

氨法磷酸铁合成工艺中湿法磷酸除杂精制技术优化研究

沈秦超

浙江友山新能源科技有限公司 浙江 嘉兴 314500

【摘要】：氨法制备磷酸铁流程内，湿法磷酸内含各类杂质可直接作用于成品纯净度与应用表现，改良杂质脱除提纯工艺为增强工序平稳度与成品品质的重要环节。应对湿法磷酸内部金属类杂质、非金属类杂质与少量有害成分的脱除难点，匹配氨法磷酸铁制备的工序特点，探寻杂质脱除提纯工艺的改良方向，调整除杂物料选取、工序指标设定及分离工序构建，达成杂质充分分离与磷酸原料高效运用，为氨法磷酸铁制备工序的规模化发展供给技术依据。

【关键词】：氨法磷酸铁；湿法磷酸；除杂精制；技术优化

DOI:10.12417/2705-0998.26.05.044

引言

湿法磷酸为氨法磷酸铁制备的关键原料，自身纯净度可直接决定成品晶体形态、电化学特质与应用潜力，湿法磷酸制备阶段易混入镁铝铁等金属杂质与氟硅等非金属杂质。此类杂质会在氨法反应进程中生成附属产物，造成磷酸铁成品纯净度降低、颗粒分布紊乱，同时加重设备侵蚀、削弱反应速率，成熟的湿法磷酸杂质脱除提纯工艺，是突破氨法磷酸铁制备技术壁垒、助力成品迈向高端领域的重要依托，细致探究杂质脱除提纯工艺的改良方案，可妥善处理杂质清理不充分、原料利用效率偏低等状况，联通原料前期处理与合成反应步骤，为后续工序平稳运转筑牢根基。

1 氨法磷酸铁合成中湿法磷酸的杂质特征及危害

1.1 湿法磷酸中主要杂质的种类及存在形态

湿法磷酸取自磷矿酸解制取，杂质类别与矿石组分、酸解流程关联紧密，可划分成金属杂质、非金属杂质与少量有害杂质，金属杂质多包含镁铝铁钙锰等，镁铝常以离子形态分布于磷酸体系，铁多以三价铁离子及磷酸铁沉淀物存在，钙易与磷酸根结合生成难溶磷酸钙，非金属杂质多为氟硅硫等，氟常以氟离子氟硅酸存在。硅多以硅酸硅酸盐呈现，部分可形成胶体物质，少量砷铅镉等重金属多以离子或微量化合物存在，会影响成品应用安全，常规方式难以完全清除，需制定专属除杂方案。

1.2 杂质对氨法磷酸铁合成反应的影响机制

氨法磷酸铁制备依托湿法磷酸与氨源开展作业，依靠体系酸碱度温度等条件完成磷酸铁析出，各类杂质可从多方面干扰合成进程，镁铝等离子可抢先与磷酸根结合，生成稳定磷酸盐沉淀物，耗费体系内磷酸根的同时与磷酸铁共同析出，降低反应转化效率。氟离子可与铁离子结合形成络合结构，干扰晶体成型环境，造成晶体发育不良粒径分布不均，硅质胶体可附着于晶体表层，抑制晶体持续发育并提升体系黏度，弱化传质效果，拉长反应时长并抬升工序能耗。

1.3 杂质对磷酸铁产品质量的具体危害

杂质留存可直接拉低磷酸铁成品纯净度，干扰成品核心应用表现，金属杂质可扰乱晶体构造，降低结晶程度并改变比表面积，弱化锂电正极材料的电化学表现，加快容量损耗并削弱循环稳定性^[1]。氟硅类杂质可在高温煅烧阶段释放挥发性有害物质，污染生产环境并侵蚀设备，同时降低与导电剂粘结剂的适配性，重金属杂质可超出行业管控限值，压缩成品应用场景甚至引发成品报废，形成原料损耗与经济损失，除杂成效直接决定成品市场竞争能力。

2 氨法磷酸铁合成用湿法磷酸除杂精制现有技术剖析

2.1 现有化学除杂技术的应用现状及不足

化学除杂为湿法磷酸杂质清理的常用方式，依靠投加药剂与杂质作用生成难溶物质，再经沉淀过滤实现分离，常用药剂包含石灰碳酸钠氟化钠等，石灰法可清除氟与部分金属杂质，生成氟化钙沉淀物同时会带入钙类杂质，对镁铝杂质清理效果有限^[2]。碳酸钠法依靠酸碱度调控使金属离子形成沉淀物，易造成磷酸根损耗并降低原料利用率，沉淀物过滤困难易造成管路阻塞，氟化钠法多用于硅杂质清理，药剂成本偏高且过量投加会残留氟离子，干扰后续制备反应。

2.2 现有物理除杂技术的工艺特点及局限

物理除杂依靠物理途径完成杂质与磷酸的分离，常用方式包含过滤离心萃取膜分离等，过滤离心可清除体系内固体杂质与难溶沉淀物，工序简便适用于前期处理，无法清除可溶性离子杂质且过滤耗材易阻塞，更换频次高致使维护成本增加。萃取技术可分离部分金属离子，萃取剂选取难度大且易夹带磷酸造成原料流失，回收难度高易引发环境影响，膜分离分离效率高且无次生污染，膜材造价高易被体系腐蚀阻塞，使用周期短难以满足规模化生产需求。

2.3 现有联合除杂技术的应用瓶颈及问题

单一除杂方式存在缺陷，当前工序多采用化学与物理结合的复合除杂模式，包含化学沉淀配合过滤萃取以及膜分离配合

化学除杂等形式, 该类组合工序可提升杂质清理效果。依旧存在多项应用难题, 各工序运行指标难以协同适配, 酸碱度调控与膜分离运行条件相互干扰致使清理效果波动, 工序链条繁琐设备投入与运行成本偏高, 环节衔接不畅易出现中间物质堆积, 影响工序连续运转, 微量重金属与胶体硅清理效果不足, 无法满足高端磷酸铁成品的品质要求与精细化制备需求。

3 氨法磷酸铁合成用湿法磷酸除杂精制技术优化方向

3.1 高效除杂剂的筛选与改性优化

除杂剂性能直接决定杂质清理成效, 优化重点集中于新型高效除杂剂筛选与现有药剂改性两方面, 新型药剂需具备选择性优良、除杂效能突出、无次生污染且与磷酸体系适配性佳等特质, 可侧重研发复合除杂剂。整合不同类型药剂优势实现多种杂质同步清除, 对现有药剂可通过表面修饰、负载改性等手段提升目标杂质吸附能力与选择性, 对石灰实施活化处理能增强氟离子吸附效率, 减少钙杂质带入, 对吸附型药剂进行负载改性可提升循环利用性能, 降低除杂成本, 同时需合理调控药剂添加量、投放方式及反应时长, 规避过量投放引发的次生污染与原料损耗。

3.2 除杂工艺参数的精准调控与优化

除杂工艺参数合理性直接影响除杂效能与磷酸利用率, 需结合氨法磷酸铁制备工艺需求, 对关键参数实施精准调控, 酸碱度作为化学除杂核心参数, 需依据不同杂质去除特性分阶段调节^[3]。实现各类杂质分步清除, 避免单一酸碱度导致的杂质残留或磷酸根损耗, 反应温度需与除杂剂反应活性相适配, 优化温度可加快反应速率、提升沉淀效率, 减少副反应发生, 搅拌速度与反应时长需协同调整, 确保药剂与磷酸体系充分混合、反应彻底, 避免局部浓度过高引发的沉淀不均、过滤困难等问题, 同时建立参数动态调控机制, 根据原料磷酸杂质含量变化及时调整, 保障除杂效果稳定。

3.3 除杂分离流程的整合与升级优化

除杂分离流程优化核心在于简化工序、提升衔接效能、减少磷酸损耗, 实现与后续氨法合成工艺高效适配, 可整合现有联合除杂流程, 删减冗余环节, 优化各除杂单元衔接顺序。将化学沉淀与膜分离环节有机融合, 减少中间过滤步骤, 提升工艺连续性, 升级分离设备, 选用高效过滤介质与膜材料, 提高杂质分离效率, 减少磷酸夹带与损耗, 引入自动化控制技术实现工艺参数实时监测与精准调控, 降低人为操作误差, 提升工艺稳定性, 同时探索杂质资源化利用路径, 对除杂产生的沉淀产物进行回收处理, 实现资源循环, 降低环境污染与生产成本。

4 氨法磷酸铁合成用湿法磷酸除杂精制优化技术的应用实践

4.1 优化后除杂技术的工艺实施流程

优化后的湿法磷酸除杂精制工序围绕预处理分步化学除杂高效分离深度净化展开整体运行路径, 原料湿法磷酸先行开展预处理操作。依托过滤方式清除内部固态杂质与粗大颗粒沉淀物, 规避后续工序中设备管路出现阻塞状况, 经预处理的磷酸进入分段化学除杂阶段, 首阶段投加改性复合除杂药剂并调控合适酸碱度, 清除镁铝类金属杂质, 次阶段投加专用氟硅清除药剂, 定向清理体系内氟与硅类杂质, 末阶段投加微量重金属处理药剂, 完成砷铅等有害杂质的深度剥离。化学处理后的磷酸进入高效分离单元, 运用改良过滤装置与膜分离技术快速分离沉淀物, 获取初步净化磷酸, 最终经由深度净化单元进一步清除微量残余杂质, 保障磷酸纯净度契合氨法磷酸铁制备标准, 净化后磷酸直接输送至合成反应单元, 达成工序间的顺畅衔接。

4.2 优化技术在不同杂质含量磷酸中的应用适配

优化后的除杂技术具备良好工况适应能力, 可依据原料湿法磷酸内部杂质含量差别灵活调整工序指标与药剂投放剂量, 达成各类生产条件下的高效除杂作业。面对杂质含量偏低的湿法磷酸, 可适度缩减除杂药剂投放数量, 压缩反应时长控制工序投入, 同时维持合格的清理效果, 面对杂质含量偏高组分构成复杂的湿法磷酸, 可增设分段除杂环节数量, 改良各阶段工序运行指标, 强化药剂作用效能, 保障各类杂质均可实现有效清除。面对氟硅含量偏高的磷酸, 可定向加大对应清除药剂用量, 改良反应温度与搅拌条件, 提升氟硅清理效能, 面对重金属含量超标的磷酸, 可更换微量重金属处理药剂类型与投放形式, 完成深度净化作业, 保障成品符合高端磷酸铁制备品质需求。

4.3 优化技术对合成工艺连续性的提升作用

优化后的除杂精制技术妥善解决传统工序存在的清理效率偏低流程复杂易阻塞等难题, 有效增强氨法磷酸铁制备工序的连续运行能力, 高效除杂药剂的运用压缩除杂反应时长, 降低沉淀物生成总量, 减轻过滤分离单元运行压力, 规避设备阻塞引发的工序停机问题, 工序指标的精准调控与自动化管控降低人工操作带来的偏差, 保障除杂效果平稳可控, 使净化后磷酸纯净度波动维持在合理区间^[4]。为后续合成反应供给稳定原料支撑, 除杂分离工序的整合升级精简操作步骤, 提升各单元衔接效率, 减少中间物质堆积现象, 实现除杂精制与合成反应的紧密对接, 有效降低工序能耗与生产投入, 为工业化规模化连续生产供给可靠技术保障。

5 氨法磷酸铁合成中湿法磷酸除杂精制技术的应用成效及改进方向

5.1 优化技术的杂质去除效果及工艺优势

优化后的湿法磷酸除杂精制技术相较现有方式，杂质清理效果实现明显提升，可有效清除湿法磷酸内部金属杂质非金属杂质及微量有害杂质，使磷酸纯净度满足氨法磷酸铁制备的高端应用标准。经该技术处理后磷酸内部镁铝铁等金属杂质含量明显下降，氟硅杂质清理比率大幅提高，微量重金属含量控制在行业规范限值以内，妥善解决传统技术存在的杂质清理不充分问题，该技术同时具备突出工序优势，药剂使用量有所减少，磷酸利用效率相应提高，避免原料出现不必要损耗。整体工序得到精简，反应时长相应缩短，有效提高整体生产运行效率，工序运行过程无次生污染物产生，契合绿色化工生产理念，在保障成品品质的同时兼顾环保效益，为氨法磷酸铁规模化制备提供稳定可靠的前置处理支撑。

5.2 优化技术应用中的成本控制与资源利用

优化技术在实际运用中重视成本管控与原料循环利用，通过选取性价比优良的除杂药剂、合理调控药剂投放剂量并提高循环使用效率，有效压低除杂环节的药剂投入。高效分离装置的运用降低磷酸夹带流失量，提高磷酸原料利用效率，减少原料消耗，对除杂工序产生的沉淀物实施分类回收处置，将富含镁铝钙等元素的沉淀物用于辅助材料制备，实现废弃物质的资源化转化，减少固体废弃物排放，降低环保处置成本，工序能耗的下降与生产效率的提高，进一步压缩整体生产投入，增强

氨法磷酸铁成品在市场竞争中的竞争实力，实现经济效益与资源利用效率的同步提升，为工业化持续运行提供经济可行的方案。

5.3 优化技术的工业化推广适配性改进

优化后的除杂精制技术虽具备多项应用优势，在工业化落地过程中仍需结合真实生产场景开展适配性调整。针对不同产能规模的生产装置，优化设备选取标准与工序运行指标，保障技术在规模化生产中稳定发挥作用，避免设备型号与工序不匹配造成清理效果波动，进一步精简工序操作步骤，提高技术应用便捷性，降低作业人员专业能力要求，便于工业化范围推广，加快除杂药剂的自主研发与普及应用^[5]。减少对外部试剂的依赖，进一步压缩生产成本，同时持续追踪工业化运行中出现的问题，不断完善工序细节，提高技术运行稳定性与可靠性，使其更好适应不同区域不同原料条件下的氨法磷酸铁制备工序，助力行业整体技术水平提升。

6 结语

本文围绕氨法磷酸铁合成工序内湿法磷酸除杂提纯技术改良开展研究，明确湿法磷酸内部杂质特性与不利影响，分析现有除杂方式存在的短板，提出对应改良方向，并经实际应用证实改良技术的可行价值与应用优势，改良后的除杂提纯技术可有效提高杂质清理效果，保障磷酸纯净度，增强合成工序的连续稳定运行能力，压缩生产投入并实现物资循环利用，为氨法磷酸铁制备工序的工业化升级提供可行技术依据，后续可结合工业化应用状况持续完善技术，助力磷酸铁产业朝着高端化绿色化方向稳步发展。

参考文献：

- [1] 闫涛,张广忠,严东宁,等.湿法磷酸脱硫提高磷酸一铵产品质量[J].生态产业科学与磷氟工程,2025,40(12):51-56+81.
- [2] 庄力,程建军,董凯,等.氨法磷酸铁废水“零排放”工程实例[J].膜科学与技术,2025,45(02):146-152.
- [3] 张博,张金锋,戚可卓.氨法磷酸铁废水处理专利技术综述[J].广东化工,2024,51(09):146-148+155.
- [4] 郭米艳,张伟,李锦,等.一种高倍率磷酸铁锂正极材料前驱体磷酸铁的制备[J].电源技术,2024,48(04):641-647.
- [5] 夏宏瑞.磷酸铁制备工艺对磷酸铁锂性能的影响[D].哈尔滨工程大学,2023.