

废硫酸的资源化利用与循环经济研究

孙兆辉 冯 波 张 娟 (聊城鲁西甲胺化工有限公司, 山东 聊城 252000)

摘要: 硫酸是我国重要的基础化工原料, 广泛应用于化肥、钛白粉、石油化工、冶金、医药、农药和军工等行业。然而, 硫酸的生产过程中所产生的废硫酸不仅数量巨大, 且含有大量有害物质, 如果进行直接排放将会对环境造成严重污染。本研究主要从废硫酸的资源化利用, 以及在循环经济中的应用展开相关研究, 重点探讨了废硫酸的回收、处理技术, 及其产生的经济性效益, 进而针对其面临的挑战及实施策略做进一步分析, 旨在为废硫酸的资源化利用提供一定的理论依据和实践指导。

关键词: 废硫酸; 资源化利用; 循环经济; 环境保护; 回收技术

中图分类号: T-9 文献标识码: A 文章编号: 1674-5167 (2025) 016-0022-03

Research on the resource utilization and recycling economy of waste sulfuric acid

Sun Zhaohui, Feng Bo, Zhang Juan (Liaocheng Luxi amine Chemical Co., LTD., Liaocheng Shandong 252000, China)

Abstract: Sulfuric acid is an important basic chemical raw material in China, which is widely used in chemical fertilizer, titanium dioxide, petrochemical, metallurgy, medicine, pesticide and military industries. However, the waste sulfuric acid produced in the production process of sulfuric acid is not only huge in quantity, but also contains a large number of harmful substances. If directly discharged, it will cause serious pollution to the environment. This study mainly from the waste sulfuric acid resource utilization, and the application in the circular economy related research, mainly discusses the waste sulfuric acid recovery, processing technology, and its economic benefits, and according to the challenges and implementation strategy for further analysis, aims to provide certain theoretical basis for waste sulfuric acid resource utilization and practical guidance.

Key words: waste sulfuric acid; resource utilization; circular economy; environmental protection; recycling technology

1 废硫酸的产生及处理现状

1.1 废硫酸的产生

1.1.1 化学反应过程

磺化、酯化、催化等化学反应是硫酸及其相关产品生产过程中常见的工艺环节。这些反应在产生所需产品的同时, 也会生成大量的废硫酸。以磺化反应为例, 它通常用于生产表面活性剂、染料中间体等, 每生产1t产品就可能产生数吨的废硫酸。据不完全统计, 这类化学反应每年产生的废硫酸量可达数百万吨。

1.1.2 工业生产过程

钛白粉生产、钢铁酸洗和气体干燥等工业生产过程也是废硫酸的重要来源。在钛白粉生产中, 硫酸用于与钛铁矿反应, 生成钛白粉和废硫酸; 钢铁酸洗过程中, 硫酸用于去除钢铁表面的氧化物和锈蚀, 同样会产生大量的废硫酸; 而在气体干燥过程中, 硫酸作为干燥剂吸收气体中的水分, 也会形成一定量的废硫酸。这些工业生产过程每年产生的废硫酸量同样不容忽视。

1.1.3 设备与操作因素

硫酸生产过程中, 由于设备老化、密封不严或操作不当等原因, 也可能导致硫酸泄漏, 从而形成废硫酸。这部分废硫酸虽然量相对较少, 但因其含有较高的硫酸浓度和可能的其他有害物质, 对环境和人体健

康的危害尤为严重。

1.2 废硫酸的处理现状

据相关统计数据显示, 近年来我国每年产生的废硫酸总量已超过5000万吨, 且随着硫酸消费量的持续增长, 废硫酸的产生量也将继续增加, 废硫酸的处理问题也日益凸显。废硫酸的主要成分为硫酸, 同时含有一定量的金属离子(如铁、锌、铜等)和有机杂质(如油脂、酚类等), 其浓度和成分因产生源而异。

目前, 我国废硫酸的处理方式主要包括回收再利用、中和处理、沉淀处理、氧化处理以及膜分离技术等。其中, 回收再利用是最为理想的方式, 它不仅可以减少废硫酸的排放, 还可以节约资源。然而, 由于废硫酸的成分复杂、浓度不一, 以及处理技术的限制, 使得回收再利用的难度较大。因此, 大部分废硫酸仍然采用中和处理或沉淀处理等方式进行处理, 但这些方式往往会产生大量的废水、废渣等二次污染物, 对环境造成二次污染。

为了有效解决废硫酸的处理问题, 我国已经出台了一系列相关政策和标准, 鼓励企业采用先进的处理技术和管理模式, 提高废硫酸的回收利用率和处理效率。同时, 也加大了对废硫酸处理技术的研发力度, 推动技术创新和产业升级。然而, 废硫酸的处理仍然

是一个长期而艰巨的任务，需要全社会的共同努力和持续关注。

2 废硫酸的资源化利用途径

2.1 废硫酸的回收与处理技术

2.1.1 喷雾蒸发法

这是一种高效、节能的废硫酸回收技术。该方法通过将废硫酸液喷雾至高温燃烧气体中，利用高温使硫酸迅速蒸发，并随气体一起进入后续的处理设备。在蒸发过程中，硫酸的浓度会逐渐提高，同时其中的金属离子也会被回收。这种方法不仅能够有效地回收废硫酸中的有用成分，还能减少废硫酸的排放量，降低环境污染。据统计，采用喷雾蒸发法处理废硫酸，其回收率可达到90%以上。

2.1.2 硫酸亚铁结晶法

这种方法主要适用于含有大量硫酸亚铁的废硫酸处理。通过在一定条件下提高废酸的浓度或加入某种物质，可以促使硫酸亚铁从废液中结晶析出。这样，不仅可以回收硫酸，还能得到纯度较高的硫酸亚铁产品。硫酸亚铁在化工、冶金等领域有着广泛的应用，因此这种方法具有较高的经济价值。

2.1.3 氧化铁红法

该方法利用氨与废硫酸进行中和反应，生成氧化铁红和硫铵化肥。氧化铁红是一种重要的颜料和磁性材料，而硫铵化肥则是农业生产中常用的氮肥。因此，这种方法不仅实现了废硫酸的无害化处理，还将其转化为有价值的工业产品，实现了资源的循环利用。

2.1.4 真空蒸发浓缩法

这是一种适用于处理低浓度废硫酸的有效方法。通过真空蒸发技术，可以将废硫酸浓缩至一定浓度，然后进一步加工成其他产品，如聚合硫酸铁等。聚合硫酸铁是一种优良的水处理剂，广泛应用于工业废水处理领域。因此，这种方法不仅解决了低浓度废硫酸的处理难题，还为其提供了广阔的市场应用前景。

2.2 废硫酸在循环经济中的应用

2.2.1 生产镁化工产品

废硫酸与轻烧镁反应可以生成一系列镁化工产品，如七水硫酸镁、一水硫酸镁等。这些镁化工产品具有广泛的用途，如七水硫酸镁可用于饲料添加剂、肥料、阻燃剂等领域，一水硫酸镁则可用于医药、纺织、造纸等行业。因此，利用废硫酸生产镁化工产品不仅有助于解决废硫酸的处理问题，还能为市场提供高质量的镁化工产品，实现资源的循环利用。

2.2.2 生产硫酸铵

废硫酸与氨气反应可以生成硫酸铵，这是一种优质的氮肥原料。硫酸铵在农业生产中具有广泛的应用，

能够提高土壤的肥力，促进作物的生长。因此，将废硫酸用于生产硫酸铵，不仅可以实现废硫酸的农业资源化利用，还能为农业生产提供有力的支持，促进农业的可持续发展。

2.2.3 生产净水剂

钢铁酸洗过程中产生的废硫酸含有较高的硫酸浓度和铁离子，这些成分经过适当的处理可以转化为净水剂。净水剂在工业污水处理中具有重要的作用，能够去除水中的悬浮物、有机物等污染物，提高水质。因此，将钢铁酸洗废硫酸用于生产净水剂，不仅可以实现废硫酸的水处理资源化利用，还能为工业污水处理提供有效的解决方案。

2.2.4 返回生产工艺

对于一些高浓度的废硫酸，可以通过硫磺还原工艺或废硫酸直接高温裂解工艺进行再生处理，生产出新的硫酸产品。这些再生硫酸可以重新用于生产工艺中，实现废硫酸的循环利用。这种方法不仅有助于减少废硫酸的排放量，还能降低生产成本，提高企业的经济效益。

2.3 废硫酸资源化利用的经济性分析

废硫酸资源化利用不仅是一项重要的环保举措，更蕴含着巨大的经济效益，其正面影响深远且多维。

首先，从直接成本节约的角度来看，废硫酸资源化利用显著降低了企业的原材料成本。传统上，企业需从外部采购硫酸等原材料，这不仅增加了生产成本，还受限于市场价格波动。而通过回收利用废硫酸中的有用物质，企业可以在一定程度上实现原材料的自给自足，减少了对外部市场的依赖，从而有效控制了生产成本。特别是在硫酸市场价格高企时，废硫酸的资源化利用更是成为企业降本增效的重要途径。

其次，废硫酸资源化利用还显著降低了企业的废硫酸处理成本。以往，企业往往需要投入大量资金用于废硫酸的安全储存、运输和处置，这不仅增加了企业的运营成本，还可能因处理不当而引发环境风险。而通过资源化利用，企业可以将废硫酸转化为有价值的产品，从而避免了这些额外的处理成本。此外，部分资源化利用技术还能实现废硫酸的零排放或低排放，进一步降低了企业的环保压力和合规成本。

再者，废硫酸资源化利用还能带动相关产业的发展，形成产业链效应。例如，废硫酸可用于生产镁化工产品、净水剂等，这些产品的市场需求旺盛，具有广阔的市场前景。随着废硫酸资源化利用技术的不断成熟和推广，相关产业链将不断完善和延伸，形成从废硫酸收集、处理到产品生产的完整产业链。这将有助于提升整个行业的竞争力和盈利能力，促进区域经

济的可持续发展。

总之,废硫酸资源化利用不仅具有显著的环保效益,更蕴含着巨大的经济效益。它不仅能够降低企业的原材料成本和处理成本,提高企业的经济效益;还能带动相关产业的发展,形成产业链效应,促进区域经济的可持续发展。因此,政府和企业应加大对废硫酸资源化利用的投入和支持力度,推动这一领域的技术创新和产业升级,为实现绿色发展和循环经济贡献力量。

3 废硫酸资源化利用面对的挑战及实施的对策

3.1 废硫酸资源化利用面对的挑战

3.1.1 废硫酸成分复杂,处理难度大

废硫酸并非一种单一的化学物质,而是由多种金属离子、有机杂质和无机盐等组成的复杂混合物。不同生产环节、不同企业产生的废硫酸成分存在显著差异,这使得处理过程中的技术参数、工艺流程和所需设备都需进行针对性的设计和调整。处理难度的增加不仅影响了处理效率,还提高了处理成本,给废硫酸的资源化利用带来了极大的挑战。

3.1.2 处理成本高

废硫酸的资源化利用需要采用先进的设备和技术,以确保处理效果和产品质量。这些设备和技术往往价格昂贵,且需要定期维护和更新,使得处理成本居高不下。对于中小企业而言,高昂的处理成本可能超过其承受能力,导致他们缺乏进行废硫酸资源化利用的动力。此外,部分处理技术还存在能耗高、资源消耗大等问题,进一步增加了处理成本,限制了废硫酸资源化利用的推广。

3.1.3 市场接受度低

由于废硫酸资源化利用产品与传统产品在性能、价格等方面存在差异,市场接受度较低。一方面,消费者和下游企业对于新产品的质量和稳定性存在疑虑,需要时间进行市场验证和接受。另一方面,部分资源化利用产品的价格可能高于传统产品,使得消费者和下游企业在选择时更加谨慎。市场接受度的低下不仅影响了产品的推广应用,还限制了废硫酸资源化利用产业的发展壮大。

3.2 废硫酸资源化利用实施的对策

3.2.1 加强技术研发

技术创新是推动废硫酸资源化利用发展的关键。因此,我们需要加大废硫酸处理技术的研发力度,鼓励科研机构和企业联合攻关,突破关键技术瓶颈。通过研发更高效、更环保的处理技术,我们可以提高废硫酸的处理效率,提升资源化利用产品的质量,同时降低处理成本,使废硫酸资源化利用更具经济可行性。此外,还应加强对新技术、新工艺的推广和应用,促

进技术成果的转化和落地。

3.2.2 完善政策法规

政策法规是保障废硫酸资源化利用顺利实施的重要保障。我们需要制定和完善废硫酸资源化利用的相关政策法规,明确企业的责任和义务,规范废硫酸的收集、储存、运输和处理行为。同时,通过税收优惠、资金补贴等激励措施,鼓励企业积极参与废硫酸资源化利用,提高资源化利用率。此外,还应加强对政策法规的宣传和培训,提高企业和公众对废硫酸资源化利用的认知度和重视程度。

3.2.3 加强市场宣传

市场宣传是推动废硫酸资源化利用产品推广应用的重要手段。我们需要加大对废硫酸资源化利用产品的宣传力度,通过媒体、展会、论坛等多种渠道,提高市场认知度和接受度。同时,积极与下游企业和消费者沟通,了解他们的需求和反馈,不断改进和优化产品性能,提高产品的市场竞争力。此外,还可以通过示范项目、成功案例等方式,展示废硫酸资源化利用产品的实际效果和优势,增强市场的信心和认可度。

3.2.4 加强国际合作

国际合作是推动废硫酸资源化利用水平提升的重要途径。我们需要积极与国际先进企业开展合作与交流,引进先进的废硫酸处理技术和设备,提高我国废硫酸资源化利用的整体水平。通过与国际同行共享经验、共同研发、市场开拓等方式,我们可以加快技术创新步伐,提升产业链协同能力,推动废硫酸资源化利用产业向更高层次发展。同时,国际合作还有助于我们了解国际市场的动态和趋势,为拓展国际市场提供有力支持。

4 结语

废硫酸的资源化利用是实现循环经济和可持续发展的重要途径。通过回收和处理废硫酸,不仅可以减少环境污染,还能促进资源的节约和循环利用。本文探讨了废硫酸的产生与现状、资源化利用途径以及面临的挑战与对策,旨在为废硫酸的资源化利用提供理论依据和实践指导。未来,随着技术的不断进步和政策的逐步完善,废硫酸资源化利用将迎来更加广阔的发展前景。

参考文献:

- [1] 纪罗军,赵红林,靳志超.从循环经济角度看工业废硫酸的资源化利用[J].硫酸工业,2021,63(10):1-6.
- [2] 白虎雄,雷锦旗.废硫酸裂解再生联产亚硫酸钠的设计与运行[J].硫酸工业,2022,64(5):20-22.
- [3] 郁红.我国首创废硫酸/石膏制酸工艺[J].再生资源与循环经济,2015,36(2):46-46.