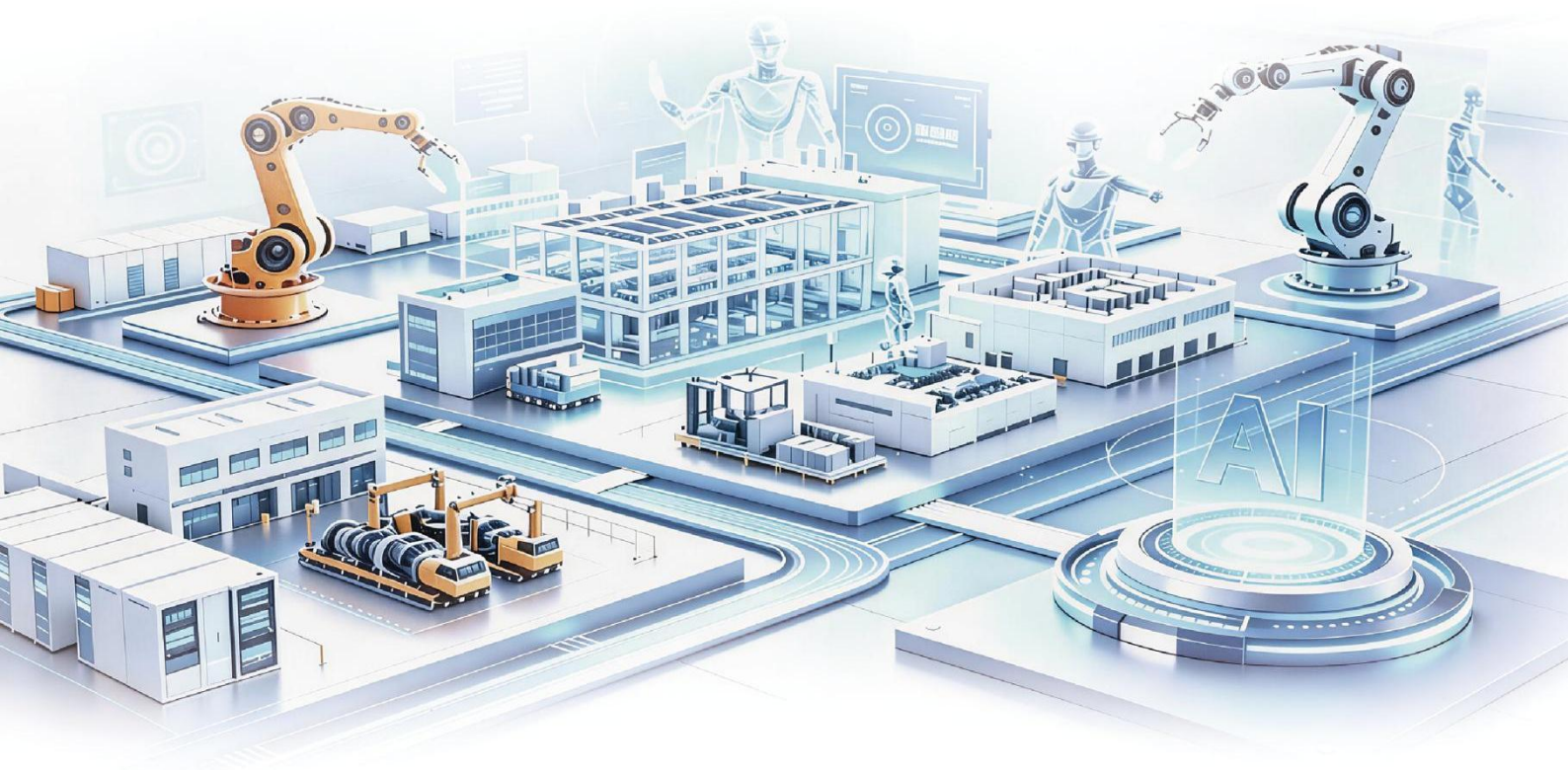


IMEC × 国家智能制造专家委员会

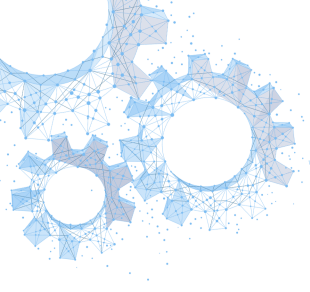
领航工厂案例集

(2026版)



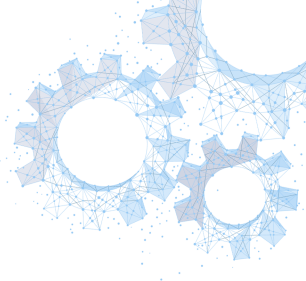
国家智能制造专家委员会行业应用工作委员会

2026年5月



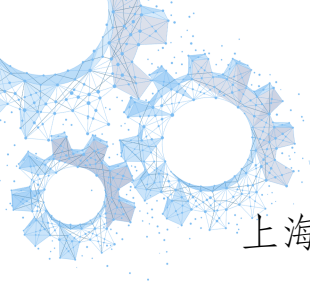
编 制 单 位

- 潍柴动力股份有限公司
- 徐州重型机械有限公司
- 上汽通用五菱汽车股份有限公司
- 成都飞机工业（集团）有限责任公司
- 中联重科股份有限公司
- 宝山钢铁股份有限公司
- 南京钢铁股份有限公司
- 青岛海尔中央空调有限公司
- 长飞光纤光缆股份有限公司
- 中国石油化工股份有限公司镇海炼化分公司
- 上海航天设备制造总厂有限公司
- 格力电器（珠海金湾）有限公司
- 中海石油（中国）有限公司海南分公司
- 武汉京东方光电科技有限公司
- 杭州海康威视数字技术股份有限公司

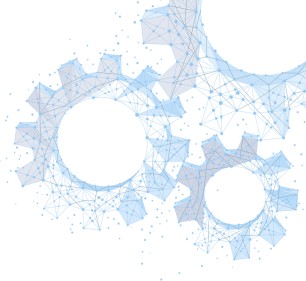


目 录

前言	1
潍柴动力股份有限公司——基于数智精益模式的高端发动机智能工厂	1
徐州重型机械有限公司——全球定制敏捷交付的移动式起重机智能工厂	11
上汽通用五菱汽车股份有限公司——新能源汽车“岛式”柔性可重构智能工厂	22
成都飞机工业（集团）有限责任公司——先进航空装备柔性敏捷智能工厂	31
中联重科股份有限公司——挖掘机共享制造智能工厂	38
宝山钢铁股份有限公司——AI 驱动的高端绿色“预测式制造”硅钢智能工厂	50
南京钢铁股份有限公司——产业链深度协同的特殊钢个性化定制智能工厂	60
海尔中央空调有限公司——全流程定制化服务与智慧集成智能工厂	72
长飞光纤光缆股份有限公司——面向极致工艺的棒纤缆全产业链一体化智能工厂	83
中石化宁波镇海炼化有限公司——基于全局优化的自主执行绿色石化智能工厂	92



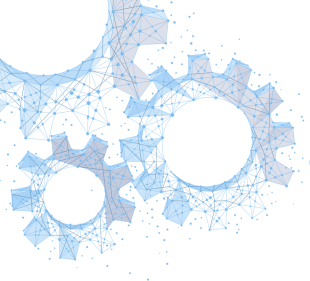
上海航天设备制造总厂有限公司——运载火箭总装链动智能工厂	101
格力电器（珠海金湾）有限公司——全价值链格力协同屋空调智能工厂	110
中海石油（中国）有限公司海南分公司 ——全业务孪生优化的“深海一号”智慧气田	124
武汉京东方光电科技有限公司——全流程 AI 智控下的显示面板超级工厂	136
杭州海康威视数字技术股份有限公司——物联感知产品大规模个性化定制智能工厂	144



前言

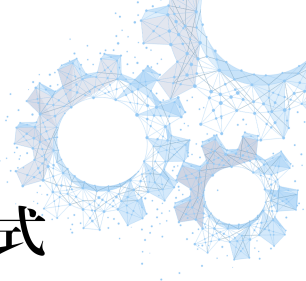
智能工厂作为新一代信息技术、先进制造技术和先进管理理念融合创新的重要载体，是实现智能制造的关键抓手，是制造业数智化转型的主阵地。为推动智能制造向更大范围、更高层次和更深程度拓展，2024年，工业和信息化部、国家发展改革委、财政部、国务院国资委、市场监管总局、国家数据局六部门联合启动智能工厂梯度培育行动，构建起“基础级—先进级—卓越级—领航级”四级培育体系。

领航级智能工厂作为这一体系的最高层级，被赋予探索未来制造模式、重塑制造系统架构、打造全球标杆样板的战略使命，是加快发展新一代智能制造的核心承载。首批15家领航级智能工厂是从全国8000余家先进级智能工厂、500余家卓越级智能工厂中优中选优产生，具有行业引领的制造模式、智能水平和价值效益，对我国制造业转型升级将起到明显的标杆示范效应。在制造模式探索方面，形成了数智精益、敏捷定制、共享制造、岛式制造等新兴制造模式，满足了高效率、高精度、高柔性和高质量的生产要求；在前沿技术实践方面，人工智能已渗透70%以上的业务场景，沉淀垂直领域模型超6000个，并加速向工艺优化、设备管理、人机协同等生产核心场景纵深渗透；在价值效益创造方面，领航工厂生产效率平均提升29%，产品不良率平均降低47%，关键绩效指标显著高于行业平均水平，并推动企业从“产品制造商”向“产品+服务+解决方案”综合提供商转型。



同时，我国智能工厂的价值，已不止于自身智能化升级，更在于它们已构建起多层次、开放式、协同化的全球智能制造生态，正在打破企业、产业、地域的限制，以产业链上下游协同为根基，以“母工厂”的形式将成熟的制造模式、先进的技术装备、完善的标准体系与高效的管理经验打包输出，将“中国方案”和“中国智慧”贡献给全球制造业。

为系统总结国内外智能工厂的建设经验与创新成果，在国家智能制造专家委员会的指导下，中国信息通信研究院联合相关企业共同编制《领航工厂案例集》，深入剖析 15 家领航工厂在制造模式变革、关键技术创新、产业链协同赋能等方面的典型实践，全景展现其作为核心技术策源地、新型装备试验场和标准规则输出中心的巨大价值，同时编制了《海外智能工厂案例集》，系统分析了 13 家海外智能工厂在制造能力推广、场景落地探索与属地合规运营等方面的典型实践，希望与全球制造企业共享我国智能工厂在海内外的建设成果，为广大制造企业数智化转型提供可借鉴、可落地的有益指南。



潍柴动力股份有限公司——基于数智精益模式 的高端发动机智能工厂

【领航·工厂视窗】

企业简介：潍柴动力股份有限公司（以下简称“潍柴动力”）是中国领先、在全球具有重要影响力的工业装备跨国集团，旗下拥有潍柴动力发动机、陕汽重卡、潍柴雷沃智慧农业、德国凯傲、美国 PSI、法国博杜安等国内外知名品牌；分子公司遍及欧洲、北美、亚洲等地区，产品远销 150 多个国家和地区；重型发动机、重型变速器销量全球第一，工业叉车全球领先，农业装备销量中国第一，重型卡车中国领先。2020 年至 2024 年，潍柴动力先后发布全球首款本体热效率突破 50%、51%、52%、53% 的柴油机，四年四次刷新世界纪录，以绝对优势树立了全球行业新标杆，彰显中国智造的硬核底气。

工厂画像：基于数智精益模式的高端发动机智能工厂

核心成效：研发周期缩短 20%，生产效率提升 10%，应用 AI 场景比例 79.31%，机加自动化率 100%，装配自动化率 70%。潍柴数智精益模式荣获国资委十大管理标杆模式，已成功向集团内外部 260 余家企业输出，为 300 余万全球用户提供个性化增值服务，带动全产业链提质增效。

【破局·转型之路】

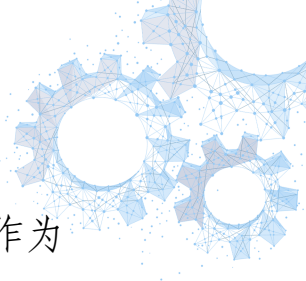
发动机作为国之重器，具有产业覆盖面广、产品种类多、结构体系复杂、产业链条长、大批量生产与小批量定制共存等显著特点。推进智能工厂建设，既是驱动行业高质量发展的必然要求，也是企业突破发展瓶颈、打造核心竞争力、扛起国企使命的关键之举。面对数智化转型推进过程中的难题，潍柴以破局之势领航前行，根植于“数智精益”理念的深度践行，多措并举开展数智化转型工作，提升转型意识，培育创新土壤。

一是潍柴组建了超千人的数智化团队，设立人工智能研究院，成立“一把手”挂帅的数智化转型推进委员会，构建“战略解码 - 架构设计 - 项目落地”三层递进机制，全流程推动 AI 技术落地，将智能制造基因深植企业运营。

二是基于“数据驱动、AI 赋能、精益自治”三位一体的潍柴数智精益模式，以云平台为基座驱动研发 - 生产 - 供应链生态级协同，让业务、系统、AI 从“零散协作”走向“深度融合”，实现从单点智能到产业链共智的价值跃迁，引领装备制造业系统性革新，推动高端发动机制造向“零缺陷”目标迈进。

三是打造多场景人工智能平台，实现研产供销服全流程智能化，精准链接超 1000 家产业链伙伴，构建起“智能制造+AI 赋能+产业生态”的创新体系，引领装备制造业从单体工厂升级向全产业链协同演进。

【变革·模式焕新】



潍柴动力数智精益模式并非推倒重来，而是将数智技术作为精益管理的“倍增器”，其核心是“数智技术赋能精益管理，精益管理牵引数智落地”，以精益体系为底座，以 AI、数字孪生、工业大模型等新一代技术为引擎，构建“技术与管理双向融合、数据与业务深度贯通”的全价值链数智化运营体系，最终实现“零缺陷、高效率、低成本、可持续”的制造目标。潍柴动力始终坚持精益为本、数智为用，把二十多年沉淀的管理标准、流程规范、工艺经验作为数智化的前提，再用工业大模型、数字孪生、智能体等新一代技术解决传统精益解决不了、解决不好、解决不深的痛点，让精益管理从人工推动走向数据驱动，从经验判断走向智能决策，从单点改善走向全链路优化。

工厂建设：多层次数字孪生工厂

潍柴动力创新性地提出具有潍柴特色的孪生工厂建设架构，打造了“园区 - 工厂 - 产线 - 装备”多层次数字孪生体系，依托多源异构数据筑牢数字底座，搭建高效虚实交互通道，以点云数据为核心支撑，构建全流程、多环节毫米级虚拟模型，深度推动 IT 与 OT 的深度融合，通过汇聚生产、能源、安防等多维度数据，建造了“一平台多系统”式数字孪生工厂，实现生产过程与结果数据监控、产线远程维护指导等功能，实时映射产品的生产状态和装备的运行状态。



图1 潍柴动力数字孪生工厂

研发设计：全球研发高效协同模式

在设计端，潍柴动力打造研发“AI 设计师”，能自主完成超过 1800 类研发任务，将过去 8 小时才能完成的仿真报告缩短至几分钟，工程师的角色从“操作者”转变为“决策者”；搭建了“人工智能+机理模型+数字孪生”混合模型，采用近百个数字虚拟台架，实现内燃机性能仿真、结构仿真、虚拟标定、动力总成虚拟开发的实时可视化模拟，80%的试验可以在仿真环境中完成，实现从“实物试验优化”到“虚拟验证优化”的跨越升级，助力研发周期缩短 20%，支撑全球首款产品本体热效率超过 53%，四年四次打破世界纪录，彰显中国研发的硬核实力。



图2 智能化快速设计系统

生产作业：快速响应的高柔性敏捷制造模式

潍柴动力打造快速响应的高柔性敏捷制造模式，建成支持动态重构的智能化柔性生产线，集成镗杆自动交换、加工中心双主轴自动变距、加工自动补偿等先进技术，实现生产过程产品换型一键完成、零切换，满足7种高端机型共线生产，自动化率达到100%；自主研发高性能发动机自制件多品种全特性在线检测与控制技术，打破传统“监测-人工干预”的滞后模式，构建起“感知-决策-执行”实时闭环。生产过程中，MES系统自动下发优化指令，工艺参数调整响应速度达毫秒级。AI驱动敏捷制造落地，生产效率提升10%，可支撑上万个订单柔性混线生产。



图3 飞轮自动装配装备

生产管理：多系统智能化管控模式

潍柴动力融合大小模型构建智能生产管控中枢，搭建 T+X 排产交付体系，采用“月度需求预测+日计划排产”相结合的管理方式，实现工厂智能排产与动态调度的精准高效、科学合理；构建 WMS 智慧仓储物流系统，支持精益 JIT 拉式与柔性化生产，实现需求计划、采购、仓储、分拣、配送全链路闭环管理，与 LES、WES、WCS 等系统深度协同，实现系统间无缝对接和数据共享，保障物流全链路精准配送、高效流转；建立了“全流程管控、全周期管理、全指标监控、全区域覆盖”的能源管理模式，统筹规划各园区、分厂和车间、产线用能，实现对各园区的电、蒸汽、天然气等能源消耗集中的动态监控、重点设备能耗数据 100% 抓取，助力可持续净零制造。

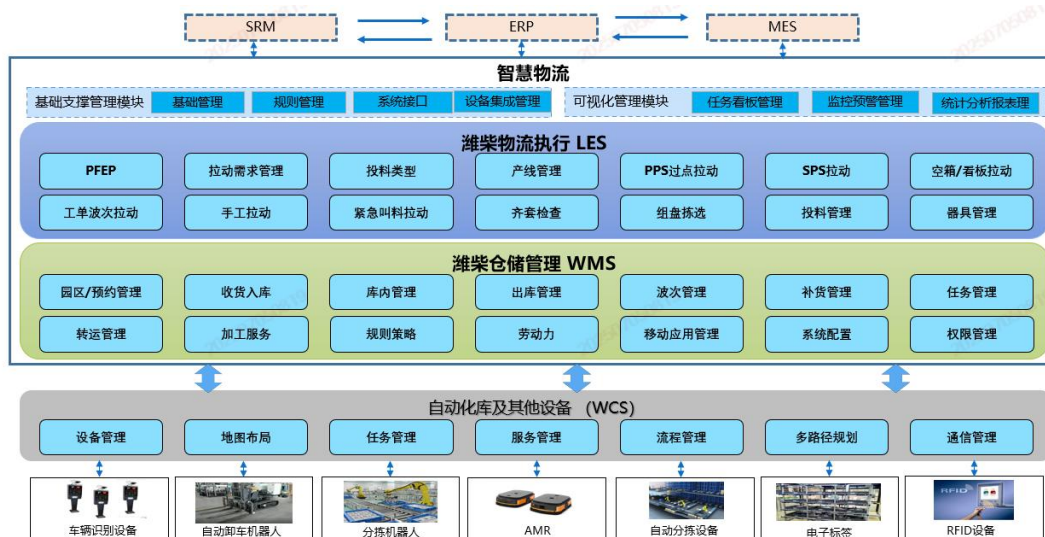


图 4 智能化系统集成

销售服务：AI 驱动营销模型创新

通过大数据分析+AI 算法，强化市场洞察和线索培育能力，依托商机全过程智能监控，提升销售预测准确性；通过客户 360 视图构建和客户价值分层分级运营体系构建，实现基于客户旅程的精准触达和定制化营销服务一体化解决方案推荐；依托销售预测、订单评审、主机安全库存模型等，实现产供销标准化协同，对订单全过程进行动态监控，提升订单交付效能和客户满意度。



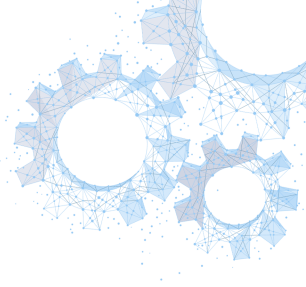
图 5 车云协同模型

【共赢·生态赋能】

潍柴动力以标准体系建设为核心抓手，构建了覆盖智能制造全流程、全要素的智能制造标准体系，形成可输出、可复制的智能工厂标准集群，并成功入选国家智能制造标准应用试点项目。目前，潍柴动力推进智能赋能、智能装备等企业技术标准研制近200项次，重点推进绿色铸造、增材制造、智能工厂、装备数字化孪生等国家及行业标准，填补行业相关标准空白。

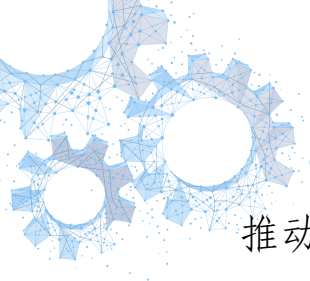
在能力开放方面，潍柴动力坚持产学研深度融合、协同创新，瞄准行业短板和科技前沿，联合中国科学院、中国工程院、清华大学、天津大学、奥地利 AVL、德国 FEV 等全球知名高校、科研院所开展创新合作；牵头成立内燃机可靠性国际技术创新联盟、中国发动机碳中和创新联盟等，连续举办十一届内燃机可靠性技术国际研讨会，构建开放共享、共荣共生的产业众创生态圈，为行业创新发展注入强劲动力。

在模式推广方面，潍柴历经市场化改革、产业化整合、国际化跨越三个阶段淬炼升级，吸收借鉴世界先进管理治理经验，探索出一条独具特色、引领行业发展的高质量潍柴数智精益发展之路。该方法论凝练成为《质量成就梦想——WOS 潍柴质量管理模式》专著，入选国家“21 世纪质量管理最佳实践”丛书和国资委“十大管理标杆模式”，成为国企转型的经典范本，在产业链上下游广泛辐射推广，累计输出技术指导与评价超万人次。



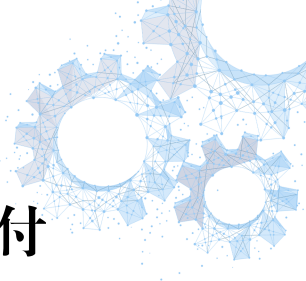
【展望·智能变革】

站在新的发展起点，潍柴动力持续将数智化转型作为企业核心战略方向，聚焦领航级智能工厂探索实践，以“制造更精益、决策更智慧、生态更开放”为培育目标，以更高标准、更优性能满足市场需求。一是构建全环节虚拟验证能力，搭建“虚拟-试验-生产”一体化协同平台，整合设计、仿真与制造数据流，构建敏捷迭代研发模式，攻关高保真多学科联合仿真、AI 驱动优化算法及工业软件适配，开发一批工具链，支持复杂场景验证；二是全力推动 AI 在“研产供销服”等各类业务场景深度应用，包含模型开发平台、应用开发平台、智能问数平台、知识管理平台、智能编码平台等，加快基础问答场景、软件开发场景、知识管理场景、用例生成场景、数据分析场景以及智能客服场景落地；三是依托车联网与运营平台，实时掌握发动机状态、工况表现及使用风险，结合维保周期、运行里程与故障数据，主动推送维保建议，开展故障预警与远程诊断，推动服务由被动响应向提前干预转变，构建覆盖全生命周期、端到端的健康管理闭环，实现从“看得见”到“可预测”、从“被动报修”到“主动服务”的根本性转变，为客户筑牢发展底气；四是依托全球供应链体系，融合 AI 前沿技术，建立订单精准预测与安全库存模型，实现需求精准预测、订单智能提报、机型快速匹配、资源快速发运、设备快速上线，助力产业链生态智能化升级。潍柴动力将持续深化数智精益模式，不仅



领航工厂风采

推动研发、生产等环节的全面升级,更将以优质产品与贴心服务,为全球客户带来价值的跃迁与效能的提升。



徐州重型机械有限公司——全球定制敏捷交付 的移动式起重机智能工厂

【领航·工厂视窗】

企业简介：徐州重型机械有限公司（以下简称“徐工重型”）起源于 1943 年鲁南第八兵工厂，是中国移动式起重机行业龙头，连续 24 年销量稳居全球移动式起重机第一，连续 7 次刷新“全球第一吊”世界纪录，国内市占率超 45%、全球市占率超 30%，产品远销 193 个国家和地区，“一带一路”沿线覆盖率 95%，成为中国装备制造走向世界的“名片”。

工厂画像：以端到端研发、敏捷交付、智慧运营、孪生工厂建设四大业务模式创新和 AI 业务赋能、核心技术创新、标准模式推广三大新质能力升级，实践形成“徐工智造 七星领航”智能工厂建设新模式，打造离散型装备制造业全球定制敏捷交付标杆工厂。

核心成效：以数据驱动为核心推动端到端全价值链能力重塑，全球客户自助点单到产品交付，全过程中央集控、动态可视，订单整体交付周期缩短 55%，全球商机、业务、资源看得见、穿得透、管得住。

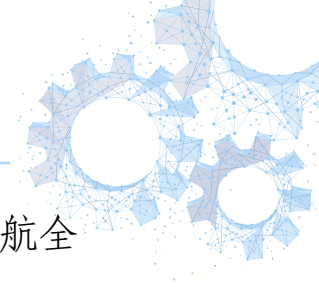
【破局·转型之路】

移动式起重机行业呈现一多一小、两长、两高的核心特点：一是品种多、批量小，产品拥有 640 个型号、1200 余种定制组合，近乎“一车一单”的定制化需求对柔性生产要求极高；二是供应链长、制造周期长，合作供应链厂家超 450 家，单台产品制造周期超 40 天，对供应商和生产调度管理要求极高；三是高安全可靠、高技术集成，产品横跨道路车辆、施工机械、特种设备三大领域，涉及 9 大工艺、9 大专业，多领域多学科交叉融合要求极高。在全球化战略的大背景下，原有生产模式难以匹配“一单一策”深度定制、敏捷交付的市场需求。

为此，徐工以“智改数转网联”一号工程为总牵引，以七星模式领航和极致价值领航为两大目标，创新端到端生成式研发、察析打一体敏捷交付、集成贯通智慧运营、数字孪生工厂建设四大业务模式，全面升级 AI 业务赋能、核心技术创新、标准模式推广三大新质能力，深度推进智造技术研究、数智中心建设、智能装备研制、工业软件开发、能碳管理、智能人才培养六大能力平台，打造全球领先的移动式起重机智能工厂，支撑世界一流工程机械先进智造集群建设。

【变革·模式焕新】

为敏捷响应全球客户的个性化需求，徐工从工厂建设、研发设计、生产制造到运维服务全链条融入人工智能等数智技术，推动全方位全要素变革重塑，探索了全球定制、敏捷交付的徐工特



色模式，构建适合离散型装备制造业智能工厂建设的七星领航全新范式。

工厂建设：三化六维五阶 数字孪生工厂建设

首创行业特色三化六维五阶数字孪生工厂建设模式，以“精益化、自动化、数智化”三化指导工厂建设方案，应用“卓越绩效、精益生产、数业融合等”六维评价模型评估建设方案，构建“工厂-车间-产线-工位-设备”五阶孪生仿真体系。基于徐工自研 OS 低代码平台，集成高保真数字化模型，融合生产、设备、质量等多模态业务数据和 AI 智能场景，打造起重机数字孪生智控平台，对产线设备进行离线编程和虚拟调试，新产品调试准备周期从平均 10 天缩短到 0.5 天；通过实时监控加工中心、工业机器人等精密、大型、稀有设备的运行状态，提前预测设备故障和维护需求，减少停机时间和维修成本，设备利用率提升 10 个百分点；实时采集机器人焊接电流电压、加工中心转速进给等核心工艺参数，搭建 AI 算法与机理模型，实现工艺参数动态调优，生产效率提升 20%以上。



图 1 三化六维五阶数字孪生工厂建设

研发设计：五看五定九层模块化 端到端生成式研发

自研徐工 CPD 全球协同研发平台，内嵌需求管理、设计导航、虚拟验证等 9 大子系统、十余个算法模型，建立“看宏观、看行业、看客户、看竞品、看自己”的五看需求洞察体系，以及“定位、定量、定本、定配、定价”的五定产品定义体系，构建 L1-L9 九层模块化产品架构，以起重机全领域模块知识及试验数据为基础，构建覆盖零部件、系统、整机的三级智联孪生虚拟验证体系，同时依托产品需求自主洞察，知识驱动模块化产品敏捷设计，软件代码、测试用例、设计文件自动生成等“AI+产品研发”场景应用，实现起重机产品从需求到交付的端到端生成式研发，满足全球用户个性化需求，产品开发周期缩短 32%、试验成本降低 35%。

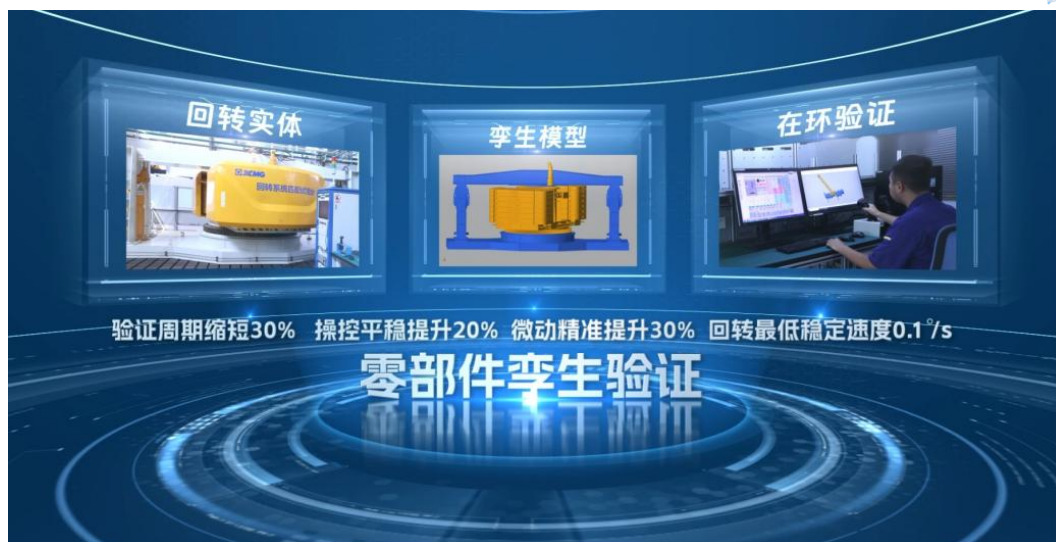


图 2 五看五定九层模块化端到端生成式研发

生产作业：一塔三环六在线 察析打一体敏捷交付

在智能产线敏捷制造方面，升级打造大吨位起重机结构、涂装、装配等 9 条极致柔性智能产线，配置机器人工作站、大型加工中心等 200 余套关键装备，攻克大型结构件自动拼点、多机器人连续自动焊接和涂装、参数自调优智能加工等 32 项核心技术，构建基于工艺参数库和轨迹自优化的工业机器人仿真编程平台；生产计划经智能排产下达后，产线自动调取程序并开工作业，数字孪生平台实时进行工艺参数监控和自主优化，全过程自动接单、系统高效协同，生产进度实时可视，产线工序自动化率突破 80%，达到行业领先水平，生产过程效率提升 45%。

在计划管理敏捷柔性方面，构建智能供应链控制塔，打通订单计划、生产执行、物流配送、工艺质量、安全环保、能碳管理六大在线业务，实现需求精准匹配、资源动态配置、过程自主调控；自研可配置 BOM 和集成供应链 SCP 平台，融入 AI 算法，

实现“客户点单 - 产品配置 - 生产计划 - 订单交付”全链条贯通，配置确认、转单、排产从 15 天降到 1 小时。



图 3 一塔三环六在线 察析打一体敏捷交付

营运管理：六经六纬六要素 集成贯通智慧运营

深入推进组织变革，以面向全球的协同研发、采购物流、敏捷制造、价值销服、财务管理、人资管理 6 条业务经线，与集团化、国际化管控、流程管理、战略经营管理、数据治理、数字平台体系 6 条管理纬线协同，实现业务、组织、流程、系统、数据、指标等 6 要素集成贯通，打造端到端极致扁平化的高效敏捷组织，形成了“总部治理+平台赋能+一线作战”的徐工新生态，开发财务税务、售后客服等十余个经营智能体，实现经营管理智能化，提升全价值链运营效率。

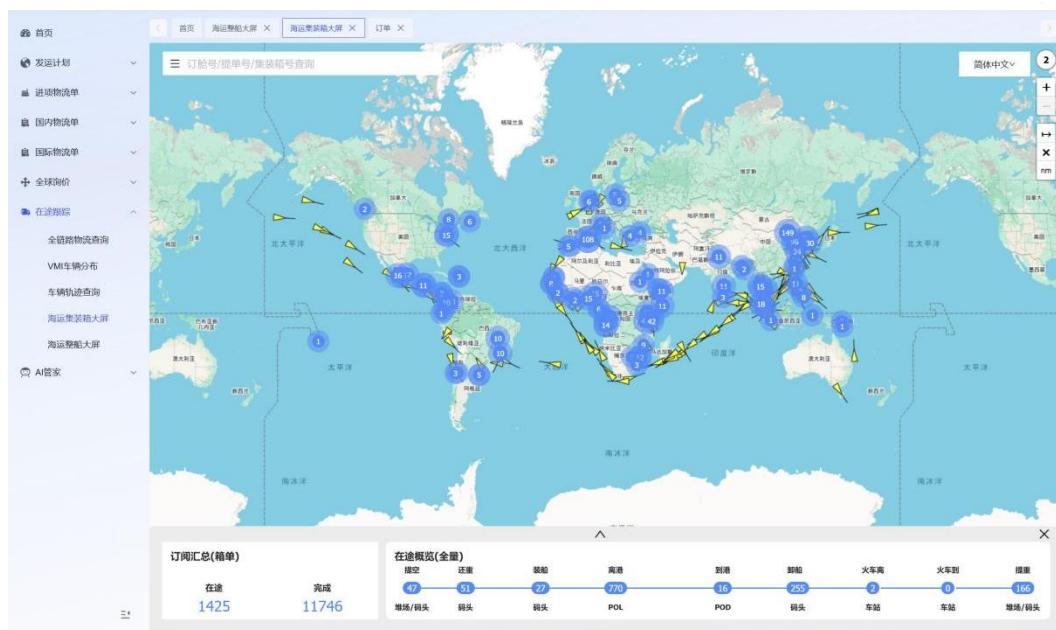


图 4 六经六纬六要素集成贯通智慧运营

【铸剑·技术攻坚】

在智能工厂建设过程中，徐工重型突破了系列关键技术和核心零部件，推动了人工智能技术创新应用。

在关键制造技术创新方面，首创超高强钢智能切割、大圆弧步进折弯、多机器人协同焊接、重载 AGV 智能物流转运等 303 项关键技术及智能装备，集成高功率激光复合焊、高频感应预热等技术，突破 1300MPa 超高强钢低热输入与高效焊接工艺瓶颈，搭建焊接动态仿真技术平台，解决超大截面、超长尺寸臂架焊接变形难题，产品一致性精度达到国际领先，推动产品高端化发展。



行业首台激光复合焊接装备



世界第一条转台智能生产线



多机器人协同轮胎智能装配



超大型结构件重载AGV智能物流转运

图 5 首创 303 项行业关键制造技术及智能装备

在 AI 技术应用方面，搭建专属算力集群，构建产品研发、工艺标准等十余个行业高质量数据集，打造产品研发、生产管理等 5 类工业智能体，推动多品牌机器人一体仿真离线编程平台等 65 个 AI 应用案例落地，加速全域数据入湖及治理，推进“AI+制造”融合，实现从“经验驱动”向“数据与模型驱动”的升级。

在核心零部件方面，突破高性能平衡阀、高精度柱塞马达、大缸径大行程薄壁油缸、大载荷断开式车桥等 80 余项关键零部件，首创多点变形约束大承载臂架等核心技术，在截面尺寸不增加的情况下将臂架性能提升 40% 以上，突破全球最大 4000 吨吊重极限；同时在 170 米极限工况作业、11 轴全桥转向行走、400 吨重载转场、毫米级微动控制、起重机主动安全控制等方面达到国际领先水平，筑牢移动式起重机行业标杆地位。



图 6 攻克关键核心技术

【共赢·生态赋能】

在标准输出方面，构建产品技术、工艺技术、数智技术、绿色低碳四类标准谱系，形成“继承国家标准、服务装备行业”的徐工智能制造标准体系，发布《智能制造水平评价指标体系及指数计算方法》等 45 项国际及国家标准，引领行业发展方向。

在能力开放方面，依托徐工智能制造研究院、徐工汉云、徐工全球学教中心等六大能力平台，实现智能装备研制、工业软件开发、智能人才培养等平台赋能。重点聚焦领航工厂顶层规划与仿真孪生技术应用、销产供一体化制造、全过程精益运营系统、“工程师+技能大师+一线技师”的三师团队建设等，面向徐工全球基地、产业链上下游伙伴复制推广，为离散型装备制造企业提供切实可用、示范引领的智能制造转型方案。

在模式推广方面，打造“徐工智造 七星领航”母工厂蓝本，创新形成“三化标准引领、六维模型评价、五级仿真孪生”的徐工智能工厂建设方法论，已完成徐工挖掘机、装载机等 10 家工厂、30 家供应链单位推广复制。

【展望·智能变革】

未来两年，徐工将聚焦“打造全球定制敏捷交付的移动式起重智能工厂，登顶全球工程机械产业珠峰”这一使命，全力推进大吨位起重机领航工厂建设落地，同时在“AI+产品”“AI+制造”“AI+企业管理”融合应用方面重点发力，打造覆盖研发、工艺、生产、销服、管理的行业高质量数据集和工业智能体。加大起重机焊接、涂装、装配等九大基础工艺技术攻关，持续夯实智能制造根基。以业务协同、系统集成、数据贯通为主线，持续夯实数据底座、挖掘数据价值，以数据驱动为核心推动端到端全价值链能力重塑。通过徐工智能制造研究院、徐工汉云等 6 大能力平台，将七星领航模式面向徐工的 35 座全球基地、120 家产业链上下游以及装备制造行业推广赋能，既要七星头雁领航，更要产业链群雁齐飞。



图7 “徐工智造 七星领航”新模式全面赋能行业

上汽通用五菱汽车股份有限公司——新能源汽车“岛式”柔性可重构智能工厂

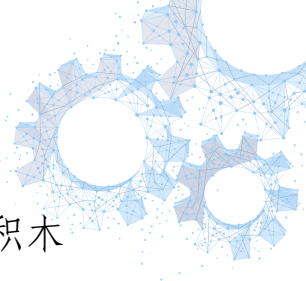
【领航·工厂视窗】

上汽通用五菱汽车股份有限公司（以下简称“上汽通用五菱”）是拥有 67 年制造经验的大型国有车企，源自 1958 年成立的柳州动力机械厂，公司 13 年蝉联国内单一车企销冠¹，累计销量 3200 万辆，其中新能源产销超 370 万辆；同时公司立足国内、聚焦东盟、辐射全球，累计出口超 150 万辆，覆盖 104 个国家和地区。上汽通用五菱拥有研发 - 制造 - 营销全链路自主能力，构建了“以整车架构为基础，以用户体验为核心”的正向开发体系，现依托智能岛制造模式创新，正在重构汽车生产模式，引领汽车产业制造方式变革。

工厂画像：上汽通用五菱突破传统流水线模式的禁锢，全球首创新能源汽车智能岛式制造工厂，形成了“工艺可解耦、产线可重构、产能自适应、数据可增值、系统可进化、模式可拓展”的智能岛式汽车制造新模式。

核心成效：新能源汽车智能岛式制造工厂将产线“打散重组”为功能独立又互联的“智能岛”，实现三个“柔性”：一是产品柔性，以“工艺路径可重构”适应多车型混线；二是产线柔性，以“制造岛可重组”快速切换车型；三是产能柔性，以“产线可扩展”灵活

¹ 根据中国汽车工业协会销量统计显示（中汽协函字【2021】389号），上汽通用五菱 2005 至 2021 年在国内单一车企销量排名中均位列第一。



增减智能岛适应市场需求。智能岛制造体系让汽车生产如搭积木般灵活，实现生产要素的灵活配置，大幅提升全要素生产率。

【破局·转型之路】

当前汽车制造业面临三大困局，一是竞争白热化与产品迭代加速，新车生命周期从36个月锐减至10个月，但新车型制造投资回报期长达19个月，传统产线适配成本不堪重负；二是用户个性化定制需求激增，单条产线混产车型多，传统流水线换产耗时长、混线效率低；三是经济换挡期市场需求波动加剧，产销峰谷落差大，导致产能规划难。

为破解“大规模生产与个性化定制”的核心矛盾，上汽通用五菱打破百年流水线刚性结构，将工序“解耦重组”，首创智能岛制造体系（PMS），实现三大跃升：一是通过工艺路径动态优化，让车辆摆脱固定轨迹，按需自主穿梭，动态接收工艺指令，应对个性需求；二是基于“标准化+模块化”重构岛群，新车型导入只需调用既有模块重组，免去重复建设；三是变“单行道”为“立体交通网”，通过弹性增减智能岛调节流量，化解产销峰谷矛盾。智能岛制造模式让生产要素实现最优配置，全面重塑汽车制造的底层逻辑。



图 1 汽车岛式生产车间

【变革·模式焕新】

上汽通用五菱“岛式”柔性可重构智能工厂首创“智能岛”制造体系，通过工艺解耦和产线重构、应用人工智能及数字孪生等技术，打造可重构、可重组、可扩展的制造岛，打破百年流水线刚性结构，创新岛式体系，满足产品柔性、产线柔性、产能柔性的制造需求。

工厂建设：全三维数字孪生驱动

在工厂建设阶段，以“工厂数字化设计与交付平台”为核心引擎，依托数字建模与虚拟仿真，实现从规划到交付的全流程数字化。核心聚焦三大场景：一是岛式工厂数字化仿真规划，构建三维模型实现全要素精准仿真，确保规划科学；二是打造一体化数字基座，深度融合云边计算与网络安全，构筑算力强、响应快、安全稳的底层支撑；三是推进虚实融合的数字孪生仿真，在虚拟

空间完成工艺与设备的先行调试验证，将问题消弭于投产之前。该模式运行成效显著，工厂建设周期由 16 个月缩短至 12 个月，提效 25%；计算、存储及网络设备投资降低 40%，功耗下降 60%，实现高效交付与绿色低碳双赢。

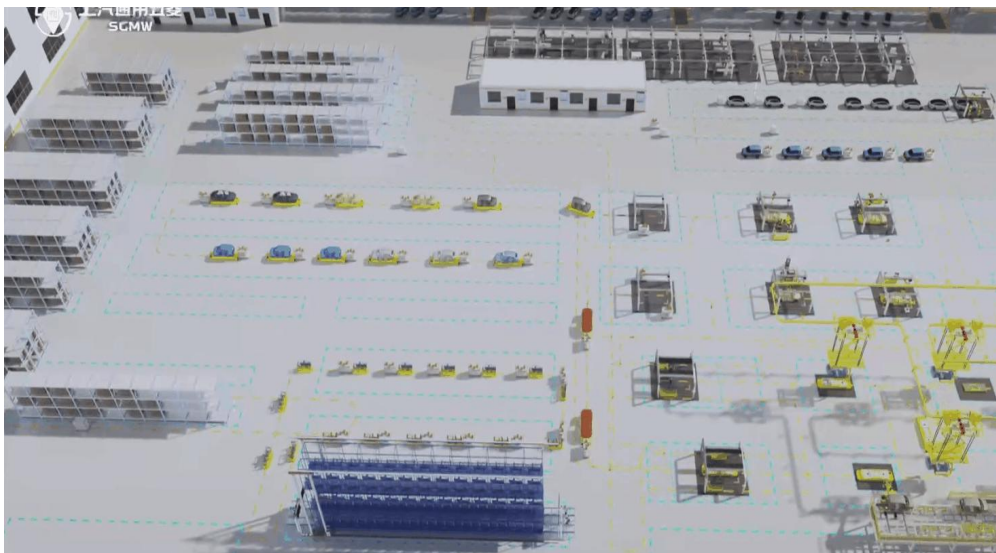


图 2 工厂数字三维模型

研发设计：全生命周期数字化研发

以卓越运营大模型（EOAI）为内核，构建全数字化研发管理体系。一是打造全生命周期开发模式，依托 AI 虚拟设计、标定与验证实现整车快速开发，并应用国产化 CAE/CAD/CAM 等软件工具，以 BOM 为核心实现全生命周期的数字化管理；二是以整车架构和体验为核心，解析用户场景大数据，AI 生成工程参数集驱动快速迭代；三是深度跨区域协同，通过质量规则前置与虚拟验证实现“设计即质量”，调用制造参数校验工艺与智能分配公差等，确保“设计即量产”，锁定生态链供应商产能清单落实“设计即交付”，通过全局映射与数字孪生验证，实现开发周期缩短 50%，并大幅降低缺陷率。

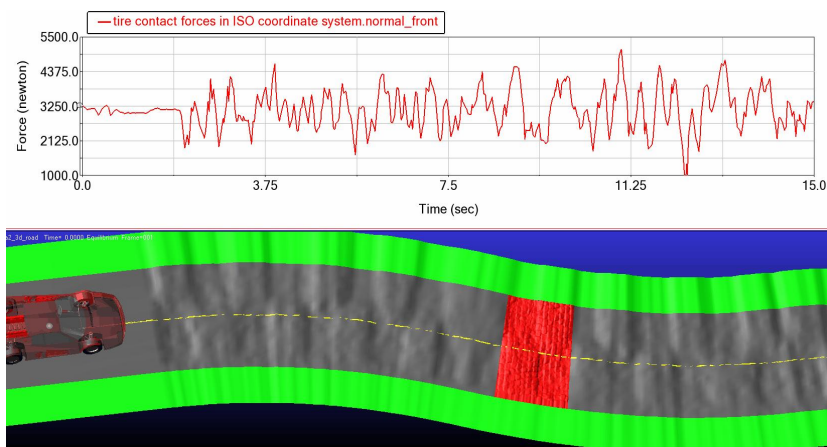


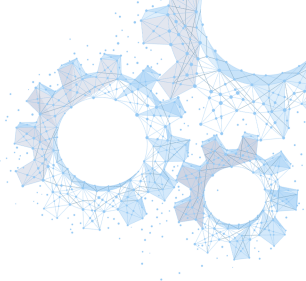
图3 数字化研发中的虚拟验证系统

生产作业：岛式柔性智能制造

开创智能岛式柔性生产工艺，将传统串联工序解耦为轮胎岛、座椅岛等独立“智能岛”，并采用动静协同模式：静态岛负责高精度复杂装配工序，动态岛节拍灵活可调；车辆由AGV承载自主导航，实现“车找工位、料找车”的柔性调度，岛式结构如搭积木般可插拔增减，新车型导入周期大幅缩短。同时质检深度融入各岛，终检“质检岛”通过3D激光与AI视觉实现100%全自动检测，形成全生命周期可追溯的质量闭环。



图4 正在作业的轮胎岛



生产管理：全要素柔性智能调度

在生产管理领域，依托卓越运营数字化平台（EODP）与可重构“岛式工艺”，打通智能排产、仓储与配送系统，打造全要素“数智化大脑”，实现产销存动态匹配。重点突破三大核心场景：一是“算得准”，引入 AI 算法与产销存大数据，突破多约束条件实现动态优化排产；二是“看得清”，构建透明化执行追踪系统，订单状态实时可见，保障准时交付；三是“送得到”，建立“车-料-岛-仓”智能协同机制，实现物料“工位级、分钟级”精准配送。缩短总装制造周期 33%，线旁库存降低 60%，单台制造成本降低 28%，实现了生产运营的跨越式提升。



图 5 智能调度系统

运营管理：AI 赋能全价值链协同运营

依托卓越运营数字化平台（EODP），深度融合 AI 构建专属 EOAI 大模型，实现从“事后分析”向“智能决策”的跨越，打通感知至服务的全链路闭环：一方面推动 EODP 向全面智能化跃迁，以数据价值链驱动业务，打造多品种变批量智能管理平台，借助

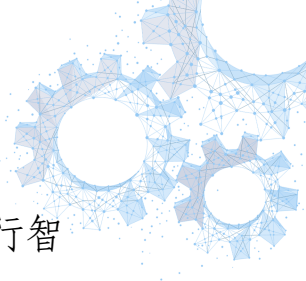
聚类分析与动态调度算法将零散定制需求化繁为简；另一方面，构建数字化供应链系统，实现生态链互通与全链路可见，账物清晰可追溯。最终实现生产需求可预测周期由 4 周拓展至 16 周，产能利用率超 90%；产品品种与排产满足率达 98%，订单准时达标率达 99%，形成“感知 - 研发 - 智造 - 供应 - 服务”的智能化决策闭环，全链路卓越运营效能大幅跃升。



图 6 卓越运营数字化平台 EODP

【铸剑·技术攻坚】

智能岛制造体系的核心，在于攻克了一系列“从 0 到 1”的突破性技术。一是数字孪生五维模型与全局智能调度理论，与国内高校共建的数智孪生工程理论体系，首次明确了“制造岛→数字岛→智能岛”的三阶演进路径，提出了适配多岛协同复杂场景的“数字孪生五维模型+全局智能调度”核心方法论，累计形成 30 余项专利，彻底突破了传统数字孪生仅能单点优化的理论瓶颈。二



是**工艺解耦与产线重构技术**，全球首创将串联产线解耦为并行智能单元（如玻璃岛、轮胎岛），结合自研群控系统与 AGV 柔性输送，实现工艺路径动态规划与设备程序智能适配，车型切换耗时缩短 67%。三是**AI 驱动的智能预演与预测性维护**，基于 AI 大模型与数字孪生，实现工艺全流程智能预演与自动优化，工艺优化效率提升 90%以上；通过设备数字镜像进行剩余寿命精准预测，提前 72 小时预警，非计划停机率降低 92%。

【共赢·生态赋能】

智能岛制造体系的价值远超企业自身，已成为推动产业跃升与生态繁荣的重要引擎。在产业链赋能上，主动将模式、技术与经验向上下游输出，已为宝钢、佛吉亚、赛克瑞浦等 14 家供应商提供智能工厂建设与运营指导，带动形成百亿级产业集群，构建了“主机厂 - 供应商”双向赋能生态。在标准引领上，牵头及参与制定了多项智能岛相关的国家标准、行业标准，输出可复制推广的“五菱范式”。在人才培育上，依托智能岛建设，培养了超 4800 人的智能制造人才队伍，其中高技能人才 2323 人，拥有国家级技能大师工作室 4 个，涌现出全国劳模、全国技术能手等一批领军人才。

【展望·智能变革】

面向未来,智能岛式制造体系将向更深层次的“数智融合、自主进化”迈进。计划至 2027 年底,围绕“完善制造岛、打造数字岛、迈向智能岛”三步走路线,基于虚实融合驱动、时空协同模型与工业人工智能技术,全面升级智能岛式工厂,构筑智能岛式工艺、装备、控制、系统四大标准群,打造出智能岛制造体系的“工艺可解耦、产线可重构、产能自适应、数据可增值、系统可进化、模式可拓展”的终极形态。智能岛制造体系也将从汽车行业加速向更广泛的离散制造业推广,推动传统制造从“流水线”到“智能岛”的系统性变革,为全球制造业提供一个破解行业百年难题的“中国方案”。

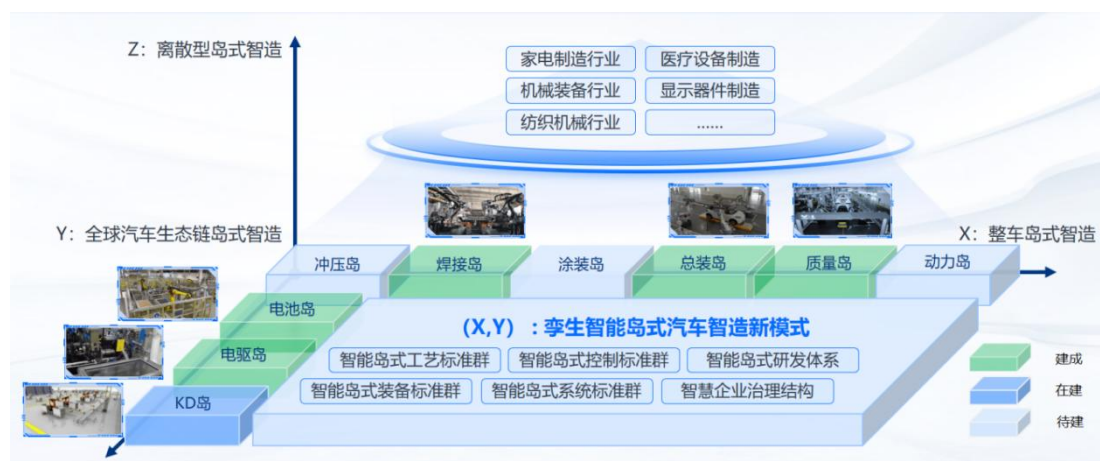


图 7 智能岛制造体系的推广

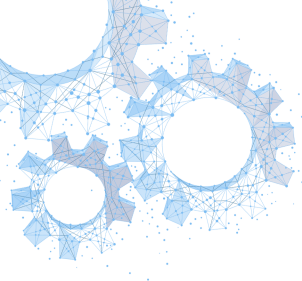
成都飞机工业（集团）有限责任公司——先进航空装备柔性敏捷智能工厂

【领航·工厂视窗】

企业简介：成都飞机工业（集团）有限责任公司（简称：航空工业成飞）创建于1958年，隶属于航空工业集团，是我国高端航空武器装备研制生产和出口的主要基地、民机零部件的重要制造商、新质无人系统的核心力量、新域空天装备的领先探索者、先进数智制造技术的引领者。公司先后研制生产歼-5、歼-7、枭龙、歼教9、歼-10、歼-20等主战装备，布局系列无人机和“文鳐”智慧管控系统，承担AG600等大飞机机头研制，具备高端航空装备研产试修服全链条能力。目前已形成以科技创新为引领，武器装备、民用航空、军品贸易、维修服务、空天网信、现代化制造服务六大产业有序协同发展的新格局。

工厂画像：以“广域协同、柔性敏捷”为核心，支撑复杂航空装备“多品种、变批量、研制批产混线”生产模式的智能工厂。

核心成效：航空装备研制实现由“十年磨一剑”向“年年出新款”的跨越式升级，产品协同研制周期缩短10%。生产模式完成由“资源密集型”向“技术密集型”的根本性重塑，生产效率提升超30%。首批入选工业和信息化部智能制造示范工厂和智能制造标杆企业，入选工业和信息化部数字领航企业。



【破局·转型之路】

复杂航空装备产品结构高度复杂、研发周期漫长、供应链协同要求严苛，其研制水平直接反映国家现代产业体系的完整性和先进性。行业长期面临多领域协同难、多体系融合难、多专业贯通难三大突出难题，难以适配先进航空装备“多品种、变批量”生产需求，传统技术体系、管理体系以及制造模式亟须转型升级。

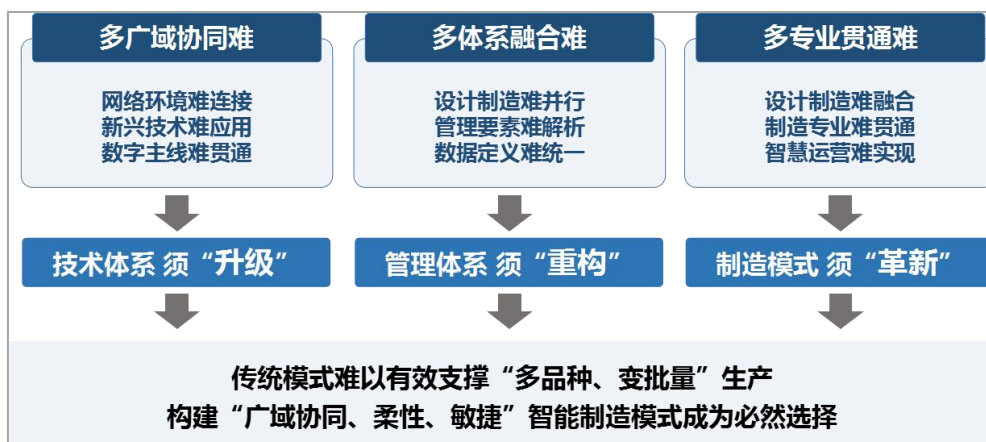
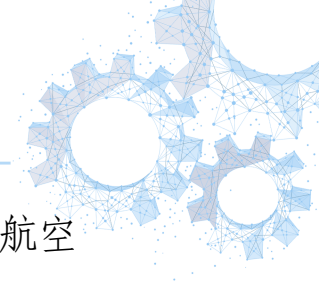


图 1 复杂航空装备研制面临的三大挑战

为此，航空工业成飞以数字技术与实体经济深度融合为抓手，探索高端复杂装备广域协同、柔性敏捷智能制造新模式，围绕“智能底座 - 智能车间 - 体系融合 - 智能业务”总体架构，全面推进 AI、5G、数字孪生等数智技术融合应用，着力升级“多广域一体化协同”的技术体系、重构“多体系深度融合”的管理体系、革新“全链路智能制造”的制造模式，打造适配多品种、变批量生产的柔性敏捷制造新格局，全面建设“技术领先、体系先进、AI 赋能、绿色低碳”先进航空装备柔性敏捷智能工厂。

【变革·模式焕新】



推进 AI、5G、数字孪生等数智技术深度赋能高端复杂航空装备全专业智能工厂建设，以先进完备的技术产业体系及管理体系变革推动制造模式创新，打造“广域协同、柔性、敏捷”的先进战机智能工厂。

工厂建设：构建航空装备制造全专业数字孪生示范，以“虚实融合、智能驱动”为核心，布局企业级数字孪生体系，搭建工业元宇宙整体架构与数字孪生平台，完成园区全域 1:1 高精度建模。聚焦飞机零件制造、部件装配、整机喷涂、总装集成四大关键环节，建成 6 大核心制造车间、10 余条关键产线及 150 余台高端装备的数字孪生体，实现生产全流程三维可视、工艺物流仿真优化、产线全域管控以及装配过程虚实映射、企业运营智能调度与风险预警。深化“IT+OT+AI”融合应用，打造全专业“数智车间群”样板，推动数字孪生由工具级应用向生态级平台演进。

研发设计：突破复杂航空装备设计制造敏捷协同模式，基于 MBSE 创新构建数智融合的正向工艺设计体系，应用工艺全链条协同仿真技术，推进基于模型迭代的设计工艺高效协同验证模式，在飞机研制领域率先实现制造过程定量表征、制造结果精确预测与闭环优化。深度推进设计制造一体化，融合 AI 实现复杂航空装备 MBOM 自动构建、工艺文件智能编制。

生产作业：构建复杂航空装备高柔性人机深度协同装备模式，推进高柔性装配、人机协同装配及 AI 赋能装配，突破复杂装配同步控制、柔性调姿路径规划、目标位姿智能寻优等关键技术，

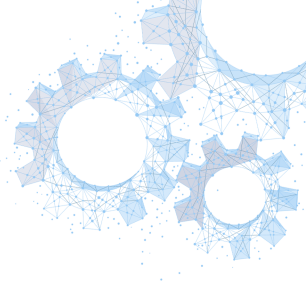
实现部装、总装及集成测试数字化管控，大幅提升装配集成质量及产能。构建“感-控-测”一体化敏捷检验作业模式，围绕采购、零部件制造、装配集成、实验试飞等研制流程开展现场质量检验，融合 AI 推动加工过程质量控制、装配集成检验留证、实验试飞质量改进，不断提升检验检测数字化能力和效率。

生产管理：打造多网融合智能物流配送体系，突破航空装备配套物料种类多、形状差异大、存储要求高等管理难点，融合 5G 专频专网、工业无线等技术，实现物料实物智能运输和物流信息精准跟踪。构建产业融合多级供应链一体化管理模式，打造跨域、跨主体供应链协同云环境，实现多型号、多链条供应链数据汇聚与顶层管控，为 AI 驱动的供应链资源整合优化及风险智能研判决策提供坚实支撑。

运营管理：建成全域覆盖、多级联动的指挥决策体系，紧扣集团、行管、现场三层管控需求，构建覆盖 14 个业务域、3000 余个指标的 5 大顶层视图、11 个专业场景、X 项专题研判，融入 AI 构建智慧管控“问数”助手，全面提升运营管控的精准度与高效性。



图 2 构建成飞智慧运营管控中心



【铸剑·技术攻坚】

构建 AI+工业元宇宙深度融合的技术架构，实现从物理制造向虚实融合制造的范式跨越。依托数字孪生平台，完成园区 1:1 高精度复刻，形成“设备 - 工位 - 产线 - 车间 - 园区”五级联动体系，虚实同步时延控制在 10ms 内。自主研发成飞人工智能开放平台，落地工艺优化、故障预测、缺陷检测等 30 余个专业模型、100 余类业务智能体，全链路覆盖工厂建设、研发设计、生产及运营全场景。

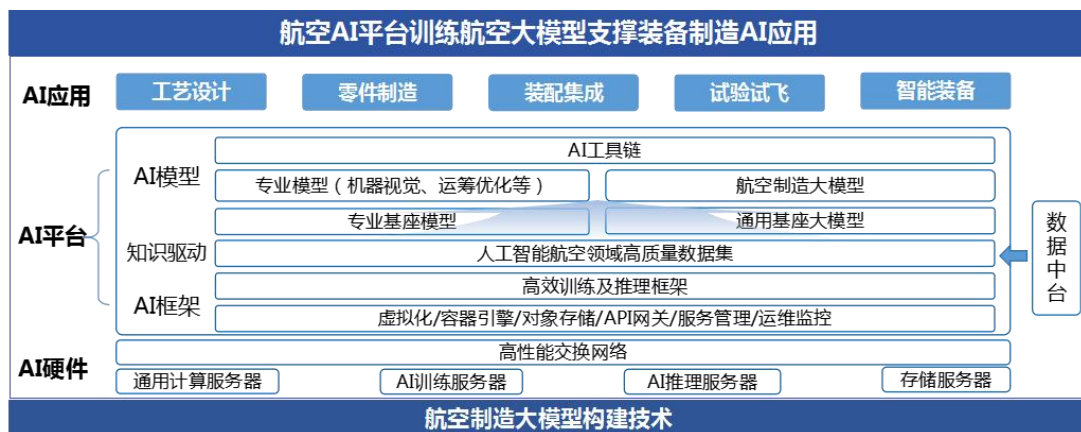


图 3 AI 与航空制造融合应用架构

【共赢·生态赋能】

在标准输出方面，构建面向复杂装备研制涵盖设计技术、制造技术、信息技术的标准体系，发布 2 项国际标准、121 项国家标准、78 项行业标准，其中《五轴联动加工中心 S 形试件精度检验》更是填补了中国在高端五轴联动数控机床检测领域的空白，解决了复杂曲面加工精度检测的国际难题。

在能力开放方面，依托国家高端航空装备技术创新中心等平台，开放智能装备研制、工业软件开发、智能人才培养等能力，形成标准化研制和推广平台、创新服务平台、联盟链生态平台、教育培训平台等系列可复用成果，为装备制造行业提供智能制造整体解决方案。

在引领产业技术变革方面，深化智能工厂建设，从数智车间样板逐步辐射形成数智车间群，沉淀形成成套数智化自主知识产权，形成“设备联网、数据入库、业务在线、数字孪生”智造新范式，实现从“单点技术突破”向“全面数智赋能”的跨越式升级。

在模式推广方面，秉持“优示范、强赋能、促领航”策略，依托自主工业软件输出与数字化转型咨询服务，以标杆示范辐射引领产业链上下游及复杂装备制造行业上百家企业开展“智改数转”，实现由“破局数字经济”向“示范领航行业”跃升。

【展望·智能变革】

航空工业成飞锚定“先进航空装备柔性敏捷智能工厂”建设目标，纵深推进数智技术全场景、全链条深度融合落地，以要素全面连接、AI全面赋能、专业全面孪生三大核心抓手，加快打造复杂装备制造领域领航级智能制造新范式。要素全面连接方面，秉持“应联尽联”原则，全面拓展工业控制系统与跨网数据交换枢纽，实现全域数据互联互通、融合共享。专业全面孪生方面，遵循“应建尽建”准则，攻克异构孪生模型融合技术，全域推进数字



孪生体系孪生建设，实现以虚优实、以虚映实、虚实协同。AI全面赋能方面，聚力构建高端航空装备智能制造能力体系，深耕航空特色AI模型与工业AI工具链布局，体系化推进AI与装备制造场景深度融合。

中联重科股份有限公司——挖掘机共享制造智能工厂

【领航·工厂视窗】

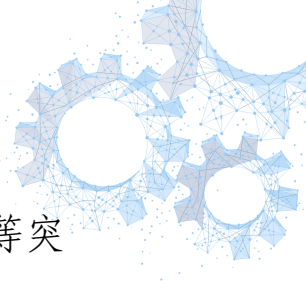
企业简介：中联重科股份有限公司（以下简称“中联重科”）成立于 1992 年，前身是建设部直属的长沙建设机械研究院。作为中国工程机械行业的龙头企业及重要技术发源地，公司主导产品远销全球 100 余个国家和地区，其中，建筑起重机械销售规模位居全球第一，汽车起重机和混凝土机械市场份额稳居行业前列，中大吨位挖掘机市占率跻身行业前三。

工厂画像：全球挖掘机行业换线时间最短、生产周期最短的高效工厂，同时也是 AI 技术应用最深、兼容最多机型混线生产的智能共享工厂。

核心成效：实现 70 余款挖掘机产品的高质高效大规模混线生产，从钢板下料到整机完成周期 6.5 天，工厂每 6 分钟下线 1 台挖掘机，一次交检合格率 95%。

【破局·转型之路】

挖掘机产品具有种类多（70 余款）、单批次产量少（1—20 台），零件尺寸大（5—8 米）、零件数量多（3500 余个）、零件质量重（超 10 吨）、制造工艺复杂（370 余道工序）、生产设备种类与数量庞大等特点，使得挖掘机混线生产面临零部件制



造过程管控难、加工与装配效率低、整机质量与性能难保证等突出难题。此前，全球尚无针对重型装备多品种、小批量、大规模混线智能制造的共享工厂解决方案。

中联重科锚定习近平总书记湖南“三高四新”美好蓝图，秉持“面向未来、引领 20 年”的目标，创新装备智能制造管理模式，全面升级系统集成、数据贯通、业务协同能力，深度推进三大“端到端拉通”：工艺全流程从下料、焊接、机加、涂装、装配到调试的端对端拉通；数据全流程从设备、产线、车间到管理到决策的端对端拉通；业务全流程从研发、制造、供应链、销售到服务的端对端拉通。打造全球最高效的挖掘机智能共享工厂，支撑建设高效协同的世界级先进智能制造集群。

【变革·模式焕新】

以“高标准、高水平、高质量”为要求，以“精益化、自动化、数字化、智能化”为路径，以 AI 赋能领航工厂，创新开发 150 个 AI 智能体、61 个 AI 模型，打造智能体底座、具身智能底座、技术平台底座、机器人底座、工艺设计底座等 5 大基础底座，赋能工厂建设、研发设计、生产作业、生产管理、运营管理等 5 大业务环节共 33 个智能制造场景，实现工艺全流程、业务全流程和产品全生命周期 3 大集成贯通，打造全球最高效的挖掘机智能共享工厂。

领航工厂风采



图 1 总体架构图

工厂建设：全流程统筹的工厂建设

建设覆盖微型、小型、中型到大型全系列挖掘机混流生产的智能共享工厂，实现焊接、机加和涂装等工序的产能共享，打造成为全球规模最大的关键零部件共享中心，为集团 4 大主机工厂提供普钢、高强钢、薄板件 3 类共性零部件资源共享。行业首创基于数字孪生的全型谱挖掘机混流生产和物流复杂工况模拟优化，构建了融合需求时序预测和 AMR（自主移动机器人系统）自主决策的配送模型，打造从钢板下料到整机下线全连续“空地立体化”自动物流系统。依托“云+边”分布式多维数据即时传输与算控技术，实现全流程生产作业 60 条产线、732 个工位、2000 余台设备毫秒级协同，产线节拍显著提升。

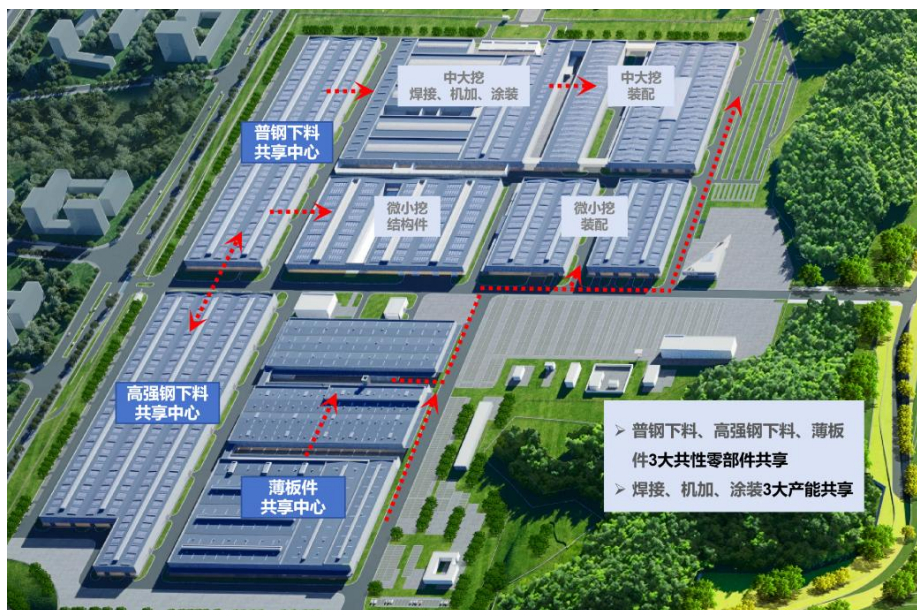


图2 全流程统筹的工厂建设

研发设计：基于 AI 与数字孪生的全生命周期协同研发

自研融合 AI 大模型与参数化驱动建模技术的参数化设计平台，结合专家知识和历史仿真数据，综合运用回归分析和深度学习方法，实现基于需求自动生成设计方案与智能校验关键性能指标，产品研发周期缩短 21.5%。开发多学科联合仿真平台，采用多物理场强耦合实时解算技术，实现复杂工况下整机动态性能的高精度预测，物理样机投入减少 50%。同时，将正向研发与数字孪生技术深度融合，首创端对端企业级 BOM 平台和全生命周期数字化研发平台，以全三维数字化样机为核心，实现产品全生命周期的高效协同与智能优化，达成需求主动感知、用户参与设计、产品敏捷迭代，驱动产品价值延伸与升级。

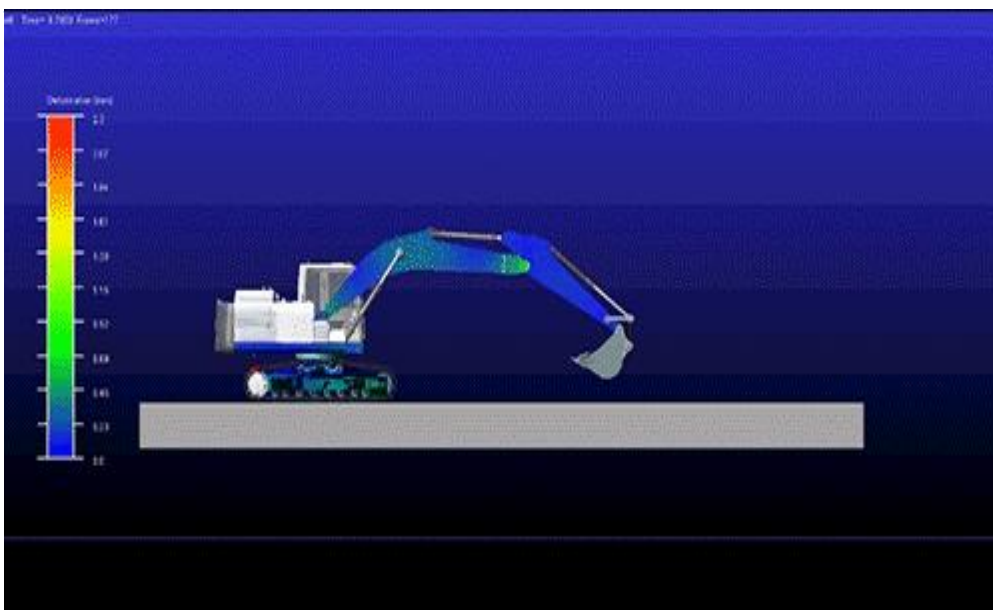


图3 生成式 AI 驱动的研发设计

生产作业：全流程智能的生产作业

融合 AI 视觉、机器人、力控传感等多模态感知技术，搭载免示教编程、多机协同等技术，创新自适应高效焊接动态工艺优化、自适应机加工柔性快速换型、自适应拧紧先进过程控制 3 大先进制造工艺，实现智能制造装备与数字技术融合的工况自适应制造。同时，通过弱可达性结构件特征质量自感知、设备运行自监控与参数化智能诊断、脉动流水线自调测，打造自感知、自监控、自调测三位一体的质量管控体系，构建起覆盖 1.8—400 吨全系列、189 种型号挖掘机的柔性混线生产能力，使从钢板下料到整机下线的生产周期仅需 6.5 天，产线平均节拍达到 6 分钟/台。

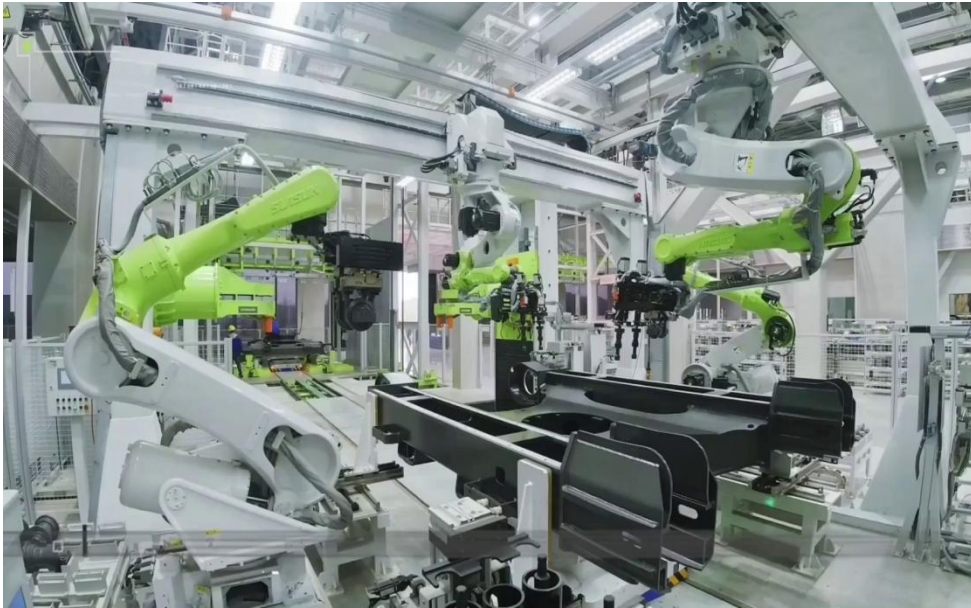


图 4 全流程智能的生产作业

生产管理：全链路智联的自驱式生产管理

创新开发三大核心技术：一是基于工序时序依赖、动态资源容量及工艺路径多样性的规则引擎；二是融合高复杂度运筹规划与深度学习算法的智能仓储配送技术；三是基于数字孪生与 AI 驱动的全时域监测技术，覆盖能源管理、碳排管控与安全安防等领域，以此打造“动态感知 - 智能决策 - 自主优化”的自驱式、全链路智联生产管理体系。同时，通过建设具备网络协同制造能力的工业互联 SaaS 平台，开发基于动态数据与智能核价模型的精准价格核算方法，构建以数据驱动与智能协同为核心的供应链高效协作共享新模式，形成从生产自驱优化到供应链高效协同的完整管理闭环，覆盖上下游 200 余家企业，引领装备制造行业向高效化、精准化、绿色化转型。



图 5 全链路智联的自驱式生产管理

运营管理：全球营销服务一体化的运营管理

采用 B2B 直销模式，以“绩效合伙、品字型”架构精简组织层级。自研 AI 营销预测模型，精准指挥全球营销活动，同时，利用 AI 技术预测设备关键零部件故障，实时掌握设备健康状态，实现全球营销、销售与售后服务的统一化、扁平化与透明化管理。此外，构建多源数据驱动、业财融合的运营管理智能体，以数字定义业务流程，打造企业“真实世界、数字世界与财务世界”三位一体的业财融合体系，形成全新的企业智能化管理体系。

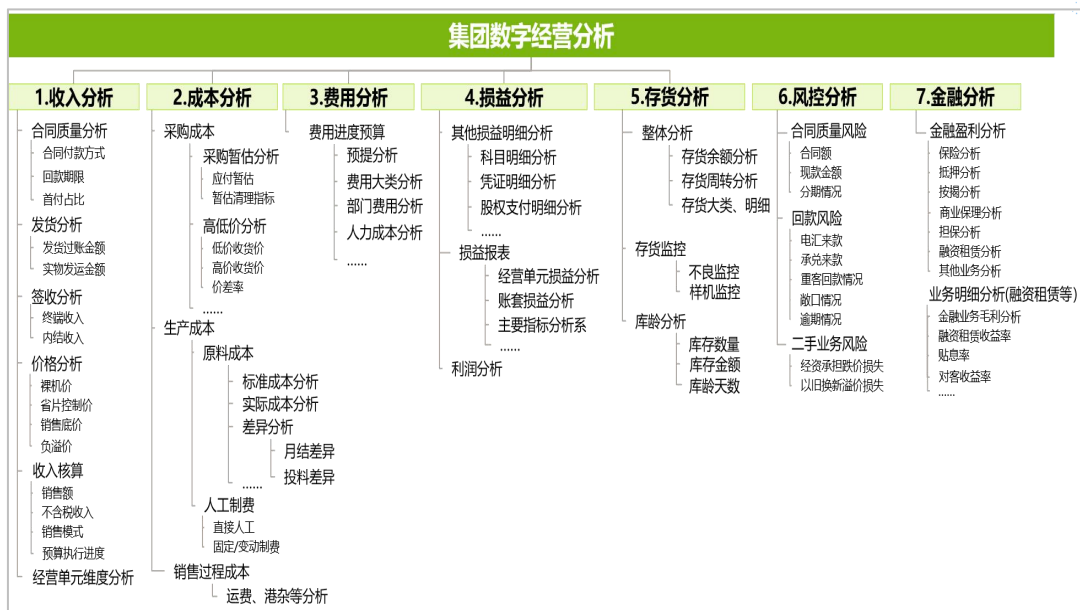


图 6 全球营销服务一体化的运营管理

【铸剑·技术攻坚】

在工厂建设方面，行业首创基于数字孪生的全型谱挖掘机混流生产与物流复杂工况的模拟优化，发明了基于需求时序预测和 AMR 自主决策的配送模型，构建了从钢板下料到整机下线“空中+地面”全连续自动物流体系，解决了多形位尺寸重型物料在分钟级节拍下混流生产中的精准配送难题。

在智能装备和系统方面，自主研制了自动翻转机构与重载双工位 RGV、大型重载上下车总成自适应柔性合装系统、大尺寸复杂构件三维焊缝全自动焊缝检测系统、回转支承柔性自适应螺栓智能拧紧系统等 60 余项智能装备及系统，实现关键工序在线分析优化、关键生产过程精准控制等自适应制造技术突破。

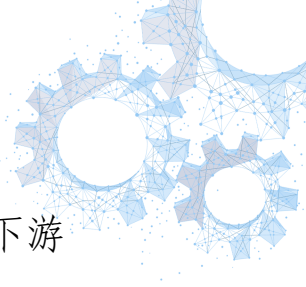


图7 大型重载上下车总成自适应柔性合装系统

在关键数智技术方面，突破了“云+边”分布式多维数据即时传输与算控技术、数据虚拟化和数据编织技术、基于人工智能与递归算法的配置 BOM 规则匹配技术、复杂结构件弱可达性检测的特征质量自感知技术等 150 余项关键数智技术，实现了全业务流程数智化管控全覆盖与人工智能应用突破，显著提升生产效能与管理水平。

【共赢·生态赋能】

在模式推广方面，以挖掘机智能工厂为“蓝本”，快速复制至中联重科工程起重机、混凝土搅拌车、高空作业车 3 大主机智能工厂，打造了适用于多品种、小批量复杂装备智能制造的“母工厂”。解决方案已推广至德国、意大利、匈牙利、白俄罗斯、墨西哥等全球 23 个智能制造工厂，打通了全球供应链网络。通过发挥“头雁”效应，带动工程机械产业链上下游智能制造协同创新，



赋能数百家产业链上游原材料和零部件供应商，服务产业链下游施工企业、租赁公司、运输公司等数十万客户。

在能力开放方面，国家、省、市级多位领导莅临挖掘机共享智能工厂考察调研，累计接待国内外访客超 30000 余人次，向全球输出可复制的智能工厂建设经验，对外赋能至能源装备、矿山机械、农业机械等 10 多个行业，形成多品种、小批量复杂装备智能制造的领航效应和敏捷制造协同新生态。

在标准输出方面，累计形成《离散型智能工厂管控一体化集成参考模型》《土方机械再制造能力成熟度评估方法》《网络协同制造平台数据服务要求》等 6 项国家标准及 54 项企业标准。

【展望·智能变革】

中联重科将持续聚焦智能化变革，深度融合新一代人工智能等数智技术与制造全过程，坚持覆盖全业务场景，推动技术突破、工艺创新、装备升级、模式深化及组织保障协同发展，力争人工智能技术应用场景比例提升至 85%，探索未来先进制造模式，保持全面引领，带动产业模式和企业形态变革。

在技术突破方面，围绕云边端智能协同、多智能体、GPU 调度等方向，依托工业互联网平台构建 AI 原生多智能体平台，构建跨系统、跨格式、跨域的统一数据逻辑视图与语义模型，形成智能化多模态数据服务架构，构建机群协同自主作业与跨场景、

跨任务泛化灵巧操作技术体系，打造可适应多任务需求的具身智能机器人集群协同作业模式。

在工艺创新方面，聚焦结构件加工、涂装前处理、整机调试三大工序，构建智能融合的工艺突破体系，系统解决焊接变形致加工精度不足、涂装参数波动影响质量稳定、整机调试效率低且误差大等关键难题，全面提升制造精度与过程稳定性。

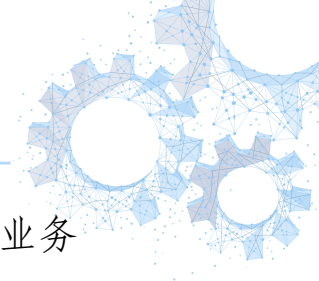
在装备升级方面，深化工厂数字化规划设计深化与数字基础设施升级，构建全数字化支撑体系，助力智能制造水平跃升。以多智能体协同决策和具身智能应用为创新抓手，在快速换产、危险作业自动化、在线智能检测、人机协同作业等领域持续发力，推动产线装备朝快速化、无人化和智能化方向升级。



图 8 具身智能机器人集群协同作业

在模式深化方面，构建全型谱智能产能共享平台，深化多主机工厂零部件资源共享中心建设，完善领先智造技术共享应用机制，持续推动中联智造生态的共享制造模式向纵深发展。

在组织保障方面，将智能体嵌入核心业务流程，打通采购、财务、人力等职能域及订单、排产、质量等生产运营域全链路数据与业务流，搭建全流程数据中枢与平台化运营体系。同时，推动组织向扁平化、自组织方向转型，压缩管理层级，培育自组织



团队；推动 IT 团队深度融合业务部门，打破协作壁垒，以业务需求为导向优化资源配置，从而全面提升管理效率、协同能力与市场敏捷性。

宝山钢铁股份有限公司——AI 驱动的高端绿色 “预测式制造” 硅钢智能工厂

【领航·工厂视窗】

企业简介：宝山钢铁股份有限公司（以下简称“宝钢股份”）是全球领先的现代化钢铁联合企业、中央企业龙头，也是全球钢铁行业智能制造标杆，在全球上市钢铁企业中粗钢产量排名第二、汽车板产量排名第一、硅钢产量排名第一，是全球碳钢品种最为齐全的钢铁企业之一。宝钢股份深耕钢铁全产业链，聚焦核心技术自主可控，引领行业向高端化、智能化、绿色化转型，是中国高端制造走向世界的核心名片。

工厂画像：以 AI 与三级数字孪生为核心引擎，构建“预测前置、全域协同、自主执行、虚实共生”的预测式制造范式，打造全场景 AI 赋能、全链条绿色低碳的全球标杆。

核心成效：以价值创造为中心，以 AI 驱动全业务链实现从“被动响应”到“主动创造”的价值重塑，推动产品研发周期缩短 30%，订单交付周期缩短 30%，成品库存量下降 50%，硅钢高等级绿色产品覆盖率达 100%。

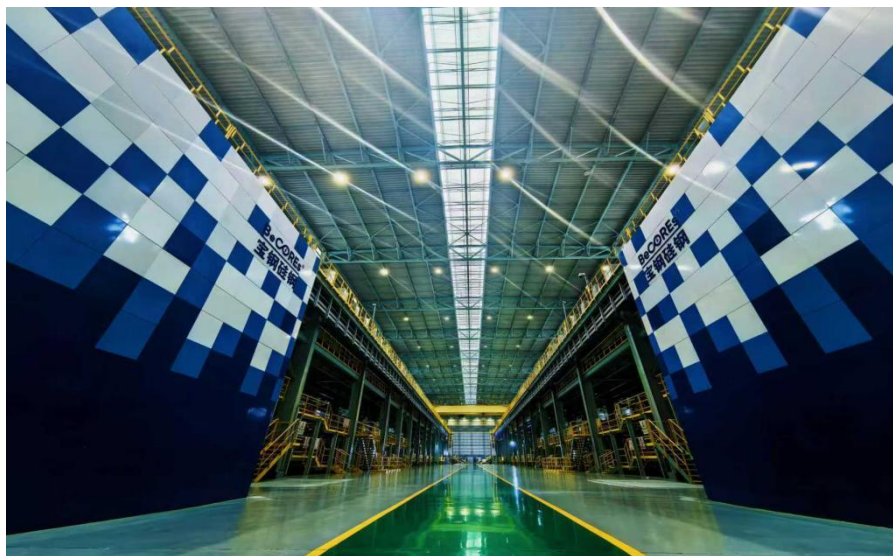
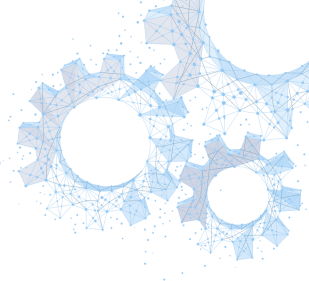


图 1 宝钢股份硅钢工厂实景

【破局·转型之路】

作为钢铁行业技术壁垒最高的细分领域，硅钢制造面临行业共性痛点与宝钢自身发展瓶颈的双重制约，痛点鲜明：一是工艺管控难度极大，硅钢生产全流程涉及 1000 余种关键工艺参数，工艺窗口窄、控制要求严，传统人工操作难以实现参数动态最优匹配；二是研发创新效率受限，高端硅钢研发依赖专家经验试错，新品研发周期长达 3 年，难以快速响应特高压、新能源汽车等战略领域的高端化发展需求，且核心技术曾受国外垄断，自主突破难度大；三是全链协同效率偏低，上下游供应链企业超 300 家，原辅料采购、生产计划、订单交付全链条数据割裂，多基地协同管控滞后，难以实现“规模生产与极致定制”的平衡；四是绿色转型压力凸显，传统生产模式能耗偏高，与国家“双碳”目标、高端制造绿色需求的适配度不足，亟须通过数智技术实现能效优

化。这些瓶颈不仅制约宝钢硅钢的全球竞争力提升，也难以支撑国家高端装备自主可控的战略需求。

为此，宝钢立足硅钢产业特性与自身龙头定位，以“AI重新定义钢铁制造、数字孪生重构生产逻辑”为核心牵引，构建具有宝钢特色的“1+6+1”领航级智能工厂建设架构，形成“痛点精准破局、路径清晰可落地、特色凸显可复制”的实施路径：以1个全栈式数智技术底座（数据+平台+算法+算力）为支撑，打破数据割裂壁垒，筑牢AI与数字孪生应用基础；聚焦6大未来制造新模式（生成式精准研发、预测式主动运营、协同式制造管理、孪生式运行管控、自主式智能操作、产业链融合化发展），针对性破解研发慢、管控难、协同弱等核心瓶颈；锚定1个高端绿色硅钢制造标杆目标，推动“绿色制造”与“制造绿色”双向赋能。同时，创新构建“三级孪生寻优、全栈AI赋能、全链协同联动”的实施路径，形成覆盖工厂建设、研发设计、生产作业、生产管理、运营管理全环节的未来制造体系，区别于传统钢铁企业的“单点智能化升级”，实现从“流程驱动”到“数据驱动”再到“AI驱动”的范式跃迁，彰显宝钢在高端硅钢领域的技术引领与战略担当。

【变革·模式焕新】

以AI与数字孪生为核心引擎，宝钢硅钢重构全链条制造逻辑，打破传统流程工业“经验驱动、被动响应、线性协同”的固

化模式，创新打造“AI 预测·数字孪生·全域协同”的领航级智能工厂新模式，形成预测式制造新范式——核心凸显“预测前置”，即需求预判先于订单、风险预判先于执行、优化预判先于问题，实现全流程自感知、自决策、自执行、自优化，围绕研发范式、生产方式、组织管理、运营服务四大维度，落地全场景创新应用，具体如下：

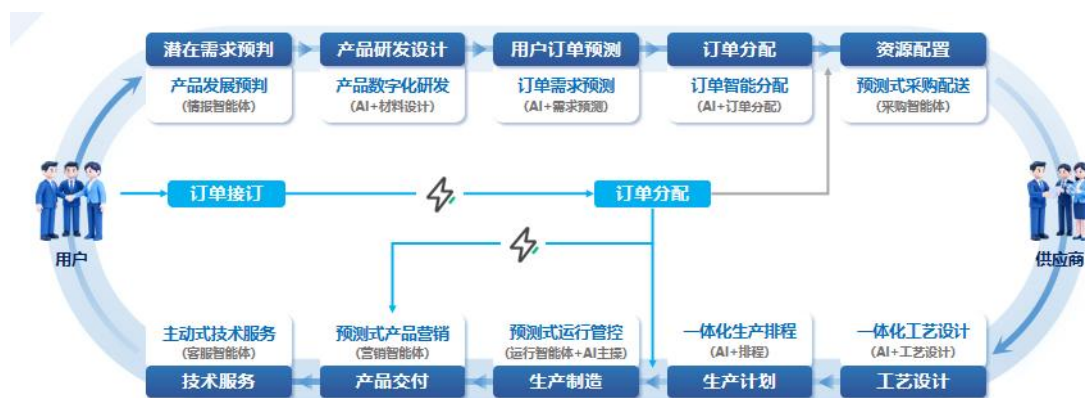


图 2 硅钢预测式制造模式示意图

工厂建设：数字孪生·虚实共生

采用“系统级、工厂级、单元级”三级数字孪生仿真，构建企业级孪生应用体系。系统级孪生贯通多基地产品经营决策与全生命周期管控，工厂级孪生实现全流程可视可控、全局优化，单元级孪生支持生产线实时监控、虚拟调试与预测性维护，异常处置效率提升 50%，为全流程智能升级筑牢基础。

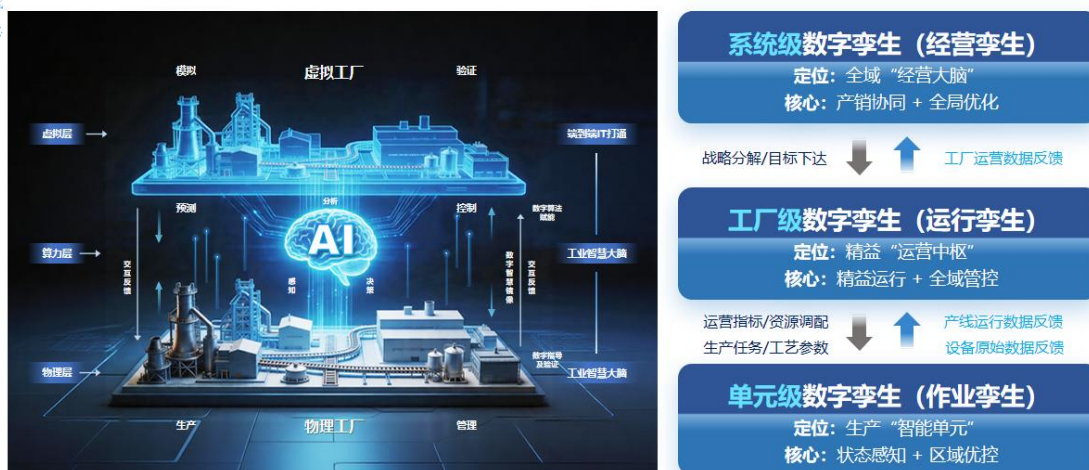


图 3 硅钢企业级数字孪生运行示意图

研发范式：AI 生成式精准研发

自研硅钢 AI 情报智能体与 AI 研发平台，构建“文献+数据+机理+专家”四维驱动体系，将“预测前置”融入研发全流程，突破“专家经验+人工试错”的传统模式，实现需求预判、生成式设计、虚拟验证、快速迭代的闭环推进。通过 AI 预判特高压、新能源汽车等战略领域的产品需求，提前布局研发方向。通过虚拟仿真优化工艺，硅钢新品研发周期缩短 30%，首发高等级牌号 27 个，首发技术 9 项，实现从“被动响应需求”到“主动引领需求”的跃迁。



图 4 AI 研发模式示意图

生产方式：AI 主操 · 自主智造

全流程部署 AI 虚拟主操，将“预测前置”嵌入生产全工序，覆盖炼铁、炼钢、热轧、硅钢全环节，融合机理模型、机器学习与操作知识，提前预判工艺参数波动、质量风险，实现复杂工艺段全自动智能控制。硅钢全流程主要机组智能控制投入率 $\geq 80\%$ ，彻底改变“人操作设备”“事后补救”的传统模式，迈向“模型自主作业”“提前防控”，大幅提升生产精度与稳定性。



图 5 高炉控制系统示意图

运行管控：自组织协同运营

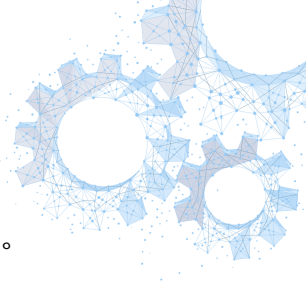
构建生产管控、设备管理、质量管控三大智能体，将“预测前置”融入组织管理核心，打破传统层级化、职能分割的组织架构，提前预判生产瓶颈、设备故障、质量隐患，实现计划排产、资源调度、能源管控自组织、自优化。跨工序一体化排程效率提升 70%，设备综合利用率提升至 95%，全流程精益化、透明化水平显著提升，彻底摆脱“被动应对”的管理模式。



图 6 SmartTPC（灵巧鱼雷车）系统

运营服务：数字钢卷·生态共赢

创新“数字钢卷”模式，将“预测前置”延伸至运营服务全链条，突破传统“产品交付即服务结束”的局限，提前预判用户使用需求与潜在痛点，向用户开放产品全生命周期质量数据，提供材料选型、仿真验证、减碳测算等主动服务。联动上下游企业开展协同优化，提前预判产业链协同瓶颈，统筹运营全环节资源，



带动产业链减碳、提质、增效，构建全球硅钢数智协同生态。

【铸剑·技术攻坚】

聚焦硅钢智能制造核心技术突破，构建全栈式技术支撑体系，实现关键技术自主可控：在核心技术方面，攻克激光刻痕、极薄规格制造、超低铁损等 80 余项关键核心技术，关键装备与工业软件完全自主可控；在 AI 技术方面，建成 900 卡智算中心，构建钢铁行业大模型与 40 多个工业 AI 模型，形成感知、预测、决策、控制全栈能力；在数字孪生方面，实现“单元级→工厂级→系统级”全域孪生，支持实时仿真、全局优化、前瞻决策；在绿色智造方面，通过绿电应用、循环废钢、AI 能效优化，打造全流程低碳制造体系，强力支撑国家“双碳”目标落地。

【共赢·生态赋能】

立足行业龙头定位，发挥领航工厂标杆效应，推动标准输出、模式复制与生态共建，带动产业链协同升级：在标准引领方面，牵头及参与制定数十项智能制造团体标准、国家标准和国际标准，构建完善的智能制造企业标准体系；在模式输出方面，以“母工厂”模式向多基地复制推广，成熟场景成功对外输出；在生态共建方面，联合上下游开展全生命周期 LCA 测算、协同设计、低碳认证，带动产业链整体升级。

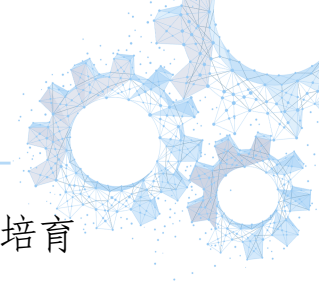
【展望·智能变革】

未来两年，宝钢硅钢将锚定“全球顶尖、世界一流”领航目标，聚焦模式深化、人工智能应用、产业带动三大核心维度，精准布局、务实发力，推动智能工厂迭代升级：

深化预测式制造模式，提升全域协同效能。深化“预测前置”内涵，推动三级数字孪生深度融合，将需求预判、风险预判、优化预判嵌入研发、生产、运营、服务全环节，打通各环节数据壁垒，完善“需求预判—精准执行—优化迭代”闭环机制；深化精益运营，优化生产计划与资源调度，推动多基地协同管控提质增效，进一步缩短订单交付周期，提升库存周转率，实现全链条运营效率提升。

强化人工智能应用，筑牢技术引领优势。升级智算中心算力至 1200 卡以上，优化钢铁行业大模型，新增 20 余个工业 AI 模型，覆盖研发、生产、质量、能耗等核心场景；深化 AI 虚拟主操全工序应用，推动 AI 从“辅助决策”向“自主操作”升级，攻关 AI 生成式设计等关键技术，AI 场景应用覆盖率 90%，核心工序 AI 自主操作率 90%，新品研发周期进一步缩短，巩固全球技术领先地位。

强化产业带动作用，构建全球硅钢生态。深化“母工厂”模式，向宝钢内部多基地及外部企业复制成熟智能场景，输出全流程智能制造整体解决方案；进一步完善硅钢智能制造标准体系，牵头新增多项团体标准、国家标准及国际标准；拓展“数字钢卷”



运营服务场景，联合上下游开展低碳协同，开放技术与人才培育能力；在行业示范方面，发布多项行业白皮书，举办领航现场会，成为全球流程工业智能制造典范。

南京钢铁股份有限公司——产业链深度协同的 特殊钢个性化定制智能工厂

【领航·工厂视窗】

企业简介：南京钢铁股份有限公司（以下简称“南钢”）始建于1958年，是年产千万吨级优特钢的行业领军企业，已建成国际一流的中厚板、特钢长材、复合材料以及国防装备材料精品基地，现拥有9%Ni钢、超高强耐磨钢、抗酸管线钢、高等级特种船用型钢等4个国家制造业单项冠军产品，承担国家重大项目50余项，主持或参与制定国际、国家、行业标准120余项，拥有有效专利3800件以上，获得国家及省部级科技奖100余项（国家科技进步奖二等奖6项）。围绕钢铁主业，培育形成了金恒科技、金元素、宿迁金鑫等13个国家级及省级专精特新企业。

工厂画像：以“JIT+C2M”模式打破“以产定销”传统，实现“客户需要什么就生产什么”，成为流程型制造业个性化定制与产业链深度协同的领航标杆。

核心成效：订单准时交付率从88%跃升至98.5%，不良品率降至0.8%，新产品研发周期缩短50%，单位产值综合能耗下降12%，产业链总拥有成本降低9%，交付周期缩短15%。



图 1 南京钢铁

【破局·转型之路】

特殊钢行业长期面临着一道“不可能三角”难题，南钢将其概括为“一多、两长、三高”。一多，是品种多、批量小。南钢拥有几千种钢牌号，客户定制化需求近乎“一单一策”，每一块钢板都可能拥有独一无二的“身份证”，这对柔性生产提出了近乎极限的挑战。两长，是产业链长、制造周期长，从铁矿石到成品钢板，跨越原料、炼铁、炼钢、轧钢等工序，涉及数百家供应商，传统模式下，信息孤岛林立，交付周期冗长，产业链协同步履维艰。三高，是技术要求高、安全风险高、质量门槛高。产品应用于轨道交通、船舶及海洋工程、石化、建筑桥梁、工程机械等领域，性能稳定性不容分毫差错，钢铁生产高温、高危，人为操作误差难以避免，而客户对质量的苛求，更是一道必须守住的底线。在

全球化竞争与深度定制成为主流的今天，传统制造模式已无法兼顾“多品种、快交付、高质量”的时代命题。破局，别无选择。

面对困境，南钢走出一条“一切业务数字化，一切数字业务化”的战略路径。“一切业务数字化”，是将生产、运营、管理、决策等所有业务活动，通过数据采集、互联互通、在线协同，变成可感知、可计算、可优化的数字世界映射。“一切数字业务化”，则是让沉淀下来的数据反哺生产、优化工艺、预判风险、驱动决策，让数据成为业务的“第二大脑”，同时，将可复用的数据能力与解决方案对外输出，让数字化从成本中心走向价值中心。一言以蔽之：数据从业务中来，回到业务中去，最终超越业务。

战略路径如何落地？南钢的回答是以“数据治理+工业互联网+人工智能”三引擎驱动为技术骨架，构建起覆盖“设备—产线—工厂—企业—生态”的五级数字孪生体系。从一台设备的振动曲线，到整座工厂的运转脉搏，再到产业链的协同脉动，物理世界的每一个细节都在数字世界拥有孪生的“镜像”。而统领这一切的，是南钢独创的“一脑三中心”顶层架构。

“一脑”即智慧运营中心，是行业首个跨空间、跨边界、跨组织的“钢铁工业大脑”。它汇聚全量数据，运行 AI 模型，让数据成为新的生产力，实现对全工厂的集中监控与智能调度。“三中心”，则是分步投用的铁区一体化中心、板材全流程智造中心及能源管控一体化中心。铁区一体化中心，将高炉、烧结、焦化等工序集中管控，让铁前成本与效率实现质的飞跃；板材全流程智

造中心，贯通从板坯到成品的每一道工序，让数据流引领物质流；能源管控一体化中心，则对水、电、气、风等能源介质进行全局优化，让每一度电、每一立方米煤气都发挥最大价值。

“一脑三中心”不是冰冷的系统堆叠，而是南钢赋予工厂的“神经系统”——感知、传导、思考、行动，环环相扣，生生不息。

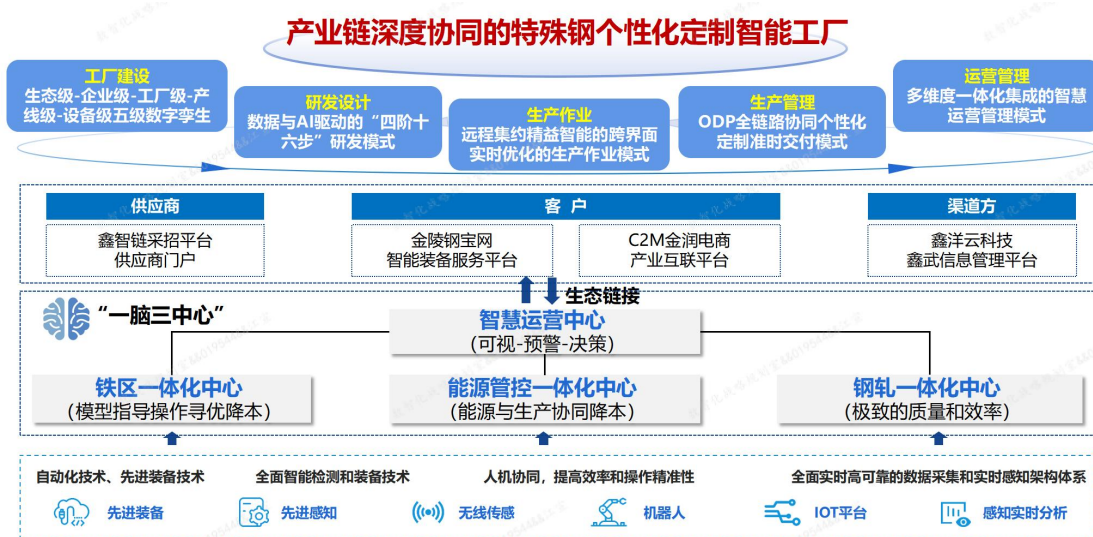


图 2 智能工厂整体架构

【变革·模式焕新】

南钢以“JIT+C2M”为核心引擎，将数字孪生、人工智能等数智技术深度嵌入全价值链，围绕工厂建设、研发设计、生产作业、生产管理、运营管理五大环节，一场从骨骼到神经的全面重塑悄然完成。

工厂建设：从“钢筋水泥”到“虚实共生”

南钢没有把工厂仅仅看作厂房与设备的集合，而是将其打造为一个可感知、可计算、可进化的数字生命体。百万级工业数采网络实现毫秒级实时感知，可信数据空间与多模态融合平台将异

构数据治理为统一语言，盘古底座与 GPU 集群支撑 AI 大模型全生命周期，由此构建了贯通“原料—炼铁—炼钢—轧钢—成品”的全流程数字孪生，累计建成原料、铁钢、轧钢、成品、公辅、园区六大集群 93 个孪生模型，模型平均帧率超过 35 帧，数字镜像不仅是“看”，更是“预演”与“优化”。



图 3 全流程数字孪生

研发设计：从“经验试错”到“智能验证”

南钢打破传统“炒菜式”试错，构建数据与 AI 驱动的智能闭环。打造了贯穿“需求输入 - 智能设计 - 数字验证 - 生产反馈 - 持续优化”的完整研发闭环流程。协同行业伙伴建立钢铁材料基因库，持续链接内外部知识、洞察产业链趋势，沉淀钢铁行业核心知识资产。以“云仿真+数字试错”替代传统物理实验，通过材料性能预测、工艺升级优化、质量动态补偿等多维突破，实现研发周期缩短 50%。同时融合客户端材料使用数据，高效衔接研发设计，确保研发活动精准响应定制化需求，构筑起支撑高端特钢产品快速、高效、高质量孵化的智能研发体系。



图 4 数据与 AI 驱动研发模式革新

生产作业：从“人机分离”到“人机共舞”

南钢打破传统车间物理边界，通过能源集控中心、铁区集控生产中心、钢轧集控中心，实现跨工序、跨区域的远程集中操控与一体化调度。操作人员无需再奔波于高温嘈杂的现场，而是可以在集控中心远程完成炼铁、炼钢、轧钢的全流程监控与干预，极大提升了管理效率与安全性。同时，集约化的生产组织实现了铁、钢、轧之间的高效协同，减少中间等待与资源浪费。通过智慧炼铁、智慧炼钢和智慧轧钢等模型集群应用，以数据驱动每一道工序的精益化运行。例如在“加热炉-轧机”全流程闭环中，基于在线温度、尺寸、表面状态感知，动态优化加热炉温控策略与轧机压下规程，实现毫秒级响应与精准控制。在设备智维层面，利用数字孪生技术将关键设备精细拆解至零部件级，建立“设备—部件—备件”全生命周期关联图谱，结合 AI 预测实现预测性维护，避免非计划停机。在质量管控层面，构建四道质量防线

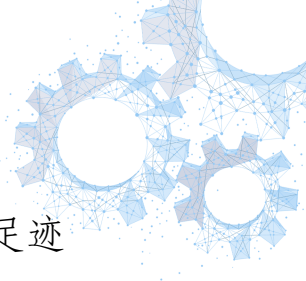
——“事前预报、事中检测、闭环优化、事后反哺”，让每一件钢材都行驶在“质量高速公路”上。通过远程集约精益智能的跨界面实时优化及全链路协同，推动特殊钢大规模标准化生产向个性化定制的转变。



图 5 生产作业模式变革

生产管理：从“单点调度”到“全链协同”

面对多品种小批量带来的生产组织困难与资源平衡挑战，南钢以合同为主线，集成 ERP、MES 及底层数据，融合从炼铁到热轧的全工序约束条件，通过多目标多约束一体化排程系统，应用智能算法实现自动组炉组浇与热轧智能排程，同时建立风险预警、紧急协调与周期分析机制，打通合同、需求与生产联动的闭环。由此，订单准时达成率提升至 98.5%，大宗原燃料库存周转率超 7 天，备件实现 MRO 近零库存，向生产过程近零浪费、近零库存的目标持续迈进。在能源与碳管理方面，南钢构建了“生产—输配—使用”全生命周期优化模型，通过智慧能源管控平台实现极致能效优化，新水消耗下降 10%、吨钢电耗下降 10 度、自发电比例提升 5%、吨钢能耗降低 1.8%；同时建立碳排放总量—强度—减排量的精准核算体系，依托钢铁产品全生命周期评价



(LCA)及碳足迹计算系统,实现企业千余类别钢铁产品碳足迹的全覆盖追踪,并已为百余家产业链合作伙伴提供碳数据服务,为近零排放目标提供核心支撑。

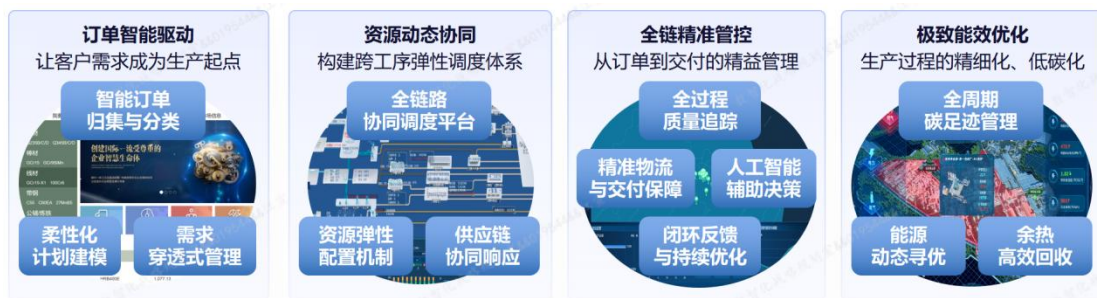


图 6 生产管理模式变革

运营管理：从“经验决策”到“智能体驱动”

南钢将智能化触角延伸至企业的每一个管理末梢,打造了钢铁行业首个覆盖业务最广、数实融合最深的“智造、经营、生态”集群式一体化中心,沉淀 5000 余条业务规则,推动研产供销各环节全要素、全流程、全价值链的优化,实现运营管理少人化智能化。在财务领域, AI+RPA 机器人组成了财务智能体,替代高频重复性操作,实现了业务流程自动化、数据自动抓取、财务报表自动产制。在市场研判方面,创新构建了六大品种的市场研判框架体系,通过“人工智能+专家预测”双维度模式,市场研判准确率提升 20%。AI 客服 7×24 小时在线响应,通过智能对话精准理解客户需求,客户满意度持续提升。智慧大监督平台部署 200 余个预警模型,实时感知运营风险。联合中石化、斯凯孚等伙伴建立“互为供应商”的协同网络,实现能力互补、风险共担、价值共享。通过 GMS 平台和“JIT+C2M”模式与下游客户系统直连,实现车间级互联,让客户黏性与价值共创能力持续放大。



图 7 南钢智慧运营中心

五大环节，环环相扣。南钢用数智化将钢铁制造从一个“黑箱”打开为一个透明、可预见、可优化的生命体。这不是炫技，而是对制造本质的深刻回归：让每一块钢铁，都承载着数据的温度与智慧的力量。

【铸剑·技术攻坚】

在迈向领航级智能工厂的征途中，南钢始终将核心技术牢牢掌握在自己手中。

在装备创新方面，依托金恒科技、金宇智能等智能化子公司，协同科研院所联合研发一批冶金工业首台套智能装备，其中金相智能检测、相控阵探伤、连铸加保护渣机器人 23 种智能装备为行业首创。



图 8 装备创新

在工艺创新方面，全球首创“加工前置式”高精度耐磨钢加工工艺、定向凝固铸坯装备和工艺等，变革传统钢铁产品加工流程，215 个产品（技术）达到国际领先或先进水平。

在 AI 技术方面，发布“元冶”钢铁大模型，是行业首个专业领域大模型架构，构建了覆盖研发、工艺、生产、设备、质量、能源等十余个行业高质量数据集，研发覆盖质量检化验、工艺优化、设备智维、市场采购等多个场景的智能算法，累计上线 AI 模型超过 100 个，让算法真正成为钢铁生产的“新引擎”。

【共赢·生态赋能】

领航级智能工厂的价值，不仅在于自身的高效与卓越，更在于对整个产业链的辐射与带动。

在标准输出方面，南钢在智能工厂建设过程中，围绕数据接口与通信，生产、物流、销售、服务等领域，以及供应链风险防范等方向，牵头或参与制定 35 项国家、行业及团体标准，其中国标 7 项。包括《网络协同制造平台数据服务要求》《钢铁行业

高级计划排程系统（APS）规范》等，并在具体场景建设中实现应用。

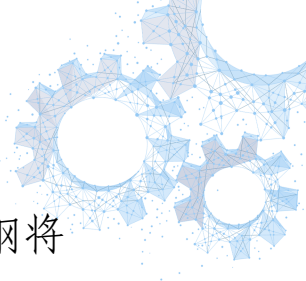
在能力开放方面，南钢通过金恒科技、鑫智链、金字智能、金智工程、金久恒等高科技平台公司，将自身在数字化转型中积累的技术、经验和解决方案体系化地对外输出。目前，南钢的智能制造解决方案已成功应用于超过 100 家企业，不仅涵盖钢铁同行，还延伸到有色、化工、装备制造等多个领域，形成了良好的行业示范效应和辐射带动作用。

在生态协同方面，南钢依托国家数据局 2025 年可信数据空间创新发展试点项目，牵头成立“钢铁产业链可信数据空间联盟”，联合产业链上下游伙伴，围绕供应链协同、智能制造、市场预测、研发质量与客户服务五大核心场景，构建具有钢铁产业特色的数据产品与服务体系。

【展望·智能变革】

站在领航级智能工厂的新起点上，南钢的目光已经投向更远的未来。面向“十五五”，南钢将实施五大行动，推动智能制造从“感知智能”向“认知智能”跃升。

第一，数据底座再夯实。南钢将推动数据治理从“业务贯通”向“AI 就绪”升级，围绕 AI 大模型训练需求，构建标注精准、场景对齐、时序完整、知识密度高的钢铁行业高质量数据集，让数据真正成为 AI 的“燃料”。



第二，AI 赋能再深化。以“元冶”大模型为引擎，南钢将拓展 AI 在研发设计、工艺优化、质量预测、能效管理、设备运维等核心场景的闭环决策能力，让机器不仅“看得见”，更能“想得明白、做得精准”，实现从辅助决策到自主决策的历史性跨越。

第三，产线智造再突破。南钢将率先在行业内建立产线级智能成熟度评估标准，对工厂内所有产线进行精准画像、分级诊断，实施“一线一策”的提升计划，最终推动所有产线整体达到领航水平，让领航级智能工厂的每一根“毛细血管”都充满智慧。

第四，生态协同再升级。依托可信数据空间试点，南钢将构建产业链智能决策大脑，实现需求预测、研发协同、生产调度、物流优化等场景的跨企业智能调度，推动产业链协同从业务联通向智能决策升级，打造共生共荣的产业智能体。

第五，数字文化再培育。南钢将通过内部活水、挂职锻炼、专项培训等多种方式，加快培养一批既懂钢铁工艺又精通 AI 技术的复合型领军人才，让“数字工匠”成为南钢最硬核的竞争力。

预计到 2028 年，南钢将实现全流程人工智能应用覆盖率超过 85%，合同兑现率提升至 94.5%，定制配送订单到货率达到 99.8%，产业链协同效率再提升 30%，成为全球钢铁行业智能化变革的“中国样本”。

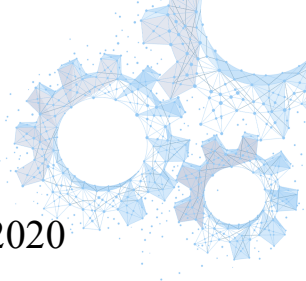
海尔中央空调有限公司——全流程定制化服务 与智慧集成智能工厂

【领航·工厂视窗】

企业简介：青岛海尔中央空调有限公司成立于 2015 年，专注于提供全空间的专业空气解决方案，是中央空调行业中致力于专业、智慧与节能的技术品牌。公司拥有 5 大产品群、16 大产品系列、上千种型号，产品涵盖商用空调、家用空调、多联机、冷水机组及新风机组等。作为海尔集团的重要业务板块，其历史可追溯至 1993 年，是中国首家进入中央空调领域的企业，在发展中相继推出了国内首台家庭中央空调、首台磁悬浮离心机以及行业首个云服务平台。

公司核心主导产品——磁悬浮离心式中央空调，2024 年全球市场占有率达 23.6%，已连续 7 年稳居全球第一。2024 年，公司主营业务收入达 84.94 亿元人民币，保持持续增长态势。生产基地拥有 7 条总装线、4 个模块化生产区及 5 大全球互联实验室，年产能达 35 万台。公司产品与解决方案已广泛应用于酒店、医疗、工业、轨道交通、数据中心及集中供热等领域，致力于为客户提供智慧、节能的全空间空气解决方案。

工厂画像：以用户最佳体验为目标，实现工厂全流程全要素全生命周期 AI 赋能决策，满足客户个性化定制需求。



核心成效：公司 2017 年 9 月入选国家第一批绿色工厂，2020 年智慧节能产品荣获国家科技进步奖，2022 年 1 月入选国家第一批智能制造试点示范工厂，2023 年 8 月入选专精特新“小巨人”企业及山东省制造业单项冠军企业、技术创新示范企业、瞪羚企业、绿色供应链管理企业等荣誉资质。2025 年 2 月入选国家卓越级智能工厂，同年，由公司主导制定的国内首个《无油悬浮离心式冷水（热）机组》国家标准正式落地，填补行业空白。新国标将机组能效提升 50% 以上，用户年运维成本降低 30%，为建筑低碳转型按下加速键。

【破局·转型之路】

为满足酒店、医疗、数据中心等公司用户多元化场景需求，公司在中央空调产品技术上不断革故鼎新，而高端定制化的产品特点与动态离散制造模式又使得公司正面临“多品种、小批量、高定制”的核心挑战。在研发设计端，核心末端产品的定制率达到 100%，形成了“一单一设计”的独特生产模式；在制造端，公司每年需处理 2000TB 级的定制数据，每天面临 70 次的频繁生产扰动，这种大规模个性化定制模式对传统标准化生产体系提出了新的挑战。

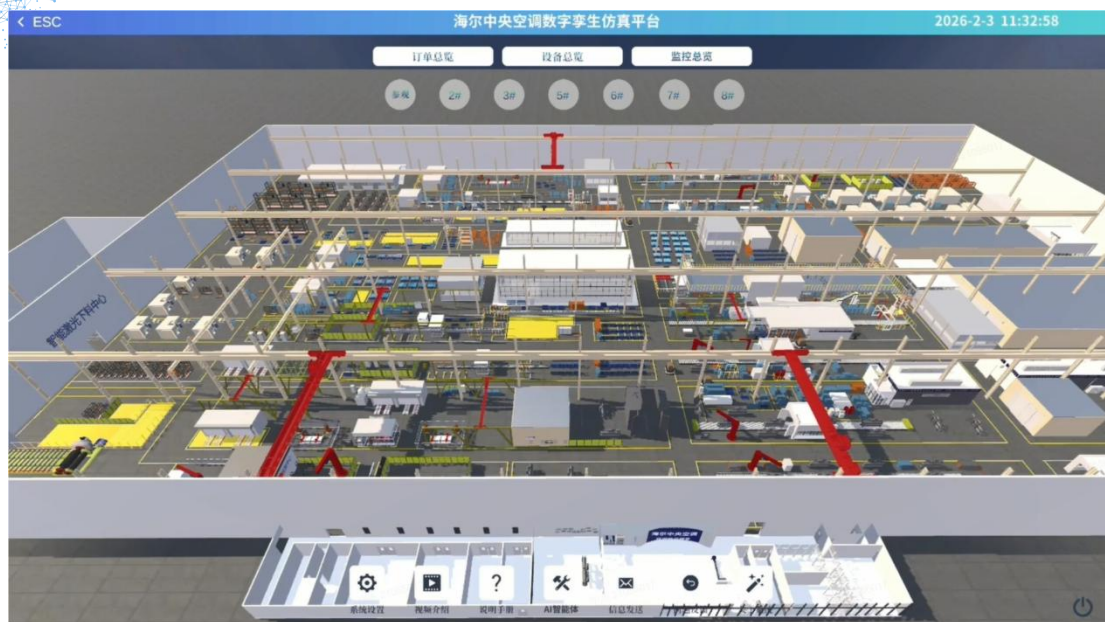
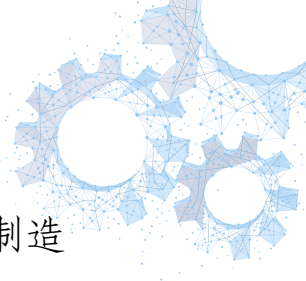


图1 海尔中央空调在数字化转型中面临的挑战

在公司内部，实现数字化转型的主要瓶颈集中于信息流转与决策机制层面：一方面，海量的客户定制信息分散各处，形成“数据孤岛”，难以高效整合与利用；另一方面，从订单接收到生产交付高度依赖人工进行信息传递与决策，导致整体效率低下、易出错且市场响应迟缓，这已成为制约公司发展柔性化生产能力和实现持续增长的关键障碍。

因此，为了突破上述高端定制化市场中“多品种、小批量、高定制”特点所带来的生产瓶颈，海尔中央空调制定了以 HMOS 为核心的智能工厂战略，旨在构建一个能“消化”海量个性化订单数据并驱动从订单到交付全流程自动决策的“智慧生命体”。其实施路径遵循“OT→IOT→数字孪生→AI 智能体”的递进逻辑：通过设备互联夯实数据基础，经由物联网平台融合多源数据、打破信息孤岛，在此基础上构建数字孪生体进行全流程模拟优化，最终引入 AI 智能体实现从需求解析、智能排产到资源调度的自主



决策闭环。这一路径将海尔在产品端的“智慧”基因深度植入制造端，推动其从“满足定制”向“高效、精准、零失误满足定制”的范式飞跃，从而稳固其全球高端市场领先地位。

【变革·模式焕新】

从设计到制造的全链路 AI 数智化重构是海尔中央空调转型之路上的主要抓手。公司依托海尔集团自研的 AI 协同底座与全流程数据贯通机制，将数百个型号的个性化需求直达生产调度工位，实现从“人工经验”到“数据与大模型驱动”的自主决策，构建起高效联动的“工业生命体”。具体而言，海尔中央空调模式焕新包括研发模式创新、生产模式创新以及组织管理与运维服务创新三个方面。

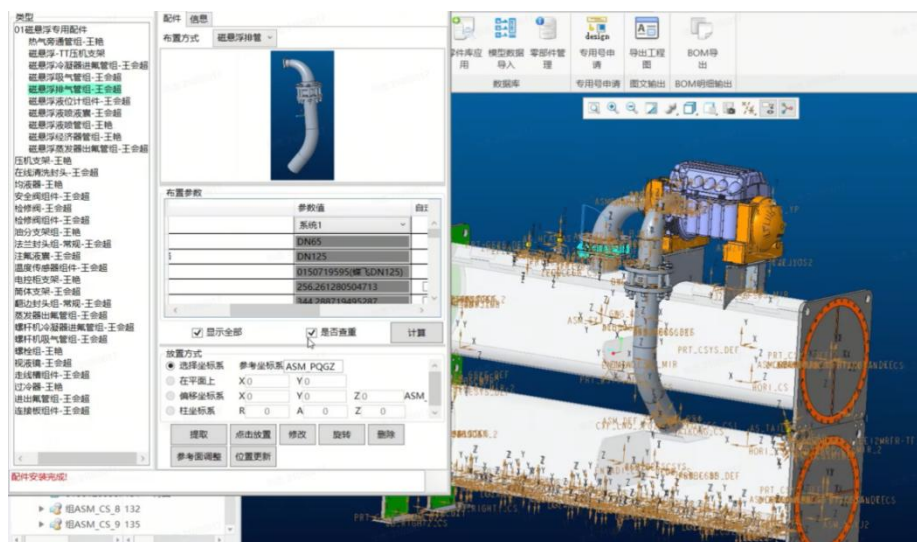


图 2 海尔中央空调产品 AI 智能选型设计平台

在研发创新上，提出了从“瀑布式”到“用户直驱、数据决策”的研发模式与方法体系。该方法体系颠覆了传统研发模式中单向、线性的研发流程，构建了以用户需求为起点、数据智能驱动的敏

捷研发范式，首先通过线上交互平台，将数百个型号的产品与用户对温湿度、静音、洁净度的严苛需求直接、高效地匹配锁定，实现用户需求直连。在此基础上，针对用户需求进一步利用几何相似性算法，对设计过程中复杂约束条件进行快速计算与模拟，AI自动生成并优化最佳设计方案，将传统方案设计周期大幅压缩90%以上。推动研发体系由依赖专家经验的传统决策模式，向以数据与算法为核心支撑的智能决策体系演进。

在制造创新上，提出了从“大规模制造”到“AI赋能的大规模定制”的生产模式与方法体系：面对“一单一设计”的高端定制需求，海尔通过全流程数字化与智能化，实现了定制产品的规模化高效生产。首先从AI设计平台、控制塔到智能生产设备，订单数据无缝流转，消除了信息孤岛实现全流程数据贯通。在此基础上通过AI驱动的智能加工设备，实现了生产线的“无缝换产”，能够快速识别和加工不同定制订单的部件，并通过AI视觉检测保障质量，实现制造端的柔性智能生产。最终通过智能一键排产系统将订单直接下达至供应商，AI算法精准调度物流，实现了从生产到交付现场的“无缝对接”，最终将行业常规35天的交付周期缩短至15天。



图3 海尔中央空调无界运维平台

在组织管理与运维服务上，实现了从“部门墙”到“一体化高效协同”。为应对 20 天的极限工期，中央空调构建了以项目为中心、跨研发、生产、供应链、物流的“端到端”敏捷团队，确保信息实时同步与决策高效。项目对空调系统可靠性与洁净度提出了极高要求，驱动运维模式从被动响应向预防性、预测性主动运维转型升级。此外，依托自研云服务平台，能够对室内的空调运行状态（温湿度、能耗、设备健康度）进行实时监控与智能调控，并通过高效杀菌净化等功能保障空气品质。

【铸剑·技术攻坚】

在高端产品技术方面，构建了从源头技术创新到敏捷智能制造的完整闭环。首创的无油悬浮技术，彻底摒弃了传统中央空调不可或缺的润滑油系统，通过使压缩机转子实现无接触、无摩擦

的悬浮运转，从根本上消除了因润滑油带来的三大行业痛点：系统能效随运行衰减、维护复杂成本高昂，以及潜在的油路环境污染风险。该技术不仅显著提升设备运行能效与使用寿命，更指引产业升级方向。更进一步，将技术优势转化为行业规范，主导制定无油悬浮标准，以 AI 算法驱动智能运维，推动全球中央空调产业迈向高效、绿色、免维护的可持续发展之路。

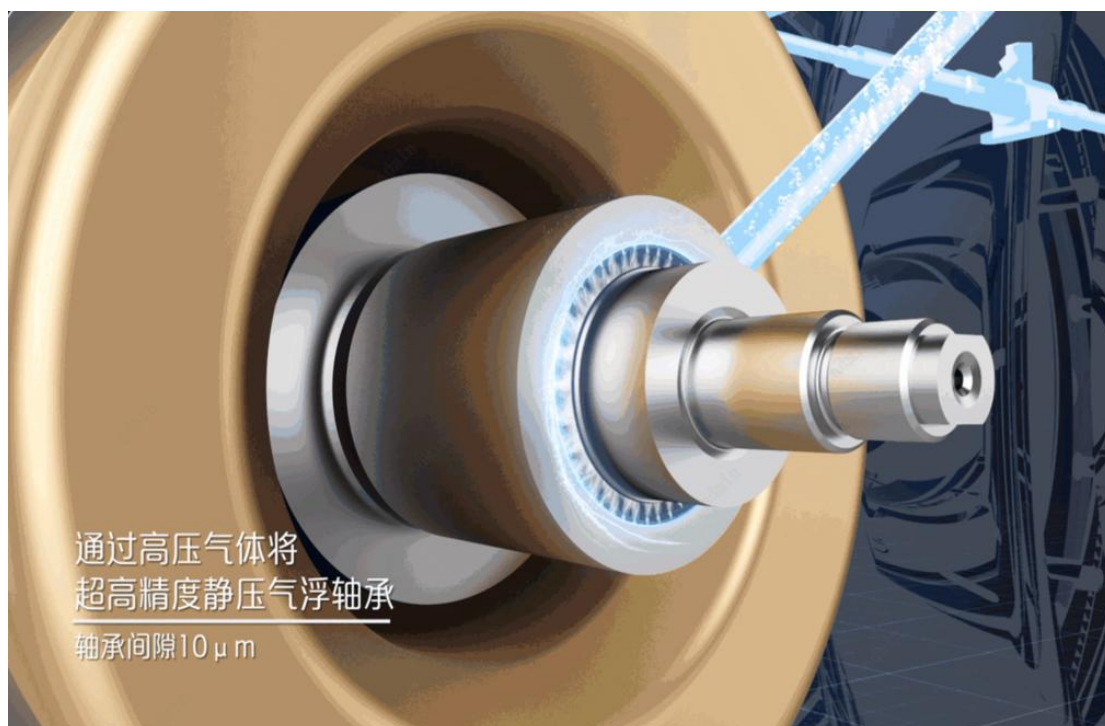
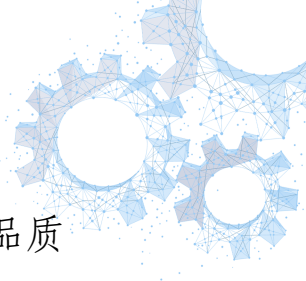


图4 海尔中央空调超高精度静压气浮轴承

在高端制造技术方面，基于多模型协同打造了以 H-Work 智能排产技术为核心的数字化生产体系。该系统能够高效处理高端市场“一单一设计”产生的海量定制数据，通过 AI 算法实现从订单接收到生产交付的全流程智能调度与资源优化。在具体生产环



节，机器人视觉胀管等自动化技术的应用保障了精密制造的品质与效率。同时，产品开发基于几何相似性原理对部件库进行模块化设计与高效复用，成功将定制部件的设计时间从传统的数小时缩短至 20 分钟。自研的 H-work 协同平台，拉通了产品的全生命周期节点，共同构成了一个响应迅速、精准柔性的智能制造系统。

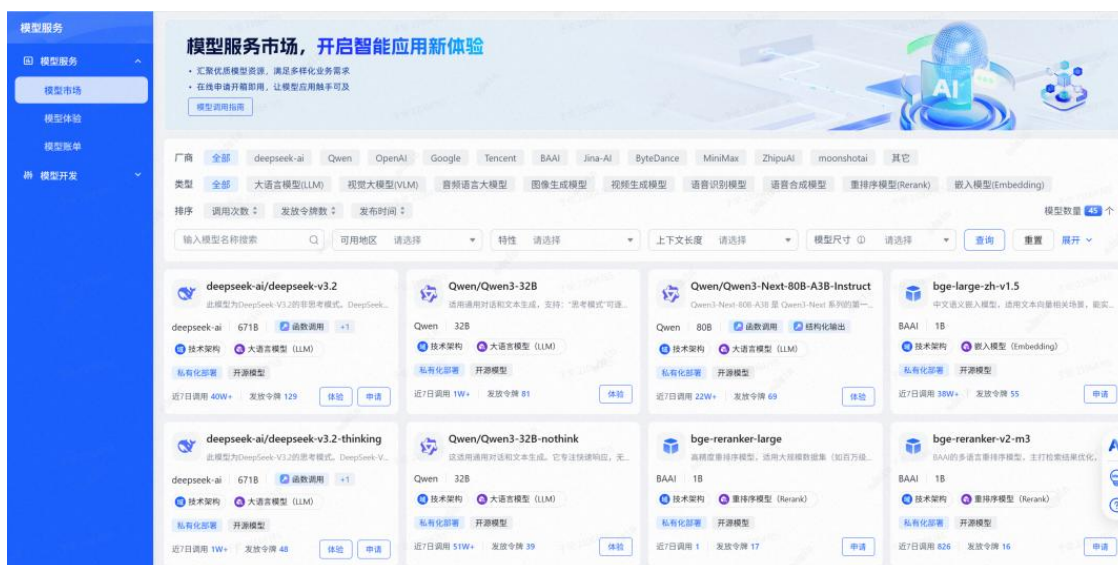


图 5 海尔模型服务市场

【共赢·生态赋能】

在生态赋能方面，构建了一套从标准建立到生态赋能的完整闭环，其核心在于通过标准化、平台化和可复制的模式，将内部验证成功的智能制造能力向全社会开放。作为集团内创新最强的样板，工厂不仅完成了先行先试，还输出了首个智能工厂建设标准方法论，为后续的规模化复制奠定了坚实的标准化基础，推动智能工厂的建设经验固化为可执行、可评估的体系。

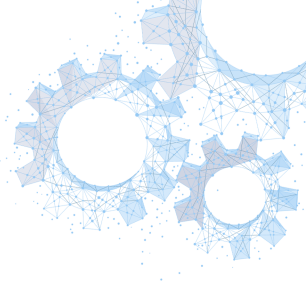
在能力开放层面，公司通过 COSMOPlat 工业互联网平台，将自身在高端定制、精密制造、集成化等方面的核心实践，转化

为可对外提供的数字化解决方案。这一平台化能力已成功辐射至化工、服装、汽车等 15 个行业，并在全球 20 多个国家推广应用，累计赋能企业超过 16 万家，助力实现数字化转型与升级，展现了强大的跨行业赋能价值。



图 6 卓越级智能工厂-海尔上海洗衣机工厂

在模式复制方面，实现了多层次、高效率的业务拓展与赋能。在集团内部，智能制造范式已在 5 大产业成功复制，并推动 5 家工厂入选卓越级智能工厂名单。在集团外部，带动上下游 200 多家企业协同发展，智能工厂标准更已推广至全球 122 家工厂。对外，通过 COSMOPlat 平台，将“海尔制造范式”对外输出，为各行业提供了定制化转型方案，并打造多个国家级专精特新“小巨人”企业。绿色节能模式的成功复制，助力获取 2 个国家级零碳园区认证。最终通过标准、能力与模式的三重输出，形成了可内可外、共创共享的产业生态赋能新范式。



【展望·智能变革】

在未来的模式深化与持续变革方面，公司将始终致力于推动制造范式从“人决策”向“AI决策”的根本转变。通过构建覆盖服务、市场、供应链、智造与设计的全流程 AI 决策模型，实现关键业务节点的智能化。达成个性化定制 100% 不入库率，并将 OTD 缩短 50%。



图 7 AI 驱动下的大规模定制制造范式

在人工智能应用层面，未来的建设核心是智能体自主决策体系的建设。规划部署研发、采购、制造、供应链、物流、质量六大专业智能体，使其在各自领域形成自主分析与决策能力。同时，通过构建设备、产线、工厂层级的数字孪生模型，在虚拟空间进行仿真、预测与优化，从而大幅减少物理世界的试错成本与人力干预，实现人力成本下降 30% 的目标。

在组织保障方面，为确保上述技术布局的落地，目前已制定专项保障方案：成立包括专家委员会、平台赋能组、技术工作组在内的专项组织。投入专项资金用于高性能数字孪生、系统集成

等能力建设。并配套了从领军人才到高级工程师的详细人才培育体系，以提供坚实的组织、资金与人才支撑。

长飞光纤光缆股份有限公司——面向极致工艺的棒纤缆全产业链一体化智能工厂

【领航·工厂视窗】

企业简介：长飞光纤光缆股份有限公司（以下简称“长飞光纤”）创立于1988年，是原国家邮电部牵头成立的中国光通信行业首家中外合资企业。1991年，长飞光纤生产出中国第一根量产光纤，填补国内商用光纤光缆生产空白，开启了民族光通信产业的发展之路。作为全球唯一一家集VAD/OVD/PCVD三大预制棒平台、光纤和光缆全部装备自主开发的企业，长飞光纤现已拥有行业最完整的棒纤缆系列化产品，并在新型光纤和下一代光纤研发上保持国际领先。2016年起，公司三大主营业务——光纤预制棒、光纤、光缆市场份额全面实现全球第一，如今累计交付光纤已超12.78亿芯公里。

工厂画像：以全流程装备与系统安全可控和AI驱动的生产运营决策为核心支撑，覆盖棒纤缆全产业链一体化智能工厂，实现超大尺寸、超高速率、超高质量的极限制造与全球敏捷交付。

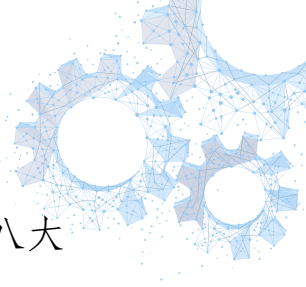
核心成效：长飞光纤以AI重构“棒-纤-缆”技术体系，实现了从工艺-成套装备-控制软件-工厂执行系统-产品的系列化攻关突破，OVD预制棒单台产能优于世界领先水平数倍；光纤拉丝速度达3500m/min，全球第一；光纤合格率99.8%，行业领先。

【破局·转型之路】

光纤光缆是国家信息基础设施建设的核心战略资源，承载着全球 90% 以上的数据传输。长飞光纤所处的光通信行业呈现“一高三长”的核心特点：一是技术门槛高，光纤预制棒制备涉及气相沉积、等离子体化学等复杂物理化学过程，工艺控制精度要求极高；二是工艺链条长，从预制棒到光纤再到光缆，涉及 VAD/OVD/PCVD 三大主流工艺、几十道精密工序；三是投资周期长，单台套核心装备研制周期长达数年，产线建设投资巨大；四是技术迭代周期长，从跟跑到领跑需要持续十余年技术积累。长飞光纤通过技术创新与智能化升级突破全链条技术瓶颈，历经十余年持续建设，实现了从“受制于人”到“能力输出”的跨越。

【变革·模式焕新】

长飞光纤立足全球化战略布局，以数字孪生与人工智能构建核心数字底座，以打造面向极致工艺的棒纤缆全链条一体化智能工厂为核心抓手，以技术领航和模式领航两大目标，创新端到端生成式研发模式、极限制造工艺智能控制模式、棒纤缆一体化敏捷交付模式、全球母工厂协同运营模式，深度培育多学科仿真设计、自主装备研制、两级闭环自适应工艺控制、超大规模柔性制



造、设备预测性维护、绿色智造、营销洞察、运营超自动化八大能力。

研发设计：多学科仿真建模和生成式光缆结构设计

光纤预制棒制备涉及气体流动、传热、化学反应与硅颗粒沉积等复杂过程，存在多学科强耦合难题。长飞光纤搭建预制棒沉积多物理场数值仿真平台，通过多学科温度场、气流场、电磁场仿真建模，解析火焰燃烧沉积和等离子沉积的物理化学机理，发明了新型 VAD、OVD、PCVD 高效沉积技术，突破传统预制棒制备工艺效率低、尺寸做不大的行业瓶颈。

面对客户定制化需求，长飞光纤首创光缆智能工艺系统，整合光纤性能、材料特性、设备历史参数、产品标准及历史经验等多维工艺知识，为生产工艺建立机理模型；通过 LangChain 解析引擎对工艺文件、材料数据库、设备历史参数等进行解析，构建向量工艺知识库；利用大模型的多步推理能力，构建涵盖材料选择、参数计算、规则校验的产品工艺决策模型。当新订单下达，系统基于产品规格、BOM 清单和历史参数，经工艺决策模型快速生成工艺参数建议，推动工艺设计从依赖人工经验向“AI 自主生成”转变，工艺设计周期缩短一半以上。

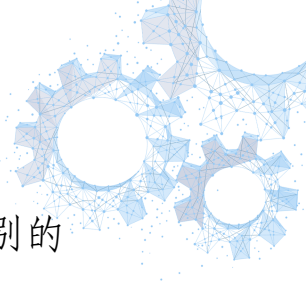


图 1 行业首个智能工艺决策模型流程图

生产作业：棒-纤-缆两级闭环自适应的极致工艺控制和极限制造

在设备层，通过工艺环境的全参量动态计量监测，实现基于工艺过程监测的 PLC 自适应工艺闭环控制；在流程层，设备、iMES 系统和智能工艺系统互联互通，通过时序大数据系统实现工艺流程的在线感知、实时监控和在线优化。

在超大尺寸光纤预制棒制造方面，通过全工艺参量耦合建模，深度解析气相沉积多物理场耦合作用机制，构建反应和沉积过程协同仿真模型，首创新型 VAD 芯棒制备技术和 OVD 包层制备技术，制备出全球最大实心光纤预制棒。在超高速拉丝方面，开发全参量自适应闭环拉丝工艺控制，实时监测直径、温度、速度等变量，动态优化工艺参数，实现全球最高 3500m/min 拉丝速度，光纤直径偏差 $<\pm 0.00010\text{mm}$ 、圆度偏差 $<0.00012\text{mm}$ 、芯包同心度 $<0.00009\text{mm}$ ，指标行业领先。在超高质量控制方面，部署基于梯度提升树算法的光纤自动检测与诊断系统，针对不同波长下的光纤测试曲线，提取波形变化特征值，通过多维度信号特征的



智能解析，实现异常模式的自动辨识与归类，将传统人工识别的5分钟缩短至AI识别<10秒。

面向客户日益增长的产品差异化、交付快速化需求，打造“柔性制造+规模定制”的光缆新技术平台，自主研发DQN智能排程与调度系统，实现常态化数百种光缆的并行高效生产：通过数字孪生虚拟预演同步验证工艺路径可行性，规避物理调整冲突；部署多模态感知机器狗实现模具精准配送，毫秒级识别、动态避障直达工位。光缆换产时间从2小时降低至数十分钟，跨品类换产，模具配送及周转效率均得到大幅提升。

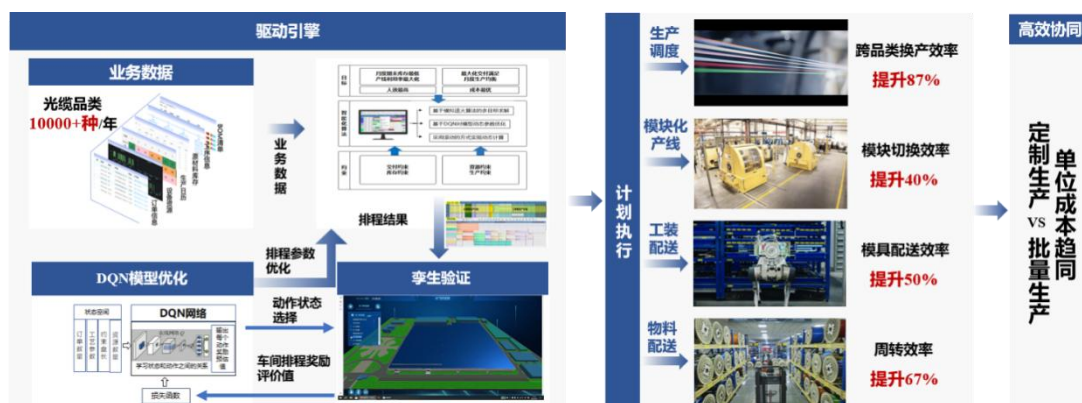


图2 “柔性制造+规模定制”的光缆新技术平台

运营管理：三级架构驱动的全球智慧运营

建立“集团智能中枢-事业部协同单元-全球多个工厂执行单元”三级架构，打造端到端极致扁平化组织。开发全球信息智能体、数字员工、智慧供应链控制塔等十余个经营智能体：全球信息智能体覆盖6大地区采集集群、20多种本地语言，实现供应链风险预警和市场商机洞察；数字员工参与销售报价、采购执行、财务记账等全流程，实现销售报价无人化、采购执行少人化、财务付款自动化；智慧供应链控制塔打通订单计划、生产执行、

物流配送等六大在线业务，实现需求精准匹配、资源动态配置、过程自主调控。

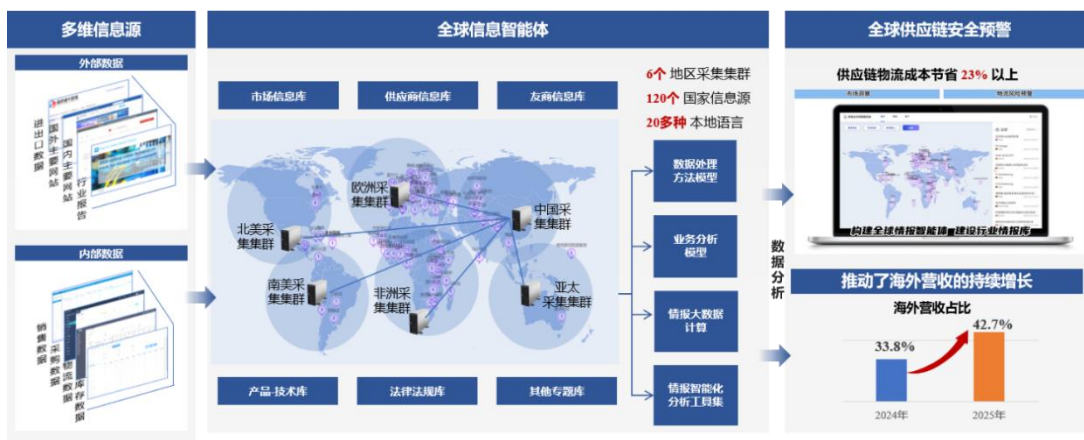


图 3 全球信息智能体驱动全球智慧运营

【铸剑·技术攻坚】

长飞以 AI 重构棒-纤-缆技术体系，在**关键制造工艺**上，首创 VAD 芯棒制备技术、OVD 包层制备技术、新型大尺寸 PCVD 芯棒制备技术等 300 余项关键技术，成为全球唯一同时拥有 VAD/OVD/PCVD 三大主流预制棒制备工艺的企业。在**核心装备系统**上，全面解析工艺参量的耦合关系并数值建模，突破核心工艺和制备关键技术，实现全工艺流程成套智能装备突破；研发相关核心检测仪器，解决超大尺寸、超高质量、超高速检测方面无商用仪器的重大行业难题，实现全工艺流程质量在线感知。



图 4 AI 重构的棒-纤-缆技术体系

【共赢·生态赋能】

在标准输出方面，长飞作为国际电信联盟（ITU-T）、国际电工委员会（IEC）以及中国通信标准化协会（CCSA）的重要成员，深度参与并主导全球行业标准建设，牵头制定了《光纤及预制棒智能工厂设计要求》《光纤及预制棒智能工厂建设指南》以及《光纤及预制棒智能工厂智能装备智能化功能要求》等三项行业标准，为行业智能制造工厂建设提供了指南。

在能力开放方面，依托光纤光缆先进制造与应用技术全国重点实验室、智能制造研究院、人工智能研究院等平台，开放智能装备研制、工业软件开发、智能人才培养等能力，将自身技术资源转化为可复用的基础设施，开展能力输出与全球化复制，推动自身从“产品制造商”向“产业赋能者”演进，带动产业链从光通信向多元行业协同升级与数字化转型。

在模式推广方面，打造以“武汉智能工厂”为全球智能母工厂的创新管理模式，构建可复制、可扩展的“技术+标准+平台+人才

+设备”一体化能力体系，并已完成国内 36 家、海外 8 家生产基地推广复制。在波兰建成欧洲首个线缆行业数字孪生工厂，在印尼建成东南亚地区最大光纤基地，在南非建成非洲最大光缆制造基地，在墨西哥打造柔性制造标杆工厂，助力“一带一路”国家网络建设。

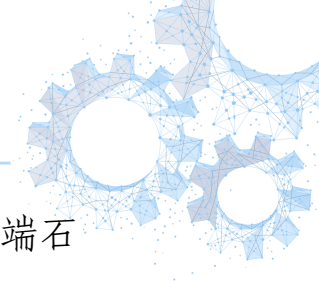
【展望·智能变革】

长飞将聚焦“打造全球分布制造标杆，致力成为面向全球区域、多业务领域的智能制造引领者”，围绕模式和技术领航两个方面，实施全智造体系 AI 重构、全球智能运营体系升级、智造平台多基地新业务延伸三大行动。

一是全智造体系的 AI 重构。通过虚拟仿真技术持续追求材料极限、AI 全工艺流程深化、具身智能在关键工序应用等举措，实现以极致工艺为核心的智造体系的全面升级，人工智能技术覆盖 85%以上场景。

二是面向全球差异化市场、竞争力领先的智能运营体系。通过构建全场景行业大模型、跨区域多语种的情报智能体，建立标准化智造平台、差异化营销策略、自修复弹性供应链的先进智能运营平台，持续提升公司差异化市场竞争力。

三是面向极致工艺的高端合成石英材料智造体系。将面向极致工艺的智能制造平台，成功延伸至对超低羟基、超高纯度、超高光学均匀性等性能要求严苛的高端合成石英材料领域，满足光



学、半导体等行业对石英材料的极限性能追求，实现国内高端石英材料零的突破。

中石化宁波镇海炼化有限公司——基于全局优化的自主执行绿色石化智能工厂

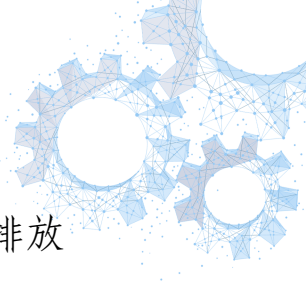
【领航·工厂视窗】

中石化宁波镇海炼化有限公司（以下简称“镇海炼化”）位于浙江省宁波市，拥有 4000 万吨级原油加工能力，250 万吨级乙烯生产能力，是我国规模最大、管理最先进的石油炼制及石化产品制造企业之一。镇海炼化被国务院国资委树为国资央企新标杆，炼油绩效位居所罗门绩效评价²亚太地区炼厂第一群组，是我国石化工业高质量发展的典型代表。通过“十五五”建设，镇海炼化将全面形成“4000 万吨级炼油、400 万吨级乙烯、300 万吨级芳烃、3000 亿元年产值”的“4433”产业格局，高质量打造规模领先、结构合理、优势突出的世界级产业集群。

工厂画像：以计划优化、调度排产和流程模拟一体化优化，打造效益最大化的全局优化智慧决策模式；以外操（现场操作）无人化、内操（控制室操作）智能化，打造装置安稳、质量最优的自主执行绿色运行模式。

核心成效：全局优化：吨油完全费用、吨化工产品完全费用下降 5%以上；一般工业固体废物综合利用率 96%以上，主要装

² 所罗门绩效评价是美国所罗门公司（Solomon Associates）针对全球炼油、乙烯等能源化工行业开发的、以对标为核心的绩效评价体系，在行业内被普遍视为衡量炼化企业运营水平的世界级参考基准。



置综合能耗和加工损失达到国际先进水平，废水废气等关键排放指标优于国际先进标准。

自主执行：常规工况下内操干预次数减少 80%以上，装置运行平稳率达 99.7%以上；异常工况识别时间从分钟级缩短至秒级，运行决策响应效率提高 60%；外操工作量减少 50%，20 万工时损失工时事事件率小于 0.029。

【破局·转型之路】

目前，面对日益趋紧的碳达峰碳中和政策约束，具有高温高压、易燃易爆、生产工艺流程复杂等特点的传统石化行业已进入转型升级关键期，须采用数字化、智能化新技术应对效率提升、成本控制、产品结构调整、安全环保压力等多重挑战，助力企业“高端化、智能化、绿色化”发展。

镇海炼化积极打造以“外操无人化、内操智能化、管理精益化、经营智慧化”为特征的数字孪生工厂，实现物理工厂与数字工厂的深度融合。构建“计划 - 采购 - 调度 - 生产 - 销售”全局优化管理模式，动态响应市场与装置运行变化，实现多目标优化；构建装置全流程智能优化控制的自主执行运行模式，实现装置“安稳长满优”生产；构建决策优化、调度指挥、过程控制、技术支撑、服务保障 5 大体系，通过研发设计、经营管理、生产运行、设备设施、绿色安全、基础设施及网络安全 6 大主题、25 个专题、N 个智能化场景落地应用，实现绿色安全和质量效益双提升。

【变革·模式焕新】

镇海炼化以人工智能技术的深度应用为核心引擎，着力推进基于数字孪生的全局优化石化智能工厂建设，以数智化赋能打造“世界级、高科技、一体化”绿色石化基地，助力生产运营模式创新迭代。

工厂建设：虚实全融合孪生工厂

按照“从物理到机理、从静态到动态、从模拟到控制”的原则，在物理上打造“工厂-装置-设备-部件”物理模型，在机理上构建物性和动量传递、热量传递和质量传递及化学反应过程“三传一反”的全流程装置模型、仿真模型、控制模型，形成“内外一体”的数字孪生工厂，实现工厂建设设计审查效率提升 80%以上，资产转资效率提升 50%以上；运行期集成装置工艺参数、设备状况，及物料、能耗、质量等各类动静态数据，精准映射生产过程，辅助全局优化、工况分析、管线一线一案、管廊占位设计、数据自主应用等开创性应用。



图 1 数字镇海基地数智工程图

研发设计：聚烯烃智能研发

构建覆盖“工艺参数—微观结构—宏观性能”聚烯烃全链条的正向预测与逆向设计一体化架构，建设“产品—产线”数字孪生、多牌号智能计划排产、合成过程质量调控三大核心功能，依托微观宏观多尺度大模型驱动，敏捷调控从分子链结构的精准设计到合成加工全过程，实现多牌号产品的极致柔性生产与价值最大化，模拟计算准确率突破 95%，关键质量指标波动降低 10%，牌号切换时间压缩 20%，高附加值产品比例提升 2.5%以上。

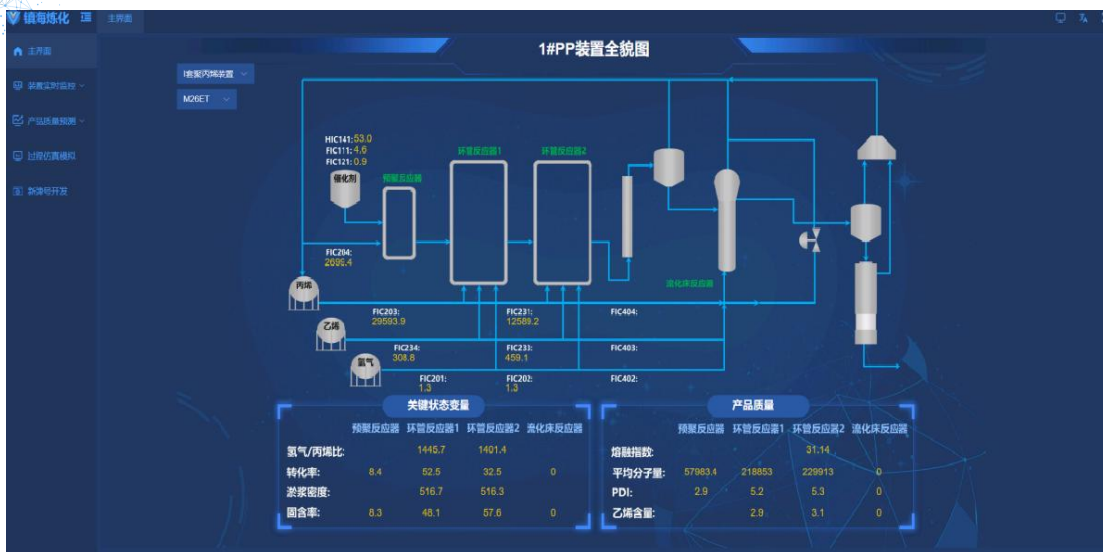


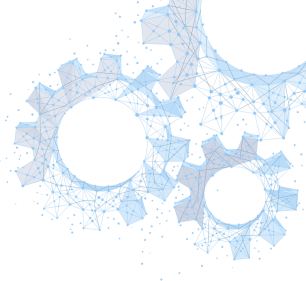
图 2 聚烯烃新产品研发流程

生产作业：人机一体化协同

聚焦内操巡屏、控制、应急等主要任务，搭建操作优化模型，实现实时在线优化与装置全流程智能优化控制，每套装置原料切换、提降量等操作工作量下降 80%，装置年增效达 500 万元以上；聚焦外操巡检、监护、操作等主要任务，通过“智能装备+物联”和人工智能技术，实现机器代人和在线预测预警主要设备及馏出口质量等异常情况，减少外操工作量 50%以上。



图 3 飞索机器人巡检罐区



生产管理：分子级计划优化

利用人工智能技术，集成原料、船期、仓储、设备运行、产品质量、环保要求、市场需求等数据，构建计划、调度、装置三级全域协同优化机制，搭建“宜油则油、宜芳则芳、宜烯则烯、宜材则材”的基于分子级炼化一体化高级计划与高级排产系统，合理筛选原油、动态调整计划安排，提高全局资源利用效率，增加高附加值产品收率 18%，提升计划优化和调度排产效率 30%。

• 一体化计划优化

• 调度指挥优化

• 装置流程模拟

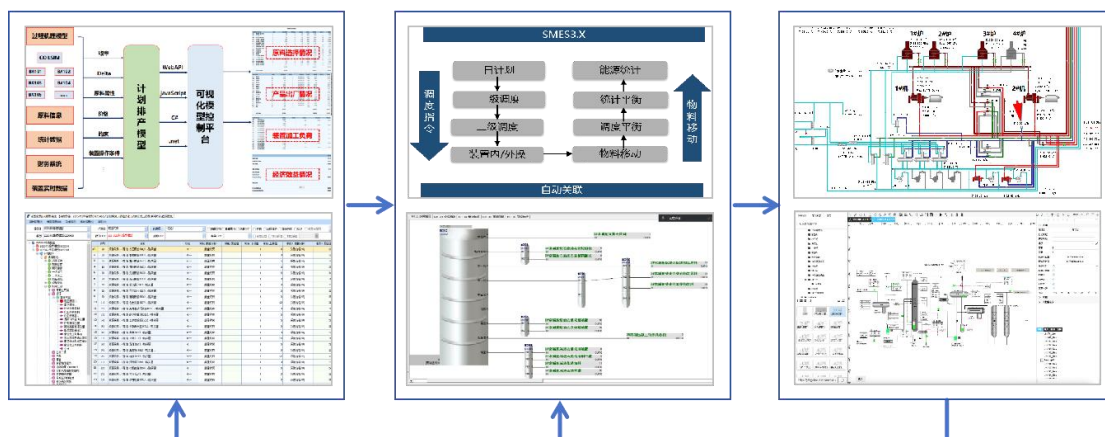


图 4 分子管理示意图

运营管理：三链优化智能运营

聚焦销售订单、装置加工、质量分析、仓储物流的数据共享，开展上下游企业横向集成的产业链优化；聚焦计划管理、调度指挥、操作任务、装置运行、绩效管理的评价与优化，提高数据分析的准确性，动态调整模型，实现纵向目标分析、控制与闭环的价值链优化；聚焦物资需求、供应商选择、设备监制、物资到货、合同履行，利用新一代信息技术，实时感知和分析物资库存信息，实现采购计划、供应商管理、物流调度等供应链一体优化。在这

个过程中，搭建了业财融合、物资供应等 10 余个经营智能体，提升企业智能运营水平。

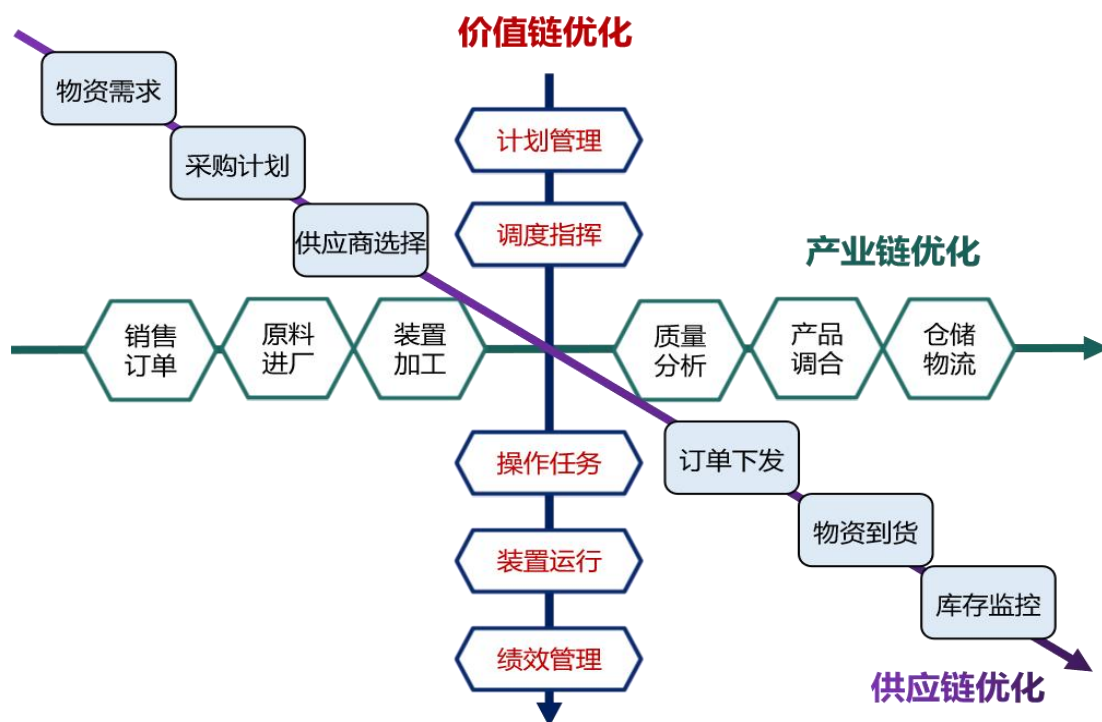
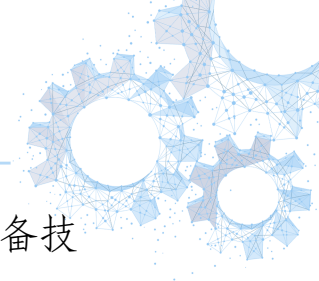


图 5 企业智能运营管理优化

【铸剑·技术攻坚】

在工业软件方面，推进计划优化、调度排产、乙烯裂解优化、流程模拟、在线实时优化、全流程智能控制，以及 DCS/SIS/SCADA 等控制系统等 10 余套炼化核心关键工业软件攻关。

在工艺和装备方面，通过六大技术平台，推进打造无废产业链、特种油品产业链、聚烯烃特色产业链、特种单体产业链、高性能材料产业链、精细化学品产业链、“零碳产业链”及电子化学品产业链等八大产业链体系。结合镇海基地高端炼化产品布局，



推进核心机组、重要阀门、重点机泵、工业压缩机等关键装备技术攻关。

在 AI 技术方面，面向生产运行，以时序类大模型构建炼化工业场景垂类大模型，开展质量预测、工艺优化、异常诊断等。面向设备管理，按“高质量数据集 - 智能体 - 场景模型”及大小模型结合，实现冷换设备、阀门预测等设备智能健康管理。面向作业安全，以大模型多模态应用，提升视频智能分析的准确性和交互性。

【共赢·生态赋能】

在标准输出方面，作为国家标准《石油化工工程建设数字化交付标准》及行业标准《工程建设数字化交付执行细则》的主要参与方和贡献方，从标准制定、试点验证、全园区级推广等方面，开创了石化行业数字化交付先河，相关标准不仅在中国石化系统内落地执行，并已向全行业推广。通过领航级智能工厂培育，参与输出企业标准 29 个、团标 4 个、专利 41 个。

在能力开放方面，通过工业互联网平台，推动镇海基地成员企业原料、产品等资源的优化利用和科研、化验、培训等技术服务共享，实现数据通、资源通、业务通、物流通、管理通，形成优势互补、分工协作的产业链合作新生态。

在模式推广方面，基于全局优化的自主执行绿色石化智能工厂模式，为传统炼化企业智能化转型提供了完整范本，其智能化

应用场景通过镇海基地、中国石化及国内石化企业进行借鉴和推广，引领推进炼化行业整体智能化进程。

【展望·智能变革】

镇海炼化通过中国石化科产融创智能炼化工厂技术开发及应用等项目，集中石化及行业科技力量，全力攻克领航级智能工厂技术难关，持续深化全局优化的智慧决策与自主执行的智能运行模式，深化装置安全生产垂类大模型和经营管理通用大模型建设，深挖“软件+AI”“硬件+AI”人机一体化协同智能应用场景，发挥链主主导作用，打造“无废无异味绿色石化基地”，持续推动绩效提升、用工优化和模式变革，为中国炼化行业智能工厂梯度培育提供可复制、可推广方案。

上海航天设备制造总厂有限公司——运载火箭 总装链动智能工厂

【领航·工厂视窗】

企业简介：上海航天设备制造总厂有限公司（以下简称“航天总厂”），隶属于中国航天科技上海航天技术研究院，是国内唯一集运载火箭、防务装备地面系统、空间飞行器产品制造、总装测试与发射场服务于一体的综合型航天骨干企业，同时也是探月工程、空间站建设的制造单位，承担长征系列火箭总装综测任务，“十四五”期间发射量占全国运载火箭发射总量的 50%，年发射突破 35 发。

工厂画像：集研发设计、总装综测、发射服务于一体，以脉动协同智能产线、数智驱动经营管控、总装拉动供应链协同为支撑的运载火箭总装链动智能工厂。

核心成效：聚焦宇航产品研制全流程，全面赋能航天产品制造高质量发展，产能提升至原来 3 倍，研制周期大幅缩短，高端装备的国产化率突破 90%，搅拌摩擦焊、自动化柔性总装、高精度镜像铣削等关键设备国内或国际领先，产品不良率保持在 0.5% 以内，质量问题从发生到干预从原来的 1 周缩短至 30 分钟，有力支撑了“十四五”期间新研五型火箭研制。企业先后斩获国家科学技术进步一等奖，上海市市长质量奖等，连续 5 年完成超 130 发火箭成功发射任务。

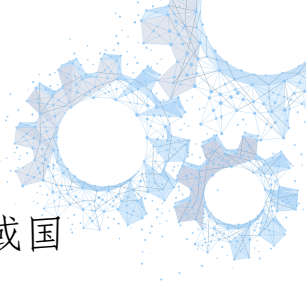
【破局·转型之路】

当前航天行业面临任务爆发式增长、单位载荷发射费用偏高、高频次航班化趋势和商业航天竞争的四大态势，运载火箭产品正向大尺寸、可回收、航班化方向演进。现有航天运输成本和产能，难以支撑未来大规模进入空间的需求；国内人力成本优势无法弥补航天制造模式滞后、柔性化自动化数字化水平不足的短板。

为此，航天总厂锚定科研生产实战化、装备研制实战化两大目标，打造集研发设计、总装综测、发射服务于一体的全链条协同智能工厂，创新全生命周期数字化协同研制、端到端一体化管控两大核心管理体系，形成“流程+数据+知识”驱动科研生产，“模型+数据”驱动新型装备研制的智能化路径，培育数据组织分析、业务主题规划、系统平台建设、三网安全运营、智能产线集成等核心能力，夯实智能工厂建设根基，重塑智能时代航天系统工程新格局。

【变革·模式焕新】

聚焦实战化水平提升和科研生产能力重塑，航天总厂引入先进数智技术，以数字模型驱动研发、脉动总装重构生产、跨域协同管控质量、智慧技术赋能测发的新型研制生产模式，推动全方位的研发模式创新、装备技术创新和组织管理变革，实现运载火



箭主要产品制造技术及装备、总装测试发射数字化程度国内或国际领先。

研发设计：模型驱动装备研制

构建模型+知识的装备模型体系，串联航天产品中各级零组件、部组件和子系统的设计、工艺、生产、试验和交付全业务流程，系统构建数字化模型体系。聚焦“模型到工艺、模型到设备、模型到现场，”的三个维度能力提升，基于知识+模型驱动工艺智能生成、驱动设备数控程序自动生成实现数字样机传递；依托实作数据实时采集、实物点云制造模型与设计模型比对优化工艺参数等，实现虚实融合进行工艺优化和生产辅助，大幅缩短研制周期，支撑“十四五”期间五型火箭研制任务顺利完成。

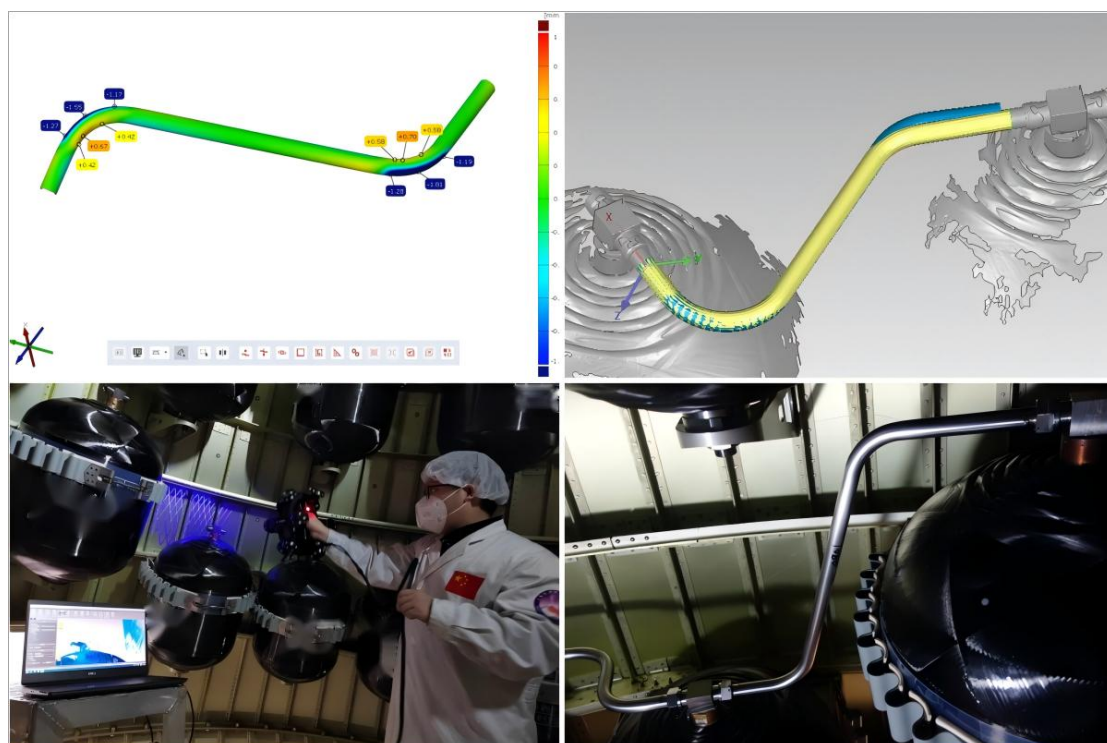


图1 导管工艺、弯管和装配过程基于三维模型进行
生产作业：运载火箭脉动式总装

国内首创运载火箭脉动总装生产线，以脉动节拍重装配流程，打造“一站式”柔性装配生产线，构建起全流程数字化总装的高效生产模式。自主研发集空间测量、六轴调姿、多余物检查和质量特性检测于一体的火箭总装柔性化智能装备，大幅提升总装作业集约化水平。打造适配多型号产品的总装工装、测试设备设计，依据指挥调度分配至所需工位，相近工位间无吊装流转，各工种在不同箭体之间灵活切换作业，实现柔性化协同工作。打通全业务数据流，贯通物资备料与到货、计划下达、半成品入库、配套产品周转交接、质量问题处置闭环等核心环节，以总装、总测环节最终需求为核心牵引，驱动各环节高效配合、协同执行，确保总装过程各环节无缝衔接、高效推进。

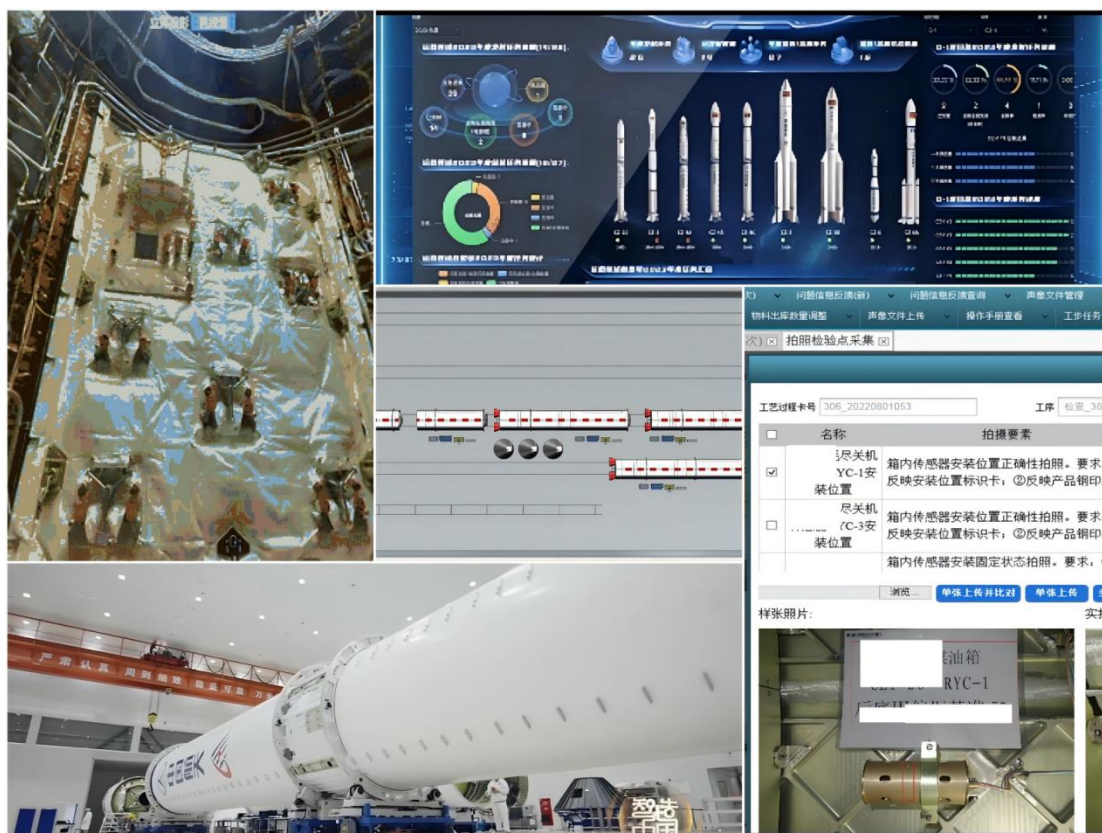
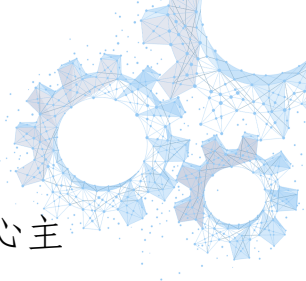


图2 运载火箭脉动总装生产线

生产管理：全链路质量协同与供应协同



构建航天产品质量追溯体系，以实物 BOM 图谱化为核心主线，打通设计、生产、测试全流程数据，追溯颗粒度直达单颗螺钉及原材料性能参数。建立“交产品即交付模型与数据包”的全链路管控模式，实现设计所、总装厂、外协单位之间的跨系统数据穿透与秒级响应。打通供应链上下游全链路数据，构建端到端可视化供应链网络，形成“设计-制造-试验-外协-总装”多地协同的流程与数据闭环，实现供应链高效协同，质量问题归零与举一反三复查实现全数字化闭环，支撑“十四五”期间运载火箭发射成功率达 100%。

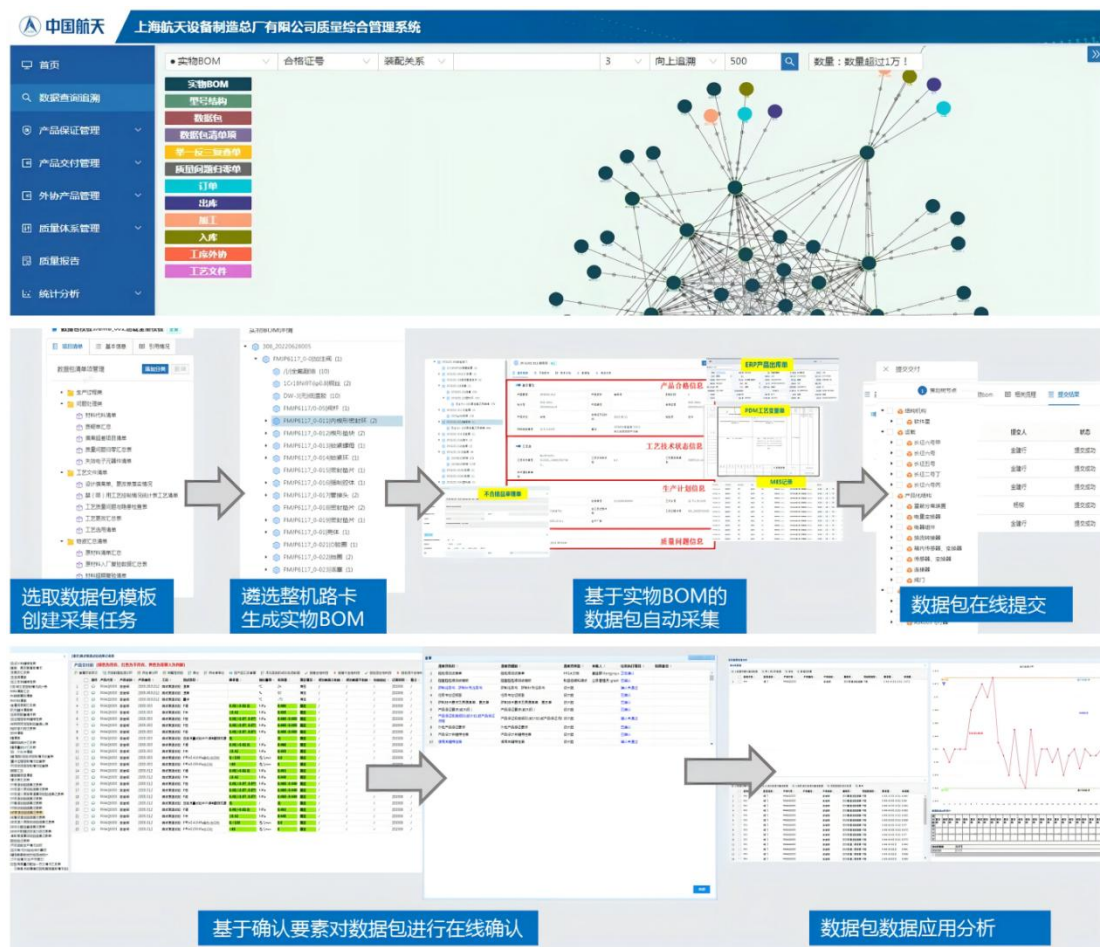
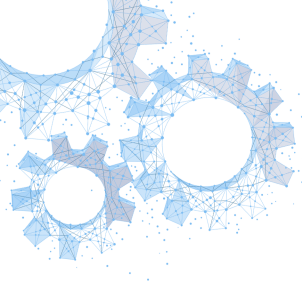


图 3 质量综合管理系统中应用图谱与数据包追溯

运营管理：基于数字孪生的智慧测发（测试发射）体系



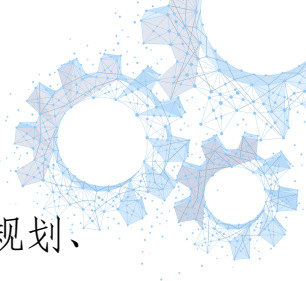
构建数智赋能的测发服务新模式，研制基于大模型的故障分析定位系统，利用生成对抗网络扩充火箭测发故障数据，依托异常行为图谱进行故障关联性分析，同步搭建基于数字孪生技术的火箭孪生测试系统，实现运载火箭状态的全面监控、箭地伴飞全过程虚拟仿真验证、测试发射故障智能预警与溯源，测试发射服务效率提高 35%。



图 4 基于数字孪生的智慧测发系统

【铸剑·技术攻坚】

新装备方面，聚焦航天产品多型号、高效率、批量化生产核心需求，自主研发搅拌摩擦焊系列装备、柔性总装对接装配装备、箱底双五轴镜像铣削装备、薄板充液拉伸设备、八轴联动钛合金增材制造装备、焊铣多功能焊接设备等核心装备，全面覆盖航天产品制造关键环节；建成国内最大的“三平”测发模式液压起竖系统，部署于海南商业航天发射场，为长征十二号首飞保驾护航。



新技术方面，成功突破整体箱底镜像铣削刀具路径自动规划、大型薄壁结构件浮动装夹、轻量化高可靠贮箱整体成形、运载火箭主导管数字射线检测、新一代运载火箭表面防护、极端环境特种固体润滑等关键技术瓶颈，支撑 3350mm 和 3800mm 铝锂合金箱底、运载火箭大直径薄壁不锈钢贮箱等型号重要产品研制。

新工艺方面，低温阀瓣自动热压、O 胶圈自动包覆、7A09 铝合金预时效框环拉弯、协调导管数字化制造、激光投影辅助装配等多项工艺顺利完成应用验证，通过工艺方法优化升级，大幅简化生产流程，相应零件的生产效率提升 10%-20%。通过反复试验和应用验证，形成了成熟的整底制造工艺，成功制造出国际上首个 3.8 米级超低温成形整体箱底，一举突破铝合金充液拉伸的能力极限。采用整体箱底一次成形工艺，单底可减少焊缝至少 7 条，减少焊接长度近 20 米。

【共赢·生态赋能】

标准输出方面，企业搅拌摩擦焊工艺研发和应用水平稳居行业前列，牵头 5 项相关国家标准编制和修订，有力支撑该项技术在铝合金焊接领域的规模化推广，现已推广至航天、航空和汽车制造等行业。深度参与无损检测领域国家标准编制和修订，依托航天产品工程应用积淀，向全行业推广焊缝的数字化检测技术。参与输出企业标准 23 项，覆盖数字化产线和车间、三维工艺设计、数控加工等关键领域，为企业数智化升级筑牢规范根基。

模式推广方面，打造知识驱动设计工艺，数字主线驱动产品研发，实物 BOM 驱动质量在线确认和面向 ETO 的项目制造等特色模式，推广至各兄弟单位及航天相关单机、部组件、总装制造企业，为我国国防装备制造业应对产品“高密度组批生产”“多型号高密度并行研制”“产品高可靠性”的形势需求提供技术支撑与先导示范。

【展望·智能变革】

航天总厂未来瞄准打造世界一流宇航产品制造企业的目标，以人工智能为发展新引擎、装备体系升级新动能，聚焦运载火箭回收后检测、返修、再装测、再发射的低成本智能制造和快速智能发射保障，建设成为集研发设计、总装综测、发射服务于一体的运载火箭智能工厂，构筑智能、开放、协同的航天制造产业链。

聚焦航天产品“高精度、高可靠”的核心需求，结合企业研制项目多、产品阶段多、工艺专业多的基本特点，建设“数据底座筑基+AI 能力赋能+业务应用落地”的未来技术体系。集成核心算法与可复用 AI 模型，深度融合多专业多领域工艺设计、极端尺寸特种加工、系统工程级质量追溯、小批量动态订单排产等特色场景，支撑领航级智能工厂全场景技术赋能。

深化宇航产品制造服务模式，打造航天产品高可靠、低成本批量化制造产业，打通研发试验、生产制造、总装总测和发射服务全链条。构建以火箭总装厂为主体、拉动链上产品配套及生产



计划的管理模式，实现合同签订、研制投产、计划管理、交付发射等过程全生命周期一体化闭环管控。

格力电器（珠海金湾）有限公司——全价值链格力协同屋空调智能工厂

【领航·工厂视窗】

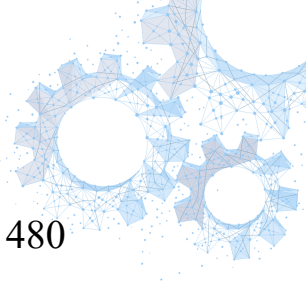
企业简介：格力电器（珠海金湾）有限公司（以下简称“金湾格力”）是格力电器全资子公司，2020年落户珠海金湾，建成钣金、控制器、注塑、两器、总装五大智慧工厂。公司主要生产家用系列空调产品，其中出口产品占65%，内销产品占35%，远销190多个国家和地区。金湾格力深耕智能制造，以智能装备为基础，运用工业互联网和数字技术，赋能业务升级、技术升级、组织升级、生态升级，致力于实现全面自动化、全面网络化、全面数字化、全面智能化，助推中国制造业高质量发展。

工厂画像：以“全价值链格力协同屋”为核心范式，打造离散型家电制造业全价值链协同与自主创新装备深度融合的全球标杆。

核心成效：以“数据贯通、AI决策、装备自研”三重驱动，实现效率倍增、质量卓越、全链自主可控，生产效率提升200%，数字化覆盖率达100%，自动化率超80%，产品一致性达99.99%。

【破局·转型之路】

在全球制造业普遍面临要素整合难、市场响应慢等挑战的背景下，空调行业呈现出“多品种、小批量、高可靠、强波动”的典



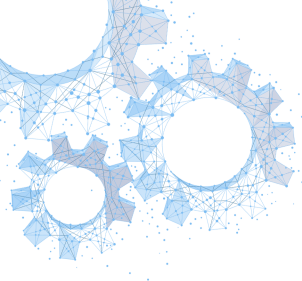
型特征：一是机型种类庞大、换型频繁，千万级 SKU 组合与 480 米超长总装线对柔性制造要求极高；二是供应链庞杂、协同链路长，涉及数千种零部件及 4607 家供应商，对齐套交付与动态调度提出极高要求；三是质量要求极致，推行“十年免费包修”的极限质保承诺，对全过程智能质控要求极高。传统生产模式下，劳动密集、数据孤岛、异常反应滞后、质量依赖人工等四大痛点突出，难以匹配全球化、个性化、高可靠的市场需求。

为此，金湾格力以全价值链“格力协同屋”为总模式，构建“一主多核、多级网状”协同架构，依托工业互联网平台+、多源异构数据中台与 AI 算法底座，横向贯通“需求—研发—供应链—生产—物流—服务”全链路，纵向打通“决策—计划—执行—设备”全层级，全面重塑家电制造业全价值链能力。



图 1 全价值链格力协同屋管理模式架构图

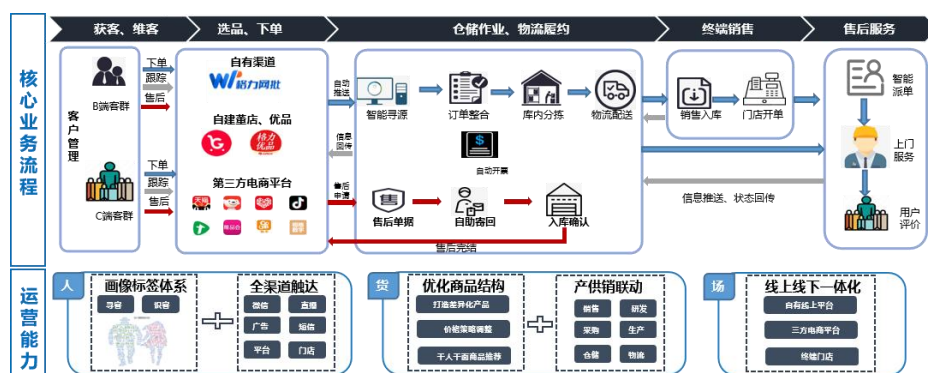
【变革·模式焕新】

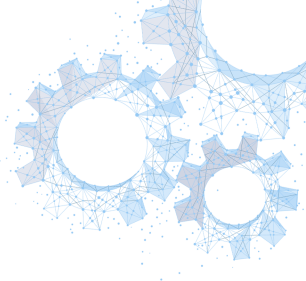


以全价值链“格力协同屋”模式贯穿需求、营销、供应链、物流、计划、制造、质量等全业务链条，形成六大核心模式体系：

营销服务：基于大数据预测的精准营销与敏捷服务模式

自研 CRM/OMS 一体化营销协同平台，融合 AI 算法构建超亿级用户画像与市场洞察模型，建立“区域热度+季节波动+消费偏好”三维需求预测体系。打通零售、电商、网批等多渠道订单链路，贯通客户订单、生产排产、物流交付全流程，实现订单全生命周期可视化及交期智能预警，推动制造模式由“压库式生产”向“以销定产”精准转型。同步构建格力服务 APP，融合位置感知、服务资源匹配与 AI 派工算法，实现 10 万工程师智能协同及服务全链路标准化闭环。结合空调设备孪生运维模型与设备状态智能诊断技术，实现异常自动预警与远程运维优化，形成“精准营销+敏捷服务+智能运维”一体化创新服务模式。





让世界爱上中国造

GREE 格力 晶弘 TOSOT 大松



格力自主品牌远销190多个国家和地区，全球用户超过6亿。
2023年，格力电器凭借突出的综合实力再次上榜福布斯“全球企业2000强”位列第331位。
Gree self-owned brand products are sold widely to more than 190 countries and regions with over 600 million users around the world.
In 2023, Gree entered into the list of Forbes Global 2000 again and ranked No. 331 by virtue of its outstanding comprehensive strength.

图 2 格力电器销售网络

供应链：网络式共生生态模式

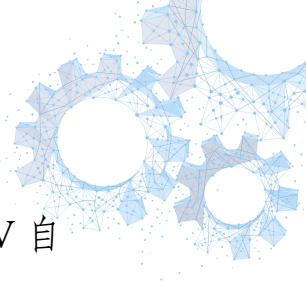
自研 SCM 平台，面向钣金、控制器、注塑、两器、压缩机等数千类物料及 4700 余家供应商，统一接入供应商主数据、物料 BOM、技术图纸、商务价格、库存水位、在途物流及质量履历等数据，构建覆盖“供应商准入—技术协同—商务协价—备货预测—JIT 送货—质量闭环”的网络式共生生态。平台通过亿级技术文件与商务价格的实时共享，贯通供应商端、工厂端、物流端与质量端的数据链路。在执行层，AI 算法融合订单需求、排产节拍、线边库存、原材料行情及供应风险，自动生成基于安全库存的补货任务与送货优先级，实现大宗原材料精准配送、JIT 物料 6 小时直达线边，以及提前 24 小时齐套预警，通过动态风险预测与异常闭环处置，显著提高了供货韧性、库存周转效率及供应链透明度。



图 3 格力电器供应链生态

智能物流：感知驱动的动态物流调度模式

自研 WMS 平台，搭建以总装为中心、配套线边仓驱动供应商 JIT 送货的园区物流布局。平台融合 WCS、RGV 等工业软件与 AGV、立库、环形输送线等自动物流装备，构建“云端统筹—边缘决策—端侧感知”三级动态调度体系，突破高并发场景下数据一致性与毫秒级实时协同难题，形成“感知驱动、动态重构、精准拉动”的智能物流模式。通过产线库位空实状态的实时感知、



物流路径的自优化以及物料配送任务的动态重构，实现 AGV 自动补料、物料精准配送及仓储配送一体化协同。同时，以总装为中心拉动配套和供应商送货，实现自动收货、智能仓储、柔性拣选、拉动配送的全链路自主协同，最大限度减少等待、拥堵与呆料，保障产线高效连续运转。



图 4 动态物流拉动看板

生产计划：AI 原生驱动的自适应排程模式

自研 AI 原生自适应排程算法，构建可灵活适配不同产线与工艺的模式框架，创建可配置的排程模型库。开发融合启发式规则与深度强化学习的混合智能决策引擎，实现复杂约束下的准实时优化与持续迭代，能够应对插单、异常等扰动并快速重排、动态调配。同时，集成基于实时数据的预测预警模型，对设备故障、物料短缺等关键瓶颈资源的负荷以及订单延误风险进行自动预警，形成“柔性建模—实时优化—主动调控”的计划闭环管控模式，从而全面提升计划编制效率、订单交付准时率及异常调度响应能力。

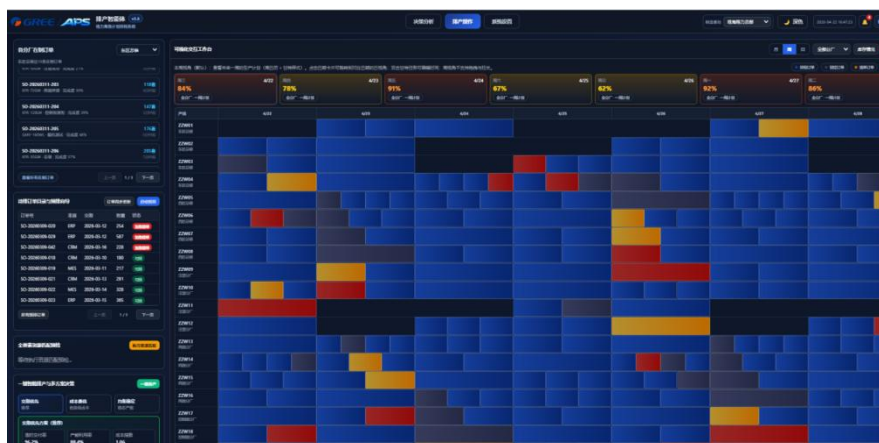
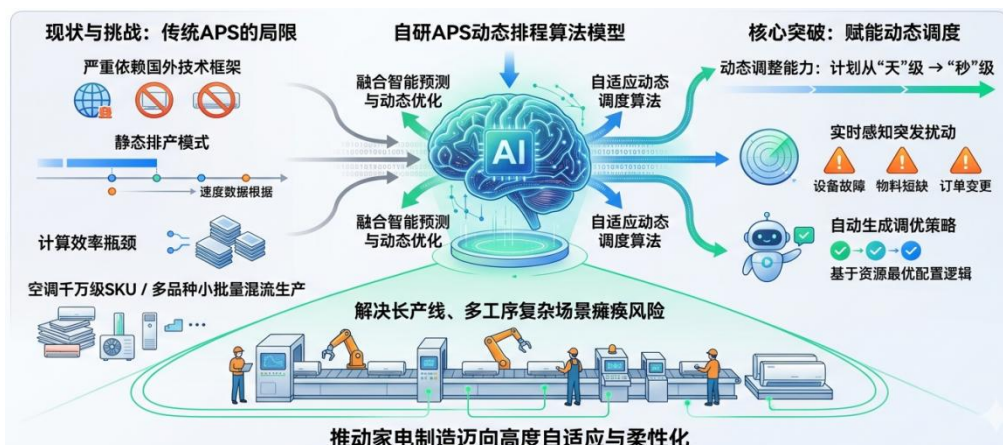
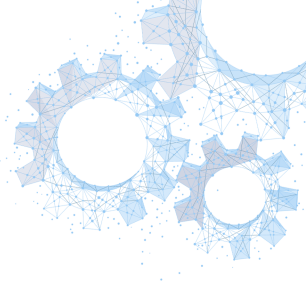


图 5 APS 生产计划排产智能体

生产制造：“软件定义产线”的多品种柔性制造模式

自主创新构建“软件定义产线”架构，以 MES/APS 计划为牵引，融合 PLC、RFID、机器人、拧紧、焊接、检测、安规测试、线体输送等设备数据，将空调外机总装线抽象为可配置的工位模型、工艺模型、设备模型和质量模型，并在 76 个自动化工位上部署标准化控制接口与设备状态监控。依托 RFID 自动识别机型工单，系统可一键匹配全流程工艺参数、机器人程序、夹具及检测标准，实现多机型混线的快速联动切换，彻底打破传统产线换型瓶颈。同时，搭建可视化监控看板，依托系统自动触发异常告警、维修派工与排产优化，联动 1000 余台自研智能装备协同作业，实现状态感知与闭环优化，使得生产计划达成率稳定在 98%



以上，全面适配多品种批量生产需求。



图 6 空调外机产线设备状态监控

质量管控：多模态感知驱动的预防型质量管控模式

自研 QMS 平台，融合视觉、语音、压力、温度、色差等多模态感知技术，内嵌 AI 视觉检测、SPC/CPK 分析、缺陷根因分析等算法模型，以及电子质控卡等十余类功能模块，建立集团统一的数字化标准与端边云协同的在线质量智能决策体系。平台深度融合 IoT，实现质量标准微服务下发、检测任务自动触发、结果实时回传与闭环管理。通过端边云多模型协同计算，实现在线监测、在线分析预警与精准干预，推动质量管理从“事后检验”向“预防质量”模式转变。依托全链路数据贯通，实现产品秒级精准追溯与异常快速定位，打造具备自感知、自分析、自决策、自优化能力的规模化智能质量管控模式，质量一致性与过程受控能力显著提升。

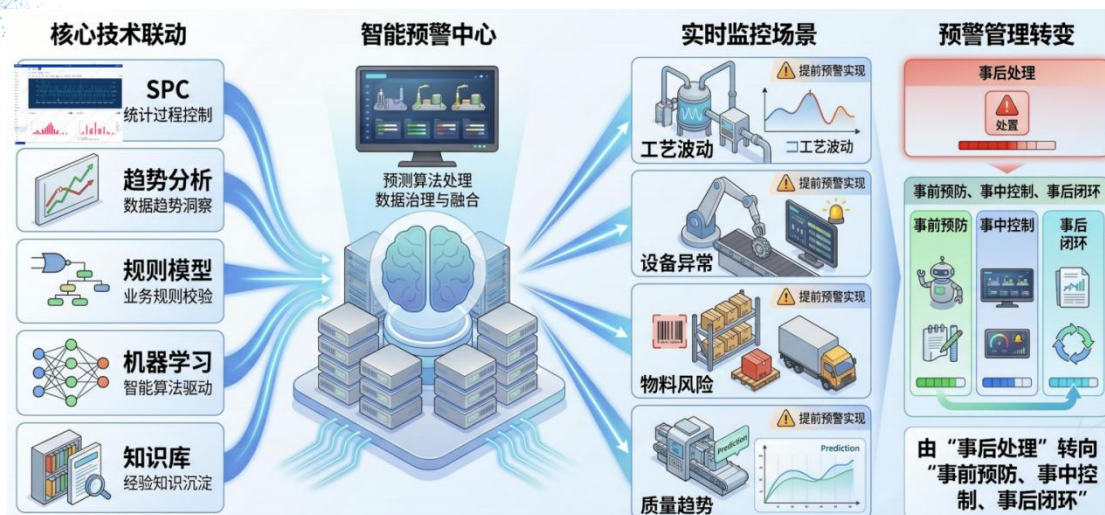


图 7 质量产线集成监控平台

【铸剑·技术攻坚】

以“全价值链格力协同屋”模式为牵引，坚持装备自主、软件自研、工艺升级等关键核心技术突破，筑牢自主可控智造底座。

在核心智能装备自主化方面，金湾格力坚决破除高端工业装备长期依赖进口、精密控制技术受制于人的产业壁垒，依托全链条装备自研技术积淀，针对家电柔性制造中高频换型、复杂工序联动加工的工况特点，从装备硬件结构设计、核心伺服驱动、运

动轨迹算法到动态补偿控制，实现全维度技术自主突破，重点攻坚 3kg 至 600kg 全系列工业机器人轨迹优化平滑控制与超高精密运动核心算法。深度自研高精度伺服闭环控制策略与全工况实时动态补偿技术，持续突破复杂连续加工、高频动态作业场景下的设备重复定位与运动控制精度极限，全面实现大负载机器人 $\pm 0.05\text{mm}$ 的精准稳定作业能力跨越式提升。



图 8 核心智能装备产品

在工业软件自研化方面，金湾格力聚焦生产计划排程、仓储物流管控、核心部件质检关键业务环节，彻底摆脱对国外工业软件技术框架的依赖，深耕全链条核心算法自研之路。围绕空调多品种小批量混流生产、长产线多工序协同、核心零部件高精度质检等痛点与堵点，集中开展原创性、引领性软件核心技术攻关，实现 APS 算法架构、端边云协同控制、多模态质量感知三大维度的跨越式突破，构建全流程自主可控、高效适配家电规模化柔性生产场景的自研软件技术体系，有效破解传统工业软件适配性差、响应滞后、运行稳定性不足等共性难题，全面筑牢家电智能

制造国产化软件核心技术根基。

在工艺升级方面，金湾格力聚焦空调管路焊接、钣金件柔性涂装、热交换器精密装配核心制造工序，针对传统制造工艺依赖人工操作、加工精度低、产品一致性差、复杂异形件加工难、工序衔接碎片化等行业长期痛点，以工艺自主创新、制程精度跃升、生产提质增效、绿色柔性制造为核心目标，系统性攻克精密焊接、视觉涂装、微径装配等工艺核心技术瓶颈，行业首创复杂管路高频焊接、3D 视觉引导上下料、微径薄壁热交换器自动穿管先进制造新工艺，彻底替代传统粗放式人工工艺模式，实现家电核心零部件及整机组装制造工艺的跨越式迭代升级。



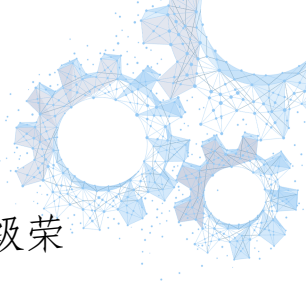
图 9 行业首创复杂管路多模态融合高频焊接工艺



图 10 行业首创图纸特征驱动 3D 视觉引导及微径薄壁热交换器自动穿管工艺

【共赢·生态赋能】

在标准与示范引领方面：获评工信部 5G 全连接工厂、智能制造示范工厂、领航级培育工厂、智能制造系统解决方案“揭榜



挂帅”项目，荣获全球移动大奖（GLOMO 2025）等国际顶级荣誉，主导制定多项国家/行业标准，引领家电智能制造发展方向。



图 11 智能制造示范引领

在能力开放与平台赋能方面：依托格力工业互联网、智能装备、工业软件、AI 算法四大能力平台，形成可复制、可推广、可输出的“格力协同屋”标准化解决方案，整合产业资源，为产业链上下游提供全流程智造服务。

在模式推广与行业带动方面：将全价值链“格力协同屋”打造为母工厂蓝本，形成架构统一、模式统一、标准统一的智能工厂建设体系，已在格力多基地复制落地，并向离散制造业全面推广，赋能全球制造业高质量转型。

【展望 · 智能变革】

以格力智能制造战略委员会统筹、一把手挂帅为保障，推进“点—线—面—体”产业链深度协同，深化“端—边—云”AI 模型协同，持续迭代“格力协同屋”范式，建设全球领先、自主可控、全链协同、绿色低碳的智能工厂集群。

组织保障：格力智能制造战略委员会统筹战略部署，将智能制造作为“一把手工程”，董事长亲自挂帅、总裁任总指挥，由分管装备的副总裁负责装备技术研究、分管工业软件的副总裁负责工业软件技术开发、生产总负责人推动落地实施，各装备与工业软件单位协同作战，持续推进智能制造升级和推广应用。

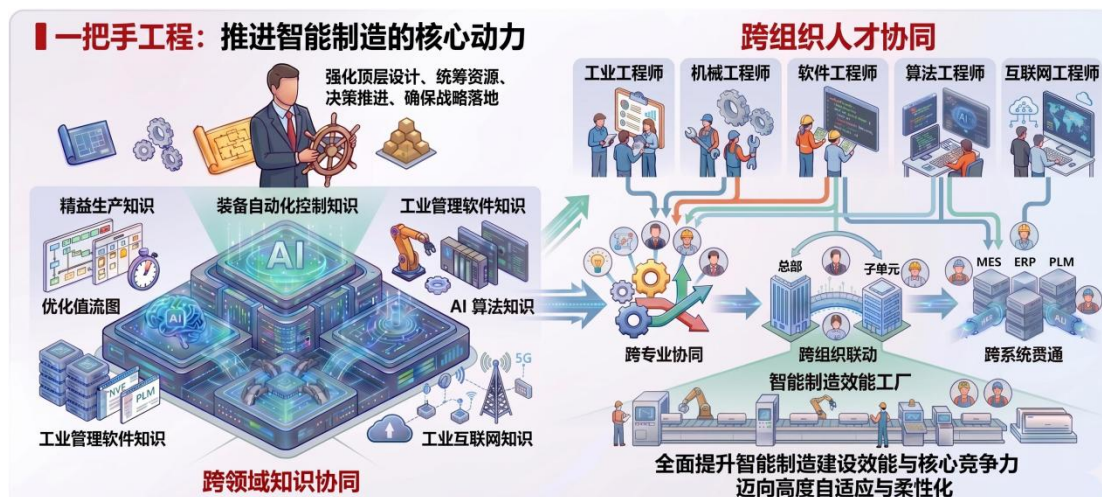


图 12 智能制造组织保障图

模式深化：建立“集团 - 基地 - 多级供应商”的“点 - 线 - 面 - 体”渐进式应用实施策略，实现产业链企业规模化接入与深度协同。

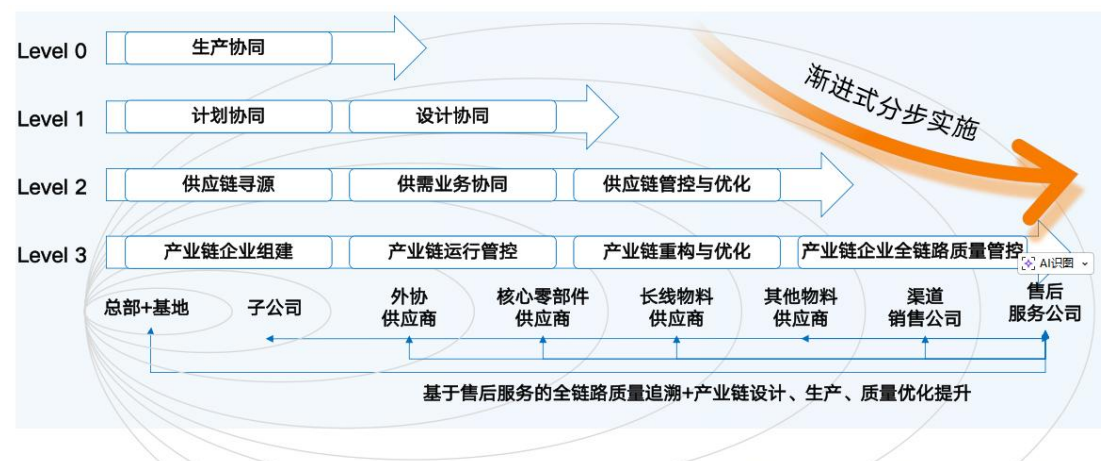


图 13 智能制造模式推广图

人工智能应用：自主部署并训练 AI 模型中台，在设备端、

应用端自主搭建小模型，在云端部署大模型，并实现端云协同，提高运算效率。通过 AI 驱动的状态自动感知、数据实时分析、自主决策与精准执行，实现全价值链的柔性敏捷管理。

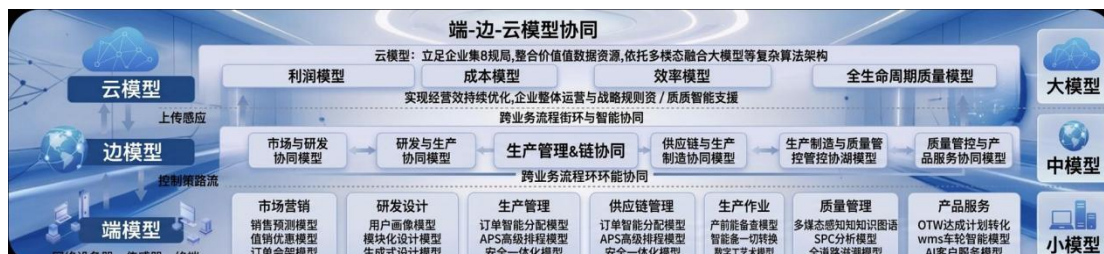


图 14 端边云人工智能协同图

产业带动：格力电器构建了自主创新的智能制造系统解决方案体系，涵盖智能装备、工业软件与工业互联平台，自主掌握电主轴、直线电机、伺服电机、驱控一体、机器视觉、软件系统等 205 个核心技术，整合企业资源 5292 个，集成各类模型算法 155 个，提供基础服务组件 122 个，导入项目工业 APP12 个。沉淀智能制造解决方案，建成 239 个工业软件，形成“格力协同屋”产业链生态模式，赋能上下游企业高质量发展，并应用到多行业，具有较成熟的推广价值。



图 15 格力智能制造系统解决方案体系图

中海石油（中国）有限公司海南分公司 ——全业务孪生优化的“深海一号”智慧气田

【领航·工厂视窗】

企业简介：中海石油（中国）有限公司海南分公司于2018年3月在海口注册成立，主营南海油气勘探开发、产销及相关技术服务。2021年，公司建成我国最大海上天然气田，探明天然气储量超5800亿立方米，年产量约1000万吨油气当量，成为粤港澳大湾区与海南自贸港的重要清洁气源，累计向海南供气超900亿立方米。2025年，公司资产总额约520亿元，实现营业收入140亿元、净利润50亿元，稳居当地石化产业龙头。公司核心项目“深海一号”智慧气田（以下简称“深海一号”）于2021年6月投产，是我国自主研发建造的全球首座10万吨级深水半潜式生产储油平台，标志我国海洋油气开发迈入超深水时代，获习近平总书记三次重要指示批示，斩获国家科技进步奖一等奖。公司科研实力突出，近两年累计获得海南省科技进步奖10余项，设有院士工作站及省级重点实验室。

工厂画像：我国首座10万吨级深水半潜式生产储油平台，是油气开采领域的行业标杆，突破3项世界级和13项国内首创技术，荣获2023年国家科技进步奖一等奖，并先后三次获得习近平总书记重要指示批示。

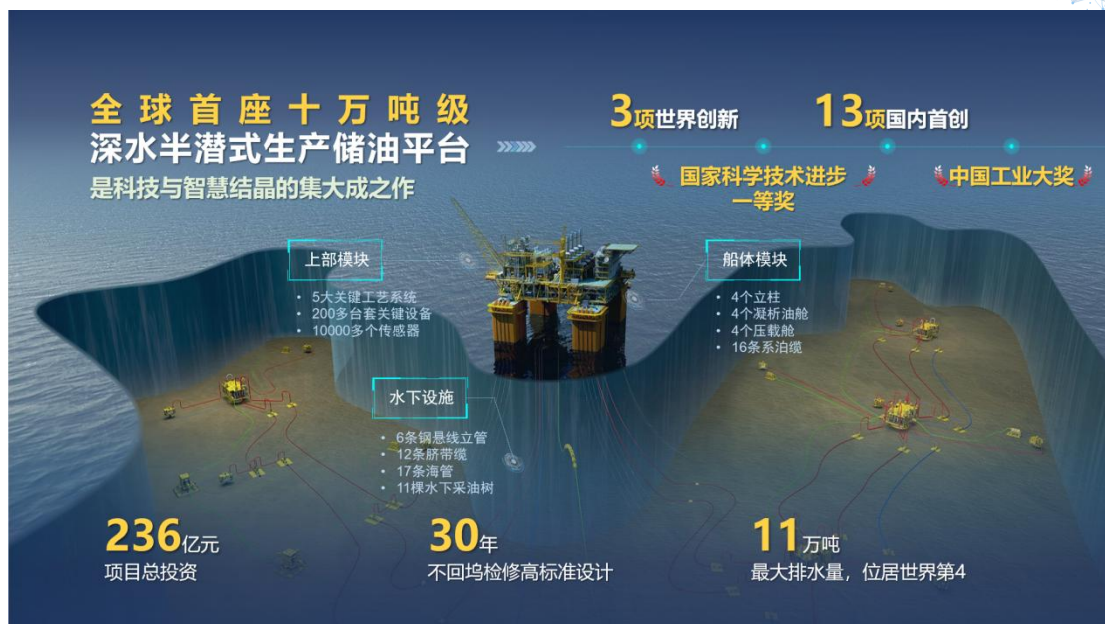


图 1 “深海一号”概览图

核心成效：“深海一号”建设以来，依托全域全数字孪生技术持续优化，累计增加经济效益 13.8 亿元，降低建造与运维成本 16.5 亿元，减排二氧化碳 10738 吨，单位产值综合能耗降低 40%，气田生产时率提升 3%，天然气商品化率提升 2.15%，各项生产经营管理协同效率显著提升。

【破局·转型之路】

海洋石油特别是深海油气开采，面临产供销全链条“黑箱”挑战：水下、水中、水上、深海、深地多重未知，感知能力极其有限——气藏深埋地底，管线穿越千米水深，设备高度集成，难以感知和控制；气田“即产即销”，全链条必须急速响应，粤港澳下游用户多为调峰电厂，用气波动剧烈，产供销协同调整频繁；作为深海保供主力，作业与停产成本极其高昂，单次深水作业取资料费用高达亿元，单日停产连带下游损失达千万元。

领航工厂风采

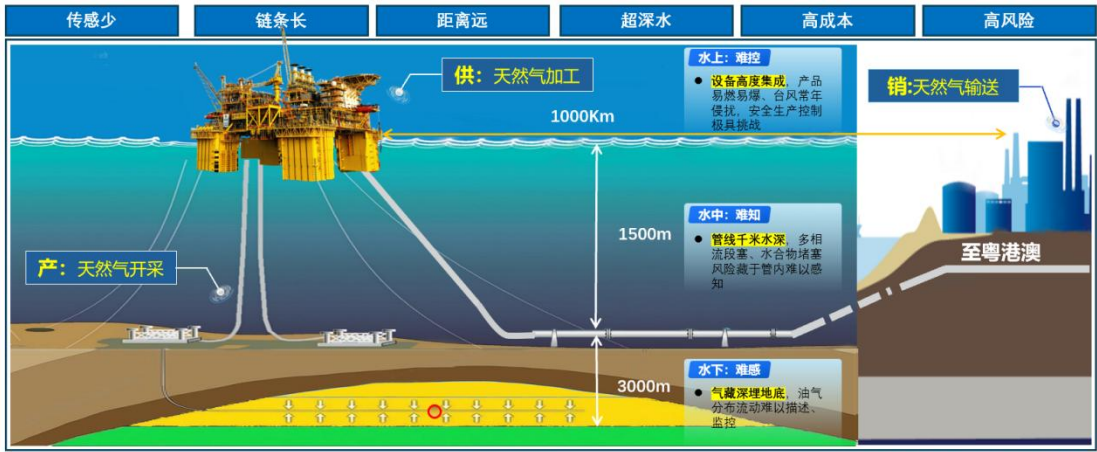


图 2 “深海一号”全链条“黑箱”挑战

自 2021 年起，“深海一号”以打造中国海油智能气田标杆为目标，遵循中国海油集团数字化、智能化顶层规划，立足实际业务需求，以问题为导向，确立“1531”总体建设方案：**1 套遵循标准**，即遵循中海油有限公司《智能油田顶层设计》，开展智能工厂应用、数据、技术架构的设计与建设；**5 大建设内容**，即涵盖 IT 基础设施、自动化系统、物联网系统、数字孪生体和一体化平台；**3 级运营模式**，即创新建立“区域中心执行层 - 操控中心分析层 - 作业本部决策层”三级运营模式；**1 个目标愿景**，即最终形成以数据驱动为核心、生产经营全自主优化的智能模式，助力气田提质、增效、促安全。

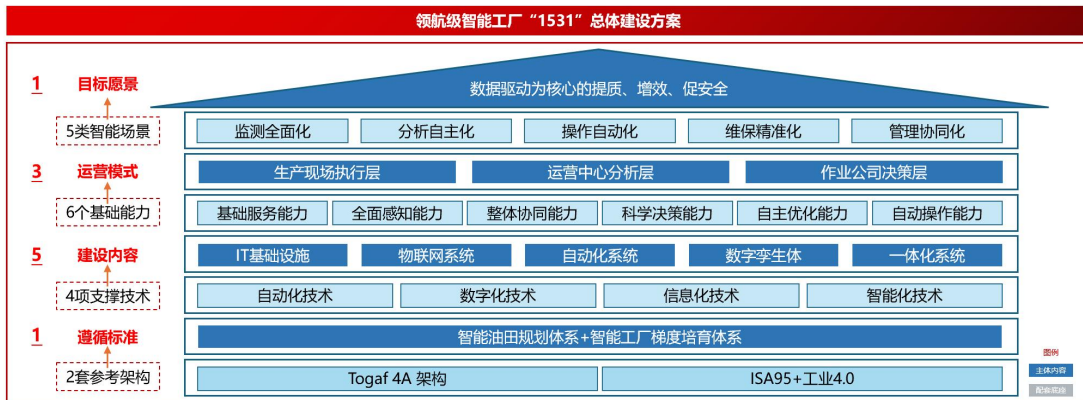
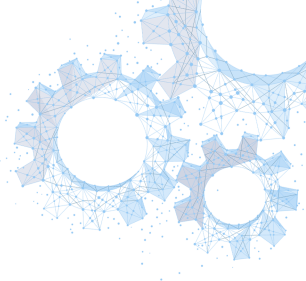


图 3 “深海一号”智能工厂总体方案



【变革·模式焕新】

“深海一号”建设深度融合人工智能、数字孪生等数智技术，推动了两大系统性变革：**在技术体系层面**，生产经营决策支持从“经验决策”迈向“模型驱动”，生产过程管控从“按部就班”转向“自主优化”，设备设施运维从“被动维修”升级为“预测维护”，安全环保管理从“人防为主”跨越至“技防智控”，供应链与物流管理从“人跟人看”演进为“全程协同”；**在组织架构层面**，实现从“孤岛作业”到“全域协同”、从“各自为战”到“统筹协调”、从“三层管理”到“三级运营”、从“零散管理”到“专人专责”的根本转变，全方位推动了油气田生产运营的智能化升级。



图4 “深海一号”生产过程管控从“按部就班”转向“自主优化”

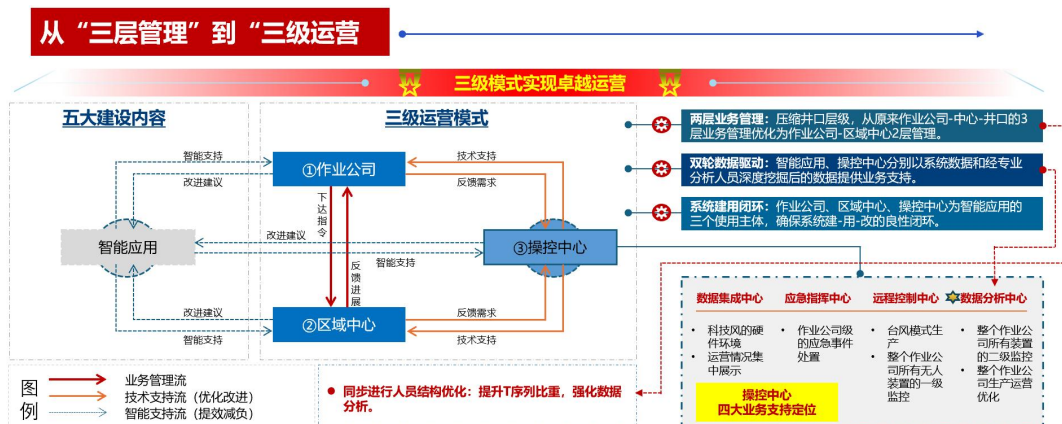


图5 “深海一号”组织架构从“三层管理”到“三级运营”

“深海一号”重点围绕研发设计、生产作业、生产管理、运营管理四大环节，构建数字孪生体系，聚焦 IT 基础设施、自动化系统、物联网系统、数字孪生体、一体化管理平台五大内容进行建设，以数字孪生技术透视深海深地，赋能气田产供销全链条可感、可知、可控与协同优化。以数字孪生建设与应用为工作主线，完成智能工厂 5 大环节共 28 个场景建设，其中 AI 应用场景 16 个，占比 60%，以油气生产经营全业务流程优化为着力点，以品牌化思维打造了统一集成、协同流转的“深海云游”一体化智能管理平台，累计形成应用关键技术 23 项，关键装备 6 项，关键软件 15 套，获得专利及软著 21 项。



图 6 “深海一号”智能工厂建设情况

工厂建设：资产数字孪生，夯实装备管理

“深海一号”系统推进深海工厂的数字化规划、数字基建与数字孪生建设。搭建海陆立体融合通信专网，融合卫星、微波、北斗等技术，实现海域 5G 全覆盖与远距离稳定通信，具备高带宽、高冗余、高可靠等特性，为深海油气作业提供坚实的高速传输支撑。建成智能工程一体化平台，集成多类数字化技术，实现油气

工程全生命周期协同管控，显著缩短工期、提升运维效率。依托 BIM 三维数字孪生技术，开展设备仿真、故障预判与生产调试，全方位保障深海油气稳产与作业安全。对标等保 2.0 三级要求，构建工控安全防护体系，全方位防范网络风险。同时，采用湖仓一体架构开展油气勘探开发全流程数据治理，规范油气业务数据资产，显著提升深海油气勘探开发精度与综合经济效益。

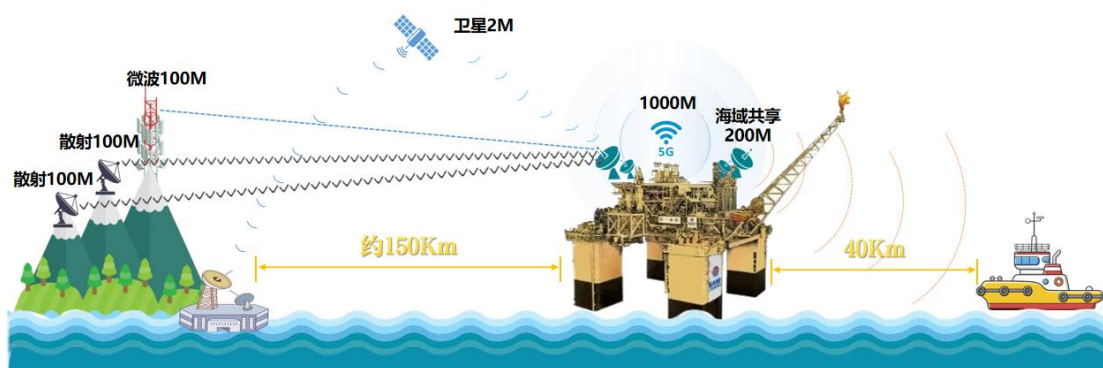


图 7 “深海一号”海陆通讯网络示意



图 8 “深海一号”工厂数字孪生示意

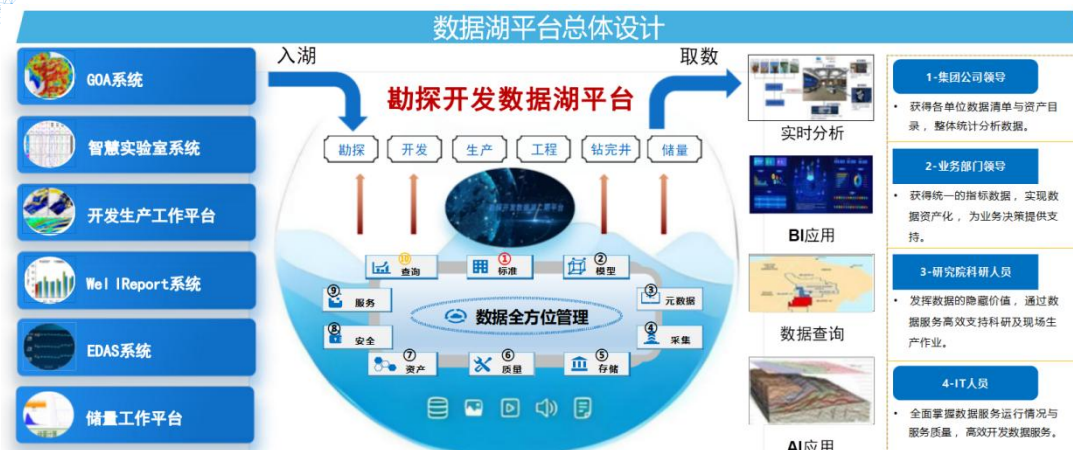


图 9 数据湖建设示意

研发设计：气藏数字孪生，实现产量定制

采用“国外软件+自主研发”双线互补模式，利用专业软件构建覆盖 7 个气藏、百万网格级别的精细数值模型，通过“机理+大数据”双模型驱动，与 21 条三相流管道模型实现一体耦合，建立气藏-管道孪生系统，破解“产-供-销”流程中地下气藏与水中管道难感知的问题，实现埋深 4500 米气藏产量的动态预测与智能优化。系统投用后，配产核算效率由原来的 4~5 天减少至 1 小时内，每年可减少因流动问题导致的产量损失 1000 万，预计提高采收率 0.5%，产生经济效益约 8.2 亿元。

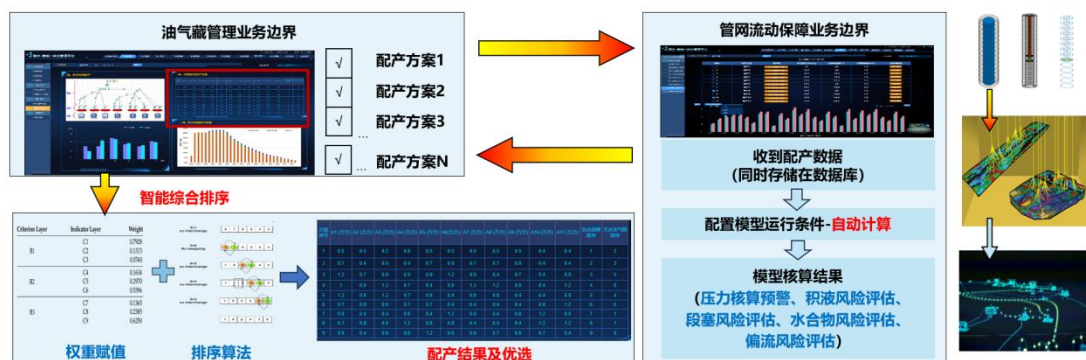
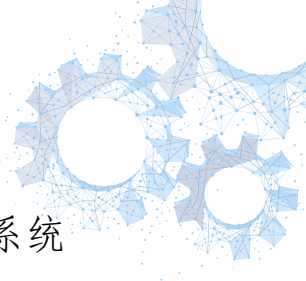


图 10 “深海一号”配产计划示意

生产作业：工艺数字孪生，强化生产控制



基于国产化技术，“深海一号”建立了深海油气工艺处理系统全流程仿真模型，配合海底无人工厂与远程遥控升级，构建起“感知-分析-决策-执行”的闭环智能系统，解决“产-供-销”流程中“供”的稳定可靠和安全可控难题，实现 TEG 能耗优化、质量监控优化、生产调度优化，形成“远程操作自主控制+工艺孪生自主优化”的自操控、自优化油气生产系统。其中，台风遥控生产场景的突破具有里程碑意义，截至目前，该系统已成功应对 7 次强台风，无人化生产 16.5 天，累计减少天然气产量损失 1.5 亿方、凝析油 1.8 万方，节省复产人工 490 天，实现经济效益约 4 亿元，彻底改变了传统海上油气田“遇台必停”的被动局面。



图 11 “深海一号”工艺动态优化示意

生产管理：管网数字孪生，优化销量分配

“深海一号”围绕产量管理、库存管理、安全管控、能源管理、环保管理五大领域，构建起全方位的智能化管理体系，实现管理模式创新与升级，运用系统化思维，智能化技术，国产化手段，形成一套南海西部天然气产供销智能调度决策系统，解决“产-供-销”流程中“即产即销”的难题，实现组分配比智能优化、产量智能劈分、高价市场优化调配，推动多产多销、减排降本，圆

满完成冬季保供、迎峰度夏和应急保供任务，保障粤港澳大湾区和海南自贸港的供气安全。

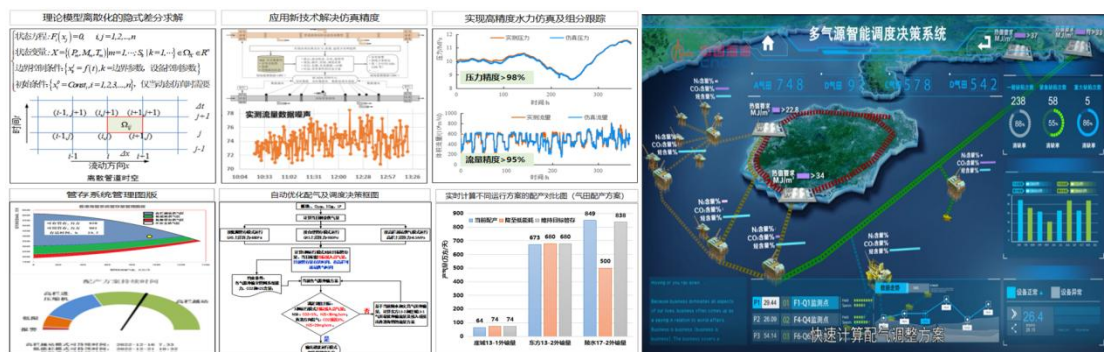


图 12 海上天然气管网多气源调度系统

运营管理：经营数字孪生，提升决策效率

围绕产量任务、成本管控、合规管理等目标，“深海一号”建立生产经营孪生系统，有效解决项目管控不精、预算执行不准、经营决策不快等难题。系统融合智能优化算法，实时动态预警并给出优化策略，实施后，各项运营指标显著提升：违约处理时间缩短 40%，供应商评价效率提升 20 倍，招标决策时效提速 80%。采购全周期从 72 小时压缩至 26 小时，协议复用率由 42%提升至 89%，年节约管理费用 186 万元，应急采购率从 25%降至 6%，合同按时续签率由 30%提升至 90%以上，物资等待率降低 12%，年度工作计划管理与费用预算执行率均实现优化提升。



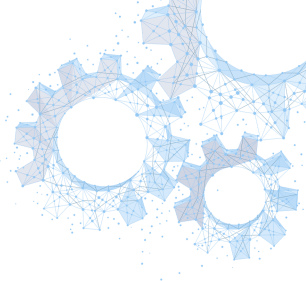


图 13 供应链智能管控与评价示意

【铸剑·技术攻坚】

“深海一号”围绕智能设施、智能物联、智能操控、智能孪生、智能管理等方面实现技术装备创新突破。一是建成全球首个具备遥控生产能力的超深水半潜式油气生产储卸油平台，实现“台风期间人撤离生产不中断”，提升气田稳定保供能力。二是创建我国首个“产-供-销”全流程工艺模型体系，实现气藏“应产尽产”、高质量工艺处理、下游“应销即销”的闭环优化。三是创建我国首个“浮体-立管-系泊”全设施力学模型体系，支持实时动态力学分析与疲劳评估，降低对国外监测系统的依赖，有效支撑“深海一号”30年不回坞检修的严苛标准。



图 14 “深海一号”智能工厂十大装备技术体系

【共赢·生态赋能】

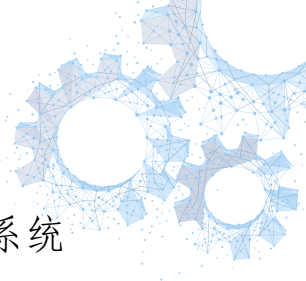
“深海一号”作为中国海油重点建设的智能油气田标杆项目，在标准制定、应用推广、行业示范等方面发挥了正面积极的作用。在标准制定方面，参编《GBT 8423.2-2018 石油天然气工业术语

第2部分：《工程技术》等国标共7项、《WBT1141-2024 数字化仓库数据分类与接口要求》等行标共6项。在应用推广方面，基于“深海一号”扩展构建全海域“智能气藏”中枢，在中海油全系统应用，逐步构建形成行业级智能运维平台，打造海能EAM（企业资产管理系统），已覆盖6个分公司，为600多家IBM用户提供国产化替代方案。在行业示范方面，为中海油白云气田、中石化普光气田卓越智能工厂建设提供了良好的经验范式，构建形成国际化海底无人工厂模式，在加拿大、圭亚那等地推广10余套成熟应用案例，荣获“中国信息协会数据大赛二等奖”“中国工业互联网大赛二等奖”“绽放杯能源赛道一等奖”“中国油气人工智能优秀案例”等诸多奖项，为油气领域更多企业开展智能化建设提供了可参考范本。

【展望·智能变革】

以进一步提升“深海一号”安全能源保供能力为根本出发点和落脚点，围绕现状分析与对标、扩展建设对象、体系化整合、智能应用建设、系统性总结、问题与效益导向六大方向，系统推进《“深海一号”领航级智能工厂三年行动方案》落地实施，重点实现以下突破：

一是构建智能气藏体系，实现气藏动态精准刻画、配产智能优化及见水超前预警，有效降低后期数据采集成本，并将该体系复制推广至“深海一号”二期、三期项目，充分发挥技术复用价值。



二是推进智能生产建设，以 AI 模型为驱动，实现工艺系统黑屏操作、卡边运行及 MRU 自主优化，探索 UCS、TPT 等新型控制架构，逐步构建海上平台“智驾”体系，提升生产自动化水平。

三是完善智能设施布局，构建水下装备智能监测、无人巡检与远程运维一体化体系，打造以“水下机器人+水下新型传感”为核心的水下设施预警防控机制，强化设施运行安全性。

四是打造智能设备管理平台，实现关键设备多元要素趋势预警、时间序列模型故障诊断及全生命周期闭环管理，进一步扩大预测性维护体系覆盖范围，提升设备运维精准度。

五是筑牢智能安全防线，构建多模态 AI 感知、立体安防与立管健康监测体系，依托数智技术进一步夯实安全管理“五道屏障”，守住安全生产底线。

六是强化智能协同能力，建立琼东南海上智能工业区智能物联感知体系，探索结合本体论构建云边协同、入口集成、统一调度的超级智能体，提升跨区域、跨业务协同效率。

通过六大任务落地实施，实现全业务孪生自主优化，全面构建监测立体化、分析自主化、操作少人化、维保精准化、管理协同化五类数智能力，有力践行“平安、绿色、数智、人文”海油建设理念，高标准打造海上气田智能工厂领航样板，努力建成保障国家能源安全的油气生产领域智能工厂典范。

武汉京东方光电科技有限公司——全流程 AI 智 控下的显示面板超级工厂

【领航·工厂视窗】

企业简介：京东方科技集团是全球显示面板行业的领军企业，连续 6 年总出货数量和面积位列全球第一、五大主流产品市占率全球第一。武汉京东方光电科技有限公司（以下简称“武汉京东方”）成立于 2017 年，总投资超 460 亿元，占地面积达 1132 亩，是京东方科技集团显示器件及物联网创新业务的关键落地项目，建设了全球最先进、拥有自主知识产权的 10.5 代薄膜晶体管液晶显示器件生产线，是目前全球单体产能最大的 LCD 超级工厂，带动了上下游产业链超 200 多亿元的投资，吸引了康宁、法液空等数十家头部企业配套入驻，构建了千亿级区域产业生态。



图 1 武汉京东方厂区图


工厂画像：全流程 AI 智控下的显示面板超级工厂，构建了以全链路智能研发、高效率自动排产、AI 质量精益管控及数据驱动的设备绩效闭环为核心的“敏捷制造”模式。

核心成效：依托全链路智能化升级，工厂产品研制周期缩短约 20%，产品综合良率突破行业新高，全员劳动生产率提升 30%。全厂应用人工智能技术场景比例超过 70%，单位面积产品生产成本降低 30%，落地无氯工艺大幅降低碳排放，在产能、良率、成本与低碳化发展上均达到全球领先水平。

【破局·转型之路】

显示面板行业属于典型的高精尖离散与流程混合制造，具有工序复杂、工艺制程对精度和洁净度要求极高的特点。在全球显示产业向超高清高刷高透、柔性化、低碳化快速演进的背景下，传统依赖人工经验的研发设计、排产调度与质量管控模式，已无法满足敏捷交付与精益生产的严苛需求。

■ ADS 显示技术是中大尺寸产品未来发展方向：ADS 灰阶/颜色控制更准确，视角无色偏，侧视角明显优于 VA 平板/笔记本/显示器等IT产品均以ADS显示面板为主，高端机型均采用ADS面板



■ ADS Pro: 分辨率4K+, 刷新率100Hz+, 对比度2000: 1+, 全视角无色偏, 搭配MLED背光, 全面提升画质
苹果全系采用ADS Pro+STW补偿技术
Macbook全系产品 | iMac全系产品 | iPad全系产品 | iPhone4- iPhone8

像素PPI	刷新率	对比度	反射率	模组亮度	模组厚度
4K+	100+Hz	2000: 1+	全视角、无色偏	超高亮度(MLED)	超薄模组(MLED)
4K 80吋+	EPQ+HSR	负性液晶 MLED	AGLR STW+LR AGP补偿补偿 PLCD 补偿 PLCD 补偿 PSA 补偿	OC+MLED	OC+MLED

图2 武汉京东方产品核心技术点

为破局转型，武汉京东方全面承接集团“1+4+N+生态链”³发展战略，以“成为最具竞争力的 G10.5⁴”为愿景，锚定了“产能极致、良率极致、成本极致”三大战略目标。工厂转型规划了清晰的三阶段跃迁路径：2018 年建厂期通过海量自动化设备互联夯实“自动化”底座；2019 至 2022 年贯通 ERP/MES 等 20 余个核心系统构建“数字化”中枢；2023 年至今，深度融合 5G、数字孪生与人工智能大模型，迈入“智能化”全场景赋能阶段，实现了从物理工厂到数字孪生，再到全价值链 AI 决策的系统性重塑。



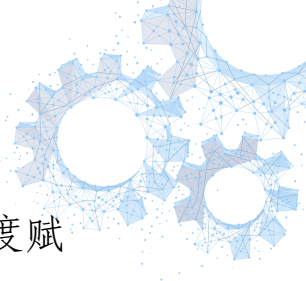
图3 武汉京东方 AI 战略

【变革·模式焕新】

为敏捷响应全球客户的个性化需求，为敏捷响应全球客户的个性化需求，结合京东方集团 AI+战略方向，武汉京东方在原有的“极致产能、极致良率、极致成本”的发展路线基础上，创新性

³ “1”指半导体显示业务；“4”指物联网创新、传感、MLED 以及智慧医工四条高潜力发展赛道；“N”指不断开拓的物联网细分应用场景；“生态链”指创新生态协同发展的赋能平台

⁴ 液晶面板第 10.5 代 TFT-LCD 生产线，玻璃基板尺寸 3370mm×2940mm，为当前主流高世代线，主要经济切割 65/75/85 英寸及以上大尺寸超高清（4K/8K）电视面板，代表产线为京东方武汉 G10.5。



提出“AI+三个极致”的智能工厂建设范式，通过人工智能深度赋能从工厂建设、研发设计、生产作业到运营管理全链条业务场景，推动业务全方位全要素变革重塑。

工厂建设：基于数字孪生的模块化建造

工厂首创超大空间模块化建造模式，钢结构及洁净室预制率高达 95%，运用并行工程与 BIM 模型，实现了从建设期到运维期的直通管理。底座全面部署 5G+工业万兆光网双冗余架构，网络最小延时达毫秒级，支撑 PB 级数据实时无损传输。同时，通过车间级服务总线接入现场海量异构设备，构建高精度数字孪生系统，实时动态模拟全厂生产状态及物流设备运输实况。

研发设计：基于大模型的虚拟验证与生成式设计

构建基于数字孪生的智能研发设计全流程系统，打破传统物理试错的漫长周期。通过引入京东方显示工业大模型与 AI 深度学习技术，实现 Mask 自动绘图与仿真生成，将 TFT 设计方案自动转化为工艺图纸。集成 iReal 仿真平台与 TCAD 软件，开展电学特性、光学特性等多物理场动态模拟，使设计方案与生产工艺条件实时映射，使设计变更次数有效减少，新产品开发周期从 9 个月压缩至 6 个月，单款产品验证成本大幅降低。

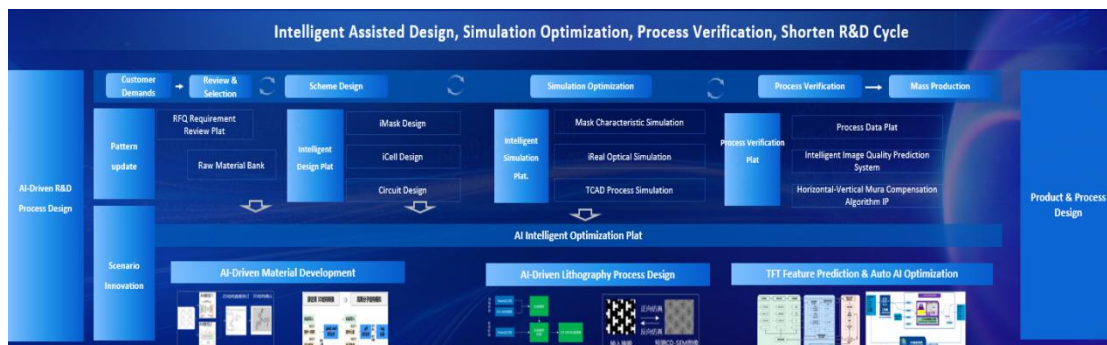


图 4 全链路智能研发体系

生产作业：全链路 AI 质量管控与柔性敏捷制造

在生产作业环节深度推进柔性化与智能化。在质量管控上，构建 AI 缺陷管理平台，导入全厂 AOI 等精密检测设备，融合边缘计算与超分辨率算法，实现微米级缺陷精准识别，100%全检下缺陷识别准确率最高可达 99%。在工艺过程控制上，引入神经网络、随机森林等模型构建虚拟量测系统，实时预测 FGI 膜厚等关键特性值，预测准确率高达 98%。在柔性制造方面，应用智能任务编排、工装夹具自匹配与 R2R（Run to Run）参数自调优技术，实现多尺寸产品单通道混流生产及设备参数毫秒级无缝切换，设备稼动率提升超 50%。

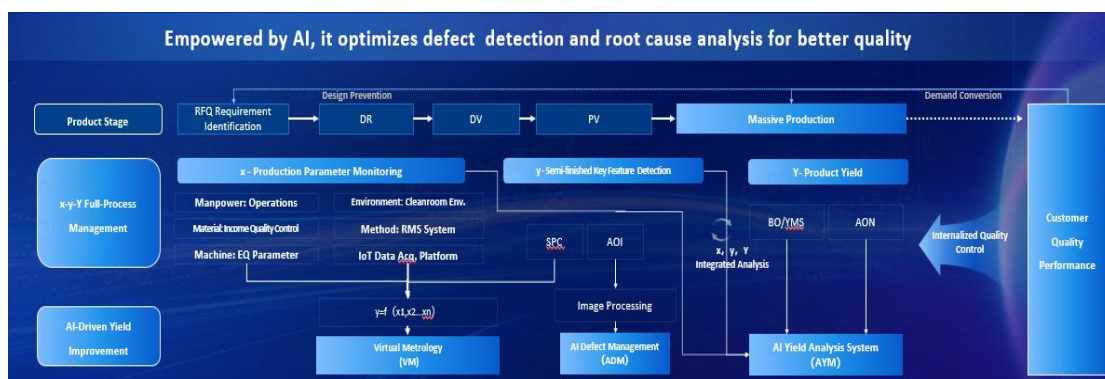


图 5 智能化质量管理体系

运营管理：数据驱动的全局动态调度与低碳精益管控

在全球动态调度上，打破“经验排产”，构建了“预测 - 监控 - 优化”三位一体的动态营运体系，引入 ziRTS 智能实时排产系统，结合离散事件仿真与强化学习智能体，动态处理产能、交期、工艺等多重约束，排产耗时从人工所需的 2 小时大幅压缩至 10 分钟，排产指令自动执行率达 90% 以上，设备切线次数减少 10%。在绿色能碳管理上，部署超 30 万个传感器。构建五级能流监控

网，应用深度学习算法智能调控空压机群与冷冻系统，2024 年节省动能成本超千万元，结合产品碳足迹（LCA）全生命周期核算，单位产值碳排放降低 70%。



图 6 计划 - 生产 - 物流 - 仓储一体化

【铸剑·技术攻坚】

在向领航级智能工厂迈进的过程中，武汉京东方突破了多项关键核心技术与自主可控瓶颈。

在 AI 大模型应用方面，依托专属算力集群，自主开发并部署了超 20 个 AI 算法与大模型。应用“京东方显示工业大模型”，构建了涵盖极小目标 AI 缺陷检测、工艺参数虚拟量测、RPA 全自动维修代操、设备预测性维护（如电机寿命时序预测）的工业智能体矩阵，将全厂应用 AI 场景比例提升至 70% 以上。

在核心软硬件自主可控方面，大力推进供应链安全攻坚工程，MES、WMS 等核心生产系统的自主可控率达 80%。通过攻克高精度传感、数据采集、工控等“卡脖子”技术，设备国产化率提升至 50% 以上，关键材料国产化率提升至 70% 以上。

在核心工艺与产品技术方面，自主研发行业顶尖的 ADS Pro

技术，实现 8K 超高分辨率、180°广视角以及低至 0.7%的超低反射率，在面板极限制制造领域构筑了深厚的技术护城河。

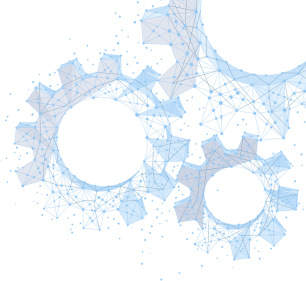
【共赢·生态赋能】

在标准研制与输出方面，武汉京东方积极将自身实践转化为行业准则，参与了电子标准技术研究院主导的《智能制造能力成熟度模型（CMMM）》关键条款的修订，并自主发布了《智能工厂信息系统集成规范》等多项企业核心标准，大幅降低了异构设备与系统的对接成本。

在能力开放与模式推广方面，打造了“智造母工厂”的最佳实践蓝本，以集团子公司中祥英子公司对外开展智能制造解决方案的商业化输出，目前已赋能 12 个行业大类的 300 余家客户。数字孪生、智能排产、AI 视觉检测等应用，不仅在京东方集团内部 20 余个工厂得到全面推广，还向上下游配套企业延伸赋能，有力带动了所在区域新型显示产业集群的协同转型。



图 7 生态赋能情况



【展望·智能变革】

面向未来，武汉京东方将持续深化集团“AI+产品、AI+制造、AI+运营”战略，重点构建“AI 虚拟产线”“AI 工艺孪生”“自感知调整调度网络”及“AI 企业经营智能体”四大 AI 底座平台。



图 8 智能体工厂

在研发与制造协同方面，工厂将通过端到端的 AI 数据分析，加速研发试产与产销交付的敏捷化进程，探索量产新模式。同时，在标准化大规模生产基础上，全面推进“智能制造+面板个性化定制”模式，依据客户多样化需求精准定制面板，并将定制成本控制在标准产品的 5% 以内。此外，企业还将持续深化低碳绿色工艺，结合区块链存证与数字孪生模型，打造全链路碳管控的“零碳工厂”全球标杆，以“领航者”姿态，持续引领中国乃至全球显示产业的未来制造模式变革。

杭州海康威视数字技术股份有限公司——物联感知产品大规模个性化定制智能工厂

【领航·工厂视窗】

企业简介：杭州海康威视数字技术股份有限公司（以下简称“海康威视”）致力于将物联感知、人工智能、大数据技术服务于千行百业，引领智能物联新未来。面对高度碎片化的市场需求，公司年产智能物联产品达 2.56 亿台，产品服务全球 150 多个国家，业务覆盖 90 多个子行业、数百个具体场景。根据全球安防媒体 a&s 发布的“全球安防 50 强”榜单，海康威视已连续 10 年市场占有率第一位。

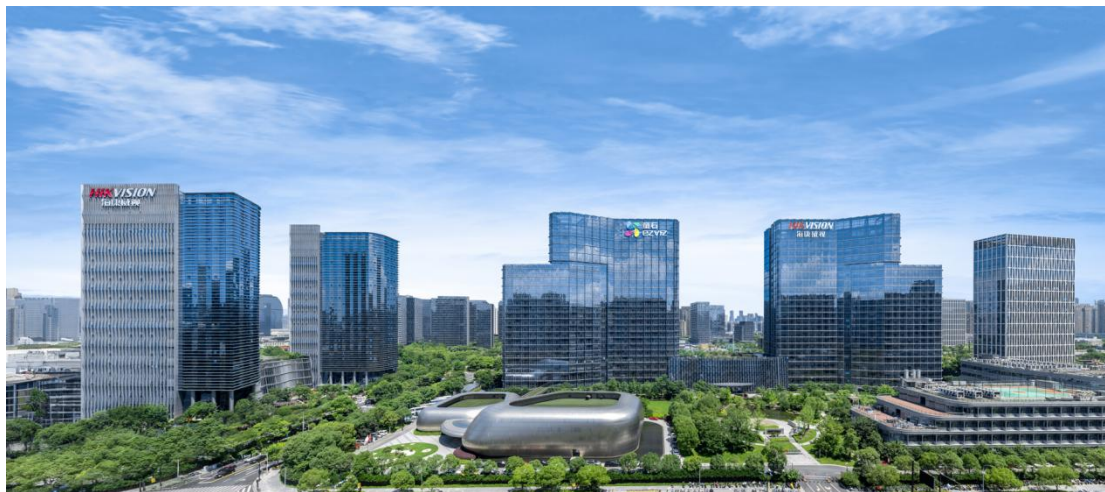
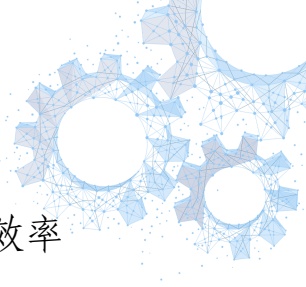


图 1 海康威视总部外景

工厂画像：应对“超 3 万种型号、日均近万单、定配置比高达 75%”的复杂生产需求，打造物联感知产品大规模个性化定制智能工厂。

核心成效：实现生产订单 24 小时快速应答，产线换型时间



缩短 50%，物流作业效率提升 40%，并打造出较传统生产线效率提升 243% 的智能摄像机全自动无人生产线。

【破局·转型之路】

智能物联市场需求的高度碎片化特性，使海康威视的生产端面临着巨大挑战，对于智能工厂的柔性制造能力提出了极高要求：**一是大规模定制**，硬件产品型号超 3 万种，日均处理订单近 1 万个，平均订单量仅约 40 台，定制化配置比例高达 75%，近乎“千单千面”；**二是高频次切换**，以电装工厂 SMT 贴片产线为例，每条产线平均每天要换型 18 次，切换频次最高的产线，一天换型可达 40 次，对智能工厂的订单管理、质量控制、生产管理等提出极高挑战；**三是供应链协同**，需管理数十万级 SKU 的原材料，并与 2000 余家供应商、80 万家渠道商进行高效协同。

面对柔性换产带来的巨大挑战，海康威视以“柔性、高效、敏捷”为目标，依托公司自研的物联感知、AI、大数据等技术、产品与平台，构建了完善的智能工厂技术体系。同时，结合公司多年积累的高质量工业数据，将海康威视智能工厂逐步构建为具备“智能感官系统”“AI 决策大脑”“灵活执行手脚”的“超级智能体”，形成“感知 - 决策 - 执行”的完整闭环。



图 2 海康威视制造基地外景

【变革·模式焕新】

海康威视将自身前沿的数智技术深度应用于研发、生产、销售和服务全链条，推动工厂向“能感知、会思考、善执行”的“超级智能体”进化。

给工厂装上“智能感官”，能“看”会“听”可预判

海康威视将自研的多维感知技术与 AI 深度融合，为工厂打造“智能感官系统”。工业相机、X 光设备、热成像及声振温传感器实时采集产线数据，实现全流程精准监控。依托海康观澜工业大模型，上线“大模型质检员”，实时识别操作规范与配件齐套，实现零延迟换产。X 光“透视”PCBA 内部缺陷，检测效率提升 30%；热成像 24 小时在线监测老化房的环境温度，实时弹窗预警，保障安全生产；声振系统结合 AI 算法精准分析运行状态，预警设备异常，预防设备“带病运行”。



图 3 海康观澜工业大模型产线场景方案—配件齐套检测

“AI 大脑”助力精准决策，为柔性生产提质增效

海康威视持续建设数字化系统，并嵌入自研 AI 算法，打造系列“智能体”。工厂通过计划智能体，快速处理数十万订单与物料数据，生成最优生产与物料计划，实现订单 24 小时快速响应。排程智能体则基于多重约束条件，以分钟级速度输出产线排产“最优解”。针对小批量高频次生产导致的产线频繁换型，创新应用智能合单模型，将工艺、物料相似的订单自动合并，使平均换型时间缩短 50%，实现“拼单式”高效生产。同时，工艺智能体嵌入 MPM 平台，基于 BOM 知识图谱自动生成工艺路线，将单产品工艺设计时间从半小时压缩至十分钟，大幅提升设计效率与质量一致性。

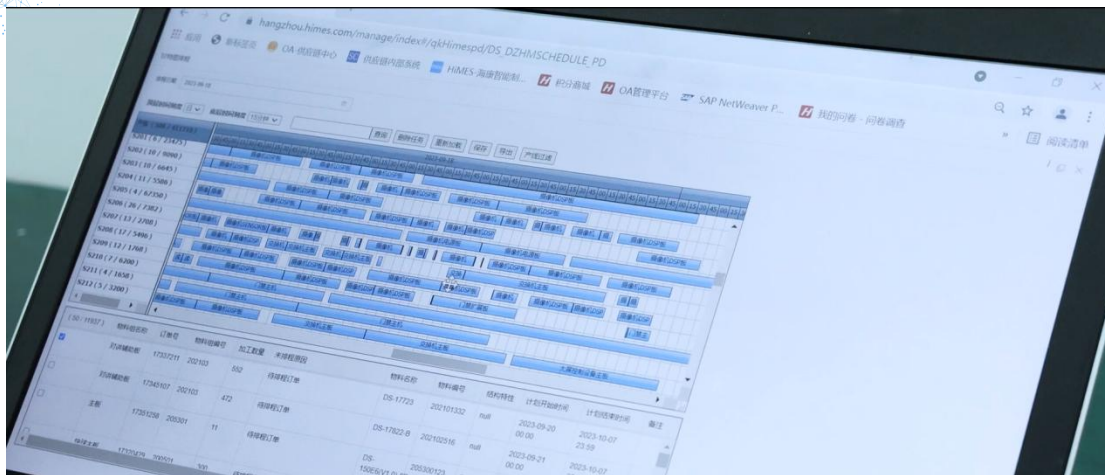


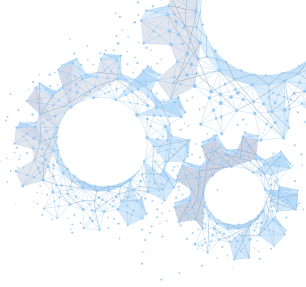
图 4 AI 大模型助力生产排程提效

“执行肢体”智能协同，驱动工厂高效运转

海康威视通过移动机器人集群以及各类智能装备，打造了具备自主感知与协同操作能力的“灵活手脚”，将智能决策转化为切实的生产力。1500 余台自研移动机器人组成集群，实现从原料到成品的全流程自动化配送，作业效率提升 40%，并支撑近万平方米“黑灯仓库”的无人化运作。打造智能摄像机全自动化无人生产线，通过“AI 大脑”的决策与控制，将器械臂、自动调焦、工业相机、移动机器人这些“手、眼、脚”高度协同，实现备料、装配、测试、包装全工序无人化作业，效率较传统产线提升 243%。



图 5 全自动化无人生产线上，移动机器人正在上料



【铸剑·技术攻坚】

海康威视智能工厂的突破，根植于自身强大的自主技术攻坚能力：

在感知技术方面：大量应用自研的工业相机、热成像、X光智能检测设备、声振温监测系统，构建了超越人类感官的感知能力。引入海康观澜工业大模型，实现了对复杂作业过程的智能理解。

在AI与平台方面：自主构建数智底座，涵盖大数据平台、大模型服务平台等，并自主研发系列工业大模型，打造包含计划、排程、工艺等多类别的工业智能体，助力核心业务环节的智能化决策。

在智能装备方面：大规模应用自研的移动机器人（AMR），攻克高精度自动调焦（精度达微米级）、AI仿型点胶、视觉引导无序抓取等关键技术，助力实现“手、眼、脚”精准协同。

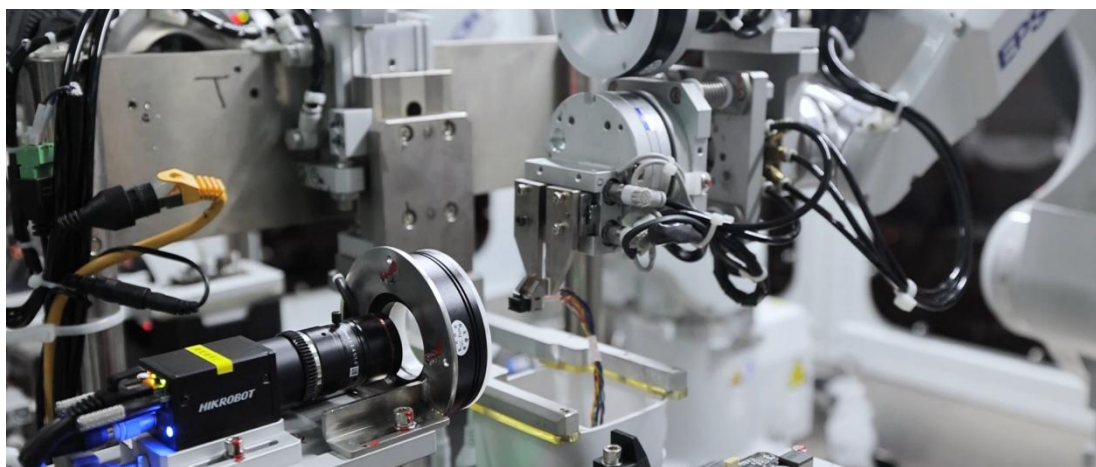
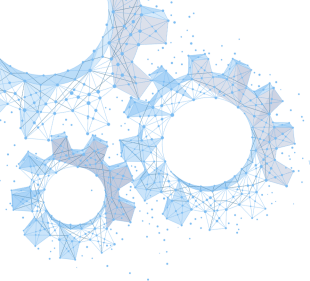


图 6 柔性线束插接



【共赢·生态赋能】

海康威视积极将自身积累的智能制造能力向产业链乃至整个制造业开放赋能。依托自主构建的综合赋能平台及系统，以系统互联、数据共享、服务免费等方式，高效贯通上游 2,000 家供应商及下游 80 万家经销商、集成商、工程商等，提升产业集群竞争力。面向电子电器、装备制造、石油化工、食品医药等十大行业、66 个子行业的各类企事业单位，提供 350 余项数字化解决方案，为我国制造业智能化升级作出积极贡献。



图 7 智能物联技术助力千行百业数字化转型

【展望·智能变革】

海康威视将以领航级智能工厂建设为新起点，充分发挥自身在智能物联领域的优势，推动物联感知、AI、大数据等前沿技术在智能工厂全业务环节的深度应用，不断探索未来制造新形态，为加速中国制造升级提供更多可复制、可推广的优秀实践。