

管道精益施工管理数字孪生应用案例

北京中科辅龙科技股份有限公司（以下简称中科辅龙）专注于提供流程工业建造期和运营期数字孪生解决方案，帮助企业提升物理资产全生命周期数据质量和可访问性。中科辅龙数字孪生全产品线具有完全自主知识产权，已成功应用于中国石化、中国石油等大型央企炼化企业，在行业内具有良好的口碑。

一、项目背景

在石油化工、煤化工、核电行业等流程工业，大型新建工程的投资总额可达数十亿甚至上千亿元，对业主和工程总承包方而言，如何控制施工过程的进度、费用、质量是一个世界性难题：

- 国内普遍采用“边设计、边采购、边施工”的建设模式，设计方和采购方修改频繁，对下游施工方造成巨大影响，进度延误现象屡见不鲜，造成的经济损失以亿元计；
- 在数十项工程业务中，管道施工业务占新建项目总体工程量 50% 以上，数以百万计的焊缝对工程进度、费用和质量的影响比重最大；
- 参与建设的施工分包商达数十家，自动化程度低，严重依赖人工，系统性复杂度高，协同作业难度大；
- 质量监管缺乏技术手段，现场走查覆盖度不足，容易导致质量缺陷，给安全生产运营带来隐患，石化行业每年由于施工质量引起的故障或事故不下百起。

为破解管道施工管理的难题，某大型央企在投资数百亿的新

建项目中，采用了中科辅龙基于数字孪生技术的 FulongTech™ 管道精益施工管理系统，通过统一的三维信息模型协同工作，监管施工进度、费用和质量。



二、项目实施

1. 案例定位

覆盖内容	应用对象	<input type="checkbox"/> 资产级（设备/产品） <input type="checkbox"/> 车间级 <input checked="" type="checkbox"/> 企业级
	应用深度	<input checked="" type="checkbox"/> 描述 <input checked="" type="checkbox"/> 诊断 <input checked="" type="checkbox"/> 预测 <input checked="" type="checkbox"/> 处置
	应用领域	<input checked="" type="checkbox"/> 设计 <input type="checkbox"/> 生产 <input type="checkbox"/> 管理 <input type="checkbox"/> 运维 <input checked="" type="checkbox"/> 设计制造一体化 <input checked="" type="checkbox"/> 全生命周期
	行业	<input checked="" type="checkbox"/> 流程行业： _____ <input type="checkbox"/> 多品种小批量离散行业： _____

		<input type="checkbox"/> 少品种大批量离散行业: _____ <input type="checkbox"/> 建筑 <input type="checkbox"/> 交通 <input type="checkbox"/> _____
	重点技术	<p>涉及的单一领域技术或融合技术</p> <input checked="" type="checkbox"/> 仿真 <input type="checkbox"/> IOT <input type="checkbox"/> AI <input type="checkbox"/> 仿真+IOT <input type="checkbox"/> 仿真+AI <input type="checkbox"/> IOT+AI <input type="checkbox"/> 仿真+IOT+AI
		<p>统一数据/模型语义语法技术</p> <input type="checkbox"/> 管理壳 <input checked="" type="checkbox"/> 信息模型 <input checked="" type="checkbox"/> MBD/MBSE/MBE <hr/> <p>其他</p> <input type="checkbox"/> 虚拟调试 <input checked="" type="checkbox"/> 数字线程 <input checked="" type="checkbox"/> 面向对象描述 <input type="checkbox"/> 创成式设计 <input type="checkbox"/> 机电一体化 <hr/>

2. 案例优势分析

有别于传统的焊接管理软件和工程管理系统，FulongTech™ 管道精益施工管理系统以“数字孪生“技术为核心，利用面向管道对象的统一信息模型聚合设计、采购和施工数据，并融合三维仿真模型、工业 Know-How 和 AI 技术赋能施工全业务过程。让管道施工过程更透明、更可控、更精益。

面向管道对象的统一信息模型

采用元模型技术，内置符合 IS015926 框架的、开放的数据

架构，以管道及其组成零部件为对象，集成设计、采购和施工业务的本体数据和活动记录，将信息以结构化的方式保存。

主流品牌 CAD 软件数据自动解析

可解析二十余种主流 CAD 设计软件的数据信息，并将其融合到三维信息模型中，改变传统二维 CAD 图纸施工现状，实现数字化施工管理。

适应“三边工程”的变更自动识别

设计变更、施工变更及时反映到虚拟可视化模型中，自动统计变更后的工程量、材料量，判断变更后对人工、工期的影响，及时进行预测和调整，避免工期延误。

三维仿真模型可视化技术

基于工程设计 CAD 软件成果自动生成三维物理模型，并结合设计、采购及施工业务实现计划和进度仿真。该技术可支持上千亿投资、规模超大型工程项目的三维模拟仿真，并提供流畅、高效的人机交互体验。

内置工业 Know-how，优化提升过程工作效率

通过内置工业 Know-how 实现自动划分试压包、自动组批点口，一键生成交工资料等智能功能，提高过程工作效率，降低人工错误率，加快施工进度。

AI 技术数据自动读取、校验

图纸识别，自动获取管道设计参数及材料情况，校验数据正确性、完整性，提高数据质量。

图纸识别与 CAD 模型一致性校验

基于机器学习技术自动识别非结构化图纸，将识别信息与 CAD 模型进行比对，以保证模型数据的一致性，获得真实可用的三维物理模型。

移动端辅助数据采集

传统数据填报方式为人工填报，再上报到资料员统一进行记录，数据至少延迟一天以上，移动端通过二维码扫描辅助施工过程数据采集，提高数据及时性，数据同步到三维信息模型中，进而加快沟通，决策分析。

3. 实施步骤及路径



- (1) 根据企业管理要求、利用元模型技术搭建信息模型;
- (2) CAD 软件数据自动解析，融合到信息模型;
- (3) AI 图纸识别与 CAD 模型校验，保证信息模型准确性;
- (4) 数据源变更自动识别、判断，及时调整施工组织计划;
- (5) 内置工业 know-how，数据自动流转;
- (6) 以管道及其组成零部件为对象，通过过程管理，自动集成设计、采购和施工业务的本体数据和活动记录;
- (7) 企业基于虚拟的三维信息模型，进行进度、费用和质量把控，以实现精益施工管理。

4. 案例推广应用价值

产品通用于石油化工行业新建、改扩建等装置的工艺管道施工管理。产品设计灵活，可适用于不同标准和规范，具有复用性可从石化行业到其它密集型资产行业如核电、船舶海上油田等含管道专业的行业进行拓展。

三、实施效果

在某大型央企投资数百亿的新建工程项目中，FulongTech™管道精益施工管理系统共应用于 85 个建设主项，以其中一个工期一年半的中型装置为例：

传统方式	FulongTech™管道精益施工管理系统
人工扒图扒料 投入 5 人，耗时 1.5 个月	自动构建三维模型获取数据 投入 1 人，耗时 3 天
焊口设计，绘制图纸 投入 2 人，耗时 1 个月	三维自动焊口编号、生成图纸 投入 1 人，耗时 3 天
进度协调会 参会 20 人，每天 2 小时	采用 3D 场景 + 进度/计划 参会 10 人，每天 0.5 小时
组批点口、下委托 投入 3 人，每天耗时 2.5 小时	自动组批点口，生成委托单 投入 1 人，每天 10 分钟
划分试压包 投入 1 人，耗时 2 个月	一键自动划分 投入 1 人，耗时 3 天
试压进度及尾项统计 每天耗时 2~4 小时	自动统计 每天耗时 15
编制交工资料 投入 10 人，耗时 3 个月	一键生成资料 投入 5 人，耗时 1 个月

参建单位通过统一的可视化协同工作平台，进行施工各阶段监管、分析、优化、调整，同时结合智能化功能，本项目提前 45 天中交，节约人工成本 200 万，焊接合格率达 98%以上。