硫铁矿制酸生产过程中的关键技术创新与应用

廖东芳

韶关市广宝化工有限公司, 广东 韶关 512127

DOI:10.61369/ERA.2025080020

摘要：介绍硫铁矿制酸生产工艺，包括原料预处理等工序，指出面临原料适应性等问题。阐述研发的新技术，如流态化动态焙烧装置等，提升了效率。还涉及到节能、设备可靠性、智能控制等创新及应用效果，强调可持续发展方向。

关键词：硫铁矿制酸；技术创新；可持续发展

Key Technological Innovation and Application in Sulfur Iron Ore Acid Production Process

Liao Dongfang

Shaoguan Guangbao Chemical Co., LTD., Shaoguan, Guangdong 512127

Abstract : This paper introduces the sulfur-iron ore acid production process, including raw material pretreatment and other procedures, highlighting issues such as raw material adaptability. It elaborates on new technologies developed, such as fluidized dynamic roasting equipment, which have improved efficiency. The paper also discusses innovations and application effects in energy conservation, equipment reliability, and intelligent control, emphasizing the direction of sustainable development.

Keywords : sulfur and iron ore acid production; technological innovation; sustainable development

引言

随着环保要求的日益严格，如2021年实施的《关于加强高耗能、高排放建设项目生态环境源头防控的指导意见》等政策的出台，对工业生产的节能减排、污染治理等方面提出了更高要求。硫铁矿制酸生产作为重要的化工生产过程，面临着原料适应性差、热能利用率低、尾气治理难等诸多问题。在此背景下，该领域不断探索关键技术创新，包括工艺优化、设备升级与智能控制等方面，旨在提高生产效率和产品质量，降低成本，减少污染排放，实现可持续发展，以适应政策导向和市场需求。

一、硫铁矿制酸生产工艺现状分析

(一) 典型工艺流程解析

硫铁矿制酸生产工艺主要包括原料预处理、沸腾焙烧、气体净化、转化吸收等核心工序。原料预处理旨在提高硫铁矿的品位和粒度均匀性，为后续焙烧创造良好条件。沸腾焙烧过程中，通过控制温度、空气流量等参数，确保硫铁矿充分反应，提高焙烧效率^[1]。生成的炉气含有杂质，需经过气体净化，去除其中的灰尘、砷、氟等有害物质。转化吸收工序则是将净化后的二氧化硫气体在催化剂作用下转化为三氧化硫，并被浓硫酸吸收，该过程中转化率的控制至关重要，需精准调控温度、压力和气体流量等因素。这些工序紧密衔接，共同构成了硫铁矿制酸的典型工艺流程。

(二) 现有技术瓶颈诊断

硫铁矿制酸生产面临诸多技术瓶颈。在原料适应性方面，硫铁矿成分复杂多变，不同产地的矿石品质差异大，导致生产过程中原料处理难度增加，对后续反应稳定性产生影响^[2]。热能利用率

上，传统工艺存在较大的能效损失。反应产生的大量热能未能得到充分有效的利用，部分热量在传递和转换过程中散失，增加了生产成本，降低了生产效益^[2]。尾气治理也是关键问题，传统工艺的尾气中含有二氧化硫等污染物，排放难以达到日益严格的环保标准，对环境造成污染，同时也面临着环保监管的压力^[2]。

二、关键技术创新体系构建

(一) 焙烧工艺优化技术

研发流态化动态焙烧装置，其独特的设计使硫铁矿在焙烧过程中能够更充分地地与空气接触，提高反应效率^[3]。同时，智能温控系统的应用确保了焙烧温度的精确控制，避免因温度过高或过低影响硫铁矿的转化。建立基于矿石粒径分布的氧硫比动态调节模型，能够根据矿石粒径的实际情况，实时调整氧硫比，使反应更加充分和高效。这些技术的综合应用，实现了硫铁矿在焙烧工艺中的高效转化，提高了生产效率和产品质量，降低了能源消耗和

效益。

（二）余热梯级利用技术

创新设计高温烟气余热发电与中低温热能回收联用系统，充分利用硫铁矿制酸过程中不同温度段的余热。通过合理配置设备和工艺流程，将高温烟气的热能首先用于发电，实现能量的高效转换^[4]。对于中低温热能，采用专门的回收装置进行收集和再利用，例如用于预热原料或提供生产过程中的其他热需求。同时，构建焙烧工序能源网络优化模型，综合考虑各种能源的输入、输出和利用效率，通过优化算法对能源网络进行调整和优化，使得系统整体热效率能够提升至85%以上，有效提高了能源利用水平，降低了生产成本。

三、技术创新对生产效能的提升机制

（一）工艺参数优化效果

1. 焙烧转化率提升路径

在硫铁矿制酸生产中，通过进料粒度控制与反应动力学优化实现了焙烧转化率的显著提升。合适的进料粒度分布可增大反应物接触面积，促进反应进行。同时，对反应动力学的深入研究使得反应条件更精准地匹配，加速了反应速率。例如，通过调整温度、压力及气体流量等参数，依据反应动力学原理，找到最佳平衡点，使硫铁矿有效硫转化率提升至99.2%以上^[5]。这种优化不仅提高了生产效率，还减少了原料浪费，对整个硫铁矿制酸生产过程的经济性和环保性都具有重要意义。

2. 系统能耗降低方案

通过对硫铁矿制酸生产过程中的工艺参数进行优化，实现了显著的效果。例如，对反应温度、压力等关键参数的精确控制，提高了反应的转化率和选择性，从而提升了产品质量和产量。同时，在系统能耗降低方面，实施了一系列有效的方案。其中，热能系统集成改造是关键举措之一，通过合理配置和优化热能利用环节，减少了能源的浪费。这使得单位产品综合能耗大幅下降，降至8.5GJ/t的行业先进水平^[6]，提高了能源利用效率，降低了生产成本，增强了企业在市场中的竞争力。

（二）设备运行稳定性强化

1. 关键设备可靠性设计

开发耐腐蚀合金材料与防结疤装置是关键设备可靠性设计的重要举措。耐腐蚀合金材料能够抵御生产过程中各类腐蚀介质的侵蚀，确保设备的结构完整性和性能稳定性。例如，在转化器等关键设备中使用，可减少因腐蚀导致的设备损坏和故障。防结疤装置则能有效防止物料在设备表面结疤，保持设备的良好传热和传质性能。这不仅提高了设备的运行效率，还降低了设备的维护成本和停机时间。通过这些技术创新，转化器触媒的使用寿命得以延长至5年以上，显著提升了设备的可靠性和生产效能^[7]。

2. 智能控制系统构建

在硫铁矿制酸生产中，智能控制系统构建对设备运行稳定性强化至关重要。通过应用DCS系统实现工艺参数实时优化，能精准控制生产过程中的各项指标。该系统可对温度、压力、流量

等关键参数进行实时监测和反馈调整，确保设备在最佳工况下运行，有效减少因参数波动导致的设备损耗和故障。例如，它能够根据反应的实时情况自动调节物料的进料速度和反应温度，避免因局部过热或物料配比不当引发的设备问题。同时，借助系统的故障诊断功能，可及时发现潜在故障隐患并提前采取措施，从而使设备故障率显著降低至0.3次/月，极大地提升了设备运行的稳定性和可靠性，为生产效能的提升提供了有力保障^[8]。

四、产业化应用实践与效益评估

（一）典型企业应用案例

1. 技改实施方案

该企业在硫铁矿制酸生产过程中，针对关键技术进行了创新应用与工程实施。在原料预处理环节，采用先进的破碎与筛分设备，提高原料粒度均匀性，确保后续反应稳定^[9]。在焙烧工序，引入高效焙烧炉，优化焙烧温度和通风条件，提高硫铁矿的转化率。同时，对制酸系统的净化、转化和吸收等关键步骤进行技术升级。净化过程中，采用新型的洗涤塔和除雾器，有效去除杂质。转化环节，使用高性能催化剂，提升转化效率。在吸收工序，改进吸收塔结构和喷淋系统，提高硫酸产品质量。通过这些技术集成与工程实施路径，企业实现了生产效率提升和产品质量优化。

2. 运行效果跟踪

某典型企业应用硫铁矿制酸生产过程中的关键技术创新后，取得了显著运行效果。改造后，二氧化硫转化率提升2.8个百分点，这意味着原料的利用更加充分，减少了二氧化硫的排放，符合环保要求的同时提高了生产效率^[10]。蒸汽自给率提高至120%，不仅满足了企业自身生产过程中对蒸汽的需求，还有多余的蒸汽可用于其他环节或对外供应，降低了能源成本，增加了企业的经济效益。这些关键指标的改善，充分证明了该技术创新在产业化应用中的可行性和优势，为硫铁矿制酸行业的发展提供了有力的支撑。

（二）经济效益分析

1. 成本节约测算

硫铁矿制酸生产过程中通过关键技术创新实现了显著的成本节约。在原材料方面，通过优化硫铁矿的选取及预处理技术，提高了硫的利用率，降低了硫铁矿的单耗成本。在能源消耗上，采用先进的余热回收系统，将生产过程中产生的大量余热进行有效回收利用，减少了外部能源的输入，降低了能源成本。同时，在设备维护方面，新的防腐耐磨技术及设备优化设计，延长了设备的使用寿命，减少了设备维修和更换的频率，从而节约了设备维护成本。综合各项成本节约措施，实现了吨酸生产成本降低65元，按年产量计算，年新增经济效益超5000万元。

2. 投资回报周期

该硫铁矿制酸生产的技改项目在经济效益方面表现出色，投资回报周期令人瞩目。静态投资回收期缩短至2.8年，这意味着在相对较短的时间内，企业就能收回投资成本。同时，内部收益率

达28.6%，显示出该项目具有较高的盈利能力。这种良好的经济效益得益于生产过程中的关键技术创新。新技术的应用提高了生产效率，降低了生产成本，使得产品在市场上更具竞争力，从而加速了资金的回笼和利润的增长。较短的投资回报周期和较高的内部收益率为企业进一步扩大生产规模、进行技术升级和市场拓展提供了有力的经济支持，也为行业内类似项目的投资决策提供了重要的参考依据。

(三) 环境效益评价

1. 污染物减排效果

尾气SO₂排放浓度稳定控制在100mg/m³以下，这一成果在环境效益方面具有重要意义。首先，与国家标准相比，其排放浓度优于国家标准30%，这意味着在硫铁矿制酸生产过程中，大量减少了SO₂向大气环境的排放。SO₂作为一种主要的大气污染物，其减排有助于降低酸雨形成的风险，减轻对土壤、水体以及植被等生态环境要素的酸性损害。其次，稳定的低排放浓度也体现了该生产工艺在环保方面的可靠性和可持续性，为相关产业在满足环保要求的同时实现可持续发展提供了技术支撑和实践范例。

2. 碳足迹优化

在硫铁矿制酸生产过程中，碳足迹优化取得显著成效。能源

结构调整是关键举措之一，通过采用更清洁的能源替代部分传统能源，减少了生产过程中的碳排放源头。同时，CCUS（碳捕集、利用与封存）技术的应用发挥了重要作用。该技术能够有效捕集生产过程中产生的二氧化碳，降低其排放到大气中的量。通过这些措施的综合实施，单位产品碳排放强度得以大幅下降，达到了18%。这不仅有助于企业自身满足环保要求，提升社会形象，还对整个行业的可持续发展具有积极的示范效应，推动硫铁矿制酸产业朝着绿色、低碳的方向迈进。

五、总结

硫铁矿制酸生产过程中，在工艺优化、设备升级与智能控制方面实现关键技术创新。工艺优化提升反应效率与产品质量，设备升级增强生产稳定性与安全性，智能控制提高生产自动化与精准度。这些创新提升行业竞争力，通过降低成本、提高生产效率实现；同时促进绿色发展，减少污染排放，提高资源利用率。未来应聚焦原料多元化利用，降低对单一原料依赖；推动生产过程智能化，提升生产管理水平；实现固废资源化，解决固废处理难题，促进硫铁矿制酸行业可持续发展。

参考文献

- [1] 李旺旺. 硫铁矿制酸过程的废稀酸中砷及重金属元素去除及回用研究 [D]. 武汉工程大学, 2014.
- [2] 倪境徕. 硫铁矿制酸过程中砷的迁移规律 [D]. 武汉工程大学, 2017.
- [3] 曾祥福. 硫铁矿制酸过程“三废”治理措施可行性分析 [J]. 广东化工, 2023, 50(20):91-92+98.
- [4] 郭冲远. 技术创新、企业生产率与出口增长 [D]. 郑州大学, 2013.
- [5] 向莎. 技术创新生态化的伦理审视 [D]. 湖南科技大学, 2013.
- [6] 陈竹青. 硫铁矿制酸装置污酸脱砷生产实践 [J]. 硫酸工业, 2020, (05):43-45.
- [7] 曾锦波, 陈文. 硫铁矿制酸余热锅炉的设计特点 [J]. 硫酸工业, 2014, (03):54-56.
- [8] 文丰兴, 赵洪贵. 硫铁矿制酸装置净化污酸硫化除砷生产实践 [J]. 硫酸工业, 2022, (01):35-37.
- [9] 汪勇平, 熊伟. 新型分酸器在硫铁矿制酸装置的应用 [J]. 硫酸工业, 2022, (02):42-44.
- [10] 潘春迪. 硫铁矿制酸产业的困境与对策探索 [J]. 产业与科技论坛, 2016, 15(15):14-15.