

焦化废水生化处理出水深度处理及回用

王艳芳, 张国宇, 孙娜, 任丹, 李婧, 王柳奎, 刘立春
(北京金泽环境能源技术研究有限公司, 北京 100101)

摘要: 采用“微波诱导催化氧化+混凝沉淀+多介质过滤器+超滤+一级RO+二级RO+混床”组合工艺处理焦化废水的生化处理出水,设计处理规模为 $200\text{ m}^3/\text{h}$,水回收率为75%,其中 $70\text{ m}^3/\text{h}$ 可以达到循环冷却水水质标准, $80\text{ m}^3/\text{h}$ 可以达到锅炉补充水水质标准,系统运行稳定,运行成本低。

关键词: 焦化废水; 生化处理; 深度处理; 微波; 超滤; 反渗透; 混床

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)04-0079-04

Advanced Treatment and Reuse of Coking Wastewater Biological Effluent

WANG Yan-fang, ZHANG Guo-yu, SUN Na, REN Dan, LI Jing, WANG Liu-kui,
LIU Li-chun

(Beijing Jinze Environment and Energy Technology Research Co. Ltd., Beijing 100101, China)

Abstract: A combined process of microwave induced catalytic oxidation, coagulation sedimentation, multi-media filter, UF, the first-pass RO, the second-pass RO and mixed bed was used to treat coking wastewater biological effluent. The design treatment capacity was $200\text{ m}^3/\text{h}$, and the water recovery rate was 75%, in which $70\text{ m}^3/\text{h}$ of treated effluent could meet the standard of circulating cooling water, and $80\text{ m}^3/\text{h}$ of treated effluent could meet the standard of boiler make-up water. The system ran stably, and the operation cost was low.

Key words: coking wastewater; biological treatment; advanced treatment; microwave; UF; RO; mixed bed

1 项目概况

目前,炼焦化学工业生产废水经生化处理后排放执行《炼焦化学工业污染物排放标准》(GB 16171—2012),如果间接排放,主要指标:COD为 150 mg/L 、 BOD_5 为 30 mg/L 、氰化物为 0.2 mg/L ,多采用物理除油-A/A/O工艺^[1-3]。一般来说,焦化废水经过生化处理后用于熄焦,但是随着环保标准的提高,湿法熄焦已经被禁止。为了节约水资源,大部分焦化企业考虑将生化出水进行深度处理,进行回收利用。安徽省某焦化股份有限公司焦化废水量

为 $200\text{ m}^3/\text{h}$,经过生化处理后用于湿法熄焦,为了提高水利用率,拟建设生化出水深度处理系统,处理后用作循环冷却水补充水和锅炉补充水,浓水用于选煤。

该项目设计规模为 $200\text{ m}^3/\text{h}$,系统水回收率为75%,其中 $70\text{ m}^3/\text{h}$ 产品水回用作循环冷却水补水, $80\text{ m}^3/\text{h}$ 产品水回用作锅炉补给水。

采用的主体工艺路线:微波诱导催化氧化+混凝沉淀+多介质过滤器+超滤+一级RO+二级RO+混床。一级RO及其之前工艺段采用两条线

通过螺杆泵送入脱水机脱水,脱水污泥送焦化厂焚烧处置。

设计进入超滤之前产水 $\text{COD} < 120 \text{ mg/L}$ 、 $\text{SS} < 5 \text{ mg/L}$ 、浊度 $< 3 \text{ NTU}$ 、油 $< 5 \text{ mg/L}$;设计一级 RO 产水水质达到循环冷却水补水水质标准;混床产水水质达到锅炉补给水水质标准。

3 主要处理单元及设计参数

3.1 微波诱导催化氧化 + 混凝沉淀单元

该单元包括调节池、工业微波炉、反应池、絮凝池、沉淀池、中间水池。

① 调节池。1座,半地上钢筋混凝土结构,内壁环氧树脂防腐,尺寸($L \times W \times H$)为 $38.0 \text{ m} \times 9.0 \text{ m} \times 5.5 \text{ m}$,HRT 为 8.55 h。池内设置4台潜水搅拌机,定时进行搅拌。

在微波泵房内设置3台微波提升泵,2用1备,流量为 $120 \text{ m}^3/\text{h}$,扬程为 240 kPa,功率为 11 kW。在微波提升泵的进水管段设置有管道混合器,加入复合氧化剂,复合氧化剂投加泵采用变频控制,与相应的仪表联动自动调节投加泵的频率。

设工业微波炉2台,微波频率为 915 MHz,磁控管为单管,功率为 20 kW。

反应池4格,每条线2格,单格尺寸($L \times W \times H$)为 $3.0 \text{ m} \times 3.0 \text{ m} \times 4.5 \text{ m}$,HRT 为 36 min;絮凝池2格,每条线1格,单格尺寸($L \times W \times H$)为 $3.0 \text{ m} \times 3.0 \text{ m} \times 4.5 \text{ m}$,HRT 为 18 min;沉淀池2座,每条线1座,单座尺寸($L \times W \times H$)为 $10.0 \text{ m} \times 6.1 \text{ m} \times 4.5 \text{ m}$,表面负荷为 $2 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$;中间水池1座,尺寸($L \times W \times H$)为 $12.5 \text{ m} \times 3.0 \text{ m} \times 4.5 \text{ m}$,HRT 为 45 min。反应池、絮凝池、沉淀池、中间水池均为半地上钢筋混凝土结构,反应池、絮凝池内壁环氧树脂防腐。反应池、絮凝池每格内设置1台框式搅拌机,碳钢衬塑材质,反应池内搅拌机功率为 4 kW,絮凝池内搅拌机功率均为 2.2 kW。絮凝池前端用变频泵投加 PAC,与相应的仪表联动自动调节各个药剂投加泵的频率。采用斜管沉淀池,内置 $\varnothing 80 \text{ mm}$ 的六角蜂窝斜管。

3.2 多介质过滤器 + 超滤单元

设多介质过滤器4台,3用1备,碳钢材质防腐,单台尺寸为 $\varnothing 3500 \text{ mm} \times 4900 \text{ mm}$,单台处理量为 $92 \text{ m}^3/\text{h}$,滤速为 9.56 m/h 。多介质过滤器内填充的填料从下至上依次为高 100 mm、粒径为 2~4 mm 石英砂,高 100 mm、粒径为 1~2 mm 石英砂,高

600 mm、粒径为 0.5~0.8 mm 石英砂,高 400 mm、粒径为 0.8~1.6 mm 无烟煤。多介质过滤器的气洗强度为 $18 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,反洗风机流量为 $10.39 \text{ m}^3/\text{min}$ 、风压为 68.6 kPa、功率为 22 kW;多介质过滤器水洗强度为 $14 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,反洗泵流量为 $485 \text{ m}^3/\text{h}$ 、扬程为 250 kPa、功率为 55 kW。

多介质过滤器出水直接进入超滤系统。正常运行时,超滤采用死端过滤形式,超滤进水水质恶化时可调整为错流过滤。所以,多介质过滤器的进水泵按照错流过滤设计,变频控制,单台流量为 $160 \text{ m}^3/\text{h}$ 、扬程为 380 kPa、功率为 30 kW。

多介质过滤器出水进入超滤前设置2台自清洗过滤器,最大处理水量为 $200 \text{ m}^3/\text{h}$,滤芯组件为 SS316 材质的编织网,过滤精度为 $100 \mu\text{m}$,功率为 0.55 kW。

超滤系统共分2套,单套处理水量为 $138 \text{ m}^3/\text{h}$,回收率为 92.9%。超滤运行周期为 30 min,包括:过滤-反洗/气洗-正冲。反洗泵流量为 $138 \text{ m}^3/\text{h}$ 、扬程为 280 kPa、功率为 18.5 kW。气洗压力为 200 kPa,采用无油空压机气洗。维护性清洗的频率为 1 次/d,3 次 NaClO 维护性清洗后进行 1 次 HCl 维护性清洗, NaClO 维护性清洗时氯的有效浓度为 1500 mg/L , HCl 维护性清洗时 HCl 的浓度为 1%。化学清洗频率为 1 次/月,第一步碱洗($\text{NaClO} + \text{NaOH}$),第二步酸洗(柠檬酸 + HCl)。

超滤产水池为半地上钢筋混凝土结构,内壁贴白色瓷砖,1座,尺寸($L \times W \times H$)为 $9.6 \text{ m} \times 6.5 \text{ m} \times 5.2 \text{ m}$ 。

3.3 一级RO + 二级RO 单元

一级 RO 系统共有卷式膜元件 252 支,2 条线,单条线为 126 支膜元件。一级 RO 系统为一级两段组合方式,一级 RO 高压泵 2 台,流量为 $110 \text{ m}^3/\text{h}$ 、扬程为 1.48 MPa,变频控制;每条线设段间增压泵 1 台,段间增压泵流量为 $50 \text{ m}^3/\text{h}$ 、扬程为 300 kPa。一级 RO 产水率为 76%。一级 RO 产水排至一级 RO 产水池,浓水排至浓水池。

二级 RO 系统共有卷式膜元件 72 支,1 条线。二级 RO 系统为一级两段组合方式。二级 RO 高压泵 1 台,流量为 $95 \text{ m}^3/\text{h}$ 、扬程为 1.5 MPa,变频控制。二级 RO 产水率为 90%。二级 RO 产水排至二级 RO 产水池,二级 RO 浓水回流至超滤产水池。

一级 RO 产水池、二级 RO 产水池、浓水池均为

半地上钢筋混凝土结构,内壁贴白色瓷砖,各1座,尺寸($L \times W \times H$)分别为6.5 m \times 6.5 m \times 5.2 m、6.5 m \times 3.5 m \times 5.2 m、6.5 m \times 2.0 m \times 5.2 m。

一级RO、二级RO共用1套化学清洗系统。化学清洗泵流量为110 m³/h,扬程为300 kPa。

3.4 混床单元

混床2台,1用1备,碳钢材质防腐,单台尺寸为 $\Phi 1\ 600\text{ mm} \times 4\ 900\text{ mm}$,处理量为81 m³/h,滤速为40 m/h。

混床内从下至上依次填充500 mm高的阳离子树脂、1 000 mm高的阴离子树脂。混床产水排入除盐水池。除盐水池为半地上钢筋混凝土结构,尺寸($L \times W \times H$)为9.6 m \times 6.5 m \times 5.2 m。

3.5 污泥处理单元

该工程的污泥来自沉淀池,沉淀池污泥定时排至污泥收集井,然后泵入污泥浓缩池,浓缩后的污泥由污泥泵送至带式脱水机脱水,带机滤液流至滤液收集井,经潜污泵送至反应池。设置2台带式污泥浓缩脱水机,1用1备,单台带宽为1 m。

4 工程运行结果

该工程自2015年8月底进行单机调试、系统调试。稳定运行后一级RO产水水质达到了循环冷却水补水水质标准,混床产水水质达到了锅炉补给水水质标准。正常运行时一级RO产水水质如表4所示。

表4 一级RO产水水质检测结果

Tab.4 Effluent quality of one-pass RO

项 目	数 值	项 目	数 值
pH 值	6.7 ~ 7.0	总硬度/ (mg · L ⁻¹)	12.3 ~ 16.7
BOD ₅ /(mg · L ⁻¹)	2.1 ~ 2.5	电导率/ (μS · cm ⁻¹)	39.3 ~ 56.6
COD/(mg · L ⁻¹)	6.1 ~ 12.4	总碱度/ (mg · L ⁻¹)	15.6 ~ 23.8
氨氮/(mg · L ⁻¹)	1.9 ~ 3.2		
总磷(以P计)/ (mg · L ⁻¹)	0.5 ~ 1.8		

正常运行时混床产水水质:pH值为6.9~7.1,电导率为0.04~0.07 μS/cm,硬度为零,二氧化硅为6.2~8.9 μg/L。

5 经济分析

该工程为第三方治理项目,总投资为6 420万元。运行成本(含人工、设备折旧、维修维护等)约为15.74元/m³。工程投产后,将焦化生化处理出水深度处理后回用作循环冷却水和锅炉补给水,可减少清洁水的消耗,节水量为131.4 \times 10⁴ m³/a。

6 结论

采用“微波诱导催化氧化+混凝沉淀+多介质过滤器+超滤+一级RO+二RO+混床”组合工艺处理焦化废水生化处理出水,实践证明该工艺可行、运行稳定,一级RO产水能够达到循环冷却水补水标准,混床产水能够达到锅炉补给水水质标准。

参考文献:

- [1] 丁菲. A-A-O法在焦化废水处理中的运行及影响因素[J]. 广东化工,2010,37(3):157-158.
- [2] 滕蒙,孟庆锐. 利用A/A/O工艺处理焦化废水的工程实例总结[J]. 科学技术与工程,2010,10(3):835-838.
- [3] 邢向军,周集体,成耀武,等. A-A/O法在焦化废水处理中的运行与管理[J]. 环境工程,2005,23(2):29-32.



作者简介:王艳芳(1978-),女,河北肃宁人,硕士,工程师,注册环保工程师,设计部经理,主要从事水处理设计工作。

E-mail:wangyanfang@jzenviron.com

收稿日期:2016-02-23