



中华人民共和国国家标准

GB/T 39116—2020

智能制造能力成熟度模型

Maturity model of intelligent manufacturing capability

2020-10-11 发布

2021-05-01 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、定义和缩略语	1
3.1 术语和定义	1
3.2 缩略语	1
4 模型构成	1
5 成熟度等级	2
6 能力要素	3
7 成熟度要求	3
7.1 概述	3
7.2 人员	3
7.3 技术	4
7.4 资源	6
7.5 制造	7
7.5.1 设计	7
7.5.2 生产	8
7.5.3 物流	12
7.5.4 销售	13
7.5.5 服务	13
参考文献	15

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。

本标准由中华人民共和国工业和信息化部提出并归口。

本标准起草单位：中国电子技术标准化研究院、海尔集团、宁夏共享集团股份有限公司、中国石油化工集团公司、中国航空综合技术研究所、江苏极熵物联科技有限公司、北京机械工业自动化研究所有限公司、上汽通用汽车有限公司、机械工业第六设计研究院有限公司、郑州郑大智能科技股份有限公司、石化盈科信息技术有限责任公司、北京和利时系统工程股份有限公司、浙江中控技术股份有限公司、中国航空制造技术研究院、上海明匠智能系统有限公司、上海计算机软件技术开发中心、深圳赛西信息技术有限公司、中车株洲电力机车有限公司、安徽容知日新科技股份有限公司、中兴通信股份有限公司、上海工业自动化仪表研究院、中国电子信息产业发展研究院、机械工业仪器仪表综合技术经济研究所、中国信息通信研究院、中国企业联合会、施耐德电气(中国)有限公司、思科(中国)有限公司、上海赛摩电气有限公司、四川长虹电器股份有限公司、江苏海宝软件股份有限公司。

本标准主要起草人：于秀明、周平、郭楠、王程安、张星星、吴灿辉、王海丹、乃晓文、毕京洲、张维杰、杨梦培、索寒生、虞日跃、张保刚、李和林、宋成琳、俞文光、徐侃、胡静宜、李琳、翟中平、赵振威、王湘念、招庚、王冰、王凯、孙海旺、张巍、宫晓东、刘亚宾、吕雪、姬学庄、苏伟、贾超、程雨航、王伟忠、张文彬、王永耀、武丽英、张凤德、周峰、卢铁林、刘明、胡碧波、李小联、郭建祥、刘翊。

智能制造能力成熟度模型

1 范围

本标准规定了智能制造能力成熟度模型的构成、成熟度等级、能力要素和成熟度要求。

本标准适用于制造企业、智能制造系统解决方案供应商和第三方开展智能制造能力的差距识别、方案规划和改进提升。

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 39117—2020 智能制造能力成熟度评估方法

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

智能制造能力 **intelligent manufacturing capability**

为实现智能制造的目标,企业对人员、技术、资源、制造等进行管理提升和综合应用的程度。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AGV:自动引导运输车(Automated Guided Vehicle)

ESB:企业服务总线(Enterprise Service Bus)

IT:信息技术(Information Technology)

ODS:操作数据存储(Operational Data Store)

PLC:可编程控制器(Programmable Logic Controller)

RFID:射频识别(Radio Frequency Identification)

SDN:软件定义网络(Software Defined Network)

4 模型构成

本模型由成熟度等级、能力要素和成熟度要求构成,其中,能力要素由能力域构成,能力域由能力子域构成,如图 1 所示。

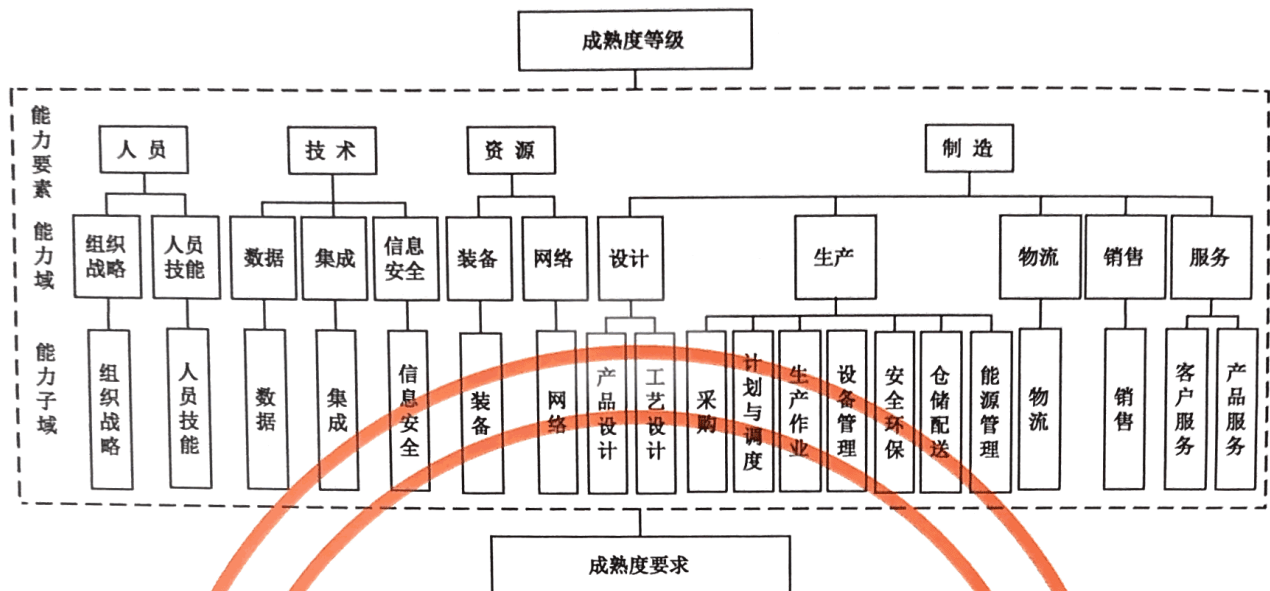


图 1 模型构成

5 成熟度等级

成熟度等级规定了智能制造在不同阶段应达到的水平。成熟度等级分为五个等级，自低向高分别为一级（规划级）、二级（规范级）、三级（集成级）、四级（优化级）和五级（引领级），如图 2 所示。较高的成熟度等级要求涵盖了低成熟度等级的要求。

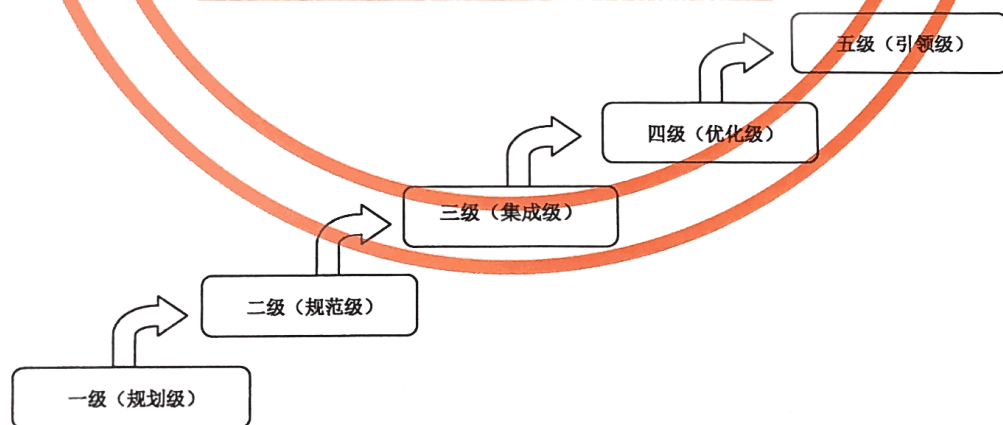


图 2 成熟度等级

一级（规划级）：企业应开始对实施智能制造的基础和条件进行规划，能够对核心业务活动（设计、生产、物流、销售、服务）进行流程化管理。

二级（规范级）：企业应采用自动化技术、信息技术手段对核心装备和核心业务活动等进行改造和规

范,实现单一业务活动的数据共享。

三级(集成级):企业应对装备、系统等开展集成,实现跨业务活动间的数据共享。

四级(优化级):企业应对人员、资源、制造等进行数据挖掘,形成知识、模型等,实现对核心业务活动的精准预测和优化。

五级(引领级):企业应基于模型持续驱动业务活动的优化和创新,实现产业链协同并衍生新的制造模式和商业模式。

6 能力要素

能力要素给出了智能制造能力提升的关键方面,包括人员、技术、资源和制造。人员包括组织战略、人员技能 2 个能力域。技术包括数据、集成和信息安全 3 个能力域。资源包括装备、网络 2 个能力域。制造包括设计、生产、物流、销售和服务 5 个能力域。

设计包括产品设计和工艺设计 2 个能力子域,生产包括采购、计划与调度、生产作业、设备管理、仓储配送、安全环保、能源管理 7 个能力子域,物流包括物流 1 个能力子域,销售包括销售 1 个能力子域,服务包括客户服务和产品服务 2 个能力子域。

企业可根据自身业务活动特点对能力域进行裁剪。

7 成熟度要求

7.1 概述

成熟度要求规定了能力要素在不同成熟度等级下应满足的具体条件,成熟度评估方法见 GB/T 39117—2020。

7.2 人员

人员能力要素包括组织战略、人员技能 2 个能力域。人员能力要素按成熟度等级可划分为不同等级要求,见表 1。

表 1 人员的成熟度要求

能力域	一级	二级	三级	四级	五级
组织战略	a) 应制定智能制造的发展规划; b) 应对发展智能制造所需的资源进行投资	a) 应制定智能制造的发展战略,对智能制造的组织结构、技术架构、资源投入、人员配备等进行规划,形成具体的实施计划; b) 应明确智能制造责任部门和各关键岗位的责任人,并且明确各岗位的岗位职责	a) 应对智能制造战略的执行情况进行监控与评测,并持续优化战略; b) 应建立优化岗位结构的机制,并定期对岗位结构和岗位职责的适宜性进行评估,基于评估结果实施岗位结构优化和岗位调整		
人员技能	a) 应充分意识到智能制造的重要性; b) 应培养或引进智能制造发展需要的人员	a) 应具有智能制造统筹规划能力的个人或团队; b) 应具有掌握 IT 基础、数据分析、信息安全、系统运维、设备维护、编程调试等技术的人员; c) 应制定适宜的智能制造人才培养体系、绩效考核机制等,及时有效地使员工获取新的技能和资格,以适应企业智能制造发展需要	a) 应具有创新管理机制,持续开展智能制造相关技术创新和管理创新; b) 应建立知识管理体系,通过信息技术手段管理人员贡献的知识和经验,并结合智能制造需求,开展分析和应用	a) 应建立知识管理平台,实现人员知识、技能、经验的沉淀与传播; b) 应将人员知识、技能和经验进行数字化与软件化	

7.3 技术

技术能力要素包括数据、集成、信息安全 3 个能力域。技术能力要素按成熟度等级可划分为不同等级要求,见表 2。

表 2 技术的成熟度要求

能力域	一级	二级	三级	四级	五级
数据	<ul style="list-style-type: none"> a) 应采集业务活动所需的数据; b) 应基于经验开展数据分析 	<ul style="list-style-type: none"> a) 应基于二维码、条形码、RFID、PLC 等,实现数据采集; b) 应基于信息系统数据和人工经验开展数据分析,满足特定范围的数据使用需求; c) 应实现数据及分析结果在部门内在线共享 	<ul style="list-style-type: none"> a) 应采用传感技术,实现制造关键环节数据的自动采集; b) 应建立统一的数据编码、数据交换格式和规则等,整合数据资源,支持跨部门的业务协调; c) 应实现数据及分析结果的跨部门在线共享 	<ul style="list-style-type: none"> a) 应建立企业级的统一数据中心; b) 应建立常用数据分析模型库,支持业务人员快速进行数据分析; c) 应采用大数据技术,应用各类型算法模型,预测制造环节状态,为制造活动提供优化建议和决策支持 	<ul style="list-style-type: none"> a) 应对数据分析模型实时优化,实现基于模型的精准执行
集成	<ul style="list-style-type: none"> a) 应具有系统集成的意识 	<ul style="list-style-type: none"> a) 应开展系统集成规划,包括网络、硬件、软件等内容; b) 应实现关键业务活动设备、系统间的集成 	<ul style="list-style-type: none"> a) 应形成完整的系统集成架构; b) 应具有设备、控制系统与软件系统间集成的技术规范,包括异构协议的集成规范、工业软件的接口规范等; c) 应通过中间件工具、数据接口、集成平台等方式,实现跨业务活动设备、系统间的集成 	<ul style="list-style-type: none"> a) 应通过 ESB 和 ODS 等方式,实现全业务活动的集成 	
信息安全	<ul style="list-style-type: none"> a) 应制定信息安全管理规范,并有效执行; b) 应成立信息安全协调小组 	<ul style="list-style-type: none"> a) 应定期对关键工业控制系统开展信息安全风险评估; b) 应在工业主机上安装正规的工业防病毒软件; c) 应在工业主机上进行安全配置和补丁管理 	<ul style="list-style-type: none"> a) 工业控制网络边界应具有边界防护能力; b) 工业控制设备的远程访问应进行安全管理和加固 	<ul style="list-style-type: none"> a) 工业网络应部署具有深度包解析功能的安全设备; b) 应自建离线测试环境,对工业现场使用的设备进行安全性测试; c) 在工业企业管理网中,应采用具备自学习、自优化功能的安全防护措施 	

7.4 资源

资源能力要素包括装备、网络 2 个能力域。资源能力要素按成熟度等级可划分为不同等级要求,见表 3。

表 3 资源的成熟度要求

能力域	一级	二级	三级	四级	五级
装备	a) 应在关键工序应用自动化设备; b) 应对关键工序设备形成技改方案	a) 应在关键工序应用数字化设备; b) 关键工序设备应具有标准通信接口,包括 RJ45、RS232、RS485 等,并支持主流通信协议,包括 OPC/OPC UA、MODBUS、PRO-FIBUS 等	a) 关键工序设备应具有数据管理、模拟加工、图形化编程等人机交互功能; b) 应建立关键工序设备的三维模型库	a) 关键工序设备应具有预测性维护功能; b) 关键工序设备应具有远程监测和远程诊断功能,可实现故障预警	a) 关键工序设备三维模型应集成设备实时运行参数,实现设备与模型间的信息实时互联; b) 关键工序设备、单元、产线等应实现基于工业数据分析的自适应、自优化、自控制等,并与其他系统进行数据分享
网络	a) 应实现办公网络覆盖	a) 应实现工业控制网络和生产网络覆盖	a) 应建立工业控制网络、生产网络和办公网络的防护措施,包括但不限于网络安全隔离、授权访问等手段; b) 网络应具有远程配置功能,应具备带宽、规模、关键节点的扩展和升级功能; c) 网络应能够保障关键业务数据传输的完整性	a) 应建立分布式工业控制网络,基于 SDN 的敏捷网络,实现网络资源优化配置	

7.5 制造

7.5.1 设计

设计能力域包括产品设计和工艺设计 2 个能力子域。设计能力域按成熟度等级可划分为不同等级要求,见表 4。

表 4 设计的成熟度要求

能力子域	一级	二级	三级	四级	五级
产品设计	<p>a) 应基于计算机辅助开展二维产品设计;</p> <p>b) 应根据用户需求,按照设计经验进行产品设计方案的策划;</p> <p>c) 应制定产品设计过程相关规范,并有效执行</p>	<p>a) 应基于计算机辅助开展三维产品设计;</p> <p>b) 应通过产品数据管理系统实现产品设计数据或文档的结构化管理及数据共享,实现产品设计的流程、结构的统一管理,以及版本管理、权限控制、电子审批等;</p> <p>c) 应实现产品不同专业或者组件之间的并行设计</p>	<p>a) 应建立典型产品组件的标准库及典型产品设计知识库,在产品设计时进行匹配和引用;</p> <p>b) 三维模型应集成产品设计信息,确保产品研发过程中数据源的唯一性;</p> <p>示例:如尺寸、公差、工程说明、材料需求等。</p> <p>c) 应基于三维模型实现对外观、结构、性能等关键要素的设计仿真及迭代优化;</p> <p>d) 应实现产品设计与工艺设计间的信息交互、并行协同</p>	<p>a) 应基于产品组件的标准库、产品设计知识库的集成和应用,实现产品参数化、模块化设计;</p> <p>b) 应将产品的设计信息、生产信息、检验信息、运维信息等集成于产品的数字化模型中,实现基于模型的产品数据归档和管理;</p> <p>c) 应构建完整的产品设计仿真分析和试验验证平台,并对产品外观、结构、性能、工艺等进行仿真分析、试验验证与迭代优化;</p> <p>d) 应通过产品设计、生产、物流、销售或服务等系统的集成,实现产品全生命周期跨业务之间的协同</p>	<p>a) 应基于参数化、模块化设计,建立产品个性化定制平台,具备个性化定制的接口与能力;</p> <p>b) 应基于统一的三维模型,实现产品全生命周期动态管理,满足设计、生产、物流、销售、服务等应用需求;</p> <p>c) 应基于产品标准库和设计知识库的集成和应用,实现产品高效设计;</p> <p>d) 应建立产品设计云平台,实现用户、供应商等多方信息交互、协同设计和产品创新</p>

表 4 (续)

能力子域	一级	二级	三级	四级	五级
工艺设计	a) 应基于产品设计数据开展工艺设计和优化; b) 应制定工艺设计过程相关规范,并有效执行; c) 应建立工艺文档或数据的管理机制,能够对工艺信息进行记录、查阅和执行	a) 应基于计算机辅助开展工艺设计和优化; b) 应基于典型产品或特征建立工艺模板,实现关键工艺设计信息的重用; c) 应实现工艺不同专业之间的并行设计	a) 应通过工艺设计管理系统,实现工艺设计文档或数据的结构化管理、数据共享、版本管理、权限控制和电子审批; b) 应建立典型制造工艺流程、参数、资源等关键要素的知识库,并能以结构化的形式展现、查询与更新; c) 应基于数字化模型实现制造工艺关键环节的仿真分析及迭代优化; d) 应实现工艺设计与产品设计之间的信息交互、并行协同	a) 应实现基于模型的三维工艺设计和优化,并将完整的工艺信息集成于三维工艺模型中; 示例:如工装、工具、设备等。 b) 应基于工艺知识库的集成应用,实现工艺流程、工序内容、工艺资源等知识的实时调用,为工艺规划与设计提供决策支持; c) 应实现基于三维模型的制造工艺全要素的仿真分析及迭代优化; d) 应基于工艺设计、生产、检验等系统的集成,通过工艺信息下发、执行、反馈、监控的闭环管控,实现工艺设计与制造协同	a) 应基于工艺知识库的集成应用,辅助工艺优化; b) 应基于设计、工艺、生产、检验、运维等数据分析,构建实时优化模型,实现工艺设计动态优化; c) 应建立工艺设计云平台,实现产业链跨区域、跨平台的协同工艺设计

7.5.2 生产

生产能力域包括采购、计划与调度、生产作业、设备管理、仓储配送、安全环保、能源管理 7 个能力子域。生产能力域按成熟度等级可划分为不同等级要求,见表 5。

表5 生产的成熟度要求

能力子域	一级	二级	三级	四级	五级
采购	<p>a) 应根据产品、物料需求和库存等信息制定采购计划；</p> <p>b) 应实现对采购订单、采购合同和供应商等信息的管理；</p> <p>c) 应建立合格供应商机制，并有效执行</p>	<p>a) 应通过信息系统制定物料需求计划，生成采购计划，并管理和追踪采购执行全过程；</p> <p>b) 应通过信息技术手段，实现供应商的寻源、评价和确认</p>	<p>a) 应将采购、生产和仓储等信息系统集成，自动生成采购计划，并实现出入库、库存和单据的同步；</p> <p>b) 应通过信息系统开展供应商管理，对供应商的供货质量、技术、响应、交付、成本等要素进行量化评价</p>	<p>a) 通过与供应商的销售系统集成，实现协同供应链；</p> <p>b) 应基于采购执行、生产消耗和库存等数据，建立采购模型，实时监控采购风险并及时预警，自动提供优化方案；</p> <p>c) 应基于信息系统的数据，优化供应商评价模型</p>	<p>a) 应实现企业与供应商在设计、生产、质量、库存、物流的协同，并实时监控采购变化及风险，自动做出反馈和调整；</p> <p>b) 应实现采购模型和供应商评价模型的自优化</p>
计划与调度	<p>a) 应基于销售订单和销售预测等信息，编制主生产计划；</p> <p>b) 应基于主生产计划进行排产，形成详细生产作业计划并开展生产调度</p>	<p>a) 应通过信息系统，依据生产数量、交期等约束条件自动生成主生产计划；</p> <p>b) 应基于企业的安全库存、采购提前期、生产提前期等制约要素实现物料需求计划的运算；</p> <p>c) 应基于信息技术手段编制详细生产作业计划，基于人工经验开展生产调度</p>	<p>a) 应基于安全库存、采购提前期、生产提前期、生产过程数据等要素开展生产能力运算，自动生成有限能力主生产计划；</p> <p>b) 应基于约束理论的有限产能算法开展排产，自动生成详细生产作业计划；</p> <p>c) 应实时监控各生产环节的投入和产出进度，系统实现异常情况自动预警，并支持人工对异常的调整。</p> <p>示例：如生产延时、产能不足等</p>	<p>a) 应基于先进排产调度的算法模型，系统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；</p> <p>b) 应实时监控各生产要素，系统实现对异常情况的自动决策和优化调度</p>	<p>a) 应通过工业大数据分析，构建生产运行实时模型，提前处理生产过程中的波动和风险，实现动态实时的生产排产和调度；</p> <p>b) 应通过统一平台，基于产能模型、供应商评价模型等，自动生成产业链上下游企业的生产作业计划，并支持企业间生产作业计划异常情况的统一调度</p>

表 5 (续)

能力子域	一级	二级	三级	四级	五级
生产作业	a) 应制定生产作业相关规范,并有效执行; b) 应记录关键工序的生产过程信息	a) 应通过信息技术手段,将工艺文件下发到生产单元; b) 应基于信息技术手段,实现生产过程关键物料、设备、人员等的数据采集,并上传到信息系统; c) 应在关键工序采用数字化质量检测设备,实现产品质量检测和分析; d) 应通过信息系统记录生产过程产品信息,每个批次实现生产过程追溯	a) 应根据生产作业计划,自动将工艺文件下发到各生产单元; b) 应实现对生产作业计划、生产资源、质量信息等关键数据的动态监测; c) 应通过数字化检验设备及系统的集成,实现关键工序质量在线检测和在线分析,自动对检验结果判断和报警,实现检测数据共享,并建立产品质量问题知识库; d) 应实现生产过程中原材料、半成品、产成品等质量信息可追溯	a) 应根据生产作业计划,自动将生产程序、运行参数或生产指令下发到数字化设备; b) 应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; c) 应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,并实时预警; d) 应实时采集产品原料、生产过程、客户使用的质量信息,实现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	a) 宜实现生产资源自组织、自优化,满足柔性化、个性化生产的需求; b) 应基于人工智能、大数据等技术,实现生产过程非预见性异常的自动调整; c) 应基于模型实现质量知识库自优化
设备管理	a) 应通过人工或手持仪器开展设备点巡检,并依据人工经验实现检修维护过程管理和故障处理	a) 应通过信息技术手段制定设备维护计划,实现对设备设施维护保养的预警; b) 应通过设备状态检测 results,合理调整设备维护计划; c) 应采用设备管理系统实现设备点巡检、维护保养等状态和过程管理	a) 应实现设备关键运行参数数据的实时采集、故障分析和远程诊断; 示例:如温度、电压、电流等。 b) 应依据设备关键运行参数等,实现设备综合效率(OEE)统计; c) 应建立设备故障知识库,并与设备管理系统集成; d) 应依据设备运行状态,自动生成检修工单,实现基于设备运行状态的检修维护闭环管理	a) 应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; b) 应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	a) 应采用机器学习、神经网络等,实现设备运行模型的自学习、自优化

表 5 (续)

能力子域	一级	二级	三级	四级	五级
仓储配送	<p>a) 应制定仓储(罐区)管理规范,实现出入库、盘点和安全库存等管理;</p> <p>b) 应基于管理分类和规范要求,实现仓储合规管理;</p> <p>c) 应基于生产计划制定配送计划,实现原材料、半成品等定时定量配送</p>	<p>a) 应基于条码、二维码、RFID等,实现出入库管理;</p> <p>b) 应建立仓储管理系统,实现货物库位分配、出入库和移库等管理;</p> <p>c) 应基于生产单元物料消耗情况发起配送请求,并提示及时配送;</p> <p>d) 适用时,应建立罐区管理系统,实现储罐中介质相关数据的实时采集和分析</p>	<p>a) 应基于仓储管理系统与制造执行系统集成,依据实际生产作业计划实现半自动或自动出入库管理;</p> <p>b) 应采用射频遥控数据终端、声控或按灯拣货等手段进行入库和拣货;</p> <p>c) 应通过配送设备和信息系统集成,实现关键件及时配送;</p> <p>示例:如AGV、桁车、手持终端等。</p> <p>d) 适用时,应基于工业无线网,通过无线传感器,将罐区相关信息自动采集至罐区管理系统,对储罐状态进行实时监测,储罐状态异常时可自动报警,避免冒罐事故发生</p>	<p>a) 应通过数字化仓储设备、配送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;</p> <p>b) 应建立仓储模型和配送模型,实现库存和路径的优化;</p> <p>c) 适用时,应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</p>	<p>a) 应基于分拣和配送模型,满足个性化、柔性化生产实时配送需求;</p> <p>b) 通过企业与上游供应链的集成优化,实现最优库存或即时供货;</p> <p>c) 适用时,应通过智能仪表、互联网、云计算和大数据技术,实现罐区阀门自动控制,实现无人罐区</p>
安全环保	<p>a) 应制定企业安全管理机制和环保管理机制,具备安全环保操作规程</p>	<p>a) 应通过信息技术手段实现员工职业健康和安全作业管理;</p> <p>b) 应通过信息技术手段实现环保管理,环保数据可采集并记录</p>	<p>a) 应建立安全培训、风险管理等知识库;在现场作业端应用定位跟踪等方法,强化现场安全管控;</p> <p>b) 应实现从清洁生产到末端治理的全过程环保数据的采集,实时监控及报警,并开展可视化分析;</p> <p>c) 应建立应急指挥中心,基于应急预案库自动给出管理建议,缩短突发事件应急响应时间</p>	<p>a) 应基于安全作业、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;</p> <p>b) 应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</p>	<p>a) 应综合应用知识库及大数据分析技术,实现生产安全一体化管理;</p> <p>b) 应实现环保、生产、设备等数据的全面实时监控,应用数据分析模型,预测生产排放并自动提供生产优化方案并执行</p>

表 5 (续)

能力子域	一级	二级	三级	四级	五级
能源管理	a) 应建立企业能源管理制度,开展主要能源的数据采集和计量	a) 应通过信息技术手段,对主要能源的产生、消耗点开展数据采集和计量; b) 应建立水电气等重点能源消耗的动态监控和计量; c) 应实现重点高能耗设备、系统等的动态运行监控; d) 应对有节能优化需求的设备开展实时计量,并基于计量结果进行节能改造	a) 应对高能耗设备能耗数据进行统计与分析,制定合理的能耗评价指标; b) 应建立能源管理信息系统,对能源输送、存储、转化、使用等各环节进行全面监控,进行能源使用和生产活动匹配,并实现能源调度; c) 应实现能源数据与其他系统数据共享,为业务管理系统和决策支持系统提供能源数据	a) 应建立节能模型,实现能流的精细化和可视化管理; b) 应根据能效评估结果及时对空压机、锅炉、工业窑炉等高耗能设备进行技术改造和更新	a) 应实现能源的动态预测和平衡,并指导生产

7.5.3 物流

物流能力域包括 1 个能力子域。物流能力域按成熟度等级可划分为不同等级要求,见表 6。

表 6 物流的成熟度要求

能力子域	一级	二级	三级	四级	五级
物流	a) 应根据运输订单和经验,制定运输计划并配置调度; b) 应对车辆和驾驶员进行统一管理; c) 应对物流信息进行简单跟踪	a) 应通过运输管理系统实现订单、运输计划、运力资源、调度等的管理; b) 应通过电话、短信等形式反馈运输配送关键节点信息给管理人员	a) 应通过仓储(罐区)管理系统和运输管理系统的集成,整合出库和运输过程; b) 应实现运输配送关键节点信息跟踪,并通过信息系统将信息反馈给客户; c) 应通过运输管理系统,实现拼单、拆单等功能	a) 应实现生产、仓储配送(管道运输)、运输管理多系统的集成优化; b) 应实现运输配送全过程信息跟踪,对轨迹异常进行报警; c) 应基于模型,实现装载能力优化以及运输配送线路优化	a) 应通过物联网和数据模型分析,实现物、车、路、用户的最佳方案自主匹配

7.5.4 销售

销售能力域包括 1 个能力子域。销售能力域按成熟度等级可划分为不同等级要求,见表 7。

表 7 销售的成熟度要求

能力子域	一级	二级	三级	四级	五级
销售	<p>a) 应基于市场信息和销售历史数据,通过人工方式进行市场预测,制定销售计划; 示例:如区域、型号、产品定位、数量等。</p> <p>b) 应对销售订单、销售合同、分销商、客户等信息进行统计和管理</p>	<p>a) 应通过信息系统编制销售计划,实现销售计划、订单、销售历史数据的管理;</p> <p>b) 应通过信息技术手段实现分销商、客户静态信息和动态信息的管理</p>	<p>a) 应根据数据模型进行市场预测,生成销售计划;</p> <p>b) 应与采购、生产、物流等业务集成,实现客户实际需求拉动采购、生产和物流计划</p>	<p>a) 应通过对客户信息的挖掘、分析,优化客户需求预测模型,制定精准的销售计划;</p> <p>b) 应综合运用各种渠道,实现线上线下协同,统一管理所有销售方式;</p> <p>c) 应根据客户需求变化情况,动态调整设计、采购、生产、物流等方案</p>	<p>a) 应采用大数据、云计算和机器学习等技术,通过数据挖掘、建模分析,全方位分析客户特征,实现满足客户需求的精准营销,并挖掘客户新的需求,促进产品创新;</p> <p>b) 宜通过虚拟现实技术,满足销售过程中客户对产品使用场景及使用方式的虚拟体验;</p> <p>c) 应实现产品从接单、答复交期、生产、发货到回款全过程自动管理的销售模式</p>

7.5.5 服务

服务能力域包括客户服务、产品服务 2 个能力子域。服务能力域按成熟度等级可划分为不同等级要求,见表 8。

表 8 服务的成熟度要求

能力子域	一级	二级	三级	四级	五级
客户服务	a) 应制定客户服务规范,并有效执行; b) 应对客户服务信息进行统计,并反馈给设计、生产、销售部门	a) 应建立包含客户反馈渠道和服务满意度评价制度的规范化服务体系,实现客户服务闭环管理; b) 应通过信息系统实现客户服务管理,对客户服务信息进行统计并反馈给相关部门	a) 应通过客户服务平台或移动客户端等实时提供在线客服; b) 应具有客户服务信息数据库及客户服务知识库,实现与客户关系管理系统的集成	a) 应实现面向客户的精细化管理,提供主动式客户服务; b) 应建立客户服务数据模型,实现满足客户需求的精准服务	a) 应采用服务机器人实现自然语言交互、智能客户管理,并通过多维度的数据挖掘,进行自学习、自优化
产品服务	a) 应制定产品服务规范,并有效开展现场运维及远程运维指导服务; b) 应对产品故障信息进行统计,并反馈给设计、生产、销售部门	a) 应具有产品故障知识库和维护方法知识库,为服务人员提供现场运维和远程运维操作指导; b) 应通过信息技术手段对产品使用信息进行统计,并反馈给相关部门	a) 产品应具有数据采集、存储、网络通信等功能; b) 产品服务系统应具有产品运行信息管理、维修计划和执行管理、维修物料及寿命管理等功能,并实现与设计、生产、销售等系统的集成	a) 产品应具有数据传输、故障预警、预测性维护等功能; b) 应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; c) 远程运维平台应对装备/产品上传的运行参数、维保、用户使用等数据进行挖掘分析,并与产品全生命周期管理系统、产品研发管理系统集成,实现产品性能优化与创新	a) 产品应具有自感知、自适应、自优化等功能; b) 应通过云平台,整合跨区域、跨界服务资源,构建服务生态

参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国工业和信息化部. 2017 年智能制造试点示范项目要素条件. 2017.
 - [2] 中华人民共和国工业和信息化部、国家标准化管理委员会. 国家智能制造标准体系建设指南. 2018.
 - [3] 卡内基梅隆大学软件工程研究所(SEI). CMMI 开发模型 2.0 版, 2018. www.sei.cmu.edu/cmmi
 - [4] IBM. 智能电网成熟度模型(Smart Grid Maturity Model). 2009.
 - [5] 罗兰·贝格国际管理咨询公司. 工业 4.0 时代——如何在第四次工业革命中成功. 2014.
 - [6] 美国国家标准化研究所(NIST)工程实验室. Current Standards Landscape for Smart Manufacturing Systems. 2016.
 - [7] 德国机械及制造商协会. Industrie 4.0 Readiness. 2015.
 - [8] 德国国家科学与工程学院. Industrie 4.0 Maturity Index. 2017.
-