

钢板桩支护在市政工程深基坑施工中的应用研究

贺 杨

太原市政建设集团有限公司, 山西 太原 034000

[摘要]随着城市化进程的加速,市政工程建设规模不断扩大,深基坑施工在地下管线敷设、地下空间开发等工程中愈发常见。深基坑施工面临着周边环境复杂、地质条件多样、施工安全风险高等挑战,支护结构作为保障基坑稳定与周边环境安全的核心,其选型与应用直接影响工程的质量、进度与成本。钢板桩支护凭借其强度高、施工便捷、可循环利用、环保性好等优势,在市政工程深基坑施工中得到了广泛应用。文章结合钢板桩支护的技术特性,深入分析其在市政工程深基坑施工中的应用要点,包括施工前的准备工作、施工流程中的关键环节、质量控制措施以及常见问题的解决对策,并结合实际工程案例验证其应用效果,旨在为同类工程提供参考与借鉴。

[关键词]钢板桩支护;市政工程;深基坑施工;施工技术;质量控制

DOI: 10.33142/ec.v8i7.17575

中图分类号: TU99

文献标识码: A

Application Research on Steel Sheet Pile Support in Deep Foundation Pit Construction of Municipal Engineering

HE Yang

Taiyuan Municipal Construction Group Co., Ltd., Taiyuan, Shanxi, 034000, China

Abstract: With the acceleration of urbanization, the scale of municipal engineering construction continues to expand, and deep excavation construction is becoming increasingly common in underground pipeline laying, underground space development and other projects. The construction of deep foundation pits faces challenges such as complex surrounding environments, diverse geological conditions, and high construction safety risks. As the core of ensuring the stability of the foundation pit and the safety of the surrounding environment, the selection and application of support structures directly affect the quality, progress, and cost of the project. Steel sheet pile support has been widely used in the construction of deep foundation pits in municipal engineering due to its high strength, convenient construction, recyclability, and good environmental friendliness. The article combines the technical characteristics of steel sheet pile support and deeply analyzes its application points in the construction of deep foundation pits in municipal engineering, including preparation work before construction, key links in the construction process, quality control measures, and solutions to common problems. It also verifies its application effect through practical engineering cases, so as to provide reference and inspiration for similar projects.

Keywords: steel sheet pile support; municipal engineering; deep foundation pit construction; construction technology; quality control

引言

在市政工程建设中,深基坑施工是一项技术难度较高的工程环节,尤其是在城市中心区域,基坑周边往往密集分布着建筑物、地下管线、道路等设施,基坑开挖过程中若出现边坡失稳、沉降、坍塌等问题,不仅会导致工程停工,还可能对周边环境造成严重破坏,引发安全事故。因此,选择安全可靠、经济合理的支护结构至关重要。钢板桩作为一种新型支护材料,由钢板经过冷弯或热轧加工而成,常见的有 U 型、Z 型、直腹板式等多种截面形式。与传统的土钉墙、排桩、地下连续墙等支护方式相比,钢板桩支护具有显著优势:一是施工速度快,钢板桩可通过专用设备快速打设与拔除,无需现场浇筑,能有效缩短工期;二是适用性强,可适应软土、砂层、淤泥质土等多种复杂地质条件,且能根据基坑深度与受力要求灵活组合;三是环保节能,钢板桩可重复利用,减少了建筑废弃物的

产生,符合绿色施工理念;四是成本可控,在工期紧张、地质复杂的工程中,钢板桩支护的综合成本往往低于传统支护方式。基于以上优势,钢板桩支护在市政工程深基坑施工中的应用范围不断扩大,成为深基坑支护的重要技术手段之一。

1 板桩支护技术的类型与支护原理

1.1 常见钢板桩类型

在市政工程深基坑施工中,常用的钢板桩主要包括 U 型钢板桩、Z 型钢板桩和直腹板式钢板桩(一字型钢板桩)三种类型,不同类型的钢板桩在结构特点和适用场景上存在差异。

U 型钢板桩: U 型钢板桩是目前应用最广泛的类型,其截面呈“U”形,桩体之间通过锁口连接,形成连续的支护结构。U 型钢板桩的优点是加工工艺简单、生产成本低、锁口密封性好,能够有效阻挡土壤和地下水,适用于

深度在 5~15m 的深基坑支护，尤其在地下管线施工、地铁站基坑等市政工程中应用频繁。

Z 型钢板桩：Z 型钢板桩截面呈“Z”形，其特点是截面惯性矩大、抗弯性能强，能够承受更大的横向荷载。相较于 U 型钢板桩，Z 型钢板桩的锁口位于截面中性轴附近，受力更均匀，适用于基坑深度较大、土压力和水压力较强的复杂地质条件，如大型地下综合管廊深基坑施工。

直腹板式钢板桩：直腹板式钢板桩截面为矩形，桩体刚度大，抗侧移能力强，但由于其锁口设计较为复杂，施工难度相对较大，且成本较高，一般用于对支护结构强度要求极高的特殊市政工程，如临近既有桥梁、隧道的深基坑施工。

1.2 钢板桩支护结构组成

钢板桩支护结构并非单一的钢板桩体系，而是由钢板桩、支撑体系、导向装置、止水系统等部分组成的综合支护系统，各部分协同工作，共同保障基坑施工安全。

钢板桩：作为支护结构的主体，钢板桩通过打入地下形成连续的挡墙，起到挡土、止水的核心作用，其选型和长度需根据基坑深度、地质条件和荷载要求确定。

支撑体系：支撑体系分为内支撑和外拉锚两种形式。内支撑通常由钢支撑、混凝土支撑等组成，通过设置水平支撑、竖向支撑，将钢板桩承受的土压力和水压力传递到基坑内部的支撑点，适用于周边空间狭窄、无法设置拉锚的区域；外拉锚则通过锚杆、锚索等将钢板桩与基坑外侧的稳定土体连接，利用土体的锚固力平衡荷载，适合周边场地开阔的市政工程。

导向装置：导向装置包括导向架、导向桩等，用于保证钢板桩打入时的垂直度和位置准确性，避免因桩体倾斜导致锁口密封失效或支护结构变形，确保支护体系的整体性。

止水系统：虽然钢板桩锁口具有一定的止水能力，但在地下水位较高或土层透水性强的情况下，需额外设置止水系统。常见的止水措施包括在锁口处涂抹止水密封膏、采用高压旋喷桩与钢板桩结合形成止水帷幕等，有效防止基坑涌水和周边土体沉降。

1.3 支护原理

钢板桩支护技术的核心原理是利用钢板桩自身的强度和刚度，结合支撑体系的约束作用，形成一个能够抵抗坑壁土体压力、水压力以及其他外部荷载的刚性支护结构，从而维持基坑坑壁的稳定性，为基坑内部施工创造安全的作业空间。具体而言，当钢板桩按照设计要求打入地下一定深度后，桩体下端嵌入稳定土层，形成一道连续的竖向挡墙，阻挡坑外土体向基坑内坍塌；同时，钢板桩锁口相互咬合，形成封闭的止水屏障，减少地下水渗入基坑。对于基坑开挖过程中产生的侧向土压力和水压力，通过内支撑或外拉锚将荷载传递到稳定的受力结构上，避免钢板桩因受力过大而发生变形或破坏。此外，钢板桩支护结构还能

够限制基坑周边土体的位移和沉降，保护周边建筑物、地下管线、道路等市政设施的安全。

2 钢板桩支护在市政工程深基坑施工中的应用要点

2.1 施工前的准备工作

2.1.1 地质勘察与方案设计

地质勘察是钢板桩支护设计与施工的基础。施工前需委托专业勘察单位对基坑周边及场地范围内的地质条件进行详细勘察，明确土层分布、土壤物理力学性质（如黏聚力、内摩擦角、重度等）、地下水位埋深、承压水情况以及周边建筑物、地下管线的基础形式与沉降限值等参数。根据勘察结果，结合基坑开挖深度、平面尺寸、周边环境要求等因素，进行钢板桩支护方案设计，确定钢板桩的型号、长度、入土深度、桩间距以及支撑体系（如内支撑、拉锚等）的布置方式。方案设计需进行受力计算与稳定性验算，确保支护结构能承受基坑开挖过程中产生的土压力、水压力以及其他荷载，同时满足周边环境的变形控制要求。

2.1.2 场地清理与设备准备

施工前需对基坑施工场地进行清理，拆除场地内的临时建筑物、障碍物，平整场地，为钢板桩打设设备进场创造条件。同时，根据钢板桩的型号与打设要求，选择合适的施工设备，常见的钢板桩打设设备包括振动锤、液压锤、柴油锤等，对于地质条件复杂、打设难度较大的工程，还需配备导向架、起重机等辅助设备。施工前需对设备进行全面检查与调试，确保设备性能良好，避免施工过程中因设备故障影响施工进度与质量。

2.1.3 钢板桩的检查与修复

钢板桩在运输与储存过程中可能会出现变形、损伤等情况，施工前需对钢板桩进行逐根检查，重点检查钢板桩的长度、厚度、截面尺寸、锁口质量等参数是否符合设计要求。对于存在轻微变形的钢板桩，可通过冷弯、热矫正等方式进行修复；对于锁口损坏、变形严重或存在裂缝的钢板桩，应予以报废，避免因钢板桩质量问题影响支护结构的整体性与密封性。

2.2 施工流程中的关键环节

2.2.1 钢板桩的打设

钢板桩打设是支护施工的核心环节，其施工质量直接影响支护结构的稳定性。打设前需根据设计要求在基坑周边设置导向架，确保钢板桩打设的垂直度与位置准确性。钢板桩打设顺序应根据基坑平面形状、周边环境等因素确定，通常采用从一角开始向两侧推进的方式，或从中间向两端对称打设的方式，避免因打设顺序不当导致钢板桩锁口错位、受力不均。在打设过程中，需控制打设速度与锤击力度，根据地质条件及时调整打设参数。对于软土地层，可适当加快打设速度，减少土壤扰动；对于硬土层或存在孤石的地层，应放慢打设速度，采用重锤轻击的方式，避

免钢板桩因受力过大而变形或断裂。同时,需利用经纬仪、水准仪等仪器实时监测钢板桩的垂直度与标高,确保钢板桩打设偏差控制在设计允许范围内(通常垂直度偏差不大于1%,平面位置偏差不大于100mm)。

2.2.2 支撑体系的安装

当钢板桩打设至设计深度后,需及时安装支撑体系,避免因基坑开挖导致钢板桩因悬臂过长而产生过大变形。支撑体系的安装应遵循“分层开挖、分层支撑”的原则,根据基坑开挖深度与进度,依次安装第一道、第二道及以上支撑。支撑材料通常采用型钢(如H型钢、工字钢)、钢管等,支撑安装前需对支撑构件进行检查,确保其规格、强度符合设计要求。支撑安装时,需先在钢板桩上设置牛腿或托架,然后将支撑构件吊装到位,调整支撑的标高与水平位置,确保支撑与钢板桩紧密贴合,受力均匀。支撑安装完成后,需对支撑进行预加压,消除支撑与钢板桩之间的间隙,提高支撑体系的整体刚度。预加压值应根据设计要求确定,通常为支撑设计轴力的10%~20%。

2.2.3 基坑开挖与降水

基坑开挖应在钢板桩支护与支撑体系安装完成并验收合格后进行。开挖过程中需严格控制开挖坡度与开挖深度,避免超挖、欠挖现象。采用分层开挖的方式,每层开挖深度不宜超过2m,开挖到底后应及时进行地基处理与基础施工,减少基坑暴露时间。若基坑范围内地下水位较高,需在钢板桩打设前进行降水处理。常用的降水方式包括井点降水、管井降水等,根据地下水位埋深、土层渗透性等参数选择合适的降水方案。降水过程中需实时监测地下水位变化,确保地下水位降至基坑底面以下0.5~1.0m,避免因地下水作用导致基坑涌水、管涌等问题。

2.3 施工质量控制措施

2.3.1 原材料质量控制

严格把控钢板桩、支撑构件等原材料的质量,原材料进场时需提供出厂合格证、质量检验报告等资料,并按规定进行抽样送检,检验合格后方可投入使用。禁止使用质量不合格、规格不符合设计要求的原材料。

2.3.2 施工过程质量监测

在钢板桩支护施工与基坑开挖过程中,需建立完善的质量监测体系,对支护结构的变形、内力以及周边环境的沉降、位移等参数进行实时监测。监测内容包括钢板桩的顶部位移、沉降、垂直度,支撑体系的轴力、变形,基坑周边建筑物的沉降、倾斜,地下管线的位移等。监测频率应根据施工阶段确定,在基坑开挖阶段,通常每天监测1~2次;在基础施工阶段,可适当降低监测频率,但每周不应少于2次。当监测数据出现异常变化时,需及时分析原因,并采取相应的加固措施,确保施工安全。

2.3.3 施工工艺控制

加强对钢板桩打设、支撑安装、基坑开挖等施工工艺

的控制,严格按照施工方案与操作规程进行施工。在钢板桩打设过程中,若遇到地下障碍物(如孤石、旧基础等),应及时停止打设,采取人工清理、爆破等方式排除障碍物后再继续施工,避免强行打设导致钢板桩变形或损坏。在支撑安装过程中,确保支撑与钢板桩连接牢固,避免因连接松动影响支撑效果。在基坑开挖过程中,禁止在基坑周边堆载过多的土方、材料等,避免因附加荷载导致支护结构失稳。

3 钢板桩支护应用中存在的问题与优化对策

3.1 存在的问题

3.1.1 锁口密封性能不足

钢板桩之间通过锁口连接,若锁口加工精度不足、存在变形或磨损,易导致锁口密封性能下降,在地下水位较高的工程中可能出现渗漏水现象,不仅影响基坑干燥施工环境,还可能因水压力作用导致支护结构失稳。

3.1.2 复杂地质条件下打设难度大

在存在孤石、岩层、旧基础等复杂地质条件的场地,钢板桩打设阻力较大,易出现钢板桩变形、断裂、锁口错位等问题,不仅影响施工进度,还可能降低支护结构的整体性与稳定性。

3.1.3 周边环境影响控制难度高

在城市中心区域,基坑周边建筑物、地下管线密集,钢板桩支护施工过程中若对土壤扰动过大,或支护结构变形控制不当,易导致周边建筑物沉降、倾斜,地下管线损坏等问题,给周边居民生活与城市正常运行带来影响。

3.2 优化对策

3.2.1 提升锁口密封性能

一是在钢板桩生产过程中,提高锁口加工精度,采用先进的生产工艺确保锁口尺寸一致、表面光滑;二是在钢板桩打设前,对锁口进行清理与润滑,在锁口内涂抹黄油、沥青等密封材料,增强锁口的密封性能;三是对于渗漏水较为严重的部位,可采用高压注浆、设置止水帷幕等方式进行封堵,确保基坑干燥施工。

3.2.2 优化复杂地质条件下的打设工艺

针对复杂地质条件,提前通过地质勘察明确障碍物的位置、大小与性质,制定针对性的处理方案。对于孤石、旧基础等障碍物,可采用人工挖孔、机械破碎、爆破等方式提前清除;对于岩层地层,可采用先钻孔后打设的方式,减少打设阻力;同时,选择合适的打设设备与打设参数,如采用液压锤代替振动锤,通过调整锤击力度与频率,降低钢板桩变形风险。

3.2.3 加强周边环境变形控制

一是优化支护方案设计,通过增加钢板桩入土深度、加密支撑间距、采用刚度更大的支撑材料等方式,提高支护结构的抗变形能力;二是加强施工过程中的监测与预警,加密监测频率,扩大监测范围,当监测数据接近预警值时,

及时采取增加临时支撑、调整开挖进度等措施；三是控制施工对土壤的扰动，采用分层、分段开挖的方式，避免超挖，及时进行地基处理与基础施工，减少基坑暴露时间。

4 结语

钢板桩支护凭借其施工便捷、适用性强、环保节能、成本可控等优势，在市政工程深基坑施工中具有重要的应用价值。通过对钢板桩支护应用要点的分析可知，施工前的地质勘察与方案设计、施工过程中的关键环节控制以及施工质量监督，是确保钢板桩支护效果的核心要素。同时，钢板桩支护在应用过程中仍存在锁口密封性能不足、复杂地质条件下打设难度大、周边环境影响控制难度高等问题，通过提升锁口加工精度、优化打设工艺、加强变形监测与控制等对策，可有效解决上述问题，进一步提升钢板桩支护的应用效果。

[参考文献]

- [1]张彤.钢板桩支护与钢支撑在输水管沟槽深基坑开挖中的应用[J].广西水利水电,2025(2):25-28.
- [2]钟懿萌.钢板桩支护结构在深基坑施工工程中的应用[J].四川水泥,2024(7):146-148.
- [3]郭虎烈.下穿通道深基坑工程中钢板桩围护监理研究[J].福建建材,2024(12):120-122.
- [4]陈浩.土建深基坑支护施工技术的应用分析[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024(3):15-18.
- [5]张荣波.钢板桩支护在市政工程深基坑施工中的应用[J].掌研科技,2024(9):91-93.

作者简介：贺杨（1995.8—），性别：男，学历：大专，毕业院校：郑州城市职业学院，所学专业：工程造价，目前职称：初级工程师。