



中华人民共和国国家标准

GB/T 39474—2020

基于云制造的智能工厂架构要求

Requirements of intelligent plant architecture based on cloud manufacturing

2020-11-19 发布

2021-06-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

| | |
|---------------------------------|---|
| 前言 | I |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 1 |
| 4 缩略语 | 2 |
| 5 总体架构 | 2 |
| 6 制造资源层要求 | 3 |
| 6.1 硬制造资源 | 3 |
| 6.2 软制造资源 | 3 |
| 6.3 制造能力 | 3 |
| 7 现场控制层要求 | 4 |
| 7.1 感知接入 | 4 |
| 7.2 网络传输 | 4 |
| 7.3 工业控制 | 4 |
| 8 车间执行层要求 | 4 |
| 9 企业管理层要求 | 4 |
| 10 平台应用层要求 | 5 |
| 10.1 云制造服务平台 | 5 |
| 10.2 基于云制造服务平台的应用服务 | 5 |
| 11 协同应用层要求 | 6 |
| 11.1 智能化生产 | 6 |
| 11.2 网络化协同 | 6 |
| 11.3 个性化定制 | 6 |
| 11.4 服务化延伸 | 6 |
| 12 安全防护要求 | 6 |
| 12.1 制造资源安全防护要求 | 6 |
| 12.2 工业系统安全防护要求 | 6 |
| 12.3 平台和应用服务安全防护要求 | 7 |
| 13 设计要求 | 7 |
| 13.1 可靠性和稳定性 | 7 |
| 13.2 保密性和完整性 | 7 |
| 13.3 可扩展性 | 7 |
| 13.4 先进性和成熟性 | 7 |
| 附录 A (资料性附录) 基于云制造的智能工厂示例 | 8 |

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

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这些专利的责任。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国自动化系统与集成标准化技术委员会(SAC/TC 159)归口。

本标准起草单位:北京航天智造科技发展有限公司、四川中英智慧质量工程技术研究院有限公司、贵州航天云网科技有限公司、航天云网科技发展有限公司、工业云制造(四川)创新中心有限公司、北京电子工程总体研究所、北京机械工业自动化研究所有限公司、清华大学、航天云网数据研究院(广东)有限公司、南京航空航天大学、天津津航计算技术研究所、西门子(中国)有限公司。

本标准主要起草人:柴旭东、谷牧、侯宝存、黎晓东、于文涛、靳柯、杨灵运、何昊、郜菁、施国强、唐敦兵、郭丽琴、王海丹、石伟、余学梅、陈晓双、潘亚南、王晨、杨雪莲、刘刚、刘波涛、金鑫、孙博雅、章飏、刘魁。



基于云制造的智能工厂架构要求

1 范围

本标准规定了基于云制造的智能工厂架构、组成、提供的功能、安全防护要求,以及在智能工厂设计过程中的一般要求。

本标准适用于基于云制造服务平台的智能工厂建设和工厂智能化改造等。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 20269 信息安全技术 信息系统安全管理要求

GB/T 29826—2013 云制造 术语

GB/T 36323—2018 信息安全技术 工业控制系统安全管理基本要求

GB/T 39471—2020 云制造服务平台制造资源接入集成规范

3 术语和定义

GB/T 29826—2013、GB/T 36323—2018 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

云制造 cloud manufacturing

一种基于网络的、面向服务的智能制造新模式。它融合发展了现有信息化制造(信息化设计、生产、试验、仿真、管理、集成)技术与云计算、物联网、服务计算、人工智能等新兴信息技术,将各类制造资源和制造能力虚拟化、服务化,构成制造资源和制造能力的服务池,并进行统一的、集中的优化管理和经营,从而用户只要通过网络和终端就能随时随地地按需获取制造资源与制造能力的服务,进而智能地完成其产品全生命周期各类活动。

[GB/T 29826—2013,定义 2.1.3]

3.2

云制造服务 cloud manufacturing service

基于云制造技术的制造服务,服务内容包含论证服务 AaaS、设计服务 DaaS、生产加工服务 FaaS、试验服务 TaaS、仿真服务 SimaaS、维护维修服务 MRaaS、经营管理服务 MaaS、集成服务 InaaS 等。

[GB/T 29826—2013,定义 2.1.4]

3.3

云制造服务平台 cloud manufacturing service platform

支持产品全生命周期各类活动,支持各类制造资源与制造能力的感知与接入、虚拟化、服务化、搜索、发现、匹配、组合、交易、执行、调度、结算、评估等,支持用户的普适使用,支持分散的制造资源和制造能力集中管理、集中的制造资源和制造能力分散服务的支撑环境以及工具集。

[GB/T 29826—2013,定义 2.1.5]

3.4

制造资源 manufacturing resource

完成产品全生命周期的所有活动的元素。

[GB/T 29826—2013, 定义 2.1.1]

3.5

制造能力 manufacturing capability

完成产品全生命周期活动中各项活动的的能力,是人及组织、经营管理、技术三要素的有机结合。

[GB/T 29826—2013, 定义 2.1.2]

3.6

智能工厂 intelligent plant

通过将人工智能技术应用于产品设计、工艺、生产等过程,使得制造工厂在其关键环节或过程中人、机、物、环境、信息等能够体现出感知、互联、协同、学习、分析、认知、决策、控制与执行能力,动态地适应制造环境的变化,从而实现提质增效、节能降本的目标。

3.7

工业软件 industrial software

工业软件是用于或专用于工业领域,为提高工业研发设计、业务管理、生产调度和过程控制水平的相关软件和系统。

3.8

工业控制系统 industrial control system

工业生产中使用的控制系统,包括监控和数据采集系统(SCADA)、分布式控制系统(DCS)和其他较小的控制系统。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

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

APP/APPs:应用程序(Application)

DCS:分布式控制系统(Distributed Control System)

DFX:面向产品生命周期各/某环节的设计(Design for X)

DNC:分布式数控(Distributed Numerical Control)

ERP:企业资源计划(Enterprise Resource Planning)

HMI:人机接口(Human Machine Interface)

MBD:基于模型的定义(Model Based Definition)

MES:生产制造过程执行系统(Manufacturing Execution System)

MQTT:消息队列遥测传输(Message Queuing Telemetry Transport)

OPC-UA:OPC 统一架构(OPC Unified Architecture)

PLC:可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller)

PLM:产品生命周期管理(Product Lifecycle Management)

SCADA:数据采集与监视控制系统(Supervisory Control And Data Acquisition)

Web Service:全球广域网/万维网服务(World Wide Web Service)

5 总体架构

基于云制造的智能工厂是利用云制造服务平台,以制造资源层、现场控制层、车间执行层、企业管理

层、平台应用层、企业协同的业务需求和集成协作为牵引,综合基于云制造服务平台的应用模式,同时考虑智能工厂整体安全,构建基于云制造的智能工厂(以下简称“智能工厂”)总体架构如图 1 所示。基于云制造的智能工厂示例参见附录 A。

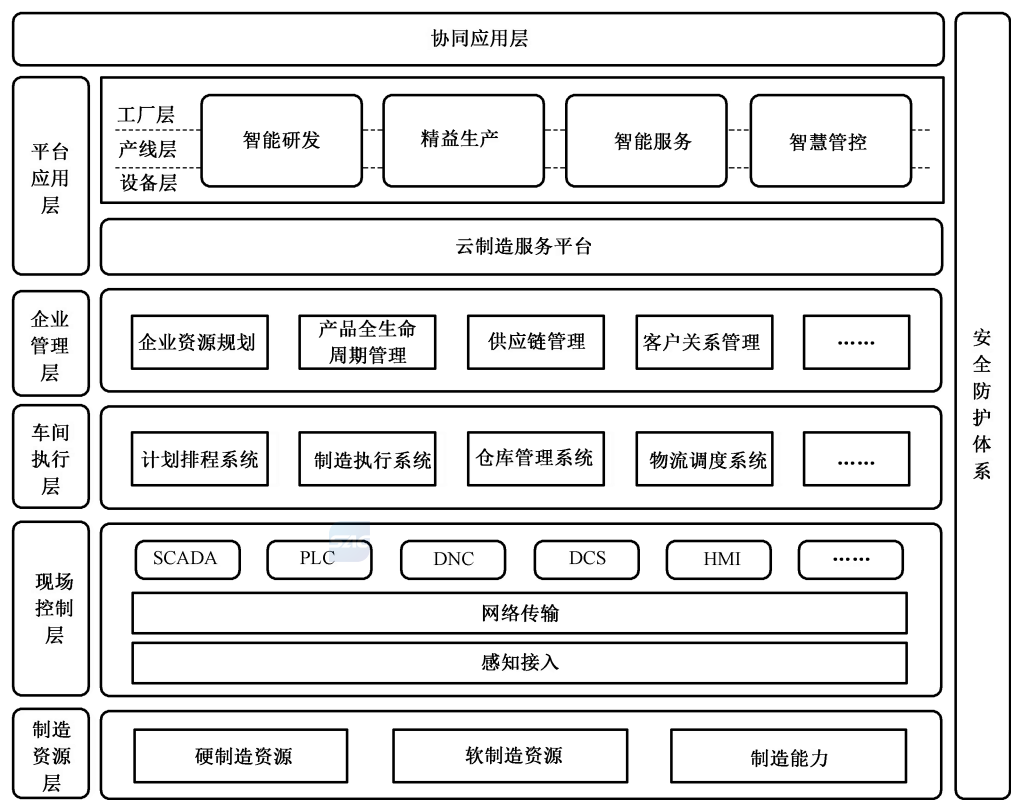


图 1 基于云制造的智能工厂架构

6 制造资源层要求

6.1 硬制造资源

硬制造资源主要指产品全生命周期过程中制造设备、计算设备、物料等资源。硬制造资源应包括但不限于 IT 基础资源、制造设备、数字化生产线等。硬制造资源内容应符合 GB/T 39471—2020 中 6.1 的要求。

6.2 软制造资源

软制造资源主要指以软件、数据、模型、知识为主的制造资源。软制造资源应包括但不限于企业信息系统、工具软件、知识模型库等。软制造资源内容应符合 GB/T 39471—2020 中 7.1 的要求。

6.3 制造能力

制造能力主要是指完成产品全生命周期活动中各项活动的能力,是人及组织、经营管理、技术三要素的有机结合。制造能力应包括但不限于人/组织以及相应的业务逻辑、研发能力、供应能力、生产能力、营销能力、服务能力等资源。制造能力内容应符合 GB/T 39471—2020 中 8.1 的要求。

7 现场控制层要求

7.1 感知接入

通过 RFID 传感器、适配器、声光电等传感器/设备、条码/二维码、温湿度传感器等智能感知单元和智能网关等接入设备,实现工业服务、工业设备、工业产品的感知和接入。应提供但不限于如下功能:

- a) 应能够对多类型异构传感器进行管理,实现资源的主动感知。
- b) 应能够通过工业物联网网关、Web Service、API 接口等方式,实现制造资源的接入。具体接入方式应符合 GB/T 39471—2020 中 6.2 的要求。
- c) 应能够实现感知信息和接入数据的融合和边缘计算。

7.2 网络传输

网络传输应能够实现设备资源层、现场控制层、车间执行层、平台应用层的互联互通,实现人员、设备、物料、环境等制造资源的互联互通。网络传输应提供但不限于如下功能:

- a) 应包括光纤宽带、协议管理、虚拟路由、流量监控、负载均衡、业务编排等功能;
- b) 应提供但不限于专用网络、物联网、传感网络、以太网、智能网关等工业现场通信网络集成功能;
- c) 应能够提供标准的协议转换模块,支持但不限于 OPC-UA、MODBUS、PROFINET、PROFIBUS 等工业通信协议和 MQTT、TCP/IP 等通信传输协议;
- d) 应能够实现工厂全覆盖,管理流程和控制业务全面互联,实现无缝信息传输;
- e) 应能够保证通信数据的实时性、准确性和稳定性。

7.3 工业控制

工业控制层应包括但不限于 SCADA、PLC、DNC、DCS、HMI 等软件和接口,实现对工业现场的数据采集、编程控制、人机交互等。应提供但不限于如下功能:

- a) 应能够对生产过程中的设备、物料、产品等进行监测、分析及优化控制;
- b) 应能够实现软硬件集成,对设备资源层的制造资源进行集中控制,并对运行状态进行监控和分析;
- c) 应能够接收设备资源车间执行层的数据和生产指令,并反馈处理结果。

8 车间执行层要求

车间执行层应包括但不限于计划排程系统、制造执行系统、仓库管理系统、物流调度系统等执行控制系统。应提供但不限于如下功能:

- a) 应能够通过计算机、智能仪器等,实现对制造资源的工况状态等信息的实时监测;
- b) 应能够通过自动化执行器、数字机床、智能机器人等实现对生产现场的精准控制;
- c) 应能够对生产现场的实时数据进行统计、分析、优化决策等;
- d) 应能够对实时事件进行反应,并做出及时处理。

9 企业管理层要求

企业管理层应包含但不限于企业资源规划、产品全生命周期管理、供应链管理、客户关系管理等信息管理系统。应提供但不限于如下功能:

- a) 应能够与仓储管理系统、产品数据管理系统、设备管理系统等信息系统实现实时数据同步；
- b) 应能够对生产资源的属性、状态、关系、能力等数据进行存储、处理、分析、应用；
- c) 应能够按照一定的关系和流程对制造资源进行组织和综合规划,并对执行情况进行动态跟踪；
- d) 应能够根据扰动因素对原有生产计划和执行过程进行自动调整和优化；
- e) 应能够实现产品全生命周期管理,贯穿产品设计、制造运行、售后服务过程。

10 平台应用层要求

10.1 云制造服务平台

云制造服务平台应能够支持各类工业设备/产品和工业服务的接入,支撑各类工业应用 APP 的开发、部署与运行。应提供但不限于如下功能:

- a) 数据接入与管理
 - 1) 应能够实现制造资源的虚拟化封装、存储、管理和应用等功能；
 - 2) 应能够实现多源异构数据接入与管理。
- b) 统一运行环境
 - 1) 应能够实现存储资源管理、计算资源管理、网络资源管理等功能；
 - 2) 应能够提供微服务、中间件管理、弹性伸缩、容器化编排等功能；
 - 3) 应能够提供流程模型运行、仿真模型运行、大数据分析模型运行、人工智能模型运行环境。
- c) 模型及算法构建
 - 1) 应能够提供机理模型、大数据算法、工业知识和流程模板等功能；
 - 2) 应能够提供工业知识、案例专家库、机理模型库等功能。
- d) 应用开发工具
 - 1) 应能够提供流程建模、大数据建模、仿真建模、知识图谱建模等应用开发工具和基于云平台的 APP 统一开发环境；
 - 2) 应能够提供模型类、服务类、数据类、应用管理类、标识类、事件类、运行类和安全类的开放 API 接口,支持各类工业应用快速开发与迭代。
- e) 应用服务
 - 1) 应能够支撑智能工厂设备、产线、企业各层级的研发、生产、服务、管控应用；
 - 2) 应能够支持智能化生产、网络化协同、个性化定制、服务化延伸等协同应用模式。

10.2 基于云制造服务平台的应用服务

10.2.1 智慧研发

应包含但不限于个性化智能研发和协同研发服务。个性化智能研发服务应提供但不限于数字化样机类 APPs 等应用服务集,协同研发应提供但不限于云协同研发、云仿真等应用服务集。

10.2.2 精益生产

应包含但不限于柔性化生产、基于 MBD 的协同制造和社会化协同制造服务。柔性化生产服务应提供但不限于设备控制与监控 APPs、物流 APPs 等应用服务集,基于 MBD 的协同制造服务应包括但不限于产线规划与仿真 APPs 等应用服务集,社会化协同制造应提供但不限于 PLM 等应用服务集。

10.2.3 智能服务

应包含但不限于设备智能管理与维护、智能工业运营服务、敏捷产品智能服务。设备智能管理与维

护应提供但不限于数据驱动的设备运营类 APPs 等应用服务集,智能工业运营服务应提供但不限于产线集成与测试类 APPs 等应用服务集,敏捷产品智能服务应提供但不限于多专业/多学科的数字化应用类 APPs 等应用服务集。

10.2.4 智慧管控

应包含但不限于云端工厂管理、智慧管理服务。云端工厂管理应提供但不限于 PLM、ERP 及价值链协同经营管理等应用服务集合,智慧管理提供但不限于基于数据驱动的智慧企业类 APPs 等应用服务集。



11 协同应用层要求

11.1 智能化生产

智能化生产应能够利用先进制造、物联网、大数据集云计算等技术,实现生产过程的自动化可控制、智能化管理和定制化生产。智能化生产应提供但不限于设备智能感知和互联、流程集成、数据实时分析、制造控制等环节的创新应用。

11.2 网络化协同

网络化协同应能够贯穿产品设计、制造、销售等环节,实现供应链内和跨供应链间的协同,进行资源共享,提高制造效率。网络化协同应提供但不限于企业间商务协同、众包设计、供应链协同等云端协同应用服务。

11.3 个性化定制

个性化定制应能够实现以用户为中心的个性定制与按需生产,将用户需求直接转化为生产排单,实现产销动态平衡以及生产效率和需求满足的同时提升。个性化定制应提供但不限于大规模个性化定制、模块化定制、远程定制等服务模式。

11.4 服务化延伸

服务化延伸应能够利用云制造服务平台和工业融合的多种技术,延伸价值链条,增加附加价值,实现企业的服务化发展。服务化延伸应提供但不限于依托物联网、互联网、大数据等技术的在线服务、实时服务、远程服务以及智能服务升级。

12 安全防护要求

12.1 制造资源安全防护要求

应通过连接认证、安全检测、特征识别、加密传输等手段来保障工厂制造资源的感知接入、安全运行和数据传输安全,根据安全等级划分不同区域并设置安全隔离及访问控制策略或者采用第三方安全软件及设备来加强制造资源的安全防护。

12.2 工业系统安全防护要求

12.2.1 工业控制系统安全防护要求

工业控制系统安全防护要求应符合 GB/T 36323—2018 第 6 章的规定。

12.2.2 信息系统安全防护要求

信息系统安全防护要求应符合 GB/T 20269 的规定。

12.3 平台和应用服务安全防护要求

12.3.1 平台安全防护要求

平台安全防护要求应符合 GB/T 39471—2020 的规定。

12.3.2 数据安全防护要求

应通过边缘计算、工业防火墙、工业网闸、加密隧道传输、大数据分析算法安全等方面的安全防护和安全审计来实现智能工厂中数据传输、存储、分析、应用等的安全。

12.3.3 工业应用服务安全防护要求

应通过公共组件安全、应用程序安全、访问安全、攻击预警、主动防御等方面的安全防护实现工业应用的研发安全、应用安全、隐私安全、决策安全等。

13 设计要求

13.1 可靠性和稳定性

智能工厂架构应具有较高的可靠性和稳定性,具有稳定和加密的传输技术和途径,关键设备、关键应用应有冗余配置,提供多种应急预案和灾难备授方案。

13.2 保密性和完整性

智能工厂架构应具有良好的保密性,具有技术、管理上的保密措施和对策,实现工业控制和管理系统、工业应用 APP 等及其信息的保密性、完整性和可用性。

13.3 可扩展性

智能工厂架构应具有良好的可扩展性,应提供与主流和专业的工业软件或其他信息系统的集成接口,便于各种制造资源、工业信息系统、工业应用 APP 的接入与访问,实现智能工厂的纵向集成、横向集成、端到端集成。

13.4 先进性和成熟性

智能工厂采用国际上成熟的、先进的、具有多厂商广泛支持的软硬件技术来实现,保证基础架构的可成熟性和智能工厂应用的先进性。

附 录 A
(资料性附录)
基于云制造的智能工厂示例

A.1 构建基于云制造的智能工厂整体架构

构建智能工厂总体架构如图 A.1 所示。

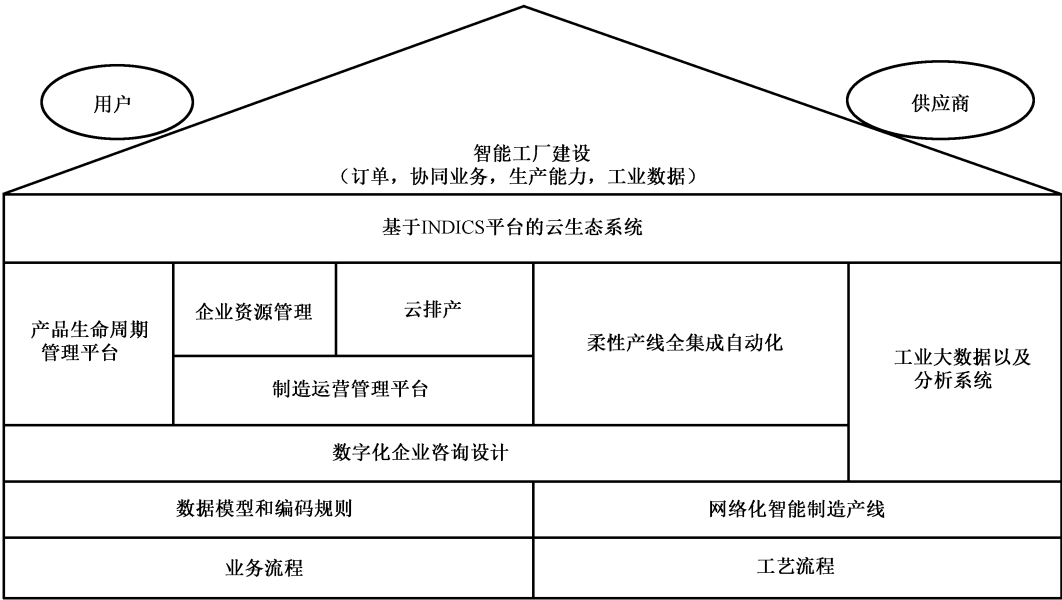


图 A.1 智能工厂建设内容

业务集成关系如图 A.2 所示。

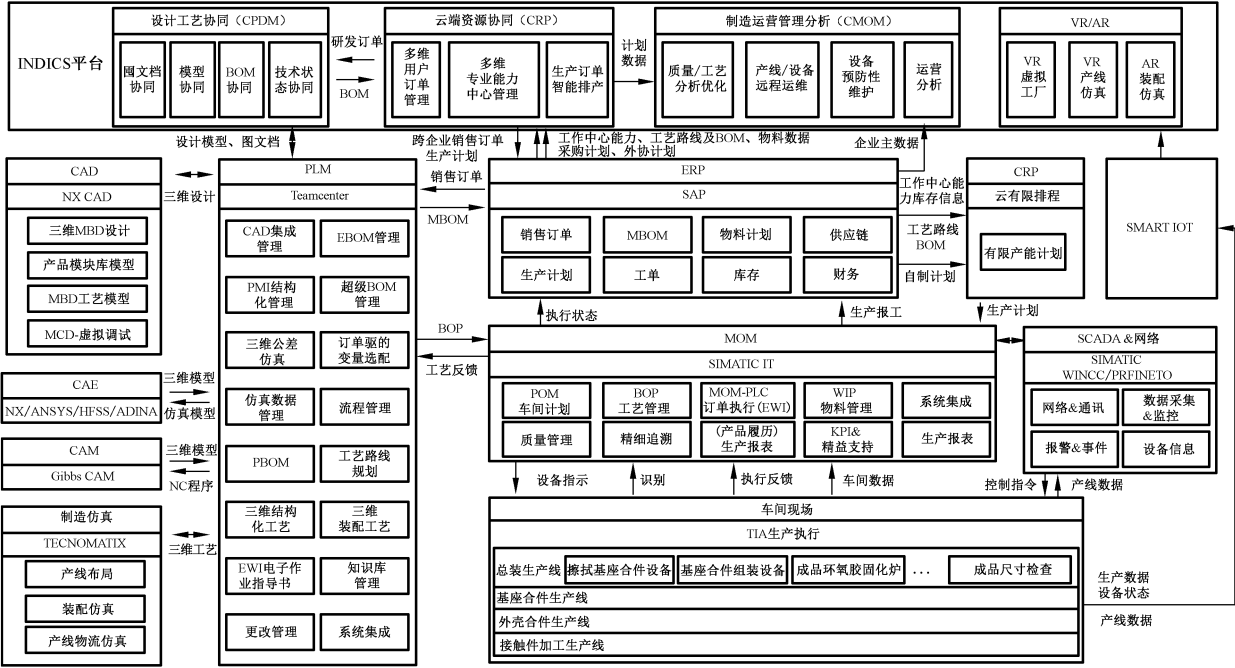


图 A.2 智能工厂业务流程集成

A.2 制造资源的感知接入

建设成品总装生产线、基座合件生产线、外壳合件生产线、接触件加工生产线,通过工业物联网网关,实现现场设备的互联以及产线数据、生产数据、设备状态的云制造服务平台接入。通过 SCADA、制造运行管理(MOM)系统等,实现现场设备与现场控制系统、车间执行系统之间的互联和接入。同时,通过 PLM 系统等,实现计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助工程(CAE)、制造仿真软件等资源的接入。

A.3 生产现场互联控制

建设 SCADA 系统,建立车间互联互通的网络结构,结合 MOM 上层功能以及生产线、工站,实现主控 PLC 对生产线输送的控制、与 MOM 业务流程的交互、与生产线 PLC 的接口交互以及 SCADA 综合监控,实现制造过程现场数据的网络化监控,从需求到量产的端到端集成和从销售到完工的订单纵向集成。

A.4 车间制造执行



实施 MOM 系统,与智能工厂车间中的生产设备的控制器和生产/质量相关系统进行集成,实时管理每个工单在每个工站的制造过程,实现产品的混线生产。MOM 系统与 PLM、ERP 等系统进行集成,在工单里集成订单及工艺数据,实现产品全制造周期精密管理。

A.5 企业管理运行

建设 ERP 系统和 PLM 系统,包括销售管理、科研管理、财务管理以及基于 MBD 的设计、工艺物料

清单管理、工艺资源管理、工艺流程及布局数字化建模设计等。与 MOM 系统、CAD/CAE 软件、制造仿真软件、云端资源协同系统以及云制造服务平台进行集成,实现研发制造过程中设计信息、项目信息、管理信息、工艺信息、资源信息、制造信息、质量信息等基于标准化的有效整合和管理,建立在 PLM 数据管理统一平台下的设计制造协同体系、研发生产的高效运行模式、研发生产的管控流程。

A.6 基于云制造服务平台的协同应用

建设云制造协同平台,实现 PLM、ERP、MOM 各系统间的总体集成,构建线上线下结合的业务模式,以订单驱动的面向产品的全产业链协同,覆盖需求、运营、企业资源、研发设计、制造执行、物流、售后的面向全生命周期过程。具体的建设内容包括:

- a) 建设设计工艺协同系统,提供跨事业部、与客户、供应商的设计工艺协同平台。支撑企业基于三维模型/图文档的跨地域、跨事业部协同设计,实现企业与供应商、客户间打破异构平台、软件限制的三维模型/图文档异地协同,提高研发效率、质量,缩短研发周期。
- b) 建设云端资源协同系统,提供协同商务、资源协同、外协外购协同等增值服务,支撑企业跨事业部实现资源计划协同,根据产能、企业资源要素安排跨地域的协同生产,实现企业生产制造资源最优使用,提高资源利用率、降低运营成本。
- c) 建设制造运营管理分析系统,开展现场实时生产数据、设备数据采集与监控。应用工业大数据分析技术,构建算法模型,实现工艺优化,降低产品不合格率,提高产品一致性。基于设备实时状态数据、维修维护数据等,实现设备远程故障诊断及预测性维护,降低设备维护成本,提高生产效率。
- d) 搭建装配车间虚拟工厂,对厂房、产线、物流进行建模,实现组装产线设备能力展示、生产流程模拟、加工过程模拟,提供基于增强虚拟现实的装配指导,实现基于产品模型的装配过程作业指导,提高装配操作质量,实现远程透明管控、运维。

A.7 基于云制造服务平台的智能工厂的建设效果

基于云制造服务平台的智能工厂建设和应用,实现了制造资源层、现场控制层、车间执行层、企业管理层、平台应用层、协同应用层的纵向集成,打通了从需求订单-资源协同-优化排程-协同研发-智能生产-智能服务的数据链路,形成了数据驱动的小批量多品种柔性生产模式,企业数据为驱动,实现企业整体运营状况的优化及决策支撑。基于云制造服务平台的智能工厂,能够满足产品设计、工艺、制造、检测、物流等全生命周期的智能化要求,使企业自动化率提升至 60%,产品研制周期缩短 33%,产品不良品率降低 56%,运营成本降低 21%,能源利用率提高 21%。