

化工废水处理和资源化利用路径探讨及经济性分析

刘金河 翟广水 邱肖红（山东鲁北企业集团总公司，山东 滨州 251900）

摘要：化工企业在生产过程中会产生大量的废水，这些废水中含有多种有害成分，如果不经处理对外排放会对土壤、地下水带来严重的污染。由于化工企业是资源密集型和劳动密集型企业，其生产成本非常高。将化工废水进行科学处理和资源化利用，有助于化工企业降低生产成本，提高经济效益，保护生态环境。本文从化工废水处理和资源化利用的重要性、化工废水处理和资源化利用路径、化工废水处理和资源化利用关键技术研究、化工废水处理和资源化利用典型案例及经济性分析等方面进行论述，为广大化工企业科学有效的处理化工废水和实现化工废水的资源化利用提供了路径参考，有助于提高化工企业的绿色化水平和经济效益。

关键词：化工废水；废水处理；资源化利用；经济性

中图分类号：X703 文献标识码：A 文章编号：1674-5167（2025）020-0040-03

Discussion and Economic Analysis of the Path of Chemical Waste Water Treatment and Resource Utilization

Liu Jinhe, Zhai Guangshui, Qiu Xiaohong (Shandong Lubei Enterprise Group Co., Ltd., Binzhou Shandong 251900, china)

Abstract: Chemical enterprises produce a large amount of wastewater in the production process, which contains a variety of harmful components. If it is not treated discharged externally, it will cause serious pollution to the soil and groundwater. Due to the fact that chemical enterprises are resource-intensive and labor-intensive enterprises, their production are very high. Scientific treatment and resource utilization of chemical wastewater can help chemical enterprises reduce production costs, improve economic benefits and protect the ecological environment. This paper discusses the importance of wastewater treatment and resource utilization of chemical enterprises, the path of wastewater treatment and resource utilization of enterprises, typical cases and economic analysis of wastewater treatment and resource utilization of chemical enterprises, and provides a path reference for scientific and effective treatment of chemical wastewater and resource utilization of wastewater for chemical enterprises, which helps to improve the green level and economic benefits of chemical enterprises.

Keywords: chemical industrial wastewater; wastewater treatment; resource utilization; economy

化工企业在工业发展中具有不可替代的重要地位，是建筑、医药、纺织、印染、汽车制造、电子设备等多个行业的重要原料提供商。但是，化工企业在生产过程中，也产生了大量废水。并且，随着工业化进程的加速，化工废水中重金属离子的污染日益严重。^[1]如果将这些废水进行有效的处理和资源化利用，可实现将废水“变废为宝”制成再生水回用于生产或供应下游企业使用，并且，企业使用再生水后可以大大减少对新鲜水的取用量，不仅能够大大降低化工企业储存化工废水的成本，降低因化工废水不达标外排给企业带来的环保处罚风险，还能够有助于推进化工企业绿色化转型，保护人类赖以生存的生态环境。近年来，科学高效的处理化工废水、实现化工废水的资源化利用逐渐成为化工行业绿色化发展的重要目标之一。

1 化工废水处理和资源化利用的重要性

1.1 积极开展化工废水处理和资源化利用工作，有利于保护生态环境

化工废水中含有大量的金属离子、有机物、酸碱

物质等有机物、重金属和有害微生物。^[2]这些废水若没有经过科学处理而直接排放到土壤或地下水，将会对地下水环境和土壤造成严重的污染。

通过科学有效的处理方式将废水中的有害物质去除掉，将废水中的有用组分进行回收利用，不仅可大幅降低化工废水对生态环境的污染，还能够实现其经济价值。

1.2 积极开展化工废水处理和资源化利用工作，有利于企业合规发展

污染物达标排放是国家法律法规对企业生产运行的基本要求。合理的处理化工废水，有助于化工企业遵守环保法规规定。随着国家“双碳”战略的大力推进，企业如果违反环保法规随意排放污染物超标的废水，将可能会面临巨额的罚款甚至停业整顿的风险。化工企业通过新技术新工艺将化工废水进行资源化利用，不仅能够规避法律风险，提高经济效益，还能够提升企业的社会形象，提高企业的综合实力，有助于化工企业的高质量合规发展。

1.3 积极开展化工废水处理和资源化利用工作，有利于企业降本增效

由于化工原料的特殊性，在其生产反应过程中，多种原料反应后产生的废水中含有多种有价元素。化工废水的某些成分经过科学有效的处理后，可以实现高附加值的回收再利用。

比如，化工废水中的贵重金属可以通过先进的提取工艺提取出来，再次回用到生产，不仅能减少资源浪费，还能够大幅降低企业的原材料成本，提高企业经济效益。对化工废水的资源化利用，可以大大降低企业的生产成本。

企业成本的降低意味着利润空间的扩大，企业整体经济效益得到大幅提高，这有助于提高企业在市场中的竞争力。化工废水处理后实现资源化利用，也符合可持续发展和循环经济发展的理念。

2 化工废水处理和资源化利用路径

2.1 物理化学法处理化工废水

物理化学法处理废水的方式主要包含膜分离技术、吸附法、离子交换法和化学沉淀法等。其中，膜分离技术是一种高效的物理分离方法，主要包含微滤、超滤、纳滤和反渗透等处理方法；吸附法是利用活性炭、树脂、硅藻土等吸附剂对废水中的污染物进行吸附的方法；离子交换法是通过离子交换树脂与废水中的离子进行交换反应来去除或回收离子的方法，该方法主要用于重金属离子的去除和回收；化学沉淀法是通过向废水中加入化学药剂，使废水中的某些离子形成沉淀而去除的方法。

2.2 生物处理法处理化工废水

生物处理法处理化工废水的方式主要包含好氧生物处理法和厌氧生物处理法。好氧生物处理法分为活性污泥法和生物膜法等处理方式。其中，活性污泥法是通过向废水中注入空气，使废水中的微生物在有氧条件下分解有机物；生物膜法主要是利用生物膜对废水中的有机物进行分解，该方法具有抗冲击能力强和微生物浓度高等优点。

厌氧生物处理法主要包含厌氧消化法和厌氧发酵法等处理方式。其中，厌氧消化法是在无氧条件下，利用厌氧微生物将废水中的有机物分解为甲烷和二氧化碳等气体的方法，适用于食品化工废水、造纸化工废水等高浓度有机废水的处理；厌氧发酵法除了能够分解化工废水中有机物产生气体外，还可以生产出有机酸、氢气等一些有价值的代谢产物。比如，在生物化工废水处理过程中，采用厌氧发酵的方法不仅可以回收废水中的有机酸等有用物质，还能实现化工废水的处理。

3 化工废水处理和资源化利用关键技术研究

3.1 磷化工废水资源化利用关键技术

磷化工生产过程中产生的废水含有多种有害物质，若未经处理直接排放将对环境造成严重污染。^[3]采用化学沉淀法、晶种沉淀法等沉淀法可实现对磷化工废水的资源化利用。化学沉淀法是通过向废水中添加化学药剂，使废水中的磷、氟等元素形成难溶的沉淀物后被去除或回收。该方法操作简单，成本相对较低，但沉淀物的纯度可能较低，需进一步处理才能实现资源化利用。比如，在化工废水中添加氯化钙、石灰等钙盐，使得废水中的磷酸根离子与钙离子反应生成磷酸钙沉淀，从而实现对磷元素的去除或回收；晶种沉淀法是在废水中加入晶种，使化工废水中的沉淀物在晶种表面生长，从而提高沉淀的速度和沉淀产物的质量。比如，在磷酸钙沉淀中加入磷酸钙晶种后，化工废水中的磷酸根离子和钙离子更容易在晶种表面结晶，形成较大颗粒、纯度较高的磷酸钙沉淀。采用晶种沉淀法可大幅提高磷元素的回收率，回收的磷酸钙可以直接用于生产磷肥等产品。此外，通过采用精密过滤、重结晶、离心分离和烘干等工艺，可将磷化工废水处理过程中产生的副产物焦磷酸钠粗品进行深加工，将焦磷酸钠粗品制成六偏磷酸钠。磷酸钠粗品制备六偏磷酸钠工艺流程如图1所示。

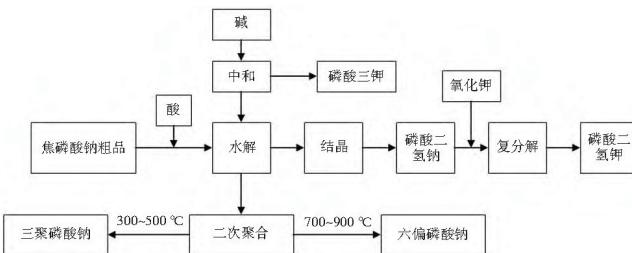


图1 磷酸钠粗品制备六偏磷酸钠工艺流程图

3.2 高盐废水处理关键技术

高盐废水因含有高浓度的盐分、有机物及多种复杂污染物，其处理难度极大。^[4]先进氧化技术主要是利用强氧化剂对有机污染物进行降解，在高盐废水处理中发挥了重要作用。与传统的高盐废水处理方法相比，先进氧化技术具有大幅提高氧化剂利用率、降低运行成本和减少二次污染等优势：先进氧化技术通过优化反应条件、采用特殊的催化剂或者改进反应体系等方式，使得氧化剂分子有效与有机污染物分子发生反应，可大大提高氧化剂的利用率；由于提高了氧化剂的利用率，在达到相同处理效果的情况下，所需的氧化剂用量减少，这就意味着降低药剂的采购成本；在传统的高盐废水处理的氧化降解有机物的过程中，如果反应控制不当，可能会产生二次污染物。而先进

氧化技术能够精准控制反应进程，将有机物彻底矿化成为二氧化碳、水和无害的无机离子，不会给生态环境带来二次污染。

3.3 煤化工废水资源化利用关键技术

煤化工废水是煤炭加工的副产品，含有高浓度有机物和重金属离子。^[5]这些煤化工废水如果不经处理直接外排，会对水环境和土壤造成严重污染。采用活性污泥法这一废水处理的有效技术手段，能够有效去除废水中的可降解有机污染物；采用超滤（UF）技术可有效截留水中的大分子有机物、胶体颗粒、悬浮物以及细菌等微生物，显著降低化工废水的浊度和污染指数（SDI），为后续工艺提供优质的进水条件；反渗透（RO）技术可进一步提升化工废水处理的深度与精度。通过施加高于溶液渗透压的操作压力，反渗透膜能有效去除水中小分子有机物、无机盐、重金属离子等污染物，经过处理后的化工废水水质可达到工业回用标准。近年来，随着新型抗污染、耐酸碱和抗氧化膜材料的研发，反渗透系统的稳定性和使用寿命得到了大幅显著提升。

4 化工废水处理和资源化利用典型案例及经济性分析

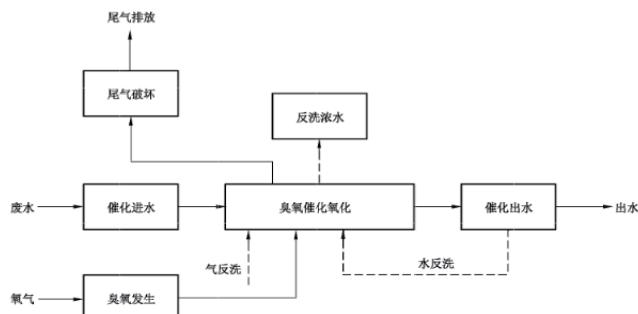


图 2 臭氧催化氧化法工艺流程图

2021 年 10 月 1 日，天津理工大学、中广核达胜加速器技术有限公司、深圳市深投环保科技有限公司等单位联合起草了国家标准《难降解有机废水深度处理技术规范》（GB/T 39308—2020）正式实施。该项国家标准规定了芬顿（Fenton）试剂氧化法、臭氧催化氧化法、臭氧双氧水氧化法、电化学催化氧化法、多维电解吸附法、电子束氧化法、超临界水氧化法、电化学絮凝法、射频复合法、树脂吸附法、曝气生物滤池法等难降解有机废水深度处理处置方法组合工艺路线及环境保护要求。其中，臭氧催化氧化法的主要工艺流程：废水由催化进水池输送到臭氧催化氧化塔（池），同时将臭氧发生器产生的臭氧通入催化氧化塔（池），废水中难降解有机物在均相和非均相催化剂作用下被氧化分解。臭氧催化氧化塔（池）顶部连接有尾气破坏器，系统产生的尾气经尾气破坏器加热、

催化分解后排放。臭氧催化氧化法工艺流程图如图 2 所示。通过国家标准《难降解有机废水深度处理技术规范》（GB/T 39308—2020）正式发布实施，为难降解有机废水的深度处理提高了科学指导，使得相关化工企业的废水处理处置成本得以大大降低，经过处理后的化工废水可进行循环利用或给下游产业使用，在消纳了化工废水的同时也减少了环境污染、提高了化工企业经济效益。

5 结束语

化工企业在全球经济中一直占据着重要的地位。近年来，随着全球经济的复苏，化工行业的经济地位越来越重要。据有关数据统计，过去五年全球化工市场规模以年均约 3.5% 的速度快速增长，2024 年全球化工市场已达到约 5.2 万亿美元，国内化工市场规模已超过 1.5 万亿美元。但是，化工企业生产过程中产生的废水若未经妥善处理，将会带来一系列严重的环境与社会问题。化工废水的妥善处理不仅仅是关系到企业自身发展，也关系到公众的健康与社会的稳定。所以，从长远来看，化工企业积极开展化工废水处理和资源化利用，可以大大降低化工企业的生产运行成本，提高企业经济效益。并且，有价要素资源回收和废水的回用有助于提高化工企业绿色化发展水平，提升企业的社会形象和市场竞争力，从而助力化工企业实现高质量发展。

参考文献：

- [1] 姚京裕, 李玉峰, 徐久盛, 杨宁宁. 化工废水中重金属离子检测与去除技术研究 [J]. 中国轮胎资源综合利用 . 2025(03):112-114.
- [2] 耿晓玲, 李奇聪. 化工废水处理技术研究 [J]. 皮革制作与环保科技 . 2024,5(07):15-17.
- [3] 郑泽民. 磷化工废水治理与资源化利用 [J]. 山西化工 2025,45(01):245-246+255.
- [4] 代春龙. 高盐化工废水零排放和废盐资源化利用技术研究 [J]. 石化技术 2024,31(07):229-230+261.
- [5] 刘文, 满强强. 煤化工废水处理及资源化利用研究现状 [J]. 石化技术 ,2023.30(11):110-112.

作者简介：

刘金河（1979-），男，汉族，山东滨州人，毕业于青岛黄海学院，本科，研究方向：化工工程、石膏制酸等。

翟广水（1987-），男，汉族，山东滨州人，毕业于国家开放大学，专科，研究方向：化工工程、生产制造，质量管理。

邱肖红（1986-），女，汉族，山东滨州人，毕业于青岛黄海学院，本科，研究方向：化工工程、石膏制酸等。