

ICS 77.080
CCS H 04

DB 13

河 北 省 地 方 标 准

DB 13/T 6039—2025

钢铁企业智能制造能力等级划分规范

2025-04-03 发布

2025-05-03 实施

河北省市场监督管理局 发布

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。

本文件由河北省工业和信息化厅提出并归口。

本文件起草单位：冶金工业规划研究院、联通雄安产业互联网有限公司、东北大学秦皇岛分校、天津开发区精诺瀚海数据科技有限公司、河钢数字技术股份有限公司、冀南钢铁集团有限公司、金鼎数字科技有限公司、河北工业大学、河北机电职业技术学院、河北普阳钢铁有限公司、河北新武安钢铁集团烘熔钢铁有限公司、金鼎钢铁集团有限公司、中国电信集团有限公司河北分公司、河北翼企云科技有限公司、中国移动通信集团河北有限公司、首钢京唐钢铁联合有限责任公司、澳森特钢集团有限公司、荣程五洲（唐山）数字科技有限公司、北京力控元通科技有限公司。

本文件主要起草人：肖邦国、高松、孙亮亮、刘晶、申培、董慧军、张志杰、施灿涛、王蕾、栾绍峻、郑银巧、张立兴、王娇、赵贤聪、杨亮、季海鹏、杨星、刘欢欢、冯兴、张涛、牛现利、左晶荣、邓子波、许建涛、宋俊、高天、杨志华、潘建双、刘赛光、王璇、高玉科、王玉龙、史忠轩、尤从国、张天锦。

钢铁企业智能制造能力等级划分规范

1 范围

本文件规定了钢铁企业智能制造能力等级划分模型框架、能力等级、能力要素、能力要求和能力等级判定。

本文件适用于钢铁企业智能制造能力等级划分及判定。

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 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 术语和定义

GB/T 39116、GB/T 42138、GB/T 35295、GB/T 42127、GB/T 44109、GB/T 23031.3—2023界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

关键工序 Critical Process

对企业产品实现产生直接或重大影响的工艺过程。

4 符号和缩略语

下列符号和缩略语适用于本文件。

5G: 第五代移动通信技术 (5th Generation Mobile Networks)

AI: 人工智能技术 (Artificial Intelligence)

AR: 增强现实 (Augmented Reality)

DCS: 分布式控制系统 (Distributed Control System)

ERP: 企业资源计划系统 (Enterprise Resource Planning)

MES: 制造执行系统 (Manufacturing Execution System)

PCS: 过程控制系统 (process control systems)

PLC: 可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller)

SDN: 软件定义网络 (Software Defined Network)

VR: 虚拟现实 (Virtual Reality)

5 模型框架

钢铁企业智能制造能力等级划分模型由智能制造能力等级、能力要素、能力域和能力要求构成,如图1所示。

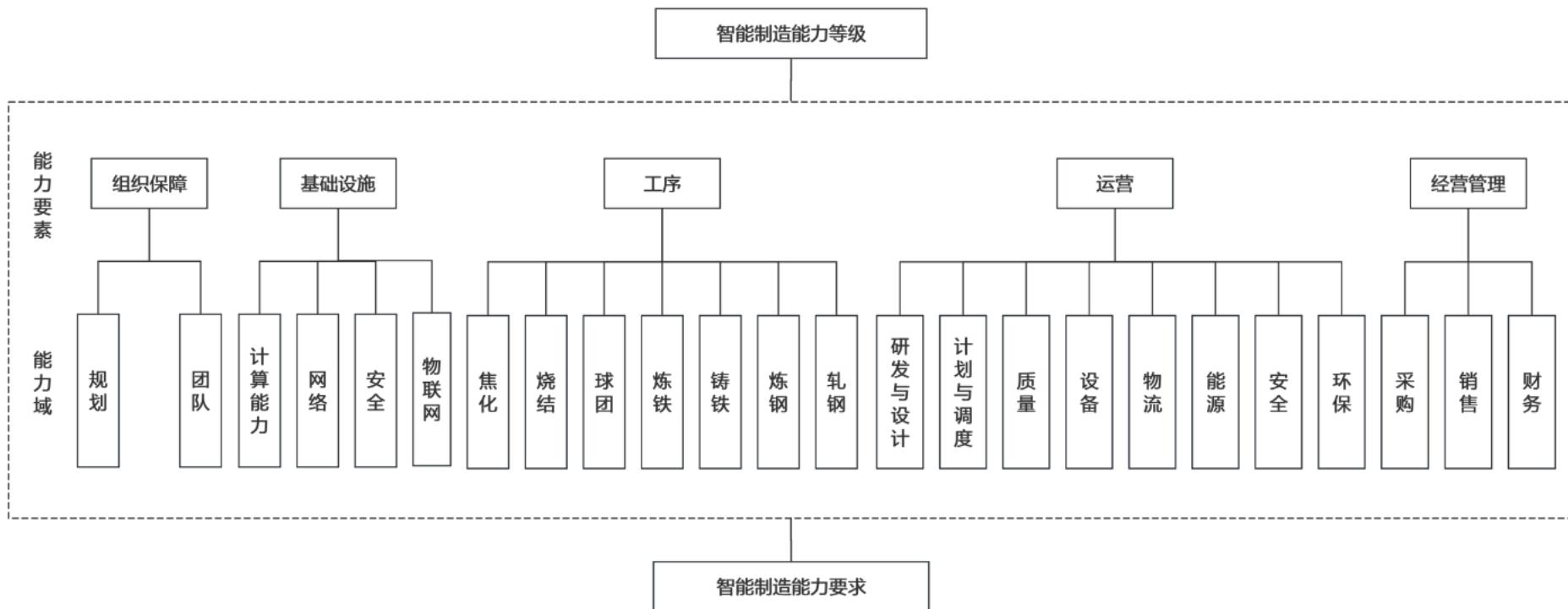


图1 模型框架

6 能力等级

能力等级定义了钢铁企业智能制造在不同阶段（能力）应达到的水平。能力等级分为五个等级，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），能力等级见图2。

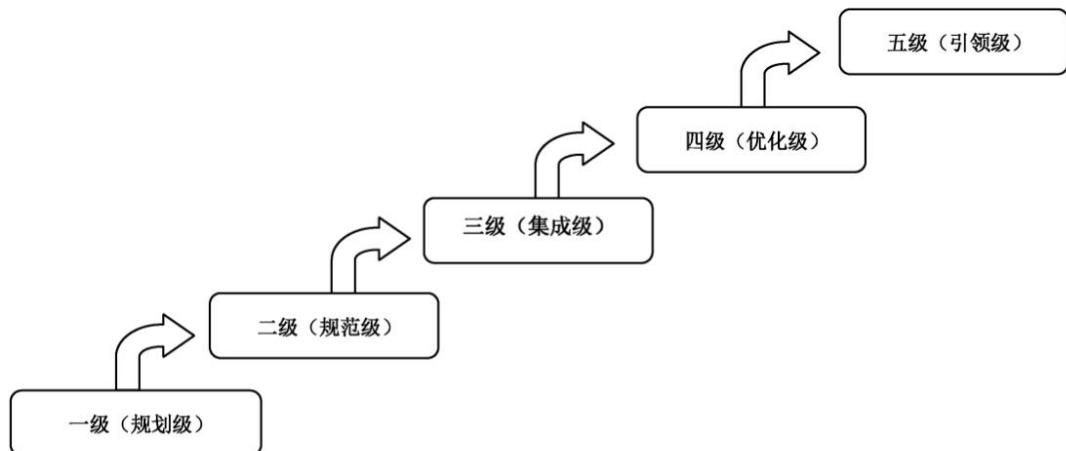


图2 能力等级

一级（规划级）：钢铁企业应开始对实施智能制造基础和条件进行规划，能够对核心业务活动（包括但不限于设计、工艺、生产、物流、销售、财务、供应商管理等）进行流程化管理。

二级（规范级）：钢铁企业应采用自动化技术、信息技术对核心装备和核心业务活动进行改造和规范，实现单一业务活动数据共享。

三级（集成级）：钢铁企业应对装备、系统等集成，实现跨业务、跨区域生产经营活动数据共享。

四级（优化级）：钢铁企业应对人员、资源、生产制造、运营等进行数据挖掘，形成数据资产、知识、模型等，实现对核心业务活动的预测、优化和辅助决策。

五级（引领级）：钢铁企业应基于大数据、模型和人工智能持续驱动业务活动的优化和创新，实现产业链协同，进而衍生新的制造模式和商业模式。

7 能力要素

钢铁企业智能制造能力要素涵盖组织保障、基础设施、工序、运营和经营管理5个能力要素，涉及24个能力域，如表1所示。

表1 能力要素

能力要素	能力要素权重	能力域	权重
组织保障	5%	规划	50%
		团队	50%
基础设施	15%	计算能力	25%
		网络	25%

表1 能力要素（续）

基础设施	15%	安全	25%
		物联网	25%
工序	40%	焦化	根据企业实际工序产线情况平均分配权重
		烧结	
		球团	
		炼铁	
		铸铁	
		炼钢	
		轧钢	
运营	30%	研发与设计	15%
		计划与调度	15%
		质量	15%
		设备	15%
		物流	10%
		能源	10%
		安全	10%
		环保	10%
经营管理	10%	采购	35%
		销售	35%
		财务	30%

8 能力要求

8.1 组织保障

组织保障能力要素包括规划、团队2个能力域，各能力域的智能制造能力要求应符合表2规定。

表2 组织保障的能力要求

能力域	能力要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
规划	1) 针对企业短期发展需要, 制定短期智能制造建设或改造计划, 提出设备技术改造、信息系统搭建、网络基础建设等事项的目标、要求、实施步骤和保障措施。	1) 围绕企业发展战略, 遵循国家政策要求, 适应行业发展趋势, 制定中长期(如3~5年规划)发展规划, 并拟定实施计划, 包括资金预算、拟建项目等。	1) 围绕中长期发展规划, 进一步细化智能制造发展规划, 形成具体可落地、可实施的方案, 包括具体的项目技术方案、系统架构、主要功能、人员配备等。	1) 对智能制造发展规划的执行情况进行监控与评测, 并根据实施效果及企业内外部环境变化, 持续优化调整智能制造发展规划; 2) 智能制造发展规划中包含人工智能、大模型等新技术融合应用。	
团队	1) 在关键核心岗位配备了基础自动化等方面专业人员, 能够对自动化设备维护、调试等, 保障企业稳定运行。	1) 除配备基础自动化等相关专业人员外, 还配备了信息化相关专业人员, 且相关人员具备IT基础、数据管理和信息安全等方面的知识技能, 能够实现对信息化系统的维护; 2) 有专门的智能制造相关部门支撑企业智能制造相关工作。	1) 除配备基础自动化、信息化相关专业人员外, 还配备了具有数据分析能力专业人员, 能够对主要业务数据进行基本分析; 2) 成立由企业最高管理者为负责人的智能制造领导机构, 设置智能制造管理部门, 统一组织、管理智能制造各项工作; 3) 建立了智能制造人才培训体系, 能够对员工进行相关技能培训, 帮助员工及时有效地获取新的技能和资格。	1) 配备大数据分析、人工智能等相关专业人员, 能够建立相关数据模型, 对数据进行分析、整合、优化; 2) 智能制造人员数量占企业员工总数的比例达到2.5%; 3) 建立了良好的人才储备机制, 能够与高校、科研院所等开展交流合作, 通过实习实训、联合课程、学位项目等形式与国内外高校实施人才联合培养计划。	1) 智能制造人员总数占企业员工总人数比例达到4%; 2) 重视培养智能制造领域的领军人才, 积极参与国际智能制造标准制定、国际合作项目等。

8.2 基础设施

基础设施能力要素包括计算能力、网络、安全、物联网4个能力域，各能力域的智能制造能力要求应符合表3规定。

表3 基础设施的能力要求

能力域	能力要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
计算能力	1) 基础硬件设备，有限的服务器和存储资源，无冗余配置，如单点服务器或小型数据中心，支持基本的数据存储和简单计算任务。	1) 中等硬件设备，较多的服务器和存储资源，初步冗余配置； 2) 部分计算能力和存储的云化； 3) 实现区域算力资源整合（如厂区级数据中心），支持部分关键业务系统的实时计算需求。	1) 高性能硬件设备，大量的服务器和存储资源，完善的冗余配置； 2) 构建企业级算力资源池，支持云计算和虚拟化技术，实现资源弹性扩展； 3) 局部的GPU配置，具备初步智能计算能力。	1) 具备完整的云计算与存储能力； 2) 有独立的人工智能算力，支撑预测性维护、实时决策等业务需要； 3) 部分计算和存储实现国产化。	1) 具备完整的云计算与存储能力，能够实现云与本地计算机与存储能力的协调应用； 2) 具备完整的人工智能算力，能够满足企业人工智能的应用需求； 3) 核心计算与存储实现国产化。
网络	1) 具有网络相关规划； 2) 实现重点办公区域网络覆盖。	1) 实现重点生产区域生产网、工控网、视频监控网全面覆盖，能够进行基本的数据采集和传输； 2) 网络带宽和延迟满足生产需求。	1) 实现全厂生产网、工控网、办公网、视频监控网的全面覆盖，支持跨系统数据集成。	1) 采用新型网络通信技术（如支持5G、工业PON、时敏网络等），实现网络与业务深度融合，满足天车远程操控、高清视频流畅传输、远程会议、在线直播等高速率、低时延网络传输要求。	1) 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。

表3 基础设施的能力要求(续)

能力域	能力要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
安全	1) 制定了安全管理制度,包括网络安全管理、数据安全管理等内容; 2) 应具备基础的入侵检测和防御系统; 3) 实现基础数据备份。	1) 通过网络安全隔离、授权访问控制等手段,实现生产网、工控网等与办公网有效隔离; 2) 工业主机安装正规工业防病毒软件; 3) 对数据进行合理分类,建立数据安全访问控制机制,只有授权人员能够访问相关数据。	1) 在网络边界部署访问控制设备,启用访问控制功能 1) 部署入侵检测和防御系统,及时发现并阻止针对数据的恶意攻击; 2) 对敏感数据进行脱敏处理,在保护数据安全的同时满足业务需求; 3) 建立实时安全监控系统,对数据安全状态进行持续监控; 4) 定期对员工进行数据安全培训,提高员工的安全意识和操作技能; 5) 根据国家要求,对需要通过国家信息安全等级保护二级的系统进行等保认证。	1) 制定完善的应急响应预案,确保在数据安全事件发生时能够迅速响应并恢复; 2) 定期邀请第三方机构进行网络安全和数据安全评估,发现潜在的安全隐患并进行整改; 3) 根据国家要求,对需要通过国家信息安全等级保护三级及以上的系统进行等保认证。	1) 引入先进的数据安全技术,如区块链等,提升数据安全防护水平; 2) 应用大模型技术,实现企业全域范围信息安全态势感知,自主分析、预测存在及潜在安全风险,辅助安全管理部门决策。
物联网	1) 设备可以通过传感器和通信模块连接到网络; 2) 实现基础的数据采集与传输。	1) 实现关键设备数据自动采集; 2) 具备基础的数据分析,支持远程监控和告警功能; 3) 具备基础的公司级物联网感知能力(能源、环保、安全等)。	1) 实现厂级设备数据自动采集; 2) 具备预测性分析功能(如设备故障预测、质量预测等); 3) 具备完整的公司级物联网感知能力(能源、环保、安全等)。	1) 物联网能够支持设备的远程控制或全自动化控制; 2) 物联网能够支持基于大模型的设备智能运维; 3) 物联网能够支持能源、环保及安全的多模态大模型应用。	1) 实现工业物联网平台,实现全域覆盖的能力,支持云边端协同。 2) 应用5G、边缘计算等技术,实现数据驱动的工艺优化和预测性维护;

8.3 工序

工序能力要素包括焦化、烧结、球团、炼铁、铸铁、炼钢、轧钢共7个能力域，各能力域的智能制造能力要求应符合表4规定。

表4 工序能力要求

能力域	能力要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
焦化	1) 制定焦化智能制造初步规划，形成分阶段实施方案； 2) 对关键工序生产过程信息进行记录和归档； 3) 关键设备实现自动化控制。	1) 关键工序实现自动化控制，减少人工干预； 2) 实施了信息化系统，实现单工序生产过程的跟踪； 3) 围绕现有业务系统，实现数据采集的支撑作用。	1) 纵向集成企业经营管理系统、生产管理系统和生产控制系统等（例如ERP、MES、PCS的垂直贯通），打通生产计划到设备指令的信息流，实现管控一体化； 2) 横向集成采购、生产、库存、财务等业务系统，实现焦化产供销一体化； 3) 围绕现有业务系统集成应用程度，实现业务数据的实时采集和数据共享。	1) 基于生产作业计划，自动将生产程序、运行参数及指令下发表到生产单元数字化设备； 2) 基于工序上下游的数据交互与协同优化，实现从采购、生产到下一工序或销售等流程物料的跟踪和产品信息的追溯； 3) 围绕现有业务系统协同应用程度，完成数据的自动采集，实现关键工序数据自动采集率 $\geq 95\%$ 。	1) 基于焦化专用大模型，融合机理模型，持续优化生产过程非预见性异常和复杂工况预测精度； 2) 实现生产资源自组织、自优化，提升焦化生产的柔性化能力； 3) 突破多源数据融合、AI模型嵌入等技术瓶颈，推进焦化大模型新应用场景。

表4 工序能力要求(续)

能力域	能力要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
烧结	1) 制定烧结智能制造初步规划,形成分阶段实施方案; 2) 对关键工序生产过程信息进行记录和归档; 3) 关键设备实现自动化控制。	1) 关键工序实现自动化控制,减少人工干预。 2) 实施了信息化系统,实现单工序生产过程的跟踪; 3) 围绕现有业务系统,实现数据采集的支撑作用。	1) 纵向集成企业经营管理系统、生产管理系统和生产控制系统等(例如ERP、MES、PCS的垂直贯通),打通生产计划到设备指令的信息流,实现管控一体化; 2) 横向集成采购、生产、库存、财务等业务系统,实现烧结产供销一体化; 3) 围绕现有业务系统集成应用程度,实现业务数据的实时采集和数据共享。	1) 基于生产作业计划,自动将生产程序、运行参数及指令下发到生产单元数字化设备; 2) 基于工序上下游的数据交互与协同优化,实现从采购、生产到下一工序或销售等流程物料的跟踪和产品信息的追溯; 3) 围绕现有业务系统协同应用程度,完成数据的自动采集,实现关键工序数据自动采集率 $\geq 95\%$ 。	1) 基于烧结专用大模型,融合机理模型,持续优化生产过程非预见性异常和复杂工况预测精度; 2) 实现生产资源自组织、自优化,提升烧结生产的柔性化能力; 3) 突破多源数据融合、AI模型嵌入等技术瓶颈,推进烧结大模型新应用场景。
	1) 制定球团智能制造初步规划,形成分阶段实施方案; 2) 对关键工序生产过程信息进行记录和归档; 3) 关键设备实现自动化控制。	1) 关键工序实现自动化控制,减少人工干预; 2) 实施了信息化系统,实现单工序生产过程的跟踪; 3) 围绕现有业务系统,实现数据采集的支撑作用。	1) 纵向集成企业经营管理系统、生产管理系统和生产控制系统等(例如ERP、MES、PCS的垂直贯通),打通生产计划到设备指令的信息流,实现管控一体化; 2) 横向集成采购、生产、库存、财务等业务系统,实现球团产供销一体化; 3) 围绕现有业务系统集成应用程度,实现业务数据的实时采集和数据共享。	1) 基于生产作业计划,自动将生产程序、运行参数及指令下发到生产单元数字化设备; 2) 基于工序上下游的数据交互与协同优化,实现从采购、生产到下一工序或销售等流程物料的跟踪和产品信息的追溯; 3) 围绕现有业务系统协同应用程度,完成数据的自动采集,实现关键工序数据自动采集率 $\geq 95\%$ 。	1) 基于球团专用大模型,融合机理模型,持续优化生产过程非预见性异常和复杂工况预测精度; 2) 实现生产资源自组织、自优化,提升球团生产的柔性化能力; 3) 突破多源数据融合、AI模型嵌入等技术瓶颈,推进球团大模型新应用场景。

表4 工序能力要求(续)

能力域	能力要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
炼铁	1) 制定炼铁智能制造初步规划,形成分阶段实施方案; 2) 对原料配料、高炉冶炼等关键工序生产过程信息进行记录和归档; 3) 关键设备实现自动化控制。	1) 原料配料、高炉冶炼等关键工序实现自动化控制,减少人工干预; 2) 实施了信息化系统,实现单工序生产过程的跟踪; 3) 围绕现有业务系统,实现数据采集的支撑作用。	1) 纵向集成企业经营管理系统、生产管理系统和生产控制系统等(例如ERP、MES、PCS的垂直贯通),打通生产计划到设备指令的信息流,实现管控一体化; 2) 横向集成采购、生产、库存、财务等业务系统,实现炼铁产供销一体化; 3) 围绕现有业务系统集成应用程度,实现业务数据的实时采集和数据共享。	1) 基于生产作业计划,自动将生产程序、运行参数及指令下发到生产单元数字化设备; 2) 应建立高炉专家系统,集成智能配料模型、能耗优化模型、工艺参数闭环控制模型、预警与异常检测模型等,多模块联动,优化铁区工艺、质量、设备等信息数据; 3) 基于工序上下游的数据交互与协同优化,实现从采购、生产到下一工序或销售等流程物料的跟踪和产品信息的追溯; 4) 围绕现有业务系统协同应用程度,完成数据的自动采集,实现关键工序数据自动采集率 $\geq 95\%$ 。	1) 基于炼铁专用大模型,融合机理模型,持续优化生产过程非预见性异常和复杂工况预测精度; 2) 基于AI和大数据分析,持续提升炼铁多工序协同优化能力,满足柔性化、个性化生产需求; 3) 突破多源数据融合、AI模型嵌入等技术瓶颈,推进炼铁大模型新应用场景。

表4 工序能力要求(续)

能力域	能力要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
铸铁	1) 制定铸铁智能制造初步规划,形成分阶段实施方案; 2) 对关键工序生产过程信息进行记录和归档; 3) 关键设备实现自动化控制。	1) 关键工序实现自动化控制,减少人工干预; 2) 实施了信息化系统,实现单工序生产过程的跟踪; 3) 围绕现有业务系统,实现数据采集的支撑作用。	1) 纵向集成企业经营管理系统、生产管理系统和生产控制系统等(例如ERP、MES、PCS的垂直贯通),打通生产计划到设备指令的信息流,实现管控一体化; 2) 横向集成采购、生产、库存、财务等业务系统,实现铸铁产供销一体化; 3) 围绕现有业务系统集成应用程度,实现业务数据的实时采集和数据共享。	1) 基于生产作业计划,自动将生产程序、运行参数及指令下达到生产单元数字化设备; 2) 基于工序上下游的数据交互与协同优化,实现从采购、生产到下一工序或销售等流程物料的跟踪和产品信息的追溯; 3) 围绕现有业务系统协同应用程度,完成数据的自动采集,实现关键工序数据自动采集率 $\geq 95\%$ 。	1) 基于铸铁专用大模型,融合机理模型,持续优化生产过程非预见性异常和复杂工况预测精度; 2) 实现生产资源自组织、自优化,提升铸铁生产的柔 性化能力; 3) 突破多源数据融合、AI模型嵌入等技术瓶颈,推进铸铁大模型新应用场景。

表4 工序能力要求(续)

能力域	能力要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
炼钢	1) 制定炼钢智能制造初步规划,形成分阶段实施方案; 2) 对原料准备、转炉冶炼、电炉冶炼、精炼、连铸关键工序生产过程信息进行记录和归档; 3) 关键设备实现自动化控制。	1) 对原料准备、转炉冶炼、电炉冶炼、精炼、连铸关键工序实现自动化控制,减少生产过程的人工干预; 2) 实施了信息化系统(如MES),实现单工序生产过程的跟踪; 3) 围绕现有业务系统,实现数据采集的支撑作用。	1) 纵向集成企业经营管理系统、生产管理系统和生产控制系统等(例如ERP、MES、PCS的垂直贯通),打通生产计划到设备指令的信息流,实现管控一体化; 2) 横向集成采购、生产、库存、财务等业务系统,实现炼钢产供销一体化; 3) 围绕现有业务系统集成应用程度,实现业务数据的实时采集和数据共享。	1) 建立高级计划排程系统,优化生产作业计划,并自动将工艺参数等下发到原料准备、转炉冶炼、电炉冶炼、精炼、连铸生产单元所属设备; 2) 建立一键炼钢系统,通过AI模型优化与跨系统协同,实现从铁水到成品钢的高效、精准控制和持续优化; 3) 围绕现有业务系统协同应用程度,完成数据的自动采集,实现关键工序数据自动采集率 $\geq 95\%$ 。	1) 基于炼钢专用大模型,融合机理模型,持续优化生产过程非预见性异常和复杂工况预测精度; 2) 基于AI和大数据分析,持续提升炼钢多工序协同优化能力,满足柔性化、个性化生产需求; 3) 突破多源数据融合、AI模型嵌入等技术瓶颈,推进炼钢大模型新应用场景。

表4 工序能力要求(续)

能力域	能力要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
轧钢	1) 制定轧钢智能制造初步规划,形成分阶段实施方案; 2) 对加热、粗轧等热轧关键工序和酸洗、退火等冷轧关键工序的生产过程信息进行记录和归档; 3) 关键设备实现自动化控制。	1) 对加热、粗轧等热轧关键工序和酸洗、退火等冷轧关键工序实现自动化控制,减少生产过程的人工干预; 2) 实施了信息化系统(如MES),实现单工序生产过程的跟踪; 3) 围绕现有业务系统,实现数据采集的支撑作用。	1) 纵向集成企业经营管理系统、生产管理系统和生产控制系统等(例如ERP、MES、PCS的垂直贯通),打通生产计划到设备指令的信息流,实现管控一体化; 2) 横向集成采购、生产、库存、财务等业务系统,实现轧钢产供销一体化; 3) 围绕现有业务系统集成应用程度,实现业务数据的实时采集和数据共享。	1) 建立高级计划排程系统,优化生产作业计划,并自动将生产程序、运行参数及指令等下达到加热、粗轧、退火等单元数字化设备; 2) 基于工序上下游的数据交互与协同优化,实现从采购、生产到下一工序或销售等流程物料的跟踪和产品信息的追溯; 3) 围绕现有业务系统协同应用程度,完成数据的自动采集,实现关键工序数据自动采集率 $\geq 95\%$ 。	1) 基于轧钢专用大模型,融合机理模型,持续优化生产过程非预见性异常和复杂工况预测精度; 2) 基于AI和大数据分析,持续提升轧钢多工序协同优化能力,满足柔性化、个性化生产需求; 3) 突破多源数据融合、AI模型嵌入等技术瓶颈,推进轧钢大模型新应用场景。

8.4 运营

运营能力要素包括研发与设计、计划与调度、质量、设备、物流、能源、安全、环保共8个能力域,各能力域的智能制造能力要求应符合表5规定。

表5 生产运营的能力要求

能力域	能力要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
研发与设计	<p>1) 基于国家及行业标准, 制定钢铁产品研发设计与工艺流程管理的基础规范, 并记录关键过程数据;</p> <p>2) 结合钢铁生产经验, 开展产品的成分、组织及工艺设计, 并记录关键过程数据;</p> <p>3) 具备基本的工艺仿真能力, 支持钢铁产品关键工艺参数的初步验证。</p>	<p>1) 建立钢铁制造管理系统, 实现生产数据的归集及在线质量监测, 支持炼钢、连铸、轧制等环节的工艺状态实时分析;</p> <p>2) 借助信息技术开展产品设计, 并实现设计数据与工艺的结构化管理与共享;</p> <p>3) 实现钢铁产品设计与工艺设计的并行协同, 且设计信息应能在炼铁、炼钢等工序间有效传递。</p>	<p>1) 构建钢铁典型产品(如板材、型材等)的标准组件库及工艺知识库, 支持成分、工艺参数的智能匹配与快速引用;</p> <p>2) 建立工艺仿真平台, 对连铸冷却速率、轧制变形量等关键工艺参数进行动态仿真与迭代优化;</p> <p>3) 实现产品设计与工艺设计的深度集成, 支持跨工序(如炼钢-热轧-冷轧)的协同设计。</p>	<p>1) 利用大数据与AI模型, 基于参数化、模块化设计技术, 实现钢铁产品(如高强钢、耐候钢)的集约化设计, 并集成合金成本、碳排放等分析模型, 优化成分与工艺路径;</p> <p>2) 支持产品研发平台与降碳模型的深度集成, 实现低碳工艺路径的智能设计与优化;</p> <p>3) 基于产业链协同云平台, 整合用户、供应商及合作伙伴资源, 支持跨区域、跨企业的协同设计与工艺创新。</p>	

表 5 生产运营的能力要求 (续)

能力域	能力要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
计划与调度	1) 基于人工经验制定月度、季度生产计划, 覆盖铁、钢、轧等主工序产能匹配; 2) 确保高炉、转炉、连铸、轧制等工序间的粗放式产能平衡; 3) 基于销售订单及市场预测信息, 通过信息化系统编制主生产计划, 并支持人工调整与执行跟踪; 4) 实现关键工序的数据采集和调度分析。	1) 实现炼钢、连铸、轧钢等主工序的自动排产, 支持多约束条件(如设备负荷、能耗等)下的计划优化; 2) 建立生产过程监视流程, 实时跟踪订单执行进度, 并建立异常预警模型(如生产延时、能耗超标等); 3) 建立跨工序(如炼铁-炼钢-轧制)的生产状态监控系统, 支持上下游工序间生产信息(如钢水成分、轧制规格)的共享与协同调度。	1) 基于全流程余材转用模型, 实现跨工序、全产线余材的智能匹配与自动转用, 优化钢铁生产资源利用率; 2) 建立多目标优化排产系统, 统筹生产计划、能源平衡计划及设备检修计划, 支持炼钢炉效、轧制成材率的动态平衡; 3) 通过运筹学与智能算法, 构建工序界面协同调度模型(如铁水调度、热送热装), 实现异常工况的自动决策与调整。	1) 构建智能调度平台, 基于工业大数据与AI模型, 实现订单、物流、能源等多目标的动态优化排产, 支持供应商与客户的协同计划编制; 2) 建立生产运行实时模型, 预判炼钢炉况波动、轧制设备故障等风险, 自动生成应急调度方案; 3) 基于产业链协同知识库与深度学习算法, 实现高炉操作参数、连铸冷却工艺等关键环节的自适应优化, 形成闭环智能管控。	

表5 生产运营的能力要求（续）

能力域	能力要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
质量	<p>1) 基于国家及行业标准,建立钢铁产品质量基础规范(如成分、力学性能等),并通过信息化系统管理检验流程;</p> <p>2) 通过理化分析技术对钢材(如板材、型材等)的强度、韧性等关键特性进行检验;</p> <p>3) 实现质量异常产品的初步人工判定与隔离,防止不合格品流入下游工序。</p>	<p>1) 基于合同订单自动生成钢铁产品(如螺纹钢、热轧卷板等)的生产工艺路径及质量要求,并关联理化性能检验标准;</p> <p>2) 通过数字化检验设备(如光谱仪、硬度计等)实现关键质量指标的自动判定与预警;</p> <p>3) 应建立质量追溯框架,实现炼钢炉号、轧制批次等基础信息的可追溯管理。</p>	<p>1) 通过质量管理系统与生产、物流系统的协同,支持订单质量要求的跨部门共享与执行;</p> <p>2) 实现钢铁生产全流程质量在线检测(如连铸坯表面缺陷检测、轧制尺寸精度监测等),并自动生成质量判定报告;</p> <p>3) 集成工艺参数(如炼钢温度、轧制速度等)与质量数据,实现关键工序(如连铸、热轧等)质量异常的动态关联分析。</p>	<p>1) 构建钢铁全流程质量参数知识库,基于在线检测数据动态优化炼钢成分、轧制工艺参数,减少质量波动;</p> <p>2) 应用智能算法(如机器学习等)建立质量预测模型,对连铸裂纹、轧制翘曲等典型缺陷进行成因分析与工艺调优;</p> <p>3) 实现供应链协同质量管理,与供应商共享原料成分数据,与物流企业协同监控钢材运输环境,确保质量稳定性。</p>	<p>1) 基于工业大数据与知识自动化技术,实现钢铁产品质量的闭环自优化(如高炉铁水成分实时调优、轧制工艺参数自适应修正等);</p> <p>2) 构建全流程质量仿真模型,预判炼钢夹杂物、轧制板形偏差等潜在问题,并可自动生成工艺修复方案;</p> <p>3) 建立客户质量需求深度挖掘机制,集成终端用户反馈数据(如建筑用钢服役性能等),驱动产品设计与工艺的持续改进。</p>

表5 生产运营的能力要求(续)

能力域	能力要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
设备	1) 建立设备管理基本框架、制定设备管理基本制度和流程、建立设备台账，记录设备的基本信息； 2) 建立钢铁设备基础信息化管理系统，实现高炉、转炉、轧机等关键设备的静态参数（如规格、安装位置等）登记与管理； 3) 通过人工或手持仪器对设备进行基础点巡检，并记录点巡检关键信息。	1) 建立设备管理程序文件，确保设备管理工作规范化和标准化； 2) 通过信息化系统制定钢铁设备维护计划，并实现维护计划的执行反馈； 3) 建立设备状态监测系统，对设备的关键运行参数进行实时监测，为设备预防性维护提供依据； 4) 建立设备全生命周期数字档案，涵盖设备采购、安装、运行、报废等阶段数据。	1) 将设备系统与企业生产、质量、能源管理等系统等进行集成，实现信息的共享和协同； 2) 运用故障诊断技术，对设备故障进行准确诊断，为设备的维修提供精确的指导； 3) 建立设备故障预测模型，利用大数据分析、人工智能等技术，对设备的故障进行预测，提前预测设备可能发生故障的时间和概率，实现故障提前预警。	1) 应用5G、AR/VR等技术实现远程智能巡检（如高炉炉顶设备全景监控、轧机齿轮箱内部缺陷识别等）； 2) 构建设备故障知识库，集成炼钢氧枪喷头堵塞、轧机轴承过热等典型故障案例，支持故障原因智能分析； 3) 实现备件智能管理，基于历史消耗数据与供应链协同，优化轧辊、炉衬等关键备件的库存策略。	1) 应用先进的设备监测技术，构建钢铁全流程设备自适应调控系统，推动设备管理水平不断提升； 2) 通过神经网络模型，动态协调设备状态与生产工艺（如炼钢-连铸节奏匹配、热轧温度链协同等），达成质量、能耗、效率的多目标最优运行； 3) 实现产业链级设备协同运维，与供应商共享轧机轴承振动谱、与物流企业联动监控特种运输车辆状态，形成设备全生态智能管理。

表5 生产运营的能力要求（续）

能力域	能力要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
物流	<p>1) 建立钢铁物流基础信息化系统, 实现钢坯、成品钢材等关键物料的出入库数据采集与静态库存管理;</p> <p>2) 通过人工或手持终端记录汽运、铁运等运输方式的车辆信息（如车牌号、载重量），并关联计量点数据;</p> <p>3) 实现厂内物料倒运路径的初步人工规划, 支持炼铁—炼钢—轧制工序间的物料基础调度。</p>	<p>1) 通过信息化系统编制物流运输计划, 基于生产订单和库存状态, 支持人工协调铁水罐运输、钢材外发等作业;</p> <p>2) 实现运输在途信息（如铁水罐位置、钢材运输车辆轨迹等）的状态和位置监控;</p> <p>3) 实现内转物料出入库数据、计量数据的采集和记录, 库存数据动态更新, 库存状态预警。</p>	<p>1) 集成物流管理系统与企业产销、生产、车辆定位等系统, 实现厂内外物流实时联动;</p> <p>2) 应用路径规划算法优化厂内运输路线, 减少空驶率, 实现物流调度智能优化。</p>	<p>1) 应基于智能算法实现多式联运（汽运、铁运、船运）的自动调度, 优化钢材与原料的运输成本;</p> <p>2) 构建铁水运输模型, 预判物流运输瓶颈并动态调整调度方案;</p> <p>3) 用无人化装备（如无人天车、智能叉车）, 提高物流运输效率, 降低物流运输作业风险。</p>	<p>1) 实现厂内物流全流程无人化, 通过自动驾驶车辆（如无人钢坯运输车等）与智能调度系统, 达成运输路径、满载率、能耗的多目标最优;</p> <p>2) 整合供应商、港口、客户等数据, 实现铁矿石采购—生产—销售的全产业链物流协同优化;</p> <p>3) 通过AI与大数据的深度应用, 实现运力资源动态预测（如海运价格波动等）, 为企业提供智能物流决策支持。</p>

表 5 生产运营的能力要求 (续)

能力域	能力要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
能源	<p>1) 建立能源管理体系框架，制定能源管理制度，明确能源管理职责与分工；</p> <p>2) 建立钢铁能源基础数据采集系统，实现高炉、转炉、轧机等关键工序的煤气、电力、蒸汽消耗数据的手动或半自动记录，形成能源数据台账；</p> <p>3) 依据企业生产计划和历史能源消耗情况，制定初步的能源消耗目标和能源供应计划，确保能源的稳定供应，满足生产基本需求。</p>	<p>1) 构建厂级能源管理系统，实现炼钢余热锅炉、轧钢加热炉等重点设备的能耗数据自动采集与可视化监控；</p> <p>2) 建立工序能耗对标机制，支持工序能耗与历史数据对比分析；</p> <p>3) 实现能源质量参数（如煤气热值、蒸汽压力等）的阈值报警功能，确保生产用能稳定性。</p>	<p>1) 实现能源管理系统与企业的生产、设备、质量等管理系统间的集成，实现信息的共享和协同，使能源管理与企业的整体运营管理紧密结合；</p> <p>2) 开展工序能效因子分析，识别高炉鼓风量、轧制加热温度等参数对能耗的影响规律；</p> <p>3) 建立能耗异常诊断模型，对炼钢煤气回收效率、轧机空载损耗等典型问题进行原因分析并提出改进建议。</p>	<p>1) 基于人工智能模型，构建高炉-转炉等煤气平衡预测系统，支持多气源协同调配；</p> <p>2) 建立能源调度规则库，集成专家经验与历史案例，支持调度优化以及突发工况下的应急调度决策；</p> <p>3) 建立碳排放管理系统，按照《企业温室气体排放核算与报告指南 钢铁行业》要求，实现碳排放数据的核算、统计和分析。</p>	<p>1) 构建钢铁全流程能源动态仿真模型，模拟炼铁-炼钢-轧制能量流动，支持能效优化决策；</p> <p>2) 通过智能优化算法实现全厂电力负荷分配、煤气柜群协同调度等，提升能源网络响应效率；</p> <p>3) 通过深度挖掘能源大数据，利用大数据分析技术和人工智能算法，对能源数据进行多维度、深层次的分析，发现能源消耗的潜在规律和问题，为节能降耗、能源管理决策提供更精准的支持。</p>

表5 生产运营的能力要求（续）

能力域	能力要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
安全	1) 建立企业安全管理机制，具备安全操作规程； 2) 建立安全生产标准化认证； 3) 配置安全基础设施，在高危区域部署视频监控系统； 4) 建立安全隐患数据台账管理。	1) 通过信息技术手段，实现安全要素数据的采集，具备安全状态感知和监测能力 2) 高危区域实现电子围栏，对人员进行较为精准的定位； 3) 初步开始3D岗位机器换人。	1) 建立安全管理系统，实现与企业生产管理、设备维护等其他业务系统的联动； 2) 建立应急指挥中心，基于应急预案，自动给出管理建议，缩短突发事件应急响应时间； 3) 实现生产现场安全态势感知与异常状态自动预警。	1) 实现高危岗位由智能机器人进行替代； 2) 实现人员行为智能分析。对人员疲劳度进行监测，自动识别异常行为并预警； 3) 实现安全事件智能决策与应急联动。基于安全事件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事件处置的智能决策和快速响应。	1) 构建全流程本质安全决策平台，基于AI模型预判炼钢喷溅、连铸漏钢等事故趋势，并自动调整工艺参数（如氧枪高度、冷却水流量）规避风险； 2) 实现数字员工7*24小时监测企业安全态势。
环保	1) 建立企业环保管理制度，明确各生产工序的环保责任分工及基础风险点清单； 2) 构建环保数据采集系统，实现主要污染物的在线监测与数据存储； 3) 建立清洁运输管理台账，记录运输车辆排放标准及路线，支持清洁运输比例统计，通过信息化系统对无组织排放区域进行定期巡查并生成整改清单。	1) 实现环境监测系统数据与生产系统数据联动，例如在排放超标时触发限产或调整设备运行参数； 2) 建立环保异常报警机制，对关键环保设施（如除尘器、污水处理系统等）故障进行预警； 3) 实现危险废物转移流程实时追踪，确保合规处置。	1) 构建环保数据分析模型，关联生产数据预判污染物排放趋势，优化环保设备布局与运行策略； 2) 通过人工智能平衡排放达标与成本效益，降低污染物处理成本，生成综合环保优化方案； 3) 推动供应链环保协同，优先采购低碳原料并建立供应商环保档案。		

8.5 经营管理

经营管理能力要素包括采购、销售、财务共3个能力域，各能力域的智能制造能力要求应符合表6规定。

表6 经营管理的能力要求

能力域	能力要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
采购	1) 能够依据库存、企业生产情况、在途资源信息等制定采购计划，并对采购计划进行有效管理； 2) 建立合格供应商管理机制，包括供应商管理制度，覆盖了供应商寻源、准入、审核、评价、调整淘汰等，并能有效执行； 3) 能够使用电子表格或基础系统记录采购订单、供应商等信息。	1) 通过信息系统，如实现采购计划的管理； 2) 通过信息系统实现了采购需求申请、制定采购计划和采购订单管理，可实现采购过程的跟踪； 3) 通过信息系统实现库存管理，包括收货、出入库、物料管理等，并建立采购质量异议管理机制； 4) 通过信息系统（自建供应链系统或第三方采购平台）对供应商进行寻源和评价。	1) 通过信息系统实现采购业务的全面管理，包括采购计划管理、采购成本管理、采购合同管理等； 2) 实现采购业务数据与其他关联业务数据，如生产、仓储、财务等的集成及数据规范化治理； 3) 通过信息系统实现采购计划的动态生成； 4) 通过信息系统实现对供应商的全面数字化管理，实现对供应商的全面管理及评价； 5) 实现采购质量异议与供应商、质量、财务等相关业务的数据集成和共享。	1) 实现采购与生产、库存、物流、财务等环节的深度协同，构建库存预警模型，实现对原料需求精准预判，实现采购计划精准制定； 2) 通过大数据分析技术，实现原材料价格波动和市场需求变化，动态调整采购策略； 3) 建立供应商画像，通过机器学习优化供应商选择和风险预警； 4) 实现与供应商相关系统的集成和数据共享，实现供应链协同。	1) 通过供应链协同平台连接上下游企业，实现需求、产能、物流资源实时共享与自动匹配（如钢厂-汽车厂-物流商协同）； 2) 基于AI技术构建智能化的采购领域知识库，通过知识图谱与机器学习算法，实现对采购全流程的精准赋能，如针对采购流程中的合同条款争议、供应商交期延误等问题，基于历史案例自动生成标准化处置建议。

表6 经营管理的能力要求（续）

能力域	能力要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
销售	1) 具有制定销售计划的流程、逻辑和方法，并形成了销售计划制定的相关制度； 2) 能够根据客户需求、库存、企业生产状况，通过人工方式制定销售计划； 3) 能够使用电子表格或基础系统实现客户信息、销售订单和销售合同等信息的记录。	1) 通过信息系统实现销售订单、销售合同审批等跟踪管理； 2) 通过信息系统实现客户信息的跟踪管理，包括客户基础信息、客户需求信息、客户回款情况等； 3) 实现销售与相关业务系统的局部对接，如与财务系统实现应收款项管理数据对接。	1) 通过信息系统实现销售业务的全面管理，包括销售计划管理、销售结算管理、销售合同管理、销售价格管理、销售订单跟踪与处理等； 2) 实现销售系统与生产、库存、物流、质量、成本等相关业务系统的集成，实现相关业务的协同管控； 3) 通过信息系统实现对客户的全面数字化管理，如交货时间、交货要求、售后服务等。	1) 结合历史数据，通过大数据分析技术，建立客户需求预测模型，依据预测结果制定精准销售计划； 2) 通过大数据分析和人工智能技术，结合成本、库存、市场供需数据等，实现产品销售价格对比分析及预测，实现产品动态定价； 3) 采用数字化技术，根据客户需求变化，动态调整采购、生产或物流等方案，以销售促进业务优化； 4) 通过大数据分析，建立智能客户画像，实现客户分类分级评价； 5) 建立电子商务平台，并与企业级信息系统集成。	1) 基于人工智能，对市场未来供求趋势、影响因素及其变化规律进行精准分析、判断与预测，为企业的战略决策提供科学依据，推动销售管理的智能化与精细化发展； 2) 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 6 经营管理的能力要求 (续)

能力域	能力要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
财务	<p>1) 具备初步的财务信息化系统, 实现财务数据的电子化录入与存储;</p> <p>2) 对财务核算、成本统计等单一业务进行流程化管理。</p>	<p>1) 实现财务信息化系统与部分业务系统(如采购、生产)的初步集成, 支持财务数据的自动化采集;</p> <p>2) 财务信息化系统系统实现会计账务管理、自动生成财务报表和进行财务分析、进行成本管理;</p> <p>3) 实现成本管理基础上的财务预算管理, 如预算管理的编制、执行和监控等。</p>	<p>1) 实现财务系统与生产、采购、仓储等核心业务系统全面集成, 实现数据实时交互, 如成本核算与生产能耗数据自动关联;</p> <p>2) 通过财务系统生成多种财务分析报表, 如按工序、产品维度的成本报表;</p> <p>3) 基于预算决算规范化, 构建财务成本管控计划及执行体系, 达成产品服务成本精算, 实现全面预算精细管理。</p>	<p>1) 利用大数据和人工智能技术, 实现财务数据的深度分析和挖掘, 如通过构建现金流预测模型、成本优化模型, 支持管理层精准决策;</p> <p>2) 实现基于业务数据联动分析的企业成本、预算、收入精细化管控和实时分析, 实现精细化财务管理, 支持实时成本监控和异常预警;</p> <p>3) 基于客户信用画像自动调整授信额度, 减少坏账风险;</p> <p>4) 通过集成采购系统、销售系统数据, 实现对企业市场利润预判。</p>	<p>1) 通过智能风控模型与金融数据监测, 建立资金安全预警机制, 提高对资金流动异常情况的敏感度, 实现对重大资金风险的提前识别与有效规避, 保障企业资金链稳定安全;</p> <p>2) 建立财务大模型, 为企业管理层提供财务方面的专业建议。</p>

9 能力等级判定

9.1 评分方法

评估过程中应将采集的证据与能力要求进行对照，按照满足程度对能力要素中能力域的每一条要求进行打分。能力要求满足程度与得分对应表如表7所示。

表7 能力要求满足程度与得分对应

能力要求满足程度	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 计算方法

9.2.1 能力域得分

能力域得分为该能力域指定能力等级下每条能力要求得分的算术平均值，能力域得分按公式(1)计算。

$$C_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n D_{ij} \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

式中：

C_i ——第*i*个能力域得分， $i=1, 2, 3, \dots, 24$ （24个能力域）；

n ——第*i*个能力域指定能力等级下能力要求个数；

D_{ij} ——第*i*个能力域指定能力等级下第*j*条能力要求得分。

9.2.2 能力要素得分

能力要素得分为该要素下能力域得分的加权求和，能力要素得分按公式(2)计算。

$$B_k = \sum_{i=1}^n C_{ki} * \gamma_{ki} \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

式中：

B_k ——第*k*个能力要素得分， $k=1, 2, 3, 4, 5$ （5个能力要素）；

C_{ki} ——第*k*个能力要素下第*i*个能力域得分；

γ_{ki} ——第*k*个能力要素下第*i*个能力域权重。

9.2.3 能力等级得分

能力等级得分为所有能力要素得分的加权求和，能力等级得分按公式(3)计算。

$$A = \sum_{k=1}^n B_k * \alpha_k \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$

式中：

A ——能力等级得分；

B_k ——第*k*个能力要素得分；

α_k ——第*k*个能力要素权重。

9.2.4 智能制造能力总分

智能制造能力总分为所有能力等级得分之和，其中已满足的能力等级得分取值为1，不满足的能力等级得分取值为该能力等级的实际得分A，智能制造能力总分S为各能力等级评分结果累计求和。

9.3 能力等级划分方法

当评估对象在某一等级下的能力等级得分超过评分区间的最低分视为满足该能力等级要求，反之则视为不满足。根据表8给出的分数与能力等级的对应关系表，结合企业智能制造能力总分S，可判断企业当前所处的智能制造能力等级。

表8 分数与能力等级对应关系

能力等级	对应评分区间
五级	$4.8 \leq S \leq 5$
四级	$3.8 \leq S < 4.8$
三级	$2.8 \leq S < 3.8$
二级	$1.8 \leq S < 2.8$
一级	$S < 1.8$

参 考 文 献

- [1] GB/T 43439—2023 信息技术服务 数字化转型成熟度模型与评估
 - [2] GB/T 39116—2020 智能制造能力成熟度模型GB/T 36132—2018
 - [3] 工业和信息化部, 智能制造典型场景参考指引 (2024年版)
-