

ICS
H

RB

中华人民共和国认证认可行业标准

RB/T XXXXX—XXXX

钢铁行业智能制造能力成熟度评价规范

Maturity assessment specifications of intelligent manufacturing capability
for iron and steel industry

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国国家认证认可监督管理委员会 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.....	1
4 缩略语.....	1
5 模型构成.....	1
6 成熟度等级.....	2
7 能力要素.....	3
8 成熟度要求.....	3
9 评估内容.....	15
10 评估过程.....	15
11 成熟度等级判定.....	15
附录 A（规范性附录）.....	18

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。

本文件作为GB/T 39116-2020《智能制造能力成熟度模型》和GB/T 39117-2020《智能制造能力成熟度评估方法》两项国家标准在钢铁行业的应用，在GB/T 39116-2020的基础上增加了钢铁行业中目前正在应用的技术及正在发展中的先进技术的描述，并给出了钢铁行业典型工序、产线、产品生产过程中的智能制造能力成熟度要求示例。同时选用GB/T 39117-2020中流程型企业的评估域作为评估方法。

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。

本文件由国家认证认可监督管理委员会提出并归口。

本文件起草单位：。。。。。

本文件主要起草人：。。。。。

钢铁行业智能制造能力成熟度评价规范

1 范围

本文件规定了钢铁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。

本文件适用于钢铁企业、智能制造系统解决方案供应商和第三方开展钢铁企业智能制造能力成熟度评价、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成为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 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价方法

3 术语和定义

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

4.1 GB/T 39116-2020 界定的缩略语适用于本文件。

4.2 下列缩略语适用于本文件。

PPD: 工艺参数数据库 (Process Parameters Database)

5 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。

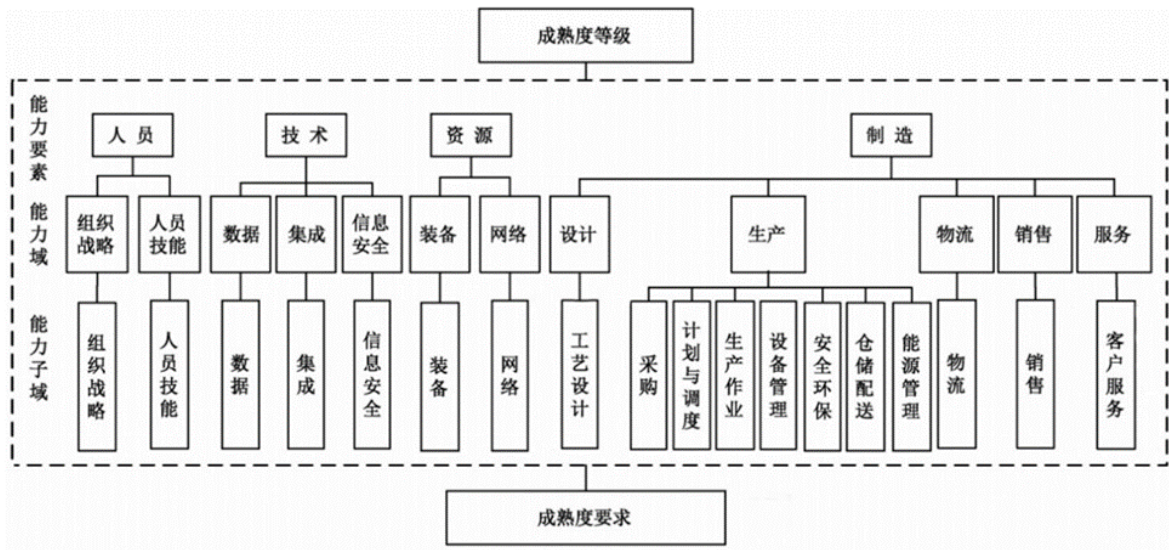


图1 能力成熟度模型构成

6 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）。较高的成熟度等级要求涵盖了低成熟度等级的要求。

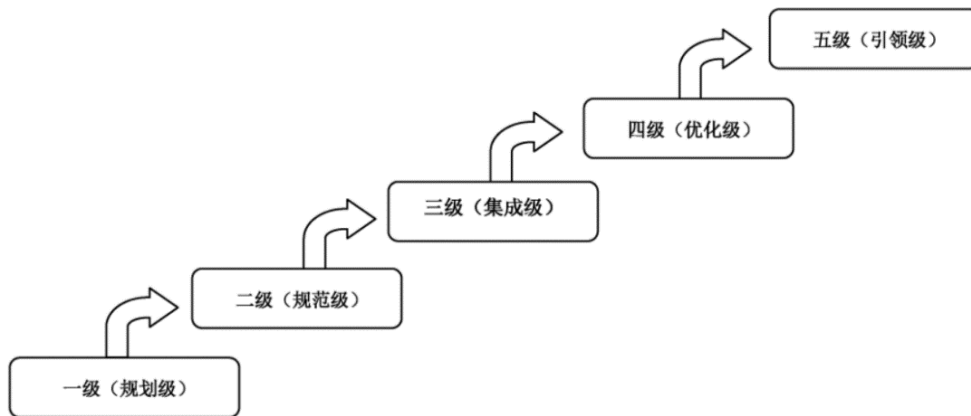


图2 成熟度等级

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、数字化等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。

7 能力要素

能力要素给出了钢铁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。

设计包括工艺设计1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1个能力子域。

8 成熟度要求

8.1 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。

8.2 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

能力子域	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) 应明确智能制造负责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； c) 应制定符合智能制造发展需要的人才队伍建设规划	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	

8.3 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分为不同等级，见表2。

表2 技术的成熟度要求

能力子域	一级	二级	三级	四级	五级
数据	<p>a) 应采集业务活动所需的数据;</p> <p>b) 应基于经验开展数据分析</p>	<p>a) 应基于二维码、条形码、RFID、PLC等,实现数据采集;</p> <p>b) 应基于信息系统数据的人工经验开展数据分析,满足特定范围的数据使用需求;</p> <p>c) 应实现数据及分析结果在部门内在线共享</p>	<p>a) 应采用传感技术,实现制造关键环节数据的自动采集;</p> <p>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;</p> <p>c) 应实现数据及分析结果的跨部门在线共享;</p> <p>d) 应建立统一的数据治理体系,保证数据的质量,支持多专业数据提高提取</p>	<p>a) 应建立企业级的包括主数据管理系统在内的统一数据中心;</p> <p>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;</p> <p>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</p> <p>d) 应建立数据样本的分类收集与标定机制,为大数据分析和人工智能技术应用奠定数据样本基础</p>	<p>a) 应对数据分析模型实时优化,实现基于模型的精准执行</p> <p>b) 数据应支持全环节的业务模式自主优化,并衍生新的制造模式和商业模式</p> <p>c) 宜对数据进行资产化管理,并具备进入公共数据交易平台的基础</p>
集成	<p>a) 应具有系统集成的意识</p>	<p>a) 应开展系统集成规划,包括网络、硬件、软件等内容;</p> <p>b) 应实现关键业务活动设备、系统间的集成</p>	<p>a) 应形成完整的系统集成架构;</p> <p>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;</p> <p>c) 应通过中间件工具、数据接口、集成平台等方式,实现</p>	<p>a) 应通过ESB、ODS、CPS及先进技术等方式,实现全业务活动的集成和优化</p>	

			跨业务活动设备、系统间的集成	
信息安全	<ul style="list-style-type: none"> a) 应制定安全信息管理规范,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型测试; 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设施

8.4 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

能力子域	一级	二级	三级	四级	五级
装备	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> a) 应在关键工序应用数字化设备; b) 关键工序设备应具备标准通信接口,包括RJ45、RS232、RS485等,并支持主流通信协议,包括OPC/OPCUA、MODBUS、PRO-FIBUS等 	<ul style="list-style-type: none"> 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; c) 关键工序设备应满足本地与远程的人机交互、数据管理和通信需要; d) 关键工序设备应具备数字化联网能力 	<ul style="list-style-type: none"> 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设备在线功能精度健康监测,通过在生产过程中采集设备实时运行数据,结合人工诊断专家规则库,实现设备健康状态全方位检测 	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> a) 应实现办公网络覆盖; b) 应制定工业互联网平 	<ul style="list-style-type: none"> a) 应实现工业控制网络、生产网络和工业能源网和视频网络覆盖; 	<ul style="list-style-type: none"> a) 应建立工业控制网络、生产网络和办公网络的防护设施,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、 	<ul style="list-style-type: none"> a) 应建立分布式工业控制网络,基于SBD的敏捷网络,实现网络资源优化配置; b) 应实现工业互联网平台对跨行业、跨领域覆盖的能力 	

	台建设方案； c) 工业设备应具有互联网能力	b) 应实现设备、工业app接入工业互联网平台	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； d) 应实现工业互联网平台对用户及行业的覆盖能力	
--	---------------------------	-------------------------	--	--

8.5 制造

8.5.1 设计

设计能力域包括工艺设计1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
工艺设计	<p>a) 应制定工艺设计过程相关规范，并有效执行；</p> <p>b) 应建立工艺设计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) 应基于二维、三位等计算机辅助开展工艺设计和优化；</p> <p>b) 应基于典型产品或特征建立工艺设计信息重用；</p> <p>c) 应实现工艺不同专业之间的并行设计</p>	<p>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、权限管理和电子审批；</p> <p>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；</p> <p>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；</p> <p>d) 应实现材料智能设计，通过建立材料开发全链条数据库，结合冶金管理、模型及工业大数据深度挖掘所获得的知识，指导材料制造中的成分控制范围，得到材料的设计方案</p>	<p>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；</p> <p>b) 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；</p> <p>c) 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、控制的闭环管理，实现工艺设计与制造协同；</p> <p>d) 实现工艺设计优化，根据差异化的钢种、规格与用途建立不同产品从加热到轧制完成的工艺规范库，实现工艺模型的数字化表达，提升设计效率；</p> <p>e) 应将工艺设计信息集成于产品数字化模型中，实现产品设计数据的唯一性</p>	<p>a) 应基于工艺知识库的集成应用，辅助工艺优化；</p> <p>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；</p> <p>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；</p> <p>d) 实现材料性能预测，在理论、原理及实验的基础上建立产品的数据结构，完成大数据的积累并建立数学模型，预报材料性能，评估材料的安全性和服役寿命</p>

8.5.2 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。生产作业子域中对钢铁企业各工序成熟度要求见附录A。

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	<ul style="list-style-type: none"> a) 应根据产品、物料需求和库存等信息制定采购计划； b) 应实现对采购订单、采购合同和供应商等信息的管理； c) 应建立合格供应商机制，并有效执行 	<ul style="list-style-type: none"> 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； b) 应通过信息技术手段，实现供应商的寻源、评价、确认、采购精准决策和方案动态优化 	<ul style="list-style-type: none"> 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； 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、相应、交付、成本等要素进行量化评价； c) 应基于信息系统实现主要原辅材料价格跟踪； d) 供应链管理系统应融合数字化技术，实现供应商可视化监控 	<ul style="list-style-type: none"> a) 通过与供应商的销售系统集成，实现协同供应链； b) 应基于采购执行、生产消耗和库存等数据，建立采购模型，实时监控采购风险及供应商隐患，并及时预警，自动提供优化方案； c) 应基于信息系统的数据库，优化供应商评价模型； d) 实现采购需求精准预测，采集订单合同与生产消耗相关数据，通过大数据分析等技术手段可实现对原料需求的预判 	<ul style="list-style-type: none"> 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； b) 实现智能采购计划制定，通过大数据分析平台，感知上游原料市场价格变化，预测价格曲线走势，结合自身需求相关数据，实现采购计划优化，有效降低材料采购成本； c) 应利用数字化技术实现供应商与相关业务协同，包括业务配合同步、质量与规范同步、结算对账同步、库存与计划同步等

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
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>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>
生产作业	<p>a) 应制定生产作业相关规范,并有效执行;</p> <p>b) 应记录关键工序的生产过程信息;</p> <p>c) 应基于生产计划进行任务分配,针对各加工中心进行执行并记录完成情况;</p> <p>d) 应记录各加工中心</p>	<p>a) 应通过信息技术手段,将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;</p> <p>c) 应在关键工序采用数字化质量检测设备,实现</p>	<p>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;</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可动态优化的动态监测;</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,实现监测数据共享,并建立</p>	<p>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;</p> <p>b) 应构建模型实现生产作业数据的在线分析,形成细分产品规格与工况的精细化管理体系,优化生产工艺参数、设备参数、生产资源配置等;</p> <p>c) 应实现质量在线分析及判定,应用智能监测设</p>	<p>a) 应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;</p> <p>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;</p> <p>c) 应基于模型实现质量知识库自由化;</p> <p>d) 应实现产品质量动态改进,通过建设质量工艺动态设计优化模型、在线判定模</p>

	<p>生产的原、辅料消耗、成品产出等数据；</p> <p>e) 应基于原料库存情况制定原料采购计划及生产原料配比数据</p>	<p>产品质量检测和分析；</p> <p>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</p>	<p>产品质量问题知识库；</p> <p>d) 应实现产品中主要工艺参数在线监控，通过广泛采集生产全流程质量数据，结合大数据分析，实现生产过程中对产品质量状态的快速感知；</p> <p>e) 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</p>	<p>备，融合缺陷机理分析模型，物性和成分分析模型以及机器视觉技术等，实现产品质量在线监测、分析与质量判定；</p> <p>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</p>	<p>型、自动处置模型，对生产操作参数及时调整以改善产品质量；</p> <p>e) 应构建设备、生产、车间、工厂等不同层级的数字孪生系统，实现物理世界和虚拟空间的实时映射，推动感知、分析、预测和控制能力的全面提升</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>b) 应具备精细化管理理念，通过流程管理业务活动</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) 应实现设备关键运行参数的实时采集、故障分析和远程诊断；</p> <p>b) 应建立设备故障知识库，并与设备管理系统集成；</p> <p>c) 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；</p> <p>d) 应实现自动巡检，应用工业机器人，智能巡检设备和设备管理系统，集成故障检测、机器视觉、AR/VR和5G等技术，实现对设备的高效巡检和异常报警；</p> <p>e) 应依据设备关键运行参数等，实现</p>	<p>a) 应基于设备运行模型和设备故障知识库，形成设备不同工况下的功能精度与健康度管理体系，并自动给出预测性维护解决方案；</p> <p>b) 应实现预测性维护，结合设备历史运行数据，通过机器学习等技术建立健康模型，对设备当前运行数据进行深度分析，实现对设备故障智能化预警，并及时进行针对性维护；</p> <p>c) 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> <p>b) 应实现智能故障分析，在设备发生故障后，结合专家故障库对设备进行分析，找到故障原因，提升设备运维效率</p>

			设备综合效率 (OEE) 统计	d) 应实现设备智能 运维与供应链深 度融合, 提高采 购效率、降低库 存成本	
--	--	--	--------------------	---	--

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) 应基于生产计划制定配送计划, 实现原辅料、半成品等定时定量配送</p>	<p>a) 应基于条形码、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, 并提示即时配送;</p> <p>d) 适用时, 应建立仓储管理系统, 实现仓储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>d) 适用时, 应基于工业无线网, 通过无线传感器, 将仓储相关信息自动采集至仓储管理系统, 对仓储状态进行实时监测, 仓储状态异常时可自动报警, 避免仓储事故发生</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) 实现精准配送及垛位优化, 应用仓储管理系统和物流装备, 集成视觉/激光导航、室内定位和机器学习等技术, 以及天车调度模型, 垛位优化模型等, 实现动态调度、自动配送及路径优化垛位优化;</p> <p>c) 适用时, 应根据仓储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>d) 实现智能库存预警, 通过设置库存预警规则, 结合产品市场价格等相关信息, 可实现高库存等情况的动态警告, 有效规避市场风险</p>	<p>a) 通过企业与供应链的集成优化, 实现最优库存或及时供货;</p> <p>b) 应实现远程无人管控, 通过钢卷库、板坯库、散料库等场所布置智能行车系统, 结合机器视觉、5G、VR等技术, 实现仓库远程实景监控与无人智能作业, 显著提升仓储管理效率;</p> <p>c) 应实现无人化铁水运输, 综合利用5G、人工智能、数字孪生、高精度控制等技术, 基于智慧铁水运输系统实现生产现场运输状态、动作、路线等实时监控、远程控制与智能调度, 实现无人化铁水运输;</p> <p>d) 适用时, 应通过智能仪表、互联网、云计算和大数据技术, 实现仓储自动控制, 实现无人仓储</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
安全环保	<p>a) 应制定企业安全管理机制和环保管理机制,具备安全操作规程;</p> <p>b) 应梳理安全、环保风险点位,定期排查、综合管控和治理,形成良性循环</p>	<p>a) 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>c) 应建立可视化管控平台,对安全环保进行实施集中管控</p>	<p>a) 应建立安全培训、风险管理等知识库;在现场作业岗位应用定位跟踪方法,强化现场安全管控;</p> <p>b) 应实现安全事件智能决策与应急联动,基于安全时间联动响应处置机制和应急处置预案库,融合大数据、专家系统等技术实现安全时间处置的智能化决策和快速响应;</p> <p>c) 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>d) 应实现气体污染物浓度超限预警,通过平台集成全厂污染物监测分析仪表数据,并对数据进行实时监测,实现污染物浓度超限预警,以支撑操作管理人员进行及时处置;</p> <p>e) 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) 应实现生产现场安全态势感知与预警,基于地图整合安全风险分布、重大危险源、异常监测信号等信息全方位展现安全生产态势,利用大数据技术,分析安全风险和隐患变化情况,实现对生产现场安全状况的全方位感知;</p> <p>c) 应实现环保检测数据和生产作业数据的集成应用,建立数据分析模型,展开排放分析及预测预警;</p> <p>d) 应实现环保智能评价,通过建立不同维度的环保质量评价模型,实现对企业环保状况的智能化诊断分析,针对性提出改进措施建议</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) 应实现人员行为智能分析,通过AI分析系统,进行图像分析与识别,自动识别异常行为,并进行显示及预警;</p> <p>c) 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> <p>d) 应实现固废循环利用管理优化,通过在线监测技术、智能分析技术、协同平衡与优化调度技术,实现企业固废循环利用全方位监控和优化管控</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
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	<p>a) 应通过信息技术手段,对主要能源的生产、消耗点开展数据采集和计量;</p> <p>b) 应建立水电气等重点能源消耗的动态监控和计量;</p> <p>c) 应实现重点高能耗设备、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;</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;</p> <p>d) 应针对产品分类构建工艺段维度的能耗分类区间,形成能耗超标的精细化判断依据</p>	<p>a) 应建立节能模型,实现能流的精细化和可视化管理;</p> <p>b) 应实现各工序(局部)能源诊断分析,利用分析模型对能源数据进行深度挖掘,对用能合理性进行诊断分析,为能源管理决策提供支撑;</p> <p>c) 应根据能效评价结果及时对空压机、锅炉、工业窑炉等高能耗设备进行技术改造和更新</p>	<p>a) 应实现全流程(全域)的能源预测,结合用能计划、设备定修计划等信息,构建能源消耗预测数学模型,开展能源中长期预测和基于数据驱动的能源实时动态预测,为能源优化调度提供决策支撑;</p> <p>b) 应实现智能化能源调度,基于用能情况、生产实际、能源价格等建立优化调度模型,结合能源预测等数据,开展设备工艺参数优化、多能量流协同管控,实现全局能源动态平衡与优化调度,保障供能平稳、高效、低碳、低能耗运行</p>

8.5.3 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	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> a) 应实现运输配送全过程信息跟踪，对轨迹异常进行报警； b) 应实现智能物料管理，通过智能传感、物联网、实时定位等技术，通过三维仿真方式，实时跟踪物料在运输、库房、产线的位置和状态，通过时、空转换方式，提升物料信息透明化程度，支撑生产、运输等相关业务流程优化 	<ul style="list-style-type: none"> a) 应通过物联网和数据模型分析，实现物、车、路、用户的最佳方案自动匹配； 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

8.5.4 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	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; 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	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; 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	a) 应根据数据模型进行市场预测,生成销售计划; 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) 应实现销售计划动态优化,依托客户关系管理系统(CRM),应用大数据、机器学习等技术,挖掘分析客户信息,构建用户画像和需求预测模型,制定精准销售计划; b) 应综合运用各种渠道,实现线上线下协同,统一管理所有销售方式; 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) 应实现销售价格预测,应用大数据、深度学习等技术,实现对市场未来供求趋势分析,实现销售价格及影响因素及变化规律的精准分析、判断和预测; b) 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; c) 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; d) 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

8.5.5 服务

服务能力域包括客户服务1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) 应具备客户服务信息数据库及客户服务知识库,实现与客户管理管理系统的集成	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,进行自主学习、自优化

9 评估内容

根据评估对象业务活动确定评估域。评估域应同时包括人员、技术、资源和制造四个能力要素。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须内容，不可裁剪。制造要素下生产能力域不可裁剪，其他能力域可裁剪。

本文件给出了钢铁企业的评估域，如表9所示。

表9 能力要素构成

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	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

10 评估过程

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。评估要求应符合GB/T 39117-2020第五章的规定。

11 成熟度等级判定

11.1 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10所示。

表10 成熟度要求满足程度与得分对应

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

11.2 评估域权重

根据钢铁企业的业务特点，给出了钢铁企业主要评估域及推荐权重如表11所示。

表11 钢铁企业主要评价域及权重

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	6%	组织战略	50%	组织战略	100%
		人员能力	50%	人员能力	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	15%	装备	67%	装备	100%
		网络	33%	网络	100%
制造	68%	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%
				安全环保	12%
				仓储配送	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%		

11.3 计算方法

能力子域得分为该子域每条要求得分的算数平均值，能力子域得分按式（1）计算：

$$D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X \quad (1)$$

式中：

D——能力子域得分；

X——能力子域要求得分；

n——能力子域的要求个数。

能力域的得分为该域下能力子域得分的加权求和，能力域得分按式（2）计算：

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

C——能力域得分；

D——能力子域得分；

γ ——能力子域权重。

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：

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

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：

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

A——成熟度等级得分；

B——能力要素得分；

α ——能力要素权重。

11.4 成熟度等级判定方法

当被评价对象在某一等级下的成熟度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，已满足的等级成熟度得分取值为1，不满足的级别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12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（引领级）	$4.8 \leq S \leq 5.0$
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）	$0.8 \leq S < 1.8$

附录 A (规范性)

钢铁企业各工序（产线、产品）生产作业成熟度要求

表A.1给出生产作业能力子域包括原料、烧结、焦化、球团、炼铁、炼钢、连铸、特冶、热轧、锻造、冷轧、型材、线材、棒材、中厚板/宽厚板、重轨、钢绳、无缝钢管、焊接钢管、镀锌、彩涂等工序。各工序按成熟度等级可划分为不同等级，可根据企业实际情况进行裁剪。本文件中未涉及的生产工艺和智能制造技术，可按照相似工序或实际达到的智能制造水平进行评价。

表A.1 钢铁企业各工序（产线、产品）生产作业成熟度要求

工序	一级	二级	三级	四级	五级
原料			a) 应实现料场智能视频监控，通过运用图像识别、视频监控、无线传输等技术，实现远程料场环境实时智能化监控	a) 应实现堆取料机自动作业，通过运用无线定位技术实现堆取料机实时位置检测，实现堆取料机远程操控	a) 应实现料场三维图像测控，应用三维全息摄影、超声波、微波、激光等设备与技术，对料堆的三维形状进行扫描并建模，快速获取料堆数据，支撑自动堆取料控制、料场生产计划智能配置等多种用途； b) 应实现料场智能调度，通过综合料堆实时数据、皮带的状态数据和库存信息，结合作业计划模型，实现料场调度优化
烧结			a) 应实现烧结过程的在线监测，通过应用高清红外热成像装置等传感设备以及机器视觉等先进技术，结合相关分析模型，实现烧结工序物料成分等属性、烧结机运行状态、烧结终点以及其他工况的在线检测分析； b) 应实现烧结大数据平台，对烧结原料参数、烧结过程工艺参数、烧结配料参数、烧结性能参数、烧结常温参数等数据进行实时录入存储	a) 应实现烧结质量智能预测，采用大数据技术，对烧结质量、冶金性能、烧结产量等进行建模和预测； b) 应实现优化配矿，通过质量数据、库存数据等数据采集，运用大数据分析、机器学习等技术，综合铁矿粉烧结基础特性等限制条件，实现吨铁成本最低的烧结配矿方案设计； c) 应实现烧结原料评价体系，综合铁矿粉的品位、成本、冶金价值等，对铁矿粉进行打分，指导采购	a) 应实现烧结过程智能闭环控制，基于烧结过程追踪模型、烧结矿成分预测模型、烧结质量反馈模型等各类智能模型，结合现场烧结专家经验，借助大数据分析等技术，不断优化工艺参数，实现烧结碱度、烧结均匀一致性等智能化闭环控制； b) 应实现智能计划排产，打通烧结计划制定生产操作环节，运用工艺理论模型算法，综合考虑生产计划、原料需求、烧结料仓状态，自动制定烧结生产计划和执行方案，实现生产组织计划直接指导生产方案

表A.1 钢铁企业各工序（产线、产品）生产作业成熟度要求（续）

工序	一级	二级	三级	四级	五级
焦化			a) 应实现将专家经验转化为程序规则，进行基础的自动配煤，可以满足基本工业指标配煤； b) 应实现自动配煤系统与LIMS、MES等信息系统对接和数据互通； c) 应实现焦炉自动测温，实现自动加热智能控制、焦炉上升管盖自动操作智能控制、焦炉装煤孔实现自动浇浆控制	a) 应实现通过大数据训练得到焦炭质量预测模型和配煤优化模型，具备复杂非线性模型的搭建能力； b) 应实现干熄焦烧损、配煤大数据应用；炼焦过程数字化建模；脱硫氨水大数据分析、粗苯回收率分析优化；	a) 应实现动态选择或更新配煤模型，结合自学习技术，从历史配煤数据中学习配煤规律，并将学到的规律和现有配煤技术结合，在一定程度上克服炼焦煤质的波动，使得配煤方案更加贴近实际生产； b) 应实现焦炉四大车辆实现一键操作，熄焦车实现无人驾驶；焦炉炉顶自动清扫、硫铵产线机器人应用
球团			a) 应实现球团过程的在线监测，通过机器视觉等技术实现对生球粒度分布的在线识别，并将工艺参数和实时状态进行记录和存储	a) 应实现球团过程智能分析与诊断，基于机理模型进行物料平衡和热量平衡计算，结合回转窑进行窑体、窑内实时温度监测数据，借助数据挖掘技术，实现水分联动智能分析、回转窑窑况智能分析、热平衡智能分析、生产状态检测等，为优化生产操作提供决策支持	a) 应实现智能配料，在多个供应商、品种变化频繁的原料条件下，结合机理模型和智能算法，建立优化配料的数学模型，实现既能满足成品球团矿质量要求又能使成本最低的配料优化方案； b) 应实现造球智能控制，利用对生球粒度分布的在线识别结果，结合机理模型和人工操作经验，实现造球工序智能化控制，提高生球合格率
炼铁			a) 应实现高炉运行工况智能监测与诊断，通过运用高清红外热成像装置及机器视觉等先进技术，实现高炉料面、高炉及热风炉关键部位温度等在线检测，结合相关分析模型，实现高炉生产状态的诊断分析，为炉况调节提供决策支撑	a) 应实现智能无人抓渣，通过部署自动抓渣无人行车，实现高炉出渣无人化作业，大幅减少现场人员工作强度； b) 应实现高炉智能闭环控制，依托机理模型库资源，结合专家知识、寻优算法、智能软测量技术以及全方位实时监测数据，计算当前状态下的最佳工艺参数，实现高炉冶炼智能闭环控制	a) 应实现远程一键炉前控制，通过部署工业六轴机械手、炮泥分离机构、无人物料运输车及夹钎机构等炉前智能装备，开展开口、堵口、加泥、换钎等工作机器换人，实现炉前工作远程操控； b) 应实现配料闭环控制，基于高炉全炉物料平衡模型，结合现场配料专家控制策略，对原料波动、渣铁成分（理论与实际）偏差等情况下进行配料计算设计，自动重新进行配料校核、碱度校核，实现配料闭环控制，稳定入炉综合原料及渣铁成分

表A.1 钢铁企业各工序（产线、产品）生产作业成熟度要求（续）

工序	一级	二级	三级	四级	五级
炼钢			<p>a) 应实现炼钢工况智能监测分析，通过应用智能检测装备以及机器视觉等先进技术，结合相关分析模型，实现对炼钢工序物料属性、设备运行及工况的分析判断</p>	<p>b) 应实现废钢自动定级，基于标识解析、机器视觉等开展废钢的图像数据、属性数据、检测数据集成分析，实现废钢智能定级，大幅提高废钢定级效率</p>	<p>a) 应实现无人化生产，通过在铁水预处理、精炼等环节部署测温取样机器人等智能装备，实现无人化操作；</p> <p>b) 应实现智能化控制，通过在铁水预处理、炼钢、精炼等环节部署智能控制模型，实现炼钢工序过程控制的智能化提升。通过综合开展智能检测分析、无人化生产及智能化控制，实现“一键脱硫”、“一键炼钢”、“全自动出钢”等炼钢工序的一键操作</p>
连铸			<p>a) 应实现智能钢铁包调度应用，通过跟踪各单体设备的主要运转状况，综合分析温度、质量等数据，结合钢种约束等状况，按照温度最佳等原则，可实现钢铁包调度优化；</p> <p>b) 形成生产过程数据与事件在连铸长度方向上的失控转换，帮助精确管控与分析铸坯各区段生产过程</p>	<p>a) 应实现板坯在线质量预测，基于判定规则及大数据分析，实现板坯质量的在线预测判定，为工艺参数优化提供辅助支撑</p>	<p>a) 应实现无人化浇钢，通过开发部署成熟的工艺数学模型、专家系统，开展生产设备改造、控制系统改造及模型优化控制，利用机器人代替人工完成长水口安装拆卸、清洗、烧氧及中间罐测温取样等功能，实现浇钢无人化作业；</p> <p>b) 应实现连铸过程的闭环质量控制，基于过程数据跟踪、在线质量预测模型、离线数据分析模型等综合分析，对板坯实现切割优化预测，为整体工艺参数优化提供辅助支撑，实现连铸生产质量的闭环控制</p>
特冶			<p>a) 应实现特冶工况智能监测分析，通过应用智能监测装备及机器视觉等先进技术，结合相关自动化控制系统、信息系统，实现对特冶工序生产、设备运行及工况的分析判断</p>	<p>a) 应通过智能装备、相关分析应用模型、数字孪生等先进设备、技术应用，实现对特冶生产全流程管控及动态分析</p>	<p>a) 应实现现场无人化生产，通过在钢铁进料、合金配比、真空冶炼、重熔等工序使用机器人等智能装备，实现现场无人化操作；</p> <p>b) 应实现智能化控制，通过钢铁尽量、合金配比、真空冶炼、重熔等工序部署智能控制模型算法，实现特冶工序过程控制的智能化提升、无人化生产及智能化控制，实现“一键冶炼”、“一键焊接”、“全自</p>

					动脱模、清洗”等炼钢工序的一键操作
热轧（板带）			<p>a) 应实现热轧产线智能监测与分析，利用各类检测仪表设备及机器视觉等先进技术，实现对加热炉运行状态、热轧带钢表面缺陷、带钢位置跑偏以及扣翘头、镰刀弯、飞剪头等带钢形态的在线检测与分析；</p> <p>b) 应形成生产过程数据与事件在成品带钢长度方向上的失控转换体系，精确管控与分析带钢各区段生产过程</p>	<p>a) 应实现热轧产线智能化控制，基于加热炉运行状态以及热轧带钢尺寸形态、位置、表面缺陷等属性的在线检测分析结果，结合相关智能化控制模型，实现加热炉区智能控制、热轧智能板形与厚度控制、带钢跑偏控制以及扣翘头、镰刀弯、飞剪头等智能测控</p>	<p>a) 应实现无人化生产，通过部署高温焊接机器人、喷标机器人等智能装备，实现热轧作业效率提升；</p> <p>b) 应实现热轧动态计划排程，通过部署热轧排程系统，加强排程计划与生产的数据互动，综合考虑用户质量需求与产品成本，实现热轧工序排程优化</p>
锻造			<p>a) 应实现锻机智能监测与分析，利用各类检测仪表设备、机器视觉等先进技术，实现对加热炉运行状态、锻材表面缺陷、锻材尺寸形态的在线检测与分析；</p> <p>b) 二级系统实现生产计划管理、坯料温度跟踪、在线检测指标统计及生成报表功能，为建立产品质量分析、改善质量平台提供可靠依据</p>	<p>a) 应实现加热炉、锻机智能化控制，基于加热炉运行状态及锻材尺寸形态、表面缺陷等属性的在线检测分析结果，结合相关智能化控制模型，实现加热炉智能控制、锻材尺寸形态智能控制；</p> <p>b) 应建立订单交货期承诺模型，并采用智能算法对模型进行求解，结合现场实际给出科学、合理的生产计划与排程方案，保证订单排产的有效性和稳定性，提高交货期的准确性和客户的响应速度</p>	<p>a) 应实现加热计划和锻造计划动态排程，通过锻造计划排程系统，加强排程计划与生产的数据互动，实现加热计划和锻造计划排程优化；</p> <p>b) 应建立PPD,建立适应钢种的温度控制数学模型，根据钢种工序工艺温度目标来对轧件进行冷却工艺参数的控制，依据控制冷却的不同工艺要求选择不同的控制模式，根据成品的各项要求，通过专用软件完成工艺规划设计，利用数学模型对所获得的轧件温度在规定范围内进行自学习和自适应；</p> <p>c) 应实现无人化生产，实现自动称重、自动测长、自动焊牌和自动喷标、表面缺陷自动修磨</p>
冷轧（板带）			<p>a) 应实现冷轧产线智能监测与分析，通过应用智能化检测设备及机器视觉等先进技术，部署打滑预测分析、带钢跑偏预测分</p>	<p>a) 应实现冷轧产线智能化控制，通过部署工艺模型分析诊断系统，结合退火炉、轧机、酸洗、平整机等智能化模型，及时</p>	<p>a) 应实现无人化生产，通过部署捞渣机器人、喷标机器人及拆捆机器人等智能装备，提升冷轧作业效率；</p> <p>b) 实现冷轧机组智能排产，综合考虑冷轧原料的品种、规格等</p>

			析、轧辊表面缺陷分析、断带预测分析等各类模型，实现带钢表面质量、力学性能、板形、卷型、轧辊表面、锌液成分等在线检测，以及冷轧运行预测分析，为生产操作提供支撑； b) 应形成生产过程数据与事件在成品带钢长度方向上的失控转换体系，精确管控与分析带钢各区段生产过程	调整工艺参数，优化生产操作	信息，结合轧制过程控制模型与设备状态数据，基于大数据分析，实现冷轧工序排产优化
型材			a) 应实现二级系统需要实现生产计划管理、坯料温度跟踪、在线检测指标统计及生成报表功能，为建立产品质量分析、改善质量平台提供可靠依据； b) 应形成生产过程数据与事件在成品长度方向上的时空转换体系，帮助精确管控与分析成品型材各区段生产过程	a) 应实现产线智能化控制，基于加热炉、轧机等关键设备的运行状态以及相关智能化控制模型，实现加热炉区、轧机区等工序的智能控制； b) 应建立订单交货期承诺模型，并采用智能算法对模型进行求解，结合现场实际给出科学、合理的生产计划与排程方案，保证订单排产的有效性和稳定性，提高交货期的准确性和客户的响应速度	a) 应实现加热计划和锻造计划动态排程，通过锻造计划排程系统，加强排程计划与生产的数据互动，实现加热计划和锻造计划排程优化； b) 应建立PPD，建立适应钢种的温度控制数学模型，根据钢种工序工艺温度目标来对轧件进行冷却工艺参数的控制，依据控制冷却的不同工艺要求选择不同的控制模式，根据成品的各项要求，通过专用软件完成工艺规划设计，利用控冷数学模型对所获得的轧件温度在规定范围内进行自学习和自适应； c) 通过质量大数据平台通过对质量标签、质量缺陷、质量实时控制、质量评价等功能的搭建和升级，结合人工智能视觉分析与深度学习技术，实现质量产品的在线检测、在线分析、在线预测和实时控制及异常原因追溯
线材			a) 应实现热轧产线智能监测与分析，利用各类检测仪表设备及机	a) 实现产线智能化控制，基于加热炉、轧机等关键设备的运	a) 应实现加热计划和锻造计划动态排程，通过锻造计划排程系统，加强排程计划与生产的

			<p>器视觉等先进技术,实现对加热炉运行状态、热轧带钢表面缺陷等带钢形态的在线检测与分析;</p> <p>b) 应实现二级系统需要实现生产计划管理、坯料温度跟踪、在线检测指标统计及生成报表功能,为建立产品质量分析、改善质量平台提供可靠依据;</p> <p>c) 应形成生产过程数据与事件在成品长度方向上的时空转换体系,帮助精确管控与分析成品线材各阶段生产过程</p>	<p>行状态以及相关智能化控制模型,实现加热炉区、轧机区等工序的智能控制;</p> <p>b) 应建立订单交货期承诺模型,并采用智能算法对模型进行求解,结合现场实际给出科学、合理的生产计划与排程方案,保证订单排产的有效性和稳定性,提高交货期的准确性和客户的响应速度</p>	<p>数据互动,实现加热计划和锻造计划排程优化;</p> <p>b) 应建立PPD,建立适应钢种的温度控制数学模型,根据钢种工序工艺温度目标来对轧件进行冷却工艺参数的控制,依据控制冷却的不同工艺要求选择不同的控制模式,根据成品的各项要求,通过专用软件完成工艺规划设计,利用控冷数学模型对所获得的轧件温度在规定范围内进行自学习和自适应;</p> <p>c) 实现无人化生产:实现自动打捆、自动称重、自动焊牌;</p> <p>d) 通过质量大数据平台通对质量标签、质量缺陷、质量实时控制、质量评价等功能的搭建和升级,结合AI视觉分析与深度学习技术,实现质量产品的在线检测、在线分析、在线预测和实时控制及异常原因追溯</p>
工序	一级	二级	三级	四级	五级
棒材			<p>a) 应实现热轧产线智能监测与分析,利用各类检测仪表设备及机器视觉等先进技术,实现对加热炉运行状态、热轧带钢表面缺陷、带钢位置跑偏以及扣翘头、飞剪头等带钢形态的在线检测与分析;</p> <p>b) 应实现二级系统需要实现生产计划管理、坯料温度跟踪、在线检测指标统计及生成报表功能,为建立产品质量分析、改善质量平台提供可靠依据;</p>	<p>a) 应实现表检系统可对坯料进行铸坯号码、脱方、自动测长和异形坯自动识别,也可对棒材的表面缺陷进行检测,提醒操作人员及时处理问题,提高成材率;</p> <p>b) 应建立订单交货期承诺模型,并采用智能算法对模型进行求解,结合现场实际给出科学、合理的生产计划与排程方案,保证订单排产的有效性和稳定性,提高交货期的准确性和客户的响应速度;</p>	<p>a) 应实现加热计划和锻造计划动态排程,通过锻造计划排程系统,加强排程计划与生产的数据互动,实现加热计划和锻造计划排程优化;</p> <p>b) 应建立PPD,建立适应钢种的温度控制数学模型,根据钢种工序工艺温度目标来对轧件进行冷却工艺参数的控制,依据控制冷却的不同工艺要求选择不同的控制模式,根据成品的各项要求,通过专用软件完成工艺规划设计,利用控冷数学模型对所获得的轧件温度在规定范围内进行自学习和自适应;</p>

			<p>c) 应形成生产过程数据与事件在成品长度方向上的时空转换体系,帮助精确管控与分析成品棒材各阶段生产过程</p>	<p>c) 应实现产线智能化控制,基于加热炉、轧机等关键设备的运行状态以及相关智能化控制模型,实现加热炉区、轧机区等工序的智能控制</p>	<p>c) 实现无人化生产:实现全自动棒材计数、自动打捆、自动称重、自动焊牌、贴牌;</p> <p>d) 以铁钢平衡、钢轧平衡、产运平衡为目标的铁钢轧一体化排产排程。面向用户进行多品种、小批量、定制化生产,上下游实现高质量的协同发展;</p> <p>e) 通过质量大数据平台通过对质量标签、质量缺陷、质量实时控制、质量评价等功能的搭建和升级,结合人工智能视觉分析与深度学习技术,实现质量产品的在线检测、在线分析、在线预测和实时控制及异常原因追溯</p>
中厚板/ 宽厚板			<p>a) 应实现热轧产线智能监测与分析,利用各类检测仪表设备及机器视觉等先进技术,实现对加热炉运行状态、热轧带钢表面缺陷、带钢位置跑偏以及扣翘头、镰刀弯等带钢形态的在线检测与分析;</p> <p>b) 应建立跨系统、跨工序、跨领域的钢铁工艺质量大数据平台,实现数据自动流动;</p> <p>c) 建立以轧件为对象的塑性变形虚拟映射系统,进行钢板组织、性能、表面等关键工艺质量参数的精准预测与智能控制</p>	<p>a))应实现热轧产线智能化控制,应基于辊系弹性变形、热变形、磨损等几何尺寸变化规律与材料变形、流动行为预测关键的力能参数和外形尺寸的变化规律,建立以轧机和轧辊为核心的轧机的弹性变形虚拟映射系统,进行厚度、宽度、板形、凸度、平面形状等智能控制;</p> <p>b) 应建立订单交货期承诺模型,并采用智能算法对模型进行求解,结合现场实际给出科学、合理的生产计划与排程方案,保证订单排产的有效性和稳定性,提高交货期的准确性和客户的响应速度;</p> <p>c) 应通过变形抗力和轧件—轧辊之间的</p>	<p>a) 应实现加热计划和锻造计划动态排程,通过锻造计划排程系统,加强排程计划与生产的数据互动,实现加热计划和锻造计划排程优化;</p> <p>b) 应建立PPD,建立适应钢种的温度控制数学模型,根据钢种工序工艺温度目标来对轧件进行冷却工艺参数的控制,依据控制冷却的不同工艺要求选择不同的控制模式,根据成品的各项要求,通过专用软件完成工艺规划设计,利用控冷数学模型对所获得的轧件温度在规定范围内进行自学习和自适应;</p> <p>c) 应实现制备工序流程与工艺参数的优化,质量参数智能控制与多工序协调匹配;</p> <p>d) 通过质量大数据平台通过对质量标签、质量缺陷、质量实时控制、质量评价等功能的搭建和升级,结合AI视觉分析与深度学习技术,实现质量产品的在线检测、在线分析、在线</p>

				摩擦,将弹性变形和塑性变形虚拟系统有机结合,建成整体虚拟映射系统	预测和实时控制及异常原因追溯
--	--	--	--	----------------------------------	----------------

表A.1 钢铁企业各工序（产线、产品）生产作业成熟度要求（续）

工序	一级	二级	三级	四级	五级
重轨			a) 应建设重轨工艺质量大数据分析平台,实现质量根因分析	a) 应实现重轨铸坯矫直过程中,通过建立动态轻压下参数数据库、动态轻压下辊缝在线计算模块、压下量修正模块、模型数据输入和输出模块组合来实现动态轻压下控制	a) 应实现无人化生产,通过部署高温焊接机器人、喷标机器人等智能装备,实现热轧作业效率提升; b) 以铁钢平衡、钢轧平衡、产运平衡为目标的铁钢轧一体化排产排程。面向用户进行多品种、小批量、定制化生产,上下游实现高质量的协同发展
钢绳					a) 应具有钢丝绳毛刺在线检测系统、基于机器视觉的钢丝绳表面缺陷在线检测系统、钢丝绳强度在线检测、张力在线智能监控系统; b) 应实现面向用户进行多品种、小批量、定制化生产,基于上下关联工序的一体化排产排程
无缝钢管			a) 应建设预热炉智能燃烧控制系统,通过燃烧模型实现加热炉燃料精确控制;穿水冷却温度闭环控制,通过水冷模型实现穿水冷却温度精确控制,提高产品质量,并降低吨钢成本	a) 应实时采集生产过程的实际生产数据及工艺参数,并能进行生产工艺优化; b) 应建立订单交货期承诺模型,并采用智能算法对模型进行求解,给出科学、合理的生产计划与排程方案,保证订单排产的有效性和稳定性,提高交货期的准确性和客户的响应速度	a) 应实现自动换辊机器人实现自动换辊、自动修磨机器人替代人工修磨环节,采用自识别技术对缺陷管进行再修磨,并将修磨结果发送至信息化系统;自动检查机器人替代人工检查环节,采用自识别技术检测成型管的好坏,并将检测结果发送至信息化系统;自动打标机器人自动打标
焊接钢管			a)应实现热轧产线智能监测与分析,利用各类检测仪表设备及机器视觉等先进技术,实现对加热炉运行状态、热轧带钢表面缺陷等带钢形	a)实现产线智能化控制,基于加热炉、轧机等关键设备的运行状态以及相关智能化控制模型,实现加热炉区、轧机区等工序的智能控制 b)建立订单交货期承诺模型,并采用智能算法对模型进行求解,给出科	a)应实现加热计划和锻造计划动态排程,通过锻造计划排程系统,加强排程计划与生产的数据互动,实现加热计划和锻造计划排程优化。 b)应建立PPD,建立适应钢种的温度控制数学模型,根据钢种工序工艺温度目标来对轧件进行冷却工艺参数的控制,依据控制冷

			<p>态的在线检测与分析</p> <p>b)实现二级系统需要实现生产计划管理、坯料温度跟踪、在线检测指标统计及生成报表功能,为建立产品质量分析、改善质量平台提供可靠依据.</p>	<p>学、合理的生产计划与排程方案,保证订单生产的有效性和稳定性,提高交货期的准确性和客户的响应速度</p> <p>c) 实时采集生产过程的实际生产数据及工艺参数,并能进行生产工艺优化;</p>	<p>却的不同工艺要求选择不同的控制模式,根据成品的各项要求,通过专用软件完成工艺规划设计,利用控冷数学模型对所获得的轧件温度在规定范围内进行自学习和自适应。</p> <p>c)实现自动换辊机器人实现自动换辊、自动修磨机器人替代人工修磨环节,采用自识别技术对缺陷管进行再修磨,并将修磨结果发送至信息化系统;自动检查机器人替代人工检查环节,采用自识别技术检测成型管的好坏,并将检测结果发送至信息化系统;自动打标机器人自动打标</p> <p>d) 实现无人化生产:实现全自动棒材计数、自动打捆、自动称重、自动焊牌、贴牌;</p> <p>e) 通过质量大数据平台通过对质量标签、质量缺陷、质量实时控制、质量评价等功能的搭建和升级,结合AI视觉分析与深度学习技术,实现质量产品的在线检测、在线分析、在线预测和实时控制及异常原因追溯</p>
--	--	--	---	---	---

表A.1 钢铁企业各工序（产线、产品）生产作业成熟度要求（续）

工序	一级	二级	三级	四级	五级
镀锌				<p>a) 应利用人工智能方法将各种产品需要的工艺控制参数固化到相应的控制系统中，在产品切换时及时高效的对工艺参数进行调整，保证了关键工艺设备的控制精度，实现镀锌产品性能的稳定，提高产品的质量，包括张力控制自动调节系统、退火炉加热温度自适应调整系统、气刀参数自动调整系统、平整机带钢板型监控系统、平整机轧制力自动调整系统</p>	<p>a) 利用模糊逻辑、聚类分析、神经网络和图像处理技术等智能工具来进行数据挖掘，并结合现有制定的质量判定规则，形成众多独立的针对特定质量控制点的自动质量判定系统。包括焊缝质量在线判定、锌层厚度在线检测、表面粗糙度在线监测、机械性能在线监测、表面质量在线检测仪和在线油膜测厚仪；</p> <p>b) 实现电机和减速机的振动和温度在线检测、电气控制柜湿度在线监控、DP网络状态在线监控、张力辊负荷实时监控、退火炉烧嘴在线监控和关键质量控制仪表的劣化趋势分析；</p> <p>c) 入口段拆捆带机器人代替人工拆捆带；锌锅区域捞渣机器人和电磁赶渣装备实现自动捞渣；出口段取样贴标签机器人和成品卷贴标签机器人，进行自动取样与贴标签，对下线的成品卷自动贴钢卷信息标签</p>
彩涂				<p>a) 应具有涂层膜厚的智能在线检测系统、色差在线检测系统，基于机器视觉的彩涂板表面缺陷检测系统</p>	<p>a) 应实现彩涂机组出口卷取机处采用机器人安装芯轴纸套筒。套筒自动输送、自动对中和在芯轴上的精确定位</p>