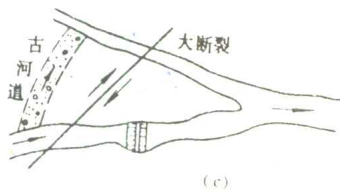
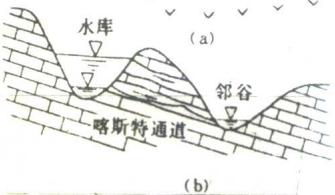
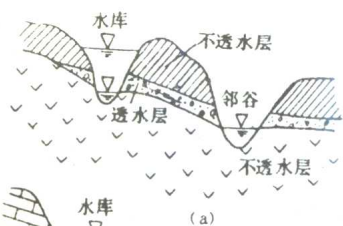


第四分册

# 水电工程地质

俞克礼



2-51

中国电力出版社

水力发电技术知识丛书

---

第四分册

# 水电工程地质

俞克礼

中国电力出版社

## 内 容 提 要

本分册简要介绍了地质构造、土和岩石的工程地质性质及滑坡、崩塌、喀斯特等工程地质的基本知识;同时重点叙述了水库区、土石坝、重力坝、拱坝、溢洪道、地下洞室等主要水电工程的地质问题。

### 图书在版编目(CIP)数据

水力发电技术知识丛书 第四分册:水电工程地质/俞克礼编著.-北京:中国电力出版社,1996

ISBN 7-80125-140-7

I. 水… II. 俞… III. ①水力发电-技术-丛书②水力发电工程-工程地质 IV. TM612-51

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 04869 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 邮政编码 100044)

北京市社科印刷厂印刷

各地新华书店经售

\*

1996 年 8 月第一版 1996 年 8 月北京第一次印刷

787×1092 毫米 32 开本 7.625 印张 165 千字

印数 0001—1060 册 定价 8.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

## 关于编写《水力发电技术 知识丛书》的说明

为了水力发电战线广大职工学习科学技术,适应现代化水电建设和生产的需要,中国水力发电工程学会组织编写了一套《水力发电技术知识丛书》。《丛书》是从普及水力发电科学技术知识的角度出发,着重介绍水力发电的基本概念和基础知识,对我国的经验、国外水平以及发展前景也作适当介绍。

读者对象以具有中学文化程度以上的各级管理干部为主。使他们能系统地了解水力发电的科技知识,提高业务能力和管理水平。中学文化程度的技术工人,通过学习可为掌握专业技术打下初步基础,并提高技术水平。有某种专业的技术干部,通过学习也可了解相邻专业的一般知识。

本《丛书》共分二十五个分册:

- 第一分册 水力发电概况
- 第二分册 水能规划和综合利用
- 第三分册 水能经济
- 第四分册 水电工程地质
- 第五分册 水电工程勘测
- 第六分册 水文测验和水文计算
- 第七分册 泄洪和进水建筑物
- 第八分册 引水工程及发电厂房
- 第九分册 过船过鱼过木建筑物
- 第十分册 水工机械设备

E400/05

- 第十一分册 水工建筑物的运行维护和观测
- 第十二分册 水电工程的施工组织和管理
- 第十三分册 水工混凝土工程施工
- 第十四分册 土石工程和地下工程施工
- 第十五分册 施工导流工程
- 第十六分册 水轮机和辅助设备
- 第十七分册 发电机和电气设备
- 第十八分册 水电站集中控制、继电保护和自动化
- 第十九分册 机电设备的安装
- 第二十分册 机电设备的运行维护
- 第二十一分册 水电站水库调度
- 第二十二分册 水电站经济运行
- 第二十三分册 小型水电站
- 第二十四分册 抽水蓄能电站
- 第二十五分册 潮汐电站

本《丛书》各分册承蒙从事水电事业的有关单位和院校的专家、教授大力支持,以大量时间和精力进行编写和审校,特此一并致谢。

《水力发电技术知识丛书》编辑委员会

1982年8月

# 《水力发电技术知识丛书》

## 编辑委员会

主任 施嘉炆  
副主任 陆钦侃 舒扬荣 刘颂尧  
编委 (按姓氏笔划为序)  
于开泉 王伊复 王圣培 伍正诚 冯尚友  
李毓芬 刘颂尧 沈晋 谷云青 陈叔康  
张勇传 汪景琦 施嘉炆 陆钦侃 唐集尹  
舒扬荣 董毓新 程学敏 杨德晔

# 目 录

关于编写《水力发电技术知识丛书》的说明

<b>第一章 岩石</b> .....	1
第一节 造岩矿物 .....	1
第二节 岩浆岩 .....	5
第三节 沉积岩 .....	10
第四节 变质岩 .....	15
第五节 岩石的工程地质性质及分类 .....	18
第六节 土的工程地质性质及分类 .....	23
<b>第二章 地质构造</b> .....	36
第一节 地球的结构 .....	36
第二节 褶皱 .....	38
第三节 断层 .....	43
第四节 节理 .....	51
第五节 地史 .....	52
第六节 岩体结构 .....	58
<b>第三章 动力地质作用</b> .....	64
第一节 河流的地质作用 .....	64
第二节 地下水分类及地质作用 .....	68
第三节 岩体风化 .....	71
第四节 泥石流 .....	77
第五节 滑坡 .....	78
第六节 崩塌 .....	85
第七节 喀斯特 .....	87
第八节 地震 .....	92
第九节 地面塌陷 .....	105

第十节	地面沉降 .....	108
第四章	水库区工程地质问题 .....	111
第一节	渗漏 .....	111
第二节	浸没 .....	115
第三节	库岸稳定 .....	118
第四节	水库地震 .....	122
第五章	土石坝工程地质问题 .....	127
第一节	坝基承载力 .....	128
第二节	抗滑稳定 .....	132
第三节	坝基及绕坝渗漏 .....	134
第四节	渗透变形 .....	136
第五节	砂土液化 .....	140
第六章	重力坝及拱坝地质问题 .....	145
第一节	坝基抗滑稳定 .....	148
第二节	坝基变形 .....	156
第三节	坝端岩体稳定 .....	158
第四节	坝基和绕坝渗漏 .....	161
第五节	基坑涌水 .....	165
第七章	溢洪道工程地质问题 .....	167
第一节	地基稳定 .....	167
第二节	边坡稳定 .....	168
第三节	泄洪冲刷 .....	176
第八章	地下洞室工程地质问题 .....	182
第一节	洞线选择 .....	183
第二节	围岩稳定 .....	185
第三节	岩爆 .....	195
第四节	有害气体 .....	201
第九章	天然建筑材料调查 .....	204
第一节	砂砾石料 .....	205



第二节	土料 .....	212
第三节	石料 .....	217
第十章	工程地质勘察 .....	219
第一节	地质测绘 .....	219
第二节	地球物理探测 .....	221
第三节	勘探 .....	224
第四节	试验 .....	225
第五节	水文地质试验 .....	231
第六节	监测 .....	231
主要参考文献	.....	233

# 第一章 岩 石

岩石是水工建筑物的地基、坝端、边坡或围岩。因此，有必要了解造岩矿物和岩石的分类及鉴定特征，以便识别和研究工程地质问题。

## 第一节 造 岩 矿 物

组成地壳的化学元素主要有氧、硅、铝、铁、钙、钠、钾、镁、钛、氢等，它们不是孤立静止地存在，而是随着自然环境的变化而不断变化。化学元素以自然元素形式存在的为少数，如金刚石(C)、硫磺(S)等。绝大多数是由两种或多种元素组成化合物的形式存在，如石英( $\text{SiO}_2$ )、黄铁矿( $\text{FeS}_2$ )、方解石( $\text{CaCO}_3$ )等。矿物是地质作用形成的、具有一定化学成分和物理性质的自然元素或化合物。岩石则是由一种矿物或多种矿物或岩屑组成的自然集合体。目前已发现的矿物有3000多种，而组成岩石的主要矿物只有30多种，这些组成岩石的主要矿物，又称造岩矿物，如石英、长石、黑云母等。矿产是一切分布于陆地和海洋、地表或地下的可供人类开发利用的天然矿物资源。矿产蕴藏于岩石中，有些岩石(如石灰岩)本身就是矿产。

各种造岩矿物都具有一定的物理化学性质，在野外可根据其特征来鉴定矿物。

(1) 形态。矿物的成分、构造和生成环境，决定了矿物的形态，有柱状、针状、纤维状、放射状、片状、板状、粒

状、球状、葡萄状、土状等。

(2) 颜色。矿物的颜色取决于化学成分和内部结晶构造，是鉴定矿物最明显的标志之一，可分自色和他色两种。自色是矿物本身的颜色，如黄铜矿呈金黄色；他色是矿物含有杂质而呈现的颜色，如石英是无色透明晶体，含不同杂质时就呈现出紫色、烟色等。有些矿物因风化而引起颜色的变化，观察时应以新鲜面为标准。

(3) 条痕。矿物粉末的颜色，通常指矿物在无釉白瓷板上刻划后留下的色痕，主要用来鉴定不透明或深色半透明的矿物。有些矿物的颜色和条痕相同，如石墨；有些不相同，如黄铁矿呈黄色，但条痕为黑色。条痕比较固定，也是鉴定矿物的一种重要标志。

(4) 光泽。矿物表面反光的性质。根据反光程度的强弱，用类比法分为：金属、半金属、非金属光泽。非金属光泽又分金刚、玻璃、珍珠、丝绸、油脂光泽等。

(5) 解理和断口。矿物受敲击后，常沿一定方向有规则地裂开，裂开的光滑面称解理面。根据解理面方向的数目，分为一组解理（如云母）、二组解理（如长石）、三组解理（如方解石）和多组解理等。根据解理面出现的完整程度分为：极完全、完全、不完全和无解理。如矿物受敲击后，裂开面无一定方向而呈凹凸不平的断面，如贝壳状、锯齿状等，则称断口。不完全解理经常是解理面和断口同时出现，而无解理则表示裂开时只出现断口。

(6) 硬度。指矿物对外界刻划或摩擦的抵抗能力，即矿物的软硬程度。通常用的硬度指数是摩氏硬度计，选用十种矿物的硬度为标准，用来对其他矿物进行互相刻划比较，以确定矿物相对的硬度。这十种矿物从软到硬依次为：滑石、石

表 1-1 常见造岩矿物特征肉眼鉴定表

矿物名称	颜色	条痕	硬度	光泽	解理	断口	形态	其他
滑石	白、灰、淡黄、淡绿	白	/	油脂、珍珠	完全		鳞片状	半透明,有滑感,薄片,挠曲无弹性
高岭土	白、灰、淡黄	白	1~1.5	暗淡	无		土状	有滑感,湿时可塑,土味
石膏	白、灰	白	2~3	玻璃、珍珠、绢丝	完全或极完全	参差或平坦	纤维状、板状	半透明,微溶于水
白云母	白、灰	白	2~3	珍珠、玻璃	极完全		薄片状	能剥成薄片,挠曲有弹性
方解石	白、灰	白	3	玻璃	完全(菱形)		菱形	滴稀盐酸(稀 HCl)剧烈起泡泡
白云石	白、灰、浅黄	白	3.5~4	玻璃	完全		菱形(有挠曲)粒状	滴稀盐酸不起泡,但滴热酸起泡泡,稀盐酸滴在白云石粉末上起泡泡
正长石	肉红、浅黄、灰白	白	6~6.5	玻璃	完全	平坦状	短柱、厚板状	有时晶面上有一半明一半暗现象
斜长石	白、灰	白	6~6.5	玻璃	完全	不平坦状	短柱、薄板状	有时晶面上有无数细窄条带明暗相间现象
石英	乳白、白灰	白	7	油脂、玻璃	无	贝壳状	粒状、块状	

浅色矿物

续表

色度	矿物名称	颜色	条痕	硬度	光泽	解理	断口	形态	其他
	绿泥石	各种绿色	白或浅绿	2~2.5	玻璃,珍珠	完全		鳞片状	能剥成片,挠曲无弹性
	石墨	黑、钢灰	黑	1~2	金属	极完全		片状	有滑感,能污黑手指
	黑云母	黑、棕、绿	白	2~3	珍珠,玻璃	极完全		薄片状	能剥成薄片,挠曲有弹性
深	角闪石	绿、褐、黑	白带绿	5~6	玻璃	完全		长柱状或针状	断面六边形,解理面交角 56°
色	辉石	淡绿~黑绿	白带绿	5~6	玻璃	完全		短柱状或针状	断面八边形,解理面交角 87°
矿	橄榄石	橄榄绿	淡绿	6.5~7	玻璃	不完全	贝壳状	粒状	性脆
物	黄铁矿	金黄、淡黄	黑	6~6.5	金属	无	不规则	立方体或块状	晶面有条纹

辉、方解石、萤石、磷灰石、正长石、石英、黄玉、刚玉、金刚石。

野外工作时，可用随身携带的物品鉴定矿物的硬度，如指甲为2~2.5，铁钉3~4，玻璃5~5.5，钢刀刃6~7。

(7) 其他。一些矿物具有的独特性质，也是鉴定矿物的可靠依据。如比重、磁性、弹性、脆性等，方解石遇稀盐酸能剧烈起泡，白云石遇浓盐酸或热酸也能起泡，长石较易风化等。

进行矿物鉴定时，按照常见造岩矿物特征肉眼鉴定表(表1-1)，依据表列顺序观察、对比，先看颜色和条痕，再看硬度。每一种矿物的鉴定，需要综合考虑多方面的特征，如只注意一、两点特征就匆忙认定，则容易出错误。

## 第二节 岩 浆 岩

岩浆岩又称火成岩，是岩浆侵入地壳上部或喷出地表凝固而成的岩石。岩浆位于地壳深部和上地幔中，是以硅酸盐为主和一部分金属硫化物、氧化物、水蒸气及其他挥发性物质组成的高温、高压熔融体，具流动性。一般分两大类：基性岩浆富含铁、镁、钙氧化物，粘性小而流动性大；酸性岩浆富含钾、钠氧化物和硅酸，粘性较大而流动性小。岩浆流动常与构造运动相伴生，沿断裂带或地壳薄弱地带侵入地壳上部岩层中的称侵入作用，形成深成岩（一般在地表3km以下）和浅成岩（一般在地表以下3km内）；沿一定通道喷出地表的称喷出作用，形成喷出岩，又称火山岩。

### 一、岩浆岩体的产状

岩浆岩的产状指岩浆岩体的形态、规模、与围岩接触关

系、分布特点及其产出的地质构造环境等。

(1) 侵入岩体产状，深成岩常为大型岩体，产状有岩基和岩株；浅成岩一般为小型岩体，包括岩盘、岩床、岩脉等。见图 1-1。

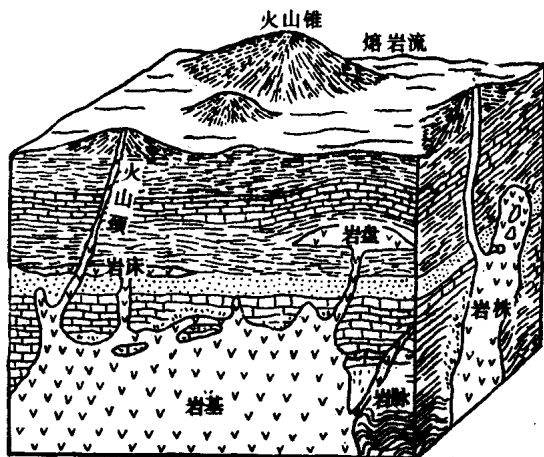


图 1-1 侵入岩体产状示意图

岩基露出地表的面积大于  $100\text{km}^2$ ，与围岩接触面不规则。由于形成时埋藏较深，岩浆冷凝的速度慢，因而结晶好、晶粒较粗，性质均一、强度较高。

岩株的规模较岩基小，有时是岩基的一部分。平面上常呈圆形或不规则状，和围岩接触面较陡直。结晶好、晶粒较粗，性质均一，强度较高。

岩盘是岩浆沿层间侵入展布，冷凝后形成的面包状岩体。

岩床是岩浆沿层间侵入而形成的板状岩体，厚度小，延伸广，多为基性岩。

岩脉是岩浆沿围岩裂隙侵入而成的厚度较小的不规则岩

体，形状较规则且近直立的称岩墙。

(2) 喷出岩体的产状，主要有熔岩流和火山锥。

熔岩流是岩浆喷出地表后，顺山坡和沟谷流动时，凝固固结而成的层状、条带状、舌状岩体。顶面较平整，底面随下伏基底地形变化而起伏不平，偶有洞穴。

火山锥是岩浆沿火山颈喷出地表而形成的锥状岩体，由火山碎屑和熔岩组成。

## 二、岩浆岩的结构

岩浆岩的结构指岩石中矿物结晶的程度、晶粒大小、形状以及它们间的组合关系。

按矿物结晶程度，可分为：

(1) 全晶质结构。岩石全部由结晶的矿物组成。多见于深成岩和浅成岩中，如花岗岩、花岗斑岩。

(2) 半晶质结构。岩石中部分矿物结晶，部分矿物为玻璃质。多见于喷出岩，如流纹岩。

(3) 玻璃质结构。岩石全部由非晶质组成，均匀、致密似玻璃，是岩浆骤然冷凝而成，为喷出岩特有的结构，如黑曜岩。

按晶粒大小，可分为：

(1) 等粒状结构。岩石全部由肉眼能辨认的矿物晶体组成，主要矿物的颗粒大小大致相等，多见于侵入岩。据矿物晶粒大小又分为粗粒结构（直径大于5mm）、中粒结构（直径1~5mm）和细粒结构（直径小于1mm）。

(2) 不等粒状结构。岩石中同种主要矿物的晶粒大小不等，多见于深成岩边部和浅成岩。

(3) 隐晶质结构。结晶颗粒非常细小，需在高倍显微镜下才能辨认出矿物。多见于浅成岩和一些熔岩中。



(4) 斑状结构。岩石中较大的矿物晶体被较小晶体或隐晶质、玻璃质包围。较大的矿物晶体称斑晶；小晶体和隐晶质、玻璃质称石基或基质。多见于浅成岩和喷出岩中。

### 三、岩浆岩的构造

岩浆岩的构造指岩石中各组成部分的排列与组合方式，它反映岩石外貌和成岩过程的变化。常见的有以下三种：

(1) 块状构造。岩石中各组成部分的分布比较均匀，无定向排列。在侵入岩和喷出岩中都有，以深成岩较多。

(2) 流纹构造。在喷出岩中，由柱状，片状矿物和不同颜色、成分的隐晶质、玻璃质条带呈定向排列，反映岩浆在流动冷凝过程中的物质分异和流动痕迹，如流纹岩。

(3) 气孔和杏仁状构造。喷出地表的岩浆迅速冷凝，其中所含气体和挥发成分因压力减小而逸出，便在岩石中留下许多气孔，称气孔构造。这些气孔被后期的方解石、蛋白石等外来物质充填，就称为杏仁构造。如玄武岩、浮石。

### 四、岩浆岩的分类

岩浆岩的种类繁多，它们间存在着矿物成分、结构、构造、产状及成因等方面的差异，又有一系列过渡种属关系，显示出其间的内在联系和共生规律。为了解各种岩石的共性、特性和共生关系，有必要对岩浆岩进行分类。

岩浆岩分类的依据是：岩石的化学成分、矿物组成、岩石的结构和构造、岩石的形成条件和岩体产状。分类见表1-2。

野外鉴定时，先要根据岩体产状等特点判定是不是岩浆岩，以区别于沉积岩和变质岩。岩浆岩的鉴定步骤如下：

(1) 根据岩体的产状，结合岩石的结构和构造，区分出深成岩、浅成岩、喷出岩。