

# 复杂市政环境下深基坑工程施工关键技术

刘道俊<sup>1</sup> 舒计步<sup>2</sup> 李亮<sup>2</sup>

1.武汉市汉阳市政建设集团有限公司 湖北武汉 430050; 2.武汉地铁集团有限公司 湖北武汉 430070

**摘要:** 随着城市化进程的不断推进,深基坑工程数量日益增长,在城市区域深基坑工程常常面临复杂的外部环境,其周围管道密布,土质条件多变且交通网络和建筑物密集,多种因素综合为深基坑工程施工带来重大挑战。本文通过对标准深基坑建设实例的深入分析,详细探讨开挖作业、水位控制以及先进的监控系统等关键环节在深基坑开发中的重要作用,并梳理了相应的管理策略。本文主要通过施工关键技术的分析,为确保建设安全提供指导性建议,并为类似工程项目提供參考。

**关键词:** 复杂市政环境;深基坑工程;施工关键技术

## 引言:

随着城市地下空间的开发和利用日益广泛,挖掘活动的范围和深度持续扩大,深基坑施工是一项技术挑战大、风险系数高的工程,尤其在复杂多变的施工条件下,基坑建设的安全问题尤为突出。因此,确保基坑建设的安全性,保证深基坑工程的顺利进行,是实现基坑工程目标的关键。在实际操作中,需要根据项目的具体情况深入研究,对施工方法进行深入探讨和优化,以提升深基坑工程的整体技术水平,不仅将在经济上带来显著效益,同时对社会也有重要贡献。

## 一、复杂市政环境下深基坑工程方案

### (一)工程概况

本文以某建筑项目为例,该项目的施工区域占地面积为 5679 平方米,包括一座 26 层的建筑,总高度为 94.7 米,经过详细的地质勘探,确定场地的土壤结构,依次为粉粘土、风化的粉砂土、粘性土以及混合填充土。根据工程的实际情况,计算出基坑的周长为 540 米,平均开挖深度为 15.75 米,最深处为 19.7 米,地层的低渗透性和粉砂层的丰富性可能对基坑的排水系统和挖掘作业产生影响。因此,采用了包括浇筑桩、水泥混合桩和地下连续墙在内的多种加固策略来构建防水帷幕,同时根据工程各部分的特定条件、地表结构的特殊性以及荷载特性,设计并实施不同直径、不同钢筋配置和高度差异的支撑桩作业,以确保功能的充分发挥,同时最大程度地减少潜在的地质影响。

### (二)初步方案设计

第一,实施在支撑桩顶部设置连续顶梁的工程措施,该梁的高度保持在约 800 毫米,宽度与支撑桩的直径相一致,其延伸长度约 540 米,沿基坑边界布置,以确保结构的整体稳定;第二,采用 80 毫米厚的 C20 级喷射混凝土覆盖挡土墙,形成一个统一的结构;第三,基于工程特性和地基土壤条件,选择以 700 毫米直径的水泥混合桩环绕基坑,创建一个封闭的防水屏障。为了增强防水性能,东、西、北三侧增设了一排水泥混合桩。此外,采用了直径为 800 毫米和 1000 毫米的混凝土灌注桩作为支撑,桩的长度设定在 17.7 米至 23.6 米之间,使用 S12 级抗渗混凝土,以提升防水效果;第四,利用预应力钢绞索(直径 15.2 毫米)通过桩体的孔洞直接连接锚固器和钢板,实现预制应力锚杆的自我保护功能,锚杆与水平面的夹角设定为 15 度,锚固区在支撑桩中的长度在 3.5 至 5.0 米之间;第五,开挖前需对相邻墙体浇筑混凝土导向墙,深度至少 2 米,并在导向墙上设定精确的边界线、中心线和高程控制点,以确保钢筋网架的

精确安装;在挖槽作业期间,将进行定期监测,以防止过度挖掘等潜在问题,确保施工安全和质量;挖槽完成后,需清理槽底并更换泥浆,确保泥浆密度低于 1.2,并控制底部沉积不超过 200 毫米,在钢筋笼接合处,将使用“E”型水停钢板,以确保焊接的密封性,防止水渗漏。

### (三)复杂地质环境

首先,由于该建设项目的地理位置位于商业中心,其复杂的地下交通网络和多样的分区道路及辅助管道,对基坑施工产生了显著影响。此外,该圆形廊道的地下结构分为两层,下层用作车辆停放,上层则用于管线敷设,设计深度在 8.0 至 12.5 米之间;其次,环状廊道设施位于挖掘区域的北半部,与预定的保护桩相隔 2.4 米,由于廊道结构在挖掘作业前已确定,因此在地下结构施工中采用了斜坡挖掘法,但周围土地尚未施工,坑壁斜坡的具体参数未能精确确定,大部分坑口斜坡位于建设用地边界内,部分斜坡甚至延伸至挖掘区边界,超出 2 至 3 米。依据地方安全规定,如果基坑相邻,必须确保支撑结构不受三角形土体影响,以维护工程整体质量和安全。由于现场的挖掘坑体坡度,原设计方案需根据实际情况进行动态调整,并考虑填土作业的时机以修正设计,对于暂时无需填土的区域,需采用支撑桩施工,以保持填土高度的稳定性,同时必须注意回填土的疏松性质可能对打孔作业和施工活动造成困难,增加塌陷风险。因此,所有回填区域需采用钢护筒支持的机械打孔技术,护筒内径应超出设计桩径 D 200 毫米,并根据回填层厚度调整护筒高度,确保回填土层厚度在 2 至 5 米之间;再次,环形廊道的核心设计包括支撑廊道、分流车道和撤离路径,将贯穿至地下室外墙,形成廊道的主体,但支撑框架的施工区域有限,最窄处宽度不足 1.2 米,要求通过增强钢筋配置和引入预应力锚索来弥补小桩径对结构完整性的潜在影响,以确保设计方案的效能,同时为了保证施工的可行性,需适当减小桩体直径并通过增加配筋量来补偿因减小桩径对预应力锚索功能的损失,为维持成孔设备的作业效率,必须采用单侧支撑模板的施工技术,以保持施工效率;最后,外墙施工及其支撑结构完成后,防水处理必须沿着支护桩及其与车道分隔口的连接进行,以确保支护桩的正常功能。

### (四)解决方案

在全面评估施工现场的实际情况,并考虑到周边深基坑的特殊环境后,采取了适当的措施以确保工程的质量和施工效率,工程东侧紧邻的是一条穿越地面的环形道路,其东侧则规划了一个深度达 15 米的大型挖掘区域。因此,首先对挖掘区的地质结构进行了详尽

的分析,以保证围护结构的内侧间隔保持在16至17.5米之间,并根据围护系统的要求执行桩点排列、锚固和喷射锚杆处理,以维护结构的整体稳定性,同时采用了预应力锚索作为桩间支撑的锚固方案,利用I型钢作为腰梁,通过锚固作用增强支护桩的稳固性。由于锚索布置的密集性,此方法可确保基坑预应力锚索支护系统的控制效果达到预期,在进行支护墙开孔和土方挖掘时,必须确保预拉锚索的稳固,并保持边坡支护结构的防护效能;如果锚索布置超出相邻基坑边界,钻孔锚设时需避免穿透对面的支护墙,以防止影响其稳定性及灌浆固定。在施工前,作业人员需对边坡支护结构进行全面检查和精确操作,调整该侧支护的详细构造,并防止邻近土坑施工的干扰,确保施工安全,通过分析放样结果,确定锚杆的设计长度为19米,以15度角倾斜,以满足相邻支挡墙的内部标准。为防止钻孔问题影响整体工程,计划在各支挡桩之间增设构造物,并持续监测周边土坑状况,如果发现异常立即停止作业。

由于工程项目所处的独特环境,完工后需委托独立的第三方检测机构进行形态观测,收集并报告观测计划、实时数据和观测结果,以确保所有相关方都能掌握每个施工环节的安全操作,保证支撑结构的实际效果与设计预期相符,将支撑结构的上端水平位移控制在开挖深度的0.3%以内,超出此标准需执行加固措施,同时相邻基坑的设计必须满足规定的水平限制,以防止数值超出允许范围。以下是监测指标和报警阈值:第一,基坑围护桩在水平方向上的累计位移为30毫米,日移位速度为2毫米;第二,基坑围护桩在垂直方向上的总移动量为30毫米,且日均下沉速率为2毫米;第三,结构物的垂直移动累计为30毫米,日移动速度为2毫米。此外,应密切监控基坑水平位移、邻近建筑的影响以及相关测量基点,保持合理的监测频率,以提高施工效率并确保工程质量。

## 二、深基坑施工关键技术

### (一) 支护结构施工

该工程开挖区域被划分为A和B两部分,A区的开挖面积为3557平方米,周界长度约为273米,B区开挖面积为501平方米,边界长度大约110米。为确保安全,开挖边界采用800毫米至1000毫米宽的地下连续墙,部分区域结合了1000毫米至1200毫米宽的地铁站及附属建筑的地下连续墙;A区的坑壁设置了三组钢筋混凝土支撑结构,深部增设了一根直径609毫米的钢支柱,B区配置了四组水平支撑,首层为钢筋混凝土,其余层次使用了带有轴向压力伺服系统的直径609毫米钢支柱。在基坑建设中,结构的稳固性直接影响基坑的稳定性,为保证地下连续墙的施工质量,工程中采用SG60型成槽机,并采取间隔作业法,施工前通过实验槽确定技术参数和操作规程,采用拼接式锁口管接合方式,地下连续墙的每个槽段,长度不超过2.8米仅需一根导管一次性浇筑,6.0米以内需两根导管,超过6.0米需三根导管。为精确控制垂直下沉,每面墙底部安装两条灌浆管道,每条深入地面半米,灌浆过程中严格控制水泥量,并对注浆量和压力进行双重管理。

在地铁地下连续墙附近,采用MJS技术的桩体填充工程,该技术使用直径2000毫米、倾角180度的高压旋转喷射桩,桩间距1500毫米,施工中精确控制水泥用量、水灰比例、喷射压力、提升速度和喷射体积等关键参数,以确保接缝的防水质量。在A区西边界,A区段的第二个和第四个槽段进行了可拆卸的后张式无黏结预应力技术试验,槽段二采用常规地下连续墙,槽段四采用预应力增强的结构,地下连续墙厚度800毫米,每个部分长度5.85米,总长44.15米,在原有设计的纵向钢筋基础上,第四槽段增设了预应力钢筋。

预应力钢筋的布置与主要纵向承力钢筋配置一致,部分主承力钢筋被等效抗拉强度的预应力钢筋替换,预应力钢筋的拉伸强度设计指标高于普通钢筋,确保了结构的稳定性,试验结果显示,地下连续墙在满足变形要求的情况下,可以实现部分主筋的回收。

### (二) 基底加固

在项目施工期间,基坑开挖区域主要由杂土和大量石屑填充,同时现场存在原有的建筑地基和电缆管道等障碍物,表面覆盖有大量松散的砂质粉土,这种情况容易导致流沙或管涌的地质问题出现,基坑的位置与水系相连,从而影响土壤的抗变形能力,对基坑的稳定性构成挑战。为确保基坑围护结构和周围土壤的稳定性,计划采用两台SJ-20型号的高压喷射钻机,采用三层管道技术,进行直径800毫米、间距600毫米的高压喷射桩作业,以强化和固化坑内的软土层。此外,将使用一套JB160型号的三轴搅拌设备,通过直径850毫米、间距600毫米的三轴搅拌技术,钻设至21.94米深,进行裙边固化5.00米,拉条加强区域5.00米,整体加固深度在13.80至17.25米之间,基桩加固部分深度为5.00米,水泥混合比例设定为20%。施工过程中,必须确保水泥浆的水灰比保持在1.5,严格控制桩机的下降和上升速度,以保证水泥混合比例的准确性。为了保证地基固化作业的质量,施工前需通过荷载测试桩确定最佳作业参数,准备充分的机械设备,并详细规划作业程序和时间进度。

### (三) 基坑降水

在基坑开挖过程中,遇到了土壤湿度极高的情况,采用洁净深井排水技术,其主要技术措施如下:第一,排水井的设置将遵循每250平方米设置一口的原则,在A区将设置13口深度为25米的排水井,B区设置2口相同深度的井;第二,监测与灌注井的配置包括在开挖区域周边建立两个25米深的监测井以及两个41米深的承压水监测井,可根据实际情况灵活转换为应急灌注井,同时将在开挖坑外围增设几套灌注设备,以备不时之需;第三,压力缓解井的布局将根据挖掘进度和基坑支护深度的需要,预计在主建筑地下室区域设置8个41米深的井点,以确保水压反冲的稳定性。实施过程中,将严格遵循按需排水的原则,由经验丰富的专业团队实施,在排水作业期间,将持续监控抽水设备并进行定期维护,如果发现任何异常,将立即报告并采取相应措施,以保证排水系统的高效稳定运行。

### 结论:

复杂市政环境下给深基坑工程施工带来极高挑战,为了实现高效的工程施工效果,必须深入理解施工过程中的关键技术和工艺,并充分考虑实际的工地环境和特点,实施更为精确的管理策略和协作程序极为必要,以确保所有参与团队按照最新的操作规范落实各自工作,将有助于提高基坑建设的质量和安全性,从而为工程项目的长期发展奠定基础。

### 参考文献:

- [1]左海峰,陆顺康,龚子云.复杂环境条件下深基坑工程施工关键技术[J].建筑施工,2023,45(11):2171-2173+2181.
- [2]刘爽,李伟玲,廉恒,等.城市中心复杂环境下深基坑工程施工关键技术研究[J].建筑施工,2018,40(11):1862-1864.
- [3]乔勇星.复杂环境下深基坑施工关键技术探讨[J].建设监理,2022,(09):89-91+99.
- [4]穆凤麟.城市复杂环境条件下深基坑工程施工技术措施探讨[J].中国设备工程,2022,(10):23-25.
- [5]聂建国.复杂环境下深基坑支护设计及施工关键技术应用[J].山西建筑,2021,47(24):56-58.