

通过智能工厂建设推动劳动生产率提升

曹 冉（中国石油化工股份有限公司天津分公司，天津 300271）

摘要：近年来，天津石化公司针对用工结构性矛盾，运用科技手段建设智能工厂，推进劳动用工制度改革，积极探索管理创新、队伍精干、劳效提升的新途径，在仓储物流、化验分析、计量数据采集、电气值守、长输管线巡检等业务领域，探索推行机械化、自动化、智能化，通过“三换”，即机器换人工、自动换手动、智造换制造，实现了人工投入的“降”和劳动生产率的“升”，取得了良好工作成效。

关键词：劳动用工；智能工厂；劳动生产率

1 天津石化公司基本情况

天津石化公司是隶属于中国石化的国家特大型炼油、乙烯、化工、化纤联合企业。至2021年7月，公司用工总量6240人，平均年龄45.8岁，在岗5951人，其中管理人员1114人，专业技术人员1528人，技能操作人员3309人。作为一家传统炼化一体化企业，公司目前存在员工队伍平均年龄偏大、“人既多又少”的问题。用工结构性矛盾主要集中在仓储物流、化验分析、计量数据采集、电气值守、长输管线巡检等辅助业务领域。一是部分劳动密集型业务生产过程单一、重复性作业多、危险性高、劳动强度大；二是部分生产设备老旧，自动化程度低，生产过程需要大量的人工干预；三是部分技术路线已与现代化炼化企业严重脱节，无法利用自动检测、智能仿真、流程控制、模拟人工判断、自动故障排除等前沿技术提高工作效率。以上因素一方面导致大量人力资源被低效利用，辅助业务领域用工较“多”，主要生产装置人员占比偏低（60%），和三定目标（75%）相比存在较大优化空间，严重制约了劳动生产率进一步提升；另一方面，经过近几年对公司人力资源优化配置，年龄大、技能水平较低人员主要集中在辅助业务领域，未来减员形势严重，用工需求强烈，同时存在人“少”的问题。面对竞争激烈的市场环境，如何提升用工效率，提高企业市场竞争力，是天津石化公司一直在思索和实践的重大课题。

2 改革的主要措施与成效

针对公司劳动用工方面面临的困境，我们通过深入思索和认真研究得出结论，通过公司整体优化，我们已经将最优质的人力资源导向生产一线，如果抛开技术创新，单纯通过人力资源优化去解决辅助业务领域人员“既多又少”的问题已是缘木求鱼。站在工业4.0时代的当下，应当瞄准行业前沿，学习国内外先进，依托管理和技术创新，通过智能工厂建设化解用工结构性矛盾。在此基础上，我们结合公司实际进一步明确了智能工厂建设的总体目标、工作方向 and 具体措施。

2.1 总体目标

聚焦化解矛盾、优化资源、提高效率，以智能工厂

建设为平台，积极运用机械化、自动化、智能化成果，改进管理模式，实现用工系统化、高效化、精益化配置，有效提升劳动生产率。

2.2 工作方向

通过“三个优化替代”，即优化替代生产运行链条中技术含量相对较低的操作岗位，优化替代劳动方式以重复性、巡视性、值守性为主的操作岗位，优化替代劳动区域点多面广的操作岗位。

2.3 具体措施

“三换”，即机器换人工、自动换手动、智造换制造。一是机器换人工，对于生产过程中单一、琐碎的重复性作业以及危险度高、强度大、重污染等工序，引进相应的机械设备，既缓解用工压力，也降低用工和管理成本，又保障生产安全环保。二是自动换手动。虽然企业已引进各类机械设备用于生产作业，但在生产过程中仍需大量的人工干预，存在人员过多的问题，通过引进自动设备替换手动设备，实现一人多机作业。三是智造换制造。采用自动检测、智能仿真、流程控制、模拟人工判断、自动故障排除等先进技术，在精益生产管理、人力资源管理、信息化建设等领域创新应用，全面建设“智造”企业。

为此，公司坚持目标引领和问题导向，积极推行机械化、自动化、智能化，以减少人工投入、提升劳动生产率，取得了初步成效，累计优化用工200人，整体替代人工率59.7%。

2.3.1 通过“机器代人”，打造无人库房

以往，短丝装置运行打包机为半自动型，成品包运输主要依赖人力，用工配置多、劳动强度大，包装质量差、用户投诉多。针对这种简单重复性生产、劳动密集型作业，公司启动了智能仓储项目，利用5G通讯、视觉导航、自适应技术的AGV叉车来实现产品信息采集、自动运输、分类存放及自动装车，库房管理系统与MES、LIMS、IC卡系统高度集成，产品出、入库过程完全自动化、智能化。具体做法是，我们基于视觉+5G+伺服控制技术，运用无人叉车通过视觉传感器提取环境中的特征信息，实现自主建图，自主导航，自主避障和自主装

卸货；通过精准伺服控制，使无人叉车可自适应多种规格物料的搬运和装卸操作，提升作业效率和准确率。该技术有四个典型优势，一是智慧，产品出入库、库位管理及产品物流实现全程无人化作业；二是高效，数字化、智能化管理，大幅提升仓储管理能力及效率；三是安全，仓库内无操作人员，彻底消除安全事故隐患；四是经济，运维便捷简单，人员配备更少，更加经济实惠。

通过智能仓储项目的实施，短丝打包由 64 人减至 8 人、出入库由 24 人减至 6 人，替代人工率 84%，总经济效益 518 万元/年，项目效益回收周期 1.08 年。天津石化公司成为国内石化行业首家利用人工智能实现库房无人化管理的企业。

2.3.2 通过新型分析技术，化解分析人员短缺矛盾

公司生产的轻质油品包括汽、煤、柴油等，目前相关装置有二十七套，化验计量中心炼油化验站需要分析的轻质馏分油有几十种，以往全部采用传统化验分析方法，分析频次高、操作时间长、劳动强度大。近几年自然减员人数激增，劳动用工形势日趋严峻，炼油化验站通过建设轻质油快速分析系统，利用近红外光谱快速分析技术替代 22 个传统分析方法，提高了工作效率，化解了人员短缺矛盾。

具体做法是，首先进行方法验证，通过建设轻质油品近红外样品库，开发高精度模型，将近红外分析仪、自动进样器、分析模型、样本库集成于一体，实现批量自动进样快速分析、无人值守，一次可连续检测 20 个样品，单个样品检测耗时由 1~4h 缩短至 3min，大大减少人为操作工作。

其次，制订了上线替代方案，采用逐步替代的方式，逐渐减少传统分析频次的替代方法，不定期的采用传统分析方法校验分析模型，及时调整更新模型，保证分析模型预测准确性。在此基础上，我们针对轻质油品近红外检测，建立了天津石化企业标准，并且应用 Lims 数据自动比对和上传，减少了人为上传分析数据的工作量，进一步减轻了人员不足的压力。

通过新型分析技术应用，员工操作难度、工作强度以及设备使用维护频次大幅降低，操作人员需求大幅减少，人工、样品、耗材等相关费用每年节省约 180 万元。未来 3 年操作人员将由 137 人减少至 85 人，替代人工率 38%。

2.3.3 通过远程集中系统，提高衡器计量用工效率

公司拥有汽车衡 9 台，随着信息技术的发展，简单联网模式已严重落后于智能工厂的发展需求。具体表现在衡器进出厂流程模式和产品种类相对复杂，与各信息系统集成度不高，需要处理繁杂的票据和车辆验证等工作，客户满意度低；衡器点工作环境恶劣，人员和设备安全风险较大；现场称重人员不足，年龄老化，未来将

影响生产运行。为解决上述问题，我们在集中管理模式上进一步创新，设计出一套适合企业又极具推广价值的衡器远程集中智能计量系统。

一是利用现有的汽车衡设备，完善计量现场自动化控制设备，实现衡器自动控制，即司机自助称重及远程集中控制计量两种操作模式。

二是优化整合衡器称重系统、ERP 系统、MES 系统、化工销售 IC 卡系统、计量管理信息系统等相关功能，实现现场汽车衡称重等过程一卡通的方式，简化现场流程，提高出厂效率。

三是建立进厂物资采购、炼销系统、物料互供、其他物料计量等与衡器计量业务集成的信息化系统，实现汽车衡计量 IC 卡管理的全面涵盖。四是建设衡器的集中管理控制室，实现称重数据、现场称重视频、计量数据等集中上传和整合，现场计量员集中到中央控制室，合理利用人力资源，降低人工成本。

通过集中整合与系统应用，单车过衡时间由原来的 3min 缩减至 1min，提高了客户满意度。彻底改善了计量人员的工作环境，消除了安全隐患和安全风险，同时防止了单据造假和单据传递错误等问题。节约原分散操作室能耗、纸质票据办公用品消耗等 18 万元/a。操作人员由 52 人减少至 28 人，替代人工率 46%。

2.3.4 通过巡检机器人系统，创建无人值守变电站

传统电气运行巡视获取的信息 95% 以上来源于目视观察，但靠人工进行巡检工作，很难做到百分百和全天候的覆盖，且随着人员精简及集控化的实施，人工巡检工作时长及质量难以保障。问题集中体现在公司电仪中心电气作业一区，该区负责炼油区域的电气运行、维护工作，由于人员退休等因素，班组运行困难。为此，我们结合生产实际，投用了一种以“信息化、数字化、自动化、互动化”为特征的巡检系统。具体做法是：通过部署电力巡检机器人系统（配置可见光、红外、局放探头），安装配套的充电设备等，机器人采用视觉识别技术，自主完成巡检任务。采用自主或遥控方式，替代人对配电室进行可见光、红外、声音等检测，对巡检数据进行对比和趋势分析，实现智能巡检替代人工巡检。同时，我们完善了在线监测监控手段，有利于提高电气设备运行质量，确保供电安全。

通过系统应用，实现了炼油区域 65 座装置变配电室全部无人值守，站内电气设备 24h、高频率无人自动巡检，改善了人工错检、漏检等问题，接替了运维人员的重复性工作，优化的 33 人已全部调至其他岗位，替代人工率 100%。

2.3.5 通过无人机巡检系统，破解长输管线巡检难题

油气管道对保障国家能源安全具有重要的战略意义，一旦发生泄露或者爆炸事故，将严重威胁人民群众

的生命和财产安全，管道巡检是确保管道本质安全的重要措施。天津石化公司至天津港 45km 长输管线以往按照传统方式进行巡检，工作主要是通过巡线人员的定期巡查和上级督查部门的不定期抽查两种方式，都是采用人工接触方式，劳动强度大、作业程序复杂、资源配置臃肿繁多、工效低、周期较长，特别是在困难地段往往无法按时保质保量完成巡检任务，需要采用更科学的管理办法和技术手段。为此，我们采用了一套无人机全自主巡检系统方案，即以工业无人机为载体，结合全自动机场、智能全息管控平台，融合各类传感器吊舱实现全自主、智能化的超视距巡检。同时基于人工智能深度学习算法，通过积累日常采集的巡检数据，不断训练算法模型，逐步实现安全隐患的智能分析及自动报警等功能，有效提升作业能力，使巡检由“事后处理”转向“事前预警”，形成巡检作业的全流程闭环体系，最终形成空中巡检—实时数据回传、处理—远程数据管理—大数据分析—可视化报告—指导消除异常的链条，从根本上解决在当前条件下难以完成标准化、常态化巡检的难题。

目前，该项目已进入实施阶段，当前公司日常巡检人员 25 人，项目运行后可减至 8 人，替代人工率 68%，彻底解决人工巡查成本高，效率低，安全隐患大的难题，大大节省了人力成本，提高了巡检效率。

3 改革体会与启示

通过持续加大机械化、自动化、智能化应用力度，天津石化用工结构性矛盾不断缓解，劳动生产率逐年提升，企业内在活力得到进一步释放，劳动用工制度改革取得一定成效。我们认识到，要确保改革工作顺利推进，应当做到“四个到位”，如下心得体会供借鉴。

3.1 思想认识到位

针对部分干部员工对机械化、自动化、智能化的片面认识，特别是由于工作推进，一些基层员工产生对自身岗位的忧虑，甚至可能出现的抵触情绪，首先要从思想观念入手，组织专题讨论，开展宣传宣讲，全面发动、层层深入，讲清劳动生产率提高与个人切身利益的正相关关系，让干部员工充分认识到机械化、自动化、智能化不仅仅是企业打造一流的必经之路，也关系到广大干部员工的根本利益和长远利益，要进一步统一思想认识，为相关工作顺利推进奠定坚实思想基础。

3.2 组织领导到位

要把智能工厂建设上升到公司战略，统筹加以推动，尤其是把加快机械化、自动化、智能化应用纳入三项制度改革总体工作部署，我们专门成立了由公司主要领导任组长的领导小组，由公司分管领导任组长的工作小组，由二级作业部分管负责人为成员的实施小组，并在人事部门设立办公室，负责日常组织协调和督查督办，明确各级管理职责，推动责任逐级递沉，确保整体工作分工

明确，协调有序。

3.3 方案科学到位

为保证方案的科学性和可操作性，在集团公司人力资源部的组织下，我们专门赴浙江新凤鸣集团开展工作调研，同时公司抽调人事、信息、生产、设备、安全等部门人员，成立专项课题组，充分借鉴先进企业经验，认真听取意见建议，研究制定包含实施步骤、实施形式、实施重点为内容的详细工作方案，并逐项确定责任领导、责任部门、完成时限，确保规划有序、部署到位。

3.4 跟踪推进到位

为将各项工作一竿子插到底，我们建立了周小结、月例会工作制度，每周汇总掌握工作情况，每月召开专题会议研究解决当期工作中存在的问题，部署推动下一步工作。办公室成员深入一线基层，现场查看工作推进情况、成效和问题，并在月度例会上将第一手资料拿到明面、摆上桌面，上下联动推进工作。同时，发挥考核“指挥棒”作用，严格将人工成本利润率提升情况与主要作业部绩效考核挂钩排名，倒逼各作业部盘活人力资源存量。

下一步，天津石化公司将在前期工作的基础上，围绕智能工厂建设，深化运用大数据分析和人工智能，全面提升生产装置自动化控制水平，全力推动企业智能化转型。

3.4.1 构建智能化“管理模式”

聚焦管理效能提升，围绕生产管理、安全管理、人事管理、财务管理、工程管理等企业管理重要内容，加快建立架构统一、模型可视、数据共享的智能制造云平台和企业数据仓库，运用大数据分析，构建智能化管理模式，支撑企业全产业链数字化转型，促进各层级管理人员不断精简优化，打造精干高效的管理团队。

3.4.2 搭建智能化“指挥中心”

聚焦生产运行优化，围绕装置运行与控制、异常诊断与处置、风险识别与管控、科学决策与支持等核心内容，加快建立“生产异常管理+一站式多场景”综合应急服务调度指挥中心，通过视频智能识别应用和系统集成，实现生产经营的过程监控和闭环管理，增强各层级和各专业对生产运营动态集约化管控能力，打造精干高效的指挥团队。

3.4.3 打造智能化“数字车间”

聚焦降本提质增效，持续推进机器人外操巡检、库房无人化管理、变电站无人化值守等工作；改进员工培训模式，采用 VR/AR/MR 技术（虚拟现实/增强现实/混合现实），创建和体验虚拟装置环境，通过多元输入设备，产生沉浸式、交互式的虚拟仿真体验，提升员工实操和应急处置能力，打造精干高效的操作团队。