

江苏省制造业智改数转网联 工程机械传动部件行业实施指南

江苏省工业和信息化厅
二〇二五年

目 录

1 背景与现状	1
1.1 指南范围	1
1.2 行业概述	2
1.2.2 行业特点	3
1.2.3 行业发展趋势	5
1.3 行业智改数转网联现状	7
2 目标与架构	11
2.1 总体目标	11
2.2 实施架构	13
3 基础能力	15
3.1 网络基础设施能力建设	15
3.1.1 企业内网	16
3.1.2 企业外网	17
3.1.3 标识解析体系建设	19
3.2 数据采集能力建设	20
3.2.1 “哑设备”改造	20
3.2.2 智能设备联网	21
3.3 信息系统能力建设	24
3.3.1 信息系统	24
3.3.2 云化工业软件优势及接入建议	27
3.3.3 工业互联网平台的应用优势及接入建议	28
3.4 信息安全能力建设	28
4 环节与场景	31

4.1 工厂建设.....	33
4.1.1 工厂数字化设计与交付.....	33
4.1.2 数字孪生工厂运营优化.....	35
4.2 产品设计.....	39
4.2.1 产品数字化研发设计.....	39
4.2.2 虚拟验证与中试.....	42
4.3 工艺设计.....	45
4.3.1 工艺数字化设计.....	45
4.4 计划调度.....	48
4.4.1 生产计划优化.....	48
4.4.2 智能排产调度.....	50
4.5 生产作业.....	53
4.5.1 产线柔性配置.....	53
4.5.2 人机协同制造.....	55
4.5.3 工艺动态优化.....	57
4.5.4 数智精益管理.....	59
4.6 质量管控.....	62
4.6.1 在线智能检测.....	62
4.6.2 质量追溯与分析改进.....	64
4.7 设备管理.....	68
4.7.1 设备运行监控.....	68
4.7.2 设备智能运维.....	70
4.8 仓储物流.....	74
4.8.1 智能仓储.....	74

4.8.2 精准配送	77
4.9 安全管控	80
4.9.1 危险作业自动化	80
4.9.2 安全一体化管控	82
4.10 能碳管理	85
4.10.1 能源智能管控	85
4.11 环保管理	88
4.11.1 污染在线管控	88
4.12 供应链管理	91
4.12.1 供应链计划协同优化	91
4.12.2 供应商数字化管理	93
4.13 多环节模式创新	96
4.13.1 数据驱动产品设计优化	96
4.13.2 大规模个性化定制	98
5 路径与方法	102
5.1 实施路径	102
5.1.1 实施基本原则	102
5.1.2 实施流程	103
5.1.3 大中小企业差异化实施建议	106
5.2 工具、资源与政策	113
5.2.1 诊断评估	113
5.2.2 供需对接	119
5.2.3 赋能政策	122
6 愿景与展望	129

6.1 未来发展趋势	129
6.2 新技术应用展望	129
附件:	131
附件 1: 人工智能典型应用场景	132
附件 2: 投入改造清单及图谱	136
1、行业系统化场景图谱示意图	136
2、行业智能化改造装备清单	142
3、数字化转型数据要素清单	144
4、知识模型资源清单	147
5、工具软件清单	149
6、网络化联接设备清单	151
7、行业数字化转型人才技能清单	152
附件 3: 典型案例	154
典型案例 1: 高端传动件 5G 全连接工业互联网标杆工厂 ——徐州徐工传动科技有限公司	154
典型案例 2: 数据驱动传动部件制造全流程数智化转型 ——索特传动设备有限公司	159
典型案例 3: 高端液压元件智能制造示范工厂 ——江苏恒立液压股份有限公司	162
典型案例 4: 高端流体控制与执行元件智能制造示范工厂 ——徐州徐工液压件有限公司	167
典型案例 5: 液压元件 5G+物联网柔性制造智能工厂 ——江苏可奈力机械制造有限公司	171
典型案例 6: 工程机械用液压回转接头“人-机-料-能”四维智控车间——江苏长龄液压股份有限公司	175
典型案例 7: 工业行星传动装备智能制造工厂 ——南京高精齿轮集团有限公司	179
典型案例 8: 精密减速器数字化工厂 ——江苏泰隆减速机(集团)股份有限公司	184
典型案例 9: 精密锻件全链路协同智造工厂 ——江苏太平洋精锻科	

技股份有限公司	187
典型案例 10: 高端精密链条智能制造工厂 —— 东华链条兴化有限公司	191
典型案例 11: 驱动车桥产品的智能化研发设计 —— 泰州神舟传动科技有限公司	195
典型案例 12: 精密轴承智能制造工厂 —— 常州光洋轴承股份有限公司	198
典型案例 13: 基于装备智能化和全生命周期管理的高端轮式起重装备智能工厂 —— 徐州重型机械有限公司	202
附件 4: 服务商目录	206
附件 5: 技术缩略语	211
附件 6: 智能制造典型场景参考指引 (2024 年版)	214

1 背景与现状

1.1 指南范围

江苏省工程机械传动部件行业智改数转网联实施指南（以下简称“指南”）主要面向江苏省工程机械用传动部件行业生产企业，包括变速箱、变矩器、分动箱、驱动桥、减速机、液压传动组件（液压泵、液压马达、液压缸）、链条、链轮、回转支承、传动轴等等典型传动部件制造商，围绕我省制造业数字化、网络化、智能化普及率目标，为工程机械传动部件行业企业实施智改数转网联提供方法、路径参考及系统的指导性参考建议，既适用于具有良好自动化、信息化基础的企业，也适用于数字化基础较弱，但有进一步改造提升需求的企业。

指南通过分析企业的生产、产品和供应链等环节的主要特性，总结行业内企业智改数转网联的经验，围绕设计、制造等重点环节，提供智能化改造、数字化转型、网络化联接的实施建议。

指南重点从工厂建设、研发设计、生产作业、生产管理、运营管理等多个方面，围绕典型场景存在的问题，总结在智能化改造、数字化转型、网络化联接改造过程改造思路，通过优秀企业实践解决方案案例，展示如何在设计、制造等过程中应用智能化、数字化、网络化技术实现生产过程的优化。

指南总结了智改数转网联的实施路径与不同规模企业的实施建议，介绍了与改造相关的工具、资源与政策，提供了典型投资改造清单、典型案例、服务商目录供行业内企业参考。

1.2 行业概述

我国工程机械行业 1978 年起全面发展，90 年代后进入快速发展期，借国家基本建设机遇，通过多种方式实现行业质的飞跃。目前我国工程机械行业已成为了全球工程机械产品类别、产品品种最齐全的国家之一，拥有 20 大类、109 组、450 种机型、1090 个系列、上万个型号产品。工程机械传动部件行业作为工程机械供应链中的重要环节之一，无论是从整个工程机械产业的发展来看，还是从维系供应链来看，都起着举足轻重的作用，庞大的工程机械产业基础为我国工程机械传动部件行业的发展提供了广阔的市场空间。

得益于我国制造业的持续降本增效与深度参与国际合作，近年来工程机械零部件产业实现了质的跃升。一批具有全球视野的领军企业通过技术攻坚和精益管理，成功进入国际主流整机厂商的全球供应链体系，其产品在关键性能指标和全生命周期质量管控方面已达到国际先进水平。依托全产业链配套能力和持续工艺技术迭代，本土企业正逐步打破发达国家长期垄断格局，行业正由单一成本优势向技术驱动转型，在全球价值链中的位势得到实质性提升。

工程机械传动部件是工程机械设备中至关重要的组成部分，负责动力传输、运动控制和设备运行稳定性，其主要包括以下几大类：变速箱、变矩器、分动箱、驱动桥、减速机、液压传动组件（液压泵、液压马达、液压缸）、链条、链轮、回转支承、传动轴等。传动部件行业位于工程机械产业链的上游，呈现出

明显的“小批量、多品种、定制化”的特点，是典型的离散型制造业。

工程机械传动部件构成复杂，制造工艺流程复杂，生产工序主要包括：来料检验、下料、焊接、铸锻、热处理、机加工、涂装、装配、调试和包装入库，生产工序因传动部件本身特性要求，所涉及环节会有所增减或顺序调整。

1.2.2 行业特点

（1）工程机械产业规模庞大

江苏省工业和信息化厅印发的《江苏省工程机械产业高质量发展行动方案》提出，到 2025 年，全省工程机械产业规模达 4000 亿元左右，其中主机核心产业规模超 1500 亿元，成为全国工程机械产业高地、人才高地、科技创新高地和智能制造高地。到 2030 年，全省工程机械产业发展取得重大突破，工程机械产业综合实力达到国际先进水平，推进省内龙头企业进入全球工程机械行业前两强、世界 500 强，基本建成世界级先进制造业集群和具有国际竞争力的优势产业链。

（2）产业链完整，覆盖面广

江苏省在工程机械传动部件产业链上具有显著的区域聚集效应，形成了以徐州、泰州、常州、南京等城市为核心的产业聚集区。这些地区依托当地的工程机械及传动部件龙头企业，如徐工集团、恒立液压、南高齿、三一索特等，构建了从原材料到零部件再到整机制造的紧密配套网络，减少了中间物流成本，提升了供应链的响应速度。这种集中化的产业布局有助于在激

烈的市场竞争中快速反应，并增强了对市场变化的敏锐度。而且省内传动部件产品种类齐全，涉及液压件、轴承、齿轮与减速机、回转支承、传动轴、离合器、链条等，覆盖机械传动、液力机械传动、液压传动、电传动、气动等几大类传动类型，广泛应用于挖掘机、装载机、起重机等工程机械设备中，为全国工程机械行业提供了重要的配套支持。其中，工程机械油缸、驱动桥、回转支承3类关键部件生产规模全国第一。

（3）技术创新能力较强，龙头企业引领行业发展

江苏省工程机械传动部件行业拥有一批技术创新能力较强的龙头企业，其中既有服务多行业多领域的传动部件生产企业，如恒立液压在高端液压元件与系统等精密传动件制造领域具有国际竞争力，南京高精齿轮集团有限公司与江苏泰隆减速机（集团）股份有限公司则在工业传动和工程机械减速器方面具有显著优势；徐州徐工传动科技有限公司专注于工程机械行业的企业，专业从事变速箱、变矩器、分动箱、驱动桥、减速机、传动轴等零部件的研发、制造与销售，凭借其在传动零部件领域的持续研发与技术积累，成功入选重点支持的国家级专精特新“小巨人”企业。三一索特的齿轮传动部件主要包括减速机、回转支承、车桥、变速箱、四轮一带等核心产品，产品型谱对标川崎、纳博、KYB、力士乐等品牌，实现了国产化替代，其中挖机、旋挖转机、水泥泵车等工程机械主机的型谱覆盖率达70%。这些龙头企业通过持续研发投入、加快新产品的迭代和产业链的整合，逐渐形成了自主创新体系，并带动了省内传动部件行业的整体技术水平提升。

(4) 智能化转型步伐加快，智能制造初具规模

近年来，在“工业互联网+智能制造”政策的引导下，江苏省传动部件企业积极推动智能化转型，通过引入自动化生产线、智能检测系统和数字化管理平台，提升生产效率和产品质量。例如，徐工传动科技和恒立液压在智能制造方面投入了大量资源，通过数据驱动的管理模式优化生产流程，初步形成了智能化工厂雏形。恒立液压建立多品种的液压元件智能工厂，大幅度降低能耗、材耗，同时全面提高产品质量，提升生产效率，降低生产制造成本和产品不良率，在行业内形成示范效应。

1.2.3 行业发展趋势

高端传动部件技术不断突破。高效率、高可靠性、高能量密度、精密化、模块化、低噪声、参与智能化控制等特点是工程机械传动部件一致的发展方向。如工程机械用液压元件在向高压大流量、高功率密度、负载敏感控制方向发展；再如变速器在向高速、重载、高精、高效方向发展。

绿色化与低碳生产。在“双碳”目标的政策引导下，江苏省工程机械传动部件行业正逐步向绿色化生产转型。许多企业开始注重节能环保，采用降噪降尘降耗等先进节能环保技术、生产工艺，减少资源和能源的消耗，提高产品环保性能。加快工程机械传动部件企业的绿色化改造升级，强化产品全生命周期绿色管理，形成高效、清洁、低碳、循环的绿色制造体系。

产业链全球化与国际市场扩展。随着“一带一路”倡议的推进，江苏省工程机械传动部件行业在国内占有较大市场份额的

基础上，也在积极布局国际市场。以徐工集团为代表的企业，通过建立海外生产基地、并购国际知名企业等方式，加速了全球化布局，扩大了海外市场份额。《江苏省工程机械产业高质量发展行动方案》提出，鼓励行业企业通过并购、股权投资等方式开展国际合作、联合开发，支持企业在境外建立研发中心、实验基地和全球营销及服务体系，提高国际化经营能力和服务水平。积极参与和推动国际产能合作，鼓励企业抢抓“一带一路”战略机遇，加快海外布局，深化产业合作。

1.3 行业智改数转网联现状

为深化制造业智能化改造、数字化转型、网络化联接，促进实体经济和数字经济深度融合，近年来江苏省工程机械传动部件行业在智能化改造、数字化转型和网络化联接领域取得了显著的进步，尤其是在部分领先企业的推动下，行业的整体技术水平稳步提升。据调研结果，行业内企业已在信息基础设施、工厂建设、产品设计、工艺设计、计划调度、生产作业、质量管控、设备管理、仓储物流、安全管控、能碳管理、环保管理、营销与售后、供应链管理全生命周期开展了智改数转网联实施，并有部分大型企业探索多环节模式创新。

智能化改造方面，在省内龙头企业的带动下，工程机械传动部件行业的智能化改造取得了一定进展。多数规模较大的企业，如徐工集团、恒立液压等，已建立了先进的智能生产线，广泛应用工业机器人、自动化装配和检测设备，完成了关键工序的自动化，不仅提高了生产效率，且减少了对人工的依赖，生产质量更加稳定。索特传动设备有限公司利用信息系统将各智能车间的数据进行集成分析应用，实现车间与车间、生产与管理的互联互通，初步建成集智能设计、智能生产、智能物流、智能管控等经营管理全流程智能化的智能工厂。

数字化转型方面，省内领先企业逐步建立了 ERP、MES 等核心信息化管理系统，部分企业还整合了 PLM、SCADA 等系统，实现了从生产计划、执行到交付的全流程数字化管理。基于这些系统，企业能够实现精确的生产调度和库存管理，显著提高了

生产与供应链的可视性和协同性。江苏恒立液压股份有限公司建设液压元件数字化协同研发设计平台、铸造信息系统、PLM、ERP、SRM、CRM、MES、SPC 等信息化系统和信息化控制室与可视化驾驶舱的建设，形成高精密液压元件协同设计、柔性定制、智能制造一体化解决方案，突破以精密液压元件为代表的轻量化设计、绿色铸造、智能制造、在线检测与分析、信息化系统集成、智能仓储、动态资源配置等关键技术，建立多品种精密液压元件数字工厂。然而，中小企业受限于资金和技术，数字化转型尚处于基础阶段。

网络化联接方面，在工业互联网建设的政策支持下，江苏部分企业已经开始在供应链和生产线上实现网络化联接。利用 5G、边缘计算等技术，企业可以实时监控生产设备的状态、预测性维护以及供应链的实时调度。例如，徐州徐工传动科技有限公司建设了“工程机械高端传动件 5G 全连接智能工厂”；南高齿在其传动装置生产线上引入了基于 5G 的远程监控系统，实现了设备远程调试和维护。然而，大多数中小企业的网络化水平依然较低，数据传输和实时监控能力有限，网络化应用广度和深度不足。5G 网络虽已在多家企业广泛应用，但企业反映其传输峰值未达理想状态，受现场设备干扰情况存在。

江苏省工程机械传动部件行业企业众多，涵盖了不同的发展阶段。因企业规模、技术水平及资源条件的差异，行业在智能化改造、数字化转型及网络化联接方面呈现出较大的不平衡性，企业需求和困难各异，使得全行业推进“智改数转网联”存在步

调不一的现象。根据调研结果，可分为以下三个发展层次：

（1）大型生产制造头部企业：该层次包括国有企业、上市公司、大型民营企业及部分小巨人、制造业单项冠军企业。这些企业在研发设计、生产制造、管理流程方面已较为完善，具备完善的信息化和网络化基础。并对装备、系统等开展集成，实现了跨业务间的数据共享，但对人员、资源、制造等进行数据挖掘不充分，尚未形成系统化的知识模型以支持核心业务的精准预测和优化。该类企业更加关注通过数据挖掘实现增值、实现数据闭环管理以支持全流程优化、自主研发核心装备软件、在智能化提升方面进行深度创新，以及在规模化生产中进一步实现降本增效。特别是以徐工液压、徐工传动公司为代表的徐工集团企业，全面开展智改数转网联“一号工程”，信息系统建设正逐步由原来的独立实施、分散部署转变为集团统一实施，集中部署，实现集约化统一管理，同时企业好的经验做法也在集团内部署推广，加快推进产业“高端化、智能化、绿色化、服务化、国际化”转型升级，以提高生产运营水平和国际竞争力。

（2）规模以上生产制造企业：该层次主要由具备一定技术和生产能力的中小企业构成，专注于单一或有限品类的零部件生产。这些企业已经在实现了部分传统“哑设备”的改造，并逐步引入数字化设备，积累了一些数字化管理经验，同时拥有相对稳定的客户订单，处于快速扩张期。但多数企业仅限于关键环节生产设备的改造，大部分生产设备因设备老旧或为进口产品无法进行改造。目前该类企业处于“智改数转网联”探索实施

阶段，采用自动化、信息技术手段对核心装备和业务进行改造和规范，根据业务和发展需要，陆续上线 OA、ERP、PLM、WMS、SCADA、CRM 等信息系统，实现了单一业务的数据共享或跨业务的部分共享。该类企业虽然具备了一定的数字化基础，这些企业在推动更高效的协同设计制造、产供销一体化和运维管理联动方面仍面临障碍，表现为各系统间存在数据孤岛、系统切换频繁、快速响应难以实现等问题。其主要需求在于建立数字化转型的整体框架，逐步扩展数字化设备的应用范围，充分发挥生产设备和产线的潜能，实现智能制造的整体推进，从而进一步提高生产工艺、强化单品竞争力（如提升质量、降低成本）等方面，得以在行业竞争中占据有利地位。

（3）小微生产制造企业：这一层级主要包括规模较小的民营企业和初创企业，通常专注于单个或少量品类的零部件小批量生产。这些企业处于初期发展阶段，客户订单少而不稳定，亟需在单一或少量产品领域实现市场突破。其核心需求集中于在研发设计和基础生产工艺中引入数字化工具和技术，以缩短新产品的市场导入周期，增强特定环节的质量或成本优势，满足基本的“智改数转网联”需求。

2 目标与架构

2.1 总体目标

国家《“十四五”智能制造发展规划》提出了到 2035 年规模以上制造业企业全面普及数字化网络化，重点行业骨干企业基本实现智能化的目标。围绕我国智能制造的目标，江苏把推进制造业“智改数转网联”作为制造业高质量发展的关键举措，省委、省政府在《加快建设制造强省行动方案》提出了智能升级行动，打造智能制造未来标杆，加强产业链网络化协作，推动中小企业数字化普及。

针对江苏工程机械传动部件行业智改数转网联现状，行业智改数转网联工作应认真贯彻落实省委、省政府《加快建设制造强省行动方案》，强化顶层规划，对设计、生产、销售等核心业务活动进行流程化管理，跟踪智能制造技术和机器人科技创新研究最前沿，从成形、焊接、热处理、精密切削、装配、柔性涂装等入手，积累经验逐步推进，融合 5G 互联网技术，数字化管理、数字化设计、信息技术、通讯技术、传感技术、新材料、新工艺等技术，构建贯穿工程机械传动部件全生命周期的智能制造体系，产业链上下游智能制造实现信息流和数字流对接，建设高效、精益、数字化的产业链体系，为工程机械传动部件行业及工程机械产业链高质量发展提供有力支撑。

通过本指南，引导业内企业应用最新工业工程及信息网络技术，重新审视企业现有流程与生产组织方式，实现企业在设计、制造、供应、营销等业务活动的经营创新，同时借助新技术

赋能新组织，实现管理创新，推动企业向生产智能化、管理智能化、运营智能化方向转型，以满足客户敏捷、个性、服务化的需要。

通过本指南的指引，充分发挥江苏省工程机械传动行业基础好、规模实力强、保障措施足、政产学研用结合密切的优势，遵照《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）》目标，到2027年实现规上企业基本完成智能车间改造，达到基础级及以上、先进级及以上、卓越级及以上水平的规上工业企业覆盖率分别达到50%、10%、5%左右，链主企业实现智能化，新业态、新模式、新动能显著壮大，综合实力显著增强，走出一条路径清晰、先进适用、多快好省的行业智改数转网联之路。

2.2 实施架构

工程机械传动部件行业智能化改造数字化转型实施需要立足制造本质，紧扣智能特征，以工艺、装备为核心，以数字化为基础，依托制造单元、车间、工厂、供应链等载体，推进新一代信息技术与行业的融合发展，构建虚实融合、知识驱动、动态优化、安全高效的智能制造系统，全面提升企业在设计、生产、质控等各个环节的数字化与智能化水平，实现数字化转型、网络化协同、智能化变革，促进行业高质量发展。工程机械传动部件行业智能化改造数字化转型总体架构如图 1 所示，覆盖工厂建设、信息基础设施、研发设计、生产作业、生产管理、供应链管理、多环节模式创新等多个方面。



图 1-工程机械传动部件行业智能化改造数字化转型总体架构图

3 基础能力

3.1 网络基础设施能力建设

基于工程机械传动部件企业网络建设现状，建议重点关注方向如下：

(1) 加强网络融合与提升可拓展性。在工程机械传动部件企业的生产现场中，各类设备往往因采用不同的通信协议而难以实现无缝联接。生产现场网络应具备灵活配置与智能融合的能力，通过协议解析、数据转换和地址空间重映射等技术手段，将各种生产设备的通信协议统一成标准格式，实现新建设备的快速接入和异构设备之间的互联互通。

(2) 合理进行网络规划，实现数据、算力与安全的均衡布局。采用工业 PON、5G 和现场总线等先进技术构建 IT 与 OT 深度融合、有线无线协同的通信网络架构。利用嵌入式操作系统和边缘分析技术，在车间及设备边缘实现数据的预处理、存储与初步分析，再与云端高效协同，从而降低数据处理时延，满足实时监控和自动化控制的要求。建立统一的车间端到端接入规范，严格制定端口冗余和隔离策略，保障网络安全和整体系统的稳定运行。

(3) 构建跨业务、跨基地及跨企业协同能力。加强网络能力建设，除满足高可靠、广覆盖、大带宽等要求，构建统一的企业级算力网络管理平台，引入边缘计算、SDN 等新技术，实现对企业办公网络、生产管理网络和工业控制网络的动态优化配置和集中管理。

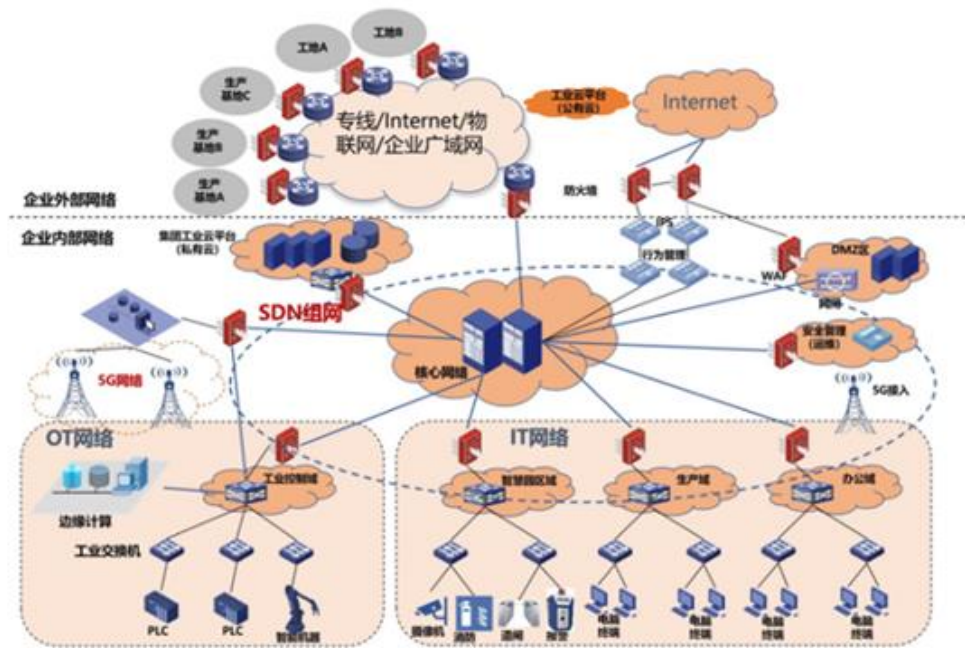


图 2-网络架构

3.1.1 企业内网

企业内网指在工厂或园区内部，满足工厂内部生产、办公、管理、安防等连接需求，用于生产要素互联以及企业 IT 管理系统之间连接的网络。车间层和企业层是整个企业内网体系建设的两个核心层次。

车间层对于实时设备监控、自动化控制、工业视觉分析、能耗管理等场景，现有的工业控制网络难以满足新业务需求时，在新型智能设备接入时可使用叠加模式。可基于 5G、TSN、工业 PON、确定性网络、SDN 以及工业无线等新型技术，叠加构建支撑新业务流程的网络。例如，在已有的自动控制网络基础上，应用工业无线等新型网络，叠加部署新的传感器、高清工业相机等，对装配机械臂、自动喷涂等设备进行实时状态监控，实现设备全生命周期管理和设备故障预测性维护。在增强原有设备功能时可使用升级模式。对装配机械臂、自动喷涂设备等原有生

产设备进行升级，增加通信接口，实现网络技术和能力升级。例如，在机加工现场，将原有的模拟式仪表更新替换为 5G 智能仪表，实现主要工艺参数实时在线监控、工序间信息有效及时传递、质量缺陷在线判定、质量控制模型开发等。

企业层通常采用核心层、汇聚层、接入层的三层网络架构搭建园区主干网。其中园区主干网核心层设备位于企业数据中心内，汇聚层设备位于企业区域汇聚机房，接入层设备位于传统的车间设备间（工业互联网边缘设备间）内。企业也可采用大二层的扁平化网络架构，部署 SDN 技术，实现柔性和极简的网络管理，大幅降低企业管理网络的难度和工作量。还可以根据自身业务需求和预算，选择建设 5G 专网，构建高可靠、大带宽、高性价比的无线网络。企业数据中心建议采用云边协同技术，将企业办公、生产及安防系统云化部署，实现企业数据的实时高效汇聚、分析和交互。

3.1.2 企业外网

企业外网指以支撑工业全生命周期各项活动为目的，满足工厂数据、工业应用、工厂业务需要出工厂与云平台或者其他网络互联需求，用于连接企业上下游之间、企业多分支机构、企业与云应用/云业务、企业与智能产品、企业与用户之间的网络。

总部与生产基地间的网络连接可通过购买运营商工业互联网高质量专线，支撑企业的高质量业务。企业专线可为企业多基地连通提供基于互联网的虚拟专线（如 SD-WAN、IPsec、MPLS-VPN 等）、物理隔离的专线（如 SDH、MSTP、OTN 等）、网络切片

等定制化的专属资源。基于 4G、5G 及 NB-IoT 等蜂窝网络形式的无线外网技术也在逐步延伸到企业各业务环节，实现设备、配件、信息系统以及人之间的网络互联，同时通过对工业数据的全面感知、传输交换、分析处理，实现了远程管理、运营优化和生产组织方式变革。

企业与分支机构的互联多为星形组网，分支机构如在国内，多租用运营商光纤专线物理直连省内分支机构，以保障数据传输的安全性；MSTP 则是同城互联中常用优选方案，成本低且较为稳定；跨省连接的企业则根据自身需求考虑 MSTP 或 MPLS-VPN 专线；涉及国际分支机构的企业，多采用 MPLS-VPN 或租用运营商境外网络或精品网络的方式连接。MPLS-VPN 由于在灵活性、扩展性等方面的优势，在企业外网中得到了广泛的应用。而随着云网协同需求的增加，多分支机构企业开始使用通信运营商的云联网组网模式进行企业外网建设，由通信运营商预接入全球主流云商、企业数据中心、境外运营商网络等节点，企业总部及各分支机构在进行业务开通时，可采用专线、SD-WAN、物联网等多种方式与就近的 PE(核心设备)进行联接实现网络开通。

产业链上下游各协作企业的网络部署。产业链协同是基于工程机械企业、物流商、金融机构、零部件加工企业、下游用户等行业主体的互联互通，一般来说对通信的时效性和可靠性要求相对较低。对于该类供应链数据的跨企业互通业务通过互联专线和普通宽带就可满足需求。如需要与上下游企业进行数据实时交互，可采用 MPLS 或 MSTP 等企业专线保证数据传输的安

全性与可靠性。

3.1.3 标识解析体系建设

标识解析体系是工业互联网的重要纽带和神经中枢。标识解析体系实现要素的标记、管理和定位，由标识编码、标识解析系统和标识数据服务组成，通过为物料、机器、产品等物理资源和工序、软件、模型、数据等虚拟资源分配标识编码，实现物理实体和虚拟对象的逻辑定位和信息查询，支撑跨企业、跨地区、跨行业的数据共享共用。

车间层包括设备侧和边缘侧。设备侧借助标签载体和数采设备，依托企业节点标识注册功能，对工程机械传动部件行业产业链、供应链中的物理实体和虚拟实体进行“一物一码”标识。物理实体包括设备、人员、产品等，虚拟实体包括订单、物流单、模型算法等。边缘侧部署标识解析中间件，形成可识别数据对象的管理和流转能力，同时支持与行业工业软件实现接口对接，协助企业快速形成标识注册、解析能力。

企业层面，行业上下游及相关企业应以独立建设或托管建设的方式建设企业节点并接入行业二级节点。企业节点应依托设备侧与边缘侧建设的能力，与企业内部工业软件、工业互联网平台实现横向对接打通，为企业提供工业互联网标识注册、解析、统计、数据存储等能力，形成企业标识数据资源池。

产业层面，行业头部企业或具备相关服务能力的企业可申请建设标识注册服务机构（即指二级节点），负责建设和运营二级节点服务器，并与国家顶级节点对接，面向企业或者个人提供标识注册、解析和数据管理等服务，起到承上启下的关键作

用，实现分级管理、全网解析。

3.2 数据采集能力建设

数据采集是数字化基础能力建设的重要一环，智能制造的价值很大程度上取决于采集数据的数量和质量。在工业企业中只有少部分数据来自互联网，大部分是企业自身拥有的生产经营环节的数据，数据通过新技术如人工智能处理后，可使工业企业更全面更迅捷掌握自身经营情况、构建竞争力。

生产车间是工业企业产生和运用数据的重要场所，这些数据既包括 MES 等信息化系统里运行与产生的数据，也包括生产设备产生的各种状态与制造参数等数据。结合知识、模型对数据进行进一步处理和挖掘，以量化、可视化等方式，定位生产中存在的问题并进行优化，可为企业智能制造提供源源不断的新动能，有效地提升企业竞争力。

3.2.1 “哑设备”改造

在工程机械传动部件行业中，许多传统设备由于缺乏数据采集和传输功能，被称为“哑设备”，无法实时监控运行状态、生产效率或故障信息，导致企业在设备管理、生产优化和故障预警方面存在较大短板。因此，通过“哑设备”改造，提升设备的数据采集能力，是实现智能制造和数字化转型的关键一步。

加装数据传感器。针对“哑设备”，可以通过加装各类数据传感器，如振动传感器、温度传感器、压力传感器、转速传感器等，实时采集设备的运行状态数据。这些传感器能够监测设备的振动频率、温度变化、压力波动、转速等关键参数，为后续的

数据分析和设备健康管理提供基础数据支持。在数控机床主轴、驱动桥装配线轴承座等关键点位安装高精度振动传感器，实时采集频谱数据，用于刀具磨损、轴承故障预测。在铸造炉部署红外热像仪，监测钢水温度分布，避免局部过烧或冷却不均导致的缩孔缺陷。在液压泵测试台加装压电式传感器，实时监控油压波动，确保密封性测试精度。

数据采集模块的集成。在加装传感器的基础上，进一步集成数据采集模块，将传感器采集到的模拟信号转换为数字信号，并通过有线或无线方式传输到数据采集系统中。数据采集模块的选择应根据设备的实际工况和采集需求，确保数据的准确性和实时性。

设备联网与数据传输。通过工业以太网、5G、Wi-Fi等通信技术，将改造后的“哑设备”接入企业内部的工业互联网平台，实现设备数据的实时传输和集中管理。通过设备联网，企业可以实时监控设备的运行状态，及时发现异常情况，避免设备故障导致的生产中断。

数据存储与管理。采集到的设备数据需要进行有效的存储和管理。企业可以建立本地或云端的数据库，存储设备的历史运行数据，并通过数据管理平台对数据进行分类、归档和分析。数据的长期存储为设备的故障诊断、性能优化和预测性维护提供了数据基础。

3.2.2 智能设备联网

随着智能制造的发展，工程机械传动部件行业中的智能设

备逐渐增多。这些设备通常具备较强的数据采集和处理能力，但如何将这些设备联网，并实现数据的归集、分析和利用，是企业提升数据采集能力的关键。

可编程逻辑控制器（PLC）的应用。PLC 是工业自动化控制的核心设备，具备强大的逻辑控制和数据处理能力。通过 PLC，企业可以实现对智能设备的实时监控和控制，采集设备的运行数据，并将数据传输到上位机或工业互联网平台。PLC 的应用不仅提升了设备的自动化水平，还为数据的实时采集和分析提供了技术保障。

数据采集模块的扩展应用。在智能设备联网的基础上，企业可以进一步扩展数据采集模块的应用范围。通过加装更多的数据采集模块，企业可以采集到更多的设备运行参数，如电流、电压、功率等，进一步提升数据的全面性和准确性。同时，数据采集模块还可以与企业的 MES、ERP 等系统进行集成，实现数据的无缝对接和共享。

工控机的数据归集与处理。工控机作为工业现场的数据处理中心，能够对多台设备的数据进行集中采集和处理。通过工控机，企业可以实现对设备运行数据的实时监控、分析和存储，并生成各类报表和趋势图，帮助企业管理者及时了解生产状况，做出科学决策。

数据分析与利用。数据采集的最终目的是为了分析和利用。企业可以通过大数据分析技术，对采集到的设备数据进行深度挖掘，发现设备运行中的潜在问题和优化空间。例如，通过分析

设备的振动数据，可以预测设备的故障风险，提前进行维护；通过分析设备的能耗数据，可以优化设备的运行参数，降低能耗成本。此外，数据分析还可以为企业的生产计划、质量控制、供应链管理 etc 提供数据支持，全面提升企业的运营效率。

通过“哑设备”改造和智能设备联网，工程机械传动部件行业可以全面提升设备的数据采集能力，为企业的智能制造和数字化转型奠定坚实基础。数据采集能力的建设不仅能够帮助企业实现设备的实时监控和故障预警，还能够通过数据分析优化生产流程，提升企业的竞争力和市场响应速度。

3.3 信息系统能力建设

3.3.1 信息系统

(1) 产品生命周期管理 (PLM) 系统作为贯穿产品全生命周期的管理平台,覆盖设计、开发、制造、销售及维护等全过程,能够协调管理和传播产品定义信息,实现跨部门、跨企业的数据共享和流程协同。该系统在文档管理、研发流程、产品结构及 BOM 管理等方面发挥着关键作用。为进一步提升 PLM 系统的效能,建议在建设过程中注重构建统一的协同平台,实现内部和外部各环节的信息联通;同时,引入实时数据分析和可视化工具,加强对研发流程和项目进展的监控,实现自动化流程管理和风险预警;此外,通过与其他企业信息系统的深度整合,进一步打通数据壁垒,提升产品生命周期内各阶段的协同效率和决策支持能力。

(2) 计算机辅助工艺规划系统 (CAPP) 是连接产品设计与制造的纽带,从 CAD 系统中获得零件的几何拓扑信息、工艺信息,并从工程数据库中获得企业的生产条件、资源情况及企业工人技术水平等信息,将产品设计信息转变为制造工艺信息,制定零件机械加工工艺过程,解决手工工艺设计效率低、一致性差、质量不稳定、不易达到优化等问题。建议引入智能算法和知识库管理,并与 CAD、ERP、MES 系统实现数据互联,实现工艺方案的自动优化和实时调整,从而提升制造工艺的一致性和精度。

(3) 企业资源计划系统 (ERP) 是制造企业的核心管理软

件，旨在协调和整合企业各个方面的业务流程。ERP 系统的基本思想是以销定产，协同管控企业的产、供、销、人、财、物等资源，帮助企业按照销售订单，基于产品的制造物料清单（BOM）、库存、设备产能和采购提前期、生产提前期等因素，准确地安排生产和采购计划，进行及时采购、及时生产，从而降低库存和资金占用，帮助企业实现高效运作，确保企业能够按时交货，实现业务运作的闭环管理。建议加强与供应链、MES、SCM、CRM 等系统的集成，利用云计算和大数据工具提升数据实时性和灵活性，从而优化资源配置和整体运营管理。

（4）制造执行系统（MES）负责承接 ERP 系统下达的生产计划，根据车间需要制造的产品或零部件的各类制造工艺，以及生产设备的状况进行科学排产，并支持生产追溯、质量信息管理、生产报工、设备数据采集等闭环功能。建议强化实时数据采集和柔性调度能力，并与 ERP、PLM 等系统深度对接，构建闭环生产管理体系，提升生产过程的透明化和智能化水平。

（5）高级计划排程系统（APS）基于产品制造的制造 BOM、工艺规划、实际工时和设备的实际产能等约束条件，采用自动化算法进行生产计划和资源调度，提升设备利用率和生产效率。建议在实施前确保基础数据准确，并引入先进优化算法和实时约束管理机制，同时与 ERP、MES 系统深度集成，实现生产计划闭环和资源动态优化。

（6）设备管理系统（EM）集设备信息管理、维护管理、质量管理于一体的综合性管理系统，通过信息化手段，实现对设

备全生命周期的有效管理和监控，确保设备的安全、稳定运行，提高设备的使用效率和企业的经济效益。建议构建设备状态实时监控和预警机制，整合台账与维护记录，并加强与 MES、ERP 系统的数据联动，通过数据分析优化维护策略，提升设备安全性和使用效率。

(7) 仓库管理系统 (WMS) 用于仓库货物流动的全面监控，支持入库、出库、库存调整和条码管理，实现物流全程跟踪。建议引入 RFID 和物联网技术，实现实时库存管理，并与 ERP、SCM 系统紧密对接，构建从供应商到生产线的全链条物流信息平台，提升库存准确性和响应速度。

(8) 质量管理体系 (QMS) 能够辅助企业建立有效运行的质量保证体系，覆盖设计研制、生产、检验、销售、使用全过程的质量管理，确保产品质量和持续改进。建议构建全过程质量监控与溯源机制，利用数据分析工具实现质量预警，并加强与研发、生产、售后系统的协同，以不断提升产品和服务的稳健性和客户满意度。

(9) 能源管理系统 (EMS) 通过对企业各生产单元能耗的实时监测与数据分析，实现节能降耗和能源配置最优化。建议引入高精度监测设备和先进数据采集技术，利用大数据和智能算法对能耗进行深度挖掘和异常检测，并与 ERP、SCM 系统整合，推动企业绿色制造和精细化能源管理。

(10) 供应链管理系统 (SCM) 整合供应链上下游信息，实现物流、信息流、资金流和商流的无缝衔接，提高供应链透明度

和协同效率。建议构建全链条信息共享平台，利用互联网和云计算技术实现动态监控和风险预警，并与 ERP、WMS、CRM 系统深度整合，以优化库存、降低成本和提高响应速度。

(11) 客户关系管理系统(CRM)通过整合客户数据，实现市场营销、销售管理和客户服务的信息化，旨在改善客户关系和推动销售增长。建议构建统一客户信息平台，利用数据挖掘进行精准营销，并与 ERP、SCM 等系统无缝对接，实现客户全流程数据联动，进一步提升客户满意度和企业品牌竞争力。

3.3.2 云化工业软件优势及接入建议

云化工业软件是基于云计算技术构建的工业级应用，能够为企业提供高效、灵活、低成本的管理和生产支持工具。云化工业软件以“即开即用”的模式提供服务，企业无需投入大量资金购买服务器、IT 设备和软件许可；云化工业软件能够根据行业需求动态更新功能模块，例如工艺优化、智能质检和预测性维护。企业可按需扩展功能模块（如供应链管理、设备远程监控等），快速应对市场变化；软件支持跨设备使用（如 PC、移动端），企业管理者可以随时随地查看生产动态、设备运行状态及订单进展；通过云端存储技术，企业可避免本地硬件故障导致的数据丢失问题。云服务提供商采用先进的数据加密和防火墙技术，保障企业数据安全，满足工程机械传动部件行业对知识产权和技术资料保护高要求。

接入云化工业软件方面，建议中小企业可以按需订阅，按使用量支付费用，降低数字化转型的门槛。建议优先选择与生产

管理、质量控制相关的 ERP、MES 系统，这些模块能够直接帮助企业提升生产效率和水平；中小企业可以从单个生产环节（如设备管理或订单处理）逐步导入云化软件，待使用成熟后再分阶段部署到全流程。

3.3.3 工业互联网平台的应用优势及接入建议

工程机械传动部件企业普遍建有各类信息化系统和自动化系统，在现有制造体系的基础上，通过运用 5G、物联网、云计算、大数据、人工智能、区块链等技术，构建工业互联网网络、平台、安全系统，开展与现有各类制造系统的集成互通，形成更强的数据采集、集成管理、建模分析和智能决策能力，以满足工程机械传动部件行业平台化、数字化转型应用场景。工程机械传动部件企业的日常生产、经营等各类活动仍主要运行于现有信息化和自动化系统，而通过工业互联网的融合创新应用，可以实现对现有业务的更加精准高效决策、动态优化，并不断发掘新的应用模式和业务形态，创造新的价值增长点。

接入工业互联网平台方面，建议选择专注于工程机械行业或传动部件领域的平台，确保平台能够支持设备联网、生产计划优化和供应链协同；优先接入设备远程监控、生产数据分析、订单管理等功能模块，快速实现生产环节的数字化改造；充分利用平台提供的专家资源、技术支持和行业应用等生态资源，缩短企业数字化转型周期。

3.4 信息安全能力建设

工程机械传动部件行业在实施智改数转网联中，应面向网

络安全、数据安全等要求，针对企业网络与数据安全风险高、防护能力弱等问题，实施工业互联网安全和数据分类分级管理，部署工业控制系统网络安全防护设备，建设数据安全风险监测和应急处置能力，应用安全态势感知、多层次纵深防御等技术，实现全方位全流程安全漏洞监测、风险防控、快速处置，提升信息安全防护水平。参考安全功能架构如图 3。



图 3-安全功能架构图

信息安全能力主要从设备安全、控制安全、网络安全、平台安全、应用安全和数据安全方面进行建设，以及贯穿于整个层级的安全管理、安全评测（漏洞扫描、漏洞挖掘、渗透测试、上线检测）和安全态势感知与风险监测（安全配置、资产安全管理、安全检测与审计、态势感知、风险预警）。

设备安全：主要关注边缘智能设备安全，设备涉及无人行车、工业机器人、智能仪表以及其他类型智能设备。硬件方面采用经过安全增强的设备固件，从操作系统内核、协议栈等方面

进行安全增强，软件方面应关注工控设备的安全漏洞及补丁发布。

控制安全：主要关注过程控制安全，包含终端工控机、工控系统及组态软件等，可采用控制协议分析、软件安全加固、控制指令安全审计等安全管理策略。

网络安全：主要关注生产现场网络安全、制造资源接入安全、跨生产基地网络安全、跨企业通信安全等，可采用边界控制、通信和传输保护、接入认证授权保障等策略。

平台安全：主要关注平台设备与系统安全接入、工业云平台基础设施安全、平台数据安全等。此外，应同步做好涉及全要素的安全管理、安全评测和安全态势感知与风险监测等工作。

应用安全：主要关注平台边缘接入安全和运行安全，确保企业经营管理、产业链供应链协同等各类业务的应用安全，可采用用户授权管理、代码审计、虚拟化安全等策略。

数据安全：主要关注边缘智能仪表数据采集与传输安全、企业客户数据、员工数据、财务数据等敏感数据的安全，可采用数据防泄漏、数据加密、数据备份恢复等策略。

4 环节与场景

工程机械传动部件行业企业推进智改数转网联的主要重点是通过持续改进，实现企业设计、制造、供应链管理等环节的集成优化，推进企业数字化设计、装备智能化升级、工艺流程优化、精益生产、可视化管理、质量控制与追溯、智能物流等方面的快速提升。

企业应注重将设计仿真工具、大数据、人工智能等应用于产品研发创新，加强高端化、轻量化、绿色化等类型产品的研制；对产线进行智能化改造，提高生产自动化、柔性化生产水平；部分企业已从产品制造向服务升级转变，以拓展性的业务模式，探索新的商业模式。大型工程机械传动部件企业为适应全球市场多样化的客户群体，开展远程定制、大规模个性化定制、异地（全球）协同设计、就地生产的新型生产模式。

根据对江苏工程机械传动部件行业内企业实施智改数转的现状调研，结合行业特点及专家评审指导意见，确定工厂建设、产品设计、工艺设计、计划调度等 13 个环节为本行业关键环节；选取工厂数字化设计与交付、产品数字化研发设计、工艺数字化设计、生产计划优化等 25 个场景为典型场景。重点关注环节和典型场景具体见表 1。

表 1 工程机械传动部件行业典型场景

关键环节	典型场景
工厂建设	工厂数字化设计与交付
	数字孪生工厂运营优化
产品设计	产品数字化研发设计
	虚拟验证与中试

关键环节	典型场景
工艺设计	工艺数字化设计
计划调度	生产计划优化
	智能排产调度
生产作业	产线柔性配置
	人机协同制造
	工艺动态优化
	数智精益管理
质量管控	在线智能检测
	质量追溯与分析改进
设备管理	设备运行监控
	设备智能运维
仓储物流	智能仓储
	精准配送
安全管控	危险作业自动化
	安全一体化管控
能碳管理	能源智能管控
环保管理	污染在线管控
供应链管理	供应链计划协同优化
	供应链数字化管理
多环节模式创新	数据驱动产品设计优化
	大规模个性化定制

4.1 工厂建设

4.1.1 工厂数字化设计与交付

(1) 存在的问题

工程机械传动部件行业的生产过程涉及多个复杂工艺环节，如热处理、铸造、焊接、机加工、磨削、涂装、装配等，每个环节都需要精确的工艺控制和高效的设备协同。

然而传统的工厂设计和交付难以充分考虑及满足机床、热处理设备、试验台等生产设备的空间配置及协同效应，以及铸造、机加工、热处理等各工序的紧密衔接及协同，导致设备利用率低、生产线布局不合理，存在过多冗余，生产瓶颈频发，同时对物料输送和存储布局的优化不够导致物料调度不及时、存储空间不足，影响生产节奏，难以满足传动部件的多物料、多批次生产模式。

此外，传统工厂设计流程周期长，后期工厂现场验证和运维管理的试错成本较高，难以快速响应市场需求变化。

(2) 场景改造思路

应用建筑三维建模(BIM)、智能物流模拟、数字孪生等技术，开展工厂数字化设计和建设，优化工艺设备布局、物料流动、工艺协同配合等环节，缩短工厂设计和建设周期。

建筑信息模型应用：利用 BIM 技术对工厂建筑、设备布局、物流流线等进行全面数字化建模，确保数控机床、热处理炉、精密磨床、液压测试台等关键设备的合理布局，避免空间浪费和生产线瓶颈。通过 3D 建模技术模拟设备之间的协同工作场景，

确保设备高效协作。

物流与动线仿真:针对传动部件生产中物料种类多、批次复杂的特点,应用物流和动线仿真技术,分析物料在工厂内的流动路径,优化物料输送和存储布局。

工艺流程仿真:针对传动部件生产工艺复杂的特点,运用工艺流程仿真技术模拟生产线上的各个环节(如铸造、热处理、机加工、装配等),预测生产瓶颈、设备利用率和产能,优化生产线排布,确保各工序之间的顺畅衔接。

设备协同优化:通过数字化设计平台,基于工艺设备模型优化设备之间的协同工作流程,提高设备利用率。

(3) 场景案例

某企业基于工厂三维建模与布局仿真、物流系统仿真等技术,集成厂房 BIM 建筑模型,搭建高效敏捷、持续优化迭代的工厂数字化设计与交付平台,实现数字化车间、智能产线的厂房建筑、工艺布局和物流系统建模仿真分析与迭代设计,优化布局解决生产瓶颈及物流拥堵问题,实现工厂规划布局科学合理,减少试错成本,缩减设计建造成本。竣工后整体数字化交付,便于后期生产运维管理。

工厂数字化设计与交付

某企业通过建立工厂三维数字化模型、产线生产仿真、物流系统仿真,实现工厂数字化设计与交付。

1、建立工厂三维数字化模型。集成厂房 BIM 建筑模型,建立数字化结构、装配、涂装、零部件车间厂房模型,建设智能产线模型,搭建机器人焊接工作站、数控加工中心等设备模型,实现工厂规划直观呈现,

避免传统二维方式导致的设备布局干涉、作业空间交叉等问题，确保规划布局的合理性。

2、开展产线生产仿真。根据产品工艺流程和生产模式，建立零部件生产线、装备线等产线生产模型，对产线工序节拍、瓶颈工序、线平衡率、生产设备负荷率等进行仿真分析，并进行迭代优化设计。

3、开展物流系统仿真。建立装配线、加工单元等物流系统仿真模型，对物流运行效率、AGV 车辆负荷率、物流路线拥堵状态等进行仿真分析和优化改进，解决拥堵等待问题，减少 AGV 配置。

4、实现工厂数字化模型交付。开发工厂全生命周期数据管理的数字交付平台，实现工厂规划设计数据、建设管理数据和运维使用数据同源。平台交付的厂房、产线、设备等模型直接用于后期产品工艺仿真、数字孪生工厂和运维管理。

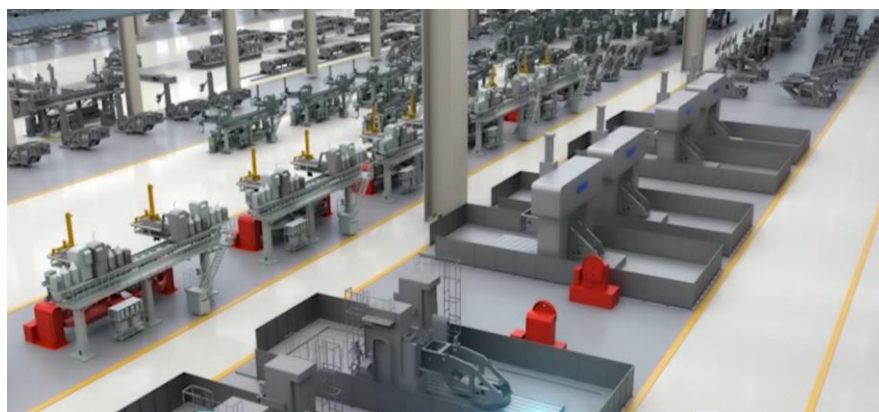


图 4-某企业产线布局模型

4.1.2 数字孪生工厂运营优化

(1) 存在的问题

工程机械传动部件的生产涉及设备种类繁多(如数控机床、焊机、热处理炉等)和多个工艺环节(如铸造、机加工、热处理、装配等),设备和生产工艺的数据往往存储在不同的系统中,如 ERP 系统、MES 系统、SCADA 系统、设备自带的 PLC 控制系统等,

导致信息分散，形成“信息孤岛”。不同设备、系统和平台之间的兼容性差，且缺乏统一的数据标准和接口规范，集成管控难度较大，导致无法实现不同层级（如设备、产线、车间、工厂）的全面联动和统一管理，进一步影响了工厂运营的透明度和优化效率。

（2）场景改造思路

逐步完成设备联网与数据采集，建立初步的数字孪生框架。通过部署 IoT 传感器、RFID、PLC 等设备实时采集设备状态、生产参数及环境数据（温湿度、能耗等），并整合 ERP、MES、SCM 等业务系统数据，形成工厂全要素数据；通过标准化建立统一数据模型消除信息孤岛，支持后续分析和建模。

应用建模仿真、多模型融合等技术，针对特定产线或设备（如数控机床）开发优化应用，验证技术可行性，逐步扩展至全厂级数字孪生，通过设备数字孪生建模、车间和产线虚拟化、全工厂数字孪生建模，构建从设备、产线、车间到工厂的孪生模型，通过物理世界和虚拟空间的实时映射，开展设备监控维护、模拟生产流程支持动态调整生产计划（如插单、换线策略）、不断优化工艺参数、优化物料配送路径、能源分配等，实现对 MES、SCADA、ERP 等跨系统协同优化。

在此基础上结合运营反馈优化模型，逐步引入自主决策能力，实现从“事后分析”到“实时优化”、从“经验驱动”到“数据驱动”及智能化的转型，达成降本增效、柔性生产和可持续发展的目标。

(3) 场景案例

某企业利用数字孪生系统对设备、产线进行数字化解构，通过数字孪生系统对生产涉及的全业务流程信息整合、监管及分析，实现设备参数、工艺信息、生产信息等数据的实时采集及监控。通过孪生技术在虚拟空间内进行生产实时联动，实现多角度的三维实时监控，利用虚实交互过程中的数据实现生产流程仿真验证及生产过程优化决策。

虚实一体的数字孪生运营

某企业开展多种数字技术的集成融合和创新应用，基于建模工具在数字空间构建精准设备、产线模型，再利用结合 5G 专网的实时物联网 (IoT) 数据驱动模型运转，进而通过数据与模型集成融合构建综合决策能力，实现对设备、产线从采集感知、决策分析到反馈控制的全流程闭环应用。

通过多模型融合技术将几何模型、仿真模型、业务模型、数据模型等多种模型进行关联和集成融合实现虚实一体映射。利用虚拟模型来反映设备、产线的实际变化，达到实时监控设备和产线运行状态、生产进展的目的，将生产过程中隐藏信息以可视化看板的方式实时展示，将设备潜在故障或影响性能发挥的缺陷实现预警，以便进行维护调整。

应用数字孪生，企业实现了对生产环境、生产任务和设备状态的动态映射更新能力，通过对工艺、设备、生产等方面的智能管理，为工厂决策提供数据支撑，提高设备运行效率、降低故障率，并实现更智能化的制造流程。

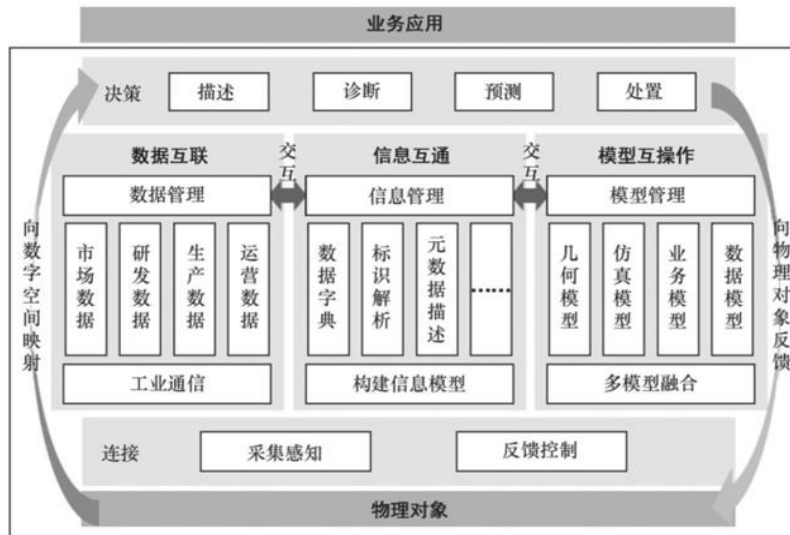


图 5-数字孪生架构

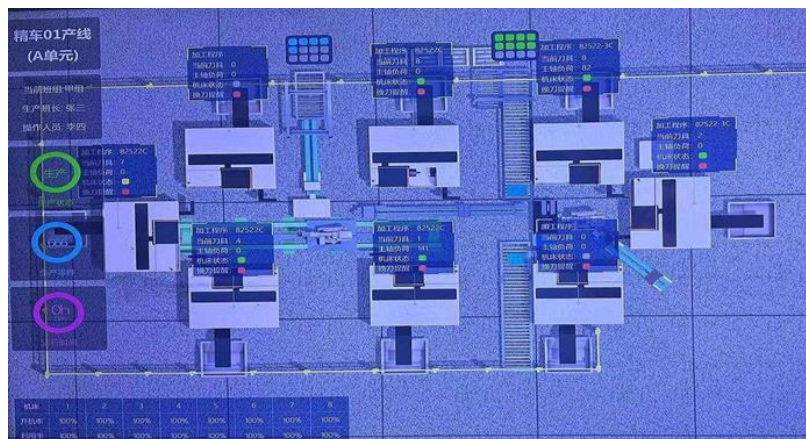


图 6-产线数字孪生

该孪生系统可精准报警可视化、判断设备失效模式，开展预测性维护，减少意外停机，降低运维成本。每条生产线设备维护人力由 4 人降低至 2 人，故障处理效率提升 23%。

4.2 产品设计

4.2.1 产品数字化研发设计

(1) 存在的问题

产品设计是为实现一定的目标而进行的一种创新性活动，在工程机械传动部件的整个生命周期中具有至关重要的地位，直接影响到质量、成本和后续的维护成本。工程机械传动部件产品种类多样（如变速箱、驱动桥、液压系统等），需要满足多样化使用场景的要求（如重载、复杂工况等），传统设计方式难以快速响应个性化和高精度高性能的研发需求，导致研发效率低、周期长；研发过程也常缺乏统一的设计标准和规范化的数据信息，特别是在设计过程中，不同企业和部门使用的设计数据格式各异，导致协作和数据共享困难；此外缺乏丰富的数字化设计模型和知识库支持，无法开展数据驱动的设计流程，未能充分利用生产、市场和使用过程中的工况数据进行设计优化。

(2) 场景改造思路

搭建数字化研发平台，加快采用三维设计工具提高研发设计能力和效率，推行模块化、参数化、创成式设计方法，推动多学科联合建模，实现从概念设计到结构优化的全流程协同设计，利用参数化工具快速生成适应多工况的设计方案，缩短设计时间，提高设计质量。

基于计算机辅助开展三维产品设计，实现产品设计数据或文档的结构化管理及数据共享，实现产品设计的流程、结构的统一管理，以及版本管理权限控制、电子审批等。

建立典型产品组件的标准库、构建涵盖液压系统动力学、齿轮传动寿命预测等专属知识库等，在产品设计时进行快速匹配和复用，为设计提供智能化决策支持。

加强设计知识库建设，构建涵盖液压系统动力学、齿轮传动寿命预测等数据的专属知识库，为设计提供智能化决策支持。同时，针对行业内的高可靠性需求，可以利用虚拟仿真技术开展耐久性分析和载荷分布优化，为部件性能提升提供科学依据。

加强设计制造协同，并探索基于工业互联网平台的协同设计模式，将供应商、制造商的反馈数据融入设计优化过程，打通上下游设计链条。

(3) 场景案例

某企业基于 CROE7.0 的全三维设计软件，集成 PDM-Windchill 平台实现协同研发设计，导入 TOPDOWN 设计方法、可配置 BOM 应用，支撑模块化产品设计研发模式升级。

产品数字化研发与设计

某企业基于某三维设计软件，集成 PDM 平台实现协同研发设计，导入 TOPDOWN 设计方法、可配置 BOM 应用，支撑模块化产品设计研发模式升级。

在设计方式上，按照公司《产品设计和开发控制程序》规定产品设计的流程和结构的统一，通过 PDM 系统实现产品设计数据或文档的结构化管理及数据共享，实现产品设计的流程、结构的统一管理，以及版本管理、权限控制、电子审批等；并在 PDM 系统中建立典型产品组件的标准库、标准数据库等知识库，为产品设计提供有效实践支撑。

在三维设计方面，配置 PROE 三维设计、电气设计等设计软件，全面实现所有研发产品设计工作从二维向三维转变，并运用某机械传动系 CAE 软件对三维模型的刚强度等结构性能设计仿真及迭代优化，通过

PDM 对产品物料基础信息集中管控，三维设计软件实现产品三维模型的设计信息及相关参数唯一性。基于 SDM 仿真平台打通了产品设计-仿真-测试数据链，实现数据无缝传输及设计、验证一体化，提升仿真效率。

在并行协同设计方面，产品设计整个过程评审需工艺全过程参加，保证产品设计过程中与工艺设计间的信息交互、并行协同。三维模型共用 PDM 系统中数据源，BOM 数据共用 ERP 系统中的数据源，实现数据源的信息交互。产品完成设计方案评审后，进入详细设计阶段；工艺人员根据详细方案内容，同步编制工艺方案，并在产品设计模型基础设计工艺装备，为后续产品进入试制阶段做好工艺准备。

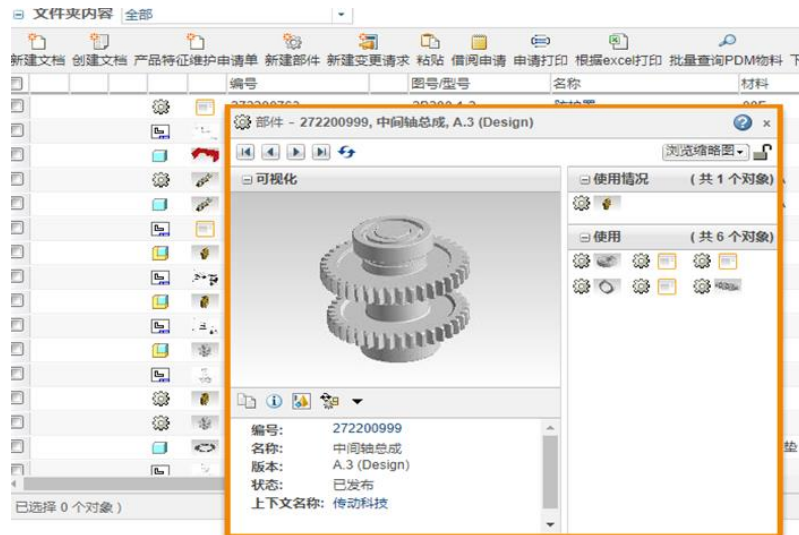


图 7-产品标准库

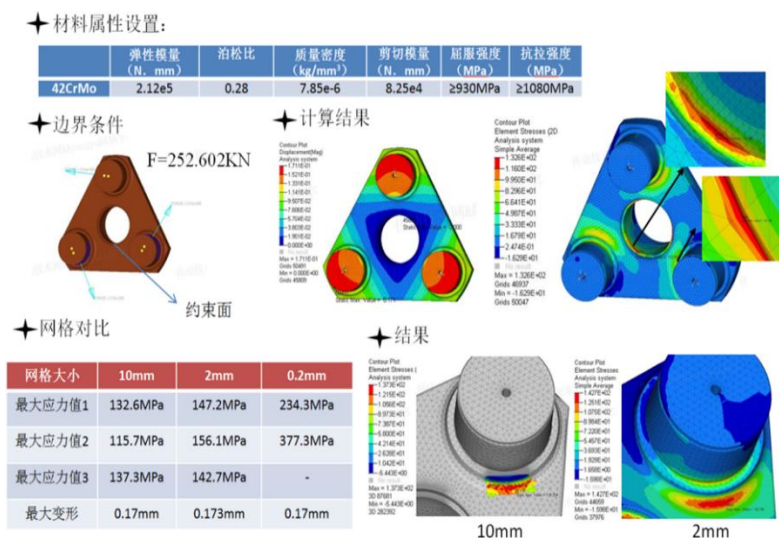


图 8-仿真设计

4.2.2 虚拟验证与中试

(1) 存在的问题

工程机械传动部件（如减速机、驱动桥和液压系统）因复杂的结构设计和严格的性能要求，其新产品的验证周期较长，传统的物理实验依赖大量样机制造和反复调整，增加了研发时间。行业内许多企业对虚拟验证技术（如多物理场仿真）和物理试验的结合度较低，缺乏标准化的虚拟测试流程，无法充分利用仿真技术减少物理试验次数。工程机械传动部件在复杂作业条件下的性能和可靠性难以通过传统手段全面模拟，尤其在极端载荷和动态工况下，传统测试手段局限性较大。试验验证过程中，不同部门和环节之间的数据共享不足，导致重复试验现象，进一步延长研发周期和增加成本。

(2) 场景改造思路

搭建虚实融合的试验验证环境，结合多物理场仿真、可靠性分析及先进的虚拟现实（AR/VR）技术，构建全流程数字化验证体系。通过仿真驱动设计，将减速机、液压系统等部件的关键参数导入多物理场仿真平台完成性能评估和设计优化，减少样机制造次数。利用虚拟现实技术构建复杂工况的虚拟实验室，实现动态载荷、振动及高温高压等极端条件的实时模拟，大幅提升仿真准确性。

在熟化环节，引入基于大数据的可靠性分析方法，通过实时采集和分析产品运行过程中的关键数据，建立虚拟与实物的性能比对模型，及时发现潜在问题并快速改进。针对复杂传动系

统，可采用半虚拟验证方法，将仿真模型与部分实物实验设备集成，验证关键环节性能，进一步降低中试成本。构建统一的数据管理平台，推动设计、验证、中试等环节的数据互通，实现全过程协同管理和数据共享。通过与供应商、用户协作建立工况数据库，将实地作业数据反馈到设计验证环节中，持续优化仿真精度和中试效率，进一步加速产品熟化进程。

(3) 场景案例

某企业采用仿真设计软件，针对液压产品常见工况进行仿真校验，并且利用已有的失效库为产品优化提供依据，降低产品实物试验费用，提升产品一次性成功率，缩短产品研发周期。

虚拟试验与中试

某企业针对液压油缸复杂结构，突破液压零部件数字模型构建、多学科集成融合与协同优化技术，运用某有限元分析软件在虚拟环境中模拟液压部件复杂液压油缸实际运行情况，对复杂液压油缸开展抗拉强度、屈服强度、缓冲压力等模拟测试验证，进行力学、流体学等评判和校核，缩短验证周期，降低研发成本。

企业通过打通有限元分析软件和 PLM 系统，实现产品分阶段、分层次的仿真分析，通过平台记录仿真实验数据，通过测试数据反馈至研发设计，不断地优化产品的结构，实现快、准、全面的模型分析，为产品性能、产品质量保驾。

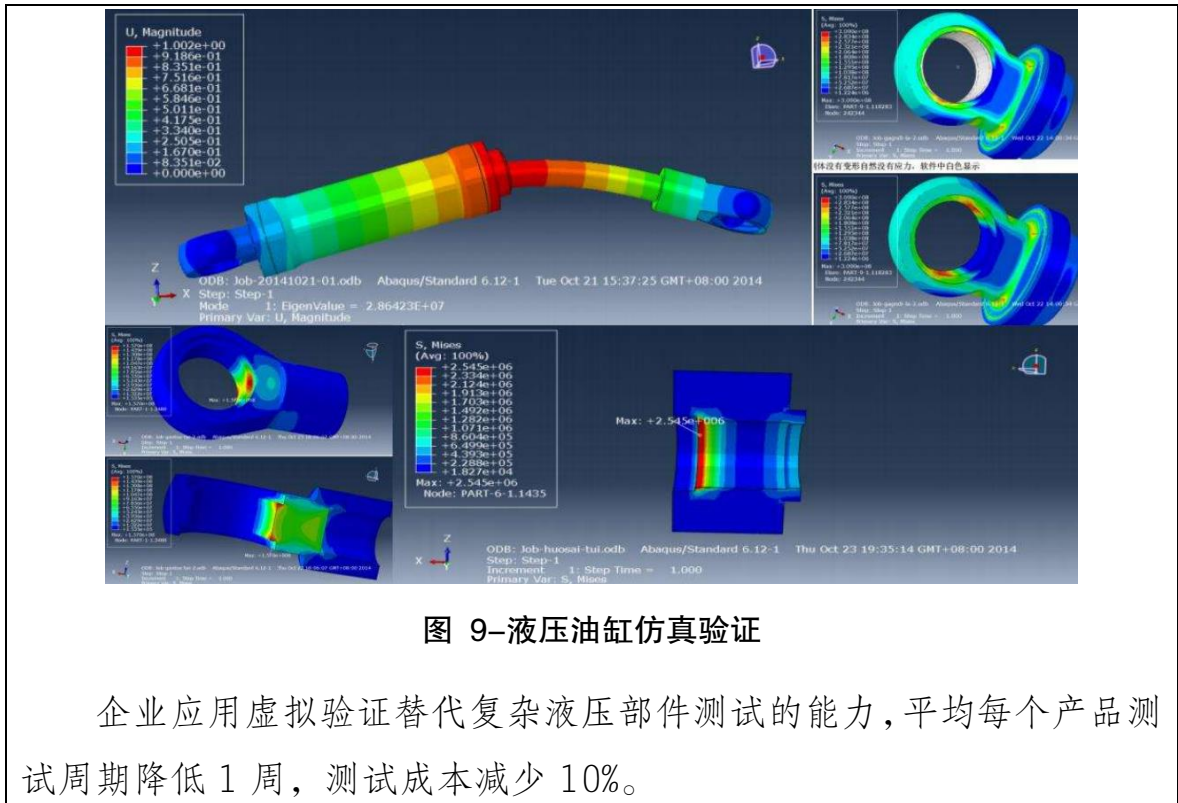


图 9-液压油缸仿真验证

企业应用虚拟验证替代复杂液压部件测试的能力,平均每个产品测试周期降低 1 周,测试成本减少 10%。

4.3 工艺设计

4.3.1 工艺数字化设计

(1) 存在的问题

工程机械传动部件行业的工艺设计长期依赖人工经验与纸质化流程，面临多重挑战。以变速箱铸造、驱动桥机加工、液压马达热处理等典型工艺为例，由于产品具有“小批量、多品种、定制化”特点，传统工艺设计效率低下，新型传动轴或分动箱的工艺参数设计往往需反复试验，耗时数周甚至数月。物理样机试制成本高昂，例如精密减速机齿轮的渗碳工艺验证需消耗大量特种钢材，单次试制成本可达数十万元。此外，工艺知识分散在不同部门或个人手中，如铸造温度曲线、焊接变形控制参数等核心数据缺乏统一管理，导致技术传承困难，重复设计问题频发。工艺设计与产品研发、生产执行的协同不足，例如液压泵结构优化后，机加工余量调整未能及时同步，引发生产线停滞。面对多样化订单需求，传统工艺设计难以快速适配，如不同型号驱动桥的加工流程切换需重新设计工装夹具，导致柔性生产能力不足。

(2) 场景改造思路

制定统一的工艺设计标准，减少人为错误，通过模块化设计，提高工艺设计的灵活性和复用性。

采用计算机辅助制造和工艺设计软件工具(CAM、CAE、CAPP等)，提升设计效率，应用低代码工具或AI辅助设计系统，减少重复性人工操作，提升工艺文件编制效率；利用仿真技术优化

工艺参数，减少试错成本；建立统一的工艺数据管理系统，实现数据集中管理和共享，通过数据分析和挖掘，支持工艺优化和决策。

推行模块化工艺设计，建设工艺、模具、刀具以及参数等知识库，将传统经验转化为结构化工艺知识，例如典型零件的加工参数库、刀具选型规则、失效案例库等，通过 AI 算法实现知识的自动调用和优化推荐，积累和复用经验，提升设计水平。

建立统一的工艺数据标准（如工序参数、材料属性、设备接口），打通设计、仿真、工艺、制造等系统间的数据壁垒，实现“设计-工艺-制造”全流程数据贯通，确保设计与制造无缝衔接。利用 PLM 等系统实现工艺数据的集中存储、版本管理和动态更新。

（3）场景案例

某企业基于某参数化建模软件辅助开展工艺工装设计及优化、基于计算机 MDS 辅助开展工艺布局规划设计及优化，通过 PDM 与产品设计实现信息交互及并行协同设计。

工艺数字化设计

某企业在工艺设计方式上基于计算机 Creo Parametric 辅助开展工艺工装设计及优化、基于计算机 MDS 辅助开展工艺布局规划设计及优化等。

应用 MPM 数字化工艺系统实现工艺文档、BOM 数据、工艺路线和工艺件等的结构化管理，包含文档类型、流程状态、创建人、创建时间等信息管理、共享与权限控制等，以及工艺资源库的存储、更新、查询、调用等。

通过 MPM 数字化工艺系统中的知识管理模块建立典型工艺库，通过复制典型卡片实现典型工艺的重用，并进行装配 BOM 和机加 BOM 任务分工或并行设计，形成整机 PBOM，在 BOM 基础上可同时进行装配工艺、机加工工艺等多专业之间分工设计或并行设计。MPM 系统文档发布完成至 MES 系统，通过 MES 看图模块实现制造现场在线实时查看工艺过程卡、作业指导书等技术文件。

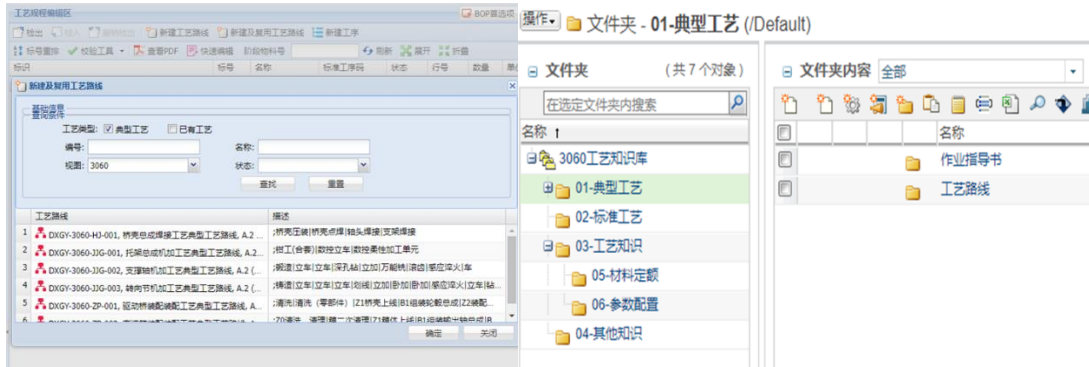


图 10-工艺库

应用仿真分析技术进行薄壁箱体加工等关键环节的仿真分析及迭代优化，实现工艺优化设计的功能，工艺人员可以根据实际的要求对已有工艺方案进行工艺的修改，包括：工装夹具、加工顺序、加工参数等，使工艺开发更快、可行性分析更为迅速，提高产品质量、缩短研发周期。

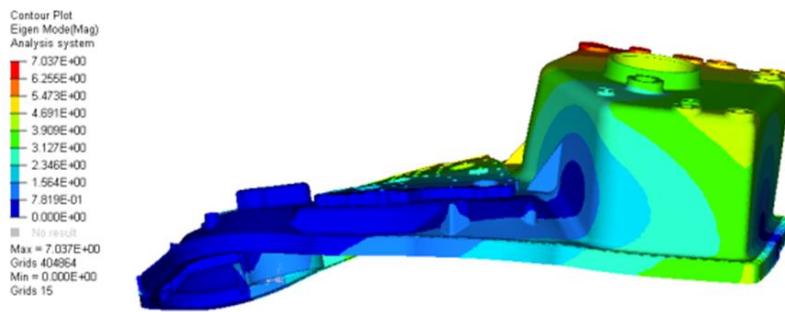


图 11-薄壁箱体加工工艺仿真

4.4 计划调度

4.4.1 生产计划优化

(1) 存在的问题

工程机械传动部件在复杂多约束的生产现场、各类需求动态变化的生产环境下生产计划制定难度大。产品市场需求的不确定性影响导致订单需求波动频繁且预测难度大，同时传动部件需适配不同主机设备，客户对规格、性能的个性化要求高，造成生产计划频繁调整与切换，多品种小批量生产模式加剧了产能分配与库存管理的难度。行业内还普遍存在紧急订单插单情况，导致产线频繁切换，设备空置率增加。物料方面由于原材料种类繁多（如特种钢材、齿轮坯料、密封件等），库存周转率低，部分关键部件（如进口轴承）采购周期长，以及价格波动直接影响生产计划的制定与执行。

(2) 场景改造思路

应用多目标多约束求解、产能动态规划等技术构建生产计划系统，集成订单预测、历史订单数据、产能约束、物料库存、采购提前期、生产过程、客户定制化需求等多维数据，利用机器学习算法建立动态预测模型，通过 ERP 和 MES 自动生成生产主计划。

打通 ERP、MES 与仓储系统数据接口，实时监控各生产要素，引入动态排产算法，应对生产扰动，并反馈实现对异常情况的自动决策和优化。

应用数字孪生技术模拟生产线运行状态，提前规避瓶颈环

节，实现从经验到数据驱动的转型，显著缩短订单交付周期提升客户响应速度。

(3) 场景案例

某企业在计划调度环节，突破多种约束因素实现生产计划优化，解决在有限产能条件下，结合多系统的仓储、采购、生产环节的数据，提高计划数据准确度，柔性生产计划能够每天依据相关变化滚动新的计划，确保实现销售需求、产能配置和物料供给的动态平衡。

基于数据驱动的计划优化

某企业基于月度销售计划和销售预测，使用 ERP 系统，每周滚动导入 8 周计划独立需求，运行 MPS 后自动计算生成产品级的主计划。根据主生产计划生成半成品生产计划，MPS 运算时考虑产品的最小批次、最大批次、自制生产时间、安全库存、可用库存、在制品数量、加工能力等制约要素。企业通过决策分析平台制定物料需求周计划，基于成品、热处理、热前、锻造、备料等工序件的产出算法规则和热前产出预测及销售发货需求计划，生成物料需求周计划，以满足对未来两周自制件的需求。结合物料需求周计划，企业通过班定额、人员配置等约束条件形成详细生产作业计划，车间依据生产线日计划开展生产制造活动。



图 12-主生产计划

车间以工序维度，精确、实时监控生产环节的计划执行情况，实现基于数据驱动业务，辅助优化资源调度，提升计划异常的快速响应与调整能力。同时产线通过 MES 并可对生产进度况进行实时监控，对生产过程中工单完成情况、产品质量、物料需求等进行查看与异常分析，每日按照生产订单查询生产进度，维护和调整生产计划。通过生产计划优化方案，企业订单准时交付率提高约 11%。



图 13-计划分析驾驶舱

4.4.2 智能排产调度

(1) 存在的问题

工程机械传动部件行业的智能排产调度面临多约束、多目标和动态扰动的复杂挑战。生产过程中需同时满足设备能力、物料齐套性、工艺顺序等约束，还需同时优化交货周期、设备利用率、能耗成本等模板，人工排产难以平衡并获得最优解，引起排产冲突。某些突发性事件或插单情况也常出现并打乱原有排产计划，产线切换时工装夹具调整、工艺参数配置等准备环节耗时较长。

（2）场景改造思路

引入高级计划与排程系统，集成 MES 或 ERP 等数据，应用多约束排产建模、多目标排产寻优等技术手段，求解多约束优化问题，实现多目标、多扰动情况下排产优化与资源动态调度，缩短产品生产周期，提升资源利用效率。

基于设备能力、物料供应、工艺路径等约束构建动态排产模型，将生产设备主要参数纳入模型，自动规避设备超负荷或工艺冲突。应用多目标寻优算法、强化学习等技术，平衡交货期、成本、资源利用率等目标，自动生成保交付优先或设备均衡负载等差异化排产方案，或支持管理层按需选择。

集成设备状态监控、物料追踪数据，实现动态扰动实时响应与快速重排，当出现突发事件时自动调整分段式排程，减少产线停滞。

建立设备、人员、工具的柔性共享机制，实现资源弹性调度，测试设备突发故障时，系统自动调用备用测试单元，并动态分配技术骨干优先处理积压任务。

（3）场景案例

某企业通过信息系统自动获取主机厂订单，依据横向与纵向贯通的体系原则，根据各种现有条件针对生产线有限产能进行排产，利用智能派工模块通过有限产能预排和辅助确认分析自动配比各产线的生产任务，并发放工单至产线机台，生成具体的排产工单。

车间智能排产

某企业主要客户(主机厂)的ERP系统与公司的SCM系统实现多项数据模块对接,主机厂在ERP系统中下单后,公司线上获取订单需求,FCC系统依据主机计划、产业链销售计划、生产和采购计划横向贯通;月度计划、周度计划、3+2日滚动计划纵向贯通的体系原则,结合物料库存情况智能生成物料采购清单且线上发送给采购部。物料需求发出后,系统根据成品、半成品、在制品数量运算需要进行生产的产品数量,针对生产线的有限产能进行理论排产,根据各级生产阶段的工艺人员时间,针对瓶颈资源的优化,自上而下智能计算出排产计划。

工厂内各类系统均实现与MES的数据对接,在接到排产计划后,智能派工模块通过有限产能预排和辅助确认分析具体产线历史预测与实际的偏差概率,考虑产能约束、人员技能约束、物料可用约束、工装模具约束来自动配比各产线的生产任务,并发放工单至产线机台,生成具体的排产工单,生产过程中所有数据均可采集汇总,实时显示在MES系统中。


 86000010131原件1

订单号:86000
 订单类型:ZH01
 订货数量: 8
 MRP控制者:201减速机自制件
 生产线:
 物料编码:1320
 物料名称:固定座

生产工厂:201
 研发项目号:
 材料名称:
 仓库号:7000减速机结构件自制件库
 序列号:
 厂家/炉批号:

制单人:YESK
 计划开始:2022-03-02
 计划完成:2022-03-12
 打印日期:2022.03.02
 批次号:00002010228315

序号 </>	工序	控制 码	工作中心	人工工 时	操作者	首检	合格数 量	次品数 量	检验日 期	接收人
0001	物料转运	SY02	减速机壳体物料转运	1.7						
0040	租车	SY-3	减速机马扎克	0.0						
0050	调头租车	SY-3	减速机马扎克	0.0						
0055	打标识	SY-3	减速机壳体打码	0.0						
0060	组合加工一	SY-3	减速机马扎克	14.8						
0070	组合加工二	SY-3	减速机马扎克	15.7						
0080	清洗	SY-3	减速机壳体物料转运	0.0						
0090	终检	SY-3	减速机壳体物料转运	0.0						
0100	入库	SY02	减速机壳体物料转运	0.0						

图 14-排产工单

4.5 生产作业

4.5.1 产线柔性配置

(1) 存在的问题

工程机械传动产品由于多品种、小批量的业务场景，往往面临订单变更多、插单多、物料多、工序杂、设备多等复杂性问题，但多数企业生产线柔性化不足，缺少自动化上下料、自动换装换模、自动转运、自动测量等智能化设备，产线整体数字化和智能化程度较低，较难高效满足小批量与批量生产切换、不同零件混线生产，容易出现个别设备产能瓶颈而部分设备产能不足的情况，设备兼容性不足，缺乏模块化设计，整体设备使用率不高。

(2) 场景改造思路

在产线建设、产线改造等业务活动中，改造或应用机器人、吊挂系统、物料自动转运 AGV、高端加工中心等智能制造装备，应用转台结构柔性化组对、快速刀具更换、模块化随行装夹、焊接离线编程和智能物流等技术，搭建多品种、小批量、离散型柔性智能产线。

将产线分解为独立的功能模块（如机加工模块、热处理模块、装配模块），采用标准化接口和快速连接技术缩短换线时间。采用开放式数控系统和模块化工装夹具，支持设备快速切换，通过工艺参数库自动加载对应程序，实现“即插即用”。

配置统一的生产控制系统、物料储运系统，通过 MES 的数据接口保证生产数据的一致性，实现多产品混线生产、无缝换

产。打通 MES、ERP、WMS 等系统，按订单需求自动实时调度物料，动态适配物料搬运需求。

(3) 场景案例

某企业通过基于数据集成的柔性调度和模块化产线实现柔性生产制造。通过 5G 技术与工业互联网的融应用，将生产设备通过 5G 网络实现无线化连接，采集生产全流程数据，根据生产需求快速调整产线配置；再应用模块化的产线重构技术，搭建柔性可重构产线应对多品种、小批量场景，根据订单、工况等变化，实现自动化混线生产，提高了劳动生产率并降低了产值成本率。

基于 5G 技术的柔性生产制造

1、基于生产进度实时柔性调整计划

通过数据采集平台应用 5G 网络分别对机加工设备和锻造设备的数据采集，包括开关机、温度、转速、压力等类型的指标，依托 5G 高可靠性低时延特性承载 OT 网络的控制信令通信，数据采集平台与 PIMS 系统集成，生产过程中在 PIMS 系统扫码采集开工、报工、质量信息，从而追踪前后车间生产进度，实现前后车间计划与执行的有效联动；计划排程结果数字化下发至车间、工序，有效拉动车间生产执行；车间生产执行结果回传排程系统，计划员可直观获取当前计划进度。

2、基于模块化实现产线柔性化

将企业的差速器总成类产线实现模块化，通过将生产线分为多个独立的模块，每个模块都是具有特定功能的生产单元，可根据生产需求进行组和排列，以实现灵活生产。

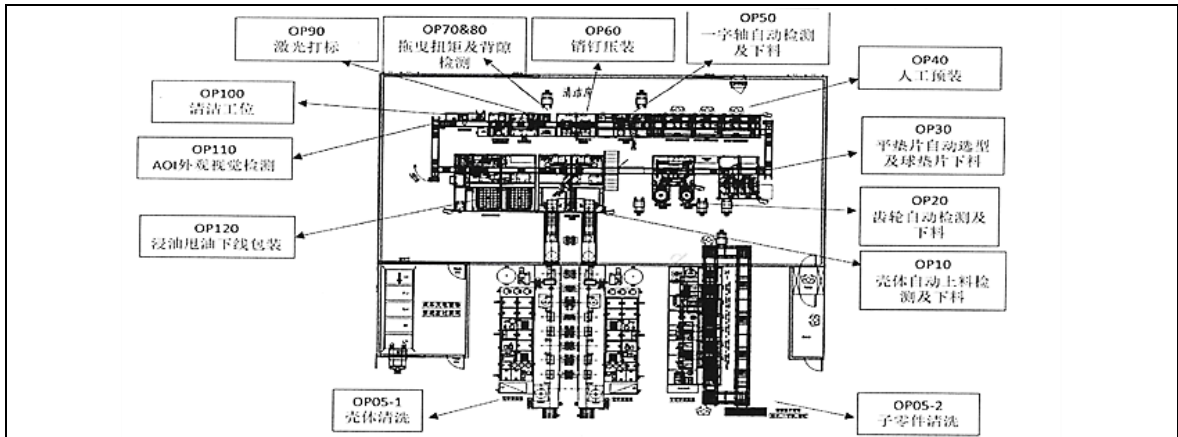


图 15-差速器总成柔性生产线

柔性生产线可以根据订单的变化灵活调整产品生产任务，是实现多样化、个性化、定制化生产的关键依托。5G 技术使得生产线上的设备可以摆脱线缆的束缚，进行功能的快速更新和拓展，并且可以自由移动与拆分组，在短期内实现生产线的灵活改造，从而提升生产效率 20%。

4.5.2 人机协同制造

(1) 存在的问题

工程机械传动部件的复杂加工与装配环节（如变速箱齿轮精密啮合、液压缸高精度装配）高度依赖人工作业，传统人机协同效率低且安全隐患突出，协同响应延迟导致装配节拍延长。此外，高温热处理区域、重型部件吊装区等复杂作业环境中，传统安全防护手段（如固定围栏）限制了人机交互的灵活性，增加单次作业时间，作业效率低下。

传统制造过程设备互联水平不高导致设备信息孤岛，由于设备状态数据、生产过程数据不能实时掌握，导致人与机器的协同效率差，生产管理决策缺乏有效的数据支撑，生产效率低。

(2) 场景改造思路

采用协作机器人、高端机床、行业成套装备、人机交互设备、

新型传感器等智能装备，应用 AR/VR、机器视觉、人工智能等技术，动态优化人机分工，提高机器与人员的交互、协作能力，实现加工、装配、分拣、自动上下料、自动转运等作业高效组织和人机自主协同，减少操作失误率，增加制造效率。

(3) 场景案例

某企业应用装配线集多道工序于一体，辅助操作人员进行阀体装配，降低人员劳动强度，提高装配效率与产品质量。

人机协同制造

某企业针对传统阀体装配工位装配动作繁琐重复、工作量大、生产效率低及难以匹配生产节拍等问题，通过采购自动化装备，并搭建新型传感系统和人工智能算法，打通各设备信息，实现设备互联，系统互通，实现机器人自动抓取工件，根据订单、物料号应用机器人对工件自动识别，辅助操作人员进行阀体装配。应用该装配站可以完成多道工序，操作简单易懂，装配后可在线测试扭矩、压力等数据，及时反馈装配工人修改，提升生产效率。



图 16-装配人机协同

4.5.3 工艺动态优化

(1) 存在的问题

传统的工艺参数调整优化依赖人工经验与试错法，通过反复验证参数组合，在缺乏量化依据，易受个人判断偏差影响，且无法及时响应生产过程中的突发波动，难以实现动态适配，如热处理工艺的炉温、保温时间、碳势等参数需根据材料、产品要求等实时调整，焊接电流、速度与工件厚度的匹配等，传统方式需通过多次试制确定最优参数。

多设备协同（如热处理炉与机加工中心）缺乏联合优化机制，设备间参数孤立，导致整体工艺稳定性不足，多设备协同优化不足。

工艺优化常需兼顾质量、成本、能耗等多目标要求，需要同时优化多个相互制约的指标，传统方法难以有效平衡，也易忽视能耗、排放、材料利用率、良品率等要求。

(2) 场景改造思路

部署智能制造装备，建设智能产线，应用高精度传感器（如红外测温仪、激光测量仪等）实时监测工艺结果，动态修正参数，实现工艺的在线反馈与闭环控制；整合切削速度、进给量、热处理温度等历史工艺数据与专家经验，形成标准化参数库，构建工艺知识库，支持新订单快速调用。

搭建数据驱动的工艺动态优化系统、生产过程全流程一体化管控平台等，通过边缘计算平台协调数控机床、热处理炉等设备的参数联动，找到最优的工艺参数组合，利用多设备联合寻优等技术实现生产线的整体性能最优。

融合设备物理模型与实时生产数据，建立工艺参数优化模型，实现工艺过程和设备参数在线优化，提高产品质量一致性。

(3) 场景案例

某企业针对产品精度在制造过程中受安装、定位以及加工过程中刀具精度等影响的问题，应用基于刀具补偿功能的动态优化技术实现工艺动态优化，保障在产线中解决不良问题，减少额外下线的的时间。

基于刀具补偿功能的动态优化

某企业的壳体线设备内置标准刀具补偿功能，在线检测能够及时发现加工过程中产品的误差，结合质检数据结果，判定产品尺寸参数是否需进行刀具补偿控制零件精度，刀具补偿功通过实时调整刀具路径或切削参数，能够精确补偿刀具磨损、形状变化以及加工误差等导致的尺寸变化，实现对加工结果的精确控制。

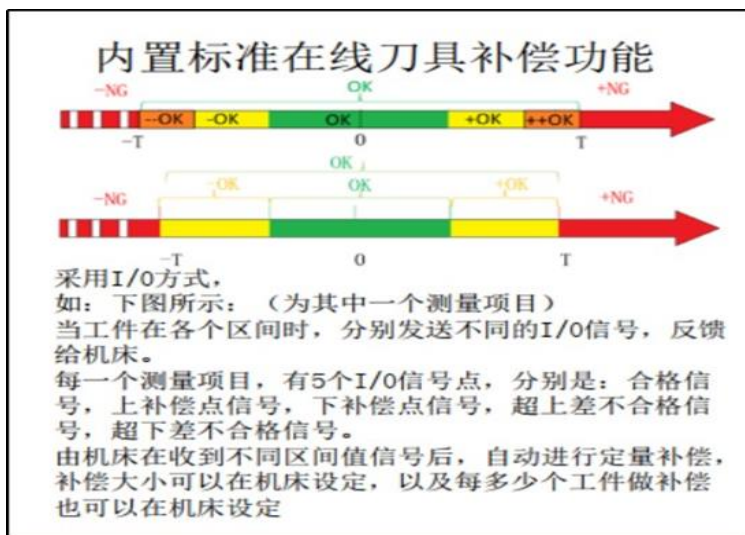


图 17-在线刀具补偿功能机制

该动态优化技术增强了企业加工过程的稳定性和一致性，使得加工结果更加可靠和可控，因而生产效率提高 10%，质量合格率提高 2%。

4.5.4 数智精益管理

(1) 存在的问题

工程机械传动部件行业企业多已引入精益生产管理，但仍面临数据割裂、执行滞后与资源浪费等诸多的挑战。包括有生产过程中的等待、库存、运输等浪费缺乏实时数据支撑，资源浪费难量化，生产现场的质量问题依赖人工记录与追溯，分析周期长，依赖人工经验识别效率低下。传统价值流分析为静态模型，传统精益工具缺乏实时数据支撑，难以实现人、机、料的精准管控，以及及时响应如设备故障、订单波动等动态变化，流程优化滞后。改善活动多基于局部经验，缺乏全局数据分析和科学决策支持。部门间数据孤岛严重，跨职能协同困难，协同效率不高。

(2) 场景改造思路

依托 MES 系统，应用六西格玛、6S 管理、定置管理等精益工具和方法，将精益管理理念与大数据、云计算、人工智能等数智技术深度融合，打破传统精益管理模式中经验依赖与静态优化的局限性，实现全流程的动态精准控制与资源效率跃升。

应用 IoT 传感器实时采集设备状态、工艺参数、质量指标、能耗信息等数据，构建资源利用率看板，实时识别浪费点（如机床空转、物流路径冗余），利用机器学习自动发现异常停机、过量生产等浪费行为，在此基础上利用多目标优化算法与自适应控制策略，动态平衡质量、成本、能耗等目标，用数据驱动现场管理，将被动式“事后纠错”转变为主动式“事前预防”，显著

降低生产波动与浪费。

(3) 场景案例

某企业引入 5S 管理和数据驱动精益生产的理念，利用物联网与传感器技术、大数据分析挖掘技术、可视化监控与预警系统等，结合 5S 管理理念实施数智精益管理，对生产现场进行全面改善。

数智精益管理

某企业通过以下方案实施数智精益管理：

1、精益管理

可视化标识与标签系统：采用醒目的标识和标签，对生产现场的物料、设备、区域进行明确划分和标识。使用颜色编码和图形符号，使标识更加直观易懂，方便员工快速识别。

定置管理与定位技术：引入定置管理工具，如定置图、定位器等，对物品进行精确定位和摆放。利用 RFID、二维码等技术手段，实现物品信息的快速录入和查询，提高管理效率。

清洁设备与自动化清扫系统：引入高效清洁设备，如吸尘器、洗地机等，提升清扫效率和质量。考虑采用自动化清扫系统，如扫地机器人等，减少人工参与，实现清洁工作的自动化和智能化。

员工培训与素养提升系统：搭建员工培训平台，提供在线课程和实际操作指导，帮助员工掌握 5S 管理知识和技能。定期举办 5S 管理分享会和交流活动，提升员工的参与度和认同感，形成良好的工作习惯和职业素养。

2、数据驱动精益生产

物联网与传感器技术：在生产线上布置传感器和监控设备，实时采集生产数据，包括设备状态、生产进度、质量信息等。利用物联网技术，实现数据的实时传输和共享，为数据分析和决策提供支持。

大数据分析挖掘技术：建立大数据平台，对收集到的生产数据进

行存储、处理和分析。运用数据挖掘算法和机器学习技术，识别生产过程中的瓶颈、浪费和潜在改进点。

可视化监控与预警系统：搭建可视化监控平台，实时展示生产现场的数据和图像信息。设置预警机制，当生产数据出现异常时，自动触发预警通知，以便企业及时采取措施应对。

4.6 质量管控

4.6.1 在线智能检测

(1) 存在的问题

工程机械常处于尘土飞扬、温度变化大、湿度不稳定等恶劣的户外环境,对传动部件的核心性能(如耐磨性、强度和稳定性)要求较高,传统人工检测效率低下,易受人为因素影响,导致检测结果不一致;关键质量数据难以实时记录和追踪,影响了质量问题的及时发现和处理;行业内许多中小企业检测技术不足,缺乏高端检测设备,难以满足产品复杂结构的高精度检测需求。链条、链轮等部件表面可能存在微裂纹、磨损等问题,传统的目视检测和简单仪器无法精准识别;驱动桥和传动轴等部件的尺寸和形状偏差对设备运行至关重要,若检测设备的分辨率不足,无法满足精密制造的要求。传统检测与生产环节脱节,无法实时反馈质量问题,在生产工序中,如热处理和焊接等关键环节的质量稳定性难以实时监控,导致质量问题可能在生产后期才被发现。

(2) 场景改造思路

应用多模态在线检测系统,在关键工序采用视觉检测、激光轮廓检测、超声检测、传感器等,构建覆盖关键工艺节点的质量在线检测。采用边缘、云端协同计算架构与轻量化 AI 模型,在产线边缘端完成实时数据处理与缺陷判定,降低传输延迟。同时,通过数字孪生技术构建虚拟检测环境,模拟不同工况下的缺陷演化规律,动态优化检测阈值与算法参数。

通过5G+工业互联网实现全链路数据互联,记录检测过程,确保质量追溯的可信性,并打通检测数据与生产控制系统的闭环链路,将缺陷类型、位置及成因实时反馈至MES或PLC系统,触发自动分拣、工艺参数调整或设备维护指令。

(3) 场景案例

某企业部署加工中心在线检测系统,检测数据与MES质量检验模块对接,利用监测指标模型进行在线检验,实现了对工件的自动、快速、准确的测量。

智能在线检测

某企业通过为加工中心配备一个测头以及在线检测软件构成加工中心在线检测系统,测头和刀具同时安装在刀库中,统一编号,通过程序随时进行自动测量,使数控机床既是加工设备,又兼备测量机的功能。

检测数据通过IOT通讯接口直接反馈至MES质量检验模块,利用监测指标模型比对自动判断是否合格,从而实现生产加工过程中自动、快速、准确的在线检验。

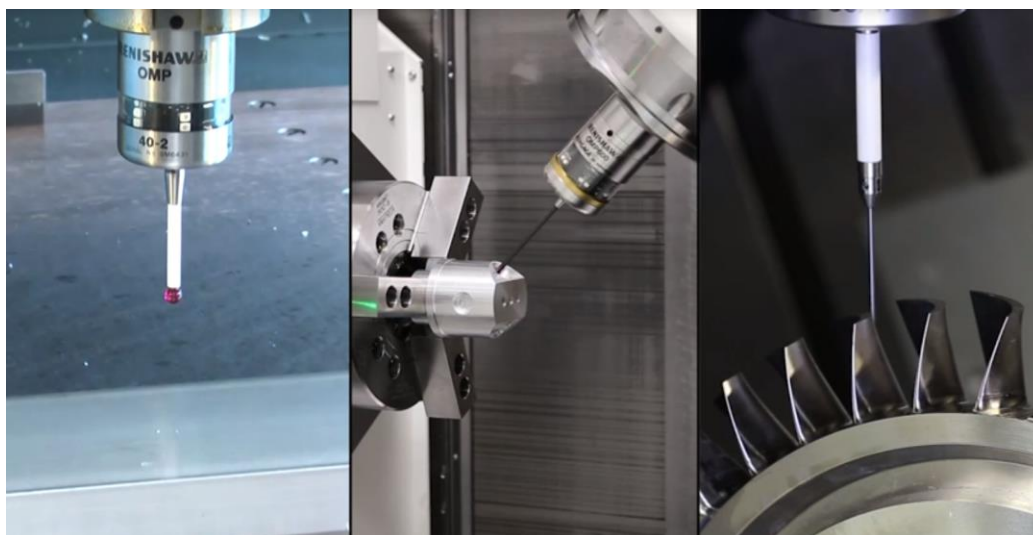


图 18-应用测头进行在线检测

该系统实现了对工件的自动、快速、准确的测量,降低人为误差,提高产品质量,通过实时监测加工过程中的工件状态,可及时发现并纠

正加工误差，避免了批量产品的报废和返工。

针对壳体检测引入自动检测设备，检测壳体的外径、跳动、距离、小头内径等指标，实现关键工序 100%检测。检测结果对接 SPC 系统，进行数据的统计和分析，质量数据自动录入 PIMS 系统生成过程检验记录，方便质量问题的跟踪追溯。

针对产品组装生产线采用视觉 AR 检测设备，通过传感器和图像识别技术精准识别产品的微小缺陷，提高检测的准确性和可靠性。检测结果数据通过 5G 网络进行传输与 PIMS 系统进行对接，通过人工智能和大数据分析技术，对质检数据进行深度挖掘和分析，发现潜在问题和改进机会，进一步提升质检水平和产品质量。

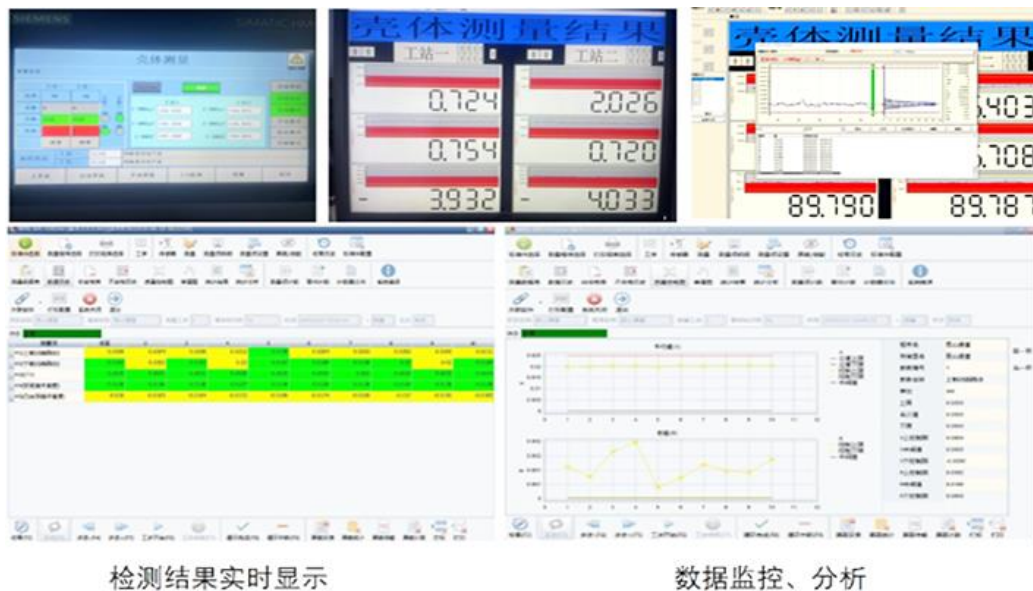


图 19-检测及分析界面

4.6.2 质量追溯与分析改进

(1) 存在的问题

全生命周期质量追溯面临数据孤岛、协同低效与可信度不足的多重挑战。以液压泵密封圈泄漏、变速箱齿轮渗碳不均、驱动桥焊接变形等典型质量问题为例，追溯过程需跨系统调取供应商钢材批次、热处理炉温曲线、机加工参数等多环节数据，但

因数据分散在 ERP、MES、SCADA 等独立系统中，手动关联耗时冗长。

虽然工程机械传动部件的生产数据和检测数据庞大，但利用率低，质量问题分析依赖人工经验，质量改进依赖周期性总结，缺乏数据驱动决策支持，难以快速定位根本原因，无法实时优化，缺乏跨部门的质量改进体系和生产过程的系统优化，导致问题反复。

(2) 场景改造思路

建立“精准追溯-智能分析-闭环改进”的全链路质量管理体系(QMS)，依托该系统，应用条码、二维码、RFID、5G、标识解析、区块链等技术，实现原料、设计、生产、使用等质量相关数据的实时采集与存储，通过一物一码对产品全生命周期数据绑定，并支持质量问题的全面记录与跟踪，确保问题可追溯。通过 MES 系统在机加工、热处理等工序中实时关联工艺参数、设备状态及操作人员信息，实现从原材料到成品出库的完整信息流的追溯与分析，推动质量管控从被动应对向主动预防转型，提升产品质量管理效率和准确性。

整合 MES、SCADA 等多系统数据，构建以部件唯一码为索引的质量大数据中心，通过图数据库建立多维度追溯模型，可正向追踪部件流向、反向定位缺陷根源；引入质量机理分析技术，利用信息系统自动关联多维度信息，深入探究质量问题的根本原因，形成结构化质量知识库，并通过数据分析和知识库的运用，进行产品缺陷分析，提出改善方案。也可结合 AI 驱动的根本

因分析模型，自动生成缺陷成因报告并推送至生产端优化工艺参数，形成“数据采集-异常拦截-根因分析-工艺优化”的闭环管理。

(3) 场景案例

某企业基于PIMS系统生产及质量全流程记录及条码技术的应用，建立了产品生产全过程档案，可以实现质量的正反向追溯。搭建BIQS管理平台，包括分层审核平台、质量控制平台、快反会议执行和故障数据管理分析从而实现生产过程质量的全流程管控。

全流程质量追溯和分析

针对产品质量全生命周期管理，以5G+工业互联网为基础，以PIMS系统为质量数据载体建立产品生产全过程档案，完善质量追溯链，实现正反向追溯，每个批次从采购进货检验、生产入库检验、工序完工检验再到销售退回检验等，涵盖产前、产中、产后全线质量管控，检测数据自动上传至PIMS系统并进行跟踪分析，为质量管理提供决策依据。公司实现采购、生产、质检、仓储管理全流程条码覆盖。

通过有效收集物料在生产和物流作业环节的相关数据信息，记录其检验过程数据及结果，实现物料全过程追踪监控、追溯的目标，最后利用数据建立质量计划、过程控制、发现问题、异常处理、管理决策、问题关闭的质量闭环管理平台，最终形成经验库与分析报表，打造来源可溯、去向可查、责任可追的质量闭环追溯系统。



图 20-追溯平台

公司对质量数据实时记录、集成和管控，搭建 BIQS 管理平台实现生产过程质量的全流程管控。通过分层审核以及快速反应会议，发现并搜集生产过程中存在的不符合项，并上传至 PIMS 系统，由相应的责任人分析问题发生原因并将落实改进措施上传系统，针对中长期问题，除了进行原因分析和落实改进措施外，还要进行 FMEA、控制计划、标准化作业指导书的更新，并进行经验教训总结。同时，快速反应提出的问题项也会在日常分层审核工作中进行复查，对改善结果进行确认。形成的问题清单最终由质量部审核关闭。

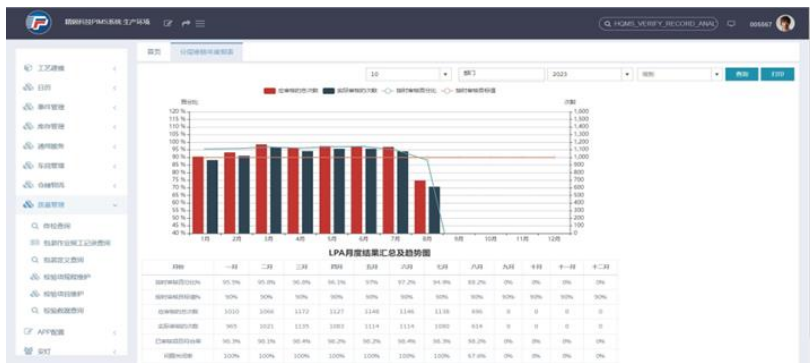


图 21-质量分层审核年度报表

在物料及产品条码全面覆盖的基础上，利用 PIMS 系统及 BIQS 管理平台准确记录、监管、追溯产品生产过程和相关质量数据，及时发现总结分析解决质量问题，增加产品的可靠性和稳定性，产品质量提升 3%，减少了不良品率。

4.7 设备管理

4.7.1 设备运行监控

(1) 存在的问题

设备的健康运行是高效生产的前提，传统的人工巡检存在效率低、故障判定和预测困难，设备运行监控方面主要体现在设备数据全面采集难、统一管理难等问题。以变速箱齿轮加工、驱动桥热处理、液压泵精密装配等场景为例，关键设备（如数控机床、热处理炉、磨床）的运行状态监测依赖人工点检或局部传感器，数据采集覆盖率不足，导致隐性故障难以及时发现。同时，设备数据分散在 SCADA、MES 等独立系统中，缺乏统一分析平台，信息孤岛问题突出。

传统阈值报警机制依赖人工经验判断，难以及早预测设备劣化趋势，突发故障易导致产线停滞，严重影响交付进度。

企业通常忽视设备健康状态评估，设备运行监控多关注表面运行指标（如电流、电压、速度），而忽略设备的综合健康状态（如零件磨损、寿命评估等），没有建立设备健康评估模型，无法准确判断设备运行是否存在潜在风险。

(2) 场景改造思路

建立设备运行监控系统，集成智能传感、5G、多模态数据融合等技术，实现对数控机床、磨削设备、热处理设备等关键设备数据的实时采集，进而通过先进机器学习/深度学习算法、综合性设备监控系统，实现设备数据全面采集与分析，实时监测当前状态及异常报警。并开展设备运行数据数据分析，如数据可

视化、历史数据查询与报表分析等。

构建设备健康评估模型及知识库，通过历史运行数据和实时监测数据，综合评估设备健康状态，结合健康评估结果，应用大数据等技术精确预测设备运行状态，前瞻性地识别潜在故障或异常，制定设备维护和更换计划，优化设备全生命周期管理，有效确保设备持续稳定运行，提高设备运行效率。

(3) 场景案例

某企业建立了全面实时在线检测管理系统，采集设备状态信息，并制定了相应指标体系和设备参数优化模型，实现了设备全生命周期管理。



天、周、月维度查询。

在自动化控制平台接入设备运行，通过对各类设备的数据采集，及时开展设备运维响应，同时建立设备参数优化模型，优化基于实时生产环境数据、排产信息、历史运行数据的参数智能配置，提升设备有效利用率(OEE)和健康管理水平，创新设备增值服务。



图 23-设备总览看板

通过实时监测和故障诊断可以减少故障排查的时间和精力，降低维修成本。利用 EAM 系统进行设备全生命周期管理可以提前发现设备故障的迹象并进行预测，提高设备的可靠性和稳定性以及利用率。

4.7.2 设备智能运维

(1) 存在的问题

设备智能运维面临维护效率低、故障响应滞后与资源浪费等多重挑战。传统运维模式依赖人工经验与定期检修，难以适应复杂设备的动态运行需求。例如，数控机床的刀具磨损预测依赖工人目测或固定周期更换，导致刀具未充分利用或突发断裂，造成加工精度下降与材料浪费；热处理炉的加热元件劣化

缺乏实时监测，突发故障后需停机数小时排查，影响产线连续性。关键设备（如高精度磨床、液压测试台）的维护数据分散在纸质记录或独立系统中，缺乏统一分析平台，历史故障模式无法有效复用。如某型号减速机装配线机械臂的重复性卡顿问题，因未关联历史维修记录与运行参数，每次故障均需重新诊断，耗时耗力。此外备件库存管理粗放，特种刀具、进口零件等备件积压与短缺并存，紧急采购周期长，进一步加剧了运维成本压力。

（2）场景改造思路

建立设备运维管理平台，实现设备关键运行参数数据的实时采集、故障分析和远程诊断；应用设备运维管理平台，结合边缘计算技术实现本地化特征提取与异常检测，提前预警寿命临界点，将运维计划与生产计划和质量管理等系统集成，实现运维与生产联动，优化设备维护时机，避免对生产节奏的干扰。

引入远程诊断与维护、数字孪生、运维机器人等技术和产品实现智能化运维。在高温、高危等特殊工况下，引入智能运维机器人，替代人工完成设备巡检和维护任务，对故障率高发或巡检发现裂化的部位进行重点检维修、优化维修资源投入。

基于设备故障案例和运维数据，应用故障机理分析技术，对设备数据进行深入分析，识别故障模式，形成建立设备故障知识库并与设备运维管理平台集成，整合设备数据、维护记录与备件库存信息，为一线运维人员提供标准化的操作指南和解决方案。

基于设备运行模型和设备故障知识库,应用知识图谱、机理分析等 AI 技术自动给出预测性维护解决方案。

(3) 场景案例

某企业建立设备基础监测诊断模型方法库、典型机电设备的状态预警和常见故障诊断模型,通过设备的故障树模型,分析设备故障的因果联系,开展设备的预测性维护。

数据驱动设备故障预测

某企业针对智能制造装备,应用 5G、传感器、大数据分析等技术采集设备状态(电流、电压、振动、转速等)数据至 EAM 系统,进行设备状态运行切片、设备异常参数等分析。建立热模锻压力机、螺旋压力机等相关设备的故障树模型,分析设备故障的因果联系,明确锻造设备所有故障间的关系,理清各设备故障的故障位置、发生频率等,有利于建立设备基础监测诊断模型方法库、典型机电设备的状态预警和常见故障诊断模型。

在建立设备维修履历及故障规则库的基础上,预先定义预防性维护 SOP,开展预防性计划。基于运行实绩的预防性计划,更加精准化预测非固定规则下预防性维护日期。

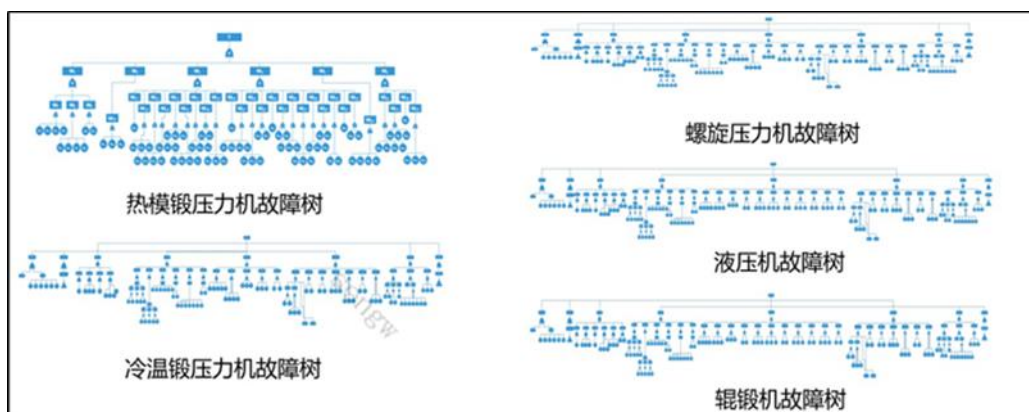


图 24-设备故障树

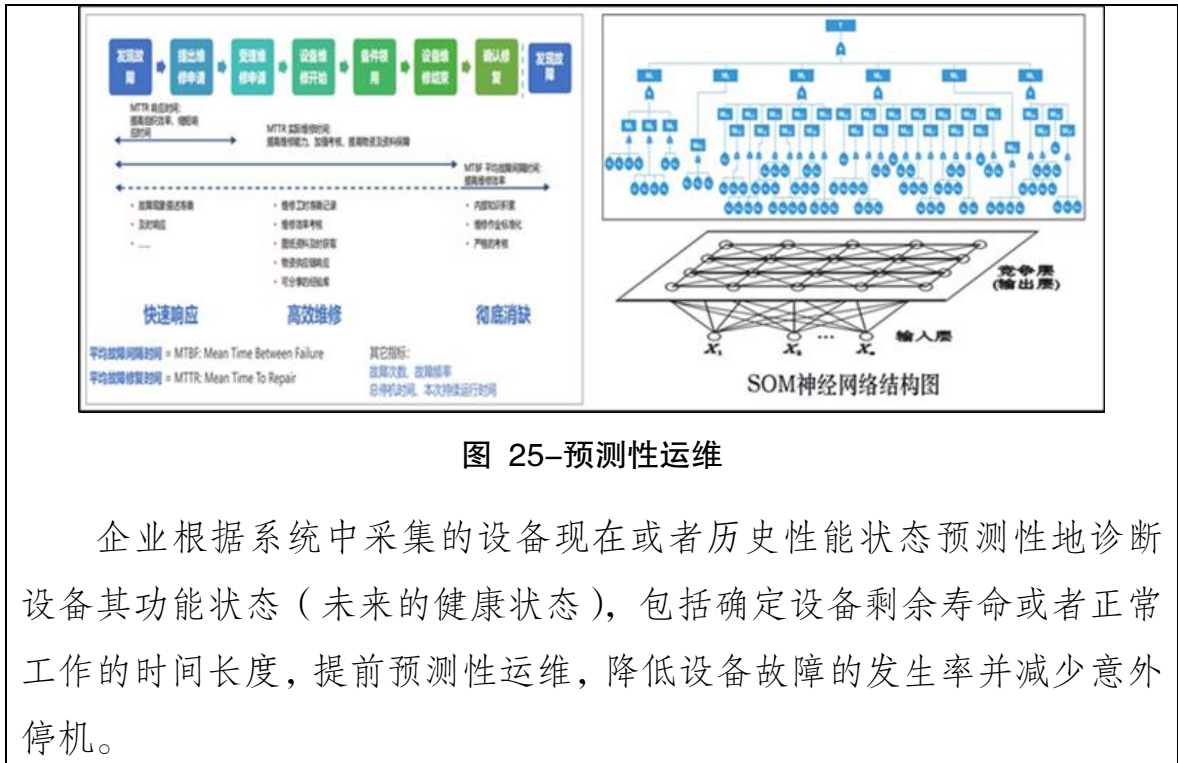


图 25-预测性运维

企业根据系统中采集的设备现在或者历史性能状态预测性地诊断设备其功能状态（未来的健康状态），包括确定设备剩余寿命或者正常工作的时间长度，提前预测性运维，降低设备故障的发生率并减少意外停机。

4.8 仓储物流

4.8.1 智能仓储

(1) 存在的问题

工程机械传动部件生产需要的原料种类多、重量大、供应商数量多，给供应链管理、仓储管理、场内外物流管理带来一定困难，面临着出入库效率低、库存成本高、物料配送不及时、不精准等问题。

传统平面仓库布局方式空间利用率低，增加了土地和运营成本。以变速箱、驱动桥、液压泵等核心部件的仓储为例，物料种类繁杂（如特种钢材、齿轮坯料、轴承、密封件），若依靠大量人工进行货物的分拣、盘点和搬运，不仅效率低下，还容易出错，尤其在高峰期或复杂订单处理时，人工负荷过大，延误生产。

多数企业仓储管理多采用手工录入或半自动化手段，仓储管理系统（WMS）未与 MES、ERP 系统完全打通，数据更新滞后，库存状态难以及时反馈，导致供应链管理失衡；随着多品种、小批量的柔性化生产趋势增加，传统仓储的货物分类、调度和交付能力无法满足动态需求变化，影响生产效率和客户满意度，难以应对柔性化生产需求。

(2) 场景改造思路

融合自动化装备与数据协同技术构建智能化、高密度的仓储管理系统（WMS），实现货物库位分配、出入库、移库等管理，通过 RFID 或二维码标识实现物料全生命周期追踪，并提升空间利用率与拣选效率。

引入自动化搬运设备(如堆垛机、AGV),针对重型部件设计专用夹具与安全搬运路径,避免人工操作的安全风险。

将WMS与MES、ERP系统进行集成,实时同步库存状态与生产需求,根据实际生产作业计划实现半自动或全自动出入库管理,同时采用射频遥控数据终端、声控或按灯拣货等先进技术来优化入库和拣货流程。并建立动态仓储管理模型,根据市场信息变化动态调整企业库存,支撑企业合理制定采购计划、产品交付计划等,避免过量存储或短缺,提高库存周转率。

应用数字孪生技术模拟仓储布局,在虚拟环境中验证不同堆垛方案对出入库效率的影响,实现库存的状态监测、在线盘点以及路径的优化。

(3) 场景案例

某企业针对其精密产品特性,采用托盘条码的模式进行实现智能仓储管理,入库时按托绑定物料和托盘,出库时根据生产计划进行合并出库。即实现了条码化的管理,又兼顾了现场的特殊性,多物料的混放管理算法和合并出库算法的应用在增加了立库的应用率的情况下也大大缩短了出入库时间。

智能仓储

某企业针对生产产品所需要多物料的特性,开发了多物料混放管理算法和合并出库算法,有效增加了立库的应用率的情况下也大大缩短了出入库时间。

建立的自动化立体仓库全部以托盘为单元,以条形码为标识,以ERP为依托,每一个货物的产生全部来自于上道工序的信息,数字准确无误。配置WMS实现数据的准确记录、查询、汇总和统计等等。现场采

取一托盘多品种物料的管理模式，通过 N:1 的绑定模式，以托盘为标识，实现物料的出入库管理。库内堆垛机采用红外识别模式，自动识别响应的库区和托盘。



图 26-自动化立体仓库

仓库管理人员采用手持 PDA 设备，通过扫码辅助进行物料和托盘的绑定。入库口配置自动称重、外形检测设备，对入库物料的重量和形态进行规范，出现超重、超规格物料入库，现场报警。

开发的 WMS 系统接口与各种设备系统集成，对各设备系统进行统一调度、管理。协调各个输送设备段完成仓库的出入库任务需求，并通过实时收集设备层反馈，做到对设备的实时监控及对任务执行状况的实时跟踪。WCS 在调度时遵循均衡负载、最短路径、优先级任务、堵塞就近等原则，对出入库任务组合实行优化，实现最佳的出入库双循环作业。

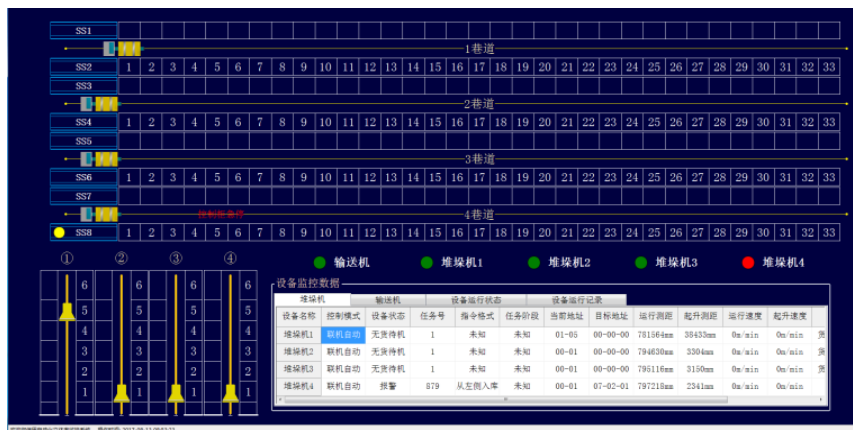


图 27-企业 WCS 系统

4.8.2 精准配送

(1) 存在的问题

传统厂内物流配送依赖固定路线与人工调度，面临路径僵化与响应滞后的核心痛点，难以动态响应生产扰动。例如，液压泵装配线因密封件配送延迟导致产线停滞，而 AGV 仍按预设路径运输非紧急物料，加剧生产中断。物料配送错误率高，重型部件在转运过程中因定位偏差发生碰撞，损坏精密加工面。跨系统协同不足，配送任务与设备状态、订单优先级脱节，例如某型号减速机的紧急插单需求未能及时调整 AGV 任务队列，延误交付周期。此外，复杂厂区环境（如多楼层车间、狭窄通道）进一步限制物流效率，传统导航技术适应性差，路径规划僵化。

(2) 场景改造思路

融合智能算法与柔性物流技术构建实时响应、动态优化的精准配送体系，基于生产计划进行物料按时配送，实现关键件及时配送。

通过部署 AGV 小车、无人叉车等智能配送设备并与信息系统集成，应用室内高精度定位导航、物流路径动态规划、物流设备集群控制等技术，支持复杂车间布局下的高效配送，实现厂内物料配送快速响应和动态调度，提升物流配送效率。或通过构建数字孪物流模型，模拟复杂厂区的配送路径与交通流量，预判瓶颈并优化 AGV 调度策略。

通过数字化仓储设备、配送设备与信息系统集成，应用多目标路径规划算法，结合实时订单优先级、设备状态与交通拥堵

数据动态调整 AGV 任务,依据实际生产状态实时拉动物料配送。

(3) 场景案例

某企业根据实际情况设计非标 AGV、基于 WMS 系统开发 LES 物料拉动系统,通过 WMS 系统与 RCS 调度系统集成应用,实现物料从入库、出库、配送全过程无人化,以及物料信息跟踪的智能化管

精准配送

某企业根据配送物料尺寸、重量、结构形式设计非标 AGV,综合应用激光 SLAM+二维码导航、自动控制、条码识别等技术,实现 AGV 自主运行与精确定位;开发协同控制系统,基于 WMS 系统开发 LES 功能,实现物料呼叫与过点拉动,通过 WMS 系统与 RCS 调度系统集成应用,实现物料从入库、出库、配送全过程无人化,以及物料信息跟踪的智能化管

理。

信息系统方面集成应用 WMS 仓储管理与 AGV 自动配送技术,包含 WMS 系统、AGV RCS 调度系统、AGV 小车、充电站、无线网络、物料器具等部分,WMS 系统用于平库库位与线边配送点位管理,以及物料存储位置与数量管理,且开发 LES 叫料功能,PDA 安装 WMS 客户端,可实现人工叫料或过点信息拉动两种任务生成方式;

AGV RCS 调度系统接收 WMS 下发的任务,调度 AGV 小车执行任务,RCS 调度系统根据出库库位与配送点位位置关系,自动规划最优配送线路,同时 RCS 还具备、交通管制、AGV 状态时时监控、充电管理等功能;AGV 采用激光 SLAM+二维码+双目相机导航方式,结合工控机程序按照 RCS 调度系统规划路径自动执行搬运任务;物料容器设计预留底部空间,配合 AGV 进入容器下方搬运;通过以上信息系统、设备、器具综合应用,实现装配区域物料自动出入库与精准配送,减少物流配送人员、提高物流配送效率与及时性。

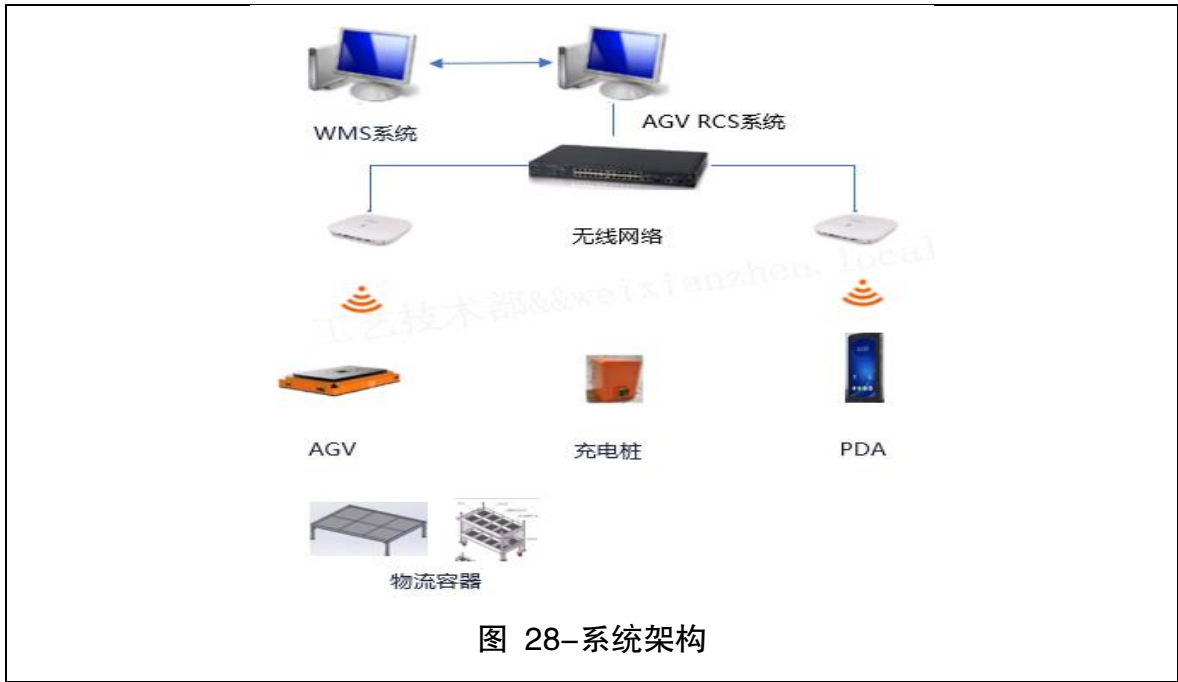


图 28-系统架构

4.9 安全管控

4.9.1 危险作业自动化

(1) 存在的问题

工程机械传动部件生产为典型机械加工过程，在铸造、锻压、重型部件搬运、热处理涂装等环节存在机械危险、电气危险、热危险、粉尘危险、辐射危险等，尽管部分如高温、高压等危险作业有一定程度的自动化，但仍有大量的危险作业环节依赖人工操作，部分企业自动化设备的部署仍停留在基础水平（如简单的自动上下料），在一些危险作业环节自动化技术尚未实现高效、精准、智能化控制，不能完全替代人工，安全风险突出且效率不高。

(2) 场景改造思路

在现场作业端张贴安全标识，应用安全光栅、安全护栏等方法，强化现场安全管控。

引入机器人自动化作业，全面推动危险作业的自动化替代。在高风险岗位如焊接、喷涂、切割等工序中引入自动化机器人或机械臂，减少人工操作。为工人配备智能头盔、智能手套等穿戴设备，其内置温湿度传感器、气体泄漏传感器、生命体征传感器等，能够实时监测作业环境和人员生理指标，并通过语音提醒、震动反馈等形式告知操作人员潜在的危險。

在危险作业区域安装传感器、摄像头等监控设备，建设智能作业单元实时监测作业状态，异常情况或潜在风险时，系统自动触发报警，提醒操作人员及时采取措施。增加远程监控和辅

助作业功能，通过远程监控平台实时查看作业现场的情况，并通过远程控制系统对作业设备进行一定程度的操作或调整，实现危险作业环节的少人化。

建设安全管控系统，根据预设规则和算法自动完成调整作业参数、启动或停止设备等部分危险作业任务，应用信息系统根据历史作业数据和实时反馈不断调整和优化作业策略，提高危险作业环节无人化程度。

(3) 场景案例

某企业针对铁水转运过程中事故高发、劳动强度大，效率低等问题，通过采用人工智能、物联网智能传感等技术，实现铁水转运过程的自动化、智能化控制，并利用人工智能、大数据分析技术，对铁水转运过程的数据进行分析和挖掘，实现了转运效率和产品质量的全面提升。

危险作业自动化

某企业在铸造工序通过采用人工智能、物联网智能传感等技术，实现铁水转运过程的安全与自动化、智能化控制。

装备方案：采用无人转运车辆、自动倾倒装置和计量装置等装备，按照预设路线与浇注机进行接驳，实时计量铁水的重量，实现铁水转运的自动化和智能化操作。

软件方案：利用大数据分析技术，对铁水转运过程的数据进行分析和挖掘，优化转运效率和质量。采用自动化控制图像识别和物联网等技术，实现铁水转运的自动化和智能化控制。

网络方案：构建工业互联网平台，打通 IT 信息系统、工控系统、智能装备、智能产线等实现设备互联互通和系统集成打通，保证信息的实时传输和监控。



4.9.2 安全一体化管控

(1) 存在的问题

安全管理存在数据分散、预警滞后与响应孤岛等问题。安全数据的采集并不全面，关键安全数据（如温度、气体浓度、压力等）的监控点设置不全，可能遗漏潜在的安全隐患。很多企业在安全管控上仍停留在传统的人工巡检、定期检查等方式，缺乏基于数据分析的智能风险预警和预测机制。部分企业安全管理系统相互独立，缺乏有效的数据集成和信息共享，信息孤岛问题导致安全管控的整体效能降低，无法对全厂安全状态进行综合监控和快速响应。

安全管控体系有待健全，有些企业的安全管理责任制不明确，安全管理人员与操作人员之间责任划分不清，导致安全事件发生后，无法追溯到具体责任人。一些企业虽然制定了较为完善的安全管理制度，但在实际操作过程中，管理层未能严格执行，导致安全隐患暴露。大部分企业虽然制定了应急预案，但实际的演练和应急响应机制不完善，缺乏高效的应急处置能力。在发生危险事件时，不能迅速、有效地控制事态。

(2) 场景改造思路

使用压力、温度、流量等传感器或摄像头等设备实时监控生产环境中的安全隐患（如火灾、泄漏、过载等），在高风险区域应用AI视觉识别技术实时识别未佩戴防护装备人员闯入危险区域等。

建立生产安全管控系统，建设员工安全培训、风险管理等知识库，集成生产监控、环境监测、设备健康等各类数据，实现安全数据统一管理，自动识别潜在安全风险并发出预警，提高安全防护水平。

构建数字化风险评估模型，评估生产线、设备、人员等方面的潜在风险，及时推送安全预警并进行动态应急响应，指引管理人员及时调整生产计划或操作方式。应用生产运行风险动态监控、非法入侵、安全预警等技术，实现危险源的动态识别、评审和治理，

搭建应急处置系统，实现安全风险的实时监控和预警，如部署集成烟雾、温度、气体泄漏等多种传感器的火灾探测和预警系统，实时监测车间和生产区域的火灾隐患，特别是在高温加工环境（如焊接、热处理等）以及易燃化学品存储区域，自动触发应急响应措施，提高安全防护水平和安全事故快速处置能力，降低事故发生率和损失。

(3) 解决方案建议

某企业建立安全生产监管系统，应用视觉技术进行安全一体化管理，实现人员、火灾、危险区域、事故预防等安全预警。

基于计算机视觉的安全预警

某企业建立安全生产监管系统，引入基于计算机视觉的 AI 技术，通过安装高清摄像头，结合深度学习模型（如卷积神经网络），实时检测车间员工的行为及车间状况，在人员进入工作区域时自动验证检测算法，做到实时监控和自动预警，提高安全管理的自动化和数据化水平，减少人工检查的盲点与延误。包括安全帽佩戴监控减少人员伤害风险，早期火焰检测降低火灾事故的发生率，安全区域的智能化入侵监测避免未经授权人员进入危险区域，人员摔倒、离岗等行为检测降低事故发生。

企业搭建子平台与顶层平台，子平台负责 AI 平台能力的使用，生成告警数据并进行管理，同时生成的数据可上传至顶层平台，顶层平台对上传的数据拥有管理权限。为确保各项安全措施的高效运作，所有的视觉监控系统将与车间的生产管理平台进行集成。通过数据集中管理与分析，可以实现对安全状况的实时监控、历史数据回溯和安全事件分析，为车间的安全生产提供数据支持。



图 30-安全生产监管系统

4.10 能碳管理

4.10.1 能源智能管控

(1) 存在的问题

工程机械传动部件的生产过程中，水、电、气等能源消耗在生产投入的占了较大的比重，高耗能设备（如热处理炉、空压机、铸造线）的能效低下问题尤为突出。以变速箱齿轮热处理为例，炉温控制依赖人工经验，升温曲线未动态适配钢材批次与生产节奏，导致无效能耗占比偏高。但各种能源系统设备（高低压配电、空压机、冷水机组等）存在分散独立、难以统一调度、人工巡检监控滞后、动力能源生产信息可视性差等问题，无法有效利用和监控，没有工具支撑能耗数据的可视化管理。多车间能源数据分散在独立系统中，例如铸造车间的用电数据与MES生产节拍脱节，无法关联分析单位产值的能耗波动原因。此外，能源浪费现象普遍存在，例如液压泵测试台在非生产时段空载运行，待机能耗未被有效管控；老旧空压机因缺乏能效监测，运行效率逐年下降，但替换决策滞后。常规的管理手段较粗放，基本上都是在账单数据出来以后再通过人工抄表的模式进行核对，能源消耗数据都是滞后反馈，用能单位得不到能源的实际数据、企业领导摸不清能源生产和消耗情况，不能有效提升能耗的预测及节约。

(2) 场景改造思路

构建“感知-分析-优化”一体的能源智能管控体系，在关键耗能设备（热处理炉、空压机、熔炼炉）使用多模态传感器网

络,实时采集电流、温度、压力等参数,实现全域能源数据感知;建设能耗管控系统,整合能源数据与生产、设备、环境数据,实现能耗数据统一管理,推动能源使用从经验驱动转向数据驱动。

对能源输送、存储、转化、使用各环节进行全面监控,进行能源使用和生产活动匹配,并实现能源调度。如通过智能电表与边缘计算节点监测驱动桥铸造线的熔炼炉功率因数,识别谐波畸变导致的低效运行时段;关联变速箱机加工队列与空压机负荷曲线,动态调整供气压力,减少空载损耗等。

建立能源管理平台,应用能源平衡调度技术,实现能源数据与其他系统数据共享,为业务管理系统和决策支持系统提供能源数据。

建立节能模型,实现能流的精细化和可视化管理。

针对多厂区协同,部署分布式能源管理系统,整合光伏发电、储能设备与电网调度,提升绿电占比。通过区块链技术固化能源审计数据,确保碳排放核算的可信度,为参与碳交易提供可靠依据。

(3) 场景案例

某企业搭建综合能源管控系统,采用分散控制、集中管理,管控结合的方式,将全厂变压器、开关、智能电表装备、各种传感器并组成网络,实现总体用能、分路用电等电能消耗的实时动态监控和计量,开展用电分析。

基于大数据分析的能源监测与优化

某企业应用综合能源管控系统,通过 lora 无线采集和 5G 智能网关通讯传输,采集重要负荷、实时用电量以及功率等信息,对厂区用电信

息统计实现用电数据可观可测。



图 31-综合能源管控系统

通过综合能源管控系统实现电量三级计量,通过综合能源管控系统管理高耗能设备的历史数据,包括用电量、功率以及变化曲线等,并通过报警配置及时提示能耗异常情况。如每一重点高能耗设备在系统中均形成总负荷(功率和电流)曲线图,自动判定实时数据是否在正常标准内,若超过固定数据,一旦现象频繁出现,则需考虑将部分负载转移至其他变压器控制,避免发生过电流保护故障,影响正常生产秩序。

综合能源管控系统的月耗电量数据同步至决策分析平台,结合PIMS系统集成至决策分析平台的车间物料产量,统计各车间每月的单品耗电量。明确各车间每月的单品耗电量,对于单品耗电量较高的月份提出改进建议,要求对应车间进行能源节约,减少能源消耗。

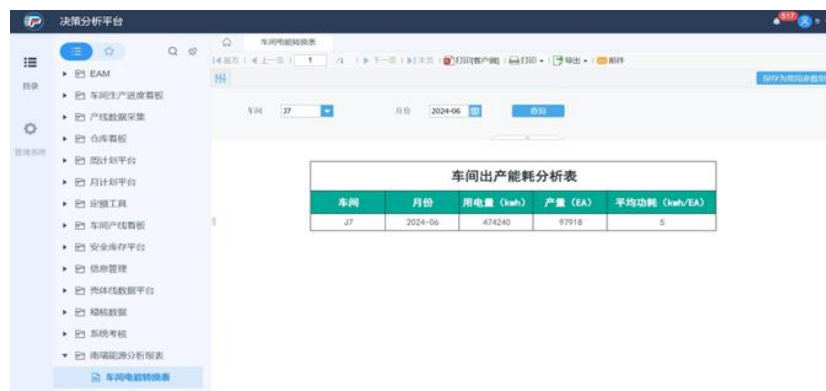


图 32-决策分析平台-结合产量能耗分析

4.11 环保管理

4.11.1 污染在线管控

(1) 存在的问题

人工抽检与离线监测进行污染管控难以满足工程机械传动部件生产的实时性与精准化要求。以涂装、铸造、热处理等环节为例，污染物排放（如 VOCs、粉尘）的监测与治理存在显著短板。涂装车间挥发性有机物（VOCs）的逸散依赖定期采样检测，超标排放难以及时发现；铸造环节的粉尘排放监测点覆盖不足，熔炼炉烟尘因未实时联动风量调节，除尘设备运行效率低下。

此外，传统治理手段（如活性炭吸附、化学中和）依赖经验操作，缺乏智能调控能力，污染数据分散在环保部门、生产系统与设备控制平台中，跨系统数据割裂问题突出。

(2) 场景改造思路

针对传动部件制造中的典型污染源（切削液废液、油雾、粉尘、VOCs、噪声等），在关键产线节点部署高精度污染排放在线监测设备，捕捉污染物排放数据，利用信息系统实现环保管理，自动采集并记录污染数据，并实时监控及报警，开展可视化分析。

将污染监测数据和生产作业数据的集成应用，建立数据分析模型，开展排放分析及预测预警。利用机器学习分析历史数据，自动生成不同工况下的污染阈值并预警，替代传统固定限值。当检测到污染物超标时，平台自动触发净化设备（如油雾收集器的变频风机提速）、调整工艺参数（如降低切削液喷射压力

减少飞溅)或启动应急处理(如废液管路切换至回收罐)。

(3) 场景案例

某企业在环境风险区域构建了废气、废水在线监测管理系统、固废管理信息系统、环保用电监控平台等,实现对公司多类污染源监测、追溯、预警和高效处理。

污染在线管控

某企业通过应用污染监测与控制、污染源追溯等技术,实现对公司多类污染源全过程动态监测、精确追溯、风险分级预警和高效处理,确保废气废水稳定达标排放、固体废物全过程合规处置,大幅提升环保管理水平。

废气处理系统采用先进处理工艺,连接DCS、PLC等装置连续测量并记录治理设施控制指标,实现数据实时监控及报警。废气收集治理后通过VOCs在线监测系统测量到污染物浓度、烟气流速等数据,再通过PLC、工控机对数据采集分析,实现直观动态地显示实时数据的功能,当数据超出设定值,可通过PC端和手机端自动接收预警信号。

废水经处理后通过水质在线监测系统监测污染物排放浓度值,自动完成水污染源在线监测数据的采集、输出及上传,实现废水监测数据的可视化、实时监控与报警。

在危废暂存中心配置危废规范化管理终端设备,应用物联网等技术实现危废入库称重以及危废信息的采集和存储,实时传输固废管理信息系统。系统平台包含有库存实况、转移管理、统计分析等功能模块,实现远程查看实时库存、跟踪转运、处置和再利用的过程监控和追溯等。

4.12 供应链管理

4.12.1 供应链计划协同优化

(1) 存在的问题

工程机械传动部件生产周期较长、工艺复杂,任何一个环节的延误都可能影响整个生产计划。许多企业的供应链计划未能有效与市场需求或生产实际对接,尤其是在零部件种类繁多、市场需求波动大、订单变化频繁的情况下,传统的供应链计划方法往往无法精准预测未来的需求,造成采购、生产计划的滞后。由于计划信息传递滞后、响应机制不及时,导致产线和采购环节频繁出现“缺料”或“库存过剩”的问题。尽管企业具备一定的信息化系统,但这些系统往往缺乏高效的数据分析和决策支持功能,无法基于实时数据进行动态调度和计划优化。多目标优化能力不足,需同时平衡成本、交付周期与供应商能力,例如紧急订单插入时,人工调整采购与排产计划效率低下。

(2) 场景改造思路

建立供应链管理系统,在供应链各环节之间建立计划协同机制,通过工业互联网平台整合供应商、生产、仓储及客户端的实时数据(订单、库存、产能、物流),结合AI算法动态优化采购计划、排产策略与配送路径,自动调整采购周期、采购量等,确保各环节的生产、采购、库存等计划相互衔接和一致。

加强供应链信息系统集成,将ERP、MES、WMS、TMS等系统进行有效整合,通过云平台与协作工具促进内部部门(如生产、采购、物流)及外部供应商之间的信息协作,确保供应商、生产

和物流环节的实时信息流通，避免信息孤岛，提升整个供应链的响应速度与协同效率。

建立敏捷供应链管理机制，通过灵活的供应链管理流程和快速响应机制，应对突发事件，实时调整生产计划和采购策略，确保供应链的稳定性和可靠性。

(3) 场景案例

某企业通过供应链系统整合现有业务系统数据，打通仓储、生产、质控、客户等各个系统内部数据关系，与供应链上下方共享供需信息，制定并随时微调供应链计划，保证平滑生产和及时供应，降低库存，有效代替传统推式生产和黑暗式预测造成的高昂的供应链成本，实现基于市场、采购、库存、生产等数据的供应链计划协同优化。

供应链计划协同优化

某企业通过构建纵向以计划需求总目标穿透、横向以供应满足拉通全价值链的“网联平台型”运作架构，形成分层分级协同配合的卓越采购管理。与智慧仓储管理平台 WMS、MES、CRM、QMS 等系统集成，采集、传递、存储、分析、处理供应链中的订单、物流以及库存等相关指标信息，打通各层级信息孤岛壁障，通过自动优化物料需求计划 (MRP)，提高 MRP 运算速度、配送指令创建速度和配额比例准确性，实现人员优化；完善系统采购订单管理功能，集成 SAP 采购计划数据，提升订单协同管理能力，供应商确认订单交付时间，数据自动同步相关信息至采购业务员，及时进行订单的调整，降低供应风险。

通过强化库存数据信息共享，提升供货齐套率，在系统中设计采购订单执行可视化看板、采购物料齐套性看板，库存信息实时共享，并依据其供需端特点适配管控方式、应用场景及运营机制，建立共性和差异

性高效平衡的敏捷管理,实现一点变化多点同时响应的敏捷方式及精准管理决策,提高供应链的灵活性和响应速度。



图 35-数字化供应链控制塔

4.12.2 供应商数字化管理

(1) 存在的问题

目前很多企业仍通过传统的季度或年度绩效考核方式对供应商进行评估,评估内容单一,无法全面反映供应商的实际表现(如交货期、质量、生产能力、应急响应能力等)。由于缺乏实时、动态的供应商绩效管理体系,难以准确预测和评估供应商的长期能力。供应商在交货期、质量、成本等方面的不稳定性无法及时发现并采取纠正措施,导致企业生产计划不稳定。大部分企业未实现与供应商进行系统级对接,无法实时获取供应商的生产计划、库存水平、交货情况等信息,导致采购决策不精准、计划难以执行。同时由于信息共享的不足,双方难以在供应链优化、技术创新等方面进行有效合作。

(2) 场景改造思路

建立供应商数字化管理平台，实现订单管理、生产计划、库存管理、物流跟踪等环节的在线实时协同。通过 EDI、B2B 平台等技术，优化与供应商的信息交互。

完善供应商绩效评估体系，采用基于数据的实时绩效评估系统，实时监控供应商的质量、交货期、响应能力等指标。结合智能化评估工具，开展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，帮助企业更精准地选择和管理供应商。推进与供应商的长期战略合作，从传统的交易关系转变为战略合作伙伴关系，深化双方在产品研发、生产计划、技术创新等方面的合作，通过信息共享、联合优化等手段提升供应链效率。

针对中小型供应商，提供必要的数字化转型支持与培训，帮助他们建立数字化生产和管理系统，提升供应链的整体数字化能力。

(3) 场景案例

某企业建立供应商管理系统，从供应商引入、评价及评价结果等方面应用进行供应商数字化管理。

供应商数字化管理

某企业建立供应商管理系统，通过主动寻源与平台开放相结合引入供应商建立供应商库，从质量、交付、成本、技术、服务五个维度对供应商日常绩效进行评价。

企业开放供应商注册门户，通过主动寻源与平台开放相结合，引入业内优质供方，形成竞争机制，提高供应商质量、降低物资采购成本。

对供应商从纵向的质量、交付、成本、技术、服务五个维度进行绩效表现评价，质量、交付、成本数据从 MES，X-DSC，SAP 系统提取；服

务由采购部人工打分，技术支持由技术部门人工打分。所有数据由采购部门扎口管理，统筹完成指标数据收集整理评价工作，及时公平体现供应商绩效水平。对多品类供应商评价按照供应商主供货品类进行评价。

其中供应商质量指标分为外部质量反馈率和一次交验合格率，质量改进有效率，数据来源为 MES 系统的生产过程不良数据、客户系统的市场反馈数据，数据推送给供应商，指导供应商完成质量改善；成本数据来自 SAP 系统的价格库，由价格管理人员把审批后的价格录入 SAP 系统后，形成有效价格。交付数据来自 X-DSC 系统，根据需求日期和 WMS 系统反馈的实际到货日期计算交付及时率。

物料类别	供应商编码	供应商名称	主要物料名称	配套产品	配套物料类型	分组	本年度供货量	综合得分	等级	备注
铸件	*****	*****机械制造有限公司	桥壳	**桥、**桥	铸件	1	**	91.1	A	
铸件	*****	*****股份有限公司	桥壳、轮毂、轮架、托架、差壳、调整螺母、连接毂、制动壳等	**桥、**变速箱	铸件	1	**	90.4	A	
铸件	*****	*****机械有限公司	端盖、制动盘、轴承盖、密封盖	**	铸件	1	**	85.7	C	
铸件	*****	*****机械有限公司	一档/倒档行星架、导轮座、圆螺母、泵	**	铸件	1	**	85.6	B	
铸件	*****	*****制造有限公司	箱体、小件、主壳体、副壳体	**	铸件	1	**	84.7	A	
铸件	*****	*****科技有限公司	小铸件、制动盘、端盖	**	铸件	1	**	79.5	C	
铸件	*****	*****技术有限公司	涡轮组总成、导轮、泵轮、导轮座	**	铸件	1	**	80.7	C	
铸件	*****	*****铸业有限公司	控制阀阀体	**	铸件	1	**	78.6	C	新选供方

图 36- 供应商评价

采购部门通过综合质量、交付、成本、服务、技术支持各项分值，产生评价结果，输出 ABCD 四个等级供应商。并根据不同等级采用不同的管理策略。

4.13 多环节模式创新

4.13.1 数据驱动产品设计优化

(1) 存在的问题

产品设计若长期依赖工程师经验与物理试验，存在设计周期长、试错成本高、市场响应滞后等问题。传统设计流程中，客户需求、使用场景与生产数据未能深度融入研发环节，工程师很难获取到全面、实时和准确的数据来支持设计决策，这导致设计决策可能基于不完整或过时的信息，增加了设计风险和市場不确定性，产品迭代效率低下。

此外，多源数据（如仿真结果、试验数据、用户反馈）分散在不同系统中，没有形成系统性、规范性的管理，没有实现数据全面共享，加上产品信息也越来越多，数据一致性差，变更频繁，缺少统一、规范性管理，设计、工艺与生产环节协同不足。

(2) 场景改造思路

在现代工程机械传动部件行业，面对产品快速研发、复杂结构设计、用户个性化设计等日益增加的需求，企业需要借助前沿的数字化技术和数据驱动方法来提升产品研究的效率、创新性和市场适应性。集成市场、设计、生产和使用等多维数据，并结合创成式设计方法，能够有效推动产品形态、功能和性能的研发设计以及持续优化，从而缩短产品研发周期，加速产品创新。

面向产品快速研究的多维数据集成：整合来自市场需求、设计阶段、生产工艺、使用反馈等多个环节的数据，应用信息系统

使技术人员能够基于实时数据进行快速调整，实时更新设计方案。通过云端协作平台，不同部门和团队能够实时共享设计数据、测试结果和市场反馈，减少沟通时间和信息传递误差。实时数据反馈机制和快速协作，缩短产品从设计到生产的周期，加快产品创新。

构建行业知识库，沉淀历史设计案例、失效模式与优化方案，引入先进和智能化设计手段，满足复杂结构与个性化设计需求：应用生成式设计工具，输入性能目标（如轻量化、高承载）与约束条件（如材料成本、工艺可行性），自动生成多套设计方案。

利用增材制造、仿真等技术进行物理验证和测试，使技术人员能够提前识别设计缺陷，并迅速进行调整，优化设计，减少传统试制阶段的时间和成本。

加强跨部门协同与知识沉淀：搭建统一数据平台，打通设计、工艺、生产、供销等系统数据流，避免设计与制造脱节。

（3）场景案例

某企业利用 PDM 系统实现跨部门和跨团队的协同研发，设计、制造、市场和服务团队能够共享同一平台上的数据与设计结果，同时通过 Creo 7.0、ERP、MES 系统的集成，实现数据驱动产品设计优化，提升信息的传递效率和决策的科学性。

数据驱动产品设计优化

某企业通过 PDM 系统整合市场反馈、设计、生产和产品使用数据，构建全面的产品数据库，作为设计决策的基础，提供从市场需求到使用反馈的全面信息，使研发团队能够实时跟踪产品性能及用户偏好，根据

多维数据的实时反馈，进行方案优化。

企业引入创成式设计方法，借助某 CAD 软件的 top-down 设计功能，基于结合数据分析结果和优化算法生成多个产品设计方案。在设计软件中建立的模型能够分解并保存在 PDM 系统中，方便工程师能够在设计过程中灵活修改和调整原型，确保设计方案的快速迭代和验证。

通过 PDM 系统，工程师利用制定统一的数据标准、流程标准和文件模板，确保各个团队在同一套规范下开展工作，减少沟通成本和误解，从而提高项目管理的质量和效率。

通过 PDM 系统，公司实现了跨部门和跨团队的协同研发。设计、制造、市场和服务团队能够共享同一平台上的数据与设计结果，提升了信息的传递效率和决策的科学性。通过 PDM 与设计软件的集成，设计工具与 PDM 之间实现了双向数据交流。PDM 系统能够读取设计图纸中的零部件信息并自动生成产品 BOM，在 PDM 系统中进行有效管理，确保设计 BOM 的完整性、正确性和一致性。

4.13.2 大规模个性化定制

(1) 存在的问题

工程机械传动部件行业在大规模个性化定制中面临的核心矛盾在于如何平衡标准化生产与灵活定制需求之间的冲突。一方面，产品模块化设计和标准化程度不足导致模块复用率低、配置效率低下，难以通过快速组合满足多样需求；另一方面，传统生产设备与工艺的刚性限制了小批量订单的柔性生产能力，叠加多品种生产的成本控制难题，进一步加剧规模化定制的经济性挑战。与此同时，数字化管理系统中的信息孤岛和智能化决策短板，使得客户需求难以实时转化为设计与生产指令，而

需求识别的模糊性及动态修改的响应延迟，则导致定制精准度下降。此外，供应链协同效率低、定制成本与价值的失衡，以及复合型技术人才缺乏等问题，共同构成了行业向大规模定制转型的深层障碍。

(2) 场景改造思路

随着市场需求的变化，工程机械传动部件个性化、多品种和小批量定制的需求逐渐增多，采用模块化设计、平台化架构、柔性化系统等手段，构建“模块化设计-柔性生产-敏捷供应链”协同的个性化定制体系，实现规模化与定制化的动态平衡。

建设模块化产品设计平台，将产品分解为标准化模块与可配置接口，建设设计知识库，应用参数化设计工具动态生成模块化组合方案，快速响应定制需求。打通 PLM、MES 与 SCM 系统，实现数据无缝流转，产品定制设计完成后，工艺参数自动同步至机加工设备，并触发采购需求。

部署可重构产线装备建设柔性生产线，如快换夹具、多关节机器人等，支持产线快速换型，应用动态排产算法，根据订单优先级与设备状态调整生产队列，实现智能调度。

(3) 场景案例

某企业采用互联网云技术与产品大数据管理进行用户远程产品定制，通过提升产品设计标准化水平，建立多单元、多产线柔性化生产线确保不同类型和规格的定制产品能够在同一生产线进行生产等手段实现客户大规模个性化产品定制。

大规模个性化定制

某企业采用互联网云技术与产品大数据管理实现用户远程产品定制。提高产品研发过程标准化、系列化水平，从而提高产品研发效率，缩短生产周期，降低产品成本。致力建设一个基于互联网+的信息化、智能化研发平台，实现智能设计资源的共建共享。通过产品平台、产品族、产品结构及相关参数，系统根据指令在 PDM 存储库中查询现有产品数据，并进行选用。通过类似产品的重用从根本上保证产品设计标准化水平。

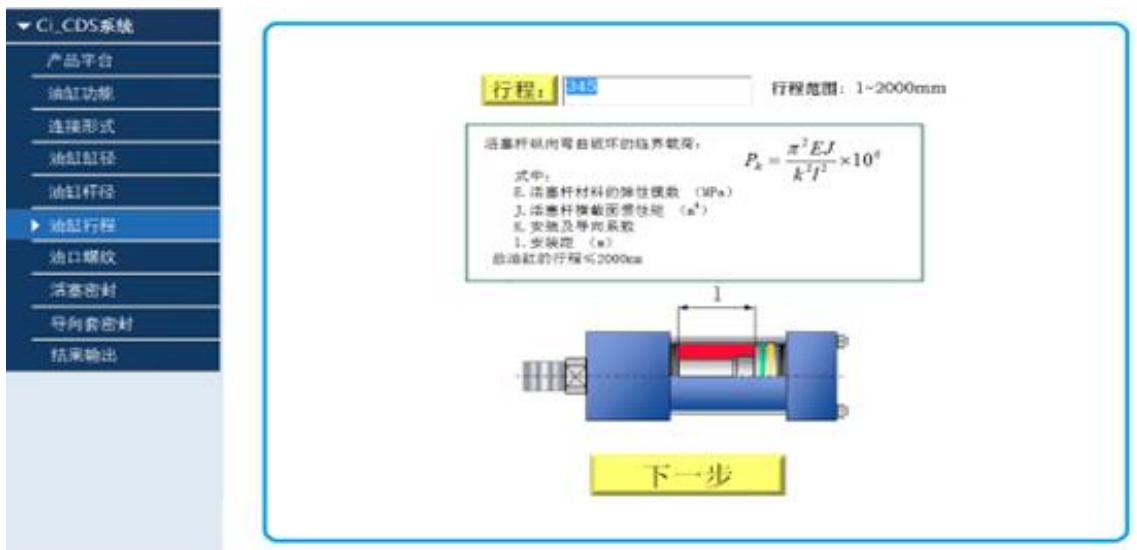


图 37-Cl_CDS 系统远程产品定制界面

企业打造智能化液压阀生产线、智能化液压缸生产线、智能化涂装生产线、智能化电镀生产线等四条智能化产线，依托工业互联网平台、智能管理与决策分析平台、大数据分析平台、全生命周期智能管理平台、云计算、人工智能等相关技术，建立了多单元、多产线柔性化生产线协同生产线。通过生产调度系统结合自动化设备，实现生产线在物料、工艺、设备和人员等方面的灵活调度与优化，确保不同类型和规格的定制产品能够在同一生产线进行生产。企业生产制造执行系统（MES）为纽带，以 ERP 系统为基础，使用信息网络技术，将焊接机器人、数控加工中心、AGV 与 RGV 输送设备、自动化装配设备及涂装、电镀设备等自动

化设备与生产管理信息系统相结合，实现先进设备的自动化运行；使用人工智能技术的专家数据库、高精度传感技术和柔性生产技术，实现自动化设备人机一体化控制，并对设备的运行状态、工艺参数和质量信息进行自动化采集和实时监控，借助计算机模拟人类专家的智能活动进行分析、推理、判断、构思和决策，从而实现生产过程的自动化、柔性化和少人化。

5 路径与方法

5.1 实施路径

5.1.1 实施基本原则

整体规划、分步实施。

从工程机械传动部件产品的生产全流程出发，制定企业智能制造整体战略。根据基础条件和需求急迫程度，制定分阶段实施方案，分步骤推进规划落地。

夯实基础、创新驱动。

面向智能制造技术需求，加快夯实信息化自动化等方面的基础。积极探索大数据、人工智能、5G 等新一代信息技术与工程机械传动部件行业的融合创新。

标准先行、应用落地。

构建统一的标准体系，统一的数据库平台、产品研发的工具软件、仿真软件平台、管理软件平台、工业自动化系统平台等，避免多种平台“混搭”，确保建设后各系统和各环节标准互认、数据互通。围绕供应链协同、后市场服务等典型场景，加速智能制造应用落地。

资源保障、制度保证

依据发展规划，应结合企业管理现状、经营现状，提供切合实际的资金、人才。建立完善的实施组织架构、推进制度和权责体系，保证智改数转网联取得实效。

安全可控、不断优化

将安全作为融合应用的前提，提升设备安全、控制安全、平

台安全、应用安全、网络安全、数据安全、应用安全的保障能力。充分考虑信息系统的柔性化、平台化、可配置化和可扩展，根据企业的动态发展变化及时维护升级，根据企业需求的变化不断调整建设计划，优化提升智能制造整体水平。

5.1.2 实施流程

工程机械传动部件行业智改数转网联的实施可按现状评估、战略规划、方案设计、实施建设、迭代优化等步骤不断推进并提升。此外，工程机械传动部件企业应在自身能力基础上，更多地联合相关科研院所、解决方案供应商等主体，共同推进“智改数转网联”建设实施。

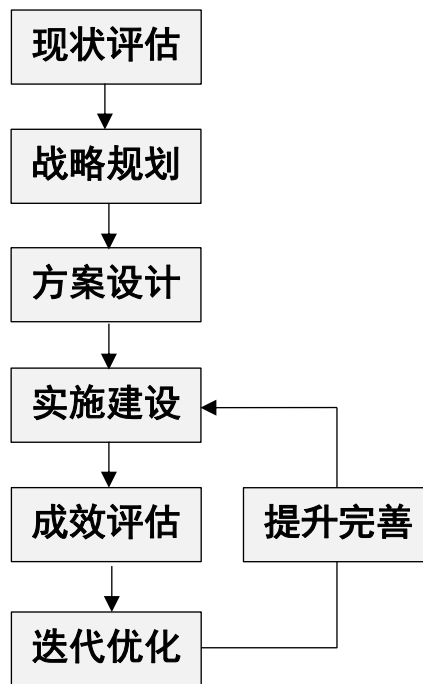


图 38-工程机械传动部件行业“智改数转网联”实施流程

(1) 现状评估

总体围绕关键绩效评估、业务差距识别、能力短板诊断等三个方面开展现状评估，明确企业关键业务问题，精准识别能力

建设方向。并且针对评估结果对标优秀企业、标杆企业，对业务流程进行梳理，推导企业对“智改数转网联”实施的具体需求，进而指导建设实施和落地应用，持续提升数字化水平。

一是依托关键绩效评估模型和行业绩效基准值，进行关键绩效数据采集、分析以及与行业基准值对比，通过多级指标分析，精准识别企业存在的业务短板，分析提升该业务短板需求的能力。

二是结合能力评价指标，诊断人员、数据、集成、信息安全、装备、网络、设计、生产、物流、销售、服务等全业务链条的智能制造能力成熟度水平，识别关键数字化能力建设情况和能力短板，进而支撑能力规划。

三是基于数字化能力工具箱，针对能力短板找准需要提升的方向，明确在支撑“智改数转网联”时所应具备的网络、数据采集、信息系统、和信息安全能力，规划相应的能力建设方案。

（2）战略规划

面对工程机械传动部件行业高端化、精密化、绿色化的发展趋势，结合企业发展愿景、目标和市场定位，基于企业现有核心竞争能力、业务特点和痛点，明确“智改数转网联”方向，设定目标，系统规划总体架构和实施路径。

一是战略研判，基于企业现状分析，明确企业需求和愿景。

二是目标设定，根据企业不同场景的需求，以及生产指标、管理指标等情况，设定项目建设目标。

三是蓝图规划，基于需求、愿景、目标等，设计总体架构，

明确实施计划。

四是结合条件设置智改数转网联负责人，组建专门的人才团队，明确责任部门和关键岗位责任人，并明确各岗位职责，持续加大数字化投入，加强组织和条件保障。

（3）方案设计

基于现状评估与需求分析，结合战略规划，面向全业务流程，提出“智改数转网联”推进的短期、中期和长期目标，联合规划设计院等外部专业机构，从中立、第三方的角度出发，结合经验与行业最佳实践，开展“智改数转网联”整体架构、核心应用以及支撑体系进行全面、系统的总体设计，制定建设蓝图，构建完整的业务、技术、数据、应用、网络、标准以及管理等架构体系，明确建设重点，并根据需求迫切程度、技术基础和资金情况等，明确项目建设先后顺序、各阶段建设目标和建设内容。

根据规划与方案设计要求，联合系统解决方案服务商，设计详细具体的建设方案，每个方案包括所需的技术、装备、软件等详细内容、投资详细概算、人员安排、进度安排、保障措施等，指导具体实施建设。

（4）实施建设

按“整体规划、分布实施”的原则，根据规划与方案设计要求，按需遴选外部服务商，强化软件开发商、自动化集成商、平台服务商的深度整合，形成系统实施推进合力。高标准推进项目实施，深度介入外包开发过程，强化过程监督、质量管控和知识产权保护，推动项目与企业业务更好适配融合，充分运用新

一代信息技术提高精益管理能力、提升运营效率，不断对业务活动进行流程化管理改善，优化实施效果。

引导全员强化数字化理念，持续提升互联网思维、大数据思维，推动基于数据的产品创新，优化产品数据服务。

(5) 成效评估

以经营目标改善和业务流程优化为导向，开展转型绩效评价，从精益运营、价值增长、可持续发展和综合能力提升等4个方面，聚焦全员劳动生产率、资源综合利用率、产品研制周期、人均销售额、单位产值综合能耗、关键设备数控化率与联网率等指标，持续开展成效评价监测。

通过梳理总结转型目标达成情况以及存在的问题，提出优化改进方向与改进措施，展现“智改数转网联”的成效和价值。成效评估可采用自评估或第三方评价等方式，企业参与评估人员应涵盖企业管理者、各业务部门负责人以及一线技术工人。

(6) 迭代优化

根据成效评估结果，针对实施中的短板和不足，迭代解决方案版本，强化安全防护，优化实施效果。立足自身战略定位和业务发展方向，进一步制定下阶段目标和任务，统筹推进场景数字化改造和业务数字化升级，持续强化全流程精益管理水平，不断提升智能制造水平，实现智改数转网联的螺旋式提升。

5.1.3 大中小企业差异化实施建议

工程机械传动部件行业企业涉及产品各有不同、经营主体多元，智能化发展的步骤、进程和成熟度各有差别，大中小型企

业应充分结合自身实际，根据发展所处阶段、规模大小和产品特色，参考智能制造能力成熟度评估结果制定差异化的“智改数转网联”建设提升计划，通过装备智能化和工艺过程智能化实施，实现关键业务/工序的智能化赋能，继而实现流程的整体优化和业务的有效协同，最终推进企业生产经营模式的创新变革，是一个持续的螺旋式升级迭代的过程，不可能一蹴而就。

小型企业：可通过技改逐步推进核心生产过程的自动化或数字化建设，开展网络建设，对设计、生产的各个环节进行流程化梳理与改善并逐步规范。硬件方面可通过对单点旧设备进行升级改造、智能设备以租代买等方式节省成本，软件方面通过“按需付费、按次付费”取代“成套购买”的方式，降低使用门槛。选择“轻快省”解决方案，持续有效推进智能制造。可优先在精益化、规范化方面打好基础。

中型企业：中型企业可在现有基础上进行自动化和数字化改造，引入自动化设备和工业互联网平台，实现生产过程的智能化和数据的实时采集与分析。通过建立数据采集和管控系统，实现从响应式制造到预测制造的转变，提升供应链的响应速度和效率。

大型企业：大型企业可以实施全面的智能制造战略，包括智能产品设计、协同制造和远程运维。通过引入 CAD、CAM、CAE 软件、建立用户画像与需求预测模型、推广模块化与参数化设计等，实现产品的快速迭代和个性化定制。同时还可建立智能维护系统，利用 AI 进行预测性维护，提前识别并解决设备故障，

保障生产的连续性。

参考《智能制造能力成熟度模型》的能力子域划分，经总结本次调研的大中小型企业智改数转网联的实施路径，统计大中小型企业各能力子域的应用情况，结合行业特点，提出大中小企业差异化实施智改数转网联的建议如下：

表 2 小型企业智改数转网联实施建议

能力要素	能力域/子域		优先级	建议
人员	组织战略		★	形成战略意识，确定负责人、投入预算，并形成计划。
	人员技能		★	培养或引进所需技能的人员。
技术	数据		★	建立统一的数据格式与规则。 应用信息系统采集主要业务活动数据。
	集成		★	形成集成意识。 对主要信息系统如 MES 与 ERP 进行集成。
	信息安全		★	对关键工控系统进行安全评估。 在工业主机上安装防毒软件。
资源	装备		★★★★	在关键工序上引入自动化、数字化、智能化生产设备、检验设备。
	网络		★	实现办公网络、工业控制网络和生产网络覆盖 建立生产、设备等基础数据流。
制造	设计	产品设计	★★★	推广模块化设计工具。 应用计算机辅助建立典型产品标准库、设计方案知识库等。 开展三维产品设计及并行设计。 自行或委托进行设计仿真。
		工艺设计	★★★	应用计算机辅助开展工艺设计和优化。 建立典型工艺模板或流程、参数等关键要素的知识库。 应用计算机或信息系统对工艺数据进行结构化管理。
	生产	采购	★	利用信息系统对供应商进行管理。 基于生产、库存等信息制定采购计划。
		计划与调度	★★★	结合订单、库存、采购、生产能力等数据，应用 ERP 等信息系统自动生成生产计划并进行排产。
		生产作业	★★★★	部署 MES 系统，对关键设备、物料等主要数据进行采集，自动下发工艺文件。 通过精益管理、标准化作业等优化生产流程。 通过信息系统与智能装备对产品质量进行判断。

能力要素	能力域/子域		优先级	建议
		设备管理	★★★	对关键设备主要参数进行采集与分析。 利用计算机或信息系统制定设备点巡检及维保计划，实现设备维保预警。
		仓储配送	★★★	建立仓储管理系统进行仓储管理。 实现根据生产物料消耗发起物料配送要求
		安全环保	★	建立安全培训知识库、员工职业健康及环保档案。 制定安全环保管理机制和操作规程。
		能源管理	★	对重点能耗设备进行实时计量，对主要能源进行数据采集和计量。 对水电气等重点能耗进行动态监控，并分析及节能优化改造。
	物流		★	对订单、运输调度进行合理安排，根据物流重要程度确定跟踪物流信息的详略程度。
	销售		★	利用 ERP 或其他方式对客户信息及时更新、统计并管理。
	服务	客户服务	★	对客户服务信息进行统计、评价并反馈相关部门。 利用计算机或信息系统对客户服务信息管理。
		产品服务	★	建立产品故障案例和维护方法知识库，统计产品使用信息并反馈给相关部门。

表 3 中型企业智改数转网联实施建议

能力要素	能力域/子域		优先级	建议
人员	组织战略		★★★★	制定智改数转网联发展战略并形成具体实施计划。 对发展战略的执行进行监控与评测，并持续优化。
	人员技能		★★★	建立知识管理体系，通过信息技术手段管理人员贡献的知识和经验，开展分析和应用。
技术	数据		★★★★	采用传感技术实现制造关键环节数据的自动采集。 建立统一的数据规则，整合数据资源，支持跨部门的业务协调和数据在线共享。
	集成		★★★★	形成完整的设备、系统集成架构。 统一集成规范。
	信息安全		★★★	采用安全隔离、授权访问等手段建立工控、生产和办公网络防护措施。
资源	装备		★★★★	采用具有数据管理、模拟加工等人机交互功能的智能装备。 建立关键工序设备三维模型库，为数字孪生提供基础。

能力要素	能力域/子域		优先级	建议
	网络		★★	建立具有远程配置功能的网络，部署工业互联网、物联网等新型网络基础设施。
制造	设计	产品设计	★★★★	基于三维模型实现对产品外观、结构、性能等关键要素的设计仿真及迭代优化。 开展产品设计与工艺设计的并行协同。 建立典型产品组件标准库及典型产品设计知识库。
		工艺设计	★★	建立工艺设计管理系统和典型制造工艺流程、参数、资源等关键要素的知识库； 基于数字化模型实现制造工艺关键环节的仿真分析及迭代优化； 开展工艺设计与产品设计的并行协同。
	生产	采购	★★	通过信息系统开展供应商管理。 集成采购、生产、仓储等信息系统，自动生产采购计划。
		计划与调度	★★★★	基于库存、采购、生产等数据要素，采用基于多约束条件的算法开展排产，自动生成生产计划。 实时监控生产环节，实现自动预警并支持调整。
		生产作业	★★★★	自动下发工艺文件。 动态监控生产作业计划、生产资源、质量信息。 开展关键工序质量在线检测和在线分析。 实现生产过程的质量信息追溯。
		设备管理	★★★★	实现设备关键运行参数实时采集、统计、故障分析和远程诊断，自动生成检修工单。 在信息系统中建立设备故障知识库。
		仓储配送	★★★★	配置智能仓库，建立仓储管理系统，并与制造执行系统集成，实现半自动、自动出入库管理，采用技术手段入库与拣货。 集成配送设备与信息系统，实现物料及时配送。
		安全环保	★	在现场作业应用定位跟踪等方法强化安全管控。 建立安全培训、应急预案等知识库，自动给出安全防控方案。 实现全过程环保数据采集、实时监控与报警。
		能源管理	★★	动态监控和计量能源消耗。 建立能源管理信息系统，对能耗数据进行统计分析，并与其他系统进行数据共享与集成。
	物流		★	通过信息系统管理运输配送信息。

能力要素	能力域/子域		优先级	建议
	销售		★★	将销售信息系统与采购、生产、物流等业务集成，实现客户需求拉动采购、生产和物流计划。
	服务	客户服务	★★	建立客户服务平台或移动客户端等在线客服。 建立客户服务信息数据库和客户服务知识库。
		产品服务	★	收集产品运行信息管理、维修物料及寿命管理等数据，并反馈到设计、生产、销售等业务部门。

表 4 大型企业智改数转网联实施建议

能力要素	能力域/子域		优先级	建议
人员	组织战略		★★★★	对智改数转网联发展战略的执行进行监控与评测，并持续优化。 对智能制造所需人员岗位进行评估并优化调整。
	人员技能		★★★★	建立知识管理体系，对人员知识、技能、经验进行数字化与软件化。
技术	数据		★★★★	建立企业级数据中心和数据分析模型库。 采用大数据技术应用各类算法模型为制造活动提供优化建议和决策支持。
	集成		★★★★	对全业务过程进行集成。
	信息安全		★★★★	建立离线测试环境。 采用具备自学习、自优化功能的安全防护措施。
资源	装备		★★★★	对关键工序设备实现预测性维护。 对关键工序设备使用三维模型集成实时运行参数。
	网络		★★★★	建立分布式工业控制网络。
制造	设计	产品设计	★★★★	应用产品组件的标准库、设计知识库进行产品参数化模块化设计。 基于数字化模型对产品数据进行归档管理。 构建产品仿真分析和试验验证平台。 实现全生命周期跨业务间的协同。
		工艺设计	★★	开展三维工艺设计和优化，对制造工艺全要素进行仿真分析和迭代优化。 对工艺知识库集成应用。 集成工艺设计、生产、检验等系统，实现工艺设计与制造协同。

能力要素	能力域/子域		优先级	建议
	生产	采购	★★	通过与供应商的信息系统进行集成,实现协同供应链。建立采购模型,实施监控采购风险、进行预警并自动提供优化方案。
		计划与调度	★★★★	基于先进排产调度的算法模型,利用信息系统自动形成详细生产作业计划。 实施监控生产要素,自动对异常进行决策与优化。
		生产作业	★★★★	应用信息系统自动实现生产指令下发到数字化设备。构建模型实现生产作业在线分析优化,建立质量数据算法模型预测生产异常。 采集产品生命全周期数据,实现精准追溯,通过知识库分析改进。
		设备管理	★★★★	建立设备运行模型和故障知识库,自动给出预测性维护解决方案。 应用设备分析数据自动驱动工艺优化和作业计划优化。
		仓储配送	★★★★	集成仓储设备、配送设备与信息系统集成,依据生产状态实时拉动物料配送。 建立仓储模型和配送模型,优化库存与路径。
		安全环保	★★	动态识别危险源并治理。 集成环保数据与生产作业数据,建立数据分析模型进行预测预警。
		能源管理	★★	建立节能模型实现能流的精细化和可视化管理。
	物流		★	对生产、仓储配送、运输管理进行信息系统集成优化。对运输配送全过程进行信息跟踪与路线优化。
	销售		★★	通过对客户信息的挖掘与分析,优化客户需求模型制定销售计划。 实现线上线下协同销售。 针对客户需求变化动态调整设计、生产、采购等方案。
	服务	客户服务	★★	提供主动式客户服务。 建立客户服务数据模型进行精准服务。
		产品服务	★★	开发智能产品。 建立远程运维平台,对数据进行挖掘分析,并与其他信息系统集成。

(备注:★★★★:表示高优先级;★★:表示中优先级;★表示低优先级)

5.2 工具、资源与政策

5.2.1 诊断评估

(1) 智能制造能力成熟度评估 (CMMM)

GB/T39116-2020《智能制造能力成熟度模型》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数据资源公共服务平台 (www.c3mep.cn) 开展智能制造能力成熟度自评估或委托第三方评估认证机构进行现场评估。通过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。

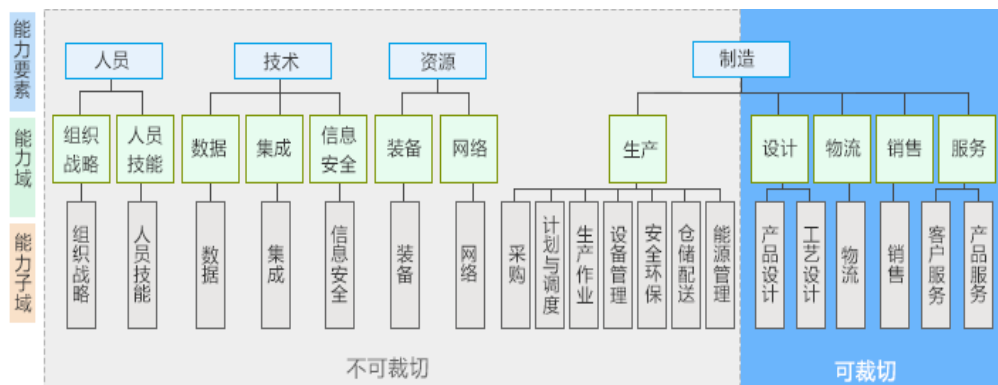


图 39-智能制造能力成熟度模型

(2) 数据管理能力成熟度评估 (DCMM)

数据管理能力成熟度评估模型 DCMM (Data Management Capability Maturity Assessment Model,) 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.dcm.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。评估流程为:

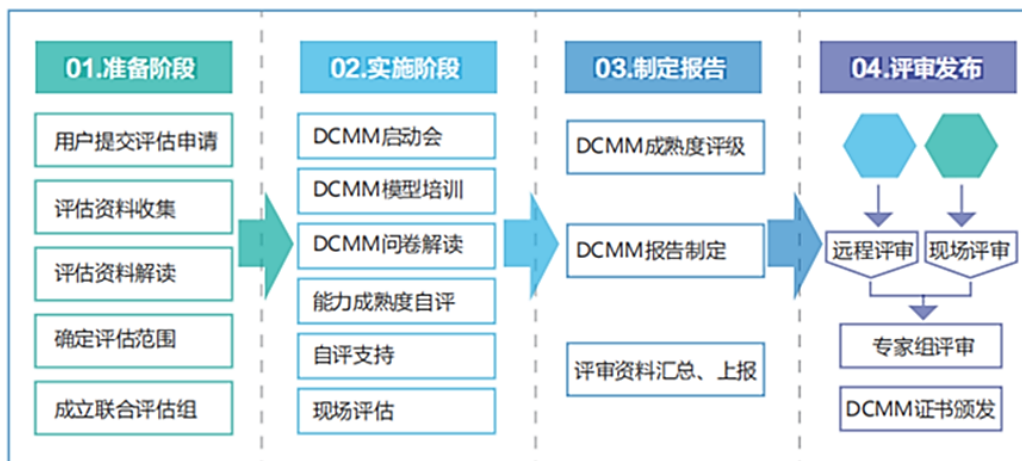


图 40-DCMM 评估流程

第一阶段(准备): 企业填写 DCMM 评估申请表并签署技术服务合同; 评估机构与企业成立联合评估组, 明确双方工作范围; 评估机构向企业发放相关材料清单, 企业进行第一次材料准备。

第二阶段(实施): 评估机构与企业共同召开项目启动会, 明确评估计划、评估流程、评估范围及评估人员; 评估机构根据企业所选择的评估业务类型进行实施, 包括: DCMM 标准解读、现场企业自评

或远程自评支持等。

第三阶段(发布):从第二阶段结束后起算5个工作日内,企业向评估机构提交补充材料。评估机构根据评估发现以及证明材料进行评分,制定DCMM评估报告并出具证书。

(3) 两化融合自评与两化融合管理体系贯标

两化融合是企业提升自身创新能力和整体可持续竞争力的重要途径,企业可利用国家两化融合公共服务平台江苏省分平台(网址<https://jspg.cspiii.com>),开展两化融合自评、自诊断、自对标,通过诊断发现问题,通过对标找准方向,能够全面了解当前两化融合水平现状和发展定位,有效明确提升信息化环境下核心竞争力的可行路径。

企业两化融合评估依据为国家标准GB/T23020-2013《工业企业信息化和工业化融合评估规范》。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。

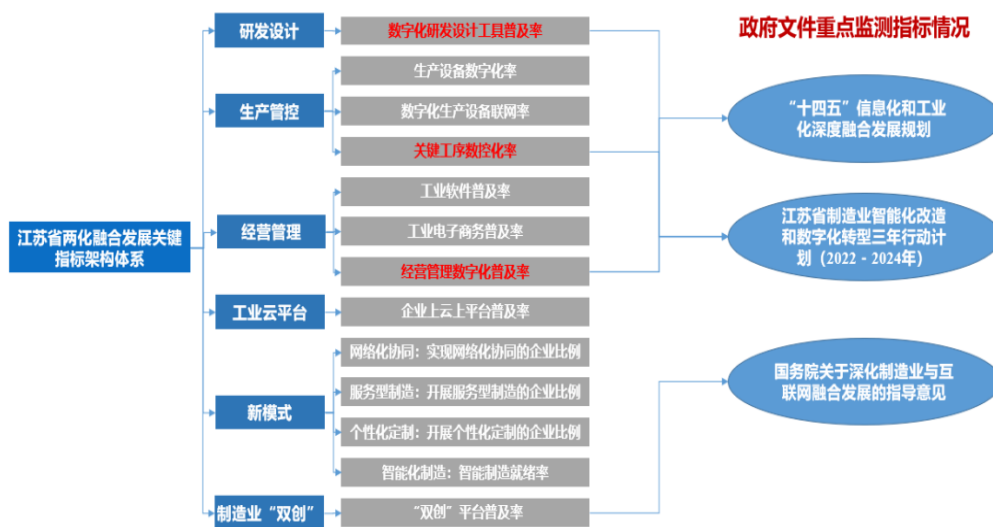


图 41-两化融合自评指标体系

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：

GB/T23020-2013《工业企业信息化和工业化融合评估规范》

GB/T23000-2017《信息化和工业化融合管理体系基础和术语》

GB/T23001-2017《信息化和工业化融合管理体系要求》

TAIITRE10001-2020《数字化转型参考架构》

TAIITRE10002-2020《数字化转型价值效益参考模型》

TAIITRE20001-2020《数字化转型新型能力体系建设指南》

TAIITRE10003-2020《两化融合管理体系新型能力分级要求》

贯标流程如下图：

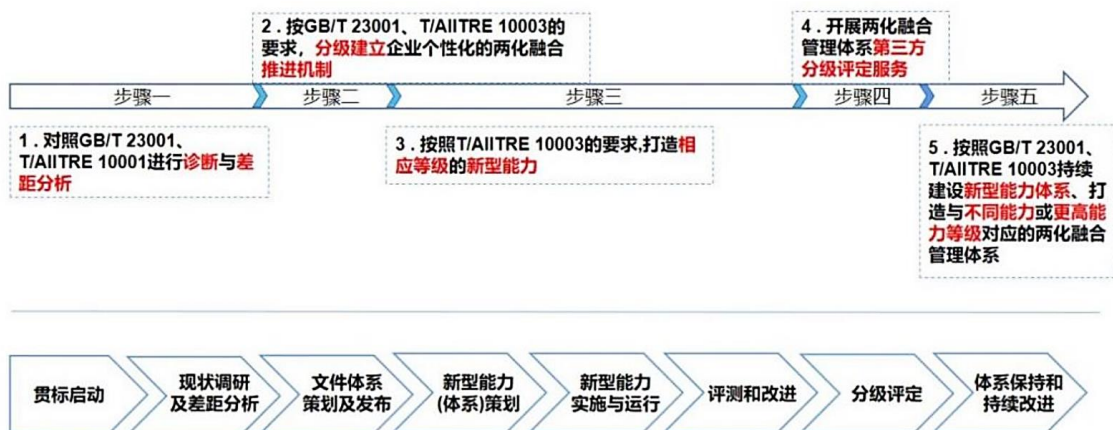


图 42-两化融合贯标流程

企业登录网址：<https://jspg.cspiii.com>，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。

(4) 数字化转型成熟度评估

《数字化转型成熟度模型》(T/AIITRE10004—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。

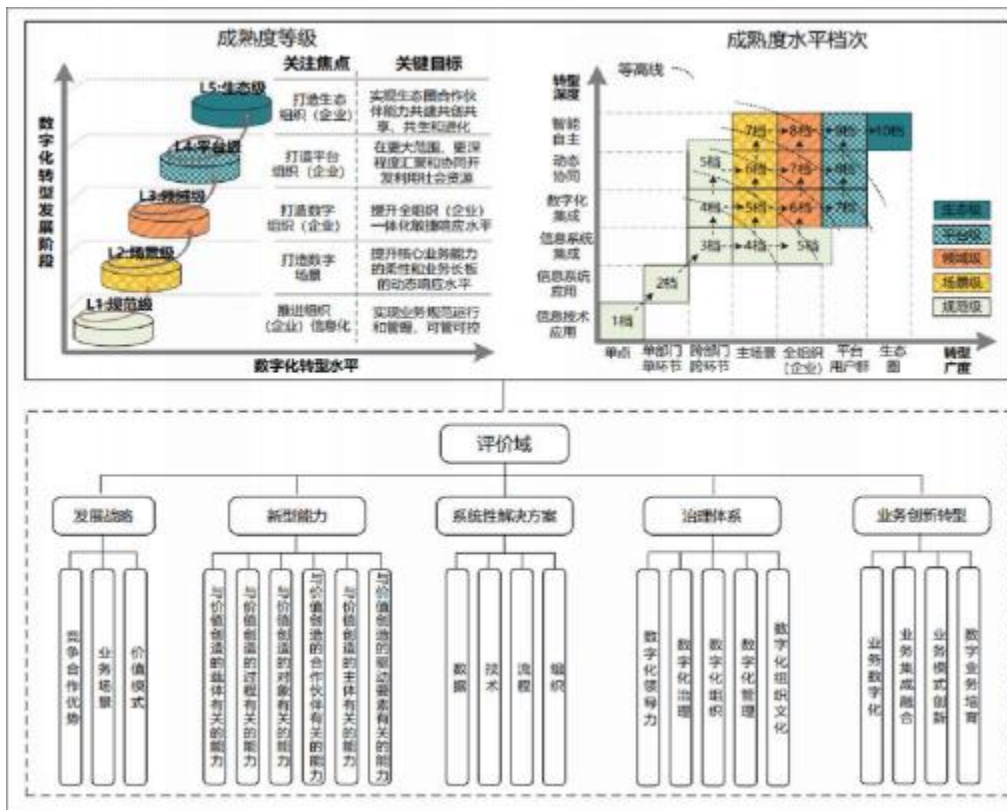


图 43-数字化转型成熟度模型

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等。

(5) 中小企业数字化转型评测

为进一步助力中小企业数字化转型,《中小企业数字化水平评测指标(2024年版)》从数字化基础、经营、管理、成效四个维度综合评估中小企业数字化发展水平,其中,数字化基础、管理和成效三个维度采用评分的方式确定等级,数字化经营部分用场景等级判定的方式确定等级。判断标准如下:

等级	数字化基础、管理及成效	数字化经营应用场景
一级(初始级)	≥20分	不少于6个应用场景(其中不少于3个约束性场景)等级需达到一级
二级(规范级)	≥40分	不少于6个应用场景(其中不少于3个约束性场景)等级需达到二级
三级(集成级)	≥60分	不少于8个应用场景(其中不少于5个约束性场景)等级需达到三级
四级(协同级)	≥80分	不少于10个应用场景(其中不少于6个约束性场景)等级需达到四级

中小企业可根据自身实际情况通过此平台完成线上自测(网址: <http://caii-sme.indusforce.com/>),也可发起线下诊断需求,评估师将通过人员访谈、问卷调查、系统演示、现场勘查等方式,为中小企业提供数字化水平评估诊断,助力中小企业明确实施路径,加快转型进程。

5.2.2 供需对接

(1) 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/>), 是集聚制造业智能化改造和数字化转型服务商的平台, 促进企业与服务商之间的供需对接。



图 44-智能化改造数字化转型服务资源池

服务资源汇聚七大类服务商：智能装备服务商、网络服务商、标识服务商、工业互联网融合应用服务商、系统解决方案服务商、工业信息安全服务商、生产性服务业供应商、智能装备服务商、网络建设服务商、系统集成（软件）服务商。服务商在资源池开设店铺展示产品，制造企业可以高效获取服务商信息和服务能力。



图 45-服务商查询

资源池同时汇聚智能化改造数字化转型解决方案，面向企业减存、增效、降本、提质，提供丰富的解决方案供企业参考和对接服务商。

(2) 世界智能制造大会

世界智能制造大会以“让制造更聪明”为使命，以“全球视野、中国战略、江苏示范”为指引，按照“高端化、国际化、专业化、体系化”的办会思路，秉持“全球视野、中国战略、江苏探索”的办会理念，致力于打造成为世界智能制造领域代表性盛会。

经国务院批准，自 2016 年起，世界智能制造大会已在江苏南京连续成功举办八届，共有 20 余个国家和地区的近 3000 名重要嘉宾参会，观展人数近 45 万人次，吸引中央电视台等百余家主流媒体及专业媒体报道，发布了《国家智能制造“十三五”发展规划》《世界智能制造十大科技进展》《全球智能制造发展

态势》《中国智能制造发展八大趋势》等权威文件，推动了众多重大项目签约，促进了一批世界先进技术应用推广。

2024 世界智能制造大会以党的二十大精神为引领，深入贯彻落实习近平总书记关于新型工业化重要论述以及在参加十四届全国人大二次会议江苏代表团审议时的重要讲话精神，将智能制造作为培育新质生产力的发力点之一，以打造智能制造“升级版”为主要方向，强化行业交流和高水平对外开放，举办主题大会和系列专题活动，打造智能制造领域国际化、高端化、专业化交流平台。

（3）国际软件产品和信息服务交易博览会

2024 中国（南京）软件产业博览会于 11 月 20 日至 22 日在南京国际博览中心举行。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。本届展会以全面市场化运作模式，打造“1+2+4+X+N+云上”的展会框架体系，重点展示国际国内软件产业发展最新进展，围绕软件产业前沿创新成果，共同探讨产业战略布局。

（4）长三角数字化转型大会

2024 年长三角数字化转型大会在南京举行。本次大会由省工信厅指导，数字长三角共建联盟主办，江苏省企业信息化协会承办。大会以“向新求质数写智造”为主题，设有 1 场开幕主论坛、4 场主题分论坛。围绕数字转型赋能升级、融合发展、

创新驱动、标杆引领等方面分享实践经验，展示长三角地区在智能制造、工业互联网和数字化转型建设方面取得的最新成果，探讨当下制造业数字化转型发展态势，共同推进长三角区域数字经济的高质量发展。会上，长三角 AI+场景优秀案例评选启动，江苏省智改数转网联党建联建共建启动，江苏联通大模型工厂能力平台发布。

(5) 江苏省智能制造解决方案大会

2024年9月10日，第三届江苏省智能制造系统解决方案大会暨数智化转型发展大会在苏州召开。本届大会以“数智江苏新质发展”为主题，由智能制造系统解决方案供应商联盟指导，江苏分盟、中国电子技术标准化研究院华东分院、西交利物浦大学联合主办。主论坛上举办了“江苏省区块链测评中心”揭牌仪式，江苏省第三批智能制造领航服务机构授牌仪式，苏州工业园区“AI+制造”“5G+工业互联网”典型应用场景企业颁证仪式。发布了《江苏省智能制造发展指数报告(2023版)》《2024全球数字经济高地图谱》《江苏省智能装备标准化及标准体系报告》等成果。

5.2.3 赋能政策

(1) 工信部智能工厂梯度培育

为贯彻落实国务院办公厅印发的《制造业数字化转型行动方案》，按照《“十四五”智能制造发展规划》任务部署，构建智能工厂、解决方案、标准体系“三位一体”工作体系，打造智能制造“升级版”，工业和信息化部，国家发展改革委、财政部、

国务院国资委、市场监管总局、国家数据局联合开展 2024 年度智能工厂梯度培育行动。

智能工厂梯度培育行动按照《智能工厂梯度培育行动实施方案》和《智能工厂梯度培育要素条件》的要求，分基础级、先进级、卓越级和领航级四个层级开展智能工厂的梯度培育工作。鼓励制造业企业参考智能制造能力成熟度评估结果，制定智能工厂建设提升计划，并对照各级要素条件开展自建自评。

智能工厂项目申报、评审、管理、评估等工作基于智能制造数据资源公共服务平台（<https://www.miit-imps.com/>）开展。

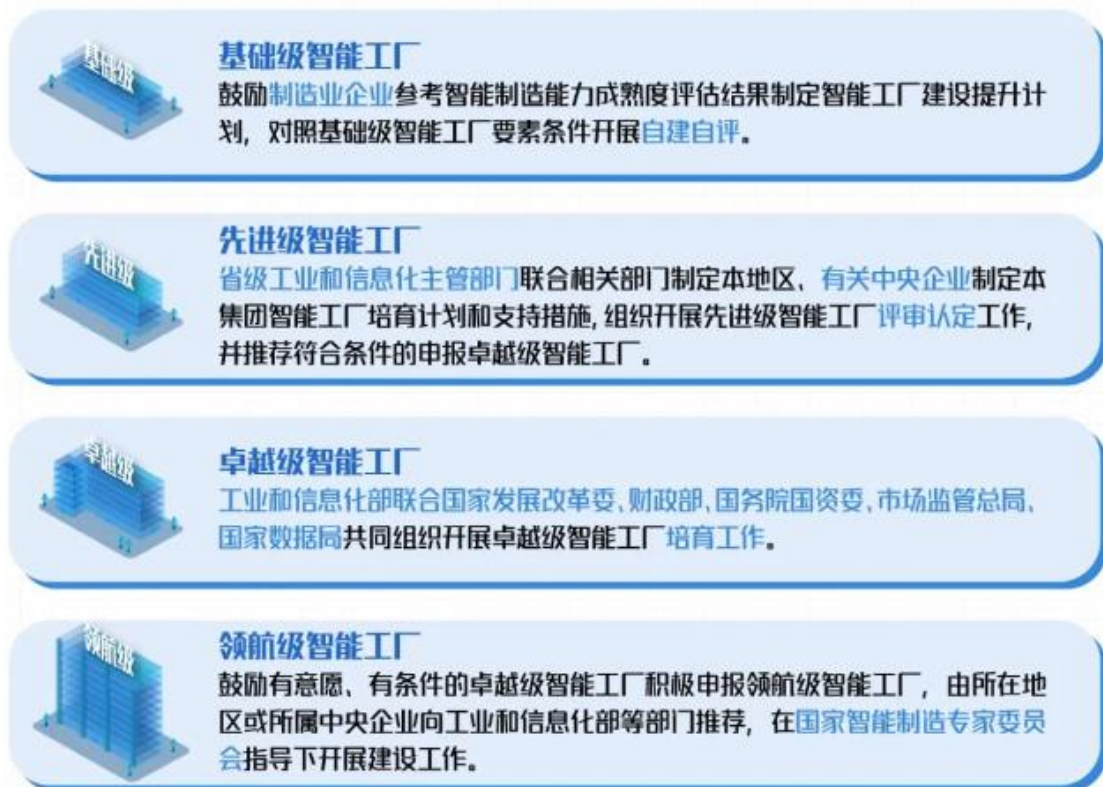


图 46-工信部智能工厂梯度培育

(2) 工信部 5G 工厂名录项目遴选

为深入推进“5G+工业互联网”创新发展，持续实施 5G 工

厂“百千万”行动，加快高水平 5G 工厂建设，推动数字经济和实体经济深度融合，推进各行业领域企业“智改数转网联”，开展 5G 工厂名录项目遴选工作。企业通过“5G+工业互联网发展管理平台”（<http://5gii.aii-alliance.org/pro/login>）或“5G+工业互联网发展管理平台——5G 工厂库”软件（<http://www.aii-alliance.org/index/c222/n5142.html>）填报项目。主要针对以下内容开展遴选：

基础设施建设。开展 5G 网络建设，强化生产现场网络能力，创新网络建设服务模式；推动工业网络互通，运用新型网络技术，加快 IT-OT 网络融合；部署边缘计算，促进云网边端协同；建设业务系统，包括数据存储、标识解析平台，支撑生产运营智能化。

厂区现场升级。推动现场装备网络化改造，加快工业控制系统融合，提升企业数据采集能力；统筹 IT-OT 应用融合化部署，形成集中管控、现场按需应用的融合方案；推动生产服务智能化升级，优化设备健康管理、工艺参数调优、能耗排放管理、产品售后服务。

关键环节应用。支持 5G、人工智能、数字孪生等技术在研发设计、生产运行、检测监测、仓储物流、运营管理方面的应用，提升生产效率和产品质量。

网络安全防护。升级安全防护能力，构建多层次网络安全防护体系，提升网络安全监测水平；提升安全管理水平，提高设

备、控制、网络、平台和数据等安全防护能力。

(3) 江苏省先进级智能工厂

为深入贯彻国务院关于推动制造业数字化转型的决策部署，认真落实省政府办公厅《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）》（苏政办发〔2024〕39号），根据工业和信息化部等部委开展智能工厂梯度培育、中小企业数字化赋能等工作部署，分层分级推进智能工厂建设，促进实体经济和数字经济深度融合。

构建智能工厂梯度培育体系，按照工业和信息化部等部委《智能工厂梯度培育行动实施方案》等文件，鼓励制造业企业参考《智能制造典型场景参考指引（2024年版）》、《江苏省智能工厂梯度建设要素条件（2025年版）》，在车间智能化改造基础上，加强智能制造装备、工业软件与操作系统和工业网络设备等集成应用，开展基础、先进、卓越和领航级智能工厂梯度建设。

各设区市工业和信息化主管部门结合免费诊断工作基础，制定本地区智能工厂梯度培育计划和支持政策，鼓励和引导企业在利用《江苏省企业数字化转型通用评估指标体系（2025年版）》评价基础上，对照《江苏省智能工厂梯度建设典型场景企业自评价参考（2025年版）》，开展智能工厂建设水平自评价，并推荐符合条件的企业申报省先进级智能工厂。

申报主体已完成智能工厂建设，通过江苏政务服务网江苏省工业和信息化厅旗舰店智能工厂等级水平自评测达到先进级

智能工厂等级水平，且申报主体智能制造能力成熟度自评价水平达 GB/T39116-2020《智能制造能力成熟度模型》二级及以上。

具体要求可参见江苏省工信厅网站 (<https://gxt.jiangsu.gov.cn/>)《关于组织开展 2025 年江苏省先进级智能工厂申报工作的通知》。

(4) 江苏省制造强省建设专项资金项目

江苏省工业和信息化厅 2024 年为贯彻落实省委、省政府《加快建设制造强省行动方案》(苏办发〔2023〕15号)，推进新型工业化，加快构建现代化产业体系制定发布 2024 年度江苏省制造强省建设专项资金项目指南，项目支持重点如下：

重点产业技术创新。重点支持企业创新载体建设、“1650”产业体系协同攻关、创新产品首购首用、产业人才培育等。

智改数转网联。重点支持工业软件推广应用、智改数转网联项目建设、优秀服务商培育等。

产业转型升级。重点支持淘汰落后改造、绿色制造、服务型制造升级示范等。

服务体系建设。重点支持中小企业公共服务平台建设、“1650”产业服务体系建设和国家、省委、省政府部署的重大任务和活动。

项目申报采取网上申报的方式进行，进入省工信厅网上政务服务旗舰店（网址：<https://www.jszfwf.gov.cn/col/col140127/index.html>），点击“江苏省制造强省建设专项资金

项目管理系统”(原省级工业和信息产业转型升级专项资金项目立项审核)进入申报页面。在线填写《2024年度江苏省制造强省建设专项资金项目申报表》，并上传其他申报材料。

具体要求可参见江苏省工信厅网站(<https://gxt.jiangsu.gov.cn>)《省工业和信息化厅 省财政厅关于组织 2024 年度江苏省制造强省建设专项资金项目申报的通知》。

(5) 江苏省星级上云企业创建工作

为贯彻落实《江苏省制造业智能化改造和数字化转型三年行动计划(2022—2024年)》(苏政办发〔2021〕109号),加快推进企业“上云上平台”,围绕“1650”产业体系建设,助力制造业“智改数转网联”,支撑数实融合强省建设,根据《江苏省星级上云企业遴选工作指南(2024年版)》,江苏省工信厅开展江苏省星级上云企业创建工作。

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。

各设区市工信局自行开展三星级、四星级上云企业遴选工作。各地工信局将经企业申报、项目遴选、现场核查、信用审查、公示公布等严格工作程序形成的三星级、四星级上云企业项目信息材料,线上报送省工信厅。五星级上云企业由各设区市工信局组织初审和推荐。各地工信局将推荐的五星级上云企业项

目信息材料，线上报送省工信厅由省工信厅组织开展五星级上云企业遴选工作。

具体要求可参见江苏省工信厅网站 (<https://gxt.jiangsu.gov.cn/>)《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》。

6 愿景与展望

6.1 未来发展趋势

工程机械传动部件行业作为工程机械制造产业的重要组成部分，智改数转网联已成为行业发展的必然趋势。在国家“双碳”战略和数字经济快速发展的背景下，未来，行业将向高效、绿色、智能的方向持续迈进，推动整体产业链的升级和可持续发展。智能化将逐步覆盖行业全生命周期，包括设计、制造、物流和售后服务等环节，通过人工智能、工业机器人和智能控制系统的广泛应用，实现设备与工艺的全面智能化。数字化转型将以数据为核心驱动力，通过工业互联网平台、云化工业软件和大数据分析等手段，打通从市场到生产、从设计到服务的全链条数据流，提升整体运营效率和资源配置能力。同时，网络化联接将通过5G、工业物联网等技术实现设备、系统和企业之间的高度互联互通，推动供应链上下游的深度协同和高效运行。绿色低碳发展也将成为行业主旋律，智能能源管理系统和碳足迹监测平台的应用将帮助企业优化能源利用，实现可持续发展。

6.2 新技术应用展望

尽管行业在智能化、数字化领域已有显著进展，但部分环节仍未实现全面改造。例如，核心零部件的研发与制造仍主要依赖经验积累和传统技术，导致研发效率较低、产品性能优化不足。此外，工艺流程的全链条数字化尚未完全贯通，尤其是在复杂多工序加工场景中，实时监控和优化能力亟待提升。供应链

协同能力也存在不足，上下游企业间的数据共享和协作效率低下，影响整体供应链的弹性和响应速度。对于中小企业而言，资金、技术和人才资源的限制使得智能化技术的应用推广进展缓慢，形成行业数字化发展的明显短板。

在未来发展中，新型信息技术的应用将为行业提供强大的技术支撑。5G与工业物联网将通过高速率和低延迟的数据传输，满足复杂生产环境中设备互联和实时监控的需求。边缘计算将提升数据处理效率，支持生产现场的实时决策。人工智能技术将在设计优化、智能质检和设备预测性维护中发挥重要作用，例如通过生成式设计技术加速创新，或通过机器学习算法提高质量监控精度和效率。数字孪生技术将成为行业发展的重要工具，通过物理设备与虚拟模型的实时联动，实现全生命周期的监控与优化。此外，工业区块链技术将提升供应链数据的透明度和可信度，在质量追溯和供应链协同中具有广泛应用前景。绿色技术的推广将推动行业在节能减排、能效提升和低碳生产方面取得突破，支持行业实现全生命周期的可持续发展目标。

工程机械传动部件行业将在新一轮科技革命的推动下，迈向智能化、数字化和网络化的新阶段。通过全面推广新型信息基础设施、人工智能和绿色技术，行业将在效率、质量、成本和可持续性方面取得突破。这不仅将巩固江苏省作为工程机械产业强省的地位，还将为行业在全球范围内赢得更高的竞争力，为未来高质量发展注入强大动力。

附件：

- 1、人工智能典型应用场景
- 2、投入改造清单及图谱
 - (1) 行业系统化场景图谱示意图
 - (2) 行业智能化改造装备清单
 - (3) 数字化转型数据要素清单
 - (4) 知识模型资源清单
 - (5) 工具软件清单
 - (6) 网络化联接设备清单
 - (7) 行业数字化转型人才技能清单
- 3、典型案例
- 4、服务商目录
- 5、技术缩略语

附件 1：人工智能典型应用场景

1、产品研发和设计优化：工程机械传动部件的研发周期长，涉及复杂的材料力学分析、热处理模拟、结构优化等，传统方法依赖经验和有限仿真能力，过程低效且成本高。通过 AI 算法（如遗传算法、深度学习）结合材料属性、性能需求和制造约束（如加工精度、成本限制），自动生成多种最优设计方案可提高研发效率。如在设计轻量化齿轮箱时利用人工智能可在满足强度和寿命要求的前提下，生成拓扑优化的结构，减少材料使用量。还可通过深度学习和生成式设计，结合拓扑优化和多物理场仿真，能够自动生成最优设计方案。如利用人工智能分析不同工况下的应力分布，优化齿轮齿形设计，使其在高负载条件下具有更高的抗疲劳性和传动效率。此外人工智能可以从海量历史设计数据中学习，智能推荐最优材料组合，优化热处理工艺，减少零件因淬火变形导致的报废率。借助数字孪生技术，研发人员可在虚拟环境中测试设计方案，避免大量实体试验，提高产品迭代速度。

2.工艺设计优化与自适应加工：工程机械传动部件的制造工艺涉及精密铸造、锻造、热处理、精密机加工、磨削等多个环节，工艺参数的优化对最终产品质量至关重要。传统工艺调整依赖工程师经验，难以实现动态优化，而人工智能能够基于强化学习+机理建模，基于历史工艺数据（如加工参数、刀具寿命、质量结果），利用机器学习（如强化学习、决策树）自动推荐最优工艺路线和参数，并通过实时数据分析，动态调整工艺参数。

如在齿轮磨削过程中，可以结合传感器数据监测切削力、温度、振动情况，实时调整进给速度和砂轮压力，确保最佳加工精度。针对热处理工艺可以通过深度学习预测材料的微观组织变化，优化加热和冷却速率，减少裂纹和变形，提高零件的一致性。此外，结合数字孪生技术，模拟不同工艺参数的影响，实现工艺的智能优化与自适应调整。

3.智能生产排程与柔性制造：传动部件生产涉及多种规格零件，批量小、品种多，生产过程需要高度协调，传统排产方式难以灵活适应市场需求，容易导致生产瓶颈。应用人工智能技术结合多目标优化+强化学习，能够实时分析订单需求、设备状态、库存情况，动态优化生产排程。如当某台机床因维护暂停时，可以自动调整工单，将任务分配给其他设备，确保生产连续性。同时，结合供应链数据可预测未来订单需求，提前安排物料采购和生产计划，降低库存压力。对于多品种小批量生产模式，可以根据订单波动情况，优化生产路径，减少换产时间，提高柔性制造能力。

4、智能在线质量检测：传动部件的加工精度要求高，微小的尺寸偏差或表面缺陷都可能影响最终性能，传统人工检测方式耗时且易受人为误差影响。利用人工智能技术结合机器视觉、超声波智能分析和 X 射线检测，可实现高效、精准的在线智能检测。如在齿轮生产过程中，可以基于深度学习图像识别，自动检测齿轮表面是否存在裂纹、磨损、剥落等缺陷，并通过数据分析追溯缺陷成因。此外通过建立智能质量预测系统，基于生产

数据提前发现潜在质量问题，并优化工艺参数，减少次品率。

5. 设备智能运维与预测性维护：机床、热处理炉、磨削设备等在长时间运行后，零部件磨损、润滑不良或振动异常可能导致设备故障，影响生产效率。传统设备维护依赖定期检修，容易造成过度维修或意外停机。通过结合传感器数据分析、深度学习和预测性维护技术，可以实时监测设备运行状态，提前预警故障。例如，在机床的主轴运转过程中，通过振动、温度、电流等传感数据，分析异常模式，并预测何时需要更换刀具或润滑，提高设备利用率。对于热处理炉，通过监测加热均匀性和气氛控制，优化炉内温度分布，减少能耗并提高工艺稳定性。此外，通过人工智能技术优化刀具管理方式，预测刀具寿命并动态调整更换周期，提高加工精度并降低成本。运用人工智能分析设备运行数据（如功率曲线、温度变化），可优化启停策略和运行参数，例如动态调节空压机的负载匹配，减少空载能耗。

6、精准配送：部分企业物流配送存在路径规划不合理、资源浪费和延迟风险，特别是在多仓储、多节点的复杂物流场景中问题尤为明显。精准配送场景通过人工智能技术优化物流网络和配送路径，基于实时交通数据和订单优先级计算最佳配送方案。结合无人驾驶车辆和物流机器人，企业可实现高效、低成本的物料配送。

7、智能客户服务：传统客户服务模式多依赖人工，不仅效率低下，还容易出现信息处理错误，难以及时响应客户的个性化需求。智能客户服务通过自然语言处理（NLP）和聊天机器人

技术，实现客户需求的自动识别和响应。人工智能能够通过分析客户历史数据，提供精准的产品推荐和解决方案，同时自动处理常见问题或服务请求。结合客户需求分析模型，系统还可以预测未来需求，为企业制定市场策略提供支持。

8、安全一体化管控：传统安全管理模式以人工巡检和事后管理为主，存在实时性差、安全隐患无法全面覆盖的问题。安全一体化管控通过人工智能技术结合边缘计算和物联网设备，实现对生产场景中安全风险的真实监测和预警。智能算法能够分析现场数据（如温度、振动、烟雾等），识别潜在安全威胁并自动触发预警或应急处置措施。例如，在危险作业区，人工智能系统结合传感器数据监测环境变化并动态调整作业计划，确保人员和设备的安全。

9、基于图纸大模型的非标零件工艺管理：在非标订单多的场景下，利用人工智能技术与构建的图纸大模型，智能识别现有设计图纸，并精准提取其中的核心信息。基于识别结果，图纸大模型能自动为工艺人员推荐适配的产品工艺过程卡模版。工艺人员仅需进行简单的确认操作，即可实现从图纸到工艺过程卡的全程自动化生成，显著提升工作效率；同时，这一创新旨在颠覆传统的工艺管理模式，推动其从人工维护向智能化管理的飞跃性升级。

附件 2：投入改造清单及图谱

投入改造清单及图谱

1、行业系统化场景图谱示意图

场景		动力转换与调节环节 A (液压传动组件、变矩器)	变速与分动环节 B (变速箱、分动箱、减速机、离合器)	动力传输与连接环节 C (传动轴、链条与链轮万向节和联轴器)	终端驱动与承载环节 D (驱动桥、回转支承)
研发设计	主场景	<p>A1.1 场景名称: 液压传动组件研发设计 工具软件: AutoCAD、Creo Parametric、CAE (如 ANSYS、ADAMS)、PDM (Windchill)、CROE 7.0、PLM 数据要素: 3D 模型、性能参数、仿真数据、工艺知识、版本信息 知识模型: 模块化设计、多场耦合仿真、全生命周期数据模型 人才技能: 参数化设计、数字孪生、多学科仿真, 熟练操作 CAD/CAE/CAM 软件 痛点问题: 依赖人工经验, 模块化程度低, 跨部门协同差, 市场反馈滞后</p>	<p>B1.1 场景名称: 变速箱数字化设计研发 工具软件: UG、CATIA、Siemens NX(设计分析); 传动系统设计软件 数据要素: 齿轮参数、换挡逻辑、载荷谱、材料特性 知识模型: 齿轮设计、换挡策略优化模型 人才技能: 齿轮传动设计、动力学分析、软件应用能力 痛点问题: 标准化程度低, 开发周期长, 难以快速响应客户需求</p>	<p>C1.1 场景名称: 传动轴与链条链轮数字化设计 工具软件: SolidWorks (建模); Abaqus(强度分析); 疲劳分析软件 (寿命预测) 数据要素: 应力应变、磨损、运动学参数、材料性能 知识模型: 疲劳预测、磨损模型 人才技能: 结构强度分析、疲劳评估、运动学仿真能力 痛点问题: 轻量化与可靠性难以兼顾, 维护成本高</p>	<p>D1.1 场景名称: 驱动桥与回转支承研发设计 工具软件: HyperMesh(前处理); OptiStruct(结构优化); 多体动力学软件 (模拟) 数据要素: 载荷、接触应力、材料疲劳特性 知识模型: 多体动力学、接触力学模型 人才技能: 多体动力学建模、结构优化、接触分析能力 痛点问题: 恶劣工况下可靠性不足, 设计缺乏系统性优化</p>

场景		动力转换与调节环节 A (液压传动组件、变矩器)	变速与分动环节 B (变速箱、分动箱、减速机、离合器)	动力传输与连接环节 C (传动轴、链条与链轮万向节和联轴器)	终端驱动与承载环节 D (驱动桥、回转支承)
	细分场景	<p>A1.2 场景名称: 液压传动组件与变矩器虚拟验证 工具软件: ANSYS、ADAMS、AMESim (联合仿真); VR/AR 软件 (虚拟测试); 数据采集软件 (中试数据采集) 数据要素: 工况、液压变矩器性能、仿真与实测数据 知识模型: 联合仿真、虚拟测试、数据对比模型 人才技能: 多场联合仿真、VR 应用、数据采集分析能力 痛点问题: 虚拟与实际差异大, 中试效率低, 环节协同性差</p>	<p>B1.2 场景名称: 变速箱工艺数字化设计 工具软件: NX CAM (编程加工); 工艺分析软件 (工艺优化); 刀具管理软件 (刀具选择) 数据要素: 齿轮加工工艺、刀具参数、加工余量、热处理工艺 知识模型: 齿轮加工工艺优化、刀具选择模型 人才技能: 齿轮加工工艺设计、刀具选型、加工参数优化能力 痛点问题: 工艺设计效率低, 刀具管理混乱, 缺乏系统性优化</p>	<p>C1.2 场景名称: 传动轴与链条链轮工艺数字化设计 工具软件: SolidWorks CAM (加工编程); 链条链轮加工专用软件 (专业工艺) 数据要素: 链传动件加工工艺、切削参数、设备能力 知识模型: 链传动件加工工艺模型、切削参数优化模型 人才技能: 链传动件加工编程、切削参数调整能力 痛点问题: 加工工艺不精准, 设备适配性差</p>	<p>D1.2 场景名称: 驱动桥与回转支承可制造性设计 工具软件: DFM 软件 (制造性分析); 驱动桥制造工艺规划软件 (工艺规划) 数据要素: 驱动桥设计、加工设备、装配生产线数据 知识模型: 驱动桥可制造性评估、装配线平衡模型 人才技能: 驱动桥可制造性评估、装配线规划能力 痛点问题: 驱动桥制造工艺复杂, 装配线不平衡, 影响生产效率</p>
生产作业	主场景	<p>A2.1 场景名称: 液压传动组件与变矩器工艺动态优化 工具软件: 传感器数据采集系统、工艺优化分析软件 数据要素: 液压系统压力、流量、温度数据, 变矩器性能数据 知识模型: 液压系统性能预测模型、工艺参数优化模型 人才技能: 传感器数据采集与分</p>	<p>B2.1 场景名称: 变速箱产线柔性配置 工具软件: PLC 编程软件、数字孪生产线仿真软件、AGV 调度系统 数据要素: 变速箱装配工艺、设备状态、物料配送路径 知识模型: 变速箱装配产线仿真模型、物料配送优化模型 人才技能: PLC 编程、数字孪生</p>	<p>C2.1 场景名称: 传动轴与链条链轮人机协同安装 工具软件: 智能拧紧设备管理软件、视觉检测系统 数据要素: 拧紧力矩、安装位置、零部件尺寸数据 知识模型: 安装质量追溯模型、拧紧力矩优化模型 人才技能: 智能拧紧设备操作、</p>	<p>D2.1 场景名称: 驱动桥与回转支承数智精益管理 工具软件: 项目管理软件、质量大数据分析平台 数据要素: 项目进度、质量数据、供应商信息 知识模型: 项目进度跟踪模型、质量问题根因分析模型、供应商协同模型</p>

场景		动力转换与调节环节 A (液压传动组件、变矩器)	变速与分动环节 B (变速箱、分动箱、减速机、离合器)	动力传输与连接环节 C (传动轴、链条与链轮万向节和联轴器)	终端驱动与承载环节 D (驱动桥、回转支承)
		析、工艺参数优化、系统性能评估 痛点问题: 工艺参数依赖人工调整, 难以适应工况变化	技术应用、AGV 调度管理 痛点问题: 产线布局灵活性差, 物料配送效率低	视觉检测系统运维、安装质量追溯 痛点问题: 安装质量不稳定, 缺乏有效的追溯机制	人才技能: 项目管理、质量大数据分析、供应商协同管理 痛点问题: 项目进度难以跟踪, 质量问题分析不深入
	细分场景	A2.2 场景名称: 液压传动组件与变矩器设备运行监控 工具软件: 设备物联网平台、实时数据采集系统 数据要素: 液压系统压力、流量、油温, 变矩器转速、扭矩 知识模型: 设备状态实时监测模型、故障预警模型 人才技能: 设备物联网平台搭建、数据采集与分析、故障预警 痛点问题: 设备数据采集不全面, 故障预警滞后	B2.2 场景名称: 变速箱质量追溯与分析改进 工具软件: 产品全生命周期管理系统、六西格玛分析工具 数据要素: 变速箱设计变更记录、生产过程数据、客户反馈 知识模型: 变速箱质量全生命周期管理模型、六西格玛质量改进模型 人才技能: 产品全生命周期管理、六西格玛方法应用、客户反馈处理 痛点问题: 设计变更管理混乱, 质量改进缺乏系统性	C2.2 场景名称: 传动轴与链条链轮在线智能检测 工具软件: 激光测量设备控制软件、链条链轮磨损检测系统 数据要素: 传动轴尺寸精度、链条链轮磨损量、运动参数 知识模型: 传动轴尺寸精度控制模型、链条链轮磨损预测模型 人才技能: 激光测量设备操作、磨损检测与分析、运动参数监测 痛点问题: 磨损检测精度低, 检测效率不高	D2.2 场景名称: 驱动桥与回转支承设备智能运维 工具软件: 工业互联网平台下的设备运维模块、故障诊断专家系统 数据要素: 驱动桥和回转支承的运行工况、故障特征数据 知识模型: 设备故障诊断专家模型、运维策略优化模型 人才技能: 工业互联网平台运维、故障诊断专家系统应用、运维策略优化 痛点问题: 故障诊断专家系统准确性有待提高, 运维策略缺乏灵活性
生产管理	主场景	A3.1 场景名称: 液压传动组件与变矩器生产计划优化 工具软件: ERP(企业资源管理)、APS(高级计划排程)、MES(制	B3.1 场景名称: 变速箱智能仓储管理 工具软件: 立体仓库管理系统、库存预警系统、物料追溯软件 数据要素: 变速箱型号、批次、	C3.1 场景名称: 传动轴与链条链轮精准配送 工具软件: 物流传感器管理系统、配送任务分配软件	D3.1 场景名称: 驱动桥与回转支承智能仓储管理 工具软件: WCS(仓储控制系统)、智能分拣系统、库存管理 APP

场景		动力转换与调节环节 A (液压传动组件、变矩器)	变速与分动环节 B (变速箱、分动箱、减速机、离合器)	动力传输与连接环节 C (传动轴、链条与链轮万向节和联轴器)	终端驱动与承载环节 D (驱动桥、回转支承)
		造执行系统) 数据要素: 订单、库存、产能、设备状态、物料数据 知识模型: 生产计划排程、物料需求预测模型 人才技能: 生产计划制定、数据分析、系统操作能力 痛点问题: 市场需求多变, 产能平衡困难, 物料供应不稳定	出入库记录 知识模型: 库存周转率分析模型、物料追溯模型 人才技能: 立体仓库管理、库存预警设置、物料追溯管理 痛点问题: 库存周转率低, 物料追溯不及时	数据要素: 传动轴和链条链轮的配送任务、车辆位置、运输环境 知识模型: 配送任务分配模型、车辆实时监控模型 人才技能: 物流传感器管理、配送任务分配、车辆实时监控 痛点问题: 配送任务分配不合理, 车辆监控不全面	数据要素: 驱动桥和回转支承的规格、数量、出入库时间 知识模型: 仓储作业流程优化模型、库存动态管理模型 人才技能: WCS 系统操作、智能分拣系统运维、库存动态管理 痛点问题: 仓储作业流程繁琐, 库存动态管理不及时
	细分场景	A3.2 场景名称: 液压传动组件与变矩器安全一体化管控 工具软件: 安全生产管理平台、设备安全监测软件、人员定位系统 数据要素: 设备运行状态、人员位置、安全隐患数据 知识模型: 设备安全状态评估模型、人员安全行为分析模型 人才技能: 安全生产管理平台运维、设备安全监测、人员定位系统管理 痛点问题: 安全数据分散, 风险预警不及时	B3.2 场景名称: 变速箱能源智能管控 工具软件: 智能电表、油温与负载监测软件、能源效率优化软件 数据要素: 变速箱能耗数据、油温、负载变化数据 知识模型: 变速箱能耗与性能关联模型、能源效率优化模型 人才技能: 智能电表数据采集分析、油温与负载监测软件使用、能源效率优化 痛点问题: 能源效率优化缺乏针对性, 油温与负载监测不全面	C3.2 场景名称: 传动轴与链条链轮安全一体化管控 工具软件: 安全巡检 APP、设备故障诊断软件、安全防护装置控制软件 数据要素: 设备巡检记录、故障数据、安全防护装置状态 知识模型: 设备故障预测与安全防护模型、巡检任务优化模型 人才技能: 安全巡检 APP 使用、设备故障诊断、安全防护装置维护 痛点问题: 巡检任务不合理, 故障诊断不及时	D3.2 场景名称: 驱动桥与回转支承污染在线管控 工具软件: 工业污染监测物联网平台、金属切削液管理系统、污染治理决策软件 数据要素: 金属切削液使用数据、污染物排放数据、设备加工工艺 知识模型: 金属切削液污染控制模型、污染治理决策模型 人才技能: 工业污染监测物联网平台运维、金属切削液管理、污染治理决策 痛点问题: 金属切削液污染控制不到位, 污染治理决策缺乏依据

场景		动力转换与调节环节 A (液压传动组件、变矩器)	变速与分动环节 B (变速箱、分动箱、减速机、离合器)	动力传输与连接环节 C (传动轴、链条与链轮万向节和联轴器)	终端驱动与承载环节 D (驱动桥、回转支承)
运营管理	主场景	<p>A4.1</p> <p>场景名称: 液压传动组件与变矩器供应链计划协同优化</p> <p>工具软件: 供应链管理系统 (SCM)、需求预测软件、协同办公平台</p> <p>数据要素: 市场需求数据、库存水平、供应商产能、交付周期</p> <p>知识模型: 需求预测模型、供应链协同计划模型</p> <p>人才技能: 供应链管理系统操作、需求预测分析、协同办公平台管理</p> <p>痛点问题: 需求预测不准确, 供应链协同效率低</p>	<p>B4.1</p> <p>场景名称: 变速箱供应链计划协同优化</p> <p>工具软件: 企业资源计划 (ERP) 系统、高级计划与排程 (APS) 软件、供应商关系管理 (SRM) 系统</p> <p>数据要素: 变速箱订单信息、生产计划、供应商零部件供应情况</p> <p>知识模型: 变速箱生产与供应协同模型、供应商交付风险评估模型</p> <p>人才技能: ERP、APS、SRM 系统集成应用, 供应链风险评估</p> <p>痛点问题: 生产与供应计划脱节, 供应商交付风险难把控</p>	<p>C4.1</p> <p>场景名称: 传动轴与链条链轮供应链计划协同优化</p> <p>工具软件: 物流管理系统、库存管理系统、供应链数据分析平台</p> <p>数据要素: 传动轴与链条链轮物流配送数据、库存周转率、市场需求波动数据</p> <p>知识模型: 物流配送优化模型、库存动态管理模型</p> <p>人才技能: 物流管理系统操作、库存管理、供应链数据分析</p> <p>痛点问题: 物流配送成本高, 库存管理不合理</p>	<p>D4.1</p> <p>场景名称: 驱动桥与回转支承供应链计划协同优化</p> <p>工具软件: 智能制造供应链协同平台、大数据分析工具、区块链溯源系统</p> <p>数据要素: 驱动桥与回转支承订单、生产进度、原材料供应信息、产品溯源数据</p> <p>知识模型: 供应链全流程协同模型、产品溯源信息管理模型</p> <p>人才技能: 智能制造供应链协同平台操作、大数据分析、区块链溯源系统应用</p> <p>痛点问题: 供应链全流程协同难度大, 产品溯源信息不完整</p>

场景		动力转换与调节环节 A (液压传动组件、变矩器)	变速与分动环节 B (变速箱、分动箱、减速机、离合器)	动力传输与连接环节 C (传动轴、链条与链轮万向节和联轴器)	终端驱动与承载环节 D (驱动桥、回转支承)
	细分场景	<p>A4.2</p> <p>场景名称: 液压传动组件与变矩器供应商数智化管理</p> <p>工具软件: 供应商管理系统 (SRM)、电子采购平台、供应商绩效评估软件</p> <p>数据要素: 供应商基本信息、产品质量数据、交付准时率、价格波动数据</p> <p>知识模型: 供应商绩效评估模型、采购成本控制模型</p> <p>人才技能: SRM 系统操作、电子采购平台管理、供应商绩效评估</p> <p>痛点问题: 供应商绩效评估不全面, 采购成本控制难</p>	<p>B4.2</p> <p>场景名称: 变速箱供应商数智化管理</p> <p>工具软件: 质量追溯系统、供应商协同研发平台、供应商风险预警软件</p> <p>数据要素: 变速箱零部件质量追溯数据、供应商研发能力、风险信息</p> <p>知识模型: 零部件质量追溯模型、供应商研发协同模型、供应商风险预警模型</p> <p>人才技能: 质量追溯系统操作、供应商协同研发管理、供应商风险预警分析</p> <p>痛点问题: 供应商研发协同不足, 风险预警不及时</p>	<p>C4.2</p> <p>场景名称: 传动轴与链条链轮供应商数智化管理</p> <p>工具软件: 供应商库存管理 (VMI)系统、供应商生产过程监控软件、数据分析工具</p> <p>数据要素: 传动轴与链条链轮供应商库存数据、生产进度、质量检测数据</p> <p>知识模型: 供应商库存优化模型、生产过程质量控制模型</p> <p>人才技能: VMI 系统操作、供应商生产过程监控、数据分析</p> <p>痛点问题: 供应商库存管理不合理, 生产过程质量控制不到位</p>	<p>D4.2</p> <p>场景名称: 驱动桥与回转支承供应商数智化管理</p> <p>工具软件: 智能制造供应链平台、区块链技术应用平台、供应商信用管理系统</p> <p>数据要素: 驱动桥与回转支承供应商信用数据、供应链交易记录、产品质量数据</p> <p>知识模型: 供应商信用评估模型、供应链交易数据管理模型</p> <p>人才技能: 智能制造供应链平台操作、区块链技术应用、供应商信用管理</p> <p>痛点问题: 供应商信用评估不科学, 供应链交易数据安全隐患大</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	国产/进口
通用	数控金属切削机床（车、磨、齿轮加工、加工中心等）	粗加工、精加工等切削加工	国产
通用	数控成形机床（冲压、折弯、剪切等）	原材料或零部件成形加工	国产
通用	特种加工机床（激光、电火花、超声波、水射流等）	原材料或零部件加工	国产
通用	智能刀库（刀具柜）	自动收、发、存刀具	国产
通用	热处理设备（氮化、淬火、回火等）	对零部件进行表面处理或改性	国产
通用	主要工艺流程自动线（焊接、铸造、电镀、涂装、装配、包装等）	完成多个工序加工	国产
通用	工艺用机器人（焊接、涂胶等）	提高工艺自动化	国产
通用	物料输送机器人（关节、桁架等上下料、输送）	物料输送	国产
通用	自动物流输送线	物料输送	国产
质量控制	三坐标测量仪、轮廓仪、齿轮检测仪等	几何尺寸测量	国产
质量控制	金相显微镜、硬度计、超声探伤仪等	热处理质量检测	国产
质量控制	光谱仪等	材料成分分析	国产
质量控制	专用试验台	部件或整机试验	国产
在线检测	视觉在线检测系统	实现在线检测	国产

适用场景	装备名称	主要功能	国产/进口
仓储物流	立体库	物料或产品存放	国产
仓储物流	码垛机器人	码垛	国产
仓储物流	AGV 小车	物料流转与精准配送	国产
数智精益管理	LED 看板	信息可视化	国产
数智精益管理	工位交互终端	人机交互	国产
数智精益管理	精益工位	提高效率	国产
安全一体化管控	安防系统	保障人员作业安全	国产
设备运行监控	振动、温度等设备状态监测传感器	设备状态监测	国产
能源智能管控	电压、电流等能量计量仪	能耗采集与监测	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	工厂数字化设计与交付	设计数据、工厂布局数据	工厂的数字化建模、生产线设计、资源配置数据，支持从设计到交付的全流程数字化。
2	数字孪生工厂运营优化	实时运行数据、仿真数据	生产设备、流程、环境的实时数据与虚拟模型的实时联动，进行工厂运营优化。
3	产品数字化研发设计	设计数据、性能数据	产品设计过程中涉及的3D模型、功能需求、材料特性等数据，支持全生命周期管理。
4	虚拟验证与中试	仿真数据、测试数据	通过虚拟仿真和中试阶段的试验数据，对产品设计和制造方案进行验证与优化。
5	工艺数字化设计	工艺数据、模拟数据	工艺流程、设备配置、操作步骤等的数字化设计数据，通过仿真模拟实现优化。
6	可制造性设计	设计数据、制造数据	产品设计数据与制造能力数据结合，评估产品的可制造性并优化设计方案。
7	生产计划优化	生产数据、库存数据	基于订单需求、生产能力、库存数据等，优化生产计划，提高资源利用率。
8	智能排产调度	排产数据、生产数据	基于生产计划、设备状态等数据，利用优化算法进行生产调度的智能化管理。
9	产线柔性配置	设备数据、生产数据	生产线配置灵活性数据，支持在多变需求下进行快速调整和配置，提升生产灵活性。
10	人机协同作业	设备数据、作业数据	人机协同的工作场景数据，包括设备运行数据与人员作业数据，支持智能协作。
11	工艺动态优化	工艺数据、传感器数据	基于实时工艺数据，自动调整生产工艺，提高生产过程的适应性和效率。
12	先进过程控制	生产数据、传感器数据	通过精密控制算法实时调节生产过程中的各项工艺参数，确保产品质量稳定。
13	数智精益管理	生产数据、质量数据	数字化与智能化结合的精益生产管理模式，利用实时数据优化生产效率和质量。
14	在线智能检测	传感器数据、图像数据	使用传感器和计算机视觉技术进行实时检测，自动识别产品缺陷并反馈。

序号	场景	数据要素类型	描述
15	质量追溯与分析改进	质量数据、生产数据	产品从设计、生产到售后的全程质量数据追溯与分析，为质量改进提供数据支持。
16	设备运行监控	设备数据、传感器数据	实时监测设备的运行状态，捕捉振动、温度、压力等重要参数，确保设备健康。
17	设备智能运维	设备数据、故障数据	利用 AI 算法预测设备故障，进行智能运维，提高设备可用性并降低维护成本。
18	智能仓储	仓库数据、物流数据	通过自动化设备和传感器，实现物料存储、搬运、管理的自动化与智能化。
19	精准配送	物流数据、地理数据	基于实时交通数据、订单数据等进行精准的路径规划，提高物流配送效率。
20	危险作业自动化	安全数据、设备数据	对高风险作业的自动化控制和实时监控，降低人员暴露风险，确保作业安全。
21	安全一体化管控	安全数据、传感器数据	通过传感器实时监测作业区的安全风险，并通过一体化平台进行自动响应与处理。
22	能源智能管控	能源数据、设备数据	基于实时能源消耗数据，优化能源的使用，降低能耗和提高生产效率。
23	碳资产全生命周期管理	环境数据、碳排放数据	通过追踪产品生命周期内的碳足迹，进行碳排放数据管理和减排优化。
24	污染在线管控	环境数据、排放数据	通过在线监测污染物排放和生产环节中的环境影响，及时做出环保调整。
25	智慧营销管理	销售数据、市场数据	基于市场需求数据和客户反馈，优化销售策略和客户关系管理，提高市场响应速度。
26	产品智能运维	设备数据、使用数据	通过实时监控和数据分析，预测产品的维护需求，提供定制化的服务与支持。
27	智能客户服务	客户数据、服务数据	基于客户行为数据和历史服务记录，提供个性化的智能服务支持。
28	供应链计划协同优化	供应链数据、生产数据	实时调整供应链计划，协同优化生产、采购和物流，提升供应链整体效率。
29	供应商数智化管理	供应商数据、绩效数据	通过 AI 分析供应商的交付能力、质量指标等，优化供应商管理流程。

序号	场景	数据要素类型	描述
30	供应链物流智能配送	物流数据、订单数据	基于实时数据进行配送路径优化，提高物料供应的及时性和准确性。
31	先进工业网络应用	网络数据、设备数据	利用高效的工业网络技术支持设备与系统的互联互通，提升生产效率。
32	工业信息安全管控	安全数据、网络数据	实时监控信息安全威胁，保护企业数据免受攻击，确保生产环境的安全性。
33	工厂数据资源管理	生产数据、设备数据	管理和整合工厂中的各类数据资源，优化信息流通，提高数据利用效率。

4、知识模型资源清单

序号	环节	知识模型	描述
1	产品设计	技术标准	指导设计过程中的设计、仿真、验证标准
2	产品设计	典型产品组件标准库	为后续设计提供快速选择途径
3	产品设计	功能模型	描述产品各项功能以及功能之间的相互关系，确保产品功能符合预期
4	产品设计	结构模型	产品组成结构及各零部件间装配关系
5	产品设计	性能模型	量化产品各项性能指标
6	产品设计	质量改进问题	积累的新品开发问题及改进措施
7	工艺设计	工艺知识库	工艺流程、参数、资源等关键要素的工艺知识库
8	计划与调度	生产计划专家知识库	实时记录计划变动及变动规率，为后续计划下达、调整提供依据
9	计划与调度	先进排产调度算法模型	根据历史记录为排产提供依据
10	计划与调度	异常自动决策与优化调度模型	为异常自动优化提供依据
11	生产作业	生产作业数据在线分析模型	自动记录加工过程参数及程序，可重复利用，对于异常情况实时预警
12	质量管控	质量数据算法模型	记录产品质量参数和与相关检验数据，以便进行生产管理和质量控制
13	设备管理	设备运行模型	设备相关参数标准及预警标准等
14	仓储物流	仓储模型	自主判定仓储物料的存储时间及顺序，自动运算实行先进先出等逻辑

序号	环节	知识模型	描述
15	仓储物流	配送模型	记录与提供配送解决方案
16	能碳管理	节能模型	记录与提供节能方案
17	环保管理	环保监测数据与生产作业数据分析模型	污染物预警
18	营销与售后	销售预测模型	分析历史数据、市场数据等,预测销售数据
19	营销与售后	精准客户服务模型	通过用户画像分析,提供个性化的产品和服务
20	供应链管理	采购模型	基于多约束条件,对采购进行预测
21	供应链管理	供应商评价模型	收集并分析供应商资质、能力等,对供应商进行评价

5、工具软件清单

序号	工具软件	描述	国产/进口
1	企业资源计划系统 ERP	协调和整合企业各方面业务流程，协同管控企业的产、供、销、人、财、物等资源	国产
2	数字孪生系统	工厂或产线模拟仿真	国产
3	办公自动化 OA	实现办公管理规范化和信息规范化	国产
4	商业智能系统 BI	帮助企业进行数据分析、提供决策支持的工具	国产
5	产品生命周期管理 PLM	产品全生命周期的信息的创建、管理、分发和应用的一系列应用解决方案	国产
6	产品数据管理系统 PDM	有效组织生产工艺过程的生产作业文档，实现车间无纸化生产	进口
7	MDM 主数据管理系统	帮助企业有效管理和维护核心业务数据的技术框架	国产
8	数字化工艺设计与管理系统 MPM	辅助工艺设计	国产
9	供应商关系管理系统 SRM	通过信息手段控制优化与供应商之间的信息流、物流和资金流	国产
10	制造执行系统 MES	面向车间执行层的生产信息化管理系统	国产
11	制造运营管理系统 MOM	通过协调管理企业的人员、设备、物料和能源等资源，把原材料或零件转化为产品	国产
12	高级计划排程系统 APS	解决生产排程和生产调度问题的系统，通过先进算法和模型，实现生产资源优化分配和工序有效排序	国产
13	数据采集与监视控制系统 SCADA	通过与传感器、PLC、RTU 等设备连接，实时监控设备运行状态，收集工艺参数数据并进行控制	国产
14	制造数据采集与状态管理系统 MDC	对车间智能设备运行数据实时监视与控制，并对数据分析及处理，为 MES、ERP 等系统提供数据支持	国产

序号	工具软件	描述	国产/进口
15	SPC 统计过程控制	通过统计方法监控和控制制造过程	国产
16	PIMS 工厂信息管理系统	生产过程管理	国产
17	工业物联网平台 IOT	设备联网, 设备数据采集	国产
18	质量管理体系 QMS	辅助企业建立有效运行的质量保证体系	国产
19	设备管理系统	通过信息化手段, 实现对设备全生命周期的有效管理和监控	国产
20	仓储管理系统 WMS	实现完善的仓储物流信息管理	国产
21	仓库控制系统 WCS	负责协调、调度底层的各种物流设备	国产
22	能耗管理系统 EMS	实现对能耗状态进行监测、分析和预测	国产
23	客户关系管理系统 CRM	实现客户资源有效利用的管理软件系统	国产
24	刀具管理系统	行业软件, 刀具全过程数字化管理	国产
25	在线检测软件	行业软件, 在线检测设备控制	国产
26	设备画像软件	行业软件, 采集和分析设备信息, 进行风险防控和管理	国产
27	智能 AGV 调度系统	对 AGV 系统中的多台 AGV 单机进行任务分配及管理	国产
28	条码系统	行业软件, 条码识别	国产
29	机械制图软件	用于二维及三维绘图、建模、详细绘制、设计文档	国产/进口
30	有限元分析软件	用于结构强度、热力学及多物理场仿真分析的工程软件, 支持复杂工况模拟	国产/进口
31	工艺仿真	对生产系统、物流流程、立体仓库进行仿真、可视化、分析和优化	国产/进口

6、网络化联接设备清单

适用场景	设备名称	主要功能	国产/进口
通用	工业交换机	实现设备与系统之间的高效数据通信，支持多设备连接与实时数据传输	国产/进口
通用	工业路由器	实现不同网络间的数据路由和设备互联，同时保障网络安全	国产/进口
通用	工业网关	实现多协议设备数据的采集、转换与上传，支持工厂数据资源的统一管理	国产/进口
通用	无线接入点 (AP)	提供无线网络覆盖，支持多设备无线连接	国产/进口
通用	PoE 交换机	为连接的以太网设备(如 IP 摄像机、AP 等)提供数据传输及电力供给	国产/进口
通用	SDN 控制器	实现工业网络的集中式管理和动态优化，支持设备的智能调度和流量控制	国产/进口
通用	5G 网关	基于 5G 技术，支持高带宽、低延迟和大规模设备互联，适合复杂生产环境中的实时数据传输需求。	国产/进口
通用	现场总线设备	实现设备层与控制层之间的高效数据传输，支持工艺实时优化	国产/进口
通用	工业以太网适配器	将传统设备接口(如 RS-232/485)转换为工业以太网接口，实现传统设备与网络的连接	国产/进口
通用	时间敏感网络 (TSN) 交换机	提供时间同步和实时通信，保障延迟敏感型数据的传输质量	国产/进口

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	数字化统筹管理技能	推动组织数字化转型落地，协调 IT、生产、研发等部门需求，制定路线图及执行规划、计划的能力。
2	项目管理技能	对智能化改造项目进行规划、执行和控制管理的能力。
3	工业物联网与设备互联技能	掌握工业传感器部署、设备数据采集（SCADA 系统）、边缘计算等技术，进行设备协议解析、工业网络搭建、预测性维护算法开发等，实现生产设备实时监控与互联互通。
4	智能制造信息系统实施技能	熟悉 MES、APS 等工业软件部署，实现生产计划动态调整与车间透明化管理，以及对不同系统之间的数据交互、接口设计、信息共享方面的系统集成。
5	系统开发技能	信息系统数据接口开发及功能性开发
6	工业网络安全与数据治理技能	保障工厂 OT/IT 系统安全，制定数据分级存储策略，防范网络攻击与数据泄露风险。
7	数字化设计与仿真技能	熟悉本行业技术发展，具有参数化设计、数字孪生构建、多物理场耦合分析能力，使用 CAD/CAE/CAM 软件进行产品三维建模、结构仿真与工艺优化，支持虚拟样机开发。
8	标准化技能	如标准化管理、标准制定、标准体系等能力。
9	数字化工艺与精益管理技能	应用工艺路线仿真、工时标准化、能耗数字化监控，结合精益生产理念，分析优化工艺流程，并利用 6 σ 、5S、看板管理等管理工具和方法消除浪费技能。
10	工业大数据与 AI 分析技能	利用 Python、SQL 等工具处理生产数据，通过 SPC、缺陷检测算法开发、供应链需求预测建模，构建机器学习模型优化工艺参数或预测设备故障。
11	自动化与机器人集成技能	掌握工业机器人编程、PLC 控制逻辑设计，通过路径规划、视觉引导系统集成等实现柔性生产线与自动化单元部署。
12	先进制造技术技能	如 3D 打印、数控机床、机器人、柔性制造等先进装备的操作和维护技能。
13	高级编程技能	数控编程人员

序号	人才技能类型	描述
14	供应链数字化协同技能	熟悉供应商库存（VMI）管理、物流路径优化、区块链溯源应用，利用 ERP、SRM 系统实现供应链上下游数据互通，支持 JIT（准时制）交付。
15	优化管理技能	如生产过程优化、设备效率提升、质量控制、自动化水平提升等优化和改进技能。

附件 3：典型案例

典型案例 1：高端传动件 5G 全连接工业互联网标杆工厂 ——徐州徐工传动科技有限公司

一、企业简介

徐州徐工传动科技有限公司成立于 2014 年 10 月，专业从事工程机械变速箱、驱动桥、减速机、变矩器等核心零部件的研发、制造与销售，拥有立卧复合加工中心、柔性加工单元、数字化热处理线等最新国际尖端设备，公司占地面积 208 亩，厂房建筑面积 11.7 万平方米，具备年产 10 万件各类传动系统零部件的生产制造能力，是目前国内行业技术水平最高的专业化生产基地。公司致力于成为国际一流的非公路工程机械传动系统整体解决方案提供商，2021 年被工信部认定为国家级专精特新小巨人企业，2022 年认定重点培育小巨人企业。

近年来徐工传动公司持续开展智改数转产业转型升级战略规划部署，加大在技术创新、智能制造等方面的建设投入，全面部署应用 PDM、MPM、CAPP、ERP、MES、SRM、WMS 等核心级信息化平台，在产品型谱、产品结构、核心技术、制造能力、质量控制、低碳环保等方面得到了全面的提升，通过 5G 全连接工厂项目的实施落地，智能制造能力水平不断提升，抗风险能力不断增强，2022-2023 年先后被江苏省工信厅认定为“五星级上云企业”、“智能制造示范车间”、“AAA 级两化融合管理体系贯标”、“工业互联网标杆工厂”、“5G 全连接工厂”。2023 年入选工信部 5G 工厂名录，获批工业互联网试点示范 5G 工厂。

二、主要做法

徐工传动公司在智改数转网联方面实施两级规划部署，根据集团统一平台部署，持续升级优化 PDM、MPM、IOT、QMS、APS、X-DSC、WMS 等信息化平台，同时结合公司实际需求，定制实施 5G 网络、MES、自动化物流等应用平台，加速推进零部件制造单元自动化改造升级，打造从研发到交付的数字化、协同化工业互联网标杆。

徐工传动公司是行业内首家应用 5G 技术打造 IOT 工业物联网平台，实现制造资源的实时可视化管控能力。MES\ACS\WMS\QMS 等上下游核心系统集成联动，有效指导精益化生产组织模式运行，实时掌握制造资源运行效率，实现进度智能管控、生产物流优化、能源效率优化及生产安全管控。目前已完成 122 台高精尖数控加工设备的 24 小时实时在线可视化分析管控能力，通过工业大数据深度挖掘支撑工艺布局、计划排产、物资储备、人员配置的全方位优化提升决策。

1、协同研发设计：利用 5G 等技术实时采集现场实验画面和实验数据，同步到不同地域科研人员，协同研发，提高设计效率；

2、远程设备操控：利用 5G 等技术实现工业设备与各类数据采集终端的网络化，并通过设备操控系统实现对现场工业设备的实时精准操控；

3、设备协同作业：利用 5G 等技术将生产现场的多台设备按需灵活组成一个协同工作体系；

4、柔性生产制造：利用 5G 等技术实现设备连接无线化，通过相关应用与系统结合，将用户需求、产品、设备、生产计划等信息实时分析、处理，动态制定最优生产方案；

5、现场辅助装配：利用 5G 等技术实现智能终端接入并实时采集传输数据，通过 5G 网络下发工艺并实时指导装配人员操作，提升现场装配效率；

6、机器视觉质检、设备故障诊断：利用 5G 实现工业相机或激光扫描仪实时拍摄产品质量的高清图像并上传专家系统，专家系统实时分析判断物料或产品是否合格、设备故障诊断；

7、厂区智能物流：通过 5G 等技术从生产线的上游工位到下游工位、从工位到缓冲仓、从集中仓库到线边仓，实现物料定时定点定量配送；

8、无人智能巡检：通过 5G 等技术实现巡检机器人或无人机等移动化、智能化安防设备的 5G 网络接入，替代巡检人员进行巡逻值守；

9、生产现场监测：通过 5G 等技术各类摄像头等智能终端接入网络采集监测数据回传至监测系统并分析，实现对生产现场的全方位智能化监测和管理；

10、生产单元模拟：在生产单元设备上部署 5G 网关，采集海量数据实时上传至边缘云平台生成虚拟生产单元，比对差异进行优化，实现生产实时精准管控；

11、虚拟现场服务：主要包括产品展示体验、辅助技能学习、远程运维指导等三类服务；

12、生产能效管控：基于 5G 专网建设 EMS 综合能耗管理平台通过内置 5G 模块的仪器仪表，实时采集企业各类能源消耗数据和污染物排放数据，实现大规模终端的海量数据秒级采集和能效状态实时监控。

公司通过实施“5G+工业互联网融合应用”项目，积极探索利用 5G 技术推动工业互联网的转型升级。这一项目不仅对公司内部的工业互联网内网进行了建设和改造，还围绕企业当前面临的难点和痛点，开展了多项 5G 典型应用场景的试点建设。通过 5G 技术的赋能，实现碎片化、浅层应用的整合集成，有效贯穿设计研发、精益生产、销售服务等各个价值链环节。这种集成化的应用，不仅提升了各部门之间的协同效率，还增强了信息流的实时性和准确性，从而推动了整体管理水平的提升，包括绩效管理、设备管理、质量管理和安全环保管理等，打造智能化、精益化、数字化、高效协同的高端传动件智能制造工厂，对工程机械核心零部件制造行业起到示范引领作用，具有一定的推广价值。

三、实施成效

通过高端传动件 5G 全连接工业互联网标杆工厂的建设，切实提高了公司的经济效益、生产效率、产品质量。产品制造加工综合效率提升 27%，关键核心设备 OEE 指标达到 78%以上，产能不断提升，关键零部件自制率提升至 85%，工厂运行的整体效能不断提升，日产值由 2019 年的不足 300 万元提升至 2023 年的 435 万元，生产装备的数字化率提升至 95%以上，总体自动化智

能化水平提升 45%。新产品研发周期缩短 27%，研发成本降低 17%。

典型案例 2：数据驱动传动部件制造全流程数智化转型 ——索特传动设备有限公司

一、企业简介

索特传动设备有限公司于2008年在常熟市高新技术产业开发区注册成立，先后获得江苏省工程技术研究中心、高新技术企业、江苏省智能车间、江苏省两化融合贯标试点示范企业、苏州市智能工厂、江苏省智能工厂(荣誉类)等荣誉。

公司主要研发和生产齿轮传动部件，主要包括减速机、回转支承、车桥、变速箱、四轮一带等核心产品。产品型谱对标川崎、纳博、KYB、力士乐等品牌，实现了国产化替代，其中挖机、旋挖转机、水泥泵车等工程机械主机的型谱覆盖率达70%。

公司回转支承、车桥等齿轮传动部件主要生产工艺有连铸坯下料、环锻、机加、热处理、装配、调试、涂装、包装。产品的加工过程中，利用大数据、物联网等智能化技术将不同生产工艺进行有序组合，实现关重零部件的一体成型生产。产品整个生产过程实现物料实物和数据信息同步进行，实现产品的全流程追溯。

在智改数转网联方面，公司通过购置智能化设备、与供应商共同开发非标智能化装备改造厂区现有产线，打造智能生产车间，利用MES、WMS、OA、SAP等系统软件将各智能车间的数据进行集成分析应用，实现车间与车间、生产与管理的互联互通，将索特工厂打造成集智能设计、智能生产、智能物流、智能管控等经营管理全流程智能化的智能工厂。项目通过在制品管理+设

备联网实现敏捷制造的生产管理目标，利用大数据技术对厂区数据进行统计分析，为公司决策层提供充足的数据依据，在厂区内构建具有先进性、科学性、前瞻性的智能化生产体系。

二、主要做法

1、基于 5G 引擎构建全连接工厂

采用 5G+NodeEngine 的方式进行数据传输，数据通过基站引擎 NodeEngine 服务器进行分流，无需传至公网，使数据不出厂区不出园区，保障数据的安全。在传输时延方面，数据不需要经过核心网到因特网，传输路径变短，时延减小；在减轻传输网络的压力方面，数据直接本地卸载到公司内网服务器，不需要经过回传网络，节省回传网络的带宽；在数据安全方面，数据直接发送给本地网络，减少在互联网的传输，数据更加安全。

通过建设 5G+MEC 边缘云，并通过 5G+云+AI 能力，将索特构建成可灵活部署、泛在接入、智能分析的全云化、数字化工厂。

2、基于数据驱动打造智能制造生产模式

通过打通 SAP、MES、WMS、FMS 等生产系统对制造生产全过程的自动化控制和智能化控制，促进信息共享、系统整合和业务协同，实现制造过程的科学决策，最大程度实现生产流程的自动化、个性化、柔性化和自我优化，实现提高精准制造、高端制造、敏捷制造的能力，加速智能车间、智能工厂等现代化生产体系建立，实现智能制造。

3、基于大数据平台建立设备自诊断预测性模型

建立设备互联大数据平台集成厂区 693 台设备进行可视化

管理，利用 BP 神经网络算法建立设备管理模型、通过 IOT 平台建立基于设备主轴多维振动时域波形和频谱的自诊断预测性模型，实现基于设备健康状态实时监测的可靠性和可用性的预测，对冗余生产设备的自动切换，提升设备故障自诊断的精度，优化设备维护管理决策。

4、基于机器视觉的智能化产线安全策略升级：

利用机器视觉技术，包括图像处理、机械工程技术、控制、点光源技术、光学、传感器、数字处理、软件等，实现对工件、零部件展开三维立体式的识别、测量，将传统的实体工件、零部件转化为视频、图像等视觉感官信息处理。

从机器视觉的角度出发，应用视觉判断和大数据处理策略，研究基于机器视觉的安全解决方案，利用视觉的柔性化、适应恶劣环境、成本投入低、效益大、响应迅速、智能化等特点，弥补硬件安全的缺陷，确保工程生产过程的安全。

三、实施成效

- 1、单台平均成本降低 8.44%；
- 2、提高生产效率 14.88%；
- 3、产品质量合格率达到 99.84%；
- 4、产品制造周期缩短 21.43%。

典型案例 3：高端液压元件智能制造示范工厂

——江苏恒立液压股份有限公司

一、企业简介

江苏恒立液压股份有限公司创建于 2005 年，于 2011 年在上交所 A 股上市，是一家集液压油缸、液压泵、液压阀、液压系统等产品研、产、销为一体的大型跨国企业、中国液压件龙头企业，产品销往全球 20 多个国家和地区，主要客户包括卡特彼勒、日立、三一、徐工、柳工等全球工程装备知名企业。公司员工总数 7000 余名，在全球建有 11 个制造基地和六大研发中心，先后荣获工信部单项冠军示范企业、强基工程“一条龙”应用计划示范企业、中国智能制造百强企业、国家知识产权示范企业、第七届中国工业大奖等殊荣。

恒立建有国家级企业技术中心、省工程中心、省工程技术研究中心、省工业设计中心、省博士后创新实践基地等研发平台，现有研发人员近 600 人，先后承担国家部委十余项科技计划项目，拥有授权专利 668 项，其中国内授权发明专利 81 项，国外发明专利 14 件。2024 年信息化专业人员已有 50 人的规模。

随着当前市场需求日益个性化，产品呈现多品种、少批量、多批次的趋势，传统产线存在衔接不及时、混合排产难度大等问题，恒立投资 5 亿多元用于高端液压元件智能工厂建设，倾力打造国际一流高端液压元件智能示范工厂。

二、主要做法

企业结合总体规划方案，重点从研发、生产、检测、物流、

销售与服务、模式创新、信息化系统、IT 基础设施等方面建设智能工厂，以液压元件数字化协同研发设计平台、铸造信息系统（FIS）、PLM、ERP、SRM、CRM、MES、SPC 等信息化系统和信息化控制室与可视化驾驶舱的建设，形成高精密液压元件协同设计、柔性定制、智能制造一体化解决方案，突破以精密液压元件为代表的轻量化设计、绿色铸造、智能制造、在线检测与分析、信息化系统集成、智能仓储、动态资源配置等关键技术，建立多品种精密液压元件智能工厂。

在项目架构中，以底层的数据流为基础，集成 ERP、MES、PLM 等信息系统,打通生产执行数据流、产品数据流、供应链数据流，形成自下而上的数据自流动。



1、信息化基础能力建设

基础设施：选择云服务器和本地服务器结合的方式，实现计算资源的集中资源管理和动态分配。通过私有云控制台进行统一管理和控制，实现资源最优化利用。

信息安全：采用数据云安全产品和服务、业务安全管理、工业防火墙、工控主机卫士、态势分析与安全运营管理平台等产品等保障数据、业务、网络安全。

2、产品设计和工艺设计环节

应用设计软件 croe 建立标准件库、产品库，基于复杂建模、多种计算方法的应用，在设计过程中采用“理论+标准+经验”三者并行的计算方法，搭建数字化协同设计环境。针对高精密液压元件，建立了针对 PLM 管理系统，打通工艺设计与生产制造的信息孤岛，实现工艺数据流、生产数据流、质量数据流的数据集成。

3、生产管理运营

自动排产：为解决高精密复杂铸件生产效率低等突出问题，上线 APS 系统，自动接收 ERP 系统的信息制定工序级的生产计划，在工位现场使用移动 PDA 等设备，通过条形码、二维码，全面采集整个生产作业数据，并实时上传到主数据服务器中，实现整个生产过程的数字化管控。

资源配置：依托制造执行系统，集成专家系统等技术，生产信息化系统对机加工设备、产线工装、刀具、物料等进行管理，保证生产正常进行，并提供资源使用情况的历史记录和实时状态信息。

协同作业：针对铸造工艺复杂特点，采用铸造信息系统，搭建企业集中监控、统一调度、高度共享、互联互通、快速反应、有效预控、数理分析的综合管理信息平台。

智能在线检测：针对液压元件参数繁多，基于 FIS 系统，以生产过程优化运行、优化控制与优化管理为核心，建立技术功能模型，通过分布式实时数据库系统实现对生产自动化设备的实时数据采集、存储管理与监控。

质量精准追溯：上线 MES 系统，利用数理统计原理，通过检测资料的收集和分析，可以达到“事前预防”的效果，从而有效控制生产过程、不断改进品质。

在线运行监测：依托 MES 系统，在设备上集成传感器、数据采集接口等，并开发设备自管理系统，进行设备状态监控，为生产决策提供依据，提高设备产能。

设备故障诊断与预测：运用物联网技术开发设备自管理系统，建立设备故障规则库，汇集历史运行与故障数据，记录故障解决方式，形成故障预测模型，基于模型进行故障推断，实现厂内设备的故障在线诊断与预警，预测性维护以及故障修复。

3、营销管理、售后服务

公司将销售线索、商务谈判、客户档案等信息部署在云端进行管理，实现客户与公司销售、售后等服务上的交互。其灵活性与可扩展性助力企业依据需求变化迅速拓展升级，还提供强大大数据分析挖掘功能以制定精准策略。

4、供应链管理

公司将供应商关系管理部署在云端，建立多维度的绩效评价指标体系，构建供应商信息数据库；简化采购流程，提高决策效率。同时公司将采购系统部署到云端，构成了企业采购流程

的全链条，确保采购活动的顺利进行。

三、实施成效

恒立智能工厂在 PLM、SAP、APS、FIS、MES、QMS、WMS 软件应用，机器人、柔性制造系统、AGV 等装备、信息系统集成等方面均取得了突破性进展。

(1) 通过建设 APS 系统，开发计划排程算法及生产管控平台，打造高精密液压元件柔性制造模式，全面适应多品种、小批量的订单需求；

(2) 突破精密液压件绿色设计技术壁垒，实现短流程、节能节材减排设计开发，缩短制造周期 50%，减少缺陷的产生，减少材料 25%以上；

(3) 全面应用高档数控机床、工业机器人、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、软件及网络设备智能制造关键技术装备。

(5) 通过项目实施建设，实现关键设备数控化率达到 95%以上，柔性制造能力提升 1 倍，生产效率提高近三分之一，产品不良率降低百分之七，单位制造成本降低近百分之十。

典型案例 4：高端流体控制与执行元件智能制造示范工厂 ——徐州徐工液压件有限公司

一、企业简介

徐州徐工液压件有限公司成立于 1994 年，占地面积 28 万平方米，厂房建筑面积约 15 万平方米，员工 1500 余名，其中各类专业技术人员 150 余名；拥有各类加工设备 800 余台，分别通过 ISO9001、ISO14001、OHSAS18001、ISO10012 以及两化融合等管理体系评定或复审。

近年来公司管理水平持续提升，2017 年荣获“国家级智能制造试点示范及工业互联网试点示范企业”，2018 年荣获“全国机械工业质量奖”、“徐州市市长质量奖”，液压缸产品连续多年获江苏省名牌产品称号，2019 年公司荣获“江苏省优秀质量管理体系认证（AAA）企业”；同时绿色、智能制造技术持续突破，2019 年公司获评国家级“绿色工厂”，2020 年获评首批“江苏省四星级云企业”，挖机油缸智能生产车间被江苏省经信委和财政厅认定为“江苏省示范智能车间”，2021 年荣获“江苏省智能工厂”及“江苏工业互联网标杆工厂”。

二、主要做法

1、工厂建设

公司将全部生产线按智能化要素建立数学模型，并已对现有数学模型进行模拟仿真进行持续优化，实现规划、生产、运营全流程智能化管理；相关经验数据进入企业核心数据库，新生产线建设均会借用现有数据模型进行分析规划。

2、研发设计

全面采用三维数字化设计技术，通过搭建以 PROE（设计）+PDM（数据）+MPM（工艺）+CEM（变更）为基础的全球协同研发信息平台，实现与欧洲研发中心、美国研发中心、徐工研究院及各配套主机研发机构的产品全球化协同设计；建立产品全三维研发体系，借助于三维实体模型及完整的造型结构，齐全的尺寸和几何约束，更好完成产品设计的修改和调整，零部件的装配、力学分析、运动分析、模拟仿真、数控加工等研发过程。依托协同研发共同体，建立和优化供应商管理平台，实现企业间协同研发及网络化制造，提升研发和制造效率。

3、装备智能化

全面打造智能化液压阀生产线、智能化液压缸生产线、智能化涂装生产线、智能化电镀生产线等智能化产线，对现有数控装备进行智能化改造，采用智能机械手与传送模块实现自动上下料；物流采用 AGV 小车、积放链等方式，实现产品加工、装配、试验、涂装等工序之间自动传输；通过 SPC 系统对产品质量数据进行实时数据采集；采用二维码、RFID 技术对物料进行识别，实现现场数据的有效追溯及分析；采用数字孪生、数据驱动、语音控制、综合集成等手段，实时监控生产现场异常情况；通过现场传感器的数据采集实现生产、质量、设备、工艺过程的参数集中分析及应用。

4、生产作业

生产过程以生产制造执行系统（MES）为纽带，以 ERP 系统

为基础，使用信息技术，将焊接机器人、数控加工中心、AGV 与 RGV 输送设备、自动化装配设备与生产管理信息系统相结合，实现先进设备的自动化运行；使用人工智能技术的专家数据库、高精度传感技术和柔性生产技术，实现自动化设备人机一体化控制，并对设备的运行状态、工艺参数和质量信息进行自动化采集和实时监控。

5、生产管理

以 MES、ERP、IOT、QMS、CRM、DSC 等系统为载体，将整个业务环节进行一体化集成管理，通过对生产过程中业务流程的不断优化，对生产过程以及联网设备及时有效的监控，尽早发现生产的瓶颈工序，降低瓶颈工序对整体生产节拍的影响；通过 QMS 系统对各零部件生产全过程的跟踪，及时发现和减少产品质量问题，并实现产品质量在系统中可追溯。

6、工业互联网平台

智能工厂内部整套装备系统、生产线、设施与移动操作终端泛在互联，构建智能工厂的全周期的信息数据链，以工业通信网络为基础，通过软件控制应用和软件定义机器的紧密联动，促进机器之间、机器与控制平台之间、企业上下游之间的实时连接和智能交互，形成智能制造工业互联网平台。

引入 5G 定制网实现生产车间内智能化工业终端和手持移动终端接入徐工集团工业物联网 IOT 平台，实现对重点数控设备进行数据高效采集，通过 5G+AR 技术实现远程智能辅助维修，满足 AGV 小车的低时延、高可靠性要求。

三、实施成效

通过智改数转网联，公司生产效率提高 25.71%，单位产值能耗降低 13.5%，运营成本降低 5.8%，产品不良品率降低 57.14%，产品合格率 99.7%，产品升级周期缩短 66%，企业成本竞争力不断提高。

专有生产工艺技术在项目实施过程中不断得到研究，专用设备研发能力等也不断提升，精益制造工厂的功能持续完善和提升，同时也为企业培养一批创新技术骨干和智能化管理人才，企业创新能力不断增强。

智能工厂的建设不仅优化企业内部流程，提升工作效率和质量，提升产品的智能化水平，也推进供应链各供应商的制造管理水平和成本竞争能力不断提升。

典型案例 5：液压元件 5G+物联网柔性制造智能工厂

——江苏可奈力机械制造有限公司

一、企业简介

公司创建于 2017 年 8 月份，是一家专业从事高性能柱塞泵、马达及零部件研发、生产和销售为一体的国家高新技术企业，建有 6 万多平方米的具有国际标准的现代化工业厂房及配套设施，建有行业首例以柔性制造为主体的液压产品智能化生产车间和国内领先的制造设备。公司从自创业初年销售 1800 万元到 2024 年销售超 1.5 亿元，实现了年均增长率超 30% 的业绩，产品出口到 180 多个国家和地区。

公司实施液压元件新技术、新产品的研发、创新和智能制造布局同时，与东大、华科大，武科大、南工程、常大、华科大无锡研究院等学院共建有多类型结构的创新载体以及“液压技术开发应用”产学研基地，建设“可奈力智造、全球应用”的液压元件制造基地。

公司先后荣获了国家高新技术企业、国家级专精特新小巨人、国家级 5G 工厂、两化融合管理体系贯标企业 AA 级、江苏省瞪羚企业、江苏省 5G 工厂、江苏省智能制造示范车间、江苏省五星上云企业、江苏省工业电子商务应用示范企业、江苏省工业信息安全二星级企业以及江苏省液压元件研发设计工程技术研究中心和江苏省级企业技术中心等资质和荣誉。

二、主要做法

公司通过高端智能装备和 5G 网络+工业以太网、工业 WIFI

等基础网络布局，建设 5G+工业互联网及大数据快速采集和分析的科研/制造应用环境。按照精密、精益化、自动化、信息化和智能化定位，以智能装备、网络互连、数据集成三大要素为核心，建设 MES & ERP & FMS(柔性制造系统)等系统高度集成化精密精益制造体系，通过底座数据分析能力以及透明化科学管理搭建多功能生产指挥控制中心(智慧驾驶舱)及智慧型领导面(BI)，实现各系统数据能够实时流转与传递状态下的业务高集成与共享，打通企业内部科研及智能制造+精密制造及智能检测检验、智能物流的智能应用环境，实现管控中心与办公(计划)、生产、装配、检测检验、研发及智能装备区域间高速、高效互联互通，达到生产资源的高效利用，降低企业用工成本，提高生产效率。

1、产线柔性配置

公司高性能液压元件生产线基本完全实现智能控制和自动化生产，通过智能化生产技术与 5G、物联网、大数据、云计算结合，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。通过 ERP 与 MES 集成，实现从销售订单，到物料采购、排单生产、仓储物流，全流程一体化管理。

2、关键工序智能在线检测

部署高精端的智能检测设备，通过 5G+工业视觉采集的来料和制程的实时质量情况，动态计算质检策略，适时实现加严、放宽还有临时全检/免检以应对不同的质检情况。柔性产线上部署了 LDS 监控系统，通过先进的 3D-MID 激光投照三维互联成型

技术实现工装夹具固定、位置偏差预警、刀具损耗、工件装位偏差等产品加工过程预警防错。

3、在线运行监控

柔性制造系统(FMS)是具有高性能自我运维的自成制造体系的独立生产线,通过接口协同纳入公司云平台,可通过设备自有PMC-Web网络软件平台和PHS控制系统以及LDS监控系统进行数据传输,并通过工业5G信息传输接入企业级IOT控制系统,通过BIM工业平台实现云桌面远程监控子项目近70项,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,提高控制效率。MES可对设备的开关状态、运行参数等信息进行数据采集,实时掌握设备的运行状态,对设备运行状态异常、参数异常,做到实时预警。

4、产线个性化自动管理

柔性制造系统通过PMC-Web网络化总控系统集成控制设备可编程控制器(PLC)、伺服驱动器、专业工具和感应装置在不更换硬件情况下实现生产不同品种、不同规格产品的产线柔性化;系统自备传感器、检测设备和扫描仪等技术,能够更好应对市场波动,提高产品质量,减少生产成本的产线控制智能化。通过利用计算机控制、自动化生产调度和实时数据采集等技术,实现企业资源的最优分配的产线自动化管理。

5、产品性能在线试验(检测)

公司建立了拥有自主知识产权的全体系泵/马达性能智能在线检测应用系统。该系统采用专用测控软件自动控制整个测

试流程,采用智能算法提高测试精度,具有智能故障处理功能,并可对测试数据进行统计与分析,为提升产品性能提供依据。

6、一体化智能仓储系统

组建高集成智能仓储管理系统,将成品仓、半成品仓、辅材五金仓整合为一个有机整体的高集成化智能仓储系统(立体仓库、AGV),通过先进的信息技术、物联网技术和人工智能技术等手段,实现仓库的货物存储、管理、运输等各个环节的智能化和高效化。并通过打通 WMS 与 ERP、MES 的高效集成和系统应用支持,利用现场 5G 通信技术、工业 wifi 识别系统、可追溯物料编码、无轨 AGV 小车、移动终端 APP 和集成化智能工位机高速互联互通,实现生产加工、工序流转交接、半产品转移存储、成品出入库以及辅材领用和库存一体化。

三、实施成效

通过智改数转网联,公司取得以下效益:

- 1、人工成本降低 70% (20 个工人减至 6 个工人);
- 2、空间利用率提升 5 倍;
- 3、仓储成本节省 55%;
- 4、运营效率提升 40%,人为错误降低 99.9%;
- 5、工序流转效率提升 20%。

典型案例 6：工程机械用液压回转接头“人-机-料-能”四维 智控车间——江苏长龄液压股份有限公司

一、企业简介

公司成立于 2006 年，是一家集研发、生产、销售于一体的专业工程机械用液压元件的国家高新技术企业及国家专精特新小巨人企业，主要产品有液压中央回转接头、液压张紧装置、液压泵阀等，于 2021 年 03 月 22 日在上交所上市。公司生产的液压中央回转接头一直位居行业第一，国内市场占有率达 48%，是国家标准《液压挖掘机中央回转接头》的主持起草单位，连续多年被三一重机、徐州徐工、山东临工、柳州柳工等国内外知名企业评为优秀供应商，多次荣获美国卡特彼勒 SQEP 认证铂金奖。公司拥有自主知识产权，首创超高压大流量超多通道全回转、高稳态、低压损回转接头，拥有油道成型、面向重大装备需求的强抗挤出耐磨组合密封及其自适应补偿、细长孔阵及并列沟槽精密加工、智能化精密匹配等核心关键技术，攻克“卡脖子”难题，授权发明专利 17 项。

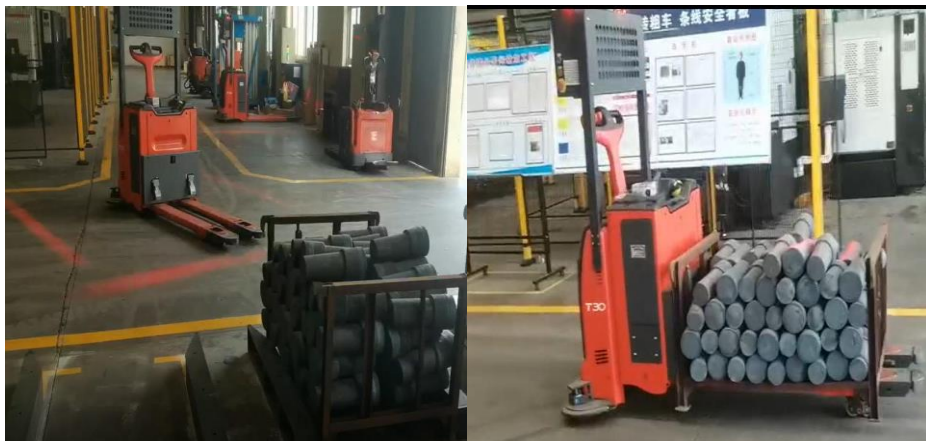
2023 年公司主营业务收入 51525.66 万元，研发投入 2633.95 万元，利润总额 9340.81 万元，上交税金 3864.73 万元。公司是集液压元件、精密铸件等产业于一体的大型企业，通过收购多个子公司，实现产品多样化、经营一体化；同时在泰国、新加坡等地新设子公司，加速全球化布局，促进上市公司的高质量发展。公司曾获批国家重点产业振兴和技术改造专项资金项目 1 项、江苏省战略性新兴产业发展专项资金项目 1 项；荣获国家

火炬项目、中国机械工业科学技术奖三等奖、国家级专精特新巨人企业等称号。

二、主要做法

1、生产物料精准配送

企业通过在原料仓储库、半成品库、成品库等物流节点布置专用设备（条码打印机、RFID、车载系统、PDA、PC等）进行高效管理；在自动化生产线的上料、下料工序，采用多关节型机器人进行抓料，实现产线自动化无人运转；同时利用AGV调度系统和MES、ERP进行数据交互，实现原料的叫料、备料、自动运输及上下料，实现动态的数据交互。



AGV 小车自动取料、送料

2、生产过程实时管控方面

基于物联网（IoT）及5G技术，企业引入MES系统，并通过与ERP、AGV调度系统、智能刀具系统的集成，建立以排产到班组机台的车间作业计划为主线，实现物料及产品的工艺流转卡流转管理及批次追溯、实现计件工时工资的自动核算、实现质量管理和设备管理、实现设备运行相关数据的采集和分析，合理利用系统打造提速增效的管理模式平台。同时，车间引入

安灯系统(包括设备安灯、设备维修安灯、产品工艺调试安灯、物料缺料安灯、质量安灯等模块),在每个设备和工作站都装配有呼叫灯,通过灯光和声音警报系统收集生产线上有关设备和质量等信息,实现企业异常管理流程化、标准化、精益数字化。



车间质量看板

3、生产信息跟踪追溯

企业通过 MES、ERP、AGV 调度系统、安灯系统、智能刀具管理系统、2D 视觉识别系统的集成统一,并利用物联网及 5G 技术,对生产设备运行状态实时监控、故障自动报警和诊断分析;MES 系统随时监控生产线的计划达成状况、设备运行状态、异常告警信息、参数变更、产能、产量、产品不良率等信息并自动显示在电子看板上;通过原料 ID 码与工艺流转卡上的二维码作为实现柔性制造的信息载体,追溯产品制造过程中的全流程信息,实现了计划、产能、生产状态的统计及质量追溯,能追溯到产品交付、生产制造和原料批次。

4、能源消耗智能管控

公司在电力监控方面通过一系列升级改造,实施了一套水

电气的数据采集综合能耗管理监控平台，作为数据采集的终端设备通过 5G 通讯技术连接综合能耗管理监控平台，将数据传输到平台系统服务端进行存储，用于数据的展示、分析等，平台系统通过能源计划、能源监控、能源统计、能源消费分析、重点能耗设备管理、能源计量设备管理等多种手段，确保设备处于最经济的运行状态，降低企业的经营成本，提高产品竞争力，实现企业安全用能、节约用能和清晰用能。

三、主要成效

通过引入智能化产线及系统，将生产工序优化，仓储与配送更加精准高效，使生产产能提升 43.75%，单位成本降低 10.34%，车间用工减少 47.38%；信息化系统的运用，从产品的全生命周期开始管理，关键工序的在线质量检测大幅提升了产品质量，产品不良品率降低 60%；在生产中广泛运用节能新技术，通过综合能耗管理监控平台管理，年度产值提高 43.75%后能源消耗降低 27.57%，荣获 2023 年江苏省智能制造示范车间。

典型案例 7：工业行星传动装备智能制造工厂

——南京高精齿轮集团有限公司

一、企业简介

南京高精齿轮集团有限公司成立于 1969 年(以下简称南高齿),是一家致力于研发、生产、销售重大传动装置及提供解决方案大型高新技术企业,产品广泛应用于风电、冶金、建材、电力、矿山、港口、起重、橡塑、工程机械橡塑、造纸、水工等工矿领域,南高齿集团设有南高齿总部、欧洲公司、美洲公司、亚太公司及印度公司,产品远销欧美及东南亚六十多个国家和地区,市场占有率在同行业中位居前列。公司名列中国机械企业 500 强,2012 年被认定为国家企业技术中心、并经科技部、国务院国资委和中华全国总工会批准认定为国家示范技术创新示范企业,2015 年度被评为江苏省“自主工业品牌五十强”企业,是首批单项制造,是齿轮传动领域龙头企业。

公司引进国际管理体系已超过 20 年,早在 1997 年通过了国际质量管理体系认证和环境管理体系认证,1999 年通过了国际职业健康安全管理体系认证,现有效运行最新版国际管理体系标准(ISO 9001:2015,ISO 14001:2015,ISO 45001:2018)。公司在国际通用管理体系标准的基础上,引入产品与行业的更高要求,如,于 2015 年导入运行并认证通过了美国石油协会的 API Q1 第九版质量管理体系标准。各类体系建设在公司的稳步发展中得到加强,也为公司的规范运行奠定了良好的基础。

公司建设行星传动装备智能制造工厂智能制造工厂,具有

国内最先进的智能化生产线，购置大型数控成形磨齿机、数控高速插齿机、立式加工中心、大型车磨中心、数控蜗杆砂轮磨齿机、齿轮检测仪、数控齿轮测量中心、全自动颗粒度检测系统等数字化加工及检测数控设备 300 余台套，并对以上部分核心设备配备 30 余套自动化机器人辅助加工。

二、主要做法

通过实施 ERP 系统、PLM 系统、CRM 系统、SRM 系统、QDAS 系统、无纸化等系统，并高度集成（自动化、数字化、网络化）实现信息流、物质流、能量流、资金流的全面感知与深度协同以及全面的业务整合、系统整合、数据整合，建设智能工厂。



1、生产信息全流程跟踪追溯情况建设

围绕精细化生产管理，运用资源管理系统（ERP）、制造执行系统（MES）、条码技术等，对生产过程进行有效管控，实现生产计划、生产过程、物料管理、质量管理、设备管理、基础数据管理等业务过程进行透明化管理，达到计划统筹安排、生产任务实时管控、质量管控、数据自动采集与管理、设备管理等，形

成计划、生产、质量、设备等透明可视可追溯的生产管理模型



2、车间内外联动协同建设

通过系统集成应用，在线实现从营销管理（商机、报价、合同确认、销售订单管理）、订单产品研发设计（图文档管理、权限管理、数据管理、版本控制、流程管理、BOM管理、编码管理、数据集成、制造过程管理）、采购计划下达、生产计划下达、现场生产订单查询（图文档管理、权限管理、版本控制、流程管理），实现全过程在线透明化生产，合理计划调度，敏捷性快速响应；订单执行过程数据实时采集、有效分析与控制，信息系统形成完整的数据信息档案，数据在线实时查询、全面可追溯，强化绩效分析并不断改善管理过程，提高研发设计、采购过程、生产过程管控效率，保障生产订单按期交付。



3、安全环保智能管控能力提升建设

车间环境监测调节、危险源处置及废弃物处置：车间配备视频监控，天然气、介质房、涂装线等重点环节安装有自动避险系统，自动报警、处置装置。每个排污点有具备数据采集及信息追溯的全生命周期管理系统。尾气排放等通过传感器，与环保局联网，实时监测。每个产污点配置二维码，扫码可对源头信息进行追溯。危废全生命周期管理系统，终端控制系统与省平台联网，能够自动称重生产二维码标签，该标签可追溯产废时间地点重量和品类，并自动上传至省平台。过程中人工不能干预篡改信息。

信息安全：信息安全事件频繁，对信息安全防护体系提出更高要求。根据分级分区域管理原则，建立外网防护区、计算存储区、OT网络区，用户接入区等，分区域进行安全管控。借助锐捷运维平台、超融合管理平台、态势感知平台，逐步建立可视化运维管理，从安全事件事后处置逐步转向事前预防、事中预警。

数据安全：为适应公司日益增长的信息化、数字化需求，保

障信息化系统稳定运行，建立满足数字化工厂建设需求的数据中心。借助外部专业厂商和集成公司力量，规划公司数据中心计算、存储虚拟化，数据备份、容灾中长期方案。采用 nutanix 技术建立数据双活数据中心，统一管理平台集中调度计算存储资源，并能灵活更新扩容，利用原有备份设备实现核心数据容灾存储。

三、实施成效

通过智改数改网联建设，管理更高效，产出增长且更稳定，绿色生产，环境舒适，更安全，经济效益与员工认可度均有效提高，受人员效率影响大幅降低，生产效率提高，产值年增长率为 16%，人均产值增加 21%，单台产品生产成本降低 12%；

产品质量管控可控，产品质量 100%可追溯，一次不合格品率（试气）降低为 0，一次不合格品率（试车）降低 80%，一次合格率显著提高；

信息透明且与实物对应性好，物流路线清晰，能够速准确配送，全流程信息打通，遗漏与缺料情况大幅减少；关键环节具备实时监控与处置装置，取消部分人工工步，增加机械防护与声光警示，减少安全风险点。

典型案例 8：精密减速器数字化工厂

——江苏泰隆减速机（集团）股份有限公司

一、企业简介

泰隆集团创建于 1982 年，下辖 6 个子公司，拥有总资产 43.8 亿元，占地面积 60 万平方米，员工 2300 多人。现为全国减速机标准化技术委员会秘书处单位、中国减变速机协会理事长单位。

公司建有 4 个省级技术中心、2 个校企合作研发平台，拥有授权专利 316 件(其中发明专利 56 件)，主持、参与制定国家、行业标准 21 项，承担国家、省部级项目课题 4 项，主业产品减速机多次荣获国家、省级科技进步奖。

公司从 2018 年 11 月至今，先后投资近 5000 万元，实施信息化改造升级项目，有力推动了企业转型升级的进程。通过近几年的升级改造，公司的经济效益得到明显提升，也获得了多项荣誉。先后被认定为省五星级上云企业、省工业互联网示范工程(工业互联网标杆工厂类)、省两化融合管理体系贯标示范企业、泰州市工业互联网标杆工厂、数据管理能力成熟度稳健级(3 级)认证单位，获得 AAA 级两化融合管理体系评定证书。减电金工车间被认定为省级示范智能车间。

二、主要做法

公司以建设数字化工厂为总体战略目标，针对大量“多品种、小批量”的非标定制化订单特点，在完成基础数据、作业流程、生产模式梳理的基础上，近两年更着重于生产现场的精细

化、透明化管控，仓储物流的自动化改造升级和跨部门的协同管理。

1、生产运营管理信息化基础能力建设

在公司网络、服务器等硬件设备方面，使用新华三集团最新的网络架构方案(SDN、AD-COMPUS)、私有云方案(UIS 超融合、云桌面)，实现了主千万兆，千兆到桌面，业务上云，确保运营管理生产系统稳定运行，提高了运行效率。

2、产品设计和工艺设计

面对减速机产品种类多，零部件通用性低，BOM、工艺等基础数据准备周期长、易出错的问题，搭建泰隆研发设计私有云平台，推广应用三维设计软件和 PLM 系统，提升高端定制产品的设计效率，缩短设计周期，

3、生产全过程管理

通过 PLM 与 ERP 集成，将公司研发人员的 PBOM(工艺物料清单)传至 ERP 中转化成为生产用料清单，ERP 根据产品齐套情况，下达主生产计划，再根据 MRP 计算结果下达零件生产计划。

零件生产计划自动转递到 MES 软件，车间主任按照实际情况形成详细生产作业计划，实时监控车间的生产执行情况，包括产能、质量、完工率。现场采用工位机实现任务的获取、报工、看图、NC 程序的下发和管理等，可采用 PAD 实现移动质检。

4、营销管理

建立泰隆电子商务中心负责线上销售，通过网站、公众号和小程序进行宣传和销售。线下通过专业展会和广告进行市场营

销。

5、售后服务

售后服务科使用泰隆售后服务管理软件登记客户报修信息，并根据情况进行派工和维修记录登记。质量管理科根据维修情况进行产品质量、服务成本、服务满意度分析，并将分析结果提交相关部门进行处理。

6、供应链管理

供应链管理主要使用 ERP 供应链模块，实现从计划到采购的全流程跟踪。实施泰隆营销管理系统，通过与 ERP 集成实现对合同签订、安排经营计划、生产组装、入库、发运、收款等主要环节的信息化管理。通过 ERP 系统与 WMS 系统集成，实现生产装配计划实时拉动物料的精准配送和仓储的可视化管理。

典型案例 9：精密锻件全链路协同智造工厂

——江苏太平洋精锻科技股份有限公司

一、企业简介

江苏太平洋精锻科技股份有限公司，深交所创业板上市公司，主营业务为差速器锥齿轮、电机轴和差速器总成、变速器结合齿齿轮、变速器轴类件、离合器驱动盘毂类零件、驻车齿轮、机械用齿轮等。公司是拥有自主知识产权、掌握先进的齿轮模具设计开发与制造核心技术、采用冷温热精密锻造成形技术、专业化制造齿轮的高新技术企业、中国齿轮行业协会 50 强最具品牌影响力企业、两化融合研发设计示范企业、国家知识产权示范企业、制造业单项冠军示范企业、国家技术创新示范企业、江苏省工业互联网发展示范企业（标杆工厂类）、江苏省智能制造示范工厂，建有国家企业技术中心、国家博士后科研工作站。

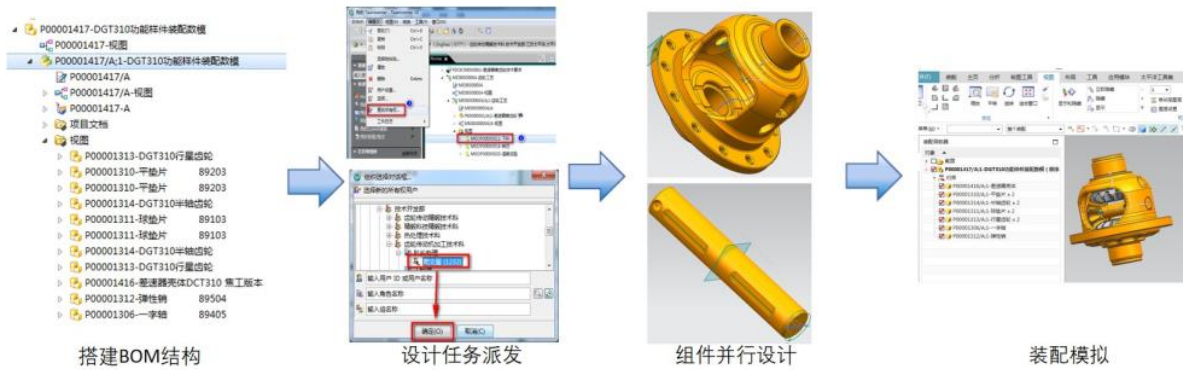
公司引进了模具加工、锻压、机加工、热处理、检测等机器装备，成功应用 UG、PROE 设计软件，实现了对齿轮三维建模技术的二次开发，完全掌握了锥齿轮齿形修形、齿顶修缘、接触区调整等由程序自动实现的模具设计与制造等核心技术，具有从模具设计与制造、锻件制坯及预热处理、精锻、机加工、热处理、检验与试验的完整工艺流程。公司具有根据客户需求进行产品设计，模拟仿真，试验验证，制造装配的正向设计开发能力。

二、主要做法

1、研发设计方面

通过 NX、PLM 软件开展产品设计和工艺设计，实现精密锻

件的产品建模设计和工艺文件编制,保证产品模型、测量模型、制造模型的一致性;应用仿真分析软件,开展产品静态应力、疲劳仿真;使用模拟仿真软件开展锻件塑性成形仿真,实现锻造过程优化。通过产品生命周期管理系统建立的知识库,有效的缩短产品的开发周期,提高产品设计质量。



数字化设计

2、系统协同方面

通过 ERP 系统实现基于产能约束的主生产计划自动生成,以及采购执行全流程追踪,并通过 SRM 采购平台,实现与供应商采购业务协同。应用 PIMS 系统实现计划管理、工艺下发、制造执行、物流运转、质量控制等生产制造执行的管控。通过数采平台实现锻造、机加工等设备的关键运行参数及状态的数据采集,实现设备 OEE 统计分析。通过 EAM 系统,实现设备保养、检修等闭环管理。通过 PIMS 系统的追溯平台,实现产品信息(材料、过程、成品)的批次追溯(齿轮),通过总成产线 MES 系统,实现变速器总成的单件级追溯。

3、设备协同方面

大量应用锻造、热处理、机加工等先进装备,并使用自动化

壳体机加工线、变速器总成全自动装配线等先进产线，实现多加工任务的连线生产，缩短生产节拍，大幅提高生产效率。其中自动化壳体机加工线采用在线过程检及刀具自动补偿、终检检测设备，对壳体质量测量数据进行在线采集，结合 SPC 系统开展数据分析，实现壳体产品在线全检。变速器总成全自动装配线实现扭矩、背隙等在线检测和 AOI 视觉外观检测，提高检测效率与检测质量。全自动化立体仓库配备 WMS 系统实现原料、成品自动出入库与库内作业，并通过与 ERP、PIMS、SRM 系统集成实现库存信息同步。

4、运营协同方面

通过 PLM、ERP、PIMS、OA、EAM、WMS、SRM、数采平台等信息系统集成实现工艺技术下达、生产计划下发、物料库存同步、设备异常报修、流程审批的跨业务协同。同时，应用 FDL 管理数据仓库，并通过决策分析平台开展财务、计划、生产、质量、设备、仓库、能源等多维的数据分析和共享。



计划分析驾驶舱

三、实施成效

通过智改数转网联，公司实现了机电研发、供应链、制造、服务、决策模式的创新。2021年至2023年销售收入年均增长率22.3%、利润年均增长率15.04%、生产效率提高13.05%、运营成本降低55.75%、产品研制周期缩短21.53%、能源利用率提高5.43%，产品固有可靠性（MTBF）提高3%，并荣获工信部2023年智能制造示范工厂。

典型案例 10：高端精密链条智能制造工厂

——东华链条兴化有限公司

一、企业简介

东华链条兴化有限公司成立于 2017 年，占地面积 350 多亩，注册资本 15018 万元，员工 825 人左右，已成长为一家集自主研发、制造、营销与市场服务于一体的链传动企业，主要产品为中高端链条、链轮、齿轮五金传动件，50%以上产品出口。

东华链条兴化有限公司已进入中国链传动行业第一方阵，是江苏省链传动行业冠军企业、国家高新技术企业、国家级专精特新“小巨人”企业、江苏省专精特新中小企业，省级工程技术研究中心、国家级绿色工厂、江苏省绿色工厂、省级智能制造示范工厂、省级智能制造示范车间等。

公司拥有行业内最大的单体链条装配厂房，拥有链条行业独有的全过程生产运营智造体系。近年来，公司不断进行科技创新与应用研发，巩固开拓高端市场；不断加大投入，推进制造升级；不断引进和培养人才，形成完善的企业人才梯队；不断向绿色化、数字化、智能化发展；已建成行业内领先的“数智”化车间。

二、主要做法

1、构建全流程智能生产线，提升产品内在性能和一致性

采用智能分选自动化供料及视觉智能检测系统、加长销系列产品柔性生产线、自动化精准送料系统、包装机器人及全自动化双排链条装配生产线，采用全流程状态监控技术，实现了

绿色、智能铸造，达到了国内领先水平，保障了产品内在性能和一致性。

通过自主创新和引进国内外前沿技术消化吸收再创新，不断进行产品创新设计及改进、工艺技术装备的研发再投入，有效解决了缺陷识别可控性、复杂结构可成形、柔性制造等难题，实现了复杂零部件产品高效开发和高成品率生产的快速制造模式。

通过 MES、PDM、ERP 等系统的相互集成，实现了生产过程人、机、料、法、环、测的信息互联互通；通过人工智能技术和大数据分析系统的应用，实现了产品设计、生产工艺以及制造管理的持续优化，成功打造了一个“生产精益化、设备自动化、管理信息化、人员高效化”的“新四化”智能工厂。

2、精密加工及在线检测技术，提升产品质量和成品率

采用自动化上下料智能加工以及机器人包装码垛等生产方式，同时在生产环节，配置视觉在线检测设备，其中包含 9 微米以下精度需求的智能识别、自动检测等功能，同时测量数据上传至 SPC 系统进行数据处理、统计，为产品加工工艺优化提供了有效指导。

3、智能信息管理系统集成和综合运用

基于链传动产品性能、精度要求高等特点，开发应用了集 ERP、MES、MDM、PDM 等信息化系统的集成技术，定制化开发了各异构系统的生产信息关联模块数据接口，按照由管理控制层、生产运营层、车间管理层、数据集中层的方式进行纵向集成，按

照各层对生产数据的管理目标和要求，针对性地梳理分析数据，形成数据分析表和优化分析结论，并按照数据应用类别进行集成分类管理，实现了从订单、研发、工艺、生产、质量、管理、物料等多方位的横向数据集成。

4、大数据分析平台助力企业智慧运营

通过数据采集系统和系统集成，建设企业混合云，开发大数据分析平台，建立智能决策系统，对运营信息进行收集、过滤、存储、建模、分析，为各级决策者提供了科学的决策信息，实现了实时的数据和事件捕获、流数据处理技术、分析和优化技术、预测性分析等功能。

东华充分利用数据分析和大数据技术，处理和分析海量的生产数据和供应链数据。这些数据分析帮助企业优化生产流程、提高供应链的效率，实现精准的需求预测和库存管理。通过数据的准确分析，东华能够做出更明智的决策，提升整体运营效率。

5、人工智能（AI）和机器学习

东华利用人工智能技术和机器学习算法，实现了智能化的生产和制造。通过对大量数据的分析和学习，AI 可以优化生产计划、预测故障，提高生产效率和质量控制水平。同时，AI 还应用于产品设计和优化，帮助企业推出具有竞争力的新产品。人工智能结合物联网和大数据技术，能够实现对产品质量的自动检测扩展到生产的全流程。降低了链条的缺件率、提高了零件制造的标准参数化合格率，加快了检验效率，降低了人员成

本。

三、实施成效

1、产品合格率 99.99%。通过改造后，高端产品设计制造精度高于 ISO 标准 30%，使用寿命延长 3~5 倍。开发的第三代视觉影像检测技术，批量应用于装配流水线，链条关键尺寸 100% 线上检测，使产品不良率下降 90% 实现实时采集和监控。

2、装备数控化率 100%。

3、订单交付周期缩短为 30 天。引进数控化高端装备，自主开发机器视觉技术应用，使订单交付周期从改造前需要 60 天压缩到 30 天。

4、生产运营综合指标。链传动产品生产效率提升 86.91%，单位运营成本降低 5%，劳动生产率提升 60 万元/人，投资回报率提升 38.89%。

典型案例 11：驱动车桥产品的智能化研发设计

——泰州神舟传动科技有限公司

一、企业简介

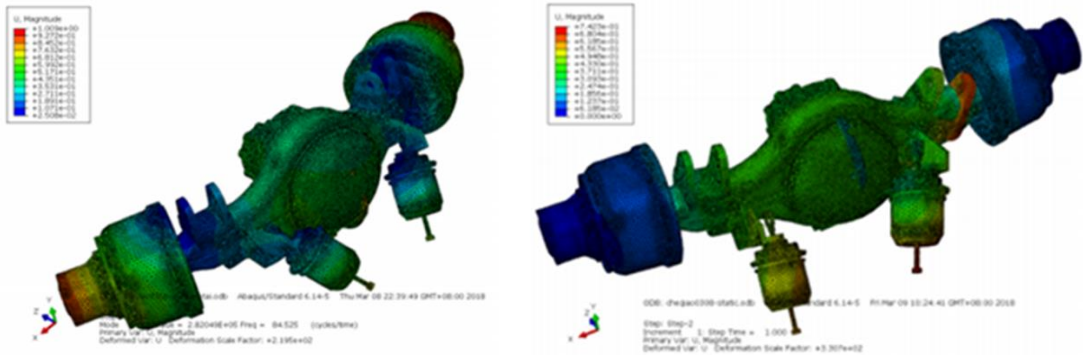
泰州神舟传动科技有限公司成立于 2002 年，是专业化生产各类“工程机械车桥”的企业。目前产品主要配套徐工、三一重工、中联重科国内三大工程机械企业，占据国内工程机械 30% 市场份额。公司是国家级高新技术企业，2021、2022 年先后荣获江苏省“专精特新小巨人企业”、国家级“专精特新小巨人企业”荣誉。

公司采用 ERP 贯穿管理全过程，应用 UG、CATIA 设计软件对设计产品模型进行有限元分析，新产品前期开发可以快速验证及理论数据的支持，实现了对车桥三维建模技术的二次开发，具有从模具设计与制造、锻件制造、机加工、焊接、装配及检验与试验的完整工艺流程，具有根据客户需求进行产品设计，模拟仿真，试验验证，制造装配的正向设计开发能力。

二、主要做法

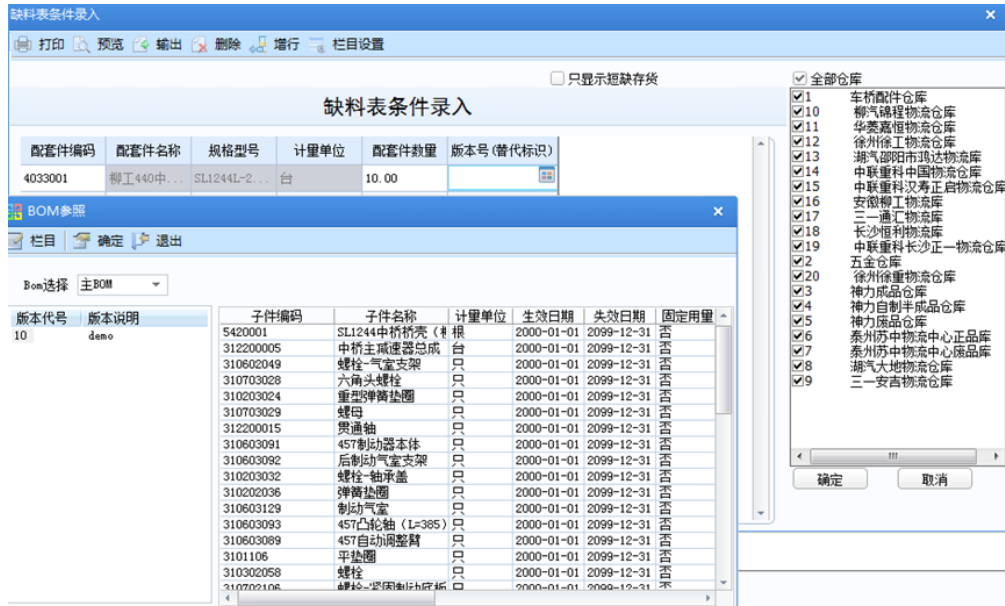
1、研发设计

企业通过 NX、CATIA 软件开展产品设计及理论验证，实现车桥产品建模设计，保证车桥技术开发的稳定，提高研发效率；应用仿真分析软件，开展产品静态应力、疲劳仿真，降低验证成本；依托内网服务器建立了产品研发数据库，有效的缩短产品的开发周期，提高产品设计质量。



2、系统协同

企业通过 ERP 系统实现顾客订单信息转入，依据产能约束的生产计划生成，以及外购件库存跟踪、缺件提示、采购指导，生产件出入库实时记录，并通过系统指导产品发货。ERP 系统贯穿产品生产的全过程，实现了产品生产全过程跟踪，有效提高物料利用效率及产品追溯效率。



三、主要成效

通过 ERP、NX、CATIA 等系统软件的应用，实现了公司生产管理能力和产品设计能力提升。生产效率提高 10%、运营成本降

低 5%、产品研制周期缩短 30%。

典型案例 12：精密轴承智能制造工厂

——常州光洋轴承股份有限公司

一、企业简介

常州光洋轴承股份有限公司（以下简称“光洋股份”）成立于 1994 年，总部位于江苏省常州市新北区。公司专注于各类汽车精密轴承的研发、制造与销售，主要产品包括滚针轴承、滚子轴承、离合器分离轴承与轮毂轴承等，广泛应用于汽车变速器、离合器、重卡车桥和轮毂等重要总成。

公司拥有通过 ISO/IEC17025 实验室认证的试验中心，检测能力得到国际互认，并通过了“测量管理体系认证”；公司同时拥有“江苏省认定的企业技术中心”、“江苏省滚针轴承工程技术研究中心”和“江苏省高精密轴承工程研究中心”。建有“企业院士工作站”、博士后科研工作站、常州大学研究生工作站。通过了 ISO9001-2015、IATF16949:2016、ISO14001:2015 环境管理体系、ISO45001:2018 职业健康安全管理体系认证、两化融合管理体系 2.0 评定、能源管理体系认证、测量管理体系认证。2014 年首批通过 GB/T29490《知识产权管理体系认证》认证。各类体系建设在公司的稳步发展中得到加强，也为公司的规范运行奠定了良好的基础。

公司建设汽车精密轴承及零部件智能制造工厂，具有国内最先进的智能化生产线，购置可控气氛密封箱式多用炉、集中工业系统、全自动轴承探伤硬度检测、激光标扫码机等生产检测设备 40 台套。建设 ERP 管理系统、MES 制造执行系统、WMS

仓储管理系统、PDM 产品研发管理系统、SRM 供应链管理系统等，从各方面实现数字化管控，从而打造具有自身特色的汽车零部件智能工厂。

二、主要做法

1、采用智能制造技术进行数字化设计与建模

利用 CAD (计算机辅助设计)、CAE (计算机辅助工程分析) 等数字化设计工具，进行轴承的三维模型设计、虚拟装配和数字仿真分析从而提高轴承的设计效率和准确性，降低设计成本。

2、引进自动化生产线

引入自动化生产设备，如数控机床、机器人等，实现轴承的精密加工和高效生产，从而提高生产效率和产品质量。

3、采用智能检测与质量控制

采用先进的检测设备和技術，如三坐标测量仪、激光测距仪等，对轴承的尺寸、形状、表面质量等进行精确检测。通过质量控制系统，实现轴承生产过程中的质量追溯和缺陷分析，确保产品质量符合标准。

4、采用智能化管理系统

利用各智能化管理系统，实现全厂智能化管控建立 MES 制造执行系统，实现生产计划的制定、调度、执行和监控。建立供应链管理系统，实现供应商管理、采购、库存管理、物流等环节的信息化和智能化。利用大数据技术，对生产数据进行收集、分析和挖掘。为企业的生产管理、质量控制、市场预测等提供决策支持。

5、网络建设

采用现场总线与工业以太网相结合的技术方案。现场总线技术主要用于生产现场的设备连接和数据传输，工业以太网技术则在此基础上，进一步提升了数据传输的速率和稳定性，满足工业现场对实时性、可靠性和环境适应性的要求。通过现场总线与工业以太网的结合，工厂实现了生产设备的广泛连接和高效通信。不仅提升了生产过程的自动化水平，还为后续的数字化转型和智能化升级奠定了坚实的基础。

6、平台建设

工业 IOT 平台：建设工业 IOT 平台，以连接为基础，数据为核心，驱动应用为关键价值体现，实现制造现场数据的实时汇集与上层业务运营层的数据融合分析，满足实时监控生产设备的运行状态，采集和分析生产数据，从而优化生产工艺流程，提高生产效率。

工业大数据平台：构建了覆盖数据采集、存储、分析、可视化和资产管理的软硬件一体化能力。该平台能够处理和分析来自生产现场的海量数据，提供设备数据资产管理、IT 类系统数据集成和 BI 图表分析能力，供企业深入挖掘生产数据中的价值，为决策优化提供有力支持。

应用开发平台：通过应用开发平台自主开发适合自身生产需求的定制化应用，如智能仓促管理系统、供应商管理系统等。

三、实施成效

通过智改数转网联，光洋轴承生产设备自动化程度提升，劳

动生产率提高 10.14%；加强产品质量管控，产品质量 100%可追溯，产品不良率降低 92.5%；产品制造工艺成熟优化，设备综合效率提升 8%，库存周转率提升 33.33%，订单及时交付率提升 1.04%；产品研发周期减少 20 天，人均销售额提升 13.85%，产品生产单位能耗降低 10%；还实现减排、循环利用，带来环境效益。

典型案例 13：基于装备智能化和全生命周期管理的高端轮式起重装备智能工厂——徐州重型机械有限公司

一、企业简介

徐州重型机械有限公司(以下简称“徐工重型”)成立于 1995 年,徐工集团全资子公司。徐工重型始于 1943 年创建的八路军鲁南第八兵工厂,1963 年研制出国内首台汽车起重机,2014 年研制出世界最大吊重的 1600 吨高端轮式起重机,该公司连续 18 年位居中国起重机行业第一位。2017 年,徐工重型智能工厂建设已初显成效,转台智能生产线入选央视《大国重器》“智造先锋”专题栏目,成为行业内唯一连续两季登上《大国重器》舞台的企业。

徐工重型的主营业务是研发、生产和销售 81~600 吨全系列汽车起重机、全地面起重机和特种起重机。该持续多年占据国内市场 50%以上的份额,产品销往欧洲、南美等 100 多个国家和地区,连续 15 年销量全球第一,年产规模超万台、产值超百亿元。该公司是中国流动式起重机分标委会秘书处承担单位,获得 8 项国家级、省部级科技进步奖,拥有 470 项发明专利、2 项国际专利,参与制定 18 项国家标准,并获中国专利金奖,是行业内首家通过欧盟 CE 认证并具备进军国际高端市场潜力的国家一级企业。

二、主要做法

徐工重型自主研发并应用于起重机行业的大型结构件焊接智能化生产线,利用制造信息化系统和物联网平台对生产设备

运行状态进行实时监控与数据采集，围绕智能化产品，建立远程运维平台，在服务型制造的实践方面效果突出，建成了基于装备智能化和全生命周期管理的高端轮式起重装备智能工厂。

徐工重型智能工厂建设主要内容包括轮式起重机研发设计、生产制造和运维服务全过程。在研发设计环节，重点实施工厂与工艺建模仿真，建设 PDM 系统，实现数字化产品与工艺协同研发。在生产制造环节，重点建设数字化车间及智能生产线，配置 SCADA 系统、MES、APS 等，并实施各核心系统的集成，实现设备互联和系统互通。在运维服务环节，重点建设基于大数据驱动的远程运维服务平台，实现数据共享和业态互融。智能制造蓝图如下图所示。



重点建设任务如下：

1、通过实施数字化三维产品研发设计、工艺设计、产品数据管理，构建数据驱动的协同研发平台，提升研发效率

2、通过应用三维虚拟仿真技术，搭建智能工厂工程设计模型，保证智能工厂总体设计的合理性

3、通过实施标准工序细化、自动化加工技术与在线检测技术研究，部署智能化生产线，实现无人化、少人化制造

4、多源异构信息系统数据集成技术应用，实现全生命周期各环节的端到端集成，突破产业链信息流优化瓶颈

5、通过建设工厂网络架构，实施信息系统集成，打通数据链，实现全流程数字化管理

6、基于工业控制系统信息安全标准，建设大数据管理中心，部署网络安全防护体系，提升数据稳定性和安全性

三、实施成效

徐工重型智能工厂建成后，实现了生产效率、运营成本、研制周期、产品质量以及能源利用率等企业生产经营关键指标的大幅改善。具体指标如下表所示。

实施成效

序号	指标	实施成效
1	装备联网率提高	>90%
2	生产效率提升	提升 50.7%
3	运营成本降低	降低 26%
4	产品研制周期缩短	缩短 40.5%
5	不良品率	下降 23.3%
6	能源利用率提高	提升 12.8%

在轮式起重机智能工厂建设过程中以及建设完成后，徐工重型在智能工厂顶层设计、信息系统实施及系统集成、智能生产线的建设或改造升级等方面都积累了大量的宝贵经验，创造了离散型制造企业实施智能制造的新模式。这种经验和模式在

行业内主机生产企业、零部件配套企业、上下游产业链企业乃至行业外离散型机械制造企业都得到了很好的推广应用，部分自主研发的智能制造装备已经被行业内其他企业模仿和复制。

附件 4：服务商目录

服务商目录

序号	服务商名称	主要服务场景	所在地
1	徐工汉云技术股份有限公司	工厂数字化设计与交付、生产作业、精益生产管理、质量管控、设备管理、供应链协同、工业互联网平台	徐州
2	中国机械工业第六设计研究院有限公司	工厂数字化设计与交付	郑州
3	达索析统（上海）信息技术有限公司	工厂数字化设计与交付	上海
4	中机中联工程有限公司	工厂数字化设计与交付	重庆
5	福建青云季建筑科技有限公司	工厂数字化设计与交付	福州
6	南京维拓科技股份有限公司	产品数字化设计、工艺数字设计、计划调度、供应链协同、企业经营决策	南京
7	普元信息技术股份有限公司	产品数字化设计	上海
8	思普软件（上海）有限公司	产品数字化设计	上海
9	上海数设科技有限公司	产品数字化设计	上海
10	上海璞成科技有限公司	产品数字化设计	上海
11	上海湃睿信息科技有限公司	产品数字化设计	上海
12	上海美嘉林软件科技股份有限公司	产品数字化设计	上海
13	易士软件（上海）有限公司	产品数字化设计	上海
14	湖南易虎信息科技有限公司	产品数字化设计	湘潭
15	武汉开目信息技术股份有限公司	产品数字化设计	武汉
16	武汉晨曦芸峰科技有限公司	工艺数字设计	武汉
17	北京友联华宇科技有限公司	工艺数字设计	北京
18	北京典道互联科技有限公司	工艺数字设计	北京
19	东风设计研究院有限公司	工艺数字设计	武汉
20	通力凯顿（北京）系统集成有限公司	工艺数字设计	北京
21	中科云谷科技有限公司	工艺数字设计、计划调度、生产作业、精益生产管理、设备管理、工业互联网平台	长沙

序号	服务商名称	主要服务场景	所在地
22	华为云计算技术有限公司	计划调度	贵州
23	鼎捷软件股份有限公司	计划调度	上海
24	帆软软件有限公司	计划调度	无锡
25	广西七识数字科技有限公司	计划调度、生产作业、工业互联网平台	柳州
26	深圳市杉岩数据技术有限公司	计划调度、网络设备	深圳
27	江苏省朗通科技有限公司	计划调度	南京
28	上海汉得信息技术股份有限公司	计划调度	上海
29	山河智能装备股份有限公司	计划调度、仓储物流、工业互联网平台	长沙
30	蓝思系统集成有限公司	生产作业	长沙
31	沈阳中捷机床有限公司	生产作业	沈阳
32	济南二机床集团有限公司	生产作业	济南
33	树根互联股份有限公司	生产作业、设备管理、能碳管理、多基地协同、供应链协同、企业经营决策、工业互联网平台	北京
34	潍柴智能科技有限公司	生产作业、精益生产管理、质量管控、设备管理、多基地协同、供应链协同	潍坊
35	阿里云计算有限公司	生产作业、云基础设施	杭州
36	深圳华天谋企业管理顾问有限公司	精益生产管理	深圳
37	苏州瑞泰信息技术有限公司	质量管控、财务人力营销管理	苏州
38	熊猫电子集团有限公司	质量管控	南京
39	上海优也信息科技有限公司	质量管控、设备管理、能碳管理、工业互联网平台	上海
40	北京和利时系统工程技术有限公司	质量管控、设备管理、能碳管理	北京
41	上海理想信息产业(集团)有限公司	质量管控	上海
42	赛意信息科技股份有限公司	设备管理、供应链协同	广州
43	武汉璞华大数据技术有限公司	设备管理	武汉
44	武汉胜鹏智造科技有限公司	设备管理	武汉

序号	服务商名称	主要服务场景	所在地
45	北京康明斯天远科技有限公司	设备管理	北京
46	江苏高科物流科技股份有限公司	仓储物流	南通
47	华晓精密工业（苏州）有限公司	仓储物流	苏州
48	江苏新美星物流科技有限公司	仓储物流	苏州
49	上海聚龄信息技术有限公司	仓储物流	上海
50	德马泰克国际贸易（上海）有限公司	仓储物流	上海
51	湖南蓝天智能装备科技有限公司	仓储物流	长沙
52	唯智信息技术（上海）股份有限公司	仓储物流	上海
53	江苏东佳慧信息科技有限公司	安全管控	徐州
54	湖南华宽通科技股份有限公司	安全管控	长沙
55	苏文电能科技股份有限公司	能碳管理	常州
56	烟台东方电子科技发展有限公司	能碳管理	烟台
57	东莞市绿能环保节能科技有限公司	能碳管理	东莞
58	徐州铭轩工程机械科技有限公司	环保管理	徐州
59	江苏卓正环保科技有限公司	环保管理	南通
60	浙江全世科技有限公司	环保管理	杭州
61	北京曼德克环境科技有限公司	环保管理	北京
62	柯林瀚特（北京）科技有限公司	环保管理	北京
63	上海聚灵信息科技有限公司	供应链协同	上海
64	企汇购信息技术（苏州）有限公司	供应链协同	苏州
65	广东传感时代科技有限公司	供应链协同、工业互联网平台	佛山
66	用友网络科技股份有限公司	财务人力营销管理、企业经营决策	北京
67	金蝶国际软件集团有限公司	财务人力营销管理、企业经营决策	深圳
68	武汉天喻信息产业股份有限公司	财务人力营销管理	武汉
69	浪潮集团有限公司	云基础设施、工业互联网平台	济南
70	华为	云基础设施	深圳

序号	服务商名称	主要服务场景	所在地
71	北京联想云科技有限公司	云基础设施	北京
72	新华三集团有限公司	云基础设施、网络设备	杭州
73	宝德科技集团股份有限公司	云基础设施	深圳
74	甲骨文（中国）软件系统有限公司	云基础设施	北京
75	腾讯云计算（北京）有限责任公司	云基础设施	北京
76	浙江浙大中控信息技术有限公司	工业互联自动化	杭州
77	北京东土科技股份有限公司	工业互联自动化	北京
78	飞马智科信息技术股份有限公司	工业互联自动化	马鞍山
79	北京金自天正智能控制股份有限公司	工业互联自动化	北京
80	重庆川仪自动化股份有限公司	工业互联自动化	重庆
81	华为技术有限公司	网络设备、工业网络	深圳
82	中兴通讯股份有限公司	网络设备	深圳
83	思科系统公司（CISCO SYSTEMS）	网络设备	美国
84	中国信息通信科技集团有限公司	网络设备	武汉
85	上海海得控制系统股份有限公司	网络设备	上海
86	无锡宇宁智能科技有限公司	网络设备	无锡
87	研华科技（中国）有限公司	网络设备	苏州
88	深圳市研祥智能科技股份有限公司	网络设备	深圳
89	中国移动通信集团有限公司	工业网络	北京
90	中国联合网络通信集团有限公司	工业网络	北京
91	中国电信集团有限公司	工业网络	北京
92	深信服科技股份有限公司	数据安全	深圳
93	山石网科通信技术股份有限公司	数据安全	苏州
94	奇安信科技集团股份有限公司	数据安全	北京
95	亚信安全科技股份有限公司	数据安全	南京
96	南京中新赛克科技有限责任公司	数据安全	南京

序号	服务商名称	主要服务场景	所在地
97	英赛克科技（北京）有限公司	工控安全	北京
98	长扬科技（北京）股份有限公司	工控安全	北京
99	北京威努特技术有限公司	工控安全	北京
100	北京力控元通科技有限公司	工控安全	北京
101	青岛海天炜业过程控制技术有限公司	工控安全	青岛
102	牧野机床（中国）有限公司	行业智能装备	苏州
103	苏州艾吉威机器人有限公司	行业智能装备	苏州
104	苏州隆士丹自动化技术有限公司	行业智能装备	苏州
105	江苏新贝斯特中传科技有限公司	行业智能装备	南京
106	天龙炉业（无锡）有限公司	行业智能装备	无锡
107	江苏丰东热技术有限公司	行业智能装备	盐城
108	蔡司光学(中国)有限公司	行业智能装备	广州
109	海克斯康制造智能技术(青岛)有限公司	行业智能装备	青岛
110	长春天鸿信息科技有限公司	行业智能装备	长春
111	迈格码(苏州)软件科技有限公司	行业智能装备	苏州
112	北一大隈（北京）机床有限公司	行业智能装备	北京
113	沈阳机床股份有限公司	行业智能装备	沈阳
114	宁波福莱德三维科技有限公司	行业智能装备	宁波
115	江苏立新智能科技有限公司	行业智能装备	泰州
116	江苏速升自动化装备股份有限公司	行业智能装备	无锡
117	唐山开元自动焊接装备有限公司	行业智能装备	唐山

附件 5：技术缩略语

技术缩略语

序号	缩略语	全称	释义
1	AI	artificial intelligence	人工智能
2	APS	advanced planning and scheduling	高级计划与排程
3	AR	augmented reality	增强现实
4	B2B	Business-to-Business	企业对企业的商业模式
5	BIM	building information modeling	建筑信息模型
6	BIQS	Basic Quality System Requirements	管理平台
7	BOM	bill of material	物料清单
8	CAD	Computer Aided Design	计算机辅助设计工具
9	CAE	computer aided engineering	计算机辅助工程
10	CAPP	computer aided process planning	计算机辅助工艺规划
11	CRM	customer relationship management	客户关系管理
12	DES	Discrete Event Simulation	离散事件仿真
13	DCS	distributed control system	分布式控制系统
14	EAM	enterprise asset management	企业资产管理
15	EDI	Electronic Data Interchange	电子数据交换
16	EMS	energy management system	能源管理系统
17	EM	Equipment Management	设备管理系统
18	ERP	enterprise resource planning	企业资源计划
19	FCC	Flexible Manufacturing Cell	柔性制造单元
20	IPsec	Internet Protocol Security	互联网协议安全
21	IT	information technology	信息技术
22	LES	Logistic Execution System	仓储物流管理
23	LoRa	Long Range Radio	远距离无线电
24	MES	manufacturing execution system	制造执行系统

序号	缩略语	全称	释义
25	MOM	manufacturing operations management	制造运营管理
26	MPM	Manufacturing Process Management	数字化工艺系统
27	MPS	Master Production Schedule	主生产计划
28	MPLS-VPN	Multi - Protocol Label Switching Virtual Private Network	多协议标签交换虚拟专用网络
29	MRP	material requirement planning	物料需求计划
30	MSTP	Multi-Service Transport Platform	多业务传送平台
31	MTBF	Mean Time Between Failures	设备平均故障间隔时间
32	MTTR	Mean Time To Repair	设备平均维修时间
33	NB-IoT	Narrow Band Internet of Things	窄带物联网
34	OA	office automation	办公自动化
35	OEE	overall equipment effectiveness	设备综合效率
36	OT	operational technology	运营技术
37	OTN	Optical Transport Network	光传送网
38	PBOM	Product Bill of Materials	产品物料清单
39	PON	Passive Optical Network	无源光网络
40	PDA	Personal Digital Assistant	便于携带的移动计算设备
41	PDM	product data management	产品数据管理
42	PIMS	Production Information Management System	生产信息管理系统
43	PLC	programmable logic controller	可编程逻辑控制器
44	PLM	product lifecycle management	产品生命周期管理
45	QMS	quality management system	质量管理体系
46	RCS	Railway Communication System	调度系统
47	RGV	Rail Guided Vehicle	有轨制导车辆
48	RFID	radio frequency identification	无线射频识别
49	SCADA	supervisory control and data acquisition	数据采集与监视控制

序号	缩略语	全称	释义
50	SCM	supply chain management	供应链管理
51	SDN	Software Defined Network	软件定义网络
52	SD-WAN	Software Defined Wide Area Network	软件定义广域网
53	SDH	Synchronous Digital Hierarchy	同步数字体系
54	SLAM	Simultaneous Localization and Mapping	同时定位与地图构建
55	SOP	Standard Operating Procedure	预防性维护标准作业程序
56	SPC	statistical process control	统计过程控制
57	SRM	supplier relationship management	供应商关系管理
58	TMS	transport management system	运输管理系统
59	TSN	Time – Sensitive Networking	时间敏感网络
60	VR	virtual reality	虚拟现实
61	WMS	warehouse management system	仓库管理系统
62	4G	Fourth Generation mobile communication technology	第四代移动通信技术
63	5G	Fifth Generation Mobile Communication Technology	第五代移动通信技术

附件 6：智能制造典型场景参考指引（2024 年版）

一、工厂建设

1.工厂数字化设计与交付

面向工厂规划、工艺布局、产线设计、物流规划等业务活动，针对工厂设计建设周期长、布局不合理等问题，搭建工厂数字化设计与交付平台，应用建筑信息模型、物流和动线仿真、生产系统建模等技术，开展工厂数字化设计和建设，实现工厂数字化交付，缩短工厂建设周期。

2.数字孪生工厂运营优化

面向基础设施运维、运营管理等业务活动，针对信息孤岛难打通、集成管控难度大等问题，应用建模仿真、异构模型融合等技术，构建设备、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和交互，实现工厂运营持续优化。

二、产品设计

3.产品数字化研发设计

面向需求分析、概念设计、产品设计等业务活动，针对产品研发周期长、设计质量控制难等问题，基于数字化设计仿真工具和知识/模型库，应用多学科联合建模、物性表征与分析等技术，开展产品结构、性能、配方等设计与验证，大幅缩短产品研制周期，提高设计质量。

4.虚拟验证与中试

面向产品验证、中试等业务活动，针对新产品验证周期长、熟化成本高等问题，搭建虚实融合的试验验证环境，应用多物理场仿真、可靠性分析、AR/VR 等技术，通过全虚拟或半虚拟的试验验证，降低验证与中试成本，加速产品熟化。

三、工艺设计

5.工艺数字化设计

面向工艺规划、产线设计等业务活动，针对工艺设计效率低、验证成本高等问题，基于工艺设计仿真工具、工艺知识库和行业工艺包等，应用工艺机理建模、流程模拟等技术，实现工艺设计快速迭代优化，缩短工艺定型周期。

6.可制造性设计

面向工艺审查、可制造性改进等业务活动，针对产品试制周期长、加工装配效率低等问题，打通产品研发、工艺设计、生产作业等环节数据，基于产品物理特征与制造能力关联分析，全面评价与及时改进产品和工艺设计的可加工性、可装配性和可维护性。

四、计划调度

7.生产计划优化

面向销售订单预测、生产计划制定等业务活动，针对订单需求预测难、交付周期长等问题，构建生产计划系统，打通采购、生产和仓储物流等管控系统，应用多目标多约束求解、产能动态规划等技术，实现生产计划优化和动态调整，缩短订单交付

周期。

8.智能排产调度

面向作业排程、资源调度、生产准备等业务活动，针对资源利用率低、交付不及时等问题，建设智能排产调度系统，应用多约束排产建模、多目标排产寻优等技术，实现多目标、多扰动情况下排产优化与资源动态调度，缩短产品生产周期，提升资源利用效率。

五、生产作业

9.产线柔性配置

面向产线建设、产线改造等业务活动，针对个性化需求响应慢、产线换线时间长等问题，部署智能制造装备与系统，应用产线模块化重构、柔性物流运输等技术，根据订单、工况、库存等变化，实现产线快速调整和按需配置。

10.人机协同作业

面向复杂产品加工、装配等业务活动，针对传统生产方式协同效率低、作业安全风险高等问题，部署工业机器人等智能制造装备，构建人机协同作业单元和管控系统，应用智能交互、自主规划、风险感知和安全防护等技术，实现加工、装配、分拣、物流等过程人机高效协同。

11.工艺动态优化

面向离散行业工艺控制、工艺参数调优等业务活动，针对工艺/设备参数动态调优难等问题，建设智能产线和工艺在线优化

系统,应用设备机理与数据混合建模、多设备联合寻优等技术,实现工艺过程和设备参数在线优化,提高产品质量一致性。

12.先进过程控制

面向流程行业生产过程控制、工艺参数优化等业务活动,针对复杂工艺过程参数波动大、控制效果差等问题,基于先进过程控制、实时优化等系统,应用模型预测控制、多目标寻优等技术,实现精准、实时和闭环的工艺流程控制优化,稳定产品质量,提高产出率。

13.数智精益管理

面向生产现场管理、成本质量管理、供应链管理等业务活动,针对资源利用率不高、管理效率低等问题,应用六西格玛、6S等精益方法,将精益管理理念与大数据、云计算、人工智能等数智技术深度融合,实现基于数据的人、机、料、法、环等生产要素精准、高效管理,提升整体运营效率。

六、质量管控

14.在线智能检测

面向质量数据采集、分析、判定等业务活动,针对人工检测效率低、一致性差等问题,构建在线智能检测系统,应用物性成分分析、机器视觉检测等技术,实现产品缺陷在线识别和质量自动判定,提升质量检测效率和准确性。

15.质量追溯与分析改进

面向质量数据管理、质量问题追溯、质量优化等业务活动,

针对质量数据不完整、追溯难度大等问题，构建质量管理体系，应用条码、二维码、RFID、5G、标识解析、区块链等技术，集成分析原料、设计、生产、使用等质量相关数据，实现产品全生命周期的质量精准追溯和优化改进。

七、设备管理

16.设备运行监控

面向设备运行数据采集、状态分析等业务活动，针对设备数据全面采集难、统一管理难等问题，部署设备运行监控系统，集成智能传感、5G、多模态数据融合等技术，实现设备数据实时采集、状态分析和异常报警，提高设备运行效率。

17.设备智能运维

面向设备故障分析、健康管理等业务活动，针对设备运维成本高、非计划停机频次高等问题，部署智能传感与控制设备，建立设备运维管理平台，应用设备故障知识图谱、故障机理分析、预测性维护等技术，实现设备智能运维，降低运维成本，保障连续生产。

八、仓储物流

18.智能仓储

面向物料出入库、库存管理等业务活动，针对出入库效率低、库存成本高等问题，建设立体仓库和智能仓储管理系统，应用条码、二维码、射频识别、仓储策略优化、多形态混存拣选等技术，实现物料出入库、存储、拣选的智能化管理，提高库存周转率

和土地利用效率。

19.精准配送

面向厂内物流配送等业务活动，针对物料配送不及时、不精准等问题，部署智能物流设备和管理系统，应用室内高精度定位导航、物流路径动态规划、物流设备集群控制等技术，实现厂内物料配送快速响应和动态调度，提升物流配送效率。

九、安全管控

20.危险作业自动化

面向危险作业操作、过程管理等业务活动，针对危险作业安全风险高、自动化水平低等问题，建设智能作业单元和管控系统，应用环境感知与识别、作业风险控制等技术，实现危险作业环节的少人化、无人化，提高生产作业安全水平。

21.安全一体化管控

面向安全风险识别、安全应急响应等业务活动，针对安全风险实时监控难、处置效率低等问题，搭建生产安全管控和应急处置系统，应用生产运行风险动态监控、安全预警等技术，提高安全防护水平和安全事故快速处置能力，降低事故发生率和损失。

十、能碳管理

22.能源智能管控

面向能耗监测、能源调度等业务活动，针对能耗全面监控难、精细化管控成本高等问题，部署能耗采集设备和管控系统，

应用多能源介质感知、能耗综合建模仿真、能源平衡调度等技术，实现工厂能源在线监测、综合管控和能效优化，降低单位产值综合能耗。

23.碳资产全生命周期管理

面向碳排放数据采集、碳足迹追踪和碳资产核算等业务活动，针对碳排放计量难、碳足迹追踪效率低等问题，建立数字化碳管理系统，应用碳排放精细化检测、碳排放指标自动核算等技术，实现产品全生命周期碳排放追踪、分析、核算和交易，降低单位产值碳排放量。

十一、环保管理

24.污染在线管控

面向污染排放监测、污染物收集处理等业务活动，针对污染排放计量难、污染管理粗放等问题，部署污染排放在线采集设备和管控平台，应用污染监测与控制、污染源追溯等技术，实现污染全过程动态监测、精确追溯、风险预警和高效处理，降低污染排放水平。

十二、营销与售后

25.智慧营销管理

面向市场营销、销售管理等业务活动，针对客户需求信息获取不及时、营销策略不合理等问题，建立销售管理系统，应用用户画像、需求预测等技术，实现基于客户需求洞察的营销策略优化和供需精准匹配，提升营销精准性和销售量。

26.产品智能运维

面向产品运维、增值服务等业务活动，针对服务周期长、响应不及时等问题，构建产品远程运维系统，集成 5G、AR/VR、预测性维护等技术，实现基于运行数据的产品远程监控、故障诊断和增值服务创新，提高产品附加值。

27.智能客户服务

面向投诉处理与反馈、客户关系维护等业务活动，针对客户响应不及时、服务体验感差等问题，建立客户服务管理系统，应用 5G、AR/VR、自然语言处理、知识图谱、大数据分析等技术，实现主动式客户服务响应，提高客户满意度。

十三、供应链管理

28.供应链计划协同优化

面向采购计划制定、协同、优化等业务活动，针对采购计划不精准、交付不及时等问题，建设供应链管理系统，应用集成建模、多目标寻优、数据跨域控制等技术，实现基于市场、采购、库存、生产等数据的供应链计划协同优化。

29.供应商数智化管理

面向供应商入库、供应商评价、物料采购等业务活动，针对供应商比选难、议价能力弱、断供风险响应不及时等问题，建立供应商管理系统，应用供应商风险评估、供应链溯源等技术，实现供应商精准画像，开展基于数据分析的供应商评价、分级分类、寻源和优选推荐。

30.供应链物流智能配送

面向配送路线规划、运输过程监控等业务活动，针对物流运输过程监控难、配送周期长等问题，建设供应链物流管理系统，应用 5G、多模态感知、实时定位导航、智能驾驶等技术，实现厂外物流全程跟踪、异常预警和高效处理，降低供应链物流成本，提升准时交付率。

十四、信息基础设施

31.先进工业网络应用

面向工厂网络设计、建设、运营等业务活动，针对工厂网络需求多样、结构复杂、带宽不足等问题，部署 5G 专网、TSN、工业全光网络等新型网络基础设施，应用异构网络融合、远距离高带宽实时通信等技术，建设满足智能制造需求的低时延、高可靠、大带宽工业网络。

32.工业信息安全管控

面向网络安全、数据安全等要求，针对企业网络与数据安全风险高、防护能力弱等问题，实施工业互联网安全和数据分类分级管理，部署工业控制系统网络安全防护设备，建设数据安全风险监测和应急处置能力，应用安全态势感知、多层次纵深防御等技术，实现全方位全流程安全漏洞监测、风险防控、快速处置，提升网络安全和数据安全防护水平。

33.工厂数据资源管理

面向数据采集存储、数据分析应用等业务活动，针对数据格

式不统一、价值释放不充分等问题，建设数据中心、工业互联网平台等基础设施，融合数据跨域控制、数字合约、隐私计算等技术，开展数据治理，实现企业内或跨企业的数据安全可信流通和挖掘应用，推动数据价值化。

十五、多环节模式创新

34.数据驱动产品研发

面向产品快速研发、复杂结构设计、用户个性化设计等需求，集成市场、设计、生产、使用等多维数据，探索创成式设计，基于数据驱动的产品形态、功能和性能的研发设计和持续优化，缩短产品研发周期，加速产品创新。

35.大规模个性化定制

面向产品个性化、多样化、小批量等需求，通过网络化手段收集多元化市场需求，采用模块化设计、平台化架构、柔性化系统等手段，以规模化生产的低成本、高质量和高效率，提供个性化、定制化的产品和服务。

36.网络协同制造

面向复杂产品多方协同、产能共享、多工厂协同等需求，建立网络协同制造平台，推动多环节、多工厂或多企业间设计、生产、管理、服务等环节紧密连接，实现跨企业跨地域的业务协同和制造资源配置优化，助力打造全球生产网络。

37.研产供销服深度集成

面向市场快速响应、资源高效配置、客户体验优化等需求，

推动研发、生产、供应、销售和服务等环节的业务流、数据流深度集成，形成一个高效协同的运营体系，实现产品全生命周期协同优化，全面提升企业的市场竞争力。

38.弹性供应链

面向供应链稳定性提升、供应链快速调整等需求，建立供应链风险预警与弹性管控系统，集成应用供应链风险识别和动态响应模型，实现供应链风险在线监控、精准识别、提前预警和快速处置，提升产业链供应链韧性和安全水平。

39.全员数字化管理

面向人员数字化绩效评估、数字化技能提升、健康管理等需求，组织开展全员数字化能力培训，构建统一的人员数字化管理平台，集成人员健康状况、专业技能评估及作业环境等多维度信息，实现人员绩效量化动态评估、人员状态动态监测和精准作业派工，提升全员岗位效能。

40.可持续制造

面向节能减排、循环经济、绿色消费等需求，以数智技术支撑企业以对环境和社会负责的方式开展产品全生命周期、生产制造全过程和供应链全环节各业务活动，实现生态效益、资源效率、生产效率和社会责任等多方面综合平衡。