

大坝安全监测现状及监测设备故障处理措施

孟方 杨洪飞

中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司 陕西西安 710000

摘要: 大坝安全监测自动化的发展是一项长期且较为艰巨的工程,当前该项技术的应用还有待完善与进步,后期应培训专业的技术人员,加强对自动化技术的研究与应用,不断提高水利工程自动化建设水平,为水库大坝安全监测工作提供有力支持。同时,还需要把握好监测重点,完善大坝安全监测体系,提升大坝的安全性能,降低事故发生风险的概率,进一步发挥工程的综合效益。

关键词: 大坝安全;安全监测现状;监测设备;故障处理

引言

大坝作为水利工程中重要的挡水建筑物,往往修建在高山峡谷之中。大坝处于不同的地质、地形和水文环境状态下,同时还受到静水、动水和渗水的作用,导致大坝的工作条件非常复杂。为了了解大坝的运行状态和安全情况,以便及时发现并消除大坝的缺陷和隐患,通常需要对大坝进行安全监测。大坝的安全与稳定不仅关系到水电站的经济效益,而且对保障下游居民生命财产的安全有重要意义,若缺少大坝的安全监测,便不能及时发现大坝安全隐患,久而久之会造成严重的事故。由于部分大坝长周期的运行,导致大坝安全监测自动化系统故障率逐渐增高,为提高监测系统的可靠性、完备性,很有必要对大坝安全监测自动化的故障原因进行研究,并采取针对性措施,以保障监测系统正常运行,从而使其能够真实地反映大坝的运行状态。

一、大坝安全监测方法发展概述

大坝安全监测设备的故障会直接影响大坝运行参数的采集和分析,在大坝的长周期运行过程中,对监测设备进行维护和改造是必不可少的环节。大坝安全监测的方法分为巡视检查和仪器监测。大坝巡视检查主要检查大坝宏观变化,而大坝仪器监测主要监测大坝微观变化,这2种方法相辅相成,是大坝安全监测的重要方法。传统的大坝巡视检查往往采用人工巡视检查的方法,对坝基、坝体、坝身泄水建筑物及相关金属结构等部位的状况进行检查,随着物联网、大数据、移动互联网等新技术的不断进步,这些新技术逐渐应用到各行各业,但在大坝巡视检查中的应用却并不常见。传统的大坝仪器监测方法为采用仪器对变形、渗流、环境量、应

力应变、挠度、倾斜等进行人工测量,随着大坝自动化监测技术的发展,传统的仪器监测逐渐实现了自动化,近年来,物联网、三维可视化、BIM、GIS等技术逐步引入到传统的大坝自动化监测系统中去,进而逐渐建立了与实际工程应用相适应的新型监测系统。以往传统的大坝巡视检查方法存在时效性差、数据散乱、信息孤岛、规范性差、效率低和多源信息融合困难等诸多问题,无法满足实际大坝巡视检查的实际需求,新技术、新方法给大坝巡视检查带来了新的契机,大坝巡视检查正朝着智能化的方向发展^[1]。尽管传统的大坝仪器监测逐渐实现了自动化,但是大坝自动化监测系统仍存在稳定性差、数据传输延迟、智能化程度低,监测数据可视化程度低等问题,将物联网、三维可视化、BIM、GIS等技术引入传统的大坝监测系统中,建立能够快速、准确、直观获得大坝安全状态的智能化监测系统,是今后大坝安全监测的发展方向。

二、大坝安全监测技术应用的现状问题

1. 应用现状

大坝安全监测自动化技术可以及时精确地检验出大坝设计是否符合实际需求,大坝建设与运行是否正常,对提高设计方案的合理性和大坝的安全监测水平具有重要的意义。大坝安全监测自动化技术的应用可以满足现代化大坝高标准、稳定性强等的监测要求,为大坝的安全长效运行提供了基础保障。20世纪60年代,我国多次出现大坝失事事故,对国家社会造成严重损失,例如石漫滩水库的垮坝事件。经过这些事件,人们开始逐渐重视大坝安全监测工作,加上计算机技术的快速发展,为监测设备向自动化方向发展提供了有利的条件。20世纪90年代初,我国部分大坝安装了遥测仪器,能完成单项

或多项自动化监测项目，但因受到技术性能和设备质量的限制，系统易出现故障，监测数据缺乏可靠性，导致监测自动化技术无法普及使用^[2]。目前，我国大坝安全自动化监测技术已相对成熟，并取得较好的效果，但随着我国用电量需求的不断增加，水库大坝的建设步伐逐步加快，对大坝安全自动化监测也提出了更高的要求，因此，必须加快提升自动化监测技术，解决自动化技术应用中的瓶颈问题，推动大坝现代化发展进程。

2. 存在的问题

一些水电站依旧利用人力监测技术，这种传统方法可靠性较低，若在恶劣的环境条件中还容易发生危险，所以不应再被沿用。自动化检测技术相对传统人力监测方法，具有更高的准确性和安全性，还能降低劳动强度，提升安全监测的效率^[3]。因此，被许多水库大坝广泛应用，但在自动化技术普及过程中，依旧存在一些问题急需解决，比如设备故障频发、维修复杂等，针对这些问题，我们要及时找到解决措施，从而保证大坝自动化监测的可行性和全面性，提高大坝整体建设质量，避免安全事故的发生，保障人员的人身安全和企业的最大效益。

3. 大坝安全监测的内容

大坝的安全监测主要分为外部监测和内部监测。外部监测主要是变形监测，包括水平位移监测、垂直位移监测、三维位移监测、挠度监测和倾斜监测等，此外还包括沉陷、渗流的观测项目以及温度、水位、雨量等水文勘测项目；内部监测主要包括内部位移、渗流压力、渗流量、土压力、混凝土应力、裂缝等的自动化监测。水库管理单位要建立健全大坝安全监测的相关制度，按规范要求设置必要的监测项目，充分利用科技进步，配备先进的仪器设备，搭建智能化、自动化、信息化的大坝在线监测系统，及时捕捉大坝性状变化的特征信息，真正实现在线监测预警功能，确保大坝安全监测发挥其应有的“耳目”作用。大坝最薄弱的阶段在于施工期，初次蓄水期和老化期，运行时期的不同使得安全监测的重点也各不相同^[4]。初次蓄水期大坝安全监测的重点在于设计参数的复核及施工质量的检验，而老化期大坝安全监测的重点在于材料的老化。管理单位要根据监测时间点，合理安排具体的监测手段，提高针对性和监测效益。

三、大坝安全监测设备故障处理的措施

1. 静力水准监测

静力水准是监测大坝垂直位移的监测仪器，静力水准设备因蒸发液体减少时，应及时增加液体，可在液体中加入硅油以降低液体的蒸发，另外应定期检查静力水

准仪密封性，防止外部气体进入或漏液^[5]。

2. 渗流监测

水堰是监测大坝渗流量的监测仪器，量水堰浮子活动受限，会导致量水堰测值失真，应更换量水堰；量水堰堰槽里的漂浮物、淤积物会影响渗流的观测，应及时检查、清理；目前，量水堰量程在1L/s ~ 300L/s，在渗流量小于1L/s时量水堰将无法工作，可采用量程小的量水堰，以保障渗流的自动化监测，或采用容积法进行人工测量。

3. 应力应变及温度监测

大坝内部观测设备主要有位移计、测缝计、钢筋计、压应力计、应变计、温度计等，这些内部观测设备由于埋设在大坝坝体等水工建筑物内部，一旦出现故障，无法进行更换，往往需要进行仪器工况鉴定^[6]。经鉴定后无法正常使用时，对这些仪器进行停测或报废处理，对内观监测仪器大量损坏，可能影响监测系统的完整性时，一般需开展监测系统评价工作，评估监测系统是否满足大坝安全监测要求，必要时采取其它监测手段对监测系统进行补充完善。

4. 垂线监测

垂线是观测大坝挠度的监测设备，外部环境会影响垂线线体的正常移动，从而影响垂线的监测，例如垂线孔漏水、渗水，垂线线体晃动，导致垂线监测数据失真，此时可采用穿筒引排的方法进行处理；潮湿的环境会导致垂线监测仪器绝缘性出现问题，导致垂线测值突变，可对垂线测点做好防渗措施、建设观测间、在观测间中增加除湿设备等措施；垂线设备线体卡顿或被障碍物阻挡，垂线线体活动受限，导致垂线垂线测值异常，可增大或调整垂线活动空间，以保证垂线正常工作^[7]。部分重要垂线监测设备损坏时，且此时无备品更换，在新设备更新改造前，为保障垂线监测数据的连续性和完整性，可将悬挂点下方的一般测点设备安装到重要部位垂线部位，以优先保证重要部位的垂线测量。

5. 引张线监测

引张线是监测大坝水平位移的监测设备，和垂线线体一样，引张线线体的正常自由移动对引张线的观测至关重要，对于有浮托的引张线，浮船盒中液体不足会影响引张线的观测，要及时补充浮船和的液体以保证引张线正常工作^[8]。另外在潮湿环境下，引张线的极板和中间极之间的绝缘性下降，导致引张线测值突变，可重新焊接极板和中间极之间的引线，增强引张线的绝缘度，引张线卡顿或被障碍物阻挡，同样会导致引张线的监测，

可调整引张线读数尺的高度。

四、大坝安全监测自动化技术的发展趋势

1. 运行管理移动化和便捷化

移动互联网技术的快速发展,使得移动基础设施设备数量逐渐增加,其中智能手机已被广泛普及使用。通过移动互联网手段可以解决在空间、时间上的管理问题,及时发现和处理现场的突发性事件。比如可以利用手机APP线上进行大坝安全巡视检查工作,配合使用GPS定位、摄像等方法达到实时巡查的要求,及时上报监测情况,通过此类方式,能有效减轻巡查工作量,保证巡查路线及流程的规范性。

2. 虚拟现实技术

近年来,水利工程中开始逐渐应用虚拟现实技术,该技术的使用需与GIS、GPS以及RS技术相互结合。其中在大坝安全监测自动化中的应用主要分为3个方面,一是可记录大坝动态模拟的产生、发展过程,包括大坝变形、裂缝等现象,最终呈现可视化三维动态。二是通过模拟溃坝、泄洪等变化类型对大坝安全的影响,进行损失综合评价。三是利用虚拟现实环境,结合当地数据资源优势,开发大坝安全诊断系统。

3. 设备接口的标准化和通用化

目前国内外的大多数监测仪器生产厂家都存在设备接口和系统不通用的情况,以及缺乏专业的安装调试人员,使得大坝安全监测自动化系统的推广应用进程十分缓慢^[9]。因此,后期需加强研究关于通讯接口、电源接口等设备接口的标准,健全相应的技术规程,为系统设备与模块间的集成提供技术支持。

4. 整合自动化系统

当前我国许多水库大坝均安装了水情预测、视频监控等自动化系统,但只有将这些系统进行有机整合,才能优化系统的整体性能,在保证大坝安全的前提条件下,提升水库经济效益。并能在汛期提供充裕的防洪库容,优化调度管理体系,达到防汛抗灾的目的。利用云计算技术集成大坝群信息系统,采用大数据统计方法整合大坝群数据资源,其中还涉及到GIS、远程通讯等技术^[10]。建立相关监测数据库,集中处理监测数据,找出变化规律,以合理利用数据资源,提升大坝运行与管理水平。通过云平台统一管理所获得的监测数据、远程监控等信息。当前我国集成大坝信息系统工作已全面开展,其中在杭州大坝中心对电力系统的安全监测数据进行了集中

管理,湖南省大坝中心也已将部分水库的监测信息进行集中发布与管理。今后在数据共享利用、分析以及大数据方面还需要深度研究。

结语

总之,水库作为我国重要的水利工程,发挥着调节水流、灌溉、防洪等作用。大坝属于水库建筑构件中的一部分,大坝的监测管理直接影响到水库的安全性能,是水库实现经济效益的基本保障。当前处于智能化发展时代,各行各业都跟随时代脚步,积极改革。水库大坝安全监测同样也需要注入新的“血液”,把握时代赋予的机遇,利用自动化技术提高大坝安全监测的水平,避免不必要的风险,保障大坝安全稳定运行。

参考文献

- [1] 李仲雄. 大坝安全监测自动化系统应用现状分析及发展趋势研究[J]. 现代工业经济和信息化, 2023, 13(01): 153-155.
- [2] 张斌, 史波, 陈浩园, 刘少伟. 大坝安全监测自动化系统应用现状及发展趋势[J]. 水利水电快报, 2022, 43(02): 68-73.
- [3] 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, (06): 97-102.
- [4] 区文柱. 某中型水库水情测报及大坝安全监测建设改造方案研究[J]. 水利科技与经济, 2020, 26(10): 74-78.
- [5] 杨彬. 简述水利水电工程中的大坝安全监测技术[J]. 低碳世界, 2020, 10(09): 32-33.
- [6] 尹广林. 水电站大坝安全监测自动化的现状和展望[J]. 决策探索(中), 2020, (03): 12-13.
- [7] 沈定斌, 罗正英, 黄会宝, 王洪洋, 冯俊. 大坝安全监测设备状态监控研究与实践[J]. 大坝与安全, 2019, (05): 16-19+23.
- [8] 贾建军. 水库大坝安全监测中存在的问题及对策[J]. 中国水运, 2019, (09): 117-118.
- [9] 吴波. 大坝安全监测中存在的问题及对策[J]. 珠江水运, 2019, (09): 86-87.
- [10] 夏代雄, 桑兴旭. 水电站集群式大坝安全监测管理模式探索与实践[J]. 大坝与安全, 2019, (02): 47-50.