

化工企业废弃物资源化处理研究

冯孝龙

山西省吕梁市生态环境局柳林分局, 山西 吕梁 033300

DOI:10.61369/ETQM.2025110003

摘要： 在我国化工企业迅速发展的同时，化工企业废弃物产生量日益增加，如何有效地处置这些废物是当前面临的重要问题。本文在对我国化工企业废物进行系统归类的基础上，对其特征进行深入分析，对现有的物理、化学、生物和热处理等技术进行综合整理，并对其中的技术、管理和经济问题进行研究。希望本文的研究成果将对于我国化工企业废物资源化利用，促进我国化工企业的绿色、低碳转型，具有重要的科学意义和现实意义。

关键词： 化工企业；废弃物；资源化处理；技术分析；优化路径

Study on Waste Recycling Treatment of Chemical Enterprises

Feng Xiaolong

Liulin Branch of Lvliang Municipal Bureau of Ecology and Environment, Shanxi Province, Lvliang, Shanxi 033300

Abstract： With the rapid development of China's chemical industry, the volume of industrial waste generated by enterprises has been increasing significantly. Effectively managing this waste has become a critical challenge. This study systematically classifies chemical industry waste in China, conducts an in-depth analysis of its characteristics, and synthesizes existing technologies including physical, chemical, biological, and thermal treatment methods. The research further examines technical, managerial, and economic aspects of these approaches. The findings aim to provide scientific insights and practical guidance for advancing waste resource utilization in China's chemical sector, thereby facilitating the industry's green and low-carbon transition.

Keywords： chemical industry; waste; resource treatment; technical analysis; optimization path

引言

化工企业是我国经济发展的一个重要支柱，它为社会提供了大量的化学品，但也带来许多废物。如果处置不当将会对土壤、水体、大气等环境产生严重的污染，对生态平衡与人体健康构成威胁，同时也是一种资源的浪费。根据有关数据，世界上每年产生的化学废物数量高达上亿吨，同时我国的化工废料产量也在不断上升。在“双碳”的背景下，随着社会对环境保护的日益重视，对化工企业中产生的废物进行资源化利用，既可以减轻环境污染，又可以减轻资源紧缺的局面，促进化工企业的可持续发展。因此深入开展化工企业废弃物资源化处理研究具有重要的现实意义。

一、化工企业废弃物分类与特性分析

（一）废弃物分类

在工业生产过程中，产生了大量的废物，按照不同的分类标准可以将其划分为各种类型，根据其化学特性，可分为有机废物、无机废物和混合废物。其中有机废物中的大部分都是易燃、易挥发和有毒的有机废物；无机废物重金属废渣主要包括重金属废渣、酸碱废液等，部分重金属废渣在土壤中存在较长时间的残留与生物富集；而混合垃圾既包含有机组分，又包含有机组分，因此处理起来更加困难。按其形态可分为固体废物、液体废物和

气体废物，其中固体废物，如化工废料、污泥等；液体废物包括各种污水和废物；气体废物是指在工业生产中产生的废气。另外，依据垃圾的危险程度，将其分为危险废弃物和一般废弃物，危险废弃物对环境和人体健康危害更为严重，需特殊处理。

（二）典型废弃物特性

重金属废渣通常含有 Pb、Hg、Cd、Cr 等重金属，它们在自然界中不易降解，可通过食物链进入人体，对神经系统、免疫、生殖等系统产生危害。比如，镉进入身体后，就会积聚在肾、骨等部位，引起一些严重的病症，如骨痛症。酸性废液是一种极具腐蚀性的物质，对管线及设备造成严重的腐蚀，如果不进行有效

地处理,将导致土壤酸化、pH降低,甚至会对生物和动植物造成危害。有机废气中含有大量的苯、甲苯、二甲苯、挥发性有机化合物(VOCs),除了具有刺激性的气味外,还有一些具有致癌、致畸、致突变的作用,在某些情况下,还会发生光化学烟雾,严重影响空气质量和人类身体健康^[1]。

二、现有资源化处理技术分析

(一) 物理处理技术

物理处理是指将化学废物经过物理处理后,达到回收的目的,常用的物理方法有吸附法、过滤法、沉淀法、膜分离等。其中吸附法是指通过活性炭、分子筛等吸附剂对固体废物进行吸附,实现对固体废物的净化与富集,比如活性炭对VOCs有很好的吸附作用,能有效地减少尾气中的污染物含量,而且经过吸附饱和的活性炭可以进行再生回收。过滤技术是指利用过滤材料,如过滤元件、过滤元件等,将固体粒子从液相或气态水中分离出来,通常被应用于化学污水的处理,以脱除悬浮物及胶体物。沉淀技术是指将垃圾中的固体粒子通过重力沉降至容器底部,达到固液分离的目的,比如对含有重金属的化学废水,可以加入沉淀剂将其沉淀,再将其分离出来。膜分离是一种基于分子尺寸、电荷等不同的选择性渗透膜,通过对物质分子尺寸、电荷等的选择性渗透,已被广泛用于化学废水的处理及有机物料的回收,例如反渗透膜可以高效地脱除水中的盐及小分子有机物,达到水的循环利用。

(二) 化学处理技术

化学处理是指通过对工业废料进行化学改性,将其转变成对人体无害或有用的物质,其中,中和法、氧化-还原法、化学沉淀法、焚烧法等是常用的方法。中和法是一种适用于酸、碱废水的中和工艺,它是在废水中加入碱、酸等物质,将溶液的酸碱度调整为中性或近中性,以减少废水的腐蚀性,比如用石灰中和废酸,就可以得到无毒的盐类和水。利用氧化-还原法将废物中的有毒、有害物质进行氧化、还原等处理,使其成为一种无毒或低毒性的物质,例如芬顿氧化技术在有机废水中的应用,其主要目的是通过双氧水与二价离子的作用来实现对难降解有机污染物的氧化,并将其转化为 CO_2 和 H_2O 。化学沉淀法是一种类似于物理沉淀的方法,它以化学反应的方式将污染物转化为沉淀物,例如在处理含重金属废水时,需要向其中加入硫化物等沉淀剂,使得重金属与硫离子发生反应,形成难溶的硫化物。焚烧法是指利用高温条件下的有机物,将其分解成二氧化碳、水和灰渣,并释放出巨大的热能,可以用来发电或加热。但是在燃烧过程中,还会生成二恶英等有毒、有害的污染物,因此必须对其进行有效地治理。

(三) 生物处理技术

生物处理是指通过微生物的新陈代谢过程,对工业废物中的有机物进行降解,使之成为一种无毒或有用的资源,其处理方法有好氧、厌氧及生物修复三种。好氧是指在好氧环境下,由好氧微生物降解有机物生成 CO_2 和 H_2O 的过程。活性污泥工艺是指在

污水中充入氧气,使其与污水充分接触,并利用其中的有机质在污水中生长、增殖,达到对污水的净化效果。厌氧降解是指在厌氧环境中,由厌氧微生物降解有机物生成甲烷和二氧化碳等气体的过程,并生成可用作化肥或能源的污泥^[2]。而采用厌氧法可以对高浓度的有机废水进行高效的处理,还能产生清洁能源沼气,利用微生物或植物或其它有机体的新陈代谢作用来修复受污染的环境,例如利用特殊微生物对土壤或水中的有机污染物进行降解,从而达到修复生态环境的目的。

(四) 热处理技术

热处理是将工业废料经过高温处理,使其理化性能发生变化的一种新工艺,常用的热加工方法有热解、气化、熔法等。其中热解是指有机物在无氧或乏氧环境下经高温裂解生成小分子气态、液态及固态残留物,其产物可用作燃料或化工原料,固体残留物可用作建材等,例如废旧塑料通过热解可以获得燃油和燃气。气化是指固体废弃物与气体(如氧气、水蒸气等)在特定的温度、压力下发生化学反应,得到以一氧化碳和氢气为主的合成气,用于发电、化工等领域。熔法是一种对无机废料的处理方法,例如在高温下熔化重金属废料,使重金属与炉渣分离,实现重金属的回收和炉渣的资源化利用,炉渣可制成建筑材料或其他工业原料。

三、资源化处理面临的问题与挑战

(一) 技术瓶颈

当前,工业废物的资源化利用还面临着许多技术瓶颈,部分污水处理工艺适用范围较窄,难以有效地处理组成复杂的混合垃圾。生化处理方法仅能对某些种类的有机物进行处理,而不能有效地处理含各种难降解有机物的有机废水^[3]。另外,某些工艺的处理效果及回收利用率还不够高,例如热解法尽管可以实现对有机废物的回收,但仍面临着能源利用率低和产物分离难等问题。还有部分处理工艺也会带来二次污染,例如二恶英等,如果处理不好,又会给环境带来新的风险^[4]。

(二) 管理问题

目前,我国化工企业对废物的回收利用管理还存在着许多问题。第一,我国垃圾分类标准不够健全,部分垃圾分类标准不够清晰,处置技术规范及监督要求不具有针对性,造成了企业垃圾处置的不规范。第二,由于缺乏有效的监督管理,导致一些企业为了减少生产成本,在生产过程中产生大量的废物,甚至是无组织地进行了处理,以规避监督。第三,垃圾处置责任界定不清,企业、政府及社会各主体在垃圾处置中的责任界定不清,造成垃圾处置工作的低效^[5]。

(三) 经济制约

目前我国化工企业对废物的回收利用受到了很大的经济压力。一方面,垃圾处理设施的建设和运行费用都比较高,企业要在先进的处理设备和设施上进行投资,在设备的操作、维护和管理上,都要不断地投入资金,这对某些中小型的化工企业是一个很大的负担。另一方面,由于垃圾资源化利用的产物具有不确定

性和波动性，使得企业很难从回收产品中获取稳定的收入，从而影响了企业对其进行回收利用的动力，而且由于缺少税收优惠和财政补贴等经济激励措施，很难激发企业的积极性^[6]。

四、优化路径与建议

（一）技术创新方向

为解决我国化工企业废物资源化利用面临的技术瓶颈，必须加强科技创新，研究高效、自适应的污水处理工艺，着重解决污水中的多污染物协同处置问题，发展出一套可实现多污染物同步治理的一体化工艺。比如将物理化学、生物等多种技术有机融合，构成复合处理过程，以强化复合废物的处置效能。同时通过强化热解、气化等技术研究，优化过程参数，改善装置结构，提升能源利用效率及产品分离效率^[7]。在此基础上，进一步研究二次污染控制方法，发展二恶英等高效净化工艺，降低二次污染。同时积极探索利用纳米技术、生物技术等新技术与新技术，发展新技术，为固体废物的资源化利用提供新的途径^[8]。

（二）政策与管理建议

建立健全的政策和制度是促进化工企业废物资源化利用的根本保证，政府要加速建立相应的法律、法规、标准，对垃圾进行分类、处置技术规范，并建立严格的监督管理制度和惩罚办法，强化对企业废物处置行为的管理。同时加强监督管理，建立完善监督体系，运用信息技术对垃圾产生、运输、处置过程进行实时监测，杜绝监督管理的盲点。明确企业、政府、社会各主体在垃圾处置中的责任，并制定相应的问责机制，保证各方面都能有效地完成各自的工作^[9]。

（三）产业协同模式

建立行业协作模型，有利于提升化工企业废物资源化利用效

率与效益，促进企业与废弃物处置企业、科研院所和高等院校等单位的协作，建立产学研协同创新的体制。其中，由化工企业提供废物资源及应用场景，由废物处置企业进行处置与回收，由研究院所与大学进行技术研究与人才培养，实现各方面的优势互补，促进废物资源化利用的发展与应用^[10]。在此基础上，构建工业园区生活垃圾的协同处置机制，使生活垃圾集中收集、分类处置、资源共享。比如在工业园区建立一个统一的废物处置中心，将所有企业所产生的废物集中处置；将处理过程中产生的可利用资源在园区内企业间进行循环利用，提高资源利用效率并且降低处理成本。

五、结束语

综上所述，将工业废物进行资源化利用既能保护环境，又能节约资源，达到可持续发展的目的。我国城市生活垃圾的资源化利用已经取得了一些成绩，但是仍然存在着许多问题和挑战。本文从技术创新、政策管理、行业协同三个层面，对我国化工企业废物的分类和特征进行深入剖析，对现行工艺进行系统梳理，并对其中存在的问题进行系统的研究，从而为我国化工企业废物资源化利用提供技术支撑。未来，还需要政府、企业、科研机构以及社会各界的通力合作，继续增加研发和投入，使有关的政策和技术系统得到进一步的健全，使化工企业的废物得到有效的回收利用，促进化工产业绿色低碳转型，进而为建设美丽中国和实现可持续发展目标做出贡献。

参考文献

- [1] 郭少卿, 张腾, 李小宋, 等. 化工制药废弃物处理与资源化利用技术 [J]. 清洗世界, 2025, 41(04): 68-70.
- [2] 张雪琴, 陈树华, 付艳鹏, 等. 煤化工企业废水处理及资源化利用技术研究及应用 [J]. 山西化工, 2024, 44(03): 213-216.
- [3] 李培成. 浅析我国氟化工企业含氟废弃物资源化处置研究进展 [J]. 有机氟工业, 2023, (02): 57-60.
- [4] 潘红. 化工企业高含盐废水资源化零排放技术研究 [J]. 环境科学与管理, 2023, 48(04): 81-86.
- [5] 高健, 朱博. 煤化工高含盐废水资源化处理技术的工程应用研究 [J]. 现代工业经济和信息化, 2023, 13(04): 143-144.
- [6] 韩宁. 化工企业环保治理技术研究与实践 [C]// 中国智慧工程研究会. 2024 人工智能与工程管理学术交流会论文集. 台州市瑞境环保科技有限公司; , 2024: 242-244.
- [7] 马辉. 基于循环经济的化工企业节能减排实践探讨 [J]. 当代化工研究, 2024, (07): 99-101.
- [8] 崔苗苗. 化工企业安全环保管理的意识和优化措施 [J]. 化工管理, 2024, (07): 53-55.
- [9] 洪舒婷. 绿色发展背景下化工企业环境绩效评价研究 [D]. 广东财经大学, 2023.
- [10] 王建强, 王南南. 化工安全管理绿色发展思考 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43(08): 47-49.