

重力式沉箱码头预制梁板架桥机安装施工技术

金露, 颜如玉

(中交一航局第三工程有限公司)

摘要:为解决起重船吊装预制梁板受海况影响定位难度大和常规架桥机无法满足安装需求多样化的问题,采用龙门吊提梁、架桥机安装码头沉箱纵横向预制梁板的工艺,架桥机前、后支腿优化为可调节双伸缩筒,在前支腿主梁处和天车上加装悬挑杆,加强沉箱间横移轨道结构,以增强恶劣海况条件下架桥机的整体稳定性,利于预制梁板成品保护,提高安装效率。该工艺在恒力石化长兴岛北岸作业区 207 号—209 号通用泊位工程沉箱平台预制梁板安装过程中成功应用,具有较强的推广价值,可为类似工程提供借鉴。

关键词: 码头工程; 重力式沉箱; 预制梁板; 架桥机安装

0 引言

根据工程用海要求,在码头结构设计研究中上部结构常采用透空形式,建设海上透空式码头结构的关键核心是海上吊装技术,其中起重船是海上码头预制构件吊装的主要装备。目前国内外起重船一般分成两大类,一类起重臂能够 360° 回转,另一类吊臂固定、通过船的移动而实施重物回转。起重船可以对预制构件进行整体吊装,但极其依赖天气和波浪条件,对控制工期不利^[1],且额外需要专门的驳船运输预制构件。本文通过对海上预制构件安装技术的研究,基于高速公路桥梁架设原理,根据海上离岸式码头的布置形式和结构特点,完成海上架桥机的优化工作,为离岸式码头预制构件的吊装作业提供技术支持。

1 工程概况

1.1 工程简介

恒力石化公用工程(大连)有限公司长兴岛北岸作业区 207 号—209 号通用泊位工程为固体散货泊位,共新建 3 个通用泊位,包括 2 个 5 万吨级通用泊位(207 号和 208 号)、1 个 2 万吨级通用泊位(209 号)。207 号—209 号泊位集中布置北港区东侧岸线南侧,码头平台宽 47 m,码头与后方陆域通过 4 座栈桥连接,由南向北依次为 1 号—4 号栈桥,栈桥长均为 50 m,宽度分别为 15 m、30 m,其中 30 m 宽的 2 号栈桥兼做大件运输通道。码头平面布置采用离岸式布置,结构形式为透空式结构,泊位沉箱平台墩之间采用预应力梁、非预应力梁和平台板 3 种结构形式接连。

1.2 结构形式

207 号—209 号通用泊位共有平台梁板 837 榀,其中预应力梁 567 榀、非预应力梁 94 榀和预制板 176 榀,含 48 种尺寸型号,长 5.65~14.95 m,宽 1.33~4 m,高 0.8~2.45 m,单榀梁板重 31~136 t。

2 关键施工技术

码头预制梁板安装采用快速运梁车将预制梁板送到龙门吊作业范围内,龙门吊吊装梁板沿道轨运行至沉箱平台位置,将预制梁板装于慢速运梁车上,慢速运梁车将预制梁板送至架桥机末端,通过 2 台提梁小车及桥机横移机构将预制梁板安装在预定位置。

2.1 施工工艺流程

重力式沉箱码头预制梁板架桥机安装施工工艺流程为:施工准备→轨道铺设→龙门吊拼装、调试→龙门吊安装工作平台梁板→架桥机拼装、调试→龙门吊运输梁板→架桥机安装梁板→架桥机沉箱过跨→依次循环。架桥机作业示意图见图 1。

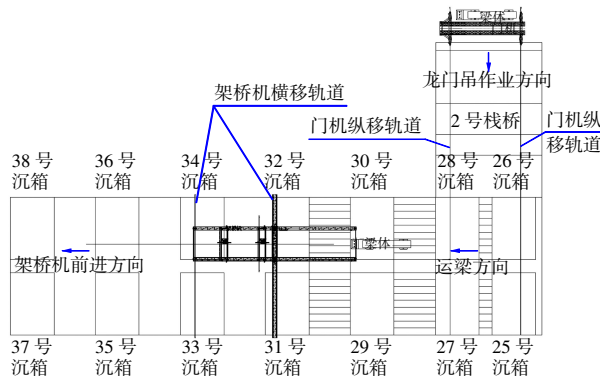


图 1 架桥机作业示意图

2.2 工程施工分析

1) 码头工程周边海域环境复杂,海况较为恶劣,透空式码头预制梁板采用方驳运输、吊装起重船的施工方式受海况影响较大,起重船在装运或吊装过程中存在较大安全风险隐患,预制构件可能由于船舶的晃动而产生过大的摆动,容易造成预制梁板与沉箱现浇胸墙的相互碰撞,从而对防腐层和混凝土结构造成破坏^[2]。

2) 重力式沉箱码头预制梁板纵向为梁、横向为板,常规架桥机只能架设纵向预制梁,无法满足横向预制板安装需求。本工程架桥机为沉箱码头预制梁板特制架桥机,主梁间中心距为 9 500 mm,净间距为 8 050 mm,以保证平台间连接梁横向架设;同时前天车增设旋转吊具,方便横向平台板吊装,确保安装精度符合设计及规范要求。

3) 根据 JTS 257—2008《水运工程质量检验标准》的要求,梁构件安装轴线位置允许偏差 10 mm,现浇混凝土胸墙轴线位置允许偏差 50 mm,预制梁与预制梁之间的安装缝在设计图中为 20 mm,由于受海况影响,海上起重船吊装方案要达到设计安装要求,安装精度控制难度加大。

2.3 吊索具选择

预应力梁、非预应力梁和面板均设置 4 个吊环,采用 4 根吊带直接连接吊环的吊装方式。吊索选用 4 根单根吊重 200 t 的吊带,自带 6 倍安全系数,吊索与吊环连接选用 4 个额定荷载为 85 t 的扁平卸扣。

2.4 架桥机抗倾覆稳定计算

2.4.1 技术参数

架桥机技术参数见表 1。

表 1 架桥机技术参数表

序号	项目	参数
1	额定起重量/t	2×90
2	最大架设横坡	≤30
3	前支腿调节长度/mm	3 600
4	大车基距/m	10.5
5	整机高度/m	9.25
6	整机长度/m	66
7	架梁跨度/m	≤35
8	最大架设纵坡/(°)	≤50
9	起升高度/m	6
10	小车轨距/m	1.5
11	整机宽度/m	11.86
12	整机总功率/kW	74.2

2.4.2 工作风状态抗倾覆计算

1) 前支腿抗倾覆计算

6 级风时前支腿对应计算风压为 250 Pa,此时作用在主梁上风荷载为 38.17 kN,作用在架桥机前支腿的风荷载为 1.92 kN,前支腿总重力为 200 kN,横向水平惯性力为 22.94 kN,前支腿受力示意图见图 2。

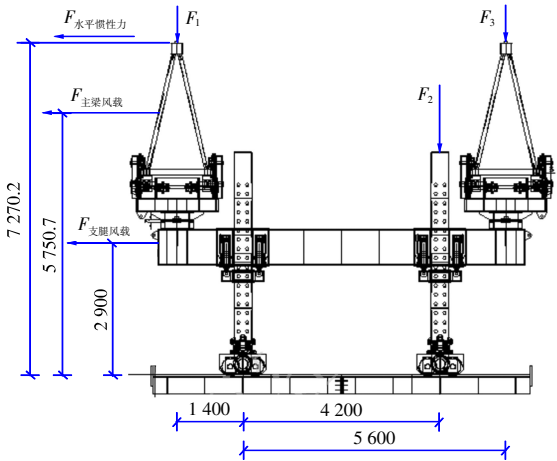


图 2 前支腿受力示意图

$F_1=1\,200\text{ kN}$ (偏载时主梁自重,小车重和梁重之和), $F_2=100\text{ kN}$ (前支腿自重的一半), $F_3=550\text{ kN}$ (偏载时主梁自重,小车重量之和),结构抗倾覆系数: $k=(550\times5.6+100\times4.2)/(38.17\times5.75+1.92\times2.9+1\,200\times1.4+22.94\times7.27)=1.69>1.5$,满足要求。

2) 中支腿抗倾覆计算

6 级风时中支腿对应计算风压为 250 Pa,此时作用在主梁上风荷载为 38.17 kN,作用在架桥机中支腿的风荷载为 2.24 kN,中支腿总重为 290 kN,横向水平惯性力为 22.94 kN,中支腿受力示意图见图 3。

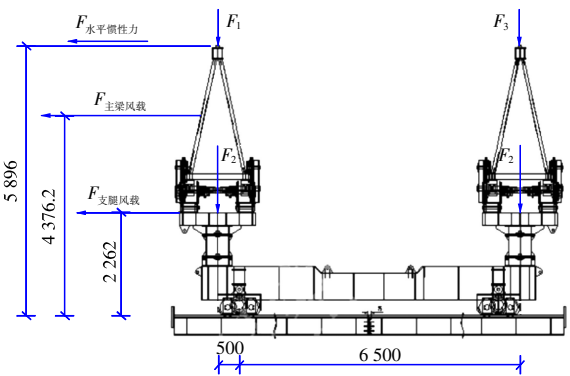


图 3 中支腿受力示意图

$F_1=1\,494\text{ kN}$ (偏载时主梁自重,小车重和梁

重之和), $F_2=91\text{ kN}$ (中支腿自重的一半), $F_3=566\text{ kN}$ (偏载时主梁自重, 小车重量之和), 结构抗倾覆系数: $k=(566\times6.5+91\times6.5)/(38.17\times4.376\ 2+2.24\times2.262+1\ 494\times0.5+22.94\times5.896)=4.05>1.5$, 满足要求。

2.5 龙门吊作业

根据龙门吊跨度, 测量放线龙门吊轨道位置, 在图 1 所示位置直接将龙门吊轨道铺设在 2 号栈桥桥面和 25 号—28 号沉箱胸墙上, 轨道在沉箱间增设加强节段。龙门吊组装验收好后, 快速运梁车将梁板运输至龙门吊下, 龙门吊提梁通过 2 号栈桥横向运输至 25 号—28 号沉箱顶面, 测量放线梁板位置, 梁板就位。

2.6 架桥机作业

1) 架桥机拼装

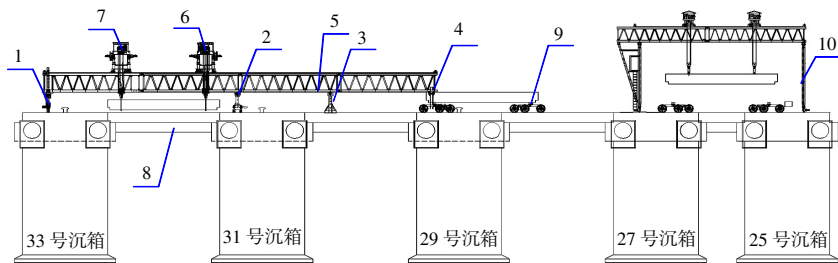
安装架桥机时, 首先铺设前支腿横移轨道, 将前支腿横移轨道放在 29 号沉箱和 30 号沉箱距后部 2 m 位置处, 在 27 号沉箱和 28 号沉箱端头 5 m 处摆放中支腿横移轨道, 在横移轨道沉箱间增设加强节段, 然后依序放置前支腿和中支腿, 后支腿整体放置在中支腿后部 14 m 位置, 按主梁编号依次将 2 列主梁通过销轴连接成整体, 最后

组装天车的纵移轮箱与担梁^[9]。电器设备参考电器原理图和接线图安装, 操作架桥机前, 测试各驱动电机转向正确, 制动器可靠、有效。

2) 预制梁架设

架设 27 号、28 号沉箱至 29 号、30 号沉箱之间的预制梁板时, 架桥机尾部在龙门吊轨道内, 龙门吊首先将预制梁板放置在桥机外侧运梁车上, 同时启动前支腿和后托腿将桥机顶高, 使运梁车从主梁下部通过, 行至预定位置进行喂梁, 对于较低的预制梁, 运梁车可直接从桥机主梁下部通过, 无需顶高桥机。

安装纵向预制梁时, 用前天车将纵向预制梁前端提起, 由运梁车与前天车同步将纵向预制梁前移, 纵向预制梁后端到达后天车提梁位时, 用后天车将预制梁后端提起, 前、后天车同步吊梁前行至待架梁跨上方后停止前行, 2 台天车卷扬机同步下落, 待纵向预制梁距沉箱胸墙顶面 15 cm 时停止落梁, 启动前支腿和中支腿装置的横移电机, 将纵向预制梁放到设计位置上, 稳定后连接牢固, 然后架设下一片纵向预制梁。运梁车喂梁示意图见图 4。



1—前支腿; 2—中支腿; 3—后支腿; 4—后辅助腿; 5—主梁; 6—后天车; 7—前天车; 8—预制梁; 9—慢速运梁车; 10—龙门吊

图 4 运梁车喂梁示意图

安装横向预制板时, 首先将前天车吊具安装吊钩, 吊钩通过吊带连接横向预制板上的吊环整体提起横向预制板, 启动前支腿和中支腿装置的横移电机, 之后整机带动横向预制板同步横移至待架板跨上方后停止横移, 前天车吊横向预制板前行至待架板位置上方后停止前行后下落, 横向预制板放稳后连接牢固, 然后架设下一片横向预制板。

3) 架桥机过孔

首先, 用前支腿和后支腿同时将主梁顶起, 让中支腿与主梁分离, 前天车把中支腿及横移轨道梁吊运到沉箱预定位置, 后天车退到架桥机后部。然后, 收起前支腿, 前支腿横移轨道脱离沉

箱平台 20 cm, 利用中支腿和后支腿的动力, 推动架桥机主梁纵移 5 m, 让后辅助腿在沉箱上部。之后, 顶起后辅助腿, 用后天车将后支腿前移 20 m, 前支腿和后支腿同时将主梁顶起, 让中支腿与主梁分离, 前天车将中支腿及横移轨道梁前移 5 m, 此时 2 台天车位于前支腿和后支腿之间。最后, 收起前支腿, 前支腿横轨道脱离沉箱平台 20 cm, 同时启动中支腿与后支腿上的轮桥机, 整体前移过孔, 过孔期间需要调整天车位置^[9]。

3 施工效果

3.1 施工效率对比

1) 每年 4 月、5 月、8 月、9 月为平台梁板安装时间, 往年海上船舶受海况未能作业数据统

计表明,海上可施工作业天数占总天数的65%,陆上可施工作业天数占总天数的82%。根据施工特点及可作业天数等因素分析,重力式沉箱码头预制梁板架桥机安装比方驳运输、起重船吊装方案提高了17%的施工效率。

2) 常规架桥机无法安装横向预制板,横向预制板仍然需要采用方驳运输、起重船吊装的施工方式,同时常规架桥机在过孔时对海况要求较高,4级及以上大风时均不能过孔作业。重力式沉箱码头预制梁板架桥机安装能同时满足纵、横向2种工况预制梁板安装需求,但通过优化前、后支腿结构,在前支腿主梁处和天车上加装悬挑杆,在横移轨道沉箱间增设加强节段等措施,增强恶劣海况条件下架桥机的整体稳定性,能满足6级及以下大风过孔作业需求。

3.2 施工成本对比

梁板安装成本主要体现在船舶和设备成本上。根据合同单价及相关资料计算,采用起重船安装平均每樁成本23 000元,重力式沉箱码头预制梁板架桥机安装平均每樁成本7 900元,成本降幅达65.6%。常规架桥机安装平均成本每方混凝土150元,结合海上工况架桥机结构优化费用,重力式沉箱码头预制梁板架桥机安装平均成本每方混凝土175元。但常规架桥机无法安装横向预制板,此部分将额外产生方驳运输和起重船吊装费

用,综合考虑2种方案,费用成本持平。

4 结语

1) 对比传统施工方法,架桥机施工可以规避不利海况,架桥机固定在沉箱胸墙之上,安装预制梁板所用吊索短,保证了施工期间安装精度要求,对社会经济效益以及施工技术效益有明显提升作用。

2) 梁板架设施工监控不仅是架桥机施工技术的重要部分,同时也是施工安全、质量的关键。为了保证施工安全和平台的线形、受力合理,施工过程中进行全过程监测和监控,根据监测结果指导和配合现场施工。

3) 重力式沉箱码头预制梁板架桥机安装设备操纵性好,安装效率更高,可以独立完成离岸式码头预制构件的吊装作业任务,同时安装作业稳定安全,对天气依赖程度降低,在离岸式沉箱码头工程作业范围内,架桥机安装更具价格优势。

参考文献:

- [1] 张崧,谭家华.海上风电场风机安装概述[J].中国海洋平台,2009,24(3):35-41.
- [2] 李琦.码头箱梁采用架桥机安装技术实践[J].中国水运(下半月),2014,14(2):154-156.
- [3] 刘先花,赵丽,汪云峰.下浒山水库工程架桥机施工技术分析[J].江淮水利科技,2019(4):22-23.
- [4] 梁江涛.公路架桥机的过孔及梁体吊装[J].城市建设理论研究(电子版),2015(13):2252-2253.