



# 从设计、施工到运维： 数据驱动工程建设智能化升级

在数字化转型浪潮席卷全球能源行业的今天,工程建设正经历着从传统施工到智能建造的深刻变革。本版聚焦数智赋能工程建设转型升级的创新实践,通过十建公司数字化管理平台、宁波工程公司全生命周期数智化转型、石油工程设计公司智能工地云平台等典型案例,不仅展现了以科技创新驱动产业升级的生动图景,也提供了可复制、可推广的数智化转型方案。

阅读提示

## 十建公司:数字化管理打造工程建设新引擎

□田元武

“主管廊380米管道、56件弯头、42片法兰和38台阀门同时到货。”6月16日,十建公司天津南港新建30万吨/年ABS(丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物)装置项目部总工程师王文昂通过数字化管理平台,发现急需材料已到货,迅速通知施工作业班组前来领取。王文昂介绍,数字化管理平台让工程建设平均施工效率比以往提升近4倍。

十建公司平均每年有50多个在建石化项目,年均建成70余套炼化生产装置,项目建设施工技术、质量、进度、物资采购等专业管理都需要大量数据支撑。今年以来,十建公司聚焦工程建设管理主营业务,开发以“管道安装、设备施工、焊接数据采集管理”为主要内容的数字化管理系统,不断提升施工过程智能管理和数字创效能力,着力打造工程建设新引擎。

### 钢结构安装施工效率提高近60%

在十建公司承建的重点建设项目中,平均每年需要安装钢结构近40万吨,直接关系每一个项目建设的总体施工进度。在研发数字化管理平台过程中,该公司以钢结构安装为突破口,持续提高项目建设整体施工效率。

据了解,数字化管理平台系统能够自动生成钢结构安装所需要的型钢、螺栓等构件列表,快速完成钢结构材料预算、施工计划、安装进度、工序确认验收、交工资料等任务。该数字化管理平台可以根据电子版图纸生成钢结构3D模型,钢结构预制安装、模块化施工状态、质量检查等重点管理程序,都会以不同的颜色体现在3D模型上,钢结构安装所需的人工机具、施工进度等数据指标一目了然,为工程建设攻坚创效提供了有力支撑。

目前,数字化管理平台已在十建公司35个重点建设项目中推广应用,钢结构安装施工效率提高近60%,人工机具使用成本显著降低,有力提升了工程建设整体攻坚创效能力。

### 管道材料损耗率降至2.2%以下

管道安装是大型炼化一体化项目建设的关键环节,其工作效率直接关系工程进度、质量及成本控制。十建公司采用“数据+平台+应用”模式,开发出管道施工管理系统平台,集成了管道施工标准数据库、试压管理、检测管理、质量管理、交工资料、统计分析、支架管理等10个子系统,覆盖了管道施工全流程。



十建公司项目建设数字化管理平台应用界面。

田元武 供图

近年来,在十建公司承建的重点建设项目中,管道安装施工量持续增加,项目建设工期和创效压力不断增大。为此,该公司按照管道预制、安装、试压3个阶段的施工要求,通过应用数字化管理平台,对管道材料进行智能化分配,实现管道施工资源的优化配置,精准破解以往管道重复预制、材料浪费、施工成本居高不下的难题,大幅提高了管道施工效率。同时,数字化管理平台有力推动了管道施工数据和材料数据的信息化、智能化联动,实现了管道施工的精细化管理。

据统计,在应用数字化管理平台后,今年前5个月,该公司重点建设项目工艺管道安装施工量突破120万寸径,管道材料损耗率降至2.2%以下,施工成本得到有效降低。

### 项目建设质量管理效率提高近3倍

“塔器设备186个管道焊缝质量全部验收合格,数字化管理平台系统已将质量检查结果发送到相关质检员手机上。”6月初,十建公司山

东联泓130万吨/年DMTO(甲醇制烯烃)装置项目部工程部长齐焱依托数字化管理平台的信息传递优势,对项目建设施工质量实施全流程管控。

十建公司在研发数字化管理平台过程中,将施工质量全流程闭环管控列入重点研发内容。工程技术人员把项目建设中管道焊接、设备安装、电气仪表等10个专业88个子专业的施工质量信息融入数字化管理平台,并实现与手机APP客户端的互联互通。

“DMTO装置反应器框架有1处工艺管道焊接质量问题,请相关施工负责人制定整改方案。”6月2日,项目部质检员张祥民用数字化管理平台手机版APP进行施工质量检查。45分钟后,他的手机上传来了业主及第三方检测人员联合发来的质量问题整改验收合格通知单。

“从发现施工质量问题到完成整改,以往需要3天,用上数字化管理平台后,1小时内问题就能得到解决,质量管理效率得到大幅提高。”张祥民说。

数字化管理平台可以将质量问题图片及整改措施迅速传输到施工员手机端,让质量隐患从排查、发现、整改到验收,实现全流程闭环管理。“数字化管理平台汇总了各专业施工质量通报,实现了数据共享,消除了信息孤岛。”齐焱介绍,通过推广应用数字化管理平台,项目建设质量管理效率比开工之初提高近3倍。

## 石油工程设计公司： 智能工地云平台推动管理全维度革新

□傅敏

在山东东营商业储备库工程施工现场,工人安全帽上的定位模块实时传输位置信息,AI摄像头自动识别未佩戴安全帽、违规吸烟等行为并触发广播告警,焊接参数与标准工艺库实时比对,异常数据秒级预警……这些场景的实现,得益于石油工程设计公司自主研发的“油气田地面工程智能工地云平台”的深度应用。该平台深度融合物联网、人工智能与云计算技术,构建起覆盖“人、机、料、法、环”全要素的数字化管理体系,已在国内10余个大型油气田地面工程中深度应用,并成功拓展至海外市场,成为行业智能化转型的标杆。

### 安全管控:从被动响应到主动防范

在石油地面工程建设领域,施工现场的“人、机、料、法、环”管理长期面临多重挑战:人员流动频繁导致考勤混乱、物料损耗缺乏精准管控、安全隐患排查完全依赖人工巡查、进度滞后难以及时预警……这些痛点如同无形的枷锁,制约着工程建设的效率与质量。尤其是在大型站库项目中,传统管理模式的局限性愈加凸显——数以千计的施工人员、复杂的物流流转、多专业交叉的施工工序,都亟须更智能的管理解决方案。

石油工程设计公司敏锐洞察行业痛点,以“数据驱动、智能协同”为核心思路,开发了多项目智能工地云平台。这一基于施工现场的创新管理模式,通过技术手段优化了传统管理方式。

智能工地云平台深度应用了AI智能算法,对未佩戴安全帽、人员吸烟、明火等进行现场抓拍,通过视频监控、周界防护、无人机巡检、智能广播等方式对施工区域异常行为实时监控,安排值班人员对监控发现的问题通过广播系统及时告知现场,做到问题立查立改;电子围栏与微波传感技术形成“隐形防护墙”,非法闯入秒级定位并触发安保响应;塔吊、脚手架等高风险设备加装多参数传感器,通过对施工设备的位移、倾斜角度、重量、风速等数据进行实时监测及报警,及时发现并消除隐患。同时,电子作业票实现高风险许可证线上审批,流程可追溯,作业前推送风险提示与规范。安全检查功能支持移动端现场填报,隐患信息关联责任单位与整改时限,整改过程通过图像比对验证真实性,验收结果自动归档,形成“检查-整改-验证”闭环管理。

通过智能工地云平台,推动安全管理从单一“人防”升级为“人-机-环”协同防御,结合风险预测、动态干预与资源优化,实现施工安全从被动管控到智能预控的跨越,全面提升复杂场景下的风险抵御能力。

### 管理升级:从单点管控到生态协同

智能工地云平台初期聚焦安全与环境监测,依托基础硬件(如摄像头、定位基站)实现人员定位、AI行为识别及环境参数检测。随着技术迭代与场景深化,平台逐步

构建覆盖质量、进度、技术等方面的全维度管理体系。硬件端新增智能安全带、吊装传感器等设备,实时监测高空作业规范,吊装偏移风险及脚手架稳定性;软件端集成4D进度推演、实景模型对比技术,实现施工进度动态模拟与资源优化,增加密闭空间管控、电子作业票审批等精细化功能。

平台架构从单体项目应用升级为微服务支撑的多级管理体系,构建“项目-公司-总部”三级协同框架:项目层实时展示人机材数据,动态跟踪工序节点与风险预警;公司层轮播区域项目隐患整改进度与执行情况;总部驾驶舱统筹全局,地图标注重点项目位置并集成安全、质量、环境等核心指标,实现跨层级资源调度。通过统一数据中心与业务中台,推动工地管理从单点管控向“数据驱动、生态协同”转型,为大型工程集群化管控提供体系化支撑。

### 成效显著:重新定义工程管理“效率标尺”

自东营原油商业储备项目应用智能工地云平台以来,各项核心指标显著优化,单项目综合效益提升,成本降低。质量上,停检点一次验收合格率提升至100%;工期上,比定额工期缩短45%;用工上,现场用工总量减少25%;物料上,工程物资损耗率降低3%;能耗上,施工能耗总体降低6%;扬尘、噪声、水质等环境指标达标率为100%。这一系列数据的背后,是平台从人机交互细节到管理流程的全维度革新——既实现了操作体验的便捷化升级,又推动了施工效率、质量、安全与绿色施工水平的系统性提升,为石油工程建设的数字化、智能化转型提供了可复制的成功范本。

智能工地云平台通过技术创新与实效验证,在行业中具有一定影响力,其规模化应用能力获多方权威认可。从山东东南干线工程、东营原油库迁建工程到现在的东营原油商业储备项目,智能工地云平台持续迭代,多次在调研和交流中得到高度评价,更助力项目团队斩获中国能源化学地质工会劳动竞赛先进集体奖,充分体现智能化管理对工程安全的保障作用。

平台基于胜利油田东营原油库迁建工程实战打磨,历经CCUS、光伏数字孪生、济青管道(章丘-胶州段)智能化改造及东营商储库等多元场景验证,逐步构建覆盖油气储运、新能源、管道建设的智能管控体系。基于国内成熟经验,项目团队深挖平台功能并向海外拓展。平台针对沙特油田、乌干达能源项目等海外场景,联合当地项目部开展需求调研,完成多语言界面开发,并新增车辆安全管理、多时区数据同步等定制功能,实现技术标准与地域文化双适配。通过“核心功能复用+属地灵活配置”模式,验证跨国工程智能管控可行性,为能源基建跨国协作输出可复制的数字化底座。

智能工地云平台以物联网全域感知为基石,以AI动态决策为核心,构建起“风险预警-资源调度-管理协同”的全生命周期管控体系。未来,平台将深度融合数字孪生技术,推动能源工程从“智能管控”迈向“智慧决策”,为行业高质量发展注入创新动力。

## 宁波工程:构建全生命周期数智模式

□马明 王晓珍

宁波工程公司创新构建了“数据+平台+应用”发展模式,通过信息化筑基、数字化赋能到智能化引领的三阶段跨越发展,实现了技术研发、工程设计、项目交付及运营维护的全生命周期数智化转型。作为中国石化业务链最长最完整的综合性工程公司,其主体业务涵盖工程技术研发、工程咨询、工程设计、EPC总承包、施工总承包、装备制造等全链条,数智化转型显著提升了公司整体竞争力和业务水平。

在技术研发智能化应用领域,宁波工程公司积极构建“运维一体化、数字化、智能化、全生命周期服务”新模式,牵头研发的智慧化绿色低碳协同制造与创新平台,整合多家煤化工企业数据资源,建成了中国石化煤气化数据中心,为科研设计、生产运维和管理决策提供全方位支持。该平台自2020年推广应用以来,帮助相关企业优化煤化工装置关键运行参数,实现能耗平均降低1.6%,并在中安联合煤气化装置应用中成功实现煤种切换前的操作参数预判,有效规避安全环保风险。同时,该公司开发的热电智能技术服务平台已在中科炼化动力站试点部署,利用物联网与机器学习技术,实现能耗动态优化与安全预警等智能管控,有力推动了煤化工及热电领域的智能化升级。

在工程设计智能化应用领域,宁波工程公司自2019年启动智能化设计以来,取得了显著成效。通过持续深化工程设计软件二次开发,已累计完成管线自动敷设、循环水场自动建模、爆炸危险区域自动划分等200余个智能化设计开发项目,形成了覆盖多个专业的智能设计工具体系。这些智能化设计工具已在镇海炼化、天津石化、海南炼化等50多个工程项目中得到应用,使公司在智能化设计领域始终保持行业领先地位。同时,自主研发上线的生产管控数字化平台(NEDC),采用“数据+平台+应用”模式搭建12个子系统,涵盖设计条件管理、请购管理、变更管理、进度管理、费控数据库等设计系统关键环节,有效打破了数据孤岛,建立了高效的跨部门协同机制,实现了设计业务全流程协同和供应商文件可追溯管理。截至目前,该



宁波工程公司负责工艺包编制、工程设计和EPC总承包的镇海基地二期重质油气化制氢装置,执行数字化交付。

张见明 摄

平台已成功应用于97个工程设计项目,高效管理各类流程3.1万条、过程文件14万份,为工程设计管理提供了强有力的数字化支撑。

在项目交付智能化应用领域,宁波工程公司以工程建设需求和智能工厂建设为导向,推进工程建设数字化云平台建设,助力工程总承包全过程数智化提升。研发的工程数据移交系统(EDHS),实现设计、采购、施工全流程数据自动收集与智能关联。该系统在镇海基地一期项目中首次实现数字工厂与物理工厂同步交付,高效完成了200多家供应商、450份合同、110万个属性及10万个文档的信息移交。同时,研发的数字化运维平台(EDRS)在湖南石化项目成功应用,通过数智运维和数字孪生技术,实现了从设计开发到应用实施的全链条自主创新。此外,该公司还通过工程数字化协作云平台建设,优化了建设单位与供应商的在线协同审批流程,显著提升了管理效率和工程总承包的数智化水平。截至目前,他们已成功承接包括中科炼化等50多个数字化交付总承包项目,展现了在工程数字化领域的硬实力。

在数据治理智能化应用领域,宁波工程公司以释放数据价值为导向,系统性构建了完整的数据治理智能化体系。公司制定了数据治理

总体实施方案,建立了数据资产开发、标准管理等四大核心体系,形成了完善的数据治理架构。为满足工程业务精细化管理需求,公司自主研发了数据标准化管理平台,实现了数据模型与WPS办公业务模板的无缝对接,并设有智能校验规则,形成了全流程的数据质量管理管控闭环。目前,该智能化应用已在咨询设计、造价费控和物资采购三个主要业务领域落地实施,完成了5个典型业务场景的建设。通过创建600多个标准化业务对象、6000条数据标准和2600多个数据模型,实现了跨专业、跨部门的数据实时流转,有效促进了数据资产向高价值转化,为公司数智化高质量发展提供了坚实的数据基础支撑。

未来,宁波工程公司将深入贯彻集团公司人工智能发展战略,聚焦工程技术研发、工程设计、项目交付等核心业务,重点发展“人工智能+”系列创新应用场景,推进工艺寻源、设计安全分析、工程设计、项目管理和装备制造等多个维度应用场景落地,通过深化人工智能与全业务链的融合创新,以数字化、智能化赋能“科技公司+工程公司”双轮驱动战略实施,持续提升企业核心竞争力,为工程建设行业新型工业化发展提供强劲动力。



石油工程设计公司智能工地云平台安全行为识别模块。

何刚林 供图