

水陆两栖打桩船在浅水区域首次成功应用

冀超

(中交海洋建设开发有限公司, 天津 300457)

摘要: 本次水陆两栖打桩船的施工区域为留庄锚泊区, 留庄锚泊区在京杭运河主航道与留庄进港航道交汇处, 全河段已全部渠化。受到蓄水控制、洪水调度、调水工程等方面因素的影响。本区水深较浅, 水深 1.2 ~ 2.2m。同时受到船闸等影响, 大型打桩船舶不能进入施工现场, 本工程首次使用水陆两栖打桩船进行浅水区域打桩施工。

关键词: 水陆两栖打桩船; 浅水区域; 钢管桩

中图分类号: U66

文献标识码: A

文章编号: 1006—7973 (2022) 06—0102—03

1 概述

本工程位于留庄锚泊区, 留庄锚泊区在京杭运河主航道与留庄进港航道交汇处, 全河段已全部渠化, 受到蓄水控制、洪水调度、调水工程等方面因素的影响, 本区水深较浅, 水深 1.2 ~ 2.2m。同时受到船闸等影响, 大型打桩船舶不能进入施工现场, 为了解决水上打桩和大型船舶无法进入本施工区域的问题, 本工程首次使用水陆两栖打桩船进行浅水区域打桩施工, 这也是水陆两栖打桩船首次在浅水区域进行打桩作业。

本工程主要为水上钢管桩沉设, 钢管桩单桩长 30m, 共 94 根, 壁厚 20mm, 总计 2820 米, 桩间采用 $\Phi 600$ 钢管作为水平支撑焊接成整体。

2 水陆两栖打桩船施工工艺

2.1 工艺流程图

锚泊区限位桩采用 $\Phi 1000$ 钢管桩群, 小里程方向第一组为 2 根钢管桩, 其余每组桩基础由 4 根钢管桩组成。钢管桩成桩桩顶高程 39.8m, 桩底标高 9.80m, 桩间采用 $\Phi 600$ 钢管作为水平支撑焊接成整体。工艺流程图见下图 (图 1 工艺流程图):

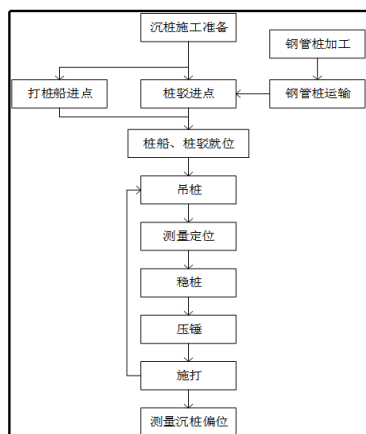


图 1 工艺流程图

2.2 施工做法

2.2.1 沉桩施工测量

施工前由测量主管对所采用的首级加密控制点及时进行复核, 拟采用 GPS-RTK 测量技术和常规测量结合的方法建立施工平面控制网, 采用全站仪进行平面控制、采用经纬仪和水准仪进行高程和倾斜度控制:

(1) 平面位置控制: 在船上采用 GPS 定位, 岸上采用全站仪复核。

(2) 高程控制: 采用水准仪控制。

(3) 倾斜度控制: 打桩船桩架仰俯角度和液压支腿配合控制桩身斜度。

(4) 放样角: 电脑计算, 手算校核。

为保证沉桩的正位, 在进行沉桩前, 根据测量控制点对水陆两用打桩机进行 GPS 复核, 复核无误后方可进行沉桩。进行第一根桩沉桩时, GPS 定好位后, 利用陆地的常规测量再次进行桩位复核, 复核无误后再进行沉桩。

2.2.2 钢管桩运输

钢管桩在钢管桩加工厂内制作、自检合格, 监理工程师准予出厂后, 由钢管桩厂家负责运输。

2.2.3 打桩机组装就位

操纵操作台控制按钮, 利用液压支腿将浮箱平台调平, 设备自行行走下水。土山村码头距离河道底面距离过高, 需在岸边开挖斜坡, 便于设备下水。设备下水时, 桩机浮箱平台下降至支腿油缸行程还剩 50 公分左右, 4 只主浮箱支腿撑地, 4 只副浮箱支腿收起, 纵向行走油缸动作, 副浮箱向外移向河道, 副浮箱支腿下放撑地, 主浮箱支腿收起, 纵向行走油缸动作, 主浮箱向外移向河道, 主浮箱支腿下放撑地; 如此反复直至设备完全下到河道。

2.2.4 移船吊桩及就位

水陆两用打桩机船紧贴送桩船，打桩机船往前倾斜，确保垂直起吊管桩。水陆两用打桩机吊起桩身并稳定后，水陆两用打桩机退后，再次矫正位置，确保桩位准确；匀速提主钩，降副钩使管桩直立，调节桩架及上下背板，使桩进入龙口，解副钩吊索。

2.2.5 打桩顺序

打桩顺序一般从中间向两侧或者从一侧向另一侧进行施工，防止出现挤土现象，本工程中打桩顺序为每打三根桩后退一个桩位。

2.2.6 桩定位

打桩船将管桩固定后移至设计桩位，设计桩位提前采用竹竿固定好；管桩就位后通过测量仪器调整倾斜度，通过水陆两用打桩船的左右仓浮力进行垂直度调整，确保垂直度满足设计要求。

2.2.7 下桩

准备就绪后，起重指挥松主钩，使得桩依靠自重慢慢下沉，当管桩不再依靠自重下沉后，再次检查桩身垂直地是否符合要求，满足要求后准备打桩。

2.2.8 套替打、压锤

打桩班长指挥放下锤头和替打，接近桩顶时，暂停、观察桩顶与替打是否对正，确保桩锤、替打、管桩对正后再继续放下替打。

2.2.9 锤击

在柴油锤工作过程中，记录每延米的锤击数，并计算贯入度。

2.2.10 停锤起锤

根据设计文件要求，本工程的管桩终锤主要以标高控制为首，标高不符合要求时查看贯入度是否达到停锤标准。

2.2.11 操作要求

(1) 熟悉图纸并进行方案讨论，根据现场实际情况和桩机性能，合理布置施工顺序，并将每一根桩根据其横纵位置命名，按讨论后的施工方案进行施打。

(2) 水陆两用打桩机应满足施工作业对稳定性的要求。

(3) 测量现场实际情况，在施工前根据水陆两用打桩船的尺寸，在图纸上检验水陆两用打桩机是否能正常进行施工。

(4) 开始沉桩时，缓慢放锤，开始锤击时候控制柴油锤供油量，施打之初检查桩架、替打和桩身是否在同一直线上，确保正常后再正常锤击。

(5) 沉桩检查贯入度的过程中不得改变液压锤的油门大小。

2.3 数据记录及分析

2.3.1 工效分析

结合现场实际施工情况，现场沉桩设备采用 DLS 水陆两用自行式多功能打桩机，平均施工工效为 4 根 / 天。

2.3.2 参数记录

(1) DLS 水上打桩机水上移动速度。DLS 水上打桩机于土山村煤码头处组装，经水上自航行驶至留庄锚泊区大里程 47 排桩位置预备打桩，行驶里程约 1.60km，行驶时间约为 3 小时，平均水上行驶速度为 0.53km/h。

(2) 捆桩。由 4 人配合 DLS 水上打桩机起吊捆桩，捆桩用时约 25 ~ 40 分钟。

(3) 立桩。自捆桩完成至吊桩完成用时约 15 ~ 25 分钟。



图 2 钢管桩起吊作业



图 3 起吊完成

(4) 锤击沉桩。本工程施工区域地质主要为粘土层和粉土层，沉桩难度较小。钢管桩入土深度为 19 米，开锤至沉桩结束用时约 25 ~ 30 分钟，单桩沉桩平均锤击数为 602 击，最终沉桩的桩顶标高均满足设计图纸的要求。

(5) 桩机移机。在同一桩组沉桩区域，打桩机通过调节液压支腿调整桩机位置，用时约为 10 分钟。桩机从已完成桩组移动至下组待沉桩区域(距离为 60 米)，在无风浪影响下，DLS 水陆两用打桩机可通过自航系统移动，用时约 10 ~ 15 分钟；若有较小风浪影响，需通过液压支腿移动，用时约 60 分钟；风力再大时，停止作业。

3 新型设备的选择和计算

3.1 水陆两用打桩机选型

本工程钢管桩单桩长 30m，选择整桩沉设工艺，选择水陆两用打桩机参数及技术参数如下：

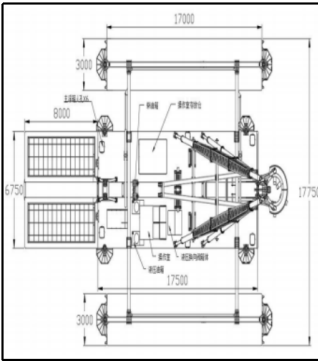


图 4 DLS 打桩机平面图

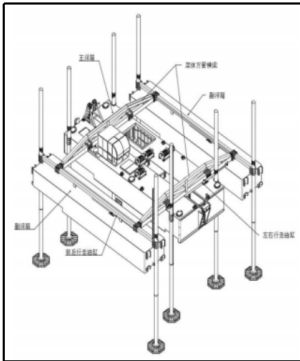


图 5 桩机行走平台

表 1 液压打桩锤参数

项目	单位	参数
最大打击能量	KN.m	280
锤芯最大行程	mm	1500
打击频次	次/min	90/30
锤芯重量	Kg	18000
提升油缸		180/110/170*1500
总高度（不含桩帽）	mm	7300
锤左右宽度	mm	1330
锤前后宽度	mm	1600
锤中心到导轨中心距离	mm	850
导轨中心距离	mm	600
脱钩油缸		63/32*50
液压打桩锤质量（不含桩帽）	Kg	29000

表 2 打桩机主要技术参数

项目	单位	技术参数	说明
适用压桩截面	mm	500~ 1500	圆形/方形桩
纵向行走油缸行程	m	4	
横向行走油缸行程	m	4	
支腿油缸行程	m	5	
系统额定工作压力	Mpa	25	
系统最大工作压力	Mpa	31.5	
液压系统最大流量	L/min	240	双联泵组
整机外形尺寸	m	17.5*25.5*17.75*	本设备 0~15 米水深都可进行施工
整机总重量	t	190	
发动机总功率	马力	400	

3.2 吊耳制作及承载力核算

吊耳同钢管桩在加工厂加工，材质为 Q345B，吊点与钢管桩焊接处吊点打坡口，焊条用 J506 或 J507，焊缝要求饱满美观，吊孔直径为 70mm，加强板与主吊耳孔保持同心，验收合格后方可焊接在钢管桩上。

根据《码头设计规范》（JTS 167-2018）附录 E，核算此吊耳是否符合要求。孔壁承载力计算可得：

$\sigma_{cj}=45.42 < 170$ ，符合设计要求。

孔壁受拉承载力计算可得： $\sigma_{tj}=213.38 < 225$ ，符合设计要求。

3.3 吊装钢丝绳及卡环选型

3.3.1 吊装钢丝绳选型

根据《简明施工计算手册》，计算如下：

钢丝绳的容许拉力 $S=\alpha \times Pg \div K=0.82 \times 1185.0 \div 6=161.95kN$ ；

起吊时两点受力 $F=0.5 \alpha mg \div \sin 60^{\circ}=0.5 \times 1.3 \times 14789.4 \times 9.8 \div \sin 60^{\circ}=108.78kN$ 。

$108.78 < S=161.95kN$ ，满足要求。

3.3.2 桩直立时单点受力

桩直立过程桩自重乘以动力系数 α ，按照《码头结构设计规范》（JTS 167-2018） $F_{桩}=\alpha mg=1.1 \times 14789.4 \times 9.8=159.43 kN$ ， $159.43 < S=161.95kN$ ，满足要求。

3.3.3 卡环选型

现场采用销子式卡环，每钢管桩使用 2 个卡环，钢管桩自身荷载（30 米长 $\Phi 1000$ 钢管桩）： $14.79 \times 9.8=144.94kN$ ，单点受力为卡环承受的最大力，单个卡环最大起重荷载为 144.94kN。根据《计算手册》要求，横销螺纹直径为 M64，安全荷载为 160.0kN，自重 6.6kg。 $144.94kN < 160.0kN$ ，M64 卡环满足要求。

4 选择新型设备优势

（1）既可在水上施工，也可在陆地施工，桩机依靠液压支腿定位行走，相对于海上大型打桩船设备依靠抛锚定位更加稳定且快速，可施工最大水深 15 米，无需其他设备的协助，自己“走入”、“走出”水面，且具备自航能力。独自作业动作和锚定，无需绞车和缆绳，保证了作业品质和提高施工效率。

（2）本设备可拆卸，便于运输，可应用于大型集装箱码头基础桩施工，解决了大型海上打桩船针对于内河、运河、长江及长江支流进场困难的问题，同时也解决在其它设备无法作业的非常浅和非常狭窄的水域作业。

（3）是一种以液压为动力，能自行调节桩机平台的水平度和桩身的垂直度。桩架可前后倾斜和左右倾斜，前后可倾斜 0~14°，左右可倾斜 0~6°，且误差及标高误差完全控制在国家标准范围内的重型打桩设备。

（4）采用 GPS 等定位系统，桩位控制精准。

（5）可配备各种型号的液压锤和液压锤，能满足 H 型板桩、方桩、钢管桩等多种桩型施工。

（6）本设备绿色环保、无污染。

参考文献：

[1]JTS 167-2018，码头结构设计规范 [S].

[2]江正荣，朱国梁. 简明施工计算手册 [M]. 北京：中国建筑工业出版社，2016.