



# 数字化设计在某大型原油码头 品质工程创建中的应用

陈家悦, 钱原铭, 陈良志, 林滢

(中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 广东 广州 510290)

**摘要:** 为实现江苏省级水运平安百年品质工程的创建和示范, 针对评价细则中的数字化设计要求开展研究。依托某大型原油码头设计项目, 开展高桩梁板式码头水工结构、装卸工艺管道设备、给排水与消防等专业的信息模型协同设计, 并基于模型成果研究了三维地质、管线综合与碰撞检查、可视化方案比选、船舶靠泊模拟分析、智慧工地管理平台应用, 形成了数字化设计解决方案。结果表明, 该方案满足江苏省水运平安百年品质工程评价细则中的数字化设计要求, 相关成果可为类似水运工程创建中的数字化设计工作提供借鉴。

**关键词:** 原油码头; 品质工程; 数字化设计; 解决方案

中图分类号: U656.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2024)08-0235-06

## Application of digital design in creation of quality engineering of a large crude oil terminal

CHEN Jiayue, QIAN Yuanming, CHEN Liangzhi, LIN Ying

(CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd., Guangzhou 510290, China)

**Abstract:** To realize the creation and demonstration of Jiangsu Province Water Transportation Safety Centennial Quality Project, the digital design requirements in the evaluation rules are studied. Relying on a large crude oil terminal design project, the collaborative design of information models of high pile beam slab wharf hydraulic structure, loading and unloading process pipeline equipment, water supply and drainage and fire protection are carried out, and based on the modeling, the three-dimensional geology, pipeline synthesis and collision inspection, visualization scheme comparison and selection, ship berthing simulation analysis, and smart site management platform application are studied, forming a digital design solution. The results show that the scheme meets the digital design requirements in the evaluation rules of Jiangsu Province Water Transportation Safety Centennial Quality Project, and the relevant outcomes can provide reference for the digital design in the creation of similar water transportation projects.

**Keywords:** crude oil terminal; quality engineering; digital design; solution

平安百年品质工程是建设交通强国的重要组成部分, 也是确保百年工程建设质量的重要保障。国家交通运输部等部门陆续发布了相关政策指导文件<sup>[1-2]</sup>。关于打造平安百年品质工程的理念和实

践, 多位行业专家已有部分研究成果, 张耀庭等<sup>[3]</sup>从国家战略和行业发展要求、规范标准要求提升、现实意义和内涵理解方面阐述品质工程的创建背景, 总结了品质工程的设计实践经验; 刘

收稿日期: 2024-03-20

作者简介: 陈家悦 (1989—), 女, 高级工程师, 从事港口工程设计及 BIM 咨询。

凌志等<sup>[4]</sup>以靖黎高速公路品质工程建设项目为依托,详述了高速公路品质工程建设中的管理措施和技术应用;黄智泓<sup>[5]</sup>以祁婺高速新建工程为例,对平安百年品质工程在工程实际中的应用进行研究,提出技术创新、精益管理、绿色低碳、BIM应用、交旅融合5个主攻方向;郭赵元等<sup>[6]</sup>结合部分先进路桥工程调研,提出打造品质工程、建设江苏交通强省的有关思考和建议。目前成果多以公路工程为主,缺少对水运工程及相关数字化技术应用的研究与讨论。

江苏省交通运输厅制定发布的《江苏省公路水运平安百年品质工程创建示范评价标准》(简称“评价标准”)为国内首个省级平安百年品质工程创建示范评价标准。该标准评价指标明确包含数字化设计,重点关注设计信息模型应用和设计信息模型交付。对于水运项目如何开展BIM工作才能顺

利通过品质工程认证评审,目前尚无成熟案例和经验。本文以江苏省某大型原油码头为依托,探索BIM技术应用与品质工程建设的联系,重点介绍该项目BIM工作实施技术路线、模型应用情况与最终交付成果等,以期为同类水运项目打造品质工程提供BIM技术应用的经验借鉴。

## 1 工程概况

江苏省沿海某大型原油码头项目,建设内容为1个30万吨级原油泊位,设计年通过能力1860万t,见图1。设计范围包括1个30万吨级原油码头、码头配套设施、港池、新建引桥以及从码头至后方库区的工艺和配套管线,设计内容包括建设条件、总平面布置、装卸工艺、水工建筑物、建筑、结构、供电、照明、控制、通信、给排水、消防、暖通、节能、环保、安全、劳动卫生等专业。

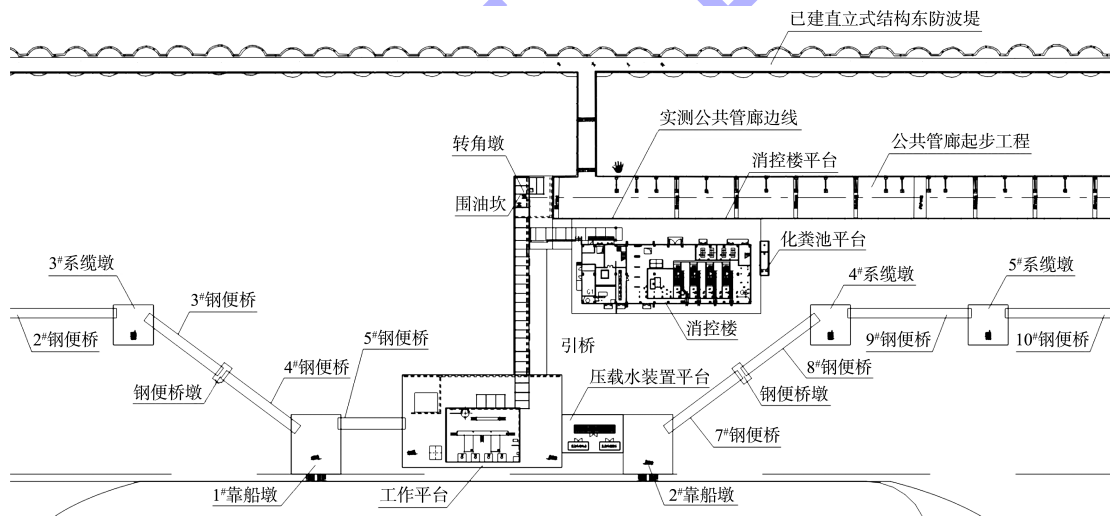


图1 工程总平面布置

本项目是江苏省重点油码头项目,安全、质量、环保要求高,受疫情影响,项目建设工期紧张,成本控制难度大,离岸作业施工管控要求高。为贯彻落实品质工程理念,依托本工程,重点探讨数字化技术在水运项目中的应用与实践方案,以推进相关技术创新与管理升级。

## 2 品质工程BIM实施方案

### 2.1 总体目标

开展BIM正向设计,推进BIM技术在水运工程全生命周期中的应用。依托项目实现全要素信息采集和三维数字化呈现,构建三维数字化资产管理平台。推动BIM技术与其他现代高新技术协

同应用取得突破, 成为构建数字交通基础设施体系重要的基础, 为数字交通发展和交通强省建设提供支撑。

### 2.2 技术路线

围绕品质工程考核要求与评分标准, 结合原油码头项目自身特点与实际需求, 制定建设阶段 BIM 技术路线, 见图 2。1) 前期准备阶段制定 BIM 实施策略书, 作为整个过程 BIM 实施准则, 包含模型要求、协同设计、分类与编码及交付等规定。2) 开展全专业正向设计, 各专业在协同设计平台上开展内部设计并同步完成三维模型创建, 模型成果实时共享于平台, 完成专业内与专业间碰撞检查和管线综合。深化后的模型可用于提取图纸与工程量、系泊分析、照明分析、操船模拟、结构有限元计算、消防疏散模拟等多种应用, 实施可视化方案比选, 为项目决策提供支撑。3) 各专业模型拼装汇总, 结合虚拟现实技术(virtual reality, VR)、增强现实技术(augmented reality, AR)、云技术、物联网等其他新兴技术, 开展多项目场景 BIM 联动应用, 包括全景漫游、施工组织工序模拟、复杂工点施工工艺模拟及辅助论证、虚拟仿真等, 辅助设计审查和设计施工交底。

BIM 信息模型深度和信息粒度达到相关标准要求, 最终实现交付。

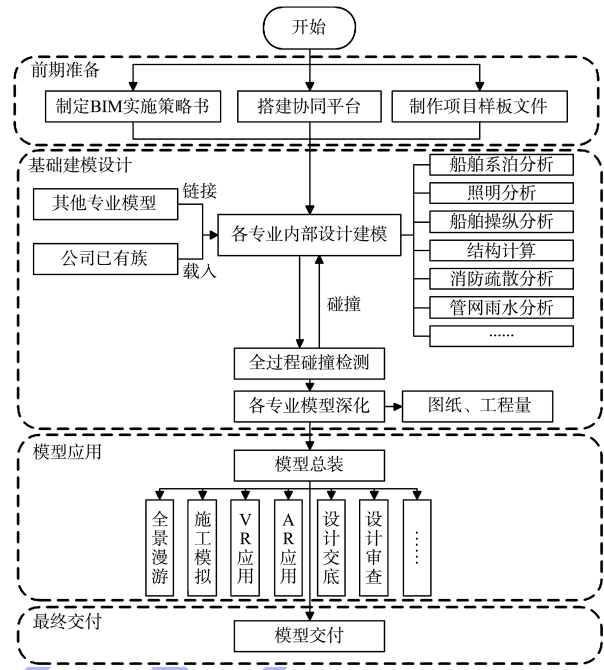


图 2 BIM 应用技术路线

### 2.3 BIM 正向设计

根据品质工程评价标准, 是否实现全线或关键结构正向设计是建筑信息模型技术应用的判定重点。为实现这一目标, 制定项目 BIM 策略书时即明确了建模样板与标准族库使用、模型校审流程、出图算量、成果交付等要求。各专业基于 WBS 项目分解, 明确各专业设计范围, 遵循协同设计工作流程开展相应的三维正向设计工作, 正向设计要点与成果见表 1, 图 3 为项目三维成果示例。

表 1 正向设计要点与成果

设计内容	正向设计要点和技术手段	正向设计成果
水域疏浚、场地设计	采用 Civil 3D 创建水域疏浚模型等, 并开展网格量土方计算, 和传统算法相比, 误差小且工作效率更高	场地模型、水域模型
结构设计(码头水工结构、建筑单体结构等)、设备管线模型(除油工艺外)	采用 Revit 完成模型搭建, 剖切出图、算量	码头结构模型, 消控楼单体模型, 水、电、暖通和控制模型
结构配筋	采用自主研发 HIDAS 三维配筋软件, 完成配筋、出图与算量	码头构件三维配筋模型
油工艺设计	采用 PDsoft 软件创建化工工艺管线、设备、仪表等	码头区域工艺模型
精细化勘察	采用 EVS 等软件生成三维地质模型, 精确展示地层分布, 自动生成三维钻孔和地形曲面; 模型附带各土层信息, 便于快速展示不同区域土层差异与薄弱位置, 为后续设计方案比选与确定提供有力支撑	项目区域三维地质可视化模型
碰撞检查、管线综合	成果共享到协同设计平台中, 总装生成本项目整体场景模型; 基于 Navisworks 软件进行总装, 开展碰撞检查与管线综合, 查找并解决设计方案中的错、漏、碰、缺问题; 各专业认领各自模型问题并及时在平台更新成果	完成设计阶段碰撞检查后的项目总体模型
图纸与工程量提取	根据内外部审查或归档要求, 从模型中剖切出图, 提取工程量	从软件中生成的图纸与工程量表, 包含配筋图等

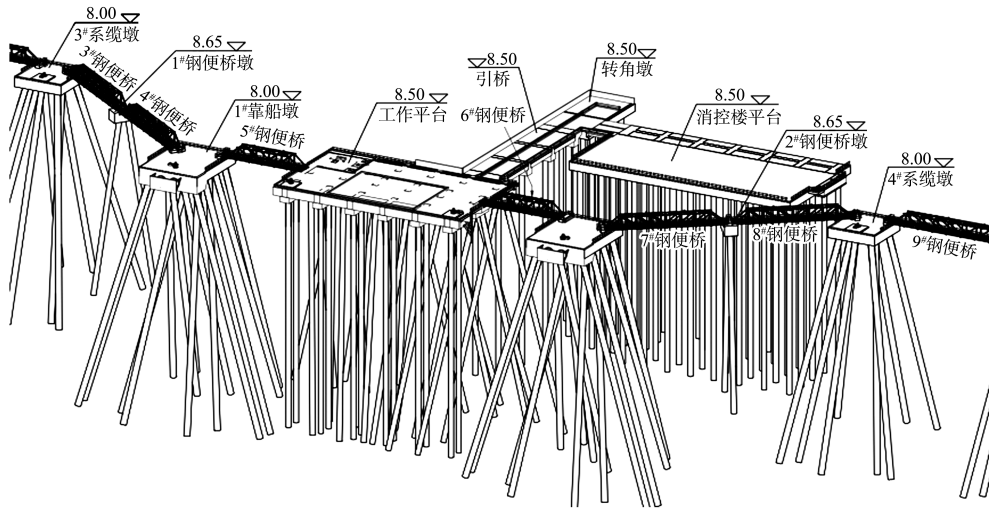


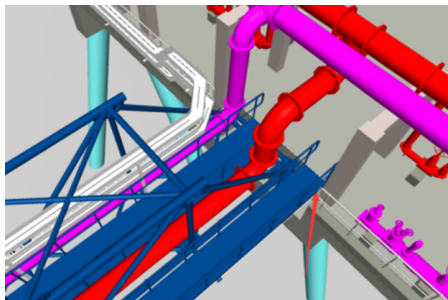
图3 项目三维 BIM 成果 (单位: m)

### 2.4 BIM 多项应用支撑品质工程创建

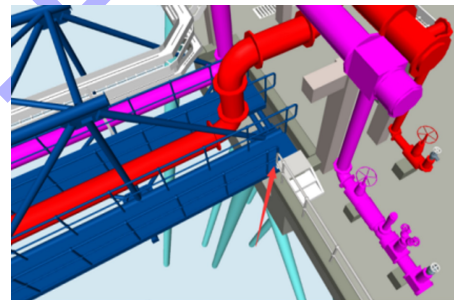
#### 2.4.1 VR 技术辅助设计方案比选

借助 VR 技术在虚拟的场地环境中进行项目巡视, 预演项目生产运营典型场景, 借助可视化手段辅助方案论证。如图 4 所示, 以钢便桥桥头布置方案比

选为例, 方案 1 为原方案, 在 VR 巡视中发现管架柱子挡住了带缆通道, 缆绳需要绕过柱子, 影响带缆; 方案 2 为新方案, 工作平台上管架左侧的柱子向平台内移动一段距离, 调整钢便桥楼梯方向, 保障带缆通道的通畅。经综合比选后, 最终确定采用方案 2。



a) 方案1



b) 方案2

图4 5#钢便桥桥头布置方案

#### 2.4.2 二次开发辅助打桩方案模拟

本项目桩基众多, 打桩是施工关键工序且对项目整体进度影响较大。仿真程序开发思路如图 5 所示, 利用 Dynamo 编程对打桩顺序的合理性进行分析, 预演打桩过程, 精准研断方案的优略, 辅助制定合理的打桩顺序。图 6 为通过仿真模拟确定的打桩顺序方案, 最终用于指导现场打桩施工, 整个施工过程无碰桩出现, 大幅提高了施工作业效率和施工数字化管理水平, 推动设计 BIM 向施工 BIM 的延续。

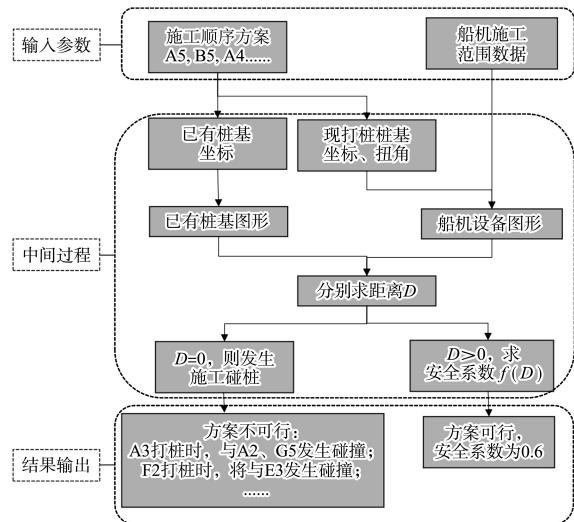


图5 仿真程序开发思路

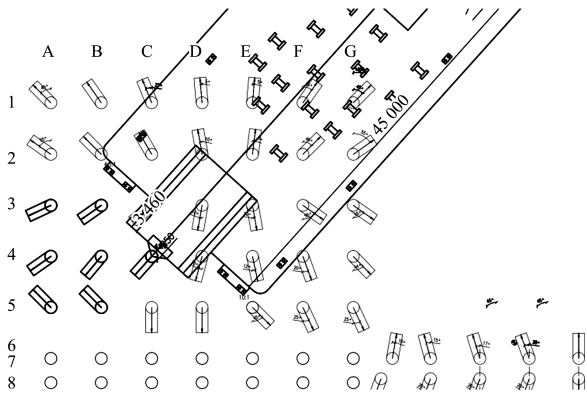
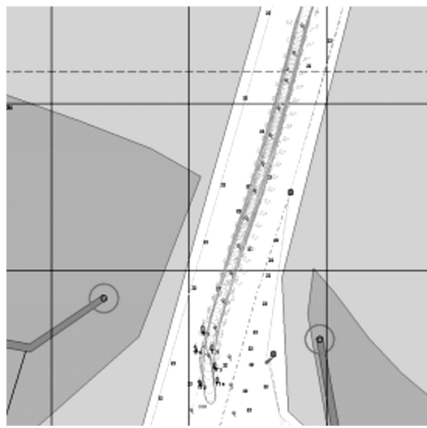


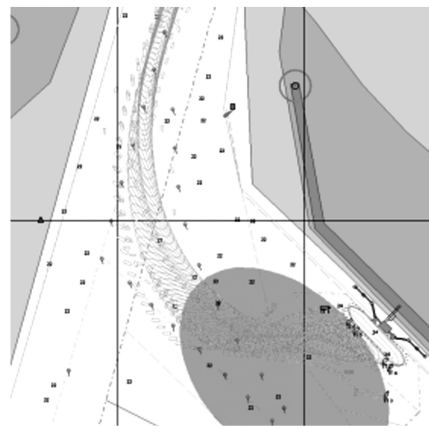
图 6 打桩仿真

### 2.4.3 船舶靠泊虚拟仿真分析

本项目泊位距离防波堤口门较近, 船舶制动距离短且无法直线制动, 导致船舶靠泊较困难。开展多工况乘潮操船模拟(图 7)为水域平面布置提供优化建议。仿真分析辅助确定制动距离及回旋水域布置方案: 制动采用曲直结合的方式, 回旋水域尽量靠近工程码头布置, 占用部分支航道水域, 既便于船舶掉头操纵, 也减少水域疏浚, 节省工程投资。



a) 船舶进港



b) 满载靠泊

图 7 船舶进港与满载靠泊模拟

### 2.4.4 设计信息模型赋能智慧工地平台搭建

品质工程评价标准中明确要求, 应依据项目的实际情况编制智慧工地建设方案, 搭建智慧工地管理平台。本项目施工期间船舶避让要求高, 为解决施工组织 and 安全管理难度大等问题, 进行 BIM 设计模型深化, 结合物联网与大

数据技术, 开发本项目施工智慧管控综合平台<sup>[7]</sup>, 管理界面见图 8。该平台支持现场施工进度管理、人员管理、资源调度、流程运转、质量与安全管理、环境监控等功能, 有助于提升项目建设过程数字化管理水平, 进一步挖掘 BIM 模型实际应用价值。



a) 劳务管理



b) 水文信息

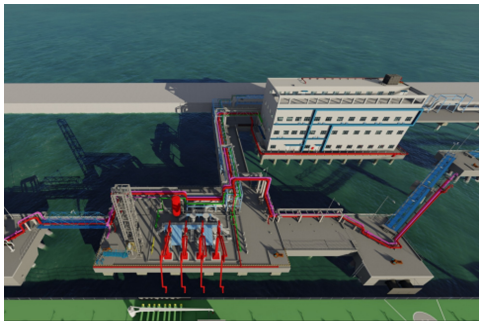
图 8 综合管控大屏管理界面

### 3 现场实施与应用效果

截至2023年底,项目主体结构施工已初步完成。项目整体进度与质量满足各项要求,并以高分通过江苏省品质工程评选与审查,评委表示该项目BIM工作成果突出,成效显著,工作经验在同类项目中具有较高推广价值。图9为施工现场实景与BIM模型场景。



a) 现场施工



b) BIM模型

图9 现场施工实景与BIM模型场景

### 4 结语

1) 江苏省某大型原油码头项目打通了关键结构BIM正向设计路径,从顶层确立正向设计的技术路线与执行标准,搭建协同设计环境支撑正向设计的实施。过程中结合二次开发等多种手段提升效率,最终完成了项目成果的标准化交付。

2) 项目设计过程开展了多场景创新应用,结合项目实际需求,与VR技术、虚拟仿真、大数据与云技术等相融合,拓展了项目BIM应用的深度与广度,切实提升项目数字化应用水平,节省工期与成本,有效提升了项目设计与施工质量。

3) 建设品质工程是一项全面且系统的工作,BIM等数字化技术的应用也是品质工程理念的践行,今后应持续研究实施方案在更多项目场景中的适用性,推动水运工程品质提升。

### 参考文献:

[1] 中华人民共和国交通运输部. 关于打造公路水运品质工程的指导意见:交安监发[2016]216号[A]. 北京:中华人民共和国交通运输部,2016.

[2] 中共中央国务院. 关于开展质量提升行动的指导意见[A]. 北京:中共中央国务院,2017.

[3] 张耀庭,刘泾堂,薄士威,等. 基于品质工程理念的高速公路设计实践[J]. 甘肃科技,2022,38(22):17-22,33.

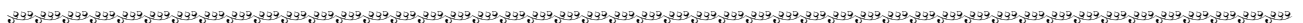
[4] 刘凌志,凌李华,陈海威,等. 靖黎高速公路品质工程建设管理研究与技术应用[J]. 黑龙江交通科技,2022,45(6):147-149.

[5] 黄智泓. 浅谈平安百年品质工程在工程实际中的应用[C]//中国科学技术协会,交通运输部,中国工程院,湖北省人民政府. 2022世界交通运输大会(WTC2022)论文集(公路工程篇). 北京:人民交通出版社股份有限公司,2022:528-532.

[6] 郭赵元,江臣,李文胜,等. 江苏公路品质工程建设的高质量发展实践[J]. 中国公路,2021(23):118-120.

[7] 李家华,黄黎明,陈良志. 基于BIM和物联网技术的智慧工地平台在LNG码头施工中的应用[J]. 水运工程,2024(2):169-174.

(本文编辑 王传瑜)



(上接第212页)

[5] 中交第四航务工程勘察设计院有限公司. 港口道路与堆场设计规范:JTS 168—2017[S]. 北京:人民交通出版社股份有限公司,2017.

[6] 范莹莹,远航,陈思周. 青岛港某自动化集装箱堆场地基处理设计研究[J]. 港工技术,2018,55(5):104-107.

[7] 张春生. 码头门机轨道梁基础处理方法比较[J]. 水运工程,2006(3):69-71.

[8] 廖晨彦,岑学徐,乔梁. 基于有限元计算的自动化堆场轨道基础方案[J]. 水运工程,2022(10):149-153.

[9] 朱洪涛,陈思周,范莹莹. 青岛港某自动化集装箱堆场轨道基础设计研究[J]. 港工技术,2018,55(5):108-111.

[10] 程则坤,何继红,刘广红. 自动化集装箱码头设计与实践[M]. 上海:上海浦江教育出版社,2019.

(本文编辑 王传瑜)