

基于复杂地质条件岩土工程勘察的实践和探索

郭建波

中南勘察基础工程有限公司 湖北 武汉 430081

摘要: 复杂地质条件下岩土工程勘察是工程建设安全与质量的核心保障。系统梳理复杂地质的主要类型特征与勘察技术难点,剖析地质复杂性对勘察精度的多维度影响,明确勘察工作的核心原则要求。结合前期准备、原位测试、室内试验及成果编制等实践环节,探索多技术融合、精细化勘察等创新方法,构建完善的勘察风险防控体系,为复杂地质环境下工程安全高效推进提供科学支撑。

关键词: 复杂地质条件; 岩土工程勘察; 勘察精度; 风险防控

引言: 随着工程建设向山区、岩溶区等复杂地质区域不断延伸,断层破碎带、特殊岩土体及地下水异常等地质问题频发,严重威胁工程结构的稳定性与耐久性。岩土工程勘察作为地质风险识别的首要环节,其精度直接决定工程设计与施工的科学性。当前单一勘察手段存在明显局限性,亟须从核心要点把控、实践应用优化及技术创新探索等维度,全面提升勘察工作质量。

1 复杂地质条件岩土工程勘察的重要性

复杂地质条件岩土工程勘察是工程建设安全与质量的关键基石。在地质构造复杂、岩土性质多变的区域,勘察工作能精准识别地层分布、岩土特性及潜在地质风险,如滑坡、塌陷、地下水位异常等,为工程设计提供科学依据。通过系统分析岩土体的物理力学性质、水文地质条件及工程地质问题,可优化基础选型与施工方案,避免因地质认知不足引发的工程事故;同时,勘察成果能指导施工过程中的地质灾害防治,确保工程结构稳定性与耐久性,降低后期维护成本。这一过程融合地质学、工程学与数据分析技术,体现专业性与科学性,是保障复杂地质环境下工程安全高效推进的核心环节^[1]。

2 复杂地质条件岩土工程勘察的核心要点

2.1 复杂地质条件的主要类型特征

复杂地质条件主要类型特征体现在地质构造复杂性与岩土性质多样性两方面。地质构造方面,常出现断层破碎带、褶皱变形区及岩溶发育区,这些区域岩体完整性差,应力分布不均,易引发工程变形或失稳。岩土性质方面,存在软弱夹层、膨胀性土、湿陷性黄土及高灵敏度黏土等特殊岩土体,其物理力学性质随环境变化显著,如含水量变化导致强度骤降、体积膨胀或湿陷塌陷。此外,地下水位动态变化特征明显,包括季节性波动、承压水头异常及地下水渗流路径复杂等,可能诱发涌水、流砂或地基软化问题,这些特征相互交织,要求勘察工作

综合运用地质调查、原位测试与室内试验手段,精准识别地质风险源,为工程设计与施工提供可靠地质参数,保障工程结构安全与长期稳定性。

2.2 岩土工程勘察的核心技术难点

复杂地质条件下岩土工程勘察面临多重技术挑战。地质条件复杂性导致探测信号衰减、分辨率降低,如断层破碎带、岩溶区等区域,传统物探方法难以精准识别隐蔽地质体;岩土体非均质性、各向异性特征显著,室内试验参数与现场实际状况存在差异,需通过原位测试、长期监测等手段动态校准参数;地下水动态变化影响岩土体稳定性,需结合水文地质试验与数值模拟技术,分析渗流场与应力场耦合效应。此外,复杂地质环境对勘察设备性能要求严苛,需采用或研发高精度、抗干扰的探测仪器,提升数据采集质量与处理效率,这些难点要求勘察技术需融合多学科方法,实现地质信息精准获取与工程风险科学评估,保障工程安全与经济性^[2]。

2.3 复杂地质对勘察精度的影响

复杂地质条件对勘察精度的影响主要体现在地质结构复杂性与岩土特性变异性两方面。断层、褶皱、岩溶等构造发育区,探测信号易发生衰减、散射或畸变,导致地质体边界识别模糊、埋深定位偏差;岩土体非均质、各向异性特征显著,如软弱夹层与完整岩体共存、膨胀性土含水量敏感变化,使室内试验参数难以准确反映现场实际状态,需通过原位测试(如标准贯入、静力触探)动态修正参数;地下水动态变化(如季节性波动、承压水头异常)会干扰土体含水量、孔隙水压力测量,影响强度与变形参数准确性。此外,隐蔽地质体(如溶洞、空洞)的存在易导致漏探,需结合地质雷达、钻孔电视等手段提升探测分辨率,这些因素共同作用,要求勘察过程需采用多方法综合探测、多参数交叉验证,以保障数据精度与工程风险评估可靠性。

2.4 勘察工作的核心原则要求

勘察工作核心原则要求以地质规律为基准,强调系统性、动态性与精准性融合。需采用多方法协同勘察模式,整合地质调查、物探、钻探及原位测试数据,实现地质信息多维度交叉验证,避免单一手段局限性。应注重地质环境动态监测,结合岩土体应力-应变特性变化,实时修正勘察参数,提升风险预判准确性;需关注岩土体空间变异性特征,通过精细化分层描述与参数统计,优化工程设计与施工方案匹配度。此外,强调勘察过程质量控制,从数据采集、处理到成果编制全程严格把控,确保参数可靠性,这些原则共同保障复杂地质条件下勘察工作科学开展,为工程安全与经济性提供坚实地质支撑,体现专业勘察的核心价值。

3 复杂地质条件岩土工程勘察的实践

3.1 复杂地质勘察的前期准备实践

复杂地质条件岩土工程勘察前期准备需聚焦技术路径构建与资源整合。勘察团队需先开展区域地质背景分析,明确地层分布特征、构造活动规律及水文地质条件,通过地面测绘、遥感解译等技术手段获取基础数据。设备选型应匹配地质复杂度,如高精度钻探设备用于深部岩芯取样,原位测试仪器用于评估岩土力学参数;人员配置强调专业互补,地质工程师、物探技术人员与实验分析师协同作业,确保各环节数据衔接准确。安全防护措施需贯穿全过程,针对潜在地质灾害风险制定应急预案,如边坡失稳预警、突发涌水处置等;数据管理采用数字化平台,实现地质信息实时更新与三维可视化,提升勘察效率与决策科学性。整个准备过程注重技术创新与质量管控,为后续勘察实施奠定坚实基础^[1]。

3.2 原位测试技术的现场实践应用

原位测试技术在复杂地质条件下的现场实践需注重技术适配性与数据精准性。针对软土、岩溶、断层破碎带等不同地质特征,选择静力触探、旁压试验、十字板剪切试验等适宜方法,确保测试方法与地质条件高度匹配。操作过程强调设备校准与数据连续采集,避免温度、湿度等环境因素干扰,保障原始数据可靠性;数据解析采用数值模拟与经验公式相结合的方法,如通过标准贯入试验击数推算砂土密实度,或利用旁压试验曲线评估岩体应力状态。现场质量控制涵盖测试点布设合理性、重复试验验证及异常数据剔除,确保结果真实反映地质特性;技术迭代引入智能化设备,如自动触探仪实现数据实时传输与远程监控,提升作业效率与安全性,为岩土工程设计提供精确参数支撑,夯实工程基础。

3.3 室内试验分析的实践操作要点

室内试验分析需强化样品代表性与试验规范性。样品采集后应立即封装标识,避免风化、污染影响原始特性,针对不同岩土类型制定分级处理标准,如软土需控制含水率波动,岩石需保持裂隙原貌。试验设备需定期校准,如三轴仪压力室密封性检测、直剪仪剪切速率精度验证,确保仪器误差可控;数据记录采用双盲法,试验人员独立操作与数据录入,减少人为偏差。分析过程注重多参数关联验证,如通过颗粒分析曲线校核筛分与密度计结果一致性,或利用固结试验压缩模量与回弹模量综合评估土体变形特性。质量控制贯穿试验全程,通过平行试验、重复试验及标准物质比对,保障结果可靠性,为岩土参数取值提供科学依据,支撑工程安全设计。

3.4 勘察成果的整理与编制实践

勘察成果整理需聚焦数据融合与逻辑重构。多源数据(如地质测绘、原位测试、室内试验结果)需统一坐标系与时间尺度,通过交叉验证消除数据矛盾,如利用钻孔数据校准遥感解译成果,确保空间一致性。编制过程强调参数关联分析,如岩土强度参数与变形模量需匹配地质构造特征,避免孤立取值;成果表达采用三维地质模型与二维剖面结合,直观展示地层起伏、断层分布及地下水动态。质量管控贯穿全流程,通过内部校审与外部专家评议,核查数据逻辑漏洞与结论合理性,验证岩土参数取值是否符合工程安全阈值;最终成果需满足工程需求,为设计施工提供精准地质依据,同时保持报告结构清晰、表述专业,避免冗余信息,确保科学性与实用性并重^[4]。

4 复杂地质条件岩土工程勘察的探索

4.1 多技术融合勘察方法的探索

多技术融合勘察需聚焦技术互补与数据协同。地质雷达、地震波法与电阻率成像联合应用,可实现浅层结构与深层构造的同步探测,提升地质异常识别精度。无人机航测与三维激光扫描结合,快速获取高精度地形数据及岩体裂隙分布,为地质建模提供基础;物探数据与钻探资料交叉验证,如通过地震波速校准岩土力学参数,避免单一方法局限性。数据融合采用智能算法,如通过机器学习优化多源数据匹配精度,提升成果可靠性;技术集成注重操作流程标准化,确保各环节数据无缝衔接。最终成果通过三维可视化平台呈现,直观展示地质构造、岩土特性及潜在风险,为工程决策提供科学依据,同时推动勘察技术向智能化、精准化方向发展,提升复杂地质条件下的勘察效率与质量。

4.2 精细化勘察技术的优化探索

精细化勘察技术优化需聚焦微尺度探测与参数精准

化。高分辨率地震波探测可识别厘米级断层破碎带,结合微钻探技术获取岩芯微结构特征,提升地质细节解析能力;数据采集引入智能传感器阵列,实现温度、湿度、应力等多参数同步监测,减少环境干扰误差。参数校准采用动态反馈机制,如通过原位测试数据实时修正室内试验参数,确保岩土特性表征准确性;三维地质建模融合机器学习算法,优化地层界面识别与属性插值,提升模型空间分辨率;质量控制贯穿数据采集、处理、分析全流程,通过交叉验证与异常值剔除保障结果可靠性。最终成果以高精度三维模型呈现,直观反映地质构造微变与岩土特性差异,为工程安全设计提供精细化地质依据,推动勘察技术向微纳尺度与智能决策方向演进。

4.3 特殊岩土体勘察技术的探索

特殊岩土体勘察需聚焦特性识别与风险防控。针对软土、膨胀土、盐渍土等特殊岩土,采用专用试验设备与定制化分析流程,如软土固结试验结合孔隙水压力监测,精准评估其压缩性与流变性。膨胀土勘察引入湿度控制试验与收缩试验,量化其胀缩变形特性;盐渍土勘察注重盐分迁移规律分析,通过离子色谱仪测定易溶盐含量,评估其腐蚀性与溶陷风险;冻土勘察采用低温三轴试验与冻融循环模拟,研究其力学性质随温度变化的规律。技术优化强调现场快速检测与实验室精准分析结合,如便携式土壤水分仪与X射线荧光光谱仪联合使用,提升数据获取效率与精度。最终成果以特殊岩土特性参数表与风险评估图呈现,为工程安全设计提供针对性地质依据,推动特殊岩土勘察技术向精准化、智能化方向发展^[5]。

4.4 勘察风险防控体系的探索

勘察风险防控体系探索需强化全周期动态管理。风险识别采用高精度地质雷达与微震监测技术,精准捕捉

岩体裂隙扩展、地下空洞发育等微小异常,提升隐患发现能力;监测网络集成光纤传感与无线传输技术,实现边坡位移、地下水位、岩土应力等参数实时采集与智能分析,自动触发三级预警机制。风险评估运用数值模拟与大数据分析,量化地质灾害发生概率及影响范围,动态调整防控策略;应急处置制定标准化操作手册,如针对突发性地面塌陷事件,快速启动交通管制、人员疏散与工程加固措施。体系运行强调数据共享与协同响应,确保各环节无缝衔接,形成闭环管理,提升复杂地质条件下工程安全防控水平,推动风险防控向智能化、主动化方向演进。

结束语:复杂地质条件岩土工程勘察是一项系统性极强的专业工作,需精准把握地质特征与技术难点,严格遵循系统性、动态性与精准性的核心原则。通过规范各环节实践操作,融合多源探测技术与智能化分析方法,可有效提升勘察精度与风险防控能力。未来应持续推进精细化与智能化技术研发,完善风险评估体系,为复杂地质工程的安全建设筑牢坚实基础。

参考文献

- [1]温子豪,李云鹏.复杂地质条件下岩土工程勘察的应用与实践[J].西部探矿工程,2025,37(8):16-18.
- [2]金圣熙.复杂地形地质条件下岩土工程智能勘察技术的应用[J].智能建筑与智慧城市,2025(2):79-81.
- [3]潘忠明.岩土工程勘察技术在复杂地形地质条件下的应用研究[J].工程技术研究,2025,10(11):23-25.
- [4]吕树全.复杂地质条件下岩土工程勘察方法研究综述[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2025(4):013-016.
- [5]陈龙明.复杂地质条件下岩土工程勘察中的水文地质研究[J].西部资源,2025(3):47-49.