



# 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

李家华, 黄黎明, 陈良志

(中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 广东 广州 510290)

**摘要:** 针对 LNG(液化天然气)码头工程施工中存在的安全风险系数大、人员管控要求高、安装难度高、工期进度紧等问题, 开展基于 BIM 和物联网技术在智慧工地平台的研究与应用。通过采用建立 BIM 技术与物联网技术融合的智慧工地管理方法, 深化创建施工 BIM 模型, 结合相应的智能化设备, 实现模型与现场数据接入和集成的应用, 解决了施工过程管控难、数据信息源集成多、劳务人员现场管理难等典型 LNG 码头工程施工问题。通过将 BIM 技术与智慧工地平台在施工阶段融合应用, 有效提升了 LNG 码头工程建设项目的施工质量和管理水平。研究旨在为 LNG 码头领域的工程建设提供有益的经验和借鉴, 推动智慧工地平台在该领域的应用和发展。

**关键词:** BIM 技术; 物联网技术; 智慧工地; LNG 码头

中图分类号: U65

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2024)02-0169-06

## Application of intelligent construction site platform based on BIM and internet of things technology in LNG terminal construction

LI Jiahua, HUANG Liming, CHEN Liangzhi

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

**Abstract:** To the problems of high safety risk coefficient, high personnel control requirements, high installation difficulty, and tight schedule in the construction of LNG (liquefied natural gas) terminal engineering, research and application based on BIM and Internet of things technology on the intelligent construction site platform have been carried out. By adopting the intelligent site management method that integrates BIM technology and internet of things technology, we deepen the creation of construction BIM model, and combine the corresponding intelligent equipment to realize the application of model and on-site data access and integration, which solves the problems in the construction process of typical LNG terminal projects, such as difficult control during construction, multiple data information sources integration, and difficult on-site management of labor personnel. By integrating BIM technology with intelligent construction platforms during the construction phase, the construction quality and technical management level of LNG terminal construction projects have been effectively improved. The significance of this study lies to provide useful experience and reference for the construction of LNG terminals, and promote the application and development of intelligent construction site platforms in this field.

**Keywords:** BIM technology; internet of things technology; intelligent construction site; LNG terminal

随着全球对清洁能源需求的增加, 液化天然气(LNG)作为一种清洁、高效的能源替代品得到

了广泛应用, LNG 码头的建设成为满足能源需求的重要环节。LNG 接收站的码头工程主要包括

收稿日期: 2023-06-20

作者简介: 李家华 (1987—), 男, 高级工程师, 从事港口工程设计、BIM 咨询工作。

LNG 船的专用码头、栈桥、火炬平台、工作船码头和助导航设施等<sup>[1]</sup>，在我国水运行业大型原油、LNG 及 LPG(液化石油气)等码头的建设中，码头及库区或接收站等是相对较大的系统工程<sup>[2]</sup>，由于 LNG 码头构件自重力大、外海风浪条件较为恶劣等因素，使工程设计及施工面临重大困难<sup>[3]</sup>。近年来，国内 BIM 技术在水运工程中的应用初见成效<sup>[4]</sup>。随着越来越多的水运工程设计项目采用 BIM 正向设计模式，设计手段和工具也不断迭代升级，通过不断尝试与经验积累<sup>[5]</sup>，BIM 技术在施工阶段将进一步得到延伸应用。在信息化与工业化深度交融的时代，实现土木工程产业与互联网+的融合，加大 BIM 技术的应用是必然趋势<sup>[6]</sup>。BIM 和物联网是智慧工地的两项核心技术，BIM 为智慧工地各个阶段的关键因素控制管理提供信息技术支持，物联网通过信息采集功能可提供更精确、更全面的建筑相关数据，以提高施工安全管理的水平<sup>[7]</sup>。例如珠海液化石油气高桩码头工程通过 BIM 技术软件及动态监控方法对项目的工程量、工期、材料及施工安全进行控制，从而实现施工成本的有效控制<sup>[8]</sup>。

## 1 工程概况

该项目位于广东省阳江港区，建设有 1 个 LNG 泊位和 1 个工作船泊位，泊位长 360.0 m，设计年通过能力 210 万 t，建设内容有 LNG 码头、工作船码头、港池疏浚等，工程整体情况见图 1。项目为 LNG 码头，建设过程中具有质量安全要求标准高、人员管理及施工管控难度大、信息数据来源广等诸多特点。工程着重解决施工过程管控难、数据信息源集成多、劳务人员现场管理复杂等难题，通过智能化、可视化的管控方式指导项目建设，将工程建设成为阳江港区的精品和标杆工程。



图 1 项目 BIM 模型

## 2 整体技术路线

传统的 LNG 码头施工过程更多地依赖于对二维图纸的理解，凭借管理者的从业经验对项目的实施方案和过程进行把控，在项目开展过程中容易造成对方案的误解，从而导致事故的发生。BIM 技术的应用可以提升对方案本身的表达和理解。同时在信息化高度发展的时代，施工过程中采集数据信息也是巨大的挑战，通过建设智慧工地平台可以对现场数据进行收集和分析，从而提高数据的处理效率。为确保项目智慧工地平台应用的顺利开展，根据实际情况建立了整体人员的组织架构，明确各方职责。在项目实施前，根据实施目标、需求和特点对项目整体技术路线进行规划，制定项目的实施策略书，包括建立应用流程、规范实施中的资源、行为和交付等内容，强化系统性和规范性，保障智慧工地平台研究与应用工作顺利开展，实现预期目标；在设计阶段，根据施工要求通过协同设计完成项目的整体三维模型移交，并开展碰撞检测、工程量校核、虚拟现实体验等应用，提升设计质量，增加设计方案的交互性；在施工阶段，通过智慧工地平台将设计阶段的模型进行轻量化转换，并与项目管理进度、安全、质量进行关联，实现可视化、智能化的管控。通过物联网技术在智慧工地平台中实现人员打卡数据、大体积混凝土温度数据、水文波浪数据、

现场环境监测数据、视频监控数据等的同步和管理。智慧工地平台同步开发了微信小程序应用, 通过手机可发起施工质量安全问题的图片和流程, 并且小程序

可读取文档和实现劳务打卡的功能, 项目通过智慧工地平台的应用, 整体提升了LNG码头工程的施工质量和管理水平, 具体技术路线见图2。

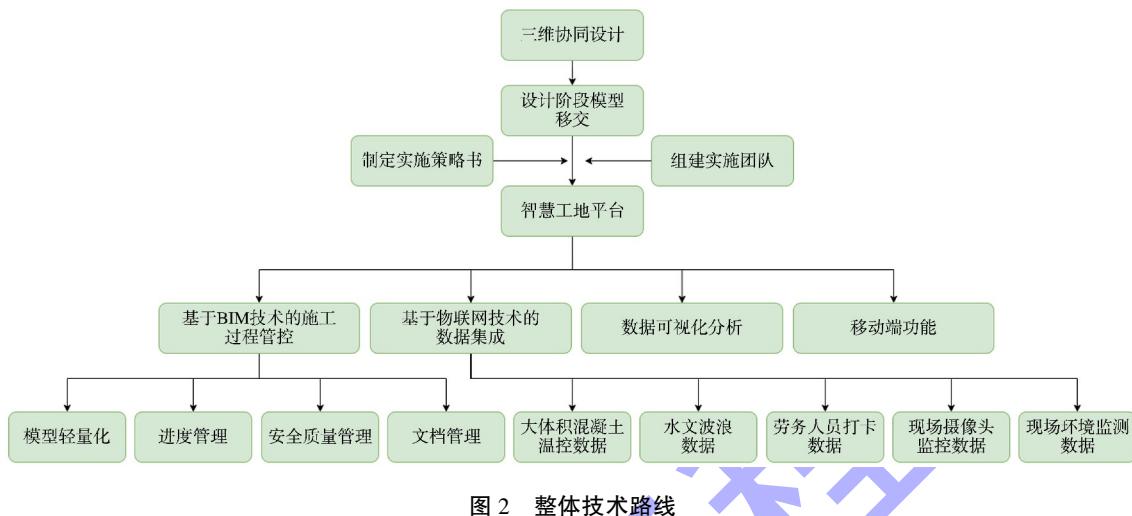


图2 整体技术路线

### 3 基于BIM和物联网技术的智慧工地平台应用

#### 3.1 基于BIM技术的施工过程管控

##### 3.1.1 模型轻量化展示

轻量化模型应用是当下施工阶段BIM常见应用, 项目采用完全自主研发的轻量化图形引擎作为模型轻量化转换的工具, 实现了大体量、复杂模型的转换、浏览以及操作, 特别是LNG码头包含了各类型的设备和结构模型, 通过引擎可实现

项目模型的真实还原。管理人员可以在网页上自由地漫游整个模型, 通过查看三维模型的可视化了解项目方案, 相较于传统的施工项目极大提升了工作效率, 通过移动设备随时随地查看项目的整体方案, 并对现场的实施内容进行复核, 便于施工过程中更好地规划施工流程和协调各个施工环节, 轻量化模型见图3。

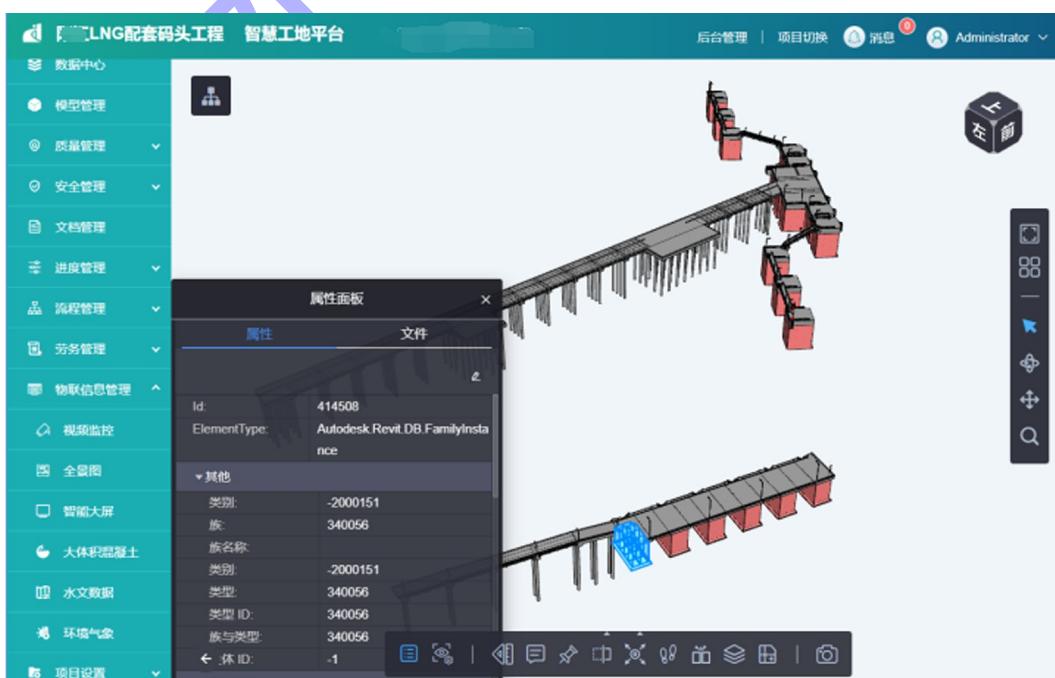


图3 模型轻量化显示

### 3.1.2 结合模型进行进度管理

在传统的 LNG 项目施工中, 大多采用 P6 或者 Project 等软件进行项目进度的管理, 普遍存在汇报时表达不清, 难以客观地理解实际进度现状等问题。为了更好地提升进度汇报的可视性, 基于 BIM 技术的三维模型可视化实现了进度表格与形象进度的关联, 也可以将 P6 或者 Project 中的

进度表格导出后与模型关联, 通过不同颜色显示各分部分项工程的完成比例, 点击不同结构查看进度情况。还可根据实际填报进度与计划进度进行对比, 显示当前进度的超前、正常或滞后状态, 并基于施工进度进行汇报, 方便各方了解项目进度, 从而合理调整施工计划。进度展示见图 4。

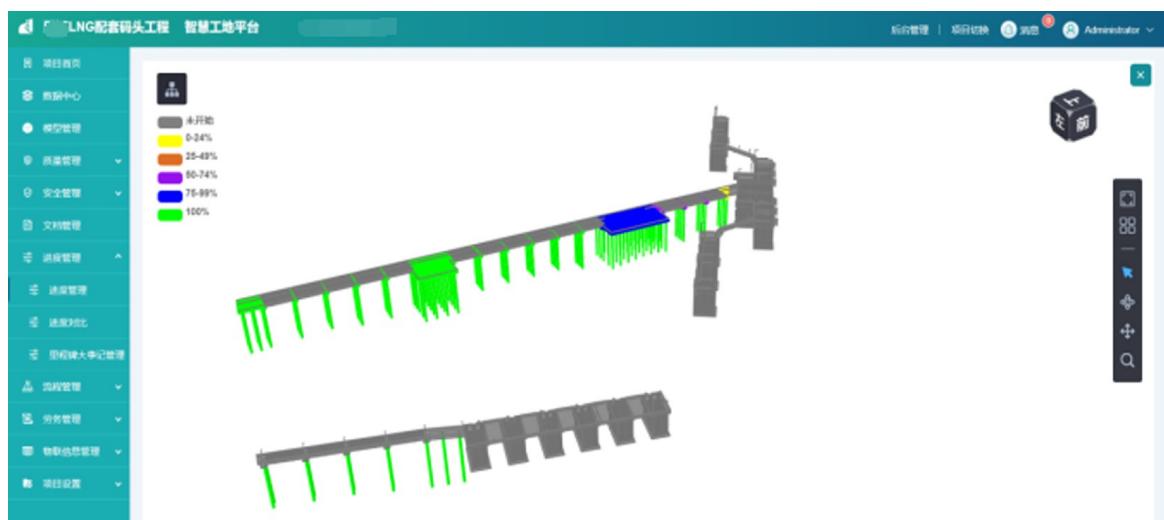


图 4 进度展示

### 3.1.3 质量安全管理

在施工质量安全管理过程中, 常规项目主要以线下纸质记录为主, 信息化程度低, 无法对记录的数据进行实时的统计和分析。通过基于 BIM 技术的质量安全模块, 可以在现场使用移动设备进行问题的记录和登记, 对施工工序流程和技术质量进行严格把关, 可在移动设备中上传反馈问题, 实现问题的线上整改流程制定和闭环, 减少返工, 确保分部分项工程质量验收合格, 且所有的数据均可在系统后台进行存储、整理和分析。

### 3.1.4 文档管理

为提升项目的信息化管理水平, 平台提供施工过程中全部文档的上传存储和分类归档, 通过

对项目文件集中统一管理, 文件的安全性、时效性、可靠性得到有效保障, 便于在无纸情况下快速查看项目资料。

## 3.2 基于物联网技术的数据集成

### 3.2.1 大体积混凝土温控数据集成

通过温控监测设备对浇筑过程中的混凝土温度进行监测。但是, 数据的记录及存储均未进行统一管理, 导致应用过程中花费大量的工作进行数据分析和处理, 影响了工作效率。基于物联网技术的智慧工地平台, 通过抓取与分析实现温控数据进行可视化的大屏展示(图 5), 能够更方便、直观地实时查看温控监测数据, 及时对混凝土养护进行快速响应, 相较于传统方式在数据获取、数据分析上取得了较大突破。



图5 大体积混凝土温控数据大屏

### 3.2.2 水文波浪数据集成

施工海域的波浪、水流流向、流速等水文环境均会对水工结构施工产生影响。在传统施工过程中往往需要手动搜索当地的水文波浪数据,不仅增加工作量,还易造成数据使用错误。结合项目需求,利用网络爬虫技术从专业水文网站实时、

定期获取施工区域的水文数据,可结构化存储在数据库中进行分类和分析,分析结果在数据大屏中实时展示(图6),便于及时了解施工水域水文波浪信息,对当日的施工组织进行有序安排,提升了项目安全施工水平。



图6 水文波浪数据大屏

### 3.2.3 劳务人员打卡数据集成

大多数项目采用现场打卡的方式进行人员管理,容易出现管控不到位,出现人员漏打、缺打

的情况,对于出入的数据也无系统的管理。特别是LNG码头的施工过程中,业主对于人员的管理要求更高,要求通过在线传输的方式定期上传人

员打卡数据。为提升管理的便利性和高效性，在后台管理平台、小程序和智慧大屏中构建了劳务人员考勤打卡模块，对员工进出场、上班打卡等情况进行管理，统计分析后在数据大屏中展示。通过集成打卡数据，可为管理者提供人员实时信息，方便进行追踪、管控和统计，为项目管理提供劳务数据支撑。

### 3.2.4 现场摄像头监控数据集成

现场的施工过程通常会部署不同角度的摄像头进行管理，但在使用过程中需要对不同角度进行人工判断，没有全局的把控，特别是 LNG 码头施工过程中，业主对于现场的施工过程需要全面的信息获取，随时了解项目建设情况。为了提高现场摄像头的利用率，并落实到项目管理中，通过物联网技术将施工现场的摄像头监控视频嵌入平台中，并发布到网页端数据大屏集中展示，可通过在平台中标记视频位置，在线了解现场发生的情况。

### 3.2.5 现场环境监测数据集成

项目要求实时监控施工现场的气温、风速、粉尘、PM<sub>2.5</sub> 等数据，将这些数据接入集成的智慧工地平台中，通过统计分析数据，对现场环境管理提供决策依据，提升管理决策水平。

## 4 结语

1) BIM 技术提升项目施工过程管控，通过智慧工地平台实现了模型轻量化、进度管理、质量安全管理和文档管理等功能，提升施工的效率和质量。平台以 B/S 架构为基础，配置后台管理服务器和模型轻量化服务器，使设计阶段的三维模型能够上传至平台并与业务需求进行关联。研究为基于 BIM 技术的施工过程管控提供了有益的参考，对提高施工管理水平具有重要意义。

2) 物联网技术可以加强项目信息和数据的感知，通过分析帮助项目决策。传感器和设备在施

工现场实时采集环境、工况等相关数据，为项目管理提供精确、全面的信息基础，有力地加强了施工安全管理。这些数据被整合到平台中，能够实时监测施工现场的环境状况和潜在风险。施工人员可以依靠这些数据进行预警和决策，及时采取必要的安全措施，最大程度地保障人员和设备的安全。

3) 利用 BIM 技术的延伸性和拓展性积极开展数字化应用。通过智慧工地平台的建立和物联网技术的应用，提高施工管理效率、加强施工安全管理，并为项目的顺利交付提供有力支持。未来的研究和实践中，可进一步深化 BIM 技术与数字化应用的整合，不断探索新的技术和方法，以推动工程行业向更智能、高效、可持续的方向发展。

## 参考文献：

- [1] 艾绍平, 张奕. LNG 接收站专用码头工程建设工艺[J]. 石化技术, 2016, 23(2): 220, 239.
- [2] 张国权, 廉立虎, 张慈珩. LNG 接收站取水口设计及施工方案设计[J]. 港工技术, 2019, 56(5): 17-20.
- [3] 江伟, 谢华娟. 深圳 LNG 码头应急调峰站取水口设计及施工关键技术分析 [J]. 珠江水运, 2019 (22): 102-104.
- [4] 邓秋楠. BIM+智慧工地在钦州港自动化集装箱码头施工阶段的应用[J]. 水运工程, 2022(10): 223-227.
- [5] 崔冠辰, 艾绍平, 李娇娇, 等. 液化天然气(LNG)码头的 BIM 正向设计[J]. 港工技术, 2022, 59(6): 79-84.
- [6] 邹艳春, 王炜正, 贺军昌. BIM 技术在液化天然气码头工程中的应用[J]. 水运工程, 2017(7): 160-164.
- [7] 李佩琪, 禹春明, 韦春昌, 等. 基于 BIM 和物联网技术的建筑项目智慧工地施工安全管理的研究[J]. 项目管理技术, 2022, 20(6): 48-52.
- [8] 张月. 基于 BIM 技术的高桩码头施工成本控制方法研究[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2018.

(本文编辑 赵娟)