

# 化工工程中的废弃物回收与资源化利用技术

王怀新

濮阳乐享化科新材料有限公司, 中国·河南 濮阳 457000

**摘要:** 论文探讨了化工工程中的废弃物回收与资源化利用技术, 分析了固体、液体及气体废弃物的处理方式及其资源化利用的实际案例。通过先进技术的应用, 化工废弃物能够有效转化为可再利用的原料或能源, 实现了环境保护与经济效益的双赢。论文还讨论了当前技术面临的挑战, 包括技术复杂性、成本高昂以及政策推动不足, 并展望了未来技术发展的方向。

**关键词:** 化工废弃物; 资源化利用

## Waste Recycling and Resource Utilization Technology in Chemical Engineering

Huaxin Wang

Puyang Lexiang Chemical Technology New Materials Co., Ltd., Puyang, Henan, 457000, China

**Abstract:** This paper explores the technology of waste recycling and resource utilization in chemical engineering, analyzes the treatment methods of solid, liquid, and gas waste, and presents practical cases of resource utilization. Through the application of advanced technology, chemical waste can be effectively converted into reusable raw materials or energy, achieving a win-win situation between environmental protection and economic benefits. The paper also discusses the challenges currently faced by technology, including technological complexity, high costs, and insufficient policy promotion, and looks forward to the direction of future technological development.

**Keywords:** chemical waste; resource utilization

### 0 前言

化工工程是资源密集型产业, 伴随生产过程产生的废弃物种类繁多, 包含固体废渣、废水和废气等。这些废弃物如果处理不当, 可能对环境造成严重污染, 同时也带来了资源浪费的问题。以化工废水为例, 含有的有毒有害化合物和重金属离子, 对水体和生态系统的破坏极其严重。此外, 化工废渣中的废催化剂和有机溶剂残渣, 若不加以处理或再资源化利用, 不仅增加了填埋场负担, 也造成了潜在的污染风险。

废弃物回收与资源化利用技术的发展, 有助于将这些废弃物转化为可再利用的原材料或能源, 从而减少对环境的负面影响, 降低资源消耗, 提升化工生产的整体效率。例如, 废催化剂的再生处理, 可以回收有价值的金属成分, 而化工废水中的有机物质可以通过生物处理转化为可再生能源。通过这些技术手段, 化工企业能够在实现污染控制的同时, 获得经济效益。

随着环保法规日益严格, 废弃物处理已成为化工行业的合规要求, 而资源化利用则成为企业追求经济效益与环境效益的平衡点。基于此, 本文将深入探讨化工废弃物的回收与资源化利用技术, 分析其在实际应用中的技术的难点和经济性, 并提出未来技术发展的方向。

### 1 化工废弃物的分类及产生来源

#### 1.1 固体废弃物

固体废弃物包括化工生产中产生的废渣、废催化剂、废过滤材料以及反应后的残留物等。废催化剂是典型的固体废弃物之一, 通常含有贵金属或有害成分, 若不加以处理, 会导致资源浪费和环境污染。此外, 化工生产过程中使用的反应容器内衬、密封材料和管道残渣等在长时间使用后产生磨损, 最终成为废料。生产过程中排出的废渣如煤渣、矿渣等, 也属于固体废弃物, 具有量大、处理复杂的特点。

#### 1.2 液体废弃物

液体废弃物主要包括工艺废水、清洗液、溶剂残液及反应液等。这些废水中通常含有有毒有害的化学物质, 如有机溶剂、重金属离子、酸碱化合物以及油类物质。工艺废水是化工生产中排放量最大的一类废弃物, 其成分复杂、处理难度高, 直接排放会对水环境造成严重的污染。另一个常见的液体废弃物来源是清洗工艺, 如设备清洗液中往往含有高浓度的化学试剂或油脂, 具有较高的环境风险。

#### 1.3 气体废弃物

气体废弃物包括生产过程中排放的废气、尾气及挥发性有机化合物。废气中常含有一氧化碳、二氧化碳、氮氧化物、硫氧化物以及氯化氢等对环境有害的成分。这类气体不仅对大气环境造成污染, 还可能引发酸雨、光化学烟雾等次

生污染。此外某些化工反应会产生大量挥发性有机物, 这些物质在大气中易与氧化剂发生化学反应, 形成臭氧, 进而危害人体健康和生态环境。

化工废弃物的分类和来源复杂多样, 其处理不当将严重威胁环境。因此, 针对不同类型的废弃物, 采用相应的回收和资源化利用技术显得尤为重要。

## 2 化工废弃物的回收技术

化工废弃物的回收技术是减少资源浪费和环境污染的重要手段, 通过不同技术手段对废弃物进行再处理, 可以有效回收有用成分并将其重新应用于生产过程。这不仅有助于降低企业的生产成本, 还能够减少废弃物对环境的负面影响。

### 2.1 固体废弃物回收技术

对于固体废弃物, 热处理是常用的回收手段之一。热解技术通过高温将废弃物分解为可燃气体和固体残渣, 其中产生的气体可作为能源回收, 而残渣则可进一步利用或填埋。焚烧技术则通过高温焚烧有机固体废弃物, 减少废物体积, 同时释放热能用于发电或供热。对于一些含有金属的废弃物, 如废催化剂, 冶金技术可以有效回收其中的贵金属成分, 这些金属在化工行业中具有较高的经济价值。

机械分离技术也常用于固体废弃物回收, 通过物理方法将不同成分的固体废弃物进行分离。例如, 磁选技术可以用于从废弃物中分离出铁磁性材料, 粉末材料的再利用则通过分级和过滤技术将其重新加工为工业原料。对于某些废塑料和橡胶材料, 通过物理粉碎和造粒技术, 可将其转化为二次原料, 供生产新的塑料制品使用。

### 2.2 液体废弃物回收技术

液体废弃物的回收主要依赖于物理、化学和生物技术。膜分离技术广泛用于化工废水的处理, 通过超滤、纳滤或反渗透工艺, 将废水中的有机物、重金属等有害物质分离出来, 实现废水的净化和资源回收。蒸发结晶技术也用于废液处理, 通过蒸发浓缩液体废弃物中的溶解物, 产生可再利用的固体或晶体物质, 剩余的水可以回用于生产工艺中, 减少新鲜水资源的消耗。

化学处理方法在液体废弃物的回收中同样重要, 中和沉淀法用于酸碱废水的处理, 通过调节 pH 值将溶解的金属离子沉淀下来, 形成可回收的固体物质。氧化还原法则常用于处理含有毒有害物质的废液, 将其转化为无害或可降解的物质。对于某些含有有机溶剂的废液, 通过蒸馏技术可以将溶剂分离回收, 经过纯化后重新用于生产中, 减少溶剂的使用量和采购成本。

生物处理技术则是另一种液体废弃物回收方式, 主要应用于废水中的有机物处理。通过厌氧发酵技术, 有机物在微生物的作用下转化为甲烷等可燃气体, 实现能源的回收。该技术适用于处理含有大量有机物的废水, 特别是食品和制

药行业的化工废水。

### 2.3 气体废弃物回收技术

气体废弃物的回收技术主要集中在废气净化和能量回收两个方面。吸附技术是一种广泛应用的气体回收方法, 通过活性炭或沸石等材料, 吸附废气中的有害气体成分, 如二氧化硫、氮氧化物和挥发性有机化合物。吸附饱和后, 通过加热或抽真空使吸附剂再生, 废气中的有害物质可以进一步处理或作为原料再利用。

吸收技术通过液体吸收剂与废气接触, 使有害气体溶解在液体中。例如, 采用氢氧化钠溶液可以有效去除废气中的二氧化硫, 吸收后生成的副产物可以进一步加工用于工业应用。催化氧化技术也用于挥发性有机物的处理, 利用催化剂在较低温度下将废气中的有机物氧化为二氧化碳和水, 减少污染物排放。

废气的能源回收也是气体废弃物处理中的一个重要方向。通过余热回收系统, 将高温废气中的热能用于加热或发电, 不仅减少了能源消耗, 还能降低废气排放对环境的影响。

通过这些回收技术, 化工废弃物不仅得到了有效处理, 还能够转化为有用资源, 推动了化工行业的绿色发展和资源循环利用。

## 3 化工废弃物的资源化利用技术

化工废弃物的资源化利用技术是化工行业减少环境负担和提高经济效益的重要途径。通过合理的技术手段, 将废弃物中的有用成分转化为可再次利用的原料或能源, 不仅能有效减少废弃物排放, 还能在化工生产中实现资源的循环利用<sup>[1]</sup>。

### 3.1 固体废弃物的资源化利用技术

固体废弃物中的废渣、废催化剂、废塑料等常常蕴含有价值的元素和物质。废渣和废料可用于建筑材料的制备, 利用化工废弃物中的高硅、高铝成分, 可以制备建筑砖、道路填料等。这类材料在建设行业有着广泛的应用, 既降低了材料成本, 又减少了废弃物填埋的环境压力。另一种应用是将化工废渣通过焙烧或化学反应, 提取其中的金属成分或其他有用物质。这些金属可以进一步用于电镀、催化剂生产等工业领域, 提升资源利用率。

废催化剂含有的贵金属和稀有金属在工业上具有很高的再利用价值。通过再生工艺, 可以将废旧催化剂进行回收处理, 提取其中的活性金属成分, 再经过精炼或改性重新应用于催化反应中。这一技术不仅减少了对稀有金属的依赖, 还降低了催化剂的制造成本, 具有显著的经济效益。

废塑料的资源化利用技术也正在不断发展。通过机械粉碎、热解以及化学分解, 废塑料可以被转化为燃料、化学原料或重新制成塑料制品。机械粉碎后, 塑料颗粒可直接用于制造低要求的塑料制品, 而通过热解或化学裂解工艺, 废塑料可分解为小分子化合物, 进一步加工为化工原料或燃

料,形成闭环的资源循环。

### 3.2 液体废弃物的资源化利用技术

液体废弃物资源化利用技术主要集中在废水中的有机物、重金属及其他有价值物质的回收。许多化工废水中含有大量的有机物质,如溶剂、表面活性剂等,通过蒸馏、萃取或膜分离技术,这些物质可以被回收再利用,减少新鲜原料的消耗。废水中的有机物还可以通过生物处理转化为沼气、甲醇等可再生能源,既实现了能源回收,也降低了废水的污染负荷。

含重金属的废水是化工行业中的另一大处理难题。通过离子交换、化学沉淀等方法,可以将废水中的重金属离子分离出来,再经过纯化和精炼,这些金属元素可以用于电池、合金制造等高附加值产品的生产。此外,某些工业废水中的盐类成分也可以通过蒸发结晶技术进行回收,产生的盐类可用于工业生产或农业肥料等领域,进一步实现废弃物的资源化利用。

### 3.3 气体废弃物的资源化利用技术

气体废弃物的资源化利用技术侧重于废气中有效成分的回收和转化。例如,二氧化碳捕集与利用技术正逐渐成为应对气候变化和减少温室气体排放的重要手段。通过物理吸附或化学吸收方法,将工业排放的二氧化碳从废气中分离出来,捕集后的二氧化碳可进一步用于化学品生产,如甲醇、碳酸钙等,或者注入油田提高采油率,实现资源的二次利用。

氢气作为一种重要的能源和化工原料,常常在化工生产的副产气中存在,通过膜分离或低温冷凝技术,可以从废气中高效回收氢气,将其用于合成氨、加氢反应等化工工艺。废气中的其他组分,如硫化氢、氯化氢等,也可以通过适当的化学反应进行处理,转化为硫磺、氯化物等有用的化工产品,实现废气的资源化利用。

挥发性有机化合物的回收与利用是另一项重要技术。通过冷凝回收、吸附回收等手段,挥发性有机物可被有效提取,进一步净化后用于制备溶剂、燃料或其他化学品。这一技术在减少大气污染的同时,为企业创造了经济收益。通过这些资源化利用技术,化工废弃物从污染物转化为可用资源,提高了化工生产的经济效益<sup>[1]</sup>。

## 4 废弃物回收与资源化利用的技术案例

### 4.1 国内外应用现状

德国巴斯夫作为全球领先的化工公司,长期致力于减少废弃物排放和提升资源利用率。在德国路德维希港的化工综合园区,巴斯夫采用废催化剂的再生与资源化利用技术,通过冶金工艺回收催化剂中的铂、钯等贵金属。提取的金属不仅用于内部生产,还在市场上销售,产生了额外的经济收益。此外,巴斯夫还通过回收有机废气中的挥发性有机化合物,将其转化为化工原料,大幅减少了废气排放。

中国石化是国内最大的石化公司之一,在废弃物回收

方面取得了显著成效。公司在天津化工厂通过二氧化碳捕集与利用技术,将生产过程中的二氧化碳排放转化为化学品,如甲醇和尿素,不仅减少了温室气体排放,还增加了产品附加值。此外,中国石化还应用了废水处理技术,通过膜分离和生物处理技术回收有机物和重金属,实现了废水的零排放和资源化利用。

### 4.2 典型工程案例

在巴斯夫的德国路德维希港工厂,固体废弃物的资源化利用项目成为化工行业的标杆。工厂中产生的废催化剂通过精细化的回收工艺,提取出铂、钯、铑等贵金属。这些金属经过再加工后,重新投入生产过程中,或出售给其他行业。这一技术不仅减少了对贵金属资源的依赖,也降低了生产成本。与此同时,生产中产生的废渣通过热解和焚烧技术处理,余热被用于厂区内的供电和供热,形成了资源的闭环循环。

中国石化天津化工厂通过废水资源化技术,每年减少了数百万吨废水的排放。该工厂使用膜分离技术处理废水中的有机溶剂和重金属,经过回收处理后的溶剂重新用于生产环节,而回收的重金属则用于电镀和化工材料的生产。废水处理,剩余水通过蒸发结晶工艺转化为工业用水,实现了废水的循环使用。此外,生物处理技术被用于处理有机物浓度较高的废水,产生的沼气被用于工厂内部的能源供应,降低了工厂的外部能源消耗<sup>[2]</sup>。

## 5 废弃物资源化利用技术的挑战与未来发展

尽管废弃物资源化利用技术已取得进展,但在实际应用中仍面临技术复杂性、成本高昂和政策推动不足等挑战。成分复杂的废弃物难以通过现有技术高效分离,其中含有的有害物质增加了处理难度。同时,资源化利用的成本较高,部分回收项目的经济效益受限,尤其在贵金属市场价格波动时,回收成本可能超过收益。

此外,全球各地的环保政策执行力度不一,部分地区由于监管不严,企业对资源化技术的采用动力不足。推动资源化技术的广泛应用,依赖政策的统一和监管的加强。

未来发展将依托智能化和自动化技术。物联网、人工智能和大数据监控技术可以优化废弃物处理流程,提高效率和精准性。生物技术的进步,如厌氧发酵等工艺,将进一步提升废弃物能源化的可能性。新材料和绿色化工工艺的发展也将提高废弃物中有效成分的分离效率,推动废弃物资源化的经济性和普及应用。

### 参考文献:

- [1] 陈天天,马南,孙嘉新.化工过程中的废弃物资源化利用与环保技术创新[J].盐科学与化工,2024,53(8):15-18+22.
- [2] 高进,江山,瞿杨,等.“双碳”目标下天然气净化厂碳资源回收工艺及应用展望——以中国石油西南油气田公司为例[J].天然气技术与经济,2024,18(2):39-44.
- [3] 陈长斌.典型化工废水资源化利用关键技术研究工程示范[Z].安徽省,安徽省安庆市曙光化工股份有限公司,2023-02-02.