



# 内河航道护岸工程高分子聚合物板桩施工技术

赵鸿卿<sup>1</sup>, 丁奠元<sup>2</sup>

(1. 扬州市港航事业发展中心, 江苏扬州 225000; 2. 扬州大学水利科学与工程学院, 江苏扬州 225000)

**摘要:** 高分子聚合物板桩已在内河航道治理中得到推广应用, 但对其施工过程中存在的问题和对应措施尚未深入研究。结合江苏省某航道护岸工程, 对高分子聚合物板桩施工技术进行研究, 归纳总结高分子聚合物板桩的施工要点, 重点分析垂直度偏差、沉桩困难和轴向倾斜等施工问题的成因, 并根据工程实践提出处理措施。结果表明, 板桩材料在储存、运输和施工过程中需严格控制外观质量; 施工中应确保板桩垂直度在允许偏差范围内; 选择合适功率的振动打桩机, 维持板桩打入速度在合理范围; 必要时采用螺旋引孔机或水刀设备进行引孔, 以减小摩擦阻力并确保沉桩到位。研究成果可为内河航道建设项目施工技术的改进和优化提供参考。

**关键词:** 岸坡防护; 航道工程; 聚合物板桩; 施工问题; 解决措施

中图分类号: U615

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2024)11-0236-05

## Construction technology of polymer sheet pile in revetment engineering of inland waterway

ZHAO Hongqing<sup>1</sup>, DING Dianyuan<sup>2</sup>

(1. Yangzhou Port and Waterway Career Development Center, Yangzhou 225000, China;

2. Water Conservancy Science and Engineering College, Yangzhou University, Yangzhou 225000, China)

**Abstract:** Polymer sheet pile has been widely used in the treatment of inland waterways, but the problems existing in the construction process and corresponding measures have not been deeply studied. In this study, the application of polymer sheet pile construction technology is studied in combination with a waterway revetment project in Jiangsu Province, and the construction key points of polymer sheet pile are summarized. The causes of construction problems such as verticality deviation, pile sinking difficulty and axial tilt are analyzed, and specific treatment measures are given according to engineering practice. The results show that the appearance quality of sheet pile materials should be strictly controlled during storage, transportation and construction. During the construction process, the perpendicularity of sheet piles should be ensured within the permissible deviation range. The vibration pile driver should be selected with appropriate power to maintain the driving speed of sheet pile in a reasonable range. If necessary, a screw or water knife device is used to pilot holes to reduce friction resistance and ensure that the pile is in place. The research results can provide reference for the improvement and optimization of construction technology of inland waterway construction projects.

**Keywords:** bank slope protection; waterway engineering; polymer sheet pile; construction problem; solution measure

在生态文明建设的背景下, 内河航道护岸材料和形式应因地制宜, 注重生态环保<sup>[1-3]</sup>。传统板桩如混凝土板桩、钢板桩和木板桩<sup>[4]</sup>, 在造价、环保和施工等方面均存在一定局限性<sup>[5]</sup>。近年来,

新材料、新技术不断推陈出新<sup>[6]</sup>, 高分子聚合物板桩以其在安全性、环保性、便捷性和经济性等方面优势, 在内河航道治理中得到推广应用<sup>[7-10]</sup>。本研究结合江苏水网地区内河航道的工程特点,

收稿日期: 2024-02-01

作者简介: 赵鸿卿 (1990—), 男, 助理工程师, 研究方向为内河港口航道工程建设管理。

对高分子聚合物板桩施工技术、施工问题和对应措施展开探讨, 以为内河航道建设项目施工组织设计的优化提供借鉴。

### 1 高分子聚合物板桩常用结构形式

高分子聚合物板桩结构以聚氯乙烯 (polyvinyl chloride, PVC) 作为主要材料, 经过原位聚合和挤

出成型, 并配以多种功能性化学助剂制成。通过任意组装接头将板和桩进行拼装, 以获得不同抗弯刚度的结构, 满足不同工程形式、位置和稳定的设计需求, 见图 1。由于其柔性特性, 高分子聚合物板桩可以采用水上或陆上作业方式进行施工, 具有低成本和短工期等优势, 适用于内河航道护岸。

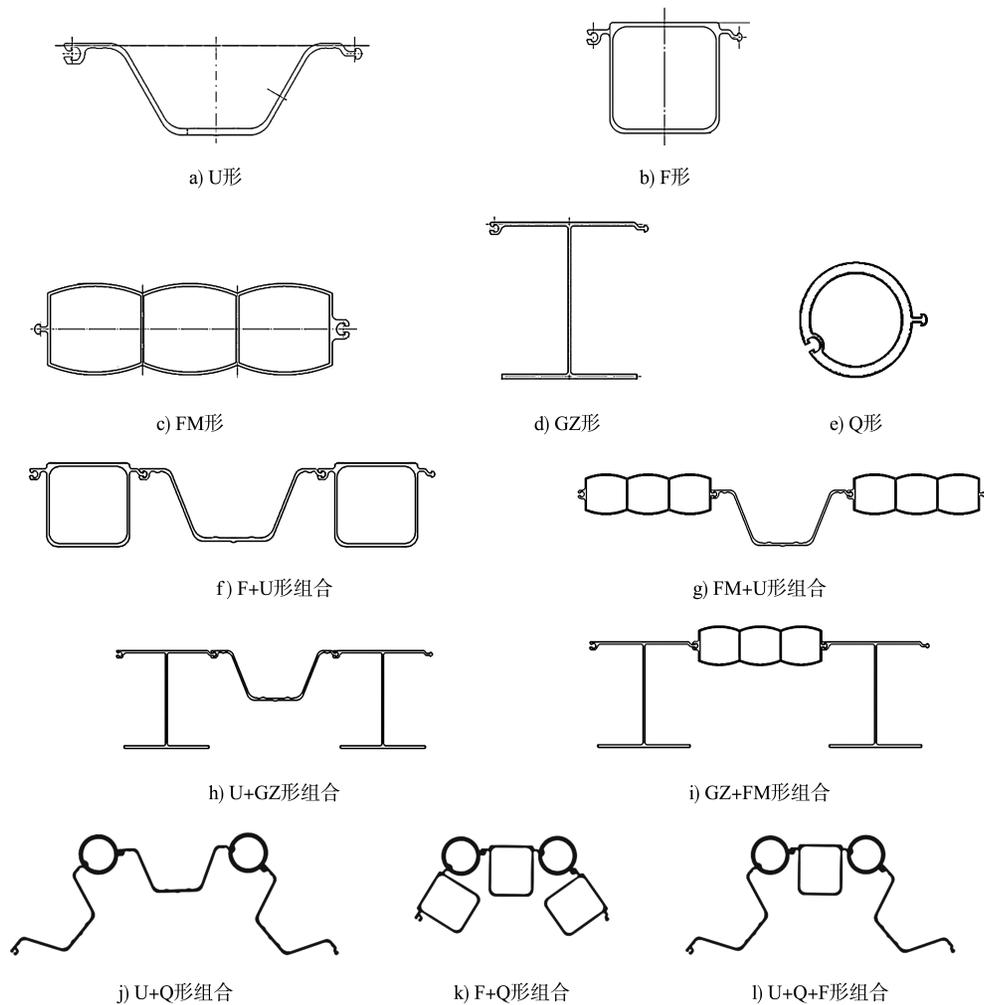


图 1 新型高分子聚合物板桩结构形式及其组合

## 2 工程应用案例

### 2.1 工程概况

盐邵线扬州段航道全长 44.5 km, 是江苏省干线航道规划网中的Ⅲ级航道。盐邵线武坚段航道护岸加固改造工程位于扬州市江都区武坚镇、盐邵河东岸。现状护岸为 20 世纪 90 年代实施的浆砌块石直立护岸, 现状墙面勾缝多已脱落, 砌

缝填料淘失严重, 多处底部掏空, 护岸结构存在安全隐患。

本次加固改造护岸总长约 1 910 m (包括岔河口段), 改造段为以武坚镇闸西渡口为起点向下游方向的东侧护岸。工程区域位于长江下游, 属亚热带湿润气候区, 盛行风向随季节有明显的变化; 地貌类型单一, 属里下河浅洼平原区 (浅洼平原);

工程水文地质属淮河下游平原水文地质区(Ⅱ)的里下河平原水文地质亚区(Ⅱ<sub>1</sub>)。最高通航水位 2.63 m,常水位 1.33 m,最低通航水位 0.53 m。

### 2.2 结构设计

根据 GB 50007—2011《建筑地基基础设计规范》<sup>[11]</sup>,各土层地基承载力允许值[R]按土层物理指标、强度指标,结合标准贯入试验击数 N 以及地区工程经验综合确定,各土层地基承载力特征值参数见表 1。根据航道护岸实际情况,本工程采用护岸墙前板桩(FM 形)支护方案。根据现状挡墙结构及墙前泥面情况设计加固断面,见图 2。

表 1 土层分布及各土层地基承载力特征值

土层编号	土层名称	[R]/kPa
① <sub>1</sub>	粉质黏土夹粉土	70
②	淤泥质粉质黏土	60
② <sub>1</sub>	粉土	90
③	粉质黏土	200
④	粉质黏土	150
⑤	粉土夹粉砂	120
⑥	粉砂夹粉土	150
⑦	粉质黏土夹粉土	110
⑧	粉质黏土夹粉土	180
⑧ <sub>1</sub>	粉土夹粉质黏土	150
⑨	粉质黏土	240

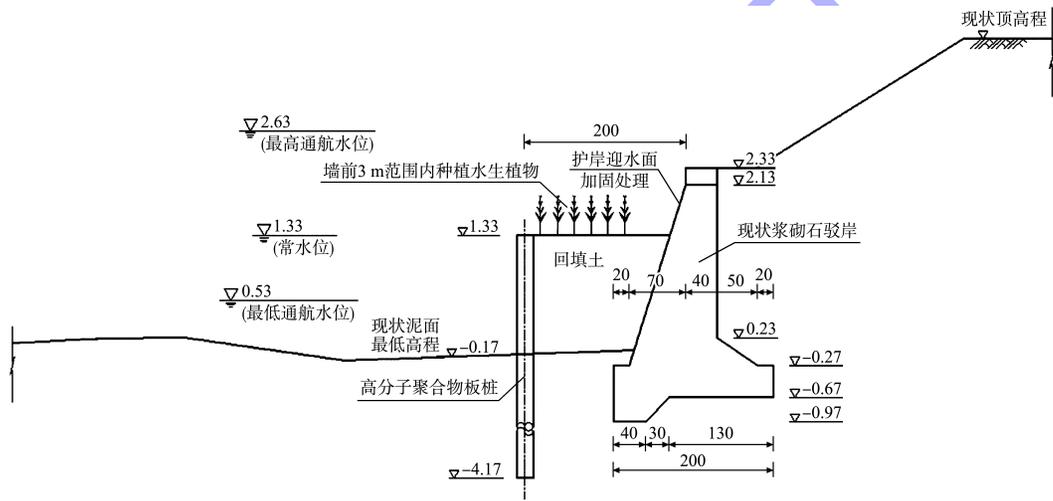


图 2 护岸结构断面 (单位: m)

对结构进行安全复核,以墙前泥面最低高程 -0.17 m 计算板桩长度,可得板桩底高程不低于 -3.40 m,考虑安全富余度,取板桩底高程为 -4.17 m,桩长 5.5 m。桩身最大弯矩为 13.18 kN·m,板桩抗弯强度满足要求。高分子聚合物板桩物理性能指标见表 2。

表 2 板桩物理性能指标

项目	指标要求	检测标准
密度	1.45~1.55 g/cm <sup>3</sup>	GB/T 1033.1—2008
拉伸强度	≥30 MPa	GB/T 1040.2—2006
断裂伸长率	≥25%	GB/T 1040.2—2006
弯曲强度	≥60 MPa	GB/T 9341—2008
弯曲模量	≥2 000 MPa	GB/T 9341—2008
剪切强度	≥20 MPa	GB/T 1450.2—2005

### 2.3 稳定性分析

采用瑞典圆弧法进行航道护岸整体稳定性分

析,选用具有代表性的航道东护岸断面,应用《土石坝边坡稳定分析系统》(Autobank7)对驳岸进行整体抗滑稳定性分析计算,不同工况下的稳定性分析结果见表 3。由计算结果可得,各种工况下护岸整体抗滑稳定性安全系数均满足要求。

表 3 东护岸整体抗滑稳定性计算

工况	墙前水位/m	墙后水位/m	安全系数	允许值
常水位	1.33	1.63	2.63	1.25
最高通航水位	2.63	2.93	3.02	1.25
最低通航水位	0.53	0.83	2.45	1.25

## 3 施工技术

### 3.1 施工方案

由于施工航段较为繁忙,工程采用不断航施工方法,利用枯水期施工,并加强施工组织管理,确保各种船只的安全。高分子聚合物板桩插设方式一

般有逐根插设法和屏风插设法 2 种, 其优缺点对比见表 4。高分子聚合物板桩插设施工时可根据实际环境、工况等因素进行选择, 本工程采用屏风插设法。

表 4 2 种插设方法优缺点对比

插设方法	优点	缺点	适用条件及范围
逐根插设	插设简便, 施工速度较快, 不需另设辅助支架	对每根板桩垂直度控制要求高, 否则板桩易发生向一侧倾斜现象, 误差累积后纠偏难度较大	适合板桩长度较小、插设深度较浅且对板桩整体垂直度要求较低的项目
屏风插设	垂直度控制难度小, 可有效降低板桩整体倾斜现象, 易于实现封闭合拢	需要另设辅助支架, 施工速度相对减缓, 施工安全控制难度相对增加	除紧急抢险工程外适用范围广

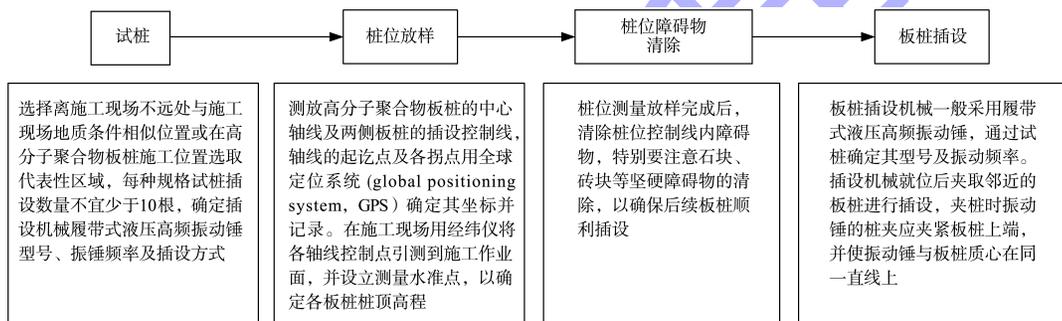


图 3 高分子聚合物板桩施工过程

### 3.4 土方施工

土方工程主要为墙前土方回填。墙前填土为水中倒土填筑, 对填土压实度不作要求, 但填土面要预留不少于 10 cm 的沉降超高。土方施工过程中注意施工组织, 护岸后方禁止堆放重物、过往大型施工机械等一切增加基坑载重的行为。

### 3.5 钻孔引流施工

当土质为黏土时, 可先进行钻孔引流处理。旋挖钻机在钻孔取土过程中, 依靠钻杆和钻头自重重力切入土层, 完成取土; 遇到硬土时, 可以通过加压油缸对钻杆加压, 强行将斗齿切入土壤中完成取样; 起重机提升钻杆和钻斗至地面, 拉动开关, 打开底门, 利用自重重力排出泥浆; 将放好的板桩插入预埋位置的孔洞中与土体接触, 并注入高分子聚合物材料, 使其渗透至周围的土壤中发生固化反应。

### 3.2 施工准备

根据地质勘察和设计, 确定板桩尺寸和布置方式。运输过程中应确保板桩不发生损坏。对板桩起始节点进行精确放样, 并标记已知控制节点确定轴线位置, 保证精度误差在可接受范围内, 确认合格后继续下一步施工。

### 3.3 进场施工

高分子板桩护岸对造型要求较高, 对板桩的偏位、垂直或水平方向偏差要求更加严格。沉桩时桩顶水平偏差不得超过 50 mm, 且与桩体之间的垂直角度偏差不得超过 20%。施工过程见图 3。

### 3.6 施工问题及解决措施

#### 3.6.1 垂直度偏差

垂直度偏差产生的主要原因包括: 1) 板桩材料在储存和施工运输过程中容易发生变形, 施工前未能及时检查。2) 插桩时振动锤、桩点和板桩三者未处于同一垂直线上, 导致振动压力偏离垂直状态; 同时, 沉桩过程中如果振动压力过大, 则无法精确控制精度。3) 现场地质情况的复杂性可能使得沉桩出现偏斜现象。

针对上述问题, 首先需要严格控制板桩材料质量, 确保出厂外观质量符合设计及相关规范要求。其次, 通过严格控制整个沉桩过程确保设备精度。导向架应选择双层结构, 以保证板桩垂直度在有效范围内; 使用红外和 GPS 技术同时满足水平和垂直 2 个方向的沉桩标准要求; 采用上下振动板桩方式, 将锤头力度和振动频率控制在恰

当范围内，避免因振动力度过大或振动时间过长而出现精准度偏差问题。

### 3.6.2 沉桩困难

沉桩困难的主要原因包括：1) 板桩在出场运输、现场搬运以及施工起吊过程中，材料结构会产生变形；2) 高频振动打桩机在沉桩过程中，板桩不垂直也会导致结构变形。此外，地下土层分布不均匀且土壤软硬度也会影响沉桩。盐邵线武坚段在施工过程中，高频振动器频率过大、施加压力过高，导致高分子板桩顶部由于温度和压力的作用而发生变形，在沉桩时板桩容易扭转撕裂，甚至损坏。

针对上述问题，应加强现场检验，确保板桩材料外部无损坏且长度符合要求。测量时，必须准确检测和校正导向支架的长度和内距，并调整其位置，防止发生位移。盐邵线武坚段护岸沿线大多为粉质黏土地段，采用螺旋引孔机引孔后仍无法达到设计高程时，采用水刀设备进行引孔(图4)，以减小摩擦阻力并确保沉桩到位。盐邵线武坚段施工实践得出，为了保证板桩稳定性，引孔深度应不小于入土深度的1/3。



图4 水刀引孔

### 3.6.3 轴向倾斜

板桩轴向倾斜主要由于振动打桩机施加压力时，引起已安装板桩之间及土壤之间摩擦力产生力矩，从而导致板桩发生倾斜。此外，土质不均匀也可造成板桩下部发生弯曲，进而在轴线方向上造成板桩倾斜。随着土层深入，土体摩擦力和土壤压力也相应增大，对板桩产生严重挤压作用，并导致板桩向下倾斜。振动打桩机的快速打入会

加剧板桩的倾斜趋势。

为了解决上述问题，施工过程中应严格控制板桩的垂直度，确保板桩的垂直度在允许的偏差范围内。选择合适功率的振动打桩机，维持板桩速度在合理范围；适时微调振动打桩机，确保振压方向协调一致。此外，板桩施工前可使用水刀引孔，以减少相邻板桩之间的摩擦力，并缓解黏土层反向施力作用。盐邵线武坚段调整后的板桩轴线见图5。



图5 调整后板桩轴线

### 3.7 施工效率及技术经济性效果

高分子聚合物板桩结构设计与优化过程中运用现代设计的理论、方法和技术，可提高工程的安全可靠性，缩短设计周期。高分子聚合物板桩施工工艺简单，工期短，施工速度快，能够节省人力和物力成本。板桩具有较高的强度和稳定性，能够保证工程的安全及使用寿命，且施工过程中无污染，对环境影响较小；相关材料可回收和重复利用，可延长工程项目的使用寿命并降低整体成本。相较于传统护岸结构，高分子聚合物板桩可减少工程现场土方挖掘量和占地面积，提高施工效率，减小对周边居民正常生活造成的不良影响。

## 4 结论

1) 为避免垂直度偏差、沉桩困难和轴向倾斜等施工问题，板桩材料在储存、运输和施工过程中需要严格控制外观质量。

2) 施工过程中应确保板桩的垂直度在允许的偏差范围内；选择合适功率的振动打桩机，维持板桩速度在合理范围；必要时采用螺旋引孔机或水刀设备进行引孔，以减小摩擦阻力并确保沉桩到位。

(下转第245页)