

建筑施工中深基坑支护技术的优化与应用

于忠勇

天津市东丽区建设工程安全质量监督站 天津 300300

【摘要】：当前建筑深基坑支护施工存在地质适配性不足、传统工艺工况适配性差、监测管理体系不完善等问题，易引发基坑变形、渗漏甚至坍塌隐患，核心诱因集中在勘察精度不足、设计方案固化、现场管控不精细。本文针对各类施工痛点，采取精细化地质勘察、支护工艺参数与施工流程重构、数字化全程监督管控等优化技术手段，针对性解决复杂地质、多变工况下的支护施工难题。工程实践表明，优化技术可有效控制基坑土体与支护结构变形，提升施工安全质量，缩减工期、节约施工成本，实现工程安全、质量与综合效益的协同提升。

【关键词】：建筑施工；深基坑；支护技术；数字化管控；施工优化

DOI:10.12417/2705-0998.26.09.052

引言

随着城市建筑工程地下空间开发深度与规模持续扩大，深基坑施工场景愈发复杂，复杂地层、富水地质及周边构筑物密集等工况大幅提升了支护施工难度。深基坑支护作为地下工程施工的核心保障，其施工工艺与管控水平直接关系工程整体安全性与稳定性。现阶段传统支护施工模式难以适配多元化复杂施工场景，普遍存在地质适配性弱、施工工艺滞后、监测管控不规范等诸多问题，极易引发基坑变形、土体渗漏等安全隐患。为解决深基坑施工中的各类技术与管理难题，提升复杂工况下基坑施工的稳定性和规范性，本文结合工程实际，针对性开展支护技术优化研究，为提升深基坑施工质量与综合效益提供技术支撑。

1 深基坑支护施工现存主要问题

1.1 地质适配性不足引发支护隐患

场区地层横向物性差异明显，地层内穿插软黏土、粉砂夹层等特殊土层，原有支护参数依托常规勘察资料确定，缺少依据现场实测土体含水率、压缩模量优化构件排布尺寸的调整环节。场地地下水埋深沿施工线路起伏变化，承压水层空间研判存在误差，使得锚杆锚固深度、排桩嵌固取值要么冗余偏大要么锚固深度欠缺。土体浸水软化后侧向土压力实时变动，支护实际受力脱离前期设计验算条件。部分工序固守定型支护方案，未考量周边老旧建筑地基沉降衍生的附加荷载干扰，支护构件和围岩嵌固密实度降低，桩背陆续形成空隙空洞，水土持续渗漏滑移，慢慢滋生围护鼓胀、墙体变形等隐蔽病害，持续威胁基坑整体结构安全。

1.2 传统工艺在实际工况中的失效表现

常规深基坑支护传统工艺适用场景约束突出，复杂地层与动态施工环境中极易产生各类结构失效隐患。软土、淤泥地层施工阶段，锚杆、排桩常规支护抵御侧向土压力能力偏弱，高含水土体长期浸泡侵蚀支护基础，诱发围护墙体形变、桩基移位等病害^[1]。基坑临近既有建筑物、地下管线与市政道路时，

外部附加荷载超出传统支护刚度及承载限值，地基不均匀沉降持续发展，催生支护开裂、局部塌落安全隐患。雨季降水环境下，原有防渗构造设计存有短板，地下水沿侧壁渗流带走周边土体，致使支护根部悬空脱空，整体围护受力失衡。多重不利条件叠加下，传统支护难以适配现阶段深基坑精细化安全管控要求，施工安全冗余不足。

1.3 施工监测管理体系存在漏洞

深基坑支护现场配套监测制度落地缺乏标准化管控细则，位移、沉降、地下水水位等监测点位布设多凭现场经验确定，支护桩、边坡阴角等应力集中关键部位易出现点位遗漏。监测仪器选型难以适配基坑开挖实况，老旧传感设备疏于按期校验校准，直接造成监测采集数据失真。数据整理仍以纸质零散台账为主，数字化归档平台落地覆盖面有限，数据更新节奏滞后于分层开挖施工，异常监测数据难第一时间推送现场落实管控。第三方监测与施工自检权责边界界定不清，重叠监测区域重复测点、交界区段管控缺位现象多发，日常巡检频次固定僵化，未能依据雨季积水、超深度开挖等特殊工况灵活调整频次，潜藏的支护细微形变隐患难以快速排查处置，进一步加大基坑施工安全管控风险。

2 深基坑支护施工问题诱因剖析

2.1 勘察调研工作深度较为欠缺

建筑深基坑施工前期的勘察调研工作普遍存在精细化、深度化落实不到位的情况，多数场地勘察仅覆盖基坑表层土体结构与常规地质参数，未针对基坑施工区域及周边延伸地带开展全方位、多层次的细致勘测。勘测过程中，忽略对场地深层岩土分层特性、地下水埋深、水压动态变化及不良地质夹层的精准检测，同时缺少对施工场地周边地下管线、老旧构筑物、地基基础的详细摸排记录。单一化、浅层化的勘察数据无法精准反映施工现场真实地质环境与周边工况条件，导致后续深基坑支护结构选型、参数设定、施工方案编制缺乏精准的数据支撑，极易造成支护结构设计与现场实际工况不匹配，埋下基坑边坡

变形、渗水乃至坍塌的施工隐患。

2.2 技术方案设计缺乏创新性

当前多数建筑深基坑支护工程的方案设计，长期沿用传统固化的设计模式与常规支护体系，未结合施工现场地质条件、周边建筑布局、地下管线分布等差异化工况开展定制化创新设计^[2]。设计环节多依托过往同类工程经验套用模板，对新型支护材料、智能化设计技术、复合型支护工艺的落地应用程度较低。针对复杂地层、高水位、紧邻老旧建筑群等特殊施工场景，现有方案无法突破传统支护技术的性能局限，难以适配复杂工况下的基坑变形控制、水土封堵及安全防护需求。老旧设计思路忽略了施工全过程的动态变化因素，缺乏对支护结构受力优化、资源节能降耗、施工效率提升的创新考量，极易造成支护结构适配性不足、施工冗余工序增多，埋下基坑沉降、边坡失稳的施工隐患。

2.3 现场管控执行偏差的成因分析

深基坑支护施工现场管控的执行偏差，多源于现场管控体系落地衔接的漏洞与精细化管理的缺失，支护施工各工序的动态管控未能贴合场地实际工况推进。施工现场专职管控人员的岗位职责划分存在模糊区域，基坑土方开挖、支护结构搭设、防水施工等交叉工序的管控标准未落实到具体作业环节，粗放式管控模式导致工序施工参数偏离设计规范要求。现场动态巡查、工序核验、质量复检等管控机制流于形式，针对基坑边坡位移、支护结构沉降、地下水水位变化等关键监测数据的核查频次不足，异常数据未能及时捕捉并联动调整施工方案。同时，作业班组的标准化施工落实度参差不齐，管控环节缺乏针对性的过程监督与约束，隐蔽工程施工的管控盲区较多，叠加现场施工环境复杂、设备运维不到位等因素，持续引发各类施工执行偏差问题。

3 深基坑支护施工技术优化举措

3.1 细化地质勘察完善基础数据

深基坑支护作业的稳定管控与施工测控水准依靠精细化场地地质调研成果作为基础依托，传统浅层踏勘手段很难适配复杂基坑建设工况，场地内部分层分片勘察作业成为必要实施内容^[3]。场地勘察内容囊括基坑边界以内地层构造、岩土力学指标、含水比例、透水指标等多项岩土实测内容，各类软弱夹层、岩溶空洞以及地下水赋存范围和发育体量均可依托勘察工作完成实地摸排。场地周边预埋管线、既有构筑物基底、地表水流通路等隐性环境要素同样纳入摸排范畴，分段整理各处地层差异化实测资料。各类精密勘测仪器实地撮取现场实测信息，岩土试样送检试验完善物性判定，汇总全部场地地质实测资料弥补传统勘察的数据疏漏，支护构件选型、参数整定以及施工方案编制均可依托完整勘测资料落实。

3.2 新型支护工艺的参数优化与流程重构

全新深基坑支护施工技术依托现场岩土勘测成果完成参数精准校准，基坑实际开挖深度、土体含水率、地下水埋藏标高与周边构筑物附加荷载成为支护方案选型核心参照条件。作业人员结合场地实况优化支护桩截面规格、布桩间距、锚索张拉应力及喷射混凝土面层厚度等核心参数，摒弃传统套用定型参数的粗放做法，适配多变复杂的基坑地质与周边环境。依托数字化管控体系梳理全流程施工部署，破解传统施工工序错乱、衔接滞后等常见问题，对钻孔清孔、钢筋笼安放、混凝土浇筑、锚索安装、坡面防护全工序重新划分作业区段，删减无效冗余工序（见图1）。配套搭建现场动态监测网络，依托土体沉降位移、支护结构内力变化等实时监测数据动态修正设计参数与施工计划，持续优化施工方案，从源头把控基坑支护成型质量，提升深基坑施工安全管控与现场施工综合效率。



图1 深基坑支护施工优化流程图

3.3 数字化全程监督管控机制构建

依托物联网、大数据及智能传感技术搭建深基坑支护施工专属数字化管控平台，支护结构施工、基坑开挖、工况运维各阶段运行状态纳入动态监测与智能管控范畴。基坑支护桩、锚索、支撑体系等关键布设点位加装高精度应力、位移、沉降智能传感元件，现场支护结构形变、土体滑移、地下水水位波动等关键施工数据经由硬件装置不间断采集，采集所得信息自动传输至平台管控终端开展分项研判。平台参照深基坑既定设计指标与安全临界数值，异动超标数据触发自动化预警机制，潜藏于施工环节的各类细微风险得以快速甄别，各类施工工序台账、现场机具运转参数、场地气象环境指标统一归集录入系统数据库，现场全流程施工轨迹留存备查且直观呈现，传统人工巡检自带的滞后、实测偏差等固有短板得到妥善化解，深基坑支护现场作业管控规范程度与整体安全管控水准获得全方位夯实。

4 优化技术的工程实践应用成效

4.1 优化技术现场实施关键工序与控制要点

深基坑支护优化技术现场实施以精准的前期勘测为基础，依托场地岩土勘察数据、地下管线分布情况及基坑周边构筑物参数，精准划定支护施工作业边界，匹配适配的优化支护结构

形式^[4]。施工过程中重点把控支护构件定位、成孔施工、材料布设及加固成型等核心工序,严格校准构件安装的垂直度、水平度及间距参数,杜绝构件偏移、错位等施工缺陷。成孔作业需根据土层湿度、硬度动态调整钻进速率与孔径参数,及时清理孔内渣土、积水,保障孔壁完整稳定。支护主材及加固辅材需按规范标准完成现场核验与配比施工,构件拼接、焊接及锚固节点的施工质量全程受控,同步落实实时监测机制,动态把控基坑土体变形、支护结构应力变化,保障各工序施工精度与整体施工稳定性。

4.2 施工安全与质量提升效果

采用组合式支护体系后,基坑变形控制取得显著成效。青岛胶州湾第二海底隧道明挖段采用分区承载的复合围护方案,在淤泥质软土与富水砂层复杂地层中,围护结构最大水平位移实测值为10.81mm,远小于规范预警值。福建某深基坑工程经桩锚支护参数优化后,桩身水平位移峰值降至9.63mm,坑外地表沉降峰值为5.13mm,较优化前分别减少11.6%和7.0%。福州市医院新院二期工程采用钻孔灌注桩与土钉墙组合方案,桩体水平位移最大值仅2.5mm,坡面变形控制在3mm以内,坡脚累计沉降小于6mm,工期缩短18天,节约成本150万元。滁合高速元山水库大桥基坑增设斜支撑围檩后,围护结构顶部水平位移由每天5mm降至1mm,变形速率显著降低。以上数据充分证明优化后的支护技术在控制基坑变形、保障施工安全方面效果显著。

4.3 工程施工综合效益提升分析

深基坑支护优化技术的实际落地运用,能够切实提升建筑

工程基坑施工的整体综合效益,改善传统基坑施工模式下资源利用低效、物料损耗严重的行业难题。改良后的支护体系能够结合场地地质实况与周边构筑物分布状态完成参数适配,削减钢材、混凝土等核心施工材料的无效损耗,控制工程材料投入开销与施工废弃物的产生总量。精细化的标准作业模式可适配基坑开挖、支护成型、结构养护等多道施工环节的衔接配合,缩减各施工环节的间隔空档,规避传统施工模式下常见的工序阻滞与二次修整问题,缩减基坑施工整体耗时^[5]。新型优化支护体系具备更优的结构稳定性与形变管控能力,弱化基坑坍塌、土体偏移、周边管线损毁等各类施工风险,减少工程质量修补与安全处置的各类开销,优化现场施工整体环境,全方位兼顾工程建设的经济、安全与生态建设价值。

5 结语

深基坑支护作为建筑地下工程施工的核心关键技术,其施工质量与管控水平直接决定基坑工程安全、施工质量及综合效益。针对当前支护施工中地质适配性差、传统工艺适配局限、监测管理体系不完善等突出问题,通过细化精细化地质勘察、优化支护工艺参数与施工流程、搭建数字化全程管控体系等多项优化手段,可有效破解复杂地质与多变工况下的基坑施工难题。各类工程实践表明,优化后的支护技术能够精准控制基坑变形、提升支护结构整体稳定性,显著降低施工安全隐患。同时,精细化、数字化的施工模式可有效节约工程耗材、压缩施工工期,实现建筑深基坑施工安全、质量、效益的协同提升,为同类复杂深基坑工程施工提供可靠的技术参考与实践借鉴。

参考文献:

- [1] 丁韬.深基坑支护施工技术 in 建筑工程施工中的应用研究[J].石材,2025,(10):77-79.
- [2] 罗伟,林海强.深基坑支护技术在高层建筑施工中的应用研究[J].建筑机械化,2025,46(7):56-59.
- [3] 郭亮.建筑施工中深基坑支护技术的实践应用[J].建材发展导向,2025,23(7):88-90.
- [4] 李花卉.深基坑支护施工技术 in 房屋建筑工程施工中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(31):120-122.
- [5] 陈超,曹辉.建筑工程中深基坑支护施工技术的应用分析[J].中华建设,2024,(12):147-149.