



中华人民共和国国家标准

GB/T 23031.3—2023

工业互联网平台 应用实施指南 第3部分：智能化制造

Industrial Internet platform—Application and implementation guide—
Part 3: Intelligente manufacturing

2023-12-28 发布

2024-04-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义和缩略语	1
3.1 术语和定义	1
3.2 缩略语	1
4 智能化制造的主要活动	2
5 智能化制造的基础条件	3
5.1 数据接入	3
5.2 网络基础	3
6 面向智能化制造的工业互联网平台应用实施	3
6.1 实施过程	3
6.2 实施目标	4
6.2.1 泛在连接	4
6.2.2 数据汇聚	4
6.2.3 知识复用	4
6.2.4 智能分析	4
7 基于工业互联网平台的设备运行管理	4
7.1 典型需求	4
7.2 平台服务选择	5
7.3 平台服务应用	6
7.4 绩效分析	7
8 基于工业互联网平台的生产计划排产	8
8.1 典型需求	8
8.2 平台服务选择	8
8.3 平台服务应用	8
8.4 绩效分析	9
9 基于工业互联网平台的生产作业执行	9
9.1 典型需求	9
9.2 平台服务选择	10
9.3 平台服务应用	11
9.4 绩效分析	11
10 基于工业互联网平台的物流及仓储管理	12
10.1 典型需求	12
10.2 平台服务选择	12

10.3 平台服务应用 13

10.4 绩效分析 13

11 基于工业互联网平台的质量管理 14

11.1 典型需求 14

11.2 平台服务选择 14

11.3 平台服务应用 15

11.4 绩效分析 15

12 基于工业互联网平台的能源管理 16

12.1 典型需求 16

12.2 平台服务选择 16

12.3 平台服务应用 17

12.4 绩效分析 18

13 基于工业互联网平台的安全与环保管理 18

13.1 典型需求 18

13.2 平台服务选择 18

13.3 平台服务应用 19

13.4 绩效分析 19

14 基于数字孪生的全生产过程管理 20

14.1 典型需求 20

14.2 平台服务选择 20

14.3 平台服务应用 21

14.4 绩效分析 22

参考文献 23

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。

本文件是 GB/T 23031《工业互联网平台 应用实施指南》的第3部分。GB/T 23031 已经发布了以下部分：

- 第1部分：总则；
- 第2部分：数字化管理；
- 第3部分：智能化制造；
- 第4部分：网络化协同；
- 第5部分：个性化定制；
- 第6部分：服务化延伸。

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。

本文件由中华人民共和国工业和信息化部提出。

本文件由全国信息化和工业化融合管理标准化技术委员会(SAC/TC 573)归口。

本文件起草单位：中国信息通信研究院、中国铝业集团有限公司、中国石油天然气股份有限公司规划总院、上海宝信软件股份有限公司、安徽合力股份有限公司、广域铭岛数字科技有限公司、上海黑湖科技有限公司、宜科(天津)电子有限公司、浪潮工业互联网股份有限公司、富士康工业互联网股份有限公司、中国电子技术标准化研究院、中国电子信息产业发展研究院、国家工业信息安全发展研究中心、广州赛宝认证中心服务有限公司、北京航空航天大学、蓝卓数字科技有限公司、树根互联股份有限公司、北京东方国信科技股份有限公司、用友网络科技股份有限公司、徐工汉云技术股份有限公司、重庆忽米网络科技有限公司、卡奥斯工业智能研究院(青岛)有限公司、浙江中控技术股份有限公司、广东美云智数科技有限公司、江苏金恒信息科技股份有限公司、江苏中天互联科技有限公司、羚羊工业互联网股份有限公司、中山市科彼特自动化设备有限公司、中国科学院软件研究所、中广核工程有限公司、广州博依特智能科技有限公司、上海人工智能实验室、中车株洲电力机车有限公司、理光软件研究所(北京)有限公司、深圳市佳运通电子有限公司、青岛酷特智能股份有限公司、北京智通云联科技有限公司、联想新视界(芜湖)创新技术研究院有限公司、施耐德电气(中国)有限公司、浙江大学高端装备研究院、海尔卡奥斯物联科技有限公司。

本文件主要起草人：朱敏、刘默、田洪川、刘阳、刘棣斐、杨昊亭、班帅帅、孙绍铭、张蕾、赵旭、洪雅兰、安梦越、李婷伟、施云驭、侯羽菲、杨磊、刘华林、汪萌、汪晶、童年春、王晓虎、周宇翔、张鑫、刘品杰、徐伟、刘宗长、周珂、贾超、黄琳、李君、罗力田、牟华伟、孙刚、谢海波、任涛林、郭慧、周志勇。

引 言

工业互联网平台作为新一代信息技术与制造业深度融合的产物,通过实现工业经济全要素、全产业链、全价值链的全面连接,支撑服务制造业数字化、网络化、智能化转型,不断催生新模式、新业态、新产业。当前,我国工业互联网平台进入加速发展期,平台应用深度与广度不断提升,企业普遍从数字化管理、智能化制造、网络化协同、个性化定制、服务化延伸等方面构建基于工业互联网平台的发展模式,对于加快企业数字化转型升级和创新发展意义重大。然而,企业应用实施工业互联网平台过程中普遍面临过程不规范、路径不清晰、方法不明确等问题,亟需把握工业互联网平台应用实施的基础共性规律,研制形成工业互联网平台应用实施指南系列标准,为工业互联网平台应用实施提供规范化、可操作、易推广的方法指导,加快制造业数字化转型步伐。GB/T 23031《工业互联网平台 应用实施指南》旨在给出一套应用工业互联网平台并开展创新发展模式构建的实施方法论,拟由六个部分构成。

- 第1部分:总则。目的在于确立企业应用实施工业互联网平台的通用性方法,提出工业互联网平台应用实施的主要任务和关键步骤。
- 第2部分:数字化管理。目的在于给出数字化管理对工业互联网平台的特定能力要求,明确数字化管理发展新模式构建所需的工业互联网平台服务内容和应用方法。
- 第3部分:智能化制造。目的在于给出智能化制造对工业互联网平台的特定能力要求,明确智能化制造发展新模式构建所需的工业互联网平台服务内容和应用方法。
- 第4部分:网络化协同。目的在于给出网络化协同对工业互联网平台的特定能力要求,明确网络化协同发展新模式构建所需的工业互联网平台服务内容和应用方法。
- 第5部分:个性化定制。目的在于给出个性化定制对工业互联网平台的特定能力要求,明确个性化定制发展新模式构建所需的工业互联网平台服务内容和应用方法。
- 第6部分:服务化延伸。目的在于给出服务化延伸对工业互联网平台的特定能力要求,明确服务化延伸发展新模式构建所需的工业互联网平台服务内容和应用方法。

工业互联网平台 应用实施指南

第3部分：智能化制造

1 范围

本文件给出了面向智能化制造的工业互联网平台应用实施的具体方法,从典型需求、平台服务选择、平台服务应用与实施和绩效分析等方面提供了基于工业互联网平台构建智能化制造发展模式的指南。

本文件适用于计划部署应用工业互联网平台的企业、建设和推广工业互联网平台的第三方服务商及科研院所,针对工厂内部设备运行管理、生产计划排产、生产作业执行、物流及仓储管理、质量管理、能源管理、安全与环保管理等环节进行智能化改造。

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 23031.1—2022 工业互联网平台 应用实施指南 第1部分:总则

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

智能化制造 **intelligentize manufacturing**

面向工厂内部的生产制造环节,依托工业互联网平台数据汇聚、知识沉淀、智能分析和敏捷开发等优势功能,通过构建工厂级数字孪生优化体系,从而达到提升设备运行管理、生产计划排产、生产作业执行、物流及仓储管理、质量管理、能源管理及安全与环保管理等场景智能化应用水平,帮助企业实现更大范围、更深程度、更高水平的提质、降本、增效和减排的一种新型制造模式。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AGV:自动导引运输车(Automated Guided Vehicle)

API:应用程序编程接口(Application Programming Interface)

APP:应用程序(Application)

CNC:计算机数字控制(Computer Numerical Control)

CPK:工序能力指数(Process Capability Index)

CRM:客户关系管理(Customer Relationship Management)

DCS:分布式控制系统(Distributed Control System)
ERP:企业资源计划(Enterprise Resource Planning)
GPS:全球定位系统(Global Positioning System)
HSE:健康、安全和环保(Health、Safety and Environment)
KPI:企业关键绩效指标(Key Performance Indicator)
MSA:测量系统分析(Measurement System Analysis)
OEE:设备综合效率(Overall Equipment Effectiveness)
OQC:出货品质检验(Outgoing Quality Control)
PLC:可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller)
PPK:动态后处理技术(Post Processed Kinematic)
SCM:软件配置管理(Software Configuration Management)
SDK:软件开发工具包(Software Development Kit)
WIP:在制品(Working In Progress)
3D:三维图形(Three Dimensional)
5G:第五代移动通信技术(5th Generation Mobile Communication Technology)

4 智能化制造的主要活动

智能化制造包括设备运行管理、生产计划排产、生产作业执行、物流及仓储管理、质量管理、能源管理、安全与环保管理 7 个主要活动,并由基于数字孪生的全生产过程管理贯穿其中(见图 1)。

- a) **设备运行管理**:按照设备智能化制造成熟度不同,划分为设备状态监控、设备故障诊断、设备预测性维护和设备自适应控制四个业务阶段,发挥工业互联网平台泛在连接和智能分析优势,逐级提升设备智能化制造水平。
- b) **生产计划排产**:按照工厂生产计划排产操作逻辑,划分为原料采购与市场订单洞察、生产计划优化和生产调度优化三个业务活动,包括围绕三个业务活动并基于工业互联网平台开展智能化应用的主要模式。
- c) **生产作业执行**:重点围绕在线派单管理、生产过程监控和工艺参数调优三个业务活动,涵盖基于工业互联网平台优化生产作业效果的主要模式。
- d) **物流及仓储管理**:重点围绕物流仓储仿真、物流调度优化和仓储及物料管理三个业务活动,发挥工业互联网平台数据汇聚和资源配置能力,提升物流及仓储综合管理水平。
- e) **质量管理**:重点围绕质量策划、质量控制和质量改进三个业务活动,基于工业互联网平台实现质量管理全流程优化。
- f) **能源管理**:重点围绕能源统计监测、能源在线调度和能源预测优化三个业务活动,基于工业互联网平台开展能源管理应用。
- g) **安全与环保管理**:重点围绕安全管理和环保管理两个业务活动,基于工业互联网平台数据监控和智能分析能力,提升工厂安全与环保管理水平。

基于数字孪生的全生产过程管理是重点围绕生产现场全流程可视化、生产数据分析与辅助决策、远程控制与指挥调度三个业务环节,发挥工业互联网平台数字孪生建模与工业机理分析能力,通过数字孪生赋能生产现场管理,实现生产过程全透明化管理,生产产品全生命周期管控,生产现场作业协同高效的闭环优化管理目标。

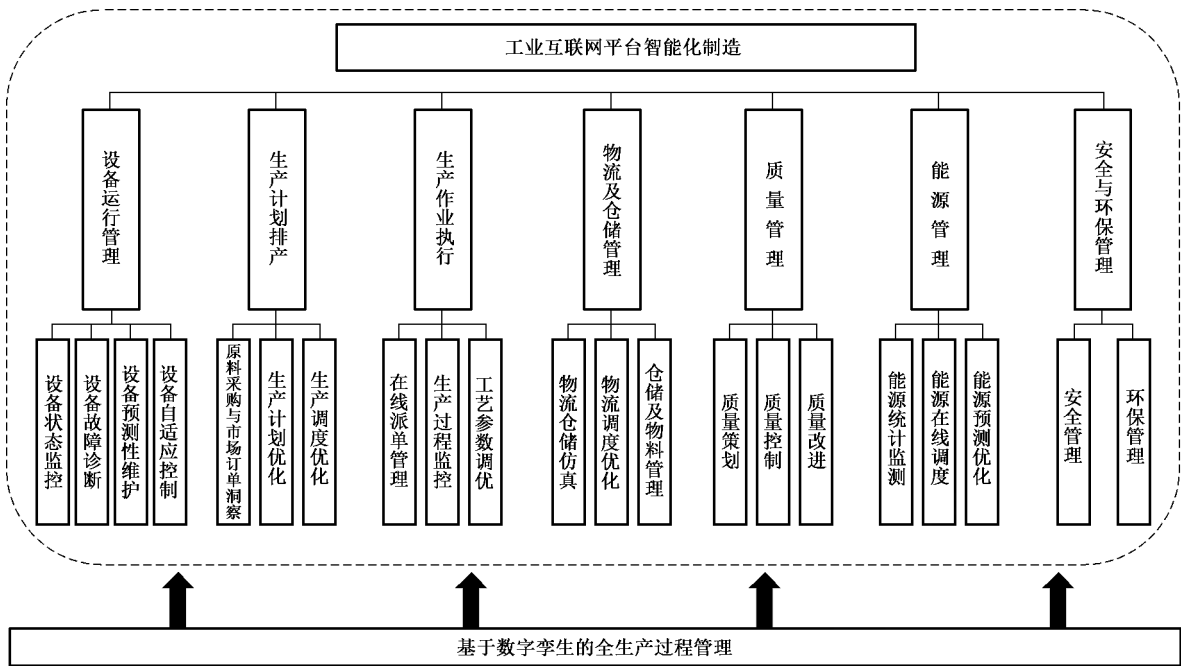


图 1 工业互联网平台智能化制造业务体系图

5 智能化制造的基础条件

5.1 数据接入

企业的生产设备、传感与控制设备、仓储物流设备和质量检测设备宜具备自动化基础，具备数据接入接口，可实现数据采集。

5.2 网络基础

企业生产现场宜实现网络覆盖，主要的生产设备、传感与控制设备、仓储物流设备和质量检测设备宜具备网络化基础，具备网络接入能力，企业软硬件可通过网络实现数据的传输。

6 面向智能化制造的工业互联网平台应用实施

6.1 实施过程

拟基于工业互联网平台构建智能化制造发展模式的企业宜依据 GB/T 23031.1—2022，结合智能化制造的具体需求和特点，推进工业互联网平台的应用实施，具体如下：

- a) **总体规划**: 围绕第 4 章所述的智能化制造的主要活动，分析基于工业互联网平台构建智能化制造发展模式的可行性，确立基于工业互联网平台实施智能化制造的总体目标，并选择适宜的工业互联网平台应用实施方式；
- b) **整体设计**: 明确工业互联网平台的应用范围和边界，参考 7.1、8.1、9.1、10.1、11.1、12.1 和 13.1 所列的典型需求，分析定位企业当前对智能化制造相关活动实施工业互联网平台的需求，依据 GB/T 23031.1—2022 的第 6 章选择适宜的工业互联网平台服务商，制定面向智能化制造的工业互联网平台应用实施方案，并安排相关资源投入；
- c) **实施准备**: 依据 GB/T 23031.1—2022 的第 7 章，做好智能化制造相关的设备联网、网络改造和

数据准备等工作；

- d) **平台实施**:依据 GB/T 23031.1—2022 的第 8 章,开展平台开发、平台部署、资源接入、试运行与上线和安全保障等工作,重点做好战略管理、组织管理、运营管理和财资管理等必要业务系统的云化改造及与平台的适配连接；
- e) **平台应用**:依据第 7 章～第 13 章给出的基于工业互联网平台的设备运行管理、生产计划排产、生产作业执行、物流及仓储管理、质量管理、能源管理和安全与环保管理方法,按需选择并调用适宜的工业互联网平台服务,提升基于工业互联网平台的智能化制造水平和能力,系统分析并持续改进基于工业互联网平台的智能化制造绩效。

6.2 实施目标

6.2.1 泛在连接

通过工业互联网平台建立高效信息通道,实现制造过程中设备、物料、产品和人员等各类制造资源的互联互通。

6.2.2 数据汇聚

通过工业互联网平台实现制造过程全要素和全价值链海量数据的全面采集与集中管理。

6.2.3 知识复用

通过工业互联网平台积累和管理制造过程知识,建立知识图谱,通过对知识的复用降低知识生产成本,提高决策效率。

6.2.4 智能分析

通过工业互联网平台大数据和人工智能等智能化技术的应用,实现对制造过程海量数据的分析洞察。

7 基于工业互联网平台的设备运行管理

7.1 典型需求

针对以下需求,企业可基于工业互联网平台实施设备运行管理。

- a) **设备监控需求**:
 - 离线设备实时运行状况不清楚或信息延迟,生产、运营决策缺乏有效支撑；
 - 传统数据采集按点位采集,难以从设备维度对数据进行管理；
 - 设备运营指标数据依赖人工统计,数据时效性和准确性差；
 - 设备维护人员无法实时了解设备故障点位,问题处置效率低；
 - 设备“点巡检修”数据录入“有纸化”,记录统计汇总及数据使用不便；
 - 设备维修保养记录不完整,后续的维保缺乏信息参考。
- b) **设备诊断需求**:
 - 设备故障发现不及时；
 - 设备故障原因和位置不明确；
 - 设备故障判断依靠工人经验。
 - 设备故障维修所需备件信息不明确。
- c) **设备预测性维护需求**：

- 高价值设备和关键设备无法事先预测；
 - 设备故障事后维修成本高；
 - 被动维修和过度维修的矛盾；
 - 设备备品备件的备货和更换缺乏数据支持；
 - 设备运行维护成本高。
- d) 设备自适应控制需求：
- 无人值守设备控制难,控制及时性、准确性和规范性无法保证；
 - 无法保证产品精密制造的高质量要求。

7.2 平台服务选择

企业可针对设备运行管理以下业务活动选择应用相对应的平台服务。

- a) 围绕设备监控阶段,企业可选择调用的工业互联网平台功能服务包括但不限于：
- 边缘节点通信服务；
 - 协议转换服务；
 - 数据建模服务；
 - 数据预处理服务；
 - 数据存储服务；
 - 大数据处理服务；
 - 人机交互服务。
- b) 围绕设备诊断阶段,企业可选择调用的工业互联网平台功能服务包括但不限于：
- 边缘节点通信服务；
 - 协议转换服务；
 - 边缘应用部署及分析服务；
 - 边云协同服务；
 - 数据预处理服务；
 - 数据分析服务；
 - 模型管理服务；
 - 工业机理模型服务；
 - 人机交互服务。
- c) 围绕设备预测性维护阶段,企业可选择调用的工业互联网平台功能服务包括但不限于：
- 边缘节点通信服务；
 - 协议转换服务；
 - 数据预处理服务；
 - 数据分析服务；
 - 模型管理服务；
 - 工业机理模型服务；
 - 知识图谱服务；
 - 人工智能服务；
 - 人机交互服务。
- d) 围绕设备自适应控制阶段,企业可选择调用的工业互联网平台功能服务包括但不限于：
- 边缘节点通信服务；
 - 协议转换服务；
 - 边缘分析及应用部署服务；

- 数据存储服务；
- 指令控制服务；
- 边云协同服务；
- 模型管理服务；
- 工业机理模型服务；
- 人工智能服务；
- 安全防护服务。

7.3 平台服务应用

企业可针对设备运行管理以下业务阶段,利用工业互联网平台所提供的服务开展实施。

a) 设备监控的实施要点包括但不限于:

- 利用平台的边缘节点通信服务,通过连接边缘网关和外加传感器等方式,实现设备数据采集;
- 利用平台协议转换服务,通过协议解析和嵌入式 SDK 等方式实现数据上云上平台;
- 利用数据建模服务,通过构建设备的数字孪生体,实现从设备视角统一管理采集的点位数据;
- 利用平台数据预处理、数据存储及大数据处理服务,通过对设备数据的处理及分析,实现对设备运行状况数据的统一汇聚;
- 利用平台的人机交互服务,通过平台提供的数据可视化工具,实现设备数据的可视化查看;
- 利用边缘节点通信服务,实现设备的定位、使用权限和使用状态管理。

b) 设备诊断的实施要点包括但不限于:

- 利用平台的边缘节点通信服务,通过连接边缘网关和外加传感器等方式,实现设备数据采集;
- 利用平台协议转换服务,通过协议解析和嵌入式 SDK 等方式实现数据上云上平台;
- 利用平台的边缘分析及应用部署服务,通过在边缘侧嵌入规则算法等边缘计算模块,实现设备故障的边缘侧实时诊断;
- 利用平台数据预处理和数据分析能力,通过对设备数据的清洗处理,实现设备数据的统一汇聚及分析;
- 利用平台模型管理及工业机理模型服务,通过对故障模型的构建、配置及调用,实现对设备故障的实时报警,并对设备故障的位置和原因进行诊断,给出故障处置意见,明确故障维修所需技术方案和备品备件资源信息,能与设备维修管理系统实现数据互通;同时利用平台边云协同能力,将成熟算法和模型等下发至边缘智能网关,实现设备在边缘侧的实时诊断;
- 利用平台人机交互服务,通过对故障结果的及时告警及可视化展示,实现设备故障诊断的实时展示;
- 利用数据模型服务,通过数字孪生技术,实现故障点的物理场景模拟,指导维修人员进行故障诊断。

c) 设备预测性维护的实施要点包括但不限于:

- 利用平台的边缘节点通信服务,通过连接边缘网关和外加传感器等方式,实现设备数据采集;
- 利用平台协议转换服务,通过协议解析和嵌入式 SDK 等方式实现数据上云上平台;
- 利用平台数据预处理及数据分析服务,通过对设备采集数据的清洗处理,实现设备数据的统一汇聚;

- 利用平台模型管理及工业机理模型服务,通过对设备模型的建模、管理及调用,实现对设备运行状态特征的相关性分析;
 - 借助平台人工智能工具,对设备历史数据和实时数据开展大数据建模分析,通过对设备状态特征的实时异常分析,发现设备运行中的不稳定时段或异常时段,进行异常预警;
 - 利用平台人机交互服务,通过对故障结果的及时告警及可视化展示,实现设备异常告警和预测性维护提示等应用服务;
 - 利用数据模型服务,通过建立疲劳模型,对结构性能进行评估,对结构生命周期进行预测,估算结构整个生命周期的修复或维护费用,实现设备跟踪和网络平台的远程监测等在线支持服务;
 - 利用设备监测数据,建立健康监测服务系统,通过基于测量的量化指标来确定维护的优先次序;
 - 利用业务数据,分析该类设备预测性维护规律,沉淀丰富知识图谱。
- d) 设备自适应控制的实施要点包括但不限于:
- 利用平台的边缘节点通信服务,通过连接边缘网关和外加传感器等方式,实现设备数据采集;
 - 利用平台协议转换服务,通过协议解析和嵌入式 SDK 等方式实现数据上云上平台;
 - 利用平台边缘分析及应用部署、指令控制服务,通过边缘部署决策算法和自适应模型等模块,实现设备的运行状态自检测及自适应控制调整;
 - 利用平台人工智能及边云协同服务,通过远程监控平台借助人工智能实现相关算法和模型的训练及下发同步,实现设备自适应调整目标状态的及时更新;
 - 利用平台模型管理及工业机理模型服务,实现远程监控平台上对设备模型的建模、修改及下发等功能。

7.4 绩效分析

针对设备运行管理以下业务阶段,企业宜采取对应的指标监测、评价和分析工业互联网平台的综合绩效。

- a) 设备监控的绩效指标包括但不限于:
- 设备联网覆盖率;
 - 设备数据采集点数;
 - 设备数据采集频率。
- b) 设备诊断的绩效指标包括但不限于:
- 设备故障维修时间;
 - 设备故障间隔时间;
 - 设备平均故障间隔时间;
 - 设备故障平均维修时间;
 - 备品备件库存流通率。
- c) 设备预测性维护的绩效指标包括但不限于:
- 设备故障率;
 - 设备维护成本;
 - OEE。
- d) 设备自适应控制的绩效指标包括但不限于:
- 可自适应控制设备联机率;
 - 设备自适应控制加工产品占比。

8 基于工业互联网平台的生产计划排产

8.1 典型需求

针对以下需求,企业可基于工业互联网平台实施生产计划排产。

a) 原料采购与市场订单洞察需求:

- 原材料市场价格波动大,配置优化难度大;
- 原材料品类多,采购信息收集整理难度大;
- 市场客户多,订单管理混乱;
- 订单异常频繁,进度难以跟踪。

b) 生产计划优化需求:

- 企业(年/季/月/旬/周)各个周期生产计划排产不灵活;
- 多品种混流共线生产和跨车间协同计划编排难度大;
- 原料、产品、设备和中间料等关键要素的边际效益分析难度大,依赖专业统计人员;
- 企业内部设备和物料等生产条件发生变化时,生产计划调整缓慢;
- 企业外部产品市场发生变化时,产品结构调整难度大。

c) 生产调度优化需求:

- 企业中短周期(月/旬/周/日)生产调度作业计划排产不及时;
- 以完成成长周期生产计划,最小库存成本和生产波动为前提,生产批次和资源配置优化难度大;
- 企业发生设备故障和安全事件等突发事件时,应急调度指令制定效率低。

8.2 平台服务选择

企业可针对生产计划排产以下业务活动选择应用相对应的平台服务。

a) 围绕原料采购与市场订单洞察活动,企业可选择调用的工业互联网平台功能服务包括但不限于低代码开发服务。

b) 围绕生产计划优化活动,企业可选择调用的工业互联网平台功能服务包括但不限于:

- 大数据预处理、接入、存储和分析服务;
- 工业模型管理、数据科学模型和工业机理模型应用服务;
- 工业应用低代码开发服务;
- 平台间数据和应用调用服务。

c) 围绕生产调度优化活动,企业可选择调用的工业互联网平台功能服务包括但不限于:

- 大数据预处理、接入、存储和分析服务;
- 工业模型管理,数据科学模型和工业机理模型应用服务;
- 工业应用低代码开发及人机交互服务。

8.3 平台服务应用

企业可针对生产计划排产以下业务活动,利用工业互联网平台所提供的服务开展应用实施。

a) 原材料与市场订单洞察应用的实施要点包括但不限于:

- 利用平台内原材料采购管理相关微服务,通过平台“拖拉拽”低代码开发能力快速开发符合企业个性化需求的原材料采购管理 APP;
- 利用平台内市场订单管理相关微服务,通过平台“拖拉拽”低代码开发能力快速开发符合企业个性化需求的市场订单管理 APP;

- 利用平台数据接入底层能力,通过平台内嵌数据接口,打通用户企业的 CRM、SCM 和 ERP 等业务系统,抓取希望获取的原材料供应和市场订单数据。
- b) 生产计划优化的实施要点包括但不限于:
 - 利用平台的低代码开发服务,通过平台内嵌生产计划优化相关微服务,以“拖拉拽”形式快速开发符合自身企业业务发展的生产计划优化工业 APP;
 - 利用平台数据接入服务,通过平台间数据调用和异构数据协议转换等功能,实现企业原材料数据、生产产能数据、市场订单数据和库存数据等基础数据快速接入;
 - 利用平台数据科学模型、工业机理模型及数据分析服务,通过对行业特征的分析,借助平台模型服务实现垂直领域内普适性的生产计划优化模型的构建、管理与优化,同时结合生产数据指导生产计划排产的及时调整;
 - 利用平台工业模型管理服务,不断沉淀生产计划优化模型,实现成熟生产计划优化模型和应用的高效复用。
- c) 生产调度优化的实施要点包括但不限于:
 - 利用平台的低代码开发服务,通过平台内嵌生产调度优化相关微服务,以“拖拉拽”形式快速开发符合自身企业业务发展的生产调度优化工业 APP;
 - 利用平台数据接入服务,通过平台间数据调用和异构数据协议转换等功能,实现企业计划数据、原材料数据、生产产能数据、市场订单数据和库存数据等基础数据快速接入;
 - 利用平台数据科学模型、工业机理模型及数据分析服务,通过行业特征分析,得到垂直领域内普适性的生产调度优化模型,同时结合生产调度数据实现对企业生产调度的及时优化与指导;
 - 利用平台工业模型管理服务,不断沉淀生产调度优化模型,实现成熟生产调度优化模型和应用的高效复用。

8.4 绩效分析

针对生产计划排产以下业务活动,企业宜采取对应的指标监测、评价和分析工业互联网平台的综合绩效。

- a) 原材料与市场订单洞察的绩效指标包括但不限于物料到货时间。
- b) 生产计划优化的绩效指标包括但不限于:
 - 企业生产计划预期效益;
 - 企业生产计划平均编制、变更周期;
 - 物料准时齐套率;
 - 企业生产计划的准时完成率。
- c) 生产调度优化的绩效指标包括但不限于:
 - 企业常规调度作业计划和应急调度方案的编制效率;
 - 调度指令平均数量;
 - 生产成本降低比例;
 - 生产计划完成率。

9 基于工业互联网平台的生产作业执行

9.1 典型需求

针对以下需求,企业可基于工业互联网平台实施生产作业执行。

- a) 在线派单管理需求:

- 车间人员岗位流动大,无法提前预知当天在岗班组人员;
 - 大量作业文件时效性高,形成纸质版时间长,难以及时下发;
 - 车间主任花费大量时间准备开工卡和任务派发;
 - 不同设备之间的生产任务无法直接流转,需要进行格式转换;
 - 无法及时根据设备实际作业状况进行新任务的安排;
 - 前序班组遗留问题交接确认效率低;
 - 日常高重复性派单任务繁琐。
- b) 生产过程监控需求:
- 产品工艺路线复杂,生产周期长,进度管控难;
 - 生产过程异常无法快速响应;
 - 生产工单进度管理缺少项目合同及整体监控;
 - 产品由自制件和外购件组成,其中自制件较多,物料齐套进度难以把握。
- c) 工艺参数调优需求:
- 原料配方以人工或电脑辅助的方式为主,工艺配方优化难度大;
 - 产品换型生产调整时间长,产品换型频繁,生产成本低;
 - 自动化程度高的情况下,参数的设置精度、频次和计算量大,靠人工效率低;
 - 工艺调优技术传承难,人员流失造成技术断代,工艺成果难以固化。

9.2 平台服务选择

企业可针对生产作业执行以下业务活动选择应用相对应的平台服务。

- a) 围绕在线派单管理活动,企业可选择调用的工业互联网平台功能服务包括但不限于:
- 边缘节点通信服务;
 - 数据存储服务;
 - 数据查询服务;
 - 云边协同服务;
 - 人机交互服务。
- b) 围绕生产过程监控活动,企业可选择调用的工业互联网平台功能服务包括但不限于:
- 边缘节点通信服务;
 - 协议转换服务;
 - 边缘分析及应用部署服务;
 - 数据存储服务;
 - 数据建模服务;
 - 低代码开发服务;
 - 人机交互服务。
- c) 围绕工艺参数调优活动,企业可选择调用的工业互联网平台功能服务包括但不限于:
- 数据接入、存储及分析服务;
 - 工业机理模型服务;
 - 研发设计模型服务;
 - 大数据分析 & 优化能力服务;
 - 人工智能服务;
 - 云边协同服务;
 - 知识图谱服务。

9.3 平台服务应用

企业可针对生产作业执行以下业务活动,利用工业互联网平台所提供的服务开展实施。

- a) 在线派单管理的实施要点包括但不限于:
 - 利用平台数据接入及数据存储服务,通过对接排产应用 API 接口和研发设计模型 API 接口,实现工作任务和计划排产分工等数据的接入与存储;
 - 利用平台数据查询及人机交互服务,通过各类终端对当前设备和人员实时工作任务的查询与推送,实现生产任务的下发;
 - 利用平台模型管理及业务流程模型服务,实现任务分工模型的建模、优化及统一管理;
 - 利用平台云边协同服务,通过对不同设备作业内容的下发,实现不同设备之间统一格式的数据流转及作业任务的及时调整。
- b) 生产过程监控的实施要点包括但不限于:
 - 利用平台边缘节点通信和协议转换服务,通过协议解析、嵌入式 SDK 和外加传感器等方式对产线不同环节设备数据进行采集,实现工艺原料和设备产量等参数的上传;
 - 利用平台数据查询和分析服务,通过对产线生产数据的清洗分析处理,实现产线数据的统一汇聚;
 - 利用平台人机交互服务,通过平台提供的可视化工具对产线生产状况进行可视化查看,实现对产线生产过程的实时监控。
- c) 工艺参数调优的实施要点包括但不限于:
 - 利用平台数据接入、存储及分析服务,通过对以往工艺数据进行统一汇总及分析,形成工艺参数数据集;
 - 利用平台研发设计模型和工业机理模型服务,通过对产线工艺过程进行建模仿真,模拟生产单元进行虚拟生产;
 - 利用平台大数据分析及人工智能服务,通过机器学习分析耗损率、能耗和良品率等绩效,结合虚拟生产模块,找到最佳工艺配比和设备参数,针对后续产品原料配比和设备参数给出优化策略;
 - 利用平台的云边协同服务,将存储在云端的最佳工艺配比、设备参数或加工程序下发到设备的电控系统如 CNC、PLC 或 DCS 中。

9.4 绩效分析

针对生产作业执行以下业务活动,企业宜采取对应的指标监测、评价和分析工业互联网平台的综合绩效。

- a) 在线派单管理的绩效指标包括但不限于:
 - 任务信息传递准确率;
 - 生产任务变更响应周期;
 - 车间派工无纸化率;
 - 产能利用率;
 - 出货达成率;
 - 工单结案率。
- b) 生产过程监控的绩效指标包括但不限于:
 - 生产效率;
 - 材料超耗率;
 - 员工出勤率;
 - 员工离职率;

- 员工直间比；
 - WIP 在线时间；
 - 车间异常事件处置时间；
 - 产线平稳运行时间；
 - 产线维护工序数字化率。
- c) 工艺参数调优的绩效指标包括但不限于：
- 人均产值；
 - 产值费用比；
 - 直通率；
 - 人均改善提案件数；
 - 产品换型时长与加工工时长占比；
 - 产品一次性生产良品率；
 - 产品投入产出比提升额；
 - 产品生产效率；
 - 产品关键件工艺仿真率；
 - 产品离线编程率。

10 基于工业互联网平台的物流及仓储管理

10.1 典型需求

针对以下需求,企业可基于工业互联网平台实施物流及仓储管理。

- a) 物流仓储仿真需求：
- 企业物流及仓储规划布置不明确；
 - 企业仓储物流过程中仓储利用率低,资源配置存在矛盾；
 - 企业仓储物流存在运输工具、货运量和货运成本等多样化目标要求。
- b) 物流调度优化需求：
- 物流过程繁琐,设备无效搬运多；
 - 物流仓储作业调度灵活性差,出入库效率低；
 - 物流设备状态管理难,管理者无法为物流设备快捷下达指令；
 - 物流装车人工调度,车辆排队堵塞,作业时间长。
- c) 仓储及物料管理需求：
- 仓储分拣作业效率低下和出错率高；
 - 物料管理混乱无序；
 - 仓储人员管理效率低,或劳动强度大,人力成本增大。

10.2 平台服务选择

企业可针对物流及仓储管理以下业务活动选择应用相对应的平台服务。

- a) 围绕物流仓储仿真活动,企业可选择调用的工业互联网平台功能服务包括但不限于：
- 边缘节点通信服务；
 - 物流仓储实物模型构建及可视化服务；
 - 物流及仓储仿真调试服务；
 - 人工智能建模分析服务；
 - 低代码开发能力。
- b) 围绕物流调度优化活动,企业可选择调用的工业互联网平台功能服务包括但不限于：

- 边缘数据采集及处理服务；
 - 边缘节点通信服务；
 - 物流仓储作业综合调度服务；
 - 边缘控制服务；
 - 数据建模及分析服务(车辆调度等模型)。
- c) 围绕仓储及物料管理活动,企业可选择调用的工业互联网平台功能服务包括但不限于:
- 边缘节点通信服务；
 - 协议转换服务；
 - 数据预处理服务；
 - 数据分析服务；
 - 数据建模服务；
 - 模型管理服务；
 - 工业机理模型服务(货位优化等模型)。

10.3 平台服务应用

企业可针对物流及仓储管理以下业务活动,利用工业互联网平台所提供的服务开展实施。

- a) 物流仓储仿真的实施要点包括但不限于:
- 基于平台工业仿真 APP 建立仓储布局,在数字空间对物流场景进行虚拟布置、串接和调试；
 - 利用平台的组件库开发功能,通过拖拽的方式快速模块化部署,实现仓储物流场景应用；
 - 利用平台大数据分析工具,对采集的物料数据、物流数据、仓库数据进行分析和优化；
 - 利用平台三维建模工具,通过将物流和仓储数据转换成图形或图像,实现屏幕上实时显示和分析。
- b) 物流调度优化的实施要点包括但不限于:
- 利用平台边缘数据采集及处理能力,采集叉车和 AGV 等物流设备运行数据,实现设备数据上云上平台；
 - 打通生产、运营和仓储等管理系统数据,完成系统数据的采集与分析；
 - 利用平台数据建模及分析能力,通过对物流过程的建模及调用,实现物流作业流程的综合管理分析；
 - 平台将基于数据计算结果,下发物流作业指令,完成叉车和 AGV 等运输设备的自动调度。
- c) 仓储及物料管理的实施要点包括但不限于:
- 利用平台大数据管理能力,采集客户订单和货物入库信息,实现仓储数据的实时采集；
 - 利用平台数据建模及分析能力,通过对仓储数据的建模和调用,给出最优的货物入库方案；
 - 利用平台数据通信能力,调用设备中的 API 接口,实现对各分拣设备的控制,完成货物分拣入库；
 - 基于平台识别模块,对货物智能扫描与识别,控制分拣设备正确分拣并输送出库。

10.4 绩效分析

针对物流及仓储管理以下业务活动,企业宜采取对应的指标监测、评价和分析工业互联网平台的综合绩效。

- a) 物流仓储仿真的绩效指标包括但不限于:
- 物流设备利用率；
 - 物流订单处理效率；
 - 仓储库存周转率；

- 物流运输配送成本。
- b) 物流调度优化的绩效指标包括但不限于：
 - 物流作业时间成本、运输成本和人力成本；
 - 物流作业 KPI 达成率,时效和成本目标达成率；
 - 物流作业调度管理成本。
- c) 仓储及物料管理的绩效指标包括但不限于：
 - 货物分拣效率；
 - 物料节约成本；
 - 货物分拣准确率；
 - 分拣设备利用率。

11 基于工业互联网平台的质量管理

11.1 典型需求

针对以下需求,企业可基于工业互联网平台实施质量管理。

- a) 质量策划需求：
 - 开展质量管理时,制定质量目标和质量管理体系多由人工判断和规划,分析决策效率低；
 - 质量指标多,业务关联性强,质量管理内容重复性多；
 - 质量管理技术资料、工艺资料以及生产资料等数据缺失,质量管理难度大；
 - 生产环境和生产设备的状况随着生产活动迅速变化,质量管理存在滞后性。
- b) 质量控制需求：
 - 产线信息化程度低,数据采集难度大；
 - 已有采集设备智能化程度不高,数据分析和使用难度大；
 - 业务系统间缺乏有效关联,质量数据共享效率低；
 - 产品生产过程质量数据无法留存,质量追溯难度大。
- c) 质量改进需求：
 - 生产工艺数据分析难度大,无法形成有效应用；
 - 现有质量优化缺乏系统性和科学性；
 - 质量改进效果不明显,存在滞后性；
 - 用户使用数据收集难度大,未能吸纳用户的需求和建议。

11.2 平台服务选择

企业可针对质量管理以下业务活动选择应用相对应的平台服务。

- a) 围绕质量策划活动,企业可选择调用的工业互联网平台功能服务包括但不限于：
 - 边缘节点通信服务；
 - 数据管理服务；
 - 数据分析服务；
 - 数据建模服务；
 - 质量屋等工业机理模型管理服务；
 - 工业应用开发服务。
- b) 围绕质量控制活动,企业可选择调用的工业互联网平台功能服务包括但不限于：
 - 边缘节点通信服务；
 - 协议转换服务；
 - 边缘分析及应用部署服务；

- 数据存储服务；
 - 数据建模服务；
 - 低代码开发服务。
- c) 围绕质量改进活动,企业可选择调用的工业互联网平台功能服务包括但不限于:
- 边缘节点通信服务；
 - 协议转换服务；
 - 边缘应用部署及分析服务；
 - 数据分析服务；
 - 模型管理服务；
 - 低代码开发服务。

11.3 平台服务应用

企业可针对质量管理以下业务活动,利用工业互联网平台所提供的服务开展实施。

- a) 质量策划的实施要点包括但不限于:
- 利用平台边缘数据采集服务,通过连接边缘网关和外加传感器等方式,实现设备数据、产线工艺数据、生产操作数据和生产环境数据采集,形成质量数据库；
 - 以平台工艺数据为基础,结合操作数据和环境数据进行综合分析,计算生成质量检验点,完成检验计划和规程管理；
 - 利用平台数据建模及分析服务,分析生产过程建设,实现阶段质量目标分解；
 - 利用平台数据分析及管理服务,建立基于平台质量管理体系,实现检验检测知识库建设；
 - 基于平台能力开发相关工业 APP,使用工业 APP 辅助决策和监管质量检验,满足用户需求,完成质量指标。
- b) 质量控制的实施要点包括但不限于:
- 利用平台边缘数据接入服务,通过连接边缘网关和外加传感器等方式,实现产线数据采集；
 - 采集获取的数据,通过边缘计算或者云平台计算的方式,实现数据分析,机器视觉检测,智能仪表测量,完成各环节缺陷识别和质量检测；
 - 平台打通各业务系统,采集研发、生产和运营等各环节产品数据；
 - 利用平台数据建模及分析服务,通过采集的各环节数据建立数据模型,分析质量问题数据,实现产品质量监测；
 - 利用平台人工智能工具,汇聚各环节质量监测数据,实现质量追溯和质量管理等应用。
- c) 质量改进的实施要点包括但不限于:
- 利用平台数据算法模型服务,通过平台对设计、工艺、制造和组装等各环节质量监控数据的关联性分析,形成质量分析模型；
 - 基于平台采集数据进行模拟试验和理论分析,优化分析模型；
 - 利用平台数据分析服务,通过分析模型应用,形成最优改良方案,支撑质量改进决策；
 - 基于平台测量、验证和改进实施的结果,建立持续改进质量管理体系,建立平台质量管理应用；
 - 基于平台建立用户反馈通道,收集用户使用数据和反馈建议,改进产品性能,延长产品寿命周期。

11.4 绩效分析

针对质量管理以下业务活动,企业宜采取对应的指标监测、评价和分析工业互联网平台的综合绩效。

- a) 质量策划的绩效指标包括但不限于:

- 质量损失；
- 质量不良成本率。
- b) 质量控制的绩效指标包括但不限于：
 - 供应商质量评分；
 - 进料批合格率；
 - 产品直通率；
 - 产品报废率；
 - 报废率；
 - OQC 抽检率；
 - 质量异常次数。
- c) 质量改进的绩效指标包括但不限于：
 - 关键工序 CPK 能力；
 - 制程工序 PPK 能力；
 - 客户满意度评分；
 - 不符合项改善完成率；
 - MSA 两侧系统能力；
 - 提案改善合格率。

12 基于工业互联网平台的能源管理

12.1 典型需求

针对以下需求,企业可基于工业互联网平台实施能源管理。

- a) 能源统计监测需求：
 - 能源购入、贮存、输送、分配、加工、转换和最终使用全过程监测能力弱；
 - 能源统计口径不统一,导致统计计量混乱；
 - 工厂耗能大机理原因不清晰。
- b) 能源在线调度管理需求：
 - 生产经营活动中的能源公辅系统(变电所、配电室、煤气站、锅炉房、水泵站、制氧系统、制氢系统、鼓风机站、空压站和介质管网系统等)操作室分布零散,缺乏远程监控能力；
 - 遍布全厂的能源介质管网供能安全、连续、经济性能的监控和评价能力弱；
 - 操作室集控能力弱,应用无人值守远程控制薄弱；
 - 能源系统事故应急处理与快速恢复供应能力不足。
- c) 能源预测优化管理需求：
 - 根据生产经营需求,对未来不同周期(超短、短、中和长)内的用能预测不清晰；
 - 基于生产计划方案,无法快速给出能源消耗配置及能源成本预算；
 - 使能耗最低或成本最优的科学排程组产能力弱；
 - 对于能源转换和梯级利用等节能方案应用能力弱。

12.2 平台服务选择

企业可针对能源管理以下业务活动选择应用相对应的平台服务。

- a) 围绕能源统计监测活动,企业可选择调用的工业互联网平台功能服务包括但不限于：
 - 协议转换服务；
 - 边缘节点通信服务；
 - 大数据处理服务；

- 数据集成服务；
 - 工业模型服务。
- b) 围绕能源在线调度活动,企业可选择调用的工业互联网平台功能服务包括但不限于:
- 边缘节点通信服务；
 - 协议转换服务；
 - 边缘分析及应用部署服务；
 - 边云协同服务；
 - 边缘控制服务；
 - 大数据处理服务；
 - 工业机理模型服务(能耗计算、动态优化调度等模型)；
 - 基于数字孪生的多模型融合服务；
 - 低代码开发服务。
- c) 围绕能源预测优化活动,企业可选择调用的工业互联网平台功能服务包括但不限于:
- 边缘节点通信服务；
 - 协议转换服务；
 - 边缘分析及应用部署服务；
 - 边云协同服务；
 - 大数据处理服务；
 - 工业机理模型服务；
 - 基于数字孪生的多模型融合服务；
 - 低代码开发服务。

12.3 平台服务应用

企业可针对能源管理以下业务活动,利用工业互联网平台所提供的服务开展实施。

- a) 能源统计监测的实施要点包括但不限于:
- 利用平台的边缘节点通信服务和协议转换服务,通过有线或无线网络方式,采集各类计量器具和积算仪等仪器仪表数据,实现计量数据及时上传；
 - 利用平台大数据处理服务,通过边缘预处理、时序数据接入和云端批处理/流处理等系列数据处理服务,实现关键能源数据的高质量接入；
 - 利用平台数据集成服务,实现接入平台异构数据的有效集成；
 - 利用平台工业模型库中的各类基准化能源统计模型,将统一格式的数据导入能源统计模型中,实现全工厂能源数据的统一可视化呈现。
- b) 能源在线调度的实施要点包括但不限于:
- 利用平台的边缘节点通信服务和协议转换服务,通过有线或无线网络方式,采集操作室工控系统、管网搭载的传感器具和仪器仪表等数据,实现全场能源运行状况实时可监控；
 - 利用平台的协议转换服务和边缘分析服务,对上传的异构数据进行识别并与标准化信息进行比较,实现现场工况确认和推送报警；
 - 利用平台的工业机理模型服务和数字孪生服务,构建全流程能源介质产-配-用工艺场景,导入能源介质实时数据流,提供各能源介质全流程监控服务；
 - 利用平台低代码开发服务,快速构建模块化的能源设备控制 APP,实现快速调用主工艺产线实时在线信息及各类 API 接口,基于数据分析形成能源调度方案；
 - 利用平台的边缘控制服务,实现能源调度方案的迅速响应,实时在线平衡操作。
- c) 能源预测优化管理的实施要点包括但不限于:
- 利用平台的边缘节点通信服务和协议转换服务,通过有线或无线网络方式,采集各类计量

- 器具和积算仪等仪器仪表数据,实现计量数据及时上传;
- 利用平台大数据处理服务,通过边缘预处理、时序数据接入和云端批处理/流处理等系列数据处理服务,实现关键能源数据的高质量接入;
- 利用平台数据集成服务,实现接入平台异构数据的有效集成;
- 利用平台提供的大数据分析服务,对能源样本数据进行训练和建模;
- 基于平台数字孪生服务实现工业机理模型和数据模型融合,得到精准的能源预测和控制模型;
- 利用平台的低代码开发服务,搭建 APP 实现能源管控可视化,以及提供多场景能源预测与优化方案。

12.4 绩效分析

针对能源管理以下业务活动,企业宜采取对应的指标监测、评价和分析工业互联网平台的综合绩效。

- a) 能源统计监测的绩效指标包括但不限于:
 - 能源数据采集点数;
 - 能源数据采集频次;
 - 能源数据采集质量;
 - 能源计量网络覆盖率。
- b) 能源在线调度管理的绩效指标包括但不限于:
 - 操作室集控能力覆盖率;
 - 现场站所值班人数减少量;
 - 能源系统事故应急处理时间缩短带来的恢复供应损失降低额。
- c) 能源预测优化管理的绩效指标包括但不限于:
 - 能源节约成本;
 - 工业机理模型数量;
 - 能源消耗预测精度;
 - 单位工业能耗强度降幅。

13 基于工业互联网平台的安全与环保管理

13.1 典型需求

针对以下需求,企业可基于工业互联网平台实施安全与环保管理。

- a) 安全管理需求:
 - 危险源管控不透明、识别不细致;
 - 工厂安全态势感知不清晰;
 - 安全事件处理不及时、决策不科学。
- b) 环保管理需求:
 - 污染物排放情况不透明;
 - 降低排放的改进路径不清晰。

13.2 平台服务选择

企业可针对安全与环保管理以下业务活动选择应用相对应的平台服务。

- a) 围绕安全管理活动,企业可选择调用的工业互联网平台功能服务包括但不限于:
 - 边缘节点通信服务;

- 协议转换服务；
 - 边缘分析及应用部署服务；
 - 边云协同服务；
 - 大数据处理服务；
 - 数据科学建模分析服务；
 - 工业机理建模分析服务；
 - 低代码开发服务。
- b) 围绕环保管理活动,企业可选择调用的工业互联网平台功能服务包括但不限于:
- 边缘节点通信服务；
 - 协议转换服务；
 - 边缘分析及应用部署服务；
 - 边云协同服务；
 - 大数据处理服务；
 - 数据科学建模分析服务；
 - 工业机理建模分析服务(排放管理等模型)；
 - 低代码开发服务。

13.3 平台服务应用

企业可针对安全与环保管理以下业务活动,利用工业互联网平台所提供的服务开展实施。

- a) 安全管理的实施要点包括但不限于:
- 利用平台的边缘节点通信服务,通过光纤和 5G 等方式,采集 GPS 人员定位系统、危险区域摄像监控系统、巡检机器人和高危设备实时数据,实现危险信息实时可监控；
 - 利用平台的边缘分析及应用部署服务,将 HSE 安全评估指标固化成为边缘计算模块并嵌入边缘网关,实现实时的安全态势感知和及时报警；
 - 利用平台边云协同服务,将成熟算法下发至边缘智能网关,实现边缘侧准确的安全态势感知；
 - 利用平台的大数据处理能力和建模分析服务,实现对安全事件的准确诊断,确定事件威胁度和响应优先级,以及支持安全应急联动；
 - 利用平台低代码开发服务构建 APP,支持发布安全事件预案和抢险措施、人员进行安全隐患自主上报、安全管控可视化以及定期生成安全状态报告。
- b) 环保管理的实施要点包括但不限于:
- 利用平台的边缘节点通信服务,通过光纤和 5G 等方式,采集全厂的废气、废水和废渣监测仪表信息,实现污染物排放信息实时监控；
 - 利用平台的边缘分析及应用部署服务,将 HSE 环保评估指标固化成为边缘计算模块并嵌入边缘网关,实现实时的污染物浓度超标报警；
 - 利用平台边云协同服务,将成熟算法下发至边缘智能网关,实现边缘侧准确的污染物浓度超标报警；
 - 利用平台的大数据处理服务和建模分析服务,汇聚原材料、制造工艺和污染物排放数据并深度分析,实现企业环保状况的诊断分析；
 - 利用平台低代码开发服务构建 APP,支持污染物浓度可视化,定期生成环保状况评估报告并下发改进措施。

13.4 绩效分析

针对安全与环保管理以下业务活动,企业宜采取对应的指标监测、评价和分析工业互联网平台的综

合绩效。

- a) 安全管理的绩效指标包括但不限于：
 - 安全事件响应时间；
 - 人员伤亡率；
 - 安全事故损失额。
- b) 环保管理的绩效指标包括但不限于：
 - 环保排放持续达标率；
 - 环保排放连续达标时间。

14 基于数字孪生的全生产过程管理

14.1 典型需求

针对以下需求,企业可基于工业互联网平台实施基于数字孪生的全生产过程管理。

- a) 生产现场全流程可视化需求：
 - 数字车间构建程度低,缺乏数据的映射与融合,存在信息孤岛,数据利用效率低；
 - 生产各流程环节复杂且依赖人工管理,缺乏时效性和准确性；
 - 车间物流及仓储规划布置不明确,物流作业效率低；
 - 生产过程不透明,无法实时全面掌握车间现场的生产情况和工序流程,异常无法及时响应；
 - 能源购入、贮存、输送、分配、加工、转换和最终使用全过程监测能力弱；
 - 离线设备实时运行状况无法及时知晓,维护人员无法迅速了解设备故障点位,问题处置效率低；
 - 车间人员岗位流动大,无法提前预知当天在岗班组人员的派单接单；
 - 危险源和污染物管控不透明,会产生极大风险。
- b) 生产数据分析与辅助决策需求：
 - 物料加工参数以人工或电脑辅助的方式为主,优化难度大；
 - 工艺调优技术难以保存继承,人员离职会造成知识流失,工艺成果难以保存；
 - 车间各周期(年/季/月/周)的生产计划排程依靠经验手工排程,灵活性差；
 - 车间各流程数据分散,缺乏整合和关联分析,依赖人为经验做决策,缺乏准确性；
 - 对于混流共线生产的车间,跨车间的协同生产计划编排难度大；
 - 缺乏对告警事件的追踪与管理,处理对策分散难以形成知识库辅助异常解决；
 - 关键设备的异常与维护无法实现预测,造成巨大损失；
 - 制定质量目标和质量管理体系多由人工判断和规划,分析决策效率低。
- c) 远程控制与指挥调度需求：
 - 车间物流仓储作业为人工调度,灵活性差,出入库效率低；
 - 物流设备状态管理难,管理者无法通过快捷下达指令控制物流设备；
 - 能源公辅系统和操作室分布零散,缺乏远程监控能力；
 - 能耗预测、能源配置及能源成本预算无法快速给出清晰结果；
 - 无人值守设备控制难度高、及时性差；
 - 设备故障和安全事件等突发事件发生时,应急调度指令制定效率低；
 - 异常告警发生时无法远程控制设备的启停,造成生产损失；
 - 异常问题发生后无法通过远程及时地下发指令并实时监控执行进度。

14.2 平台服务选择

企业可针对数字孪生的全生产过程管理以下业务活动,选择应用相对应的平台服务。

- a) 围绕生产现场全流程可视化活动,企业可选择调用的工业互联网平台功能服务包括但不限于:
- 边缘节点通信服务;
 - 制造资源协议解析服务;
 - 数据管理服务;
 - 数据分析服务;
 - 3D 建模服务;
 - 物流仓储实物模型构建及可视化服务;
 - 组件库开发服务;
 - 人机交互服务。
- b) 围绕生产数据分析与辅助决策活动,企业可选择调用的工业互联网平台功能服务包括但不限于:
- 边缘节点通信服务;
 - 协议转换服务;
 - 数据接入、存储及分析服务;
 - 边缘应用部署及分析服务;
 - 数据存储服务;
 - 数据建模服务;
 - 数据管理服务;
 - 低代码开发服务。
- c) 围绕远程控制与指挥调度活动,企业可选择调用的工业互联网平台功能服务包括但不限于:
- 边缘节点通信服务;
 - 协议转换服务;
 - 边缘应用部署及分析服务;
 - 数据分析服务;
 - 模型管理服务;
 - 物流仓储作业综合调度服务;
 - 人机交互服务。

14.3 平台服务应用

企业可针对基于数字孪生的全生产过程管理以下业务活动,利用工业互联网平台所提供的服务开展实施。

- a) 生产现场全流程可视化的实施要点包括但不限于:
- 利用平台边缘节点通信和协议转换服务,通过协议解析、嵌入式 SDK 和外加传感器等方式对车间环境及能源数据的采集,实现温湿度和用电量等参数的上传;
 - 获取采集的数据,通过边缘计算或云平台计算的方式,实现数据计算、数据统计和数据分析;
 - 通过统一的 API 接口,打通各业务系统,获取车间各环节的产品数据;
 - 利用平台数据预处理和数据分析能力,通过对设备数据的清洗处理,实现设备数据的统一汇聚及分析;
 - 利用平台数据存储服务,汇聚各环节产品数据,实现可视化和透明化等功能;
 - 利用平台 3D 建模服务对物理实体快速建模,形成标准化的模型库;
 - 利用平台低代码开发服务,通过平台“拖拉拽”低代码开发能力快速构建场景,实现车间的逐级可视;
 - 利用平台人机交互服务,通过对故障结果的及时告警及可视化展示,实现异常判断的实时

展示。

- b) 生产数据分析与辅助决策的实施要点包括但不限于：
- 利用平台数据算法模型服务,通过平台对车间各环节监控数据的关联性分析,形成业务决策模型;
 - 利用平台数据分析服务,通过业务决策模型,实现对当前状态的评估,对过去问题的诊断和对未来趋势的预测;
 - 利用业务数据,分析异常问题的解决方案并进行归类,沉淀丰富知识图谱;
 - 利用平台事件管理微服务,追踪异常问题的处理及改善,实现对异常事件的闭环管理。
- c) 远程控制与指挥调度的实施要点包括但不限于：
- 利用平台的云边协同服务,将存储在云端的最佳工艺配比、设备参数或加工程序下发到设备的电控系统,如 CNC、PLC 或 DCS 中;
 - 利用平台数据分析服务,通过分析模型应用,形成最优计划,指导各业务系统的运营和管理;
 - 利用平台数据科学模型、工业机理模型及数据分析服务,通过行业特征分析,得到垂直领域内普适性的生产调度优化模型,同时结合生产调度数据实现对企业生产调度的及时优化与指导;
 - 利用平台工业模型管理服务,不断沉淀生产调度优化模型,实现成熟生产调度优化模型和应用的高效复用;
 - 利用平台人机交互服务,通过对物理实体的远程控制,实现物理车间与虚拟车间的交互。

14.4 绩效分析

针对基于数字孪生的全生产过程管理以下业务活动,企业宜采取对应的指标监测、评价和分析工业互联网平台的综合绩效。

- a) 生产全流程可视化的绩效指标包括但不限于：
- 3D 模型的性能情况;
 - 生产动态监测准确率;
 - 生产车间区域、设备、车间移动目标实时位置、设备动作与运行参数等还原比例;
 - 数据准确率;
 - 数字车间与物理车间的交互程度。
- b) 生产数据分析与辅助决策的绩效指标包括但不限于：
- 生产工艺、生产计划、设备关键参数、节拍、流程优化和设备维保等仿真准确率;
 - 设备故障预测及时性和准确率;
 - 设备维修效率;
 - 产品质量检测效率;
 - 对当前状态评估的准确性;
 - 异常处理的效率;
 - 异常处理的成本。
- c) 远程控制与指挥调度的绩效指标包括但不限于：
- 对设备远程控制的时效性;
 - 远程指挥与业务执行的匹配度;
 - 计划变更的响应时间与应急处理速度;
 - 远程调度的时间成本和管理成本降低比例。

参 考 文 献

- [1] GB/T 26335—2010 工业企业信息化集成系统规范
-