

岩土工程勘察在深基坑工程中的安全评估研究

蒲钰洋

四川省地质矿产勘查开发局第十地质大队 四川绵阳 621000

摘要: 深基坑工程作为城市建设体系中的关键环节,其安全性关系到周边建筑物、地下设施以及施工人员的生命与财产保护。岩土工程勘察在深基坑实施前期和全过程中承担着基础性与导向性的功能,通过系统揭示地层结构、地下水条件及潜在不良地质因素,为支护方案制定和风险识别提供必不可少的依据。随着工程规模不断扩大,精细化勘察在安全评估中的价值愈发突出。本文围绕深基坑工程特点,探讨勘察成果在安全评估中的具体应用方式,以提升工程整体安全管理水平,使深基坑施工具备更高的可靠性与可控性。

关键词: 深基坑工程;岩土勘察;安全评估;支护设计;风险控制

引言

随着城市地下空间开发强度不断提升,深基坑工程规模与复杂程度持续增加,传统经验式施工方式已难以满足高安全标准需求。岩土工程勘察作为连接设计与施工的重要环节,其成果质量直接影响基坑支护体系的可靠性与稳定性。当前在实际工程中仍存在勘察深度不足、信息利用率偏低等问题,亟须从技术应用与管理机制两方面进行优化。通过强化勘察与安全评估的协同,可有效降低施工风险并提高工程实施的科学性与前瞻性。

一、深基坑工程与岩土工程勘察概述

1. 深基坑工程的基本特征与施工环境

深基坑工程通常位于城市用地紧张的核心区域,基坑开挖深度大、周边环境敏感、施工条件复杂,对地基稳定性和支护体系可靠度提出较高要求。施工场地常受既有建筑、地下管线和交通荷载影响,空间受限使大型机械布置受约束,导致基坑开挖过程需要更高的精度控制^[1]。不同地区地层差异明显,砂土、黏土、填土及夹层的组合多样,地下水压力变化可能导致坑底隆起或渗流破坏。随着城市更新需求持续增长,深基坑工程向更大规模和更深开挖趋势发展,施工组织与风险控制难度提升。

2. 岩土工程勘察的主要内容与技术手段

岩土工程勘察在深基坑项目中承担着识别地层特性、获取工程参数和评估环境条件的任务。主要内容包括地层分布、物理力学指标、地下水位及补给来源、地应力环境以及潜在不良地质体调查。常用技术手段由钻探、原位测试和室内试验构成,其中标准贯入试验用于评估

土层密实度,静力触探可连续反映地层变化,压力计试验用于评价土体变形模量。通过合理布置勘探点和试验组合,可以获得支护设计所需的关键数据。分阶段勘察模式在复杂场地得到更多采用,通过早期勘察明确主要特征,再在深基坑位置及周边进行补充测试,使工程参数更贴近实际施工环境。

3. 勘察成果在工程决策中的基础作用

勘察成果是深基坑工程设计与施工组织的依据,其准确性决定支护结构布置、基坑尺寸控制和施工方案选择的可行程度。支护结构的变形控制目标和强度要求需要依托可靠的参数,包括土体抗剪强度、压缩性和渗透特征等。若勘察未能充分揭示软弱夹层、透水层或不连续界面,可能导致支护方案误判,影响工程安全。工程决策还需依据勘察成果识别周边环境敏感程度,如邻近建筑物基础形式、沉降历史和地下管线稳定性。通过对勘察资料的系统解读,可判断潜在风险源的位置和影响范围,为施工监测点布设和预警阈值设定提供支撑。勘察成果在工程多方之间具有沟通作用,设计单位与施工单位往往依据同一套资料开展工作,使工程行为具备一致性。

二、岩土工程勘察在深基坑安全评估中的核心作用

1. 地层结构识别与稳定性判断

深基坑稳定性与地层结构的连续性、均匀性及力学差异密切相关,准确识别土层分布是评估侧向变形和整体稳定的前提。实际工程中常依据钻探揭示深度、原状土试样强度以及原位测试指标建立地层模型。从表1可见,不同土层强度参数差异明显,在深基坑工程中若未能准确反映此类差异,将难以判断侧壁稳定需求。支护

结构选型和桩长确定均依赖地层识别结果，施工顺序安排和监测布设范围也随地层结构变化而调整。

表1 地层主要力学指标对比表

土层名称	天然重度 (kN/m ³)	内摩擦角 (°)	黏聚力 (kPa)
粉质黏土	18.6	15	28
砂质粉土	19.2	27	12
粗砂	20.1	34	5

2. 地下水条件对基坑安全的影响分析

地下水对深基坑工程的影响主要体现在渗流压力、突涌风险和降水引起的地面沉降等方面，不同补给来源和水力坡度会改变基坑底部与侧壁稳定状况。开挖过程中若遇承压水层，上升水压力可能降低有效应力，使坑底抗隆起能力下降。对于滞水层发育的区域，降水措施容易产生较大范围的水位下降，进而引起周边地表沉降，影响邻近结构安全^[2]。水文地质条件调查应包括水位季节性变化、含水层渗透特征以及地下水通道识别，使排水和截水方案更具针对性。基坑底部的渗流场通常需要根据勘察资料建立水力模型，以评估降水量和抽排范围。

3. 不良地质现象的预判与控制措施

深基坑施工受多种不良地质因素影响，包括软弱夹层、溶蚀构造、孤石及断层破碎带等，这些因素会扰动支护体系受力模式并影响地层变形特性。勘察阶段通过试坑、钻探及物探联合手段能够识别异常界面，结合岩性变化规律推断不良地质的发育范围。不均匀沉积导致的软弱夹层可能降低桩侧阻力，使支护结构刚度不足；孤石则影响成孔施工效率并可能造成桩体偏位。溶蚀构造的存在会改变基坑渗流路径，使地下水压力分布出现局部集中。针对不同不良地质类型可通过提前设置加固区、优化桩位布置或采用止水帷幕减少影响。

三、深基坑工程安全评估中的常见问题

1. 勘察资料完整性不足带来的隐患

深基坑工程中，若勘察资料未能覆盖关键区域或勘探深度不足，会使地层模型出现偏差，支护设计依赖不充分数据，导致工程风险增加。部分项目因早期规划变化或场地受限导致勘探点布置不均，使重要软弱层或薄弱结构未被揭示。若地下水动态特征缺乏长期观测记录，将难以准确评估渗流强度变化。资料缺失还会影响设计单位对周边环境敏感程度的判断，特别是邻近建筑基础形式不清晰时，不利于沉降控制目标的设定。工程实施后期若发现与勘察资料不一致的情况，可能导致支护体

系调整，引起工期延误。勘察报告若缺乏参数来源说明或试验数据不统一，会降低成果可信度，使各方难以据此开展下一步工作。

2. 设计与勘察脱节现象的影响

设计单位若未充分参与勘察方案制定，可能导致勘察成果与设计需求不匹配，使深基坑支护体系缺乏针对性。设计者需要明确基坑深度、支护形式及变形控制标准，而这些信息会影响勘探深度、试验类型和测试范围。若勘察阶段未能开展必要的变形模量与强度参数试验，将使设计者只能依据经验取值，降低精度。设计对降水方案和坑底加固方式的选择需要明确渗透系数和承压水层厚度，若缺乏连续性数据，将限制方案可行性分析。施工中当地层条件与设计假设出现偏差时，通常需要重新调整支护结构，这会增加造价并影响施工节奏。

3. 施工阶段信息反馈机制不完善

深基坑施工具有阶段性特征，地层暴露后经常出现与勘察资料不一致的情况，需要及时反馈修正参数。若施工单位未能建立有效的信息报告渠道，现场发现的土质变化、渗水位置或结构异常将难以及时传递给设计与监测团队。实际工程中，部分项目未设置系统化记录流程，使试验数据和现场描述分散在不同人员手中，不利于综合评估^[3]。信息反馈不足会降低支护结构调整的合理性，例如土体变形速率若未及时上报，可能使监测预警滞后。施工扰动不断改变地层状态，监测结果需要与勘察资料对比分析，若缺乏联动机制，监测数据难以发挥其预警功能。

四、岩土勘察成果在安全评估中的应用途径优化

1. 多手段综合勘察技术的协同应用

深基坑项目需要在有限空间内获取高质量地质信息，多手段联合勘察能够提高地层识别精度。常用组合包括钻探、静力触探和地球物理勘测，通过不同尺度的信息互补构建连续地层模型。为展示技术协同效果，选取工程中三类手段的典型信息覆盖度进行归纳，形成表2用于对比其适用范围差异。由表2可见，不同手段优势不一，通过组合可实现对关键地层界面的高密度识别，使深基坑支护参数更加贴合实际条件。综合技术为后续设计与风险评估提供可靠基础。

表2 三类勘察手段信息覆盖度比较

勘察手段	垂向连续性	水平分辨率	参数获取能力
钻探	中等	低	高
静力触探	高	中等	中等
地球物理探测	高	高	低

2. 勘察数据与支护设计的联动机制

勘察数据与支护设计需建立双向联动,设计机构在规划初期应明确数据需求,使勘察范围与工程规模协同。支护形式如地下连续墙、桩锚结构或内支撑体系,对土体强度、压缩性及渗透性依赖程度不同,勘察成果必须针对这些需求提供精细化参数。设计阶段常需要对地层不均匀性进行敏感性分析,以校核结构安全裕度,因此勘察成果应包含足够的试验类型和空间分布^[4]。施工中若监测数据反映地层变形与预期不同,需依据原始勘察资料对参数来源进行回查,判断设计调整范围。联动机制的核心在于参数更新,勘察、设计与监测团队共享数据平台的方式能提高调整效率,使基坑支护体系更适应现场条件。

3. 动态监测与阶段性评估的结合方式

深基坑开挖具有动态性,地层应力状态随施工过程不断变化,监测系统需捕捉支护结构与周边环境的位移、应力及水位变化规律。监测资料与勘察成果结合,可用于判断设计参数是否符合现场表现,若出现差异,可在阶段性评估中调整参数采用值。监测项目通常包括深层水平位移、立柱轴力、支护桩顶位移、沉降及地下水位变化,通过趋势变化判断支护体系受力路径。阶段性评估强调在关键工序前更新风险等级,使施工措施更具针对性。监测点布置应基于勘察揭示的地层软弱部位和敏感区,确保反馈信息覆盖关键变形区。

五、深基坑工程安全管理的综合提升策略

1. 勘察阶段质量控制体系建设

改进深基坑工程安全管理需从勘察阶段建立严格的质量控制体系,包括勘探布置合理性审查、试验流程标准化以及成果复核机制等内容。勘察方案需结合基坑规模和支护复杂度制定,使钻孔深度和测试密度满足需求。质量控制还涉及原位测试设备校准、试验环境记录以及试样保护方式,确保参数准确。成果汇编阶段需由专业人员对地层划分逻辑、参数选取依据和数据一致性进行核查。重点区域通常需要补充现场试验,以提高数据完整度。建立勘察全过程记录档案有助于后续设计校核,使工程团队能追溯参数来源。

2. 跨专业协同与信息共享机制完善

深基坑工程涉及勘察、设计、监测和施工等多方,建立跨专业协同机制有助于提升整体安全性。信息共享平台可整合勘察数据、设计图纸、监测结果及施工记录,

使各阶段信息保持一致。勘察资料发布前需经设计团队确认,使参数与工程方案相匹配。施工单位应在场地揭示新信息时及时上传数据,使设计单位可依据最新情况开展校核。监测团队则需在测点布置和数据解读时参考勘察成果,确保监测区域覆盖潜在风险点。跨专业协同强调沟通流程的制度化,通过例会机制明确职责分工,使工程参与者在同一信息基础上做出判断。

3. 施工全过程风险预控与应急预案优化

深基坑施工风险来源多样,包括侧壁变形、坑底隆起、渗流突涌和邻近建筑沉降等,应在施工前依据勘察成果制定风险预控清单,将潜在风险源纳入全过程管理。开挖前需明确监测预警指标,使施工人员能根据变形速率或渗流量变化判断风险等级。施工顺序安排需结合地层条件合理控制卸荷速率,使支护结构受力均衡。应急预案应包含加固措施、降水调整策略及交通疏散方案,使不同风险等级对应具体执行流程。预案启动条件可依据监测反馈确定,使行动具有时效性。风险预控强调日常检查制度,通过对设备运行状态和支护节点完成度的记录避免隐患积累。

结语

综上所述,岩土工程勘察在深基坑工程安全评估中具有不可替代的基础性地位,其科学性与系统性直接决定工程实施的安全边界与风险水平。通过加强勘察技术应用、完善成果转化机制以及推动多阶段协同评估,可有效提升基坑工程的整体稳定性与管理效率。未来,应在标准化流程与信息化管理方面持续深化探索,使岩土勘察真正成为深基坑工程安全保障体系中的关键支撑环节。

参考文献

- [1] 陈吉升. 岩土工程勘察中存在的问题及优化措施研究[J]. 石材, 2025, (09): 64-66.
- [2] 李友祥. 岩土工程勘察中用岩芯划分岩体完整性方法的研究[J]. 中国住宅设施, 2025, (08): 191-193.
- [3] 李凌川. 岩土工程勘察中桩基选择类型及其考虑因素[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2025, (24): 165-167.
- [4] 李洪波. 岩土工程地质勘察中存在的通病及破解措施[J]. 新疆钢铁, 2025, (03): 145-147.