

深基坑支护施工技术在建筑工程管理中的应用原则与技术分析

潘春宇, 王奎鹏

(青岛古建建设集团有限公司, 山东 青岛 266000)

摘要 随着城市化进程不断加快, 地下空间开发已成为缓解土地资源压力的关键路径。深支护技术作为地下工程实施的基础支撑, 其应用水准直接关乎工程整体的安全稳定状况, 然而随着基坑深度持续加大, 支护体系面临着日益复杂的地质条件以及施工环境。研究和探讨深基坑支护施工技术在工程管理中的应用原则与技术解析, 对提升工程质量以及保障施工安全具有重要意义。本文从多个方面对深基坑支护施工技术展开了详细的分析, 以期对相关领域的从业者提供有价值的参考。

关键词 深基坑支护施工技术; 建筑工程管理; 土钉墙支护技术; 钢板桩支护技术; 混凝土支撑支护技术

中图分类号: TU71

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.14.034

0 引言

深基坑支护施工技术在建筑工程管理中起着极为关键的作用, 随着地下空间开发不断推进, 深基坑支护技术面临的挑战日益增多。本文在阐述深基坑支护施工技术的重要性的基础上, 论述了深基坑支护施工技术所面临的机遇与挑战, 阐释了深基坑支护施工技术在工程管理中的应用原则, 针对土钉墙支护、桩支护、混凝土支护以及地下连续墙支护等技术展开了详尽的技术分析。

1 深基坑支护施工技术的重要性

在当今城市规模持续不断扩张且土地资源变得日益紧张的背景下, 城市立体化发展的进程正日益加快, 地下空间的开发已成为缓解土地资源压力以及拓展城市功能的关键途径。从地下商场、停车场一直到地铁线路等基础设施的建设, 地下空间的高效利用对于城市的可持续发展都有着十分重大的意义^[1]。而深基坑支护技术作为地下工程可顺利实施的基础保障, 它的应用水平直接影响着工程的整体成败情况, 随着建筑高度持续不断地攀升, 基坑深度也在持续突破技术的极限, 支护体系早已不再只是单纯的安全防护措施了, 而是逐渐演变成决定工程可行性的核心技术要素, 它的价值体现在多个关键层面。一方面, 借助构建严密的三维防护网络, 可有效地抵御土体失稳的风险, 防止基坑周边土体出现坍塌现象, 保障施工安全。另一方面, 借助先进的动态变形调控技术, 能为上部结构施工提供非常精准的作业基准。经过科学设计的支护结构, 可有效抑制基坑回弹变形达到 60% 以上, 在很

大程度上规避因基底不均匀沉降导致的建筑倾斜或者开裂等严重问题, 为超高层建筑实现长达百年的使用寿命奠定坚实的基础, 有力推动城市地下空间开发朝着更深更优的方向发展。

2 当前深基坑支护施工技术面临的机遇与挑战

近年来, 深基坑支护施工技术正处于转型升级的关键阶段, 在新型建筑材料的突破性进展下, 创新材料的迭代升级较大地提升了工程品质。例如: 新型合金钢与纤维提高了混凝土的复合应用, 赋能支护体系有更强的承载能力, 更借助材料协同效应提高了围护结构的整体刚度, 智能化建造技术的深度融合催生了工程管理新模式, 基于 BIM 平台的协同作业系统实现了从地质建模到应力分析的全流程数字化管理, 有效规避了传统施工中易发的结构冲突问题。在新型城镇化建设背景下, 国家层面的政策倾斜与资金扶持加速了轨道交通综合体等地下工程的开发进度, 这为深基坑技术的创新应用开辟了多维实践空间^[2]。

复杂多变的地层结构成为首要制约因素, 区域性地质特征差异导致的软硬交互地层分布, 迫使工程团队要采用动态化设计策略, 针对不同区段制定差异化的支护方案。在都市核心区更新项目中, 局促的施工作业面与毗邻有构筑物的特殊工况, 对基坑位移监测提出毫米级精度要求, 任何微小的结构变形都可能触发连锁安全隐患。从业人员专业素养的梯度差异直接影响着技术创新转化效果, 部分施工班组对智能监测设备的操作盲区, 已成为制约工艺革新的关键瓶颈。

3 深基坑支护施工技术在建筑工程管理中的应用原则

3.1 安全性原则

深基坑支护工程的安全管控始终是施工技术体系的核心环节,此类地下工程因涉及大规模土方开挖与复杂地层相互作用,存在较大的地质风险与结构安全隐患。在支护方案设计阶段,需综合采用岩土工程勘察数据与数值模拟技术,重点研究不同土层参数对支护体系的影响机制,特别针对软土、流沙等不良地质条件下的水土压力分布特征^[3]。实践证明,采用复合支护技术时,如将微型钢管桩与预应力锚索协同工作,能提升支护结构整体刚度,还可依靠应力补偿机制有效控制基坑变形。施工过程实施全周期风险管控,借助智能传感网络构建三维监测体系,对支护结构位移量、周边建筑物倾斜度及地下管线应变值进行多参数融合分析。当监测数据超过预设阈值时,系统自动触发分级预警,结合有限元反分析技术动态优化施工方案,例如借助分段逆作法调整开挖时序,或采用注浆加固工艺改善坑周土体力学性能,构建起“预防—监测—处置”的立体化安全保障机制。

3.2 经济性原则

成本控制原则强调在保证深基坑支护工程安全性与结构可靠性的基础上实现成本效益最优化。在技术方案比选阶段,需结合场地特征与工程需求进行多维度评估,综合分析各类支护体系的经济性指标^[4]。以浅层基坑工程为例,在周边空间充裕且地质结构稳定的工况下,采用土钉墙支护体系能较大地降低直接施工成本,其工艺简便性与材料经济性优势明显;反之,对于深层复杂基坑或邻近敏感构筑物的项目,虽地下连续墙初期投入较高,但其卓越的变形控制能力与结构耐久性优势,可有效规避后期维护成本,从全寿命周期视角反而有经济合理性。施工实施阶段应建立动态成本管控机制,借助BIM技术优化资源配置方案,精准控制钢材混凝土等主材损耗率,实施设备调度智能管理系统减少机械闲置率,同时采用关键路径法科学编排施工时序,能规避盲目赶工引发的质量风险,消除工序衔接不畅造成的工时浪费,实现工程技术价值与经济价值的协同提升。

3.3 环境保护原则

在生态文明建设持续推进的背景下,深基坑工程要将环境友好理念融入施工全流程管理,施工活动衍生的环境问题有多维影响特征,土方作业产生的悬浮颗粒物会形成区域性空气污染,采用智能喷淋装置与移动式雾炮机组合作业可提升抑尘效率,同时对开挖

土体实施绿网全覆盖措施。针对工程废液处置难题,应构建分级处理体系,运用物理沉淀和固液分离工艺对泥浆进行资源化处理,经检测合格后方可排放,建立中水回用系统对施工废水进行三级净化,最大限度地提高水资源重复利用率^[5]。在生态维护层面,工程施工可能引发地表植被退化、地下水文系统扰动等问题,这要求施工单位在前期制定生态影响专项评估报告,在项目规划阶段预留生态补偿经费,施工过程中采用微型桩支护等绿色工法减少场地扰动,竣工后凭借植被补植和土壤改良技术实现场地生态功能的渐进式修复,最终达成工程建设与区域生态系统的协调发展。

4 深基坑支护施工技术分析

4.1 土钉墙支护技术

土钉墙支护技术依靠在原始土层中植入加固体并结合表层防护结构,形成协同作用的复合支护体系,该技术核心在于利用土钉与周围介质的摩擦阻力和黏结效应提升土体整体性,有效抑制边坡滑移风险,施工实施阶段需遵循分层逆向作业原则,首层开挖深度控制在1.5~2 m范围内,与预设土钉垂直间距保持对应关系。工作面暴露后需立即进行坡面修整,保证后续钻孔作业的施工精度,钻孔设备按设计参数完成成孔后,及时置入带注浆管的加强筋体,凭借压力注浆形成键式锚固体系,防护结构层施工环节采用直径6~8 mm的网状配筋系统,网格尺寸控制在15~30 cm区间,凭借焊接方式与土钉端部可靠连接。终道工序采用湿喷工艺形成8~12 cm厚混凝土面层,标号一般维持C20以上以契合结构强度要求,这种支护方式在中等硬度土层且地下水位较深的12 m以内基坑中有较大优势,特别适合机械作业面受限的城市场所,以某旧城改造项目中的狭小基坑工程为例,该技术成功克服了大型设备进场险阻的问题,借助模块化施工较大地缩短了工期并控制扬尘污染。然而需要指出的是,该工法对土体自稳时间有严格要求,在含水率高的软塑性地层中易出现支护失效现象。

4.2 钢板桩支护技术

钢板桩支护体系主要依靠热轧钢板桩或冷弯薄壁钢板桩的植入形成连续挡土结构,其施工工艺包含锤击贯入、静压嵌入或振动沉桩等工法,该技术凭借其优异的抗弯刚度与止水密封性,可有效控制土体位移并阻隔地下渗流,施工前需完成场地平整工作并精准放样定位,不同工法有差异化施工特点:在采用锤击工艺时,施工人员需根据地质条件匹配柴油锤或液压锤等设备,凭借动能传递实现桩体贯入,静压工法则依托专用设备的反力系统实现无噪沉桩,特别适用于

环境敏感区域,振动沉桩技术则利用共振原理降低桩土摩擦系数,较大地提升了施工效率。此类支护体系在临时性基坑工程中有较大优势,其模块化结构可实现快速施工,更有材料循环利用的环保特性。以桥梁承台基坑工程为例,多选用截面呈 U 型或 Z 型的钢板桩产品,经专业机械连续施打形成密闭支护体系,在保证开挖面稳定的同时构建可靠防渗帷幕,工程实践表明,该工法在完成支护使命后可完整回收构件,实现施工成本的有效控制。但需指出的是,在密实砂层或岩质地层中,该技术存在沉桩险阻的技术瓶颈,且振动工法可能引发周边土体扰动等次生问题,需结合工程实际进行工法比选。

4.3 混凝土支撑支护技术

混凝土支护体系采用现浇钢筋混凝土支撑梁或桁架结构协同围护体系形成整体受力系统,有效维持工程基坑的稳定性。相较于钢结构支撑,混凝土材质有较高的抗压强度和抗变形能力,特别适用于承受较大地层侧向压力的工程场景。在施工准备阶段,需结合工程基坑的形态特征和荷载分布情况,运用有限元分析软件进行三维建模计算,优化支撑构件的布置方案及配筋参数。现场实施时遵循“分层开挖、及时支护”原则,当机械开挖至设计标高以上 20~30 cm 时转为人工精细修整基底平面,避免超挖扰动原状土层,钢筋工程须按设计间距设置定位卡具,重点加强节点区域的箍筋加密处理,同步采用定制钢模系统进行支模作业并实施多点位移监测,混凝土浇筑作业需分层进行并配合插入式振捣设备,以保证材料密实度达标,后续凭借智能喷淋系统维持 14 天以上的恒湿养护周期。该工法凭借其可靠的变形控制能力,在邻近敏感建筑物的深大基坑工程中得到验证,如某轨道交通枢纽站建设项目中凭借优化支撑间距和截面高度,成功将围护结构侧移量控制在 3 mm 以内,但需注意该体系存在后期破拆工序复杂的问题,一般需采用绳锯切割与模块化吊运相结合的分段拆除工艺,产生较高废弃混凝土处理成本,作业过程中还可能产生粉尘污染和噪声干扰。

4.4 地下连续墙支护技术

地下连续墙支护技术是借助专用成槽机械,在泥浆护壁技术支撑下构建地下结构物的创新工艺,该技术凭借分段开挖形成深长沟槽,经钢筋笼精准定位与水下混凝土连续浇筑,最终形成整体式钢筋混凝土挡土隔水体系,其独特优势在于兼具结构刚度大、整体性强、防水性能优异等特性,成为复杂地质条件下深基础工程的优选方案。施工流程需要建造导墙结构,这种钢筋混凝土构筑物承担导向定位功能,是维持槽

壁稳定的关键保障,紧接着开展泥浆制备工作,凭借科学配比膨润土基浆液并动态调控黏度、比重等参数,形成契合槽壁支护要求的液态支撑体系,成槽阶段依据地层特性选用抓斗式或铣槽机等设备分层掘进。在完成槽段开挖后实施底部沉渣清理与泥浆净化处理,保证结构接合面质量。预制的整体式钢筋骨架经重型吊装设备精确就位后,采用多导管同步浇筑工艺实现混凝土连续填充,借助精确控制浇筑速度与导管埋深,保证墙身材料均匀密实,这项技术特别适用于软土发育区及周边环境敏感的超深基坑工程。例如:某城市核心区超高层建筑深基坑施工中,该工法有效平衡了土体侧向压力,实现了地下水零渗透与周边构筑物毫米级变形控制。施工过程中需重点把控泥浆循环系统运作效能与测量定位精度,尽管初期投入相对较高,但其在保障工程长效稳定性和环境友好性方面的综合效益,使其在重大基础设施领域占据关键地位^[6]。

5 结束语

通过深入剖析深基坑支护施工技术于建筑工程管理中的应用原则以及技术分析,可深切认识到该技术具有的关键性与复杂性。在未来的各类工程当中,深基坑支护技术将持续发挥不可替代的作用,要不断强化技术研发以及创新,提升支护体系的安全性能,重视环境保护以及成本控制,实现技术的可持续发展。本文所取得的研究成果为深基坑支护施工技术的科学应用提供了理论支撑以及实践指引,对推动工程领域的进步与发展具有积极意义。技术的优化应用是一个不断创新的过程,在发展过程中需要结合实际发展情况制定具有针对性的技术应用策略,从而加快建筑领域的发展。

参考文献:

- [1] 郭文丽.深基坑支护施工技术在建筑工程管理中的应用原则与技术分析[J].城市建设理论研究(电子版),2025(07):107-109.
- [2] 赵猛.深基坑支护施工技术在建筑工程施工中运用分析[J].陶瓷,2025(02):210-212.
- [3] 张健儒.深基坑支护施工技术在高层建筑工程中的应用分析[J].中国建筑装饰装修,2025(01):134-136.
- [4] 赖旭俊.深基坑支护施工技术在建筑工程管理中的应用原则与技术分析[J].中华建设,2024(08):51-53.
- [5] 王磊.深基坑支护施工技术在建筑工程管理中的应用原则与技术分析[J].居舍,2022(02):76-78.
- [6] 孙永华,韩刚.深基坑支护施工技术在建筑工程管理中的应用原则与技术分析[J].现代装饰,2024,590(21):70-72.