

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：在产品的设计、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、为客户量身定制的能力。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节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 with 高度集成。

2.10 信息安全

建有工业信息安全管理和技术防护体系，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、设备健康管理及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，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。