

水利枢纽工程坝址地质勘察技术优化研究

杨 强

新疆昌吉方汇水电设计有限公司, 新疆 昌吉 831000

[摘要]改进水利枢纽工程坝址地质勘察技术, 对提高水利枢纽工程的安全性、整体稳定有着非常重要的意义。通过对现有技术应用现状进行全方位的分析, 对数据采集、处理以及成果应用等主要部分存在的技术问题进行研究, 在此基础上提出一些新的改进措施。这些措施包括了先进的技术综合使用、工作程序的整体改善和人才队伍的建设等各方面, 目的在于提高勘察作业的精度和效率, 给水利枢纽工程科学规划、高效建设赋予结实的地质技术支持。

[关键词]水利枢纽工程; 坝址地质勘察; 技术优化

DOI: 10.64635/ja.2026.1320

中图分类号: TV221

文献标识码: A

Research on Technical Optimization of Geological Investigation for Dam Sites of Water Conservancy Hub Projects

Yang Qiang

Xinjiang Changji Fanghui Hydropower Design Co., Ltd., Changji, Xinjiang 831000, China

Abstract: Improving geological investigation technology for dam sites of water conservancy hub projects is of great significance for enhancing the safety and overall stability of such projects. Through a comprehensive analysis of the current application status of existing technologies, this paper studies the technical problems in key aspects such as data acquisition, data processing, and application of results, and further proposes corresponding improvement measures. These measures include the integrated application of advanced technologies, overall optimization of work procedures, and development of professional talent teams. The aim is to improve the accuracy and efficiency of investigation work and provide solid geological technical support for the scientific planning and efficient construction of water conservancy hub projects.

Keywords: water conservancy hub project; dam site geological investigation; technical optimization

引言

水利枢纽工程属于国家基础设施建设的重要部分, 坝址地质情况对结构性能和安全稳定有决定性的影响。地质勘查工作属于项目前期规划及设计的关键性支撑环节, 它还会对工程质量管控取得成效起到直接的影响作用。传统的地质勘探技术对于复杂的地质环境来说存在着明显的不足。开展水利枢纽工程坝址地质勘察技术优化研究有重大的理论和实际意义, 一方面可以大大提高勘察结果的准确性, 另一方面可以加快工程建设进度, 实现高效优质的目标。

1 技术现状分析

1.1 现有勘察技术类型

目前水利枢纽工程坝址的地质勘察工作仍以传统的手段为主, 其中钻探技术是获得地层数据的重要途径。采用深孔钻进的方式获得原状岩土试样, 在实验室对其物理

力学性质进行检测的同时, 采用原位测试方法同步获取有关的力学参数。工程地质测绘依靠野外调查全面记载地表岩土层空间位置和构造情况, 水文地质研究用现场充排水试验评判区域内地下水的存贮状况和动态变化。物探技术属于辅助性手段, 在浅表层快速勘探时期起着重要的作用。上述各种方法按照“从整体到局部”的科学顺序, 互相补充、有机结合, 构成了比较完善的坝址选址地质勘察技术体系。

1.2 技术应用范围

各种勘察技术在项目不同的阶段有明显不同的功能差别。工程地质测绘主要是用快速获取大范围区域地质资料的优势, 在初期选址时选中适宜的坝址; 钻探和原位测试重点是在详细勘察阶段, 根据大坝、泄洪设施等重要构筑物的重要部位布置测试点, 测定地基岩土体的物理力学性质参数; 水文地质试验主要是对枢纽库区及其周围地区

地下水系统的调查,为后续稳定性评价提供数据支持;常规物探方法一般被用来进行前期的隐蔽构造探测工作,比如对断层、软弱夹层这些复杂的地质结构实施初步的辨别^[1]。

1.3 技术存在的问题

传统的工程勘察技术对于复杂的地质条件来说,存在着明显的不足。人工野外地质测绘受地形所限,局部信息无法反映,不能体现隐蔽的断裂带的空间分布特点,常规钻探受经济条件、场地限制,密度低,容易漏掉深部软弱夹层或者隐伏岩溶等地质隐患。现有的原位测试项目种类比较单一,不能对特殊岩土体的精细力学参数做详细的分析。尽管有些物探手段可以给出初步的定性信息,但是定量精度还不足以符合现代基础设施建造所寻求的高精度数据标准。目前的各个勘察方式仍然以独立运行为主,缺少了标准化的数据接口和规范技术标准,造成信息集成以及联合分析的效果较差,进而导致勘察成果的可靠性不高,并且不能很好地发挥实际的应用价值。

1.4 问题产生的原因

勘察技术领域的发展瓶颈是由诸多因素所造成的。技术创新滞后、项目管理机制差和人才缺乏为制约。部分勘察单位固守传统的作业方式,由于投入不足造成技术的开发和设备的更新迟缓,在投标的时候为了降低成本而削减高精尖探测仪器的购买预算,从而减少了应用先进的勘探手段的空间。技术人员知识结构不能及时满足数字化转型的需要,不能很好地操作新的智能化设备。现有的管理方式仍然把标准化的流程控制作为主要手段,还没有形成起包含多个学科合作的技术规范。

2 优化目标与原则

2.1 明确优化目标

本文试图创建起一套优化型工程勘察技术体系,其主要目的就是改进坝址区地质信息的精确程度和完备状况,缩短野外工作时间,减少深层隐伏构造识别失真的几率。依靠融合前沿科学技术,全面改良传统勘察手段的技术路线,克服复杂地形环境里潜在不良地质情况探测能力缺乏的问题,并且创建起多样数据搜集的规范化进程,促使勘察成果由定性的剖析转向量化的参数化精确转变。该技术框架主要解决的是重复性大、低效的勘查环节,从而达到最大的资源利用率。

2.2 遵循的基本原则

优化方案的设计要严格按照工程地质勘察技术标准进行,坚持科学性原则,保证选用的新技术符合坝址区域地质特点的要求。需综合考察经济因素,在设备采购和现

场施工阶段,对投资成本同人力耗费、预期收益进行整体评判,体现实用主义偏向,慎重挑选契合实际工程情形的先进仪器。安全一直作为首要因素加入到规划体系当中,创建起系统化的并规范化地开展勘察作业的过程,而且还留有足够大的技术升级接口,从而适应未来的可能需求^[2]。该种理念应该在新技术鉴别、工艺改进、管理体系创建这些环节加以推行,不能因为过于看重技术创新而削弱项目的可行性和执行成效。

2.3 目标与原则的关联性

优化目标属于决策方向的重要组成成分,它的确要依靠多层次的系统化分析架构。各个原则体系就技术选择、成本核算和现场操作方面给予了清晰的限制,科学性原则力求保证方案能够准确地达到勘察精度提高的要求,经济性原则主要防止资源过度投入而造成浪费的情况发生,实用性和前瞻性原则分别是选用的技术必须在复杂的野外环境中保持可靠的性能,预留出新技术的研发以及地质勘探体系发展的长远空间。这四个原则互相联系又互相制约,在优化的过程中一起形成一个稳定的架构,有效地避免偏离预期目标的风险。

2.4 目标与原则的实施要点

在开展优化措施之前,应该对坝址区域的原始勘察资料进行充分的整合,根据场地地质状况和工程建设的特点来确定关键技术的应用范围。根据成本效益分析,用分步投入的方式分配所需的设备资源,可以有效地防止由于一次性大额支出造成资金闲置的问题。技术流程的设计要符合科学性和实用性,制订出多技术联合操作的规范,并且要加强安全意识,创建起完备的野外调查安全保障系统。经过分层分级培训专业技术人员、动态监测项目进展、及时调整实施方案等方式来保证各项要素的协同工作,从而使得优化目标有条不紊地进行,并且达到预期的效果。

3 优化策略制定

3.1 新技术的引入

根据坝址区地质条件的差异性,使用数字化勘察技术开展系统的工程实践工作。利用地面三维物探技术代替传统的经验式勘探方式,对整个区域地层结构分布进行全方位的解析,用机载遥感测绘设备来弥补人工踏勘的盲区,在复杂的地貌下获取坝址信息,采用深部定向钻探技术对隐伏断层和岩溶发育区做精细的考察,使用原位多参数综合测试装置来弥补实验室分析的缺陷。研发新的数字化采样仪器来减少样品运输中由于物理、化学性质的变化造成的样品损失。前期勘查重视总体范围的涵盖,在后期勘查

阶段着重加强局部精度,并把新型技术方案同传统办法融合起来,创建起协同高效的工程勘察技术体系^[3]。

3.2 流程的改进措施

地质勘察全过程的关键之处在于把前期踏勘,点位布置,现场作业这些核心部分系统地加以安排。项目初始阶段要利用遥感影像和广域地球物理探测数据划定重点勘察区,并根据地形条件合理布置钻孔位置,大幅度减少无效施工费用;进入详细勘察阶段之后就采取“物探先行、钻探核实”的协同工作方式,在每一个钻孔的位置上按照附近地区的物探资料来评判地层属性的改变趋向。在此基础上新增基于多源异构数据融合的技术模块,对各个技术路径的数据格式转换进行规范,建立统一的成果交付体系,从而有效地解决不同环节之间由于数据不一致造成的矛盾。

3.3 人员培训方案

按照管理层、技术骨干以及一线作业人员的职能定位和能力要求不同来制订分层化的专项培训方案。管理层主要对新技术的战略指向、优化的勘查过程和质量控制的要点进行把握,技术骨干要了解新型勘察设备的使用技巧,强化多源地质数据的融合分析专业培训。基层员工依靠实操演练来提高对新工具的掌握程度,并且加强现场标准化采样的规范化操作水平。培训内容整合理论讲授和实务操作,以真实的在建项目为情境进行情境化教学,并建立定期的职业技能考核制度,把考核结果作为个人绩效考核的一项重要内容,全面提高各个层次人员的技术应用能力 & 专业水平。

3.4 质量控制体系

创建起全面生命周期的分级质量管控体系,特别是把重点放在勘查规划、现场作业、样品检验和成果报告编制等主要环节上。前期准备阶段成立以地质学专家为主的专项评审组,对布点策略和技术路线进行科学评价;施工过程中安排专人进行巡查工作,主要检查钻孔取样、原位监测操作是否合法;在实验分析阶段加大样本流转及实验室检测程序的监督力度,在最后结果评定之前采用交叉验证的方法对数据进行检验,并且制定出一系列的改进方案,创建起一个环环相扣的质量控制体系来保证整个项目的顺利实施。

4 优化效果评估

4.1 评估指标的确定

本文建立综合性的评价指标体系,从质量、效率和成本这三个方面对某项技术改进的效果进行评价。质量方面

选择不良地质特征识别精度、岩土性质数据可靠性和勘察成果对于后面工程应用的匹配度三个主要的评价指标,效率维度主要从野外勘查作业时间以及不必要的工序占比的变化上来进行考察,成本维度主要用单位面积勘探资源投入量来对比分析。上述各个维度互相联系、有机整合起来,就可以对技术创新所导致的各种好处实施全方位的评判^[4]。

4.2 评估方法的选择

本文所用的方法是对照分析法,用和地质相似度较高、时间比较近的类似枢纽工程的历史勘察数据为参照基准,对工程项目所用的改进措施的实施效果进行评价。对优化过程中得到的全部地质勘查资料实施条目化对比,再结合设计单位和施工单位的操作反馈来探究各项指标发生改变的缘由及可能带来的影响。依靠定量数据分析改良手段的实效来充实调研所得的补充材料,形成一个既包含数值分析又具备专业判定要素的研究架构,从而改善评价结论的客观性及可信度。

4.3 优化前后效果对比

技术更新之后,对隐蔽断层和深层岩溶等地质构造的探测准确程度得到很大提升,大幅度削减了由于勘察不够细致而造成的变动。依靠前期准确的物探工作以及合理布置方案,避免了大部分不必要的钻探工作,有效地缩短了野外考察的时间。该措施不但可以有效地控制材料消耗、人力耗费,而且还能使依靠多种信息数据结合而成的勘察报告更加技术上先进、可靠。在设计阶段依靠更加详尽的基础资料,可以做出更加精细的地基处理方案,并且会增强勘察成果对工程发展的促进作用。

4.4 持续改进的方向

根据以上的研究,采用改进的评估模型来剖析新技术应用过程中存在的匹配不足,联系某类设备在特殊地质条件下的操作受限情况,给出改良配套辅助勘探技术的方法建议。根据行业的未来发展趋势,不断引进轻型智能勘察设备,大大提高了作业速度和精度。依据类似工程实践经验来创建完善协同勘查技术标准体系。依托项目累积起来的丰富多源地质数据资源,创建区域地层信息数据库,用大数据分析手段改善采样布点设计,推进地质勘查技术朝着动态监测、精细化管理方向前进^[5]。

5 结语

水利枢纽工程坝址地质勘察技术优化提升属于一项系统性工程。通过对现有技术体系进行充分的剖析,确定合理的长远目标,进而制订出切实可行的改进措施,从而

达到提高技术水平的目的。随着行业的不断发展,要关注行业发展的最新动向,引进最新技术,不断改进、更新优化方案,保证其可以满足水利枢纽建设高精度地质勘查服务的需求。

[参考文献]

- [1]李锐,李琦,张方涛,等.某坝址区层间剪切带工程地质特征研究[J].水电与新能源,2022,36(10):15-19+31.
- [2]彭成居.落久水利枢纽工程副坝断层勘察及坝基处理[J].广西水利水电,2022,(3):15-18+22.

[3]刘杨威.工程地质条件对坝址比选的影响——以天星水库工程坝址选择为例[J].甘肃水利水电技术,2021,57(3):34-37+62.

[4]卢敏.某枢纽工程坝址右岸高陡边坡稳定分析与处理措施[J].水利科技与经济,2020,26(9):35-40.

[5]魏瑞城.尤溪县汶潭水利枢纽工程坝址区工程地质分析[J].湖南水利水电,2020,(4):97-99.

作者简介:杨强(1991.08—),男,汉族,新疆昌吉州人,本科学历,工程师,研究方向为岩土工程勘察。