附件 1

苏州市智能工厂建设指南

(2021.08 修订版)

1 总则

**1.1** 总体框架

智能工厂应实现多个数字化车间的统一管理与协同生产，应将车间的各类生产数据 进行采集、分析与决策，并将优化信息再次传送到数字化车间，实现车间的精准、柔性、

高效、节能的生产模式。智能工厂包括“A 离散型”、“B 流程型”、“C 拓展应用”、“D 新 型技术应用” 、“E 绩效优化” 、“F 模式创新”；智能工厂的总体框架如图 1 示。



图 1 智能工厂总体框架图

具体而言，A 离散型或 B 流程型包括智能设计、智能工艺优化、智能生产、智能装 备/产线、智能管理、智能物流、集成优化、信息安全、售后服务；C 拓展应用包括工业 互联网平台、人工智能应用；D 新型技术应用包括数字孪生及仿真应用、工业互联网标 识解析、5G 网络应用；E 绩效优化包括生产效率提高 15%以上、单位产品成本降低 10%

以上、产品研制周期缩短 20%以上、产品不良品率降低 15%以上、能源利用率提高 20% 以上。 F 模式创新包括大规模个性化定制、远程运维、网络协同制造、服务能力输出。

**1.2** 基本要求

智能工厂的基本要求如下：

(1) 设施全面互联

建立各级标识解析节点和公共递归解析节点，促进信息资源集成共享；建立工业互 联网工厂内网，采用工业以太网、工业现场总线、IPv6 等技术，实现生产装备、传感器、 控制系统与管理系统的互联；利用 IPv6、工业物联网等技术实现工厂内、外网以及设计、 生产、管理、服务各环节的互联，支持内、外网业务协同。

(2) 系统全面互通

工厂的总体设计、工艺流程及布局均已建立数字化模型可进行模拟仿真，应用数字 化三维设计与工艺技术进行设计仿真；建立制造执行系统(MES)，实现计划、调度 、 质量、设备、生产、能效等管理功能；建立企业资源计划系统(ERP)，实现供应链、 物流、成本等企业经营管理功能；建立产品数据管理系统 (PDM) ，实现产品设计、工 艺数据的管理；在此基础上，制造执行系统 ( MES ) 、企业资源计划 (ERP) 与数字化 三维设计仿真软件、产品数据管理(PDM)、供应链管理(SCM) 、客户关系管理(CRM)

等系统实现互通集成。

(3) 数据全面互换

建立生产过程数据采集和分析系统(SCADA)，实现生产进度、现场操作、质量 检验、设备状态、物料传送等生产现场数据自动上传，并实现可视化管理。制造执行系 统 ( MES ) 、企业资源计划 (ERP) 与数字化三维设计仿真软件、产品数据管理 (PDM)、 供应链管理( SCM)、客户关系管理(CRM)等系统之间的多元异构数据实现互换。 建有工业信息安全管理制度和技术防护体系，具备网络防护、应急响应等信息安全保障

能力。建有功能安全保护系统，采用全生命周期方法有效避免系统失效。

(4) 产业高度互融

构建基于云计算的集成共享服务平台，实现从单纯提供产品向同时提供产品和服务 转变，从大规模生产向个性化定制生产转变，促进制造业与服务业相融合。

2 共性标准

智能车间是智能工厂的基础，智能车间标准参见《江苏省智能制造示范车间申报条 件》。

共性标准是智能工厂的必备条件，解决智能工厂共性关键问题，包括智能设计、智 能工艺优化、智能生产、智能装备/产线、智能管理、智能物流、集成优化、信息安全、 售后服务。

**2.1** 智能设计(离散型)

车间/工厂的总体设计、工艺流程及布局均已建立数字化模型，并进行模拟仿真，实 现规划、生产、运营全流程数字化管理。

应用数字化三维设计与工艺设计软件进行产品、工艺设计与仿真，并通过物理检测 与试验进行验证与优化；建立产品数据管理系统 (PDM) ，实现产品设计、工艺数据的 集成管理。对产品生产过程建立虚拟模型，仿真并优化生产流程。对各环节制造数据、 绩效数据集成分析，优化生产工艺，提高产品质量，降低生产成本。

智能设计的关键要素如下：

(1) 数字化设计：应从设计源头采用数字化设计，保证产品生命周期的数字化信息 交互，定义各项活动信息类型和属性，实现信息的高效利用，满足各阶段对信息的不同 需求；

(2) 仿真优化：在产品设计、工艺设计、试验设计等设计各阶段，以及在产品生命 周期各阶段反馈的信息，针对不同目标开展仿真优化，保证和提升产品对设计需求的符 合性，产品的可靠性、可制造性、经济性；

(3) 面向生命周期的设计：在设计阶段，应充分考虑产品制造、使用、服务、维修、 退役等后续各阶段需求，实现产品设计的最优化；

(4) 大数据/知识工程：采集产品生命周期各阶段的数据，建立产品大数据，形成和 丰富知识工程，在大数据和工程知识支撑下，实现对需求的快速智能设计和仿真优化， 在功能、性能、质量、可靠性与成本方面能提供最优产品。

**2.2** 智能工艺优化(流程型)

应用数字化工艺设计技术进行设计与仿真，并通过检测与实验进行验证与优化。建 立产品数据管理系统 (PDM) ，实现工艺数据的集成管理。对产品生产过程建立虚拟模 型，仿真并优化生产流程。对各环节制造数据、绩效数据集成分析，优化生产工艺，提 高产品质量，降低生产成本。

**2.3** 智能生产(离散型)

建立制造执行系统(MES)，实现生产计划管理、生产过程控制、产品质量管理、 车间库存管理、项目看板管理智能化，提高企业制造执行能力。建立企业资源计划系统

(ERP) ，实现供应链、物流、成本等企业经营管理功能。建立工厂内部通信网络架构， 实现设计、工艺、制造、检验、物流等制造过程各环节之间，以及制造过程与制造执行 系统(MES)和企业资源计划系统(ERP)的信息互联互通。

**2.3.1** 生产排程柔性化

建立高级计划与排产系统 ( APS ) ，通过集中排程、可视化调度及时准确掌握生产、 设备、人员、模具等生产信息，应用多种算法提高生产排程效率，实现柔性生产，全面 适应多品种、小批量的订单需求。

**2.3.2** 生产作业数字化

生产作业基于生产计划自动生产，工单可传送到机台，系统自动接收生产工单，并 可查询工艺图纸等工艺文件。

**2.3.3** 质量控制可追溯

建立数据采集与监视控制系统(SCADA)，通过条形码、二维码或无线射频识别 (RFID) 卡等识别技术，可查看每个产品生产过程的订单信息、报工信息、批次号、工 作中心、设备信息、人员信息，实现生产工序数据跟踪，产品档案可按批次进行生产过 程和使用物料的追溯；自动采集质量检测设备参数，产品质量实现在线自动检测、报警 和诊断分析，提升质量检验效率与准确率；生产过程的质量数据实时更新，统计过程控 制( SPC)自动生成，实现质量全程追溯。

**2.3.4** 生产设备自管理

设备台账、点检、保养、维修等管理实现数字化；通过传感器采集设备的相关工艺 参数，自动在线监测设备工作状态，实现在线数据处理和分析判断，及时进行设备故障 自动报警和预诊断，部分设备可自动调试修复；设备综合效率(OEE)自动生成。

**2.3.5** 生产管理透明化

可视化系统实时呈现包含生产状况 ( 生产数、生产效率、订单总数、完成率 ) 、品 质状况 ( 生产数中的不良数、不良率 ) 、设备状况等生产数据；生产加工进度通过各种 报表、图表形式展示，直观有效地反映生产状况及品质状况。

**2.3.6** 物流配送智能化

基于条形码、二维码、无线射频识别 (RFID) 等识别技术实现自动出入库管理，实 现仓储配送与生产计划、制造执行以及企业资源管理等业务的集成；能够基于生产线实 际生产情况拉动物料配送，根据客户和产品需求调整目标库存水平。

**2.3.7** 能源资源利用集约化

建立能源综合管理监测系统，主要耗能设备实现实时监测与控制；建立产耗预测模

型，水、电、气 ( 汽 ) 、煤、油以及物料等消耗实现实时监控、 自动分析，实现能源资 源的优化调度、平衡预测和有效管理。

**2.4** 智能生产(流程型)

建立生产执行系统 ( MES ) ，生产计划、调度均建立模型，实现生产模型化分析决 策、过程量化管理、成本和质量动态跟踪以及从原材料到产成品的一体化协同优化。建 立企业资源计划系统 (ERP) ，实现企业经营、管理和决策的智能优化。建立工厂通信 网络架构，实现工艺、生产、检验、物流等制造过程各环节之间，以及制造过程与数据 采集和监控系统、生产执行系统 ( MES ) 、企业资源计划系统 (ERP) 之间的信息互联 互通。

**2.4.1** 生产排程柔性化

建立高级计划与排产系统 ( APS ) ，通过集中排程、可视化调度、工业大数据等及 时准确掌握生产、设备、人员等生产信息，应用多种算法提高生产排程效率，实现柔性 生产，全面适应多品种、小批量的订单需求。

**2.4.2** 生产作业数字化

生产管理系统和分布式控制系统(DCS)全面集成，自动生成企业所需要的日报表、 盘点表、月质量报表等相关报表。生产流水线上重要工艺参数、设备状态、料位、喂料 量等实行实时监控；图形站上的生产流程图所有显示值均为动态数据，可定时刷新。

**2.4.3** 质量控制可追溯

生产线安装大量传感器探测温度、压力、热能、振动和噪声等，用大数据分析整个 生产流程，一旦某个流程偏离标准工艺，及时报警预判。质量管理系统和化验设备无缝 集成，实现在线检测。企业基于同一个平台系统进行操作，与检测设备集成，自动形成 使用数据，系统自动汇总质量数据信息。统计过程控制(SPC)自动生产，实现质量全 程追溯。

**2.4.4** 生产设备自管理

设备台账、点检、保养、维修等管理实现数字化；通过传感器采集设备的相关工艺 参数，自动在线监测设备工作状态，实现在线数据处理和分析判断，及时进行设备故障 自动报警和预诊断，部分设备可自动调试修复；设备综合效率(OEE)自动生成。

**2.4.5** 生产管理透明化

可视化系统实时呈现包含生产状况 ( 生产数、生产效率、订单总数、完成率 ) 、品 质状况 ( 生产数中的不良数、不良率 ) 、设备状况等生产数据；生产加工进度通过各种 报表、图表形式展示，直观有效地反映生产状况及品质状况。

**2.4.6** 能源系统和水电仪表无缝整合

准确掌握各类能源介质分系统运行状况；完善能源计量体系，提供数据支撑、统一 数据来源。

**2.4.7** 物流配送智能化

基于条形码、二维码、无线射频识别 (RFID) 等识别技术实现自动出入库管理；实 现仓储配送与生产计划、制造执行以及企业资源管理等业务的集成。能够基于生产线实 际生产情况拉动物料配送，基于客户和产品需求调整目标库存水平。

**2.5** 智能装备(离散型)

智能装备主要包括高档数控机床与工业机器人、增材制造装备、智能传感与控制装 备、智能检测与装配装备、智能物流与仓储装备等。

制造装备数控化率超过 70%，并实现高档数控机床与工业机器人、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等关键技术装备之间的信息互联互通 与集成。

**2.6** 智能产线(流程型)

采用自动化生产线、机器人、高端数控机床等，建立先进控制系统，配置数据采集 系统，建立实时数据平台。

采用先进控制系统，生产工艺数据自动采集率 90%以上，工厂自控投用率达到 90% 以上，关键生产环节实现基于模型的先进控制和在线优化。

**2.7** 智能管理

建立企业资源计划(ERP)，以系统化思维和供应链管理为核心，科学配置资源 ， 优化运行模式，改善业务流程，提高决策效率。利用跨供应链的产品全生命周期管理系 统(PLM)，改善产品研发速度和敏捷性，增强交付客户化、为客户量身定做的能力 。 高级计划与排产系统 (APS) 应用拓展到企业上下游供应链，围绕核心企业的网链关系， 在正向需求流及逆向供应流之间增加供需平衡管控机制，实现供应链各环节共同规划需 求、订单和预测分析评估调整、产能和关键物料规划与控制、多工厂多车间协同、短中 长期物料供需平衡管控等。

**2.7.1** 客户管理

企业信息中心应用先进的信息( CRM 、APP 等)以及互联网技术，全方位管理企 业内部销售体系及面向市场的商业机会，需涉及人员、订单、服务，以及客户跟踪、维 护与反馈等信息，从而实现信息化的管理模式，并需建立创新的与客户互动的信息平台， 所采集的交期达成、产品质量、售前 (后) 服务等数据需及时反馈给工厂资源管理信息 中心。

**2.7.2** 供应商管理

以数字化车间集成信息及采购运营数据为支撑，分析不同时期影响各个产品采购的 主要因素，动态指导供应商管理，提升供应商水平。结合客户订单及生产制造基础信息， 自动计算采购清单和采购订单分配方案，降低采购风险，提高供应商对采购决策的信服 度，增强供应商战略合作的稳定性。

**2.7.3** 供应链管理

在对工厂运营和车间集成信息等进行关联细分的基础上，实现工厂与车间、车间与 车间之间供应链各环节成员能力与特征的标签化，结合客户管理和供应商管理，以实现 工厂柔性生产为目标，根据成员标签动态调整供应链各环资源配置和信息流向，增强供 应链稳定性和抗风险能力，实现供应链整体能力的提升。

**2.7.4** 终端客户质量管理

根据工厂信息系统(CRM 、SCM)结合物联网 CPS 技术搜集客户质量反馈和产品 使用状况反馈数据，并用实时的、满足大数据体量的数据汇集到大数据平台，运用分析 引擎智能分析质量问题模式及产生原因，排查影响质量的因素，智能化地提供改善建议。

**2.7.5** 管理可视化

通过信息技术手段搜集智能工厂生产经营中产生的数据、状态、进度、指标、异常 等数据，采用数字仿真模型、大数据分析等手段提供关键指标(如绩效)、管理预警、 优化建议等决策依据和解决方案仿真。并通过图形化和三维技术展示，形成真实工厂的 数字映像。可使用电子看板、移动设备等显示载体。

**2.8** 智能物流

(1) 基于条形码、RFID 等识别技术实现自动出入库管理；实现仓储配送与生产计划、 制造执行以及企业资源管理等业务的集成；

(2) 能够基于生产线实际生产情况拉动物料配送，基于客户和产品需求调整目标库 存水平，实现和 AGV 等自动化物流系统的无缝集成；

(3) 应用知识模型实现订单精益化管理、路径优化和实时定位跟踪，实现无人机运 输、物联网跟踪等。

**2.9** 集成优化

智能工厂的集成优化主要是实现车间与工厂、工厂与集团之间不同层次、不同类型 的设备与系统间的网络连接，并且实现数据在不同层次、不同设备、不同系统间的传输， 最终达到各类管理信息、产品信息、生产信息、优化信息等的互联互通，从而实现智能 工厂信息集成的闭环。

集成优化关键要素如下：

(1) 网络互联：实现连续的、相互连接的计算机网络、数控设备网络、生产物联/ 物流网络以及工厂网络；

(2) 信息互通：在网络互联的基础上，实现从车间层到工厂层、集团层双边的数据 交换与信息通信；

(3) 集成优化与闭环操作：能够将集团层、工厂层形成的各类决策优化信息向下传 递并实现操作。集成优化应形成信息的闭环，并实现最终产品从研发设计、生产制造、 经营管理、运维服务等环节的数字化、网络化、智能化，最终实现智能工厂各个环节的 高度柔性与高度集成。

**2.10** 信息安全

建有工业信息安全管理制度和技术防护体系，具备网络防护、应急响应等信息安全 保障能力。建有功能安全保护系统，采用全生命周期方法有效避免系统失效。

**2.11** 售后服务

能提供基于资源的服务和基于能力的服务。能通过创新服务模式提供资源、能力的 增值服务。

**2.11.1** 售后物流服务

售后物流服务主要实现从产品发货到交付过程中的物流管理，应综合产品、路线、 运输工具、交付计划、操作人员、客户要求等信息提供物流服务。可建立售后物流管理 信息系统，系统应根据客户物流需求、交付时间等信息，结合工厂生产进度计划，提供 物流决策，相关结果应以可视化的文档、多媒体等方式向客户展现。在整个物流服务过 程中，物流服务信息应有具完整且统一的数据存储、数据交换、数据输出规范，数据管 理、数据交换。

**2.11.2** 用户培训

用户培训服务应能够实现线上与线上加线下相结合的培训模式，提供产品使用、产 品升级、技术培训等服务。用户培训服务可采用在培训完成后对培训效果进行评估并将 培训结果自动反馈给客户。

**2.11.3** 产品回收

通过信息技术手段，对产品出厂后的使用状况数据进行记录，产品的使用状况可包 括产品使用年限、产品使用环境、产品状态等信息，根据上述信息进行产品残值评估， 确定产品回收方式，制定产品回收计划。可提供产品回收及再制造、再利用等绿色环保 服务。

3 优化标准

**3.1** 拓展应用

**3.1.1** 工业互联网平台

采用工业以太网、工业总线、无线通信网络等技术，实现生产装备、传感器、控制 系统与管理系统等的互联，实现数据的、预处理、存储、分析挖掘、可视化和智能控制 等；利用工业物联网等技术，实现与工厂内、外网的互联互通，支持内、外网业务协同。 实现工厂管理软件之间的横向互联，实现数据流动、转换和互认。在工厂内部建设工业 互联网平台，或利用公众网络上的工业互联网平台，实现数据的集成、分析和挖掘，支 撑智能化制造、网络化协同、规模化定制、服务化延伸、数字化管理等应用，促进企业 的产品创新、提升经营水平和生产效率，拓展新型商业模式。

**3.1.2** 人工智能应用

关键制造装备采用人工智能技术，通过嵌入计算机视听觉、生物特征识别、复杂环 境识别、智能语音处理、自然语言理解、智能决策控制以及新型人机交互等技术，实现 制造装备的自感知、自学习、自适应、自控制。应用机器学习、专家系统、深度学习等 人工智能新技术对企业生产数据、财务数据、管理数据、采购数据、销售数据和消费者 行为数据等数据资源进行分析和挖掘，实现对研发设计、生产制造、经营管理、物流销 售、运维服务等环节的智能决策支持。

**3.2** 新型技术应用

**3.2.1** 数字孪生及仿真应用

应用数字化仿真技术对智能工厂进行建模，建立三维虚拟化工厂、生产线或加工设 备中心和机器人工作中心，优化工厂、设备及产线布局；建立仓储物流仿真模型，模拟 仿真自动化立库 HBW 运行效率、 AGV 运输物料配送系统等，通过仿真降低库存成本、

缩短执行周期、提高物流效率、优化配送路径；建立工艺资源物流约束关系进行模拟仿 真，通过 MES 或者 APS 系统获取数据，矫正 MES 或APS 排产计划的局限性，分析计 划达成率和计划对比，综合分析设备、人员等资源利用率；通过 MES 系统连接三维虚 拟仿真模型，实时展示监控生产运行状态信息，包括：设备状态、人员状态、生产完成 率、良品率等；运用 VR 技术置身于虚拟制造环境中，切实感受生产制造的各个环节和 制造细节。

**3.2.2** 工业互联网标识解析

工厂内建立工业互联网标识解析体系，能够通过条形码、二维码、无线射频识别标 签等方式唯一识别机器、零部件、在制品、工序、产品等物理对象和算法、工序等虚拟 对象，在仓储、生产制造、物流运输等过程中实现自动定位、信息采集与处理。利用 5G、 AI、IPv6 、IoT 等新一代信息技术，通过“一码标识、一码解析、一码溯源”，实现产品 智能化追溯、产品防伪防窜货、产品全生命周期数字化管理、供应链优化管理、设备健 康管理与故障预测等典型应用。

**3.2.3** **5G** 网络应用

工厂内部已覆盖 5G 网络， 应用 5G 网络将人、设备、物料、产品的互联互通，实 时将工厂现场数据传输到后端运维管理平台，构建连接工厂内外全方位信息系统，进一 步打通设计、采购、仓储、物流等环节，满足工业环境下设备互联和远程交互应用需求。

**3.3** 绩效优化

(1) 生产效率提高 15%以上；

(2) 单位产品成本降低 10%以上；

(3) 产品研制周期缩短 20%以上；

(4) 产品不良品率降低 15%以上；

(5) 能源利用率提高 20%以上。

4 创新标准

**4.1** 大规模个性化定制

通过持续改进，实现模块化设计方法、个性化定制平台、个性化产品数据库的不断 优化，形成完善的基于数据驱动的企业研发、设计、生产、营销、供应链管理和服务体

系，快速、低成本满足用户个性化需求的能力显著提升。

(1) 产品采用模块化设计，通过差异化的定制参数，组合形成个性化产品；

(2) 建有基于互联网的个性化定制服务平台，通过定制参数选择、三维数字建模、 虚拟现实或增强现实等方式，实现与用户深度交互，快速生成产品定制方案；

(3) 建有个性化产品数据库，应用大数据技术对用户的个性化需求特征进行挖掘和 分析；

(4) 个性化定制平台与企业研发设计、计划排产、柔性制造、营销管理、供应链管 理、物流配送和售后服务等数字化制造系统实现协同与集成。

**4.2** 远程运维

(1) 采用远程运维服务模式的智能装备/产品应配置开放的数据接口，具备数据采 集、通信和远程控制等功能，利用工业互联网采集并上传设备状态、作业操作、环境情

况等数据，并根据远程指令灵活调整设备运行参数；

(2) 建立智能装备/产品远程运维服务平台，能够对装备/产品上传数据进行有效筛 选、梳理、存储与管理，并通过数据挖掘、分析，向用户提供日常运行维护、在线检测、 预测性维护、故障预警、诊断与修复、运行优化、远程升级等服务；

(3) 智能装备/产品远程运维服务平台应与设备制造商的产品全生命周期管理系统 (PLM)、客户关系管理系统(CRM)、产品研发管理系统实现信息共享；

(4) 智能装备/产品远程运维服务平台应建立相应的专家库和专家咨询系统，能够为 智能装备/产品的远程诊断提供智能决策支持，并向用户提出运行维护解决方案；

(5) 建立信息安全管理制度，具备信息安全防护能力。通过持续改进，建立高效、 安全的智能服务系统，提供的服务能够与产品形成实时、有效互动，大幅度提升嵌入式 系统、移动互联网、大数据分析、智能决策支持系统的集成应用水平。

**4.3** 网络协同制造

(1) 建有网络化制造资源协同云平台，具有完善的体系架构和相应的运行规则；

(2) 通过协同云平台，展示社会/企业/部门制造资源，实现制造资源和需求的有效对 接；

(3) 通过协同云平台，实现面向需求的企业间/部门间创新资源、设计能力的共享、 互补和对接；

(4) 通过协同云平台，实现面向订单的企业间/部门间生产资源合理调配，以及制造 过程各环节和供应链的并行组织生产；

(5) 建有围绕全生产链协同共享的产品溯源体系，实现企业间涵盖产品生产制造与 运维服务等环节的信息溯源服务；

(6) 建有工业信息安全管理制度和技术防护体系，具备网络防护、应急响应等信息 安全保障能力。

**4.4** 服务能力输出

企业通过智能工厂建设，形成一整套行业智能工厂建设方案，依托自身在智能工厂 建设方面的技术优势，放大“溢出效应” ，输出智能工厂建设解决方案和管理经验，为行 业上下游企业提供关键设备研发、设备联网、数据采集、上云上平台、信息化系统开发、 系统集成等服务，加快推动行业智能化改造和数字化转型步伐。