

石化工程项目的数字化交付

数字化建设已成为企业提升管理水平和竞争力的重要手段——本文介绍了石化企业数字化建设的主要工作任务，详细阐述了石化工程项目数字化交付的内容、标准和工作要求，重点介绍了交付平台的技术要求及应具备的应用功能。

文 / 伍友武 张珂

PROCESS-Tip

* 更多信息请扫描二维码:



chem.vogel.com.cn

* 反馈编码: A200518

随着软件功能的日益强大，信息技术和互联网技术的飞速发展，数字化转型已成为企业提升竞争力的必然选择。我国适时做出了加强两化融合的战略决策，石油化工企业更是举足轻重。数字化交付是建设数字化工厂的核心基础，确保实现设计、采购、施工和调试及运维等工程全生命周期各个阶段的数据信息共享和安全管理，并最终达到实时互联、协同作业、情景关联和智能预测等数字化工厂卓越运营的标准。

为规范石油化工企业数字化工厂的建设，国家住建部 2018 年 9 月颁发了 GB/T51296-2018《石油化工工程数字化交付标准》，2019 年 3 月 1 日起实施。随后，中石化依据自身的特点和发展需要，对照上述标准，于 2019 年 10 月编制印发了《石油化工工程数

字化交付执行细则》(试行)，于 2020 年 1 月 1 日起开始试行。本文就石化工程项目数字化交付的定义、内容、工作要求及数字化交付平台的技术要求、功能应用等相关问题作了一些初步探讨。

1. 数字化工厂的定义

1.1 三维模型

三维模型是工程数字化交付过程中建立的以工厂对象为基础的全景、立体和仿真模型。下图 1 为一例三维模型示意图。

1.2 数字化交付平台

数字化交付平台是用于承载和管理数字化交付信息，可与多种工程软件集成并兼容多种文件格式的信息集成管理系统。

1.3 数字化交付

通过数字化交付平台，将相关的设计资料、采购、施工及试车的数据，以标准的数据格式提交给业主的交付方式。

1.4 数字化工厂

数字化工厂是在计算机虚拟环境中，对整个生产过程进行仿



图 1 三维模型示例

本文作者供职于中石化巴陵分公司己内酰胺部。

真、评估和优化,并进一步扩展到整个产品生命周期的新型生产组织方式。其含义是:数字化工厂是一个以与物理工厂一一对应的三维模型为基础,集成了与之关联的设计、采购、施工和试车等数据的虚拟环境,且同时具备了工厂属性和工程属性,本质上是实现信息的集成,人机交互。

2. 交付内容

数字化交付内容包括:项目设计、采购、施工和试车各阶段产生的模型、资料文档、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。

涵盖三维模型(交付竣工图模型,与物理工厂一致)、智能P&ID(满足PID与三维模型的智能关联)、非结构化文件、属性数据及关联关系等文件,交付物数据格式均采用国际化通用格式,可与国际主流数据平台进行衔接,图2列举了需交付的数据类别。具体交付内容有:

2.1三维模型

使用三维建模设计软件完成的工厂模型,涵盖了总图、配管、自控、电信、电气、设备、给排水、消防、结构及暖通空调等专业,建模深度应满足相关规范要求。

2.2管道IDF文件

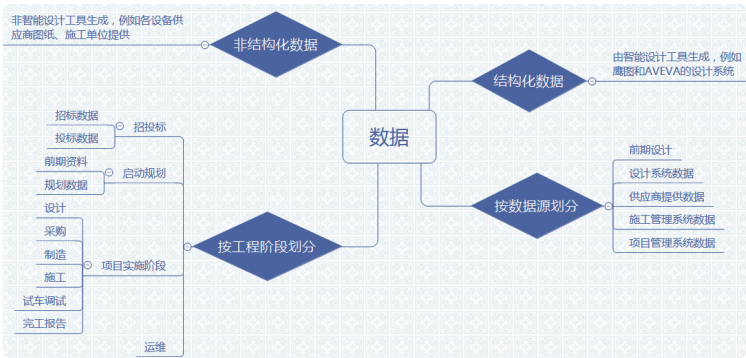
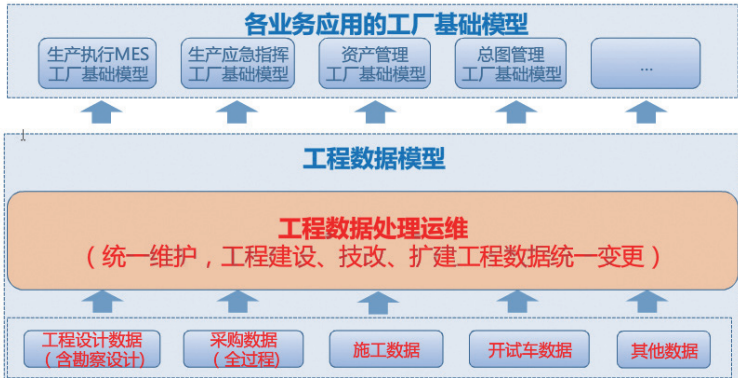
是指使用三维设计软件生成的管道轴测图数据文件。

2.3智能智能P&ID图

基于种子文件绘制的智能P&ID文件,包含图形文件、参考数据库以及相应的报表等,除此之外,还应提交与质量检查相关的报告文件。

2.4智能仪表设计

使用智能仪表设计软件完成仪表索引表和仪表规格书的设计,



并按交付要求输出相关设计成品。

2.5工厂对象属性

针对每个类型的工厂对象,需要交付的由智能设计工具生成的结构化的数据。

2.6资料文档

针对每个类型的工厂对象,需要交付的非结构化的资料文档。包含供应商需按规范要求提交的三维模型、属性数据及文档资料;施工单位需按规范要求提交的属性数据及文档资料。

图3展示了具体要交付的内容及交付后的部分功能应用。

3. 交付工作要求

3.1交付组织机构

为有序的推进项目数字化交付工作,确保各项工作按交付进度保质保量完成,数字化交付团队可按如图4所示的组织结构开

展数字化交付项目的各项工作。

3.2交付工作流程

为保证数字化交付成品与物理工厂完整一致,准确无误,应遵循如下交付流程。

- (1) 编制交付管理规定、制度和方案,交付信息的统一标准等;
- (2) 确定交付的工厂对象、数据信息等内容;
- (3) 各责任单位按规定提交交付资料;
- (4) 软件承包商对所有交付的资料在交付平台上进行信息集成处理,并组织质量审核,反馈需修改的意见;
- (5) 各责任单位按反馈意见进行修改,修改完成后再提交;
- (6) 经审核的最终准确无误的数据,由软件承包商通过数据处理和发布工具,发布至数字交

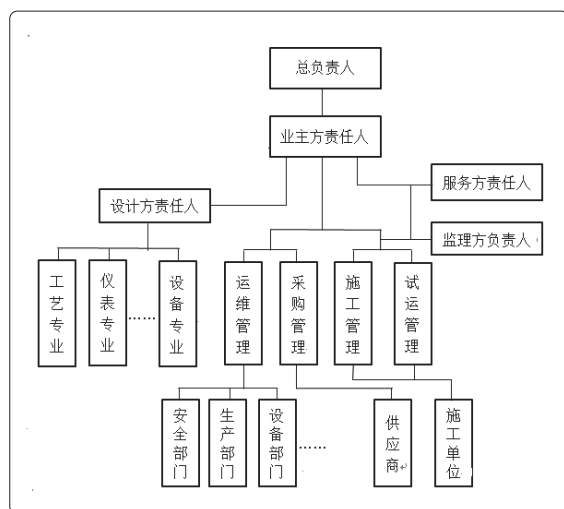


图4 组织机构

付工程库，此作为最终交付数据。

图5简要展示了交付流程。

3.3 交付质量控制

建设单位或受委托的数字化交付服务单位对参建单位交付的内容进行审核确认，确保交付数据的质量，主要包含以下几个方面的内容：

(1) 一致性：设计单位需保证，交付模型与交付图纸的一致性，交付模型与竣工的物理工厂及竣工资料完全一致，包括辅助设施和地下工程等；

(2) 准确性：工厂对象属性数据与关联文件关联关系的准确性。

(3) 合规性：交付内容是否满足建设单位发布的相关规范和标准要求，包含编码、命名、分类、数据格式和模型深度等；

(4) 完整性：已交付内容与项目交付规定内容的对比，基于项目物理工厂对象，检查模型、属性、关联文档资料的完整性。

4. 交付平台技术要求

交付平台是数字化交付的核心基础，必须满足安全可靠、使用简单、易于维护、性能稳定、可扩展、兼容性和集成性强的要

求。确保各主要建设内容之间的数据能得到充分流转和利用，为工厂大数据分析、基于大数据管理以及建立数字化工厂提供数据支持，并不断扩大数据资产价值。

4.1 数据库要求

数据库应采用混合架构，满足大数据扩展应用，支持主流的数据库，如 Oracle、MySQL、MS SQL Server 等关系型数据库，以及 MONGODB 非关系型数据库。支持数据采集、数据分析、数据提取和数据迁移等，保证数据库系统效率不会随数据量增大和并发数增加而急剧降低。

4.2 系统灵便性

(1) 系统应具备灵活可配置特性，对于用户的管理要求调整能随机应变，不动代码开发或极少的代码开发，针对用户的审批流程变化、管理对象内容的变化能尽快调整适应，在不影响生产进度的情况下快速完成更新、迭代和部署。

(2) 系统首页、功能导航结构、记录视图、系统报表以及均支持用户自定义。

(3) 系统要具有一定的智能性，要针对设计行业的特点有高效的解决方案，便于实施，尽量少的增加管理者、设计者的工作量，能自动完成重复性的工作。

(4) 系统要便于安装，在以后服务器更换时能方便快捷地恢复系统运行。

4.3 系统性能

(1) 平台支持海量信息、多用户并发，且初始加载速度快捷、场景浏览运行速度流畅稳定。

(2) 满足企业对模型加载、数据查询、展示的响应速度要求。

(3) 软件应具备海量信息存储管理功能，有效的处理海量信息。

(4) 具有三维模型、文档、数据的自动检索关联机制。

(2) 适应性强，能在主流配置计算机上流畅。

4.4 安全性

(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。

(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。

(3) 访问日志管理：对用户登录、操作等活动要有日志纪录。

(4) 数据传输安全：支持 HTTPS 协议，数据在传输过程不丢失，不被篡改，不被破坏。

(5) 信息安全管理：满足业主信息安全管理要求。

4.5 开放性

平台应提供标准接口，以便和外部系统集成。外部系统包括但不限于 DCS、MES、SIS、ERP 和 WMS 等系统。

4.6 数据集成技术要求

平台应提供多种接口或工具，以便集成不同来源的工程信息，包含但不限于：

(1) 三维引擎需具备集成多种三维设计软件生成的三维模型、数据的能力，包括但不限于以下软件：PDMS、SP3D、PDS、CADWorx、REVIT 和 3DMax 等。

(2) 具备集成智能 P&ID 图纸、数据的能力，包括但不限于以下软件：AVEVA Diagrams、SmartPlant P&ID、AutoCAD P&ID、COMOS P&ID 以及 INPower P&ID 等。

(3) 具备接收多种格式图纸的能力，包括但不限于以下格式：DWG、SVG。

(4) 具备接收多种格式文件的能力，包括但不限于以下格式：DOCX/DOC、XLXS/XLS、PPTX/

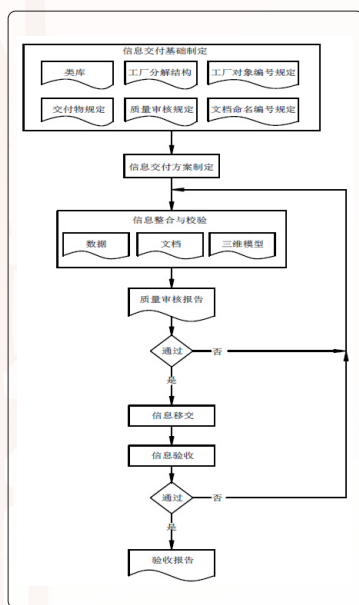


图 5 数字化交付工作流程

PPT、PDF、TXT、MP4、JPEG、BMP、GIF 以及 PNG。

(5) 具备配置化集成多源数据的能力，包括但不限于 EXCEL、CSV、XML、数据库 (Oracle、MYSQL 等)、JSON 和文本文件等。

5. 交付平台功能要求

5.1 平台基础功能要求

(1) 平台门户：平台建立项目管理门户主页，实现统一身份认证和单点登录。通过门户主页能够查看和跳转到企业其他办公系统。

(2) 用户管理：平台具备完善的用户体系，可根据需要创建企业组织架构和用户，用户在不同的项目中可以有不同的角色，基于角色不同配置对应的权限。

(3) 流程管理：系统需自带或能集成成熟的工作流程，可预制一些行业通用的流程模板，同时支持用户自定义流程模板用于配置流程审批角色。支持工作流程可视化，在运行的过程中能够随时查看流程进度。

(4) 还应具备角色管理，权

限管理，操作日志，运行日志，组织管理和报表管理等功能。

5.2 工程项目管理要求

系统具备电子签章；数据流转；项目协同；立项管理；设计管理；采购管理；供应商管理；费用管理；合同管理；进度管理；变更管理；风险管理；项目主数据管理；竣工验收；竣工档案管理；数据分析及展示功能等要求

5.3 生产运行管理要求

系统具备生产调度优化决策，生产物流管理，生产计划管理，物料平衡，操作优化，计量管理，能耗管理，生产过程实时监控，统计报表，智能巡检，仿真培训，应急管理及电子交接班等功能。

5.4 设备运维管理要求

系统支持灵活的设备分类结构，通过自定义设备分类结构、维护分类属性，能够适应工厂设备管理需求。

支持从数字化移交系统快速同步数据，快速建立设备管理系统的基本台账。支持对设备库存、状态、变更、报废和停用等业务的管理。能够建立设备全寿期综合信息台账，包括设计信息、采购信息、施工安装与调试信息、运维维保信息、异动变更信息、关联资料信息以及关联备品备件信息等。

支持建立设备管理的故障库，支持对巡检维保的操作步骤管理，支持建立设备运维保障专家库，为设备维保维修提供远程协助。对工单、维保、点巡检、备品备件和关联关系等进行管理；

5.5 安全管理要求

对直接作业，风险识别、事故环境，人员定位，电子围栏，实时监测数据、视频监控、报警信息、数据标牌、虚拟巡检以及

安防数据等均可实现可视化管理。

5.6 三维可视化看板要求

内置三维可视化引擎，要求平台内置国产自主三维可视化引擎，支持广泛的三维模型格式。系统提供强大的数据采集和集成能力，工业标准支持 OPC、BACNet 和 Modbus 等协议大类下的 5~6 种协议类型。HTTP 信息化接口支持 RESTful、WebService 和 XMPP 等协议。物联网即时通讯协议支持 MQTT 协议。数据库接口支持 ODBC。视频流支持 RTMP 协议（包含可以转为 RTMP 的其他协议）；

支持多种物理链路。如串口类：RS485、RS422、RS232。TCP/IP 网络：5 类、超五类网线、6 类网线、光纤、WIFI、GPRS/3G/4G 和宽带。专用接口类：NB-IOT、LORA、蓝牙 Mesh 和 ZigBee。

支持二次开发，提供前端三维交互 UI 扩展接口 API、数据采集接口协议、数据订阅协议以及监控报警规则扩展接口，可依据后期需求进行二次开发。

6. 结语

数字化交付是建设数字化工厂，智能工厂的核心基础。目前，我国石化企业的数字化建设尚处于初始阶段，由于各企业的基础水平、目标任务等参差不齐，造成了数字化交付的深度，水平差异较大。近几年，中石化下属企业镇海炼化、九江石化及茂名石化等已率先进行了数字化建设的试点，取得了显著成效，积累了丰富的经验，为后续即将开展数字化建设工作的企业提供了宝贵的经验。数字化建设必将加速推动中石化向世界一流能源化工企业迈进。