

深基坑支护施工技术在建筑工程中的应用

唐金桥

湖北楚维工程咨询监理有限责任公司 湖北 荆门 448000

【摘要】：城市建筑地下空间开发强度不断提高，深基坑施工已成为建筑工程中的关键环节。受地质条件复杂、开挖深度较大、周边建筑密集、地下水变化明显等因素影响，基坑支护容易出现结构变形、边坡失稳、渗水涌砂、施工衔接混乱等问题。通过合理选择支护形式，细化土方开挖顺序，强化围护结构施工质量，完善降排水措施，建立全过程监测反馈机制，可有效控制基坑位移和沉降风险。深基坑支护施工技术的规范应用，能够提升施工安全水平，减少周边环境扰动，保证建筑工程地下结构施工顺利推进。

【关键词】：深基坑支护；建筑工程；施工技术；变形控制；安全管理

DOI:10.12417/2705-0998.26.08.005

引言

高层建筑、地下车库、商业综合体等工程不断增加，建筑施工逐渐向地下空间延伸，深基坑施工已成为影响工程安全和质量的关键环节。深基坑开挖深度大、施工周期长，常受到土层结构、地下水位、周边道路、既有建筑和地下管线等多种因素影响。一旦支护设计和施工控制不到位，容易引发基坑变形、支护结构受力异常、地表沉降和渗漏事故。深基坑支护技术的应用，需要从支护形式选择、开挖组织、降排水处理、质量控制和监测反馈等方面形成系统方案，使支护结构在复杂施工环境中保持稳定，为建筑工程地下结构施工提供可靠保障。

1 建筑工程深基坑支护施工需求分析

1.1 地下空间开发对基坑支护提出更高要求

地下空间开发深度和利用强度持续提高，建筑工程地下室、设备用房、停车空间和人防结构布置更加集中，基坑开挖深度、平面尺寸和施工周期明显增加。深基坑支护施工不仅要满足临时挡土要求，还要兼顾主体结构施工、材料运输、机械作业和后续防水施工条件。绿色建造理念下，支护体系需减少土体扰动、降低资源消耗、控制施工噪声和泥浆排放。支护方案应结合开挖深度、地下结构形式和场地施工组织进行精细化设计，通过排桩、地下连续墙、内支撑、锚杆等技术组合，提高基坑整体稳定性和施工适应性。

1.2 复杂地质条件对施工安全形成制约

深基坑施工区域常存在软弱土层、砂层、淤泥质土、回填土和承压水等不利条件，土体强度差异会直接影响支护结构受力状态和基坑边坡稳定性。若地质勘察资料掌握不充分，支护结构嵌固深度、桩间距、止水帷幕和降水参数容易出现偏差，进而引发坑底隆起、边坡滑移、桩体位移和渗流破坏^[1]。新型建造理念强调风险前置识别，施工前应利用勘察数据、监测预判和信息化模型分析土层变化，针对软弱夹层、富水砂层和不均匀地基制定差异化支护措施，使支护施工由经验控制转向数据控制。

1.3 周边环境密集对变形控制提出要求

城市建筑工程多处于道路、管线、既有建筑和市政设施密集区域，深基坑开挖会改变原有土体应力平衡，支护结构位移、地表沉降和地下水位变化容易向周边传递。若变形控制标准不明确，可能造成道路开裂、管线变形、邻近建筑沉降和地下设施受损。低扰动施工理念要求支护施工全过程控制变形发展，重点加强围护结构刚度、支撑体系安装时序和土方开挖分区管理。施工中需布设沉降点、位移点、轴力计和水位观测孔，依据监测数据及时调整开挖节奏、支撑预加力和降水强度，降低深基坑施工对周边环境的影响。

2 深基坑支护施工常见风险表现

2.1 支护结构受力异常引发局部失稳

深基坑支护结构在施工过程中承受土压力、地下水压力和施工荷载的叠加作用，如果设计或施工偏差导致支护体系受力分布不均，局部构件可能出现过大应力集中，桩体或支撑出现变形、倾斜甚至断裂。受力异常还会引发结构节点滑移、内支撑断裂、桩间土体剪切破坏，进而造成局部基坑失稳。信息化施工理念强调实时监测和数据驱动分析，通过应力传感器和力学模拟及时发现结构异常，动态调整支撑预加力和结构加固措施，从而确保支护体系在多重荷载作用下维持整体稳定。

2.2 土方开挖顺序不当导致基坑变形

基坑土方开挖过程中，如果开挖顺序设计不科学，或分区开挖与支护结构施工衔接不及时，易导致边坡土体失稳、支护结构受力异常和坑底隆起。开挖顺序不合理会形成局部土体卸荷过快或应力重新分布过度，导致土体侧向位移增加和地表沉降扩大^[2]。精细化施工理念要求依据土层特性、支护刚度和开挖深度制定分层、分段开挖方案，同时结合支撑体系同步施工，利用施工监测数据及时调整开挖节奏和支撑力度，实现土体和结构同步控制，降低变形风险。

2.3 地下水控制不足造成渗涌漏砂

深基坑施工常穿越承压水层或地下水丰富的砂土层，若降

排水措施不完善或施工期间监控不到位,基坑内部水位上升容易引起土体孔隙水压力增加,形成渗漏涌砂现象,削弱土体承载力,影响支护结构稳定。高效施工理念强调地下水动态调控,通过合理布设井点、降水管网、封闭止水帷幕和渗水监测,实现基坑水位持续控制。结合监测数据优化降水方案和支护结构加固,可在保证施工安全的前提下减少水害对基坑边坡和结构的破坏风险,确保施工顺利推进。

3 深基坑支护施工技术选型方法

3.1 依据地质勘察结果确定支护形式

地质勘察结果是深基坑支护形式确定的核心依据,选型阶段应重点分析土层分布、土体强度、地下水类型、承压水埋深、软弱夹层厚度和基坑底部稳定条件。软土、淤泥质土等低强度地层抗剪能力弱,支护结构宜提高整体刚度,可优先考虑地下连续墙、排桩加止水帷幕、内支撑组合体系,减少侧向位移和坑底隆起。砂层、粉土层渗透性较强,支护形式需同步考虑止水能力,采用咬合桩、高压旋喷桩帷幕或地下连续墙形成封闭屏障,降低渗流破坏风险。岩土条件变化明显的场地,应结合勘察孔数据建立三维地层模型,对不同区段采取差异化支护配置。绿色低碳建造理念下,支护选型还应控制泥浆外运、材料浪费和重复施工,优先选择适配地层、施工扰动小、可实现信息化监测联动的支护体系,提高深基坑施工技术应用的准确性和安全性。

3.2 结合开挖深度优化围护结构参数

开挖深度直接影响支护结构所承受的主动土压力、水压力和施工附加荷载,围护结构参数需依据基坑深度、开挖层数、支撑间距和结构变形控制目标进行优化。浅层基坑可采用刚度适中的排桩或土钉墙体系,深层基坑则应提高桩径、桩长、嵌固深度和支撑刚度,保证围护结构具备足够抗弯、抗剪和抗倾覆能力。开挖深度增加时,围护结构底部嵌固段应满足抗隆起和抗渗稳定要求,避免支护桩产生过大水平位移^[3]。内支撑体系参数应结合开挖工况分阶段确定,支撑标高、间距、截面尺寸和预加轴力需与土方开挖节奏匹配,避免超挖后支撑滞后造成结构受力突变。数字化施工理念下,可利用有限元分析和监测数据反算支护结构变形趋势,对围护参数进行动态校核,使设计参数、施工工序和现场控制形成闭环管理,提高深基坑支护技术应用的精细化水平。

3.3 根据周边环境设置安全控制标准

周边环境条件决定深基坑支护施工的安全控制等级,选型阶段应重点识别邻近建筑基础形式、地下管线埋设深度、道路交通荷载、市政设施敏感程度和地下空间分布情况。邻近既有建筑较近时,支护体系应提高刚度和止水能力,控制支护结构水平位移、地表沉降和差异沉降,必要时设置隔离桩、加固体或加密监测点。临近道路和管线区域,支护选型需考虑施工振

动、土体扰动和地下水水位变化对管线接口、路面结构和管沟稳定性的影响,宜采用低噪声、低振动、成孔质量稳定的施工工艺。安全控制标准不能仅依赖统一限值,应依据周边设施承载能力和变形敏感程度分级设定预警值、报警值和停工处置值。智慧建造理念下,基坑监测数据可接入信息化平台,对位移、沉降、轴力和水位变化进行连续比对,使支护技术选型从单一结构选择转向环境风险协同控制。

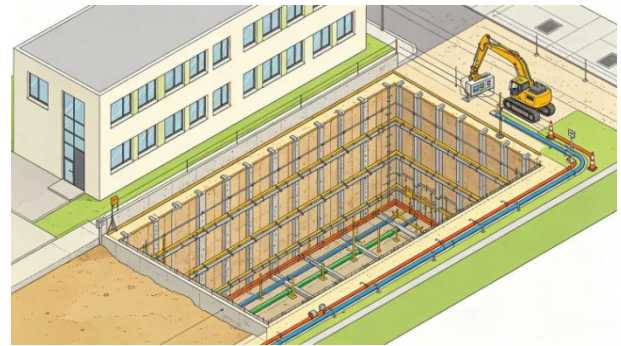


图1 深基坑支护施工现场示意图

4 深基坑支护施工技术应用措施

4.1 分层分段开挖控制基坑变形

分层分段开挖是一种通过控制开挖高度和区域划分来减小土体应力突变和边坡位移的施工措施。基坑开挖过程中,应根据支护结构刚度和土体力学性质,将土方分为若干层次,每层设置合理的开挖高度,分段区域施工顺序应与内支撑或锚杆施工进度匹配。分层开挖能够降低边坡土体卸荷速率,减轻支护结构局部受力峰值,同时控制坑底隆起和沉降速率。分段开挖结合实时沉降和位移监测,可对异常变形及时采取加固、调整开挖节奏或预加力支撑措施,形成动态控制闭环。此措施兼顾施工安全和结构稳定性,同时优化施工节奏,降低土体扰动和施工风险,符合现代信息化建造和绿色施工理念。

4.2 锚杆支护施工强化结构稳定

锚杆支护作为深基坑边坡加固的重要措施,通过预应力锚杆和锚固体将土体与支护结构整体联结,显著提高基坑整体刚度和稳定性。锚杆布置应根据基坑高度、土层承载力和边坡倾角优化间距、倾角和埋固深度。施工中应结合锚杆拉力控制和锚固灌浆质量,确保锚杆能够均匀承载土体主动压力。锚杆施工可分阶段实施,与土方分层开挖同步进行,通过预加力调整支护结构受力分布,限制边坡位移和支护弯矩变化^[4]。信息化监测可实时获取锚杆轴力和支护结构变形数据,实现施工动态校正,保障支护体系在复杂地质条件下维持稳定,为基坑安全和周边环境保护提供技术支撑。

4.3 降排水系统布设降低渗水风险

地下水和孔隙水的控制是深基坑施工安全的关键环节,降排水系统布设能够有效降低土体孔隙水压力,防止渗漏涌砂及

基坑失稳。降排水系统包括井点降水、管井排水、集水沟和止水帷幕组合，布设位置和间距需结合地质水文条件、支护结构类型及施工深度确定。系统施工需与开挖工序和支护体系施工同步进行，确保降水速率与土体稳定要求匹配。通过监测水位变化，可动态调整降排水强度和开挖节奏，避免坑底隆起和边坡渗流破坏。优化的降排水方案不仅保障支护结构稳定，还可减少施工扰动和环境影响，提升深基坑施工的安全性与可控性，符合现代绿色施工与智慧建造理念。

5 深基坑支护施工应用成效提升路径

5.1 施工监测数据指导支护参数调整

施工监测数据应贯穿深基坑支护施工全过程，重点采集支护结构水平位移、周边地表沉降、支撑轴力、锚杆拉力、地下水位和坑底隆起等关键指标。监测点布设需覆盖基坑转角、长边中部、邻近建筑、地下管线和水文敏感区域，保证数据能够反映支护体系真实受力状态。数据采集后应与设计控制值、预警值和报警值进行连续比对，发现位移增长速率异常、支撑轴力突变或水位变化超限时，应及时调整开挖深度、支撑预加力、锚杆锁定值和降水强度。智慧建造理念下，可利用自动化监测设备和信息化平台形成数据联动分析，使支护参数调整从事后处理转向过程预控，提高深基坑支护施工的稳定性和安全可控水平。

5.2 质量检查机制保障工序衔接稳定

质量检查机制应覆盖深基坑支护施工的材料进场、成孔施工、钢筋笼安装、混凝土浇筑、锚杆注浆、支撑安装和土方开挖等关键环节。围护桩施工需重点检查桩位偏差、垂直度、桩

径、沉渣厚度和混凝土强度，避免因局部质量缺陷降低支护刚度。锚杆施工应核查孔深、倾角、注浆饱满度、张拉锁定值和抗拔试验结果，保证锚固体系能够有效传递土压力^[5]。支撑安装阶段需检查节点连接、焊缝质量、支撑标高和预加轴力，防止支撑滞后或受力不均。精益建造理念要求将质量检查嵌入工序交接过程，上一道工序验收合格后方可进入下一道施工环节，通过清单化验收、影像留痕和责任追溯，保障支护施工连续稳定。

5.3 安全管控措施提升工程建设质量

安全管控措施应从施工组织、作业空间、设备运行和应急处置等方面同步落实，深基坑支护施工区域需明确开挖边线、材料堆放范围、机械行走路线和临边防护标准，避免超载、碰撞和交叉作业影响支护结构稳定。土方开挖期间应严格控制分层厚度和开挖坡度，禁止局部超挖、支撑未形成前继续下挖和雨后盲目施工。支护结构附近的吊装、运输和混凝土浇筑作业应核算附加荷载，防止施工荷载集中作用于基坑边缘。绿色安全施工理念要求同步控制扬尘、噪声、泥浆外排和夜间施工扰动，使安全管理从单一事故预防扩展为施工环境综合控制。通过风险分级、现场巡查、监测预警和应急联动，可提升深基坑支护施工质量和建筑工程整体建设水平。

6 结语

深基坑支护施工技术应用应立足地质条件、开挖深度、周边环境 and 施工组织要求，科学选择支护形式，细化开挖、锚杆、降排水和监测控制措施。支护参数动态调整、工序质量检查和安全风险管控能够增强基坑稳定性，减少变形、渗漏和沉降问题，提升建筑工程地下施工质量。

参考文献：

- [1] 谢进发. 建筑工程深基坑支护施工技术实践研究[J]. 居业, 2025, (12): 34-36.
- [2] 丁少梅, 马聪. 建筑工程施工中深基坑支护的施工技术分析[J]. 城市建设, 2025, (29): 26-28.
- [3] 黄金林. 建筑工程中的深基坑支护施工关键技术的实践分析[J]. 中国住宅设施, 2025, (11): 212-214.
- [4] 高渊. 深基坑支护施工技术在房屋建筑工程施工中的应用研究[J]. 石油化工建设, 2025, 47(11): 99-101.
- [5] 唐世凯, 王守彬, 李北平, 等. 建筑工程施工中深基坑支护施工技术管理分析[J]. 全面腐蚀控制, 2025, 39(10): 227-229.