

团 体 标 准

T/CFA XXXX—XXXX

基于砂型 3D 打印的铸造智能工厂通用要求

General requirements for intelligent factory construction based on sand mould 3D printing

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将你知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

202X - XX - XX 发布

202X - XX - XX 实施

中国铸造协会 发布

目 次

前言.....	II
1 范围.....	3
2 规范性引用文件.....	3
3 术语、定义和缩略语.....	3
4 铸造智能工厂系统架构.....	4
5 智能装备.....	5
6 单元系统.....	13
7 车间层信息系统.....	15
8 企业层信息系统.....	17
9 物联网系统.....	18
10 信息基础设施.....	19
11 建设要求.....	20
参考文献.....	21
图 1 智能工厂系统架构示意图.....	3

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。

本文件由中国铸造协会智能铸造工作委员会提出。

本文件由中国铸造协会归口。

本文件起草单位：XXXX、XXXX。

本文件主要起草人：XXXX、XXXX。

本文件为首次发布。

基于砂型 3D 打印的铸造智能工厂通用要求

1 范围

本文件规定了基于砂型3D打印的铸造智能工厂系统架构、智能装备、单元系统、车间层信息系统、企业层信息系统、物联网系统、信息基础设施和建设要求。

本文件适用于基于砂型3D打印的铸造智能工厂的规划、设计、建设或铸造工厂改造。

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 2887 计算机场地通用规范
- GB/T 3811 起重机设计规范
- GB 4053.1 固定式钢梯及平台安全要求 第1部分：钢直梯
- GB/T 5611 铸造术语
- GB/T 5959.1 电热和电磁处理装置的安全 第1部分：通用要求
- GB/T 10067.1 电热和电磁处理装置基本技术条件 第1部分：通用部分
- GB 14444 涂装作业安全规程 喷漆室安全技术规定
- GB/T 20721 自动导引车 通用技术条件
- GB/T 31005 托盘编码及条码表示
- GB/T 32155 袋式除尘系统装置通用技术条件
- GB/T 32567 抛丸器
- GB/T 37415 桁架式机器人通用技术条件
- GB/T 39681 立体仓库货架系统设计规范
- GB 39726 铸造工业大气污染物排放标准
- GB/T 42156 铸造砂型3D打印设备 通用技术规范
- GB/T 42627 机械安全 围栏防护系统 安全要求
- GB/T 43064.1 智能工厂建设导则 第1部分：物理工厂智能化系统
- GB/T 43325 铸造机械 铸件清理用切割、磨削和精整设备 安全技术规范
- T/CFA 031103.5 铸造数字化工厂通用技术要求

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

GB/T 5611 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

单元 unit

根据不同的铸造工艺过程，对铸造工厂进行划分形成的基本生产单元，如砂型铸造工厂可划分为砂型成形单元、熔炼浇注单元、后处理单元、加工单元等。各单元由对应的单元设备、单元管理与控制系统组成。

[来源：T/CFA 031103.5,3.2]

3.1.2

数字化工艺系统 digital process system

铸造工艺数字化设计应用的软件系统的总称。

注：铸造数字化工艺系统一般包括 CAD、CAE、CAPP 和 PDM。

3.1.3

智能装备 equipment and facilities

在物理工厂中直接参加生产活动或直接为生产服务的机器设备。

[来源：GB/T 43064.1,3.6]

3.1.4

铸造砂型 3D 打印设备 3D printing equipment for casting sand mould

采用3D打印技术制造砂型（芯）的数字化铸造工艺装备。

3.1.5

风洗 wind washing

通过压缩空气清除工件表面杂物的工序。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

API：应用程序编程接口（Application Programming Interface）

BOM：物料清单（Bill of Materials）

CAN：控制器局域网（Controller Area Network）

GPRS：通用分组无线服务技术（General Packet Radio Service）

HMI：人机界面（Human Machine Interface）

MPS：主生产计划（Master Production Schedule）

MRP：物料需求计划（Material Requirements Planning）

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

RF：射频（Radio Frequency）

SAP：企业管理解决方案软件（System Applications and Products）

SPC：统计过程控制（Statistical Process Control）

UA：统一架构（Unified Architecture）

4 铸造智能工厂系统架构

4.1 系统总体架构

基于砂型3D打印的铸造智能工厂在《国家智能制造标准体系建设指南(2021 版)》的指导下，设计系统总体架构。智能工厂系统总体架构包含设备层、单元层、车间层、企业层。单元主要由单元设备、控制与管理系统（以下简称“单元系统”）组成，包括成形单元、熔炼浇注单元、后处理单元及加工单元等。智能工厂系统架构见图 1。

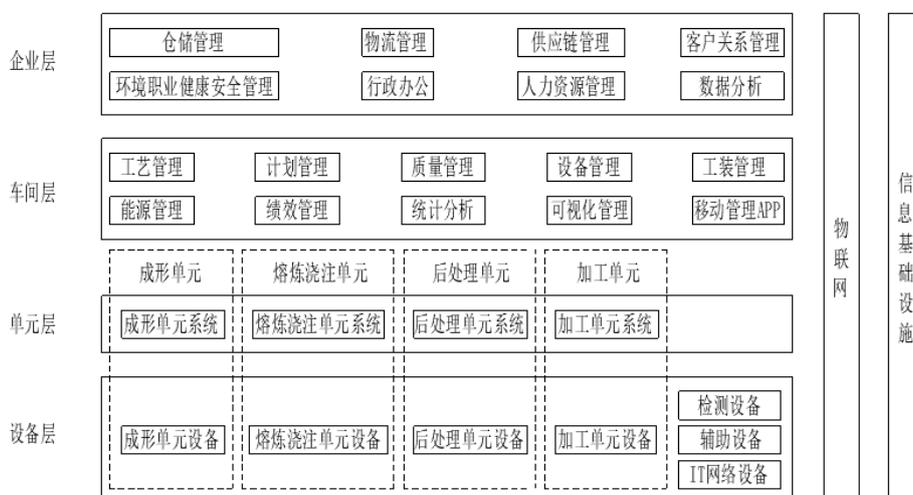


图1 智能工厂系统架构示意图

4.2 设备层

设备层是铸造智能工厂的核心硬件层，包括各单元设备及其控制系统、检测设备及其控制系统、辅助设备及其控制系统、IT网络设备及其管理系统。

4.3 单元层

单元层由各个单元系统构成，包括成形单元系统、熔炼浇注单元系统、后处理单元系统、加工单元系统。

4.4 车间层

车间层是对本车间所有资源的集成管理，主要由工艺管理、计划管理、质量管理、设备管理、工装管理、能源管理等构成，并实现与企业层、单元层的系统集成。

4.5 企业层

企业层由仓储管理、物流管理、供应链管理、客户关系管理、环境职业健康安全管理、行政办公管理、人力资源管理等构成，通过信息系统实现企业各业务系统间数据的全面集成和协同管控。

5 智能装备

5.1 成形单元设备

5.1.1 铸造砂型 3D 打印设备

铸造砂型3D打印设备应满足以下要求：

- 打印砂型精度及力学性能、控制系统、数据接口符合 GB/T 42156 的规定；
- 具备模块化组线能力；
- 每个铸造砂型 3D 打印设备工作箱或工作平台配备专属条码；
- 具备打印层数、打印时间等关键参数交互功能；

- e) 具备与成形智能单元通信功能，实现空箱及满箱信号持续稳定交互；
- f) 具备故障容错处理功能，流程完毕后可复位恢复；
- g) 具备液料恒温调整功能；
- h) 具备与其他设备对接、交互能力。

5.1.2 混砂供砂设备

混砂供砂设备应满足以下要求：

- a) 混砂系统适用砂子及粘结剂种类应适配铸造砂型 3D 打印设备；
- b) 混砂、供砂效率满足铸造砂型 3D 打印设备生产线用砂需求；
- c) 混砂供砂设备具备回用砂、再生砂混合、配比功能；
- d) 混砂设备的混砂均匀性符合 GB/T 42156 的规定；
- e) 混砂、供砂设备具备备用设备；
- f) 具备与其他设备对接、交互能力。

5.1.3 液料工作站

液料工作站应满足以下要求：

- a) 配备液位、温度、流量、压力等传感器；
- b) 具备液位、温度、液料消耗量等关键参数交互功能；
- c) 储液罐应有介质标识；
- d) 管路应有介质及流向标识；
- e) 液料工作站与液料接触的零部件具备防腐功能；
- f) 液料工作站具备漏液收集功能，且不同种类漏液应分开收集；
- g) 具备与其他设备对接、交互能力。

5.1.4 工作箱或工作平台转运设备

工作箱或工作平台转运设备应满足以下要求：

- a) 具备自主行走、自动定位功能；
- b) 具备手自动控制切换功能；
- c) 辊道转速应与铸造砂型 3D 打印设备辊道转速一致；
- d) 运行方向定位精度误差不大于 5mm；
- e) 高度方向对接偏差不大于 1mm；
- f) 额定载重满足最大负荷要求；
- g) 工作箱或工作平台有效转运尺寸应与铸造砂型 3D 打印设备配套；
- h) 控制系统、定位导航系统、安全防范系统符合 GB/T 20721 的规定；
- i) 具备位置、任务等关键信息交互功能；
- j) 操作界面应显示转运设备状态、运输命令等信息，并可控制相关信号；
- k) 具备与单元层信息系统集成功能；
- l) 具备与其他设备对接、交互能力。

5.1.5 工作箱或工作平台缓存辊道

工作箱或工作平台缓存辊道应满足以下要求：

- a) 具备铸造砂型 3D 打印设备工作箱或工作平台满箱及空箱缓存功能；
- b) 额定载重应满足最大负荷要求；

- c) 辊道输送尺寸应与铸造砂型 3D 打印设备工作箱或工作平台配套;
- d) 辊道转速应与工作箱或工作平台转运设备辊道转速一致;
- e) 运行定位精度应不大于 5mm;
- f) 单段辊道应可单独控制;
- g) 辊道应具备正反转功能;
- h) 辊道应具备点动功能;
- i) 辊道应具备工作箱或工作平台机械防跌落功能;
- j) 具备与其他设备对接、交互能力。

5.1.6 工作箱出型站

工作箱出型站应满足以下要求:

- a) 具备工作箱散砂清出功能;
- b) 具备工作箱散砂收集功能;
- c) 具备工作箱扫码功能;
- d) 具备与单元层信息系统集成功能, 实现按照指令出型;
- e) 具备与其他设备对接、交互能力。

5.1.7 砂型抓取机器人

砂型抓取机器人应满足以下要求:

- a) 额定载重应满足最大砂型重量要求;
- b) 夹爪开合范围应满足最大砂型抓取要求;
- c) 夹爪旋转轴、吊耳旋转角度应满足现场实际使用需求;
- d) 桁架抓手传动部位应采取密封措施, 防止砂子及涂料进入;
- e) 配备夹爪清洗装置;
- f) 设备重复定位误差不大于 0.5mm;
- g) 安全防范系统应满足 GB/T 37415 的规定;
- h) 具备与单元层信息系统集成功能, 实现砂型自动抓取;
- i) 具备与其他设备对接、交互能力。

5.1.8 砂型风洗设备

砂型风洗设备应满足以下要求:

- a) 传动机构应采取密封措施, 减少磨损;
- b) 压缩空气气管应采取密封措施, 减少老化磨损;
- c) 吹扫机构位置应根据不同砂型尺寸自动调节;
- d) 砂型风洗设备运行速度应可调节;
- e) 风洗后的浮砂应可收集、转运;
- f) 具备与其他设备对接、交互能力。

5.1.9 涂料工作站

涂料工作站应满足以下要求:

- a) 涂料工作站工作尺寸满足最大砂型尺寸要求;
- b) 具备涂料循环功能;
- c) 具备涂料防飞溅措施;

- d) 具备涂料防沉淀措施;
- e) 涂料波美度均匀性差异不应超过 10Be;
- f) 裸漏在外元器件应有防护措施;
- g) 涂料管路应有流向标识;
- h) 搅拌系统及涂料存储系统应配备料位传感器;
- i) 具备料位信号等关键参数交互功能;
- j) 具备与其他设备对接、交互能力。

5.1.10 砂型表干设备

砂型表干设备应满足以下要求:

- a) 表干后的砂型水分应满足工艺要求;
- b) 运行速度及表干时间应可调节;
- c) 加热室体应具备隔热保温措施;
- d) 表干室体、加热室体应配备温度传感器;
- e) 具备温度等关键参数交互功能;
- f) 具备与其他设备对接、交互能力。

5.1.11 立体仓库

立体仓库应满足以下要求:

- a) 货位数、货位额定承载、货位尺寸应满足现场使用需求;
- b) 出库口托盘定位精度应不大于 1.5mm;
- c) 立体仓库货架的材料、荷载等应符合 GB/T 39681 的规定;
- d) 立体仓库托盘条码应符合 GB/T 31005 的规定;
- e) 立体仓库的智能物流仓储管理系统应符合 GB/T 43064.1 的规定;
- f) 具备货物数量、名称、批次、托盘编码、仓位状态、入库时间、保质期等关键参数交互功能;
- g) 具备与其他设备对接、交互能力。

5.2 熔炼浇注单元设备

5.2.1 加配料设备

加配料设备应满足以下要求:

- a) 具备自动吸料、放料功能;
- b) 加料起重机应具备自动定位、自动行走功能;
- c) 加料起重机应具备防摇摆功能;
- d) 加料起重机应符合 GB/T 3811 的规定;
- e) 加料小车应具备自动行走、自动定位功能;
- f) 加料系统应具备料单接收功能,并按照下发料单及加料顺序进行自动配料;
- g) 自动配料误差不应超过下发应称值的 0.2%;
- h) 配备称重显示系统;
- i) 具备炉号、料坑号及各炉料加料重量等关键参数交互功能。

5.2.2 熔炼炉设备

熔炼炉设备应满足以下要求:

- a) 单个或多个熔炼炉单次总熔化金属液容量应满足浇注工艺要求；
- b) 熔炼炉熔化速度满足工艺节拍要求；
- c) 变质处理设备满足工艺要求及工艺节拍要求；
- d) 具备熔炼炉功率、电压、单炉耗电量、累计耗电量等关键参数交互功能；
- e) 熔炼炉技术要求符合 GB/T 10067.1 的规定；
- f) 熔炼炉安全要求符合 GB/T 5959.1 的规定。

5.2.3 转运、浇注设备

转运、浇注设备应满足以下要求：

- a) 金属液转运效率满足工艺要求；
- b) 具备浇注速度控制功能；
- c) 具备移动、定位功能；
- d) 具备相应的安全措施；
- e) 具备浇注工位金属液浇注时间、浇注时长、浇注重量等关键参数交互功能。

5.3 后处理单元设备

5.3.1 落砂破碎设备

落砂破碎设备应满足以下要求：

- a) 落砂台面尺寸满足最大砂型要求；
- b) 落砂台面承载能力满足最大载荷要求；
- c) 落砂、破碎效率满足生产节拍要求；
- d) 破碎后砂块尺寸不应超过 5mm；
- e) 落砂、破碎后的砂子应可输送至下一环节。

5.3.2 抛丸设备

抛丸设备应满足以下要求：

- a) 具备工件自动流转功能；
- b) 工件流转节拍或运行速度应可调；
- c) 配备人工补喷工位；
- d) 空气管路配备压力传感器；
- e) 具备压缩空气压力、抛头电流、叶片及护板使用时间等关键参数交互功能；
- f) 具备叶片、护板更换预警功能；
- g) 抛丸设备机械要求应符合 GB/T 32567 的规定；
- h) 具备与其他设备对接、交互能力。

5.3.3 切割、磨削及后处理设备

切割、磨削及后处理设备应符合 GB/T 43325 的规定。

5.3.4 热处理设备

热处理设备应满足以下要求：

- a) 最高加热温度应满足热处理最高温度要求；
- b) 升温速率应满足工艺要求；

- c) 炉温均匀性应满足最高工艺要求；
- d) 热处理设备最大装载量应满足生产需求；
- e) 热处理设备炉膛尺寸应满足生产需求；
- f) 具备可以接收单元层信息系统下发的工艺曲线功能。

5.3.5 喷漆设备

喷漆线设备应满足以下要求：

- a) 具备工件自动流转功能；
- b) 工件流转节拍或运行速度应可调节；
- c) 烘干温度应可调节；
- d) 配备废气收集、处理设备；
- e) 烘干室应配备温度传感器；
- f) 喷漆室应配备压差传感器；
- g) 具备温度、压差等关键参数交互功能；
- h) 喷漆室应符合 GB 14444 的规定。

5.4 加工单元设备

5.4.1 喷砂设备

喷砂房设备应满足以下要求：

- a) 喷砂后工件表面的粗糙度满足对应要求；
- b) 具备工件自动流转功能；
- c) 配备除尘系统；
- d) 具备与单元层信息系统集成功能。

5.4.2 清洗设备

清洗房设备应满足以下要求：

- a) 清洗水箱应配备加热系统；
- b) 具备清洗剂配比功能；
- c) 清洗压力应满足工件最大清洗压力要求；
- d) 配备废水处理装置；
- e) 清洗房室体应配备排湿、排气系统；
- f) 具备与单元层信息系统集成功能。

5.4.3 加工设备

加工设备应满足以下要求：

- a) 加工精度应满足最高精度要求；
- b) 加工范围及工作台承重应满足最大工件加工需求；
- c) 具备与单元层信息系统集成功能；
- a) 具备与其他设备对接、交互能力。

5.5 检测设备

5.5.1 金属液化学成分检测设备

金属液化学成分检测设备应满足以下要求：

- a) 测量元素种类及含量范围应满足当前产品检测需求；
- b) 测量工作曲线应满足当前产品检测需求；
- c) 具备区分炉次信息功能；
- d) 具备在线检测功能；
- e) 具备与单元层信息系统集成功能。

5.5.2 金属液温度检测设备

金属液温度检测设备应满足以下要求：

- a) 配备变送器及显示屏，显示当前枪号温度及测量温度；
- b) 具备区分炉次信息功能；
- c) 具备金属液温度检测结果交互功能。

5.5.3 砂型力学性能检测设备

砂型力学性能检测设备应满足以下要求：

- a) 具备砂型试块拉伸、压缩、弯曲力学性能测试功能；
- b) 适用砂型试块尺寸应符合 GB/T 42156 的规定；
- a) 具备砂型力学性能检测结果交互功能。

5.5.4 尺寸及力学性能检测设备

尺寸及力学性能检测设备应具备检测结果交互功能。

5.6 辅助设备

5.6.1 除尘设备

除尘设备应满足以下要求：

- a) 具备与其他设备对接，实现自动开启和延时关闭阀门功能；
- b) 具备根据除尘点开启数量自动调节风机频率功能；
- c) 配备出风口粉尘在线检测设备；
- d) 配备风压检测设备；
- e) 具备粉尘、风压等关键参数交互功能；
- f) 除尘设备的设计应符合 GB/T 32155 的规定。

5.6.2 砂处理设备

砂处理设备应满足以下要求：

- a) 热法再生砂灼减量不高于 0.20%，含泥量不高于 0.30%，含水量不高于 0.10%；
- b) 热法再生出口砂温不应高于 35℃；
- c) 配备料位、压力、流量等传感器；
- d) 具备砂库料位信息、压缩空气压力、流量等关键参数交互功能；
- e) 具备与单元层信息系统集成功能；
- f) 具备与其他设备对接、交互能力。

5.6.3 地磅

地磅应满足以下要求：

- a) 称量范围满足最大称重需求；
- b) 具备变送器，称重数据可以上传至上位系统；
- c) 具备去皮、车辆号码识别等功能；
- d) 具备视频监控功能；
- e) 具备 IC/RFID/身份证/二维码等多业务模式功能；
- f) 具备统计报表功能；
- g) 具备与单元层/车间层系统对接功能；
- h) 具备与单元层信息系统集成功能。

5.6.4 空压机

空压机应满足以下要求：

- a) 供气压力满足现场设备使用需求；
- b) 压缩后的空气含水量应该满足现场设备使用需求；
- c) 配备压力、流量、温度等传感器；
- d) 具备压缩空气压力、流量、温度、含水率、气电比等关键参数交互功能。

5.7 IT 网络设备

5.7.1 交换机

交换机应满足以下要求：

- a) 满足智能工厂中智能设备、软件系统稳定运行的带宽及转发速率要求；
- b) 具备访问控制功能、支持远程监控和管理功能；
- c) 支持 IEEE 802.3 标准协议，具有 100/1000Mbps 自适应端口及光纤接口；
- d) 部署在车间的交换机应满足车间内防尘、防潮、抗高低温等要求；
- e) 具备冗余备份能力，实现交换机的自动切换和快速恢复。

5.7.2 无线接入设备

无线接入设备应满足以下要求：

- a) 具备访问控制功能、支持远程监控和管理功能，可在 2.4GHz 及 5GHz 频段运行；
- b) 具备标准的接口，如以太网接口、PoE 供电接口，支持 IEEE 802.11a/b/g/n 等协议；
- c) 支持无线接入点/网桥/客户端等运行模式，并支持客户端模式下的无缝漫游及冗余无线连接功能；
- d) 满足车间内防尘、防潮、抗高低温等要求；
- e) 具备加密功能（如 WEP、WPA、WPA2 等）、访客网络的隔离等功能。

5.8 设备控制系统

5.8.1 概述

设备控制系统应具备多重防呆防错、人身安全与设备安全的传感检测与防护措施，具备数控化、网络化的控制器或软件系统。采用主流工业通信协议并开放访问权限，通过以太网等接口形式接入车间局域网，与第三方系统集成对接。

5.8.2 通信配置

通信配置应满足以下要求：

- a) 采用工业交换机，P1 口预留，严禁环网；
- b) 设备 IP 地址、子网掩码、默认网关等，按业主统一的 IP 分配表配置。

5.8.3 总控 PC

总控PC应满足以下要求：

- a) 内存 \geq 8G，CPU 为 I5 八代以上，硬盘 \geq 500G；
- b) 优先考虑开放 OPC UA、数据库或 API 接口等方式同第三方系统进行集成，以不低于 2Hz 频次，全年连续 24 小时不间断交互与访问，总控程序不得宕机或拒绝响应。OPC UA 应不限时长，不限链接数，数据库链接数 \geq 10。

5.8.4 基本变量

HMI或工控PC端实时监控关联设备传感器与执行器的实时数据与状态，包括但不限于运行、停止、报警、有效运行时间、累计运行时间、电耗、气耗、活动部位的运行位置、角度或速度等，这些变量应可提取。

5.8.5 字段预留

字段预留应满足以下要求：

- a) 预留工艺设定字段，及质量检测结果数据字段，如必要的原材料、半成品、成品过程及质量检测结果数据；
- b) 预留自身实现与前后序其他设备系统间数据对接或传递字段，不可出现数据断点。

5.8.6 设备联动

设备联动应满足以下要求：

- a) 设备间的联锁应通过硬件解决，并满足业主指定的产线自动运行要求，不论前后序设备是否由同一厂家提供；
- b) 与第三方软件系统交互的变量，设备本体控制器置位保持或记录数据后，由第三方硬件系统执行复位或清零清空操作。

5.8.7 手自动切换

手自动切换应满足异常手动处理完毕、现场数据恢复确认后，可接续自动运行，跟踪数据同步匹配。

5.8.8 设备报警

设备报警应满足以下要求：

- a) 电气控制系统具备过载、过流、欠压、短路、缺相、接地等保护装置；
- b) 所有报警详细信息可于 HMI 或工控 PC 端中予以记录、查询与展示。

5.8.9 环保传感

环保传感应包括在线颗粒物、VOCs、SO₂、NO_x、噪声等传感，应就近接入 PLC 或网关模块。

6 单元系统

6.1 成形单元系统

成形单元系统满足以下要求：

- a) 应获取计划管理模块的铸件排产计划，依据工艺设计参数，分解为制芯计划、组芯计划；
- b) 宜根据成形工序进行排产，形成工序计划；
- c) 宜根据工序计划形成工序产前准备清单，并进行汇报，包括不限于物料准备、设备状态、人员等；
- d) 宜与智能设备集成，并实现关键工艺数据的下发和采集，并记录分析；
- e) 实时采集设备的运行状态、运行参数、检验数据等，依据产品的工艺标准进行快速对标，超出工艺标准时进行异常提醒并记录；
- f) 对生产过程计划进行自动报工/人工报工及质量异常进行汇报；
- g) 对生产过程的物料消耗进行统计，并反写至上位系统，为成本核算提供依据。

6.2 熔炼浇注单元系统

熔炼浇注单元系统满足以下要求：

- a) 应获取计划管理模块的铸件排产计划，选择造型已完工的计划按照同炉规则，制定熔炼浇注计划；
- b) 宜根据熔炼计划形成产前准备清单，每班进行工序准备汇报，包括不限于物料准备、设备状态、人员等；
- c) 宜与自动加料、自动浇注、电炉等智能设备集成，并向设备下发配料单、浇注参数等关键数据，指挥设备按既定工艺参数执行，并实时采集过程数据，记录实际数据，便于信息追溯；
- d) 宜与化学成分检测、金属液温度检测等设备集成，记录过程质量数据并与工艺标准进行对比，超出工艺标准时进行异常提醒并记录；通过光谱数据与标准对比，系统快速给出建议配料值，指导生产；
- e) 对生产过程计划进行自动报工/人工报工及质量异常进行汇报；
- f) 宜采集熔化过程电能等能耗数据，形成吨电耗对比；
- g) 对生产过程的物料消耗进行统计，并反写至上位系统，为成本核算提供依据。

6.3 后处理单元系统

后处理单元系统满足以下要求：

- a) 应获取计划管理模块的铸件排产计划，依据工艺路线，形成工序计划；
- b) 宜根据工序计划形成工序准备清单，并进行汇报，包括不限于物料准备、设备状态、人员等；
- c) 宜与自动转运、自动抛丸、热处理、自动喷漆等智能设备集成，并向设备下发抛丸时间、热处理曲线、烘干时长等关键数据，指挥设备按既定工艺参数执行，并实时采集过程数据，记录实际数据，便于信息追溯；
- d) 实时采集设备的运行状态、运行参数、检验数据等，依据产品的工艺标准进行快速对标，超出工艺标准时进行异常提醒并记录；
- e) 对生产过程计划进行自动报工/人工报工及质量异常进行汇报；
- f) 对生产过程的物料消耗进行统计，并反写至上位系统，为成本核算提供依据。

6.4 加工单元系统

加工单元系统满足以下要求：

- a) 应获取计划管理模块的排产计划，形成加工工序计划；
- b) 宜根据工序计划形成工序准备清单，并进行汇报，包括不限于物料准备、设备状态、人员等；

- c) 宜与加工设备集成，并向设备下发加工程序、刀具等关键数据，指挥设备按既定工艺参数执行，并实时采集过程数据，记录实际数据，便于信息追溯；
- d) 实时采集设备的运行状态、运行参数、检验数据等，依据产品的工艺标准进行快速对标，超出工艺标准时进行异常提醒并记录；
- e) 对生产过程计划进行自动报工/人工报工及质量异常进行汇报；
- f) 宜建立刀具管理功能，实现对刀具的出入库管理；
- g) 对生产过程的物料消耗进行统计，并反写至上位系统，为成本核算提供依据。

7 车间层信息系统

7.1 工艺管理

工艺管理模块满足以下要求：

- a) 应采用一套系统统一管理与产品研发相关的产品、工艺、质量数据；
- b) 应规范工艺设计流程，通过系统开展工艺计划下发、工艺设计执行、工艺审批发布等业务；
- c) 应以参数化的形式管理各生产节点的工艺参数；
- d) 应具备产品生产的全过程数据维护功能，包括 BOM、工艺路线、关键过程控制参数、工艺卡、作业指导书；
- e) 应建立工艺版本管理的功能，通过版本升级、废弃等管理产品变更；
- f) 宜构建典型工艺库、缺陷库、专家库等应用模式，通过实现知识重用，为设计人员提供辅助决策支持。

7.2 计划管理

计划管理模块满足以下要求：

- a) 应建立有限产能的排产规则，根据产品交期、工序产能、工厂日历、设备运行状态、工装可用状态等多要素实现自动排产；
- b) 应建立月度、周、天的多级排产及各级的产能评估功能；
- c) 应建立排产计划的调整功能；
- d) 应基于月度、周、天的排产自动计算并生成物料需求计划；
- e) 应基于月度、周、天的排产自动计算并生成砂箱等工装工具的需求计划；
- f) 宜建立将计划下达至车间、班组、工序的功能；
- g) 应建立订单报工记录、统计、在制状态的统计功能。

7.3 质量管理

质量管理模块满足以下要求：

- a) 应基于 ISO 9001、IATF 16949 等铸造行业常用质量管理体系构建完整的质量管控流程；
- b) 应建立产品质检策划、质检计划、质量反馈、质量评审、质量追溯等闭环管控，确保铸件质量稳定；
- c) 应对铸造过程中所有关键物料的理化、性能、无损等专业检验数据进行集中管理，为产品质量追溯和分析提供有效的数据支撑；
- d) 宜建立质量报告在线申请、审核、校对、发布等流程。

7.4 设备管理

设备管理模块满足以下要求：

- a) 应建立设备台账、履历的管理功能，并按常规设备、特种设备、计量设备分类管理；
- b) 应建立设备维修计划录入、下达、审核、汇报、审批等功能，维修计划可按天、周、月等的时间维度制定；
- c) 应建立设备三级维护保养计划管理功能，系统进行保养计划的制定、审核、下达、汇报、审批、统计分析等操作；
- d) 应建立设备点巡检、设备报修的管理功能；
- e) 宜建立设备状态实时在线监控的功能，并将设备状态与计划排产联动，指导排产；
- f) 宜建立设备零部件使用寿命监控功能，通过监控设备使用情况，自动核算零部件的使用时间，依据零部件使用寿命提前预警，提醒更换。

7.5 工装管理

工装管理模块满足以下要求：

- a) 应建立工装、模具台账管理功能，维护工装、模具的基本信息，包括编码、寿命，质量检验情况等信息；
- b) 应建立工装、模具领用、入库功能，通过生产领用，系统自动记录工装模具使用次数，并能够提前预警；
- c) 应建立工装模具维修管理功能，通过生产使用次数自动发起或人为发起检修流程。

7.6 能源管理

能源管理模块满足以下要求：

- a) 宜建立工厂级、单元级、设备级的三级能耗的计量管理；
- b) 应建立设备、班组、综合等多维度的实时数据、历史数据的能耗分析；
- c) 宜建立能耗预警机制，针对突变量、超额量等预警提醒；
- d) 宜建立碳排放模型，监控各类能耗的碳排放占比。

7.7 绩效管理

绩效管理模块满足以下要求：

- a) 应建立车间绩效管理功能，按照不同工序的管控要求，维护相应的人工绩效核算标准；
- b) 系统依据工序日生产计划的完工情况，结合不同工序的绩效核算标准自动计算相应工序班组的人工绩效结果；
- c) 系统以不同产品的生产吨位作为比例，对绩效核算结果进行精细化分摊；
- d) 宜支持按照车间、产线、工序、产品等多个维度进行绩效成本数据统计。

7.8 统计分析

统计分析模块满足以下要求：

- a) 应建立生产、质量、成本等多维度的统计分析功能，为精细化管理提供指导；
- b) 宜引入 SPC、柏拉图、直方图等工具支撑数据分析，以图表、折线等多种形式展示。

7.9 可视化展示

可视化管理模块满足以下要求：

- a) 在关键位置宜建立工厂级、车间级、工序级的可视化展示系统；

- b) 可视化展示系统包含计划排产、生产在制、实时质量、设备状态、异常消息、提醒标语等内容。

7.10 移动管理 APP

移动管理APP满足以下要求：

- a) 移动管理 APP 与生产系统集成应用，宜安装在手机、PAD、PDA 等终端设备，进行生产报工、质量汇报、设备维修/保养等汇报操作；
- b) 宜建立消息提醒功能，对相关信息能够及时处理；
- c) 移动管理 APP 宜支持在线更新。

8 企业层信息系统

8.1 仓储管理

仓储管理应满足以下要求：

- a) 建立企业的仓储管理，支持原辅材料入库、生产领料、生产退料、生产入库、生产退库等功能；
- b) 建立各库间的盘点、调拨功能。

8.2 物流管理

物流管理应满足以下要求：

- a) 建立物流管理功能，包括生产物资配送、物流配送调度等功能；
- b) 建立货物发运、物流状态跟踪功能。

8.3 供应链管理

供应链管理应满足以下要求：

- a) 构建一站式采购的数字化管理模式，聚合铸造行业产业链上下游最优质供应链资源，建立铸造材料价格指数、供应商管理、寻源管理、订单管理、库存管理；
- b) 建立数据查询、商品管理、趋势分析、信息交流、个人设置等功能模块；
- c) 建立询价比价流程。

8.4 客户关系管理

客户关系管理满足以下要求：

- a) 应建立合同管理、商机管理、供应商评价等功能；
- b) 应记录市场营销和销售过程中和客户发生的各种交互行为，以及各类有关活动的状态，通过数据模型，为后期的分析和决策提供支持；
- c) 宜建立准入规则及供应商评价体系。

8.5 环境职业健康安全管理

环境职业健康安全管理满足以下要求：

- a) 应建立形成“全员、全过程、全方位、全天候”的安全风险管控体系，利用移动互联网、物联网等技术，实现从生产现场、安委会、公司集团的综合安全生产管理系统，来源可查、去向可追、责任可究、规律可循；

- b) 应建立风险管控机制，制定风险辨识任务，根据生产设备、工艺流程、作业活动等风险情况进行风险辨识、审核、形成风险清单，系统自动划分风险等级，并提供重大危险源基本信息、备案等信息；
- c) 应进行风险管控，对应急救援设施、救援物资、救援装备、救援力量等资源信息进行管理，制定模拟演练计划、演练过程控制、演练过程回放、演练流程调整、演练效果评估等功能；
- d) 应进行职业健康管理，预防和保护劳动者免受职业性有害因素所致的健康影响和危险，记录每位安全工作人员体检信息，并定时检查，进行职业病危害申报及备案管理；
- e) 宜进行物联监控，对企业环境指标进行监测、分析与评估，如气体、粉尘、温度、湿度、风速、压力、液位、噪音、辐射等，并对异常信息进行预警提示，根据安全监管监察机构要求及相关标准，将关键安全参数、视频信号等接入系统；
- f) 宜对事故进行管控，实现事故事件上报与审批、事故调查与根源分析、制定事故调查报告、实施整改措施并验收、持续改进，历史事故事件的查询与统计分析。

8.6 行政办公

行政办公满足以下要求：

- a) 应具备办公设备采购申请、物品领用申请、用餐申请、用车申请、用印申请、发文审批、合同审批等功能；
- b) 宜构建资产购置申请、资产调拨申请、资产验收申请、资产报废申请等功能；
- c) 宜构建设置会议室，会议录入、会议提醒、会议纪要下发等功能。

8.7 人力资源管理

人力资源满足以下要求：

- a) 宜构建员工花名册（基本信息、工作信息、个人信息、学历信息、银行账户信息、合同信息、家庭信息、紧急联系人信息等分组配置）、员工关怀等功能；
- b) 宜构建员工入职登记，审批管理，转正管理，合同管理，离职审批，离职交接管理，人事异动（入职、转正、调岗、离职）等功能；
- c) 宜建立考勤，请假审批，补签卡等功能。

8.8 数据分析

数据分析满足以下要求：

- a) 宜整合所有业务系统的数据，如供应链管理系统、客户关系管理系统、单元系统等各种系统数据，并进行综合分析处理；
- b) 宜建立数据处理模型，以不同的形式展示；
- c) 宜构建数据自动推送功能。

9 物联网系统

9.1 工控网络

设备控制器至数采服务器间网络要求应包括以下要求：

- a) 速率：上下行 $\geq 100\text{Mbps}$ ；
- b) 时延： $\leq 50\text{ms}$ ；
- c) 抖动： $-10\% \sim 10\%$ ；

- d) 丢包率： $\leq 0.1\%$;
- e) 网线线距： $\leq 70\text{m}$;
- f) 时延、抖动、丢包率等参数，以 Pingplotter 作为测试依据;
- g) 采用六类屏蔽网线与屏蔽水晶头，屏蔽层标准压接，端口源、目的地、去向等信息按统一规则标识，标签字迹清晰持久;
- h) 光纤采用单模光纤，芯数预留量不少于 30%;
- i) 无线设备同时支持 2.4GHz 和 5GHz，支持无缝或增强漫游，信道预留量不少于 30%，且任意信息接入点信号强度不低于 -60dbm ;
- j) 工控安全软硬件设置，需满足上位系统与底层设备之间的正常通信。

9.2 物联组网

RS232/RS422/RS485串口、USB口、CAN口、光纤、Lora、RF、ZigBee、GPRS/3G/4G等有线或无线通信，应通过各工业级网关或模块，将其转换为以太网接口，就近接入车间局域网。

9.3 数采交互

搭建统一的数据采集平台或软件，支持主流工业通信协议与IT协议，以变量池形式汇集硬件设备及传感仪表数据，支撑软硬件系统间的双向集成，应具备以下功能：

- a) 具备开机自启、断线重连及网络异常提醒等功能;
- b) 可对协议开放的非主流通信协议，快速进行驱动的定制开发;
- c) 具备边缘计算功能，满足二次变量的复杂算术逻辑运算功能;
- d) 访问触发、变化触发、定时触发、信号触发数采存储方式可配置;
- e) 单一数采客户端即可监视不同服务端变量，无须远程服务器系统;
- f) 具备常见 IOT 网关通信及协议转发映射功能，与第三方系统快速集成对接。

10 信息基础设施

10.1 计算机机房

计算机机房满足以下要求：

- a) 应至少按照 GB/T2887 规定的计算机机房 B 等级进行建设;
- b) 宜包含门禁系统、精密空调、不间断电源、网络与布线系统、电磁屏蔽、消防系统等;
- c) 安全防护应按照 GB/T2887 的安全防护规定执行。

10.2 计算机网络

计算机网络满足以下要求：

- a) 网络拓扑结构应满足工厂软硬件系统功能及数据传输要求，具备灵活、可扩展性和可管理性;
- b) 网络传输介质应满足工厂设备数据采集和传输要求，宜使用光纤和屏蔽双绞线作为传输介质;
- c) 应根据设备及软件系统运行的数据流量、服务质量、访问要求等配置网络设备;
- d) 工厂内部网络系统与工厂外部网络间宜配置网闸、防火墙等安全设备进行安全防护。

10.3 服务器

服务器满足以下要求：

- a) 应根据工厂软件系统运行要求配置 CPU、内存、硬盘、冗余电源等;

- b) 服务器应配置独立磁盘冗余阵列；
- c) 应按照软件系统运行要求配置服务器操作系统；
- d) 宜采用分布式、云计算、集群、负载均衡等技术架构。

10.4 数据备份系统

数据备份系统应满足以下要求：

- a) 根据工厂软件系统运行当前和未来的数据量大小配置相应的备份空间；
- b) 实现将软件系统运行产生的数据从服务器中复制到其他存储设备中；
- c) 具备手动或自动化数据备份功能。

10.5 网络安全

配置以下设备并有效运行，最大限度保护网络安全：

- a) 应配置日志审计系统，并将网络设备、服务器、软件系统等产生的日志数据保存在日志审计系统中，且日志数据应保留至少 6 个月；
- b) 应配置防火墙、入侵检测、入侵防御等设备，保护网络边界安全；
- c) 应配置防病毒、主机安全等软硬件，保障终端不受病毒威胁；
- d) 宜配置堡垒机，实现用户运维操作的控制和审计；
- e) 应定期对工厂软硬件系统开展信息安全风险评估。

11 建设要求

建设要求包括：

- a) 基于砂型 3D 打印的智能铸造工厂建设应符合 GB/T 43064.1 的规定；
- b) 智能设备布局应遵循可扩展、空间利用率高、流程最优、干涉最少的原则；
- c) 智能工厂应配备除尘、废气处理、废水处理等设备，排放物应符合 GB 39726 的规定；
- d) 智能设备控制柜内部应悬挂电缆标牌，便于检修；
- e) 建设过程中，应充分考虑设备排废方式及排废路径；
- f) 建设过程中，应充分考虑设备对温度及湿度等要求；
- g) 智能设备的围栏制作规范应符合 GB/T 42627 的规定；
- h) 智能设备基础的爬梯制作规范应符合 GB 4053.1 的规定；
- i) 建设过程中，工作箱或工作平台转运设备行驶区域地面平整度应不高于 5mm/m²；
- j) 建设过程中，应充分考虑工作箱或工作平台转运设备信号遮挡问题，避免信号丢失；
- k) 建设过程中，应充分考虑车间通风、换气、采光等要求。

参考文献

- [1] GB/T 33745 物联网 术语
 - [2] GB/T 38129 智能工厂 安全控制要求
 - [3] GB/T 40693 智能制造 工业云服务 数据管理通用要求
 - [4] GB/T 41255 智能工厂通用技术要求
 - [5] T/CFA 03110320 铸造企业数字化管理通用要求
-