

# 冶金粉末生产全流程质量追溯与智能化管控体系构建

李 宝

宁夏机械研究院股份有限公司 宁夏 银川 750011

**摘 要：**随着冶金行业对产品质量要求的不断提升，构建全流程质量追溯与智能化管控体系成为冶金粉末生产企业提升竞争力的关键。本文深入分析冶金粉末从原料采购到后处理的完整生产流程，剖析烧结工艺追溯断点、传统追溯局限等质量追溯难点，阐述智能化管控体系内涵与架构，结合生产流程优化、质量追溯系统设计、智能化管控平台搭建及人员培训制度完善等策略，探索构建科学高效的冶金粉末生产全流程质量追溯与智能化管控体系，旨在为冶金粉末生产企业实现精细化管理、提升产品质量提供理论与实践参考。

**关键词：**冶金粉末；生产全流程；质量追溯；智能化；管控体系；构建

**引言：**在现代制造业高速发展的背景下，冶金粉末作为重要的基础材料，其质量直接影响下游产品性能与可靠性。然而，冶金粉末生产过程复杂，涵盖原料采购、粉末制备、成型、烧结及后处理等多道工序，任一环节出现质量问题都可能导致产品缺陷。传统生产管理模式，质量追溯效率低、智能化水平不足，难以满足企业对产品质量精准把控的需求。因此，构建全流程质量追溯与智能化管控体系，成为冶金粉末生产企业优化生产流程、提高产品质量、增强市场竞争力的必然选择，对推动冶金行业高质量发展具有重要意义。

## 1 冶金粉末生产流程分析

### 1.1 原料采购与检验

优质的原料是生产高质量冶金粉末的基础。在原料采购阶段，需要严格筛选供应商，对原料的成分、品位、杂质含量等进行详细的检测和分析。例如，对于铁矿石等主要原料，要确保其品位和杂质含量符合特定的质量标准，以保证后续生产过程的稳定性和产品质量。同时，对于其他辅助原料，如焦炭、石灰石等，也需要进行同样严格的质量把控，防止其引入不必要的杂质和缺陷。原料检验环节通常采用化学分析、光谱分析等先进的检测技术，确保原料质量符合要求。

### 1.2 粉末制备

粉末制备是冶金粉末生产的核心环节之一。常见的粉末制备方法包括氧化物还原法和机械法等。在氧化物还原法中，通过化学反应将金属氧化物还原为金属粉末，需要严格控制反应温度、压力、气氛等参数，以保证粉末的纯度和粒度分布。机械法则是通过机械破碎、研磨等方式将金属原料制成粉末，这种方法制备的粉末粒度分布较宽，但具有工艺简单、成本较低的优点。在粉末制备过程中，还需要对粉末的粒度、形貌、成分等进行实

时监测和调整，确保粉末质量满足后续生产的要求。

### 1.3 成型工艺

成型工艺是将粉末制成具有一定形状和尺寸的坯体的过程。常见的成型方法有加压成型和无压成型等。加压成型是通过施加压力使粉末颗粒相互靠近，形成具有一定强度的坯体，适用于生产形状复杂、尺寸精度要求高的零件。无压成型则是利用粉末自身的粘结性或添加粘结剂使粉末成型，工艺简单，但坯体的强度相对较低。在成型过程中，需要严格控制成型压力、保压时间、模具温度等参数，以保证坯体的质量和尺寸精度。

### 1.4 烧结处理

烧结处理是冶金粉末生产的关键环节，它决定了最终产品的物理和机械性能。烧结过程中，坯体在高温下发生颗粒间的扩散和结合，使坯体致密化，提高其强度和硬度。烧结工艺的关键参数包括烧结温度、时间、气氛等。烧结温度过高或过低、时间过长或过短、气氛不合适等都会影响产品的质量。例如，烧结温度过高可能导致产品过烧，出现晶粒长大、性能下降等问题；烧结温度过低则可能导致产品烧结不充分，强度不足。因此，需要对烧结过程进行精确控制，采用先进的温度控制系统和气氛监测设备，确保烧结质量。

### 1.5 后处理工艺

后处理工艺是对烧结后的产品进行进一步加工和处理的环节，以提高产品的性能和表面质量。常见的后处理工艺包括精整、浸油、电镀、机加工、热处理等。精整工艺可以去除产品表面的毛刺和缺陷，提高产品的尺寸精度和表面光洁度；浸油工艺可以在产品表面形成一层油膜，起到润滑和防锈的作用；电镀工艺可以提高产品的耐腐蚀性和装饰性；机加工工艺可以对产品进行精密加工，满足不同的尺寸和形状要求；热处理工艺可以

改善产品的内部组织结构,提高其力学性能<sup>[1]</sup>。

## 2 冶金粉末生产质量追溯难点剖析

### 2.1 烧结工艺追溯断点

在冶金粉末生产过程中,烧结工艺是主要的追溯“断点”。由于烧结炉高温的影响,无法使用标签或者RFID等技术进行追踪。同时,在烧结前半成品还较松散,其状态不允许在该表面上打刻条码。而且,在烧结后,产品的尺寸会收缩(收缩的幅度各异,部分可达40%以上),若在产品上打印条码等信息,从烧结炉出来后,条码的尺寸也会发生变化而无法识别。这使得在烧结过程中,各种追溯技术失效,难以实现对产品的单件追溯。

### 2.2 传统追溯方式局限性

传统的纸质记录生产过程信息的方式存在诸多局限性。各部门信息共享存在障碍,无法及时进行质量控制、改进和追溯。当产品出现质量问题时,不能及时、准确地找到原因。此外,纸质记录容易丢失、损坏,数据的准确性和完整性难以保证。而且,传统追溯方式无法实时获取生产过程信息,生产进度不透明,计划执行有效性难以保证,也不利于生产过程的成本核算和质量

### 2.3 不同生产方式追溯差异

冶金粉末生产企业的生产方式主要分为大批量小品种生产和小批量生产。不同的生产方式对追溯的要求也不同。在大批量小品种生产方式下,可以采用批次追溯的方式,通过对载具(如产品车和托盘等)进行追踪,利用进出的队列批号的对应,实现对产品生产过程的追溯。而在小批量生产方式下,一般需要对单件进行追溯,此时若只针对托盘进行追溯,已无法实现对单件的追溯,需要采用其他更复杂的追溯方式,这增加了追溯的难度和成本<sup>[2]</sup>。

## 3 冶金粉末生产智能化管控体系内涵与架构

### 3.1 智能化管控体系内涵

冶金粉末生产智能化管控体系是以信息技术、自动化技术和现代管理技术为基础,对冶金粉末生产全流程进行实时监控、智能决策和优化控制的管理系统。它通过集成生产设备、传感器、执行器等硬件设施,以及生产管理系统、质量追溯系统、数据分析系统等软件平台,实现生产过程的自动化、信息化和智能化。智能化管控体系的核心目标是提高生产效率、保证产品质量、降低生产成本、提升企业的竞争力。

### 3.2 体系架构设计

冶金粉末生产智能化管控体系的架构主要包括数据

采集层、网络传输层、数据处理层和应用层。数据采集层负责采集生产过程中的各种数据,如设备运行参数、产品质量数据、环境数据等,通过传感器、仪表等设备实现数据的实时获取。网络传输层将采集到的数据传输到数据处理层,采用有线或无线网络技术,确保数据的快速、稳定传输。数据处理层对采集到的数据进行存储、分析和处理,运用大数据分析、人工智能等技术挖掘数据中的价值信息,为生产决策提供支持。应用层则根据数据处理层的结果,实现生产过程的实时监控、质量追溯、设备管理、生产计划调度等功能,为用户提供直观、便捷的操作界面。

### 3.3 关键技术支撑

冶金粉末生产智能化管控体系的关键技术包括物联网技术、大数据分析技术、人工智能技术和自动化控制技术等。物联网技术实现了生产设备、传感器、执行器等之间的互联互通,使生产过程的数据能够实时采集和传输。大数据分析技术对海量的生产数据进行分析 and 处理,挖掘数据中的潜在规律和价值信息,为生产决策提供依据。人工智能技术通过机器学习、深度学习等算法,实现对生产过程的智能预测和优化控制。自动化控制技术则实现了生产设备的自动化运行和精确控制,提高了生产效率和产品质量<sup>[3]</sup>。

## 4 冶金粉末生产全流程质量追溯与智能化管控体系构建策略

### 4.1 生产流程优化与标准化

为了实现全流程质量追溯,首先需要对冶金粉末生产流程进行优化和标准化。对原料采购、粉末制备、成型工艺、烧结处理和后处理工艺等各个环节进行详细分析,找出存在的问题和改进点。制定统一的生产标准和操作规范,明确每个环节的质量要求和工艺参数,确保生产过程的稳定性和可重复性。通过流程优化和标准化,减少生产过程中的变异和不确定性,为质量追溯提供可靠的基础。

### 4.2 质量追溯系统设计

#### 4.2.1 追溯信息采集

在生产过程中,需要采集各种追溯信息,包括原料批次信息、工单信息、模具信息、设备信息、操作人员信息、工艺参数信息等。通过在生产设备上安装传感器、扫码枪等设备,实现对追溯信息的实时采集。例如,在原料入库时,通过扫码枪扫描原料包装上的条码,获取原料批次信息;在生产过程中,通过传感器采集设备的运行参数,如温度、压力、转速等。

#### 4.2.2 追溯编码规则制定

制定合理的追溯编码规则是实现质量追溯的关键。追溯编码应具有唯一性、可识别性和可扩展性。可以采用批次号、产品编号、序列号等方式对产品进行编码,将追溯信息与编码进行关联。例如,对于大批量小品种生产的产品,可以采用批次号进行追溯;对于小批量生产的产品,可以采用序列号进行单件追溯。同时,追溯编码应包含足够的信息,以便在需要时能够快速准确地查询到产品的生产过程信息。

#### 4.2.3 追溯数据库建立与管理

建立专门的追溯数据库,用于存储和管理采集到的追溯信息。追溯数据库应具有高效的数据存储和查询能力,能够快速响应追溯查询请求。采用关系型数据库或非关系型数据库对追溯信息进行分类存储,如原料信息表、生产过程信息表、产品质量信息表等。同时,建立数据备份和恢复机制,确保追溯数据的安全性和完整性。定期对追溯数据库进行维护和优化,提高数据库的性能和稳定性。

#### 4.3 智能化管控平台搭建

##### 4.3.1 生产过程实时监控

搭建生产过程实时监控系統,通过可视化界面实时显示生产设备的运行状态、工艺参数、产品质量等信息。利用传感器和物联网技术,将生产现场的数据实时传输到监控中心,实现对生产过程的远程监控。当生产过程中出现异常情况时,系統能够及时发出警报,通知相关人员进行处理。例如,当设备温度超过设定值时,系統自动发出警报,并显示设备的位置和相关信息。

##### 4.3.2 智能决策与优化控制

运用大数据分析和人工智能技术,对生产过程数据进行分析和挖掘,建立生产过程模型和预测模型。根据模型结果,实现生产过程的智能决策和优化控制。例如,通过对历史生产数据的分析,预测设备的故障发生概率,提前进行维护保养;根据产品质量数据,调整生产工艺参数,优化生产过程,提高产品质量。

##### 4.3.3 设备管理与维护

建立设备管理系统,对生产设备的档案信息、运行状态、维护记录等进行全面管理。通过传感器实时监测设备的运行参数,预测设备的故障发生时间,制定合理的维护计划。利用移动终端设备,实现设备维护人员的

实时调度和任务分配,提高设备维护效率。同时,对设备维护成本进行分析和统计,为设备更新和改造提供决策依据。

#### 4.4 人员培训与制度完善

##### 4.4.1 人员培训

加强对员工的培训,提高员工的质量意识和操作技能。培训内容包括质量追溯体系的相关知识、智能化管控系统的操作方法、生产工艺和质量控制要点等。定期组织员工进行技能考核和竞赛,激励员工不断提高自身素质。同时,培养员工的创新意识和团队合作精神,为企业的智能化发展提供人才支持。

##### 4.4.2 制度完善

建立健全质量追溯和智能化管控的相关制度,明确各部门和人员的职责和权限。制定质量追溯流程和应急预案,确保在出现质量问题时能够迅速响应和处理。建立绩效考核制度,将质量追溯和智能化管控工作纳入员工绩效考核体系,激励员工积极参与质量追溯和智能化管控工作。同时,加强对制度的执行和监督,确保制度的有效实施<sup>[4]</sup>。

#### 结束语

通过对冶金粉末生产流程的系統梳理、质量追溯难点的剖析,以及智能化管控体系的构建策略研究,形成了一套覆盖全流程的质量追溯与智能化管控方案。该体系的落地实施,可有效解决传统生产管理中的痛点,实现生产数据实时监控、质量问题精准溯源,提升生产效率与产品质量稳定性。但随着行业技术革新,智能化管控体系仍需不断迭代升级,融合更多前沿技术,持续优化功能模块。

#### 参考文献

- [1]郝旭,张德印,贾宝瑞,等.粉末冶金法制备高速钢研究进展[J].粉末冶金技术,2024,42(6):665-673.
- [2]余三友.智能化管控技术在冶金行业较大危险作业中的应用[J].中国金属通报,2025(2):124-126.
- [3]魏甲明,邓升安,姚亮,等.关于冶金行业能源管理的研究与思考[J].中国有色冶金,2024,53(4):151-152.
- [4]金龙.基于智慧理念的冶金工程智能集中管控系統研发与应用[J].中国机械,2021(21):247-248.