

岩土工程中的深基坑支护问题与解决策略探究

黄丽¹ 黄伟² 王荣¹ 陈敏华¹ 周志斌¹

1. 深圳辰地岩土信息技术有限公司; 2. 辰地(深圳)建筑工程有限公司

摘要: 随着城市化进程的不断推进,深基坑工程在城市建设中变得越来越普遍。然而,由于深基坑工程涉及复杂的岩土力学问题,常常面临一系列挑战,不仅影响工程进度和质量,还可能带来严重的安全隐患。因此,本文结合岩土工程中的深基坑支护问题,制定一套针对性解决策略,为进一步提高岩土工程施工质量与安全奠定坚实基础。

关键词: 岩土工程; 深基坑支护; 变形; 取样; 设备

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.21.029

深基坑支护是岩土工程中一项重要的技术措施,旨在确保在地下空间施工过程中基坑的稳定性和安全性。本研究旨在探讨岩土工程中深基坑支护的关键问题,分析导致这些问题的主要原因,并提出相应的解决对策,这些措施的有效落实不仅对当前的工程项目具有指导意义,也为未来的岩土工程实践提供了宝贵的参考。

一、岩土工程中存在的深基坑支护问题

(一) 力学参数选取不科学

在深基坑工程中,实验室试验结果往往与现场实际情况存在显著差异。实验室条件相对理想,难以完全模拟现场复杂的应力状态和环境因素。土样在实验室处理过程中,可能因扰动或水分损失而改变其原始状态,导致测试结果与实际力学性质不符。实验室试验的标准化流程和环境控制尽管有助于数据的重复性和对比性,但也容易忽略现场的非均质性和应力路径的复杂变化。设计人员依据这些实验室数据进行支护结构设计时,高估或低估土体的承载力和变形特性,导致基坑支护方案的可靠性降低。特别是在软土地区,土体的黏聚力和内摩擦角往往对变形控制起关键作用,如果这些参数选择不当,可能导致基坑支护结构过于保守或冒险,影响施工安全性和经济性。取样过程中如果操作不规范,土样可能受到扰动,便无法反映原状土的真实力学特性;原位测试如标准贯入试验(SPT)、静力触探试验(CPT)等,尽管能够提供较为真实的现场数据,但其结果往往受设备精度、操作人员经验以及测试环境的影响,导致数据偏差较大。在砂土和粉土层中,地下水位的变化和施工振动可能对测试结果产生显著影响,而这些因素在设计

参数选取时往往被忽视;勘察报告的编制和解读也存在一些问题,部分勘察报告由于缺乏详细的数据分析和现场记录,无法提供充分的力学参数依据,或者存在数据解读不当的问题,导致设计人员在参数选取时依据不足;此外,岩土工程设计过程中,有时为了节省时间和成本,简化勘察程序,忽略了对复杂地质条件的深入分析和全面理解,也会导致力学参数选取不科学。

(二) 土体取样流程失误

深基坑工程中,由于人员培训不足、经验欠缺或工作疏忽,取样操作往往不符合标准流程,导致土样受到扰动或破坏^[1]。取样时未能保持取样筒的垂直度,或者取样筒插入和拔出过程中速度不当,均可能引起土样的扰动。取样工具的选择和维护也影响取样质量,使用不当或维护不良的取样工具,可能导致土样在取样过程中产生裂隙或变形,无法准确反映原状土的力学特性。操作不规范还包括取样后的保存和运输环节,如果土样在这一过程中未能得到妥善保护,可能导致水分蒸发、结构破坏或混入外部杂质,最终影响实验室试验结果的准确性。在运输过程中如果未能防止土样受到剧烈振动或温度变化,土样内部结构可能发生变化,无法真实反映现场的实际情况。实际工程中,出于对时间和成本的考虑,取样点的布设往往不能充分反映基坑区域内土体实际状况,在地质条件复杂或变化较大的区域,若仅布设少量取样点,可能无法捕捉到土体性质的变化规律,导致设计参数的不准确^[2]。取样点的选择还需要考虑地下水位、地质构造和施工影响等因素,但实际操作中,这些因素常常被忽视,尤其是在多层土体结构中,不同层位的力学性质差异较大,如果未能在不同深度和位置充分取样,可能导致对整体地质条件的误判。在软土和硬土交替分布的区域,若取样点集中于某一类型土体,而忽略了其他类型土体的取样,所得数据将不能全面反映实际地质情况,进而影响支护设计的科学性和有效性。

(三) 勘探进程中设备问题

许多勘探设备在精度和灵敏度方面存在局限,无法全面捕捉地下土层的复杂变化^[3]。标准贯入试验(SPT)和静力触探试验(CPT)等常用勘探设备,在检测土层密实度和抗剪强度时,往往受到设备本身的精度限制,

导致数据出现偏差。SPT试验的锤击能量传递效率受设备状态和操作方法影响，可能导致贯入度数值的不一致，而CPT试验的探头灵敏度和数据采集系统的精度直接影响测量结果。一些设备在探测较深土层时，信号衰减和噪声干扰问题也会降低数据精度，在深层土体或地下水位较高的条件下，设备可能无法提供准确的土层分布和物理性质信息。实际工程中，设备维护管理往往不到位，导致设备在使用过程中出现故障或性能下降。勘探设备在长期使用后未能进行及时的维护和保养，关键部件出现磨损或损坏，进而影响测量精度^[4]。钻探设备的钻头和钻杆如果长期未更换或维护，可能出现磨损或堵塞问题，影响钻进速度和取样质量；现场测试设备如地质雷达（GPR）和电阻率成像设备，如果传感器或数据采集系统未定期校准，测量结果可能出现系统性偏差。设备管理中的疏漏也可能导致设备使用不当或超负荷运行，未按规定进行设备操作培训或忽视设备使用规范，会增加设备故障风险；在恶劣的施工环境中，如高温、高湿或腐蚀性土壤条件下，设备更容易出现问题，如果缺乏针对性的维护措施，设备性能将进一步下降。

二、解决岩土工程深基坑支护问题的有效策略

（一）强化对基坑变形等问题的控制

在深基坑工程中，实时监测基坑及周边环境的变形情况，可以及时发现潜在问题，采取有效措施加以应对。高效监测系统包括多种监测手段，如位移监测、倾斜监测、应力应变监测等，通过综合数据分析，提供全面的变形信息^[5]。位移监测通常采用全站仪、GPS或激光测距仪等设备（图1），实时监测基坑侧壁和周边建筑物的位移变化；倾斜监测则通过安装倾斜仪，检测基坑围护结构的倾斜角度变化，预警结构失稳风险。应力应变监测可以通过埋设应变计和压力计，实时监测土体和支护结构内部的应力变化情况，这些监测设备需要定期校准和维护，确保数据的准确性和可靠性。监测数据应及时传输到中央控制系统，通过专业软件进行数据处理和分析，形成可视化的变形图和预警信号。结合大数据和人工智能技术，预测基坑变形趋势，提供科学的决策支持。若监测数据表明基坑侧壁位移超出预设阈值，系统可自动触发报警，提醒工程技术人员迅速采取补强措施。合理的施工工艺和步骤，对控制基坑变形具有重要作用，优化施工工艺应从多个方面入手，包括分层开挖、支护结构的同步施工，以及有效的排水措施等。分层开挖是控制基坑变形的根本方法，通过逐层开挖和支护，可以减小单次开挖深度，降低土体变形和侧壁压

力^[6]。在软土地区，采用浅层多次开挖的方法，可以显著减少土体位移和沉降量；支护结构的同步施工也是控制变形的重要措施，在开挖过程中，应及时进行支护结构的安装和加固，如喷射混凝土、锚杆和支撑系统等，确保每一层开挖完成后基坑侧壁立即得到有效支撑；合理的排水措施对于控制基坑变形也至关重要，地下水的存在会增加土体压力和变形风险，通过设置降水井和排水沟等措施，及时排除基坑内的地下水，可以有效降低水压力对基坑的影响。在高水位地区，通过预降水措施，降低地下水位，减小开挖过程中土体和水压力的综合作用，减少基坑变形。

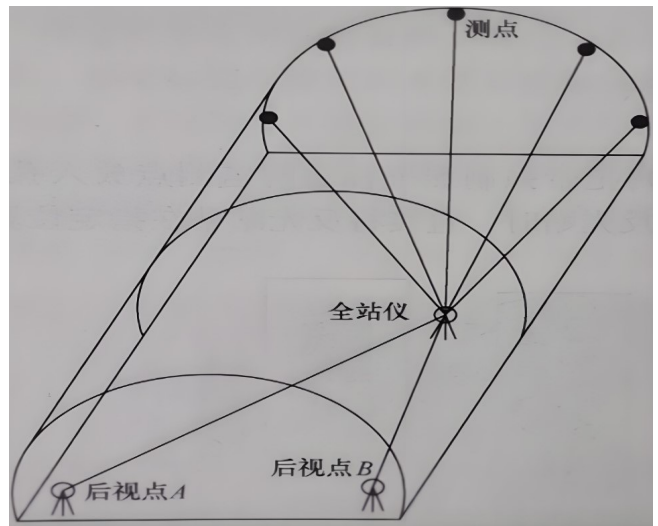


图1 激光测距仪工作原理

（二）强化基坑土体取样流程

在深基坑工程中，取样技术的先进性和规范性直接影响土体样本的质量和代表性。传统的取样方法，如钻探取样，尽管应用广泛，但在操作中常会引起土样的扰动，导致力学性质的改变，引入和推广无扰动取样技术可以显著提高取样质量。采用静力触探取样（CPTu）或旋转取样器，可以在尽量减少扰动的情况下获取高质量的土样，这些技术通过降低取样过程中对土体的剪切和压缩作用，保持土体的原始结构和含水率，确保试验结果的准确性^[7]。自动化和智能化取样设备的发展也为取样流程的改进提供了新的途径，采用带有实时监测和调整功能的智能钻机，可以在取样过程中实时监控土体性质变化，自动调整取样参数，确保取样过程的精确和稳定。由于土体的力学性质具有显著的空间变异性，所以，合理布设取样点可以全面反映基坑区域的地质条件。传统取样点布设常基于经验和有限的地质勘查数据，容易忽视地质条件的复杂性和不均匀性，优化取

样点布设应从全面性和科学性两个方面入手。全面性要求在基坑区域内布设足够数量的取样点，覆盖可能存在显著差异的土层和区域。在软硬土层交替或地质构造复杂的区域，应适当增加取样点密度，确保获取的土样能全面反映不同土层的力学性质。科学性则要求取样点布设基于详细的地质分析和预调查数据；通过地质雷达（GPR）（图2）、地震勘探等高精度探测手段，详细了解基坑区域的地下结构和水文条件，科学布设取样点^[8]。在基坑边缘和中心区域，以及地下水位变化显著的地段，设置重点取样点，获取关键区域的土体数据。

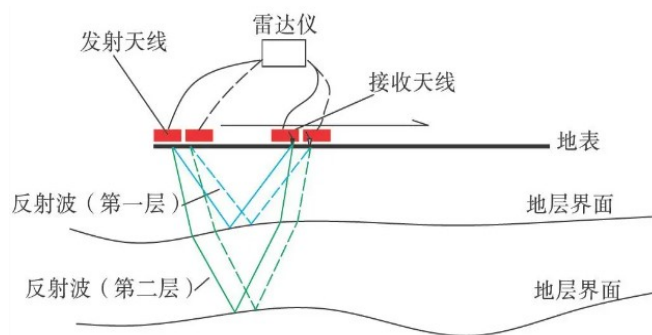


图2 地质雷达工作原理

（三）提高勘察设备复检工作

深基坑支护设计和施工依赖于勘察设备提供的准确地质数据，设备的性能直接影响数据的可靠性。由于勘察设备在使用过程中可能受到各种环境因素的影响，如温度变化、震动、磨损等，其性能会逐渐下降，导致测量误差，因此，建立系统的设备维护和校准计划至关重要。定期维护包括对设备的清洁、润滑、更换易损件等操作，确保设备在最佳状态下运行，全站仪、GPS设备和钻探设备的光学和机械部件需要定期清洁和检查，防止灰尘和腐蚀对测量精度的影响；校准则是通过标准参考设备对勘察设备进行调校，确保其测量结果的准确性^[9]。例如，激光测距仪需要使用标准测距标尺进行定期校准，消除环境变化引起的误差；通过建立设备维护和校准档案，记录每次维护和校准的详细信息，追溯设备状态和历史性能，及时发现和解决设备问题。随着科技的发展，许多新型检测技术和自动化工具被引入到勘察设备的复检过程中，提高了复检工作的效率和精度。利用智能检测系统，可以对设备进行自动化的性能检测和数据分析，智能检测系统通过传感器和数据采集模块，实时监控设备的工作状态和性能参数，自动生成检测报告和预警信息，帮助技术人员及时发现潜在问题。

在钻探设备复检中，智能系统可以监测钻杆的旋转速度、进尺速度和受力情况，通过数据分析，判断设备是否需要维护或调整；标准化流程是确保复检工作规范化和系统化的重要手段^[10]。通过制定详细的复检标准和操作规程，明确复检的项目、步骤和标准，确保每次复检工作的严谨性和一致性。制定勘察设备的复检周期、复检内容和判定标准，培训操作人员严格按照标准操作，可以有效减少人为因素导致的检测误差。标准化流程还包括复检结果的记录和报告，确保每次复检工作的透明性和可追溯性。

结束语

通过上文研究可知，采用先进的监测技术和优化设计方案，有效控制基坑变形问题；严格按照标准化的取样流程进行土体取样，避免由于取样流程失误导致的力学参数不准确问题，增加取样点的数量和密度，确保获取的土体样本具有代表性；加强对勘察设备的复检工作，确保设备的精度和可靠性，定期进行设备的维护和校准，避免因设备问题导致的勘察数据误差。

参考文献

- [1] 张炳翔. 岩土工程深基坑支护与勘察技术分析[J]. 西部资源, 2023 (3): 37-38, 48.
- [2] 靳马超. 浅谈岩土工程深基坑支护的施工技术[J]. 智能建筑与工程机械, 2024, 6 (1): 26-28.
- [3] 赵世清. 岩土工程深基坑支护的设计及施工问题[J]. 建材与装饰, 2023 (10): 45-47.
- [4] 章锐. 深基坑支护技术在岩土工程基础施工中的应用研究[J]. 江西建材, 2023 (1): 307-308.
- [5] 谭万里, 王岩. 工程建设中深基坑的支护与岩土勘察技术分析[J]. 建材与装饰, 2023, 19 (6): 18-20.
- [6] 范建敏. 岩土工程勘察对深基坑支护施工的影响与建议[J]. 建筑·建材·装饰, 2023 (3): 175-177.
- [7] 李瑞宇. 岩土工程基础施工中深基坑支护施工技术的应用[J]. 四川建材, 2023, 49 (8): 80-82.
- [8] 周燕君. 矿山岩土工程深基坑支护工程设计理论与实践相结合[J]. 中国金属通报, 2024 (1): 219-221.
- [9] 马健. 基于岩土工程勘察的深基坑支护设计及施工问题研究[J]. 西部探矿工程, 2023, 35 (6): 4-6.
- [10] 周燕君. 基于矿山岩土工程中的深基坑支护设计问题和对策[J]. 世界有色金属, 2024 (1): 205-207.