

大雅河水利枢纽工程大坝变形监测网 方案设计

贾晓堂

(辽宁省水利水电勘测设计研究院,辽宁 沈阳 110006)

【摘要】 本文通过对大雅河水利枢纽工程夹道子水库大坝变形监测方案的设计、实施、监测数据的整理等变形监测过程进行分析,归纳和总结了水利枢纽工程变形监测的内容和方法。该设计方案保证了大坝变形监测工作的顺利开展,可为类似工程变形监测网设计优化提供借鉴。

【关键词】 水利枢纽工程;变形监测网;方案设计;夹道子水库

中图分类号: TV698.1+1

文献标志码: B

文章编号: 1005-4774(2018)05-028-04

Design of dam deformation monitoring network plan for Daya River Water Control Project

JIA Xiaotang

(Liaoning Water Conservancy and Hydropower Survey Design Institute, Shenyang 110006, China)

Abstract: The deformation monitoring process of Daya River Water Control Project Jiadaozi Reservoir deformation monitoring plan is analyzed, including design, implementation, monitoring data sorting, etc. Contents and methods of water control project deformation monitoring are summarized and concluded, thereby ensuring smooth implementation of dam deformation monitoring work. The plan can provide reference for similar projects.

Key words: water control project; deformation monitoring network; plan design; Jiadaozi Reservoir

1 工程概况

大雅河水利枢纽工程以夹道子水库建设为主,位于辽宁省本溪市桓仁县境内大雅河流域中上游,是大雅河上的控制性工程,是一座以供水、发电、防洪、灌溉为主,养殖和旅游业为辅的中型水利枢纽工程。目前水库大坝主体已基本完工,大坝的变形监测点已随工程进度埋设完成,坝体上共布设15个水平位移监测点和15个垂直位移监测点,坝体两侧山上布设2个新埋设的工作基点。根据相关要求,变形监测网的首次测量工作需在冬季前完成。

已有资料包括该地区1:2000地形图;夹道子水库工程施工控制网复测成果;该地区国家三角点成果,国家水准点成果。

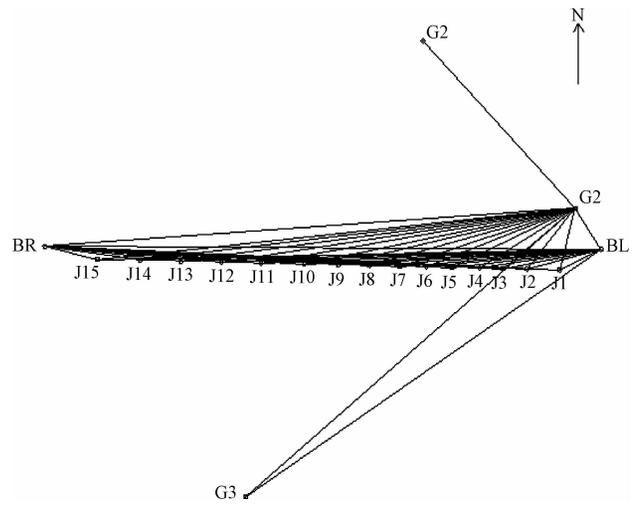
2 大雅河水利枢纽工程大坝变形监测网方案

2.1 变形监测网坐标高程系统

根据大雅河水利枢纽工程管理局的要求,夹道子水库大坝变形监测网的平面及高程系统与施工控制网保持一致。工程变形监测网坐标系统采用1954年北京坐标系,高程系统采用1956年黄海高程系。

2.2 水平位移监测网的布设

按照《水利水电工程测量规范》中关于大坝变形监测的精度要求,水平位移量允许中误差为 $\pm 3\text{mm}$,为满足工程变形监测网的精度要求,水平位移监测网等级为二等。基准点即夹道子水库工程施工控制网起算点,为国家三角点老秃顶子及四方顶。工作基点为夹道子水库工程施工控制网复测成果中的 C2、G2、G3。大坝的变形监测点已随工程进展埋设完成,坝体上布设 15 个水平位移监测点(编号为 J1 ~ J15)、坝体两侧山上布设 2 个水平位移监测点(编号为 BL、BR)。工程采用工作基点对变形监测点进行观测,水平位移监测网如右图所示。



水平位移检测网示意图

各期的变形监测应采用相同的布网方案和观测方法,采用同一仪器设备,人员相对固定,采用统一的基准数据和计算方法。

2.3 水平位移监测网的观测

水平位移监测网使用全站仪,采用极坐标法进行观测,水平角观测采用方向观测法,边长采用光电测距法。作业时现场测定温度、气压,并输入到仪器内,仪

器自行进行气象改正,气象数据测定的时间间隔为每边观测始末,数据取用为每边两端平均值。外业观测过程中严格执行《水利水电工程测量规范》中关于水平位移监测网测量、水平角观测、光电测距的相关要求。

水平位移监测网的技术要求见表 1,水平角方向观测法的技术要求见表 2,光电测距作业技术要求见表 3。

表 1 水平位移监测网的主要技术要求

级别	点位中误差/ mm	平均边长/ m	测距中误差/ mm	测边相对中 误差	测角中误差/ (")	边长中误差/ mm	水平角观测回 次数
二等	± 2.0	400 ~ 1000	$1 + 1\text{ppm} \times D$	$\leq 1/200000$	± 1.0	± 3.0	9

表 2 水平角方向观测法的主要技术要求

等级	两次照准读数差/ (")	半测回归零差/ (")	一测回 2c 较差/ (")	同方向值各测回较差/ (")	水平角观测回数	三角形最大闭合差/ (")
二等	4	6	9	6	9	3.5

表 3 光电测距的主要技术要求

等级	测距仪精度	每边测回数		一测回读数较差/ mm	单程各测回读数较差/ mm	气象数据的最小读数		往返测距离 较差/mm
		往测	返测			温度/(°)	气压/Pa	
二等	≤ 2	3	3	2.0	3.0	0.2	50	$\leq 2(a + bD)$

注 a-标称精度中的固定误差,mm;b-标称精度中的比例误差系数,mm/km;D-测距长度,km。

2.3.1 外业观测注意事项

待仪器温度与外界气温一致后,在成象清晰、目标稳定的情况下开始观测;仪器照准部旋转时,平稳均匀,制动螺旋不宜拧得过紧,微动螺旋尽量使用中间部

位;精确照准目标时,微动螺旋最后为旋进方向;仪器与反射棱镜按出厂要求配套使用,未经验证,不得与其他型号的相应设备互换使用;记录天气情况、温度、荷载等情况。

2.3.2 水平位移监测网平差起算点稳定性检验

采用全站仪对工作基点 G2、G3 之间的边长进行了测量,测量结果与施工控制网复测成果进行比较,结果见表 4。

表 4 边长比较 (单位:m)

边名	边长		边长差
	复测成果	TS30 全站仪测量	
G2~G3	335.527	335.523	0.004

由上表可知 G2、G3 两点相对稳定,可作为工程的平差起算点。

2.3.3 平差计算

平差处理软件采用现代测量控制网测量数据处理通用软件包。

首先对外业观测数据进行处理,将所测的斜距经过加、乘常数改正后转化为平距,平差采用严密的平差方法。平差计算前,对外业观测记录手簿、平差计算起始数据进行 100% 的检查校对。

水平位移监测网平差计算取位按表 5 执行。

表 5 水平位移监测网平差计算取位

等级	观测方向值/(°)	方向改正数/(°)	长度改正数/mm	边长坐标值/mm	方位角值/(°)
二等	0.1	0.1	1.0	1.0	0.1

2.3.4 精度评定

外业观测结束后对水平位移监测的测角中误差、测边中误差、点位中误差和三角形闭合差进行了精度评定,详见表 6。

表 6 水平位移监测网精度评定

观测时段	测角中误差/"		测边中误差/mm		点位中误差/mm	
	实测	限差	实测	限差	实测	限差
首次观测	0.5	1	1.05	3	1.17	2

从表 6 可以看出,本工程测角中误差、测边中误差、点位中误差均满足规范要求。三角形(G2-BL-BR)闭合差为 1.6",满足规范要求。由此充分证明了大雅河水利枢纽工程夹道子水库大坝水平位移监测网方案设计合理,精度可靠。

2.4 垂直位移监测网测量

按照《水利水电工程测量规范》中关于大坝变形

监测的精度要求,垂直位移量允许中误差为 ±2mm,为满足本工程垂直位移监测网的精度要求,垂直位移监测网等级为二等。

高程系统:采用 1956 年黄海高程系。

起算数据:国家二等水准点。

采用仪器:数字水准仪及与之匹配的条码水准尺。施测前,按规范要求对水准仪进行检验与校正。

2.4.1 垂直位移监测网布网方案

本工程垂直位移监测网基准点为国家二等水准点,布设一条闭合水准路线,利用基准点联测 G3、G5、S1,水准路线示意图略。利用 G3、S1 布设附合水准路线联测坝体上的垂直位移监测点 JS1~JS15,水准路线示意图略。二等水准测量主要限差见表 7。

表 7 二等水准测量主要限差 (单位:km)

等级	测段、区段往返测(左右路线)高差不符值	附合路线闭合差	环闭合差	检测已测值高差之差
二等	$4\sqrt{k}$	$4\sqrt{L}$	$4\sqrt{F}$	$6\sqrt{R}$

注 k—测段、区段或路线长度,km;L—附合路线长度,km;F—环线长度,km;R—检测测段长度,km。

2.4.2 水准测量的观测方法

工程水准测量采用单路线往返测。外业观测采用水准仪及与之匹配的条码水准尺。施测前,按规范要求对仪器进行 i 角检验,检验结果满足《国家一、二等水准测量规范》中对仪器 i 角限差的要求。

在外业观测过程中严格按照《国家一、二等水准测量规范》中“7 水准观测”中关于“数字水准仪观测”的相关要求。水准观测的视线长度、前后视距差和视线高度符合表 8 的规定,水准观测的限差符合表 9 的规定。

表 8 视线长度、前后视距差及其累积差、视线高度

(单位:m)

等级	仪器类型	视线长度	前后视距差	前后视距累积差	视线高度
二等	数字	3~50	≤1.0	≤3.0	≤2.8 且 ≥0.55

表 9 测站观测限差 (单位:mm)

等级	高差之差	重复读数之差	检查间歇点高差的差
二等	0.6	0.4	1

2.4.3 水准测量平差

平差软件采用现代测量控制网测量数据处理通用软件包。水准测量平差前加入水准标尺长度误差改正、正常水准面不平行的改正。平差计算取位见表10。

表10 水准平差计算取位

等级	测段距离/ km	各测站高 差/mm	往返测高差 总和/mm	测段高差中 数/mm	水准点高 程/mm
二等	0.1	0.01	0.01	0.1	1

2.4.4 水准测量的精度评定

各附合水准路线观测精度情况见表11。

表11 水准路线观测精度情况

序号	路线 类型	起 点	路线描述 代表点号	终 点	路线长 度/km	附(闭) 合差/mm	限差/ mm
1	闭合	II 54-21	S1	II 54-21	28.06	4.3	21.2
2	附合	G3	JS8	S1	1.92	-1.2	5.5

每公里水准测量的偶然中误差 M_{Δ} 按下式计算:

$$M_{\Delta} = \pm \sqrt{\frac{1}{4n} \left[\frac{\Delta\Delta}{R} \right]} \quad (\text{二等水准 } M_{\Delta} \leq 1\text{mm})$$

式中 M_{Δ} ——高差偶然中误差, mm;

Δ ——水准路线测段往返测高差不符值, mm;

n ——往返测的水准路线测段数;

R ——测段长度, km。

每公里水准测量的偶然中误差 $M_{\Delta} = 0.2\text{mm}$, 满足规范要求, 证明大雅河水利枢纽工程夹道子水库大坝垂直位移监测网精度可靠。

3 检查验收

根据《测绘成果质量检查与验收》的规定, 测绘成果质量通过二级检查一级验收方式进行控制, 依次进行了过程检查、最终检查和质量验收工作。

a. 过程检查: 原始测量数据及角度统计表记录完整; 对水准仪 i 角进行了检验, 检验方法正确; 对起算点的稳定性进行了检验, 起算数据使用正确; 项目组对测量成果进行了 100% 全面检查, 并做好过程检查记录。

b. 最终检查: 原始测量数据及角度统计表记录规范, 观测方法和成果取舍正确; 工作基点点位布设及点位密度合理, 标石埋设稳定; 所使用的全站仪和水准仪

通过了质检部门的检定; 水平位移及垂直位移监测网平差计算采用的起算数据正确; 采用现代测量控制网测量数据处理通用软件包, 对水平位移及垂直位移监测网进行平差计算, 平差后各项精度指标满足规范要求。质检组对测量成果进行了 100% 全面检查, 并做好了检查记录。

c. 质量验收: 起算点选取及分布合理, 平差计算方法正确; 施测方案和技术标准的执行符合技术设计的要求; 采用分级随机抽样法, 通过对文件名及数据格式、数学精度、观测质量、资料质量等检查, 未发现不合格项, 受检批成果质量符合技术设计要求; 为项目组配备的测绘人员、仪器设备、材料和运输等资源能够保证该测绘项目管理的要求; 采取了有效的预防措施, 使测绘过程中废弃物排放符合国家排放标准, 没有发生各类安全事故。

4 结 语

变形监测无论是在大坝、地质、地震, 还是在各种房屋建筑等设施的安全性研究方面都有着非常重要的作用。尽管目前变形监测的手段日趋多样化, 但传统的工程测量方法仍然是主要的、效率较高的方式。为了得到更高质量、高精度的变形监测成果, 需要科学合理地布设变形监测网并对其进行优化。在大雅河水利枢纽工程夹道子水库大坝变形监测网测量过程中, 充分考虑了变形监测网的特点和相关方的特殊要求, 建立了一个可靠性高、成本费用低以及高质量和高灵敏度等各方面条件良好的变形监测网, 在内外业工作过程中还充分考虑了环境因素和职业健康安全因素, 并研究确定了预防措施。在项目后期进行了严格的检查验收工作, 确保了大雅河水利枢纽工程大坝变形监测网的成果质量, 保证了工程顺利实施和安全运行。◆

参考文献

- [1] 陈广荣. 形变监测网优化分析[J]. 中国科技信息, 2016(2): 51-52.
- [2] 史庚武. 南水北调中线总干渠(北京段)变形监测网布设[J]. 海河水利, 2015(1): 63-65.
- [3] 黄保存. 那兰水电厂变形监测网改造方法与研究[J]. 科技创新导报, 2015(22): 119-120.
- [4] 张博. 南沟门水利枢纽工程变形监测技术方案的确定[J]. 测绘技术装备, 2017(2): 69-71.