

YANSEHU

CHUXIAN GUOCHENGZHONG DE
SHUIWEN JIANCE
JISUAN YU FENXI



堰塞湖除险过程中的 水文监测计算与分析

谢建丽 © 主编



甘肃人民出版社

堰塞湖除险过程中的 水文监测计算与分析

谢建丽 ○ 主编

YANSEHU
CHUXIAN GUOCHENGZHONG DE
SHUIWEN JIANCE
JISUAN YU FENXI



甘肃人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

堰塞湖除险过程中的水文监测计算与分析 / 谢建丽
主编. -- 兰州: 甘肃人民出版社, 2013. 5
ISBN 978-7-226-04448-3

I. ①堰… II. ①谢… III. ①堰塞湖—水文观测—②堰
塞湖—水文计算 IV. ①P941.78

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 105218 号

责任编辑:肖林霞
封面设计:王林强

堰塞湖除险过程中的水文监测计算与分析

谢建丽 主编

甘肃人民出版社出版发行

(730030 兰州市读者大道 568 号)

兰州大众彩印包装有限公司印刷

开本 710 毫米×1020 毫米 1/16 印张 6 插页 2 字数 90 千

2013 年 5 月第 1 版 2013 年 5 月第 1 次印刷

印数:1~1 000

ISBN 978-7-226-04448-3 定价:35.00 元

《堰塞湖除险过程中的水文监测计算与分析》

编制人员

项目负责人：牛最荣

技术负责人：赵映东

主 编：谢建丽

编制人员：杜克胜 黄维东 董迎新 李忠泰

潘 荣 李育鸿 张德栋 王毓森

王学良 魏冬青

目 录

1 绪论

- 1.1 立项背景
- 1.2 项目的必要性
- 1.3 项目的创新性
- 1.4 项目的主要研究内容

2 堰塞湖

- 2.1 形成过程
- 2.2 易发地区
- 2.3 分类
 - 2.3.1 按诱发因素分类
 - 2.3.2 按堰塞坝组成分类
 - 2.3.3 按堰塞坝稳定性分类
- 2.4 危害类型
 - 2.4.1 山体垮塌淤埋灾害
 - 2.4.2 对上游的淹没灾害
 - 2.4.3 对下游的冲毁灾害

3 堰塞湖除险过程中水文信息的获取

- 3.1 基础信息的收集
 - 3.1.1 发生时间、地点、成因等信息
 - 3.1.2 地形地貌资料

3.1.3 水文基础资料

3.1.4 地质资料

3.1.5 其他资料

3.2 建立堰塞湖应急水文监测体系

3.3 实时水文信息的监测

3.3.1 堰塞湖区无水文监测站点情况下的水文信息监测

3.3.2 堰塞湖区有水文监测站点情况下的水文基本信息监测

3.4 实时水文信息的报送

3.4.1 实时水情报送

3.4.2 实时水情预报

4 堰塞湖除险过程中水文计算研究

4.1 堰塞湖蓄水量计算

4.1.1 上下游流量相关法

4.1.2 干支流流量合成法

4.1.3 河段水量平衡法

4.1.4 产汇流水文模型法

4.2 堰塞湖库容与水位关系研究

4.3 堰塞湖溃坝计算

4.3.1 溃坝形式

4.3.2 坝址溃决洪水计算

4.4 堰塞湖坝下游河段最大过水能力研究

4.5 溃坝洪水演进计算

4.5.1 经验公式法

4.5.2 逐段演算法

5 堰塞湖除险过程中的应急措施与对策

5.1 堰塞湖溃决临灾预案制定

- 5.2 堰塞湖综合治理
 - 5.2.1 工程治理分析
 - 5.2.2 工程治理措施
- 5.3 堰塞湖水文测报应急措施
 - 5.3.1 完善应对灾害现场环境的测报手段
 - 5.3.2 应用先进仪器设备监测应对灾害
 - 5.3.3 紧急情况下发挥自动监测站的作用
 - 5.3.4 一致的报讯通讯协议至关重要
 - 5.3.5 建立备用应急通讯网
- 6 嘉陵江堰塞湖水文信息获取及计算
 - 6.1 堰塞湖水文监测
 - 6.1.1 堰塞湖发生时间、地点、成因
 - 6.1.2 堰塞湖坝体监测
 - 6.1.3 堰塞湖水文信息收集
 - 6.1.4 堰塞湖库区地质状况
 - 6.2 堰塞湖水文计算
 - 6.2.1 堰塞湖蓄水量计算
 - 6.2.2 预报模型的精度评定
 - 6.2.3 堰塞湖库容与水位关系计算
 - 6.3 堰塞湖水情信息报送的作用
 - 6.3.1 实时水情信息及时测报
 - 6.3.2 及时进行水文计算与预报

7 结语

参考文献

附 录

- 1 堰塞湖溃坝时推求河道最大流量连续演算源程序
- 2 程序使用说明

1 绪论

“5·12”汶川特大地震形成的具有极高危险性的唐家山堰塞湖,在甘肃境内形成的嘉陵江堰塞湖,使许多人知道了过去十分陌生的词——堰塞湖。实际上世界各国都发生过堰塞湖,如瑞士 Gornergletscher 冰渍堰塞湖、新西兰波伊鲁阿堰塞湖、我国的新疆天池、陕西太乙池等。查询国内外研究堰塞湖的科研成果,我们发现,国际上和国内开展过利用航空照片、卫星图像和雷达对堰塞湖进行监测,利用 GIS 技术、数学高程模型进行堰塞湖水位和库容计算,对堰塞湖溃坝洪水及其径流进行演算等研究工作。但是,对堰塞湖除险过程中水文信息获取与水文计算方面,目前尚没有全面、系统的研究。因此,开展本课题研究非常必要也非常及时。

1.1 立项背景

2008年5月12日14时28分,四川汶川发生了8.0级特大地震。这是新中国成立以来破坏性最强、波及范围最广、救灾难度最大的一次地震。在这次地震中,水利工程损毁数量之多、程度之重,堰塞湖分布之广、险情之大,抢险救灾时间之紧、难度之高,均为历史罕见。

“5·12”汶川特大地震导致龙门山一线出现35座堰塞湖,位于长江流域涪江支流湔河(又称通口河)的唐家山堰塞湖为极高危级堰塞湖,它的下游约6 km就是北川县城。唐家山堰塞湖的形成,直接威胁下游绵阳、遂宁两市130多万群众的生命安全,一旦溃决造成的损失不可估量。因此,避免唐家山堰塞湖的坝体溃决,对下游产生严重的次生灾害是除险的重点。

“5·12”汶川大地震引发宝鸡至成都铁路K 150+300处甘肃徽县车站(嘉陵镇)南端山体大面积崩塌。山体崩塌造成宝成铁路中断,在嘉陵江形成堰塞湖。嘉陵江堰塞湖除险的重点是尽快恢复因山体垮塌而中断的入川抢险救灾铁路大动脉——宝成铁路。嘉陵江堰塞湖除险有其特殊性,同时面临

两个方面的任务,首要任务是宝成铁路 109 隧道的灭火抢险和尽快恢复通车,其次是嘉陵江河道疏浚。

由于堰塞湖的堵塞物不是稳定的堆积体,它们会受冲刷、侵蚀、溶解、崩塌等因素的影响。一旦堵塞物被破坏,湖水便会漫溢而出,倾泻而下,形成洪灾,极其危险。由“5·12”地震形成的众多堰塞湖中,唐家山堰塞湖和嘉陵江堰塞湖备受国内外学者专家的密切关注。各级领导也都高度关注地震次生灾害的防范工作,在国务院抗震救灾总指挥部会议上,中共中央政治局常委、国务院总理、国务院抗震救灾总指挥部总指挥温家宝亲自主持会议,并特别强调要加强雨情、水情、险情的监测和预警预报,进一步落实防汛责任制,完善预测预警措施和人员转移避险方案,确保安全度汛。水利部也高度重视,要求广大水利工作者要进一步加强水情、雨情、工情、险情等方面工作,特别是水情监测工作;要以水情、雨情、工情、险情为基础,加强会商;要加强坝前水情监测以及坝下出水口流量监测,包括浊度变化等,切实做好预测预警工作;要落实责任,抓紧做好其他堰塞湖尤其是高危堰塞湖的水文监测工作。可见,在堰塞湖除险应急处置中,水情信息成为应急处置中最重要的决策依据之一。

为避免灾区人民群众再次面临震后次生灾害的威胁,在堰塞湖除险应急处置中,应急水文测报与水文计算分析至关重要。在这场突发事件中,水文工作者开展了大量的应急测报工作,并取得了较好的成效,为堰塞湖除险发挥了重要作用。但同时也暴露出堰塞湖水情应急测报手段和预测分析技术亟待加强和完善的问题。因此,对堰塞湖除险过程中水文信息获取与水文计算方法进行系统研究,深入分析堰塞湖引发的水突发事件的应对措施,对今后地震次生水灾害防治特别是堰塞湖处理具有重要的借鉴和指导意义。

1.2 项目的必要性

在全球气候变暖的大背景下,暴雨造成的泥石流、滑坡、堰塞湖等自然灾害发生的频率呈上升趋势;随着人类对自然环境的开发,各种地质灾害造成的堰塞湖发生机率也呈上升趋势;地震、火山等突发性地质灾害的发生都要求提高防灾减灾的科学研究和应对措施对策研究。

堰塞湖是随地震、暴雨等自然灾害伴生的山体滑坡、泥石流堆积体阻塞河道而形成的次生灾害。堰塞湖在形成过程中,山体垮塌往往会造成严重的淤埋灾害。堰塞坝堵塞河道形成堰塞湖,堰塞湖水位不断升高,对上游造成淹没灾害,随着水位的不断升高,水体的渗流压力逐渐增大,在疏松堆积的堰塞坝上形成管涌,使堰塞坝溃决,也会因水流漫顶而造成溃决,形成的溃坝洪水将给下游造成巨大灾难。2004年瑞士 Gornergletscher 冰渍堰塞湖溃决;1999年10月,新西兰亚当斯山发生大面积山体滑坡阻塞波伊鲁阿河谷形成堰塞湖,并最终因暴雨而导致漫顶溃坝。这些事件的发生,对局部地形变化产生深远的影响,产生的灾害也十分严重。

因此,多渠道、多途径、多方案收集必要的基础资料;千方百计获取堰塞湖实时水情信息;及时提供准确、可靠的水文分析计算成果,为堰塞湖除险方案的制订、快速处理并减小堰塞湖的威胁,就要立足水文在堰塞湖应急工作的实际经验,结合2008年“5.12”大地震堰塞湖应急除险水文监测成果,深入探讨和总结堰塞湖除险过程中水文信息的监测、收集、处理和计算方法,为相关部门在堰塞湖除险过程中的决策提供科学可靠的技术支撑非常必要。

1.3 项目的创新性

该项目对堰塞湖的形成过程、易发地区、分类、各种危害等进行了系统论述;并提出堰塞湖除险过程中水文基本信息获取方法及有关各种仪器设备在水文应急监测中的应用;深入系统地研究了堰塞湖应急除险过程中的水文计算方法,在堰塞湖蓄水量计算中提出了上下游流量相关和干支流流量合成模型,使用经验公式计算溃坝流量传播演算,提出逐段演算法计算下游断面的溃坝最大流量,并编制了《堰塞湖溃坝时推求河道最大流量连续演算程序》;并以甘肃省发生的多次堰塞湖为实例,从水文等基本信息的采集到处理、水文计算方法进行了详尽的论述。成果填补了目前堰塞湖除险过程中水文信息获取与水文计算研究的空白。

1.4 项目的主要研究内容

项目研究内容主要包括:

(1) 堰塞湖的定义、形成过程、易发地区、分类以及危害等基本知识进行整理论述;

(2) 对堰塞湖除险过程中水文信息的采集、传输、处理等进行设计;和应急勘测,从而为堰塞湖的抢险排险提供准确、可靠的实时水文信息的收集、处理方法;

(3) 深入研究堰塞湖应急除险过程中的水文计算,对堰塞湖除险过程中堰塞湖蓄水量计算、库容与水位的关系、堰塞湖溃坝计算、坝下河段最大过水能力计算、溃坝洪水演进计算等问题进行了系统论述;

(4) 提出堰塞湖除险过程中的应急措施与对策以及水文测报应急措施;

(5) 以甘肃省发生的堰塞湖为实例,进行堰塞湖除险过程水文监测与信息处理的分析和研究。

2 堰塞湖

堰塞湖(Dammed Lake)是由于地震、降雨和融雪等原因引起的大规模山体滑坡、泥石流堵塞河道后蓄水而形成的湖泊。

2.1 形成过程

原有水系河谷、河床被堵塞物堵住后,流水聚集并且往四周漫溢,储水到一定程度便形成堰塞湖。堵塞物可能是火山熔岩流,可能是地震活动等原因引起的山崩滑坡体,可能是泥石流,亦可能是其他的物质。将具有一定挡水能力的堵塞河道的滑坡体的堆积物称为堰塞体。图 2-1 就是卫星拍摄到的唐家山堰塞湖形成过程的图片资料(左图拍摄于 2008 年 5 月 14 日,右图拍摄于 2008 年 5 月 22 日)。

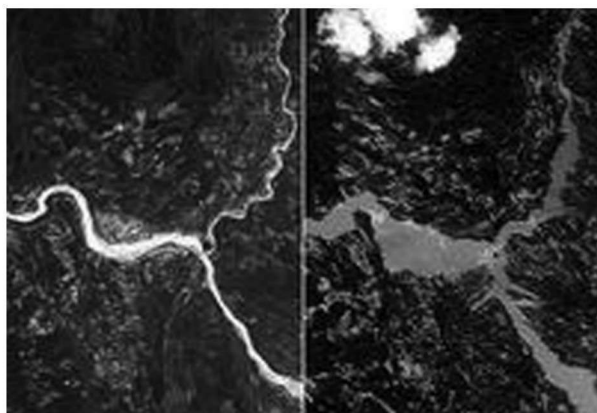


图 2-1 唐家山堰塞湖的形成过程

2.2 易发地区

堰塞湖多发生在高山峡谷区。由山崩滑坡所形成的堰塞湖多见于藏东南峡谷地区,且年代都不太久远,如 1819 年在西姆拉西北,因山崩形成了长 24~80km,深 122m 的湖泊;藏东南波密县的易贡错是在 1990 年由于地震影响暴发了特大泥石流堵截了乍龙湫河道而形成的;古乡错是 1953 年由冰川泥石流堵塞而成(也属冰川湖);八宿县的然乌错是 1959 年暴雨引起山崩堵塞河谷形成的。

台湾地震活动频繁,1941 年 12 月,嘉义东北发生一次强烈地震,引起山崩,浊水溪东流被堵,在海拔高度 580m 处溪流中,形成一道高 100m 的堤坝,河流中断,10 个月后,上游的溪水滞积起来,在天然堤坝以上形成一个面积达 6.6km²,深 160m 的堰塞湖。

“5·12”汶川地震后形成的堰塞湖多达 104 座,其中唐家山堰塞湖是汶川大地震后形成的最大堰塞湖。地震后山体滑坡,阻塞河道形成的唐家坝堰塞湖位于湔河上游距北川县城约 6km 处,是北川灾区面积最大、危险最大的一个堰塞湖。库容为 1.45 亿 m³,坝体顺河长约 803m,横河最大宽约 611m,顶部面积约 30 万 m²,由石头和山坡风化土组成,湖上游集雨面积 3550km²。唐家山堰塞湖位置图见图 2-2。

重庆市武隆县在 2009 年 6 月 5 日又发生一起山体垮塌,形成百米高的最新堰塞湖。

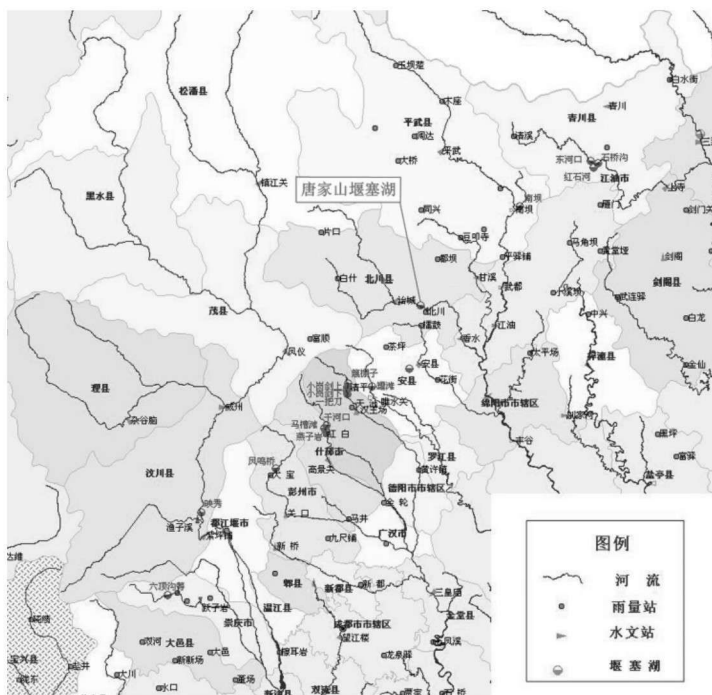


图 2-2 唐家山堰塞湖位置图

2.3 分类

2.3.1 按诱发因素分类

(1) 地震堰塞湖: 由地震活动产生的山体滑坡、崩塌或泥石流形成的堰塞湖。唐家山堰塞湖和嘉陵江堰塞湖就是由于地震造成的。

(2) 熔岩堰塞湖: 由火山爆发产生的熔岩流堵截而形成的堰塞湖。如黑龙江东南部的镜泊湖, 是经 5 次火山爆发熔岩流堵塞河道而形成的。它是由第四纪玄武岩流在吊水楼附近形成了宽 40m, 高 12m 的天然堰塞堤, 拦截了牡丹江出口, 提高了水位而形成的面积约 90.3km² 的一个典型熔岩堰塞湖。还有新疆的“天山明珠”——天池, 系由老黑山和火烧山两座火山喷溢的玄武岩熔岩流堵塞白河, 使水流受阻, 形成彼此相连呈串珠状的 5 个小湖得名。

(3) 冰碛堰塞湖: 由冰川消退时产生冰凌形成的堰塞湖。冰凌堆积体称

为“冰坝”。我国的黄河、内陆河、黑龙江、松花江等河流都易形成这种堰塞湖。国际上,靠近北极的瑞士、加拿大、冰岛等国易发冰碛堰塞湖。

2.3.2 按堰塞坝组成分类

(1)山崩堰塞湖:山体滑坡、崩塌形成的堰塞湖。相应的堰塞体也称“山崩坝”。如陕西的天池——太乙池,就是由特殊的地质构造产生山体滑坡堵塞了太乙河形成的堰塞湖。

(2)泥石流堰塞湖:由泥石流形成的堰塞湖。泥石流多发地区如西南、西北等地易发生此种堰塞湖。这种堰塞坝的稳定性差。

2.3.3 按堰塞坝稳定性分类

(1)高危型堰塞湖:蓄水量大、坝高且坝体稳定性差的堰塞湖。高危型堰塞湖往往在形成后几天、几年甚至几十年后会被冲垮,形成严重的次生水灾。对高危型堰塞湖必须采取紧急除险处理措施。

(2)即生即消型堰塞湖:即短时形成,很快会被后来累积的水体冲毁的堰塞湖。一天或者几天内溃决的堰塞湖属于即生即消型堰塞湖。

(3)稳态型堰塞湖(亦称“死湖”):存在时间很长且蓄水量很大。溃决时间超过 100 年者,属于稳态型堰塞湖。

2.4 危害类型

世界各国都发生过堰塞湖。堰塞湖是随地震、暴雨等自然灾害伴生的山体滑坡、泥石流堆积体阻塞河道而形成的次生灾害。它使上游城镇农田受淹,对下游造成威胁,一旦溃决将会产生突发性洪水,造成巨大灾难。堰塞坝堵塞江河所造成的灾害和环境效应一般都较大。堰塞湖主要有三个方面的灾害:山体垮塌淤埋灾害、对上游的淹没灾害、堰塞坝溃决对下游的冲毁灾害。

2.4.1 山体垮塌淤埋灾害

堰塞湖在形成过程中,山体垮塌往往会产生严重的淤埋灾害。例如汶川

“5·12”地震引发的甘肃徽县嘉陵镇南端宝成铁路 K150+300 处山体大面积崩塌。山体崩塌不仅堵塞了嘉陵江形成堰塞湖(见图 2-3),而且造成正在运行中的 21043 次货物列车碰撞巨石脱轨,12 节装有汽油的罐车被埋在 109 号隧道中起火燃烧(见图 2-4),造成宝成铁路中断,断绝了通往四川抗震救灾前线的铁路“生命线”。同时,山体垮塌还造成嘉陵江左岸徽县嘉陵镇至虞关乡的公路中断。



图 2-3 滑坡形成的嘉陵江堰塞湖



图 2-4 宝成铁路 109 隧道内罐车被埋着火