



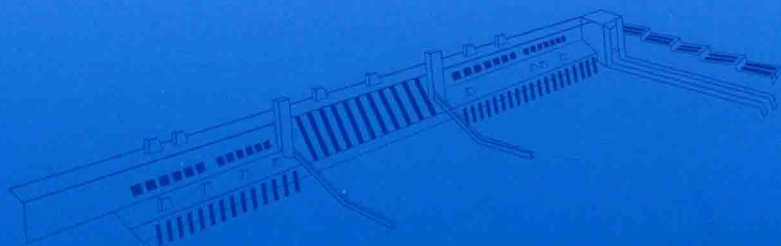
长 / 江 / 设 / 计 / 文 / 库

国家大坝安全工程技术研究中心支撑项目

水库大坝 管理信息化技术

SHUIKU DABA GUANLI XINXIHUA JISHU

谭界雄 周 启 陈尚法 盛金保 等◎编著



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

长/江/设/计/文/库

水库大坝管理信息化技术

谭界雄	周 启	陈尚法	
盛金保	刘 攀	张 煜	编 著
杨明化	何向阳	张玉炳	
黄本忠	宋应玉	杨 光	



华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 简 介

本书系统介绍了水库大坝管理信息化的相关技术和最新应用成果,从安全监测、水雨情测报、水库调度管理、大坝风险评估与应急管理、水库大坝日常管理等方面详细阐述了信息化应用的设计内容、实现方法及关键技术等,总结了水库大坝管理信息化系统开发的内容和方法及“水库管理一体化信息系统”的成功应用经验。这些成果和经验来自于编著者长期的工程实践,具有较高的实用价值,对推广水利信息化具有重要意义,可供相关行业人员借鉴。

图书在版编目(CIP)数据

水库大坝管理信息化技术/谭界雄等编著. —武汉:华中科技大学出版社,2017.5
ISBN 978-7-5680-2240-8

I. ①水… II. ①谭… III. ①水库-大坝-安全管理-信息化-研究 IV. ①TV698.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 235518 号

水库大坝管理信息化技术

谭界雄 周 启 陈尚法 盛金保 等编著

Shuiku Daba Guanli Xinxihua Jishu

策划编辑:俞道凯

责任编辑:戢凤平

封面设计:原色设计

责任校对:祝 菲

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉) 电话:(027)81321913

武汉市东湖新技术开发区华工科技园 邮编:430223

录 排:武汉市洪山区佳年华文印部

印 刷:武汉鑫昶文化有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:19.75

字 数:515 千字

版 次:2017 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:88.00 元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

前 言

水库大坝管理信息化是充分利用现代化采集、通信、计算机网络等先进设备和信息化管理手段,实现水库大坝管理业务的信息采集、传输、存储、处理和服务的网络化与智能化的过程。将水库管理与信息化相结合,为水库大坝的安全管理及综合效能利用提供辅助决策支持服务,有利于全面提高水库大坝的科学管理水平。随着科学技术和社会的发展,信息化技术已成为各行业现代化水平的重要标志,水库大坝管理已由传统管理向现代化管理的方向转变。水库大坝管理信息化是水利管理走向现代化的措施和手段,是水利现代化的重要内容和基本标志。作为水利信息化和现代化建设的重要组成部分,水库大坝管理信息化是党中央提出的防灾减灾科学精准预测预报的必要手段之一,也是水利行业自身发展的迫切需要。

我国是世界上水库大坝最多的国家,水库分布广泛,管理业务复杂,各地区水库大坝管理信息化水平差异较大,信息化系统建设缺少统一的标准。已建信息化系统存在管理业务覆盖不全,因信息化缺乏统一规划、运行环境差别大、集成度低而造成的不兼容、不灵活、不集中等问题,从而导致系统数据难以共享,搭建的应用平台难以维护。目前国内鲜有对水库大坝全业务的管理信息化进行全面总结和介绍的书籍,管理单位和开发单位缺少系统资料。本书以水利部公益性行业科研项目《水库大坝管理与应急响应系统》及国家大坝安全工程技术研究中心科研项目研究成果为基础,经过大量调研,针对我国水库大坝管理信息化现状,结合工程实践,广泛汲取水库管理经验,重点阐述了水库大坝管理的相关业务,信息化采集与管理相关技术以及管理信息化系统的设计、开发与工程应用,以供相关行业人员借鉴。

本书作者长期从事水利水电工程设计、咨询、管理或水利信息化相关技术的开发与实施,经过长期的实践和社会调研,深感有必要对我国水库大坝管理信息化技术与实践进行系统梳理和总结,力求为我国水库大坝信息管理的规范化、标准化、科学化及水利信息化建设尽绵薄之力。

本书由谭界雄负责总体策划,谭界雄、周启、杨明化负责统稿。参加编写的人员及分工:第1章谭界雄、陈尚法,第2章张煜,第3章周启,第4章宋应玉,第5章刘攀、宋应玉、周启,第6章盛金保、杨明化、何向阳,第7章黄本忠,第8章谭界雄、杨明化、张玉炳、何向阳、杨光,第9章周启、张玉炳、张煜、杨光。本书在编写过程中,得到了国家大坝安全工程技术研究中心、水利部水工程安全与病害防治工程技术研究中心、长江勘测规划设计研究院、长江科学院、南京水利水电科学研究院、武汉大学及长江水利委员会陆水试验枢纽管理局等单位的大力支持,同时,还得到了吴晓、张海霞、刘素一、黄少华等人的大力帮助,在此深表感谢!本书中引用的许多成果与实例,有的是业界同仁管理信息化技术开发与实践的结晶,有的是水利部行业公益性科研项目和国家大坝安全工程技术研究中心科研成果的研究成果,在此一并表示感谢!

由于水库大坝管理信息化涉及面广、业务复杂、技术发展迅速,以及作者的实践经验和水平有限,书中难免有疏漏和不妥之处,敬请读者批评指正。书中成果引用难免疏忽,若存在成果引用未标注或有标注缺陷,敬请谅解并与作者联系!

作 者

2016年9月20日

目 录

第 1 章 概述	(1)
1.1 我国水库大坝管理概况	(1)
1.2 水库大坝管理业务范畴分类	(6)
1.3 水库大坝管理信息化的作用与意义	(11)
1.4 水库大坝管理信息化发展与应用现状	(12)
1.5 水库大坝管理信息化发展趋势	(15)
本章参考文献	(17)
第 2 章 水库大坝管理信息化的主要技术	(18)
2.1 数据采集技术	(18)
2.2 数据处理及存储技术	(22)
2.3 数据通信技术	(24)
2.4 可视化监控技术	(26)
2.5 空间信息技术	(29)
2.6 物联网和云技术	(30)
2.7 网络及系统安全技术	(32)
2.8 移动终端采集与显示技术	(33)
2.9 系统集成技术	(34)
2.10 系统远程控制与显示	(36)
本章参考文献	(37)
第 3 章 安全监测信息化	(38)
3.1 概述	(38)
3.2 安全监测的功能需求	(41)
3.3 巡视检查标准化管理	(43)
3.4 大坝安全监测信息的采集与处理	(49)
3.5 大坝安全监测资料整编分析	(50)
3.6 监测信息发布	(52)
3.7 大坝安全监控与预警预报	(53)
3.8 大坝安全监控信息化功能设计	(58)
本章参考文献	(63)
第 4 章 水雨情测报信息化	(64)
4.1 概述	(64)
4.2 水雨情数据采集与传输	(67)
4.3 水雨情资料整编与分析	(72)
4.4 水雨情监控与预警预报	(80)
4.5 水雨情信息发布与管理	(85)

4.6 水雨情测报信息化功能设计	(88)
本章参考文献	(90)
第5章 水库调度管理信息化	(92)
5.1 概述	(92)
5.2 水库调度原理与决策	(97)
5.3 水库防洪调度管理	(101)
5.4 水库兴利调度管理	(105)
5.5 多水库联合调度管理	(107)
5.6 水库调度管理信息化功能设计	(111)
本章参考文献	(113)
第6章 大坝风险评估与应急管理信息化	(115)
6.1 概述	(115)
6.2 风险标准的确定与划分	(119)
6.3 大坝风险计算	(124)
6.4 大坝风险评估与决策	(128)
6.5 风险处置与管控	(130)
6.6 大坝应急管理业务及流程	(132)
6.7 水库大坝安全管理应急预案解析	(133)
6.8 应急响应及处置	(138)
6.9 应急演练	(141)
6.10 大坝风险评估与应急管理信息化功能设计	(141)
本章参考文献	(148)
第7章 水库大坝日常管理信息化	(151)
7.1 概述	(151)
7.2 维修养护管理	(153)
7.3 注册登记管理	(157)
7.4 安全鉴定管理	(158)
7.5 水库大坝管理考核	(160)
7.6 水库档案管理	(167)
7.7 防汛值班管理	(170)
7.8 物资与设备管理	(173)
7.9 综合办公管理	(177)
7.10 日常管理信息化功能设计	(179)
本章参考文献	(186)
第8章 水库大坝管理信息化系统开发	(187)
8.1 概述	(187)
8.2 数据库设计与建设	(194)
8.3 数据管理与维护	(226)
8.4 数据集成与共享	(234)
8.5 系统功能设计	(241)

8.6 系统安全体系	(244)
8.7 系统集成	(247)
8.8 系统部署方案	(250)
本章参考文献.....	(254)
第 9 章 应用实例	(255)
9.1 概述	(255)
9.2 陆水试验枢纽工程概况	(255)
9.3 陆水试验枢纽工程运行管理现状	(258)
9.4 示范系统需求分析	(260)
9.5 示范工程演示系统架构设计	(265)
9.6 示范工程演示系统部署	(267)
9.7 示范系统试运行	(271)
9.8 系统应用效果	(271)
9.9 系统技术创新	(284)
本章参考文献.....	(307)
国家大坝安全工程技术研究中心简介	(308)

第 1 章 概 述

1.1 我国水库大坝管理概况

1.1.1 水库大坝概况

水库是在河道、山谷、低洼地及地下透水层修建挡水坝或堤堰、隔水墙,形成集水的人工湖,具有多方面的功能,如调节河川径流、防洪、供水、灌溉、发电、养殖、航运、旅游、改善环境等,具有重要的社会、经济和生态意义。水库规模通常按库容大小划分,分为大(1)型、大(2)型、中型、小(1)型、小(2)型。水利水电工程分等指标见表 1.1.1。

表 1.1.1 水利水电工程分等指标表

工程 等别	工程规模	水库总库容 /10 ⁸ m ³	防洪		治涝	灌溉	供水	发电
			保护城镇及工矿 企业的重要性	保护农田 /10 ⁴ 亩	治涝面积 /10 ⁴ 亩	灌溉面积 /10 ⁴ 亩	供水对象 重要性	装机容量 /10 ⁴ kW
I	大(1)型	≥10	特别重要	≥500	≥200	≥150	特别重要	≥120
II	大(2)型	10~1.0	重要	500~100	200~60	150~50	重要	120~30
III	中型	1.0~0.10	中等	100~30	60~15	50~5	中等	30~5
IV	小(1)型	0.10~0.01	一般	30~5	15~3	5~0.5	一般	5~1
V	小(2)型	0.01~0.001		<5	<3	<0.5		<1

注:1. 水库总库容指水库最高水位以下的静库容;2. 治涝面积和灌溉面积均指设计面积。

我国是世界上水库大坝最多的国家,根据水利部和国家统计局 2013 年发布的《第一次全国水利普查公报》统计资料,我国共有水库 98002 座,总库容 9323.12 亿 m³。其中已建水库 97246 座,总库容 8104.10 亿 m³,在建水库 756 座,总库容 1219.02 亿 m³。从水库规模上划分,全国共有大型水库 756 座,占比 0.8%,其中大(1)型水库 127 座,大(2)型水库 629 座;中型水库 3938 座,占比 4.0%;小型水库 93308 座,占比约 95.2%,其中小(1)型水库 17949 座,小(2)型水库 75359 座。我国水库按规模统计见图 1.1.1。

大坝是挡水建筑物的代表形式,一般分为混凝土重力坝、混凝土拱坝、土石坝等。据不完全统计,截至 2008 年,我国坝高在 30 m 以上的水库大坝有 5200 余座,100 m 以上的有 142 座,其中面板堆石坝 45 座,重力坝 20 座,拱坝 24 座,粘土心墙土石坝 24 座。近几年,我国水利水电建设和坝工技术更是得到了快速发展,大坝坝型和最大坝高不断发展与更新。目前,我国已建成最高的混凝土面板坝为 233 m(水布垭大坝)、混凝土重力坝为 181 m(三峡大坝)、混凝土拱坝为 305 m(锦屏一级)、碾压混凝土重力坝为 216.5 m(龙滩大坝)、碾压混凝土拱坝为 167.5 m(万家口子大坝)、土石坝为 314 m(双江口大坝,在建)、沥青心墙坝为 124.5 m(冶勒大坝),这些工程均代表了当代世界先进的筑坝技术和水平。

水库大坝在防洪、发电、供水、灌溉等方面发挥了巨大的社会效益和经济效益,对国民经济

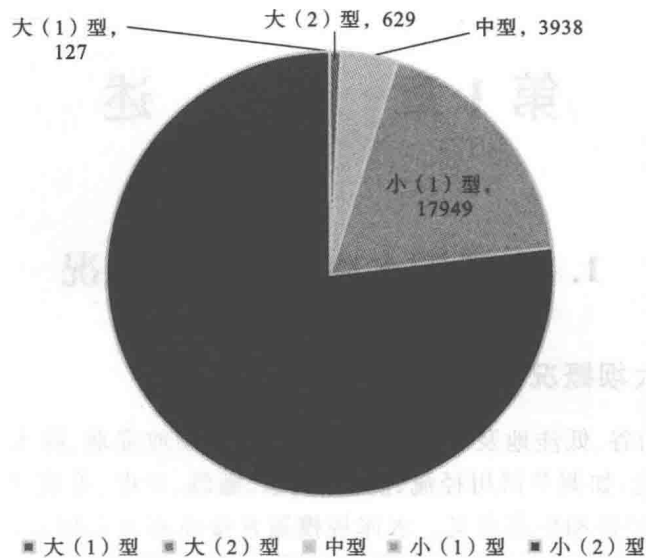


图 1.1.1 我国不同规模水库统计图

发展和社会安定起到了巨大作用。我国水库大多建于 20 世纪 50—70 年代,由于历史原因,大量水库存在病险情和不安全因素,对水库所在地区构成潜在威胁。随着国民经济的持续发展和人口不断增长,水库大坝安全在社会经济和国家安全稳定中的地位越来越突出。近几年,我国对病险水库进行了系统性的除险加固,水库大坝安全保障得到了极大提高,但水库大坝安全管理依然不能掉以轻心。因此,加强水库大坝管理,充分发挥工程效益,防止和减少事故发生,保障人民群众生命财产安全,不仅是各级政府部门和水库大坝管理机构至关重要的工作,也是社会公众共同关注的重大公共安全课题。

1.1.2 水库大坝管理概况

水库大坝管理就是采取法律、行政、技术和经济措施,合理组织水库的建设与运行,保证水库安全,满足经济社会发展对水库综合效益的需求。我国水库的管理分为水库工程建设管理和水库大坝运行管理,水库工程建设管理是对水库建设管理工作的总称,包括建设行政管理和建设项目管理。水库大坝运行管理是对建成后水库大坝管理工作的总称。

水库大坝运行管理的基本任务是:保证水库安全运行,防止溃坝;充分发挥水库的综合效益;对工程进行维修养护,防止和减缓工程老化、库区淤积、自然和人为破坏,延长水库使用年限;加强队伍建设,不断提高水库大坝管理水平。水库大坝运行管理目标就是在水库建设、运行与报废全过程中体现安全、效益和质量。

水库大坝管理的发展方向是:实现水库大坝管理的规范化、法制化、智能化和信息化;工程安全监测、水雨情测报、评估与维护等模型不断发展和完善;水库维修养护技术被更广泛应用。

我国十分重视水库大坝管理工作,经过不断的发展,在管理机构、法规制度、管理手段等方面建立了一套适合我国国情并不断完善的水库大坝管理体系。

1) 建设管理发展历程

中华人民共和国成立后,水库大坝管理在法规制度、管理手段等方面大致分为以下三个阶段。

(1) 重建轻管(20 世纪 50—70 年代)

我国大多数水库均在该阶段建设完成,受当时资金和技术等因素的制约,相当一部分水库未执行基本建设程序,存在防洪标准低、工程质量差等安全隐患问题,加上管理维护不及时等不利因素,致使水库大坝不能安全有效运行,形成了大量的病险水库。

从 1954 年有溃坝记录以来,全国共发生溃坝 3515 座,其中小型水库占 98.8%。我国历史上出现了两次溃坝高峰,一次是 1960 年前后 3 年间,共计溃坝 507 座,另一次在 1973 年前后,1973、1974、1975 年,溃坝数分别达到 554 座、396 座和 291 座。我国溃坝情况见图 1.1.2。

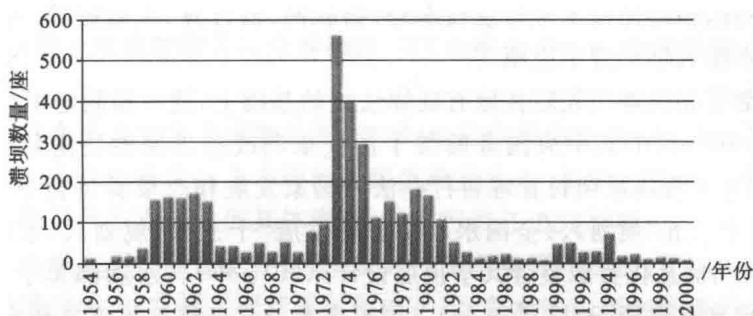


图 1.1.2 1954—2000 年溃坝情况

(2) 注重工程安全(20 世纪 80—90 年代)

随着经济发展和社会进步,特别是“75·8 板桥、石漫滩溃坝事故”引起了党中央和国务院对水库安全的高度重视,“工程安全”的理念逐渐发展起来。

一方面,国家有关部门不仅制定了 PMF(probable maximum flood)洪水标准,而且开始进行大坝安全评价和加固。1986 年,原水利电力部确定对第一批 43 座全国重点病险水库进行除险加固,标志着全国病险水库除险加固工作的全面展开。1998 年长江、松花江和嫩江流域特大洪水后,中央加大了资金投入,对大型和重点中型病险水库进行除险加固。

另一方面,国家加强了对水库大坝的管理,逐步建立起覆盖全国的多层级的水利管理组织架构,逐步从行政管理过渡到制度管理,大坝安全法规制度得到不断完善。1988 年 1 月 21 日,第六届全国人民代表大会常务委员会第 24 次会议通过了《中华人民共和国水法》,该法律文件是水库大坝管理遵循的最高位法。国务院根据《中华人民共和国水法》,为加强水库大坝安全管理,保障人民生命财产和社会主义建设的安全,于 1991 年 3 月 22 日颁布了《水库大坝安全管理条例》(国务院令 77 号)。这是大坝安全管理的专门法规,是水库大坝管理法规体系的核心,为水库大坝安全提供了法规保障。为了做好防汛抗洪工作,保障人民生命财产安全和经济建设的顺利进行,国务院于 1991 年 7 月 2 日颁布了《中华人民共和国防汛条例》(国务院令 86 号)。水利部为了加强水库大坝管理,保证水库的正常运行,充分发挥水库的综合效益,先后制定了《水库工程管理通则》(SLJ 702—1981)、《混凝土坝安全监测技术规范》(SDJ 3336—1989)、《土石坝安全监测技术规范》(SL 60—1994)、《防洪标准》(GB 50201—1994)、《土石坝安全监测资料整编规程》(SL 169—1996)、《水库工程管理设计规范》(SL 106—1996)、《土石坝养护修理规程》(SL 210—1998)、《混凝土坝养护修理规程》(SL 230—1998)等水库大坝管理相关的规程规范,逐步形成了较为完善的规程规范体系。

1995 年 3 月,水利部发布了《水库大坝安全鉴定办法》,此后水库大坝安全鉴定成为规范、严格的病险水库认定方法。据《全国病险水库除险加固专项规划报告》(2001)统计,全国共有病险水库 30433 座,其中水利系统管辖的病险水库 30413 座,约占水利系统管辖水库总座数的

36%。水利系统管辖的病险水库中大型水库 145 座,中型水库 1118 座,小(1)型水库 5410 座,小(2)型水库 23740 座。水库大坝的病险问题大大削弱了水库拦蓄、调配能力,严重影响了水库效益发挥,同时也给下游城镇、交通干线等设施造成严重威胁,一旦失事,将给人民生命财产带来巨大损失,给社会稳定和国民经济发展带来很大的负面影响。

(3) 管理信息化(2000 年至今)

进入 21 世纪,我国水库大坝管理信息化实现了飞跃式发展。信息系统除了采用电子测量技术、自动控制技术、计算机网络技术、数据库技术、人工智能、辅助决策、遥感技术、地理信息系统、全球定位系统、多媒体技术等信息技术外,物联网、云计算、大数据和“互联网+”等最新信息技术逐渐在水库大坝管理中应用。

国家和水利部等相关部门先后在原有法律法规的基础上,进一步制定了《国家信息化发展战略(2006—2020 年)》、《中共中央国务院关于加快水利改革发展的决定》(2010 年 12 月 31 日)、《国家电子政务工程建设项目管理暂行办法》(国家发展和改革委员会令第 55 号)、《全国水利信息化发展“十二五”规划》、《全国水利信息化发展“十三五”规划》、《水利信息化顶层设计》(2010 年)、《水利信息化资源整合共享顶层设计》(2015 年)、《水利部关于加强水库大坝安全监测工作的通知》(水建管[2013]250 号)、《国家突发公共事件总体应急预案》、《国家防汛抗旱应急预案》、《关于加强水库安全管理工作的通知》(水建管[2006]131 号)等政策规划,加强了水库大坝管理信息化工作。

水利部新编了《水利信息系统可行性研究报告编制规定》(试行)(SL/Z 331—2005)、《水利信息系统项目建议书编制规定》(SL/Z 346—2006)、《水利系统通信运行规程》(SL 306—2004)、《水利信息网运行管理规程》(SL 444—2009)、《水利信息数据库表结构及标识符编制规范》(SL 478—2010)、《水利水电工程水文自动测报系统设计规范》(SL 566—2012)、《大坝安全监测仪器安装标准》(SL 531—2012)、《水利信息化项目验收规范》(SL 588—2013)、《水文监测数据通信规约》(SL 651—2014)、《水利工程建设与管理数据库表结构及标识符》(SL 700—2015),修订了《土石坝安全监测技术规范》(SL 551—2012)、《混凝土坝安全监测技术规范》(SL 601—2013)等技术规范,进一步完善了信息化方面的要求。

目前,在以人为本的水库大坝管理理念统领下,“工程风险”“工程措施与非工程措施相结合”“制度化、人文化管理”“预防管理”“危机管理”等新理念已融入水库大坝管理信息化中来。以云(计算)、物(联网)、大(数据)、智(慧城市)、互(联网+)为代表的新技术新业态迅速兴起,不断推动全世界、各行业发生深刻变革。

2) 管理机构

大坝安全管理实行从中央到地方分级负责的管理体制,管理机构可分为水行政管理、技术管理和运行管理三类。各级防汛抗旱指挥机构参与水库大坝管理相关工作,科研、教学和设计单位为水库大坝管理提供技术支撑服务。

水行政管理机构包括国务院水行政主管部门、流域管理机构、地方各级水行政主管部门,遵照有关法律法规,在满足经济社会发展对水库的需求基础上,根据保障工程、公众、环境等要求,水行政管理机构对水库大坝实施监督管理。各级防汛抗旱指挥机构在汛期组织水库防汛工作,下达调度指令。

技术管理机构指各级水行政主管部门设置的水库大坝管理相关事业单位,受政府委托承担一定的水库大坝管理行政职能,是政府职能的延伸,如各级大坝安全管理中心、水利工程管理总站、水利工程管理局等。

运行管理机构即水库业主(法人)设立的管理单位,负责工程维修养护、执行调度指令和日常运行管理。

我国大部分水库属国家所有,由各级水行政主管部门代表同级人民政府行使业主职责。一部分小型水库为农村集体所有,水库业主为劳动群众集体(村民委员会),一般由其上级主管部门(乡镇人民政府)代行使业主职责。在社会主义市场经济建设过程中,出现了各种经济组织或个人所有的水库,这些水库按照有关法规,由业主(法人)对水库大坝的运行与安全负全面责任。

3) 管理制度

水库大坝管理制度包括安全管理、注册登记、调度运用、防汛抢险、风险管理、安全监测、维修养护、安全鉴定、除险加固和降等报废等制度,是《水库大坝安全管理条例》所要求的水库安全管理基本制度。

安全管理按照《水库大坝安全管理条例》规定,水库大坝安全责任制是以地方政府的行政首长负责制为核心,并逐级落实每个水库的同级政府责任人、水库主管部门责任人和水库大坝管理单位责任人,明确各类责任人的具体责任,并实行责任追究制度。

注册登记是《水库大坝注册登记办法》要求的一项基本管理制度,是认定水库社会存在,接受安全监管,明确管理职责,掌握工程情况的根本手段,是水库法制化管理的基础性工作。

调度运用是《综合利用水库调度通则》等有关法规和技术标准要求的一项管理制度,是合理调度运用,充分发挥效益,保障工程安全的重要制度,是实现水库综合效益目标的基本工作。

防汛抢险是水库汛期水情测报、工程检查、防汛调度、抢险救护等安全度汛工作的综合要求,是汛期水库大坝安全防范和处置工作的重点。

风险管理是在防汛抢险应急预案的基础上,按照《国家突发公共事件总体应急预案》、《水库大坝安全管理应急预案编制导则》(SL/Z 720—2015),针对水库突发事件制定的应急预案,是提高应对水库大坝突发事件能力的重要保障。

安全监测是对水库大坝工程实施巡视检查、仪器监测、资料分析、反馈调度的一个重要的安全监控措施,在汛期、洪水、地震、工程存在病险、高水位运用等情况下尤应加强。

维修养护是对水库工程进行日常维护、汛前汛后加固处理、大修岁修的一项工程维护措施,是减缓工程老化、提高工程安全性能、改善工程形象面貌的重要工作。

安全鉴定是《水库大坝安全鉴定办法》(水建管[2003]271号)要求的大坝安全管理的一项重要制度,是掌握和认定水库安全状况,采取合理调度、控制运用、除险加固或降等报废等措施的主要依据。自1995年该办法发布并经2003年修订以来,水库大坝安全鉴定工作从试点逐步走向成熟,为水库大坝安全管理和病险水库除险加固工程建设做出了积极贡献。

除险加固是针对病险水库即鉴定结论为三类坝的水库,采取的减除水库病险危害的工程措施,其顺利实施是水库业主的基本职责,也是政府安全监管的重要内容。经过历年特别是1998年以来的成规模的除险加固工程建设,我国的水库大坝安全总体状况得到了极大改善。

降等报废是在工程老化病险严重,工程效益衰减或丧失,加固处理技术经济不合理等情况下,为保证工程安全,落实安全职责,而对水库大坝工程采取的一项重要的安全监管措施。

4) 信息化设施

根据水利部《2014年全国水利发展统计公报》,全国共有各类水文测站93617处,其中国家基本水文测站3172处,专用水文测站1710处,水位测站9890处,雨量测站46980处,蒸发测站21处,墒情测站1927处,水质测站12869处,地下水监测站16990处,试验测站58处。全国共有向县级以上防汛指挥部门报送水文信息的各类水文监测站43539处,发布预报的各处水文测站

1389 处。已建成水环境监测(分)中心 297 个,水质监测基本覆盖了全国主要江河湖库。

省级以上水利部门水利信息网络的各种类型 PC 数量达到 79551 台,服务器 3511 套;省级以上水利部门已配备的各类在线存储设备存储能力达到 3939380 GB。省级以上水利部门可接收信息的各类水利信息采集点 110152 个,其中自动采集点 78780 个,正常运行的数据库达 858 个,存储的数据量达到 430588 GB。

根据 2012 年水利部、国家电监会、国家能源局、国家安全生产监督管理总局四部委联合开展的全国大型水库大坝安全调研情况,全国水利行业 311 座大型水库中,平均每座水库有测点 248 个,96%的水库具有监测数据,73%的水库建立了自动化系统,72%的水库建立了监测数据库,大型水库大坝管理信息化工作总体充分。

由于存在水库数量巨大、分布广泛,水库大坝管理业务工作量大、专业性强,管理单位专业技术人员缺乏、运行管理资金有限等制约因素,水库的安全和高效管理面临着巨大挑战,水库的管理水平和效率难以满足水库大坝管理现代化的要求。水库大坝管理单位亟需利用实用的、专业的非工程措施技术手段,实现水库由粗放管理向精细化管理转变,由传统人工管理为主向水利现代化管理为主转变,而信息化技术是实现以上转变的最佳技术方案。为此,有必要对水库大坝管理信息化进行研究,对水利信息化发展进行探讨,对水库大坝管理信息化进行系统的梳理和总结,为我国水库大坝的安全运行尽绵薄之力。

1.2 水库大坝管理业务范畴分类

水库大坝管理按业务范围可分为安全监测、水雨情测报、水库调度管理、风险评估与应急管理、日常运行管理等系统。

1.2.1 安全监测

安全监测为掌握大坝运行性态,指导工程施工、运行,反馈设计,降低大坝风险提供了保障。通过观测仪器和设备,大坝安全监测及时取得反映大坝和基岩性态变化以及环境的各种数据,分析出大坝的安全程度,及时发现异常状态,必要时采取相应的措施以保证大坝的安全运行。

安全监测范围包括坝体、坝基、坝肩、对大坝安全有重大影响的近坝区岸坡以及与大坝安全有直接关系的其他建筑物和设备。监测项目见表 1.2.1。

表 1.2.1 大坝安全监测项目表

监测类别	监 测 项 目	
	混凝土坝	土石坝
现场检查/ 巡视检查	坝体、坝基、坝肩及近坝库岸	坝体、坝基、坝区、输泄水洞(管)、 溢洪道、近坝库岸
环境量	上、下游水位	上、下游水位
	气温、降水量	降水量、气温、库水温
	坝前水温	坝前泥沙淤积及下游冲刷
	气压	冰压力
	冰冻	
	坝前淤积、下游冲淤	

续表

监测类别	监 测 项 目	
	混凝土坝	土石坝
变形	坝体表面位移	坝体表面变形
	坝体内部位移	坝体(基)内部变形
	倾斜	防渗体变形
	接缝变化	界面及接(裂)缝变形
	裂缝变化	近坝岸坡变形
	坝基位移	地下洞室围岩变形
	近坝岸坡变形	
	地下洞室变形	
渗流	渗流量	渗流量
	扬压力	坝基渗流压力
	坝体渗透压力	坝体渗流压力
	绕坝渗流	绕坝渗流
	近坝岸坡渗流	近坝岸坡渗流
	地下洞室渗流	地下洞室渗流
	水质分析	
应力、应变及温度	应力	孔隙水压力
	应变	土压力(应力)
	混凝土温度	混凝土应力应变
	坝基温度	
地震反应监测	地震动加速度	地震反应
	动水压力	
水力学监测	水流流态、水面线	水流
	动水压力	
	流速、泄流量	
	空化空蚀、掺气、下游雾化	
	振动	
	消能及冲刷	

自动化安全监测是发展趋势,是水利信息化的结果。水库大坝安全自动监控系统包括在线监控系统和离线监控系统,其智能性的数据处理使大坝安全监控更为有效。自动化监测实现各种监测数据自动采集、整编、分析以及智能评判,及时发现大坝异常状况,以便管理人员及时采取处理措施。自动化监测主要有以下优点:观测成果准确可靠,可避免人为误差;可大量节省用于观测、绘图、计算、维护的人工费用;提高管理效率和水平,在保证大坝安全运行方面的优越性显著。

1.2.2 水雨情测报

水雨情测报内容主要包括:水位、雨量、流量、流速、蒸发、泥沙、冰凌、墒情、水质等。

在 20 世纪 60 年代,欧美和日本等国家已经开始进行水情自动测报研究。20 世纪 70 年代,欧美国家开始生产第一代的水雨情自动测报系统,其产品特点为结构复杂、体积大、协同性差,主要是由分立元件组成,但已经能够实现很多基本功能。随着技术不断发展,20 世纪 70 年代末开始研制开发出了体积小、可靠性高的集成电路的第二代水雨情自动测报系统,与此同时通信方式也有了很大发展。20 世纪 80 年代,随着电子信息技术的发展,自动化的水情遥测技术开始广泛使用。进入 20 世纪 90 年代,水情测报系统开始采用中心站和远程测站协同工作的方式。国外用于水情自动测报系统的传感器不但技术较先进,而且种类丰富。

20 世纪 70 年代之前,我国的水情测报采用人工方式通过电话或者电报传送水情数据,由于站点数量不多以及地形地貌条件的影响,常常达不到预定的测报要求。而且采用电话或者电报方式传送,会受到气候条件的制约,通信信号受阻、延迟甚至断线等现象时有发生,严重影响了洪水预报的时机,延误了水资源的调度工作。

1977 年底,我国开始研发水情自动测报系统,经过五年左右时间,研制出第一批水情自动测报系统,由分立元件组成,技术水平远落后于国外同时期的水平。这些早期的水情测报系统,由于工艺落后,电子元件稳定性较差且维护很不方便,现已全部被淘汰。

20 世纪 80 年代初期,水情自动测报系统不断改进,主要采用大规模集成电路。20 世纪 80 年代末期,我国自主研发的水情自动测报系统的可靠性、稳定性有了很大提高。

随着网络通信技术的飞速发展,水情自动测报系统的通信方式也有了很大发展。20 世纪 70 年代至 80 年代中期,我国的数据通信主要依靠从国外进口的无线超短波设备。到了 20 世纪 80 年代中后期,我国开始自主研发超短波的遥测设备,并广泛应用到水情自动测报系统中。20 世纪 90 年代开始出现卫星通信、PSTN 有线通信等多种通信方式。进入 21 世纪,移动通信技术发展迅速,GSM 短消息和 GPRS 无线传输方式在实际中开始广泛使用。

1.2.3 水库调度管理

水库调度管理是在确保水库安全的前提下,对水库进行合理调度运用,以实现最大综合效益的一种科学管理手段,是水库大坝管理的中心环节^[9]。

水库调度包括防洪调度与兴利调度两个方面。目的是在保证水库安全的前提下充分发挥水库效益,实现预定的调度目标。

水库防洪调度是指利用水库的调蓄作用和控制能力,有计划地控制调节洪水,以避免下游防洪区的洪灾损失,并确保水库安全。防汛的主要任务是采取有效防御措施,把洪水灾害损失减少到最小,以最大限度保障经济建设的顺利发展和人民生命财产的安全。水库兴利调度是指对天然来水、用水、水库调蓄水三者之间的关系进行定量分析,以确定合理的蓄水放水方式,达到充分利用水资源、最大限度发挥兴利效益的目的。

水库调度管理的主要内容包括:编制水库调度方案和运行计划,及时掌握、处理、传递水文气象和社会经济及综合利用等基本情况,为水库调度工作提供可靠依据^[10]。

水库调度的理论与方法是随着 20 世纪初国外水库的大量兴建而逐步发展起来的,并逐步实现了综合利用和水库群的水库调度。在调度方法上,1926 年,苏联 A. A. 莫洛佐夫提出水库调配调节的概念,并逐步发展形成了水库调度图,这种图至今仍被广泛应用。20 世纪 50 年代

以来,由于现代应用数学、径流调节理论、电子计算机技术的迅速发展,使得以最大经济效益为目标的水库优化调度理论得到迅速发展与应用。随着各种水库调度自动化系统的建立,使水库实时调度达到了较高的水平。

我国大中型水库普遍编制了年度调度计划,部分管理单位还编制了较完善的水库调度规程,研究拟定了适合本水库的调度方式,逐步由单一目标的调度走向综合利用调度,由单独水库调度开始向水库群调度方向发展,考虑水情预报进行的水库预报调度也有不少实践经验,使水库效益得到进一步发挥。对于多沙河流上的水库,为使其能延长使用年限而采取的水沙调度方式已经取得了成果。由于水库的大量兴建,对水库优化调度也在理论与实践上做了探讨。在中国,丹江口水利枢纽、三门峡水利枢纽等水库的调度工作都积累了不少经验。

1.2.4 风险评估与应急管理

水库大坝突发事件是指突然发生的,可能造成重大生命、经济损失和严重社会环境危害,危及公共安全的紧急事件,一般包括:

① 自然灾害类。如洪水、上游水库大坝溃决、地震、地质灾害等。

② 事故灾难类。如因大坝质量问题导致的滑坡、裂缝、渗流破坏而引起的溃坝或重大险情;工程运行调度、工程建设中的事故及管理不当等导致的溃坝或重大险情;影响生产生活、生态环境的水库水污染事件。

③ 社会安全事件类。如战争或恐怖袭击、人为破坏等。

④ 其他水库大坝突发事件。

国外早在20世纪90年代就开始了对应急管理的研究。为了保护下游地区免受大坝失事或泄水的危害,美国大坝业主和管理部门都要求必须制定简洁明了的应急预案。应急预案作为大坝安全应急管理的主要内容,包括通知流程图,业主和地方政府责任,突发事件的确定、评价和定级,通知顺序,预防措施,淹没图等。美国内务部垦务局曾提出了一项安全预警和应急撤离的实施方案,研究了大坝一旦发生突发事件时的应对策略,提供了风险图和其他技术资料,并帮助地方应急机构制定、修改和落实应急预案。加拿大要求失事可能造成生命损失和预警可以减轻上下游损失的任何大坝都编制、测试、发布并维护应急预案,并明确了大坝业主、运行管理人员、大坝安全机构、当地政府、防汛机构、消防部门、军队、警察等机构或人员的各自责任,以便在危急时刻及时调动和联络。法国特别强调,要求高于20 m的大坝或者库容超过1500万 m^3 的水库必须制订应急预案,并提交关于溃坝后库水的淹没范围、冲击波到达时间和淹没持续时间的研究报告,制定相应的居民疏散撤离计划。《葡萄牙大坝安全条例》(1990)要求业主必须提交有关溃坝所引起的洪水波传播的研究报告,编制应急处理计划。

我国近年来也开始深入开展应急管理方面的研究。2006年3月,国家防汛抗旱总指挥部办公室在遵循《国家有关部门和单位制定和修订突发公共事件应急预案框架指南》(2004年,国务院办公厅)和《国家突发公共事件总体应急预案》(2006年,国务院)的基本原则基础上颁布了《水库防汛抢险应急预案编制大纲》;2015年9月,水利部颁布了《水库大坝安全管理应急预案编制导则》(SL/Z 720—2015)。

水库可能出现的突发险情种类有:超标准洪水和突发性洪水导致的漫坝、溃坝;地震、战争或恐怖事件导致的拦河坝裂缝、渗漏管涌、溃决及溢洪道设施的毁坏。如拦河坝出现裂缝、渗漏管涌,应立即进行抢险处理;如发生漫坝、溃坝及溢洪道设施的毁坏,将直接导致下游人民生

命财产的重大损失。为了在水库大坝发生突发安全事件时避免或减少损失,提高水库大坝管理单位及其主管部门应对突发事件的能力,降低水库风险,力保水库工程安全,水库大坝管理单位应及时编制《水库大坝安全管理应急预案》。

1.2.5 日常运行管理

水库大坝日常运行管理工作主要包括工程的维修养护、水库大坝管理考核、安全生产管理、工程档案管理以及办公管理等内容。

(1) 维修养护

为了保证大坝等水工建筑物、地下洞室、边坡和监测设施的正常使用,需对它们进行保养和防护。当以上建筑物或设施发生损坏、性能下降以致失效时,为使其恢复到原设计标准或使用功能,需采取各种修补、处理、加固等措施。

养护工作应做到及时消除工程的表面缺陷和存在的工程问题,随时防护可能发生的损坏,保持工程的安全、完整、正常运行。养护分为经常性养护、定期养护和专门性养护。经常性养护是在日常巡视检查、年度检查或特别检查过程中发现缺陷与隐患后,能够及时进行处理养护。定期养护是为了维持水工建筑物、地下洞室、边坡和设施等安全运行而定期进行的养护,包括年度养护、汛前养护、冬季养护等。专门性养护是为了保证水工建筑物、地下洞室、边坡和设施等某个组成部分所具备的特定功能正常发挥而进行的针对性养护。

修理分为及时性维修、岁修、大修和抢修。岁修是每年有计划地对各个水工建筑物、地下洞室、边坡和设施等进行的修理工作。大修是当水工建筑物、地下洞室、边坡和设施等出现影响使用功能和存在结构安全隐患时,而采取的重大修理措施。抢修是当水工建筑物、地下洞室、边坡和设施等出现重大安全隐患时,必须在尽可能短的时间内暂时性消除隐患而采取的突击性修理措施。

(2) 管理考核

2003年5月,为推进水利工程管理规范化、法制化、现代化建设,提高水利管理水平,确保水利工程运行安全和充分发挥效益,水利部颁布了《水利工程管理考核办法》(试行)及其考核标准(水建管[2003]208号)。2008年6月,水利部根据需要对该办法进行了修订,颁布了《水利工程管理考核办法》(水建管[2008]187号),为水利工程管理单位(指直接管理水利工程,在财务上实行独立核算的单位,以下简称水管单位)的管理考核提供了标准和依据。

考核内容包括组织管理、安全管理、运行管理和经济管理四类。水利工程管理考核工作按照分级负责的原则进行。水利部负责全国水利工程管理考核工作。县级以上地方各级水行政主管部门负责所管辖的水利工程管理考核工作。流域管理机构负责所属水利工程管理考核工作;部直管水利工程管理考核工作由水利部负责。水利工程管理考核实行千分制。水管单位和各级水行政主管部门依据水利部制定的考核标准对水管单位管理状况进行考核赋分。

水管单位需根据考核标准每年进行自检,并将自检结果报上一级水行政主管部门。上一级水行政主管部门应及时组织考核,并将考核结果反馈给水管单位,水管单位应采取相应措施,加强整改,努力提高管理水平。

此外,日常运行管理还包括安全生产管理、工程档案管理以及办公管理等内容。因此,为推动水库安全管理行业技术进步,提升水库大坝管理水平,有必要将水库日常运行业务进行管理信息化。