

中小型水库工程地质

湖南省水利电力勘测设计院
《中小型水库工程地质》编写组 著

科学出版社

中小型水库工程地质

湖南省水利电力勘测设计院
《中小型水库工程地质》编写组 著

科学出版社

1978

内 容 简 介

中小型水库在我国是星罗棋布的。这些水库对我国的工农业生产起着重大的作用。而工程地质工作对水库水坝建筑的成效有着极为密切的关系。为了适应农田水利事业大发展的需要，作者在广泛深入工地现场搜集了许多实际资料的基础上，并结合自己多年的工作体会编写了这本书。

本书共分为四章。第一章概括地介绍了工程地质基础知识；第二章，主要对坝基岩体抗滑稳定、边坡稳定、坝区水库渗漏、地基的沉降、隧洞的工程地质、岩溶问题，以及库址、坝址的选择问题等做了较系统的论述；第三章中着重讨论了中小型水库工程地质勘测方法；第四章讨论了中小型水库常遇到的地基地质问题的处理方法，诸如坝基处理，岩溶、软土、黄土地基和液化砂基，以及流沙处理、帷幕灌浆、斜坡崩滑防治等。

本书适于县、社水利工作人员阅读，也可供水文地质、工程地质工作人员以及有关院校师生参考。

中小型水库工程地质

湖南省水利电力勘测设计院
《中小型水库工程地质》编写组 著

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1978年12月第 一 版 开本：787×1092 1/32
1978年12月第一次印刷 印张：13 1/8 插页：5
印数：0001—11,290 字数：296,000

统一书号：13031·914

本社书号：1298·13—14

定 价：1.40 元

(图一袋5张,随书发行)

前 言

我国幅员辽阔,河网纵横,水利资源十分丰富。勤劳智慧的我国各族劳动人民,早在数千年前就已进行水利工程建设,开创了对祖国山河改造和利用的光辉业绩。但是在解放前,由于国民党反动派的黑暗统治,建成的水利工程屈指可数。新中国成立后,广大贫下中农和水利工作者,遵照伟大领袖和导师毛主席关于“水利是农业的命脉”的伟大教导,自力更生,奋发图强,兴建了大量的水利工程,大中小水库星罗棋布,数以万计,对我国的工农业生产起了重大作用。

粉碎“四人帮”反党集团以来,在华主席、党中央的英明领导下,一个农业学大寨、普及大寨县的伟大群众运动正深刻地改变着我国农村的面貌。农业大上,人心所向。一个以改土治水为中心的农田基本建设高潮正在蓬勃兴起。英明领袖华主席在1977年农田基本建设会议期间指出:“农田基本建设是农业学大寨运动的组成部份,要把农田基本建设当作一项伟大的社会主义事业来办。”华主席的指示指明了农田基本建设工作的重大意义,使我们水利工作者受到极大的鼓舞。为农业学大寨贡献力量,是我们的光荣任务。

工程地质工作是水利建设的基础。大坝、水库、隧洞、渠道等都是直接建筑在地基上的工程。特别是由于水库建设,拦河改道,移山造湖,强烈地改变了原来的自然地质条件,因此,工程地质与水利建设的关系是极为密切的。工程地质工作直接关系到工程的造价、速度、安全和效益。及时查清地质问题,采取合理的措施,就为多、快、好、省地建设水利工程创

造了条件;地质问题不清楚,就往往会拖延工期、增加造价、影响效益,严重的甚至垮坝、失事,使水利变成水害。因此,修建水利工程必须对工程地质问题,有足够的认识和重视。

为了适应农田水利事业大发展的需要,我们曾调查了一部份水利工程,收集了不同地质条件下建库的经验;并听取了基层单位技术员和基层水利工作者的意见,结合我们的点滴体会,编写了《中小型水库工程地质》一书,以供基层水利工作人员参考。

中小型水库,主要是指库容小于一亿立方米的水库,对于坝高没有明确的规定,但我们在编写本书时,主要考虑的是坝高小于70米的中、低坝。

在本书编写过程中,承蒙黄河水利委员会规划设计大队,新疆、山东等省(区)水电局,河北省唐山、卢龙水电局等兄弟单位大力支持,提供宝贵资料;中国科学院地质研究所、中国地质科学院岩溶调查大队、成都地质学院、广东水利电力设计院和湖南省等有关单位都对本书初稿提出了宝贵意见,在此表示衷心的感谢。由于我们缺乏经验,水平有限,书中一定存在着不少缺点和错误,敬希读者批评指正。

本书由湖南省水利电力勘测设计院勘测总队负责编写。各章执笔人:第一章,王耕夫;第二章,龚占士;第三章,何文珍、孟信培;第四章,曾昆甫。全书由金德镰、曹永成校阅整理,宋大云绘图。

编写组

1977年10月于长沙

目 录

前言	vii
第一章 工程地质基础知识	1
第一节 地球结构与地质作用	1
一、地球的结构	1
二、地质作用	2
第二节 怎样认识岩石	3
一、野外鉴定矿物的简易方法	4
二、岩石的简易识别	6
第三节 怎样认识地质构造	26
一、褶皱	27
二、断裂构造	33
三、构造应力与构造结构面的力学性质	43
四、新构造运动与地震	45
第四节 地质时代的确定与地层的划分	50
一、确定地质时代的方法	50
二、地质时代与地层划分的对应关系	52
三、地层单位代号的写法	52
第五节 水文地质	56
一、地下水的分类及特征	56
二、地下水的运动	59
三、地下水的物理性质及化学成份	61
第六节 物理地质现象	63
一、流水作用造成的物理地质现象	64
二、风化作用及岩石风化分带特征	67
三、重力作用造成的物理地质现象	68

第七节 岩、土的物理力学性质	70
一、岩石的主要物理力学性质	71
二、土的主要物理力学性质	81
第二章 常见的工程地质问题及水库、 坝址位置的选择	89
第一节 水工建筑物与地基的关系	89
一、土坝对地基的要求	90
二、重力坝对地基的要求	91
三、拱坝对地基的要求	91
第二节 坝基(肩)岩体抗滑稳定问题	92
一、结构面的类型及特征	93
二、产生坝基岩体滑动的边界条件	97
三、坝基(肩)岩体滑动的主要形式	98
四、坝基(肩)岩体抗滑稳定分析中应注意的问题	101
五、坝基(肩)岩体抗滑稳定分析实例	104
第三节 边坡稳定问题	110
一、滑坡	110
二、崩坍	118
三、边坡稳定性分析	119
四、人工边坡稳定坡度的选择	128
五、边坡的抗冲刷性能	130
第四节 坝区的渗漏问题	134
一、概述	134
二、坝区渗漏条件的分析	135
三、岩土在渗流作用下的破坏	138
四、坝区渗透简易计算	142
第五节 地基的沉陷问题	144
一、坚硬、半坚硬岩石的容许承载力	145
二、土的容许承载力	147
三、黄土及其湿陷性问题	153

第六节 隧洞的工程地质问题	161
一、围岩稳定性分析	161
二、隧洞地质数据的选择	167
三、选择隧洞线路应注意的问题	182
第七节 水库的几个问题	183
一、水库的渗漏问题	184
二、水库的坍岸问题	184
三、库岸地下水的侵没问题	191
四、水库的淤积问题	194
第八节 岩溶问题	194
一、岩溶的成因与形态	194
二、岩溶发育的基本规律	202
三、岩溶地层的渗漏条件	205
四、岩溶地层的工程地质条件	208
第九节 中小型水库、坝址的选择	208
一、水库、坝址选择中应着重考虑的地质问题	209
二、岩性与选择坝址的关系	209
三、河谷形态与坝址选择的关系	211
四、河谷地质构造与坝址的关系	213
五、岩溶区水库、坝址的选择	217
 第三章 工程地质勘测方法	 224
第一节 勘测程序 and 任务	224
一、规划选点阶段	224
二、设计阶段	226
三、施工阶段	230
第二节 勘测方法	233
一、工程地质测绘	233
二、山地工作	245
三、物探和静力触探	250
四、轻便勘探	251

五、钻探	252
第三节 水文地质试验	256
一、钻孔压水试验	256
二、注水试验	265
三、抽水试验	267
四、连通试验	273
五、水化学分析及评价标准	276
第四节 岩、土的物理力学试验	287
一、取样要求	287
二、试验方法和注意事项	288
第五节 天然建筑材料勘察与评价	310
一、天然建筑材料的勘察	310
二、天然建筑材料质量技术标准	312
第四章 地基地质问题的处理	317
第一节 坝基处理	317
一、坝基清基开挖的一般要求	317
二、坝基软弱带的处理	319
三、坝肩软弱带的处理	324
四、防渗处理	329
五、其它问题的处理	333
第二节 岩溶地基的处理	339
一、盖盖子及排气减压问题	339
二、灌浆	348
三、铺盖	348
四、截	351
五、围	351
第三节 帷幕灌浆	351
一、裂隙岩层的帷幕灌浆	351
二、砂砾石层基础帷幕灌浆	362
三、岩溶地区的帷幕灌浆	369

四、化学灌浆	371
第四节 软土地基处理	371
一、砂井法	371
二、换土法(砂垫层法)	372
三、板桩墙封闭法	373
四、桩基	373
五、反压护堤法	373
六、抛石挤淤法	374
七、填砂(砾)阻滑法	374
八、改善建筑物本身结构	374
九、均匀沉陷法	375
十、延长建筑时间	376
第五节 黄土地基处理	376
一、土垫层及灰土垫层	376
二、桩基	377
三、改善地基土的结构及性质	379
第六节 液化砂基和流砂的处理	384
一、爆炸法	384
二、水下碾压法	384
三、苇把固沙石屑分格法	385
四、“井点”法	386
五、硅化法	388
第七节 斜坡崩滑防治	389
一、防治原则	389
二、防治方法	390
三、实例	394
附录一 岩石的可钻性	397
附录二 视倾角的换算	402
附录三 三角函数表	404
附录四 90°薄壁三角堰流量表	405

第一章 工程地质基础知识

“万丈高楼从地起”。任何工程建筑都是与地基及周围环境的自然地质条件紧密相关的。水库建设则是涉及地质基础更为广泛的一项改造自然的斗争，所以必须对自然界的地质作用（现象）具有一定的基本知识，以便进一步掌握工程地质条件的发生与发展变化规律，保证水库建筑在十分稳妥的基础上，以便更好地为建设社会主义服务。

第一节 地球结构与地质作用

一、地球的结构

地球是一个平均半径约为 6400 公里的椭圆形球体，至今约有 45 亿年的历史。地球从地心到地表，以物质成分和构造特征来划分，地球的分层结构可分为三大部份：最里面的核心叫地核；中间一层叫地幔；最外面很薄的一层叫地壳（图 1.1）。

地核又可分为内核与外核，外核的厚度约 2100 公里。据推测，构成地核的物质主要是镍和铁，外核处于液体状态，内核可能是固体状态。

地幔主要是由结构比较均匀的橄榄岩组成。据推测，地幔的物质是具粘弹性的。

地壳是由各种不均匀的岩石组成的，除表面的沉积岩层外，地壳又分为上下两层：上层为花岗岩层，有时也称硅铝层；下层为玄武岩层，也称硅镁层。

• • •

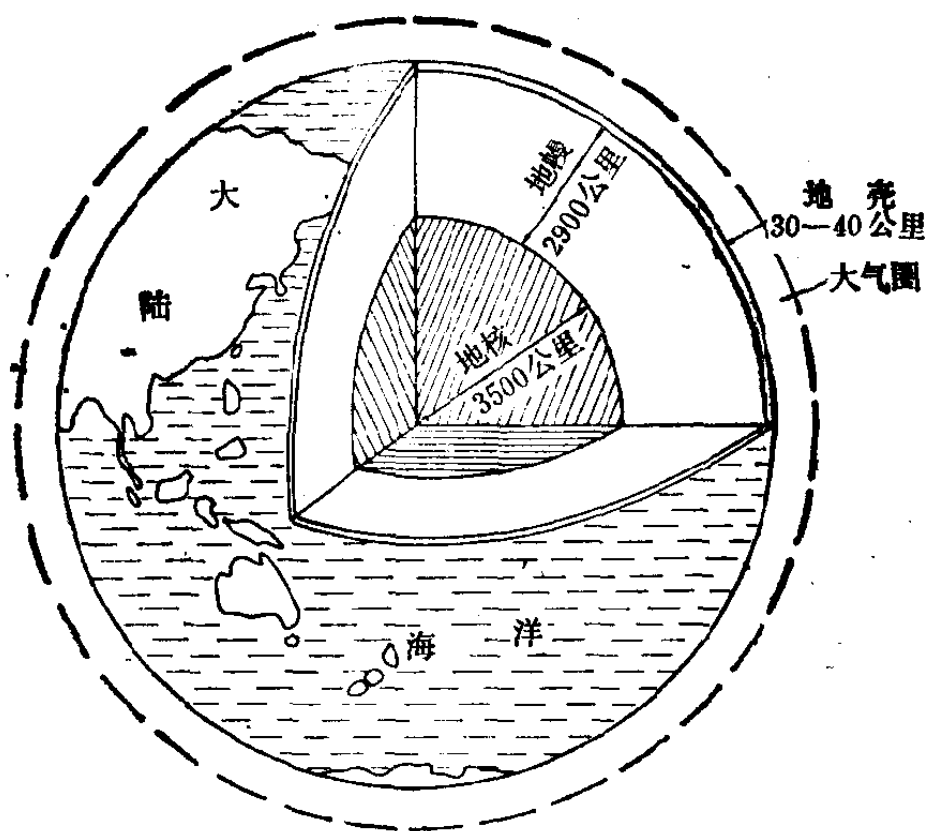


图 1.1 地球结构与剖面图

地球的比重、温度和压力都是随深度的增加而增大的，其平均比重约为 5.5；温度从地表每深 1 公里约升高 30°C ，但增长率随深度增加而减小，推算地核内部的温度达 4000°C — 5000°C ；地球内部的压力在地幔上部为 9 吨/平方厘米，地核中心达 3700 吨/平方厘米。

围绕地壳外围的是大气层，也叫大气圈。地壳本身叫岩石圈，上面还有一个水圈。因为海洋等水域占据着地壳表面约 $3/4$ ，如果地壳表面是完全平的，那么水就会淹覆整个地壳，形成一个水圈，平均深度可达 2400 米。

二、地质作用

大家知道，地球是一个运动着的星体，地壳也是在不断地发展变化着，除了地球内部存在的地质动力能所产生的内在

矛盾,是其运动与发展的根本原因外,地壳外部以及地球以外的星体的某些作用,也会促使它的发展和变化,在这些发展变化过程中就造成了地壳上的一切地质现象。由于这些内部的和外部的作用所造成地质现象的过程,我们叫做地质作用(或地质营力作用)。由此可知,根据产生地质营力的能的主要来源和发生作用的主要部位,可将地质作用分为内营力地质作用和外营力地质作用。

内营力地质作用,主要是指由地球自身的转动能、重力能、放射性元素蜕变能等产生的地质动力所引起的地质作用。内营力地质作用主要发生于地球内部或地壳深处,它不仅使地壳内部构造、物质成分等不断地变化,而且也是地壳外表地形起伏的基本动力。它可分为构造运动、岩浆活动、变质作用、地震作用等。

外营力地质作用是指地壳表层在空气、雨水、冰雪、流水、日照辐射、生物以及其它星球的引力等的影响下产生的地质动力所进行的各种地质作用。可分为:风化作用、剥蚀作用、搬运作用、沉积(堆积)作用和成岩作用等。

第二节 怎样认识岩石

地壳岩石圈的岩石是由矿物组成的,而矿物又是由化学元素组成的,所以元素是组成地壳的基本成份。其中氧、硅、铝、铁、钙、钠、钾、镁八种元素是组成地壳的主要元素。矿物就是由各种元素组成的天然化合物(少数以自然元素状态出现),它是地表或地壳深处所进行的各种物理化学作用的产物,具有一定的化学成份和物理性质。绝大多数矿物都呈固体状态。目前已发现的矿物约有三千多种,但构成岩石的主要矿物只不过是二十多种,这些矿物被称为造岩矿物。常见

的主要造岩矿物有：石英、长石、云母、角闪石、辉石、方解石等，详见表1.2。其中有些含 Al_2O_3 成份较高的造岩矿物，经次生作用后常形成泥质等粘土类矿物，这些粘土类矿物常对水工建筑物的影响较大，是需要野外工作中经常注意的。

一、野外鉴定矿物的简易方法

鉴定岩石中的矿物成份是判定岩石的性质、分类和名称的基本依据。各种造岩矿物都具有一定的物理化学性质，我们在野外可根据这些物理化学性质的特征来鉴定矿物，这些性质主要有：

1. 形状：矿物常有一定的外形，也就是在习惯上常见的某种矿物特有的形状。如石英是柱状的，海绿石呈细粒状，云母呈片状且有弹性，方解石成菱形体，石膏成板状等等。也有些矿物是呈丝状、葡萄状、放射状、鲕状、土状等形状。

2. 透明度：按光线能不能透过矿物，可分为透明矿物与不透明矿物两大类，主要透明的造岩矿物都是浅色或无色的，不透明的大都是深色的金属矿物。

3. 光泽：矿物对于光的反射和吸收程度不同，因而在面上显现出不同的光泽，常见的光泽可分为金属光泽（如一般金属面上的光亮）和非金属光泽，如脂肪光泽、玻璃光泽、珍珠光泽、丝绢光泽等。

4. 颜色：矿物的颜色可分为：1. 自色，是矿物成分中含有有色元素反映的颜色。2. 他色，是矿物成分中不含有有色元素，颜色是杂质染成的。如石英、长石等，质纯时没有颜色，常见的黄、红、白等色是杂质染成的。

5. 解理与断口：矿物受打击后，常有光亮的裂开面，这叫解理。解理表示矿物晶体内部排列的规则情况，常和晶体

的晶面平行。解理可分：极完全解理（指矿物极易沿一定方向裂成薄片，裂面光滑整齐，如云母、石膏等）；完全解理（指矿物沿解理面裂开，很少出现不规则的断面，如长石、方解石等）；不完全解理（解理不清楚，很难辨认，有时仅在矿物碎屑中见到解理面，如辉石等）。

非结晶的玻璃质体受打击后，常成不规则的裂开，这种不规则的裂开叫断口。常见的断口是贝壳状的，形象贝壳故称贝壳状断口，也有参差状，平坦状等。

6. 硬度与条痕：硬度就是矿物抵抗摩擦或刻划的能力。通常选取10种标准矿物用来比较硬度，并按硬度从小到大的顺序排列成十级，称为硬度表（表1.1）。在野外比较硬度最简便的方法，是用日常用物去刻划矿物，进行硬度的鉴别。

条痕是矿物粉末的颜色，将矿物在无釉白瓷板上刻划，或

表 1.1 矿物硬度表与常用物的相当硬度

矿物硬度表		常用物的相当硬度	
硬度等级	标准矿物	硬度等级	物 品
1	滑 石	1	软 铅 笔
2	石 膏	2	食 盐
3	方 解 石	2—2.5	指 甲
4	萤 石	3—4	小刀、铁钉
5	磷 灰 石	5—5.5	玻 璃
6	长 石	6—7	钢 刀
7	石 英	7	水 晶
8	黄 玉		
9	刚 玉		
10	金 刚 石		

将矿物打成粉碎都可见到条痕的颜色。矿物的条痕颜色常很稳定，如含杂质而呈各种颜色的方解石，其条痕总是白色的，所以矿物的条痕可作鉴定矿物的重要标志。

7. 比重：矿物的成份与性质不同，它们的比重也不同。例如，方解石与重晶石，都是自色矿物，都具有解理。但它们的比重差得很多，方解石是2.7，重晶石是4.6，所以可利用它们的比重来鉴别矿物。

此外还有许多其它物理性质也可兹利用，如嗅味、磁性、弹性等。对于含有碳酸盐的矿物也可用滴稀盐酸（1%浓度）的方法识别，如方解石遇冷稀盐酸即强烈起泡，白云石则在热稀盐酸中才溶解起泡。常见的造岩矿物鉴定特征见表1.2。

二、岩石的简易识别

（一）岩石的分类及特性

1. 岩石的分类：岩石按其成因可分为：岩浆岩（火成岩）、沉积岩、变质岩三大类。

岩浆岩：岩浆岩是由地壳内的岩浆冷凝而成的岩石。岩浆是一种液态及气态的、基本上由硅酸盐所组成的高温熔体。它经常处于流动状态，在地壳薄弱的地方侵入到地壳的上部冷凝而形成“侵入岩”，也可以喷出地表冷凝形成“喷出岩”。

沉积岩：沉积岩是在地表及地表不太深处形成的岩体，它是在常温常压下，由风化作用，生物作用及某种火山作用，所形成的沉积层，经过改造而成的岩石。

变质岩：在地壳中早已形成的各类岩石，由于地壳运动、岩浆活动等地质作用的影响，使原来的岩石在矿物成分、结构、构造各种性质上有所改变，形成具有新的特性的岩石，称

为变质岩。

2. 岩石的特性：岩浆岩、沉积岩和变质岩由于它们形成的环境与过程不相同，就表现出了它们各自在矿物成分、结构和构造方面不同的特性。这些特性是区别三大岩石的主要标志。

矿物成分方面的区别：岩浆岩由于是岩浆冷凝而成的，其矿物成分固然取决于岩浆的化学成分，但一般说来，岩浆岩的矿物成分是比较复杂的，各种矿物都可以出现，尤其是常见的长石、石英、云母、角闪石等。沉积岩的矿物成分则比较简单，一般是以石英颗粒为主要成分，化学沉积岩也是以比较简单的方解石或白云石等碳酸盐矿物为主。变质岩的矿物成分主要取决于它原来的岩石。原来是岩浆岩变质的，矿物成分复杂，是沉积岩变质的，则较简单。变质岩最大特点是常含有某些特定的变质矿物。

结构方面的区别：结构指的是组成岩石的矿物颗粒的大小、形状以及它们的排列关系。例如，岩浆岩的矿物都是冷凝结晶出来的，具有一定的结晶轮廓；沉积岩里的矿物，是在搬运过程中受磨蚀，大多是圆粒或具有圆滑的稜角；而变质岩的矿物，常由于挤压而平行排列具一定方向等。

构造方面的区别：构造是指岩石的外貌，它决定于组成岩石的矿物的总的情况。例如岩浆岩的构造，主要是块状构造，即岩石中矿物的组合，各方向都是一样的，取一块岩石标本，就很难分辨它的上下左右关系来。沉积岩主要是层状构造，即岩石具有成层的外貌，而且每一层的上下面可以借某些特征，加以区别开来，如颗粒的粗细、层面上的波痕、泥裂等等。变质岩则常具片状构造，即岩石中的矿物，具有受挤压后定向排列、分带集成的特性，故从外貌上看来，黑白色矿物常相间出现。