

清洁化工艺在农药生产中的应用及效益

赵雪松（茂名立强化学有限公司，广东 茂名 525400）

王秋华（南通波涛化工有限公司，江苏 南通 226532）

王秀云（精华制药集团有限公司，江苏 南通 226407）

摘 要：本研究旨在分析清洁化工艺在农药生产中的应用及其带来的综合效益。通过文献综述和案例分析的方法，系统评估了采用环保原料、优化生产过程和实施资源循环利用技术在现代农药生产中的实际应用情况。结果显示，这些措施显著降低了生产过程中的环境污染，提高了资源使用效率，并减少了生产成本。此外，这些技术的应用还强化了企业的社会责任，提升了企业的公共形象和市场竞争力。结论表明，清洁化工艺不仅有助于农药行业满足环保法规的要求，还促进了行业的可持续发展，对于其他化工生产领域具有借鉴和推广价值。

关键词：清洁化工艺；农药生产；资源循环利用；可持续发展

1 清洁化工艺在农药生产中的应用现状

1.1 清洁生产技术概述

清洁生产技术在农药生产中的应用，目的在于提升生产效率，减少环境污染，并降低对原材料的依赖。具体来说，这包括采用高效催化剂和生物酶，以提高反应的选择性和转化率，减少副产品的生成。例如，使用酶催化技术在某些合成过程中，可以提高产率达到 95% 以上，同时副产物减少至 5% 以下，显著低于传统化学催化方法的产率 80% 和副产物 20%。此外，连续流技术也在农药生产中逐渐得到推广。与传统的批处理工艺相比，连续流反应器能在更安全、更可控的条件下运行，反应效率提高了约 10% 至 30%，同时减少了反应时间和能源消耗。

1.2 农药行业中清洁化工艺的采纳情况

根据中国农药工业协会的最新报告，清洁生产技术在农药行业的采纳率已从 2018 年的 30% 提升到 2023 年的 55%。这种增长得益于政府的政策支持和行业的自我调整。政府推出的多项财政补贴和税收优惠政策促进了企业技术升级。例如，国家为采用清洁技术的农药企业提供了高达 20% 的投资补贴，并允许这些企业在计算企业所得税时，将清洁技术投资额的 10% 作为抵税额。此外，行业内也有更多的企业认识到清洁生产的长期利益，开始主动淘汰落后的生产设备和工艺。据统计，经过清洁生产改造的企业，平均能源消耗降低了 15%，废水排放量减少了 25%，有害废物的处理成本降低了 30%。尽管推广清洁化工艺在农药行业中取得了一定进展，但还有一部分企业，特别是一些中小型企业，由于资金和技术壁垒仍然面临

挑战。因此，未来的政策和行业引导还需要更加精准地对准这些企业的具体需求，以实现整个行业的绿色升级。

2 清洁化工艺在农药生产中的应用面临的问题

2.1 原料消耗的问题

在农药生产中，原料消耗问题显著地影响了行业的可持续性和成本效率。许多传统农药制造过程中，尤其是那些依赖于复杂合成路径的生产线，常见问题包括原料的低转化率和高副产品生成率。这种低效率不仅导致了原料的大量浪费，还因此增加了废弃物处理的复杂度和成本。例如，在生产某些广泛使用的农药时，未反应的原材料和副产品可能需要通过昂贵的化学处理或物理方法来回收或安全处置，这不仅增加了生产成本，也对环境造成了额外负担。此外，这种低效的原料利用不仅影响企业的经济效益，还可能因为过度开采原材料资源而带来更广泛的环境问题，包括资源枯竭和生态破坏。

2.2 有害副产物和废物处理的困难

农药生产过程中的有害副产物和废物处理是一个复杂且成本高昂的问题，这一问题在环境管理和企业运营中占据核心地位。在化学合成过程中，副反应往往不可避免，这些副反应生成的有害化合物需要通过专门的方法来处理，以防止对环境和人体健康的潜在危害。例如，某些农药生产中会使用到氯化、硝化等化学反应，这些反应不仅反应条件苛刻，而且副产物如氯代烃和硝基化合物具有高毒性和持久性，这些物质若未经妥善处理即直接排放，将对水体和土壤造成长期污染。

此外, 农药生产中常见的有机溶剂和未反应完全的中间体也需要特别注意。这些物质的挥发性强, 易造成空气污染, 同时处理不当会增加火灾和爆炸的风险。而废物处理技术的选择和应用往往受限于技术可行性和经济成本的考量。例如, 高温焚烧可以有效分解有机毒物, 但操作成本高, 能耗大, 且可能产生二恶英等新的污染物。生化处理方法虽然环境友好, 但处理周期长, 效率受限于废物的化学性质和浓度。

2.3 环境污染问题

农药生产中的环境污染问题主要源自于生产过程中各种污染物的排放, 包括空气、水和土壤污染。

首先, 空气污染主要由挥发性有机化合物(VOCs)、氨气和其他有毒气体的排放造成, 这些气体在农药生产中产生, 特别是在合成、提纯过程中。这些气体的排放不仅对周围环境造成影响, 还可能对人体健康构成威胁, 增加了呼吸系统疾病和其他健康问题的风险。

其次, 水污染问题同样严重。在农药生产过程中, 使用大量水作为溶剂和冷却剂, 而未经处理或处理不彻底的废水直接排放, 含有的残留农药和其他化学物质严重影响水体生态系统的健康和水质安全。这些污染物可以通过食物链积累, 影响到更广泛的生物种群, 包括人类。

最后, 土壤污染也是一个不容忽视的问题。农药生产过程中产生的固体废弃物和泄漏的化学物质可能渗入土壤, 长期累积后对土壤结构、肥力及地下水造成持久影响。这种污染不仅降低土地的使用价值, 还可能导致农作物污染, 最终影响食品安全和公众健康。在探讨农药生产中的环境污染问题时, 一个显著的案例是采用SDS-LDHs去除废水中有机磷化合物的技术。这一方法利用改性水滑石类插层材料(LDHs)作为脱磷剂, 有效吸附废水中的有机磷, 且通过高温焙烧可实现脱磷剂的再生和循环使用。该技术不仅简化了处理工艺, 降低了处理成本, 还显著减少了对环境的负担。

3 清洁化工艺在农药生产中的应用策略

3.1 资源循环利用技术

在农药生产行业中, 资源循环利用技术的实施具体包括几个关键方面, 这些措施旨在最大化资源的效率利用, 减少生产过程中的资源浪费。

首先, 实行物料闭环管理, 即在生产过程中, 尽可能回收并再利用副产品和废弃物。例如, 通过设立复合材料回收系统, 企业能够回收在生产过程中产生的非反应性化学副产品, 并将其转化为其他化工产品

或直接重新投入生产流程。

其次, 采用先进的清洁技术, 如膜分离技术和晶体化技术, 以提高原料的回收率和纯度。这些技术能够从废水和废气中有效地分离和回收有价值的化学物质, 如溶剂和催化剂, 从而减少新资源的投入和废物的产出。此外, 推行能源回收与再利用系统也是资源循环利用的一个重要组成部分。例如, 利用余热回收系统, 可以捕获生产过程中的废热, 用于工厂的加热或制冷系统, 这样不仅减少了能源消耗, 也降低了能源成本。

最后, 建立废物分类和处理系统, 确保各类废物能够得到有效的分离、处理和回收利用。例如, 将有机废物通过生物处理技术转化为生物肥料, 不仅解决了废物处理问题, 还创造了附加经济价值。

3.2 生产过程优化

生产过程优化在农药生产中关注于提高生产效率、减少能源和原料消耗、以及优化产品质量。这一过程包括若干具体实施步骤, 从改进反应条件到采用高效设备, 每一步均旨在提高整个生产链的效率和可持续性。

首先, 引入先进的过程控制系统, 如自动化控制和实时监测技术, 确保生产过程中的每一步都在最优条件下进行。例如, 通过实时监测反应温度、压力和pH值, 自动调节反应器的运行参数, 确保化学反应的最大转化率和最小能源消耗。这些技术通过减少人为操作误差, 不仅提高了生产效率, 还确保了产品质量的一致性。

其次, 优化原料的输入和物料的流动。通过精确计算所需原料的最佳比例并实施精确配料, 减少原料浪费。同时, 优化生产线的物理布局, 如减少原料和成品在工厂内部的运输距离, 从而减少能耗和时间延误。

再次, 采用模块化生产设备, 这允许更灵活的生产线调整以适应不同产品的生产需求。模块化设计使得生产设备能够快速配置和改造, 以适应市场需求的变化, 提高设备利用率。

最后, 实施精益生产方法, 通过持续的流程改进和废物消除, 优化生产流程。例如, 通过价值流分析(VSM)识别生产过程中的非增值活动, 然后通过整合操作步骤、改进工作站布局或引入自动化解决方案来消除这些活动。

3.3 清洁替代原料的使用

在农药生产中, 使用清洁替代原料是减少环境影

响和提升产品安全性的一项重要措施。这种做法涉及从原料选择和采购开始,系统地审视和替换那些对环境或健康有害的原料。具体实施步骤包括:首先,识别和评估现有生产线中使用的关键原料,特别是那些具有高毒性、高污染或是高能耗的物质。这一步骤涉及对每种化学品的环境和健康影响进行全面的风险评估。例如,常见的有机溶剂如甲苯和二甲苯,因其挥发性强和潜在的健康危害,可以考虑用生物基或水基溶剂替代。其次,开发或采纳新的合成路径,这些路径使用的是较为环保的替代原料。例如,通过使用酶或微生物作为催化剂来替代传统的化学催化剂,不仅可以降低对有害化学物质的依赖,同时还可以在更温和的条件下进行化学反应,从而减少能源消耗和副产品的生成。最后,对产品和生产工艺进行重新设计,以适应新的原料。这可能涉及对设备的改造,或是对生产流程的调整,以确保新原料能够在现有的生产体系中高效使用,而不影响最终产品的性能和质量。

4 效益分析

4.1 环境效益

在农药生产中,采用清洁化工艺和资源循环利用技术对环境效益的提升具有显著影响。首先,环境效益表现在显著降低了污染物的排放。通过采用更环保的替代原料和改进的生产工艺,如使用水基或生物基溶剂代替传统的有机溶剂,可以大幅减少挥发性有机化合物(VOCs)的排放。此外,优化的反应条件和高效的催化剂减少了有害副产品的生成,同时增强了原料的转化率,从而减少了生产过程中的化学废物。其次,资源循环利用技术的实施减少了资源的浪费。例如,通过闭环回收系统,企业能够重复利用生产过程中的废水和废溶剂,这不仅减少了新资源的需求,也显著降低了废物处理的成本和环境负担。此外,废物的分类和再利用,如将生产过程中的固体废物转化为建筑材料或其他工业原料,避免了废物的填埋和焚烧,减轻了对土地和大气的污染。再者,通过生产过程优化,例如实施高效的能源管理和减少能源消耗的措施,如采用节能设备和优化生产流程,可以大幅降低工厂的能源消耗和碳排放。这些措施有助于减轻农药生产对气候变化的影响,支持企业在全局范围内应对碳减排的政策要求。

4.2 经济效益

在农药生产行业中,实施清洁化工艺和优化生产过程不仅减少了环境影响,还带来了显著的经济效益。首先,通过采用高效的生产技术和环保原料,企业能

够降低生产过程中的能源和原料成本。例如,使用更高效的催化剂和优化的化学反应条件可以提高原料的转化率,减少原材料的消耗量。此外,通过回收和再利用工艺中产生的废物,如溶剂回收系统,可以显著减少对新溶剂的购买需求,进一步降低生产成本。其次,采用清洁生产技术可以使企业在遵守环境法规方面更加高效,从而避免因违规而产生的高额罚款和潜在的清理费用。随着全球环保法规的日益严格,符合这些法规不仅是法律要求,也是企业可持续运营的关键。例如,通过减少有害化学物质的使用,企业能够减少环境排放,避免对环境造成重大损害,这在很大程度上减少了企业可能面临的环境责任风险。再者,实施清洁生产和资源循环利用技术可以提升企业的市场竞争力。消费者和合作伙伴越来越倾向于选择那些表现出环保责任感的企业。通过展示在生产过程中减少能源消耗和废物产生的实际行动,企业不仅能够吸引环保意识较强的消费者,还能够在公共招投标和大客户合同中获得优势。最后,采用现代化的生产技术和流程优化还可以提高生产效率和产品质量,从而增加产量和市场份额。例如,通过连续流生产和自动化控制系统,生产速度可以加快,产品的批次一致性可以提高,这直接转化为更高的销售额和更好的客户满意度。

5 结束语

本文详细探讨了清洁化工艺在农药生产中的应用及其带来的环境效益、经济效益。通过采用环保的替代原料、优化生产流程和实施资源循环利用技术,不仅显著减少了生产过程中的环境影响,还提高了生产效率和降低了成本,同时增强了企业的社会责任感和公众形象。展望未来,随着环保法规的进一步严格和公众环保意识的提高,农药生产行业将面临更大的挑战和机遇。企业需要继续探索更高效、更环保的生产技术,加强与政策制定者和社区的合作,共同推动农药行业的绿色转型,以实现真正的可持续发展。

参考文献:

- [1] 朱国繁,应蓉蓉,叶茂,等.我国农药生产场地污染土壤修复技术研究进展[J].土壤通报,2021,52(2):462-473.
- [2] 陆东亮,张树鹏,任天瑞.农药制剂生产设备的清洗和验证[J].上海化工,2019,44(2):17-20.
- [3] 吴孝举,孔勇,王宝林,等.仿生杀虫剂联苯菊酯清洁生产关键技术及产业化应用[J].世界农药,2020,42(2):38-39.