

LNG 接收站工程建设可视化研究

卢洪生 丁仁山 王嘉琪 卓怀新 马星龙 张 猛

(石化盈科信息技术有限责任公司, 北京 100020)

摘 要: 北京燃气天津南港 LNG 应急储备项目部 2020 年启动工程配套信息化建设, 在满足工程项目信息化管理基础上, 着重开展工程建设期数据建设和工程可视化应用建设, 在信息化支撑管理、数字化辅助决策等方面开展了相应的探索工作。灵活引入多种集成方式工程建设数据, 实现工程建设数据从源头获取到模型构建的完整过程, 并在此基础上实现工程建设和智能工地可视化呈现, 支撑工程建设管理和辅助领导层决策。

关键词: LNG 接收站; 智能工地; 工程建设管理; 数据

近十年来, 以物联网、云计算、大数据、人工智能为特征的信息技术蓬勃发展, 信息技术横向渗透融合到传统行业, 能源和制造行业纷纷提出智能工厂、智能管道、智能工地等新概念, 大力推广信息化技术, 借助自动化和智能化手段, 实现管理水平的提升。北京市燃气集团有限责任公司作为全国最大的单体城市燃气供应商, 是国内最早提出建设“智能燃气网”的燃气企业, 北京燃气意于打造“更透彻感知、更互联的通信、更集成的数据、更精准的调控、更科学的运营、更智慧的决策”的智慧燃气平台。根据集团公司“互联网+行动计划”战略部署, 将南港 LNG 项目打造为集团智能化标杆工程, 以该项目为支点, 推动北京燃气集团信息化整体提升, 助力集团智能化建设。项目部 2020 年全面启动工程建设管理信息化应用建设, 围绕工程建设管理特点, 探索实现 LNG 接收站工程建配套数据标准、工业互联网平台基础、智能工地接入和工程建设配套信息化应用建设。项目采取联合工作组协作、重点推进、分组灵活实施等系统工程实施策略, 全力推进系统建设。经过近两年开发, 2021 年完成了建设期应用系统建设, 实现信息化对工程建设管理的有力支撑, 达到工程建设全过程数字化呈现的效果。

1 工程建设期基础数据

数据建设是信息化的基础, 分为数据采集存储与数据管理应用两部分。建设施工建设数据采集标准, 结合物联网、大数据等信息技术, 建成数据标准、完整、真实和唯一的工程建设数据中心和共享服务, 提供数据基础。

1.1 数据标准与采集

标准化与采集覆盖工程建设各阶段, 旨在保证资产全生命周期的数据完整性, 其核心目标是实现全业

务链的数字化管理, 实现物理空间和虚拟空间一致, 为数字孪生构建数据基础。高效数据管理能够提高竣工资料数字化移交能力, 提升资料完整性和准确性、缩短移交周期, 正确的反应工程项目各阶段工作进度及质量管理情况, 支撑信息化系统应用。

1.1.1 数据标准建设

南港 LNG 接收站数据标准体系由编码标准、数据字典及采集模版、文件清单及实施指南组成, 指导结构化和非结构化数据快速和高效的采集, 确保数据有效支撑信息系统与数据可视化的准确挂接。编码标准定义数据标准整体架构及公共数据编码, 通过梳理 LNG 接收站和外输管道实体分解结构及编码、工作分解结构及编码、物资编码、项目组织机构及资源编码, 构建整体标准体系的基础和主线; 数据字典及采集模板梳理接收站和外输管道的专项评价、初设、施工图、采办、施工、专项验收、完整性管理、生产运行、购销、设备管理等业务产生的结构化技术参数数据, 最终将技术参数加载到 LNG 接收站和外输管道的实物上; 文件清单梳理接收站和外输管道的可研、项目核准、初设、施工图、采办、施工、总承包、监理、外协、投产试运行、专项验收、竣工验收、生产运行、购销产生的非结构化文件, 加载文件到实体上; 实施指南制定人员、物资和机具二维码以及数据移交配套的实施指南, 指导建设单位和参建单位在建设期和运营期各业务环节高效有序开展数据移交工作。

1.1.2 数据采集入库

数据采集将工程建设相关结构化和非结构化数据采集接入信息化平台, 包括智能工地接入、系统数据入库、系统手动填报、模板填报上传和非结构化文件上传等方式。工程参建单位根据发布的数据标准, 对项目建设期产生的数据标准要求范围内所有数据, 按

指定技术手段、“谁产生、谁录入”的原则，将业务源头积累的成果数据，利用传感器/摄像头自动采集、移动终端/PC端手动录入、线下文件手动导入、纸质文件扫描录入等形式，采集至南港 LNG 工业互联网平台。业务源头单位对采集的数据负全面责任，保证数据采集的安全、准确、全面、及时，并接受监督及审核，负责对不合格成果进行整改。线下文件手动导入、纸质文件扫描录入等形式采集的非结构化数据，按照文件产生的时间，分批次将数据录入南港 LNG 工业互联网平台。

1.2 系统支撑与应用

工程建设期数据采集和管理相关信息系统包括数据采集系统和数据建模工具，系统基于南港工业互联网平台建设，为数据采集、抽取、建模、管理、服务发布等全生命周期提供管理工具，满足场站数字化支撑需求，为工程建设管理应用提供数据模型和服务支撑。

1.2.1 数据采集系统

工程建设数据采集系统面向工程建设期数据采集，实现设计资料及现场施工数据的采集、审核、入库管理与数据共享，准确记录现场施工情况，及时反映工程建设进度，实现施工过程的有效管理和历史追溯。数据采集子系统针对工程施工过程中关键数据，范围包含地基处理、码头、接收站、储罐、管线、配套六大工程数据。实现现场施工作业环节的工作参数实时采集，包括桩基施工、主体结构、内罐安装、外罐安装等；特别是对施工过程中影响焊接质量关键参数进行采集，包括焊接预热温度、焊层、焊机焊接速度、焊枪电流、焊枪电压、焊枪送丝速度等，能够区分自动焊/半自动焊/手把焊分类数据采集方式及内容。结合南港气候信息和潮汐信息，对每时、每天、每月的气候信息进行统计，为现场施工部署提供有效信息。

1.2.2 数据建模工具

数据建模依托工业互联网平台提供的数据建模相关工具软件，包括标准化主数据管理和工厂数字化软件，结合典型工厂数字化模型，落实数据标准化和资产数字化。南港 LNG 接收站项目，以“实物分解为主线，采集技术参数和过程文件，满足全生命周期业务需求”为基本原则，通过建立一套覆盖码头、接收站及外输管线前期、定义、实施、验收、运行所有业务的全生命周期数据标准体系，规范和提升项目工程建设和生产运营管理水平，提升整体经济效益。以 PBS 为基本载体，以 LNG 接收站和外输管道从规划建设到

投产运行直至运维报废各个阶段的业务活动为驱动要素，建立统一的“数据模型”，并以管道全生命周期的进展为时间轴，将不同业务活动的成果物逐项加载到接收站和外输管道“实物”上。

2 工程建设可视化系统及应用

2.1 工程建设可视化

工程建设可视化展示接收站工程建设进度、物资、质量、安全等情况，提供二三维可视化直观展示施工进度。另外应用 BI 技术等，将各方面采集的数据形象化、直观化、具体化，结合指标体系，形成各类统计报表、图表，为投资分析、费用支付、资源平衡、进度优化、质量分析等工程建设管理提供直观可靠的数据支撑。

2.1.1 一体化管控展示

一体化管控展示总体项目情况，包括开工日期、竣工日期、参建单位、资源投入、工程进度、安全监控、质量 HSE 管理、物资管理及预测预警，工程大事记等。其中工程大事记综合展示工程建设过程中重大节点，如可研、初设、施工图设计、开工、领导视察等，按照时间轴与工程进度进行节点性展示。进度管控展示提供接收站项目整体及设计、采办、施工进度，关联详细进度统计信息，并对进度滞后情况进行分级，用不同颜色标识予以提醒预警，为合理制定工程计划提供支持。物资管控展示分专业的物资采购进展及库存情况，辅助了解物资采购及到货情况，并进行整体协调，避免因物资延误影响工期。安全管控展示现场安全检查情况、隐患整改情况，对违规人员/操作进行曝光展示，加强各单位安全管控，做到防患于未然。质量管控展示各单位质量负责人信息、质量问题，各单位质量检查情况、问题整改情况，确保管理者全面掌握工程质量状况。

2.1.2 施工可视化展示

基于三维模型加载数字化设计模型，并结合施工数据采集，展现当前主要工作进展、动态展示各工序完成覆盖率；通过加载时间的属性，实现 4D 动态进度模拟，预演工程施工过程。施工可视化展示包括地基处理、码头、接收站、储罐、管线、配套六个工程，展示包括施工进度、工程量和进度统计，提供未完成部分透明显示、施工进度与设计模型的比对分析。

外输管线施工展示根据已采集的施工数据，计算汇总焊接、防腐、检测等关键工序施工进度，按照项目、标段、机组等不同维度进行统计。接收站施工展示包括工艺装置区、槽车装车区、公用工程及辅助生

产区、生产管理区的施工进度,随着工程开展,展示模型和工程同步生长,还原实体的外观、类型、内部结构、模型之间的连通性,高度模拟实际业务场景。储罐施工展示主要提供完成的工程支持虚化和三维场景中施工进度比对分析。地基处理展示地基处理的工程形象进度。桩基展示每个储罐桩基进展,每根桩的施工进度详情。



图1 施工进度可视化展示

2.1.3 统计分析展示

通过引入BI组件,将各专业采集的数据形象化、直观化、具体化,结合指标体系,形成各类统计报表、图表,为投资分析、费用支付、资源平衡、进度优化、质量分析等工程建设管理提供直观可靠的数据支撑。投资分析结合ERP、以概算为主线,将工程概算、合同执行情况对比分析,综合反映投资完成情况、合同执行情况。工程量统计针对施工实际进展数据,包括接收站焊接数量、无损检测数量、设备安装数量、线路长度、弯头数量、穿越工程量、水工保护、三桩埋设、用地面积等,用以辅助进行工程量核算。焊接质量分析根据实时采集的施工现场焊口检测数据,经过相关指标的分析后,按照项目、标段、单位、机组、检测类型、缺欠类型等多个维度展示。机组效率分析统计各机组有效工作日和焊接总量、计算机组的工作效率,按标段、施工单位、月份进行效率统计,分析气候、地段等因素对施工进度的影响。

2.2 智能工地可视化

2.2.1 工程工况展示

工况展示针对建设期间各设备工况参数,包括设备改造、调试安装、大屏展示。设备改造涉及施工设备包括按照机具工况数据采集的要求,机具工况数据采集需要在全自动焊机设备上加装数据自动采集、传输模块,以到达数据自动采集移交要求。调试安装展示在各设备开始施工前由专业人员设置设备参数,施工设备工况参数通过工况采集监视系统进行展示。可

视化大屏展示内容包括各设备实时工况数据,并能按照焊口维度进行综合查询,并进行焊接质量预警。

2.2.2 开机情况监控展示

开机情况监控展示针对施工现场接入的摄像头,统计和展示开关机情况,可根据项目展示各项目在线摄像头名称、调用实时监控画面。通过智能视频分析,对于资源状态、穿越警戒线、周界及入侵检测、人体违规行为等进行抓拍预警和监控展示。

2.2.3 结合二三维展示

在二三维图上加载智能工地视频播放及智能工地分析结果,尤其是站场区域全过程实施视频监控及影像,加强施工现场管理,提升工程安全文明施工管理水平,为工程高标准、高质量的完成提供先进的科技手段和强有力的技术保障。视频展示支持三维GIS地图上视频设备定位显示,可直接查看视频播放。人员分析展示集成施工进出口闸机、周界报警系统与视频监控,人员进入施工场所后可实施跟踪人员轨迹,动态统计施工场所内人员数量和分布,实时进行监控展示、掌握在场人员情况。车辆分析展示集成车牌识别和车位跟踪,实时展示车辆轨迹,展示车辆轨迹与规定线路匹配情况,实时展现现场车辆分布及统计信息。气象预警结合高空作业识别与气象信息,对恶劣气象环境下的违规作业预警。如风速 $>15\text{m/s}$ 时,停止高空作业;六级以上大风和雷电、暴雨、大雾,停止作业。

3 结论与展望

通过多种集成手段接入LNG接收站工程建设数据,通过数据标准化体系和信息化支撑应用建设,实现工程建设数据从源头获取到模型构建的完整过程。基于采集和整合的工程数据,实现工程建设可视化展示和工程现状统计分析,实现智能工地的工况、设备状态多维度可视化呈现,通过直观的可视化展示支撑工程建设管理和辅助领导层决策。

参考文献:

- [1] 罗雪峰. 中俄东线天然气管道工程试验段二期智能工地建设探索[J]. 石油工程建设, 2018, 44(S1): 214-218.
- [2] 郑海烁, 雷立辉, 李庆, 刘欢. 智能工地可视化在管道施工管理上的应用探讨[J]. 石油规划设计, 2019, 30(05): 50-52.

作者简介:

卢洪生(1982-), 男, 汉族, 河北唐山人, 本科学历, 研究方向, 建设项目信息化管理, LNG接收站建设与运营。