

ICS 77.010
CCS H07

YB

中华人民共和国黑色冶金行业标准

YB/T 6429—2025

钢铁行业数字化转型成熟度评估

Digital transformation maturity assessment for iron and steel industry

2025 - 07 - 02 发布

2026 - 02 - 01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目 次

1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
3.1 术语定义	1
3.2 缩略语	2
4 模型框架	3
5 成熟度等级	4
6 能力域	4
7 成熟度要求	6
7.1 资源与保障	6
7.2 产线智能化	10
7.3 数字化生产	15
7.4 数字化运营	24
7.5 数据	33
8 评估方法	36
8.1 评估内容	36
8.2 评估流程	36
8.3 预评估	36
8.4 正式评估	36
8.5 发布评估结果	37
9 成熟度等级判定	37
9.1 评分方法	37
9.2 评估域权重	37
9.3 计算方法	37
9.4 成熟度等级判定方法	38
附录 A 能力子域指标要求	39
参考文献	65

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。

本文件由中国钢铁工业协会提出并归口。

本文件起草单位：鞍钢集团有限公司、上海宝信软件股份有限公司、中冶赛迪信息技术（重庆）有限公司、中信泰富特钢集团股份有限公司、南京钢铁股份有限公司、江苏金恒信息科技股份有限公司、北京首钢股份有限公司、冶金自动化研究设计院有限公司、鞍钢数智科技（辽宁）有限公司、宁波钢铁有限公司、江苏永钢集团有限公司、中冶武勘工程技术有限公司、河南金数智能科技股份有限公司、日照钢铁控股集团有限公司、中冶京诚数字科技（北京）有限公司、首钢京唐钢铁联合有限责任公司、上海研视信息科技有限公司、北京中电华劳科技有限公司、江苏沙钢集团有限公司、河北普阳钢铁有限公司、冀南钢铁集团有限公司、河北新金钢铁有限公司、烽台科技（北京）有限公司、方同舟控股有限公司、北京瓦特曼智能科技有限公司、河钢数字技术股份有限公司、河钢集团有限公司、建龙钢铁控股集团有限公司、唐山钢铁集团有限责任公司、湘潭华菱云创数智科技有限公司、湘潭钢铁集团有限公司、金鼎重工有限公司、宁波紫藤信息科技有限公司、江苏省镔鑫钢铁集团有限公司、北京首钢国际工程技术有限公司、河南钢铁集团有限公司、广州机械科学研究院有限公司、陕西龙门钢铁有限责任公司、陕西钢铁集团有限公司、北京科技大学设计研究院有限公司、包头钢铁（集团）有限责任公司、上海德龙钢铁集团有限公司、青拓集团有限公司、河北工业职业技术大学、首钢集团有限公司、北京首钢自动化信息技术有限公司、江阴兴澄特种钢铁有限公司、大冶特殊钢有限公司、宝山钢铁股份有限公司、马鞍山钢铁股份有限公司、太原钢铁（集团）有限公司、鞍钢股份有限公司、本钢集团有限公司、攀钢集团有限公司、本溪钢铁（集团）信息自动化有限责任公司、东北特殊钢集团有限公司、东北大学、中冶京诚工程技术有限公司、中国钢研科技集团有限公司、中国钢铁工业协会、中国电子技术标准化研究院、中国电子信息产业发展研究院、中国工业互联网研究院、冶金科技发展中心、河北省冶金行业协会、冶金工业信息中心、冶金工业信息标准研究院、北京中冶设备研究设计总院有限公司、中冶检测认证有限公司、北京关禾科技有限公司、青岛特殊钢铁有限公司、酒泉钢铁（集团）有限责任公司、河北东海特钢集团有限公司、河北新武安钢铁集团烘熔钢铁有限公司、福建大东海实业集团有限公司、江苏沙钢集团淮钢特钢有限公司。

本文件主要起草人：姜维、徐世帅、冯超、林垚、吴毅平、彭燕华、符鑫峰、高国华、王芳、李井先、王凤琴、孙彦广、蔡恒君、钱卫东、张沛、白先送、汝金同、李剑、张国红、王弢、郝于平、赵俊杰、臧中海、刘晨阳、贾凤泳、王思蕊、高新永、李胜、郭亮、左金龙、王蔚林、倪振兴、屈乐圃、范冰、刘福龙、郝亮、宋俊、关树锟、牛现利、董慧军、程亚洲、訾立强、张志杰、谭胜虎、戴亚辉、刘东、陈美、王靖、刘翔、吴耐、盛刚、王梓宁、叶明帅、袁怀月、邓慕原、薛颖健、陈超、崔海龙、王水根、陈彭红、邓子波、温涛、林滔、杨钊、谷涛、冯伟、付成勇、邵健、于长志、赵燕兵、郑卫华、曹磊、杨强强、侯海云、高秀敏、周敏、徐铨、颜学勇、谢畋、杨凌珺、宗彦龙、孙闻初、孙杰、孙亮亮、张智勇、马超、顾鸣昊、李晓刚、明勇杰、袁君奇、王朱涛、王凯军、易凡、黄雄、郭元敬、穆广富、王启蒙、王毅、马双、应东海、王晓东、王岩、张立、杨乐、胡立堂、张勇军、赵鑫、徐乾昌、刘少坤、郑琨、朱宴恒、郝哲、宋颖昌、景浩、张云贵、迟桂友、付静、陈士英、王华军、刘冬、袁中甲、刘阳、刘斓冰、杨领芝、李国宪、于亚卿、刘维维、左晶荣、魏感连、王智民、李煜、毛明涛、宋彩群、杨春建、任金鹏、杨大流、徐慧君、李亚娜。

钢铁行业数字化转型成熟度评估

1 范围

本文件规定了钢铁行业数字化转型成熟度模型，定义了评估的基本原则、评估指标、评估方法、评估过程和成熟度等级判定。

本文件适用于单一产线钢铁企业、单基地钢铁企业或集团型钢铁企业的数字化转型成熟度的评价和改进提升。

本文件可供智能制造系统解决方案供应商及相关服务方开展钢铁企业数字化转型相关服务使用。

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，注明日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注明日期的引用文件，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 42129-2022 数据管理能力成熟度评估方法

GB/T 43439-2023 信息技术服务数字化转型成熟度模型与评估

3 术语和定义

3.1 术语定义

GB/T 43439-2023、GB/T 42129-2022 和 GB/T 39116-2020 界定的术语和定义适用于本文件。

3.1.1

数字化技术 Digital Technology

数字化转型过程中用到的信息技术及其组合。

注：包括但不限于云计算、大数据（数据分析）、移动计算、社交计算、物联网、智能化、边缘和个域计算、区块链以及网络安全技术等。

[来源：GB/T 43439-2023, 3.1]

3.1.2

数字化生产 Digital Production

通过数字化技术赋能组织内部相关的生产活动，实现生产变革和效率提升。

3.1.3

数字化运营 Digital Operation

通过数字化技术赋能组织内部相关的管理活动，实现组织运营模式变革、效率提升和生态圈建设。

[来源：GB/T 43439-2023, 3.4, 有修改]

3.1.4

评估域 Assessment Domain

用于开展数字化转型成熟度评估的能力域或能力子域集合。

[来源：GB/T 43439-2023, 3.5]

3.2 缩略语

GB/T43439-2023、GB/T 42129-2022和GB/T 39116-2020界定的缩略语适用于本文件，下列缩略语适用于本文件。

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

AI: 人工智能 (Artificial Intelligence)

App: 应用程序 (Application)

AR: 增强现实 (Augmented Reality)

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

IT: 信息技术 (Information Technology)

L1: 基础自动化级 (Level 1)

L2: 过程控制级 (Level 2)

L3: 生产控制级 (Level 3)

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

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

OT: 运营技术 (Operational Technology)

RPA: 业务流程自动化机器人 (Robotic Process Automation)

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

VR: 虚拟现实 (Virtual Reality)

4 模型框架

钢铁行业数字化转型成熟度模型框架由成熟度等级、能力域和成熟度要求构成，其中每个能力域包含多个能力子域，见图1。

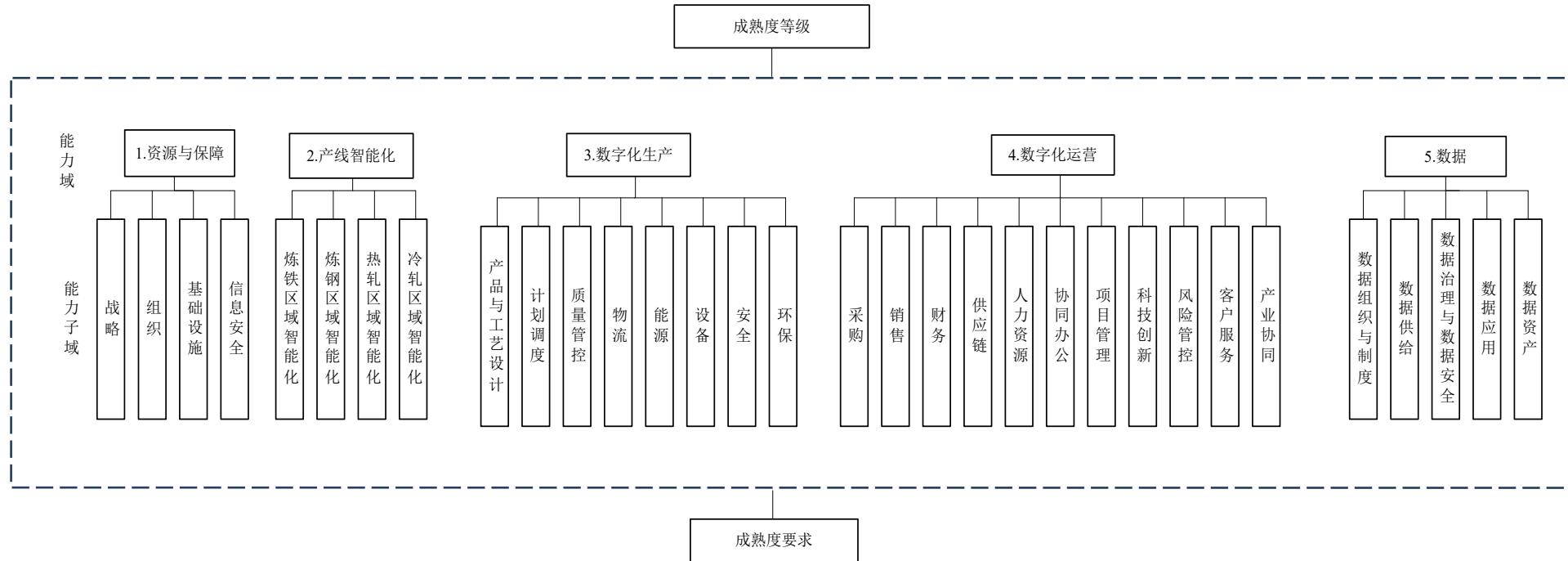


图1 钢铁行业数字化转型成熟度模型框架

5 成熟度等级

数字化转型成熟度等级适用于根据组织现状和业务目标明确转型工作所要达成的成熟度等级目标，并根据目标等级的分级特征和要求制定详细的转型工作路径和各细项目标。成熟度等级分为五个等级，自低向高分别为一级、二级、三级、四级和五级，各级特征见表1。

表1 成熟度等级对照表

成熟度等级	等级特征
一级	组织应具备转型意识，开始对实施数字化转型的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、供应链管理等进行流程化管理。
二级	组织应对数字化转型的组织、技术、数据和资源进行规划，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	组织应具备数字化转型总体规划并有序实施，开展装备、系统等集成，完成关键业务的系统集成和数据交互，实现跨业务、跨区域生产经营活动数据共享。
四级	组织应在人员、资源、生产制造、经营等方面开展数据治理、数据资产累积、数据价值挖掘，形成数据资产、知识库、模型库等，实现对核心生产经营业务活动的有效支持、预测、优化和辅助决策。
五级	组织应基于大数据、模型和AI持续驱动业务活动的优化创新，实现产业链协同和生态圈建设，进而衍生新的制造模式和商业模式。

6 能力域

钢铁行业数字化转型成熟度能力涵盖资源与保障、产线智能化、数字化生产、数字化运营和数据5个能力域，涉及32个能力子域。结合钢铁行业发展和能力子域的特点，能力子域可从若干维度即能力子域指标做进一步评价，具体内容见附录A。钢铁行业数字化转型成熟度能力域见表2。

表2 能力域

能力域及权重	能力子域	类型	权重
资源与保障 15%	战略	一般项	3%
	组织	一般项	3%
	基础设施	一般项	6%
	信息安全	一般项	3%
产线智能化 25%	炼铁区域智能化	可裁剪项	6.25%
	炼钢区域智能化	可裁剪项	6.25%
	热轧区域智能化	可裁剪项	7.5%
	冷轧区域智能化	可裁剪项	5%
数字化生产 25%	产品与工艺设计	可裁剪项	3.75%
	计划调度	一般项	3.75%
	质量管控	一般项	2.5%
	物流	一般项	2.5%
	能源	一般项	3.75%
	设备	一般项	3.75%
	安全	一般项	2.5%
	环保	一般项	2.5%

能力域及权重	能力子域	类型	权重
数字化运营 20%	采购	一般项	2%
	销售	一般项	2%
	财务	一般项	2%
	供应链	一般项	2%
	人力资源	一般项	2%
	协同办公	一般项	1%
	项目管理	一般项	1%
	科技创新	一般项	2%
	风险管理	一般项	2%
	客户服务	一般项	2%
数据 15%	产业协同	一般项	2%
	数据组织和制度	一般项	3%
	数据供给	一般项	3%
	数据治理与数据安全	一般项	3%
	数据应用	一般项	3%
	数据资产	一般项	3%
	注1：能力子域中一般项为必评项；		
	注2：能力子域中可裁剪项可以根据企业实际情况进行删减，但删减内容不影响组织数字化转型效能；		
	注3：能力子域进行裁剪后，被裁剪能力子域权重占比应等比分配给该能力域项下的其他能力子域，最终形成评估能力域、能力子域权重分配方案；		
	注4：对于参评子企业，如果子企业本身没有相关能力子域建设工作，例如：战略、产业协同等，参评子企业可以采用上一级企业相关能力域建设情况进行评价。		

7 成熟度要求

7.1 资源与保障

资源与保障能力域包括战略、组织、基础设施、信息安全 4 个能力子域。各能力子域的成熟度等级要求，应符合表 2 的规定。

表2 资源与保障的成熟度要求

能力子域	成熟度等级要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
战略	<p>a) 应制定数字化转型战略文件，对数字化转型基础和条件进行规划。</p>	<p>a) 应对数字化转型的组织、技术、数据和资源进行规划； b) 应基于数字化转型战略形成具体的实施路径及滚动计划，各业务领域具有清晰的数字化转型行动方案； c) 应设立专门的数字化推进组织，开展评估、指导、监督组织的数字化转型活动； d) 应合理调配资金、技术等资源，确保数字化战略执行过程中的资源充足。</p>	<p>a) 应组织跨部门团队共同制定数字化转型与企业发展战略协同的整体规划，涵盖战略目标、愿景、组织架构及指标等关键要素； b) 应定期对员工进行数字化技能及前沿技术培训，提升团队整体的数字化执行能力； c) 应对数字化转型的业务架构、数据架构、应用架构、技术架构等进行全面规划； d) 高层领导应积极参与并推动数字化转型战略的实施，将其视为企业发展战略的核心组成部分； e) 应建立数字化战略执行的反馈与评估机制，及时调整策略，确保战略有效。</p>	<p>a) 应将数字化转型成效纳入企业绩效管理体系，设置明确的考核指标和激励机制，引导各部门和员工积极参与数字化转型； b) 应通过提升全员对数字化转型的认识和接受度，促进数字化思维与企业文化的深度融合。</p>	<p>a) 应基于数字化转型活动的历史数据，预测、模拟数字化转型的成果或效果，进一步明确数字化转型需求。</p>

表2 资源与保障的成熟度要求（续）

能力子域	成熟度等级要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
组织	<p>a) 应构建覆盖研发设计、市场销售、生产制造、客户服务乃至产品服役跟踪等企业价值创造的全流程信息跟踪与反馈；</p> <p>b) 应具有业务流程的管理规范或规章制度；</p> <p>c) 领导团队应开始初步探索数字化转型的概念与意义；</p> <p>d) 应针对数字化转型需求,配备必要的人员,包括但不限于信息技术人员、信息安全人员等。</p>	<p>a) 应通过数字化技术,管理组织机构和业务流程制修订过程、宣贯活动、配套成果等；</p> <p>b) 集团型企业应建立企业统一的信息管控平台,具备对财务管控、战略管控或运营管控的执行与过程及时监管的能力；</p> <p>c) 企业应建立与业务流程管理相契合的权限管理机制,确保数据安全与合规性；</p> <p>d) 应建立面向数字化转型的变革管理领导机制；</p> <p>e) 应在组织架构层面,考虑数字化转型相关团队或岗位设置,构建数字化人才发展通道。</p>	<p>a) 应通过数字化技术,跟踪各项流程并获取流程关键数据；</p> <p>b) 应基于流程管理与各业务管理系统的集成,实现流程发布、执行、反馈、监控的闭环管理；</p> <p>c) 应通过流程管理软件或RPA工具等优化关键业务流程,减少人为干预,提高运营效率；</p> <p>d) 应通过量化管理方式,管理相关岗位的任职资格及人才储备等；</p> <p>e) 应在各管理与业务领域,配置具备数字化转型职责的岗位,并将相关职责纳入岗位绩效考核；</p> <p>f) 领导团队应积极参与关键项目的落地；</p> <p>g) 应持续建设业务数字孪生,并将数字化技术纳入业务转型升级关键能力域；</p>	<p>a) 应整合历史数据与实时数据,运用数据分析与可视化技术,为管理层提供精准的决策支持；</p> <p>b) 应引入AI、大数据等技术,建立智能化风险管理系统,自动识别潜在风险点,并给出预警与应对策略；</p> <p>c) 应与合作伙伴之间实现研发设计协同、生产制造协同、质量和成本控制等协同；</p> <p>d) 应建立产业链企业之间信息交互和共享标准；</p> <p>e) 应结合数字化转型战略,建立岗位数字化评价优化机制,持续优化岗位数字化评价模型。</p>	<p>a) 应构建网络化协同设计与制造生态;应建立产业链企业协同创新机制和平台；</p> <p>b) 应建立主要流程改进影响因素模型,结合流程全局图谱和历史数据等,预测流程改进面临的问题,基于知识库给出解决方案,实现基于规则和知识的业务流程自动化；</p> <p>c) 领导团队应注重将数字化转型融入企业的生产经营管理各方面,使数字化成为企业发展的重要驱动力；</p> <p>d) 应建立专门的专家团队、研究团队、执行团队,支撑生态体系建设与发展；</p> <p>e) 应与生态链伙伴,持续探索数字化技术创新与融合应用,实现基于数据模型共享的新业态/新模式快速迭代；</p> <p>f) 宜通过鼓励创新、引领行业变革,构建独特的数字化生态,为企业的持续发展注入了新</p>

能力子域	成熟度等级要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
					的活力,同时也为行业的数字化转型树立了标杆。
基础设施	<p>a) 信息网架构应确保企业各部门之间以及企业与外部合作伙伴之间的基本连通性;</p> <p>b) 网络应具备基本的稳定性和冗余设计,防止单点故障导致的信息中断;</p> <p>c) 视频网架构应支持高清视频的流畅传输和大规模存储,满足企业视频监控、远程会议、在线直播等需求。</p>	<p>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;</p> <p>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;</p> <p>c) 应具备充足存储资源,并支持各种模态数据的快速检索和分析;</p> <p>d) 应构建支持数据高效开发利用的大数据平台,支持内外部多维、多模态数据管理与开发利用,实现对不同频率、不同源头的海量数据进行处理、计算。</p>	<p>a) 应利用云化弹性扩展实现快速响应业务变化能力;</p> <p>b) 网络应能保障关键业务数据传输的完整性和低延迟性;</p> <p>c) 宜搭建具备稳定基础架构和广泛设备连接能力的工业互联网平台,实现对生产现场各类设备及工业协议对接与数据采集,以及各类系统的全面接入;</p> <p>d) 应确保通用及高性能算力充足部署,满足日常运营需求;</p> <p>e) 应结合本地存储和云存储的优势,实现存储资源的灵活管理和成本控制;</p> <p>f) 应具备体系化数字化技术管理能力,包括技术跟踪与导入、研发与创新、应用与推广等。</p>	<p>a) 应构建统一运维管理服务平台,对云资源、数据库状态、服务器、应用建立统一的状态管理与安全监控机制;</p> <p>b) 应实现工业互联网平台对跨行业、跨领域支持的能力,支持云边端协同;</p> <p>c) 应具备支持多终端同步、业务数据实时共享能力,提供个性化的用户服务和体验,促进企业内部与外部的紧密协作;</p> <p>d) 应建立支撑研发生命周期的研发平台,确保业务、组织、技术和流程等融合创新模拟与验证;</p> <p>e) 应建立研发平台与业务平台数据通道,及时获取业务需求、参数信息及研发成果。</p>	<p>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;</p> <p>b) 应构建AI分析平台,具备数据预处理、模型训练、预测分析等模型构建能力,并集成主流的算法,满足语言类、数据智能、图片识别等多模数据训练、推理应用;</p> <p>c) 应基于统一的研发协同平台驱动生态链协同研发的敏捷响应和决策。</p>

能力子域	成熟度等级要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
信息安全	<p>a) 应设置公司基本网络安全管理办法； b) 应实施基本安全控制措施。</p> <p>示例：如采用隔离或工控安全设备等</p> <p>d) 针对外网与办公网络，应采用病毒防患手段； e) 应统筹开展网络安全保护工作，制定物理和虚拟资源的安全策略。</p>	<p>a) 应设立网络安全工作领导机构，管理办法和规划，建立安全管理机构和岗位； b) 应设置专职人员、职责，规划信息安全顶层设计和整体架构； c) 应有相应的安全措施保护工控系统；</p> <p>d) 针对外网与办公网络，应采用病毒防患手段； e) 应统筹开展网络安全保护工作，制定物理和虚拟资源的安全策略。</p>	<p>a) 应设立集中安全运营中心，采用态势感知等安全监测技术，监测和响应异常行为和威胁； b) 集中监测多种技术平台，应具备工业控制网络安全防护能力，实施分区分域管理和访问控制，确保数据安全与备份恢复； c) 应具备标准化的安全流程，涵盖事件响应、变更管理、漏洞管理和安全审计； d) 应根据法律法规，结合自身业务需求，开展新技术和新场景下的安全防护与运营能力建设； e) 应建立应急预案并定期进行培训和演练，优化预案； f) 应具备网络安全等级保护二级的防护能力。</p>	<p>a) 应制定全面的安全策略和操作规程，包括身份鉴别、访问控制、安全审计等。每年应至少开展一次安全控制措施有效性检测与整改； b) 应具备全流程的软件开发安全管理能力，包含但不限于安全设计、编码规范、开源组件安全审查等； c) 应定期开展风险评估、审计和渗透测试，根据评估结果分析潜在安全风险，并调整安全策略； d) 应具备识别和处理信息安全风险的能力，建立完善的安全事件响应和灾难恢复机制，具备快速识别、报告、调查和恢复的能力，并定期演练验证计划有效性，持续采用新技术应对新型安全威胁，具备主动防护的能力； e) 应具备网络安全等级保护三级的防护能力。</p>	<p>a) 应跟踪最新的安全趋势、创新技术与法规标准，结合自身发现需要，持续优化顶层规划； b) 应依据日常安全运营经验与安全事件处置结构，形成数据驱动的安全体系与知识库，优化调整安全监测与应急响应方法； c) 应根据自身业务需求，在法律法规标准缺失的情况下，开展业务需要的新型信息基础设施安全防护建设与运营； d) 应基于自身研究和实践，参与制定团队、行业或国家的数字安全相关标准。</p>

7.2 产线智能化

产线智能化能力域包括炼铁区域智能化、炼钢区域智能化、热轧区域智能化、冷轧区域智能化 4 个能力子域。各能力子域的成熟度等级要求, 应符合表 3 的规定。

表 3 产线智能化的成熟度要求

能力子域	成熟度等级要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
炼铁区域智能化	<p>a) 应对原料、焦化、烧结、球团和炼铁生产作业关键工序生产过程信息进行记录和归档;</p> <p>b) 应建立了炼铁区域智能化建设规划和方案;</p> <p>c) 应对原料、焦化、烧结、球团和炼铁生产区域关键设备实现自动化控制;</p> <p>d) 应对原料、焦化、烧结、球团和炼铁生产区域设备进行人工及人工手持仪器巡检, 根据人工经验实现设备维护管理和故障处理。</p>	<p>a) 炼铁区域生产所涵盖的原料、焦化、烧结、球团、炼铁生产单元应均实现L1、L2级控制, 并通过数字化技术向这些生产单元自动传递工艺文件;</p> <p>b) 应通过数字化技术实现炼铁区域生产过程关键物料、设备、人员、工艺参数等的数据采集, 上传信息系统;</p> <p>c) 应实现炼铁区域生产所涵盖的原料、焦化、烧结、球团、炼铁等生产单元网络全覆盖;</p> <p>d) 应对炼铁区域关键工序采用数字化质量检测设备, 实现原料和产品的质量检测、分析、数据归档;</p> <p>e) 应采用信息系统记录炼铁区域生产过程中产品信息, 实现每批次产品生产过程可追溯;</p> <p>f) 应通过数字化技术制定炼铁</p>	<p>a) 炼铁区域生产所涵盖的原料、焦化、烧结、球团、炼铁每个生产单元内部的生产工艺参数、物流信息、中间产品质量信息、关键设备状态参数应实现生产单元内部垂直集成;</p> <p>b) 应实现炼铁区域生产作业计划、生产资源、质量信息、关键设备状态参数等关键数据的动态监测和横向集成与共享;</p> <p>c) 应对炼铁区域关键工序应用数字化在线质量检测和在线分析技术, 实现产品质量检测结果的判断和报警, 建立产品质量问题知识库;</p> <p>d) 应动态监测炼铁区域生产过程原料、半成品、成品质量信息, 实现质量信息可追溯;</p> <p>e) 应实现炼铁区域关键设备关</p>	<p>a) 应基于生产作业计划, 自动将生产程序、运行参数及指令下放到炼铁区域生产所涵盖的原料、焦化、烧结、球团、炼铁生产单元数字化设备;</p> <p>b) 应建立炼铁区域数据和机理融合模型, 实现对炼铁区域生产作业数据的在线分析、优化生产工艺参数、设备参数、优化生产资源配置;</p> <p>c) 应建立产品质量算法模型, 基于在线监测质量数据, 实现炼铁区域生产过程异常预测, 实时预警报警, 并给出优化调整建议;</p> <p>d) 应实时采集产品原料、生产过程数据, 实现产品质量的精准追溯, 通过数据分析和知识库, 分析产品缺陷, 提出改进方案;</p>	<p>a) 应实现生产资源自组织、自优化, 提升炼铁区域生产的柔性化能力;</p> <p>b) 应基于AI、大数据分析等技术, 实现炼铁区域生产过程非预见性异常的自动调整;</p> <p>c) 应基于模型实现工艺、设备、产品质量等知识库的自优化;</p> <p>d) 应采用机器学习、神经网络等新技术实现炼铁区域设备运行模型的自学习、自诊断、自优化。</p>

能力子域	成熟度等级要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
		<p>区域设备维护计划,实现设备设施维护保养预警;</p> <p>g) 应建立设备管理系统,实现设备点检、巡检、维护等状态和过程管理。</p>	<p>键运行参数实时采集、故障分析和远程诊断,并实现设备综合效率OEE统计;</p> <p>f) 应建立并不断维护设备故障知识库并与设备管理系统有效集成;</p> <p>g) 应基于设备状态,自动形成检修工单,实现基于设备运行状态的检修维护闭环管理。</p>	<p>e) 应建立炼铁区域设备运行模型和设备故障知识库,自动提出预测性设备维护方案;</p> <p>f) 应基于设备OEE分析,自动优化生产作业计划和工艺。</p>	
炼钢区域智能化	<p>a) 应实现转炉炼钢、电炉炼钢、炉外精炼、连铸和铸轧生产作业关键工序生产过程信息进行记录和归档;</p> <p>b) 应建立炼钢区域智能化建设规划和方案;</p> <p>c) 应实现转炉炼钢、电炉炼钢、炉外精炼、连铸和铸轧生产区域的关键设备自动化控制;</p> <p>d) 应实现转炉炼钢、电炉炼钢、炉外精炼、连铸和铸轧生产区域设备人工及人工手持仪器巡检,根据人工经验实现设备维护管理和故障处理。</p>	<p>a) 炼钢区域生产所涵盖的转炉炼钢、电炉炼钢、炉外精炼、连铸和铸轧生产单元应均实现L1、L2级控制,并通过数字化技术向这些生产单元自动传递工艺文件;</p> <p>b) 应通过数字化技术实现炼钢区域生产过程关键物料、设备、人员、工艺参数等的数据采集,上传信息系统;</p> <p>c) 应实现炼钢区域生产所涵盖的转炉炼钢、电炉炼钢、炉外精炼、连铸和铸轧等生产单元网络全覆盖;</p> <p>d) 应对炼钢区域关键工序采用数字化质量检测设备,实现产品质量检测、分析、数据归档;</p>	<p>a) 炼钢区域生产所涵盖的转炉炼钢、电炉炼钢、炉外精炼、连铸和铸轧生产单元内部的生产工艺参数、物流信息、中间产品质量信息、关键设备状态参数应实现生产单元内部垂直集成;</p> <p>b) 应实现炼钢区域生产作业计划、生产资源、质量信息、关键设备状态参数等关键数据的动态监测和横向集成与共享;</p> <p>c) 应对炼钢区域关键工序应用数字化在线质量检测和在线分析技术,实现产品质量检测结果的判断和报警,建立产品质量问题知识库;</p>	<p>a) 应基于生产作业计划,自动将生产程序、运行参数及指令下放到炼钢区域生产所涵盖的原辅料配送、转炉炼钢、电炉炼钢、炉外精炼、连铸和铸轧生产单元数字化设备;</p> <p>b) 应建立炼钢区域数据和机理融合模型,实现对炼钢区域生产作业数据的在线分析、优化生产工艺参数、设备参数、优化生产资源配置;</p> <p>c) 应建立产品质量算法模型,基于在线监测质量数据,实现炼钢区域生产过程异常预测,实时预警报警,并给出优化调整建议;</p> <p>d) 应实时采集产品原料、生产过</p>	<p>a) 应实现生产资源自组织、自优化,提升炼钢区域生产的柔性化能力;</p> <p>b) 应基于AI、大数据分析等技术,实现炼钢区域生产过程非预见性异常的自动调整;</p> <p>c) 应基于模型实现工艺、设备、产品质量等知识库的自优化;</p> <p>d) 应采用机器学习、神经网络等新技术实现炼钢区域设备运行模型的自学习、自诊断、自优化。</p>

能力子域	成熟度等级要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
		<p>e) 应采用信息系统记录炼钢区域生产过程中产品信息, 实现每批次产品生产过程可追溯;</p> <p>f) 应通过数字化技术制定炼钢区域设备维护计划, 实现设备设施维护保养预警;</p> <p>g) 应建立设备管理系统, 实现设备点检、巡检、维护等状态和过程管理。</p>	<p>d) 应动态监测炼钢区域生产过程原料、半成品、成品质量信息, 实现质量信息可追溯;</p> <p>e) 应实现炼钢区域关键设备关键运行参数实时采集、故障分析和远程诊断, 并实现设备综合效率OEE统计;</p> <p>f) 应建立并不断维护设备故障知识库, 并与设备管理系统有效集成;</p> <p>g) 应基于设备状态, 自动形成检修工单, 实现基于设备运行状态的检修维护闭环管理。</p>	<p>程数据, 实现产品质量的精准追溯, 通过数据分析和知识库, 分析产品缺陷, 提出改进方案;</p> <p>e) 应建立炼钢区域设备运行模型和设备故障知识库, 自动提出预测性设备维护方案;</p> <p>f) 应基于设备OEE分析, 自动优化生产作业计划和工艺。</p>	
热轧区域 智能化	<p>a) 应对板带、中厚板、型钢、棒线材、无缝管和轨梁生产作业关键工序生产过程信息进行记录和归档;</p> <p>b) 应建立热轧区域智能化建设规划和方案;</p> <p>c) 板带、中厚板、型钢、棒线材、无缝管和轨梁生产区域关键设备应实现自动化控制;</p> <p>d) 应对板带、中厚板、型钢、棒线材、无缝管和轨梁生产区域设备进行人工及人工手持仪</p>	<p>a) 热轧区域生产所涵盖的板带、中厚板、型钢、棒线材、无缝管和轨梁生产单元应均实现L1、L2、L3级控制, 并通过数字化技术向这些生产单元自动传递工艺文件;</p> <p>b) 应通过数字化技术实现热轧区域生产过程关键物料、设备、人员、工艺参数等的数据采集, 上传信息系统;</p> <p>c) 应实现热轧区域生产所涵盖板带、中厚板、型钢、棒线材、</p>	<p>a) 热轧区域生产所涵盖板带、中厚板、型钢、棒线材、无缝管和轨梁生产单元内部的生产工艺参数、物流信息、中间产品质量信息、关键设备状态参数等应实现生产单元内部垂直集成;</p> <p>b) 实现热轧区域生产作业计划、生产资源、质量信息、关键设备状态参数等关键数据的动态监测和横向集成与共享;</p> <p>c) 应对热轧区域关键工序应用</p>	<p>a) 应基于生产作业计划, 自动将生产程序、运行参数及指令下放到热轧区域生产所涵盖的板带、中厚板、型钢、棒线材、无缝管和轨梁生产单元数字化设备;</p> <p>b) 应建立热轧生产数据和机理融合模型, 实现对热轧区域生产作业数据的在线分析、优化生产工艺参数、设备参数、优化生产资源配置;</p> <p>c) 应建立产品质量算法模型, 基</p>	<p>a) 应实现生产资源自组织、自优化, 提升热轧区域生产的柔性化能力;</p> <p>b) 应基于AI、大数据分析等技术, 实现热轧区域生产过程非预见性异常的自动调整;</p> <p>c) 应基于模型实现工艺、设备、产品质量等知识库的自优化;</p> <p>d) 应采用机器学习、神经网络等新技术实现热轧区域设备运行模型的自学习、自诊断、自优化。</p>

能力子域	成熟度等级要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
	器巡检,根据人工经验实现设备维护管理和故障处理。	无缝管和轨梁等生产单元网络全覆盖; d) 应对热轧区域关键工序采用数字化质量检测设备,实现产品质量检测、分析、数据归档; e) 应采用信息系统记录热轧区域生产过程中产品信息,实现每批次产品生产过程可追溯; f) 应通过数字化技术制定热轧区域设备维护计划,实现设备设施维护保养预警; g) 应建立设备管理系统,实现设备点检、巡检、维护等状态和过程管理。	数字化在线质量检测和在线分析技术,实现产品质量检测结果的判断和报警,建立产品质量问题知识库; d) 应动态监测热轧区域生产过程原料、半成品、成品质量信息,实现质量信息可追溯; e) 应实现热轧区域关键设备关键运行参数实时采集、故障分析和远程诊断,并实现设备综合效率OEE统计; f) 应建立并不断维护热轧区域设备故障知识库并与设备管理系统有效集成; g) 应基于设备状态,自动形成检修工单,实现基于设备运行状态的检修维护闭环管理。	于在线监测质量数据,预测热轧区域生产过程异常,实时预警报警,并给出优化调整建议; d) 应实时采集产品原料、生产过程数据,实现产品质量的精准追溯,通过数据分析和知识库,分析产品缺陷,提出改进方案; e) 应建立热轧区域设备运行模型和设备故障知识库,自动提出预测性设备维护方案; f) 应基于设备OEE分析,自动优化生产作业计划和工艺。	
冷轧区域 智能化	a) 应对冷轧、退火、涂镀和彩涂生产作业关键工序生产过程信息进行记录和归档; b) 应建立冷轧区域智能化建设规划和方案; c) 冷轧、涂镀和彩涂生产区域关键设备应实现全自动化控制; d) 应对冷轧、涂镀和彩涂生产区域设备进行人工及人工手持	a) 冷轧、退火、涂镀和彩涂生产单元应均实现L1、L2、L3级控制,并通过数字化技术向这些生产单元自动传递工艺文件; b) 应通过数字化技术实现冷轧区域生产过程关键物料、设备、人员、工艺参数等的数据采集,上传信息系统;	a) 冷轧、退火、涂镀和彩涂生产单元内部的生产工艺参数、物流信息、中间产品质量信息、关键设备状态参数应实现生产单元内部垂直集成; b) 应实现冷轧区域生产作业计划、生产资源、质量信息、关键设备状态参数等关键数据的动态监测和横向集成与共	a) 应基于生产作业计划,自动将生产程序、运行参数及指令下放到冷轧区域生产所涵盖的冷轧、涂镀和彩涂生产单元数字化设备; b) 应建立各类冷轧生产数据和机理融合模型,实现对冷轧区域生产作业数据的在线分析、优化生产工艺参数、设备参	a) 应实现生产资源自组织、自优化,提升冷轧区域生产的柔性化能力; b) 应基于AI、大数据分析等技术,实现冷轧区域生产过程非预见性异常的自动调整; c) 应基于模型实现工艺、设备、产品质量等知识库的自优化; d) 应采用机器学习、神经网络等

能力子域	成熟度等级要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
仪器进行巡检,根据人工经验实现设备维护管理和故障处理。	c) 应对冷轧区域关键工序采用数字化质量检测设备,实现产品质量检测、分析、数据归档; d) 应实现冷轧、涂镀和彩涂生产单元网络全覆盖; e) 应采用信息系统记录冷轧区域生产过程中产品信息,实现每批次产品生产过程可追溯; f) 应通过数字化技术制定冷轧区域设备维护计划,实现设备设施维护保养预警; g) 应建立设备管理系统实现设备点检、巡检、维护等状态和过程管理。	享; c) 应对冷轧区域关键工序应用数字化在线质量检测和在线分析技术,实现产品质量检测结果的判断和报警,建立产品质量问题知识库; d) 应动态监测冷轧区域生产过程原料、半成品、成品质量信息,实现质量信息可追溯; e) 应实现冷轧区域关键设备关键运行参数实时采集、故障分析和远程诊断,并实现设备综合效率OEE统计; f) 应建立并不断维护设备故障知识库并与设备管理系统有效集成; g) 应基于设备状态,自动形成检修工单,实现基于设备运行状态的检修维护闭环管理。	数、优化生产资源配置; c) 应建立产品质量算法模型,基于在线监测质量数据,预测冷轧区域生产过程异常,实时预警报警,并给出优化调整建议; d) 应实时采集产品原料、生产过程,实现产品质量的精准追溯,通过数据分析和知识库,分析产品缺陷,提出改进方案; e) 应建立冷轧区域设备运行模型和设备故障知识库,自动提出预测性设备维护方案; f) 应基于设备OEE分析,自动优化生产作业计划和工艺。	新技术实现冷轧区域设备运行模型的自学习、自诊断、自优化。	

7.3 数字化生产

数字化生产能力域包括产品与工艺设计、计划调度、质量管控、物流、能源、设备、安全、环保 8 个能力子域。各能力子域的成熟度等级要求,应符合表 4 的规定。

表 4 数字化生产的成熟度等级要求

能力子域	成熟度等级要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
产品与工艺设计	<p>a) 应根据客户需求,建立符合国家/行业/企业标准的整套产品研发设计过程规范、工艺流程管理模型,并对相关工作按照流程进行管理,通过数字化技术进行记录;</p> <p>b) 应基于设计经验,开展以实验、中试及生产试错法为主的产品成分、组织及工艺设计工作,并通过数字化技术进行记录;</p> <p>c) 应具备相关的材料仿真和工艺仿真能力,结合经验知识,开展产品材料与工艺设计,并通过数字化技术进行记录。</p>	<p>a) 应建有制造管理系统,实现产品生产数据的归集,并具有产品的在线质量监测、判定、分析及优化等能力;</p> <p>b) 应具有对实验室检测及中试数据的信息化管理能力;</p> <p>c) 应具有对新产品研发过程中的试制数据进行归集和信息化管理的能力,支持数据及文档的结构化管理,形成知识库并构建相关模型。</p>	<p>a) 应建立统一的产品数字化研发平台,实现产品研发实验数据、生产数据、检化验数据及相关用户服务等数据的互联互通;</p> <p>b) 应建立基于机理模型、专家知识库、AI模型等多知识体系的在线研发设计能力,应具有对产品性能影响因素的快速分析及在线建模能力,并实现对成分、工艺等关键参数设计的优化迭代;</p> <p>c) 应针对材料组织性能、工艺设计形成多种工业APP,支持材料与工艺设计的敏捷开发与协同设计。</p>	<p>a) 应基于生成式AI等技术实现产品的快速设计,具备基于客户目标的产品成分、工艺参数及生产工艺路径的逆向设计能力;</p> <p>b) 应具有产品成分集约化设计能力;应具有产品合金成本、制造成本以及碳排放等分析及优化能力;</p> <p>c) 应基于生产工艺,具有产品性能在线预测及上下游工艺的动态调整能力;对于典型生产工艺具有在线快速仿真及优化能力。</p>	<p>a) 应在考虑产品工艺、产线装备、物流等约束条件下,具备实现面向产品制造质量、效率和成本的多目标工艺路径优化设计能力;</p> <p>b) 应建立虚拟工厂,替代中试,实现全维度全流程的产品研发设计与仿真优化;</p> <p>c) 应支持产品研发平台与物流、营销、供应链、运维、服务等系统集成,实现产品全生命周期设计优化。</p>

表4 数字化生产的成熟度等级要求（续）

能力子域	成熟度等级要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
计划与调度	<p>a) 应实现主生产计划的信息化管理，可以根据销售订单和市场预测等信息，生成主生产计划；</p> <p>b) 应基于信息化系统，通过人工管理对订单进行调整、执行情况跟踪及预警；</p> <p>c) 应建立生产过程监视和调度管理流程，并基于信息化系统收集生产过程数据，用于调度分析。</p>	<p>a) 应实现对销售订单及与生产相关的物料、库存、计划等信息的自动收集和分类；</p> <p>b) 应建立软件或模型，实现物料需求计划的运算，可生成生产计划、采购计划等指导性产能计划。由人工参与计划调整，并辅助人工编制详细作业计划；详细作业计划可实现自动下达；</p> <p>c) 应建立调度管理信息化系统，实现主工序生产状态监控，辅助调度人员及时调整；</p> <p>d) 应实现上下游主工序关键生产信息互联互通。通过建立跨工序MES系统或建立工序信息化系统间通讯等方式，实现包括铁前区域、铁钢界面、钢轧界面等主要上下游生产工序间必要的生产信息及时共享和互联互通，主要包括生产状态信息、生产作业信息、生产在制品信息等。</p>	<p>a) 应具备作业计划排产能力，可根据销售订单、物料、库存等信息，基于安全库存、采购提前期、生产提前期等约束条件实现物料需求自动运算，自动生成生产计划、采购计划；</p> <p>b) 应通过智能排程模型，实现铁区、炼钢、连铸、轧钢等主要工序计算机辅助排程；</p> <p>c) 应采用局部转用充当模型，实现钢坯、钢材等材料的单工序转用充当功能；</p> <p>d) 应实现订单执行进度的在线自动跟踪及预警；</p> <p>e) 应实现主工序及公辅单元监控数据的整合，并建立生产调度预警模型，及时预警异常情况；</p> <p>f) 应通过智能装备与控制技术等，实现工序界面自动化作业。针对工序界面协同生产作业，应具备先进的自动化控制能力，可进一步提升生产协同控制能力和作业效率。</p>	<p>a) 应实现生产资源计划自动运算，全面进行产能负荷分析与详细能力计划平衡与在线调整；</p> <p>b) 应实现生产计划、能源平衡计划、设备检修停机计划的在线交互与匹配；</p> <p>c) 应采用全流程转用充当模型，实现跨工序、全产线余材的自动转用充当功能；</p> <p>d) 应建立工序界面生产智能协同与决策模型。采用运筹学、智能算法、知识库等技术，面向工序界面生产协同调度构建相关智能决策模型，提升调度智能化水平，实现全面的工序界面作业自动化、智能化；</p> <p>e) 应实现计划和调度智能协同，实现实时数据监控、生产能力评估、工序优化、资源调配、优先级管理和异常处理等，使生产能够根据实时反馈及时调整调度。</p>	<p>a) 应根据对接渠道客户、终端用户库存信息预警情况，对生产计划、交货期及交货量及时调整，实现预测性生产；</p> <p>b) 应实现订单、材料、设备、能源、物流运输等多目标优先的AI排产计划的一体化策划与在线调整；</p> <p>c) 应建立计划与能源、物流等业务间联动和预警机制，优化厂内生产节奏；</p> <p>d) 应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计划排产和调度；</p> <p>e) 应建立调度知识库，结合AI、大数据等技术构建辅助决策模型，对生产过程中非预见性异常进行自动报警并实现自动调整；</p> <p>f) 集团型企业应结合自身多基地协同生产需要，结合订单交期及质量要求、运输规划、生产成本等因素，实现自适应的多基地协同生产计划调度管理。</p>

表4 数字化生产的成熟度等级要求（续）

能力子域	成熟度等级要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
质量管控	<p>a) 应实现企业产品规范库、产品标准库、冶金规范库等质量规范的信息化管理；</p> <p>b) 应通过满足要求的理化检验分析技术，实现对产品特性进行检验并形成检验数据。</p>	<p>a) 系统应具备产品质量设计功能，实现根据合同订单自动生成订单生产工艺路径、关键技术质量要求及产品理化性能检验要求；</p> <p>b) 应通过数字化技术，辅助质量检验和判定，防止质量异常产品流出；</p> <p>c) 系统应具备质量规范管理、质检计划、质检作业、质检实绩、质量判定与处置、质量跟踪与追溯、质保书管理等功能。</p>	<p>a) 应实现关键产品质量在线检测，通过检测规程与数字化检验设备/系统的集成，实现产品质量自动判定和预警；</p> <p>b) 应实现企业生产全流程质量跟踪溯源（工艺路径上关键技术参数、产品质量情况）；</p> <p>c) 应实现质量业务内部的集成，包括与销售、计划、物流等其他业务的协同和数据共享。</p>	<p>a) 应建立产品质量全流程参数模型知识库，依据产品质量在线检测结果动态调整过程工艺参数，减少产品质量异常的发生；</p> <p>b) 应通过智能算法、知识库等，建立基于全流程质量跟踪的智能分析模型，具备对质量问题进行根因分析、持续优化过程工艺参数的能力；</p> <p>c) 应实现供应链上下游企业之间的信息共享和协同管理。与供应商建立质量信息共享机制，实时了解原材料的质量状况；与下游用户建立质量追溯体系，确保成品的质量可追溯性；与物流公司建立质量监控机制，确保产品在运输过程中的质量稳定。</p>	<p>a) 应基于知识自动化和全流程工艺大数据分析等技术，将产品工程师知识和经验数字化，实现通过产品质量策划、在线检测的质量数据分析和基于数据模型的预测，自动修复和调校相关的生产参数，优化质量结果和最小化流程异常，保证产品质量的持续稳定；</p> <p>b) 应实时跟踪客户的购买行为和反馈信息，深入了解客户的需求和期望。建立客户质量需求数据库，对客户质量需求进行深度挖掘和分析；同时，建立客户质量反馈机制，及时响应并改进产品质量，提升客户体验和满意度。</p>
物流	<p>a) 应具备物流及仓储管理系统基础功能，实现物流关键信息的采集和记录；</p> <p>b) 应实现关键物料计量点的数据采集和记录。</p>	<p>a) 应针对厂内外物流涉及的汽运、铁运、船运、铁水运输、内部倒运、仓储作业等多场景业务建立信息化系统，实现业务线上化管理；并实现物流计划编制功能，由人工</p>	<p>a) 应进一步完善物流业务信息化系统，建立多场景业务集成管理，并与ERP、MES等系统连接，贯通业务流程和作业活动，建立厂内外物流全流程数字化跟踪管理，实现</p>	<p>a) 物流作业执行应根据实际作业情况进行自动调整；</p> <p>b) 应实现汽运、铁运和水运在途物料类型和运量的到货时间预测，并能自动优化调整；</p> <p>c) 应实现进厂排队叫号关联门</p>	<p>a) 应实现内转运输车辆无人驾驶，系统自动分配车辆作业，以实现车辆运行路线最优、满载率最优、所需运力资源最优；</p> <p>b) 应实现产供销物流全面高度</p>

表4 数字化生产的成熟度等级要求（续）

能力子域	成熟度等级要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
		<p>根据销售和生产计划进行物流运输作业计划的编制；</p> <p>b) 应实现汽运、铁运和水运在途信息监控，可查看实时位置信息和运输路径；</p> <p>c) 应实现冶金铁路和普通铁路道岔集中控制，实现道岔自动扳道，道岔状态监测；</p> <p>d) 应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>e) 应实现车辆在厂门处的车辆信息采集和记录。</p>	<p>货物运输需求与资源管理、承运商评价管理及运输费用结算服务等；</p> <p>b) 应实现道路运输厂内路径导航，宜配置全厂视频监控，可实时查看车辆运输情况，可根据作业流程生成路径和流程指引；</p> <p>c) 应实现进厂管控与门禁信息、计量信息关联，以实现有权限车辆进厂自动放行、无权限车辆禁止操作；</p> <p>d) 应实现磅房无人值守、异常情况自动提醒，应支持自动打印磅单；</p> <p>e) 应建立设备状态监控，实现包括装卸设备、计量设备在内的设备异常数据报警；</p> <p>f) 应实现机车、倒运车辆、铁水罐等厂内物流关键运输设备的自动跟踪，并采用自动识别等数字化技术，具备实时定位跟踪能力；</p> <p>g) 应实现车皮、集装箱在轨道上实时位置跟踪；</p>	<p>禁信息和仓储信息，根据实时装卸车信息，自动优化车辆排队叫号优先级；</p> <p>d) 应实现物流运输作业设备异常数据自动分析，设备故障预测和诊断，设备状态信息与物流系统关联，优化车辆路径导航；</p> <p>e) 应利用无人化智能装备、5G、高精度控制等，实现物流关键作业场景无人化；</p> <p>f) 应实现铁水运输、钢卷转运等厂内物流关键场景等运输调度计划自动生成；</p> <p>g) 应结合上下游工序生产情况自动识别运输需求，及时优化调整相关运输计划；</p> <p>h) 应实现仓储管理与作业智能化。应用仓储管理系统和智能物流装备，基于知识库、运筹优化算法等构建天车调度模型，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。应关联库区库位信息，自动跟踪</p>	<p>协同，可通过立体库、无人库、自动装卸等智能装备、控制技术和作业调度模型，实现物料运输、仓储作业全流程跟踪和精益管控；</p> <p>c) 应实现生产信息和采购信息高度协同，通过实现原燃料需求计划精准生成，高度匹配物流信息，实现零库存/低库存目标；</p> <p>d) 应实现具备运输配送智能决策调度能力的智能物流管理。运用大数据、AI、大模型等技术，从作业智能调度、作业规划和物流管理智能决策方面，分别建立各类控制管理、预测与决策模型，完成厂内外配送路径的优化和智能化，实现钢铁行业主要原燃料及产成品库存动态监测、国内外运力市场资源及价格的动态预测，为生产经营、采购、销售提供全面决策支持，实现物流成本动态优化和最小化目标。</p>

表4 数字化生产的成熟度等级要求（续）

能力子域	成熟度等级要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
			h) 应实现平交道口道闸自动控制； i) 应具备仓储少人化/远程作业能力。	装卸机器人等，协同物流车辆自动装卸作业； i) 应实现不合格品返修、采购退货等逆向物流数据信息的自动记录和跟踪。	
能源	a) 应基本建立能源管理信息系统； b) 应实时采集能源产、储、配、耗数据，实现全方位的能源系统感知和动态监控，并对相关能源数据进行统计和分析，评估能源系统运行状态； c) 应具备碳排放计算功能，按年度提供碳核算报告。	a) 应建立完善的能源管理体系； b) 应具备完善的能源管理系统功能，数据客观、真实、全面，满足能源统计、能源管理及数据分析的需求； c) 应实现覆盖公司级以及工序级的能源绩效考核与管控； d) 应实现自动进行同行业数据对标、历史数据对标； e) 应实现系统自动采集能源质量信息，自动判定计算，能源质量判断标准完备； f) 应实现碳排放数据自动采集和计算，具备定期提供碳核算情况的能力。	a) 应实现各工序能耗指标差异分析，自动关联影响各工序能耗的能效因子； b) 应实现生产的能效管理闭环优化，分析钢铁企业节能瓶颈，对重点耗能工序及设备的能效变化提供动态根因分析，发现能耗瓶颈； c) 应具备对排放源/各工序排放/减排强度进行综合分析能力，支撑碳排放管理体系的申报、核查、认证等。	a) 应构建能源产耗预测模型和优化调度模型，实现能源平衡及零排放基础上的能源系统整体最优； b) 应建立能效瓶颈和能源优化调度“知识库”； c) 应具备全场景碳体系数字化管理能力，实现从企业、工序、产品等多维度对碳排放量进行测算和分析； d) 应对碳资产形成数字化过程管理，实现碳足迹实时监控、碳排放核算和减排规划。	a) 应实现能碳大数据管理，建立能碳数据资产，并运用AI、大模型、量子信息等技术进行智慧能碳管控，实现生产与极致能效的精准匹配； b) 应利用能源环保和制造等数据信息，基于知识库，实现作业和调度过程的自分析与自决策、预测能源消耗和预警污染环境情况，对耗能、碳排放和产能调度提供优化策略和优化方案； c) 应建立碳资产管理体系，支撑碳资产交易。
设备	a) 应建立设备管理信息化系统，实现设备规格参数等静态数据的管理； b) 应通过信息化系统实现对设	a) 应实现完整的设备资产台账及设备全生命周期数字档案管理； b) 应自动采集设备作业实绩，	a) 应实现对产线的机械、液压润滑、电气、仪表等设备的在线及离线数据进行采集，并面向上述设备对象的全生	a) 应实现分工序对设备进行分类、编码、定义管理，绑定设备属性，保证数据采集、存储和使用规范；具备根据	a) 应具备通过知识库及大数据分析等，实现设备状态、工艺过程和质量控制最优运行的自适应自决策；

表4 数字化生产的成熟度等级要求（续）

能力子域	成熟度等级要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
	<p>备运维业务的基础管理，辅助现场作业的任务及实绩结果统计等；</p> <p>c) 应具备通过数字化技术辅助备件关联人员进行请购、库管等业务功能。</p>	<p>具备根据作业标准、设备状况等对作业情况分析能力，并建立优化作业标准及作业计划等；</p> <p>c) 应实现关键设备及液压润滑设备的在线实时监测，对重要点检部位进行离线点检作业；实现基于在线监测数据、人工点检结果的自动预警；</p> <p>d) 应实现资材备件的请购、出入库、库管等管理功能；</p>	<p>命周期（包括验收入库、出库上机、设备安装、生产运行、检修维护、改造报废）建立设备基础模型，并分区域、分层次、分专业建立设备的数字化模型，具备设备数字化能力；</p> <p>b) 应实现依据点检定修制标准，制定点巡检任务及路线、润滑任务、计划及非计划检修内容项等管理功能；</p> <p>c) 应实现设备状态数据的全面采集，对在线监测、离线点检等发现的问题进行统一管理的功能，如故障、隐患、异常等；</p> <p>d) 应建立完整的设备预防性维护信息化架构，采用专门的信息化管理系统对设备运维相关业务进行管理，形成设备状态与运维作业闭环管理能力、运维作业与资产管理关联能力；</p> <p>e) 应实现设备资产管理与ERP系统中采购、财务等模块的</p>	<p>产线配置，分专业建立有设备/备件模型功能的产线模型能力；应基于设备模型和产线模型，按产线布置情况对设备进行标准实例化管理；</p> <p>b) 应实现点巡检、润滑、检修等作业由计划转为执行时相关标准、工器具使用、安环要求和作业人工时等信息的自动关联，具备对作业过程的实绩进行全过程数字化质量及进度的监控能力；作业实绩时，具备闭环优化现有标准及优化任务、计划制定等能力；</p> <p>c) 应实现资产备件的请购与预算、库存、采购在途等实时关联，优化请购计划及减少备件在库时间等，减少库存资金占用等；</p> <p>d) 应实现点巡检自动排程，利用智能传感器、机器视觉、5G、AR/VR、巡检机器人等实现智能巡检和高效作业；</p> <p>e) 应具备通过传感器及智能装备、数据分析等，进一步提</p>	<p>b) 应通过知识库及大数据分析等，建立设备故障知识库，并可对设备故障进行根因分析，找出可能的故障原因并提供建议的问题解决方案的能力。可关联设备管理系统检修管理、备件仓储管理等模块实现故障高效处理；</p> <p>c) 应具备依据备件资产的使用效率、供应商评价、预算及历史消耗等，建立备件管理模型，实现大规模备件的自动请购，同时与上游供应链上下互通，实现大部分设备备件资源的零库存；</p> <p>d) 应运用知识库、大数据、大模型等技术，实现对关键设备预防性运维和维修预算管理，并在设备异常或有故障趋势时，自动给出预测性维护方案，减少或避免设备引起的各种损失。</p>

表4 数字化生产的成熟度等级要求（续）

能力子域	成熟度等级要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
			系统联接; e) 应具有移动点检APP支持。	高精确度及状态监测的能力；具备设备运行状态的可视化，支持便捷的实时状态监测、历史趋势查看分析。 f) 应对重要产线关键设备实现远程在线诊断，并建立关键设备状态智能诊断模型；具备设备管理辅助决策分析功能，提出诊断建议； g) 应在预防性维护基础上，对设备状态进行深入分析，挖掘历史数据价值，建立故障知识库；通过加装智能传感器、建立分析诊断系统等形式形成具有智能诊断分析能力的预测性维护体系。	
安全	a) 应基本建立安全管理信息化系统，覆盖安全生产标准化八个一级要素，并实现了数字化档案管理； b) 应建设移动端应用，实现隐患上报、作业审批、报警推送等功能。	a) 应通过物联网等数字化技术，实时采集安全要素数据，实现全天候、全覆盖的安全状态感知； b) 应具备数据上报能力，向第三方平台推送静态和动态数据，确保上级管理单位随时掌握安全动态； c) 应建设完备的消防异常感知	a) 应实现安全管理全领域IT数据和OT数据的采集及集成； b) 应基于安全管理系统，实现安全绩效指标的设定、追踪、评估闭环管理，持续优化安全管理工作； c) 应实现安全管理系统与生产管理、设备维护、环保监测等其他业务系统的联动和深	a) 应建立安全风险智能预警模型，量化安全态势、提供风险趋势； b) 应建立人员安全综合评价模型，识别重点管控人群； c) 应支持基于模型的联动功能持续优化； d) 应采用仿真、数字化场景等形式进行安全素质培训；	a) 应形成全领域安全等级预警，及人员、装备、环境、作业管理联动； b) 应形成全面覆盖的安全管理业务知识库，并进行动态维护； c) 应基于AI、知识库、模型等实现智能决策，建立并纳入决策知识库；

表4 数字化生产的成熟度等级要求（续）

能力子域	成熟度等级要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
		<p>及监测功能；</p> <p>d) 应建设完备的气体监测系统 异常感知及监测功能。</p>	<p>度集成，实现数据共享；</p> <p>d) 应建立数字化应急管理体 系，动态调整应急预案、救 援路线、应急资源，联动其 他系统实现应急响应；</p> <p>e) 应实现对人员位置、轨迹、 倾倒状态的实时监测与预 警；并对健康相关信息进行 监控并发出作业预警；</p> <p>f) 应对作业安全进行监控及预 警，具备高风险区域闯入监 测及预警能力。</p> <p>g) 应通过机器人、无人值守、 远程操作、智能巡检等替代 人工作业达50%。</p>	<p>e) 应具备多源数据统计分析能 力，实现数据驱动的安全决 策支持。</p>	<p>d) 应实现本质安全，消除人员 安全风险因素，从根源上降 低安全事故的发生概率。</p>

表4 数字化生产的成熟度等级要求（续）

能力子域	成熟度等级要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
环保	<p>a) 应对危险废物的产生、存储、运输、处理处置全过程建立信息化台账；</p> <p>b) 应对有组织排放、废水排放进行监测，重点排放口监测数据上传政府环境监控平台；</p> <p>c) 应对无组织排放点进行监控；</p> <p>d) 应配置合规的空气质量监测微站；</p> <p>e) 应对厂区噪声等进行定期或实时监测；</p> <p>f) 应建立清洁运输信息化台账。</p>	<p>a) 应建立符合环保管理体系的综合管理平台，在规章制度、技能培训、工作计划、执行过程、实绩、纠正和考核等方面实现环保闭环管理；</p> <p>b) 应建立全厂有组织、无组织排放集中管控平台或综合管理平台，集成有组织和无组织排放监测数据；</p> <p>c) 应对三废一般排放口进行定期监控，数据监测纳入企业综合监控平台或综合管理平台功能；</p> <p>d) 应对一般固废产生、存储、运输、处理处置建立完整可溯源的数字化台账。</p>	<p>a) 应建立环保集成管控平台，具备对三废、有组织和无组织排放、噪声、空气质量、清洁运输等集成管控能力；</p> <p>b) 应对三废产生设施、产生过程、处理过程、排放/处置过程进行全过程监控、报警及过程优化；</p> <p>c) 应对无组织排放监测设施、治理设施、生产设施运行情况进行监测及异常报警；</p> <p>d) 应实现环保管理与生产计划管理的数据协同；</p> <p>e) 应实现清洁运输监测平台与物流管理系统的联动。</p>	<p>a) 应通过汇集生产原辅料消耗数据、产品产出数据、检化验数据，并结合环保设施运行状态与污染物排放数据，建立环保系统状态分析模型，进行异常预警与定位，并联动相关环保设施；</p> <p>b) 应实现环保管理与采购管理的数据协同。</p>	<p>a) 应建立涵盖生产系统、环保设施运行状态的污染物排放影响分析模型、厂区空气质量影响分析及溯源模型，具备全系统污染排放分析预警及辅助决策能力，以及污染物达标排放智能优化能力；</p> <p>b) 应基于AI、大数据等技术，通过对环保治理设施运行成本的计算、统计和分析，建立环保运行成本分析模型，具体环保经济运行策略能力。</p>

7.4 数字化运营

数字化运营能力域包括采购、销售、财务、供应链、人力资源、协同办公、项目管理、科技创新、风险管控、客户服务和产业协同 11 个能力子域。各能力子域的成熟度等级要求，应符合表 5 的规定。

表 5 数字化运营的成熟度要求

能力子域	成熟度等级要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
采购	<ul style="list-style-type: none"> a) 应根据库存、生产情况及在途资源等信息，实现采购物料需求及采购申请计划的制定； b) 应根据各需求部门的采购需求，基于数字化技术实现对采购计划的管控； c) 应根据采购计划形成采购合同，并基于采购合同信息指导物流运输、入库以及付款结算等业务； d) 应建立合格供应商管理机制，并有效执行； e) 应建立制度化采购质量异议处理流程。 	<ul style="list-style-type: none"> a) 应对采购合同的全生命周期进行跟踪管理，包括：采购合同签订、审批、变更、结案、执行进度跟踪等； b) 应基于数字化技术，实现收货、出入库、物料、货位（或批次）、转储（调拨）以及库存盘点等管理； c) 应建立采购质量异议管理机制，实现质量异议物资的标准处理与全流程跟踪。 	<ul style="list-style-type: none"> a) 应具备将采购及其关联业务数据进行集成以及数据规范化治理的能力； b) 应建立采购合同的数字化管理机制，实现电子合同的签署、用印等； c) 应基于采购合同信息实现物资到货预报； d) 应基于到货预报信息，实现物资入库与库存之间的联动与库存优化； e) 应通过对供应商协同采购过程多维度跟踪的数据整合，实现企业供应商信息档案定制化监管； f) 应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。 	<ul style="list-style-type: none"> a) 应构建库存预警模型，基于合理库存，实现实时库存预警； b) 应通过运筹算法、机器学习算法等建立采购辅助决策模型，从生产保供、采购成本最优、库存成本最优等目标出发，提供全局最优的采购辅助决策建议； c) 应基于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，实现对原料需求的预测。 	<ul style="list-style-type: none"> a) 应通过深度的数据分析和智能技术应用，实现对采购相关模型的优化、调整； b) 应通过采购及相关业务数据的分析，实现对不同维度下的采购价格趋势等采购业务的深度洞察； c) 应通过AI技术等实现采购领域知识库，为采购过程中的执行问题、异常问题等提供智能解决方案。

表 5 数字化运营的成熟度要求 (续)

能力子域	成熟度等级要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
销售	<p>a) 应基于数字化技术, 实现对销售订单的全流程进行管理与跟踪;</p> <p>b) 应实现铁运、汽运或水运等发货计划编制、发货重量控制、发货计划下达、发货计划执行情况的跟踪与管控;</p> <p>c) 应基于发货实绩实现销货清单、结算开票管理;</p> <p>d) 应具备销售价格的制度化管理;</p> <p>e) 应建立客户资金管理台账;</p> <p>f) 应实现客户基本信息管理。</p>	<p>a) 应通过数字化技术, 建立完善的销售价格管理体系;</p> <p>b) 应实现对客户的资金的信息化管理;</p> <p>c) 应实现销售与采购、质量、成本等业务之间的协同管控;</p> <p>d) 应通过数字化技术, 实现客户管理。</p>	<p>a) 应基于销售价格管理体系实现数字化询单、价格测算等;</p> <p>b) 应对市场行情数据进行广泛搜集、管理与分析, 实现对销售决策的辅助支撑;</p> <p>c) 应基于数字化技术, 实现销售与采购、质量、成本等业务之间的协同管控;</p> <p>d) 应在兼顾传统的客户管理的同时, 实现客户服务定制化管理;</p> <p>e) 应基于数字化技术, 实现对客户的资金从收取到核销的精细化管理。</p>	<p>a) 应通过对客户数据的分析, 实现对客户的分级分类评价、客户全景画像;</p> <p>b) 应建立并持续优化客户需求预测模型, 实现精准销售计划的制定以及设计、采购、生产、物流等方案的动态调整;</p> <p>c) 应基于系统数据, 实现客户与企业之间的合作历史及当前合作动态分析;</p> <p>d) 应通过数据模型监控客户资金状况、预测潜在风险、提高资金回笼速度, 实现高效和健康的资金管理。</p>	<p>a) 应通过对市场趋势的预测、用户需求挖掘和分析, 实现需求驱动的精准营销, 提高营销效率、降低成本;</p> <p>b) 应应用大数据、深度学习等技术, 实现对市场未来供求趋势、影响因素及其变化规律的精准分析、判断和预测。</p>
财务	<p>a) 应通过数字化技术, 规范会计记账与资金管理流程, 精准编制财务报表, 深入开展财务分析, 为企业财务管控筑牢根基;</p> <p>b) 应构建完善的预算与决算体系, 全面覆盖组织经营、生产活动及项目实施等领域, 同时引入数字化技术, 实现对各项收支的高效管理与精准把控。</p>	<p>a) 应构建完备的财务管理体系, 借助信息系统达成财务管理、固定资产管理等多项目标, 确保财务运作规范有序、资产管控精准高效;</p> <p>b) 应健全财务预算及投资管理规范, 借助信息系统深度剖析数据, 为预算与决算决策精准赋能, 确保财务规划科学合理、投资效益稳步提升。</p>	<p>a) 应借助信息系统即时抓取各类金融账户数据, 开展经费对账工作, 对重大资金风险予以实时预警, 保障资金安全;</p> <p>b) 应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>c) 应通过与税务平台及各业务系统建立自动化对接机制, 实现涵盖进项、销项等关键税务</p>	<p>a) 应具备提供动态的产品实时成本分析或盈利增效模型的能力, 满足企业在市场波动下快速调整生产与经营计划的需求, 实现资源合理分配与高效利用, 提升企业整体运营效益;</p> <p>b) 应具备提供动态的财务报告和实时分析能力, 实时获取关键财务指标, 包括盈亏表、现金流量表和财务状况表等;</p>	<p>a) 应以财务管理体系生成的协同数据为根基, 构建并启用管理数据模型, 为营销、生产及交付等业务人员的高效经营决策赋能, 涵盖报价策略拟定、计划进度把控、质量回款管理等关键环节;</p> <p>b) 应深入挖掘预算决算数据资源, 构建经营监测及预测模型架构, 为业务领域中预算与决算工作的动态化监测、前瞻性</p>

表 5 数字化运营的成熟度要求（续）

能力子域	成熟度等级要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
			<p>数据的自动采集，并自动完成税务计算，为税务申报工作筑牢坚实的底层数据基础；</p> <p>d) 应实现财务系统与营销、生产服务管理、项目管理的互联互通，构建合同、订单、费用、进度等业务的协同体系，达成一致性管理目标，保障企业运营流畅高效；</p> <p>e) 应建立全流程成本监控体系，优化钢铁生产各环节的成本结构，实现从原材料采购到产品销售全成本的精细化管理，有效降低企业运营成本。</p>	<p>c) 应搭建智能化税务管理平台，实现多税种申报自动化，建立动态税务筹划模型，可根据生产计划、原料价格波动实时优化增值税抵扣策略；</p> <p>d) 应使用先进的预测模型，预测未来财务状况，包括现金流、收入和支出等，帮助企业进行预算编制和财务规划；</p> <p>e) 应构建跨境交易税务风控体系，实现出口退税流程数字化，建立关税与转移定价的动态监控机制；</p> <p>f) 应构建经营分析及成本控制知识库，为企业的精细化管理提供智力支持与知识储备；</p> <p>g) 应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>h) 应构建集中管控的财务共享平台，提供统一、高效一致的财务会计服务，并以共享服务</p>	<p>预测以及持续优化提供有力支撑与保障；</p> <p>c) 应将金融与资金成本有机嵌入到业务运营模型之内，实现业务单元财务的精确管控与优化升级，同时实现产品与服务全成本的精准核算与有效管控目标；</p> <p>d) 应部署AI驱动的税务策略优化系统，基于行业大数据构建税务效益模拟沙盘，实现税务成本与业务发展的动态平衡；</p> <p>e) 应通过深度分析和模拟不同的财务情景，为企业提供战略决策支持，帮助管理层制定长期战略和业务计划；</p> <p>f) 应建立全球化税务数字体系，整合多国税务合规要求，通过机器学习动态优化跨国供应链税务架构，实现全价值链税务风险智能防控；</p> <p>g) 宜深度融合AI与机器学习技术，利用AI大模型等新型技术手段降低财务合规风险。</p>

表 5 数字化运营的成熟度要求（续）

能力子域	成熟度等级要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
				为基础构建创造价值的财务管理体	
				系。	
供应链	<p>a) 应通过数字化技术，实现采购需求、采购寻源、供应商管理、采购执行管理及仓储物流管理等；</p> <p>b) 应对供应商准入与退出进行规范化管控，并实现对供应商的分类与分级、评价管理。</p>	<p>a) 应具备供应链产品数字化质量管理和质量事件管理能力；</p> <p>b) 应具备对供应链潜在风险形成数字化管理能力，包括但不限于预警、提出解决方案辅助决策等。</p>	<p>a) 应具备与战略供应商的业务进行协同的能力；</p> <p>b) 应具备供应商全生命周期数字化管理能力；</p> <p>c) 应具备供应资源协同数字化应用能力、供应资源绩效数字化管理能力及供应资源优化能力。</p>	<p>a) 应建立供应链管理大模型，通过智能寻源与资源分配，构建供应商数据库，结合价格、交期、风险等实时市场数据和AI算法，动态调整采购策略，提升供应链的稳定性，全方位降本；</p> <p>b) 应实现风险全链路监控、智能预警和自动化处置，对交付、成本、质量、采购违法等供应链风险进行数字化管理和异常处置；</p> <p>c) 应基于企业目标制定结构化风险管理框架，明确责任分工和工具支撑，包括：风险管理策略、角色和职责、风险容忍度、风险管理工具等。</p>	<p>a) 应实现生产与供应链的深度协同，推动准时配送、协同排产、备件零库存等场景落地；</p> <p>b) 应通过数据建模，量化风险概率和影响，识别供应链关键脆弱点，并对风险发生的可能性和损失范围及程度进行估计和度量，建立评估标准，预测供应链上可能导致严重后果的关键失败点。</p>
人力资源	a) 应通过数字化技术，管理基础的招聘、培训、绩效管理	a) 应实现人力资源管理全业务数字化覆盖，实现流程自动	a) 应通过人力资源管理系统与相关业务系统的集成，实现	a) 应实现人力资源管理的智能化和可视化，如智能招聘、	a) 通过AI等数字化技术手段，推动组织结构的变革，应组

表 5 数字化运营的成熟度要求（续）

能力子域	成熟度等级要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
	等业务; b) 应实现员工信息的电子化存储, 完成基本的绩效数据收集, 记录员工的基本表现。	化; b) 应通过数字化技术, 实现员工培训、评价及绩效管理关键业务流程自动化, 优化管理流程, 减少人工干预, 提高员工管理效率和准确性; c) 应建立数字化绩效考核体系, 通过数字化技术, 优化员工考核流程, 减少人工干预, 提高考核效率和准确性; d) 应具备基于历史数据及绩效反馈, 制定的员工培训、发展计划, 岗位价值评估和职能重组建议。	组织岗位设计、员工档案、招聘、绩效、薪酬、培训、人才发展以及员工关系等人力业务数据全面收集, 为企业战略决策提供强有力的数据支撑; b) 应利用数据分析, 为不同员工提供针对性的发展建议, 促进员工潜能最大化发展; c) 应具备能够预测未来人力资源趋势能力, 制定前瞻性的HR规划, 确保人力资源配置与企业战略相匹配。	人才画像、智能推荐等; b) 应利用数字化技术, 实现人力资源预测和人力资源配置优化趋势预测, 持续动态优化岗位设置, 灵活应对人力资源变化; c) 应建立员工评价、培养与考核相关数据分析模型, 具备实时评价员工能力、在线追踪员工成长轨迹, 动态调整培养方案的能力, 实现支撑员工评价、培养与考核的科学管理, 确保员工持续成长与企业需求相匹配; d) 应实现岗位重叠、冲突、缺失的智能监控识别, 具备岗位复合分析能力、支撑岗位设置智能动态优化能力, 确保岗位设置能够紧密贴合企业的战略目标、业务需求。	建跨职能的敏捷团队, 满足快速响应市场变化和业务需求, 具备快速了解行业趋势的能力; b) 应创新企业学习文化建设, 通过数字化平台促进知识共享和创新, 确保员工在不断变化的市场环境中保持竞争力。
协同办公	a) 应构建初步的数字化协同办公流程与规范体系, 能够支持简单的跨部门任务分配和沟通;	a) 应建立完善的流程管理系统, 实现跨部门、跨岗位的复杂流程协同; b) 应广泛应用协同工具, 促进	a) 应实现企业内部跨部门业务全面协同, 并初步具备供应链协同、客户关系协同能力; b) 应具备对办公流程进行智能	a) 应利用数字化技术, 挖掘办公数据价值, 为管理层提供智能决策支持; b) 应构建企业数字模型, 实现	a) 应具备数字化驱动企业的全面数字化转型能力, 可持续引入新技术、新方法, 探索协同办公创新模式, 以适应

表 5 数字化运营的成熟度要求 (续)

能力子域	成熟度等级要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
	b) 应具备基本的协同办公能力, 能够整合企业内部的基本数据, 为协同办公提供基础数据支持。	<p>员工之间实时沟通和协作;</p> <p>c) 应建立完善的数据管理体系, 企业内部数据的共享和分析, 为管理层提供决策支持, 同时优化资源配置;</p> <p>d) 应通过数字化技术, 初步实现与部分外部合作伙伴的信息共享。</p>	<p>分析和优化能力;</p> <p>c) 应构建局部业务数字模型, 关键业务场景能够实现跨部门、跨业务的动态、集成管控。</p>	<p>资源全局动态优化配置和关键业务数字化集成响应;</p> <p>c) 应具备项目团队智能化管理能力, 引入高效协作机制和团队协作风险预测模型, 持续优化团队执行力、创新力和灵活性。</p>	<p>不断变化的业务需求;</p> <p>b) 应构建生态协同数据模型, 实现群体性智能自主决策和趋势预测。</p>
项目管理	<p>a) 应建立基本的项目管理制度, 能对项目进行初步的规划和管理, 覆盖项目启动、计划、执行、监控和收尾等各环节;</p> <p>b) 应建立项目管理的基本流程, 包括项目立项、进度管理、质量管理、安全管理等, 确保项目按计划推进;</p> <p>c) 应使用标准化的文档、报告模板进行项目管理, 文档内容包括项目计划书、进度报告、预算管理等;</p> <p>d) 项目管理团队应具备标准化专业素质、技能水平和协作能力。</p>	<p>a) 通过项目管理软件或ERP等数字化管理系统, 应实现项目文档管理、进度跟踪、资源分配等业务活动信息化;</p> <p>b) 应在单一业务活动内实现数据共享;</p> <p>示例: 如通过设计协同平台实现设计图纸的实时共享和版本管理。</p> <p>c) 项目进度、预算控制、资源分配等项目相关数据应通过数字化技术进行录入、存储和检索;</p> <p>d) 应建立跨部门、跨团队的协同合作, 提高项目执行效率和创新能力。</p>	<p>a) 应建立全面的项目管理框架, 实现跨部门的数据共享和协同工作, 为项目管理者提供决策支持, 帮助优化项目管理过程;</p> <p>b) 项目管理系统应覆盖项目从立项到设计、实施、验收、运营和维护的全生命周期;</p> <p>c) 项目管理人员、供应商、合作方之间应实时共享项目数据, 减少信息孤岛现象, 实现数据共享和透明化;</p> <p>d) 项目管理策划, 应包含但不限于项目成果的数字化交付模式、流程、规则和工具等内容。</p>	<p>a) 应利用数据模型, 深化绩效预测、市场预测、风险管理效益分析, 实现项目动态管控, 对成本效益提升有显著影响;</p> <p>b) 应基于数据模型分析结果, 自动生成项目实施的优化方案或提供智能决策建议;</p> <p>c) 应根据项目需求资源状态、市场条件等信息, 通过模型实现进行资源配置和调度优化;</p> <p>d) 应实现项目成果关键部分的数字化交付, 满足数字孪生应用的要求。</p>	<p>a) 应基于数据挖掘和智能决策结果, 建立项目管理优化模型和创新机制, 实现持续优化项目管理流程和方法, 推动业务活动的创新和升级;</p> <p>b) 应推动承包商、供应商、客户等各方利益相关者协同合作, 探索新的制造模式和商业模式, 实现数据实时共享, 形成完整的数字生态系统;</p> <p>c) 应基于数据反馈进行管理模式、技术应用的优化, 不断创新项目管理模式, 以提升项目效率和质量。</p> <p>d) 项目成果应完整实现数字化交付, 满足数字孪生应用要求。</p>

表 5 数字化运营的成熟度要求（续）

能力子域	成熟度等级要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
科技创新	<p>a) 应引入基本的数字化技术手段，实施标准化科研平台项目管理，包括研发项目启动、研发项目协同、研发项目测试、验证、推广等；</p> <p>b) 应建立科研管理流程，确保各个阶段有明确的操作规范。</p>	<p>a) 应实现科研管理流程的自动化，建立数字化科研平台，包括科研项目管理、科研项目设计、科研质量控制、科研市场营销等；</p> <p>b) 应建立完善的安全防护体系，确保科研信息的安全性与完整性；</p> <p>c) 应通过数字化技术，实现初步科研生态建设，具备科研知识、成果信息分享工具和手段。</p>	<p>a) 应构建全面的数字化科技创新平台，实现科研活动与生产、财务、市场数据的无缝集成、交换与共享；</p> <p>b) 应通过数据驱动的方式促进科技创新决策，优化资源分配和风险控制，使企业能够迅速适应技术发展趋势的变化。</p>	<p>a) 应运用大数据、AI算法模型，强化科技创新的绩效预测、市场趋势分析、风险评估及效益优化，实现科技项目的实时监控与动态调整，显著提升创新成果的成本效益比；</p> <p>b) 应采用高效的协作机制和团队协作风险预测模型，持续增强团队的执行力、创新能力和适应能力，从而不断提升团队在全球科技创新竞争中的实力；</p> <p>c) 应通过推进科研团队管理的智能化升级，推动合作伙伴间的技术交流与协作，提升跨组织合作的效果。</p>	<p>a) 应与企业长期战略目标紧密结合，推动企业持续成长，提升创新能力和全球视野，构建开放、共赢的创新生态系统；</p> <p>b) 应建立产业链级的科技创新协同机制和工具，科技创新协同达到行业顶尖水平，能够跨领域、跨行业实施复杂的创新项目，形成高效联动的创新生态网络。</p>
风险管理	<p>a) 应在研发、供应链、生产、销售、物流等关键环节建立相应的风控管理制度和流程，包括风险识别、评估、监控和应对措施等，并已有效实施；</p> <p>b) 应开展基础的风险识别工作，通过人工方式初步梳理</p>	<p>a) 应识别出业务风险，并通过数字化技术进行量化分析和评估，确定风险的优先级和应对策略，并建立风控管控措施，监控风险变化；</p> <p>b) 应建立自动执行审计流程，包括交易审核、内部控制检查和风险评估等，提高审计</p>	<p>a) 应建立完整的风控管理体系，包括风险识别、评估、监控、应对、审计等，实现风控管控自动化、智能化；</p> <p>b) 应制定详细风险应对策略和预案，根据不同风险类型和优先级采取应对措施；</p> <p>c) 风控系统应具备与供应链、</p>	<p>a) 应具备进行风险量化分析能力，通过数据和模型来评估风险的可能性和影响程度；</p> <p>b) 应建立风险预警系统，能够实时监测风险指标的变化情况，并在风险达到预警阈值时及时发出预警信号。</p>	<p>a) 应利用全面数据，建立企业经营全领域风控模型，引导全业务风险感知，风险识别、监督、分析全面智能化；</p> <p>b) 应建立风险生态体系，推动行业风险合作平台建设，与生态伙伴建立风险管理合作关系，共同应对供应链中的</p>

表 5 数字化运营的成熟度要求（续）

能力子域	成熟度等级要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
	业务流程中的潜在风险。	效率和质量。	MES、ERP、物流、指挥调度等业务系统的协同能力。		风险挑战，实现风险共担和利益共享。
客户服务	<ul style="list-style-type: none"> a) 应制定基础的客户服务规范，并有效执行； b) 应提供简单的客户服务渠道，包括在线客服、客服热线，以满足不同客户的需求； c) 应对客户服务信息记录电子化存储和查询统计，并反馈给设计、生产、销售部门。 	<ul style="list-style-type: none"> a) 应对客户信息实现数字化管理； 示例：如采用客户关系管理系统、数字化客户服务平台等； b) 应建立并严格执行标准化的客户服务流程和规范，提升服务质量； c) 应提供多渠道客户服务支持，优化企业服务模式。 	<ul style="list-style-type: none"> a) 应构建客户渠道集成平台，实现一站式服务，建立规范化服务满意度评价制度，形成系统化的服务体系； b) 应通过数字化技术，对客户行为、需求做预测和分析，支持服务优化和客户满意度提升； c) 宜引入智能客服机器人，具备提供7*24小时的客户服务支持能力； d) 应建立客户服务信息数据库及客户服务知识库，实时监控服务质量和客户满意度，支持客户行为分析。 	<ul style="list-style-type: none"> a) 应实现提供精准的服务推荐和解决方案能力，提高客户服务效率； b) 应引入VR、AR等技术，提供沉浸式客户服务体验； c) 应利用机器学习算法等对客户数据进行深度挖掘，发现潜在的市场机会。 	<ul style="list-style-type: none"> a) 应建立客户服务数据模型，完善的客户画像体系，实现精准营销和服务定制； b) 应实现自然语言交互、智能客户管理，并通过多维度的数据挖掘，进行自学习、自优化，持续的创新和优化，实现企业与客户的共赢发展。
产业协同	<ul style="list-style-type: none"> a) 应引入采购、电商平台，实现采购、销售业务线上化； b) 应具备在线客服等简单的数字化客服能力，初步与少量供应商、客户建立数字化连接； c) 应具备基础的技术工具，支 	<ul style="list-style-type: none"> a) 应具备功能全面的采购、电商平台，实现订单、合同、库存、发货、资金等流程化，与客户、供应商具备业务交互能力； b) 应通过数字化技术，与客户、供应商之间建立多种协同渠 	<ul style="list-style-type: none"> a) 应建立全面的数字化供应链管理系统，具有绩效评估、库存管理、订单跟踪等功能； b) 采购、销售、服务、研发等系统实现平台集成和数据共享，实时查询状态信息，实现业务全面协同； 	<ul style="list-style-type: none"> a) 应实现供应链智能化管理，利用AI算法优化采购策略，降低成本； b) 应构建智能服务平台，提供预测性维护、智能客服等高级服务，提升服务品质； c) 应结合产学研协同研发能力， 	<ul style="list-style-type: none"> a) 应建立全球数字化供应链网络，实现供应链资源的全球优化配置； b) 应构建全方位的智能服务体系，实现服务的即时响应和个性化定制； c) 应引入智能设计、智能仿真、

表 5 数字化运营的成熟度要求（续）

能力子域	成熟度等级要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
	持产品研发。	<p>道，具备价值链监控预警功能，包括但不限于库存预警、交货延期、物流异常、质量异议、服务反馈等，通过数字化提升协作效率；</p> <p>c) 应采用仿真模拟技术等多种数字化工具，进行产品研发；</p> <p>d) 应与部分合作伙伴建立数字化连接，进行信息共享交换。</p>	<p>c) 订单、发货、物流等局部业务应实现与客户、供应商的业务协同，初步形成生态圈；</p> <p>d) 应建立基础的客户、采销业务分析，研发与业务实现协同，产品从设计到制造的全链条数字化。</p>	<p>以及产业链上下游协同创新能力，进行产品创新设计，实现产品的智能化、定制化；</p> <p>d) 应集成供应链上下游数据，建立统一数据平台，实现数据的规范化治理；</p> <p>e) 应建设产业链向智能化、绿色化协同发展，推动产业协同。</p>	<p>智能测试等，研发全面智能化；</p> <p>d) 应构建智能化的数字生态系统，支持多渠道、多场景的服务协同，包括但不限于智能合约、自动化交易流程等；</p> <p>e) 应以企业为枢纽，通过数字化技术手段连接上下游伙伴，构建弹性、敏捷的供应链网络生态圈。</p>

7.5 数据

数据能力域包括数据组织与制度、数据供给、数据治理与数据安全、数据应用和数据资产 5 个能力子域。各能力子域的成熟度等级要求，应符合表 6 的规定。

注：钢铁企业数据包含生产、设备、业务和供应链等数据，有结构化、半结构化和非结构化数据。

表 6 数据的成熟度要求

能力子域	成熟度等级要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
数据组织与制度	a) 应在具体项目中建立数据岗位、角色和职责，制定数据管理制度或规范或细则； b) 应建立项目级的数据组织与制度，对项目实施和管理提供一定支撑； c) 应建立临时、项目级数据沟通机制。	a) 应初步建立组织级的数据组织，设置临时数据管理岗位； b) 应结合项目需求制定临时的数据治理、数据标准、数据安全等规范。	a) 应建立组织级的数据组织，a) 设置正式数据管理岗位和培训体系； b) 应建立组织级的数据制度或规范或细则，开展数据治理、数据标准、数据安全等工作； c) 应建立组织级的数据沟通机制和沟通计划。	a) 应对组织级的数据组织和制度实现量化管理； b) 应定期开展组织级的数据组织和制度的考核、奖惩、优化。	a) 应总结出数据组织和制度的经验， 示例： 如论文、专利、书籍等。 b) 在国家和行业层面，应有可分享的数据组织和制度的最佳实践或案例。
数据供给	a) 应制定临时的数据采集规范和流程； b) 应制定临时的数据集成方法和规范。	c) 应制定数据采集计划并实施，监控和运维数据采集情况； d) 应建立统一的数据集成平台，覆盖IT和OT数据，以及结构化、非结构化和外部的数据。	a) 应实现数据的集中管理，包括统一规划、寻源、采集和共享。同时，确保新建系统符合企业数据集成标准； b) 应具备对数据的来源、用途和真实性等控制的能力。	a) 数据采集过程应实现工具化、流程化和自动化； b) 应具备数据集成的监控和预警能力，及时发现并解决数据集成过程中的问题。	a) 应对数据采集过程及管理能力建立评价指标，定期开展量化分析及优化； b) 应引用行业或国家数据集成标准，或采用新技术，持续优化和提升数据交换和集成、数据处理能力。

表 6 数据的成熟度要求 (续)

能力子域	成熟度等级要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
数据治理与 数据安全	<p>a) 应按照临时数据管理条例进行数据编码和数据质量管理；</p> <p>b) 应按照临时元、主与指标类数据管理条例，进行管理；</p> <p>c) 应按照临时分类分级条例，进行数据分类分级管理；</p> <p>d) 应按照临时数据安全管理条例和保密要求制度，进行数据安全管理。</p>	<p>a) 应参考相关的国家、行业等标准规范，统筹规划、设计、建设和评审数据编码规范；</p> <p>b) 应按需建立统一的数据质量管理，覆盖需求、检查和分析等功能；</p> <p>c) 应按需建立统一的元、主与指标类数据管理；</p> <p>d) 应根据数据的敏感性和重要性对数据进行分类和定级，运用专业的技术手段和产品工具对数据进行分级保护；</p> <p>e) 应按照数据安全要求，对相关的数据系统采取网络隔离或加密；对企业保密的数据制定严格的保密制度等措施。</p>	<p>a) 应对规范组织相关方进行培训和宣贯，并对新建项目进行规范设计评审；</p> <p>b) 应定期组织数据质量需求收集、检查、分析和提升，确保全面落实；</p> <p>c) 应对新建项目进行事前管控，包括收集数据质量需求、制定数据标准和规则，同步开发和上线数据质量功能；</p> <p>d) 应建立数据制度体系，涵盖数据架构、编码规范、接口标准、安全、质量和标准等；</p> <p>e) 应进行统一规划和管理，并开展数据目录、数据血缘和资产地图等应用；</p> <p>f) 应根据数据分类分级有关要求，组织相关方进行培训和宣贯，并对新建项目的数据分类分级设计和执行情况进行评审；</p> <p>g) 应建立并实施严格的身份认证、权限管理等数据访问控制机制，采取数据存储和传</p>	<p>a) 应对数据质量管理实现工具化、流程化和自动化；</p> <p>b) 应定期开展数据质量执行情况检查和量化分析，对检查结果进行通报、奖惩和整改；</p> <p>c) 应制定并实施数据风险事件应急响应计划，制定数据安全事件应急预案，定期开展数据安全事件应急演练；</p> <p>d) 应数据分类分级参考国家、行业等标准规范；</p> <p>e) 应对数据组织工作绩效、数据制度管理建立量化指标，定期开展量化分析及优化。</p>	<p>a) 应定期对数据治理规范执行情况进行检查，对检查结果进行通报、奖惩和整改；</p> <p>b) 应定期更新数据质量知识库等，营造数据质量文化氛围；</p> <p>c) 应定期引入数据管理相关标准，更新维护；</p> <p>d) 应根据内外部环境和发展需求，不断地对数据治理优化和提升。</p>

表 6 数据的成熟度要求 (续)

能力子域	成熟度等级要求				
	一级	二级	三级	四级	五级
			输出过程的加密。		
数据应用	<p>a) 应制定临时数据应用管理办法；</p> <p>b) 应制定临时数据服务管理办法。</p>	<p>a) 应建设统一的数据分析平台，支持报告、报表、看板和 APP 应用，满足生产和经营决策需求；</p> <p>b) 应建设统一数据服务平台，提供数据服务目录、介绍和服务接口；</p> <p>c) 应采取各种手段，培养员工数据思维的文化。</p>	<p>a) 应设置专门的数据分析团队，建立常用数据分析模型库，支持业务人员快速进行数据探索和分析；</p> <p>b) 应成立包括数据管理方、业务方和保密办的专题组，建立认责机制，对数据服务进行集中管理、统一建设、授权服务和统一监控，并定期检查数据安全和质量，确保满足用户要求。</p>	<p>a) 应通过数据分析模型和分析结果，实现复用和共享；</p> <p>b) 应通过数据创新应用来支撑各项工作的创新活动；</p> <p>c) 应在市场趋势、AI 相关的语料库等数据应用方面，引入外部数据，开发数据服务产品；</p> <p>d) 应和外部合作，共同开发数据服务产品。</p>	<p>a) 应对数据分析效果建立量化指标，定期开展量化分析及模型优化；</p> <p>b) 应建立数据分析效益评估模型，指导数据分析投资建设；</p> <p>c) 数据服务应实现外部共享，包括访问、浏览、申请、反馈等；</p> <p>d) 应对数据服务建立效益评估，量化分析投入产出比，指导数据服务投资建设；</p> <p>e) 应形成数据产品，并传承使用。</p>
数据资产	<p>a) 应制定临时数据资产管理办法；</p> <p>b) 应制定临时数据资产入表管理办法和流程，设立包括管理方、技术方和财务的数据资产入表团队。</p>	<p>a) $0\% < \text{数据资产化率} \leq 30\%$；</p> <p>b) 应对数据资产进行识别和认定，建立估值方法，进行估值和定价。</p>	<p>a) 应完成数据资产的盘点、识别、确权和登记，建立统一的数据资产目录，形成企业数据台账；</p> <p>b) $30\% < \text{数据资产化率} \leq 50\%$；</p> <p>c) 应定期在财务报表中披露数据资产的价值、使用情况和预期寿命。</p>	<p>a) 应实现数据流通共享和数据服务；</p> <p>b) 应定期开展数据资产的审计及问题整改；</p> <p>c) $50\% < \text{数据资产化率} \leq 75\%$；</p> <p>d) 应定期向管理层报告数据资产的情况；</p> <p>e) 应定期对数据资产入表过程进行审计，确保合规性。</p>	<p>a) 应对数据资产应用价值建立评价指标，能够量化分析数据资产应用价值；</p> <p>b) $75\% < \text{数据资产化率} \leq 100\%$；</p> <p>c) 应持续监控数据资产的价值和使用情况，根据市场变化和技术进步，不断优化数据资产的估值和管理方法。</p>

8 评估方法

8.1 评估内容

应基于第6章和第7章相关要求,根据生产(产线情况)布局、业务活动实际对数字化转型能力域和能力子域进行裁剪,形成评估域。

8.2 评估流程

数字化转型成熟度评估流程包括预评估、正式评估和发布评估结果。

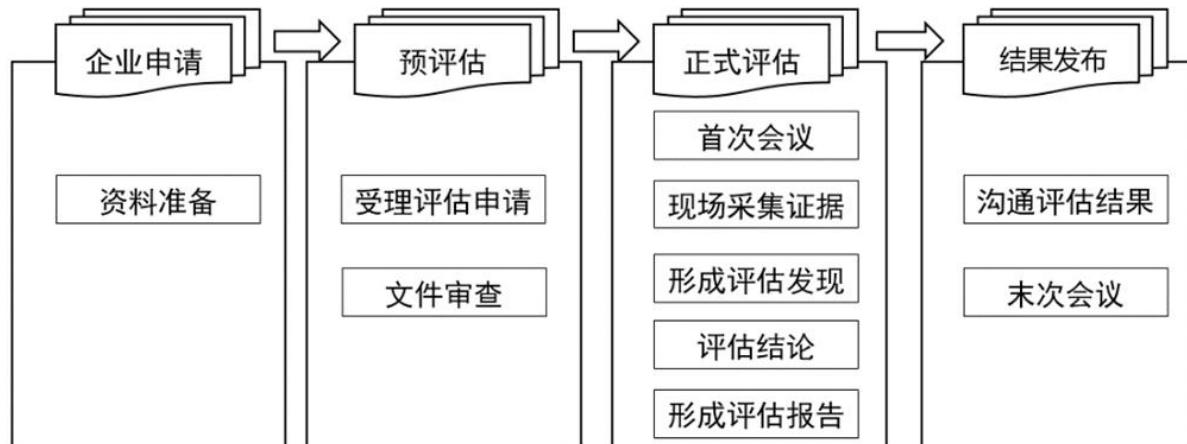


图2 钢铁行业数字化转型评估流程图

8.3 预评估

8.3.1 受理评估申请

评估方对受评估方所提交的申请资料进行评审,并根据受评估方所申请的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。

8.3.2 开展预评估活动

评估组应通过会议、文档审查等方式,围绕受评估方的需求开展预评估:

- 了解受评估方数字化转型建设基本情况;
- 了解受评估方可提供的直接或间接证明材料;
- 确定受评估方的能力等级及权重配置;
- 确定是否进入正式评估。

8.4 正式评估

8.4.1 首次会议

首次会议的目的:

- 确认相关方对评估计划的安排达成一致;
- 介绍评估人员;
- 确保策划评估活动的可执行。

会议内容包括但不限于说明评估目的、介绍评估方法、确认评估等级和范围以及评估日程等事项。

8.4.2 采集评估证据

在正式评估过程中,应通过适当的方法收集并验证与评估范围、评估准则有关的证据、证明材料,包括与数字化转型相关的活动和过程信息。采集的证据应予以记录,采集方式包括但不限于人员访谈、观察、现场调研、文件与记录评审、信息系统演示、数据采集等。

8.4.3 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的良好实践、改进方向以及弱项。评估组应对评估发现达成一致意见，必要时进行组内评审。

8.4.4 成熟度级别判定

依据每一项能力子域打分结果，结合各能力子域权重值，计算受评估方五项能力域得分，并最终形成成熟度总评分，确定数字化转型成熟度等级。

8.4.5 形成评估报告

评估组应形成评估报告，评估报告内容包括但不限于评估活动总结、评估结论、评估弱项及改进方向。

8.5 发布评估结果

8.5.1 沟通评估结果

在完成评估活动后，评估组应将评估结果与受评估方代表进行通报，并由评估组确认最终结果。

8.5.2 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。

末次会议内容包括但不限于预评估内容、评估结果、评估弱项及改进方向等。

9 成熟度等级判定

9.1 评分方法

评估组应将采集的证据与成熟度要求进行对照，按照符合程度对评估能力域和能力子域的每一项要求进行打分。成熟度要求满足程度与得分对应表如表 7 所示。

表 7 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

9.2 评估域权重

能力域及能力子域建议权重见表 1，组织应自定或邀请外部专家，结合自身生产、经营、管理实际，在建议权重基础上，对能力子域进行裁剪，被裁剪能力子域权重占比应等比分配给该能力域项下的其他能力子域，最终形成评估能力域、能力子域权重分配方案（权重分配表）。

9.3 计算方法

9.3.1 能力子域指标成熟度等级得分计算方法

能力子域成熟度等级得分为该子域指定成熟度等级下每条要求得分的和，能力子域得分按式(1)计算：

$$C = \frac{1}{n} \sum_{n=1}^n X_n \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

式中：C——能力子域成熟度得分（32 个能力子域）；
 X_n ——具体能力子域项下每条“能力子域指标”得分；
n——每个能力子域“能力子域指标”的个数。

9.3.2 能力域成熟度等级得分计算方法

能力域成熟度等级得分为该能力域下能力子域指定成熟度等级得分的加权求和, 能力域得分按式(2)计算: $B_i = \sum C \bullet \alpha$ (2)

式中: B_i —— 能力域成熟度得分 $i=1.2.3.4.5$;
 C —— 能力子域成熟度得分;
 α —— 能力子域权重

9.3.3 成熟度等级得分计算方法

成熟度等级得分为所有能力域成熟度等级得分的加权求和, 能力域得分按式(3)计算:

式中： A —— 成熟度得分；
 B_i —— 能力子域成熟度得分 $i=1.2.3.4.5$ ；
 β_i —— 能力域权重

9.4 成熟度等级判定方法

一是按式(1),计算每个能力子域评分;二是按式(2),计算5个能力域评分;三是按式(3)计算成熟度评分A。根据分数与成熟度等级的对应关系表(见表8),结合成熟度等级实际得分A,可判断企业数字化转型当前所处的成熟度等级。

表 8 分数与成熟度等级对应关系

成熟度等级	对应评分区间
五级	$4.8 \leq A \leq 5$
四级	$3.8 \leq A < 4.8$
三级	$2.8 \leq A < 3.8$
二级	$1.8 \leq A < 2.8$
一级	$0.8 \leq A < 1.8$

附录 A

(资料性)

能力子域指标要求

表 A.1 资源与保障能力域所涵盖的能力子域指标要求

能力子域	能力子域指标	能力子域指标要求
战略	数字化转型战略与企业发展战略集成度	<ul style="list-style-type: none"> a) 应制定数字化转型战略文件, 开始对数字化转型基础和条件进行规划; b) 应对数字化转型的组织、技术、数据和资源进行规划; c) 应组织跨部门团队共同制定数字化转型与企业发展战略协同的整体规划, 应涵盖战略目标、愿景、组织架构及指标等关键要素; d) 高层领导应积极参与并推动数字化转型战略的实施, 将其视为企业发展战略的核心组成部分; e) 应将数字化转型成效纳入企业绩效管理体系, 设置明确的考核指标和激励机制, 引导各部门和员工积极参与数字化转型; f) 应通过提升员工对数字化转型的认识和接受度, 促进数字化思维与企业文化的深度融合; g) 应基于转型活动的历史数据, 预测、模拟数字化转型的成果或效果, 明确数字化转型需求。
	数字化战略执行	<ul style="list-style-type: none"> a) 应基于数字化转型战略形成具体的实施路径及计划, 各业务领域具有清晰的数字化转型行动方案; b) 应当设立专门的数字化推进组织, 负责战略落地与推进, 开展评估、指导、监督组织的数字化转型活动; c) 应当合理调配资金、技术等资源, 确保数字化战略执行过程中的资源充足; d) 应当定期对员工进行数字化技能及前沿技术培训, 提升团队整体的数字化执行能力; e) 应对数字化转型的业务架构、数据架构、应用架构、技术架构等进行全面规划; f) 建立数字化战略执行的反馈与评估机制, 及时调整策略, 确保战略有效。
	数字化转型资金保障	<p>数字化转型投入, 包括本标准范围内涉及的软件投入、数据采集及开发利用的投入、数字化设备投入、数字化运维投入和数据安全投入等。</p> <p>数字化投入占比, 指企业数字化总投入与年度主营业务收入的百分比, 反映企业对数字化转型的重视程度。</p> <p>计算方法: (1) 年度数字化投入占比=企业年度数字化建设投入总额/企业年度主营收入总额; (2) 3年度数字化投入占比=企业3年度数字化建设投入总额/企业3年度主营收入总额。</p>
组织	企业内外部协同	<ul style="list-style-type: none"> a) 应构建覆盖研发设计、市场销售、生产制造、客户服务乃至产品服役跟踪等企业价值创造的全流程信息跟踪与反馈; b) 集团型企业应建立了企业统一的信息管控平台, 实现对财务管控、战略管控或运营管控的执行与过程及时监管能力; c) 应与合作伙伴之间实现研发设计协同、生产制造协同、质量和成本控制等协同; d) 应建立产业链企业之间信息交互和共享标准;

能力子域	能力子域指标	能力子域指标要求
		<p>e) 应构建网络化协同设计与制造生态;</p> <p>f) 应建立产业链企业协同创新机制和平台;</p> <p>g) 应与生态链伙伴,持续探索数字化技术的创新与融合应用,实现基于数据模型共享的新业态或新模式快速迭代;</p> <p>h) 应驱动创新与融合的数字化技术引领产业或行业发展创新与重构。</p>
	企业内部治理	<p>a) 应具有业务流程的管理规范或规章制度;</p> <p>b) 应使用数字化技术手段管理流程制修订过程、宣贯活动、配套成果等;</p> <p>c) 企业应当建立与业务流程管理相契合的权限管理机制,确保数据安全与合规性;</p> <p>d) 应使用数字化技术手段跟踪各项流程并获取流程关键数据;</p> <p>e) 应基于流程管理与各业务管理系统的集成,实现流程发布、执行、反馈、监控的闭环管理;</p> <p>f) 应当通过流程管理软件及RPA工具优化关键业务流程,减少人为干预,提高运营效率;</p> <p>g) 通过整合历史数据与实时数据,运用数据分析与可视化技术,为管理层提供精准的决策支持;</p> <p>h) 企业引入AI与大数据技术,建立智能化风险管理系统,自动识别潜在风险点,并给出预警与应对策略;</p> <p>i) 应建立主要流程改进影响因素模型,结合流程全局图谱和历史数据等,预测流程改进面临的问题,基于知识库给出解决方案,实现基于规则和知识的业务流程自动化。</p>
	企业数字化文化培育	<p>a) 领导团队开始初步探索数字化转型的概念与意义;</p> <p>b) 应建立面向数字化转型的变革管理领导机制;</p> <p>c) 领导团队积极参与关键项目的落地;</p> <p>d) 领导团队开始注重数字化文化的培育与传播,鼓励团队成员积极参与数字化转型,形成持续优化的良好氛围;</p> <p>e) 领导团队注重将数字化转型融入企业的生产经营管理各方面,使数字化成为企业发展的重要驱动力;</p> <p>f) 通过鼓励创新、引领行业变革,构建了独特的数字化生态,为企业的持续发展注入了新的活力,同时也为行业的数字化转型树立了标杆。</p>
	数字化人力资源	<p>a) 应针对数字化转型需求,配备必要的人员,包括但不限于信息技术人员、信息安全人员等;</p> <p>b) 应在组织架构层面,考虑数字化转型相关团队或岗位设置,构建数字化人才发展通道;</p> <p>c) 应通过量化管理方式,管理相关岗位的任职资格及人才储备等;</p> <p>d) 应在各管理与业务领域,配置具备数字化转型职责的岗位,并将相关职责纳入岗位绩效考核;</p> <p>e) 应结合数字化转型战略,建立岗位数字化评价优化机制,持续优化岗位数字化评价模型;</p> <p>f) 应积极培育全员的数字化意识;</p> <p>g) 应建立专门的专家团队、研究团队、执行团队,支撑生态体系建设与发展。</p>
基础设施	网络架构	<p>a) 信息网架构应当确保企业内部各部门之间以及企业与外部合作伙伴之间的基本连通性;</p>

能力子域	能力子域指标	能力子域指标要求
		<ul style="list-style-type: none"> b) 网络应当具备基本的稳定性和冗余设计, 以防止单点故障导致的信息中断; c) 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; d) 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; e) 网络应能够保障关键业务数据传输的完整性和低延迟性; f) 视频网架构应当支持高清视频的流畅传输和大规模存储, 以满足企业视频监控、远程会议、在线直播等需求; g) 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。
	基础设施及云资源部署	<ul style="list-style-type: none"> a) 应当具备充足的存储资源, 确保视频质量不受影响, 并支持视频数据的快速检索和分析; b) 应用云化弹性扩展能力快速响应业务变化; c) 确保通用算力、高性能算力的充足部署, 满足日常运营需求; d) 结合本地存储和云存储的优势, 实现存储资源的灵活管理和成本控制; e) 应当沟通统一运维管理服务平台, 对云资源、数据库状态、服务器、应用建立统一的状态管理与监控机制。
	平台建设	<ul style="list-style-type: none"> a) 应构建支持数据高效开发利用的大数据平台, 支持内外部多维、多模态数据管理与开发利用, 实现对不同频率、不同源头的海量数据进行处理、计算; b) 宜构建具备稳定的基础架构和广泛的设备连接能力的工业互联网平台, 实现对生产现场各类设备及工业协议对接与数据采集, 以及各类系统的全面接入; c) 应建立体系化的数字化技术管理能力, 包括技术跟踪与导入、研发与创新、应用与推广等; d) 应实现工业互联网平台对跨行业、跨领域覆盖的能力, 支持云边端协同; e) 应构建多终端协同平台, 支持多终端同步、业务数据实时共享能力, 提供个性化的用户服务和体验, 促进企业内部与外部的紧密协作; f) 应建立支撑研发生命周期管理的研发平台, 确保业务、组织、技术和流程等的融合创新模拟与验证; g) 应建立研发平台与业务平台之间的数据通道, 及时获取业务需求与参数信息, 以及研发成果的敏捷应用; h) 应构建AI分析平台, 具备数据预处理、模型训练、预测分析等模型构建能力, 并集成主流的算法, 满足语言类、数据智能、图片识别等多模态数据训练、推理应用; i) 应基于统一的研发协同平台驱动生态链协同研发的敏捷响应和决策。
信息安全	信息安全管理与规划	<ul style="list-style-type: none"> a) 设立网络安全工作领导机构, 定期专题研究网络安全保护等重大事项, 保障在人力、物力、财力等资源方面的投入, 审定网络安全管理办法、网络安全规划、安全建设整改方案、应急预案、操作规范等; b) 建立专业安全管理机构, 设置安全管理岗位, 确定安全保护专职人员以及职责和权限等。安全管理人员应参与网络安全和信息化决策; c) 依据合规要求与组织发展目标, 规划制定了组织信息安全顶层规划及整体架构; d) 针对工控系统, 需要有相应的安全措施, 如采用隔离或工控安全设备; e) 信息系统应对外网与办公网络采用必要的的防火墙设备, 以及有关病毒防患手段;

能力子域	能力子域指标	能力子域指标要求
		<p>f) 应落实信息安全顶层规划，将安全管理、安全组织、技术体系等安全规划转化为具体的实施计划并有效执行；</p> <p>g) 应能够跟踪最新的安全趋势、创新技术与法规标准，结合自身发现需要，持续优化组织信息安全顶层规划。</p>
	信息安全防护	<p>a) 实施基本的安全控制措施，如防火墙、防病毒软件、定期的安全补丁更新等；</p> <p>b) 应统筹开展网络安全等级保护、关键信息基础设施保护、数据安全保护、个人信息保护、密码保护等工作，为重要信息基础设施明确网络安全责任人；</p> <p>c) 应对物理资源和虚拟资源制定了安全策略，进行集中监测；</p> <p>d) 应具备网络完全等保的信息安全基础设施的防护能力；</p> <p>e) 应特别针对工业控制，要具备工业控制网络安全防护能力；对工业控制网络实施分区分域管理，严格实施访问控制；对工控网络异常进行监控与防护；具备工业数据安全防护与备份恢复机制；</p> <p>f) 应制定全面的安全策略和操作规程。每年至少开展一次安全控制措施有效性检测与整改；</p> <p>g) 应识别、评估和处理信息安全风险，定期进行安全风险评估和审计；</p> <p>h) 应建立完善的信息安全事件响应机制和灾难恢复计划；</p> <p>i) 应持续根据数字化转型面临的新型安全风险、威胁、攻击等采用适应性的新技术驱动安全控制措施。</p>
	信息安全运营	<p>a) 建立应急预案，定期开展运营能力培训和应急演练，对预案不断进行完善和优化；</p> <p>b) 建立了集中的安全运营中心，能够监测和响应网络和系统中的异常行为和潜在威胁，持续优化安全运营效能；</p> <p>c) 具备标准化的安全流程和程序，包括事件响应、变更管理、漏洞管理和安全审计；</p> <p>d) 定期开展风险评估和渗透测试，根据评估结果分析潜在的安全风险，并据此调整安全策略；</p> <p>e) 依据日常安全运营经验与安全事件处置结构，形成数据驱动的安全体系与知识库，优化调整安全监测与应急响应方法。</p>
	新技术新场景安全	<p>a) 根据法律法规标准，结合自身业务需求，开展包括但不限于工控系统、云计算、物联网、大数据、AI等新技术和新场景下的安全防护建设与运营能力；</p> <p>b) 在法律法规标准缺失的情况下，根据自身业务需求，开展业务需要的新型信息基础设施安全防护建设与运营；</p> <p>c) 具备基于自身研究和实践，牵头或参与制定团体、行业或国家的数字安全相关标准的能力。</p>

表 A.2 产线智能化能力域所涵盖的能力子域指标要求

能力子域	能力子域指标	能力子域指标要求
炼铁区域智能化	原料产线智能化	<p>a) 装备层-装备及运维智能化 原料场装备层具备自动卸/取料装备、皮带自动巡检机器人、料堆三维定位监测、测量装备、全链路高清摄像装备，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；能够对关键设备运行状态实时监测，对设备异常实现自动报警，开展预测性维护和维修，提升设备OEE，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。</p> <p>b) 生产层-生产作业智能化 实现堆取料机无人作业，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。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；实现智能调度、自动混料，并对混料质量实现实时监测。</p> <p>c) 数据应用层-数据及模型专业化 开展原料场生产作业数据治理，对原料厂生产作业进行数据采集和处理，基于生产作业数据和智能生产需求，开发应用了一定数量的模型和应用支撑组件，并形成模型库和应用支撑组件库，对生产过程中出现的异常报警并给出调整建议，直至自动调整。</p>
	焦化产线智能化	<p>a) 装备层-装备及运维智能化 焦化产线装备层具备煤仓自动控制、四大车自动控制及联动控制、焦炉状态自动监测及控制、熄焦塔自动控制、筛运焦自动控制、煤气净化装置及化工副产品回收装置（冷鼓、脱氨、粗苯）自动控制、自动巡检机器人、全链路高清摄像装备，实现焦化生产智能视频监控；能够对关键设备运行状态实时监测，对设备异常实现自动报警，开展预测/预防性维护和维修，提升设备OEE。</p> <p>b) 生产层-生产作业智能化 实现焦化智能配煤，实现焦化生产的装煤、推焦、拦焦、运焦、熄焦精确控制；对焦炉温度进行实时监控并根据监测结果进行闭环精准调控；对焦化产线所有皮带运输系统实现集中自动控制，及时发现皮带跑偏、撕裂等故障，确保系统连续稳定运行；对焦炭质量实时监控，及时发现焦炭质量问题，并能够及时精准调控，确保焦炭产品质量；实现对焦化生产物流智慧管控及焦化生产污染物的有效处理，确保达标排放。</p> <p>c) 数据应用层-数据及模型专业化 开展焦化产线生产作业数据治理，对焦化产线生产作业进行数据采集和处理，基于生产作业数据和智能生产需求，开发应用了一定数量的模型和应用支撑组件，并形成模型库和应用支撑组件库，对生产过程中出现的异常报警并给出调整建议，直至自动调整。</p>

能力子域	能力子域指标	能力子域指标要求
	烧结产线智能化	<p>a) 装备层-装备及运维智能化 烧结产线装备层具备“五大关键设备（烧结、抽风、混合、制粒、环冷）”自动控制/联动控制、自动巡检机器人、全链路高清摄像装备，实现烧结生产智能视频监控；能够对关键设备运行状态实时监测，对设备异常实现自动报警，开展预测/预防性维护和维修，提升设备OEE。</p> <p>b) 生产层-生产作业智能化 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，实现烧结原料、混料智能化。 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。 实现烧结生产烧结机点火优化控制，烧结机速优化控制，对物料实现水分优化控制，实现烧结机煤气量、空气量优化控制，实现“烧结终点”预测与控制，对烧结产线所有皮带运输系统实现集中自动控制，及时发现皮带跑偏、撕裂等故障，确保系统连续稳定运行，对烧结料质量实时监控，及时发现烧结矿质量问题，并能够及时精准调控，确保烧结矿产品质量，实现对烧结生产物流智慧管控及烧结生产污染物的状态监测和处理。</p> <p>c) 数据应用层-数据及模型专业化 开展烧结产线生产作业数据治理，对烧结产线生产作业进行数据采集和处理，基于生产作业数据和智能生产需求，开发应用了一定数量的模型和应用支撑组件，并形成模型库和应用支撑组件库，对生产过程中出现的异常报警并给出调整建议，直至自动调整。</p>
	球团产线智能化	<p>a) 装备层-装备及运维智能化 球团产线装备层具备造球设备（圆筒、圆盘造球机）、焙烧设备（带式焙烧机、竖炉、回转窑）、链篦加热设备、冷却设备自动/联动/智能控制、自动巡检机器人、全链路高清摄像装备，实现球团生产智能视频监控；能够对关键设备运行状态实时监测，对设备异常实现自动报警，开展预测/预防性维护和维修，提升设备OEE。</p> <p>b) 生产层-生产作业智能化 实现球团原料、混料智能化，球团工艺参数优化，实现球团碱度、均匀一致性等智能化闭环控制，实现焙烧优化控制，实现物料水分优化控制，实现回转窑煤气量、空气量优化控制；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；对球团产线所有皮带运输系统实现集中自动控制，及时发现皮带跑偏、撕裂等故障，确保系统连续稳定运行；对球团料质量实时监控，及时发现球团质量问题，并能够及时精准调控，确保球团产品质量；实现对球团生产物流智慧管控及球团生产污染物的状态监测和处理。</p> <p>c) 数据应用层-数据及模型专业化 开展球团产线生产作业数据治理，对球团产线生产作业进行数据采集和处理，基于生产作业数据和智能生产需求，开发应用了一定数量的模型和应用支撑组件，并形成模型库和应用支撑组件库，对生产过程中出现的异常报警并给出调整建议，直至自动调整。</p>
	炼铁产线智能化	<p>a) 装备层-装备及运维智能化 炼铁产线装备层具备上料设备、喷煤设备、热风设备、高炉本体、炉前渣铁处理设备自动/联动/智能控制、自动巡检机器人、全链路高清摄像装备，实现炼铁生产智能视频监控；能够对关键设备运行状态实时监测，对设备异常实现自动报警，开展预测/预防性维护和维修，提升设备OEE。</p>

能力子域	能力子域指标	能力子域指标要求
		<p>b) 生产层-生产作业智能化</p> <p>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。</p> <p>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技术,实现高炉料面、高炉及热风炉关键部位温度、炉底炉缸3D侵蚀、冷却壁壁体安全、风口成像、高炉炉顶红外热成像在线监测,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。</p> <p>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。</p> <p>实现热风炉智能控制,实现铁沟侵蚀安全实时监测,实现炉前、出渣无人化操作,对炼铁生产物流智慧管控及炼铁生产污染物的状态监测和处理。</p> <p>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。</p> <p>c) 数据应用层-数据及模型专业化</p> <p>开展炼铁产线生产作业数据治理,对炼铁产线生产作业进行数据采集和处理,基于生产作业数据和智能生产需求,开发应用了一定数量的模型和应用支撑组件,并形成模型库和应用支撑组件库,对生产过程中出现的异常报警并给出调整建议,直至自动调整。</p>
炼钢区域智能化	炼钢产线智能化	<p>a) 装备层-装备及运维智能化</p> <p>炼钢产线装备层具备转炉及倾动机构、氧枪及其升降机构、铁水及散料供应设备、烟气净化及回收设备的自动/联动/智能控制、自动巡检机器人、自动测温、取样机器人,辅料自动称重装置,全链路高清摄像装备,实现炼钢生产智能视频监控;能够对关键设备运行状态实时监测,对设备异常实现自动报警,开展预测/预防性维护和维修,提升设备OEE。</p> <p>b) 生产层-生产作业智能化</p> <p>实现转炉全自动配料,实现炼钢过程自动测温、自动取样、检化验,实现吹氧智能化控制。</p> <p>实现智能化控制,通过在铁水预处理、炼钢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、倒渣”等炼钢工序的一键操作。</p> <p>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>c) 数据应用层-数据及模型专业化</p> <p>开展炼钢产线生产作业数据治理,对炼钢产线生产作业进行数据采集和处理,基于生产作业数据和智能生产需求,开发应用了一定数量的模型和应用支撑组件,并形成模型库和应用支撑组件库,基于AI、大数据等技术实现炼钢产线非预见性异常的自动报警,给出优化调整建议辅助决策,对生产过程中出现的异常报警并给出调整建议,直至自动调整。</p>
	炉外精炼智能化	<p>a) 装备层-装备及运维智能化</p> <p>炉外精炼产线装备层具备精炼炉(RH/VD/LF等)自动/联动/智能控制、添加辅料(喂线)自动/智能控制,搅拌自动控制,吹氧/氩气自动控制,自动巡检</p>

能力子域	能力子域指标	能力子域指标要求
		<p>机器人、全链路高清摄像装备，实现炉外精炼生产智能视频监控；能够对关键设备运行状态实时监测，对设备异常实现自动报警，开展预测/预防性维护和维修，提升设备OEE。</p> <p>b) 生产层-生产作业智能化</p> <p>实现炉外精炼工艺过程闭环智能控制，例如LF炉供电、电极位置、VD/RH炉真空度闭环一键智能控制；实现AOD工艺吹氩闭环一键精炼；实现自动计算辅料添加量，自动智能“喂线”；实现喷粉智能控制；</p> <p>c) 数据应用层-数据及模型专业化</p> <p>开展炉外精炼生产作业数据治理，对炉外精炼生产作业进行数据采集和处理，基于生产作业数据和智能生产需求，开发应用了一定数量的模型和应用支撑组件，并形成模型库和应用支撑组件库，基于AI、大数据等技术实现炉外精炼非预见性异常的自动报警，给出优化调整建议辅助决策，对生产过程中出现的异常报警并给出调整建议，直至对生产过程出现的异常自动调整。</p>
连铸产线智能化		<p>a) 装备层-装备及运维智能化</p> <p>连铸产线装备层具备钢包回转台、结晶器、引锭杆、二次冷却装置、拉矫机、火焰切割、辊道自动/联动/智能控制、自动巡检机器人、换长水口、测温、取样机器人、全链路高清摄像装备，实现连铸生产智能视频监控；能够对关键设备运行状态实时监测，对设备异常实现自动报警，开展预测/预防性维护和维修，提升设备OEE。</p> <p>b) 生产层-生产作业智能化</p> <p>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。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。实现钢坯（板坯、方坯）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>c) 数据应用层-数据及模型专业化</p> <p>开展连铸产线生产作业数据治理，对连铸产线生产作业进行数据采集和处理，基于生产作业数据和智能生产需求，开发应用了一定数量的模型和应用支撑组件，并形成模型库和应用支撑组件库；基于AI、大数据等技术实现连铸产线非预见性异常的自动报警，给出优化调整建议辅助决策，对生产过程中出现的异常报警并给出调整建议，直至自动调整。</p>
电炉炼钢产线智能化		<p>a) 装备层-装备及运维智能化</p> <p>电炉炼钢产线装备层具备电炉智能供电、电弧炉电极智能升降、机器人自动测温取样、自动更换取样器和测温探头、实时监测无效测温探头功能、全自动控制；具备泡沫渣、烟气连续监测与分析装置；具备烟气温度、流量监测装置；具备全链路高清摄像装备，实现电弧炉生产智能视频监控；能够对关键设备运行状态实时监测，对设备异常实现自动报警，开展预测/预防性维护和维修，提升设备OEE。</p> <p>b) 生产层-生产作业智能化</p> <p>实现电弧炉智能化供电，应用智能控制算法，控制电弧炉电极的调节；</p> <p>实现自动判定废钢“熔清”能力，基于自适应技术、神经网络和模糊控制的电极自动调节模型，实现自动判断废钢“熔清”；</p>

能力子域	能力子域指标	能力子域指标要求
		<p>实现自动测温取样，采用自动测温取样机器人，自动更换取样器和测温探头、检测无效测温探头等功能，通过人机界面全自动控制；</p> <p>实现泡沫渣、烟气连续监测与分析，能够定性地测定炉内泡沫渣的存在状态，调节泡沫渣操作和稳定电弧，以改善电弧炉能量供应，提高生产效率。能够准确地测量烟气的温度、流量以及烟气中CO、CO₂、H₂、O₂、H₂O和CH₄等成分。</p> <p>c) 数据应用层-数据及模型专业化</p> <p>开展电炉炼钢产线生产作业数据治理，对电炉产线生产作业进行数据采集和处理，基于生产作业数据和智能生产需求，开发应用了一定数量的模型和应用支撑组件，并形成模型库和应用支撑组件库，基于AI、大数据等技术实现电炉产线非预见性异常的自动报警，给出优化调整建议辅助决策，对生产过程中出现的异常报警并给出调整建议，直至自动调整。</p>
铸轧产线智能化		<p>a) 装备层-装备及运维智能化</p> <p>铸轧产线装备层具备连铸机铸坯厚度和形状调节优化功能，具备铸坯温度优化功能，具备连铸机和连轧机动态联动优化匹配能力；连铸机、连轧机柔性智能调节功能，具备全链路高清摄像装备，实现铸轧生产智能视频监控；能够对关键设备运行状态实时监测，对设备异常实现自动报警，开展预测/预防性维护和维修，提升设备OEE。</p> <p>b) 生产层-生产作业智能化</p> <p>实现铸坯厚度和形状的优化智能控制，通过优化铸坯厚度和结晶器形状，提高铸坯的质量和生产效率。</p> <p>实现温度与热能的衔接智能调控，精确控制铸坯的温度，确保其在进入轧机时处于最佳状态，提升产品质量。</p> <p>实现设备匹配和生产节奏的协调智能调控，连铸机和热连轧机组的生产能力动态匹配，生产节奏协调优化。包括铸坯规格与轧机需求的匹配，以及生产节奏的同步，确保连续生产，提升生产效率。</p> <p>实现多品种、多规格智能控制柔性生产。通过自适应技术、大模型技术实现多品种、多规格柔性生产，提升产线柔性制造能力。</p> <p>c) 数据应用层-数据及模型专业化</p> <p>开展铸轧产线生产作业数据治理，对铸轧产线生产作业进行数据采集和处理，基于生产作业数据和智能生产需求，开发应用了一定数量的模型和应用支撑组件，并形成模型库和应用支撑组件库；基于AI、大数据等技术实现铸轧产线非预见性异常的自动报警，给出优化调整建议辅助决策，对生产过程中出现的异常报警并给出调整建议，直至自动调整。</p>
热轧产线智能化	热轧产线智能化	<p>a) 装备层-装备及运维智能化</p> <p>热轧产线装备层具备加热炉智能控制、高压水除鳞设备自动控制、轧机AGC/AWC智能控制、带钢表面缺陷检测装备、层流冷却自动控制、卷曲机自动控制，打捆包装机器人、钢卷打印机器人；具备全链路高清摄像装备，实现热轧生产智能视频监控；能够对关键设备运行状态实时监测，对设备异常实现自动报警，开展预测/预防性维护和维修，提升设备OEE。</p> <p>b) 生产层-生产作业智能化</p> <p>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>

能力子域	能力子域指标	能力子域指标要求
		<p>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>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>c) 数据应用层-数据及模型专业化</p> <p>开展热连轧产线生产作业数据治理，对热轧产线生产作业进行数据采集和处理，基于生产作业数据和智能生产需求，开发应用了一定数量的模型和应用支撑组件，并形成模型库和应用支撑组件库；基于AI、大数据等技术实现热轧产线非预见性异常的自动报警，给出优化调整建议辅助决策，对生产过程中出现的异常报警并给出调整建议，直至自动调整。</p>
中厚板产线智能化		<p>a) 装备层-装备及运维智能化</p> <p>中厚板产线装备层具备加热炉智能控制、高压水除鳞设备自动控制、粗轧展宽控制、精轧机AGC/AWC智能控制、中厚板表面缺陷检测装备、层流冷却自动控制、矫直机自动控制、冷床自动控制、定尺切割/火焰切割自动控制，超声波探伤机自动控制、自动喷标；具备全链路高清摄像装备，实现中厚板生产智能视频监控；能够对关键设备运行状态实时监测，对设备异常实现自动报警，开展预测/预防性维护和维修，提升设备OEE。</p> <p>b) 生产层-生产作业智能化</p> <p>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>实现中厚板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技术，实现对加热炉运行状态、中厚板表面缺陷、板型缺陷的在线检测与分析；</p> <p>实现中厚板产线智能化控制，基于加热炉运行状态以及坯料尺寸形态、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、智能板形与厚度控制、表面缺陷控制；</p> <p>实现无人化生产，通过部署喷标机器人等智能装备，实现中厚板作业效率提升。</p> <p>c) 数据应用层-数据及模型专业化</p> <p>开展中厚板产线生产作业数据治理，对中厚板产线生产作业进行数据采集和处理，基于生产作业数据和智能生产需求，开发应用了一定数量的模型和应用支撑组件，并形成模型库和应用支撑组件库，基于AI、大数据等技术实现中厚板产线非预见性异常的自动报警，给出优化调整建议辅助决策，对生产过程中出现的异常报警并给出调整建议，直至自动调整。</p>
型材产线智能化		<p>a) 装备层-装备及运维智能化</p> <p>型材产线装备层具备加热炉智能控制、高压水除鳞设备自动控制、粗轧机、精轧机自动控制、型材表面缺陷检测装备、层流冷却自动控制、矫直机自动控制、冷床自动控制、定尺切割自动控制，超声波探伤机自动控制、自动喷标；具备全链路高清摄像装备，实现型材生产智能视频监控；能够对关键设备运行状态实时监测，对设备异常实现自动报警，开展预测/预防性维护和维修，提升设备OEE。</p> <p>b) 生产层-生产作业智能化</p> <p>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>实现型材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技术，实现型材表面缺陷、型材断面缺陷的在线检测与分析；</p> <p>实现型材产线智能化控制，基于加热炉运行状态以及相关智能化控制模型，实现加热炉区智能控制；</p>

能力子域	能力子域指标	能力子域指标要求
		<p>实现无人化、少人化生产，通过部署喷标、打捆机器人等智能装备，实现型材作业效率提升。</p> <p>c) 数据应用层-数据及模型专业化</p> <p>开展型材产线生产作业数据治理，对型材产线生产作业进行数据采集和处理，基于生产作业数据和智能生产需求，开发应用了一定数量的模型和应用支撑组件，并形成模型库和应用支撑组件库；基于AI、大数据等技术实现型材产线非预见性异常的自动报警，给出优化调整建议辅助决策，对生产过程中出现的异常报警并给出调整建议，直至自动调整。</p>
棒线材产线智能化		<p>a) 装备层-装备及运维智能化</p> <p>棒线产线装备层具备加热炉智能控制、高压水除鳞设备自动控制、粗轧机和精轧机自动控制、棒线表面缺陷检测装备、层流冷却自动控制、矫直机自动控制、冷床自动控制、定尺切割自动控制，探伤机自动控制、光学测径、自动打捆、自动喷标；具备全链路高清摄像装备，实现棒线生产智能视频监控；能够对关键设备运行状态实时监测，对设备异常实现自动报警，开展预测/预防性维护和维修，提升设备OEE。</p> <p>b) 生产层-生产作业智能化</p> <p>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；实现棒线产线智能化控制，基于加热炉运行状态以及相关智能化控制模型，实现加热炉区智能控制；实现表检系统对坯料进行铸坯号码、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，提醒操作者及时处理问题，提高成材率；建立钢种工艺数据库，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。在半自动状态工作时，可调用数据库表参数进行设定；采用在线测径仪，实现在线检测，提高检测速度，解决人工抽检中存在的漏检、检测速度慢、存在安全隐患等问题；实现无人化、少人化生产，实现全自动棒材计数、自动打捆、自动称重、自动焊牌/贴牌，实现棒线生产作业效率提升。</p> <p>c) 数据应用层-数据及模型专业化</p> <p>开展棒线产线生产作业数据治理，对棒线产线生产作业进行数据采集和处理，基于生产作业数据和智能生产需求，开发应用了一定数量的模型和应用支撑组件，并形成模型库和应用支撑组件库；基于AI、大数据等技术实现棒线产线非预见性异常的自动报警，给出优化调整建议辅助决策，对生产过程中出现的异常报警并给出调整建议，直至自动调整。</p>
轨梁产线智能化		<p>a) 装备层-装备及运维智能化</p> <p>轨梁产线装备层具备加热炉智能控制、高压水除鳞设备自动控制、粗轧机和万能轧机自动控制、轨梁表面缺陷检测装备、步进式冷床自动控制、复合矫直机自动控制、热锯定尺切割自动控制，检测中心（断面尺寸、平直度、超声波探伤、涡流探伤）、热压印自动控制、液压补矫自动控制、全长淬火自动控制、锯钻定尺自动控制；具备全链路高清摄像装备，实现轨梁生产智能视频监控；能够对关键设备运行状态实时监测，对设备异常实现自动报警，开展预测/预防性维护和维修，提升设备OEE。</p> <p>b) 生产层-生产作业智能化</p>

能力子域	能力子域指标	能力子域指标要求
		<p>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>实现轨梁产线智能化控制，基于加热炉运行状态以及相关智能化控制模型，实现加热炉区智能控制；实现万能轧机孔型智能化控制；</p> <p>实现表检系统对坯料进行铸坯号码自动识别；</p> <p>实现在线检测，检测轨梁断面尺寸、平直度，实现在线探伤，提高检测速度，解决漏检、检测速度慢、存在安全隐患等问题；</p> <p>实现无人化、少人化生产；实现重轨自动全长淬火；实现全自动轨梁计数。</p> <p>c) 数据应用层-数据及模型专业化</p> <p>开展轨梁产线生产作业数据治理，对轨梁产线生产作业进行数据采集和处理，基于生产作业数据和智能生产需求，开发应用了一定数量的模型和应用支撑组件，并形成模型库和应用支撑组件库；基于AI、大数据等技术实现轨梁产线非预见性异常的自动报警，给出优化调整建议辅助决策，对生产过程中出现的异常报警并给出调整建议，直至自动调整。</p>
无缝管产线智能化		<p>a) 装备层-装备及运维智能化</p> <p>无缝管产线装备层具备加热炉智能控制、穿孔设备自动控制、三辊斜轧、连轧机自动控制、钢管再加热自动控制、定（减）径设备自动控制、热处理设备自动控制、成品管矫直自动控制、精整自动控制、定尺自动控制、无损探伤自动控制具备全链路高清摄像装备，实现无缝管生产智能视频监控；能够对关键设备运行状态实时监测，对设备异常实现自动报警，开展预测/预防性维护和维修，提升设备OEE。</p> <p>b) 生产层-生产作业智能化</p> <p>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。实现无缝管产线智能化控制，基于加热炉运行状态以及相关智能化控制模型，实现加热炉区智能控制；实现轧机孔型智能优化控制。实现表检系统对管坯表面进行检查、管坯号码自动识别。实现在线检测，检测无缝管口径，实现在线探伤，提高检测速度，解决漏检、检测速度慢、存在安全隐患等问题。实现无人化、少人化生产；实现无缝管机器人打标；实现全自动计数。</p> <p>c) 数据应用层-数据及模型专业化</p> <p>开展无缝管产线生产作业数据治理，对无缝管产线生产作业进行数据采集和处理，基于生产作业数据和智能生产需求，开发应用了一定数量的模型和应用支撑组件，并形成模型库和应用支撑组件库，基于AI、大数据等技术实现无缝管产线非预见性异常的自动报警，给出优化调整建议辅助决策，对生产过程中出现的异常报警并给出调整建议，直至自动调整。</p>
冷轧产线智能化	冷轧产线智能化	<p>a) 装备层-装备及运维智能化</p> <p>冷轧产线装备层具备酸洗（碱洗）机组自动控制、连轧机组同步、自动板厚控制/自动张力控制/动态变规格自动控制/自动板型控制等智能控制、退火炉温度智能控制、锌锅温度自动控制、锌层厚度闭环控制、平整机自动控制、带钢表面机器视觉缺陷检测装备、横切分卷机组自动控制、卷曲机自动控制，巡检机器人、拆捆带机器人、锌锅捞渣机器人、取样机器人、自动打捆机、贴标签机器人；具备全链路高清摄像装备，实现冷轧生产智能视频监控；能够对关键设备运行状态实时监测，对设备异常实现自动报警，开展预测/预防性维护和维修，提升设备OEE。</p> <p>b) 生产层-生产作业智能化</p> <p>实现冷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技术，实现对冷轧带钢位置跑偏以及板形缺陷、退火炉运行状态、冷轧/退火/涂镀带</p>

能力子域	能力子域指标	能力子域指标要求
		<p>钢表面缺陷的在线检测与分析；</p> <p>实现冷轧产线智能化控制，基于酸洗机组、连轧机组、退火炉运行状态以及冷轧带钢尺寸形态、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，实现智能板形与厚度控制、带钢跑偏控制、退火炉温度控制、锌层厚度闭环控制、带钢表面质量、材料力学性能控制等的智能管控；</p> <p>实现无人化生产，通过部署智能巡检/自动拆捆带/锌锅捞渣/自动取样/贴标签机器人，以及自动打捆机等智能装备，实现冷轧作业效率提升。</p> <p>c) 数据应用层-数据及模型专业化</p> <p>开展冷轧产线生产作业数据治理，对冷轧产线生产作业进行数据采集和处理，基于生产作业数据和智能生产需求，开发应用了一定数量的模型和应用支撑组件，并形成模型库和应用支撑组件库；基于AI、大数据等技术实现连轧产线非预见性异常的自动报警，给出优化调整建议辅助决策，对生产过程中出现的异常报警并给出调整建议，直至自动调整。</p>

表 A.3 数字化生产能力域所涵盖的能力子域指标要求

能力子域	能力子域指标	能力子域指标要求
产品与工艺设计	产品与工艺设计	<p>a) 具备相关的材料仿真和工艺仿真能力，并结合经验知识，开展产品材料与工艺设计；</p> <p>b) 对实验室检测数据、中试数据及新产品小批量试验具有信息化管理能力；</p> <p>c) 企业具有新产品研发数据、工业生产数据及产品用户服务等数据的应用共享能力，可融合历史生产经验和用户服务经验进行材料与工艺的设计和优化；</p> <p>d) 具有一定的在线仿真分析能力，并可形成多种工业APP支持材料与工艺优化设计；</p> <p>e) 平台基于机理模型、知识模型、AI模型等技术，可实现基于目标的产品成分、工艺参数及生产工艺路径的逆向设计，并具有产品合金成本及制造成本的经济性分析能力；</p> <p>f) 具有产品集约化设计能力，实现同成分体系下的不同产品性能需求的工艺设计能力。</p>
	产品与工艺设计协同	<p>a) 基于生产工艺在线监测，具有产品性能及质量缺陷的动态预测能力；</p> <p>b) 依据产品质量在线预测，具有本工序工艺优化及下游工序的工艺动态设计及调整能力；</p> <p>c) 根据产品工艺约束条件，可实现面向产品制造质量、效率和成本的多目标工艺路径优化设计能力；</p> <p>d) 融合机理模型、AI模型等多种知识体系，可实现多尺度建模的材料与工艺设能力；</p> <p>e) 结合孪生技术建立虚拟工厂，替代中试，实现全维度全流程的产品研发设计与仿真优化。</p>
计划调度	计划调度	<p>a) 实现生产资源管理：通过数字化技术手段，实现生产资源分配计划管理和物料需求计划管理；</p> <p>b) 实现生产过程监控：通过数字化技术手段实时监控各生产环节的投入和产出进度，实现异常情况自动预警，支持人工对异常的调整；</p> <p>c) 实现作业计划排产：通过排产系统实现包含铁、钢、轧的计划编制，基于先进排产调度算法模型，系统给出满足多种约束条件的优化排产方案，并形成优化的详细生产作业计划；</p> <p>d) 构建生产运行实时模型：通过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计划排产和调度；</p>

能力子域	能力子域指标	能力子域指标要求
		<p>e) 构建辅助决策模型：基于AI、大数据等技术实现生产过程中非预见性异常的自动报警并给出优化调整建议，辅助决策；</p> <p>f) 建立调度知识库：将（e）辅助决策后的实际解决方案形成“知识”，建立并纳入“知识库”；</p> <p>g) 生产过程自动调整：基于AI、大数据等技术，实现生产过程中非预见性异常的报警并自动调整。</p>
计划调度协同		<p>a) 产供销运一体化协同：通过数字化手段实现实时数据共享与分析、需求预测与计划制定、生产排程优化、库存管理与控制、供应链协同以及销售订单管理等功能，在生产、供应和销售环节之间实现紧密协作，通过信息共享、资源整合和流程优化，提升整体运营效率；</p> <p>b) 一体化计划协同：通过系统功能纵向贯通年、月、周、日生产计划，横向打通炼铁、炼钢、轧钢等各工序作业计划，实现一体化的计划编制，使生产计划整体最优，以确保生产效率最大化、交货准时，最终提升客户满意度和企业竞争力；</p> <p>c) 计划调度协同：通过数字化手段，包括设备数据采集、大数据分析、智能模型寻优等方式，实现实时数据监控、生产能力评估、工序优化、资源调配、优先级管理和异常处理等功能，使生产能够根据实时反馈及时调整调度，以应对突发情况和市场变化；</p> <p>d) 计划能源协同：在计划侧通过贯通能源业务，在计划层面确保生产计划的能源平衡；借助智能模型寻优等方式，在作业计划和生产调度层面，结合能源预测信息，优化作业计划，使作业计划的能源成本最低；</p> <p>e) 计划物流协同：通过智能模型等技术，在计划编制时，充分考虑原料供应能力、成品运输能力、厂内倒运能力等，确保计划编制的合理性和可实施性，同时，系统应具备预警机制，及时识别和解决潜在的运输延迟或库存短缺问题，保证生产稳定顺行；</p> <p>f) 计划与设备检修的协同：通过智能模型等技术，在生产能力计划、生产主计划、生产作业计划编制时，充分考虑设备的实际产能、维护周期、可用性、能力限制、工艺设备路径、设备状态等影响因素；并通过数字化手段强化计划管理与设备管理相关部门的沟通与协作机制，减少因设备故障对生产计划的影响。</p>
工序界面协同		<p>a) 实现上下游主工序关键生产信息互联互通。通过建立跨工序MES系统或建立工序信息化系统间通讯等方式，实现包括铁前区域、铁钢界面、钢轧界面等主要上下游生产工序间必要的生产信息及时共享和互联互通；</p> <p>b) 采用智能装备与控制技术，实现工序界面自动化作业。针对工序界面协同生产作业，建立必要且先进的自动化控制能力，提升生产协同控制能力和作业效率；</p> <p>c) 建立工序界面生产智能协同与决策模型。采用运筹学、智能算法、知识库等技术，面向工序界面生产协同调度构建相关智能决策模型，提升调度智能化水平，实现全面的工序界面作业自动化、智能化。</p>
多基地生产协同		<p>a) 集团型企业，通过信息化系统建设，实现多基地生产信息的及时集中管理，为支撑集团进行多基地协同生产奠定数据共享基础；</p> <p>b) 运用AI、大数据预测、运筹算法等技术，构建多基地协同生产的计划调度管理系统，结合市场预测、订单交期及质量要求、运输规划、生产成本等因素，统筹调度基地生产计划，实现最优成本目标。</p>

能力子域	能力子域指标	能力子域指标要求
质量管控	质量设计、在线分析、判定	<ul style="list-style-type: none"> a) 建立产品设计过程规范, 可自动对销售订单进行产品质量设计和产线优化设计; b) 通过数字化手段, 如物联网传感器、大数据分析等, 实时监测原材料的质量数据, 如成分、强度、韧性等。同时, 建立原材料质量数据库, 对历史数据进行深度挖掘和分析, 以预测未来原材料的质量趋势, 并及时采取预防措施; c) 在生产过程中, 利用智能化生产设备实时监测生产参数, 如温度、压力、流量等, 确保生产过程的稳定性和可控性。同时, 通过预置规则和实时数据分析, 对生产过程中的异常数据进行快速识别和报警, 及时阻断异常半成品的继续流转, 避免次品和不合格品的产生; d) 在成品质量检测环节, 采用先进的检测设备和技术, 如机器视觉、自动化检测线等, 对成品进行全面、快速、准确的检测。同时, 建立成品质量反馈机制, 将检测结果及时反馈给生产部门和质量管理部门, 以便及时调整生产参数和改进生产工艺; e) 实现基于规则的自动分项判定, 包含过程关键参数、表面、外形、规格、尺寸、成分、性能等分项; 若分项不合格, 根据预置规则自动触发复检, 或人工现场确认后发起修磨、返修、剪切等质量弥补作业; 当分项全部判定结束后, 进行自动综合判定; f) 采用智能算法、知识库等技术建立基于全流程质量跟踪的智能分析模型, 对质量问题进行根因分析, 持续优化过程工艺参数; g) 基于知识自动化和全流程工艺大数据分析等技术, 将产品工程师知识和经验数字化, 实现通过产品质量策划、在线检测的质量数据分析和基于数据模型的预判, 自动修复和调校相关的生产参数, 优化质量结果和最小化流程异常保证产品质量的持续稳定。
	全链质量协同管理	<ul style="list-style-type: none"> a) 通过数字化平台, 实现供应链上下游企业之间的信息共享和协同管理。在质量管理方面, 与供应商建立质量信息共享机制, 实时了解原材料的质量状况; 与下游用户建立质量追溯体系, 确保成品的质量可追溯性; 与物流公司建立质量监控机制, 确保产品在运输过程中的质量稳定; b) 通过数字化营销和客户关系管理系统, 实时跟踪客户的购买行为和反馈信息, 深入了解客户的需求和期望。在质量管理方面, 建立客户质量需求数据库, 对客户质量需求进行深度挖掘和分析; 同时, 建立客户质量反馈机制, 及时响应并改进产品质量, 提升客户体验和满意度;
物流	仓储管理	<ul style="list-style-type: none"> a) 采用智能传感、物联网、实时定位等技术, 实时跟踪仓储物料出入库作业, 实施监控仓储库存信息、并可与上下游产线生产联动。同时, 可通过建模和数字孪生技术, 进一步提升物料信息透明化程度; b) 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; c) 应用智能行车、电子围栏、机器视觉、5G等技术, 建立仓储远程监控和现场无人化作业, 提升仓储作业效率, 降低劳动强度; d) 应用仓储管理系统和智能物流装备, 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, 堆位优化模型等, 实现动态调度、自动配送及路径优化, 堆位优化。
	物流运输管理	<ul style="list-style-type: none"> a) 针对厂内外物流涉及的汽运、铁运、船运铁水运输、内部倒运等多场景业务进行数字化管理, 贯通业务流程和作业活动, 建立厂内外物流全流程数字化跟踪管理, 实现货物运输需求与资源管理、承运商评价管理及运输费用结算服务等; b) 采用5G、视频监控、机器视觉、无人计量、AIS采集、GPS定位、RFID以及高精度控制等技术, 实现物流运输过程中的运输设备/工具状态监测、跟踪和运输品高效准确计量, 并对运输和计量信息进行数字化管理; c) 针对厂内物流关键运输场景(如铁钢界面铁水运输、钢卷转运等), 综合利用无人机车、5G、GPS定位、路线规划、AI、数字孪生、高精度控制及运筹优化等技术, 实现场景作业的无人化/少人化, 并建立智慧运输调度管理系统, 对生产现场运输状态、动作、路线等进行实时监控、远程控制与智能决策。

能力子域	能力子域指标	能力子域指标要求
		<p>调度, 实现智能化的物流运输作业, 提高运输作业效率和安全性;</p> <p>d) 通过智能装备、控制技术和作业调度模型, 实现产供销物流全面高度协同, 实现物料运输、仓储作业全流程跟踪和精益管控;</p> <p>e) 基于生产数据, 采用AI算法技术, 建立运输作业智能调度、运输路径优化、装卸秩序管理等模型, 完成厂内外配送路途的优化和智能化, 提高配送效率和精确性, 并在保证生产安全的前提下, 实现运输成本动态优化;</p> <p>f) 基于大数据、AI和大模型等技术, 建立作业规划层面全面优化计算模型, 支持物流数据的预测和优化, 实现钢铁行业主要原燃料及产成品库存动态监测、国内外运力市场资源及价格的动态预测, 为生产经营、采购、销售提供全面决策支持, 保证生产安全, 实现物流成本最小化目标。</p>
能源	能源状态监测	<p>a) 动力能源系统动态监控和评估: 通过信息技术手段, 实时采集能源产、储、配、耗数据, 实现全方位的能源系统感知和动态监控, 并对相关能源数据进行统计和分析, 评估能源系统运行状态;</p> <p>b) 工序能源系统动态监控和评估: 实现钢铁工序单元能源系统动态监控, 结合工序单元生产状况, 评估能源系统与工序生产的匹配度;</p> <p>c) 重点耗能设备动态监控和评估: 实现重点耗能设备和系统的动态监控, 对相关能耗数据进行统计分析, 评估设备运行状态和能耗指标;</p> <p>d) 能源系统数据共享: 实现能源系统数据与其他管控系统数据共享, 为业务管理系统和决策支持系统提供能源产耗数据。</p>
	能源管理与优化	<p>a) 能源精细化管理: 建立了能源管理信息系统, 实现能源的精细化和可视化管理;</p> <p>b) 能源数据资产: 实现了能源大数据管理, 建立了能源数据资产;</p> <p>c) 工序能耗瓶颈管理: 基于工序单元能耗数据的统计分析, 发现工序能耗瓶颈, 实现工序生产能效的管理优化闭环;</p> <p>d) 重点耗能设备能效管理: 基于重点耗能设备能耗数据的统计分析, 发现设备能效瓶颈, 实现设备运行能效管理和高效运行;</p> <p>e) 外购能源管理: 建立用能预测模型, 根据生产计划、峰谷平电价等因素制订成本最优的能源外购计划, 并对外购能源使用情况进行监控和调度管理。</p> <p>f) 能源智能优化调度: 基于AI、大数据等技术, 构建能源产耗预测模型, 为能源调度决策优化提供支撑和异常报警;</p> <p>g) 能源知识库: 建立能效瓶颈和能源优化调度“知识库”。</p>
	碳管理	<p>a) 涉碳数据收集与管理: 实现实时和精准的数据采集, 对能源介质数据、含碳原辅料数据、碳排放因子库、含碳物料检化验数据、产品数据等进行全面收集、分类及管理, 形成碳数据清晰、准确和完整的管理系统;</p> <p>b) 建模与分析能力: 采用符合国家技术文件要求的核算模型, 从企业级、工序级、产品级等多维度对碳排放量进行测算, 并对参与碳排放的能源介质、原辅料贡献度进行分析;</p> <p>c) 可视化与报告能力: 采用可视化工具将碳排放数据以图表或仪表盘形式呈现, 便于内部决策和外部沟通, 核算结果支持快速导出标准化报告;</p> <p>d) 支持第三方的核查和认证能力: 涉碳数据、企业级及工序级核算模型支持第三方核查、数据溯源, 产品级核算模型支持第三方认证;</p> <p>e) 碳体系数字化管理能力: 对碳资产形成数字化过程管理, 并对碳管控系统建立流程管理, 构建碳资产管理体系, 支撑碳资产交易。</p>
设备	设备状态监测	<p>a) 实现设备数字化, 可通过设备管理系统获取设备规格参数等静态数据, 通过实时数据采集获取设备运行等动态数据, 数据完整、规范准确、应用方便;</p> <p>b) 实现设备状态实时在线全面监测, 可通过监测规则配置等实现设备异常自动报警与推送, 报警处理可与设备管理系统关联实现闭环管理;</p> <p>c) 实现设备健康评价, 基于设备实时状态与历史运行趋势分析, 结合人工诊断专家知识规则, 针对具体产线、设备, 实现健康度自动量化评价;</p>

能力子域	能力子域指标	能力子域指标要求
	设备运维	<p>d) 实现设备预测性维护, 基于设备运行状态与机理知识, 运用大数据、机器学习等技术建立设备状态监测预警模型, 实现设备异常提前智能预警, 并结合专家知识库提出针对性维护方案建议;</p> <p>e) 实现设备故障智能分析, 针对不同的故障类型, 根据专家知识库进行故障根因分析, 并提供建议的问题解决思路, 可关联设备管理系统检修管理、备件仓储管理等模块实现故障高效处理。</p>
安全	安全管理	<p>a) 实现设备台账档案信息化管理, 通过设备管理信息系统, 收集管理设备基础信息、设备异常状态信息、设备运转记录、设备历史运维履历等, 设备全生命周期档案清晰可查;</p> <p>b) 实现备件材料精细管理, 请购计划可根据规则自动提报, 备件材料在线验收、扫码入出库, 备件库存位置精准、费用清晰、去向明确, 具备库龄分析, 支持备件质量分析;</p> <p>c) 实现点巡检自动排程, 利用智能传感器、5G、AR/VR、机器视觉、巡检机器人等实现高效智能巡检、点巡检;</p> <p>d) 实现预防性维护, 根据维护履历、维护标准实现周期性预防维护, 给油脂、检维修等维护任务自动排程、计划可调可控、记录清晰可追溯、结果可分析总结;</p> <p>e) 实现设备运维指标管理, 建立设备运维管理指标体系, 可对设备运行情况、维护作业情况、费用消耗等进行综合管理, 自动实现设备综合效率(OEE)等既定指标, 提升设备管理效率, 为设备维护计划、作业计划的制定与优化等提供决策支持;</p> <p>f) 建立设备故障知识库, 沉淀故障现象、故障原因、故障解决方案等, 实现设备故障快速定位与处理, 知识库可动态更新管理;</p> <p>g) 实现预测性维护, 可将机理知识结合设备实时运行状态等信息, 运用大数据分析、机器学习等技术, 在设备异常或有故障趋势时, 自动给出预测性维护方案, 减少或避免设备引起的各种损失。</p> <p>a) 建立安全管理信息系统, 集成隐患排查治理、风险分级管控、安全教育培训、职业健康管理和安全作业管理等功能, 实现全方位、全流程的安全管理数字化覆盖;</p> <p>b) 实现应急救援管理, 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>c) 实现安全绩效指标的设定、追踪、评估, 持续优化安全管理工作;</p> <p>d) 建立移动端应用, 实现隐患上报、作业审批、报警推送等功能, 提升安全管理的灵活性和响应速度;</p> <p>e) 基于安全作业、风险管理、人员操作记录等多源数据的统计分析, 实现数据驱动的安全决策支持;</p> <p>f) 建立涵盖安全培训、风险管理、重大危险源、隐患排查等业务知识库, 并进行动态维护, 提升安全管理水平;</p> <p>g) 通过自动化、智能化技术手段优化设备操控流程、加强智能防控, 消除人为操作风险, 实现对关键工序的智能化控制, 从根源上降低安全事故的发生概率;</p> <p>h) 具备安全相关数据上报能力, 能够向政府相关监管系统及时推送安全相关数据和报警信息, 保证安全事件响应和管理的政企及时联动。</p>

能力子域	能力子域指标	能力子域指标要求
	安全状态监测	<ul style="list-style-type: none"> a) 通过物联网、传感器网络等信息技术手段，实时采集安全要素数据，实现全天候、全覆盖的安全状态感知；具备数据上报能力，能够向上级管理平台推送静态和动态数据，确保管理层随时掌握安全动态； b) 实现消防系统远程集中监控，实时监测厂区火灾报警事件、气体探测数据以及设备状态，自动触发报警信号并联动应急预案、调配应急资源，提升消防事件处理效率； c) 基于定位追踪、机器视觉、VR/AR、5G等技术，结合机器人等智能装备，加强人员行为、设备状态的精准监控及分析报警，强化现场安全管控。 d) 实现安全系统与企业生产管理、工业生产安全、设备维护、环保监测等其他业务系统的联动与深度集成，实现数据共享，形成全局数字化响应能力，提升安全协同管理能力； e) 基于AI、机器学习及大数据分析技术，实现重点区域和关键环节的风险动态评估、预警并给出优化调整建议，量化安全态势，加强事前预防； f) 将辅助决策后的实际解决方案形成“知识”，建立并纳入“知识库”。
环保	环保管理	<ul style="list-style-type: none"> a) 实现环保职能管理：运用信息化技术，实现环保档案管理、第三方服务机构管理和排污许可管理，建立环保事件中心，同时对环保数据进行统计分析，对环保监测计划和实施进行管理； b) 实现环保运维管理。对环保设施的点巡检和维护保养进行统一管理； c) 实现环保系统异常预警和定位。通过汇集生产原辅料消耗数据、产品产出数据、检化验数据，并结合环保设施运行状态与污染物排放数据，建立环保系统状态分析模型，进行异常预警与定位； d) 具备环保相关数据上报能力，能够向政府相关监管系统及时推送环保监测相关数据和报警信息，保证环保管理的政企及时响应和联动； e) 建立涵盖生产系统、环保设施运行状态的污染物排放影响分析模型，厂区空气质量影响分析及溯源模型，具备全系统污染排放分析预警及辅助决策功能，以及污染物达标排放智能优化功能； f) 构建环保经济运行模型。基于信息技术等，通过对环保治理设施运行成本计算、统计和分析，建立环保运行成本分析模型，形成环保经济运行策略。
	环保状态监测	<ul style="list-style-type: none"> a) 实现环保系统全面数字化。通过智能感知、物联网、音视频识别等技术，实时采集污染物排放和环保设施运行状态数据，实现全面的环保系统感知和动态监控，并对相关环保数据进行统计分析，评估环保系统运行状态； b) 实现有组织排放监测。建立有组织排放源清单，对重点排放口进行环保监测分析，关联生产设施、治理设施运行状态的关键参数对比； c) 实现无组织排放监测。建立无组织排放源清单，分类记录管理； d) 实现清洁运输监测。建立清洁运输信用评价机制，具备异常联动管理功能； e) 实现废水、噪声、固废和放射源有效监测。建立相关污染源及治理措施清单，进行监测和预警管理； f) 实现环保系统综合监测。通过地图（GIS，二维、三维场景）集中展示有组织排放口、水环境质量、无组织污染源等关键指标动态信息，直观、便捷地展示企业内大气环境、水环境、污染源状况等。

表 A.4 数字化运营能力域所涵盖的能力子域指标要求

能力子域	能力子域指标	能力子域指标要求
采购	智慧采购	<ul style="list-style-type: none"> a) 具备采购计划制定能力, 根据库存、生产情况及在途资源等信息, 实现采购物料需求及采购申请计划的制定, 提升采购计划制定效率; b) 具备采购合同的全生命周期跟踪管理能力, 并能够根据采购合同信息进行物资到货预报, 实现物资入库与库存之间的联动与库存优化; c) 具备供应商规范化管理能力, 通过建立合格供应商管理机制, 并有效执行; d) 具备采购质量异议处理能力, 通过建立采购质量异议管理机制, 实现质量异议物资的标准化处理与全流程跟踪; e) 具备采购模型构建能力, 通过数字化手段, 建立采购辅助决策模型, 能够实现从采购成本最优、生产最优、库存最优等层面分别提供采购决策建议; f) 具备采购及相关业务的数据汇聚和数据分析能力, 实现对采购业务的深度洞察。
销售	智慧销售	<ul style="list-style-type: none"> a) 具备销售价格规范化管理能力, 通过数字化手段建立完善的销售价格管理体系, 实现数字化询单、价格测算等; b) 具备客户资金精细化管理能力, 通过数字化手段, 实现对客户的资金从收取到核销的管理; c) 具备销售协同能力, 通过数字化手段, 实现销售与采购、质量、成本等业务之间的协同管控; d) 具备客户服务定制化能力, 在兼顾传统的客户管理的同时, 实现客户服务定制化, 实时掌握与企业之间的合作历史及当前合作动态; e) 具备客户需求预测能力, 通过对客户信息挖掘、分析, 建立并优化客户需求预测模型, 实现精准销售计划的制定以及设计、采购、生产、物流等方案的动态调整; f) 具备精准营销能力, 通过市场行情数据搜集、趋势预测以及用户需求挖掘和数据分析, 实现需求驱动的精准营销, 提高营销效率, 降低营销成本。
财务	智慧财务 (业财一体化)	<ul style="list-style-type: none"> a) 具备数据整合与分析的能力, 通过大数据挖掘与分析技术, 建立财务数据综合处理平台, 提升财务数据的准确性与及时性, 实现财务报表生成自动化与智能化, 为企业决策提供高效的数据支持; b) 具备成本精准核算与管控能力, 通过物联网与成本管理系统的结合手段, 建立全流程成本监控体系, 优化钢铁生产各环节的成本结构, 实现从原材料采购到产品销售全成本的精细化管理, 有效降低企业运营成本; c) 具备资金风险预警与防范能力, 通过智能风控模型与金融数据监测技术, 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, 保障企业资金链的稳定安全; d) 具备预算动态管理与资源配置能力, 通过云计算与预算管理软件的协同应用, 建立灵活的预算调整模型, 满足钢铁企业在市场波动下快速调整生产与经营计划的需求, 实现资源的合理分配与高效利用, 提升企业整体运营效益; e) 具备全流程智能化税务管理能力, 通过区块链存证、机器学习算法及多源数据融合技术, 建立跨境交易风险预警模型、动态税务筹划机制和全球合规数字框架, 满足多税种自动化申报及跨国税务监管要求, 实现税务成本最优配置与全价值链风险穿透式防控, 提升税务战略决策精准度和国际供应链税务协同效率。
供应链	智慧供应链管理	<ul style="list-style-type: none"> a) 具备供应链全业务数字化管理能力, 实现采购需求、采购寻源、供应商管理、采购执行管理及仓储物流管理等; b) 具备供应商全周期跟踪管理能力与业务协同能力, 实现对供应商准入与退出进行规范化管控, 以及对供应商的分类与分级、评价管理;

能力子域	能力子域指标	能力子域指标要求
		<p>c) 具备供应链模型构建能力, 通过建立供应链管理大模型, 动态寻优、寻源, 在多边界限制条件下给出最优解, 提升供应链的稳定性, 实现全方位降本;</p> <p>d) 具备供应链风险管理能力, 通过数字化手段, 实现对交付、成本、质量、采购违法等供应链风险的数字化管理。同时, 能够根据风险管理目标制定风险管理计划, 对风险发生的可能性和损失范围及程度进行估计和度量。</p>
人力资源	数字化HR规划、岗位结构优化与调整	<p>a) 企业应用数字化技术, 实现人力资源管理业务的全面数字化管理;</p> <p>b) 通过人力资源管理系统与相关业务系统的集成, 实现组织岗位设计、员工档案、招聘、绩效、薪酬、培训、人才发展以及员工关系等人力业务数据全面收集, 为企业的战略决策提供强有力的数据支撑;</p> <p>c) 利用大数据和AI技术, 对收集的数据进行深度挖掘与分析, 实现岗位重叠、冲突、缺失监控识别, 具备岗位复合分析、岗位工作成效分析能力, 支撑岗位设置动态优化, 确保岗位设置能够紧密贴合企业的战略目标、业务需求;</p> <p>d) 建立人力资源需求预测模型、行业趋势预测模型及岗位结构优化、人才结构优化模型等, 指导企业岗位结构、人才结构调整, 并能够灵活应对市场的快速变化;</p> <p>e) 建立岗位人力资源配置优化趋势预测模型, 全面评估岗位调整所带来的员工能力提升、团队协作效率以及企业整体效能的影响, 以确保岗位调整能够为企业带来长期的正向效益。</p>
	数字化HR评价、培养与考核	<p>a) 利用数字化手段, 实现员工培训、评价及绩效管理关键业务流程自动化, 优化管理流程, 减少人工干预, 提高员工管理效率和准确性;</p> <p>b) 建立多样化的数字化人才培养途径, 提供灵活便捷的学习方式, 助力于员工能力高效提升;</p> <p>c) 建立数字化绩效考核体系, 利用自动化和智能化的手段, 优化员工考核流程, 减少人工干预, 提高考核效率和准确性;</p> <p>d) 构建统一的人力资源数据仓库, 实现人力资源数据的集中存储与统一管理, 有力支持跨部门数据共享及业务流程协同;</p> <p>e) 建设员工评价、培养与考核相关数据分析模型, 实现支撑员工评价、培养与考核科学管理, 能够实时评价员工能力、在线追踪员工成长轨迹, 动态调整培养方案, 确保员工持续成长与企业需求相匹配;</p> <p>f) 利用数字化评价结果, 指导员工晋升、薪酬调整及培训发展规划等人力资源管理决策。</p>
协同办公	数字化协同办公	<p>a) 构建清晰的数字化协同办公流程与规范体系, 部署稳定且高效的协作平台与工具, 有力支撑跨层级、跨部门、跨业务的灵活协同作业, 显著提升协作效率和质量;</p> <p>b) 数字化协同业务广泛覆盖采购、生产、销售、物流、研发、财务管理等, 实现企业内部业务协作、流程协同、数据融合管理等, 提升整体运营效率;</p> <p>c) 建立完善的数据管理体系, 实现办公环境、资源使用、团队协作、任务实绩、经营管理绩效等数据, 实现一体化、规范化管理, 以确保信息的无缝流转和共享, 提高办公效率;</p> <p>d) 建立工作量预测、团队协作效率预测、资源需求预测、成本控制分析、运营效率优化、风险评估等模型, 支撑企业优化工作流程、提高团队协作效率, 实现企业人、财、物等全局动态优化配置;</p> <p>e) 通过数字化手段, 实现供应链上下游企业之间产品、订单、库存等信息共享, 实现采购、生产、销售、配送等流程协同, 产品研发、质量控制等技术合作, 构建高效协同的产业生态;</p> <p>f) 构建基于生态体系的市场趋势预测、生产调度协同优化、采购储备协同调控等数据模型, 实现生产经营决策、市场拓展策略、生态开发管控等产业生</p>

能力子域	能力子域指标	能力子域指标要求
项目管理	数字化项目管理	态范畴群体性智能决策。
		<p>a) 通过数字化手段，项目管理核心环节实现全面数字化管理，能够流程自动化、数据集成与共享，提升项目管理的效率与精确度；</p> <p>b) 建立全面的数字化项目管理框架，实现项目与生产、财务、市场等相关业务数据实时交换与共享，从而支持跨系统的业务流程协同、数据一体化管理，提升整体运营效率；</p> <p>c) 建立项目管理模型，通过大数据分析和机器学习技术，实现项目进度实时监测、潜在风险预测、智能任务分配与资源调度、项目投资决策收益及风险预测等，为管理者提供科学、精准的决策支持；</p> <p>d) 项目成果应完整实现数字化交付，满足数字孪生应用要求。</p>
	项目管理协同	<p>a) 企业利用数字化手段，强化企业跨组织、跨职能的协作能力，实现跨组织、跨职能信息共享、任务协同，提高项目执行效率；</p> <p>b) 通过数字化平台，实现企业项目生产数据、财务数据、市场数据等数据的实时、全面地收集和整合，支撑资源调配及项目决策与执行监控，提高项目资源利用率及决策效率；</p> <p>c) 企业与供应商、客户之间构建标准化的协同流程与机制，通过数字化手段协同推进项目，确保项目进度的可控性与质量的稳定性，增强企业的市场竞争力；</p> <p>d) 运用数据挖掘技术，深入剖析数据间的内在联系与潜在趋势，强化项目协作效率分析、任务负荷分析、团队协同冲突预测、协同问题识别及根因分析等，提升项目协作执行力、创新力、灵活性等，提升企业竞争力。</p>
		<p>a) 具备高效的数字化项目管理能力，通过项目管理软件等数字化工具，建立科研项目的跟踪监控机制，提升项目的执行效率，实现科研项目的顺利推进；</p> <p>b) 具备全面的协作能力，通过数字化工具，建立跨地域的科研合作网络，促进学术交流与合作，实现科研成果的共享；</p> <p>c) 具备严格的安全保护能力，通过多层次的数字化安全措施，建立完善的安全防护体系，减少数据泄露的风险，实现科研信息的安全保护；</p> <p>d) 具备智能的分析能力，通过AI算法的应用，建立自动化的研究分析流程，提高研究的创新性，实现科学发现的加速。</p>
科技创新	数字化科研平台	<p>a) 具备灵活的项目管理和服务支持能力，通过数字化工具提升科研项目的管理质量和成果转化率，实现科研生态的可持续发展，促进生态系统内各参与者的紧密合作；</p> <p>b) 具备信息共享能力，通过数字化手段及科研平台等，促进跨学科、跨机构的研究合作，优化资源配置，降低重复研究的成本，实现科研创新速度的加快，加强生态系统内的合作与互动；</p> <p>c) 具备智能化的研究工具支持能力，通过引入AI和大数据分析技术（或措施、功能），建立智能推荐系统和自动化实验设计工具，推动合作伙伴间的技术交流与协作。</p>
	数字化科研生态建设	<p>a) 具备全面的风险识别能力，通过数字化工具建立完善的风险数据库和信息收集机制，实现对各类风险的全面覆盖；</p> <p>b) 具备有效的风险评估能力，通过采用数字化手段科学的评估方法和工具，对风险进行定量和定性分析，提升风险评估的准确性和可靠性；</p> <p>c) 具备灵活的风险应对能力，采用数字化手段制定应急预案和响应机制，及时应对各类风险事件，降低风险对业务的影响；</p> <p>d) 具备持续的风险监控能力，通过建立实时监控系统和定期审计机制，对风险进行动态跟踪和管理，优化风险管理效果；</p>
风险管理	风控系统覆盖率	

能力子域	能力子域指标	能力子域指标要求
		<p>e) 具备高效的风险沟通与协作能力, 通过建立跨部门、跨层级的风险管理沟通渠道和合作机制, 提升整体风险管理的效率和协同性。</p>
	风控系统间协同	<p>a) 通过建立统一的数据交换平台等(或采用API接口、中间件等技术手段), 实现不同风控相关系统间的数据无缝对接, 降低因信息孤岛导致的误判风险;</p> <p>b) 通过数字化技术, 构建紧急事件处理流程和自动化触发机制, 一旦检测到重大风险信号, 能够迅速启动多系统间的协同应对措施, 提高对突发事件的处理能力, 减少潜在损失;</p> <p>c) 通过数字化技术, 集成合规检查模块和建立详细的操作日志记录系统, 确保所有风控活动均符合相关法律法规要求, 并能追溯每项决策的依据和过程;</p> <p>d) 通过引入机器学习算法和反馈循环机制等, 不断从历史数据中学习, 自动调整风控模型参数, 提升预测准确性和适应性, 有效降低运营成本并提高风险管理效能。</p>
	数字化客户服务规范	<p>a) 具备高效的客户反馈信息收集与分析能力, 通过建立客户反馈管理系统或利用先进的数据分析工具, 快速收集并精准识别客户需求, 提升对客户需求的响应速度, 还通过深入分析客户反馈, 不断优化产品和服务, 从而实现客户满意度的显著提升;</p> <p>b) 具备标准化的客户服务流程实施能力, 通过构建完善的客户服务规范流程体系, 确保每一项客户服务请求都能通过标准、规范的操作流程得到高效处理, 提升客户服务效率和客户满意度, 实现客户服务体验的全面升级。</p>
客户服务	数字化客户服务平台	<p>a) 具备多渠道集成能力, 通过数字化服务平台的架构设计, 将多种客户服务渠道(如在线聊天、社交媒体、电话、电子邮件等)有效集成在一起。这一系统不仅提升服务渠道的多样性和覆盖面, 还为客户提供更加便捷、一致的服务体验, 从而显著提高客户满意度和服务效率;</p> <p>b) 具备智能化客户服务能力, 通过采用AI等数字化技术, 如自然语言处理和机器学习算法, 构建先进的智能客服系统。能够提供7*24小时不间断的自动化客户服务, 快速准确地解答客户咨询, 处理常见问题, 并持续学习优化以应对更复杂的客户需求。</p>
	数字化客户管理能力	<p>a) 具备全面的客户及商机线索全生命周期管理能力, 通过建立先进的客户关系数字化管理手段, 实现从潜在客户识别、商机挖掘到销售转化、售后服务等各个环节的精细化管理;</p> <p>b) 具备高效的客户信息与互动历史跟踪能力, 通过将客户关系数字化管理手段与数字化客户服务平台无缝集成, 确保所有客户交互数据能够实时同步和共享。增强客户服务团队的响应速度和服务质量, 使得企业能够基于全面的客户视图制定更加个性化的服务策略, 进一步提升客户体验和忠诚度, 实现客户管理的智能化升级。</p>
	研发协同能力	<p>a) 具备广泛的产学研协同研发能力, 通过建立与海内外高校、科研机构的紧密合作关系和协同研发组织或平台, 共同推进新品研发项目;</p> <p>b) 具备产业链上下游协同创新能力, 通过与上下游企业开展联合研发类项目合作, 如联合课题研究、共建联合实验室、协同开发新产品及联合测试等。</p>
产业协同	采购协同能力	<p>a) 具备数据治理能力, 通过集成供应链上下游数据, 建立统一数据平台, 实现数据的规范化治理;</p> <p>b) 具备全面的订单执行进度协同能力, 通过集成的供应链管理系统或专门的进度跟踪工具, 使供应商能够在发货前反馈内部执行进度及详细情况说明;</p> <p>c) 具备灵活的供应商交期协同能力, 通过供应链管理系统中的交期管理模块, 供采双方可以快速在线协调订单明细物料的交期;</p> <p>d) 具备高效的质量协同能力, 通过质量管理系统或供应链协同平台, 支持供应商对质量问题进行在线反馈、索赔的在线确认或申诉处理;</p> <p>e) 具备便捷的付款协同能力, 通过数字化技术, 通过财务协同系统或供应链金融平台等, 使供应商能够在线查询付款申请、付款单进度及状态;</p> <p>f) 具备供应链生态构建能力, 通过与供应链上下游、内外部所有资源实施集成协同, 形成以企业为核心的供应链网络生态圈, 进一步提升供应链的韧性。</p>

能力子域	能力子域指标	能力子域指标要求
		和稳定性。
	销售协同能力	<ul style="list-style-type: none"> a) 具备高效的合同签订协同能力,采用数字化技术,实现电子合同的线上化签署,允许客户在电脑端和移动端便捷地签署电子合同,并实时跟踪合同的签署进程; b) 具备实时的订单协同能力,通过数字化技术,使客户能够实时在线查询和了解订单在企业内部的生产进程信息; c) 具备灵活的库存协同能力,通过数字化技术,提供库存查询功能,允许客户根据合同号、订单编号、入库日期、炉号等条件查询对应的库存信息; d) 具备高效的客诉协同能力,通过数字化技术,支持客户投诉、建议、疑问和诉求的录入及审核流程。系统能够根据客诉类型自动指定具体的业务负责人员进行在线处理、反馈和结案,并提供客户评价功能。
	服务协同能力	<ul style="list-style-type: none"> a) 具备多样化的服务协同能力,通过数字化技术与第三方物流、电商平台等合作伙伴建立紧密的服务协同关系,共同构建一个互联互通的产业协同体系; b) 具备强大的服务协同系统支撑能力,通过采用先进的数字化技术和服务管理工具,如云计算、大数据、AI等,实现服务协同流程的自动化和智能化。

表 A.5 数据能力域所涵盖的能力子域指标要求

能力子域	能力子域指标	能力子域指标要求
数据组织与制度	数据管理规范	<ul style="list-style-type: none"> a) 制定数据管理办法、流程和机制,内容包含数据采集、数据治理、数据质量、数据应用和数据资产等; b) 根据数据管理执行情况,定期开展管理规范的检查、评估,并进行完善。
	数据团队	<ul style="list-style-type: none"> a) 建设数据管理与执行团队的专题组,包括管理方、业务方和技术方等; b) 建立数据管理与执行的认责机制; c) 定期开展管理团队与执行团队的培训,提高业务能力; d) 建立数据管理与执行的沟通机制,明确了沟通路径和方式。
数据供给	数据采集	<ul style="list-style-type: none"> a) 按照采集管理条例,设计数据采集申请等模板; b) 建设数据采集工具,提供钢铁行业各类数据的采集能力,覆盖如kettle、DataStage等主流采集工具; c) 制定数据采集计划,推进数据采集计划执行,对数据采集过程实现工具进行监控和运维; d) 数据采集过程实现工具化、流程化和自动化; e) 对数据采集过程及管理能力建立了评价指标,定期开展量化分析及优化。
	数据集成	<ul style="list-style-type: none"> a) 建立统一数据集成平台,提供钢铁行业各类数据集成能力,包括IT和OT数据,覆盖结构化数据、非结构化数据及外部数据等; b) 对数据集成进行集中管理,实现统一规划、寻源、采集、共享等; c) 要有对数据的来源、用途和真实性等控制的手段; d) 对于新建的系统,需检查其数据集成方式,确保符合企业的数据集成标准; e) 具备数据集成的监控和预警能力,及时发现并解决数据集成过程中的问题;

能力子域	能力子域指标	能力子域指标要求
		f) 引用行业或国家数据集成标准, 或采用新技术,持续优化和提升数据交换和集成、数据处理能力。
数据治理与数据安全	数据编码规范	<p>a) 管理方统筹开展数据编码规范规划、设计、建设、评审等;</p> <p>b) 数据编码规范发布后, 应组织相关方进行培训和宣贯;</p> <p>c) 对新建项目, 管理方应组织相关方对数据编码规范设计进行评审;</p> <p>d) 数据编码规范设计, 参考相关的国家、行业等标准规范;</p> <p>e) 定期对数据数据编码规范执行情况进行检查, 对检查结果进行通报、奖惩和整改。</p>
	数据质量	<p>a) 按需建立统一数据质量管理平台, 提供覆盖数据质量需求、数据质量检查、数据质量分析等管理功能;</p> <p>b) 定期组织数据质量需求收集、检查、分析和提升, 确保数据质量管理得到全面落实;</p> <p>c) 对新建项目, 应开展事前管控, 包括收集质量需求、制定数据标准、制定数据质量规则、项目和质量功能同步开发、项目和质量功能同步上线;</p> <p>d) 对运行项目, 应进行过程监控, 通过质量管理工具对数据流转关键节点进行监控, 对监控结果进行事后分析、提升;</p> <p>e) 数据质量管理实现工具化、流程化和自动化。</p> <p>f) 定期开展数据质量执行情况检查和量化分析, 对检查结果进行通报、奖惩和整改;</p> <p>g) 定期开展数据质量培训、更新数据质量知识库等, 营造数据质量文化氛围。</p>
	元数据、主数据和指标类数据管理	<p>a) 按需建立统一元数据、主数据和指标类数据管理平台, 提供钢铁行业各类元数据、主数据和指标类数据管理能力;</p> <p>b) 制定钢铁行业的元数据、主数据和指标类数据分类和设计各类元数据模型;</p> <p>c) 对元数据、主数据和指标类数据进行统一规划、建设、管理、运维等;</p> <p>d) 开展元数据、主数据和指标类数据应用, 包括数据目录、数据血缘、资产地图等;</p> <p>e) 定期对元数据、主数据和指标类数据工作进行检查和量化分析, 对检查结果进行通报、奖惩和整改;</p> <p>f) 定期引入国际、国家或行业相关元数据、主数据和指标类数据管理相关标准, 对元数据、主数据和指标类数据进行更新维护。</p>
	数据分类分级	<p>a) 管理方统筹开展数据分类分级的顶层设计及制定顶层数据分类分级; 各业务单位负责本业务领域的具体数据分类分级制定;</p> <p>b) 数据分类分级发布后, 应组织相关方进行培训和宣贯;</p> <p>c) 对新建项目, 管理方应对数据分类分级的设计和执行情况, 进行评审;</p> <p>d) 数据分类分级参考了内外部安全需求, 包括监管机构、法律法规等;</p> <p>e) 数据分类分级参考了国家、行业等标准规范;</p> <p>f) 能够根据内外部环境和发展需求, 不断地对数据分类分级优化和提升。</p>

能力子域	能力子域指标	能力子域指标要求
	数据安全管理	<ul style="list-style-type: none"> a) 对生产、经营等数据，根据数据的敏感性和重要性对数据进行分类和定级，以及数据保密措施，运用专业的技术手段和产品工具对数据进行分级保护，覆盖数据全生命周期相关的业务、系统和应用； b) 基于数据访问场景，建立并实施了严格的身份认证、权限管理等数据访问控制机制，确保只有授权人员能够访问特定的数据，实施最小权限原则。采取数据存储和传输过程的加密，在数据传输和共享过程降低数据泄露风险； c) 按照数据安全要求，对相关的数据系统采取网络隔离或加密；对企业保密的数据制定严格的保密制度等措施； d) 定期开展组织内部人员数据安全意识和数据安全能力的培训及考核，注重组织内部数据安全人才培养； e) 制定并实施数据风险事件应急响应计划，制定数据安全事件应急预案，定期开展数据安全事件应急演练； f) 建立了可量化的数据安全治理能力评估体系，定期评估数据安全治理效果，并根据评估结果进行调整优化； g) 当组织架构、业务需求、监管要求等内外部要求发生变化时，能够及时调整优化提升相应的数据安全标准及策略。
数据应用	数据应用	<ul style="list-style-type: none"> a) 建设统一数据分析平台，具备支持各类数据分析，包括报告、报表、看板、APP应用等功能，满足生产、经营活动等数据分析需要； b) 建立常用数据分析模型库，支持业务人员快速进行数据探索和分析； c) 数据分析模型和分析结果，能够实现复用和共享； d) 对数据分析效果建立量化指标，定期开展模型优化。 e) 建立数据分析效益评估模型，指导数据分析投资建设。
	数据服务	<ul style="list-style-type: none"> a) 建设统一数据服务平台，提供数据服务目录、数据介绍、服务接口介绍等。 b) 对数据服务进行集中管理、统一建设、授权服务、统一监控等。 c) 对数据服务，定期开展检查，包括数据安全、数据质量等，确保满足用户要求。 d) 在市场趋势、AI相关的语料库等数据应用方面，引入外部数据，开发数据服务产品。 e) 和外部合作，共同开发数据服务产品。 f) 数据服务实现外部共享，包括访问、浏览、申请、反馈等。 g) 对数据服务建立效益评估，量化分析投入产出比，指导数据服务投资建设。
	数据创新	<ul style="list-style-type: none"> a) 培养数据思维和基于数据做决策的文化，确保所有层级的员工都理解并重视数据的重要性； b) 按照需求采集和治理相关数据，构造专门的数据域，利用先进算法，进行数据分析工作； c) 加强统计学、数学、计算机、AI等学习，结合业务领域的专业知识，开展基于数据的建模、分析和解释数据； d) 结合数据创新解决的具体问题或实现的目标，改进管理、生产、业务和服务等工作； e) 将数据创新举措成为数据产品。

能力子域	能力子域指标	能力子域指标要求
数据资产	数据资产建设	<p>a) 完成了数据资产盘点、识别、确权和登记； b) 建立数据资产统一目录，形成了企业数据台账； c) 数据资产实现数据流通共享和数据服务； d) 定期开展数据资产的审计及问题整改； e) 对数据资产应用价值建立评价指标，能够量化分析数据资产应用价值。</p>
	数据资产化率	<p>a) 按照需求驱动、数据“共采、共建、共享”的原则，从各类系统采集数据，按照统一数据架构在大数据中心汇聚，采用统一数据标准，进行数据定义及关系梳理等治理工作，建立数据模型与数据服务，实现数据按需开放、共享使用。从数据分类覆盖度、数据治理度、数据域建设完成度三个维度，开展数据资产化率指标评价；</p> <p>b) 计算方法：数据资产化率= $\frac{\sum_{i=1}^{i=N} (a_i \times b_i)}{\sum_{j=1}^{j=M} (c_j \times d_j)} d_j,$</p> <p>其中，$a_i$ 表示数据治理表，b_i 表示 a_i 数据质量正确的记录数量，N表示数据治理表总数；c_j 表示原始数据表，d_j 表示 c_j 的记录总数，M表示原始数据表总数。</p> <p>a_i 的同时满足下列条件：（1）按照数据架构（数据模型、数据分布、元数据）规范要求进行设计、开发、数据确权登记等；（2）建立了数据质量规则；（3）建立了安全规则，包括数据分类分级、授权、加密等。</p> <p>b_i 是指是 a_i 数据质量符合业务制定的数据质量规则要求，如完整性、正确性、唯一性等。</p>
	数据资产估值	<p>a) 根据数据为企业带来经济利益的原则，及相关标准（如价值、可控制性、可计量性等），对数据资产进行识别和认定； b) 建立数据资产的估值方法，对数据资产进行估值和定价； c) 数据资产的会计处理，包括初始计量和后续计量。初始计量：记录数据资产的初始价值，包括获取成本和评估价值。后续计量：根据数据资产的使用情况，进行折旧、摊销或重估； d) 定期在财务报表中披露数据资产的相关信息，包括价值、使用情况、预期寿命等； e) 定期向管理层报告数据资产的情况； f) 定期对数据资产过程进行内部或外部审计，确保合规性； g) 持续监控数据资产的价值和使用情况，根据市场变化和技术进步，不断优化数据资产的估值和管理方法。</p>

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 42129-2022 数据管理能力成熟度评估方法
 - [3] GB/T 39116-2020 智能制造能力成熟度模型
 - [4] GB/T 39117-2020 智能制造能力成熟度评估方法
 - [5] GB/T 36073-2018 数据管理能力成熟度评估模型
 - [6] GB/T 23020-2013 工业企业信息化与工业融合评估规范
 - [7] 工业和信息化部、国家发展和改革委员会、财政部、自然资源部、生态环境部、国务院国有资产监督管理委员会、国家市场监督管理总局、中国科学院、中国工程院.原材料工业数字化转型工作方案（2024-2026年）.工信部联原〔2023〕270号，2024年1月16日
 - [8] 工业和信息化部、国家标准化管理委员会.钢铁行业智能制造标准体系建设指南. 2023.
 - [9] 工业和信息化部、国家发展和改革委员会、生态环境部.关于促进钢铁工业高质量发展的指导意见.工信部联原〔2022〕6号，2022年1月20日
 - [10] 工业和信息化部等四部委.智能制造典型场景参考指引. 2022
 - [11] 工业和信息化部、国家标准化管理委员会.国家智能制造标准体系建设指南. 2021
 - [12] GB/T 42523-2023 信息安全技术网络安全态势感知通用技术要求
 - [13] GB/T 38645-2020 信息安全技术网络安全事件应急演练指南
-