



灌注桩水上作业平台施工工艺优化

杨乃全，马俊林，陈岩，吕鑫

(中交天航南方交通建设有限公司，广东深圳 518000)

摘要：由于防波堤护坡和护脚的抛填均采用规格较大的块石，常规灌注桩水上作业平台的螺旋管打设困难，导致平台基础体系难以形成。根据钢平台原设计方案出现的系列问题进行优化设计，最终采用岸侧回填块石+搭设2排贝雷架、外侧1排螺旋管桩的基础支撑体系。结果表明：平台基础体系结构受力和承载力验算合格，灌注桩施工时钢平台未产生较大的滑移突变，沉降较均匀。该水上作业平台安全可靠、便于施工。

关键词：灌注桩；水上作业平台；工艺优化

中图分类号：U 655.4

文献标志码：A

文章编号：1002-4972(2022)S2-0084-05

Optimization of construction technology of cast-in-place pile water working platform

YANG Nai-quan, MA Jun-ling, CHEN-Yan, LYU Xin

(CCCC TDC Southern Communication Construction Co., Ltd., Shenzhen 518000, China)

Abstract: Because the slope protection and foot protection of breakwater are filled with large size stone, it is difficult to set the spiral pipe of the conventional water operation platform of cast-in-place pile, which makes it difficult to form the platform foundation system. According to the series of problems in the original design scheme of the steel platform, we carry out the optimization design, and finally adopt the foundation support system of the shore side backfilling block stone and 2 rows of beret frame and 1 row of spiral pipe piles. The results show that the stress and bearing capacity of the platform foundation system are qualified, the steel platform does not have a large slip mutation during the construction of the cast-in-place pile, and the settlement is relatively uniform. The water work platform is safe, reliable and convenient for construction.

Keywords: cast-in-place pile; water working platform; process optimization

常见的码头结构形式有高桩码头、重力式码头和板桩式码头等^[1]，近年来由于国家对安全环保文明施工要求的提高，码头结构设计时更倾向于对海域污染和破坏较小的高桩码头。目前众多高桩码头工程接岸区域多采用灌注桩作为桩基础，且通常搭设钢制作业平台作为灌注桩施工平台，采用履带吊配合振动锤震动下沉螺旋管作为平台支撑柱。但在防波堤上建造钢平台时，因土质强度大而无法打入螺旋管形成作业平台，而且影响灌注桩施工进度质量及安全。

本文通过分析实际施工条件、优化设计方案，采用以反回填块石+搭设贝雷架+螺旋管桩的钢平台基础施工平台，该施工平台安全稳定、经济合理、可操作性强，成功应用于工程实践，可供类似工程参考借鉴。

1 工程概况

1.1 工程水文地质概况

某高桩码头工程位于围闭式港池内，内侧连接海岸线、外侧为斜坡式防波堤，设计高水位

1.83 m, 设计低水位-0.68 m(从当地理论最低潮位起算), 50 a一遇极端高水位2.67 m, 50 a一遇极端低水位-1.33 m, 潮汐性质数为6.39, 属规则日潮型。

工程地质资料显示, 现场实际泥面高程在-6.5~-6.0 m, 场地揭露地层为人工填土(Q^{ml})、第四系全新统海相沉积层(Q_4^m)、第四系中更新统(Q_2^m)和下更新统(Q_1^m)海相沉积层等。自上而下划分为7个工程地质单元层及2个工程地质亚层, 分别为素填土(Q^{ml})、粗砂(Q_4^m)、角砾(Q_4^m)、珊瑚岩(Q_4^m)、细砂(Q_4^m)、淤泥质黏土(Q_4^m)、粉质黏土(Q_2^m)、粗砂(Q_2^m)、黏土(Q_1^m)。

1.2 高桩码头结构形式

该工程为斜坡式防波堤, 堤身石料规格为10~100 kg, 内坡采用80~150 kg护坡、护脚块石, 厚980 mm。高桩码头内侧采用2排 $\phi 1000$ mm灌注桩、外侧采用2排 $\phi 800$ mm PHC桩作为码头桩基础, 最大排架间距为7 m, 桩底高程-34 m、顶部高程1 m。第1排灌注桩距防波堤内坡顶1.4 m处, 第2排灌注桩位于防波堤内坡坡脚。码头上部结构暂定采用由钢筋混凝土横梁、预制纵梁和叠合板构成的高桩梁板式结构, 桩基通过桩帽与上部结构的横梁相连。水上作业平台为灌注桩施工作业平台, 施工完成后予以拆除。断面见图1。

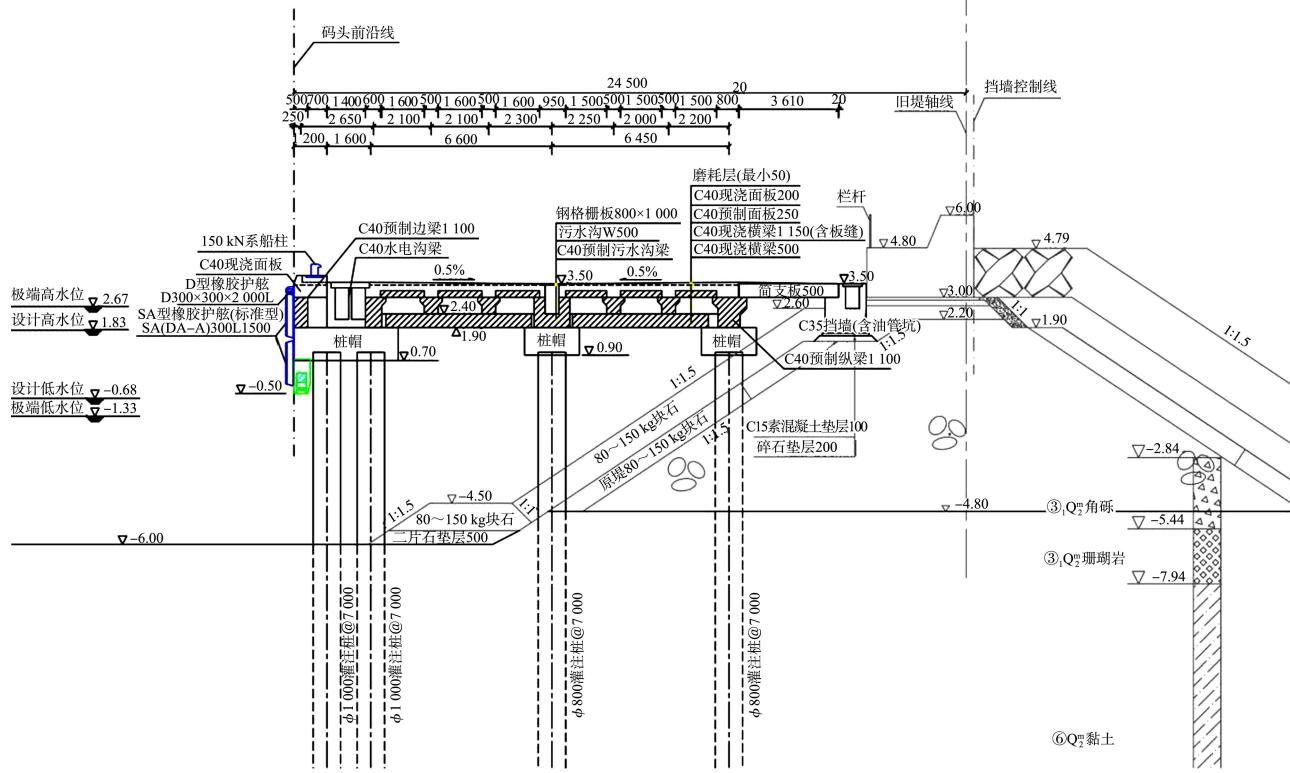


图1 高桩码头结构断面 (高程: m; 尺寸: mm)

2 钢平台原设计方案

2.1 主要施工方案

现场灌注桩水上作业施工平台采用传统螺旋管式钢平台施工, 先进行底部螺旋管打入施工, 后进行主梁、次梁施工, 最后进行面板施工。主要施工工艺为: 测量放线→打入螺旋管→安放主梁→安放次梁→安放钢板→围设护栏→正循环成孔^[2]。

2.2 施工难点

完成海域围蔽后, 打入 $\phi 630 \text{ mm} \times 12 \text{ m} \times 10 \text{ mm}$ 螺旋管出现了底部触碰防波堤护坡、护脚块石现象, 防波堤护坡、护脚块石经过理坡后镶嵌紧密、缝隙狭小, 壁厚10 mm的空心螺旋管无法穿透抛填块石层, 下沉困难、无法架设水上作业平台。

3 设计方案及受力计算

3.1 设计方案

经对比研究确定,临时钢平台基础采用岸侧回填块石+搭设2排贝雷架、外侧1排螺旋管桩的支撑体系,该平台主要结构设计包括:10~100 kg块石、 $\phi 630\text{ mm} \times 12\text{ m} \times 10\text{ mm}$ 螺旋管桩、20 mm钢板、30工字钢、3 m×1.5 m×1 m贝雷架和围栏防护设施。平台搭设前,先沿岸侧一定宽度内抛填10~100 kg块石至高程0.00 m,形成岸侧贝雷架搭设平台,内侧选用贝雷架为支撑;外侧选用螺旋管1组、贝雷架2组平行于码头岸线布置;每排贝雷架下部架设2排32H型钢轨道梁,以保证贝雷架受力均匀、防止抛石平台的沉降;主梁平行于码头岸线,搭设在钢管桩、贝雷架上部,次梁垂直于码头岸线,搭设在主梁上部,主次梁均采用长12 m的30 H型钢,长度不足的予以接长,但同一截面接长部位应错开3 m以上,主梁间距根据钢管桩间距而定,次梁间距1.3~1.5 m;面板采用20 mm×2 m×6 m的钢板平铺在次梁顶部;面板四周设置围栏作为防护措施;平台搭建完成后,采用重力式冲孔机进行冲孔破岩;最后采用正循环桩机进行成孔成桩施工。水上作业平台结构见图2、3。

主要施工工艺为:测量放线→打入螺旋管→填筑抛石平台→铺设轨道梁→架设贝雷架→安放主梁→安放次梁→安放钢板→围设护栏→重力式冲孔机破岩→正循环成孔成桩。

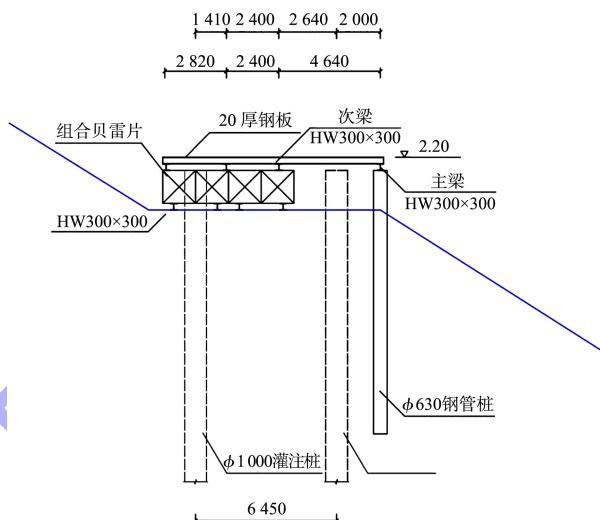


图2 水上作业平台结构(高程:m;尺寸:mm)

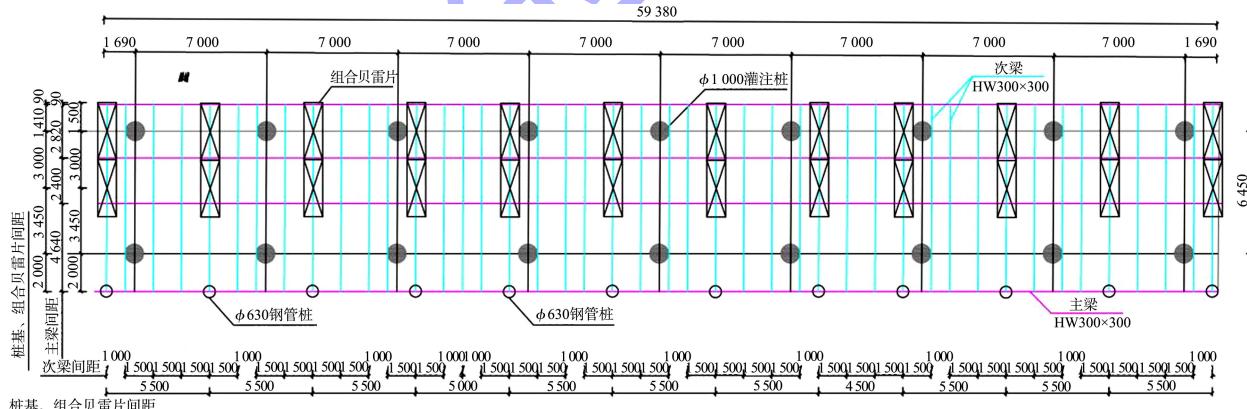


图3 水上作业平台平面布置(高程:m;尺寸:mm)

3.2 新型水上作业平台受力计算

3.2.1 灌注桩水上作业平台功能

施工平台用于ZKQ-100A型打桩钻机和ZZ-6A型冲击式工程钻机作业,作用荷载见表1。

表1 作用荷载

载荷名称	竖向力标准值/kN	扭矩标准值/(kN·m)
ZKQ-100A型打桩钻机总成	273.5	30
ZZ-6A型冲击式工程钻机机械荷载	300.0	-

经比选,选用最大的ZZ-6A型冲击式工程钻机作为机械荷载竖向力进行计算。依照钻机外尺度及其他工程经验,ZZ-6A型冲击式工程钻机门架尺度为5 m×2.2 m,门架具有一定刚度,荷载可直接作用于面板下次梁上,施工中钻机荷载可能出现不均匀分布,考虑采用1.3倍不均匀系数。

3.2.2 计算工况

根据效应及效应组合参照JTS 167—2018

《码头结构设计规范》3.2.2 节^[3], 设计安全等级为三级结构, 重要性系数为 0.9。结构自重分项系数为 1.2、钻机机械荷载分项系数为 1.5。分别选取 4 个代表性工况(表 2)对结构进行核算。

表 2 钻机不同工况

工况	荷载
工况 1(钻机 1 工作)	自重+钻机 1 工作荷载
工况 2(钻机 2 工作)	自重+钻机 2 工作荷载
工况 3(钻机 3 工作)	自重+钻机 3 工作荷载+扭转力矩
工况 4(钻机 4 工作)	自重+钻机 4 工作荷载+扭转力矩

3.2.3 计算模型

利用有限元软件 Midas Civil 将平台结构整体建立三维立体模型^[4], 整体平台结构为连续多跨结构, 考虑钻机荷载作用于边跨跨中和贝雷梁顶位置为结构最不利工况, 通过建立两跨结构模型, 对结构进行模拟分析。模拟材料按弹性假定, 共有 715 个节点、1 043 个单元。

自重通过计算转化为节点荷载, 根据最不利工况, 钻机压力荷载转化为对结构加载, 根据荷载的分布特征确定单元各节点荷载。整体变形计算结果见图 4。

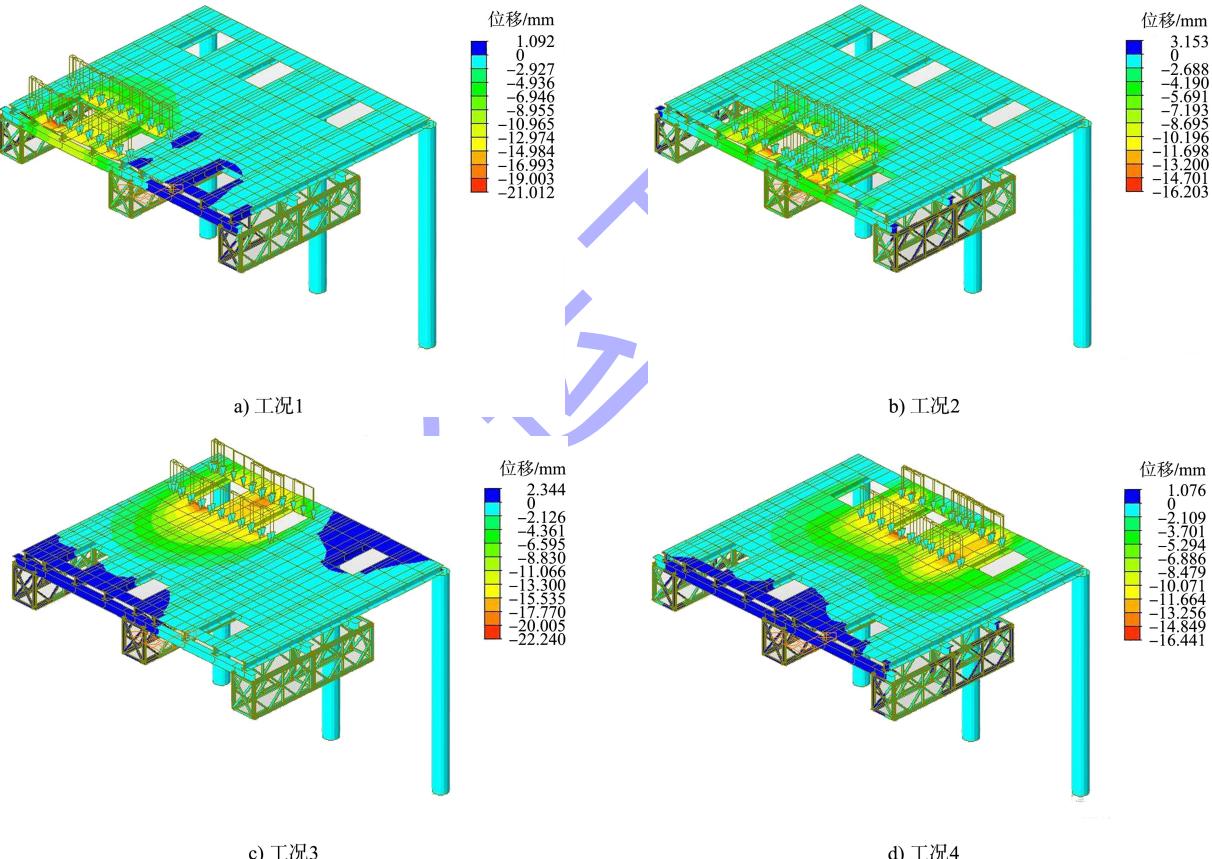


图 4 各工况整体位移

3.2.4 计算结果

根据表 3 计算结果, 结构主要受力杆件均满足承载力使用要求。结构最大应力出现在工况 4 的贝雷架上, 结构安全系数最低的是贝雷架的立腹杆^[5], 安全系数为 0.868, 易产生杆件受压失稳, 对主梁位置比较敏感, 因此施工中要严格控

制主梁设置位置。

贝雷架支座最大反力出现在工况 1 上, 单点最大支座反力为 135.3 kN, 平台施工时需将基础夯实, 铺设工字钢保证支座反力满足设计要求。结构最大变形出现在工况 3 的次梁跨中, 最大变形为 9 mm, 满足结构施工要求。

表 3 计算结果

截面名称	材料规格	最大组合应力比 COM	材料种类	构件轴力/kN	绕强轴弯矩 M_y /(MN·mm)	弱轴弯矩 M_z /(MN·mm)	轴向压应力/MPa	容许拉应力/MPa	绕强轴弯曲应力/MPa	绕强轴弯曲许弯曲应力/MPa	弱轴弯曲弯曲应力/MPa	弱轴弯曲容许弯曲应力/MPa
弦杆	2C100×48×5.3/8	0.732	16 Mn	0.183	-0.0013	-0.00623	0.1	310.5	160.9	278.5	0.1	279.5
腹杆	I180×50×6.5/4.5	0.829	16 Mn	-110	0	0	115.8	139.7	0.0	195.6	0.0	279.5
钢管桩	P630×8	0.139	Q235	-273	-22.0	0.73	17.5	183.4	9.4	211.5	0.3	211.5
立腹杆	I180×50×6.5/4.5	0.868	16 Mn	-126	0	0.115	137.8	215.8	0.0	240.6	30.2	279.5
桩顶横梁	300×300×310/15	0.375	Q345	0.529	-11.0	8.17	0.0	310.5	75.7	278.5	18.1	279.5
支撑架	I180×50×6.5/4.5	0.363	16 Mn	-0.003	0	0	29.0	80.1	0.0	132.3	0.0	279.5

注：校核均 OK。

3.2.5 螺旋管桩承载力核算

该施工平台上没有车辆行走，施工机械荷载为主要控制荷载，依据 JTS 167—2018《码头结构设计规范》4.2.8.2 节规定，桩基轴向抗压承载力计算为：

$$Q_d = \frac{1}{\gamma_R} (U \sum q_{fi} l_i + \eta q_R A) \quad (1)$$

式中： Q_d 为单桩轴向承载力设计值(kN)； γ_R 为轴向承载力分项系数，取 1.5； U 为桩身截面外周长(m)； q_{fi} 为单桩第 i 层土的极限侧摩阻力标准值(kPa)； l_i 为桩身穿过第 i 层土的长度(m)； η 为承载力折减系数； q_R 为单桩极限端阻力标准值(kPa)； A 为桩端外周面积(m^2)。

参照上述公式对直径 630 mm、壁厚 8 mm 的钢管桩桩基承载力进行核算，经核算钢管桩的单桩轴向承载力设计值为 575.5 kN，该施工平台最大压桩力为 $F_{桩} = 272.9$ kN $< Q_d (= 575.5$ kN)，桩基承载力满足规范要求。

4 施工效果

对已架设平台进行施工过程沉降位移监测，完成 4 根灌注桩后，平台沉降幅度符合要求，且沉降均匀、无大面积倾斜现象。通过连续 15 d 的沉降位移监测，作业平台没有产生较大的滑移突变，沉降较均匀。作出平台上 1# 测点位移数据见表 4。

表 4 灌注桩水上作业平台 1# 测点位移

观测日期	坐标 X/mm	坐标 Y/mm	高程 Z/mm	X 偏差/mm	Y 偏差/mm	Z 偏差/mm
初始值	252 119.369	2 116 828.469	2.419	-	-	-
2021-02-23	252 119.378	2 116 828.477	2.417	-0.009	-0.008	-0.002
2021-02-24	252 119.379	2 116 828.479	2.410	-0.010	-0.010	-0.009
2021-02-25	252 119.375	2 116 828.465	2.411	-0.006	0.004	-0.008
2021-02-26	252 119.374	2 116 828.469	2.412	-0.005	0	-0.007
2021-02-27	252 119.375	2 116 828.475	2.413	-0.006	-0.006	-0.006
2021-02-28	252 119.376	2 116 828.479	2.415	-0.007	-0.010	-0.004
2021-03-01	252 119.377	2 116 828.482	2.414	-0.008	-0.013	-0.005
2021-03-02	252 119.379	2 116 828.485	2.409	-0.010	-0.016	-0.010
2021-03-03	252 119.381	2 116 828.486	2.410	-0.012	-0.017	-0.009
2021-03-04	252 119.38	2 116 828.485	2.401	-0.011	-0.016	-0.018
2021-03-05	252 119.377	2 116 828.477	2.400	-0.008	-0.008	-0.019
2021-03-06	252 119.381	2 116 828.476	2.402	-0.012	-0.007	-0.017
2021-03-07	252 119.382	2 116 828.486	2.403	-0.013	-0.017	-0.016
2021-03-08	252 119.385	2 116 828.487	2.406	-0.016	-0.018	-0.013
2021-03-09	252 119.365	2 113 828.464	2.399	-0.015	-0.018	-0.019
2021-03-10	252 119.374	2 116 828.476	2.398	-0.016	-0.019	-0.020

(下转第 94 页)