

附件 3

有色金属行业智能加工工厂建设指南（试行）

为贯彻落实国务院《关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》《新一代人工智能发展规划》等国家相关政策，按照《国家智能制造标准体系建设指南》的总体要求，切实推进有色金属加工企业智能升级，特编制本指南。本指南是促进行业技术进步和规范发展的引导性文件，不具有行政审批的前置性和强制性。

一、建设目标

结合我国有色金属加工行业产品品种多、订单批量小、生产工艺路线长（路径多）、产品精度要求高、生产运行速度快、物流调度频繁等特点，推进互联网、大数据、人工智能、5G、边缘计算、虚拟现实等前沿技术在有色加工工厂的应用，实现设备、物料、能源等制造资源要素的数字化汇聚、网络化共享和平台化协同，建成集柔性化组织生产、产品质量全生命周期管控、供应链协同优化运营等于一体的质量稳定、协同高效、响应快捷的有色金属智能加工工厂，促进企业转型升级、高质量发展，全面提升企业的综合竞争力和可持续发展能力。

二、建设原则

坚持企业主体，战略主导。确立企业智能工厂建设的主

体责任，根据企业战略，结合企业区域特征、产品定位、工艺装备、管理模式、两化融合基础，明确企业智能制造建设重点。

坚持总体规划，分步实施。把握智能制造发展方向和重点，从全局、整体层面进行顶层设计，围绕有色金属智能加工工厂建设主要环节和重点领域，结合企业自身能力和业务需求，分步实施，有序推进智能加工工厂建设。

坚持问题导向，持续优化。以解决企业生产管理和经营管理的实际问题为出发点，实现关键轧制设备、控制技术的升级、突破；随着企业的战略演进、管理理念和生产组织模式的不断优化，对智能工厂的软硬件设施和工业系统进行迭代升级，持续提升企业的智能化水平和生产效能。

坚持创新引领，数据驱动。积极探索 5G 等新型基础设施在企业生产中的应用，推动新技术与有色加工的融合创新；基于数据和机理融合的理念，应用大数据、人工智能、边缘计算等技术提升信息系统学习与认知能力，利用 AR/VR（增强现实/虚拟现实）等技术形成人机协同混合增强智能，充分发挥工艺技术人员智慧与机器智能的各自优势，推动工艺与管理知识的沉淀与复用，支撑企业持续进行技术创新。

三、总体设计

（一）总体架构

鼓励有色金属智能加工工厂采用基于工业互联网的云、边、端构架，建立“平台协同运营、工厂智能生产”两个层面的业务管理控制系统，将企业大量基于传统IT架构的信息系统作为工业互联网平台的数据源，继续发挥系统剩余价值，同时逐步推进传统信息化业务云化部署，实现企业全流程的智能生产、供应链协同与服务模式创新。参考构架如图1所示：

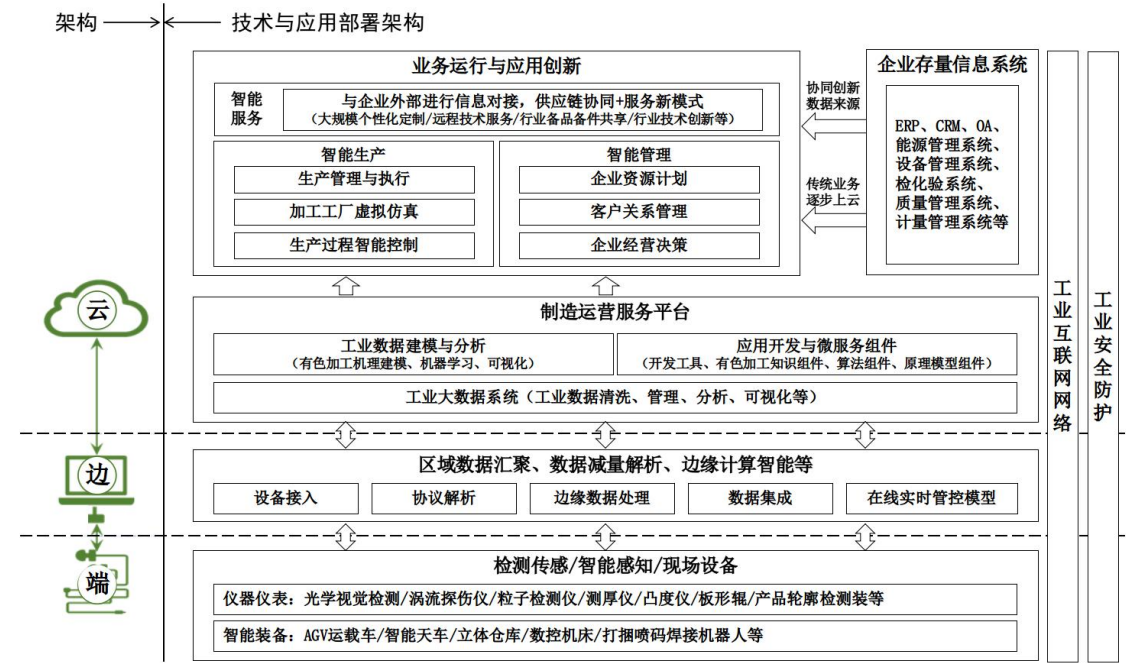


图1 有色金属智能加工工厂参考架构

1. 技术架构

端：通过对生产设备进行智能化改造和成套智能装备的应用，实现全面感知和精准控制。

边：充分利用企业原有及新建控制系统数据，汇聚区域数据资源，实现边缘侧的数据分析与实时决策。

云：集成工业微服务、大数据服务、应用开发与部署等功能，实现海量异构数据汇聚与建模分析、工业经验知识软件化与模块化、各类创新应用开发与运行。

2. 智能应用

智能生产：聚焦企业生产制造层面，通过对实时生产数据的全面感知，对产品、设备、质量、能源、物流等数据的分析，提升企业运行效率和协同管理水平。

智能管理：聚焦企业经营管理层面，通过对采购、销售、财务、成本、客户等业务数据的全面集成和系统分析，协助企业快速、精准决策。

智能服务：聚焦供应链和产业层面，结合用户个性化需求、加工工艺的迭代优化、生产过程的大数据分析，不断形成创新应用，实现供应链协同和资源优化配置。

（二）建设路径

坚持“融合发展，并行推进”，循序渐进的推进企业智能工厂建设进程。

1. 现有工厂

依据实际业务特点和支撑配套条件，对企业智能制造基础进行评估，编制总体规划，考虑企业实际需求紧迫程度、基础条件和资金承受能力等因素制定实施方案，明确阶段任务目标、预期效果及详细的实施计划，分步开展建设。

（1）大中型企业

开展数字化标准化建设工作，制定数据标准、流程标准、操作标准；对设备进行数字化改造、智能化改造，提高产线的自动化率，加装智能视觉监控和智能仪表，开展成套智能装备应用，实现工厂数字化、网络化、少人化；建设综合集成信息管控平台，实现订单、工艺、计划、调度、质量、设备、产品、能源、安环等全面数字化管理。

以工业互联网为基础，建设工业大数据分析平台，充分挖掘数据潜在价值，实现设备故障智能诊断、过程参数优化、生产流程优化、数字仿真优化、经营决策优化等，打造具有自感知、自学习、自决策、自执行、自适应的有色金属智能加工工厂。

（2）中小型企业

依据企业实际情况及能力，对主要生产装备进行数字化改造，提升自动控制水平，加装智能仪表，开展信息化基础设施及信息安全建设，建设厂区安全监控网，实现产线装备的自动化以及生产现场的少人化。

2. 新建工厂

依据新建企业特点和配套条件，根据项目总体可研报告、初步设计编制智能制造总体规划，考虑先进工艺、先进装备、先进信息技术以及先进制造技术等因素制定高标准、高起点、高水平的智能制造实施方案，明确阶段任务目标、预期效果及详细的实施计划，分步开展建设。

（1）规划设计阶段，完成工厂生产工艺路线设计、智能装备选型、智能物流规划等智能加工工厂总体规划。

（2）基建阶段，完成对智能设备、工控网络、视频网络、信息化基础设施、安全系统、工业物联网等的建设，实现产线之间、产线内部物料自动流转及信息自动传递。

（3）基建后期到达产期间，开展智能生产与管理系统建设，包括订单管理、工艺管理、计划管理、调度管理、质量管理、设备管理、能源管理、安环管理等，实现工厂全面可视化、数字化。

（4）实现达产达标后，在积累一定量数据的基础上，开始建设工业大数据分析平台，挖掘数据潜在价值，实现订单柔性优化、生产工艺优化、质量全过程管理、设备故障智能诊断、数字仿真优化、经营决策优化等，打造具有自感知、自学习、自决策、自执行、自适应的有色金属智能加工工厂。

针对现有工厂、新建工厂的特点，鼓励有条件的大型企业建设工业互联网平台，鼓励中小型企业使用工业互联网平台。鼓励企业以硬件、软件、数据等基础要素迁入云端，快速获取数字化能力，不断变革原有体系架构和组织方式，有效运用云技术、云资源和云服务，逐步实现核心业务系统云端集成，促进跨企业云端协同。

（三）关键要素

1. 质量稳定

通过网络化、数字化、智能化技术，建立覆盖合同的全生命周期管理、生产全流程的质量管控、智能物流等系统，实现生产过程精细管控、生产高效、产品质量稳定的目标。

2. 协同高效

通过订单的数字化管理系统和智能排产系统，对客户订单自动处理，自动安排生产任务执行顺序、生产设备和排产计划，平衡各设备和工人的生产负荷，实现减少订单等待时间，实现对订单、计划和生产的动态追踪管理。

3. 响应快捷

通过供应链管理系统和客户关系管理系统，实现物料供应的快速响应、订单的敏捷反应和外部需求、内部生产能力以及外部配套能力的协同。

四、建设内容

围绕物联网、云计算、大数据、人工智能、5G等新一代信息通信技术与先进制造技术深度融合，在企业的感知层面、管控层面、供应链层面、决策层面实现新的运营、管控模式，推进企业转型升级。

（一）基础设施的数字化建设与改造

结合有色金属（含再生金属）加工过程中的熔炼、铸造、轧制、挤压、拉拔等生产工艺条件、工况特点，应用自动控制、智能感知等技术对现有轧机、挤压机、热处理炉等生产设备及其他装置进行数字化改造或配置智能设备，完善工业

网络及信息安全建设，通过生产装备的改造提升和互联互通推动产线的整体升级，实现高效稳定的产品生产。

1. 智能感知

对企业已有的配备单机控制系统的生产设备进行通讯扩展，结合企业数据需求增设一系列的仪器仪表，建设覆盖装备、工艺、质量、物流、能源、安全、环境等的基于数据采集和实时监控的智能感知系统。鼓励企业加快部署传感器、智能摄像机、射频识别、网关等数字化工具和设备，通过集成传感、测量、检测、控制等信息，实现设备、物料、生产过程、产品质量、安全环境的实时感知。

专栏 1：智能感知重点应用领域

对生产设备或辅助设施通过自动化改造、增设智能在线感知仪器仪表；对料、半成品、产成品的合金成分、物理性能、化学性能、表面缺陷等进行检测；对生产工艺参数、运行过程操作、物料流转、人员活动、能量转换等实时状态进行跟踪；对工厂周边、生产车间、库房、机房以及生产过程中粉尘、有毒有害气体、噪声、高温和排放的废水、废渣、废气等领域实时状况进行监视。

2. 智能装备

在有色金属加工生产中环境恶劣、人工低水平重复作业、劳动作业强度大的岗位，鼓励企业应用具备自我检测、自我诊断、自我调节等功能的智能装备，实现精准控制，降低人员劳动强度，提高生产效率和质量稳定性。鼓励有条件的企业通过智能装备的互联互通，建设全流程自动化产线。

专栏 2：智能装备及先进控制技术

智能物流装备：AGV（自动导引运输车）小车、智能天车、自动运输辊道、自动装卸料装置、智能化立体仓库和平面仓库等。

工业机器人：自动打捆机、自动喷码机、自动对中装置、自动上卸卷装置、自动上卸套筒装置、自动套筒循环装置、自动料框循环装置、自动焊接装置等。

智能检测装备：光学视觉检测系统、涡流探伤仪、粒子检测仪、测厚仪、凸度仪、板形辊、产品轮廓检测装置等。

智能辅助设施：全自动磨床、数控车床等。

先进控制技术：精炼自动控制系统、轧机自动穿带（管）控制系统、一键轧制自动控制系统、二级控制系统、AGC（自动发电控制）控制系统、AFC（自动频率控制）控制系统、热处理控制系统、设备状态智能检测及故障诊断系统等。

3. 网络建设

统筹工业互联网内外网络建设，整体规划部署企业控制网、生产网、办公网、视频网等网络，采用工业以太网、无线通信等技术实现包括但不限于生产实时数据、多媒体信息和管理数据等的传输交互，优先保障控制网的通信畅通与冗余安全，实现主要办公区、重点作业区域网络全覆盖。

对工业互联网内网进行改造，鼓励有条件的企业开展IPv6、5G、NB-IoT（窄带物联网）等新型技术的规模化试验和应用部署，实现对移动设备、物流、监测画面和图像进行远程传输，为设备的远程运维和生产的集中远程管控提供支撑。鼓励企业配备高系统容量、高传输速率、多容错机制、低延时的高性能网络设备，采用分布式工业控制网络，建设基于软件定义的敏捷网络，实现网络资源优化配置。

专栏 3：5G 应用场景

移动装备的互联互通：依托 5G 网络低时延、大带宽、大连接特点，实现智能天车、AGV、工业 PDA（个人数字助手）、智能堆垛机、巡检机器人等移动装备的互联互通，支撑企业实现物流配送、仓库管理、工厂巡检等的协同运作。

生产培训：基于 5G 网络大带宽的优势，利用 AR（增强现实）、机器视觉等技术对加工工艺生产过程进行虚拟仿真，对生产操作人员进行培训。

4. 信息安全

按照《网络安全法》《加强工业互联网安全工作的指导意见》等相关文件要求，统一进行规划设计，构建一个中心管理下的多重安全防护保障体系，即以安全管理中心为核心，涵盖物理环境安全、应用系统安全、网络安全、数据安全、应用安全、主机安全、网络通讯安全及备份与恢复等的技术体系。

聚焦设备控制和过程控制等基础设施层的内外网安全、工业控制网安全及安全管理系统平台等方面，重点关注工控网安全防护建设。建立健全信息安全管理制，通过信息安全体系实现统一管控，形成主动防御、综合防护的技术保障体系，提高信息安全的态势感知、监测预警、应急处置、追踪溯源能力。

（二）面向协同运作的智能生产系统建设

鼓励企业基于“数据驱动”和“场景设计”理念，对各模块的管理业务和操作过程进行场景化设计，通过大数据、

人工智能、边缘计算等技术，融合工业机理、行业知识，实现精确建模、实时优化决策等关键目标，建立生产运营管控中心，实现对订单、计划、工艺、质量、设备、能源、安环、人员等要素的实时集中监控和动态优化调度。

1. 生产过程智能控制

（1）先进工业控制

通过大数据分析、人工智能等手段，基于生产数据对加工全过程进行控制优化调整，实现生产过程稳定可靠、产品质量优化、资源最优配置。鼓励企业以生产自动化控制系统为基础，对加工生产过程中铸造、轧制、挤压、拉拔、热处理等关键工序或流程，采用机理建模、数字仿真及人工智能等多种手段，建设轧制过程控制系统、板形控制系统等智能优化控制系统，实现先进控制层的参数优化与协同。

专栏 4：先进工业控制应用场景

轧制过程控制系统：基于材料变形机理，建立涵盖压下量、变形率、轧制速度、张力、轧辊直径、润滑条件等参数的控制模型，依据生产实际状态数据，实时优化闭环控制。

板形控制系统：基于板形检测、控制原理，建立涵盖温度、速度、辊行、弯辊、冷却等参数的控制模型，依据生产实际状态数据，实时优化闭环控制。

（2）数据采集与集中监视

对重熔、铸造、挤压、轧制、拉拔、矫直等有色加工重点工序的相关数据进行全面集成，建立数据采集与监视控制

系统，实现全流程生产数据的集中监视、设备的远程集中控制以及异常报警提醒等功能，减少现场操作人员和巡检人员，降低劳动强度，提高生产效率。

（3）生产组织与调度

以客户订单和生产计划为依据，基于生产过程的实时工艺信息和设备运行状态信息，建设包括计划执行、资源利用、产量与质量统计分析、平稳工况的优化调度、异常工况的动态调度、辅助生产调度决策等功能，实现“实时监控、平衡协调、动态调度、资源优化”，全面提升企业的生产组织管理水平。

2. 生产管理与执行

采用业务驱动和数据驱动相结合的管理理念，围绕设备、能源、质量、物流、安全、环保等企业核心业务主线，建设集成、智能、协同的生产管理与执行系统。

（1）订单数字化管理

建立订单的数字化管理系统，通过订单信息、交货期承诺、生产计划、质量检验、下线入库、销售发运、质量异议等信息的全面贯通，实现对订单的全生命周期管理。

（2）智能排产

鼓励企业综合考虑企业生产能力、设备状态、物料资源、生产组织模式等情况，结合客户特殊要求、区域市场、运力约束、订单交期、工艺规范等信息，根据订单动态信息自动

安排生产任务执行顺序和排产计划，平衡设备和工人的生产负荷，实现减少订单等待时间，提高资源利用率。

（3）质量管理

全面梳理企业原料检验规范、生产工艺规范和质量检验规范，建立全过程质量管理体系，对检验委托、试样标识、检验接收、试样测量、试样实验、报告发布等业务流程进行规范管理，实现原料、中间品、成品的及时检验、统计分析和质量追溯。鼓励企业利用数据挖掘、深度学习等方法，建立基于过程机理和数据驱动融合的质量动态预测模型，对产品质量进行在线诊断和实时分析优化，提高质量稳定性。

专栏 5：全面质量管理应用场景

制造过程管理：对过程控制系统、特殊检测设备（凸度仪、板型仪、表面质量检测系统等）相关质量数据进行全面采集，实现对制造过程现场首检、过程检验、成品检验及处置管理

检化验管理系统：从检验委托、试样标识、检验接收、试样测量、试样实验、报告发布全过程实现二维码跟踪管理，实现对原料进厂、生产过程、产成品在内的所有项目的检化验管理。

质量统计分析：对质量管理考核指标进行统计分析，自动生成关键绩效指标完成情况及趋势图、各部位缺陷出现频次比例等报表和图表。鼓励企业利用统计过程控制（SPC）、六西格玛等统计分析技术和方法对过程质量进行监控、预警、分析和改进。

（4）物流管理

围绕生产物料、辅助工具的自动流转、信息管理、智能存储等，建立智能物流管理系统，实现对物料信息进行识别

采集、实时跟踪和动态调度。鼓励企业在仓储管理中引入无线终端、蓝牙、RFID（射频识别）等技术以及AGV、智能天车等装置，对入库、出库、移动、盘点、配料、运输等作业环节的数据进行自动采集，实现物料的跟踪追溯、自动控制和优化调度，提高仓储利用率和物料流转效率。

（5）设备管理

综合考虑设备规划、设计、制造、采购、安装、运行、维护、升级改造、报废全过程信息，建设完备的设备状态数据库，结合大数据分析、人工智能、虚拟现实等技术，对关键核心设备建立仿真模型，实现设备故障预警、报警和预诊断。鼓励企业联合设备供应商建立标准化信息采集与控制系统、自动诊断系统、基于专家系统的故障预测模型和故障索引知识库，实现装备远程无人操控、工作环境预警、运行状态监测、故障诊断与自修复。

（6）能源管理

建立能源消耗数据监控采集、动态分析、统计报表、供需预测、预警报警及平衡、调度等功能于一体的能源管理系统，对电力系统、燃气系统、水力系统、蒸汽系统的能源数据进行集中监视和统一管控，并与生产数据实现互连互通，提供多方位、可视化的数据信息查询和决策支持服务。鼓励企业基于采集和存储能源数据信息，建立能源优化模型，对耗能和产能调度提供优化策略和优化方案。

（7）安全环保管理

规范厂区和生产现场的安全、健康、环境保护工作，建设HSE管理知识库，实现“事前计划、事中跟踪控制和预防、事后追溯分析”的闭环安健环管理。鼓励企业扩展应用移动终端，建立安防应急一体化集中管控中心，实现对潜在突发环境事件和重大危险源的及时分析、有效预警和溯源调控。

专栏 6：安环监管应用场景

人员动态及安全管理：采用 GPS、智能光学感知等技术，对进入生产现场的人员进行全程跟踪管理，实时掌握人员位置轨迹、人员岗位状态。

安全光栅隔离：对机组传动设备区域、侧厚仪射线覆盖区域、易发生挤压伤害的张力辊组设备区域、易发生烫伤的热加工半成品堆放区域等易发生人身伤害的关键区域设置安全光栅，减少和规避意外伤害发生。

环境风险监控：对生产过程中有毒有害物质、排放的废水废气以及产生的固体废物进行实时监控并进行预警。

3. 加工工厂虚拟仿真

鼓励企业结合过程机理，利用高性能计算、人工智能等先进技术建立关键设备、生产工序、生产车间和加工工厂的虚拟仿真模型，通过与物理系统进行数据实时交互，构建数字孪生体系。鼓励企业通过加工工厂虚拟仿真系统，分析生产的瓶颈环节，优化生产工艺流程及设备匹配关系，实现生产辅助决策与动态优化。

专栏 7：虚拟仿真应用场景

生产过程仿真：以设备或产品全生命周期相关数据为基础，对铸造、轧制、

挤压、热处理等生产过程、设备运行进行计算机虚拟仿真，分析优化生产工艺及设备匹配关系。

产品设计仿真：利用大数据及计算机仿真技术，在虚拟状态下构思、设计、制造、测试、分析产品。

安全演练仿真：通过对生产安全故障排除、应急疏散、事故救援等进行虚拟仿真演练，合理配置安全设施，规划疏散路线，优化救援方案等。

（三）基于数据驱动的智能管理系统建设

1. 企业资源计划

建立集采购、销售、财务、成本、库存、人资、审计等为一体的企业资源计划，实现业务数据和财务数据的全面集成和成本的精细化管控，提升管理效率。

2. 客户关系管理

采用信息化、大数据等手段对客户进行管理，管理现有客户，发展潜在客户，统计分析客户的分布、行业、类型、来源、资质、风险等，为决策提供关键信息；关注客户需求，提升客户满意度。鼓励有条件的企业建立客户关系管理系统，为客户开放关联业务信息、供需信息，建立更加紧密的合作关系。

3. 企业经营决策

建立企业经营管理驾驶舱，协助企业的决策管理层实时了解企业经营状况和做出经营决策。

（四）基于服务型制造的智能服务应用建设

鼓励企业打通消费与生产、供应与制造、产品与服务间的数据流，推进研发、生产和供应链等全流程的模块化、柔性化、网络化改造，创新服务模式。

1. 供应链管理协同

采用信息化、大数据等手段对供应商、供应链进行管理，改变企业传统的供应商管理模式，建立标准作业程序，对上下游企业需求、供应能力进行柔性协同，打通需求供应协同、订单协同、库存协同、物流协同等跨企业业务环节，并解决不同类型企业之间的数据交换需求，提供全价值链业务协作及可视化监控的能力。鼓励有条件的企业牵头组建行业供应链合作联盟，搭建行业供应链协作平台。

2. 服务新模式

鼓励有色加工企业基于互联网、大数据、云计算等技术，对产品全生命周期各个环节所产生的企业运营管理数据、制造过程数据以及企业外部数据等各类数据进行规范治理，整合社会资源，进行智能服务应用和新生态的创新。

专栏 8：智能服务模式应用场景

大规模个性化定制：针对加工多品种、小批量的问题，鼓励企业利用外部资源，以下游客户需求为导向，基于模块化思维对产品结构和制造流程进行重构，把产品的定制生产全部或部分转化为批量生产，解决个性化定制带来的产品成本高、周期长等问题，以大规模生产的成本和速度满足客户定制化需求，提高服务水平。

远程技术服务：鼓励企业联合外部资源搭建行业设备远程监控及技术服务工业互联网平台，利用物联网、互联网、大数据、AR/VR（增强现实/虚拟现实）

等新技术，通过数据分析、专家系统为企业提供远程设备运维调试、系统升级改造、线上专家会诊、技术支持等快速服务，提供企业设备运维、生产优化、质量改进、安全环境优化等全方位远程辅助与技术支持。

行业备品备件共享服务：鼓励企业联合外部资源，搭建行业集设备备件图库中心、备件云库存中心、技术支持中心等于一体的行业备品备件共享服务云平台。

行业技术创新云平台：鼓励企业依托产业联盟，组建行业技术创新平台，通过行业技术课题发布、摘牌攻关、成果评价及应用推广等模式，促进行业人才共享、推动技术进步，加快产业发展。

五、基础支撑

（一）资金投入

根据企业经营情况及实际建设需求，确定投资规模，明确资金来源，确保资金投入。制定企业资金使用管理制度，明确职责、流程、方法，确保资金使用规范与及时投入。

（二）组织规划

根据企业自身的需求，制定专项战略规划，做好顶层设计，建立合理的组织架构，加强组织领导，设置专职管理、业务及技术运维岗位。鼓励企业将企业一把手设置为专职管理部门的负责人。

（三）人才队伍

加大人才引进和复合型人才的培养，鼓励企业构建内外结合的智能加工人才储备机制，实现依托外部专家团队、智能制造系统解决方案供应商完成尖端技术攻关、科研成果转化、项目建设实施，依托内部人才队伍完成系统运营维护的

人才格局。

（四）运营维护

依据企业管理模式及生产需要编制智能加工系统运维及升级准则，规范各类智能加工系统、装备的工作流程与维护保养规程。

（五）信息资源

开展企业内部网络信息资源管理标准化工作，构筑与智能加工工厂建设规划相匹配的网络信息资源管理标准化体系，规范企业信息资源的管理和使用。

（六）标准体系

在遵循有色行业及智能制造领域已发布的相关标准规范的基础上，鼓励企业建立包含但不限于如下所列标准和规范体系：数据编码规则、数据治理流程规范、数据使用规范、业务流程标准、数据库设计规范、运维服务规程、运维管理规程。