

环保工程中的化工废水处理与实时监测技术应用

梁晓红

河北科防治金安全评价有限公司, 河北 石家庄 050011

[摘要] 化工废水的处理与实时监测技术是环保工程中关键的组成部分, 涉及多种复杂的污染物去除方法和监测手段。文中首先探讨了化工废水的主要污染物特征及其对环境的潜在影响, 接着分析了现有的废水处理技术, 包括物理、化学和生物法的应用, 以及这些方法在实际操作中的优缺点。随后, 重点介绍了实时监测技术在废水处理中的应用, 尤其是先进传感器和数据分析技术的融合, 如何提高废水处理效率和监控精度。最后, 讨论了未来化工废水处理与监测技术的发展方向, 指出智能化和自动化技术将在提升处理效能和环境保护中发挥重要作用。

[关键词] 化工废水; 废水处理; 实时监测; 环保工程; 智能化技术

DOI: 10.33142/ucp.v2i1.15596

中图分类号: X70

文献标识码: A

Application of Chemical Wastewater Treatment and real-time Monitoring Technology in Environmental Protection Engineering

LIANG Xiaohong

Hebei Kefang Metallurgy Safety Evaluation Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050011, China

Abstract: The treatment and real-time monitoring technology of chemical wastewater is a key component of environmental engineering, involving various complex pollutant removal methods and monitoring methods. The article first explores the main pollutant characteristics of chemical wastewater and its potential impact on the environment, and then analyzes existing wastewater treatment technologies, including the application of physical, chemical, and biological methods, as well as the advantages and disadvantages of these methods in practical operations. Subsequently, the application of real-time monitoring technology in wastewater treatment, especially the integration of advanced sensors and data analysis technology, was emphasized on how to improve the efficiency and monitoring accuracy of wastewater treatment. Finally, the development direction of future chemical wastewater treatment and monitoring technology was discussed, and it was pointed out that intelligent and automated technologies will play an important role in improving treatment efficiency and environmental protection.

Keywords: chemical wastewater; wastewater treatment; real-time monitoring; environmental engineering; intelligent technology

引言

随着工业化进程的加速, 化工行业产生的大量废水已成为环境污染的主要来源之一。化工废水通常含有毒有害物质, 若未经有效处理, 可能对水体、土壤及生态系统造成长久性危害。因此, 废水处理技术的研究与应用对保障水资源安全、维护生态平衡具有重要意义。近年来, 实时监测技术的引入为废水处理提供了全新的发展机遇, 不仅能够实时检测废水中污染物的含量, 还能够对处理过程进行动态调整, 提升处理效果和效率。本文将分析化工废水的处理方法与实时监测技术在环保工程中的应用现状与挑战。

1 化工废水的污染特征及处理需求

1.1 化工废水的污染物特征

化工废水的组成通常非常复杂, 含有多种有害成分。这些污染物根据其来源不同, 成分和性质有很大的差异。化工废水的污染物主要可分为以下几类:

有机物: 化工生产中使用的有机溶剂、表面活性剂、染料、农药及其他化学物质在废水中普遍存在。常见的有

机污染物如苯系物、醇类、酮类和酯类等。苯系物(如苯、甲苯、二甲苯等)是化工废水中常见的有毒有机物, 具有挥发性, 对水体的生态系统具有严重危害, 甚至能通过食物链影响人体健康。

重金属: 化工废水中常含有的重金属污染物包括铅、汞、镉、铜、铬、锌等。这些金属元素不仅对水生生物有毒, 而且能够长期积累在水体和生物体内, 形成生物富集, 最终危害人类健康。重金属的高毒性和持久性使得其治理更加困难。

酸碱物质: 某些化工过程会排放高浓度的酸性或碱性废水, 例如石油化工、制药和染料工业等。这类废水的pH值偏离中性, 若未经处理直接排放, 会对水体生态系统造成严重的酸碱失衡, 破坏水体的生物多样性, 导致水生植物和动物死亡。

悬浮物和胶体物质: 化工生产过程中排放的废水还可能含有悬浮物、沉积物以及胶体物质, 这些固体颗粒会使水体浑浊, 影响水质, 降低水体的透明度, 影响光合作用, 进而对水生生态环境造成影响。

挥发性有机物（VOCs）：这些物质包括有机溶剂、液态气体等，在水中溶解后，容易挥发到空气中，造成空气污染并对大气层产生危害。

1.2 化工废水处理的必要性与目标

化工废水的处理不仅是保障水资源质量、保护生态环境的必要措施，也是符合环保法规和实现可持续发展的关键。若化工废水不经过有效的处理，直接排放将会造成一系列环境问题，具体表现为：

水体富营养化：化工废水中的有机物、氮磷等成分能够为水体中的藻类提供丰富的营养源，过度繁殖的藻类会消耗水中的溶解氧，导致水体缺氧，甚至造成水体“死区”。这不仅影响水生生物的生存，还破坏了水体的自净能力，形成长期性的水体污染。

酸碱失衡：化工废水中常含有酸性或碱性成分，这些物质会改变水体的 pH 值，导致酸碱度失衡。极端的酸性或碱性环境对水生生物尤其是鱼类和植物的生长非常不利，甚至可能导致水体生物群体的灭绝。

地下水污染：如果化工废水未经处理而直接排入地下水系统，废水中的有毒有害成分（如重金属、有机污染物等）可能渗透到地下水层，长期污染地下水资源。地下水一旦受到污染，其恢复难度较大，且会影响到周围居民的饮水安全。

对环境和人类健康的长期影响：一些化工废水中的有害物质（如重金属、挥发性有机物等）具有高度的生物累积性。经过长期排放，这些污染物逐渐积累，会对水体、土壤及空气造成持续性污染，最终影响整个生态系统的健康。而人类通过饮用水、食物链等途径，亦可能受到污染物的危害。

化工废水的处理是减少水体污染、保护水资源和生态环境的重要环节。处理目标主要包括：去除有害污染物，使废水达到排放标准；降低处理成本与能耗，提升处理效率；减少二次污染，保障处理后废水的环保性。随着环保标准的不断提高，废水处理技术也在不断创新，朝着高效、低能耗、智能化方向发展。

2 化工废水的处理技术

2.1 物理法处理技术

物理法通过物理作用力去除废水中的污染物，常见技术包括沉淀法、吸附法和膜分离法。

物理法通过物理作用力去除废水中的污染物，常见技术包括沉淀法、吸附法和膜分离法，各有不同的应用特点和优势。

沉淀法利用重力作用，使废水中的悬浮物和颗粒物沉降。这种方法操作简单、设备投资低，适合去除泥沙、固体废物及大颗粒污染物。由于其简便性和低成本，沉淀法广泛应用于水质预处理中。然而，沉淀法的缺点在于它无法去除水中的溶解性污染物，且沉淀物需要进一步处理，以避免产生二次污染。吸附法则通过吸附材料（如活性炭、

树脂等）去除水中的有机物、重金属及某些无机物。其效果显著，尤其适用于低浓度污染物的去除。活性炭吸附法在去除水中有机污染物方面表现尤为突出。然而，吸附法的一个缺点是吸附剂会逐渐饱和，需定期更换或再生，因此其处理成本较高，尤其是在处理大规模废水时。

膜分离法利用半透膜通过物理筛分作用去除废水中的溶解物、悬浮物和细小颗粒，反渗透膜特别适用于去除溶解性盐分和有机物，具有高效分离的优点。但膜分离法的缺点是膜材料成本较高，膜污染问题会影响处理效率，需要定期清洗和维护。虽然物理法在去除悬浮物和有机污染物方面效果良好，但其对于溶解性污染物的去除效果有限，通常需与化学法或生物法联合应用，以提高整体处理效率，确保废水处理的全面性和有效性。

2.2 化学法处理技术

化学法处理废水通过化学反应去除污染物，适用于处理物理法难以去除的污染物，如有机物、重金属、氮磷等。常见技术包括氧化还原反应、化学沉淀法和氯化法。

氧化还原反应利用氧化剂或还原剂将污染物转化为无害物质，常用于降解有机物、氰化物和重金属（如六价铬还原为三价铬）。其优点是能高效处理难降解污染物，但需大量氧化还原剂且具有腐蚀性。化学沉淀法通过加入化学药剂将金属离子转化为沉淀物，从而去除污染物，常用于重金属废水处理。该方法效率高，但需消耗大量药剂，且可能产生二次污染物。氯化法利用氯化物去除有害物质，适用于有机污染物和氨氮的处理。其优点是高效快速，但需严格控制氯的用量，以避免生成有毒副产物。化学法在高效去除复杂污染物方面表现突出，但也存在药剂消耗和二次污染等缺点。

2.3 生物法处理技术

生物法利用微生物的代谢作用，将废水中的有机污染物转化为无害物质，具有操作简便、成本低廉、环保等优点，广泛应用于有机废水和氮磷废水的处理。常见的生物法包括活性污泥法、膜生物反应器（MBR）技术和氧化塘技术。

活性污泥法通过曝气促进微生物降解废水中的有机物，适用于高浓度有机废水，但需要大量氧气并受悬浮物影响。MBR 技术结合生物降解与膜分离，具有占地小、污泥产量低、处理效果好的优点，适用于高浓度废水。氧化塘技术利用自然生物降解处理低浓度废水，成本低但处理时间长，受气候影响较大。

生物法适应性强，尤其适用于大规模处理有机废水，但在处理高浓度或毒性强的废水时，微生物活性可能下降，因此通常与其他技术联合使用，以提高处理效果。

3 实时监测技术在化工废水处理中的应用

3.1 监测技术的基本原理

实时监测技术利用先进的传感器和数据采集系统，实时监测废水中的 pH 值、温度、溶解氧、电导率、重金属

浓度、悬浮物等关键参数。与传统的手工取样和实验室分析相比,实时监测可以即时反馈污染物变化,减少滞后性和成本,提高处理效率。操作人员可以通过系统实时掌握废水质量,及时发现异常,如 pH 值超标时自动报警,提示调整处理工艺。此技术确保废水处理始终在最佳状态,优化处理过程,减少资源浪费,提升环保效果。

3.2 传感器技术的发展与应用

现代化学传感器技术在化工废水处理中的应用日益广泛,涵盖了光度传感器、气体传感器、离子选择性传感器等多种类型。光度传感器用于监测有机污染物如染料和挥发性有机物,具有高灵敏度和广泛适用性。气体传感器则监测氨气、硫化氢等有害气体,预防气体泄漏和超标,保障环境和人员安全。离子选择性传感器用于检测水中的重金属离子、氨氮等,精确测量微量污染物。随着物联网技术的发展,智能传感器逐渐成为废水监测主流,支持远程监控和数据传输,操作人员可通过手机或电脑实时查看数据并调整工艺,显著提高了废水处理的自动化、效率和精准度。这一技术的发展推动了废水处理的智能化进程。

3.3 数据分析与处理

实时监测技术通过传感器将数据传输至中央控制系统后,结合云平台和大数据分析技术进行处理与优化。系统不仅实时显示数据,还能进行深度分析、预测和优化。例如,通过分析溶解氧、pH 值和温度等参数,系统可预测反应变化并自动调整处理工艺,优化药剂投加量、流量和气流等,确保高效处理。实时监测还能预测潜在问题,及时发现污染物超标或设施故障,避免二次污染或设备损坏。通过持续监控,系统可在问题发生前采取预防措施,确保废水排放合规。实时监测系统还具备故障诊断功能,能在设备出现异常时及时发出警报并定位问题源。通过这一智能化的数据分析,废水处理过程变得更加精准、自动化,减少人工干预,提高系统稳定性和可靠性。实时监测技术通过大数据和智能化分析,优化废水处理过程,提升环保合规性和资源利用率,为化工废水治理提供可持续解决方案。

4 化工废水处理与实时监测技术的挑战与发展趋势

4.1 当前面临的挑战

尽管化工废水处理和实时监测技术取得了显著进展,但仍面临诸多挑战。首先,废水成分复杂且变化多样,污染物种类和浓度随生产工艺不同而波动,传统处理方法难以应对这些变化。其次,监测设备的精度和稳定性仍需提高,特别是在极端环境下,许多设备对低浓度污染物的灵敏度不足,可能导致反应滞后,影响处理效果。此外,化

学法和物理法处理过程中产生的废渣和污泥可能带来二次污染,增加处理成本并对环境造成新负担。因此,如何优化处理工艺、提高设备性能并减少二次污染,仍是化工废水处理亟待解决的关键问题。

4.2 未来发展趋势

未来,化工废水处理和实时监测技术将朝着智能化和绿色化方向发展,以提升处理效率和环保性能。智能化技术,特别是人工智能(AI)的应用,将使废水处理系统实现全自动优化。通过实时监测和数据分析,AI 能够预测废水成分变化,并自动调整处理工艺,减少人为操作,提高处理精度。比如,AI 可以分析传感器数据,预测污染物浓度,并调整投药量和曝气量,从而优化废水处理过程。

在绿色化方面,废水处理技术将注重降低能耗和资源浪费。膜分离技术、先进氧化技术和生物处理技术将得到进一步优化,最大限度减少能源消耗和废料排放。同时,废水回收与资源化利用将成为关键,通过再利用水、热能和化学物质,减少外部资源依赖,减轻环境负担。实时监测技术也将提升精度和自动化,结合物联网(IoT)和大数据分析,废水处理系统可以实时获取全球废水质量数据,做出快速响应。人工智能与大数据的结合将进一步推动废水处理的智能化,实现更高效的污染物去除。总之,未来废水处理将更加智能、精准、绿色,推动环保与节能发展。

5 结语

化工废水的处理与实时监测技术在环保工程中具有重要的应用价值。随着技术的不断发展,越来越多的高效、低能耗的处理方法与精准的监测技术得到了广泛应用,极大地提升了废水处理的效率和效果。然而,面对日益复杂的废水成分和环境条件,仍然存在一定的技术瓶颈。未来,随着智能化与自动化技术的不断进步,化工废水处理与实时监测技术有望实现更高的精度和更广的适应性,为环保事业作出更大贡献。

[参考文献]

- [1]李玉璞. 环保工程水处理过程中的超滤膜技术应用[J]. 黑龙江环境通报, 2024, 37(8): 151-153.
- [2]安梦鱼. 化工行业环保工程中污水处理技术的运用探究[J]. 山西化工, 2023, 43(4): 213-215.
- [3]聂艾琳. 环保工程水处理过程中的超滤膜技术应用探究[J]. 煤炭与化工, 2022, 45(1): 154-156.
- [4]朱磊. 环保工程水处理超滤膜技术的应用研究[J]. 皮革制作与环保科技, 2021, 2(15): 92-93.

作者简介: 梁晓红(1989.1—), 毕业院校: 北京林业大学, 所学专业: 环境工程, 当前就职单位: 河北科防冶金安全评价有限公司, 职务: 评价师, 职称级别: 中级。