

# 钢平台在码头引桥施工中的应用

钱冠鹏

(中国水利水电第五工程局有限公司,四川成都 610066)

**摘要:**随着国内码头桥梁施工技术的高速发展,辅助施工用的钢平台施工技术也得到了广泛应用,但码头引桥施工中的钢平台应用较为少见。本文结合浠水港兰溪港区绿色建材循环经济产业园码头工程引桥施工实例,阐述了钢平台在码头引桥施工作业场所中具有的在地面上方和水面上方同时作业以及其安全性和时效性等特点的应用过程。

**关键词:**钢平台;码头引桥;应用;浠水港兰溪港区

**中图分类号:**U655;U652;U655.4;U655.2

**文献标识码:** B

**文章编号:**1001-2184(2023)02-0078-05

## Application of Steel Platform in Construction of Wharf Approach Bridge

QIAN Guanpeng

(Sinohydro Bureau 5 Co., LTD, Chengdu Sichuan 610066)

**Abstract:** With the rapid development of domestic wharf approach bridge technology, the technology steel platform construction for auxiliary has also been widely used, but the steel platform is rarely adopted in the construction of wharf approach bridge. Combined with the construction example of the wharf approach bridge in the Wharf Engineering of Green Building Materials Circular Economy Industrial Park in Lanxi Port of Xishui Port, this paper introduces the steel platform has the characteristics of simultaneous operation above the ground and above the water surface, as well as its safety and timeliness in the construction of the wharf approach bridge.

**Key words:** steel platform; wharf approach bridge; application; Lanxi Port District, Xishui Port

### 1 概述

该项目位于湖北省浠水港兰溪港区作业区,码头位于大王家湾附近。2022年2月14日,长江水位高程为12.5 m,引桥Y4排架钻孔灌注桩桩顶标高为11.791 m。由于长江水位持续上涨,施工场地已无法满足钻孔桩施工条件,故需采用搭设固定钢平台的方式进行施工。

该码头引桥的第3~4号排架采用钢平台施工,钻孔平台使用 $\Phi 1\ 000\text{ mm}$ 、 $\delta 18\text{ mm}$ 的钢管桩以及 $\Phi 630\text{ mm}$ 、 $\delta 10\text{ mm}$ 的钢管桩作支撑,同时将 $\Phi 1\ 000\text{ mm}$ 钢管桩作为钻孔桩内的护筒,钢平台自下而上的结构体系依次由 $\delta 18\text{ mm}$ 钢牛腿、I32工字钢、根[25槽钢、 $\delta 6\text{ mm}$ 花纹钢板、 $\Phi 48\text{ mm}$ 钢栏杆等组成。施工用的材料均由水路运输至施工现场。根据沉桩顺序,钢平台的施工从岸侧往江内开展。鉴于钢平台常用于码头的水域区域施工,而在由陆域向水域延伸的引桥施工中较

为少见,故此类钢平台的设计选择、搭设与拆除即成为钢平台在码头引桥施工应用中的重点与难点,必需加强对其全过程的控制。

### 2 钢平台的设计

#### 2.1 设计条件及荷载计算条件

设计高水位高程: +24.79 m;

设计低水位高程: +8.26 m;

设计流速: 2 m/s。

钢平台横截面积  $S = 144 \times 28 = 4\ 032(\text{m}^2)$ 。

在钻机平台计算过程中需要考虑同一排架平台放置2~3台钻机同时施工。

恒载:

(1) I36a主梁(单片)重量为0.599 kN/m。

(2) I32a主梁(单片)重量为0.527 kN/m。

(3) [25a次梁(单片)重量为0.381 kN/m。

(4) 堆放荷载为5 kN/m<sup>2</sup>。

活载:

(1) 施工及人群荷载为2.5 kN/m<sup>2</sup>。

收稿日期: 2022-12-12

(2)风荷载计算:

工作风速风压为 0.28 kPa;

最大风速风压为 0.85 kPa。

根据《建筑结构荷载规范》GB50009—2012,垂直于建筑物表面的风荷载标准值在计算其主要受力结构时按照下式计算:

$$\omega_k = \beta_z \mu_s \mu_z \omega_0$$

式中  $\omega_k$  为风荷载标准值(kN/m<sup>2</sup>); $\beta_z$  为高度 Z 处的风振系数,取 1; $\mu_s$  为风荷载体型系数,圆截面取 1.2,型钢取 1.3; $\mu_z$  为风压高度变化系数,取 1.08; $\omega_0$  为基本风压(kN/m<sup>2</sup>)。

作用在单位面积上的风荷载计算成果见表 1。

表 1 风荷载计算成果表

迎风面类别	施工风速荷载 /kN·m <sup>-2</sup>	最大风速荷载 /kN·m <sup>-2</sup>
冲击钻机	0.22	1.01

(3)冲击钻机按 10 t 考虑,落地面积为 8 m×2.3 m。面压力荷载 P:考虑设备的作业冲击系数为 1.1,将 P=5.43 kN/m<sup>2</sup> 作为荷载的标准值。

(4)流水压力。根据《公路桥涵设计通用规范》JTG D60—2015,作用在桥墩上的流水压力标准值可按下式进行计算:

$$F_w = KA \frac{\gamma v^2}{2g}$$

式中  $F_w$  为流水压力标准值(kN); $\gamma$  为水的重度(kN/m<sup>3</sup>); $v$  为设计流速(m/s); $A$  为桥墩阻水面积(m<sup>2</sup>),计算至一般冲刷线处; $g$  为重力加速度,取 9.81 m/s<sup>2</sup>; $K$  为桥墩形状系数,圆形桥墩取 0.8。最深处水深约为 10 m,流速按 1 m/s 考虑,计算得到: $\Phi 1\ 000\ \text{mm} \times 18\ \text{mm}$  钢管桩所承受的水流力  $F_{w混} = 0.8 \times 1 \times 10 \times 0.5 \times 12 = 4$  (kN),作用点位于设计水位下  $0.3 \times 10 = 3$  (m) 处。

2.2 材料参数

钢管桩采用 Q355B 钢材;钢平台型钢采用 Q235B 钢材。型钢材料力学特性见表 2。

表 2 型钢材料力学特性表

构件名称	材料类型	拉、压、弯强度 设计值 /MPa	剪切强度设计值 /MPa
钢材	Q235B	$f = 205$ 16<t≤40 mm	$f_v = 120$
		$f = 215$ t≤16 mm	$f_v = 125$

Q235B 钢角焊缝的抗拉、抗压、抗剪强度设

计值为  $f_f^w = 160$  MPa

根据《钢结构设计标准》GB50017—2017 及《建筑结构荷载规范》GB50009—2012 中的规定,结构的刚度按照荷载标准组合进行计算,受变弯构件挠度容许值见表 3。

表 3 受变弯构件挠度容许值表

编号	项目	挠度允许值
1	竖向位移绝对值	$L_1/400$ ( $L_1$ 表示跨度)
2	竖向位移绝对值	$L_2/200$ ( $L_2$ 表示悬臂梁长度)
3	横向位移绝对值	$H_1/400$ ( $H_1$ 表示位移最大值处支架的离支点高度)

2.3 工况分析与荷载组合

根据施工现场要求且考虑最不利工况为多台钻机同时在钢平台上作业,其荷载组合系数见表 4。

表 4 荷载组合系数表

工况	荷载组合
多台钻机同时在钢平台上作业	1.2×恒载+1.4×活载—承载力计算
	1×恒载+1×活载—桩基承载力计算
	1×恒载—变形计算

2.4 钢平台结构计算

钢平台采用 Midas civil 进行整体建模计算,其计算模型见图 1。

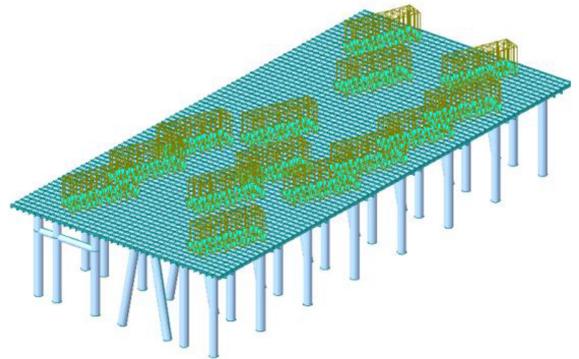


图 1 钢平台计算模型图

2.5 引桥结构的计算

冲击钻机:单台钻机总重量为 100 kN(钻机施工时,包括钻头等荷载作用于钢管桩上),尺寸为 8 m×2.3 m(考虑 1.1 的冲击系数),单台冲击钻机与钢平台的接触面积为 8 m×2.3 m=18.4 m<sup>2</sup>,等效为局部均载  $100/(8 \times 2.3) = 5.43$  (kN/m<sup>2</sup>)。为方便计算,将荷载等效为满布平台布置,根据钻机布置位置和占全平台的比例,计算时等效为  $0.6 \times 5.43 = 3.25$  (kN/m<sup>2</sup>) 满布均载。参考

其他类似已经成功的工程实例,该工程施工钢平台的主梁采用 2 根 I32a 工字钢,分布梁采用 [25a 槽钢,验算结果与实际情况较为吻合。

## 2.6 钢管桩承载力

此次施工场地内的钢管桩为嵌岩桩,单桩竖向极限承载力标准值的计算参考《建筑桩基技术规范》JGJ94-2008 第 5.3.9 条进行:

$$Q_{uk} = Q_{sk} + Q_{rk}$$

$$Q_{sk} = u \sum q_{sik} l_i$$

$$A_{rk} = \zeta_r f_{rk} A_p$$

计算单桩竖向承载力极限特征值  $R_a$ :

$$R_a = \frac{Q_{uk}}{K}$$

式中  $Q_{uk}$  为单桩竖向承载力极限标准值; $Q_{sk}$ 、 $Q_{rk}$  分别为总极限侧阻力标准值和总极限端阻力标准值; $u$  为桩身周长; $q_{sik}$  为采用静力触探比贯入阻力值估算的桩周第  $i$  层土的极限侧阻力; $l_i$  为桩周第  $i$  层土的厚度; $\zeta_r$  为桩嵌岩段侧阻和端阻综合系数; $f_{rk}$  为岩石饱和单轴抗压强度标准值; $A_p$  为桩端面积; $K$  为安全系数,取 2。

标准组合作用下,钢管桩的最大反力为 299.1 kN。

鉴于场地内土的性质复杂,故忽略了侧阻力,则偏安全的、取风化岩的端阻力为 1 000 kPa。嵌岩桩单桩承载力容许值为: $0.5 \times 0.8 \times 1 000 \times 3.14 \times 0.52 = 314(\text{kN}) > 299.1(\text{kN})$ 。

(1) 引桥钢管桩承载力。

桩身面积  $A = 555 \text{ cm}^2$ 。

桩身周长  $U = 3.14 \times 1 = 3.14(\text{m})$ 。

钢管桩自身重量  $P = 52 \text{ kN}$ (桩长 12 m)。

桩身荷载  $P = 128 + 52 = 180(\text{kN})$ 。

$$\sigma = P/A = 180 \times 102/555 = 32.4(\text{kg/cm}^2)$$

由于在钢管桩打入过程中桩周的淤泥层受到破坏而无法提供桩身与淤泥层之间的摩阻力,故此次计算暂不考虑淤泥层的摩阻力,则钢管桩打入桩的最大容许承载力 $[\rho]$ :

$$[\rho] = \frac{U \sum f_i L_i + AR}{K}$$

式中  $[\rho]$  为桩的容许承载力, kN;  $U$  为桩身横截面周长, m;  $f_i$  为桩身穿过各土层与桩身之间的极限摩阻力, kPa;  $L_i$  为各土层厚度, m;  $A$  为桩底支撑面积,  $\text{m}^2$ ;  $R$  为桩尖极限摩阻力, kPa,  $R = 0$ ;  $K$  为安全系数,本次施工设计时  $K$  取 2。

桩基采用  $\Phi 1 000 \text{ mm}$  钢管桩,壁厚  $\delta = 18 \text{ mm}$ ,采用打桩振动锤击下沉。桩的周长  $U = 3.14 \text{ m}$ 。此次计算不计桩尖承载力,仅计算钢管桩侧摩阻力。

根据现场实际地质情况,按照打入局部冲刷线以下 8 m 计算:

单桩承载力 $[\rho] = 659 \text{ kN}$ ,大于钢管桩需要承受的荷载  $P_{\max} = 180 \text{ kN}$ ,故其满足要求。

## 2.7 钢管牛腿的焊缝

桩基采用钢管桩沉放,其结构采取钢牛腿法施工。牛腿采用  $\delta = 18 \text{ mm}$  的钢板制作,采用梯形截面,顶宽 40 cm,底宽 10 cm,高度为 40 cm。焊接采用双面焊缝,焊缝长度为 40 cm,焊高不少于 10 mm。

焊缝焊脚尺寸  $h_f = 10 \text{ mm}$ ,计算高度  $h_e = 0.7h_f = 0.7 \times 10 = 0.7(\text{mm})$ ,焊缝长度取 400 mm。

在基本组合状况下,承重梁受到的钢管桩支撑力为 209.3 kN。

焊缝截面参数: $A_2 = 3 360 \text{ mm}^2$ ,  $W_y = 112 000 \text{ mm}^3$ 。

$$\sigma = \frac{M_y}{W_y} = 0.14 \text{ MPa} < 160 \text{ MPa}$$

$$\tau = \frac{N_y}{A_2} = 31.3 \text{ MPa} < 160 \text{ MPa}$$

式中  $A_2$  为焊缝的横截面积; $W_y$  为焊缝的抗弯截面模量; $M_y$  为轴心拉力; $N_y$  为轴心压力。

$\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = 31.3 \text{ MPa} < 160 \text{ MPa}$ ,焊缝强度满足要求。

制作成型的牛腿必须保证平整、无翘曲,顶部宽度作为支撑的部分应平整,无顶面凹凸现象,无气割后的毛刺及飞溅等所有可能影响支撑面平整的情况。因斜桩存在不同的扭角,故在牛腿加工焊接后必须保证其支承面水平,牛腿垂直,进而保证其上部的 I32a 工字钢能水平承受上部荷载。

## 3 钢平台的搭设与拆除

### 3.1 钢管桩的沉放

(1) 钢管桩的沉放流程:搭设固定平台→导向架安装→起吊、沉放钢管桩。

(2) 具体的施工步骤:

① 钢管桩由总包单位提供水运至施工现场。

② 振动锤选择 DZ90 型振动锤。

③ 导向架的安装:测放复核导向系统。在平

台上准确定位安装主梁及次梁并调水平,测量放样出钢管桩中心。

④钢管桩的起吊。将成品钢管桩运至现场,钢管桩采用1台100 t全回转起重船大钩起吊护筒顶端、副钩起吊钢管桩底端的方式,起吊后,大钩起钩提升,逐步将护筒竖直,然后将其起吊到导向架龙口进行沉放。

⑤入土前的垂直度微调:待钢管桩起吊到导向架上相应的孔位后,用全站仪从两互相垂直的方向监控护筒垂直度满足要求后将钢管桩缓缓垂直下沉至泥面,至深入覆盖层约1 m左右后测量人员重新监控确认垂直度符合要求后浮吊松钩以保证护筒垂直下沉稳定;若深入覆盖层1 m左右后发现其垂直度不符合要求时,需将其微调至符合要求后缓慢松钩下沉;护筒自重无法下沉时,需松钩采用起吊振动锤振动下沉。

⑥振动下沉:采用振动锤液压钳夹紧钢管桩壁。经全面检查无误后,振动锤先点动振动,然后持续振动。在下放过程中,需要持续监控钢管桩的垂直度,利用导向架上设置的顶推装置进行微调,直至其达到地勘报告上可能达到的设计标高。钢管桩下沉时以标高控制贯入度复核<sup>[1]</sup>。钢管桩的下放倾斜率按 $<1\%$ 控制;护筒顶面中心位置的偏移按 $\leq 150$  mm控制。

(3)钢管桩沉放时的注意事项及应对措施:

①钢管桩下放垂直度的保证措施:钢管桩尽量选择在水流较缓期间下放;钢管桩下放过程中,采用全站仪从两垂直方向对护筒进行动态监控;首节自重入土1 m时,通过复测合格后方允许再次下放<sup>[2]</sup>。

②钢管桩下放过程中,采用以下措施保证护筒不变形:控制振动锤转速及振动力;振动下沉一气呵成,中途不停顿,避免桩周土层在液化后重新固结而造成摩阻力增加,下沉困难。

③在钢管桩不断贯入过程中,一定要不断调整桩锤与吊钩的自由距离,同时保持锤的重心与吊钩在同一垂直线上。绝对不能在吊钩受力的情况下打桩<sup>[3]</sup>。

④沉桩过程中,必需时刻注意钢管桩的贯入度变化,如有异常,立即将开关由自动转为手动,暂停打桩。

### 3.2 钢牛腿施工

钢管桩施工完成后进行钢牛腿的焊接施工。钢牛腿采用交通船运输到钢管桩位置后,依据测量标高及钢平台顶部施工确定的牛腿顶标高(15.93 m)进行焊接。焊接作业时,运输船必须与钢管桩连接牢固以确保运输船相对稳定,满足电焊施工要求。

### 3.3 主梁及分配梁施工

钢牛腿施工完成后进行主梁及分配梁的搭设,施工材料采用交通船运输、起重船吊装。

钢平台主梁的每个排架采用双排单根I32工字钢。在每个排架钢管桩两侧将I32a工字钢搁置于钢牛腿上,其固定方式考虑工字钢与牛腿接触处满焊,长度按码头引桥前沿、后沿钢管桩各伸出1.5 m考虑。

分配梁[25槽钢搁置在主梁I32a工字钢上。考虑到平台工作量较大,单根布设进度较慢,而采用板块拼装可在陆地上提前加工,起重船水上拼装,安拆较为方便。上下游方向的长度按伸出排架中心线1.5 m考虑。[25槽钢与I32a工字钢接触处满焊以增加平台的安全系数,满足钻机施工要求。

### 3.4 面板、栏杆及附属设施的施工

平台面板采用6 mm厚花纹钢板铺设,钢管桩周边铺设直径6 mm的钢格网,以便钻孔过程中泥浆溢出,每块面板设置1 cm宽的伸缩缝。平台面的标高设置为16.5 m。

栏杆采用 $\Phi 48$  mm钢管制作,栏杆立柱高1.2 m,间距2 m。横杆设置2层,自上而下设置安全网,栏杆统一用红白油漆相间涂刷,交替布置,以达到简洁美观的效果。电缆等搁置托架采用50 mm $\times$ 50 mm $\times$ 5 mm角钢焊接在[25槽钢上,每根分配梁上焊一根,将主要电缆电线等设施搁置其上以减少对交通的干扰。

### 3.5 钢平台的拆除

钢平台拆除前,首先对平台进行清理。钢平台的拆除按照由上至下、先解体、后吊装的原则进行。将起重船移动到所需拆除的平台位置,使起重船的拔杆处于作业半径的中心位置,以使设备尽量少移动<sup>[4]</sup>。

清除钢平台上的附属设施,如栏杆、电缆线

等。清除完毕开始割除钩头并分割平台面板,使面板与分配梁分离,并由整体面板变成小型模块面板以方便吊装。将拆除后的面板、分配梁放置在运输船上运出出场。

#### 4 钢平台在码头引桥应用时的注意事项

##### 4.1 钢平台施工前需要注意的事项

必需提前编制《钢平台的专项施工方案》,且经相关单位审核通过后方可施工,需要根据所辨识出的危险源制定相应的安全保证措施;施工前,在人员、机械设备和场地的准备阶段对特种作业人员的证件进行核对,必需保证特种作业人员持证上岗;需要对特种设备进行资料和设备状况的审核,必需保证特种设备的状况良好,符合相关要求;场地准备阶段一定要保证“三通一平”。对于存在隐患的边坡和现场环境必需进行防护到位后方可进场施工<sup>[5]</sup>。

##### 4.2 钢平台施工时需要注意的事项

在钢平台施工过程中,一定要及时加强对施工作业人员的相关安全教育,进行相应的技术交底和安全技术交底;现场钢平台施工过程中安全保证措施的检查要依据所编制的《钢平台的专项施工方案》中识别出的危险源制定出的安全保证措施进行落实;必须加强对施工过程中人的不安全行为的监控,防止“三违”现象的发生。

##### 4.3 钢平台施工完成及使用时的注意事项

钢平台施工完成后,需要对其进行检查验收,待验收合格后方可投入使用。在每根钢管桩上均需设置沉降观测点并做好钢便桥的监控测量。经常监测钢管桩的沉降情况,尤其是相邻钢管桩桩基之间的相对沉降。如果出现相对沉降超限时应

停止施工,采取相应措施(如垫小钢板抬高主梁,但应保证其与分配梁的连接)减小相对沉降量。定期对钢牛腿、主梁以及分配梁等钢平台构件进行变形监测,尤其是节点连接处的变形,一旦发现异常,及时上报并进行处理。在钢平台应用过程中,需要对其定期进行检修;对于变形、损坏的主要构件必须及时进行更换,次要构件则需及时进行修补。钢平台上禁止集中堆放材料,以免造成钢平台结构所承载的荷载过于集中。

#### 5 结 语

施工实践证明:钢平台在码头引桥施工中的应用切实可行,可以有效解决陆域施工向水域施工延伸区域内的施工。随着我国基础建设的飞速发展,钢平台凭借其施工工艺合理可行,安全可靠的优点,极大程度提高了施工的主动性,所取得的经验对今后类似工程的施工具有借鉴意义。

#### 参考文献:

- [1] 张晓阳. 桥梁桩基钻孔施工钢平台架设技术[J]. 工程建设与设计, 2021, 69(20): 137-139.
- [2] 朱毅敏, 徐磊, 陈遂浩, 王少纯, 张星波, 陈俊博. 整体钢平台结构体系安全性能研究[J]. 结构工程师, 2022, 38(3): 155-163.
- [3] 仲永东, 蔡仕鹏, 许建. 钻孔灌注桩及钢平台施工工艺过程控制研究[J]. 陕西水利, 2020, 89(5): 202-203, 206.
- [4] 刘仁圣. 高水流速及深水裸岩条件下钢栈桥及钢平台施工技术[J]. 国防交通工程与技术, 2019, 17(4): 66-69, 80.
- [5] 胡习文. 重载型贝雷梁钢栈桥和钢平台施工技术与监测维护分析[J]. 西部交通科技, 2020, 15(5): 99-101.

#### 作者简介:

钱冠鹏(1985-),男,河南许昌人,项目部安全总监,工程师,学士,从事市政工程建设安全管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

(上接第 77 页)

展,长江流域必定会成为码头工程建设的“主战场”。通过对长江流域浣水港兰溪港区绿色建材循环经济产业园码头工程水下混凝土联锁护底块拆除工艺的阐述,旨在为类似工程提供经验与技术指导。

#### 参考文献:

- [1] 舒育正,章安华,张伟,等. 一种水泥混凝土联锁块快速无损拆除施工方法. CN202110725857. X.
- [2] 谢宝丰,刘焕虎. 西霞院工程右岸土石坝渗水处理措施研

究实践[J]. 水利科学与寒区工程, 2022, 39(2): 108-111.

- [3] 张国平. 保滩工程施工难点及应对措施分析研究[J]. 水利建设与管理, 2016, 37(4): 14-17.
- [4] 土石坝安全监测技术规范, SL551-2012[S].
- [5] 许春艳. 建筑工程存在的质量问题及防范方法[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2011, 1(18): 20.

#### 作者简介:

陈长贵(1975-),男,贵州遵义人,华中分公司执行总经理,党工委副书记,正高级工程师,工程硕士,从事水利水电市政等工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)