ICS 35.240.50
CCS L 70

DB14

山 西 省 地 方 标 准

DB14/T 3031—2024

锻造企业智能制造能力成熟度评价与改进指南

2024-06-12 发布　　2024-09-10 实施

山西省市场监督管理局　发 布

目　次

前言 II
1 范围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语和定义 2
4 缩略语 2
5 评价原则 2
6 评价内容 3
7 评价方法 3
8 评价组织实施 4
9 改进 8
附录 A（规范性） 典型锻造企业能力成熟度分级要求 11
附录 B（资料性） 锻造企业设备数据采集模型 22
附录 C（资料性） 智能制造调查问卷（样式） 24
附录 D（资料性） 评价报告（模版） 26
附录 E（资料性） 改进工具列表 28
参考文献 29

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这些专利的责任。

本文件由山西省工业和信息化厅提出、组织实施和监督检查。

山西省市场监督管理局对标准的组织实施情况进行监督检查。

本文件由山西省装备制造业标准化技术委员会（SXS/TC07）归口。

本文件起草单位：定襄县宇特法兰有限公司、山西恒跃锻造有限公司、太原指南者企业管理咨询有限公司、山西晨辉锻压设备制造股份有限公司、中国船级社质量认证有限公司山西分公司、山西省高质量转型发展研究院。

本文件主要起草人：郑勇、杨向东、郑西昌、乔温泉、郑媛、张雅玲、李小葡、郑志伟、张宏涛、贾岑、李云海、兰茂林、薄培文。

锻造企业智能制造能力成熟度评价与改进指南

1 范围

本文件给出了对锻造企业智能制造能力成熟度的评价，包括评价原则、评价内容、评价方法、评价组织实施、改进等的指导性方法。

本文件适用于锻造企业开展智能制造能力成熟度评价，包括等级认定，以及改进提升。

本文件不适用于对锻造产业集群智能制造水平的评价。

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 2587 用能设备能量平衡通则

GB/T 8222 用电设备电能平衡通则

GB/T 8541 锻压术语

GB/T 9124.1—2019 钢制管法兰 第1部分：PN系列

GB 13318 锻造生产安全与环保通则

GB/T 19001—2016 质量管理体系 要求

GB/T 23331 能源管理体系 要求及使用指南

GB/T 24001 环境管理体系 要求及使用指南

GB/T 34358 自由锻件、辗轧环件热态尺寸测量

GB/T 37393—2019 数字化车间 通用技术要求

GB/T 38129—2019 智能工厂 安全控制要求

GB/T 39116—2020 智能制造能力成熟度模型

GB/T 39117—2020 智能制造能力成熟度评估方法

GB/T 40647—2021 智能制造 系统架构

GB/T 41251 生产过程质量控制生产设备全生命周期管理

GB/T 41252—2022 离散制造能效评估方法

GB/T 41255 智能工厂 通用技术要求

GB/T 41257 数字化车间功能安全要求

GB/T 41258 离散制造能效数据模型

GB/T 41260 数字化车间信息安全要求

GB/T 41272—2022 生产过程质量控制 质量数据通用接口

GB/T 41392—2022 数字化车间可靠性通用要求

GB/T 41665—2022 制造执行系统模块化框架

GB/T 42128—2022 智能制造 工业数据 分类原则

GB/T 42136—2022 智能制造 远程运维系统通用要求

GB/T 42137—2022 离散型智能制造能力建设指南

GB/T 42199—2022 智能制造 大规模个性化定制 设计要求

GB/T 42200—2022 智能制造 大规模个性化定制 生产要求

GB/T 42383.1—2023 智能制造 网络协同设计 第 1 部分 通用要求
GB/T 43389 市场、民意和社会调查数据分析方法
GB/T 43391 市场、民意和社会调查调查报告编制指南
GB/T 43554 智能制造服务 通用要求
GB/T 45001 职业健康安全管理体系 要求及使用指南
AQ/T 7009 机械制造企业安全生产标准化规范
JT/T 1295 道路大型物件运输规范
DB14/T 2473 基于智能制造 产品设计数据管理要求
DB14/T 2553 法兰锻造企业信息化建设指南
DB14/T 2672 法兰锻造企业资源综合利用通用要求

3 术语和定义

GB/T 8541、GB/T 39116-2020 和 GB/T 39117-2020界定的术语和定义适用于本文件。

4 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)
CAD：计算机辅助设计(Computer Aided Design)
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：射频识别技术（俗称电子标签）(Radio Frequency Identification)
SDN：软件定义网络(Software Defined Network)

5 评价原则

5.1 科学性

在对锻造企业智能制造能力成熟度进行评价时，要保证评价指标可以反映出评价模型，评价指标既不偏离智能制造的理论基础，又与锻造行业特征和锻造企业的业务流程相适宜。

5.2 目的性

帮助锻造企业进行自我诊断，发现自身需要改善的方向，对锻造产业的转型升级提供有效而科学的指导。

5.3 可操作性

评价指标需要可测量或可评价。锻造企业应当易于根据评价指标进行自我评价，并应尽量减少评价过程所带来的成本及花费。

5.4 可扩展性

评价准则应当可以适应未来时代发展，可以在锻造企业智能制造能力成熟度模型上进行一定范围的扩充与深化，进一步完善评价体系，也可视被评价的锻造企业的实际情况来细化评价标准。

6 评价内容

应基于附录 A 给出的典型锻造企业智能制造能力成熟度要求，针对所确定的评估域开展评价。本文件基于 GB/T 39116-2020 中 第 4 章规定的模型，根据锻造企业的一般业务活动裁剪得出了典型锻造企业的智能制造能力成熟度评估域，如表 1 所示。

针对确定的评价对象，根据所评价的锻造企业的业务活动，可对表 1 所示典型锻造企业的智能制造能力成熟度评估域基础做适当裁剪，确定拟评价的锻造企业的适用评估域。其中人员要素、技术要素和资源要素下的能力域和评估域中，除小型企业可裁剪组织战略外，其他均不可裁剪；制造要素下生产能力域和评估域不可裁剪，设计能力域下工艺设计评估域不可裁剪，其他能力域和评估域可裁剪。

表1 典型锻造企业的智能制造能力成熟度评估域

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	工装模具设计	采购与分包	计划与调度	生产作业	设备管理	安全环保	能源管理	仓储	物流	销售	客户服务

7 评价方法

7.1 评分方法

评价组应将采集的证据与确定评估域的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 2 所示。

表 2 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（FI）	1
大部分满足(LI)	0.8
部分满足(PI)	0.5
不满足(NI)	0
不适用（NY）	-

7.2 评估域权重

根据锻造企业的特点，给出了锻造企业主要评估域及权重如表 3 所示。

为便于评估打分并计算，将表 3 所示全部能力要素和评估域的总分值设定为1000分，任一能力要素的总分值为其权重值与1000分的乘积；任一能力域分值为其占所属要素中权重值与该要素分值的乘积；同理，任一评估域的分值为其占所属能力域域中权重值与该能力域分值的乘积。

表 A.1~A.8 中,给出了在各评估域的每一评估项的分值，任一评估域的任一等级中各评估项分值相加，应等于该评估域的分值。

注：为表 A.1~A.8 中分值设置而进行的计算，其结果采用四舍五入，修约到0.1分。

表 3　锻造企业主要评估域及权重表 [a]

能力要素	能力要素权重范围	能力域	能力域权重	评估域	评估域权重范围
人员	6%	组织战略	40%	组织战略	100%
		人员技能	60%	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	85%	装备	100%
		网络	15%	网络	100%
制造	77%	设计	15%	产品设计	15%
				工艺设计	55%
				工装模具设计	30%
		生产	55%	采购和分包	18%
				计划与调度	15%
				生产作业	25%
				设备管理	20%
				安全环保	10%
				能源管理	12%
		物流	13%	仓储	50%
				物流	50%[b]
		销售	12%	销售	100%
		服务	5%	客户服务	100%

[a] 权重的分配是按要素——能力域——评估域的次序进行的，按第 6 章规定裁剪能力域的，不改变所属要素按本表分配的权重，同理，裁剪评估域的，不改变所属能力域按本表分配的权重。

[b] 当锻造企业物流作业主要为风电法兰等大型货物运输时，评估机构可在本标准基础上适当调整提高物流能力域权重分配，提高物流评估域的权重，降低仓储评估域的权重。

7.3　计算方法和工具

按照 GB/T 39117—2020 中 6.3 条给出的方法进行计算。适用时，可使用评估软件系统等评估工具。

7.4　成熟度等级判定

按照 GB/T 39117—2020 中 6.4 条给出的方法进行判定。

8　评价组织实施

8.1 概述

8.1.1 评价分类

按评价实施方和被评价方的关系及评价结果的用途可将评价分为下列三类。

a) 第一方评价。被评价方自行组织或委托外部机构对本企业进行的评价，评价结果不包括向社会出具具有公信力的证明。
b) 第二方评价。被评价方的客户或相关方组织或委托外部机构对被评价方进行的评价，评价结果仅由委托方使用。
c) 第三方评价。出于向社会出具具有公信力证明目的而进行的评价。

8.1.2 评价程序

评价活动宜按本文件 8.2~8.4 和 GB/T 39117—2020 第 5 章给出的程序进行。

8.2 策划和准备

8.2.1 概述

评价策划和准备工作包括：

a) 组建评价团队；
b) 确定评估域；
c) 编制评价方案；
d) 问卷调查。

8.2.2 组建评价团队

应按下列规定组建评价团队实施评价活动：

a) 评价团队应由评价组织方负责组建；
b) 应在评价团队内指定一名评价组长；
c) 评价团队成员应有智能制造相关的知识和经验；
d) 应对评价团队进行评价工作相关的培训，确保其具备所需的评价能力；
e) 评价人员数量应为奇数；
f) 适用时，评价团队的构成可同时包含内部和外部专家。

8.2.3 确定评估域

评价团队根据制造企业的业务特点，按第 6 章的规定，确定评估域。被评价方可参与确定评估域的活动。

8.2.4 编制评价方案

评价团队应在实施评价前，按下列要求编制评价方案。应将评价方案形成书面文件，由委托方和被评价方确认。

a） 评价方案包括事务性安排和技术性方案两部分。事务性安排至少包括：
   1） 评价目的；
   2） 评价范围；
   3） 评价任务；
   4） 评价实施日程；
   5） 评价团队及成员；
   6） 评价日程安排。
b) 技术性方案至少包括：
   1） 评价域的评价要求列表；

2） 评价要求的细分细则列表；
3） 评价依据；
4） 评价方法；
5） 改进需求分析程序；
6） 改进工具选择原则；
7） 备选的改进工具库列表。

8.2.5 问卷调查

问卷调查应采用标准化调查问卷进行，评价机构应基于了解多家锻造企业智能制造实施基本情况的基础上，策划调查方案并编制适用的标准化调查问卷，需要时，标准化调查问卷可附加已编制的评价方案中的关键技术内容。推荐的调查问卷（样式）见附录 C。

调查方案宜明确调查工作程序、调查方式、抽样框架以及推荐采用的抽样技术，适用时，还宜给出抽样数量的确定原则，明确最小样本占比或数量。

示例：采用整群抽样技术，选择在定襄法兰锻造产业集群内进行问卷调查，最小样本数量不少于该产业集群内锻造企业总数的 10%。

问卷调查常用的调查方式包括但不限于下列一种或几种：

——派员访问调查；
——电话调查；
——邮寄调查；
——网络调查。

宜按 GB/T 43389 给出的方法分析处理数据，以 GB/T 43391 为指导，编制、发布调查报告。

8.3 实施评价

8.3.1 评价流程

评价工作应从收集信息开始，到得出评价结论为止，通常一次评价工作应在 2~5 个工作日内完成。图 1 给出了从收集信息到得出评价结论的评价工作流程。

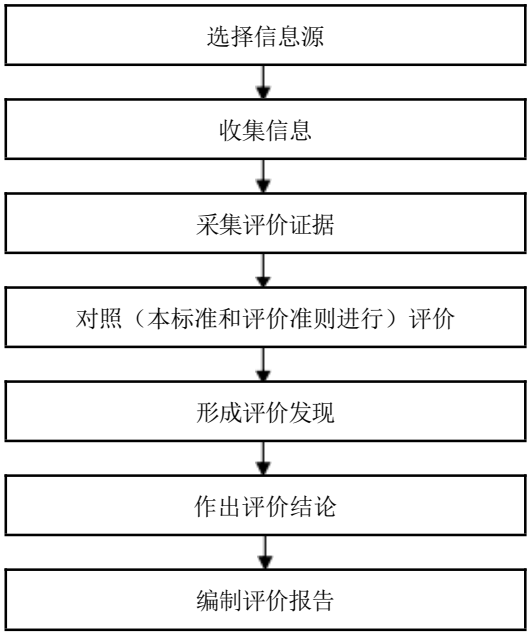

图 1 评价工作流程

8.3.2 选择信息源

评价组可根据评价的范围和复杂性选择不同的信息源。信息源一般包括：

——与员工和其他人员交谈；

——观察活动和周围的工作环境与条件，例如：生产线智能化运行、智能化物流、原材料、零部件流转；

——文件，例如智能制造的方针、目标、计划、程序、标准、指导书、执照和许可证、规范、图纸、合同和订单；

——记录，例如有智能制造相关的生产检验记录、会议纪要、评价报告、监视方案和测量结果记录；

——数据汇总、分析和绩效指标；

——有关被评价方抽样计划和抽样、测量过程的控制程序的信息；

——其它来源的报告，例如顾客的反馈，外部调查与测量，来自外部机构和供应商评级的其它信息；

——工业互联网平台运行；

——智能终端运行；

——生产管理系统运行；

——数据库和网站；

——模拟和建模。

8.3.3 收集信息

在实施评价的过程中，评价组应通过适当的方法收集并验证与智能制造有关的信息，包括与智能制造相关的职能、活动和过程间接口有关的信息。

8.3.4 采集评价证据

评价组应基于收集的信息进行评价证据采集。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。收集信息的方法包括：

——面谈；

——观察；

——文件（包括记录）评审。

8.3.5 对照评价

评价组应按 GB/T 39117—2020 中 5.2、5.3、5.4 给出的方法进行评价，包括就采集的评价证据，对照本标准规定的智能制造评价准则和细则，逐项、逐条进行评价，并将采集的证据与其满足程度进行对比，通过评分、计算，获得评价结果。

正式评价时，宜首先通过首次会议对评价活动做出相应的安排和说明，完成安排的评价活动后，宜通过末次会议总结评价工作，并发布评价结果和结论。

8.3.6 形成评价发现

评价组应就评价结果形成评价发现。评价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。评价组应对评价发现达成一致意见，必要时在适当阶段进行组内沟通。

8.3.7 作出评价结论

评价组应综合评价发现，形成评价结论。评价结论应按 7.4 明确评价对象的智能制造能力成熟度等级。

8.3.8 编制评价报告

评价组完成预期评价后，应编制评价报告，评价报告的结构和内容可参照附录 D 给出的评价报告模板。评价报告应：

a） 由评价组编制；

b） 由评价负责人批准；

c） 向评价委托方报告；
d） 适当时，可为相关方获取。

8.4 再评价

8.4.1 评价周期

应依据以下因素确定两次评价的时间间隔，按可预期、相对稳定的周期，开展可持续的再评价：
a) 锻造企业的总体发展战略；
b） 锻造企业智能制造推进规划；
c） 智能制造推进目标的实现情况；
d） 上次评价的结果和结论；
e） 改进措施的实施集跟踪验证情况；
f） 评价对象最高管理者的安排；
g） 适用时，考虑智能制造评价周期与锻造企业其它管理体系评审的周期相协调的可能性。

8.4.2 再评价程序

再评价一般采用与初次评价相同的程序和方法进行。锻造企业不应将再评价视为重复评价，而应作为对持续提升的更高层级的智能制造能力的再次验证。

9 改进

9.1 概述

随着企业的不断成长，锻造企业应以本标准给出的成熟度要求为指引，并借鉴行业内最佳成功实践经验，在对本企业当前智能制造能力成熟度进行评估诊断的基础上，分析评估诊断结果，识别改进需求，确定改进方向，将通盘考虑长远目标和持续化设定阶段性目标相统一，规划本企业智能化提升的实施路径和能力建设新要求，策划、实施改进提升方案并验证总结改进绩效，把握智能化建设关键要点，采用最新技术赋能智能制造，持续提升智能制造能力成熟度水平。

9.2 改进原则

智能制造持续改进宜遵循下列原则：
a） 锻造企业识别改进需求、确定改进方向时，既要有优先重点建设，又要均衡发展，还要关注其短板能力；
b） 确定智能制造改进目标、制定改进方案时，应基于企业当前的阶段，循序渐进，按成熟度模型的等级特征，在评估诊断确定的当前等级基础上，逐级提升能力，不宜设定跳跃式或跨越幅度大的目标和方案；
c） 锻造企业实施智能制造建设、改进应分步骤，有序进行，包括厘清不同业务、多项要素及建设项目之间的内在联系，规划先后次序；
d） 锻造企业智能制造的改进应具有纵深性，不断增强对同一业务的智能化应用能力；
e） 应充分借鉴行业内智能制造的最佳实践及成果检验，采用优化的技术路线（见 9.4），致力于实现本文件提出的目标场景（见 9.5）；
f） 适用时，锻造企业宜选择适宜的智能制造解决方案供应商，并利用成熟度模型辨识供应商提供的服务以及解决方案是否满足需求。

9.2 改进循环

智能制造评价——改进循环如图 2 所示。该循环包含了评价准备，实施评价，持续改进，再评价的循环过程，锻造企业应将该过程视为可持续受益的良性循环过程。

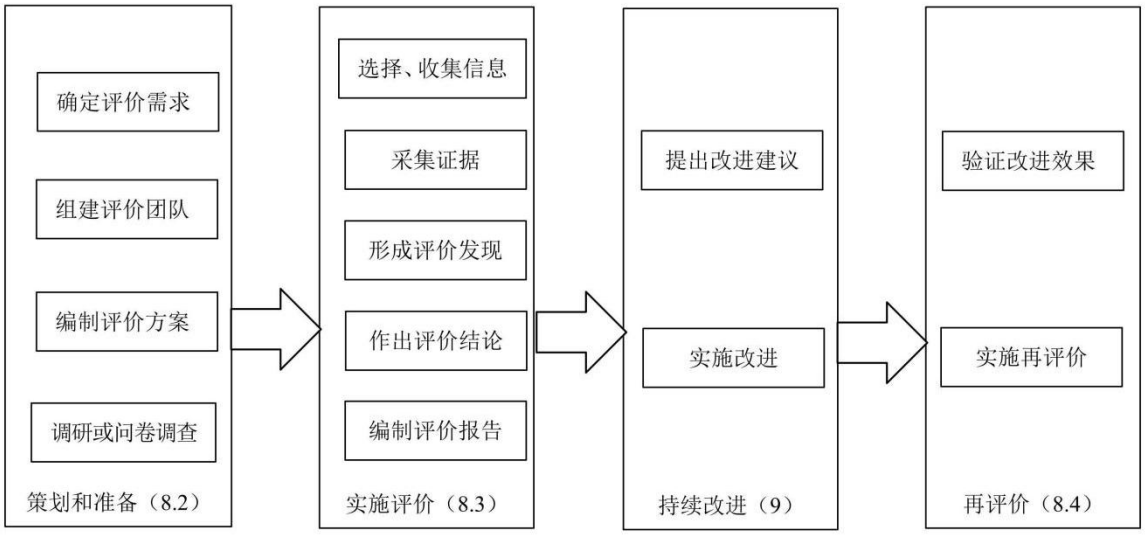

图 2　智能制造评价——改进循环过程

9.3　改进实施

锻造企业应：

a)　组织对评价报告给出的意见和提出的改进建议进行分析，制定或与供应商共同制定改进方案，按方案实施智能制造的改进；

b)　锻造企业应对改进方案或措施的实施情况，以及取得的绩效进行验证，适用时，评价结果应对验证活动提出要求或获得验证过程和结果的相关信息；

c)　锻造企业应通过对实施智能制造的持续改进，实现设计、工艺、制造、管理、物流等环节的产品全生命周期闭环动态优化，推进企业数字化设计、装备智能化升级、工艺流程优化、精益生产、可视化管理、质量控制与追溯、智能物流等方面的快速提升。

9.4　技术路线

锻造企业策划智能化建设及改进方案时，应厘清技术路线，选择赋能工具。包括但不限于：

a)　创新工业互联网、5G、人工智能和工业APP融合应用模式与技术；

b)　进行制造装备联网、关键工序数控化等数字化改造；

c)　应用低成本、模块化、易使用、易维护的先进智能装备和系统；

d)　优化工艺流程，实现精益生产、敏捷制造、精细管理和智能决策。

附录 E 推荐了部分可供选用的赋能工具。

9.5　目标场景

锻造企业智能化建设与改进应能实现：

a）　应用新一代信息技术，使其与锻造生产全过程、全要素深度融合；

b）　利用数字化技术改造传统工艺装备及生产线；

c）　在锻造、热处理、机加工等工艺优化中应用数值模拟仿真技术；

d）　开展远程监测、故障诊断、预测性维护、产品质量控制等服务；

e）　中小锻造企业上云、使用平台，实现供应链协同制造和新技术新模式创新应用；

f）　达到引领级的锻造企业开放应用场景，建设数字化协同平台，带动上下游企业同步实施智能制造。

附录 A

（规范性）

典型锻造企业智能制造能力成熟度要求

A.1 成熟度等级

本文件采用 GB/T 39116—2020 第 5 章确定的成熟度等级，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）。

A.2 能力要素

能力要素与典型锻造企业的智能制造能力成熟度评估域（见第 6 章）协调一致。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 个评估域，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 个评估域，物流包括物流1个评估域，销售包括销售 1 个评估域，服务包括客户服务 1 个评估域。

A.3 总要求

A.3.1 锻造企业智能工厂的运营管理，包括智能设计、智能生产、智能物流、智能管理以及系统集成优化等应符合 GB/T 41255 和本文件的要求。

A.3.2 锻造企业应以 GB/T 42137—2022 为指导，建设智能制造能力。包括：

a) 采用 GB/T 42137—2022 第 5 章给出的方法，经智能制造基础能力确认，设定目标，制定路线三个环节进行智能制造能力建设；

b) 应至少基于生命周期和系统层级两个维度开展下列智能制造能力建设：

1) 数据采集能力；

2) 互联互通能力；

3) 数据可视化能力；

4) 数据分析能力；

5) 优化决策能力。

A.4 各评估域的分级要求

A.4.1 概述

A.4.2~A.4.5 给出了分别对应一级到五级的典型锻造企业人员、技术、资源、制造 4 项能力要素的智能制造能力成熟度评价要求。

A.4.2 人员

人员能力要素包括组织战略、人员技能 2 个评估域。人员能力要素按成熟度等级可分为不同等级要求，见表 A.1。

A.4.3 技术

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

A.4.4 资源

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

A.4.5 制造

A.4.5.1 概述

制造能力要素包括设计、生产、物流、销售、服务 5 个能力域。

A.4.5.2 设计

锻造企业的设计需求包括：

a) 锻件产品自行设计；

b) 产品设计转化（例如将客户提供的产品图转化为加工图，将法兰等标准锻件图转化为加工图）；

c) 工艺设计；其中，较多开展的是 b)和 c)。

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

A.4.5.3 生产

生产能力域包括采购和分包、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 个评估域。生产能力域按成熟度等级可划分为不同等级要求，见表 A.5。大规模定制的锻件产品生产，包括订单处理、生产计划与排程、物料管控、生产执行、质量管控等应符合 GB/T 42200—2022 的要求。

A.4.5.4 物流

物流域包括物流、仓储 2 个评估域。物流能力域按成熟度等级可划分为不同等级要求，见表 A.6。

A.4.5.5 销售

销售域包括销售 1 个评估域。销售能力域按成熟度等级可划分为不同等级要求，见表 A.7。

A.4.5.6 服务

服务域包括客户服务 1 个评估域。服务能力域按成熟度等级可划分为不同等级要求，见表 A.8。

A.5 附加要求

A.5.1 锻造企业应：

a) 结合自身实际加快实施智能制造，构建协同联动的工作模式，统筹推进智能制造；

b) 锻造企业实施智能制造宜充分运用区域产业集群、“专业镇”建设等外部环境资源，并与产业链上下游以及行业内企业协同。

A.5.2 锻造行业重点企业和龙头企业应：

a) 在数字化生产、信息化管理基础上，集成应用先进传感、控制及信息管理系统，通过基于数字化模型的工厂设计、产品设计、工艺设计和工业数据分析，以及对整个生产过程的持续优化，构建智能工厂示范，通过机器人数字化等智能制造装备，缩短生产周期、减少设计修改频次、减轻人员劳动强度，降低生产成本，最终达到全自动智能化生产的目的；

b) 应致力于智能场景建设，建立智慧供应链协同平台，打造数据互联互通，生产深度协同，资源柔性配置的供应链；

c) 应加强标准化工作，积极主导或参与智能制造标准的制修订；

d) 与国内外企业及行业组织围绕智能制造技术研发、标准制定、人才培养、应用示范等开展交流合作；

e） 整合重组省内外智能制造研发机构、生产企业、品牌和营销网络，加快自立自强创新发展；
f） 建设企业级安全技术保障平台，致力于与上下游平台实现系统对接、数据共享、业务协作。

表 A.1　人员的成熟度要求

评估域	一级	二级	三级	四级	五级
组织战略 24.0分	a) 应制定智能制造的发展规划,包括近期规划和远期规划；（12分） b) 应对发展智能制造所需的设备设施(例如锻造机器人、热处理机器人、智能加工中心等)、网络等资源进行投资。（12分）	在达到或符合一级的基础上，还应： a) 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,建立适宜本锻造企业的智能制造目标体系，形成具体的实施计划；(12分) b) 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包括设置信息化和智能制造职能部门，配置信息化专门人才和熟悉锻造领域智能制造的专业人员，赋予相应的职权。（12分）	在达到或符合二级的基础上，还应： a) 对智能制造战略的执行情况，目标实现情况，进行监控与评测,并持续优化战略，包括对目标进行的调整；（8分） b) 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；（8分） c) 制定标准化战略，主导或参与制修订锻造企业智能制造相关标准，宣贯实施智能制造标准体系，开展标准化试点，参与国际标准化活动。（8分）		
人员技能 36.0分	a) 最高管理者应使锻造企业全员充分意识到智能制造的重要性；（12分） b) 应纠正锻造生产特征属于离散型因此不适于推动智能制造的偏见；（12分） c) 应培养或引进智能制造发展需要的人员。（12分）	在达到或符合一级的基础上，还应： a) 具有对锻造企业智能制造统筹规划能力的个人或团队；（8分） c) 基于招聘等方式配置掌握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；（8分） c) 制定适宜的锻造+智能制造人才培训体系、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；（8分） d) 参照 GB/T 41272—2022 中 5.6 设置智能制造管理系统人员数据管理接口；（6分） e) 基于贯彻 GB/T 19001—2016 中的7.1.6 等条款，开展知识管理。（6分）	在达到或符合二级的基础上，还应： a) 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；（18分） b) 建立实施并持续保持知识产权管理体系,通过信息技术手段管理各级各类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，包括将个人知识和经验提炼、标准化、信息化，转化为企业的知识，供企业员工共同使用重复使用。（18分）	在达到或符合三级的基础上，还应： a) 建立金属材料、锻造、热处理、机加工等专业知识，以及管理知识，操作技能和经验在内的知识管理平台,实现人员知识、技能、经验的沉淀与传播；（12分） b) 将人员知识、技能和经验进行数字化与软件化；（12分） c) 通过知识产权管理体系认证。（12分）	

表 A.2　技术的成熟度要求

评估域	一级	二级	三级	四级	五级
数据 50.6分	a) 应采集从订单到锻件产品交付全流程业务活动所需的数据；（20分） b) 应应用经验、以及基于贯彻GB/T 19001—2016中的9.1.3等条款，开展数据分析；（20分） c) 应系统整理、保留所采集的数据。（10.6分）	在达到或符合一级的基础上，还应： a) 基于二维码、条形码、RFID、PLC等，实现数据采集；（10.6分） b) 基于 GB/T 41665—2022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；（15分） c) 实现数据及分析结果在部门内在线共享；（10分） d) 生产过程、生产状态质量数据，产品质量数据，设备数据，物料数据的设置及接口应符合GB/T 41272—2022 的相关要求。（15分）	在达到或符合二级的基础上，还应： a) 采用传感技术，实现制造关键环节数据的自动采集，一般应包括在加热炉和热处理炉使用数字热电偶采集温度数据，锻造压力机、辗环机采用传感器采集压力、行程等关键工艺参数；（20分） b) 建立统一的数据编码、数据交换格式和规则等，按 GB/T 42128—2022对数据进行分类管理，整合数据资源，支持跨部门的业务协调；（20分） c) 实现数据及分析结果的跨部门在线共享。（10.6分）	在达到或符合三级的基础上，还应： a) 建立企业级的统一数据中心；适用时，数据中心可建立在第三方云数据平台；（16分） b) 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；（12分） c) 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；（12分） d) 实现主要生产场所和工段建数字化（例如建立数字锻造车间、数字热处理工段等）。（10.6分）	在达到或符合四级的基础上，还应： a) 对数据分析模型实时优化，实现基于模型的精准执行；（20分） b) 采用（适用时制定）数字化锻造工厂标准，建设和运行数字化锻造工厂。（30.6分）
集成 29.7分	a) 应具有系统集成的意识；（10分） b) 应参照 DB/T 2553建立车间制造执行系统（MES），实现计划、调度、质量、设备、生产、能效等管理功能。（19.7分）	在达到或符合一级的基础上，还应： a) 开展系统集成规划，包括网络、硬件、软件等内容；（8分） b) 实现关键业务活动设备系统间的集成；（8分） c) 建立企业资源计划系统（ERP），实现供应链、物流、成本等企业经营管理功能。（13.7分）	在达到或符合二级的基础上，还应达到下列要求。 a) 依据 GB/T 41255 的要求建设智能锻造工厂。（10分） b) 形成符合 GB/T 40647—2021的包括生命周期、系统层级、智能特征三个维度的完整系统集成架构，（10分）其中： 1） 生命周期维度应包含设计、生产、物流、销售、服务； 2） 系统层级维度应包含设备层、单元层、车间层、企业层和协同层； 3） 智能特征维度应包含资源要素、互联互通、融合共享、系统集成和新兴业态。 c) 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。（5分） d) 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。（4.7分）		在达到或符合四级的基础上，还应： a) 建设企业级工业互联网平台，实现内部信息化系统的综合集成以及云化部署，实现生产管控一体化；（10分） b) 通过 ESB 和 ODS 等方式，实现全业务活动的集成；（10分） c) 构建使用人工智能（AI）及服务平台。（9.7分）
信息安全 29.7分	a) 应制定信息安全管理规范，并有效执行；（10分） b) 应成立信息安全协调小组；（10分） c) 数字化锻造车间信息安全应符合GB/T 41260 的要求。（9.7分）	在达到或符合一级的基础上，还应： a) 定期对关键工业控制系统开展信息安全风险评估；（19.7分） b) 在工业主机上安装正规的工业防病毒软件；（5分） c) 在工业主机上进行安全配置和补丁管理。（5分）	在达到或符合二级的基础上，还应： a) 建有工业信息安全管理制度和技术防护体系，具备网络防护、应急响应等信息安全保障能力；（3分） b) 建有功能安全保护系统，采用全生命周期方法有效避免系统失效；（5分） c) 工业控制网络边界应具有边界防护能力；（3分） d) 工业控制设备的远程访问应进行安全管理和加固；（3分） e) 智能制造系统由锻造企业委托专业机构开发并远程运维的，远程运维系统的数据采集、存储、分析、可视化显示，以及系统的功能、系统安全均应符合 GB/T 42136—2022 的要求；（8分） f) 数字化锻造车间功能安全应符合 GB/T 41257的要求。（7.7分）		在达到或符合四级的基础上，还应： a) 工业网络应部署具有深度包解析功能的安全设备；（10分） b) 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；（9.7分） c) 企业自建网络应采用具备自学习、自优化功能的安全防护措施。（10分）

表 A.3　资源的成熟度要求

评估域	一级	二级	三级	四级	五级
设施设备 51.0分	a）应在锻造、热处理、机加工等关键工序应用自动化设备；适用时使用工业机器人；（30分） b）应对关键工序设备形成技改方案。（21分）	在达到或符合一级的基础上，还应： a）在锻造、热处理、机加工等关键工序应用数字化设备；（20分） b）关键工序设备（例如锻造加热炉、热处理炉、锻造压力机、辗环机、加工中心等）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；（20分） c）关键工序设备资料齐全。（11分）	在达到或符合二级的基础上，还应： a）锻造、热处理、机加工等关键工序设备实现联网；（10分） b）关键工序设备程序版本应受控；（6分） c）关键工序设备的基本交互参数应完备；（6分） d）关键工序设备应满足本地与远程的人机交互、数据管理与通信需要；（6分） e）采用 GB/T 37393-2019 的技术要求进行数字化车间的设计、建设、运行，其可靠性应符合 GB/T 41392-2022 的要求；（15分） f）建立每台/套关键工序设备的动态档案。（8分）	在达到或符合三级的基础上，还应： a）锻造企业车间的总体设计、工艺流程及布局均建立数字化模型，并进行模拟仿真，实现规划、生产、运营全流程数字化管理；（15分） b）锻造压力机、辗环机等关键工序设备数控化率接近国际先进水平，具有预测性维护功能；（11分） c）锻造、热处理、机加工等关键工序设备具有远程监测和远程诊断功能,可实现故障预警；（10分） d）实现符合 GB/T 41251 的生产设备全生命周期管理。（15分）	在达到或符合四级的基础上，还应： 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；（20分） 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；（10分） c）锻造压力机、辗环机等关键工序设备数控化率达到国际先进水平，并实现高档数控机床与工业机器人、智能传感与控制装备、智能检测与装配装备、智能物流与仓储装备等关键技术装备之间的信息互联互通与集成。（21分）

网络 9.0分	应实现锻造企业办公网络（含车间内办公）全覆盖。（9分）	在达到或符合一级的基础上，还应： a) 建立锻造工厂内部通信网络架构，实现工业控制网络和生产网络覆盖；（4分） b) 实现设计、工艺、制造、检验、物流等制造过程各环节之间，以及制造过程与企业资源计划系统（ERP）和制造执行系统（MES）的信息互联互通。（5分）	在达到或符合二级的基础上，还应： a) 建立工业控制网络、生产网络和办公网络的防护措施,包括不限于网络安全隔离、授权访问等手段；（3分） b) 网络具有远程配置功能,应具备带宽、规模、关键节点的扩展和升级功能；（3分） c) 网络能够保障订单、生产计划、生产进度、质量控制、锻件交付等关键业务数据传输的完整性。（3分）	在达到或符合三级的基础上，还应： a) 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；（4分） b) 建设5G+工业互联网网络设施，实现锻造企业内网的IT化、扁平化、无线化、柔性化，推动高带宽虚拟专网、工业无源光网络（PON）等工业应用，打通信息孤岛、数据烟囱，实现更广泛的互联互通。（5分）

表 A.4　设计的成熟度要求

评估域	一级	二级	三级	四级	五级
产品设计 17.3分	a) 应根据用户需求,结合锻造企业的经验进行散件、非标准件设计；（7.3 分） b) 应制定标准锻件(例如标准尺寸锻造法兰、锻制管件)转化设计的相关规范,并有效执行。（10 分）	在达到或符合一级的基础上，还应： a) 根据用户需求，基于计算机辅助三维建模，开展非标准锻件的产品设计优化；(7.3 分) b) 依据锻造工艺的技术特点进行产品分析，开展锻件产品锻造参数（例如、始锻温度、终端稳定、锻造比等）设计优化。（10 分）	在达到或符合二级的基础上，还应： a) 基于锻件产品需求，建立相关数据库，开展产品性能（例如几何尺寸、理化性能）和锻造参数的改进方案设计；（7.3 分） b) 用数字化三维设计与工艺技术进行锻件产品、工艺设计与仿真，并通过理化检测与试验进行验证与选代优化。（10 分）	在达到或符合三级的基础上，还应： a) 通过信息系统间的集成，实现顾客产品信息收集、设计方案确认、仿真及产品使用验证等活动的协同开展；建立产品数据管理系统（PDM），实现产品设计、工艺数据的集成管理；（5.3 分） b) 基于各种产品需求建立锻件产品性能、安全绿色、材料适用性、成本效率的知识库；（4 分） c) 大规模定制的锻件产品设计符合 GB/T 42199—2022 的要求。（8 分）	在达到或符合四级的基础上，还应： a) 建立锻件产品设计云平台,实现用户、钢坯等供应商等多方信息交互、协同设计和产品创新，协同设计遵循 GB/T 42383.1—2023 中 5.2 的要求；（7.3分） b) 基于AR/VR、人工智能等技术实现拓扑优化、性能提升、材料替代或产锻件品性能的大幅改善的设计优化。（10分）

工艺设计 63.5分	a） 应基于锻件图纸或工艺设计数据开展工艺设计和优化；（15分） b） 应制定工艺设计过程相关规定；（15分） 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；（18.5分） d） 宜创新或采用锻造新工艺新技术（例如采用仿形轧制工艺生产大型环形锻件）。（15分）	在达到或符合一级基础上，还应： a) 基于计算机辅助开展工艺设计和优化；（10分） b） 基于典型锻件或锻件材质建立锻造工艺模板，实现关键锻造工艺设计信息的重复使用；（10分） b） 实现锻造工艺不同环节（如下料、加热、锻造、热处理、机加工等）之间的并行设计；（10分） d) 设计数据管理应符合DB14/T 2473 的要求，其中标准产品（例如法兰）的设计数据管理应包含适用的标准信息（例如包含GB/T9124.1—2019 中3.2 公称尺寸的信息）。（33.5分）	在达到或符合二级的基础上，还应： a) 通过锻造工艺设计数字化管理系统，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；（20分） b) 建立典型锻造工艺流程、参数、资源等关键要素的知识库（如典型工艺库，标准库，典型缺陷库等），并能以结构化的形式展现、查询与更新；（20分） c） 基于锻造工艺的数字化模型开展锻造、热处理、机加工等关键过程的仿真分析及迭代优化。（23.5分）	在达到或符合三级的基础上，还应： a) 实现基于锻造相关模型（如工步、火次系统等）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；（15分） b) 基于锻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、工艺方案策划和锻造工艺设计提供决策支持；（15分） c) 实现基于三维模型的锻造工艺全要素，包括锻造比、工步、火次、制坯、冲孔、成型、热处理等的仿真分析及迭代优化；（18.5分） d） 基于锻造工艺设计、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。（15分）	在达到或符合四级的基础上，还应： a) 基于锻造工艺知识库的集成应用，辅助工艺优化；（15分） b) 基于锻造工艺、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；（15分） c) 建立锻造工艺设计云平台，实现跨区域、跨平台的协同工艺设计；（15分） d) 实现锻造工艺设计智能化。（18.5分）
工装模具设计 34.7分	使用电脑设计工装模具。（34.7分）	在达到或符合一级基础上，还应： a) 使用CAD等软件进行建模，设计工装模具；（20分） b) 设计图以电子文档在系统中被审核、批准并使用。（14.7分）	在达到或符合二级的基础上，还应采用集成智能化框架技术，自动调用有限元分析代码进行工装模具设计。（34.7分）	在达到或符合三级的基础上，还应采用智能化集成技术实现工装、模具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。（34.7分）	在达到或符合四级的基础上，还应建立锻造工艺设计云平台，实现工装、模具跨区域、跨平台的协同设计。（34.7分）

表 A.5　生产的成熟度要求

评估域	一级	二级	三级	四级	五级
采购和分包 76.2分	a） 应根据产品、物料需求和库存等信息制定采购计划需要时，确定工序分包需求，制定分包计划；（25分） b） 应实现对采购订单、采购、分包合同和供应商等信息的管理；（25分） c） 应建立合格供应商和分包方管理机制，进行季度或年度评价和再评价，并有效执行；（26.2分） **注：**锻造企业原材料钢坯的供方可包括钢坯生产方或经销方。	在达到或符合一级的基础上，还应： a） 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；（20.2分） b） 通过信息系统实现对分包方的业务委托和分包过程质量控制；（20分） c） 通过信息技术手段，实现供应商的寻源、评价和确认；（20分） d） 按 GB/T 43554的要求选择、评价智能制造服务供方。（16分）	在达到或符合二级的基础上，还应： a） 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；（15分） b） 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；（15分） c） 基于数字化系统建立钢锭、钢坯等主要原辅材料价格监控机制（如历史采购价格、市场价格行情），制定采购策略；（15分） d） 通过信息系统对原材料进行入场复验，包括原材料批次识别、抽样、取样信息，委托检验，检验结果确认等；（15分） e） 将分包工序产品与自行制造的工序产品统一于同一信息系统。（16.2分）	在达到或符合三级的基础上，还应： a） 锻造企业通过与供应商的销售系统集成，实现协同供应链；（26.2分） b） 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；（25分） c） 基于信息系统的数据，优化供应商和分包方评价模型。（25分）	在达到或符合四级的基础上，还应： a） 实现锻造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；（26.2分） b） 实现采购模型和供应商评价模型的自优化；（25分） c） 锻造企业有多家分包方的，建立运行平台及信息系统，与分包方协同，或在分包方设立平台终端，对分包过程进行信息化管理。（25分）
计划与调度 63.5分	a） 应基于销售订单和销售预测等信息，编制主生产计划；（30分） 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。（33.5分）	在达到或符合一级的基础上，还应： a） 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；（30分） b） 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；（17分） c） 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。（16.5分）	在达到或符合二级的基础上，还应： a） 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；（15分） b） 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；（15分） c） 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（例如生产延时、产能不足等）的自动预警，并支持人工对异常的调整；（18.5分） d） 基于TOC方法，通过信息系统对瓶颈工序进行管理。（15分）	在达到或符合三级的基础上，还应： a） 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；详细生产作业计划应具体到下料、锻造、热处理、机加工各班组；（33.5分） b） 通过信息化系统实时监控锻造生产过程的计划、质量、设备、环境安全、成本、人员等要素，实现对异常情况的自动决策和优化调度。（30分）	在达到或符合四级的基础上，还应： a） 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；（30分） b） 通过统一平台，基于产能模型、供应商评价模型等，自动生成产业链材料、模具、锻造、热处理、机加工等上下游企业的锻造生产作业计划，并支持锻造企业间生产作业计划异常情况的统一调度。（33.5分）

表 A.5（第 2 页/共 3 页）

评估域	一级	二级	三级	四级	五级
生产作业105.9分	a) 应制定锻造生产作业相关规范，并有效执行；（25分） b) 应记录锻造、热处理、机加工等关键工序的生产过程信息；（25分） c) 应通过信息系统记录锻造生产过程信息，实现每一批次生产过程可追溯。（25分） 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（如原材料，锻坯和锻件产品）。（30.9分）	在达到或符合一级的基础上，还应： a) 通过信息技术手段，将锻造工艺文件（图纸、工艺卡、作业指导书等）下发到生产单元；（25分） b) 基于信息技术手段，实现锻造生产过程关键物料、设备、人员等的数据采集，并上传到信息系统（如原材料质量，锻压机、热处理炉、车床等设备参数，作业人员技能信息）；（25分） c) 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（如下料尺寸和单重检验、锻坯尺寸检验、热处理、机加工等关键过程的质量检验，无损检测、理化检验等）；（25分） d) 实时采集锻件产品原辅料、生产过程质量信息，结合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，进行锻件产品的缺陷分析，提出改善方案。（30.9分）	在达到或符合二级的基础上，还应： a） 建立锻件生产过程数据采集和分析系统，实现生产进度、现场操作、质量检验、设备状态、物料传送等生产现场数据自动上传，并实现可视化管理；（30.9分） b） 根据生产作业计划，自动将锻造工艺文件（图纸、工艺卡、作业指导书等）下发到各生产单元的相关信息化系统或电子看板；（25分） c） 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；（25分） d） 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（例如按GB/T 34358 给出的方法对自由锻件、辗轧环件进行非接触式热态尺寸测量），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。（25分）	在达到或符合三级的基础上，还应： a） 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；（25分） b） 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；（25分） c） 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；（30.9分） d） 在适用的生产作业工段，使用机器人代替人工作业（例如在批量模锻工段、在数控机加工车间、在表面处理和涂漆车间使用机器人）。（25分）	在达到或符合四级基础上，包括： a） 宜实现锻造生产资源自组织、自优化，满足柔性化、个性化生产的需求；（35分） b） 应基于人工智能、大数据等技术，实现锻造生产过程非预见性异常的自动调整；（35.9分） c） 基于模型实现锻造质量知识库自优化。（35分）
设备管理84.7分	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。(84.7分)	在达到或符合一级的基础上，还应： a） 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；（20分） b） 通过设备状态检测结果，合理调整设备维护计划；（20分） c） 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。（44.7分）	在达到或符合二级的基础上，还应： a） 基于设备联网和设备的数据采集，构建工位级数字化管理单元及群组，实现关键设备设备状态、加工效率、设备核心参数等信息化管理，同时建设设备数字化管理应用，实现设备数字化互联互通升级；（15分） b） 实现关键设备的关键运行参数(天然气流量、空气系数、加热炉温度，热处理炉电压、电流、升温曲线等)数据的实时采集、故障分析和远程诊断；（15分） c） 依据设备关键运行参数等，实现设备综合效率（OEE）统计；（10分） d） 建立设备故障知识库，并与设备管理系统集成；（10分） e） 依据关键设备运行状态及故障报警级别自动生成检修单，实现基于设备运行状态的检修维护闭环管理；（10分） f） 可参照附录 B 建立锻造企业设备数据采集模型。（24.7分）	在达到或符合三级的基础上，还应： a) 基于设备联网，对设备进行数据采集，实现设备状态、效率数据分析应用管理；（24.7分） b) 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；（20分） c) 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；（20分） d) 构建智能化能源管理体系，采集、分析电与天然气能耗数据。（20分）	在达到或符合四级的基础上，还应采用机器学习、神经网络等，实现设备运行模型的自学习、自优化。（84.7分）

表 A.5（第 3 页/共 3 页）

评估域	一级	二级	三级	四级	五级
安全环保 42.4分	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；（12.4分） b） 应依据 GB/T 24001，GB/T 45001，以及 GB 13318 建立锻造企业环境与职业健康安全管理体系；（20分） c） 智能锻造工厂的安全控制还应符合 GB/T 38129—2019 的要求。（10分）	在达到或符合一级的基础上，还应： a） 通过信息技术手段,对锻造过程中职业健康安全的风险点及隐患排查进行管控；（12.4分） b） 锻造车间布局设计符合安全环保法律法规要求，应配置除尘、脱硝等环保设施和安全防护装置及个体防护装置；（10分） c） 通过信息技术手段实现环保管理，对锻造过程中热辐射、废气、粉尘、噪声等的数据采集和存储。（20分）	在达到或符合二级的基础上，还应： a） 建立锻造行业的法律、法规、标准、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；（10分） b） 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；（10分） c） 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；（10分） d） 按 AQ/T 7009 要求建立安全标准化化体系。（12.4分）	在达到或符合三级的基础上，还应： a） 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；（15分） b） 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（如氮氧化物排放浓度的集成分析）；（15分） d） 安全标准化评价达到三级以上。（12.4分）	在达到或符合四级的基础上，还应： a） 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；（20分） b） 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。（22.4分）
能源管理 50.8分	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；（20 分） b） 适用时，应实施 DB14/T 2672 ，对资源和能源进行综合管理。（30.8 分）	在达到或符合一级的基础上，还应： a） 依据 GB/T 41258，建立锻造企业能效数据模型，通过运行该系统,对生产过程中主要能源的使用、转化开展数据采集和计量；（20.8分） b） 参照附录 B 建立电能和燃气等重点能源消耗的动态监控和计量；（10分） c） 实现重点高能耗设备（例如锻造加热炉、热处理炉、压力机、辗环机等）、系统等的动态运行监控；（10分） d） 对有节能优化需求的设备实时计量，基于计量结果进行节能改造。（10分）	在达到或符合二级的基础上，还应： a） 依据 GB/T 23331建立、实施、保持并持续改进能源管理体系；（20.8分） b） 对高能耗设备（例如锻造加热炉、热处理炉、压力机、辗环机等）能耗数据进行统计与分析，制定合理的能耗评价指标；（10分） c） 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，使能源使用和生产活动匹配，实现能源调度；（10分） d） 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。（10分）	在达到或符合三级的基础上，还应依据 GB/T 41252—2022 开展能效评估，基于评估结果分析,实施改进措施，提高能效水平（22.8分）。包括： a） 建立节能模型，实现能源的精细化和可视化管理；（13分） b） 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。（15分）	在达到或符合四级的基础上，还应： a） 按 GB/T 2587 给出的方法，对锻造用天然气等能源进行平衡管理；（20分） b） 按 GB/T 8222 给出的方法，对锻造用电进行平衡管理；（20.8分） c） 实现能源的动态预测和平衡，并指导生产。（10分）

表 A.6　物流的成熟度要求

评估域	一级	二级	三级	四级	五级
仓储 50.1分	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；（30.1分） b） 应基于管理分类和规范要求，实现仓储合规管理；（20分）	在达到或符合一级的基础上，还应： a） 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；（30.1分） b） 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。（20分）	在达到或符合二级的基础上，还应： a） 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；(30.1分) b） 采用射频遥控数据终端、扫码枪、声控或按灯取等手段进行入库和取货。（20分）	在达到或符合三级的基础上，还应： a） 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；适用时，宜使用搬用机器人，激光引导车等智能设备或AI系统，实现AI在智能仓储的应用；（30.1分） b） 建立仓储模型，实现最小库存和最优路径。（20分）	在达到或符合四级的基础上，还应： a） 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；（20分） b） 实现无人仓库。（30.1分）
物流 50.1分	a） 应根据运输订单和经验，制定运输计划并配置调度；（10分） b） 应对物流信息进行简单跟踪；（10分） c） 对物流实施分包的，应基于对分包方的资质、能力及信息化配置等方面的评价，选择确定合格分包方；（10分） d） 应按 JT/T 1295 要求制定并执行风电法兰、塔筒等大型锻件运输方案，超限货物运输应按规定办理许可。（20.1分）	在达到或符合一级的基础上，还应： a） 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；（30.1分） b） 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。（20分）	在达到或符合二级的基础上，还应： a） 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；（30.1分） b） 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。（20分）	在达到或符合三级的基础上，还应： a） 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；（20.1分） b） 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；(20分) c） 基于模型，实现装载能力优化以及运输配送线路优化。（10分）	在达到或符合四级的基础上，还应： a） 实现无人物流，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；（20分） b） 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；（20.1分） c） 建立信用评价体系。（10分）

表 A.7　销售的成熟度要求

评估域	一级	二级	三级	四级	五级
销售 92.4分	a) 应基于市场信息和销售历史数据（区域分布、锻造下游行业、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；（52.4分） b) 应对销售订单、销售合同、客户等信息进行统计和管理。（40分）	在达到或符合一级的基础上，还应： a) 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；（52.4分） b) 通过信息技术手段实现客户静态信息和动态信息的管理。（40分）	在达到或符合二级的基础上，还应： a) 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；（52.4分） b) 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。（40分）	在达到或符合三级的基础上，还应： a) 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；（32.4分） b) 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；（30分） c) 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。（30分）	在达到或符合四级的基础上，还应： a) 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；（52.4分） b) 实现锻件产品从接单、答复交期、生产、发货、回款全过程的自动管理。（40分）

表 A.8　服务的成熟度要求

评估域	一级	二级	三级	四级	五级
客户服务 38.5分	a) 应制定客户服务规范，并有效执行；（20分） 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。（18.5分）	在达到或符合一级的基础上，还应： a) 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；（20分） b) 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。（18.5分）	在达到或符合二级的基础上，还应： a) 通过客户服务平台或移动客户端等提供客服；（20分） b) 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。（18.5分）		

附录 B

（资料性）

锻造企业设备数据采集模型

B.1 设备运行数据采集系统模型

B.1.1 锻造企业应建立运行设备状态监控系统，进行设备状态监控，包括：

a）使用看板，实时显示设备地图；
b）设备状态汇整；
c）设备状态实时监控；
d）设备状态单独查看；
e）设备状态持续时间展现。

B.1.2 设备数据采集和设备状态监控系统应具备下列功能：

a）可总览车间设备状态；
b）可显示任一时间段设备状态；
c）时间维度查询；
d）单台设备状态进度；
e）可查询历史状态明细；
f）可导出历史状态明细；
g）小程序查看。

B.1.3 锻造加热炉数据监控系统应具备超值自动报警、历史参数查询、故障分析的功能，应能对锻造加热炉的下列关键参数进行实时采集、监控：

a）每台锻造加热炉的设定温度数据采集、监控；
b）对每台锻造加热炉膛的实时温度数据采集、监控；
c）对燃气加热炉配装的燃气流量阀的状态进行数据采集、监控；
d）对天然气流量进行数据采集、监控；
e）对天然气进气频率进行数据采集、监控；
f）对尾气温度进行数据采集、监控。

B.1.4 热处理炉数据监控系统应具备超值自动报警、历史参数查询、故障分析的功能，应能对热处理炉的下列关键参数进行实时采集、监控：

a）上中下区设定温度数据采集、监控；
b）上中下去实际温度数据采集、监控；
c）各相电流数据采集、监控；
d）超值自动报警；
e）历史参数查询。

B.1.5 辗环机数据监控系统应具备超值自动报警、历史参数查询、故障分析、数字工位建设、产能记录的功能，应能对锻造压力机的下列关键参数进行实时采集、监控：

a）锻造压力机压头行程和工件实施厚度数据采集、监控；
b）在锻工件几何尺寸、在砧座上的位置数据采集、监控；
c）润滑系统监控。

B.1.6 辗环机数据监控系统应能具备超值自动报警、历史参数查询、故障分析、数字工位建设、产能记录的功能，应能对辗环机的下列关键参数进行实时采集、监控：

a）辗压力采集、监控；

b) 润滑系统监控；
c) 辗环工装位移采集、监控；
d) 工装与工件松紧程度采集、监控。

B.2 能源数据采集系统模型

B.2.1 应建设电能可视化管理信息系统，实现下列数据采集、监控、分析功能：

a) 耗电量实时采集、监控；
b) 车间用电分析；
c) 设备用电分析；
d) 车间耗电占比分析；
e) 峰平谷分时统计；
f) 日/周/月用电查询；
g) 用电趋势分析；
h) 电能损失分析。

B.2.2 应建设燃气可视化管理信息系统，实现下列数据采集、监控、分析功能：

a) 用气量实时采集、监控；
b) 设备用气分析；
c) 车间用气分析；
d) 车间用气占比分析；
e) 用气趋势分析；
f) 日、周、月多维度查询；
g) 天然气损失分析。

附录 C

（资料性）

智能制造调查问卷（样式）

填写日期：　　年　　月　　日

企业名称			
企业地址			
企业所属行业		企业联系人及电话	
主要产品及业务范围	设计	生产	服务
营收占比			
企业是否有 IT 系统自主开发人员？如果有，主要开发语言与开发内容？			

企业近三年的信息化投资预算		
2020	2021	2022

企业经营业绩				
年份	主营业务收入（万元）	同比增长（%）	净利润（万元）	同比增长（%）
2020				
2021				
2022				

云应用情况
1. 是否有本地服务器？如租用 IDC 机架，算作本地服务器。主要服务器清单 □是，包括_____ □否
2. 是否有租用云服务？（网站托管也计入）主要产品清单 □是，包括_____ □否
3. 企业是否打通公有云与本地服务？如果是采取专线直连还是直接公网访问？ □是，包括_____ □否
4. 企业本地服务器是否对外部提供服务？例如供应商 Portal 等 □是，包括_____ □否
5. 企业使用云端 SaaS 软件？主要 SaaS 产品品牌型号？ □是，包括_____ □否
6. 如企业租用云服务，具体使用场景 - 数据备份 ：□是 □否 - 网站托管 - 搭建应用并供本企业使用（企业应用，软件等） - 搭建应用并提供外部企业使用（供应商、客户等）

- 其他：_____
- _____
-

智能制造应用情况

7. 企业是否有如下管理系统，下面没有列名的请在其他栏填写：
请列出系统型号，云端部署或本地部署
如定制或自主开发，请同时标明
例如：
ERP （企业资源计划系统）
■是，品牌型号及部署____金蝶 K3 Cloud 云端部署_____ □否
MES （制造执行系统）自主开发 本地部署
■是，品牌型号及部署_____自主开发 本地部署_____ □否

7.1 ERP （企业资源计划系统）
□是，品牌型号及部署_____ □否

7.2 MES （制造执行系统）
□是，品牌型号及部署_____ □否

7.3 SCADA(数据采集系统)
□是，品牌型号及部署_____ □否

7.4 PLM(产品生命周期管理系统)/PDM
□是，品牌型号及部署_____ □否

7.5 SRM（供应商关系管理）
□是，品牌型号及部署_____ □否

7.6 OA（订单管理系统）
□是，品牌型号及部署_____ □否

7.7 CRM（客户关系管理）
□是，品牌型号及部署_____ □否

7.8 商业智能（BI）---租用 SaaS 化 BI 也计入，例如阿里 DataV
□是，品牌型号及部署_____ □否

其他_____

8. 企业管理系统是否与内、外部系统进行互联互通？
8.1 企业内部两个或以上系统、模块无缝连接，实现运营功能，例如
销售系统（CRM） 与 订单模块（ERP）
供应商关系管理系统（SRM） 与 采购模块（ERP）
请举例（至少 1 个案例，不设上限）：_____

8.2 企业内部管理系统与外部其他企业通过智能制造连接，例如
企业 与 供应商 看板采购，自动订单等
请举例：_____

8.3 企业与政府系统连接，例如：
设备安全系统与政府安监部门系统 巡检结果上传等
进出口数据 与 海关系统 ： 自主核销
请举例：_____

9. 企业自动化设备或者智能设备，先进技术应用等情况，请列举应用场景：
- 工业机器人：_____，使用比例：_____%
- AGV（自动运输小车）：_____，使用比例：_____%
- 传感系统：_____，使用比例：_____%
- 模拟仿真：_____，使用比例：_____%
- AR：_____，使用比例：_____%
- VR：_____，使用比例：_____%
- 3D 打印：_____ ，使用比例：_____%
- 其他：_____，使用比例：_____%

附录 D

（资料性）

评价报告模板

XXX 锻造 XX 公司

智能制造评估报告

V1.0

评价机构：XXXXXXX 公司

XX 年 XX 月 XX 日

一、调研概述

（一）问卷调查情况

（二）现场调研情况

二、智能制造要求

（一）智能制造模型概述

（二）智能制造模型的构成内容

1. 智能制造模型构成

2. 智能制造评价维、类、域的构成

3. 智能制造模型能力要素

4. 主要评价域与评价方法

三、各评价域智能制造情况简述

四、评价结果和结论

五、改进建议

附录 E

（资料性）

推荐的改进工具列表

推荐的智能制造应用改进工具见表 E.1。

表 E.1　推荐的智能制造应用改进工具列表

改进工具类别	改进工具清单
新技术	设备连接互联网 联网设备将把需要人力的工作自动化 智能机器网络 机器人和自动化系统 智能手机 云端计算 分散探测系统 智能电网 量子计算机 量子密码学 虚拟现实和增强现实（VR 和 AR）技术 自动人工智能软件 物联网连接 3D 打印 工业 AR 人工智能和制造系统的结合 人机交互 5G 在线测量 智慧楼宇 AGV 立库 大数据 远程运维 柔性工装 边缘计算 视觉识别 等保 2.0 区块链 微服务 工业 app IPV6 标识解析 RPA 数字孪生 仿真 可穿戴设备
管理工具	精益管理 6 西格玛 瓶颈管理 财务分析 流程再造
信息化平台	BI、PLM、CRM、SRM、WMS、MES、ERP、WCS、SCADA、HR、EMS、PM、KS、OA、QMS、APS
先进模式	先进模式

	供应链金融 区块链 共享

参 考 文 献

[1] GB/T 19903.1—2005 工业自动化系统与集成 物理设备控制 计算机数值控制器用的数据模型 第1部分 概述和基本原理

[2] GB/T 19903.10—2006 工业自动化系统与集成 物理设备控制 计算机数值控制器用的数据模型 第10部分：通用工艺数据

[3] GB/T 39790—2021 数控回转头压力机数据处理软件及接口要求

[4] GB/T 40213—2021 自动化控制系统与集成 基于信息交换需求 建模和软件能力建规的应用集成方法

[5] GB/T 40682—2021 工业自动化和控制系统安全 IACS 服务提供商的安全程序要求

[6]《“十四五”智能制造发展规划》（工信部联规〔2021〕207号）

[7]《推动铸造和锻压行业高质量发展的指导意见》（工信部联通装〔2023〕40号）

[8]《山西省促进专业镇高质量发展实施方案》（晋政办发〔2022〕80号）

[9]《山西省智能制造发展实施意见（2016—2020 年）》

[10]《山西省“十四五”智能制造发展规划》（晋工信装备字〔2022〕217号）

[11]《山西省智能制造 2023 年行动计划》（晋工信装备字〔2023〕53号）

[12]《促进定襄法兰专业镇高质量发展2023年行动计划》（晋工信装备字〔2023〕55号）