

# 团 体 标 准

T/MMAC XXX—XXXX

## 智能矿山能力成熟度模型

Maturity model of digital and intelligent mines capability

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国冶金矿山企业协会发布



版权保护文件

版权所有归属于该标准的发布机构。除非有其他规定，否则未经许可，此发行物及其章节不得以其他形式或任何手段进行复制、再版或使用，包括电子版，影印件，或发布在互联网及内部网络等。使用许可可于发布机构获取。

## 目 次

前言.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 缩略语.....	1
5 模型构成.....	1
6 成熟度等级.....	2
7 能力要素.....	3
8 成熟度要求.....	3
9 评估内容.....	17
10 评估过程.....	17
11 成熟度等级判定.....	17
附录 A .....	20

## 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》给出的规则起草。

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。

本文件由中国冶金矿山企业协会团体标准化工作委员会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

# 智能矿山能力成熟度模型

## 1 范围

本文件规定了智能矿山能力成熟度模型的构成、成熟度等级、能力要素与成熟度要求、评估过程和成熟度等级判定。

本文件适用于冶金露天与地下矿山,在进行智能矿山建设之初或者阶段性建设总结时对建设现状的评估。适用于矿山内外部专家团队的定性与定量评估,适用于已有矿山和新建矿山智能建设。适用于矿山企业、智能矿山设备供应商和第三方开展智能矿山能力成熟度的差距识别、方案规划和改进提升。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而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 39116 智能制造能力成熟度模型

GB/T 39117-2020 智能制造能力成熟度评价方法

## 3 术语和定义

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

## 4 缩略语

GB/T 39116 界定的缩略语适用于本文件。

## 5 模型构成

智能矿山能力成熟度模型由成熟度等级、能力要素和成熟度要求构成,其中,能力要素由能力类构成,能力域由能力子域构成,如图 1 所示。

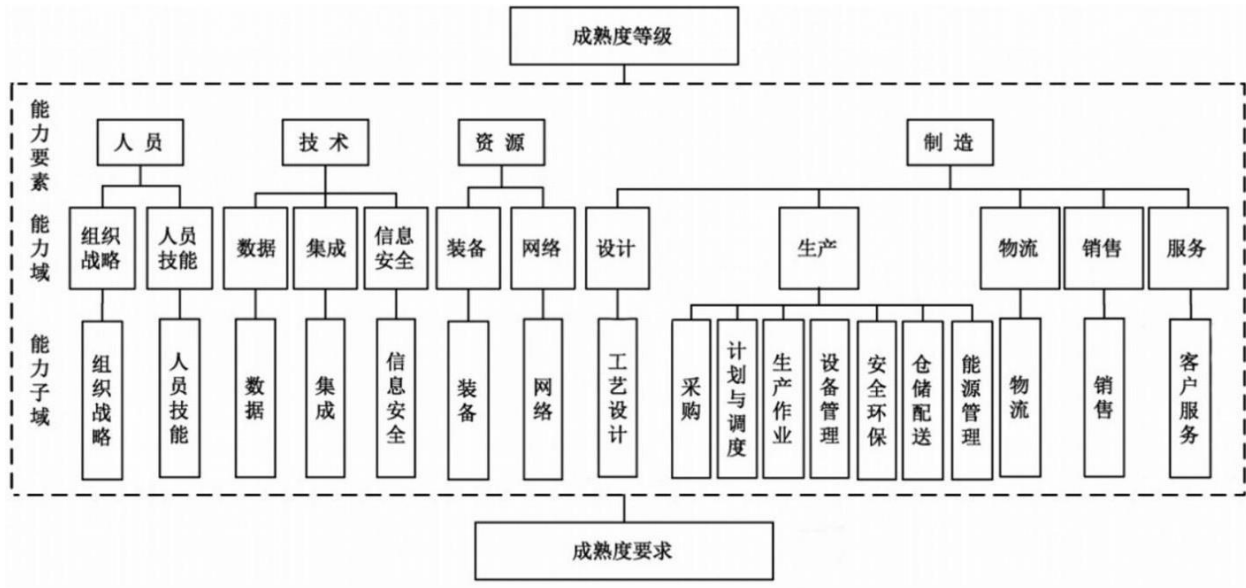


图1 智能矿山能力成熟度模型构成

## 6 成熟度等级

成熟度等级规定了智能制造在不同阶段应达到的水平。成熟度等级分为五个等级，自低向高分别为一级（规划级）、二级（规范级）、三级（集成级）、四级（优化级）和五级（引领级）。较高的成熟度等级要求涵盖了低成熟度等级的要求。

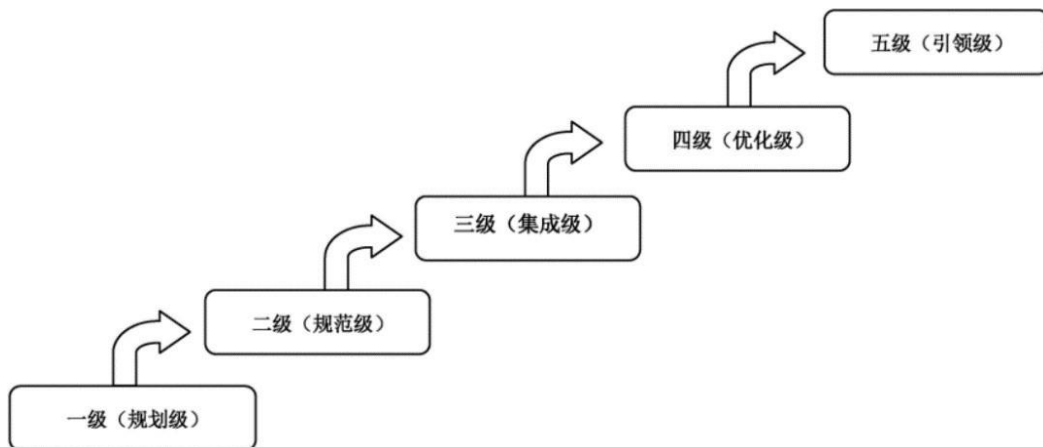


图2 成熟度等级

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

二级（规范级）：企业应采用自动化技术、信息技术手段对核心装备和核心业务活动等进行改造和规范，实现单一业务活动的数据共享。

三级（集成级）：企业应对装备、系统等开展集成，实现跨业务活动间的数据共享。

四级（优化级）：企业应对人员、资源、制造等进行数据挖掘，形成知识、模型等，实现对核心业务活动的精准预测和优化。

五级（引领级）：企业应基于模型持续驱动业务活动的优化和创新，实现产业链协同并衍生新的制造模式和商业模式。

## 7 能力要素

能力要素给出了智能矿山能力提升的关键方面，包括人员、技术、资源和制造4大能力类。人员包括组织战略、人员技能2个能力域。技术包括数据、集成和信息安全3个能力域。资源包括装备、网络2个能力域。制造包括设计、生产、物流、销售和服务5个能力域。

设计包括工艺设计1个能力子域，生产包括采购、计划与调度、生产作业、设备管理、仓储配送、安全环保、能源管理7个能力子域，物流包括物流1个能力子域，销售包括销售1个能力子域，服务包括客户服务1个能力子域。

## 8 成熟度要求

### 8.1 人员

人员能力要素包括组织战略、人员技能2个能力域。人员能力要素按成熟度等级可划分为不同等级要求，见表1所示。

表 1 人员的成熟度要求

能力子域	一级	二级	三级	四级	五级
组织战略	<p>a)应制定智能制造的发展规划；</p> <p>b)应对发展智能制造所需的资源进行投资</p>	<p>a) 应制定智能制造的发展战略，对智能制造的组织结构、技术架构、资源投入、人员配备等进行规划，形成具体的实施计划；</p> <p>b) 应明确智能制造负责部门和各关键岗位的责任人，并且明确各岗位的岗位职责</p>	<p>a) 应对智能制造战略的执行情况进行监控与评测，并持续优化战略；</p> <p>b) 应建立优化岗位结构的机制，并定期对岗位结构和岗位职责的适宜性进行评估，基于评估结果实施岗位结构优化和岗位调整</p>		
人员技能	<p>a)应充分意识到智能制造的重要性；</p> <p>b)应培养或引进智能制造发展需要的人员；</p> <p>c)应制定符合智能制造发展需要的人才队伍建设规划</p>	<p>a) 应具有智能制造统筹规划能力的个人或团队；</p> <p>b) 应具有掌握 IT 基础、数据分析、信息安全、系统运维、设备维护、编程调试等技术的人员；</p> <p>c) 应制定适宜的智能制造人才培养体系、绩效考核机制等，及时有效地使员工获取新的技能和资格，以适应企业智能制造发展需要</p>	<p>a) 应具有创新管理机制，持续开展智能制造相关技术创新和管理创新；</p> <p>b) 应建立知识管理体系，通过信息技术手段管理人员贡献的知识和经验，并结合智能制造需求，开展分析和应用</p>	<p>a) 应建立知识管理平台，实现人员知识、技能、经验的沉淀与传播；</p> <p>b) 应将人员知识、技能和经验进行数字化与软件化</p>	



## 8.2 技术

技术能力要素包括数据、集成、信息安全3个能力域。技术能力要素按成熟度等级可分为不同等级，见表2所示。

表 2 技术的成熟度要求

能力子域	一级	二级	三级	四级	五级
数据	<p>a) 应采集业务活动所需的数据；</p> <p>b) 应基于经验开展数据分析</p>	<p>a) 应基于二维码、条形码、RFID、PLC 等，实现数据采集；</p> <p>b) 应基于信息系统数据的人工经验开展数据分析，满足特定范围的数据使用需求；</p> <p>c) 应实现数据及分析结果在部门内在线共享</p>	<p>a) 应采用传感技术，实现制造关键环节数据的自动采集；</p> <p>b) 应建立统一的数据编码、数据交换格式和规则等，整合数据资源。支持跨部门的业务协调；</p> <p>c) 应实现数据及分析结果的跨部门在线共享</p>	<p>a) 应建立企业级的统一数据中心；</p> <p>b) 应建立常用数据分析模型库，支持业务人员快速进行数据分析；</p> <p>c) 应采用大数据技术，应用各类型算法模型，预测制造环节状态，为制造活动提供优化建议和决策支持</p>	<p>a) 应对数据分析模型实时优化，实现基于模型的精准执行</p>
集成	<p>a) 应具有系统集成的意识</p>	<p>a) 应开展系统集成规划，包括网络、硬件、软件等内容；</p> <p>b) 应实现关键业务活动设备、系统间的集成</p>	<p>a) 应形成完整的系统集成架构；</p> <p>b) 应具有设备、控制系统与软件系统间集成的技术规范，包括异构协议的集成规范、工业软件的接口规范等；</p> <p>c) 应通过中间件工具、数据接口、集成平台等方式，实现跨业务活动设备、系统间的集成</p>	<p>a) 应通过 ESB、ODS 及先进技术等方式，实现全业务活动的集成和优化</p>	
信息安全	<p>a) 应制定安全信</p>	<p>a) 应定期对关键工业控制系</p>	<p>a) 工业控制网络边界应具有边界防护能力；</p>	<p>a) 工业网络应部署具有深度包解析功能的安全设备；</p>	

全	息管理规范，并有效执行； b) 应成立信息安全协调小组	统开展信息安全风险评估； b) 应在工业主机上安装正规的工业防病毒软件； c) 应在工业主机上进行安全配置和补丁管理	b) 工业控制设备的远程访问应进行安全管理和加固	b) 应自建离线测试环境，对工业现场使用的设备进行安全型测试； c) 在工业企业管理网中，应采用具备自学习、自优化功能的安全防护设施
---	--------------------------------	--	--------------------------	---

## 8.3 资源

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

表 3 资源的成熟度要求

能力子域	一级	二级	三级	四级	五级
装备	<p>a)应在关键工序应用自动化设备； b)应对关键工序设备形成技改方案</p>	<p>a)应在关键工序应用数字化设备； b)关键工序设备应具备标准通信接口，包括 RJ45、RS232、RS485 等，并支持主流通信协议，包括 OPC/OPCUA、MODBUS、PRO-FIBUS 等</p>	<p>a)关键工序设备应具有数据管理、模拟加工、图形化编程等人机交互功能； b)应建立关键工序设备的三维模型库； c)关键工序设备应满足本地与远程的人机交互、数据管理和通信需要； d)关键工序设备应具备数字化联网能力</p>	<p>a)关键工序设备应具有预测性维护功能； b)关键工序设备应具有设备在线健康监测，通过在生产过程中采集设备实时运行数据，结合人工诊断专家规则库，实现设备健康状态全方位检测； c)关键工序设备应具有设备，预警信息推送功能</p>	<p>a)关键工序设备三维模型应集成设备实时运行参数，实现设备与模型间的信息实时互联； b)关键工序设备、单元、产线等应实现基于工业数据分析的自适应、自优化、自控制等，并与其他系统进行数据分享</p>
网络	<p>a)应实现办公网络覆盖； b)应制定工业互联网平台建设方案； c)工业设备应具有互联网能力</p>	<p>a)应实现工业控制网络、生产网络、工业能源网和视频网络覆盖； b)应实现设备、工业 app 接入工业互联网平台</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； b)网络应具有远程配置功能，应具备带宽、规模、关键节点的扩展和升级功能； c)网络应能够保障关键业务数据传输的完整性； d)应实现工业互联网平台对用户及行业的覆盖能力</p>	<p>a)应建立分布式工业控制网络，基于 SBD 的敏捷网络，实现网络资源优化配置； b)应实现工业互联网平台对跨行业、跨领域覆盖的能力</p>	

## 8.4 制造

## 8.4.1 设计

设计能力域包括工艺设计1个能力子域。设计能力域按成熟度等级可划分为不同等级要求，见表4所示。

表 4 设计的成熟度要求

能力子域	一级	二级	三级	四级	五级
工艺设计	<p>a) 应制定工艺设计过程相关规范，并有效执行；</p> <p>b) 应建立工艺设计文档或数据的管理机制，能够对工艺信息进行记录、查阅和执行</p>	<p>a) 应基于二维、三位等计算机辅助开展工艺设计和优化；</p> <p>b) 应基于典型产品或特征建立工艺设计信息的重用；</p> <p>c) 应实现工艺不同专业之间的并行设计</p>	<p>a) 应通过工艺设计管理系统，实现工艺设计文档或数据的结构化管理、数据共享、版本管理、权限管理和电子审批；</p> <p>b) 应建立典型制造工艺流程、参数、资源等关键要素的知识库，并能以结构化的形式展现、查询与更新；</p> <p>c) 应基于数字化模型实现制造工艺关键环节的仿真分析及迭代优化；</p> <p>d) 应实现材料智能设计，通过建立材料开发全链条数据库，结合冶金管理、模型及工业大数据深度挖掘所获得的知识，指导材料制造中的成分控制范围，得到材料的设计方案</p>	<p>a) 应实现基于模型的三维工艺设计和优化，并将完整的工艺信息集成于三维工艺模型中；</p> <p>b) 应实现基于三维模型的制造工艺全要素的仿真分析及迭代优化；</p> <p>c) 应基于工艺设计、生产、检验等系统的集成，通过工艺信息下发、执行、反馈、控制的闭环管理，实现工艺设计与制造协同；</p> <p>d) 实现工艺设计优化，建立从矿石到精矿的工艺规范库，实现工艺模型的数字化表达，提升设计效率；</p> <p>e) 应将工艺设计信息集成于产品数字化模型中，实现产品设计数据的唯一性</p>	<p>a) 应基于工艺知识库的集成应用，辅助工艺优化；</p> <p>b) 应基于设计、工艺、生产、检验、运维等数据分析，构建实时优化模型，实现工艺设计动态优化</p> <p>c) 应建立工艺设计云平台，实现产业链跨区域、跨平台的协同工艺设计；</p> <p>d) 实现材料性能预测，在理论、原理及实验的基础上建立产品的数据结构，完成大数据的积累并建立数学模型，预报材料性能，评估材料的安全性和服役寿命</p>

## 8.4.2 生产

生产能力域包括采购、计划于调度、生产作业、设备管理、仓储配送、安全环保、能源管理7个能力子域。生产能力域按成熟度等级可划分为不同等级要求，见表5所示。生产作业子域中对矿山企业各工序成熟度要求见附录A。

表 5 生产的成熟度要求

能力子域	一级	二级	三级	四级	五级
采购	<p>a) 应根据产品、物料需求和库存等信息制定采购计划；</p> <p>b) 应实现对采购订单、采购合同和供应商等信息的管理；</p> <p>c) 应建立合格供应商机制，并有效执行</p>	<p>a) 应通过信息系统制定物料需求计划，生成采购计划，并管理和追踪采购执行全过程；</p> <p>b) 应通过信息技术手段，实现供应商的寻源、评价、确认、采购精准决策和方案动态优化</p>	<p>a) 应将采购、生产和仓储等信息系统集成，自动生成采购计划，并实现出入库、库存和单据的同步；</p> <p>b) 应通过通信系统开展供应商管理，对供应商的供货质量、技术、相应、交付、成本等要素进行量化评价；</p> <p>c) 应基于信息系统实现主要原辅材料价格跟踪；</p> <p>d) 供应链管理系统应融合数字化技术，实现供应商可视化监控</p>	<p>a) 通过与供应商的销售系统集成，实现协同供应链；</p> <p>b) 应基于采购执行、生产消耗和库存等数据，建立采购模型，实时监控采购风险及供应商隐患，并及时预警，自动提供优化方案；</p> <p>c) 应基于信息系统的数据库，优化供应商评价模型；</p> <p>d) 实现采购需求精准预测，采集订单合同与生产消耗相关数据，通过大数据分析等技术手段可实现对原料需求的预判</p>	<p>a) 应实现企业与供应商在设计、生产、质量、库存、物流的协同，并实时监控采购变化及风险，自动做出反馈和调整；</p> <p>b) 实现智能采购计划制定，通过大数据分析平台，感知上游原料市场价格变化，预测价格曲线走势，结合自身需求相关数据，实现采购计划优化，有效降低材料采购成本；</p> <p>c) 应利用数字化技术实现供应商与相关业务协同，包括业务配合同步、质量与规范同步、结算对账同步、库存与计划同步等</p>

能力子域	一级	二级	三级	四级	五级
计划与调度	<p>a) 应基于销售订单和销售预测等信息,编制主生产计划;</p> <p>b) 应基于主生产计划进行排产,形成详细生产作业计划并开展生产调度</p>	<p>a) 应通过信息系统,依据生产数量、交期等约束条件自动生成主生产计划;</p> <p>b) 应基于企业的安全库存、采购提前期、生产提前期等制约要素实现物料需求计划的运算;</p> <p>c) 应基于信息技术手段编制详细生产作业计划,基于人工经验开展生产调度</p>	<p>a) 应基于安全库存、采购提前期、生产提前期、生产过程数据等要素开展生产能力运算,自动生成有限能力主生产计划;</p> <p>b) 应基于约束理论的有限产能算法开展排产,自动生成详细生产作业计划;</p> <p>c) 应实时监控各生产环节的投入和产出进度,系统实现异常情况自动预警,并支持人工对异常的调整</p>	<p>a) 应基于先进排产调度的算法模型,系统自动给出满足多种约束条件的优化排产方案,形成优化的详细生产作业计划;</p> <p>b) 应实时监控各生产要素,系统实现对异常情况的自动决策和优化调度</p>	<p>a) 应通过工业大数据分析,构建生产运行实时模型,提前处理生产过程中的波动和风险,实现动态实时的生产排产和调度;</p> <p>b) 应通过统一平台,基于产能模型、供应商评价模型等,自动生成产业链上下游企业的生产作业计划,并支持企业间生产作业计划异常情况的统一调度</p>
生产作业	<p>a) 应制定生产作业相关规范,并有效执行;</p> <p>b) 应记录关键工序的生产过程信息;</p> <p>c) 应基于生产计划进行任务分配,针对各采矿场与选矿厂进行执行并记录完成情况;</p> <p>d) 应记录各采矿场与选矿厂生产的矿石、辅料消耗、精矿产出等数据;</p> <p>e) 应基于原料库存情况制定原料采购计划及生产原料配比数据</p>	<p>a) 应通过信息技术手段,将工艺文件下发到生产单元;</p> <p>b) 应基于信息技术手段,实现生产过程关键物料、设备、人员等的数据采集,并上传到信息系统;</p> <p>c) 应在关键工序采用数字化质量检测设备,实现产品质量检测和分析;</p> <p>d) 应通过信息系统记录生产过程产品信息,每个批次实现生产过程追溯</p>	<p>a) 应根据生产作业计划,自动将工艺文件下发到各生产单元;</p> <p>b) 应实现对生产作业计划、生产资源、质量信息等关键数据的动态监测;</p> <p>c) 应通过数字化检验设备及系统的集成,实现关键工序质量在线检测和在线分析,自动对检验结果判断和报警,实现监测数据共享,并建立产品质量问题知识库;</p> <p>d) 应实现产品中主要工艺参数在线监控,通过广泛采集生产全流程质量数据,结合大数据分析,实现生产过程</p>	<p>a) 应根据生产作业计划,自动将生产程序、运行参数或生产指令下发到数字化设备;</p> <p>b) 应构建模型实现生产作业数据的在线分析,优化生产工艺参数、设备参数、生产资源配置等;</p> <p>c) 应实现质量在线分析及判定,应用智能监测设备,融合缺陷机理分析模型,物性和成分分析模型以及机器视觉技术等,实现产品质量在线监测、分析与质量判定;</p> <p>d) 应实时采集产品原料、生产过程、客户使用的质量信息,实现产品质量的精准追溯,并通过数据分析和知识库的运用,进行</p>	<p>a) 应实现生产资源自组织、自优化。满足柔性化、个性化生产的需求;</p> <p>b) 应基于人工智能、大数据等技术,实现生产过程非预见性异常的自动调整;</p> <p>c) 应基于模型实现质量知识库自由化;</p> <p>d) 应实现产品质量动态改进,通过建设质量工艺动态设计优化模型、在线判定模型、自动处置模型,对生产操作参数及时调整以改善产品质量;</p> <p>e) 应构建设备、生产、车间、工厂等不同层级的数字孪生系统,实现物理世界和虚拟空间的实时映射,推动感知、分析、预测和控制能力</p>

			中对产品质量状态的快速感知； e) 应实现生产过程中矿石，精矿等质量信息可追溯	产品的缺陷分析，提出改善方案	的全面提升
设备管理	a) 应通过人工或手持仪器开展设备点巡检，并依据人工经验实现检修维护过程管理和故障处理； b) 应具备精细化管理理念，通过流程管理业务活动	a) 应通过信息技术手段制定设备维护计划，实现对设备设施维护保养的预警； b) 应通过设备状态检测结果，合理调整设备维护计划； c) 应采用设备管理系统实现设备点巡检、维护保养等状态和过程管理	a) 应实现设备关键运行参数的实时采集、故障分析和远程诊断； b) 应建立设备故障知识库，并与设备管理系统集成； c) 应依据设备运行状态，自动生成检修工单，实现基于设备运行状态的检修维护闭环管理； d) 应实现自动巡检，应用工业机器人，智能巡检设备和设备管理系统，集成故障检测、机器视觉、AR/VR 和 5G 等技术，实现对设备的高效巡检和异常报警； e) 应依据设备关键运行参数等，实现设备综合效率（OEE）统计	a) 应基于设备运行模型和设备故障知识库，自动给出预测性维护解决方案； b) 应实现预测性维护，结合设备历史运行数据，通过机器学习等技术建立健康模型，对设备当前运行数据进行深度分析，实现对设备故障智能化预警，并及时进行针对性维护； c) 应基于设备综合效率的分析，自动驱动工艺优化和生产作业计划优化； d) 应实现设备智能运维与供应链深度融合，提高采购效率、降低库存成本	a) 应采用机器学习、神经网络等，实现设备运行模型的自学习、自优化； b) 应实现智能故障分析，在设备发生故障后，结合专家故障库对设备进行分析，找到故障原因，提升设备运维效率
仓储配送	a) 应制定仓储管理规范，实现出入库、盘点和安全库存等管理； b) 应基于管理分类和规范要求，实现仓储合规管理； c) 应基于生产计划制定配送计划，实现原辅料、半成品等定时定量配送	a) 应基于条形码、二维码、RFID 等，实现出入库管理； b) 应建立仓储管理系统，实现货物库位分配、出入库和移库等管理； c) 应基于生产单元物料消耗情况发起配送	a) 应基于仓储管理系统与制造执行系统集成，依据实际生产作业计划实现半自动或自动出入库管理； b) 应采用射频遥控数据终端、声控或按灯拣货等手段进行入库和拣货； c) 应通过配送设备和信息系统集成，实现关键件及时配	a) 应通过数字化仓储设备、配送设备与信息系统集成，依据实际生产状态实时拉动物料配送； b) 实现精准配送及垛位优化，应用仓储管理系统和物流装备，集成视觉/激光导航、室内定位和机器学习等技术，以及天车调度模型，垛位优化模型等，实现动态调度、自动配送及路径优化垛	a) 通过企业与供应链的集成优化，实现最优库存或及时供货； b) 应实现远程无人管控，通过钢卷库、板坯库、散料库等场所布置智能行车系统，结合机器视觉、5G、VR 等技术，实现仓库远程实景监控与无人智能作业，显著提升仓储管理效率； c) 应实现无人化运输，综合利用

		请求，并提示即时配送； d) 适用时，应建立仓储管理系统，实现仓储中介质相关数据的实时采集和分析	送； d) 适用时，应基于工业无线网，通过无线传感器，将仓储相关信息自动采集至仓储管理系统，对仓储状态进行实时监测，仓储状态异常时可自动报警，避免仓储事故发生	位优化； c) 适用时，应根据仓储状态实时数据进行趋势预测，结合知识库自动给出纠正和预防措施； d) 实现智能库存预警，通过设置库存预警规则，结合产品价格等相关信息，可实现高库存等情况的动态警告，有效规避市场风险	5G、人工智能、数字孪生、高精度控制等技术，基于智慧铁水运输系统实现生产现场运输状态、动作、路线等实时监控、远程控制与智能调度，实现无人化运输； d) 适用时，应通过智能仪表、互联网、云计算和大数据技术，实现仓储自动控制，实现无人仓储
安全环保	a) 应制定企业安全管理机制和环保管理机制，具备安全操作规程； b) 应梳理安全、环保风险点位，定期排查、综合管控和治理，形成良性循环	a) 通过信息技术手段实现员工职业健康和安全管理； b) 应通过信息技术手段实现环保管理，环保数据可采集并记录； c) 应建立可视化管控平台，对安全环保实施集中管控	a) 应建立安全培训、风险管理等知识库；在现场作业岗位应用定位跟踪方法，强化现场安全管控； b) 应实现安全事件智能决策与应急联动，基于安全时间联动响应处置机制和应急处置预案库，融合大数据、专家系统等技术实现安全时间处置的智能化决策和快速响应； c) 应实现从清洁生产到末端治理的全过程环保数据的采集，实时监控及报警，并开展可视化分析； d) 应实现气体污染物浓度超限预警，通过平台集成全厂污染物监测分析仪表数据，并对数据进行实时监测，实现污染物浓度超限预警，以支撑操作管理人员进行及时处置；	a) 应基于安全作业、风险管控等数据的分析，实现危险源的动态识别、评审和治理； b) 应实现生产现场安全态势感知与预警，基于地图整合安全风险分布、重大危险源、异常监测信号等信息全方位展现安全生产态势，利用大数据技术，分析安全风险和隐患变化情况，实现对生产现场安全状况的全方位感知； c) 应实现环保检测数据和生产作业数据的集成应用，建立数据分析模型，展开排放分析及预测预警； d) 应实现环保智能评价，通过建立不同维度的环保质量评价模型，实现对企业环保状况的智能化诊断分析，针对性提出改进措施建议	a) 应综合应用知识库及大数据分析技术，实现生产安全一体化管理； b) 应实现人员行为智能分析，通过AI分析系统，进行图像分析与识别，自动识别异常行为，并进行显示及预警； c) 应实现环保、生产、设备等数据的全面实时监控，应用数据分析模型，预测生产排放并自动提供生产优化方案并执行； d) 应实现固废循环利用管理优化，通过在线监测技术、智能分析技术、协同平衡与优化调度技术，实现企业固废循环利用全方位监控和优化管控



			e) 应建立应急指挥中心, 基于应急预案库自动给出管理建议, 缩短突发事件应急响应时间		
能源管理	a) 应建立企业能源管理制度, 开展主要能源的数据采集和计量	<p>a) 应通过信息技术手段, 对主要能源的生产、消耗点开展数据采集和计量;</p> <p>b) 应建立水电气等重点能源消耗的动态监控和计量;</p> <p>c) 应实现重点高能耗设备、系统等的动态运行监控;</p> <p>d) 应对有节能优化需求的设备开展实时计量, 并基于计量结果进行节能改造</p>	<p>a) 应对高能耗设备能耗数据进行统计与分析, 制定合理的能耗评价指标;</p> <p>b) 应建立能源管理信息系统, 对能源输送、存储、转化、使用等各环节进行全面监控, 进行能源使用和生产活动匹配, 并实现能源调度;</p> <p>c) 应实现能源数据与其他系统数据共享, 为业务管理系统和决策支持系统提供能源数据</p>	<p>a) 应建立节能模型, 实现能流的精细化和可视化管理;</p> <p>b) 应实现能源诊断分析, 利用分析模型对能源数据进行深度挖掘, 对用能合理性进行诊断分析, 为能源管理决策提供支撑;</p> <p>c) 应根据能效评价结果及时对空压机、锅炉、工业窑炉等高能耗设备进行技术改造和更新</p>	<p>a) 应实现能源预测, 结合用能计划、设备定修计划等信息, 构建能源消耗预测数学模型, 开展能源中长期预测和基于数据驱动的能源实时动态预测, 为能源优化调度提供决策支撑;</p> <p>b) 应实现智能化能源调度, 基于用能情况、生产实际、能源价格等建立优化调度模型, 结合能源预测等数据, 开展设备工艺参数优化、多能量流协同管控, 实现全局能源动态平衡与优化调度, 保障供能平稳、高效</p>

## 8.4.3 物流

物流能力域包括1个能力子域。物流能力域按成熟度等级可划分为不同等级要求，见表6所示。

表 6 物流的成熟度要求

能力子域	一级	二级	三级	四级	五级
物流	<p>a) 应根据运输订单和经验，制定运输计划并配置调度；</p> <p>b) 应对车辆和驾驶员进行统一管理；</p> <p>c) 应对物流信息进行简单跟踪</p>	<p>a) 应通过运输管理系统实现订单、运输计划、运力资源、调度等的管理；</p> <p>b) 应通过电话、短信等形式反馈运输配送关键节点信息给管理人员</p>	<p>a) 应通过仓储管理系统和运输管理系统的集成，整合出库和运输过程；</p> <p>b) 应实现运输配送关键节点信息跟踪，并通过信息系统将信息反馈给客户；</p> <p>c) 应通过运输管理系统，实现拼单、拆单等功能</p>	<p>a) 应实现运输配送全过程信息跟踪，对轨迹异常进行报警；</p> <p>b) 应实现智能物料管理，通过智能传感、物联网、实时定位等技术，通过三维仿真方式，实时跟踪物料在运输、库房、产线的位置和状态，通过时、空转换方式，提升物料信息透明化程度，支撑生产、运输等相关业务流程优化</p>	<p>a) 应通过物联网和数据模型分析，实现物、车、路、用户的最佳方案自动匹配；</p> <p>b) 应接入智慧交通、智慧城市等社会资源，实现全流程相关方需求的智慧响应，全流程资源的可视化</p>

## 8.4.4 销售

销售能力域包括1个能力子域。销售能力域按成熟度等级可划分为不同等级要求，见表7所示。

表 7 销售的成熟度要求

能力子域	一级	二级	三级	四级	五级
销售	<p>a) 应基于市场信息和销售历史数据,通过人工方式进行市场预测,制定销售计划;</p> <p>b) 应对销售订单、销售合同、分销商、客户等信息进行统计和管理</p>	<p>a) 应通过信息系统编制销售计划,实现销售计划、订单、销售历史数据的管理;</p> <p>b) 应通过信息技术手段实现分销商、客户静态信息和动态信息的管理</p>	<p>a) 应根据数据模型进行市场预测,生成销售计划;</p> <p>b) 应与采购、生产、物流等业务集成,实现客户实际需求拉动采购、生产和物流计划</p>	<p>a) 应实现销售计划动态优化,依托客户关系管理系统(CRM),应用大数据、机器学习等技术,挖掘分析客户信息,构建用户画像和需求预测模型,制定精准销售计划;</p> <p>b) 应综合运用各种渠道,实现线上线下协同,统一管理所有销售方式;</p> <p>c) 应根据客户需求变化情况,动态调整设计、采购、生产、物流等方案</p>	<p>a) 应实现销售价格预测,应用大数据、深度学习等技术,实现对市场未来供求趋势分析,实现销售价格及影响因素及变化规律的精准分析、判断和预测;</p> <p>b) 应采用大数据、云计算和机器学习等技术,通过数据挖掘、建模分析,全方位分析客户特征,实现满足客户需求的精准营销,并挖掘客户新的需求,促进产品创新;</p> <p>c) 宜通过虚拟现实技术,满足销售过程中客户对产品使用场景及使用方式的虚拟体验;</p> <p>d) 应实现产品从接单、答复交期、生产、发货、到回款全过程自动管理的销售模式</p>

## 8.4.5 服务

服务能力域包括客户服务1个能力子域。服务能力域按成熟度等级可划分为不同等级要求，见表8所示。

表 8 服务的成熟度要求

能力子域	一级	二级	三级	四级	五级
客户服务	a) 应制定客户服务规范，并有效执行； b) 应对客户服务信息进行统计，并反馈给设计、生产、销售部门	a) 应建立包含客户反馈渠道和服务满意度评价制度的规范化服务体系，实现客户服务闭环管理； b) 应通过信息系统实现客户服务管理，对客户服务信息进行统计并反馈给相关部门	a) 应通过客户服务平台或移动客户端等实时提供在线客服； b) 应具备客户服务信息数据库及客户服务知识库，实现与客户管理管理系统的集成	a) 应实现面向客户的精细化管理，提供主动式客户服务； b) 应建立客户服务数据模型，实现满足客户需求的精准服务	a) 应采用服务机器人实现自然语言交互、智能客户管理，并通过多维度的数据挖掘，进行自学习、自优化

## 9 评估内容

根据评估对象业务活动确定评估域。评估域应同时包括人员、技术、资源和制造四个能力要素。人员要素、技术要素和资源要素下的能力域和能力子域为必须内容，不可裁剪。制造要素下生产能力域不可裁剪，其他能力域可裁剪。矿山企业的评估域如表9所示。

表 9 矿山企业评估域

要素	人员		技术			资源		制造										
	组织战略	人员技能	数据	集成	信息安全	装备	网络	设计	生产						物流	销售	服务	
能力域	组织战略	人员技能	数据	集成	信息安全	装备	网络	设计	生产						物流	销售	服务	
评估域	组织战略	人员技能	数据	集成	信息安全	装备	网络	工艺设计	采购	计划与调度	生产作业	设备管理	仓储配送	安全环保	能源管理	物流	销售	客户服务

## 10 评估过程

智能矿山能力成熟度评估流程包括预评估、正式评估、发布现场评估结果和改进提升。评估要求应符合GB/T 39117-2020第五章的规定。

## 11 成熟度等级判定

### 11.1 评分方法

将采集的证据与成熟度要求要求进行对照，按照满足程度对评估域的每一条要求进行打分。成熟度要求满足程度与得分对应表如表10所示。

表 10 成熟度要求满足程度与得分对应

成熟度要求满足程度	得分
全部满足	1
大部分满足	0.8
部分满足	0.5
不满足	0

## 11.2 评估域权重

根据矿山企业的业务特点，给出了主要评估域及推荐权重如表11所示。

表 11 成熟度评估指标权重

能力要素	能力要素权重	能力域	能力域权重	能力子域	能力子域权重
人员	6%	组织战略	50%	组织战略	100%
		人员技能	50%	人员技能	100%
技术	11%	数据应用	46%	数据应用	100%
		集成	27%	集成	100%
		信息安全	27%	信息安全	100%
资源	15%	装备	67%	装备	100%
		网络	33%	网络	100%
制造	68%	设计	4%	工艺设计	100%
		生产	63%	采购	12%
				计划与调度	14%
				生产作业	23%
				设备管理	15%
				安全环保	12%
				仓储配送	12%
				能源管理	12%
		物流	15%	物流	100%
		销售	15%	销售	100%
服务	3%	客户服务	100%		

## 11.3 计算方法

能力子域得分为该子域每条要求得分的算数平均值，能力子域得分按式（1）计算：

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

式中：

$D$ ——能力子域得分；

$X$ ——能力子域要求得分；

$n$ ——能力子域的要求个数。

能力域的得分为该域下能力子域得分的加权求和，能力域得分按式（2）计算：

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

式中：

$C$ ——能力域得分；

$D$ ——能力子域得分；

$\gamma$ ——能力子域权重。

能力要素的得分为该要素下能力域的加权求和，能力要素的得分按式（3）计算：

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

式中：

$B$ ——能力要素得分；

$C$ ——能力域得分；

$\beta$ ——能力域权重。

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

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

式中：

$A$ ——成熟度等级得分；

$B$ ——能力要素得分；

$\alpha$ ——能力要素权重。

#### 11.4 成熟度等级判定方法

当被评价对象在某一等级下的成熟度超过评分区间的最低分视为满足该等级要求，反之，则视为不满足。在计算总体分数时，已满足的等级成熟度得分取值为1，不满足的级别的成熟度得分取值为该等级的实际得分。智能制造能力成熟度总分，为各等级评分结果的累计求和。评分结果与能力成熟度对应关系如表12所示。

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

表 12 分数与等级的对应关系

成熟度等级	对应评分区间
五级（引领级）	$4.8 \leq S \leq 5.0$
四级（优化级）	$3.8 \leq S < 4.8$
三级（集成级）	$2.8 \leq S < 3.8$
二级（规范级）	$1.8 \leq S < 2.8$
一级（规划级）	$0.8 \leq S < 1.8$

## 附录 A

## (规范性)

生产作业能力子域包括采矿与选矿2个大的工序阶段，采矿和选矿共11个工序。各工序按成熟度等级可划分为不同等级，可根据企业实际情况进行裁剪。本文件中未涉及的生产工艺和技术，可按照相似工序或实际达到的智能制造水平进行评价。

## A.1 采矿管理成熟度要求

采矿管理包括勘探、采矿设计、爆破、穿孔、铲装、有轨运输、矿卡调度利用7个工序。

表 A.1 采矿管理成熟度要求

工序	一级	二级	三级	四级	五级
勘探	—	—	a) 具备统一的数字平台实现矿产管理与生产经营数据的集成及应用	a) 具备使用实时测量设备或遥感技术的能力，可实现矿山储量的动态更新。数据采集和传输实现数字化	a) 具备基于三维数字化地质模型和矿山资源储量动态管理的能力，可及时掌握矿产资源储量的数量、质量、结构和空间分布，可实现矿产资源储量全过程管理数字化和智能化
采矿设计	—	—	a) 具备采矿设计过程中的流程数据采集能力，具备数据的初步分析能力	a) 基于地质模型通过参数设置完成露天、井下道路设计，根据设计参数计算工程量，生成施工实现中长期计划、短期计划。	a) 对于露天开采，露天爆破设计；地下开采，通过设置参数完成炮孔布置、炮孔装药、爆破、量计算，实现完善的采准、切割、回采设计和地下爆破设计。
爆破	—	—	a) 实现了爆破规划、设计、布孔等过程具备可数字化、信息化的参考内容，爆破所涉及各类设计系统可参考信息化、数字化的数据内容	a) 完成了从爆破设计到爆破过程及爆破结果的各项爆破相关的数据采集能力，各项数据通过云平台数据湖进行整合，可形成自动爆破设计的能力	a) 具备爆破设计、爆破过程、爆破结果的全流程数字化评估能力，云平台具备相应的 AI 评估模型，爆破质量评估结果可直接反补爆破设计的优化



穿孔	—	—	a) 具备穿过过程中的车载各类系统数据的采集及统计, 具备爆破设计结果与布孔过程的数据交互能力	a) 可实现通过车载系统, 钻孔系统的 OT 数据, 进行低时延的远程操控能力, 设备具有独立预警能力, 如操作不当, 突发状况下的自动急停	a) 可通过云平台数据湖中整合的穿孔过程数据、爆破设计数据、布孔数据等进行人工智能分析, 形成全流程无人化穿孔作业系统, 同时与其他如智慧交通系统联动
铲装	—	—	a) 建设涵盖矿山主要铲装装备 (矿用铲运机、矿用电铲) 的全流程作业管理系统, 配备车辆标识卡、车辆定位基站、车载传输终端、车载存储设备、作业分析和管控软件	a) 实现了铲运装备运行路线追踪、违规作业识别 (矿废混倒、空载)、危险驾驶行为识别 (疲劳驾驶、超速、急转、急停、闯限)、装备作业量和作业效率统计等	a) 采矿铲装装备具备智能识别危险, 智能安全预警的前提下, 可通过云平台中的 AI 模型能力, 进行运营趋势分析, 提前干预, 整体实现采矿全业务装备高效运行
有轨运输	—	—	a) 建设生产运输管理平台 (调配调度系统、机车远程驾驶平台、机车装载控制系统、生产运输精细化管理)、数据支撑系统 (井下车辆移动通信网络、信集闭系统)	a) 建设了生产状态监测系统 (井下目标高精度定位系统、车辆运行监测系统、远程装矿监测系统) 及前端无人化作业系统 (无人化电机车、远程放矿系统、轨道衡自动称重系统)	a) 支持远程遥控驾驶和智能化无人驾驶, 实现矿石品位配比、最优运力调度、机车无人驾驶、自动装载、矿石自动卸载、矿石自动称重、机车安全预警及生产数据精细化管理等功能。
矿卡调度	—	—	a) 通过车载终端、通信设备、调度软件等, 实现车辆实时定位、行车管理、配矿、车辆调度、信息发布、运输计量、违规违章监测、轨迹查询、统计报表等功能。	a) 实现露天采矿卡车的无人驾驶功能, 具备在无人状态下对车辆运行全流程的自主控制能力, 具备高精度安全预警及危险识别能力	a) 在具备全运营数据收集及分析的基础上, 无人驾驶具备自主化控制能力的前提下, 可与全矿区智能交通系统实现联动

## A.2 选矿管理成熟度要求

选矿管理能力域包括破碎筛分、磨矿分级、选别、浓缩脱水、综合利用5个工序。

表 A.2 选矿管理成熟度要求

工序	一级	二级	三级	四级	五级
破碎筛分	—	—	a) 破碎给矿系统、破碎机、碎矿胶带运输系统等应实现自动化集中控制，并具备设备自主保护功能，推进生产现场无人值守	a) 通过破碎全流程视频监控、基于矿石块度图像分析等技术实现故障报警，实现破碎过程的智能化操作，降低破碎停车故障，提高破碎运行效率	a) 建设碎矿专家控制系统，实现碎矿环节的状态实时采集和智能分析、各个生产环节的协同控制，降低工人劳动强度，提高系统运行稳定性
磨矿分级	—	—	a) 实现矿浆浓度、粒度的在线监测，设备启停、供矿、给水、添加介质的远程集中控制	a) 实现磨矿分级工序多设备的综合监控、联锁控制和流程稳定性控制，并通过磨机、分级设备等关键工艺设备的智能控制，实现产品粒度实时优化调整	a) 建立磨矿分级专家控制系统，结合矿石块度图像分析、磨机负荷和分级粒度检测技术、磨机衬板磨损在线检测技术等，实现磨矿分级的智能操作和分级粒度的闭环控制，稳定磨矿分级产品粒度、浓度技术指标，减少波动
选别	—	—	a) 面向浮选、磁选、电选等选别生产过程，分布建立了 在线品位分析、在线矿浆监测等系统； b) 药剂制备和添加实现自动化控制	a) 利用视觉识别技术实现重选矿物分界面、浮选泡沫等视频图像分析，实现选别过程进料、给药、PH值、充气量、液位的自动控制	a) 建立选别全流程智能协同控制系统，实现选别流程稳定控制和优化控制。稳定选别精矿品位，降低废次，优化提高回收率
浓缩脱水	—	—	a) 建立了浓密过程智能监测平台，能对实时质量进行分析与预警	a) 基于浓密过程智能监测技术，结合操作经验、机理变化趋势以及生产数据进行分析	a) 形成浓缩脱水专家控制规则库，实现浓密机底流排矿优化与节能控制，提高浓密机底流放矿浓度，实现浓密与脱水过程峰平谷优化调度

综合利用	—	—	a) 建立共伴生矿产资源回收、利用监控系统，实现共伴生矿产资源回收利用过程的在线管理	a) 实现伴生矿产资源与废弃物资源化的实时分析和在线评估	a) 资源综合利用加工流程与生产加工主流程实现集成，通过自动化综合控制、信息化统一管理、智能化科学匹配降低综合利用成本
------	---	---	--	------------------------------	---