

建筑工程中深基坑支护施工技术与管理策略

史晋皖

(安徽柘鑫建设集团有限公司, 安徽 合肥 230031)

摘要 城市化进程的加速使越来越多的人口向大城市流动, 对住房和城市设施的需求急剧增加, 为满足城市发展需求, 高层建筑、地下建筑这类高效利用土地资源的工程项目数量越来越多, 而与之对应的深基坑工程的规模与深度也快速增加。建筑深基坑施工需要考虑到既有的建筑、地下管线等多重因素, 对其支护技术提出了更高要求。与此同时, 软土地基、高水位地层等复杂地质情况也必须作为一项重点因素加以考虑。本文从深基坑支护的施工管理核心策略出发, 针对当前深基坑支护施工的技术性问题, 探讨施工技术的具体优化策略, 以期为促进现代化城市建设提供参考。

关键词 建筑工程; 深基坑支护技术; 刚性支挡结构; 柔性支护体系; 复合型支护技术

中图分类号: TU47

文献标志码: A

DOI:10.3969/j.issn.2097-3365.2025.22.031

0 引言

我国的深基坑支护技术已形成以地下连续墙、复合土钉墙、桩锚联合支护等为主体的综合性体系, 并朝着智能化、绿色化的方向不断发展。尤其是 GPS、光纤传感和物联网等智能数字技术的引入, 大幅度提高了深基坑支护施工的变形与应力的实时监测能力。但技术标准区域化不足、施工管理粗放、监测数据滞后等问题依旧存在, 并严重影响深基坑工程的整体施工质量。基于此, 加快优化深基坑支护技术, 完善支护施工的管理策略具有重要的现实意义。

1 深基坑支护技术的分类

深入了解深基坑支护技术的类型是工程实践中正确选择合适的支护技术的重要前提。当前比较常见的支护技术体系可划分为刚性支挡结构、柔性支护体系、复合型支护技术以及特殊地质条件下的专项技术四大类型, 每种技术适配的综合地质条件、环境约束、经济性及施工可行性等条件存在一定的差异。

1.1 刚性支挡结构

排桩支护与地下连续墙是刚性支挡结构的典型代表, 也是工程实践性最为常见的两种刚性支挡结构。排桩支护通过灌注桩或预制桩构建出一道连续墙体, 能够满足严格的墙体控制需求。地下连续墙也具有较高的刚度和较强的防渗性, 能够满足复杂水文环境中工程的支挡要求^[1]。但这类技术对施工精度要求较高, 在现代工程项目中普遍使用 BIM 建模对墙体厚度与支撑布置进行优化。

1.2 柔性支护体系

柔性支护体系通常以土钉墙和锚杆技术为主。土钉墙以原位土体加固形成复合结构的模式成本较低, 但受到地质条件的较大限制, 这种方式仅适用于黏土或密实砂土地层, 并且开挖深度通常一般不超过 12 m。锚杆支护通过在岩土体中钻孔、安装锚杆并施加预应力, 以增强岩土体自身稳定性和承载能力, 一根锚杆的抗拔力最高可以达到 500 kN, 而且能够更好地适应周边已经存在建筑物的工程, 但在使用这一技术时, 需要做好注浆密实度控制和变形监测, 避免水土流失导致结构失效。

1.3 复合型支护技术

复合型支护技术是将不同的支护结构组合到一起, 使支护结构能够同时满足不同的功能性需要。比如 SMW 工法桩同时具备止水功能和良好的受力特性, 这种支护技术能够很好地适应软土地区的工程建设需要。桩锚联合支护使用排桩承担侧向压力, 以锚索提供拉力, 实现深层土体荷载的平衡^[2]。复合型支护技术明显具有更强的适应性, 但其应用技术要求也是最高的, 需要借助三维数值模拟验证结构的协同性, 确保支护技术能够满足工程的质量要求。

1.4 专项支护技术

在一些特殊地质和特殊环境的深基坑工程施工中, 往往需要采用专项技术。在淤泥质土层使用高压旋喷桩加固, 通过二次注浆提升桩体密实度; 对于富水砂层, 则通过使用止水帷幕配合降水井, 如沿海地区常用的三重管旋喷桩构建的连续防渗墙。除此之外, 在深度

超过30 m的超深基坑中，开始广泛地使用智能化监测技术、斜桩撑技术等新型技术，能够实时跟踪锚索应力衰减，对支撑布置进行整体优化。

2 深基坑支护施工管理核心策略

深基坑支护施工管理的核心目标是保证施工整体质量和施工效率，确保工程能够保质保量地如期交付，并做好施工过程中的风险防范，减少乃至杜绝安全事故的发生。而要达到这一系列目的，需要将科学、精细的管理贯穿工程的整个周期，通过多维度协同控制，优化复杂环境下的风险防控。

2.1 前期设计优化

深基坑支护施工的全过程管理必须包括工程建设开始之前的前期准备。在工程施工开始之前，组织专家团队对支护方案的可行性展开论证，结合三维地质模型与BIM技术模拟支护方案的施工过程和最终效果，确保支护结构设计的各项参数能够与工程范围内的地质条件、周边建筑物荷载以及地下管线的分布情况相匹配。在此基础上，进一步编制包含支护形式、排水系统、开挖顺序的完整专项施工方案，针对施工范围内存在的软土、高水位等特殊地质条件制定差异化技术路线，降低地下水渗透引发的坍塌风险。

2.2 施工过程动态控制

深基坑支护施工是一项复杂的系统性工程，系统内部的各个环节和分支系统相互关联和影响，必须要严格遵循分层分段、先撑后挖的施工原则。在施工过程中，参照智能监测设备提供的数据，对施工参数进行实时调整^[3]。可以使用GPS与光纤传感器对支护结构的位移、土体应力等具体数据进行连续监测，当某一项数值的变化速度超过预警阈值时，立即启动应急预案，暂停开挖作业并强化支撑，将支护结构变形控制在合理范围内。对于关键工序质量要提出更高的标准，如对锚杆注浆密实度进行超声波检测验证、地下连续墙接头处采用高压旋喷桩二次止水等，要确保支护结构的防渗性能达到设计标准。

2.3 风险与生态问题管控

生态问题实际上已经成为现代工程建设过程中的重要风险点之一，和安全事故、工期延误等传统工程风险类型一样，生态风险也会影响工程质量，提高工程施工成本，最终影响工程的综合效益。针对深基坑支护施工可能存在的安全、生态等风险，要建立从预防到响应再到处理的三级管理体系。预防环节要求施工单位做好速凝剂、钢板桩等应急物资的储备，并做好塌方、管涌等紧急事件的处理预案。响应环节则要求提高施工单位的巡查和反应能力，将风险巡视和预

警责任落实到个人，进而提高风险处理措施的效率。

2.4 强化施工队伍建设

深基坑支护施工队伍建设可以从技术强化和人员素养提升两个方面入手。现代化智能技术为深基坑支护施工提供了高效便捷的新工具，施工方要提高对BIM+GIS协同平台的使用能力，实现支护结构动态模拟与进度可视化，并结合无人机巡检快速识别基坑边坡裂缝等隐患。针对施工的参与人员，通过专项培训提升施工人员对新型材料的认识，提高对智能设备的操作熟练度，并建立技术交底、过程监督和成果验收全过程管理模式，避免由于人为的操作失误导致工程出现质量缺陷。

3 当前深基坑支护施工技术与管理中存在的问题

3.1 设计阶段的理论与实践脱节

深基坑支护设计是保证工程进度顺利推进，工程质量达到预期的重要前提。但许多施工单位完全忽视了施工前设计的重要性，存在勘察数据不精准、计算模型简化过度等问题。一些施工单位由于对地质勘探深度不足，而为了节省时间，盲目地套用相似工程的地质参数，直到施工推进时才发现支护结构的设计与实际地质条件并不匹配，这类问题不仅会导致工期延误，严重时甚至有可能引发局部坍塌事故。由于缺乏对工程建设全过程的影响因素的全面考量，导致在施工过程中设计的变更频繁。同时，施工单位缺乏动态调整机制，如在复杂城区施工时，没有及时地获取地下管线的最新分布情况，导致支护方案被迫不断地调整，不仅增加了成本与工期压力，还留下了更大的安全隐患。

3.2 施工过程质量控制薄弱

深基坑支护施工对整个工程建筑的质量影响非常关键，必须要做到对施工环节的层层把关和严格审查。但当前一些深基坑支护施工单位存在一定的材料把关不严、工艺执行偏差等问题，由此导致的钢筋强度不足、混凝土配比失准等问题屡见不鲜，直接影响了支护结构承载力。而在施工的关键工序，如土方开挖施工上，没有严格地遵循“分层分段”原则，经常出现超挖的问题，大大增加了边坡的失稳风险，一旦因此出现支护桩位移超限，就不得不临时追加支撑^[4]。

3.3 智能化监测与风险预警滞后

一些深基坑支护施工单位还在使用传统的监测手段，过于依赖人工进行数据采集，而人工采集的一大缺陷就是时效性差、精度不足。例如：当前在许多深基坑支护施工中普遍使用的全站仪等间断式监测，并不能及时地捕捉支护结构的动态变形。同时，还有部

分施工单位存在明显的风险防控体系碎片化，虽然制定了应急预案，但却没有认真演练，一旦真的爆发风险，响应和处理速度都远远达不到预期。

3.4 环境保护与绿色施工短板

绿色生态理念是现代工程项目施工的基本遵循，也是建筑行业发展转型的必然要求。深基坑支护施工中还存在突出的泥浆排放、噪声污染等问题。为了降低成本，有些深基坑工程没有配置泥浆循环系统，直接将泥浆排放到周边的环境中，最终进入附近的水源，造成大面积的水体污染。还有一些工程没有使用低噪音设备，高强度的施工振动引发邻近建筑墙体开裂。此外，新型环保材料的应用率不足，大部分深基坑支护施工仍然依赖传统钢材，也是导致深基坑工程施工的资源消耗与碳排放居高不下的重要原因。

3.5 管理体系与人员素质瓶颈

许多深基坑支护施工项目都将工程管理的重点放到了工程的进程调度上，而忽视了对各施工部门内部的精细管理，导致部门之间的协同效率低下，设计、施工、监测三方信息共享不畅，导致现场施工与设计方案频繁发生冲突。人员培训体系不健全也暴露出当前一些深基坑工程中的管理问题，部分施工人员对智能设备缺乏了解，甚至出现注浆压力设置错误等低级失误，增加了大量的施工纠错成本。

4 深基坑支护施工技术与管理的优化策略

4.1 推动支护施工设计精细化

施工设计是深基坑支护施工的首要环节，也是基础性的环节。需要施工设计人员依托三维地质模型与BIM技术构建数字化设计平台，整合地质勘察、周边环境及荷载参数，通过有限元分析模拟支护结构受力状态，改变传统支护施工的粗放式、经验化设计模式。针对软土、高水位地层等一系列复杂地质条件，积极推动如玻璃钢复合材料、再生混凝土桩风新型材料的应用，以更好性能的材料优化支护结构，提升支护结构的抗渗性与耐久性^[5]。

4.2 施工过程全流程管控

施工过程的全流程管控需要提高施工单位的动态调整能力，完善施工过程的质量追溯体系。在施工时，要严格遵循施工设计方案的施工顺序和各工序的施工要点，结合物联网平台实时采集工程数据，实现施工参数的智能纠偏。在地下连续墙接头防渗处理、土钉注浆等关键工序中，引入超声波检测、高压旋喷技术等新型施工技术，严格审查并不断优化施工品质^[6]。同时，要在工程项目中建立健全风险防范体系，做好

应急物资的储备，完善常见风险点和安全事故的应急机制和处理方案，并做好日常培训和演练工作。

4.3 提高智能化监测水平

要充分利用现有的智能化工具，以完善的信息数据推动项目工程的风险防控能力的提升。在深基坑支护施工中积极推广光纤传感、三维激光扫描和无人机巡检技术，实时把握支护结构、地下水位的变化，并设置自动触发预警，以AI算法分析监测数据，提高风险防范的时效性。同时，进一步完善BIM+GIS协同管理平台，整合设计、施工与监测数据，动态优化支护方案。

4.4 贯彻绿色生态施工理念

要将绿色生态施工理念贯穿于项目建设部全过程。在施工环节，应当尽量采用泥浆循环系统与低噪声设备，减少泥浆排放与振动污染。积极推广再生混凝土桩、碳纤维锚杆等环保材料，结合地下连续墙泥浆零排放技术，降低资源消耗与碳排放。

4.5 强化施工队伍建设

要充分重视施工参与人员的素质提升，将人员管理作为工程管理体系建设的重点内容。主动引进第三方质量检测机制，建设动态化信息管理系统，针对施工过程中存在的人员操作不规范问题，开展智能设备与新型工艺的专项培训，提升施工人员的技术熟练度。

5 结语

深基坑支护施工是现代建筑工程的重点环节，关系到城市发展的质量。因此，要进一步优化建筑施工中深基坑支护的施工技术与管理策略，以数据为核心驱动，融合精准设计、智能施工、实时监测与绿色创新，构建覆盖勘察、设计、施工、运维的全生命周期管理体系，推动深基坑工程向安全、高效、可持续方向发展。

参考文献：

- [1] 他德龙.住宅建筑施工中深基坑支护的施工方法及管理措施[J].居舍,2024(12):41-44.
- [2] 柯桂斌.建筑施工中深基坑支护的施工技术与管理[J].城市建设理论研究(电子版),2023(32):120-122.
- [3] 汤兵.建筑施工中深基坑支护的施工技术与管理[J].广东建材,2023,39(11):111-113,48.
- [4] 宋茂兴.建筑工程施工中深基坑支护施工技术管理研究[J].居舍,2023(30):65-68.
- [5] 火贤昌.建筑施工中深基坑支护的施工技术与管理[J].居舍,2022(14):72-74.
- [6] 魏奇斌.探究建筑工程施工中深基坑支护的施工技术措施[J].四川水泥,2021(07):246-247.