

江苏省制造业“智改数转网联”典型场景 参考指引

江苏省制造业“智改数转网联”示范企业培育和遴选分为聚焦**生产维度**的智能车间、聚焦**生产和产品两个维度**的智能工厂以及聚焦**生产、产品和供应链三个维度**的标杆企业，每个层级是以场景为最小单元。根据智能制造发展情况和企业实践，结合技术创新和融合应用发展趋势，凝练总结了**3个维度16个环节**的**45个典型场景**，从装备、网络及平台三个部分梳理企业在实施“智改数转网联”中所需的**8个支撑要素**，以及通过“智改数转网联”达到的成效评价，为企业转型升级提供参考。

一、典型场景

（一）生产全过程。

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

6.安全管控环节。部署安全监控和应急装备,通过安全风险识别,应急响应联动,提升本质安全,降低损失工时事故率,可参考以下场景:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

(27) 工业技术软件化应用。应用大数据、知识图谱、知识自动化等技术,将工业技术、工艺经验、制造知识和方法沉淀为数据和机理模型,进行数据化显性化,与先进制造装备相结合,建设知识库和模型库,开发各类新型工业软件,支撑业务创新。

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

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

(二) 产品全生命周期。

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

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

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

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

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

(33) 工艺数字化设计。应用工艺设计、仿真软件和工艺知识库，基于机理建模、物性表征和数据分析技术，建立加工、装

配、检测、物流等工艺模型，进行工艺全过程仿真，预测工艺设计缺陷并优化改进。

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

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

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

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

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

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

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

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

(三) 供应链全环节。

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

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

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

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

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

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

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

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

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

二、支撑要素

(一) 装备。

1.网络化装备。针对工业现场“哑设备”进行网络互联能力改造,支撑多元工业数据采集。提升异构工业网络互通能力,推动工业设备跨协议互通。研制异构网络信息互操作标准,建立多层级网络信息模型体系,实现跨系统的互操作。

2.智能化装备。利用智能传感、互联网、大数据、数字孪生、人工智能和区块链等技术,提升装备性能、效能以及智能化水平。升级后的装备需要具备对装备运行状态和环境的实时感知、分析和处理、根据装备运行状态变化的自主规划、决策和控制、对故障的自诊断和自修复、对自身性能主动分析和维护、装备间的网络集成和网络协同等功能。

(二) 网络。

3.现场总线+工业以太网。建设底层的现场控制器和现场智能仪表设备互连的实时控制通信网络,在工业环境的自动化控制及过程控制中应用以太网的相关组件及技术,通过二者协同,实现网络的快速集成、企业信息系统和控制系统的统一。

4.工业 5G。采用虚拟专网、混合专网方式部署 5G 网络,加快用户平面功能 (UPF) 等 5G 核心网元建设,强化生产现场 5G 网络能力。鼓励企业基于已获得许可的无线电频率,探索 5G 独立专网,创新灵活多样的 5G 网络建设服务模式。

(三) 平台。

5.工业 IOT 平台。通过传感器设备进行生产现场人、物、系统等对象采集以及状态信息监控,通过多样化网络连接手段,将状态信息和互联网联通,快速实现物品和智能化感知,方便进行识别和管理。

6.工业大数据平台。支持企业建立数据收集、处理、利用的平台化系统，将现有可编程逻辑控制器（PLC）、制造执行系统（MES）、企业资源计划（ERP）系统、客户关系管理（CRM）系统、供应商关系管理（SRM）系统、供应链管理（SCM）系统、电子商务及财务共享服务等信息系统业务数据打通，采用大数据技术，建立逻辑关联，整合成大数据仓库，并进行数据价值挖掘和分析。

7.工业应用开发平台。基于应用开发平台提供丰富的开发工具和技术,支持企业据具体需求定制、快速构建、测试和部署应用程序,满足企业持续改进的业务应用需求,从而节省开发时间。

8.工业软件和工业 APP。在公有云、私有云或混合云上部署研发类、生产类、供应链类、销售类等工业软件和工业 APP，提高工业企业研发、生产、管理水平和工业装备性能；基于工业 APP 轻量化和云服务的可定制、易复用、高可靠、低成本等特性，高质量满足企业在研发设计、生产制造、供应链、销售等领域的应用需求。

三、成效评价

鼓励和支持企业从精益运营、价值增长、可持续发展和综合能力提升等 4 个方面，持续开展全员劳动生产率、产品不良率等 19 个指标的成效评价监测，展现“智改数转网联”的成效和价值。

（一）精益运营。

1.全员劳动生产率。指统计期内企业工业总产值与全部职工平均人数的比率。该指标被用于衡量劳动力的效率和生产力水平。计算公式为：

$$\text{全员劳动生产率} = \text{工业总产值} / \text{职工人数}$$

单位是【万元/人】。

2.资源综合利用率。指统计期内生产的合格的产品重量或数量与投入或消耗的主要原材料重量或数量的比率。反映在生产过程中，对资源的有效利用程度。计算公式为：

$$\text{资源综合利用率} = \text{产品重量或数量} / \text{原材料重量或数量} \times 100\%$$

单位是【%】。

该指标仅适用流程行业。

3.产值成本率。指统计期内生产总成本与企业工业总产值的比率。该指标被用于衡量生产过程中所产生的成本与产值之间的关系。计算公式为：

$$\text{产值成本率} = \text{总生产成本} / \text{工业总产值} \times 100\%$$

单位是【%】。

4.单位产品成本。指统计期内生产总成本与企业生产总数量的比率。该指标被用于衡量企业生产效率和成本控制能力。计算公式为：

$$\text{单位产品成本} = \text{总生产成本} / \text{产品总数量} \times 100\%$$

单位是【万元/个】。

5.产品不良率。指统计期内检验不合格数与检验总数的比率。该指标被用于衡量产品质量和生产过程稳定性。计算公式为：

$$\text{产品合格率}=\text{检验不合格数}/\text{检验总数}\times 100\%$$

单位是【%】。

6.质量损失率。指统计期内质量成本与工业总产值的比率。企业内外部质量损失成本包括原材料、半成品、成品报废直接损失，返工返修工时损失以及市场质量事故处置损失。该指标被用于衡量产品质量管控效果。计算公式为：

$$\text{质量损失率}=\text{质量成本}/\text{工业总产值}\times 100\%$$

单位是【%】。

7.设备综合效率。指统计期内设备的时间稼动率、性能稼动率和良率的综合评估。反映了在设备使用方面的效率和资源利用情况。计算公式为：

$$\text{设备综合效率}=\text{时间稼动率}\times\text{性能稼动率}\times\text{良率}$$

单位是【%】。

8.库存周转率。指统计期内出库（使用）的物料总数量或总金额与平均的库存物料总数量或总金额的比率。反映了库存管理的效率和存货周转的速度。计算公式为：

$$\text{库存周转率}=\text{出库}/\text{平均库存}$$

单位是【%】。

存在多个库房时，应取平均值。

9. 供应商准时交付率。指统计期内供应商按时准确交付的采购订单数量与采购订单总数的比率。该指标被用于衡量供应商交货可靠性和供应链管理效果。计算公式为：

$$\text{供应商准时交付率} = \text{交付} / \text{采购} \times 100\%$$

单位是【%】。

10. 订单准时交付率。指统计期内按时准确交付的订单数量与获得的全部订单总数的比率。该指标用于衡量交货可靠性。计算公式为：

$$\text{订单准时交付率} = \text{交付订单} / \text{获得订单} \times 100\%$$

单位是【%】。

(二) 价值增长。

11. 产品研制周期。指统计期内研制样机(样品)通过鉴定或者验收的时间节点与新品研制项目立项时间节点差值的平均值。该指标用于衡量研发效率和市场反应速度。计算公式为：

$$\text{产品研制周期} = \text{avg}(\text{t}_{\text{通过验收}} - \text{t}_{\text{项目立项}})$$

单位是【天】。

统计期内存在多个新品研发时，应取平均周期。

12. 人均销售额。指统计期内企业销售总收入与平均销售人员总人数的比率。该指标用于衡量企业销售业绩和员工销售能力。计算公式为：

$$\text{人均销售额} = \text{销售收入} / \text{销售人数}$$

单位是【万元/人】。

（三）可持续发展。

13.单位产值综合能耗。指统计期内企业主要能源介质的综合能耗量与企业工业总产值的比率。该指标用于衡量企业能源利用效率和环境影响。计算公式为：

单位产值综合能耗=综合能耗/工业总产值

单位是【（标准煤）吨/万元】。

综合能耗计算可参考[GB/T 2589-2020]。

14.单位产值二氧化碳（CO₂）排放量。指统计期内企业及其全产业链条的二氧化碳排放量与企业工业总产值的比率。该指标用于衡量碳排放情况和环境影响。计算公式为：

单位产值碳排放量=碳排放量/工业总产值

单位是【吨/万元】。

15.损失工时事故率。指统计期内造成工时损失的违章事件、安全事故起数与实际总工时的比率。该指标用于衡量企业生产与经营过程中安全性和健康管理能力。计算公式为：

损失工时事故率=(安全事故*200000)/实际工时

单位是【起/小时】。

（四）综合能力提升。

16.先进制造模式/解决方案面向供应链上下游复制推广的企业数量。指统计期内为提高供应链的整体效率和质量，将自身先

进制造模式/解决方案向供应链上下游复制和推广的企业数量。该指标用于衡量企业先进制造模式/解决方案的可扩展性和适应性。

单位是【家】。

17.关键设备数控化率。指统计期内采用数控化、智能化设备执行的生产工序数量与生产工序总数量的比率。该指标用于衡量企业生产过程采用数控技术的程度和水平。计算公式为：

生产工序数控化率=采用数控化、智能化设备执行的生产工序数量/生产工序总数量×100%

单位是【%】。

该指标仅适用离散行业。

18.先进过程控制投用率。指统计期内采用自动化控制系统控制执行的生产工序数量与生产工序总数量的比率。该指标用于衡量企业生产过程采用先进过程控制技术的程度和水平。计算公式为：

先进过程控制投用率=采用自动化控制系统控制执行的生产工序数量/生产工序总数量×100%

单位是【%】。

该指标仅适用流程行业。

19.关键设备联网率。指统计期内联网的数字化生产设备数量与生产设备总数的比率。该指标用于衡量企业生产过程中利用物联网技术实现设备互联的程度和水平。计算公式为：

关键设备联网率=联网的数字化生产设备数量/生产设备总数量×100%

单位是【%】。