

工程实例

化工厂二级出水深度处理与回用

李安峰, 潘 涛, 李 箭, 徐文江

(北京市环境保护科学研究院, 国家环境保护工业废水污染控制工程技术(北京)中心, 北京 100037)

[摘要] 采用生物接触氧化—臭氧氧化—锰砂过滤组合工艺对化工厂二级出水进行深度处理, 出水回用于循环冷却水。运行结果表明, 处理出水能够满足《城市污水再生利用 工业用水水质》(GB/T 19923—2005)中敞开式循环冷却水系统补充水标准要求。该工程运行后, 节约了大量新鲜水, 减少了 COD 排放, 带来可观的经济效益和环境效益。

[关键词] 化工废水; 循环冷却水; 回用; 臭氧氧化; 锰砂过滤器

[中图分类号] X703 [文献标识码] B [文章编号] 1005-829X(2013)08-0077-03

Advanced treatment and reuse of secondary effluent in chemical plants

Li Anfeng, Pan Tao, Li Jian, Xu Wenjiang

(State Environmental Protection Engineering(Beijing) Center for Industrial Wastewater Pollution Control, Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection, Beijing 100037, China)

Abstract: The combined process of biological contact oxidation—ozonation—manganese sand filtration has been used for advanced treatment of the secondary effluent in a chemical plant. The results show that the treated effluent can meet the requirements of make-up water for the open-type circulating cooling water systems in the Reuse of Urban Recycling Water; Water Quality Standard for Industrial Uses (GB/T 19923—2005). Since the project began to run, a large quantity of fresh water has been saved, and the discharge amount of COD has decreased, bringing obvious economic benefit and environmental benefit.

Key words: chemical industrial wastewater; circulating cooling water; reuse; ozonation; manganese sand filter

我国是水资源十分贫乏的国家, 人均水资源占有量约为世界人均占有量的 1/4。尽管如此, 我国却是工业耗水大国。2007 年, 工业用水总量占到全国用水总量的 24.1%。在工业用水中, 循环冷却水的耗水量占了很大比重, 例如化工行业, 循环冷却水的耗水量约占工业用水总量的 50%~80%。为缓解日益尖锐的水资源供需矛盾, 中水回用于循环冷却水已经成为研究和应用的热点^[1-2]。

1 工程概况

某化工厂现有一座污水处理站, 处理出水达到北京市地方标准《水污染物排放标准》(DB 11/307—2005)三级限值后外排。为节约水资源, 该厂拟将污水站二级出水深度处理达标后回用于循环冷却水补水。另外, 该化工厂还有一座废弃的污水站, 已停止运行多年, 为节约投资, 该深度处理回用项目拟尽量利用废弃污水站的构、建筑物。

设计处理能力确定为 100 m³/h, 原水主要水质指标见表 1, 处理出水需满足《城市污水再生利用 工业用水水质》(GB/T 19923—2005)中敞开式循环冷却水系统补充水标准, 主要水质指标一并列入表 1。

表 1 设计进出水主要水质指标

项目	原水	GB/T 19923—2005 敞开式循环冷却水系统补充水
pH	6~9	6.5~8.5
浊度/NTU	—	≤5
色度/度	≤80	≤30
BOD ₅ /(mg·L ⁻¹)	≤30	≤10
COD _{Cr} /(mg·L ⁻¹)	≤100	≤60
铁/(mg·L ⁻¹)	≤1.2	≤0.3
总硬度(以碳酸钙计)/(mg·L ⁻¹)	≤50	≤450
总碱度(以碳酸钙计)/(mg·L ⁻¹)	≤300	≤350
氨氮/(mg·L ⁻¹)	≤15	≤10
TDS/(mg·L ⁻¹)	≤300	≤1 000
余氯/(mg·L ⁻¹)	—	≥0.05

2 工艺流程

结合现有构筑物情况, 项目采用生物接触氧化

作为主体处理工艺。由于处理原水为生化二级出水, BOD 含量低, 为避免曝气造成生物膜脱落, 生物接触氧化工艺采用分流式。此外, 对比原水水质和出水水质要求, 色度和铁也是重点考虑去除的水质指标, 因此工艺流程中相应采用了臭氧氧化和锰砂过滤工艺, 具体工艺流程如图 1 所示。

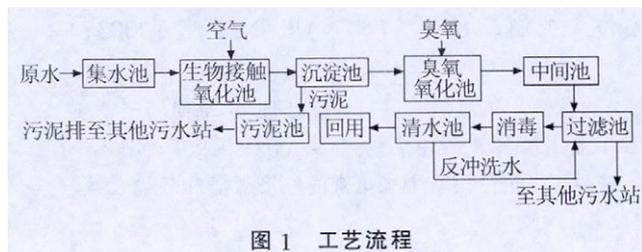


图 1 工艺流程

3 主要处理单元及设计参数

(1)集水池。设一座集水池用于收集二级出水, 然后由泵提升至氧化池, 剩余废水溢流外排。钢筋混凝土结构, 利旧, 有效容积 34 m³。

(2)生物接触氧化池。废水中的 BOD、氨氮等主要通过生物接触氧化工艺降解。处理流量 100 m³/h, 废水 BOD 由 30 mg/L 降至 10 mg/L 以下, 取填料 BOD 容积负荷 0.13 kg/(m³·d), 则氧化池填料容积为 370 m³, 现有钢筋混凝土水池容积为 720 m³, 分填料区和充氧区, 填料区设 20 组半软性填料, 每组 18.5 m³; 充氧区设鼓风曝气, 空气扩散装置为管式曝气器。

(3)沉淀池。沉淀池用于对氧化池出水进行泥水分离。沉淀池为竖流式, 钢筋混凝土结构, 利旧, 分 4 组, 每组有效沉淀面积为 30 m², 共 120 m², 表面负荷为 0.83 m³/(m²·h)。

(4)臭氧氧化池。臭氧氧化池用于臭氧与废水接触反应, 出水自流至中间池。臭氧投加量设计为 6 mg/L, 选用 1 台氧气源臭氧发生器, 臭氧产量为 600 g/h, 实际臭氧产量可根据水质方便调节。

臭氧氧化池为钢筋混凝土结构, 利旧, 有效容积 50 m³, 接触时间为 30 min, 池底设 26 台钛金属微孔曝气器, 池顶设尾气净化装置。

(5)中间池。中间池用于收集沉淀池的出水, 然后由泵提升至后续处理单元。钢筋混凝土结构, 利旧, 有效容积 50 m³。

(6)过滤器。沉淀池出水中含有一些小的、不易重力沉淀去除的菌胶团等, 设置过滤器以控制出水浊度稳定达标, 另外滤料选用锰砂, 可以去除废水中多余的铁。

设计滤速 10 m/h, 有效过滤面积 10.0 m², 设 2 台

钢制锰砂过滤器, 非标设计加工, 直径 2.6 m, 高 3.5 m, 其中锰砂滤料层高 1.2 m, 锰砂粒径为 0.8~1.2 mm。过滤器按周期运转, 每周分过滤、反洗和正洗 3 个阶段, 自动交替运行, 反洗和正洗出水排至其他污水站处理。

(7)消毒。在过滤器出水管道上投加次氯酸钠溶液进行消毒, 以保证出水卫生学上的安全性。次氯酸钠溶液有效氯质量分数 10% 左右, 投量为 6 mg/L。

(8)清水池。清水池为中水的蓄水池, 兼做消毒接触池和过滤器反冲洗水蓄水池。钢筋混凝土结构, 利旧, 有效容积 120 m³。

(9)污泥池。污泥池用于储存沉淀池的剩余污泥, 池内污泥由污泥泵提升至其他污水站污泥脱水单元一并脱水处理。钢筋混凝土结构, 利旧, 有效容积为 60 m³。

4 处理效果

该工程于 2009 年 9 月投入运行, 自运行以来, 处理出水稳定达标, 2010—2011 年的运行效果见表 2。

表 2 废水处理运行效果

项目	原水	出水	GB/T 19923—2005 敞开式循环冷却水系统补充水
pH	7.1~8.3	7.0~8.5	6.5~8.5
浊度/NTU	—	≤3	≤5
色度/度	33~72	≤4	≤30
BOD ₅ /(mg·L ⁻¹)	4~13	≤5	≤10
COD _{Cr} /(mg·L ⁻¹)	33~76	26~45	≤60
铁/(mg·L ⁻¹)	0.1~0.6	≤0.15	≤0.3
总硬度(以碳酸钙计)/(mg·L ⁻¹)	≤43	≤40	≤450
总碱度(以碳酸钙计)/(mg·L ⁻¹)	178~265	163~262	≤350
氨氮/(mg·L ⁻¹)	≤5	≤2	≤10
TDS/(mg·L ⁻¹)	196~263	190~276	≤1 000
余氯/(mg·L ⁻¹)	—	≥0.06	≥0.05

5 工程投资及效益分析

5.1 工程投资

该工程总投资为 450 万元, 其中土建改造投资 30 万元, 设备仪表投资 270 万元, 安装工程 80 万元, 其他为 70 万元。

5.2 处理成本

该工程处理成本如表 3 所示(不含折旧)。

5.3 经济效益

假设废水深度处理与回用设施每日满负荷运行(按 100 m³/h 计), 处理后的中水全部回用于循环冷却水补水。中水处理能力为 2 400 m³/d, 每年运行 360 d, 则每年可以节约 86.40 万 m³ 自来水, 自来

水价格按 6.21 元/m³ 计,则每年可以节约自来水费 536.54 万元。

表 3 处理成本

项目	运行费/(元·m ⁻³)	说明
电费	0.33	运行负荷 50 kW,电价按 0.66 元/(kW·h)计
人工费	0.13	操作及管理人员 3 人,工资按 36 000.00 元/(人·a)计
药剂费	0.11	有效氯投量 6 mg/L,10%有效氯的次氯酸钠溶液价格按 1.80 元/kg 计
维修费	0.09	设备仪表投资 270 万元,年维修费按照设备仪表直接投资的 3%计
合计	0.66	

注:每年操作天数按 360 d 计。

5.4 环境效益

假设该废水深度处理与回用设施每日满负荷运行(按 100 m³/h 计),原水 COD 平均按 60 mg/L 计,则该设施投入运行以后,每年可以减少 51.84 t COD 排放量。

6 结论

对于某化工厂二级出水,采用分流式接触氧化

工艺解决了其 COD 低、不易挂膜的问题,臭氧氧化对色度具有很好的去除作用,且锰砂过滤对铁具有一定的去除效果。实践证明,对化工厂二级出水深度处理后回用于循环冷却水补水,采用接触氧化—臭氧氧化—锰砂过滤为主的组合工艺是可行和有效的。该工程自投入运行以来运转稳定,每年可以削减 51.84 t COD 排放量,而且每年还可节约 86.40 万 m³ 自来水,达到环境效益和经济效益并收的效果。

参考文献

- [1] 李冰,赵乐军,邵林.我国城市中水回用于工业循环冷却水的现状及建议[J].工业水处理,2007,27(7):89-92.
- [2] 李倩,于萍,罗运柏.中水回用于工业循环水存在问题探讨[J].工业用水与废水,2012,43(2):6-8.

[作者简介] 李安峰(1976—),博士,副研究员。电话:010-88380895, E-mail: laf8@sohu.com。

[收稿日期] 2013-06-03(修改稿)

(上接第 65 页)

(2)在最佳絮凝条件下:pH=11,投加量 37.5 mg/L,搅拌时间 15 min,CS/EPTAC 对中药废水的 COD 去除率达到 60.3%,浊度去除率达到 95%。

参考文献

- [1] Rao M S,Chander R,Sharma A. Synergistic effect of chitooligosaccharides and lysozyme for meat preservation[J]. LWT—Food Science and Technology,2008,41(10):1995-2001.
- [2] 卫兰,蔡春华,林嘉平.聚电解质微球多级自组装制备双重药物载体[J].高分子学报,2011(12):1461-1469.
- [3] 张荣莉,沈凤翠.壳聚糖季铵盐的微波辐射合成及应用[J].工业水处理,2012,32(2):32-34.
- [4] 刘荣香,张焕祯,刘峻平.高岭土负载壳聚糖处理铬渣污染地下水[J].工业水处理,2012,32(5):44-47.
- [5] Zhang Junli,Chen Xiaorong,Yu Yanpeng,et al. Direct synthesis of nitriles from aldehydes in ionic liquids [J]. Chemical Research in Chinese University,2011,27(4):712-714.
- [6] Swatloski R P,Spear S K,Holbrey J D. Dissolution of cellulose with ionic liquids[J]. Journal of the American Chemical Society,2002,124(18):4974-4975.
- [7] Xie Haibo,Zhang Suobo,Li Shenghai. Chitin and chitosan dissolved

in ionic liquids as reversible sorbents of CO₂[J]. Green Chemistry, 2006(8):630-633.

- [8] 朱庆松,韩小进,程春祖,等.壳聚糖在 4 种咪唑型离子液体中溶解性的研究[J].高分子学报,2011(10):1173-1179.
- [9] 梁升,李露,于世涛,等.一种制备丁二酰化壳聚糖的新方法[J].高校化学工程学报,2009,23(5):901-905.
- [10] 寇元,陶国宏,何玲,等.氨基酸盐离子液体及其制备方法;中国 1631539[P]. 2005-06-29.
- [11] Lim S H,Hudson S M. Synthesis and antimicrobial activity of a water-soluble chitosan derivative with a fiber-reactive group[J]. Carbohydrate Research,2004,339(2):313-319.
- [12] 于晓彩,于洋,刘培.壳聚糖衍生物的合成及其絮凝性能的研究[J].环境工程学报,2009,3(8):1386-1390.
- [13] 肖玲,樊木,杜予民,等.羟丙基三甲基氯化铵壳聚糖制备的可控性研究[J].分析科学学报,2004,20(4):357-360.

[作者简介] 张聪璐(1977—),博士研究生,讲师。E-mail:twyla666@sina.com。通讯联系人:胡筱敏,E-mail:hxmin_jj@163.com。

[收稿日期] 2013-06-25(修改稿)