

Thoughts on geological investigation and geotechnical treatment in water conservancy projects

Zhiyong Zhu Honghui Zeng

China Pearl River Planning Survey and Design Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510610, China

Abstract

Water conservancy projects generally involve large-scale earthwork excavation, dam construction, and underground structure construction, which heavily rely on geological conditions. Geological investigation, as a critical phase in the early stages of engineering, directly impacts the safety and economic efficiency of subsequent design and construction. Currently, many projects suffer from coarse operations, delayed data, and outdated technical methods during the geological investigation phase, leading to frequent quality issues in geotechnical engineering and even causing accidents. This paper discusses common geological problems in water conservancy projects, analyzes the weak points in current geological investigations, and studies geotechnical treatment technologies and strategies suitable for different geological environments, providing practical references and technical support for related projects.

Keywords

water conservancy engineering; geological investigation; rock and soil treatment; effective countermeasures

水利工程中地质勘察与岩土治理对策思考

朱志勇 曾红辉

中水珠江规划勘测设计有限公司, 中国·广东 广州 510610

摘要

水利工程建设一般会涉及大规模的土石方挖掘、坝体的填筑以及地下结构的施工等内容, 其对地质条件的依赖程度非常高。地质勘察作为工程前期极为关键的一个环节, 它的准确性会直接对后续设计以及施工的安全性和经济性产生影响。当下有不少工程在地质勘察阶段存在着粗放作业、数据滞后以及技术方法滞后等问题, 这使得岩土工程在建设过程中频繁出现质量隐患, 甚至还酿成了工程事故。本文针对水利工程中常见的地质问题展开探讨, 剖析当前地质勘察中存在的薄弱环节, 并研究适用于不同地质环境的岩土治理技术与对策, 为相关工程提供实践方面的参考以及技术支持。

关键词

水利工程; 地质勘察; 岩土治理; 有效对策

1 引言

水利工程身为关乎国计民生的关键基础设施, 其建设周期漫长, 所需投入数额巨大, 并且在运行之后的安全稳定状况, 直接同下游区域的人员财产安全紧密相连。从工程开始选址直至施工完毕, 每一个环节都绝对离不开对地质条件的透彻了解, 地质勘察于这个过程里发挥着类似“探路”的功用, 这恰似医生为病人开展体检, 唯有全面摸清“身体状况”, 才可给出科学合理的“治疗方案”。

2 水利工程中地质勘察的特点

2.1 高频性

在项目立项阶段, 初步勘察主要是为了获取大概的地

质轮廓, 给可行性研究提供参考依据。进入初设和施工设计阶段, 勘察的深度和密度会加重, 要对重点部位开展详细取样和测试。施工过程中, 随着开挖和结构施工的推进, 现场地质条件或许会发生变化, 还得进行补充勘察, 甚至临时调整设计方案^[1]。实际上, 勘察工作贯穿于项目前期、中期以及后期维护管理中, 几乎没有哪个阶段能完全“脱离”地质工作, 在一些地质环境复杂的地区, 像岩溶发育区域或者断裂活动频繁的地段, 勘察的频次会更高, 工程人员几乎每天都要与地质打交道。

2.2 不可预见性

地质自身是个有很强隐蔽性的系统, 即便事先开展了诸多勘察工作, 到实际动工之时, 地下依旧会出现一些“出乎预料”的状况。在深基坑、隧洞、地下水发育区等施工区域, 就算是在图纸和报告上看似“安全”的地段, 也有突然遭遇软弱夹层、溶洞、断层或者突水等问题的可能性。例如

【作者简介】朱志勇(1984-), 男, 中国福建莆田人, 本科, 工程师, 从事水利工程、水文地质研究。

一个坝址区前期勘察说明岩体完整性较好,然而等到真正进行开挖时却发现存在大面积的风化带,甚至出现局部垮塌,此时设计方案就需要紧急做出修改,施工进度也会受到相应影响。这种不可预见性是由地质本身的复杂性所决定的,哪怕是经验丰富的地质工程师,也不敢肯定能完全掌握地下的每一处情况。

2.3 复杂性

水利工程与普通市政工程不同,其一般在自然条件复杂多变的区域开展,需要处理水文地质问题,考虑工程地质因素,同时关注环境地质和灾害地质相关情况。以山区引水工程为例,勘察人员要调查地下岩层性质,还需分析滑坡体稳定性、断层带活动性、地下水流动方向及水质水压状况,甚至要评估施工可能引发的次生地质灾害。这种多维度勘察需求说明,该项工作并非简单的几条钻孔勘探那般容易,而是要综合运用地质、物探、水文、遥感等多种手段,甚至需借助后期的数值模拟及专家判断。

3 水利工程中地质勘察的对策

3.1 加强对岩土地质勘察的认识

地下水的动态变化比人们原本想象的要复杂得多,在山区、河谷或者喀斯特地貌区域,地下水的流动路径大多时候呈现出非线性且隐蔽性较强的特点。一旦稍有疏忽,在开挖过程中就会碰到突水、涌泥等状况,在勘察阶段一定要秉持“现场为本”的准则,将实地调查当作核心工作内容,不能仅仅依靠理论空谈^[2]。要在施工区域布置有足够密度的水文观测井,监测地下水位、流速、水质以及含水层结构等动态信息,必要时还需开展长期水位监测,了解其随季节变化的趋势。很多情况下,地下水的问题不是借助一两次抽水试验就能判断明白的,而是需要持续不断的观测与分析,才可真正把握其规律。勘察团队还应当与设计单位紧密配合,在察觉到不确定性因素时及时反馈,调整勘察重点或者增加补充调查,防止出现“问题藏在心底,施工才发现”这种被动的局面。

3.2 严格勘察施工现场的水文地质

水文地质勘察不应仅仅局限于静态水位的测定工作,还需更加着重关注地下水的流动规律、补给来源、排泄路径以及水质成分等动态要素。应依据工程所在区域的水文背景状况,科学合理地布设观测孔与试验段,构建起一套完整的地下水动态模型,做到对相关情况心中有数且能提前进行预测。在一些地质条件较为复杂的山区或者喀斯特地区,地下水的活动极为活跃,传统的勘察方法大多时候难以准确捕捉到其真实的流动路径,这种情况下就需要采用更为先进的探测技术,像是三维电法、水化学示踪以及地下水动力模拟等手段,以此来提高勘察的分辨率以及可靠性。施工现场的水文地质条件一般有时变性,有些在旱季进行勘察时呈现为干燥状态的区域,到了雨季时就有可能出现暗流众多、突水突

泥的现象。为了避免出现这种看似安全实则存在隐患的误判情况,要建立起动态跟踪机制,针对施工过程中暴露出来的地质水文问题及时进行反馈,并调整勘察模型,而不是等到出现问题后才去进行补救。

3.3 强化施工现场岩土的水理性勘察工作

仅依靠钻探样本分析一般很难全面呈现现场实际水理状况,故而需要结合现场抽水试验、渗透试验以及压力水试验等多种方式,构建起相对完整的水理参数体系。水理性的勘察不能仅仅局限于数据采集方面,而是要结合工程设计目标,判断这些水理特性是否会对结构造成威胁,是否需要在设计过程中采取特殊措施给予处理^[3]。举例来说,某些岩层尽管渗透系数较低,然而一旦受力出现开裂情况,其水理性便会发生剧烈改变,倘若前期没有识别出这种潜在风险,后期将很难进行控制。另外有些地区存在强烈的水岩相互作用,像膨胀土、软化岩等,在接触水之后性能会大幅改变,若勘察报告仅仅给出常规物理参数却未说明其水理反应特性,同样会对设计判断产生误导。要在策略上将水理性勘察提升至与传统岩性、结构勘察同等关键的地位,制定更为细致的现场试验方案,并且在报告中明确指出可能存在的水理变化趋势及其对工程的影响。

3.4 采用多样化勘察技术

勘察策略正朝着技术多样化的方向转变,这种转变不只是为了提高工作效率,也是提升勘察深度与精度的现实举措。例如在岩溶发育区域,仅依靠钻孔很难呈现地下空洞的真实形态,此时需引入地球物理探测技术,像地质雷达、瞬变电磁法、高密度电法等,凭借电性差异来判定地下异常体的位置和规模,为钻探提供精准方向,在节约成本的同时提升准确性。再如在富水区或地下水活动强烈的区域,可将水化学分析和同位素示踪技术相结合,追踪地下水的补给路径和流动方向,这些手段比单纯测水位更具前瞻性,可预判突水风险。三维地质建模技术也渐渐成为勘察工作的常用技术,在大型水利枢纽项目中,勘察数据若只是平面展示,大多时候难以形成直观的认识,而三维模型可把钻探数据、物探成果、水文信息整合到一个可视化平台上,为设计人员提供更全面且直观的地质背景支持。

4 水利工程中岩土治理对策

4.1 地基处理技术

水利建筑物的荷载会直接作用于地基之上,要是地基承载力不足或者存在不均匀沉降的状况,那么情况较轻时会引发结构裂缝,严重时则会导致整体失稳。针对不同类型的地基条件,工程师大多时候会采取相应有针对性的措施,例如软弱地基一般会采用换填垫层、强夯加固、真空预压以及注浆固结等技术手段。具体选用哪种方法,要依据现场的地质条件以及工程规模来确定,并非所有项目都适宜采用一种标准化的处理方式,此时经验和判断力就显得特别关键^[4]。

比如在一些淤泥质地基区域,单纯的夯实往往难以契合工程要求,这就需要将真空预压和排水固结技术相结合,逐步提升地基的承载能力。随着施工技术的发展,复合地基技术近些年来在水利工程中也逐渐普及,像CFG桩、碎石桩、搅拌桩等形式的组合运用,可有效解决承载问题,还可以在在一定程度上控制沉降并提升地基整体的抗剪强度。

4.2 岩溶地质治理

岩溶的存在会破坏地基的完整性,在运行阶段还可能引发渗漏乃至塌陷问题,在大坝工程里,如果岩溶发育强烈,坝体下部或者两岸有溶洞、裂隙等结构,很容易形成渗流通道,对结构安全造成严重威胁。处理岩溶并非简单的填堵就能解决,最关键的是精确探查与合理加固,一方面要借助地质雷达、物探、钻探等手段,尽量摸清地下情况,明确溶洞的规模、位置以及连通性,另一方面,治理上一般采用帷幕灌浆、固结灌浆等方式,建立一道“地下防线”,有效阻断水流的渗透路径。帷幕灌浆技术在实际操作中,注重连续性、密实性和均匀性,不能有丝毫马虎。灌浆过程中,要依据现场反馈不断调整浆液配比、压力和注浆量,真正实现“堵得住、稳得下”,在一些溶蚀非常发育的区域,工程师会设计多层帷幕结构,形成复合防渗体系,提高抗渗能力。

4.3 滑坡泥石流治理

治理滑坡泥石流,不能等到灾害已然发生之后才进行临时处理,而是应当在前期勘察阶段就将其纳入整体工程的考量范围之内。滑坡的形成大多时候和地质结构、降雨强度、坡度以及植被等诸多因素紧密关联,在治理时需要从“疏”以及“堵”这两个角度着手开展工作。一方面要强化排水系统的建设工作,以此降低地表和地下水对于边坡的软化与侵蚀作用,另一方面也要对边坡进行加固处理,像设置锚杆、挡土墙、抗滑桩等结构措施,提升边坡的整体稳定性。在一些容易出现泥石流的沟谷区域,建设拦渣坝、导流槽、沉砂池等相关措施是很有必要的,借助这些手段来控制泥石流的运动路径,减小它对下游工程设施所造成的冲击。近年来生态治理理念的引入,也为滑坡泥石流治理提供了全新的思路,例如采用植被护坡、生物袋固土等方式,能提高边坡

稳定性,又能改善局部生态环境,达成治理与环境保护的双赢局面。

4.4 渗漏失水防治

在大坝、水库这类蓄水工程当中,要是存在渗漏隐患,就会引发结构内部的水蚀破坏,还可能致使下游出现严重的水资源浪费甚至安全事故。渗漏治理的策略重点是“防、堵、导”这三者相结合,从防渗方面来说,现代工程常运用土工膜、防渗墙、帷幕灌浆等办法,对坝体或坝基进行全面封闭,防止水流进入结构内部。像在高水头坝基里,采用深层帷幕灌浆技术,能有效堵住岩体裂隙,又能形成一道连续的防水屏障^[5]。对于已有渗漏迹象的工程,要借助反滤层设计或者排水系统优化,引导渗流有序排出,防止集中渗流导致结构失稳。排水系统的设计很关键,合理设置集水井、渗沟、减压井等设施,能在不破坏坝体整体结构的情况下,有效控制渗流路径和速度。长期运行的大坝工程还得建立完善的监测系统,借助渗压计、自动化监测平台等设备实时了解渗流变化趋势,依据监测数据及时制定维修加固方案。

5 结语

总之,水利工程建设要重视地质勘察以及岩土治理工作,要全面知晓工程地质条件,再针对性采取科学合理治理措施,如此才能保证水利工程安全与质量,发挥其社会效益和生态环境效益。

参考文献

- [1] 赵雨顺.水利工程地质勘察与岩土治理现状及对策[J].石材,2025(1):85-87.
- [2] 杨林华.浅谈水利工程中地质勘察与岩土治理问题探究[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2024(3):0128-0131.
- [3] 张娟.浅谈水利工程中地质勘察与岩土治理问题探究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2024(1):0052-0055.
- [4] 李桂实.水利工程中岩土地质勘察存在的问题及对策研究[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2024(9):0118-0121.
- [5] 张金纯.水利工程中的地质勘察与岩土治理问题研究[J].中国科技期刊数据库工业A,2024(5):0167-0170.