



A Study on Reservoir Dam Defects and Breaches in China

水库大坝病险和溃坝 研究与警示

◎ 张建云 杨正华 蒋金平等 编著



科学出版社

水库大坝病险和溃坝研究与警示

张建云 杨正华 蒋金平等 编著

南京水利科学研究院出版基金资助

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书针对我国水库大坝病险和溃坝的突出问题,通过大量水库大坝病险和溃坝的案例,研究了土石坝老化过程和评估方法,分析了水库溃坝机理和规律,总结了土石坝渗流安全、大坝抗震安全等方面的经验和教训,介绍了小型水库安全管理和水库大坝应急预案编制的要求,较系统地总结了我国病险水库和溃坝防治经验和成果。

全书共分为9章,包括概述、病险水库分析与评估、水库溃坝分析、病险水库除险加固溃坝警示、土坝渗流安全与对策、土石坝抗震安全与对策、小型水库安全管理及水库大坝突发事件应急预案编制、溃坝案例附录等。

本书内容丰富,案例介绍与规律分析相结合,理论阐述与经验总结相结合,给出水库大坝病险和溃坝防治的警示和启迪,对水库大坝安全管理具有重要的参考价值。可供水利水电工程设计、施工、管理和其他工程技术人员使用,也可供有关高等院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

水库大坝病险和溃坝研究与警示/张建云等编著. —北京:科学出版社, 2014. 6

ISBN 978-7-03-039827-7

I. ①水… II. ①张… III. ①水库-大坝-安全-研究 IV. ①TV698.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第030419号

责任编辑:刘燕春 周 丹 / 责任校对:李 影

责任印制:肖 兴 / 封面设计:许 瑞

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014年6月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2014年6月第一次印刷 印张:18 3/4

字数:445 000

定价:98.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《水库大坝病险和溃坝研究与警示》

编写人员名单

参编人员： 张建云 杨正华 蒋金平 葛从兵 刘嘉炘
 李君纯 袁 辉 董福昌 张士辰 孙东亚
 高大水 孟波波 傅琼华 刘 岩 徐光磊
 范子武 彭雪辉 陈 剑 周克发 王晓航

全书统稿： 张建云 杨正华 蒋金平

前言

新中国成立以来,在党和政府领导下,我国水利水电建设事业取得了举世瞩目的成就,建成了一大批具有防洪、供水、发电等综合功能的水库大坝,在保障防洪安全、供水安全、粮食安全、能源安全和生态安全等方面发挥了重大作用。我国现有水库总数 98 002 座,坝高 100m 以上大坝 141 座,已建、在建 200m 以上特高坝 13 座,最高坝锦屏一级混凝土拱坝 305m,为世界最高坝,位居世界首位。水库大坝安全涉及公共安全,事关人民群众生命财产安全,大坝安全历来是水库管理的重中之重。改革开放以来,我国水库大坝建设快速发展,筑坝技术先进,建设管理规范,工程质量较高,运行管理较为完善。但大量 20 世纪 50~70 年代建设的工程,由于特殊历史条件下建设速度快、安全标准低、工程质量差等形成的水库大坝病险问题仍然相对突出,历年特别是早期的水库溃坝问题教训深刻,依然对今天有很好的启示和警示作用。

我国水库大多建于 20 世纪 50~70 年代,受当时经济技术条件限制,工程建设标准低、质量差,加上管理经费长期投入不足,工程老化失修。病险水库数量大,安全隐患多,病险水库已成为我国大坝安全管理中的突出问题。经过近十几年的病险水库除险加固建设,大中型水库安全状况明显改善,但仍有大量小型病险水库亟待除险加固。随着工程应用时间增长,以及地震、极端气候条件频繁出现,每年还会产生一些新的病险水库。病险水库既是水库大坝安全管理中的薄弱环节、安全隐患问题,也是导致水库溃坝的重要原因之一。

溃坝是水库大坝的极端风险后果,世界水库大坝发展进程中,溃坝并导致生命财产重大损失的事件屡有发生,例如法国的玛尔帕塞大坝、美国的提堂大坝和巴西的卡马拉大坝分别于 1959 年 12 月、1976 年 6 月和 2004 年 6 月发生溃坝,造成了生命财产的惨重损失。我国这方面的教训也十分深刻,自 1954 年有较系统的溃坝记录以来,到 2012 年统计数据显示,全国共发生水库溃坝 3520 座,年均 59.7 座。其中 1959~1961 年和 1973~1975 年是水库溃坝的两个高发期,年均溃坝分别达 155 座和 380 座。改革开放以来,水库大坝安全管理各项工作逐步规范,水库溃坝事件明显减少,1980~2012 年的 33 年间溃坝 606 座,年均 18.4 座,年均溃坝率 1.88×10^{-4} ,已经达到世界公认的低溃坝率水平。进入 21 世纪,2000~2012 年的 13 年间仅发生水库溃坝 63 座,年均 4.8 座,年均溃坝率仅为 0.49×10^{-4} 。我国水库溃坝也造成过重大人员伤亡。1975 年 8 月的暴雨洪水,导致河南板桥、石漫滩两座大型水库在内的 62 座大坝溃决,死亡 2.6 万人,是世界上迄今为止最为惨痛的溃坝事件;1993 年 8 月,青海沟后小(1)型水库溃坝,近 300 人丧生;2001 年 10 月,四川大路沟小(1)型水库溃坝,近 40 人伤亡。近年来,通过加强水库大坝安全与应急管理,水库溃坝造成的人员伤亡数量处于极低水平。

1998 年以来,国家投入大量资金开展了大规模的病险水库除险加固建设,一大批病险水库通过除险加固消除了安全隐患,改善了安全状况,提高了防洪与水资源调控能力,发挥了巨大的社会效益,但在除险加固过程中,少数工程也出现了一些在设计与建设方面的典型问题,带来新的安全隐患。2004 年 1 月 22 日正在除险加固工程建设

中的新疆生产建设兵团八一水库溃决, 2005 年 4 月 28 日除险加固竣工后的青海英德尔水库溃决, 2007 年 4 月 19 日完工后的甘肃小海子水库、2007 年 7 月 11 日加固中的内蒙古岗岗水库等发生溃坝事故。事故警示我们要高度重视病险水库除险加固工程质量与安全问题, 认真分析总结其中的经验教训, 全面加强前期工作、建设管理、工程质量、运行管理等环节工作, 采取切实有效的措施, 防止类似事件发生。

世界范围土石坝约占大坝总数的 83%, 我国土石坝占大坝总数的 93%。土石坝因就地取材、施工便利等优势而得到广泛采用, 在 20 世纪技术经济条件相对较差情况下修建的大量水库更多地利用了这种优势, 形成了我国土石坝比例高于世界平均水平的现象。进一步分析病险水库问题可以发现, 土石坝中的病险水库几乎均存在不同程度的渗流安全问题, 除险加固工程溃坝的最主要工程原因几乎也是渗流问题。2008 年 5 月 12 日, 四川省汶川县发生里氏 8.0 级地震, 8 个省市 2473 座水库出现不同程度的震损险情, 这次地震不仅改写了我国的局部地震区划, 也使我们更加关注水库大坝安全, 关注病险水库除险加固和震损水库修复重建中的水库大坝抗震安全问题。

小型水库占我国水库总数的 95%, 面广量大, 分布广泛, 直接服务于农业生产、农民生活和农村发展。相对而言, 小型水库质量差、标准低、老化失修、管理薄弱等问题更加突出, 小型水库安全管理问题、病险与溃坝问题也是整个水库大坝管理工作中的难点问题。

水库大坝应急预案编制是水库大坝安全管理的一项重要制度, 编制一份针对性、实用性和可操作性强的应急预案, 对加强水库大坝病险和溃坝防范, 特别对一旦出现水库大坝重大突发事件时避免和降低损失有重要意义。

为便于读者形象认识水库大坝病险和溃坝问题, 加深对本书内容的了解, 也为读者研究溃坝提供些许资料索引, 我们附录了部分水库溃坝案例。

本书在“十一五”国家科技支撑计划项目“水库大坝安全保障关键技术研究”第一课题“水库大坝病险与溃坝规律研究”有关研究成果基础上编写。南京水利科学研究院课题参加人员为本书的编写做了大量的资料整理和数据分析等工作, 长江水利委员会长江勘测规划设计研究院的高大水参加了第 2 章的编写, 中国水利水电科学研究院的孙东亚参加了第 3 章的编写, 江西省水库大坝安全管理中心的傅琼华参加了第 7 章的编写, 水利部安全监督司的刘岩参加了第 8 章的编写, 江苏南大先腾信息产业有限公司的孟波波为病险水库和溃坝信息管理与基础数据整理作出了贡献。衷心感谢南京水利科学研究院施伯兴、向衍、成荣亮和中国水利水电科学研究院的解家毕为本书编写提供重要资料和帮助, 衷心感谢参加课题研究和本书编写的所有人员, 衷心感谢提供资料的溃坝案例撰稿人。科学出版社编辑刘燕春、周丹为本书的出版做了大量细致的工作, 在此一并感谢。在成书过程中, 我们参阅大量文献, 在正文以著者-出版年形式注明出处, 在参考文献中尽量与其对应, 注明著者、出版年、文献名、出版机构等著录项目, 但很难全面列举, 在此, 向所有文献作者表示感谢。

希望本书的出版, 能给读者带来帮助和有益的启迪, 同时因为时间紧和作者水平有限, 书中难免出现遗漏重要案例、数据资料欠准确、分析表述不全面等问题, 敬请批评指正。

编 者

2014 年 2 月于南京

目 录

前言

第 1 章 概述	1
1.1 水库基本情况	1
1.2 病险水库问题	1
1.3 水库大坝溃坝情况	3
1.4 病险水库除险加固	5
1.5 水库安全管理要求	6
第 2 章 病险水库分析与评估	7
2.1 病险水库规律分析	7
2.2 水库病险成因分析	12
2.3 大坝老化病害分析	13
2.4 大坝老化评估指标体系	21
2.5 土石坝病害与险情分类	38
第 3 章 水库溃坝分析	42
3.1 水库溃坝资料分析	42
3.2 险情识别与报告	52
3.3 突发事件报告制度分析	59
第 4 章 病险水库除险加固溃坝警示	66
4.1 新疆八一水库溃坝调查分析	66
4.2 青海英德尔水库溃坝调查分析	68
4.3 甘肃小海子水库溃坝调查分析	70
4.4 内蒙古岗岗水库溃坝调查分析	74
4.5 病险水库除险加固溃坝警示	80
第 5 章 土坝渗流安全与对策	83
5.1 土坝的渗流安全问题	83
5.2 土坝渗流安全评价	92
5.3 土坝渗流安全监测	102
5.4 土坝渗漏隐患探测	111
5.5 土坝渗流安全对策	116
第 6 章 土石坝抗震安全与对策	127
6.1 土石坝震损案例分析	127
6.2 土石坝抗震安全计算方法简述	135
6.3 土石坝抗震经验与工程措施	137

6.4	“5·12”汶川地震中的水库震损分析·····	145
6.5	土石坝地震风险与安全对策·····	152
第7章	小型水库安全管理·····	155
7.1	小型水库管理状况·····	155
7.2	小型水库大坝安全评价·····	158
7.3	小型水库除险加固特点·····	161
7.4	小型水库降等与报废·····	162
7.5	小型水库安全管理重点·····	170
7.6	《小型水库安全管理办法》简介·····	172
第8章	水库大坝突发事件应急预案编制·····	175
8.1	水库大坝突发事件应急预案简述·····	175
8.2	应急预案运行机制与组织保障体系·····	180
8.3	应急预案编制关键技术·····	186
8.4	应急预案编制提纲·····	201
第9章	附录·····	205
9.1	河北省“63·8”洪水中5座水库溃坝情况·····	206
9.2	山东省水库溃坝分析·····	212
9.3	广西水库溃坝分析·····	216
9.4	甘肃省水库溃坝分析·····	221
9.5	1960年河南商城铁佛寺水库溃坝·····	223
9.6	1962年辽宁朝阳德力吉水库溃坝·····	225
9.7	1970年广东揭西横江水库溃坝·····	228
9.8	1975年河南板桥水库溃坝·····	231
9.9	1975年河南石漫滩水库溃坝·····	234
9.10	1975年河南平顶山田岗水库溃坝·····	238
9.11	1975年河南驻马店竹沟水库溃坝·····	239
9.12	1979年甘肃敦煌党河水库副坝溃坝·····	241
9.13	1993年青海共和沟后水库溃坝·····	243
9.14	1995年湖北通山小湄港水库溃坝·····	247
9.15	1997年湖北枣阳白水寺水库溃坝·····	249
9.16	1998年内蒙古通辽小河西水库溃坝·····	251
9.17	1998年内蒙古阿荣旗圣水水库溃坝·····	253
9.18	1998年福建建宁坑井水库溃坝·····	255
9.19	1998年黑龙江甘南四方山水库溃坝·····	257
9.20	1998年湖北丹江口小寨子河水库溃坝·····	259
9.21	1998年黑龙江依安阳春水库溃坝·····	262
9.22	1999年内蒙古多伦牛心山水库溃坝·····	264
9.23	2000年湖北来凤油菜田水库溃坝·····	266

9.24	2001 年四川会理大路沟水库溃坝	268
9.25	2002 年新疆喀什西克尔水库溃坝	270
9.26	2003 年内蒙古凉城五号河水库溃坝	273
9.27	2005 年甘肃高台天城湖水库溃坝	276
9.28	2006 年广西永福石灰厄水库溃坝	277
9.29	2007 年贵州丹寨马颈坳水电站库区山体溃决	280
9.30	2008 年广西横县三托水库溃坝	283
参考文献		288

水库大坝在防洪、供水、灌溉、发电、航运以及改善环境等方面发挥了巨大的综合效益，为保障经济社会可持续发展作出了重大贡献。本章从总体上介绍了我国的水库基本概况、病险水库问题、水库大坝溃坝情况、病险水库除险加固建设，以及洪水库大坝防汛和泄坝角度对大坝安全管理要求。

1.1 水库基本情况

我国的发展历史可以追溯到很久远，但现代水库建设起步较晚，现有水库基本上是 1949 年新中国成立后逐步修建的，其中一些年代出现过集中大规模建设现象。据 1936 年国际大型委员会统计，1949 年以前世界上建成的坝高 15m 以上的 1166 座大坝中，中国仅有 22 座。新中国成立以后，便展开了一系列大规模的水利工程建设，建成了一大批关系国计民生和经济社会发展全局的骨干工程。

据《第一次全国水利普查公报》(2013 年)，全国共有已建、在建水库 98 502 座(不含港澳台地区)，其中，大型水库 756 座(大(1)型 127 座，大(2)型 629 座)，中型水库 3933 座，小型水库 93 308 座(小(1)型 12 945 座，小(2)型 80 363 座)。全国水库总库容 8423.12 亿 m³，其中已建水库 97 246 座，总库容 8191.10 亿 m³，在建水库 756 座，总库容 1719.02 亿 m³。

水库的空间分布很不均匀，湖南、江西、广东、四川、湖北、云南等 6 省的水库数量就占全国水库总数的 45%，其中以湖南省水库最多，为 31 390 座，占全国水库总数的 15.5%。

从大坝坝型看，土石坝占绝大多数，世界范围土石坝占大坝总数的 88%，我国土石坝占大坝总数的 98%。土石坝因就地取材、施工便利等优势得到广泛采用，我国在 20 世纪技术经济条件相对较差情况下修建的大量水库更多地利用了这种优势，形成了我国土石坝比例高于世界平均水平的现象。

1.2 病险水库问题

我国水库工程大多始建于 20 世纪 50~70 年代，其中 50 年代、60 年代和 70 年代各建了约 28 800 座、19 400 座和 31 390 座水库，分别占现有水库总数的 19.8%、19.9%和 32.2%，30 年累计建成各类水库 79 590 座，约占水库总数的 81.7%，受当时

第1章 概述

水库大坝是调控水资源时空分布、优化水资源配置、防洪减灾的重要工程措施,是江河防洪工程体系的重要组成部分,是国民经济的重要基础设施。据第一次全国水利普查,到2011年年底,全国共有水库98 002座(不含港澳台地区),总库容9323.12亿 m^3 。水库大坝在防洪、供水、灌溉、发电、航运以及改善环境等方面发挥了巨大的综合效益,为保障经济社会可持续发展作出了重大贡献。本章从总体上介绍了我国的水库基本情况、病险水库问题、水库大坝溃坝情况、病险水库除险加固建设,以及从水库大坝病险和溃坝角度看大坝安全管理要求。

1.1 水库基本情况

我国的筑坝历史可以追溯到很久远,但现代水库建设起步较晚,现有水库基本上是1949年新中国成立后逐步修建的,其中一些年代出现过集中大规模建设现象。据1950年国际大坝委员会统计,1949年以前世界上建成的坝高15m以上的5196座大坝中,中国仅有22座。新中国成立以后,我国开展了大规模的水利工程建设,建成了一大批关系国计民生和经济社会发展全局的水库工程。

据《第一次全国水利普查公报》(2013年),全国共有已建、在建水库98 002座(不含港澳台地区),其中,大型水库756座(大(1)型127座,大(2)型629座),中型水库3938座,小型水库93 308座(小(1)型17 949座,小(2)型75 359座)。全国水库总库容9323.12亿 m^3 ,其中已建水库97 246座,总库容8104.10亿 m^3 ,在建水库756座,总库容1219.02亿 m^3 。

水库的省际分布很不均匀,湖南、江西、广东、四川、湖北、云南等6省的水库数量就占全国水库总数的55%,其中以湖南省水库最多,为13 300多座,占全国水库总数的15.6%。

从大坝坝型看,土石坝占绝大多数,世界范围土石坝占大坝总数约83%,我国土石坝占大坝总数的93%。土石坝因就地取材、施工便利等优势而得到广泛采用,我国在20世纪技术经济条件相对较差情况下修建的大量水库更多地利用了这种优势,形成了我国土石坝比例高于世界平均水平的现象。

1.2 病险水库问题

我国水库工程大多兴建于20世纪50~70年代,其中50年代、60年代和70年代各建了约28 800座、19 400座和31 300座水库,分别占现有水库总数的29.6%、19.9%和32.2%,30年累计建成各类水库79 500座,约占水库总数的81.7%。受当时

经济技术条件限制和“大跃进”、“文化大革命”等影响,工程基础资料短缺,经济发展调整较多,基本建设工程停建、缓建时有发生,导致“三边”工程多、“半拉子”工程多,工程建设标准低、质量差。加上管理经费长期投入不足,维修养护不到位,工程老化失修严重。“先天不足”、“后天失调”导致我国病险水库大量存在。

据 2001 年《全国病险水库水闸除险加固专项规划简要报告》统计^①,全国共有病险水库 30 433 座,属水利系统管辖的病险水库 30 413 座,占当时水库总数的 36.3%。其中,大型病险水库 145 座,占大型水库的 41.9%;中型病险水库 1118 座,占中型水库的 41.7%,小型病险水库 29 150 座,占小型水库的 36.1%。

病险水库的工程问题主要表现在以下方面:

(1) 建设标准低。一是防洪标准低,集中建设期(1950~1980 年)修建这些水库时,江河实测水文系列短,实测大暴雨、大洪水记录少,很多工程甚至没有水文资料,按现行方法、标准复核,很多水库的防洪标准不满足技术标准要求。二是安全标准低,随着国民经济和科学技术的发展,水库工程技术标准不断得到修订和完善,按新标准复核,很多水库工程的安全性偏低。三是防洪能力下降,北方地区特别是黄土高原地区,水土流失严重,河流含沙量高,造成部分水库淤积严重,水库防洪与兴利库容减少,实际抗御洪水标准低于设计标准,甚至低于部颁近期非常运用洪水标准^②。

(2) 工程质量差。上述集中建设期的水库工程质量差的主要原因:一是建设方式落后,大搞群众运动,建设程序简单,技术审查缺失。二是前期工作不足,前期工作薄弱,水文情况不明,地质情况不清。三是施工条件简陋,人工施工为主,基础处理困难,坝体填筑碾压难以达到设计要求。四是抢进度赶工期,多数工程的工期抢赶,“当年设计,当年施工,当年运行”成了典型工期安排。五是“半拉子”工程,很多工程是边勘察、边设计、边施工的“三边”工程,投资严重不足,频繁的停建、缓建造成不少“半拉子”工程。

(3) 老化失修。一是自然老化,随着运行时间增长,工程出现材料老化、结构破损和运用条件变化等状况,导致工程安全性和功能性不足。二是工程运行年限远远高于设计寿命,工程设计使用寿命可能确定为 50 年,淤积库容和金属结构设计使用年限通常为 30 年,这反映的是工程在低运行成本下维持设计条件运行的一般时间;工程运用后期老化加剧、功能下降,要求投入的更新维护费用快速增长。三是管理不善。水库管理体制与运行机制是长期计划经济体制下逐步形成的,水库管理体制不顺,运行机制不活,水库管理单位性质不清,职责不明,事企不分,影响了水库正常管理和效益的发挥。四是经费缺乏,大多数水库属公益性基础设施,主要承担防洪、灌溉等社会任务,管理单位缺少公共财政支持,运行管理经费严重不足,导致管理队伍不稳,工程维修养护缺失或不足。

① 水利部天津水利水电勘测设计研究院,水利部水利建设与管理总站.全国病险水库水闸除险加固专项规划简要报告[R],2001.11

② 水利部规章.印发《水利枢纽工程除险加固近期非常运用洪水标准的意见》的通知,水规[1989]21号

水库降等与报废情况也从侧面反映了工程存在的不足。通过对多个省市水库降等与报废情况调查发现,小型水库报废的主要原因:一是建设不当,规划设计不周,水文情况不明,工程选址不当,水库建成后长期不能蓄水兴利。二是工程损毁,水毁或其他灾害致使工程严重损坏。三是病险问题,工程隐患严重,加固处理技术经济不合理。四是淤积严重,库容远不足设计规模,甚至兴利库容淤满,难以采取工程措施处理。五是名不副实,缺乏技术工作,夸大水库规模,核实后予以降等或降为山塘。据不完全统计,截至2002年年底全国降等与报废的小型水库累计4846座,其中小(1)型水库降等366座,报废224座;小(2)型水库降等2836座,报废1420座。

1.3 水库大坝溃坝情况

人类在筑坝过程中,始终追求大坝的安全。然而,受地质、水文、设计、施工等不确定因素的影响,大坝安全问题和水库溃坝风险一直是无法回避的事实,溃坝并导致重大人员伤亡在世界范围内都有过惨痛教训。1889年美国19m高的South Fork土石坝溃决,死亡2209人;1943年德国40m高的Mohne重力坝溃决,死亡1200人;1976年93m高的Teton土石坝溃决(汝乃华,牛运光,2001),60万亩农田被淹,2.5万人无家可归;1959年法国66.5m高的Malpasset拱坝溃决,死亡421人;1963年意大利261.6m高的Vajont拱坝因库区滑坡涌浪翻越坝顶(汝乃华,牛运光,1995),死亡近2000人;1979年印度43.3m高的Machhu II土石坝溃决,死亡3000人。美国有记录以来发生溃坝1090座,仅1999年和2000年两年就溃坝70座。

我国水库溃坝的教训也十分深刻。1975年8月,河南特大洪水导致板桥、石漫滩、竹沟、田岗等大中型水库相继溃坝失事,死亡2.6万人,是世界上迄今为止最为惨痛的溃坝事件;1993年8月,青海沟后小(1)型水库溃坝,近300人丧生;2001年10月,四川大路沟小(1)型水库溃坝,近40人伤亡。据统计,1991~2006年16年间,全国因水库溃坝死亡479人,年均29.9人,水库溃坝死亡人数约占同期因洪涝灾害死亡人数的1%。近年来,通过加强安全与应急管理,水库溃坝造成的人员伤亡数量处于极低水平,2001~2006年共溃坝29座,死亡24人,年均4人;2004~2006年共溃坝16座,无人员死亡。

我国自1954年有较系统的溃坝记录以来,到2012年的59年间共发生水库溃坝3520座,年均59.7座。1954~1982年29年间发生水库溃坝3115座,年均107.4座;其中1959~1961年、1973~1975年两个时期是水库溃坝的高发期,年均溃坝分别达155座和380座。改革开放后,水库管理各项工作逐步规范,水库溃坝事件明显减少,1980~2012年的33年间共有606座水库溃坝,年均18.4座,年均溃坝率 1.88×10^{-4} ,已经达到世界公认的低溃坝率水平(2×10^{-4})。特别是进入21世纪以来,2000~2012的13年间仅发生水库溃坝63座,年均4.8座,年均溃坝率仅为 0.49×10^{-4} 。

不同时期和不同规模工程的溃坝情况见表1-1。

表 1-1 水库溃坝时间与工程类型分类统计（1954~2012 年数据）

溃坝时间	工程规模				合计	比例/%	年率 /(座/年)
	大型	中型	小（1）型	小（2）型			
1954~1965 年	0	87	282	410	779	22.13	64.92
1966~1976 年	2	20	231	1425	1678	47.67	152.55
1977~1999 年	0	16	155	829	1000	28.41	43.48
2000~2012 年	0	4	13	46	63	1.79	4.85
合计	2	127	681	2710	3520	100.00	59.66
比例/%	0.06	3.61	19.35	76.99	100.00		

由表 1-1 可见，溃坝多发生于新中国成立早期，高发于“文化大革命”期间。随着时间的变化，越接近后期水库溃坝越少，改革开放以来特别是进入 21 世纪，溃坝已经比较少见。随着工程规模的增大溃坝数量也显著减少，即溃坝主要发生在小型水库特别是小（2）型水库中。表中可以看出，小型水库溃坝占全部溃坝的 96.34%，仅小（2）型水库溃坝就占 76.99%；中型水库溃坝相对较少，占 3.61%；大型水库溃坝极其少见，至今仅发生过 1 起，且主要由于自然灾害的不可抗力造成。水库溃坝的时间过程见图 1-1。59 年间，年均溃坝 59.66 座，其中“文化大革命”前的 12 年（1954~1965 年）年均溃坝 64.92 座，低于平均水平；“文化大革命”期间（按 1966~1976 年）的年均溃坝 152.55 座，是平均值的 2 倍多，以 1973 年前后为历史高峰，仅 1973 年一年的溃坝数量就达到了 556 座，其中原因不难分析，管理废弛首当其冲。改革开放以来，水库溃坝数量大为下降，改革开放初期（按 1977~1999 年）年均溃坝数量降低为 43.48 座，此前的溃坝高发势头得到遏止；进入 21 世纪（按 2000~2012 年），年均溃坝数快速降低为 4.85 座，是历史最好的时期，其中原因主要应当归功于社会进步、法制加强、经济发展，水库大坝安全管理水平不断提高，病险水库除险加固成效显著。

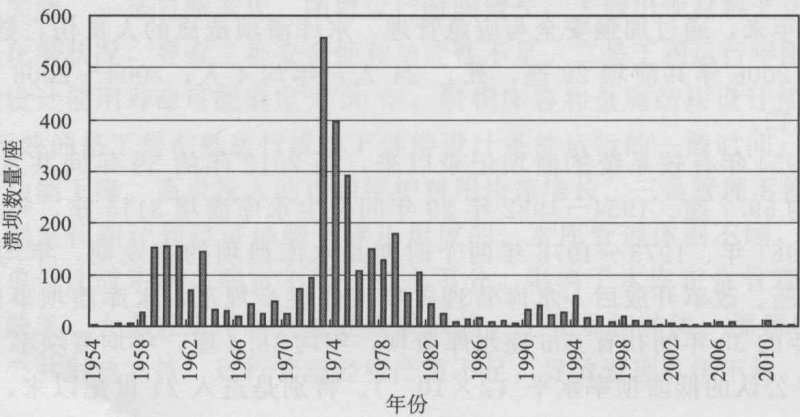


图 1-1 水库溃坝数量年际分布（1954~2012 年）

1.4 病险水库除险加固

政府高度重视病险水库问题,为消除病险水库安全隐患,国家先后投入大量资金,开展了长期的、大规模的病险水库除险加固工作。“75·8”大洪水后,大坝安全受到空前重视,病险水库除险加固被提上了重要位置,到目前,全国大规模的病险水库除险加固建设大致经历了三个阶段。第一阶段是1976~1985年,以“三查三定”即“查安全,定标准;查效益,定措施;查综合经营,定发展规划”为先导,开展了以防洪达标治理为重点的除险加固建设,常见的水库非常溢洪道和大坝戴帽加高是这一阶段工程的典型特征,其中完成了65座大型水库除险加固工程建设。第二阶段是1986~1992年,实施了全国第一批43座和第二批38座重点病险水库除险加固,这81座水库为全国范围筛选的险情重、威胁大的重点工程。第三阶段是1998年至今,进行的全国专项规划病险水库除险加固项目建设,当前仍在实施中。

1998年以来,中央加大了病险水库除险加固的投资力度,开展了大规模的病险水库除险加固工程建设。2001年和2004年组织编制了两批病险水库除险加固规划报告,为开展病险水库除险加固项目前期工作、年度投资计划安排和建设管理提供了重要依据,促进了病险水库除险加固工作的顺利进行。1998~2006年的9年间,全国共实施了2000座病险水库除险加固。从中央投资对比看,1998~2006年中央用于病险水库除险加固投资共244亿元,年均约27亿元。

为实现2006年中央经济工作会议提出的在三年内完成现有大中型和重点小型病险水库除险加固目标,2007年在全国水库大坝安全状况普查等工作基础上,结合原第一、二批尚未实施项目,水利部会同国家发展和改革委员会、财政部编制完成了《全国病险水库除险加固专项规划》(以下简称专项规划)和《东部地区重点小型水库除险加固规划》(以下简称东部重点小型规划)。专项规划共列入6240座大中型和重点小型病险水库,其中包括86座大型水库、1096座中型水库和5058座中西部重点小型水库,共安排建设资金657.2亿元,其中中央补助资金391.1亿元;东部重点小型规划共列入东部地区的1116座重点小型病险水库,共安排建设资金53.1亿元,其中中央财政专项资金20亿元。截至2010年年底,专项规划累计完成投资624.8亿元,投资完成率95.1%;6240个项目中,有6235座通过竣工验收或主体工程投入使用验收。东部重点小型规划1116个项目,也全部通过了竣工验收或主体工程投入使用验收。上述7356座水库除险加固目标任务完成后,有效降低了水库病险率,消除了安全隐患,新增和恢复防洪库容36.2亿 m^3 ,兴利库容102.14亿 m^3 ,保障了水库下游1.55亿人民群众的生命财产安全,大大增强了水资源调控和抗御干旱灾害的能力。

经过近十几年的病险水库除险加固建设,大中型水库安全状况显著改善,但大量小型病险水库除险加固的任务仍然十分艰巨。随着水库工程运行年限增加,水库下游经济社会发展,以及极端气候条件频繁出现,大坝安全管理面临许多挑战,病险水库除险加固工作既是水库大坝安全管理中的一项正常性基础工作,也将是一项长期的任务。其中主要原因是:

(1) 病险水库总体数量较多。

(2) 每年还会产生新的病险水库。随着时间推移,大量工程质量基础较差,运行年限较长,工程自然老化,以及地震、极端气候现象带来的暴雨洪水等自然灾害引起的工程损毁,每年仍将产生一些新的病险水库。

(3) 水库下游影响增大。随着水库下游经济社会快速发展,城市化发展,人口集聚,基础设施建设,溃坝可能导致的灾害损失将成倍增加,对水库安全提出更高的要求。

(4) 小型水库安全问题较为突出。小型水库数量大,工程标准质量偏低,管理体制机制不健全,其安全问题已成为水库大坝安全管理中的薄弱环节。截至2010年5月全国安排中央补助资金实施除险加固的小型病险水库6800座,但是,由于小型水库数量多,其中病险水库也多,尽管小型水库实施除险加固6800座,仍有大量小型水库存在病险,安全状况不容乐观。特别是2010年入汛以来,江西、广西、贵州和新疆等地先后有8座小型水库溃坝失事,这使得进一步加快小型病险水库除险加固显得尤为迫切。

2010年7月又全面实施5400座小(1)型病险水库除险加固,要求3年内完成。2011年4月又启动41118座小(2)型病险水库除险加固,将在“十二五”期间全部完成。

1.5 水库安全管理要求

政府高度重视安全工作,经济社会发展对水库大坝安全与管理提出了越来越高的要求,大坝安全管理的法制环境更加健全,现代水库管理制度和技术标准体系不断完善,国家和公众对大坝安全更加关注。结合我国水库大坝管理的现状,从发展角度看水库大坝安全与管理,特别是对水库大坝病险和溃坝有关问题提出了更高的管理要求。

(1) 提高水库大坝风险意识。政府与公众对水库大坝安全管理提出的要求越来越高,防洪与水资源保障的要求越来越高,要求水库的功能与效益进一步发挥,因此也使水库大坝安全承受了一定的风险。

(2) 加强大坝管理科技支撑。相对于目前我国的水库大坝建设已经跻身国际先进行列的情况,水库管理技术发展则显得相对滞后,大坝安全管理条件与能力建设有待进一步加强,水库大坝安全管理的科技支撑水平需要进一步提高。

(3) 加快推进现代水库管理。水库管理的规范化、法制化、现代化建设的目标早已确立,实现以信息化带动现代化水库管理既有良好基础,也需更大努力,加快完善水库大坝建设管理、运行管理、应急管理和监督管理的现代制度体系非常重要。

(4) 重视病险水库除险加固。随着病险水库除险加固工程建设的推进,我国的水库大坝安全状况正不断改善,但病险水库除险加固面临任务仍将是长期的、繁重的,需要在投入机制、常态机制、长效机制建设方面不断地努力。

第2章 病险水库分析与评估

病险水库特指按照《水库大坝安全鉴定办法》规定,经水库主管部门鉴定为“三类坝”的工程,一般意义上的病险水库指防洪标准不够、存在安全隐患、不能按设计条件运用的水库大坝工程。本章通过对病险水库除险加固建设中的“三类坝”鉴定资料统计分析,研究病险水库的统计规律,分析病险水库形成原因,这对病险水库的防治有重要借鉴作用。在此基础上,探讨病险水库的老化病害机理,构建水库大坝老化病害评估模型和方法。

2.1 病险水库规律分析

2.1.1 水库病险率

病险水库数量以小型水库最多,占病险水库总数的95%~96%,不同工程规模的病险水库比例与相应规模工程在水库总数中的比例基本一致。“先天不足”与“后天失调”在中小型水库中的表现更为突出,中小型水库的病险率相对较高,局部地区中小型水库的病险率超过同规模水库总数的一半。1998年以来,列入病险水库规划的水库共有55743座,其中大型249座,中型2051座,小(1)型12325座,小(2)型41118座。与目前水库总数相比,平均病险率56.8%,其中大型水库病险率32.9%,中型水库病险率52.1%,小型水库病险率57.3%。

2.1.2 病险水库的主要病害

根据水利部大坝安全管理中心的全国病险水库除险加固专项规划项目“三类坝”鉴定成果核查资料,大多数病险水库存在防洪标准不够、结构稳定不足、渗流安全问题、金属结构破损、管理设施落后等常见病害险情,并往往是多种病险并存。随机抽取20座三类坝,依据鉴定结果的病害特征见表2-1。可以看出:病险水库的病险症状多样,具体工程之间差异较大,但可按工程的防洪安全性、渗流安全性、结构安全性等进行归类分析。

大坝的主要病害类型有:

(1) 大坝防洪能力不够。因实测洪水资料增加等水文系列延长,水库淤积影响,工程泄洪能力变化,设计洪水分析方法改进和防洪标准的修订,经复核,水库大坝实际防洪能力不满足现行规范要求。

(2) 大坝渗漏问题突出。地基处理及坝体填筑质量差,防渗与反滤排水等渗流控制措施不足,或防渗体破损导致防渗性能下降,或反滤排水体淤堵失效,运行中多呈现坝基与坝肩渗漏、坝体散浸甚至集中渗水。

表 2-1 病险水库常见工程问题案例（依据其安全鉴定报告书）

序号	水库名称	所在地区	总库容/万 m ³	主坝坝型	最大坝高/m	病 险 情 况
1	安各庄	河北易县	30 900	黏土斜墙坝	49.4	防洪能力不足；大坝北坝段渗漏；坝顶贯穿裂缝 21 条，深 1.0~2.0m；溢洪道底板裂缝，铺盖失效，边坡高度不够；两岸绕渗严重，闸门轨道强度不满足要求，闸墩单薄，闸门启动时震动严重；泄洪洞裂缝，环向裂缝 26 条，洞身渗漏较严重；观测设施落后
2	安丰塘	安徽寿县	9 620	均质土坝	6.5	坝顶高程不满足规范要求，部分防浪墙破损；坝体渗漏严重；涵管断裂漏水，存在接触渗流安全隐患；上游护坡及坝体风浪侵蚀较严重；闸门及启闭设备老化；工程管理体系落后等
3	崆峒	甘肃平凉市	2 970	壤土心墙砂壳坝	63.8	大坝左坝肩绕坝渗流；大坝心墙底部截水槽渗透比降大于规范允许值；溢洪道护面破损、挑流鼻坎基础冲刷严重；泄洪洞结构稳定安全系数小于规范值；闸门、金属结构锈蚀、启闭设备老化；观测设施落后
4	中山	江苏溧水区	2 371	均质土坝	13.6	上游护坡破损，下游贴坡反滤损坏严重；主坝下游坡抗滑稳定不满足规范要求；副坝局部无护坡，下游无排水设施；溢洪道岸墙、翼墙渗水，底板冲刷破坏，消力池水毁；南、北输水涵洞裂缝漏水；泄洪闸及南、北输水涵洞闸门、启闭设施陈旧；无监测设施，管理体系不完善
5	金坑岭	浙江浦江县	2 172	黏土心墙坝	49.0	副坝防洪标准不满足规范要求；主坝和 1 [#] 副坝防渗体填筑质量差；主坝两岸绕渗严重，坝体与坝基渗漏；主坝心墙存在薄弱带；溢洪道中间段未衬砌；大坝白蚁危害严重；上坝公路路面坑洼；输水隧洞闸门和启闭设施老化；安全监测设施、管理设施不完善
6	丰产	江西宜春县	1 960	均质土坝	23.0	防洪能力不满足要求，溢洪道边墙高度不够；主坝上游坡和下游坡不满足抗滑稳定要求；灌溉发电隧洞不满足规范的构造要求；3 [#] 灌溉涵管严重断裂；清基不彻底，坝体填筑质量差，坝基渗漏，两坝肩绕坝渗漏；涵管、隧洞闸门及启闭机老化；工程管理体系落后