

复杂地质条件下岩土工程勘察技术运用分析

殷宏强

(甘肃中冶岩土工程有限公司, 甘肃 酒泉 735000)

摘要 在岩土工程领域, 复杂地质条件如岩溶、软弱地基、滑坡和断层对工程的安全性和经济性具有显著影响, 传统勘察方法难以满足这些挑战。本文分析了现代先进勘察技术的应用, 包括工程地质测绘、直接勘探、高密度电法、探地雷达、浅层地震反射波、大地电场岩性勘探技术及数字化技术。这些技术通过结合遥感和无人机, 提供高精度数据、获取直观的地下岩土信息, 以及通过三维建模、GIS 和人工智能提升数据分析能力, 显著提高了勘察精度和效率。

关键词 复杂地质条件; 岩土工程; 勘察技术; 精度

中图分类号: TU195

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)12-0043-03

在岩土工程领域, 地质条件的复杂性对工程建设的安全性和经济性产生了重要影响, 随着工程规模的不断扩大和技术要求的日益提高, 工程勘察的难度也在显著增加, 尤其是在复杂地质条件下, 传统的勘察方法已难以满足工程需求。复杂地质条件包括岩溶、软弱地基、滑坡和断层等不利因素, 这些问题在工程建设中常常带来不可预见的风险, 因此, 如何在复杂地质条件下准确、有效地进行岩土工程勘察, 成为当前工程界亟待解决的重要课题^[1]。本文将围绕复杂地质条件下岩土工程勘察技术的运用展开分析, 探讨各种先进技术手段的应用, 通过对勘察技术的研究, 期望为后续工程设计和施工提供可靠的数据支持, 从而提高工程的安全性与经济效益。

1 复杂地质条件下的岩土工程勘察及技术选择原则

复杂地质条件下的岩土工程勘察是一个多学科交叉并涉及多个环节的复杂过程, 其目标是在复杂的地质环境中获取足够的地质信息, 以确保工程设计和施工的安全性和稳定性^[2]。在此过程中, 必须综合运用多种勘察手段和技术, 考虑地质结构的多样性以及不同环境条件对岩土特性的影响。复杂地质条件主要包括地质构造复杂区、软弱地基、滑坡体、岩溶地貌、高地下水位以及断裂带等, 这些条件下的勘察工作具有挑战性, 尤其是在地质不均匀性、稳定性差、变形性强的情况下, 常规的勘察手段难以全面揭示地质情况, 必须依靠先进的技术和设备对地质特征进行精准识别^[3]。在勘察过程中, 需充分考虑地质条件的特殊性和复杂性, 灵活运用各种勘察手段, 以提高勘察的精度和效率, 最终确保工程建设的安全与稳定。

在复杂地质条件下, 岩土工程勘察技术的选择是确保工程安全、经济和有效性的关键环节, 勘察技术的选择原则主要包括以下几个方面: (1) 了解地质条件是基础。岩土工程的成功与否直接取决于对地质环境的全面认识, 在勘察前, 需对现场的地质构造、土壤类型、岩石特征及其力学性质进行初步调查, 掌握地下水位、流动方向及水文地质特征, 这一过程有助于确定适宜的勘察方法与工具, 确保后续勘察的准确性。(2) 明确勘察目的至关重要。不同类型的工程项目对勘察的要求各异, 勘察的目标需与工程类型相匹配, 制定清晰的勘察目标, 能够为技术选择提供明确的方向。(3) 适用技术的评估。应根据项目特点、地质条件及预算, 对各种勘察技术进行全面评估, 选择时应考虑技术的适应性与灵活性, 确保其能够有效应对复杂的地质条件。(4) 技术的精确性与可靠性。勘察数据的准确性直接影响后续工程设计的安全性。因此, 选择经过验证且具有较高精度的技术方法尤为重要。

2 复杂地质条件下岩土工程勘察技术的运用分析

2.1 工程地质测绘技术

工程地质测绘技术是岩土工程勘察的基础环节, 其目的是对工程建设场地的地形、地貌、地质构造、岩土体性质等要素进行系统调查。复杂地质条件下的测绘工作需综合运用传统测绘与现代科技手段, 以确保测绘数据的准确性与全面性。测绘内容通常包括地表岩层的露头分布、断层、褶皱、裂隙发育状况、滑坡体分布、地下水露头。在测绘过程中, 必须结合遥感技术、无人机航测、GPS 定位等现代技术手段, 以提高数据的空间精度和覆盖范围。在高陡坡、崩塌滑

坡体等地质灾害多发区域,无人机航测能够迅速获取难以到达区域的详细地形数据,并生成三维数字地形模型,辅助分析区域地质构造及其稳定性^[4]。遥感图像解译则可提供大尺度地貌特征信息,有助于识别区域性地质结构和潜在灾害隐患。地质测绘还应结合地质历史资料、地震活动记录等信息,以判断工程场地的长期稳定性与可能存在的构造活动。

2.2 直接勘探技术

直接勘探技术是通过现场施工直接获取地下岩土体信息的核心方法,具有直观、精确的优点,常用的直接勘探技术包括钻探、坑探和取样试验技术。

1. 钻探技术:钻探技术作为最常用的勘察手段之一,广泛用于探测地下岩土层的分布、厚度、物理力学性质等。在复杂地质条件下,钻探技术尤其重要,因为地下构造往往复杂且不均匀,钻探能够通过获取岩芯样品,揭示地层的真实状况^[5]。根据不同的地质环境,钻探可采用不同的技术方法,如回旋钻、冲击钻、潜孔锤等。在岩溶发育区,钻探能够揭示地下溶洞、裂隙的具体分布和形态,这对评估地基稳定性至关重要。在软弱地基区,钻探有助于确定软土的厚度、含水量及力学强度,并为后续基础设计提供重要依据。钻探还可用于检测地下水位的深度及其动态变化,尤其在高地下水位地区,这对工程排水设计具有重要参考价值。钻探深度和孔数的布置需根据初期地质调查结果合理安排,以确保能够覆盖到关键地质单元。

2. 坑探技术:坑探技术是直接揭露地下岩土层的另一重要手段,通过开挖探槽、探井等方式,直观展示地下的地质情况。与钻探相比,坑探能够提供更为全面的岩土层信息,尤其在小范围内,坑探可以揭示地质构造、节理裂隙、风化层厚度等细节,有助于对局部地质问题进行精确分析^[6]。在滑坡体、断裂带、软弱夹层发育区,坑探技术可以通过直接开挖揭示滑动面、剪切带的位置及其发育特征,从而为滑坡稳定性评价及加固设计提供依据。探槽通常沿着断裂带、滑坡体边界布设,深度和宽度视地质情况而定,以便能够充分揭示地下结构。探井则当用于高地下水位地区,通过开挖井状空间,可直观观察地下水的流动规律、渗透特性等,从而为工程提供水文地质参数。在地基处理工程中,坑探还可以作为验证手段,用于检测基础加固的效果。

3. 取样试验技术:取样试验技术是直接勘探的重要组成部分,通过获取现场岩土样品,进行一系列物理、力学、化学性质的室内试验,从而提供可靠的参数供设计使用^[7]。采样的关键在于样品的代表性和完整性,

必须确保采样点的布设涵盖不同的岩土层和结构部位。在复杂地质条件下,岩土体性质往往变化较大,必须根据不同的地质单元设置不同的采样方案。软土区的采样技术需要特别注意样品的扰动程度,因为软土的力学性质对扰动极为敏感,常采用原状样薄壁取土器进行取样,并在样品保存和运输过程中尽量减少外界因素对样品的影响。采样试验的内容包括密度、含水量、颗粒级配、液塑限、压缩性、抗剪强度等物理力学性质。在岩溶区,采样还需特别关注溶洞充填物的成分及其力学性质,溶洞的充填物通常为软弱的淤泥或土层,其力学性能直接影响到地基的稳定性。对于有腐蚀性地下水的区域,岩土样品的化学试验也是必要的,以评估地下水对工程材料(如混凝土或钢结构)的潜在腐蚀作用。

2.3 高密度电法勘探技术

高密度电法勘探技术是一种基于岩土体导电性差异进行地下结构探测的地球物理方法,其工作原理是利用电流通过地下介质时,电阻率的变化反映地下不同岩土层的物理性质^[8]。高密度电法通过在地表布设密集电极阵列,获取大量的测量数据,利用电阻率成像技术生成地下二维或三维的电阻率分布图,进而反映地下不同层位的岩土性质、含水量、溶洞及裂隙发育情况等。在复杂地质条件下,高密度电法具有特别的应用优势,例如在岩溶发育区,能够有效探测地下溶洞、裂隙以及溶蚀带的分布,为岩溶区地基处理及工程设计提供科学依据。岩溶体由于其内部结构的复杂性,通常表现为电阻率较低的异常区,通过高密度电法可以快速准确地定位这些异常区。在软弱地基区和滑坡体勘察中,高密度电法也能提供有力的支持,软弱土体由于含水量高、电阻率较低,通过高密度电法可以明确软土层的厚度、范围及其物理力学特性,从而为基础设计提供可靠数据。在滑坡勘察中,高密度电法可以探测滑动面的深度和位置,通过对电阻率的变化分析,明确滑坡体的土体结构、地下水渗流路径及其影响范围,为滑坡治理方案的制定提供依据。高密度电法的优势在于其探测范围广、探测精度高,特别是在浅层勘探中表现出较强的能力,能够高效、经济地获取大范围地质信息。但在复杂地质条件下,特别是岩土体电性差异较小的区域,其探测精度和分辨能力可能受到一定限制,因此需要结合其他地球物理勘探手段,以确保勘察结果的可靠性。

2.4 探地雷达勘探技术

探地雷达勘探技术是一种通过高频电磁波探测地下结构的非破坏性勘察方法,其工作原理是利用电磁

波在不同介质中的传播速度和反射特性差异,来反映地下物体的分布和形态^[9]。探地雷达系统由发射天线和接收天线组成,发射天线向地下发射高频电磁波,当电磁波遇到介质界面(如不同岩层、裂隙、溶洞等)时,会发生反射,接收天线则记录反射波的时间差和振幅变化,通过分析这些信号,可以生成地下的雷达剖面图。在复杂地质条件下,探地雷达由于其高分辨率和对细小地质结构的敏感性,成为浅层精细勘探的重要工具,其应用主要集中在裂隙探测、溶洞勘察、地下水探测以及隧道工程中。在岩溶区,探地雷达能够快速、精确地探测地下溶洞及裂隙的发育情况,由于溶洞和裂隙内部常充填空气或水,具有与周围岩土体不同的电磁特性,雷达波在界面上的反射非常明显,从而能够准确定位溶洞的大小、形态及其分布。探地雷达在隧道工程的前期勘察和施工中的应用也十分广泛,尤其是在复杂地质条件下隧道穿越断裂带、岩溶区等危险区域时,探地雷达能够实时监测前方地质条件,预防工程灾害。在滑坡勘察中,探地雷达能够探测土体内部裂隙、剪切带等结构特征,帮助确定滑动面的形态和深度,提供滑坡稳定性分析所需的关键数据。与高密度电法相比,探地雷达的优势在于其分辨率更高,能够探测到更为细小的地下结构,尤其适合浅层和细节勘察。但其探测深度相对有限,通常在数十米范围内,对地下介质的电磁特性较为敏感,在高含水量、黏土层或电导率较高的地质环境中,雷达波的衰减较大,探测效果可能受到影响。

2.5 浅层地震反射波勘探技术

浅层地震反射波勘探技术通过测量地震波的传播和反射特性,探测地下岩土体结构,适用于揭示几十米到几百米深度的地质结构。该技术特别有效于地层连续性差、断裂发育、岩溶空洞和软弱夹层区域,能够提供地下岩层的分布、厚度及构造特征信息。其通过地震反射剖面图显示地层连续性、断裂情况和地下水运移路径,支持滑坡体、岩溶区和隧道工程的勘察。

2.6 大地电场岩性勘探技术

大地电场岩性勘探技术利用天然大地电场探测地下岩土体的电性差异,以推测地下岩层分布、岩性变化和地下水情况。该技术适用于软弱地基、岩溶发育区和构造发育等复杂地质条件,由于岩石和土层的导电性差异显著,可以有效区分不同的岩土层,特别是在岩溶区和断裂带的勘察中表现出优势。但其探测范围广、成本较低,但分辨率相对较低,需与其他高精度勘探手段结合使用以提高结果精度。

2.7 数字化技术运用

数字化技术在现代岩土工程勘察中的运用显著提升了数据获取、处理和分析能力,尤其在复杂地质条件下,主要应用包括三维地质建模、遥感技术、无人机测绘、地理信息系统(GIS)及数据管理系统^[10]。三维地质建模通过可视化展示地下岩土层、断裂构造和溶洞,辅助滑坡治理和风险评估。遥感技术和无人机测绘能快速获取高精度地形数据,支持灾害监测和预警。GIS系统整合多源数据,提升空间分析和决策支持能力。大数据和人工智能的应用通过分析海量勘察数据,提高了勘察的自动化和灾害隐患识别能力。

3 结束语

随着工程规模的扩大和技术要求的提高,复杂地质条件下的岩土工程勘察面临着日益严峻的挑战。本文从多种勘察技术展现了其在复杂地质条件下的应用潜力和优势。通过综合运用这些先进技术,可以更准确、有效地获取地质信息,提升工程设计和施工的安全性及经济效益。未来,随着技术的不断发展和创新,岩土工程勘察将在应对复杂地质条件方面取得更加显著的进展,为工程建设提供更加可靠的数据支持。

参考文献:

- [1] 钟彪. 建筑工程施工前岩土工程勘察的应用实践[J]. 价值工程, 2024, 43(24): 143-145.
- [2] 许巍. 复杂地形地质条件下岩土工程勘察技术的应用研究[J]. 工程技术研究, 2024, 09(14): 48-50.
- [3] 马益友. 复杂地形地质条件下岩土工程勘察实践研究[J]. 冶金与材料, 2024, 44(04): 52-54.
- [4] 王喆. 复杂地形地质条件岩土工程勘察实践研究[J]. 冶金与材料, 2024, 44(03): 165-167.
- [5] 李雅萍, 李亚昊. 岩土工程勘察在多层地下室建筑工程中的应用[J]. 绿色科技, 2024, 26(04): 237-243.
- [6] 祝敏刚, 闵勇章, 童伟, 等. 南沙地区复杂地形地质条件下岩土工程的勘察及技术应用[J]. 水电站设计, 2023, 39(04): 13-17.
- [7] 葛凌. 岩性复杂地段岩土工程勘察方法分析[J]. 新城建科技, 2023, 32(23): 109-111.
- [8] 韩超, 孙晓卫. 复杂地形地质条件下岩土工程勘察实践探讨[J]. 工程技术研究, 2023, 08(19): 220-222.
- [9] 黄辉雄. 复杂地质条件下岩土工程勘察设计和施工的质量控制因素分析[J]. 西部探矿工程, 2023, 35(10): 1-3.
- [10] 李左林. 基于复杂地形地质条件下岩土工程勘察技术的研究[J]. 新疆有色金属, 2023, 46(03): 20-21.