智能工厂关键要素

智能工厂是指综合运用信息技术、网络技术、智能装备等先进技术手段,实现研发、设计、工艺、生产、检测、物流、销售、服务等环节的集成优化和智能管理决策，具备“设备互联、数字互享、系统互通、业态互融”特征，实现生产效率提高、质量效益提升、资源消耗减少、运营成本降低、环境生态友好的新型工厂。根据产品特性和生产工艺的不同，主要分为离散型和流程型。

一、离散型智能工厂关键要素

离散型生产特征是产品是由许多零部件构成的，各零件的加工装配过程彼此独立，整个产品的生产工艺是离散的，制成的零件通过部件装配和总装配最终成为成品。典型行业有汽车、机床、家电、电子设备等。

**1.信息基础设施。**建有覆盖工厂的工业通信网络，建有工业信息安全技术防护体系，具备网络防护、应急响应等信息安全保障能力。采用5G、工业以太网等技术，实现生产装备、传感器、控制系统与管理系统等的互联，实现数据的采集、流转和处理。在工厂内部建设工业互联网平台，或利用公众网络的工业互联网平台，实现数据的集成、分析和挖掘，支撑智能化生产、个性化定制、网络化协同、服务化延伸等应用。

**2.研发设计。**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技术进行产品、工艺设计与仿真，并通过物理检测与试验进行验证与优化。

**3.生产制造。**聚焦企业生产制造层面，通过对实时生产数据的全面感知，对产品、设备、质量、能源、物流等数据的分析，提升企业运行效率和协同管理水平。建立企业级的统一数据中心和工业信息安全技术防护体系，工厂级制造执行系统（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、项目看板管理的高度智能化，提高企业制造执行能力。

一是生产排程柔性化。建立高级计划与排产系统，通过集中排程、可视化调度及时准确掌握原料、设备、人员、模具等生产信息，应用多种智能算法提高生产排程效率，实现柔性化排产、生产，能够适应小批量、多品种、个性化的订单需求。

二是生产作业数字化。生产任务基于生产计划自动生成，并传送至制造执行系统（MES）的生产采集终端，系统自动接收生产工单；通过制造执行系统生产采集终端可查询图纸、工艺标准等技术文件及物料清单（BOM）作业信息。关键生产工序数控化率达到80%以上。构建模型实现生产作业数据的在线分析，优化生产工艺参数、设备参数、生产资源配置等内容。

三是过程质量可追溯。建立数据采集与监视控制系统（SCADA），通过条形码、二维码、无线射频识别（RFID）卡等智能识别技术，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，实现过程质量正向、逆向全程可追溯。

四是生产设备自管理。全面实现设备台账、点检、保养、维修等管理数字化；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，部分智能设备可自动调试修复；设备综合效率（OEE）自动生成。工业机器人、数控机床等智能设备数得到广泛应用，并能够进行监控分析。

五是生产管理透明化。根据生产需要建立可视化系统或数据中心，对生产数据进行实时呈现，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；关键工序点位实现不间断视频监控。

六是包装物流智能化。实现自动化包装、码垛、转运；基于智能识别技术实现原料、产成品自动出入库管理，实现工厂内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动态优化调整目标库存水平。简单重复性工序90%以上实现自动化。

七是能源资源利用集约化。工业废弃物实现集中管控，达标排放，并有应急处理措施；建立工厂级能源综合管控系统，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，实现绿色制造、低碳环保运行。

**4.经营管理。**建立生产过程数据采集和分析系统，采集生产进度、现场操作、质量检验、设备状态、物料传送等生产现场数据，并实现可视化管理。建立车间制造执行系统（MES），实现计划、调度、质量、设备、生产、能效的全过程闭环管理。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的优化。产品信息能够贯穿于设计、制造、质量、物流等环节，实现产品的全生命周期管理。提升客户与产品服务要素，实现面向客户的精细化管理，提供主动式客户服务，建立远程运维服务平台，提供远程监测、故障预警、预测性维护等服务，并对运行参数、维保、用户使用等数据进行分析，与产品管理系统、研发系统集成，实现产品优化创新。

**5.系统集成优化。**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在生产管控中的互联互通与高度集成。实现设计、工艺、制造、检验、物流等制造过程各环节之间，以及制造执行系统(MES)、企业资源计划系统(ERP)、供应链管理系统(SCM)、客户关系管理系统(CRM)、产品数据管理系统(PDM)等关键信息化管理系统之间的信息互联互通与集成。

**6.新技术与新模式应用。**利用工业互联网、工业云平台、工业大数据、人工智能等新一代信息技术，开展大规模个性化定制、远程运维、网络协同制造、全生命周期服务等新模式。

**7.安全生产。**采用先进的安全生产工艺、装备和防护装置，降低安全风险，消除事故隐患。推动互联网、大数据、物联网、人工智能等技术在安全生产领域广泛应用，用智能化、信息化手段提升企业安全水平及工控安全能力。在安全作业方面应加强车间危险源的监测预警、事故应急等安全管理。在工控安全方面应积极推动工业控制系统信息安全防护工作，切实做好系统防护和管理安全。

**8.经济社会效益。**智能工厂投入使用后，劳动强度大幅降低，工作环境明显改善；生产效率明显提升，不良品率显著降低，产品质量明显提升；安全生产水平生产明显提高；万元产值综合能耗显著降低，能源利用效率明显提升；节水节材量显著提高，资源利用效率明显提升。突破一批产业关键核心技术，形成一批核心专利、标准和经验成果，培育一批专业人才队伍。

二、流程型智能工厂关键要素

流程型生产特征是物料是均匀的、连续地按一定工艺顺序运动的，工艺过程的特点是连续性。典型行业有医药、食品、化工、冶金等。

**1.信息基础设施。**建有覆盖工厂的工业通信网络，建有工业信息安全技术防护体系，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。采用5G、工业以太网等技术，实现生产装备、传感器、控制系统与管理系统等的互联，实现数据的采集、流转和处理。在工厂内部建设工业互联网平台，或利用公众网络的工业互联网平台，实现数据的集成、分析和挖掘，支撑智能化生产、个性化定制、网络化协同、服务化延伸等应用。

**2.生产工艺。**建有工厂总体设计、工艺流程及布局数字化模型，并进行模拟仿真，实现生产工艺优化；建有产品数据管理系统(PDM)，实现产品配方、产品工艺数据的集成管理；建有试验数据管理系统，实现产品测试、检测数据的集成管理。

**3.生产制造。**聚焦企业生产制造层面，通过对实时生产数据的全面感知，对产品、设备、质量、能源、物流等数据的分析，提升企业运行效率和协同管理水平。建立企业级的统一数据中心和工业信息安全技术防护体系，工厂级的综合智能化管控系统，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，提高企业生产执行能力。

一是生产排程柔性化。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原料、设备、人员等生产信息，应用多种智能算法提高生产排程效率，实现柔性化生产。

二是生产作业数字化。生产管理系统和数据采集与监视控制系统（SCADA）、分布式集散控制系统（DCS）全面集成，自动生成企业所需要的日报表、盘点表、月质量报表等相关数据报表。生产线上工艺流程、关键参数、设备状态等实行实时监控；图形工作站上的动态显示、定时刷新生产流程图及生产工艺数据。关键工序自动控制实现率90%以上。

三是过程质量可追溯。生产线安装智能传感器，探测生产工艺过程温湿度、压力、流量、振动、噪声、阀门状态等，用大数据分析整个生产流程，参数偏离标准工艺，及时报警预判并自动进行相应处理。质量管理系统和检测设备无缝集成，实现实时在线检测。企业基于同一个平台系统进行操作，与检测设备集成，自动形成可用数据，系统自动汇总质量数据信息。

四是生产设备自管理。实现设备台账、点检、保养、维修等管理数字化；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，部分智能设备可自动调试修复；设备综合效率（OEE）自动生成。可实现对90%以上的生产设备进行监控分析。

五是生产管理透明化。根据生产需要建立可视化系统或数据中心，对生产数据进行实时呈现，包含生产状况（生产数、生产效率、订单总数、完成率）、品质状况、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。

六是包装物流智能化。实现自动化包装、码垛、转运；基于智能识别技术实现原料、产成品自动出入库管理；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。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动态调整目标库存水平。简单重复性工序90%以上实现自动化。

七是各能源、排放系统无缝整合。工业废弃物100%集中管控，达标排放，并有应急处理措施；准确掌握水、电、汽等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，全面实现各能源系统的无缝整合，集中管控，实现绿色制造、低碳环保运行。

**4.经营管理。**应用企业资源计划系统(ERP)、供应链管理系统(SCM)、客户关系管理系统(CRM),实现生产、采购、供应链、物流、仓库、销售、质量、成本等企业经营管理功能;应用产品全生命周期管理系统(PLM),将设计和工艺有效结合,保证产品信息从订单、设计、采购、生产、交付全过程受控;应用仓储管理系统(WMS)和智能仓储物流设备,实现库存动态优化管理、自动化出入库与及时配送。

**5.系统集成优化。**采用数据接口、企业服务总线、大数据平台等方式实现分布式控制系统(DCS)、数据采集和监控系统、制造执行系统(MES)、仓储管理系统(WMS)、企业资源计划系统(ERP)等高效协同,实现设计、工艺、制造、检验、物流等制造过程各环节之间信息互联互通与集成。

**6.新技术与新模式应用。**利用工业互联网、工业云平台、工业大数据、人工智能等新一代信息技术，开展远程运维、网络协同制造、全生命周期服务等新模式。

**7.安全生产。**采用先进的安全生产工艺、装备和防护装置，降低安全风险，消除事故隐患。推动互联网、大数据、物联网、人工智能等技术在安全生产领域广泛应用，用智能化、信息化手段提升企业安全水平及工控安全能力。在安全作业方面应加强车间危险源的监测预警、事故应急等安全管理。在工控安全方面应积极推动工业控制系统信息安全防护工作，切实做好系统防护和管理安全。

**8.经济社会效益。**智能工厂投入使用后，劳动强度大幅降低，工作环境明显改善；生产效率明显提升，产品质量明显提升；安全生产水平生产明显提高；万元产值综合能耗显著降低，能源利用效率明显提升；节水节材量显著提高，资源利用效率明显提升。突破一批产业关键核心技术，形成一批核心专利、标准和经验成果，培育一批专业人才队伍，示范带动效应明显。