

浅谈石化工程项目数字化移交发展前景

陈春丽（四川省天宇锐集团有限公司，四川 成都 610041）

摘要：随着石油化工有限公司行业信息化的不断推进，项目交付方式正逐渐从传统的纸质文件转向数字化移交。这一转变已成为国内外石化企业项目管理的主要趋势。数字化移交通过整合设计、采购、施工、调试和运维等工程全生命周期各阶段的数据，构建了数字化工厂，实现了生产运营的数字化、模型化、可视化与集成化管理，进而提升企业的生产效率、安全保障、应急处理及风险管理能力，并优化决策流程。本文结合四川达美盛工程设计有限公司的实际项目经验，探讨了数字化移交的概念、技术要求、内容、平台应用及其未来发展前景。

关键词：数字化移交；三维建模；移交平台；关联关系；发展前景

0 前言

石化工程项目建设任务重、工期紧、采购管理复杂，需协调多方，且安装施工精度高。各阶段需移交大量数据，如图纸、设备参数、文档记录等，但多以纸质方式移交，导致数据分散，无法满足集约化、标准化管理需求。随着炼化技术的发展，石化企业面临人员不足和安全环保等多重挑战。数字化移交系统可以通过整合全生命周期的数据，实现设计、采购、施工、运维一体化管理，解决信息孤岛问题，提升数据获取效率，降低沟通成本。国外企业如福陆（FLUOR）和壳牌（SHELL）已有丰富经验，国内企业近年来也在逐步探索并取得进展。2018 年国家颁布的《石油化工程数字化交付标准》，为石油化工程行业的数字化建设提供了有力保障。

1 数字化移交的定义

数字化移交的概念源自 2018 年 9 月发布的《石油化工程数字化交付标准》，其核心思想是围绕工厂对象，将工程项目各阶段产生的静态信息以数字化形式完成移交。这个过程包括信息交付策略的制定、基础框架的建立、方案的设计与信息整合、校验以及最后的移交和验收工作。相较于传统的交付方式，数字化移交是一种全新的工程资料交付方式。在传统方式下，各专业生成的图纸或文件（包括三维模型）各自为政，数据一致性难以保证。而通过“数字化移交平台”，以工厂对象为中心，设计、采购、施工等阶段的工程数据、文档和三维模型可以有效关联，形成一个完整的数字化工厂模型。这种方法为智能工厂的建设奠定了基础。工厂对象的位号作为关键连接点，将各种数据、文档及三维模型紧密关联，实现了工程信息的快速检索、查看和分析，形成了一个完整、精确的工程信息库。这不仅为工厂运维提供了便捷和准

确的信息支持，还促进了全生命周期的信息化管理和运维优化。

2 数字化移交内容

数字化移交内容包括：项目设计、采购、施工、试车、运营各阶段产生的模型、资料文档和工厂对象属性等信息，以及工厂对象与资料文档的关联关系。包括但不限于以下内容：

①智能 P&ID 数据库及图纸；②三维数据库及模型；③二三维校验报告；④设计相关文档；⑤数字质量检查报告；⑥智能仪表设计文件；⑦工厂对象属性；⑧采购设备材料的交工资料；⑨施工的验收报告和检验报告等资料文档。

3 移交规范和数据标准

为确保各单位产生的数据移交与物理工厂一致，需遵循以下流程：首先，编制统一的交付管理规定，涵盖主体装置、设备、仪表、建构筑物的编码标准，以及设备清单、图纸、文件和材料清单的合规性要求。各责任单位按照规定提交交付资料，软件承包商负责集成处理和质量审核，最终通过数据处理工具将准确无误的数据发布至数字交付工程库。

数字化设计是数字化移交的核心数据来源，主要涵盖工程资料整理、智能 P&ID 图纸绘制、工程数据库创建以及工厂三维建模等内容。该设计过程主要通过北京达美盛软件公司的 Handover 平台模块进行实施，所用软件包括 AutoCAD P&ID、PDMS 和 eZwalker 等工具。项目采用统一的集成平台来实现与各类专业设计软件和工具的无缝衔接，从而确保数据在不同软件间的传输与接收顺畅。通过集成平台，应用软件能够共享和交换数据，并将这些数据发布至统一管理的数据库，供其他软件和专业进行数据接收与调用。此平台支持高效的数据版本控制，确保设计数据和文件

的可追溯性。此外,进入系统的数据会经过有效性检验和确认,智能 P&ID 与三维模型的二三维校验功能能够进一步确保数据的一致性和准确性,进而为高质量的设计交付提供技术与管理保障。智能 P&ID 通过对对象位号将所有数据信息保存在图纸和数据库中,确保各阶段的数据智能传递。三维建模过程中,采用 PDMS、SmartPlant 3D 等软件,根据 P&ID 或激光扫描数据建立模型,确保元件与设备信息的独立性与完整性。

智能仪表设计 SPI 主要用于仪表基础设计、详细设计和系统组态。为保证相关信息正确的配置到对应的仪表上,仪表的所有属性按照统一的规则命名并且完整输入到数据库中,有助于 P&ID、三维模型和仪表设计之间的数据一致性和准确性检验。二三维数据的检查管是检验设计质量的一项重要工作任务,三维模型依据 P & ID 都完成审核之后,三维模型会自动继承 P&ID 的相关属性,平台软件可通过规则自动进行二维 P&ID 与三维模型之间的关联,进行数据的校验,最终以表格的形式输出不一致项,检查二三维数据的不一致性(校验报告),并根据检查结果,修改和完善相应的二维或三维数据,保证交付数据的一致性,提升交付成果质量。

4 交付平台技术要求

数字化交付平台作为核心基础,必须具备高度的安全性、可靠性和稳定性,同时确保操作简便、易于维护、并具有良好的扩展性。此外,平台需具备强大的兼容性和集成能力,以确保各建设环节的数据能够高效流转与共享。通过这一平台,不仅可以为工厂的大数据分析与大数据管理提供有力支持,还能够助力数字化工厂的构建和运营,并不断提升数据资产的利用价值^[2]。

4.1 功能要求

三维数字化工厂集成管理平台需要提供贴近现实的三维对象图形,通过对现有三维模型进行处理和渲染,实现建筑、环境等细节的材质、光照效果,支持场景漫游,增强用户体验。设备和管网的可视化管理是工厂运维的核心,通过三维模型与基础信息的关联,用户可以查看设备或管网的名称、类型、所属区域、参数等信息,并进行及时维护。

平台还需支持设备和管网的快速查询与定位,允许用户通过模糊查询获取完整信息,快速定位并高亮显示相关三维模型,帮助运维人员高效处理故障,提升安全生产效率。平台应具备多种接口,以便集成来

自不同三维设计软件生成的模型和数据,如 PDMS、SP3D、CADWorx 等,还要支持智能 P&ID 图纸的集成,并能够接收 DWG、DOCX、PDF 等多种格式的图纸和文件^[3]。

4.2 系统稳定性

系统应支持大数据扩展,兼容主流关系型数据库(如 Oracle、MySQL、MS SQLServer)和非关系型数据库(如 MONGODB),确保在数据量增大和并发增加时,数据库性能稳定。系统应具备灵活的配置能力,能够快速适应用户需求的变化,减少代码开发,确保不影响生产进度的情况下完成迭代和部署。安装方便,支持服务器更换时的快速恢复。系统应具备智能化特性,提出针对设计行业的高效解决方案,减少管理者和设计者的工作量,自动完成重复性任务。满足企业对模型加载、数据查询、展示的快速响应要求,确保场景浏览流畅。具备三维模型、文档和数据的自动检索与关联机制,适应主流配置计算机的运行环境^[4]。

4.3 安全性

4.3.1 角色管理

系统对各级用户分配不同角色,用户根据角色对系统进行相应管理和操作。

4.3.2 权限管理

系统要根据不同用户、不同角色,进行相应的权限限制和管理。

4.3.3 访问日志管理

对用户登录、操作等活动要有日志纪录。

4.3.4 数据传输安全

保证数据在传输过程不丢失、不被篡改、不被破坏。

4.4 国内外主流三维数字化移交平台使用情况

北京达美盛的 Handover 通过接口将 PDMS、PDS、Smart Plant 等三维建模软件的数据导入 eZwalker,实现三维数字化移交。英国 AVEVA 公司的 AVEVA.NET 平台整合了工程文档和数据,支持数字化工厂的实现。美国 Intergraph 公司的 Smartplant Foundation 则提供面向数据和规则驱动的工厂设计软件系统,简化设计过程,并支持整个工厂生命周期的维护。北京睿呈时代的睿-Plant 平台则通过将各种工艺数据集成到统一场景中,实现生产过程的可视化管理。各公司在不同领域具备各自的优势,本文项目则通过 PDMS 建模并利用北京达美盛平台完成数字化移交设计。

5 利用数字化成果展开对未来运维模式的探索

随着数字化技术的发展,石化工程项目的数字化

移交为未来工厂运营和维护提供了新的机遇。数字化手段不仅提升了管理效率,还为设备运行的安全性与可靠性提供了保障。未来的数字化工厂将在数据高效交付的基础上,利用数字技术创新工厂的运维模式。以下将探讨数字化在设备监测、安全管控、应急管理、培训、检修和吊装模拟中的应用。

5.1 设备运行监测

传统设备监测依赖现场巡检,效率较低且存在监控盲区。通过数字化移交,设备的参数和运行状态能够实时监控。三维场景技术可视化设备信息,包括温度、压力、流量及振动等参数。结合历史数据和实时监测,技术人员可提前发现潜在问题并采取维护措施。三维模型还可帮助快速定位设备,缩短故障处理时间,提高运行效率和安全性^[5]。

5.2 安全风险管控

数字化技术为工厂安全风险管控提供了精确的工具。通过三维场景展示危险源的分布,管理人员能迅速识别高风险区域,并结合实时数据预测潜在风险。数字化还可以集成环保监测点的信息,确保管理人员及时了解环境数据变化,制定更准确的风险应对策略。这一方式不仅提升了安全管理的效率,还减少了人为误差。

5.3 辅助应急管理

传统应急管理反应较慢,依赖经验判断。通过数字化手段,工厂可以模拟事故场景,预测事故发展趋势,从而为应急决策提供依据。三维场景技术可以快速定位事故区域,并调取相关监控视频,帮助管理者及时应对。此外,应急资源的分布和状态也能通过三维场景查询,确保应急响应的高效执行,提升事故处理的准确性。

5.4 辅助培训

传统工厂运维培训耗时长且效率低。通过三维可视化技术,员工可以直观了解设备布局和工艺流程。结合智能 P&ID 系统,运维人员能够快速定位设备,查阅相关信息。这种培训方式不仅提升了学习效率,还减少了实际操作中的风险。此外,虚拟仿真技术可以提供真实操作的模拟体验,进一步增强培训效果。

5.5 检修方案模拟

检修工作通常依赖现场勘查和图纸查阅,耗时较长。通过三维场景,技术人员可以在虚拟环境中提前模拟检修方案,减少现场勘查时间,提升方案的可行性。三维模拟还为方案审核提供了直观工具,确保检

修流程合理高效,降低了风险,提高了工作效率。

5.6 吊装方案模拟

吊装作业风险较高,数字化技术可以通过三维模拟吊装过程,帮助确定最优吊装路径,并进行碰撞检测,确保安全性。技术人员可以在虚拟场景中选择吊装设备、设定参数,并生成可视化效果,确保吊装作业安全合理。此外,三维模拟还能全面检查吊装方案中的潜在问题,避免实际操作中的风险。

总之,数字化移交为未来石化工厂的运维模式提供了广泛的应用前景。通过实时监控、安全管理、应急响应等各方面的优化,工厂能够更加高效、安全地运行。数字化移交将成为推动石化行业智能化发展的重要工具,助力未来工厂的高效管理与创新。

6 未来前景展望

数字化移交为石化工程项目及工厂的建设、运营和维护提供了重要的技术支持,极大推动了工厂管理的现代化转型。通过整合工程全生命周期的数据,数字化交付构建了统一的工程信息库,有效解决了信息孤岛和数据分散问题,提升了数据的可追溯性与利用效率。这不仅提高了项目管理效率,还为设备管理、生产运营和安全监控提供了技术保障。

展望未来,随着数字化技术的进一步发展,石化行业将加速迈向数字化、信息化和智能化。数字化移交为智能化工厂的建设奠定了基础,工厂将能够更好地利用数据优化决策和提升运营效率。在《中国制造2025》和工业 4.0 战略的推动下,数字化转型将为制造业的智能化发展提供新的动力。石化企业通过不断应用数字化技术,逐步革新管理模式,提升竞争力。数字化移交不仅是技术进步,更是企业管理理念的创新。通过不断提升数据管理能力,石化企业将更好应对未来的生产和运营挑战。

参考文献:

- [1] 梁银蝉. 浅谈在煤化工工厂建设中三维数字化移交的设计与应用 [J]. 山东化工, 2019, 48(04): 120-122.
- [2] 伍友武, 张珂. 石化工程项目数字化交付浅析 [J]. 石油化工建设, 2020, 42(03): 6-10.
- [3] 徐晓晔. 三维数字化移交技术在化工工程设计中的应用探究 [J]. 工程建设与设计, 2020(24): 240-241.
- [4] 崔宁. 化工工程设计的三维数字化移交技术应用 [J]. 山东化工, 2019, 48(11): 66-67.
- [5] 古继国. 三维数字化移交技术在化工工程设计中的应用探究 [J]. 当代化工研究, 2019(01): 43-44.