

病险水闸除险加固效果评价指标体系研究

王少伟^{1,2}, 苏怀智¹, 付启民²

(1. 河海大学水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 江苏 南京 210098;
2. 常州大学环境与安全工程学院, 江苏 常州 213164)

摘要: 依照《中央政府投资项目后评价管理办法》中相关规定, 结合我国水闸主要病险问题, 从病险水闸安全鉴定结论准确性、除险加固设计方案、服役性能提升程度、经济效益和可持续发展效应等方面, 构建由5个一级指标和21个二级指标组成的病险水闸除险加固效果评价指标体系, 并描述了各评价指标的内涵, 以期提高病险水闸除险加固效果评价的系统性和精确性。

关键词: 病险水闸; 除险加固; 评价指标

中图分类号: TV698

文献标识码: A

文章编号: 1003-9511(2018)02-0007-03

我国水闸主要修建于20世纪50~70年代, 受当时国内客观条件的限制, 此阶段修建的水闸普遍存在建设标准低、工程质量差、建成后缺乏有效管理和维修保养等问题, 经过几十年运行, 工程老化、破坏严重, 其服役性态成为社会关注的焦点^[1]。对病险水闸除险加固是恢复水闸设计功能、促进社会经济发展等迫切需要解决的问题^[2]。近年来, 在对病险水闸安全鉴定的基础上, 针对水闸防洪标准、渗透稳定性、抗滑稳定性、抗震安全性、地基承载力、消能防冲、建筑结构及闸门老化、闸室淤积等各类病险问题, 采取拆除重建、扩建或其他专项补强措施等方案进行除险加固, 其中江苏省拟拆除重建和加固的大、中型水闸分别为83座和33座, 广东省为147座和18座^[3-4]。但如何对这些病险水闸除险加固工程所取得的实际效果进行定量或定性的综合评价, 是一项非常复杂但又急需解决的问题。

根据工程经验, 综合评价的开展需要具备指标体系和方法体系两个方面, 即评价应考虑的影响因素以及采取的综合度量方法^[5-6]。针对水闸工程, 目前的综合评价指标体系主要用于其服役状态分析, 以综合评定病险水闸的安全等级, 从而确定是否需要开展除险加固工作^[7]。而对于病险水闸除险加固治理效果的评价, 目前主要是针对工程安全性、经济效益、工程影响等方面中的某一项或几项指标,

基于数值分析、理论计算、定性判断等来对比加固前后该项指标的变化情况, 以此评价该次除险加固工程的理论预期效果, 而较少对工程实际效果进行综合评价^[8-9]。与病险水闸相类似, 服役龄期较长的病险水库也必须进行除险加固, 而针对病险水库除险加固治理效果的综合评价也同样处于起步探索阶段, 现有综合评价方法主要用于水库大坝安全鉴定, 且重视社会经济效益而忽略环境、生态等影响^[10-11]。对此, 翁月娇等^[12]从技术、经济、社会、环境和管理5个方面建立了水利加固改造工程的后评价体系, 并以加固改造前后综合评分的增量作为项目实施效果; 阮建清等^[13]从效果可靠性、经济合理性、技术可行性和施工便利性4个方面建立了病险水库除险加固方案优选的评价指标体系; 徐光磊等^[14]从前期工作、建设质量和建设资金3个方面来综合评价病险水库除险加固工程质量; 綦中跃等^[15]从工程效益、经济效益和社会效益3个方面对密云水库除险加固工程的综合效益进行了评价; 吴焕新^[16]从除险加固方案、加固治理功能指标康复程度和除险加固治理影响3个方面建立了病险水库加固工程评价指标体系; 卢欣^[17]从前期工作、施工过程、加固后运行性态和工程效益来对病险水库加固工程进行后评价。

水闸病险种类多, 除险加固涉及面广, 而目前水

基金项目: 国家自然科学基金(51709021); 水文水资源与水利工程科学国家重点实验室开放研究基金(2016491111)

作者简介: 王少伟(1988—), 男, 讲师, 博士, 主要从事水工结构工程安全监控及耐久性研究。E-mail: shaowei2006nanjing@163.com

闸、水库等病险水利工程除险加固效果的量化研究尚处于起步阶段,评价指标体系的选取还不够完善,除工程安全性和经济效益外,还需要综合考虑安全鉴定、加固方案、施工质量、社会环境影响和可持续发展能力等多方面的内容。因此,需要结合我国水闸病险种类,在病险水闸单一加固效能评价的基础上,挖掘病险水闸除险加固效果的影响因素,建立具有层次结构的病险水闸除险加固效果评价指标体系,并对指标内涵进行解释。

1 病险水闸除险加固效果评价指标体系的构建

1.1 指标体系建立的依据

病险水闸除险加固效果评价本质上属于工程项目后评价,将加固治理所达到的实际效果与加固前工程状态和加固治理预期目标进行对比分析,以便评价加固治理方案的可行性、有效性和经济性,并对其补充、完善,从而总结经验教训,形成良性项目决策机制。对此,病险水闸除险加固效果评价指标体系的建立可参照国家发展和改革委员会于2014年颁布的《中央政府投资项目后评价管理办法》中的相关规定,即项目单位的自我总结评价报告中应包含项目效果评价和项目目标评价,且主要从项目技术水平、财务及经济效益、社会效益、资源利用效率、环境影响、可持续能力、目标实现程度、差距及原因等方面进行。而对于病险水闸除险加固工程,其较新建工程还需要增加前期安全鉴定这一程序,因此水闸安全鉴定结论的准确性也是影响除险加固治理效果的关键因素^[18]。

综上,在论述分析已有研究成果中单指标或多指标评价因素的基础上,依据《中央政府投资项目后评价管理办法》,并结合除险加固工程的特点,建立如表1所示的病险水闸除险加固效果评价指标体系。

1.2 一级评价指标

病险水闸除险加固效果评价指标体系包含5个一级评价指标,见表1。

1.3 二级评价指标

二级评价指标总共有21个,分定性评价指标和定量评价指标两种。鉴于目前常用的综合评价等级确定方法主要是基于加权综合评分值法和最大等级隶属度法两类,且两类方法对于基础层指标的评价处理方式不同,因此,当采用加权综合评分值法时,二级指标中的定性评价指标可参照一定的满分机制,采用专家打分法;定量评价指标则按效益型、成本型、固定型、区间型、偏离型等不同的指标类型,采用线性函数或非线性函数对其进行标准化处理。而当采用最大等级隶属度法时,对于定性评价指标,通常采用等级比重法,即将某二级指标评判为某等级的人数在全部评判人数中的比重;定量评价指标则需要事先对每一个基础层评价指标进行等级取值范围的划分,再根据选取的隶属函数计算其等级隶属度。

2 评价指标的内涵

2.1 病险水闸安全鉴定结论的准确性

安全鉴定结论直接决定病险水闸是否需要除险加固以及加固部位等,进而直接指导除险加固设计。同时,加固前的安全鉴定结论是水闸服役性态的客观描述,也是评价加固治理效果的基础。因此,病险水闸安全鉴定结论的准确性是除险加固工程治理效果的决定性因素。

a. 安全鉴定前期资料的可靠性。水闸安全鉴定时,专家组主要依据工程现状调查分析报告、现场安全检测报告和工程复核计算分析报告等3项成果进行^[19],此类前期资料中数据来源的可靠性、检测核算的规范性和分析评价的合理性,直接影响水闸安全鉴定结论的准确性。

b. 鉴定专家组的权威性。水闸安全鉴定专家组人数为5~11人,在分析上述前期资料的基础上,专家组成员根据其知识、经验而形成安全鉴定结论。因此,表征专家权威性的专家资历、学术水平、工程经验、对待评估工程的了解程度等因素,将直接影响

表1 病险水闸除险加固效果评价指标体系

一级	安全鉴定结论准确性			除险加固设计方案			服役性能提升程度						除险加固经济效益			除险加固可持续发展效应					
二级	安全鉴定前期资料的可靠性	鉴定专家组的权威性	鉴定程序的规范性	恢复水闸设计功能的有效性	经济合理性	技术先进性	防洪标准	渗流安全性	结构安全性	结构稳定性	结构耐久性	抗震安全性	金属结构及机电设备安全性	直接经济效益	间接经济效益	潜在风险规避效益	除险加固工程施工质量	运行管理现代化提升程度	资源可持续利用程度	工程后期的可治理性	除险加固工程环境影响

其评判结果的合理性与可信程度。

c. 鉴定程序的规范性。水闸安全鉴定中各项工作均需依照规范开展,工程现状调查中病险问题总结的全面性、现场检测项目和复核计算项目拟定的合理性等,将直接影响水闸安全鉴定的深度。

2.2 除险加固设计方案

a. 除险加固设计方案对恢复水闸设计功能的有效性。在排除施工质量影响因素外,除险加固设计方案有效性的后评价,主要是检查水闸原设计功能是否得到最大程度的恢复,且是否为最优方案。

b. 经济合理性。除险加固治理实际费用与设计预期费用、同类工程其他加固方案实际费用的对比分析。

c. 技术先进性。通常而言,技术越先进,加固治理效果越好。此评价指标主要考察除险加固治理各环节采用的技术是否为同类较成熟技术中最新的。

2.3 服役性能提升程度

提升水闸防洪能力、安全性、稳定性和耐久性等服役性能指标是除险加固的根本目的。参照水闸病险种类,除险加固工程针对水闸服役性能提升可主要归纳为7个方面:①防洪标准,以水闸过流能力评价。②渗流安全性,从渗透坡降、渗流量和测压管水位等方面进行评价。③结构安全性,校核闸室结构的应力、沉降、裂缝开度等在加固治理后是否符合规范要求。④结构稳定性,主要为闸室及上下游翼墙的抗滑、抗倾稳定性。⑤结构耐久性,以原结构碳化、磨蚀、钢筋锈蚀等老化状况的改善程度评价。⑥抗震安全性,提高抗震设防标准后,水闸震陷、液化、构件破坏等方面的减弱程度。⑦金属结构及机电设备安全性,主要是闸门锈蚀、启闭设施和电气设备老化等方面的改善状况。

水闸服役性能指标提升程度的评价可基于指标实际值与预期值之间的偏差程度来进行,参照工程后评价经验,五级评价制通常所采用的标准为^[20]:完全成功、较成功、基本成功、不成功所允许的指标偏差程度依次为0%、0%~15%、15%~25%、25%~35%,而当偏差度超多35%时,则明显不符合要求,本次除险加固工程对该服役性能指标而言是失败的。

2.4 除险加固经济效益

a. 直接经济效益。水闸加固治理采用的提高闸上设计水位、闸前河道清淤等措施,将增加兴利库容,进而增加灌溉、供水、发电等方面的直接经济效益。

b. 间接经济效益。防洪标准低是大部分水闸

面临的一个主要病险问题,主要表现为水闸过流能力或闸室顶高程不足,进而导致宣泄洪水时的上游淹没,因此病险水闸除险加固将在防洪、排涝等方面产生明显的间接经济效益。

c. 潜在风险规避效益。病险水利工程一旦失事,将导致巨大的经济、生命损失及社会、环境影响,因而除险加固治理带来的不仅是直接和间接工程效益的增加,由此规避的潜在风险损失同样需要考虑。

2.5 除险加固可持续发展效应

a. 除险加固工程施工质量。施工质量的好坏,在影响服役性能指标提升程度的同时,也直接决定病险水闸后期能否持续发挥工程效益。因此,本文将施工质量作为二级评价指标,并规整到可持续发展效应一级指标下。参见新建工程施工质量评价方法,除险加固工程施工质量评价同样从单元工程合格率、分部工程优良率、施工与设计要求的偏差状况、施工质量缺陷整治及遗留状况等方面进行。

b. 运行管理现代化提升程度。水利工程管理现代化是当前国家现代化建设的重要组成部分,其建设进程分初步实现阶段、基本实现阶段和全面实现阶段,各阶段所要求的综合实现指数分别为90%、93%和95%^[21]。因此,除险加固中水闸管理、监测等设施的改造,将显著提高其运行管理现代化程度,从而确保工程效益的长效性。

c. 资源可持续利用程度。水闸除险加固中涉及大量的混凝土结构拆除重建工程,若将废弃混凝土块制备成再生骨料,部分或全部代替天然骨料而形成再生骨料混凝土,既能解决天然骨料资源紧缺问题,又能解决废弃混凝土的堆放、占地和环境污染等问题^[22]。其他方面,如原结构体系在新结构体系中的继续利用程度、临时占地的复耕程度、节能效果等也需考虑在内。

d. 工程后期的可治理性。为实现工程的超长期服役,需要视工程老化情况开展加固治理工作,该加固治理将对后期加固治理工作产生影响,因此需对工程后期加固治理的经济和技术可能性进行评价。

e. 除险加固工程环境影响。主要包括对自然环境、社会环境和生态环境的可恢复性和不可恢复性影响。

3 结 语

依照《中央政府投资项目后评价管理办法》,并结合我国水闸主要病险问题,构建了病险水闸除险加固效果评价指标体系。这些研究有助于解决当前病险水闸除险加固主要依靠单一效(下转第14页)

- [5] 周蓓棋,徐向阳,贾晨,等.改进主成分分析法在区域水资源综合评价中的应用研究[J].中国农村水利水电,2014(3):88-91.
- [6] 尹志杰,管玉卉,胡晓雪.区域水资源可持续利用系统评价的集对分析模型[J].水资源保护,2010,26(6):28-31.
- [7] 杨晓华,杨志峰,沈珍瑶,等.区域水资源开发利用程度评价的RBF网络模型[J].环境科学,2004(增刊1):33-36.
- [8] 张先起,刘慧卿,梁川.云南水资源可持续利用程度评价的自组织神经网络模型[J].长江流域资源与环境,2007,16(4):456-460.
- [9] 曹雷,周维博,庄妍.基于遗传投影寻踪模型的延安市水资源利用效率分析[J].水资源与水工程学报,2015(2):126-128.
- [10] 陈守煜.区域水资源可持续利用评价理论模型与方法[J].中国工程科学,2001,3(2):33-38.
- [11] 李琼芳,任黎,夏自强,等.江苏沿海围垦区水资源开发利用潜力研究[J].水利经济,2012,30(3):47-50.
- [12] 马雪倩.黑龙江省水资源可持续利用评价研究[D].哈尔滨:东北农业大学,2013.
- [13] SANDOVAL-SOLIS S, MCKINNEY D C, LOUCKS D P. Sustainability index for water resources planning and management [J]. Journal of Water Resources Planning & Management, 2015, 137(5):381-390.
- [14] SCHOEMAN J, ALLAN C, FINLAYSON C M. A new paradigm for water? A comparative review of integrated, adaptive and ecosystem-based water management in the anthropocene [J]. International Journal of Water Resources Development, 2014, 30(3):377-390.
- [15] 孙秀玲.水资源评价与管理[M].北京:中国环境科学出版社,2013.
- [16] 陈正虎.沿江区域水资源可持续利用评价研究[D].南京:河海大学,2006.

(收稿日期:2017-10-11 编辑:胡新宇)

(上接第9页)

能指标进行评价的缺陷,提高除险加固效果评价的系统性和精确性。然而,水闸病险成因复杂、种类多,导致各工程的加固治理目标、效益和影响具有一定的差异性,在实际使用本文建立的评价指标体系时,需要结合工程病险问题,对指标体系中的二级评价指标有所取舍。

参考文献:

- [1] 朴哲浩,宋力.我国病险水闸成因及除险加固工程措施分析[J].水利建设与管理,2011,31(3):71-72.
- [2] 秦毅,顾群.全国病险水闸成因分析及加固的必要性[J].水利水电工程设计,2010,29(2):25-26.
- [3] 康立荣,徐文俊,吝江峰.江苏大中型病险水闸概况及主要加固措施探讨[J].水利建设与管理,2014,34(3):56-58.
- [4] 张鹏,徐志雄,孙秀峰,等.广东省大中型病险水闸除险加固工程社会稳定风险评估方法的探讨[J].广东水利水电,2016(12):56-58.
- [5] SU Huaizhi, YANG Meng, KANG Yeyuan. Comprehensive evaluation model of debris flow risk in hydropower projects [J]. Water Resour Manage, 2016, 30(3):1151-1163.
- [6] 舒欢,刘文娜.基于组合赋权:TOPSIS模型的水利工程建设方案优选决策方法[J].工程管理学报,2013,27(4):83-86.
- [7] 闫滨,孙友良,高真伟.水闸安全综合评价研究综述[J].水电能源科学,2013,31(2):171-173.
- [8] 张建华,李海枫,周秋景,等.峡江水利枢纽工程典型泄水闸段抗滑稳定及加固措施研究[J].水利水电技术,2014,45(11):33-36.
- [9] 卢振园,唐德善,朱春光.宿迁闸除险加固工程影响评价[J].水利科技与经济,2011,17(2):42-44.
- [10] WU Zhongru, XU Bo, GU Chongshi, et al. Comprehensive evaluation methods for dam service status [J]. Science China Technological Sciences, 2012, 55(8):2300-2312.
- [11] 杨杰,郑成成,江德军,等.病险水库理论分析研究进展[J].水科学进展,2014,25(1):148-154.
- [12] 翁月娇,唐德善,王银银.基于F-AHP法的水利加固改造工程效果后评价[J].水电能源科学,2009,27(5):145-148.
- [13] 阮建清,刘忠恒,严祖文.基于风险的病险水库除险加固方案优化技术[J].中国水利水电科学研究院学报,2014,12(1):36-41.
- [14] 徐光磊,周克发.病险水库除险加固工程质量评价研究[J].大坝与安全,2010(1):11-14.
- [15] 綦中跃,周上梯.密云水库除险加固综合效益分析与评价[J].水利建设与管理,2009,29(5):43-45.
- [16] 吴焕新.病险水库除险加固治理效果综合评价体系研究[D].济南:山东大学,2009.
- [17] 卢欣.江西省土石坝除险加固后评价[D].南昌:南昌工程学院,2016.
- [18] 中小型水闸除险加固研究与处理措施编委会.中小型水闸除险加固研究与处理措施[M].北京:中国水利水电出版社,2014.
- [19] 中华人民共和国水利部.水闸安全鉴定规定:SL 214—98[S].北京:中国水利水电出版社,1998.
- [20] 陈守煜,李庆国.多指标半结构性模糊评价法在水利工程后评价中的应用[J].水利学报,2004,35(3):27-32.
- [21] 方国华,高玉琴,谈为雄,等.水利工程管理现代化评价指标体系的构建[J].水利水电科技进展,2013,33(3):39-44.
- [22] XIAO Jianzhuang, LI Wengui, POON C. Recent studies on mechanical properties of recycled aggregate concrete in China-A review [J]. Science China Technological Sciences, 2012, 55(6):1463-1480.

(收稿日期:2017-08-16 编辑:胡新宇)