

DOI:10.16198/j.cnki.1009-640X.2019.04.009

王士军, 谷艳昌, 葛丛兵. 大坝安全监测系统评价体系[J]. 水利水运工程学报, 2019(4): 63-67. (WANG Shijun, GU Yanchang, GE Congbing. Technical framework for dam safety monitoring system evaluation[J]. Hydro-Science and Engineering, 2019(4): 63-67. (in Chinese))

大坝安全监测系统评价体系

王士军^{1,2}, 谷艳昌^{1,2}, 葛丛兵^{1,2}

(1. 南京水利科学研究院, 江苏 南京 210029; 2. 水利部大坝安全中心, 江苏 南京 210029)

摘要: 在梳理国内外大坝安全监测相关规范及实践经验基础上, 研究提出大坝安全监测系统评价总体框架安全监测设施可靠性及完备性、监测系统运行维护和自动化系统评价要素及评价方法等。大坝安全监测系统评价内容包括监测设施完备性评价、监测设施运行维护评价和自动化系统评价。监测设施完备性评价基于监测设施考证资料、现场检查与测试以及历史测值分析等方法, 评价为可靠或基本可靠的监测设施是否满足大坝安全监控要求; 监测设施运行维护评价包括运行管理保障、观测与维护以及资料整编分析等; 监测自动化系统评价内容包括数据采集装置、计算机及通信设施、信息采集与管理软件、运行条件和运行维护等方面。监测系统综合评价分为正常、基本正常和不正常3个等级。评价为正常, 应继续运行; 评价为基本正常, 可继续运行, 但应及时修复完善; 评价为不正常, 需及时更新改造。

关键词: 监测系统; 评价框架; 监测设施完备性; 运行维护有效性; 自动化系统可靠性

中图分类号: TV698.1

文献标志码: A

文章编号: 1009-640X(2019)04-0063-05

安全监测是监视和掌握水库大坝运行性态的重要非工程措施, 是指导水库科学调度、工程安全运行的重要手段, 是水库大坝安全管理不可或缺的重要工作。我国相关规范规定, 大坝安全监测包括巡视检查、变形监测、渗流监测、应力(压力)应变温度监测、地震反应监测、环境量监测等^[1-2]。据统计, 全国90%的大型水库和2/3的中型水库配置有安全监测设施。由于各种原因, 部分安全监测设施建成运行一段时间后出现基础资料缺失、仪器设备损坏、系统运行不稳定、监测数据混乱等现象。近期调研统计, 约1/5大型水库和1/3中型水库安全监测设施运行不正常, 约1/4已建安全监测自动化系统不能正常工作^[3]。随水库大坝服役年限延长, 工程地质条件、施工质量存在与设计假定不一致, 水库大坝安全随着工程服役年限的增加, 材料蠕变、结构老化导致工程安全运行性态的变化, 大坝运行性态可能发生变化, 原有监测系统可能达不到全面有效监控大坝安全的目的。国内一些学者开展大坝安全监测系统评价研究^[4-5]。为科学规范评估大坝安全监测系统运行, 保障已建水库大坝安全监测系统持续可靠有效运行, 保障大坝安全可控, 水利行业编制完成了《大坝安全监测系统鉴定技术规范》(SL 766—2018), 该标准适用于1级、2级、3级土石坝及1级、2级、3级、4级混凝土坝大坝安全监测系统。本文阐述了大坝安全监测系统评价框架体系及主要内容。

1 总体框架

大坝安全监测系统评价内容包括监测设施可靠性、完备性、运行维护有效性和自动化系统可靠性。监

收稿日期: 2018-11-07

基金项目: 国家重点研发计划资助项目(2016YFC0401608); 水利部公益性行业科研专项(201501033); 江苏水利科技项目(2015010); 南京水利科学研究院中央级公益性科研院所基本科研业务费专项基金项目(Y717002, Y717007, Y717012, Y718008)

作者简介: 王士军(1965—), 男, 江苏涟水人, 教授级高级工程师, 博士, 主要从事水库大坝安全监测与信息化研究。

E-mail: sjwang@nhri.cn

测设施是指监测仪器及其辅助设施,如保护装置、观测房、观测便道等;自动化系统是指监测数据自动采集、传输、存储、处理的装置和软件的统称。监测系统总体评价框架见图 1。

监测设施可靠性是大坝安全监测系统评价的基础,监测设施可靠性评价以测点为单元进行评价。对于多测点监测装置,如视准线装置、引张线装置等,可基于对各个测点装置单独进行评价基础上,根据实际工程特点及测点布置进行评价。监测设施完备性是基于可靠或基本可靠的安全监测设施的监测项目及测点布设能否满足监控大坝现状及未来安全的需要。监测设施运行维护是保障大坝安全监测系统持续可靠运行的重要措施,对安全监测设施能否持续可靠运行起到关键作用。随着技术发展,一些大中型水库大坝安全监测配有自动化系统,它是大坝安全监测系统的重要组成部分;自动化系统的评价内容与监测设施可靠性评价明显不同,将其独立纳入评价体系,如工程未建自动化系统,则不纳入评价体系。

监测系统综合评价分为正常、基本正常和不正常 3 个等级。监测设施完备性、监测设施运行维护和监测自动化系统(如有)3 项评价为全部合格,则监测系统评价为正常;监测设施完备性和监测自动化系统(如有)为基本合格,监测系统评价为基本正常;监测设施完备性不合格,监测系统评价为不正常。监测系统综合评价体系重点强调监测设施的完备性,对监测设施不完备设定为一票否决。只要监测设施可靠完备,即使自动化系统不正常,可通过人工观测获取数据,也能达到大坝安全监测目的,故未对自动化系统设定一票否决。评价体系中只有监测设施运行维护评价合格,监测系统才能鉴定为正常,体现了维护监测设施的重要性,同时考虑监测设施运行维护是管理措施,未对监测设施运行维护设定一票否决。

该标准规定大坝安全监测系统应定期鉴定,系统竣工验收后或投入使用后 3 年内应进行首次鉴定,之后应根据监测系统运行情况每隔 3~5 年或必要时进行鉴定,宜结合大坝安全鉴定开展监测系统鉴定。承担大坝安全监测系统鉴定的单位应具备相应资质或业绩,从事鉴定的人员应具有相应资格或从业经验。经评价正常的监测系统应继续运行;基本正常的可继续运行,但应及时修复完善;不正常的则需及时更新改造。

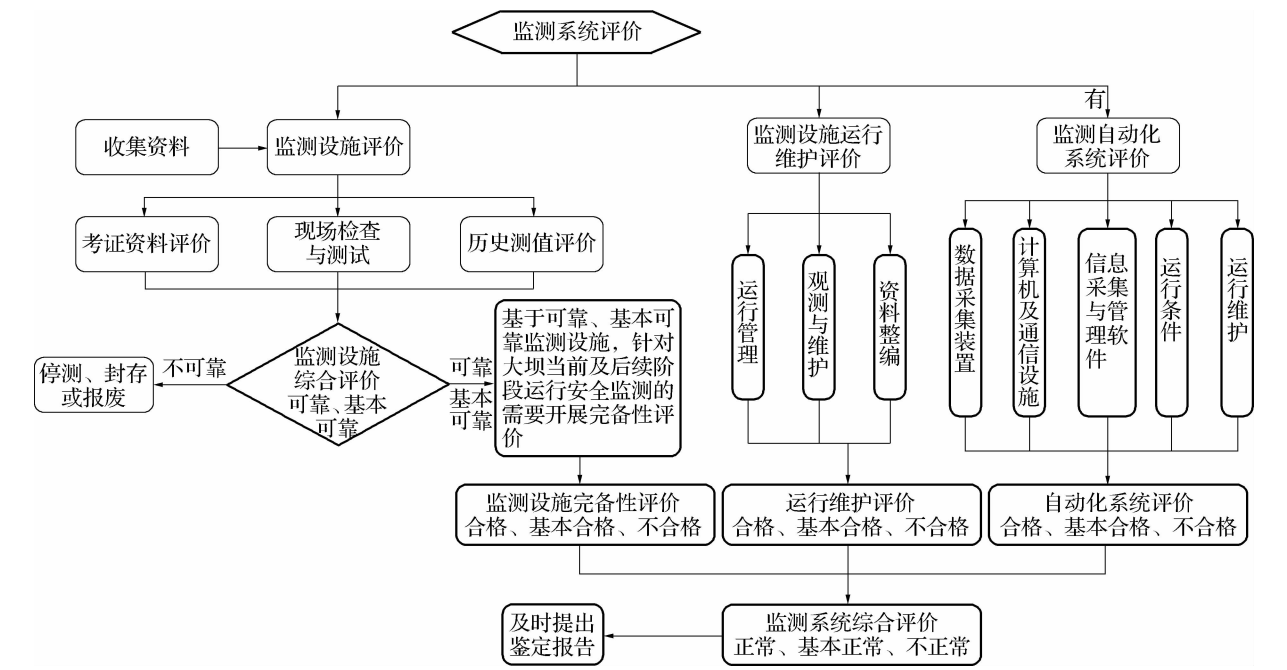


图 1 大坝安全监测系统评价总体框架

Fig. 1 Overall framework of dam safety monitoring system evaluation

2 监测设施可靠性评价

监测设施可靠性评价包括监测设施考证资料评价、现场检查与测试评价和历史测值评价等 3 项内容,并

基于3项内容评价结果,评价监测设施的可靠性。监测设施评价为可靠或基本可靠,才可列为监测设施完备性评价的测点体系。

监测设施考证资料评价包括资料完整性、监测仪器选型适应性和监测设施安装正确性。监测设施考证资料包括仪器出厂检验测试资料或第三方检测测试资料,考证资料是数据计算与分析的基础;不同的工作条件环境,对监测仪器的性能指标要求不同,监测仪器选型适应工作环境条件;技术性能指标应满足被测工程物理量监测要求。监测仪器安装应避免对工程结构的损伤,满足相关规范和设计要求,监测成果能反映被监测部位的特性。

现场检查和测试是评价已安装运行的监测仪器可靠性的重要手段,各类监测仪器现场检查和测试内容及评价标准各不相同。现场检查主要包括监测设施的外观、标识、线缆及连接、工作状态、运行环境和观测条件等。现场测试主要根据各类仪器的原理、埋设方式、可能条件对其稳定性、准确性进行测试检验。该标准对读数仪表(包括水准仪、经纬仪、全站仪、读数仪等)的鉴定未作规定,读数仪表的鉴定应按计量仪表的检定/校准规定执行,由具有相应资质的检测机构完成,用于测试的读数仪表应在检定有效期内,且检定合格。

历史测值评价是采用历史监测资料对监测仪器可靠性评价的一种有效方法,通常以过程线分析为主,可结合相关性图、空间分布图、特征值分析等方法分析数据变化规律,对监测设施可靠性进行评价。通过过程线分析,可以判断变形量、渗流(扬)压力、渗流量、应力、应变、温度及水位等物理量随时间变化的规律及其与相应环境量之间的关系;如周期性、趋势性、变化类型、发展速率、变幅、变化范围和特征值等。当工程物理量测值不符合常规变化规律,则说明该测值可能存在异常。当监测的物理量数据存在异常时,可对仪器频率、电阻、电压、电流、电阻比、电容比等测读值进行分析,查明原因。

3 监测设施完备性评价

监测设施是否完备主要看基本可靠及可靠的安全监测设施能否满足监控大坝现状及未来安全的需要。既要考虑监测项目的全面性,也需考虑监测测点布置合理性。监测项目合理性评价基于现状鉴定为可靠或基本可靠的监测设施,考量监测工程运行安全性态关键参数的重要监测项目是否全面,监测项目中现存基本可靠测点的空间布局能否覆盖工程全部监测范围,能否监控重点部位、兼顾一般部位,关联监测项目是否相互匹配,重要监测项目是否有适当的冗余。重要监测项目无缺项,重要监测项目和一般监测项目布置均合理,安全监测设施完备。若重要监测项目缺项,或重要监测项目不缺项但其布置不合理,则安全监测不完备。

SL 551—2012 和 SL 601—2013 规定了不同级别大坝安全监测必选项目和可选项目在大坝进入运行阶段后,可根据工程运行的实际情况和风险管理理念^[6],调整监测系统原有的监测项目或其重要性。因工程运行环境及性态变化,可能需要增加某些监测项目,重要监测项目可能降级为一般监测项目,一般监测项目可能升级为重要监测项目。考虑各类坝型的结构特性,规定调整后,土石坝的重要监测项目至少应包括上游水位、降水量、表面变形、渗流量和渗流压力;混凝土坝的重要监测项目至少应包括上游水位、气温、表面变形、渗流量和扬压力。

在确定重要监测项目时,宜结合工程地形地质条件、环境条件、结构特点、运行方式、施工及运行状况、工程运用需要等情况,分析大坝在当前和后续阶段运行中面临的工程安全隐患和风险,确定针对不同破坏模式发生、发展的监控关键参数。如坝体坝基土石结构和混凝土结构接触带渗流、坝体坝基内泄水建筑接缝裂缝、混凝土重力坝基础扬压力、拱坝坝肩变形等。对于运行中出现的危害性裂缝、失稳、渗漏等现象,应作为当前和后续阶段运行安全监控的重要监测项目。

4 监测设施运行维护评价

监测设施的运行维护是保证监测系统持续有效运行的重要措施,监测设施运行维护评价内容包括运行管理、观测与维护以及资料整编分析等方面。

监测设施运行管理评价内容包括监测规章制度、专业监测人员配置及其岗位责任制的落实情况。监测规章制度评价覆盖巡视检查、观测内容、方法和要求、资料整编、观测设备管理维护检验规定等方面完整性和合理性;专业监测人员配置评价包括观测人员数量、能力、各类专业配置情况;岗位责任制评价应包括岗位职责分工及责任、从业人员业务素质、工作流程和考核目标等。

监测设施观测与维护评价内容包括观测评价和维护评价。观测评价内容包括观测频次、观测精度、观测可溯源性,观测数据应是可溯源的,即观测数据是可考证的;维护评价内容包括维护措施有效性、维护工作时效性、易损件的备品备件齐全性。

监测资料整理评价包括监测设施档案资料、监测资料整编和初步分析成果的评价。监测设施档案资料评价包括监测数据、巡视检查数据、监测设施出厂说明书及合格证、埋设安装考证资料、监测设施更换、检查维护等资料的完整性评价;监测资料整编评价包括监测数据可靠性甄别、电测物理量换算工程物理量公式与方法、统计表、过程线以及巡视检查资料整理的可靠性和完整性评价;监测资料初步分析成果评价包括分析评价结论、存在的问题及改进建议的准确性和合理性评价。

5 自动化系统评价

自动化系统是大坝安全监测的重要组成部分,其评价内容包括数据采集装置、计算机及通信设施、信息采集与管理软件、运行条件和运行维护等。数据采集装置评价内容包括功能、平均无故障时间、数据采集缺失率、测量准确度。其中重点关注主要功能,主要功能是数据采集装置运行过程中经常使用和保证数据采集装置长期稳定运行的功能,如巡测、选测、定时测量、通信、数据存储、掉电保护、防雷、抗干扰等主要功能,系统自检、自诊断、人工测量接口、防腐蚀等属次要功能;计算机及通信设施评价内容包括运行状态、掉电保护、平均无故障时间等;信息采集与管理软件评价内容包括功能完备性、正确性和可操作性;运行条件评价内容包括温度与湿度、工作电源、电源防雷和接地网等;运行维护评价内容包括数据备份、时钟校正、比测、备品备件、设备检查和维护等。

6 结 语

(1) 大坝安全监测是保障大坝安全不可替代的手段。大坝安全监测系统运行存在老化,大坝服役期安全状态是变化的,为保障大坝安全监测系统持续可靠稳定运行、大坝安全可控,定期开展大坝安全监测系统评价十分必要。

(2) 大坝安全监测系统评价包括监测设施可靠性与完备性评价、监测设施运行维护评价、自动化系统评价。监测设施可靠性是大坝安全监测系统评价的基础,监测设施完备性是安全监测项目及测点布设能否满足监控大坝现状及未来安全的需要。监测设施运行维护是保障大坝安全监测系统持续可靠运行的重要措施,对安全监测设施能否持续可靠运行起着关键作用。自动化监测系统是大坝安全监测系统的重要组成部分,应纳入鉴定评价体系。

(3) 监测设施可靠性评价采用监测设施考证资料评价、现场检查与测试评价和历史测值评价 3 种方法;监测设施完备性评价基于可靠或基本可靠的监测设施监测项目和测点布设是否满足现状及未来大坝安全监控要求;监测设施运行维护评价内容包括运行管理、观测与维护以及资料整编分析等方面;监测自动化系统评价内容包括数据采集装置、计算机及通信设施、信息采集与管理软件、运行条件和运行维护等。

(4) 监测系统综合评价分为正常、基本正常和不正常 3 个等级。监测设施完备性、监测设施运行维护和监测自动化系统(如有)全部合格评价为正常,应继续运行;监测设施完备性和监测自动化系统(如有)为基本合格,监测系统评价为基本正常,可继续运行,但应及时修复完善;监测设施完备性不合格,评价为不正常,则需及时更新改造。

致谢: 本文基于《大坝安全监测系统鉴定技术规范》(SL 766—2018)所有编委共同研究的成果,在此一并致谢!

参 考 文 献:

- [1] SL 551—2012 土石坝安全监测技术规范[S]. (SL 551—2012 Technical specifications for earth-rockfill dam safety monitoring [S]. (in Chinese))
- [2] SL 601—2013 混凝土坝安全监测技术规范[S]. (SL 601—2013 Technical specifications for concrete dam safety monitoring [S]. (in Chinese))
- [3] 王健,王士军. 全国水库大坝安全监测现状调研与对策思考[J]. 中国水利, 2018(20): 15-19. (WANG Jian, WANG Shijun. Investigation on reservoir dam safety monitoring and measure study in China[J]. China Water Resources, 2018(20): 15-19. (in Chinese))
- [4] 何金平,施玉群,吴雯娴. 大坝安全监测系统综合评价指标体系研究[J]. 水力发电学报, 2011, 30(4): 175-180. (HE Jinping, SHI Yuqun, WU Wenxian. Index system of comprehensive evaluation on the dam safety monitoring system[J]. Journal of Hydroelectric Engineering, 2011, 30(4): 175-180. (in Chinese))
- [5] 赵华城. 运行期大坝安全监测系统评价[J]. 大坝与安全, 2015(1): 73-76. (ZHAO Huacheng. Assessment of monitoring system of operating dam[J]. Dam and Safety, 2015(1): 73-76. (in Chinese))
- [6] 王士军,谷艳昌,吴云星,等. 基于风险的大坝安全监测理念及应用[J]. 中国水利, 2018(20): 20-22. (WANG Shijun, GU Yanchang, WU Yunxing, et al. Risk-based dam safety monitoring: concepts and application[J]. China Water Resources, 2018(20): 20-22. (in Chinese))

Technical framework for dam safety monitoring system evaluation

WANG Shijun^{1,2}, GU Yanchang^{1,2}, GE Congbing^{1,2}

(1. Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China; 2. Dam Safety Management Center of the Ministry of Water Resources, Nanjing 210029, China)

Abstract: On the basis of reviewing the relevant technical specifications and practical experiences on dam safety monitoring at home and abroad, the overall evaluation framework of dam safety monitoring system is put forward in this paper. The evaluation elements and methods of the reliability and completeness of the dam safety monitoring facilities, the operation and maintenance of the monitoring system and the automation system are carried out. The evaluation of the dam safety monitoring system includes the evaluation of the completeness of the safety monitoring facilities, the evaluation of the operation and maintenance of the monitoring facilities and the evaluation of the automation system. Based on the verification data of the monitoring facilities, on-site detection and testing, and historical measurement analysis, the monitoring facilities are evaluated whether it is meet the requirements of the dam safety monitoring. The evaluation of operation and maintenance of the monitoring facilities includes operation management guarantee condition, observation and maintenance, data compilation and analysis, etc. The evaluation content of the monitoring automation system includes data acquisition device, computer and communication equipment, information acquisition and management software, operation conditions and operation maintenance, etc. The comprehensive evaluation of the monitoring system can be divided into three levels: normal, basically normal and abnormal. If the evaluation of the monitoring system is normal, it should continue to operate; if the monitoring system is evaluated as basically normal, it can continue to operate, but it should be repaired and perfected in time; if the evaluation of the monitoring system is abnormal, it needs to be updated and reformed in time.

Key words: monitoring system; appraisal framework; completeness of monitoring facilities; effectiveness of operation and maintenance; reliability of automation system