式对矿物硬度有影响，难以测定矿物的真实硬度。

3) 弹性、挠性、延展性

矿物受外力作用后发生弯曲变形，外力解除后仍能恢复原状的性质称为弹性，如云母的薄片具有弹性。矿物受外力作用发生弯曲变形，当外力解除后不能恢复原状的性质称为挠性，如绿泥石、滑石具有挠性。矿物能锤击成薄片或拉长成细丝的特性称为延展性，如自然金、自然银、自然铜。具延展性的矿物用小刀刻划时，矿物表面留下光亮的刻痕而不产生粉末。

4. 矿物的其他性质

有些矿物还具有独特的性质，如磁铁矿具有磁性，萤石具有发光性，方解石遇稀盐酸剧烈起泡等。

(二) 常见主要造岩矿物及其简易鉴定方法

矿物准确的鉴定方法需借助各种仪器或化学分析，最常用的为偏光显微镜、电子显微镜等。但对于一般常见矿物，用简易鉴定方法即可进行鉴定。所谓简易鉴定，即借助一些简单的工具，如小刀、放大镜、条痕板等对矿物进行直接观察测试。下面是常见主要造岩矿物的鉴定特征。

1. 石英[SiO₂]

石英常发育成单晶并形成晶簇，或成致密状、粒状集合体。纯净的石英无色透明，称水晶；含有细小分散的气态或液态物质呈乳白色者，称乳石英。石英晶面为玻璃光泽，断口为油脂光泽，硬度 7，无解理，断口呈贝壳状，化学性质稳定，抗风化能力强，含石英越多的岩石，岩性越坚硬。石英广泛分布在各种岩石和土层中，是重要的造岩矿物。

2. 斜长石 {Na[AlSi₃O₈]与 Ca[Al₂Si₂O₈]}

混合斜长石单晶体为板状或板条状；常为白色或灰白色；具玻璃光泽；硬度 6~6.52；2 组中等解理，近于正交；相对密度 2.61~2.75。斜长石是钠长石 {Na[AlSi₃O₈]} 与钙长石 {Ca[Al₂Si₂O₈]} 的固溶体，按钠长石（代号 Ab）含量组成不同类型的斜长石：Ab 含量为 0~50% 时，称基性斜长石；Ab 含量为 50%~70% 时，称中性斜长石；Ab 含量为 70%~90% 时，称更长石；Ab 含量为 90%~100%，称钠长石。更长石与钠长石常统称为酸性斜长石。斜长石易于风化，解理面上有细条纹。斜长石是构成岩浆岩最主要的矿物。

3. 正长石 {K[AlSi₃O₈]}

正长石单晶体常为柱状或板柱状；常为肉红色，有时颜色较浅；玻璃光泽；硬度 6；有 2 组相互正交的解理；相对密度 2.54 ~ 2.57；正长石与钾微斜长石、透长石等一起构成钾长石的不同变种。正长石易于风化，完全风化后形成高岭石、绢云母、铝土矿等次生矿物。

4. 白云母 {KAl₂[AlSi₃O₁₀] (OH, F)₂}

白云母单晶体为短柱状及板状，横切面常为六边形；集合体为鳞片状，其中晶体细微者称绢云母；一个方向解理极完全；薄片无色透明；具有珍珠光泽；硬度 2.5 ~ 3；薄片有弹性；相对密度 2.77 ~ 2.88；具有高的电绝缘性。白云母抗风化能力较强，主要分布在变质岩中。

5. 黑云母 {K (Mg, Fe)₃[AlSi₃O₁₀] (OH, F)₂}

黑云母呈棕褐色或黑色；相对密度 2.7 ~ 3.3；其形态及其他光学及力学性质同白云母。黑云母易风化，风化后可变成蛭石，薄片失去弹性。当岩石含云母较多时，强度降低。黑云母广泛分布于岩浆岩和变质岩中。

6. 方解石 [CaCO₃]

方解石常发育成菱面体单晶或晶簇、粒状、块状、纤维状或钟乳状集合体；纯净的方解石无色透明（又称冰洲石），因杂质渗入而常呈白、灰、黄、浅红、绿、蓝等色；玻璃光泽；硬度 3；3 组完全解理呈菱面体斜交；相对密度 2.72；与稀盐酸作用后剧烈起泡，是石灰岩、大理岩的主要矿物成分，可被水溶解。

7. 白云石 [CaMg (CO₃)₂]

白云石单晶为菱面体，通常为块状或粒状集合体；一般为白色，因含铁常呈褐色；具玻璃光泽；硬度 3.5 ~ 4；三组解理完全；相对密度 2.85 ~ 3.1，随含铁量增高而增大；粉末遇稀盐酸起泡；是白云岩、大理岩的主要矿物成分，可被水溶解。

8. 石膏 [CaSO₄ · 2H₂O]

石膏单晶体常为板状，集合体为块状、粒状及纤维状等；呈无色或白色，有时透明；具玻璃光泽，纤维状石膏为丝绢光泽；硬度 2；有极完全解理，易沿解理面劈开成薄片；薄片具挠性；相对密度 2.30 ~ 2.37；多形成于盐湖或封闭的海湾中，呈层状或混于沉积岩层中；脱水后变为硬石膏 (CaSO₄)，硬石膏吸水又可变为石膏，同时体积膨胀，可达 30%，在水流作用下也可形成溶孔、洞隙。

9. 橄榄石 {(Mg, Fe)₂[SiO₄]}

橄榄石常为粒状集合体；呈浅黄绿到橄榄绿色，随含铁量增高而加深；玻璃光泽；硬度 6 ~ 7；不完全解理；相对密度为 3.2 ~ 4.4，随含铁量增高而增大。橄榄石常见于超基性岩浆岩中，易风化。

10. 普通角闪石 $\{(Na, Ca)_2(Mg, Fe, Al)_5[Si_6(Si, Al)_2O_{22}](OH, F)_2\}$

普通角闪石单晶体为长柱状、针状；呈绿黑色或黑色；具玻璃光泽；硬度 5~6；有平行柱面 2 组解理，交角为 124°；相对密度 3.02~3.45，随含铁量增高而增大。普通角闪石多存在于中、酸性岩浆岩和某些变质岩中。

11. 普通辉石 $\{(Ca, Mg, Fe, Al)_2[(Si, Al)_2O_6]\}$

普通辉石单晶体为短柱状，集合体为粒状；呈绿黑色或黑色；具玻璃光泽；硬度 5.5~6；有平行柱面的两组解理，其交角为 87°；相对密度 3.2~2.4。普通辉石较易风化，常见于基性或超基性岩浆岩中。

12. 绿泥石 $\{(Mg, Al, Fe)_6[(Si, Al)_4O_{10}](OH)_8\}$

绿泥石常呈鳞片状集合体；呈绿色，深浅随含铁量的变化而不同；有平行片状方向的解理；解理表面具珍珠光泽；硬度 2~3；相对密度 2.6~3.3；薄片具挠性；是长石、辉石、角闪石、橄榄石等的次生矿物，在变质岩中常见。

13. 高岭石 $\{Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8\}$

高岭石呈土状或块状集合体；呈白色，常因含杂质而呈其他色调；土状者光泽暗淡，块状者具蜡状光泽；硬度 2；相对密度 2.61~2.68；具可塑性；与蒙脱石、水云母等同为黏土矿物，主要由富含铝硅酸盐（长石、云母等）的岩浆岩和变质岩经风化作用形成；具吸水性、可塑性。

14. 蒙脱石 $\{(Al, Mg, Fe)_4[(Si, Al)_8O_{20}](OH)_4 \cdot nH_2O\}$

蒙脱石呈土状或显微鳞片状集合体；呈白色或灰白色，因含杂质染有黄、浅玫瑰红、蓝或绿色；土状者光泽暗淡；硬度 1~2；相对密度 2~3；具可塑性，遇水剧烈膨胀；亲水性比高岭石更强，吸水后体积可膨胀几倍；并具有很强的吸附力及阳离子交换能力；主要由基性岩浆岩在碱性环境中风化而成，为膨胀土的主要成分。

15. 蛇纹石 $\{Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8\}$

蛇纹石一般为细鳞片状、显微鳞片状以及致密块状集合体，呈纤维状集合体者称蛇纹石石棉；呈黄绿色，或深或浅；块状者常具油脂光泽，纤维状者为丝绢光泽；硬度 2.5~3.5；相对密度 2.83；常有拟蛇皮状青、绿色花纹；可溶于盐酸；主要由富含镁的超基性岩等变质而成，常与石棉共生。

16. 石榴子石 $\{Mg_3Al_2[SiO_4]_3\}$

石榴子石常形成菱形十二面体；集合体成粒状和块状；呈浅黄白、深褐到黑色，随含铁量增高而加深；具玻璃光泽；硬度 6~7.5；无解理；断口具油脂光泽，为贝壳状或参差状；相对密度 3.5~4.2 左右；主要用作研磨材料。石榴子石化学性质较稳定，主要产于变质岩中。

17. 滑石 $\{\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2\}$

滑石单晶体为片状，通常为鳞片状、放射状、纤维状、块状等集合体；呈无色或白色；解理面为珍珠光泽；硬度 1；平行于片状方向有 1 组中等解理；薄片具挠性；相对密度 2.58 ~ 2.55；用手触摸有滑感，性质软弱，为富镁质超基性岩、白云岩等变质后形成的主要变质矿物。

18. 黄铁矿 $[\text{FeS}_2]$

黄铁矿单晶为立方体，立方体晶面上常有平行的细密条纹，集合体为粒状或块状；呈浅铜黄色，条痕呈绿黑色；具强金属光泽；无解理；断口呈参差状；硬度 6 ~ 6.5；比重 4.5 ~ 5.2。黄铁矿是地壳中分布最广泛的硫化物，是提取硫酸的主要原料，岩石中的黄铁矿易氧化分解成铁的氧化物和硫酸，从而对混凝土结构物产生腐蚀作用。

19. 赤铁矿 $[\text{Fe}_2\text{O}_3]$

赤铁矿常为致密块状及土状集合体；呈铁黑色或暗红色，条痕呈樱红色；具金属、半金属到土状光泽，不透明；硬度 5 ~ 6；无解理；相对密度 4.0 ~ 5.3。

20. 褐铁矿 $[\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}]$

褐铁矿实际上是多种成分的混合物，主要成分是针铁矿 $\text{FeO}(\text{OH})$ ，并含有泥质及二氧化硅等；呈褐至黄褐色，条痕呈黄褐色；常呈土块状、葡萄状；硬度不一。

典型工作任务 2 岩浆岩鉴定分析

一、工作任务

通过岩浆岩鉴定分析知识的学习，学生应能够承担以下工作任务：

- (1) 了解岩浆岩的概念及形成过程。
- (2) 掌握岩浆岩的结构、构造、矿物成分等地质特性。
- (3) 掌握岩浆岩的分类及工程地质特征。

二、相关配套知识

(一) 岩浆岩的形成过程

1. 岩浆和岩浆作用

岩浆是存在于上地幔和地壳深处、以硅酸盐为主要成分、富含挥发性物质、处于高温（高达 700 ~ 1 300 °C）、高压（高达数千兆帕）状态下的熔融体。