



基于 SP3D 技术的液体散货码头装配式 工艺模块设计应用

于美玉, 陶岳来, 张蕊

(中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 上海 200032)

摘要: 针对传统液体散货码头装卸工艺设计施工中存在的二维图纸过于抽象、设备材料统计存在误差、码头现场可施工工期短、施工质量及安全难以保证等问题, 提出液体散货码头装配式工艺模块的设计应用。该技术具有设计模型可视化、精准化, 模块预制不受自然条件的影响, 缩短工期, 提高工艺设施质量及项目经济效益的特点, 可有效解决传统液体散货码头装卸工艺设计施工中存在的问题, 并为类似工程提供参考。

关键词: 液体散货码头; 装配式; 工艺模块; SP3D

中图分类号: U 656.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2023)05-0039-05

Application of prefabricated process module of liquid bulk terminal based on SP3D

YU Meiyu, TAO Yuelai, ZHANG Rui

(CCCC Third Harbor Consultants Co., Ltd., Shanghai 200032, China)

Abstract: Regarding the problems existing in the design and construction of loading and unloading process of traditional liquid bulk cargo terminal, such as the abstract two-dimensional drawings, errors in equipment and material statistics, short construction period on the jetty, and difficulties to ensure construction quality and safety, the design and application of the prefabricated process module for liquid bulk cargo terminal is proposed. This technology has the characteristics of visualization and accuracy of design model, module prefabrication is not affected by natural conditions, shortening the construction period, improving the quality of process facilities and project economic benefits, which can effectively solve the problems existing in traditional design and construction and provide reference for similar projects.

Keywords: liquid bulk terminal; prefabricated; process module; SP3D

液体散货码头作为连接船舶及陆域罐区之间的桥梁, 承担着油品、液体化学品、液化烃、液化天然气等散装液体货物装卸船的任务, 码头上通常设置装卸臂/软管、管道及相应的配套设施。近年来, 随着国内多个石化产业基地的开工建设, 石化行业的设计及安装施工进入高峰期。液体散货码头作为石化产业基地的配套项目, 其工艺系统的安装施工面临着施工安全及质量要求高、建设工期短、易受现场自然条件影响、特别技术工种短缺等困难和挑战, 而传统码头装卸工艺施工中存在着码头现场施工效率低及施工质量参差不齐

的问题, 难以满足石化产业基地项目的高标准要求。

早在 20 世纪 80 年代美国就提出模块化的设计理念, 并在中东石化项目中得到运用, 至今已有近 40 a 的应用经验。近年来, 模块化装置在国内石化项目中已逐步应用, 而液体散货码头装卸工艺的设计还停留在二维设计、现场直接施工安装阶段。本文提出基于 Smart Plant 3D(以下简称 SP3D)技术的装配式码头装卸工艺模块的设计施工方案, 并结合国内某大型炼化一体化项目配套码头的案例, 总结装配式工艺模块的关键技术。

收稿日期: 2022-11-15

作者简介: 于美玉 (1984—), 女, 硕士, 高级工程师, 从事液体散货码头装卸工艺设计。

1 传统液体散货码头装卸工艺设计施工存在的问题

1.1 设计问题

码头后方石化装置内设备多、配管复杂,尽管利用三维软件进行辅助设计起步较早,但是液体散货码头因其上部管道走向相对单一,主要沿码头管廊敷设至装卸区,目前绝大部分码头装卸工艺设计仍停留在二维 CAD 辅助设计阶段。二维辅助设计存在如下问题:

1) 施工人员读图难度高。大型炼化一体化项目配套码头泊位数量多、装卸货种多、管道走向复杂,码头装卸工艺施工图以平、立面为主,施工人员通过二维转化为三维实际管道时往往会因二维图纸的抽象性而存在理解偏差,造成整体走向与设计一致但细节不符的情况。液体化工码头装卸货种多为危险化学品,由于细节安装问题(如安全阀进出口位置错误等)可能导致重大安全事故。

2) 设计细节及图纸深度不够到位。码头装卸工艺设计是在 PFD(工艺流程图)或 PID(工艺管道仪表流程图)的基础上绘制工艺管道及设备平面布置图,进而基于平面图进行立面的投影。为清晰表达复杂局部位置的安装,需要补充若干张局部安装详图,如装卸区布置详图、扫线管安装详图等。所有图纸均由手绘完成,制图工作量大。对于 DN50 以下小口径管道或压力表、温度表的安装往往进行走线、位置的示意,而未具体标注尺寸,有可能造成现场管道拥挤、阀门不便操作等问题。

3) 人工统计设备材料存在误差。装卸工艺设备材料的统计大到装卸臂、质量流量计等大型设备、仪表,小到法兰、垫片、螺柱和螺母等管件材料,二维设计时均采用人工统计,设计过程中存在多次变更的情况,统计误差在所难免。

1.2 施工问题

因码头多位于自然条件相对较差的外海,且本着节约投资的原则,液体散货码头宽度一般较窄,码头装卸工艺系统的安装施工存在如下困难:

1) 海上盐雾腐蚀严重,管道易锈蚀。码头位于海上,受海岸季风及海水中氯离子腐蚀的影响,工艺系统安装过程中,如焊接完成后管道焊缝处还未进行防腐处理,或管道端部未及时密封等,

管道极易发生锈蚀,影响管道质量及安全。

2) 码头现场可施工工期短。装卸工艺系统施工属于码头上部安装工程,需在码头水工结构施工完毕后方可进行。而受台风、雷暴等天气的影响加之项目本身对工期要求较高,使得传统工艺系统的施工方案及进度难以满足项目要求。

3) 施工质量受施工人员技术水平制约。受码头现场条件的限制,码头工艺系统的施工自动化程度不高。而液体散货码头工程对工艺管道的加工精度及焊接质量有较高的要求,现场施工难以避免出现偏差和失误,造成返工现象。

4) 现场焊接工作量大,同时施工作业人员多,而码头宽度窄、操作空间小,施工人员安全难以保证。码头上部安装工程施工时,往往存在着管架安装、管道焊接、电气仪表安装等多项分部工程同时施工的情况,若施工管理不到位,极易导致安全事故发生。

2 装配式工艺模块的优势分析

2.1 设计理念

模块是具有特定功能、构成系统的独立单元,是能够产生不同功能的系列产品^[1]。模块既可以是一个目标系统成果,也可以是更复杂系统的组成部分^[2]。装配式则是将组件或模块在工厂生产后,运输至施工现场进行组装的工艺方法^[3]。随着施工技术的不断发展,装配式建筑结构/模块在建筑、石油、化工、给排水、暖通等领域已层出不穷。液体散货码头装卸区内的装卸设施作为码头装卸工艺系统的灵魂,为阀门、仪表等的集中安装区,成为整个码头工艺施工的重点。按上述设计理念,将装卸区内的装卸设施作为一个装配式模块进行设计,在预制场施工,将大大提高码头装卸工艺施工的效率及质量。典型装配式工艺模块见图 1。装配式工艺模块作为一种设计理念而非标准化产品,可以根据项目具体情况进行模块的划分、设计,满足项目工艺流程要求,并便于现场施工安装。装配式工艺模块设计时采用 SP3D 进行辅助设计,有如下优势:1) 提供可视化三维模型,便于施工、监管及营运期的维护;2) 导出

的设备材料表在提高设计人员工作效率的同时,又确保数据准确无误。3) 生成的管道轴测图可以直接用于施工安装,省去对传统二维图纸的理解消化及轴测图手工绘制过程。4) 所有图纸均来自三维模型,避免了手绘图纸不一致的情况。

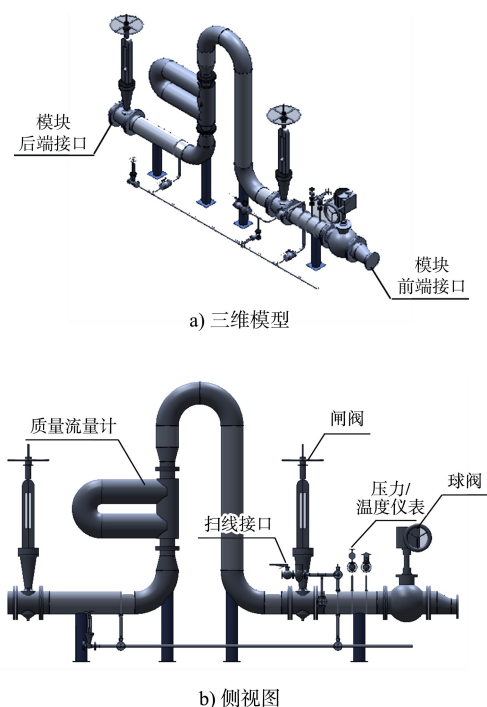


图1 典型装配式工艺模块三维模型及侧视图

2.2 施工优势

液体散货码头装卸工艺系统采用装配式模块设计及施工的优势在于: 1) 不受场地约束, 可与码头水工结构同步设计施工。不受码头自然条件影响, 预制场可搭建保护措施或在厂房内施工, 提高施工效率。2) 便于集中管理, 采用先进焊接设备, 提高工程质量, 减少材料的损耗及丢失。3) 管道防腐、绝热、试压、热处理、酸洗钝化、焊缝无损检测等工作均可在预制场完成, 确保产品质量, 减少码头现场工作量。4) 通过模块化施工, 待水工结构完工后可集中运输至码头现场, 通过法兰装配或焊接连接, 减少现场工作量及各专业间的交叉施工, 便于安全管理。5) 因模块施工绝大部分工作均集中于预制场进行, 机械化程度高, 可大大减少码头现场施工人员数量, 显著提高项目的经济效益。

3 工程案例

3.1 工程概况

工程建设有 5 个 2 000 吨级液体化工泊位, 作业货种主要为液体化学品, 共 20 种。每个泊位布置 1 个装卸区, 每个装卸区内作业货种为 5~8 种。卸船时通过船泵将物料经装卸臂、流量计、码头及引桥管道输送至陆域罐区。装船流程与卸船相反, 利用罐区装船泵将物料泵送至船舱。装卸设施位于码头前沿装卸区内, 主要包含: 1) 用于连接船舶的装卸臂; 2) 用于贸易交接计量及控制流量的质量流量计; 3) 用于切断及设备检修的工艺阀门; 4) 氮气吹扫阀组; 5) 密闭排液管线; 6) 压力、温度检测仪表等。以下选取典型物料裂解碳五(饱和蒸气压较高且具有聚合特性)^[4]的装卸区工艺设计进行探讨, 其工艺流程见图 2^[5]。若采用传统的二维设计方式, 施工图通常采用装卸区工艺布置平面图配合剖面图施工, 见图 3。

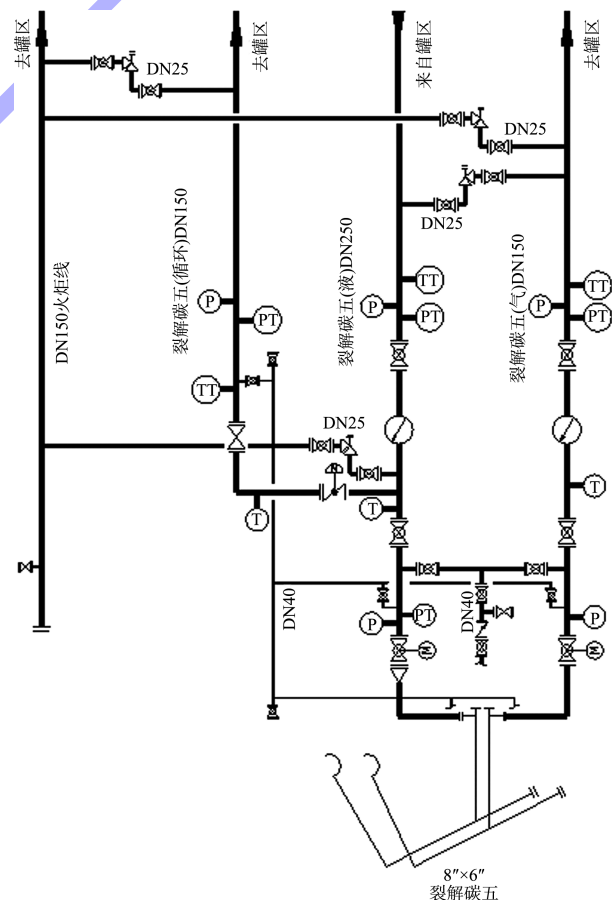


图2 裂解碳五装卸工艺流程(单位: mm)

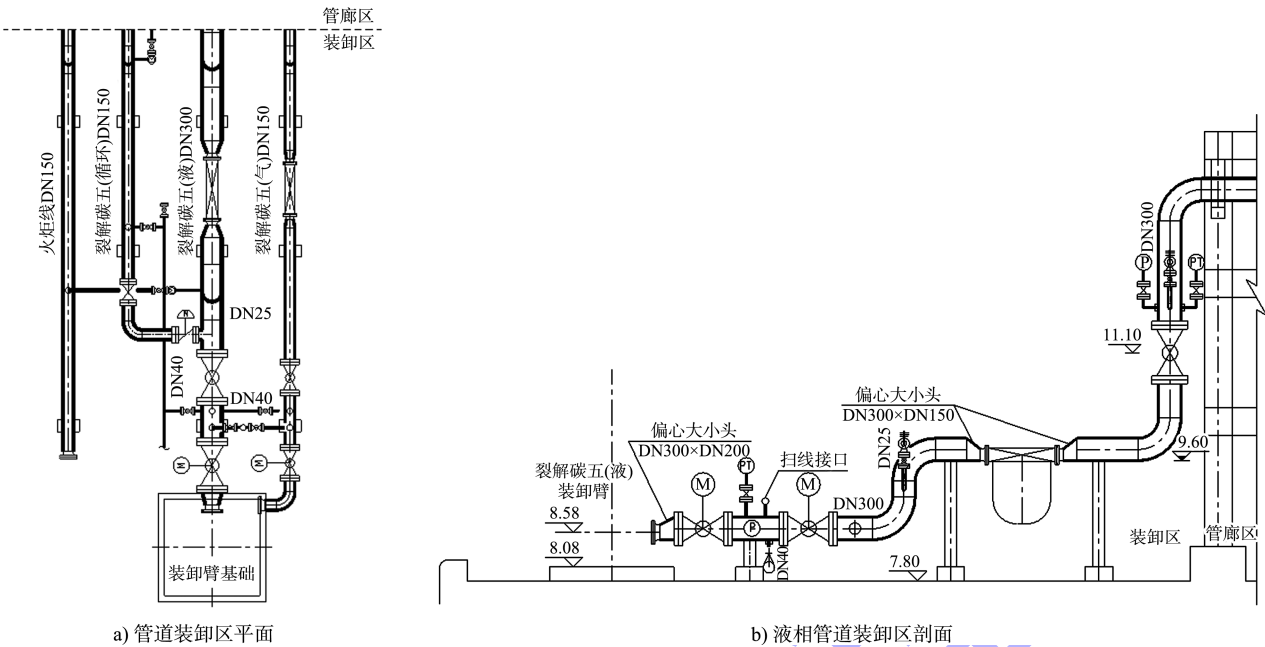


图 3 裂解碳五管道装卸区 (高程: m; 尺寸: mm)

3.2 装配式工艺模块设计方案

该工程位于外海, 计划工期短, 且新建码头利用一期已建码头引桥与陆域连通, 采用装配式工艺模块进行设计、施工可减少了对已建泊位运营的影响, 并提高施工效率。模块化施工时根据管道轴测图中的材料及安装尺寸配合三维模型进行焊接、装配。其中裂解碳五的装配式工艺模块三维模型见图 4, 装配式工艺模块中部分管道轴测图

见图 5。模块前端设置法兰与装卸臂连接, 模块后端液相管及气相管选择阀门处作为模块分界点, 与现场管廊管道采用法兰直接装配。对于未设置主管阀门的火炬线, 预留管道坡口与现场管道进行焊接, 减少人为设置法兰而增加泄漏点的可能。装配完毕后, 根据轴测图中焊缝探伤比例要求及试压要求进行检验、试验及外表面保护包装, 待码头水工结构完成施工后, 集中运送至现场进行吊装。

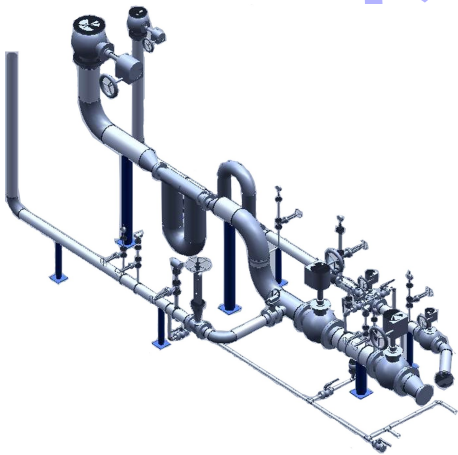


图 4 裂解碳五装配式工艺模块三维模型

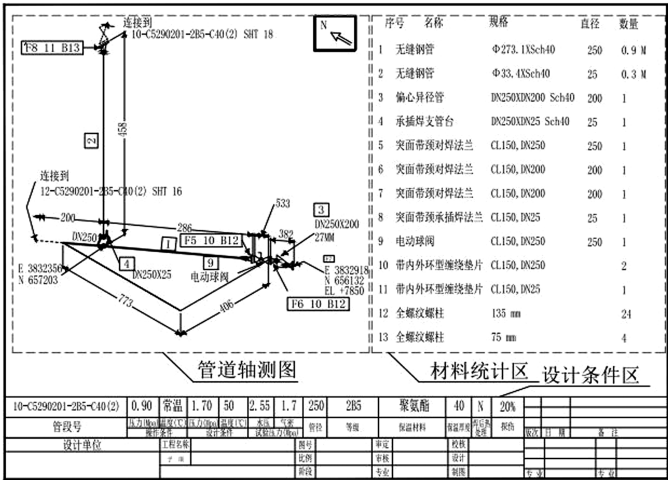


图 5 模块中部分管道轴测图

3.3 装配式工艺模块的关键技术及实施要点

1) 合理确定模块类型是装配式工艺模块设计的关键。PID 是模块设计的基础,根据不同货种的工艺流程,将装配式工艺模块分为单一液相工艺模块、气液相工艺模块、气液相及循环工艺模块 3 种类型,每种类型中根据管径、管道等级细分不同规格进行编码出图,指导施工。

2) 液体化工码头货种多、性质复杂且设计条件存在差异,建立完整的项目管道等级数据库是装配式工艺模块设计的基础和重点。

3) 因不同厂商的设备尺寸可能存在偏差,签订技术协议后,应及时将厂商反馈的实际尺寸与三维模型进行对比,避免到货后发现尺寸不一致而造成返工,影响施工进度。

4) 根据工程设计经验,模块前端接口需在规格书中规定装卸臂接口法兰的尺寸参数及执行标准,后端接口需在轴侧图中标示现场坐标,确保模块两端的准确对接。

5) 装配式工艺模块吊点的确定是确保模块顺利吊装的关键。通过 SP3D 中的 Automation 服务确定模块的总质量及质心,从而指导现场吊装。

3.4 实施效果

1) 通过装配式工艺模块的设计应用,将液体散货码头装卸区内阀门、管道、仪表等装卸设施整体模块化预制、码头现场装配式施工,大大缩短了码头现场施工工期,使上部工艺与码头水工结构同步设计施工,加快了整个项目的施工进度。2) 装配式工艺模块的预制在码头后方预制场进行,可采用先进的焊接、防腐设备,为压力管道的施工质量提供了有力保证。3) 工艺模块现场装配施工工期短,减少了与码头管架、电气仪表等的现场交叉施工时间,便于安全管理。4) 利用模块轴测图进行施工预制,确保管道切割、焊接的精准,避免了材料浪费及返工现象,显著提高项

目的经济效益。

4 结语

1) 传统液体散货码头装卸工艺设计中存在二维图纸抽象、读图难度高、设计细节及图纸深度不到位、人工统计设备材料存在误差等问题;安装施工中存在着码头现场可施工工期短、施工质量及安全难以保证等困难。

2) 装配式工艺模块具有预制不受自然条件影响,集中施工管理可提高工作效率、产品质量及经济效益的特点,可有效解决传统液体散货码头设计施工中的问题。

3) 结合工程案例,在装配式工艺模块的应用中,通过合理确定模块类型、建立完整的项目管道等级数据库、准确定位模块前后端接口位置及模块重心等关键技术,并基于 SP3D 进行设计、施工全过程管理,取得了良好的实施效果,可为类似工程提供参考和借鉴。

参考文献:

- [1] 张林青,王欣雨.基于 PDMS 的炼油化工装置管道系统模块化设计探讨[J]. 炼油技术与工程, 2010, 40(4): 49-52.
- [2] 张帆,李和庆,王永,等.长输管道站场建筑模块化设计与应用[J]. 油气储运, 2012, 31(10): 743-745, 749.
- [3] 宣宇天,程希莹,方程,等.装配式建筑给排水系统设计应用研究[J]. 江西建材, 2022(8): 273-274.
- [4] 中交水运规划设计院有限公司. 油气化工码头设计防火规范: JTS 158—2019[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2019.
- [5] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司. 浙江石油化工有限公司 4 000 万 t/a 炼化一体化项目配套码头工程(二期)液体化工码头 8#~12#泊位项目施工图[R]. 上海: 中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 2021.

(本文编辑 王传瑜)