

复杂环境条件下航道靠船墩施工技术研究

倪磊

上海市水利工程集团有限公司, 上海 201612

DOI:10.61369/WCEST.2025030007

摘 要： 靠船墩是通航河道中的常用设施。受涨落潮、水上施工、地下障碍物、交通运输等因素影响，施工难度较大。采用搭设打桩平台、“双护筒”+板框压滤工艺、底部支撑平台、预制“L”型构件等方式，克服复杂环境条件，有效解决桩基施工阶段、上部结构施工阶段各项技术难题，确保施工过程中的安全可控，为后续同类型项目提供借鉴。

关 键 词： 靠船墩；打桩平台；支撑平台

Research on Construction Technology of Channel Berthing Pile under Complex Environmental Conditions

Ni Lei

Shanghai Water Conservancy Engineering Group Co., Ltd., shanghai 201612

Abstract： The berthing pile is a commonly used facility in navigable waterways. Due to factors such as tidal fluctuations, overwater construction, underground obstacles, and transportation, the construction difficulty is relatively high. Methods such as erecting a piling platform, using the "double pile casing" + plate and frame filter pressing process, employing a bottom support platform, and prefabricating "L" shaped components are adopted to overcome complex environmental conditions. These methods effectively solve various technical problems during the pile foundation construction stage and the upper structure construction stage. They ensure safety and controllability during the construction process and provide reference for similar projects in the future.

Keywords： berthing pile; pile driving platform; support platform

引言

靠船墩是现有通航河道中常见构筑物，主要用于满足船舶过闸前后及日常停泊需要。靠船墩主要分为下部桩基及上部混凝土结构，相对应的施工分为桩基施工阶段及上部主体结构施工阶段。同时考虑到靠船墩施工过程中，往往航道仍处于通航阶段，考虑到船舶行驶安全，设置临时围堰创造干地施工条件的情况较少出现。同时，受航道内河水涨落潮影响，靠船墩往往需要赶潮施工。考虑到以上因素，靠船墩施工技术难度增加，也对项目施工单位的施工组织提出了更高的要求^[1]。根据以往工程经验，通过装配式^[2]、吊模法^[3]、混凝土套箱^[4]等方案能在一定程度上解决上述问题。

一、工程概况

本项目所涉及靠船墩下部采用6根灌注桩基础，灌注桩直径800mm，桩长24m，桩顶高程2.4m。上部为混凝土结构，结构长度及宽度分别为4.5m和4m，结构高度3.8m，双层空箱（详见下图1）。在底部承台下方（临河侧）设有预制防撞钢筋砼挂板（常水位以下）。此外，靠船墩设有系船柱、钢爬梯等辅助设施。

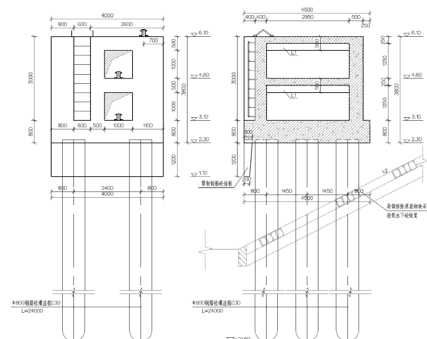


图1 靠船墩结构剖面图

作者简介：倪磊（1988-），男，硕士，高级工程师。

二、周边环境

(1) 潮位影响：靠船墩位于外河侧，受黄浦江潮汐影响，每日涨落潮两次。根据现有水文资料，外河侧平均高潮位3.12m，外河侧平均低潮位1.44m。考虑到灌注桩基及上部混凝土结构标高，潮汐涨落对灌注桩施工影响较小，对上部混凝土结构施工存在影响，需赶潮施工。

为减小靠船墩施工对航道影响，项目部未采用顺河围堰创造干地条件，因此需考虑搭设水上施工排架。

(2) 周边道路：靠船墩位于现状河道内，距岸边二级挡墙边缘1.9m，距岸上防汛通道距离7.9m，防汛通道宽度4.2m，大型机械难以通过该道路到达施工现场。且道路采用彩色沥青，混凝土罐车、汽车吊、平板运输车等机械进出容易对防汛通道造成损坏。



图2 周边防汛通道

(3) 障碍物影响：靠船墩位置下方为现状河道护坡，护坡采用浆砌块石结构，影响灌注桩施工。因此，施工前需进行清障。

三、桩基施工技术

(一) 打桩平台方案

由于灌注桩在水上施工，因此需搭设打桩平台，打桩平台采用9根500*300H型钢做支柱，支柱顶部架设H型钢，钢梁之间采用H型钢或槽钢联结。框架搭设好之后，顶部铺设钢板，留出孔洞供灌注桩施工^[5-6]。打桩平台如下图3所示：

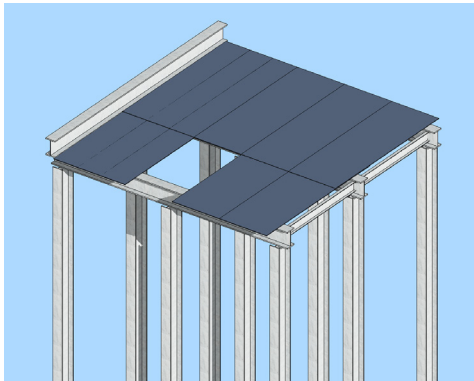


图3 打桩平台效果图

(二) 平台承载力复核

根据勘察报告，靠船墩灌注桩施工区域采用X~X'土层分布。H型钢各土层入土深度以及土层摩阻力如下表1所示：

表1 土层摩阻力特性表

土层编号	土层名称	层顶高程	层底高程	厚度	桩侧极限摩阻力标准值 f_{sk} (kPa)	桩侧摩阻力特征值 q_{sa} (kPa)	H型钢入土深度 l_1
③1	淤泥质粉质黏土	1.01	-5.49	6.5	15	7.5	6.5
③2-2	黏质粉土夹壳	-5.49	-18.39	12.9	15	7.5	2.51

H型钢桩身截面周长 U_p ：2.171m。

桩侧摩阻力分项系数 r_s ：2.09。

单桩竖向极限承载力：2.171*(15*6.5+15*2.51)/2.09=140.4kN=14.3t。

打桩平台极限总承载力：14.3*9=128.7t。

打桩平台特征承载力：128.7/2=64.35t。

施工总荷载：1台桩机+3人+H型钢梁+其他≈6t<64.35t，打桩平台满足施工要求。

(三) 平台搭设施工

(1) 根据灌注桩位置做好测量放样，采用吊车+振动锤将12m长H型钢立柱沉入，桩顶高程4.0m，桩底高程-8.0m。

(2) 采用吊车将南北向的3根H型钢主梁架设在H型钢立柱上，钢梁和钢柱之间焊接防滑构件。然后在吊装东西向的H型钢或槽钢，并将其与主梁焊接联结。

(3) 最后在H型钢顶部铺设钢板，并留出灌注桩施工孔位，打桩平台施工完毕。

(四) 泥浆处理

考虑到灌注桩水上施工，泥浆外溢将对水环境造成影响。因此考虑“双护筒”+板框压滤的工艺，以满足环保要求^[7]，具体如下：

(1) 外护筒直径1.5m，长4.5m。内护筒直径900mm，长6.0m，内护筒不拔除。

(2) 钢护筒采用A3钢在工厂制作，壁厚 $\delta=5\text{mm}$ ，护筒制作具备足够的刚度和强度，接缝和接头保证紧密不漏水。上部开设2个溢浆孔。

(3) 板框压滤处理前向灌注桩泥浆中添加PAM，搅拌均匀后形成絮状沉淀，经板框压滤机脱水干化。干化处理产生的滤饼用于灌注桩沟槽土方换填、基坑土方回填、南北临时便道回填、结构回填等^[8]。废水用于现场道路冲洗及绿化养护，循环利用。

四、上部结构施工技术

(一) 上部结构底部支撑平台方案

由于外河靠船墩位于水上，无法支设钢管支撑架，因此利用灌注桩外钢护筒搭设支撑平台，支撑平台由下而上分别是：牛腿支撑—钢楔板→主支撑梁(35#槽钢)→分配梁(14#槽钢)—方木—木模板，具体结构如下图4所示：

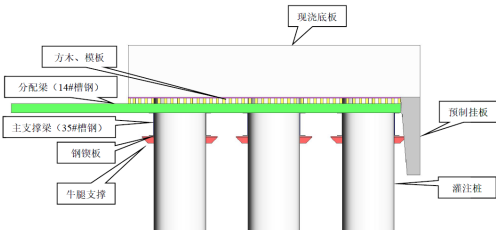


图4 上部结构底部支撑平台剖面图

(二) 支撑平台承载力复核

(1) 施工总荷载

$N=(G_1+G_2+G_3+G_4)*K$, 式中各取值如下:

① G_1 为靠船墩底板及挂板的钢筋砼自重, 体积为 15.6m^3 , 密度取 2500kg/m^3 , 则 $G_1=15.6*2500=39000\text{kg}=390\text{kN}$ 。

② G_2 为作业人员、振捣棒自重, 按 4 人 +1 台振捣棒, 则 $G_2=5*60=300\text{kg}=3\text{kN}$ 。

③ G_3 为模板、木方自重, 取 0.5kN/m^2 , 则 $G_3=0.5*4.2*4=8.4\text{kN}$ 。

④ G_4 为槽钢自重, 包含 13 根 6m 长 14# 槽钢 (16.7kg/m), 6 根 6m 长 35# 槽钢, 则 $G_4=13*6*16.7+6*6*71.5=3876\text{kg}=38.76\text{kN}$ 。

⑤ K 为安全系数, 取 1.5。

则 $N=(390+3+8.4+38.76)*1.5=660\text{kN}$ 。

(2) 钢板牛腿抗剪能力

牛腿钢板采用 Q235B 钢材, 钢板厚 15mm, 焊缝为角焊缝, 三级焊缝, 其抗拉强度设计值 $F=0.8*235=188\text{Mpa}$ 。

牛腿钢板焊缝长度为 $l_w=80\text{mm}$, 焊缝计算厚度 $h_e=0.7*h-f=0.7*8=5.6\text{mm}$, 焊缝计算截面积 $s=80*5.6=448\text{mm}^2$ 。共有 12 块牛腿, 每块牛腿 4 条焊缝, 共有 48 条焊缝。

焊缝承受的剪力为 $=660000/48/448=14.8\text{N/mm}^2=30.7\text{Mpa}<188\text{Mpa}$ 。因此, 支撑平台承载力可以满足施工需求。

(三) 支撑平台搭设施工

(1) 牛腿支撑施工

牛腿采用 15mm 厚 Q235B 钢板加工制作, 加工尺寸如下图 5 所示:

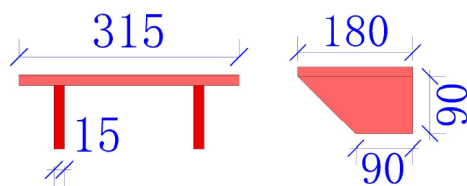


图5 牛腿支撑加工图

牛腿加工完成后, 采用电弧焊与灌注桩外侧护筒焊接牢固, 主要要求如下: ①牛腿顶高程控制在 1.695m, 底高程为 1.59m; ②焊缝长度不少于 80mm, 焊缝宽度不少于 7mm; ③牛腿与钢护筒接触面两侧均应焊接, 确保 1 个牛腿 4 条竖向焊缝; ④水平钢板与竖向钢板需焊接牢固, 满焊; ⑤焊缝等级为三级焊缝, 焊缝表面应光滑、平整, 无明显的焊瘤、凹陷、气孔、裂纹等缺陷; 焊缝应与母材圆滑过渡, 无明显的咬边、未熔合、未焊透等缺陷。

(2) 主支撑梁、分配梁施工

牛腿支撑焊接完成后, 先在其上部放置 1 块 15mm 厚楔形钢板, 作活动构件, 方便浇筑完成后的槽钢、木方、模板等拆除。

再按下图 6 所示均匀放置 35# 槽钢主梁和 14# 槽钢分配梁, 其中 35# 槽钢主梁贴灌注桩放置, 14# 槽钢分配梁均匀平铺, 间距约 35 ~ 40cm。

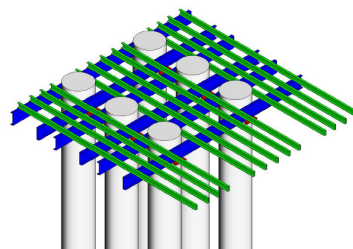


图6 主梁、分配梁布置图

五、预制钢筋砼挂板固定

预制钢筋砼挂板横截面为梯形, 上部宽度为 300mm, 底部宽度为 200mm, 高度 1.3m, 起重 10cm 嵌入承台底板底部。实际施工过程中, 预制钢筋砼挂板同时作为靠船墩承台“底部模板”。因此, 需采取有效固定措施, 防止预制钢筋砼挂板移位造成“跑模”, 同时固定措施要保证预制钢筋砼挂板能够承受承台底板混凝土浇筑过程中的竖向荷载^[9-10]。

(1) 方案一: 预制钢筋砼挂板在制作过程中, 顶部预留钢筋, 可以将该部分钢筋通过焊接, 与灌注桩主筋固定, 以此防止挂板下坠。

(2) 方案二: 采用工字钢制作四个“L”型构件, 该构件竖向工字钢部分与灌注桩外护筒钢板焊接固定, 构件横向工字钢部分作为预制钢筋砼挂板的底托, 防止钢筋砼挂板位移或下坠。

经过综合分析, 考虑到灌注桩主筋在混凝土浇筑过程中可能存在变形, 导致预制钢筋砼挂板位移或下沉问题, 采用方案二进行预制钢筋砼挂板的固定。

六、结语

(1) 采用搭设水上打桩平台, 能够有效解决灌注桩施工作业平台问题, 保证了桩基施工质量及施工过程中的人员安全。

(2) 通过“双护筒”+板框压滤的工艺, 有效解决灌注桩水上施工的泥浆处理问题, 满足环保要求。

(3) 采用上部结构底部支撑平台, 解决靠船墩上部钢筋、模板、混凝土施工问题, 保证上部钢筋混凝土结构施工质量。

(4) 采用工字钢制作“L”型构件, 解决预制钢筋砼挂板固定问题, 保证了上部钢筋混凝土浇筑质量。

参考文献

- [1] 刘冬山. 复杂环境条件下靠船墩施工关键技术研究 [J]. 中国水运, 2023 (01): 126-128.
- [2] 李元礼. 装配式靠船墩的设计与施工技术研究 [J]. 中国水运, 2022 (13): 82-85.
- [3] 曹汉杰. 吊模法在船闸引航道靠船墩承台施工中的运用 [J]. 中国水运 (下半月), 2020, 20 (02): 163-164.
- [4] 徐文吉. 船闸老靠船墩改造施工技术 [J]. 珠江水运, 2022 (03): 90-92.
- [5] 黄泰坤, 季则舟, 高云鹏, 韩亮, 武庆卫. 淤滞质海岸复杂环境深水航道设计要点分析 [J]. 港口技术, 2022(03): 14-20.
- [6] 石啸, 张磊. 大型靠船墩施工工艺优化分析 [J]. 中国港湾建设, 2014(04).
- [7] 徐文吉. 船闸老靠船墩改造施工技术 [J]. 珠江水运, 2022(03).
- [8] 李元礼. 装配式靠船墩的设计与施工技术研究 [J]. 中国水运, 2022(13).
- [9] 赵松, 陈峰. 靠船墩和驳岸维修加固工程变形监测方法及结果分析 [J]. 工程与建设, 2024(05).
- [10] 崔健彰. 三峡库区靠船墩水域清淤方案中的难点与对策 [J]. 中国水运, 2024(23).