

团 体 标 准

T/CFA 0311011—2021

铸造企业智能制造能力成熟度评估方法

Maturity assessment method of intelligent manufacturing capability
for foundry enterprises

(公告稿)

2021 - 10 - 18 发布

2022 - 01 - 18 实施

中国铸造协会 发布

目 次

前言.....	III
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 成熟度模型.....	1
4.1 成熟度模型的构成.....	1
4.2 能力要素的构成.....	2
5 成熟度等级.....	2
6 成熟度要求.....	3
6.1 概述.....	3
6.2 人员.....	3
6.3 技术.....	4
6.4 资源.....	5
6.5 制造.....	6
7 评估过程.....	12
7.1 评估内容.....	12
7.2 评估流程.....	12
7.3 预评估.....	13
7.4 正式评估.....	14
7.5 发布现场评估结果.....	14
7.6 改进提升.....	15
8 成熟度等级判定.....	15
8.1 成熟度要求评分方法.....	15
8.2 评估域权重.....	15
8.3 计算方法.....	15
8.4 成熟度等级判定方法.....	16
图 1 铸造企业智能制造能力成熟度模型.....	2
图 2 能力要素的构成.....	2
图 3 成熟度等级.....	3
图 4 智能制造能力成熟度评估流程.....	13
表 1 人员的成熟度要求.....	4
表 2 技术的成熟度要求.....	4
表 3 资源的成熟度要求.....	5

表 4	设计的成熟度要求.....	6
表 5	生产的成熟度要求.....	8
表 6	物流成熟度要求.....	11
表 7	销售成熟度要求.....	11
表 8	服务成熟度要求.....	12
表 9	铸造企业评估域.....	12
表 10	成熟度要求满足程度与得分对应表.....	15
表 11	铸造企业主要评估域及权重表.....	15
表 12	分数与等级的对应关系.....	16

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。

本文件由中国铸造协会智能铸造工作委员会提出。

本文件由中国铸造协会归口。

本文件起草单位：共享智能铸造产业创新中心有限公司、中机寰宇（江苏）智能制造认证检测有限公司、科华控股股份有限公司、陕西工业职业技术学院、中国电子技术标准化研究院、共享装备股份有限公司、中信戴卡股份有限公司、北京机科国创轻量化科学研究院有限公司、长沙长泰机器人有限公司、云南太标数控机床有限公司。

本文件主要起草人：彭凡、杨军、薛蕊莉、陈晓东、张同先、李云、乃晓文、杨梦培、牛巍、洪海春、甘超、赵炜、张战英、查云伟、刘娟、毕博、胡阳。

本文件2021年10月18日为首次发布。



铸造企业智能制造能力成熟度评估方法

1 范围

本文件规定了铸造企业智能制造能力成熟度模型、成熟度等级、成熟度要求、评估过程和成熟度等级判定。

本文件适用于铸造企业、智能制造系统解决方案供应商和第三方开展铸造企业智能制造能力的差距识别、方案规划、改进提升及成熟度评估。

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 5611 铸造术语

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价方法

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

GB/T 5611、GB/T 39116和GB/T 39117界定的以及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。

[来源：GB/T 39116—2020，3.1.1]

3.1.2

评估域 assessment domain

用于开展智能制造能力成熟度评估的核心条款集合。

[来源：GB/T 39117—2020，3.1]

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)

BOM：物料清单 (Bill Of Material)

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)

OEE：设备综合效率 (Overall Equipment Effectiveness)

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 成熟度模型

4.1 成熟度模型的构成

- 4.1.1 铸造企业智能制造能力成熟度模型是基于 GB/T 39116 中成熟度模型改写得到。
- 4.1.2 本模型由能力要素、成熟度等级和成熟度要求构成，如图 1 所示。

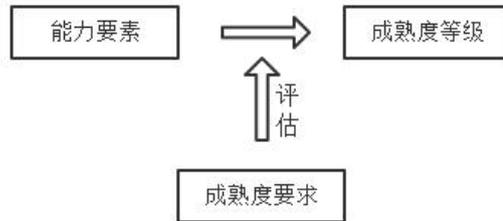


图 1 铸造企业智能制造能力成熟度模型

4.2 能力要素的构成

4.2.1 能力要素由能力域构成，能力域由能力子域构成，如图 2 所示。

注：能力子域即为评估过程中的评估域。

4.2.2 能力要素给出了铸造企业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。

4.2.3 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、生产执行、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 1 个能力子域。

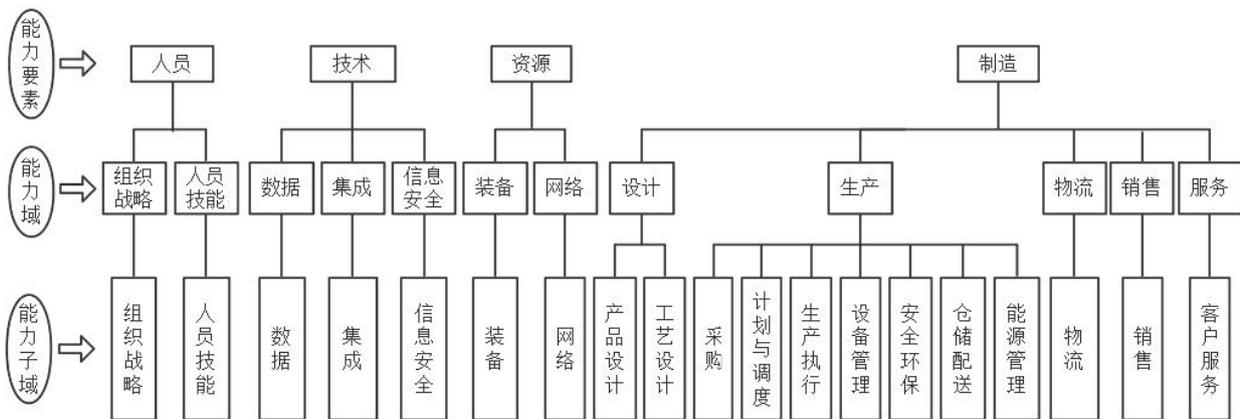


图 2 能力要素的构成

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（流程级）、二级（自动级）、三级（集成年级）、四级（优化级）和五级（自治级），如图3所示。较高的成熟度等级要求涵盖了较低成熟度等级的要求。

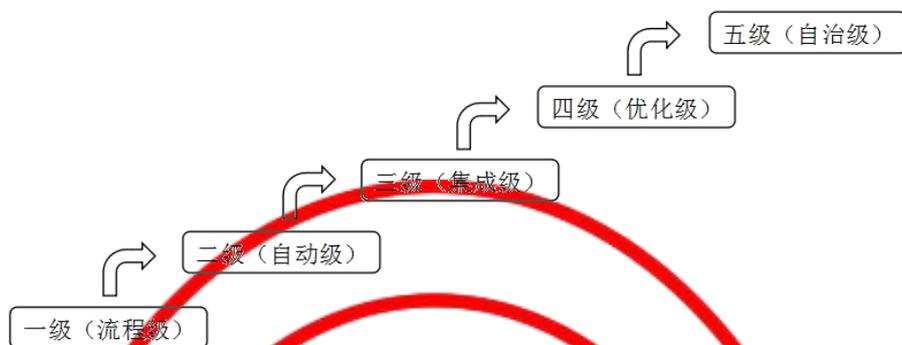


图3 成熟度等级

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

二级(自动级)：企业应采用自动化技术、信息技术对关键设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)：企业应对关键设备、信息管理系统等开展集成，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(自治级)：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 成熟度要求

6.1 概述

6.2~6.5给出了铸造企业通用的人员、技术、资源、制造要素的智能制造能力成熟度评估要求。

6.2 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培训体系、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	

6.3 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	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	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	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	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	a) 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 技术的成熟度要求（续）

能力域	一级	二级	三级	四级	五级
集成	a)应具有系统集成的意识	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	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	a)应通过ESB和ODS等方式,实现全业务活动的集成	
信息安全	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	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	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	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	

6.4 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; c)关键工序设备资料应齐全	a)关键工序设备应实现联网; b)关键工序设备程序版本应受控; c)关键工序设备的基本交互参数应完备; d)关键工序设备应满足本地与远程的人机交互、数据管理与通信的需要	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

表3 资源的成熟度要求（续）

能力域	一级	二级	三级	四级	五级
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	

6.5 制造

6.5.1 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	a) 应根据用户需求, 依据铸件的可铸性向用户提供铸件结构设计的优化建议			a) 应依据铸造工艺的技术特点进行产品分析, 开展产品可铸性设计优化; b) 应根据用户需求, 基于计算机辅助三维建模, 参与产品设计优化	a) 应基于产品需求, 建立相关数据库, 开展产品性能和可铸性的改进方案设计; b) 应基于三维模型实现对产品性能和可铸性等关键要素的设计仿真及迭代优化

表 4 设计的成熟度要求（续）

能力子域	一级	二级	三级	四级	五级
工艺设计	<p>a) 应基于设计人员的经验、铸件图纸或设计数据开展工艺设计和优化；</p> <p>b) 应制定工艺设计过程相关规范，并有效执行；</p> <p>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</p>	<p>a) 应基于计算机辅助开展工艺设计和优化；</p> <p>b) 应基于典型铸件或铸件材质建立铸造工艺模板，实现关键铸造工艺设计信息的重用；</p> <p>c) 应实现铸造工艺不同环节之间的并行设计</p>	<p>a) 应通过铸造工艺设计管理系统，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；</p> <p>b) 应建立典型铸造工艺流程、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；</p> <p>c) 应基于铸造工艺的数字化模型开展充型、凝固等关键过程的仿真分析及迭代优化</p>	<p>a) 应实现三维铸造工艺设计和优化，并将完整的工艺信息集成于三维工艺模型中；</p> <p>b) 应基于铸造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，为工艺方法选择、工艺方案策划和铸造工艺设计提供决策支持；</p> <p>c) 应基于铸造工艺设计、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</p>	<p>a) 应基于铸造工艺知识库的集成应用，辅助工艺优化；</p> <p>b) 应基于铸造工艺、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；</p> <p>c) 应建立工艺设计云平台，实现模具、铸造、加工等跨区域、跨平台的协同工艺设计</p>

6.5.2 生产

生产能力域包括采购、计划与调度、生产执行、设备管理、仓储配送、安全环保和能源管理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,进行季度或年度评价,并有效执行</p>	<p>a)应通过信息系统制定物料需求计划,生成主要原辅材料采购计划,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)应基于信息系统实现主要原辅材料价格跟踪(如历史采购价格、市场价格行情)；</p> <p>b)应将采购、生产和仓储等信息系统集成,自动生成主要原辅材料采购计划,并实现出入库、库存和单据的同步；</p> <p>c)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、库存数量、价格研判等数据,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库,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,系统实现异常情况的自动预警,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)应通过信息化系统实时监控铸造生产过程的各生产要素,实现对生产计划异常情况的决策支持和优化调度</p>	<p>a)应建立基于智能算法并融合人工智能动态调整的新一代高级计划与高级排产系统,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,并支持铸造企业间生产作业计划异常情况的统一调度</p>

表5 生产的成熟度要求（续）

能力子域	一级	二级	三级	四级	五级
生产执行	<p>a) 应制定生产作业相关文件，以书面方式下发到生产单元；</p> <p>b) 应记录关键工序的生产过程信息</p>	<p>a) 应通过信息技术手段，将铸造工艺文件下发到生产单元；</p> <p>b) 应基于信息技术手段，实现铸造生产过程关键物料、设备、人员等的信息采集，并上传到信息系统；</p> <p>c) 应在关键工序采用数字化质量检测设备，实现原辅材料、半成品、产成品的质量检测和分析；</p> <p>d) 应通过信息系统记录铸造生产过程信息，每个批次实现生产过程追溯</p>	<p>a) 应根据生产作业计划，自动将铸造工艺文件下发到各生产单元；</p> <p>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；</p> <p>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；</p> <p>d) 应实现生产过程中原辅材料、半成品、产成品等质量信息可追溯</p>	<p>a) 应根据生产作业计划，自动将生产程序、工艺参数、设备运行参数或生产指令下发到数字化设备；</p> <p>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；</p> <p>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；</p> <p>d) 应实时采集原辅材料、生产过程、顾客反馈的质量信息，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，进行铸件产品的缺陷分析，提出改善方案</p>	<p>a) 应实现铸造生产资源自组织、自优化，满足柔性化、个性化生产的需求；</p> <p>b) 应基于人工智能、大数据等技术，实现铸造生产过程非预见性异常的自动调整；</p> <p>c) 应基于模型实现铸造质量知识库自优化</p>
设备管理	<p>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</p>	<p>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；</p> <p>b) 应通过设备状态检测结果，合理调整设备维护计划；</p> <p>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</p>	<p>a) 应实现关键设备的关键运行参数(温度、电压、电流等)数据的实时采集、故障分析和远程诊断；</p> <p>b) 应依据设备关键运行参数等，实现设备综合效率(OEE)统计；</p> <p>c) 应建立设备故障知识库，并与设备管理系统集成</p> <p>d) 应依据关键设备运行状态，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</p>	<p>a) 应基于设备运行模型和设备故障知识库，实现包含自动预警的预测性维护解决方案；</p> <p>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</p>	<p>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</p>

表5 生产的成熟度要求（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) 应基于生产计划和物料清单 (BOM) 制定配送计划, 实现原辅材料、半成品等定时定量配送或领用</p>	<p>a) 应基于条码、二维码、RFID和数字化称重系统等, 实现关键物料的出入库管理;</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>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、扫码枪等手段进行出入库;</p> <p>c) 应通过配送设备 (AGV、起重机、输送链等) 和系统集成, 实现关键件及时配送和接收确认</p>	<p>a) 应通过数字化仓储设备、配送设备与系统集成, 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, 实现最小库存和最优路径</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) 应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>
安全环保	<p>a) 应制定企业安全、环保和职业健康管理机制, 具备安全、环保和职业健康操作规程</p>	<p>a) 应通过信息技术手段实现员工职业健康和安全管理;</p> <p>b) 应通过信息技术手段实现环保管理, 对铸造过程中废气、废砂、噪声、废水等的数据采集</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) 应建立应急指挥平台, 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>
能源管理	<p>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</p>	<p>a) 应通过信息技术手段, 对生产过程中主要能源的使用、转化开展数据采集和计量;</p> <p>b) 应建立水、电、气、焦炭等重点能源消耗的动态监控和计量;</p> <p>c) 应实现熔炼炉等重点高耗能设备系统等的动态运行监控;</p> <p>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</p>	<p>a) 应对熔炼炉等高耗能设备能耗数据进行统计与分析, 制定合理的能耗评价指标;</p> <p>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;</p> <p>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和决策支持系统提供能源数据</p>	<p>a) 应建立节能模型, 实现能源流的精细化和可视化管理;</p> <p>b) 应根据能效评估结果及时对熔炼炉等高耗能设备进行技术改造和更新</p>	<p>a) 应实现能源的动态预测和平衡, 并指导生产</p>

6.5.3 物流

物流能力域包括物流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、装卸资源、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) 应实现运输关键节点信息跟踪，并通过信息系统将信息反馈给客户及相关方； c) 应基于互联网，通过运输管理系统，实现拼单、拆单等功能	a) 应基于互联网，实现生产、仓储、运输、交通、天气多系统、多资源的协同优化、可视化； b) 应实现生产、质量、运输配送全过程信息监控、交互，对异常进行报警和自动纠偏； 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) 应通过互联网、物联网和数据模型分析，实现物、车、路、人的最佳方案自主匹配； b) 应接入智慧交通、智慧城市等社会资源，实现全流程相关方需求的智慧响应，全流程资源的可视化； c) 应建立信用评价体系

6.5.4 销售

销售能力域包括销售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 销售成熟度要求

能力子域	一级	二级	三级	四级	五级
销售	a) 应基于市场信息和销售历史数据（区域分布、铸件下游行业、吨位、数量、销售额等），通过人工方式进行市场预测，制定市场开发和销售计划； b) 应对销售订单、销售合同、客户等信息进行统计和管理	a) 应通过信息系统编制市场开发计划和销售计划，实现市场开发计划、销售计划、订单、销售历史数据的管理； b) 应通过信息技术手段实现客户静态信息和动态信息的管理	a) 应根据数据模型进行市场预测，生成市场开发计划和销售计划； 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	a) 应通过对客户信息的挖掘、分析，优化客户需求预测模型，制定精准的市场开发计划和销售计划； b) 应综合运用各种渠道，实现线上线下协同，统一管理所有市场开发方式； 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	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； b) 应实现产品从接单、答复交期、生产、发货、回款全过程的自动管理

6.5.5 服务

服务能力域包括客户服务1个能力子域。客户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提供客服； b) 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		

7 评估过程

7.1 评估内容

铸造企业智能制造能力成熟度评估内容是评估域，评估域应同时包含人员、技术、资源和制造四个能力要素的内容。具体如表9所示。

表9 铸造企业评估域

要素	人员		技术			资源		制造											
能力域	组织战略	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	
评估域	组织战略	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	生产执行	设备管理	仓储配送	安全环保	能源管理	物流	销售	客户服务

7.2 评估流程

铸造企业智能制造能力成熟度评估流程包括预评估、正式评估、发布现场评估结果和改进提升，如图4所示。

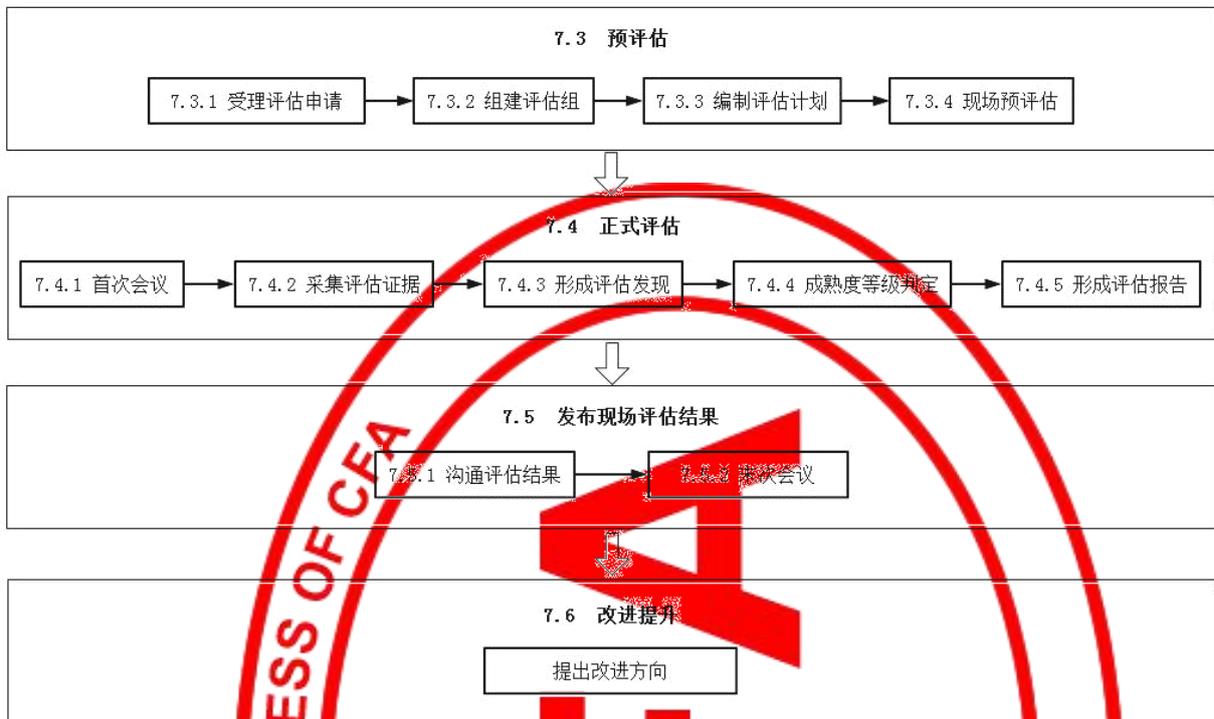


图4 智能制造能力成熟度评估流程

7.3 预评估

7.3.1 受理评估申请

评估方对受评估方所提交的申请材料进行评审，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，并根据受评估方所申请的评估范围、申请评估等级及其他影响评估活动的因素，综合确定是否受理评估申请。

7.3.2 组建评估组

应组建一个有经验、经过培训、具备评估能力的评估组实施现场评估活动，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。

评估组员职责包括：

- a) 应遵守相应的评估要求；
- b) 应掌握运用评估原则、评估程序和方法；
- c) 应按计划的时间进行评估；
- d) 应优先关注重要问题；
- e) 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；
- f) 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；
- g) 应将评估发现形成文件，并编制适宜的评估报告；
- h) 应维护信息、数据、文件和记录的保密性和安全性；
- i) 应识别与评估有关的各类风险。

评估组长履行评估组员职责的同时，还应履行以下职责：

- a) 负责编制评估计划；
- b) 负责整个评估活动的实施；
- c) 实施正式评估前对评估组员进行评估方法的培训；
- d) 对评估组员进行客观评价；
- e) 对评估结果做最后决定；

- f) 向受评估方报告评估发现，包括强项、弱项和改进项；
- g) 评估活动结束后发布现场评估结论。

7.3.3 编制评估计划

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。

7.3.4 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。

7.4 正式评估

7.4.1 首次会议

首次会议的目的：

- 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他需要提前沟通的事项。

7.4.2 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。

7.4.3 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。

7.4.4 成熟度等级判定

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：成熟度打分依据见第8章，成熟度等级判定依据详见第6章。

7.4.5 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。

7.5 发布现场评估结果

7.5.1 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，并由评估组确定最终结果。

7.5.2 末次会议

末次会议的目的：

- 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。

7.6 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。

8 成熟度等级判定

8.1 成熟度要求评分方法

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如表10所示。

表 10 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

8.2 评估域权重

根据铸造企业的特点，给出了铸造企业主要评估域及权重，如表11所示。

表 11 铸造企业主要评估域及权重表

能力要素	能力要素权重范围	能力域	能力域权重	能力子域	能力子域权重范围
人员	6%	组织战略	50%	组织战略	100%
		人员技能	50%	人员技能	100%
技术	11%	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	6%	装备	50%	装备	100%
		网络	50%	网络	100%
制造	77%	生产	65%	产品设计	10%
				工艺设计	90%
				采购	11%
				计划与调度	20%
				生产执行	33%
				设备管理	8%
				仓储配送	12%
				安全环保	8%
				能源管理	8%
				物流	6%
销售	8%				
服务	6%	客户服务	100%		

8.3 计算方法

评估域得分为该评估域每条要求得分的算术平均值，评估域得分按式（1）计算：

$$D = \frac{1}{n} \sum_1^n X \dots\dots\dots (1)$$

式中：

D——评估域得分；

X——评估域单个要求的得分；

n——评估域要求的个数。

能力域的得分为该域下评估域得分的加权求和，能力域得分按式(2)计算：

$$C = \sum (D \times \gamma) \dots\dots\dots (2)$$

式中：

C——能力域得分；

D——评估域得分；

γ ——评估域权重。

能力要素的得分为该要素下能力域的加权求和，能力要素的得分按式(3)计算：

$$B = \sum (C \times \beta) \dots\dots\dots (3)$$

式中：

B——能力要素得分；

C——能力域得分；

β ——能力域权重。

成熟度等级的得分为该等级下能力要素的加权求和，成熟度等级的得分按式(4)计算：

$$A = \sum (B \times \alpha) \dots\dots\dots (4)$$

式中：

A——成熟度等级得分；

B——能力要素得分；

α ——能力要素权重。

8.4 成熟度等级判定方法

当被评估对象在某一等级下的成熟度得分超过评分区间的最低分视为满足该等级要求，反之，则视为不满足。在计算总体分数时，已满足的等级的成熟度得分取值为1，不满足的等级的成熟度得分取值为该等级的实际得分。智能制造能力成熟度总分，为各等级评分结果的累计求和。评分结果与能力成熟度对应关系如表3所示。

根据表12给出的分数与等级的对应关系表，结合实际得分S，可以直接判断出企业当前所处的成熟度等级。

表 12 分数与等级的对应关系

成熟度等级	对应评分区间
五级（自治级）	4.8≤S≤5
四级（优化级）	3.8≤S<4.8
三级（集成级）	2.8≤S<3.8
二级（自动级）	1.8≤S<2.8
一级（流程级）	0.8≤S<1.8