

高桩码头塔吊及人行钢便桥施工工艺研究与应用

田海山

(中交一航局第二工程有限公司)

摘要:为解决东营港东营港区北防波堤5号—8号油品化工泊位工程(5号、6号泊位)海上现浇施工过程中效率较低的问题,在高桩码头结构施工中创新应用了塔吊及人行钢便桥,通过合理选择塔吊基础形式及塔吊位置,保证了塔吊主体的稳定性。钢便桥通过设计加工可分离支腿,极大地提高了钢便桥在码头结构上的适用性。通过2种创新应用的组合,施工环境从水上施工转变为陆上施工,海上现浇施工受天气影响的现象显著改善,生产效率明显提高。文章总结了塔吊在高桩码头上如何确定位置及基础形式、人行钢便桥的设计加工及各施工过程中面临问题的解决方案,可为后续类似海上现浇施工提供经验支持。

关键词:高桩码头;塔吊;钢便桥;海上现浇

0 引言

高桩码头由基桩和上部结构组成,桩的下部打入土中,上部高出水面,属透空结构,波浪和水流可在码头平面以下通过,对波浪不发生反射,不影响泄洪,并可减少淤积,广泛适用于软土地基^[1]。目前高桩码头特别是离岸式码头,多采用船机配合起重机施工,人员进出也主要通过乘坐交通船,导致高桩码头施工受天气影响较为严重,因此克服天气影响与施工进度密切相关。东营港东营港区北防波堤5号—8号油品化工泊位工程(5号、6号泊位)前期使用常规工艺,船舶施工受天气影响较大,造成工效低、船机成本投入大,为解决这一问题,本文对使用塔吊及人行钢便桥替代船机进行了研究。

1 工程概况、自然条件及特点

1.1 工程概况

东营港东营港区北防波堤5号—8号油品化工泊位工程(5号、6号泊位)位于山东省东营市东营港经济开发区规划北防波堤南侧海域,为典型的离岸式高桩码头。

本工程建设2个10万吨级油品化工泊位(结构兼顾15万吨级油船),新建引桥1座,海上及陆上管廊配套设施等。码头泊位总长度729 m,码头工作平台采用高桩梁板式结构,码头上部结构为预制混凝土梁板结构,包括前边梁、纵梁、面板和靠船构件等预制构件。集液池平台、消控楼平台等均为高桩墩台式结构,通过简支板桥与主体相接。本工程混凝土以现浇为主,设计方量

56 901 m³,钢筋8 039 t。

1.2 自然条件及特点

东营港位于黄河入海口以北,气候特征属于季风区暖温带大陆性气候,四季特征较为明显。年平均气温13.8℃,年平均降水量549 mm,降水主要集中在6—8月,年平均降水日数70 d。东营港地区常风向为SSE向、E向,最大风速达21.0 m/s,无风天气较少,占比不到1%。本海区潮汐为正规日潮,1个月中有20 d左右每天只出现1次高潮和1次低潮,潮位曲线较规则。

东营港港区东北面朝海,虽有海堤掩护,但受东风、东南风影响仍较严重,正常季节天气利用率为67%,防波堤外侧属于无掩护水域,天气利用率偏低,约50%。

2 塔吊施工工艺

2.1 工艺原理

高桩码头主要以桩基承受荷载,利用高桩码头原有结构为基础,根据码头的尺寸合理选择塔吊位置及臂长,在保障结构稳定的前提下最大程度地覆盖施工作业面,同时利用塔吊作业范围广、吊运速度快等优势,可有效取代原有的水上浮吊方案,显著提升水上施工效率。

2.2 技术参数及平面布置

本工程2个泊位共安装5台塔吊,3台用于海上现浇施工,2台用于房建施工。根据塔吊设计安装手册,确定最大独立高度状态下工作和非工作状态荷载,确认塔吊的技术参数^[2]。5座塔吊技术参数见表1。

表1 塔吊技术参数表

塔吊	塔吊高度/m	塔吊重量/t	塔吊臂长/m	施工范围
1号塔吊	28.5	64.5	65	5号泊位一二结构段
2号塔吊	13.5	59.0	75	5号泊位二三结构段
3号塔吊	15.0	60.0	75	6号泊位二三结构段
4号塔吊	28.5	63.0	50	消控楼
5号塔吊	19.5	58.0	60	海水泵房

5号泊位长250m，桩帽及下横梁已浇筑完成，安装2台塔吊进行上部结构施工。1号塔吊臂长65m，基础设在第6排架纵梁现浇节点处，负责5号泊位一二结构段及后方引桥施工；2号塔吊臂长75m，基础设在第20排架纵梁现浇节点处，负责5号泊位第二、三结构段及后方引桥施工。5号泊位塔吊平面位置见图1。

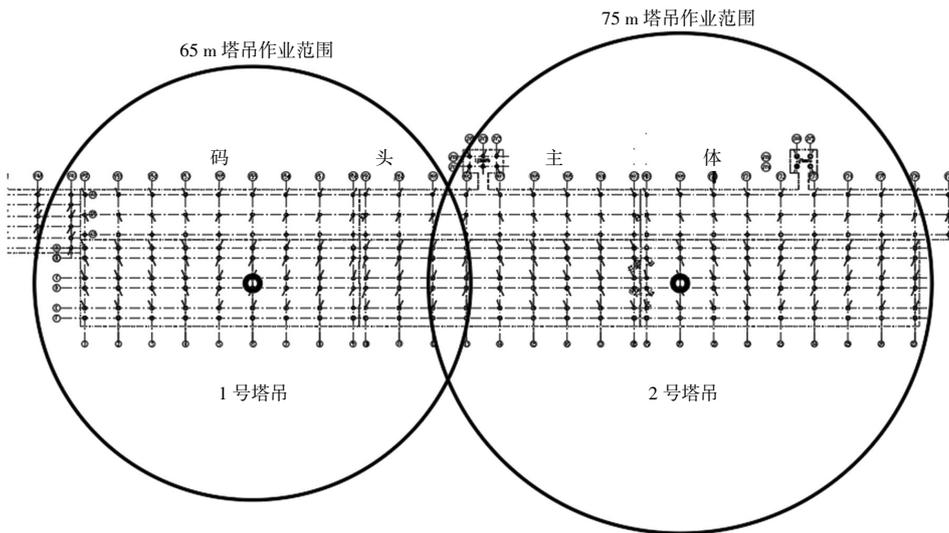


图1 5号泊位塔吊平面图

6号泊位长230m，桩帽尚未浇筑，安装1台塔吊进行桩帽、横梁等整体施工，基础设置在第二、三结构段交接处(17、18排架)，臂长75m，

负责6号泊位二、三结构段施工。第一结构段利用海水泵房原塔吊(臂长60m)施工，臂长不足时采用船吊配合，6号泊位塔吊平面位置见图2。

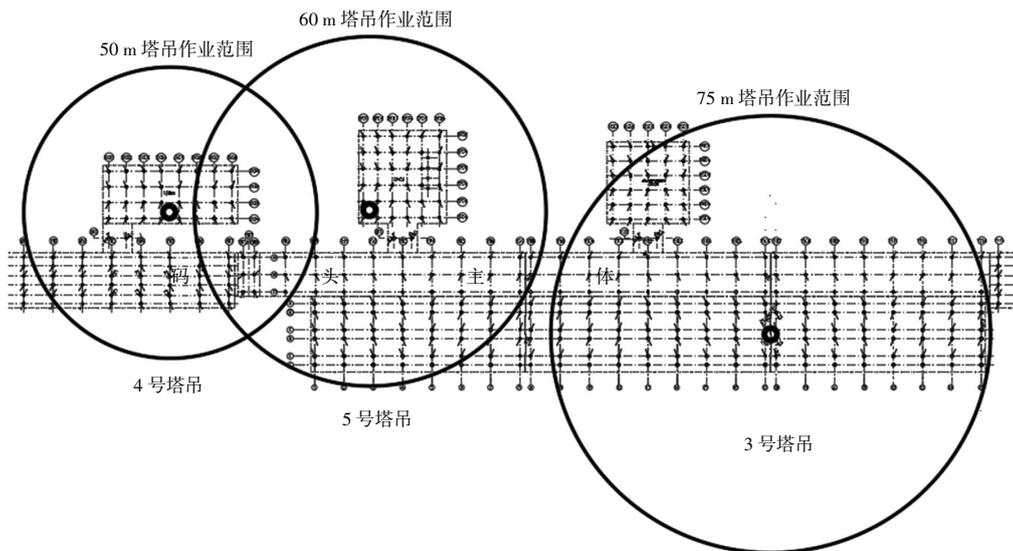


图2 6号泊位塔吊平面图

2.3 工艺实施要点

塔吊4个柱脚间距为2m，基础尺寸应不少于3m，5号泊位由于桩帽及下横梁已经浇筑完

成，仅剩宽度为1m的上横梁未进行施工。先安排起重船进场安装5号泊位纵梁，安装完成后在指定位置下横梁顶部浇筑一个扩大基础并预埋塔

吊基础预埋件，扩大基础浇筑时以纵梁为侧模板，可与该排架上横梁同时浇筑。待相邻一排架的现浇上横梁、现浇纵梁均浇筑完成后方可进行塔吊安装，此时3个排架已形成一个整体，3个排架的桩将共同受力，满足塔吊基础受力条件。

而6号泊位桩帽尚未浇筑完成，故该处塔吊基础将相邻的2个桩帽浇筑为一个整体形成小承台，在承台中预埋柱脚后进行立塔。6号泊位17、18排架原为2个独立排架，每个排架有3个桩帽。因塔吊基础需要良好的稳定性，故在桩帽浇筑之前，将17、18排架中间的2个桩帽通过现浇结构形成一个整体，使2个桩帽共同受力。

2.4 塔吊安拆主要施工工艺

2.4.1 塔吊柱脚预埋

首先将预埋支腿放入基础内，将千斤顶分别在塔吊支腿对角位置摆放，并将支腿支撑管水平撑上，通过水平仪将支腿水平度控制在0.1%以内。浇筑过程中必须随时监测预埋支腿的檐口水平度，如有变化，随时调整，确保塔吊预埋支腿檐口水平度。塔吊需进行防雷接地保护，接地线不大于 $4\ \Omega$ ^[3]。做好塔吊基础养护工作，混凝土强度达到80%以上后经验收合格^[4]，方可安装塔吊。

2.4.2 塔吊安装

1) 吊装过渡节

将吊具挂在过渡节上，将其吊起并安装到已埋好的固定脚基础上，插入销轴，并用开口销固定。塔吊安装完过渡节后，测量垂直度，要求垂直度偏差不大于0.1%。

2) 安装标准节

将吊具挂在标准节上，将其吊起并安装到已安装好的过渡节上，插入销轴，并用开口销固定。依次安装7个标准节后，测量垂直度，要求垂直度偏差不大于0.4%。在4个销轴没有安装前，塔吊不能做任何动作，否则可能造成塔吊倾翻事故。安装完最后1个标准节时，必须用标准节的塔身销轴与回转支座相连。

3) 回转支座

将组装好的上、下回转用螺栓与回转支承滚盘连接；用履带吊将回转支承总成缓慢吊起，把回转支承底座插到过渡节的鱼尾板里，下支座与过渡节用销轴连接，用锁销固定牢固；履带吊吊起爬升架就位，连接回转下支座与爬升架立柱。

4) 安装塔头

履带吊将司机室吊到上支座靠右平台的前端，对准耳板上孔的位置，然后用销轴连接并穿好开口销。吊装前在地面上先组装好平台、栏杆、扶梯及力矩限制器，将塔头吊到回转上支座上，与回转塔身连接紧固。

5) 安装平衡臂

在地面上组装好2节平衡臂，用履带吊将平衡臂平稳提升，提升中保持平衡臂处于水平位置。将平衡臂上弦用销轴连接后，松弛起升机构钢丝绳，把平衡臂缓慢放下，再将下弦用螺栓连接牢固。随后将配重专用吊具挂在配重块的吊耳处，从平衡臂尾部开口处慢慢从上向下送入。将销轴插入配重块上的孔处，使配重块固定，完成配重块的安装。

6) 安装剩余起重臂

用吊车将起重臂平稳提升，提升中保持起重臂处于水平位置后再安装。将起重臂上弦用销轴连接后，松弛起升机构钢丝绳，把起重臂缓慢放下，再将下弦用螺栓连接牢固。

2.4.3 塔吊拆除

塔吊拆除前应做好准备工作，清理施工现场保持道路畅通，塔身周围50 m范围内，必须设置警戒线，警戒区内不允许有人走动或随意停留。检查顶升液压系统使其能正常工作，工作时风速不大于8 m/s。塔吊拆除顺序为拆除电路油路及钢丝绳→拆除3块配重(保留1块配重)→拆除前段3节起重臂→拆除剩余1块配重→拆除剩余3节起重臂→拆平衡臂(含起升机构)→拆除塔头、拆除回转总成→拆除顶升套架→拆除过渡节。在塔吊安拆过程中，确保严格遵守所有安全规定，包括穿戴适当的个人防护装备、操作设备时遵循正确的程序、遵守安全间隔等^[5]。

3 钢便桥工艺

3.1 技术参数

人行钢便桥自防波堤外已建原引桥开始布置，全长约700 m，为桁架结构，桁架主体由60 mm×80 mm×5 mm方管制作。单跨长9.8 m(同码头桩间距)，宽1.22 m，搭至大管桩桩顶或铺底外探主梁上。人行钢便桥端部设有支腿，通过两侧护栏形成桁架结构。

3.2 设计加工要点

由于桩基打设时可能存在偏位，完全定尺的人行钢便桥安装时易受偏位影响无法正常安装。

人行钢便桥在设计时支腿与桁架主体是分离的, 安装时先吊装桁架主体放置在指定位置, 再安装支腿并用高强螺栓固定。支腿可以沿人行钢便桥纵向滑动, 能有效避免因桩偏位而无法安装。拆除时先拆支腿, 只需拆除支腿处的高强螺栓便可轻松将桁架主体吊除。

3.3 安装要点

人行钢便桥在工厂加工成型, 运输到码头后利用 1~2 个有效作业天气使用方驳吊机集中吊装。由于人行钢便桥主要承受人荷载, 为保障结构安全, 加工完成后应在加工厂内进行荷载测试。人行钢便桥应选择在风力 ≤ 6 级的天气安装, 吊装时先将桁架主体吊运至指定位置, 将一端的支腿固定好, 再移动至另一端完成最后支腿的固定。

4 效益分析

1) 经济效益: 塔吊及人行钢便桥主要的经济效益体现在节省船机成本上, 本项目共安装 3 台塔吊用于现浇施工, 人行钢便桥搭建完成后不再使用交通船, 交通船及方驳吊机共节省约 5 个月费用, 节约船机成本 810 万元。

2) 施工效益: 施工作业人员不必乘坐交通船进入施工现场, 可直接经过引桥墩及后续人行钢便桥入场, 材料运输便利, 每日有效工作时间延长至少 2 h。人员施工不再受天气影响, 天气利用

率从 67% 提升至 80%, 除恶劣天气外钢筋模板均可正常施工, 施工整体进度可提前 100 d 以上。

5 结语

本文研究的工艺适用于离岸式高桩码头及其他过多依赖船机的水工项目, 塔吊利用原有工程结构为基础, 借助工程桩承受荷载, 作业便携性及安全性均远优于水上浮吊, 人行钢便桥利用桩基及外探主梁, 在上部结构未完成前就可形成人行通道, 实现交通与作业条件“水转陆”的转变, 最终达到降本增效的目的。通过东营港东营港区北防波堤 5 号—8 号油品化工泊位工程(5 号、6 号泊位)海上现浇塔吊及人行钢便桥的应用, 安全、顺利地完成了工程建设, 也形成了一套较为成熟的塔吊及人行钢便桥施工工艺, 取得了较好的施工效果, 可为类似高桩码头特别是离岸式码头施工提供借鉴, 值得研究推广。

参考文献:

- [1] 中交第一航务工程局有限公司. 港口工程施工手册[M]. 2 版. 北京: 人民交通出版社, 2014.
- [2] 叶灿胜. 塔吊在外海码头施工中的应用[J]. 中国建材科技, 2014(4): 100-101.
- [3] JGJ 276—2012, 建筑施工起重吊装工程安全技术规范[S].
- [4] JTS 257—2008, 水运工程质量检验标准[S].
- [5] 胡攀. 塔吊安拆技术及安全管理对策探析[J]. 工程建设与设计, 2024(9): 209-211.