

水利水电系统干部培训教材

工程地质及水文地质

华东水利学院编



水利出版社

中国矿业大学北京地质工程研究所

工程地质及水文地质

第四版



中国地质出版社

水利水电系统干部培训教材

工程地质及水文地质

华东水利学院编

水利出版社

内 容 提 要

本书为水利水电系统干部培训教材之一。全书共四章。第一章介绍了地质基础知识，包括造岩矿物和岩石、地质构造、地质历史、地质作用等。第二章介绍了水文地质学的基本知识。第三章论述水库、坝、隧洞等主要水工建筑物的工程地质问题。第四章概述了工程地质及水文地质勘察方法。

本书可供水利水电系统干部培训用，也可供有初中以上文化程度的干部自学使用。

水利水电系统干部培训教材

工程地质及水文地质

华东水利学院编

*

水利出版社出版

(北京德胜门外六铺炕)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 4 $\frac{1}{2}$ 印张 102千字
1982年5月第一版 1982年5月北京第一次印刷

印数 00001—13590册 定价 0.50元

书号 15047·4186

编 者 的 话

为了实现水利水电系统干部队伍的革命化、年青化、知识化和专业化，以适应四个现代化建设的需要，有关水利单位正大力组织在职干部的培训。为此，水利部组织一些有经验的同志编写了这套“水利水电系统干部培训教材”，共分13个分册：《水利工程识图》，《水利工程测量》，《建筑材料》，《工程地质及水文地质》，《土工知识》，《水力学》，《工程水文》，《灌溉与排水》，《中小河流规划》，《水工建筑物》，《水电站》，《抽水站》，《水利工程施工》。这套培训教材的编写大纲由华东水利学院拟定，并在1980年12月举行的由水利部教育司、水利出版社和陕西省水利学校、黄河水利学校、山东省水利学校、东北水利水电学校、扬州水利学校、四川省水利电力学校等参加的编写大纲讨论会上修改定稿。

当前培训干部的主要对象是省、地、县水利水电部门的行政领导干部。培训的目的，要求他们尽快地熟悉本部门的业务知识，逐步成为内行。因此，这套教材主要面向省、地、县水利水电建设的领导干部，面向中小型水利水电工程。为此，教材涉及面较广，但内容力求简明扼要，尽可能介绍一些现代的先进技术。

近期培训干部，一般以五至六个月为一期，讲课400至500学时，故本教材的总教学时数控制在400学时左右，多余的学时各地可灵活使用，例如可用于补习文化基础课，或讲

授本地区特点的某些专题。各地举办培训班时，可根据实际需要选用本套教材中的部分分册或全部分册。本教材也可供其他有初中以上文化程度的干部自学使用。

这套培训教材中的《水利工程测量》分册，采用陕西省水利学校编写，由农业出版社出版的《简易工程测量》一书；《水力学》（借用“水文职工培训教材”中的《水力学基础》和《抽水站》这两个分册系由扬州水利学校编写；其余各分册均由华东水利学院编写。为了将这套教材编写好，华东水利学院受水利部教育司委托成立了“水利水电系统干部培训教材编审委员会”，负责全部编审工作，该院副院长左东启为主任委员，教务处处长解启庚和王世泽教授、戴寿椿讲师为副主任委员。

在培训教材编审过程中，得到了各有关部门及兄弟院校的大力协助，谨表示衷心的感谢。

由于我们经验不足，水平有限，书中一定存在不少缺点和错误，恳请读者批评指正（意见请寄：南京市华东水利学院教务处）。

水利水电系统干部培训教材编审委员会

1981年6月

前 言

本书是根据一九八〇年十二月水利部干部培训教材大纲讨论会制定的大纲编写的。以讲授工程地质为主，兼顾农田灌溉对水文地质的要求。计划讲授三十学时。学时分配为：序言一学时、第一章八学时、第二章六学时、第三章十二学时、第四章三学时。在教学中，可根据具体情况，在内容和时间安排上作适当调整。本课程特点是内容涉及面广、概念多、实践性较强。在教学中除加强直观教学和电化教学环节外，还可安排几次野外地质实习，以巩固和加深课堂理论知识。

本书由华东水利学院工程地质教研室周天福编写。经本院严安康、钱孝星、吕庆安、戴寿椿同志及清华大学戚筱俊同志审查，在审查中提出了许多宝贵意见，对提高本书质量有很大帮助，在此一并致谢。

由于编者水平有限，恳请读者对书中的错误和不足之处给予批评指正。

编 者

1981年11月

目 录

编者的话	
前言	
序言	1
第一章 地质基础知识	5
第一节 岩石	5
第二节 地质构造	23
第三节 地质作用	40
第二章 地下水及其特征	48
第一节 概述	48
第二节 地下水的物理性质和化学成分	49
第三节 地下水分类	52
第四节 上层滞水和潜水	53
第五节 承压水	62
第六节 孔隙水	66
第七节 裂隙水	68
第八节 岩溶水	70
第九节 地下水资源概念	77
第三章 水利水电建设中的工程地质问题	79
第一节 坝址区的工程地质问题	79
第二节 水库的工程地质问题	113
第三节 隧洞的工程地质问题	121
第四章 工程地质及水文地质勘察	131
第一节 勘察任务和勘察阶段	131
第二节 勘察方法	132

序 言

水利水电工程建筑，如闸坝、水库、隧洞、厂房等，它们无论建于地面，或建于地下，都与地质环境密切相关。水利水电工程建设是征服自然和改造自然的斗争，若对自然条件不进行调查研究和充分掌握客观情况，就很难达到兴利除害的目的。自然条件是多方面的，而工程地质和水文地质条件对坝址，坝型的选择往往有决定性的意义。国内外的大量实践证明，凡在工程设计、施工之前，对建筑地区进行了周密的地质调查，摸清了地质情况，掌握变化规律，工程建设就会顺利进行。反之，不重视工程地质和水文地质工作，工程设计没有充分的地质依据，轻者造成延误工期、修改设计、增加投资，重者留下隐患，使工程不能正常运用或完全不能发挥经济效益，甚至导致工程失事，给人民生命财产造成难以估量的损失。例如，法国马耳帕赛双曲薄拱坝1954年建成，坝高66.5米，1959年12月2日晚，突然溃决，5000万方的库水在45分钟内渲泄一空，使下游一座城市变成废墟。经调查，认为是因左坝肩的片麻岩体中存在有致命的裂隙和断层，构成了滑动破坏的软弱面(图1)，使左拱座向下游移动了约210厘米而导致溃坝。然而事前对这些危险的断层和裂隙却未注意到，当然也不会采取防治措施。又如，意大利瓦依昂水库于1960年建成，双曲拱坝坝高261.6米，施工质量很好。1963年水库左岸山坡整体下滑，估计体积达2.7~3.0亿方，使5000万方库水被挤出，坝顶溢水高达150米冲向下游，

死亡3000余人。再如,西班牙蒙特——哈克水库,由于库水通过石灰岩中的溶洞而漏光,使72米高的坝耸立在干河谷上。总之,在大坝失事或工程不能达到预期效益的原因中,地质问题是很重要的因素。我国的实践也证明了这一点。早在建国初期国家建委就提出了“施工之前必先进行设计,设计之前必先进行勘测”的原则,各部门都制定了相应的勘测设计

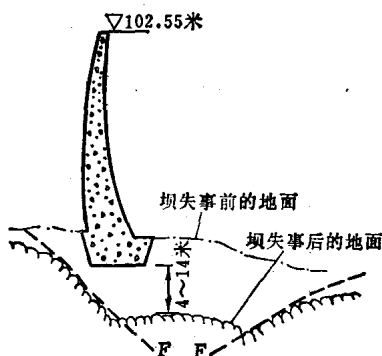


图1 马耳帕赛坝左坝头附近断面图

施工规程规范。所以,尽管我国工程地质条件复杂而多样,不同地区产生的工程地质问题也各异,然而我们仍然成功地兴建了数以万计的各种类型的水利水电工程。特别是在被看作禁区的石灰岩地区,经过周密调查,掌握了岩溶洞穴系统的发育和分布规律,变不利为有益,利用天然地下洞穴作厂房、水库、电站等,既经济安全,又不占用农田。创造不少宝贵的建设经验。这类工程在我国西南岩溶地区已是星罗棋布。但是,另一方面,当我们对工程地质工作做的不够,或认识不足时,有些工程也发生过一些问题。如江西上犹江水库工程,由于施工前没有搞清楚软弱夹层,致使施工时造成返工现象。又如,安徽梅山水库连拱坝右岸,因防渗排水和岩体加固处理措施不符合当地地质条件而产生过岩体移动,若不是及时地处理,会直接危及大坝安全。从上述国内外工程事故实例中可以看出,工程地质工作是工程设计和施工的基础工作,

施工规程规范。所以,尽管我国工程地质条件复杂而多样,不同地区产生的工程地质问题也各异,然而我们仍然成功地兴建了数以万计的各种类型的水利水电工程。特别是在被看作禁区的石灰岩地区,经过周密调查,掌握了岩溶洞穴系统的发育和分布

它是保证建筑物的经济合理、安全可靠和正常使用的基本条件。

工程地质学是专门研究与工程建设有关的地质问题的科学。它的基本任务就是通过工程地质勘察，查明建筑区的工程地质条件，指出并解决所存在的工程地质问题，提供设计和施工所必需的地质资料，以保证建筑物的经济合理、安全可靠和正常运用。所谓工程地质条件，它包括了地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质条件和物理地质现象、工程地质现象、天然建筑材料等与工程建设有关的地质条件。

水文地质学是研究地下水的科学。它研究地下水的形成、运动及其分布规律等，为合理开发利用地下水，并与地下水的危害作斗争服务。地下水是人类生活和生产不可缺少的宝贵资源。从日常生活到工业、农业、国防建设等都需要地下水因为地下水的水质好，储量丰沛，而且便于就地开采，这是有利的一面。另一方面在某些情况下，地下水往往又是一种有害因素，如过多的灌水大量入渗，抬高地下水位，会导致土壤沼泽化；在干旱半干旱地区，由于地下水蒸发，会造成土壤盐渍化。此外，在修建水利工程时，亦应十分注意水文地质条件的研究。它不仅影响岩土的工程地质特性，而且也影响着工程地质问题的发生和发展，如坝基和水库的渗漏、坝基和隧洞开挖过程中的突然涌水，以及水库的浸没、坍岸等。

工程地质学和水文地质学是两门年轻的地质学科。在科学技术飞跃发展的今天，人们生活和生产领域日益扩大，工程活动规模也日益增大，给这两门学科提出了许多新课题，并促使其不断地获得新的发展。本课程由于时间和篇幅所限，不可能涉及到这两门学科的一切方面，而只能讲述一些

主要问题，使大家对它们有个初步了解，掌握一些工程地质和水文地质必需的地质基础知识，认识一些常见的地质现象，学会分析工程地质和水文地质问题的一些基本方法，以便在工作中能够正确理解和应用工程地质和水文地质资料，为我国四个现代化作出贡献。

第一章 地质基础知识

第一节 岩石

一、矿物与岩石的概念

(一) 地球的内部结构

地球是一个平均半径为6371公里的椭圆形球体。从外向内可分为地壳、地幔、地核三个圈层(图1-1)。

地核在2900公里以下,温度4000~5000℃,压力达360万个大气压。地核以上到地壳之间的中间层是地幔。上地幔的上部是固态的地幔岩(成份相当于橄榄岩),其下的物质呈非晶质固态,塑性很大,温度高,压力大。地壳是地球最表面的一层固体外壳。地壳的厚度各地不同,平均约为33公里。地壳是由松散的沉积物和已固结的、坚硬的沉积岩、火成岩及变质岩所组成。

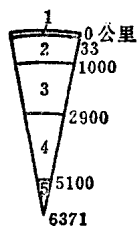


图 1-1 地球的内部结构
1—地壳; 2—上地幔; 3—下地幔; 4—外核; 5—内核

地壳中含有各种化学元素。主要的是氧、硅、铝、铁、钙、钠、钾、镁、氢等九种元素,占地壳总重量的98.13%,其中氧几乎占了一半,硅占1/4。地壳中各种化学元素在一定条件下组成不同的矿物,而不同的矿物又按一定规律组成各种岩石,因此,矿物和岩石是组成地壳物质的基本单位。

(二) 造岩矿物

矿物是天然形成的化学元素或化合物，具有一定的化学成份和物理性质。绝大多数矿物都是固态。如自然金、铜、金刚石就是由一种元素组成的单质矿物；石英、方解石、岩盐等是多种元素组成的化合物。

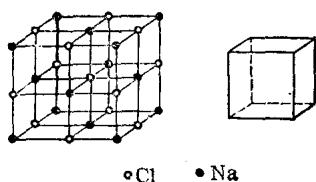


图 1-2 岩盐的结晶格架

（图1-2）。若矿物的内部质点杂乱无章，就是非晶质的。玻璃质和胶体就是非晶质，无规则的外形。

目前已知的矿物有三千多种，但常见的并构成岩石主要成份的矿物只不过二十余种，这些构成岩石主要成分的矿物称为造岩矿物。常见造岩矿物及其肉眼鉴定方法，详见表1-1。

（三）岩石的概念

岩石是矿物的集合体。有的岩石是由一种矿物组成的，如大理岩是由方解石组成，而更多的岩石是由许多矿物组成的，如花岗岩是由石英、长石、云母、角闪石、辉石等组成。砂岩、砾岩则是由矿物和岩石碎屑组成。与矿物相比，岩石的组成物质不固定，其物理性质不均匀。

自然界中岩石种类繁多，但按其成因可分为火成岩（岩浆岩）、沉积岩和变质岩三大类。沉积岩主要分布在地壳表层，约占75%，但在地壳深处（10~20公里范围内），主要是火成岩和变质岩，约占95%。

二、火成岩（岩浆岩）

（一）火成岩的形成

火成岩是由岩浆的侵入和喷出所形成，所谓岩浆是在地壳深处存在着一种处于高压（几千个大气压力）及高温（1000℃以上）的条件下，呈熔融状态的，成分复杂的硅酸盐物质。

当地壳出现破裂带时，由于局部压力降低打破了岩浆与其环境之间的相对平衡，岩浆就沿破裂带上升侵入到地壳中已有的岩层之中，甚至喷出地表形成火山。在侵入或喷出过程中，随着温度、压力的降低，最后在地壳中或地表冷却凝固，形成各种火成岩。

岩浆上升通过火山口溢出地表或喷发到天空而降落到地面上，冷凝形成的岩石叫喷出岩（火山岩），岩浆在地壳较深处冷凝而成的火成岩叫深成（侵入）岩，在地壳较浅处形成的火成岩叫浅成（侵入）岩。

（二）火成岩的特征

1. 火成岩的产状

火成岩的产状是指岩体的大小、形状及其与围岩的关系（图1-3）。

喷出岩的产状多为火山锥和熔岩流。火山锥是火山喷发物（火山碎屑和熔岩），围绕火山通道堆积而成的锥状体。

熔岩流是岩浆流出地面顺山坡或沟谷流动冷却成的层状及条带状岩体。当分布面积很大时称为熔岩被。

浅成岩多是些小型岩体，如岩脉、岩墙、岩床、岩盆、

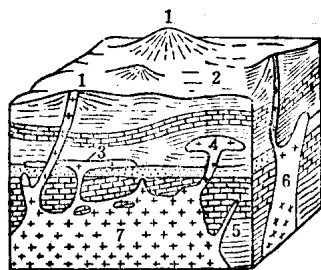


图 1-3 火成岩的产状

1—火山锥；2—熔岩流；
3—岩床；4—岩盖；5—岩脉；6—岩墙；7—岩基

表 1-1

常见主要造岩矿物肉眼鉴定简表

次序	矿物名称	形 状	颜 色	其 他 特 征	备 注
1	石英 SiO_2	完整晶体为六棱柱状，一般多呈粒状	纯者无色，一般为乳白色	硬度较大，不易风化，质纯者透明。破裂面断口呈油脂光泽	多产于火成岩中，或呈岩脉状
2	正长石 KAlSi_3O_8	晶体呈柱状薄板状，或粒状	新鲜岩石中为肉红色，风化岩石多呈土黄色	易风化成高岭土，新鲜晶体常呈玻璃光泽，硬度比石英低	花岗岩、正长岩、伟晶岩等火成岩中最多。片麻岩中也常见
3	斜长石 (Na, Ca) AlSi_3O_8	与正长石相似，多为板柱状	多白色或灰白色	亦易风化，光泽及硬度与正长石相同	Na 长石多产于酸性及中性火成岩中，Ca 长石多产于基性火成岩中
4	黑云母 $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{OH})\text{AlSi}_3\text{O}_8$	薄片状	黑色、透明	硬度较小，易用小刀剥成薄片，具弹性，表面呈珍珠光泽或玻璃光泽	火成岩及变质岩中广泛分布

	白云母	薄片状	白色、透明	与黑云母相似	同黑云母
5	$KAl_2(OH)_2$ $AlSi_2O_{10}$				
6	角闪石 $\{Ca, Na, Mg^{++}, Fe^{++}\}_4$ $(Al, Fe^{++})_3[(Si, Al)_4$ $O_{11}] \cdot [OH]_2$	细长柱状或纤维状	深绿暗黑色	硬度比石英小, 新鲜晶面呈玻璃光泽, 易变质成绿泥石或蛇纹石	多分布于火成岩及变质岩中
7	辉石 $(Na, Ca)(Mg, Fe, Al)$ $[(Si, Al)_2O_6]$	短柱状, 或粒状	深黑色, 褐黑至黑色等	与角闪石相似	多分布于基性火成岩中, 及变质岩的片麻岩中
8	方解石 $CaCO_3$	菱形六面体	白色, 灰白色	遇盐酸起泡剧烈, 硬度比石英小, 晶面呈玻璃光泽	广泛分布于石灰岩中及变质岩的大理岩中, 有时可形成次生矿脉
9	白云石 $(Mg, Ca)CO_3$	菱面体, 块状晶面常弯曲成鞍状	灰白、淡黄或淡红色	遇盐酸起泡微弱, 硬度比方解石略大, 晶面呈玻璃光泽	主要分布于白云岩中, 在石灰岩及大理岩中也可出现
10	石膏 $CaSO_4 \cdot 2H_2O$	板状, 纤维状	白色、灰白色	硬度比方解石小, 玻璃状, 常呈玻璃光泽, 透明, 纤维状的常呈丝绢光泽, 不透明。易溶于盐酸中	多分布于沉积岩的湖相沉积层中