

高层建筑施工中深基坑施工技术分析

钱 雳

(广州市广州工程建设监理有限公司, 广东 广州 510080)

摘 要 随着城市化进程不断加快, 高层建筑日益增多, 深基坑工程作为其关键基础环节, 直接关系到工程安全、质量与进度。深基坑施工技术的科学运用, 不仅能有效提升基坑的稳定性, 还能最大限度地减少对周边环境的影响, 确保施工过程的顺利进行。因此, 对高层建筑施工中深基坑施工技术的深入分析尤为重要。本文结合工程实例, 系统分析了深基坑施工中的支护结构选型、地下水控制、变形监测等关键技术, 以期为类似工程提供技术参考。

关键词 高层建筑; 深基坑; 支护技术; 地下水控制; 施工安全

中图分类号: TU974

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.26.014

0 引言

随着城市快速发展和土地资源日益紧张, 高层建筑和超高层建筑已成为现代城市空间拓展的必然趋势。为了满足建筑稳定性和使用空间的需求, 基坑工程的深度不断增大, 常常超过 10 m, 甚至达到几十米。同时, 随着城市化的推进, 基坑工程的周边环境也日益复杂化, 邻近建筑物、地铁线路、地下管线等重要设施密布, 给深基坑施工带来了前所未有的挑战^[1]。深基坑施工是高层建筑安全稳定的前提。然而, 由于深基坑工程涉及地质、土木、结构等多个学科领域, 施工技术复杂, 风险较高。一旦施工技术不当, 极易引发坍塌、沉降、渗漏等严重事故, 不仅威胁周边建筑和设施的安全, 还可能造成重大的人员伤亡和财产损失^[2]。因此, 深入分析深基坑工程的特点、难点和风险, 研究科学合理的施工技术和管理措施, 对于确保高层建筑的安全稳定、推动城市可持续发展具有重要意义。

1 深基坑施工关键技术分析

1.1 支护结构选型与施工

排桩加锚索支护适用于基坑较深且周边空间受限的情况。其技术要点在于采用钻孔灌注桩结合预应力锚索, 这种支护方式具有强大的位移控制能力, 能够确保基坑的稳定性。地下连续墙则适用于超深基坑(深度大于 15 m)且邻近敏感建筑的情况。地下连续墙不仅可以作为基坑的支护结构, 还可以兼作地下室外墙, 具有优异的防渗性能。然而, 需要注意的是, 地下连续墙的施工过程可能会产生较大的噪声和振动。内支撑体系适用于软土地区且基坑形状规则的情况。它通常采用钢或混凝土作为支撑材料, 需要分层开挖与拆除。内支撑体系能够有效地控制基坑的变形, 确保施

工安全。土钉墙或复合土钉适用于浅中层基坑(深度小于 12 m)且土质较好的情况。这种支护方式具有造价低、施工快的优点。但是, 在施工过程中需要严格控制降水, 以防止基坑失稳^[3]。选择何种支护形式需要根据基坑的深度、周边环境、土质条件以及施工要求等多方面因素进行综合考虑。

1.2 地下水控制技术

降水法主要是通过抽取地下水来降低地下水位, 确保地下工程施工的顺利进行。其中, 管井降水适用于渗透系数较大的砂土层, 通过管井将地下水抽出, 达到降低水位的目的。轻型井点则适用于粉土、粉细砂层, 通过轻型井点系统抽取地下水, 同样可以降低地下水位。然而, 过量降水可能导致地面沉降, 因此需设置回灌井, 以补充地下水, 防止地面沉降的发生。截水法则是通过采用止水帷幕等措施来阻隔地下水, 防止地下水对工程施工造成影响。止水帷幕可以采用旋喷桩、TRD 工法墙等工艺进行施工, 形成一道连续的防水屏障, 有效阻隔地下水。这种方法适用于高水位地区或需要保护邻近水源的工程, 可以有效防止地下水对施工的影响。

1.3 变形监测与预警

变形监测与预警是确保工程结构安全的关键环节, 特别是在深基坑、大型建筑、桥梁等复杂工程中, 其重要性不言而喻。以下是对变形监测与预警的深入分析: (1) 监测内容。变形监测主要关注支护结构位移、周边地表沉降、地下水位以及支撑轴力等关键指标。支护结构位移能够反映结构在外部荷载作用下的变形情况; 周边地表沉降则关系到周围建筑物的安全和地下管线的保护; 地下水位的变化可能影响土体的

稳定性和工程的抗浮能力；而支撑轴力则是评估结构整体稳定性和承载能力的重要指标。（2）技术手段。自动化监测系统集成了全站仪、测斜仪、光纤传感等高精度测量设备，能够实时监测支护结构的位移、倾斜以及地下水位等参数^[4]。这些设备具有高精度、自动化程度高的优点，能够大大提高监测效率和准确性。BIM 平台实时数据集成与预警：通过 BIM 平台，我们可以将变形监测数据实时集成到三维模型中，实现数据的可视化和直观分析。同时，平台还能够根据预设的控制标准，如位移速率 $> 2\text{ mm/d}$ 或累计位移 $>$ 设计值 80%，自动触发预警机制，及时提醒相关人员采取应对措施。（3）控制标准。为了确保工程结构的安全，我们制定了严格的控制标准。当位移速率超过 2 mm/d 或累计位移达到设计值的 80% 时，我们将启动应急预案，采取必要的加固措施或调整施工方案，以防止结构失稳或破坏。

2 工程案例分 析

某文化创意产业园安置区工程项目涵盖 4 个地块，1~3 地块为高层建筑，总建筑面积 41 万 m^2 ，含 9 万 m^2 地下车库及 32 万 m^2 地上建筑。3 地块高层建筑共 8 栋，高度 65 m，采用钢筋混凝土框架结构，设计使用年限 50 年，地基以 CFG 桩加固，筏板基础形式，地基基础设计等级为甲级，结构安全等级二级，抗震设防等级三级。现场踏勘显示周边环境复杂，邻近老旧住宅楼及市政给排水管道，地下水位距地表 $5\sim 7\text{ m}$ ，基坑开挖深度 11 m 需采取降排水措施。技术方案确定采用直径 1.5 m 钻孔灌注桩支护，桩间距 1.2 m，内部设置 3 层混凝土支撑体系。地质条件不良与复杂周边环境对支护结构可靠性提出较高要求。

3 支护施工要点分析

3.1 施工方案

深基坑施工采用支护桩与工程桩同步作业，桩机性能须保持稳定高效。施工流程依次为场地清理、支护桩及工程桩施工、分层土方开挖至首层支撑梁底并浇筑混凝土支撑，随后继续开挖至二层支撑位置并完成相应结构施工，最终分段开挖至坑底进行基础及主体施工（见图 1）。主要设备包括 1 台 DZK-850 三轴深搅拌机、10 台 GPF-20 桩机及 1 台 XP-20 旋喷桩机。支护桩及桩基施工 55 天后启动首层圈梁作业，土方开挖与圈梁施工交叉进行，约 80 天完成关键节点。支护体系采用直径 1.5 m、间距 1.2 m 钻孔灌注桩围护结构，坑内设置 3 层钢筋混凝土支撑^[5]。

3.2 支护关键施工工艺

3.2.1 灌注桩成孔、清孔

桩位定位采用 $50\sim 60\text{ cm}$ 钢筋标记点位后实施桩机定位，护筒埋设需人工开挖至设计尺寸。钻孔灌注桩施工选用适配钻头，全程控制进尺速度，过程中反复校验垂直度与桩位精度。软土层钻进采取低速作业并提高泥浆比重以维持孔壁稳定，粉砂层施工将泥浆比重控制在 1.25 以上防止缩径。成孔后实施清孔工序，通过持续注入清水或稀释泥浆置换孔底钻渣与浓浆，同步检测孔深、孔径及垂直度是否符合设计标准。清孔阶段须维持孔内水位恒定，确保孔壁结构完整性。

3.2.2 钢筋笼制作吊装

钢筋笼采用单节 9 m 标准长度制作，焊接、搭接及机械连接工艺须符合规范要求。笼体正圈按 3 m 单元设计，采用双点吊装方式确保结构完整性，吊放作业需

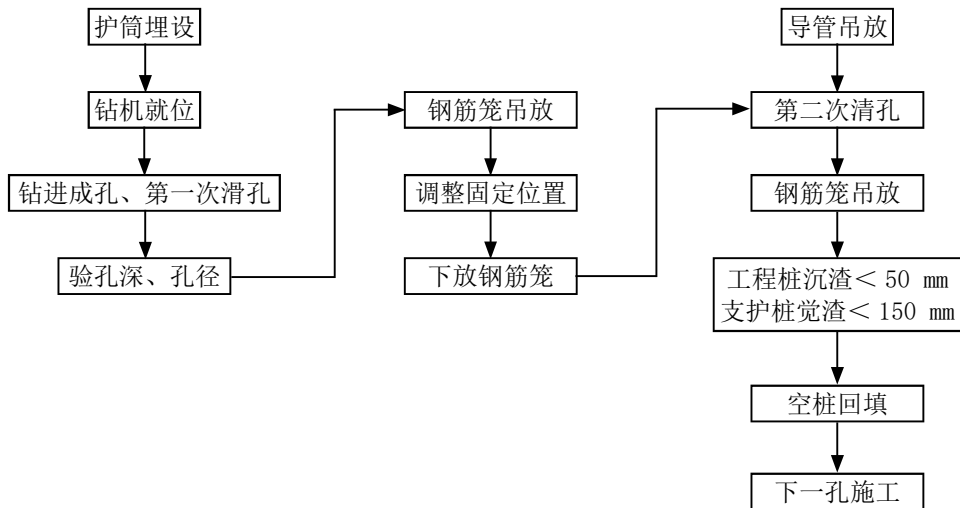


图 1 支护桩体施工流程示意图

结合成孔质量同步控制。桩长超过 9 m 时实施钢筋笼焊接, 施工过程保持笼体同心度, 单面焊接焊缝长度不小于 10 倍钢筋直径。导管选用直径 0.25 m 规格, 其总长需超出孔深, 下放前接头经 0.7 MPa 水压测试合格。导管就位后实施二次清孔, 工程桩孔底沉渣厚度控制在 50 mm 以内, 围护桩允许沉渣量不超过 150 mm^[6]。

3.2.3 水下混凝土灌注

水下混凝土灌注施工前须检测坍落度, 指标控制在 180~250 mm 范围。导管底端与孔底保持 50 cm 间距, 工程桩首灌量不低于 1.8 m³, 支护桩首灌量需达 2.2 m³ 以上。灌注初始阶段限制混凝土下落速度, 防止孔壁受冲击破坏; 持续灌注过程中导管埋深维持在 2~6 m 区间, 同步匀速提升导管。全过程须保持连续作业状态, 实时监测孔内返浆状况, 异常情况立即处理。混凝土浇筑至设计标高后继续超灌, 确保桩顶密实度。待混凝土终凝达到强度要求后, 方可开展后续工序施工。

3.2.4 止水桩施工

止水桩采用三轴深搅拌工艺施工, 前期开挖宽度 1 m、深度 0.5 m 的导沟作为作业基准。沟槽两侧布设定位基准线, 施工人员依据导线坐标控制桩机移位, 实施跳跃式套打工艺形成连续围护墙体。施工过程需着重控制冷接头处理质量, 对成型后的围护结构冷缝部位实施专项检测。基坑开挖阶段密切监测止水帷幕完整性, 发现施工缝渗漏立即采取注浆加固措施。墙体接缝处理严格按跳跃式连接工艺执行, 确保各施工段形成有效搭接(见图 2)。

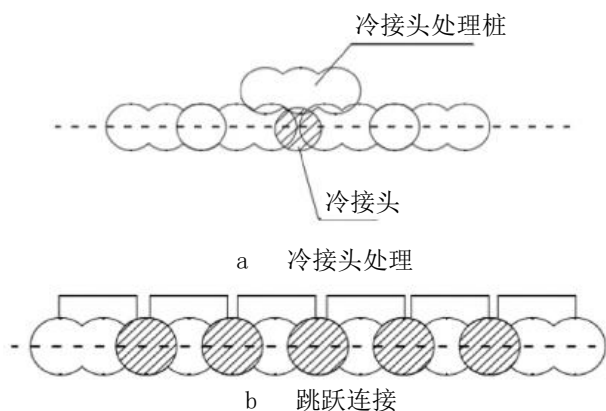


图 2 止水桩施工技术

3.2.5 旋喷桩施工

基坑旋喷桩施工流程包括桩位定位、注浆管旋转提升喷浆、成桩及孔道清理等工序。施工过程须与既有支护桩保持 3 m 以上安全距离, 避免对支护结构造成扰动破坏。注浆管在旋转提升过程中同步实施高压

喷射作业, 确保桩体形成均匀致密结构。成桩后及时清洗注浆管路, 为后续施工创造作业条件。

3.3 降排水施工

该深基坑工程于坑内设置 17 口降水井, 周边布置 15 口深度 21 m 的观测井。降水管井施工完成后立即启动降水作业, 土方开挖前须将地下水位降至开挖面以下 50~100 mm 范围。观测井全程监测水位变化, 确保降水效果满足开挖要求。

3.4 钢筋混凝土梁支撑施工

钢筋混凝土梁支撑施工需先开挖至圈梁底标高, 完成桩体清理、钢筋调直及垫层浇筑后实施梁体钢筋绑扎作业。混凝土浇筑掺入早强剂以加速强度发展, 待达到设计强度后安装钢支撑并施加预应力, 与土方开挖同步推进。钢支撑安装须确保节点构造符合规范要求, 避免结构损伤, 预应力施加严格按设计值控制。

4 结束语

深基坑施工需综合考虑地质条件与环境要求, 采用“支护—降水—监测”一体化技术方案。这一方案能够确保施工过程中的安全性和稳定性, 有效应对复杂地质条件带来的挑战, 同时满足环境保护的要求。施工过程的动态调整至关重要, 必须严格控制。通过强化实时监测与预警机制, 能够及时发现施工中的异常情况, 并采取相应的调整措施, 从而避免安全事故的发生, 保障施工顺利进行。未来深基坑施工技术的发展方向是智能化、绿色化、装配化。智能化技术的应用将提升施工效率和安全性, 绿色化施工则有助于减少环境污染, 装配化施工能够缩短工期, 降低成本。这些发展方向将共同推动深基坑施工技术迈向更高水平, 提升工程整体的安全性和效率。

参考文献:

- [1] 林卫昭. 高层建筑施工深基坑支护加固技术关键及价值探讨[J]. 城市开发, 2024(13):122-123.
- [2] 高亚丽, 田春明, 张小玮, 等. 高层房屋建筑施工技术要点[J]. 江苏建材, 2024(04):115-117.
- [3] 赵晖. 深基坑支护技术在高层建筑工程施工中的应用分析[J]. 建材发展导向, 2024(12):79-81.
- [4] 孙其林. 高层建筑工程深基坑支护施工技术分析[J]. 中华建设, 2024(04):127-129.
- [5] 同[4].
- [6] 彭神斌. 高层住宅深基坑支护选择与施工研究[J]. 住宅产业, 2022(08):101-104.