

# 提升焦化废水水质的工艺分析

朱彬利 许士利 苏斌 程云利 吕玉新

山东泰山钢铁集团有限公司 山东济南 271100

DOI: 10.12238/ems.v7i8.14712

**[摘要]** 在传统的废水处理工艺中,生物活性污泥法、吸附分离法和反渗透法是主流方法,但各有其优缺点。焦化废水为高浓度有机废水,通过生物活性污泥法可以实现达标排放标准;吸附分离方法中常见的吸附剂为活性炭,但成本较高,粉煤灰成本较低但回收困难;反渗透法出水水质好,但对反渗透膜要求较高,且反渗透膜容易被钙镁离子等污染而降低寿命。结合焦化达标排放废水的实际,本文给出了一种进一步提高达标排放废水水质的方法,从而实现废水进一步回收应用的目标。

**[关键词]** 吸附分离; 反渗透; 水质指标

## 前言

工业废水处理方法包括物理法、化学法、生物法三大类。物理方法包括重力分离、过滤分离、吸附分离、离心分离等,主要去除废水中的悬浮物、油脂等不溶物;化学法包括沉淀法、中和法、氧化还原法、离子交换与膜分离等,可除去废水中的可溶性物质及重金属等;生物法通过微生物代谢的方法降解废水中的有机物,主要用于处理高浓度有机废水。

焦化公司的废水为高浓度有机废水,通过传统的生物活性污泥法可以实现废水的达标排放。焦化公司循环水池等部位由于风吹、蒸发、渗漏等因素需要优质的城原水、山顶水等水源作为补给水。因此,若将焦化达标排放废水进一步进行处理,使其达到工业回用水标准,就可以应用到循环水池补水等场景,减少优质水源的补给量。为进一步提高达标排放废水的水质,实现废水的进一步循环利用,本文给出了一种提升达标排放废水水质的工艺方法,水质进一步提升后,可用于焦化循环水池补水以及道路洒水等场合,提高水资源的利用率。

## 1 水资源循环利用工艺简介

除生物活性污泥法以外,废水处理的主流工艺为物理吸附分离法和反渗透法。通常它们具有处理量大,处理成本较低等优势,因此在众多水处理工艺中具有较大的应用比例和较多的应用场景。

吸附分离法是指废水通过多孔的固体吸附剂,废水中的污染物吸附结合在吸附剂表面,由于多孔吸附剂具有疏松的多孔结构,内部存在大量发达的孔隙结构,有巨大的比表面积,因此废水流经吸附剂时,废水中的杂质可以通过物理吸附、离子交换、配位键结合等方式结合在固体吸附剂表面,从而实现提升废水水质的目标。常见的吸附剂有活性炭、沸

石分子筛等,但通常成本较高,且回收活化也并不容易,例如活性炭活化再生需要在800℃的高温下煅烧,提高了能耗和成本。为降低成本,可以使用粉煤灰代替活性炭作为废水处理的吸附剂。将粉煤灰装入具有过滤废水功能的容器内制作成吸附柱,一个吸附器可以包含多个这样的吸附柱,可将两个或多个这样的吸附器并联使用,并且可以方便的切换和更换吸附柱。当某个吸附器出水水质变差时,表明吸附柱已达到饱和状态,需要及时更换吸附柱,更换下来的吸附柱内的粉煤灰可作为超微粉系统的原料回收利用。

反渗透法是指将废水用泵加压后通过反渗透膜,小分子的水可以通过反渗透膜,而分子较大的金属离子等污染物被截留,反渗透法由于反渗透膜的截留作用,废水中的有机物、无机金属非金属离子甚至细菌病毒都会被截留,因此出水水质会得到明显的提升<sup>[1]</sup>。焦化循环水池内的循环水在风吹、蒸发、渗漏等各种因素的影响下水量会越来越,需要定期补水,因此反渗出水可用于焦化循环水池的补水以及道路洒水等场合,实现水资源的循环利用。反渗透的浓水是指被反渗透膜截留的那部分包含较多污染物的水,可以回掺入焦化高浓度有机废水中进一步处理。反渗透膜容易被水中的钙镁离子污染而降低寿命,因此废水进入反渗透系统之前需要先进行一次预处理,降低废水中的钙镁离子浓度。

因此,水资源循环利用工艺可以大致描述如下:焦化高浓度有机废水进入生物活性污泥水处理系统中,排放的达标废水进入物理吸附分离系统。吸附分离系统包含多个并联吸附器,可以随时切换和备用,吸附器内为装填了粉煤灰的吸附柱。达标废水流经吸附柱经过滤吸附后水质得到提升,进入反渗透膜预处理系统,在这里废水中可以添加适量碳酸钠或磷酸三钠等物质将钙镁离子以碳酸钙、氢氧化镁等形式沉

淀过滤出来,实现软化水质的目标,废水离开预处理系统后进入反渗透系统,反渗出水水质经检验合格后用于循环水池补水、道路洒水等场合,反渗透浓水掺入焦化高浓度有机废水之中进一步处理,最终实现水资源的循环利用。

## 2 提升焦化废水水质工艺分析

### 2.1 水资源循环利用设备组成

生物活性污泥法出水水质提升工艺由粉煤灰吸附分离系统、反渗透预处理系统和反渗透系统组成。粉煤灰吸附分离系统由加压泵和并联吸附器组成,吸附器内为多组装填有吸附剂粉煤灰的吸附柱,废水流经吸附柱后吸附杂质实现水质提升,相当于一次粗加工,将废水中的部分杂质进行吸附分离。反渗透预处理系统由沉淀剂添加器和过滤器组成,用于沉淀和过滤水中的钙镁离子,保护反渗透膜。反渗透系统由反渗透加压泵和反渗透膜组件构成,用于进一步去除水中的杂质,提升水质,反渗透浓水回掺入生物活性污泥系统前的高浓度有机废水中。

通过这些设备的组合形成一套新的水资源循环利用工艺。在这套工艺流程中,不同设备依据其不同的功能实现特定目标,最终实现净化水质的目的。

### 2.2 水资源循环利用的水质分析

水中杂质成分的含量和组成,决定了一种水的水质好坏,杂质对水的影响是非常显著的,也就是说,水质的好坏直接关系到水的价值和用途。当把水中的杂质成分去除,对水进行净化以后,也就可以实现更好的用途,因此水处理系统,尤其是污水处理系统在工业生产中具有重要意义<sup>[2]</sup>。

按照杂质组成不同可分为有机废水和无机废水,有机废水可以通过活性污泥微生物降解的方法进行处理,无机废水可以通过物理法或化学法依据实际水质状况进行有针对性的处理。由于杂质的含量和组成千差万别,因此水处理系统并没有对一切废水都是最优的方案,需要根据不同性质的废水有针对性的设计和选择水处理系统。但通常情况下,活性污泥法、吸附分离法和反渗透法对废水中杂质的组成并不敏感,当废水中的杂质组成相对含量发生显著变化时,对活性污泥法、吸附分离法和反渗透法的影响并不是显著的。也就是说,这三种相对主流的水处理系统正是因为受废水中的杂质组成影响很小,才具有了更广泛的应用场景,而不是局限在某个狭小的水处理领域。随着技术的进步和推广,反渗透法以其简单的结构原理、低成本优势以及优异的出水水质将逐渐获得更多更广泛的应用。

水中的杂质含量越高,通常处理起来成本越高,因此,活性污泥法和物理吸附分离法是一种比较合适的“粗加工”方法,可以在较低的成本基础上,大幅度降低高浓度废水中杂质的含量,而反渗透法的优势则是可以显著提升出水水质,是一种“精加工”方法,将不同性质和特征的水处理系统串联结合起来,就可以使得原本可以达标排放的废水进一步提升水质,实现工业回用水标准,使得焦化废水经处理后可以应用于更广泛的用途和场景,从而可以减少焦化厂城原水、山顶水等优质水源的补水量,实现节约用水的目标<sup>[3]</sup>。

焦化有机废水中主要含有无机污染物氨氮、硫化物、氰化物、氟化物;有机污染物酚类、烃类以及杂环化合物等。活性污泥法的BOD去除率达到85-95%,COD去除率达到70-90%,通过生物吸附作用可去除80-90%的有机物,剩余有机物被微生物氧化分解;出水悬浮物可降低至30mg/L,氮磷去除率约20-40%。对有机物效果明显,但对废水中的无机成分效果较差。

粉煤灰吸附分离过程中,可通过物理吸附、离子交换和配位键结合重金属离子,对汞、铅、铜等金属离子去除率可达60-90%,对焦化废水的出水COD可从200mg/L降至80mg/L,氨氮浓度可从77mg/L降至25mg/L,焦化废水脱色率>65%,挥发酚去除率>80%。粉煤灰吸附分离的最大优势为成本低,粉煤灰为工业固体废弃物,其应用成本仅为活性炭吸附分离的1/10,并且可以同时去除重金属、有机物、悬浮物等各种不同的废水杂质,特别适合焦化废水这种处理量大、废水成分复杂的体系。

反渗透废水分离技术为一种高效的膜分离技术,通过加压泵的压力驱动,使废水从膜的一端压入另一端,小分子的水可以透过膜,而大分子的杂质则无法透过反渗透膜。反渗透膜通常由聚酰胺等材料制作而成,具有高脱盐率,脱盐效率可达98%,并且可以去除重金属离子以及99%的细菌病毒,从而使得反渗透系统的产水达到工业回用水标准。反渗透工业回用水系统以其简单的分离原理使其具有低成本优势,能耗仅为回用水蒸馏法的1/10。为保障反渗透膜的使用寿命,需增设预处理系统以及定期对反渗透膜进行清洗和维护。

由以上分析可以看出,这三种对废水杂质组成并不敏感的水处理系统具有明显的优势互补特征。活性污泥法适合处理有机物,粉煤灰吸附分离对无机离子去除效果明显,而反渗透法则是一种“精加工”方法,特别适合处理低浓度废水,从而使低浓度废水水质进一步提升,最终达到国家工业回用

水标准, 显著拓宽反渗透出水的用途和场景, 实现资源的循环应用。

### 2.3 不同废水处理工艺的比较

除以上三种主流废水处理工艺外还有一些其他的废水处理工艺。例如沉淀法是在沉砂池或沉淀池内利用重力沉降悬浮粒子; 气浮法为注入微小气泡使含油废水中的油污上浮分离; 过滤法为通过过滤器滤除废水中的不溶物; 超滤、微滤等与反渗透相似, 均为选择性透过的膜分离方法; 离心分离法为在离心机内利用离心力分离悬浮物; 混凝法为通过加入混凝剂的方式使废水中的胶体颗粒聚集沉降; 氧化还原法为通过臭氧、过氧化氢等强氧化剂氧化分解难降解的有机物; 离子交换法可以去除废水中的重金属离子; 电渗析法可以利用电场驱动力分离溶解性盐类; MBR膜生物反应器结合了生物降解与膜分离的优势也可以显著提高出水水质, 达到工业回用水标准。

在这些不同的废水处理工艺中, 均有各自的优缺点, 有些对废水具有某些针对性的要求, 需要废水中某种特定成分含量占大多数, 有些水处理成本较高, 有些受到废水处理量的限制, 无法处理大量的废水等。因此, 这些废水处理工艺通常具有狭小的甚至单一的应用场景, 对某些废水组成简单的体系可以实现高效分离, 但是废水组成一旦复杂多样, 这些处理工艺就难以发挥自身的优势。在焦化废水处理的场景中, 废水处理量大, 组成复杂多样, 杂质浓度高, 是一种典型的难处理废水。在这种场景中, 传统的生物活性污泥法具有综合优势。生物活性污泥法的出水水质可以达到国家二级排放标准, 但还达不到工业回用水标准。为使得达标排放废水实现循环利用, 需进一步对废水进行处理。结合焦化公司实际, 综合考虑成本、废水水质特征等因素, 我们选择粉煤灰吸附分离和反渗透组合的形式对废水进行二次处理, 从而实现水资源的循环利用。

二次处理工艺的目标就是将浓度较低的废水进一步加工为水质较好的回用水。达到国家二级排放标准的废水其杂质含量已经较低, 通过二次处理工艺, 可以在较低的分成本基础上, 获得大量工业回用水<sup>[4]</sup>。粉煤灰吸附分离系统和反渗透系统除了设备投资以外, 其能耗仅为加压泵电耗, 其物料消耗仅为低成本粉煤灰和反渗透预处理系统的水质软化剂, 获得大量工业回用水的同时, 可以减少城原水、山顶水等水源的使用量, 从而可以节约成本, 获得经济效益。污水

处理系统以其投入大于产出, 成本高于效益而不受重视, 低浓度废水的二次处理工艺是一种可以获得经济效益的环保工艺, 可以在获得环保效益的同时, 获得部分经济效益, 最终提升污水处理系统的综合效益。

### 3 结语

焦化废水是一种成分复杂多样的高浓度有机废水, 具有处理量大, 处理难度大等特征, 通过传统的生物活性污泥法, 可以显著降低焦化废水中杂质的含量, 使水质达到国家二级排放标准。为提升活性污泥法出水水质, 实现水资源的循环利用, 本文试图对活性污泥法出水进行二次处理, 从而达到工业回用水标准, 用于循环水池补水等领域和场景<sup>[5]</sup>。

综合废水性质、处理成本等因素, 我们从众多废水处理工艺中选择粉煤灰吸附分离和反渗透分离的组合形式, 构成了焦化废水的二次处理工艺。粉煤灰吸附分离具有成本低的优势可以作为一种“粗加工”方法, 降低后续反渗透系统的负荷和压力, 反渗透系统为保护反渗透膜, 增设预处理系统, 将废水中的钙镁离子通过化学方法沉淀分离出来, 以保护反渗透膜。经过反渗透处理的废水, 其出水水质可以达到工业回用水标准, 从而可以显著拓宽反渗透出水的应用场景, 减少焦化公司城原水、山顶水等优质水源的补给量, 在具有环保效益, 实现节约用水目标的同时, 二次处理工艺可获得部分经济效益。

### [参考文献]

- [1] 贺睿琦. 焦化废水的水质分析与优化处理[J]. 山西化工, 2025, 45(1): 267-268, 278.
- [2] 黄人瑶, 赵小龙, 陈光平, 李岩, 宋冠军, 彭兴铮. MBR-RO组合工艺处理焦化废水效果研究[J]. 山西化工, 2025, 45(1): 237-239.
- [3] 吴延锐. 焦化废水处理影响因素分析与生化菌种培养技术研究[J]. 化工管理, 2025(3): 73-76, 100.
- [4] 穆鹏龙. 煤矿矿井水处理工艺提升改造技术分析[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2025(1): 53-57.
- [5] 邱道, 狄晓鸿, 宋凯琳. 煤化工废水处理工艺技术分析[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)自然科学, 2025(3): 17-20.

作者简介: 朱彬利(1978—), 男, 汉族, 山东济南人, 本科学历, 职称助理工程师, 研究方向: 冶金工程。