

# Exploration of integrated technology for deep treatment and resource utilization of industrial wastewater

Peng Lan<sup>1</sup> Liangjin Jiang<sup>2</sup>

1. Linyi Hengxin Energy Group Co., Ltd., Linyi, Shandong, 276000, China

2. Linyi Yihe New Area Management Committee, Linyi, Shandong, 276000, China

## Abstract

With the rapid development of industrialization in China, a large amount of wastewater has been generated. How to effectively dispose of and recycle this wastewater is an urgent problem that needs to be solved. The article discusses the development and application prospects of integrated processes from several aspects such as deep treatment and recycling of wastewater. This article provides a detailed introduction to the advanced treatment technology of industrial wastewater, and on this basis, analyzes the resource utilization technology of industrial wastewater. The research results will lay the foundation for the deep purification and resource utilization of wastewater in China.

## Keywords

industrial wastewater; Deep processing; Resource utilization; Technology Integration

## 工业废水深度处理与资源化利用的集成技术探索

兰彭<sup>1</sup> 姜良金<sup>2</sup>

1. 临沂恒新能源集团有限公司, 中国·山东 临沂 276000

2. 临沂沂河新区管委会, 中国·山东 临沂 276000

## 摘要

伴随着我国工业化的快速发展, 产生了大量的废水, 如何有效地处置并回收这些废水是一个迫切需要解决的问题。文章从废水的深度治理和回收等几个方面论述了一体化工艺的发展和应用前景。本文在对工业废水深度处理技术进行了详细的介绍, 在此基础上, 对工业废水资源化利用技术进行了分析, 研究成果将为我国废水深度净化及资源化应用奠定基础。

## 关键词

工业废水; 深度处理; 资源化利用; 技术集成

## 1 引言

伴随着工业化进程的加快, 大量的工业废水产生, 对城市供水系统造成了严重的威胁。常规废水处理方法在处理效率低、资源利用率低、环保效果差等问题上具有较大的挑战, 探索更加高效可持续的废水处理方法具有重要的现实意义。将多种废水处理过程相融合, 既可大幅提升废水处理效率, 又可使废水中有价值资源得到有效循环使用。该工艺的实施, 既可解决环保问题, 又可有效地降低生产成本, 促进资源回收。本文对该工艺的发展趋势进行深入研究, 以期为我国废水治理工艺的改进和完善奠定理论基础。

## 2 资源化利用的潜力与需求

资源化利用是当前废水治理领域亟待解决的重大课题。

随着我国工业化的发展, 各种类型的工业废水不断增多, 常规的废水治理技术已经很难满足其高效经济的需求。废水资源化既可以有效地解决废水处理过程中产生的环境问题, 又可以使废水中含有的有机物、磷、氮元素和重金属等有用成分成为可再生资源。例如, 利用厌氧发酵进行生物气的资源化利用, 不仅可以降低废水中的有机物含量, 而且还可以利用其自身的能量。而采用膜分离工艺进行水源的再生利用, 则大大降低了工业用水的用量和制造成本。另外, 废水中所含的磷和氮等元素也可以作为化肥, 为农作物的养分供应。随着科技发展与环境保护要求的不断提高, 废水的资源化利用具有极大的潜能, 是提高废水综合效率的一个关键手段。

## 3 工业废水深度处理技术

### 3.1 物理处理技术

#### 3.1.1 活性炭吸附法

目前使用最多的是活性炭吸附法, 它利用其对水体中

【作者简介】兰彭 (1992-), 男, 中国吉林白山人, 本科, 助理工程师, 从事环境工程研究。

的有机污染物、重金属离子和臭味等污染物进行了脱除。由于其高比表面、孔道分布广泛,对水体中的有毒物质有较强的吸附与脱除作用。该法操作简便,设备投资少,对某些难处理的有机物及难处理的化学品也有良好的处理作用。在废水的治理中,活性炭是一种非常有效的净化物,特别是对化工产品、农药和有机污染物的净化。但是,由于其对污染物的吸收能力有限,且需要经常进行替换或更新,这是其局限性。目前,国内外学者对活性炭进行改性,采用高效的吸附剂元素对其进行改性,以改善其使用性能。

### 3.1.2 膜分离技术

膜分离技术作为一种高效精细的物理处理手段,在水处理、废水回用和资源循环利用等方面得到了越来越多的关注。按其孔尺寸可将其分为四种:微滤、超滤、纳滤、反渗透。纳滤、反渗透等可高效的脱除溶解性有机物、离子以及细菌、病毒等微生物,是目前国内外研究的热点。由于不使用化学药剂,操作简便,容易实现自动化,适合废水的深度净化与回收利用。但是,在实际应用中,由于存在着大量的膜污染,导致了膜的渗透率及分离效率下降,从而缩短了装置的运行周期。所以,改善膜的耐污染性能,延长其寿命是目前国内外研究的重点。

## 3.2 化学处理技术

### 3.2.1 氧化还原反应

氧化还原反应是一种常用的化工工艺,它通过在水中加入氧化剂或还原剂,使有毒的污染物得到有效的降解。在处理水体中的有机污染物,如氨氮和氰化物等,已得到了越来越多的研究。臭氧、高锰酸钾、氯等是用于废水治理的常见氧化剂,它们可以和污染的东西进行氧化作用,把污染的东西破坏掉,或者把它变成其他容易被处理的东西。氧化-还原法处理废水处理速度快、效果好,但存在着氧化剂用量大、处理过程中易生成二次有机化合物等问题。同时,选择合适的合成条件,保证了该方法的效率。

### 3.2.2 化学沉淀法

化学沉淀是指通过化学反应在水体中形成不溶解的沉淀物来去除水体中的重金属、磷酸盐等污染物。目前常用的沉淀法是在水体中添加氢氧化物、硫化物和碳酸盐等沉淀剂,使其与水体中的污染物作用,形成难溶解的沉淀物,再经沉降和过滤等处理。化学沉淀法是一种高效、经济的新技术,在废水处理中具有广泛的应用前景。虽然化学沉淀方法对废水的去除效果很好,但也存在着污泥量大、需进一步处理的问题。另外,一些沉淀剂的应用也会使废水处理变得更复杂,费用也更高。所以,选用适当的沉淀剂及最佳的工艺条件对提高该方法的效果具有重要意义。

## 3.3 生物处理技术

### 3.3.1 好氧生物处理

好氧生物技术是指在厌氧环境下对水中有机物进行降解的生物技术,在废水处理领域具有广阔的应用前景。好氧工艺主要有活性污泥法、生物滤池和曝气池等,其主要作

用是为废水中的微生物提供充足的氧,促进微生物的代谢和降解,减少废水中有机物的含量。好氧生物法可以有效地脱除水体中的有机物和氨氮等养分。好氧工艺对水的温度、pH、溶氧等有很高的要求,对工艺的调控非常严格。好氧生物法是一种高效低耗、高效的废水处理方法,但存在运行速率慢、对毒性及难降解有机污染物难以有效去除等问题。

### 3.3.2 厌氧生物处理

厌氧生物处理技术是指在厌氧条件下,利用厌氧微生物对废水中的有机质进行降解,可广泛应用于含高有机质的工业废水。在厌氧条件下,微生物将有机质分解成甲烷等气体,同时也是一种能量释放方式。该工艺在处理高浓度有机废水时,可达到能量回收(如产甲烷)的目的。在废水处理领域,厌氧生物处理技术主要包括厌氧生物滤池、厌氧反应器以及UASB等。厌氧生物处理技术具有能耗低、污泥产量低、处理效率高等优势,但存在反应速率缓慢、易受废水毒性及剧烈变化等问题。所以,为了提高废水的处理效率及稳定运行,需要与其他的处理技术联合使用。

## 3.4 复合处理技术的应用

融合生物学与化学处理优势的复合技术,针对繁杂废水处理提出了高效的解决方案。该技术模式涵盖了诸如好氧生物降解与化学沉淀相结合、厌氧生物转化与化学氧化相配合等多种方法。在传统生物降解步骤中融入化学处理手段,有效提升了对有机质及难分解污染质的去除能力。譬如,利用化学沉淀有效移除废水中的重金属元素,而生物降解则针对有机污染质进行清除,两者联合作用达到废水的高级净化。此类复合技术具备灵活的适用性,在处理过程中展现出协同作用,有效降低水体污染物含量,进而增强处理成效及资源的再生利用率。

## 4 工业废水资源化利用技术

### 4.1 废水中的能源回收

#### 4.1.1 沼气发酵技术

厌氧消化技术是借助微生物在缺氧环境中分解废水内含有的有机质,进而生成甲烷等可利用能源的过程。此技术不仅减少了废水中有机污染成分的含量,同时也实现了能源的回收。在废水处理环节中,厌氧消化技术发挥了双重功效:一方面,它通过微生物的厌氧代谢作用降解废水中的污染物;另一方面,它产生的沼气可以被收集并作为能源再次利用。沼气成分以甲烷为主,还包括二氧化碳以及微量的硫化氢等,甲烷作为关键的再生能源,可应用于电力生产或提供热源。随着技术革新,厌氧消化技术在效能和经济效益方面均有显著提升,成为废水再生利用的重要技术之一。

#### 4.1.2 热能回收与利用

废水热能再利用技术,即借助各类热交换设施,对废水内蕴含的热量进行提取和应用。在工业废水领域,其温度往往较高,特别是在金属冶炼、化学制品制造、食品生产等行业中,废水所含热能是能源使用的重要部分。通过热交换

系统的运作,该技术能将废水中的热能转移至其他生产流程中使用的水或空气中,进而减少总的能源需求。举例来说,通过热交换器将高温废水的热能传输至低温水体,不仅能够降低废水排放的温度,还能为其他用途提供热量,减少对外部能源的依赖。此外,热能再利用不仅促进了能源节约,也有效减少了废水处理的成本开销。

## 4.2 废水中化学品的再生利用

### 4.2.1 重金属回收与处理

在冶金、矿业和电子等行业,废水中普遍存在着较多的重金属离子,因此,对其进行有效治理具有十分重要的意义。利用重金属离子的提取和治理工艺,能够高效地脱除水中的重金属组分,实现其资源化利用。目前常用的从水中提取重金属的技术有:化学沉淀,电解,吸附等。化学沉积是指在水中加入一定的化学剂,将水中的重金属离子转变成不能溶解的物质。电解法是通过重金属的电化学作用,使其转化成具有一定的金属形态,从而使其易于循环使用。而“吸附定律”是指采用吸附剂对重金属进行吸附,达到脱除、回收的目的。在此基础上,实现了对废水中有毒有害的重金属的高效脱除和再循环,减少了对环境的污染,提高了资源的利用率。

### 4.2.2 有机化学品的提取与再生

在工业废水中,通常存在着许多有机化合物,如果不及治理,将会给水质带来极大的危害。如何有效地回收和回收有机化合物是目前废水处理领域的一个热点。目前常用的分离技术主要有溶剂萃取法、膜分离法、GC法等。溶剂萃取是指选取适当的溶剂,从废水中萃取出有机物,然后回收。而膜分离是指通过半渗透膜对水中有机物进行有效的分离,从而实现从水中有机物的高效提取。该方法在降低废水排放的同时,也可使废水中的有机物得到回收,为工业化生产提供新的能源。

## 5 技术集成与优化

### 5.1 技术集成的优势

所谓技术集成,就是将各种工艺与资源回收相结合,使废水在废水中得到最大程度地发挥。在废水治理中,单个工艺很难同时达到全部工艺需求,而通过多项工艺的融合,可实现多种工艺的互补,从而达到提升工艺效能与资源利用率的目的。采用一体化工艺,既保证了废水的有效治理,又达到了节能减排的目的。在废水治理方面,采用物理-化学-生化组合工艺,能够实现对多种有机污染物的定向治理。然而,将生物气化和热能利用相耦合,既可实现废水中有机物的净化,又可实现高附加值的能量循环利用。该一体化工艺在提升废水深度净化效能的同时,实现废水的闭环回收利用,推动可持续发展。

### 5.2 集成技术的实施方案

集成技术的实现应针对各行业及废水处理的特殊要求,

选用适当的工艺组合。首先,要对废水中的物质组成及污染特征进行综合研究,明确废水治理中的关键与困难,进而选取适宜的工艺进行整合。比如,当废水中有机物含量较高时,可以采用厌氧发酵和好氧相结合的方法,通过厌氧发酵产生甲烷和分解有机物。在此基础上,再进行好氧工艺,以实现剩余污染物的有效去除。另外,在能量利用上,通过构建一体化的传热体系,将废水中的热传输到较低温度的水源,达到节能降耗的目的。在实现中,要综合考虑系统的稳定性、能量效率和经济性,实现各工艺的操作参数的优化配置,以保证系统的高效、节能与环保。为实现一体化工艺,必须配置相关监控设备,对工艺的运行状况进行实时追踪,并对各步骤的运行参数进行优化,从而实现废水的高效回收。

## 5.2 环境影响评估

在技术集成中,环评是一个不容忽视的关键步骤。废水处理与回收工艺的推行,必然会对生态系统造成一定的负面影响,特别是当废水的规模化使用时,更有可能被放大。为此,在进行评价之前,需要对综合项目进行综合评价。该评价的范围涵盖了废水处理的废弃物、废气排放和能耗等。比如,生物甲烷发酵工艺在对有机质进行高效的处理和能量的同时,也会释放出大量的硫化氢和氨气等有害物质,必须采取相应的治理手段才能去除。

## 6 结语

总之,将工业废水深度处理与资源化利用的集成技术应用于环境保护中,是目前及今后环境保护中的一个重大课题。通过这些工艺的整合,不但可以使废水的净化效果得到显著提升,而且可以使废水中的可用资源得到最大限度的回收,从而达到资源地再利用。尽管当前的技术在实际中还存在着成本高、技术复杂等问题,但是,通过技术的发展与革新,希望能够克服上述问题。在此基础上,研究工业废水深度处理与资源化利用的集成技术,对于推动我国绿色发展,实现可持续发展,促进我国经济社会可持续发展具有很大的意义。

## 参考文献

- [1] 王明; 张杰. 工业废水深度处理技术现状与发展趋势[J]. 环境保护, 2021(12): 45-48.
- [2] 刘勇; 陈强. 废水资源化利用技术的研究进展[J]. 水处理技术, 2020(8): 34-37.
- [3] 孙琳; 刘涛. 工业废水回用及资源化处理技术综述[J]. 水污染治理, 2022(4): 56-59.
- [4] 张华; 王俊. 工业废水中重金属去除技术的研究[J]. 环境科学与技术, 2021(7): 12-15.
- [5] 李娜; 孙鹏. 废水处理中的膜技术应用现状与挑战[J]. 水处理与环境保护, 2020(5): 22-25.
- [6] 杨明; 赵凯. 高效废水处理与资源化技术的集成应用研究[J]. 环境工程学报, 2022(9): 89-93.