

工业企业智能制造能力成熟度评估规范

Maturity assessment specification of industrial enterprises intelligent manufacturing capability

2021 – 08 – 16 发布

2021 – 09 – 16 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 成熟度评估模型 1

 4.1 模型构成 1

 4.2 成熟度等级划分 2

5 能力要素 2

6 成熟度要求 3

 6.1 人员 3

 6.2 技术 5

 6.3 资源 8

 6.4 制造 10

 6.5 治理 24

7 评估内容 30

8 评估过程 31

 8.1 评估流程 31

 8.2 预评估 31

 8.3 正式评估 32

 8.4 发布现场评估结果 32

 8.5 改进提升 33

9 成熟度等级判定 33

 9.1 评分方法 33

 9.2 评估域权重 33

 9.3 计算方法 35

 9.4 成熟度等级判定方法 36

参考文献 37

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。

本文件由天津市工业和信息化局提出并归口。

本文件起草单位：天津市工业和信息化研究院、天津智慧城市研究院有限公司、海尔数字科技（天津）有限公司、天津市金蝶软件有限公司、宜科（天津）电子有限公司、紫光云技术有限公司、天津爱波瑞科技发展有限公司、曼德产业协同创新设计院（天津）有限公司、远发耀翼（天津）企业管理咨询有限公司、中汽数据（天津）有限公司、机械工业第六设计研究院有限公司、天津渤海管理咨询有限公司、天津聪友科技有限公司、天津用友软件技术有限公司、格创东智（天津）科技有限公司、东方国信（天津）科技有限公司、天津锐网科技股份有限公司。

本文件主要起草人：周鹏、刘媛媛、于良、万学峰、宋跃武、曹广宇、王慧、周雪静、李万超、苏浩、王庆和、郑奇、杨君、王昱山、赵甲、侯文浩、李明、张兴晖、许立红、吕楠、李建伟、刘晓鸣、张树茂、刘弘蔚、蔡聪。

工业企业智能制造能力成熟度评估规范

1 范围

本文件规定了工业企业智能制造能力成熟度模型的构成,包括成熟度等级、能力要素和成熟度要求。规定了智能制造能力成熟度的评估内容、评估过程,给出了成熟度等级判定的方法。

本文件适用于生产制造企业、智能制造系统解决方案供应商和第三方评估机构开展智能制造能力成熟度评估、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 23020 工业企业信息化和工业化融合评估规范
- GB/T 25069 信息安全技术 术语
- GB/T 39116 智能制造能力成熟度模型
- GB/T 39117 智能制造能力成熟度评估方法

3 术语和定义

GB/T 23020、GB/T 25069、GB/T 39116、GB/T 39117界定的术语和定义适用于本文件。

4 成熟度评估模型

4.1 模型构成

智能制造能力成熟度评估模型由成熟度等级、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。

该模型包括了5个能力要素,分为13个能力域,覆盖23个能力子域。

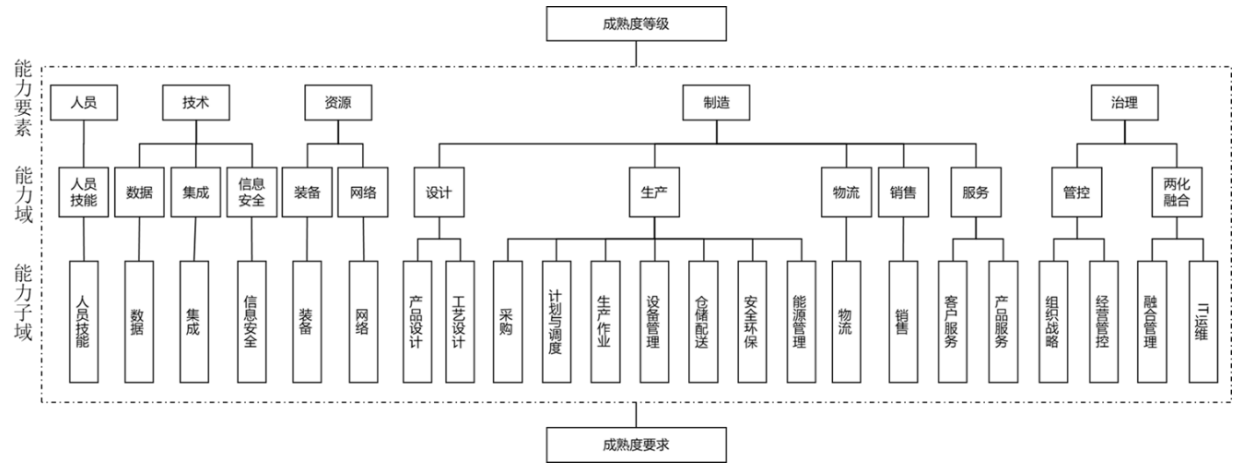


图1 智能制造能力成熟度评估模型构成

4.2 成熟度等级划分

成熟度等级规定了工业企业智能化在不同阶段应达到的水平。成熟度等级分为五个等级，自低向高分别是一级（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。

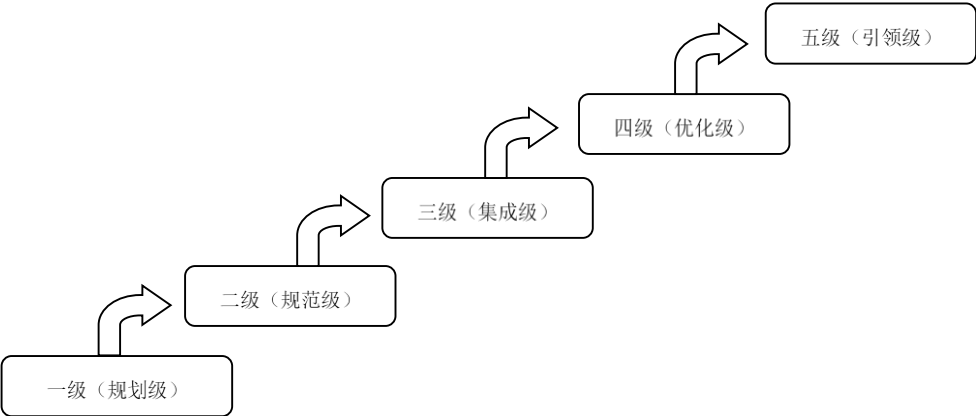


图2 成熟度等级

- 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，并能够有序开展两化融合建设活动。
- 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，并能够结合国内外最佳实践和标准实施两化融合管理。
- 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；且具备明确的精细化经营管控目标，能够动态优化各项管理。
- 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；并结合多体系融合，建设决策能力现代化。
- 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，引领产业链集群化经营治理，形成发展共同体。

5 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、制造和治理。人员包括人员技能1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。治理包括管控和两化融合2个能力域。

设计能力域包括产品设计和工艺设计2个能力子域。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、安全环保和能源管理7个能力子域。服务能力域包括客户服务和产品服务2个能力子域。管控能力域包括组织战略和经营管控2个能力子域。两化融合能力域包括融合管理和IT运维2个能力子域。

6 成熟度要求

6.1 人员

人员能力要素包括人员技能1个能力域，人员技能能力域包括1个能力子域。人员能力要素成熟度要求见表1。

表1 人员的成熟度要求

能力子域及分项		一级	二级	三级	四级	五级
人员技能	人员部署	应通过培训、研讨、宣传等方式，确保相关人员充分意识到智能制造的重要性	应具备具有智能制造统筹规划能力的个人或团队	应构建人才梯队建设，建立智能制造各领域的专家确立机制	应组建涵盖组织内外部专家在内的专家组织，以及量化的考评机制，支撑组织的部门级、组织级战略的落地和动态优化	应独立或联合客户、研究院等外部机构，组建满足组织可持续竞争力的智能制造、数字化转型创新中心
	人力资源	应培养或引进智能制造发展需要的人员	应具备掌握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	应建立覆盖多专业领域的智能制造联合创新团队，并持续推动智能制造人才和团队的专业化建设	应具备掌握人工智能、大数据、物联网、虚拟现实、数字孪生等新一代信息技术及其应用的人才，持续智能化创新	应具备所处产业领域的智能制造领军人才，并确保这些人才具备实现产业链融合创新或实施技术变革的能力
	人员技能	应确保关键岗位人员，掌握智能制造相关的知识	应制定适宜的智能制造培训体系、绩效考核机制等，及时有效的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	应基于国家和行业组织确立的相关要求，识别智能制造相关岗位所需的知识、技能和经验，并持续推动相关人员的能力建设	应建立智能制造相关的人员能力素质模型，并通过信息系统动态掌握人员的各项能力素质的状态	应将人员知识、技能和经验进行数字化与软件化，并通过信息系统持续推动人员技能与其岗位需求技能的动态匹配

表 1（续）

能力子域及分项		一级	二级	三级	四级	五级
人员技能	创新能力	应建立鼓励智能制造相关人员敢于尝试新模式、新思想、新技术的机制	应总结提炼智能制造相关的典型创新案例，并通过案例中蕴含的技术路径、创新思维等解析，培养培育创新人才	应建立知识管理体系和创新管理机制，持续开展智能制造相关技术创新和管理创新	应建立良好的创新环境和氛围，通过创新知识教育、创新技术培训等提高人员的创新效率，并持续扩大具备观察、发问、实验、交际等特征的创新人群；通过信息系统对创新实施有效的管理	应建立包含创新活动、创新成果、创新应用等在内的创新数字化评估评价机制，并建立创新推动业务发展的价值模型
	资源工具	应采用信息技术手段实施人员能力管理	应通过信息系统实现智能制造相关人员的培训、考核和能力管理	应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	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	应通过大数据、机器学习等新一代信息技术手段，构建人员与网络空间智能融合的模式，实现知识自动化

6.2 技术

技术能力要素包括数据、集成、信息安全3个能力域。数据能力域、集成能力域、信息安全能力域各包括1个能力子域，技术的成熟度要求见表2。

表2 技术的成熟度要求

能力子域及分项		一级	二级	三级	四级	五级
数 据	数据获取	应采集业务活动所需的数据	应基于二维码、条形码、RFID、PLC、智能仪表等信息化技术手段，实现数据采集	应采用传感技术，依照业务对数据的实际应用需求，实现关键制造环节数据的自动采集	应通过有效的数据治理体系建设，实现智能制造相关全流程、全过程的数据的自动采集	应建立完善的数据集成体系，自动实现数据的获取、清洗和转换等，形成高质量数据内容
	数据共享	应通过文控中心（DCC）实现对纸质数据的线下归档、共享、回收、报废等管理职责	应实现数据及分析结果在部门内在线共享	应通过信息系统整合数据资源，支持跨部门的业务协调，数据及分析结果，依照岗位职责及访问权限，实现跨部门在线共享	应建立企业级的统一数据中心	应通过容灾建设、区块链技术的应用，确保数据的高可靠性，并能够与产业链形成完善的数据交互体系
	数据标准	应结合对数据采集的形式和方式，明确各种填写、录入的规范性要求	应建立数据管理体系，规范数据的一致性，以及各种信息技术应用的数据规范管理	应建立统一的数据编码、数据交换格式和规则	应将数据标准覆盖企业全部数据活动，包括数据开发利用环节，并与信息系统建设充分融合	应基于数据标准规范，对数据编码更新与优化，并能够实现与产业链、法律法规、行业规范的协同变更
	数据分析与应用	应基于经验开展数据分析	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	应建立数据开发利用的规范化要求，并确保智能制造关键活动，建立了数据分析的模型，提升活动效率或决策效率	应建立数据分析模型库，支持业务人员快速进行数据分析；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	应对数据分析模型实时优化，实现基于模型的精准执行

表 2（续）

能力子域及分项		一级	二级	三级	四级	五级
集成	集成规划	应具有系统集成的意识，有初步规划文件	应开展系统集成规划，包括网络、硬件、软件等内容	应形成完整的系统集成架构，有明确的落实责任部门和推进计划	应建立完善的信息化规划，包含应用、基础架构、安全等层面融合智能制造发展需求的演进路径	应充分考虑企业高质量发展和数字化转型需求，策划具备弹性/柔性、可动态扩展的信息服务创新体系
	集成标准	应建立初步集成框架	应建立集成管理规范体系，包括技术、设备和软件等选型、实施、调整和优化	应具备设备、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	应持续跟踪新技术、新模式的应用，动态调整各类集成规范	应充分考虑企业内外部生态融合，研发、部署智能合约和共识机制计算的算法体系，满足内外部生态的动态变革
	集成实施	应具备设备、系统间的集成经验	应实现关键业务活动设备、系统间的集成	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	应通过企业服务总线（ESB）等方式，实现全业务活动的集成	应通过操作数据存储系统（ODS）等方式，实现全业务活动的集成
信息安全	安全管理	应制定信息安全管理规范，成立信息安全协调小组，并有效执行	应制定信息安全事件管理规范，并根据信息资产的分级分类制定安全管理措施	应确立、保持并持续改进信息安全管理体系	应基于信息系统持续提升信息安全管理水平	应借助新一代信息技术和自组织模式构筑信息安全动态应急体系
	风险评估	应建立信息安全风险评估的工作机制，确保重大信息安全风险得到识别和应对	应定期对关键工业控制系统开展信息安全风险评估	应基于体系化、数字化方法开展信息安全风险的全面评估，包括资产、威胁、脆弱、风险残值等内容，覆盖智能制造所有相关信息资产	应通过信息系统采集信息资产的状态、面临的威胁等，动态实施风险全面管理	应基于态势感知平台，结合风险管理的历史数据分析和挖掘，实施风险自评估、自处理和自优化
	安全配置	应制定服务器和网络安全配置规范，并有效执行	应在工业主机上进行安全配置和补丁管理	工业控制设备的远程访问应进行安全管理和加固	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	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

表 2（续）

能力子域及分项		一级	二级	三级	四级	五级
信息安全	入侵防护	应在办公主机上安装正规的防病毒软件	应在工业主机上安装正规的工业防病毒软件	工业控制网络边界应具有边界防护能力	工业网络应部署具有深度包解析功能的安全设备	应通过大数据建模的方式对入侵行为进行攻防演练，建立网络空间安全指挥平台，协同网络安全空间各类事件的调度和处置
	应急响应	应建立信息安全应急处置机制，并得到实施	应建立信息安全的应急响应的组织架构和管理制度	应建立完善的应急响应体系，覆盖应急响应的全生命周期，包括应急准备、监测与预警、应急处置和总结改进等	应通过信息系统强化应急响应的高效预警、执行规范和处置协同，并能通过数据模型持续提升应急影响效能	应通过应急数字化，实现信息化应急能力现代化

6.3 资源

资源能力要素包括装备、网络2个能力域。装备能力域、网络能力域各包括1个能力子域。资源的成熟度要求见表3。

表3 资源的成熟度要求

能力子域及分项		一级	二级	三级	四级	五级
装 备	智能装备	应在关键工序应用自动化设备	应在关键工序应用数字化设备	关键工序设备应具备数据管理、模拟加工、图形化编程等 人机交互功能	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	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共享
	装备联网	关键工序设备应具备性能和状态的自感知功能	关键工序设备应具备标准通讯接口(例如:RJ45、RS232、RS485等),并支持主流通讯协议(例如:OPC/OPC UA、MODBUS、PROFIBUS等)	关键工序设备应与制造执行系统、工艺设计等信息系统实现数据集成	关键工序设备应具有数据接收、存储、处理以及应用的开放接口,具备数据处理、分析、控制等物联网核心技术,与建模等可视化快速开发功能	应基于智能传感器、无线传输技术、大规模数据处理与远程控制等物联网核心技术,与互联网、无线通信、云计算、大数据技术高度融合,形成物联网云服务平台,能够支持设备在线采集、远程控制、无线传输、数据分析、预警信息发布、决策支持、一体化控制等功能
	装备孪生	应具备关键工序设备工作原理和性状描述的完整资料	应采用信息技术手段获取关键工序设备的功能设置、性能、工作状态等数据	应建立关键工序设备的三维模型库	关键工序设备的性能、状态数据能够基于三维模型进行呈现和表达	关键工序设备三维模型应集成设备实时运行参数,实现设备与机理模型间的信息实时互联
	装备维护	关键工序设备应具备故障告警的功能	关键工序设备应具备预防性维护提醒功能	关键工序设备应具备维护保养和零部件寿命等管理功能	关键工序设备应具有预测性维护功能	关键工序设备应结合知识库,自动推送维修方案

表3 （续）

能力子域及分项		一级	二级	三级	四级	五级
装备	升级改造	应根据业务发展需要，对关键工序设备形成技改方案	应通过工业网络连接关键工序设备，建立单元级以上的集成控制中心	应建立关键工序设备智能化技术改造方案	应对关键工序设备升级改造前后数据进行挖掘分析，并与设备管理系统、生产管理系统集成，实现设备升级优化	应采用大数据、机器学习等技术，生成精准的关键工序设备、单元、产线等升级改造建议方案
	网络覆盖	应实现办公网络覆盖	应实现工业控制网络和生产网络覆盖	应具备网络冗余和防错等能力，从而保障关键业务数据传输的完整性	应建立分布式工业控制网络	应部署多种形态的网络体系，充分保障网络的可用性
	网络防护	应建立并实施办公网访问控制策略	应通过防火墙等措施，实施网络安全防护	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	应通过网络行为分析系统和统一日志管理，实时获取网络的运行与安全状态，并根据安全策略自动化实施安全处置措施	应通过态势感知平台结合内外部安全情报，实时对网络防护进行大数据分析和预测性防护
网络	网络配置	应建立网络配置和管理的规范、模板	应建立网络配置信息库，管理和优化网络配置	网络应具备远程配置功能，包括但不限于带宽、规模、关键节点的扩展功能和升级功能	应通过一体化网管平台实施网络监控、网络优化、故障处理等	基于软件定义网络（SDN）的敏捷网络，实现网络资源优化配置

6.4 制造

制造能力要素包括设计、生产、物流、销售、服务5个能力域。

6.4.1 设计

设计能力域包括产品设计和工艺设计2个能力子域。设计的成熟度要求见表4。

表4 设计的成熟度要求

能力子域及分项		一级	二级	三级	四级	五级
产 品 设 计	设计工具应用	应基于计算机辅助开展二维产品设计	应基于计算机辅助开展三维产品设计	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,实现快速定制化设计	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。实现个性化的设计和验证一体化	应基于参数化、模块化设计,建立产品个性化定制平台,具备个性化定制生产的接口与能力
	知识管理	应建立有产品设计知识与资源的管理规范,便于产品设计知识的查找与更新	应基于典型产品或特征的产品设计模板,实现设计信息的重用	应建立典型产品组件的标准库及典型产品设计知识库,在产品进行时进行匹配和引用	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	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
	数据管理	应建立产品设计数据管理归口部门,实现对数据的归档、共享、保密、回收、销毁等管理职责	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	三维模型应集成产品设计信息(如:尺寸、公差、工程说明、材料需求等),确保产品研发过程中数据源的唯一性	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	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、服务等数据应用

表 4（续）

能力子域及分项		一级	二级	三级	四级	五级
产品设计	协同与集成	应制定产品设计过程相关规范，并有效执行	应实现产品不同专业或者组件之间的并行设计	应实现产品设计与工艺设计之间的信息交互、并行协同	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	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
	设计工具与活动	应基于产品设计数据开展工艺设计和优化	应基于计算机辅助开展工艺设计和优化	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	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	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
工艺设计	知识管理	应建立工艺知识的管理方法，促进工艺设计知识、经验的获取、总结和提炼	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	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	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	应依托大数据、人工智能等技术，将生产过程的工艺结果历史数据与内外的最新工艺和技术进行自动化整合，辅助工艺优化
	数据管理	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	应实施工艺物料清单(BOM)、工艺规程、操作规程、质量标准等标准化、数字化，并能够与生产衔接，指导生产	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、数据共享、版本管理、权限控制和电子审批	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（如：工装、工具、设备等）集成于三维工艺模型中	应基于三维模型的数据化、模块化设计，集成产品个性化定制信息，建立工艺数据孪生平台，实现工艺的动态虚实管理
	协同与集成	应制定工艺设计过程相关规范，并有效执行	应实现工艺不同专业之间的并行设计	应实现工艺设计与产品设计之间的信息交互、并行协同	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	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

6.4.2 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。生产的成熟度要求见表5。

表5 生产的成熟度要求

能力子域及分项		一级	二级	三级	四级	五级
采 购	采购计划	应根据产品、物料需求和库存等信息制定采购计划	应通过信息系统制定物料需求计划，生成采购计划	应将采购、生产和仓储等信息系统集成，自动生成采购计划	应通过与供应商的销售系统集成，实现协同供应链	应实现企业与供应商在设计、生产、质量、库存、物流等多方面的计划协同
	过程管理	应建立规范化采购管理，并实现对采购订单、采购合同和供应商等信息的管理	应明确采购活动的关键环节，并通过信息系统管理和追踪采购执行全过程	应建立采购与生产、仓储等活动之间的规范化协同流程，并通过信息系统实现出入库、库存和单据的同步	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	应实时监控采购变化及风险，自动做出反馈和调整，实现采购模型自优化
	供应商管理	应建立合格供应商机制，并有效执行	应通过信息技术手段，实现供应商的寻源、评价和确认	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	应基于信息系统的数据，建立供应商评价模型，辅助供应商的选择与决策	应实现供应商评价模型的自优化
	采购比选	应建立采购比选机制，并有效执行	应通过信息化技术手段，实现采购比选过程管理	应建立采购比选、采购合同、订单与入库之间的协同流程，并通过信息系统实现业务数据的同步	应建立企业的线上采购比选平台，实现与供应商的线上协同	应实时监控比选过程及风险，自动做出预警与反馈
	采购结算	应建立采购结算机制，并有效执行	应通过信息技术手段，实现采购结算的管理	应建立采购订单、入库与结算之间的规范化协同流程，实现结算与采购数据的集成管理	应基于采购执行情况，实时监控采购结算业务并及时预警，自动提供优化方案	应实现实时监控采购结算变化与风险，自动做出反馈和调整，实现采购结算管理的自优化

表 5（续）

能力子域及分项		一级	二级	三级	四级	五级
计划与调度	生产计划	应基于销售订单和销售预测等信息，编制主生产计划	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	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	应根据生产计划、生产作业、销售等历史数据分析，辅助精准、精细产能规划	应通过云计算、大数据、区块链等建立供应链合作关系，并通过供应链计划系统（SCP）实现集成化供应链体系
	作业调度	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	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；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	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	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	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；应通过工业大数据分析，构建生产运行实时模型，实现动态实时的生产排产和调度
	异常管控	应确立生产计划编制和生产调度的协同机制，总结实践经验，形成知识沉淀	应采用信息技术手段跟踪生产计划变更、生产进度、采购与库存状态、设备运行情况等，建立健全异常情况的应对机制	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（如：生产延时、产能不足）的自动预警，并支持人工对异常的调整	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	应支持产业链上下游企业间生产作业计划异常情况的统一调度；应通过生产运行实时模型，提前处理生产过程中的波动和风险
生产作业	标准化作业	应制定生产作业相关规范，并有效执行	应通过信息技术手段，将工艺文件下发到生产单元	应根据生产作业计划，自动将工艺文件下发到各生产单元	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	宜结合行业标准和规范，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

表 5（续）

能力子域及分项		一级	二级	三级	四级	五级
生 产 作 业	数据采集应用	应记录关键工序的生产过程信息	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	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；	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	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
	过程质量控制	应制定关键工序质量检测规范，并有效执行	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	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	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	应基于模型，采用互联网、区块链等信息技术手段，实现质量知识库自优化
	质量追溯	应对产品有批次控制和质检记录，可查询	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	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	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	采用互联网、区块链等信息技术手段，实现产品质量端到端的全程信息公开透明、可追溯
	计量管理	应制定计量器具管理制度，并对计量器具实施有效管理	应通过信息技术手段管理生产各环节的计量器具及计量点	应通过计量管理体系，落实对计量活动、计量组织、计量人员、计量设备的全面管理；应确保计量数据获取、传输的准确性	应通过计量管理系统，实现计量数据模型管理和计量配置管理，如计量点模型和计量点配置等，并实现计量数据统一管理、综合分析等	应采用大数据、人工智能、区块链等技术，实现计量基准、计量单位定义与转换、计量量值传递与保证等的自动化优化

表 5（续）

能力子域及分项		一级	二级	三级	四级	五级
设备管理	巡检监控	应制定设备点检计划，并通过人工或手持仪器开展设备点巡检	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	应实现设备关键运行参数（温度、电压、电流等）数据的实时采集、故障分析和远程诊断	应实施采集设备运行模型所需要的的数据和运行日志，并通过个性化基线方式和日志分析，实现设备运行的提醒、预警、告警	应采用大数据、机器学习等技术，基于设备运行历史数据进行挖掘，满足设备的预测性维护
	知识应用	应根据经验实现设备检修维护的过程管理	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	应建立设备故障知识库，并与设备管理系统集成	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	应通过云平台，整合跨区域、跨界设备知识库资源，实现知识库自动更新迭代，自动给出维护优化建议
	维护管理	应建立设备维护的制度规范，并得到有效实施	应依据设备运行状态，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	应建立、保持和持续改进设备设施管理体系，持续推动全员生产维护（TPM）建设	应建立匹配企业战略、生产计划、工艺设计等在内的维护能力管理，维护能力管理体系中的各个组成要素（人员、管理中心、工具、备件、技术、流程等）相互关联和协同，共同支撑设备维护	应基于对历史数据的统计分析，实现量化和精确的维护能力管理，维护能力管理体系与企业智能制造发展目标相互融合，并持续优化
	优化改进	应根据经验实现设备故障处理和优化建议	应通过设备状态检测结果，合理调整设备维护计划	应依据设备关键运行参数等，实现设备综合效率（OEE）统计；基于综合效率的分析，实现通过系统调整工艺及计划	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	应采用机器学习、神经网络等，实现设备运行模型的自学习、自优化及设备对生产工艺的自适应、自调整

表 5（续）

能力子域及分项		一级	二级	三级	四级	五级
仓 储 配 送	仓储管理	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；应基于管理分类和规范要求，实现仓储合规管理	应通过仓储管理系统，实现货物库位分配、出入库和移库等管理	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；适用时，通过罐区管理系统，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	应实时根据仓储管理的各项信息，结合知识库或数据模型自动给出纠正和预防措施；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	通过企业与上下游供应链集成优化，实现最优库存或即时供货
	配送管理	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	应通过信息技术手段实现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	应部署带有标签标识的器具，通过配送设备与配送管理信息系统集成，实现关键件及时配送	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	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
	系统与工具	应通过标识标牌和容器优化，提升仓储配送活动的效率	应建立仓储管理系统；适用时，应建立罐区管理系统	应采用手持终端、射频遥控设备、声控或按灯拣货等手段进行出入库和拣货操作	应采用智能化立体仓库、智能分拣、智能传输设备进行出入库、拣货及配送，实现仓储配送过程全面自动化	应通过机器人、智能仪表、互联网、云计算和大数据技术，持续推动仓储配送作业的无人化；适用时，实现无人罐区
	数据采集与优化	应跟踪记录仓储及配送情况，并能基于记录结果进行管理	应基于条码、二维码、RFID、手持终端、仪器仪表等实现出入库信息的采集；适用时，应通过罐区管理系统，实现储罐中介质相关数据的实时采集和分析	应基于网络，通过无线传感器，将仓储（罐区）相关信息自动采集至仓储（罐区）管理系统	应建立仓储模型和配送模型及知识库，实现库存和配送的优化	应通过边缘计算、区块链等技术，推动仓储配送各环节之间的自协商、自优化和自决策

表 5（续）

能力子域及分项		一级	二级	三级	四级	五级
安全 环境 保	安全管理	制定企业安全管理机制，具备安全操作规程，符合相关法规要求	应通过信息技术手段实现员工职业健康和安全作业管理	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；开展全员安全管理	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；持续推进“全员、全过程、全方位”安全管理的现代化	应建立健全全面安全（风险）管控指标体系，应建立综合应用知识库及大数据分析技术，建立数据分析模型，开展自主学习、自优化，实现安全（风险）因素自动识别、自动化引导处置，实现生产安全一体化管理
	应急管理	应建立文档化、标准化的应急演练、决策、指挥和调度制度体系	应建立健全应急管理体系，并通过信息技术手段实现应急管理过程记录，实现各项活动可追溯	应建立应急指挥中心，建立数字化安全风险预警，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	应建立应急指挥及辅助决策系统，实现在重大应急事件和突发事件的预防与应急准备、监测与预警、应急处置与救援、事后恢复与重建等活动中的关键支撑	应通过大数据、人工智能、机器人、移动互联等技术实现动态应急能力体系建设
	环保管理	制定企业环保管理机制，具备环保操作规程，符合相关法规要求	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	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	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	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

表 5（续）

能力子域及分项		一级	二级	三级	四级	五级
能源管理	总体管控	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	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	应建立能源管理信息系统,对能源输送、存储、转化、使用等环节进行全面监控,进行能源使用和生产活动匹配,并实现能源调度	应建立覆盖各种能源介质的生产、存储、转换、输送、消耗一体化的能源管理体系	应基于大数据、机器学习等技术,实现能源全生命周期的自动预测和全局自优化
	设备管控	应定期记录重点高能耗设备、系统等的运行情况	应通过信息化技术手段,实现重点高耗能设备、系统等的动态运行监控	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	应依照行业或国家成熟的能效评级指标,结合设备历史用能趋势模型分析,实现对主要设备能效水平的预测预警	应实现主要设备能源管理的自节能、自优化
	能源管控	应对水、电、煤、油、气等主要能源消耗分类,进行定期计量和统计	应通过信息化技术手段,建立水、电、煤、油、气等重点能源消耗的动态监控	应基于信息系统实现对水、电、煤、油、气等重点能源数据计算、碳排放统计,自动生成盘查清册、盘查报告	应基于信息系统监测和预警在生产、存储、转换、输送、消耗环节的能源介质,并实现闭环管理	应实现能源的动态预测和平衡,并指导生产
	能源改造	应对主要次级用能单位设备进行计量表具改造安装	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	应基于信息系统生成能耗和生成调度运行的优化策略和方案,并监控实施	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	应实现多种类能源互补协同自动化
	数据开发	应制定能源管理巡检及数据记录相关规范,并有效执行,实现对记录数据的分类归档	应实现能源数据分类在线监测统计、查询、存储	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	应建立主要能耗设备的用能模型。结合生产排班、设备运行时间表等进行能耗评估,建立生产线、厂区的节能模型,实现能流数据的精细化和可视化管理	应通过能源体系的数字孪生,实现能源决策能力边际化

6.4.3 物流

物流能力域包括1个能力子域。物流的成熟度要求见表6。

表6 物流的成熟度要求

能力子域及分项		一级	二级	三级	四级	五级
物流	物流调度	应根据运输订单和经验，制定运输计划并配置调度	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	应通过运输管理系统，实现拼单、拆单等功能	应实现建立与采购、生产、销售、客户服务等信息融合的物流计划调度模型，持续提升物流效率	应采用运筹科学技术，获取多变因素下自动匹配的最优物流计划方案，持续提升物流的柔性能力
	物流跟踪	应对物流信息进行记录	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	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	实现运输配送全过程信息跟踪，对轨迹异常进行报警	应实现对车、物、人、路况、环境因素等全面的获取与跟踪，并通过区块链等技术确保各种数据可信
	物流线路	应根据运输订单和经验，制定物流线路	应通过综合统计分析的方法，制定物流线路，并在运输管理系统中体现	应根据物流历史数据和状态信息，采用最优路径等统计学算法，动态优化物流线路	应基于模型，实现装载能力优化以及运输配送线路优化	应建立运输线路状态与环境信息的自动获取能力，并实现动态线路规划和优化
	安全配载	应针对各类货物制定相应的保全措施，例如对应的包装标准、装载规范等	应通过信息技术手段对各类保全方案进行汇总，并通过系统实现搜索调用	应在仓储管理系统内根据货物类型及数量自动匹配相应容积的车辆及具体保全措施	应基于三维立体模型，实现车辆内部装载情况模拟并实时监控车内货物状况，如异位、跌落等，并对异常情况及时进行预警	结合数学模型，根据包装标准及车厢尺寸自动优化货物排布方式，达到最佳负载稳定性
	数字物流	应通过信息技术手段记录物流运输信息	应通过信息技术手段实现对物流计划、执行情况信息的采集和分析	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	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	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

6.4.4 销售

销售能力域包括1个能力子域。销售的成熟度要求见表7。

表7 销售的成熟度要求

能力子域及分项		一级	二级	三级	四级	五级
销售	需求与计划	应基于市场信息和销售历史数据（区域、型号、产品定位、数量等），通过人工方式进行市场预测，制定销售计划	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	应与经销商、客户协同完成销售预测，形成销售计划，以此指导销售活动	应通过对客户信息的挖掘、分析，建立并优化市场预测数据模型、客户需求预测模型，制定精准的销售计划	应采用大数据、云计算和机器学习等技术优化客户需求模型，建立引导和深挖客户需求的行为路径，以及确保与客户战略保持一致的措施
	客户管理	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	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	应建立客户关系管理系统，实现对分销商、客户信息进行全面管理，并引入客户分级分类评价体系，并采用区分的产品、定价与服务模式	应全面充分识别客户采购干系人及其决策习惯，并建立不同分级分类客户的数字化采购决策因素模型	应对客户进行全生命周期动态管理，结合客户的生命周期所处的阶段，根据不同的阶段制定不同的销售政策和产品投放策略
	业务协同	应充分识别销售关联的责任部门和干系人，并建立必要的工作机制，确保销售活动的顺畅	应通过信息技术手段实现与采购、生产、物流等的静态信息和动态信息的管理	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	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；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	应基于工业互联网，实现客户需求满足的产业协同自动化、自优化
	精准营销	应对客户进行分类管理，并初步建立客户的自然属性标签	应通过信息技术手段对客户需求的深层次分析，实现对客户及其需求的差异化特点进行标签化	通过信息系统对客户信息进行管理，绘制客户画像及个性化标签，并对客户采购的竞品或替代品进行跟踪和分析，用于指导自身的营销策略	应动态跟踪客户战略和中长期发展计划，建立自身产品与客户战略的一致性测算模型，用于客户引导和需求挖掘，或自身的产品优化与调整	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

表7 （续）

能力子域及分项		一级	二级	三级	四级	五级
销 售	模式创新	应建立销售、商务、生产、设计、物流等与客户交互规范，并建立对客户对产品满意度的调查机制	采用信息技术手段记录所有客户的交互过程，并统一管理产品媒体信息和营销渠道，能够实现客户的主动关怀和信息推送	建立线上线下融合的客户互动中心，统计分析并持续提升客户互动过程中的活跃度、满意度和忠诚度等，优化贴近客户生产(生活)方式和价值观，并将客户互动作为公司品牌传播、产品企划与研发、服务的重要因素	应在所有客户接触点上（官网、官微、官博、自有平台、公开媒体、自有媒体等）使用互联网技术或交互平台，建立客户参与产品设计、研发、生产、物流等的张力与融合模型，并通过数字化的方式实现与用户深度交互和产品的个性化定制	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

6.4.5 服务

服务能力域包括产品服务、客户服务2个能力子域。服务的成熟度要求见表8。

表8 服务的成熟度要求

能力子域及分项		一级	二级	三级	四级	五级
客 户 服 务	服务体系	应制定涵盖所有客户交互活动的客户服务规范，并有效执行	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	应建立包含不同分类分级客户以及客户服务生命周期中不同阶段的服务目录，并建立基于服务目录的客户服务考核体系	应基于标签体系建立精细化的客户数字画像，实现面向客户的精细化管理，提供主动式客户服务	应通过机器学习、大数据等技术，对客户发展的全面信息进行挖掘和知识再造，动态优化客户服务与客户战略的一致性
	服务协同	应对客户服务信息进行统计，并反馈给设计、生产、销售部门	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	应具备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	应建立客户服务数据模型，实现满足客户需求的精准服务	建立云服务平台，整合跨区域、跨界服务资源，构建服务生态
	服务资源（工具）	应规范与客户交互的资源要求和记录模板，并准备相关的资源	应建立客户服务相关的信息系统，能够管理和记录客户服务的关键活动，提供支撑解决客户问题所必须工具、知识	应通过客户服务平台或移动客户端等实时提供在线客服	应建立虚拟客户服务台（中心），向客户提供一体化全面服务，并前置到客户端提供个性化服务内容	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	服务管理	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	应建立服务的培训和考核机制，确保现场和远程服务的有效性；应建立覆盖绝大部分产品用户的服务网络	应建立完善的服务管理体系，并结合产品服务系统，实现产品服务的服务请求、故障管理、配置管理等功能	应结合产品的应用场景和环境，建立产品服务全生命周期管理体系，包含了问题挖掘、应急管理、风险控制等	应基于对产品服务历史数据的统计分析，持续优化产品服务管理精细化，并全面感知客户业务发展趋势和产品服务需求，实现产品服务体系与客户业务发展目标的融合

表 8（续）

能力子域及分项		一级	二级	三级	四级	五级
产 品 服 务	服务协同	应对产品故障信息进行统计，并反馈给设计、生产、销售部门	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	应实现产品服务系统与产品设计、生产、销售等系统的集成	应通过远程运维平台对装备/产品上传的运行参数、维保、使用数据等进行挖掘分析，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	应针对产品的应用场景，建立支撑供应链体系、产品应用生态体系、客户应用创新体系等在内的服务生态
	产品智能	应在产品的设计和制造阶段，充分考虑了产品服务的需求。具备产品服务的基本手段	产品应具备关键运行参数和功能状态的数字化获取能力	产品应具有数据采集、存储、网络通信等功能	产品应具有数据传输、故障预警、预测性维护等功能	产品应具有自感知、自适应、自优化等功能
	服务资源（工具）	建立了产品服务必须的工具库和资源配备，包括故障申告渠道、服务的过程信息记录单、以及处置故障必须的技术工具等	应具备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	产品服务系统应具备产品运行信息管理、维修计划和执行管理、维修物料及寿命管理等功能	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	应通过云平台，整合跨区域、跨界服务资源

6.5 治理

治理能力要素包括管控和两化融合2个能力域。

6.5.1 管控

管控能力域包括组织战略、经营管控 2 个能力子域。管控的成熟度要求见表 9。

表9 管控的成熟度要求

能力子域及分项		一级	二级	三级	四级	五级
组织战略	战略部署	应明确可持续发展战略，并制定了智能制造的发展规划	应制定智能制造的发展战略，并形成具体的实施计划	应促进智能制造有关部门制定各自的智能制造相关发展规划，并与组织的智能制造战略保持一致	应建立部门级与组织级智能制造战略的数字化模型，支撑组织级的智能制造战略的落地以及动态优化机制	应根据业务活动中积累的数 据，结合业务情报和信息技术发展趋势，围绕可持续竞争优势的确立、保持和优化进行智能制造预测性规划
	组织部署	应建立智能制造所需的组织模式，明确定位智能制造相关干系人和部门	应对组织结构、人员配备进行规划，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	应建立优化岗位结构的机制，通过信息系统定期对岗位结构和岗位职责的适宜性进行评估，持续的实施岗位结构优化和岗位调整	应建立岗位价值、岗位结构、组织结构的数字化评估评价模型，实现组织架构和岗位结构的动态优化	建立数字人才体系，满足人才治理、人事管理和人员培育的动态互动，并通过人才的行为分析，实现组织与人才的态势感知
	资源部署	应对发展智能制造所需的资源进行投资	应对智能制造的资源投入、技术架构等进行规划，明确具体的实施计划	应通过信息系统充分识别智能制造所需要的内外部支持条件和资源，建立评估其适宜性和有效性的机制，并寻求改进的机会	应建立运营管理与决策平台，并与资金、人才、设备设施、信息资源和信息安全等管理平台进行集成	应建立包含资金投入、人才保障、设备设施、信息资源和信息安全等在内的统筹配置、评估维护以及优化的数据模型库，动态优化资源的部署

表 9（续）

能力子域及分项		一级	二级	三级	四级	五级
组织战略	评估优化	应建立结合内外部发展的智能制造规划评估优化机制，并定期开展相关活动	应通过信息技术手段记录智能制造相关的各项计划实施情况，定期优化智能制造战略部署、组织部署和资源部署	应通过信息系统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	应建立满足部门级实施智能制造建设的知识库，并能够通过信息平台，持续推动知识创新	应根据内外部发展情况、智能制造和信息技术发展趋势，并融合国家法律法规、标准规范等，建立自主的智能制造发展评估标准体系
经营管控	经营管理	应明确各部门业务分工，各级各类管理人员工作职责，定义经营管理的主要指标	应基于经营管理模式或模型，部署管理决策授权，明确各级各类管理人员的绩效考核，定义并跟踪竞争力、经济效益重点关注指标	应定期开展实施竞争力、经济效益全面评估，并根据评估结果，适时优化经营管理策略和量化决策授权机制	应基于竞争力、经济效益与社会效益模型，通过信息系统实时跟踪竞争力、经济效益的建设，提供经营管理辅助决策支持，并根据经营管理模型，实现决策下沉	应基于大数据分析、虚拟计算等实现经营管理支持产业生态的竞争力、经济效益持续提升，推动经营管理决策能力边际化
	模式变革	应对标生产制造、客户需求满足、产品售后等方面的行业内标杆模式	应引进经营管理、生产制造、客户需求满足、产品售后等方面的行业最佳实践，形成满足自身特点的专项发展模式	应跟踪新技术、新方法、新思想在行业各领域引发的模式变革，并适时推动新技术、新方法、新思想结合自身现状的新模式应用	应主动推动在经营管理、生产制造、客户需求满足、产品售后等领域的发展模式整体革新	应通过前沿技术、思想和方法的应用，引领行业发展模式变革，带领产业链上下游的集体转型升级，形成集成发展效应
	财务管理	应规范会计记账和资金管理，通过信息技术手段形成财务报表和财务分析	应规范财务预算和投资管理，并通过信息系统实施财务管理、固定资产管理、成本管理等	应基于成本计划和控制模型，实现产品成本核算和全面预算管理	应通过财务与业务系统集成，监控业务流程的财务属性，实现财务精准管控与优化和产品完全成本精准核算与管控	应通过大数据、机器学习等技术，实现财务和投资风险自评估、管理自优化

表 9（续）

能力子域及分项		一级	二级	三级	四级	五级
经营管控	创新治理	应明确创新发展导向，形成全员创新意识	应规范各项研发和创新活动，建设创新文化和创新环境，并通过信息技术手段实现研发与创新管理	应通过信息系统管理研发和创新活动，基于成果价值评估模型，动态跟踪研发和创新成果的应用	应总结研发和创新经验，建立研发和创新知识库，形成自主技术创新、知识创新、应用创新的创新技术与知识体系	应基于创新能力体系，结合大数据、机器学习、云计算和区块链等技术，实现创新氛围的自评估、自优化和自决策
	外包管控	应建立外包外协的决策机制，明确外包外协的工作要求	应通过信息技术手段管理外包外协，基于外包外协的评估评价体系，实施外包外协机构管理	应通过信息系统实现外包外协的协同一体化，实现外包外协任务工艺、质量、进度等方面的动态管理	应与外包外协机构业务系统的集成，实现外包外协业务一体化协同发展	应通过区块链等技术应用创新，实现与外包外协机构共同应对市场风险、引领市场发展的决策自动化
	合同管理	应制定合同管理的规范，并根据日常业务进行合同的人工管理	应通过信息技术手段对合同签订的数据信息进行统计，并反馈给相关部门	应建立完善的合同管理体系，实现合同前期评估、合同过程执行以及合同履约等的可量化评价体系	构建并优化合同评价模型，实现合同全生命周期过程中，责任部门、责任人及相关方对合同活动的精细化管控	应通过大数据、机器学习等技术，实现合同签约前评估、合同签约执行、合同评价的合同全生命周期评价模型的自优化

6.5.2 两化融合

两化融合能力域包括融合管理、IT 运维 2 个能力子域。管理的成熟度要求见表 10。

表10 管理的成熟度要求

能力子域及分项		一级	二级	三级	四级	五级
融合管理	管理体系	应明确两化融合管理领导层及相关部门的主体责任，建立两化融合管理相关的基础制度，实现两化融合基本管理	应制定并发布实施完善的文件化两化融合管理手册、流程规范、记录模板等，实现两化融合规范管理	应明确两化融合相关的绩效考核，并持续更新两化融合管理体系	应通过两化融合管理与质量管理、环境管理等管理体系的融合，实现所有管理体系的体系化运行和优化	应基于知识库和信息技术的开发利用，结合内外部发展要求，实现两化融合管理体系的自评估、自优化
	可持续竞争优势	应识别与战略、可持续竞争优势有关的内外部因素，并对相关信息进行分析，识别和确认可持续竞争优势的需求	应对信息环境下新型能力进行策划、实施、运行、评测与改进	应围绕战略，动态跟踪内外部环境变化，对可持续竞争优势需求进行调整、评审和确定	应基于竞争力模型，策划、评测和改进信息环境下的新型能力，并通过信息系统跟踪、评测和管理信息环境下新型能力建设、运行和优化	应基于产业链竞争力模型，协同上下游机构共同打造信息环境下的产业链新型能力，持续保持和优化产业链可持续竞争优势
	领导作用	应在战略层统筹两化融合推进，明确两化融合的原则、范围、目标和目的	应明确承担最高管理者、管理者代表角色的人员和相关管理人员，确立其两化融合管理职责和活动内容，跟踪活动落实情况	应持续跟踪和优化两化融合管理相关人员的职责和权限，以及沟通和协调机制与措施，确保两化融合管理得到充分的理解、沟通和执行	应促进信息技术推动技术、业务流程、组织结构的优化、创新和变革，持续提升数据开发利用能力	应建立并持续优化产业链两化融合沟通和协调机制和措施，持续推动两化融合建设融入到产业链各项活动
	策划与支持	应围绕战略，定义智能化发展的阶段策划，明确资金管理、信息资源、设备设施、信息安全、人力资源等发展导向	应规范两化融合实施方案的策划，围绕拟打造的新型能力策划两化融合实施方案，并优化实施支持要素	应对两化融合实施方案的执行进行动态控制和变更控制，持续优化数据、技术、业务流程、组织结构的互动创新	应策划智能制造各能力域的两化深度融合实施计划，基于各领域两化深度融合评估模型，实时评估、优化两化深度融合的实施	应策划产业链两化深度融合实施方案和实施计划，动态跟踪产业链各机构的两化深度融合活动，实现产业链两化融合自评估、自优化

表 10（续）

能力子域及分项		一级	二级	三级	四级	五级
融合管理	实施与运行	应主动管理两化融合实施与运行过程，与供方建立以有效实现预期目标为导向的沟通合作机制	应规范组织结构与业务流程优化、技术实现、数据开发利用、匹配与规范等两化融合实施与运行的活动	应通过实施与运行过程的持续动态受控，确保实施和运行的风险得到有效防范	应建立两化融合实施与运行中涉及各领域的自主标准和标准清单，实现智能制造能力要素间两化融合实施与运行的协同一体化	应基于信息技术开发利用和标准库，确保产业链两化融合实施与运行过程的持续动态受控，实现风险自评估、自决策
	评测与改进	应评估、诊断和分析智能化发展策划、两化融合管理目标、可持续竞争优势需求、供方合作机制等的适宜性	应监督、测量、分析信息环境下新型能力目标的完成情况，规划并实施两化融合管理的内审和管理评审	应定义两化融合水平评估关键指标，确定、收集和分析适当的数据，策划并周期性开展两化融合自评估和自诊断	应基于两化融合管理、质量管理、环境管理等管理体系的诊断与评估、监视与测量、内部审核、绩效考核、管理评审等数据结果，推动数据、技术、业务流程、组织结构四要素互动创新和持续优化	应建立产业链两化融合评估模型，实时收集和分析适当的数据，实现产业链两化融合评估和诊断、监督与测量、优化与改进的自动化
IT运维	运维能力	应充分认知运维管理的重要性和必要性，关注运维规范化和运维人员技能成长	应对运维能力进行策划并实施，明确运维活动的内容和边界	应建立包含运维能力策划、实施、检查和改进的能力管理计划并实施，建立全面的运维服务目录	应动态跟踪运维能力建设，持续保持运维能力管理与业务目标的动态匹配，并建立完整的信息化应急响应体系	应基于数据模型，对运维交付方式和内容进行持续改进；应通过应急数字化，实现信息化应急能力现代化
	运维管理	应建立运维活动和作业管理的制度规范，并遵照实施	应建立运维事件管理、值班管理的流程和制度规范，以及运维满意度管理体系，并遵照实施	应建立运维问题管理、变更管理、发布管理、配置管理、运维供应商管理的流程和制度规范，并遵照实施	应建立服务级别管理、可用性管理、容量管理、连续性管理的流程和制度规范，并遵照实施	应依据全面的运维服务管理过程量化指标体系进行运维过程再造，并持续推动产业链运维管理改进和创新变革
	运维技术	应识别运维技术需求，并建立运维技术获取的方式或渠道	应配备运维技术研发所需的基本条件	应基于智能化发展，匹配运维技术研发计划，并确保技术研发的持续性	应开展具备前瞻性的运维技术研发，自主掌握满足智能化发展所需的运维核心技术	应通过数据驱动运维技术创新，实现智能化运维

表 10（续）

能力子域及分项		一级	二级	三级	四级	五级
IT运维	运维资源	应配置满足运维作业人员实施运维活动所需的工具等资源	应建立运维服务台和知识库，配置运维作业人员需要的故障与问题技术分析工具，配备保障信息系统稳定运行的备件库和组件库	应通过系统监控各类信息设备、系统和网络的运行情况，建立运维过程管理系统，对运维过程进行管理和记录	应基于运维资源应用价值评估评价模型，对各类资源的配备和利用进行持续优化	应通过云监控和云运维平台，提升产业链各机构的运维保障能力

7 评估内容

评估工作应根据企业自身业务活动确定评估域。评估域应同时包含人员、技术、资源、制造和治理五个能力要素的内容。其中，人员要素、技术要素和资源要素下的能力域和能力子域为必选内容，不可裁剪。制造要素下生产能力域不可裁剪。治理要素下的管控能力域不可裁剪，其它能力域可裁剪。

本文件给出了流程型制造企业与离散型制造企业的评估域，如表11、表12所示：

表11 流程型制造企业主要评估域

要素	人员	技术			资源		制造										治理				
能力	人员技能	数据	集成	信息安全	装备	网络	设计	生产						物流	销售	服务	管控		两化融合		
评估域	人员技能	数据	集成	信息安全	装备	网络	工艺设计	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	物流	销售	客户服务	组织战略	经营管控	融合管理	IT运维

表12 离散型制造企业主要评估域

要素	人员	技术			资源		制造												治理				
能力	人员技能	数据	集成	信息安全	装备	网络	设计		生产						物流	销售	服务		管控		两化融合		
评估域	人员技能	数据	集成	信息安全	装备	网络	产品设计	工艺设计	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	物流	销售	客户服务	产品服务	组织战略	经营管控	融合管理	IT运维

8 评估过程

8.1 评估流程

工业企业智能制造能力成熟度评估流程包括预评估、正式评估、发布评估结果和改进提升，如图 3 所示：

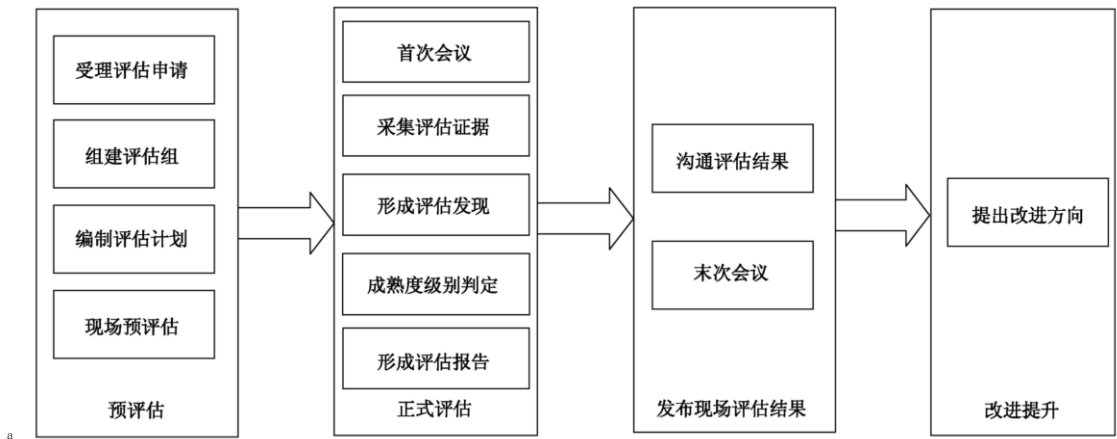


图3 评估流程

8.2 预评估

8.2.1 受理评估申请

评估方确认受评估方所从事的活动符合相关法律法规规定，实施了智能制造相关活动，综合确定是否受理评估申请。

8.2.2 组建评估组

应组建一个有经验、经过培训、具备评估能力的团队实施现场评估活动，应确认一名评估组长及多名评估组员，评估人员数量应为奇数。

- a) 评估组员职责包括：
 - 1) 应遵守相应的评估要求；
 - 2) 应掌握运用评估原则、评估程序和方法；
 - 3) 应按计划的时间进行评估；
 - 4) 应优先关注重要问题；
 - 5) 应通过有效的访谈、观察、文件与记录评审、数据采集等获取评估证据；
 - 6) 应确认评估证据的充分性和适宜性，以支持评估发现和评估结论；
 - 7) 应将评估发现形成文件，并编制适宜的评估报告；
 - 8) 应维护信息、数据、文件和记录的保密性和安全性；
 - 9) 应识别与评估有关的各类风险。
- b) 评估组长除履行评估组员职责外，还应履行以下职责：
 - 1) 负责编制评估计划；
 - 2) 负责整个评估活动的实施；
 - 3) 实施正式评估前对评估组员进行评估方法的培训；
 - 4) 对评估组员进行客观评价；

- 5) 对评估结果做最后决定；
- 6) 向受评估方报告评估发现，包括强项、弱项和改进项；
- 7) 评估活动结束后发布现场评估结论。

8.2.3 编制评估计划

工业企业智能制造能力成熟度评估分为现场预评估和正式评估两个阶段，评估前应编制预评估计划和正式评估计划，并与受评估方确认。评估计划至少包括评估目的、评估范围、评估任务、评估时间、评估人员、评估日程安排等。

8.2.4 现场预评估

评估组应围绕受评估方的需求：

- a) 了解受评估方智能制造基本情况；
- b) 了解受评估方可提供的直接或间接证据；
- c) 确定正式评估实施的可行性。

8.3 正式评估

8.3.1 首次会议

首次会议的目的是：

- a) 确认相关方对评估计划的安排达成一致；
- b) 介绍评估人员；
- c) 确保策划的评估活动可执行。

会议内容至少应说明评估目的、介绍评估方法、确定评估日程以及明确其它需提前沟通的事项。

8.3.2 采集评估证据

在实施评估的过程中，应通过适当的方法收集并验证与评估目标、评估范围、评估准则有关的证据，包括与智能制造相关的职能、活动和过程有关的信息。采集的证据应予以记录，采集方式可包括访谈、观察、现场巡视、文件与记录评审、信息系统演示、数据采集等。

8.3.3 形成评估发现

应对照评估准则，将采集的证据与其满足程度进行对比形成评估发现。具体的评估发现应包括具有证据支持的符合事项和良好实践、改进方向以及弱项。评估组应对评估发现达成一致意见，必要时进行组内评审。

8.3.4 成熟度级别判定

依据每一项打分结果，结合各能力域权重值，计算企业得分，并最终判定成熟度等级。

注：成熟度等级判定原则详见第9章。

8.3.5 形成评估报告

评估组应形成评估报告，评估报告至少应包括评估活动总结、评估结论、评估强项、评估弱项及改进方向。

8.4 发布现场评估结果

8.4.1 沟通评估结果

在完成现场评估活动后，评估组应将评估结果与受评估方代表进行通报，给予受评估方再次论证的机会，并确定最终结果。

8.4.2 末次会议

末次会议的目的是：

- a) 总结评估过程；
- b) 发布评估发现和评估结论。

末次会议内容至少应包括评估总结、评估结果、评估强项、评估弱项、改进方向以及后续相关活动介绍等。

8.5 改进提升

受评估方应基于现场评估结果，提出智能制造改进方向，并制定相应措施，开展智能制造能力提升活动。

9 成熟度等级判定

9.1 评分方法

评估组应将采集的证据与成熟度要求进行对照，按照满足程度对评估域的每一条要求进行打分。成熟度要求满足程度与得分对应表如表13所示。

表13 成熟度要求满足程度与得分对应表

成熟度要求满足程度	得分
全部满足	1
大部分满足	0.8
部分满足	0.5
不满足	0

9.2 评估域权重

根据制造企业的业务特点，给出了流程型制造企业主要评估域及推荐权重如表14所示，离散型制造企业的主要评估域及推荐权重如表15所示。

表14 流程型制造企业主要评估域及权重表

能力要素	能力要素权重	能力域	能力域权重	能力子域	能力子域权重
人员	3%	人员技能	100%	人员技能	100%
技术	10%	数据应用	46%	数据应用	100%
		集成	27%	集成	100%
		信息安全	27%	信息安全	100%
资源	14%	装备	67%	装备	100%
		网络	33%	网络	100%
制造	66%	设计	4%	工艺设计	100%
		生产	63%	采购	12%
				计划与调度	14%
				生产作业	23%
				设备管理	15%
				仓储配送	12%
				安全环保	12%
				能源管理	12%
		物流	15%	物流	100%
		销售	15%	销售	100%
		服务	3%	客户服务	100%
治理	7%	管控	60%	组织战略	50%
				经营管控	50%
		两化融合	40%	融合管理	50%
				IT 运维	50%

表15 离散型制造企业主要评估域及权重值

能力要素	能力要素权重	能力域	能力域权重	能力子域	能力子域权重
人员	3%	人员技能	100%	人员技能	100%
技术	10%	数据应用	46%	数据应用	100%
		集成	27%	集成	100%
		信息安全	27%	信息安全	100%
资源	11%	装备	60%	装备	100%
		网络	40%	网络	100%
制造	69%	设计	13%	产品设计	50%
				工艺设计	50%
		生产	48%	采购	14%
				计划与调度	16%
				生产作业	16%
				设备管理	14%
				仓储配送	14%
				安全环保	13%
				能源管理	13%
		物流	13%	物流	100%
		销售	13%	销售	100%
		服务	13%	产品服务	50%
				客户服务	50%
治理	7%	管控	60%	组织战略	50%
				经营管控	50%
		两化融合	40%	融合管理	50%
				IT 运维	50%

9.3 计算方法

9.3.1 能力子域得分

能力子域得分是该子域每条要求得分的算术平均值，能力子域得分计算公式：
能力子域得分=(Σ 能力子域每条要求得分)/n (1)
式中：n——成熟度能力子域里的分项的个数。

9.3.2 能力域得分

能力域的得分是该域下能力子域得分的加权求和，能力域得分计算公式：
能力域得分= Σ (能力子域权重值×能力子域得分) (2)

9.3.3 能力要素得分

能力要素的得分是该要素下能力域得分的加权求和，能力要素的得分计算公式：
能力要素得分=Σ (能力域权重值 × 能力域得分) (3)

9.3.4 成熟度等级得分

成熟度等级的得分是该等级下能力要素得分的加权求和，成熟度等级的得分计算公式：
成熟度等级得分=Σ (能力要素权重值 × 能力要素得分) (4)

9.4 成熟度等级判定方法

当企业评分结果与能力成熟度对应关系如表16所示。根据表16给出的分数与等级的对应关系表，结合企业的实际得分S，可以直接判断出企业当前所处的成熟度等级。

表16 分数与等级的对应关系

成熟度等级	对应评分区间
五级（引领级）	$4.8 \leq S \leq 5$
四级（优化级）	$3.8 \leq S < 4.8$
三级（集成级）	$2.8 \leq S < 3.8$
二级（规范级）	$1.8 \leq S < 2.8$
一级（规划级）	$0.8 \leq S < 1.8$

参 考 文 献

- [1] GB/T 19011-2013 管理体系审核指南
 - [2] 工业和信息化部《2016年智能制造试点示范项目要素条件》，2016
 - [3] 工业和信息化部《国家智能制造标准体系建设指南》，2018
-