

江苏省碳纤维行业智能化改造数字化 转型网络化联接实施指南

二〇二五年五月

指导单位

江苏省工业和信息化厅

编写组成员

南京玻璃纤维研究设计院有限公司：李熙、涂亚东、王屹、高政、马丹、马剑、孟颖、杨国银、尤良炳、王熙艳、张逸筠、殷天容、鄂丽莉、孔令程、赵雨

江苏省新材料产业协会：蒋浩明、刘圣锴

主要协助单位（按首字母排序）

长三角碳纤维及复合材料技术创新中心

常州市宏发纵横新材料科技股份有限公司

航天海鹰（镇江）特种材料有限公司

江苏亨博复合材料有限公司

江苏恒神股份有限公司

江苏天鸟高新技术股份有限公司

南京海拓复合材料有限责任公司

中复连众（连云港）风电叶片有限公司

中复神鹰碳纤维股份有限公司

中简科技股份有限公司

目 录

| | |
|--------------------------------|-----------|
| 一、背景与现状 | 1 |
| 1、指南范围 | 1 |
| 2、行业概述 | 1 |
| 3、行业智能化改造数字化转型网络化联接的发展现状 | 1 |
| 二、目标与架构 | 7 |
| 1、总体目标 | 7 |
| 2、实施架构 | 7 |
| 三、基础能力 | 10 |
| 1、网络、标识等基础设施能力建设 | 10 |
| 2、数据采集能力建设 | 13 |
| 3、信息系统能力建设 | 14 |
| 4、工业信息安全能力建设 | 16 |
| 四、环节与场景 | 19 |
| 1、研发管理 | 20 |
| 2、生产管理 | 24 |
| 3、质量管理 | 29 |
| 4、市场管理 | 32 |

| | |
|-------------------------------|-----------|
| 5、供应链管理 | 34 |
| 6、设备管理 | 39 |
| 7、能碳管理 | 44 |
| 8、安全管控 | 48 |
| 五、路径与方法 | 53 |
| 1、实施路径 | 53 |
| 2、相关政策 | 57 |
| 六、愿景与展望 | 82 |
| 附件 1：人工智能典型应用场景 | 88 |
| 附件 2：改造投入清单及图谱 | 98 |
| 附件 3：典型案例（按首字母排序） | 133 |
| 附件 4：服务商目录（按首字母排序） | 162 |
| 附件 5：技术缩略语 | 174 |
| 附件 6：江苏省制造业“智改数转网联”典型场景参考指引 . | 177 |

一、背景与现状

1、指南范围

为贯彻落实《江苏省深化制造业智能化改造数字化转型网络化联接三年行动计划（2025—2027年）》，促进我省碳纤维行业智能化改造数字化转型网络化联接(以下简称“智改数转网联”)高质量发展，特编撰本实施指南。本文件主要阐述企业“智改数转网联”的总体目标、系统架构及实施路径，同时对生产主要环境及场景给出建设性方案，供我省碳纤维生产及上下游企业在“智改数转网联”的实践过程中参考。

指南主要聚焦研发、生产、质量、市场、供应链、设备、能碳、安全等领域，利用物联网、机器人、人工智能、大数据等新一代先进技术，整合各类业务数据资源，打破生产业务传统流程、产业链上下游信息壁垒，协同企业运营各环节。推进数字化、智能化、网络化与生产业务全面融合，以统一的数字底座为支撑，基于科学的算法和统计分析，科学地制定生产策略，构建高效节能、安全环保的智慧工厂。

2、行业概述

碳纤维，是一种含碳量在95%以上，具备高强度、高模量、密度小、耐高温、耐腐蚀等特性的新型纤维材料。碳纤维按原料可以分为聚丙烯腈（PAN）基碳纤维、沥青基碳纤维、粘胶基碳纤维。其中，PAN基碳纤维应用范围广，占全球总产量的90%

以上。碳纤维及复合材料不仅应用于航空航天、国防等军事工业中，而且广泛地应用于汽车、土木建筑、能源开发和体育运动休闲等众多产业中。由于生产技术含量高，行业垄断性强，应用范围广，碳纤维在国际上被誉为“新材料之王”。

（1）全球碳纤维产业现状

根据《2024 全球碳纤维复合材料市场报告》显示，2024 年，全球碳纤维运行产能总量达到 309,000 吨，较 2023 年的 290,230 吨增长 6.5%。这一增长主要由墨西哥、中国和韩国贡献。

全球应用市场中，风电叶片、航空航天军工、体育休闲是最大的驱动力。尤其是风电叶片市场，它激发了低成本碳纤维增长，这个趋势未来还将持续。从高模、中模、标模-低成本（大丝束）、标模-高性能（小丝束）这四大类碳纤维品种的全球占比来看，中国碳纤维市场总体发展是均衡的，如果未来能够通过航空器及高端体育器材的发展，带动中模量碳纤维的应用，中国碳纤维的发展将更加均衡。

国际上，碳纤维生产企业主要有日本的东丽（Toray）、卓尔泰克（Zoltek）、三菱（Mitsubishi）、帝人（Teijin），美国的赫氏（Hexcel），德国的西格里（SGL），韩国的晓星（Hyosung），中国的吉林化纤、中复神鹰、新创碳谷。

（2）国内碳纤维产业现状

近几年，国家出台《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》《关于扩大战略性新兴产业投资培育壮大新增长点增长极的指导意见》《关于推动未来产业创新发展的实施意见》《“十四五”原材料工业发展规划》等多项政策，提出发展高性能碳纤维等关键战略材料，为持续推动碳纤维产业发展提供了强力支持。在各项政策支持下，中国碳纤维运行产能自 2021 年起一直处于全球第一，这也充分表现了国产碳纤维的巨大进步。

根据《2024 全球碳纤维复合材料市场报告》显示，2024 年国内碳纤维的总需求为 84,062 吨。其中，国产碳纤维供应量为 67,640 吨，占总需求量的 80%，进口量为 16,422 吨。海关数据显示，2024 年碳纤维进口增长的主要市场是高端体育器材，国内碳纤维在该领域有望增强“工艺适配性”，提升性价比，未来将能够进一步替代进口。

《2024 全球碳纤维复合材料市场报告》提到，国内应用市场中，体育休闲、碳碳复材（包含耐火保温毡）、建筑、电子电气，航空航天军工及压力容器发展迅速，大幅度缩小了与国际应用的差距；需求量位列第一的风电市场，与国际应用仍存在较大差距；需求量位列第三的商用航空应用刚刚起步；汽车及混配模成型将因为国内新能源车的高速发展而

产生较大的应用潜力。

目前，国内碳纤维年产能位列前三的企业为吉林化纤、中复神鹰、新创碳谷。

（3）江苏省碳纤维产业现状

江苏省近年来出台了《产业发展与转移指导目录（2018年本）》《江苏省“十三五”战略性新兴产业发展规划》《重点新材料首批次应用示范指导目录》等多项政策，主要围绕技术研发、产业链整合、应用推广及绿色转型等方面构建了多层次政策支撑体系，系统性推进碳纤维产业高质量发展，旨在打造全国碳纤维产业高地。

在政策的引导与支撑下，国内前三大碳纤维企业中，江苏省就占得两席。同时，江苏省也拥有诸多的碳纤维产业，既有航空航天高端复合材料应用，同时形成了一批在风电叶片、压力容器、建筑加固等领域极具发展潜力的骨干企业，如江苏恒神、中简科技、宜兴天鸟、中国中车、中材叶片、中复连众、中复碳芯。

根据《2024 全球碳纤维复合材料市场报告》显示，2024 年江苏省对于碳纤维的需求量为 17,494 吨，占国内碳纤维需求总量的比例为 21%，是国内碳纤维消费和应用的主要区域之一。随着大型碳纤维叶片、通用飞机、大飞机等航空航天、风力发电领域技术的相继突破，需求潜力进一步加速释放，江苏省将拥有更

加广阔的碳纤维下游应用场景。

3、行业智能化改造数字化转型网络化联接的发展现状

江苏省碳纤维行业“智改数转网联”建设位居全国前列，整体发展呈现出由基础构建向深度应用稳步推进的积极态势。多数企业生产设备自动化改造取得一定进展，但设备互联、软件应用、数据流通、网络安全等方面有待提升。企业在具体实施层面仍面临诸多挑战和问题。

（1）大型企业面临的问题

产线连续生产面临较大压力：由于大型企业投产时间较早，多数旧设备已融入连续化生产流程中，直接更换新设备不仅会干扰现有的连续生产模式，还可能导致较高的改造成本。因此，需要在保证生产连续性和稳定性的前提下，探索更为经济高效的智能化数字化改造方案。

质量精准控制和实时追溯难：碳纤维等高性能材料对生产过程中的质量控制要求较高，任何微小的瑕疵都可能导致产品性能大幅下降。因此，如何通过数字化手段实现产品质量的全程追溯和精准控制，是当前企业面临的一大挑战。

企业内部信息孤岛问题突出：设计、研发、生产、经营等业务系统存在断点，各业务系统未深度集成，存在严重的孤岛问题，效率低下。

产业链互联互通程度低：碳纤维企业技术壁垒高，产业链上

下游协同、信息共享、互联互通程度低，如何推动行业数据共享与信息互通，促进协同合作，提升行业竞争力，是需要整个行业共同思考的问题。

（2）中小企业面临的问题

信息化基础薄弱：中小型企业缺乏专业的信息化团队和必要的基础软件支撑。部分企业尚未引入 ERP、CRM 等管理系统，仍依赖手工操作进行日常管理。现有软件定制化程度不足，难以满足企业特定的业务需求，导致软件使用效率低下，影响了企业的运营效率和竞争力。

转型成本高：中小型企业受限于生存压力，较难承担“智改数转网联”的高额投入。在当前政策导向与市场环境下，未实施转型的企业将难以适应市场变化，面临更严峻的竞争挑战。

此外，企业在信息化管理、智能物流、智能制造等方面的应用尚不够广泛。在人才培养方面，江苏省碳纤维行业也面临专业人才短缺的问题，尤其是既懂材料科学又懂信息技术的复合型人才。

因此，江苏省碳纤维行业需加强技术创新，推动智能制造和工业互联网的深度融合。同时，优化产业链布局，促进上下游企业紧密合作，实现资源共享和优势互补，加快智能化、数字化转型步伐，加强产业链协同与信息共享，培养专业人才，以提升整体竞争力。

二、目标与架构

1、总体目标

全面落实省政府《江苏省深化制造业智能化改造数字化转型网络化联接三年行动计划（2025—2027年）》，促进实体经济和数字经济深度融合，推动全省碳纤维行业数字化管理、网络化协同、智能化管控水平明显提升，形成更高质量、更有效率、更可持续、更为安全的碳纤维发展新模式。

到2027年，全省碳纤维行业企业设备更新、工艺升级、数字赋能、模式创新步伐明显加快，重点企业关键工序数控化率达到90%左右，生产设备数字化率达到80%；规上碳纤维行业企业基本完成智能化改造，建设一批碳纤维行业智能工厂；数字技术在生产制造关键环节普及应用，碳纤维行业中小企业全面实施数字化转型；工业互联网创新发展，人工智能加速赋能，生产要素广泛联接，助力“1650”产业体系建设迈上新台阶，新型工业化走在全国前列。

2、实施架构

本实施指南基于工业互联网平台，贯通企业应用场景、数字化转型、网络化链接、智能化改造等部分的能力和数据，依托基础支撑平台实现全要素连接与数据流通，实现碳纤维企业生产管控一体化。同时拉通企业研发、质量、营销、生产、设备、安全、能碳、供应链等业务之间的协同运维，提升企业决策质量，进一

步提升企业综合效益和竞争力，实现碳纤维企业提质、降本、增效的目标。

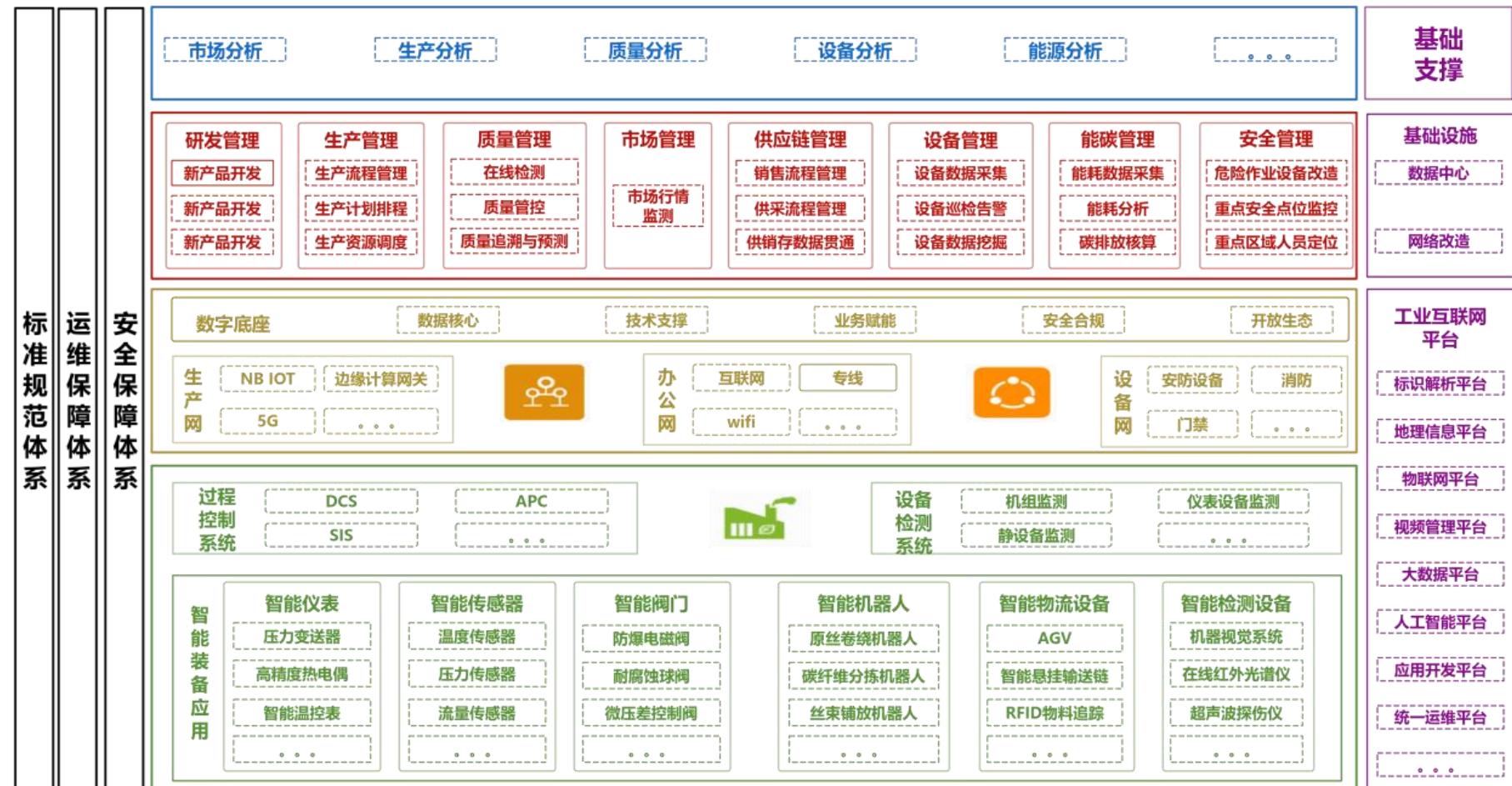


图 2-1 系统架构

三、基础能力

1、网络、标识等基础设施能力建设

针对碳纤维生产企业车间环境复杂、设备运行对网络稳定性要求高的特点，网络、标识等基础设施能力建设将围绕“三网融合—标识精准化—网络高可靠”的架构展开，解决网络覆盖不足、设备连接不稳定、信息交互不畅等问题，为企业全面数字化转型筑牢基础。

（1）设备网络建设

设备网络是基础，它将各类生产设备通过标准化改造连接入网，并利用边缘计算和设备标识体系实现设备数据处理和全生命周期管理，为生产网络提供设备运行数据支持。

设备连接标准化改造：对存量设备进行协议兼容性改造，为 PLC、DCS 等系统加装物联网关，统一数据接口，确保不同品牌、型号的碳纤维生产设备无缝接入企业网络，提高设备联网率。ONU 内置工业协议网关，可直接接入 PLC 设备，进一步优化设备连接，提升数据交互效率。

边缘计算节点部署：在设备端附近部署边缘计算网关，支持 Modbus、Profinet 等多种工业协议转换，实现设备数据本地预处理，如对高温设备的温度、压力数据滤波、压缩，减少数据传输量，提升传输效率。同时，借助统一网管平台，实现网络可视化监控、故障自动定位，提前预警潜在故障，结合人工智能算法实

现流量智能调度，优先保障生产系统带宽，提升设备网络的智能化运维效率和水平。

设备标识体系建立：引入唯一设备标识（UID）技术，为每台碳纤维生产设备赋予唯一编码，实现设备全生命周期管理，从设备采购、安装调试、运行维护到报废回收，均可通过标识精准追溯设备信息，助力企业高效管理设备资产。

（2）生产网络构建

生产网络是核心，接收设备网络数据用于生产，通过高可靠的有线和无线网络进行数据传输，以满足生产过程中设备对控制指令的即时响应以及各类生产数据的高速、低延迟传输需求，实现数据流转和生产流程运作。同时将生产数据有序整理、分类，为办公网络提供可访问、可分析的数据资源。

高可靠有线网络铺设：在碳化车间等关键区域，铺设冗余工业以太网，确保实时控制信号稳定传输。通过与先进技术融合，进一步提升性能。如采用 OLT 直接采集窑炉温度、压力数据，能以小于 1ms 的时延实时传输至 MES 系统，不仅满足碳化炉、反应釜等设备对高精度控制指令的即时响应需求，还支持生产异常自动告警，有效防止因网络中断导致生产停滞或产品质量缺陷。

低延时网络与时间敏感网络（TSN）融合的无线网络覆盖：在原丝制备、卷绕等车间，运用低延时网络结合 TSN 技术，满足移动设备、传感器数据高速、低延迟传输需求。如实时采集卷

绕机运行中的振动、声纹数据，为设备健康监测提供有力数据支撑。同时，AGV 定位数据可通过光网络回传至调度中心，实现 AGV 协同避障，动态优化路径规划，使碰撞率降低 90%，提升生产流程的安全性与流畅性。

网络安全防护体系搭建：部署防火墙、入侵检测系统（IDS）、态势感知、流量探针、日志审计等安全设备，对生产网络进行分区隔离，防止外部非法入侵，保障设备控制指令安全完整。通过切片技术，划分生产网、设备网、办公网，确保业务隔离与优先级，为生产网络安全运行提供多重保障。

（3）办公网络升级

办公网络用于决策支撑，通过与生产网络隔离，在确保安全的前提下，为员工提供便捷的网络接入，员工可以通过办公网络访问业务系统，基于生产网络提供的数据进行业务管理、数据分析与决策制定。这些管理决策指令，可以通过安全的数据交互通道，经生产网络传递到设备网络，指导设备运行与生产流程优化。

无线办公网络优化：部署企业级 Wi-Fi 6 设备，实现办公区域无线网络全覆盖，提升无线信号稳定性与连接密度，支持员工随时随地接入企业网络，访问业务系统与共享数据。

办公网络与生产网络隔离：通过网闸等安全设备，实现办公网络与生产网络的物理隔离，防止办公网络中的安全风险蔓延至生产网络，保障生产系统安全稳定运行。

2、数据采集能力建设

针对碳纤维生产工艺复杂、设备定制化程度高的现状，数据采集能力建设将围绕“传感器精准化改造—设备智能化连接—数据多维度应用”三层架构展开，系统性解决数据采集盲区多、传输效率低、应用价值弱等痛点，推动企业从“经验驱动”向“数据驱动”转型。

（1）传感器精准化改造

从哑设备改造、耐高温传感器加装、边缘智能网关部署三方面进行传感器精准化改造。对哑设备实施从“无数据”到“全感知”，提高核心生产设备数据采集覆盖率，支持毫秒级高频监测。进行多方位的耐高温传感器加装，如对卷绕机集成激光测径仪+光纤张力传感器，监测丝束直径与张力波动。进行多方位的边缘智能网关部署，如在高温区域采用工业级边缘计算网关，实现数据本地预处理。

（2）设备智能化连接

从数据采集到业务闭环，实现设备-系统-业务三级协同，提升数据利用率。运用运营技术（OT）与信息技术（IT）的融合实现纵向集成。实时采集碳化炉温度曲线，同步至MES系统生成工艺优化指令（如动态调节预氧化时间）；运用跨设备的联动实现横向协同。打通卷绕机张力数据与质量检测系统，建立“张力-缺陷”关联模型，自动触发工艺补偿（如调整卷绕速度）；

运用多种先进技术，扩充智能化场景。基于振动频谱分析（FFT 算法）+LSTM 模型，预测风机轴承剩余寿命。

（3）数据多维度应用

基于碳纤维行业数据标准，构建全方位的“四维数据模型”，完成数据中台建设。在时间维度上，确保数据模型能够覆盖历史、当前及未来预测的时间序列数据，为碳纤维行业提供全面的时间维度分析；在空间维度上，整合不同地理位置的工厂、车间及生产线数据，实现空间维度的数据对比和分析；在工艺维度上，基于碳纤维行业特有的生产工艺，构建包括温度、压力、流量等关键工艺参数的实时数据流，确保工艺流程的优化与控制；在质量维度上，集成纤维直径、拉伸强度、缺陷图像等质量数据，形成质量维度的实时监控与追溯体系。

3、信息系统能力建设

基于碳纤维生产工艺复杂、生产设备多需定制化的现状，在数据采集能力建设方面，通过“统筹资源、精准执行、可靠控制、严格质检、数字底座智能驱动”的五位一体架构，可系统性解决生产计划脱节、质量波动大、能耗高等痛点。结合高温流程行业特性，以数据集成为核心，数字底座为大脑，最终实现从“经验驱动”到“数据驱动”的转型升级。

（1）统筹资源

整合采购、生产、库存、销售、财务全流程资源。对接原材

料供应商（如 PAN 原丝），建立质量追溯体系，实现批次级溯源，推动供应链优化；按工序（预氧化、碳化）分摊能耗成本，生成吨丝综合成本报表，实现成本精细化核算。

（2）精准执行

连接 ERP 与 MES，实现生产执行透明化与实时管控。通过 OEE 模型，识别卷绕机停机瓶颈（如机械卡顿），提高设备效能分析；关联生产工单与质量数据（如纤维缺陷图像），定位工艺偏差责任人，实现工单实时追溯。

（3）可靠控制

核心高温设备的自动化控制与安全保障。采用模糊 PID 算法，动态调节加热功率，实现碳化炉精准控温；通过 5G 边缘网关将 DCS 数据同步至数字底座，实现数据上云。

（4）严格质检

全生命周期质量管控，实现“零缺陷”目标。对碳化炉温度稳定性进行 CPK 分析，自动触发工艺调整，实现统计过程控制；将缺陷数据自动推送至 MES，触发返工或报废流程，实现不合格品闭环。

（5）数字底座智能驱动

统一数据资产，支撑智能化应用。依托大数据管理平台框架，以数据的全生命周期管理为核心，建设数据库管理平台，实施企业数据资产管理。集成 ERP 工单数据、MES 工艺参数、DCS 实

时控制信号、QMS 检测报告等多个独立业务系统，逐步构建企业内部的数据湖。在建设过程中，持续完善数据标准，包括温度字段命名规则和单位统一等，完成基础数据治理。在此基础上，逐步实现数据的开放共享与分析利用。

4、工业信息能力建设

鉴于碳纤维生产过程涉及高温、高压等危险工艺，且产品多应用于航空航天、国防军工等关键领域，工业信息能力建设至关重要。围绕“多层防护、应急响应”的思路，构建全方位、多层次的工业信息安全防护体系，打造安全管理新格局。

(1) 多层防护体系

秉持“风险隐患融合管控”理念，从设备安全、网络安全、数据安全、生产安全四个关键维度构建严密的安全防护体系。

设备安全防护：对碳纤维生产设备的固件执行定期更新与深度加固操作。借助先进的漏洞扫描及日志审查技术，及时修复已知漏洞。同时，部署高精度传感器，实时采集设备运行参数，如卷绕机的运行状态数据，一旦检测到异常即刻触发预警，全力保障设备安全稳定运行。

网络安全防护：在企业网络边界部署具备深度检测功能的防火墙与入侵防御系统。通过设置精细的防火墙策略，严禁未经授权的外部 IP 访问企业生产网络，有效拦截外部恶意攻击与非法

数据传输。利用专业网络流量分析工具，结合大数据分析与人工智能算法，实时监测网络流量动态，精准识别诸如分布式拒绝服务（DDoS）攻击等异常流量，并及时进行阻断处理。针对远程办公及设备远程运维场景，采用基于 IPsec、SSL/TLS 等加密协议的 VPN 技术，构建安全加密通道，确保数据传输安全。

数据安全防护：对工艺配方、生产参数、质量检测数据等关键数据，运用 AES、国密 SM 系列算法进行加密存储。依据员工岗位职责，利用基于角色的访问控制（RBAC）、属性加密（ABE）技术，建立严格的数据访问权限管理机制，确保只有授权人员能够访问特定数据。采用异地灾备、云存储技术，定期将企业重要数据备份至异地，并建立常态化的数据恢复演练机制，保障数据的完整性与可用性。

生产安全防护：部署安全监测系统，实时监控不戴安全帽、危险区域入侵、人员摔倒、违规操作、烟火等危险行为及状况；利用定位终端精准显示人员数量与行为轨迹，对人员进出非准入区域、超员或缺员等情况实时告警，及时预警潜在风险。构建涵盖厂区风险空间分布四色图的安全态势一张图，直观展示不同区域风险等级；对风险进行分级管控，明确对象与单元，精准辨识评估风险并分级管控；定期开展隐患排查和治理工作，规划排查任务，落实现场排查，跟踪整改治理直至评估验收，实现对生产

全过程安全风险的有效防控，保障生产活动安全、稳定、有序进行。

（2）快速应急响应

建立上下联动的应急机制，从设备故障、网络安全事件、数据安全事件、生产安全事件四个方面实现快速高效的应急响应。

设备故障应急响应：制定完善的设备故障应急预案，明确设备故障发生时的应急处理流程与责任分工。当设备出现故障时，设备状态监测系统立即发出故障报警，维护人员依据故障类型与预警信息，携带相应工具与备件赶赴现场。借助设备维修知识库与远程技术支持，快速诊断设备故障原因并采取有效维修措施。对于关键设备的重大故障，及时启动备用设备，确保生产连续性，同时详细记录与分析设备故障，为后续维护升级提供依据。

网络安全事件应急响应：组建网络安全事件应急响应团队并制定应急预案。当遭遇黑客攻击、恶意软件感染、网络瘫痪等安全事件时，网络流量监测系统与入侵检测系统立即发出警报。应急响应团队迅速启动预案，首先隔离受影响的网络区域，防止安全事件扩散。通过对网络安全事件的分析溯源，确定攻击源与攻击手段，采取关闭受攻击端口、清除恶意软件、修复系统漏洞等应急处置措施，尽快恢复网络正常运行。

数据安全事件应急响应：针对数据泄露、数据丢失、数据被篡改等数据安全事件制定详细应急预案。当数据安全事件发生时，

立即启动数据备份与恢复系统，依据数据备份策略从异地备份存储中恢复受影响的数据。及时向相关部门及人员通报事件影响，积极采取应对措施，最大程度降低损失。同时，深入调查分析事件原因与责任主体，采取强化数据访问权限管理、更新数据加密算法等安全加固举措，防范类似事件重演。

生产安全事件应急响应：一旦发生生产安全事件，立即启动应急指挥机制，整合应急救援资源，依据预先制定的预案管理流程，迅速做出决策处置。通过安全态势一张图实时掌握事件现场风险状况，利用安全监测系统和定位终端持续跟踪事件发展情况和人员行为轨迹。对于风险分级管控与隐患排查治理中发现的问题，及时调整应急策略。

四、环节与场景

碳纤维的生产制造涉及 PAN 基、沥青基等多类复杂工艺体系，其产业链涵盖原丝制备、预氧化、碳化、表面处理至复合材料加工等超长流程，具有技术门槛高、产业链复杂等显著特征。在应用端更面临航空航天超高温耐受、风电叶片复杂交变载荷承载等严苛技术要求。行业需通过“技术研发—生产优化—市场适配—持续创新”四位一体的全生命周期管理体系，推动企业核心竞争力构建与产业高质量发展。而碳纤维行业的全链条竞争力构建，本质上是材料科学突破、工艺工程创新、装备自主化与生态协同等多维度要素的系统性耦合与跨环节价值流的动态重构。

针对碳纤维生产特有的工艺敏感性，需通过生产流程优化与设备智能运维，保障复杂工艺的稳定输出；实现从“经验驱动”到“数据驱动”。

针对碳纤维生产中原丝结构调控难、高温碳化能耗高、批次稳定性控制复杂等核心痛点，需依托研发创新、精准质控和能碳优化，平衡产品性能与生产经济性；实现从“被动响应”到“主动创新”。

针对碳纤维生产中丙烯腈等原料供应波动大、复材应用端需求碎片化等制约因素，需借力供应链协同与市场需求对接，构建自主可控的产业体系，实现从“成本竞争”到“生态竞争”。

指南将围绕着碳纤维行业发展的重要环节，结合“智改数转网联”的发展趋势，从研发管理、生产管理、质量管理、市场管理、供应链管理、设备管理、能碳管理、安全管控八个方面阐述存在的问题、改造场景及解决方案建议。

1、研发管理

研发管理是推动碳纤维行业突破技术壁垒、实现高端化发展的核心驱动力。作为战略性新材料，碳纤维在航空航天、新能源汽车、风电等领域需求激增，但其生产长期面临工艺复杂、能耗高、成本制约等挑战。通过加强基础材料研发，可优化原丝制备与碳化工艺，提升纤维稳定性；同时深化应用技术研发，可开发热塑性复材等新型产品。

(1) 存在的问题

研发设计信息孤岛：需求分析、产品设计、工艺验证、产品小试、产品中试、产品试生产等各个环节的数据分散，跨部门协作依赖口头沟通或纸质单据传递信息。设计迭代响应滞后，工艺参数与产品性能未动态关联，试制阶段重复返工现象普遍。跨环节协同流程缺乏标准化工具和平台，经验依赖性强，成果积累慢，难以适应航空航天、新能源汽车等领域快速迭代的定制化需求。

研发周期长、试验成本高：专业的虚拟验证工具缺乏，过度依赖物理样机试验，成本高且周期冗长。现有仿真软件对碳纤维各向异性、层间剪切等特殊性能的建模精度不足，工艺参数优化依赖试错法，缺乏数字化调试环境支撑。工艺验证与生产系统割裂，仿真结果难以直接指导产线参数调整，导致新产品工艺固化效率低。

研发知识资产应用不足：实验数据、工艺参数、性能指标分散于个人终端或纸质文档，难以关联性溯源。材料选型缺乏历史数据支撑，重复试验造成资源浪费。工艺参数与产品性能的关联规律未量化建模，无法通过现有的数据分析技术挖掘潜在优化空间。核心技术人员经验未转化为可复用的数字规则，人员流动导致技术断档风险高，制约技术迭代与产品创新。

(2) 改造场景

新产品开发：构建覆盖全生命周期的研发设计管理平台，打

通需求分析、产品设计、工艺验证、产品小试、产品中试、产品试生产等各个环节数据链，标准化跨部门协同流程，消除版本错位与返工风险，实现航空航天等领域高端定制化产品的敏捷研发。

工艺设计与验证：搭建工艺-设备联动的数模仿真环境，替代物理样机试错，实现工艺参数智能优化与虚实联动闭环，能够显著降低研发成本与周期。

研发数据分析：建议企业级研发数据库平台，提供查询溯源以及深度分析应用的能力，引领数据驱动的持续创新。

(3) 解决方案建议

数字化全链路研发设计

构建 PLM 系统，以“数据驱动”为核心，集中管理从纤维原丝规格、结构设计图纸、铺层 BOM 到工艺指导书等全量数据，建立覆盖“原材料-设计-工艺-检测”的唯一可信数据源，解决传统研发中因版本迭代混乱及跨部门数据孤岛引发的协同低效问题。企业需深度融合材料科学研发逻辑与数字化管理实践，梳理适合企业自身的研发流程，将需求分析、产品设计、工艺验证等流程环节进行标准化，确保研发项目规范化执行，同时，PLM 系统需与 ERP、MES、CRM 等系统进行集成，实现从客户轻量化需求导入、多尺度结构设计、低缺陷工艺开发的全链路追溯。通过 PLM 系统的落地，碳纤维企业可加速高附加值产品研发，在保障数据一致性与工艺稳定性的同时，推动行

业从“经验驱动”向“数据智能驱动”转型。



图 4-1 PLM 系统功能架构图

数模仿真平台

通过高精度碳纤维专业数模仿真平台，精准构建纤维取向分布、层间剪切强度及树脂浸润度等关键参数的数字化模型，降低仿真误差，同时深度融合工艺机理与数据智能，搭建碳化炉三维温场、预氧化线张力分布等核心装备的数模仿真环境，实时映射物理设备的运行状态，可模拟不同温度梯度、张力曲线与走丝速度的参数组合对产品模量、孔隙率等性能指标的影响，替代传统“试错法”工艺优化模式，提升虚拟验证效率，降低企业研发成本和周期。

研发数据库平台

搭建企业级研发数据库平台，实现企业数据资产化与知识服务化，多模态数据治理为核心，整合原丝供应商检测报告、工艺过程参

数、产品力学性能测试数据等全链条异构数据，通过统一元数据标准与数据血缘追踪技术，构建可追溯、可审计的研发数据湖，基于标签化元数据与知识图谱技术，提供多维度智能检索、可视化分析看板功能。在数据深度挖掘层面，平台内置材料-工艺-性能关联分析引擎，结合机器学习算法构建智能决策模型：材料选型推荐模型、工艺参数优化模型等。其中材料选型模型基于历史数据训练，输入目标产品力学指标，自动匹配最优原丝型号与树脂体系组合，提供材料选型建议；工艺参数优化模型通过神经网络学习工艺参数与产品性能的非线性关系，推荐碳化炉温控曲线、张力阈值等关键参数组合，助力工艺调试周期缩短。通过构建企业级研发数据库平台可推动企业研发模式从“试错式实验”向“预测式创新”升级，能够显著提升数据资产复用价值与研发投入产出比。

2、生产管理

在碳纤维行业上下游全产业链中，生产管理作为核心枢纽，串联从原丝制备至成品产出全生产流程，直接影响产品质量稳定性、产能释放效率与订单履约速度，是企业抢占市场先机、实现精益生产运营的关键引擎。通过聚焦企业生产管理方面的痛点，以流程协同优化、智能排程排产、资源柔性调度为突破口，打破信息孤岛，攻克流程梗阻、经验依赖、响应迟滞等难题，推动产业链高效运转，赋能企业降本增效。

（1）存在的问题

生产流程协同节奏失调：在碳纤维生产过程中，企业面临诸多流程协同难题。业务系统彼此孤立，从原丝制备到碳化等各环节，订单、计划、工单等信息传递不畅，干扰生产计划制定与资源调配。生产流程缺乏统一标准，原丝纺丝、编织等环节手工操作多，易出偏差。工序间信息传递受阻，设备故障难以及时通知相关工序，常引发质量问题与生产停滞。工序节奏失调，严重影响生产进度与产品质量。

生产计划排程依赖经验：生产计划主要依赖人工经验，难以同时兼顾订单需求、设备产能以及复杂的生产工艺要求。人工排程精准度低，致使生产计划与实际生产严重脱节。面对订单变更、设备突发故障等状况，缺乏有效的计划调整机制。对原丝生产线、碳化炉等设备的产能评估脱离实际，造成计划产量与实际产量偏差较大。

生产资源调度响应迟缓：资源配置主要依靠人工，缺乏数字化手段，难以实时掌握原材料库存、设备运行状态等资源状况，导致资源需求预测偏差大，调配不合理。面对市场需求波动或订单变动时，无法精准预估资源需求，调度响应迟缓，严重影响生产进度与订单交付。

(2) 改造场景

生产流程管理：建设 MES 系统，与 ERP、QMS、SCM、WMS 等信息化系统集成，打通订单、计划、采购、执行、质检、

库存等生产各环节，实现信息实时共享与业务无缝对接。梳理碳纤维生产流程，制定原丝纺丝、碳化等环节标准，引入自动化搬运及电子工单系统，减少手工操作。建立跨部门协作机制，明确职责与工序衔接，实现生产流程协同。

生产计划排程：集成 APS 系统，实时采集订单、设备、工艺、库存数据，通过智能算法制定精准生产计划，明确各环节时间、设备与人员安排。建立与 ERP、MES 集成的动态调整机制，异常时自动捕捉变化、重评资源时间。利用设备管理与分析工具构建产能模型，预测实际产能，支撑计划制定。

生产资源调度：借助设备传感器与移动终端，实时采集资源状态与位置信息，实现可视化管理，依据生产情况自动生成调配方案。运用大数据深度分析历史订单、生产工艺数据，建立契合碳纤维生产特性的资源需求预测模型。融入齐套分析，针对碳纤维生产各环节，明确原丝、溶剂、设备及人力等资源的配套要求，提前察觉资源短板，优化调配方案，提升响应速度。

(3) 解决方案建议

生产流程协同管理

企业需构建高效协同的生产管理流程，提升整体生产效能。依据企业规模、生产特点及业务需求，定制适配的 MES 系统。全面梳理原丝制备、碳化、后处理等生产环节的业务流程，明确工序衔接、信息传递节点，建立跨部门协作机制，确保系统与实际生产紧密契合以

及生产流程高效协同。统一各部门数据格式与接口，将 ERP、QMS、SCM、WMS 等业务系统与 MES 深度集成，打破数据流通阻碍，实现数据在企业内部顺畅交互，优化从原料投入到成品产出的全生产流程。加大对自动化物流设备与信息化技术的投入，在物料搬运、参数调控等环节逐步取代手工操作，建立设备与系统维护保障机制，确保自动化与信息化设备稳定运行，提升生产效率与数据准确性。

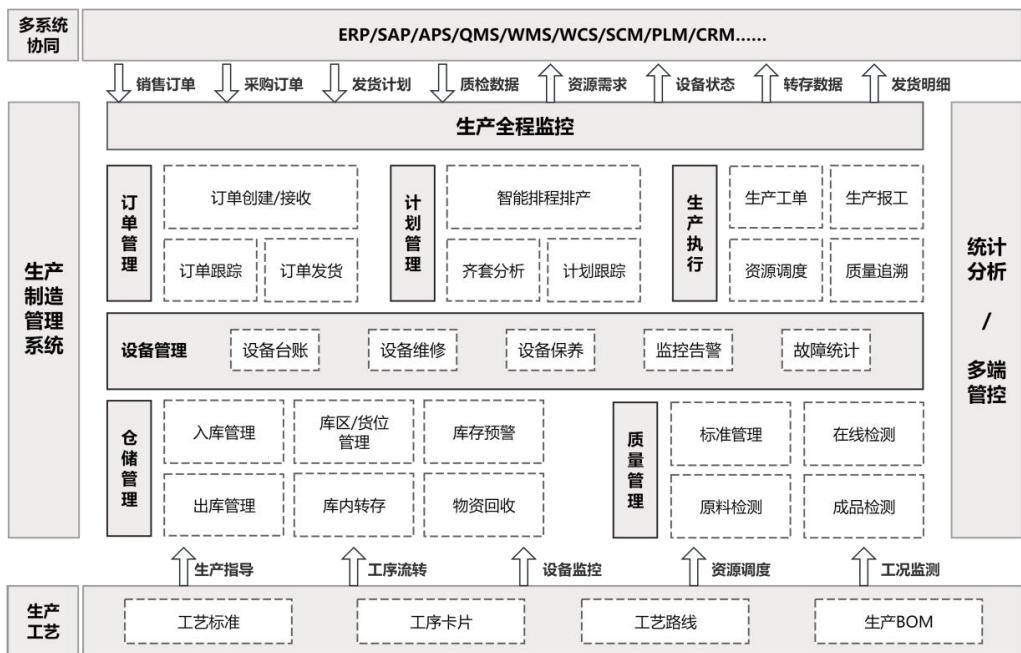


图 4-2 生产流程集成控制示意图

排程排产智能管控

企业应引入 APS 系统，并与 ERP、MES 等系统深度融合。在原丝制备、碳纤维成型等生产环节，充分收集订单信息、设备运行数据、工艺参数、设备维修与保养需求等，结合生产工艺和设备产能，运用智能算法制定科学合理的生产计划。同时，依据生产计划生成详细的

生产工单，明确各生产环节的时间节点与任务安排。深度挖掘设备在不同生产环节的产能数据并建立产能模型，持续监测评估设备在各生产环节的产能，定期更新产能模型参数。企业需制定完善的应急预案，面对订单变更、设备故障等突发情况，迅速启动动态计划调整机制，确保生产计划的准确性与灵活性，提升生产计划排程的科学性与效率。

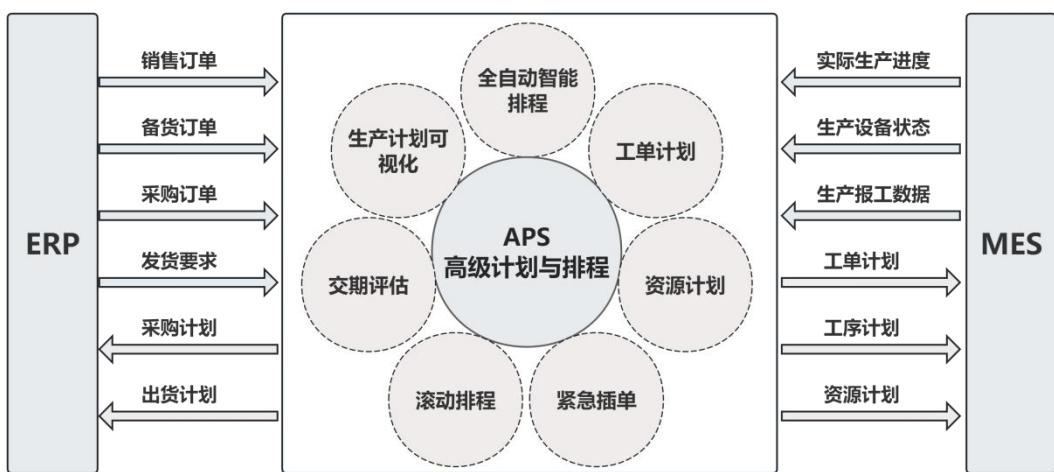


图 4-3 APS 系统集成思路

生产资源柔性调度

企业应依据生产计划合理调配物料、设备、人力等生产资源，加强对生产资源的数字化管理及调度。在原丝制备车间部署条码打印机、扫码枪等设备，借助物联网关，运用条码和物联网技术对碳纤维原丝、溶剂等物料进行实时跟踪，实现物料快速出入库与精准定位。对接 WMS 系统并设置安全库存预警，通过齐套分析功能依据不同碳纤维产品物料清单，确保原丝、溶剂等物料在数量、规格上与生产任

务精准匹配，按时足量供应。在碳化、后处理等工序部署低延时工业网关与智能传感器实时监控设备状态，根据设备运行数据合理规划检修，确保设备正常运行。同时建立快速响应资源调度机制，明确调度流程与责任部门，加强对资源调度过程的监控与跟踪，保障生产顺利进行。

3、质量管理

质量管理是碳纤维行业突破国际垄断、实现高端应用的核心竞争力。作为支撑航空航天、新能源等战略产业的关键材料，碳纤维产品性能的稳定性直接决定终端装备的安全性及可靠性。当前行业面临纤维强度离散性大、界面性能不足等技术痛点，亟需以质量提升为导向构建全流程数字化管控体系，运用机器视觉技术进行缺陷在线监测，建立一体化质量管理平台，打通质量数据链，提升产品合格率。

(1) 存在的问题

智能化在线检测薄弱：当前在线缺陷检测虽能实时识别毛球、断丝等缺陷并存储数据，但检测结果与生产工艺调整脱节，在线检测缺陷报警后无法自动反馈至设备调整纺丝速度或温度，导致缺陷持续产生；同时在线检测能力多局限于纺丝、碳化等单点环节，跨工序协同能力缺失，且对内部层间脱粘等复杂缺陷仍依赖人工复检，高精度检测与工艺闭环控制尚未打通。

质量数字化管理缺失：企业普遍依赖人工记录和离散的纸质

化流程，并且面临多套质量体系并行管理压力，标准版本控制和审批流程效率不足，易出现执行偏差。检测过程多为线下流转，缺乏标准化闭环控制机制，异常问题响应和整改周期较长。此外，供应链协同存在信息断层，原材料质量数据未有效整合，问题追溯难度较大。

质量数据价值化程度低：质量数据分散在不同系统中，缺乏统一标识和整合能力，导致全流程追溯效率低下。多数企业依赖传统工具进行数据分析，难以实现高频数据深度挖掘和工艺优化指导。工艺参数与质量问题的关联性分析不足，制约了质量改进和新品研发效率。

（2）改造场景

在线检测：在生产线上增加自动检测设备系统，实时监控产品关键参数，快速调整生产工艺，提高产品质量，实现生产质量实时防控。

质量管控：构建覆盖质量体系全生命周期管理的数字化平台。聚焦质量体系动态管控，强化质量过程闭环控制，构建检验流程闭环机制，异常自动触发纠正与预防措施。

质量追溯与预测：基于质量体系全生命周期管理的数字化平台，整合多维度数据，搭建质检数据的全生命周期双向追溯体系，通过轻量化 SPC 分析引擎，构建质量预测模型，实现产品质量提前预测。

(3) 解决方案建议

智能化质量在线监控

针对碳纤维生产核心环节，构建智能化在线质量监控体系。在碳化炉、预氧化线等关键节点部署多类型传感设备，结合高速工业相机与边缘计算设备，实现生产数据毫秒级采集与分析。通过 AI 模型实时识别纤维孔隙、裂纹等缺陷，同时联动一体化质量管理平台（QMS）及设备控制系统，建立三级预警机制，轻量级问题动态调整碳化温度、牵伸速率等工艺参数实现异常自动修复效果，中高风险问题触发人工干预流程，严重缺陷即时停机并生成根因报告，形成“检测-分析-调整”闭环控制。通过可视化交互界面，实时展示缺陷分布、工艺稳定性趋势及设备健康状态，支持多端协同操作。融合历史数据与实时反馈，持续优化检测规则与补偿策略，提升缺陷拦截率与工艺适应能力，实现从“事后质检”到“实时防控”的转型，降低质量损耗，增强高附加值产品竞争力。

全流程数字化管理

以 ISO 9001 为驱动，构建覆盖研发、生产、检测、服务全链条的一体化质量管理平台（QMS）。通过动态化体系管理，实现原料、半成品、产成品质量检验的全流程数字化管控、质量文件在线协同编审等，并基于实时数据监测自动触发合规预警。强化质量闭环控制，以来料质检、过程跟进、成品放行、售后追溯为关键节点，打通移动端无纸化作业、AI 辅助判异。推动企业从“合规达标”向“精益质

量”跨越，全面提升企业产品一致性及市场竞争力。

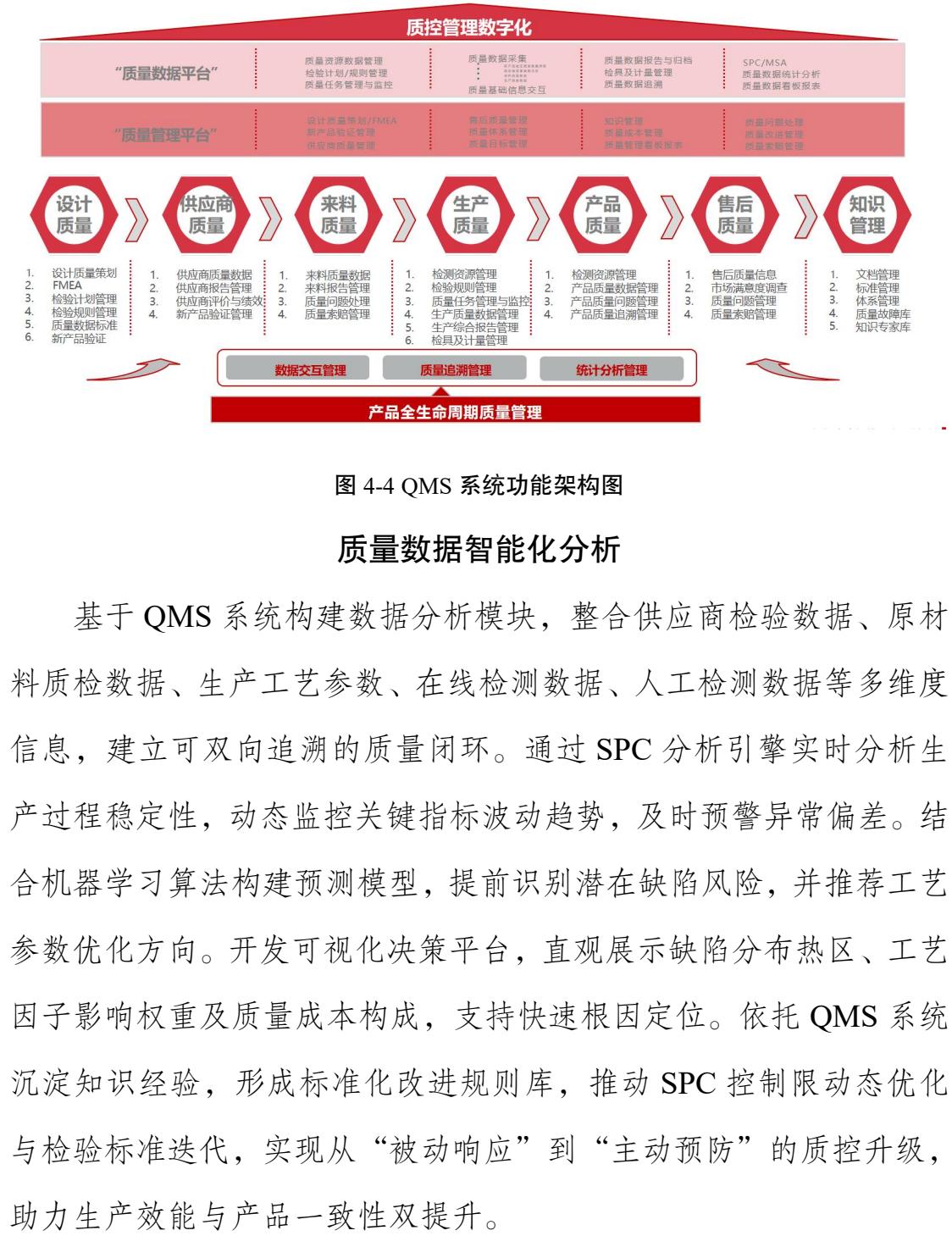


图 4-4 QMS 系统功能架构图

质量数据智能化分析

基于 QMS 系统构建数据分析模块，整合供应商检验数据、原材料质检数据、生产工艺参数、在线检测数据、人工检测数据等多维度信息，建立可双向追溯的质量闭环。通过 SPC 分析引擎实时分析生产过程稳定性，动态监控关键指标波动趋势，及时预警异常偏差。结合机器学习算法构建预测模型，提前识别潜在缺陷风险，并推荐工艺参数优化方向。开发可视化决策平台，直观展示缺陷分布热区、工艺因子影响权重及质量成本构成，支持快速根因定位。依托 QMS 系统沉淀知识经验，形成标准化改进规则库，推动 SPC 控制限动态优化与检验标准迭代，实现从“被动响应”到“主动预防”的质控升级，助力生产效能与产品一致性双提升。

4、市场管理

市场管理是碳纤维行业破除低端同质化竞争、实现价值链跃升的关键保障。当前行业面临产能结构性过剩与高端供给不足的双重矛盾，头部企业依托技术优势和政策红利抢占高附加值市场，而中小企业在价格战中艰难转型，因此准确地掌握市场行情的动态显得尤为重要，能够提升企业面对市场时的应变能力。

（1）存在的问题

市场行情监测难：碳纤维行业数据面临采集碎片化的问题，并且数据分析能力制约企业战略敏捷性，多数企业依赖传统工具处理海量数据，无法有效关联原料成本波动与成品交易价格趋势，预测误差率较高。市场分析报告缺乏算法支撑，对突发事件敏感性不足，难以动态预判需求变化。可视化呈现方式单一，管理层难以直观识别区域市场渗透率差异或竞争态势变化。分析成果与战略规划脱节，未能有效指导高端产品研发或产能布局优化，错失新兴市场机遇。

（2）改造场景

市场行情监测：利用智能爬虫与语义解析技术，整合行业动态、资讯、政策、新闻及竞品等市场相关数据，实时捕获全球市场动态，辅助企业定价策略与市场拓展优先级。

（3）解决方案建议

行业数据采集与分析

建立行业数据采集与分析系统，利用智能爬虫与语义解析技术，

整合行业动态、资讯、政策、新闻及竞品等市场相关数据，实时捕获全球市场动态，整合原料价格波动、下游需求动态及替代材料竞争态势，通过机器学习算法预警短期市场波动与中长期趋势。开发智能分析平台，实时生成全球供需热力图与竞争对标矩阵，模拟地缘冲突、技术突破对供应链的冲击，输出风险应对预案。结合企业实时产能与库存数据，动态推荐排产策略、市场拓展优先级，联动可视化战情看板，将战略研判周期从数月压缩至一周，实现从“经验驱动”向“数据驱动”转型，显著提升市场响应速度与抗风险能力，助力企业精准布局高附加值赛道。



图 4-5 碳纤维市场战情看板效果图

5、供应链管理

供应链管理是碳纤维产业的脉络，贯通原材料供应、生产制造、产品销售全链路，直接影响资源配置效率、市场响应速度与产业协同效能。以供应链协同的核心，通过数据整合贯通、供需

精准匹配、产业链生态联动的解决思路，着力消除客情信息分散、供采管理粗放、各链条脱节等难题，促进产业链上下游高效协作，提升企业供应链韧性与市场竞争力。

（1）存在的问题

客情信息分散，制约业务开展：客户信息分散于销售、售后等多部门，缺乏统一整合，难以全面洞察客户需求，致使碳纤维产品研发与销售难以精准对接市场。沟通渠道繁杂且低效，客户反馈传递迟缓，企业对产品性能改进、交货期调整等需求响应滞后，客户满意度降低。同时，缺乏有效的客户细分与精准营销策略，无法针对不同客户的特殊需求提供个性化服务，制约客户忠诚度提升与市场拓展。

供采管理粗疏，掣肘生产运营：供应商资源分散，缺乏系统评估与管理机制，难以寻觅优质且稳定的供应商。采购流程繁琐，人工审批环节众多，从需求提出到订单下达周期漫长，且采购信息不透明，易导致采购成本过高。与供应商合作多为短期交易，缺乏长期战略合作机制，面对市场波动，难以与供应商协商价格调整。

供应链数据割裂，阻碍高效运转：生产、销售、库存、供应等环节信息流、物流、资金流相互割裂，数据未打通，无法实现供应端、生产端以及销售端的动态监控、精准预测与智能调配；物流环节缺乏整合，运输、流转、配送缺乏智能调度与异常处理

机制，物资运转效率低；业务与财务融合不足，供应、生产、销售各环节财务结构配置不合理，全链路信息流、物流、资金流难以协同联动，制约企业高效运营与效益提升。

（2）改造场景

销售流程管理：依托销售数字化管理系统，整合各部门客情数据，构建客户画像，为精准营销与产品研发提供坚实数据支撑。打造多渠道客户沟通平台，实现客户反馈实时收集与处理，确保客户需求得到快速响应。运用数据分析手段进行客户细分，针对不同行业、规模客户制定个性化营销策略。

供采流程管理：搭建供采一体化管理平台，集中管理供应商信息，建立多维度的供应商评估体系，筛选优质供应商。实现采购流程自动化，缩短采购周期，提高采购效率，实时监控采购价格、订单执行等信息。与优质供应商建立长期战略合作伙伴关系，通过信息共享、联合研发等方式，共同应对市场变化。

供销存数据贯通：针对碳纤维行业产供销存全链路，部署一体化 SCM 系统，打通信息流、物流、资金流数据接口，实现供应监控、生产采集、需求预测、库存调配，整合物流并智能调度，融合业财优化资金配置，驱动全链路协同。

（3）解决方案建议

客情信息聚能增效

企业应引入适配碳纤维行业特性的客情管理平台，全面梳理销

售、售后、研发等部门的客情数据收集流程，制定统一的数据标准，涵盖客户基础信息、采购偏好、产品使用反馈等方面，确保数据的完整性与准确性，将分散在各部门的客户数据无缝整合至客情管理平台。同时，制定严谨的客户反馈处理流程，明确销售部门接收反馈、技术部门评估需求可行性、生产部门调整产品计划等各环节的处理时限与责任人，建立内部沟通协调机制，通过定期会议、即时通讯群组等方式，确保客户需求在企业内部高效流转，及时响应。基于客户细分结果，从碳纤维产品研发、定价策略、售后服务等方面制定差异化方案，全方位提升客户满意度与忠诚度，增强市场竞争力。

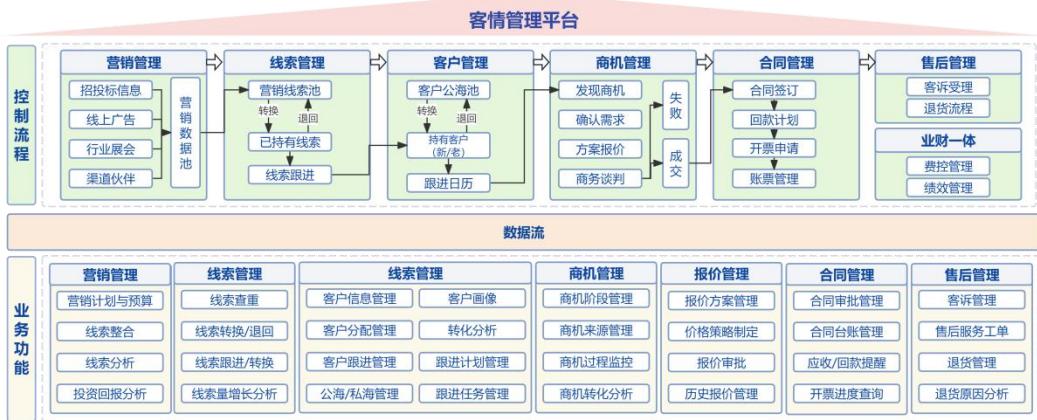


图 4-6 客情管理流程及功能分布图

供采流程联合管控

企业应搭建功能完善的供采一体化管理平台，构建供应商信息库，重点关注其在碳纤维原材料生产工艺、质量管控、产能扩充计划等方面信息。完善评估指标体系，从产品质量稳定性（如原丝强度、碳化程度一致性等）、交货准时率、价格竞争力、研发投入占比等多

维度定期评估供应商。优化采购流程，依据采购金额、供应商等级等设置自动审批规则，引入电子签名技术实现合同电子化，缩短合同签订周期。与优质供应商签订长期合作协议，明确原材料价格调整机制、质量标准、交货期等关键权利义务。建立联合研发机制，针对高性能原丝配方优化、新型碳化工艺等前沿技术开展攻关，共享成果，增强供应链稳定性与竞争力。

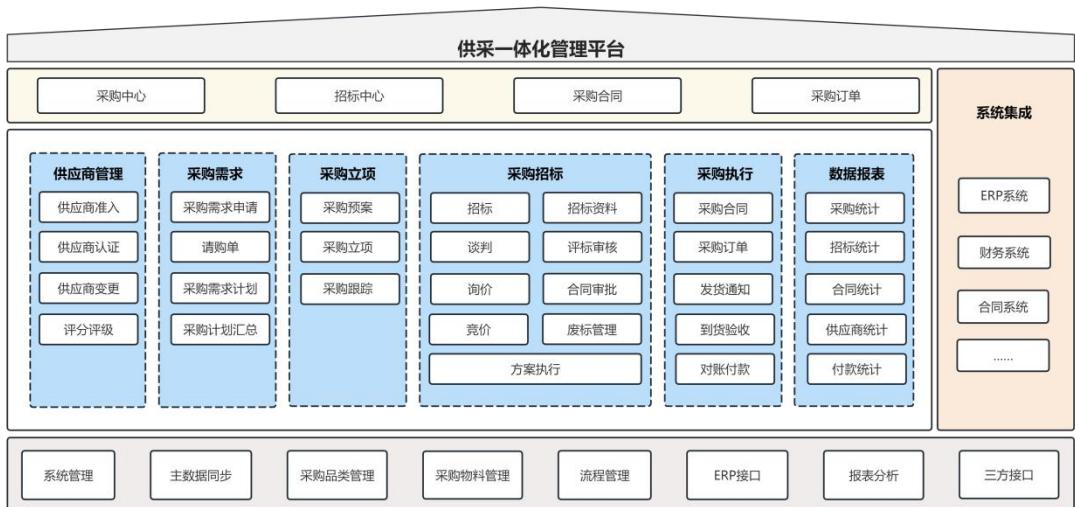


图 4-7 供采一体化管理平台

全供应链协同联动

企业应部署契合碳纤维行业特性的一体化 SCM 系统，深度打通生产、销售、库存、供应的信息流、物流、资金流数据接口，以信息流为驱动，通过数据直连与共享，实现供应端物料动态监控、生产端进度实时采集、销售端需求精准预测及库存端智能调配；以物流为支撑，整合原材料运输、半成品流转及成品配送，借助智能调度与异常处理机制保障物资高效运转；以资金流为纽带，将业务与财务深度融合。

合，在供应、生产、销售各环节合理安排资金收支与配置，最终实现信息流、物流、资金流在碳纤维行业产供销存全链路中的协同联动，驱动企业高效运营与效益提升。



图 4-8 信息流、物流、资金流

6、设备管理

设备管理是碳纤维生产的根基，贯穿工艺各环节，其运行状态直接关乎产品质量的稳定性、生产的连续性以及企业的成本控制。以设备全生命周期管理为核心，从设备数据采集、智能巡检告警、深度分析预测三个方面着手，针对性解决数据获取难、运维标准缺、价值挖掘浅等问题，推动设备从被动维护向主动管控升级，为企业高质量发展筑牢硬件根基。

(1) 存在的问题

设备数据实时采集与监控能力薄弱：设备数据基础建设面临挑战。数据采集技术手段有限，企业难以全面采集和监控生产线及公用站设备运行数据，如原丝纺丝机的纺丝速度、喷丝板压力，

碳化炉的炉温均匀性、升温速率等关键数据获取受限。设备基础信息及特殊参数（如碳化炉升温曲线）记录缺失。传统分散式数据存储架构导致数据更新延迟，无法为设备全生命周期管理提供及时、精准的数据支持。

设备告警阈值模糊与运维标准缺失：企业在设备管理方面存在诸多问题。原丝纺丝机、碳化炉等不同生产环节设备巡检标准不统一，导致巡检工作缺乏规范性与准确性，同时日常设备运维过度依赖人工经验，缺乏标准化流程，影响设备运行稳定性与巡检效果。在告警管理方面，无法精准设置告警阈值与级别，处理流程不规范，与运维环节衔接不畅，故障响应慢，且缺乏基于数据的有效运维策略与数字化保养计划制定手段，严重制约设备稳定运行与管理精细化程度。

设备数据整合与分析能力亟待提升：在数据分析与利用方面，企业存在短板。缺乏专业的数据整合工具，难以对原丝纺丝机、碳化炉等设备的多源数据进行有效整合，无法构建直观呈现设备运行状态的数据看板。设备状态获取手段滞后，原丝纺丝机的卡顿、部件运转情况，以及碳化炉的炉温、气体流量等关键状态数据难以实时、准确掌握，设备状态透明度低。此外，对设备数据缺乏深度挖掘与分析，无法从设备运行数据中挖掘潜在价值，难以以为设备管理决策提供有力的数据依据。

（2）改造场景

设备数据采集：借助先进采集技术，全面采集和监控原丝纺丝速度、碳化炉温等关键设备运行数据，并确保数据持续更新。运用云计算技术搭建集中式数据库，整合各类设备基础信息、运行数据及特殊参数，实现数据安全存储与便捷调用，弥补数据采集受限、基础信息缺失及存储分散问题，为设备全生命周期管理筑牢数据根基。

设备巡检告警：制定科学统一巡检标准，明确原丝制备、碳化等各环节设备巡检内容与方法，设定严格合格标准，并利用数字化工具存储、更新与传播标准，提升巡检规范性。运用大数据技术，针对原丝纺丝机关键部件故障、碳化炉温度异常等精准设置告警阈值、划分级别，规范告警信息传达与处理流程，区分核心与辅助设备告警处理方式，提升故障响应速度与管理精细化程度。

设备数据挖掘：整合设备实时运行、告警、巡检及运维历史数据，借助专业工具构建直观碳纤维生产设备数据看板，提升设备状态透明度。运用数据分析工具深度挖掘设备多源数据，构建符合设备运行特性的故障模型，结合设备重要性评估，科学制定运维计划，为设备管理决策提供有力数据依据。

(3) 解决方案建议

设备数据整合汇聚

企业应夯实设备数据根基，赋能全周期管理。在生产线和公用站部

署传感器，对接 PLC、DCS 等自动化系统，全面采集和监控设备运行数据，涵盖采集原丝纺丝速度、喷丝板压力、碳化炉温、气体流量等关键运行参数。录入从碳纤维生产起始至复合材料成型设备的基础信息，包括设备型号、采购时间、厂家等基础信息，以及碳化炉升温速率、预氧化炉温度均匀性等特殊参数。运用智能传感技术，确保设备运行状态数据持续更新，搭建以云计算为基础的集中式数据库，实现数据安全存储与便捷调用，解决传统模式下数据采集片面、基础信息缺失及存储分散难题，为设备全生命周期管理提供精准、全面的数据支撑。

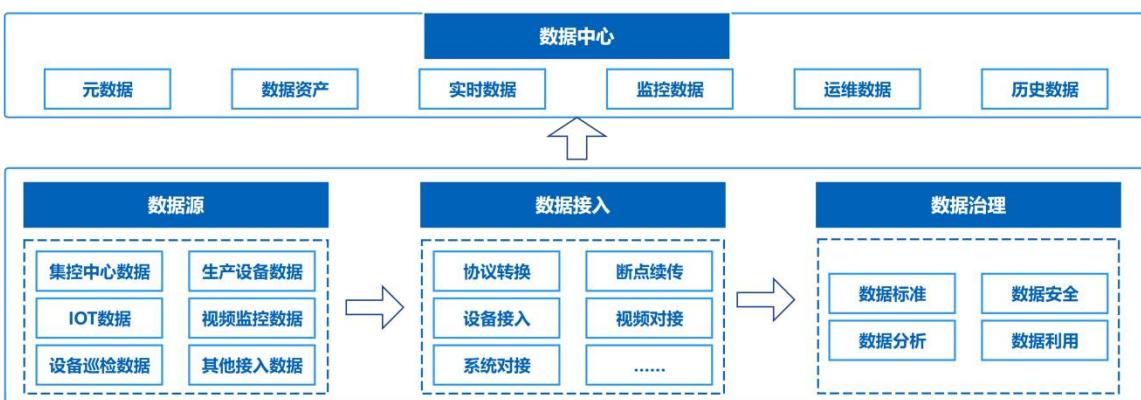


图 4-9 数据基础构建示意图

智能巡检联动告警

组织专家制定统一巡检标准，明确原丝生产、碳化、成型等各环节设备的巡检内容，如螺杆清洁、炉体密封性检测，采用红外热成像仪、气体检测仪等科学方法，设定严格合格标准(如碳化炉温度偏差范围等)。将标准存储云端并推送给一线人员，结合数字孪生辅助巡检及运维。基于大数据和机器学习挖掘设备历史与故障数据，精准设置告警阈值，按设备重要性划分级别，区别对待核心与辅助设备告警。规范告警信息传

达、分类、记录与跟踪流程，优化处理流程，提升故障响应速度与管理精细化程度，保障设备稳定运行。

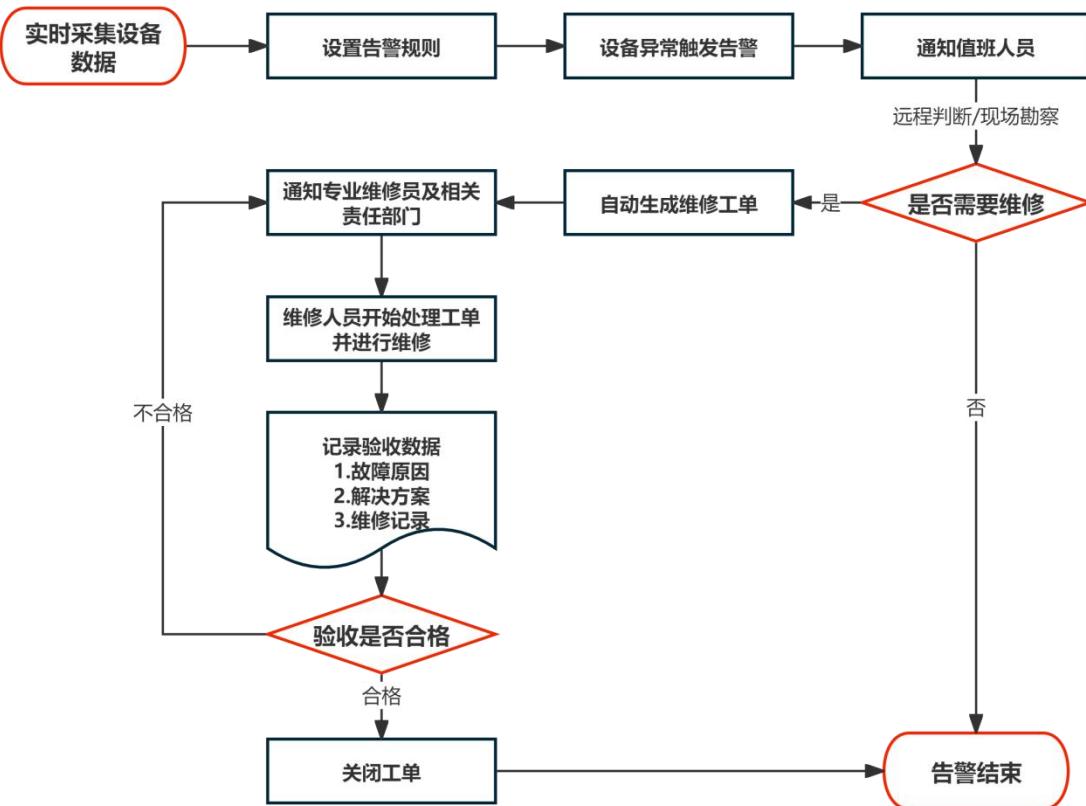


图 4-10 设备联动告警处理流程

故障模型预测诊断

强化设备状态可视化与决策支持，推动企业设备管理升级。企业应选用专业可视化工具，整合设备实时运行、告警、巡检及运维数据，构建全面、直观的数据看板。通过智能传感技术与低延时网络，实时获取设备开关机状态、关键运行参数、故障信息等设备状态数据。运用数字孪生技术构建与实际设备运行状态高度同步的实时模型，实现设备运行状态透明化。深入分析和挖掘设备各类数据，分析设备故障时间和频率、

巡检质量、运维成本效率等关键指标，构建贴合设备运行特点的故障模型。根据设备的重要性，结合故障分析结果，科学制定设备保养计划，明确保养周期与标准，提前准备零部件、优化运维人员排班。定期生成设备管理分析报告，为设备采购、维护策略调整和生产计划安排提供有力数据依据，推动企业向数据驱动管理转变。

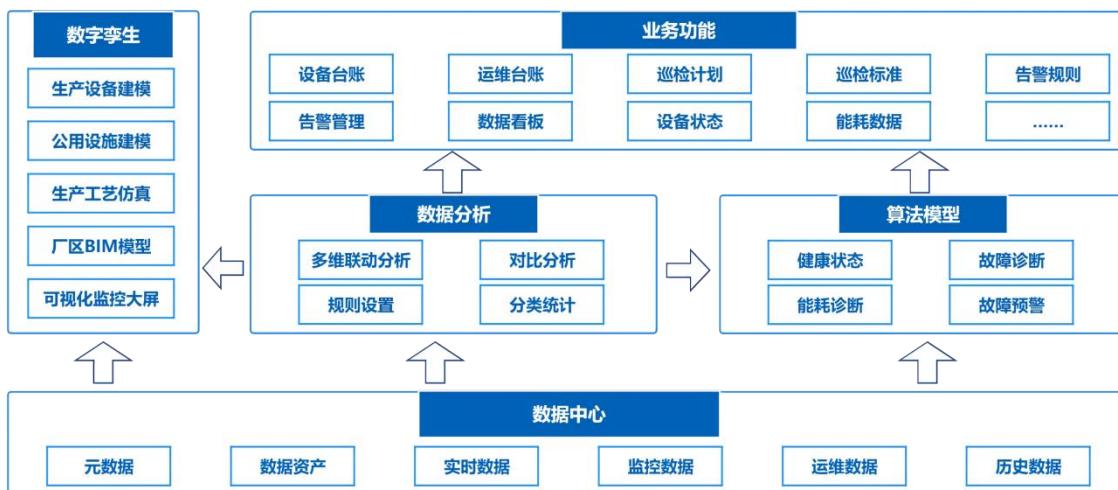


图 4-11 数据分析利用架构图

7、能碳管理

能碳管理是碳纤维行业破解“高耗能”瓶颈、实现绿色低碳转型的核心抓手。作为典型的高能耗产业，碳纤维生产涉及原丝制备、高温碳化等高耗能环节。面对“双碳”目标约束，亟需构建“能效提升-清洁替代-碳链追溯”三位一体管理体系，助力碳纤维产业从“能源依赖型”向“技术驱动型”跃迁。

（1）存在的问题

能耗数据采集粗放：碳纤维行业能耗数据采集精细度不足，

关键设备能耗依赖总表计量，缺乏分时、分设备的实时监测能力，异常定位效率低。进口设备与国产传感器协议不兼容，导致炉温均匀性、废气排放浓度等核心参数采集断点多，能耗数据分散于SCADA、MES及手工台账中，跨系统整合依赖人工导出。

能耗数据分析程度低：能效分析依赖传统工具，无法处理高频数据。缺乏工艺-能耗关联模型，无法实时推荐最优参数，依赖人工经验调整，导致较高的能效潜力未释放。

碳排放数据核算困难：企业碳排放核算标准混乱，混合使用ISO 14064、国标等多套体系，活动水平数据取值差异导致结果偏差较大，难以满足欧盟碳关税等国际合规要求。碳排放因子库更新滞后，外包物流、原料生产等间接排放数据缺失率较高，核算报告容易遭客户质疑。手工填报碳排放台账效率低下，且缺乏举证材料与溯源支撑，核查风险高。

（2）改造场景

能耗数据采集：在碳化炉、预氧化线等高耗能设备部署多模态传感器及边缘计算节点，实时采集能耗。通过多协议转换网关打通进口设备与国产系统间壁垒。并且整合各硬件/系统数据，应用计算引擎清洗冗余数据，结合机器学习算法识别异常模式，自动推送分级预警至移动终端。

能耗分析：构建碳化、预氧化等核心工序的能耗分析模型，量化工艺参数对能效的影响权重，结合实时生产计划与能源市场

价格波动，推荐动态排产策略，通过可视化驾驶舱推送工艺优化建议。

碳排放核算：构建轻量化碳核算模块，打通企业生产设备、供应链数据与多标准核算规则库，实现碳排放全流程数字化管控。通过供应商协同平台与自动化校验工具，破解间接排放数据缺失难题，配套预核查功能提升合规通过率。

(3) 解决方案建议

数据实时采集与监控

建设节能计量管理平台，在碳化炉、预氧化线等高耗能设备部署多模态传感器及边缘计算节点，实时采集分时、分设备的能耗与排放数据。通过多协议转换网关打通进口设备与国产系统间壁垒，兼容 Modbus-TCP 等工业协议，消除数据断点。整合 MES 及环境监测系统，应用流式计算引擎清洗冗余数据，结合机器学习算法识别异常模式，自动推送分级预警至移动终端，显著提高能源的实时监控能力以及异常响应速度。



耗与市场竞争力的双重突破。

碳排放精准智能核算

基于节能计量管理平台，开发碳核算模块，内置可配置核算规则引擎，预置欧盟碳关税（CBAM）、国际 ISO 标准及行业规范模板，一键切换生成符合不同客户要求的碳足迹报告。搭建供应商碳排放数据协同平台，规范上游企业碳排放数据填报格式，通过逻辑校验算法识别异常值并反馈整改。开发“核查预演”功能，模拟第三方核查流程，自动定位数据断点、时序矛盾等问题，生成可视化整改路线图，能够显著缩短企业碳排放核算周期，增强跨境贸易合规能力，优化碳配额成本结构，推动绿色供应链协同升级。

8、安全管控

安全管控是碳纤维行业稳健发展的生命线，覆盖从高危设备操作到人员作业全场景，直接关系生产安全、人员安全以及企业的可持续发展。针对安全管理的薄弱环节，通过隐患智能预警、重点区域实时监控、人员精准定位等手段，解决危险作业设备隐患多、重点安全点位监控不足、重点区域人员定位管理缺失等问题，为企业安全生产筑牢智慧防线。

（1）存在的问题

危险作业设备运行存在隐患：设备材料性能无法充分满足需求，碳化炉与反应釜结构强度、化学稳定性不足，导致设备服役周期缩短。碳化炉加热元件布局欠佳且缺少智能控温，导致炉温

不均，引发质量缺陷与故障风险。反应釜搅拌装置落后，依赖人工调控，缺少高精度传感器辅助，危险作业风险高。设备尚未接入工业互联网，无法借低延时网络传输数据，阻碍深度数据分析与远程运维，制约了设备运行的安全性和稳定性。

重点安全点位监控能力不足：企业难以精准识别原丝制备区、碳化区、后处理区等关键安全点位。未部署多元传感器，难以实时监测药剂罐压力、有害气体浓度及设备运行稳定性。缺乏机器视觉技术，无法有效识别设备部件的异常磨损、变形等状况。未搭建集中监控平台，导致各点位数据无法进行汇聚与智能分析，难以实现异常情况的实时报警与及时处置，给车间安全生产带来隐患。

重点区域人员定位管理缺失：碳纤维企业在重点区域人员定位管理上有待完善，缺乏系统的人员安全管理规划。未部署高精度人员定位系统，作业人员没有配备定位设备，致使无法实时追踪人员位置信息。无法清晰掌握人员在重点区域内的行动轨迹，当人员靠近危险设备或进入限制区域时，无法自动预警。在紧急状况下，如火灾、泄漏等事故发生时，无法借助人员定位系统快速确定人员位置，导致应急响应效率低下。

（2）改造场景

危险作业设备改造：对高温碳化炉、化学药剂反应釜等设备，采用新型材料加固，优化加热元件与搅拌装置，融合智能控温与

高精度传感技术，接入工业互联网，提升安全性、稳定性与工艺精准度，为高效生产筑牢设备根基。

重点安全点位监控：精准识别原丝制备、碳化、后处理等区域关键安全点位，部署多元传感器与机器视觉系统，搭建集中监控平台，利用智能算法及时告警，全力保障车间重点区域生产安全。

重点区域人员定位：将碳化炉作业、药剂调配等区域设为重点区域，部署高精度定位系统，配备定位设备，实时追踪人员轨迹，紧急时刻助力精准救援，强化人员安全管理与应急响应能力。

(3) 解决方案建议

高危设备智能管控

企业应以提升设备运行安全性、稳定性与生产工艺精准度为目标，对碳纤维生产中的高温碳化炉、化学药剂反应釜等高危设备进行系统性改造。采用新型耐高温、耐腐蚀材料，增强设备结构强度与化学稳定性，延长设备服役周期。在碳化炉内，优化加热元件布局，融入智能控温技术，保证炉内温度均匀，精准控制碳化温度，避免因温度偏差导致产品质量瑕疵和设备故障。针对反应釜，升级搅拌装置，运用高精度传感器实时监测药剂反应关键参数，实现自动化调控，减少人为操作干预，降低危险作业潜在风险。同时，将设备接入工业互联网，借助低延时网络通信技术，实现设备运行数据的高速稳定传输，为后续数据深度分析和远程运维提供支撑，助力企业安全高效生产运

营。

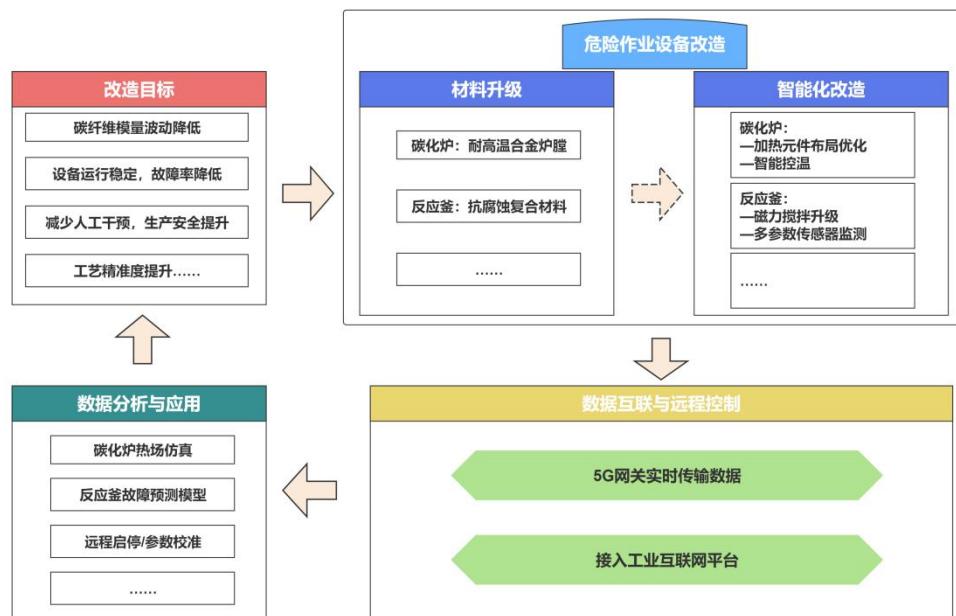


图 4-13 危险作业设备改造思路

重点区域监控警

企业应将保障碳纤维生产车间关键区域安全视为首要任务，精准识别原丝制备区化学药剂储存罐接口、碳化区炉体密封部位、后处理区高压设备阀门等为重点安全点位。于上述点位部署多元传感器，利用压力传感器实时监测药剂罐压力，有效预防超压泄漏事故；运用气体传感器检测碳化炉周边有害气体浓度，切实维护作业环境安全；借助振动传感器监控高压设备运行稳定性，及时察觉潜在故障隐患。引入机器视觉技术，对重点安全点位进行图像采集与智能分析，识别设备部件异常磨损、变形等状况。搭建集中监控平台，汇聚各点位传感器数据与图像信息，运用智能算法实时分析，一旦捕捉到异常，即刻触发声光报警，及时通知相关人员处置，全力确保生产过程安全无虞。

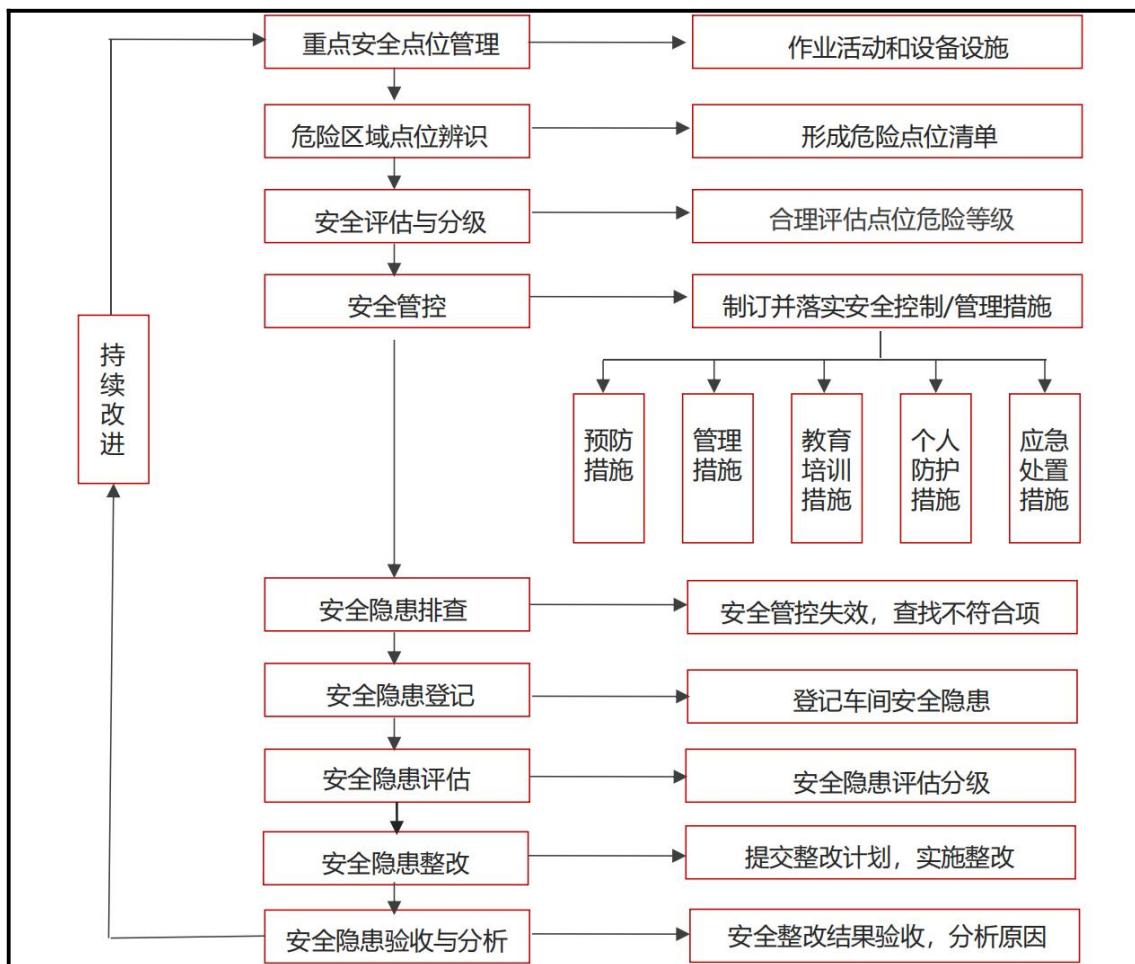


图 4-14 重点安全点位管理流程图

人员轨迹定位追踪

企业应强化重点区域人员安全管理及应急响应能力，将碳化炉作业区、化学药剂调配区等划定为重点区域，并部署高精度人员定位系统。采用定位技术，为作业人员配备定位设备，实现人员精准定位。在重点区域入口、通道及关键操作位点设置定位基站，实时追踪人员位置信息。依托定位系统，清晰掌握人员在重点区域内的行动轨迹，当人员靠近危险设备或踏入限制区域时，系统自动告警，提醒人员注意安全。在紧急状况下，如火灾、泄漏等事故发生时，借助人员定位

系统能够迅速确定人员位置，助力救援人员实施精准救援，显著提升应急响应效率，切实保障工作人员生命安全。

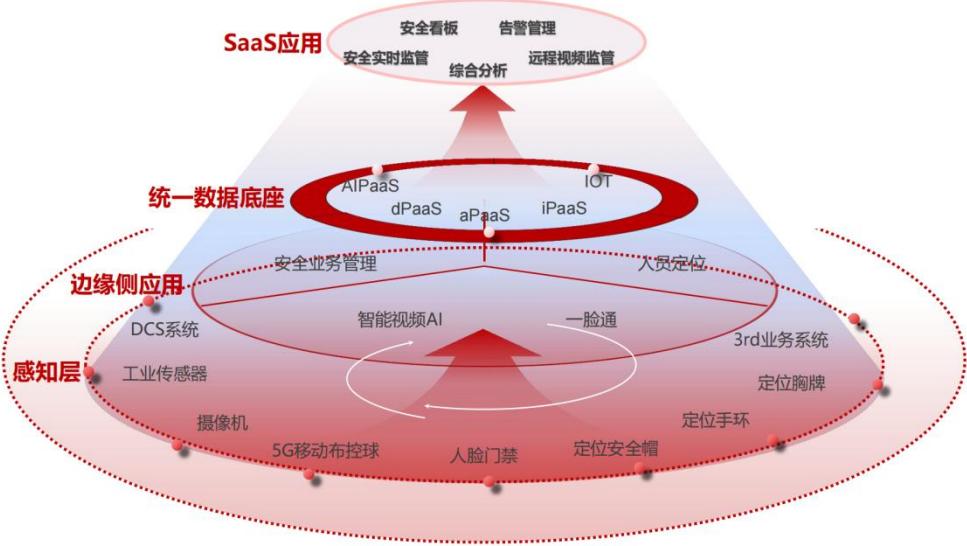


图 4-15 重点区域人员定位架构图

五、路径与方法

1、实施路径

为了确保不同规模和数字化成熟度的企业能够高效推进数字化转型，运用 CMMM（制造能力成熟度模型），并结合碳纤维行业特性和企业类型，构建了差异化的优先级划分模型。该模型旨在帮助企业根据自身实际情况，快速明确当前阶段的数字化建设方向，并制定针对性的实施策略。

(1) 模型的核心原则

大型企业：遵循“行业引领、重点突破”原则。大型企业通常具备较为完善的数字化基础设施和较高的数字化成熟度。因此，

其数字化转型应以战略规划为引领，聚焦关键业务环节进行重点突破，并逐步实现数字化能力的全面提升。

中小型企业：遵循“夯实基础、关键能力提升”原则。中小型企业数字化基础相对薄弱，其数字化转型应首先着眼于构建基础数字化能力，夯实发展根基，并在具备一定数字化能力的基础上，逐步拓展数字化应用场景，实现持续优化和迭代。

（2）模型的具体应用

该模型通过分析企业当前的数字化建设现状，结合其所属类型，指导企业识别当前阶段的优先建设场景。

大型企业：对于已完成生产流程管理和设备数据采集等基础场景建设的大型企业，应优先推进新产品开发、生产计划排程等核心业务场景的数字化，以实现数字化与业务的深度融合。在完成整体数字化战略规划的基础上，再对已建场景进行升级改造，进一步提升数字化效能，实现重点突破。

中小型企业：对于数字化基础较为薄弱的中小型企业，应优先建设质量管控、仪器设备数据采集等基础性数字化场景，以提升生产效率和产品质量。待数字化能力得到提升后，再逐步实施市场行情监测、生产计划排程等进阶场景，实现数字化应用的拓展和深化。

（3）模型的优势

该优先级划分模型具有以下优势：

针对性：基于企业类型进行差异化指导，更符合企业实际情况。

可操作性：明确了不同阶段的优先建设场景，便于企业制定实施计划。

可持续性：强调了数字化建设的阶段性特征，支持企业持续优化和迭代。

该企业数字化转型优先级划分模型，通过“战略引领、重点突破”和“夯实基础、循序渐进”两大原则，为不同类型企业提供清晰的数字化建设路径。企业可根据自身实际情况，运用该模型进行自我诊断，并制定相应的数字化转型策略，从而有效提升数字化转型的效率和成功率。

其中，优先级分为 1, 2, 3，1 为最高优先级。

表 5-1 实施优先级

| 环节 | 场景 | 大型企业 | 中型企业 | 小型企业 |
|------|---------|------|------|------|
| 研发管理 | 新产品开发 | 1 | 2 | 3 |
| | 工艺设计与验证 | 1 | 2 | 3 |
| | 研发数据分析 | 1 | 3 | 3 |
| 生产管理 | 生产流程管理 | 2 | 1 | 3 |
| | 生产计划排程 | 1 | 2 | 3 |

| 环节 | 场景 | 大型企业 | 中型企业 | 小型企业 |
|-------|----------|------|------|------|
| 质量管理 | 生产资源调度 | 1 | 2 | 3 |
| | 在线检测 | 1 | 3 | 3 |
| | 质量管控 | 2 | 2 | 1 |
| | 质量追溯与预测 | 1 | 2 | 3 |
| 市场管理 | 市场行情监测 | 2 | 1 | 2 |
| 供应链管理 | 销售流程管理 | 2 | 2 | 1 |
| | 供采流程管理 | 2 | 3 | 1 |
| | 供销存数据贯通 | 1 | 2 | 3 |
| 设备管理 | 设备数据采集 | 3 | 2 | 1 |
| | 设备巡检告警 | 2 | 2 | 1 |
| | 设备数据挖掘 | 1 | 2 | 3 |
| 能碳管理 | 能耗数据采集 | 1 | 1 | 2 |
| | 能耗分析 | 1 | 2 | 3 |
| | 碳排放核算 | 1 | 2 | 3 |
| 安全管控 | 危险作业设备改造 | 1 | 1 | 2 |

| 环节 | 场景 | 大型企业 | 中型企业 | 小型企业 |
|----|----------|------|------|------|
| | 重点安全点位监控 | 2 | 1 | 1 |
| | 重点区域人员定位 | 1 | 2 | 2 |

2、相关政策

(1) 诊断评估

两化融合自评估：基于《工业企业信息化和工业化融合评估规范》（国家标准 GB/T 23020），利用国家两化融合公共服务平台江苏省分平台，开展两化融合及数字化转型重点指标自评估，从而客观掌握企业自身数字化水平基本情况。登录网址为 [https://jsgc.cspiii.com。](https://jsgc.cspiii.com)



图 5-1 两化融合自评估指标体系

国家工业信息安全发展研究中心每年 10 月完成全国及各省

的两化融合发展水平及评估报告，12月完成江苏省各设区市两化融合及数字化转型重点指标评估报告，以及各地组织参评工作情况报告。

两化融合管理体系贯标：两化融合管理体系系列标准是推动企业数字化转型的国家标准，主要致力于为企业数字化转型提供从发现问题到解决问题的全程服务，解决具体执行过程中方法工具支持、解决方案实施、管理机制落地、成效跟踪优化等问题。

系列标准包括：

《工业企业信息化和工业化融合评估规范》（GB/T 23020-2013）

《信息化和工业化融合管理体系 基础和术语》（GB/T 23000-2017）

《信息化和工业化融合管理体系 要求》(GB/T 23001-2017)

《信息化和工业化融合管理体系 实施指南》（GB/T 23002-2017）

《信息化和工业化融合管理体系 评定指南》（GB/T 23003-2018）

《信息化和工业化融合管理体系 供应链数字化管理指南》
(GB/T 23050-2022)

《信息化和工业化融合管理体系 生产设备运行管理规范》
(GB/T 23022-2022)

《信息化和工业化融合管理体系 生产设备运行绩效评价指标集》(GB/T 23023-2022)

《数字化转型 参考架构》(T/AIITRE 10001-2020)

《数字化转型 价值效益参考模型》(T/AIITRE 10002-2020)

《数字化转型 新型能力体系建设指南》(T/AIITRE 20001-2020)

《数字化供应链 成熟度模型》(T/AIITRE 11005—2022)

《数字化转型成熟度模型》(T/AIITRE 10004—2023)

《两化融合管理体系 新型能力分级要求》(T/AIITRE 10003-2020)

《两化融合管理体系 供应链数字化管理指南》(GB/T 23050-2022)

《两化融合管理体系 生产设备运行管理规范》(GB/T 23022-2022)

《两化融合管理体系 生产设备运行绩效评价指标集》(GB/T 23023-2022)

《两化融合管理体系 生产设备运行管控信息模型分类与应用指南》(GB/T 23025-2024)

《两化融合 数字化转型 价值效益参考模型》(GB/T 23011-2022)

《工业企业信息化和工业化融合评估规范》(GB/T

23020-2023)

《工业互联网平台 术语》(SJ/T 11915-2023)

《工业互联网平台 模型分类》(SJ/T 11945-2024)

《工业互联网平台 工业设备上云通用管理要求 第 1 部分：总则》(SJ/T 11925.1-2024)

《制造业数字化仿真 成熟度模型》(SJ/T 11954-2024)

《制造业数字化仿真 通用管理要求》(SJ/T 11955-2024)

《制造业数字化仿真 建模过程规范》(SJ/T 11956-2024)

《制造业数字化仿真 仿真环境要求》(SJ/T 11957-2024)

贯标流程如下图：

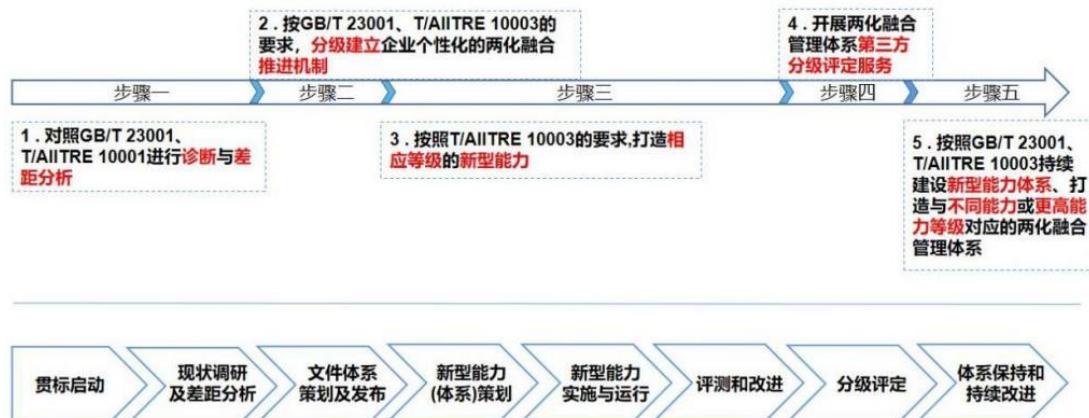


图 5-2 两化融合贯标流程

企业登录网址：<https://jsgc.cspiii.com/login>，贯标方式包括三种，一是自行贯标，适合工业化与信息化基础较好，有前期贯标基础和人才的示范企业。二是委托第三方贯标服务机构指导开

展贯标，适合于工业化与信息化基础比较薄弱、信息化人才匮乏、初始投入有限、初次贯标企业，特别是中小规模的企业。三是课题研究式贯标，对大型的集团企业，可以将不同级别的分级贯标建设作为研究课题，联合联盟、咨询机构或评定机构进行课题研究，待研究成果成熟后再在下属单位进行成果转化推广。

数字化转型成熟度评估：《数字化转型成熟度模型》(T/AIITRE 10004—2023)给出了数字化转型成熟度模型构成、不同成熟度等级与水平档次的要求。明确了数字化转型规范级、场景级、流程级、平台级、生态级5个不同成熟度等级及其10个细化水平档次，从发展战略、新型能力、系统性解决方案、治理体系、业务创新转型5个评价域给出不同成熟度等级的具体要求。

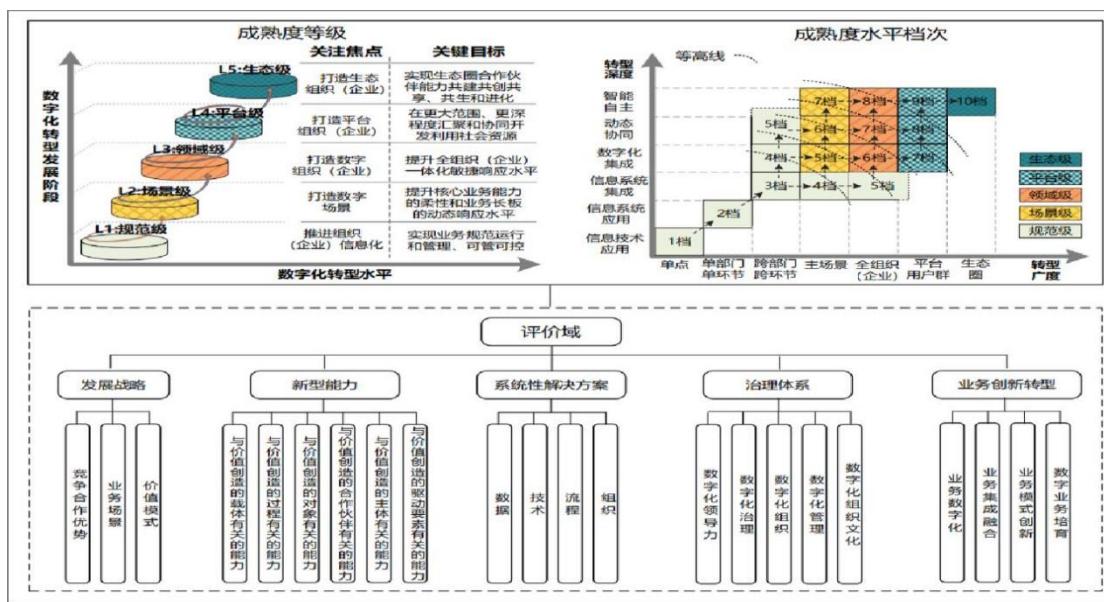


图 5-3 数字化转型成熟度模型

企业可以通过线上线下结合方式展开诊断对标，线上（网址 <https://www.dltx.com/zhenduan>）自诊断报告包括数字化转型总体得分、所处阶段、全国对标及行业对标情况在发展战略、新型能力、系统性解决方案、治理体系、业务创新转型等方面的短板和发展建议数字化转型总体发展建议。线下深度诊断将邀请评审专家将评估发现和行业进行对标评估过程提供咨询建议，最终给出线下深度诊断报告——包含企业发展现状和问题清单。

智能制造能力成熟度评估：《智能制造能力成熟度模型》（GB/T 39116-2020）规定了智能制造能力成熟度模型的构成、成熟度等级、能力要素和成熟度要求。该标准适用于制造企业、智能制造系统解决方案供应商和第三方开展智能制造能力的差距识别、方案规划和改进提升。

企业可以通过智能制造评估评价公共服务平台（<https://www.c3mep.cn/>）开展智能制造能力成熟度自评估。通过自评估可判定企业智能制造整体水平，帮助企业识别当前智能制造发展现状，提供与同行业同地区企业对比分析报告。

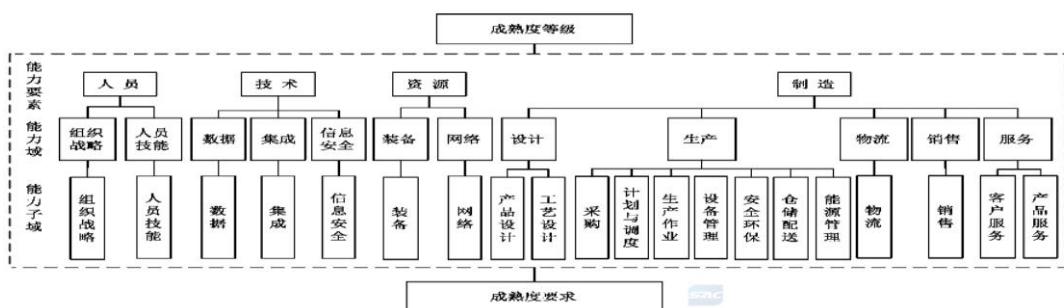


图 5-4 智能制造能力成熟度模型

数据管理能力成熟度评估（DCMM）：DCMM（Data Management Capability Maturity Assessment Model，数据管理能力成熟度评估模型）是我国首个数据管理领域国家标准，将组织内部数据能力划分为八个重要组成部分，描述了每个组成部分的定义、功能、目标和标准。该标准适用于信息系统的建设单位，应用单位等进行数据管理时候的规划，设计和评估。也可以作为针对信息系统建设状况的指导、监督和检查的依据。DCMM 评估网址：<http://www.dcmm.org.cn>

企业首先进行在线自评，后提交 DCMM 评估申请，由评估机构进行 DCMM 评估。评估流程如下图：

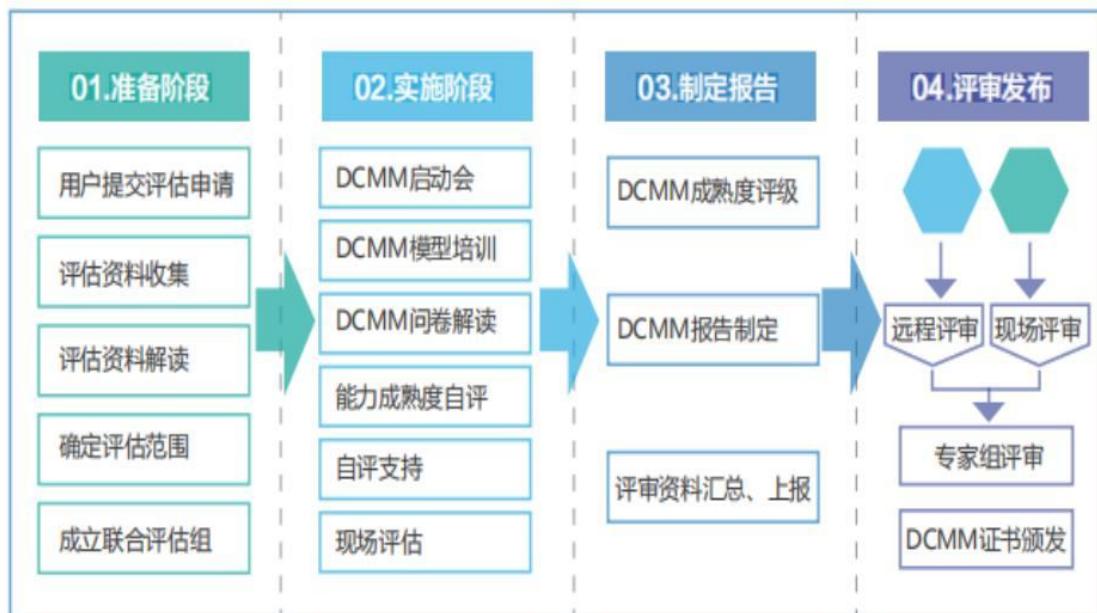


图 5-5 DCMM 评估流程

省工信厅和各设区市工信局将对参与 DCMM 评估的企业，给予服务或奖补支持。2023 年度扶持政策公布于省工信厅网站，《关于公布江苏省 DCMM 贯标实践优秀案例的通知》。

（2）智能化改造

江苏省智改数转网联咨询诊断公共服务平台：江苏省智改数转网联咨询诊断公共服务平台 (<https://www.eqiyun.cn/>)，是江苏省政府为推动企业智能化改造、数字化转型和网络化联接而设立的一个公共服务平台。该平台旨在为企业提供专业的咨询和诊断服务，帮助企业在智能制造、工业互联网、大数据应用等领域实现技术升级和管理优化。平台的主要功能和服务包括智能化改造咨询、数字化转型诊断、网络化联接支持、政策解读与申报支持、培训与交流等。



图 5-6 江苏省智改数转网联咨询诊断公共服务平台

企业上云：企业上云是指企业应用基础云服务及工业 App，

实现设计、生产、物流、销售、服务等业务上云，将各类工业设备接入云端，结合数据处理和分析，获得设备管理、数据监控、决策优化等云端服务。通过上云，企业可以降低信息化建设和运维成本，实现经营能力增强、生产效率提升、业务模式优化。在此基础上，利用 5G、云计算、大数据、物联网、人工智能、区块链等先进技术，实现各系统间及各业务环节间的数据联通共享，在平台化设计、云边协同、产品设备远程监控运维、产品质量管控及工艺优化、个性化定制、市场交易分析预测、企业运营分析预测、安全生产、产业链协同、服务化延伸等方面取得显著成效。

江苏省工信厅每年开展“星级上云”企业评定工作。2024 年，星级上云企业申报地址调整为江苏省数字工信一体化平台（<https://szgx.gxt.jiangsu.gov.cn/esp/#/portal>），企业可通过公有云、私有云或混合云等形式上云。企业可在三星级、四星级、五星级中任选一类进行申报。其中，星级上云企业须逐级申报，不得重复申报已获评星级。2024 年星级上云范围、遴选标准有了新变化，在上云范围分类、业务上云、设备上云、上云成效、三星级/四星级/五星级遴选标准等方面都有所调整。2024 年度星级上云评定工作发布于省工信厅网站，《省工业和信息化厅关于组织开展 2024 年度首批省星级上云企业创建工作的通知》《省工业和信息化厅关于组织开展 2024 年度第二批省星级上云企业遴选工作的通知》。



图 5-7 江苏省数字工信一体化平台

| 三星级上云 | | 四星级上云 | | 五星级上云 | |
|-------|---|---|-------------------------------|-------|--|
| 面向对象 | 中小微企业 | 工业基础较好的企业 | 龙头企业 | | |
| 部署模型 | 公有云 | 公有、私有、混合云 | 公有、私有、混合云 | | |
| 关注重点 | 各类场景云化软件的开发和应用 | 工业设备的联网上云 | 数据+模型的创新应用 | | |
| 作用 | 引导企业通过购买公有云服务，以较低的成本实现基础云服务应用，实现普遍性、通用性的数据和业务上云，加深企业对上云的认识。 | 鼓励工业设备接入云端，结合边缘侧对数据处理和分析，获得云端设备服务，提升上云质量。 | 为行业提供标杆和模板，发挥龙头企业在行业中的示范带头作用。 | | |

图 5-8 企业上云星级

工业信息安全防护星级企业培育：培育工作通过检测评估、咨询诊断和整改提升等流程，提升企业安全防护能力，帮助企业实现星级达标（工控安全防护基础建设级或平台安全防护基本级及以上等级）或星级提升。2024 年度培育工作详情发布于省工信厅网站，《关于开展江苏省 2024 年度工业信息安全防护星级企业培育工作的通知》。

培育工作优先在各类信息化基础较好的工业企业和工业互联网平台企业中遴选。积极鼓励近年来获得国家、省、市工信

部门认定的各类信息化基础较好的工业企业和工业互联网平台企业参加培育工作。企业需进行的流程有：

企业自评估。各设区市工信局组织企业在江苏省工业信息安全公共服务平台（<https://www.jsgyaq.com>）注册账号并填报企业基础信息，各设区市工信局组织本地区的自评估咨询服务机构，指导企业开展自评估相关工作。

整改提升。服务机构对完成自评估的企业开展线上核查评估，并根据企业自评估安全防护状况给出整改建议。企业根据整改建议进行对标整改，企业整改后将整改情况从平台提交。

现场核查。结合企业自评估和机构线上核查评估情况，省工信厅指定专业服务机构对重点企业开展现场评估，为企业提供专业诊断服务并帮助提升。

省工信厅将根据线上核查评估和现场抽查评估结果，确定安全防护星级企业名单。

工业互联网标识解析二级节点：工业互联网标识通过一系列规范编码赋予标识对象唯一的“数字身份证”，通过解析系统实现跨国家、跨地域、跨行业、跨企业的信息互联互通。

建设流程分为七步：

A.确认建设主体。标识解析二级节点建设主体一般为行业龙头企业，或关联企业组建的联合体。

B.明确建设方案。建设方案包含三个核心部分：一是节点平

台技术架构与部署方案；二是节点平台运营计划（标识产品和业务是什么，标识应用怎么拓展、对谁提供服务）；三是节点平台投入计划（有明确的投入计划保障平台能够持续运行和运营）。

C.专家评审。申请人将申请材料提交至省工信厅，评审委员会对申请材料进行初步评审，审查内容包括对申请表、建设方案、业务规划方案、网络安全保障方案、服务承诺书等文件的资格性及符合性审查，审查通过的提交至工信部进行详细评审。

D.签订协议。省工信厅及工信部评审通过后，申请人和中国信息通信研究院签订二级节点建设协议。

E.部署实施。签订二级节点项目建设实施合同，进行系统部署和调试。在基础环境确定的情况下，实施系统部署大约需要2~3周时间。

F.对接顶级节点。系统部署后，启动顶级节点的对接程序，根据顶级节点的要求进行系统测试和考察，完成系统对接和资源权限的开通。

G.持续运营。标识解析二级节点的重要任务是保障标识节点平台的稳定性与可用性，推动行业企业接入和应用标识，需专门团队持续运营。

（3）部省专项资金、试点示范

国家级专项资金：自2017年我国大力推进工业互联网创新发展以来，工业和信息化部每年发布“工业互联网创新发展工程”

项目，于中招国际招标有限公司（网址 www.cntcic.com.cn）公开招标，项目资金来源为中央财政资金，招标人为工业和信息化部主管司局。2022 年“工业互联网创新发展工程”项目有 2 项，包括面向工业互联网的虚拟货币“挖矿”治理公共服务平台、工业互联网数字化转型促进中心项目。

投标人的专项申报项目基本情况表须经省工信厅盖章推荐，投标人注册地、项目主要建设内容所在地均应在江苏省内。

国家级试点示范：为推进企业数字化转型，加快培育基于工业互联网平台的新模式新业态，贯彻落实国家区域重大战略，工信部每年组织多类试点示范项目。企业编写申报材料报送省工信厅，由省工信厅推荐报送工信部。

A.新一代信息技术与制造业融合发展试点示范项目。围绕深化新一代信息技术与制造业融合发展，聚焦“数字领航”企业、两化融合管理体系贯标、特色专业型工业互联网平台等方向，遴选一批试点示范项目，探索形成可复制、可推广的新业态和新模式，为制造业数字化转型注入新动能。《工业和信息化部办公厅关于组织开展 2023 年新一代信息技术与制造业融合发展示范申报工作的通知》发布于工信部网站。

B.工业互联网试点示范。围绕工厂类、载体类、园区类、网络类、平台类、安全类 6 类 22 个具体方向，遴选一批工业互联网试点示范项目。《工业和信息化部办公厅关于组织开展 2023

年工业互联网试点示范项目申报工作的通知》发布于工信部网站。

C.工业互联网平台创新领航应用案例。聚焦工业企业数字化转型面临的关键问题，围绕平台化设计、数字化管理、智能化制造、网络化协同、个性化定制、服务化延伸等六大应用模式，征集遴选一批技术先进、模式创新、成效显著、易复制推广的工业互联网平台创新领航应用案例。《工业和信息化部办公厅关于开展 2022 年工业互联网平台创新领航应用案例征集活动的通知》发布于工信部网站。

D.新一代信息技术典型产品、应用和服务案例。以新一代信息技术与制造业融合发展为主题，围绕典型产品、典型应用、典型服务模式等方向，遴选一批优秀典型案例，挖掘推广行业广泛认可、企业现实应用的产品案例，为更多地方和企业应用新一代信息技术，推动高质量发展提供路径参考。《工业和信息化部办公厅关于组织开展 2023 年新一代信息技术典型产品、应用和服务案例遴选工作的通知》发布于工信部网站。

E.智能制造示范工厂。遴选一批智能制造优秀场景，以揭榜挂帅方式建设一批智能制造示范工厂，树立一批各行业、各领域的排头兵，推进智能制造高质量发展。《工业和信息化部办公厅 国家发展改革委办公厅 财政部办公厅 国务院国资委办公厅 市场监管总局办公厅关于开展 2023 年度智能制造试点示范行动的通知》发布于工信部网站。

F.国家新型工业化产业示范基地。示范基地申报分两个系列，即规模效益突出的优势产业示范基地和专业化细分领域竞争力强的特色产业示范基地。2021年度申报领域主要包括：装备制造业、原材料工业、消费品工业、电子信息产业、软件和信息服务业、高技术转化应用，以及其他领域（产业转移合作、大数据、云计算、数据中心、工业互联网等）。《工业和信息化部办公厅关于开展2021年度国家新型工业化产业示范基地申报工作的通知》发布于工信部网站。

省级专项资金：江苏省工信厅每年统筹工业和信息产业转型升级专项资金项目，2022年10月于省工信厅网站发布《关于组织2023年度江苏省工业和信息产业转型升级专项资金项目申报入库的通知》，专项资金重点支持五大方向：智能化改造数字化转型、关键核心技术（装备）工程化攻关、自主品牌企业培育、绿色化改造提升、产业支撑体系建设。

项目申报采取网上申报（江苏省工业和信息化厅旗舰店<https://www.jszwfw.gov.cn/col/col140127/index.html>），进入“江苏省工业和信息产业转型升级专项资金项目库管理系统”上传相关申报材料，由各设区市、县（市）工信部门审核本地区项目材料并推荐报送至省工信厅。

省级标杆示范认定：为加快推动江苏制造业高质量发展，省工信厅每年认定各类标杆示范项目，由企业撰写申报材料，各设

区市工信局推荐上报，省工信厅组织材料评审和专家核查，遴选出一批标杆示范企业。

A.工业互联网示范工程项目（标杆工厂类）。根据《江苏省工业互联网标杆工厂建设指南》，企业需满足“基础技术能力”、“制造系统能力”、“企业标杆能力”、“业态模式创新”等要求。通过认定的企业将享受优先推荐申报国家级和省级专项资金，以及大力宣传推广省工业互联网标杆工厂项目经验成果等政策优惠。《关于组织开展 2023 年度省工业互联网示范工程项目申报工作的通知》发布于省工信厅网站。

B.“互联网+先进制造业”特色产业基地。围绕 16 个先进制造业集群，聚焦先进制造领域的特色，推进工业互联网建设发展，实现新一代信息技术与制造业深度融合，着重在工业互联网平台赋能应用、园区企业数字化转型、创新生态构建、全产业链优化升级等方面形成示范效应，在推动“互联网+先进制造业”发展方面形成可复制可推广的经验。《江苏省工业和信息化厅关于组织开展 2023 年度省“互联网+先进制造业”特色产业基地申报工作的通知》发布于省工信厅网站。

C.智能制造示范车间。为引导企业加大智能化改造投入力度，切实提升企业智能制造水平，企业对照智能制造示范车间申报条件进行自我评价，填报智能制造示范车间申请表，并按要求提供能够反映企业智能车间建设情况的视频资料。《关于开展 2024

年江苏省制造业“智改数转网联”示范企业申报的通知》发布于省工信厅网站。

D.智能制造示范工厂。重点围绕我省先进制造业集群和优势产业链建设，支持企业应用自主创新产品、技术、装备、软件等建设省智能制造示范工厂，提升制造业发展质量、效益和本质安全水平。申报企业需具有良好的智能制造基础，通过智能制造评估评价公共服务平台（<https://www.c3mep.cn/>）开展智能制造能力成熟度自评估，达到国家标准《智能制造能力成熟度模型》（GB/T 39116-2020）二级及以上。《关于开展2024年江苏省制造业“智改数转网联”示范企业申报的通知》发布于省工信厅网站。

E.5G全连接工厂。支持企业充分利用以5G为代表的新一代信息通信技术集成，打造新型工业互联网基础设施，围绕研发设计、生产制造、检测监测、仓储物流、运营管理等各领域各环节实施“5G+工业互联网”融合应用，建设产线级、车间级、工厂级5G全连接工厂。申报项目应符合《5G全连接工厂建设指南》，使用的关键技术装备、工业软件须安全可控。《关于开展2024年江苏省制造业“智改数转网联”示范企业申报的通知》发布于省工信厅网站。

（4）重要供需对接活动

近年来，江苏省围绕“智改数转网联”大力推进制造业转型

升级，并通过多种供需对接活动促进产业链上下游协同，逐步构建起“政府引导+平台支撑+金融助力+企业主体”的协同生态，推动制造业向高端化、智能化、绿色化发展。

世界智能制造大会：2024世界智能制造大会以“加快打造智能制造升级版，因地制宜发展新质生产力”为主题，于2024年12月20日至12月22日在南京举办。本届大会举办1场主题大会、1场重大签约活动以及10余场专题活动，真正打造一场开放、合作、共赢、互促的全球智能制造领域品牌盛会。

现场发布的“2024年度世界及中国智能制造十大科技进展”是国际智能制造联盟、中国科协智能制造学会联合体第八年在大会上组织发布，突出智能制造在行业领域示范应用，从创新性、引领性、示范性等角度呈现智能制造领域的科技活动和进展。此外，“国际国内智能制造发展的新趋势和成果”“第四届智能制造创新大赛创新成果”等也在会上集中亮相。

与大会同期举办的市场化展览是此次盛会的另一大亮点。展览总面积达到4.2万平方米，吸引了来自全球近10个国家和地区的263家企业集中参展，其中世界500强企业和行业代表性企业51家。展览首次集中展示人形机器人产品，并引入低空经济和商业航天元素，设置大面积户外演示区，展示一批业内的领先产品和技术。

中国（南京）软件产业博览会：南京软博会根植于南京市软

件产业良好的发展基础，其前身——中国（南京）国际软件产品和信息服务交易博览会是国内领先的综合性软件行业盛会。自 2005 年起，经过连续 19 年成功举办，已成为全国软件产业品牌展会和对外窗口。2024 中国（南京）软件产业博览会以“行业引领”、“展示交流”、“合作对接”为核心，汇集 200+参展/参会企业，呈现多场配套专题活动，荟聚参会代表 1000 余人，吸引与会及参观的专业观众近 3 万人次，打造“展+会+奖”三位一体的行业交流与品牌创新平台，成果丰硕，亮点频现。

2024 年的展会布局名企综合展区、基础软件展区、信息安全展区、软件名园展区、城市展区等前沿特色展区，展商数量达百余家。展会期间举办了多场高质量活动，如 2024 中国（南京）信息技术应用创新大会、2024 江苏省数据要素产业发展论坛等，广邀近百位来自华为、阿里巴巴、中兴通讯、润和软件、金盾检测、中电科申泰、海光信息、麒麟软件、博云科技、和度软件等企业以及行业协会的专家学者、企业领袖、行业精英等参与，加强了国际国内软件产业的合作与交流，促进了资源共享和优势互补，推动了软件产业的协同发展。

本届展会期间，发布了“2024 长三角百家品牌软件企业”、“2024 年江苏省软件企业核心竞争力评价结果”、“2024 年江苏省软件和信息技术服务业企业综合百家企业”、“2024 年江苏省信息技术应用创新优秀应用案例”等系列标志性产业成果。

工业互联网大会：2023 工业互联网大会由工业和信息化部、江苏省人民政府主办，以“数实融合、数智赋能——高质量推进新型工业化”为主题，于 2023 年 6 月 15 日在苏州开幕。大会发布了工业互联网试点示范 5G 工厂案例、“工业互联网看苏州”品牌、5G 超可靠低时延汽车柔性产线，举行了中国信通院江苏研究院揭牌仪式，并向第二届工业互联网战略咨询专家委员会专家颁发聘书。有关院士专家、行业企业负责人围绕工业互联网趋势洞察与路径探索展开高峰对话。

两化融合暨数字化转型大会：第三届两化融合暨数字化转型大会于 2023 年 3 月 28 日在苏州召开，以“融合新征程数智新未来”为主题，由工业和信息化部、中华全国工商业联合会、江苏省人民政府共同主办。大会设置开幕式及 1 场全体会议和 13 场分论坛，在重庆、贵州、青岛等地设置分会场，开设“云端展览”，以“现场+多地+云端”等形式，系统、多维呈现两化融合在促进工业经济增长和传统产业提升方面的显著成效和最新进展。工业和信息化部党组成员、副部长王江平发表致辞，江苏省人民政府副省长胡广杰介绍两化融合和数字化转型的经验和成效。中国工程院院士陈鲸就《数字化转型赋能制造业高质量发展》做主旨发言。国家工业信息安全发展研究中心，湖南等地工信主管部门及行业专家就数字化转型发表主题演讲，分享转型经验与实践。会议还举办了工业互联网平台创新领航应用案例发布仪式，展示由

工信部遴选出的 137 项创新领航应用案例，覆盖平台化设计、数字化管理、智能化制造、网络化协同、个性化定制、服务化延伸六大创新模式，加快培育基于工业互联网平台的新模式新业态，推进企业数字化转型。

会议围绕“融势启新、凝心共筑”“融汇焕新、聚力前行”“融合赋新、创享未来”三大篇章在苏州、重庆、贵州、青岛等地举办 13 场分论坛，深度聚焦两化融合与数字化转型主要任务、重点工程及数字化人才培育等议题，展开深入交流研讨，并依托“云端展览”聚焦产业数字化和数字产业化创新发展与实践，搭建线上会展云平台，打通时空壁垒，实现精彩内容云端展现，全方位呈现我国数字化转型新模式、新业态、新成果。

世界工业与能源互联网博览会（工博会）：2022 世界工业与能源互联网博览会（工博会）在常州举行，“双网赋能新智造数实融合向未来”为主题，21 个投资规模大、带动作用强的项目集中签约，总投资达 470 亿元，其中新能源产业项目 8 个、工业与能源互联网项目 3 个、智能化改造数字化转型项目 8 个、产业基金项目 2 个。在工博会现场，运用裸眼全息、人工智能、数字孪生等全新技术，聚焦新能源汽车、智能化改造数字化转型典型案例、专精特新、智能制造、重大装备等领域，集中展示 161 家企业、200 件新产品以及新技术、新方案。

“i 创杯”互联网创新创业大赛：“i 创杯”互联网创新创业

大赛设立于 2015 年，是由江苏省工信厅主办，专注于互联网领域的最高规格赛事之一。2023 年，第八届“i 创杯”以“数实互促互融 产业共创共赢”为主题，累计吸引了 1024 个项目报名参赛，省外项目占比为 31%，高新技术企业占比高达 12%，项目创始人拥有硕士及以上学历的占比高达 45.5%，创历届新高。经过激烈角逐，新一代硅基 OLED 微显示器产业化项目获得特等奖，通用工业人工智能项目、南京强思流程工业数字孪生“X-Twins”平台应用项目、基于无透镜芯片数字显微技术的活细胞动态培养监测系统项目获得一等奖，数字化装配机器人技术与装备研发及产业化项目、先进制程高可靠性二维闪存项目、易存科技高性能存储项目、伯牙智能音乐项目、数字化团险创新解决方案项目获得二等奖。

自 2015 年创赛以来，“i 创杯”步履不停，已成为江苏省内明星双创赛事，国内有代表性的双创大赛之一。大赛规模和影响力不断攀升，参赛项目数量连续 6 年破千，截至目前在全国 22 个城市举办了 231 场巡回路演，累计吸引了 8422 个项目报名。有 300 多家投资机构的 600 位投资人向创新创业者们发出了近 2000 张投资邀请函。前七届 682 个决赛项目中，共有 221 个项目获得融资，融资总额达 123 亿元。

（5）中小企业扶持政策

省级专精特新中小企业申报认定：专精特新中小企业认定是

全国范围内对创新型中小企业的重要扶持政策。《关于组织开展 2024 年度省级专精特新中小企业申报认定（第二批）和 2021 年度省级专精特新企业复核工作的通知》发布于省工信厅网站。

申报企业须为中小企业（符合《中小企业划型标准规定》（工信部联企业〔2011〕300号）），在江苏境内注册，具有独立法人资格，经营和信用状况良好，纳入“江苏省优质中小企业培育库”的在库企业（年度新增入库或数据更新通过审核），且公告为创新型中小企业（有效期内）。优先推荐属于“1650”产业体系重点领域企业。

企业申报及审核流程为：

A.企业申报。申报采取线上填报与线下报送相结合的方式。企业按照自愿申报原则，进入“江苏政务服务网—江苏省工业和信息化厅旗舰店”（<https://www.jszwfw.gov.cn/col/col140127/index.html>），在线办理“专精特新中小企业培育和认定”，通过统一身份认证系统登录后，按照申报步骤和要求填报《江苏省专精特新中小企业申报书》。

B.审核推荐。各设区市工信部门对照条件对企业申报材料进行初审，重点审核独立法人地位、企业规模、所属领域、产品核心竞争力和市场占有率、产业链配套能力以及有无环境、质量、安全等方面违法记录等。

C. 审核认定。省工信厅将按程序组织对各地推荐申报的企业进行形式审查、专家评审等综合性审核，择优确定认定企业名单。认定结果将通过工信部门网站进行公示公告，有效期为3年。

中小企业上市培育：江苏省工信厅每年组织开展多场省重点产业链优质中小企业上市培育活动。活动内容丰富，主要包括：

A. 专家讲解资本市场形势，包括发行监管政策解读、新三板政策解读、科创板审核要点解读及案例分析；

B. 拟上市企业操作实务，包括改制辅导及全流程解读、股权激励实务；

C. 标杆企业走访；

D. 企业其他融资策略分析，包括路演模拟、案例分析。

中小企业可以访问数字工信 | 江苏省中小企业公共服务平台 (<https://www.smejs.cn/>)，点击“投融资服务”——“获融资”。平台将发布活动通知和活动新闻。



图 5-9 数字工信 | 江苏省中小企业公共服务平台

中小企业数字化转型公共服务平台：中小企业数字化转型公共服务平台依托国家工业互联网大数据中心建设，基于工信部发布的《中小企业数字化转型指南》和《中小企业数字化水平评测指标（2024年版）》（详见工信部网站）开展线上评测，为中小企业数字化转型自评估提供科学工具，支撑专精特新中小企业培育遴选工作，推动实现中小企业数字化转型服务、政府管理职能赋能和行业评估评测相结合。网址：
<http://caii-sme.indusforce.com/#/home>

通过线上平台评测，企业可以掌握自身数字化发展水平，评测结果将作为《优质中小企业梯度培育管理暂行办法》（工信部企业〔2022〕63号）中“专精特新中小企业认定标准”第5个评价指标“数字化水平”的评价依据。企业还可在平台查看数字化转型案例集，包括政府推进模式案例、“链式”转型典型案例等。



图 5-10 中小企业数字化转型公共服务平台

六、愿景与展望

1、行业智能化改造数字化转型网络化联接未来的发展趋势和要求

碳纤维行业作为高端制造业的代表，其“智改数转网联”是实现产业升级、提升国际竞争力的关键路径。碳纤维行业的“智改数转网联”不仅是技术升级，更是产业链生态重构；不仅是原有产业的数字化升级，更是数字产业的商业化输出。

(1) 产业数字化推动碳纤维企业效能升级

第一阶段：基础智能化建设

生产端通过高度自动化实现集中管控与动态调度；营销端基于客户画像开展价值分级与精准服务匹配；供应链端建立统一需求预测体系并实现流程自动化；研发端整合共性技术资源，应用数字化仿真降低研发成本；管理端完成标准化流程改造与职能共

享机制搭建。

第二阶段：深度协同优化

生产端向无人工厂过渡，依托数字孪生技术实现透明化生产与柔性制造；营销端通过数据建模实现定制化服务推送；供应链端构建跨产业协同网络与弹性供应体系；研发端通过数字孪生打通设计-生产-销售数据闭环；管理端形成跨部门职能共享协同平台。

第三阶段：自主决策生态

生产端由人工智能驱动智慧工厂自主优化运行；营销端通过智能感知主动识别需求并提供服务；供应链端基于人工智能预测模型实现自主决策调节；研发端运用人工智能挖掘工艺创新点并加速研发进程；管理端升级为全行业级共享服务中心，实现资源全局配置。

（2）数字产业化催生商业生态创新

在数字化转型浪潮下，碳纤维制造企业正从传统产品交付向服务化价值生态延伸，形成五大商业创新路径：其一，通过模块化架构与客户数据建模构建的端到端个性化定制体系，实现客户需求直达生产的敏捷响应；其二，整合产品制造与技术服务能力，形成覆盖设计、生产、运维全周期的解决方案集成模式，提升客户粘性；其三，打造垂直领域工业互联网平台，提供技术中台服务与产业协同基础设施，构建开放式的生态合作网络；其四，依

托专利布局构建技术壁垒，通过技术授权许可、组合方案咨询及知识资产交易形成多元收益矩阵；其五，建立数据资产运营机制，深度挖掘生产数据、供应链数据与市场数据价值，开发智能分析模型与决策支持产品，驱动精细化运营与商业模式迭代。这五类创新范式通过数据流、服务链与价值网的深度融合，重构了产业价值分配逻辑，既拓展了传统制造业务的利润空间，又培育出基于数字能力的新型增长极，标志着碳纤维行业正从生产主导型向服务赋能型商业生态系统加速演进。

2、新技术应用

未来，碳纤维行业“智改数转网联”将在研发管理、生产管理、质控管理、营销管理、供应链管理、设备管理、能碳管理、安全管控等环节深度融合应用数字孪生、人工智能、区块链等技术全面提升企业在生产、管理和服务等各环节的智能化水平。

（1）数字孪生

未来数字孪生技术将成为碳纤维行业智能化改造、数字化转型与网络化联接的重要支撑，通过虚实交互、动态优化的全流程闭环体系重构生产模式。

在智改层面，数字孪生将基于工业物联网实时采集原丝纺丝、预氧化、碳化等核心工艺数据，构建多物理场耦合的虚拟仿真模型，实现工艺参数毫秒级动态调控。例如，通过人工智能驱动的碳化炉孪生体模拟热场分布与纤维应力变化，自动优化温度梯度

与牵伸速度，将良品率大幅提高，同时结合边缘计算预测设备故障，减少停机损失。

在数转层面，数字孪生平台将整合研发、生产、质检多源数据，打通“原丝-织物-复材”全链条数据孤岛，利用生成式人工智能生成复合材料微观结构设计方案，替代传统试错研发，缩短开发周期。通过多尺度仿真模型模拟碳纤维的分子取向与界面结合强度，指导工艺优化。

在网联层面，基于区块链的分布式孪生系统将连接上下游企业，构建覆盖供应链的虚拟协同网络，实现需求端（如低空飞行器厂商）与制造端（如碳纤维供应商）的实时交互。通过数字孪生映射客户定制需求，自动匹配产线参数并生成排产方案，压缩订单交付周期。同时，孪生技术将赋能低碳制造，通过虚拟电厂模型实时分析碳化炉能耗数据，动态调节能源使用策略，降低单位产值能耗，减少碳排放。最终形成以数字孪生为中枢、人工智能为驱动、网络为纽带的智慧生态，推动碳纤维行业向高端化、柔性化、绿色化转型，支撑航空航天、氢能储罐等战略领域国产化突破。

（2）人工智能

未来人工智能将深度赋能碳纤维行业智能化改造、数字化转型与网络化联接，成为推动产业升级的关键引擎。

在智能化改造方面，人工智能通过实时采集碳化炉温度、纺

丝牵伸速度等工艺参数，结合深度学习算法动态优化生产流程，实现工艺参数毫秒级自适应调整。人工智能视觉系统通过高分辨率工业相机与卷积神经网络（CNN）结合，实现 $0.1\mu\text{m}$ 级纤维缺陷在线检测，漏检率趋近于零，并联动生产线自动停机修正，减少废品损失。

在数字化转型中，人工智能驱动的生成式设计将颠覆传统研发模式，利用对抗生成网络（GAN）模拟碳纤维复合材料的力学性能，快速生成满足航空航天、低空飞行器等场景需求的微观结构方案，缩短研发周期。

网络化联接层面，人工智能与区块链、工业互联网深度融合，构建跨企业协同网络。智能合约自动解析下游定制需求，驱动产线柔性配置并优化供应链排产；基于联邦学习的能耗优化模型，通过分析碳化炉能耗大数据与电网负荷曲线，动态匹配清洁能源使用策略。

（3）区块链

未来区块链技术将在碳纤维行业智能化改造、数字化转型与网络化联接中发挥关键作用，通过构建可信、透明的数据生态，推动全产业链协同优化与价值重构。

在智能化改造层面，区块链可结合物联网（IoT）实时采集碳纤维生产设备（如碳化炉、缠绕机）的运行数据，形成不可篡改的设备全生命周期记录，结合智能合约自动触发维护指令，预

测设备故障并优化维护策略。实时记录原丝纺丝温湿度、碳化时间等核心工艺参数，确保工艺稳定性，并通过联邦学习实现跨企业数据共享，推动人工智能模型迭代优化良品率。

在数字化转型中，区块链将打通“原丝-复材-终端”全链条数据孤岛，构建分布式数据中台。通过区块链分布式账本记录碳纤维从原材料采购到成品交付的每个环节，实现质量溯源透明化。同时，生成式人工智能设计的复合材料结构方案可通过区块链确权，保护知识产权并加速技术商业化落地。

在网络化联接方面，区块链与工业互联网深度融合，赋能供应链敏捷响应。下游低空经济、新能源汽车等定制化需求可通过智能合约自动解析，驱动产线参数动态调整与供应链排产优化。此外，区块链可精准追踪碳纤维生产过程的能源消耗与碳排放，形成碳足迹数字证书，为企业制定减排目标提供依据，推动行业绿色转型。

附件 1：人工智能典型应用场景

1、人工智能在研发管理中的典型应用场景

人工智能在碳纤维材料研发管理中的应用正在加速材料创新进程，通过数据驱动、智能迭代和跨学科协同，显著缩短研发周期并降低试错成本。典型应用场景包括材料设计与配方优化、力学性能预测等。

在材料设计与配方优化方面，传统的材料设计主要依赖大量实验的不断试错、大面积筛选的方法。相比于各向同性或均质、单一材料，碳纤维材料的设计空间更为广阔，力学机理更为复杂，目前尚不能摆脱经验设计方法。而采用反复实验的方法进行设计需要消耗大量的人力、物力以及时间成本，且最终优化设计得到的结果也未必是最优解。人工智能可以通过高通量虚拟筛选（HTVS）等技术，在分子层面上探索潜在的新型碳纤维材料，并通过材料基因组计划（MGI）的计算设计框架进行优化，从而加速高性能碳纤维材料的设计和开发。此外，人工智能能够摆脱对设计者经验和直觉的依赖。只需设定恰当的目标函数，系统就能自动迭代更新设计策略，实现全局最优或精准的逆向设计。如人工智能技术可通过拓扑优化来寻找具有最佳性能的纤维方向和尺寸；人工智能可以与有限元分析和神经网络等工具结合，进行预测和逆向设计，以满足特定的功能需求。

在碳纤维材料力学性能预测方面，当前行业内主要采用实验

研究和计算模拟两种方法，但两者都难以全面准确地捕捉到影响碳纤维材料性能的众多因素。人工智能技术可利用数据挖掘技术揭示微观结构或设计参数与碳纤维材料性能之间的内在联系，进而对基本力学性能、疲劳性能、冲击性能等进行预测，或者构建材料的本构模型。根据不同的数据挖掘方式，可分为基于微结构图像的性能预测、基于碳纤维材料设计参数的性能预测以及碳纤维材料本构关系构建。

2、人工智能在生产管理中的典型应用场景

人工智能在碳纤维材料生产管理中的应用正在推动制造业向智能化、高效化和精益化方向发展。典型应用场景包括智能生产计划与排程、工艺过程智能控制等。

在智能生产计划与排程方面，人工智能算法可实时分析订单优先级、设备状态和原材料库存，自动优化生产排程。并基于市场预测和历史数据，人工智能算法可动态调整生产线配置，如碳纤维预浸料生产线与热压罐的协同调度。人工智能在设备出现故障或原料延迟时，快速生成替代生产方案，自动切换至备用模具或调整工艺参数。

在工艺过程智能控制方面，人工智能算法通过强化学习可实时调整热压成型温度/压力曲线，减少碳纤维材料孔隙率，并自动补偿环境变量（湿度、温度）对树脂固化过程的影响。在树脂传递模塑工艺中，人工智能可同步优化注胶速度、模具温度和真

空度，预测层压工艺中的纤维褶皱风险并自动调整铺层路径，实现多工序协同。其中，强化学习（Reinforcement Learning, RL）是一种机器学习方法。强化学习的基础框架是马尔可夫决策过程，它允许智能体（Agent）能够在与环境（Environment）的交互中通过试错来学习最优策略。智能体在环境中执行行动（Action），并根据行动的结果接收反馈，即奖励（Reward）。

3、人工智能在质量管理中的典型应用场景

人工智能在碳纤维材料质量管理中的应用正在重塑传统质检模式，通过智能感知、实时分析和预测决策实现全过程质量优化。典型应用场景包括智能缺陷检测与分类、工艺-质量关联分析、全流程质量追溯等。

在智能缺陷检测与分类方面，人工智能技术利用工业相机（2D/3D）、红外热成像、激光超声等设备，构建高精度检测网络，实现多模态传感融合。在此基础上，结合深度视觉算法，可实现微小缺陷的识别；进一步，基于迁移学习的缺陷分类模型，可自动扩展新缺陷类型库。其中，典型的人工智能算法即为卷积神经网络（CNN）。CNN 通过使用卷积层提取图像数据的局部特征，然后通过池化层（Pooling Layer）降低特征的空间维度，最后通过全连接层（Fully Connected Layer）进行分类或回归任务。CNN 主要用于解决涉及大量非线性和高维数据的问题，尤其是在图像处理领域。它能够识别和分类图像中的物体、面部、

场景等。CNN 能够自动从数据中学习特征，而无需人工设计特征提取器，使得它在处理图像和其他高维数据时非常有效。

在工艺-质量关联分析方面，人工智能技术可建立 200 多维度的工艺参数（温度/压力/真密度等）与质量指标的深度关联网络，通过强化学习实时优化工艺参数容忍区间，预测温度历史，搜索最佳的固化周期，以减少残余应力并提高生产效率。

在全流程质量追溯方面，人工智能可建立产品的质量数据块，每个质量数据块包含材料 DNA（纤维取向/树脂配比等）和工艺指纹，通过图神经网络建立原材料-工艺-检测数据的追溯链条，可在极短时间内追溯质量问题到具体工序、设备甚至操作员。

4、人工智能在市场管理中的典型应用场景

人工智能在碳纤维材料市场管理中的应用正在改变传统的营销模式，通过数据驱动、智能分析和自动化工具，提升市场洞察、客户管理、销售效率和品牌竞争力。典型应用场景包括市场分析与需求预测、精准营销与客户画像、智能销售与客户关系管理等。

在市场分析与需求预测方面，人工智能可分析行业报告、社交媒体、新闻等数据，预测碳纤维材料市场需求变化，例如轻量化材料、环保材料的需求增长。进一步，利用自然语言处理（Natural Language Processing, NLP）方法分析客户咨询、评论和反馈，识别航空航天、汽车、风电等领域的潜在需求，监测竞争对手。

手的产品、定价、营销策略，从而帮助制定差异化营销方案。其中，自然语言处理是人工智能领域的重要研究方向，融合了语言学、计算机科学、机器学习、数学、认知心理学等多个学科领域的知识，主要包含自然语言理解和自然语言生成两个方面。研究内容包括字、词、短语、句子、段落和篇章等多种层次，是机器语言和人类语言之间沟通的桥梁。旨在使机器理解、解释并生成人类语言，实现人机之间有效沟通，使计算机能够执行语言翻译、情感分析、文本摘要等任务。

在精准营销与客户画像方面，人工智能基于企业采购历史、行业、规模等数据自动分类客户群体，并根据各客户群体推荐最匹配的碳纤维材料产品，实现个性化推荐。如将高强碳纤维推荐给汽车客户，耐腐蚀玻璃钢推荐给化工客户。在此基础上，人工智能可分析市场供需、客户购买力，动态调整报价策略以提高成交率。

在智能销售与客户关系管理方面，人工智能技术通过网站浏览、询盘数据可评估潜在客户的购买意向，优先跟进高价值客户。基于人工智能还可开发聊天机器人客服，客服自动回答客户关于材料性能、价格、交货期等问题，提高响应速度。进一步，基于历史订单和市场数据，人工智能可预测未来销售额，优化库存和生产计划。

5、人工智能在供应链管理中的典型应用场景

人工智能在碳纤维材料供应链管理中的应用正在重构传统供应链模式，通过智能预测、动态优化和自动化决策实现全链条协同。典型应用场景包括客户需求预测与计划、供应商智能遴选与评估、物流与运输优化等。

在客户预测与计划方面，人工智能可融合行业景气指数（如风电新增装机量）、客户订单图谱、宏观经济数据等变量，结合 Transformer 时间序列模型预测市场中不同行业的需求，从而针对不同行业、不同规模的客户制定个性化营销策略。

在供应商智能遴选与评估方面，人工智能可构建包含质量（PPM）、交付（OTD）、ESG 等 300 多个指标的供应商评估体系，采用自然语言处理（NLP）分析新闻/舆情中的潜在风险，区块链实现供应商数据可信共享，从而作出实时博弈决策。

在物流与运输优化方面，人工智能可整合海运/空运/陆运的实时数据（港口拥堵、油价、天气等），利用图神经网络规划多式联运路径，预测海运/空运/陆运的价格波动，从而制定出低风险低成本的物流方案。图神经网络(Graph Neural Network, GNN)是指使用神经网络来学习图结构数据，提取和发掘图结构数据中的特征和模式，满足聚类、分类、预测、分割、生成等图学习任务需求的算法总称。通过在图中的节点和边上制定一定的策略，GNN 将图结构数据转化为规范而标准的表示，并输入到多种不同的神经网络中进行训练，在节点分类、边信息传播和图聚类等

任务上取得优良的效果。

6、人工智能在设备管理中的典型应用场景

人工智能在碳纤维材料设备管理中的应用正推动设备运维向预测性、自适应和全生命周期管理方向发展。典型应用场景包括预测性维护与健康管理、智能备件管理等。

在预测性维护与健康管理方面，人工智能技术可在设备上布置各类型传感器，实现设备关键状态监测。通过在热压罐、缠绕机等关键设备部署振动、温度、电流等多维度传感器，构建设备物理-虚拟映射模型，实时仿真轴承/齿轮等关键部件剩余寿命，并预测潜在故障。维护人员根据此预测结果，可进行视情维护，保障安全运营的同时降低维护成本。在预测算法中，Transformer时间序列预测是一种基于自注意力机制（在Transformer模型中起基础作用，可减少对外部信息的依赖，更擅长捕捉数据或特征的内部关系，优化模型训练结果）的深度学习模型。该模型主要由编码器和解码器构成，模型本身并行度较高，在精度和性能上均优于传统的循环神经网络。

在智能备件方面，人工智能算法可基于设备状态对未来的设备关键备件进行预测，实施考虑供应链风险的智能采购决策，并结合物流数据实现配送优化。其中，人工智能算法可对关键备件进行全生命周期追溯，可有效缩短备件更换响应时间。

7、人工智能在能碳管理中的典型应用场景

人工智能在碳纤维材料能碳管理中的应用正在推动行业向绿色智能制造转型，通过实时监测、智能优化和全生命周期分析实现节能降碳目标。典型应用场景包括生产能耗智能优化、废弃物智能处理等。

在生产能耗智能优化方面，人工智能算法可基于深度强化学习对固化工艺进行优化，如热压罐温度-压力-时间三维参数寻优，有效降低能耗；采用神经网络 PID 方法对空压机/冷水机组等辅助设备进行智能化控制，实现设备集群能效管理。预测电力需求高峰，自动调整非关键工序用电时段。其中，神经网络 PID 算法是将神经网络应用于 PID 控制算法的一种方法。通过神经网络的自学习能力和非线性映射能力，可以实现对复杂系统的精确建模和控制。具体来说，神经网络 PID 算法可以分为两个部分：神经网络模型和神经网络控制器。神经网络模型是通过对系统输入和输出数据进行训练，从而得到一个能够描述系统行为的非线性映射关系。这个模型可以用来预测系统的未来状态，也可以用来优化系统的性能。在神经网络模型中，通常使用反向传播算法进行训练，通过不断调整神经元的权重和阈值，使得模型的输出结果更加接近于真实结果。神经网络控制器是利用神经网络模型对系统进行控制的一种方法。通过将神经网络模型的输出作为控制信号，可以对系统进行实时地调整和优化。在神经网络控制器中，通常使用梯度下降算法来不断调整控制信号的权重和阈值，使得

系统的输出结果更加接近期望结果。

在废弃物智能处理方面，人工智能算法可采用高光谱成像方法识别碳纤维和玻璃纤维，与机器人相结合对废料分类回收。利用人工智能控制热解工艺，提高回收纤维强度保留率。进一步，优化循环利用过程。通过机器学习预测边角料最佳再利用方案，也可优化 3D 打印路径实现最大化利用回收材料。

8、人工智能在安全管控中的典型应用场景

人工智能在碳纤维材料安全管控中的应用正在构建新一代的主动防御体系，从传统“事后处置”转向“预测-预防-应急”的全流程智能管理。典型应用场景包括工艺安全风险智能预测、生产环境智能监控、设备安全智能防护、人员行为智能管控等。

在工艺安全风险智能预测方面，人工智能技术可实时整合 200 多维度数据，包括树脂放热曲线、溶剂挥发浓度、设备状态等，并采用时序卷积网络（TCN）预测固化工艺失控风险，通过数字孪生模拟 10 万多种危险工况。时间卷积网络是一种基于卷积神经网络结构的方法，可由因果卷积和空洞卷积两种架构来实现。由于其可以并行地计算所有时间步中的数据，并且具有强大的建模长期依赖性和更少的参数量，已被广泛应用于语音识别、动作检测、时间序列分类等领域。

在生产环境智能监控方面，人工智能可构建三维空间感知网络，如采用毫米波雷达监测人员是否闯入高危区域、红外阵列实

时追踪设备表面温度异常等。进一步，建立多模态预警系统，如采用声光报警并结合 AR 可视化提示危险源，智能通风系统自动启动应急排风等。

在设备安全智能防护方面，人工智能可建立设备的自适应安全联锁。基于强化学习可实现压力容器的快速启停控制、避免误操作的模具开合防撞系统。此外，人机协同安全也可通过人工智能实现。通过室内定位（UWB）实现“人机安全距离”动态调整、机械臂遇阻即时反向制动等。

在人员行为智能管控方面，可通过给人员佩戴智能穿戴系统并结合人工智能算法实现。智能穿戴系统包括防静电手环、AR 眼睛等。防静电手环可实时监测人体电压，一旦超过某阈值即可报警。AR 眼镜可自动提示操作规范偏差。此外，可建立行为分析平台，通过计算机视觉识别危险动作，语音情感分析预警疲劳操作。

附件 2：改造投入清单及图谱

1、行业系统化场景图谱示意图

| | | |
|------|---|--|
| 研发管理 | 数字化协同研发 工具链：CAD/CAE/CAPP 工具，以产品配置管理、项目管理、需求管理及工艺管理为核心构建 PLM 系统整合研发设计流程，实现全链路数据贯通；通过模块化材料库与参数化规则引擎，快速生成定制化方案，自动关联 CAE 仿真验证与工艺可行性分析，优化产品性能，提高产品质量。 数据链：企业通过建立统一的数据平台和信息系统，实现设计数据、仿真数据、测试数据等不同类型数据的交互和互联互通，通过数据链，研发设计团队可以实时共享设计成果，协同工作，提高研发效率。 痛点问题：研发设计信息孤岛、研发周期长，试验成本高、研发知识资产应用不足等。 | |
| | 主场景 | A1.1 新产品开发主场景 工具软件：结构设计软件（CAD、CAE、CAPP 等）、MES/ERP 系统 数据要素：材料属性数据、结构设计参数、工艺参数 |

| | |
|--|---|
| | <p>知识模型：材料力学本构模型</p> <p>人才技能：材料设计能力</p> <p>痛点问题：设计效率低、性能优化难</p> <p>A1.2 工艺设计与验证主场景</p> <p>工具软件：碳纤维材料性能仿真软件（ Ansys 、 Abaqus、 Comsol、 Digimat 等）</p> <p>数据要素：材料属性数据、结构几何参数、工艺参数、环境条件参数</p> <p>知识模型：材料力学本构模型</p> <p>人才技能：力学理论、仿真算法</p> <p>痛点问题：准确性低、计算资源需求大</p> <p>A1.3 研发数据分析主场景</p> <p>工具软件：材料数据库、深度学习软件（ MATLAB/sumlink 、 Python/NumPy ）等</p> <p>数据要素：原丝性能数据、工艺参数、产品测试数据</p> <p>知识模型：工艺优化模型</p> <p>人才技能：数据库</p> |
|--|---|

| | |
|------|---|
| | <p>痛点问题：数据量大、数据利用率低</p> |
| 细分场景 | <p>A1.4 定制 PLM 系统实现产品全生命周期管理细分场景 痛点问题：数据分散、设计变更响应滞后</p> <p>A1.5 集成设计、仿真工具与业务系统高效协同细分场景 痛点问题：跨学科协同流程缺乏标准化工具、经验依赖性强</p> <p>A1.6 数字化虚拟仿真细分场景 痛点问题：成本高且周期冗长</p> <p>A1.7 数字化验证调试细分场景 痛点问题：工艺验证与生产系统割裂</p> <p>A1.8 构建企业级材料数据库精准选型细分场景 痛点问题：缺乏历史数据支撑、技术断档风险高</p> <p>A1.9 构建工艺优化模型推荐调优区间细分场景 痛点问题：工艺参数与产品性能的关联规律未量化建模</p> |

| | |
|------|---|
| 生产管理 | <p>数字化协同管理</p> <p>工具链：集成 APS 系统，实时采集订单、设备、工艺、库存数据，通过智能算法制定精准生产计划，明确各环节时间、设备与人员安排。建立与 ERP、MES 集成的动态调整机制，异常时自动捕捉变化，实时重评资源时间，提高决策效率和准确性。</p> <p>数据链：实现了生产数据的实时采集、传输和共享，企业能够实时掌握生产进度、质量控制和库存情况。</p> <p>痛点问题：生产流程协同节奏失调、生产计划排程依赖经验、生产资源调度响应迟缓。</p> |
| 主场景 | <p>B1.1 生产流程管理主场景</p> <p>工具软件：ERP（企业资源计划）系统、MES（制造企业生产过程执行管理）软件</p> <p>数据要素：订单优先级、设备状态、原材料库存</p> <p>知识模型：预测模型</p> <p>人才技能：数据分析、生产方案规划</p> <p>痛点问题：业务系统彼此孤立、生产流程缺乏统一标准</p> |

| | |
|--|---|
| | <p>B 1.2 生产计划排程主场景</p> <p>工具软件：APS 系统</p> <p>数据要素：订单信息、设备运行数据、工艺参数</p> <p>知识模型：产能模型</p> <p>人才技能：生产计划排程</p> <p>痛点问题：生产计划与实际生产严重脱节</p> <p>B 1.3 生产资源调度主场景</p> <p>工具软件：WMS 系统等</p> <p>数据要素：资源状态、位置信息</p> <p>知识模型：资源需求预测模型</p> <p>人才技能：需求预测</p> <p>痛点问题：资源需求预测偏差大，调配不合理</p> |
|--|---|

| | |
|------|---|
| | <p>B 1.4 定制 MES 系统与业务流程优化细分场景 痛点问题：订单、计划、工单等信息传递不畅</p> <p>B 1.5 业务系统集成与信息化应用升级细分场景 痛点问题：工序间信息传递受阻</p> <p>B 1.6 APS 系统驱动精细化排程排产细分场景 痛点问题：生产计划主要依赖人工经验</p> <p>B 1.7 动态计化调整机制应对突发状况细分场景 痛点问题：面对订单变更、设备突发故障等状况，缺乏有效的计划调整机制</p> <p>B 1.8 物料齐套分析精准匹配生产任务细分场景 痛点问题：难以实时掌握原材料库存、设备运行状态等资源状况</p> <p>B 1.9 资源柔性调度保障生产顺利进行细分场景 痛点问题：调度响应迟缓，严重影响生产进度与订单交付</p> |
| 质量管理 | 数字化协同制造 |

| | |
|-----|--|
| | <p>工具链：广泛采用 ERP 企业管理系统、MES 生产执行系统等，构建智能化在线质量监控体系，联动一体化质量管理平台（QMS），实现了从产品设计到生产制造的全程数字化管理。</p> <p>数据链：基于 QMS 系统构建数据分析模块，整合原材料批次、生产工艺参数、在线检测数据、人工检测数据等多维度信息，建立可双向追溯的质量闭环。</p> <p>痛点问题：在线检测与生产调整联动不足、质控数字化管理缺失、质量数据价值化程度低。</p> |
| 主场景 | <p>C1.1 在线检测主场景</p> <p>工具软件：工业相机、联动一体化质量管理平台（QMS）等</p> <p>数据要素：零部件高清图像、缺陷类型、工艺参数等</p> <p>知识模型：深度视觉分析模型</p> <p>人才技能：熟悉检测仪器的参数设置与操作</p> <p>痛点问题：零部件种类繁多，缺陷种类繁多，微小缺陷难以检测，检测时间长</p> <p>C 1.2 质量管控主场景</p> <p>工具软件：扫码录入系统等</p> |

| | |
|------|---|
| | <p>数据要素：质量数据</p> <p>知识模型：人工智能判异模型</p> <p>人才技能：深度学习算法</p> <p>痛点问题：依赖人工记录、效率低、问题追溯难度较大</p> <p>C 1.3 质量追溯与预测主场景</p> <p>工具软件：统计过程控制分析引擎</p> <p>数据要素：工艺参数、温度漂移、纤维直径超差等</p> <p>知识模型：风险预测模型</p> <p>人才技能：预测算法</p> <p>痛点问题：工艺参数与质量问题的关联性分析不足</p> |
| 细分场景 | <p>C 1.4 在线缺陷检测分析细分场景</p> <p>痛点问题：跨工序协同能力缺失、依赖人工复检</p> <p>C 1.5 自动预警实现工艺自适应调整细分场景</p> |

| | |
|------|--|
| | <p>痛点问题：检测结果与生产工艺调整脱节</p> <p>C 1.6 质量体系数字化管理细分场景</p> <p>痛点问题：依赖人工记录</p> <p>C 1.7 质量过程数字化控制细分场景</p> <p>痛点问题：关键件追溯信息不全面，难以快速准确定位问题件</p> <p>C 1.8 质量数据精准溯源细分场景</p> <p>痛点问题：缺乏统一标识和整合能力</p> <p>C 1.9 通过 SPC 引擎判异实现主动预防细分场景</p> <p>痛点问题：难以实现高频数据深度挖掘和工艺优化指导</p> |
| 市场管理 | <p>数字化协同管理</p> <p>工具链：建立市场数据分析系统，利用智能爬虫与语义解析技术，实时捕获全球市场动态；构建碳纤维价格预测模型，通过机器学习算法预警短期市场波动与中长期趋势。</p> <p>数据链：通过建立统一的数据平台和接口，实现跨系统、跨部门之间的数据交互和互联互通，企</p> |

| | |
|-------|---|
| | <p>业能够实时获取销售数据、库存数据、财务数据等，为经营管理提供全面的数据支持。</p> <p>痛点问题：市场行情监测难。</p> |
| 主场景 | <p>B2.1 市场行情动态智能分析与预测主场景</p> <p>工具软件：智能爬虫与语义解析工具、自然语言处理软件</p> <p>数据要素：行业需求、行业价格、客户咨询、产品购买记录</p> <p>知识模型：价格预测模型</p> <p>人才技能：客户服务、数据分析能力</p> <p>痛点问题：行业数据碎片化、预测准确性低</p> |
| 细分场景 | <p>B 2.2 市场行情智能分析细分场景</p> <p>痛点问题：智能化程度低</p> <p>B 2.3 市场行情、风险智能预测细分场景</p> <p>痛点问题：预测误差率较高、分析成果与战略规划脱节</p> |
| 供应链管理 | 数字化协同管理 |

| | |
|-----|---|
| | <p>工具链：引入适配碳纤维行业特性的客情管理平台，搭建功能完善的供采一体化管理平台，构建供应商信息库，完善评估指标体系与采购流程。部署契合碳纤维行业特性的一体化 SCM 系统，深度打通生产、库存、供应的信息流、物流、资金流数据接口，驱动企业高效运营与效益提升。</p> <p>数据链：企业通过建立统一的数据平台和接口标准，实现供应商、制造商、分销商、零售商等供应链各参与方之间的数据交互和互联互通，涵盖了原材料采购、生产制造、仓储物流、销售服务等各个环节，确保数据的准确性和及时性，实现供应链的精细化管理。</p> <p>痛点问题：客户信息分散，制约业务开展、供采管理粗疏，掣肘生产运营、供应链信息割裂，阻碍高效运转</p> |
| 主场景 | <p>B3.1 销售流程管理主场景</p> <p>工具软件：客情管理平台等</p> <p>数据要素：客户数据、产品销售数据等</p> <p>知识模型：数据库</p> <p>人才技能：数据分析能力</p> |

| | |
|--|---|
| | <p>痛点问题：数据孤立且碎片化、预测准确性低</p> <p>B3.2 供采流程管理主场景</p> <p>工具软件：供采一体化管理平台</p> <p>数据要素：供应商数据、订单数据、采购数据</p> <p>知识模型：评价体系</p> <p>人才技能：数据分析能力</p> <p>痛点问题：缺乏系统评估与管理机制</p> <p>B3.3 供销存数据贯通主场景</p> <p>工具软件： SCM 系统</p> <p>数据要素：生产数据、销售数据、库存数据、供应商信息、物流数据、资金流数据</p> <p>知识模型：预测模型</p> <p>人才技能：预测算法</p> <p>痛点问题：供应链信息难共享</p> |
|--|---|

| | | |
|------|------|---|
| | 细分场景 | <p>B3.4 供应链数字化链路打通与协同优化细分场景 痛点问题：无法快速响应市场对碳纤维产品性能与产量的需求变化</p> <p>B3.5 构建一体化数据共享网络细分场景 痛点问题：存在数据壁垒</p> <p>B3.6 自动化驱动产供销流程融合细分场景 痛点问题：销售与采购流程未实现自动化处理</p> <p>B3.7 数智化赋能产供销精准管控细分场景 痛点问题：供应链管理粗放，无法精准管控全流程</p> |
| 设备管理 | | <p>数字化协同管理 工具链：对接 PLC、DCS 等自动化系统，全面采集和监控设备运行数据。制定统一巡检标准并将标准存储云端推送给一线人员，结合数字孪生辅助巡检及运维。选用专业可视化工具，整合设备实时运行、告警、巡检及运维数据，构建全面、直观的数据看板。</p> <p>数据链：深入分析和挖掘设备各类数据，构建贴合设备运行特点的故障模型。结合故障分析结果，</p> |

| | |
|-----|---|
| | <p>科学制定设备保养计划，明确保养周期与标准，为设备采购、维护策略调整和生产计划安排提供数据依据。</p> <p>痛点问题：设备数据实时采集与监控能力薄弱、设备告警阈值模糊与运维标准缺失、设备数据整合与分析能力亟待提升。</p> |
| 主场景 | <p>B4.1 设备数据采集主场景</p> <p>工具软件：数据采集系统</p> <p>数据要素：设备运行数据</p> <p>知识模型：故障预测模型</p> <p>人才技能：数据分析、故障预测能力</p> <p>痛点问题：设备状态感知不全面、预测准确性低</p> <p>B4.2 设备巡检告警主场景</p> <p>工具软件：数据推送系统</p> <p>数据要素：设备告警阈值</p> |

| | |
|------|---|
| | <p>知识模型：故障诊断模型</p> <p>人才技能：熟悉检测仪器的参数设置与操作</p> <p>痛点问题：故障响应慢</p> <p>B4.3 设备数据挖掘主场景</p> <p>工具软件：数据看板</p> <p>数据要素：设备开关机状态、关键运行参数、故障信息等</p> <p>知识模型：故障诊断模型</p> <p>人才技能：设备维护</p> <p>痛点问题：无法从设备运行数据中挖掘潜在价值</p> |
| 细分场景 | <p>B4.4 设备运行数据全面采集细分场景</p> <p>痛点问题：数据采集技术手段有限</p> <p>B4.5 设备数据存储与调用优化细分场景</p> <p>痛点问题：传统分散式数据存储架构导致数据更新延迟</p> |

| | |
|------|---|
| | <p>B4.6 设备巡检标准制定与执行细分场景 痛点问题：巡检工作缺乏规范性与准确性</p> <p>B4.7 设备告警与处理机制优化细分场景 痛点问题：运维环节衔接不畅，故障响应慢</p> <p>B4.8 设备运行状态可视化建模细分场景 痛点问题：无法直观呈现设备运行状态</p> <p>B4.9 数据驱动设备管理决策细分场景 痛点问题：对设备数据缺乏深度挖掘与分析</p> |
| 能碳管理 | <p>数字化协同管理 工具链：搭建企业能碳数据平台，整合 MES 及环境监测系统，建立覆盖直接排放与间接排放的动态数据池。开发碳核算模块，内置可配置核算规则引擎，生成碳足迹报告，搭建供应商碳排放数据协同平台，优化碳配额成本结构，推动绿色供应链协同升级。</p> <p>数据链：采集碳纤维行业能源数据，统一企业碳排放核算标准，建立工艺-能耗-排放关联模型。</p> |

| | |
|-----|--|
| | <p>痛点问题：能耗数据采集粗放、能耗数据分析程度低、碳排放数据核算困难。</p> |
| 主场景 | <p>B5.1 能耗数据采集主场景</p> <p>工具软件：MES（制造企业生产过程执行管理）软件</p> <p>数据要素：工艺参数、设备能耗与排放数据</p> <p>知识模型：机器学习算法</p> <p>人才技能：系统控制、深度学习能力</p> <p>痛点问题：数据采集粗放、多约束条件下工艺优化问题</p> <p>B5.2 能耗分析主场景</p> <p>工具软件：节能计量管理平台</p> <p>数据要素：碳足迹</p> <p>知识模型：逻辑校验算法</p> <p>人才技能：数据分析</p> <p>痛点问题：碳排放数据核算困难</p> |

| | |
|------|---|
| | <p>B5.3 碳排放核算主场景</p> <p>工具软件：深度学习软件（MATLAB/simlink、Python/NumPy）等</p> <p>数据要素：工艺参数、设备能耗与排放数据</p> <p>知识模型：能耗-排放映射模型</p> <p>人才技能：深度学习</p> <p>痛点问题：碳排放强度预测误差率较高</p> |
| 细分场景 | <p>B5.4 能耗精细化采集细分场景</p> <p>痛点问题：缺乏分时、分设备的实时监测能力</p> <p>B5.5 能耗异常智能化预警细分场景</p> <p>痛点问题：依赖人工</p> <p>B5.6 工艺参数-能耗影响智能分析细分场景</p> <p>痛点问题：能耗核算偏差较大</p> <p>B5.7 基于能耗智能化排产细分场景</p> |

| | |
|------|--|
| | <p>痛点问题：手工填报碳排放台账效率低下</p> <p>B5.8 基于不同标准自动生成碳足迹报告细分场景</p> <p>痛点问题：缺乏工艺-能耗-排放关联模型</p> <p>B5.9 数字化核查预演细分场景</p> <p>痛点问题：无法实时推荐最优参数</p> |
| 安全管控 | <p>数字化协同管理</p> <p>工具链：对碳纤维生产中的高温碳化炉、化学药剂反应釜等高危设备进行系统性改造。搭建集中监控平台，汇聚各点位传感器数据与图像信息，实时捕捉异常并报警。部署高精度人员定位系统，提升应急响应效率，切实保障工作人员生命安全。</p> <p>数据链：实时监控高危设备、高危原料与重点区域人员状态，包括位置、温度、磨损、变形等，并将上述汇聚至监控平台，平台根据实时状态数据，分析安全风险，并实时捕捉异常并报警。</p> <p>痛点问题：危险作业设备运行存在隐患、重点安全点位监控能力不足、重点区域人员定位管理缺失。</p> |

| | | |
|--|-----|---|
| | | B6.1 危险作业设备改造主场景 工具软件：低延时网络模块 数据要素：设备状态数据、危险工况等 知识模型：风险预测模型 人才技能：数据分析、风险预测能力 痛点问题：工艺过程参数感知不全面、风险预测准确性低 |
| | 主场景 | B6.2 重点安全点位监控主场景 工具软件：传感器、报警系统 数据要素：设备状态数据、图像信息 知识模型：机器视觉模型 人才技能：计算机视觉 痛点问题：难以实现异常情况的实时报警与及时处置 |

| | |
|------|--|
| | <p>数据要素：人员位置</p> <p>知识模型：定位算法</p> <p>人才技能：熟悉穿戴式定位工具</p> <p>痛点问题：重点区域人员定位缺少、难以实时识别危险动作</p> |
| 细分场景 | <p>B6.4 危险作业设备性能强化改造细分场景</p> <p>痛点问题：设备服役周期缩短</p> <p>B6.5 工业互联网驱动设备智联运维细分场景</p> <p>痛点问题：阻碍深度数据分析与远程运维</p> <p>B6.6 安全点位多元监测设备部署细分场景</p> <p>痛点问题：无法有效识别设备部件的异常磨损、变形等状况</p> <p>B6.7 集中监控平台智能预警运作细分场景</p> <p>痛点问题：各点位数据无法进行汇聚与智能分析</p> |

| | | |
|--|--|---|
| | | <p>B6.8 重点区域人员日常安全管控细分场景 痛点问题：缺乏系统的人员安全管理规划</p> <p>B6.9 紧急状况人员定位助力救援细分场景 痛点问题：无法快速确定人员位置，应急响应效率低下</p> |
|--|--|---|

2、行业智能化改造装备清单

| 适用场景 | 装备名称 | 主要功能 | 投入区间（万元） | 国产/ 进口 |
|---------|----------|---|-----------------------|-----------|
| 工艺设计与验证 | 全自动生产热压机 | 适用于碳纤维布的连续生产，生产效率高，稳定性强 | 数十万元至数百万元 | 国产/ 进口 |
| 工艺设计与验证 | 疲劳试验机 | 用于测试各种金属、非金属、碳纤维材料及其结构件的动静态力学性能，可以进行高低温环境下的力学性能测试 | 投入区间可能在数十万元至数百万元人民币不等 | 国产/ 进口 |
| 工艺设计与验证 | 万能试验机 | 集拉伸、弯曲、压缩、剪切、环刚度等功能于一体的材料试验机，主要用于碳纤维复合材料力学性能试验 | 投入区间可能在数十万元至数百万元人民币不等 | 国产/ 进口 |
| 工艺设计与验证 | 动态力学分析仪 | 测量碳纤维复合材料的力学性能与时间、温度或频率的关系 | 投入区间可能在数十万元至数百万元人民币不等 | 国产/ 进口 |

| | | | | |
|---------|----------------|---|-----------------------|-----------|
| | | | 万元人民币不等 | |
| 工艺设计与验证 | 冲击试验机 | 大大缩短了冲击试验完成时间，提高了试验的准确性、摆锤冲击试验的效率和安全性 | 投入区间可能在数十万元至数百万元人民币不等 | 国产/ 进口 |
| 工艺设计与验证 | 波长色散 X 射线荧光光谱仪 | 一种高精度、高灵敏度的分析仪器，主要用于元素成分的定性和定量分析 | 投入区间可能在数十万元至数百万元人民币不等 | 国产/进口 |
| 工艺设计与验证 | 原子吸收光谱仪 | 一种基于原子蒸气对特定波长光辐射吸收的定量分析仪器，主要用于痕量金属及部分非金属元素的精准测定 | 数十万元人民币 | 国产/进口 |
| 工艺设计与验证 | 高频红外碳硫元素分析仪 | 一种基于高频感应燃烧和红外吸收光谱技术的精密仪器，主要用于快速、准确地测定材料中碳 (C) 和硫 (S) 元素 | 数十万元人民币 | 国产/ 进口 |

| | | | | |
|--------|-----------------|---|---------------|-----------|
| | | 素的含量 | | |
| 生产流程管理 | 智能卷绕机 | 适用于碳纤维成品的卷绕，实现碳纤维 碳丝自动换卷、精准卷绕 | 数十万元至数百 万元 | 国产/ 进口 |
| 生产流程管理 | 自动包装线 | 适用于碳纤维产品的自动化包装，实现 产品生产全过程的信息化、自动化，提 升生产信息化管理水平 | 数十万元至数百 万元 | 国产/ 进口 |
| 生产流程管理 | 纤维自动铺放专用机 械臂 | 适用于航空航天、风电叶片等高性能碳 纤维复合材料构件的自动化铺丝/铺带 | 数十万元至数百 万元 | 国产/ 进口 |
| 生产流程管理 | 切割与修边机械臂 | 适用于碳纤维复合材料构件的外形加 工，能够精准地进行高效的切割操作， 极大地提升生产效率和产品质量 | 数十万元至数百 万元 | 国产/ 进口 |
| 生产流程管理 | 打磨与抛光机械臂 | 提高碳纤维复合材料表面打磨与抛光 的精度和稳定性 | 数十万元至数百 万元 | 国产/ 进口 |

| | | | | |
|--------|---------|---|-----------|-------|
| 生产资源调度 | 自动化物流装置 | 提供高可靠性的搬运解决方案,适用于各种复杂环境下的物料搬运任务 | 数十万元至数百万元 | 国产/进口 |
| 生产资源调度 | 立体仓库 | 作为连接碳纤维原丝和大丝束碳纤维生产线的重要生产物流枢纽,大大减少各个生产环节之间的人力、物力投入 | 数十万元至数百万元 | 国产/进口 |
| 在线检测 | 激光超声系统 | 实现碳纤维内部缺陷的识别,实时检测碳纤维产品质量 | 数十万元至数百万元 | 国产/进口 |
| 质量管控 | 超声波探伤仪 | 实现碳纤维工件内部缺陷的检测,实现高准确质量管控 | 数十万元至数百万元 | 国产/进口 |
| 设备数据采集 | 多维度传感器 | 实现热压罐、缠绕机等关键设备的振动、温度、电流等物理状态感知 | 数万元至数十万元 | 国产/进口 |
| 设备数据采集 | 数据采集系统 | 采集多维度传感器数据,并进行处理、分析、存储 | 数万元至数十万元 | 国产/进口 |

| | | | | |
|----------|--------|-------------------------|----------|----|
| 重点安全点位监控 | 智能监控设备 | 实时监测主要设备状态，并传输至生产报警平台 | 数万元至数十万元 | 国产 |
| 重点区域人员定位 | 人员定位装置 | 实时监测人员位置，并传输至生产报警平台 | 数千元至数万元 | 国产 |
| 重点区域人员定位 | 人脸识别设备 | 实时识别人员信息，并传输至生产报警平台 | 数千元至数万元 | 国产 |
| 重点区域人员定位 | 智能安全帽 | 实时识别安全标志，并提醒生产人员，保障人员安全 | 数千元至数万元 | 国产 |

3、数字化转型数据要素清单

| 序号 | 场景 | 数据要素类型 | 描述 |
|----|---------|--------|----------------------|
| 1 | 新产品开发 | 材料属性数据 | 各原材料力学属性参数 |
| 2 | 工艺设计与验证 | 工艺参数 | 碳纤维材料制备工艺过程参数，包括热压成型 |

| | | | |
|----|----------------|----------|---------------------------|
| | | | 温度/压力曲线、铺层路径等 |
| 3 | 新产品开发、研发数据分析 | 结构模型设计接口 | 用于统一各场景下的结构模型格式，实现模型互识别 |
| 4 | 工艺设计与验证、研发数据分析 | 工艺标准接口 | 用于统一各场景下的工艺参数格式，实现工艺参数互操作 |
| 5 | 市场行情监测 | 行业需求 | 用于分析市场需求，制定销售策略和生产方案 |
| 6 | 设备数据采集、设备数据挖掘 | 设备状态数据 | 感知设备状态参数，例如图像、温度、磨损度等 |
| 7 | 设备巡检告警 | 设备预警接口 | 用于统一各场景下的设备状态数据格式，实现接口互连接 |
| 8 | 重点区域人员定位 | 重点人员数据 | 包括人员位置、静电电压等 |
| 9 | 重点安全点位监控 | 重点区域数据 | 包括重点设备的位置区域 |
| 10 | 销售流程管理 | 采购历史 | 用于分析市场需求，制定销售策略和生产方案 |

| | | | |
|----|---------|------|----------------------|
| 11 | 供采流程管理 | 采购咨询 | 用于分析潜在客户，制定个性化推荐销售方案 |
| 12 | 供销存数据贯通 | 物流数据 | 用于制定供应链方案 |

4、知识模型资源清单

| 序号 | 场景 | 知识模型类型 | 描述 |
|----|---------|--------|---|
| 1 | 工艺设计与验证 | 材料力学模型 | 用于优化复合材料设计，分析预测力学性能 |
| 2 | 智能排程排产 | 产能模型 | 分析不同生产环节设备的产能，为排程排产提供理论支撑 |
| 3 | 数据分析利用 | 设备故障模型 | 通过分析碳纤维生产设备运行数据预测潜在故障，指导预防性维护以减少停机、保障工艺稳定性并降低运维成本 |
| 4 | 供销存数据贯通 | 需求预测模型 | 通过分析历史数据、市场趋势和外部因 |

| | | | |
|---|---------|--------|---|
| | | | 素，预测未来一段时间内产品需求量的工具，帮助企业优化库存管理、生产计划和资源配置 |
| 5 | 供销存数据贯通 | 需求预测模型 | 通过分析历史数据、市场趋势和外部因素，预测未来一段时间内产品需求量的工具，帮助企业优化库存管理、生产计划和资源配置 |

5、工具软件清单

| 序号 | 工具软件 | 描述 | 投入区间（万元） | 国产/进口 |
|----|--------------|----------|------------------------|-------|
| 1 | CAD/CAE/CAPP | 用于复合材料设计 | 投入区间较大，可能在数十万元至百万元人民币之 | 国产/进口 |

| | | | | |
|---|-------------|---|-----------------|----|
| | | | 间 | |
| 2 | MES 生产执行系统 | 通过实时数据采集与过程监控，实现工艺参数精准控制，生产流程协同管控，提升生产效率和稳定性 | 投入区间较大，可能在数万元之间 | 国产 |
| 3 | APS 高级计划与排程 | 通过整合多维数据与先进算法，实现生产计划动态优化、资源高效配置及实时响应突发状况，提升生产效率与订单交付准时率 | 投入区间较大，可能在数万元之间 | 国产 |
| 4 | WMS 仓储管理系统 | 通过数字化仓储流程、精准库存控制与智能作业调度，实现物料高效流转、质量安全保障及成本优化，支撑生产连续性与供应链敏捷性 | 投入区间较大，可能在数万元之间 | 国产 |
| 5 | ERP 企业资源计划 | 通过整合企业资源与流程，帮助企业实现精益化管理，提升运营效率 | 投入区间较大，可能在数万元之间 | 国产 |
| 6 | QMS 质量管理系统 | 为确保产品质量而建立的一套系统性管理框架，通过标准化流程、数据驱动决策与持续改进机制，实 | 投入区间较大，可能在数万元之间 | 国产 |

| | | | | |
|----|--------------|--|-----------------|----|
| | | 现质量目标的全面达成 | | |
| 7 | PLC 可编程逻辑控制器 | 是一种专为工业环境设计的数字运算操作电子系统，通过可编程存储器执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数与算术操作等指令，实现对工业设备的自动化控制 | 投入区间较大，可能在数万元之间 | 国产 |
| 9 | DCS 分布式控制系统 | 一种用于工业过程控制的自动化系统，通过将控制功能分散到多个现场控制站，同时集中管理操作与监控，实现对生产过程的精准控制与高效管理 | 投入区间较大，可能在数万元之间 | 国产 |
| 10 | SCM 供应链管理系统 | 通过协同计划、采购、生产、物流与库存等环节，实现供应链的高效运作与成本优化 | 投入区间较大，可能在数万元之间 | 国产 |
| 11 | 供采一体化管理平台 | 通过整合供应商管理与采购管理流程，实现企业与供应商之间的信息共享、协同作业与高效采购决策 | 投入区间较大，可能在数万元之间 | 国产 |
| 12 | 在线巡检告警系统 | 在线巡检告警系统是利用互联网和新技术手段，实 | 投入区间较大，可 | 国产 |

| | | | | |
|----|----------------|--|-----------------|----|
| | | 时监测设备状态，及时发现潜在问题并发出警报，提高巡检效率、降低人力成本、增强数据准确性 | 能在数万元之间 | |
| 13 | 设备数据分析系统 | 通过采集、处理、分析设备运行数据，帮助企业实现预测性维护、生产优化、能效提升和安全管控 | 投入区间较大，可能在数万元之间 | 国产 |
| 14 | 安全监控系统 | 利用视频监控、传感器技术、人工智能算法等手段，对特定区域或目标进行实时监测、异常识别与预警，提升安全防护能力 | 投入区间较大，可能在数万元之间 | 国产 |
| 15 | 人员定位系统 | 利用物联网、无线通信和定位算法，对人员位置、行动轨迹进行实时追踪与管理 | 投入区间较大，可能在数万元之间 | 国产 |
| 16 | MATLAB/sumlink | 用于数据分析、无线通信、深度学习、图像处理与计算机视觉等 | 投入区间较大，可能在数万元之间 | 进口 |
| 17 | Laminate Tools | 用于复合材料设计分析 | 投入区间较大，可能在数万元之间 | 进口 |

| | | | | |
|----|--------|------------|-----------------|----|
| 18 | Abaqus | 用于复合材料性能仿真 | 投入区间较大，可能在数万元之间 | 进口 |
|----|--------|------------|-----------------|----|

6、网络化联接设备清单

| 设备名称 | 投入区间（万元） | 国产/进口 |
|---------|--------------|-------|
| 交换机 | 数千至数万元人民币之间 | 国产 |
| 路由器 | 数万至数十万元人民币之间 | 国产 |
| 防火墙 | 数千至数万元人民币之间 | 国产 |
| 传感器 | 数百至数千元人民币之间 | 国产 |
| 工控机 | 数千元人民币 | 国产 |
| 物联网关 | 数千至数万元人民币之间 | 国产 |
| 无线基站 | 数万至数十万元人民币之间 | 国产 |
| VPN 服务器 | 数万至数十万元人民币之间 | 国产 |

7、行业数字化转型人才技能清单

| 序号 | 人才技能类型 | 描述 |
|----|-------------|-----------------------|
| 1 | 材料设计优化 | 用于复合材料设计 |
| 2 | 计算机深度学习 | 用于研发管理、质量管控等 |
| 3 | 计算机视觉 | 用于复合材料及设备缺陷检测 |
| 4 | 数据分析 | 用于分析数据含义，提取数据特征 |
| 5 | 应用数学 | 用于数据特征的统计概率分析 |
| 6 | 预测算法 | 用于力学性能预测、故障预测、市场需求预测等 |
| 7 | 计算机网络 | 用于网联设备升级改造等 |
| 8 | 通信工程 | 用于设备间通讯 |
| 9 | 物联网工程 | 用于构建物联网 |
| 10 | 机械设计制造及其自动化 | 用于复合材料设计与制造 |
| 11 | 数控技术 | 用于优化复合材料加工制造 |

附件 3：典型案例（按首字母排序）

案例一：常州市宏发纵横新材料科技股份有限公司

企业基本情况：

常州市宏发纵横新材料科技股份有限公司成立于 2003 年，是高性能纤维及其经编增强材料领军企业，是工信部认定的国家制造业单项冠军示范企业、国家知识产权示范企业、江苏省创新型企业，主导产品高性能纤维复合材料年产能 30 万吨广泛应用于航空航天、轨道交通、风电叶片领域。公司建有“国家级博士后工作站”、“江苏省企业技术中心”、“江苏省院士工作站”等国家和省级研发平台和人才培养基地，累计承担国家 863 及省级以上科研技改项目 15 项，获得授权专利 181 件（其中发明 112 件），主导国家标准 9 项，并荣获国家专利优秀奖 2 项，江苏省科技进步奖等 3 项，掌握了“大丝束碳纤维-碳纤维织物-复合材料成型下游应用”产业链核心技术。

实施智能化改造和数字化转型的主要做法及成效：

常州市宏发纵横新材料科技股份有限公司通过分析项目智能制造需求、规划，通过规模化采用智能化高速多轴向经编机、氧化炉、高低温碳化炉、机器人等先进国产化装备，基于工业互联网、工业大数据、人工智能等新一代信息技术，通过横向和纵向将 SCADA\MES\ERP\WMS\PLM\孪生等系统的集成，实现了信息无缝流动，通过数据中台系统和 BI 系统，为公司决策辅助、数据分析提出智能化解决方案。在

设备维护、工艺排产、视觉检测等方面应用了人工智能等技术，打造了一个高度集成的碳纤维生产运营管理平台。实现大丝束碳纤维产品从纤维到制件等全流程智能化生产与信息化管控，满足碳纤维产品精准、高效、节能生产。

通过智能化建设，公司规模化采购国产绿色节能自动化装备，碳纤维生产线相比全套整线国外进口可降低 50%以上投资成本，建成国内唯一的碳纤维柔性生产线，兼具大丝束、小丝束碳纤维生产能力，率先实现碳纤维产品定制化生产，满足风电、轨交、航空、航天、汽车等不同应用领域对碳纤维性能的差异化需求。通过数字化、智能化的应用，利用 5G、人工智能等新一代的技术打造了一个高度集成的碳纤维生产运营管理平台。

同时，建成余热回收发电站，回收利用碳纤维生产线剩余蒸汽，实现“热能-电能-动能”循环利用；建成 RTO 焚烧炉余热回收节能设施系统，将焚烧炉工作中产生的热能通过气-气热交换器对氧化炉使用的空气和碳化炉使用的氮气进行预加热，从而对焚烧炉废气中的热量回收进行再利用，节省大量电能。通过上述措施，建成了碳纤维资源循环利用工厂，降低产线生产能耗，推动碳纤维行业绿色低碳发展取得积极进展。

在碳纤维行业“智改数转网联”研究与建设过程中，本案例充分展示企业在生产管理及能碳管理方面进行“智改数

转网联”的建设意义，以及对企业带来的实际价值，具有良好的典型示范效应。

案例二：航天海鹰（镇江）特种材料有限公司

企业基本情况：

航天海鹰（镇江）特种材料有限公司是国家级高新技术企业和国家级专精特新“小巨人”企业。公司成立于2011年4月，隶属于中国航天科工飞航技术研究院，注册资金3.15亿元人民币，主营业务为高性能结构复合材料和隔热保温材料两个领域。公司占地面积155亩，厂房面积87000余平方米，员工600余人。拥有国家级技能大师工作站、省首台套重大关键部件认定企业和苏南国家自主创新示范区瞪羚企业等称号，获得江苏省智能制造示范工厂和示范车间、五星上云等荣誉，并承担过20余项国家级、省级科研项目。

实施智能化改造和数字化转型的主要做法及成效：

（1）引入自动化装备，通过物联网技术，实现制造过程全要素数据采集

在关键工序上引入了多台套智能化设备和自研软件：在材料出库环节，引入自动上料工装，有效记录材料出入库过程信息；在解冻与下料环节，引入自动排版软件，有效降低生产成本，以适应柔性生产的需要；在铺层环节，引入自动铺带机、翻转机器人、热隔膜机等智能化装备；在封装环节，设计和创新应用了自动封边工装；在机加环节，设计和创新

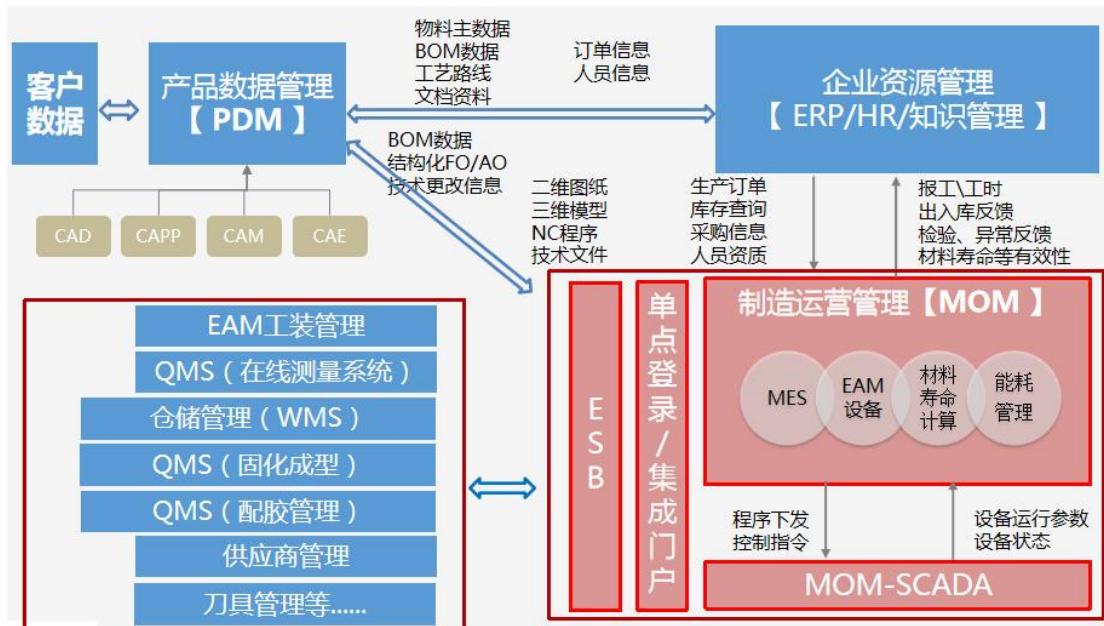
应用了自动靠模铣工装；在型面检测环节，自主设计了智能力控加压系统，解决了壁板检测力控加压过程无法精准施力和量化的问题，大幅提升了复合材料加筋壁板的检测效率和精确性；在超声检测环节，引入人工智能技术，实现超声检测孔隙率的智能化分析与计算。

针对复合材料生产过程和原材料对于环节参数敏感的行业特点，设计和开发了环境参数自动采集系统、仓储与材料寿命计算系统。

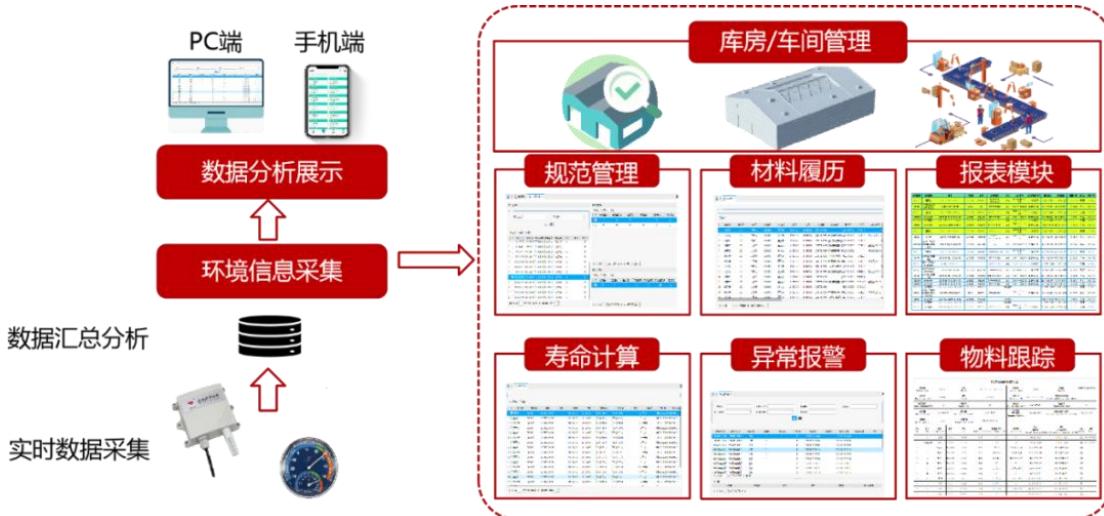
针对民用航空机构复合材料对于行业规范要求高、过程记录管控严格、分析验证难、追溯性要求高等特点，自主开发了固化成型数据分析系统、工装管理系统、在线测量与结构化数据管理系统、自动化配胶系统等。

(2) 实现“人机料法环测能”的在线化管理与互联互通，构建从企业销售、生产制造、产品交付与维护到经营决策的数字化管理能力

构建了以 ERP/PDM/MOM 为主干系统的互联互通模式，车间通过 MES 系统实现了工序级的实时管控，实现生产过程透明化管理，ERP 系统通过数据集成平台与各系统集成互联，打破业务数据、流程和财务割裂的现状，以数据贯通和数据应用为关键，实现原材料采购、外协、生产、半成品与产成品、能耗到成本核算的一体化在线化管理，实现材料定额管理和分项目、分架次乃至分部段的精细化成本核算，从而实现公司业务财务一体化。



图附件 3-1 信息系统内外联动协同示意图



图附件 3-2 精细化仓储管理与材料寿命自动计算系统逻辑

（3）通过知识图谱和人工智能融合应用，构建碳纤维制造过程质量大数据模型

航空碳纤维制造数据具有资源种类繁多、文件格式多样、数据信息异构、数据体量巨大、关联关系复杂等特点，通过物联网实现移动产品压差、温湿度等数据源采集和边缘计算，通过建设在线测量数据管理系统，实现每个零件、工装的轮廓度、型面公差、厚度、超声等检测数据的自动化采集和结

构化存储，通过引入智能能力控加压，实现承力结构件力学数据的结构化存储，利用知识图谱技术，从各个系统抽取数据，建立各个系统各类数据之间的关联关系，建立多维度关联的符合民机制造规范的各类主题数据库，实现 C919 批产生产过程各类数据的跨库关联一键检索，实现完整的生产过程数据、质量数据的追溯和应用体系。

通过智能化和数字化建设，提升了公司的质量管控水平，在遵循民机适航过程“制造符合性”与“可追溯性”的基本要求下，实现了工时、定额、质量数据的全过程的数字化、在线化采集和管控，为精益提升提供量化的科学依据，不仅提升了生产效率、检测效率和准确性，而且通过不断完善的制造过程的工艺参数设定，能够在制造阶段就能识别可能存在质量风险，进行提前防范和诊断。

本案例从多维度展现了企业在“智改数转网联”工作中的成效，通过引入智能设备与自研系统实现设备精准管控，依托 MES 系统达成生产全流程数字化，运用知识图谱和人工智能技术构建质量大数据模型，在设备管理、生产管理、质量管理环节形成闭环，彰显出显著的实践价值与示范意义。

案例三：江苏亨博复合材料有限公司

企业基本情况：

江苏亨博复合材料有限公司成立于 2019 年，是一家专注于热塑材料领域的高新技术企业。公司拥有员工 50 余名，

有自己的技术研发中心，现已评为省级专精特新企业。经过六年的发展，企业已形成了一套完整的产业链，在行业内具有较强的市场竞争力。

实施智能化改造和数字化转型的主要做法及成效：

（1）数字化管理平台建设

企业引入用友财务软件，目前模块涉及生产管理、成本核算，进一步提高了企业数字化管理水平，可以实现生产、销售、库存等环节的全链条信息化管理。通过系统集成和数据共享，各部门之间协同工作更加高效，决策响应速度大幅提升，企业可以实时看见存货数量，对于设置预警值的存货能做到物料的及时供给。另外通过生产管理系统流程迅速反馈到生产，生产部门根据加工单信息进行生产，并且通过系统每日报工，将生产进度反馈到电子屏上，各部门能够及时了解生产动态，有效提高了生产效率和资源利用率。

（2）智能生产设备升级

自动化设备改造与升级：企业对部分传统生产线进行了自动化改造，实现了生产过程的自动化和智能化。不仅提高了生产效率，还降低了人工成本和产品不良率。

企业规划建设了智能工厂，将生产设备、物流系统、信息系统等进行集成，实现了生产过程的智能化管控。在智能工厂中，通过智能物流系统实现了物料的自动配送和仓储管理，通过生产执行系统实现了生产过程的实时监控和调度，通过质量控制系统实现了产品质量的自动检测和控制。

通过数字化管理平台建设与智能设备升级，企业的生产效率得到了大幅提高，产品的生产周期普遍提高了20%~25%；企业的产品质量稳步提高。智能化生产设备和信息化管理系统的应用，使得产品质量的全程监控和追溯成为可能。企业能够及时发现和解决生产过程中的问题，产品合格率从原来的92.3%提高到了95.6%；企业的市场竞争优势凸显。在智改数转的助力下，企业的市场竞争力得到了进一步提升。产品交付时间缩短，产品质量稳定，客户满意度达到了99%以上，市场份额也不断扩大。

该案例通过数字化管理平台与智能设备升级，在供应链管理和设备管理领域实现创新突破。供应链管理上，贯通生产、销售、库存数据，提升企业协同效率；设备管理方面，借助自动化改造与智能工厂建设，集成多系统实现设备实时监控与生产智能调度。案例提供了“智改数转网联”的良好实践，为行业转型提供范例。

案例四：江苏恒神股份有限公司

企业基本情况：

江苏恒神股份有限公司，创建于2007年8月，位于江苏省丹阳市，新三板挂牌（股票代码：832397），占地面积约954亩，现有员工1500余人，是一家集碳纤维及其复合材料生产、设计、研发、销售、技术应用服务为一体的国家高新技术企业。2018年底，由江苏省丹阳市政府牵头重组，

加入陕煤集团，成为其下属的控股子公司。公司产品组合覆盖从原丝、碳纤维、上浆剂、织物、液体树脂、粘接剂、预浸料，碳纤维复合材料制件，航空复合材料结构件的高端全产业链企业。公司产品可应用于航空航天、民用航空、新能源、轨道交通、海洋工程、工程机械、体育休闲等领域。产品型号包括高强碳纤维如：HF20 系列（T300 级）、HF30 系列（T700 级）、HF40 系列（T800 级）、HF50 系列（T1000 级）及高强高模 HM 系列。产品规格包括：1K、3K、6K、12K、24K 和 50K 等。

实施智能化改造和数字化转型的主要做法及成效：

建设综合管理信息化平台，基于该平台搭建公司统一门户平台、统一流程平台、统一集成平台、统一数据标准，构建公司信息化基础，整合所有新老系统信息孤岛，其他系统通过单点登录全面集成于该平台。该平台实现局域网、内网双部署，在不违反保密原则前提下，通过单向网闸及光盘摆渡机自动实现内外网系统数据库及附件单向交互，极大提高办公效率。

通过设备全生命周期管理，包含设备台账、设备采购、设备购置、设备资产变更、设备盘点、设备折旧、设备调拨、设备报废管理等，实现设备信息的全方位管理。通过信息化手段，帮助企业提高设备的利用率、完好率、保障设备的连续运转、延长设备使用寿命、降低设备的运行维护成本。实现设备资产寿命周期内的最大化利用，提高设备投资利润率。

系统以全公司管理为对象，全面实现设备资产、运行、维护、维修、备件等管理工作的信息化。采用项目管理思维，对检修项目从策划到进度、质量、成本、全过程管理，实现检修项目的进度、质量、成本精细化控制。根据设备的分类和级别，采取科学的检修策略，科学、合理地安排设备检修计划，如：大修、小修、技改、国产化等。

通过维护、检修、备件等工单的数据统计，形成实时的设备数据看板，管理人员能更好地优化设备运维流程与细节，避免设备损坏与非停带来的损失。

统一的综合管理信息化平台项目，有效整合各级智能制造部门的业务管理系统及内部业务办理需求，避免重复建设，有助于化解“信息孤岛”。通过开展公司综合管理信息化平台项目建设，顶层构建框架，科学规划应用，统一数据标准，对于畅通智能制造系统信息资源共享交换渠道，实现智能制造系统内外数据的有序高效流动具有十分重要的意义。实现生态化组织与能力的融合，构建全面数字化的工作能力，让组织、沟通、协同、业务全面在线，提升工作效率。实现协同业务互联，知识化增强组织赋能，数字化实现智能驱动向数字驱动转变，智能化辅助优化决策与运营，实现智能办公。

设备全生命周期管理系统实现设备保养、润滑、备品备件提报等关键业务流程的线上开展，有效提高管理规范性、有效性，管理规范性提升至100%。减少因设备管理不善导致的停机发生，通过平台一次建设，全面提升恒神整体设备

管控力度，可有效减少因管理不及时导致的特种设备损坏、设备停机事件。实现故障时间减少 20%，设备可靠性提升 20%，维修效率提升 50%，备件需求减少 30%，设备寿命延长 10%。

该案例在“智改数转网联”进程中，在设备管理环节成效显著，依托综合管理信息化平台打通数据壁垒，对设备全生命周期进行信息化管控，全面提升设备管控效能，为行业设备全面数字化管理提供范例。

案例五：江苏天鸟高新技术股份有限公司

企业基本情况：

江苏天鸟高新技术股份有限公司成立于 1997 年 1 月，生产用厂房及配套建筑面积 121000 平方米。专业生产飞机碳刹车预制体，碳/碳、碳/碳化硅复合材料用预制体，碳纤维热场预制体，航天热结构材料、结构功能一体化材料、透波材料、防隔热材料预制体以及各类高性能特种纤维织物和预浸料的高新技术企业。国家专精特新“小巨人”企业，国际航空器材承制方 A 类供应商，国家火箭发动机喷管碳/碳复合材料预制体成形技术及设备应用示范基地。

实施智能化改造和数字化转型的主要做法及成效：

(1) 基于信息化、数字化技术，建立数字化管理平台
基于生产过程全要素管控，采用信息科技和计算机软件技术，通过信息化、数字化技术措施，对研发、生产、财务、仓储、市场等各环节数据进行集成管理，建立数字化管理平

台，实现数据的集成管理和共享，提高管理的准确性、及时性，利用大数据分析技术，对生产、财务、运营和市场数据进行深度分析，为公司优化生产和营销策略、制定科学决策提供数字化依据。通过数字化管理平台的高效运行，实现了生产过程全要素实时化、数据化、可视化管控。

通过配置现代化的计算机软件，辅助研发团队进行产品设计、装备设计等研究开发，实现工艺数字化设计、数字化收集、数字化应用，提升技术创新能力。

（2）“智”造升级，加快智能化产业布局

公司通过 PLC 适配 Profibus、布局传感器形成神经网络协调控制系统等集成技术研究，自主创新智能化工业机器人，在关键工序引入机器人代替传统机械化工艺装备，将生产规范、检验规范与机器人进行数据集成，全过程实时监控，实现安全、高效、精细化生产。通过智能化改造升级，制造装备协同设计，加快数字化车间建设，实现关键工序智能化、关键过程自动化，将“制造”变“智造”，充分发挥产业链关键中间环节智能化制造保障作用。

通过数字化管理平台对生产过程全要素的管控，提升了各生产环节标准化管理水平，对人、机、料、法、环等各生产要素进行优化配置和组合，促进了业务链整体联动、高效协同和精细化管理。专业设计软件的引入，缩短了产品及装备设计、开发以及生产周期，有效解决了预制体数字化高效

制造、形性精确调控、自动化成形装备制造等难题，促进了企业高质量发展。

通过智能化改造和数字化转型，公司优化了生产流程、提高了生产效率、降低了生产成本，提升了产品质量和市场竞争力，已成为公司培育、实施新质生产力的重要措施。

该案例在“智改数转网联”实践中成效显著，研发管理上，借数字化平台与专业软件实现工艺数字化，缩短研发周期、突破技术瓶颈；生产管理中，以智能化机器人和自动化设备替代传统工艺，集成生产数据实时监控，优化流程、降本增效，为行业数字化转型提供了可借鉴的实践范例。

案例六：南京玻璃纤维研究设计院有限公司

企业情况：

南京玻璃纤维研究设计院有限公司（简称“南京玻纤院”）于 1964 年成立，是拥有研发、设计、制造、检测与评价“四位一体”的科技型企业，是我国玻璃纤维工业技术的策源地和辐射源，是我国新材料产业的重要骨干力量，是中国建材集团旗下重点企业。

实施智能化改造和数字化转型的主要做法及成效：

具体案例 1：

第三方实验室信息管理系统助力“高标准，高质量”实验室建设。南京玻纤院从自身第三方检测业务痛点出发，结合行业发展趋势，以 17025 为建设标准，研发了以“数字化

检验流程”为主的 1.0 版本，投入南京分公司使用半年之后，又在上海分公司同步推广，保持其平稳运行达 2 年之久。现用数字实验室系统建设基于 2.0 版本进行功能扩充，在实现与检验业务密切相关的实验室“人（人员）、机（仪器）、料（检品、材料）、法（标准、方法）、环（环境）、测（检测）”全面资源管理的同时，又囊括与实验室内部管理体系相关的管控流程，如内部审核管理、管理评审管理、风险管理、公正性管理、供应商评审管理等。保证 ISO/IEC17025 体系为指导，升级数字实验室能力，不断地改变传统实验室的工作模式，发展高效便捷的系统化线上管理模式，成就“高标准，高质量”的实验室。

实验室信息管理系统将 17025 体系的过程要求、资源要求、体系要求的线下管理模式转变到了线上，实现了委托受理的线上化（现场、线上），样品流转的无纸化（条码打印、扫描识别），任务分配的协同化（多部门协同），检测实验的标准（资源配置、记录透明化），检测报告的自动化（自动生成、盖章、合并）以及报告归档的完整化（五合一档案完整归档）。解决了行业实验室管理资源不透明、缺少提高效率手段、管理规范性有待加强、缺少数据共享的平台、缺少资源利用的平台和缺乏体系的质控手段等典型痛点，保证具备流程管理数字化、体系管理数字化和全要素覆盖的能力。

具体案例 2：

工业数字实验室系统推动工厂建设数字化转型。在“标准型数字实验室”系统的基础上，以南京玻纤院生产工厂为例，通过“统筹规划、分步实施”的方式，逐步推进生产质量管理的数字化转型。目前为第一阶段“初步数字化建设”，解决工厂质检业务迫切问题，建设工业数字实验室底层平台，实现工厂质检流程的数字化管理。系统围绕质量管理全流程，主要实现入厂检验、半成品检验、产成品检验、留样检验4个版块流程的线上化运转，质检数据实时查询、溯源、分析，质检流程移动审批，达到提高质检工作效率、减少质检信息误差、降低质检运营成本的效果。

后续，将逐步拓展至第二阶段“全面数字化建设”，以质量体系为指导的产品全生命周期质量管理平台，通过质量数据管理，促进质量改进与优化和质量预测与反馈，实现事后整改到事前预警的质量管理模式的改变，创造新的“数据指导运营”生态体系。

工业数字实验室系统的建设，构建了一个高效、智能、协同的数字化实验室环境，为生产工厂的质量管理工作提供强有力的支持，推动企业向数字化、智能化方向转型升级。此举将进一步推进质量管理工作向精细化、高端化方向发展，在激烈的市场竞争中脱颖而出，铸就行业领先地位。

具体成效如下：全面实现实验室无纸化办公，显著提升数据记录的效率和准确性；构建高效的数据传输网络，实现信息的实时共享与快速检索；优化业务数据处理流程，实现

数据处理的自动化和智能化；实施电子化流程审批机制，提升审批效率，降低人为错误。

该案例在“智改数转网联”中，于质量管理环节成果显著。以实验室信息管理系统实现全资源线上管控与检验数字化；依托工业数字实验室系统推进工厂质检流程线上化和数据追溯，构建全生命周期管理平台，推动质量管理事前预警，为行业数字化升级提供示范。

案例七：南京海拓复合材料有限责任公司

企业基本情况：

南京海拓复合材料有限责任公司成立于2003年，依托南京玻纤院技术、管理骨干队伍建立。“十四五”以来，先后投入先进自动化拉挤复合材料生产线52条，采用自主知识产权开发的主导产品“风电叶片主梁用拉挤玻纤板”，首创风电叶片主梁用玻璃纤维拉挤板材生产工艺，打破国外公司技术垄断，实现强链补链，该产品经江苏省工信厅第31批“新技术、新产品”认定，技术及产品性能指标达到国际水平，列入省重点推广应用目录。

实施智能化改造和数字化转型的主要做法及成效：

（1）生产管理

拉挤板缺陷在线检测系统

随着对拉挤板材检验要求和产品质量的不断提升，公司和北玻院联合研发并投入使用了拉挤板缺陷在线检测系统；

主要包括实时检测和历史查询这两个最常用的模块功能，另外也包含其他相关的辅助功能，例如线上线下报警等。

该在线检测系统能够有效识别板材缺陷，实时报警，替代了传统的人力检验成本高、易漏检等弊端，提高了产品质量，降低了生产成本。同时，终端界面的历史查询功能可以对系统目前已过的近期各卷板材进行记录和展示。

全自动数字化主梁拉挤板前道生产线

公司引进全自动数字化主梁生产线 52 条，该产线具备实时生产数据监控跟踪，历史数据查看、超限报警等功能。该产线取代了传统拉挤各部件单独控制系统不集成、数据无统计、历史数据无法查询的痛点，工艺控制更加精准，提高了生产效率。

恒温恒湿系统

为使得工艺环境更加稳定可靠，公司采购了恒温恒湿系统，对于拉挤工艺中的成型工段进行工艺环境的控制，使得产品均匀性更好，质量稳定，同时也能提升产品性能。

集中封闭供料及自动注胶设备

目前拉挤行业大部分都是敞开式注胶，即采用人工配料，人工补料的方式进行，弊端较多，例如有安全隐患、人力成本高、树脂混合体系不稳定等。海拓公司自主研发集中供料系统，结合海拓和京华派克合作研发的环氧树脂注胶机设备，对拉挤生产线实现自动注胶功能，集中供料系统包括上料储罐、恒温搅拌、自动注胶、液位控制等功能。减少了生产成

本，提高了注胶的稳定性，环境友好，产品质量提升。

（2）质量管理

复检线系统

为了进一步提升产品质量，拉挤板除了在线检测以外，还增加了复检验线，该产线能够实现整卷快速收放，也可同放同收。同时具备强光透检、即检即停功能，极大地提高了检验效率。

NDT 设备、碳板无损检测

公司针对碳纤维主梁板、碳纤维工程板增加了 NDT 无损探伤便捷手持设备，NDT 在线检测设备。手持便捷设备能够识别板材内部缺陷，对检验取样、即时数据导出分析、工艺分析、多机台检测等有明显帮助，且快速便捷，机动性较好。NDT 在线检测设备能够实现快速自动探伤，数据统计收集、历史数据查询等功能，同时具备实时报警，有效地保证了产品质量、降低检验成本，提高检验效率。

该案例在“智改数转网联”中，于生产管理和质量管理环节成效显著。生产管理上，通过拉挤板在线检测、全自动数字化生产线、恒温恒湿系统、集中封闭供料及自动注胶设备，实现缺陷实时报警、生产数据监控、工艺环境稳定和注胶自动化，降本增效；质量管理上，利用复检线系统、NDT 无损检测设备，提升检验效率，实现缺陷识别与自动探伤，保障产品质量，形成高效管理闭环。

案例八：中复连众（连云港）风电叶片有限公司

企业基本情况：

中复连众（连云港）风电叶片有限公司（以下简称“连云港公司”）成立于 2023 年 6 月，注册资本 5000 万元。隶属于中国建材集团，是中材科技风电叶片股份有限公司全资子公司。主要致力于风电叶片产品的服务生产、制造与研发。截止 2024 年底，公司拥有自有员工 612 人，硕士 15 人、本科 166 人，其中研发技术人员 30 人。

实施智能化改造和数字化转型的主要做法及成效：

（1）企业技术信息化建设

连云港公司构建了覆盖研发全链条的数字化管理体系，集成 OA、SAP、PLM、IMS 四大核心平台，实现跨部门协同与资源高效配置。通过 OA 系统实现流程审批、知识共享及跨部门协作线上化，年均处理技术立项、专利申报等流程，协同效率提升；SAP 系统整合财务、供应链与生产数据，支撑研发预算动态调配及物料精准管控，控制研发投入偏差率；PLM 系统构建产品全生命周期管理平台，集成设计图纸与实验数据，实现叶片气动外形优化、结构设计迭代等关键环节的版本追溯与协同开发，缩短研发周期；IMS 制造执行系统联动生产制造部，实时监控智能化产线运行状态，推动工艺参数数字化传输与异常预警响应效率提升。

研究开发配备有 FOCUS、BLADED、UG、CAD、ANSYS、FURCHASE CONTRACT、SOUNDPLAN 等叶片设计及载荷

计算专业软件，可以进行叶片网格建模、有限元建模、结构校核分析及优化。

（2）产品开发应用系统

主要对产品研发过程进行管理，从收集资料、研发项目管理、研发合同管理、申报过程管理几个层面进行实时监控和协调，并辅以项目管理，将整个系统横贯起来，系统地进行研发的管理。自主研发的叶片称重称控制系统和筒道云设备管理系统，实时对产品生产和管理过程等情况进行追踪考核，并提出预警，保证在研项目的顺利实施。

（3）质量管理应用系统

建立完整、规范的质量管理体系，对质检过程进行周密、详细地记录、控制、反馈；根据检验结果，生成质量分析报告，进行质量数据分析，尤其是趋势分析。完成日常工作管理，工作计划、分析报告等，质量检验等全部质量信息管理；管理各种质量技术档案、各种质量函件、检验和检测原始文档和各种质量记录图片资料等。

（4）生产制造执行（IME）系统

实现对生产数据更加有效的采集和管理，生产及检验数据可以实时跟踪、反馈，形成数据化、可视化的生产制造及检验系统。关键工序人员手机安装 IMS 系统，保证各工序的及时报工。通过 IMS 系统可以生成生产订单、进行工艺路线维护、领料查询、生产的进度查询、检验合格查询等，可以实时地查询到产品的流转速度。同时配备 IMS 系统流量服务，

将所有关键工序人员手机配备流量卡，保证可以在线使用。通过 IMS 系统，将生产过程中的产能、进度、质量、损耗等数据上传云端，并对其进行分析和展现。

(5) 跨部门管理

为了实现部门间管理，公司依托信息化系统建设，中心各部门 PC 接入公司的局域网，建立 OA 办公系统实现跨部门全流程数字化管控，覆盖技术立项、专利申报、合同审批等核心流程；系统集成知识库与项目管理模块，支持技术文档云端共享、任务进度实时跟踪及多部门资源统筹调配，打通研发、生产、采购等环节数据壁垒，在实际应用中，可通过员工实名制、记录对外交互信息等措施，确保企业应用的通信安全。

该案例通过“智改数转网联”，在研发、生产、质量环节实现突破。研发管理上，以四大平台实现跨部门协同，专业软件赋能设计，开发系统全程监控；生产管理借助 IME 系统实时采集分析数据，达成生产可视化；质量管理构建规范体系，依质检数据生成报告。OA 系统打破部门数据壁垒，推动全流程数字化，形成高效协同的管理闭环，示范价值突出。

案例九：中复神鹰碳纤维股份有限公司

企业基本情况：

中复神鹰碳纤维股份有限公司成立于 2006 年，由中国

建材集团控股，是集碳纤维及复合材料研发、生产、销售为一体的国家级高新技术企业。公司建有连云港、西宁生产基地和上海研发基地。公司系统掌握了 T700 级、T800 级、M30 级、M35 级千吨级技术以及 T1000 级、M40 级百吨级技术，在国内率先实现了干喷湿纺的关键技术突破和核心装备自主化，建成了国内首条千吨级干喷湿纺碳纤维产业化生产线。

实施智能化改造和数字化转型的主要做法及成效：

中复神鹰为打造符合公司自身特点的信息一体化项目，通过搭建制造执行信息化平台，对现有系统（ERP 和 DCS 系统）进行深度融合，将生产相关的工艺数据、质量数据等进行集成，在 MES 系统内对数据进行关联、归集、整合。结合业务部门实际需求对工艺、质量、设备、能源相关数据进行结构化、数字化管理。依托数字化管控手段提升现场生产管控能力，确保生产线连续、稳定、高品质生产，最大限度地降低突发和异常事件的发生情况，从而降低生产成本，提升公司在行业内的竞争能力。

中复神鹰通过实施 MES 项目，实现了生产管理的数字化转型，显著提升了企业的生产管控能力与运营效率，具体成效如下：

（1）工艺管理优化

工艺参数可视化与实时监控：MES 系统通过与 DCS 系统集成，实现了对工艺参数的实时采集、监控与图形化展示，使工艺管理人员能够及时、全面地掌控生产现场的实时工艺

数据。

异常预警与工艺参数关联：系统能够自动对比工艺参数与设定标准值，对异常数据发出警报，并通过逻辑判定规则实现关键工艺参数的预警，有效降低生产过程中的工艺风险。

工艺流程标准化与可配置性：MES 系统构建了标准化、结构化的工艺流程，支持工艺参数的灵活配置，适应企业多样化的生产需求，提升了工艺管理的灵活性与适应性。

（2）质量管理提升

实时质量监控与追溯：MES 系统通过与 ERP 和 DCS 系统的集成，实现了对生产过程质量参数的实时采集与监控，结合条码技术，实现了从原材料到成品的全过程质量追溯，帮助企业快速定位质量问题根源。

质量数据多维度分析：系统支持不同维度、不同周期的质量数据报表，通过数字化与图形化手段，为质量部门及管理层提供了全面的质量分析工具，助力企业持续改进产品质量。

自定义质量模板与可扩展性：MES 系统支持自定义质量模板，能够根据企业实际需求灵活调整质量监控指标，增强了系统的可扩展性与适应性。

（3）设备管理规范化

设备全生命周期管理：MES 系统实现了设备信息档案的结构化管理，涵盖设备维修、保养、备品备件等信息，支持设备全生命周期的跟踪与管理。

维修与保养闭环管理：通过移动终端实现设备维修、保养任务的实时反馈与跟踪，形成了设备管理的闭环系统，提升了设备管理的效率与透明度。

设备种类与备件管理优化：系统支持设备种类的结构化定义，优化了备件管理流程，降低了设备维护成本，提高了设备运行的可靠性。

（4）能耗管理精细化

能源数据集中采集与分析：MES 系统整合了水、电、气、蒸汽等多种能源数据，通过与 DCS 系统的接口，实现了能源数据的实时采集与集中分析，为企业节能降耗提供了数据支持。

能耗监控与可视化展示：系统通过看板展示能耗数据，使管理人员能够实时掌握全厂能源消耗情况，及时发现能源浪费点，为节能改造提供依据。能耗测点的灵活配置：MES 系统支持能耗测点的可配置性，能够根据企业实际需求灵活调整能耗监测指标，提升了能耗管理的灵活性与精准度。

（5）生产管控能力提升

数据集成与协同：MES 系统整合了工艺、质量、设备、能耗等多部门的生产相关业务，实现了数据的统一采集、关联与展示，打破了部门间的信息孤岛，提升了生产协同效率。

生产过程透明化：通过 MES 系统，企业能够实时监控生产过程中的各项数据，及时发现并解决生产异常，确保生产线的连续、稳定、高品质生产，降低了突发和异常事件的

发生概率。

生产成本降低与竞争力提升：通过优化工艺管理、质量监控、设备维护和能耗管理，MES 系统帮助企业降低了生产成本，提升了企业在行业内的竞争能力。

（6）数字化转型与行业赋能

数字化管控手段落地：MES 项目的成功实施，标志着中复神鹰在数字化转型方面迈出了重要一步，为企业未来的智能化发展奠定了坚实基础。

行业赋能与标杆引领：大连天翼信息科技有限公司凭借其在制造业数字化转型领域的深厚经验，通过 MES 系统为中复神鹰提供了行业领先的解决方案，助力企业成为行业数字化转型的标杆。

通过 MES 项目的实施，中复神鹰在工艺管理、质量管理、设备管理、能耗管理和生产管控等方面取得了显著成效，实现了生产管理的数字化、智能化与精细化，为企业高质量发展提供了有力支撑。

该案例从多维度展现了企业在“智改数转网联”工作中的成效，在生产管理上，实现工艺参数可视化监控与流程标准化；在质量管理中，达成全过程质量追溯与多维度分析；在设备管理方面，完成全生命周期跟踪及维修保养闭环；能碳管理领域，实现能源数据集中采集与精细化监控。四大环节依托 MES 系统实现数据集成与协同，形成管理闭环，显著提升生产管控能力、降低成本，彰显出较高的实践价值与

行业示范意义。

案例十：中简科技股份有限公司

企业基本情况：

中简科技股份有限公司于 2008 年 4 月在常州国家高新区成立，注册资本 4.4 亿元，占地 303 亩，是专业从事高性能碳纤维及相关产品研发、生产、销售和技术服务的高新技术企业，为国家专精特新“小巨人”企业。在国内率先突破 ZT7 系列、ZT8 及 ZT9 系列碳纤维的国产工程化稳定制备，实现了产品、设备、操作系统的自主可控，先后承担多项国家级项目及重大领域预研等任务，解决了国家航空、航天多型重大装备结构材料自主保障的“卡脖子”难题。

实施智能化改造和数字化转型的主要做法及成效：

具体案例 1：

在丙烯腈聚合原液生产阶段，企业通过先行设计，根据丙烯腈聚合的反应特点，设计出适配丙烯腈聚合特点的反应釜，聚合车间的全部反应釜配备高精度的温度传感器、液位传感器、压力传感器等等，特别在企业三期建设过程中，为减少人为操作，进行了反应釜自动加料设计，实现自动化添加聚合原料，远程控制出料，方便后续纺丝工艺。

聚合反应釜控制设备、仪器仪表、搅拌转速接入车间内部网络，并与 DCS 系统深度集成。设备运行数据，如反应温度、压力、物料流量等等，实时传输至 DCS 系统进行集中监

控和分析。

同时，DCS 系统将聚合生产数据反馈至操作人员，根据反馈数据，自动生成聚合原材料用量，使企业能够依据生产进度及时调整原材料采购计划，同时联动 ERP 系统，实现生产采购联动。公司内部人员沟通采用 OA 进行高效沟通，处理各个部门沟通问题。

通过数字化和网络化改造聚丙烯腈聚合车间，实现通过内部网络控制，实时调整聚合过程中反应参数，确保聚合反应稳定进行，提升聚合物的质量均一性。减少人员操作对聚合液的影响，提升聚合液的稳定性，降低聚合液批次间差距，通过长期质量跟踪测试，聚合分子量分布系数降低 23%，聚合液分子量多批次间误差，不超过 1%，进而保证纺丝的稳定性。高质量的聚合物为后续碳纤维产品的性能稳定性与一致性筑牢了坚实根基。在后续的纺丝和碳化过程中，由于聚合物质量均一性出色，能够确保纤维在各个阶段性能稳定，极大减少了因原料质量波动引发的产品缺陷，有效提高了产品合格率至 90% 以上。经实际检测，新建 3 期智能化改造后，碳纤维产品的合格率提升 10% 以上，不仅降低了生产成本，更保证产品质量，保证下游客户质量稳定。

具体案例 2：

在纺丝车间实施智能化改造和数字化转型的过程中，采取了一系列措施以提升生产效率和产品质量。首先，通过安装高精度的温度、湿度、张力等传感器，实现对关键参数的

实时监控，并据此及时调整工艺参数，确保原丝纤维质量的一致性。

同时，在纺丝核心设备，蒸汽牵伸控制上，实现电脑控制，保证牵伸比的稳定性，纺丝车间配备中控车间，使得操作人员能够通过中央控制室对生产线进行远程操作，减少了现场的人工干预。所有纺丝关键设备的数据被接入中央控制室，并与分布式控制系统（DCS）集成，DCS系统能够实时接收并处理来自各个传感器的数据，实现对生产过程的集中监控和管理。此外，利用数据分析工具，对生产数据进行深入挖掘，识别潜在的质量问题和改进点，进一步提升了产品的一致性和稳定性。

通过精确控制生产过程，纤维直径的偏差率降低至 $\pm 2\%$ ，批次间的性能差异大幅减少；自动化设备的应用极大地提高了生产效率，减少了人工操作的时间和错误率，整体生产能力提升了约 20%；优化后的生产线降低了纺丝原液的浪费，直接降低了生产成本；同时有利于提升纺丝速度，纺丝速度提升 30%以上。总的来说，通过智能化改造和数字化转型，企业不仅提高了自身的经济效益，也为行业的进步提供了宝贵实践经验。

具体案例 3：

为了提高碳纤维产品质量的稳定性，降低碳纤维批次间的波动，公司在碳化生产线上添加先进的传感器技术。例如，在原丝的预氧化生产过程中，通过集成温度传感器技术，实

现预氧化设备内温度场数据分布监测，保证原丝预氧化的均匀与同步，高温碳化炉，通过精准的加热控制技术，保证碳化的均匀性。同时高精度传感器被用于监控关键参数如碳纤维收卷车间湿度和张力，确保每一步工艺都处于最佳状态。这些传感器收集的数据不集成至 DCS 中控制，进一步控制碳纤维产品质量。所有碳化关键设备的数据都被接入车间网络，并与分布式控制系统（DCS）深度集成，使得生产过程能够得到集中监控和管理。

在成品数据处理方面，车间收卷数据与仓库出库入库数据联动，保证所有成品能够快速入库，并与出库形成库存记录，保证生产、市场、客户联动。同时，利用 ERP 系统提供的实时数据，企业可以自动生成生产计划，并根据市场需求预测灵活调整生产安排，优化不同类型的碳纤维库存管理。

通过数字化改造，碳化车间单线所需的工人数量人数下降 50%，节省了大量的人工成本。同时，由于 DCS 系统的控制，生产速度更快，碳化线生产速度提升 40%以上，产能提升；减少因高温造成的工伤事故，提升产品的合格率，减少人为因素影响。

该案例通过“智改数转网联”，在生产与安全管控实现突破。生产端，聚合、纺丝、碳化全流程部署传感器，集成 DCS、ERP 系统实现数据驱动生产，设备自动化改造提升效率与质量；安全端，以自动化减少高危操作，DCS 实时监控生产，降低人为安全隐患，为行业提供可参考经验。

附件 4：服务商目录（按首字母排序）

| 序号 | 名称 | 所在地 | 主营业务及优势 |
|----|----------------|-----|---|
| 1 | 艾因蒂克科技(上海)有限公司 | 上海 | 一家专注于超声波检测技术的企业，产品包括多种超声波检测设备，如全矩阵相控阵和全聚焦相控阵探伤仪等。 |
| 2 | 安元科技股份有限公司 | 南京 | 专注于工业互联网和安全生产信息化的高科技企业。公司致力于为工业企业提供智能化、数字化的解决方案，帮助客户提升生产效率、降低安全风险。拥有自主研发的工业互联网平台和安全生产信息化系统。在工业大数据、物联网、人工智能等领域具有深厚的技术积累。 |
| 3 | 北京三维天地科技股份有限公司 | 北京 | 北京三维天地科技股份有限公司成立于 1995 年，是数据资产管理和检验检测信息化领域的软件开发服务商，于 2022 年 1 月 7 日登陆深交所创业板。在主数据标准化领域，在全国有 24 家分子公司，业务覆盖全国三十多个省及直辖市。拥有多项自主知识产权及自主研发核心技术，产品广泛应用于政府机构、大型央国企及世界知名企业。 |

| | | | |
|---|---------------|----|--|
| 4 | 常州市新创智能科技有限公司 | 常州 | 新创智能是碳纤维及复合材料自动化生产装备领域的领军企业，主要产品包括智能化高速多轴向经编机、整经机、碳纤维灭火系统、碳纤维集成系统与成套设备等，是复材装备企业的创拓者。 |
| 5 | 大连天翼信息科技有限公司 | 大连 | 聚焦于制造业企业的数字化转型，智能工厂建设，自主研发的天翼制造执行系统产品，已经迭代到V6.0，历经20多年发展，已经多次获得和帮助客户获得国家、省、市级智能制造系统、示范工程、优秀产品等。 |
| 6 | 泛微网络科技有限公司 | 宁波 | 以“咨询+平台+应用+服务”的多维模式为客户提供，协同办公平台建设：包括流程管理、知识管理、门户集成、移动办公等模块。覆盖85个行业，融合行业标杆企业的管理实践，如制造、金融、地产、生物医药等。20年持续专注在协同管理软件领域，上万家基础客户、数百家行业灯塔用户。权威认证：拥有CMMI5、ISO20000、ISO27001等50+资质，是国家规划布局内重点软件企业。 |

| | | | |
|---|--------------|----|---|
| 7 | 江苏瑞鼎环境工程有限公司 | 宜兴 | <p>瑞鼎专注于环保装备智能制造的高新技术企业，致力于为化工、制药、新能源等行业提供智能化环保解决方案。公司以智能制造为核心，自主研发智能废气处理系统、数字化污水处理装备及工业固废智能分选生产线，集成物联网监控平台和人工智能算法优化系统，实现环保装备的远程运维、能效管理和智能诊断。</p> |
| 8 | 江苏硕晟科学器材有限公司 | 南京 | <p>公司专注打造智慧实验室全场景解决方案，核心构建“智能软件+物联硬件+专业服务”三位一体产品体系。主营涵盖实验室信息管理系统（LIMS）、EAM智慧设备运维云平台及3D数字孪生系统三大软件矩阵，其中LIMS系统深度集成CMA/CNAS合规引擎与应急响应模块，实现检测数据全流程区块链存证；EAM系统搭载预测性维护算法和AR远程指导功能，可使设备故障响应效率提升80%。硬件端提供智能检测终端、多协议物联网关及移动式巡检仪，实现实验室设备状态毫秒级感知。独创的“数字孪生+实体运维”服务模式帮助用户降本增效，共筑智慧实验室。</p> |

| | | | |
|----|-------------|----|--|
| 9 | 江苏星链云科技有限公司 | 南京 | 星链云公司核心业务涵盖智能装备联网（IIoT）、生产执行系统（MES）、数字孪生及工业云平台，助力企业实现设备互联、数据驱动和智能化生产管控。依托云计算、物联网和人工智能技术，星链云为汽车、电子、机械等行业提供数字化转型服务，推动生产流程优化与产业升级，打造高效、协同、智能的工业生态体系。 |
| 10 | 江阴科诚技术有限公司 | 江阴 | 集液压系统及零部件、自动化设备、特殊工装的设计、研发和制造于一体的企业。 |
| 11 | 浪潮集团有限公司 | 济南 | 浪潮集团拥有浪潮信息、浪潮软件、浪潮数字企业 3 家上市公司。主要业务涉及计算装备、软件、云计算服务、新一代通信、大数据等，已为全球一百二十多个国家和地区提供 IT 产品和服务。基于自主研发的产品和技术，打造了数字政府、智慧城市、数字乡村、智慧教育、智慧医疗、智慧文旅、智慧水利、智慧粮食、智能制造、智能交通、智慧能源等数字化应用场景。 |

| | | | |
|----|-----------------|----|---|
| 12 | 南京玻璃纤维研究设计院有限公司 | 南京 | <p>南京玻璃纤维研究设计院有限公司（简称“南京玻纤院”）于1964年成立，是拥有研发、设计、制造、检测与评价“四位一体”的科技型企业，是我国新材料产业的重要骨干力量。由南京玻纤院牵头建设的国家新材料测试评价平台复合材料行业中心是为我国复合材料领域研发、生产、应用全过程提供测试、评价、认证、标准、咨询、大数据服务等能力的国家级综合性服务平台，归属于国家工信部新材料重点平台的测试评价平台。</p> |
| 13 | 南京博讯嘉德信息科技有限公司 | 南京 | <p>公司专注于计算机与传统通信行业的技术创新与发展，提供专业的软硬件集成方案和技术实现方案。公司十余年参与国有大型科技项目筹建、研发、部署和实施，具备优秀的方案设计能力和执行能力。公司在软件研发、计算机通信、语音通信、无线电频谱、雷达侦测、卫星定位、人工智能模型等领域都具备深厚的研发运营经验。对企业信息化建设和发展提供全方位的支持。</p> |
| 14 | 南京集智得自动化工程有限公司 | 南京 | <p>专注于工业自动化系统集成、智能装备研发及数字化工厂解决方案，凭借自主技术、行业经验与定制化服务，为制造业客户提供高效、节能的自动化升级支持。</p> |

| | | | |
|----|--------------------------|--------|--|
| 15 | 南京金 宁汇科 技有限 公司 | 南 京 | 金宁汇是一家拥有原创区块链底层技术的高新技术企业，致力于区块链、隐私计算等领域核心算法的研发，为 Web3.0 时代提供关键基础设施。公司始终致力于研发和应用生产环境下的联盟链技术和大数据技术、隐私计算、人工智能技术融合，打造国产自主可控的联盟链底层技术平台 NewSpiral。 |
| 16 | 南京旗 讯数字 科技有 限公司 | 南 京 | 旗讯数字是一家为企业提供各类场景智能知识管理和文本处理的高新技术企业，结合知识图谱、自然语言处理（NLP）、智能文档处理（IDP）、光学字符识别（OCR）、机器人流程自动化（RPA）、多模态知识挖掘等人工智能核心技术，能将企业积累的海量结构化和非结构化文档经过自然语言技术处理和提炼，搭建更加智能化、人性化的知识管理系统，广泛应用于企业文档管理、研发知识管理、制度管理、合同管理等场景，帮助企业用户更加快速、高效、便捷地实现知识获取、共享、应用和创新。 |

| | | | |
|----|---------------|----|---|
| 17 | 南京智数科技有限公司 | 南京 | <p>公司具备软件信息化类系统和平台的咨询设计能力、研发能力、项目交付能力。充分利用物联网技术、互联网技术、大数据、云技术自主研发产品线，广泛应用于政务大数据、智能工厂领域，涵盖环保、电力、医疗、化工、半导体、安监、食药监、建材、交通等数十个行业及领域，致力于打造“行业解决方案、软件系统产品、智能设备、IT集成运维”一体化的服务体系。</p> |
| 18 | 宁波用友网络科技有限公司 | 宁波 | <p>主要业务包括云服务、软件、金融服务、管理咨询、实施培训、支持服务和系统集成。用友是中国最大的综合型、融合化、生态式的企业云服务平台，服务企业的业务、金融和IT三位一体的创新发展，为企业提供云计算、平台、应用、数据、业务、知识、信息服务等多态融合的全新企业服务。</p> |
| 19 | 奇安信科技集团股份有限公司 | 北京 | <p>主营业务包括：互联网信息安全技术服务；技术开发、信息技术咨询、技术推广、技术转让；计算机系统服务；信息处理和存储支持服务；信息系统集成；销售通讯设备、电子产品、计算机软硬件及辅助设备；软件开发；互联网数据服务；数据处理；会议服务；承办展览展示活动；货物进出口；技术进出口；代理进出口；设计、制作、代理、发布广告；出版物零售。2019年5月，中国电子战略入股</p> |

| | | | |
|----|----------------|----|---|
| | | | 奇安信，奇安信正式成为网络安全“国家队”；同年12月，奇安信成为北京2022年冬奥会和冬残奥会官方网络安全服务和杀毒软件赞助商，开始了为期800多天的冬奥保障服务。 |
| 20 | 上海沃迪智能装备股份有限公司 | 上海 | 沃迪致力于为食品、化工、物流等行业提供自动化生产线、智能仓储及机器人系统集成解决方案。公司核心产品包括智能搬运机器人(AGV/AMR)、包装自动化设备及数字化工厂管理系统，覆盖从生产到仓储的全流程智能化升级。 |
| 21 | 深圳市蓝凌软件股份有限公司 | 深圳 | 专注于企业数字化办公和知识管理的高科技企业。公司致力于为企业提供智能化的办公平台和知识管理解决方案，帮助客户提升工作效率和创新能力。核心优势：拥有自主研发的数字化办公平台和知识管理系统。在协同办公、知识管理、智能搜索等领域具有深厚的技术积累。 |

| | | | |
|----|-------------|----|--|
| 22 | 武汉理工大学 | 武汉 | <p>武汉理工大学在智能制造领域的产学研优势突出，依托材料科学与工程（A+学科）、机械工程、自动化等强势学科，聚焦智能装备、工业机器人、数字化制造等方向，拥有“现代汽车零部件技术”国家重点实验室、“光纤传感技术”国家工程研究中心等国家级平台，并与东风汽车、中船重工等龙头企业深度合作，推动技术转化。其特色在于学科交叉创新（如材料-机械-信息融合）和行业资源整合，通过智能制造研究院等载体孵化项目，形成从基础研究到产业应用的闭环生态。</p> |
| 23 | 西安富瑞达科技有限公司 | 西安 | <p>富瑞达是一家从事碳纤维、碳/碳材料生产专用设备研制、生产的高新技术企业。公司自主研发的高低温碳化炉，采用先进的数字孪生技术，通过物联网平台实现温度场精准控制、工艺参数智能优化及全过程数据追溯。系统集成 MES 接口，支持与工厂智能制造系统无缝对接，具备远程监控、故障预警和能效分析功能。特别适用于碳纤维、陶瓷基复合材料等高端材料的智能化热处理，通过大数据分析工艺参数与材料性能的关联性，持续提升产品良率，助力新材料产业智能化升级。</p> |

| | | | |
|----|----------------|----|---|
| 24 | 浙江精工集成科技股份有限公司 | 绍兴 | <p>公司以智能制造为核心竞争力，重点布局碳纤维复合材料智能生产线、工业机器人系统集成及智能制造执行系统（MES）三大业务板块，为新能源、航空航天、轨道交通等领域提供智能化生产解决方案。依托工业互联网平台和大数据技术，公司构建了从智能装备到数字工厂的全链条服务体系，实现生产全流程的自动化控制、信息化管理和智能化决策。</p> |
| 25 | 浙江中易慧能科技有限公司 | 杭州 | <p>主营业务包括：节能设备、能源计量设备、环保设备的开发、生产、销售、技术服务，计算机软硬件开发、销售、系统集成、技术服务，计算机硬件的生产，机电工程、安防工程、监控系统工程的安装、施工，节能工程、电子与智能化工程的设计、施工、技术咨询，节能评价的咨询服务，合同能源管理服务，经营进出口业务。主导建设天津市塘沽湾智慧城市项目，以智慧城市的理念将塘沽湾项目打造成为一个国家新型城镇化的试点项目。企业自身能源管理需求出发，继续专注于大数据与大型软件平台构建技术、构建云端工业能源大数据中心、凭借自身的物联网与云计算技术，致力于新型智慧城市的建设与探索。</p> |

| | | | |
|----|------------|----|---|
| 26 | 中控技术股份有限公司 | 杭州 | <p>主营业务聚焦流程工业自动化、数字化、智能化需求，形成了从集散控制系统（DCS）、安全仪表系统（SIS）、网络化混合控制系统等自动化控制系统到仪器仪表、工业软件、行业解决方案、专业服务等覆盖流程工业全生命周期的产品服务体系，连续多年入选工信部智能制造系统解决方案供应商和示范企业，面向工业3.0+工业4.0构建的“135客户价值创新模式”，持续强化关键能力、打造产品技术平台、创新生态模式，以5T技术为支撑，将全流程智能运行管理与控制系统（OMC）、“工厂操作系统+工业APP”技术架构、流程工业过程模拟与设计平台（APEX）三大产品技术平台及“5S店+S2B平台”一站式工业服务新模式深度协同，有效满足流程工业在转型升级中的重大行业需求，为客户生产经营保驾护航，实现行业领跑。</p> |
|----|------------|----|---|

| | | | |
|----|-------------------|----|--|
| 27 | 中邮建 技术有 限公司 | 南京 | <p>公司始建于 1958 年，在服务于中国电信、中国移动、中国联通、中国铁塔的同时，聚焦交通、军警、广电、电力、教育等行业，以一流的通信工程服务总承包能力，一体化的设计、研发、实施、优化、维护服务模式，提供从信息通信基础设施建设，到平台、应用的针对性解决方案，助力客户智慧发展。公司长期保持省内通信工程服务综合实力最强、省外稳居全国同类企业前列的基础上，始终坚持创新发展，承担了国家数千项重点项目。</p> |
|----|-------------------|----|--|

附件 5：技术缩略语

| 序号 | 缩略语 | 全称 | 释义 |
|----|-----|--|-------------|
| 1 | ERP | Enterprise Resource Planning | 企业资源计划系统 |
| 2 | MES | Manufacturing Execution System | 制造执行系统 |
| 3 | WMS | Warehouse Management System | 仓库管理系统 |
| 4 | DCS | Distributed Control System | 分散控制系统 |
| 5 | PLC | Programmable Logic Controller | 可编程逻辑控制器 |
| 6 | PID | Proportional-Integral-Derivative Controller | 比例-积分-微分控制器 |
| 7 | SPC | Statistical Process Control | 统计过程控制 |
| 8 | 5G | 5th Generation Mobile Communication Technology | 第五代移动通信技术 |
| 9 | AGV | Automated Guided Vehicle | 自动导引运输车 |
| 10 | APC | Advanced ProcessControl | 先进过程控制 |
| 11 | RTO | Real Time Optimization | 实时在线优化 |
| 12 | IoT | Internet of Things | 物联网 |
| 13 | NDT | Nondestructive Testing | 无损探伤 |
| 14 | AR | Augmented Reality | 增强现实 |
| 15 | CRM | Customer Relationship Management | 客户关系管理 |
| 16 | PLM | Product Lifecycle Management | 产品研发及工艺管理 |

| | | | |
|----|-------|--|-------------------------|
| 17 | APS | Advanced Planning and Scheduling | 高级计划排程 |
| 18 | QMS | Quality Management System | 全面质量管理 |
| 19 | CAD | Computer Aided Design | 计算机辅助设计工具 |
| 20 | CAE | Computer Aided Engineering | 计算机辅助设计工程 |
| 21 | SCADA | Supervisory Control And Data Acquisition | 数据采集与监视控制系统 |
| 22 | OEE | Overall Equipment Effectiveness | 设备全局效率 |
| 23 | SCM | Supply Chain Management | 供应链管理系统, 用于优化供应链流程和资源分配 |
| 24 | CPK | Process Capability Index | 过程能力指数, 衡量生产过程满足质量要求的水平 |
| 25 | IDS | Intrusion Detection System | 入侵检测系统, 用于监控网络异常行为 |
| 26 | VPN | Virtual Private Network | 虚拟专用网络, 提供安全的远程访问和数据传输 |
| 27 | RBAC | Role-Based Access Control | 基于角色的访问控制, 管理用户权限的模型 |
| 28 | ABE | Attribute-Based Encryption | 基于属性的加密技术, 支持细粒度数据访问控制 |

| | | | |
|----|------|--|------------------------------|
| 29 | DCMM | Data Management Capability Maturity Assessment Model | 数据管理能力成熟度评估模型，国家标准 |
| 30 | CMMM | Capability Maturity Model for Manufacturing | 制造能力成熟度模型，用于评估和改进制造流程 |
| 31 | TSN | Time-Sensitive Networking | 时间敏感网络，支持低延迟和高可靠性的工业通信协议 |
| 32 | CBAM | Carbon Border Adjustment Mechanism | 欧盟碳边境调节机制，对进口商品征收碳关税 |
| 33 | GB/T | 国家标准 (Guó Biāo/Tuījiàn) | 中国国家标准代号 |
| 34 | SJ/T | 电子行业标准(Shèngyè Jiàn/Tuījiàn) | 中国电子行业推荐标准代号 |
| 35 | OLT | Optical Line Terminal | 光线路终端 |
| 36 | FFT | Fast Fourier Transform | 快速傅里叶变换，用于信号分析和故障诊断 |
| 37 | LSTM | Long Short-Term Memory | 长短期记忆网络，一种用于时序数据预测的深度学习模型 |
| 38 | AES | Advanced Encryption Standard | 高级加密标准，对称加密算法 |
| 39 | SM | 国密算法（中国商用密码算法） | 中国自主研发的密码算法系列（如 SM2/SM3/SM4） |
| 40 | PAN | Polyacrylonitrile | 聚丙烯腈，碳纤维生产的主要原料 |
| 41 | DDoS | Distributed Denial of Service | 分布式拒绝服务攻击，通过大量请求瘫痪目标系统 |

附件 6：江苏省制造业“智改数转网联”典型场景参考 指引

智能制造场景是智能工厂的核心组成部分，是指面向制造过程各个环节，通过新一代信息技术、先进制造技术的深度融合，部署高档数控机床与工业机器人、增材制造装备、智能传感与控制装备、智能检测与装配装备、智能物流与仓储装备、行业成套装备等智能制造装备，集成相应的工艺、软件等，实现具备协同和自治特征、具有特定功能和实际价值的应用。根据“十三五”以来智能制造发展情况和企业实践，结合技术创新和融合应用发展趋势，凝练总结了3个方面16个环节的45个智能制造典型场景，为智能工厂及智慧供应链建设提供参考。

一、生产全过程

1.计划调度环节。通过市场需求预测、产能分析、库存分析、计划排产和资源调度等，提高劳动生产率和订单达成率，可参考以下场景：

(1) 生产计划优化。构建企业资源管理系统，应用约束理论、寻优算法和专家系统等技术，实现基于采购提前期、安全库存和市场需求的生产计划优化。

(2) 车间智能排产。应用高级计划排程系统(APS)，集成调度机理建模、寻优算法等技术，实现基于多约束和动态扰动条件下的车间排产优化。

(3) 资源动态配置。依托制造执行系统（MES），集成大数据、运筹优化、专家系统等技术，开展基于资源匹配、绩效优化的精准派工，实现人力、设备、物料等制造资源的动态配置。

2. 生产作业环节。部署智能制造装备，通过资源动态配置、工艺过程优化、协同生产作业，提高劳动生产率、降低产值成本率，可参考以下场景：

(4) 产线柔性配置。部署智能制造装备，应用模块化、成组和产线重构等技术，搭建柔性可重构产线，根据订单、工况等变化实现产线的快速调整和按需配置，实现多种产品自动化混线生产。

(5) 精益生产管理。应用六西格玛、5S管理和定置管理等精益工具和方法，开展相关信息系统建设，实现基于数据驱动的人、机、料等精确管控，提高效率，消除浪费。

(6) 工艺动态优化。部署智能制造装备，搭建生产过程全流程一体化管控平台，应用工艺机理分析、多尺度物性表征和流程建模、机器学习等技术，动态优化调整工艺流程/参数。

(7) 先进过程控制。部署智能制造装备，依托先进过程控制系统（APC），融合工艺机理分析、多尺度物性表征和建模、实时优化和预测控制等技术，实现精准、实时和闭环的过程控制。

(8) 智能协同作业。部署智能制造装备，基于 5G、TSN、边缘计算等技术建设生产现场设备控制系统，实现生产设备、检测装备、物流装备等实时控制和高效协作。

(9) 人机协同制造。应用人工智能、AR/VR、新型传感等技术，提高高档数控机床、工业机器人、行业成套装备等智能制造装备与人员的交互、协作能力，实现加工、装配、分拣等生产作业的人、机自主协同。

(10) 网络协同制造。建立网络协同平台，推动企业间设计、生产、管理、服务等环节紧密连接，实现基于网络的跨企业、跨地域的业务并行协同和制造资源配置优化。

3. 仓储物流环节。部署智能物流与仓储装备，通过配送计划和调度优化、自动化仓储、配送管理，提高库存周转率，降低库存成本，可参考以下场景：

(11) 智能仓储。建设智能仓储管理系统（WMS），应用条码、射频识别、智能传感等技术，依据实际生产作业计划，实现物料自动入库（进厂）、盘库和出库（出厂）。

(12) 精准配送。集成智能仓储系统和智能物流装备，应用实时定位、机器学习等技术，实现原材料、在制品、产成品流转全程跟踪，以及物流动态调度、自动配送和路径优化。

4. 设备管理环节。部署智能传感与控制装备，通过设备运行监测、故障诊断和健康管理，提升设备综合效率，降低运维成本，可参考以下场景：

(13) 在线运行监测。集成智能传感、5G、大数据分析等技术，通过自动巡检、在线运行监测等方式，判定设备运行状态，开展性能分析和异常报警，提高设备运行效率。

(14) 设备故障诊断与预测。综合运用物联网、机器学习、故障机理分析等技术，建立故障诊断和预测模型，预测故障失效模式，开展预测性维护，提高设备综合利用率。

(15) 设备运行优化。建设设备健康管理系统，基于模型对设备运行状态、工作环境等进行综合分析，调整优化设备运行参数，提高运行效率，延长设备使用寿命。

5.质量管控环节。部署智能检测装备，通过在线检测、质量分析、质量追溯和闭环优化，提高产品合格率，降低质量损失率，可参考以下场景：

(16) 智能在线检测。部署智能检测装备，融合5G、机器视觉、缺陷机理分析、物性和成分分析等技术，开展产品质量在线检测、分析、评价和预测。

(17) 质量精准追溯。建设质量管理系统(QMS)，集成5G、区块链、标识解析等技术，采集并关联产品原料、设计、生产、使用等全流程质量数据，实现全生命周期质量精准追溯。

(18) 产品质量优化。依托质量管理系统(QMS)和质量知识库，集成质量机理分析、质量数据分析等技术，进行产品质量影响因素识别、缺陷分析预测和质量优化决策。

6.安全管控环节。部署安全监控和应急装备，通过安全

风险识别，应急响应联动，提升本质安全，降低损失工时事故率，可参考以下场景：

(19) 安全风险实时监测与应急处置。依托感知装置和安全生产管理系统，基于智能传感、机器视觉、特征分析、专家系统等技术，动态感知、精准识别危化品、危险环节等各类风险，实现安全事件的快速响应和智能处置。

(20) 危险作业自动化。部署智能制造装备，集成智能传感、机器视觉、特种机器人、5G 等技术，打造面向危险作业的自动化产线，实现危险作业环节的少人化、无人化。

7.能源管理环节。部署能耗采集装置，通过能耗实时采集、监测，能耗数据分析与调度优化，提高能源利用率，降低单位产值综合能耗，可参考以下场景：

(21) 能耗数据监测。基于能源管理系统(EMS)，应用智能传感、大数据、5G 等技术，开展全环节、全要素能耗数据采集、计量和可视化监测。

(22) 能效平衡与优化。应用能效优化机理分析、大数据和深度学习等技术，优化设备运行参数或工艺参数，实现关键设备、关键环节等能源综合平衡与优化调度。

8.环保管控环节。部署环保监测装置，通过排放采集与监控，排放分析与优化，降低污染物排放，减少单位产值碳排放量，可参考以下场景：

(23) 污染监测与管控。搭建环保管理平台，应用机器视觉、智能传感和大数据等技术，开展排放实时监测和污染源管理，实现全过程环保数据的采集、监控与分析优化。

(24) 碳资产与废弃物管理。开发碳资产管理平台、废弃物料管理平台和行业成套装备，集成智能传感、物联网、区块链等技术，实现全流程的碳排放追踪、分析、核算和交易以及废弃物处置和循环再利用全过程的监控、追溯。

9.工厂建设环节。依托数字基础设施，推动工业知识软件化，加快数据流通，通过工厂数字化建模、仿真、优化和运维，提升制造系统运行效率，降低运维成本，可参考以下场景：

(25) 工厂数字化设计。应用工厂三维设计与仿真软件(CAX)，集成工厂信息模型、制造系统仿真、数字孪生和AR/VR等技术，高效开展工厂规划、设计和仿真优化，实现数字化交付。

(26) 数字孪生工厂建设。应用建模仿真、多模型融合等技术，构建装备、产线、车间、工厂等不同层级的数字孪生系统，通过物理世界和虚拟空间的实时映射，实现基于模型的数字化运行和维护。

(27) 工业技术软件化应用。应用大数据、知识图谱、知识自动化等技术，将工业技术、工艺经验、制造知识和方法沉淀为数据和机理模型，进行数据化显性化，与先进制造

装备相结合，建设知识库和模型库，开发各类新型工业软件，支撑业务创新。

(28) 数字基础设施集成。部署工业互联网、物联网、5G、千兆光网等新型网络基础设施，建设工业数据中心、智能计算中心、工业互联网平台以及网络、数据、功能等各类安全系统，完善支撑数字业务运行的信息基础设施。

(29) 数据治理与流通。应用云计算、大数据、隐私计算、区块链等技术，构建可信数据空间，实现企业内数据的有效治理和分析利用，推动企业间数据安全可信流通，充分释放数据价值。

二、产品全生命周期

10. 产品设计环节。通过设计建模、仿真优化和虚拟验证，实现数据和模型驱动的产品设计，缩短产品研制周期，提高新产品产值贡献率，可参考以下场景：

(30) 产品数字化研发与设计。应用设计、仿真软件和知识模型库，基于复杂建模、物性表征与分析、多目标优化等技术，搭建数字化协同设计环境，开展产品、配方等设计、仿真与迭代优化。

(31) 虚拟试验与调试。构建虚拟试验与调试环境，面向产品功能、性能、可靠性等方面，应用数字孪生、AR/VR、知识图谱等技术，通过全虚拟仿真或者半实物半虚拟仿真，开展产品调试和测试验证，缩短验证周期，降低研发成本。

(32) 数据驱动产品设计优化。集成产品设计、生产作业、售后服务等环节数据，结合人工智能、大数据等技术，探索创成式设计，持续迭代产品模型，驱动产品形态、功能和性能的优化创新。

11. 工艺设计环节。通过工艺建模与虚拟制造验证，实现基于数字模型的工艺快速创新与验证，缩短工艺开发周期，降低生产成本，可参考以下场景：

(33) 工艺数字化设计。应用工艺设计、仿真软件和工艺知识库，基于机理建模、物性表征和数据分析技术，建立加工、装配、检测、物流等工艺模型，进行工艺全过程仿真，预测工艺设计缺陷并优化改进。

(34) 可制造性设计。打通工艺设计、产品研发、生产作业等环节数据，结合知识模型库，全面评价与及时改进产品设计、工艺的可加工性、可装配性和可维护性等，降低制造与维护成本。

12. 营销管理环节。依托数字销售渠道，通过市场与客户数据分析，精准识别需求，优化销售策略，提高人均销售额，可参考以下场景：

(35) 销售驱动业务优化。应用大数据、机器学习、知识图谱等技术，构建用户画像和需求预测模型，制定精准销售计划，动态调整设计、采购、生产、物流等方案。

(36) 大规模个性化定制。部署智能制造装备，依托产品模块化、生产柔性化等，以大批量生产的低成本、高质量和高效率提供定制化的产品和服务。

13.售后服务环节。依托智能产品，通过运行数据采集、分析，开展产品健康监控、远程运维和维护，提高顾客的服务满意率，可参考以下场景：

(37) 产品远程运维。建立产品远程运维管理平台，集成智能传感、大数据和5G等技术，实现基于运行数据的产品远程运维、健康监控和预测性维护。

(38) 主动客户服务。建设客户关系管理系统(CRM)，集成大数据、知识图谱和自然语言处理等技术，实现客户需求分析、服务策略决策和主动式服务响应。

(39) 数据驱动服务。分析产品运行工况、维修保养、故障缺陷等数据，应用大数据、人工智能等技术，开拓专业服务、设备估值、融资租赁、资产处置等新业务，创造新价值。

三、供应链全环节

14.供应链计划环节。通过打通供应链上下游生产、仓储、物流等环节，开展供应链计划协同优化，提高供应商准时交付率，可参考以下场景：

(40) 供应链计划协同优化。应用大数据、人工智能等技术，结合市场需求预测和仓储、生产、物流等状态分析，实现采购计划、生产计划、配送计划的协同编制与同步更新。

(41) 产供销一体化。通过人工智能、云计算等技术，打通销售、生产和采购系统的业务流、数据流，实现销售、生产和采购的协同优化。

15.供应链采购与交付环节。通过供应链采购订单和交付物流的实时监控，提高供应商交付率，降低采购成本，可参考以下场景：

(42) 供应链采购动态优化。建设供应链管理系统(SCM)，集成寻优算法、知识图谱、5G 等技术，实现采购订单的精准跟踪、可视化监控和采购方案动态优化。

(43) 供应链智能配送与动态优化。依托运输管理系统，应用实时定位、人工智能等技术，实现运输配送全程跟踪和异常预警、装载能力和配送路径优化。

16.供应链服务环节。通过供应链上下游数据采集与分析，精细化管理供应商，预测供应链风险并动态响应，确保订单交付，可参考以下场景：

(44) 供应商数字化管理。建立供应商管理系统(SRM)，集成大数据、知识图谱等技术，实现供应商数据管理以及基于数据分析的供应商评价、分级分类、供应商寻源、优选推荐。

(45) 供应链风险预警与弹性管控。建立供应链管理系统，集成知识图谱、云计算等技术，开展供应链风险隐患识别、定位、预警和高效处置。