

我国水库大坝安全监测现状深度剖析与对策研究

江超, 肖传成

Deep analysis and countermeasure research on the present situation of reservoir dam safety monitoring in China

JIANG Chao, XIAO Chuancheng

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12170/20210301001>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

基于安全监测的水闸健康诊断体系研究

Analysis of sluice health diagnosis system based on safety monitoring

水利水电工程学报. 2018(5): 1 <https://doi.org/10.16198/j.cnki.1009-640X.2018.05.001>

PFMA在混凝土面板堆石坝安全监测优化布置中的应用

Application of PFMA in safety monitoring of concrete face rockfill dams

水利水电工程学报. 2021(2): 124 <https://doi.org/10.12170/20201120001>

大坝安全监测系统评价体系

Technical framework for dam safety monitoring system evaluation

水利水电工程学报. 2019(4): 63 <https://doi.org/10.16198/j.cnki.1009-640X.2019.04.009>

水库库区占用定量分析——以东部某省级行政区水库为例

Quantitative analysis of reservoir area occupation—taking reservoirs in an eastern province as examples

水利水电工程学报. 2019(4): 68 <https://doi.org/10.16198/j.cnki.1009-640X.2019.04.010>

特高拱坝动态安全风险系统研发及应用

Development and application of dynamic safety risk analysis system for super-high concrete arch dam

水利水电工程学报. 2020(1): 112 <https://doi.org/10.12170/20181201002>

寒冷环境下国内大坝混凝土的保温抗冰技术现状

Current situations of thermal insulation and ice resistance technology of dam concrete in China under cold environment

水利水电工程学报. 2021(1): 78 <https://doi.org/10.12170/20200106003>



扫码进入官网，阅读更多精彩文章

关注微信公众号，获得更多资讯信息

DOI:10.12170/20210301001

江超, 肖传成. 我国水库大坝安全监测现状深度剖析与对策研究 [J]. 水利水运工程学报, 2021(6): 97-102. (JIANG Chao, XIAO Chuancheng. Detailed analysis and countermeasure research on the present situation of reservoir dam safety monitoring in China[J]. Hydro-Science and Engineering, 2021(6): 97-102. (in Chinese))

我国水库大坝安全监测现状深度剖析与对策研究

江 超¹, 肖传成²

(1. 南京水利科学研究院, 江苏 南京 210029; 2. 大连市水务事务服务中心, 辽宁 大连 116001)

摘要: 当前我国水库大坝安全监测工作存在监测项目不完善、施工安装不规范、运行管护能力不足等问题, 导致部分安全监测系统建成后不能正常运行, 造成建设资金浪费甚至影响大坝安全管理工作。结合全国水库大坝安全监测系统建设与运行现状调研成果及工作经历, 系统梳理大坝安全监测在规划、设计、审查、招标、施工、验收及运行管理等环节存在的一系列问题, 并深度剖析水库大坝安全监测现状原因。针对性提出了改进水库大坝安全监测工作的对策和建议, 包括提高对大坝安全监测工作重要性的认识, 加大安全监测培训力度, 研究出台大坝安全监测管理办法, 组建大坝安全监测专家库, 加强大坝安全监测专项督查, 建设期间引入安全监测仪器检测与第三方鉴定环节等。本研究对促进我国水库大坝安全监测水平提升具有一定的指导意义。

关键词: 水库; 大坝; 安全监测; 对策

中图分类号: TV697

文献标志码: A

文章编号: 1009-640X(2021)06-0097-06

我国现有水库大坝 9.8 万余座, 是世界上拥有水库大坝最多的国家。这些水库大坝在防洪、发电、供水、灌溉等方面发挥巨大效益的同时, 所存在的安全风险不容忽视。大坝安全监测是大坝安全管理的重要内容, 是控制大坝风险的重要措施。大坝安全监测即通过仪器观测和巡视检查对大坝工程主体结构、地基基础、两岸边坡、相关设施及周围环境所作的测量及观察, 具有校核设计、改进施工和评价大坝安全状况等作用; 主要包括变形、渗流、应力应变、环境量等监测项目^[1-4]。

为全面了解我国水库大坝安全监测系统建设与运行状况, 摸清当前安全监测工作面临的困难和问题, 2016 年水利部大坝安全中心组织专家力量对全国水库大坝安全监测系统建设与运行现状进行了调研。调研采用函件与现场调研相结合的方式, 其中函件调研共收集到 358 座大型、2 591 座中型、90 180 座小型水库统计信息, 占全国水库总数的 95%; 现场调研选取了 36 座大型、18 座中型水库^[5]。调研结果显示: (1) 建设了必要的库水位、降雨量、表面变形、渗流量监测项目的大型水库, 占比分别为 93%、87%、73%、66%; 建设了必要的库水位、降雨量、表面变形、渗流量监测项目的中型水库, 占比分别为 81%、75%、52%、49%; 建设了必要的库水位监测项目的小型水库, 占比仅为 50%。(2) 已建设大坝安全监测系统的水库中, 大、中、小型水库监测系统能正常运行的分别占 43%、39%、10%。(3) 安全监测培训方面, 大、中型水库监测人员经过培训的分别占 68%、55%, 小型水库未进行统计。

由此可见, 我国水库大坝安全监测项目不完善, 较多水库未设计必要的安全监测项目, 安全监测设计整体水平尚有待进一步提高; 大部分安全监测系统建成后不能正常运行, 这表明监测系统施工和后期运行管理存在较多薄弱环节。综上, 我国水库大坝安全监测系统建设任重而道远。

收稿日期: 2021-03-01

基金项目: 国家重点研发计划资助项目(2018YFC0407103)

作者简介: 江 超(1984—), 男, 湖北天门人, 高级工程师, 主要从事水利水电工程安全评估与监测研究。

E-mail: 290280772@qq.com

1 大坝安全监测现状深度剖析

大坝安全监测工作贯穿于水库工程全生命周期^[6-7],下面从规划设计、审查、招标、施工、验收、运行管理等环节深度剖析我国大坝安全监测现状原因。

1.1 设计、审查阶段

设计阶段为大坝安全监测实施成败的关键环节。与水文、地质、水工结构、金属结构、机电设备等传统水利专业相比,大坝安全监测为相对生僻专业,且一般投资占比较小,因此,大坝安全监测在较多中小水利设计单位重视程度相对不足,未配备或配齐相关专业人才,导致设计方案难以满足规范要求。

在高等教育阶段,水利相关专业一般将安全监测相关内容设置为自学或选学课程,是当前水工设计人员安全监测知识相对匮乏的客观原因。另一方面,近些年大坝安全监测相关培训力度不够,导致相关设计人员只能对照规范“闭门造车”,实际效果并不理想,监测设计质量难以保障。

根据《土石坝安全监测技术规范》(SL 551—2012),大中型水库大坝安全监测设计应编制专题报告,投资估算约为主体建筑物总投资的1.0%~2.5%。但2016年调研结果显示,仅有约1/3的大中型水库监测设计(包括除险加固设计)编制了专题报告,大多数监测设计内容仍并入工程设计总报告,且较为简单,设计深度不够,不能满足规范与运行管理要求。此外,因国家或地方未颁布大坝安全监测系统相关定额,如测压管钻孔规范要求“干钻、套管跟进、不许泥浆固壁”,施工工艺复杂,费工耗时,其单价远高于常规地质钻孔。但因无相关定额支持,导致监测系统设计概算偏低,招标阶段难以选择合适的施工队伍,致使施工质量难以保证。

项目设计审查阶段,因大多数水库未编制监测设计专项报告,因此审查阶段多未组织专项审查。另一方面,因我国大坝安全监测专业人才相对匮乏,存在审查会部分专家因不熟悉大坝安全监测知识,不能发挥设计审查会把关作用的现象,导致大坝安全监测在设计阶段即存在较多问题。

1.2 招标、施工阶段

我国未专门针对大坝安全监测系统的施工颁发相关资质,当前招投标阶段使用较多的主要有以下几种情形:(1)水利工程质量检测(量测类)资质。水利工程量测分为测量、监测两部分,其中监测部分包括变形监测、渗流监测、应力监测等,因此,此项资质与大坝安全监测契合度较高,当前在全国较多地方使用。(2)电子信息系统、系统集成类资质。持有此相关资质的企业软件开发能力往往较强,但一般缺乏水利专业人才,相关水利专业知识不足。(3)水利工程施工资质。大坝安全监测仪器安装主要依据《大坝安全监测仪器安装标准》(SL 531—2012),相关施工工艺不同于常规水工建筑物施工,如土坝测压管安装为减少对大坝渗流特性影响,要求干钻、套管跟进,不允许泥浆护壁,回填透水管段反滤料时需精密控制,反滤料顶高程只能稍高于透水管段;水平位移监测强制对中基座倾斜度不应大于4',基座中心与视准线的距离误差不能超过20 mm。因此,大坝安全监测施工安装工艺复杂,技术性相对较强,与常规钻探、混凝土施工存在本质区别,采用水利工程施工资质不利于选择具备相应能力的监测施工队伍。(4)不设立资质,仅需具备相关业绩。此招标办法虽一定程度体现公平竞争,但易出现“鱼目混珠”,导致一些不具备安全监测能力的单位参与竞标,甚至会因竞标单位过多出现低价恶性竞标,不利于市场良性竞争与确保监测系统施工质量。

监测系统施工主要包括仪器设备安装与监测软件开发两方面工作。但笔者认为,与监测软件开发相比,仪器设备安装工作显得更加重要。按规范要求安装的监测仪器设备,能确保监测设施的有效性与监测数据的可靠性,是监测系统成功应用的前提,是整个监测系统能正常运转、发挥监测作用的关键。反之,若监测仪器安装不规范或错误,会直接导致采集的监测数据为异常值或无效数据,此时开发的监测软件无论多么先进,都将会显得毫无意义。因此,承担大坝安全监测项目的施工单位应具有较强的水利知识背景,辅以软件开发人员参与到项目研究之中。

安全监测项目监理方面,存在较多监理人员因不熟悉大坝安全监测相关业务、无法起到应有的质量监督作用的现象。

1.3 验收、运行管理阶段

当前监测系统验收主要依据《水利水电建设工程验收规范》(SL 223—2008)^[8]或《大坝安全监测系统验收规范》(GB/T 22385—2008)^[9]。《水利水电建设工程验收规范》主要适用于基础开挖、土石方填筑、混凝土浇筑等常规水利建设内容的验收,未专门针对大坝安全监测系统制定验收要点与自评表,用于指导大坝安全监测系统验收具有一定局限性。《大坝安全监测系统验收规范》规定了大坝安全监测系统验收的要求及质量标准,主要适用于新建工程大坝安全监测系统验收,对更新改造项目验收指导性一般,且对验收专家大坝安全监测专业素养要求较高。

大坝安全监测系统经验收移交运行管理单位后,同样存在较多问题:

(1)监测系统运行管理专业人员匮乏,难以管好用好大坝安全监测系统。监测系统运行管理涉及专业较多,包括水利、计算机、自动化、测量等,对运行管理队伍要求较高。监测系统完成移交后,因大部分水管单位自身专业人才不足,更加难以组建胜任大坝安全监测系统运行管理的技术队伍,导致大多数监测系统并未能充分发挥作用,一定程度上造成了资源浪费。

(2)不注重监测系统运行管理,不能足额落实运行维护经费。大坝监测仪器多为电子元器件,部分仪器抗雷击能力不强,每年均有少量仪器设备因雷击、自然老化等原因出现故障,因此,需定期购置备品备件更换运行异常的仪器,或委托专业单位进行维修维护。此外,为确保监测数据精度,变形观测用光学仪器需定期进行检定,自动测量仪器(表)需定期进行人工校核,均需运行维护费用支撑。因此,落实监测系统运行维护经费,对促进监测系统长效稳定运行意义重大。但2016年调研数据显示,约20%大中型水库无大坝安全监测系统运行维护经费,大部分水库大坝安全监测系统运行维护经费不足,导致局部受损的监测系统不能及时得到修复,继续“带病”运行,造成监测系统快速全面失效,无法继续运行。

(3)不能及时对监测资料进行整编分析。《水库大坝安全管理条例》第十九条规定,“大坝管理单位必须按照有关技术标准,对大坝进行安全监测和检查;对监测资料应当及时整理分析,随时掌握大坝运行状况”。当前监测数据整编分析主要有以下几种模式:①委托专业单位对监测数据定期进行整编分析;②由水库技术人员对监测数据进行整编,一般分析深度不能满足要求;③结合大坝安全鉴定等工作委托专业单位进行系统整编分析。2016年调研结果显示,大部分水库未能定期对监测资料进行整编分析,不能充分发挥监测系统作用。

2 对策与建议

针对当前我国水库大坝安全监测工作存在的一系列问题,提出以下改善大坝安全监测现状的对策和建议。

2.1 提高认识,高度重视不合格大坝安全监测系统的危害性

安全监测系统虽占整个建设工程投资比例较小,但对反馈工程设计,指导大坝施工与安全运行具有重要意义。因大坝安全监测系统建设质量不会直接影响工程下闸蓄水,且行业内熟悉安全监测专业人员相对较少,较多相关单位抱有侥幸心理,导致安全监测系统在工程建设过程中受重视程度不足,致使较多建成的监测系统无法真正发挥大坝安全“耳目”作用。

另一方面,未按规范要求设计或施工的安全监测系统,不仅造成建设资金浪费,不能保证监测设施的有效性和监测数据的可靠性,甚至会误导水库管理部门做出错误决策,产生严重后果。如土坝测压管未按规范要求安装,导致测压管内水位与坝体水位不连通,所测渗流数据长期维持不变,造成大坝“渗流稳定”的假象。当大坝出现异常渗流时,监测系统不仅不能及时捕捉大坝“病灶”,而且耽误最佳工程隐患治理或

抢险时机,造成不可估量的严重后果。因此,水利行业应加大宣传力度,提高认识,从根本上提高大坝安全监测受重视程度。

2.2 加大宣传与培训力度,提高全行业大坝安全监测水平

《水工建筑物》为高等学校水利专业类学生必修课程,教材内容虽一般包括安全监测相关内容,但与土石坝、混凝土坝、水闸、水工隧洞等水工建筑物相比,大坝安全监测设施作为水利工程运行管理设施,其“存在感”相对较低,常作为选学或自学内容。建议将大坝安全监测相关内容作为水利专业类学生的必修或重要选修内容,从根本上普及大坝安全监测专业知识。

当前大坝安全监测行业人才良莠不齐,专业人才匮乏,不能满足建设与运行管理需求^[10]。建议加大大坝安全监测从业人员(包括大坝安全监测设计、施工、监理、运行管理等人员)培训力度,并通过考核发放相关人员资质,实行监测人员持证上岗,从根本上提高从业人员整体水平,为确保大坝安全监测系统质量提供强有力的人员保障。

2.3 水利行业尽快研究出台大坝安全监测管理法规性文件

2017年国家能源局印发了《水电站大坝安全监测工作管理办法》(以下简称办法),对国家能源局下辖水电站大坝安全监测工作作出了规定^[11]。办法从设计和施工、运行管理、更新改造等大坝安全监测系统全生命周期各环节加强管理,明确了大坝安全监测系统建设期与运行期管理责任人,提出了监测系统设计、施工、监理单位的资质与工作内容要求,制定了运行管理单位监测工作要点,规范了更新改造工作流程与要求。办法的颁布实施对促进水电站大坝安全监测工作规范管理提供了法规依据。

与国家能源局主管的水电站大坝相比,水利部主管的水库大坝数量更多,但水利系统尚未出台规范大坝安全监测工作的法规性文件,导致大坝安全监测工作存在一系列薄弱环节,建成的监测系统较多无法指导水库安全运行。因此,水利系统迫切需要研究出台大坝安全监测管理相关法规文件,堵住大坝安全监测工作管理“漏洞”,确保真正做到“建设一座,验收一座,发挥作用一座”。

2.4 组建大坝安全监测专家库,加强大坝安全监测专项督查

当前大坝安全监测设计审查、项目验收存在专家把关不严、无法提供有益指导意见等现象,究其根本原因,除业内大坝安全监测专家数量相对较少外,主要为相关参会专家专业不匹配,或直接未邀请大坝安全监测类专家,导致不能较好起到应有的审查、验收的把关作用。建议各级水行政主管部门多方收集大坝安全监测专家信息,组建大坝安全监测专家库,审查、验收会议邀请专业对口专家,切实起到指导与把关作用。

近些年,水利工程建设质量、运行管理、建设资金等各类督查活动较多,在确保工程质量与安全运行等方面发挥了重要作用,但上述督查活动较少涉及大坝安全监测相关工作。建议各级水行政主管部门适时组织开展以大坝安全监测系统为重点和主题的专项督查工作,可在一定程度上起到督促大坝安全监测系统质量提升与长效稳定运行的作用。

2.5 建设期间引入安全监测仪器检测与第三方鉴定环节

大坝安全监测仪器按埋设部位可分为外部监测仪器与内部监测仪器,内部监测仪器一般需随坝体填筑(浇筑)同步埋设安装,如溢洪道底板扬压力监测仪器,该类仪器一旦损坏,将不能或较难通过后期更新改造补充,造成监测系统不完备。因此,确保监测仪器的耐久性与可靠性显得尤其重要。建议监测仪器特别是关键部位、关键项目的监测仪器,安装埋设前按照《大坝安全监测仪器检验测试规程》(SL 530—2012)^[12]要求,委托相关有资质单位对监测仪器进行检定,确保监测仪器质量与使用寿命,使其能长期发挥安全监测作用。

大坝安全监测项目竣工验收前,委托第三方单位按照《大坝安全监测系统鉴定技术规范》(SL 766—2018),对现有监测系统从监测设施可靠性和完备性、监测设施运行维护、自动化系统等方面全面评估鉴定^[13],并将鉴定结论作为项目验收重要依据,可起到督促安全监测系统参建各方履职尽责,确保建成的

监测系统规范有效。当前国家能源局水电站已开展此项工作,并作为《水电站大坝安全监测工作管理办法》的重要内容,水利行业已颁布《大坝安全监测系统鉴定技术规范》,为此项工作开展奠定了良好基础。建议在监测系统建设期推广实施验收前第三方鉴定工作,将其作为把控监测系统质量的重要环节。

3 结 语

大坝安全监测系统是检验设计、指导工程安全运行与科学调度的重要工具,因此,大坝安全监测系统建设不容丝毫马虎,必须从规划、设计、审查、招投标、施工、验收等各环节严格控制,确保工程质量。另一方面,大坝安全监测是一项复杂的系统性工程,涉及到水利水电工程、工程测量、数学、自动化、软件工程等多个学科,需要相关专业人员分工协作,因此,参建单位实力是确保大坝安全监测系统建设成败的重中之重。此外,大坝安全监测系统建成后并非一劳永逸,后期应足额落实相关管护经费,加强运行维护、人员培训与监测资料分析,必要时进行升级改造,确保监测系统能长效稳定运行,切实发挥大坝安全“耳目”作用。

参 考 文 献:

- [1] 何勇军,刘成栋,向衍,等. 大坝安全监测与自动化[M]. 北京:中国水利水电出版社,2008. (HE Yongjun, LIU Chengdong, XIANG Yan, et al. Dam safety monitoring and automation[M]. Beijing: China Water & Power Press, 2008. (in Chinese))
- [2] 中华人民共和国水利部. 土石坝安全监测技术规范: SL 551—2012[S]. 北京:中国水利水电出版社,2012. (Ministry of Water Resources of the People's Republic of China. Technical specification for earth-rockfill dam safety monitoring: SL 551—2012[S]. Beijing: China Water & Power Press, 2012. (in Chinese))
- [3] 中华人民共和国水利部. 混凝土坝安全监测技术规范: SL 601—2013[S]. 北京:中国水利水电出版社,2013. (Ministry of Water Resources of the People's Republic of China. Technical specification for concrete dam safety monitoring: SL 601—2013[S]. Beijing: China Water & Power Press, 2013. (in Chinese))
- [4] 王仁钟. 我国水利大坝的安全监测[J]. 水利水运科学研究, 1995(3): 320-325. (WANG Renzhong. Safety monitoring of water resources dam in China[J]. Journal of Nanjing Hydraulic Research Institute, 1995(3): 320-325. (in Chinese))
- [5] 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. Investigations on reservoir dam safety monitoring in China and measure study[J]. China Water Resources, 2018(20): 15-19. (in Chinese))
- [6] 谭恺炎. 大坝安全监测设计、施工的现状与展望[J]. 大坝与安全, 2015(5): 26-31, 42. (TAN Kaiyan. Current situation and prospect for design and construction of dam safety monitoring[J]. Dam & Safety, 2015(5): 26-31, 42. (in Chinese))
- [7] 陈刚,张平俊. 基于全寿命周期的大坝安全监测思考[J]. 中国水利, 2019(6): 62-64. (CHEN Gang, ZHANG Pingjun. Observations on full life cycle monitoring of dam safety[J]. China Water Resources, 2019(6): 62-64. (in Chinese))
- [8] 中华人民共和国水利部. 水利水电建设工程验收规程: SL 223—2008[S]. 北京:中国水利水电出版社,2008. (Ministry of Water Resources of the People's Republic of China. Specification of construction acceptance on water resources and hydroelectric development: SL 223—2008[S]. Beijing: China Water & Power Press, 2008. (in Chinese))
- [9] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 大坝安全监测系统验收规范: GB/T 22385—2008[S]. 北京:中国标准出版社,2009. (General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration. Specification for acceptance of dam safety monitoring system: GB/T 22385—2008[S]. Beijing: China Standard Press, 2009. (in Chinese))
- [10] 刘六宴,张国栋. 关于加强水库大坝安全监测管理工作的思考[J]. 水利建设与管理, 2013, 33(7): 51-54. (LIU Liuyan, ZHANG Guodong. Thinking on strengthening reservoir dam safety inspection management[J]. Water Resources Development & Management, 2013, 33(7): 51-54. (in Chinese))
- [11] 姜翔宇. 水电站大坝安全监测工作管理办法探讨[J]. 河南水利与南水北调, 2015(2): 50-51. (JIANG Xiangyu. Discussion on management methods of dam safety monitoring of hydropower stations[J]. Henan Water Resources and South-to-North

Water Diversion, 2015(2): 50-51. (in Chinese))

- [12] 中华人民共和国水利部. 大坝安全监测仪器检验测试规程: SL 530—2012[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2012. (Ministry of Water Resources of the People's Republic of China. Specifications for verification and test of dam safety monitoring instruments: SL 530—2012[S]. Beijing: China Water & Power Press, 2012. (in Chinese))
- [13] 中华人民共和国水利部. 大坝安全监测系统鉴定技术规范: SL 766—2018[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2018. (Ministry of Water Resources of the People's Republic of China. Technical specification for appraisal of dam safety monitoring system: SL 766—2018[S]. Beijing: China Water & Power Press, 2018. (in Chinese))

Detailed analysis and countermeasure research on the present situation of reservoir dam safety monitoring in China

JIANG Chao¹, XIAO Chuancheng²

(1. *Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China*; 2. *Dalian Water Affairs Service Center, Dalian 116001, China*)

Abstract: At present, there are some problems in reservoir dam safety monitoring, such as imperfect monitoring items, nonstandard construction and installation, insufficient operation and management capacity, etc., which lead to the failure of some safety monitoring systems to operate normally after completion, resulting in waste of construction funds and even affecting dam safety management. Based on the investigation results of the construction and operation status of the national reservoir dam safety monitoring system and the author's experience, a series of problems existing in the planning, design, review, bidding, construction, acceptance, operation management and other links of dam safety monitoring are systematically sorted out, and the reasons of the current situation of reservoir dam safety monitoring are analyzed in detail. The countermeasures and suggestions for improving reservoir dams safety monitoring are put forward, including raising awareness of the importance of dam safety monitoring, strengthening safety monitoring training, studying and promulgating dam safety monitoring management measures, setting up dam safety monitoring expert database, strengthening special supervision of dam safety monitoring, introducing safety monitoring instrument detection and third-party identification during construction, etc. This paper has guiding values for promoting the improvement of reservoir dam safety monitoring level in China.

Key words: reservoir; dam; safety monitoring; countermeasure