



大型冷弯钢板桩“半屏风式”沉桩工艺

代君胜, 高岭, 张远

(中交天航港湾建设工程有限公司, 天津 300450)

摘要: 以中海油渤海湾生产支持基地工程为例, 介绍了一种采用大型振动锤、“半屏风式”钢板桩沉桩工艺, 有效地克服了大型冷弯钢板桩因桩身扭转、带桩等因素造成的各种施工困难, 证明了该工艺可行、高效。

关键词: 冷弯型钢板桩; 振动锤; 半屏风式; 沉桩

中图分类号: TU 473

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2015)06-0210-03

Half-screen pile-sinking technology of large size steel-sheet pile

DAI Jun-sheng, GAO Ling, ZHANG Yuan

(CCCC Tianjin Waterway Dredging Harbor Engineering Co., Ltd., Tianjin 300450, China)

Abstract: Taking the project of the production supporting base at Bohai gulf of CPOE for example, we introduce the pile sinking technology using the large vibratory hammer and the half-screen, which resolve various kinds of difficulties caused by the pile twisting and pile dragging in the construction of the large-size cold bending steel-sheet piles. The technology is proved to be feasible and efficient.

Keywords: cold bending steel-sheet pile; vibratory hammer; half-screen; pile-sinking

目前国内钢板桩码头所应用的钢板桩大多数属于热轧型钢板桩, 其沉桩工艺种类众多、技术相对比较成熟, 如曹妃甸煤码头工程的“HZ”型组合桩, 上海外高桥1#、2#船坞工程的CAZ型组合桩等都属于热轧型钢板桩。而对于冷弯桩的使用则相对比较稀少。本文通过中油海渤海湾生产支持基地工程的工程实例, 介绍一种行之有效的大型弯钢板桩的沉桩工艺。

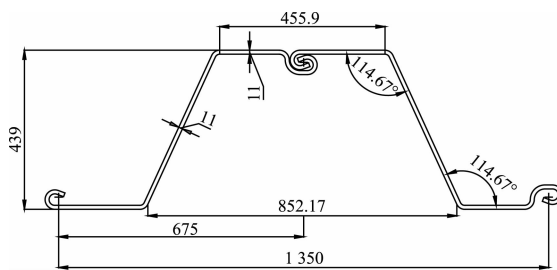


图1 钢板桩断面 (单位: mm)

1 钢板桩“半屏风式”沉桩工艺

OZ27型冷弯钢板桩桩长18.8 m, 沉桩时两片“Z”型桩拼成一组“U”型桩成组进行施打, 每组桩宽1.35 m, 桩高439 mm, 钢板桩自质量3 754 kg (图1)。

施工时根据“试桩”的具体情况, 制定了“半屏风式”沉桩工艺 (图2)。其主要工序分3步: 跳打、插打、送桩。

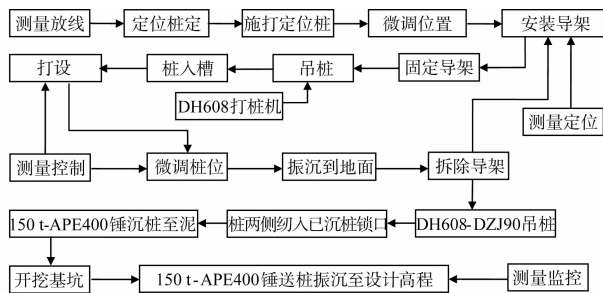


图2 沉桩工艺流程

收稿日期: 2014-10-27

作者简介: 代君胜 (1979—), 男, 工程师, 从事水运工程项目技术管理工作。

1.1 跳打

跳打是指在整平好的场地上按照事先计算好的桩位通过全站仪测放导架,误差控制在10 mm范围内。通过导架的定位作用隔一跳一进行沉桩,一组导架的桩沉桩完毕后挪到下一位置,下一组导架定位时套取前面既沉钢板桩的最后一组,再以全站仪微调导架四角的位置,将误差控制在10 mm范围内,定位完毕后继续跳打。

1.2 插打

插打是指在既沉钢板桩的预留空位处以一组钢板桩两面插锁口进行沉桩,使跳打既沉钢板桩与新插空施打的钢板桩形成一面完整的屏风式板桩墙。

因导架的控制,插打时两桩净距与桩宽之间的差值在80 mm范围内(OZ27型钢板桩桩宽允许变化量),不会出现插桩时锁口困难的问题。必要时可用手拉葫芦调节桩的宽度来满足锁口要求。

1.3 送桩

由于施工泥面高程在钢板桩设计高程之上,需开挖进行送桩至高程的工序。在钢板桩连成一面完整的基础结构之后,通过选择合适的锤型和施工工艺将已送至泥面高程的桩全部送至设计高程。

2 半屏风式沉桩工艺的优点

1) 该沉桩工艺不会因为土压力作用的不平衡使钢板桩向一侧倾倒,故无须做异形桩,减少了施工工序,节约了成本。

2) 该沉桩工艺的一切工序都只需在地面上进行施工,无须人员高空作业,降低了施工风险,安全性高。

3) 该沉桩工艺每组导架内的桩施打之前都要测量定位放置导架,并经复核无误之后再行施打,通过导架控制沉桩的位置,每根桩的误差都被控制在导架的一个单元格内,避免出现累计误差。

4) 沉桩时跳打的每组桩都是独立的沉桩,左右没有其他桩限制,沉桩过程中可以通过测量的观测,利用DH608打桩机的导柱,在导架单元格范围内调节桩身的垂直度(沿板桩墙和垂直板桩墙两个方向),因此跳打的钢板桩垂直度控制得非常好,相应地整体板桩墙的垂直度也能得到很好的控制,满足规范要求^[1]。

3 沉桩锤型的选择

3.1 土层分布

沉桩区钻探深度范围内土层自上而下分布情况见表1。

表1 土层分布情况

土质	高程范围/m
① ₁ 粉砂、① ₄ 粉土、① ₄ 粉质黏土、① ₄ 粉土、① ₅ 粉质黏土	4.0 ~ -11.2
② ₁ 粉土、② ₂ 粉质黏土~黏土、② ₃ 粉土夹粉砂	-11.2 ~ -14.8
③ ₁ 粉质黏土~黏土、	-14.8 ~ -17.1
④ ₁ 粉质黏土夹黏土、④ ₄ 粉土	-17.1 ~ -22.5

3.2 钢板桩上拔力计算^[2]

1) 拔出阻力计算。

$$F = F_E + F_S \quad (1)$$

式中: F_E 为钢板桩与土的吸附力; F_S 为钢板桩的断面阻力。

2) 钢板桩与土的吸附力。

$$F_E = f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_n \quad (2)$$

式中: f_1 、 f_2 、 f_3 、 f_n 为不同土层的吸附力。

3) 吸附力。

$$f = UL\tau \quad (3)$$

式中: U 为钢板桩的断面周长; L 为钢板桩在相应土层的长度; τ 为不同土层中静吸附力或动吸附力,可查《实用桩基工程手册》表24-34。

4) 各土层 N 值、 τ 值。

OZ27 钢板桩周长约 2 334 mm, 其在相应土层中的长度 N 和 τ 见表2。

表2 各土层 N 值、 τ 值

土质	N /击	桩在土层长度/m	τ /kPa
粉砂	5	1.9	34
粉土	12	8.0	24
粉质黏土	16	1.9	30
粉土	9	3.2	24
粉质黏土	14	2.8	30
粉土	23	1.0	24

分别将上面数据代入式(2)、(3)得: $F_{静E} = 1\ 163.27\ \text{kN}$, $F_{动E} = 179.95\ \text{kN}$ 。因钢板桩拔出时主、被动土压力相同,无需考虑断面阻力。

3.3 单桩垂直极限承载力计算^[3]

1) 单桩垂直极限承载力设计值。

$$Q_j = (U \sum q_{f_i} l_i + q_r A) / \gamma_R \quad (4)$$

式中： U 为钢板桩断面周长（m）； q_f 为各土层极限侧摩阻力标准值，查《港口工程桩基规范》表4.2.4-1，取 $0.5 < I_L \leq 0.75$ 时最大值（kPa）； l_i 为钢板桩在各土层的长度（m）； q_r 为极限端阻力标准值（kPa）； A 为钢板桩断面面积（ m^2 ）； γ_R 为单桩垂直承载力分项系数，取1.45。计算得 $Q_j = 1\ 551$ kN。

2) 估算振动单桩垂直极限承载力设计值。

根据《实用桩基工程手册》表24-34以及地质情况，动摩阻力与静摩阻力的关系约为6:1，根据相应的数据，代入式(4)，得：动摩阻力 $Q_d = (U \sum q_r l_i + q_r A) / \gamma_R Q_d = 258.5$ kN。

3.4 振动锤的选择^[2]

1) 钢板桩的必要振幅 A_s 。

A_s 与桩尖所在土层有关， $A_s = (1.6N + L) / 2 = 7.5$ mm。

2) 必要的偏心力矩 K_0 。

$$K_0 = \left[\frac{15A_s + \sqrt{225A_s^2 + (1.56 - A_s)(225A_s + 1.56A_s Q_p)}}{1.56 - A_s} \right]^2 \quad (5)$$

式中： Q_p 为钢板桩自质量（kg）； A_s 为钢板桩的必要振幅（mm）。

将双根钢板桩自质量3 754 kg及必要振幅0.75 cm代入式(5)得： $K_0 = 8\ 136$ kg·cm。

根据土质情况和振动力计算，加之锁口摩阻力的不确定因素，选DZJ90锤进行跳打和插打，选择锤身宽度小于桩宽且激振力较大的APE400锤进行送桩。振动锤参数见表3。

表3 振动锤主要技术性能参数

型号	偏心力矩/ (N·m)	激振力/ kN	最大转速/ (r·min ⁻¹)	振动 频率/cpm	最大振幅 (空载)/mm	最大上拔力 (桩夹持力)/kN	最大离 心力/kN	自质量(不包括 夹头和电缆)/kg	长×宽×高 (mm×mm×mm)
DZJ90	573	579	960		6.6	254		5 800	1 850×1 300×2 800
APE400	1 500	3 559		400~1 400 (无级变速)	27	2 224	3 203	16 363	3 607×660×2 515

4 沉桩过程中遇到的特殊问题及解决方法

冷弯钢板桩沉桩所遇到的最大问题是因桩身的扭转而带来的带桩问题。

OZ27型钢板桩为冷弯型钢钢板桩，在制作过程中，自身应力很难完全释放，且出厂时均为单片的Z形桩，本身的抗弯、抗扭等力学性能较差，经过长期的运输、存储、拼装及吊装等过程，加之桩本身长度大，因此出现扭转变形。

由于桩本身扭转变形严重加之土体松软，入土时虽有背板正位，但入土后在振动锤激烈的振动下桩身扭转仍会有不同程度的回复，即各桩内部由于背板的作用都存在不同程度的回复应力。因此在插打时由于回复应力的作用，锁口阻力大大增加，当锁口阻力大于土的侧摩阻力时，就出现带桩的现象。经过多次尝试，最终确定利用APE400锤锤身宽小于桩宽的优点，使用“半屏风式”施工工艺很好地解决了这一问题。

先将所有“插打”的桩插至（桩顶）距泥面高程8~10 m的距离（至相邻两桩出现带桩的情况为止）形成高低交错的形式，再将已沉至泥面

高程的各桩上拔，使整个插在泥面上的桩在空中拼成一道类似屏风似的整体。再逐根下沉至设计高程。此过程，各桩内部的回复应力由左右相邻的几根桩分担，得到释放，大大降低了锁口的阻力，因而很好地解决了带桩难题。

5 结语

“半屏风式”施工工艺成功运用于中油海渤海湾生产支持基地工程实践。选用DZJ90振动锤进行插打和跳打施工，解决了传统钢板桩施工工艺容易出现的偏桩、斜桩、异形桩等问题；结合钢板桩型号和地质情况，选用锤身宽小于桩宽的APE400择振动锤进行整体送桩，解决了带桩这一施工难题。对于冷弯钢板桩锁扣摩阻力的理论与实际变化关系在今后的工作中有待进一步探讨。

参考文献：

- [1] JTS 257—2008 水运工程质量检验标准[S].
- [2] 史佩栋. 实用桩基工程手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999.
- [3] JTJ 167-4—2012 港口工程桩基规范[S].

(本文编辑 武亚庆)