

# 二级坝泵站工程范围内变形监测网布设与观测

朱利超, 刘文国, 张绪朋, 张亮, 孙磊, 何明岗

(山东省水利勘测设计院, 山东 济南 250013)

**摘要:**煤矿采空区对二级坝工程范围内建筑物、构筑物安全造成极大威胁。通过在二级坝工程范围内布设变形监测网,采用先进测量技术和高精度测量方法,对变形监测点进行定期观测、分析和比较,能及时对变形信息进行监测和预报,具有重要意义。该文按照规范要求,应用GPS静态观测、导线测量、高精度水准测量等技术,组织布设该变形监测网,并对其进行首次观测,为以后二级坝工程范围内变形监测提供重要依据。

**关键词:**变形观测;静态GPS测量;水准测量;监测与预报

**中图分类号:**TV1;X83

**文献标识码:**B

**引文格式:**朱利超,刘文国,张绪朋,等.二级坝泵站工程范围内变形监测网布设与观测[J].山东国土资源,2016,32(5):83-85.ZHU Lichao, LIU Wenguo, ZHANG Xupeng, etc.Setting and Observation of Deformation Monitoring Network within the Scope of Grade II Dam Pumping Station[J].Shandong Land and Resources, 2016,32(5):83-85.

## 0 引言

二级坝泵站枢纽工程位于山东省微山县南四湖中部二级坝溢流堰西裹头以西200m的下级湖内,是南水北调东线工程的第十级抽水梯级泵站。其主要建(构)筑物有泵站、前池、进水池、出水池、进水池、引水渠和出水渠。

鉴于二级坝引水渠因南部煤矿采空区影响已发生沉降,且塌陷区域正向泵站方向延伸,对引水渠、进水池和泵站厂房的安全造成极大威胁。为此组织实施了安全监测网的布设和观测,以方便今后定期对其进行观测,监控煤矿采空区对二级坝泵站枢纽工程的影响,及时为工程安全状况提供监测和预报<sup>[1-7]</sup>。

本着“由高级到低级,先控制后碎步”测量原则,该文首先在工程范围内地质稳定的地方布设工作基点,并与高等级的基准点联测,建立平面和高程控制网,然后在工程范围内均匀布设变形监测点,并对其进行观测,作为今后二级坝泵站枢纽工程安全监测的参考依据。

## 1 监测网的布设

### 1.1 布设原则与精度要求

变形监测网一般由基准点、工作基点和变形监测点构成<sup>[1,8]</sup>。在选点布设时遵循的原则有:

(1)平面控制网的点位要均匀布设,覆盖整个测区,且具有较好的图形强度。水准路线要构成附和或闭合线路,从而增强检核条件,提高测量精度。

(2)基准点和工作基点应选在地基稳定、不易破坏的位置,同时还要考虑交通便利、有利于设站观测等要求。工作基点采用有强制对中装置的观测墩,埋石下方用混凝土浇筑,上方采取保护措施保护对中标志。

(3)变形监测点选择在最能反应沉降和位移变化且便于观测的位置埋设。一般选择在厂区平台的四周角点、中点和重要的承重部位、沉降缝、后浇带两侧等位置。

(4)充分考虑外界环境的影响,诸如温度、光照、行驶车辆对电子仪器读数的影响,高压电线形成的磁场对GPS观测、激光测距的影响等。

根据《工程测量规范》(GB50026-2007)和《建

收稿日期:2015-10-08;修订日期:2016-02-17;编辑:陶卫卫

工程应用项目:南水北调山东干线有限公司下达项目书,南水北调东线第一期工程二级坝泵站工程范围内安全监测网建设管理委托协议

作者简介:朱利超(1986—),男,山东济宁人,助理工程师,主要从事水利工程测量;Email:kdlichao@163.com

筑变形测量规范》(JGJ8-2007)要求,结合二级坝泵站枢纽工程的重要性,确定二级坝泵站工程范围内变形观测等级为三级。按照《建筑变形测量规范》(JGJ8-2007)3.0.4 条规定要求,变形观测点的平面坐标中误差为 $\pm 10.0\text{ mm}$ ,高差中误差为 $\pm 1.5\text{ mm}$ 。

1.2 布设方案设计

(1)平面控制网:根据布设原则和测区周围现有高等级点分布,选择 3 个位置适中、分布合理的国家 C 级 GPS 点二级坝第四节制闸管理所院内点 CG32、微山县城一点 WS、常口社区一点 CKLS 作为基准点,选择二级坝泵站北侧公路与站区防洪平台交汇的东西两端各一点 RB1, RB2;站区西南配电室处一点 RB3;泵站出水池东侧一点 KZ4;进水闸附近三点 KZ1, JH4, KZ3;引水渠中间两侧各一点 KZ2, H6, 共 9 个工作基点。基准点与工作基点构成平面控制网。由于二级坝泵站工程范围是南北狭长的区域,因此平面基本网为南北长的条形网,如图 1 所示。

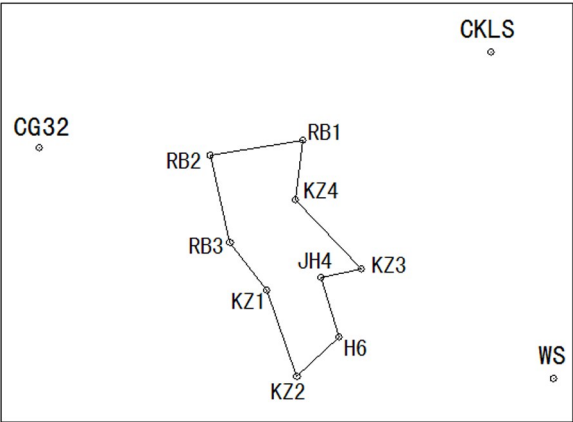


图 1 平面控制网示意图

(2)高程控制网:由于该区域国家高等级水准点较,其余距离较远,因此选择国家 II 等水准点 CG32 作为基准点,选择 RB1, RB2, RB3 作为工作基点,构成高程控制网,构成闭合线路,如图 2 所示。

(3)变形监测点:为了监测不同位置的变形情况,在引水渠南漫水桥上埋设 3 个观测点,引水渠两侧埋设 14 个监测点,在进水闸上埋设 6 个观测点,在前池后浇带缝处埋设 4 个观测点,在出水池两侧埋设 2 个观测点,在泵站基础平台内部和角点埋设 14 个观测点,在泵站楼周围埋设 10 个观测点,共计 53 个。

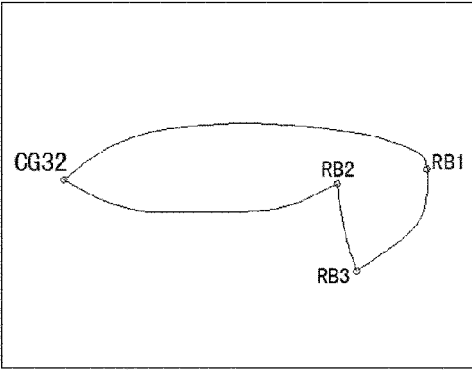


图 2 高程控制网示意图

2 监测网的观测

2.1 平面控制测量

平面基准网由 RB1, RB2, RB3, CG32, WS, CKLS 构成,采用 6 台 Leica GS15 接收机同步静态观测 3 个时段,运用精密星历,使用 LGO 数据处理软件进行平差,获得 RB1, RB2, RB3 平面坐标<sup>[9]</sup>。其平面位置精度如表 1 所示:

表 1 平面基准网测量精度 (m)

点标识	点类别	平面精度	高程精度	平面+高程精度
CG32	平差值	0.0004	0.0007	0.0008
CKLS	平差值	0.0005	0.0008	0.0009
WS	平差值	0.0012	0.0020	0.0023
RB1	平差值	0.0005	0.0008	0.0009
RB2	平差值	0.0004	0.0007	0.0009
RB3	平差值	0.0005	0.0008	0.0009

平面控制网由 RB1, RB2, RB3, KZ1, KZ2, H6, JH4, KZ3, KZ4 构成附和合导线,使用 Leica TM30 型全站仪(测角精度 0.5"、测距精度 1 mm + 1 ppm),采用多测回法测角测距<sup>[10]</sup>,经气温、压强改正,用清华山维软件平差获得工作基点的平面坐标。其平面位置测量精度如表 2 所示:

表 2 平面控制网测量精度 (m)

角度 闭合差 (d.mmss)	单位权 (每 km) 中误差	测距固定 误差	测距比例 误差	最弱点位 中误差 (KZ2)	比例 误差
0.001070	$\pm 0.0002$	$\pm 0.0092$	$\pm 4.6076$	$\pm 0.0066$	1/20260

2.2 高程控制测量

高程控制网与国家水准网联测,该次测量联测 II 等 CG32 点。使用 Leica DNA03 电子水准仪,根据国家二级几何水准测量规范要求,线路采用闭合

环方式(图 2)。外业观测数据通过水准标尺长度改正、温度改正和正常水准面不平行改正后,经平差处理获得 RB1, RB2, RB3 的高程值,其测量精度:单位权(每 km)中误差为 $\pm 0.35$  mm,最弱点(RB3)高程中误差为 $\pm 0.49$  mm。

### 2.3 变形监测点首次观测

通过平面控制获得工作基点的平面坐标,在工作基点上设站,通过方向观测法测得平面位移监测点的平面坐标。利用三等水准测量技术要求,采用单程双转站方法,从高程控制网的工作基点出发,获得各垂直位移监测点的高程值。

对于二级坝泵站楼周围的监测点,由于其结果反映了泵站楼的沉降和位移变化,因此采用二等水准测量技术要求,测得其高程值。

经平差处理,平面单位权(每 km)中误差为 $\pm 4.32$  mm,最弱点(S1)点位中误差为 $\pm 8.79$  mm;高程单位权(每 km)中误差为 $\pm 0.43$  mm,最弱点(S4)高程中误差为 $\pm 1.11$  mm。

## 3 成果分析与总结

该文通过建立二级坝泵站工程范围内的变形监测网,对泵站各部位及其周围建立起了全面的监控。运用先进的测量仪器设备和合理的测量方法,严格按照测量规范要求,各测量结果符合限差要求。对变形监测点的测量,平面最弱点 S1 的点位中误差为 $\pm 8.79$  mm,高程最弱点 S4 的高程中误差为 $\pm 1.11$  mm,满足三等变形观测的精度指标要求。

总结在变形监测网的布设与观测过程中所面临关键问题和解决方案总结如下:

(1)由于受区域条件限制,测区呈南北狭长条带状,控制网在布设时网形强度较差,因此在控制测量时采用 GPS 静态和精密导线测量保证平面精度,用几何二等水准测量保证高程精度。

(2)由于二级坝泵站枢纽工程范围内待监测的建(构)筑物较多,包括泵站厂房、前池、进水池、出水池、进水闸、引水渠和出水渠,变形监测点分布广而散,因此在测量时按照建(构)筑物重要性分类观测,平面采用多测回方向观测法观测,高程采用附和或闭合水准路线观测,从而减低误差累计,提高测量精度。

(3)当基准点和工作基点埋设好之后要保护好,假如现场施工将点破坏,就会破坏控制网形,违背变形监测中的“五定原则”,从而影响测量精度。

(4)变形监测网布设好后,经过定期监测,就可以对二级坝泵站工程范围内的建筑物、构筑物变形情况进行分析和预报。

### 参考文献:

- [1] 王力江.滩坑水电站大坝变形监测与预报[J].城市建设理论研究(电子版),2012,(11):1-4.
- [2] 赵景瞻.TCP2003 全站仪及其在二滩大坝外部变形监测中的应用[J].水电自动化与大坝监测,2002,26(2):34-38.
- [3] 岳建平,华锡生.GPS 在大坝变形监测中的应用[J].大坝观测与土工测试,1996,26(3):26-29.
- [4] 梁守尚,马勇.测量机器人在小浪底大坝外部变形监测中的应用[J].测绘通报,2001,(4):35-37.
- [5] 刘兆成,杨颖,孙涛,李登秀.蓬莱阁丹崖山安全监测与分析[J].山东国土资源,2011,27(10):39-42.
- [6] 胡今朝,孙英杰,胡小鹏.韩台煤田采矿对京沪高速铁路的影响分析[J].山东国土资源,2012,28(9):40-42.
- [7] 汪清忠.水利工程坝体变形监测数据处理系统研究[J].建筑技术与设计,2015,(12):1619-1620.
- [8] 李悦.亭子口水利枢纽大坝变形观测布置[J].四川水利,2014,35(5):41-42.
- [9] 李征航,张小红,朱智勤.利用 GPS 进行高精度变形监测的新模型[J].测绘学报,2002,31(3):206-210.
- [10] 刘成龙.极坐标法测量精度评定方法的研究[J].铁道学报,1996,18(3):99-104.

## Setting and Observation of Deformation Monitoring Network within the Scope of Grade II Dam Pumping Station

ZHU Lichao, LIU Wenguo, ZHANG Xupeng, ZHANG Liang, SUN Lei, HE Minggang  
(Shandong Water Conservancy Survey and Design Institute, Shandong Jinan 250013, China)

**Abstract:** Coal mined-out area will cause great threaten to the buildings and structures within the scope of Grade II Dam Pumping Station. By laying deformation monitoring network in the Grade II Dam Pumping Station scope, using advanced technology and high precision measurement method, regular observation, analysis and comparison of the

monitoring points have been carried out. It can timely monitor and forecast the modification information. In this paper, in accordance with regulatory requirements, and application of GPS static observation, traverse, precision leveling technology, the deformation monitoring network has been laid, and the first observation has been carried out. It will provide an important basis for future deformation monitoring.

**Key words:** Deformation observation; static GPS measurement; level measurement; monitoring and prediction