



---

# 石化化工行业数字化转型路径

---

## 蓝皮书 (2022)



编写单位：中国工业互联网研究院

2022年11月

## 编写人员及参编单位

### 编写组成员

鲁春丛 冯旭 尚舵 何慧虹 李渊源 刘晓舟 宋紫  
嫣 高宇阳

### 参编单位

中国石油和化学工业联合会

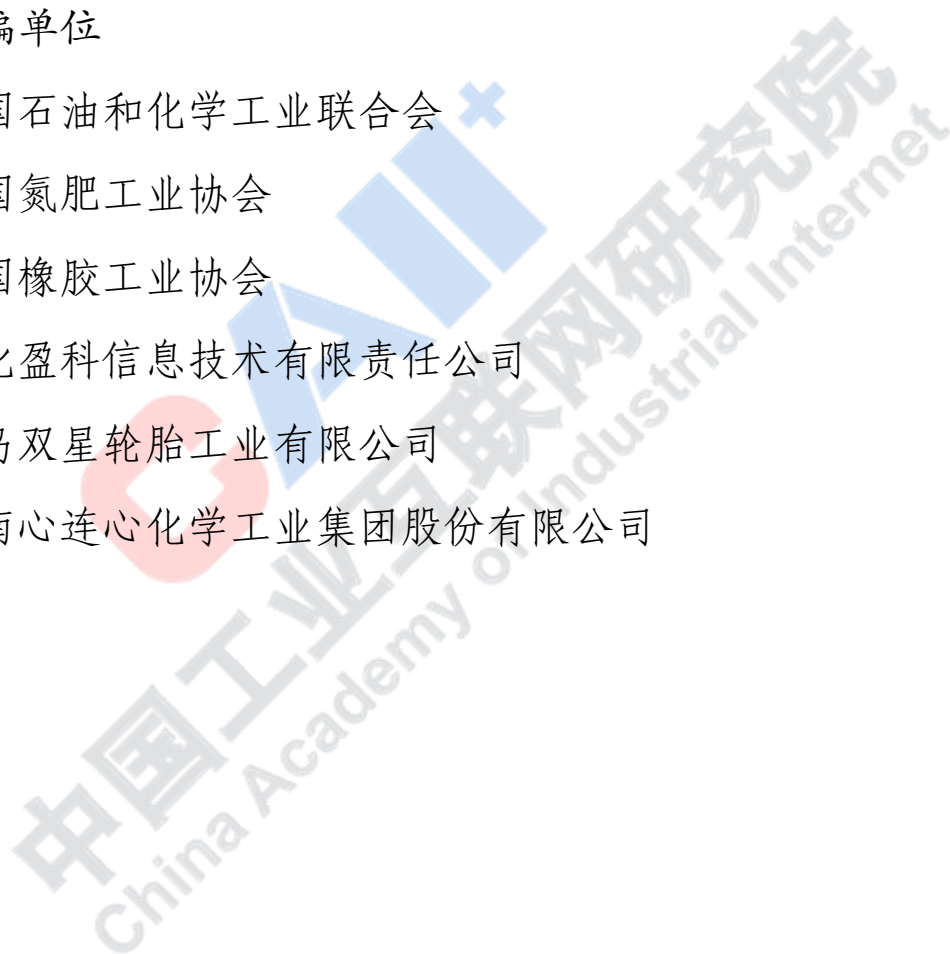
中国氮肥工业协会

中国橡胶工业协会

石化盈科信息技术有限责任公司

青岛双星轮胎工业有限公司

河南心连心化学工业集团股份有限公司



## 前 言

党中央、国务院高度重视产业数字化转型。党的二十大报告指出：坚持把发展经济的着力点放在实体经济上，推进新型工业化，加快建设制造强国、网络强国、数字中国。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》明确提出，以数字化转型整体驱动生产方式、生活方式和治理方式变革。石化化工行业是国民经济支柱产业，经济总量大、产业关联度高、产业链条长，与经济发展、人民生活和国防建设密切相关。石化化工行业数字化转型发展，关乎国家产业链供应链安全稳定、绿色低碳发展、民生福祉改善。特别是在当前世界动荡变革、国内“三重压力”凸显的大变局下，石化化工行业数字化转型成为推动行业高质量发展、提升产业链供应链韧性、培育经济新动能的重要抓手。

工业和信息化部深入贯彻党中央、国务院关于推动产业数字化、网络化、智能化的战略决策，先后印发实施《关于“十四五”推动石化化工行业高质量发展的指导意见》《“十四五”信息化和工业化深度融合发展规划》等，明确提出要加快新技术新模式协同创新应用，推进示范引领，强化工业互联网赋能，为石化化工行业的数字化转型指明了方向。

当前，行业企业普遍认识到数字化转型的重要性和紧迫性，但也面临着顶层设计缺失、建设路径不明、转型阵痛期

长等“不会转”“不能转”“不敢转”困难。同时，石化化工行业覆盖面广，细分领域众多，不同领域企业的工艺流程、装置设备大不相同，行业转型标杆示范路径“本地化”遭遇水土不服等导致企业面临重重挑战和困难。为引导石化化工行业深化数字化转型，我们在工业和信息化部原材料工业司指导下，立足石化化工行业转型发展需求，对行业智能制造示范工厂进行了深入调研、访谈和案例征集等，发掘、提炼试点示范项目典型应用场景及解决方案，形成深入石化化工行业的数字化转型参考路径全景，为企业转型提供有益借鉴。

编制过程中，浙江、山东、安徽、新疆、陕西、河南、内蒙、辽宁、贵州、广东等省级工业和信息化主管部门及试点示范项目单位给予了大力支持，在此一并表示诚挚谢意。由于时间有限，疏漏及不足之处敬请指正。

# 目 录

前 言 .....	I
第一章 石化化工行业数字化转型背景 .....	1
(一) 数字化转型已成为“必答题” .....	1
1.经济全球化发展势不可挡 .....	1
2.数字经济成为主要经济形态 .....	2
3.数字化转型成为推动高质量发展的核心路径 .....	2
(二) 转型基础不断夯实 .....	4
1.顶层规划不断完善 .....	4
2.新一代信息技术不断进步 .....	5
3.供给模式不断优化 .....	8
4.数字化转型成效不断深化 .....	10
第二章 石化化工行业数字化转型问题 .....	12
(一) 产业认识及人才建设滞后 .....	12
1.数字化转型不仅是信息化，还是 ICT 和 OT 深度融合 .....	12
2.生产企业人才储备难以支撑企业转型 .....	13
(二) 数字化、网络化、智能化尚未显现明显优势 ...	14
1.数据化基础设施赋能潜力尚未释放 .....	14
2.“know-how”模型研发精准度仍不理想 .....	15
3.转型规划引领作用尚在起步阶段 .....	15
第三章 石化化工行业数字化转型参考路径 .....	17

(一) 企业基于工业互联网的数字化转型参考路径 ...	17
1.企业数字化转型参考体系 .....	17
2.基于工业互联网的数字化转型参考实施路径....	18
(二) 石化化工行业数字化转型参考路径全景 .....	20
第四章 数据为核心，数字化基础设施夯实转型基础 .....	31
(一) 转型需求分析 .....	31
(二) 转型举措及成效 .....	32
1.数字化基础设施建设支撑数据互联与分析 .....	32
2.数据驱动助力构建数字孪生体 .....	36
第五章 智能为方向，生产制造数字化提高企业生产质量 .....	39
(一) 转型需求分析 .....	39
(二) 转型举措及成效 .....	42
1.炼化等流程制造业的优化生产向“安稳长满优”转变 .....	42
2.轮胎等兼具离散特点的行业加速推进装备智能化应用 .....	46
3.安全生产向动态感知与事前预防转变 .....	54
4.碳排放与污染源监测向可视化转变 .....	56
第六章 协同为关键，运营管理数字化提升企业竞争力 .....	58
(一) 转型需求分析 .....	58
(二) 转型举措及成效 .....	59
1.产业链供应链向现代化转变 .....	59

2.终端产品深入实施服务化转型 .....	61
3.化肥行业积极推进一、二、三产业融合贯通 ....	63
第七章 石化化工行业数字化转型发展措施建议 .....	66
(一) 面向石化化工企业的实施建议 .....	66
1.注重组织保障 .....	66
2.注重分类推进 .....	66
3.注重人才培养 .....	66
4.注重持之以恒 .....	67
(二) 面向政府的政策建议 .....	67
1.强化示范引领 .....	67
2.强化供应商培育 .....	68
3.强化政策保障 .....	68
4.强化公共服务 .....	69
5.强化人才培养 .....	69
附录：典型案例 .....	71
案例 1：中国石油化工股份有限公司镇海炼化分公司	71
案例 2：中国石油化工股份有限公司茂名分公司 .....	77
案例 3：山东海科化工有限公司 .....	83
案例 4：中煤陕西榆林能源化工有限公司 .....	89
案例 5：内蒙古中煤蒙大新能源化工有限公司 .....	97
案例 6：中盐红四方股份有限公司 .....	105
案例 7：河南心连心化学工业集团股份有限公司 .....	109

案例 8: 瓮福 (集团) 有限责任公司 .....	116
案例 9: 青岛双星轮胎工业有限公司 .....	124
案例 10: 赛轮金宇集团股份有限公司 .....	131
案例 11: 新疆中泰化学阜康能源有限公司 .....	138
案例 12: 新疆天业 (集团) 有限公司 .....	144
案例 13: 滨化集团股份有限公司 .....	150
案例 14: 国投生物能源 (铁岭) 有限公司 .....	157
案例 15: 安徽国星生物化学有限公司 .....	163
案例 16: 浙江新安化工集团股份有限公司 .....	169
案例 17: 万华宁波 (宁波) 有限公司 .....	176
案例 18: 巨化集团有限公司 .....	183
案例 19: 山东东岳氟硅材料有限公司 .....	190
案例 20: 中海油惠州石化有限公司 .....	195
案例 21: 鲁西化工集团股份有限公司 .....	202



## 第一章 石化化工行业数字化转型背景

习近平总书记指出，“要推动数字经济和实体经济融合发展，把握数字化、网络化、智能化方向，推动制造业、服务业、农业等产业数字化，利用互联网新技术对传统产业进行全方位、全链条的改造，提高全要素生产率，发挥数字技术对经济发展的放大、叠加、倍增作用。”发展数字经济有利于推动各类资源要素快捷流动、各类市场主体加速融合，帮助市场主体重构组织模式，构建新发展格局，抢抓新一轮国际竞争重点领域发展制高点，推动构筑国家竞争新优势。因此，发展数字经济是把握新一轮科技革命和产业变革新机遇的战略选择，推动数字经济和实体经济融合发展是推动我国经济高质量发展的重要方面。

### （一）数字化转型已成为“必答题”

#### 1. 经济全球化发展势不可挡

当前，世界百年变局和世纪疫情叠加，乌克兰危机持续发酵，国际形势风云变幻。面对复杂严峻的国际安全挑战和遭遇挫折的全球发展进程，中国方案正在引领各国人民作出正确选择。在 2022 年世界经济论坛视频会议的演讲中，习近平总书记倡议，经济全球化已成为时代潮流，世界各国要坚持真正的多边主义，要以公平正义为理念引领全球治理体系变革。在此背景下，具有成本优势、市场优势、创新优势、扩张优势等的产业集群将不断提升竞争力。未来，石化化工

行业将不断提升规模化、集约化、一体化水平，向高端延伸产业链，在全球范围内打造具有战略、生产成本、市场潜力优势的产业集群，形成更加稳定的行业新格局。

## 2.数字经济成为主要经济形态

习近平总书记强调，数字经济具有高创新性、强渗透性、广覆盖性特点，不仅是新的经济增长点，而且是改造提升传统产业的支点，已成为构建现代化经济体系的重要引擎。在工业智能化时代，通过充分发挥海量数据和丰富应用场景优势，可促进数字技术和实体经济深度融合，赋能传统产业转型升级，催生新产业新业态新模式。我国是世界第一制造业大国，依托庞大的产业集群和需求市场，数字经济发展处于世界领先地位，发展前景广阔。

## 3.数字化转型成为推动高质量发展的核心路径

石化化工行业作为典型的传统行业，其产业结构中依赖劳动力、投资、资源等传统要素的占比较高。然而，随着我国经济进入新常态，行业发展进入瓶颈期，单纯依靠劳动力、资源环境等传统要素投入已难以维持其高速发展。因此，产业与新一代信息技术深度融合已成为产业智能化转型与数字化转型的必由之路，数据要素价值的释放成为实现行业高质量发展的关键。

当前，以工业互联网为代表的新一代信息技术已在石化化工行业得到初步发展和应用，中石化、中石油、中海油等

行业领先企业抢抓机遇持续推进工业互联网融合应用，呈现百花齐放的局面。智能工厂建设主要围绕生产管控、安全生产、节能减碳、设备管理、供应链、营销管理等领域，通过新技术融合应用提升各业务的感知、分析、决策和协同能力，推动企业提质增效转型升级。

企业层面，石化盈科公司深耕企业数字化转型、智能化升级领域，最新发布的石油化工工业互联网平台 ProMACE3.0，实现了新一代信息技术在工业机理、业务拓展、管理决策等层面与石化行业的深度融合。中国石油目前正积极推进建设工业互联网平台，以面向石油石化行业的开发环境为基础，通过大数据接入、整合、存储及分析，沉淀行业知识、专家经验、生产工艺，实现仿真设计、工艺优化、设备运行优化等专业领域应用。中国海油也正加快通过工业互联网保持公司核心竞争力并提高盈利能力，积极打造油田无人平台、岸电电源、智慧零售等“工业互联网+智能制造”的发展模式。

地方层面，山东省将“工业化数字化深度融合”作为先行先试主要方向，推进新一代信息技术和制造业融合发展，赋能传统产业数字化转型升级，催生新产业新业态新模式。通过组建专家库，研究制定出细分行业和化工园区“10+1”诊断评估指标体系，并在全国率先编制智能化水平评估规范团体标准，为 83 家代表性园区和企业出具了“一园一策”“一企一

策”“一业一策”评估报告；依托全国首个省级智慧化工综合管理平台，各地开展线上线下相结合的智能化诊断评估，计划到 2023 年，全省规上化工企业将普遍实施智能化改造，化工园区和化工企业上云率分别达到 100%和 70%以上。

## **（二）转型基础不断夯实**

### **1.顶层规划不断完善**

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》提出，要改造提升传统产业，推动石化行业布局优化和结构调整；深入实施增强制造业核心竞争力和技术改造专项，鼓励企业应用先进适用技术、加强设备更新和新产品规模化应用；建设智能制造示范工厂，完善智能制造标准体系；深入实施质量提升行动，推动制造业产品“增品种、提品质、创品牌”。

工业和信息化部印发的《“十四五”信息化和工业化深度融合发展规划》明确提出到 2025 年，信息化和工业化在更广范围、更深程度、更高水平上实现融合发展，新一代信息技术向制造业各领域加速渗透，制造业数字化转型步伐明显加快，全国两化融合发展指数达到 105，企业经营管理数字化普及率达 80%，数字化研发设计工具普及率达 85%，关键工序数控化率达 68%，工业互联网平台普及率达 45%。《“十四五”原材料工业发展规划》提出，促进产业供给高端化、结构合理化、发展绿色化、转型数字化、体系安全化，加速产业

转型数字化，加快制造过程智能化，推动工业互联网赋能、夯实数字化支撑基础。《关于“十四五”推动石化化工行业高质量发展的指导意见》提出，要加快新技术新模式协同创新应用，推进示范引领，强化工业互联网赋能。

## 2.新一代信息技术不断进步

### （1）工业互联网

工业互联网（Industrial Internet）是新一代信息通信技术与工业经济深度融合的新型基础设施、应用模式和工业生态，通过对人、机、物、系统等的全面连接，构建起覆盖全产业链、全价值链的全新制造和服务体系，为工业乃至产业数字化、网络化、智能化发展提供了实现途径，是第四次工业革命的重要基石。

工业互联网包含了网络、平台、数据、安全四大体系，它既是工业数字化、网络化、智能化转型的基础设施，也是互联网、大数据、人工智能与实体经济深度融合的应用模式，通过重塑企业形态、供应链和产业链形成新业态、新产业。2017年以来，我国深入实施工业互联网创新发展战略，网络、平台、数据、安全四大体系稳步推进，工业互联网标识解析加快发展，平台化设计、智能化制造、网络化协同、个性化定制、服务化延伸、数字化管理等创新模式不断涌现。

网络方面，工业互联网网络体系建设在顶层规划、技术创新、生态融合、标准化活动等方面均取得重大突破。工业

互联网标识解析实现从 0 到 1 的突破，企业内网改造加快推进，高质量外网基本实现全国地市覆盖，工业互联网网络发展局面良好。

平台方面，我国“综合型+特色型+专业型”的工业互联网平台体系不断完善，具备一定行业、区域影响力的平台数量超过 100 个，连接工业设备数达 7686 万台套，工业机理模型数量达到 58.8 万个、服务企业 160 万家，我国已成为全球工业互联网平台发展最活跃的国家。

数据方面，目前国家工业互联网大数据中心已形成覆盖京津冀、长三角、粤港澳大湾区、成渝双城经济圈的体系化布局，汇聚约 29 亿条工业互联网数据，覆盖约 703 万家企业，基本建成全国一盘棋的工业互联网大数据中心体系。

安全方面，我国工业互联网安全顶层设计不断完善，通过政策牵引、机制保障、专项带动、供给创新等多种方式，我国工业互联网安全体系初步建成，威胁监测和信息通报处置不断强化，企业安全主体责任意识显著增强，安全保障能力持续提升。

## (2) 5G

新一轮科技革命和产业变革突飞猛进，信息技术日新月异。5G 与工业互联网的融合将加速数字中国、智慧社会建设，加速中国新型工业化进程，为中国经济发展注入新动能。目前，我国 5G 商用稳步推进，已建成覆盖全国所有地级以上

城市的 5G 网络；工业、能源、交通、医疗等多个实体经济行业 5G 应用蓬勃发展，为“5G+工业互联网”融合创新奠定了坚实的产业基础。在数字中国、智慧社会建设和新型工业化发展进程中，“5G+工业互联网”将主要发挥基础性作用、聚合性作用、融合性作用，推动产业升级与行业转型。

### （3）大数据

伴随着移动互联网、智能终端、云计算等技术的发展，全球数据量激增，数据不仅成为新的生产资料，还是推动经济和社会转型的引擎，成为构建国家竞争力的重要要素。在国家大数据战略的牵引下，大数据产业发展不断壮大，据测算，2021 年我国大数据产业规模达到 1.3 万亿元，龙头企业引领、上下游企业互动、技术创新不断突破的格局初步形成，据不完全统计，我国大数据领域专利公开量约占全球 40%，位居世界第二。

### （4）人工智能

2016 年以来，全球迎来人工智能发展新一轮浪潮，人工智能成为各方关注的焦点。我国对人工智能布局迅速，2017 年人工智能首次写入政府工作报告，并出现在了十九大报告中。7 月，国务院印发《新一代人工智能发展规划》，标志着人工智能已经上升至国家战略高度。12 月，工信部印发《促进新一代人工智能产业发展三年行动计划(2018-2020 年)》，提出了四项重点任务，以信息技术与制造技术深度融合为主

线，以新一代人工智能技术的产业化和集成应用为重点，推动人工智能和实体经济深度融合，加快制造强国和网络强国建设。

### 3.供给模式不断优化

随着石化化工行业数字化转型的不断纵深发展，供应商协作逐步成为重要供给模式。数字化转型供给侧包含自动化、信息化、数字化、网络化、智能化等，涉及的关键技术和行业领域十分广泛和复杂，很少有企业能够实现全面兼顾，在激烈竞争中供应商逐步立足自身核心优势选择 2-3 个方向聚焦发展，呈现供应商分工协作、优势互补形态。

据工业互联网白皮书等相关研究，供应商以工业互联网平台作为数字化转型的主要支撑，根据自身优势参与不同分工：

(1) 基础设施服务商提供通用能力，以“被集成”方式参与转型

数据采集与集成、数据分析、边缘计算、云计算等传统信息化企业，为企业转型提供关键技术能力。其中，数据采集与集成企业，为设备连接、多源异构数据的集成提供技术支持，典型企业如博世、IBM、中科、和利时等；数据分析企业提供数据挖掘方法与工具，典型企业如 SAS、IBM、Matlab 等；边缘计算企业提供边缘层的数据预处理与轻量级数据分析能力，典型企业如华为、思科、英特尔、博世等；



云计算企业提供云计算基础资源能力及关键技术支持，典型企业如阿里云、华为云、百度智能云等。

## （2）平台企业以“总集成”角色主导转型

平台企业以集成创新为主要经营模式，整合各类互补产业和技术要素构建平台。目前，平台企业主要有以下四类：

一是装备与自动化企业（中控、和利时、西门子、ABB等），凭借自动化设备基础与经验积累，依托工业互联网平台提供创新服务，如 ABB 利用微软的云基础设施，通过 Ability 平台提供资产绩效管理、能耗评估、分布式能源管理、工厂建模与仿真等云端服务；

二是生产制造企业（中石化、中石油），将自身数字化转型经验转化为服务能力，孵化工业互联网企业构建工业互联网平台，如中石化石化盈科凭借其在中石化内部的实施经验，通过平台汇聚产业上下游各环节资源，为行业企业提供相关解决方案；

三是传统软件企业（用友、PTC、SAP、Oracle），借助云平台的数据汇聚与处理能力提升软件性能，实现从企业管理层到生产层的纵向数据集成，提升软件的智能精准分析能力，拓展服务边界。如用友采用新一代信息技术，按照云原生、元数据驱动、中台化和数用分离的架构设计用友商业创新平台 YonBIP，集工具、能力和资源服务为一体，提供平台服务、应用服务、业务服务与数据服务等；

四是传统互联网企业（华为、阿里、思科），发挥 IT 技术优势向制造领域延伸，云计算、大数据企业凭借强化工业连接及工业分析构建平台，通信企业依托数据采集与网络互联优势搭建物联管理平台，并不断提升工业数据处理能力。微软 Azure IoT 平台则重点打造远程设备监控、预测性维护、工厂联网与可视化等服务能力，提升对制造场景的支持能力。

（3）应用解决方案提供商铺平价值变现“最后一公里”，以平台为载体开展应用创新

应用解决方案提供商结合行业工业知识、机理和经验开展服务创新，扩宽了平台应用场景，加速企业转型步伐。例如，心连心化肥基于工业互联网平台，结合锅炉燃烧行业专家经验与自身现场操作经验，上线了锅炉 APC 先进控制解决方案，节能减排效果明显。安元科技依托南京工业大学安全方面的研究成果和应急管理等领域的相关软件开发经验，陆续上线了工业互联网+安全生产、工业互联网+智能工厂、工业互联网+化工园区等服务。博华科技依托动设备在线监测系统、离线巡检系统、节能控制、远程健康管理等领域丰富经验，为行业设备提供状态监测、故障预警、维修决策及生产排程优化等服务。

#### 4.数字化转型成效不断深化

石化化工行业积极推进新一代信息技术融合创新应用，智能工厂、智慧化工园区建设成效显著，在关键技术应用、

企业数字化水平提升、新模式新业态培育等方面不断深化发展。一是**数字化基础不断夯实**。2021年，石化化工行业两化融合指数59.2，高于原材料工业平均水平1.4个百分点；关键工序数控化率75%，高于原材料工业平均水平6个百分点。“十三五”期间，全行业通过两化融合贯标的企业数量超过1300家。截至2021年，共有29企业先后入选工业和信息化部智能制造试点示范，20家园区被评选为智慧化工园区，超过10%的省级以上重点化工园区启动了智慧园区建设。二是**试点建设成效显著**。石化化工行业试点示范项目平均运营成本降低22%、产品研制周期缩短38%、生产效率提升31%、产品不良率下降61%、能源利用率提升14%。三是**新模式新业态加速涌现**。行业重点企业先行先试，炼化行业通过建设工业互联网平台，试点开展数字孪生应用，推动生产过程全流程实时优化；煤化工行业基于大数据和人工智能技术，进一步提升煤炭资源优选、能耗优化；轮胎行业搭建以数字化、资产化、服务化和5G特征为中心的生态体系，实现了轮胎的全生命周期管理，为用户提供轮胎诊断、轮胎选择和维护保养等多元化开放服务；化肥行业基于工业互联网平台，推动肥料研发和下游农田使用个性化定制、产品追溯及精准营销。

## 第二章 石化化工行业数字化转型问题

石化化工行业数字化转型是产业顺应第四次信息科技革命趋势，不断深化云计算、大数据、人工智能、物联网、区块链等新一代技术融合应用，盘活并发挥炼化、煤化工、化肥等行业多年来所沉淀数据的基础资源作用和创新引擎作用，打造基于数据要素驱动的生存能力、发展能力和创新能力，催生炼化及煤化工等智能化制造、轮胎等网络化协同、特种化学品等个性化定制、化工新材料等平台化设计、化肥及涂料等服务化延伸等发展新模式，推动产业加速质量变革、效率变革、动力变革，释放数字化对行业发展的放大、叠加和倍增作用。然而，目前石化化工行业数字化转型缺乏明确路线指引，仍有部分企业存在数字化转型认识不到位、人才储备不足、顶层规划不完善、数字化基础不扎实、转型阵痛期长等问题，导致企业迟迟难以下定决心实施转型。

### （一）产业认识及人才建设滞后

1.数字化转型不仅是信息化，还是 ICT 和 OT 深度融合  
随着 ICT 技术的不断发展，数字化、网络化、智能化应用不断涌现，各类新模式新业态不断催生，多数企业已经认识到数字化转型根本目的是提升产品和服务的竞争力，让企业获得更大的竞争优势，本质上是新一代信息技术驱动下的一场业务、管理和商业模式的深度变革重构，转型是一项长期艰巨的任务，不能一蹴而就。但仍有部分企业管理层对数

字化的认识不到位、不同步，认为数字化转型仅仅是业务信息化，没有考虑业务和技术深度融合。数字化工厂的内涵外延还在高速发展，短期难以形成统一结论，关于数字化工厂建设的指导性规范和文件也正在孵化中，企业普遍对数字化工厂存在认识模糊，建设内容和目标期望不清晰等问题。

## 2. 生产企业人才储备难以支撑企业转型

数字化转型的顺利推进离不开同时掌握 ICT 和 OT 两种技术，还掌握两种技术之间的渗透、衍生、转化、交互作用的复合型人才。据编写组调研走访重点企业，并结合《工业互联网产业人才发展报告（2020-2021 年版）》等报告显示，当前石化化工行业企业普遍存在员工专业技能单一、人才储备不足的问题。具体来说，工业互联网相关从业人员数量占比根据企业类型分化严重：

在大部分生产企业中，相关从业人员主要聚集在信息化部、数字化部等部门，人员数量在全单位人员数量中的占比约 10%-15%，且以传统的仪表及部分信息化管理人员为主，对工艺了解较少；数字化转型领先的企业通过建立工业互联网平台等方式，不断提升工业互联网能力，培育孵化形成工业互联网子企业，如石化盈科、昆仑数智等，其从业人员以 ICT 为主，预计占到企业总人数的 80%；在面向行业的工业互联网企业中，如蓝卓（中控）、安元等，凭借已形成的 DCS 系统、云服务能力、大数据计算能力等，为企业数字化转型

过程中提供多样性的服务，其从业人员以 ICT 为主，占到企业总人数的 60% 以上。总体看，生产企业工业互联网人才占比严重不足，难以支撑企业的数字化转型顺利发展。

## **（二）数字化、网络化、智能化尚未显现明显优势**

石化化工行业作为流程工业，具有良好的自动化基础，自动化、信息化程度走在工业前列，但是数字化、网络化、智能化水平尚未显现明显优势。截至 2022 年 10 月，世界经济论坛和麦肯锡遴选的“灯塔工厂”共 114 家，中国的灯塔工厂有 42 家，大部分集中在家用电器、电子元件、汽车等行业，石化化工行业的灯塔工厂仍为空白。以其他行业为参照，石化化工行业数字化、网络化、智能化程度仍有较大提升空间，原因如下：

### **1. 数据化基础设施赋能潜力尚未释放**

行业企业普遍上线 PLC、DCS 控制系统，具有良好的自动化基础，生产现场实时产生大量数据，真实地反映着现场的运行状态，对其有效挖掘和利用对于企业的生产优化和管理运营决策有重要意义。但是，有大约 30% 的企业 DCS 数据尚未采集，对数据没有应有的重视；部分物理化学过程数据难以直接采集，尤其是两相甚至三相工艺过程中的组分、杂质等，生产过程中没法直接采集到，只能间接估算这些数据；工控设备厂商的标准、规范不统一，进一步增加了数据统一采集的难度。此外，部分设备处于极端环境中，条件恶

劣，设备运行状态数据无法被及时采集。上述情况导致企业内数据流难以全部贯通、信息出现断层，数据量虽然多但关联分析难度大，数据价值仍需进一步挖掘。

## 2.“know-how”模型研发精准度仍不理想

ICT 企业通常把算法模型分为规则模型和机理模型：规则模型是将各类管理制度进行一个软件化封装，典型如安全和环保等，确保业务流程符合相关要求，亦称白箱模型。机理模型是基于对象、生产过程的内部机制或者物质流的传递机理建立起来的精确数学模型，石化化工行业典型特征“三传一反”，涉及质量平衡方程、能量平衡方程、动量平衡方程、相平衡方程以及化学反应定律、电路基本定律等。因此，机理研究极为复杂，有些机理甚至仍然属于“不可知论”。大数据为机理研究开辟了新道路，这个过程还需要大量的行业知识和基础数据积累，然而生产企业并未深度参与模型搭建工作，往往由 ICT 企业以一己之力研发，导致机理模型搭建的结果不尽如人意。因此，石化企业虽然每天都在不断地产生海量的数据，但由于算法模型精准度不高，导致这些宝贵的数据无法发挥应有的作用。

## 3.转型规划引领作用尚在起步阶段

据《全球数字化工调查》数据，有 50%以上的石化企业仍缺乏数字化战略和转型路线图，行业企业在工艺控制、设备故障诊断、安全生产及绿色能耗管理方面都上线了相关业

务系统。但由于前期缺乏数字化战略和转型路线图，不同供应商不同时期上线的控制系统、监视系统、制造执行系统以及辅助业务系统等往往相互独立，数据不能有效地交换和共享，“数据孤岛”林立，信息传递不及时不全面，企业投入产出不明显，较大打击了企业数字化转型的热情。未来还需进一步加强数字化转型规划引领作用，从理念宣贯、组织保障、顶层设计、评估诊断等方面先行着手，梳理统一目标，以工业互联网理念统一转型路线。





### 第三章 石化化工行业数字化转型参考路径

#### (一) 企业基于工业互联网的数字化转型参考路径

##### 1. 企业数字化转型参考体系

企业数字化转型是一个长期系统工程，本质上是利用新一代信息技术驱动业务、管理和商业模式的深度变革、逻辑重构和模式创新，从而提升产品和服务的竞争力，培育新业态。企业数字化转型参考体系是一个多阶段螺旋式递进、由量变到质变的发展过程，每个阶段通过推进数字化基础设施、生产制造数字化、运营管理数字化，不断孵化培育形成新能力、新模式和新业态。

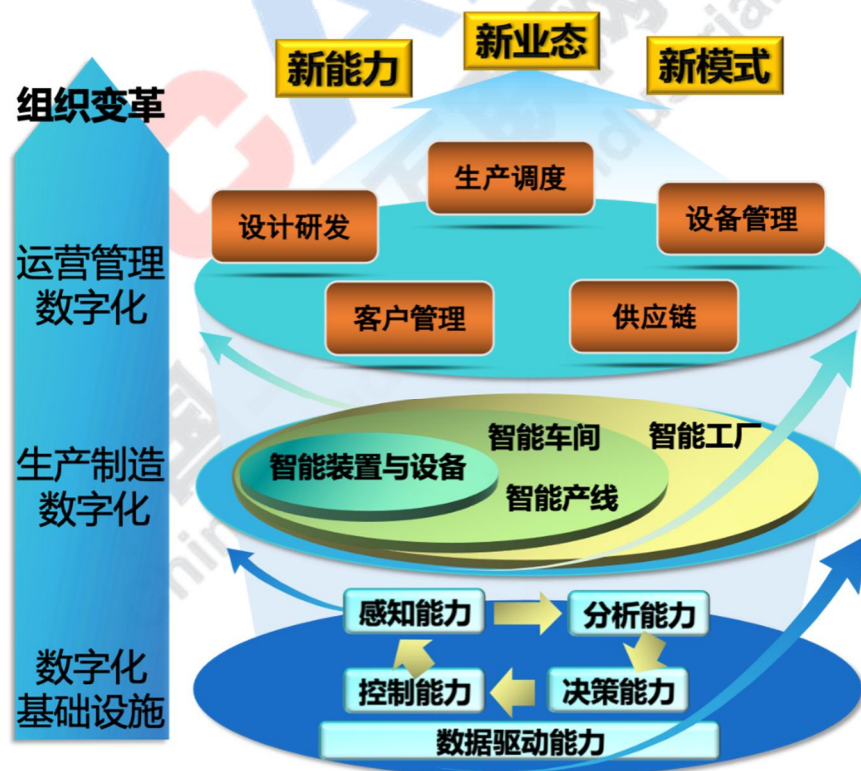


图 1 数字化转型参考体系

数字化基础设施以建设数据采集、汇聚、有序流动等数

据驱动能力为基础，推动在不同范围、层级建设数据驱动的感知、分析、决策、控制的优化迭代闭环能力，为上层数字化转型做好技术准备和数据积累。

生产制造数字化能力建设沿着点线面体，从单点的设备、装置试点起步，连点成生产线，从生产线到车间、到工厂，依托数字化基础设施不断扩大数据实时流动和共享的方位、过程和领域，不断整合数字和物理要素，逐步建成物理世界和数字世界的实时映射、双向互动，从而提升要素网络化、智能化水平，加速生产管理的质量、效益的优化。

运营管理数字化能力建设在数据驱动下，加快传统设计、研发、生产、运营、管理、商业等信息化技术的变革升级，加速各个环节的整合与联动，推动资产数字化、运营数字化、劳动力数字化，提升运营效率。

新能力、新模式和新业态是一个数字化转型阶段发展的成果，也是下一个阶段启动的支点。在不断打通、贯通、整合、融合全要素、全价值链的过程中孵化出新型数字化能力，并以此带动涌现新的技术应用场景和新模式，推动形成新的产品、服务和商业模式。

## 2.基于工业互联网的数字化转型参考实施路径

工业互联网作为新一代信息技术与工业经济深度融合的全新工业生态、关键基础设施和新型应用模式，通过人、机、物的全面互联，实现全要素、全产业链、全价值链的全

面连接，构建形成全新的工业生产制造和服务体系，是数字化转型的实现途径。因此，企业数字化转型的过程，也是工业互联网建设、融合和创新的过程。

基于工业互联网的数字化转型参考实施路径是一个伴随着组织变革的能力建设、资源整合、融合创新过程。

在能力建设阶段，企业通过机房搭建扩容对 IT 基础设施升级，提升企业数字化计算能力，积极引入云计算、大数据、智能分析等技术建设计算分析平台，通过架设物联网、5G 等推进内外网改造，配合信息安全防护的保障，完成了数字化基础设施建设。同时，数字化基础能力的建设也提升了工艺数控化、设备装置等联网化水平，推进了人、机、物全面连接，增强了数据采集、汇聚、流动的集成能力，为企业数字化转型提供了坚实的基础。



图 2 基于工业互联网的数字化转型参考实现路径

在资源整合阶段，依托数字化基础设施，构建“数据+平台+模型+应用”的工业互联网整体解决方案。通过数据驱动不断突破整合企业已有业务软件，以MES核心整合APC先进控制、LIMS等软件构建生产运行平台，以ERP为核心整合供应链管理、客户管理等软件构建经营管理平台；在推进软件整合过程中不断对流程进行解耦、重构和连接，通过流程协同在平台上产生和沉淀工业机理模型微服务组件，孵化形成软件定义能力，进一步支持数据的实时处理、分析、洞察和驱动业务自我学习构建数字孪生体，推动业务运营的智能化，形成闭环持续优化改进。

融合创新是资源整合过程中不断探索、积累形成的，本质上是企业生产、运营、商业模式的重构，主要包括新能力、新模式和新业态。通过推进数字化转型，企业逐步积累设备、产品、质量全生命周期、全过程数字化管理的新型能力，延伸形成网络化协同、个性化定制、服务化延伸等新应用场景和模式，催生了以供应链生态和公共服务为代表的平台经济新业态。

## **（二）石化化工行业数字化转型参考路径全景**

石化化工行业以流程工业为主，批量、连续生产，以工艺优化等智能生产、生产计划调度等运营为核心需求，但不同细分行业的工艺流程、核心装置大不相同，数字化转型的实施重点有所区别。在基于工业互联网的数字化转型参考路

径的指引下，我们以石化化工行业的转型需求为牵引，形成了石化化工行业数字化转型的典型落地场景。

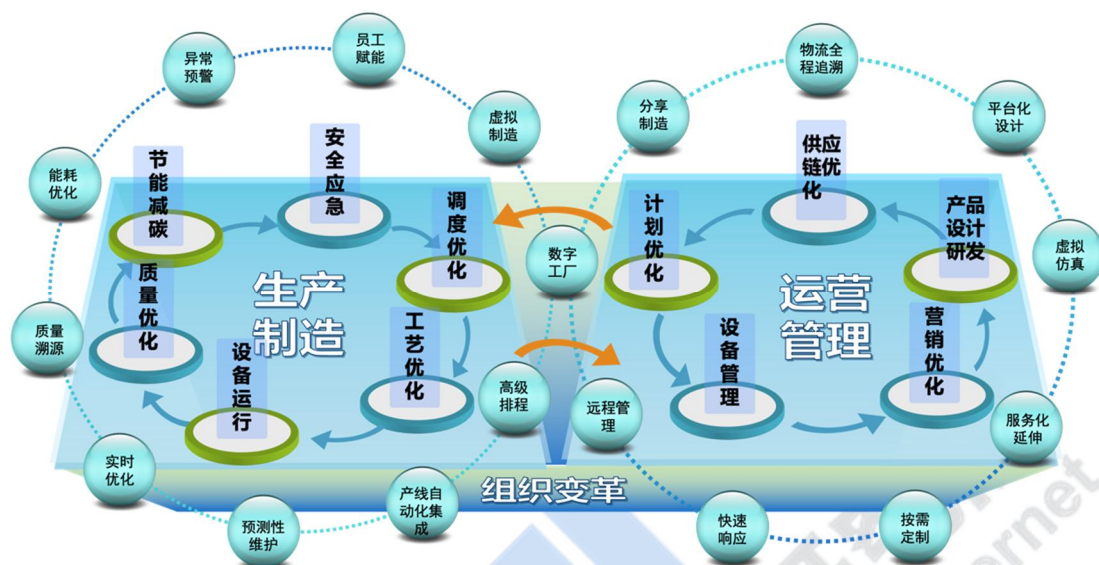


图 3 石化化工行业数字化转型的典型落地场景

石化化工行业数字化转型过程中，组织保障是一切的前提，数字化设计、安全管理、能耗管理等为通用场景；生产制造追求优化一体化，每个细分行业则侧重不同，炼化等流程行业以 APC 先进控制、RTO 实时优化等应用追求“安稳长满优”，轮胎等兼具流程和离散特点的行业应用智能化装备以贯通各生产环节。在运营管理方面，不同细分行业对新模式、新业态的探索呈现多样化，炼化等上下游关联广泛的行业侧重推动产业链现代化建设以提升整体链式竞争力，轮胎等终端产品行业侧重服务化转型，化肥等行业侧重贯通农业、工业、交通运输业、服务业等。

表 1 石化化工行业数字化转型参考路径全景

转型路径节点	着力点	发力点	具体举措	建设成效	孵化培育新能力/ 新模式/新业态
数字化基础设施建设	数据能力建设	IT 基础设施建设	1.建设同城双活数据中心机房,配备UPS不间断电源、精密空调、动环系统。 2.互联网接入多个电信运营商;采用光纤连接机房网络核心、汇聚和接入。	提供大规模、高质量、安全可靠的计算资源、存储资源、网络资源等信息化应用和服务。	<b>新能力:</b> 增强分析能力。
		内外网改造	1.5G 基站建设,配套部署边缘存储计算设备。 2.视频监控联网建设。 3.物联网系统建设,通过智能传感器实现设备数据采集、定位和监控。	1.实现数据不出园区、5G 信号园区全覆盖。 2.实现视频监控快速回传至控制室,或加速本地处理。 3. 提升装置数控率。	<b>新能力:</b> 增强感知能力和控制能力。 <b>新模式:</b> 智能化生产——智能装备;智能巡检; 5G 智能视频。
		平台建设	1.依托工业互联网平台实现各工业软件的集成与数据融合。 2.提升边缘计算与智能分析能力	提高了数据分析频度,助力构建数字孪生体。	<b>新能力:</b> 增强感知能力和分析能力。

生产制造数字化	调度优化	平台支撑	<p>1.建设调度指挥系统,提升生产协同指挥和异常处置能力。改变原来调度指令下达的业务模式。</p> <p>2.建设虚拟制造系统,实现了计划、调度和装置等生产优化机理融合应用。</p>	<p>提高决策执行效率,生产过程自控投运率,关键工艺参数控化率,装置生产效率。</p>	<p><b>新能力:</b> 增强分析、决策能力,提升产品/质量全生命周期管理数字化能力。</p>
		软件整合	<p>1.制造执行系统(MES)与企业资源计划系统(ERP)的高效协同与集成。</p> <p>2.制造执行系统与产品全生命周期管理系统、虚拟仿真平台集成。</p> <p>3.采用 APC 先进控制,实现了主要生产指标和质量指标的精细和平稳控制。</p>		<p><b>新能力:</b> 增强决策、控制能力,提升产品/质量/设备全生命周期管理数字化能力。</p>
		数据驱动	<p>建立报警管理功能,实时查看报警时间、原因分析、报警点、报警位号、报警级别等信息,实现重复报警、常驻报警多维度分析,为报警处理提供智能化建议。</p>		<p><b>新模式:</b> 智能化生产-智能排产计划,智能异常告警,虚拟制造。</p>

		数字孪生	<p>1.搭建三维地理信息平台，利用扫描、航拍等手段，对园区建筑、管廊、重点设备、罐区、罐区消防设施等模型重建，形成了园区的三维地理信息可视化。</p> <p>2.建设模拟仿真平台，进行工艺流程仿真，模拟生产状况、工艺系统、设备启停、故障处理。</p>		
质量优化		平台支撑	对影响产品质量的关键工艺指标进行辨识、梳理，上传至监控平台，对产品生产过程指标实时监控，对异常报警指标及时调整，跟踪管理。	实现了 DCS 控制、生产制造、平台监控的三级过程质量管控体系。	<b>新能力：</b> 增强感知、分析能力，提升产品/质量全生命周期管理能力。
		软件整合	建立产品追溯系统，将电商、农资服务、经销商管理、数据营销的一系列功能整合在一起。	有利于提升企业品牌效益，便于开展营销活动，推广产品。	<b>新模式：</b> 产品物流溯源、质量全过程跟踪，实时优化。 <b>新业态：</b> 产业链生态。
节能减碳		平台支撑	建立起数据采集、过程监视、能源调度、能源管理为一体的能源管控体系。	实现能耗优化，有效降低运营成本。	<b>新能力：</b> 增强感知、分析、决策和



		软件整合	对有毒有害物质排放和危险源进行自动检测与监控、安全生产的全方位监控，将数据与视频集成到一个网络平台，并结合 GIS 地图信息系统开展应急和预警。		控制能力，提升设备全生命周期管理数字化能力。 <b>新模式：</b> 智能化生产——实时优化； 能耗优化；异常预警。
		数据驱动	1.对能源供应、设备的启停状态、生产及关键指标进行重点监控，实现了能源供给与生产负荷联动调整，关键运行指标超标报警等功能。 2.依据排放指标变化趋势，进一步准确判断锅炉运行中的给煤、给风匹配情况，指导生产操作人员快速响应，及时调整锅炉运行参数，确保各项指标达标排放。		
	安全应急	平台支撑	实现生产所有数据采集入平台，支撑企业智慧化工园区一体化管控平台应用。	实现安全生产实时感知、快速监测预警、联动处置，有效提升安全生产水平。	<b>新能力：</b> 增强感知、分析、决策和控制能力，提升质量/设备全生命周期管理数字化能
		软件整合	将设备管理系统、安全监控相关系统和三维地理信息系统集成，实现重大危险源动态实时监测。		

		数据驱动	面向“工业互联网+危化安全生产”场景建设新型安全生产管理能力。		力。 <b>新模式:</b> 智能化生产——“工业互联网+安全生产”新型能力；员工赋能。
运营管理数字化	产品设计研发	平台支撑	以机理模型为基础，结合数据接口技术，构建装置机理模型的在线实时仿真系统。	实现对客户需求的快速响应，个性化定制。	<b>新能力:</b> 增强感知、分析、决策能力，提升质量/产品全生命周期管理数字化能力。 <b>新模式:</b> 智能化生产——虚拟制造；按需定制；虚拟仿真；服务化延伸——效用跟踪；平台化设计。 <b>新业态:</b> 公共服务平台。
		软件整合	集成产品追溯平台、模拟仿真平台。		
		数据驱动	基于装置实时运行数据，结合智能优化算法，以实际值和模拟值误差最小化为优化目标，实现机理模型实时在线自动校准。		

	营销优化	平台支撑	搭建统一交易协同平台，将市场经销商、零售商等客户信息收集在协同平台上统一管理。	有效降低生产运营成本，提升服务客户质量。	<b>新能力：</b> 增强感知、分析、决策能力，提升质量/产品全生命周期管理数字化能力。 <b>新模式：</b> 智能化生产——按需定制；高级排程；服务化延伸——快速响应，供应链优化；个性化定制。 <b>新业态：</b> 产业链生态；公共服务平台。
		软件整合	打通销售、客户管理、生产计划等系统流程。		
		数据驱动	实时追踪客户订单执行情况，协同客户提货计划。		
		软件定义	将市场需求快速转成流程生产订单进行排产。		
	计划优化	平台支撑	建设主数据管理系统，实现人、财、物的全生命周期数据统一管理。	实现生产、采购、供应链、物流、仓库、销售、	<b>新能力：</b> 增强感知、分析、决策能

		软件整合	<p>1.制造执行系统（MES）与企业资源计划系统（ERP）的高效协同与集成。</p> <p>2.企业资源计划系统（ERP）、供应商关系管理系统（SRM）、客户关系管理系统（CRM）的高效协同与集成。</p>	<p>质量、成本等企业经营管理功能的科学配置资源，优化运行模式，改善业务流程，提高决策效率。</p>	<p>力，提升质量/产品全生命周期管理数字化能力。</p> <p><b>新模式：</b>智能化生产——按需定制；高级排程；网络化协同。</p>
		数据驱动	<p>通过不同产品装置的原料采购价格、生产运行状况，以及产品市场销售情况的综合分析。</p>		
		软件定义	<p>为企业管理者提供调整各装置生产负荷、最优经济运行策略的科学建议和合理方案。</p>		
	供应链优化	平台支撑	<p>打造智慧供应链，实现整体协调与全局优化的资源敏捷配置，统一优化原料采购、运输、生产、物流、产品销售，使生产和供应及时响应市场变化。</p>	<p>有效降低仓储负载率，提高货物生产流转效率。</p>	<p><b>新能力：</b>增强感知、分析、决策能力，提升质量/产品全生命周期管</p>

		软件整合	产品进出计量智能管控, 打通仓储系统、物流系统和 ERP 系统。实现物料进出厂计量作业自动化、计量过程可视化、计量数据集成化、计量管理标准化。		理数字化能力。 <b>新模式:</b> 智能化生产——按需定制; 高级排程; 网络化协同。 <b>新业态:</b> 产业链生态; 公共服务平台。
		数据驱动	建立接单、竞价、运输、签收、支付的物流配送体系, 对物流配送环节进行闭环管理。		
	设备管理	平台支撑	建设设备管理信息平台, 包含设备基础资料管理、设备点检管理、运行管理、预防性维护管理、设备状态管控、特种设备定检设备管理、FMEA 分析、以及关键指标管理。	1. 参数数控化率提升, 提高装置生产效率。主要控制参数波动减小, 减少人为操作, 工况运行整体平稳, 有助于每小时节省蒸汽, 每年节约成本。	<b>新能力:</b> 增强感知、分析、决策和控制能力, 提升质量/设备全生命周期管理数字化能力。 <b>新模式:</b> 智能化生
		软件整合	采用多变量模型预测控制等智能控制策略进行非线性控制计算, 通过联锁、自调功能, 有效保证设备高效运行。		

		<p>数据驱动</p>	<p>围绕设备运行指标动态趋势分析进行研究，根据数据分析得出设备关键指标理想状态曲线，形成理想状态值，并与实际运行值进行实时对比，差值超过限值进行预警提醒。</p>	<p>2. 生产控制培训迁移，提高员工调整工艺操作水平，提升生产效率和安全生产水平。</p> <p>3.实现设备全生命周期数据的设备预测性维护。做到有针对性的预测性维护，降低事故率，并加快事故处理速度。</p>	<p>产——实时优化；虚拟制造；设备远程维护；设备预测性维护；员工赋能。</p>
		<p>设备预测性维护</p>	<p>1.对设备进行 RCM 分析，并利用缺陷库，对设备综合状态进行监控，提高设备预防性维修策略准确率。</p> <p>2.通过加装各种传感器来实现设备健康信息的快速获取，利用统筹调度、集中处理、数据分析、监测与预警等手段，提高设备维修效率，做到有针对性的预测性维护。</p>		

## 第四章 数据为核心，数字化基础设施夯实转型基础

### （一）转型需求分析

数字化基础设施既是连接企业生产制造物理世界与数字世界的桥梁，也是数字化的重要载体和依托。在数字时代，数据驱动企业洞察未来趋势和模式，并对可能未来事件做出预测和应对。随着对数据要素驱动的生存能力日益重视，对数字化基础设施建设的迫切性也日益显著，主要体现在如下方面：

**对采集对象的实时性、全面化需求不断增强。**采集对象的实时性和全面性越高，挖掘模式和预测未来的准确性越高。数据采集普遍是石化化工行业企业的痛点和难点，一方面老设备、哑设备、旧设备种类繁多、协议互不兼容、数量庞大，工艺复杂采集指标集合异构、采集方式和实时性要求各不相同，为采集带来困难；一方面上一轮工业革命中诞生的信息化系统如 ERP、CRM、PDM、MES 等各自产生大量数据，信息孤岛特征日益显著，严重制约数据按需快速流动，为数据汇聚带来困难。

**对过程控制的精准性、实时性需求不断增强。**石化化工生产工艺环节多流程长，过程参数关联紧密依赖性高，因此控制的精准性、实时性越高，工艺优化能力越强，产品质量和生产效率越高。不同于离散行业，石化化工行业具有数据体量大、种类多等特点，如何从中快速建立运行和运营的准

确状态，形成决策输出控制指令，提高生产效率，已成为企业转型过程中高度关注的问题。

**对计算分析的便捷性、灵活性需求不断增强。**我国石化化工行业经过几十年发展，积累了大量工艺技术、实践经验和专家知识，是计算分析石化化工生产过程的理论基础。目前，这些知识大多体现为各个系统的规则集合，碎片化现象严重，加之壁垒重重的信息化系统，严重阻碍了计算分析的便捷性、灵活性。如何推动石化化工工艺知识沉淀为机理模型、业务模型、算法模型等，在工艺优化、质量优化、节能减碳等场景便捷、灵活的共享复用，提高企业计算分析水平，是数字化转型是否成功的关键核心。

## **（二）转型举措及成效**

### **1.数字化基础设施建设支撑数据互联与分析**

#### **①内外网络改造增强全要素互联互通能力**

某企业按照装置控制、生产管理、经营管理等层次开展内外网改造，可有效增强生产全要素的互联互通能力，为数据采集和汇聚提供实现路径。

在装置控制层，大量采用智能仪表，通过各种电、气、液动阀门、变频器等元器件控制，采用 OPC、Modbus 等接口方式进行采集。建设 5G 融合专网、工业 4G 无线专网、NB-IOT 基站、物联网等实现园区全覆盖，对于距离较远的仪表，采用 DTU 无线采集方式，对于无法接入 DCS 的仪表，



采用有线 RTU 方式采集。

在生产管理层，打造办公网、生产网、视频监控网等网络安全域，通过核心层与汇聚层双点双线互联，为企业各数据传输系统提供高效、快速的数据服务，实现数据资源的共享化、协同化和服务化。在经营管理层，通过租赁联通、移动、电信公司等多个运营商的网络，形成双链路互联网出口，提高了整体可用性。

在安全防护方面，将网络划分为互联网出口区域、DMZ 区域、内网核心及办公区域、服务器区域，分别部署了防火墙、IPS、IDS、流量控制器等安全设备，并采用不同级别的安全策略和措施，做到区域隔离，纵深防御，同时防火墙设备、负载均衡设备均采用双机热备方式，提高了整体的可用性和安全性。

## ②私有云、公有云保障计算存储供给能力

在建设私有云方面，普遍建设同城双活数据中心机房，建设并完善融合通信、视频监控、4G 专网及企业服务总线、中央数据库、单点登录、信息安全管理等软硬件及相关系统，建设统一运维平台，利用云平台技术实现对硬件资源的实时分配和监控，并建立了数据异地备份系统，实时备份公司业务系统的重要数据，保障系统的稳定运行。

部分企业秉持适度超前理念，以同城双活数据中心为中心，积极引入公有云建设异地容灾数据中心、公有云中心，

各中心通过电信级高可用物理专线互联，构成专有混合云架构，服务于全集团产业链信息化系统，保障系统稳定运行，实现业务系统高可用。

### ③工业互联网平台建设提高计算分析水平

在数据驱动下，数字化转型必然向数据挖掘、智能分析优化流程等更深层次应用发力。通过建设工业互联网平台，强化数据驱动核心逻辑、推动数据要素不断释放潜力成为提高计算分析水平的重心。

在数据汇聚方面，建立完善的实时数据库系统，实现DCS系统、SIS系统、电力系统、火灾系统、气体报警系统等数据的采集入库，实现所有生产数据完整、全面地从现场直接进入数据库；建立生产运营企业级中央数据库(ODS)，集成MES、LIMS、ERP等核心系统数据，为调度指挥、大数据分析、企业统一工厂模型等应用提供数据支撑。

在数据融合方面，依托工业互联网平台实现各工业软件的集成与数据融合，建立以MES为中心的生产制造平台，集成整合物料移动、生产平衡、生产统计和能耗管理等业务模块信息系统；建立以ERP为核心的运营管理平台，集成整合财务会计/管理会计/资金管理模块、生产计划和控制、物料管理、销售和分销、物资管理、工厂维护、项目管理等业务模块的信息化系统。通过数据集成与整合，建立覆盖生产、运营全流程的一体化优化能力，提高了数据分析频度，将事后

总结变为事中控制、事前预防，将价值数据的表象钻取挖掘，并基于反馈优化生产执行动作，发掘影响价值的根源，实现预测分析、滚动分析，全面支撑业务改进和生产经营决策。

在数据分析方面，依托工业互联网平台搭建大数据分析、智能化分析能力，搭建高精度算法模型提高数据价值挖掘的能力。如某炼化企业以机理模型为基础，结合数据接口技术，构建包含常减压、连续重整、催化裂化、渣油加氢、延迟焦化等装置机理模型的在线实时仿真系统，通过系统能对装置模型进行仿真测试，实时反映仿真数据与实际生产之间的偏差，实时感知全流程物性变化，验证模型准确性。河南心连心将采集的产品产量及煤炭、电、蒸汽等能源消耗数据，通过大数据分析进行分类、整理、分析，以表格、趋势图、柱状图等形式展现能源指标差异情况、能源消耗及单耗变化趋势，辅助管理人员查找能源消耗异常原因，为能源利用效率提升提供数据支撑。

在计算分析方面，充分发挥工业互联网“云网边端”协同联动优势，推进边缘计算、边缘智能、云边协同能力建设，提高计算分析的实时性与灵活性。如某企业依托 5G 基站部署边缘存储设备，实现数据采集、智能化识别、定位、监控和管理，搭建了 5G 融合专网+5G 边缘计算与工业互联网融合的总体架构。

## 2.数据驱动助力构建数字孪生体

数据驱动可赋能企业对海量异构数据的快速分析和实时反馈，助力构建各个层次的数字孪生体。

### ①装置/设备数字孪生智能体

围绕设备运行指标动态趋势分析进行研究，建设关键设备的健康诊断模型。通过分析各个指标的相关性，得出设备关键指标理想状态曲线，形成理想状态值，并与实际运行值进行实时对比，差值超过限值进行预警提醒。某企业利用关键设备的故障维修信息和设计知识等，对核心设备分析，设备故障模式信息识别等环节，利用单性能的退化建模与故障诊断方法和多性能的退化建模与故障诊断方法对关键设备信号进行处理，得出各关键数据的高限、高高限、低限、低低限、偏差、速率等报警参数。

### ②工艺仿真

基于数字化炼厂虚拟现实环境与操作员仿真培训技术进行有机融合，基于工艺动态仿真模型（化工过程机理）、控制系统仿真模型（DCS、SIS等）、现场操作仿真模型（三维仿真界面）、操作指导评价模型、仿真操作训练项目等，研发员工虚拟现实仿真培训系统，实现装置开车、停车、事故处理、应急演练等训练内容的实时、动态、交互式、沉浸式培训，最大化三维场景模型的资源利用效率，有效提升员工的生产和安全技能培训水平。

### ③产品数字化设计

双星轮胎等企业实施 PLM、CAITA 管理软件实现轮胎设计、轮胎性能仿真、实验验证软件管理全覆盖和设计全部软件化,并且与生产管理软件 MES 以及实验室质检(LIMS)等实现集成,实现研发、生产和质检的互联互通,包括基于平台的孪生性设计,遵循行业先进的模块化架构,以最少的排列组合方式实现产品多样性的设计,实现高效设计。

### ④数字化交付

某炼化企业以 1#POX、渣油加氢装置为试点,按照正向建模的方式,通过全过程、全专业的数字化交付,正向建模同步形成数字化工厂,实现数字工厂与物理工厂同步建设、同步交付。通过“虚拟工厂”与“物理工厂”之间的交互,使设备特性参数、工艺参数可视化有机地联系起来,为设备、生产、安全环保的业务三维应用提供数据支撑和可视化环境,使方案全景模拟成为可能。

某炼化企业结合数字孪生技术,以渣加、烷基化、生物航煤三个装置为试点,在交付图纸的同时交付对应管线的 IDF/PCF 文件;施工单位据此制作满足施工需求的轴测图纸;以经过施工二次设计的三维模型为空间基础,将设计数据应用于施工管理全过程,形成一套完整的管道施工全生命周期可视化管理体系,对设计参数、施工数据等信息,做到实时入库、颗粒归仓、实时查询,为运营期的管线检测奠定基础,

实现设计方、施工方无缝衔接，协同开展管道施工管理和实施工作。



## 第五章 智能为方向，生产制造数字化提高企业生产质量

### （一）转型需求分析

流程工业生产操作多变，亟需通过工艺优化为降本增效开创新空间。以炼化行业为例，装置多、规模大、流程复杂，生产过程涉及许多变量优化的单元操作，原油的品质决定了其生产难度、生产成本和产品质量。我国原油对外依存度超过 70%，而进口原油多为重质（比重大于 0.8）、高硫（含硫  $> 0.5\%$ ）、高酸（酸值  $> 0.5\text{mgKOH/g}$ ）的高腐蚀性原油，在生产过程中会导致氢气、酸性气等系统大幅波动和催化剂结焦、失活，必须通过催化加氢脱酸、催化裂化等工艺进行加工，提高生产难度。同时，随着高价值石油产品的需求不断增加，提高加工量的同时提高收率、提高效益成为炼化行业的主要优化方向。如何通过工艺优化、先进控制等手段，提升高附加值的炼油和化工产品的收率，优化产品结构，成为企业提高经济效益的关键，传统由技术员根据设计参数和经验确定操作值的做法，已经难以满足多变的生产过程调控需求。

兼具流程、离散特点的行业劳动生产率较低，亟待加快智能化改造。以轮胎行业为例，劳动生产效率是发展质量的综合体现，目前我国轮胎企业的生产效率与美、日、法等轮胎工业强国的差距显著，我国轮胎企业的生产效率不足世界先进水平的 1/2，仍有较大提升空间。轮胎行业兼具在离散型

制造业和流程性制造业共同的特点，呈现出多目标、多约束、动态随机的环境条件，对于轮胎生产过程，生产计划调度的复杂程度主要由资源配置、物料清单、工艺流程等多个要素共同决定的。过去轮胎生产企业主要通过技术人员和一线员工的生产经验和纸本的生产技术规范来保障生产运行；通过市场销售人员向工厂制造部门人员通过传真、电子邮件等方法传递订单，由制造部人员根据订单信息人工分解成生产计划下发到工厂车间进行生产来进行调度；公司管理层定期根据品质、财务、生产、市场等部门的提报数据进行分析和确定下一步企业运营计划。整个过程存在数据准确性、即时性、完整性不足的问题，影响生产效率。

**安全是石化化工行业的生命线，传统信息化手段难以根本解决风险隐患。**石化化工行业是高危行业，具有高温高压、易燃易爆、有毒有害、连续作业、点多面广等特点，安全事故频发。“十三五”以来，行业安全事故总量逐年下降，2020年全国化工事故起数和死亡人数较2016年分别下降35%、23%，较大以上事故起数下降17%。“十四五”时期，石化化工行业正处于“由大变强”的升级跨越关键时期，生产、储存、运输、废弃处置等环节传统风险处于高位，风险隐患叠加并进入集中暴露期，防范化解重大安全风险任务艰巨复杂。安全是石化化工行业的生命线，也是不可逾越的红线。如何从源头实现本质安全、加强生产安全防控、做好事故应急保障



成为石化行业面临的严峻问题。当前，石化化工企业传统安全信息化建设是以线下流程为主、信息化为辅，通过对事件的隐患记录、统计分析发现问题，之后督办排查、风险溯源，最后解决问题，符合传统工作开展的思路，但是存在滞后性，难以面对新形势下的安全生产需求。

**环境约束趋紧，逐步成为影响行业可持续发展的关键因素。**根据第二次全国污染源普查公报，工业源挥发性有机物排放量为 482 万吨，占比 47.3%，排放量位前三位的化学原料和化学制品制造业，石油、煤炭及其他燃料加工业，橡胶和塑料制品业均属于石化化工行业，合计占工业源挥发性有机物排放量的 44.78%，行业发展面临的环境挑战巨大。传统化工企业生产运行过程中的安全及能耗管理，主要是依赖 DCS 控制和技术人员等一线员工的生产经验，环保治理水平难以得到本质提升。

**双碳改革加速，碳排放统计、核算、跟踪难以满足工作要求。**石化化工行业既是能源生产大户，又是能源消耗大户，在“双碳”目标和能源转型大势推动下，减碳减排、绿色发展压力逐步增大。这就要求要大力发展循环经济，走绿色低碳发展之路，实现可持续发展。加快打造绿色炼化产业、绿色储运体系、绿色循环体系将成为行业迈向绿色低碳发展的重要路径。如何通过现有工艺优化、新技术和新装备研发减少碳排放，发展循环经济成为炼化行业面临的重大课题。石化

化工企业传统碳排放管理工作处于“黑匣子”之中，阻碍了对内工作的开展。碳排放年度盘查都停留在企业管理部门层面，无法具体到排放主体。例如，某企业碳盘查工作由安环处负责，全年的数据只能依靠线下报表汇总，工作量大，碳排放活动数据滞后且数据质量不高，同时缺乏有效的数据支撑，企业的节能降碳工作开展缓慢。

## （二）转型举措及成效

### 1. 炼化等流程制造业的优化生产向“安稳长满优”转变

#### （1）炼化一体化生产工艺流程

原油通过一、二次加工装置生产出国标汽油、国标柴油、航空煤油、航空煤油、石脑油、液化气等产品；部分产品经过三次加工装置向化工方向发展，主要分为三个发展方向：一是芳烃发展方向，最终产品为工业塑料、有机玻璃、合成洗涤剂、聚酯薄膜、涂料、医药等；二是乙烯发展方向，最终产品为工程塑料、改性塑料、树脂、聚乙烯、纺织服装、合成革等；三是润滑油发展方向，最终产品为润滑油、板蜡、粒蜡、白油等。

#### （2）先进控制应用

##### ① 控制综合监控

通过 OPC 通讯从 DCS 取数，应用云计算、大数据技术对控制回路的性能自动进行综合性能评估、故障诊断、监控，提供控制回路性能评估报告，指导技术人员线下对控制回路



进行整定优化，为实施先进控制 APC 和在线实时优化 RTO 创造条件，提升生产装置效能。读取 DCS 回路信息如测量值、设定值、阈值等数据，自动生成监控图形，直观显示每个回路的性能概览，帮助用户分析诊断控制回路性能低下或故障原因。例如，某炼化企业实施装置控制回路性能监控整定项目后，通过对组态程序更改和优化控制方案，控制回路参数整定后，工艺控制操作平稳，装置 DCS 自控率持续保持 100%，大大减少了操作工操作频率，降低设备故障的概率。通过 DCS 参数优化整定，2021 年 3 月份回路运行状态为中的减少了 95.9%；状态为差的减少了 92.0%；运行状态为优的提高了 185.6%，控制回路运行状态得到明显改善，有力支撑了装置平稳生产。

## ②先进控制 APC

先进控制解决方案包括多变量控制器性能管理、软测量在线等功能。通过建立符合控制要求的软仪表模型，根据装置实际情况和生产方案，选定 APC 控制器的操纵变量、干扰变量和被控变量；根据实际测试数据、生产运行机理，考虑控制策略的要求，建立较准确的 APC 控制器动态模型；根据装置操作、设备约束实际情况，制定合适的约束控制策略，并落实到在线 APC 控制器。例如，某炼化企业合成材料部 PE 装置实施 APC 系统后，实现了装置生产的优化操作，达到了优化产品质量的目标，控制器平均投运率大于 99%，提

高了装置的操作稳定性；标准偏差平均降低 30%上，关键变量抗干扰能力明显增强；粉料熔融指数和粉料密度的 CPK 提高 30%以上，实现自动牌号切换，提高牌号切换的一致性，年增效超过 500 万元。

### ③实时在线优化 RTO

实时在线优化技术是使用采用标定数据和设计数据、采用严格机理方法，建立装置的实时优化模型。通过在基础模型的建立基础上对模型的数据进行整定，建立相匹配的优化模型，真实反映装置工况，帮助生产操作更接近真实的工艺约束。优化模型可以帮助用户企业做各种假定状况的案例分折，对各种变化因素所带来的安全隐患进行预先的评估，规避排除安全隐患，从而提高企业生产的安全性；基于模型的设备性能在线监测系统能具有极高的精确性，可以帮助用户计算出设备渐衰状态，在设备出现严重问题前及早检测出设备的问题，从而及时合理地安排清洁及维护作业，避免生产条件进一步恶化；基于质量平衡，能量平衡的模型可以帮助用户检测过失仪表，消除仪表故障对生产的影响，是装置“安稳长满优”生产的重要保障。例如，某炼化企业实施重整在线优化 RTO 系统以来，实现了自主卡边操作，提升了装置的边界效益，按照装置运行 8000 小时计算，可多加工重整原料 4000 吨，预年增效 98 万元；180 万吨/年重油催化装置在线实时优化，掺渣量提高 1.28%，使高附加值产品收率最大化，

年增经济效益 2080 万元。

#### ④设备腐蚀监测

通过采集电气和仪表设备的自诊断信息和重要的运行状态参数等报警信号并集中监控，智能判断需要重点关注处理的设备报警，及时发现运行中潜藏的故障苗头，是建设投用设备腐蚀监测系统的关键。例如，某企业选取重要装置关键部位实施在线定点检测腐蚀速率，实现腐蚀状态量化评估及图形展示，及时发现腐蚀隐患，主动采取防护措施，保障装置运行安全，使管理人员能主动分析腐蚀情况，对腐蚀险情做到早发现、早处理；采集系统各类故障报警信息并进行记录，分门别类进行统计分析，通过优化报警策略、数据采集策略、远程诊断等措施，动态掌握设备运行状况，提升预知性检修水平，保证设备和生产稳定运行。据统计，千台机泵密封消耗量同比下降超过 15%，滚动轴承使用寿命同比增加 20%以上。

2.轮胎等兼具离散特点的行业加速推进装备智能化应用  
轮胎智能化工厂打破了传统轮胎企业的生产工艺和集中式的生产方式，通过采用生产制造执行系统（MES）辅助多类智能设备及电子标签匹配系统（MEP），融“产品定制化、企业互联化、制造智能化”于一体，搭建了一个由用户（订单）指挥、数据驱动、软件运行的智能生态系统。

#### （1）轮胎生产工艺流程

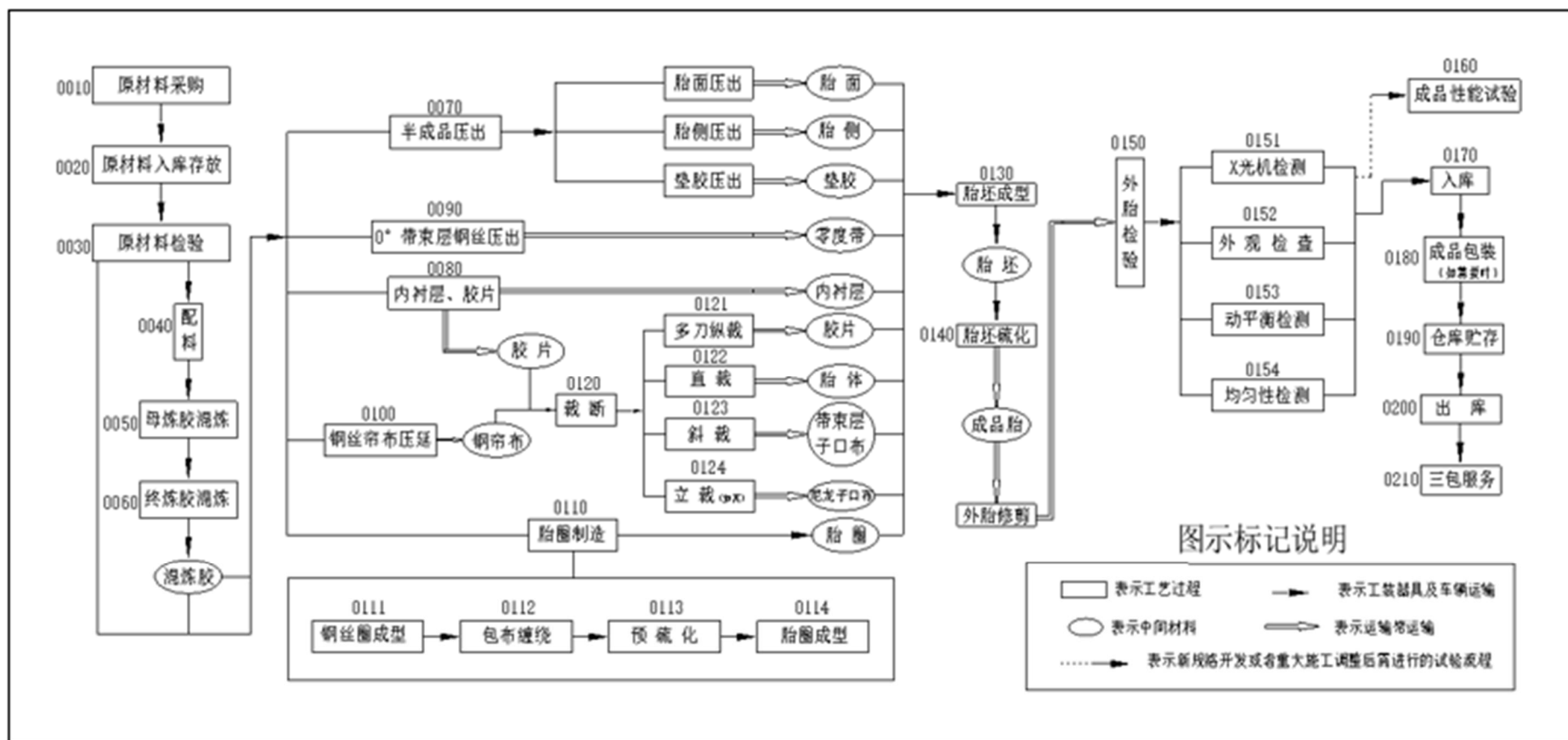


图 5 轮胎生产工艺流程图

轮胎以天然橡胶或合成橡胶、炭黑、钢帘线或帘子布、以及其他化工添加剂为原材料，经过橡胶密炼、胎坯成型、胎坯硫化等工艺而生产。

## （2）智能化装备应用

以双星轮胎为例，其智能化装备主要应用于以下场景：

### ① 物料运输

工厂中所有物料的运输是通过 AGV 小车进行智能输送。根据 APS 高级排产系统排出的订单生产计划，原材料由智能 AGV 小车分别输送到密炼工序、压延工序等相关生产工序。密炼工序生产的胶片，由智能 AGV 小车运送到胶片库区指定位置存放。根据排产计划，胶片由智能 AGV 小车从库区分别输送到——多复合生产工序、内衬层生产工序、钢丝圈生产工序等相关生产工序，分别生产成型所需的半成品，半成品再由专用智能 AGV 小车输送到成型暂存区域；AGV 小车采用无线射频技术，与物料位置进行配对，通过读取物料工装上贴好的 RFID 标签，得知物料发出时间、所在工序，自动备料所有半成品，做到真正意义上的智能识别搬运，机器换人，提升物料输送的准确率。





图 6 AGV 小车

### ②成型、硫化工序的运输

成型、硫化工序采用智能桁架机器人进行胎坯智能输送，替代了传统的手搬肩扛。智能桁架机器人可以根据内嵌模型模仿人类手臂的动作功能以按固定程序搬运轮胎，并智能识别胎坯规格、花纹、层级、品牌，根据每台硫化机的需求，自动输送到每个所需机台，解决了人工搬运用工数量大、劳动强度高的问题，提升效率 200%，同时避免了搬运环节轮胎污染，保证质量一致性的同时提高车间自动化水平。



图 7 桁架机器人

### ③成品胎运输

成品胎通过智能码垛机器人装入 RGV 小车，RGV 小车将轮胎输送到成品立体仓储区域。小车装卸、输送全自动无人控制通道可设计任意长以提高整个仓库储存量，操作时无需叉车驶入巷道，有效提高仓库运行效率的同时提高安全性。



图 8 RGV 小车

#### ④胎坯和成品的出入库

胎坯入库、出库，成品胎入库、出库，都是通过巷道堆垛机器人来完成。它能够通过扫描智能识别取胎，放置于指定位置，实现轮胎的先入先出。巷道堆垛机器人每天可以抓取上万条轮胎，相较于人力生产效率提升 300%。

#### ⑤自动化 MES 系统控制的智能输送线

通过 MES 系统控制的智能输送线体实现了无人操作，智能分类、卸胎、输送、出入库，胎坯配送零误差，高效率、高精度、低能耗，劳动效率提高 5 倍。

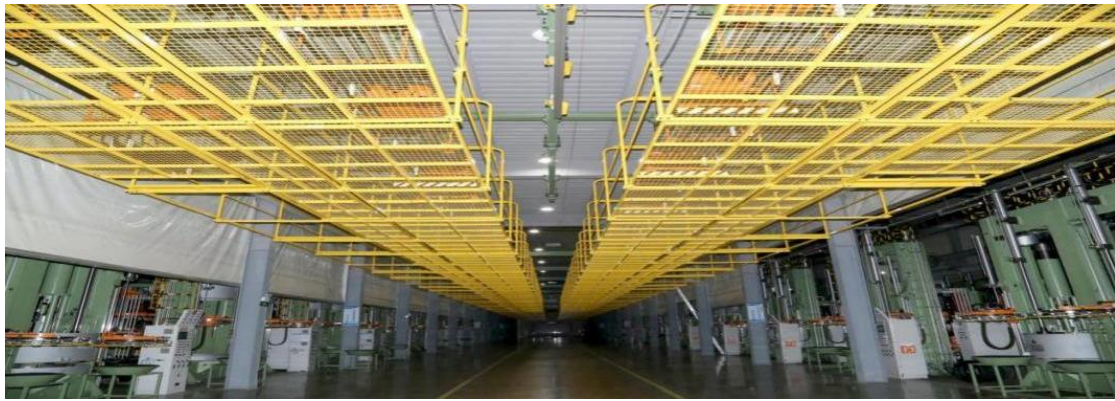


图 9 智能输送线

## ⑥智能评测

**董家口4.0全钢双复合人员数据展示界面**

双复合主机手：应到:1 实到:1      双复合开炼工：应到:1 实到:1      双复合卷曲工：应到:1 实到:1

● 资质信息



姓名：董勤荣  
工号：020045  
从事年限：3  
上岗时间：2017-05  
接班时间：2020-11-22 22:33:20

★ 真诚 后我 拼搏 迅速 创新 协同

● 当前岗位信息-双复合主机手

类别	考核内容	确认人	考核结果	日期
理论	公司级安全	赵玉萍	合格	2020-11-02
理论	车间级安全	赵玉萍	合格	2017-05-02
理论	班组级安全	赵玉萍	合格	2017-05-03
理论	工艺理论	程斌	合格	2017-05-04
理论	实践操作	程斌	合格	2017-05-05
理论	设备结构、性能理论	李洪波	合格	2017-05-06
理论	设备维修保养要求理论	李洪波	合格	2017-05-07

● 可胜任岗位

岗位名称	获证时间
双复合主机手	2017-05

● 资格证

**安全生产岗位资格证**



图 10 智能测评-人员管理

已完成安全生产培训的操作工通过刷员工卡可直接登录到现场 MES 操作系统，登录成功后 MES 系统会自动将当班人员信息及培训信息采集到信息中心进行展示，简化了 MES 登录流程，确保每位操作工都通过安全生产培训持证上岗。

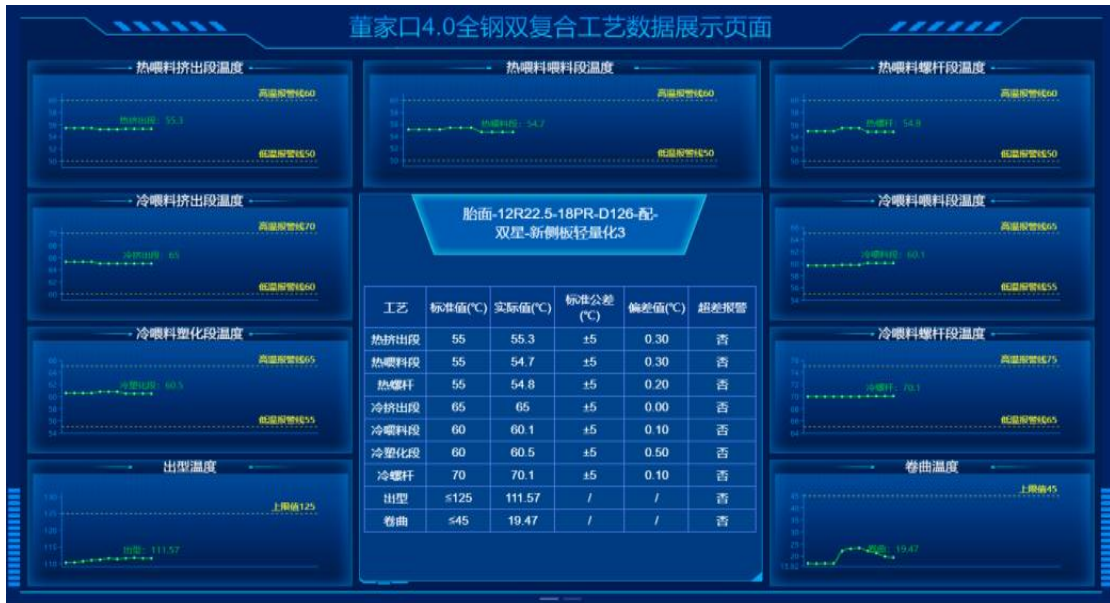


图 11 智能测评-数据汇聚

通过先进的数据采集方式将设备 PLC 的各项温度数据获取到 MES 中，实时监控设备温度数据并自动与标准数值进行比对，超差报警停机，大大减少了因超差导致残次品产生的概率。



图 12 智能测评-质量跟踪

对产出胎坯的全流程质量跟踪，通过对每个机台产品的外观、X光、动平衡各项质量检测，对出现单条不合格品的

机台进行预警，连续三条不合格的机台进行停机，直观地将每个机台的产品质量实时展示，比传统方式下达停机整改单缩短 99%的时间，并且大大减少了产出不合格品的概率。



图 13 智能测评-实时监控

实时监控每天设备生产数量，便于值班长和计划员对生产规格调整，将每班生产计划可视化，实时掌握生产进度。

通过增加检测开关对物料进行检测，MES 扫描条码判断是否正确并通过 LED 屏显示，若上料错误设备上料口会停止动作。严格控制物料投入的准确性，确保产品的生产质量。

### ⑦智能仓储

利用电子扫描，智能龙门机器人对轮胎进行规格和等级分类。整理整垛后，智能关节机器人进行立体装笼，由智能 RGV 小车送到成品立体库存储。根据订单系统的配送计划，将按单生产的轮胎通过智能巷道堆垛机器人取出，运送到发货区域，进行装箱发货。用户可以查看定制轮胎生产进度和

配送进度。轮胎到达体验中心前，信息系统会自动发出短信，通知用户；立体仓储避免轮胎挤压，提高了产品存储质量。

### 3.安全生产向动态感知与事前预防转变

#### ①安全风险实时监测与识别

针对作业风险，系统对每周、每日的现场作业进行风险评估和风险预警，规范不同风险等级作业的审核审批，以作业计划性、准确性，提高了现场作业风险控制水平；采用物联网等技术，全方位在线管理关键装置要害部位；采用人工智能和视频分析技术，对生产现场人的不安全行为、物的不安全状态进行智能识别和安全风险智能分析，开展安全帽检测、安全带检测、可燃气联动等视频智能应用。例如，某企业基于风险点构建安全态势一张图，实现风险识别的流程化管理，提高了现场作业的计划性、准确性，有效控制了现场作业风险，2020年全年异常作业行为减少92%。

#### ②危化品智能管控

在企业生产全过程全环节应用物联网等新技术管控危化品，采集危化品各环节数据；建设工业视频，对危化品设备进行视频监控；在装卸环节，设置相应的泄漏物处置、防火、防爆、防毒、中和隔离等应急设施及物资；在物流运输环节，采用物联网监控危化品物流，与客户和承运商共享物流数据；推动风险被动接警转为主动监测预警管理模式的转变，有效化解重大安全风险、遏制重特大事故，全面提高安

全管控水平。

### ③安全事件智能决策与应急联动

利用大屏幕系统和先进的视频会议、物联网、融合通讯等技术手段，建立综合集成的调度应急指挥系统。通过调度监控，对生产海量信息分专业、分类别的进行汇总展现、提醒、分析和处理，实现进厂、出厂、装置投入产出、产品产量、储运、公用工程等各生产环节的实时监控；建设应急管理应用，辅助调度人员实时监控各生产环节情况，及时发现问题并提醒处理，系统内置整合各类应急方案和资源信息，主动推送异常处置方案策略，将生产损失降到最低，系统实现调度“平战”结合，减少问题的发生，减少生产损失，使调度人员对于生产全局情况和异常信息捕获更加及时、高效，变事后控制为事前控制。

### ④动设备在线运行监测

基于物联网对高危泵进行监控，为重要机泵安装在线监测系统，解决设备管理人员无法实时查看机泵波形频谱的问题，实现数据可视化；通过实时状态监控，智能故障分析，及时发现隐性故障，做到预知性维修。例如，某企业对动设备在线监测以来，高危泵现场监测工作量减少 50%，普通机泵现场监测工作量减少 85%，为基层减负成效显著。通过机器代人，为转变外操巡检模式奠定基础，由人工现场检查改为 DCS 主动预警模式，高危泵巡检频次从每天 2 次降低为

每天 1 次，为公司每年节约人力资源共计 26 人以上。

#### 4.碳排放与污染源监测向可视化转变

##### ①能源管理

能源管理是从计划编制、生产运行、统计核算、能耗监控到能源优化过程的管控，需要将能源管理业务流程融入固化到系统建设的标准流程中，涉及装置、车间、公司三个层面，涵盖装置操作、能源计量、能源统计、能源优化等 20 多个岗位。能源管理主要功能包括：能源运行、能源优化、能源统计、评价分析，从仪表计量、管网平衡、指标核算至统计报表，线上全流程数据可视化，实现能源管理精细化，为企业的能源产耗提供了数据支持。例如，某企业在项目实施后，能源动力优化系统提高锅炉和汽轮机整体运行效率，优化效益可达 200 万元/年；通过蒸汽管网优化，经济效益达 73 万元/年。

##### ②污染源管理与环境监测

污染源管理与环境监测是对关键装置、有毒有害场所等各类排放口及环保设施运行情况的可视化监控，对污水、烟气排放等污染源实施 24 小时在线监测，发现异常及时反馈和处理。例如，某企业对污水、烟气排放等污染源实施 24 小时在线监测，实现污水、废气达标排放率 100%；通过泄漏监测与修复，减少 VOCs 排放，VOCs 排放下降 24%；通过对环保“三同时”管理，从源头管理实现清洁生产。通过环保隐



患和溯源管理，杜绝无组织乱排乱放现象。

### ③碳资产管理

碳资产管理是在线计算企业各环节碳排放、碳资产数据，跟踪督促落实碳排放控制措施工作任务进展，固化公司碳资产管理机制和体系，实时跟踪优化企业中长期碳减排规划和碳达峰、碳中和行动方案 and 计划执行情况，实现企业碳资产清晰、碳管控到位、碳分配合理高效的低碳化管理。例如，某企业通过碳盘查、碳核查，实现对装置生产排放情况的事前预测、事中跟踪、事后分析，提高碳减排和碳交易效益；通过数据分析和应用准确、完整、及时反映了公司碳减排碳达标情况，及时优化生产以达到企业整体效益最大化；按照每个装置每月减少碳资产计算工作量 1 天测算，全年降低成本 130 多万元。

## 第六章 协同为关键，运营管理数字化提升企业竞争力

### （一）转型需求分析

党的二十大报告提出：“着力提升产业链供应链韧性和安全水平”。这对于推动高质量发展、加快建设现代化经济体系、维护国家产业安全具有重要指导意义。

传统供应链信息壁垒较高，抗风险能力不足，亟需通过数字化、平台化增强供应链韧性。我国石化化工产品以产业链下游、低端产品居多，企业内部物流冗长繁琐，存在库存产品积压、外部短驳运输、需求预测周期长等问题，行业普遍存在产能过剩、同质化竞争严重、生产成本较高、盈利空间逐年降低等常态化现象。受大国博弈、俄乌冲突加剧、世纪疫情、科技革命和市场需求等因素影响，全球产业与供应格局发生了深刻变化，供应链转移、资金链紧张或断裂、商品物流受阻，产业链和供应链安全与畅通成为产业竞争力的核心标志。当前，全球化工产业供应链正被重构，高端新材料、特种化学品成为行业方向，产业集群化、区域经济一体化成为行业发展的趋势，构建以数字化、网络化和智能化为主要特征的现代供应链逐步成为行业共识，未来核心竞争力需围绕供应链的规划设计、信息技术、资源整合、协同掌控、增值服务和生态构建等方面打造。

终端产品企业迫切需要由生产型制造向服务型制造转型，增加服务要素在投入和产出中的占比。对于化肥、轮胎

等面向市场的终端产品，服务是企业产品质量、技术水平、管理水平和文化的综合表现，是企业新发展模式的核心。目前，氮肥、磷肥产品以尿素、磷铵等基础品种为主，养分高效化、功能多元化、作物专用化的新型肥料占比不高，产品结构及施肥结构与农作物、土壤匹配度偏低，肥料、肥效与种植结构调整失协，基础品质同质化竞争激烈，不能满足我国农业由增产导向向提质导向转变的要求，行业整体同质化严重，抗风险能力不强，供需矛盾突出；而在市场中产品养分不足、假冒伪劣和串货现象时有发生，不合理用肥情况也越发严重，对化肥的科学施肥指导和产品质量监管相对缺失。轮胎产业由规模化发展向高质量发展转变的过程中，向服务型制造业转型尤为重要。虽然近年来轮胎企业开始开展品牌宣传让大众认知，但成效不达预期，2022年全球十大轮胎品牌中仅有两家中国轮胎品牌。亟须通过运营管理数字化转型提高生产质量、优化供应链管理、打造生态圈，提高品牌影响力。

## **（二）转型举措及成效**

### **1.产业链供应链向现代化转变**

#### **（1）企业内部供应链优化**

在架构层面，集成 DCS、MES、ERP 整合过程控制层、生产执行层、经营管理层，实现车间基于数据流动的透明化、无纸化管理。ERP 系统根据市场需求和销售（供应链）计划

制定工作计划，并下达至相应车间的 MES，工作计划包含物料种类、生产数量、完工日期、标准物料 BOM、设计文档等信息，根据这些信息 MES 产生更为详细的资源分配、控制参数、工序和生产调度并形成工作指令下达至工业控制层。DCS 接收到 MES 下达的指令则控制相应的设备完成相应工序。

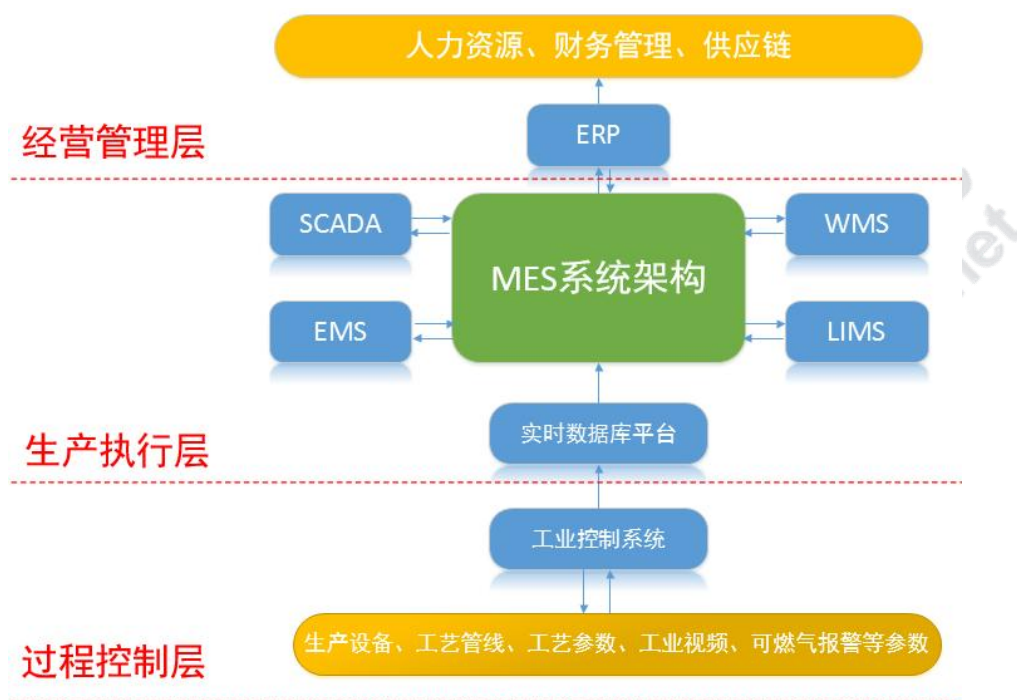


图 14 企业内部集成架构实现数据互通

在优化方面，过程控制层将所有底层控制参数采集并进行分类存储，实时数据库系统通过单向采集的方式从工业控制系统 OPC 采集过程控制数据为 MES 提供基础数据。生产执行层 MES 在反馈的底层信息基础之上，将相关计划优化数据、平衡后的生产数据传递给经营管理层 ERP 的计划生产模块，包括装置的投入、产出、三剂消耗、催化剂、水电气风等数据，主要用于成本核算，生产绩效分析，作为调整生产经营计划的重要依据。ERP 根据公司生产组织、生产管理、

经营决策等方面进行优化，给出计划策略和生产计划，并将生产计划信息传递给生产执行系统MES，包括产品种类、产品牌号以及产品产量等信息，主要用于指导生产排产和优化生产方案。例如，某企业通过供应链优化，运营成本降低22%。

## （2）园区、区域级产业链优化

围绕产业链现代化，建立区域、园区产业链协同平台，推动上下游企业联动协调；依托产业链协同平台，实现大宗产品的预见性库存管理，最优化动态调配园区资源；面向两个市场、两个资源，制定定制化生产策略，实现外部市场定制化产品的精准拓展。例如，某园区以区内炼化企业为核心，一是实现园区产业链协同，通过与上下游企业大宗原料和产品信息的线上发布、自动匹配和线下对接，保障企业供应链的畅通，推动上下游企业联动协调；二是实现芳烃、聚烯烃区域共享库存预见性管理，通过集成上下游企业的芳烃、聚烯烃等产品产量和销售量的动态信息，基于大数据分析实现大宗产品的预见性库存管理，通过实时分析产品供需双方的对接、匹配情况，实现按需生产和零库存管理。

## 2.终端产品深入实施服务化转型

终端产品如轮胎制造企业，基于物联网、人工智能、云计算和大数据等信息技术，对销售的轮胎轮辋安装传感器，通过网络及定位系统对绑定的轮胎胎温、胎压、位置等信息进行实时检测，并上传到胎联网系统数据库生成报表并进行

分析，根据分析数据波动进行预警，确保轮胎使用安全，对轮胎行驶路线，所在位置、路况实时跟踪分析，搭建具有“轮胎数字化”、“轮胎资产化”、“轮胎服务化”和 5G 特征为中心的“胎联网”生态体系，实现轮胎数据线上化、数据化到智能化的全生命周期管理，为用户提供车况诊断、轮胎选择和维护保养等多元化开放服务，同时胎联网技术可以与智能网联汽车相关技术实现无缝衔接，助推企业由传统的卖产品向卖服务的产业形态转型。例如，某轮胎企业通过 PC、App 等各类用户信息及应用场景全系列端口的充分融合，搭建用户可随时随地监测自己车辆轮胎的胎温、胎压、行驶里程、花纹磨损度、GPS 定位等的工业互联网平台；轮胎内置传感器，可实时采集轮胎数据并进行智能分析，自动发出“提示、预警、指令”等信息，指令后台也可接收数据由客服人员人工提醒驾驶者，最大程度地保证用户车辆行驶的安全性，真正实现轮胎的全生命周期管理，全面快速响应用户及客户的个性化服务需求，提升服务满意度，降低用户使用轮胎成本。该平台以云计算和大数据为基点，以 5G 技术为传送通道，承载千万级用户同时在线，进行全方位的数字化、信息化、可视化处理，搭载云计算服务，通过胎联网-智慧轮胎监测系统大数据分析平台进行智能分析，精准、快速地对接客户需求，提供安全高效、便捷、可视化的智慧化服务，实现整个用户轮胎全生命周期管理的服务体验。

### 3.化肥行业积极推进一、二、三产业融合贯通

#### ①“互联网+”定制服务

某企业根据不同区域土壤条件、作物产量水平、养分综合管理要求，开发科学合理配方，减少盲目施肥行为，同时根据测土配方施肥技术，加入中微量元素测定，结合 GPS 定位系统对高效肥施用后的土壤养分变化进行长期定位跟踪，实行套餐服务模式，避免一块地常年四季都施用一种配方和同样的养分，实行对现有耕地定位测土、科学配方、精准施肥、量身定做，改传统的表层撒施为机械深施、水肥一体化、叶面喷施，改传统的单一根部施肥为多样化、套餐化的根部、叶部多元化养分补充。

#### ① “互联网+”营销

某公司通过商城、营销、农服三大平台的实施，使业务人员、管理人员能够更多地掌握市场一线信息，对研发、生产、营销、决策提供了重要的参考价值，提高了客户与业务员的工作效率，使其从具体事务中脱离出来，专心服务市场，同时加大农化知识传播的力度，营造出以服务为核心的营销生态链。具体效果如下：

产销协同方面，通过汇总一线市场需求，上报到生产基地的计划调度员，计划调度员通过 MPS、MRP 运算，自动核减库存，生成流程生产订单，生产基地根据生产订单安排生产。通过系统实时追踪客户要货计划的执行情况，实现提货

情况与要货计划的互联，更好地服务客户需求。

电子销售方面，搭建网上商城，客户可通过 PC 端和移动端两种途径，随时随地的访问经销商门户，进行产品价格查询、产品库存查询、下单、费用对账等，实现产品价格更加透明，购买产品更加方便快捷，交易明细更加有条理，对账更加轻松。

客户关系管理平台，搭建统一交易协同平台，将市场经销商、零售商、种田大户、农村合作社等客户信息收集在协同平台上统一管理。业务员在移动端可查询客户的施肥、订单、提货等信息，同时可以查看客户铺货和宣传政策等信息，制定合理的政策来更好地服务客户，提供市场急需的产品服务，实现终端化服务管理。

### ③“互联网+”物流

某企业整合内、外部运输资源，统一规划物流平台，实施一卡通项目，优化公司内部流程，搭建高效的厂区物流体系，实现信息流、业务流、资金流、车流、人流、货物流的有序运转；整合社会运输资源，通过智慧物流平台的应用，借助互联网平台资源广、信息扩散速度快的特点，吸引更多的社会车辆，建立了接单、竞价、运输、签收、支付的运输配送体系，对物流配送环节做到了闭环管理，真真正正做到了让客户省钱省心。

### ④产品追溯



为了进行化肥质量管控，目前一部分大型的化肥生产企业已经自建了产品追溯系统，普遍措施是对产品进行编码。企业采购员向包装袋生产厂家提供二维码编号。贴有二维码的包装袋到货后，采购员进行到货确认，质保员将产品信息导入二维码，仓管员依照生产产品二维码信息进行入库操作。发货时，仓管员录入发货信息。产品到市场后，用户可以通过手机扫描成品二维码查看产品生产信息。

氮肥协会牵头建设的全行业监督追溯系统，采用物联网、射频识别、物品编码等信息技术，建立产品追溯数据库，有利于整治假冒伪劣行为，提升企业品牌效益，净化市场环境，更有利于规范企业良性竞争以及加强国家对行业的监管和调控。追溯系统实现了对出库产品的二维码自动扫描，降低人工成本并提高出库效率，提高了企业产品的质量追溯和防伪、防窜货的管理，并将电商、农资服务、经销商管理、数据营销的一系列功能整合在一起。二维码扫描可获得微信现金红包，便于开展营销活动、推广产品，并可通过大数据手段进行分析，为产品推广铺路搭桥。

## 第七章 石化化工行业数字化转型发展措施建议

### （一）面向石化化工企业的实施建议

#### 1.注重组织保障

数字化转型本质是释放数据要素价值，驱动业务、管理和商业模式等系统性、全局性组织变革，需要构建新的愿景、新的文化、新的组织制度等，转型过程涉及规划、计划、生产、销售等多个条线，需要优化体制机制和组织方式以协调解决重大问题，因此，组织保障是数字化转型的前提。只有一把手下定决心来推动才能成功，甚至一把手要引领、要以身作则，亲自领导组织变革，才能带动组织跳出舒适圈，让转型落地。

#### 2.注重分类推进

数字化转型是一个多层级的复杂系统工程，而石化化工行业细分领域众多，不同行业、不同企业 IT 基础设施建设、信息系统应用不尽相同。转型过程中企业需要把握自身应用特点和基础条件，对标同类型企业开展评估诊断、顶层规划，坚持问题导向，明确阶段性关键环节和落地场景，循序渐进分类推进。

#### 3.注重人才培养

石化化工行业是典型的技术密集型行业，数字化转型过程中深挖数字要素价值需要通过基于“三传一反”等机理和大数据分析的算法模型不断释放，相较于其他行业人才要求更

高，需求更为急迫。高校、科研院所、行业协会、企业等需要联合发力，探索新型人才培养体系，编制适合企业场景、理论与实践相结合的培训教材、课程等，开展数字化转型相关知识、技能的培训活动，夯实企业转型发展的人才基础。

#### 4.注重持之以恒

数字化转型是一个新旧模式长期共存的过程，从技术驾驭到业务创新、从数字化能力建设到系统人才培养等，需要长期持续投入资源，在总结、继承和掌握已经取得经验的基础上积极实践、深入探索，努力创造新的经验，总结新的规律，不断取得新的成效，坚持长期主义以实现量变到质变。

### **(二) 面向政府的政策建议**

#### 1.强化示范引领

试点示范是调动地方、行业和企业实施智能制造积极性的关键举措。建议在不同细分行业选择基础条件好、示范效应强、影响范围广的重点企业积极开展试点示范，推动生产制造全过程、全产业链、产品全生命周期的快速感知、实时监控、智能分析和精准决策，打造可复制可推广的示范样板，促进产业提质增效升级。探索数字化转型的集成应用创新实践，基于石化化工行业产业链条长的特点，围绕炼化、精细化工等上下游融合紧密的集聚产业实施区域级融合试点示范项目，形成区域级扩散效应，将易推广可复制的模式经验“带出去”，为产业链上下游供应商和客户提供经验参考和成

功案例，推动形成因地制宜的数字化转型发展新格局。

## 2.强化供应商培育

数字化转型供应商已从单纯的产品或服务供应商转变为“综合性解决方案”供应商。建议通过重大专项、建设联盟等重点培育一批行业市场份额大、具备自主研发能力的数字化转型系统解决方案供应商龙头企业，探索建立供应商推荐机制，形成“通用型+专业型+特色型”的供应商格局，引导促进供应商良性发展。通过组织共建、资源共享、活动共办、事务共商、人才共育、发展共促的“六共”工作思路，组建数字化转型联盟等组织，引领产业高质量发展。

## 3.强化政策保障

企业在数字化转型改造过程中需要承受较大的风险。建议采取国家政策和资金扶持，建立国家数字化转型投资基金和专项资金，引导企业加大数字化转型力度，重点支持数字化转型基础能力提升、关键共性技术研发、新技术应用研究、标准体系建设和标准规范研制等。发挥我国社会主义制度的优越性，协调各类国家研究计划，围绕石化化工行业数字化转型过程中传感系统、平台建设、工业软件等重大关键技术，对从基础与前沿研究、技术研发、产品研制到推广应用各类项目的投入与资助进行一体化部署，降低企业创新与转型风险。

#### 4.强化公共服务

由研究机构、行业协会等第三方牵头建设数字化转型行业公共服务平台，通过制定行业数字化转型相关标准规范，建设平台化的“数字化转型诊断咨询工具”，建立包含战略、规划、路径、方法等在内的理论体系，营建数字化转型的良好社会环境，推动企业数字化转型从自动化向数字化、智能化方向纵深推进；发挥第三方服务平台的公信力，引导工业互联网平台企业、专业服务商提供开发工具、知识组件、算法组件，形成第三方可调用的工具集，构建开放共享、资源富集、创新活跃的数字化转型解决方案生态体系，发挥公共服务平台的服务能力；推动行业关键共性技术研发，组织对行业数字化转型中涉及到的工业知识、工艺流程、机理模型等关键共性技术进行梳理、研究和联合攻关，实现工业技术、经验、知识的模块化、标准化、工具化；推动国家级大数据中心体系建立和发展，实现对多源数据的汇聚、管理、处理、分析，形成算法库、模型库、知识库等微服务，为工业互联网平台、解决方案服务商、企业进行赋能。

#### 5.强化人才培养

针对石化化工企业和 ICT 企业跨界合作不足、技术交流不畅的情况，需要持续完善人才培养能力，进一步加大复合型人才培养的支持力度。建立鼓励人才自主创新、协同创新的激励体系，完善人才梯队。充分发挥高校、科研院所、行

业协会、企业等资源优势，协同开展人才培养工作。加强产业上下游交流与国际合作，拓宽国际视野，进一步提升石化化工行业国际竞争力。



## 附录：典型案例

### 案例 1：中国石油化工股份有限公司镇海炼化分公司

#### 一、企业简介

中国石油化工股份有限公司镇海炼化分公司（简称镇海炼化）是中国石化旗下最大的炼化一体化企业，拥有 2700 万吨/年炼油、220 万吨/年乙烯、210 万吨/年芳烃生产能力，与吞吐能力 1.2 亿吨/年的大码头、储存能力超过 1700 万立方米的大仓储，共同构成了“大炼油、大乙烯、大芳烃、大码头、大仓储”的产业格局，公司集中代表了中国炼油化工行业的先进水平。公司主要业务包括石油制品、化工产品、合成材料等产品的开发、生产、仓储、销售，以及技术开发、技术咨询及技术转让等。

#### 二、案例实施情况

##### （一）总体设计

积极响应数字中国和数字浙江的一号工程，镇海炼化确立了“打造全产业链的发展战略、深化数字化转型的改革战略、持续赋能赋智的人才战略”三大战略，根据战略定位，确立了智能工厂“11341”模型，即“一策划、一规划、三指南、四保障、一路径”，制定了《数字镇海基地建设总体工作方案》和《数字镇海基地建设规划》，形成了“三构建三提升”目标，通过“新型组织、新型业务和新型技术”率先建成智能工厂 3.0，打造“世界级、高科技、一体化”绿色石化基地。

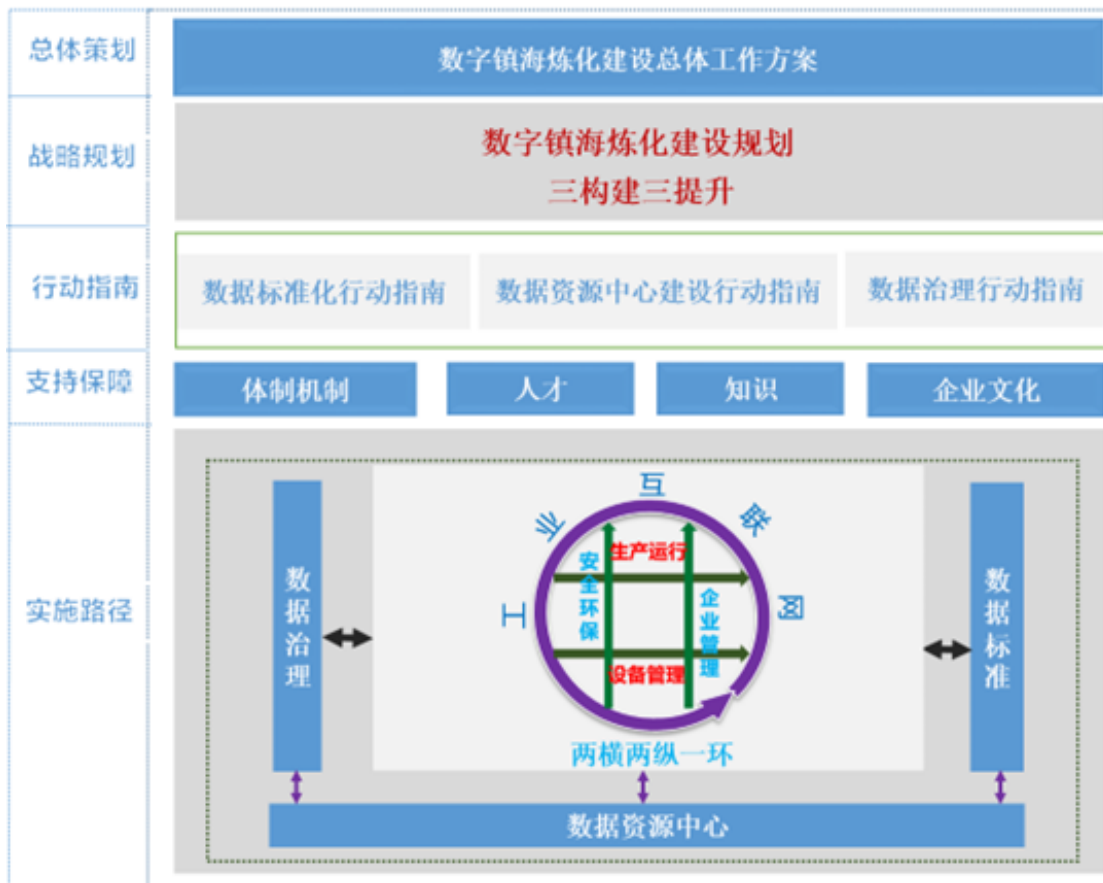


图 1 企业数字化转型模型

## （二）实施内容与路径

### 1. 数字化基础设施建设

一是打造设备感知能力，提高数采和预警率。采用现场总线协议，实现近 30 万台各类仪表采集监控和近 5000 个视频监控。采用 ZIGBEE、4G、5G 技术，搭建物联网，通过现场单兵、智能安全帽采集现场音视频，专家远程分析指挥现场操作。采用北斗+5G 技术，对地基沉降情况进行在线检测，精度达毫米级。镇海炼化把所有控制系统的健康信息接入到仪表智能健康平台进行集中智能监控预警，智能控制率达 99.83%。应用实时数据库技术和 OPC 协议采集装置生产数



据，流程监控画面约 5000 幅，仪表位号约 50 万点，为数据共享和分析提供大数据。

**二是建立工业互联网平台，支持人事物互联。**投用中国石化自主打造的工业互联网平台石化智云，提供基础设施服务能力和数字化服务能力。建成行业领先、800 平方米的企业云数据中心。分别建成国内首张 4G 和 5G 企业无线网络，采用 5G 网络切片技术，切成管理网和数采网两张网络，确保数采安全；2000 多台防爆终端覆盖生产现场，支持 35 个各类移动应用，彻底改变现场管理模式。

## 2. 生产制造数字化能力建设

**一是建立生产协同优化模式，提高经济效益。**创新自研“从计划、调度、内操、外操和统计不同岗位，调度指令下达、执行、物料移动到统计的端到端生产执行模式”，获得国家新型实用技术专利。全流程优化实现资源配置最优化，“十三五”增效超 10 亿元。近 30 套主要生产装置投用先进控制技术，年增效 1.05 亿元；乙烯和重油催化装置投用实时在线优化技术，年增效 6300 万元。2020 年 12 月，“镇海炼化全流程优化，实现效益最大化”入选国资委数字化转型典型案例。

**二是建立绿色发展新模式，提升安全环保水平。**运用物联网等技术，全方位在线管理关键装置要害部位；围绕化石能源清洁化、清洁能源规模化、生产过程低碳化，扎实推进“无废无异味绿色示范工厂”建设，在国内炼化企业中首家达

到挪威船级社国际安全评级 6 级，2022 年正在获评 7 级。积极响应双碳双控战略，投用碳资产管理系统，实时跟踪双碳双控规划执行情况。2020 年建成投用宁波市首家加氢示范站，正积极打造浙江最大的加氢母站。

### 3.运营**管理数字化能力建设**

**一是建立智能物流模式，降低运行成本。**通过无人立体库+“在线预约+在线安全教育+二维码自动提化”模式，覆盖 100%公路出厂产品，全年 18 万车辆出厂 550 万吨产品。让承运商最多跑一次、等候时间从 1 天变为 1 小时，客户物流综合成本费用降低 15%，安全风险降低。让企业减少停车等候场地，装车实现了无人化。

**二是建立设备数字运营模式，促进装置长周期运行。**“十三五”期间，联合集团、设计单位编制 GB/T 51296-2018《石油化工工程数字化交付标准》和公司《工程建设数字化交付执行细则》。建设期，实现 120 万大乙烯工程“物理工厂与数字工厂”同步交付；运行期，以交付的数字工厂为基础，打造了设备完整性管理系统，打造以维修项目流为主线的“五流合一”设备维护模式，实现数字化运行和维护。

### **（三）案例特点**

#### **1.组织先行，构建数字机制**

公司成立数字镇海基地建设领导小组，公司领导亲自推动数字化转型工作。随着“组织重组、流程重构、制度重塑”

数字化转型需要，首次将企管部作为数字化转型工作的牵头部门；因涉及多跨业务域的转型，动态成立以公司领导亲自推动的多跨业务工作专班。动态规划引领先行、年度计划刚性落地，效果效益效率优先，纲举目张；建立月例会、周报告、督办考核的 PDCA 闭环机制，确保工作部署有统筹、任务进展有反馈、问题协调有保障。

## 2.宣传引导，构建数字文明

镇海炼化以制度和大型活动，推进公司数字文化。多次举办“数字镇海炼化·青年先行”云对话活动，9000 多人在线参与互动、点击量 3.4 万次，以青年带头转变思想观念。开展“身边的数字化”劳动竞赛，共收到建议 336 条，采纳 173 条，促进全员参与数字化转型。开展“我的三维数字化”竞赛，开设“数字镇海基地建设”专栏、借助“奋进镇海炼化”等学习宣传阵地，加强数字化知识共享，养成数字文明和数字文化，认同数字化转型就在身边。

## 三、实施效果

### （一）经济效益

镇海炼化生产运行水平和经济效益持续保持国内领先地位，国际著名的美国所罗门咨询公司绩效评估结果，公司是亚太地区最具竞争力的炼化企业之一，乙烯装置绩效在国内率先达到世界领先水平。2021 年，加工原油 2225.37 万吨，生产乙烯 110.37 万吨，实现营业收入 1177.90 亿元、利税

321.54 亿元。

## （二）社会效益

镇海炼化积极践行数字化转型、智能化建设应用，先后获得国家智能制造试点示范、物理信息系统试点示范、两化融合管理体系试点示范，是中国石化“十三五”信息和数字化先进企业。2020 年智能工厂技术研发与应用成果被评为中国石化科技进步一等奖，被国资委列为国有重点企业管理标杆创建行动标杆企业。公司先后入选国务院国资委首批 100 个中央企业爱国主义教育基地、中国石化十大红色教育基地和浙江省习近平新时代中国特色社会主义思想研究中心首批 35 家调研基地之一。

## 案例 2：中国石油化工股份有限公司茂名分公司

### 一、企业简介

中国石油化工股份有限公司茂名分公司（以下简称：茂名石化）始建于 1955 年 5 月，是新中国“一五”期间 156 个重点项目之一，是我国首座千万吨级炼油厂、首座百万吨级乙烯厂、国内最完善的燃料、润滑油、化工、煤化工型炼油厂、国内第二家年利润超百亿元的炼化一体化企业。目前，原油加工能力 1800 万吨/年，乙烯生产能力 100 万吨/年，有炼油生产装置 69 套、化工生产装置 23 套、CFB 锅炉 7 台及 6 台配套汽轮发电机组，同时拥有港口、铁路运输、原油和成品油输送管道以及 30 万吨级单点系泊海上原油接卸等较完善的配套系统。

### 二、案例实施情况

#### （一）总体设计

##### 1.建设内容

建设 5G 无线通讯基站、部署 AGV 等自动化智能化设备、AGV 磁导航系统、AGV 在线充电系统、AGV 中央调度系统等功能模块，同时与 ERP、智能物资管理、集中集成平台（ODS）等系统进行集成应用，通过 5G 无线技术与中央调度控制子系统等实现物资数据的实时交互、智能化和自动化应用。

##### 2.总体架构

见图 1。

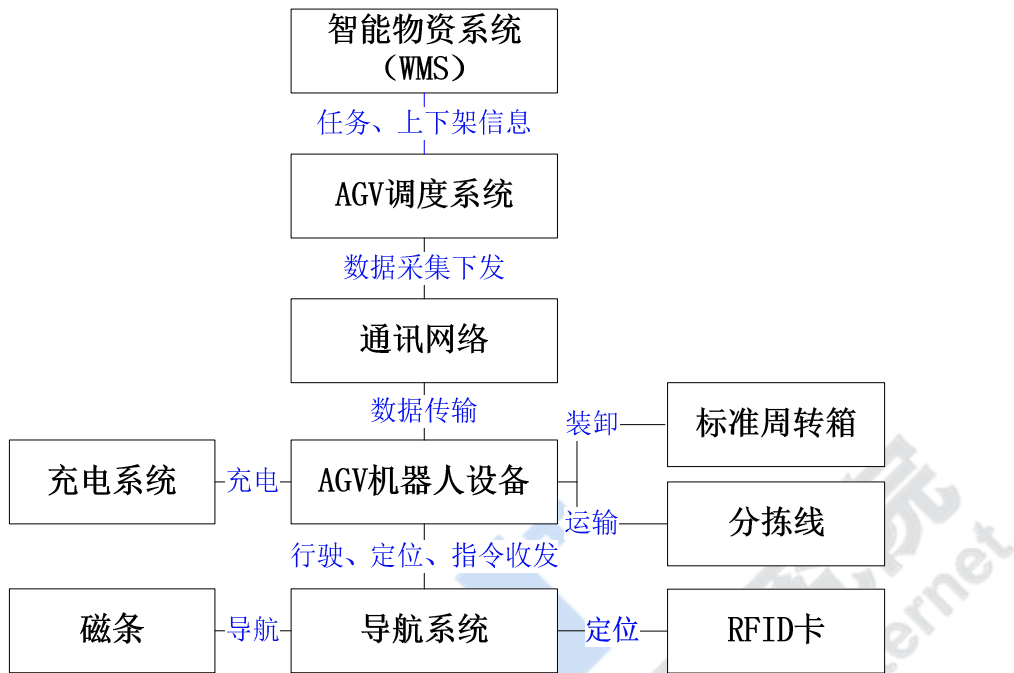


图 1 总体架构

### 3.应用架构

见图 2。



图 2 应用架构

### 4.技术架构

为科学统筹系统软件的开发与维护，在逻辑上将软件系

统划分为以下 4 个层次结构，分别是驱动层、数据层、业务层和展现层，技术架构见图 3。

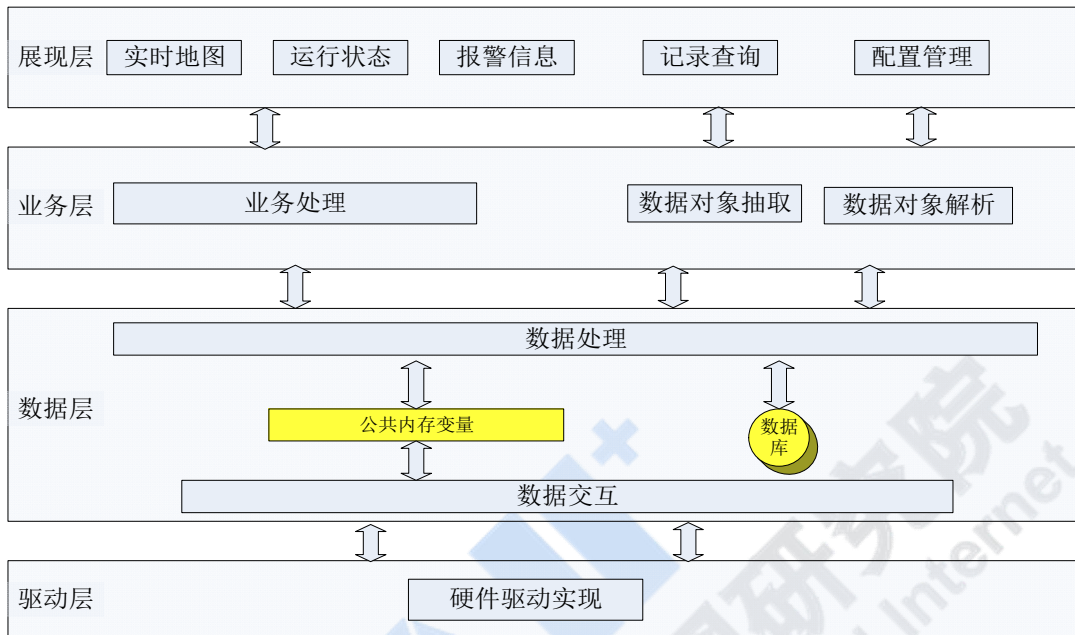


图 3 技术架构

## 5. 集成架构

见图 4。

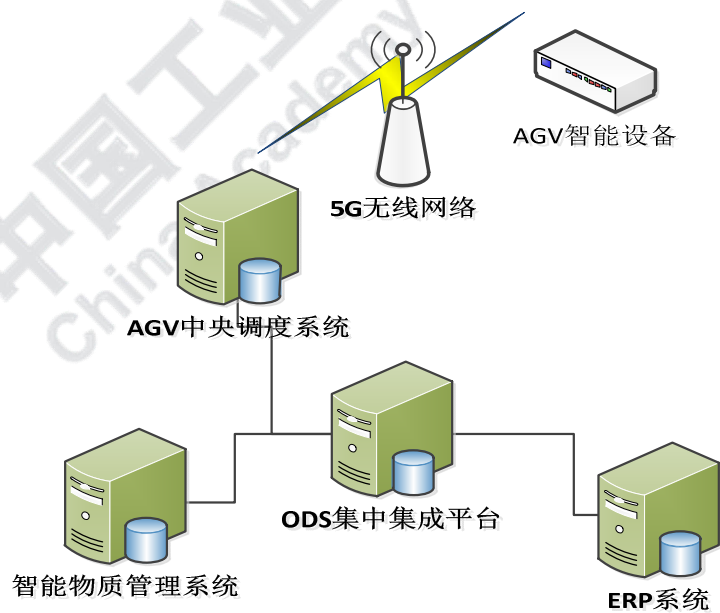


图 4 系统集成架构

## （二）实施内容与路径

### 1.建设工业 5G 基站提供无线网络支撑

建设适配无人仓库高速、低时延、稳定可靠应用的工业 5G 通讯基站，实现无人仓库 5G 信号全覆盖，为无人仓库提供下沉到仓库的 APN 通讯隧道。

### 2.建设无人仓库基础设施

改造无人仓库地面，使地面摩擦系数、接地电阻、水平地面倾斜度等参数符合 AGV 运行的要求；搭建立体货架、部署调试 5G 工业模组的 AGV，开发出入库托盘交接位和电子秤接口程序，实现物资自动上下架与出入库的交接、电子秤自动称重，使物资出入库自动上下架完全达到快速、便捷、无人化、安全化要求，支撑无人仓库业务的高效安全运行。

### 3.建设整体控制单元实现智能化控制

一是建设中央调度子系统，实现 AGV 任务的多线程集中调度、自动导航和自动充电等智能化控制；二是开发适应多任务多平台的中间件，与 ODS、ERP、智能物资等管理系统集成、实现物资调度，自动下发指令给 AGV，AGV 自动接收出入库和纠偏指令，完成物资自动上下架、盘点和货位调整；三是依靠自动化交接位探测机件和 RFID 托盘，精准实现物资上下架时托盘自动被探测。

### 4.科学分区规范现场作业环境

在无人仓库科学设置 AGV 工作运行区、物资库区、办



公区，设置隔离边界和防护设施，确保 AGV 正常运行、物资检验人员安全，同时在库内建设无人仓库办公区，配备空调和终端电脑，改善作业人员的办公环境。

### 5.强化操作认证提高应用技能

实施过程中，大力抓好 AGV 应用培训和岗位认证考试，确保相关人员具备上岗操作能力；制定无人仓库运行维护规范、应急卡片，将流程看板上墙，确保岗位操作有据可依、有制度可依，保持无人仓库的正常、稳定应用。

### （三）案例特点

#### 1.技术先进智能化程度高

在 5G 无线通讯技术支撑下，物资出入库等各环节全部实现数字化管理；应用自动化磁条驱动的 AGV 机器人适应性好、智能化程度高、可靠性好，物资出入库、搬运等工作完全实现智能化操作和计算机的自动控制。

#### 2.规范管理转变工作方式

通过项目实施，推动供应商按无人仓库托盘尺寸规格对物资统一规范包装和发货，包装发货方式由以前的不规则包装发货转变为适应无人仓库规范管理的规则包装和发货方式。

#### 3.提升人均劳效实现转型

项目的智能化应用和平台化管理，可实现各环节业务线上协同、统一管理，一次性在无人仓库管理平台下达数字化

命令实现 AGV 智能化搬运，完成物资收发，自动化程度达到 100%，出入库管理时间减少 5 倍，效率提升 5 倍，实现物资仓储管理从人工向智能化、数字化转型。

#### 4.提高作业过程安全水平

进一步提升仓库搬运安全性。通过 AGV 自动化搬运和物资自动上下架，可以避免传统人工操作和搬运物资跌落货架发生事故风险，大大提升生产作业过程的安全性和可靠性。

### 三、实施效果

#### （一）促进减负提效

无人仓库 AGV 机器人的自动上下架、分拣等智能化、无人化运行，降低了人工搬运物资的工作量、大大提升仓库工作效率，目前该仓库物资的收发货效率提高到 80%、货位调整效率提高 60%，实时盘点效率提高 50%以上。

#### （二）经济效益

一是提高库容，无人仓库采用多层智能立体货架，等于增加 5 个 460 平方米仓库库容面积，同时提高该仓库的库容周转率约 45%以上；二是节约成本，可节约库房建设费共计约 920 万元（5 个库房\*460 平方/个库房 \* 0.4 万元/平方米=920 万元）；无人仓库项目可支持自然减少 3 名保管员，按每年平均人工成本 25 万元计算，每年可节约人工成本约 75 万元，同时可减少 5 个同面积库房每年管理成本约 30 万元。

## 案例 3：山东海科化工有限公司

### 一、企业简介

山东海科化工有限公司位于东营区化工产业园区，是国家认可保留的地方炼油企业和《山东石化振兴规划》中的重点培植骨干企业。公司原油一次加工能力 220 万吨/年，获得国家发改委原油进口使用权，主要产品：汽柴油、液化石油气、石油焦、硫磺等。截至 2021 年底，公司总资产达 86.77 亿元，员工 1167 人，营收 159 亿元。公司先后荣获达沃斯论坛“全球成长型公司”、工信部“智能制造试点示范”、全国安康杯竞赛优胜企业、山东省节能先进企业等荣誉。

### 二、案例实施情况

#### （一）总体设计

公司与国际知名的咨询公司埃森哲合作，规划了集团整体的 5 年数字化转型建设方案，用 5 年时间建成“决策支持平台、运营管理平台、经营执行平台、智能生产平台、技术支撑平台”五大平台，打造应用标准体系和治理管控体系两大体系”，形成促进海科企业转型和发展的综合能力（简称“521 工程”），实现高端油品炼化能力持续保持国内领先，智能化能力达到行业领先，实现安全、效率与优化等特定领域达到国际领先水平。

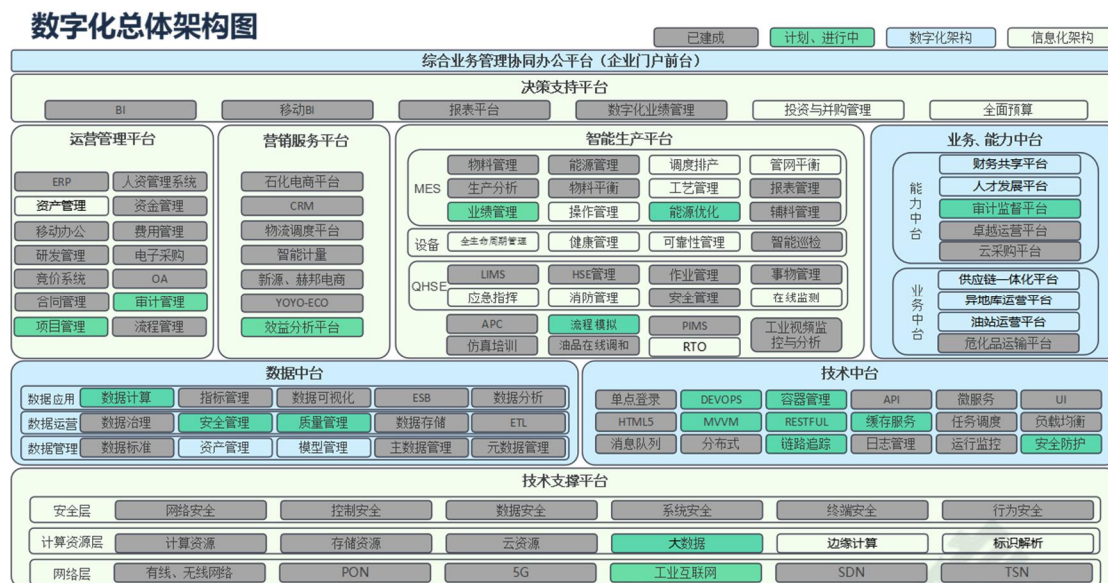


图 1 海科数字化体系架构图

## (二) 实施内容与路径

海科数字化转型以“521 工程”为指导，以管理体系为保障，对工厂的设备控制、生产过程、经营管理、分析决策进行全面升级。

在智能生产层面。开发建设生产执行 MES、先进控制 APC、智能巡检、生产仿真等系统，实现了生产数据自动采集、产品工艺仿真模拟、技术实时建模优化、产品质量卡边控制、操作工合理配置，大大提高了生产绩效管理，生产数据自动采集率达到 100%，全流程自动化率达到 96%，能源利用效率提高 13%，产品收率提高 1.5%，操作平稳率提高 15%，生产操作次数由 10400 次/天降低到 1660 次/天，能耗降低所创造的效益达到 1290 万元/年。



图 2 海科智能生产系统示意图

在决策支持层面。基于大数据和敏捷 BI 技术，开发商业智能 BI 系统，打造服务不同层级的决策支持应用，建成覆盖全业务领域的综合数据仓库，实现战略、采购、生产、销售、人才等 660 个运营数据线上实时分析、趋势预警，为企业生产、营销和管理提供决策支持。



图 3 大数据作战室

在运营管理和经营执行层面。以企业资源管理系统 ERP、“海科优油”电商平台为核心，建设智能计量、物流调度、LIMS、产品交付等系统，实现客户自助下单、自助计量、自助装车等“十大自助”功能，计量效率提升 80%，单班装车数量提高 25%，每年节省人力成本 400 万元；实行产品交付全流程可

视化，对客户交付进度实时提醒，在行业内树立以客户为中心五星级客户服务体系标准。

技术支撑层面。建成总面积 300 m<sup>2</sup>、2Gbps 互联网带宽、40G 核心网、万兆骨干网、千兆到桌面的私有云数据中心，并与阿里云、移动云、沃云等公有云合作建成企业混合云，充分利用本地私有云便捷安全，公有云按需计费、易扩展、算法模型丰富的优势，实现“两地三中心”数据容灾备份，现拥有算力 600CPU、500TB 数据量、虚拟服务器达 560 台。

### （三）案例特点

海科公司在基于智能制造的企业数字化转型的道路上，逐步形成了具有鲜明海科特色，体现如下：

#### 1.生产集约共享

以生产执行为核心，实现生产全过程管理。提升集中管理能力，强化执行力度，结合经营决策与生产过程，搭建生产管理组织能力优化体系，协调各方资源集中指挥生产，共享执行过程信息，实现集约化管理以及减员增效。

#### 2.安全绿色发展

以 HSE 管理为核心，强化装置、工艺、操作、现场作业等环节安全平稳，降低能耗并提高物效，从本质上控制三废排放，实现安全绿色可持续发展。

#### 3.市场敏捷优化

以排产优化为核心，实现快速市场响应，贯彻执行力度。

把控市场趋势，快速响应市场供应与需求，及时进行采购、生产、质控、交付服务等各项业务的协同执行与优化，形成卓越市场能力体系，捕捉先机，实现提前预知性决策，实现敏捷弹性运营。

#### 4.资产智能预知

以设备管理为核心，提高可靠性，降低运维成本。企业需要重视提高设备利用率与设备资产经营效益，提升设备管理水平，利用大数据分析技术，不断提高设备可靠性，挖掘资产回报潜力。

### 三、实施效果

#### （一）经济效益

通过数字化转型实施，海科公司实现生产效率提高 31%，运营成本降低 30%，产品研制周期缩短 21%，产品不良品率降低 23%，能源利用率提高 18%。近五年安全生产事故为零。

#### （二）社会效益

##### 1.助力节能减排

数字化转型必然要求化工类高耗能企业进行生产方式变革，引入数字化技术，改进生产工艺流程，提高设备运转效率，提升生产过程管理的精准性，进而在提升高耗能企业生产力和工作效率的同时有效促进节能减排。海科公司通过上线 APC，MES，PID 整定、能源管网优化、流程模拟、调度排产等系统，直观快速确认异常点，为双碳减排提供数据

支撑，转型前后年碳排放量下降 24%。

## 2.提高员工幸福感

围绕员工生活和工作，公司积极改善生活区配套设施，增加运动健身器材、千兆宽带、无人售货机等，上线了工资条、智慧餐厅、智慧班车等系统，将员工切身关注的信息可视化。在工作上，通过上线 RPA 机器人、智能取送样机器人、报表系统等，利用智能化手段解决员工劳动强度高、价值低的重复性工作，使员工专注于更高技能、创造性地工作，在获得幸福感的基础上，帮助企业实现创造力的提升，助力业务增长。

## 3.加速企业精神文明建设

海科集团拥有“学习”的企业文化，秉持“学习、现代、速度、精细”的企业精神。在企业数字化转型过程中，形成“学习、学习、再学习，向前、向前、再向前”的企业文化核心价值观，形成完整的协同办公平台、海科之声、海科公众号、海科商学院、微社区、网络直播等上传下达、对内对外的畅通宣传媒体。海科通过现代化的传播途径强化内部管理，高效服务客户，夯实文化基础，深化理想信念教育，加速企业精神文明建设。



## 案例 4：中煤陕西榆林能源化工有限公司

### 一、企业简介

中煤陕西榆林能源化工有限公司（简称中煤陕西公司）是中国中煤能源股份有限公司的全资子公司，主要负责中煤集团在陕西省煤炭、煤化工、电力、铁路等项目的投资筹建和生产经营工作。2010年4月在陕西省榆林市注册成立，现注册资金121.90亿元、总资产329.4亿元。公司主要项目有：化工分公司一期205万吨/年甲醇、60万吨/年烯烃项目已经投产，二期240万吨/年甲醇、110万吨/年烯烃项目正在办理前期手续，化工配套资源2000万吨/年大海则煤矿及选煤厂项目，与延安车村煤业集团均股合作建设500万吨/年禾草沟煤矿及选煤厂等。

### 二、案例实施情况

#### （一）总体设计

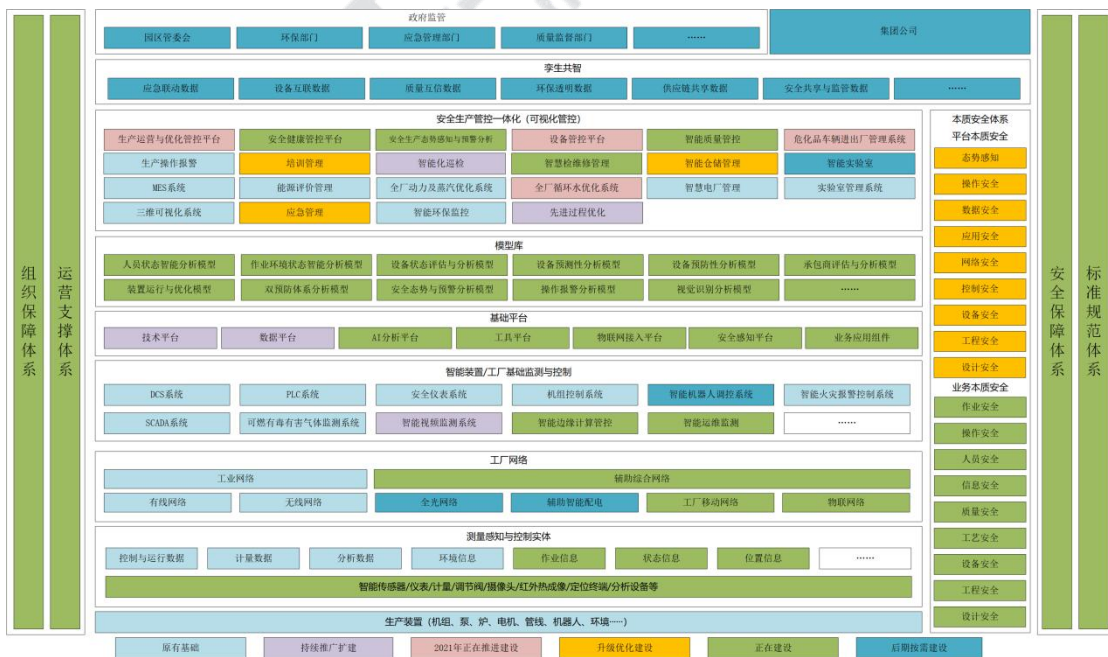


图 1 数字化转型架构图

一方面，通过数字技术深入应用，助力并推动企业向能源流、信息流、碳流、价值流“四流合一”转型跨越，提高能源转换和配置效率；常态化开展能效对标，不断降低装置能源消耗。

另一方面，通过主动在数字化文化培育、价值认同、领导力培养等方面持续探索，发动企业全员参与，自上而下地对组织活动、管控体系、业务流程和员工能力结构等方面进行再定义、再优化、再创新；通过数字链条积极构建致密的产业链和价值链，为煤化工企业高质量发展精准赋能、赋智、赋值。最终，不断提升企业核心竞争力，实现生产模式、服务模式和商业模式的持续创新，从而更好地适应和引领新形势下煤化工行业高质量发展。

同时，制定了“五横三纵”八大体系的数字化转型任务。“五横”分别是全面覆盖的数字应用体系、统一开放的应用支撑体系、共建共享的数据资源体系、集约安全的基础设施体系、高度自动化的生产控制体系；“三纵”分别是制度体系、标准规范体系、组织保障体系。

## （二）实施内容与路径

### 1. 打造行业领先的工业互联网平台基座

中煤陕西公司打造了一个先进、完善的云架构数据中心，私有云桌面云服务器、核心数据库、核心存储、备份系统、

网络设备等均集中部署在云数据中心内。公司于 2020 年开始建设工业互联网平台，依托物联设备接入、数据分析处理、工业微服务等核心技术，通过对人、机、物、系统等的全面连接，逐步构建起覆盖全产业链、全价值链的全新制造和服务体系，向下对接设备、传感器，向上支撑工业应用，将信息流、资金流和制造能力在云端汇聚，推动企业应用上云、应用上工业互联网平台。

## 2.数字技术构筑智能安全生产运行新模式



图 1 生产运营优化与应急救援中心

一是通过在煤气化装置开展了智能化巡检系统的试点建设，实现现场环境的全面感知与监控，研究利用智能化手段代替人工的现场巡检新模式。将红外热成像、光纤声音侦听、超声测厚、视频流智能分析、光纤测温等先进感知手段深度应用在巡检作业中，集成 10 多套业务系统，结合大数据分析手段实现装置、设备的全时无死角监测，提高巡检质量和装置管控水平，降低人员暴露在危险区内的安全风险和作

业强度，消除了人工巡检的时间和空间盲点，改变传统巡检模式，提升了生产管理人员对生产现场的预知预警能力，探索内外操融合，有序推进现场智能化、无人化巡检。

二是通过物联网、智能传感器、机器人、AI视觉、4G/5G等新一代信息技术赋能新应用场景，成为陕西省首家实现“5G+工业+互联网应用”的企业。实现大机组、关键机泵、疏水阀和管道腐蚀的状态监控与诊断，提升设备的预防和预测性维护能力。建立移动作业管控平台，有效提升高空、受限空间等作业监护管控能力。

三是以“工业互联网+危化安全生产”试点项目为主线，统筹设计、建设和管控，在设备管控、质量管控、安全管控、调度指挥与优化、敏捷应急、信息安全等方面重点突破，全面推动关键设备设施全面感知、业务协同数字化、生产管控智能化、危险环境及关键环节作业少人化、智能化，赋能企业安全生产提升，培育一系列煤化工板块标杆应用，形成煤化工产业“工业互联网+安全生产”新模式。

### 3.数字赋能生产管理，提升管理效率效能

一是以生产执行系统为基础，结合公司管理模式，引入内部市场化的管理理念，借助信息化手段助推管理创新，转变职工思想观念，有力推动企业管理向精、细、严发展。同时，市场化运营还促进了公司内部的良性竞争，有效降低了公司的单耗、能耗。

二是建立了集热动力装置与全厂蒸汽管网为一体的智能蒸汽优化模型。实现对蒸汽系统的管线、阀门和设备的运行参数进行模拟计算，实现对蒸汽管网的节能效果模拟评估，指导蒸汽系统的技改、运行方式优化等工作，节约成本达 2000 万元。

三是基于生产数据，建立一系列不同生产负荷下成本及效益测算模型，开启“算账式生产”模式。紧盯市场行情变化，实时进行效益测算，及时调整各装置最优运行负荷，实现了机组运行效率及产品市场效益最大化。仅 2021 年四季度，实施各装置负荷调整 10 余次，测算 40 余次，挖潜增效约 500 万元。

#### 4. 打造数字孪生工厂，构建绿色低碳生产场景

一是建设了 DMTO、烯烃分离工艺优化模型，通过智能孪生模型和优化器，实现了反应气体组分，精馏塔分离组分等不可测变量的软仪表功能，及时指导了生产操作，年减少 CO<sub>2</sub> 排放约 5.37 万吨。

二是通过气化炉性能模型与 APC 稳定控制及卡边操作相结合，优化气化炉操作温度，降低合成气消耗，比煤耗降低 0.2%，比氧耗降低 1.2%，单炉每年可节约成本约 122.8 万元，年减少 CO<sub>2</sub> 排放约 2.61 万吨。

三是甲醇合成装置智能模型正在建设过程中，投运后，将会在降低氢碳比的波动，减少驰放气量、降低气化炉粗渣

残炭这三个方面发挥重要作用，预计每年可节省原煤 8174 吨，相当于减少 CO<sub>2</sub> 排放约 1.8 万吨。

### （三）案例特点

中煤陕西公司构建了从煤到甲醇再到聚烯烃产品“由黑变白”的完整产业链，在行业率先推动数字化转型，积极构建致密产业链、价值链、安全链，在打造多能互补、绿色低碳现代煤化工产业方面形成了中煤特色、中煤方案和中煤模式，为引领煤化工产业高端化、多元化、低碳化发展做出了积极贡献。

在智能工厂建设方面，中煤陕西公司坚持“以人为本”的核心发展理念，牢牢把握数字化转型的重要战略机遇期，把数字技术和人因要素充分融合，提升员工幸福感和文化认同感；践行“无人则安”的安全理念，创新数字化应用场景，积极探索智能安全生产运行新模式，全面提升本质安全水平。

通过数字技术激活和优化产业链和价值链，为煤化工企业高质量发展精准赋能、赋智、赋值。通过数字化转型、智能化应用，打造绿色节能智能工厂，构建绿色低碳生产场景，助力企业提高生产效率、降低消耗，厚植高质量发展竞争优势，取得了显著效果。

## 三、实施效果

### （一）经济效益

一是经营成果行业领先。从 2014 年底投产到 2021 年底，

累计生产聚烯烃 516 万吨，实现营业收入 396 亿元、利润 48 亿元，经营业绩保持行业领先。聚乙烯被工信部评为第二批全国制造业单项冠军，烯烃装置成为国内连续运行时间最长、生产最稳的煤经甲醇制烯烃装置。

二是劳动生产率提升明显。化工分公司现有职工 930 人，相较于典型的煤制烯烃工厂（1200-1400 人），人均劳动生产率提升 20%以上。

三是生产单耗水平行业领先。甲醇耗煤从 1.46 吨标煤/吨降至 1.31 吨标煤/吨、耗氧从 930 标立方/吨降至 860 标立方/吨，达到行业第一；双烯耗甲醇从 3.173 吨/吨降至 2.908 吨/吨，处于国内同类企业领先水平，仅此一项降本近 2 亿元。

## （二）社会效益

一是绿色环保方面成效显著。采用先进环保工艺技术，并实施了锅炉超低排放、气化细渣综合利用、VOCs 治理等改造升级，各类污染物排放均低于国家排放标准；同时，建设了智慧电厂、蒸汽优化平台、循环水优化、能源评价和环境监测监控等平台，率先实现煤化工行业全过程用能优化和全过程污染物的控制。通过煤浆提浓技术改造、蒸汽冷凝液回收和 MTO 余热锅炉改造等技改项目，减少碳排放 17.58 万吨；持续开展了全厂蒸汽动力系统优化、气化装置、甲醇合成碳氢比优化、DMTO 装置和烯烃分离装置的 APC 先进控制项目，年减少碳排放 11.78 万吨。

二是践行以人为本的文化理念。依托数字化手段，探索无人值守和智能巡检，实施受限空间作业、人员精神状态的可视化、智能化监测，采用设备智能诊断、无人巡检等技术，坚决执行红线区域作业人员“应撤尽撤”。

三是积极参与行业规范标准建设工作，赋能行业发展。目前已取得科技创新成果 137 项，其中获得国家授权专利 37 项，填补了国内多项技术领域的空白。





## 案例 5：内蒙古中煤蒙大新能源化工有限公司

### 一、企业简介

内蒙古中煤蒙大新能源化工有限公司于 2012 年 5 月 9 日成立，是中煤能源股份有限公司所属的全资二级企业，注册资本 31.986 亿元，公司位于内蒙古自治区鄂尔多斯市乌审召化工项目园区，主要负责中煤集团在鄂尔多斯地区投资建设的年产 50 万吨工程塑料项目建设和管理工作。公司占地面积为 197 公顷，总投资 106.36 亿元。公司采用国际先进的甲醇制烯烃技术，以周边地区富足的甲醇为原料，延伸发展甲醇下游产品，主要装置包括 DMTO、烯烃分离、聚乙烯、聚丙烯、C<sub>4</sub>、PSA 等六套生产装置及配套的空分、热电、罐区、循环水、污水回用等公用工程装置；公司以 180 万吨甲醇为原料，主要产品为 30 万吨/年聚乙烯、30 万吨/年聚丙烯以及 C<sub>4</sub>、MTBE 附属产品等。

### 二、案例实施情况

#### （一）总体设计

项目技术方案由基础工艺层、核心技术装备层、生产管控层、运营管理层四层体系结构组成，并充分运用工业互联网、人工智能技术实现具有数字化工厂特征的全部要素。



图 1 项目技术路线图

## (二) 实施内容与路径

### 1. 数字化基础设施建设

公司网络按功能划分为工业互联网和办公网络。

#### (1) 工业互联网（设备网）：

工业控制网：联通各个装置的 DCS 系统、SIS 系统和有毒有害可燃气体警系统 FGS 及电力监控系统 SCADA 系统。

工业视频网络：联通各生产装置区内的视频摄像头及流媒体服务器等。

#### (2) 办公网络（IT 网）：

为各种信息化应用提供网络链路，连接各种网络基础设施、网络安全设备、服务器、存储设备、电脑终端等等。华为 4G 无线专网作为办公网络的补充，为移动智能终端、无

线仪表、无人机等提供无线网络支持。

办公网络通过网络专线接入中煤集团公司内网，通过防火墙接入互联网，通过单项物理网闸与工业控制网连接，实现了信息的互联互通。

## 2.生产制造数字化能力建设

### (1) 项目数字化交付

借助三维数字化平台，实现吊车吊装作业、土方作业、搭脚手架作业的模拟仿真，对吊车停放位置、土方作业地下建筑进行预警，可以进行土方量计算、脚手架横杆、竖杆总量计算等，为工程据实结算提供依据。

依托三维数字化模型对DMTO和热电装置践行了VR仿真，用于员工培训和模拟展示。基于工艺模型，使用DYSIM5.0搭建了生产装置的仿真系统OTS，对DMTO、烯烃分离、C4、聚乙烯、聚丙烯装置的工艺流程进行仿真，用于员工操作培训和工艺流程模拟验证。

### (2) 安全应急

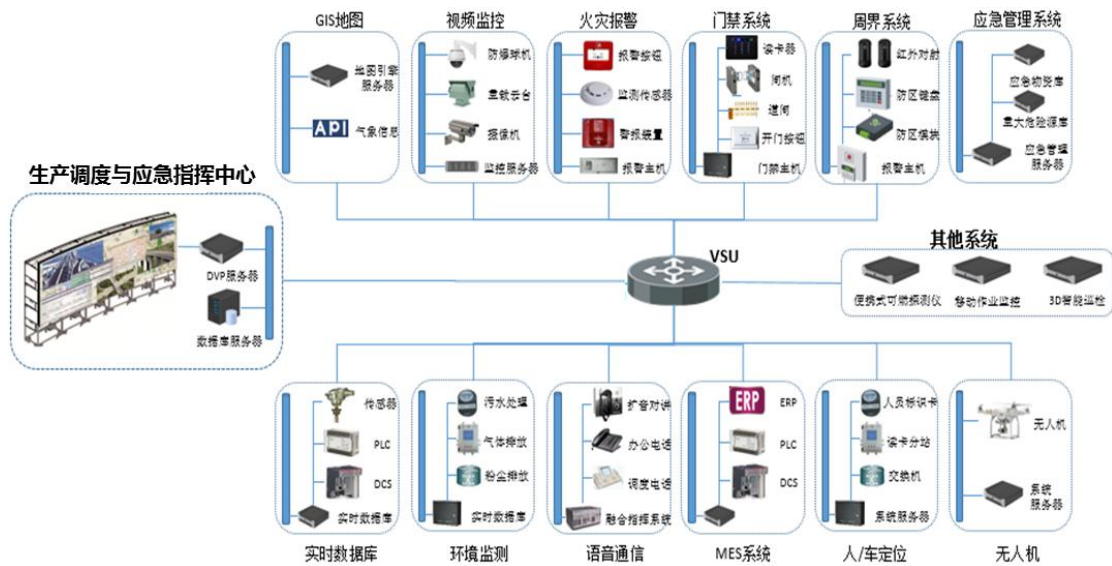


图 2 应急指挥系统功能集成图

应急指挥系统集成实时数据库、工业（移动）视频、可燃（有毒）气体报警器、车辆 GPS 定位、门禁系统等信息，实现安全生产过程安全事件和经验活动的实时信息采集、汇总分析、统一上报，满足企业对装置生产情况和安全事件的集中管控需求。在应急指挥系统中集中展现全公司各生产装置各类安全管理和预警事件，第一时间反映各类预警信息。

### （3）环保减碳

实行环保计划管理，包括五年规划、年度计划、年度指标三个部分；实行统计分析管理，包括监测结果统计、环保周报、环保月报、固废月报；实现数据查询，包括小时数据查询、日数据查询、历史曲线查询；实现报警监控，主要用于实现污染物监测和指标完成情况监控；实行流程管理，包括异常排污申请、环保设施停运申请的审批；实行综合管理，包括制度标准管理、系统首页两个部分。

#### (4) 设备管理

关键机泵在线监测智能预警系统能够及时掌握全厂 115 台关键机泵运行状态。通过引进轴承振动、温度，工艺运行参数等实时变化趋势，设立运行参数变化报警提示功能，及时提醒操作人员和设备维护人员处理运行过程中的异常事件，依托机泵大数据平台，进行大数据分析，自动判别机泵运行故障类型并通过软件和手机 APP 及时推送，实现机泵运行故障智能化诊断。

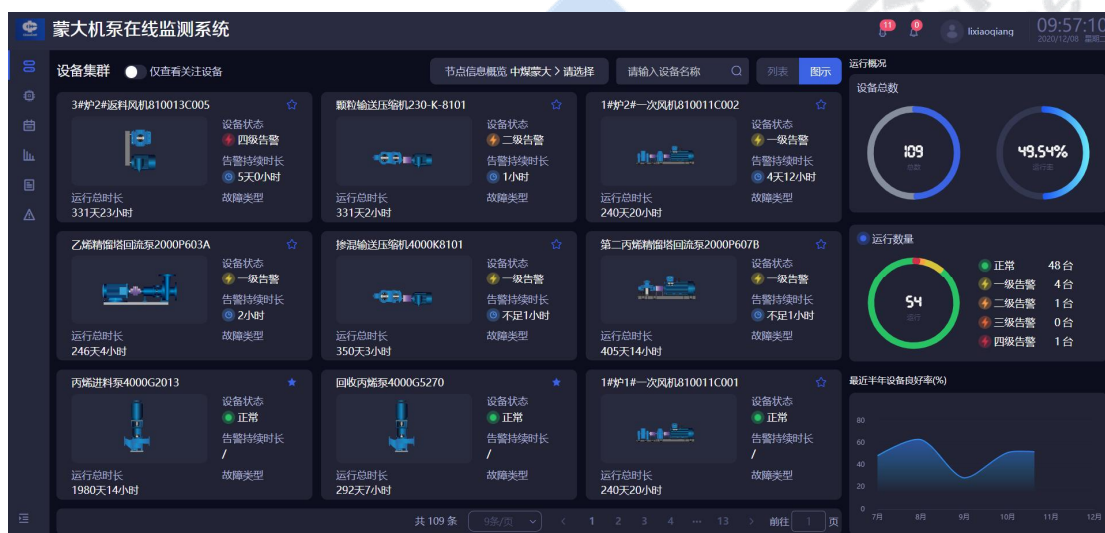


图 3 机泵在线检测系统

### 3.运营管埋数字化能力建设

#### (1) 生产计划优化

数字化工厂生产系统方面建设了一套涵盖整个甲醇制烯烃所有工序过程的生产执行系统 MES，以信息化手段固化生产过程的管理模式，实现车间的透明化、无纸化管理。向下衔接企业实时数据库平台，向上为企业资源管理 ERP 等其他数字化工厂管理系统提供进一步数据服务。

MES 系统主要业务功能以实时数据库平台为支撑，为生产运营层系统生产服务为核心，构建物料管理、能源管理、计量管理、计划管理、操作管理、衡器数据库、电子巡检、设备管理、安健环管理等功能，实现各业务系统的协同集成。

## （2）企业资源管理

中煤蒙大实施 ERP 集中式财务管理，能更好地集成多个地点的系统，使分布在各处的系统能够持续标准化作业。通过提高库存周转率和及时采购紧缺物资等方式，来降低企业的经营成本。包含了采购管理系统、应收帐款管理系统、应付帐款管理系统、总帐管理系统等模块，实现了企业物资管理、销售管理、财务管理、成本管理、计划管理等的相统一，加强了企业内部的沟通协作与信息共享。

## （三）案例特点

1. 带动煤化工企业的数字化工厂建设以及智能制造装备、人工智能技术、大数据技术的创新与应用。

本项目在作业智能监控技术、生产装置智能化控制、三维可视化虚拟巡检、设备远程故障诊断与预测分析、产品包装码垛生产线、智能传感与控制装备、生产应急指挥、工业软件及网络设备等领域都是国内自主研发应用；作业智能监控技术用在煤化工企业现场作业监控、工业机器人用在尿素加药、大数据技术用在机泵群在线监测与分析、甲醇制烯烃(DMTO)装置实施智能控制是煤化工行业首次创新应用，

带动了这些核心技术装备与智能技术在煤化工领域的推广应用。

## 2.助力企业向更高质量发展

项目建成后的尿素加药成套装备、甲醇制烯烃(DMTO)智能控制、现场作业智能监控、三维可视化智能巡检等系统应用之后,甲醇单耗将在原有的 2.985t/t 的基础之上持续降低,取得了良好的经济和社会效益,全面提升了公司的生产、安全等方面的管理水平,进一步促进降本增效、安全环保、节能降耗等各项指标趋于更高水平,助力企业向更高质量发展。

## 三、实施效果

### (一)经济效益

通过数字化工厂建设,运用数字化制造技术,结合独特的技术创新,实现了自动化生产、检测、追溯、智能化包装、码垛,克服生产过程中的瓶颈环节。建立了三维管理模型,实现了数字化、生产模型化分析决策,将过程管理的能源、安全、质量、成本、设备等报表式模式转化为智能化的管理系统,动态跟踪,数字化工厂建设质量不断提升,大幅提高了生产效率,双烯甲醇单耗不断刷新纪录、两聚产品差异化效益巨大、三剂国产化成果显著,2020 年生产聚烯烃产品 75.4 万吨,降低了产品不良率,降低了生产成本,为公司带来可观的经济效益。

## （二）社会效益

融合核心技术装备、自动化控制、过程控制、信息化管理等先进技术，建立集生产控制、优化于一体的中煤蒙大智能化制造体系，对产品生产质量保证和科研设施的提升及企业的发展奠定坚实基础。增加当地政府的税收收入，生产过程中使用辅料及部分原料将在当地就近采购，其消耗量随着企业的发展逐年加大，因此将为当地的煤炭、甲醇生产企业提供较大的发展机遇。解决当地部分劳动力就业问题。

项目的推广应用对促进内蒙古地区煤化工企业装备与生产过程质量控制关键技术的研发和产业化，促进煤化工产业技术转型升级和推进煤化工产业智能化进程等方面具有重大的应用价值和显著的社会效益。



## 案例 6：中盐红四方股份有限公司

### 一、企业简介

中盐红四方现为中盐集团的全资子公司，占地面积 3250 亩，拥有 8 家全资、控股子公司（含红四方肥业），除中盐常化公司在江苏常州外，其余公司都在合肥市肥东县。截至 7 月底，在册员工 4300 余人，公司下设 15 个职能部门、14 个车间（含分公司）。2021 年中盐红四方合并报表工业总产值 104.63 亿元，营业收入 100.48 亿元，实现了工业总产值、营业收入两个“过百亿”。中盐红四方形成了煤化工、盐化工、精细化工及新能源、新型建材等系列产业布局，成为综合性国家大型化工企业，国家大型支农物资化肥生产企业，安徽省疫情防控物资重点保障企业，安徽省创新型试点企业、安徽省产学研联合示范企业、全国首批通过“两化融合”管理体系认定企业，拥有国家级技术中心、省级技术中心、中盐盐化工技术中心、博士后科研工作站。

### 二、案例实施情况

#### （一）总体设计

红四方在生产流程采用国内外先进的自动化控制系统，包括生产流程控制的 DCS 系统，生产安全联锁的 SIS 系统、智能仪表诊断的 ASM 系统、大型机组监控及诊断的 ITCC 和 CCS 系统、有毒有害气体检测及监控 GDS 系统，生产现场视频监控系統以及用于自动化生产线的人工智能机械手等

生产管理采用 MES 生产制造执行系统。企业资源计划管理采用 ERP 系统。检测设备接入点约 70000 点。

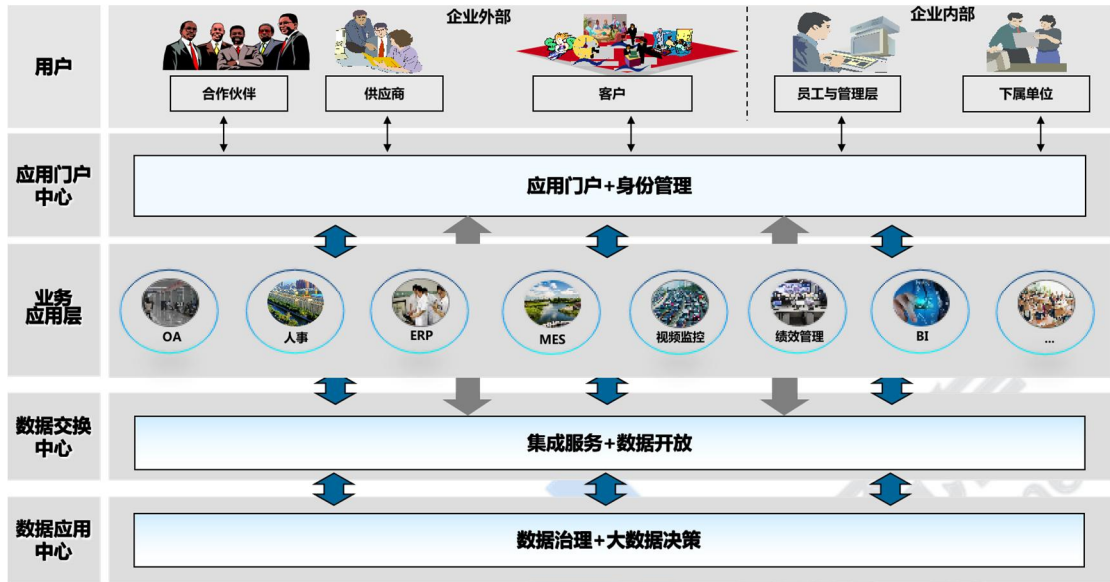


图 1 数字化转型系统架构图

## （二）实施内容与路径

中盐安徽红四方股份有限公司数字化转型数据中台建设项目，提供可满足未来网络全面升级的网络解决方案，本次建设包含基础园区网络和工业互联网两个部分，本项目通过两张物理隔离网络承载以上两个系统。为贯彻国家对网络安全保障工作的要求以及等级保护“坚持积极防御、综合防范”的方针，全面提高网络安全防护能力，本项目包括网络安全等级保护整体设计和建设，全面提高网络安全防护能力。为贯彻落实工业和信息化部、中央网信办联合印发《IPv6 流量提升三年专项行动计划（2021-2023 年）》，围绕 IPv6 流量提升总体目标，本项目包括 IPv6 的改造。本次 IPv6 的改造涉及 IT 基础设施和平台及应用系统两个方面，通过全面

改造网络设备、安全设备、操作系统、数据库、中间件、应用系统、DNS 等基础软硬件，完成中盐安徽红四方股份有限公司整体 IPv6 迁移改造，并配合完成国务院国资委 IPv6 试点的验收。为有效控制办公 PC 电脑的未来设备投入成本，降低办公 PC 电脑的管理费用，提升桌面及终端数据管控安全性，提高办公人员的办事效率，有效降低整体 TCO，本项目也包括云桌面的建设。

目前现已采用一体化整体机房解决方案，完成数字化转型数据中台机房的智能化系统工程改造建设。目前正在开展基础网络建设，网络安全建设，GPON、IPv6 改造以及本次网络建设所涉及的弱电工程、云桌面的建设。开展数字化转型数据中台建设-虚拟化备份系统建设，项目包含虚拟化服务器、虚拟化软件、存储等。同时，实施应急部试点示范项目中盐安徽红四方股份有限公司工业互联网+危化安全生产子项目（包括工业互联网底座、安全风险数字化管控平台、人/车定位系统、视频智能识别分析系统、智慧门禁一卡通系统等项目建设，以及相关多媒体系统改造）。

### （三）案例特点

1.将基于单点登录模式，实现统一身份认证功能，使得用户通过一个账户就能够登录信息化体系中所有具有权限的信息系统。

2.提供统一的信息门户，采用应用集成等方式，方便用

户进行业务数据处理、办公信息管理、内外网新闻查看、信息共享等功能。

3.移动办公：实现基于手机、PDA 等移动终端的业务处理、信息查询等功能，实现多样化的办公模式。

### 三、实施效果

项目实施，促进企业节能、安全、环保管理体系上台阶，实现数据完整性提高到 95%以上，生产数据统计工作量减少 80%，库存量降低 10%，员工工作绩效提高 20%，制造成本下降 1.5%，产品等级品率提高 2%。



## 案例 7：河南心连心化学工业集团股份有限公司

### 一、企业简介

河南心连心化学工业集团股份有限公司位于河南省新乡经济技术开发区，1969 年建厂，2003 年完成改制，是一家集研发、生产、销售、服务为一体的化肥行业龙头企业、国家高新技术企业，建有目前国内唯一的中国氮肥工业（心连心）技术研究中心。心连心公司是国内单体规模和单位产品盈利能力一流的氮肥企业，目前拥有河南、新疆、江西三大生产基地，生产尿素、复合肥、甲醇、三聚氰胺等产品。心连心常务先进煤气化技术，公司的“车用尿素、腐植酸肥料、高压法三聚氰胺、二甲醚”四大品牌产品居国内行业前列，下属分支公司的甲醇、糠醛、糠醇、二氧化碳、双氧水、医药中间体等产品也在行业内名列前茅。

### 二、案例实施情况

#### （一）总体设计

全面提升心连心集团的核心竞争力，致力于把心连心公司打造成行业内最先进的数字化管理企业，实现先进的综合集团管控模式。优化供应链管理，提升信息、物料、资金、产品等配置流通效率，推动设计、采购、制造、销售、消费信息交互和流程再造，形成高效协同、弹性安全、绿色可持续的智慧数字化管理网络。深化制造业服务业和互联网融合发展。大力发展“互联网+”，激发发展活力和潜力，营造融合发展新生态。突破工业机理建模、数字孪生、信息物理系统等关键技术。

## （二）实施内容与路径

### 1. 数字化基础设施建设

心连心集团依据《工业控制系统信息安全防护指南》相关要求，并结合 GB/T22239-2019《信息安全技术网络安全等级保护基本要求》相关条款，率先在江西心连心建设中，完全实现等保 2.0 的物理隔离，安装有流量异常监控、安全审计、安全操作日志等设备，控制站与控制站之间实现物理防火墙隔离，防止病毒在整个控制网内传播。在心连心集团的先前建设现有的所有工程师站、控制站采用独立的控制室安装，并在控制室加装物理锁具进行防护。

心连心公司采用混合云架构，用网络专线将阿里云与本地机房打通，各服务器组成局域网模式，内网访问更加快速，外网访问更加稳定。借助云平台成熟的技术和雄厚的网络安全能力，可以更有效确保企业信息数据安全。实施云平台安全升级防护项目，部署安全态势感知服务，统一安全管理全网威胁管控，跨平台部署统一控制台管理，主动防御防病毒、防勒索主动查杀，防篡改防止网站被恶意植入，自动化安全运营自动化溯源攻击源头和原因；部署云边界网络安全防护服务，实时同步全网威胁情报，全面阻断威胁，通过特定应用的虚拟补丁，精准阻断攻击。心连心集团在云上的信息安全服务投入占比提高至 150%，有效保护云上资产和本地主机并满足监管合规要求。

## 2. 生产制造数字化能力建设

在生产制造上，心连心公司利用 OTS 模拟仿真平台，进行工艺流程仿真，模拟生产状况、工艺系统、设备启停、故障处理，实现生产控制培训前移。利用 MES 生产制造信息平台，在每个分厂建立了调度中心，配备了自动控制系统。操作人员可根据生产工艺特点，远程操控现场设备，结合能源管理系统，实时采集能源消耗数据、工艺数据，及时客观分析，调整工艺操作，大大促进了能源消耗的降低，提高了综合能源利用率，促进整个生产过程的节能减排，安全环保。

### (1) 生产运行集中监控

锅炉负荷	吹风气负荷	合成氨负荷	尿素负荷	透平机负荷	甲醇
I期1#锅炉 0.2	I期1#吹风气 28.27	I期低压机 1 ● 2 ● 3 ● 4 ● 5 ●	I期尿素负荷 1#CO2机 0.26MPa 2#CO2机 0.26MPa 3#CO2机 0.26MPa 4#CO2机 0.25MPa 塔底温度 45.3℃ 降温装置后温度 28.4℃	I期1#透平机 7911kW I期2#透平机 66kW 合计 7977kW	I期1#精醇 0.00 I期2#精醇 0.00 I期1#变换CO 7.89% I期2#变换CO 8.14%
I期2#锅炉 6.0	I期2#吹风气 32.27	I期高压机 1 ● 2 ● 3 ● 4 ● 5 ●	II期尿素负荷 1#CO2机 0.24MPa 2#CO2机 0.23MPa 3#CO2机 0.23MPa 4#CO2机 0.24MPa 塔底温度 69.3℃ 降温装置后温度 34.5℃	II期1#透平机 14187kW II期2#透平机 16541kW	II期1#变换CO 5.53% II期2#变换CO 5.76%
I期3#锅炉 57.6	合计 51.49%h				
I期4#锅炉 52.6	I期合成放空气 1612.96m <sup>3</sup> /h				
合计 118.49%h					
II期锅炉 97.94%h	II期1#吹风气 29.14%h II期2#吹风气 32.06%h 合计 61.2%h II期合成尾气 1981.7 %m <sup>3</sup> /h II期弛放气流量 0.0 %m <sup>3</sup> /h			四厂1#透平机 5501kW 四厂2#透平机 314kW 四厂3#透平机 2162kW 合计 7968kW	四厂甲醇合成外管蒸汽 2.5MPa蒸汽压力 2.53MPa 2.5MPa蒸汽流量4173.9kg/h 1.3MPa蒸汽压力 1.03MPa 1.3MPa蒸汽流量 0.9kg/h
四分厂1#锅炉 1.34%h 四分厂2#锅炉 147.94%h 四分厂3#锅炉 0.01%h 合计 149.3%h 公司总计 357.74%h	四分厂气化炉 气化炉A氢气流量 0.0 气化炉B氢气流量 27938.3 气化炉C氢气流量 21770.8	II期高压机 1 ● 2 ● 3 ● 4 ● 5 ● 6 ●	四分厂尿素负荷 1#CO2机 0.43MPa 2#CO2机 0.43MPa 3#CO2机 0.43MPa 4#CO2机 0.43MPa B01塔底温度 55.4℃ B03塔底温度 66.3℃ A降温装置后温度 49.7℃ B降温装置后温度 30.4℃	公司透平电量 48120kW 总购进电量 137954kW	I期实时进电 48248.93 II期实时进电 47467.12 四厂实时进电 42217.82

图 1 公司生产集中监控界面

根据公司管理需求，我们对能源供应、设备的启停状态、生产及关键指标进行重点监控。系统平台实现了能源供给与生产负荷联动调整，关键运行指标超标报警等功能。管理人员依据系统联动调整结果及指标报警反馈信息，进行生产异常预判和生产负荷调整，快速有效管控处理生产异常环节，

及时将生产瓶颈影响降至最低，确保安全环保稳定长周期运行。

### (2) 锅炉运行智能调整

采用锅炉 APC 先进控制解决方案，基于锅炉燃烧过程机理，结合锅炉燃烧行业专家经验与现场操作经验，采用多变量模型预测控制、专家规则控制、非线性控制等智能控制策略，依据主蒸汽压力、烟氧含量、床层温度及床层压差进行非线性控制计算，通过联锁、自调功能，系统自行调整锅炉一次风、二次风、给煤与排渣，有效保证了锅炉高效运行。同时克服了锅炉系统大滞后、强耦合、多干扰等控制难点，实现锅炉各项指标稳定度大幅提升，节能减排效果明显。

### (3) 环保监控调度

建立大气、污水外排指标变化趋势数据分析，控排标准对标分析模块。系统能够实时分析大气排放指标与锅炉参数之间的关系，生成排放指标变化趋势图。管理人员依据排放指标变化趋势，系统分析排放指标未来变化可能，进一步准确判断锅炉运行中的给煤、给风匹配情况，指导生产操作人员快速响应，及时调整锅炉运行参数，确保各项指标达标排放。

排放物	国家标准	内控标准	实际排放值
颗粒物	$\leq 20\text{mg}/\text{m}^3$	$\leq 10\text{mg}/\text{m}^3$	$5\text{mg}/\text{m}^3$
二氧化硫	$\leq 50\text{mg}/\text{m}^3$	$\leq 35\text{mg}/\text{m}^3$	$10\text{mg}/\text{m}^3$



氮氧化物	≤100 mg/m <sup>3</sup>	≤50 mg/m <sup>3</sup>	40 mg/m <sup>3</sup>
COD	≤50 mg/l	≤40 mg/l	≤30 mg/l
氨氮	≤15 mg/l	≤4 mg/l	≤1 mg/l

#### (4) 能源平衡供给

系统平台实时进行能源“供应-输配-消耗”各环节平衡计算，根据平衡计算结果，系统分析公司、分厂各层级能源平衡，便于查找供需不匹配或者能损耗较大的环节，调整园区内部能源供给关系，实现公司资源最大化利用，达到能源平衡供给，优化能源使用。

#### (5) 循环水系统寻优

能源管理系统将大气温度、循环水流量、给回水温度及温差数据进行统一监控管理，形成温差变化趋势图，系统评估凉水塔冷却效果。利用大数据计算自动寻找风量与水量最佳节能工作点，及时调整冷却塔风机风量与循环水泵水量运行负荷，实现水泵、风机节能。

#### (6) 能耗分析报表

能源管理系统将采集的产品产量及煤炭、电、蒸汽等能源消耗数据，进行分类、整理、分析，以表格、趋势图、柱状图等形式展现能源指标差异情况、能源消耗及单耗变化趋势，辅助管理人员查找能源消耗异常原因，为能源利用效率提升提供数据支撑。

### 3.运营管数字化能力建设

公司坚持以客户需求为中心，以工业互联网技术为指导，着力推进企业数字化管理和智慧服务高水平协同发展。从 4 个层面建设智慧管控，基础设施层，包括主数据、服务器、数据存储、信息安全、检测感知、自动控制等，保证业务运行的基础硬件以及底层数据采集。制造执行层，主要是围绕生产智能化、安全智能化进行建设，大型智能设备引入，辅助管理系统实施，确保安稳长满优。运营管理层，即围绕企业经营管理进行建设，生产、销售、采购、财务、物流等。经营决策层，对底层数据、业务数据、外部数据进行抓取分析，从而辅助经营决策。融合供、产、销、研、服全要素，联合研发技术安排生产，精准农业需求，赋能真正意义上的“端”到“端”，贴心服务农民。

### （三）案例特点

通过工业互联网与工业的深度融合，促进公司数字化管理。通过打通上游供应商和下游客户，坚持以供给侧结构性改革为主线，深化业务关联、链条延伸、技术渗透，推动先进制造业和现代服务业相融相长、耦合共生。推进智能化改造和上下游标准衔接，推广标准化装载单元，发展单元化物流。打通了用户与企业的信息交互，能够更多地掌握市场一线信息。整合公司内、外部运输资源，建立高效的配送体系，搭建高效的厂区物流体系，实现信息流、业务流、资金流、车流、人流、货物流的有序运转，规范物流基础管理，提高

作业效率。

### 三、实施效果

#### （一）经济效益

围绕集团公司战略要求及经营目标，截止到目前，集团公司智能化转型主要成效由七大应用场景，分别为一体化的集成平台、智能计划排产、智能生产协同、营销一键通、安全双预控、智能应急指挥、智能决策分析平台，对整体运营带来提升，七大应用场景将业务管理由线下转变为线上，生产执行实现自动化，安全环保管理提升，营销模式转型升级，能源消耗精准分析，生产工艺科学调整。主要成效：研发周期缩短 50.1%左右，库存资金占用降低 20.3%左右，产品不良品率降低 30.6%左右，发运效率提升 30.1%左右，能耗降低 13.2%左右，生产效率提升 18.5%左右，交易效率提升 20.7%左右。

#### （二）社会效益

氮肥行业目前面临着严重的产能过剩，产品同质化严重。2014 年全国的尿素产能是 8070 万吨，实际需求（工业加农业）一共只有 6000 万吨，静态分析过剩 2000 多万吨，2015 年氮肥企业亏损约占行业的 70%。氮肥产能主要集中在低端的普通尿素上。普通尿素本身易流失，容易造成土壤板结和其他环境问题。公司已经开发出控失尿素多个品种的高效肥，通过科技创新把肥料的利用率从 30%，提升到 60%，农作物增产达到 10%以上。

## 案例 8：瓮福（集团）有限责任公司

### 一、企业简介

瓮福（集团）有限责任公司（以下简称瓮福集团或公司）是国家在“八五”“九五”期间为保障国家粮食安全、填补国内高浓度磷复肥空白而建设的全国五大磷肥基地之一，是贵州重点骨干企业。目前，瓮福集团已是集磷矿采选、磷复肥、精细磷化工、硫煤化工、氟碘化工、科技研发、国际国内贸易、物流、国际工程总承包、现代农业产业、环保技术输出为一体的国有大型企业。

瓮福集团公司是国家级创新型企业、国家高新技术企业，拥有行业唯一的中低品位磷矿及其共伴生资源高效利用国家重点实验室，建有博士后科研工作站、国家级企业技术中心等 2 个国家级、10 个省部级技术创新平台，累计参与编制国家、地方、行业、企业技术标准 79 项。

### 二、案例实施情况

#### （一）总体设计

磷化工工业互联网赋能与公共服务平台以网络、数据、标识为基础，行业赋能、产业协同、公共服务为核心，设备、控制、网络、应用、数据安全体系为保障，工业大数据、边缘计算、人工智能、区块链、数字孪生等信息技术为支撑，打造集数据采集，工业 PaaS，工业 APP 应用于一体的磷化工工业互联网赋能与公共服务平台。

瓮福集团构建的“磷化工工业互联网赋能与公共服务平台”总体架构分为数据采集层、工业 PaaS 层、应用服务层。

项目总体建设方案如下图所示：

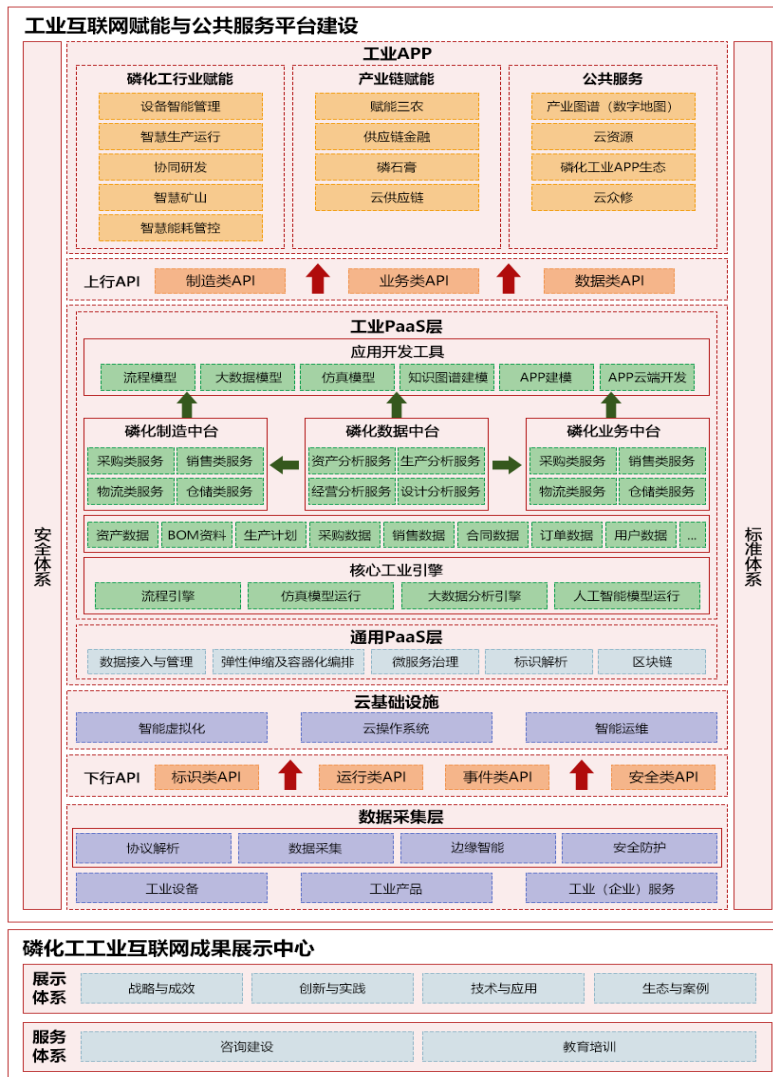


图 1 项目总体建设内容

## (二) 实施内容与路径

### 1. 数字化基础设施建设

#### (1) IT 基础设施建设

IT 基础设施建设包括建设边缘网关、改造工业现场网络设施、智能化改造磷化工设备等内容，将为整个工业互联网平台提供数据互联和基础和支撑。工业 PaaS 层将建设磷化工机理模型库、数据，业务和制造中台、应用开发及部署环

境和接口平台，为平台赋能应用提供机理模型、数据信息、环境和业务接口的支撑。赋能应用服务将对磷化工行业、全产业链和公共服务等三个领域进行赋能，打造新的生态和生产运营模式，促进产业高质量发展。

## （2）平台建设

磷化工工业互联网赋能与公共服务平台是依托瓮福集团在磷化工行业的龙头企业地位和先进生产管理经验，梳理并总结磷化工行业知识和共性标准，结合生态合作伙伴优势，构建工业互联网支撑平台，整合生产运行、运营管理、设备维护等数据，挖掘数据核心价值，完善赋能与公共服务应用方案，沉淀工业机理模型、微服务组建和工业 APP。

## 2.生产制造数字化能力建设

### （1）通过基础信息化补课实现业务在线

数据是一切信息系统运转的基础，同时也是其运转的结果。目前，瓮福集团已实现采购业务、生产管理、合同管理、人力资源管理、财务管理、库存管理、流程协同业务、安全管理的在线运行；物流运输、销售业务的业务信息化系统正在开展建设中。

### （2）全面获取基于业务运行的数据

除了上述业务系统以外，还存在大量游离于既有系统以外的数据，例如项目管理、证照管理、资质核对、委外管理等方面的数据资源。由于涉及多个相关的职能管理部门和业务口，且过去的信息传递方式多是通过 OA、QQ、微信等介质，用表单和文字的形式进行，故经常导致数据格式难统一、

途径分散难汇总、事后难追溯的情况。针对此种情况，瓮福集团采用统一规范的数据表单填报方式进行解决，既实现了数据资源的结构化，又使数据在线沉淀汇集，对于后续的统计分析和追踪溯源都大有裨益。目前已实现了项目管理过程、政策红利获取、生产调度数据、呆滞物资共享等 10 余项业务点的数据统一填报。

### （3）多层次自主开展数据应用

瓮福集团涉及数十家主体单位，除了集团层面开展的工业互联网平台建设项目以外，基层分子公司结合自身业务需求和现有技术工具也开展了大量思考和工作。瓮福达州公司利用多系统融通协同实现采购业务时效控制，对每一单业务都实现全流程可见可查可溯；采购中心利用信息系统实现采购物资横向、纵向比较，对超差较大的同类物资在采购前及时给予预警提示。

## 3.运营管数字化能力建设

### （1）全面汇聚数据资源

目前，瓮福磷化集团已经建立了基于企业自身的数据中台，实现对福泉基地、达州基地、开阳基地等生产现场的设备接入与数据采集，累计汇聚 ERP、MES、采购平台等 14 个系统 5.65 亿条数据，并形成 178971 条知识，日均数据增量超 2000 万条；汇聚各类 APP1000 余个，机理模型 600 余个，平台已经申请并获得 2 项相关软件著作权。

### （2）构建数据应用模型

根据实际汇聚、业务点和既有数据资源相互融合实现采购、生产、营销、物流、服务各环节的业务模型化。目前，瓮福磷化集团已经在开发适用且有效的硫酸-硫磺-硫铁矿三硫采购模型、硫酸生产模型、物流最优模型等十余个应用模型，用数据全面支撑企业各业务部门高效运行。

### （3）总结应用解决方案

从不同业务场景和不同应用维度结合，融通关联业务间的数据、形成系统性的解决方案，消除数据孤立现象，共享数据联通带来的高效、便捷，从而提升了经营管理效益。当前，瓮福集团已经在利用工业控制技术、AR、VR等新兴技术实现长输管线数字孪生应用，推动数字化工厂建设和数据价值挖掘。

### （4）支撑业务决策

在业务数据化的基础上，瓮福集团通过数据资源汇聚、清洗、整理，实现数据对业务的在线表达，以数据的形式全场景、全时域呈现业务整体态势，为具体业务决策提供相关数据支持，使决策具有更多有效可靠的依据和支撑。

### （5）协同产业链高效运行

工业互联网平台围绕核心企业的全产业链，上通供给侧、下达需求侧，赋能行业生态伙伴。目前，瓮福集团已与多个云平台合作，汇集多方优势资源，借助工业互联网平台实现供给侧与需求侧的直通直连以及应用数据的实时反馈和在线服务，达到从企业应用到行业应用的全面覆盖。

## （三）案例特点



## 1.产学研用协同共创

磷化工工业互联网赋能与公共服务平台是由瓮福集团牵头建设的具有行业特点的垂直领域工业互联网平台。融合了磷化工行业生产企业、高校、研究机构、平台提供方，充分发挥了各方基础平台价值，高校研究优势，企业应用场景和验证测试，是产学研用合作的示范。

## 2.应用驱动赋能行业

磷化工工业互联网赋能与公共服务平台以磷化工行业为基础，从基础应用到到数据分析、从个别应用到大团队协作、从单点测试到全面赋能、从应用系统到功能协同全部以需求为导向，以应用为目标，利用快速迭代、小步快跑的方式实现应用升级。

## 三、实施效果

截止到 2022 年 11 月，本项目结合信息化、数字化在工业上的应用，新形成 5G+、无人机、网络优化、数据应用、AI 应用等 100 余个行业系统解决方案。

### （1）生产制造方面

通过 MES 系统的实施，对生产现场的控制进行再管理，以关注异常为导向，规范现场管理行为，实现精益化管理。对工艺指标异常进行分级报警，改变以往较为粗放的放任管理模式，确保异常工艺指标及时得以调整，提高产品优品率，降低消耗。MES 系统的投用使工艺指标执行率从 90%提升到 96%，对生产装置核心装置、重要设备，采用便携式设备进行点巡检，并将数据接入系统形成趋势，判断设备变化趋势，

并触发计划检修、实现设备的预维修，有效降低设备故障停车率，确保装置长周期稳定运行。

## （2）采购方面

集团内部通过建立统一的电子采购平台，实现流程数据的标准化，充分引入竞争机制，确保集团范围内的供应商资源共享、库存共享，有效降低库存，提高资金使用效率，同时通过系统实现自动选商、历史采购价格推送，避免人为因素对采购环节的影响。让采购行为的监督由事后变成事中，实现过程可控、行为可见，降低风险。

## （3）产品销售方面

针对磷化工行业的特殊性，构建具有行业特色的产品交易系统，实现资金风险管得住、业务数据看得见、辅助决策能支撑。从产品下单，订单执行、物流发运、产品跟踪、货款回收、后续服务全链条支撑，形成具有农资行业特点的应用系统。

## （4）数据支撑方面

以数据为核心构建起数据采集、数据存储、数据应用、数据决策的全流程应用。尤其是以通过 ERP 的升级在系统中进行更细颗粒度的数据维护，打通数据壁垒，通过系统在事前事中进行智能化控制；结合不同应用自主开发具有个性化需求的电子报表超过 400 张，并开发数据填报类应用超过 10 种应用。其中调度日报系统已涵盖集团所有生产单位的生产、出库、库存数据填报，并为集团各级调度部门、生产计划部门、销售部门（公司）、金融管理部门、统计部门提供准确

的数据支撑，并作为重要数据源，系统稳定运行超 2 年。数据应用平台月平均访问量为 75540 人次。



## 案例 9：青岛双星轮胎工业有限公司

### 一、企业简介

双星轮胎“工业 4.0”智能化工厂是一个绿色、环保、生产工艺先进、高自动化和信息化的世界一流轮胎生产示范基地，致力于打造全球领先的绿色轮胎数字化工厂。数字化系统对工厂内的资源配置、制造流程等进行管控，通过系统集成、人机互联，充分发挥产品追溯、品质分析、设备管理、工单排产、工单成本、生产自动化作用。

### 二、案例实施情况

#### （一）总体设计

将双星轮胎“工业 4.0”智能化工厂打造成一个以数字化、集成化、协同化、网络化、虚拟化为依托的管理持续创新的先进轮胎制造基地。

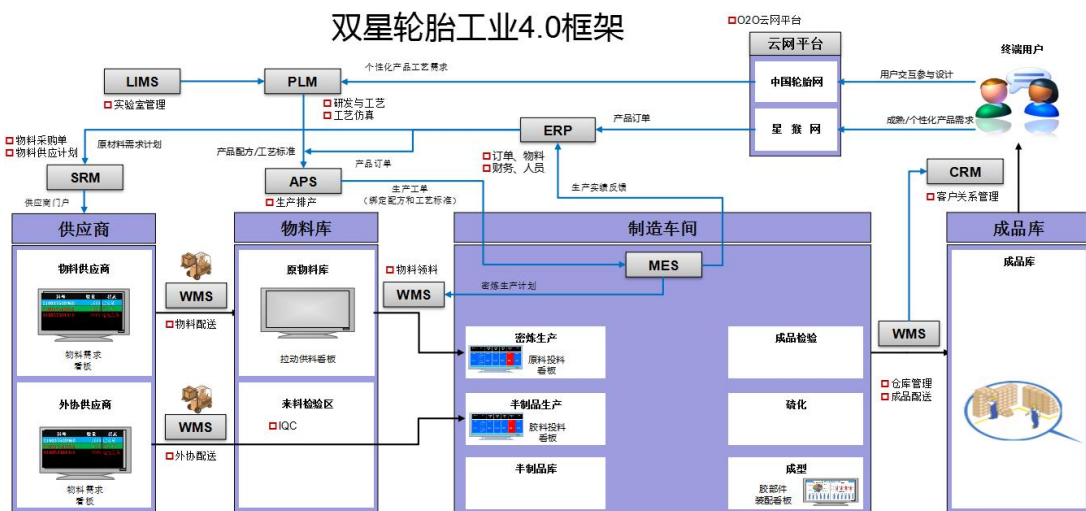


图 1 双星轮胎工业 4.0 框架

#### （二）实施内容与路径

##### 1. 数字化基础设施建设

(1) 机房设施: 130 m<sup>2</sup>国家 C 级标准机房, 17 个标准机柜, 双路市电供电 ATS 自动切换, 防雷、防水、防鼠、消防、新风配套齐全。

(2) 网络设施: 生产网、办公网、安防网三网物理分离。主干网络星型结构, 生产现场网络采用工业环形网络。在网络边界设置防护墙、网关隔离, 并搭建工业网络安全综合防护平台。

(3) 数据中心: 电信、联通、移动三线接入。与集团公司及 IDC 机房采用数字专用线路接入。数据中心采用分布式存储(超融合)虚拟化技术, 实现生产、办公服务器及核心网络设备虚拟化和在线集中维护、升级功能。

## 2. 生产制造数字化能力建设

### (1) 生产制造执行数字化管理能力

①采用西门子 APS 高级排产模块, 实现高复杂度流程生产模式下的智能排产。

②MEP 半成品物料调度控制系统、WCS 胎坯及成品输送分拣控制系统对接 MES 系统, 通过智能输送设备, 实现全流程物料精准调度、输送、分拣。

③各生产设备在线测厚测宽、在线称重等检测设备对接 MES, 实时采集监控质量数据, 对于质量不合格的责任机台实施报警, 超过停机标准的控制停机。

④原材料、产成品分别部署 WMS 系统, 对进销存实时

监控预警，全面实施了 CRM、SRM 系统供应链数字化。

## （2）智能化输送仓储能力

①工厂中半成品物料在 MEP 系统调度控制下，由 AGV 小车智能输送分别输送到密炼、压延工序等相关生产工序。

②成型、硫化工序采用智能桁架机器人进行胎坯智能输送，并智能识别胎坯规格、花纹、层级、品牌，根据每台硫化机的需求，自动输送到每个所需机台。

③成品胎通过智能码垛机器人装入 RGV 小车，RGV 小车将轮胎输送到成品立体仓储区域。

④胎坯入库、出库，成品胎入库、出库，都是通过巷道堆垛机器人来完成。它能够通过扫描智能识别取胎，每天可以抓取上万条轮胎，相较于人力生产效率提升 300%。

⑤通过 MES 系统控制的智能输送线实现了无人操作，智能分类、卸胎、输送、出入库，胎坯配送零误差，高效率、高精度、低能耗，劳动效率提高 5 倍。

## （3）智能评测体系建设

①操作人员数据采集，通过刷卡或人脸识别，校验人员的资质、权限，控制对 MES 系统及生产设备的操作，个人产量、质量等绩效指标的展示。

②质量数据采集，通过在线测厚测宽、在线称重、人工检测、机器检测等获取质量信息，对于质量不合格的责任机台实施报警，超过停机标准的控制停机。

③物料投用数据采集，通过获取投用材料信息，校验投用位置、BOM 配方一致性、质量等级符合性、先进先出符合性等规则，未通过校验的无法投入使用。

④工艺数据采集，通过生产设备安装的传感器，实时采集速度、压力、温度等工艺数据，对于超差标准范围的实时报警或停机。

⑤安全数据采集，对接生产设备 PLC，实时获取温度、压力等安全数据，并对安全拉绳、急停开关、安全光幕实时监控，对异常情况进行报警停机。

⑥信息中心实时监控生产计划执行情况，并通过树状图实时展示每小时的产量，可以直观地对比各时间段的产能及生产线速度，分析排查耽产原因。

#### （4）安全生产方面数字化管理能力

①搭建 AI 视频安全行为分析系统，对监控区域的安全帽、烟火、人群异常聚集、突然出现、移走、徘徊等相关运动目标进行检测、分析及轨迹追踪，进行实时预判预警。

②MES 系统：通过加装传感器、系统内部升级，实现人脸识别、上岗资质确认，设备运行时自动识别、自动优化、自动决策，达到本质化安全。

③安全监管系统：向政府部门进行特殊作业申报和审核，实现特殊作业电子化、信息化、智能化管控。

④巡检卫士线上系统：对重点部位及重大危险区域进行

专人监管，线上监控，提升公司监管能力。

⑤双重预防体系信息化管理系统：实现风险点的清单化、动态化数据信息管理。能够利用移动终端设备开展线上隐患申报、隐患风险评估、隐患处置闭环管理。

⑥火灾自动报警系统：将烟感、消火栓按钮等设备接入火灾自动报警系统，能够实时显示预警、火警报警等数据，主机也能显示设施运行状态。

### （5）品质管理、质量追溯体系

①对所有胎胚进行称重管控，超出重量标准范围对设备发出报警信号，连续三条重量超差给成型机发出停机指令，直至有管理权限人员复位处理或者达到一定停机间隔。

②质量追溯范围为从原材料到成品检测，可跨工厂，追溯内容包括原材料供应商、原材料检验、快检检测、生产质量数据、工艺执行参数、成品检验、外胎修补等信息。

③成品检测（外检、X光、动平衡、均匀性）判级后，根据不合格品病象定位到责任机，若该机台同班次累计出现多次不合格品，对责任机台发出停机信号。

## 3.运营管理数字化能力建设

（1）胎联网智慧云平台：基于物联网、人工智能、云计算和大数据等信息技术，对绑定的轮胎胎温、胎压、位置等信息进行实时检测，并上传数据生成报表进行分析，根据分析数据波动进行预警，确保轮胎使用安全。对轮胎行驶路线，



所在位置、路况实时跟踪分析，轮胎营销模式由“卖轮胎”转变为“卖公里数”，搭建具有“轮胎数字化”、“轮胎资产化”、“轮胎服务化”和 5G 特征为中心的“胎联网”生态体系，实现轮胎数据线上化、智能化的全生命周期管理，为用户提供车况诊断、轮胎选择和维护保养等多元化开放服务，同时与智能网联汽车相关技术实现无缝衔接，助推企业由传统的“卖轮胎”向“卖公里数”的服务模式转型。

(2) 建立 E-PLM: 以轮胎产品数字化管理设计平台 ELMA 系统为基础，实现产品全流程数字化管理，产品参数化、智能化设计。

(3) 设备预防性维护: 通过加装传感器来实现设备健康信息的快速获取，利用统筹调度、集中处理、数据分析、监测与预警等手段，提高设备维修效率，做到有针对性的预测性维修，加快事故处理速度的能力，降低事故率，为设备安全、稳定地运行提供有力的保障。

(4) 模块化设计: 基于平台的孪生性设计，遵循行业先进的模块化架构，以最少的排列组合方式实现产品多样性的设计，实现高效设计。

(5) 动力学分析体系: 基于车辆动力学 VI-CRT 系统，实现轮胎与车辆性能的智能匹配和性能最佳化设计。

(6) 仿真验证体系: 基于轮胎 VTire 专用分析系统，实现轮胎前期性能预测，包括舒适性、操控性、安全性等。

### （三）案例特点

#### 1.应用场景

双星建立的工业 4.0 样板工厂为行业转型提供服务，4.0 工厂的经验已成功复制到双星湖北十堰工厂，打造了华中地区首个工业 4.0 工厂。

#### 2.特色优势

以数字化方式交付产品和服务，业务从物理现实转换到数字空间，实现业务线上化、数据智能化、产品个性化。

### 三、实施效果

#### （一）经济效益

生产线使用 11 种近 300 台工业机器人后，过去需要 1000 人，现在只需要 256 人。不良品率降低 80%，单机生产效率提高 50%，劳动生产率提高 3 倍。

#### （二）社会效益

青岛双星轮胎工业有限公司以企业互联化、组织单元化、加工自动化、生产柔性化、制造智能化为特征，避免人为干预，提高产品质量、产品满意度、员工幸福感。先后被工信部授予“品牌培育”“技术创新”“质量标杆”“智能制造”“绿色制造”“绿色产品”“绿色供应链”“服务转型”全产业链试点示范企业。

## 案例 10：赛轮金宇集团股份有限公司

### 一、企业简介

公司成立于 2002 年，是中国首家 A 股上市民营轮胎企业，同时也是国内首家信息化生产示范基地，集轮胎研发、生产、销售和服务于一体，承建国家橡胶与轮胎工程技术研究中心、轮胎先进装备与关键材料国家工程研究中心。获评行业首批“国家智能制造试点示范企业”、“国家工业互联网试点示范企业”等，入选国家首批“面向重点行业的特色型工业互联网平台”，建成全球首个橡胶行业工业互联网平台“橡链云”，并建设中国首批、行业唯一橡胶&轮胎行业二级标识解析节点，与中国一汽共建最先进的智能网联汽车试验场，应用世界首创“液体黄金”新材料制备的轮胎达欧盟标签法规 AA 级，自主研发全球最大规格 63 寸巨型工程子午胎，解决核心技术“卡脖子”。

### 二、案例实施情况

#### （一）总体设计

##### 1. 数字化转型总体方案。

集团成立之初的名字“青岛赛轮子午线轮胎信息化生产示范基地有限公司”，包含两个关键词：信息化和示范基地。成立初衷就是希望通过实践，走出一条信息化带动轮胎行业转型升级的道路。集团创始人袁仲雪先生在 1997 年就提出“控制到位才能管理到位”的管理理念，并逐步形成以“控制到

位、管理到位、价值驱动、体验至上”为目标，通过转业务、转技术、转组织&思维来保障战略目标实现数字化转型战略，形成了一支既懂轮胎智能制造又懂信息化的复合型专业人才团队 1000 人左右，为集团数字化转型实践提供了全方位战略、组织及人才保障。

轮胎产业链长、工艺复杂、制造工序多，属于复杂的流程和离散混合的制造模式，给数字化转型提供了最全的应用场景。近 20 年来，集团依托三代信息化的研发迭代、实施和建设经验，联合橡胶行业智能制造领军企业软控股份以及青岛科技大学等合作伙伴共同打造了“橡链云”工业互联网平台，彻底解决了传统轮胎行业存在的制造工艺复杂、上下游资源信息缺乏互通、数字化转型困难、迭代创新门槛高等痛点。2021 年 1 月，央视新闻联播对赛轮工业互联网建设成果进行了报道。



集团数字化转型整体架构依托于“一”个行业大数据中心

与“一”套标识解析体系，支持全场景、全要素互联，基于“三”大平台打造橡胶链云底座，赋能“五”大业务领域，持续推进数字化转型，实现流程自动化、数据透明化、知识模型化。

## （二）实施内容与路径

1.在设备互联互通环节，提供设备实时数据采集、控制软件平台，实现设备全生命周期管理：具备控制系统的改造及与信息系统集成能力，自主研发物联网通讯接口和模块化组件服务，目前已经实现与主流 PLC、传感器、各类仪表、智能网关等的数据采集。

2.在生产制造环节，以制造执行系统（MES）为核心，提供车间智能车间、智能工厂建设整体解决方案：以数字化装备为基础，生产工艺为主线，软件控制为核心，建立起一套贯穿企业生产和质量控制过程的闭环优化管理平台系统。

3.在制造企业能源管控领域，提供智慧能源管理系统（EMS），实现水电风气等能源介质的实时数据采集、监控、存储、分析和决策等一站式管理，基于企业能源管理模型建立标准化、精细化、智能化的管控体系，实现系统性节能降耗的管控一体化。

4.在立体仓储和物流领域，提供智慧仓储管理系统（WMS）：基于全厂自动物流和设备自动化的立体仓库物流系统（AS/RS）管控以及 APS 智能排产和调度系统，实现计划、物流调度一体化及自动化物流与 MES、WMS 的深度集

成。

5.在供应链环节，提供采购（SRM）和物流配送（RSLs）于一体的信息化解决方案：打通海关、海运、陆运各物流环节，对原材料采购、生产计划、产品交付进行全面数据监控和预警，为用户提供供应链端到端的可视化管理，为供应链的稳定、连续、敏捷提供有效支撑。

6.在服务化延伸环节，提供营销渠道（营销 APP）、产品使用环节（TIMP）的信息化解决方案，构建一体化渠道协同平台，动态展现全球代理商数据，实现业务协同及数据共享。在智能产品服务方面，基于物联网及云传感技术，实现智能产品的实时运行数据，形成基于 RFID 的智能产品全生命周期智能管理。该方案在智能产品互联和赋能增值服务方面可复制到化工、高端装备制造等行业。

7.关键运营数据服务平台，实现数据接入和获取，在合规约束下，实现包括海运物流数据监控、海关数据、企业能源数据的采集及政府监管接入，智能装备的能效及状态监控，并形成企业数据接口套件，对外提供数据服务。

### （三）案例特点

1.在行业首次应用“5G+工业互联网”技术，并集成大数据、人工智能等实现了所有工序的“人机料法环测”的全面互联，构建了行业内最完整、最丰富的机理模型库。橡胶轮胎行业属于复杂的混合制造生产模式。生产工艺复杂包括 5 个连续、

7 个离散、5 道质检工序和 12 个部件组装工序，轮胎生产装备种类多、数据采集点多、难通讯、控制系统差异大、通讯协议不通用。通过结合 5G、人工智能、边缘计算等技术，实现了所有工序的“人机料法环测”的全面互联，构建了行业内最完整、最丰富的机理模型库。

2.以全球首个行业内已投入使用的工业互联网平台为支撑，打造“智能制造+工业互联网”软硬件一体化的数字化转型模式。橡链云工业互联网平台打造了赛轮的软实力，是智能制造的重要抓手和工具，以“工业互联为基础、产业链匹配为关键、上下游网络协同为核心”，将产品、设备和服务能力数字化、网络化，不仅支持“设计好、制造好、交付好每一条轮胎”，还要“管理好每一处业务场景”，更要连接产业链上下游，提供以用户为中心的新一代智能轮胎产品和服务。

3.拥有全套智能工厂核心工艺技术及装备，在参与国际竞争方面拥有核心竞争力。数字化工厂建设坚持“由内及外，渐进、改良、升级”的策略，坚持核心装备、软件自主可控。除 ERP、PLM 和 CATIA 等专业工具采用成熟的软件产品外，制造执行 MES 系统、智慧能源管理系统 EMS、智能仓储管理系统 WMS、生产计划高级排程软件 APS 和供应链采购软件 SRM 等均自主研发或联合研发。在智能制造、数字营销、智慧供应链、数字运营等主要领域沉淀的成熟产品应用和解决方案，能够满足行业的定制化需求，实现柔性化制造。

### 三、实施效果

#### （一）经济效益

通过集团实施数字化转型方案，对于新建的轮胎工厂，实现了模块化、标准化、平台化的快速推广复制能力，如：2019年11月18日，集团越南 ACTR 工厂正式投产，以8个月的建设周期创造了多个行业之最“设备调试最快、建设周期最短、智能程度最高、用工数量最少”，目前新建一个工厂，建设周期、投资成本、用工人均比国际先进同行少1/3，生产能耗降低20%以上。对于老工厂改造，从成本、效率、质量和安全数据指标来看，2015对比2012年，每公斤制造成本下降了3.2%，用工人均下降了29%，一次性不良率降低34%；2021对比2015年，每公斤制造成本下降了12%，用工人均下降了15%，一次性不良率降低39%。

#### （二）社会效益

集团面向垂直行业产业链提供平台服务，快速打通行业关键生产要素，建立产业链供需数据湖，实现产业链内资源优化配置，带动上下游协同优化，助力传统产业转型升级。





图 2 数字化转型助力产业链协同创新

首先，打通企业内部研发、制造、运营、营销和供应链，实现企业内全流程协同；其次，打通企业的上下游，如供应商、主机厂、物流、终端门店等，实现企业级上下游的大供应链体系业务协同；最后，打通整个行业产业链，如上游材料产业、化工产业、下游运输车队以及海关、金融等第三方服务机构，整合产业链上下游的资源及优化配置，实现整个产业链的提质增效，极大降低运营成本、提高效率，以先进实践引领产业链转型升级新方向，助力我国制造业高质量发展。

## 案例 11：新疆中泰化学阜康能源有限公司

### 一、企业简介

中泰化学是全国大型氯碱化工企业之一，2022 年进入世界 500 强，成为新疆首家上榜世界 500 强的国企，位列 434 位。新疆中泰化学阜康能源有限公司是中泰化学化工板块最大的生产园区之一，作为国家“工业互联网+危化安全生产”试点单位，为全国化工企业的智慧化建设做出示范。阜康能源隶属于新疆中泰化学股份有限公司（简称“中泰化学”，股票代码 002092）。公司于 2009 年 8 月 5 日成立，同年 8 月 19 日奠基。目前年产 90 万吨聚氯乙烯树脂、65 万吨离子膜烧碱，已发展成为集发电、氯碱化工、高性能 PVC 产品研发、PVC 深加工为一体的氯碱产业基地，也是电石法 PVC 行业首个国家级“高新技术企业”“国家级绿色工厂示范单位”“石化行业能效领跑者标杆企业”和“智能制造试点示范单位”。其主要产品 PVC 是五大通用树脂中产量最大、成本最低和唯一不以石油为原料的基础化工产品，广泛用于石油、化工、轻工、纺织、建材、国防等 20 多个行业，与国民经济各领域关联十分紧密。

### 二、案例实施情况

#### （一）总体设计

本项目采用统一规划，急用先行原则进行设计，通过统一规划设计搭建未来五到十年阜康能源的整体信息化建设

框架。平台总体架构由一智能运营指挥中心、五大业务域应用层（Saas）、一体化平台层（Paas）、ICT 基础设施（Iaas）及前端子系统与感知终端共五层构成。

从建设节奏来看，可遵从绘蓝图、立架构、搭平台、强基础、补应用、加智能的模式逐步建设。通过统一规划设计，确立阜康能源整体的智慧化工园区建设框架和路线图。同时先行搭建一体化平台和 ICT 基础设施（网络、计算中心、前端设备等），对现有系统和应用进行统一集成和拉通，实现数据和业务的整合。在此基础上在中控楼建设智慧化工园区运营中心和 IOC 系统，通过大屏、中屏、小屏的融合，实现园区的融合联动管理，第一时间为园区运营管理带来价值。

完成上述基础工作后，可依托一体化平台，对规划中的业务应用进行补充完善，由于已经实现了数据和业务的打通，应用系统的建设可以事半功倍。通过 AI、大数据等智能化技术的加持，最终实现智慧化工园区的建设。



图 1 智慧化工园区架构图

本项目建设采用“平台+数据+应用”的模式，以工业互联网平台为核心，构建阜康能源“工业互联网+危化安全生产”平台，向下调用生产设备、系统、生产线等海量数据资源，向上承载云化的工业软件或新型工业应用。把工业技术、工艺经验等工业知识组件化、封装化、软件化成一个一个的组件模型、微服务模型，并沉淀到工业互联网平台上，通过云计算、物联网、大数据等信息技术，为智能化业务应用和服务的高效开发、运行和维护提供支撑。每个业务域对应业务主管部门，业务主管部门对相应的数据及业务进行规划指导设计。

一体化平台是整个园区智慧化管理的中枢，通过业务应用、前端子系统提供统一数据入口/出口，通过一体化平台中的数据平台、集成平台为园区南向数据提供统一的智慧化服务。ICT 基础设施包含智慧化工园区系统运营所需的云资源、网络资源等；前端子系统为管理园区安全生产、环境报数态势提供数据和视频支撑，成为园区管理、服务的数据入口。

## （二）实施内容与路径

智慧化工园区业务系统的建设，需要先构建统一的建设标准，从而实现各业务模块的数据协同和业务协同。

本期主要对当前 ICT 基础设施进行升级改造，根据规划智慧园区整体需求，把现有机房、监控、网络、基础平台进

行升级。

新建集成平台，对QHSE、MES、ERP、PI等现有系统进行融合联动，打通各大业务系统之间的数据和流程，建设一体化园区指挥中心大数据决策分析平台（智慧运营中心）。

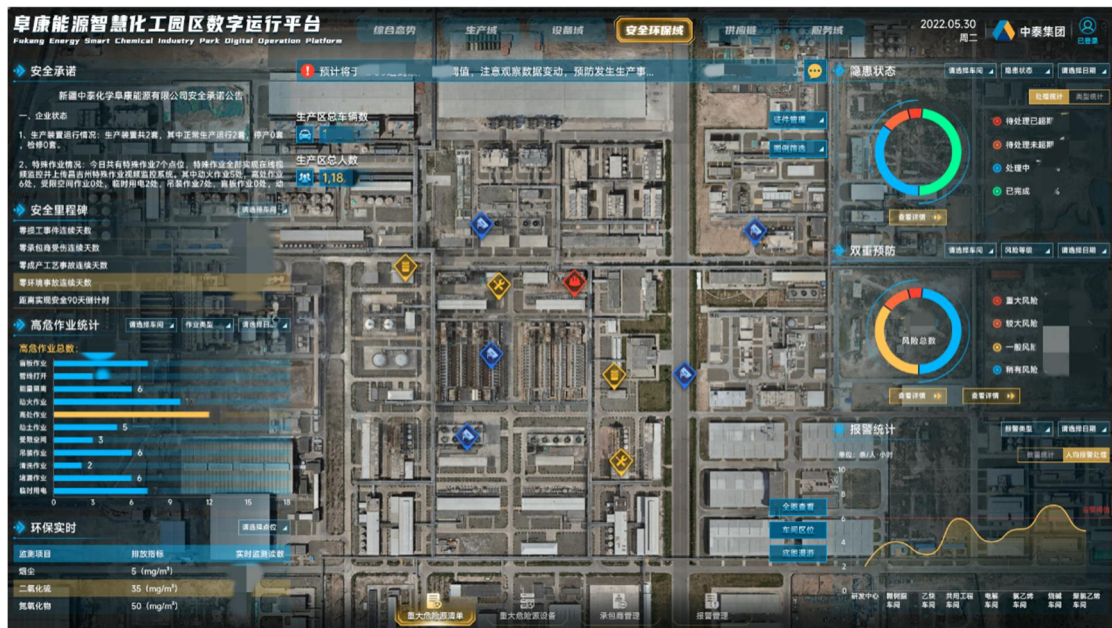


图 2 智慧运营中心

通过 GIS 地图及 3D 建模的应用，从集成平台整合各类空间业务数据，形成园区一张图，呈现园区定位与导航，协助融合通信综合调度，实现快速精准找人、车和设备等。在集控中心建设智慧化工园区运营中心和 IOC 系统，实现企业的“一张图”管理，包括安全生产一张图、物流运输一张图、应急管理一张图、安防一张图、企业运行一张图等。通过智慧运营中心的统一事件中心、统一任务中心、统一指挥调度，来实现场景化的业务联动处置，并通过大屏、中屏、小屏的融合，实现园区的融合联动管理，从而解决阜康园区在生产

管理过程中遇到的一系列问题。

### （三）案例特点

本项目采用统一规划，急用先行原则进行设计，通过统一规划设计搭建未来五到十年阜康能源的整体信息化建设框架。

总体思路是采用“平台+数据+应用”的模式，以工业互联网平台为核心，构建阜康能源“工业互联网+危化安全生产”平台，向下调用生产设备、系统、生产线等海量数据资源，向上承载云化的工业软件或新型工业应用。

把工业技术、工艺经验等工业知识组件化、封装化、软件化成一个一个的组件模型、微服务模型、软件模型，并沉淀到工业互联网平台上，通过采用云计算、物联网、大数据等信息技术，为智能化业务应用和服务的高效开发、运行和维护提供支撑。

平台总体架构包括：智能运营指挥中心、五大业务域应用层（Saas）、一体化平台层（Paas）、ICT基础设施（Iaas）及前端子系统与感知终端共五层。

## 三、实施效果

### （一）经济效益

阜康能源建设智慧化工园区项目，通过数字化手段加强了企业安全保障及防控能力，促进流程再造和优化，提升生产效率和精细化管理能力，从而提升了长期竞争力，给企业

带来三个方面的增值：

资产增值：全量设备资产数字化感知，资产使用率提升

人才增值：业务与 IT 双轮驱动，业务数字化人才得以增值，从而提升生产效率和精细化管理能力

数据增值：人人都在思考如何通过科技提高生产率，不断挖掘数据价值

## （二）社会效益

阜康能源智慧化工园区是中泰集团数字化转型试点，将践行中泰十四五规划“平安中泰、数字中泰、活力中泰、幸福中泰”重大战略，增强高质量发展的战略引领力和支撑力。符合坚持“以人民为中心”的发展思想，以“人为本、公为上、孝为先、和为贵”的企业核心价值观，真正做到回馈社会，建设美丽新疆。

## 案例 12：新疆天业（集团）有限公司

### 一、企业简介

新疆天业（集团）有限公司组建于 1996 年 7 月，是工农商一体化的大型国有企业。天业集团控股的新疆天业股份有限公司于 1997 年 6 月在上海交易所上市，新疆天业节水灌溉股份有限公司于 2006 年 2 月在香港成功上市。天业集团所属产业涉及热电、化工、电石、水泥、节水器材、农业、塑料制品、矿业、物流与对外贸易等多个领域。具备 140 万吨聚氯乙烯树脂、100 万吨离子膜烧碱、215 万吨电石、400 万吨新型干法电石渣制水泥、180 万千瓦热电、20 万吨 1,4-丁二醇、95 万吨乙二醇和 600 万亩节水器材生产能力，拥有国家认定的企业技术中心、国家节水灌溉工程中心、博士后科研工作站和氯碱化工国家地方联合工程研究中心等国家级高水平研发平台。

### 二、案例实施情况

#### （一）总体设计



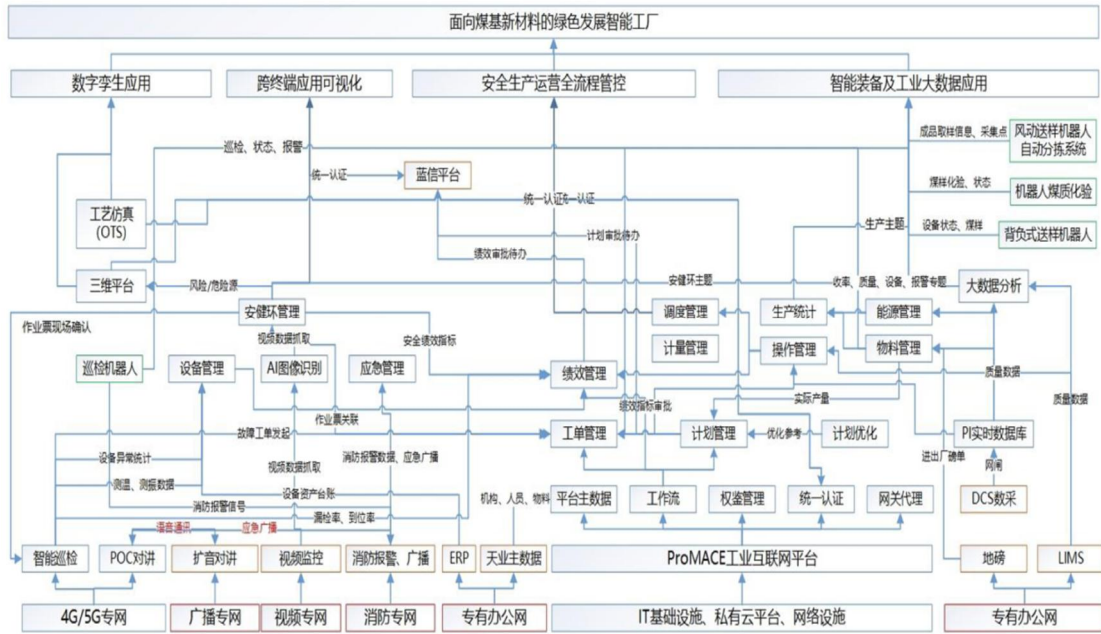


图 1 绿色发展智能工厂架构图

服务器部署采用云平台架构。

基于工业互联网平台，采用云计算、大数据、物联网、人工智能等技术，提供集中集成、智能分析、实时计算、物联网（IoT）接入、可视化等核心能力；

应用系统采用“数据+平台+应用”架构，实现组件化的分层结构设计思想，使应用组件具有预制性、封装性、透明性、互操作性、通用性等特征，便于快速地组装成新的应用。

应用系统采用 B/S 架构，基于工业互联网平台实现用户统一管理、单点登录、授权管理。建设了 ERP、三维数字化平台、系统仿真、计划管理、计划优化、调度管理、物料管理、能源管理、操作管理、生产绩效管理、计量管理、中控试样自送样装置、煤样自动送样智能小车、成品罐号自动识别、智能在线检测、设备管理系统、智能巡检、安全管理平

台、作业票管理系统、AI 智能视频分析系统、敏捷应急指挥、煤廊巡检机器人、环保管理系统、私有云平台、POC 对讲系统、PI 实时数据库系统、工业大数据智能平台等系统和模块。

## （二）实施内容与路径

### 1. 数字化基础设施建设

（1）搭建了私有云平台，实现服务器存储、计算、内存等资源的有效利用和共享；

（2）搭建了工业互联网平台，利用 ProMACE 作为统一的集成平台门户，对 MES、HSE 等系统的业务功能模块的基础数据、模型、算法、 workflow 配置、登录认证及权限等进行统一的维护及管理，同时作为企业生产管理应用门户，通过统一访问控制技术实现用户访问权限认证、安全认证、单点登陆验证。

### 2. 生产制造数字化能力建设

#### （1）安全应急

安全管理平台包括法律法规及公司制度、危险化学品、应急资源管理、预案知识管理、重大危险源管理、人员资质管理、单位资质管理、承包商管理、事故事件管理、作业票管理、风险管理、隐患管理；

AI 智能视频分析系统（包括 7 个算法模型：行人卧倒、反光衣、安全帽、安全带、违规闯入、滞留、烟火）；

应急管理以 GIS 平台为支撑，通过事故管理、智能巡检、

AI 识别等场景识别安全事件，上报应急指挥管理系统，通过大数据分析将事件同应急预案、应急处置预案库进行比对，结合现场环境因素、危化品信息，推送最优的应急方案。并依据相应预案，自动匹配可快速调配的应急资源、应急队伍、应急专家，通过呼叫中心进行调度应急人员、应急车辆等救援力量进入事故现场。

## （2）设备管理

天业汇合设备管理系统基于设备台账建立设备档案，集中展示设备的采购信息、安装信息、运行记录、维护保养、报废等内容，集成上层应用系统：ERP 系统资产管理模块（EM）、主数据系统，调用天业汇合设备管理系统内部功能模块：设备台账、设备备品备件管理、运行管理、故障管理、检维修管理、润滑管理、密封管理和报废管理等。

## 3.运营管理数字化能力建设

生产计划优化实现生产计划、调度计划和运行操作三层业务联动响应。通过计划、调度、装置、控制四个层面一体化优化，实现生产全过程效益最大化；面向全厂的装置排产寻优管理，为企业挖潜增效，应用于生产计划、原料选择、产品规划等提供参考。根据装置产能、投入产出、成本等基础数据，进行可配置建模，构建线性方程，对多方案进行测算，优化对比，得到不同限制条件下的优化目标，减少计划人员的工作量，快捷地指导制定生产计划。

### （三）案例特点

1.搭建了一套工业互联网平台，去繁就简实现了工厂设备互联；提供了人机协同可视化应用系统入口平台，实现人机交互个性化定制，管理信息和数据安全；向下可以调用生产设备、系统、装置等海量资源，向上可以承载云化的工业软件或新型的工业 APP 等 SaaS 应用。

2.在安全管控环节，应用 AI 人工智能图像识别技术，解放流程化重复性劳力，提高储运过程综合劳动效率和安全保障，实现了危险作业自动化和无人化；应用 AI 人工智能视频分析技术，利用深度学习框架算法，对施工作业场景人员卧倒、未佩戴安全帽、未穿着反光衣、未佩戴安全绳、烟火、人员闯入等异性行为进行识别研判，很大程度上保障了工人作业安全和工厂安全运营；吊轨式巡检机器人，实现了输送状态监测，皮带跑偏、烟火识别、有毒可燃气体感知报警等智能化应用，实现了智能巡检和无人值守。

## 三、实施效果

### （一）经济效益

关键设备数控化率达到 100%、生产效率提升 5%、产品不良率下降 90%、设备综合利用率提升 3%、关键设备联网率 100%、资源综合利用率提升 5%、运营成本下降 3%、优化人员比例 3%、二氧化碳（CO<sub>2</sub>）排放降低率 5%。

### （二）社会效益

1.培养了智能算法、模型人才 1 名、OTS 仿真设计人才 2 名。

2.创新了企业管理模式。转变管理观念,创新管理思维,为企业加强绩效管理、提升竞争力提供新的参照模式,为企业实现效能可控、和谐共赢开辟新思路,同时提升了员工的主观能动性。

3.提升了领导决策的智能化支持能力。通过使用人工智能算法和工业大数据分析等辅助决策工具,提高生产运营预测、预警、动态分析能力,提升决策科学性,实现快速响应。

4.提高了企业节能降耗水平。通过人工智能技术与能源优化模型结合,构建能源管理与优化系统,变能耗事后统计,为用能事前优化,事中监控调度,实现主装置和公用工程的节能降耗。

5.提高了企业计划调度智能化水平和精细化管理水平。通过人工智能技术和计划调度优化模型的结合,提高企业计划排产的智能化水平。

6.提高了企业安全管控能力。通过实施风险分级管控,降低重大事故发生概率,减少安全风险事故经济损失。

## 案例 13：滨化集团股份有限公司

### 一、企业简介

滨化集团始建于 1968 年，1970 年投产，历经五十年艰苦奋斗和创新突破，已发展成为主业突出、产业链完整的综合型化工企业集团，拥有滨城基础化工和电子化学品、北海新材料、沾化新能源、阳信精细化工四大基地，产业涵盖盐化工、石油化工、精细化工、热电、新材料、新能源、金融等领域，产品覆盖全球 100 多个国家和地区。公司注册资本 20.58 亿元，总资产 168.04 亿元，具有五十年丰富的烧碱和环氧丙烷生产经验，是我国重要的环氧丙烷及烧碱产品生产商和三氯乙烯、油田助剂供应商。滨化股份于 2010 年 2 月 23 日在上交所成功挂牌上市。滨化集团连续八年荣获全国重点耗能产品能效“领跑者”标杆称号，企业综合竞争实力不断增强。2021 年先后荣获了国家工信部智能制造示范工厂、山东省氯碱智能化改造标杆企业、山东省化工产业智能化改造标杆企业、山东省两化融合优秀企业等荣誉称号。

### 二、案例实施情况

#### （一）总体设计

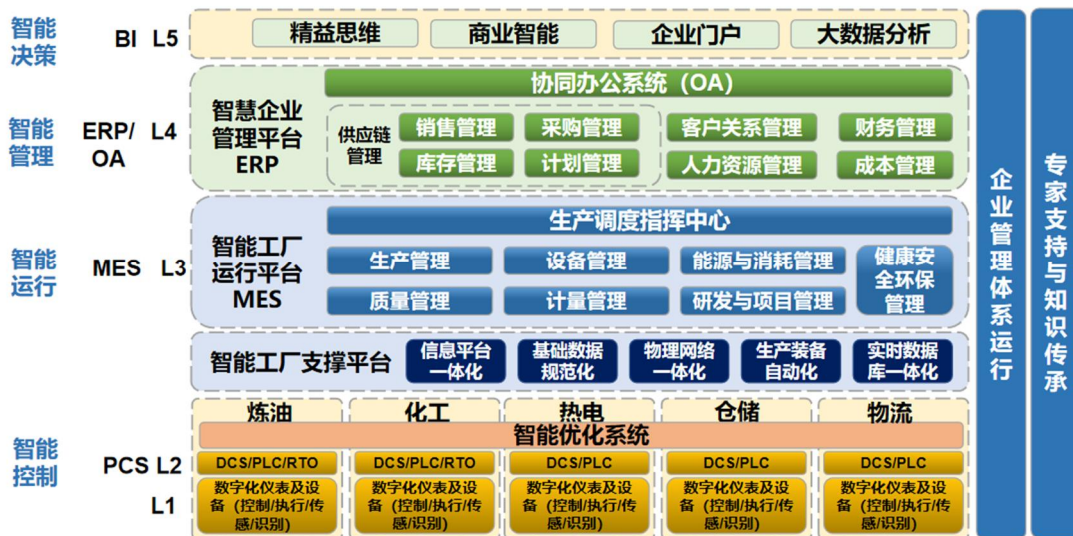


图 1 智能工厂总体架构图

项目以支撑滨化集团业务发展战略为出发点，以能力建设为主线，从集团化经营运作的视角进行企业顶层规划，通过组织管控、流程设计、信息化落地三项管理要素作为落脚点，优化经营思路，构建创新驱动体系；通过组织管控、流程优化相互促进及高度融合提升滨化集团的核心竞争力。滨化集团在智能生产运行方面，以“机械化换人、智能化减人、二道门防人”为目标；在信息化建设方面，以 ERP 为核心、全业务集成，实现企业生产、安全、环保、能源、设备、采购、仓储、财务等，提高智能化管理水平，优化业务管控流程：

1. 信息化改造项目，实施滨化集团股份有限公司卓越运营暨 ERP 实施及配套信息化建设项目。各应用系统深度集成，以 ERP 为核心，各业务系统实现横向、纵向集成。通过项目建设，实现公司全业务、全流程的业务管控和协同协作。

打通 MES 生产执行系统与 ERP 系统的接口集成，实现生产数据与业务数据的有机结合；OA 系统实现统一门户和审批；MDM 系统实现集团所有数据的统一；CRM 系统实现销售业务集成；SRM 系统打造高效的电采平台；无人值守系统实现一体化管理，提高工作效率。

2.深入开展生产智能制造、安全环保监控、设备信息化等各环节的智能化建设。片碱装置全自动码垛装车，三氯乙烯全自动包装线，粒碱装置经远距离跨路输送和全自动码垛。设置“二道门”，实现授权进出。LIMS 系统实现自动化、流程化、标准化、数据共享。氯碱装置电解槽各单元槽电压、重要机泵在线监控系统。建立仿真操作培训平台等。

## (二) 实施内容与路径



图 2 智能工厂建设路线图

### 1. 数字化基础设施建设

建设了管理云、生产云及开发测试云资源池。模块化机房数据中心直通信 IDC 机房，实现公司核心业务、数据的



互备，为集团各项业务的正常运行提供可靠保证。实现了双核心、双链路的网络规划。滨化集团企业管理网与控制网之间放置专业隔离网闸，保证网络边界安全。采用各种安全技术，实现了出口防火墙、出口行为管理、DMZ 防火墙、VPN 安全接入、运维审计、Vmware、Risk Manger 等。具备常规的物理安全、网络安全、主机安全、数据安全、应用安全等信息安全管理手段，支撑和保障信息安全目标的实现。

## 2.生产制造数字化能力建设

实施生产智能化改造，在智能生产运行、智能机器人、自动化包装、安全风险管控方面，实现生产、安全、环保、能源、设备、仓储各环节智能化建设，生产装置的控制系統覆盖率达到 100%，自控回路投用率 $\geq 97\%$ ，大大提高智能化管理水平，进一步优化业务管控流程。生产作业环节投入 7 套先进过程控制，地磅检斤实现了无人值守；质量管控环节实现了智能在线检测和质量精准追溯，SPC 与 LIMS 系统进行数据接口，提高产品品质控制能力和满足客户稽核要求。设备管理环节实现了在线运行监测与故障诊断；安全管控环节进行安全风险实时监测与识别；能源管理环节对电解槽进行能耗数据监测 EMS 实现能源管理执行用能、设备分析、生产运行、计划调度等业务集成，资源共享，一体化管控；环保管控环节实现了污染源管理与环境监测。

## 3.运营管理数字化能力建设

以 ERP 为核心，各业务系统实现横向、纵向集成。主要围绕 SAP-ERP 实施 FI/CO、SD、PP、MM、QM、PS、BW 等模块，配套外围系统如 SRM、CRM、资金管理、WMS、EMS、LIMS、主数据管理、开票平台、无人值守计量系统、协同办公平台等，支持集团战略与管理转型升级，实现公司全业务、全流程的业务管控和协同协作。二期项目主要包括设备管理、HR、BPC、电子签章、数据中台、RPA+AI、数字身份治理等应用。

### （三）案例特点

1.滨化集团装置自动化控制层面建设较好，公司所有装置均有 DCS、SIS 和 GDS 控制，公司采用霍尼韦尔公司的 APC、CPM 先进管理软件，对所有装置自控回路进行自主优化，装置整体自控回路投用率 $\geq 97\%$ 。公司从自控队伍建设、自控组态设计、控制性能管理 OTS 开发到 APC 先进控制，形成了一个较为完备的工作体系。底层基础扎实，控制水平领先行业，为行业树立了标杆。

2.滨化集团技术部门技术人员根据企业生产管理的需求，独立开发了 OTS 仿真操作系统，应用于项目建设、优化设计、仿真培训、异常演练等场景，实用性强。

3.企业建成了全面的生产、检化验、能源管理、设备管理、智能巡检、OM 指标管理和帆软报表、海康威视视频监控系统等系统，通过调度中心对生产进行全方位管控，辅助

装置开、停车指挥和生产运行调整等。

4.滨化集团采用了 SAP 系统，设计开发了采购、销售、财务、库管、人力资源等业务模块，功能较为齐全，满足了企业主要的经营管理需求。公司建设了地磅无人值守系统，企业经营管理驾驶舱实现从生产到销售数据的一次全面的整合和展现。

5.滨化集团于 2021 年 1 月启动了企业卓越运营暨 ERP 实施项目，蓝图已完成，计划于 9 月份全面上线。同时，配套的周边系统如 SRM、CRM、资金系统、主数据管理，无人值守系统打通了采购、销售流程，实现了数据贯通。系统上线后，将有效集成整合全产业链互联网资源，相互融合，实现智能化应用升级。

### 三、实施效果

#### （一）经济效益

在数字化转型后，公司在关键设备联网率、生产效率、资金综合利用率等方面得到了提升，运营成本实现了下降，同时优化了 3D 岗位人员，相关情况如下：关键设备联网率为 100%，生产效率提升了 2%，资金综合利用率提升了 2%，运营成本下降了 2%，优化人员比例减少 1.5%。

#### （二）社会效益

在数字化转型后，公司在生产能源消耗更低，进一步降低了能源损耗。在企业利润提升和成本下降的同时，员工的

待遇得到了较大提高。公司利用信息化手段建成了幸福滨化  
人员工 C2B 平台，打造了一个学习、工作、生活、娱乐的集  
成平台，企业焕发出一片欣欣向荣的景象。



## 案例 14：国投生物能源（铁岭）有限公司

### 一、企业简介

国投生物能源（铁岭）有限公司于 2017 年 4 月成立，总投资约 14.7 亿元，主装置占地面积约 476 亩，年产 30 万吨燃料乙醇，27.6 万吨 DDGS（高蛋白饲料）和 2 万吨玉米油，年加工转化玉米近 100 万吨，目前主要生产燃料乙醇、食用酒精、酒精消毒剂、高蛋白饲料、玉米油、食用酒精等产品。

国投生物能源（铁岭）有限公司基于自身提质增效及智能化建设需求，拟开展由新技术手段支撑的智能工厂研发工作，为了解决企业在生产数据采集、节能降耗、系统运维等方面的一系列问题，开展了智能工厂项目建设。

### 二、案例实施情况

#### （一）总体设计

燃料乙醇生产线数字孪生系统如下图所示，包括物理空间、IIoT、虚拟空间、关键应用场景解决方案和燃料乙醇行业典型企业应用示范五个层次。

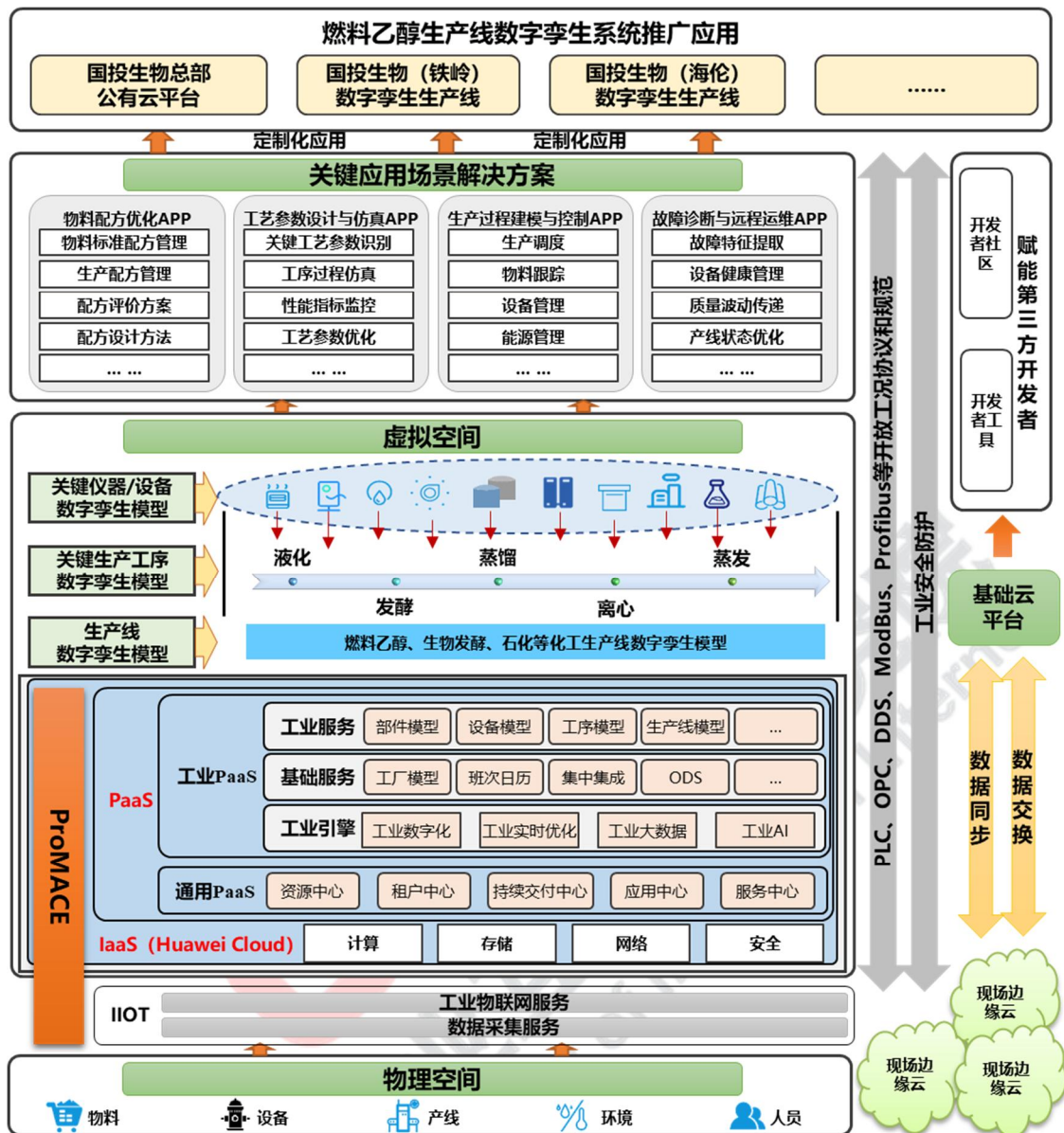


图 1 生物燃料乙醇生产线数字孪生系统顶层框架

## (二) 实施内容与路径

### 1. 数字化基础设施建设:

#### (1) 计算机网络

计算机网络及功能：满足运营期各种有线、无线终端设备接入、各系统业务数据实时传输更新与共享的需求，保障系统的持续性、稳定性、安全性、可扩展性运行。

#### (2) 平台建设

ProMACE 工业互联网平台以技术中台、数据中台、业务中台三大中台为支撑基础，以工业物联、工业数字化、工业大数据与 AI、工业实时优化四大工业引擎为驱动，为企业消除信息孤岛、加速数字化转型、实现工业智能化提供共性的基础设施和能力支撑。ProMACE 通过采集现场装置设备数据，经由异构网络传输，将采集数据存储在 IaaS 层，经由机理模型、算法组件计算等工业 PaaS 组件处理，形成行业数据集，通过工业 APP 实现行业专有技术服务。

## 2. 生产制造数字化能力建设

通过 ProMACE 工业互联网平台建设五步法，快速完成数字化能力建设。第一步，通过工厂建模工具集，构建企业数字化模型；第二步，通过工业物联引擎，实现工厂全面感知；第三步，通过数据治理，构建企业级数据资源中心；第四步，通过构建企业知识库，实现生产、设备、能源、安环等业务能力的复用，支撑工业 APP；第五步，通过工业 APP 的组态，形成“千人千面”的岗位工作台。

建设了安全、环保、计划、物料、能源、操作、工艺、调度、设备和质量共计 10 个专题应用。

### （1）安全专题

安全专题通过 10 个子专题的建设，为各项法规的执行提供保证，提高企业领导者的决策能力及对于安全管理的重视性，进一步明确了安全责任，将安全责任落实到人。

## （2）环保专题

环保专题可以查看废水、废气排放各指标实测浓度、流量、超标次数等。

## （3）计划专题

计划专题实现了企业生产计划的在线管理和应用。实现企业年度/季度/滚动/月度生产计划在线管理和应用，提升企业生产经营各部门协作效率。

## （4）物料专题

物料专题以生产物流为核心，范围覆盖原辅料进厂、仓储管理、罐区管理、生产线原辅料投入、产品出厂等业务环节。

## （5）能源专题

能源专题建设覆盖企业能源供应、生产、输送、转换、消耗全过程的完整能源管理，满足企业能源精细化管理的需要。

## （6）操作专题

操作专题通过交接班管理，对生产过程的关键工艺运行、设备运行、储罐库存等进行记录。

## （7）工艺专题

通过工艺专题实现对工艺规程信息和工艺通知单的线上管控，实现企业工艺文档集中管理。

## （8）调度专题



调度人员根据领导要求以及实际生产需要来形成调度指令，相关车间干系人按照要求完成指令后，向值班调度反馈执行结果，形成指令执行的闭环管理。

### （9）设备专题

建立设备的技术资料和记录文件资料档案，聚焦设备运行维护阶段，对分散的设备进行集中管理和综合监控，提升设备安全、稳定和长周期运行水平。

### （10）质量专题

质量专题搭建全过程质量管控模型，实现从原辅料进厂、中间品生产到产成品出厂等全过程的质量管控。

### （三）案例特点

通过实施 ProMACE 工业互联网平台及相关应用，面向角色的“千人千面”岗位工作台设计，从原来的用系统，变化为基于岗位工作场景使用功能，实现了从“人找业务”到“业务找人”，以及从“人找数据”到“数据找人”的转变。员工通过个性化的“个人工作台”进行“一站式”办公，极大提高了工作效率。

## 三、实施效果

### （一）经济效益

企业应用的经济效益是项目投资回报率的重要指标，采用预期法进行估算，即：结合建设内容和预期成果，在参考相关系统在其他类似场景或企业的建设投资回报案例的基

基础上，推算预期的指标变化，再计算经济效益。

### 1.乙醇发酵环节的优化

通过利用现代生物工程技术，提高单位时间单位体积乙醇产量，有效降低乙醇生产的原料消耗，新增经济效益 2100 万元。

### 2.设备运维的智能化

通过对生物乙醇生产线装备进行实时监测和故障报警，延长设备使用寿命。同时还可以减少备件存储数量，降低存储费用，每年新增经济效益 185 万元。

根据上述提升点效益估算为 2285 万元。

## （二）社会效益

- 1.提高企业节能减排水平；
- 2.提升安全生产的管理能力；
- 3.减轻振动、降噪的危害；
- 4.通过数据化转型培养复合型人才。

## 案例 15：安徽国星生物化学有限公司

### 一、企业简介

安徽国星生物化学有限公司（以下简称“公司”）成立于 2007 年 1 月 8 日，注册资金 3.29 亿元，是国家火炬计划重点高新技术企业。公司主要采用醛氨法生产吡啶碱产品，产品广泛应用于农药、医药、饲料添加剂、食品等多个领域，被称为三药的“芯片”。公司先后荣获“国家技术创新示范企业”“全国工业品牌培育示范企业”“国家制造业单项冠军示范企业”“国家绿色工厂”“国家智能制造试点示范企业”“全国质量标杆”等十余项国家级荣誉称号，成功组建包括“国家级企业技术中心”“国家地方联合工程实验室”在内的 10 个省级以上研发平台，是行业内唯一荣获国家“绿色+技术+平台+品牌”金牌大满贯企业。

### 二、案例实施情况

#### （一）总体设计

公司从生产管控、设备管理、安全环保、能源管理、辅助决策等多个方面开展数字化转型升级，通过广泛采用工业互联网、工业数据平台等新一代信息技术和集散控制系统（DCS）、制造执行系统（MES）、安全仪表系统（SIS）等先进制造技术，在厂区综合运用智能工艺优化、智能生产、集成优化、安全保障、服务延伸等流程，构建协同一体化管

控模式，实现设施全面互联、系统全面互通、数据全面互换、产业高度互融。

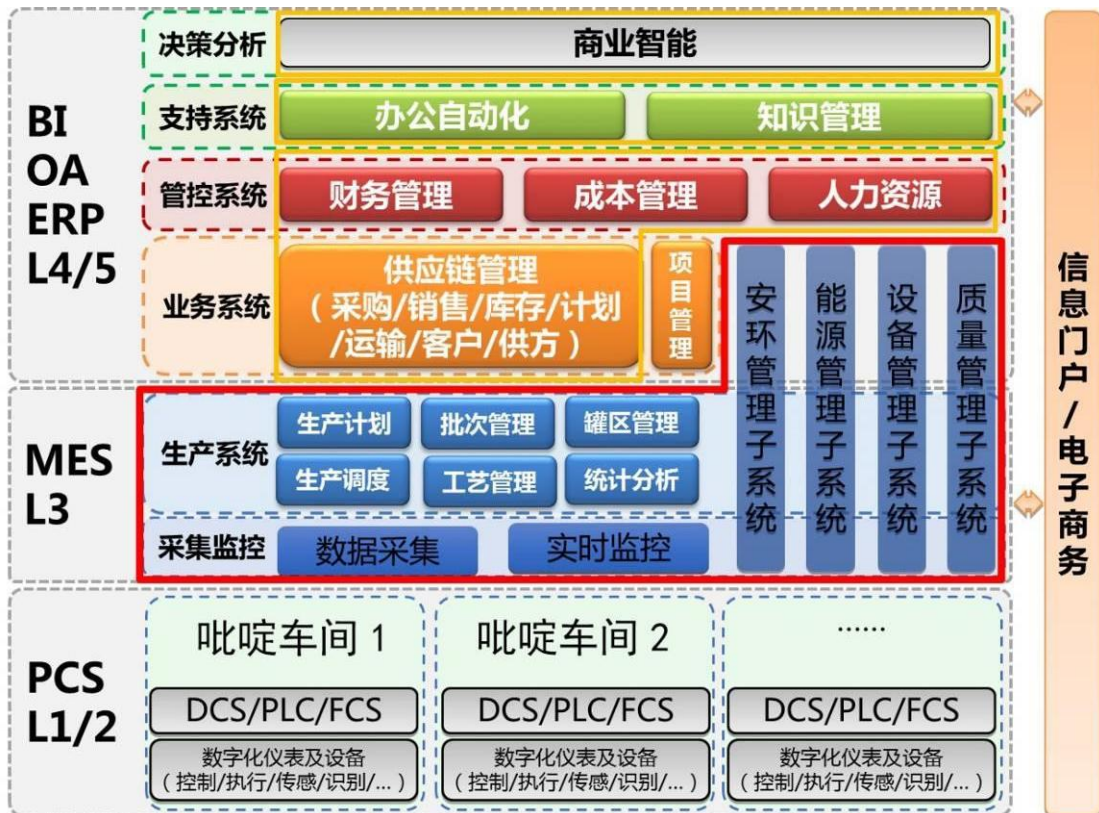


图 1 数字化转型项目总体设计模型

## （二）实施内容与路径

### 1. 经营管理层 ERP 系统建设情况

#### （1）办公管理数字化和信息共享

项目根据公司需求和行业特点，在原有完善的 PC 端 OA 系统基础上，开发了适合公司管理理念和制度的移动协同办公系统和配套的手机客户端，通过手机 APP 和 PC 客户端实现公司员工和领导、生产车间和职能部门之间的实时互联互通，最大限度提高信息传递的效率，简化办事流程，在提高效率的基础上，增加协同办公能力，强化决策的一致性，最

后实现提高决策效能的目的；项目还利用自动识别技术与后台数据库管理系统相结合，建设智能档案管理系统实现对公司档案全过程跟踪与智能化管理。

## （2）辅助决策智能化

公司数字化转型项目已初步完成建设大数据辅助决策中心，决策中心为公司提供及时、准确、可靠、一致的产业数据服务，实现全产业链、各业务流程信息的标准化、全面可视化，做到数据信息随用随取，进一步提高公司整体信息挖掘分析能力，提高得到的信息价值。

## 2.生产执行层 MES 建设情况

### （1）包装物流智能化建设

公司产品均为液体化工产品，公司考虑到安全环保、职业健康、质量效率等因素，已引进全自动称重灌装机代替传统人员加工分装，自动称重灌装机包括空桶输送辊道、加料装置、充氮及氮气吹扫线装置、称重输送系统、电气控制系统等主要设备。该设备自动化程度高，计量准，工人不需要直接参与操作，其主要任务为监视、调整和控制，以保证自动包装线的正常运行。该设备的引进，为公司最大限度节约了生产劳动成本。公司还引进无人值守地磅系统，集称重技术、计算机、微电子、网络技术等于一体，具有数据判断采集、数据共享、远程传输等功能，有效实现无人值守智能化管理。

## （2）安防系统智能化建设

根据公司特点，项目建成 HSE 和应急管理智能化，分为安全综合管理、应急管理、环保管理三大组成部分。为保障公司安全生产，公司建有一套覆盖全公司的监控系统，可以有效监督生产作业现场情况，及时发现问题并起到安防作用，利用远程监控技术，随时调阅分散在各个分厂的监控录像，整合在一起，实现远程管理与安防实时化，确保整个公司的安全和生产。并建设工业互联网安全生产管控平台、公司级安全仪表系统（SIS），对生产过程实时信息采集、处理和监视，保证重要车间和重要岗位生产安全性。

## （3）能源管理智能化建设

作为用能大户，项目已建设能源管理项目，以更好做到节能与资源综合化利用，吡啶碱生产现场大量采用总线智能仪表，通过各种电、气、液动阀门、变频器等元器件控制，建设车间 DCS、PLC 近 1 千个数据采集点，对企业生产过程中能源介质进行动态监控，实现能源数据采集、监控、计量、统计、分析和工艺管理、生产对标等管控功能。项目使部分岗位实现无人值守，达到了减员增效的目的。

## 3.过程控制层 DCS 建设情况

### （1）生产管理智能化建设

公司以吡啶碱平稳生产为起点，实现从计划、调度、操作、监控、统计到绩效的全生产过程管理及在线处理，提升

公司产品生产过程中的工业分析和预警能力，不断提升公司人员工艺与操作技能，提高生产敏捷性。过程控制层能实时监控生产过程、公用工程、原料及成品进出厂、产品质量、以及各装置的有毒气体、可燃气体等。

### （2）设备管理智能化建设

项目引进在线故障诊断智能化设备管理系统，包括设备健康管理和设备全生命周期管理的信息化。设备健康管理建立三级智能点检系统及核心设备的在线监控及故障诊断系统，早期预警设备中存在的隐患，实现对反应器、蒸汽发生器、尾气处理器等关键机组设备故障的准确定位和寿命预测，为维修决策提供支持，提高企业预知性维修水平，并大幅避免设备故障给公司带来的安全隐患。

### （三）案例特点

公司以大数据中心为依托，聚集行业大数据创新资源，以自动化、信息化技术为支撑，结合物料智能配送系统，建立了覆盖生产管理、设备管理、安全管理、能源管理等六大领域的系统和平台。公司通过核心工艺装备研发、信息化系统集成、工业大数据平台应用，实现了核心工艺装备工艺过程自适应、在线工艺趋势控制优化、业务决策数据驱动、质量预测等功能。实现“大数据+智能化+工业互联网平台”多点联动，形成点线面协同作用的数字化转型新模式。

## 三、实施效果

### （一）经济效益

项目的建成，吡啶碱车间总体生产效率提高了 30%以上，运营成本降低 30%以上，产品研制周期缩短了 50%，产品不良品率降低 40%，单位产值能耗降低 10%以上。实现了“管理精细化”、“运行自动化”、“控制智能化”、“安全可靠化”，为探索引领流程工业智能化发展提供了新思路、新路径，为推动企业高质量发展蓄势赋能。

### （二）社会效益

项目建成后，构建了一个以节约资源消耗、废弃物循环利用和环境和谐的产业链，减少了“三废”的产生，具有良好的环境效益；极大地降低了员工的劳动强度，提高了员工的幸福感；带动当地第三产业发展，为地方经济的持续稳定健康发展贡献力量；加速促进地域性、行业性产业升级，促进本行业国产化，参与硬件设备、软件系统的国产自主研发，促进国产设备市场扩大，带动上下游产业共同绿色健康发展。



## 案例 16：浙江新安化工集团股份有限公司

### 一、企业简介

浙江新安化工集团股份有限公司（以下简称新安集团或者公司），创建于 1965 年，注册资本 81839 万元，于 2001 年 9 月上市，曾获全国石化行业节能减排先进单位、中国制造业 500 强、2014 中国农药行业销售百强第一名、浙江省发展循环经济示范单位、浙江省重点骨干企业和绿色企业、浙江省工业行业龙头骨干企业等一系列荣誉。

### 二、案例实施情况

#### （一）总体设计

新安集团为实现有机硅材料智能制造，细化了四个建设内容：即业务运营数字化、生产制造智能化、生态服务平台化、信息支撑敏捷化。通过“四化”，实现业务支撑全覆盖，提升业务数字化决策能力，增加生产制造的柔性生产水平。如下图所示：



图 1 整体业务逻辑示意图

业务运营数字化：通过应用系统的建设实现对业务的全面支撑，并在此基础上建设分析决策支持能力。

生产制造智能化：逐步由信息化、自动化手段代替以往一系列需要人工判断和执行的工作，实现设备的智能互联、数据的洞察分析、操作的自动控制、决策的自我反馈。

生态服务平台化：通过构建服务平台、支撑平台能力，来支撑生态服务业务发展策略。

信息支撑敏捷化：通过构建大数据平台、云平台、统一集成平台、信息化治理体系，实现敏捷化的信息支撑。

## （二）实施内容与路径

### 1. 数字化基础设施建设

#### （1）IT 基础设施建设

通过计算机、存储、网络虚拟化，对底层物理资源实现池化，为上层资源调度提供保障，将安全理念贯穿信息系统项目的整个生命周期，并进行持续的安全迭代。

#### （2）信息安全防护

新安建设化工领域工业互联网安全监测中心，实施采用海量安全数据分析框架体系，采用安全场景模型的分析及展示等手段建立并完善安全态势全面监控、安全威胁实时预警、安全事件及时处置的能力，形成一套支撑网络与信息安全管理平台，并实现该平台与省级总平台的功能。

数据对接共享。可主动探测的软硬件产品类型不少于 500 种。

## 2. 生产制造数字化能力建设

### (1) 工艺优化机理化

新安化工利用主流的流程模拟软件对装置建立严格机理模型，并在数据采集、分析的基础上对上述模型进行校正，使之与实际生产情况相符合。

### (2) 设备管理高效化

①基于设备运行管理系统，实现设备预防性维护和检修

新安集团建设的设备管理系统以设备台账管理为基础，以设备定期检验、预防性维护为核心，以设备故障管理、维修管理为主线，以润滑管理、开停机记录等日常运营性管理为抓手，以腐蚀测厚、电气定值、仪表变更等专业管理为补充，通过设备状态的监测与诊断，及时进行预防维修，以控制故障的发生。在故障发生后，及时分析原因，采取措施排除故障或改善设备，以降低或防止故障的再发生，建立一个系统化、立体化、动态化的设备管理体系。

②基于 AR 技术与 VR 技术，助力设备巡检与内外操协同

外操人员可以在生产现场通过佩戴防爆 AR 眼镜获取巡检任务、DCS 数据面板、设备状态实时提醒以及异常数据警告，利用空间定位技术观察到设备的基本数据（温度/压力/浓

度等)、内部情况、反应进行程度等,辅助判断生产状态,做到巡检任务清晰明了、巡检结果及时记录、问题情况及时处理。

### (3) 安全应急数字化

①基于 AI 技术建设安全管理系统(HSE),实现不安全行为预警

充分利用成熟稳定的 AI 智能识别技术加强对人员不安全行为的管控,对园区内重点管控区域的人员不安全行为进行实时监测、识别、预警、取证,提高生产环节监管效率和智能化水平,量化考核生产作业规范。

②基于 AR 技术建设智能应急指挥平台,打造全息“一张网”

通过高位视频监控设备结合系统增强现实技术,形成一个立体防控实景图,对厂区进行全局监控。另外,通过高点防控单元的智能标签技术,支持在视频画面上增加标签,支持标签检索、定位、目标测量、方位感知等,协助现场指挥调度,真正做到把握全局、控制局部。

### (4) 能源利用集约化

通过建立数据采集、过程监控、能源调度、能源管理为一体的能源管控体系,实现从能耗监控、能耗基准计算、能耗预测、调度到统计、分析、考核的全方位闭环管理,提高蒸汽等能源的二次利用效率,确保能源系统安全、可靠、经

济与高效运行，实现从经验型到分析型调度职能的转变。

### 3.运营数字化能力建设

#### （1）计划排程智能化

建设供应链需求计划数控塔，通过历史销售数据+算法模型实现对市场需求智能预测，合理化配置资源，降低供应链决策成本；构建敏捷的销售、库存、运营计划流程来有效管理潜在供应水平波动。基于 APS 系统，充分利用设备产能，实现精益制造、柔性生产。基于 MES 系统，打通产品制程数字化链路，实现制造过程信息化。

#### （2）产供销运营一体化

以 SAP 和 SSF 为核心，打造业财管控一体化平台。

以集约化管理和数字经营为目标，建设 SAP 系统。打通有机硅与农化上下游业务单元，实现有机硅与农化全产业链信息化覆盖，提升供应链各个环节的智能化应用水平。以 CRM 系统为核心打造前端业务平台，实现运营管控数字化，综合服务生态化，信息支撑敏捷化。建设 SRM 系统，打造采购与供应商管理平台。

#### （3）服务化延伸

产品生命周期服务延伸：设备融资租赁。发挥“融资+融物”独特的优势，围绕上下游供应链、制造业设备给小微企业提供融资租赁业务。累计向产业链上的企业放款近 5 亿元。

产业链服务延伸：互联网金融。以金融技术和产品为核

心，搭建小贷业务管理和风控系统，具备小贷公司贷前、中、后的决策和融资担保、租赁业务线上化和数字化全流程管理能力。

### （三）案例特点

#### 1.提高我国有机硅材料行业核心竞争力

通过有机硅材料智能制造项目的实施和示范应用，优化氯、硅元素循环，提高产品质量和资源利用率，降低成本，减少三废排放，实现产业间的良性互动和协调发展。

#### 2.依靠信息技术提升有机硅材料产业，促进两化融合

智能工厂从多个层面进行智能化建设，促进两化融合纵深发展。充分利用 RFID、GPS、多媒体等技术，建立全面感知的物联网可视化平台；充分利用 DCS、APC 等控制技术，建立生产操作自动化平台；通过工艺建模、过程仿真、风险识别、应急指挥、决策辅助等技术与系统，实现从原料到产品、从计划调度到操作控制的多维度、多层次预测，预防事故发生、优化作业，提高生产组织的预测性。

#### 3.形成智能工厂自主核心技术体系

通过技术攻关、创新实践，建设高效生产的智能工厂，形成一系列自主知识产权的成果，形成技术探索、产品研发与应用推广的有机结合，建立技术研究、产品研发与企业应用相互支撑、相互促进、形成共同发展的良性互动机制。

### 三、实施效果

### 1.生产效率提高 20.74%

通过智能控制装备的建设，减少生产过程调整时间，减少手动调整工序量，达到降低运营成本目标。项目实施后，原生产效率 564 吨/人，现生产效率 681 吨/人，增长 20.74%。

### 2.运营成本降低 20.8%

通过 SRM 进行原辅料网上竞比价，每年节约采购成本约 4000 万元；在 12 条生产线装置中采用智能装备以及核心工业软件，成本降低 21%；通过智能物流与仓储装备建设，减少库存占用资金约 4000 万元；通过提高管理效率、减少定员，大幅降低工资成本，运营成本降低 20.8%。

### 3.产品研制周期缩短 31%

通过大数据平台的建立和数据分析，有效减少了研发前期的产品探索和方向确认时间，减少研发过程调整时间，使产品升级周期缩短 31%。

### 4.产品不良品率降低 25%

自控率和柔性切换生产能力的生成，避免了误操作，降低操作员劳动强度，减少异常报警。项目实施后，有机硅新材料终端产品的不良率降低 25%左右。

### 5.能源利用率提高 13.4%

在混炼胶、密封胶、硅油等生产装置上实施先进控制系统，关键工艺参数波动方差降低 30%，装置的能耗降低 0.8~1.2%。能源利用率提升 13.4%。

## 案例 17：万华宁波（宁波）有限公司

### 一、企业简介

万华宁波（宁波）有限公司（以下简称“公司”）于 2003 年 8 月开工建设，系万华宁波集团股份有限公司（A 股上市公司）控股子公司，注册资本 9.36 亿元。公司主要业务涵盖 MDI 系列异氰酸酯产品、芳香多胺系列产品和聚氨酯产品的研究开发、生产和销售，现有生产规模 120 万吨/年的 MDI 装置，是目前亚太地区 MDI 生产技术最为先进、生产规模最大的企业，也是世界 MDI 制造领域中单个地点产能大、能耗低、产业链较完善的生产基地。

### 二、万华宁波智能工厂实施情况

#### （一）总体设计

万华宁波智能工厂建设主要从提升产品质量、保障设备运行可靠性、控制生产成本、提高生产效率、保障全过程生产安全等企业现实需求出发，利用工业网络实现数据的自动流动，打造实现跨系统互联互通和互操作的大数据平台，使企业逐步实现生产运行的自动化、数字化和智能化，最终使工厂融入万华集团全球卓越运营体系。图 1 勾画出了万华宁波智能工厂规划实施的主要数字化系统模块：“黑色”字体部分为企业智能工厂基本配置；“绿色”字体部分为智能工厂进一步提升的扩展应用；“红色”字体部分为企业实现智能化高级阶段的创新应用。



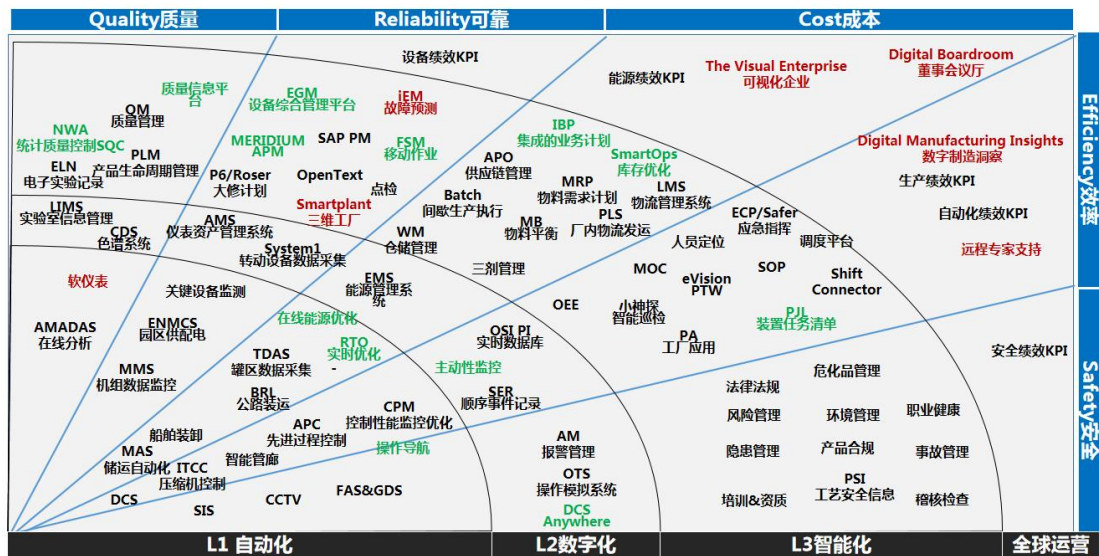


图 1 万华宁波智能工厂总体规划图

## (二) 实施内容与路径

### 1. 数字化基础设施建设

万华宁波通信网络结构包括工业现场数据层、数据汇聚层面、业务应用层和用户访问层共四层。

工业现场数据层通过现场总线（FF）和分散型控制系统（DCS）完成无线变送与传感装置集成，进行底层现场数据采集与状态监测，并汇聚至工业无线网关，实现现场数据信息的泛在感知。DCS 与 MES、报警管理平台、APC 等上层管理网络之间采用 OPC 协议通讯，采用防火墙隔离。

数据汇聚层通过完善的服务器存储整体架构实现数据汇聚，通过以太网接口直接接入工厂办公网/管理网或通过无线网桥/LTE 等高带宽无线网络间接接入工厂公网/管理网构成传输层，实现感知数据的远程存储与传输。

业务应用层主要面向工作人员实现数据的显示、计量报

表输出、计量趋势动态跟踪、计量平衡以及优化分析等系统功能，并为用户提供展示人机接口。

## 2. 生产制造数字化能力建设

### (1) 工厂三维布置设计管理系统 PDMS

PDMS 为 Plant Design Management System，万华宁波已经采用 PDMS 软件对全厂管廊建立了 1:1 的全尺寸三维实体模型。后续，企业还将对其全厂设备和生产装置进行建模，最终将建立一个详细的 3D 数字工厂模型。

### (2) 仿真培训系统 OTS

万华宁波采用 Honeywell（霍尼韦尔）的 OTS 系统，贯穿于生产装置运行的全过程。

在技术层面，有利于发现工艺瓶颈，验证控制策略，完善操作规程；

在人员层面，能够帮助操作工熟悉工艺流程、控制系统和操作规程，提高技术人员对装置工艺与控制的认知水平；

在效益方面，可缩短开车时间，减少原料放空，提高装置运营效率，减少工艺波动，改善产品质量，减少意外和事故发生。

### (3) MIMIC 批量程序仿真系统

Mimic 是 Emerson 公司出品的程序和流程仿真系统，可以用于程序调试、操作员操作仿真，它基于真实的 DCS 操作软件和组态软件，使得调试结果移植到实际生产系统时具有

一致性，操作员可以先在 MIMIC 系统上演练批量程序的生产控制，熟练后再在实际生产的系统上使用。MIMIC 系统可以与 DeltaV 系统结合，形成数位仿真双胞胎。

#### （4）SAFER 应急辅助决策系统

万华宁波园区应急采用 SAFER 系统，通过复杂的数学模型与现场采集到的实时气象、气体浓度数据相结合，预测出厂区及周边地区所受到的危化品泄漏、火灾和爆炸等灾害的影响，通过硬件和软件的配套，能够切合实际地起到辅助决策的目的，从而提高企业的应急救援速度，减少企业损失，确保人员的自身安全。

#### （5）MES 深化应用实施

随着信息化、数字化转型的推进，企业在生产现场采用的制造执行管理系统软件越来越多，管理场景也变得越来越复杂，生产管理环节集中暴露出如下问题：

一是与工艺、设备、人员等相关的流程与信息分散在不同的地方，缺少集中管理；

二是生产管理力度跟不上业务发展速度，存在较多流程断点；

三是新老员工知识传递效率低下，新员工一般需要三年时间才能独立完成所有操作，成长速度慢；

四是工程师大量精力被数据汇总、收集、整理工作占用，对分析改善问题的思考时间不足。

为解决这些问题,作为 MES 深化应用实施的重要内容,公司根据自身管理经验,结合霍尼的 OM 系统开发生产技术管理平台(PTMP)。PTMP 专门针对万华化学打造了一站式生产业务管理平台,覆盖完整生产活动,对生产业务和数据进行有效串联,促进业务高效流转,为装置实现降低人员劳动负荷、提高工作效率等目标提供抓手,为管理者转变生产指挥模式和做出决策提供依据。

这个为万华化学量身定制的 PTMP 平台具有如下功能和优势:

一是搭建开放式个性化工作平台:根据工作需要定制工作界面,每人都有自己的生产看板,所有信息同源,信息无需线下传递;

二是实现生产任务闭环管理:基于时间、事件规则自动产生任务,可将任务分配个人和岗位,工作整改过程自动汇总,闭环管理。

三是开展生产结果统计:细粒度拆分成本统计,从公司/装置、横班、产品、日期等多维度对比分析,实现快速月底生产统计,半天完成生产结算;

四是完成偏差管理:生产指标统一治理,各层级管理者使用同一指标;偏差自动监控,发生异常时自动触发任务和通知;建立关联性分析,指标异常时快速分析原因;

五是取得管理突破:取代旧有工作流程与沟通方式,精

简工作流程；提高班组劳动生产率；生产管控闭环可视，防呆防错；提升生产一线人员工作主动性。

六是深化降本增效：节省班组繁杂重复工作时间；积累生产管控模型和海量治理后的数据，结合大数据实现节能降耗。

### （6）设备状态智能监测系统

企业采用的 EMAS1000 设备状态智能监测系统，实现了对关键机泵设备运行状态的实时监控，能及时发现隐患并进行故障诊断分析，有效监督和准确评价设备的实时运行状况，对做好预防预测性维修提供了信息化平台，

### 3.运营管数字化能力建设

采用高级计划优化器 APO 系统，整合了 MES 系统、LIMS 系统、WM 系统，打通了销售端至产品生产包装的产品供应链全流程，实现了销售订单自动转化为生产订单，系统根据设定好的逻辑及排产规则自动下达产品生产订单至产品包装工序，包装工序再根据自动生成的包装辅材（桶）提交辅材采购计划。大幅免去了产品供应链相关人员的沟通相关工作，提升了供应链整体协调效率。

### （三）案例特点

万华宁波的智能制造建设，遵循业务驱动、价值导向、整体规划、分步实施、用户满意的指导方针，在集团总部智能制造体系指导下，结合自身基地实际情况进行先行先试。

### 三、实施效果

#### （一）经济效益

万华宁波通过智能工厂能力的机器建设，构建起以 Sup OS 为核心的工业互联网安全生产平台、以 PTMP 核心的生产运营管理平台、以 ERP 为核心的企业资源计划管理平台、以 OA 为核心的协同办公管理平台的 4 大智能平台。安全应急响应速度至少提升 30%，能源利用率提高 5%，装置稳定性提高 30%，生产运营成本降低 10% 以上。

#### （二）社会效益

本项目通过在专业领域的智能化应用以及全景式的信息综合集成应用，在打通信息流的同时，实现业务流程的整合与贯通，从而实现企业经营信息的全透明。通过对数据资产的深入挖掘，发现潜在的管理改善和新的效益增长点。例如，基于模型的先进控制系统有效提升装置稳定性，通过卡边操作不断降低装置能耗，提升产品质量；通过供应链和物流系统的协同构建起万华基于物联网的全供应链管理模式；同时通过智能化设备和大数据建模分析等手段实现自动化、智能化换人，减少员工现场操作次数，降低员工劳动强度，提升员工幸福感。

## 案例 18：巨化集团有限公司

### 一、企业简介

巨化集团原名衢州化工厂，创建于 1958 年 5 月，是全国特大型化工联合企业，全国最大的氟化工先进制造业基地和浙江省最大的化工基地。公司化工主业涵盖氟化工、氯碱化工、煤化工、精细化工、石化材料、功能性材料、电子化学材料等，参股建设舟山 4000 万吨/年绿色石化项目。有 16 个系列的产品为全球单项冠军。同时，配套建有物流商贸、装备制造、信息技术、环保产业、公用工程、检测服务、检维修服务等一批生产性服务业。拥有巨化股份[600160]及华江科技[837187]两家公众公司和一家财务公司，正在培育 2 家拟上市企业。

### 二、案例实施情况



图 1 数字化转型架构图

## （一）立足高质量发展，明确数字化改革巨化路径

明确数字石化基地定位。通过云计算、大数据、工业互联网、5G等新技术规模化集成应用，实现信息技术、化工制造和管理技术的融合创新，实现生产链、供应链、价值链、管控链“四链”高度融合，形成党建统领下的整体智治，打造“泛在连接、高效协同、全域感知、数智融合、安全可控”的数字石化基地。

构建数字化改革工作体系。围绕“绿色化发展，数字化改革、新巨化远航”工作主线，扎实推进集团数字化改革“124N”工作体系，锚定打造“泛在连接、高效协同、全域感知、数智融合、安全可控”的数字石化基地的目标，通过智能制造+智慧管理双线驱动，围绕数字化车间、精良装备、企业大脑、数字产业化四大领域，聚焦零手动、零备机、零距离“三无”工程，推进业务重构、系统重塑、组织变革。

## （二）围绕竞争力提升，开展数字化改革巨化实践

### 1. 智能制造“零手动”，打造未来工厂新模式

以《未来工厂建设导则》为指引，巨化开展装置“零手动”改造。通过全流程动态仿真与优化，构建基于模型的化工装置数字孪生系统支撑实现“精良装备+最优系统+最佳实践”体系，实现生产制造过程的自感知、自优化、自决策和自执行，促进生产操作模式、生产管理模式、安全管控模式的变革，令员工由操作员向监控员转变，最大限度避免人的不安全因素，提升本质安全水平。



装置“零手动”改造后,核心装置自动化率达到 99%以上,报警次数降低 96.4%,员工劳动强度下降 70%,装置平稳率提升至 99%,工艺非必要泄放减少 80%,主要物料单耗下降 2%,能耗下降 2%,产品不良品率下降 22%,劳产率提升 53.26%,产生经济效益 2.1 亿元/年。

“零手动”操作推动了化工行业生产组织方式根本性变革。一是安全管控模式变革:从以依赖人的能力经验为主的安全管控转变为以数字化专家系统支持保障为主的安全管控;从事中事后为主的安全管控到事前主动预防为主的安全管控;从专业安全向系统安全转变。二是生产操作模式变革:从单个参数的手动控制转变为多变量的智能预判和控制;多人多岗的局部操作转变为集中统一的整体控制;DCS 操作员转变为监控员,技能大师成为控制方案优化专家。三是生产管理模式变革:从管理人工操作向管理数据转变;以员工的操作技能培训向异常处突能力及数据分析优化能力培养转变;以管装置向管工厂转变。

零手动应用场景入选 2021 年浙江省数字经济“五新”优秀案例,以“零手动”为标志的“巨化含氟新材料未来工厂”成为浙江省第二批“未来工厂”,2021 年含氟工程塑料智能制造新模式通过国家工信部验收。目前,巨化零手动应用已形成可复制的解决方案向行业企业覆盖赋能。

今年,巨化重点推进“工业工业互联网+安全生产”项目建设。本项目是国家应急管理部试点项目,巨化氟化公司为省内两家试点单位之一。目前建设方案已经通过应急管理部评

审，人员定位、重大危险源等部分场景已经完成建设，后续将陆续开展工业互联网平台、数据中台、作业许可、标识解析等子项建设，借助 5G 的全面部署，有序推进“5G+工业互联网”新场景应用。

## 2. 高效运行“零备机”，探索精良装备新路径

“零备机”以“两高一低”为核心理念—即设备可靠性高、运行效率高，全生命周期总费用最低，全面推进机械、电气、仪表等硬件水平的提升，实现数字化指导下的预防性运维。从组织保障、人才培养、实施推进、运行评价等方面推进精良装备建设工作，开展高故障设备攻关，改进精良装备采购标准，建立“零备机”运行考评标准，对装备运行状态进行全面有效评价，实现装备长周期高效率运行。

“零备机”实施后，装置故障率减少 79%，总体检维修工作量下降 31%，动设备检修频次下降 42%，预防性维修分析准确率大于 90%，设备运行周期提高 1 倍以上，运维费用节降 5708 万元/年。

## 3. 智慧管理“零距离”，构建精益运营新格局

“零距离”的目标是最大限度提升企业精益管理水平。集团着力推进了企业大脑建设，“让数据说话”、数据驱动决策。开展了数字化运营、数字化服务、数字化监管、数字化决策等场景建设。其中，数字化运营实现从计划到生产、从订单到收款、从采购到付款、从记录到报告、从投资到运营等五个制造业核心业务场景建设，全面打造业、财、风控一体化协同平台；数字化服务着力推进财务、采购等数字化共享平

台建设，形成前端解耦、中台聚能、智能协同的共享服务模式；数字化监管聚焦异常和问题闭环，打造了系列重点应用。

国企领域公权力智慧监督涵盖资金、采购、招标、资产、销售等 9 大主题，以嵌入式监督为手段实现数字赋能，提升精准发现问题的能力。问题数字化动态清零工作平台，系统以“问题动态清零、管理迭代提升”为目标，构建抓党建促“七张问题清单”落实机制，有效推进量化闭环管控。

数字化决策则以企业核心业务大数据为基础，叠加智能分析、研判等“大脑”功能，开发“一屏总览、一键智达”决策平台，为集团的风险防控和战略决策提供科学依据。

“零距离”的内涵还在不断丰富，智慧供应链、数字化 e 人、变革型组织、客户体验提升等场景正在建设，“零距离”让集团运营效率得到极大改善，客户满意度得到提升。其中，手工工作量下降 10%，核算工作效率提升 15%，计划外采购下降 20%，物资库存下降 15%，逾期应收账款下降 31%，订单到开票时间下降 40%。2021 年，巨化荣获中国数字化改革先锋“鼎革奖”、中国 SAP 用户协会“金龙出海奖”。

#### 4. 数字产业化，培育产业发展新动能

在数字产业化领域，集团围绕“产业数字化和数字产业化”双主线布局，信息公司、中巨智能等一批数字产业化企业初具规模，形成了如“以 ERP、MES 等应用为核心的工业互联网平台、以 APC 和零手动等为核心的未来工厂模式、以 RPA 应用为核心的财务共享中心、以智慧供应链为核心的电商物流一体化平台”等一体化解决方案。

在数字产业化目标的引领下，支撑“零手动”生产管理、“零距离”智慧管理、“零备机”精良装备。以信创、政务为两大核心业务，与衢州市共建四省边际（衢州）产业数字化赋能中心，为区域中小企业数字化赋能，承担浙江省化工（氟硅与电子化学）产业大脑的开发建设。

### （三）着眼现代化建设，打造新巨化远航数字引擎

数字化改革是巨化腾飞的灵魂，是推翻一切惯性思维、实现企业安全高效的核心。数字化改革带来的智能化和便利性已深入人心，巨化形成了全员拥抱、全力推进的良好局面。

智能巡检机器人，精准有效地对重大危险源进行全天候全方位的数据监测和实时反馈；发电机组实现无人值守模式，国内同类电厂首套“无人机”正式诞生；智慧营运中心实现了生产过程管理信息的可视化、决策科学化、资源配置的最优化和生产管理的精益化；危化品物流管理平台实现了运输配载交易中心“集中化配载、专业化管理、市场化运作”的运行模式；全自动包装线、视觉检测、智能仓储、人员定位、天网工程、危废管理系统……巨化的数字化改革正在以“百花齐放”的姿态，不断打通信息孤岛，补短板、强弱项，向完整的数字化生态系统迈进。

“十四五”期间，巨化将进一步贯彻落实习近平总书记关于全面深化改革和数字中国建设的重大部署，把握浙江省数字经济“一号工程”建设机遇，在努力实现数字石化基地转型目标的同时，坚持“服务区域、赋能行业”的初衷，汇集和吸

引一批行业优秀合作伙伴，致力于为流程行业提供数字化解决方案，助力制造业企业实现数字化转型。

面对新时代新形势新要求，巨化正聚焦浙江省打造“互联网+、生命健康、新材料”科创高地的要求，进一步强化数字化认知，全面提升治理体系和治理能力，从而实现数据支撑下的智慧决策，致力于成长为数字化、智能化、现代化、信息化的绿色智造、数字支撑基地。



## 案例 19：山东东岳氟硅材料有限公司

### 一、企业简介

山东东岳氟硅材料有限公司隶属于山东东岳集团，公司设有热电厂、氯碱厂、氯甲烷厂，现已形成了 26 万吨/年氯甲烷、28 万吨/年氯碱的生产能力，热电厂装机容量 7.5 万千瓦，年供热量 650 万吉焦。公司主导产品技术居国内同行业首位，工艺流程国际领先。2021 年，公司实现销售收入 27.22 亿元，利润总额 2.98 亿元。

公司历来高度重视企业信息化建设，把信息化建设、两化融合上升到企业发展战略和增强企业核心竞争力的高度来认识，确立了“管控智能化、运行信息化、装置自动化、集成高效化”的“四化”目标。基于发展定位和管理需求，按照“总体规划，分步实施”的原则开展信息化项目建设，实现两化融合的跨越式快速提升。

### 二、案例实施情况

#### （一）总体设计

东岳氟硅公司在集团的统一组织下，与石化盈科合作，编制了集团整体智能工厂规划，提出东岳氟硅 3-5 年的智能信息化规划。数字化转型总体架构如下：



## (二) 实施内容与路径

### 1. 数字化基础设施建设

建成集团统一的高标准企业数据中心，按照智能工厂建设的网络架构，实现网络互联互通和数据共享，光缆直接覆盖生产主控室及办公区域，形成了 100%覆盖全厂各个业务环节的局域网，为信息系统的顺利建设提供了强有力的基础支撑。企业的信息及应用系统分别集中部署在集团中心机房内，具备常规的物理安全、网络安全、主机安全、数据安全、应用安全等信息安全管理手段。为东岳氟硅智能信息化提供有效、可靠的信息安全技术和产品服务，支撑和保障信息安全目标的实现。

### 2. 生产制造数字化能力建设

推进以 DCS 系统为核心的基础控制层优化与现场装备智能化，装置自控率与平稳率达国内先进水平。特别是氯碱产业链 80% 以上的主生产装置都实施了 APC 先进控制与 PID

控制整定工作，平均自控回路投用率与参数平稳率均达 95% 以上，人工手动干预次数减少 80% 以上。

建立以 MES 系统为核心的生产管控平台，深入生产管理各个层面。一期项目主要包括在线监测、生产调度、工艺管理、能源管理、安环管理、生产统计等功能模块。系统设计 20 万点实时数据库，连接全厂 DCS 控制系统、电力能源系统及离散仪表数据，开发工艺参数异常报警、生产异常停车记录统计、工艺指标超标分析统计、环保指标超标分析统计等一系列的智能生产管控应用。

在集团统一组织下，2020 年，基于三维地图的园区安环预警与应急系统上线，系统聚焦集团的环保、安全、应急业务，对全集团 91 个主生产装置、72 处重大危险源、229 个危化品储罐、19 处环保排放口等业务信息，以二三维地理信息系统为支撑，实现专业的三维可视化管理与综合数据展示，全面提升企业环境风险预警和防控能力。

### 3.运营数字化能力建设

构建了以 SAP ERP 为核心的集中化经营管控平台，利用 ERP 平台的优势，整合 SRM、CRM、OA 等系统，打通各业务环节，有效提升了业务的准确性和及时性，实现财务业务一体化和财务共享服务模式，促进各项业务合规地快速发展。

辅助 ERP 项目建设，东岳氟硅在集团统一组织下建立企业标准主数据系统、数据总线和数据仓库，实现 10 余个业务



系统之间的互联互通。通过三层应用平台建设，实现了从底层 DCS 到 MES、ERP 纵向的贯通，同时，建立集团智能化管控平台，融合能源管理系统（EMS）、SAP、ERP 系统、一卡通系统、条形码管理系统、OA 系统等业务数据，打通企业智能信息化的脉络。

### （三）案例特点

1.东岳氟硅公司在集团的统一组织下，与石化盈科合作，制定了东岳氟硅 3-5 年智能信息化规划，确定了东岳智能工厂总体架构。

2.氯碱产业链 80%以上的主生产装置都实施了 APC 先进控制与 CPM 控制优化工作，平均自控回路投用率与参数平稳率均达 95%以上，人工手动干预次数减少 80%以上。

3.建立以 MES 系统为核心的生产管控平台，开发了工艺参数异常报警、生产异常停车记录统计、工艺指标超标分析统计、环保指标超标分析统计等一系列的智能生产管控应用。

4.构建了以 SAP ERP 为核心的集中化经营管控平台，实现财务业务一体化和核心业务整合。

5.搭建企业数据仓库与集成共享平台，集成全产业链互联网资源，相互融合，打通企业智能信息化的脉络。

## 三、实施效果

### （一）经济效益

数字化转型有效促进了新旧动能转换和产业升级，大大

提升了企业的核心竞争力，企业生产效率提高 23.90%，运营成本降低 13.10%，产品不良品率降低 97.10%，能源利用率提高 7.40%，营收和利润连续三年超预算、超上年。

## （二）社会效益

数字化转型成为撬动生产效率提升的杠杆。装置自动化有效提高了装置运行的稳定性，实现了物耗、能耗的大幅度降低。企业装置非计划停车次数下降 25%以上，装置运行周期同比增加 17%。通过“机器换人”和“黑屏操作”，劳动强度降低、工作效率提升、人力资源成本显著降低。

数字化转型促进了安全环保。以二三维地理信息系统为支撑，实现安全环保的在线监测预警、三维可视化管理与综合数据展示等功能，提高了企业生产监管、安全教育、应急演练等水平，企业连续三年实现安全生产零伤亡以及 100% 环保达标排放的目标。

## 案例 20：中海油惠州石化有限公司

### 一、企业简介

中海油惠州石化有限公司（以下简称“惠州石化”）是中国海洋石油集团有限公司（以下简称“中国海油”）独资建设的第一座大型现代化炼厂，位于广东省惠州市大亚湾开发区。经过十几年的建设运营，已经发展成为一家集石油化工、煤化工、石化产品销售为一体，配套齐全的大型炼化一体化企业。公司现有原油加工能力 2200 万吨/年、芳烃（对二甲苯）生产能力 100 万吨/年，总投资 403 亿元，占地面积 5 平方公里，用工总数 2424 人，加工规模和技术水平位居国内炼油企业第一梯队。公司曾先后获得 IPMA 国际卓越项目管理金奖、菲迪克工程项目优秀奖、国家科技进步二等奖、国家核心发明专利优秀奖、国家技能人才培养突出贡献奖、国家首批两化深度融合示范企业、国家首批芳烃生产示范企业、第五届全国文明单位、广东省环保诚信企业（绿牌企业）、国家级“绿色工厂”等多项国内外荣誉。

### 二、案例实施情况

#### （一）总体设计

2020 年，惠州石化开展了以“基于 700MHz 与 2.6GHz 5G 融合组网的石化工业互联网应用”工程为核心的企业数字化转型建设，综合运用新一代（ICT+OT）技术，建设“安全、绿色、卓越”智能工厂，实现从原油到产品全流程的一

体化、柔性化管理，构建生产运营新模式，打造竞争新优势，赋能企业高质量发展。

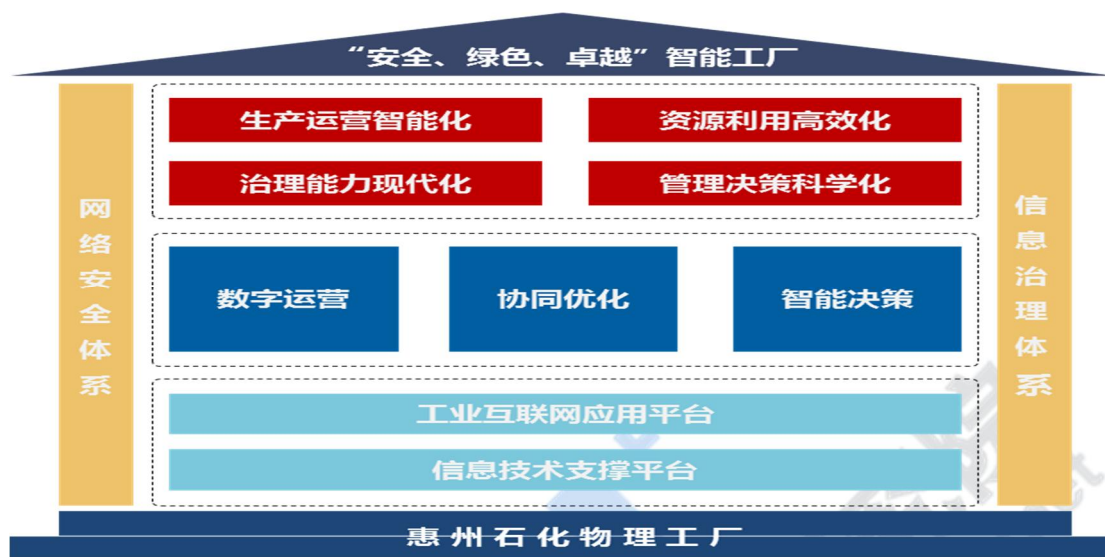


图 1 惠州石化数字化转型蓝图框架

基于此蓝图框架，惠州石化提出了数字化转型总体设计：响应国家新基建战略，以 5G+工业互联网为载体，通过“数据+平台+服务”技术转型，开展安全生产、绿色环保、节能低碳等业务领域的数字化应用，实现绿色安全生产，有效节能减排，降低生产成本，提升生产效率，推动生产方式和运营模式的创新。

## （二）实施内容与路径

数字化转型工程成功建立了一个 5G+工业互联网平台数字底座，创建了“工业互联网+生产管控”、“工业互联网+区域监控”、“工业互联网+安全环保”、“工业互联网+节能减排”四个典型应用场景，培育了一个“数字化众创生态”创新生态。

## (1) 一个 5G+工业互联网平台数字底座

5G 石化专网方面，惠州石化联合中国移动、中国广电，融合 700MHz 深度覆盖优势、不间断传输优势和 2.6GHz 大带宽、大容量、高速率优势，创新性地采用 700MHz FDD 与 2.6GHz TDD 双频双制式融合的 5G 组网部署方案，同时下沉部署了 5G UPF 及 MEP 边缘计算云，实现了公司 5G 专网广覆盖、大带宽、高安全。

工业互联网平台建设方面，惠州石化将 5G、物联网、人工智能等数字技术与垂直行业工业控制、生产经营的深度融合，构建立了集成、统一、共享、敏捷、众创的炼化“工业互联网”平台，推动“数据+平台+应用”模式，实现全业务的无边界化。



图 2 惠州石化工业互联网平台架构

## (2) 四个工业互联网+典型应用

惠州石化以“5G+工业互联网”技术体系为依托，重点建设围绕“工业互联网+生产管控”、“工业互联网+安全环保”、“工业互联网+节能减排”、“工业互联网+AI”、“数字化众创生态”5大业务域开展应用建设。

### 1) 工业互联网+生产管控

“工业互联网+生产管控”方面，按照“工作有计划、执行有方案、变更有记录、判断有数据、操作有确认、事后有总结”六有工作法、“定点、定时、定人、定路线、定标准”五定管理法作业管理要求，通过企业5G石化专网、炼化工业互联网平台、防爆手持终端、RFID标签、移动蓝牙测震设备、移动摄像设备、移动蓝牙气体检测设备等技术融合，创新性构建了包括施工作业许可、重要生产作业许可、消项管理、巡检管理、双重预防、隐患管理、行为安全观察等的“多合一”生产作业管控应用，实现现场作业动态监管、消项操作内外操协同、巡检数据实时监控的智能化生产作业管控新模式。自2020年6月至2022年6月间，通过生产作业管控应用管理了施工作业许可80346次，重要生产作业许可845次，消项操作40959次，生产巡检271991次，隐患排查治理51883次，隐患整改完成51724次，三日内整改完成率94.9%，整体整改完成率99.9%。

### 2) 工业互联网+绿色环保

二是工业互联网+绿色环保应用。围绕“绿色环保”目标，

集成三维数字地图、移动式气体检测、气象监测等多源数据，实现了全厂区三维可视化展示、百米网格化精准监控。该应用实现了 246 张安全环保台账的自动生成、上报；环保管控效率提升 15%；环保数据整理效率提升 300%，环保管理模式转型为“智能预警、事前控制”。

### 3) 工业互联网+节能低碳

以惠州石化以现有能源监控与统计数据为支撑，建设能源在线管控应用及实现蒸汽系统优化应用，实现能源计划管理、能源管网平衡、能源统计与评价分析等管理功能，并基于收集的能源数据，利用蒸汽 AI 优化算法，执行用能运行监控和用能优化调度。

### 4) 工业互联网+AI 创新应用

开展 5G+工业互联网+AI 创新应用，融合了通用机器学习等 AI 算法与炼化过程知识，建立了炼化机理与机器学习 AI 算法深度融合的端到端智能建模平台，并以此为基础，推动工业互联网+AI 监护、工业互联网+北斗定位、工业互联网+智能巡检等应用场景研发。

## （三）建立了一个“工业互联网众创生态”

企业智能工厂的建设需要数字技术与业务深度融合。要从业务视角主动思考转型的目标和路径，才能把数字化新技术变为实际的业务价值。基于此种理念，业务人员在数字化转型背景下，参与数字化转型工作程度，就不能仅仅局限于

“业务提出需求，IT 实现需求”这种原始的方式，而是要亲自参与应用的构建。

惠州石化在工业互联网平台上创新开辟了用户生态中心，业务人员可利用统一数据资源、服务组件和易用开发工具，结合实际业务需求进行敏捷开发，将业务人员的“业务经验模型”在完全没有信息衰减的状态下复现在工业互联网平台数字应用中，切实解决生产运营中的痛点难点问题。

目前惠州石化的管理技术人员已自行在平台上构建了生产计划、调度、财务等 14 类 APP1000 余子应用表，极大提升了相关业务人员的工作效率，形成了以平台为中心的众创氛围，有效提升了 IT 与 OT 的粘合度，加速业务知识的沉淀与复用，形成了业务用户自主演进的“数字化开放应用生态”。

### 三、实施效果

一是形成了企业数字化转型方法路径。形成了惠州石化智能工厂数字化转型方法论，以“1+N+1”，也就是“一个数字底座、N 项应用场景、一个众创生态”的工作方法进行平台和应用建设，推动生产方式和运营模式的创新。

二是生产运营模式改进提升明显。通过工业互联网+生产管控应用建设，生产作业管控由“区域离散执行”模式向“全员协同和专业协同执行”模式转变；通过工业互联网+绿色环保应用建设，环保由“事前计划、事后考核”向“智能



预警、事中控制、事后追溯”转变；通过工业互联网+节能低碳应用建设，节能减排由“分项统计，持续评测”向“在线监测，实时分析、智能调优”转变；通过工业互联网+创新应用建设，实现了巡检机器人作业监护仪等智能应用，推进现场作业少人化，提高劳动生产率。

三是质量效率提升显著。产品合格率 100%，排放合格率 100%，设备完好率 99%以上，生产数据自动采集率 98%以上，仪表自控率 97%以上，企业运营成本降低 20%，企业生产效率提升 20%，用户自行构建 15 类 APP，培养数字、工业技术“双跨”技术人才 27 名。

四是企业运营成本节约明显。降低蒸汽损耗率 > 5%，实现节能量 8500 吨标准煤，减排二氧化碳 1.7 万吨，年累计效益超过 5000 万元；年均减少装置非计划停工 1 次以上，节约非计划停工消耗成本 500 万元/年；现场作业图像异常质量识别准确率达 90%以上，减少工厂监控成本方面 100 元/年。

## 案例 21：鲁西化工集团股份有限公司

### 一、企业简介

鲁西化工集团股份有限公司（简称“鲁西化工”或“公司”）是 1998 年 5 月经中国证监会批准，于 1998 年 8 月在深圳证券交易所挂牌交易的上市公司。多年来，公司积极响应贯彻国家“调结构、转方式”的号召，抓住新旧动能转换工程的发展机遇，淘汰落后产能，坚持安全发展、绿色发展、循环发展，大力调整产品结构，发展循环经济，全力建设鲁西特色的化工产业园，走出了一条“一体化、集约化、园区化、智能化”的园区发展之路，实现了企业从化肥向化工、从基础化工转化工新材料的转型，逐步形成了煤化工、盐化工、氟硅化工、化工新材料的产业链条，发展成为集化工新材料、基础化工、化肥、装备制造及科技研发于一体的综合性化工企业。

### 二、案例实施情况

#### （一）总体设计

公司结合园区的实际发展以及国家政策引导，确立了建设智慧化工园区的战略方向。智慧化工园区建设以生态理念为核心，按照“园区化、集约化、一体化、智能化”的发展之路，通过两化深度融合，大力推进“智能工厂”和“智慧园区”的建设，依托智慧感知网络，构建了贯穿安全、环保、能源、安防、应急等多个管理维度的一体化信息平台。

## （二）实施内容与路径



图 1 智慧园区一体化管控平台架构

### （1）智慧安全方面

开发了安全管理系统，对重大危险源、装置安全运行、重要工艺运行指标等方面进行监管，将园区危化品企业的“两重点一重大”纳入系统，将实时数据库与地理信息系统、设备管理系统、三维建模技术进行有机融合，实现在三维场景中实时展示重大危险源动态数据。开发工艺动态安全分析系统，实现动态、静态多参数多维度自动分析评价，各企业安全指数及等级一目了然，及时管控；开发园区安全、环保、运行及能源数据智能分析功能，达到数据自动提取，平台智能分析影响因素的效果；双重预防、特殊作业、点巡检系统 APP 上线运行，为企业的安全管理提供智能化管控工具；视频 AI 智能分析平台全面推广应用，通过配置智能算法，可以实现火焰、烟雾、人员闯入、脱岗等方面的智能识别；实

施全员定位项目，采用室外使用北斗+差分、室内使用蓝牙技术进行定位，实现室内外定位的无缝衔接，二维、三维地图能够实时显示人员动态去向和基本信息。

### （2）智慧环保方面

建立园区水环境 3 级监管，大气环境 4 级网格化预警系统的先进环保管理手段，从源头防治污染和保护环境。2014 年，公司承担了生态环境部“有毒有害气体环境风险预警体系项目”，开发了环境预警功能，对大气实行四级预警。园区配备了 4355 路有毒有害气体监测仪、287 路无线气体报警仪、6 座 ppb 级大气监测超级站、1 座激光可视雷达，分别形成了对企业周界、园区周界、方圆 5 公里区域、园区周边 15KM 地域的四级网格化预警系统，并通过生态园区绿化建设改善大气环境质量。自 2015 年开始实施废水零排放项目建设，2020 年 10 月份园区外排水全部关闭，并持续保持园区废水零排放。

### （3）智慧运行方面

在做好安全环保生产的基础上，完成既定生产计划目标，运行指挥中心利用智慧管理一体化平台驾驭园区安全生产稳定运行，企业在安全、环保、应急、设备、能源、公用工程、生产运行等分别实现“一张图”智能化管控，生产异常实时预警，通过生产调度在生产指挥过程中平衡协调、公用工程物料合理调配、设备平稳倒运启停，能耗统计分析、异

常问题严抓细管、大班操作纪律有效管控，实现生产管理者在运行指挥中心生产过程中执行计划、布置、检查、处理的全过程信息化管理。

#### （4）智慧应急方面

开发了应急联动平台，应急救援中心与园区运行指挥中心、企业调度中心等多方联动，实现车载、单兵作战移动视频回传和对讲，并通过 GIS 系统进行应急物资调用、路径规划、人员疏散，实现可视化高效指挥。针对异常突发状况，应急联动系统具备快速的响应能力，接警后系统根据报警信息、气象信息启动对应的应急预案，并将短信自动发送相关人员。救援人员进入现场携带移动视频对讲，运行指挥中心实时显示现场画面，为现场作战提供指导。

#### （5）智慧能源方面

建设了能源管理中心，对水、电、气、汽等公共能源实现自动数据采集，开展能源梯级利用，实施能源三级计量，大型用能单位能耗对标分析，预警预报，实现能源综合效率的最大化。园区电网统一进行调度，异常情况自动联切，保障园区用电整体安全。建立能源流程模型，对高能耗设备建立数据模型运算分析，计算耗能设备效率。自主研发 APC 控制系统，提高生产控制系统稳定运行，每小时节省蒸汽约 29.3 吨。

#### （6）园区安防方面

以对整个园区进行封闭管理为目标，从周界防护管理、人车准入管理、应急联动管理、智能管控预警等方面入手，将企业生产经营与外部不相关的“不安全因素”有效隔离，实现对企业人员和车辆的有效管控、异常问题的提前预警和应急处置；进入园区实施人脸识别门禁，进入企业生产区，实施二道门管理进行身份验证；危化品车辆入园实施身份识别和一码通；危化品装置全部实现人员定位。

### (7) 供应链方面



图 2 鲁西商城

鲁西商城开创了我国化工行业销售模式的先河，实现了园区近千万吨化工与化肥产品网上销售、结算；经过不断地摸索，电商实施“集合定价”销售模式，最大限度让利客户，考虑价格、生产商等综合因素系统自动计算成交价，确定产品价格更加贴近市场，更加公平合理。2021年又成功导入“系统自动定量定价”模式，综合考虑各产品产量、活跃度、库存、成本、市场异常信息等维度，自动开盘，系统自动确定

每日可销量及开盘价，杜绝人为干预，使销售业务更加公开透明。

创建鲁西采购平台，实现公开扩源、自动定标，把采购交给系统当家不断探索、建立和完善最适宜的采购新模式，上线 SRM 系统，实现了采购业务全部转到线上运行，提高了协同效率；为进一步促进网络化公开采购，自主创建了鲁西采购网，采购流程高效规范，符合资质的生产厂家快速注册，“零门槛”入驻。按照物资类别，找准路径，实施多种自动定标方式，按系统预置规则自动定标，比价过程不受人 为干预，合同付款实现自动排程。

自主研发鲁西物流平台，实现安全快捷交付，把物流交给系统当家营销模式的变革，最重要的是解决物流配送问题，2013 年公司承担了国家科技支撑计划，自主研发了鲁西物流平台，对物流业务整合，杜绝线下派车，全部实施平台化管理；符合承运资质的物流公司均可平台自主注册，实施普货竞价、危货轮派、打包竞价、定价配载等定标模式，规则公开透明，提高了物流执行效率。

### （三）案例特点

1、建设危险化学品企业安全风险智能化管控平台，重大危险源管理、培训管理、风险分级和隐患排查、作业许可和作业过程管理、人员不安全行为的管控、工艺生产报警优化管理、作业环境异常状态监控、人员定位等系统上线运行，

提升了园区安全管理水平。

2、环保管理方面建设了完备的大气质量监测设施，实现大气监测四级预警、水三级管控，废水实施产品化循环利用，变废为宝，化工园区实现废水零排放。

3、自主开发基于机理反应的 APC 先进控制系统实施，不仅提升了装置的自动化水平，在节能降耗、提质增效方面也取得到显著的效果。

4、鲁西化工的营销模式经历了从传统销售到电子商务营销的历程。经过不断的优化改进，得到了客户的信赖和支持，实现了园区所有化工、化肥 100 余种产品，通过鲁西商城在线销售，历经 10 年开发建设，建立行业领先的集合定价、竞拍竞价等销售新模式，实现客户下单结算到物流服务全流程线上业务处理，年成交金额超 300 亿元。

5、鲁西化工物流数字化平台提供了危化品、大宗物料等多种车型运输服务，支持定价、竞价、轮派、重来重回等多种业务模式。利用信息化手段，积极应对外部挑战。面对新冠肺炎疫情，平台建立了自动疫情地区数据库，货源发运前疫情信息收货区域自动提醒，优化运力匹配，全力保障货物发运。

### 三、实施效果

#### （一）经济效益

通过数字化转型，促进了新一代信息通信技术与化工园



区智慧化管理深度融合，构建以互联互通为基础，大数据应用为核心的化工园区智慧化管控平台，促进园区信息互联共享，实现安全、环保、能源、运行、应急等领域的智能预警与分析评价，逐步形成安全可控、生态环保、智慧运行、创新发展的智慧化工园区。数字化建设为公司的高质量健康发展发挥着重要作用，运营成本持续下降，生产稳定性有效提升，产品质量全过程管控，安全事故发生概率有所下降，安全管理数字化智能化水平明显提升，通过能源数据智能分析，最大限度实现能量梯级利用，吨产品综合能耗下降 6.5%。

## （二）社会效益

数字化转型显著的促进了公司的节能减排效果，通过智能化监管，各环保设施运行质量明显提升，产生的工业废水、生活废水全部回收利用，在全国范围内率先实现了化工园区废水零排放。数字化转型创新了销售、采购、物流模式，实现了流程再造，提高了工作效率，提升了相关方满意度。采购管理系统自动定标，比价过程不受人为干预，合同付款自动排程，营造了风清气正的经营环境；建立行业领先的集合定价、竞拍竞价等销售新模式，实现客户下单结算到物流服务全流程线上业务处理，年成交金额超 300 亿元；通过资源的不断整合、物流运营模式的持续优化，实现车辆精准预约、精准到达，自动叫号、自助计量，装卸效率提升 40%以上，极大地提高了物流服务质量。