

TEDADIZHENZHONGXIAOXINGSHUIKU
YINGJICHUXIANXIUFULILUNYUJISHU

特大地震中小型水库 应急除险修复理论与技术

王丽学 著



黄河水利出版社

特大地震中小型水库 应急除险修复理论与技术

王丽学 著

黄河水利出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

本书针对特大地震震损水库在应急除险修复中存在的问题,围绕辽宁省援建四川省绵阳市安县的28座中小型水库,结合实际工程建设,开展了相关的理论与技术研究。分析了震损水库破坏类型及特征;以水库建筑物组成的类型为研究基础构建了中小型水库震损险情综合评价指标体系,提出了相应的评价标准,采用层次模糊综合评价法对震损水库进行安全评价;利用事件树法进行震损水库溃坝风险分析;建立了土石坝-水库系统的地震响应计算模型;提出了震损水库“降、封、削、固、反、导”应急除险技术和震损水库“削、固、挖、填、灌、截”除险修复技术。

本书可供水利类相关部门的科研、管理及决策者参考使用,也可供大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

特大地震中小型水库应急除险修复理论与技术/王丽学
著. —郑州:黄河水利出版社,2015.4

ISBN 978-7-5509-1086-7

I. ①特… II. ①王… III. ①小型水库-水库地震-水库治理②中型水库-水库地震-水库治理 IV. ①TV697.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第077531号

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼14层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hslcbs@126.com

承印单位:河南新华印刷集团有限公司

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:13.25

字数:306千字

版次:2015年4月第1版

印数:1—1 000

印次:2015年4月第1次印刷

定价:48.00元

前 言

地震是一种破坏力极强的自然灾害,强烈的地震会造成大量的人员伤亡以及建筑物的破坏。据统计,全世界平均每年发生的大小地震约 500 万次,其中,3 级以上的有感地震约 10 万次,5 级以上的破坏地震约 1 000 次,7 级以上的大地震约 18 次。我国是世界上地震灾害最严重的国家之一,历史上有记载的地震达 4 000 余次,每次地震都给水利工程带来不同程度的损坏。2008 ~ 2012 年,我国发生 5 级以上地震 192 次,造成数万座水库坝体、溢洪道、放水隧洞以及两岸边坡发生不同程度的损坏。

2008 年 5 月 12 日汶川发生 8.0 级地震,造成四川省 17 个市 96 个县(市、区)的共 1 996 座水库发生不同程度的损坏,面积之广、数量之大历史罕见。如不及时修复,水库下游民众的生命财产安全将无法保障,更为严重的是,将直接影响整个地区的抗震救灾工作的顺利进行。加之余震的影响,破损的水库将可能发生更为严重的险情,甚至造成溃坝。同时,在地震过程中,由于地质灾害和地形条件形成的堰塞湖随着库内水位的不断上升以及余震的影响,在其自身稳定性和防渗性能严重不足的情况下随时会发生垮塌,瞬间淹没下游的农田和房屋建筑,直接危及民众的生命安全;水灾过后,仍会导致大片良田的消失和瘟疫的泛滥,给当地工农业生产造成无法挽回的损失。在这生死存亡的紧要关头,辽宁省作为第一批组建队伍援建四川的省份,水利厅选派精干人员,抽调和购买多台(套)设备,在震后的第一时间赶到受灾现场,帮助四川省对水库、水电站、河道堤防等震损严重的水利工程进行除险加固。

本书作者以辽宁省援建绵阳市安县的 28 座中小型水库为主要研究对象,在对震损水库全面调查的基础上,进行应急除险修复理论与技术应用研究。本书主要内容包括震损水库破坏类型和特征、震损水库安全性评价、震损水库溃坝风险分析、震损水库应急除险修复技术、土石坝-水库系统的地震响应计算模型研究、震损水库安全复核,形成专门针对震损水库大坝除险加固的综合技术示范与集成,对我国地震频发地区震损水库大坝灾后应急除险修复工作具有较强的借鉴和指导作用。

参加本书编写工作的还有沈阳农业大学李春生、王毅、刘丹、赵宁、何亚,辽宁水利职业学院孙菲菲、栾策,辽宁省水利厅科教外事处李守权。

限于作者水平和其他客观条件,书中难免有错误和不足之处,敬请同行专家、学者批评指正。

王丽学

2015 年 3 月 25 日于沈阳

目 录

前 言

第 1 章 立项背景及研究意义	(1)
1.1 立项背景	(1)
1.2 研究意义	(2)
1.3 主要研究内容	(4)
1.4 技术路线	(4)
第 2 章 震损水库破坏类型和特征	(6)
2.1 水利工程震损概述	(6)
2.2 水库大坝震损类型统计	(6)
2.3 水库大坝震损特征及典型案例	(10)
2.3.1 特大地震震害总体特征	(10)
2.3.2 震损形式特征	(43)
2.4 小结	(47)
第 3 章 震损水库安全性评价	(49)
3.1 评价指标初选	(49)
3.1.1 初选的原则	(49)
3.1.2 初选指标方法	(49)
3.1.3 指标全集的构建	(50)
3.2 评价指标筛选	(54)
3.2.1 指标体系筛选原则	(54)
3.2.2 指标体系筛选方法	(54)
3.2.3 指标的定量、定性筛选	(56)
3.3 评价指标分级标准	(61)
3.3.1 坝体裂缝评价标准	(62)
3.3.2 坝体沉陷评价标准	(64)
3.3.3 坝体渗漏评价标准	(64)
3.3.4 两岸边坡评价标准	(64)
3.3.5 水闸评价标准	(65)
3.3.6 隧洞评价标准	(66)
3.3.7 溢洪道评价标准	(67)
3.3.8 其他破坏	(67)
第 4 章 震损水库溃坝风险分析	(69)
4.1 研究意义	(69)

4.2	水利工程风险分析国内外研究现状	(70)
4.2.1	水利工程风险分析国外研究现状	(70)
4.2.2	水利工程风险分析国内研究现状	(72)
4.3	研究内容	(72)
4.4	小型震损水库存在的主要问题分析	(73)
4.4.1	地震因子分析	(73)
4.4.2	水库的震损情况	(75)
4.4.3	原因分析	(76)
4.5	风险分析方法	(77)
4.5.1	风险分析的意义	(77)
4.5.2	风险分析的方法	(77)
4.5.3	土石坝溃坝风险分析方法	(77)
4.6	小型震损水库风险分析评价体系的建立	(86)
4.6.1	识别溃坝风险	(86)
4.6.2	分析溃坝模式与溃坝路径	(88)
4.6.3	计算溃坝概率	(88)
4.6.4	分析溃坝后果	(88)
4.6.5	计算风险指数	(94)
4.6.6	小型震损水库群溃坝风险综合评价	(94)
4.7	小结	(95)
第5章	震损水库应急除险修复技术	(96)
5.1	震损水库应急除险技术	(96)
5.1.1	震损水库降低水库水位技术	(96)
5.1.2	震损裂缝的翻筑、换填、表面防护应急措施技术	(98)
5.1.3	震损水库削坡、培厚、固脚技术	(99)
5.1.4	震损水库的反滤和导渗技术	(100)
5.2	震损水库除险修复技术	(102)
5.2.1	震损滑坡修复“削、固”技术	(102)
5.2.2	震损滑坡施工质量检查要点	(103)
5.2.3	裂缝修复处理措施	(104)
5.2.4	震损水库渗漏修复截渗措施	(108)
第6章	震损水库坝水动力响应分析	(119)
6.1	简介	(119)
6.2	基本理论	(119)
6.3	坐标变换	(120)
6.4	动水压力控制方程	(120)
6.5	算例具体参数及相关计算结果	(123)
6.5.1	黄水沟水库计算结果	(123)

6.5.2 白水湖水库计算结果	(124)
6.6 小结	(125)
第7章 技术应用工程示范	(126)
7.1 中小型水库震损险情评价指标体系应用	(126)
7.1.1 水库震损险情综合评价方法	(126)
7.1.2 层次分析法确定指标权重	(127)
7.1.3 中小型水库震损险情综合评价指标体系应用	(131)
7.1.4 小结	(143)
7.2 溃坝风险分析工程应用实例	(144)
7.2.1 单座小型水库溃坝风险分析实例	(144)
7.2.2 小型震损水库群风险分析实例	(149)
7.3 应急除险及修复技术工程应用示范	(154)
7.3.1 丰收水库	(155)
7.3.2 立志水库	(157)
7.3.3 五一水库	(159)
7.3.4 曹家水库	(162)
7.3.5 黄水沟水库	(165)
7.3.6 白水湖水库	(166)
7.3.7 双石桥水库	(169)
7.3.8 韦家沟水库	(170)
7.3.9 大松树水库	(171)
7.3.10 蒋家祠水库	(171)
7.3.11 朱家桥水库	(172)
7.3.12 高峰水库	(173)
7.3.13 伍家碑水库	(174)
7.3.14 余家沟水库	(174)
7.3.15 吊脚楼水库	(175)
7.3.16 红星水库	(175)
第8章 震损水库安全复核	(176)
8.1 概述	(176)
8.1.1 研究背景和意义	(176)
8.1.2 国内外研究现状	(177)
8.2 中小型水库震损情况及原因分析	(180)
8.2.1 中小型水库震损情况	(180)
8.2.2 中小型水库震损原因分析	(181)
8.3 白水湖水库大坝除险加固后安全复核	(181)
8.3.1 水库概况	(181)
8.3.2 除险加固工程设计	(182)

8.3.3 坝顶高程复核	(185)
8.3.4 坝顶超高计算	(185)
8.3.5 水库复核综合评价	(187)
8.3.6 结论	(188)
8.4 黄水沟水库大坝除险加固后安全复核	(188)
8.4.1 水库概况	(188)
8.4.2 除险加固工程设计	(189)
8.4.3 溢洪道泄流能力复核	(190)
8.4.4 坝顶高程复核	(191)
8.4.5 水库复核综合评价	(195)
8.4.6 结论	(196)
第9章 结论与展望	(197)
9.1 结论	(197)
9.2 展望	(198)
参考文献	(199)

第1章 立项背景及研究意义

1.1 立项背景

我国处在太平洋板块与亚欧板块的交界地带,是一个地震多发国家。2008年5月12日,一场突如其来的8.0级大地震在汶川爆发。本着一方有难、八方支援的精神,在地震发生的第一时间,辽宁省就确定了援建四川安县的工作方针,并把安县作为辽宁省第45个县看待,立即派出各个精干队伍赴川进行援建工作。

安县古称安州,位于四川盆地西北部,毗邻北川,正介于汶川与北川之间的龙门山断裂带上。这片有着1600多年历史的古老土地,在“5·12”大地震中损失惨重,全县死亡2640人、失踪655人、受伤近9万人,20个乡镇全部受灾,成灾人口47万;建筑物因地震灾害受损达80%以上、垮塌50%以上,房屋受损面积达1950万 m^2 ,直接经济损失达580多亿元。2008年7月12日,民政部、国家发展改革委、财政部、国土资源部、中国地震局、国家统计局、国家汶川地震专家委员会会同四川、甘肃和陕西3省人民政府完成了《汶川地震灾害范围评估报告》,安县居极重灾区第7位。截至2007年年底,安县已建成水库28座,其中中型水库1座,小(1)型水库6座,小(2)型水库21座,水库总库容为2777万 m^3 。机电提灌站475处,装机1.5万kW,提水能力1231万 m^3 ;灌溉干渠819 km。乡(镇)村集中供水工程43处,分散供水工程70875处;河道堤防和护岸106 km。四川汶川特大地震给安县水利工程造成巨大损失。据《安县水利工程灾后恢复重建规划》统计,“5·12”地震使安县28座水库均不同程度地受损,造成有溃坝险情的水库6座,高危水库7座,次高危水库15座。损毁渠首工程1处,损坏渠首工程3处,渠道403 km。全县43处集中供水站、70875处分散供水站、854 km供水管线不同程度破坏。损坏堤防29处,长42.4 km。受损水电站41座,水产养殖受损面积1.4万亩^①,水利系统管理和办公设施损坏3.9万 m^2 ,形成规模不等的堰塞湖27处。全县水利基础设施震损直接经济损失总计约16.3亿元。

如不及时修复这些受损的水利工程,其下游民众的生命财产安全将无法保障,更为严重的是,将直接影响整个地区的抗震救灾工作的顺利进行。加之余震的影响,破损的水库将可能发生更为严重的险情,甚至造成溃坝。同时,在地震过程中,由于地质灾害和地形条件形成的堰塞湖随着库内水位的不断上升以及余震影响,在其自身稳定性和防渗性能严重不足的情况下随时会发生垮塌,瞬间淹没下游的农田和房屋建筑,直接危及民众的生命安全;水灾过后,仍会导致大片良田的消失和瘟疫的泛滥,给当地工农业生产造成无法挽回的损失。

① 1亩=1/15 hm^2 ,下同。

辽宁省水利抢险队就是在这样的危急时刻临危受命的,抢险人员不怕辛苦,艰苦奋战,为了保住群众的生命财产安全不惜放弃自己。“虽然你们距离最远,但却最先到达灾区,而且装备齐全。”5月19日下午,在四川省水利系统抢险救灾会议上,国务院抗震救灾总指挥部水利组组长、水利部部长陈雷如此赞扬辽宁省2支共200人的水利抢险队。

1.2 研究意义

地震过后,中小水工建筑物的除险修复措施是否得当,在以灌溉农业为主要产业的安县,对其在经济发展以及社会稳定方面均具有重大的现实意义。主要体现在以下几个方面:

(1)水是生命之源,在第一时间解决病险水库存在的问题,能够为灾区人民以及其他救援单位提供充足的水源。

震后交通受阻、水源的供应受到极大限制,如若水源不能在第一时间供应,将会引起更为严重的灾害,包括人员的继续伤亡、疾病的传播蔓延等。汶川地震发生后,安县死亡人数超过2 000人,水利工程受损严重,形成27座堰塞湖,53万人的饮水问题是需要第一时间解决的重大民生问题。在第一时间对这些病险水库进行处理,能够尽快恢复整个安县的供水,也能够为其他救援队伍提供充足的后备水源,极大地推进了整个抗震救灾工作的迅速开展。图1-1为辽宁省仅用12天就顺利竣工的援建安县的供水站,为当地民众的供水做出了突出的贡献。

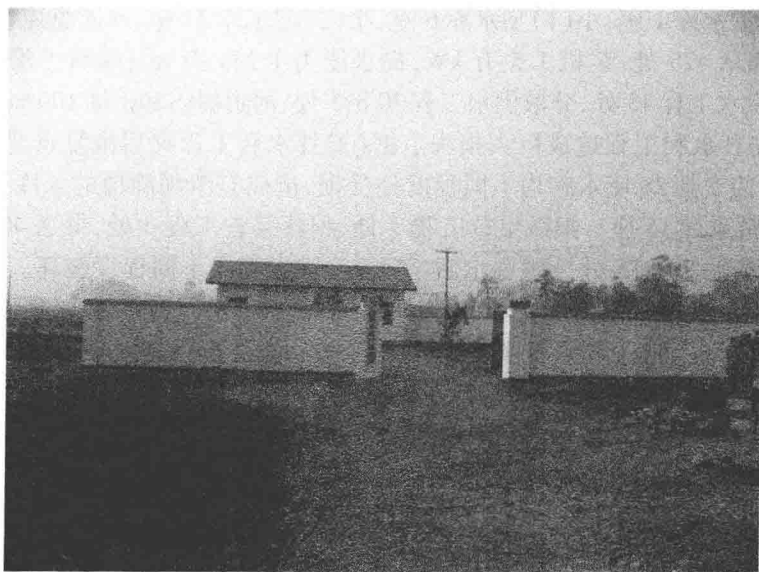


图 1-1 辽宁省援建的供水站

(2)通过对各项除险加固技术的实地应用,积累相关的工程设计、施工、计算经验,能够对辽宁省乃至全国的中小型病险水库的治理,尤其是应急处理提供极为重要的经验技术以及相关理论数据,进一步推动筑坝技术的发展。

在突发大地震的情况下,能够在缺乏相关资料的前提下迅速解决病险水库所出现的问题,不仅是对辽宁省水利工作人员应急能力的考验,也是对其专业素养的一个重大提高的过程。通过这次应急修复安县水利工程的实践经验,培养了一批具有丰富现场经验的专业水利建设者。

(3)治理后的水库能够重新恢复原有的经济功能,为下游民众提供充足的便捷水源,尤其是生活用水。水库也能重新恢复养殖和旅游功能。如图 1-2 所示为震后修复的白水湖水库养殖场,水清、山绿、天蓝的优美自然环境呈现在人们的视野中,在恢复水库原有供水功能的基础上,还能增加相应的经济效益。

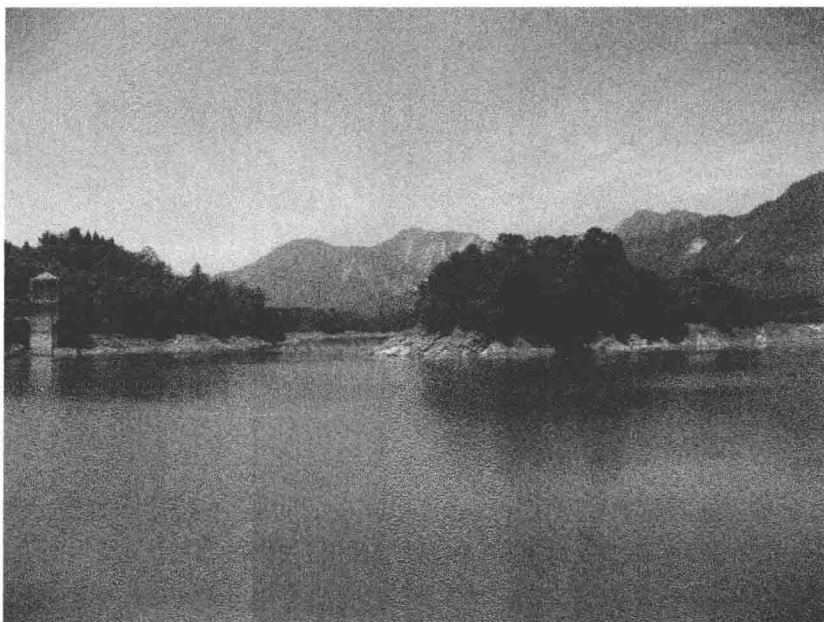


图 1-2 白水湖水库养殖场

(4)白水湖水库养殖场是一项稳定社会民心的重大工程,给予灾区人民重建家园的信心,促进社会和谐稳定,避免了水库溃坝对下游民众的生命财产造成威胁。

在地震的第一时间对受损水利工程进行修复,能够避免地震的次生灾害和余震所带来的危害,尤其是快速处理堰塞湖、清理大体积堰塞体,将为灾区重建工作带来一个安定的环境,更为重要的是,能够鼓舞灾区人民重建家园的信心,对于社会的和谐稳定起到重要的推动作用,同时加深了辽宁省同西部各省份尤其是四川省之间的兄弟友谊。另外,通过对水库的修复,尤其是对具有溃坝风险的 6 座水库的修复,避免下游民众的生命财产损失,直接经济效益近 20 亿元。

(5)治理后的水库对于小范围的生态气候也有一定的调节作用,给当地民众一个水清、天蓝、草绿的、优雅的、人与自然和谐相处的生态环境。

水库的修建能够加大小范围的蒸发量,调节局部气候环境,为民众营造一个良好的生态旅游胜地,激发人们对大自然的热爱之情。图 1-3 即为经过除险加固后的白水湖水库现场照片,蓝天、白云、青山、绿水构成了一幅天然的美丽画卷,无形中陶冶了人们的情操,

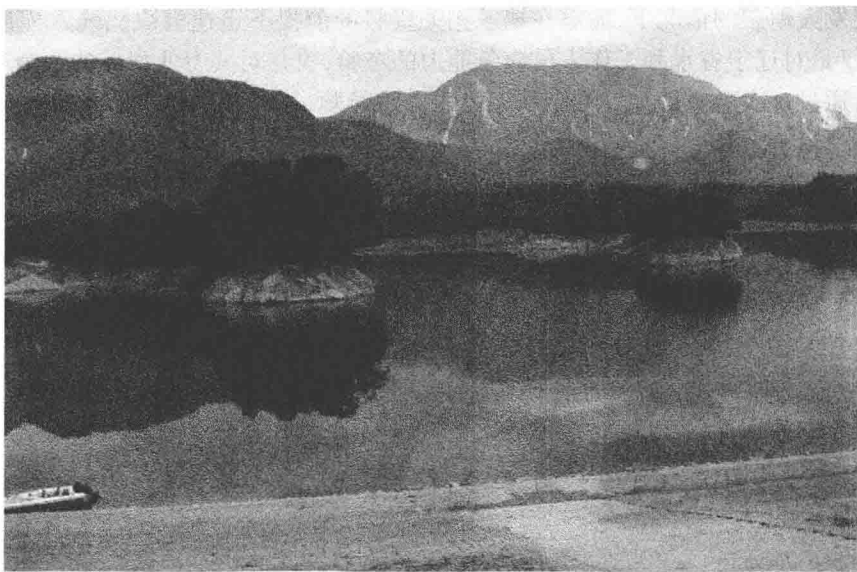


图 1-3 加固后的白水湖水库

给人以精神上的享受。

1.3 主要研究内容

本书针对特大地震震损水库在除险修复中存在的问题,围绕辽宁省援建四川省绵阳市安县的 28 座中小型水库,结合实际工程建设,开展了相关的理论与技术研究,主要研究内容包括:

- (1) 震损水库破坏类型及特征;
- (2) 震损水库安全性评价;
- (3) 震损水库溃坝风险分析;
- (4) 震损水库除险修复技术;
- (5) 土石坝-水库系统的地震响应计算模型研究;
- (6) 震损水库安全复核。

本书的基本组成如下:第 1 章为立项背景及研究意义;第 2 章为震损水库破坏类型和特征;第 3 章为震损水库安全性评价;第 4 章为震损水库溃坝风险分析;第 5 章为震损水库应急除险修复技术;第 6 章为震损水库坝水动力响应分析;第 7 章为技术应用工程示范;第 8 章为震损水库安全复核;第 9 章为结论与展望。

1.4 技术路线

本书所采用的技术路线如图 1-4 所示。

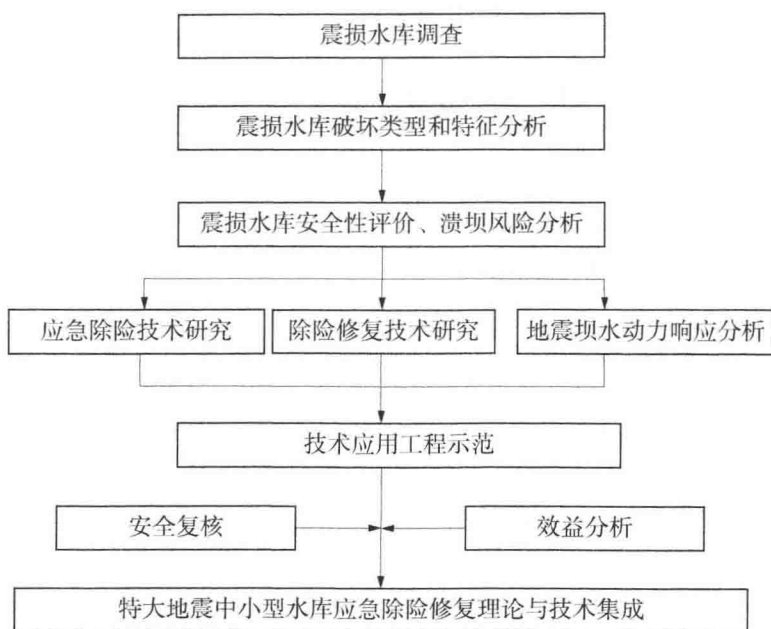


图 1-4 技术路线图

第2章 震损水库破坏类型和特征

2.1 水利工程震损概述

水利工程受到地震的影响时,一旦发生破坏,特别是水库大坝破坏,将会给国家和人民生命财产安全造成极其严重的危害。例如,1975年河南板桥土石坝失事,淹没农田113.6万 km^2 ,受灾人口1190万,死亡人口2.6万。

截止到2011年年底,我国已建成各类水库98002座,这些水库大坝在我国国民经济建设和发展中,在减灾防灾中起到了十分重要的作用。然而,一旦发生震损破坏,将严重威胁下游人民的生命财产安全。

我国是世界上地震灾害最严重的国家之一,历史上有记载的地震达4000余次,每次地震都给水利工程带来不同程度的损坏。2008~2012年,我国发生5级以上地震192次,造成数万座水库坝体、溢洪道、放水隧洞以及两岸边坡发生不同程度的损坏。

2003年10月16日20时28分4秒,云南省大姚县发生6.1级地震,造成水库坝体横向和纵向开裂,闸门变形,坝体渗漏,沟渠涵洞裂缝,人畜饮水工程破坏等。

2008年“5·12”汶川大地震发生之后,根据统计,四川省50%以上的水库大坝同时出现多方面的震损,尤以土石坝最为严重,主要表现为土石坝坝体裂缝、震陷、滑动、渗漏,混凝土破损、开裂、止水失效、错位,金属结构变形、启闭机失灵等。

2010年4月14日7时49分,青海玉树州发生了7.1级强烈地震,顷刻间,美丽的玉树被摧毁成一片废墟。地震重灾区结古镇聚居着10多万人,其中大多数是藏族同胞。地震中多个水库、电站、河道堤防等水利设施遭受了重创,水库险情频现,河道堤防震损,供水供电系统瘫痪,并且伴随着强震后的余震,随时可能造成溃坝、山体滑坡及泥石流等次生灾害。

2.2 水库大坝震损类型统计

在2008年“5·12”汶川大地震发生之后,辽宁省是四川省绵阳市的对口援建省份,辽宁省水利水电勘测设计研究院对四川省绵阳市安县震损水库的除险加固做了大量工作。本书以此为基础,并查阅大量文献资料,对四川土石坝在“5·12”地震中的震损情况进行了统计。

四川省位于我国西南部,地大物博,水资源丰富,是我国水库数量最多的省份之一。据年鉴统计资料,四川省已建成各类水库6678座,其中大型6座、中型104座、小(1)型1007座、小(2)型5561座,如图2-1所示。

各类水库总库容105.6亿 m^3 ,有效灌溉面积1225万亩。有饮用水水源水库728座,

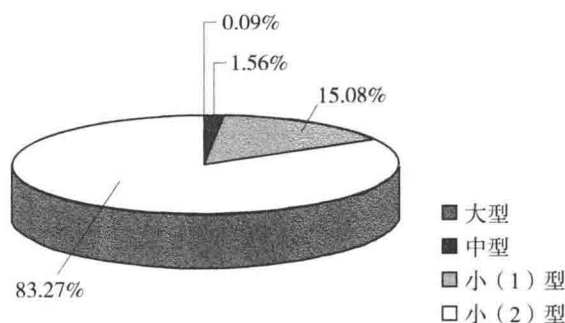


图 2-1 四川省现有水库类型分布图

备用饮用水水源水库 929 座,每年为 21 000 多个企事业单位、1 456 万人口提供生产生活用水,为人民的生活和工农业生产提供了基本保证,为四川的农田灌溉、防洪、发电、旅游等发挥了重要作用,极大地促进了四川经济的建设和发展。

“5·12”汶川地震对四川的水利工程造成了很大的损害,全省大量的水库不同程度受损,其中部分水库出现高危和溃坝险情。

截至 2008 年 6 月 12 日,有 1 996 座水库发生震损,其中 379 座水库出现高危或溃坝险情,震损水库约占全省水库总数的 30%,分布在 17 个市 96 个县,其中大型水库 4 座,中型水库 60 座,小(1)型水库 331 座,小(2)型水库 1 601 座,地震震损水库类型分布如图 2-2 所示。震损水库影响全省 60 多个县级以上的城市 1 630 多个乡镇,人口 1 686.5 万,耕地区 500 余万亩。由此可见,震损水库数量多、分布面广、范围大、险情严重。震损水库的安全不仅给灾区人民的生命财产造成极大威胁,也直接影响到四川的经济建设、社会的稳定与发展。四川震损水库情况如表 2-1 所示。

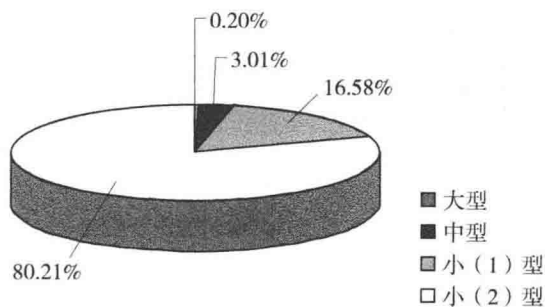


图 2-2 四川“5·12”汶川地震震损水库类型分布图

震损水库按受损程度分为溃坝险情、高危险情和次高危险情三类。一类溃坝险情水库为水库大坝及其主体工程发生漫溢,出现较大贯穿性裂缝、上下游坝坡大面积滑坡、大流量集中渗流等情况,短时间内有导致溃坝的险情;二类高危险情水库为水库大坝及其主体工程发生上述险情,可能直接影响大坝及主要建筑物安全的险情;三类次高危险情水库为水库大坝及其主体工程发生上述险情,但不影响主体工程安全运行。根据核定,1 996 座震损水库中有 69 座属溃坝险情水库,310 座属高危险情水库,1 617 座属次高危险情水

库和一般险情水库。

表 2-1 震损水库概况

地区		已成水库 6 678 座	“5·12”汶川地震震损水库				
			大型	中型	小(1)型	小(2)型	合计
			4	60	331	1 601	1 996
重灾区	绵阳	803	2	10	75	532	619
	德阳	123	0	5	23	87	115
	广元	557	0	6	58	373	437
	成都	199	1	4	24	39	68
	雅安	41	0	1	5	7	13
	小计	1 723	3	26	185	1 038	1 252
非重灾区		4 955	1	34	146	563	744

1 996 座水库中,地震造成的险情主要表现为裂缝(1 425 座)、塌陷(687 座)、滑坡(354 座)、渗漏(428 座)、启闭设施损坏(161 座)以及其他放水设施、溢洪道、管理房不同程度震损(422 座)等形式,其中 50% 以上的水库同时出现多种险情,水库险情十分严重,如图 2-3 所示。

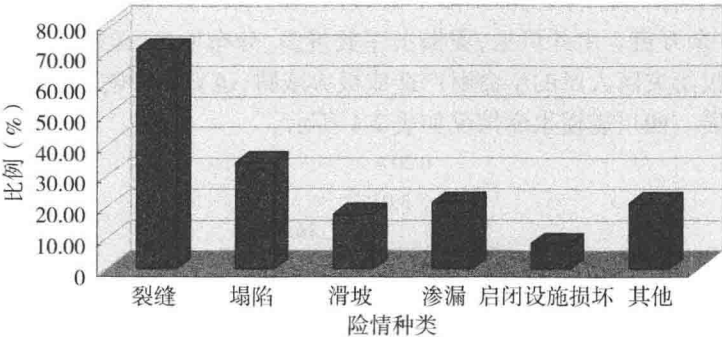


图 2-3 四川震损水库险情分类示意图

高危险情以上水库共计 379 座,按烈度区分如图 2-4 所示,按坝的破坏程度和大小分类如图 2-5 所示。由图 2-4 可以看出,震损水库绝大部分集中在重灾区,越是接近震中的地区,水库受损的比例越高,并且震损的程度越高。

379 座高危以上险情的震损水库大坝绝大多数为土坝或均质土坝,共计 358 座,占有高危险情以上水库的 94.5%;心墙/斜墙坝 12 座;堆石坝 6 座,另外还有其他的坝型未统计在内。各种坝型的震害统计情况见表 2-2。

高危险情以上水库按县市分布如图 2-6 所示。由图可知,震损水库主要分布在绵阳、德阳和广元,这 3 市的震损水库约占全部震损水库的 92.3%。

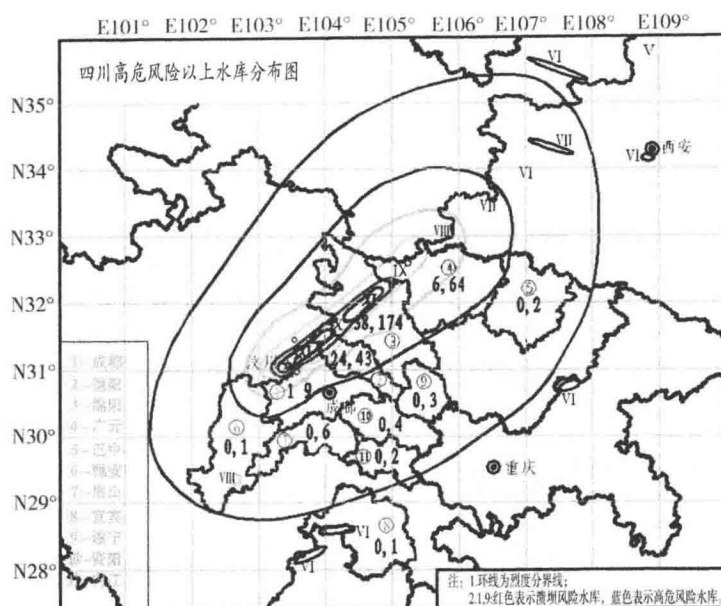


图 2-4 不同烈度区震害水库分布图

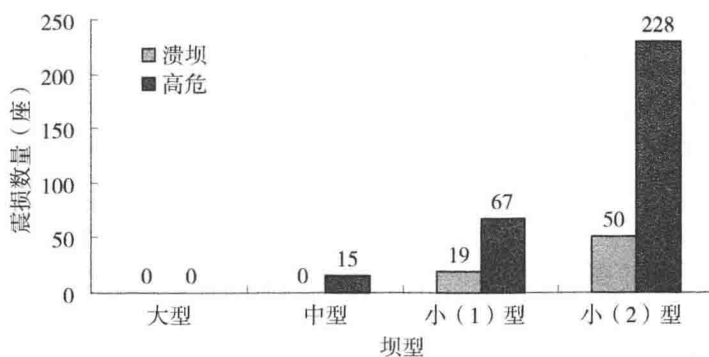


图 2-5 四川高危险情以上水库类型图

表 2-2 高危以上险情水库的各种坝型震害型式分类统计

项目	坝型											
	土坝				心墙/斜墙坝				堆石坝			
震损总数 (座)	358				12				6			
损害类型	裂缝	渗漏	滑坡	启闭设施损坏	裂缝	渗漏	滑坡	启闭设施损坏	裂缝	渗漏	滑坡	启闭设施损坏
数量(座)	308	80	56	60	6	6	2	3	5	3	5	1
比例(%)	87	22	16	17	50	50	17	25	83	50	83	17