

蜀山泵站施工期安全监测成果分析

杨兵<sup>1</sup> 潘洪山<sup>2</sup> 史万乐<sup>2</sup> 裴伟<sup>2</sup>

(1. 安徽省引江济淮集团有限公司, 安徽 合肥 232041;  
2. 中国水利水电第五工程局有限公司, 四川 成都 610000)

**摘 要:** 蜀山泵站是亚洲最大的混流泵站, 是引江济淮规模最大的提水泵站, 提水高度达 12.7m。工程自 2019 年 1 月开工, 至 2023 年初开始试运行, 建设周期长, 周边环境复杂, 加强施工期安全监测对工程安全具有重要意义。施工期安全监测能够及时发现问题, 采取有效措施, 保证建筑物的安全。本文介绍引江济淮蜀山泵站工程安全监测实践情况, 重点分析泵站安全监测项目、设施布置, 监测数据, 对泵站施工期安全状况进行评价。

**【关键词】** 蜀山泵站; 施工期监测; 监测成果; 安全评价

**一、工程概况**

蜀山泵站主体结构由站房、泄水闸、进水闸、安装间、前池、出口控制段、两岸挡墙等建筑物组成。蜀山泵站设计流量 340m<sup>3</sup>/s, 共装 8 台机组, 总装机容量 60000kw<sup>[1]</sup>。根据国家现行有关规程、规范和可研阶段批复意见, 蜀山泵站工程等别为 I 等, 工程规模为大(1)型, 进水闸、前池、泵房、出口控制段及防洪堤等主要建筑物级别为 1 级, 次要建筑物级别为 3 级, 临时建筑物为 4 级。

**二、监测方案**

(一) 监测项目

泵站安全监测项目包括水位监测、垂直位移监测、基础扬压力、水平位移监测、站身绕渗监测、相邻块体错动监测、钢筋应力监测、闸墙水土压力监测、地基反力监测等<sup>[2]</sup>。

项目涉及监测仪器设备采购、检验、验收、保管、埋设、安装、维护以及相应的土建工程。开展施工期观测, 并进行监测成果的整理和分析, 最后按照相关规范要求格式将档案材料、监测资料及监测分析报告移交给发包人。

(二) 工程量统计

截至 2023 年 8 月 23 日, 外部观测设施及可更换修复监测设施 100% 完好且运行正常, 内观仪器总数 221 支/套, 正常运行 213 支/套, 施工过程中(失效)损坏 8 支/套, 内观仪器成活率 96.4%。(见表 1)

**三、观测方法和频次**

(一) 监测时段

埋设初期: 指仪器开始埋设到初始值确定的时段;

施工期: 指仪器的初始值确定后到工程试运行的时段;

| 表 1 完成工程量统计表 |                      |     |       |          |        |
|--------------|----------------------|-----|-------|----------|--------|
| 序号           | 名 称                  | 单 位 | 数 量   | 完成量      | 备注     |
| 1            | 土压力计                 | 套   | 30    | 30       | 完成     |
| 2            | 渗压计                  | 套   | 36    | 30       | 完成     |
| 3            | 沉降计                  | 支   | 24    | 24       | 完成     |
| 4            | 水准点                  | 个   | 107   | 107      | 完成     |
| 5            | 小角度法(水平位移)           | 个   | 26    | 26       | 完成     |
| 6            | 水位计                  | 支   | 2     | 2        | 完成     |
| 7            | 位错计                  | 支   | 15    | 15       | 完成     |
| 8            | 水尺                   | 组   | 2     | 2        | 完成     |
| 9            | 测斜管                  | m   | 145   | 142.52   | 完成     |
| 10           | 测压管                  | 套   | 6     | 6        | 完成     |
| 11           | 静力水准                 | 套   | 1     | 1        | 完成     |
| 12           | 双金属标                 | 套   | 1     | 1        | 完成     |
| 13           | 保护管                  | m   | 1890  | 3629.3   | 完成     |
| 14           | 钻孔                   | m   | 410   | 406      | 完成     |
| 15           | 电缆                   | m   | 12160 | 28129.71 | 完成     |
| 16           | 钢筋计                  | 支   | 90    | 90       | 失效 8 支 |
| 17           | 固定式测斜仪               | 套   | 10    | 10       | 完成     |
| 18           | 临时沉降标点               | 个   | 107   | 91       | 完成     |
| 19           | 全站仪                  | 台   | 1     | 1        | 完成     |
| 20           | 电子水准仪                | 台   | 1     | 1        | 完成     |
| 21           | 电测水位计 <sup>[4]</sup> | 台   | 1     | 1        | 完成     |
| 22           | 读数议                  | 台   | 4     | 4        | 完成     |
| 23           | 活动式测斜仪               | 台   | 1     | 1        | 完成     |
| 24           | 固定式测斜仪读数仪            | 台   | 1     | 1        | 完成     |
| 25           | MCU(32 通道)           | 套   | 8     | 8        | 完成     |
| 26           | MCU(16 通道)           | 套   | 1     | 1        | 完成     |

巡视检查：贯穿工程建设的全过程及运行期。

（二）监测频次（见表2）

#### 四、监测仪器设备的检验

根据监测施工进度计划，在仪器设备进场后，对安全监测仪器进行下列参数的检验：温度性能检验、力学性能检验、防水性能检验，对于各项检验率定性参数不合格的仪器立即返厂更换，检验率定合格后的仪器妥善保存，检验合格的仪器保存周期为一年，超过检验合格周期未实施安装的仪器应重新检验合格后方可安装。

#### 五、监测成果分析

（一）土压力计监测成果分析

本工程共安装土压力计30支，从2019年8月22日首次监测，监测数据合理，过程线平缓，截至目前，外侧最大压应力在0.34167MPa，（E22安装间右边墙外侧，高程-2.70m）发生在2022年8月30日，回填土高程为26.8m，理论值为29.5m，随着降雨因素，此处出现最大应力符合实际情况；地基反力最大应力在0.20457MPa，（E16站身段3#、4#底板中部）地基承载力为700kPa，此处出现最大应力符合实际情况，较准确地反映了各时段的工况，符合压应力变化一般规律，无异常变化。

（二）渗压计观测成果分析

本工程共安装渗压计30支，从2019年9月3日首次监测，从监测成果来看，安装间、进水闸、泄水闸监测等部位监测数据合理，截至目前，外墙水压力最大为0.26665MPa，即换算水头在26.6m，（P22安装间右边墙外侧，高程-2.70m）发生在2022年4月23日，与填筑高程走势基本一致，初步判定上述渗

压水位主要反映由降雨等因素引起的水压力，基础扬压力最大为0.18136MPa，（P17站身段3#、4#下游侧齿槽）初步判定此处压力主要反映由建筑荷载引起的超静扬压力，符合一般规律。

（三）土体沉降计观测成果分析

本工程共布设、安装沉降计24支，从2019年8月25日首次监测，监测部位数据合理有效，过程线平缓稳定，证明各部位沉降量较小，处于相对稳定状态。截至目前，沉降计变量在0.00～-8.36mm之间，最大值为-8.36（BX10站身段3#、4#右侧闸墩上游侧齿槽，发生在2022年11月26日）初步判定为建筑物荷载引起的沉降量，依据JGJ8《建筑变形测量规范》要求，经计算分析，各个部位沉降速率小于0.01mm/d-0.04mm/d，无异常变化。

（四）钢筋计观测成果分析

本工程共布设安装钢筋计90支，从2019年10月5日首次监测，监测部位数据合格，过程线平缓稳定，符合一般规律，钢筋计应力变化范围为-27.04～19.00MPa，最大值为19.00MPa（R45桩号：1+582.41-46.75，发生在2022年2月20日）初步判定为上部荷载引起的应力变化，小于钢筋抗拉强度360MPa，数据变量较小，无突变或大的应力变化。基本处于低应力状态。

（五）位错计观测成果分析

本工程共布设位错计15支，随土建进度安装，从2020年1月1日首次监测，从监测成果来看，伸缩（开合度）累计位移为-0.85～2.41mm之间，最大值为2.41mm（J12站身段上游结构分缝处）发生在2023年4月15日，对比当前值，过程线平缓，表明

表2 各类监测项目测次表

| 序号 | 监测仪器                   | 施工期(次)               | 试运行期观测频次(次) | 正常运行期观测频次(次) | 备注                 |
|----|------------------------|----------------------|-------------|--------------|--------------------|
| 1  | 水平位移测点                 | 7～15d                | 2～10d       | 15～30d       | 校测稳定性              |
| 2  | 水准点                    | 7～15d                | 2～10d       | 15～30d       |                    |
| 3  | 钢管标/双金属标               | 半年                   | 1季          | 1年           |                    |
| 4  | 沉降计                    | 3～7d <sup>[4]</sup>  | 1～7d        | 7～15d        |                    |
| 5  | 测斜管/沉降管 <sup>[5]</sup> | 7～15d <sup>[6]</sup> | 3～7d        | 15～30d       |                    |
| 6  | 静力水准                   | 3～7d                 | 1～7d        | 7～15d        |                    |
| 7  | 固定式测斜仪 <sup>[7]</sup>  | 3～7d                 | 1～7d        | 7～15d        |                    |
| 8  | 土压力计                   | 3～7d                 | 1～7d        | 7～15d        |                    |
| 9  | 水尺/水位计                 | /                    | 0.3～1d      | 0.3～1d       |                    |
| 10 | 测压管                    | 3～7d                 | 1～7d        | 7～15d        |                    |
| 11 | 渗压计                    | 3～7d                 | 1～7d        | 7～15d        |                    |
| 12 | 流量计                    | /                    | 0.3～1d      | 0.3～1d       |                    |
| 13 | 土体位移计                  | 0.3～7d               | 0.3～7d      |              | 仅施工及试运行期观测，雨后3天取上限 |
| 14 | 钢筋计                    | 7～10d                | 2～7d        | 7～15d        | 埋设后第一周每天3次         |
| 15 | 巡视检查 <sup>[8]</sup>    | 3～7d                 | 0.3～1d      | 7d           |                    |

当前未监测到明显的大的开合错动,相邻块体间结构基本处于稳定状态。

#### (六) 水位计观测成果分析

本工程共布设安装2支/套水位计,从监测成果来看,进水渠渗水压力在0.02093Mpa~0.02615Mpa之间。水位在4.65m~5.16m之间。出水渠渗水压力在0.01378M~0.01616Mpa之间,水位在4.00m~4.80m之间,水位计运行良好,监测数据准确可靠。

#### (七) 静力水准观测成果分析

本工程布设安装静力水准仪一套,共12个测点,目前均运行正常,从监测成果来看,泵站站身段静力水准变量在0.00~0.33m之间,最大值为0.33mm(JL-1桩号:1+572.86-73.25)各块体沉降量较小,处于相对稳定状态。

#### (八) 双金属标观测成果分析

双金属标变化量为-0.81~-1.52mm之间,数据变量较小,过程线平缓,表明右岸平台基础基本处于稳定状态。

#### (九) 测压管观测成果分析

从监测成果来看,安装间右侧,泄水闸下游侧等部位渗流压力在0.03354~0.07647Mpa间增减,数据正常、有效;安装间右侧,泄水闸下游侧等部位绕渗水压力在0.00014~0.04372Mpa间增减,即换算水头在0.01~0.44m之间,绕渗水压力较小,测值正常有效。

#### (十) 测斜管观测成果分析

左右岸挡墙测斜管采用活动式测斜来观测,累计变化量在0~0.02mm;左右岸边墙深层水平位移量较小,表明结构基本处于稳定状态。

#### (十一) 固定式测斜仪成果分析

固定式测斜仪1#2#机组上游及3#4#机组上游侧中部采用固定式测斜来观测,累计变化量在-0.24~0.40mm之间;参照《建筑基坑工程监测技术标准》8.0.4条规定,变化速率小于2~3mm/d,过程线平缓稳定,表明机组深层位移量较小,结构基本处于稳定状态。

#### (十二) 垂直位移成果分析

本工程垂直位移采用一等水准监测,各部位共布设水准点107个,从监测成果来看,进水闸、前池左右岸挡墙、站身段及控制段垂直位移<sup>[9]</sup>累计变量在0.20~0.70mm之间;依据《建筑变形测量规范》要求,经计算分析,各个部位沉降速率小于0.01-0.04mm/d,过程线平缓稳定,各部位位移量较小,处于相对稳定状态。

#### (十三) 水平位移成果分析

水平位移观测,进水闸、站身段水平位移量在-0.4~0.4mm之间,参照《建筑基坑工程监测技

术标准》(GB50497-2019)8.0.4条规定,变化速率小于2~3mm/d,过程线平缓稳定,表明各部位位移量较小,处于相对稳定状态。

左右岸挡墙活动式测斜仪深层水平位移累计变化量在0~0.02mm之间;参照《建筑基坑工程监测技术标准》(GB50497-2019)8.0.4条规定<sup>[10]</sup>,变化速率小于2~3mm/d,监测成果表明左右岸边墙深层水平位移量较小<sup>[11]</sup>,结构基本处于稳定状态。

## 六、结论

综合监测数据分析<sup>[12]</sup>结果所述,蜀山泵站在施工期、试运行期进水闸、左右岸挡墙、站身段、控制段、泄水闸等建筑物的沉降、变形、应力、渗流测值及变化趋势等各方面符合一般规律,工程处于受控状态。

## 参考文献:

- [1] 王飞,朱长先,崔朋,等.引江济淮工程建设期“一张图”管理平台设计与实现[J].水利技术监督,2023(8):24-27,63.
- [2] 胡国安.引江济淮工程蜀山泵站安全监测设计[J].工程与建设,2020,34(5):826-829.
- [3] 王盛,刘平.乐昌峡水利枢纽安全监测系统设计与要点研究[J].水利规划与设计,2013(5):81-84.
- [4] 王涛,崔莹莹.某进水闸粉砂地基碎石桩加固前后沉降模拟分析[J].水利规划与设计,2017(10):165-167.
- [5] 王云峰,冯瑾.甘肃舟曲滑坡易发性分析与治理效果研究[J].水利规划与设计,2022(2):68-71.
- [6] 刘林军.基于强度折减法的水库泄洪洞边坡稳定分析[J].水利规划与设计,2013(5):61-64.
- [7] 尤江.深圳岗头河整治工程变形监测分析[J].水利技术监督,2023(11):27-30,47.
- [8] 刘田珂,孙彪.油啥水库混凝土面板堆石坝施工期沉降变形分析[J].水利技术监督,2023(11):23-26.
- [9] 方卫华.大坝安全监测的若干问题探讨[J].水利技术监督,2001,9(1):26-29.
- [10] 曲传勇,罗帆.水库大坝安全监测设计及资料分析[J].水利技术监督,2009,17(5):40-43.
- [11] 相楠.高寒地区引调水工程安全监测系统设计与探讨[J].水利技术监督,2022(3):26-29.
- [12] 朱位隆.大坝安全监测自动化技术应用现状及发展思考[J].水利技术监督,2023(11):124-127.

## 作者简介:

杨兵(1986.08-),男,汉族,安徽砀山,工程师,研究方向;安全工程。