

房建深基坑支护体系的技术经济比较与优化研究

陈悦培

四川中寰智信工程项目管理有限公司 四川 成都 610000

【摘要】：房建深基坑施工中，支护体系选择直接影响结构安全、工程成本和施工效率。基坑深度、地质水文条件及周边荷载差异显著，传统经验方案易造成局部支护不足或资源浪费。通过多支护形式技术性能和经济指标比较，结合分区优化、参数精细化和施工流程协同，可实现结构变形控制、材料投入合理化及施工组织高效化。智能监测与数字化建模应用能够实时反馈基坑位移、轴力和沉降状况，提升支护方案适配性。优化路径可在保证安全稳定的前提下降低成本，提高施工效率，为房建深基坑支护体系设计提供可行性与经济性参考。

【关键词】：房建工程；深基坑支护；技术经济比较；支护优化；施工效率

DOI:10.12417/2705-0998.26.08.049

引言

房建工程向高层化、地下空间综合利用方向发展，深基坑施工已成为项目建设中的关键环节。支护体系既要承受土压力、水压力和周边荷载影响，又要满足施工场地、工期安排和成本控制要求。实际工程中，不同支护形式在安全储备、施工难度、材料消耗和造价水平方面差异明显，若方案选择缺乏系统比较，容易造成结构变形控制不足或资金投入浪费。深基坑支护方案需要在技术可靠性和经济合理性之间形成平衡，通过多方案比选、参数优化和施工过程控制，提升支护体系的适配水平。由此展开对房建深基坑支护体系技术经济比较和优化路径的分析，能够为工程方案确定提供更加清晰的判断依据。

1 房建深基坑支护体系适配基础

1.1 基坑深度条件对支护形式选择的影响

基坑深度是影响支护体系选择的首要因素，深度增加会导致土压力、侧向位移以及底板承载要求显著升高。浅基坑可采用简单的桩支护或边坡支护，而深基坑则需采用地下连续墙、钢支撑或土钉墙组合体系，以确保施工安全和稳定性。深度变化还直接影响内支撑间距、桩长、板厚以及基础加固方式的确定，需要结合工程地质和周边结构条件进行综合分析。随着高层建筑和地下空间开发需求增长，深基坑施工对支护形式的精细化匹配提出了更高要求，支护体系设计需兼顾施工可操作性、材料利用效率和后期变形控制能力。

1.2 地质水文条件对结构稳定控制的影响

地质条件和地下水特性直接制约支护体系稳定性。不同土层的抗剪强度、压缩性、土体渗透性以及岩性结构差异，对支护设计的桩型选择、加固深度、施工方法提出不同要求^[1]。高渗透性土层或地下水位高的区域需考虑排水或降水措施，避免土体失稳和基坑涌水。软弱土、砂土及黏土层对变形敏感，需要合理布置支撑体系、优化桩间距和支撑刚度。结构稳定控制不仅依赖传统力学计算，还需结合现代数值模拟和监测技术，实现施工过程中对地质水文条件的动态适配，提高支护体系安

全性和可控性。

1.3 周边环境荷载对支护安全要求的影响

基坑周边环境荷载包括邻近建筑荷载、交通振动、地下管线及施工设备荷载，对支护体系承载能力提出严苛要求。支护结构需承受水平土压力、附加荷载以及施工扰动引起的应力集中，防止基坑边坡位移或倾斜。荷载分布的不均匀性要求支护形式在关键位置增加刚度或加设支撑，优化结构布局以分散应力集中点。新发展理念强调绿色施工与低干扰操作，支护设计需兼顾周边环境保护、施工安全和经济效益，通过高强材料、模块化结构及监测预警系统，实现荷载适配下的支护体系安全性提升。

2 常见支护体系技术性能差异

2.1 排桩支护体系的施工适用范围

排桩支护体系适用于场地条件相对受限、基坑深度中等、周边构筑物保护要求较高的房建深基坑工程。该体系通过灌注桩、型钢桩或预制桩形成连续挡土结构，可配合冠梁、腰梁和锚索提升整体刚度。桩径、桩距、嵌固深度和配筋率需依据土层强度、开挖深度及变形控制标准确定，避免桩间土流失和支护位移过大。排桩施工设备适应性较强，对场地平面布置要求低，便于分区施工和工序穿插。绿色建造理念下，可通过优化桩身材料、减少超配钢筋、控制泥浆外排和强化施工监测，降低资源消耗，提高支护结构经济性。

2.2 地下连续墙体系的变形控制优势

地下连续墙体系具有刚度大、整体性强、防渗性能好等特点，适用于开挖深度大、地下水位高、周边环境敏感的房建深基坑工程。墙体可同时承担挡土、防水和部分永久结构功能，能够有效限制坑壁水平位移，减少地表沉降和邻近建筑变形^[2]。成槽深度、墙厚、接头形式和钢筋笼配置直接影响墙体受力性能，施工中需控制槽壁稳定、混凝土连续浇筑质量和接缝止水效果。相比一般支护形式，地下连续墙初期投入较高，但在安全控制、止水效果和后期利用方面具有综合优势。低碳建造要

求下,可通过永久临时结合、墙体厚度优化和数字化监测减少重复施工成本。

2.3 土钉墙及内支撑体系的组合适配方式

土钉墙和内支撑体系可根据基坑深度、土体稳定性及周边限制条件进行组合使用,形成分层受力、分区控制的支护模式。土钉墙依靠土体加筋提高边坡整体稳定性,适用于土质较好、开挖空间允许、变形控制要求适中的区域;内支撑体系通过钢支撑或混凝土支撑提供水平约束,适用于深度较大、邻近建筑密集、锚索外伸受限的基坑部位。组合设计需明确土钉长度、间距、注浆质量、支撑道数、预加轴力和拆撑顺序,防止局部失稳和受力转换失衡。智能监测技术可对位移、轴力和沉降进行实时反馈,推动支护参数动态调整,提升安全性和经济协调性。

3 支护方案经济指标比较

3.1 材料用量差异下的成本构成分析

支护体系材料用量直接影响施工成本和资源配置效率。桩径、桩距、钢筋配比、混凝土强度等级以及支撑构件规格等因素会导致材料消耗量产生显著差异。深基坑采用高刚度支护时,墙体厚度增加和钢筋密度提升会显著提高混凝土和钢材投入,进而拉高总成本;浅基坑或土钉墙体系材料消耗较低,但可能需要更多的支撑道数或辅助加固措施。通过精细化计算和参数优化,可实现材料用量的最小化,同时保持结构安全性。绿色建筑理念下,材料选型、预制化构件和施工浪费控制能够降低成本波动,实现支护体系经济性和可持续性的平衡,提升工程整体效益。

3.2 施工工期差异下的费用变化分析

施工工期长短对支护体系经济性具有直接影响。深基坑施工涉及开挖、支护、排水及监测多环节,工期延长会增加临时设施占用、机械租赁、劳动力及管理费用。不同支护形式施工效率差异明显,地下连续墙施工需多道工序,工期较长但一次成型可减少后续调整;排桩支护体系施工周期短,分区施工灵活,减少临时设施占用成本^[1]。通过科学排程、工序穿插及施工技术优化,可缩短关键路径,提高施工效率。在新发展理念指导下,采用信息化调度和施工仿真可精确评估工期影响,优化费用结构,提升经济指标的可控性和支护方案决策科学性。

3.3 机械人工投入差异下的综合造价分析

机械设备类型、数量和劳动力安排直接决定支护施工的综合造价。深基坑支护体系的施工机械需求包括桩机、盾构设备、吊装设备及支撑安装设备,其配置不当会导致闲置或超支,增加施工成本。人工投入需依据施工难度、支护形式和施工周期进行合理调配,钢筋绑扎、混凝土浇筑、支撑安装及监测巡检均对劳动力密度产生影响。不同支护形式的施工组织方式影响机械效率与人工协同,直接反映在总造价中。通过施工工艺优

化、机械设备合理调配及自动化施工技术应用,可降低人工机械费用,提高施工效率,实现支护方案在技术经济双重指标下的最优组合。

4 深基坑支护体系优化路径

4.1 针对支护适配不足的方案分区优化

支护适配不足主要表现为同一基坑采用单一支护形式,未充分区分不同区域的土层变化、开挖深度、地下水条件和周边敏感程度,容易造成局部刚度不足或资源配置过剩。方案分区优化应以基坑边界条件为基础,将临近建筑密集区、地下管线集中区、开挖深度变化区和施工荷载集中区进行差异化划分。高风险区域可提高支护刚度,采用排桩加内支撑或地下连续墙体系;条件相对稳定区域可采用经济性较好的土钉墙、放坡或复合支护形式。分区设计还需结合施工顺序设置过渡段,避免不同支护体系交接处产生受力突变。通过 BIM 建模、三维地质分析和监测数据联动,可提升支护方案与现场条件的匹配度,减少盲目加强造成的成本浪费。

4.2 针对成本投入偏高的参数精细优化

成本投入偏高通常源于桩径偏大、桩距偏密、支撑道数过多、钢筋配置冗余以及降水措施过度设置等问题。参数精细优化应在满足安全储备和变形控制要求的前提下,对支护结构主要控制参数进行分项校核。排桩体系可通过调整桩长、桩径、嵌固深度和配筋率降低材料消耗;地下连续墙可结合受力分布优化墙厚、钢筋笼配置和接头形式;内支撑体系可根据开挖工况合理确定支撑间距、预加轴力和拆撑节点^[4]。降水方案可依据渗透系数、含水层厚度和坑内水位控制标准进行分级布置,避免长期高强度抽排。数字化计算和全过程监测反馈能够及时修正设计参数,使安全系数、材料用量和施工费用保持协调状态,推动支护体系由经验控制转向精准控制。

4.3 针对施工衔接不顺的流程协同优化

施工衔接不顺容易造成开挖等待、支撑滞后、材料堆放混乱、机械利用率偏低等问题,并进一步影响基坑变形控制和费用控制。流程协同优化应将土方开挖、支护施工、降排水、监测预警和主体结构施工纳入统一组织体系。土方开挖需坚持分层、分段、对称、限时原则,支撑安装应紧跟开挖面,避免超挖后支护体系长时间处于不利受力状态。材料进场、钢筋加工、混凝土浇筑和支撑吊装需按照施工节点提前匹配,减少现场二次倒运和机械闲置。监测数据应及时反馈至施工调度环节,对位移异常、支撑轴力变化和周边沉降趋势进行动态调整。绿色建筑理念下,可通过装配式支撑、智慧工地平台和精细化排程提升协同效率,降低噪声、扬尘和能源消耗。

5 技术经济协调下的支护效果提升

5.1 安全稳定性能的提升表现

技术经济协调后的支护体系能够在结构安全和资源投入之间形成更加合理的匹配关系。支护刚度、嵌固深度、支撑轴力和止水措施经过综合优化后,基坑侧向位移、坑底隆起、周边沉降和支护构件内力可得到更有效控制。不同区域按照风险等级配置支护强度,避免薄弱部位因受力集中产生变形扩展。监测数据与施工工况联动后,可及时识别位移速率异常、支撑轴力偏差和地下水位波动,促使支护参数在施工过程中保持动态修正。智能监测、数字建模和预警系统的应用,使支护安全控制由事后处理转向过程预控,提升深基坑施工稳定性,降低结构失稳和周边环境扰动风险。

5.2 工程成本控制的改善表现

工程成本控制的改善主要体现在材料配置、机械投入、施工工期和维护费用的协同降低。技术经济比较能够剔除过度保守的支护参数,减少钢筋、混凝土、型钢和降水设备的非必要投入^[5]。分区支护和参数优化使高风险区域重点加强,低风险区域合理简化,避免全范围高标准配置造成资金浪费。施工阶段通过材料计划前置、构件重复利用、机械台班统筹和监测反馈调整,可减少返工、窝工和临时加固费用。绿色建造理念下,装配式支撑、可回收型钢和低扰动施工工艺能够降低资源消

耗。成本控制不再停留于单项费用压缩,而是通过安全、工期、材料和管理费用联动优化,提高深基坑支护方案的综合经济性。

5.3 施工组织效率的优化表现

施工组织效率的优化体现在开挖、支护、降排水、监测和主体结构施工之间的协同衔接。技术经济协调后,支护方案能够更准确匹配施工节奏,减少等待时间和工序冲突。分层分段开挖与支撑安装形成连续作业链,支护构件加工、材料运输和机械调度可依据施工节点提前安排,降低现场堆放压力和机械闲置率。智慧工地平台、BIM进度模拟和监测数据集成能够对关键工序进行实时管控,使施工计划根据现场变形、水位和荷载变化及时调整。装配式支撑和标准化连接节点可缩短安装周期,提高拆装效率。施工组织由粗放安排转向精细协同,进一步提升房建深基坑工程施工效率和技术经济匹配水平。

6 结语

房建深基坑支护体系优化需兼顾安全稳定、成本控制和施工效率。支护方案选择应立足基坑深度、地质水文、周边荷载和施工条件,形成技术性能与经济指标协同判断。分区设计、参数精细控制、流程协同管理和智能监测应用,能够减少资源浪费,提升支护结构适配性,为房建深基坑工程安全、经济、高效施工提供可靠支撑。

参考文献:

- [1] 任丽娟.房建工程中深基坑支护结构选型对施工安全的影响研究[C]//广西网络安全和信息化联合会.第十三届工程技术管理与数字化转型学术交流会论文集.[出版者不详],2025:378-379.
- [2] 刘江.房建工程深基坑支护施工安全风险与控制措施[C]//广西网络安全和信息化联合会.第十二届工程技术管理与数字化转型学术交流会论文集.[出版者不详],2025:365-367.
- [3] 汪勤民,殷妍.复杂条件下房建工程深基坑开挖及支护施工关键技术研究[J].建筑机械,2025,(10):46-50.
- [4] 朱佳富,刘丽娜.深基坑支护施工技术在房建工程管理中的应用研究[J].中国建筑装饰装修,2025,(19):157-160.
- [5] 郭亮.房建工程中的深基坑支护施工技术应用[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(5):193-195.