现代煤化工企业的废水处理技术及应用分析

胡海龙　郄林军　杜元鹏

陕西北元化工集团股份有限公司　陕西　榆林　719319

摘　要：对现代煤化工企业废水处理技术及应用展开研究，对行业可持续发展意义重大。现代煤化工生产环节多，废水来源广，含多种有害物，具成分复杂、浓度高、难降解、水质波动大等特点。本文介绍了预处理、生化处理、深度处理等技术，包括隔油沉淀、厌氧-好氧工艺、高级氧化等。阐述了这些技术在处理流程组合、水质分类处理、资源回收利用和智能化控制管理等方面的应用。合理应用可实现废水达标排放或回用。

关键词：现代；煤化工企业；废水处理技术；应用分析

引言

在现代工业蓬勃发展的进程中，现代煤化工产业占据着关键地位。然而，该产业在生产过程中会产生大量成分复杂、污染物浓度高且水质波动大的废水。若这些废水未经有效处理直接排放，将对生态环境造成严重破坏，制约产业的可持续发展。因此，探寻科学有效的废水处理技术及应用策略迫在眉睫。本文将深入剖析现代煤化工企业废水的来源与特点，详细介绍各类废水处理技术，并分析其在实际生产中的应用情况。

1 现代煤化工企业废水来源与特点

1.1 废水来源

现代煤化工产业涵盖多个生产环节，不同环节产生的废水特性各异。煤气化作为核心环节之一，煤在高温条件下与氧气、水蒸气发生反应生成水煤气，此过程会产生大量废水，其中含有氨氮、硫化物、氰化物等有害物质。煤液化环节中，煤在高温高压环境下转化为液体燃料，产生的废水含有硫、酚等物质，且化学需氧量（COD）值较高。煤焦化则是通过加热空气使煤发生热解反应，生成气体、焦油等产品，同时产生氨氮含量高、COD 值高的废水。除主要生产环节外，公用工程和辅助工程也会产生一定量的废水[1]。公用工程方面，锅炉运行过程中会产生排污水，循环水系统在循环过程中也会产生排水。辅助工程中，设备清洗、场地冲洗等操作也会产生废水。这些废水虽然单个环节产生量相对较小，但总体也不容忽视。

1.2 废水特点

成分复杂是煤化工废水的显著特征之一。废水中含有酚类、氨氮、氰化物、硫化物、重金属等多种污染物，这些污染物来源广泛，既有来自煤本身所含的杂质，也有生产过程中添加的化学药剂以及反应生成的中间产物和最终产物。多种污染物的共存使得废水处理难度大幅增加，需要采用多种处理技术协同作用才能达到理想的处理效果。污染物浓度高也是煤化工废水的重要特点。不同生产工艺产生的废水污染物浓度差异较大，但普遍处于较高水平。以煤气化废水为例，其 COD 值可达 2000-5000mg/L，氨氮含量为 200-600mg/L。如此高的污染物浓度对处理工艺的去除能力提出了严峻挑战，若处理不当，会对环境造成严重污染。废水中难降解有机物众多，如联苯、喹啉等。这些有机物结构稳定，难以被常规的微生物降解，在自然环境中长期存在，对生态环境和人体健康构成潜在威胁。它们的存在增加了废水处理的难度，需要采用特殊的高级氧化技术等手段进行分解。水质波动大是煤化工废水的又一特点。生产过程中，原料煤的品质、生产工艺参数的调整等因素都会导致废水排放的水量和水质不稳定。例如，原料煤中硫含量的变化会直接影响废水中硫化物的含量；生产负荷的波动会使废水排放量产生较大变化。这种水质和水量的波动给废水处理系统的稳定运行带来了困难，需要处理系统具有较强的适应性和调节能力。

2 现代煤化工企业废水处理技术

2.1 预处理技术

隔油沉淀是处理含有油类物质废水的常用方法。针对此类废水，可采用重力分离型、旋流分离型或过滤型隔油设备。重力分离型隔油设备应用最为广泛，其原理是利用油水密度差，使油类物质上浮至水面，从而实现油水分离。经过隔油处理后，废水中的油类物质得到有效去除，随后进行沉淀处理，进一步去除废水中的悬浮物，降低后续处理工序的负荷。气浮处理通过向废水

中通入空气，产生大量微小气泡。这些气泡与废水中的颗粒污染物黏附在一起，形成混合物质，由于混合物质密度小于水，会浮到水面形成浮渣，从而实现与水的分离[2]。气浮法不仅能够有效去除废水中的污染物，还能回收油类资源，起到预曝气的作用，提高废水的可生化性。根据气泡产生的方式不同，气浮可分为溶气气浮、电解气浮和扩散气浮等多种类型，不同类型的气浮适用于不同特性的废水处理。絮凝沉淀是在废水中加入絮凝剂、助凝剂等药剂，使废水中的悬浮物、胶体等微小颗粒凝聚成较大颗粒，从而加速沉淀过程。例如，在高效澄清池前端加入石灰、纯碱等药剂，这些药剂能够与废水中的固体悬浮物、硬度等污染物发生化学反应，形成较大的絮体，便于沉淀分离。絮凝沉淀技术能够显著提高废水的澄清度，降低后续处理难度。

2.2 生化处理技术

厌氧-好氧工艺结合了厌氧处理和好氧处理的优点。在厌氧过程中，厌氧微生物在无氧条件下将废水中的有机物分解为甲烷和二氧化碳等简单物质，同时去除部分氮、磷等营养物质。好氧过程则是在有氧条件下，好氧微生物通过代谢作用进一步降解有机物，并将氨氮转化为硝酸盐氮。该工艺能够实现废水的脱碳和脱氮，处理效果较好，且运行成本相对较低，适用于处理高浓度有机废水。生物膜法是使微生物附着在载体表面形成生物膜，废水与生物膜接触时，污染物被微生物吸附和降解。常见的生物膜法有生物滤池、生物转盘等。生物滤池中，废水通过滤料层，滤料表面附着的生物膜对废水中的污染物进行降解。生物转盘则是由一系列平行排列的圆盘组成，圆盘部分浸没在废水中，在转动过程中，生物膜交替与废水和空气接触，实现对污染物的去除。生物膜法具有抗冲击负荷能力强、处理效率高、剩余污泥少等优点，在煤化工废水处理中得到广泛应用。固定化微生物技术是将特定的微生物固定在载体上，提高微生物的浓度和纯度，增强其对难降解有机物的分解能力[3]。通过固定化技术，微生物能够在相对稳定的环境中生长和繁殖，保持较高的活性。该技术可有效处理煤化工废水中的有毒有害物质，且菌种能够长期保持高效，产生的污染物质较少，为处理难降解有机物提供了一种有效的手段。

2.3 深度处理技术

高级氧化技术利用氧化剂的强氧化作用，将废水中的难降解有机物氧化分解为无害物质。常见的高级氧化方法有臭氧氧化、芬顿氧化、光催化氧化等。臭氧氧化具有氧化能力强、反应速度快等优点，能够快速分解废水中的有机物，同时还能起到杀菌消毒的作用。芬顿氧化是通过过氧化氢与亚铁离子反应生成羟基自由基，羟基自由基具有极强的氧化性，能够氧化降解各种有机物。光催化氧化利用光催化剂在光照下产生电子-空穴对，引发氧化还原反应，将有机物分解为二氧化碳和水等小分子物质。膜分离技术是利用半透膜的原理，对废水进行过滤，去除盐分、有机物和重金属离子等污染物。常见的膜分离技术有超滤、反渗透、纳滤等。超滤膜的孔径较大，能够去除废水中的悬浮物、微生物和部分大分子有机物。反渗透膜的孔径极小，能够去除水中溶解的盐类、小分子有机物等，使废水达到回用标准。纳滤膜则介于超滤和反渗透之间，可用于分盐和去除特定污染物。膜分离技术具有分离效率高、操作简单等优点，在废水深度处理中发挥着重要作用。吸附技术是利用吸附剂的表面吸附作用，去除废水中的污染物。常用的吸附剂有活性炭、沸石等。活性炭具有比表面积大、吸附能力强等优点，能够有效去除废水中的有机物、重金属等污染物。沸石具有独特的孔道结构，对氨氮等有较好的吸附效果。吸附技术操作简单、成本较低，是一种常用的废水深度处理方法。

3 现代煤化工企业废水处理技术的应用

3.1 处理流程组合应用

现代煤化工企业通常根据废水的水质特点，将预处理、生化处理和深度处理技术进行有机组合应用。一般先进行预处理，通过隔油沉淀、气浮处理、絮凝沉淀等方法去除废水中的油类、悬浮物等杂质，降低后续处理难度。预处理后的废水进入生化处理阶段，利用厌氧-好氧工艺、生物膜法或固定化微生物技术等，通过微生物的代谢作用降解有机物和脱氮除磷。生化处理后的废水仍可能含有一定量的难降解有机物、盐分等污染物，需要进行深度处理。深度处理采用高级氧化技术、膜分离技术、吸附技术等，进一步去除污染物，使废水达到回用或排放标准。例如，对于高氨氮、高硬度的废水，可采用“调节 + 混凝 + 沉淀 +SBR（序批式活性污泥法）”的污水处理工艺，结合“BAF（曝气生物滤池）+ 澄清 + 活性砂滤 + 双膜系统 + 浓水 RO（反渗透）”的回用水处理工艺[4]。调节环节可调节废水的水质和水量，使其稳定进入后续处理单元；混凝沉淀通过加入药剂使悬浮物凝聚沉淀；SBR 工艺通过间歇式运行实现有机物的降解和脱氮除磷；BAF 进一步去除有机物和悬浮物；澄清和活性砂滤提高水质清澈度；双膜系统（超滤 + 反渗透）实现盐分和有机物的深度去除；浓水 RO 对反渗透浓水进行处理，提高水资源回收率。

3.2 根据水质分类处理

根据废水的来源和水质特点进行分类处理，能够提高处理效率和降低处理成本。对于生产废水，优先考虑收集后直接回用。当直接回用条件不可行时，在回用或排入废水处理系统之前进行单元预处理，去除其中的油类、悬浮物等污染物，减轻后续处理负担。公用工程废水方面，可收集沉淀池排水和供水系统过滤器反冲洗废水，用于内部循环，如用于设备的冷却、冲洗等，实现水资源的循环利用。辅助工程废水处理中，针对含磷酸盐的锅炉排污水，采取收集后返回回用水处理系统的措施，实现磷酸盐资源回收再利用，避免资源浪费。对于其他废水，依据实际情况分类处置。像含重金属的废水，运用专门的吸附或沉淀方法处理，确保废水达标排放，降低对环境的污染风险。

3.3 资源回收与利用

在废水处理过程中，注重资源的回收与利用能够实现经济效益和环境效益的双赢。通过膜分离技术可从废水中回收有用物质，例如从高盐废水中分离出工业氯化钠、硫酸钠等盐类，这些盐类经过进一步提纯处理后可重新用于生产过程，降低原材料成本。利用吸附技术回收废水中的重金属，如铜、锌、镍等，实现资源的循环利用。通过生化处理将有机物转化为沼气等能源，沼气可作为燃料用于企业的供热、发电等，减少对传统能源的依赖，降低能源消耗和运行成本。同时，处理后的废水能回用于生产环节，如冷却、洗涤。企业将其引入生产流程，替代部分新鲜水，可降低新鲜水资源取用数量，减少对自然水源的依赖，进而在整体上起到缓解水资源短缺状况的作用。

3.4 智能化控制与管理

随着人工智能、云计算、大数据等新一代信息技术的发展，现代煤化工企业废水处理系统逐渐向智能化方向发展。通过在废水处理系统中安装智能设备，如传感器、在线监测仪器等，实时感知污水处理工艺的全方位变化，包括水质参数（如 COD、氨氮、pH 值等）、水量、设备运行状态等信息。这些数据通过有线或无线方式传输至数据处理中心进行存储和分析。基于统一的智慧化信息平台，实施对污水处理数据的智能分析。通过对历史数据和实时数据的挖掘和分析，建立污水处理模型，实现对污水处理过程的模拟和预测[5]。智能化控制可根据分析结果自动调整处理工艺参数，如加药量、曝气量、水流速度等，优化处理过程，提高处理效率。同时，智能化管理系统还能够对设备进行远程监控和故障诊断，及时发现设备故障并进行预警，减少设备停机时间，降低运行成本。此外，智能化控制还可核算碳排放，为企业的节能减排和可持续发展提供数据支持。

结语

现代煤化工企业废水处理是一项复杂且意义深远的任务。通过综合运用多种处理技术，并进行合理的组合应用、水质分类处理，能有效应对废水处理难题。同时，注重资源回收利用和引入智能化控制管理，不仅可降低处理成本，还能提升企业的经济效益与环境效益。未来，随着技术的持续进步，废水处理将更加高效、环保，为现代煤化工行业的绿色发展提供坚实保障，推动行业迈向可持续发展新征程。

参考文献

[1] 黄培. 现代煤化工企业的废水处理技术及应用分析 [J]. 化工管理,2025(6):73-76.

[2] 钟治豹. 煤化工高盐废水处理技术的应用分析 [J]. 煤炭与化工,2025,48(5):133-136.

[3] 杨文梁, 李明. 煤化工企业废水处理技术最新进展与应用分析 [J]. 现代盐化工,2025,52(5):32-34.

[4] 丁晓阔. 现代煤化工废水处理技术研究及应用分析 [J]. 天津化工,2023,37(3):14-16.

[5] 王来彬. 试论现代煤化工企业的废水处理技术及应用 [J]. 化工设计通讯,2022,48(7):159-161.