

基于少人值守“数智化”油库储运管理模式的实践应用

于一博（胜利油田油气集输总厂，山东 东营 257000）

摘要：东营原油库迁建工程，是深入践行中国石化“三大核心职责”的具体体现。新建东营原油库于2021年12月16日正式启动，历时十个月建设，2022年10月26日进油投产。新库以打造“智能高效、多能互补、环境友好”国内一流油库为目标，运用智能化思维推动管理变革，将“平台+技术+管理”的理念融入到新库建设中，通过“高标准设计、高质量施工、高品质管理”，创新应用38项“四新”技术，具备了“全面感知、远程控制、辅助决策”的数智化管控能力，实现了油库管理“更少人、更安全、更绿色、更高效”。

关键词：数智化；储运管理；实践应用

中图分类号：TE88

文献标识码：A

文章编号：1674-5167（2025）013-0165-04

Practical Application of a “Digital Intelligence” Based Storage and Transportation Management Model for Unattended Oil Depots

Yu Yibo (Shengli Oilfield Oil and Gas Gathering and Transportation General Plant, Dongying Shandong 257000, China)

Abstract: The relocation and construction project of the Dongying Crude Oil Depot is a concrete manifestation of the in-depth practice of Sinopec's "Three Core Responsibilities." The newly constructed Dongying Crude Oil Depot officially commenced operations on December 16, 2021, and after ten months of construction, it began oil intake and production on October 26, 2022. The new depot aims to create a domestic first-class oil depot that is "intelligent and efficient, multi-energy complementary, and environmentally friendly." By applying intelligent thinking to drive management reforms, the concept of "platform + technology + management" has been integrated into the construction of the new depot. Through "high-standard design, high-quality construction, and high-level management," 38 new technologies have been innovatively applied, equipping the depot with digital intelligence control capabilities such as "comprehensive perception, remote control, and decision-making assistance." This has enabled the depot management to achieve "fewer personnel, greater safety, more environmental friendliness, and higher efficiency."

Keywords: Digital Intelligence; Storage and Transportation Management; Practical Application

1 实施背景

1.1 端牢能源饭碗，保障国家油气能源安全的战略需要

2021年10月21日，集团公司党组牢记殷切嘱托、统筹谋划，迅速启动东营原油库搬迁；胜利油田与地方政府闻令而动、精心组织，发挥“大兵团”作战优势，科学精准谋划、运行保障有力、全面高效协同，打造了一座智能高效、多能互补、环境友好的标杆油库，诠释了中国石化“党和人民好企业”的政治担当，展示了胜利油田端牢能源饭碗的创新作为。目前，“数智化油库”已初具规模，信息化技术正一步步深化，沿着智能化方向，不断塑造发展新动能新优势，坚决扛牢保障国家能源安全职责使命。

1.2 深化科技创新，落实油田六大战略三大目标的发展需要

集团公司工作会议指出，要以高水平科技自立自强引领能源化工行业高质量发展。油田党代会“六大战略三大目标”也提出了“加快自动化、智能化、信息化改造提升”的新要求。总厂经过近40年的改革

发展，在信息化建设上积累了不少优势和潜力，但距离国内领先和油田要求还有不小距离。创新体系还不完善，创新资源的整合利用还不够，技术攻关能力需要进一步提高。“数智化”油库管理新模式的建立能够有效牵引生产和管理体系智能化升级，促进产业链价值链延伸拓展、融合发展，是改革转型升级的必然选择。

1.3 推进高质量发展，建设国内领先储运公司的现实需要

油田党委系统谋划了“六大战略、三大目标”，强调大力推进“产供储销”体系建设。总厂作为油田原油储运、外输的枢纽，是支撑油气主业发展的重要专业力量。新时期新形势下，总厂对中长期发展规划进行了系统谋划，“数智化”油库管理新模式必将引领智能化思维推动管理变革，在集输行业实现标准引领、形成辐射效应，打造集输站库标准化管理的“胜利样板”。

2 主要做法

运用智能化思维推动管理变革，将“平台+技术

“+管理”的理念融入到新库建设中，通过“高标准设计、高质量施工、高品质管理”，创新应用38项“四新”技术，实现油库管理“更少人、更安全、更绿色、更高效”。

2.1 高标准设计

2.1.1 坚持“三先”原则，优化建设方案

2021年10月26日，集团公司党组做出了东营原油库迁建的决策部署，胜利油田和油气集输总厂自觉提高政治站位，立足“三先四高”，科学统筹布局，油地联手高规格推进，产城结合高端规划，形成了油田发展与地方规划的有机统一。

①围绕生态与民生优先：将新油库建在城区开发边界外4.5km处，远离东营市主城区，减少高后果区70%；项目占地面积504亩，总体绿地率20.7%，单位库容用地降低25.6%。②围绕能源环境指标当先：库区设计应用储罐三重密封结构、雨污分离、油气回收等技术，实现“零异味”“零泄漏”“零固废”“零排放”；结合在库区周边实施的碳汇林项目，抵扣热力供应所需碳排放总量，实现油库碳中和。③围绕智能化水平领先：对标国内外先进技术，融合现代化油库管理与云计算、物联网、大数据等新一代信息技术，实施数字化集成设计，构建内操驾驶舱，设计“分质分储分输”系统，实现集成监控、少人值守、在线巡检，高效输油。

2.1.2 开展“数智化”设计，对接生产需求

统筹智能化建设顶层设计，成立信息化建设专班，借鉴国内商储库先进建设经验，树立系统思维，以信息化手段寻找最优解，让建设过程可视化、潜在风险显性化、建管模式智能化。

①突出目标导向：以“智能高效、多能互补、环境友好”为目标，围绕打造“更少人、更高效、更安全”一流标杆油库，与中石化青岛安工院、中海油东营港油库等单位广泛开展信息技术调研，形成了高标准的数智化油库建设方案。②突出问题导向：着眼油库生产需求，改变老库管理弊端，刻画出“分质分输、浮盘倾斜、一键消防、智能装车、能效分析、雨水外排、流程模拟、智能巡检、数字培训、设备全生命周期和常规流程一键切换”等11大场景，为设计蓝图充实了内容，奠定了基调。③突出结果导向：创新应用38项“四新”技术，融合国际先进的DP总线技术，创新整合分散的控制系统，增加了工业控制系统的可靠性、完整性和实践性。开发数字化交付平台，综合采用物联网、云边端等信息技术，建立完整站场建筑、结构、设备、管线的数字工厂，实现工程的智能运维管理，为打造数字油田、智能油田奠定坚实基础。

2.2 高质量施工

2.2.1 精准化管控，建设智能工地

围绕“五化”建设模式，搭建智能工地管控平台，安全环保、质量、进度、人员、物料、技术等全面可视，建设工期比传统模式缩短2/3以上。①为工程装上“智慧脑”：通过智能工地BIM，云计算、数据、物联网、移动应用、智能应用等先进技术的综合应用，使现场感知更加透彻，互联更加全面，更加智能化。施工进度利用日报进度数据，驱动三维模型变色及模型虚实变化，进行三维进度展示，及时纠偏告警，提高了施工质量。②为工程安上“千里眼”：利用安装的传感器、摄像头，实行智能监管，与站场视频AI监控、周界防护与智能广播联动，与环境监测结合，控制器自动控制喷淋启停，对异常行为实时监控，及时告警。③为工程戴上“顺风耳”：应用安全帽蓝牙模块，实时监测人员信息；与油田重点天气预报相关联，及时发布天气预警，实时掌握气象信息；对24项水质参数和30项土壤参数进行动态监测，及时发现存在问题；通过模型数字化制作重难点、关键工序交底视频，便于施工和管理理解和记忆。

2.2.2 模式化创新，形成首创工法

注重发挥信息管理优势，集聚技术最优支撑，推行“全生命周期信息化”管理新模式，首创了国内领先施工工法新模式，工程建设质效大幅提高。①智能预制工厂：把工地搬进工厂，采用“固定预制厂+移动作业线+现场预制平台”多场景预制模式，开发利用精益预制生产管理系统，实现设计与预制加工数据的自动采集、交互传递、数智预制，大大减少了现场工作量，降低了交叉作业和高空作业风险。②智能焊接管控：对自动焊机进行了智能化技术改造，采取100%超声波检测+焊工大数据分析定位+一定比例射线检测的“三位一体”措施，实现了焊接数据的实时远传，做到“人工+智能+自控”的有机结合，工艺管道预制焊接一次合格率达99.6%，达到国内领先水平。③智能施工工艺：引进北斗打桩智能卫星引导系统，实现了精准定位、智能打桩，效率提升达30%，7834根桩基比计划工期提前15天完成；针对混凝土低温浇灌凝固难题，首创冬季混凝土“天幕”保温系统，创出了寒冷条件下大体积混凝土施工质量控制的国内领先水平。

2.2.3 数智化应用，开发新型技术

新库迁建工程标准高、质量高，设计超前，技术先进，整个油库信息化系统单数采集点共5273+1700多个，视频数据230路，汇集了庞大的数据集合，如何将这些大数据科学应用服务于生产，进行了探索实

践。①开发一体化集控平台，整合 DCS 的实时数据和剩余 40 余套子系统的实时数据，建立统一的数据库，从源头上消除了传统的数据孤岛，为下一步的操作和分析提供了数据基础。②使用新建模技术，将所有流程进行数字化建模，同时引入所有阀门的实时状态，开发出油库流程实时仿真模块，可以让职工进行流程仿真操作，职工通过开关模型上的阀门，能演练真正的流程切换。③引入三维孪生 Vr 技术，开发了油罐检尺、螺杆泵启停、收发球筒操作、消防炮操作、泡沫灭火系统操作等 10 个 Vr 培训场景，职工可以佩戴 Vr 眼镜，手拿操作手柄，进入三维场景实时进行模拟操作，让员工在身临其境中能快速找到技术技能薄弱点，精准提升了标准化操作和应急处置能力。

2.2.4 一体化衔接，联调联试新工序

信息化建设在整个项目施工过程中至关重要。为了确保油库 2158 台信息自动化设备和 41 套各类控制系统，在 3 个月内完成安装、调试和投产运行的现实需求，专门抽调精干力量，探索实施了“工序施工前置法”，缩短工期 20 天。①关口前移：以往建设项目建设中，信息自动化建设往往在施工之后开展，致使后期联调联试时间非常短促。新库建设中，在项目“时间紧、任务重”的紧迫条件下，打破以往工艺安装后再进行信息化建设的惯例，将信息设备及系统检测、调试工序前置到工艺安装之前，有效节约了投运时间。②优先调试：将影响投产的关键设备及系统作为优先调试对象，研发了自控阀门检测装置，对 65 台液位计和 501 台自控阀门的通讯、行程、响应时间等参数进行系统测试，避免阀门安装后出现问题，更换难度大，严重影响投产时间。搭建了服务器测试环境，建立了总厂系统测试实验室，对 35 台机房设备进行接口联调和测试模拟。③节点管控：新库信息化自控电缆加光缆近 300km，现场安装的仪表达 1618 台，为了确保各个设备按时间节点推进，制作了《关键节点控制日运行、周计划、月度滚动计划和剩余工作量倒排统计表》，按照罐区、生产工艺区等五大区域，设置了 304 项工作内容，施工方每日填报实际进度，确保所有施工项目按时间节点运行，有力保障了水联运和投产工作。

2.3 高品质管理

2.3.1 智能生产，让运行管控拥有“智慧大脑”

为了实现少人值守模式下的高效管理，锚定领先目标，对新库新建的 41 套系统进行了全面整合，通过信息技术穿透，打破数据壁垒，使中控室具备了“全面感知、远程控制、辅助决策”的数智化管控能力，生产操作人员由 189 人减少至 20 人，实现了生产管

控少人高效。①巡检模式由外到内，将生产全过程数字化，实现了 504 个生产节点的数据采集。首创开发了一体化集控平台，全面感知生产态势，实时发现生产异常，将巡检模式由外操巡检转变为系统自检、内操诊断。②流程切换智能高效，新库承担着“七进三出”流程，各种组合达到近 300 多种，存在开错操作票或倒错流程的风险。为消除风险，借鉴高德导航的算法理念，创新开发了油流导航算法，切换流程仅需选定起点终点，智能生成操作票，并通过数字孪生，仿真模拟，验证其准确性，用时压减 90%，误操作风险降为 0。③设备启运一键完成，开发了输油泵预启动检测模块，启动前由人工检查变为设备自检，实现了一键启运。④应急消防自动处置，配备了 FAS 火灾联动系统，一键执行“现场阀门开启、自检管网压力、智能优选泵组、自动启泵稳压”处置程序，将处置时间由 5 分钟缩短至 1 分钟。

2.3.2 智能管控，为风险加装“电子盔甲”

随着新库建设，库容增加，设备设施增多，安全系数也随之增高。为了确保安全万无一失，秉承“安全源于设计”的理念，创新采用先进数智技术，实施“四层盾护”管理模式，将安全管理由经验管控向科技强安转变，油库风险等级由 G6 降至 G1，风险值由 93 降为 15。①本质安全层：针对“储罐火灾”最大风险，采用“抑爆型三重密封”，集成导向柱绝缘装置、伸缩式浮顶静电导出装置等技术，将火灾风险削减 95%；针对“复杂流程憋压泄漏”易发风险，全流程配备“水击泄压阀”，泄漏风险削减 90%；针对智控系统失效带来的新风险，首创建立了系统健康自我诊断模型，实时诊断 18 套自控系统及采集设备运行状态，提前预警并锁定异常部位，时刻为油库自动化正常运行保驾护航。②自动调控层：配备 41 套生产及辅助自控系统、5273 个现场数据、504 个电动阀门，对 206 个运行参数自动调控、及时纠偏。③人工干预层：设置 3262 个生产异常预警点，可以快速感知运行风险。建立了“压力场、温度场、流量场”报警联动分析模型，快速锁定异常部位，实现了一般风险人工高效处置。④紧急关断层：对火灾、重大泄漏等 10 类重要风险设置关断保护 63 项，实现了重大风险自动联锁、一键切断。

2.3.3 智能储输，让油品踏上“VIP 通道”

东营原油库承担着“七进三出”的输销任务，以前是四种油品混输，无法满足下游炼厂炼制特种油品的需求。因此，在新库建设中，完善了“分质分储分输”管理体系，将上下游客户利益统一起来，主动满足顾客的期望型需求，实现储销原油的价值最大化。

①分储分输更加精准：管输油品切换时，将在油品交界处形成混油段，通过建立混输油头跟踪模型，配备在线含水分析仪、密度计，实时把控不同油品入库时间。53种进罐流程组合，实现不同油品灵活储存；58种出罐流程组合，多种油品定制配输，输销质量精准把控。分得清、储得活、输得准，让每一滴油都创造了最大价值。②能耗管控更加优化：建立能耗综合管理平台，操作人员录入任务参数，自动生成沿线站库输油泵、加热炉最优运行方案，实现了生产运行能耗的动态分析、智能决策、自动优化。

3 实施效果

3.1 足不出户，智控全局，员工劳动强度大幅降低

集成41套生产及辅助自控系统实现一机操作，230路视频监控“强化了大脑”实现了管控中心整齐划一、平稳有序；5273个现场数据集中采集，超限及时反馈，“擦亮了双眼”实现了生产过程“黑屏”管理；504个电动阀门实现远程控制及状态反馈，206个运行参数实现了自动调控，“解放了双手”让内操工作游刃有余。

3.2 异常状况，瞬间应对，员工心理压力大幅减轻

3262个生产异常预警点，快速感知运行风险。“压力场、温度场、流量场”报警联动分析模型，快速锁定异常部位，实现一般风险人工高效处置。四层盾护即本质安全层、自动调控层、人工干预层、紧急关断层，层层设防，实现了新库安全管理由经验管控向科技强安转变。

3.3 应急处置，秒级反应，员工安全感大幅提升

对火灾、重大泄漏等10类重要风险设置关断保护63项，实现重大风险自动联锁、一键切断；配备火灾联动系统一键消防系统，一键执行“现场阀门开启、自检管网压力、智能优选泵组、自动启泵稳压”处置程序，火灾处置时间由5分钟缩短至1分钟。

参考文献：

- [1] 吴曲波. 大数据分析在成品油库生产运营上的应用 [J]. 自动化与仪器仪表, 2022(8):3.
- [2] 钱建华, 牛彻, 杜威. 管道智能化管理的发展趋势及展望 [J]. 油气储运, 2021, 40(2):10.

遵守安全生产法 当好第一责任人

