



# BIM+AR 在烟台港西港区液化天然气项目 配套码头工程中的应用

田会静<sup>1</sup>, 明亮<sup>1</sup>, 李桐林<sup>1</sup>, 王艾超<sup>2</sup>, 郭红旗<sup>2</sup>, 代鹏飞<sup>2</sup>

(1. 中交(天津)生态环保设计研究院有限公司, 天津 300461;

2. 中交(天津)疏浚工程有限公司, 天津 300450)

**摘要:** 随着工程建设领域对于数字化、信息化的要求不断提高, 针对当前 BIM(建筑信息模型)应用过程中存在的与现场结合度低, 各阶段信息中断等问题, 借助 AR(增强现实)技术具有的在真实场景叠加模型的功能, 以烟台港西港区液化天然气(LNG)项目配套码头工程为例, 搭建项目 BIM+AR 可视化管理平台。在搭建项目电子沙盘并开展 BIM 基础应用基础上, 探究 BIM+AR 技术在高桩码头应用优势, 通过建成模拟、施工交底、校核比对、管控进度等的综合应用, 可有效提高施工效率与施工精细化管理水平。

**关键词:** 高桩码头; BIM 技术; AR 技术

中图分类号: U655

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2024)09-0204-05

## Application of BIM+AR in supporting terminal engineering of liquefied natural gas project in west port area of Yantai port

TIAN Huijing<sup>1</sup>, MING Liang<sup>1</sup>, LI Tonglin<sup>1</sup>, WANG Aichao<sup>2</sup>, GUO Hongqi<sup>2</sup>, DAI Pengfei<sup>2</sup>

(1. CCCC (Tianjin) Eco-Environmental Protection Design & Research Institute Co., Ltd., Tianjin 300461, China;

2. CCCC (Tianjin) Dredging Engineering Co., Ltd., Tianjin 300450, China)

**Abstract:** With the continuous improvement of the requirements for digitization and informatization in the field of engineering construction, in view of the problems existing in the application process of BIM (building information model), such as low integration with the site and information interruption at various stages, AR (augmented reality) technology has the function of superimposing models in real scenes. The project BIM+AR visual management platform is built by taking the supporting wharf project of Yantai Port west port area liquefied natural gas (LNG) project as an example. On the basis of building the project electronic sand table and carrying out the basic application of BIM, the application advantages of BIM+AR technology in high pile wharf are explored. Through the comprehensive application of completion simulation, construction guidance, verification and comparison, and progress control etc. It can effectively improve the construction efficiency and fine management level of construction.

**Keywords:** high piled wharf; BIM technology; AR technology

高桩码头作为我国港口建设以来采用最早、应用最广泛的码头结构形式之一。具有对波浪的反射小, 对挖泥超深的适应性强, 材料用量少, 适应大水位差能力强等优势<sup>[1]</sup>。但高桩码头结构

形式复杂, 现场存在大量交叉作业, 缺乏相互沟通。高桩码头耐久性不高, 在施工过程中需要花费大量时间进行实时监测。因此, 亟需通过数字化方法对高桩码头施工过程进行整体把控。随着

收稿日期: 2023-11-30

作者简介: 田会静(1982—), 女, 硕士, 正高级工程师, 从事 BIM、环保、疏浚技术工作。

越来越多的工程项目尝试应用 BIM 技术,其利用价值与潜力越来越受到重视,特别是在图纸审查、工程量统计、工艺模拟等方面,取得了良好的应用效果。但 BIM 技术的可视化范围和程度不足,和施工现场结合度不高,导致数据信息在传递过程中出现偏差,降低了参建各方的协同效率<sup>[2]</sup>。

AR 技术作为近些年发展的可视化增强技术,具有将模型与真实场景叠加的可视化效果,有效弥补 BIM 技术的不足。王廷魁等<sup>[3]</sup>提出 AR 和 BIM 技术结合的施工指导方案,可以更加准确地指导施工,更高效地完成工作;练建沛等<sup>[4]</sup>将 BIM+AR 技术应用于地下管网建设中,使设计图纸在真实场景中落地,减少设计不合理造成的问题,使事前预检变得可能;王琮皓<sup>[5]</sup>借助 BIM+AR 技术,在真实场景叠加模型,有效解决建筑运维图纸量大,隐蔽工程运维困难等痛点;王俊鹏等<sup>[6]</sup>采用 HoloLens 设备,通过移动端展示三维模型,对施工过程进行三维数字化模拟,提高施工效率,证明了智能建造技术在施工中的重要性。众多学者针对 BIM+AR 在工程领域应用做出很多工作,但是主要集中在房建、市政领域,针对水运工程领域暂无应用研究,特别是水运工程存在现场工况复杂、影响因素众多、施工管理协调难度大等问题,需要在应用 BIM 技术基础上结合 AR 技术辅助现场施工管理。

本文依托烟台港西港区液化天然气(LNG)项目配套码头工程,在实现 BIM 技术应用的基础上,探究 BIM+AR 技术在施工过程中的应用价值和效果,形成一套完整的高桩码头 BIM+AR 应用流程。

## 1 工程概况

工程位于山东省烟台市开发区大季家镇烟台港西港区一期防波堤西侧,主要结构形式为高桩梁板式。由装船泊位、卸船泊位、火炬平台三大部分组成,总投资 3.88 亿元,建成后对于推动全国天然气管网互联互通和深度融合、调整山东省能源结构、保障民生用气和保卫碧水蓝天具有重要意义,建设效果见图 1。

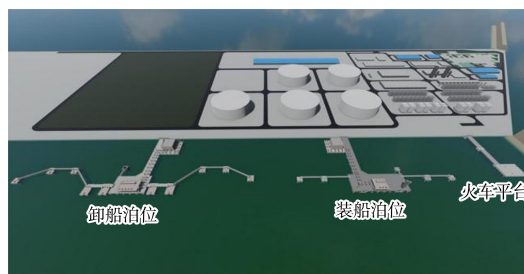


图 1 工程建设效果

该项目在施工管理方面具有以下特点:

1) 工程工期紧、任务重,各工序交叉作业较多,干扰大,影响施工效率。码头主体结构的施工时间紧张。另外打桩、疏浚、现浇等工序存在大量交叉作业,较多分包商和专业队伍各司其职,缺乏沟通协调,互相影响,造成较大的施工难度。

2) 涉及的分部分项工程环节较多,危险性较大的分部分项工程和超过一定规模危险性较大的分部分项工程较多。在施工过程中,现场受到很多外界因素的影响,无法保证各工序完全按照计划进行,增加了现场施工管理的难度。

3) 码头面层易开裂,大体积混凝土等质量控制难度大,施工过程中需要进行大量的现场检查工作,涉及较多的质量问题与整改检查,项目管理人员需要投入大量的时间与精力。

## 2 BIM 模型创建及基础应用

### 2.1 水工结构模型

烟台港西港区液化天然气项目配套码头工程主要结构件包括:桩基础、横梁、纵梁、预制面板等。通过构建参数化族,总结形成一套适用于高桩 LNG 码头的水工结构标准化族库资源。对于部分通用族构件,通过中交 BIM 族库平台获取标准化构件完成创建。为了更好地满足后续施工交底、数字化交付的需要,在 JTS/T 198-3—2019《水运工程施工信息模型应用标准》<sup>[7]</sup>及 GB/T 51269—2017《建筑信息模型分类和编码标准》<sup>[8]</sup>的要求基础上,通过水工 BIM 编码软件,对各结构部件进行编码,方便后期信息检索与规范化管理。创建完成的高桩码头水工结构模型见图 2。

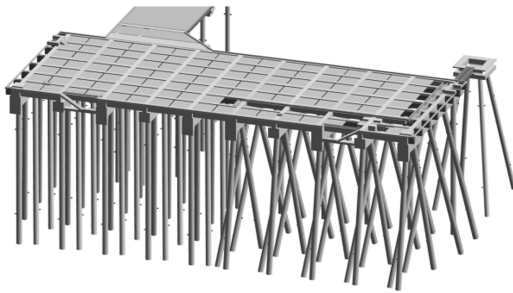


图 2 高桩码头水工结构模型

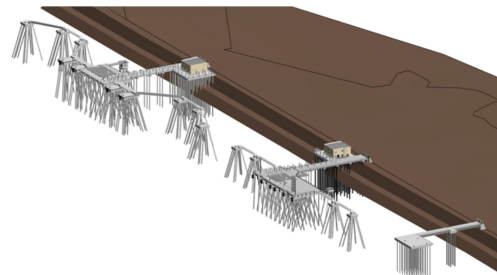


图 4 码头模型

### 2.2 机电模型

码头主要装卸货种为 LNG，火灾危险等级为甲 A 类，工作平台中涉及的水管主要为消防水管。其余机电系统主要集中在装、卸船控制室楼，包括给排水、暖通、消防、强弱电系统。在水工结构模型基础上，定义机电系统视图样板，根据规范要求设置不同颜色，完成模型创建与属性信息添加，见图 3。

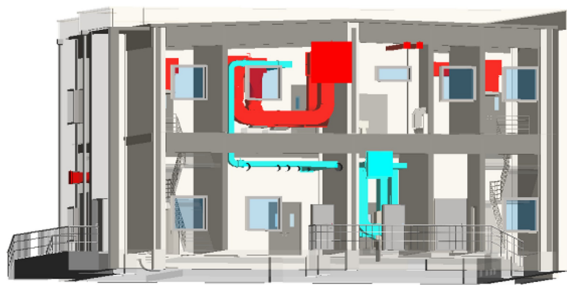


图 3 控制楼机电 BIM 模型

### 2.3 模型集成应用

整体模型以中心文件的方式组合而成。各专业技术人员通过“快捷同步”按钮将模型同步至中心文件，实现模型协同，提高模型质量与建模效率。集成后的项目信息模型见图 4。以 BIM 模型为基础，进行碰撞检查和可视化分析，精准定位图纸问题，实现模型整体联动，打通各专业间关联壁垒，减少后期施工返工。BIM 模型的创建实现项目信息集成，借助明细表统计功能，通过族名称提取码头模型各部分的材质、体积、表面积等信息。简化工程量统计计算流程，减少繁琐的人工操作和潜在错误，实现工程量清单精准输出，辅助项目成本管控。

## 3 基于虚幻引擎的模型可视化应用

### 3.1 施工工艺仿真分析

针对码头预制纵梁吊装重点工序，对比多种吊装方案、预制件运输路线，以 BIM 模型和技术方案为基础，创建预制纵梁吊装工艺动画，实现方案预演与施工交底可视化，与现场功能应用互为补充，保证施工质量和工程的可控性管理，见图 5。

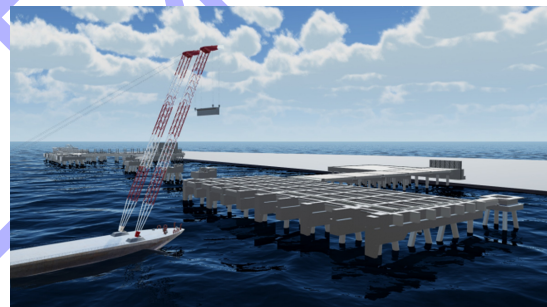


图 5 预制纵梁吊装工艺模拟

### 3.2 电子沙盘可视化展示

基于 UE5 虚幻引擎进行定制开发，结合可视化 UI 组件与三维场景绑定，构成可交互场景的三维电子沙盘展示功能，将项目施工过程中各类物联网 (IoT) 设备接入电子沙盘内，数据集成显示，提高项目协调沟通效率，实现对项目施工现场的数字化管控，电子沙盘见图 6。



图 6 项目电子沙盘



## 4 BIM+AR 综合应用

### 4.1 建成模拟

在码头建设全生命周期内, BIM 模型与施工现场处于相互独立的状态, 在进行码头建成后效果展示时, 通常采用将模型导入专业渲染软件, 生成渲染图片及漫游视频的方式, 但展示内容通常只包括建设项目本身, 缺少项目周边的环境场景。借助 AR 技术, 将液化天然气高桩码头整体模型定位到现实空间, 实现模型与周边海域、构筑物的集成, 观察到项目完成后的基本样式构造, 可以及时发现码头与周边环境是否存在冲突等问题, 并有效提升 BIM 模型三维可视化效果, 见图 7。

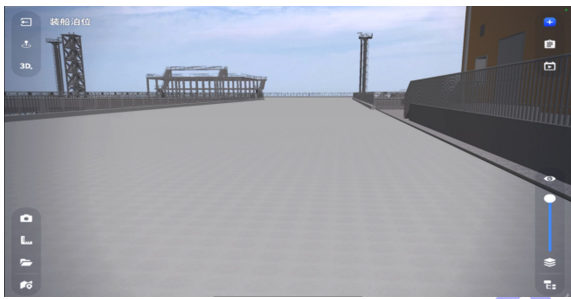


图 7 码头泊位建成模拟

### 4.2 施工交底

单纯采用 BIM 技术辅助施工交底的方式, 模型只能通过计算机进行浏览, 存在模型展示不方便、施工人员理解不到位等问题, 对于指导现场实际施工效果不理想。采用 BIM+AR 技术进行施工交底, 通过二维码定位或两点定位的方式, 可在现场进行放线指导, 实现快速定位桩基位置, 确定现浇横梁、现浇纵梁、现浇面板的定位放线位置, 预留沟槽、隐蔽工程位置, 以及护舷、立柱、扶梯等上部构件的准确位置等, 大幅提高测量放线效率。对于预制构件安装、拼接、管线安装、设备安装等工作, 借助 BIM+AR 平台进行施工交底, 使各专业班组全面掌握工作平台整体施工规划情况与安装位置, 减少因施工偏差造成的施工成本和工期损失, 见图 8。

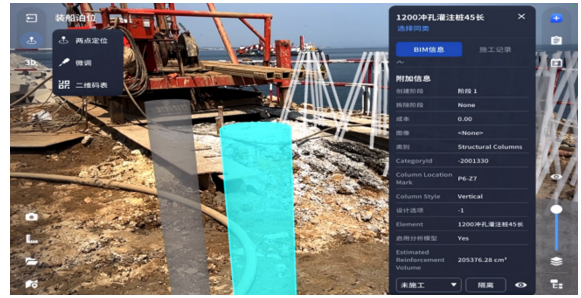


图 8 灌注桩施工交底

### 4.3 管控进度

在原有 BIM 技术应用基础上引入 AR 技术, 对液化天然气高桩码头施工进行进度管控, 主要分为 4 个步骤: 1) 录入工期进度: 将施工进度计划录入 BIM+AR 平台, 设定好每项施工任务的的开始和结束日期。2) BIM 模型绑定: 基于 BIM 技术将创建好的码头模型中的各构件与对应施工进度计划绑定, 每个构件均可选择 3 种进度状态: 未施工、施工中、已完工。通过 BIM 模型反映的计划与现场实际进度比对, 及时掌握工程进度偏差, 见图 9。3) 查看工期: 可以在平台上总览整个项目的进展情况, 对比进度计划, 分别查看各分项工程的详细安排。由于构件和工期绑定, 在工期面板滑动时间轴, 可随之改变 BIM 模型在场景中的展示效果, 以动画的形式快速演示项目进程。还可以借助施工进度模拟, 及时发现关键节点, 和穿插施工可能出现的干扰, 以及提示参建各方需协同工作的节点, 合理组织施工资源, 优化施工方案, 保证施工进度, 见图 10。4) 工期提醒: 对于工期即将截止和工期逾期部分, 分别发送即将截止工期清单和逾期工期清单, 便于项目管理人员管控施工进度, 及时提醒紧急工期和急需优先处理的分项工程。

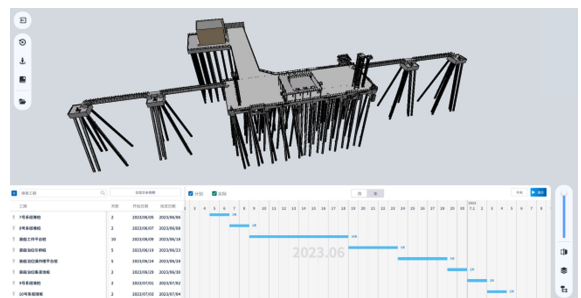


图 9 绑定施工进度计划



图 10 工作平台施工进度管控

#### 4.4 校核比对

部分施工结束后, 可对工作平台施工主体结构部分如纵横梁、边梁、面板、靠船构件等, 以及预埋件、预留孔洞等进行复核。通过 AR 技术虚实结合的特点, 将模型与现场实际构件叠合, 对位置、尺寸等信息进行比对; 管线部分安装完成后, 对管线位置、走向、管径、管道附件等进行实景比对, 对工程偏差存证、记录。利用平台内置整改单, 快速记录问题并保存照片, 并绑定短信自动向责任人员发送整改通知, 提高施工现场验收速度与准确性, 见图 11。



图 11 灌注桩现场校核

## 5 结语

1) 采用协同方式完成高桩码头水工结构、机电管线等的模型创建, 各专业分别创建各自的工作集文件, 专业间互不干扰, 提高模型创建的效率和准确性。以 BIM 模型为基础, 开展 BIM 基础应用, 包括图纸深化审查、工程量统计等, 实现事前控制, 辅助码头施工管理, 提高施工质量与管理效率。

2) 基于虚幻引擎搭建项目三维电子沙盘, 将模型属性信息与现场 IoT 设备集成, 进行统一管理, 对重点工序进行仿真分析, 实现对施工过程

的数字化管控。

3) 针对 BIM 技术的局限性, 引入 AR 技术, 与传统应用形成互补, 将模型准确定位到现实空间中, 实现 BIM+AR 综合应用。根据码头施工现场的实际需求, 完成 4 部分应用, 项目规划阶段, 在施工现场叠加 BIM 模型, 直观展示码头设计方案, 实现建成模拟; 施工前, 将模型带入现场, 以可视化的方式开展水工结构放线指导与管线设备安装指导, 结合工艺动画, 使施工作业人员直观了解具体施工位置与施工工艺, 提高码头施工质量; 施工过程中, 将模型与施工进度计划挂接, 实时查看工程实际进度与计划进度偏差, 根据需要向对应人员发送工期清单, 方便及时安排工作; 施工后, 开展校核验收 AR 应用, 对现场水工结构及管线设备属性的信息与位置走向进行可视化复核, 并实现问题快速记录与处理, 提升项目精细化管理水平。

#### 参考文献:

- [1] 肖冉. 高桩码头工程施工方案优化分析[J]. 中国水运(上半月), 2018(10): 65-66.
- [2] 刘丹丹. 基于 BIM+AR 的机电工程现场巡检方法研究[D]. 徐州: 中国矿业大学, 2022.
- [3] 王廷魁, 胡攀辉. 基于 BIM 与 AR 的施工指导应用与评价[J]. 施工技术, 2015, 44(6): 54-58.
- [4] 练建沛, 朱振凤, 欧阳少游. BIM+AR 技术在地下管网建设中的智慧应用探索[C]//中国图学学会. 第七届全国 BIM 学术会议论文集, 北京: 中国建筑工业出版社, 2021: 274-277.
- [5] 王琮皓. BIM+AR 技术在建筑运维管理中的应用研究[D]. 开封: 河南大学, 2019.
- [6] 王俊鹏, 刘俊杰, 张裕, 等. 中国人民大学通州校区学部楼项目智能建造技术[J]. 施工技术(中英文), 2022, 51(23): 19-22.
- [7] 中交第二航务工程局有限公司. 水运工程施工信息模型应用标准: JTS/T 198-3—2019[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2019.
- [8] 中国建筑标准设计研究院有限公司. 建筑信息模型分类和编码标准: GB/T 51269—2017[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2017.

(本文编辑 赵娟)