



T/CECS XXX- 202X

中国工程建设标准化协会标准

钢材数字化加工智慧工厂运行与维护标准

Standard for Operation and Maintenance of Smart Factories for
Digital Processing of Steel

（征求意见稿）

中国 XX 出版社

中国工程建设标准化协会标准

钢材数字化加工智慧工厂运行与维护标准

Standard for Operation and Maintenance of Smart Factories for

Digital Processing of Steel

T/CECS XXX-202X

主编单位：山西路桥建设集团有限公司

批准部门：中国工程建设标准化协会

施行日期：20XX年XX月XX日

中国XX出版社

202X 北 京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2024年第二批工程建设协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字[2024]28号文件）的要求，规程编制组经过深入调查研究，认真总结实践经验，参考国内相关标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分为八章，主要技术内容包括：总则、术语和缩略语、基本规定、数字化加工设备、数字化加工产线、数字化加工车间、智慧工厂、运行与维护要求。

请注意本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利。本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会砌体结构专业委员会归口管理，由*****负责解释。本规程在使用中如有需要修改或补充之处，请将有关资料和建议寄送解释单位（地址：*****；邮政编码：*****），以供修订时参考。

主 编 单 位：山西路桥建设集团有限公司

参 编 单 位：

主要起草人：

主要审查人：

目 次

1 总 则	1
2 术语和缩略语	2
2.1 术语	2
2.2 缩略语	3
3 基本规定	4
4 数字化加工设备	5
4.1 主体设备	5
4.2 辅助设备	6
4.3 设备数字化系统	6
5 数字化加工产线	8
5.1 线材加工产线	8
5.2 线材焊接产线	9
5.3 管材加工产线	9
5.4 型材加工产线	9
5.5 产线数字化系统	10
6 数字化加工车间	10
6.1 车间组成及布局	10
6.2 车间内运输	10
6.3 车间数字化系统	11
7 智慧工厂	12
7.1 原材管理	12
7.2 排产控制	12
7.3 质量管理	12
7.4 仓储管理	13
7.5 配送管理	14
7.6 安全管理	14
7.7 集成管理	15
8 运行与维护要求	16
8.1 一般规定	16
8.2 物理加工层运行与维护要求	16
8.3 数字化控制层运行与维护要求	16
本规程用词说明	18
引用标准名录	19

附：条文说明	20
--------------	----

Contents

1 General Provisions	1
2 Terms and abbreviations	2
2.1 Terms	2
2.2 Abbreviations	3
3 Basic requirements	4
4 Digital processing equipment	5
4.1 Main equipment	5
4.2 Auxiliary equipment	6
4.3 Digital equipment system	6
5 Digital processing production line	8
5.1 Wire processing production line	8
5.2 Wire welding production line	9
5.3 Pipe processing line	9
5.4 Profile processing production line	9
5.5 Digital production line system	10
6 Digital processing workshop	10
6.1 Workshop composition and layout	10
6.2 Transportation within workshop	10
6.3 Digital workshop system	11
7 Smart factories	12
7.1 Raw material management	12
7.2 Production scheduling control	12
7.3 Quality management	12
7.4 Warehouse management	13
7.5 Distribution management	14
7.6 Safety management	14
7.7 Integrated management	15
8 Operation and maintenance requirements	16
8.1 General provisions	16
8.2 Operation and maintenance requirements of physical processing layer	16
8.3 Operation and maintenance requirements of virtual control layer	16
Explanation of Wording in This Code	18
List of Referenced Standards	19

Attached: Clauses Interpretation	20
--	----

1 总 则

1.0.1 为规范钢材数字化加工智慧工厂的运行与维护技术，使钢材数字化加工智慧工厂做到高效生产、稳定运行、安全适用，制订本标准。

1.0.2 本标准适用道路与桥梁工程、市政工程及工业与民用建筑工程等钢材数字化加工智慧工厂的运行与维护。

1.0.3 钢材数字化加工智慧工厂的运行与维护技术，除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和缩略语

2.1 术语

2.1.1 钢材数字化加工设备 steel digital processing equipment

设备包括各类钢材加工设备、辅助工艺设备及其数字化系统，其数字化系统包括钢材生产自动化控制系统、各类设备的数控系统、网络连接与信息集成系统。

2.1.2 钢材数字化加工产线 steel digital processing production line

产线包括各种钢材制造单元、设备的集成与连接，同时包括产线数字化系统。产线数字化系统包括钢材产线管控系统、部分产线自动化控制系统、网络连接系统和数据采集系统。

2.1.3 钢材数字化加工车间 steel digital processing production workshop

车间包括不同功能的钢材产线集成与连接，同时包括车间数字化系统。车间数字化系统包括车间制造执行系统、网络连接系统和数据采集系统，能够对钢材加工过程进行规划、管理、诊断和优化。

2.1.4 钢材数字化加工智慧工厂 steel digital processing smart factory

智慧工厂包括不同功能的钢材生产车间集成与连接，同时包括工厂数字化系统。工厂数字化系统包括企业资源规划、网络连接和数据采集系统。

2.1.6 排产控制系统 production scheduling system

基于信息化技术实现生产计划动态调度、资源优化配置及全流程闭环管理的综合系统。

2.1.7 制造执行系统 manufacturing execution system

通过信息传递对从订单下达到产品完成的整个生产过程进行管理。通过双向的直接通讯在企业内部和整个产品供应链中提供有关产品行为的关键任务信息。

2.1.8 信息化生产管理系统 information-based production management system

原材料采购、钢材加工、成型钢材配送、过程质量检验各环节均实行计算机信息化管理的系统。

2.1.9 钢材加工数字孪生系统 steel processing digital twin system

通过数字化技术为钢材加工的物理实体创建高度仿真的虚拟模型，并实现两者间实时数据交互与动态映射的系统。

2.2 缩略语

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

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

QR: 快速响应 (Quick Response) ;

CNC: 计算机数字控制 (Computer Numerical Control) ;

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

RFID: 射频识别 (Radio Frequency Identification) ;

PDA: 掌上电脑 (Personal Digital Assistant) ;

WMS: 仓储管理系统 (Warehouse Management System) 。

3 基本规定

3.0.1 钢材数字化加工工厂应满足数字化要求、网络要求、系统要求、集成要求、安全要求。

3.0.2 钢材数字化加工工厂的信息安全等级设置应根据应用场景和工厂实际需求，设定所需安全等级，保证用户、网络和数据等的安全，此外还应符合国家现行标准《信息安全技术 工业控制系统信息安全分级规范》GB/T 36324 的相关规定。

3.0.3 钢材数字化加工工厂应符合现行国家标准的安全防护和消防要求。

3.0.4 钢材数字化加工智慧工厂生产过程中的资源消耗和污染物排放应符合国家现行标准《钢铁工业环境保护设计规范》GB50406。

3.0.5 钢材数字化加工工厂设施、设备应满足智能化生产需求，具备先进性、兼容性和可靠性。设备需合理选型与配置，确保与生产工艺及智慧工厂系统无缝对接。

3.0.6 数字化加工产线在运转时不应有异常振动、不规则的冲击声和尖叫声。其空运转连续运转时，噪声声压级不应大于 85dB(A)。测量方法应符合国家现行标准 JB/T 3623 的规定。

3.0.7 钢材数字化加工智慧工厂的关键岗位人员包括但不限于钢筋深化设计人员、设备操作人员、设备维修人员、质量检验人员、配送管理人员、技术负责人和实验室负责人。钢材数字化加工智慧工厂应对关键岗位予以识别，并规定关键岗位人员的岗位职责、能力要求和考核方法。

3.0.8 钢材数字化加工智慧工厂宜具备感知、存储、分析外部信息的能力，并利用人工智能技术（如智能算法、机器学习等）进行数据分析、计算、判断与决策，实现闭环控制。

4 数字化加工设备

4.1 主体设备

4.1.1 主体设备应具备钢材智能调直、切断、弯箍、弯圆、弯曲等单一或组合加工功能。

4.1.2 钢材智能加工设备应确保设备质量可靠，易损件易于更换，配备人机交互操作界面。

4.1.3 钢（筋）材智能调直设备应自动牵引、调直、定尺等功能，调直效率应满足产能要求，成品精度应符合使用环境要求。

4.1.4 钢（筋）材智能剪切设备应配备伺服控制机构或更高精准的调节控制系统，刀片应采用优质合金制成的大长度刀片。剪切速度、长度等应满足产能要求，成品精度应符合使用环境要求。

4.1.5 钢（筋）材智能弯箍设备应具有钢（筋）材矫直、测量、双方向弯曲及剪切功能，加工过程不改变钢（筋）材尺寸。加工速度、角度、形状等应满足产能要求，成品精度应符合使用环境要求。

4.1.6 钢（筋）材智能弯圆设备应配备动力牵引机构、专业弯圆模具、专用自动焊接机构、专用钢筋切断机构。自动焊接方式应满足焊接质量、外观等工艺要求，且适应不同焊接需求。

4.1.7 钢（筋）材智能弯曲设备可分为斜台式弯曲设备和立式弯曲设备，可正反向同时弯曲钢（筋）材，宜采用两台弯曲主机。弯曲标准应符合国家现行标准《金属材料 弯曲试验方法》GB/T 232 的有关规定。

（1）斜台式钢（筋）材弯曲设备应配备钢（筋）材夹紧器，宜采用无齿隙啮合技术，宜具有高联动功能。弯曲速度、角度等应满足产能要求，成品精度应符合使用环境要求。

（2）立式钢（筋）材弯曲设备应配备双 CNC 伺服定位系统、一体化高强度移动轨道，应具有存储多种图形的能力，钢（筋）材加工长度、间距、角度易调整。弯曲速度、角度等应满足产能要求，成品精度应符合使用环境要求。

4.1.8 钢（筋）材智能调直切断设备应具有加工件自动计数功能，活动刀和固定刀材料应使用优质高强韧性合金模具钢。

4.1.9 钢（筋）材智能调直剪切弯曲设备应具有各单项加工设备的通用功能。调直速度、弯曲速度、剪切长度等应满足产能要求，成品精度应符合使用环境要求。

4.2 辅助设备

4.2.1 辅助设备是协助主体设备完成钢材加工的设备，应具有钢材抓取、焊接、传输等功能，还包括提供电力、气源、水源的设备。

4.2.2 收箍机器人应具有六轴联动功能、箍筋输送系统，应配备打包机，宜采用多轴机械手。箍筋传送速度应满足产能要求。

4.2.3 焊接机器人配置纵筋自动穿丝及自动接料机构，应具备灵活性高的特点。焊接精度应满足产能要求。

4.2.4 钢板自动摆放机器人配置红外视觉寻位系统，可配合移动机构进行自动化焊接。

4.2.5 钢（筋）材自动传输上料设备由原材储料整理装置和步进上料装置组成，应具有将棒材钢筋拆捆、自动分料、自动上料、定量落料的功能。钢（筋）材传输速度应满足产能要求。

（1）原材储料整理装置由钢结构支架、气缸、链条、电机等组成。

（2）步进上料装置由钢结构支架、气缸、链条、电机等组成。

4.2.6 根据设备运行要求应预备满足产能需求的外部变压器，并根据车间设备布局合理配置配电柜。

4.2.7 钢材成品加工装备应配备满足产能需求的气源，并根据车间设备布局合理配置泵房。

4.2.8 焊接网设备工作应配备满足产能需求的水冷系统。

4.2.9 加工设备的电气控制系统应设有过载保护及接地保护，以保证安全。

4.3 设备数字化系统

4.3.1 设备数字化系统应具有自动化加工、网络功能、柔性加工、远程监视的功能。

4.3.2 数字化加工设备应配备通信接口，应具有接收执行层下达的活动定义信息、向执行层提供加工的活动反馈信息的功能，应具备一定的可视化能力和人机交互能力。

4.3.3 数字化设备管理主要功能宜包括设备状态监控、设备维修维护和指标运行分析。

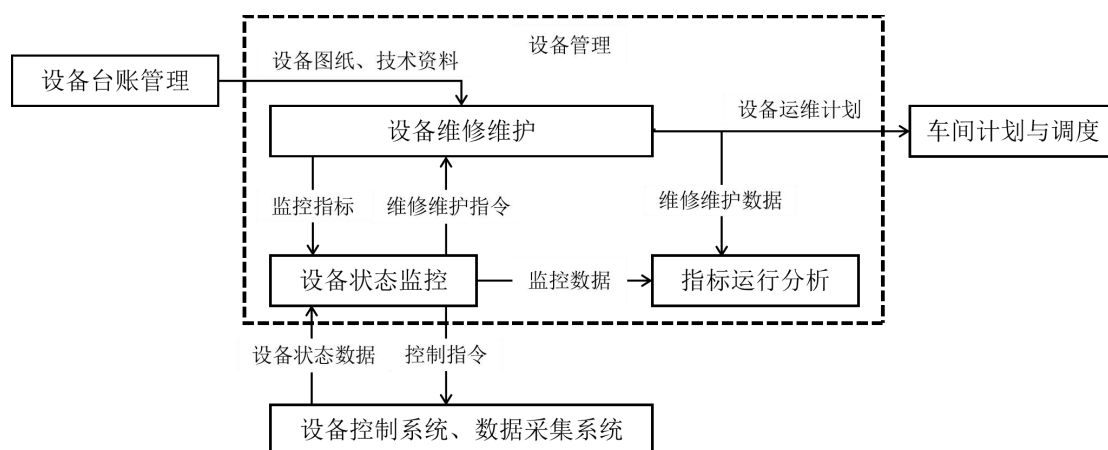


图4.3.3 设备管理信息集成模型

4.3.4 数字化设备运行数据采集通常由设备控制和数据采集系统实现，应自动在线采集反映设备状态所需的关键数据。

4.3.5 数字化设备状态信息应采用图形化展示。

4.3.6 数字化设备状态异常预警应依据设备运行标准和要求，对指标参数的监控结果进行分析和判定，对有异常变化趋势的情况进行预警，对发生异常或故障的情况进行报警。

4.3.7 数字化设备的安全防护系统应满足国际标准 IEC 61508、ISO 12100、IEC 62061、ISO13849 等的有关规定。

4.3.8 传感器需定期送至有资质的计量单位进行校准和检测，确保其精度和性能符合要求。

4.3.9 数字化加工设备的备品备件应建立智能化库存管理系统，通过物联网技术实时监控库存状态。系统应具备自动预警功能，当库存量低于安全阈值时，自动触发采购申请，并与 ERP 系统或 MES 系统联动，实现动态补货。

4.3.10 应优先选用可互换的标准化部件。所有备件需建立数字化档案，并通过区块链或分布式数据库确保数据不可篡改，支持全生命周期追溯。

5 数字化加工产线

5.1 线材加工产线

5.1.1 冷轧带肋钢筋产线可用于生产冷轧带肋钢筋，其成品应符合国家现行标准《冷轧带肋钢筋》GB/T 13788 的有关规定。

5.1.2 冷轧带肋钢筋产线工艺流程见图 5.1.2。

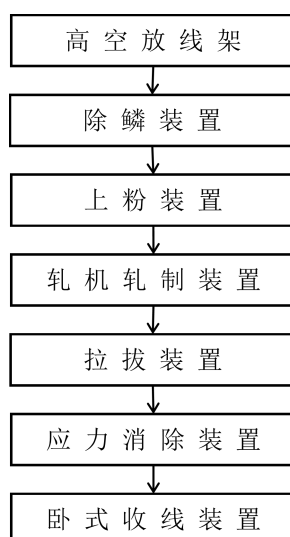


图5.1.2 冷轧带肋钢筋产线工艺流程

5.1.3 钢筋智能锯切套丝打磨产线可用于加工多种带肋钢筋，由钢筋智能锯切产线和钢筋智能套丝产线组成，其成品应符合行业现行标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107-2016 的有关规定。

5.1.4 钢筋智能锯切套丝产线工艺流程见图 5.1.4。

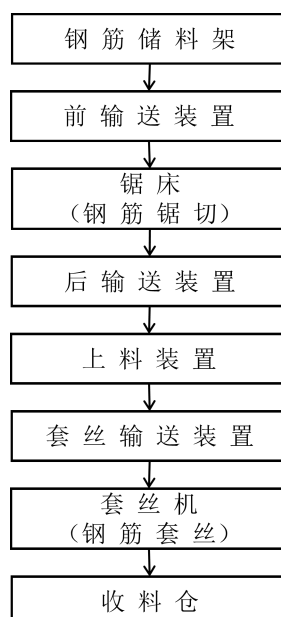


图5.1.4 钢筋智能锯切套丝产线工艺流程

5.2 线材焊接产线

5.2.1 钢筋网智能焊接产线可用于大批量网片的加工生产，其成品应符合国家现行标准《钢筋混凝土用钢 第3部分：钢筋焊接网》GB/T 1499.3的有关规定。

5.2.2 钢筋骨架片智能焊接产线可用于加工各种平面钢筋部品，其成品应符合国家现行标准《钢筋混凝土用钢 第3部分：钢筋焊接网》GB/T 1499.3的有关规定。

5.2.3 钢筋网、骨架片智能焊接产线的工艺流程见图 5.2.3。

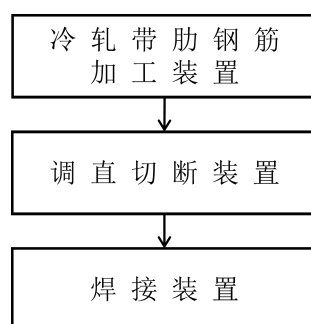


图5.2.3 钢筋网智能焊接产线工艺流程

5.3 管材加工产线

5.3.1 小导管智能加工产线用于钢管打孔和缩尖，应能加工多种长度规格、注浆孔布局规格的钢管。

5.3.2 小导管智能加工产线的工艺流程见图 5.3.2。

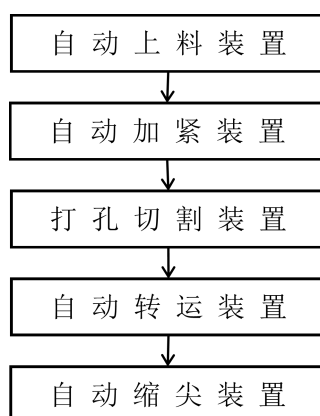


图5.3.2 小导管智能加工产线工艺流程

5.3.3 自动缩尖系统应配置气缸。

5.4 型材加工产线

5.4.1 钢拱架智能焊接产线用于拱架焊接，应具有自动定位、自动焊接功能。

5.4.2 钢拱架智能焊接产线的工艺流程见图 5.4.2。

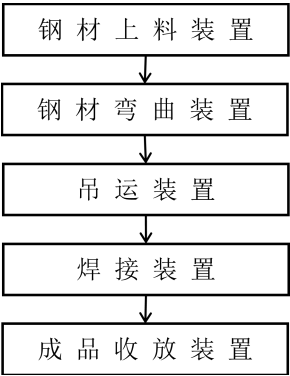


图5.4.2 钢拱架智能焊接产线工艺流程

5.4.3 钢拱架智能焊接产线的焊接机器人宜配备红外视觉寻位系统（激光自动寻位系统），宜具有自动算弧功能。

5.4.4 工字钢弯曲机构宜配置液压油缸、交流电机。

5.5 产线数字化系统

5.5.1 产线数字化系统应具有对产线的运行控制、数据采集、故障诊断及处理功能。

5.5.2 产线数字化系统应具有与上层软件的通讯功能。

5.5.3 数字化产线应具有自动换产功能。

6 数字化加工车间

6.1 车间组成及布局

6.1.1 数字化加工车间应由多条生产线组成，具备实时获取生产进度、各生产要素运行状态及生产现场异常信息的能力。

6.1.2 数字化加工车间布局应结合生产工艺流程和设备特性，宜采用模块化设计，应建立便捷与、高效的物流传输系统。

6.1.3 数字化加工车间的功能安全管理体系应符合国家现行标准《数字化车间功能安全要求》GB/T 41257 的有关规定。

6.1.4 数字化加工车间的信息安全管理应符合国家现行标准《数字化车间信息安全要求》GB/T 41260 的有关规定。

6.2 车间内运输

6.2.1 车间内运输设备应具备自动化控制能力，可实现实时与车间生产系统和设

备进行数据交互，确保物料的准时、精准搬运。

6.2.2 配置吊装设备的钢材数字化加工车间应设置吊装设备安全监控管理系统。

6.2.3 吊装设备的安全监控管理系统应具有自动检测设备信号、显示设备工况参数、实时监控、安全保护、数据记录等功能，并配置视频系统。

6.2.4 自动导引运输设备应按规定运行并精准定位站点，实现基于计算机的现场控制，配备传感器监测站点，与主系统时钟同步。

6.2.5 自动导引运输设备应具有运行监管与动态显示功能的物流系统。

6.3 车间数字化系统

6.3.1 车间数字化系统宜具有车间计划与调度、生产物流管理、工艺执行与管理、生产过程质量管理、车间设备管理等功能。

6.3.2 数字化加工车间应建有互联互通的网络、制造执行系统或其他的信息化的生产管理系统。

6.3.3 数字化加工车间应实现执行层与基础层、执行层与管理层系统间的信息集成。

6.3.4 车间数字化系统的数据采集应满足数据质量要求，宜采用安全防护措施保证数据传输的安全性。

6.3.5 车间数字化系统应开展危险分析和风险评估，提出车间安全控制和数字化管理方案，并实施数字化生产安全管控。

6.3.6 车间数字化监控系统宜采用分层架构，包括感知控制层、监控层和执行层。

6.3.7 车间数字化维护系统应定期进行评审与更新，完整记录维修维护的工作计划、要求、过程及完成情况，并按规定进行存档。

7 智慧工厂

7.1 原材管理

7.1.1 钢材数字化加工智慧工厂应建立健全原材供应商名录、管理制度、评审制度、评价体系，宜与一个及以上钢厂建立直供供应商关系。

7.1.2 钢材数字化加工智慧工厂应建立原材料入场验收制度，验收内容包括但不限于标志、质量证明文件、外观质量、重量偏差。

7.1.3 钢材数字化加工智慧工厂应建立钢筋入库管理制度并形成与入库单一致的有效记录。

7.1.4 钢材数字化加工智慧工厂应按照国家现行相关规范要求对入厂钢筋进行抽取试件、形成记录，并分类堆放入库。

7.2 排产控制

7.2.1 排产控制系统应实时获取订单信息、库存数据、设备状态等生产相关数据，并确保订单需求、设备产能和原材料库存等输入数据的准确性，为排产提供可靠的数据基础。

7.2.2 排产控制系统应具备快速响应能力与动态调整机制，能够及时处理生产过程中的各种变化和突发事件，如设备故障、原材料短缺、订单变更等情况，自动重新计算排产计划，及时调整生产资源分配并确保排产计划的及时更新。

7.2.3 排产控制系统应综合考虑订单优先级、交货期限、设备产能、原材料供应、能耗限制等多种约束条件，采用多约束优化算法，生成最优的排产计划。

7.2.4 根据生产订单的制造标准信息、制造资源等信息计算产能，编制产能计划。

7.3 质量管理

7.3.1 应对生产全过程中的质量进行数据采集，质量数据采集包括原材料检验、样品检验、成品检验、质量统计等质量数据。

7.3.2 应建立数字化的质量档案，实现对产品全生命周期的质量记录，保证各环节的可追溯性。

7.3.3 宜使用在线质量检测的方式，实时采集适量数据。

7.3.4 宜构建质量管理信息系统，实现质量信息化和质量管理的信息化，并实现分析数据自动采集、数据信息共享。

7.3.5 应采集研发中的数据、生产中的数据、运维服务中的数据建立质量模型，

形成数据闭环。

7.4 仓储管理

7.4.1 智慧工厂应配置仓储设备，宜按需求设置立体仓储设备或设施，仓储设备包含系统坐标定位，自动或半自动出入库、料仓管理等功能。

7.4.2 仓储设施应根据原材和成品划分库区，设立相应库位，并制定统一的库位编号规则，确保编号清晰可识别。

7.4.3 仓储设施应配备智能调度系统，确保仓储效率与准确性。

7.4.4 仓储设施可使用 RFID、二维码、标签等技术实现对原材料、半成品、成品的数字化标识，应在 WMS 中存储物料基础信息，如物料的编码、名称、规格型号、储存位置、存储安全信息等；

7.4.5 加工成型后的成品钢材仓储设施应建立成型钢材入库和出库管理制度并形成记录。

7.4.6 加工成型后的成品钢材宜使用扫码设备扫描入库。

7.4.7 成品钢材入库应经过打包、挂料牌操作，进行分区存储时应进行扫码核对。入库流程应遵循图 7.4.7 要求。

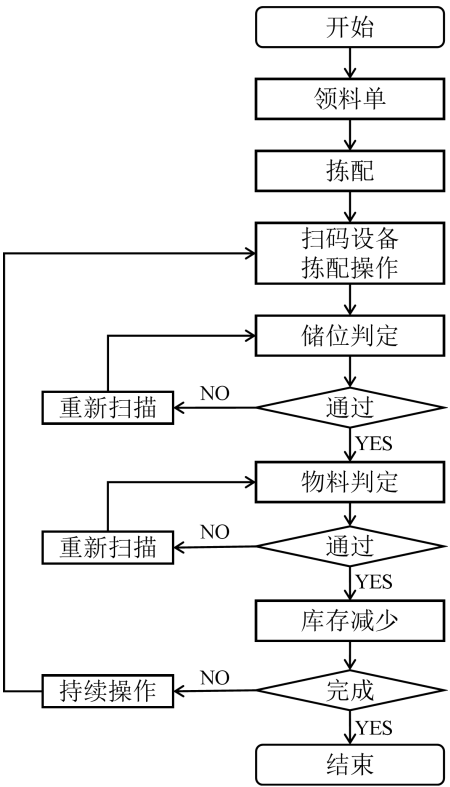


图7.4.7 成品钢材入库流程

7.4.8 成品钢材出库应与生产计划、交付时间等信息相关联。出库流程应遵循图7.4.8 要求。

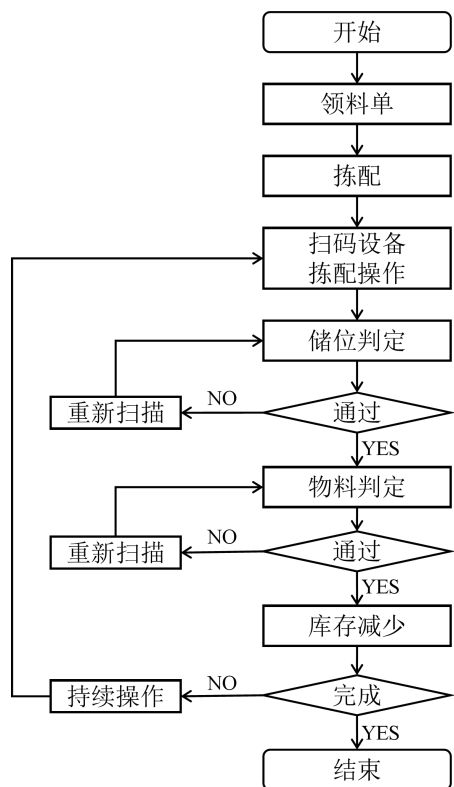


图7.4.8 成品钢材出库流程

7.5 配送管理

7.5.1 应根据钢材加工配送中心的需要，配备相应的货物装卸、固定、运输等设备设施。设备设施应符合作业流程的技术要求、安全生产要求、运输要求等。

7.5.2 运输,装卸等设备应有启动报警系统，以确保设备作业时的人身及设备安全。

7.5.3 智慧工厂应建设智能配送系统，具备自动识别、定位跟踪、网络通信等功能，实现物料配送的实时监控与动态调度。

7.5.4 智慧工厂应采用智能算法对配送路径进行规划与优化，考虑生产节拍、库存状态和配送优先级等因素，提高配送效率，降低物流成本。

7.6 安全管理

7.6.1 人员安全管理应包括人员能力与资质管理、现场安全防护装备管理、危险作业人员管理、人员定位系统、人员安全管理系统。

7.6.2 智能工厂应建立物料安全管理系统，加工过程的原料、半成品、成品均应纳入物料安全管理系统中。

7.6.4 智慧工厂的运行与维护过程中应制定统一的环境影响评价准则，环境影响因素包括但不限于废水、废气、噪声、能源消耗等。

7.6.5 信息安全管理应包括物理访问控制要求、信息安全管理要求、安全技术要求。

7.7 集成管理

7.7.1 智慧工厂系统集成的关键要素应具有网络互联、数据通信、信息互通、集成优化与闭环操作。

7.7.2 智慧工厂系统集成的核心模块构架包括原材、加工、储运、安全防范、通信及其他功能，如图 7.7.2 所示。

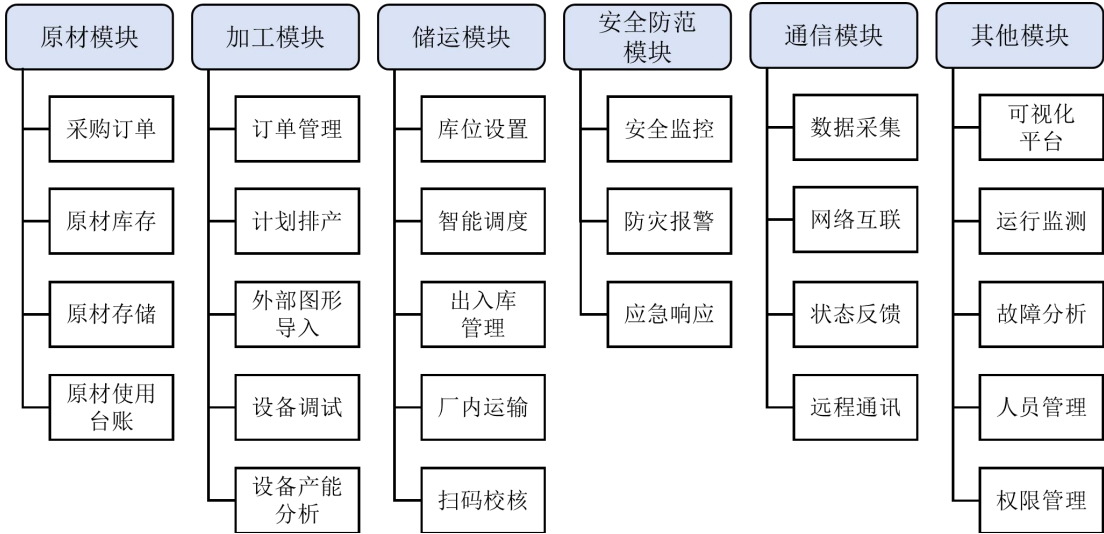


图7.7.2 智慧工厂核心模块构架

7.7.3 智慧工厂生产管理集成应包括钢材生产加工的任务管理、物料管理、统计管理等核心需求。

7.7.4 智慧工厂数据管理集成应将多源异构数据集成存储到大数据层，确保数据唯一、共享，并支持数据的横向和纵向打通。

7.7.5 智慧工厂仓储管理系统应集成多种通信协议，应支持设备控制器、WMS系统、ERP系统等接口，实现作业任务的传递和数据的共享，以确保仓储内部作业流程的协同和一致性。

7.7.6 智慧工厂监控管理集成宜具有状态监测、故障诊断、故障预警、运维管理、远程维护、预测性维护等功能。

8 运行与维护要求

8.1 一般规定

8.1.1 智慧工厂的运行与维护工作包括物理加工层运行与维护 and 数字化控制层运行与维护，且应建立运行维护体系。

8.1.2 物理加工层由多种实体组成，其运行与维护包括实故障诊断、健康评估、预测性维护。

8.1.3 数字化控制层由多种数字化系统组成，其运行与维护包括运维体系、数据采集、故障诊断、健康评估以及安全防护体系。

8.1.4 运行维护体系应包括确保智能正常运行的组织架构、管理制度、技术规定，有明确的运维主体、运维流程、运维技术要求以及运维评估标准。

8.2 物理加工层运行与维护要求

8.2.1 应建立以（钢材数字化设备、产线、车间以及物料运输系统）/（物理加工层）的维修维护计划制定、工单分配、下发、执行、反馈为流程的标准化维修维护体系。

8.2.2 应根据（物理加工层）实时状态采集和维护维修过程中搜集的过程数据，自动统计分析与设备相关的指标。

8.2.3 （物理加工层）故障管理应实施分类管理、故障树构建、分析与经验库建设及处理流程管控，建立系统化故障管理体系。

8.2.4 应根据（物理加工层）类型制定相应的健康评估体系。

8.2.5 应根据（物理加工层）的运行数据、运行日志文件数据进行运行状态评估，制定具有针对性的预测性维护方案。

8.2.6 （物理加工层）的关键零部件，应结合理论使用寿命和实际运行参数状态，对零部件的更换时间做出及时提醒，对超期使用的零部件做报警处理。

8.3 数字化控制层运行与维护要求

8.3.1 数字化控制层应建立覆盖全生命周期的运维体系。

8.3.2 数字化控制层应建立统一的数据采集、传输与存储标准，确保数据的准确性、完整性及实时性。

8.3.3 数字化控制层应集成智能故障诊断与健康评估功能，实现设备异常的快速定位与健康状态的动态量化。

8.3.4 数字化控制层应基于健康评估结果，制定动态维护策略，实现“预防为主、精准维修”的目标。

8.3.5 数字化控制层应建立多层次安全防护体系，防范网络攻击、数据泄露等风险，并制定应急预案确保业务连续性。

本规程用词说明

- 1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格不同的用词说明如下：
 - 1) 表示很严格，非这样做不可的：
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
 - 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
 - 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
 - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。
- 2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

《数字化车间 通用技术要求》GB/T 37393

《数字化车间可靠性通用要求》GB/T 41392

《智能工厂 通用技术要求》GB/T 41255

《智能工厂 安全控制要求》GB/T 38129

《数控加工生产线 柔性制造系统》GB/T 38177

《智能制造 远程运维系统通用要求》GB/T 42136

《成型钢筋加工配送服务评价标准》T/CECS 1209

中国工程建设标准化协会标准

钢材数字化加工智慧工厂运行与维护标准

CECS **: ***

条文说明

3 基本规定	22
4 数字化加工设备	23
4.1 主体设备	23
4.2 辅助设备	24
4.3 设备数字化系统	24
5 数字化加工产线	26
5.1 线材加工产线	26
5.2 线材焊接产线	26
5.3 管材加工产线	27
5.4 型材加工产线	27
5.5 产线数字化系统	27
6 数字化加工车间	28
6.1 车间组成及布局	28
6.2 车间内运输	28
6.3 车间数字化系统	28
7 智慧工厂	30
7.1 原材管理	30
7.3 质量管理	30
7.4 仓储管理	31
7.5 配送管理	32
7.6 安全管理	33
7.7 集成管理	34
8 运行与维护要求	36
8.1 一般规定	36
8.2 物理加工层运行与维护要求	36
8.3 数字化控制层运行与维护要求	37

3 基本规定

3.0.1 钢材数字化加工工厂的资产和制造过程信息应数字化，具体包括：制造设备数字化，应符合本标准第 5 章的要求，数字化设备的比率应不低于 70%；生产信息采集，通过钢材数字化加工智慧工厂信息系统自动采集的数据不低于 90%；生产资源识别，应能对钢材数字化加工智慧工厂生产过程所需要的生产资源的信息进行识别；生产现场可视化，可通过车间级通信与监测系统,实现车间生产与管理的可视化。

钢材数字化加工工厂应建有互联互通的网络，可实现设备、生产资源与系统之间的信息交互；应建有制造执行系统或其他的信息生产管理系统，支撑制造运行管理的功能；应实现执行层与基础层、执行层与管理层系统间的信息集成；应开展危险分析和风险评估，提出车间安全控制和数字化管理方案，并实施数字化生产安全管控。

3.0.3~3.0.4 这几条根据安全生产要求对钢材数字化加工智慧工厂配备的安全防护、消防设施和环保设施提出明确规定核心是保障安全生产措施实施。消防设备设施至少包括消防栓，灭火器等，并确保能够正常使用。节能环保设施要考虑到现行国家标准和地方管理文件的要求，比如除尘降噪设备等。

3.0.7 本条对钢材数字化加工智慧工厂配备的各类必备人员予以明确。核心是各类岗位职能要由具备相应能力的专人实施。

3.0.8 智能工厂的集成优化应将集团层、工厂层形成的各类决策优化信息向下传递并实现操作。集成优化应形成信息的闭环,并实现最终产品从研发设计、生产制造、经营管理、运维服务等环节的数字化、网络化、智能化,最终实现智能工厂各个环节的高度柔性 with 高度集成。

宜实现设计、生产、检验、运维服务一体化协同,采集产品在生产、检验、运维阶段的必要数据信息。应用智能算法及机器学习等技术或方法分析数据间的关联关系以及产品优化的主要影响因素,挖掘问题本质,优化产品/工艺设计、生产流程等环节。提升质量管理。

4 数字化加工设备

4.1 主体设备

4.1.1 单一功能主体设备包括剪切设备、弯箍设备、弯圆设备、弯曲设备等；组合功能主体设备包括调直剪切弯曲设备、调直切断设备等。

4.1.2 钢材智能加工设备的零件质量可靠，易损件（如：切刀、弯曲中心轴等）容易更换，配置人性化人机操作界面。此外，还应具备自动化程度高、加工过程节能、噪音水平低、生产成品质量稳定等优点。

4.1.3 钢材智能调直设备可用于盘条钢筋的调直，用于加工钢筋焊接网或在建筑工程项目直接安装使用。

4.1.4 钢（筋）材智能剪切设备的伺服控制机构调控定位装置，可精确控制剪切长度。刀片采用优质合金制成的大长度刀片，可延长刀片使用寿命，减少刀片更换频率，提高生产效率。

4.1.5 钢（筋）材智能弯箍设备加工的主要成品是箍筋，能将盘条钢筋一次性加工成型，加工过程不改变钢筋直径，加工成品的质量稳定，可加工定尺直条钢筋、单头弯曲钢筋、不闭合和闭合的箍筋形状。

4.1.6 钢（筋）材智能弯圆设备加工的成品广泛用于钢筋笼加强圈的批量制作，成品圆度效果好、精度高、不易变形。配备动力牵引机构，可节省人工劳动强度；配备专业弯圆模具，可确保精度；配备专用自动焊接机构，可实现焊缝美观、饱满；配备专用钢筋切断机构，可满足不同圆圈直径的切断工作。

4.1.7 钢（筋）材智能弯曲设备采用两台弯曲机，可同时快速左右移动进行弯曲钢筋。斜台式钢（筋）材弯曲设备配备钢（筋）材夹紧器，可使两个弯曲机的弯曲工作阶段独立完成；采用无齿隙啮合技术，可使定位更准确且无噪音；具有高联动功能，可与钢（筋）材剪切设备无缝组合联动。立式钢（筋）材弯曲设备配备双 CNC 伺服定位系统，可使两台弯曲主机同时移动效率更高；配备一体化高强度移动轨道，可提高自动化程度，降低劳动强度。

4.1.8 钢（筋）材智能调直切断设备具有加工件自动计数功能，在提高生产效率的同时可实现生产统计；活动刀和固定刀的验收标准应符合国际标准 NADCA207 的有关规定。此外，还具有定尺精度高、故障率低、切断动作执行快等优点。

4.2 辅助设备

4.2.2 收箍机器人具有六轴联动功能，可对加工出的箍筋进行抓取、摆放、码垛；具有箍筋输送系统，可对收取码垛好的箍筋有序输送；配备打包机，把输送过来的箍筋打包收集；采用多轴的机械手，可与智能弯箍机智能互联，实现多角度柔性抓取。

4.2.3 自动穿丝机构在焊接过程中可提前准备下一片网片，减少间隔的时间，提高综合生产效率；自动接料机构可实现网片自动堆叠整齐。

4.2.5 原材储料整理装置的主要作用是储存原材钢筋并使原材钢筋有序排列，将有序排列的原材钢筋缓慢送入步进上料装置上；步进上料装置的主要作用是将原材钢筋逐根送到剪切或锯切生产线上进行加工。

4.2.9 接地电阻应符合国家现行标准《建筑施工机械与设备钢筋加工机械 安全要求》GB/T 38176 的要求。接地处应设置明显的接地标识符号，以确保安全性。

4.3 设备数字化系统

4.3.1 数字化加工设备具备在无人操作的情况下按照既定的逻辑实现自动化加工生产；可作为一个网络节点接入到工厂中现场总线网络或加工信息网络，在保证安全传输的前提下与网络中的其他设备实现数据交换；可在不停机的情况下满足多品种加工；可对设备运行状态、消耗品寿命等进行远程监视。

4.3.2 配备通信接口目的是能够与其他设备、装置以及执行层实现信息互通；接收执行层下达的活动定义信息包括为满足各项加工运行活动的参数定义和操作指令等；向执行层提供加工的活动反馈信息包括成品的加工信息、设备的运行状态信息及故障信息等；可视化能力和人机交互能力是指能够显示设备的实时信息及满足操作的授权和处理相关的人机交互。

4.3.3 数字化设备管理的主要功能之间及与外部功能子系统之间的信息集成模型如图 4.3.3 所示。

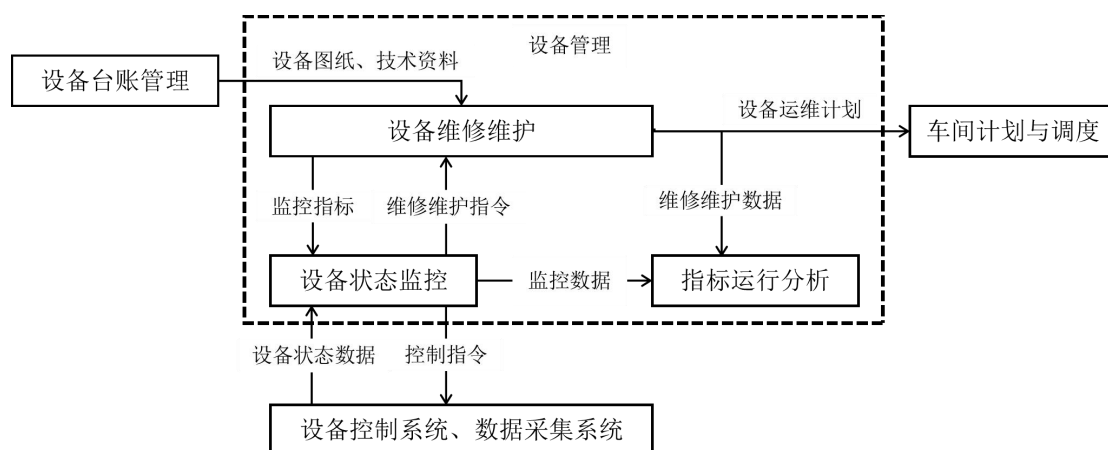


图4.3.3 设备管理信息集成模型

4.3.4 设备不同数据采集方式不同，数据采集应包括设备状态信息、设备状态起始时间信息、设备运行及空闲时间、设备故障信息、设备报警信息及设备加工及运行参数信息。

4.3.5 对于具有建模需要的关键设备，应按照设备图纸构建数字化模型，结合采集数据准确模拟设备的实时运行状态，并能够按照设备结构实现部件级的分解查询。

4.3.6 预警和报警信息应按照异常等级与类型及时通知到相应的监控人员，并采用多种形式相结合的通知方式，如现场监控屏幕显示、报警灯声光报警、系统级消息通知、短信通知等。

4.3.8 传感器应由专人负责定期检查和维护，记录异常情况及时处理措施和结果，如传感器达到使用寿命或损坏不能正常使用时，应及时更换。

4.3.9 应监控的库存信息包括数量、存放位置、使用周期及剩余寿命。

4.3.10 数字化档案信息包括三维图纸、材质证明、供应商信息及维修记录。

5 数字化加工产线

5.1 线材加工产线

5.1.1 冷轧带肋钢筋产线应配备满足产能需求的高空放线架、盘条翻转机、上粉机、轧机头及拉拔机。高空放线架与盘条翻转机配套使用，可使整机连续上料工作。上粉机可采用坐标式，润滑粉横竖运输，上粉效果好；轧机头可采用欧式三方位整体设计，可使轧制成品外观好；拉拔机宜具有两档变速功能的，可使产量提高。

5.1.2 冷轧带肋钢筋产线的工艺流程为：①液压高架放线；②机械除鳞、除锈；③涂抹润滑粉；④轧机刻痕及减径；⑤钢筋拉拔；⑥应力消除；⑦液压收线。

5.1.3 钢筋智能锯切产线可用于钢筋锯切，由程序系统自动控制，可进行编程记录上百种订单；具有自我识别系统，可对工作中的每个步骤进行操作和检查，并将锯切好的钢筋传送到钢筋智能套丝产线。钢筋智能套丝产线常与钢筋智能锯切产线匹配使用，可解决传统剪切下料造成钢筋端部出现变形而不能滚丝或者滚丝后螺纹不完整的问题，自动化程度高、结构简单、紧凑、易操作，可将热轧带肋钢筋进行高质量滚、输送、存储及加工。

5.1.4 钢筋智能锯切套丝产线的工艺流程为：①原材钢筋储放台；②辊道输送；③钢筋锯切；④锯切后辊道输送；⑤钢筋套丝；⑥成品收料。

5.2 线材焊接产线

5.2.1 钢筋网智能焊接产线由主动式放线机构、纵筋矫直落料机构、纵筋输送机构、横筋送丝机构、横筋落料系统、焊接主机、拉网机构及接网机构组成。主动式放线机构采用盘条上料方式，可自动调直剪切成直条；纵筋矫直落料机构，可焊接各种异形网格；纵筋输送机构通过输送链条输送，可保证钢筋准确输送到指定位置，并由伺服对齐小车进行对齐；横筋送丝机构采用 90°旋转的圆盘进行阶梯升降输送，可快速稳定进行横筋供给；横筋落料系统可将横筋落在纵筋的上面或下面，使焊接后的成品方便码垛；焊接主机采用数控伺服控制系统，可满足大批量重型网片生产；拉网机构满足纵筋间距无级可调的方式，在网片成型后可自动收集网片。

5.2.2 钢筋骨架片智能焊接产线由焊接轨道、焊接主机、焊接平台、夹紧器及操作台组成。焊接轨道用于支撑焊接主机行走；焊接主机用于焊接钢筋骨架片；焊接平台用于摆放成品钢筋骨架片、未焊接的钢筋骨架片及夹紧器；夹紧器可根据焊接需求用于固定不同位置不同形状的钢筋；操作台可通过显示屏用于控制所有设备动作。每套焊接主机宜配备两把焊枪，宜采用焊枪移动钢筋骨架片不动的方

式进行焊接。钢筋骨架片不动可避免未焊接部分钢筋搭接位置发生改变，进而提升加工效率。

5.2.3 钢筋网智能焊接产线的工艺流程为：①冷轧带肋钢筋加工参考本标准 5.1.2 节工艺流程；②钢筋调直并切断；③钢筋网焊接。

5.3 管材加工产线

5.3.1 小导管智能加工产线应配备伺服三爪夹具、伺服齿条，宜采用 PLC 控制高速等离子切割及打孔，宜具有柔性传送和自动分料功能。

5.3.2 小导管智能加工产线的工艺流程为：①原材自动上料；②自动数控加紧送料；③高速等离子打孔；④高速等离子切割；⑤自动翻料；⑥自动输送；⑦自动缩尖；⑧成品翻料、收集存储。

5.3.3 气缸通过压缩空气驱动，能够将压缩空气的能量高效转换为机械能。在自动缩尖系统中，气缸主要用于推动或拉动相关部件，实现缩尖动作的自动化控制。

5.4 型材加工产线

5.4.1 钢拱架智能焊接产线由工字钢横向上料机构、工字钢弯曲机构、锯床（设备）组成。工字钢横向上料机构包括输送辊道和上料结构，输送辊道用于工字钢的输送，上料机构实现工字钢的自动上料；工字钢弯曲机构用于工字钢的冷弯曲，可根据图纸要求保证弯曲效果；锯床用于工字钢切割，可跟随工字钢弯曲的弧度进行自动调整。

5.4.2 钢拱架智能焊接产线的工艺流程为：①工字钢横向上料；②工字钢弯曲；③起重设备吊运；④焊接机器人焊接；⑤成品收集。

5.4.3 红外视觉寻位系统可使焊接机器人自行移动，进行自动化焊接；自动算弧功能不需冷弯机进行弧度测试，减少材料浪费。

5.4.4 液压油缸可提供弯曲力且能精确定位，交流电机提供型钢的前进动力。

5.5 产线数字化系统

5.5.1 产线数字化系统应具有在对产线及储运系统进行协调、集中监控、人机交互等智能控制，对成品钢材的调度、搬运、加工以及统计产线的运行状况、运行报表。

5.5.2 上层软件包括管理层和企业层，如 MES 系统、ERP 系统等。

5.5.3 在头道工序打印 QR 码，在后续工序中通过读取该 QR 码，使产线执行符合该产品的生产方式，实现自动换产。

6 数字化加工车间

6.1 车间组成及布局

6.1.2 模块化设计便于系统扩展和功能升级；物流传输系统可实现物料的有序流动。

6.2 车间内运输

6.2.1 自动搬运设备可包括起重机、自动导引运输设备等。

6.2.2 起重机安全监控管理系统包括智能化起重机安全监控预警系统和信息化管理系统，能够全方位监控起重机的运行，包括有防超载、防限位、防倾翻等功能，能够提供起重设备安全状态的实时预警和控制，是集精密测量、人工智能、自动控制等多种高新技术一体的电子系统产品和信息管理系统。

6.2.3 自动检测起重设备的各种信号并处理，包括：重量信号、高度信号、幅度信号等。显示起重设备的工况参数，包括：臂长、额定起重量、实际起重量、工作幅度、最大小幅度等。能自动对起重设备的性能参数进行连续采样，实时跟踪，进行运算、比较、判断，随时发出声光报警，显示各参数的同时，并切断起重机向危险方向运行的回路，同时允许其向安全方向运行，从而实现安全自动控制。在不改变主机的情况下，只要将软件加以修改，就能够满足各种类型起重机机械的要求。通过显示器实时显示塔机工作工况额定参数、实际参数（起重量、幅度、高度、回转、起重力矩等）及主要操作（提升、变幅等）。系统可实现塔机多种安全限制器的功能，包括：起重力矩限制、起重量限制、起升高度限制、幅度限制、集群区域防撞和回转角限制等。当塔机往危险方向运行时，系统将发出控制信号，禁止其继续往危险方向运行，只允许向安全方向运行。在起重机运行过程中，自动记录超幅、超载、超高、超回转、超力矩等危险情况并存储到系统存储器，存储的数据可保持 10 年。

6.2.4 运行控制：基于计算机控制与精准定位，确保自动导引运输设备有序运行；传感器监测与时钟同步保障运行安全与调度统一。

6.2.5 运行监管负责指令接收物流指令，实时获取车辆动态信息并发送至动态显示。

6.3 车间数字化系统

6.3.1 对生产过程中的各类业务、活动或相关资产进行管理，实现车间加工过程的数字化、精益化和透明化。可根据车间实际情况增加其他模块，如：能效管控系统、生产安全管理系统等。

6.3.2 建立互联互通的网络可实现设备、生产资源与系统之间的信息交互；制造执行系统或其他的信息系统是为了支撑加工运行管理。

6.3.4 数据质量应满足场景对数据规范性、一致性、实时性、准确性、完整性、可访问性的要求，可根据具体应用场景的需求，对采集的数据进行预处理。

6.3.5 安全控制方案需涵盖传统安全管理手段，如设置安全防护装置、制定安全操作规程，同时结合数字化技术优势，构建智能化的安全监测与预警体系，实时感知车间环境与设备运行状态。通过数字化系统对安全措施执行情况的实时监控、对异常风险的自动预警与应急响应，能够有效降低事故发生概率，提升车间安全管理水平。

6.3.6 感知控制层负责采集车间现场设备及生产过程数据；监控层对采集数据进行分析处理，并实施生产过程监控与控制；执行层依据监控层指令执行具体操作。监控层宜和对应的感知控制层划分为同一区域，如有必要可在两者之间设置边界，运用安全审计等非阻断型策略；同时，监控层应具备对区域边界通信的监视和控制能力，并提供入侵检测与防御功能。

6.3.7 在系统维修维护后，检查所有可能受影响的安全控制措施，确认其仍能正常发挥功能；如果采用远程运维方式，组织应为远程控制端口设置控制权限和时间窗；远程维护完成后，应立即关闭相关权限设置。

7 智慧工厂

7.1 原材管理

7.1.1 原材料的质量稳定性是产品质量稳定性的基础，因此，选取有能力的供应商，并对供应商持续评价是十分必要的。考虑到钢筋来源可能是经销商，也可能是钢厂的情况，本标准倾向于从钢厂直接采购，并建立稳定的供销关系。

7.1.2 加工配送企业一定要注意偏差问题。若进货已经是下偏差，成品出厂很有可能造成重量不符合要求。

7.1.4 本条规定了原材料的检验，这里原材料检验是指成型加工企业自行完成的，而不是采信供应商的报告。抽样检验项目包括屈服强度、抗拉强度、伸长率、弯曲性能和重量偏差等项目。应按照原材料类别进行分类堆放，并进行标识。对易锈蚀的原材料采取防锈措施。

7.3 质量管理

7.3.1 钢材生产全过程的质量数据采集是确保成品质量的基础。需从原材料检验、样品检验、成品检验到质量统计等环节全面采集质量数据，确保每个环节的质量可控。尤其需要对设备及生产线的首件成品进行质量检测。通过数字化手段（云计算、物联网等）实时采集数据，实现质量管理的精细化和透明化。

7.3.2 建立数字化质量档案旨在利用信息技术手段，对产品从设计研发、原材料采购、生产加工、成品检验、仓储物流，到销售使用、售后运维等全生命周期各环节的质量相关信息进行系统化记录与存储。当出现质量问题时，能够快速、准确地追溯到问题发生的具体环节，保障产品质量的可追溯性与管理规范性。

7.3.3 采用在线质量检测方式（如：传感器、自动化检测设备等），在产品生产过程中对关键质量指标进行不间断、实时监测。“适量”意味着所采集的数据需满足质量分析与控制的需求，避免因数据过多增加处理负担，或数据过少无法准确反映质量状况。

7.3.4 质量管理信息系统应集成数据采集、存储、分析、管理等功能模块，通过自动化技术实现分析数据的自动采集，减少人工干预，提高数据采集的准确性和效率。同时，通过网络技术实现企业内部各部门、各环节之间的数据信息共享，使质量管理人员、生产人员、研发人员等都能及时获取所需的质量数据，打破信息孤岛。

7.3.5 在研发阶段，收集设计方案、实验数据、性能测试结果等；生产阶段采集原材料数据、生产过程参数、成品检验数据等；运维服务阶段获取客户使用反馈、

故障维修记录等。通过对这些数据的梳理与关联分析，构建能够反映产品质量形成过程和影响因素的质量模型。该模型可用于预测质量趋势、评估质量风险、优化生产工艺等。同时，将模型分析结果反馈到研发、生产、运维等环节，指导各阶段工作改进，形成数据采集-分析建模-反馈优化的闭环管理。

7.4 仓储管理

7.4.1 考虑到土地资源紧张，提高单位面积利用效率，最大化、合理化利用有限的空间是本标准的引导方向。因此，本条对于仓储提出了立体仓储和坐标定位系统的要求，这些要求对行业的发展是有引导性的。现代物流仓储坐标定位系统可以有效降低误操作的概率，国内少数加工配送企业已经应用。

7.4.2 钢材数字化加工智慧工厂的仓库应制定统一的库位编号规则，宜使用阿拉伯数字或者英文字母，按顺序编号，库位号应设置在明显及不被遮挡处，便于库位识别。

7.4.3 在仓储管理中，智能调度系统根据实时的库存信息和需求变化，自动调整库存分布和出入库操作。例如，当某种规格的钢材需求量增加时，系统可以自动优化库存调度，提高物料流转效率确保及时供应，减少库存浪费。通过这些智能化手段，仓储管理可以实现更高的自动化和精确度。减少了人工干预和人为失误，同时提高了库存周转率，确保了钢材成品的储存和调度效率，进一步提高了仓储作业的整体效能。

7.4.4 通过使用 RFID、二维码技术，仓储设施能够实现钢材成品的快速识别与追踪。这些技术可以帮助系统实时获取物料信息，如库存数量、规格、位置等，大大减少人工操作的误差和劳动强度，同时提高物料管理的精确度。系统应能够实时监控仓库内钢材成品的库存情况，包括进出库记录、库存量、存放位置等信息。通过动态监控，企业可以更好地了解库存状态，避免物料积压或短缺，减少因信息滞后导致的管理问题。。

7.4.5 加工成型后的成品钢材仓储设施的入库和出库记录包括但不限于发货计划、发货记录、称重、外观、数量和挂牌。

7.4.6 扫码设备可包括 PDA、手机等。扫码入库后可以确定成品所在货位位置，在扫码设备端确认后会自动生成成品入库单。

7.4.7 物料到货后，库房应向采购部发出物料到货通知单或提醒，采购部向质量检验部门提交物料检验通知单，待质量检验合格后，采购部向仓储部提交入库申请单，库管员根据入库申请单制定入库标签并填写批次信息，同时在系统中设置库位，入库操作员通过扫码设备扫描物料标签及库位标签，系统验证信息准确后，

库存量自动增加。

7.4.8 库房应根据生产备料单中的物料需求时间及种类进行备料操作，未到物料需求时间的可忽略备料。到达备料时间后，应查询所需物料的储位并进行拣配操作，通过扫码设备扫描库位二维码，系统判断储位是否匹配。若储位不匹配，需重新扫描确认。储位确认后，使用扫码设备扫描物料条码，系统判断条码是否正确，若不正确则继续扫描，条码正确后，库管员取出物料，系统自动更新库存。

7.5 配送管理

7.5.1 设备设施需满足运输过程中的稳定性、防护性等要求，防止钢材在运输途中受损。如采用公路运输时，运输车辆的车厢结构需适应钢材的尺寸与重量，且配备有效的防滑、防磨、防腐蚀措施；对于长途运输，还需考虑钢材的防潮、防锈等防护需求，配备相应的遮盖、包装设备，以保障钢材运输质量，减少货损纠纷。

7.5.2 运输、装卸作业场景往往人员流动频繁，作业空间相对紧凑，设备运行过程中存在视线盲区。例如叉车、起重机等设备作业时，操作人员的视野可能受到货物或其他设备的遮挡，难以全面观察周边环境；在工厂内部运输通道，人员与运输车辆交叉通行，若设备突然启动，极易对附近人员造成碰撞、挤压等伤害。此外，设备在启动瞬间，机械部件的运动可能引发意外，如皮带输送机启动时的突然运转，可能导致靠近人员衣物卷入，造成人身伤害。

启动报警系统通过声光信号等方式，在设备启动前向周边人员发出明显警示。如在设备启动前数秒，发出持续的蜂鸣声或闪烁警示灯光，提醒附近人员设备即将运行，使其有足够时间撤离到安全区域，避免因未察觉设备启动而陷入危险境地。对于操作人员而言，报警系统的启动信号也是一种确认机制，能促使其再次检查作业环境是否安全，设备状态是否正常，从而有效减少因疏忽导致的安全事故，实现设备与人的双重保护。

7.5.3 在智慧工厂的生产模式下，生产流程高度自动化、信息化，生产节奏紧凑且多变，传统的物料配送方式已难以满足需求。工厂内物料种类繁多、流转频繁，若依靠人工识别、调度，容易出现配送错误、效率低下等问题，导致生产线停工待料或物料积压。建设智能配送系统，通过其自动识别、定位跟踪、网络通信等功能，能够适应智慧工厂快速响应、精准生产的要求，实现物料的高效、准确配送，保障生产的连续性和稳定性。

7.5.4 宜采用先进的静态路径规划算法，根据工厂内部布局、物料存放位置和作业流程等因素，规划出最优的物流配送路径，以最小化行程时间和能源消耗。针

对工厂内部可能出现的实时变化，如设备故障、交通拥堵等情况，应具备动态路径规划能力，及时调整配送路线，确保任务的及时完成和作业流畅。

通过对不同作业单元间的物流量进行统计分析，可以实时监测物料的流动情况和瓶颈点，为调度决策提供数据支持，优化物流配送路径。结合单元间物流量统计分析结果，制定流量平衡策略，合理调配物流资源，避免因某一区域物流过载而导致整体作业效率下降。

宜建立实时监控系統，对物流配送任务进行实时监控和反馈，及时发现并处理异常情况，确保作业的连续性和稳定性。宜配备智能决策支持系统，应能够根据实时数据和预设的优化目标，自动进行任务调度和路径规划，提高调度决策的准确性和效率。

7.6 安全管理

7.6.1 人员能力体现在技术、经验和资质等几个方面，对人员的管控实质上是通过技术与管理手段提高人员能力和规范人员行为，进而保障人员的安全。现场安全防护装备包括但不限于个人防护装备、现场安全装备、便携式气体探测器，这些装备的配置应满足国家法律法规和企业规划的要求。开展危险作业的人员应配备相应的安全防护装备，实现对有毒有害气体和人员的生命体征、人员跌倒等的实时监控；配备通信设备，保证作业人员与外部通信的通畅；还应配置针对特定危险作业环境下进行安全防护装备的匹配性检查和报警能力。作业人员在现场的物理位置可以通过卫星、RFID、无线局域网、蓝牙或无线移动网络等技术进行定位，定位精度应满足具体应用要求。人员安全管理系统应具备人员培训、资质等信息记录；防护装备台账、维护计划及检验记录；支持多用户同时访问；用户权限管理等功能，并且可对上述信息进行实时检索。

7.6.2 物料安全管理系统应对原料的购买、存储、使用、废弃的流程等在规范的基础上进行统一管理，实现电子化的记录、追踪和追溯。

7.6.3 设备状态检测与故障诊断系统应广泛采集并记录故障直接信息和关联信息，辅助或智能判断故障现象，实现故障报警；结合诊断对象的历史状况，分析判断故障部位、原因，确定必要的维修策略和适宜的修理时间。宜针对生产设备的腐蚀情况进行监测，通过智能技术（如传感技术、预测技术）掌握设备腐蚀的动态变化趋势，避免因腐蚀造成设备损坏进而引发重大的安全事故或环境污染事故。设备安全管理系统应对安全相关设备建立设备全生命周期的维修管理，覆盖设备全生命周期的维修记录、费用预算管理等。

7.6.4 应根据识别的环境因素，确定对应的环境目标，并应采取措施实现对应的

环境目标。应对重要环境因素进行自动的监视和报警,如果该环境因素可被控制,应设计控制方案。

7.6.5 应对智能工厂按照安全管控级别进行区域划分和分级管理,必要时,区域和区域之间应物理隔离。智能工厂应依据业务要求和相关法律法规建立与之相适应的信息安全管理制度,并采取有效的措施进行评估、分析和改进,以满足信息安全管理的要求。安全技术要求应包括边界安全防护、网络安全、主机安全、数据安全、安全监测和应急预案演练等。

7.7 集成管理

7.7.1 网络互联是把智慧工厂内部的计算机网络、数控设备网络、生产物联/物流网络以及工厂网络实现相互连接;数据通信是在系统架构定义和网络互联的基础上,按照数据通信协议要求,定义数据类型和格式,实现智慧工厂内部数据的传输、存储等;信息互通是通过定义系统间消息传输和内容解析,基于数据通信实现系统间信息交互;集成优化与闭环操作是实现信息空间与物理空间之间基于数据自动流动的信息感知、实时分析、科学决策、优化执行的闭环体系。

7.7.3 对智慧工厂生产管理集成的功能要求,目的是通过网络连接的形式达到工厂与服务器之间的实时数据、数据汇总、追溯跟踪,配套扫码设备与二维码等核心模块,实现从订单到生产的全数字化、信息化管理、达到更高效、更准确、更节约的管理。

7.7.4 将企业的多源异构数据,包括生产装备运行数据、环境数据、工况数据、知识数据、经营数据、运营数据、成本数据等统一存储到大数据层,确保数据唯一、共享。对存储大小和计算规模进行不同的缩放,实现各种数据资产的自助集成、数据的管理和目录的生成、实时访问和批处理,支撑数据分析与工业模型构建。

7.7.5 智慧工厂仓储管理系统需集成多种通信协议,如 Modbus(适用于小型仓储系统,简单易集成)、Profibus(用于连接自动化系统中的传感器、执行器和控制器的现场总线协议)、Ethernet/IP(基于以太网,具备高速、高可靠性和灵活性,适用于高要求仓储系统)等。

7.7.6 状态监测应支持运维对象的运行状态监测、监测周期设置、周围环境监测;故障诊断应支持故障类型及触发条件设置和识别、故障预警及故障告警的触发条件设置和诊断结果、兼容未知的故障类型;故障预警应支持通过 APP、短信、电话等形式将预警信息推送、巡检工单及触发条件设置;运维管理应支持多种类型运维工单设置、自定义运维工单模板、多种运维工单派发方式、运维工单全流程

记录和跟踪；远程维护应支持运维对象的远程控制操作并反馈结果、远程调试和修改、远程固件升级；预测性维护应支持根据运维对象的状态监测数据及故障数据设置预测性维护策略，根据使用寿命、保养时间、更换备件时间进行预测。

8 运行与维护要求

8.1 一般规定

8.1.1 物理加工层涵盖生产设备、设施等实体硬件，其运行与维护聚焦于设备的日常巡检、故障维修、性能优化等工作，确保机械部件的正常运转，减少停机时间，维持生产流程的顺畅。数字化控制层则涉及工厂数字化系统、软件平台、数据网络等数字化要素，包括对生产管理系统、自动化控制系统、工业物联网平台的监控与维护，通过保障数据传输的准确性、系统运行的稳定性，实现对物理加工层的智能控制与决策支持。建立运行维护体系，能够系统性地整合物理与数字化层面的运维资源，形成统一的管理框架，提升运维效率与质量，促进智慧工厂的可持续发展。

8.1.2 物理加工层的多种实体组成包括：钢材数字化设备、产线、车间以及物料运输系统等。

8.1.3 数字化控制层的多种数字化系统包括：设备数字化系统、产线数字化系统、车间数字化系统、工厂数字化系统。

8.2 物理加工层运行与维护要求

8.2.1 标准化维修维护体系以计划工单为主要管理形式，利用智能移动终端完成维修维护的执行和反馈。针对典型故障，提供维护维修的经验库，能够基于采集的设备状态进行自诊断；对于维修过程，提供图文、视频等标准作业指导，确保设备安全稳定运行。

8.2.2 与设备相关的指标主要包括设备完好率、设备利用率、设备故障率、停机（或停产）时间、停机（或停产）次数、设备平均故障间隔时间等。

8.2.3 （物理加工层）故障管理是保障生产正常运行的重要环节。故障分类管理通过多角度配置故障类型，建立类型编码与名称的对应关系。故障树管理依据智慧工厂设备、产线、车间等的实际状况，构建涵盖设备、故障类型、部位、名称的存储结构，形成可灵活配置的信息维护体系。故障分析与经验库利用可视化工具深入剖析故障现象原因，提供诊断方案，并基于日常处理经验建立案例与处理经验库。故障处理以电子工单方式管理处理流程，完整保存处理过程记录，确保故障处理的规范性和可追溯性。

8.2.4 不同类型的（物理加工层）有不同的性能特点与使用要求，为确保设备正常运行，需结合设备类型、使用频率、运行环境等因素，应科学合理的制定健康评估内容。

8.2.5 通过采集设备运行过程中的各类参数（如温度、压力、转速、电流、振动频率等）以及系统日志记录的操作信息、故障信息等数据，运用数据分析算法、机器学习模型等技术手段，对设备当前的运行状况进行全面评估。基于运行状态的评估结果，针对不同设备的特性和潜在问题，制定个性化、具有针对性的预测性维护方案。

8.2.6 理论使用寿命基于零部件的设计标准、材料特性等因素确定，作为更换时间的基础参考。实际运行参数状态则通过实时监测零部件在运行过程中的应力、磨损、老化程度等数据，动态评估其实际剩余寿命。当实际运行数据显示零部件接近或达到理论使用寿命，或其性能参数超出正常范围，系统应及时发出更换提醒。对于超期使用的零部件，系统需立即触发报警机制，避免因零部件失效造成更大损失，确保设备和生产活动的安全。

8.3 数字化控制层运行与维护要求

8.3.1 运维体系需包含配置管理数据库、知识库、应急响应机制等核心模块，并通过定期评审优化体系有效性。

8.3.2 数据采集应覆盖设备运行参数、传感器信号、业务日志等多维度信息，并通过区块链技术确保数据不可篡改。

8.3.3 健康评估需输出设备健康指数及剩余使用寿命，并通过数字孪生实现数字化空间的故障复现与根因分析。

8.3.4 维护策略需包含备件库存优化、维修资源调度、维护效果评估等模块，并通过数字孪生仿真验证策略有效性。

8.3.5 安全防护需涵盖访问控制、入侵检测、数据加密等技术手段，并通过攻防演练提升应急处置能力。