

工业人工智能 参考架构

Industrial Artificial Intelligence: System Architecture

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

目 次

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 缩略语 1

5 工业人工智能参考架构 1

 5.1 概述 1

 5.2 工业需求 4

 5.3 生命周期维度 4

 5.4 系统层级维度 6

 5.5 智能特征维度 7

 5.6 安全隐私维度 8

6 生命周期维度 9

 6.1 设计智能化要求 9

 6.2 生产制造智能化要求 9

 6.3 物流智能化要求 9

 6.4 销售智能化要求 9

 6.5 服务智能化要求 10

7 系统层级维度 10

 7.1 设备智能化要求 10

 7.2 产线智能化要求 10

 7.3 车间智能化要求 10

 7.4 工厂智能化要求 10

 7.5 企业/集团智能化要求 11

8 智能特征维度 11

 8.1 数据要素要求 11

 8.2 智能模型要求 11

 8.3 智能算法要求 11

 8.4 工业基本条件智能化要求 12

 8.5 工业生产过程智能化要求 12

 8.6 智能应用要求 13

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由辽宁省工业和信息化厅提出并归口。

本文件起草单位：沈阳工业大学，东北大学，机械工业仪器仪表综合技术经济研究所，沈阳建筑大学，中国工业互联网研究院，沈阳鸿宇科技有限公司，北方实验室（沈阳）股份有限公司，沈阳化工大学，北京东土科技股份有限公司，北京神经网络科技有限公司，菲尼克斯（中国）等。

本文件主要起草人：张晓玲，李佳音，姚羽，彭曦霆，张笑宇，郑文学，石群，胡杰，翟美娜，陆军，丁露，卢铁林，石怀涛，高国平，白杨，王军，程远，薛百华，潘学龙。

本文件发布实施后，任何单位和个人如有问题和意见建议，均可以通过来电和来函等方式进行反馈，我们将及时答复并认真处理，根据实际情况依法进行评估及复审。

本文件归口单位通讯地址：辽宁省沈阳市皇姑区北陵大街45-2号辽宁省工业和信息化厅，联系电话：024-86893258

本文件起草单位通讯地址：辽宁省沈阳市经济技术开发区沈辽西路111号，联系电话：024-23890075

工业人工智能 参考架构

1 范围

本文件规定了范围、规范性引用文件、术语和定义、工业人工智能参考架构、生命周期维度智能化要求、系统层级智能化要求、智能特征、不同利益方的使用等内容。

本文件适用于机构开展工业人工智能的研究、规划、实施、评估和维护等。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 43554-2023 智能制造服务 通用要求

3 术语和定义

以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

工业人工智能 Industrial Artificial Intelligent

集成了人工智能、工业互联网、大数据、云计算和信息物理系统等新科技，使得工业生产运行更加灵活、高质量、高效率和节能。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

5 工业人工智能参考架构

5.1 概述

工业人工智能包含产品市场需求、物流、生产和产品销售等环节。

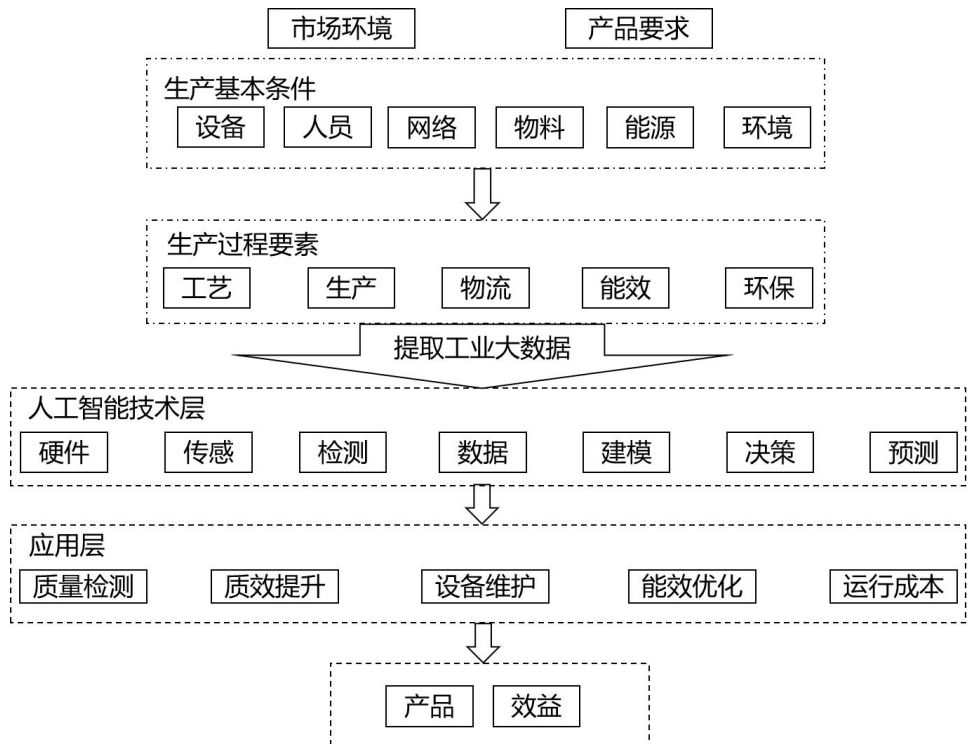


图1 工业人工智能参考架构

涉及内容包括：在生产时具备的条件包括人员配置与素质、设备情况、环境气候与温度湿度、各种实时匹配的物料以及动态能源消耗等；生产过程主要有几个关键环节，包括各种相关工艺、精细化的生产管理、工业互联网、物流计划调度、能效和环保的要求等；生产过程中提取的工业大数据，再应用人工智能技术对生产过程进行有效控制，其中的关键技术包括人工智能的硬件、建模、决策、预测、数据、传感和检测等，最后形成高效和高质量的产品。

a. 硬件

工业人工智能必须依靠算力、算法和数据，需要硬件为基础，必须具备专门的图像、语音等处理能力强、运算速度高的硬件。在分散处理、现场传感检测时，通常采用专门的人工智能芯片作为底层硬件，一般称为边缘计算网关。

AI芯片按架构体系分为通用芯片CPU和GPU（图像处理单元）、半定制芯片FPGA、全定制芯片ASIC和模拟人脑的新型类脑芯片；

按照应用场景可分为训练芯片、推断芯片、终端计算芯片等。

人工智能先采用训练芯片训练数据得出核心模型，接着利用推断芯片对新数据进行判断推理得出结论，模型和推理也可以从已有的软件工具开发包中获取，终端计算芯片主要采用简单实时性能的边缘计算控制输出。

b. 传感

工业人工智能场景中面对丰富多样和大量的各种数据及相关技术，绝大部分数据来源于传感器。传感器能将被测量的各种信息转变成相关数字信号，通常需要将电量、物理量、生物量、视觉、味觉、听觉等进行感知，涉及到感知的精度、速度等。

工业人工智能领域的传感器分为常规传感器和智能传感器：

a) 常规传感器可以直接采集转换处理压力、温度、流量、电压等信号；

b) 智能传感器是具有信息处理功能的传感器。智能传感器带有微处理机，具有采集、处理、交换信息的能力，是传感器集成化与微处理机相结合的产物。与一般传感器相比，智能传感器通过软件技术可以实现低成本、高精度的信息采集，具有编程自动化、功能多样化等显著特点，可应用于各种视觉、听觉、物理量和电量等传感检测。

c. 检测

工业人工智能系统的各个环节涉及供应链、产品生产质量、设备状态、能耗、生产环境等，这些需要大量的生产前期各种基础、生产物流、设备和环境等外界状态感知数据收集，并进行数据融合分析。检测的精度、速度、可靠性、分析能力等性能以及价格决定生产应用的基础。

工业人工智能系统的检测要求包括：

- a) 从离线集中式检测，逐步转变为加工在线、实时、嵌入到生产线及设备内部的检测；
- b) 从独立的感知和检测转变为多传感器、多元异构数据的融合分析；
- c) 从当前数据状态转变为数据标准化和溯源。

检测延伸就包含了诊断，当生产过程异常导致产品质量下降或者事故时，利用传感器采集关键设备、生产线运行以及产品质量等获得各种智能检测数据，进行自动特征提取，采用大数据分析、深度学习等方法进行高精度智能诊断及溯源。

d. 数据

工业人工智能应建立在强大工业数据分析基础上的，通常用来表示各行各业运行过程中发生的大量不同时序、多元异构的数据，往往看起来这些数据关联性不够紧密，在关系型数据库中分析时需花费大量时间和资源进行处理。工业大数据不只是数据量大，而且数据种类多，要求实时性强，数据所蕴藏的价值大。各行各业均存在大数据，但是众多的信息是纷繁复杂的，需要搜索、处理、分析、归纳、总结其深层次的规律，获得规律性、有用的数据。

e. 建模

建模是认识生产过程对象和控制方法的最基本环节，不同产品、生产过程和控制要求涉及的模型差异较大，甚至难以找到相关的模型。特定模型包含工业生产过程的机制与知识，表达了生产设备、工艺参数、原材料和产品质量效率间的映射关系，设备或关键部件的退化机制，产线运行状况和工序之间的耦合关系。工业人工智能控制对象更加复杂和多样，往往是多输入多输出的多变量系统、非线性系统、时变系统，要求控制系统更快、精、复杂时，须采用状态空间法、离散模型、人工智能等理论进行建模和控制。

f. 决策

决策包括优化、调度和控制等。由于产品、工艺和设备等不同，决策的方式差别很大。复杂工业生产通常由多工序、多台套设备和不同加工要求组成，涉及实时市场信息、生产条件以及运行工况，企业目标、计划调度、运行指标、生产指令与控制指令一体化优化等，需协同企业管理者和生产管理者的知识并进行智能化处理。以ERP和MES变革为人机合作的管理与决策智能化系统，利用监测设备和产线运行状态的数据，借助智能优化算法，协同调度各个生产工序，控制相关的生产设备和工艺环节，实现生产全流程的产品质量、产量、消耗、成本等综合生产指标控制，保证生产全流程的整体优化运行决策。自主智能控制系统感知生产条件变化，相互协同，解决多目标冲突、干涉和多尺度现象，兼顾各种因素和权重影响，制定相应的优化决策目标，实现制造与生产全流程全局优化。

g. 预测

预测分为模型预测和数据驱动预测，用于工业生产中的预测性维护、需求预测、质量预测等。预测大多用于智能制造中设备维护，对工业生产整体或者其他关键环节的作用更加重要，比如产品成本价格

和质量的趋势、产品原材料成本和质量的趋势、产品销售方式和市场趋势等，相比设备维护的预测可能更加重要。

——预测性维护可利用工业设备运行数据和退化机制经验知识，预测设备剩余正常工况使用时间并制定维修策略，从而实现高效安全运行。

——需求预测根据厂商历史订单数据、市场预测及生产线运行状况，调节原料库存、指导生产出货进度，进行风险管理并减少生产浪费。

——质量预测通过产线、原料状态及相关生产数据分析产品质量，并将生产流程调整为最佳产出状态以避免残次品，数字孪生技术可以有效促进质量预测。

5.2 工业需求

工业需求主要应包括：

- a) 提高生产效率；
- b) 优化生产质量；
- c) 实现智能化管理；
- d) 推动产业升级；
- e) 适应个性化需求。

5.3 生命周期维度

5.3.1 概述

生命周期维度由设计、生产、物流、销售、服务组成。

注：生命周期包含产品、制造系统和工厂的生命周期。不同行业、不同类型的产品的生命周期构成有所不同、活动先后顺序可能会有差别。有些产品并不涉及完整的生命周期。

5.3.2 设计

设计是指根据企业的所有约束条件以及所选择的技术对需求进行实现和优化的过程。设计一般包括：

- a) 产品需求分析；
- b) 产品企划；
- c) 外观与产品设计；
- d) 工艺设计；
- e) 系统测试规划；
- f) 试验验证；
- g) 最终设计；
- h) 最终试验；
- i) 设计定型。

注：上述过程对新产品设计、生产系统设计均适用。宜使用产品数据管理、产品生命周期管理、模拟仿真实现设计过程。在设计过程中可接受如生产、服务等阶段对设计的反馈，并在设计过程中及时调整改进。

示例：在流程制造行业中，设计是指根据企业的所有约束条件以及所选择的技术对需求进行构造、仿真、验证、优化等研发活动过程。可包括需求分析、概念定义、规划设计、质检规划、试验验证、辅助制造、设计与制造集成等业务活动，并同相应数字化工具、信息系统相结合的完整过程，流程行业中设计阶段测试验证主要采用模拟仿真方法。

5.3.3 生产

生产是指通过将物料进行加工、运送、装配、检验等活动创造产品的过程。生产一般包括：

- a) 设备安装调试；
- b) 加工；
- c) 装配；
- d) 运送；
- e) 检验。

示例：通过计划排产、质量管理、能源管理等生产管理方法，联合自主控制系统实现生产过程。可利用智能制造装备、实时数据采集、大数据分析等技术手段实现对生产现场的透明管控，质量问题的优化分析，生产过程的智能调度等；利用检测技术、全流程控制技术等实现生产过程的优化运行。

5.3.4 物流

物流是指物品从供应地向接收地的实体流动过程。物流一般包括：

- a) 运输；
- b) 储存；
- c) 装卸搬运；
- d) 包装；
- e) 配送。

示例：使用自动导引运输车、智能货架等设备以及仓储管理软件、物流管理软件、物流仿真软件实现物流过程。

5.3.5 销售

销售是指产品或商品等从企业转移到客户手中的经营活动。销售包括：

- a) 市场需求分析；
- b) 市场推广；
- c) 客户挖掘；
- d) 订单跟踪；
- e) 客户回访。

示例：使用客户关系管理软件支持销售过程，可采用大数据分析，精准营销等信息技术优化产品的销售活动。

5.3.6 服务

服务是指产品提供者与客户接触过程中所产生的一系列活动的过程及其结果。服务一般包括：

- a) 客户培训；
- b) 产品维护；
- c) 配件管理；
- d) 返厂维修；
- e) 报废回收。

示例：对智能装备、产品开展远程运维服务，并收集产品在使用中的实时数据，开展故障诊断、预测性维护等业务，同时用以优化产品的设计过程。

5.4 系统层级维度

5.4.1 设备层

设备层是指企业利用传感器、仪器仪表、机器、装置等，实现实际物理流程并感知和操控物理流程的层级，是其以上所有层级的基础。该层级的实际物理位置的映射一般为：流程型行业为设备单体，离散型行业为单机、单体装置。层级功能是生产过程的传感和操纵。

实现其功能的应用装置或系统一般包括：

- a) 输入装置：传感器、仪表、编码识别、信号转换；
- b) 输出装置：执行机构、驱动器、状态指示；
- c) 输入输出混合装置：人机界面。

5.4.2 单元层

单元层是指用于企业内处理信息、实现监测和控制物理流程的层级，通过工业计算机控制系统实现功能，是其以上所有层级的基础。层级功能是生产过程的监控和自动控制。

实现其功能的应用系统一般包括：

- a) 可编程逻辑控制系统（器）；
- b) 数据采集与监视系统和分布式控制系统；
- c) 现场总线控制系统。

注1：IEC 62264-1中根据行业和功能不同，分为流程型、离散型、批处理、物流仓储4类，其逻辑层次相近，实际物理位置的映射不同。

注2：列举的应用系统的功能可能有所交叉重叠。

注3：在信息技术（IT）视角，该层级为边缘计算提供物理基础，边缘计算处于物理实体（设备层）和工业网络连接之间，或处于物理实体的顶端。

5.4.3 车间层

车间层是指实现面向工厂或车间的生产管理的层级，是连接相邻层级的接口层级。层级功能是为生产预期最终产品进行工作流程及方法控制。包括保持记录并优化生产过程、分派生产、详细生产调度、可靠性保证等。

实现其功能的应用系统一般包括：

- a) 生产制造执行系统；
- b) 物流仓储管理系统；
- c) 人员、设备、资源及环境管理系统；
- d) 车间监控可视化系统。

注：列举的应用系统的功能可能有所交叉重叠。

5.4.4 企业层

企业层是实现面向企业经营管理的层级，是其下部层级的信息转化为商业运营活动的层级。层级功能一般是财务会计、市场营销、生产运作、人力资源、企业研发与采购管理。

实现其功能的应用系统一般包括：

- a) 设计研发方面：计算机辅助工程和制造系统、信息知识库系统；
- b) 生产运营方面：企业资源计划管理系统、产品全生命周期管理系统、办公自动化系统；

- c) 采购物流方面：供应链管理系统；
- d) 销售和服务方面：客户关系管理系统；
- e) 财务与人力资源方面：财务、人力资源管理系统。
- g) 可视化方面：商业智能和企业可视化系统。

注：列举的应用系统的功能可能有所交叉重叠。

5.4.5 协同层

协同层是企业实现其外部信息互联和共享，实现跨企业间业务协同的层级，层级功能是其下部层级的信息通过企业外部网络活动实现互联互通的层级。

实现其功能的应用系统一般包括：

- a) 设计协同；
- b) 生产协同；
- c) 供应链协同；
- d) 销售协同。

5.5 智能特征维度

5.5.1 资源要素

资源要素是指企业从事生产时所需要使用的资源或工具，应包括智能制造过程中涉及的所有的物理实体和信息对象。

物理实体包括人员、设备、原料、产品、能源等。

信息对象包括设计、生产、物流、销售、服务等过程中产生的所有数据。

5.5.2 互联互通

互联互通是指通过有线或无线通信网络、规范化通信协议与接口，实现资源要素之间以及企业之间的数据传递与参数语义互换的层级，包括工厂内和工厂外两种互联互通类别。

互联可以是某一个工厂内部生产现场的资源要素和信息管理等系统间的网络连接与数据传输（工厂内互联），也可以是企业上下游间、企业与用户、企业与产品间的网络连接与数据传输（工厂外互联）。

互通是指建立数据的结构和规范，使资源要素间以及企业之间传递的数据和信息能够被正确/准确理解和利用，使得异构数据在参数语义层面能够互换，从而实现数据互操作与信息集成。

5.5.3 融合共享

融合共享是指在互联互通的基础上，利用云计算、大数据等新一代信息通信技术，基于信息标准化和规范化，实现信息协同共享的层级。

共享是在融合基础上，结合分布式协同等先进技术实现智能制造数据、信息、知识的交流与共用。

融合共享的前提是互联互通，融合共享为系统集成层级提供可靠的数据信息资源。融合共享贯穿于智能制造全生命周期管理的全流程，同时为系统层级各阶段提供必要的数据信息资源支撑。

5.5.4 系统集成

系统集成是指通过接口实现智能制造过程中的智能装备、智能生产单元、智能生产线、数字化车间、智能工厂之间，以及智能制造系统等不同功能系统之间的数据交换和功能互联，为企业提供基础的信息集成、应用集成、过程集成和商业集成服务。

系统集成层级涵盖了系统层级维度，为系统层级中车间层、企业层以及协同层等的集成提供技术支持；同时，系统层级为智能制造全生命周期管理（生命周期维度）提供系统化集成手段。

5.5.5 新兴业态

新兴业态是企业为形成新型产业形态进行企业间价值链整合的层级。包括但不限于以下三种模式：

- a) 大规模个性化定制，是指通过新一代信息技术和柔性制造技术，以模块化设计为基础，以接近大批量生产的效率和成本满足客户个性化需求的服务模式；
- b) 远程运维，是指通过对设备（系统）的状态远程监测和健康诊断，实现对复杂系统快速、及时、正确诊断和维护，全面分析设备现场实际使用运行状况，为设备（系统）设计及制造工艺改进等后续产品的持续优化提供支撑的服务模式；

网络协同制造，是指基于网络化制造资源协同云平台，构建面向特定需求的基于网络的制造系统，突破空间对企业生产经营范围和方式的约束，实现资源优化配置的服务模式。

5.6 安全隐私维度

5.6.1 数据收集与管理

工业数据的收集与管理过程中的安全隐私应具备：

- a) 加密：数据被转换成一种只有授权方才能理解的秘密语言，保护工业信息免受窃取和侵害；
- b) 防火墙：作为隔离的数字基础设施免受恶意攻击的保护屏障，防火墙提供了一个基本的安全层来保护工业在线活动；
- c) 入侵检测系统：提供全面的监控和实时警报，主动检测和减轻对网络或组织的潜在安全威胁。

5.6.2 访问控制与授权

- a) 应限制只有获授权人士才能查阅；
- b) 应使用密码；
- c) 应具备生物特征验证或多因素认证。

5.6.3 安全通信和数据传输

- a) 应具备安全存储解决方案：保护工业数据免受可能损害其完整性的潜在威胁；
- b) 应具备定期备份：通过维护信息的当前副本，容易恢复，以防意外故障，网络威胁，或不可预见的事件；
- c) 应具备访问控制：为工业信息提供额外的安全层，确保只有授权人员才能访问。通过多因素身份验证、基于角色的访问控制和活动监视，可以确信工业数据始终掌握在受信任的人员手中。

5.6.4 法规遵从性和治理

应涵盖从数据收集、保留和存储到访问控制和定期审计的所有内容，确保工业数据在其整个生命周期中得到安全管理。

- a) 应创建工业数据隐私文化；
- b) 应具备对道德商业行为的承诺；
- c) 应保护作为行业领导者的地位。

6 生命周期维度

6.1 设计智能化要求

以满足客户需求为目标，采用数字孪生、大数据等新一代技术，结构化模型文件描述和传递等功能，实现基于三维模型的制造产品设计、试验验证、工艺全要素的仿真分析和迭代优化。保证产品和工艺的功能，提升产品质量、缩短研制和制造周期，降低制造成本。

6.2 生产制造智能化要求

以智能设计输出为基础，通过应用自动化、信息化、智能赋能技术等技术手段、提升产品质量、降低生产成本、缩短产品交期。

- a) 数字孪生工厂方面，在工厂设计、设备三维模型基础上集成生产、设备、能耗、环境等实时运行参数，实现物理制造与数字模型间的信息实时互联和精准映射；
- b) 计划与调度方面，基于先进排程调度算法模型，自动给出满足多种约束条件的优化排产方案，形成优化的详细生产作业计划，同时实施监控各生产要素，实现对异常情况的自动决策和优化调度；
- c) 生产管理方面，根据生产作业计划，自动将生产程序、运行参数或生产指令下发到数字化设备，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；
- d) 质量管理方面，基于在线监测的质量数据，建立质量数据算法模型预测生产过程异常、实时预警，实时采集产品原料、生产过程数据，实现对产品质量的精准追溯，并通过数据分析和知识库的运用，进行产品的缺陷分析，提出改善方案；
- e) 设备管理方面，基于设备运行模型和设备故障知识库，自动给出预测性维护解决方案，基于设备综合效率的分析，自动驱动工艺优化和生产作业计划优化；
- f) 厂内物流方面，通过数字化储运设备与信息系统集成，依据实际生产状态实时拉动物料配送，建立仓储模型和配送模型，实现库存和路径的优化，根据储罐状态实时数据进行趋势预测，结合知识库自动给出纠正和预防措施；
- g) 安环管理方面，基于安全作业、风险管控等数据的分析，实现危险源的动态识别、评审和治理，实现环保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；
- h) 能源管理方面，建立节能模型，实现能流的精细化和可视化管理，根据能效评估结果及时对高能耗设备进行技术改造和更新。

6.3 物流智能化要求

将信息技术引入采购、运输、仓储、配送等环节，实现整个供应链的信息共享，再集成传感器、RFID技术、自动化物流设备打造自动化、智能化物流。订单处理、出入库、运输、交付等环节应具备数字化管理能力。

6.4 销售智能化要求

销售智能化要求包括：

- a) 数据分析和挖掘：通过对销售数据的分析和挖掘，去发现潜在客户、了解客户需求和偏好、预测销售趋势等，为销售决策提供支持。

- b) 智能化客户管理：通过利用客户关系管理（CRM）系统等工具，维护客户信息和沟通记录，帮助销售人员更好地了解客户需求和偏好，提供更有针对性的销售服务
- c) 销售预测和优化：通过让机器学习等技术，去预测客户行为和销售趋势，优化销售策略和决策，从而提高销售业绩。
- d) 客户开发管理一体化：从销售的客户开发、数据分析、打电话触达客户、客户跟进、维护，订单管理、办公、项目管理、考勤等集成一体。

6.5 服务智能化要求

遵循GB/T 43554-2023的服务智能化全部要求。

7 系统层级维度

7.1 设备智能化要求

设备实现智能工厂的基础。智能工厂设备智能化应实现设备层全感知、自执行。在全感知领域，为实现工厂精益管控，需对质量管理层面的在线、离线装备的生产参数、检测数据等，对成本、能环管理层面的计量数据，对物料管理层面的识别、跟踪数据，对设备管理层面的设备状态数据和维护数据等实现全感知；通过引入先进的智能检测、感知装备进一步优化工序感知能力。在自执行领域，通过进一步改善、规范基础自动化，引入工业机器人、智能物流装备，进一步实现工序的少人化、无人化，提升工序的自执行能力。

7.2 产线智能化要求

产线智能化应基于工业以太网、工业无线，结合物联网、数字化技术实现对工厂内人、机、料、法、能、环等生产要素的联网和数据采集，通过全面感知与互联互通形成泛在的工业环境，实现生产线物料、产品、设备、环境和人员的感知、识别和控制，形成一体化管控基础。

在工业现场采用工业网关通过OPC UA等主流工业总线协议与厂商协议接入工业设备数据，使用MQTT等轻量级物联网协议实现工业网关与工业云平台的实时通讯；支持与之相关的通讯配置管理、通讯状态监控等。同时，支持各工序控制优化和界面优化相关的边缘计算智能服务的边缘部署，保障现场生产实时性需求的满足。基于边缘数据接入和缓存管理提供边缘计算能力，通过类SQL流式数据处理和计算服务，在边缘节点运行业务逻辑服务、事件脚本触发、边缘规则处理引擎、标准工业报警判定和设备反控操作，同时将实时分析结果推送至工业云平台，有效分担云端计算压力。

7.3 车间智能化要求

车间智能化应提供数据中心、知识中心和开发中心，面向工厂管控一体化、数字孪生及大数据应用需求进行功能完善与服务定制，有效支撑上层智能应用和服务的运行、开发、运营与维护提供。

车间智能化围绕资源管理、开发过程管理、数据开发、模型服务、微服务治理等主要需求，提供各类专用业务服务、通用业务服务和技术服务组件。在现有PAAS层容器服务、微服务中心、云数据库等基础上，开展工业数据开发、工业模型构建、工业应用开发等功能建设。

7.4 工厂智能化要求

工厂智能化应基于数据模型、知识模型、数理模型、应用需求等，依托开发环境、平台工具开发的应用于过程控制、运营管控、生态协同各层级的应用型软件，其载体可以是模型、管理软件、APP、网

页等。通过应用层的科学决策，指导物理系统精准执行，进而实现“感知—分析—决策—执行”的生产和管理闭环，充分挖掘数据价值和装备能力。

7.5 企业/集团运营智能化要求

企业/集团智能运营包括智能研发、采购、产销、供应链、财务、能环、办公等。企业/集团智能运营为智能生产服务，通过对供应链的协同管理、以客户和市场为中心的产品开发、销售管理，以财务、办公、能环等综合管理为生产保障，实现制造企业的产销供一体化管理。通过建立远程运维服务平台，为关键工序设备提供远程监测和远程诊断功能，预测性维护等服务，对装备上传的运行参数，维保、用户使用等数据进行挖掘分析，并于产品研发管理集成实现产品性能、工艺过程优化和创新。

8 智能特征维度

8.1 数据要素要求

数据要素应包括数据质量和数据数量两方面要求。

数据质量要求应包括：

- 用于模型训练的数据集应包含（甚至隐藏的）待检测模式的特征；
- 数据集中包含的特征（甚至是隐含的）应具有足够高的信噪比；
- 数据集应包含可能使模型训练变得模糊的系统偏差。

数据数量要求应包括：

- 数据集涵盖足够的问题空间（条件、场景或情况的变化范围），使得模型足够强大，能够处理真实环境中可能发生的情况；
- 数据集使得模型能够成熟地进行训练。

8.2 智能模型要求

智能模型是一个迭代的过程，涉及算法的探索、训练、微调和验证。即使在模型最初部署到运行时之后，也可使用新数据对其进行重新训练，然后将更新版本的模型重新部署到运行时，以提高其准确性或覆盖更广泛的问题空间或条件。

智能模型运行应包括：

- 即时或按需、定期批处理执行：模型根据某些事件或计时器的触发进行按需运行。例如，在预测性维护中，可以定期运行一个预测机器维护需求的模型，或者在积累了大量数据时运行，例如当从油井获得数据进行详细的大规模分析时。
- 准实时执行：只要有新的数据可用，模型就会持续运行。例如，对工业炉进行实时监控以检测操作异常的模型可能会持续运行，只要从正在运行的炉子收集到数据。

8.3 智能算法要求

智能算法应包括：

- 数据收集算法涉及连接到工业设备和传感器，并从中收集数据。
- 数据预处理算法涉及数据验证（类型、范围、一致性）、转换（例如单位、时区）、对齐（例如时间戳）、噪声减少（例如平滑）、缺失数据处理和数据稀疏化。数据预处理的目标须确保下一个阶段可用的数据质量。

- 数据转换算法涉及数据处理，使模型构建（包括学习）更可行。应包括核技巧和维度缩减（例如PCA）等转换，使得模型对数据的真实特征更敏感，或者在学习过程中减少处理量，使其在经济水平上不降低最终模型的结果。
- 数据预处理和数据转换算法中的处理步骤在模型构建和执行阶段之间必须保持一致，以确保在模型的训练、验证和执行过程中输入相同的数据内容和形式。
- 数据标记算法涉及根据其已知特征用有意义的标签识别数据集，以提供上下文，以便模型在训练过程中从数据集中学习。监督式机器学习算法需要进行数据标记。
- 模型构建算法涉及探索和选择适当的算法来解决手头的问题，并使用可供学习的数据集对模型进行训练和微调。
- 模型验证算法涉及使用经过验证的数据集对模型进行测试，这些数据不在模型训练过程中使用。模型的构建和验证是一个整体的过程，需要进行多次迭代。
- 模型执行涉及在真实环境中执行模型，或使用真实世界的真实数据作为模型的输入来解决特定问题。
- 模型的输出通常是模型执行的结果，涉及模式识别和预测。
- 模型的输出须与业务逻辑或上下文相结合，将模型的洞见转化为可行的决策。反过来，这些决策需要直接或间接地采取行动，以优化工业设备和流程的运作。通常通过工业领域的应用实现这一机制

8.4 工业基本条件智能化要求

工业基本条件智能化应包括：

- a) 工艺参数：如弯曲角度、弯曲长度、弯曲力度、弯曲速度、弯曲次数等；
- b) 材料信息：如材料类型、厚度、硬度、强度、弹性模量等；
- c) 设备信息：如机器状态（包括精度、稳定性等）、设备环境（如温度、湿度）等；
- d) 质量数据：需要收集折弯后产品的质量数据，如准确性、错误类型和数量等，以利于进行质量预测和改进；
- e) 工时数据：需要收集工人的工作时间、设备运行时间等，以便进行效率分析和改进。

8.5 工业生产过程智能化要求

工业生产过程智能化要求应包括如表1所示的所有元素。

表1 工业生产过程的智能化要素

描述域	概念	智能元素
信息库	生产系统中任务类别的集合	库
	生产系统中的任务类别	仅包含基于角色的设备信息的 DF 资产类别
	任务类的特点	数据元素
	生产系统组件类的集合	库
	生产系统的组件类别	具有实物资产信息的资产类别
	组件类的特性	数据元素
	组件类信号	数据元素
	特定类的组件之间可能的关系	资产类别协会
生产系统	生产系统的表示	数字工厂
	生产系统中任务（功能）的表示	资产基于角色的设备信

		息
	生产系统复合组件的表示	带子结构的资产物理设备信息
	生产系统简单组件的表示	资产物理设备信息
	任务/组件/生产系统的特征表示	数据元素
	组件或生产系统的信号表示	数据元素
	生产系统组件之间关系的表示	DF资产链

8.6 智能应用要求

智能应用要求应包括：

- a)管
理智能工厂
- b)创
建智能工厂

智能工厂应通过使用智能工厂的资产标头的内容进行管理。

智能工厂提供生产系统的数字表示。该数字表示可以为特定目的而创建，例如用于表示生产系统的特定生命周期阶段。

示例：智能工厂可以代表一个计划的生产系统，也可以代表一个运行中的生产系统。

- c) 维护智能工厂
根据预期目的，智能工厂中生产系统的表示应在生产系统的生命周期中保持最新。
在整个生产系统的生命周期中，生命周期阶段的各种活动都应在智能工厂的DF资产主体中添加、删除或更改管理生产系统所需的所有信息。
- d) 管理智能工厂访问权限
如果智能工厂被不同用户使用和更新，则应能够管理对智能工厂的访问，并应保持修订信息（例如修订号）。企业应根据自身需要，制定修订信息的存取管理和维护规则。
- e) 复制智能工厂
智能工厂提供特定生产系统的描述。如果需要复制这样的现有生产系统，可以使用生产系统的现有描述（例如原始智能工厂）作为规划新生产系统的蓝图。
在这种情况下，将创建原始智能工厂的副本（例如，复制智能工厂）。复制的智能工厂的标识和管理信息不是从原智能工厂复制过来的，而是专门为复制的智能工厂提供的。
如果智能工厂的结构被复制，则所有实物资产信息的标识符都应更新。复制智能工厂时，应考虑正确处理所有其他标识信息。可能需要重新设计复制的智能工厂。

参考文献
