

Research on the Reengineering of the Mechanical Integration Installation Process of Chemical Plants Based on BIM Technology

Kui Yang

China Chemical Engineering Sixth Construction Co., Ltd., Xiangyang, Hubei, 441000, China

Abstract

With the continuous advancement of intelligent manufacturing and informatization construction, the installation process of traditional chemical plants is confronted with problems such as low efficiency, fragmented information, and difficult collaboration. BIM (Building Information Modeling) technology, as an important means of engineering information integration and collaborative management, has achieved remarkable results in fields such as architecture and municipal works. However, its in-depth application in the mechanical integration installation process of chemical plants is still in its infancy. This paper takes BIM technology as the core tool, systematically analyzes the bottlenecks existing in the current installation process of chemical plants, combines engineering practical experience, proposes a model-driven information sharing mechanism, and constructs a visual, collaborative and modular installation process reengineering path throughout the process. Research shows that BIM technology has significant advantages in improving the installation accuracy of facilities, optimizing resource allocation, reducing collaborative costs, and strengthening quality control. It is expected to become an important technical support for promoting the transformation of the construction management model of chemical equipment.

Keywords

BIM technology; chemical plant; mechanical integration; installation process; process reengineering; information integration; engineering management

基于 BIM 技术的化工装置机械一体化安装流程再造研究

杨魁

中国化学工程第六建设有限公司, 中国·湖北 襄阳 441000

摘要

随着智能制造和信息化建设的持续推进,传统化工装置安装流程面临效率低、信息割裂、协同困难等问题。BIM (Building Information Modeling) 技术作为工程信息集成与协同管理的重要手段,在建筑、市政等领域取得显著成效,但其在化工装置机械一体化安装过程中的深度应用仍处于起步阶段。本文以BIM技术为核心工具,系统分析了当前化工装置安装流程存在的瓶颈,结合工程实践经验,提出了以模型为驱动的信息共享机制,构建全过程可视化、协同化、模块化的安装流程再造路径。研究表明,BIM技术在提升装置安装精度、优化资源配置、降低协同成本、强化质量控制等方面具有显著优势,有望成为推动化工装备建设管理模式变革的重要技术支持。

关键词

BIM技术; 化工装置; 机械一体化; 安装流程; 流程再造; 信息集成; 工程管理

1 引言

在工业现代化的持续演进中,化工工程作为高风险、高复杂度的工业系统,其建设管理与运维水平直接影响国家能源安全与产业链稳定。机械设备安装作为化工工程中的核心环节,面临施工周期紧、安装精度高、协同要求强等多重挑战。传统安装流程依赖二维图纸,信息更新滞后,施工误差频发,返工率居高不下,成为制约工程效率与质量的关键因素。在此背景下,信息化、数字化技术的引入显得尤为

迫切。

BIM 技术作为多维数据集成平台,通过三维建模、信息融合、进度管理等手段,实现了建筑全生命周期的信息互通与协同作业,为传统工程管理注入了新的活力。尽管 BIM 已在土建和市政领域广泛推广,但在面向高复杂度、连续性强、专业性突出的化工装置安装场景中,其推广仍面临工程特性不匹配、数据标准缺失、施工接口复杂等现实问题。因此,本文以“流程再造”为核心思想,探讨如何在化工装置机械一体化安装过程中系统嵌入 BIM 技术,重构工程协作体系与信息流程,推动化工建设领域的数字化转型。

【作者简介】杨魁(1986-),男,中国山西临汾人,本科,工程师,从事机械制造与自动化研究。

2 BIM技术在工程安装管理中的理论基础与发展现状

2.1 BIM技术的基本内涵与应用特征

BIM技术本质上是一种以构件信息为核心的数据驱动型三维建模方法，它在施工管理中不仅表现为三维空间的可视化，更重要的是在模型中集成了构件的几何、物理、时间、成本等多维属性，实现数据在设计、采购、施工、运维等各环节的无缝对接。其核心价值体现在：一是信息共享性强，各参与方可在统一平台协作；二是仿真模拟能力强^[1]，能提前预判施工冲突与资源冲突；三是全生命周期管理，支持从设计到运维的持续优化。

在建设项目中，BIM不仅是一种工具，更是工程组织方式的改变，它改变了传统串行工作的模式，实现了各专业并行协作的可能。对于工程实施而言，BIM为工序优化、进度控制、质量监管提供了量化支持，极大提升了项目精细化管理水平。

2.2 国内外BIM技术发展态势与应用瓶颈

从全球视角来看，欧美国家在BIM技术应用方面起步较早，形成了较为成熟的标准体系与工程实践机制。美、英等国将BIM纳入建筑政策法规体系，广泛应用于大型工程建设。我国自“十三五”以来大力推进BIM推广应用^[2]，交通、市政、公共建筑等领域率先实现规模化落地。

然而，BIM在化工工程中的推广相对缓慢。一方面，由于化工装置系统构成复杂、专业分工精细，BIM模型构建难度大；另一方面，缺乏统一的数据标准和接口规范，使BIM平台难以与原有工程管理系统深度融合。此外，项目参与方对BIM认知不足、技术人才储备匮乏等问题，也制约了其在安装流程中的深化应用。

2.3 化工装置安装特点对BIM应用提出的新要求

化工装置安装工程具有单体构件复杂、安装精度要求高、协同环节多等特征，其施工环境往往存在交叉作业、非线性流程与高风险操作。传统安装方式依赖纸质图纸与人工协调，难以支撑多工种协同施工的需求^[3]。

在此背景下，BIM技术不仅要满足图形可视化需求，更应提升专业模型精度、支持多专业参数联动、适配机械设备布置与动态施工过程模拟。因此，化工领域的BIM应用必须跳出传统建筑模型的范畴，结合行业特点开展流程重构与系统定制，以保障其在高精密、高安全要求环境下的落地性与适应性。

3 传统化工装置机械安装流程存在的主要问题

3.1 信息割裂，设计与施工脱节严重

在传统施工体系中，设计单位提供二维施工图纸后便基本退出现场，施工单位需自行理解图纸意图并开展施工计划。这种“设计—施工”脱节模式，导致信息传递不完整，图纸理解偏差频发，尤其在复杂设备布局 and 异形管线安装

中，容易因空间冲突引发返工。此外，设计变更无法实时反馈至施工现场，造成进度滞后、资源浪费等问题^[4]。

3.2 资源调配效率低，协同作业能力弱

化工装置安装涉及多个专业工种及大型机械设备，其安装路径、施工顺序与资源布置高度依赖前期规划与动态调整。传统流程中，施工组织多依赖人工经验进行资源调度，缺乏有效的信息交互平台，导致各工种衔接松散、施工冲突频发。在关键节点作业中，协同失效往往成为进度延误与安全事故的重要诱因。

3.3 施工过程不可视，质量控制难度大

传统安装过程中，施工过程的质量依赖人工检查与经验判断，缺乏精细化控制手段。由于施工节点无法动态追溯，质量问题往往在完工后才被发现，修复代价高昂，影响工期与成本。同时，设备安装精度要求较高，传统手段难以实现预先定位与空间校核，导致安装误差频繁发生，影响装置运行稳定性。

4 基于BIM的化工装置安装流程重构思路与路径

4.1 构建基于BIM的协同设计与动态交底机制

在传统化工装置建设中，设计图纸的多样化与二维信息的不完整性常常导致施工现场理解偏差大、工程返工率高、设计意图难以还原等问题。BIM平台通过三维模型整合土建、结构、机电、给排水、设备布置等多专业模型，能够有效提升各参与方之间的信息透明度，避免重复建模与信息孤岛现象的出现。通过可视化模型，参与者能提前识别构件冲突、空间重叠、尺寸不符等问题，推动设计阶段就解决潜在施工障碍，为安装环节提前预留空间与顺序。此外，在实际交底环节，传统的纸质图纸交底难以准确传达复杂安装节点的三维空间关系，而基于BIM模型的可视化交底方式使得施工人员可通过模型旋转、分解、剖切等方式清晰把握各构件间的相对位置和安装先后顺序，减少对经验的依赖，提高技术交底的效率和精准度^[5]。

进一步而言，动态交底不仅限于初始阶段。通过定期更新模型状态与施工进度信息，项目团队可实现施工过程中交底内容的动态修正与实时响应，确保设计变更及时同步至现场执行层面，避免信息滞后导致施工误差。模型平台也便于多层级、多部门的数据共享与实时评论，提升跨岗位协同效率，为化工装置复杂的安装流程提供一套更加敏捷、高效的信息支持系统。

4.2 推动施工全过程数字化模拟与资源调度优化

化工装置安装流程往往涉及管道、电气、仪控、设备基础等多专业协同作业，施工现场空间狭小，作业交叉频繁，任何细节上的规划失误都可能引发连锁性的施工冲突与安全隐患。因此，有效的资源调度与流程控制至关重要。基于BIM构建的“4D模型”能够在三维模型基础上叠加时间维度，

结合施工计划形成动态进度模拟图,准确反映施工路径、构件安装先后及资源投入节奏。该模型可进行关键路径分析、工序冲突检测、时间压缩测试等,从而支持多方案对比与科学决策。

在设备吊装、重型运输、模块对接等关键环节,BIM模型可预设吊装作业的吊点选择、旋转路径、避让区域等参数,进行全过程模拟演练,及时发现潜在风险。例如在塔器、反应釜等大型设备吊装中,利用BIM进行可视化模拟可避免现场试吊失败造成的工期拖延与设备损伤。

4.3 实现安装质量可视化管控与全生命周期追溯

化工装置作为运行风险高、管理要求严的工业设施,对安装质量与设备完整性有极高要求。基于BIM的质量管理体系通过构件级属性信息的集成,为每一个构件赋予唯一编码,使之成为贯穿施工全过程的“信息身份证”。从设计出图、构件采购、运输验收、安装定位、质检报告到投运验收,每一个环节都可被数字化记录并挂接至BIM模型中,形成一套完整的“构件履历链”。该信息链既可用于施工过程的实时检查,也可在后续运维阶段提供精准数据支持。

在施工现场,施工人员可借助PDA、平板或手机等智能终端,扫描构件二维码或RFID标签,调取模型中对应构件的图纸信息、安装说明、质检标准,实现施工过程的标准化管理。安装完成后,通过照片、视频、报验记录等数据上传至平台,形成图文并茂的质量档案。监管人员可在模型上实时查看施工进度与质量状态,发现质量隐患时通过模型标记与远程协同实现即时反馈与整改闭环。

5 基于BIM的化工装置安装流程再造实施建议

5.1 制定行业标准,建立专业化建模规范

BIM在化工领域的推广亟需统一的行业标准体系作为支撑。目前,不同项目单位在模型构建逻辑、构件命名、参数字段、信息层级等方面存在较大差异,影响了模型的通用性和数据的互操作性。为此,应由行业主管部门牵头,结合化工装置的特点,制定适用于反应器、换热器、泵类、管道系统等专业构件的BIM构件族库标准,明确构件属性项(如材质、规格、接口类型、出厂编码等)与建模精度等级。

5.2 加强技术培训与组织机制保障

BIM技术的落地实施离不开复合型人才与科学的组织架构支撑。化工企业应将BIM能力纳入人力资源建设战略,系统规划技术人员的能力结构与成长路径。针对设计院、施

工单位、监理单位、一线班组等不同岗位,应开展分层分类的BIM培训课程,提升员工对模型构建、参数管理、流程协同、平台操作等能力的掌握程度。高素质BIM人才的培养还应结合高校产教融合,鼓励行业与高校共建实训基地、研究中心,实现专业人才的储备前置。

6 BIM赋能流程重构,推动化工装置安装迈向智能化

随着我国化工工程建设面临从传统粗放型向智能化、绿色化、精益化转型的历史机遇,安装管理作为项目实施的关键节点,亟待流程变革与技术创新的驱动。BIM技术通过构建信息统一模型,实现了从设计逻辑到施工组织再到运营维护的信息贯通,为化工装置机械一体化安装流程的再造提供了可操作、量化的解决路径。其所具备的可视化设计、动态协调、智能监控与全生命周期管理等优势,能够显著提升施工质量、效率与安全水平,推动化工企业从“项目驱动”向“数据驱动”管理模式的转变。

本文系统分析了传统安装流程中存在的信息割裂、协同效率低、质量追溯难等问题,提出以BIM平台为基础,通过协同设计、4D施工模拟、智能质检、数据共享等手段,全面重构安装流程。在实施策略上,文章强调标准建设、组织机制与人才体系的重要性,为流程重构的实践落地提供了方法支撑。未来,随着BIM与物联网、大数据、云计算等技术的深度融合,化工行业有望构建起集设计、施工、运维于一体的“数字孪生工厂”体系,实现装置建设的智能化管理与精准化控制,开辟高质量发展的新路径。

参考文献

- [1] 苏玲.基于BIM的数字化电厂全生命周期信息管理研究[D].华北电力大学(北京),2016.
- [2] 惠琍琍.基于BIM技术的信息化工程全生命周期管理[D].南昌大学,2019.
- [3] 张宇.基于BIM与物联网的大型酒店运维管理研究[D].中国矿业大学,2020.
- [4] 张述涛,洪班儿.BIM及数字化技术在机场改扩建EPC工程中的应用[J].土木工程信息技术,2021,13(06):44-50.
- [5] 陈樟茂.基于BIM与物联网的建筑全生命周期协同管理机制研究[C]//重庆市大数据和人工智能产业协会.人工智能与经济工程发展学术研讨会论文集(二).青田起步科技有限责任公司,2025:131-134.