



# BIM技术在液体化工码头建设中的应用

王天祥<sup>1</sup>, 张宏喆<sup>2</sup>, 李北振<sup>3</sup>, 刘世远<sup>1</sup>

(1. 中交(天津)生态环保设计研究院有限公司, 天津 300202;

2. 中交天津航道局有限公司, 天津 300461; 3. 中交烟台环保疏浚有限公司, 山东 烟台 264000)

**摘要:** 以北方某液体化工码头建设为工程实例, 依据设计图纸创建码头工程及配套设施三维信息模型。通过结构构件碰撞检查、液体装卸作业区域模拟以及可视化工艺技术交底等BIM技术应用, 有效解决了设计施工过程中存在的技术交底效率低、管道与钢架安装位置冲突、群桩基础桩身碰撞、液体装卸作业区域冲突等问题。BIM技术的应用降低了沟通成本, 为工程精细化管理提供了技术手段。在设计阶段解决碰撞问题, 降低施工时的返工风险, 探索液体化工码头BIM应用技术路线和解决方案。

**关键词:** 码头工程; 油码头; BIM; 三维建模

中图分类号: U 656. 1+32

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2023)S2-0134-04

## Application of BIM technologies in construction of liquid chemical terminals

WANG Tian-xiang<sup>1</sup>, ZHANG Hong-zhe<sup>2</sup>, LI Bei-zhen<sup>3</sup>, LIU Shi-yuan<sup>1</sup>

(1.CCCC(Tianjin) Eco-Environmental Protection Design & Research Institute Co. Ltd., Tianjin 300202, China;

2.CCCC Tianjin Dredging Co., Ltd., Tianjin 300461, China;

3.CCCC TDC Yantai Environmental Protection Dredging Co., Ltd., Yantai 264000, China)

**Abstract:** Taking the construction of a liquid chemical terminal in northern China as an example project, this paper builds a three-dimensional information model for the terminal project and supporting facilities according to the design drawings. Through the application of building information modeling (BIM) technologies to collision inspection of structural components, simulation of liquid loading and unloading operation areas, and visual process and technical disclosure, the paper effectively solves various problems in the design and construction process, such as the low efficiency of technical disclosure, the conflict between the installation positions of pipes and steel frames, the collision of pile shafts with pile group foundations, and the conflicts among liquid loading and unloading operation areas. The application of BIM technologies reduces communication costs and provides a technical means for fine project management. It solves the collision problem at the design stage to reduce the risk of rework during construction. This paper serves as an exploration of technical routes and solutions for the application of BIM at liquid chemical terminals.

**Keywords:** terminal project; oil terminal; BIM; 3D modeling

我国液体化工品商业罐区近年来发展迅猛, 要求配套的液体化工码头具有输送工艺设计合理、装卸货种广泛和操作灵活等特点<sup>[1]</sup>。相较一般散货码头, 液体化工码头结构具有操作平台上布置

的管道数量较多、电气系统更为复杂和安全环保设施齐备等特点。而且, 管道布置应在满足工艺管道及仪表流程图要求的前提下, 整齐美观, 生产操作、安装及维修方便, 对码头建设施工管理

提出了更高的要求<sup>[2]</sup>。港口工程涉及专业多、构筑物之间的关系复杂, 传统二维设计技术模式下, 存在信息表述复杂、协同设计困难、数据传输能力差等问题<sup>[3]</sup>。通过使用 BIM 技术, 可以在施工前期根据工程实际合理修改设备布置、管线路由, 调整动态模型, 提高码头施工图纸设计的准确性; 施工过程中, 采用 BIM 技术对码头进行动态模拟和现场监督, 完善现有施工管理模式。

本文通过 Autodesk 系列 BIM 软件在工程中进行设计交底与方案展示, 结合高桩码头工程施工特点, 针对高桩码头工程应用的适应性进行分析, 探索 BIM 技术在高桩基础形式液体化工码头施工阶段的应用, 为类似应用推广提供启发和探索。

## 1 工程概况

码头工程位于北方某石化园区配套码头作业区岸线, 设计吞吐量为 250 万 t/a, 占用岸线总长 367 m, 含 1 个 5 万 GT 液体化工泊位及其配套设施, 泊位长度 330 m, 设计通过能力为 281 万 t/a, 码头基础形式为高桩, 工作平台结构形式采用高桩梁板结构, 工程完工后外观见图 1。



图 1 液体化工码头

## 2 BIM 模型创建

### 2.1 三维精细化地表模型

将测绘数据按照高程点、等高(深)线、特征线的顺序依次导入曲面要素中, 从而生成一个完整的曲面, 建立码头前沿三维地表模型。完成模型的初步建立后, 对模型进行精细化处理, 检查模型细节部分, 观察边界突出点、曲面等高线和模型是否符合预期来对元数据本身、三角形格网和高程点是否正确等错位进行排查, 实现码头前沿三维地表精细化建模, 建模效果见图 2。

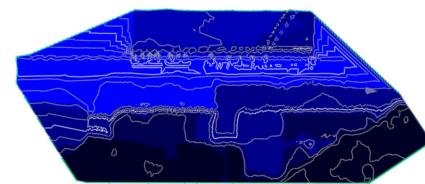


图 2 码头前沿三维地表模型

### 2.2 水工结构模型

液体化工泊位基础形式为高桩结构, 由直桩与斜桩相互组合而成; 上部结构含大尺度复杂钢结构; 水下群桩基础结构与承台以上水工构筑物分别进行建模。

#### 2.2.1 群桩基础

码头工作平台采用高桩梁板结构, 桩基础形式为直桩与叉桩相结合, 叉桩斜率为 6:1 和 4.5:1, 桩底高程 -45 m。依据设计图纸中桩平面位置、桩长、倾向和扭角建立桩基础模型, 可以直观观察桩身三维布局、桩身间距情况, 辅助打桩船进行施工组织排布。

#### 2.2.2 水工构筑物

水上部分的水工构筑物主要为码头工作平台、系缆墩、集液池、码头综合用房、引桥与人行桥等。依据其设计平面布置、尺度、高程等信息按 1:1 比例进行三维建模, 该部分细部结构较多, 需要仔细核查图纸, 基础及水工结构模型见图 3。



图 3 基础及水工结构模型

### 2.3 生产与辅助建筑物

由于专业特点, 液体化工泊位工程码头平面上安装有多专业液体化工管线, 由钢架结构提供管线支撑、后方辅助建筑物保障运维阶段的安全性和可操作性, 该部分建模工作对不同专业图元尺寸及相对位置提出了较高的要求。

#### 2.3.1 气液管线与管廊钢结构

钢架管廊共分为 4 层, 总长约 40 m, 用于支

撑 22 条不同专业的汽液管道。依照设计图纸中钢架与管道结构形式进行 BIM 三维建模, 应用 Dynamo+Revit 制作管线路径、横截面与管壁形式, 并在拐角处设置相对应的法兰盘、弯头、三通、阀门等。依据不同颜色区分不同专业管道, 管廊建模效果见图 4。

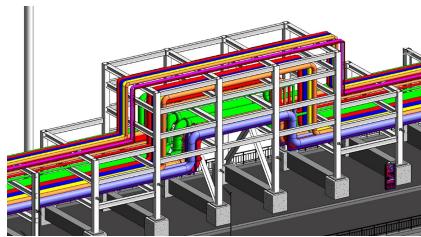


图 4 管线与钢架模型

### 2.3.2 电气与给排水设施

码头电气与给排水设施包含给排水消防管道、消防管道及事故排水管道、管支架、泡沫罐、高倍数泡沫发生器及消火栓、减压孔板、船舶上水栓、消防炮、干粉炮等。建立给排水及消防、电气专业工作集, 根据项目要求建立相关载入族, 最后结合水、电、管道及附件设计图纸, 将各个结构装配成水、电模型, 建模效果见图 5。

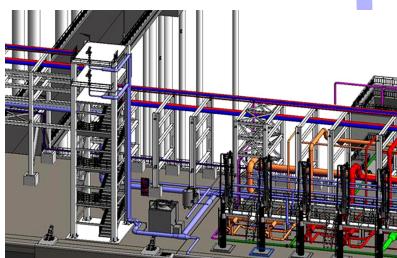


图 5 消防炮及给排水管线

### 2.4 单体模型整合

将本工程中的三维地表模型、水工结构模型、给排水及消防模型、水电模型, 按照平面相对位置与高程, 通过分块拼接方式在 Autodesk Revit 中进行整合, 实现大尺度、多专业、复杂结构水工结构整体呈现, 建模效果见图 6。

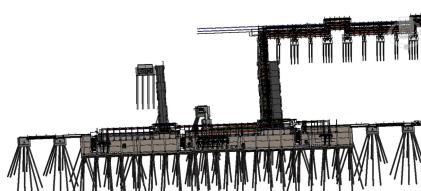


图 6 水工结构模型整合

## 3 基于 BIM 模型的深化应用

### 3.1 可视化交底

#### 3.1.1 基于 BIM 模型的渲染漫游

将模型全部整合后导入渲染软件中, 应用模型渲染技术将整个码头建成后的状态用漫游的方式呈现出来, 实现了白天与夜间各个时间段、各种光照状态下接近真实的展示效果, 渲染效果见图 7。

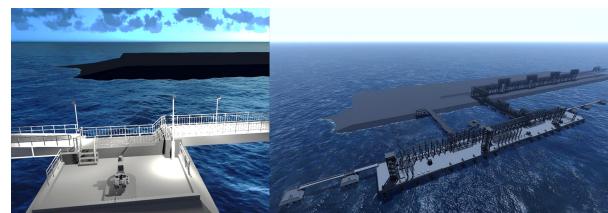


图 7 渲染后夜间码头照明效果

#### 3.1.2 手机端虚拟漫游

针对该工程的管线路由布置、复杂的施工结构、关键施工节点、含重要施工技术难点的位置, 基于工程 BIM 模型与工艺模型, 设置手机端漫游点位, 进行沉浸式模拟仿真漫游, 在施工前以更加直观、方便、规范、经济的方式进行施工技术交底, 其应用效果显著<sup>[4]</sup>, 手机端漫游效果见 8。

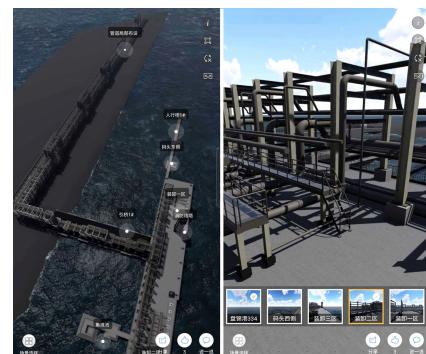


图 8 手机端场景漫游

### 3.2 结构构件碰撞检查

液体化工码头管道输送系统较为复杂, 大量汽液管道布置在码头平面及引桥钢架中, 并由钢架提供支撑。为保证钢架承载力与结构强度, 框架内部结构中设计了大量钢斜撑。在二维图纸设计过程中, 钢斜撑与管道极易发生冲突且难于察觉, 按照问题图纸施工将产生严重质量问题, 而且部分关键部件具有造价高、制作周期长等特点, 一旦施工中出现间距和空间无法满足相关要求、

管线无法正常连接的情况, 将严重影响施工工期。通过 BIM 技术对三维模型的冲突进行碰撞检查, 查找并修改二维设计中的冲突碰撞问题, 以及间隙是否满足安装要求等, 在施工前予以修正, 可保证施工质量、降低返工风险。碰撞检查出的位置冲突见图 9。

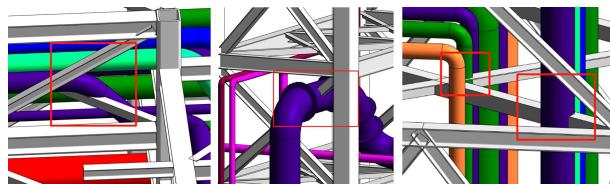


图 9 模型中管道与钢架冲突

### 3.3 运维作业区域检查

液体化工码头建成后主要任务是将油船中的油提取并输送至陆域输油管路系统, 该码头工作平台上安装有 6 台液压双管船用流体装卸臂(简称输油臂), 见图 10。该设备使用旋转接头将管道连接起来, 并辅以支撑结构, 跨接在码头与槽船之间进行流体物料装卸, 在流体传输过程中装卸臂能在油船的一定漂移范围内与油船随动。随动过程中, 装卸臂水平转动、内外臂摆动, 与码头面上布置的电气控制系统和液压附件存在碰撞隐患。



图 10 船用流体装卸臂(输油臂)

依据现行国家化工行业标准<sup>[5]</sup>, 码头液体装卸臂在复位状态时, 相邻装卸臂的最小净距应大于 600 mm; 在作业状态时, 液体装卸臂的任何部分与码头建筑物、设备、管道等最小净距应大于 300 mm。在本次 BIM 技术应用过程中, 以复位状态最小净距和输油臂作业影响范围为依据, 以单个输油臂为中心设置胶囊碰撞体, 使用该胶囊碰撞体与码头面结构设备进行区域碰撞检查, 确保

三维空间内最小净距符合标准, 消除输油臂运维过程中作业影响范围内隐患冲突, 见图 11。

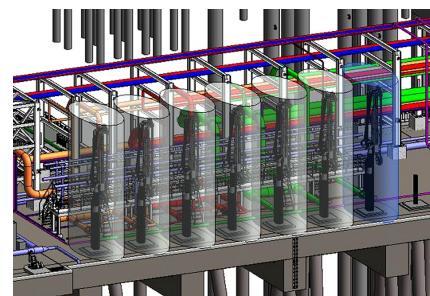


图 11 输油臂模型及碰撞胶囊体

### 4 结语

- 1) 针对大尺度、多专业复杂结构水工码头工程复杂的施工工艺、关键施工节点以及重要技术难点, 通过基于 BIM 技术的三维可视化交底, 在施工前对相关工作人员进行技术指导, 大幅提高沟通效率。
- 2) 利用 BIM 技术的深化应用, 可在施工前、施工中发现不同专业间结构构件碰撞的问题并提供解决方案, 降低施工返工风险, 节约工程成本, 保证项目进度。
- 3) 基于 BIM 模型进行工程算量, 能够完整快捷地对工程量进行统计、避免人工统计带来的不确定性, 对工程进行精细化管理提供支持。
- 4) 利用 BIM 技术对施工进度计划进行可视化预演, 可预先判断计划的结果与风险, 核查其可行性, 辅助施工技术人员对施工方案进行优化。

### 参考文献:

- [1] 沈有兵, 刘春萍, 仇诗其. 液体化工品商业罐区配套码头工艺设计[J]. 水运工程, 2012(5): 77-79, 83.
- [2] 黄晓康. 成品油及液体化工品码头装卸管线配置方案仿真研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2015.
- [3] 王珺. BIM 理念及 BIM 软件在建设项目中的应用研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2011.
- [4] 田会静, 韩彤, 郭松, 等. BIM 技术在重力式方块码头工程设计施工中的应用[J]. 水运工程, 2020(3): 115-120.
- [5] 华陆工程科技有限责任公司. 液体装卸臂工程技术要求: HGT 21608—2012[S]. 北京: 中国计划出版社, 2012.