

浅谈猴子岩水电站变形监测控制网的建立

周全

(四川中水成都勘测设计工程有限责任公司,四川成都 610072)

摘要:猴子岩水电站变形监测控制网是外部变形监测工作中最为核心的一部分,其核心作用是为给外部变形监测工作提供基准数据。从目前已观测的5次成果表明,平面、水准监测控制网平差计算后的各项限差均满足规范要求,尤其是全网最弱点中误差精度满足设计要求,水准每公里高差中数的偶然中误差也满足设计要求。通过多次复测总结,监测控制网能否达到高质量、高精度的监测成果,与网点埋设的稳定性、观测条件的合理性、高精度仪器设备的必要性,都是密不可分的。

关键词:监测控制网;仪器设备;数据检验;精度统计;平差计算

中图分类号:[TM622];TU196+.1;G250.72

文献标识码:A

文章编号:1001-2184(2018)05-0125-03

0 引言

猴子岩水电站的建网工作于2015年9月开始实施,施工顺序为:倒垂及双金属标施工、观测保护房修建、水准控制网点埋设、平面控制网点埋设。整个建网工作于2016年2月中旬全部完成。2016年3月中旬开始实施首期观测,首期观测连续观测两次,各项限差满足规范要求后取平均值作为基准值,整个首期观测于2016年4月底全部完成,2016年10月完成第1次复测工作。在观测过程中,为反映点位变化的及时性,平面网和水准网基本同步观测。最终平差成果满足设计精度要求后,观测成果直接作为外部变形监测的基准数据。

1 建网概述

平面监测网按照设计图纸要求,共布设9个控制网点,点号分别为TN01~TN09(见图1)。其中首期观测以TN08为平面监测控制网起算点,TN08-TN03为控制网起算方向。TN03、TN07、TN08分别设置倒垂设备以校核控制点的稳定性(钻孔深度为51 m、65 m、56 m)。平面网最短边长为259 m,最长边长为791 m,平均边长为484 m,共计38个观测方向,19条观测边,按《国家三角测量规范》GB T 17942-2000中一等边角测量技术要求实施,设计要求平差后的最弱点中误差应小于 ± 2.0 mm。

水准监测控制网按照设计图纸要求共布设

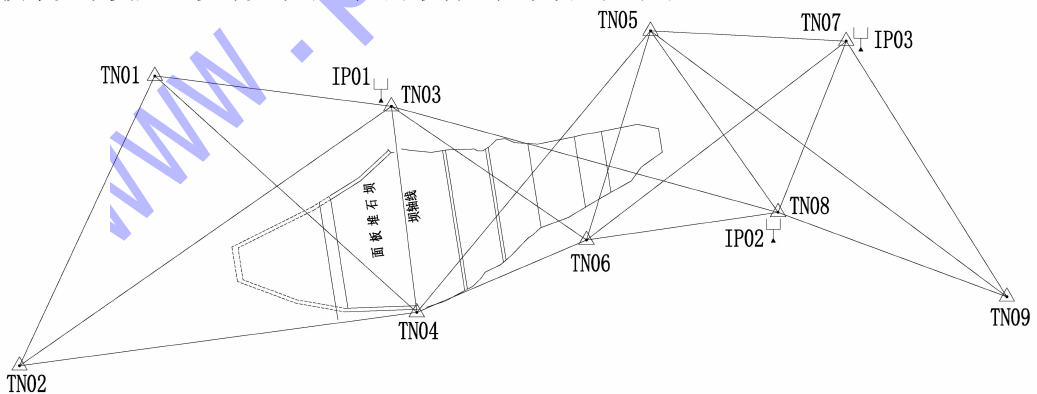


图1 平面监测控制网布置图

13套常规水准标志,2套双金属标系统,沿坝址区高低线公路构成两个环线(见图2)。按照《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897-2006中相

关技术规定施测。平面监测控制网的起算高程从水准监测控制网上引测,采用三角高程方式进行联测,联测点为水准控制网点EM01至平面监测控制网点TN08。实施过程中考虑到对监测设施

收稿日期:2018-07-31

的保护和整体美观效果,倒垂和双金属标系统均建造观测保护房。

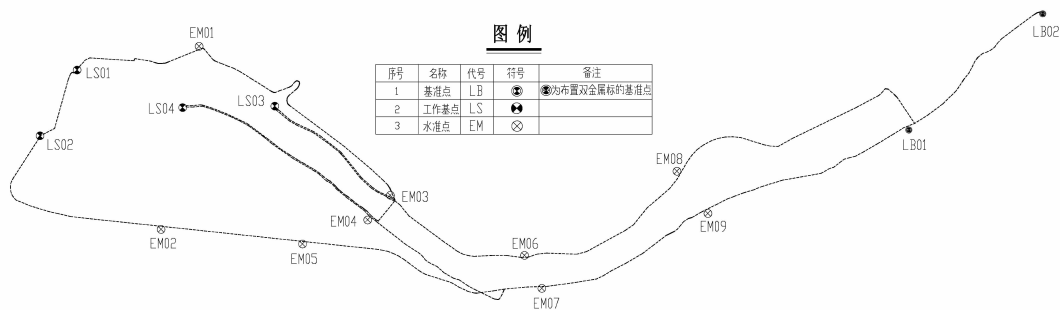


图2 水准监测控制网布置图

平面网点观测墩和水准网点的埋设位置均按照设计图纸中所明确的位置进行埋设,建造大小、类型均以设计图为准,埋设过程中由现场监理工程师对质量和技术要求进行严格把控,经过验收后才能进行观测。

倒垂孔及双金属标施工位置均按照图纸中明确的位置进行施工作业,完成钻孔经验收合格后对倒垂系统及双金属标系统的设施进行安装,最终通过安装验收,倒垂孔钢保护管有效管径需大于100 mm,双金属标孔全孔段孔斜需小于0.5%,才能满足设计要求。

2 观测实施

2.1 主要仪器设备

平面网、三角高程网采用瑞士徕卡TM30全站仪观测,仪器测角标称精度±0.5",测距精度±(1 mm + 1 ppm)。棱镜采用徕卡生产的配套专用

基座棱镜,并且使用了抽风式的干湿温度计和空盒气压计同时测量温度及气压。水准网观测采用天宝DiNi0.3电子水准仪及其配套条码钢钢尺,标称精度±0.3 mm/km。倒垂观测仪器采用四川飞翔测绘生产的ZBY-3型数显垂线坐标读数仪。

2.2 起算数据检验

在开始实施首期观测前,TN03、TN08已和施工测量控制网进行了联测并取得相应的坐标,双金属标点的高程也通过施工测量控制网中附近的网点进行联测并取得高程。

在平面控制网每次复测后首先对倒垂网点TN03、TN07、TN08进行稳定性检核,通过倒垂读数变化对起算点的坐标进行修正。根据设计要求,倒垂点位移量ΔP大于±2 mm需对控制网点的坐标值进行修正,截至复测(第3次)的倒垂观测统计如下(见表1):

表1 倒垂观测计算比较表

测点名称	观测时间	与上期差异量/mm			与首期差异量/mm		
		X	Y	P	ΔX	ΔY	ΔP
TN03 (IP01)	2016-4-28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2016-10-30	0.05	0.02	0.06	0.57	-1.82	1.91
	2017-5-16	0.02	-0.67	0.67	0.73	-1.25	1.44
	2018-2-20	-0.21	0.30	0.37	0.00	-0.45	0.45
TN08 (IP02)	2016-4-28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2016-10-30	-0.07	-0.16	0.17	-0.21	-0.60	0.64
	2017-5-16	-0.19	-0.20	0.27	-0.73	-0.83	1.11
	2018-2-20	0.13	0.34	0.36	-0.64	-0.47	0.79
TN07 (IP03)	2016-4-28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2016-10-30	-0.20	-0.02	0.20	-0.94	-0.10	0.95
	2017-5-16	-0.73	-0.15	0.75	-1.50	-0.06	1.50
	2018-2-20	0.40	-0.22	0.46	-1.84	0.27	1.86

注:X、Y、P为间隔位移量,ΔX、ΔY、ΔP累计位移量;P为X和Y的绝对位移量($P = \sqrt{x^2 + y^2}$)。

通过表1倒垂观测计算成果可看出,三个倒垂点在4次观测中位移量均小于±2 mm,所以无需进行坐标修正。由此可说明,起算基准点的稳

定性均较好,可直接作为复测的计算基准点。

2.3 观测精度统计

在进行平差计算前,需保证各项闭合差、测

角、测距等精度指标均满足规范限差后方可进行平差计算。平面网共组成11个三角形,共有19条对向观测边长。测角中误差按照菲列罗公式计算,边长对向观测平均值中误差按公式 $Md = \pm \frac{1}{2}$

$\sqrt{\frac{d_F d_F}{n}}$ 计算,各项观测精度统计见表2:

表2 观测精度统计表

观测周期	最弱点号	三角形闭合差 最大值(")	测角中误差 (")	边长对向观测 平均值中误差 /mm	最弱边相 对中误差
首期观测(第1次)	TN02	-2.38	0.654	±0.52	1/823 000
首期观测(第2次)	TN02	-2.17	0.689	±0.50	1/892 000
复测(第1次)	TN02	1.71	0.591	±0.51	1/611 000
复测(第2次)	TN02	2.23	0.630	±0.56	1/834 000
复测(第3次)	TN02	-1.47	0.544	±0.50	1/964 410

注:三角形闭合差执行±2.5"限差;测角中误差执行0.7"限差;最弱边相对中误差不大于1/30万。

通过表2可得,各项观测精度指标均满足一等边角测量规范要求。

2.4 平差计算

衡量平差成果的精度主要通过点位中误差和

高程中误差来判断,在5次观测成果中,平面网点最弱点位中误差为1.93 mm(复测第1次),水准网最弱点高程中误差为±0.33 mm(复测第2次),最弱点均满足设计要求。统计结果见下表3:

表3 最弱点中误差统计表

观测周期	平面网		水准网(高线环)			水准网(低线环)		
	最弱点号	点位中误差 最弱点精度	最弱点号	高程中误差 最弱点精度	每千米偶然中误差	最弱点号	高程中误差 最弱点精度	每千米偶然中误差
首期(第1次)	TN02	1.70	LS01、LS02	0.97	±0.27	LS04	0.05	±0.29
首期(第2次)	TN02	1.60	LS01、LS02	1.06	±0.26	LS04	0.25	±0.32
复测(第1次)	TN02	1.93	LS01、LS02	1.50	±0.24	EM04	0.43	±0.18
复测(第2次)	TN02	1.75	LS01、LS02、EM01、EM02	0.12	±0.33			
复测(第3次)	TN02	1.15	LS01、LS02、EM01、EM02	0.10	±0.28			

注:最弱点中误差小于2 mm,水准每公里偶然中误差小于±0.45 mm。水准网(低线环)于2017年3月才开始首期观测,所以目前仅观测3次。

3 结语

猴子岩水电站变形监测控制网是外部变形监测工作中最为核心的一部分,其核心作用是为给外部变形监测工作提供基准数据。通过5次的观测成果可看出,监测控制网的点位精度较高,满足一等边角测量规范要求。观测过程中均严格按照规范要求执行,平差计算方法严密,最终平差后的最弱点中误差均小于设计文件2 mm的技术要求,水准网每公里高差中数的偶然中误差小于设计文件±0.45 mm的要求。

对于建网的合理性和观测成果精度评价进行总结和分析,可得出以下三点结论:

(1)观测网点的土建设施工作非常重要,所有基准点均需埋设在稳定可靠的基岩上,且打入插筋将观测墩与基岩表面结合为整体。

(2)使用的仪器设备等级(如TM30)对获取高精度、高质量的观测成果起到关键性作用。其次,在观测过程中选择好合适的观测天气、能见度清晰的空气质量都能够在一定程度上减小偶然误差。

(3)倒垂系统对起算点的稳定性校核有非常显著的作用,垂线坐标读数仪的观测精度要优于全站仪的观测精度,从而对起算点的校核更能提供精度保障,对控制网成果的准确性有更重要意义。

参考文献:

[1] 张正禄,李广云,潘国荣,等.工程测量学[M].武汉:武汉大学出版社,2005.

作者简介:

周全(1985-),男,湖北荆州人,工程师,大学本科,主要从事工程控制测量和变形监测工作。

(责任编辑:卓政昌)