

钢板桩支护技术在市政道路施工中的应用分析

郜登科

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南 郑州 450001

【摘要】：市政道路施工中常涉及路基深基坑、地下管网沟槽等基坑工程，此类工程多位于城市核心区域，周边建（构）筑物与地下管线密集，对基坑支护的安全性、施工便捷性及环境友好性要求严苛。钢板桩支护技术凭借结构整体性强、施工速度快、止水效果好且可回收重复利用的优势，成为市政道路基坑施工的优选支护方案。本文以某市政道路改扩建工程的雨水管网基坑施工为例，重点分析钢板桩支护技术中的桩体选型与力学计算、施打施工、内支撑安装、降水止水及变形监测等关键技术要点。通过精细化工艺控制，本工程基坑边坡无坍塌、渗漏现象，周边土体最大沉降量 15mm，地下管线最大沉降量 8mm，各项指标均满足市政道路施工设计及规范要求。

【关键词】：钢板桩支护；市政道路施工；深基坑；变形控制；基坑止水

DOI:10.12417/2811-0528.26.09.067

引言

钢板桩支护技术为锁口式装配式支护结构，可快速形成连续的支护止水墙体，施工占地小、工序简便，且钢板桩可回收重复利用^[1]。近年来该技术在市政道路基坑施工中应用愈发广泛，但在钢板桩支护施工中也易出现各类质量问题。为提升钢板桩支护施工质量，本文结合工程实例对钢板桩支护技术的应用要点进行深度探究，以供参考。

1 工程概况

某市政城市主干道改扩建工程位于城市老城区，道路全长 1.8km，为双向六车道城市主干道，施工内容包含道路路基拓宽、路面翻新及雨水管网新建。其中雨水管网工程需开挖线性基坑，基坑设计深度 5.8m，宽度 4.2m，总长度 280m，基坑覆土厚度 0.8m。施工区域周边环境复杂，基坑外侧 1m 处敷设有燃气、电力、通信等地下管线，管线埋深 1.2~2.5m；基坑东侧 12m 为多层砖混结构居民楼，建筑基础为条形砖基础，埋深 2.0m；施工路段为交通要道，要求施工过程中保留半幅道路通行，对施工占地与进度均有严格要求。工程地质勘察结果显示，施工区域地层自上而下依次为素填土（厚 1.01.5m）、粉质黏土夹粉砂层（厚 4.0~6.0m）、黏土层（厚 5.0m 以上），地下水埋深 2.5m，基坑开挖深度范围内涉及粉质黏土夹粉砂层，土体抗剪强度低，易产生流沙、坍塌现象。综合地质条件、周边环境及施工要求，本工程基坑支护采用拉森 IV 型锁口钢板桩支护方案，配套型钢内支撑体系，钢板桩设计桩长 9m，入土深度 3.2m，同时设置轻型井点降水系统，保障基坑施工安全。

2 钢板桩支护技术的原理

钢板桩支护技术的核心是利用锁口式钢板桩的抗弯、抗剪及抗侧压性能，通过桩体相互咬合形成连续的闭合支护墙体，抵抗基坑侧壁的水土压力，防止基坑边坡坍塌；钢板桩之间的

锁口结构经密封处理后，可形成连续的止水帷幕，阻断地下水的渗流通道，配合基坑降水系统实现基坑干作业施工^[2]。对于深度较大的基坑，通过在钢板桩内侧设置内支撑体系，将基坑侧壁的水土压力传递至内支撑，分散钢板桩的受力，避免钢板桩因单侧压力过大产生弯曲变形，保障支护体系的整体稳定性^[3]。

3 钢板桩支护施工关键技术要点

在市政道路基坑钢板桩支护施工中，需要围绕桩体选型、施打精度、内支撑安装及变形监测等环节进行关键技术要点的控制，确保工程质量的合格达标。

3.1 钢板桩选型与力学计算

钢板桩的选型需结合基坑深度、地质条件、水土压力大小综合确定，核心是保证钢板桩具备足够的抗弯、抗剪强度，锁口结构需匹配止水与咬合要求；力学计算则是确定钢板桩桩长、入土深度及内支撑布置的重要依据，本工程重点开展单桩抗弯验算与入土深度计算。

本工程基坑深度 5.8m，地下水位高，土体为粉质黏土夹粉砂层，经综合比选选用拉森 IV 型热轧锁口钢板桩，该型号钢板桩截面模量大、抗弯性能优，锁口密封性好，适配本工程的地质与支护要求，其核心技术参数见表 1。

表 1 拉森 IV 型钢板桩核心技术参数

参数名称	数值	参数名称	数值
截面模量 W	2037cm ³ /m	桩宽 B	400mm

桩高 H	170mm	壁厚 t	15.5mm
单桩抗弯强度 [f]	215MPa	锁口形式	阴阳榫咬合
单位长度重量	76.1kg/m	允许最大弯矩 M _{max}	438kN·m/m

钢板桩的入土深度是保证支护体系抗倾覆、抗滑移的关键，本工程采用静力平衡法计算入土深度，基坑侧壁主动土压力引起的弯矩由钢板桩入土部分的被动土压力平衡，单桩承受的最大弯矩计算公式为：

$$M_{\max} = \frac{\gamma h^2 b}{6}$$

式中：M_{max}为单桩最大弯矩（kN·m/m）；γ为基坑侧壁土体天然重度（取 18kN/m³）；h为基坑开挖深度（m）；b为单桩计算宽度（取 1m）。

代入本工程数据计算得：M_{max} = 18 × 5.8² × 1/6 ≈ 97.4kN·m/m，该值远小于拉森IV型钢板桩的允许最大弯矩 438kN·m/m，满足单桩抗弯要求。经静力平衡法计算，本工程钢板桩最小入土深度为 3.0m，设计取 3.2m，桩长确定为 9m，有效保障钢板桩的抗倾覆稳定性。

3.2 钢板桩施打施工

钢板桩施打前需对钢板桩进行逐根检查，剔除桩体弯曲、变形、锁口破损的钢板桩，对轻微变形的桩体采用冷弯法矫正，保证锁口咬合顺畅；同时平整施工场地，清除基坑周边范围内的障碍物，根据基坑轴线设置型钢导向架，导向架采用双拼 H 型钢制作，分为上、下两道导向梁，间距 2.0m，导向梁与基坑轴线的平行度偏差控制在 ≤0.5%，为钢板桩施打提供精准导向。本工程采用振动锤施打法，选用 60kW 高频振动锤，施打顺序从基坑一端向另一端逐根推进，施打时将钢板桩插入导向架，调整桩体垂直度后启动振动锤，通过振动使桩体沉入土体，相邻钢板桩的锁口需紧密咬合，防止出现缝隙。施打过程中采用全站仪实时监测桩体垂直度，控制单桩垂直度偏差 ≤1%，累计垂直度偏差 ≤3%，若出现偏斜立即停止施打，采用纠偏器进行矫正，避免偏斜累积影响支护体系整体性^[4]。本工程钢板桩施打完成后，对锁口缝隙采用遇水膨胀密封胶进行填塞，增强止水效果。

3.3 内支撑体系安装

基坑深度超过 5m 时，单一钢板桩支护难以承受较大的水土压力，需设置内支撑体系分散受力，防止钢板桩产生弯曲变形，内支撑的布置方式、间距及安装精度直接影响支护体系的受力传递效果。本工程采用型钢内支撑体系，设置上下两道水

平内支撑，第一道内支撑距基坑顶 1.5m，第二道内支撑距基坑底 2.0m，内支撑采用 H400×400 型钢制作，支撑间距 3.0m，支撑两端通过钢牛腿与钢板桩焊接连接，钢牛腿采用 20mm 厚钢板制作，焊接于钢板桩内侧指定位置。内支撑安装需遵循“分层开挖、分层安装”的原则，基坑开挖至第一道内支撑设计标高时，及时安装钢牛腿与内支撑，待内支撑安装完成并验收合格后，再进行下层基坑开挖，避免钢板桩因单侧暴露时间过长产生变形。内支撑安装时需严格控制水平度，水平偏差 ≤5mm/m，支撑与钢牛腿的焊接需保证焊脚高度不小于 10mm，焊接完成后进行焊缝探伤检测，确保焊接质量；内支撑安装完成后，采用千斤顶对支撑进行预压，预压力为设计轴力的 10%，消除支撑的间隙，保证支撑与钢板桩紧密接触，实现水土压力的有效传递^[5]。

3.4 基坑降水与止水

本工程地下水位埋深 2.5m，低于基坑顶但高于基坑底，基坑开挖过程中易产生地下水渗流、流沙等问题，需采取相对应的降水和止水措施，确保基坑作业安全。止水依托钢板桩锁口形成的止水帷幕，施打完成后对锁口处的缝隙用遇水膨胀密封胶填塞，对局部渗漏点采用棉絮配合密封胶封堵；降水采用轻型井点降水系统，井点布置在基坑外侧 1.0m 处，沿基坑轴线线性布置，井点管采用 φ50mm 钢管，长度 6.0m，滤水管长度 1.5m，井点管间距 1.2m，集水总管采用 φ100mm 钢管，与井点管通过橡胶管连接。井点管采用水冲法埋设，埋深至基坑底以下 0.5m，埋设完成后进行抽水试验，确保降水系统运行正常。基坑开挖前提前 3 天启动降水系统，将基坑内地下水水位降至基坑底以下 0.5m，降水过程中安排专人实时监测地下水水位，根据水位变化调整抽水频率，防止地下水水位过低引发周边土体过度沉降；基坑施工完成后，逐步关闭降水井点，直至地下水位恢复至自然状态。

3.5 施工变形监测与控制

钢板桩支护体系的变形会直接引发周边土体、管线及建筑的沉降，所以施工中需要形成相对应的监测体系。本工程设置三级变形监测点，在钢板桩顶部每 10m 布设 1 个水平位移监测点，共布设 28 个；在基坑外侧 2m、5m、10m 处分别布设土体沉降监测点，共布设 84 个；在周边地下管线与居民楼基础上布设专项沉降监测点，共布设 32 个。监测仪器采用全站仪与精密水准仪，监测频率为基坑开挖及施工期间每天 1 次，若出现变形速率加快（单日位移 ≥5mm），将监测频率提升至每天 2 次。本工程设定变形预警值：钢板桩顶水平位移 ≤30mm，基坑周边土体沉降 ≤20mm，地下管线沉降 ≤10mm，居民楼基础沉降 ≤15mm。监测数据实时整理分析，若接近预警值，立即采取放缓开挖速度、增加临时支撑、调整降水速率等措施，控制变形发展。本工程施工过程中，通过实时监测与动态调控，有效

控制了支护体系与周边环境的变形,未出现预警情况。

3.6 钢板桩拔除与回收

市政道路工程施工完成后,钢板桩需及时拔除回收,实现资源重复利用。钢板桩拔除遵循“先拆内支撑、后拔桩”的原则,基坑回填至设计标高后,先拆除下层内支撑,再拆除上层内支撑,拆除顺序与安装顺序相反,拆除后的型钢内支撑及时清理、保养,便于后续复用。钢板桩拔除采用与施打相同的高频振动锤,将振动锤夹持在钢板桩顶部,启动振动锤使钢板桩与土体之间的粘结力消失,随后通过吊车将钢板桩缓慢拔出,拔桩顺序与施打顺序相反,从基坑末端向始端逐根拔除^[6]。钢板桩拔除后,桩孔立即采用砂卵石混合料分层回填夯实,回填至地面标高,防止地下水渗流及土体塌陷引发周边沉降;回收的钢板桩及时进行清理、矫正、除锈,对锁口破损处进行修复,经检验合格后分类堆放,用于后续工程。本工程钢板桩回收利用率达95%,有效降低了工程材料成本。

4 工程实施效果分析

本市政道路改扩建工程的雨水管网基坑施工,通过对钢板桩支护技术各关键工序的精细化把控,顺利完成280m线性基坑的开挖与支护施工,通过对施工全过程的质量检测,本工程钢板桩支护体系的各项指标均满足《建筑基坑支护技术规程》与市政道路施工规范要求:钢板桩施打垂直度合格率98%,支护墙体连续、平整,锁口止水效果良好,基坑施工期间无渗漏、

流沙、坍塌现象;内支撑焊缝探伤检测合格率100%,支撑轴力符合设计要求,无弯曲、变形情况;基坑回填压实度 $\geq 95\%$,满足路基施工质量要求。雨水管网施工完成后,经闭水试验检测,管网密封性合格率100%,符合给排水工程施工质量标准。

同时在施工中,本工程通过有效的支护、降水与变形监测措施,将施工对周边环境的影响控制在规范允许范围内:钢板桩顶最大水平位移18mm,基坑周边土体最大沉降15mm,地下管线最大沉降8mm,居民楼基础最大沉降12mm,均远低于设定的预警值。

5 结语

钢板桩支护技术凭借施工速度快、结构整体性强、止水效果好且可回收重复利用的优势,在市政道路基坑施工中具有良好的应用效果。针对市政道路基坑施工存在环境复杂、场地狭窄等特点,在市政道路钢板桩支护施工中,必须加强对各环节的精细化把控,围绕钢板桩选型、桩长计算、内支撑设置、钢板桩施打、降水止水、钢板桩的拔除和回收等环节制定有效的技术控制措施,并通过变形监测,切实保证钢板桩施工质量的合格达标。经过工程实践表明,通过对钢板桩选型、施打、内支撑安装、变形监测等核心技术要点的严格把控,钢板桩支护体系可有效保障基坑施工安全,有效控制市政道路建设,对周边建筑物及地下管线的影响,并提高施工的效率 and 效益。

参考文献:

- [1] 吴照允.钢板桩支护技术在市政管网改造中应用[J].交通科技与管理,2026,7(01):78-80.
- [2] 俞振山.某城市主干道雨水管更新开挖及钢板桩支护施工分析[J].城市建设,2025,(30):92-94.
- [3] 赵亚轩.市政道路管廊基坑钢板桩支护施工技术探讨[J].全面腐蚀控制,2025,39(08):280-282.
- [4] 杨军峰.拉森钢板桩施工技术在道路深基坑沟槽支护中的应用[J].中国建筑金属结构,2025,24(15):7-9.
- [5] 曹穗冬.市政工程深基坑钢板桩支护技术研究[J].低碳世界,2025,15(07):64-66.
- [6] 何俊雄,唐维.钢板桩支护在城市更新旧路改造工程中的应用研究[J].工程建设,2025,57(05):36-39+54.