

观音岩混合坝非接触式三维变形监测试验研究

段会文¹, 徐正林¹, 范永波², 黄烈勇³, 卢加华⁴

- (1. 中国电建集团昆明勘测设计研究院有限公司, 云南 昆明 650041;
2. 中国科学院力学研究所, 北京 110000; 3. 重庆徠测科技发展有限公司,
重庆 404100; 4. 云南省地矿测绘院, 云南 昆明 650217)

摘要: 为了查明观音岩水电站下闸蓄水后裂缝变形区发展趋势, 为电站继续蓄水提供可靠变形监测数据, 开展了非接触式三维变形监测试验。试验优选3套高精度三维扫描设备, 直接获取变形区的三维数据, 以及三维空间的线、面、体等各种试验数据。监测试验成果及时论证了裂缝变形区位移呈先快后慢, 逐渐收敛的趋势, 为电站继续蓄水提供了可靠依据, 亦为类似工程三维监测提供了实例参考。

关键词: 混合坝; 非接触式; 三维变形监测试验; 观音岩水电站

Experimental Study on Non-contact 3D Deformation Monitoring of Guanyinyan Composite Dam

DUAN Huiwen¹, XU Zhenglin¹, FAN Yongbo², HUANG Lieyong³, LU Jiahua⁴

- (1. PowerChina Kunming Engineering Corporation Limited, Kunming 650041, Yunnan, China;
2. Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 110000, China;
3. Chongqing Laice Technology Development Co., Ltd., Chongqing 404100, China;
4. Yunnan Institute of Surveying and Mapping of Geology and Mineral Resources, Kunming 650217, Yunnan, China)

Abstract: In order to find out the development trend of fracture deformation area after the water storage of Guanyinyan Hydropower Station and provide reliable deformation monitoring data for the continuous water storage of station, the non-contact three-dimensional deformation monitoring experiments are carried out. Three sets of high-precision three-dimensional scanning equipment are used in experiments to obtain three-dimensional data of deformation zone directly, as well as the line, surface and volume data of three-dimensional space. The results of monitoring and testing show that the displacement of fracture deformation zone is fast at first and then slows down to converge gradually. The experiment data provides a reliable basis for the water storage of power station and an example reference for similar 3D monitoring.

Key Words: composite dam; non-contact; 3D deformation monitoring; Guanyinyan Hydropower Station

中图分类号: TV698.11(274)

文献标识码: A

文章编号: 0559-9342(2017)01-0094-03

1 工程概况

观音岩水电站为一等大(1)型工程, 水库正常蓄水位 1 134 m, 死水位 1 122 m, 电站总装机容量 3 000 MW(5×600 MW), 总库容 22.50 亿 m³。挡水建筑物由左岸、河中碾压混凝土重力坝和右岸粘土心墙堆石坝组成, 为混合坝, 坝顶总长 1 158 m, 其中混凝土坝部分长 838.035 m, 心墙堆石坝部分长 319.965 m。混凝土坝坝顶高程 1 139.00 m, 心墙堆

石坝坝顶高程 1 141.00 m, 两坝型间的坝顶通过 5% 的坡相连。

电站下闸蓄水约一个月时, 在右岸心墙堆石坝与混凝土重力坝连接结构(接头部位)、心墙堆石坝坝顶和上游坝坡发现裂缝。为了查明裂缝变形区发

收稿日期: 2016-10-20

作者简介: 段会文(1974—), 男, 吉林榆树人, 教授级高工, 硕士, 主要从事工程安全监测工作。

展趋势, 为电站继续蓄水提供可靠变形监测数据, 开展了本次非接触式三维变形监测试验。

2 非接触式三维扫描设备及系统原理

鉴于变形区监测时效性, 紧急调用了瑞格 Riegl-VZ1000 三维激光扫描仪、徕卡 ScanStation C10 扫描仪、意大利 IBIS-L 微波干涉测量系统共 3 套设备, 对混合坝接头部位及堆石坝上下游两侧坝坡实施三维变形监测^[1-4]。

(1) 瑞格 Riegl-VZ1000 三维激光扫描仪。该仪器使用极其纤细的近红外线激光束, 采用非接触式快速获取数据的脉冲扫描机制原理, 以高速和激光点云密度获取数据^[5-6]。

(2) 徕卡 ScanStation C10 扫描仪。该仪器对监测体进行扫描, 获取整个监测体的点云数据。利用标靶布置若干监测点, 并用全站仪测出这些监控点坐标。用扫描仪对这些监测点以及监测体进行扫描, 然后进行复测。两次数据对比, 就能获取监测体变形数据。

(3) 意大利 IBIS-L 微波干涉测量系统。该系统综合利用合成孔径雷达技术(SAR)、步进频率连续波技术(SF-CW)以及干涉测量技术^[7], 可以进行山体及坝体表面位移高精度、全尺度、实时远程测量, 是目前世界上最先进的崩塌、滑坡、泥石流、地面沉陷等地质灾害的现场测量设备之一。

现场各种测量设备对比见表 1。

表 1 现场各种测量设备对比

设备名称	测量范围/m	分辨率/mm	测量方式	受制约条件
Riegl-VZ1000 扫描仪	400	0.1	立体式扫描	气候、湿度、光线等诸多条件
ScanStation C10 扫描仪	500	0.1	点对点式测量	气候、湿度、光线等诸多条件, 人为因素影响较大
IBIS 系统	4000	0.1	非接触式面状扫描	直观得到整个监测范围内的变形结果

3 监测布置

考虑到堆石坝及连接结构上游坝坡为挡水面, 受到堆石体蓄水后湿化和后期流变作用的影响, 存在整体变形可能。在混凝土重力坝坝顶、大坝上游侧、心墙坝下游侧等通视条件良好的位置布置三维扫描仪观测站, 分别监测接头部位上游坝坡、心墙堆石坝上游坝坡、心墙堆石坝下游坝坡整体变形。

4 监测试验成果

4.1 Riegl-VZ1000 三维监测成果

(1) 心墙堆石坝上游坝面。监测成果表明裂缝变形区在 11 月 30 日~12 月 1 日的最大位移量为 3~4 mm, 即心墙堆石坝与混凝土坝的接头部位及附近区域变形量较大, 变形呈发展趋势; 其他部位位移量均在 2 mm 以下。

(2) 心墙堆石坝下游坝面。位移监测数据分析结果表明, 下游坝面自 11 月 30 日~12 月 1 日位移大多在 2 mm 以内, 下游坝面变形较小。

4.2 ScanStation C10 三维监测成果

(1) 心墙堆石坝上游坝面。监测成果表明, 裂缝变形区在 12 月 2 日~至 12 月 7 日的最大位移量为 8~11 mm, 即心墙堆石坝与混凝土坝的接头部位及附近区域变形量较大, 变形呈发展趋势; 其他部位位移量大多在 5 mm 以下。

(2) 心墙堆石坝下游坝面。位移监测数据分析结果表明, 下游坝面自 12 月 2 日~12 月 7 日位移大多在 3 mm 以内, 下游坝面变形较小。

4.3 IBIS-L 三维监测成果

(1) 心墙堆石坝下游坝面。监测成果表明见图 1。从成像结果来看, 大坝表面反射条件很好, 数据采集稳定, 保证了采集数据的可靠性; 位移监测数据分析表明, 下游坝面自 12 月 8 日~12 月 10 日位移大多在 0.5 mm 以内, 大坝下游方向的松散堆积体位移略大, 但也在 1 mm 以内。



图 1 下游坝面 12 月 8 日~12 月 10 日位移监测成果

(2) 心墙堆石坝上游坝面。监测成果见图 2。从图 2 可以看出, 裂缝变形区在 12 月 11 日~12 月 13 日的最大位移量均超过了 5 mm, 即心墙堆石坝与混凝土坝的接头部位及附近区域变形量较大; 其他部位位移量均在 2 mm 以下。

(3) 心墙堆石坝上游坝面及右岸坝肩边坡。为了验证混合坝及右岸坝肩边坡整体稳定性, 自 12 月 14 日~12 月 16 日, 增加了右岸坝肩边坡的变形监

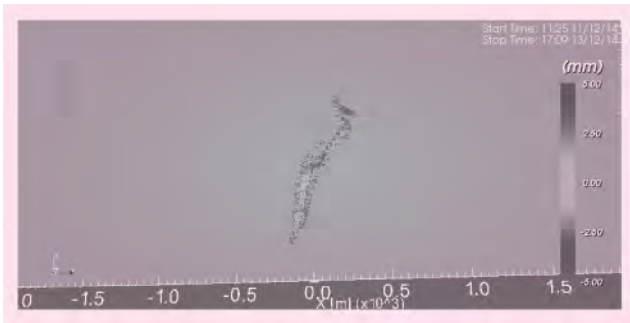


图2 上游坝面12月11日~12月13日位移监测成果

测,因监测距离等参数发生变化,故数据处理时,大坝上游面的位移数据均为从零重新计算。监测成果见图3。从图3可以看出,混凝土坝、心墙堆石坝、混合坝接头部位、右岸坝肩边坡位移基本上处于0点上下震荡,最大位移量均不超过3 mm,即心墙堆石坝与混凝土坝的接头部位变形已经趋于稳定;右岸坝肩边坡整体稳定性良好。



图3 上游坝面及右岸坝肩12月14日~12月16日位移监测成果

5 结 语

(1) 目前,各种各样的三维数据获取工具和手段不断涌现,推动着三维空间数据获取向着实时化、集成化、数字化、动态化和智能化的方向不断发展,三维建模和曲面重构的应用也越来越广泛。

(2) 本次试验优选的3套非接触方式高精度三维扫描设备,能够深入到复杂的现场环境及空间中进行扫描操作,可以直接获取变形区的三维数据,得到被测坝体表面的采样点集合“点云”,具有快速、简便、准确的特点。基于点云模型的数据和距离影像数据可以快速重构出目标的三维模型,并能获得三维空间的线、面、体等各种试验数据。

(3) 混合坝接头部位及堆石坝上下游两侧坝坡非接触式三维变形监测试验成果,及时论证了裂缝变形区位移呈先快后慢,逐渐趋于收敛趋势,为电站继续蓄水提供了数据依据。

参考文献:

- [1] 褚宏亮,殷跃平,曹峰,等. 大型崩滑灾害变形三维激光扫描监测技术研究[J]. 水文地质工程地质,2015,42(3): 128-134.
- [2] 钟涛. 基于三维激光扫描测量技术的露天矿山变形监测研究[J]. 科技与创新,2015(15): 141.
- [3] 王勋,冯晓. 三维激光扫描技术在桥梁变形监测中的应用探讨[J]. 有色金属文摘,2015,30(1): 74-75.
- [4] 桂芳茹. 三维激光扫描在地铁盾构隧道变形监测中的应用[J]. 科技通报,2015,31(12): 263-265.
- [5] 马晓兵,崔培. 三维激光扫描技术在防洪工程建模中的应用[J]. 科技视界,2012,(5): 46-48.
- [6] 戴华阳,廉旭刚,陈炎,等. 三维激光扫描技术在采动区房屋变形监测中的应用[J]. 测绘通报,2011(11): 44-46.
- [7] 刁建鹏,黄声享. 地面干涉雷达在建筑变形监测中的应用[J]. 测绘通报,2009(9): 45-47.

(责任编辑 焦雪梅)

(上接第79页)统,填补了国内空白。该系统在观音岩水电站投产后,运行良好,在大坝浇筑施工中发挥了重要作用。国产自升式高速混凝土输送系统在大型混凝土坝施工中将会有更加广泛的应用。

参考文献:

- [1] 闫凤奎. 逆止风门在轴流式一次风机出口门上的应用[J]. 发电与空调,2013,34(4): 42-43.
- [2] 翟佳,薛磊. 观音岩水电工程自升式高速混凝土输送系统的设计及特点[J]. 发电与空调,2013,34(4): 44-47.

- [3] 张黎明. 浅谈混凝土连续浇筑机设计与施工[J]. 房地产导刊,2014(33): 153.
- [4] 熊雄,王进攻,练柳君. 皮带机供料线在龙滩水电工程运用中存在的问题和解决措施[J]. 红水河,2006,25(4): 92-94.
- [5] 初曰亭,熊雄,卢致景. 龙滩水电工程施工设备系统布置与使用综述[J]. 红水河,2006,25(4): 13-21.
- [6] 蒋涛,喻俊杰. 龙滩水电站大坝拌和楼出料皮带机和系统连接皮带机布置及设计[C]//全国碾压混凝土筑坝技术交流论文集,北京:中国水力发电工程学会,2013: 127-133.

(责任编辑 杨 健)