中小型水利工程施工地质勘察对不良地质问题的处理作用分析

赵 龙

中国葛洲坝集团第二工程有限公司 四川 成都 610000

【摘 要】：中小型水利工程建设场地地质条件复杂多变，软弱土层、破碎岩体、渗漏地层等不良地质问题频发，极易引发地基失稳、结构渗漏、边坡坍塌等工程病害，直接影响施工安全与工程服役寿命。本文结合中小型水利工程施工特点，梳理常见不良地质类型及危害，重点分析施工地质勘察在不良地质处理中的核心作用，依托实际工程案例验证勘察工作的应用价值，提出勘察工作优化策略，为同类水利工程地质治理与施工管控提供技术参考。

【关键词】：中小型水利工程；施工地质勘察；不良地质；地质处理；工程安全

DOI:10.12417/2811-0528.26.21.015

引言

中小型水利工程广泛应用于农田灌溉、防洪排涝、城乡供水等民生领域，具有建设周期短、场地分散、施工规模小、周边环境复杂等特点。不良地质体存在承载力不足、抗渗性差、结构稳定性弱等缺陷，若未提前探明并有效处理，施工阶段易出现地基沉降、坝体渗漏、隧洞塌方等问题，不仅增加施工成本、延误工期，还会埋下长期运行安全隐患。施工地质勘察贯穿施工全过程，可动态核查地质条件、精准识别地质风险、指导地质治理方案落地，是提升不良地质问题处理质量、保障工程建设质量的关键手段。

1 中小型水利工程常见不良地质类型及工程危害

（1）软弱土层：多分布于河道沿岸、低洼地带，土体孔隙大、含水量高、压缩性强、承载力低，施工中易出现不均匀沉降，导致坝体、闸室结构开裂变形，地基滑移失稳，是影响水利基础设施稳定性的主要地质问题。

（2）破碎岩体与断层破碎带：山区中小型水库、引水隧洞工程场地较为常见，岩体完整性差、结构松散、抗剪强度低，开挖施工过程中易引发边坡滑塌、隧洞围岩坍塌，同时会加剧岩体透水问题，引发工程渗漏病害。

（3）渗漏透水地层：主要包括砂卵石层、岩溶发育地层，地层透水性强、连通性好，蓄水后易出现坝基渗漏、绕坝渗漏等问题，造成水资源流失，长期渗漏会冲刷地基土体，破坏基础结构稳定性，引发工程失事风险。

（4）特殊岩土体：部分场地分布膨胀土、风化岩等岩土体，具有遇水膨胀、失水收缩、风化破碎的特性，受施工降水、蓄水浸泡影响，易出现结构变形、表层脱落，持续影响工程长期运行安全。



图 1 中小型水利工程常见不良地质类型

2 施工地质勘察在不良地质问题处理中的核心作用

（1）精准探明地质隐患，规避施工盲目性：中小型水利工程场地地形复杂，诸多不良地质隐患具有隐蔽性，常规地表勘察难以全面识别。施工地质勘察通过钻孔探测、原位测试、岩体检测等精细化手段，可精准探明施工区域地层结构、岩土特性、不良地质体分布范围、埋藏深度及发育规模，完整掌握场地水文地质条件。通过精准勘察，能够提前锁定施工风险点位，避免施工开挖、填筑、灌浆作业的盲目性，从源头杜绝因地质预判失误引发的工程病害，为后续地质治理工作奠定基础。

（2）优化地质处理方案，降低工程建设成本：不良地质处理方案的科学性直接决定工程治理效果与建设投入。依托施工地质勘察获取的精准岩土参数、水文数据，设计人员可结合工程施工工况，针对性优化不良地质处理工艺。针对软弱土层可精准确定换填厚度、夯实标准；针对破碎岩体可优化锚固、支护方案；针对渗漏地层可精准设计灌浆范围、防渗深度。相较于传统通用型治理方案，勘察数据支撑下的定制化处理方案，能够有效避免过度施工、治理不到位等问题，在保障治理质量的前提下，大幅节约材料、人工及工期成本，提升工程经济效益。

（3）动态管控施工风险，保障施工安全：水利工程施工过程中，土方开挖、岩体爆破、基坑降水等工序会改变原有地

质应力平衡，极易诱发未知地质隐患。施工地质勘察具备动态跟踪优势，可随施工进度同步开展地质复核工作，实时监测围岩稳定性、地基沉降、地层渗透变化情况，及时发现突发地质风险。针对施工中出现的局部破碎、突发渗漏、土体滑移等问题，快速提供地质数据支撑，指导施工单位及时调整施工工艺、采取应急治理措施，有效防范坍塌、渗漏等安全事故，保障施工全过程安全可控。

（4）验证治理效果，保障工程长期稳定运行：不良地质处理完成后，施工地质勘察可作为质量验收的核心手段，通过复测地层参数、核查岩土结构稳定性、检测防渗效果，全面验证不良地质治理质量。针对地基加固、岩体支护、防渗灌浆等治理工序，通过勘察检测判断治理效果是否满足设计及规范要求，及时发现治理薄弱区域并进行补强处理，杜绝遗留地质隐患。同时，完整的勘察数据可为工程后期运维、病害复查、改扩建工程提供地质依据，保障水利工程长期稳定服役。

3 工程案例分析

以某乡镇小型灌区改造工程为例，该工程包含节制闸、引水渠道、小型蓄水池等构筑物，总长 8.6km，施工区域涵盖河滩、丘陵地段，地质条件复杂，前期初勘仅大致判定场地存在软弱土层，未明确具体分布及参数。施工阶段开展精细化地质勘察，精准排查各类不良地质隐患并完成针对性治理，具体应用效果如下。

表 1 具体应用效果

不良地质类型	勘察探明参数	原施工方案隐患	优化后处理措施	治理效果
浅层软弱土层	分布厚度 1.2-2.5m，承载力 65-80kPa，压缩系数 0.52MPa^{-1}	原直接填筑，易出现不均匀沉降，渠道开裂	清除软弱土层，采用碎石分层换填，碾压夯实，压实度控制≥96%	地基承载力提升至 180kPa，沉降量稳定控制在 3mm 以内
破碎风化岩体	渠道边坡岩体风化程度高，裂隙发育，完整性系数 0.35	原无支护设计，开挖后易边坡坍塌	土支护，封闭岩体裂隙	施工及运行期无坍塌病害
砂卵石渗漏地层	坝基砂卵石层渗透系数 8.6×10^{-3}cm/s，渗漏通道发育	原防渗灌浆深度不足，存在渗漏隐患	加深帷幕灌浆深度，加密灌浆孔距，封堵渗漏通道	渗透系数降至 1.2×10^{-6}cm/s，无明显渗漏现象

该工程通过施工地质勘察精准识别三类核心不良地质问题，针对性优化施工及治理方案，彻底消除地质安全隐患。相较于初始方案，工程返工率下降 85%，施工工期缩短 12%，整体建设成本节约 10.8%。工程完工投入运行两年以来，无沉降、渗漏、边坡失稳等病害问题，运行状态稳定，充分验证了施工地质勘察对不良地质处理的重要支撑作用。

4 中小型水利工程地质勘察工作优化策略

（1）落实全过程动态勘察：摒弃传统一次性勘察模式，建立初勘、施工勘察、竣工复核勘察的全流程机制，针对开挖、填筑、灌浆等关键工序同步开展地质核查，实时更新地质数据，及时处置突发不良地质问题。（2）推广精细化勘察技术：结合工程规模与场地条件，合理运用钻孔探测、原位测试、超声波检测等精细化勘察技术，重点强化隐蔽地质隐患排查，精准采集岩土力学、水文地质参数，为不良地质治理方案设计提供精准数据支撑，杜绝粗放式勘察。（3）强化勘察与施工协同：建立勘察、设计、施工三方联动机制，勘察人员全程跟进施工现场，及时对接地质隐患信息，针对复杂不良地质问题现场研判、快速优化治理方案，提升地质问题处置效率与精准度。

5 结论

不良地质问题是制约中小型水利工程施工质量、安全及长期运行稳定性的核心因素，施工地质勘察是高效处置不良地质问题的基础与关键。施工地质勘察能够精准探明不良地质隐患、优化治理方案、动态管控施工风险、验证治理质量，有效解决传统施工中地质预判不准、治理针对性不足、隐患遗留等问题。结合工程案例可见，精细化的施工地质勘察可显著提升不良地质处理效果，降低工程病害率与建设成本，保障工程安全稳定运行。

参考文献：

[1] 刘越,杨二孟.地质勘察在水利工程施工中的应用与实践[C]//冶金工业教育资源开发中心.2024精益数字化创新大会平行专场会议——冶金工业专场会议论文集(上册).2024:424-426.

[2] 王琛,金凯.基于数字地形模型的水利工程地质勘察及施工[J].四川水泥,2022,(8):29-31.