

高层建筑深基坑支护施工技术应用研究

刘林伟¹ 熊红芳²

1.武汉中超电网建设监理有限公司 湖北 武汉 430000

2.宝业湖北建工集团有限公司 湖北 武汉 430000

【摘要】：高层建筑深基坑支护施工技术的应用，关键在于某一种支护形式是否先进，而在于是否能将地层条件、地下水、周边荷载和施工组织统一到同一控制框架中。文章围绕高层建筑深基坑工程的场地约束、支护工艺、施工控制和应用评价展开分析，指出排桩、地下连续墙、锚杆、内支撑和降水体系必须协同配合，否则围护结构很容易在开挖过程中出现变形累积、渗漏扩展和工期失控。研究认为，高层建筑深基坑支护施工的核心，是用分层开挖、动态监测和节点复核把风险前移，把不可逆失稳控制在形成之前。

【关键词】：高层建筑；深基坑支护；施工技术；地下水控制；监测预警

DOI:10.12417/2705-0998.26.07.040

引言

高层建筑深基坑施工通常伴随开挖深、作业面狭窄、周边环境敏感和地下水条件复杂等问题，支护方案如果只停留在设计图上，到了现场就会暴露出适配性不足。基坑围护结构的施工质量，直接关系到主体结构能否按期展开，也关系到周边道路、管线和既有建筑的安全边界。深基坑支护施工技术在土建工程施工中的应用研究指出，支护技术并不是单独构件的堆叠，而是围护、降水、开挖、监测和应急处置的组合体系。因此，对高层建筑深基坑支护施工技术应用研究，重点应落在工序衔接、风险识别和动态控制三个层面。

1 高层建筑深基坑支护的工程条件与技术目标

1.1 场地约束与地层水文条件

高层建筑通常位于城市核心或紧凑开发区，基坑周边往往分布着市政管线、既有建筑及交通通道，施工空间本就有限。若地下土层存在软弱层、砂层或局部回填土，支护结构受力会更加复杂；地下水位较高时，开挖后还需考虑侧压力增加和渗流影响。现场条件越复杂，支护施工就越不能单纯依赖结构计算结果，而必须将水文地质特征、周边环境约束及施工条件等因素综合纳入控制目标，确保安全与稳定^[1]。

1.2 基坑深度与周边环境荷载

高层深基坑前期协调不能只停留在施工总平面图上，应将临时道路、塔吊基础、材料堆场、降水井位和地下室出入口统一到统一协调表中。支护施工若与主体转序、车辆组织、混凝土泵送或设备吊装冲突，后续调整会牵动多工种返工。提前核对这些约束，可避免围护结构成型后改线或改撑，减少拆改带来的工期波动。深基坑的“深”不仅是几何尺寸，开挖阶段土体卸荷更剧烈，围护结构受侧向压力更集中。坑外荷载还可能来自临时堆载、车辆通行、材料堆放及邻近地下室施工，使变形更敏感。若周边有老旧建筑或重要管线，微小位移也可能引发连锁反应，因此安全控制需比常规工程更保守。

1.3 支护目标与安全控制边界

深基坑支护的目标不仅是挡土，更是为主体工程创造可持续施工空间。这要求支护在开挖全过程保持足够刚度、止水性和可监测性。支护方案的适用性取决于安全、工期和成本的平衡，同时需考虑周边沉降控制、地下室施工顺序及主体穿插条件。高层基坑常叠加既有地下室、管线、道路和塔吊基础，土层非均质，围护受力复杂。因此支护目标应包括沉降、坑底隆起、支撑轴力和渗流变化。前期勘察未识别不良土层和含水层，后续加固可能增加工序冲突^[2]。支护形式应结合场地宽度、土层组合、地下水位及周边敏感目标优化，如狭长场地宜排桩加内支撑，紧邻建筑宜地下连续墙或局部加固。优化的关键是安全储备、施工效率与拆撑便利的平衡。

2 深基坑支护施工的关键工艺与实施流程

2.1 排桩、地下连续墙与锚杆组合

高层建筑深基坑施工中，围护结构的选择是保证基坑安全与施工顺利的核心环节，通常包括排桩、地下连续墙以及锚杆组合等多种形式。不同围护形式的适用性并非仅取决于其自身的结构性能，而在于是否能够与现场土质条件、地下水情况及施工空间等具体因素相匹配。排桩结构适用于施工空间有限、但对位移控制要求不极端的工况；地下连续墙则在需要良好止水性能的场地中表现优越；锚杆体系在限制基坑侧向位移、分担土压力方面作用显著。然而，无论选择哪种围护形式，施工质量的稳定性才是决定基坑安全的关键。具体施工质量要求包括桩位垂直度的精准控制、成槽施工质量的合格保证、锚杆锚固长度是否满足设计要求，以及浆体充盈度均匀且无空洞。这些因素直接影响基坑围护结构的承载能力、稳定性及耐久性。高层建筑深基坑施工成功的根本保障在于合理匹配施工方案与场地条件，同时严格控制施工工艺和质量，确保每一个环节均符合设计和安全要求，从而实现基坑施工的安全、高效与可控。

2.2 分层开挖、降水与临时支撑衔接

深基坑施工最容易出问题的地方，往往不是围护结构本身，而是开挖节奏和支撑安装节奏不同步。分层开挖可以减少一次性卸荷，但必须与内支撑、锚杆和降水井同步安排，否则前一层开挖完成后，侧压力未及时释放，就可能造成围护墙位移陡增。对于地下水较高的基坑，还应把降水控制在合理区间，避免因水位降得过快而引发周边沉降或坑底隆起。开挖和支撑必须按层次同步推进，不能把土方一次性挖深后再集中补撑。每完成一层开挖，都要尽快完成对应支撑的安装、锁定和复核，把未受控的暴露时间压到最低。对于高层建筑这种基坑深度较大的工程，边开挖边跟进支撑还意味着要同步关注围护墙变形、支撑轴力和坑底隆起三类信息，只有三者都处于可接受区间，下一层开挖才具备继续推进的条件。

2.3 混凝土喷护、止水与节点处理

节点处理往往决定支护是否真正可靠。围护墙接缝、冠梁转角、支撑节点、锚头部位和后浇带位置，都是深基坑容易渗漏和开裂的部位。如果喷护层厚度不足或密实度不够，后续细小渗流就会逐步冲刷坡面，诱发局部失稳。建筑工程深基坑支护工程施工技术与应用分析指出，围护体系的实际效果高度依赖节点施工质量，局部缺陷会直接削弱整体稳定性^[3]。节点施工并不是收尾动作，而应和成槽、钢筋笼吊装、混凝土浇筑以及止水帷幕闭合一起验收，保证围护体系在空间上是连续的，在受力上也是连续的。在工地实践中，喷护和止水还要和冠梁、腰梁、后浇带及外包防水同步考虑。比如钢筋笼接头、止水钢板搭接、锚头封堵和喷射混凝土回弹控制，都直接影响围护体系的整体连续性。若节点处仅做表层抹平而未处理内部渗流通道，雨后往往会先出现潮湿渗印，再逐渐发展成流砂或局部冲刷。节点验收应尽量前移到隐蔽工程阶段，并通过旁站、影像留痕和抽样复查把质量问题锁在最早环节。在这一类工程中，节点验收还应和材料批次、焊缝探伤、止水材料到场复核同步进行，避免同一位置在多个班组之间反复处理却没有留下明确责任。对于渗水敏感部位，最好把节点抽查和降水记录一起对照，若两者出现偏差，就能迅速判断是结构连接问题还是止水链条问题。

3 施工中的质量控制与风险防控

3.1 围护变形、位移和沉降监测

深基坑施工过程中必须建立完善的动态监测制度，因为单纯依靠某一时点的监测结果来判断安全性，其意义非常有限。有效的监测应涵盖围护结构的水平位移、地表沉降、支撑体系的轴力以及周边建筑物的沉降情况，并通过对这些指标的趋势分析，判断支护体系是否已进入潜在的不利阶段。特别是在基坑开挖过程中，即使位移数值尚未达到设计极限，但如果增速明显加快，也应及时复核开挖进度和支撑状态，采取必要

的预防措施。因为许多基坑失稳事故并非突然发生，而是前期的微小位移和应力变化累积未被及时识别和处理所导致。因此，连续、系统、动态的监测不仅能够提供实时数据，还能为施工管理决策提供科学依据，从而有效预防潜在风险，保障深基坑施工的安全和周边环境的稳定。

3.2 地下水控制与渗漏修复

地下水控制是深基坑安全的底线。降水井、止水帷幕和坑底排水沟必须形成连续体系，不能只在局部节点“补一补”。一旦出现渗漏，应迅速判断是接缝渗漏、裂缝渗漏还是管涌迹象，并采取封堵、回灌或补强措施，避免水土流失扩大。建筑工程深基坑支护施工技术及风险控制研究表明，风险控制的重点往往不是事后修复，而是通过过程监测把渗漏和变形压缩在早期阶段^[4]。深基坑里的渗漏问题很少是单点故障，更多时候是围护接缝、冠梁节点、止水帷幕和降水系统共同作用后的结果。现场处置时，不能只盯着明水出口封堵，还要顺着水流方向倒查渗压来源，区分是结构接缝渗、土体绕渗还是降水失衡引起的局部返潮。对于城市高层项目，渗漏修补最好与监测数据联动，只要某一处补强后周边变形仍持续放大，就说明问题没有真正切断，必须继续追溯到更上游的工序。

3.3 交叉作业、工期组织与应急预案

高层建筑深基坑施工常常不是单工序独立推进，而是和主体结构、机电预留、降水运行以及材料运输交叉进行。如果工序协调不清，极容易出现“为了赶工期而压缩支护养护时间”的问题，这种做法会把短期进度转化为长期风险。施工组织中还应提前设置应急预案，包括暴雨、停电、突涌和支撑失效等场景，保证一旦出现异常能够快速封坑和分流人员。在实际应用中，应急预案不能只是文本文件，而要落实到抽排设备、临时回填料、备用电源和现场通讯链条上，真正出现问题时才能立即启动。应急预案还应细化为分级响应：轻微渗水时先减缓开挖、补强排水；位移异常时立即停工、回填和复测；支撑受损或暴雨突发时则启动封坑和人员撤离。对于城市高层项目，坑外交通和夜间施工约束往往很强，因此预案必须同时考虑对周边道路、地下管线和既有建筑的影响，不能只针对坑内自身组织。深基坑开挖进入雨季后，还要把天气预报、设备巡检和现场值守放在同一张应急表中，哪一项掉链子都可能影响整体处置速度。夜间值守人员、抽排设备、临时照明和通讯设备最好形成固定组合，这样一旦出现异常，现场组织就不会因为临时调配而失去响应时机。

4 应用效果评价与优化建议

4.1 工序匹配与经济性评价

深基坑支护施工的经济性，不只是材料成本，还包括返工概率、工期占用和风险处置成本。如果工序衔接合理，支护方案即使初始投入略高，也往往能通过降低沉降控制难度和缩短

返工时间把总成本拉下来。施工技术的应用效果，需要放在整个项目链条中看，而不是只看某一道工序是否省钱。经济性评价在深基坑工程中经常被简化成材料费比较，但真正影响综合成本的，往往是工期占用、降水周期、支撑拆除和返工风险。一个前期投入较高的围护方案，如果能够明显缩短暴露时间、降低后续修补概率，并减少对地下室结构施工的干扰，最终综合成本反而可能更低。高层建筑项目在做技术比选时，应该把单方造价、工期损失和安全冗余一起纳入判断，而不是只看某一道工序的价格高低。

4.2 安全稳定性与环境影响评价

高层建筑基坑施工对周边环境的影响主要体现在噪声、振动、地表沉降以及渗漏等方面。施工过程中，如果支护体系能够将这些影响有效控制在设计允许范围内，说明所采用的技术方案与施工措施是科学合理、可行的，施工效果得到验证。相反，如果基坑内部施工看似顺利完成，但施工过程中或完工后导致周边道路出现裂缝、邻近建筑发生沉降，或地下水渗流异常，就表明技术方案在现场应用中存在偏差，未能充分考虑土体条件、地下水状况及周边环境的复杂性。评估基坑施工的成功与否，不仅要看基坑内部的施工完成情况，更应关注施工对周边环境的实际影响，以确保施工安全与环境协调。

4.3 全过程控制下的优化方向

未来深基坑支护施工应朝着设计、施工与监测一体化方向优化。施工方案应前移至勘察阶段，风险识别前移至施工准备

阶段，复核前移至每一轮开挖节点，以避免问题留到后期补救。高层建筑工程只有将围护、降水、监测和应急统一管理，支护技术应用价值才能稳定体现。从长周期来看，优化方向包括数字化监测、变形预警和施工参数留痕，将一次性经验转化为可复用控制经验。管理方法上，应实现 BIM、测量数据和监测数据的联动，使设计参数、现场变更和实测结果统一在同一数据平台，便于复盘桩长、支撑标高、降水深度及沉降曲线，为后续项目提供直接借鉴^[5]。技术应用价值不仅在于完成当期工程，更在于将现场控制经验沉淀为可复制工法和风险清单。类似项目中常见的超挖、塌孔、锚杆注浆不足和止水帷幕渗漏等问题，可逐项归档形成检查清单。深基坑支护并非一次性完成的临时工程，而是可整理成标准化控制流程的长期管理过程。通过逐项记录桩长控制、支撑标高复核、降水深度调整、雨季巡查和沉降预警等节点，后续高层项目可直接调用这些经验，减少重复摸索，提高施工稳定性和安全性。

5 结语

高层建筑深基坑支护施工技术的应用，实质上是围护结构、降水控制、开挖组织和动态监测共同作用的过程。只强调某一种支护形式先进，往往不足以保证基坑安全；只有把场地条件、地下水、周边荷载和工期组织统一管理，深基坑支护才能真正服务于高层建筑主体施工。工程验收不应停留在结构成型，还应回到变形控制、渗漏控制和施工记录三个层面再核一次。对高层建筑来说，真正可靠的支护不是“一次完工”，而是经过多轮开挖和雨季检验后依然保持稳定。

参考文献：

- [1] 郑开玉.深基坑支护施工技术在土建工程施工中的应用[J].现代工程项目管理,2023,2(10).
- [2] 周新.超高层住宅建筑深基坑支护施工技术应用分析[J].居舍,2025(2):75-78.
- [3] 范志强.深基坑支护技术在高层建筑工程施工中的应用分析[J].城市建设与规划,2024,1(6).
- [4] 张守用.建筑深基坑支护工程施工技术与应用分析[J].建筑工程与管理,2025,7(6).
- [5] 陈亮.建筑工程深基坑支护的施工技术探讨[J].工程建设,2021,4(2):93.