

岩土工程勘察技术在岩土勘察中的应用

康永峰

天津市北洋水运水利勘察设计研究院有限公司 天津 300450

摘要：岩土工程勘察是工程建设的重要环节，本文综述了岩土工程勘察技术的定义、任务及常见类型，分析了其在复杂地质条件下的勘察精度、数据融合及成本平衡等挑战。文章详细探讨了地质测绘、钻探取样、原位测试、地球物理勘探及数值模拟等技术的具体应用，提出了智能化勘察设备研发、多技术联合应用以及大数据与人工智能在勘察数据分析中的应用等优化策略。这些策略旨在提高岩土工程勘察的效率和精度，为工程建设提供更为准确的地质依据，推动岩土工程勘察技术的持续进步与发展。

关键词：岩土工程；勘察技术；工程地质

引言：岩土工程勘察是工程建设的基础环节，其目的是查明建设场地的工程地质条件，为工程规划、设计、施工提供可靠的地质资料和参数。准确的岩土工程勘察结果对于确保工程安全、降低工程成本、提高工程质量具有至关重要的作用。在实际应用中，岩土工程勘察技术仍面临着诸多挑战，如复杂地质条件下的勘察精度问题、多源数据融合与解释的难度、勘察周期与成本的平衡等。因此，深入研究岩土工程勘察技术的应用现状和优化策略具有重要的现实意义。

1 岩土工程勘察技术概述

岩土工程勘察作为基础设施建设的前置核心环节，是通过科学技术手段查明工程场地岩土体的工程地质条件，分析存在的岩土工程问题，为工程设计、施工及运营提供可靠地质依据的系统性工作。其技术体系历经长期发展，已形成涵盖地质信息采集、数据处理分析、工程问题评价的完整技术链条，在高层建筑、桥梁隧道、水利枢纽等工程领域发挥着不可替代的作用。从技术本质看，岩土工程勘察技术是地质科学与工程技术的交叉融合，通过物理、化学、力学等多学科原理的综合应用，实现对地下复杂地质体的“可视化”认知。其核心任务包括：准确划分地层岩性及分布特征，测定岩土体物理力学参数（如压缩模量、抗剪强度等），识别不良地质作用（如滑坡、岩溶、断层等），评估场地地震效应及地基基础适宜性。这些任务的完成依赖于多种勘察技术的协同配合，形成了当前以地质测绘为基础、钻探取样为支撑、原位测试与地球物理勘探为补充、数值模拟为深化的技术体系架构^[1]。

现代岩土工程勘察技术的发展呈现出明显的“三化”特征：一是精细化，随着工程建设对地质参数精度要求的提升，勘察技术从宏观地质描述向微观结构分析

延伸，如纳米压痕技术在岩土体微观力学特性测试中的应用；二是智能化，无人机航测、智能传感器等设备的普及，实现勘察数据的自动化采集与实时传输，大幅提升工作效率；三是集成化，多种勘察技术的联合应用与数据融合成为主流，如钻探取芯与声波测试结合可更精准地评价岩体完整性。这些特征推动着岩土工程勘察从传统经验型向现代科技型转变，为复杂工程建设提供了更强的技术支撑。

2 岩土工程勘察技术应用的挑战

2.1 复杂地质条件下的勘察精度问题

在复杂地质条件下，如喀斯特地貌、软土地区、断层破碎带等，岩土体的分布和性质变化较大，给勘察工作带来了很大的困难。传统的勘察方法往往难以准确查明地下地质结构，导致勘察结果存在较大的误差。例如，在喀斯特地区，地下溶洞、溶蚀裂隙发育，钻孔可能会漏钻或误判，影响对场地稳定性的评价。此外，复杂地质条件下的岩土体具有明显的各向异性和非均质性，室内试验结果难以准确反映其在原位状态下的力学性质，进一步降低勘察精度。

2.2 多源数据融合与解释的难度

现代岩土工程勘察通常采用多种勘察技术相结合的方法，以获取更全面、准确的地质信息。然而，不同勘察技术获得的数据具有不同的特点和精度，如何将这些多源数据进行有效融合和解释是一个亟待解决的问题。例如，地质测绘数据可以提供场地的宏观地质信息，但精度较低；钻探取样数据具有较高的精度，但只能反映钻孔附近的地质情况；地球物理勘探数据可以提供连续的地质剖面信息，但解释结果存在多解性。在数据融合过程中，需要解决数据格式不统一、坐标系不一致、数据精度差异等问题，同时还需要建立合理的融合模型

和解释方法,以提高勘察结果的可靠性。

2.3 勘察周期与成本的平衡

在工程建设中,勘察周期和成本是两个重要的考虑因素。一方面,为了确保工程的安全和质量,需要进行详细、全面的勘察工作,但这往往会增加勘察周期和成本。另一方面,过长的勘察周期可能会影响工程的进度,增加工程的间接成本。因此,如何在保证勘察质量的前提下,合理缩短勘察周期、降低勘察成本是岩土工程勘察面临的一个重要挑战。例如,在一些大型工程项目中,勘察范围广、任务重,如果采用传统的勘察方法,可能需要较长的时间和大量的资金投入。而采用先进的勘察技术和信息化手段,可以提高勘察效率,缩短勘察周期,但需要一定的技术投入和人员培训成本^[2]。

3 岩土工程勘察技术的具体应用

3.1 地质测绘与调查技术

地质测绘与调查技术是岩土工程勘察的基础,通过对地表地质现象的观察、描述与分析,建立区域地质构造与地层分布的宏观认知。该技术主要包括工程地质测绘、水文地质调查、地形测量及遥感解译等手段,具有直观性强、覆盖面广的特点,适用于工程选址及初步勘察阶段。在具体应用中,工程地质测绘需依据比例尺精度要求,详细记录地形地貌、地层岩性、地质构造、不良地质现象等信息。例如,在山区公路勘察中,1:2000比例尺的地质测绘可识别出规模大于10m的滑坡体及宽度大于2m的断层破碎带,为线路方案比选提供依据。水文地质调查则侧重于地下水的类型、水位、补给排泄条件及腐蚀性分析,这对地下工程抗浮设计与混凝土耐久性评估至关重要。某沿海核电站选址勘察中,通过水文地质调查发现海水与地下水的水力联系密切,氯离子含量超标,据此调整了基础混凝土的抗渗等级与防腐措施;遥感解译技术的发展极大提升了地质测绘的效率与精度。利用无人机航测获取的高分辨率影像,可识别出地面人工调查难以发现的微地貌特征(如隐伏断层的线性地貌),在新疆某长输管道勘察中,无人机航测将地质测绘效率提高3倍,且成功识别出12处人工调查遗漏的古滑坡遗迹。此外,三维激光扫描技术可快速获取地形表面的高精度点云数据,构建数字高程模型(DEM),为地质灾害危险性评估提供基础数据支持。

3.2 钻探与取样技术

钻探与取样是获取地下岩土样品的重要手段,通过钻探可以了解地下地层的分布情况,取样则可以对岩土的物理力学性质进行室内试验分析。在钻探过程中,需要根据不同的地质条件和勘察要求选择合适的钻探方法

和钻机设备。例如,在软土地区,可以采用静力压入式钻机,以避免对软土的扰动;在岩石地区,则可以采用回转式钻机,提高钻探效率。取样时,需要注意样品的代表性和完整性,避免样品受到污染和扰动。室内试验项目包括颗粒分析、含水量测定、密度测定、压缩试验、剪切试验等,通过这些试验可以确定岩土的物理性质指标和力学性质指标,为工程设计和施工提供参数支持。

3.3 原位测试技术

原位测试技术在岩土工程勘察中具有重要的作用,它可以直接测定岩土体在原位状态下的力学参数,避免了室内试验中样品扰动对结果的影响。标准贯入试验(SPT)是一种常用的原位测试方法,通过将标准贯入器打入土中,根据打入的难易程度来判断土的密实度和强度。静力触探试验(CPT)则是利用静力将圆锥形探头压入土中,同时测量探头所受的阻力,根据阻力大小划分土层和评价土的力学性质。圆锥动力触探试验(DPT)与静力触探试验类似,但采用动力将探头打入土中,适用于较硬的土层和岩石^[3]。原位测试技术具有快速、经济、连续等优点,能够提供大量的原位测试数据,为工程设计和施工提供更准确的依据。

3.4 地球物理勘探技术

地球物理勘探技术在岩土工程勘察中具有独特的优势,它可以快速、大面积地探测地下地质结构,提供连续的地质剖面信息。地质雷达法是一种常用的地球物理勘探方法,它通过发射高频电磁波并接收反射波来探测地下目标体。地质雷达法具有分辨率高、探测速度快等优点,适用于探测地下管线、溶洞、古墓等目标体。电阻率法则是利用岩土体的电阻率差异来探测地下地质结构,通过测量地下不同位置的电阻率值,绘制电阻率剖面图,推断地下地质体的分布情况。电阻率法适用于探测地下水、断层、岩溶等地质问题。浅层地震法是利用人工激发的地震波在地下传播过程中的反射、折射等特性来探测地下地质结构,适用于探测深部地质构造和地层界面。

3.5 数值模拟与信息化技术

数值模拟与信息化技术是将勘察数据与计算方法相结合,通过建立数学模型对岩土工程问题进行分析与预测的手段。该技术主要包括有限元分析、离散元模拟、地理信息系统(GIS)等,可实现对复杂岩土工程问题的定量评价与可视化表达。有限元分析(FEA)在岩土工程中的应用已十分成熟,通过将连续的岩土体离散为有限个单元,可模拟地基沉降、边坡稳定性、隧道开挖等工程问题。在上海中心大厦地基基础设计中,采用三

维有限元模型模拟了超深基坑开挖过程中的土体位移与支护结构受力,计算结果与现场监测数据的吻合度达85%以上,为基坑支护方案优化提供了依据。离散元法(DEM)则适用于模拟岩土体的大变形与破坏过程,如岩质边坡的崩塌、土体的液化等,在汶川地震后的唐山山堰塞湖溃决模拟中,离散元法准确预测了堰塞体的破坏模式与洪水演进过程,为应急抢险决策提供了支持;信息化技术的发展推动了岩土工程勘察的数字化转型,地理信息系统(GIS)通过整合空间地理数据与工程地质数据,构建三维地质信息模型(3D-GIM),实现了勘察数据的可视化管理与分析。在雄安新区规划勘察中,基于GIS平台构建的三维地质模型,直观展示了区域地层分布、地下水位及不良地质体的空间位置,为城市规划与工程设计提供全方位的地质信息支持。此外,建筑信息模型(BIM)技术与勘察的结合,实现从勘察数据到设计模型的无缝衔接,某跨海大桥项目中,基于勘察BIM模型的桩基设计,减少因地质条件不明导致的设计变更达40%,大幅提高工程效率。

4 岩土工程勘察技术优化策略

4.1 智能化勘察设备的研发

随着科技的不断进步,智能化勘察设备的研发成为提高岩土工程勘察效率和精度的重要途径。智能化勘察设备可以集成多种传感器和自动化控制技术,实现勘察数据的自动采集、传输和处理。例如,研发智能化钻机,可以实时监测钻探过程中的钻压、转速、进尺等参数,自动调整钻探工艺,提高钻探效率和质量;研发智能化原位测试设备,可以实现测试过程的自动化控制和数据的实时采集与分析,减少人为误差,提高测试结果的可靠性^[4]。还可以研发无人机搭载的地质雷达、高光谱成像仪等设备,实现对复杂地形和难以到达区域的快速勘察。

4.2 多技术联合应用

由于单一勘察技术存在一定的局限性,多技术联合应用可以充分发挥各种勘察技术的优势,提高勘察结果的准确性和可靠性。例如,在复杂地质条件下,可以将地质测绘、钻探取样、原位测试、地球物理勘探等多种技术相结合,相互验证和补充。地质测绘可以提供场地的宏观地质信息,为其他勘察技术的布置提供依据;钻

探取样可以获取准确的岩土样品,进行室内试验分析;原位测试可以直接测定岩土体的力学参数;地球物理勘探可以提供连续的地质剖面信息,辅助解释地下地质结构。通过多技术联合应用,可以更全面、准确地查明场地的工程地质条件,为工程建设提供可靠的地质依据。

4.3 大数据与人工智能在勘察数据分析中的潜力

大数据与人工智能技术的发展为岩土工程勘察数据分析提供了新的方法和手段。岩土工程勘察过程中会产生大量的数据,包括地质测绘数据、钻探数据、原位测试数据、地球物理勘探数据等。利用大数据技术可以对这些海量数据进行存储、管理和分析,挖掘数据中隐藏的规律和信息。人工智能技术则可以通过机器学习、深度学习等方法建立数据模型,对勘察数据进行智能分析和预测。例如,利用机器学习算法对大量的勘察数据进行训练,建立岩土参数预测模型,可以根据有限的勘察数据快速预测其他位置的岩土参数,提高勘察效率;利用深度学习算法对地球物理勘探数据进行解释,可以自动识别地下地质体的特征,提高解释结果的准确性。

结束语

综上所述,岩土工程勘察技术在复杂地质条件下的应用面临着诸多挑战。随着智能化勘察设备的研发、多技术联合应用的推广以及大数据与人工智能技术的融合,岩土工程勘察的效率和精度将得到显著提升。这些优化策略不仅有助于工程建设的顺利进行,还为岩土工程勘察领域的持续发展注入了新的活力。未来,岩土工程勘察技术将继续朝着智能化、精细化、高效化的方向发展,为工程建设提供更加可靠的地质保障。

参考文献

- [1]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(3):20-21.
- [2]吴顺喜,王世波,吕晗波,等.岩土工程勘察质量影响因素分析及控制方法研究[J].科技创新与应用,2023,13(17):137-140.
- [3]范兵涛.复杂地质条件下岩土工程勘察技术的应用探讨[J].房地产世界,2024(6):128-130.
- [4]李志.综合勘察技术在岩土工程勘察中的应用分析[J].山西建筑,2023,49(07):85-87.