

建筑施工中深基坑支护技术的优化应用研究

肖 威

武汉恒创工程技术服务有限公司 湖北 武汉 430000

摘 要: 随着城市化进程加快,高层建筑与地下工程激增,深基坑支护工程的安全性、经济性与适用性愈发关键。本文结合深基坑支护核心理论与常用技术特点,分析当前支护选型不合理、参数设计不科学、施工不规范及管控不足等问题及成因,从选型、设计、施工、监测四个维度提出针对性优化策略,结合先进技术提升支护可靠性,降低施工风险与成本,为建筑施工中深基坑支护技术的优化应用提供理论参考与实践指导。

关键词: 建筑施工;深基坑支护技术;优化应用

引言: 当前城市建筑向高层化、地下化发展,深基坑开挖深度不断增加,地质条件与周边环境愈发复杂,传统支护技术已难以适配工程需求,支护失效引发的安全事故时有发生。深基坑支护作为保障基坑及周边环境安全的核心环节,其技术优化对工程质量、施工安全及成本控制具有重要意义。基于此,本文聚焦建筑施工中深基坑支护技术的优化应用,梳理现存问题、剖析成因并提出优化方案,助力提升支护工程整体水平。

1 建筑施工中深基坑支护相关理论与技术基础

1.1 深基坑支护核心概念与分类

(1) 核心概念: 深基坑界定需结合工程地域、地质条件及规范要求,通常指开挖深度 $\geq 5\text{m}$ 或虽不足 5m 但地质复杂、周边有重要建筑物、地下管线的基坑。支护工程核心功能包括承载基坑周边土体压力、阻挡地下水渗透、抵抗结构变形,防止基坑坍塌及周边环境破坏。安全等级按破坏后果严重程度分为一级、二级、三级,一级对应破坏后果严重,二级对应后果较严重,三级对应后果不严重,不同等级对应不同的设计与施工要求。(2) 支护类型分类: 按结构形式主要分为四类,桩锚支护适用于地质条件较好、开挖深度较大且周边需保护建筑物的场景;地下连续墙适用于软土地质、地下水丰富或周边环境敏感的深基坑;土钉墙适用于土质较好、开挖深度较浅(通常 $\leq 12\text{m}$) 且周边无重要构筑物的基坑;复合支护结合多种支护形式优势,适用于地质复杂、开挖深度大的特殊基坑^[1]。

1.2 深基坑支护核心理论

(1) 土压力理论: 主动土压力是基坑开挖后,土体向基坑内侧变形产生的对支护结构的压力,计算需结合土体重度、内摩擦角等参数;被动土压力是支护结构向土体一侧变形时,土体产生的反作用力,是支护结构的重要承载力来源。不同地质条件下,黏性土需考虑黏聚

力影响,砂性土重点关注内摩擦角,软土需考虑蠕变特性,合理取值确保计算准确性。(2) 支护结构受力分析理论: 内力计算主要采用弹性地基梁法、极限平衡法,计算支护结构的弯矩、剪力;位移计算重点分析水平位移与竖向沉降,避免位移超标。稳定性验算核心要求包括抗倾覆、抗滑移、整体稳定性及基坑隆起验算,确保支护结构在各种工况下均能保持稳定。

1.3 常用深基坑支护技术特点与应用条件

(1) 传统支护技术: 桩锚支护施工流程为钻孔、成桩、安装锚杆、张拉锁定,优势是承载力高、变形小,局限性是施工周期长、成本较高;土钉墙支护施工流程为开挖、修坡、钻孔、插筋、注浆、喷射混凝土,优势是施工简便、成本低,局限性是适用深度有限,对土质要求较高。(2) 新型支护技术: 地下连续墙施工振动小、墙体刚度大、止水效果好,适用于软土、地下水丰富及周边环境敏感的深基坑;型钢内支撑可回收利用、施工灵活,能有效控制基坑变形;永临结合换撑将临时支护与永久结构结合,减少材料浪费,降低施工成本,适用于大型深基坑工程。

2 建筑施工中深基坑支护技术现存问题及成因分析

2.1 深基坑支护技术应用现存主要问题

(1) 支护类型选型不合理: 部分施工单位未结合工程实际地质条件、周边环境及基坑开挖深度精准选型,盲目采用经验化支护形式,导致支护效果不佳或成本浪费。例如,软土地质中盲目采用土钉墙支护,易出现土体失稳、基坑坍塌隐患;而地质条件较好的基坑采用成本较高的地下连续墙支护,造成不必要的材料与资金浪费,违背“因地制宜”的选型原则。(2) 支护参数设计不科学: 桩长、桩径、锚杆间距、注浆压力等核心设计参数取值不合理,要么过于保守导致材料浪费,要么取值偏小存在严重安全隐患。部分设计人员未结合现场地

质勘察数据精准计算,仅凭规范常规值设计,如桩长不足无法有效穿透软弱土层,锚杆间距过大导致支护结构受力不均,易引发支护结构变形、开裂等问题^[2]。(3)施工工艺不规范:施工过程中开挖与支护衔接不当,存在“先开挖后支护”“超挖超时”等现象,导致基坑土体长时间暴露,引发土体蠕变、坍塌;注浆工序不规范,存在注浆不饱满、注浆压力不足等问题,降低锚杆、土钉的抗拔力;换撑措施不到位,临时支撑拆除过早或换撑结构强度不足,易导致支护结构位移超标。

2.2 支护施工质量与安全管理问题

(1) 质量管控漏洞:施工过程中材料质量把控不严,部分进场的钢筋、水泥、锚杆等材料未达到设计标准,如钢筋锈蚀、水泥强度不足,直接影响支护结构的强度与耐久性;工序验收不严格,对钻孔精度、成桩质量、注浆效果等关键工序未进行全面检测,存在“走过场”现象,导致隐蔽工程质量隐患无法及时发现。(2) 安全管理不足:基坑监测体系不完善,未根据基坑安全等级设置合理的监测点位,对基坑水平位移、竖向沉降、钢支撑轴力、地下水位等关键指标监测不到位、不及时;预警机制不健全,未明确预警阈值,监测数据异常时无法及时发出预警,也未制定针对性的应急处置措施,易导致小隐患扩大为安全事故。

2.3 现存问题的成因分析

(1) 技术层面:地质勘察精度不足,勘察范围、深度未满足设计要求,对地下水位、软弱夹层等关键地质参数勘察不全面,导致设计依据失真;数值模拟与实际工况脱节,设计过程中未充分考虑施工扰动、环境荷载等因素,优化设计缺乏针对性,无法适配现场复杂工况。(2) 管理层面:施工人员专业素养不足,部分作业人员缺乏深基坑支护相关专业知识与操作技能,违规施工现象频发;管理制度不健全,质量与安全管控责任未落实到人,各施工工序协同管控不到位,存在“各自为政”的情况,无法形成全方位的管控体系^[3]。(3) 环境层面:城市建筑密集区施工空间受限,深基坑周边多有既有建筑物、地下管线,支护施工需兼顾周边环境安全,增加了支护设计与施工的难度;同时,城市地下水分布复杂、周边振动干扰等因素,也进一步加剧了支护技术应用的复杂性,易引发各类问题。

3 建筑施工中深基坑支护技术的优化策略

3.1 支护类型选型优化

(1) 选型原则:支护类型的合理选型是深基坑支护工程安全、经济、高效实施的前提,需摒弃传统经验化选型模式,结合工程地质勘察结果、基坑开挖深度、周

边环境敏感程度、施工工期要求及成本预算等多方面因素综合考量。优先采用多目标模糊决策方法,将安全性、适用性、经济性、时效性作为核心评价指标,通过量化分析不同支护类型的优缺点,对各类支护形式进行综合评分,最终筛选出最优选型方案,既避免因选型不当导致的支护失效、安全事故,也防止过度设计造成的材料与资金浪费,实现多目标平衡。(2) 选型优化路径:针对不同地质条件与施工环境,制定差异化、个性化的支护类型组合方案,确保选型与工程实际高度适配。软土地质承载力低、渗透性强、易发生蠕变,优先选用地下连续墙结合型钢内支撑的组合形式,兼顾止水效果与抗变形能力;砂卵石地质土体稳定性较差、渗透性强,采用桩锚支护与土钉墙复合支护,利用桩锚支护抵御土体侧压力,借助土钉墙增强土体整体性,提升基坑稳定性。城市密集区周边有重要建筑物、地下管线,施工空间受限且对施工扰动要求高,选用振动小、止水效果好的地下连续墙或SMW工法桩支护;郊区地质条件较好、施工空间充足,可采用土钉墙或简易桩锚支护,在保证安全的前提下兼顾施工效率与经济性。

3.2 支护参数与设计优化

(1) 核心参数优化:依托先进的数值模拟技术,构建与工程实际工况高度契合的有限元计算模型,精准模拟不同参数组合下支护结构的内力分布、位移变化及整体稳定性,以此优化桩长、桩径、锚杆位置与预应力、换撑节点等关键设计参数。结合地质分层特点优化桩长,确保桩端穿透软弱夹层,满足设计承载力要求;合理调整桩径与间距,避免局部应力集中;优化锚杆的布置位置、长度及预应力值,使支护结构受力均匀,有效控制基坑变形;细化换撑节点设计,明确换撑时机与施工流程,确保换撑过程中支护结构位移控制在规范允许范围内,杜绝参数不合理导致的安全隐患与材料浪费^[4]。(2) 设计方案优化:引入三维地质建模技术,整合地质勘察数据、周边环境信息、主体结构设计参数及施工工艺要求,构建全维度、可视化的三维地质与支护结构模型,直观呈现基坑地质条件、支护结构与周边环境的空间关系,便于及时发现设计中的不合理之处并针对性调整。积极推动支护结构与主体结构永临结合设计,将临时支护的型钢内支撑、地下连续墙等构件,与主体结构的地下室墙体、框架柱等永久构件有机结合,减少临时支护材料的投入与拆除工作量,降低施工成本;同时优化支护结构与主体结构的衔接节点,提升整体结构的协同性与稳定性,实现设计合理性、安全性与经济性的三重提升。

3.3 施工工艺与施工过程优化

(1) 施工工艺优化: 针对传统施工工艺存在的短板, 重点改进注浆工艺与成槽工艺, 采用高压旋喷注浆、二次注浆等先进技术, 严格控制注浆压力、注浆量与注浆速度, 确保注浆饱满度, 提升锚杆、土钉的抗拔力与支护结构的整体性; 优化成槽工艺, 采用液压抓斗成槽机配合超声波检测技术, 精准控制成槽精度与垂直度, 减少墙体渗漏、露筋等质量隐患。严格规范分层开挖与支护衔接流程, 坚持“分层开挖、分层支护、限时完成、严禁超挖”的原则, 合理划分开挖分层厚度与范围, 避免土体长时间暴露引发蠕变、坍塌; 引入微扰动施工技术, 如静态破碎、低振动钻孔、分段施工等, 减少施工对周边土体及建筑物、地下管线的扰动, 降低施工风险。

(2) 施工过程管控优化: 建立BIM技术协同施工体系, 将支护设计方案、施工进度计划、工序验收标准、安全管控要求等信息整合到BIM模型中, 实现各施工环节的可视化、协同化管理, 明确各工序的施工标准、操作规范与验收要求, 避免违规操作。加强施工过程中的工序管控, 对钻孔精度、成桩质量、注浆效果、换撑施工等关键工序实行全过程旁站监督, 严格执行“三检制”, 不合格工序严禁进入下一环节; 加强施工人员专业培训, 普及深基坑支护相关技术规范与操作要点, 提升施工人员的专业素养与操作水平, 确保施工工艺落实到位、施工质量符合设计要求^[5]。

3.4 监测与安全预警体系优化

(1) 监测体系优化: 结合基坑安全等级、地质条件及周边环境敏感程度, 科学合理布置监测点, 确保监测点全面覆盖基坑周边土体、支护结构、周边建筑物及地下管线, 实现全方位、无死角监测。引入光纤传感、北斗定位等智能化监测技术, 替代传统人工监测模式, 实现基坑水平位移、竖向沉降、钢支撑轴力、地下水位、土体孔隙水压力等关键指标的实时监测、数据自动采集与无线传输, 大幅提升监测效率与数据准确性, 避免人工监测的滞后性与人为误差。建立监测数据存储与分析系统, 对监测数据进行实时整理、分析与对比, 及时发现数据异

常趋势, 为支护结构安全评估提供精准依据。(2) 安全预警优化: 根据基坑地质条件、支护类型、安全等级及周边环境, 设定科学合理的监测预警阈值, 明确一级、二级、三级预警标准, 区分不同预警级别对应的处置流程与责任分工。建立监测数据实时反馈机制, 监测数据达到预警阈值时, 立即通过声光、短信等方式发出预警信号, 同步将数据反馈至施工、设计、监理、建设等相关单位, 确保相关人员及时掌握异常情况。完善应急预案, 针对基坑坍塌、墙体渗漏、周边建筑物沉降超标等突发情况, 制定针对性的应急处置措施, 配备充足的应急物资与设备, 定期开展应急演练, 提升施工人员的应急处置能力, 确保异常情况发生时能够及时、有效处置, 最大限度降低安全事故损失。

结束语

本文围绕建筑施工中深基坑支护技术的优化应用展开系统研究, 明确了支护技术的核心要点与现存问题, 提出的选型、设计、施工及监测优化策略, 可有效弥补传统技术短板, 实现支护工程安全、经济与高效的统一。由于研究条件有限, 部分优化策略的长期应用效果仍需进一步验证, 后续将结合实际工程案例持续完善, 为深基坑支护工程的规范化、智能化发展提供更具针对性的支撑。

参考文献

- [1]张靖边,黄娜.节能环保技术在建筑施工中的应用[J].佛山陶瓷,2023,33(12):87-89.
- [2]柯上林.绿色建筑施工废弃物低碳处理措施[J].低碳世界,2023,13(10):64-66.
- [3]焦永胜.建筑施工中深基坑支护技术进展[J].石河子科技,2025,(03):54-56.
- [4]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(07):88-90.
- [5]何书龙,黄绪龙.高层建筑施工中深基坑支护技术研究[J].新城建科技,2025,34(03):167-169.