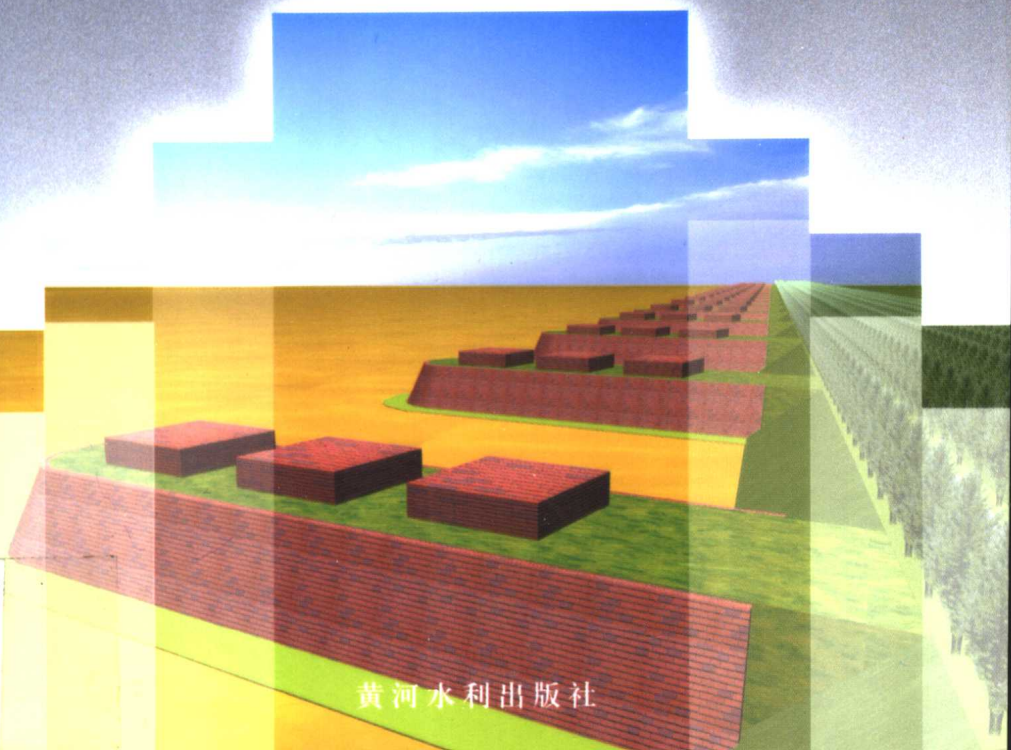


DABA ANQUAN JIANCE SHEJI

大坝安全监测

设计

赵志仁 著



黄河水利出版社

大坝安全监测设计

赵志仁 著



黄河水利出版社

内 容 提 要

本书全面系统地论述了有关大坝安全监测设计的技术问题,对混凝土坝和土石坝等各种坝型及与大坝安全有直接关系的近坝区岸坡和输、泄水建筑物等,均提出了优化监测项目、测点,经济合理设计布置和仪器选型方案;并对近年来已建和在建的各种代表性的7座混凝土坝和土石坝的安全监测设计进行了介绍和评价。本书在总结以往国内外大坝安全监测设计经验和教训的基础上,紧密结合工程实际,提出了许多新颖的、先进的新技术和新方法,力求在满足大坝安全运用要求的情况下,按照“实用、可靠、先进、经济”的原则进行设计优化,从而达到监控大坝安全、充分发挥效益、提高设计和施工技术水平的目的。

本书可供从事水利水电工程设计、施工、监测、科研、运行、管理、仪器研制的技术人员使用及高等院校有关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

大坝安全监测设计/赵志仁著. — 郑州:黄河水利出版社,2003.7

ISBN 7-80621-667-7

I. 大… II. ①赵… III. 大坝-设计 IV. TV649

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 018682 号

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话及传真:0371-6022620

E-mail:yrp@public.zz.ha.cn

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:850 mm×1 168 mm 1/32

印张:6.5

字数:161 千字

印数:1—3 000

版次:2003 年 7 月第 1 版

印次:2003 年 7 月第 1 次印刷

书号:ISBN 7-80621-667-7/TV·307 定价:16.00 元

作者简介

赵志仁,教授级高级工程师、高级研究员、荣誉博士。安徽省宿州市人,北京水利水电学院大学本科毕业。先后在中国水利水电科学研究所和水利部天津水利水电勘测设计研究院工作,现任天津大坝安全监测研究中心总工程师,兼任国家电力公司电力自动化研究院、水利部水利水电自动化研究所及新疆水利水电科学研究所等单位的高级顾问等职。

独自或作为第一作者曾分别多次荣获国家、水利部、电力工业部、水利电力部及天津市科技进步奖和中国水利学会、中国水力发电工程学会优秀学术论文奖及北方十省市优秀科技图书奖等。

主要著作有:水利电力出版社出版《混凝土坝外部观测技术》、《混凝土坝的内部观测》(合著),天津科技出版社出版《大坝安全监测的原理与应用》、《三门峡大坝的观测与分析》。任我国《混凝土大坝安全监测技术规范》(SDJ336—89)主编之一,并在《水利学报》、《岩土工程学报》、《国际大坝会议论文集》、《水力发电》、《水利水电技术》、《大坝观测与土工测试》、《水利水电译文》等国内外刊物发表学术论文 120 余篇,译文 20 余篇。

主持和承担过刘家峡、于桥水库、马来西亚檳城水库等国内外 20 余项大中型水利水电工程的安全监测设计、施工、观测、分析、科研和生产任务,及 10 余项国家及省部级科技重点和科技基金项目。受聘担任专家组组长或成员参加三峡、小浪底等 30 余项工程的安全鉴定、审查或评标工作。在大坝安全监测专业方面,取得了创造性的成就,做出了突出贡献。

1987 年和 1995 年分别获天津市“七五”和“八五”立功奖章,

1992 年享受国务院政府特殊贡献津贴,1994 年获天津市授衔专家证书并享受天津市政府专家津贴,1995 年获人事部、水利部全国水利系统先进工作者荣誉称号,1997 年获水利部水库大坝安全鉴定专家证书,1999 年被聘为水利部堤防隐患和险情探测技术专家组成员。1993 年应邀赴美国和加拿大讲学及考察访问。

前 言

近年来大坝安全监测工作作为水利水电工程建设的重要组成部分,受到了国内外坝工界的普遍重视。从1964年至今,近40年来共召开了13次国际大坝会议(每3年召开一次),其中有12次讨论了与大坝安全监测有关的议题,这对于保证大坝运行安全、充分发挥工程效益及提高设计和施工技术水平都具有重要意义。

大坝安全监测设计,指导和控制着安全监测工作的进行,安全监测的效果和作用与监测设计质量有很大关系。为了搞好这一工作,近几年在上级领导的支持下,著者作为中国水力发电工程学会大坝安全监测专业委员会副主任、大坝安全监测设计与施工分会主任及天津市水力发电工程学会大坝安全监测与管理专业委员会主任先后主持召开了数次有关大坝安全监测的全国性专业会议和研讨班,使很多技术问题得到了认真的交流和探讨,并达成了共识。例如,1997年召开的“全国大坝安全监测设计与施工学术讨论会”纪要中提出了“设计是龙头、施工是保证、仪器是关键”的结论;1999年举办的“全国大坝安全监测设计与施工技术研讨班”纪要中提出了“设计应优化、施工保质量、仪器要可靠”的结论;2001年召开的“全国大坝安全监测仪器及自动化技术研讨会暨展示会”纪

要中提出了应遵循“实用、可靠、先进、经济”的设计原则等。

在大家的共同努力下,上述原则和结论在安全监测设计中已逐步得到了贯彻和体现,使设计水平有不少改进和提高,同时也采用了一些新技术、新方法和新仪器。虽然已经取得了很多成绩,但是更应该正视在这方面存在的问题和不足,目前普遍存在的主要问题是设计布置的监测项目和测点不合理,方法繁琐落后,仪器设备选型不当,不能抓住重点和关键,甚至造成人力、物力、财力的损失和浪费,影响了监测成果的真实性和可靠性,难以解决大坝监测中需要解决的实际问题。由于至今国内外尚未有过专门介绍大坝安全监测设计的著作出版,为此,迫切需要一本全面、系统论述安全监测设计的技术专著,本书则填补了这一空白,可供安全监测专业的技术人员特别是监测设计人员在实际工作中参考。

本书的目的是提高监测设计的针对性和代表性,增加设计的经济性和合理性,从而进一步提高监测设计的技术水平和设计质量,在全过程优化设计的基础上贯彻实用、可靠、先进、经济的原则。著者试图通过本书对搞好我国大坝安全监测工作起到促进作用,对我国水利水电工程建设和管理工作产生积极效果。

本书的有关内容曾得到水利部科技重点项目和勘测设计科研项目的资助,是在水利部国际合作与科技司、水利水电规划设计总院及天津水利水电勘测设计研究院的

领导和支持下完成的。

水利部天津水利水电勘测设计研究院专家委员会主任、原总工程师、中国工程院院士、中国工程设计大师、教授级高级工程师、天津大学教授曹楚生先生在百忙中对本书进行了审查,在此表示衷心的感谢!

本书在出版过程中得到水利部天津水利水电勘测设计研究院的大力支持,著者表示非常感谢!

限于水平,书中难免存在错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

著 者

2002年12月

目 录

第一章 概 述	(1)
第一节 一般原则.....	(1)
第二节 监测项目.....	(4)
第三节 限差要求.....	(9)
第二章 变形监测	(13)
第一节 水平位移.....	(13)
第二节 垂直位移.....	(29)
第三节 挠 度.....	(41)
第四节 倾 斜.....	(45)
第五节 接缝及裂缝.....	(51)
第三章 渗流监测	(61)
第一节 扬压力.....	(61)
第二节 渗流压力.....	(67)
第三节 孔隙压力.....	(75)
第四节 绕坝渗流.....	(76)
第五节 地下水位.....	(79)
第六节 渗流量.....	(81)
第七节 水质监测.....	(87)
第四章 应力监测	(90)
第一节 混凝土应力及应变.....	(90)
第二节 岩体应力及应变.....	(93)
第三节 钢材应力及应变.....	(95)
第四节 自由体积应变.....	(96)
第五节 土压力.....	(99)

第六节	温 度	(101)
第七节	地 震	(103)
第五章	水文及水力学监测	(106)
第一节	水 位	(106)
第二节	降 水	(109)
第三节	压 强	(111)
第四节	消 能	(115)
第五节	冲 淤	(120)
第六节	波 浪	(126)
第六章	自动化监测	(133)
第一节	基本要求	(133)
第二节	设计方案	(134)
第三节	监测系统	(137)
第四节	数据通讯	(141)
第五节	报警准则	(143)
第七章	监测设备图形符号	(147)
第一节	制定过程	(147)
第二节	编制原则	(148)
第三节	使用说明	(149)
第四节	符号注释	(149)
第八章	监测设计实例	(158)
第一节	混凝土坝	(158)
第二节	土石坝	(173)
第三节	设计优化	(184)
参考文献		(192)

第一章 概 述

第一节 一般原则

一、设计目的

(一)保障建筑物安全运用

设计一套监测系统对建筑物及基础性态进行监测,是保证建筑物安全运行的必备措施,以便发现异常现象,及时分析处理,防止产生重大事故和灾害。同时根据已经取得的监测资料,可以预测和预报大坝的未来性态及发展趋势,并为大坝安全蓄水、鉴定和加固处理提供科学依据。

(二)充分发挥工程效益

根据监测结果,将建筑物及基础视为一个统一体,确定在各种运用条件下的安全度,对工程进行控制运用,适时提高或降低运行水位,搞好水库调度,使之在安全运用的前提下充分发挥效益,避免或减少因加固处理引起的巨大投资。

(三)检验设计、提高水平

水工建筑物的设计虽然已经积累了比较丰富的经验,但对各种影响因素的认识还有待深入,对设计中的未知数或不确定因素往往是根据经验或假定作为设计依据,已建工程是真正的原型,通过监测可反馈各种影响因素和检验设计的正确性,求得设计的合理、完善和创新,提高设计的技术水平。

(四)改进施工、加快进度

施工期间的监测结果,反映了施工质量和施工条件,为改进施工提供了信息。大多数施工新技术和新方法,只有当实际应用效果被证明是令人满意时,才易被人们接受和进一步推广。监测资料可以评价所采用的施工技术的适用性和优越性及改进的途径。

二、设计要求

(一)明确的针对性和实用性

设计人员应很好地熟悉设计对象,了解工程规模、结构设计方法、水文、气象、地形、地质条件及存在的问题,有的放矢地进行监测设计,特别是要根据工程特点及关键部位综合考虑,统筹安排,做到目的明确、实用性强、突出重点、兼顾全局,并在监测设计的各阶段全过程进行优化,以最少的投入取得最好的监测效果。

(二)充分的可靠性和完整性

对监测系统的设计要有总体方案,它是用各种不同的观测方法和手段,通过可靠性、连续性和整体性论证后,优化出来的最优设计方案。该方案要同时考虑施工期、蓄水期及运行期监测的需要,对不同建筑物及不同部位,要因地制宜,区别对待,统一规划,逐步实施。

(三)先进的监测方法和设施

设计所选用的监测方法、仪器和设备应满足精度和准确度要求,并吸取国内外的经验,尽量采用先进技术,及时有效地提供建筑物性态的有关信息,对工程安全起关键作用且人工难以进行观测的数据,可借助于自动化系统进行观测和传输。

(四)必要的经济性和合理性

监测项目宜简化、测点要优选、施工安装方便。对变形、渗流、应力等的监测项目要互相协调,并考虑今后监测资料分析的需要,使监测成果既能达到预期目的,又能做到经济合理,节省投资。

为此,按照文献[1]的规定,监测设计必须由具有相应资格证书的设计单位承担。

三、设计准备

(一)了解监测的原理与方法

设计人员应了解监测技术的基本知识,监测仪器设备性能和测量原理,并在设计布置时能正确运用。要掌握变形、渗流、应力监测的特点及相互关系,还应考虑监测资料分析的要求,充分利用各测点的监测数据。

(二)熟悉工程设计资料

认真了解工程结构设计和施工设计的说明书、图纸、试验和计算成果,熟悉工程的特点及存在的关键问题,以及蓄水运行的计划和要求等,以便确定监测系统的任务和规模。

(三)掌握监测设计的主要内容

在可行性研究阶段,应在设计优化原则下提出安全监测系统的总体设计方案、监测项目及预计所需仪器设备的数量和投资估算。

在初步设计阶段,应进一步优化安全监测系统的总体设计方案、测点布置、通讯方式及网络结构,初步确定主要监测仪器及设备的数量,以及监测系统的工程概算。

在招标设计阶段,应提出各种监测项目的安装技术要求,确定仪器设备优化选型清单、软件配置及土建配套,各主要监测项目的测次及监测系统的工程预算。

在施工阶段,应根据监测系统设计和技术要求,提出施工详图和加工图,仪器安装埋设精度和要求。

在蓄水阶段,参与制定监测工作计划和确定主要监控技术指标及对大坝工作状态的评估。

在运行阶段,参与监测资料分析、安全检查和鉴定工作,并负责对监测系统进行技术改造的优化设计。

第二节 监测项目

一、项目内容

(一)安全监测范围

文献[1]第二条规定：“大坝包括永久性挡水建筑物以及与其配合运用的泄洪、输水和过船建筑物等”。文献[2,3]总则中也有相应规定。因此,本书中“大坝”是广义词,可理解为包括各种水工建筑物及近坝区岸坡等,都属于安全监测的范围。

(二)现场检查项目

著者认为,建筑物安全监测工作应包括现场检查和仪器监测两项不同的内容。其中,现场检查可分为巡视检查和现场检测两项工作,分别采用简单量具或临时安装的仪器设备在建筑物及其周围定期或不定期进行检查,可以定性或定量,藉以了解有无缺陷和隐患或异常现象。

现场检查的项目列入表 1-1。原则上对各级建筑物均需按表 1-1 要求进行现场检查。表中带“√”号者为必检项目,其余为选检项目,设计时应根据建筑物的不同情况进行选择,必要时也可作适当调整^[4]。

(三)仪器监测项目

仪器监测应包括仪器观测和资料分析两项工作,是利用专门及固定安装的仪器设备对作用于建筑物的自变量和因变量进行长期连续测量,以定量为主。通过对观测值的计算和正反分析,了解其工作状态。

按不同工程及按建筑物级别划分的监测项目列入表 1-2,表中带“√”号者为必测项目,其余为选测项目,可根据各工程不同特点进行选择,上述各表中堆石坝包括面板坝。

表 1-1

现场检查项目

类别	项目	土石坝	堆石坝	混凝土坝	水闸、溢洪道	隧洞、地下厂房	水库
水文	侵蚀	✓			✓	✓	
	植被	✓			✓		✓
	兽穴	✓					
	淤积	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	冰冻			✓	✓	✓	✓
变形	开裂	✓	✓	✓	✓	✓	
	塌坑	✓	✓		✓		✓
	滑坡	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	隆起	✓	✓	✓			
	错动	✓	✓	✓			
渗流	渗漏	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	排水	✓	✓	✓	✓	✓	
	管涌	✓					
	湿斑	✓					
	浑浊	✓	✓	✓	✓	✓	
应力	碳化			✓	✓	✓	
	锈蚀			✓	✓	✓	
	风化			✓			
	剥落			✓		✓	
	松软			✓			✓
水流	冲刷	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	流态			✓	✓	✓	✓
	气蚀			✓	✓	✓	
	磨损			✓	✓	✓	
	雾化				✓	✓	
	振动				✓	✓	

二、项目测次

(一)现场检查分类

1. 日常检查

根据工程情况和特点制定切实可行的检查制度,具体规定检查时间、部位、内容和要求,并确定日常巡视检查的路线和检查程序,由有经验的监测和维护人员负责进行的巡视检查。

表 1-2

仪器监测项目

类别	项目	按工程分类						按级别分类			
		土石坝	堆石坝	混凝土坝	水闸、溢洪道	隧洞、地下厂房	水库	1	2	3	4
水文	水位	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	降水	√	√	√	√		√	√	√		
	波浪	√					√				
	冲淤			√	√	√		√			
	气温	√	√	√	√			√	√	√	
	水温			√			√	√			
变形	表面	√	√	√	√	√	√	√	√		
	内部	√									
	地基			√			√	√			
	裂缝	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
	接缝	√	√	√		√	√	√			
	边坡	√	√	√	√		√				
渗流	坝体	√	√	√				√			
	坝基	√	√	√	√			√	√		
	绕渗	√		√				√	√	√	
	渗流量	√	√	√	√	√		√	√	√	
	地下水	√		√	√	√	√	√			
	水质	√	√	√	√		√				
应力	土壤										
	混凝土							√			
	钢筋		√	√		√		√	√		
	钢板							√			
	接触面	√									
	温度			√			√	√			
水流	压强				√	√		√			
	流速				√	√					
	掺气										
	消能				√		√				
地震	振动										

2. 年度检查

在每年汛期、枯水期、冰冻期及蚁害显著期等,按规定的检查项目,由管理单位负责组织比较全面或专门的检查。在巡视检查的基础上确定是否需进行现场检测,即进一步作现场检查。

3. 特别检查

当遇到严重影响安全运用的特殊情况时,如特大洪水、强烈地震、重大事故等,由主管部门负责组织的检查,一般应组织人员和设备对可能出现的险情进行现场检查,即进行巡视检查和现场检测。

(二)仪器监测分期

1. 施工期

指从施工建立观测设备时起,至水库开始首次蓄水前为止。

2. 蓄水期

指从首次开始蓄水至库水位达到或接近正常高水位共3年的时间内。如水库放空后再次蓄水,则仍按此阶段监测。如3年内仍达不到正常高水位则转入运行期。

3. 运行期

指蓄水阶段之后的正常使用期。

(三)现场检查次数

设计时宜根据检查类别不同进行选择,见表1-3。对表1-3的检查方法说明如下。

表 1-3 现场检查次数

类别	施工期	蓄水期	运行期
日常检查(次/月)	10~4	30~8	4~2
年度检查(次/年)	4~2	8~4	3~2
特别检查	按需要	按需要	按需要

1. 日常检查方法

主要进行巡视检查。除直觉方法外,可采用锤、钎、钢尺、放大