



综合物探检测在龙溪口航电枢纽工程 建基面岩体检测中的应用

张磊, 蔡正东, 袁翠祥

(四川中水成勘院工程物探检测有限公司, 四川 成都 610072)

摘要: 为保证岷江龙溪口航电枢纽工程施工质量, 做好岩体质量检测具有重要意义。采用钻孔声波、钻孔全景图像及钻孔变形模量测试等物探检测手段在建基面开挖过程中对基础岩体进行物探测试, 揭示了坝基岩体波速分布、裂隙发育及变形模量等信息, 为确定最终建基面高程提供了数据依据, 对节约工程投资和工期具有积极意义。

关键词: 龙溪口航电枢纽工程; 物探检测; 建基面; 岩体检测

中图分类号: U61

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2023)10-0146-05

Application of comprehensive geophysical detection in bedrock detection of Longxikou Navigation-power Junction project

ZHANG Lei, CAI Zhengdong, YUAN Cuixiang

(Sichuan Hydropower Engineering Geophysical Exploration Co., Ltd., Chengdu 610072, China)

Abstract: To ensure the construction quality of the Longxikou Navigation-power Junction project in Minjiang River, it is of great significance to well detect bedrock quality. This paper adopts geophysical detection methods such as drilling sound waves, drilling panoramic images, and borehole deformation modulus tests to conduct geophysical testing of the bedrock during the excavation of the foundation surface. The paper reveals the wave velocity distribution, fracture development, and deformation modulus of the dam bedrock, which provides a data basis for determining the final foundation surface elevation and has positive significance for saving project investment and construction period.

Keywords: Longxikou Navigation-power Junction project; geophysical detection; foundation surface; bedrock detection

近年来, 随着地球物理探测技术的发展, 作为其应用方向之一的工程物探检测技术也发展迅速, 该技术具有原位、快速及无损等特点, 被广泛应用于各工程建设检测过程中^[1]。在航运枢纽及水电站的建设过程中, 确定建基面高程需要对坝基岩体进行各项测试, 此时可综合应用多种物探方法, 并对检测成果加以综合分析、研究应用以快速得出坝基岩体波速分布、裂隙发育情况及基岩变形模量等信息, 为评价建基面岩体质量、坝基岩体稳定性及确定建基面高程等提供基础数据依据^[2-3]。

1 工程概况

岷江龙溪口航电枢纽工程位于四川岷江干流下游河段, 是岷江下游乐山—宜宾河段航电规划 4 个梯级中的最末一级, 其上游为犍为航电枢纽工程。龙溪口坝址位于乐山市犍为县新民镇上游约 1 km 处, 以航运为主, 航电结合, 兼顾防洪、供水、环保等综合利用要求。工程为二等大(2)型, 航道等级Ⅲ级, 电站装机容量为 480 MW, 正常蓄水位 317.00 m, 总库容约 3.24 亿 m³。

龙溪口航电枢纽工程泄洪闸、船闸及消力池

收稿日期: 2023-06-07

作者简介: 张磊 (1991—), 男, 硕士, 工程师, 从事岩土工程物探检测与安全监测。

段建基面均布置在弱风化层, 预设建基面高程为: 15[#]~19[#]泄洪闸 288.0 m, 20[#]~24[#]泄洪闸 281.5 m, 消力池 281.5 m, 船闸 282.0 m。在基础开挖过程中, 已揭露的岩体显示, 最初预设的建基面高程以上岩体较完整, 实际基岩出露高程较施工图有不同程度抬高, 现场揭露的基岩风化深度较预期浅。为复核建基面岩体质量, 工程采用综合物探手段在开挖过程中对建基面岩体进行检测, 旨在为最终确定建基面高程提供基础数据依据。

2 检测布置

龙溪口航电枢纽工程泄洪闸及船闸建基面岩体质量物探检测采用以钻孔声波检测为主、辅以部分钻孔全景图像及钻孔变形模量测试。声波速度是岩体物理力学性质的重要指标, 与控制岩体

质量的一系列地质要素有着密切关系, 它不仅取决于岩石本身的强度, 也与岩体结构的发育程度、组合形态、矿物组成和密实度及充填物等有关, 可作为岩体质量级别划分的定量指标之一。岩体声波测试是以声波在岩体中的传播特性与岩体力学参数相关性为基础, 通过测定声波在岩体中的传播特性参数, 为评价工程岩体力学性质提供依据。

本次建基面岩体质量检测的目的是复核泄洪闸及船闸当前开挖揭露面以下岩体波速分布情况, 并探测地下不良地质体的空间分布, 对比浅部与深部岩体物性参数, 确定可利用的建基面高程^[4]。

结合工程进度, 在泄洪闸每个坝段及船闸上下闸首及闸室采用深、浅检测孔结合的布孔方式, 对每个孔进行声波、全景图像测试, 并对部分检测孔进行钻孔变形模量测试, 检测孔布置见图 1。

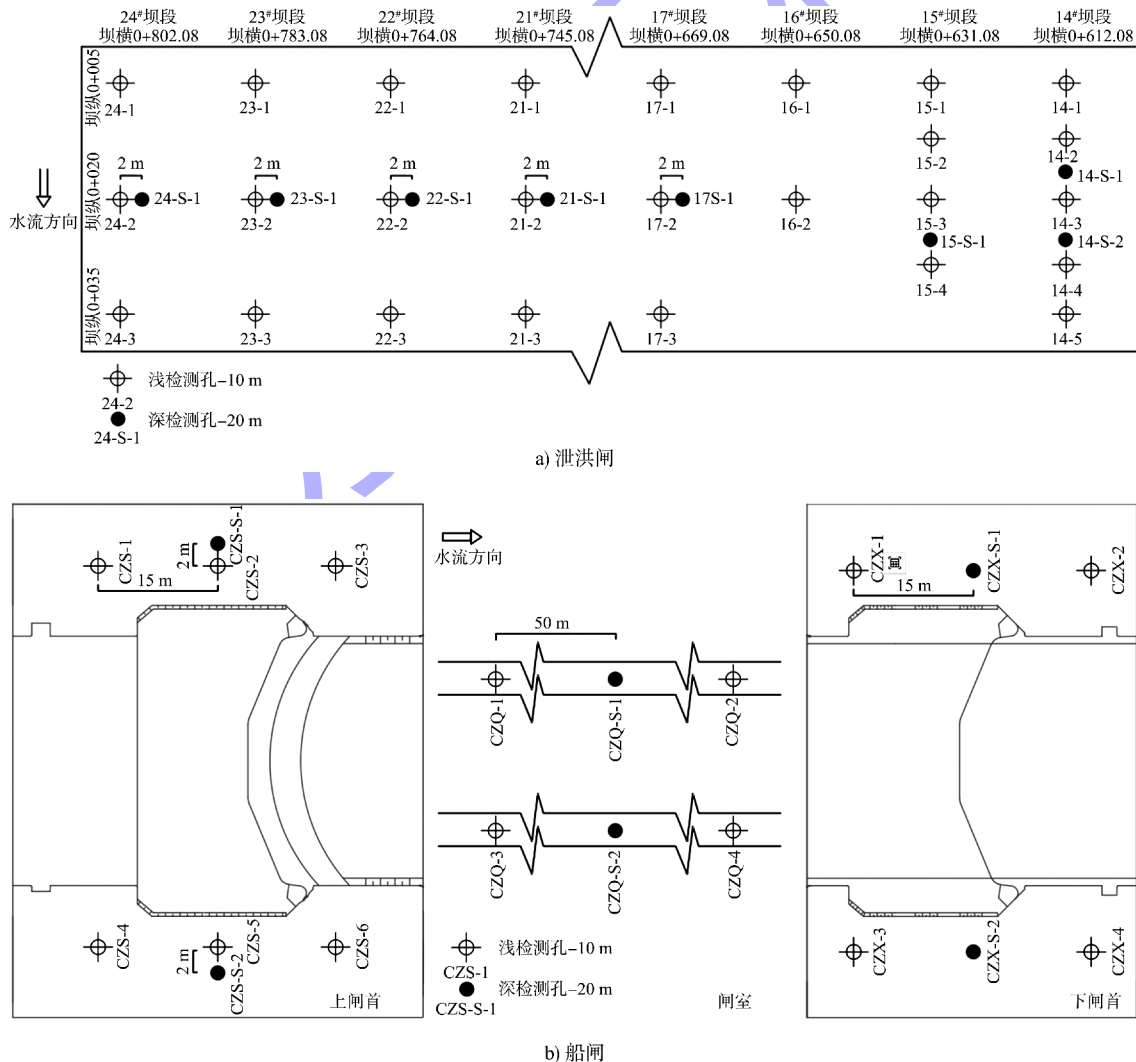


图 1 泄洪闸和船闸建基面岩体物探检测孔布置

3 岩体质量检测

3.1 钻孔声波测试

泄洪闸和船闸建基面钻孔声波测试的波速见表 1、2。

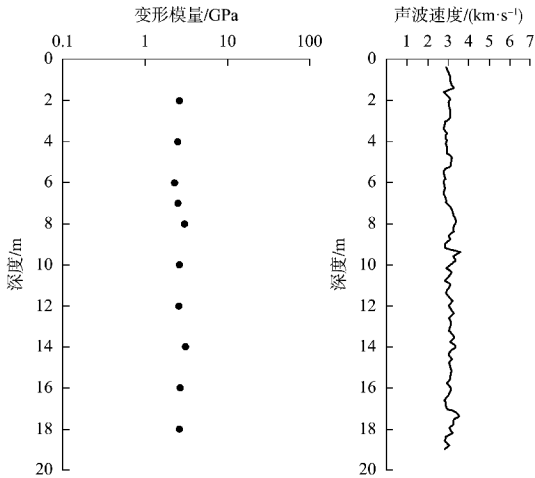
表 1 泄洪闸建基面岩体质量检测声波测试波速

泄洪闸 编号	平均波速/($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)		
	0~7 m	7~20 m	单孔
14 [#]	2 947	3 050	2 988
15 [#]	3 016	2 883	2 888
16 [#]	2 901	3 002	2 940
17 [#]	2 974	3 134	3 061
18 [#]	3 094	3 163	3 135
20 [#]	2 967	3 302	3 199
21 [#]	2 541	3 099	2 913
22 [#]	2 968	2 838	2 872
23 [#]	2 937	2 766	2 815
24 [#]	3 016	3 035	3 026

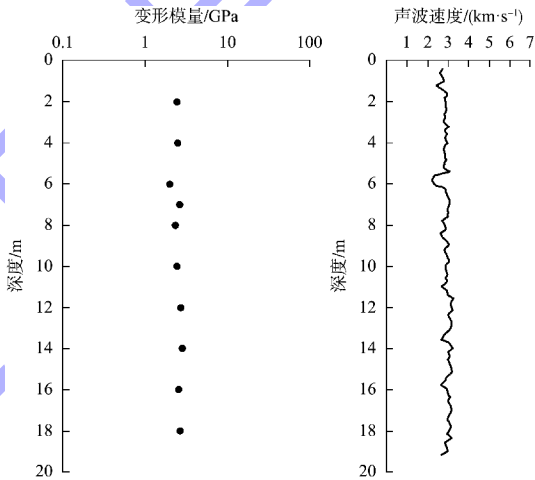
表 2 船闸建基面岩体质量检测声波测试波速

工程部位	平均波速/($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)		
	0~7 m	7~20 m	单孔
上闸首	2 999	3 047	3 021
闸室左边墙	3 097	3 134	3 118
闸室右边墙	3 001	3 042	3 023
下闸首	3 007	3 037	3 021

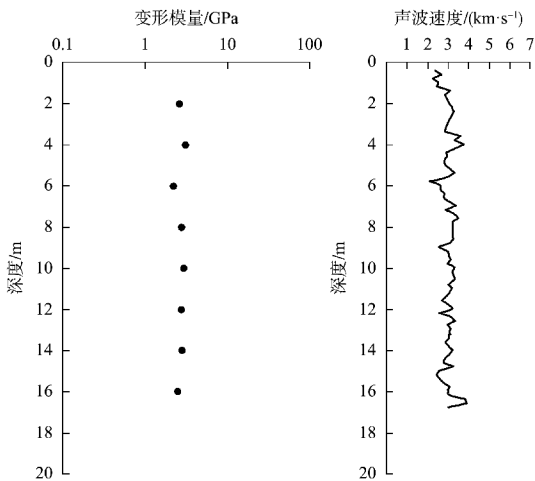
分析表 1、2 得出，泄洪闸及船闸岩体波速平均值集中在 3 000 m/s 左右，波速波动较小。泄洪闸有 7 个坝段测试面高程以下 0~7 m 岩体波速低于 7~20 m 岩体波速，平均低 192 m/s，3 个坝段测试面高程以下 0~7 m 岩体波速高于 7~20 m 岩体波速，平均高 145 m/s；船闸上下闸首及闸室边墙测试面高程以下 0~7 m 岩体波速低于 7~20 m 岩体波速，平均低 39 m/s。由此可见，当前测试面以下岩体浅部与深部波速差异较小，波速值整体波动范围较小。钻孔变形模量测试结果与钻孔声波结论一致，浅部与深部岩体变形模量值较为接近，见图 2。



a) 14-S-1



b) 14-S-2



c) CZ-S-1

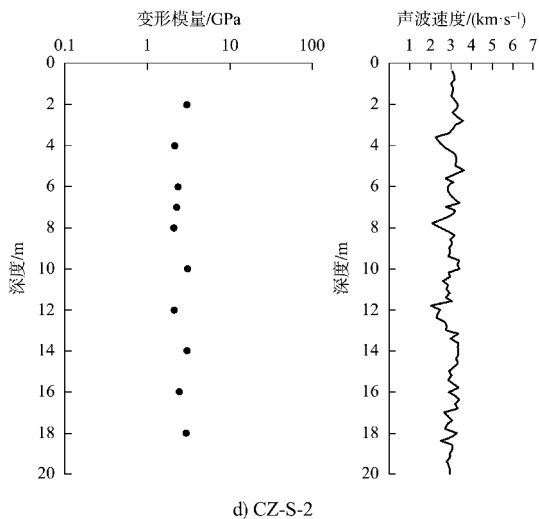


图 2 泄洪闸及船闸部分检测孔变形模量及
声波速度曲线

3.2 钻孔全景图像测试

在泄洪闸及船闸的部分孔位进行钻孔全景图像测试, 结果表明, 当前测试面高程以下 0~7 m 与 7~20 m 岩体均存在部分裂隙, 发育差异较小,

该结论与钻孔声波测试一致, 见图 3、4。

综合钻孔声波、钻孔全景图像及钻孔变形模量测试结果, 龙溪口泄洪闸及船闸建基面在预设建基面高程位置以上与以下岩体的波速及变形模量差异较小; 上下部岩体完整程度及裂缝发育情况相近。

以本次综合物探检测资料为基础, 最终决定提高泄洪闸、船闸及消力池原换填的基础高程, 见表 3。在建基面抬升后, 泄洪闸坝段将至少减少 3 万 m³ 的土石开挖及混凝土换填量, 节约了投资, 缩短了工期。

表 3 泄洪闸及船闸建基面抬升调整		
工程部位	原建基面高程/m	抬升后建基面高程/m
15 [#] ~19 [#] 泄洪闸	288.0	290.0
20 [#] ~24 [#] 泄洪闸	281.5	288.0
消力池	281.0	287.5
船闸	282.0	287.0~289.0

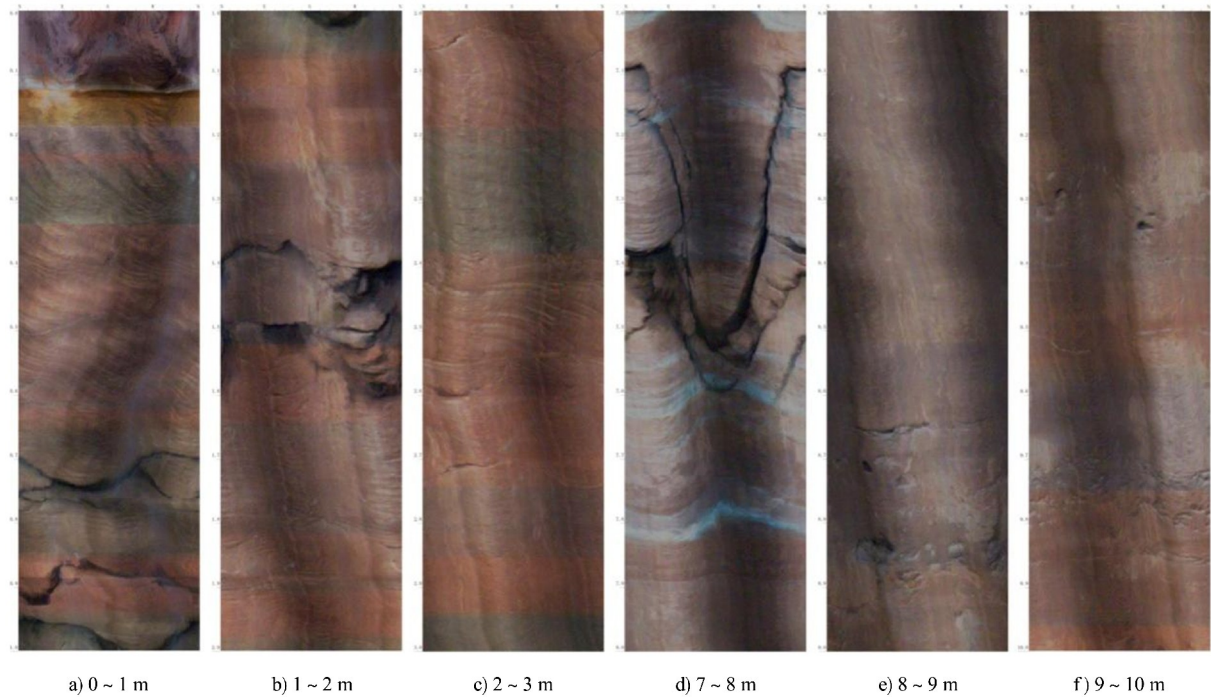


图 3 泄洪闸不同深度全景图像

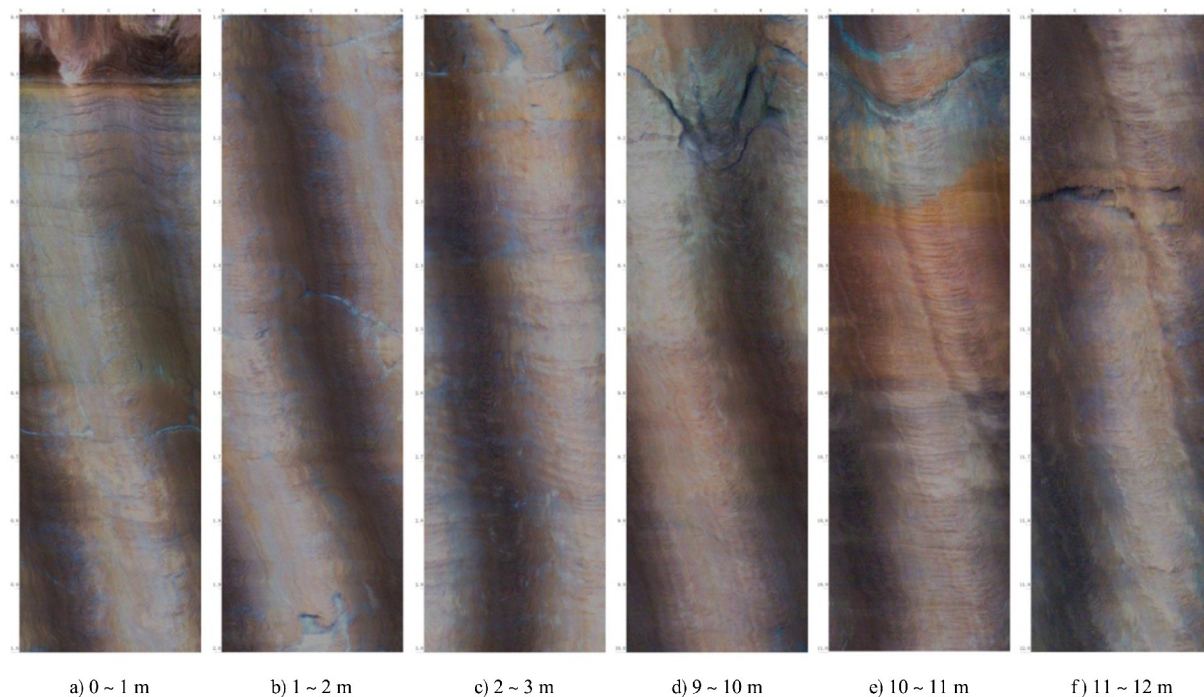


图4 船闸不同深度全景图像

4 结语

1) 为复核岷江龙溪口航电枢纽工程建基面岩体质量,最终确定工程建基面开挖高程,工程采用以钻孔声波为主的综合物探手段对建基面岩体进行检测。检测结果显示,开挖过程中基岩面 20 m 范围内浅部(0~7 m)与深部(7~20 m)岩体波速与变形模量差异均较小、波动范围较小,深、浅部岩体均在部分位置发育裂隙,岩体完整程度相近。最终在物探检测资料的基础上,决定抬升建基面高程。

2) 综合物探检测为龙溪口航电枢纽工程最终建基面高程的选择提供了科学依据,丰富了建基面评价的基础资料。

参考文献:

- [1] 朱正君,黄晓应,许振奎.综合物探检测方法在重力坝建基面检测中的应用[J].水利规划与设计,2014(2): 77-80.
- [2] 李维耿,田连义.小湾水电站坝基岩体物探检测技术应用与研究[J].云南大学学报(自然科学版),2017, 39(S2): 352-356.
- [3] 王凡.综合物探技术在大古水电站建基面优化选择中的应用[J].云南水力发电,2020,36(5): 59-65.
- [4] 鲍佚旻.金沙水电站坝基岩体物探检测技术研究[J].企业科技与发展,2018(10): 112-113.

(本文编辑 王传瑜)

(上接第 136 页)

参考文献:

- [1] 毕荣君,沈国毓.嘉陵江草街航电枢纽马鞍山人工砂石加工系统设计与施工[J].中国港湾建设,2015,35(2): 33-36.
- [2] 钱肖萍,王维忠.黄河龙口水利枢纽砂石加工系统设计[J].水利水电工程设计,2007,26(2): 50-52, 58.
- [3] 潘勇.官地水电站打罗砂石加工系统工艺流程及设备选型设计[J].四川水力发电,2008,27(1): 10-12.
- [3] 张洪义.梅州抽水蓄能电站下库砂石加工系统工艺及布置[J].云南水力发电,2021,37(7): 279-283.
- [4] 卢俊文.浅析人工砂石生产系统在水电站建设中的应用[J].建材发展导向,2011(11): 153-154.
- [5] 智艳飞,霍亮,张涛,等.双掺特细砂和机制砂在普通混凝土中的应用研究[C]//中国土木工程学会混凝土质量专业委员会.“第四届全国特种混凝土技术”学术交流会暨中国土木工程学会混凝土质量专业委员会 2013 年年会论文集.北京:中国土木工程学会,2013: 11-14.

(本文编辑 王璁)