

区域水库群大坝安全评价体系的构建

傅琼华¹, 吴晓彬¹, 金 峰²

(1. 江西省水利科学研究院, 江西 南昌 330029; 2. 清华大学水利水电工程系, 北京 100084)

摘要 结合江西省水库群大坝安全评价工作, 介绍了区域水库群大坝安全评价体系的构建过程, 包括大坝安全评价技术标准的制定、单座水库大坝工程险度评价和风险评估、区域性水库群除险加固全面规划、水库群大坝安全风险排序、大坝病险原因分析及对策研究、除险加固方案的实施效果评价及区域性水库群除险加固动态管理信息系统的建立等内容。该体系在江西省水库群大坝安全评价中的应用效果良好, 可为决策者提供科学依据。

关键词 群坝安全评价体系; 风险评估; 除险加固; 区域性水库

中图分类号 :TV698 **文献标识码** :A **文章编号** :1006-764X(2007)06-0028-04

Construction and application of dam safety evaluation system for reservoir groups//FU Qiong-hua¹, WU Xiao-bin¹, JIN Feng² 1. Water Conservancy Science Research Institute of Jiangxi Province, Nanchang 330029, China; 2. Department of Hydraulic Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract : In consideration of the characteristics of reservoir projects, a dam safety evaluation system for multi-reservoir region in Jiangxi Province was constructed, including the formulation of the technical specification for dam safety evaluation, the methods for risk evaluation of single reservoir dam project, the general plan for risk evaluation, danger removal and reinforcement of reservoir groups, the dam risk ranking, the defect and risk cause analysis, the evaluation of effect of schemes for risk removal and reinforcement, and the establishment of dynamic information management system for danger removal and reinforcement of reservoir groups. The system is of good effect of application in dam safety evaluation in Jiangxi Province. It can provide a scientific basis for decision makers and is of certain reference value to the similar projects.

Key words : safety evaluation system for dam group; risk evaluation; danger removal and reinforcement; regional reservoir

水库大坝是关系国计民生的重要基础设施, 病险水库是我国防洪工程体系的薄弱环节, 近年来国家对病险水库的重视程度、投资力度、整治规模都是前所未有的。虽然国家投入了大量资金, 但水库加固总数不到 4 000 座, 且重点加固的是大型和重要中型水库, 大量小型病险水库尚无暇顾及, 而我国近 50 年来发生溃决的水库有 96.4% 都是小型水库^[1]。大坝安全鉴定是病险水库除险加固的前期工作, 又是关键所在, 评价工作做得充分与否直接关系到除险加固技术方案的科学性和资金投入的合理性。目前一些发达国家对大坝安全风险管理十分重视, 如美国科罗拉多州为了减少生命、财产损失, 保障用水安全, 在有限投入条件下确定合理蓄水高程, 提出了全州大坝安全风险评估集成系统^[2]。该系统的工作重点是风险评价、大坝破坏模式、灾害后果评估、风险管理等, 2002 年 5 月启动前期项目。美国华盛

顿大学和美国陆军工程兵师团合作, 对基于风险的大坝安全决策方法进行了全面总结, 大坝安全风险分析方法得到了很快的发展^[3-4]。近年来, 我国在大坝风险评估和管理方面也取得了一些进展^[5], 但大都针对某一类型的大坝进行安全评价, 鉴定大坝工程本身的安全性, 如水库防洪安全、大坝结构稳定、抗震稳定、渗流稳定、泄水和输水建筑物安全、金属结构安全等是否满足现行规范或标准的要求。事实上, 只要水库存在, 必然给公众带来潜在威胁, 如果水库大坝溃决, 下游民众的生命财产必将受到极大威胁。因此, 水库大坝的安全评价不仅仅是大坝自身的安全性状评价, 还需考虑下游经济发展水平、防洪保护对象等因素。另一方面, 对于一定区域内众多数量的病险水库, 在有限的经济投入条件下, 应全面权衡区域内各水库的病险程度, 综合评价溃坝风险概率, 使病险水库的除险加固按轻重缓急分类

基金项目: 国家自然科学基金(90510018)

作者简介: 傅琼华(1963—), 女, 江西赣州人, 教授级高级工程师, 从事大坝安全评价及大坝安全管理工作。E-mail: fuqiongh@163.com

排队,更合理地安排使用加固资金,减少溃坝事故。因此,建立一套完整的针对区域性水库群的安全评价体系是十分必要的,以便对整个区域内各类水库大坝的安全程度及风险进行综合性评价,客观地反映水库对区域发展的重要性及潜在的不安全性,及时采取除险加固措施,更好地保护国家和人民生命财产安全。本文以江西省水库群大坝为例,研究探索并逐步建立了区域水库群大坝安全评价体系。

1 区域水库群大坝安全评价体系的构成要素

水库大坝的安全问题涉及社会、经济、文化、自然等多个方面。仅从一个侧面考虑,难以理清相互之间的逻辑关系,也不可能透彻地分析水库大坝病险问题的症结所在,所以有必要采用系统分析的方法,从单座水库大坝安全评价及风险评估入手,围绕区域性水库群的安全状态及风险排序,探索水库大坝病险问题的深层原因,以寻求最终解决途径。构建区域水库群大坝安全评价体系的主要目的是评价区域内水库群大坝安全性状及水库群坝风险度排序,对评估风险高的水库优先考虑加固,针对病险症状采取有效的工程措施进行除险或采用非工程措施进行管理和控制,防患于未然。研究基本思路见图1,技术路线见图2。

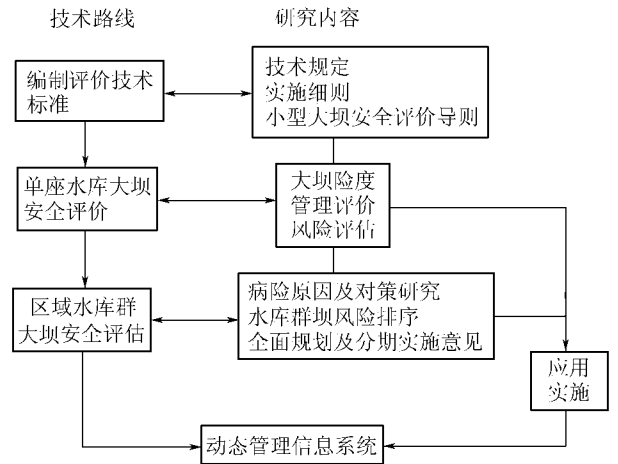


图1 研究基本思路

区域水库群大坝安全评价体系的建立需从水库管理者、水行政主管部门和水库工程安全等多方面的需求出发,相比单座水库大坝安全评价起点更高,内容更全面,安全性状分析更加充分和深入,主要构成要素包括:①评价技术标准:要进行区域水库群大坝的安全评价,必须保证区域内水库的安全评价标准一致,因此,需要根据有关规程规范,结合区域水库大坝的特点和工程实际,编制并细化区域水库大坝安全评价技术标准与实施细则,指导和规范区域水库大坝安全评价工作。②单座水库大坝安全评价:根据编制的区域水库大坝安全评价技术标准及

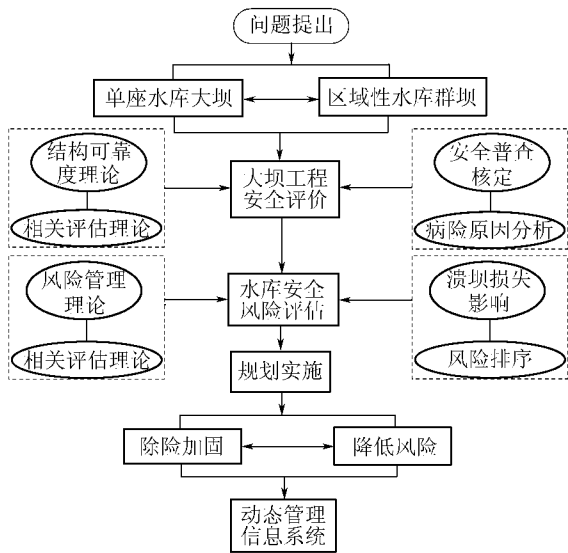


图2 研究技术路线

实施细则,采用先进的技术和理论,对区域内的单座大坝实施安全评价,这是进行区域内水库群大坝安全评价的重要基础,需要根据工程现状和大坝运行情况进行安全复核及评价,目的是评价现状大坝的安全富余度或工程可靠性是否可以接受。③大坝风险评估:对大坝失事概率及后果进行估算,包括溃坝模式、溃坝路径、生命损失、经济损失及对社会与环境的影响,也就是研究溃坝所带来的人员伤亡和经济损失等的严重程度。评估建立在不确定性分析的基础上,损失后果与溃坝时间、预警系统、人口密度等密切相关。④病险原因分析及对策研究:全面分析总结区域内病险水库的症结及影响因素,有针对性地提出经济实用的处理方法,指导区域内病险水库的除险加固。⑤风险排序:在安全评价的基础上,进一步对水库病症进行核定,并根据大坝风险分析理论进行区域水库群坝风险评估排序。排序基本要素包括水库工程安全性状,水库下游防洪保护区的经济存量、人口密度和社会财富,防洪预警设施完备性及水行政主管部门对水库管理因素的排序等。⑥除险加固规划:依据区域内水库大坝的安全普查,核定整个区域内的病险水库数量,考虑水库大坝的分级管理、资金来源和配套比例等方面因素,提出全面合理的病险水库群除险加固实施意见和保障措施。⑦动态管理信息系统:为加强水库大坝安全信息量的管理,开发具有信息维护、信息查询与统计、地理信息系统、规程规范查询等功能的区域水库群除险加固信息动态管理软件,可以实现水库大坝安全鉴定、加固设计、加固施工、加固验收资料等的信息化管理,提高管理水平。

2 江西省水库群大坝安全评价体系的构建

江西省现有各类水库9268座,约占全国水库总量

的1/9,在全国各省中排名第二,且以小型水库为主。因此,评价体系的重点是制定小型水库安全评价标准、进行单座水库工程安全评价、水库群安全风险预估排序等。评价体系既能有效地分析单座水库大坝的病险程度及风险评估,又可系统地对区域性水库群大坝的风险进行排序,为决策者提供科学的决策依据,有病治病,无病防病。本项目主要进行了以下工作。

2.1 制定评价技术标准

根据有关规程规范,相继制定了江西省大坝安全评价技术规定及实施细则。主要包括:《江西省大、中型水库大坝安全评价报告编制若干技术规定》(试行)、《江西省小型水库大坝安全评价导则》(试行)、《江西省水库大坝安全鉴定管理办法》、《江西省水库大坝安全鉴定实施方案》、《江西省小(一)型水库大坝安全鉴定成果核查实施方案》、《江西省水库除险加固工程初步设计报告编制若干技术规定》等水库大坝安全评价技术规定和方法,指导和规范了江西省水库大坝的安全评价技术工作。各技术规定具有较强的操作性和实用性,从制度上、技术上对病险水库除险加固工作进行了规范管理。

经过4年的应用,上述评价技术标准得到了评价单位和各级水行政主管部门的好评,尤其是《江西省小型水库大坝安全评价导则》对小型水库安全评价内容、安全状况分类标准、评价报告编写提纲、小型水库地质勘察技术要求等作出了详细的规定,已成为江西省小型水库大坝安全评价的主要技术标准和依据,在应用过程中未出现明显失误和偏差,减少了病险水库除险加固的前期经费,保障了病险水库除险加固工作的顺利进行。

2.2 单座水库大坝安全评价方法

鉴于实际工程的复杂性,为满足工程安全评价多角度、多方面的需要,近年来在常规分析评价方法的基础上,采用了一些既能满足工程实际需要又切实可行的评价方法,并与常规计算方法的计算成果进行对比分析。主要有:①坝坡稳定可靠度分析(靖安县司马水库大坝);②考虑降雨入渗及饱和-非饱和渗流作用下的边坡稳定分析(吉安市白云山水库库岸堆积体边坡)^[6];③边坡稳定分析关键滑裂面搜索与优化(吉安市白云山水库库岸堆积体边坡);④三维有限元等效应力法拱坝坝体应力分析(井冈山市井冈冲高砌石拱坝);⑤土石坝渗流多因素时变监控模型(铜鼓县大垅水库大坝);⑥土石坝二维、三维有限元渗流计算分析(玉山县七一水库大坝)。多座水库大坝工程的实际应用表明,先进理论与方法的应用有效地解决了工程分析评价中的难点和疑点问题,已成为大坝安全评价的重要组成部分。

在单座水库大坝安全评价的基础上,根据大坝风险分析理论研究^[7],针对某个具体水库进行了溃坝模式和溃坝概率的研究和分析。对赣州市5座中型水库进行了典型实例研究,通过对大坝下游影响的调查分析了溃坝后下游生命损失、经济损失、对社会和环境的影响,进行大坝风险评估^[8]。按专家确定的报警时间,各水库的风险指数从大到小的排序为灵潭、龙山、石壁坑、下栏、长龙。灵潭等5座示范水库的生命损失和经济损失均位于不可容许的高风险区,应尽快进行除险加固,同时应加强安全管理,降低水库风险指数。

2.3 大坝病险成因分析及对策研究

统计分析已鉴定为三类坝的80座水库,从防洪安全、渗流安全和结构安全等方面进行病险症状和成因分析,其中有24座(30%)防洪安全性不足,另有43座(54%)泄洪安全性不足,洪水不能安全下泄;73座(91%)水库渗流安全性不足,评定为C级;另有77座(96%)水库大坝结构安全性不足,其中47座(59%)大坝坝坡稳定性不足,有70座(88%)水库输、泄水建筑物结构安全性不足。此外,水库普遍存在(水雨)情观测设施简陋,大坝安全监测设施不完善,管理、通讯、交通设施简陋等问题。探讨总结了水库大坝安全影响因素,提出了针对性强、经济实用的处理对策。

2.4 群坝风险评估指数排序方法研究

经过对不同类别水库工程的现场调查,引入当前国际上先进的大坝风险分析概念和分析技术,通过对大坝风险度、溃坝后果、综合影响等因素的赋值量化研究,得到大坝风险评估综合分数,建立了群坝风险评估排序指数分析计算方法^[9],并对病险水库群大坝进行除险加固排序,其结构框图见图3。

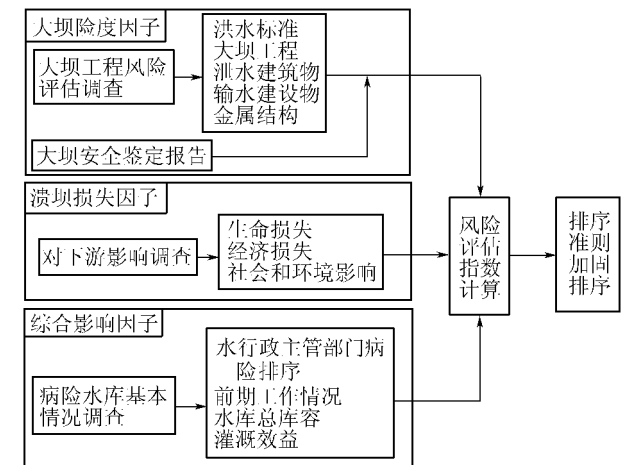


图3 群坝风险评估指数结构框图

该评估方法主要包括三大影响因子:一是大坝险度因子,通过对大坝工程风险程度情况调查,依据

安全鉴定报告对各建筑物安全性赋分,从而计算出大坝险度因子;二是溃坝损失因子,通过对大坝下游影响情况调查,分析溃坝后下游生命损失、经济损失、对社会和环境的影响,分别赋值计算,确定溃坝影响因子;第三是综合影响因子,综合考虑水库的水行政主管部门对水库管理因素的排序、水库的总库容、灌溉效益、加固前期工作等因素,确定水库的综合影响因子。赋值量化的大坝险度因子、溃坝损失因子、综合影响因子的乘积即为水库大坝风险评估指数,按评估指数大小对群坝进行风险排序,风险指数越大表明水库危险性越大,应优先得到除险加固。

将该方法应用于 242 座不同类别的水库风险评估排序中,分析结果与实际情况基本相符。该方法计算简单、可操作性强,当水库数量多、分布区域广且时间和资金有限时非常实用,特别适合区域性水库安全主管部门权衡病险水库轻重缓急并有针对性地采取除险加固措施。

2.5 编制病险水库除险加固规划

对江西省小(二)型以上 9268 座各类水库安全状况进行全面普查分析与核定,截止到 2002 年底有 3488 座水库(占水库总数的 37.6%)存在不同程度的病险隐患。在分析病险症状及成因和加固效益评估的基础上,结合各地水资源状况和社会经济发展水平等因素,综合制定了 2007 年底全面完成规划内病险水库除险加固目标应采取的组织、政策、技术、资金保障等措施,编制了江西省病险水库除险加固规划报告^[10],为水库大坝安全评价工作确定了明确的目标,有力地保障了除险加固工作的有序性和连续性。

2.6 开发水库除险加固动态管理信息系统

建立了包括江西省水库大坝基本情况、安全评价、除险加固设计、除险加固施工、工程图纸和图片等 6 个方面的信息资料数据库,开发了一套完整的水库除险加固信息动态管理系统(图 4),具有信息维护、信息查询与统计、规程规范查询等功能,实现

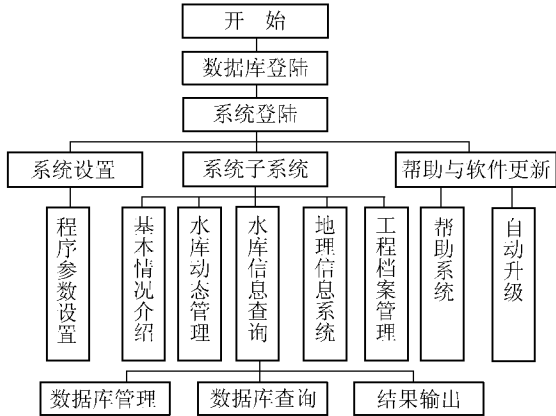


图 4 水库除险加固动态管理系统基本结构
(C/S 结构部分)

了水库大坝资料的全面信息化管理,实现了人机对话和管理的程序化、自动化,为管理层和有关部门决策提供了科学、快捷的平台。

3 结 语

从区域水库群大坝安全评价体系的构建过程来看,以下几项工作非常重要:①进行区域水库群大坝的安全普查,制定全面系统规划,保障安全评价工作的有序性和连续性。②将水库大坝安全评价技术标准的建立和大坝安全评价技术方法的研究与创新紧密结合,制定操作性、指导性强的技术标准,引进评价新方法,提高安全评价的准确性和针对性。③采用先进的大坝风险管理理念和技术,对大坝险度因子、溃坝损失因子、综合影响因子赋值量化评估大坝风险指数,提出实用、合理的群坝风险排序方法,增强水库大坝除险加固的科学性和合理性。④把数据库、地理信息系统、计算机多媒体等新技术引入到病险水库信息管理系统中,实现水库技术资料的全面信息化动态管理,为管理层决策提供科学、快捷的平台。江西省水库群大坝安全评价体系的实际应用取得了良好的效果,有力地促进了省级或区域性水库群病险水库除险加固工作的有序、顺利进行,提高了大坝安全管理水平,具有较强的现实意义和应用推广价值。

参考文献:

[1] 李雷,蔡跃波.我国水库大坝安全监测与管理的新动态[J].大坝与安全,2005(6):10-15.
[2] BYERS J B. Integration of risk assessment with a state dam safety program[R]. Denver:Department of Natural Resources, 2002.
[3] HARRALD J R,RENDA-TANALI I,SHAW G L,et al. Review of risk based prioritization:decision making methodologies for dam[R]. Washington,D.C.:Gorge Washington University and US Army Corps of Engineers,2004.
[4] BOWLES D S,ANDERSON L R,GLOVER T F,et al. Portfolio risk assessment:a tool for dam safety risk management[C]//Proceedings of the 1998 USCOLD Annual Lecture. Buffalo,New York:USCOLD,1998.
[5] 李雷,王仁钟,盛金保,等.大坝风险评价与风险管理[M].北京:中国水利水电出版社,2006.
[6] 苏立群,吴海真,祝德和.考虑降雨入渗及饱和渗流作用下的土石坝边坡稳定性研究[J].江西水利科技,2006,32(2):63-67.
[7] 王仁钟,李雷,盛金保.病险水库风险判别标准体系研究[J].水利水电科技进展,2005,25(5):5-8.
[8] 段智芳,傅琼华,李雷.病险水库除险加固排序在江西的示范应用研究[J].江西水利科技,2007,33(1):12-16.
[9] 傅琼华,段智芳.群坝风险评估指数排序方法的探讨[J].中国水利水电科学研究院学报,2006,4(2):107-110.
[10] 傅琼华,王纯.江西省病险水库除险加固规划[J].水利发展研究,2004,4(8):43-46.

(收稿日期 2006-12-07 编辑 骆超)