

# 港航工程岸坡开挖中钢板桩围堰施工技术

梁 秋

(四川省交通建设集团有限责任公司, 四川 成都 610041)

**摘 要** 为提升港航工程岸坡开挖施工质量, 本文探索钢板桩围堰施工全过程的技术应用。利用文献综述及案例分析法, 详细研究钢板桩整理、导向架安装、屏风式插打、围堰布置、基坑开挖以及钢板桩拔除等工序的技术要点, 以为同类工程提供技术参考。结果表明, 科学的分段施工并实时监控质量可防止钢板桩倾斜或围堰渗漏等问题, 保障围堰结构稳定。完善施工技术管理能够达到施工安全及施工效率的统一。

**关键词** 港航工程; 岸坡开挖; 钢板桩围堰; 导向架安装; 基坑开挖

中图分类号: TV55

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.15.033

## 0 引言

我国沿海地区经济建设正处于高速阶段, 这促使港口码头及岸坡开挖施工项目日益增多, 常见地基条件有软土层及粉质黏土互层等复杂土体。若采用传统混凝土围堰或土石围堰, 不仅施工工艺复杂, 而且难以满足码头岸坡开挖施工对防风抗汛及结构稳定的要求。钢板桩围堰施工技术能够应对上述施工问题, 为港航工程岸坡开挖施工提供可靠技术保障。

## 1 钢板桩围堰施工前准备

工作人员需要先调查施工区域的土层分布、地下水位等地质条件, 结合围堰设计图纸确定沿岸坡轴线的勘察范围, 沿岸坡轴线每 25 m 布置一个勘察孔, 转角部位加密布置, 加密间距控制在 10 m, 保障勘察数据全面准确<sup>[1]</sup>。勘察孔采用地质钻机钻进, 孔深钻至钢板桩设计入土深度以下 3 m, 钻进过程中逐段记录土层密实度, 每钻进 1 m 取样一次, 留存土样用于后续试验分析。接下来, 使用水位计分别在早、中、晚各测量一次地下水位埋深, 记录昼夜变化值, 确保数据真实可靠。渗透系数测定应用注水法, 在勘察孔内放入注水装置均匀注水, 每 30 分钟记录一次水位变化, 持续观测 2 小时后, 计算实测渗透系数。同时引入地质雷达探测技术, 全域扫描施工区域, 识别地下 15 m 隐蔽障碍物, 实测数据全部整理归档, 用于钢板桩选型及围堰设计。

材料进场阶段, 工作人员应逐根检查进场的钢板桩, 检查前先清理桩身表面的杂物, 再用 2 m 靠尺紧贴桩身表面测量桩身弯曲矢高, 每米测量 2 个点位, 保持

每米弯曲矢高不超过 5 mm, 然后用塞尺检测锁口缝隙, 每米检测 4 个点位, 最大间隙不超过 2 mm。核查桩身表面状态, 用直尺测量桩身凹陷深度, 不大于 3 mm 的凹陷为合格, 同时采用超声波探伤仪检测桩身内部, 排查隐藏裂纹。检测钢板桩壁厚时, 利用卡尺测量桩身不同部位, 取 3 次结果的平均值, 控制壁厚偏差在  $\pm 0.5$  mm, 锁口不密或桩身弯曲超过规定值的钢板桩不得使用, 并引入智能钢材检测设备, 快速检测钢板桩的力学性能。设备选型要根据勘察得出的地质条件及现场施工要求, 选择合适的打桩设备, 确定振动锤功率 75 kW, 牵引力 200 kN, 振动频率 25 Hz, 配套卷扬机牵引力 15 kN, 导向架使用型钢焊接, 焊接后用激光准直仪检测直线度。

## 2 钢板桩围堰核心施工技术

### 2.1 钢板桩整理

钢板桩运至现场并检验合格后, 工作人员需开展整理作业, 先采用塞尺测量锁口间隙, 每米选取 3 个测点, 最大间隙不得超过 2 mm, 再采用 2 m 长平尺紧贴锁口表面, 核查锁口平整度, 偏差控制在 1 mm 以内, 之后采用高压气枪吹扫锁口内部残留的泥沙、铁锈等杂物, 气枪压力调节至 0.8 MPa。同时采用智能锁口检测设备, 利用高清摄像头配合激光测距及时排查锁口隐藏的裂纹及变形隐患<sup>[2]</sup>。对于破损的钢板桩可以采用冷弯或热敲方式修复, 冷弯作业采用液压冷弯机操作, 缓慢施加外力, 控制弯曲半径不小于 1 200 mm, 避免桩体产生新的裂纹。热敲作业应用中频感应加热, 加热温度控制在 800 °C 至 1 000 °C 之间, 加热范围集

作者简介: 梁秋 (1992-), 男, 本科, 研究方向: 港口航道工程。

中于弯曲部位,加热长度为500 mm,热敲后自然冷却至室温,再用2 m靠尺检测桩身弯曲矢高,每米弯曲量不超过5 mm。锁口检查合格后,工作人员需要在钢板桩锁口内侧均匀涂抹油膏,按照从锁口顶部至底部的顺序均匀涂抹,涂抹厚度控制在3~5 mm,涂抹过程中用刮板刮平,以全面覆盖锁口内壁。同步采用新型防渗润滑技术,在油膏中添加适量纳米防渗剂,添加量为每10 kg油膏加入200 g纳米防渗剂,提升锁口的防渗及润滑效果。涂抹后,采用红外测温仪检测油膏厚度均匀性,使整体厚度偏差不得超过1 mm,随后将钢板桩放置于平整场地,防止油膏脱落。

## 2.2 导向架安装

导向架制作要结合钢板桩的实际尺寸选用H型钢或槽钢焊接制作,主梁选用H400×400×13×21型钢,每根主梁长度根据围堰轴线长度切割,切割后打磨端口毛刺,避免焊接时出现缝隙,而横梁选用槽钢16a,横梁间距控制在1 200 mm,保证横梁紧密连接主梁<sup>[3]</sup>。焊接时控制焊接电流在180 A至220 A,焊缝厚度不小于8 mm,焊缝宽度控制在12~15 mm,然后用小锤敲击焊缝除渣,并利用超声波探伤仪检测焊缝质量,检测深度达到焊缝厚度的1.5倍,避免焊缝出现裂纹。同时引入BIM建模技术,提前三维建模导向架,匹配钢板桩尺寸及施工点位,避免制作过程中出现尺寸偏差,确保导向架满足钢板桩插打时的垂直度要求。

工作人员安装导向架时应按测量放线的点位清理安装区域的杂物,平整场地后固定导向架基础。基础使用C25混凝土浇筑,浇筑前铺设100 mm厚的碎石垫层,增强基础承载力,混凝土浇筑厚度为200 mm,宽度为500 mm,浇筑后用振捣棒振捣密实,振捣时间控制在20秒至30秒,避免出现蜂窝或麻面等质量问题,养护7天后再安装导向架。导向架间距比钢板桩宽度大8 mm,安装时凭激光导向仪辅助定位,实时校准导向架的轴线偏差,偏差控制在2 mm内,导向架垂直度采用经纬仪双向检测,偏差控制在3 mm/m内。导向架顶部和底部均设置加固拉杆,拉杆使用Φ20螺纹钢,拉杆间距1 500 mm,拉杆两端与导向架应用焊接固定,焊缝长度不小于80 mm,扭矩控制在450 N·m,保持导向架牢固。

## 2.3 钢板桩插打

钢板桩插打前,工作人员需确认各项准备工作符合要求,作业过程中重点把控桩体定位精度及插打质量。首桩定位可选取围堰转角处钢板桩作为基准桩,吊车将基准桩吊运至预定施工点位,经纬仪从双

向校正桩身垂直度,校正过程中控制桩身偏差不得超过1/200。随后缓慢下放桩体,待桩体入土深度达到1.5 m时停止下放,再次复核桩身垂直度,确认偏差符合施工要求后,继续开展钢板桩插打作业,持续插打至桩体入土深度达到8 m且保持稳定状态后,开展后续钢板桩的打设工作<sup>[4]</sup>。在插打基准桩的全过程中,工作人员需观测桩身姿态,若发现桩身出现偏差立即采取调整措施,防止偏差扩大,保障基准桩定位精度,为后续钢板桩插打奠定基础。

钢板桩插打主要采用逐根打设或屏风式打入两种方式,两种方式的适用场景各有不同,其中逐根打设的操作简便,适合围堰周长较小且地质条件相对均匀的区域,具体操作时需要先将单根钢板桩吊至预定桩位,调整桩身垂直度后,缓慢下放至入土一定深度,再启动打桩设备插打,单根钢板桩插打结束后,再依次吊放相邻钢板桩,重复上述操作。屏风式打入应按设计间距将10~15根钢板桩依次插入导向架内,组成一组“屏风”,保持所有桩身顺直且间距均匀后,再启动打桩设备,按1/3至1/2的高差顺序,对整组钢板桩反复插打,直至全部达到设计入土深度。软土地基插打时可使用振动法施工,振动锤频率控制在22 Hz至28 Hz,振幅维持在4 mm至6 mm,而硬土层或夹砂层插打时需采用水冲法辅助下沉,将水压控制在1.2 MPa至1.5 MPa,冲水至桩位下方1.2 m处后停止冲水,再插打。插打作业从上游起始向下游方向合拢,每侧均从一角插打至另一角,待钢板桩插打至设计入土深度后,停止作业,并在桩顶做好标高标记,便于后续施工核对。

## 2.4 围檩及内支撑安装

围檩及内支撑安装要跟着基坑开挖深度推进,开挖一层即安装一层围檩及支撑,不可一次性开挖过深再安装,避免钢板桩失去支撑发生变形。围檩可选用H型钢制作,型号选用H400×400×13×21,每根长度6 m,拼接时对接焊接,焊缝高度不小于10 mm,拼接处要避开支撑节点。内支撑可选用优化后的合金配比无缝钢管,也可用N+1钢板桩钢管桩组合支护技术的预制构件,管桩直径选用609 mm,壁厚16 mm,管桩高度H及支撑板组高度h控制在1.25~1.5,每根长度根据围堰尺寸切割,切割后要打磨端口毛刺<sup>[5]</sup>。支撑间距要根据围堰尺寸及钢板桩强度计算确定,最大间距不超过4 m,相邻两根支撑的间距保持3.5~4 m,组合支护构件可提前预制,预制精度控制在1 mm内,现场模块化拼接,拼接处用高强度螺栓连接配合焊缝加固。

围堰安装要紧贴钢板桩内壁,安装前先清理钢板桩内壁的泥沙,用木楔楔紧围堰及钢板桩间的缝隙,缝隙控制在 $2\sim 3\text{ mm}$ ,保证围堰紧密贴合钢板桩。安装时可搭配激光导向仪以及双轴倾角传感器,实时校准围堰水平度,确保安装偏差不超过 $3\text{ mm/m}$ ,发现偏差及时调整。内支撑安装要对准围堰的预定支撑点,支撑两端及围堰的连接可满焊,焊缝长度不小于钢管直径的 $1.5$ 倍,焊完后清理焊渣,检查焊缝是否有夹渣或裂纹。支撑节点处加装尺寸 $200\text{ mm}\times 200\text{ mm}$ 、厚度 $12\text{ mm}$ 的钢板作为加劲板,每侧节点加装 $4$ 块加劲板,同时可在关键节点安装光纤传感监测系统,实时采集结构变形数据,掌握受力情况,以加固节点连接,防止支撑失稳导致围堰变形,复杂地质条件下可利用小型螺旋钻机提前钻设导向孔,减少内支撑安装的地层阻力,避免管桩偏移。

## 2.5 基坑开挖及封底

基坑开挖作业时,工作人员可采用分层的方式开挖,每层开挖深度控制在 $1.5\text{ m}$ ,但开挖前需先明确开挖边界,用石灰划出开挖线,避免超挖或欠挖。开挖机械需选用小型挖掘机,作业时挖掘机铲斗要避免钢板桩,防止碰撞造成损坏,并搭配测量机器人实时追踪监测,监测精度控制在 $1\text{ mm}$ 内,捕捉钢板桩的微小形变,若发现形变超标立即调整。基坑内布设 $23$ 口降水井,降水井间距控制在 $5\text{ m}$ ,实行 $24$ 小时不间断抽水,抽水流量控制在 $15\text{ m}^3/\text{h}$ ,及时排除基坑内积水,同时搭配“ $5\text{G}+$ 北斗”智能监测网络,实时上传水位数据,随时掌握基坑内水位变化,避免水位过高影响开挖作业。基坑开挖至设计标高后,工作人员需清理坑底浮土,保障坑底平整且无杂物后开展水下封底混凝土施工。施工采用多个直径 $300\text{ mm}$ 的无缝钢管作为导管同步浇筑平台,导管间距控制在 $2.5\text{ m}$ ,导管底部距离坑底 $300\text{ mm}$ ,浇筑前实施导管水密性试验,试验压力控制在 $1.2\text{ MPa}$ 。封底混凝土选用 $\text{C}30$ 水下混凝土,坍落度控制在 $180\sim 220\text{ mm}$ ,抗渗等级达到 $\text{P}8$ ,封底厚度控制在 $1.2\sim 1.5\text{ m}$ ,浇筑时按从中间向四周的顺序开展,浇筑速度控制在 $2\text{ m}^3/\text{h}$ ,浇筑过程中可以引入 $\text{BIM}$ 智能应力监测系统,实时追踪混凝土浇筑质量,确保封底混凝土密实无孔隙。

## 2.6 钢板桩拔除

待围堰内结构施工完成后,施工单位即组织拆除钢板桩围堰。围堰拆除后采用中粗砂回填密实桩孔。在工程中,钢板桩拆除采用振动拔桩法,借助振动锤振动扰动钢板桩和土体,破坏周围土体粘聚力和拔桩

阻力,待振动后静力拔桩。同时搭配沉降监测仪,在围堰转角及中间部位各布设 $3$ 个监测点,实时监测围堰沉降,监测精度控制在 $1\text{ mm}$ 内,连续监测 $30$ 分钟无异常后再开始拔桩。拔桩前先连接振动锤及钢板桩顶部,然后使用“振动—提升”交替模式,振动 $30$ 秒后以 $0.5\text{ m/min}$ 的拔桩速度提升,过程中应用智能应力监测模块实时反馈拔桩力度,力度超过 $350\text{ kN}$ 停止提升,继续振动减阻,避免力度过大损坏钢板桩。钢板桩拔除后,工作人员可以用起重机将桩体平稳转运至指定场地,转运过程中在桩身两侧加装软质护垫,防止转运时碰撞造成二次损坏。到达场地后,采用高压水枪冲洗桩身,从桩顶至桩底均匀冲洗,彻底清理桩身附着的混凝土残渣,之后用 $2\text{ m}$ 靠尺检测桩身弯曲度,检测合格后做好标记。对弯曲的桩体冷弯修整,冷弯时控制弯曲速度,缓慢施加外力,冷弯半径控制在 $1\ 200\text{ mm}$ ,修整后再次检测。修整后在桩身表面均匀涂抹环氧富锌底漆,底漆厚度控制在 $80\ \mu\text{m}$ ,底漆干燥 $2$ 小时后再涂刷面漆,面漆厚度控制在 $40\ \mu\text{m}$ 。

## 3 结束语

钢板桩围堰施工技术是港航工程岸坡开挖的保障,其应用可解决复杂地质条件下围堰失稳、渗漏等难题,对提升施工质量具有积极作用,同时还能降低施工成本,减少对周边环境的影响。在实际施工中,工作人员需严控各环节质量,注重技术适配并实时监测,强化人员专业素养,保障技术规范落地。未来,还需结合绿色化发展趋势,优化技术工艺并融合新型施工设备,助推钢板桩围堰技术升级,为我国港航工程高质量发展提供技术支撑。

## 参考文献:

- [1] 朱雪飞,严承俊.动水压力作用下承台基础锁口钢板桩围堰设计与施工技术[J].土木工程与绿色建筑,2026,02(01):52-55.
- [2] 兰文斌.深水工况下钢板桩围堰新型防水加固结构的设计与应用[J].青海交通科技,2025,37(04):40-45.
- [3] 杨熠.无内填土双排钢板桩围堰结构的受力特性与适用性研究[J].现代工程科技,2025,04(23):57-60.
- [4] 杨善亮,李洋,李三虎.富水软土深基坑钢板桩围堰隔离拆除废弃箱涵施工技术研究[J].城市建设理论研究(电子版),2025(30):132-134.
- [5] 何荣飞.复杂地形条件下公路桥梁超长钢板桩围堰结构优化设计研究[J].交通科技与管理,2025,06(20):70-72.