

海上超大直径钢管桩施工技术在沙特国王港项目中的应用

葛朋钊, 范瑀

(中国水利水电第五工程局有限公司, 四川 成都 610066)

摘要:采用打桩船进行钢管桩施工因其成孔速度快,效率高,能在较短的时间内完成工程计划并能有效地控制施工成本而越来越多地被广泛使用。以沙特国王港项目 1 号指码头为依托,从钢管桩布置、生产、运输、定位、打桩、停桩等方面介绍了海上超大直径钢管桩施工技术,所取得的经验可为同类工程施工提供参考。

关键词:指码头;超大直径;钢管桩;施工技术;沙特国王港

中图分类号:U65;U655;U654;U657

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2022)03-0102-04

Application of the Construction Technology of Offshore Steel Pipe Pile with Super-large Diameter in King Abdulla Port Project in Saudi Arabia

GE Pengzhao, FAN Yu

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

Abstract: Steel pipe pile construction by piling ship becomes more and more popular because of the fast hole forming speed, high efficiency, shorter construction time and effective control of construction cost. This paper, taking No. 1 Finger Wharf of King Abdulla Port Project in Saudi Arabia as an example, introduces the construction technology of offshore super-large diameter steel pipe pile from the aspects of pile layout, production, transportation, positioning, piling and pile stopping, etc. The engineering practices in this paper can be referenced by similar projects.

Key words: finger wharf; super-large diameter; steel pipe pile; construction technology; King Abdulla Port in Saudi Arabia

1 概述

国王港项目位于沙特东部阿拉伯湾沿岸朱拜勒以北约 80 km 处,总面积约 1 120 万 m^2 。项目建成后主要从事船舶、钻井平台制造、维护、修理及大修作业,包括超级油轮(VLCC)的检修制造,将成为世界上规模最大的“超级船厂”,每年能建造 4 艘海上钻井平台和超过 40 艘船舶,包括 3 艘 VLCC,从而使沙特由“国油国运”进一步升级为“国船国造”。沙特国王港项目是沙特“2030 愿景”国家改革计划的重要组成部分,也是中国电建集团深入践行“一带一路”倡议取得的又一重大成果。项目建成后,预计将带动沙特 GDP 增长 170 亿美元,替代进口 120 亿美元,创造 80 000 个就业机会,将成为沙特经济社会发展强有力的新引擎。国王港项目中的 P4 包钢管桩主要分布在干

船坞泵房入口、1 号指码头、2 号指码头、1 号码头、装载驳船沉坑和系缆柱、升船机码头、SEAPA 泊位、海岸警卫队泊位等部位。P4 包钢管桩数量统计情况见表 1。

阐述了沙特国王港项目在超大直径钢管桩的布置、生产、运输、定位、打桩、停桩等方面采用的施工技术。

2 1 号指码头海上钢管桩施工技术

2.1 1 号指码头钢管桩的布置

1 号(A104)指码头全长 $404+57.5=461.5$ (m),宽 25 m,其下部均为钢管桩,主要分为以下两部分:1 号指码头紧邻钻机码头,钢管桩横向间距为 5 m,每排 5 根;纵向(远离陆地的方向)间距为 9.5 m,共 45 排,指码头下部为 $\Phi 1\ 168$ mm 垂直桩钢管,壁厚 21 mm,材质等级为 S355JR,截桩高程为 +1.675 m,桩底高程为 -35 m,全长 36.675 m,共计 225 根;

收稿日期:2022-04-04

表1 P4包钢管桩数量统计表

部 位	直径/mm—壁厚/mm	数量/根
A102(干船坞泵房入口)	1 168—21	16
A104(1号指码头)	1 168—21	225
A104(1号指码头系船墩)	1 168—21	10
A105(2号指码头)	1 168—21	120
A105(2号指码头系船墩)	1 168—21	10
A106(1号码头系船墩)	1 168—21	10
A121(装载驳船沉坑和系缆柱)	1 400—25	54
B103—1(升船机码头)	1 100—18	377
	1 300—22	86
G103(SEAPA泊位浮筒)	914—22.2	18
G105(海岸警卫队浮筒)	914—22.2	12

1号指码头系船墩位于1号指码头的入海口端部,共布置了10根钢管桩。系船墩(Mooring Dophlin)下面为 $\Phi 1\ 168\text{ mm}$ 垂直桩钢管壁厚21 mm,材质等级为S355JR,截桩高程为+2.325 m,桩底高程为-34 m,全长36.325 m,9根; $\Phi 1\ 168\text{ mm}$ 垂直桩钢管,壁厚21 mm,材质等级为S355JR,截桩高程为+4.315 m,桩底高程为-34 m,全长38.315 m,1根。

2.2 确定指示桩、分区及打桩顺序

按照钢管桩规范^[1]要求,1号指码头(除系船柱外)钢管桩施工前,首先选取5%的钢管工作桩(即11根)作为指示桩。指示桩的选取以代表周边工作桩相似施工状况、施工方便为原则,所代表的区域:纵向长度以18~40 m为宜。每个区域的打桩顺序以移动打桩船施工方便、对周边已施工的钢管桩影响程度小为原则,按照连续正反“U”型打桩顺序往复施工。

首先进行区域1指示桩FP1—IP—01(A—1)施工并进行PDA试验,取得试验报告并提交设计审核后用以指导其非指示桩的打桩工作。

2.3 钢管桩的生产

首先,根据设计图纸确定的桩底高程进行钢管加工图设计,生产厂家根据钢管加工图进行生产、制作并将钢管运输到现场。1号指码头钢管桩加工参数见表2。

钢管桩生产时,其表面涂层是不可缺少的一部分,需喷漆或粉末涂装的构件表面粗糙度以及已镀锌制品喷漆或粉末涂装前的光滑度由镀锌厂家和买方共同确定。镀锌层后续为喷漆或粉末涂

表2 1号指码头钢管桩加工参数表

标段	区域名称	钢管参数	单位	数量
4	A104—指码头	直径1.168 m,壁厚21 mm,长40.675 m	根	224
		直径1.168 m,壁厚21 mm,长41.575 m	根	3
	A104—系船柱	直径1.168 m,壁厚21 mm,长43.295 m	根	1
		直径1.168 m,壁厚21 mm厚,长42.398 m	根	7

装而进行的准备工艺包括清洗、仿形切削及释气等;对于需进行喷洗的构件应执行ASTMD6386—2010涂漆用镀锌(热浸镀锌)钢铁产品及金属构件表面的制备规程,需进行粉末涂装的构件应执行ASTMD7803—2012用于粉末涂料的铁、钢产品和五金制品表面锌(热浸镀锌)涂覆的制备规程,具体工艺由喷漆厂家或粉末涂装厂家负责^[2]。

2.4 钢管桩的运输

陆地上,采用履带吊将钢管从储存场转运至岸边,由浮吊船将岸边的钢管装载到方驳上,拖轮牵引方驳将钢管桩运至海上工作区并停泊在打桩船Huta312附近,打桩船取桩后进行打桩。浮吊船转运钢管桩的运输过程见图1。

2.5 钢管桩的放线与定位

利用打桩船自备的GPS全球定位系统控制桩位。为提高打桩精度,在工作区域建立了永久控制点;根据钢管桩的设计位置准备临时控制点并计算水平角和距离;钢管桩就位前,用浮标(指示性)标出确切的位置。当钢管桩进入打桩位置时,由两名测量员从两个不同的位置同时对钢管桩位置进行校验,将钢管桩调整到设计位置以保证打桩位置正确。打桩过程中,两个位置的测量员应连续不断地进行监测。

2.6 打桩

使用方驳将钢管桩拖运到打桩船Huta312附近,钢管桩由打桩船Huta312吊起,将钢管桩安装在先导钻机内部,采用吊绳(亦称牵引绳)将钢管桩调整到设计要求的位置,然后开始打桩。打桩过程中,桩身的位置由管理员监控,记录所击打的次数。在锤头布置了两个传感器块,以确保桩身在锤头套管内时能处于正确的位置,避免损坏桩身。带钢管桩的Huta312打桩船见图2。

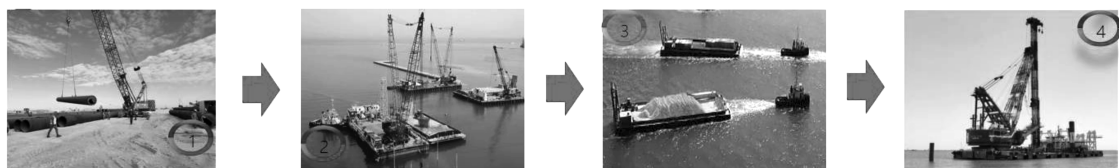


图 1 浮吊船转运钢管桩示意图

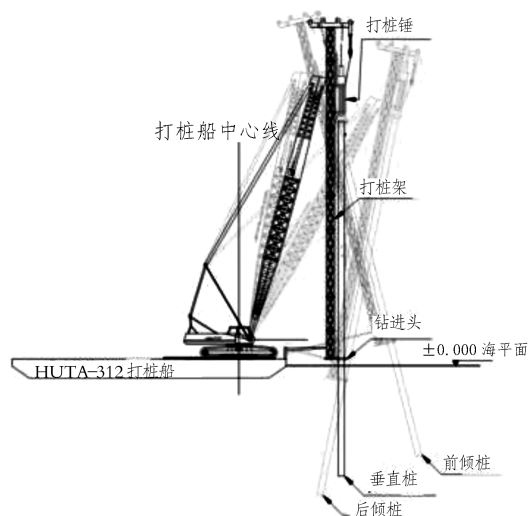


图 2 带钢管桩的 Huta312 打桩船示意图

2.7 钢管桩的打桩标准

采用所选定的锤击桩以符合要求的锤击速率实施打桩。钢管桩的打桩检测以符合质量控制的格式进行记录,打桩活动连续进行直至达到所要求的桩尖高程,应在正确位置的 75 mm 范围内打桩,垂直方向上每 m 的偏差不得超过 10 mm。必须将任何稍微偏离轴线的桩小心地矫正到设计轴线上^[3]。

当打桩深度大大超过预期时,其原因可能是因打桩时的土阻力低于预期。在这种情况下,可在一段适当的等待时间后再进行锤击试验以评估土壤强度的变化。

具体的要求:垂直桩的倾斜偏差不得超过 2%,斜桩的倾斜偏差不得超过 4%,桩头的水平位置偏差应在设计位置 75 mm 内。

2.8 钢管桩的停桩标准

1 号指码头总共布置有 11 根指示桩,钢管桩的指示桩为钢管桩的生产性试验桩,是主体工作桩的一部分,在一个区域打桩施工前必须优先完成指示桩。通过对其进行 PDA(Pile Driving Analyzer)打桩动态分析试验和 CAPWA 波动方程分析得出贯入度与锤击力的关系,确定满足桩底

高程和轴向承载力的最终打桩停锤标准,其打桩参数将作为该区域其他桩施工的指导性文件。最终确定的停桩标准是选定的锤(Hydro Hammer IHC S-280 & S-200)在 130 kJ 锤击能的作用下连续锤击 250 次、沉降量小于 25 cm,最终利用指示桩 PDA 试验进行复核,确定钢管桩打桩合格。

工作桩打桩完成并经验收合格后,应根据设计图纸中规定的钢管桩顶部高程进行截桩。

3 钢管桩施工的质量要求

(1)钢管桩的最低等级为 S355 JR,满足 BS EN 10025-1-2004^[4]的要求。

(2)钢管桩的制造应符合表 3 中的标准要求。钢管桩制作偏差参数见表 3。

表 3 钢管桩制作偏差参数表

部位	偏差允许参考范围
总重	+10% / -3.5% (对于直径大于 508 mm 的桩)
桩长	+200 mm / -0 mm
壁厚	+19.5% / -0.8 mm (对于直径大于 508 mm 的桩)
桩径	+/-0.5% 钢管桩直径

(3)在指示桩施工前,应根据试验桩 PDA 的试验成果和 CAPWAP 分析确定停锤标准,以验证所使用的打桩标准。

(4)对指示桩进行 PDA 动态测试和随后进行的 CAPWAP 分析。CAPWAP 分析应在打桩后 12 h 完成。

(5)钢管桩的施工必须遵循以下公差:垂直桩的倾斜偏差不得超过 2%,斜桩的倾斜偏差不得超过 4%,桩头的水平位置偏差应在设计位置 75 mm 内。

4 钢管桩施工的安全要求

(1)钢管桩打桩施工过程中,必须严格按照项目安全生产保证体系执行,所有安全管理人员必须符合安全管理工作经验条款并通过沙特阿美公司考核认证后持证上岗。

(2)钢管桩打桩施工过程中,严格遵循阿美公

司的所有安全环保要求:严格遵守合同中的相关安全健康环境(SHE)要求,遵守沙特阿美公司的一般说明(GI)、沙特阿美公司的施工安全手册(CSM)、沙特阿美公司的环境健康规范守则(SAEHC)、沙特阿美公司的安全手册等安全健康环境(SHE)要求中的安全程序或指示^[5]。

所有操作员和设备均应通过沙特阿美公司的认证。

开始作业前,应根据阿美公司的施工许可制度和阿美公司的施工安全手册(CSM)的规定获得施工许可证。

所有员工在限制区和限定项目施工场所均应正确穿戴个人防护设备(PPE),还应遵守沙特阿美设施或公司代表规定的所有PPE要求。

开始作业前,应根据作业内容的不同开展班前教育活动。

在进行水上或邻近水域作业时,应配备足够数量、获批的救生和救援设备。在分配此类工作之前,存在溺水危险的作业人员应获得并持有有效的水中生存能力证明,穿戴好个人漂浮设备。

(3)打桩前,在1号码头墙和钻机码头的现有结构顶面设置观测点并做好原始记录,以便检查打桩后是否影响其周边结构。钢管桩打桩过程中,安排专人对P3包码头墙进行观测。必须对周围建筑造成的影响进行控制:水平位移控制在

75 mm内,竖直位移控制在+100 mm,-50 mm(具体以图纸上的规定为准)。

(4)钢管桩施工期间,监测每天的实际潮汐时间,及时收集数据,建立潮汐表,以利准确指导施工。

5 钢管桩的施工进度与结语

2020年9月29日,1号指码头开始打桩,于2021年10月24日完成钢管桩打桩施工。剔除钢管到货影响的天数,正常有效的打桩天数为60 d,平均每天打桩4根,高峰期达到每天7根,按时圆满地完成了打桩任务。

通过沙特国王港海上超大直径钢管桩施工技术的介绍,使读者对沙特国王港海上钢管桩施工技术程序及过程有所了解,所取得的经验可为海外同行进行相关施工时提供借鉴。

参考文献:

- [1] 国王港项目钢管桩施工规范, RA621028-2020-17[S].
- [2] 钢铁制品镀锌涂层标准规范, ASTM-A123-2015-8[S].
- [3] 沙特阿美钢管桩施工规范, SAES-Q-0004-2010-36[S].
- [4] 非合金钢结构材料规范, BS EN 10025-1-2004[S].
- [5] 沙特阿美安全规范, SAES-H-0001-2016[S].

作者简介:

葛朋钊(1981-),男,河北保定人,高级工程师,从事工程项目建设
施工技术与管理工作的

范 瑀(1996-),男,四川达州人,助理工程师,从事工程项目建设
施工技术与管理工作的。 (责任编辑:李燕辉)

卡拉水电站厂房新增施工支洞完工

2022年6月14日,由水电五局承建的卡拉水电站厂房新增施工支洞提前20天完工,该节点的顺利完成有望推进卡拉水电站主厂房第一层开挖在原有合同工期的基础上提前7个月进入施工期。卡拉水电站厂房新增施工支洞是卡拉项目部自主设计增加的一条永临结合的施工支洞。项目部技术人员结合厂引系统建筑物的布置,通过对施工现场地质条件、地形条件进行多次勘探和研究分析,最终决定在右岸低线道路4号压力管道进口位置布置一个全长179.62 m,断面宽7 m、高6 m的隧洞,采用全断面钢筋混凝土衬砌,从而彻底解决了因原设计方案中的灌排廊道及主变排风洞洞身开挖地质条件不利而影响到主厂房开挖的问题,确保了从“侧面”入手为后续主厂房施工打开通道。厂房新增施工支洞方案确定后,项目部高度重视,紧盯目标任务,抢抓时间节点,施工过程中,面对支洞围岩地质条件差且岩层不稳定,岩石破碎易掉落,缺乏自稳能力,施工难度大,安全风险高的问题,坚持标准化建设和精细化管理,技术管理人员多次深入现场,充分分析各项工序强度指标,以周、日为单位合理制定施工进度计划;施工现场由项目经理带头严格落实“一岗双责”,通过班前五分钟、农民工夜校等形式强化安全施工教育;进入汛期,项目部的党员领导更是带头值班,早布置、早准备、早检查、早落实,全覆盖、无死角进行汛期安全隐患排查工作;将信息化系统融入安全管理,项目部通过现场监控系统时刻对施工人员规范操作进行监督和管理,确保安全生产“零事故”;根据技术部门提供的设备、主材计划,项目部设备物资部门提前购置和调配相应型号、数量的施工设备,确保了施工高峰期的材料需求;委托设备生产厂家派代表常驻现场对大型机械进行维修、指导,并加大了易损配件的储存量,以满足随时需要随时更换的要求;受疫情影响,物资部门根据施工运输强度合理配置了充足的运输车辆,保证了现场物资供应。在项目部各方人员的通力配合和常抓不懈下,经过102天的努力,厂房新增施工支洞提前完工。

目前,卡拉水电站正在进行主变排风洞、九一三沟排水洞、上层排水廊道的开挖。下一步,卡拉项目部的全体员工将坚定信心、齐心协力、笃定前行,向主体工程施工进军,为推进卡拉水电站建设贡献五局的力量。(中水五局 供稿)