

高层建筑深基坑支护施工技术及应用研究

沈晓奎

中交建筑集团第一工程有限公司 江苏 南京 210000

摘要:随着城市化进程加快,高层建筑迅猛发展,深基坑工程数量激增且施工难度提升,支护施工的安全性与适用性成为工程核心。本文界定深基坑及支护核心概念,阐述相关理论基础,分类介绍桩锚、地下连续墙等支护技术及适用条件,分析施工工艺要点与质量安全控制措施,结合工程案例验证技术可行性,总结常见问题及解决对策,为高层建筑深基坑支护施工提供理论参考与实践指导,助力提升工程施工质量与安全水平。

关键词:高层建筑;深基坑支护;施工技术;应用

引言:当前我国高层建筑向高空与地下双向发展,深基坑开挖深度不断增加,地质水文条件及周边环境愈发复杂,易引发土体坍塌、管线损坏等安全隐患,严重影响工程进度与周边安全。深基坑支护作为保障施工安全的关键环节,其技术选型与施工质量直接决定工程成败。基于此,本文围绕高层建筑深基坑支护施工技术展开研究,结合理论与工程实践,探讨技术应用要点与管控措施,解决实际施工难题,具有重要的工程实践意义。

1 高层建筑深基坑支护相关理论与技术基础

1.1 深基坑工程核心概念界定

(1) 深基坑的定义与划分标准:结合现行规范,明确高层建筑深基坑指开挖深度 $\geq 5\text{m}$ 的基坑,或开挖深度虽 $< 5\text{m}$,但地质条件、周边环境复杂,可能引发坍塌、变形等风险的基坑,范围界定需结合建筑红线、地下结构布局及施工场地条件综合确定。(2) 深基坑支护的核心作用:核心是保障基坑开挖及地下结构施工期间的土体稳定,有效抵御土体坍塌、渗水、管涌等隐患,同时保护周边既有建构筑物、地下管线及市政设施的安全,避免因基坑变形引发次生灾害。(3) 深基坑支护的核心要求:以安全性为首要原则,兼顾经济性、适用性、环保性及施工便捷性,确保支护方案适配现场条件,施工高效可行,兼顾成本控制与环境影响^[1]。

1.2 深基坑支护相关理论基础

(1) 土力学理论:核心包括土体抗剪强度指标的确定、土压力计算(主动土压力、被动土压力的计算方法及适用场景),以及基坑开挖过程中土体的沉降、位移等变形规律,为支护结构设计提供理论依据。(2) 支护结构力学原理:重点分析支护结构在土压力、水压力作用下的受力状态,进行承载能力计算及整体稳定性、局部稳定性验算,确保支护结构满足强度、刚度及稳定性要求。(3) 地下水控制理论:基于降水、止水核心原理,结

合场地水文地质条件,明确地下水控制方案的制定逻辑,通过合理降水、止水措施,控制地下水位,避免地下水对基坑施工造成不利影响。

1.3 高层建筑深基坑支护技术分类及适用条件

(1) 桩锚支护技术:适用于复杂地质、周边环境敏感区域,核心特点是支护刚度大、变形小,能有效控制基坑位移,适配中深基坑,尤其适合周边有重要建构筑物、地下管线的场景。(2) 地下连续墙支护技术:适用于深基坑、高水位及软土地区,优势是防渗性好、承载力高、整体性强,局限性是施工成本高、工艺复杂,适合对防渗要求高的深基坑工程。(3) 土钉墙支护技术:适用于粉质黏土、砂土等地质,基坑深度通常 $\leq 12\text{m}$,施工优势是工艺简单、成本较低、施工速度快,不适用于软土及地下水位较高的场地。(4) SMW工法桩支护技术:特点是施工便捷、环保性好、防渗透与支护一体化,适用于软土地区,能有效解决软土基坑的沉降问题,适配中深基坑及周边环境要求较高的工程。

1.4 深基坑支护施工的核心影响因素

(1) 地质与水文因素:土层分布均匀性、土体颗粒级配、抗剪强度等性质,以及地下水位高低、地下水类型(潜水、承压水),直接影响支护方案选择及施工安全性。(2) 周边环境因素:周边建构筑物的距离、结构类型,地下管线的分布、材质及变形敏感程度,市政道路的通行要求,均需纳入支护设计与施工考量,避免施工引发周边设施损坏。(3) 施工因素:施工工艺的合理性、施工机械的适配性,开挖坡度、支护施工时机等施工参数,以及施工管理水平,直接影响支护施工质量与基坑施工安全。

2 高层建筑深基坑支护关键施工技术及工艺要点

2.1 桩锚支护施工技术及工艺

(1) 施工准备:施工前复核场地地质勘察资料,确认土层分布、地下水位等参数与设计一致;编制专项施

工方案,明确施工流程、参数及安全措施,审批合格后实施;对钢筋、混凝土、锚杆等原材料进行进场检验,确保符合规范;对钻孔机、张拉设备等施工机械全面调试,保障施工顺利开展。(2)核心施工工艺:首先进行钻孔施工,根据设计桩位精准钻孔,控制钻孔深度与直径;随后进行钢筋笼制作与安装,钢筋笼需按设计尺寸加工,安装时确保定位准确、固定牢固;接着进行混凝土浇筑,采用导管法连续浇筑,避免出现断桩、蜂窝等质量缺陷;之后开展锚杆施工,钻孔、插杆后进行注浆作业,最后对锚杆进行张拉锁定,确保锚杆受力达标^[2]。(3)施工关键控制点:严格控制桩位偏差,确保偏差不超过规范允许范围;加强成孔质量控制,重点检查钻孔垂直度、孔径及孔深,及时处理孔壁坍塌等问题;保证注浆密实度,通过控制注浆压力、注浆量及注浆时间,确保锚杆与土体结合紧密;施工完成后对锚杆抗拔力进行检测,检测合格后方可进入下一工序。

2.2 地下连续墙支护施工技术及其工艺

(1)施工准备:先进行导墙施工,导墙采用钢筋混凝土浇筑,起到定位、导向及保护槽口的作用,确保导墙强度、平整度及轴线偏差符合要求;同时制备护壁泥浆,根据地质条件调整泥浆比重、黏度等性能,确保泥浆能有效护壁,防止槽壁坍塌。(2)核心施工工艺:采用专用成槽设备进行成槽施工,成槽过程中持续补充泥浆,控制成槽速度与槽壁稳定性;钢筋笼制作需符合设计要求,吊装时采用双机抬吊,确保钢筋笼平稳放入槽内,避免碰撞槽壁;混凝土浇筑采用导管法,导管埋入混凝土深度控制在规范范围内,实现连续浇筑,确保墙体整体性。(3)施工关键控制点:重点控制槽壁垂直度,采用超声波检测等方式实时监测,及时纠正偏差;加强接头处理,采用接头管或接头箱工艺,确保接头处混凝土密实,防止渗漏;严格控制混凝土浇筑连续性,避免出现冷缝,保障地下连续墙的防渗性与承载力。

2.3 土钉墙支护施工技术及其工艺

(1)施工准备:先对基坑边坡进行修整,按照设计坡度清理边坡土体,去除浮土、杂物,确保边坡平整、稳定;对土钉、钢筋网、水泥等材料进行检验,确认材料质量符合要求,同时检查边坡坡度是否符合设计标准,避免坡度偏差过大引发安全隐患。(2)核心施工工艺:首先进行土钉钻孔,根据设计间距与角度钻孔,钻孔完成后清理孔内杂物;随后安装土钉,土钉安装后及时进行注浆作业,确保注浆饱满;接着铺设钢筋网,钢筋网与土钉牢固连接,最后进行喷射混凝土面层施工,控制喷射厚度与强度,形成完整的土钉墙支护体系。(3)施工

关键控制点:严格控制土钉间距与角度,确保符合设计要求,保障土钉受力均匀;控制注浆压力,避免压力过大导致孔壁破损,或压力过小影响注浆密实度;加强喷射混凝土强度控制,严格按照配合比搅拌混凝土,确保喷射面层平整、密实,具备足够的防护能力^[3]。

2.4 深基坑支护施工中的地下水控制技术

(1)降水技术:轻型井点降水适用于地下水位较低、土层渗透系数较小的场地,施工时按设计间距布置井点管,通过真空泵抽取地下水,降低地下水位;深井降水适用于地下水位较高、渗透系数较大的深基坑,采用深井泵抽取地下水,可有效控制地下水位至设计标高,保障基坑干燥施工。(2)止水技术:采用止水帷幕施工,常用高压旋喷桩、深层搅拌桩等工艺,形成连续的止水屏障,阻止地下水渗透;对支护结构接缝处进行专门止水处理,采用止水条、密封胶等材料,堵塞渗漏通道,防止地下水渗漏引发周边土体沉降^[4]。(3)施工关键控制点:建立完善的地下水位监测体系,实时监测地下水位变化,及时调整降水方案;严格控制降水速率,避免降水过快、过度导致周边土体沉降,影响周边建构筑物及地下管线安全,确保地下水控制效果符合施工要求。

3 高层建筑深基坑支护施工质量与安全控制及工程应用案例

3.1 深基坑支护施工质量控制体系

(1)质量控制原则:坚持“预防为主、全程管控”的核心原则,严格遵循国家现行施工规范及工程设计要求,将质量控制贯穿施工全流程,提前预判质量隐患,强化过程管控,确保支护工程质量达标,杜绝质量事故发生。(2)施工前质量控制:重点开展设计方案审核,组织专业人员核查方案的合理性、可行性及安全性,审核通过后方可实施;对钢筋、混凝土、锚杆等原材料进行严格进场检验,核对规格、型号及质量证明文件,不合格材料严禁进场;对施工人员进行全面技术交底,明确施工工艺、质量标准及操作要点。(3)施工过程质量控制:实行各工序验收制度,每道工序完成后,需经自检、互检、专检合格后,方可进入下一工序;实时监控施工参数,重点把控钻孔深度、注浆压力、混凝土浇筑速度等关键参数,及时发现并整改质量隐患,确保施工质量符合规范。(4)施工后质量检测:施工完成后,对支护结构强度进行抽样检测,确保达到设计强度要求;对锚杆抗拔力进行现场检测,检测数量及标准符合规范规定;布置监测点,持续监测基坑变形情况,确保变形量控制在允许范围内。

3.2 深基坑支护施工安全控制要点

(1) 安全管理制度：建立健全安全生产管理体系，明确各级人员安全职责，制定完善的安全应急预案及隐患排查机制，定期开展安全检查，及时排查并消除安全隐患，确保施工安全有序进行。(2) 现场安全控制：要求施工人员规范佩戴安全帽、安全带等防护用品，严禁违规作业；加强施工机械安全管理，定期对机械进行检修、维护，确保设备性能良好，操作人员持证上岗；完善基坑周边防护，设置防护栏杆、警示标志，严禁无关人员进入基坑作业区域。(3) 监测预警控制：按照规范要求合理布置监测点，实时监测基坑边坡位移、沉降及周边建构筑物、地下管线的变形情况，建立监测数据台账；当监测数据接近预警值时，及时发出预警信号，暂停施工并采取加固、降水等补救措施，防范安全事故^[5]。

3.3 高层建筑深基坑支护工程应用案例分析

(1) 工程概况：某高层建筑项目，基坑开挖深度8.5m，属于深基坑工程；场地地质以粉质黏土为主，地下水位较高，存在潜土层；基坑周边5m内有既有居民楼及地下管线，周边环境敏感，施工难度较大。(2) 支护方案选型：结合工程地质、水文条件及周边环境，对比桩锚支护、地下连续墙支护等技术，综合考虑安全性、经济性及施工便捷性，最终确定采用桩锚支护技术，搭配轻型井点降水，确保基坑稳定及周边环境安全。(3) 施工过程及控制措施：严格按照桩锚支护施工工艺实施，重点控制桩位偏差、成孔质量及注浆密实度；落实质量管控措施，每道工序严格验收；加强现场安全管理，规范人员操作及机械使用，实时监测地下水位及基坑变形，及时调整施工参数。(4) 应用效果评价：施工完成后，支护结构整体稳定，基坑变形量控制在规范允许范围内，未出现坍塌、渗漏等问题；有效保护了周边居民楼及地下管线的安全，施工成本合理，兼顾了经济效益与社会效益，验证了该支护方案的可行性。

3.4 施工中常见问题及解决对策

(1) 常见质量问题：桩位偏差、注浆不密实、槽壁坍塌等，主要原因是施工放线偏差、注浆参数控制不当、地

质条件复杂及施工人员操作不规范；针对以上问题，需加强放线复核，采用精准放线设备，优化注浆压力及注浆量参数，针对复杂地质提前采取泥浆护壁等措施，规范施工人员操作流程。(2) 常见安全隐患：基坑渗漏、支护结构失稳、监测数据异常等，针对性采取止水帷幕加固、支护结构补强、增设支撑等措施，完善监测体系，加大监测频率，发现数据异常立即停工整改，制定专项补救方案，防范安全事故扩大。(3) 优化建议：结合案例经验，建议根据场地地质及周边环境精准选型支护方案，避免盲目选用；加强施工人员专业培训及技能考核，提升操作水平；建立智能化监测体系，提高监测效率及数据准确性，同时优化施工管理流程，强化全程质量安全管控，提升深基坑支护工程施工水平。

结束语

本文系统研究了高层建筑深基坑支护施工技术及应用，明确了不同支护技术的适用场景与工艺要点，构建了完善的质量安全控制体系，通过工程案例验证了桩锚支护等技术的实用性与经济性。研究表明，科学选型支护方案、严格把控施工流程、强化全程监测管控，能有效规避施工风险。本次研究仍有不足，后续可围绕智能化支护技术、绿色施工优化等方向深入探索，为深基坑工程施工技术升级提供更多支撑。

参考文献

- [1]章荣军.深基坑支护施工技术应用与挑战[J].散装水泥,2024,(06):68-70.
- [2]徐炳进.建筑工程施工中深基坑支护的施工技术管理要点[J].住宅与房地产,2022,(3):199-200.
- [3]李文哲.高层建筑深基坑土方开挖与支护技术分析[J].现代物业,2020,(11):197-199.
- [4]柳洪强.高层建筑工程施工中深基坑支护施工技术的重要性及应用实践[J].中小企业管理与科技,2022,(13):121-123.
- [5]朱有坦.高层建筑深基坑支护施工技术要点分析研讨[J].中国住宅设施,2021,(9):136-137.