

高层建筑工程深基坑支护技术的选型与安全性评估

刘世杰

河北省第四建筑工程有限公司，河北省石家庄市，050000；

摘要：城市空间开发强度不断提升和高层建筑的普及，深基坑工程在城市建设中扮演着极为重要的角色。基坑支护作为高层建筑地基基础施工的关键技术环节，直接关系到工程安全、周边环境保护及施工进度。如何在复杂地质条件下科学选型适用的深基坑支护技术，并对其全生命周期进行安全性评估，成为当前工程建设领域关注的核心议题。本文系统梳理了高层建筑深基坑支护技术的发展现状与常见类型，深入分析了影响支护技术选型的多维因素，比较了主流支护结构的适用性、优缺点及其技术创新点。结合相关技术规范与工程实际，探讨了深基坑支护安全性评估的理论依据、指标体系与评价方法。研究认为，基于地质水文条件、基坑规模、周边环境、经济技术等综合考量的科学选型，以及全过程、动态化的安全性评估与风险管控，是高层建筑工程实现高质量、低风险施工的重要保障。文章最后提出加强标准体系建设、技术协同创新及智能化监测的对策建议，并展望深基坑支护技术的未来发展趋势。

关键词：高层建筑；深基坑支护；技术选型；安全性评估；风险管理

DOI：10.69979/3029-2727.25.08.012

引言

城市化进程的加快带来了用地的高度集约化，推动了城市高层建筑和地下空间开发的迅猛发展。高层建筑由于结构荷载大、功能复杂，往往需要开挖深度较大的基坑以满足工程安全和使用功能需求。深基坑施工过程中涉及地基稳定、土体变形、地下水渗流、环境保护等多方面问题，技术难度大、风险等级高。合理选用适合的深基坑支护技术，是保障工程顺利实施和城市安全的重要前提。近年来，随着设计理论、材料科技和施工工艺的不断进步，深基坑支护技术日益多元，安全性评估方法也更加科学与系统。然而，受制于地质条件多样、工程场地限制和外部环境变化，基坑支护方案的选型和安全管理仍面临较大挑战。本文以高层建筑工程深基坑支护为研究对象，系统分析支护技术选型原则、安全性评估体系及其优化对策，旨在为工程实践和行业管理提供理论支撑与决策依据。

1 高层建筑深基坑支护技术发展类型分析

深基坑支护技术经历了从传统重力式挡土墙到现代复合型支护体系的变革。当前常见的基坑支护技术包括重力式支护、板桩支护、土钉墙支护、锚杆支护、内支撑支护、连续墙支护、地连墙支护等多种形式。重力式支护结构施工简便、材料来源广，适用于浅基坑与场

地条件较好工程。板桩支护（如钢板桩、水泥搅拌桩）可快速施工，适合地下水丰富或空间狭小区域。土钉墙支护强调土体加固与边坡稳定的协同，可灵活适应场地变化。锚杆支护技术通过主动加固与被动抗滑相结合，适用于深度较大、土层稳定性差或周边环境敏感的场所。内支撑系统以钢管或钢筋混凝土作为支撑骨架，可反复利用、刚度大、变形小，常用于大型深基坑和特殊地质条件。地连墙和地下连续墙支护是当前超深基坑和复杂环境下的主流选择，具备良好的止水、承载和抗变形性能，能满足极端苛刻工况需求。伴随材料科学和信息化技术发展，智能张拉支撑、复合型复合支护、装配式结构等新技术逐步涌现，为基坑安全提供了更为坚实的技术保障。

2 深基坑支护技术选型的综合影响因素分析

深基坑支护技术的科学选型对保障工程质量与施工安全具有至关重要的意义。选型过程是一个多因素、多学科交叉融合的系统工程，必须综合考虑地质环境、结构设计、施工条件、周边环境影响、经济性及可持续发展等多维因素，确保技术方案的科学合理性。首先，地质与水文条件是支护技术选型的根本依据。不同土质如软土、粉质粘土、砂土等具有不同的物理力学特性，直接影响基坑的稳定性和变形规律。地下水的存在与分布状况，特别是高水位和渗透性强的地段，需要加强止

水设计和抗浮措施,否则将极易引发基坑涌水、坍塌等安全隐患。此外,地质条件的复杂性决定了支护结构的承载需求和选材方案,必须通过详细的地质勘察和水文分析,准确把握地下环境,为支护体系提供科学依据,从而避免因地质不符导致的支护失效,保障基坑施工的顺利进行。

其次,基坑的尺寸、深度、形状及其在场地上的空间分布,对支护结构的设计和技术选型有着直接而深远的影响。超深基坑和大面积基坑,尤其是复杂异形基坑,往往需采用多道支撑结构、复合型或异构型支护体系,以满足稳定性和承载力的高标准要求。基坑的几何形态决定了受力特点和变形趋势,不同形状基坑的侧壁压力分布和地基反力存在显著差异,设计时必须充分考虑这些因素。此外,基坑深度与支护结构的高度直接影响施工难度及安全风险,较深基坑对施工工艺及材料的要求更高,需要结合施工现场具体条件,选择适合的支护方案,确保施工过程的安全可靠和效率优化。

第三,周边环境的敏感性是基坑支护选型中不可忽视的重要因素。基坑邻近道路、轨道交通线路、既有建筑物和地下管线等时,基坑变形控制和扰动影响必须严格受控,以防引发周边结构损坏或交通事故。此类环境限制要求选用变形控制能力强、施工扰动小的支护技术,减少施工对周围环境的影响。技术选型中要充分考虑环境保护要求,结合监测数据对基坑周边地表和结构的响应进行动态分析,选择能够有效降低振动、噪声和沉降的环保型支护方案。同时,应制定科学的施工方案和应急预案,确保施工过程对周边环境的影响降至最低,保障城市基础设施和居民生活的安全与稳定。

第四,施工工艺、周期和资源配置是影响基坑支护技术选型的重要现实因素。不同支护技术对机械设备、施工场地及人员技能的需求存在显著差异,有的技术对施工环境要求高,施工流程复杂,需配备专业设备和高素质技术人员,施工周期相对较长。反之,某些技术则更适合工期紧张、场地受限的施工条件。施工难度和周期直接关系到工程投资和风险控制,因此技术选型时需结合施工实际条件,权衡工期、人员配备和成本效益。同时,要考虑施工过程中的安全管理和质量控制措施,确保施工环节的可控性和安全性,实现技术方案与施工能力的良好匹配,提升基坑支护的整体效率和施工质量。

第五,经济技术性是基坑支护技术选型决策的核心原则之一。在确保安全可靠的前提下,必须全面比较不

同支护方案的投资成本、施工费用、维护管理及全生命周期经济效益。合理的经济性评估有助于优选性价比高的技术方案,避免资源浪费和重复投入。全生命周期成本分析不仅涵盖施工期投资,还包括后期维护和运行成本,反映技术方案的长远经济价值。此外,技术方案的经济性还应考虑施工风险和潜在损失,综合评价技术可行性和经济合理性,实现安全、经济、环保的最优平衡,推动基坑支护技术的可持续发展。

第六,绿色低碳和可持续发展理念日益成为基坑支护技术选型的重要参考。当前建筑行业提倡节能减排和环境保护,支护技术的选型也需兼顾生态环保要求。采用节能环保型材料、低噪声施工工艺、减震降噪技术和再生资源利用,能够显著降低施工对环境的负面影响。绿色施工不仅符合政策导向,也提升项目的社会效益和经济附加值。结合绿色设计理念,推动新型环保材料和智能施工技术的集成应用,实现基坑支护的节能高效和绿色发展,助力建设资源节约型、环境友好型工程项目。

科学的基坑支护技术选型常借助层次分析法、模糊综合评价法、优选法等多种决策工具,综合考虑地质条件、结构要求、环境敏感性、施工条件、经济性及环保要求。通过赋予各因素合理权重,形成多维度、量化、系统化的技术评价体系,实现技术方案的科学选取和优化组合。这种系统化选型机制有效规避主观判断偏差,提高决策的科学性和合理性,为基坑工程的安全稳定和经济高效提供坚实保障。

3 主流深基坑支护结构的适用性比较与创新趋势

目前主流的深基坑支护结构在性能、应用范围和施工管理等方面各有优势。重力式挡土墙、板桩、土钉墙结构施工简便、投资较低,但对基坑深度和土质要求高。锚杆与内支撑结构适应性强,能有效控制基坑水平位移,但锚固区要求较大场地空间,锚杆易受扰动和腐蚀影响。地连墙和地下连续墙作为高层建筑常用的支护结构,具备优良的止水和抗变形性能,能满足超深、超大基坑的支护需要,但施工工艺复杂、成本较高、对技术和管理要求严格。近年来,智能张拉支撑系统、组合型复合支护、装配式构件、超高性能混凝土及BIM信息化管理平台等创新技术不断涌现,推动了基坑支护的高效、安全、可持续发展。未来支护技术将继续朝着多功能复合化、结构轻量化、管理智能化和全生命周期绿色化方向演进。

4 高层建筑深基坑支护安全性评估的理论依据与方法体系

支护安全性评估是深基坑工程风险管控的核心。科学的安全性评估体系,要求在设计、施工、运行全过程中持续开展,涵盖静力学分析、动力响应、变形监控和环境影响等多个层面。理论上,边坡稳定性分析基于极限平衡理论与有限元数值模拟,安全系数须符合《建筑基坑支护技术规范》(JGJ120-2012)及相关行业标准。支护结构强度和刚度校核需进行力学分析,评估极限承载力和变形控制标准。地下水影响评估则需关注降水引起的土体固结、基坑抗浮和渗流压力等。环境影响评价包含对周边建筑、道路、地下管线等敏感设施的沉降、变形与振动分析。安全性评估方法包括理论计算、物理模型试验、原位测试、现场监测、数据分析及多指标综合判别。动态安全评估通过建立多级风险预警体系,实现信息实时采集、数据自动分析、风险等级分类和应急响应联动,提升工程的全周期安全保障能力。

5 深基坑支护工程风险防控与动态管理机制

深基坑支护施工过程充满多重不确定性,强化全过程风险防控和动态管理是降低事故发生率、保障工程质量的关键。首先,必须在工程前期完成详尽的地质勘察和风险评估,明确各阶段可能面临的主要风险点和控制措施。施工组织设计需结合风险清单,合理规划施工段、科学布置监测点、优化施工顺序。施工过程中通过信息化平台和智能监测系统,实现对基坑变形、支护结构受力、地下水位、周边环境的动态跟踪。对于出现的风险苗头和异常数据,立即开展原因分析和应急处置。高风险工程还应设立专门的安全管理小组,开展应急演练,建立健全事故应急预案和信息报告制度。风险防控不仅依赖技术和管理,还需要完善的法规政策保障和多方协作机制,包括建设单位、设计院、施工方、监理和第三方检测机构的协调联动,形成责任明晰、流程畅通的闭环管理体系。随着 BIM、物联网、大数据等技术应用深入,深基坑工程的风险管控将进一步智能化、自动化和集成化。

6 高层建筑深基坑支护技术标准化、智能化和

绿色化发展方向

当前我国深基坑支护技术的标准体系日益完善,但部分规范与工程实践尚存脱节。行业应持续推进标准体系动态更新,推动基于性能的设计理念和风险导向的管理规范落地。信息化、智能化是未来支护技术和安全管理升级的重要方向。BIM 平台可实现支护结构三维可视化、碰撞检测、施工工艺模拟与运维数据整合;物联网感知与无线传感器网络可实现实时监测和智能预警。绿色环保理念下,新型节能材料、高性能混凝土、可回收装配式支护系统、降噪减震施工工艺和地下水保护等新技术将成为重点推广对象。未来,深基坑支护技术应加强与结构工程、岩土工程、环境工程、信息工程等多学科交叉创新,实现设计、施工、监测、管理一体化,保障高层建筑工程的高质量、低风险、可持续发展。

7 结论

高层建筑工程深基坑支护技术的选型与安全性评估是保障工程顺利实施和城市安全发展的关键。本文从深基坑支护技术类型、影响选型的综合因素、主流结构适用性比较、理论与实践的安全评估方法、风险防控机制及技术创新发展等多方面进行了系统梳理和深入探讨。研究指出,科学选型应充分考虑地质、水文、环境、经济、施工等多维因素,采用科学决策模型和多目标综合评价。全过程动态安全评估和智能化风险管理机制是提升基坑工程安全水平的有效手段。面对高层建筑工程日益复杂的发展趋势,应持续完善标准体系、加强多方协同、推广智能与绿色技术,不断推动深基坑支护工程技术和管理能力提升。未来应加强理论与实践结合、强化队伍建设和技术创新,保障城市空间开发的安全、绿色、可持续。

参考文献

- [1] 刘伟. 高层建筑深基坑支护技术的应用与安全性分析[J]. 岩土工程技术, 2022(8): 87-92.
- [2] 李红. 深基坑支护结构的选型与安全评价方法研究[J]. 建筑结构, 2023(4): 65-70.
- [3] 王军. 城市高层建筑工程深基坑支护技术发展与创新[J]. 建筑科学, 2023(7): 40-45.