

医药化工制造环保技术与可持续发展

井霞霞¹ 金丹丹¹ 房 栋² 李祥生¹

(1. 浙江医药股份有限公司昌海生物公司, 浙江 绍兴 312000)

(2. 海固生物科技(云南)有限公司, 云南 大理 671000)

摘要: 医药化工制造业是保障人类健康的基础性产业, 同时也是高污染、高能耗的典型行业。随着“双碳”目标的提出与《新污染物治理行动方案》的实施, 医药化工行业面临着前所未有的环保压力与转型机遇。基于此, 本文总结了医药化工制造行业污染现状, 分析医药化工制造环保技术应用要点, 并阐述了医药化工制造可持续发展策略, 旨在提升医药化工制造环节绿色、环保水平, 为医药化工制造行业可持续发展奠定坚实基础。

关键词: 医药化工; 环保技术; 可持续发展

中图分类号: X78 文献标识码: A 文章编号: 1674-5167(2025)023-0079-03

Environmental Protection Technology and Sustainable Development in Pharmaceutical and Chemical Manufacturing

Jing Xia xia¹, Jin Dan dan¹, Fang dong², Li Xiang sheng¹

(1. Zhejiang Medicine Co., Ltd. Changhai Biological Company. Shaoxing Zhejiang 312000, China)

(2. Healthgood Biotechnology (Yunnan) Limited Company. Dali Yunnan 671000, China)

Abstract: The pharmaceutical and chemical manufacturing industry is a fundamental industry that ensures human health, and it is also a typical industry with high pollution and high energy consumption. With the proposal of the “dual carbon” target and the implementation of the “Action Plan for New Pollutant Control”, the pharmaceutical and chemical industry is facing unprecedented environmental pressure and transformation opportunities. Based on this, this article summarizes the current pollution situation in the pharmaceutical and chemical manufacturing industry, analyzes the key points of environmental protection technology application in pharmaceutical and chemical manufacturing, and elaborates on the sustainable development strategy of pharmaceutical and chemical manufacturing, aiming to improve the green and environmental protection level of the pharmaceutical and chemical manufacturing process and lay a solid foundation for the sustainable development of the pharmaceutical and chemical manufacturing industry.

Keywords: pharmaceutical and chemical industry; Environmental protection technology; sustainable development

近年来, 随着社会经济飞速发展, 医药化工市场规模呈逐年上升趋势。但需要注意的是, 医药化工制造环节会产生一定的污染物, 包括废水、废气及固废, 如未做好净化处理, 就会对生态环境造成严重的破坏。在此背景下, 深入研究医药化工制造环保技术的发展路径与应用策略, 对推动行业绿色转型、实现可持续发展具有重要意义。

1 医药化工制造行业的污染现状

1.1 废水污染

医药化工产品生产过程会产生大量的废水, 且废水成分复杂, 毒性大, 降解十分困难, 不同种类的医药化工产品在生产过程中产生的废水存在显著差异。针对化学合成药品, 废水中含有大量的有机溶剂、重金属及有机污染物^[1]。在医药化工产品生产中, 如未做好废水净化处理, 直接排放不仅会导致土壤污染及水体污染, 还会破坏生态系统稳定。此外, 污染物还

能够通过食物链进入人体, 从而对人体健康造成严重的威胁。

1.2 废气污染

医药化工产品生产过程中的机溶剂挥发、化学反应过程中产生的废气等均会引起废气污染, 而废气污染对生态环境造成的破坏不容忽视。例如, 废气污染中的二氯甲烷、甲苯、二甲苯等物质不仅会影响大气环境, 还会威胁人体健康。此外, 部分医药化工产品在生产过程中产生刺激性气体, 例如含氯气体及含硫气体等, 处理不当将对周边地区居民日常生活造成严重的影响。

1.3 固废污染

医药化工产品生产过程中易产生危险废物, 此类固废由生产废料、不合格医药化工产品等共同组成。固废中含有大量的化学药剂、有机物等有害物质, 处理不当不仅会引起土壤污染, 甚至造成地下水和大气

环境污染，严重情况下危害人类生存的环境。

2 医药化工制造环保技术应用要点

2.1 废水处理技术

2.1.1 生物处理技术

在生物处理技术应用过程中，可借助微生物代谢作用净化废水中的有机物，有机物可被分解为二氧化碳及水等物质，生物处理技术可细分为活性污泥处理技术、生物膜处理技术及厌氧处理技术等。在活性污泥处理技术应用过程中，可利用曝气的形式使微生物与废水相接处，依托微生物的吸附功能及分解功能，降低废水内污染物含量。例如，某抗生素生产企业应用活性污泥法处理废水，将废水中的 COD 降至 500mg/L 以下，处理效率超 93%；在生物膜技术应用过程中，可借助生物膜降解废水中的污染物，有机化合物去除率可达 85%；在厌氧处理技术应用过程中，可借助厌氧微生物将废水中的污染物分解成气体^[2]。

2.1.2 膜分离技术

在膜分离技术应用过程中，可以利用膜的过滤性过滤废水中的污染物，从而实现净化目的，膜分离技术可细分为反渗透技术、纳滤技术等。反渗透技术广泛应用于医药废水的深度处理过程中，借助过滤材料可去除废水中的大分子有机物及溶解性盐，过滤后水资源可二次利用。例如，某化学制药企业应用反渗透膜技术处理高盐废水，盐分去除率达 98%，处理后水用于厂区绿化，年节约用水量达 10 万吨。纳滤技术可过滤一定的离子及有机物，可降低医药废水内金属离子含量及有机物含量，针对铜、镍等离子，过滤效率高达 95%，膜分离技术应用便捷，不会占用较多的场地面积，过滤效果好。但需要注意的是，膜分离技术对膜材料性能要求较高，加之膜材料易受到污染，因此需定期展开膜材料清洗或更换。

2.1.3 高级氧化技术

在高级氧化技术应用过程中，可以利用自由基将医药废水中的有机物污染物分解为小分子，例如二氧化碳及水等。高级氧化技术可细分为芬顿氧化技术、臭氧氧化技术、光催化氧化技术等。在芬顿氧化技术应用中，依托亚铁离子能够与过氧化氢反应生成过羟基自由基，羟基自由基能够讲解有机污染物。在臭氧氧化技术应用过程中，可通过臭氧的强氧化特征氧化有机物。针对酚类物质含量较高的医药废水而言，净化效果极好。在光催化氧化技术应用过程中，可在催化剂作用下生成自由基，自由基可实现有机物降解^[3]。近年来，随着光催化氧化技术不断创新，光催化催化剂种类愈加丰富，纳米二氧化钛等光催化剂的应用进一步提升了光催化氧化技术的应用效果，且未来应用

前景广阔。

2.2 废气处理技术

2.2.1 吸附技术

吸附技术适用于有机废气、低浓度废气及成分复杂的废气处理，可通过吸附剂吸附医药废气中的污染物，从而完成医药废气净化。吸附技术中的吸附材料种类繁多，可细分为活性炭吸附材料、分子筛吸附材料等，不同吸附材料的优势及适用范围有所不同。活性炭吸附材料的比表面积较大，且结构中含有大量的孔洞，可用于具有挥发性的有机化合物吸附；分子筛吸附材料用于特定的医药废气净化，具有一定的局限性，分子筛吸附材料可用于医药化工废气中异味物质吸附，包括氨、硫化氢等，虽然吸附技术具有应用成本低、操作便捷的特征，但吸附材料性能易影响净化效果，所以需定期展开吸附材料更换^[4]。

2.2.2 含卤素废气处理技术

含卤素废气具有毒性、腐蚀性，易破坏环境，含卤素废气处理已成为业内人士研究重点。含卤素废气处理技术种类丰富，不同处理技术应用存在显著差异。例如，在含二氯甲烷废气处理中，技术人员可选择冷凝回收技术。二氯甲烷沸点较低，技术人员可通过降低废气温度的方式使二氯甲烷冷凝为液体，从而实现气体分类。冷凝回收技术涉及多级冷凝工艺，需先通过冷却水完成废气初步降温，再利用冷冻剂展开进一步降温。例如，某医药化工企业采用三级冷凝装置展开含二氯甲烷废气处理，一级冷却至 20℃以去除杂质，二级冷却至 0℃以冷凝二氯甲烷，三级冷却至 -20℃以回收二氯甲烷，回收率达 90%。预处理 + 末端治理组合拳的治理方式提升废气的治理效率，如冷凝 + 吸附：预冷后结合活性炭或分子筛吸附，提升整体回收率；冷凝 + 燃烧：针对大风量、低浓度废气，实现近零排放。

2.3 固废处理技术

2.3.1 资源化利用技术

利用资源化利用技术回收医药化工危废中具有二次利用价值的成分，针对含有药物成分的医药化工危废，技术人员可利用过滤提纯等方法回收危废中的有效成分，实现资源的循环利益。针对含有贵金属成分的医药化工危废（废催化剂），技术人员可借助离子交换等工艺技术分离出其中金属离子，再实现回收利用；针对含有铜等成分的医药化工危废，可以借助化学沉淀等工艺提纯，再将提纯材料用于冶金领域。加强资源化利用技术应用不仅能够降低医药化工固废内有毒有害物质含量，还可将回收后的物质用于二次生产，经济优势显著。

2.3.2 无害化处理技术

针对资源化利用技术无法适用的医药化工固废，技术人员可利用无害化处理技术进行处理，应用较广泛的为焚烧技术。在焚烧过程中，医药化工固废中的有机污染物能够被分解成二氧化碳及水。焚烧工艺可细分为层状燃烧、流化床燃烧、回转窑燃烧、直燃式焚烧等。层状燃烧是指将固废平铺在炉排上，随后进行燃烧。流化床燃烧是利用砂床等介质，在高温能做用下形成流态化，从而使固废与高温介质相接触，从而完成燃烧。回转窑燃烧是指将固废放置在回转窑内，回转窑不断转动，固废在滚动过程中燃烧。直燃式焚烧技术是一种通过高温氧化分解固体废物的处理方式，适用于有机成分高、热值稳定的废物处理场景。

3 医药化工制造行业可持续发展策略

3.1 促进技术创新与研发

医药化工制造行业的绿色转型需以技术创新为核心驱动力，构建“政产学研用”协同创新生态体系。一是政府层面应强化政策引导，通过税收减免、研发补贴等激励措施，推动企业加大环保技术研发投入。例如，对采用生物酶催化、连续流反应等绿色合成技术的企业给予 15% 的企业所得税优惠，并设立专项基金支持中试转化。

同时，建立国家级医药环保技术创新平台，整合高校（如天津大学化工学院）、科研院所（如中国科学院过程工程研究所）的研发资源，针对高盐废水处理、VOCs 深度治理等共性难题开展联合攻关；二是在技术研发方向上，应聚焦三大领域：一是源头减排技术，如开发新型绿色溶剂替代传统有机溶剂，降低废水与废气产生量；二是工艺过程强化技术，利用微反应器、膜分离等装备实现物料精准分离与循环利用；三是智能化监测技术，通过传感器网络与大数据分析实时监控污染物排放，提升治理效率^[5]。

3.2 施行绿色生产与循环经济模式

首先，构建全生命周期闭环体系，将绿色化学理念融入产品设计、生产运营与回收处置各环节，在产品设计阶段，优先选用低毒、易降解的绿色原料，优化合成路径以减少反应步骤与能耗；生产过程中推广连续化、自动化生产线，通过精准控制物料投入与反应条件，降低污染物泄漏风险；利用数字化管理系统实时监测能源消耗，提升资源利用效率。

其次，突破传统末端治理思维，从政策引导与技术创新两方面推动废物资源化，国家及地方政府出台多项激励政策，鼓励企业开展废物资源化利用。浙江省生态环境厅出台了《浙江省危险废物“点对点”定向利用许可证豁免管理工作方案》，在环境风险可控

的前提下，可作为本省其他单位环境治理或工业原料生产的替代原料的，利用单位豁免申领危险废物经营许可证。危险废物“点对点”定向利用是危险废物资源化利用的趋势，是循环经济的重要途径之一。

3.3 加强国际合作

医药化工制造污染治理是全球性议题，需通过国际合作突破技术与标准壁垒，我国企业应积极参与国际环保技术联盟，如 OECD（经济合作与发展组织）的绿色制药倡议，借鉴欧盟《工业排放指令》（IED）、美国 EPA（环境保护署）的清洁生产标准，对标国际先进水平完善自身管理体系。同时，与跨国企业、国际科研机构建立联合实验室，针对抗生素抗性基因（ARG）污染控制、新型污染物去除等前沿领域开展合作研发。

在标准互认方面，推动我国医药化工环保标准与国际接轨，参与 ISO（国际标准化组织）绿色化工相关标准的制定。通过技术引进与输出，促进环保技术的双向流动：一方面引入欧洲先进的生物处理工艺，提升我国医药化工废水处理水平；另一方面向“一带一路”国家推广成熟的固废资源化技术，形成技术合作与产业升级的良性循环。此外，建议建立国际医药环保信息共享平台，实时跟踪全球政策动态与技术进展，为企业应对国际绿色贸易壁垒提供支持。

4 结语

综上所述，随着可持续发展理念不断深入，医药化工制造行业绿色、环保、可持续发展已成为未来必然趋势，但医药化工制造环节中仍存在着一定的污染问题，废水污染、废气污染及固废污染难以避免。医药化工企业应充分掌握废水处理技术、废气处理技术及固废处理技术要点，从而提升污染物净化质量，实现生态环境保护。此外，还应加强政策法规引导，促进技术创新与研发，促进技术创新与研发，加强国际合作，从而推动医药化工制造行业可持续发展。

参考文献：

- [1] 周英壮, 郭少卿, 刘丽艳, 关丽坤, 杜帅. 医药制造环保技术与可持续发展 [J]. 清洗世界, 2024, 40(9):85-87.
- [2] 李洁. 医药制造企业环境管理探索及污染防治建议 [J]. 绿色科技, 2020(10):122-123.
- [3] 谢银花. 医药制造企业环境管理探索及污染防治建议 [J]. 当代化工研究, 2022(2):63-65.
- [4] 吴涛. 化工企业节能与绿色化工生产技术的研究 [J]. 中国战略新兴产业, 2025, (09):91-93.
- [5] 王诗佳, 黄哲, 赵勇溪. 基于扎根理论的制药企业绿色创新研究 [J]. 中国药房, 2020, 31(23):2822-2827.