

三岔双向挤扩灌注桩施工技术在某工程中的应用

向 飞¹, 顾继超²

(1. 宁波易通建设有限公司, 浙江 宁波 315800; 2. 四川省煤田地质局一四一队, 四川 德阳 618000)

摘要: 通过工程实例分析了三岔双向挤扩灌注桩(简称 DX 桩)的施工工艺和技术要求; 经静荷载试验验证了基桩的竖向抗压承载力、抗水平力及抗拔力都大大提高; 结合提出的施工过程中相应的质量控制措施, DX 桩能够使建筑结构更加稳定, 沉降变形小, 有节约材料, 降低工程成本的良好效果。

关键词: 三岔双向挤扩灌注桩; 施工工艺; 质量控制

中图分类号: TU473

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2013) 01-0122-05

挤扩支盘灌注桩是 20 世纪 90 年代初在传统灌注桩基础上发展起来的新型桩基础。它是一种多端承、多段侧摩阻共同作用的变截面多支点摩擦端承桩, 通过发挥桩身长度范围内各较硬地层的潜力以及桩土共同承载的作用, 提高桩的端承阻力和桩侧摩阻力, 使单桩承载力大幅度提高; 有利于提高单桩竖向承载力、提高抗震性、减小沉降变形、减少桩长和桩径及桩数、节约成本、缩短工期^[1]。

三岔双向挤扩灌注桩也称多节三岔挤扩灌注桩, 简称 DX 挤扩灌注桩或 DX 桩^[2]。在钻(冲)孔内放入专用的三岔双缸双向液压挤扩装置, 按桩身承载力要求和地层土质条件在桩身适当部位通过挤扩装置双向液压缸的内外活塞杆作用大小相等、方向相反的竖向位移, 带动三对等长挤扩臂对土体进行水平向挤压, 挤扩出互成 120°夹角的三岔上下对称的扩大楔形腔, 或是多次挤扩形成近似双圆锥盘状上下对称的扩大腔^[3-5]。笔者通过理论 7 并结合工程案例分析挤扩支盘桩的作用机理、桩基特点、承载力特点。

1 工程概况、地质情况及设计参数

1.1 工程概况

江苏 LNG 项目位于江苏南通市洋口港区西太阳沙, 地理坐标为东经 121°25'35", 北纬 32°32'50", 距岸边约 16 km, 西南距如东县城约 32 km。本工程

LNG 储罐区桩基采用大直径钢筋混凝土灌注桩, 为高承台桩, 露出地面 1.70 m。

1.2 地质情况

场区位于小洋口港东南黄海近岸潮汐带, 原地地面标高-1.20~1.65 m, 地貌上属海积海蚀相潮流辐射沙洲, 地貌形态上属现代岸滩与水下沙坝(堤)交汇处, 地面微向东北倾。本岸段属古长江岸区, 系长江冲积物构成的海滨平原及岸滩。场地土层自上而下分别为: ①层粉细砂: 层厚 2.40~7.10 m(平均 4.13 m); ②层粉砂夹粉质粘土: 层厚 0.70~3.60 m(平均 2.20 m); ③层粉砂: 层厚 4.70~11.60 m(平均 7.35 m); ④层粉质粘土夹粉砂: 层厚 2.20~8.30 m(平均 4.48 m); ⑤层粉砂: 层厚 11.65~20.30 m(平均 14.43 m); ⑤1 层粉质粘土: 层厚 1.90 m; ⑥层粉质粘土: 层厚 2.00~13.40 m(平均 6.15 m); ⑦层粉砂: 层厚 9.05~25.30 m(平均 17.30 m); ⑦1 层粉质粘土: 层厚 1.70~2.90 m(平均 2.30 m); ⑧层粉砂、细砂: 层厚 9.40~26.46 m(平均 18.89 m); ⑧1 层粉质粘土夹粉砂: 层厚 11.00 m; ⑨层粉质粘土: 层厚 2.20~4.00 m(平均 3.12 m); ⑩层细砂: 层厚 21.60~22.65 m(平均 22.13 m); ⑪层粘土: 层厚 3.75~5.00 m(平均 4.38 m); ⑫层粉砂: 厚度 1.70 m。

各土层的力学性能参数见表 1。

1.3 设计参数

根据工程建筑物场地地基土特征, 结合建筑

表 1 各土层力学性能参数表

层号	岩性	层底深度/m	地基允许承载力/kPa	桩周极限摩阻力(沉桩)/kPa
①	粉砂	0.00	160	35
②	粉砂夹粉质粘土	2.40~7.10	120	25
③	粉砂	3.80~9.10	160	50
④	粉质粘土夹粉砂	11.10~15.00	110	20
⑤	粉砂	12.80~20.60	180	55
⑤1	粉质粘土夹粉砂	25.30	120	20
⑥	粉质粘土	27.30~33.10	100	35
⑦	粉砂	31.20~41.60	220	55
⑦1	粉质粘土夹粉砂	40.00~52.70	110	20
⑧	粉砂、细砂	49.00~57.30	260	70
⑧1	粉质粘土夹粉砂	61.50	130	25
⑨	粉质粘土	71.10~73.60	180	35
⑩	细砂	74.50~75.50	280	75
⑪	粘土	97.10~97.15	260	65
⑫	粉砂	100.90	300	75

物的结构荷载特征, 通过分析比较, 选择第⑧层粉砂为桩端持力层, 采用三岔双向挤扩钻孔灌注桩, 桩径 1.4 m, 3 个承力盘, 盘径 2.4 m, 共设计钻孔灌注桩 360 根。设计单桩承载力特征值和极限值分别为 8 100 kN 和 16 200 kN。

根据根据试桩的数据确定工程桩施工的相关参数: (1)挤扩盘位标高: 上盘-20 m; 中盘-27 m; 下盘-43 m。相对应的入孔深度为 29.9 m, 36.9 m, 52.9 m; (2)首次挤扩压力值控制: 上盘 19 MPa, 中盘 19 MPa, 下盘 20 MPa; (3)每盘挤扩次数控制: 盘径 2.4 m, 挤扩臂宽 0.25 m, 挤扩次数 $= (2.4 \times 3.14) / (3 \times 0.25) \approx 11$ (次)。

2 三岔双向挤扩灌注桩施工工艺和技术要求

本工程采用 GPS-20 回旋钻机进行钻进, 以及正循环及气举反循环的循环方式进行泥浆护壁及钻具的冷却、护壁、排渣等, 同时对桩孔分别进行三段支盘挤扩, 以加大桩体的单桩承载力。三岔双向挤扩灌注桩施工工艺流程如图 1 所示。

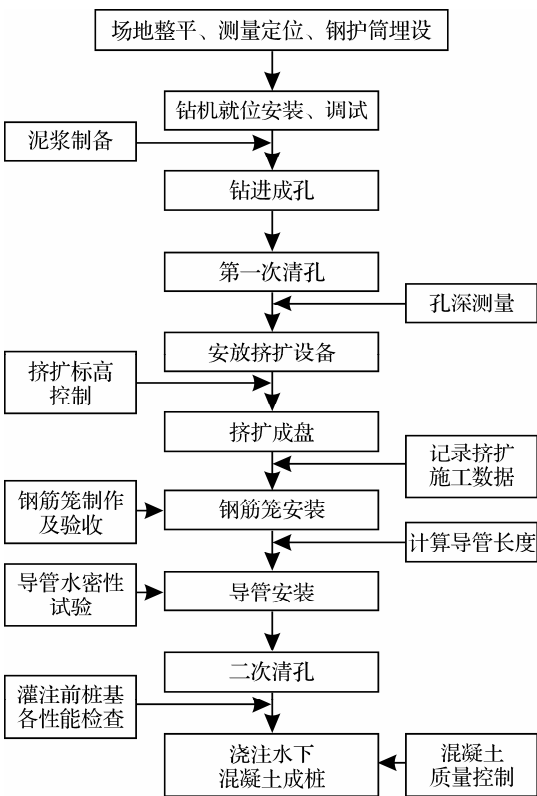


图 1 三岔双向挤扩灌注桩施工工艺流程

2.1 测量定位

本工程的定位放线必须严格依据施工平面布置的设计图纸, 在施工现场测出红线, 经反复校核无误后, 埋设该工程红线控制桩, 然后测出建筑物与红线的位置关系, 在平面上放样。

2.2 钢护筒的制作、埋设与回收

2.2.1 钢护筒的制作

根据水文工程地质条件, 为确保孔壁安全及本着控制成本有利施工的原则, 再结合试桩经验, 护筒的长度确定在 4.5 m, 钢护筒用 12 mm 钢板卷制而成, 直径 160 cm; 为防止护筒下沉振动过程中, 护筒底部卷口或变形, 在底部增设高 30 cm、厚 12 mm 的加强箍。护筒焊缝采用双面焊, 严格按照规范执行, 竖焊间的对接应相互错开, 不得小于 1 m。

2.2.2 钢护筒的埋设

护筒埋设采用振动锤下沉。用 50 t 履带吊起吊振动锤, 将液压钳对位后(检查与钢护筒同心), 夹住护筒, 缓慢松钩, 测量垂直度, 进行点振, 在入土前 2 m 吊机带力下沉, 测量护筒垂直度和平面位置, 满足要求后施振到位。护筒顶部露出地面约 30 cm。在施振的过程中应随时观测护筒的垂直度,

如发现垂直度有偏差,及时纠偏。用全站仪控制垂直度,用精密水准仪控制标高。平面中心位置偏差 $\pm 5\text{ cm}$,倾斜度 $\leq 5\%$ ^[6]。

2.2.3 钢护筒的回收

本着控制成本、有利施工的原则,混凝土灌注完成后,要尽快将护筒拔出。在起拔护筒的过程中须采用静力起拔方式,以保证桩头的完好性。

2.3 人工造浆

由于本工程处于海上人工岛施工,因此桩基施工采用深井淡水施工,使用不分散、低固相、高粘度的PHP泥浆。随着砂土层的钻进,泥浆消耗量很大,但其自身造浆能力基本没有,因此在施工过程中必须对泥浆进行合理的回收利用。灌注混凝土过程中溢出的可回收使用泥浆排至储浆池内储备。而质量较差的且不可再用的泥浆则排至废泥浆池中,然后用车船运输到指定地点处理,保证施工现场清洁,并确保海洋环境不造成污染。

2.4 成孔施工

由于本施工面上部地层均为吹填层,厚达10 m以上,均为粉细砂,而原冲、沉积地层的地质条件也不理想。需根据不同地层特点,在钻孔过程中及时调整泥浆的指标和钻进参数,确保成孔过程中泥浆性能的良好,努力降低含砂率、提高泥浆的粘度和胶体率;在平稳的钻进过程中,使孔壁上形成良好的泥皮,确保孔壁不漏、不跨、不缩径。同时限制钻进速度及转速,钻进速度不得超过 $3\text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$,严防出现孔斜和垮孔。

2.5 挤扩支盘作业

2.5.1 施工准备

(1)施工前检查挤扩机的液压装置、油管以及起吊设备各性能,一切正常方可投入施工;(2)挤扩机入孔前,要将设备正对孔位中心,防止设备下放过程中碰刮孔壁,造成孔内事故;下放时速度要适中,不可操之过急;(3)操作者要经过培训方可操作机器,做到“定人定机”。

2.5.2 挤扩支盘施工流程

(1)挤扩机入孔前,孔深、孔底沉渣应符合设计要求,并注意在入孔时保护护筒标高。

(2)当挤扩机至底盘设计位置时,自下而上实施挤扩,盘数和位置需按设计要求进行施工。

(3)在挤扩过程中应认真观察和记录压力值。

根据试桩取得的数据,各承力盘首次挤扩压力值分别为上盘19 MPa,中盘19 MPa,下盘20 MPa。工程桩施工时,如果各盘首次挤扩压力值在上述数值降低5 MPa或以上时,允许将盘位在设计深度 $+2.0\text{ m}$ 的范围内进行适当调整,以使承力盘设置于同一持力层;若地层变化较大,经调整仍不能获得较高压力值时,应及时监理报告,并经设计单位会签解决^[7]。

(4)每盘挤扩11次,每次转动约 11° ,依次挤扩完成盘腔。第1次挤扩后,每次参照孔口角度盘转角约 11° 再进行挤扩,每盘共完成10次转角,11次挤扩后,最后形成承力盘腔^[7]。

挤扩设备出孔后量测孔深,并记录沉渣厚度。每挤扩完1个承力盘,应及时向孔内补充泥浆,保持孔内水头高度。挤扩完成后,操作人员应对挤扩设备进行清理检查,发现问题及时处理。挤扩支盘验收合格后,应连续施工下道工序,避免应长时间停滞,造成孔内事故^[7]。

2.5.3 挤扩支盘检验

挤扩设备出孔后,用DX盘径检测器(图2)检测承力盘的成型效果。该检测器结构简单、操作方便、检测准确。检测时提紧主、副测绳,将盘径检测器缓慢放至孔内被测盘腔深度,松开副绳,三对测杆自重下落,主、副绳稍作调整,测杆即张开位于挤扩盘腔内,此时,观察记录主、副绳零点(始点)落差,并根据落差和盘径换算关系表查得实际挤扩盘腔直径,盘径允许的偏差为 -4% ^[7]。

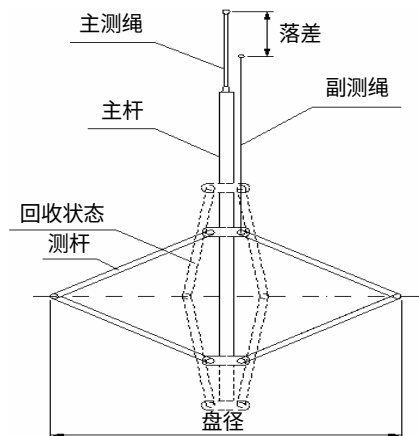


图2 DX盘径检测器示意图

2.6 钢筋笼制作与安装以及水下混凝土灌注

钢筋笼施工工艺及水下混凝土浇注和普通钻

孔灌注桩施工一样, 在此就不在阐述.

3 质量控制措施

根据三岔双向挤扩灌注桩的施工特点, 施工中应采取以下质量控制措施, 确保施工质量.

(1) 依据工程勘察资料、设计要求、三岔双向挤扩灌注桩的施工特点等因素, 选择比较理想的成孔施工设备. 最好选择非挤密性成孔设备, 如回旋钻机、旋挖钻机等, 使后续挤扩施工较为容易.

(2) 埋设护筒和成孔时必须保证孔的垂直度, 避免挤扩机下放过程中受阻, 对孔壁造成影响.

(3) 挤扩机采用孔口人工转动, 挤扩前在孔口做好刻度标志, 按每次转动约 11°计算.

(4) 在挤扩时, 为确保成盘完整性, 操作者需与空载油位进行比较, 进而观察液压油缸油位变化, 以此来判断支臂是否全部支出到 2.4 m.

(5) 每挤扩完 1 个承力盘, 应及时向孔内补充泥浆, 保持孔内水头高度.

(6) 成孔后及时进行挤扩, 在挤扩过程中要注意观察孔内泥浆面高度变化, 及时向孔内补充泥浆; 若泥浆面高度变化异常, 应停止挤扩施工, 待原因查明后, 再进行挤扩施工^[8].

(7) 在施工过程中, 应该采取跳打施工, 尽量避免施工中桩与桩之间的相互影响.

(8) 水下混凝土灌注至承力盘位置时, 灌注速度要均匀、缓慢进行, 防止混凝土不能很好地充填承力盘位置, 如形成空洞将影响承力盘的质量.

(9) 施工过程中, 每道工序应有专人负责, 验收合格后才能进行下道工序.

(10) 所有施工设备必须维修保养、调试运转, 并备足够的易损件; 每次使用后均应清理检查.

4 静荷载试验结果

根据设计单位技术要求, 在施工完成后选择总桩数的 1%进行静荷载检测, 共检测 4 根桩, 桩号为 P76、P111、P146、P158, 结果见表 2 和图 3.

本次桩基静荷载试验均按设计单桩承载力的 2 倍进行控制, 均未出现破坏状态. 根据静荷载试验, 从图 3 的 Q - s 曲线形态来看, 均为缓变型曲线, 且最终沉降均未大于 40 mm, 根据规范取最大试验荷载值 16 200 kN 为对应试验桩的竖向抗压极限承载

表 2 静荷载检测结果汇总表

桩号	最大加载/kN	最大沉降量/mm	回弹率/%	实测单桩极限承载力/kN
P76	16 200	24.42	39.11	16 200
P111	16 200	19.19	41.74	16 200
P146	16 200	22.87	39.62	16 200
P158	16 200	18.62	40.71	16 200

注: 桩径均为 1 400 mm, 桩长均为 55.3 m.

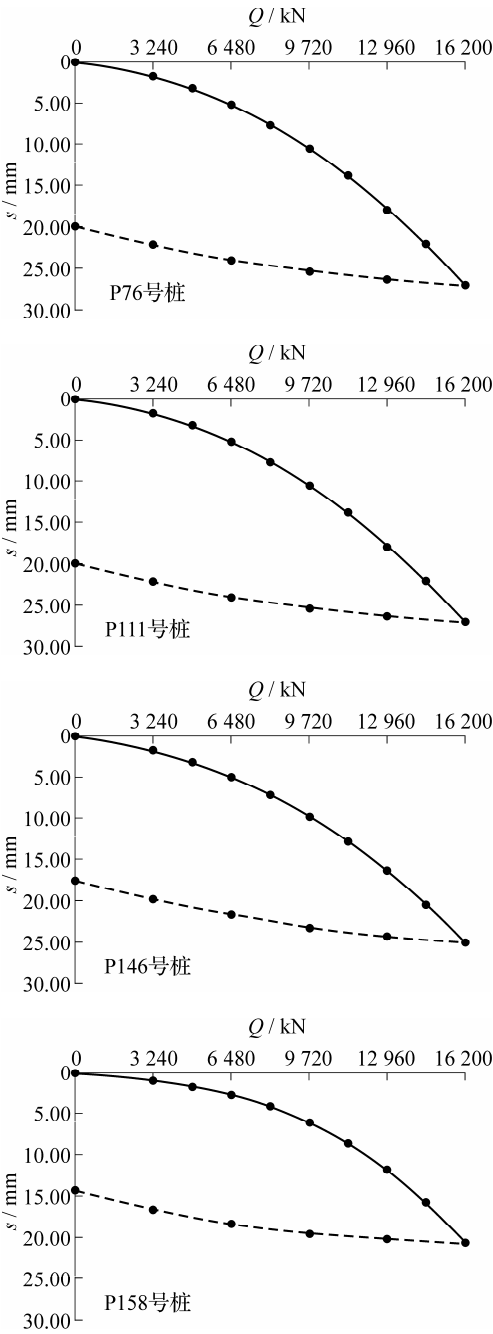


图 3 桩基静荷载试验 Q - s 曲线

力值。可见承载力特征值均满足设计要求。

5 结语

(1) 成桩质量可靠。三岔挤扩装置独特的双缸双向液压结构设计使挤扩臂铰点呈水平运动轨迹挤压上下土体形成侧面形腔, 保证盘(岔)形腔均匀完整, 沉渣少, 施工差异性小, 成桩一致性好。

(2) 承载力明显提高。三岔双向挤扩桩与相同直径的灌注桩相比, 单桩承载力明显提高; 在相同土层条件下, 与相同桩径、桩长混凝土灌注桩相比, 承载力高, 沉降量小, 承载力可增加 50%~80%。

(3) 提高了抵抗水平荷载的能力。由于桩身支盘土体的支撑作用, 改善了桩身刚度, 提高了桩的抗拔力, 并增加了桩的稳定性。

(4) 节约成本, 缩短工期。与普通混凝土灌注桩相比, 单桩承载力大大提高, 缩短了桩长, 减小了桩径, 减少了桩数, 进而缩短工期, 节省原材料 30%以上, 降低桩基总造价 20%~30%。

(5) 设计灵活、适应性强。三岔双向挤扩桩可在多种土层中成桩, 不受地下水位限制, 并可以根据承载力要求采取增设承力岔或承力盘数量来提高单桩承载力。

(6) 施工过程可以控制。出现工程桩施工与试桩差别时, 可根据实际需要采取增设盘(岔)数量或调整盘(岔)位置的措施, 确保基桩承载力, 这是其他桩型无法实现的。

(7) 低噪声, 低振动, 泥浆排放量小, 符合环保要求。

(8) 机械化程度高, 挤扩效率高。

参考文献:

- [1] 郭春楚. 挤扩支盘桩在福建省防震减灾中心大楼的应用[J]. 福建建设科技, 2005(2):13-14.
- [2] 陈轮, 王海燕, 沈保汉, 等. DX 桩承载力及荷载传递特点的现场试验研究[J]. 工业建筑, 2004, 34(3):5-8.
- [3] 贺德新, 沈保汉. DX 挤扩装置及 DX 多节挤扩桩的应用[J]. 工业建筑, 2001, 31(1):27-31.
- [4] 沈保汉, 贺德新, 陈轮, 等. DX 节挤扩灌注桩[J]. 岩土工程界, 2002, 5(4):30-35.
- [5] 王海燕. 大比例尺现场模型 DX 桩的试验研究[D]. 北京: 清华大学, 2003.
- [6] JGJ94-2008. 建筑桩基技术规范[S].
- [7] 夏德欣. DX 挤扩桩用于某大桥桩基础[J]. 公路与汽运, 2009(4):206-208.
- [8] 辛红芳. 挤扩支盘灌注桩在地铁工程中的应用[J]. 施工技术, 2008(增 1):188-190.

Application: Cast-in-place Piles with Expanded Branches and Bells by 3-way Extruding Arms

XIANG Fei¹, GU Ji-chao²

(1.Yitong Construction Co. Ltd., Ningbo 315800, China; 2.Sichuan Coalfield Geology Bureau 141 Team, Deyang 618000, China)

Abstract: Based on some engineering examples, the author analyses some key construction technologies and technical requirements of DX piles, proving that increasing the vertical compression strength improves the anti-horizontal force and uplift resistance of the base pile. Also proven is that, using this technique, the building structure is more stabilized with settlement and deformation reduced.

Key words: cast-in-place piles with expanded branches and bells by 3-way extruding arms; construction process; quality control

(责任编辑 章践立)