

基于人工观测的大坝安全监测系统智能化研究与应用

王云碧

国家电投集团重庆狮子滩发电公司 重庆 401220

摘要: 为深入贯彻落实水电站大坝安全提升专项行动要求,强化大坝运行安全保障,大洪河水电站建设北斗高精度大坝变形安全监测系统,实现表面变形智能化无人值守监测,提高水工观测效率和数据质量,完善大坝变形监测和数据采集的技防措施,进一步提升大坝安全监测预警和响应能力,是北斗应用中的一次重要尝试。

关键词: 大坝安全监测; 北斗; 智能化

一、研究背景

按照国家现行规范要求及大坝安全监测工作规定,探索大坝安全监测系统智能化升级对策,解决人工观测工作量大、野外作业风险高等问题,进一步通过开展水电站大坝安全监测系统自动化改造及大坝安全自动化监测设备选型、采购及安装工作,实现大坝安全在线监控功能,确保大坝监测自动化系统能安全、稳定、可靠运行,全面提升大坝安全监控水平。

二、研究及应用的意义

大坝安全管理是水电站运行管理中的重点工作,国之重器,丝毫不敢懈怠。大坝安全监测则是水电站运营管理中不可或缺的工作,是水电站大坝安全管理的耳目,是了解大坝安全状态、实施科学管理必不可少的重要手段,也是判断水电站能否安全运作、充分发挥效益的有效手段。通过持续开展大坝安全监测,获取第一手资料,及时了解大坝运行工况,分析研究大坝目前的工作状态和未来的发展趋势,进一步制订和选取适当的控制运作计划及大坝维护管理措施,来保障大坝运行安全,也为大坝除险加固和电站调度、维护消缺、定期保养、日常修护、技术改造等提供科学依据,持续提高大坝安全风险识别能力,指导有效规避大坝潜在的安全风险,并能在发生险情时,及时发布警报,最大程度地减免事故损失。

位于重庆市长寿区的大洪河水电站建成投运以来,大坝安全监测一直采用了人工观测方式,所有监测均采

用人工监测设施,在大坝安全监测的及时性、数据的连贯性和便捷性方面均有所不足,人工观测工作量较大、野外作业风险较高、监测精度不高,整体监测性能已不能较好地满足当前大坝安全管理模式急需升级的大坝安全专项提升行动的有关要求,只有在实施自动化监测系统改造后,才能确保大坝安全监测系统具备实时观测、连续观测、全天候观测、自动化观测的信息采集功能,即便在暴雨、地灾等极端情况下,也能为大坝安全管理提供最优信息和决策依据。

三、研究概况

目前,我国已具备厘米级定位、毫米级感知、纳秒级授时特点的大坝变形监测的新一代北斗GNSS自动化变形监测解决方案。如我国的四川瀑布沟电站、湖南沙坪二级电站、四川大岗山电站、广西龙滩电站、浙江天荒坪电站、云南马鞍山水库、云南小新寨水库、云南响水河水库等均已完成了自动化监测系统改造,且大部分中小型水库在雨水情测报系统建设和大坝安全监测设施建设中,也相继采用新一代北斗GNSS自动化表面位移监测,并取得了不错的监测效果,数据可用率达99.5%以上,可开展自动化变形监测数据采集、处理、分析和预警,按预设时间间隔能够实现每1h输出一次变形监测结果和24h连续运行,具备全天候自动运行和在线监控的能力。

为深入贯彻落实水电站大坝安全提升专项行动要求,强化大坝运行安全保障,在国家能源局大坝安全监察中心和国电投集团公司大坝安全管理中心指导下,国电投集团重庆狮子滩发电有限公司立项进行了大洪河水电站大坝安全监测自动化改造处理,建设了北斗高精度变形安全监测系统,实现了表面变形智能化无人值守监测,提高了水工观测效率和数据质量,完善了大坝位移

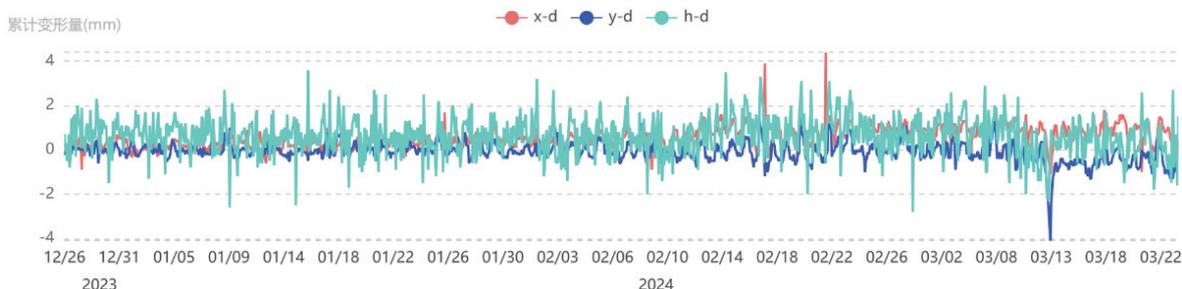
作者简介: 王云碧(1970年7月—),女,汉族,重庆市人,大学本科,工程师,在国家电投集团重庆狮子滩发电有限公司就职,主要研究水工技术管理及水电站大坝安全监测系统智能化研究与应用。

变形监测和数据采集的技防措施，提升了突发事件的监测预警和响应能力，是北斗应用的一次重要尝试。

四、研究及应用的成果

该工程由中国电建集团华东勘测设计研究院有限公

司负责完成设计、施工及安装调试，2023年3月通过设计评审，8月14日正式开工，11月23日经完工验收合格后已正式投入了系统一年的试运行。目前，该系统试运行正常。



为破解大坝安全监测难题，狮子滩发电公司认真把握水电站大坝安全提升专项行动的宝贵机会，在大洪河水电站着手建立以北斗高精度监测为核心的监测系统。建设期间，充分考虑大洪河水电站大坝安全运行工况和本项目特点，以监测系统持续稳定、可靠运行为原则，从软硬件系统选择、系统结构稳定性等方面进行全流程考虑，确保北斗设备运行的连续性以及监测系统的整体稳定性。在软硬件选型上，选择性能优越、稳定性好、精度高的软硬件设备，定型后通过大量的现场试验，检验设备在各种条件下长期稳定可靠运行的能力，并融合AI智能预警、报告自动生成等新技术，实现表面变形智能化无人值守监测，提高了观测效率和数据质量。在稳定系统结构方面，采用稳定、成熟的采集、通讯、供电、后处理等软硬件设备与方式，进一步提高了可能遭遇地震、地质灾害、山洪暴雨等特殊工况时的数据采集预警与响应能力。2023年11月，北斗高精度监测项目建设全面完成，大洪河水电站大坝新增添了北斗安全屏障。目前经过近半年试运行，北斗高精度监测数据完整率和有效率接近100%，为大坝安全监测、监控工作夯实了技术基础。结合大洪河水电站大坝安全监测自动化系统建设投运实践经验和系统目前运行情况，基于人工观测的大坝安全监测系统智能化研究和运用的效果非常明显。

一是大坝变形监测系统智能化升级改造。根据大洪河水电站现有人工观测104个主坝测点中，进一步分析并选取具有代表性的能开展后续人工比测来实施新一代北斗GNSS自动化变形监测项目20个测点，新建3个基站形成三角网控多基站，开展工作基点、后视点、校准基点、校核点智能监测监控布网的研究与应用。大洪河水

电站主坝为土坝，最大坝高36.5m，坝顶长189.1m，保留现有人工观测墩，可进行人工观测数据与自动化监测数据比对分析和相互校核，进一步在现有人工观测墩中，选取具有代表性的变形监测系统水平位移和垂直位移自动化监测点位，进行GNSS监测基点及测点研究和自动化监测布网。采用大洪河水电站已建的现地光缆进行数据传输，同时采用北斗3号卫星数据传输方式作为紧急情况下的备用传输链路，此功能平时为关闭状态，只在需要时才开启。所有传感器，均已具备通过4G网络进行远程调试功能。



二是大坝渗流监测系统智能化升级改造。开展渗流压力监测、绕坝渗流监测、渗流量监测监控布网的研究与应用。根据大洪河水电站主坝、厂房和左岸溢洪道、右岸溢洪道59个渗流测点，建立了渗流监测模型，开展监测监控布网的研究与应用。大洪河水电站大坝渗流监测系统，含渗流压力监测、绕坝渗流监测、渗流量监测项目。相比主坝，六座副坝的坝高均低于15m，且主副坝均为土坝。结合大洪河水电站大坝的实际规模，对主坝及左右岸溢洪道现有人工测点44个渗流监测，全部进行渗流压力、绕坝渗流、渗流量监测自动化改造和自动化监测布网。

三是大坝安全监测信息传输数字化智能化改造。开展大坝变形、渗流监测数据传输方式研究,结合大坝自动化监测系统的设备数据传输安全、稳定性要求,实现大坝在线监测和信息报送功能,确保监测系统运行稳定、数据可靠。变形监测系统现场GNSS采用通信光缆,将传感器信号传输到大洪河现场监测站,监测站内服务器对数据进行解算处理后,依靠光缆,将数据传入狮子滩管理房内的服务器;渗压计、量水堰计等传感器,现场通过485专用数据传输线缆,将传感器数据接入大洪河现场监测站的自动化数据采集仪中,采集仪依靠現地光缆,将数据传入狮子滩管理房内服务器。

四是大坝安全监测自动化系统研究与运用。开展地震、地质灾害等紧急情况下,正常传输方式受阻,自动切换替代应急传输链路研究与应用,确保传输数据延续、不中断、不丢失,大坝安全在线监测和信息报送功能运行稳定、可靠。在可能发生地质灾害等紧急情况下,光缆通讯方式受阻,大洪河水电站大坝现场监测站内服务器、自动化数据采集仪也可通过北斗3号卫星数据传输方式作为应急传输链路,将数据传入狮子滩管理房内服务器。

国家电投集团重庆狮子滩发电有限公司通过对狮子滩及大洪河等国家“一五计划”时期建成投运了六十余年的水电站安全生产传承,以及大坝安全运行管理和监测技术知识的持续沉淀,拥有一大批长期从事水电运行、检修维护的专业技术人员,在水工观测、安全检查、检修维护等专业领域具有丰富理论和实践基础,从而为本课题研究和开发应用,提供了强大的技术支撑。为此,

结合我国新一代北斗GNSS在线监测手段,运用GNSS多基站高精度解算功能,研究、探索大坝安全监测系统智能化升级对策,推广、实现大坝安全监测系统数字化、智能化管理,已经迫在眉睫。

结语

通过大洪河水电站大坝安全监测系统在智能化升级改造中得到安全、有效应用,相比大洪河水电站数十年来传承至今的人工观测工作,积极推进和顺利实施大坝安全管理模式全面升级,已更加彰显了大洪河水电站大坝安全自动化监测系统的技术优越性。通过全面建成大洪河水电站大坝安全监测自动化系统,为上碛及回龙寨等水电站大坝安全监测系统的自动化升级改造,进一步提供了良好的参考依据和技术保障。

参考文献

- [1]毕建涛,石振,祝彦敏,北斗+InSAR技术在大坝变形及周边地质灾害监测中的应用[J].卫星应用,2022-04-14.
- [2]华博深,石建舟,等,基于GNSS长基线的区域监测基准网设计.人民长江,2021(s1)
- [3]尚小伟.GNSS多基站变形监测系统技术研究与应用分析[D].成都:西南交通大学硕士论文,2018.
- [4]石建舟,华博深,陈绪高,大岗山库区新华滑坡GNSS自动化监测网设计[J].人民长江,2015,(09)
- [5]潘伟晖,何建新,浅谈磨子潭水库大坝安全监测自动化系统建设[J].治淮,2007,(09)