

小型水库的 安全与管理

张士君 董福平 编著



697
72



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内容提要

本书针对小型水库安全与管理的需要,结合当前小型水库管理的现状以及近年来,各地的新经验和各种新技术的应用,提出了今后小型水库安全管理方面的基本要求和管理工作方法。其主要内容包括管理任务(绪论)、基础知识、检查观测、养护修理、土坝白蚁防治以及防汛抢险等。

本书通俗易懂,可读性强,既可作为当前小型水库管理人员、乡镇水利员和基层水利工作者的培训教材,也可供小型水库主管机关领导以及工程技术人员查阅参考。

图书在版编目(CIP)数据

小型水库的安全与管理/张士君,董福平编著.

北京:中国水利水电出版社,2005

ISBN 7-5084-3036-0

I. 小... II. ①张... ②董... III. 小型水库—水库
管理:安全管理 IV. TV697

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 063778 号

书 名	小型水库的安全与管理
作 者	张士君 董福平 编著
出版 发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266(总机)、68331835(营销中心)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16开本 11印张 261千字
版 次	2005年6月第1版 2005年6月第1次印刷
印 数	0001—6000册
定 价	22.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

为了适应当前加强小型水库安全管理，确保工程安全的需要，由浙江省水利学会和宁波、临安、余姚等市、县水利学会组织编写了这本《小型水库的安全与管理》。初稿于2003年12月完成后，广泛征求了各方面的意见，得到很多基层水利管理单位的帮助，之后又进行了多次的补充和修改，并最终定稿。

本书主要侧重在水库安全方面的管理工作，既可作为小型水库运行管理人员的指导用书，又可作为培训教材，供小型水库管理人员、乡镇水利站人员学习参考。内容有管理任务（绪论）、基础知识、检查观测、养护修理、土坝白蚁防治、防汛抢险和水库除险加固技术等，共7章30节。本书在编写时，主要根据近年来地方性小型水库的实际运行情况以及土石坝、混凝土坝方面的安全监测规范和养护修理规程的具体要求来进行编写，同时补充了一些地方水库安全管理方面的实例并对其进行分析。

本书的附录收入了关于水库工程安全管理方面的有关规定及文件，以及沟后水库溃坝失事的教训分析，关于小型水库洪水设计标准，小型水库侧槽式溢洪道行洪能力的复核，日本小型水库管理情况等专题介绍和水利技术名词的符号与单位等。这些内容可供县（市、区）水库主管机关工程技术人员在进行水库安全管理、安全复核改造时参考。

本书在编写过程中，力求写成符合基层实际情况的、实用性和可操作性强的、能够适合不同层次要求的水库管理人员参考用书。虽然做了很多努力，但限于编者水平有限以及收集资料的局限性，书中难免存在缺点和错误，恳请读者批评指正。

作者

2005年5月1日

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 小型水库管理的基本任务	1
1.2 小型水库管理工作的发展	2
第 2 章 基础知识	5
2.1 水库分类与组成	5
2.2 水文基础知识	23
2.3 工程水力学知识	28
2.4 水库工程特征参数	38
第 3 章 检查观测与控制运用	43
3.1 水库检查观测工作要求	43
3.2 巡视检查	45
3.3 观测工作	48
3.4 每日巡视、观测工作日记	58
3.5 水库控制运用	62
第 4 章 养护修理	66
4.1 土坝的养护修理	66
4.2 堆石坝的养护修理	74
4.3 混凝土坝、砌石坝的养护修理	75
4.4 溢洪道的养护修理	79
4.5 放水建筑物的养护修理	81
4.6 闸门及启闭设备的养护修理	83
第 5 章 土坝白蚁的防治	87
5.1 白蚁的危害性	87
5.2 白蚁的活动和分布规律	88
5.3 土坝白蚁的防治	89
5.4 土坝白蚁防治实例	94
第 6 章 防汛抢险	97
6.1 汛前准备	97

6.2	超标准洪水抢险	98
6.3	土坝漏洞抢险	99
6.4	土坝塌坑抢险	101
6.5	土坝滑坡抢险	102
6.6	溢洪与输水建筑物险情抢护	108
第 7 章	水库除险加固技术	109
7.1	灌浆技术	109
7.2	套井回填粘性土防渗墙技术	117
7.3	土工合成材料技术	126
附录		132
附录一	关于水库工程安全管理的有关规定及文件	132
附录二	沟后水库溃坝失事教训	141
附录三	关于浙江省小型水库洪水标准及洪水计算问题的说明	144
附录四	关于小型水库侧槽式溢洪道水力计算问题的说明	151
附录五	日本栃木县那珂川水系水库群管理	157
附录六	水利技术名词的符号与单位	165

第 1 章 绪 论

1.1 小型水库管理的基本任务

新中国成立以来,全国各地兴建了大批小型水库工程,在抗御水旱灾害、发展农村经济中发挥了重要作用。今后,小型水库工程在提供村镇生活用水、农田水利灌溉以及改善水环境等方面仍将是不可缺少的基础设施。每个水库管理人员必须明确自己的管理任务,履行职责,不断提高管理水平,以适应社会经济的进一步发展。

一、确保工程安全

水库工程是保障人民生命财产安全和经济社会发展的重要基础设施。安全运行的水库可以产生巨大的物质财富,发挥显著的社会效益。但是,国内外的垮坝事件也表明,水库工程一旦失事,后果不堪设想。例如,1963年,意大利伊昂拱坝水库失事,死亡2600人;1975年8月,“7503”号台风掠过台湾,在福建省登陆后,跨越江西、湖南两省,北渡长江直入中原,在河南省境内停滞少动,产生历史上罕见的强降雨过程,引发大洪水,致使包括板桥、石漫滩两座大中型水库在内的数十座水库相继垮坝溃决,造成重大人员伤亡和大面积水灾,损失惨重;1971年6月2日,浙江省宁海县洞口庙水库,由于工程质量差,副坝坝顶出现裂缝,防浪墙倾倒,未能及时抢救,导致副坝滑坡垮坝,紧接着水库水位骤降,大坝也发生滑坡。垮坝时蓄水量230万 m^3 ,溃坝洪水很快泄入象山港内地区,所以受淹面积不大,但也造成倒房1943间,死亡186人,受淹农田2245亩。

为适应现代化社会对水库管理提出的要求,以传统水利向现代水利、可持续发展水利的转变为指导,以水资源的可持续利用保障经济社会可持续发展为目标,针对全国各地水库现状和问题,各地方政府都提出并实施了一些具体的方案。例如,浙江省委、省政府提出实施“千库保安”工程建设,用5年左右的时间,对1000座水库工程实施安全加固与管理设施配套,逐步满足浙江省水利现代化建设的要求,基本消除现已发现的病险水库,将水库年病害发生率降低到较低的水平,大幅度提高浙江省水库的安全度。同时,加快水库防汛信息化建设,强化水库安全管理,要求建立起“工程安全、设施齐全、功能完备、管理高效、环境优美”的水库安全管理体系。

就浙江省而言,随着“千库保安”工程的实施,水库管理工作的不断加强,病险工程加固力度不断加大,水库溃坝失事的情况已很少发生,具体见表1-1。同样,全国各地水库的安全度都有了很大的提高。但是,从各地水库安全的检查中发现,水库安全的隐患虽然减少,但仍然存在,发生垮坝溃决失事的威胁依然存在。因此,为了确保水库工程安全运用,必须建立健全水库的安全管理制度:首先,加强日常(每天)的检查巡视和观测工作,监视工程建筑是否异常;其次,进行定期(汛前、大洪水期、汛后)检查和安全鉴

定；第三，进行日常养护和岁修、大修工作，以维持水库的运用功能；最后，凡是建成多年的水库，针对工程老化失修状况进行除险加固、更新改造，使之成为符合安全标准的正常水库。要落实这些工作，需要水库管理人员和上级主管部门的共同努力。

表 1-1 浙江省历年垮坝失事统计

年 份	溃坝水库数（座）			备 注
	中型	小（1）型	小（2）型	
1956~1960	1	8	45	(1) 1956~1960 年间溃坝的中型水库是苍南桥墩水库，1960 年在大坝施工时遭连续台风暴雨，造成溃坝； (2) 1971~1975 年间溃坝的小（1）型水库是宁海洞口庙水库，当时蓄水 230 万 m ³ ； (3) 1986~1989 年溃坝的小（2）型水库是三门黄山塘水库，1987 年 6 月 27 日由于老涵管处大坝漏水溃决一个缺口，当时蓄水 79 万 m ³ ； (4) 1996~2000 年间溃坝的是永嘉县白水际、十八垅两座梯级水库，分别为小（1）型和小（2）型，因遭遇超标准洪水相继溃坝失事
1961~1965			27	
1966~1970			19	
1971~1975		1	19	
1976~1980			15	
1981~1985			5	
1986~1989			1	
1990~1995			1	
1996~2000		1	1	
2001~2004				

二、充分发挥水库效益

为防治水害、发展水利，新中国成立以来，浙江省建成库容 10 万 m³ 以上的小型水库工程 3797 座，总库容 23.4 亿 m³。这些水库工程，在山区小流域洪水控制、农田灌溉、村镇居民生活供水、小型水力发电等方面，发挥了巨大的作用。今后的任务是按照可持续发展的要求，逐步实现管理现代化，充分发挥效益。

每一座小型水库建设时都有设计目标，根据目标任务和当地水文、地质、地形等条件确定了工程规模。一般情况下，大部分小型水库是为农田灌溉需要而兴建的，也有一部分水库是为了水力发电，或者以灌溉为主兼顾发电；现有部分水库转为供水，少数水库还提供环境用水。在水库工程运行管理中，首先应当保证设计目标的实现，在此基础上争取发挥更大的效益。这就要求管理人员掌握水库来水规律，熟悉灌区情况和用水需求，做好运行调度。掌握水库来水规律，除了查找当地气象、水文资料，还要依靠水库管理中积累的历年雨情、旱情记录。为了了解灌区情况，管理人员必须经常深入灌区调查研究，掌握新情况，搞好水库运用工作，同时当好上级主管部门、业主单位的参谋。

在确保工程安全的前提下，水库主管部门和水库管理职工，还应当根据当地经济发展水平、水库工程现有资源条件，积极利用水库工程管理范围内的水土资源和人员、设备潜力，因地制宜地开展经营活动，增加本单位财务收入，改善工程状况和职工的福利待遇。各级政府和水利部门应尽可能给予关怀支持，确保水库工程有专业技术人员管理，有必要的水库安全运行保障措施，工程能正常发挥效益。

1.2 小型水库管理工作的发展

我国各地的小型水库，大多兴建于 20 世纪 50~70 年代，当时各地经济发展水平较

低。自 20 世纪 80 年代以后,通过改革开放,各地社会经济发展很快,为加强水库管理提供了有利条件。目前,以浙江省为例,广泛开展了“千库保安”工程,各基层正在对工程老化的水库进行除险加固,力争达到安全标准。但是,由于各地经济发展水平不同,各个水库工程的条件也不尽相同,一些地区水库尚未得到加固改造,已发现的水库隐患未能全部消除,管理工作不完善,运行条件仍较差,这是当前在水库安全运行管理方面所遇到的挑战。如何迎接挑战,把挑战当作一个机遇,改进水库管理工作,是各级水库主管部门、乡镇人民政府和业主单位都要认真研究的问题,也是每个水库管理单位职工必须认真思考的问题。现就当前小型水库管理工作面临的问题和应当采取的对策,提出如下分析意见。

一、完善以责任制为核心的水库安全管理制度

改革开放以前,各地小型水库建设主要有两类:一类由国家投资建设,以浙江省为例,分属水利、电力、司法、建设等部门负责管理;另一类以农民投工投劳建设为主,集体所有,集体管理。改革开放以后,民间资本介入建设以水力发电为主的水库工程。为确保水库安全,必须落实责任制。国务院《水库大坝安全管理条例》和地方管理法规,如《浙江省水库大坝安全管理办法》等法规,水利部、各省人民政府的有关文件等,对水库大坝的安全管理职责进行了明确划分。小型水库安全管理的责任主体是相应的地方人民政府、水行政主管部门、水库主管部门(包括业主单位)、水库管理单位。农村集体经济所有的小型水库,所在地乡(镇)人民政府承担其主管部门的职责。目前,涉及水库安全管理的责任主体已经明确。当前正在从水库的管理体制、行业监督、安全检查、防洪抢险等各个环节加强制度建设,以形成水库安全管理的制度体系。特别是每座水库的管理人员要明确自己的责任。

二、进一步提高水库的防洪安全度

一方面,相当一部分地区水库的安全状况还没有得到根本改善,过去的除险加固工作往往是局部的,经过三四十一年运行以后,工程老化了;另一方面,社会经济发展,农村人口向小城镇集中,对防洪安全提出更高的要求。小型水库一旦溃决失事所产生的损失将是灾难性的,就是仅仅发生险情,处于防守抢险的情况下,也会给社会安定、经济发展带来很大影响。鉴于这种情况,各级水库主管部门要转变思路,凡是当前和今后仍有需要的水库,按照安全、完整的要求进行彻底改造,不能只搞修修补补。例如:坝下埋有涵管,而库容较大、坝较高,在地形上又许可的,应另开新的隧洞;大坝常期渗漏的,应进行彻底的防渗改造;溢洪道仅有泄洪堰,没有过渡段、消力池、泄洪渠的,应当将工程修建完整。在一些经济发展较快、人口集中的地区,凡是水库失事将危及 10000 人以上,危及重要经济目标、铁路干线的,应定为重要小型水库,要提高其防洪标准,进行安全改造。对于每个水库的管理人员,除了兢兢业业做好管理工作,确保工程在现有标准下的安全,还应根据日常检查观测记录,提出工程更新改造建议。

三、推行水库降等运行与报废制度

小型水库过去对各地的经济社会发展起了巨大的作用,但是,随着社会经济的发展、城市化水平的提高,农村(山区)人口不断向城镇转移,一些小型水库的功能萎缩;随着使用寿命期的接近或运行时间的增加,一些水库病险严重,已不能发挥应有的效用,反而成为防洪安全的心腹之患。应对这类水库进行研究,对功能萎缩的水库,实施降等运行,

以保证工程安全和发挥相应效益。对病险严重且除险加固在技术上不可行,或经济上不合理,以及功能基本丧失的水库,则予以报废。当然,降等和报废均应经过科学论证,慎重决策,并按有关规定组织实施。

四、适时调整小型水库的服务对象

过去,很多小型水库是为农田灌溉兴建的,主要是为了水稻灌溉。现在南方地区的灌区耕地逐步减少,水稻种植由双季稻改为以单季稻为主,种植结构也由以水稻为主向多种作物发展。水库要考虑这种发展情况,适应灌区多种经济作物的要求。有些地方小型水库可以调整为居民生活用水提供水源保障。随着经济发展和居民生活水平的提高,小型水库在确保灌溉用水外,向当地提供生活用水、环境用水,可以充分发挥水库效益,促进当地社会经济发展。根据经济发达国家的经验,小型水库往往更多地承担了改善当地水环境等任务。

五、开拓创新并研究探索适合国情的小型水库管理体制

由于各地小型水库管理体制的多样性,如浙江省绝大部分小型水库属于乡(镇)、村集体所有,而各地经济发展水平差距很大,一些经济欠发达地区,乡(镇)和村级财力比较差,小型水库管理人员的管理费用很难落实。在这种情况下,专业技术人员难以安心工作,甚至一些水库的管理人员为非专业技术人员,文化程度较低,不利于水库的安全运行。今后,随着社会经济发展和对水库防洪要求的提高,借鉴国外的经验和浙江省平原地区水利站的管理模式,小型水库的管理可以探求与水利流域站或乡(镇)水利站相结合的办法,也可以推行“大水库兼管小水库”和“水库物业管理”等新模式。例如水利流域站、乡(镇)水利站受乡(镇)和村级经济组织委托负责当地小型水库安全运行管理日常工作,乡(镇)或村负责渠系灌溉放水等工作。也可探索以行政区域为单位组建水库管理集团公司,将区域内国有、集体所有的水库统一由集团公司管理或由大中型水库为主体组建集团公司,以大带小。这些都将会有效地提高水库专业化管理的水平。

总之,社会经济发展为加强水库管理提供了机遇,每个水库管理人员,都应立足本职,踏踏实实地提高专业技术水平,研究新情况、新问题,探索新方法,为确保水库工程安全、改进管理体制、充分发挥效益做出贡献。

第2章 基础知识

2.1 水库分类与组成

一、水库类型、等级

在山谷的狭口处，筑一道拦水坝，堵住山溪或河流的水流，把上游集水面积内的来水拦蓄起来，为农田灌溉、生活用水、防洪保障、水力发电等服务，这样的工程，就叫做水库。

按水库蓄水容量（即库容）的大小，把水库分成大、中、小3种类型。

大型水库——总库容在1亿 m^3 以上。

中型水库——总库容在1000万 m^3 以上，1亿 m^3 以下。

小型水库——总库容在10万 m^3 以上，1000万 m^3 以下。小型水库又分为两级：小（1）型水库，总库容在100万 m^3 以上，1000万 m^3 以下；小（2）型水库，总库容在10万 m^3 以上，100万 m^3 以下。至于总库容在10万 m^3 以下的，一般叫做山塘式塘坝。

我国最大的水库是长江三峡水库，总库容393亿 m^3 ；浙江省最大的水库是新安江水电站水库，总库容216亿 m^3 。

水库工程又可以按照开发建设的目标，分为灌溉水库，城镇、乡村供水水库，防洪水库，发电水库等。开发目标是多项的，称为综合利用水库，往往是以一个目标为主，结合其他目标的利用。例如，以灌溉为主，结合防洪、发电；或以发电为主，结合灌溉、城镇供水等。

二、小型水库的组成部分

小型水库工程，一般由大坝、溢洪道、放水建筑物等几部分组成，具体见图2-1。

（1）大坝。大坝的作用是拦截河流，抬高水位，以形成水库。相对同一个坝址的水库，坝愈高，水库的库容愈大，可储蓄的水量愈多。坝是组成水库的主体工程，不仅要求修筑的质量要好，而且要求管理养护得好，在任何情况下都要确保大坝安全，不允许发生垮坝事故。

（2）溢洪道（包括泄洪洞）。溢洪道是用来排泄水库在汛期难以拦蓄的多余洪水，以免库水位过高发生漫过坝顶溢流而垮坝。因此，它是确保水库安全的“太平门”，是水库工程的关键性工程。不论水库大小，即使水库的大坝很高，库容很大，能够拦截大量洪水，也都必须修建具有足够泄洪能力的溢洪道，确保水库安全。

（3）放水建筑物。放水建筑物的作用是将库内的蓄水按计划下放出去，以供生活用水和灌溉、发电用水。放水设施必要时也可用作防洪预泄，降低库水位。它是水库工程的咽喉部分。只有修好、管好放水建筑物，才能将库水按时、按量地放出去，发挥水库的

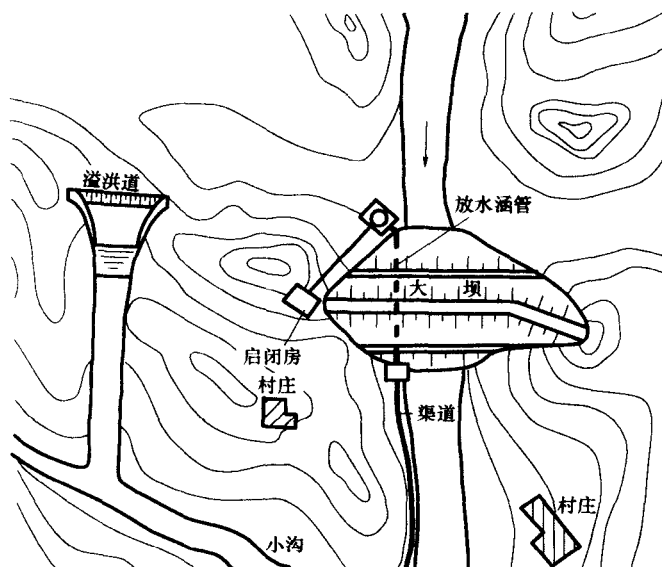


图 2-1 小型水库工程平面布置图

效益。

小型水库工程除了以上 3 部分主要建筑外，还应有必要的降雨量、库水位、渗水量等观测设施和管理设施。具有发电功能的小型水库还有水力发电的设备等。

三、大坝的类型和特点

大坝是水库工程的主要建筑物，其分类如下：按坝的高度，分为低坝（高度 30m 以下）、中坝（高度 30~70m）、高坝（高度 70m 以上）；按筑坝材料，分为土石坝（一般称当地材料坝）、混凝土坝和浆砌石坝等。土石坝过去通常将以土料、砂砾料为主的称为土坝；将以石料为主的称为堆石坝。20 世纪 80 年代颁发的土石坝设计规范，将土石坝分为：①均质坝；②分区坝，坝体由防渗土料和若干透水土料组成，防渗体位于坝的中部或上游部；③人工防渗材料坝，防渗体为钢筋混凝土、沥青混凝土和土工合成材料等。每座水库的坝型，是根据坝址地形、地质条件，当地材料情况，以及建设时施工条件、资金条件等具体情况确定的。

（一）土坝

1. 结构型式

土坝是由土料、砂砾料筑成的土石坝。根据坝体土料的组成和防渗体的位置，其主要的结构型式分下面几种：

（1）均质土坝。坝体全部由透水性较小，渗透系数小于 $1 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$ ，性质基本相近的粘性土料筑成，通常采用壤土或砂质粘土。因为土料本身具有较高的防渗性，所以不再另设防渗体。例如，浙江省金华县郭力垅水库就属于均质土坝，具体见图 2-2。它是浙江省最早的小（1）型水库均质坝，第一期建于 1954~1955 年，第二期建于 1959~1962 年，总库容 654 万 m^3 。在浙江省金、衢地区已建成的小型水库土石坝中，均质土坝是最多的一种坝型。

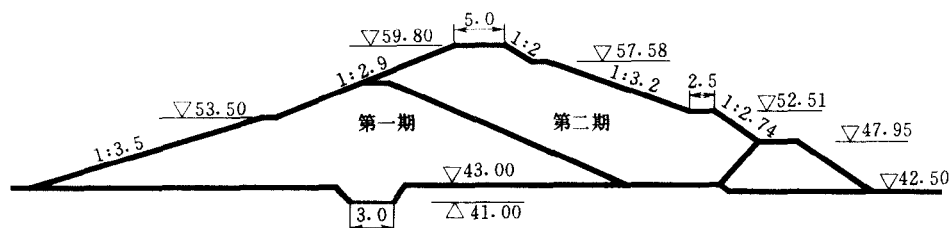


图 2-2 金华县郭力垅水库均质土坝 (单位: m)

(2) 心墙土坝。心墙土坝是在坝体中部设置有粘性土填筑的防渗体, 坝体两侧为透水性较大的土料 (如砂壤土、砂砾料等)。例如浙江省诸暨青岭水库为心墙土坝结构, 具体见图 2-3, 它是浙江省最早的小 (1) 型水库心墙坝, 建于 1954~1955 年, 总库容 126 万 m^3 。20 世纪 60~70 年代, 浙江省曾建造不少这样的土坝, 其中有些土坝施工时对土料掌握不严, 粘性土与砂壤土几乎差别不大, 这类心墙土坝又类似为均质土坝。

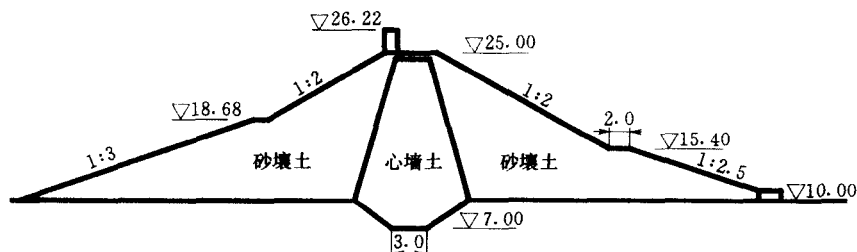


图 2-3 诸暨青岭水库心墙土坝 (单位: m)

(3) 斜墙土坝。斜墙土坝是将粘性土防渗体筑在坝体上游侧, 斜卧在坝坡上, 构成斜墙。斜墙下游侧的支撑体由透水性较大的土料 (石渣料、砂砾料、风化料等) 堆筑而成, 见图 2-4。斜墙的细粒土料与支承体的透水土料之间必须设置反过滤层。

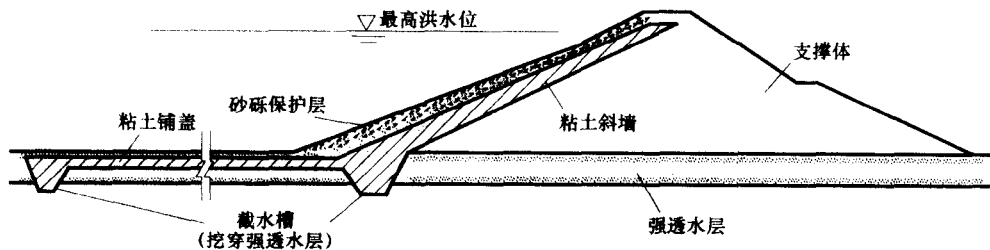


图 2-4 透水地基上带铺盖的斜墙土坝

(4) 多种土料斜墙、心墙坝。筑坝土料在两种以上, 通常将透水性小、颗粒小的土料放在坝体上游, 土料的透水性能则由上游面向下游逐渐增大; 或将透水性小的土料放在坝体中部, 透水性自中部向两侧逐渐增大。浙江省有一种心墙砂壳坝, 即是属于这种坝型。

心墙砂壳坝是用粘性土料做心墙防渗体, 心墙两侧用砂壤土或砂土, 外层用粗砂土, 坝壳用砂砾石堆筑而成, 见图 2-5。这种坝型建造在土料较少或土料虽多但上下游有大

量可供利用的天然级配的砂砾石的地方。这样的坝体有良好的防渗、排水和稳定性能。

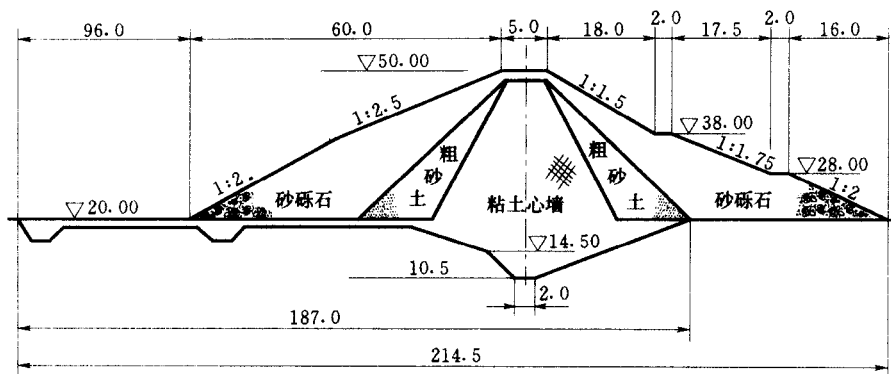


图 2-5 浙江省乐清白石水库心墙砂砾壳坝 (单位: m)

2. 工作特点

土坝属散粒体结构,在填筑过程中虽然采用碾压、冲填等方法来提高筑坝材料的密实程度,但毕竟不能像混凝土坝、浆砌石坝等一样,具有显著的整体性。与其他坝型比较具有以下工作特点:

(1) 不允许洪水漫顶。土坝是散粒体结构,抗冲能力很低。所以,土坝不允许洪水漫顶过水,否则将使坝体溃决,造成垮坝。据全国水库失事的原因分析,在运行期间由于溢洪道泄水能力不足或水库管理运用不当,致使洪水漫顶失事,占失事总数的 46.6%。

为了保证土坝不漫顶,要求土坝的坝顶高度必须有足够的超高,溢洪道有足够的泄洪能力,不准在溢洪道进口任意加埂超蓄,以防洪水漫顶失事。

(2) 坝体具有透水性。坝体土料的土粒之间存在着空隙。坝体与坝基都有一定的透水性,水库蓄水后,在水压力作用下就通过土粒间空隙从上游坡和坝基向下游渗透,渗透水流在穿过坝体时形成一个逐渐下降的水面,称浸润面。坝体的横断面与浸润面的交线,称浸润线。透过坝体的渗流从大坝下游坡脚的排水体安全地导出,坝体渗透示意图如图 2-6 所示。

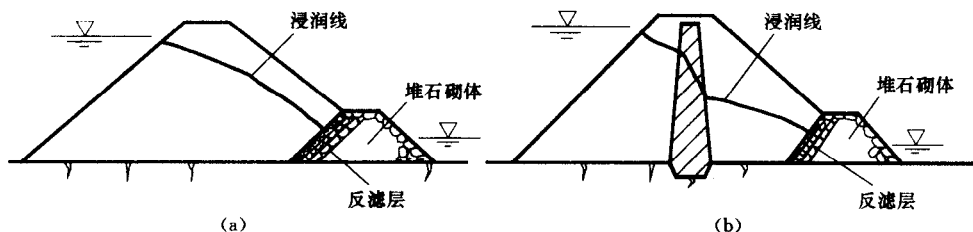


图 2-6 坝体渗透示意图

(a) 均质坝的浸润线示意图; (b) 心墙坝的浸润线示意图

在坝体下游坡排水体后渗出少量清水的现象是允许的,但渗流量大小应在设计允许范围内。当坝体的浸润线出逸点低于坝后排水体顶部,属于正常渗透范围。但是,如果渗透

水流超过一定限度, 渗透水流在坝后排水体以上的坝坡逸出, 通常称浸润线抬高, 这对坝坡稳定是不利的。在土坝坝体、两头岸坡与坝基、坝下涵洞管壁等部位还可能发生集中渗流。集中渗流容易将土粒带走, 冒浑水, 导致坝体、坝基发生管涌、流土等渗透破坏, 甚至发生溃坝事故。有的坝体表面甚至出现塌坑, 这是坝体内部受到严重破坏的反映。

(3) 坝体在运行期可发生压缩变形。因坝体土粒间存在着空隙, 筑坝材料具有压缩性。土坝在施工时, 随着坝体增高或竣工蓄水后, 坝体和坝基都受到上部坝体的荷载和水的作用, 不断地因压缩而引起沉降。部分沉降在土坝完工后相当长时期内仍在继续, 甚至发生沉降数值突变等现象。有些坝体沉降不均匀, 就产生裂缝。

(二) 堆石坝

堆石坝是指坝体大部分由块石堆筑而成的当地材料坝, 也属于土石坝一类, 坝体由堆石和防渗体两部分组成。堆石坝的防渗体用粘性土、混凝土、沥青混凝土或土工合成材料等构筑。

1. 堆石坝的类型

堆石坝可按防渗体材料、防渗体位置等进行分类。其主要型式有以下几种:

(1) 粘土斜墙或心墙堆石坝, 带土工膜的粘土斜墙堆石坝。以粘性土料作为防渗体, 置于堆石体的迎水侧或堆石体中间。在斜墙或心墙与堆石之间, 有反滤层、干砌块石层到堆石体的过渡层, 防止粘性土料的渗透破坏, 具体型式见图 2-7。

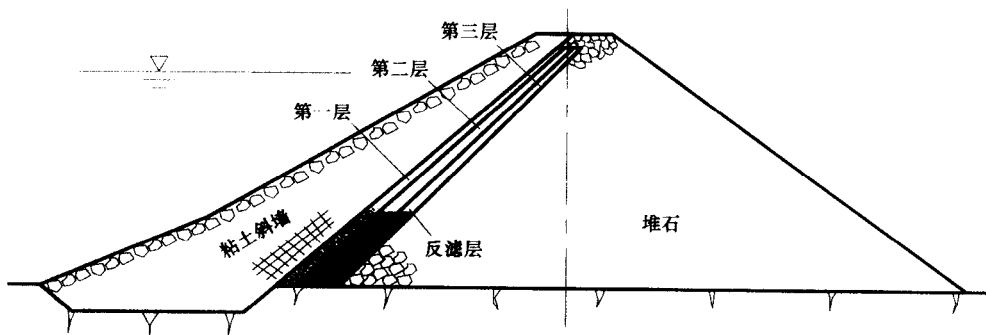


图 2-7 粘土斜墙堆石坝

20 世纪 80 年代以后, 有些修筑在软土地基上的粘土斜墙堆石坝, 在其粘土斜墙上铺设复合土工膜防渗层。例如浙江省玉环县里墩水库带有土工膜的粘土斜墙堆石坝, 建在软基上, 最大覆盖层厚 45m, 其中淤泥层厚 13~32m (建于 1997~2002 年), 总库容 656 万 m^3 , 具体见图 2-8。有些老的水库在除险加固时, 在原有土坝上游设置土工膜防渗层, 也类似这种坝型。

(2) 沥青混凝土斜墙或心墙堆石坝。以沥青混凝土作为防渗体, 置于堆石体的迎水侧或堆石体中间。斜墙或心墙与堆石体之间, 一般设有干砌块石过渡层, 以适应堆石体的沉降变形。例如浙江省建德市九里坑水库沥青混凝土心墙堆石坝, 它是浙江省最早的小 (1) 型水库沥青混凝土堆石坝, 建于 1970~1977 年, 总库容 252 万 m^3 。见图 2-9。

(3) 刚性斜墙或心墙堆石坝。以钢筋混凝土作为防渗体, 置于堆石体的迎水侧或堆石

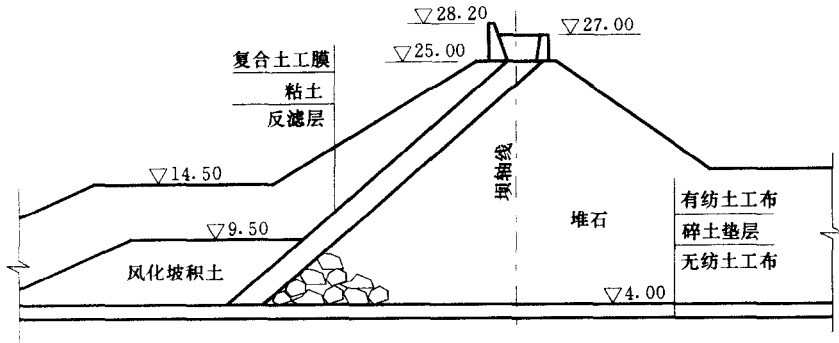


图 2-8 玉环县里墩水库的粘土斜墙堆石坝 (单位: m)

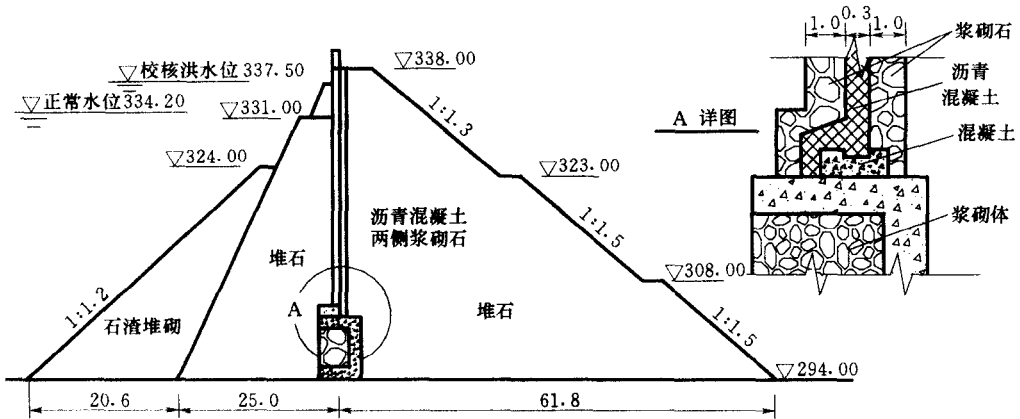


图 2-9 建德市九里坑水库沥青混凝土心墙堆石坝 (单位: m)

体中间。斜墙或心墙与堆石体之间,一般设有干砌块石过渡层,以适应堆石体的沉降变形。例如浙江省泰顺县南山水库混凝土面板堆石坝,见图 2-10。它是浙江省最早的小(1)型水库堆石坝,建于 1959~1961 年和 1966~1970 年,总库容 205 万 m^3 。

(4) 重力墙堆石坝。20 世纪 70 年代,浙江省遂昌县(现松阳县)在山区兴建小型水库时,引入四川狮子滩水电站的半重力坝半堆石坝坝型,称为重力墙堆石坝,以节省水泥用量。以后这种坝型在浙江省建德、临安、武义等地也有采用,见图 2-11。它是浙江省最早的重力墙堆石坝,建于 1965~1972 年,正常蓄水库容 60.0 万 m^3 。

(5) 照谷社型土石混合坝。浙江省台州地区温岭县原大间乡照谷高级农业合作社的群众,于 1956 年在河谷狭窄、溢洪道开挖工程量、施工导流困难的山区,兴建了一种坝顶可以小量溢流的小型土石混合坝。此后,在浙江省其他山区陆续得到了推广与发展。因首先创建于照谷农业生产合作社,所以群众习惯上把这种坝叫做照谷社型坝,它的结构型式见图 2-12。

20 世纪 70 年代,浙江省水利局曾专门进行过照谷社型坝的调查研究,认为这种坝的高度 h_1 一般应在 20m 以内,溢流水深 h_2 在 1m 以内。经过多年运用以后,照谷社型坝的

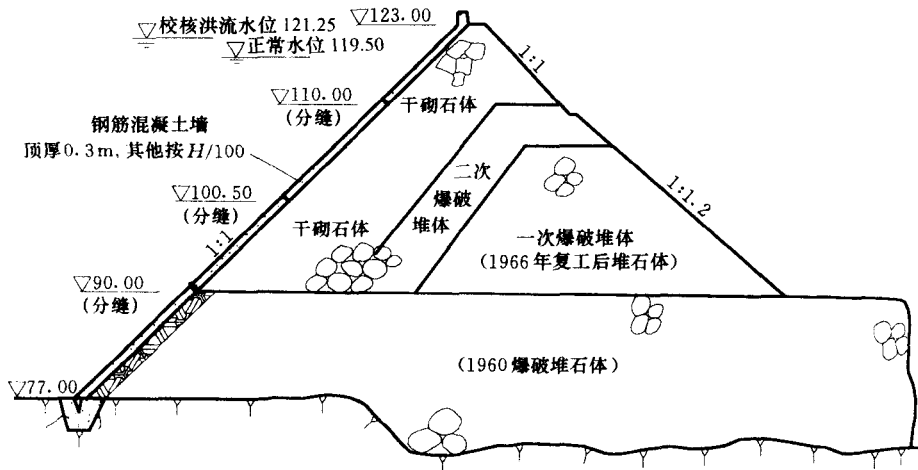


图 2-10 泰顺县南山水库混凝土面板堆石坝 (单位: m)

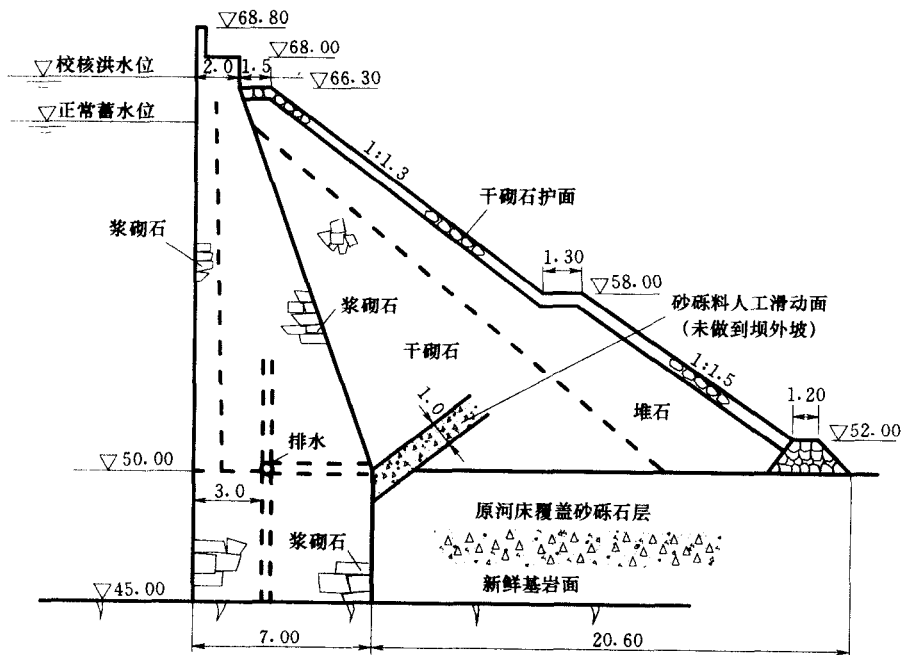


图 2-11 遂昌县竹溪源水库重力坝堆石坝 (单位: m)

干砌石体下部因压应力过大而破碎，砌体凸肚变形；粘土斜墙顶部与干砌石体接合部发生开裂、塌坑；再加上粘土斜墙与堆石体之间反滤层质量不好或受到破坏，经常发生险情。因此，目前这种坝都经过改造，一般在干砌石体下游侧加了一块堆石体以放缓坝坡，坝顶也不再溢流（另开溢洪道或泄洪洞），成了一般的土石混合型堆石坝。

2. 工作特点

(1) 堆石坝的特点与土坝有许多相似之处，不过土坝的主体是土，而堆石坝的主体是

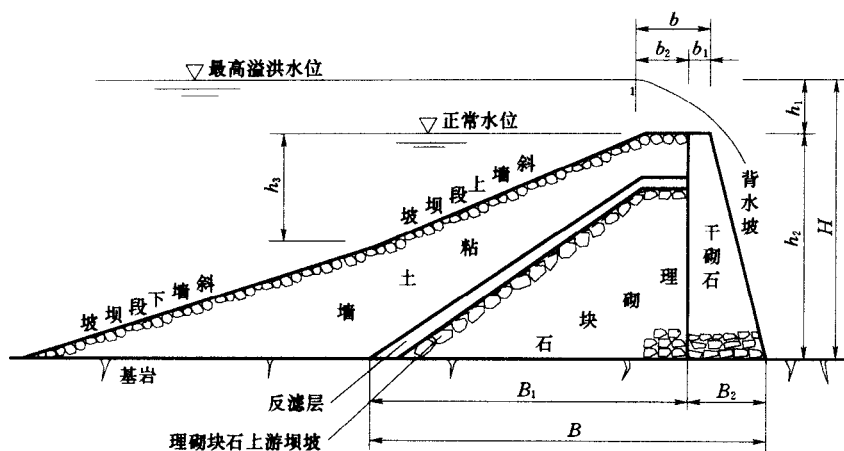


图 2-12 未经改造的“照谷社”型土石混合坝断面图

堆石。与土坝一样，堆石坝一般是不允许坝顶溢流的。不过与土坝相比，防渗体的渗水可从堆石间隙排出，对坝体安全一般不会有影响，所以其排出渗水的性能优于土坝。

(2) 堆石坝的堆石体在投入运行初期，受到上游水压力的作用，一般会产生较大变形。所以在堆石体施工时要严格控制其密实度。例如浙江省一些小型水库钢筋混凝土斜墙堆石坝，往往以钢筋混凝土防渗面板后面的浆砌石垫层和堆石体截流先行蓄水，使堆石体变形稳定，然后再浇筑钢筋混凝土防渗面板。即使这样，防渗面板在以后运行中是否会由于堆石体变形而开裂，仍需特别关注。

(三) 混凝土坝、浆砌石坝

1. 结构型式

混凝土坝是全部由混凝土浇筑而成，浆砌石坝是用条石、块石或卵石逐层叠砌而成，其间隙用水泥砂浆或混凝土充填胶结，也有一些是埋石混凝土结构的低坝。由于浆砌石体透水性大，所以浆砌石坝的上游面一般都设有一层混凝土防渗层。混凝土坝、浆砌石坝的主要结构型式如下：

(1) 重力坝。重力坝是大体积挡水建筑物，断面大，平面、剖面形状都较简单，如图 2-13 所示。在平面布置上，轴线一般多为直线。剖面尺寸根据满足稳定和强度要求拟定，上游面较陡，也有的是垂直面；下游面坡度多为 $1:0.65 \sim 1:0.85$ 。混凝土、浆砌石重力坝按坝顶是否溢流分为非溢流与溢流坝两种。小型水库的混凝土、浆砌石坝通常有一部分为溢流坝段，用于宣泄洪水；另一部分为非溢流坝段，用于挡水。溢流重力坝剖面形状尺寸除与非溢流坝一样要满足坝体稳定和强度要求外，还要考虑坝顶溢流及下游消能问题。例如图 2-13 所示为浙江省建德市白岭坑砌石重力坝，它是浙江省最早的小 (1) 型水库砌石坝，建于 1964~1967 年，总库容 579 万 m^3 。

(2) 硬壳坝。20 世纪 70 年代，由于当时水泥等建材紧缺，有些地方用干砌块石、堆石来代替重力坝中的浆砌块石坝体作为坝的压重，外面包以浆砌块石、混凝土或钢筋混凝土硬壳。这类硬壳坝，断面要比重力坝大，坝顶溢流的单宽流量一般限于 $10 \sim$