



BIM 技术在自动化集装箱码头设计中的应用

李家华, 杨彪, 许鸿贯, 梁庆

(中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 广东 广州 510290)

摘要: 针对自动化集装箱码头设计中参与专业多、设计精度高、工程周期短以及 BIM 数字化交付要求等问题, 进行了 BIM 技术在项目中的研究和应用。依托钦州 7#~10# 自动化集装箱码头项目, 在设计阶段开展 BIM 技术应用, 对设计方案进行优化; 并基于三维可视化场景和数据结果, 深入探索 BIM 应用价值, 通过三维化的虚拟方式呈现自动化码头的装卸工艺。同时, 结合业主方对项目 BIM 全生命周期的要求, 在设计阶段 BIM 应用过程中考虑了施工阶段应用的分段和编码要求, 推动了 BIM 技术在项目全生命周期中的落地和工程信息的流转。探索了一套行之有效的自动化集装箱码头 BIM 设计应用技术路线和解决方案, 可为 BIM 技术在类似项目中的应用与推广提供实际借鉴。

关键词: BIM 技术; 协同设计; 虚拟仿真; 设计施工一体化

中图分类号: U 652.7

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2022)10-0217-06

Application of BIM technology in design of automated container terminal project

LI Jia-hua, YANG Biao, XU Hong-guan, LIANG Qing

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

Abstract: The design of automated container terminals requires knowledge of various disciplines, high accuracy, short project cycle, and BIM digital delivery. In terms of these problems, this paper utilizes the Qinzhou 7#-10# automated container terminal project to apply the BIM technology in the design stage and optimize the design scheme. Furthermore, based on a three-dimensional visual scene and digital results, the paper deeply explores the application value of BIM and presents the loading and unloading process of the automated terminal by three-dimensional simulation. At the same time, as the owner requires a BIM application in the whole life cycle of the project, the paper takes the segmentation and coding requirements of BIM application in the construction stage into account in the design stage, which promotes the implementation of BIM technology in the whole life cycle of the project and the exchange of engineering information. This paper explores a set of effective technical routes and solutions for BIM design and application in automated container terminals, which can provide a practical reference for the application and promotion of BIM technology in similar projects.

Keywords: BIM technology; collaborative design; virtual simulation; integration of design and construction

建筑信息模型 (Building Information Modeling, BIM) 作为一种创新的技术与生产方式, 是信息化技术在工程行业中的直接应用, 自提出以来已在欧美等发达国家大规模推广及应用, 引发了工程

行业的大变革。当前, BIM 技术已不仅仅局限于建筑工程, 而是在桥梁、铁路、公路、电力设施、港口码头等工程中均有应用^[1]。作为一种全新的理念和技术, 各种类型的工程项目都可以利

用 BIM 找到解决问题的方法^[2]。BIM 技术在码头项目中的应用起步较晚,其软件应用方法、技术路线等最早均参照建筑工程的 BIM 应用体系实施,这得益于建筑工程行业 BIM 技术发展较早,标准化程度也更高。随着近年来数字化技术的快速发展和技术积累,港口类项目的 BIM 应用案例逐渐增多,不同类型的港口项目也在寻找最适合自身特点的 BIM 技术应用路线和解决方案,工程与 BIM 技术的结合愈发成熟。BIM 技术的全面应用必将对水运行业的进步产生无可估量的影响。以 BIM 模型为主要载体的信息表达方式将会发挥重要的信息传递和信息表达作用,并推动水运工程行业的数字化信息化发展^[3]。

相较于常规的码头工程,自动化集装箱码头工程复杂程度更高,涉及总图、水工、航道、自动化装卸工艺、路场、岩土、结构、建筑、电气、给排水等相关专业,对专业间的配合和协同要求较高。传统二维设计技术模式存在信息表述复杂、协同设计困难、数据传输能力差等问题^[4],随着“一带一路”倡议走向世界的同时,凸显了技术和管理水平的不足;且项目的复杂性不断增加,对设计水平的要求越来越高,传统二维设计模式的

局限性不断放大^[5]。使用 BIM 技术可以提高设计效率和质量,将枯燥的设计过程变为真实、生动的视觉体验,在三维模型场景基础上对方案进行设计优化及碰撞检测,有效规避设计风险,提高设计质量^[6]。本文针对钦州 7#~10#泊位项目,结合集装箱码头设计的特点以及业主方对 BIM 实施的要求,为提高项目的工程设计质量和数字化成果价值转换而引入 BIM 技术,在项目的协同、优化和创新上取得了显著成果,建立一套基于设计阶段自动化集装箱码头的 BIM+解决方案,保证设计模型中需共享的数据在设计各环节之间交换和应用,并在协同工作平台上协同工作、共享模型数据,将项目实施过程数据关联起来,以数据为驱动,推进工程建设项目的标准化、精细化、集约化和智能化发展。

1 工程概况

钦州 7#~10#泊位项目位于钦州港大榄坪港区大榄坪南作业区,建设 4 个自动化集装箱泊位,码头可停靠 20 万吨级集装箱船,建设内容主要包括沉箱重力式码头、疏浚工程、水工建筑物、助航工程等,项目模型见图 1。

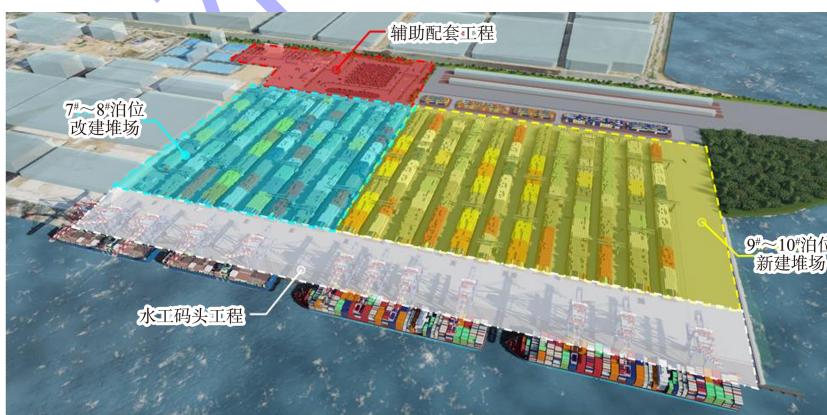


图 1 项目 BIM 模型

2 BIM 组织架构及技术路线

2.1 BIM 组织架构

为确保 BIM 应用的顺利开展及与施工阶段 BIM 应用的整体衔接,根据实际情况建立了整体 BIM 应用组织架构,明确各方职责。根据项目设

计的专业划分,建立了专业齐全、人员经验丰富的 BIM 专业团队,负责具体 BIM 工作实施。由主管总工负责领导审核各项 BIM 工作的开展,明确实施方向。项目经理负责 BIM 具体实施,落实 BIM 工作进度。BIM 团队组织架构见图 2。

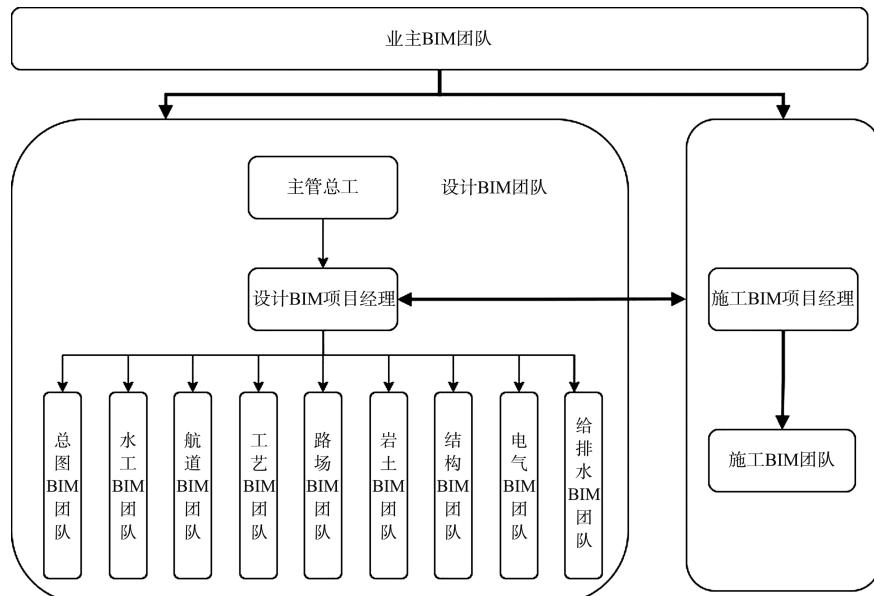


图 2 BIM 团队组织架构

2.2 BIM 应用技术路线

1) BIM 实施前, 根据项目的实施目标、需求和特点, 充分利用 BIM 技术及成果, 结合类似项目的 BIM 应用经验, 对 BIM 应用技术路线进行了整体规划, 制定了项目的实施策略书, 包括建立 BIM 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 BIM 工作顺利开展、实现预期目标。各专业利用各自 BIM 软件进行模型建立和成果表达等设计工作, 采用云

协同平台, 各专业将设计成果无缝上传到云端服务器, 实现数据的同步共享, 保证数据安全和协同数据链完整。

2) 项目进行过程中, 为响应施工阶段 BIM 应用的需求, 确保设计阶段 BIM 模型的信息在施工阶段进行有效传递, 根据指定的 BIM 建模标准对模型进行分区分块分层, 并按施工要求进行编码, 整体技术路线见图 3。

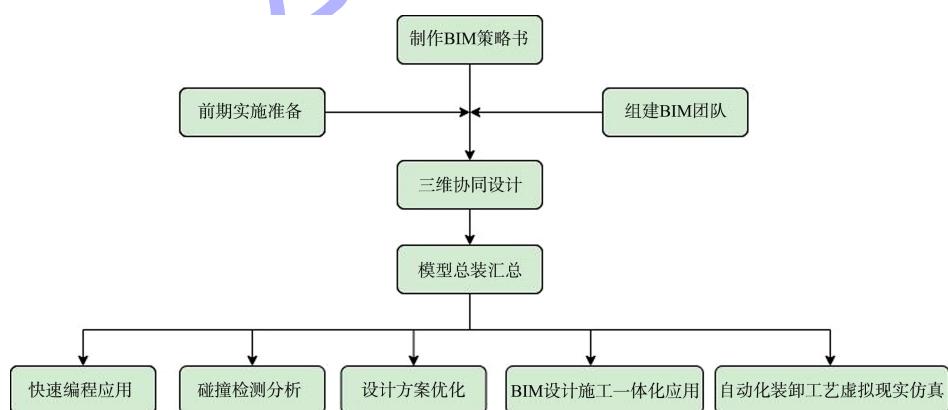


图 3 BIM 技术实施路线

3 BIM 技术应用

3.1 BIM 协同设计

基于协同平台进行多专业协同建模, 通过软件附加程序接口实现与总装平台的数据检入和检出, 对协同平台的模型文件管理及人员权限进行

设定, 保证模型数据的安全性。多专业多人员同时在平台上进行操作, 通过专业间模型的汇总, 实时链接反馈, 查看模型进度及完成情况, 并可在总装模型中标注、反馈问题, 提高协作效率, 增加专业沟通。利用总装软件直接从协同平台参

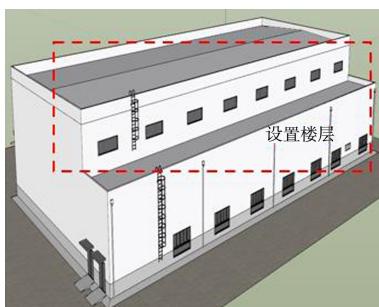
照模型文件进行总装，保证各专业模型与总装模型的动态关联性，模型同步更新。支持版本追踪，可以查看、打开或者链接不同版本的模型，保障数据的可追溯性。

3.2 设计方案优化

BIM 是工程三维数字化的有效信息载体，也是各参与方之间沟通交流的桥梁。通过多专业的模型整合，有效规避设计风险，减少施工过程中相关变更，快速获知不同变更方案对成本的影响，提高变更决策效率。在 BIM 设计的过程中，各专业之间可以在三维可视化场景中进行多专业讨论，所有交叉专业均可链接至同地场景，自由剖切漫游，多角度查看设计方案。同时，利用 BIM 模型参数化特点还可以快速调整方案，实时刷新成果，进行多方案比对，对不合理处直接进行标记和调整，形成会议纪要，方便后续进一步优化方案，极大减少施工过程中潜在的延误和危险，明确设计责任，有效提升沟通效率和决策质量。智能导引运输车(IGV)维修车间方案优化见图 4。



a) 优化前



b) 优化后

图 4 IGV 维修车间方案优化

3.3 碰撞检测

BIM 技术的应用能够为项目设计带来显著的

质量提升，特别是在自动化集装箱码头设计中，为了不影响地面流动装卸设备作业，室外管线通常采用埋地敷设的方式，管线错综复杂，且集装箱码头工程中的构筑物结构形式较多，构筑物基础容易与管线相碰。通过对室外管线模型以及构筑物模型进行总装碰撞检测，可以在设计过程中消除不协调的问题，大幅减少施工过程中的设计变更。基于协同平台进行协同关联，各专业互相参照链接，所有专业模型可实时汇总，在总装软件中进行碰撞检测，查看交叉情况，减少碰撞的可能性，发现问题后进行高亮标注，召集专业协调，极大程度降低施工风险，保障项目的安全。自动化集装箱码头项目各专业间交叉严重，尤其是堆场区室外管线部分，部分区域需考虑自动化小车定位设备的埋设，经初步碰撞检测分析后共发现 324 处影响较大的碰撞点，碰撞检测见图 5。通过在设计阶段进行各专业间的碰撞检测，可有效解决错漏碰问题，防止施工阶段的设计反复，提高设计和施工效率。

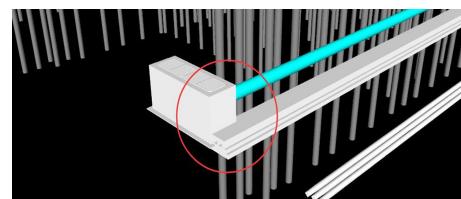


图 5 各专业碰撞检测

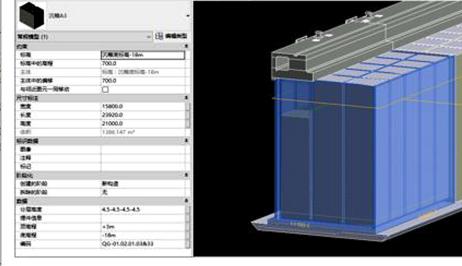
3.4 BIM 设计施工一体化应用

BIM 全过程应用包括设计和施工 2 个阶段，但是两者往往各自完成相应的 BIM 应用，2 条线并行，导致设计方提供的 BIM 模型对于施工方没有使用价值或使用价值较低，无法满足施工方的使用需求。为实现 BIM 技术在设计与施工阶段的一体化应用，打通不同阶段模型构件间的数据联通，在设计阶段提前考虑了施工方对 BIM 模型的需求，特别是在模型构件编码、模型属性信息及模型颗粒度方面。结合施工单位的编码和分段规定，在设计阶段对 BIM 模型进行了合理的编码、分段和属性附加，如现浇胸墙编码为 XQ-XX-1[#]-01，分别代表了胸墙所在位置及分项工程编号，方便

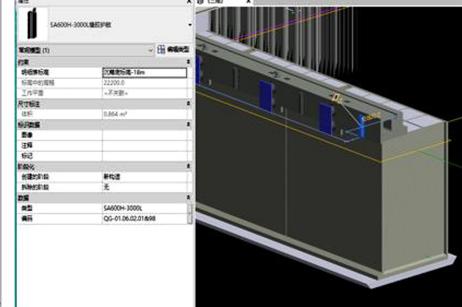
施工单位进行统一管理和工程量统计, 同时也方便施工单位基于模型的最小划分单元开展施工进度、费用管控等施工阶段的 BIM 延伸应用, 提高

了模型在施工阶段的数据利用率, 消除了设计、施工脱节的状况。BIM 设计施工一体化应用见图 6。

钦州项目BIM模型编码及模型信息						
序号	模型编码	模型名称	模型格式	模型信息	备注	编码说明
1	JC-00-1#-1	基床	rfa (2018)	几何信息 长度 宽度 厚度 顶高程 底高程 基床础石基平夯实共分6个区段, 编号分别为1#-6# 夯实垫层面积 体积 编码 材质 技术要求	JC-00-1#-1	厚度 区域/部位 空 构件名称
2	CX-A1-1#-C1	沉箱	rfa (2018)	几何信息 长度 宽度 高度 分层高度 前后趾尺寸 盖板尺寸 沉箱采用参数化建模, 模型应根据施工分层建立。本工程沉箱共分5层施工, 第一层高度3m, 第二层至第五层高度为4.5m 舱格尺寸 侧角尺寸 顶高程 底高程 体积 编码 材质 含盐率 焊件信息	CX-A1-1#-C1	分层 区域/部位 结构形式 构件名称



3D model of foundation structure with callouts for thickness, area, and empty space.



3D model of caisson with callouts for layering, area, and structure type.

图 6 BIM 设计施工一体化应用

3.5 自动化装卸工艺虚拟现实仿真

该 U 形自动化集装箱码头建设方案的特点是交通分离、交互简洁、直进直出, 技术领先。针对码头装卸工艺及平面布置的特点, 基于 BIM 模型成果, 利用虚拟现实技术、轻量化图形技术及游戏开发引擎技术等对自动化集装箱码头的整体装卸工艺进行数字化还原, 设计模块包括自动化

集装箱码头自由漫游、自动化双小车岸边起重机装卸船、堆场区装卸工艺及进出闸口模拟, 实现了虚拟化场景中自动化装卸工艺的沉浸式体验, 不仅能够在虚拟的自动化港口中自如穿梭, 还可以动态查看从船舶靠岸到集装箱出运的完整自动化装卸工艺流程, 充分展示码头自动化、无人化、智慧化的特点, 见图 7。



图 7 自动化装卸工艺虚拟现实仿真

3.6 快速编程应用

鉴于 BIM 软件应用过程中存在工程量导出格

式的问题, 结合快速编程软件对软件进行定制化开发, 见图 8。自动分析待提取工程量的三维模型

的体积、名称和数量, 为该模型创建序号, 对提取出的数据排序、处理并加上相应的表头, 最后将整理好的数据导入到指定的 Excel 表格中。该方

法可实现工程量标准格式的快速提取和分析, 减少二次修改的工作量, 提升了 BIM 软件应用过程中的便利性和可行性。

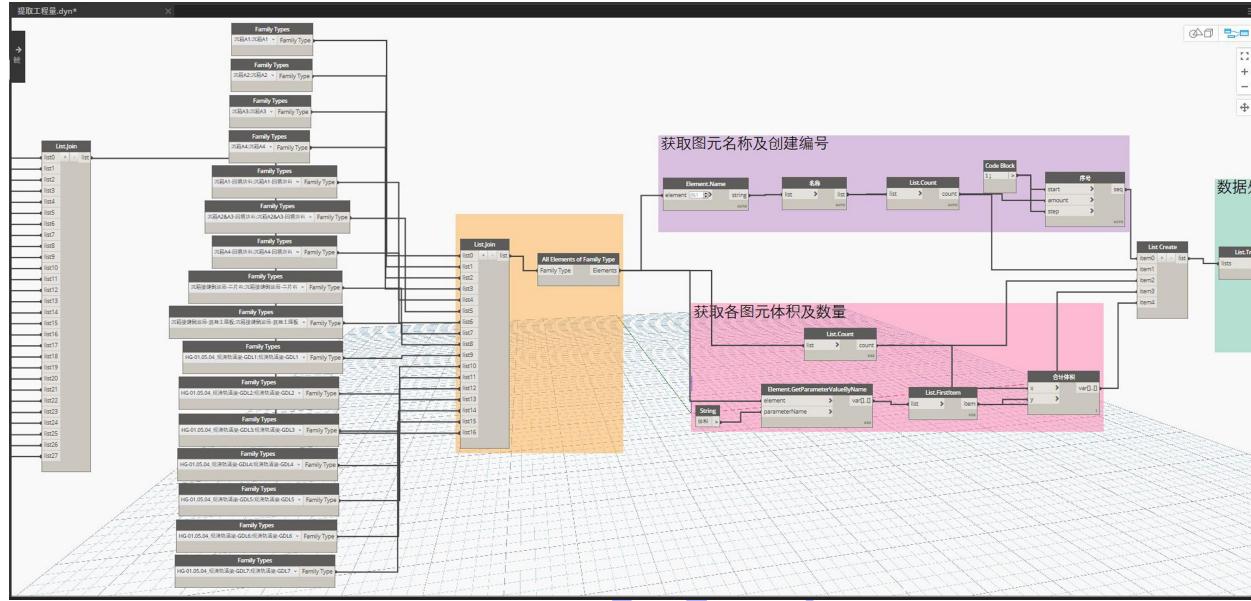


图 8 快速编程应用

4 结语

1) BIM 协同设计是提升项目设计质量的重要工具, 在设计过程中, 通过搭建云端协同平台可以将各专业的设计三维成果进行汇总查看, 基于可视化环境对设计方案进行优化, 通过碰撞分析发现错漏碰等问题, 及时解决设计问题, 也可以减少施工过程中因设计出现的问题。

2) 在项目实施前, 应组建相关的 BIM 组织架构, 明确各方职责, 确定 BIM 技术在项目中的应用点, 明确设计施工衔接方法, 确定模型的精细化, 制定项目 BIM 实施技术路线, 包括人才的培养、制度的建立等, 提前做好充足准备, 确保项目的有效推动。

3) 利用 BIM 技术的延伸性和拓展性, 积极开展数字化应用。BIM 代表的不仅是单纯的三维模型, 其潜在价值还在于三维模型的延伸应用。常规工程项目无法针对项目本身开展深入的应用, 而 BIM 的出现可以有效提升项目的价值。利用

BIM 成果开展多项拓展应用, 在提高设计效率的同时, 实现了项目价值的提升, 以数据为驱动, 推进工程建设项目的标准化、精细化、集约化和智能化发展。

参考文献:

- [1] 胡令.BIM 技术在洋山四期水工码头中的应用[J].水运工程, 2020(11): 151-154.
- [2] 何清华, 钱丽丽, 段运峰, 等.BIM 在国内外应用的现状及障碍研究[J].工程管理学报, 2012, 26(1): 12-16.
- [3] 武婕, 吴国松.关于 BIM 对促进水运行业发展的进一步思考[J].中国水运(下半月), 2014, 14(6): 80-81, 232.
- [4] 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.
- [5] 陆晶晶, 徐俊, 刘社豪, 等.BIM 技术在大型集装箱码头工程设计中的应用[J].水运工程, 2018(6): 36-39, 45.
- [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.

(本文编辑 王传瑜)