

超滤-反渗透用于煤化工回用水处理的工程设计

王永华¹, 赵 科²

(1. 惠生工程(中国)有限公司河南化工设计院分公司, 河南郑州 450000;
2. 河南绿地广场置业发展有限公司, 河南郑州 450000)

[摘要] 鄂尔多斯某煤化工厂回用水处理装置主要进水水源为污水处理装置出水、循环水场排污水及脱盐水站的排污水, 采用匀质池+高效澄清器+多介质过滤器+超滤及反渗透的组合处理工艺, 出水用作循环水场补水。本回用水处理装置已经建成运行近 1 a, 运行结果表明, 装置运行稳定, 出水水质达到《污水再生利用工程设计规范》(GB 50335—2002)中再生水用作循环冷却系统补充水的水质标准。

[关键词] 煤化工厂; 回用水处理装置; 超滤; 反渗透; 循环水场补水

[中图分类号] X703.1 [文献标识码] B [文章编号] 1005-829X(2015)02-0097-03

Engineering design of reclaimed water reuse by UF/RO process in coal chemical industry

Wang Yonghua¹, Zhao Ke²

(1. Henan Chemical Design Institute Branch of Wison Engineering Co., Ltd., Zhengzhou 450000, China;
2. Henan Green Land Square Real Estate Property Development Co., Zhengzhou 450000, China)

Abstract: The main influent water sources of reclaimed water treatment device of a coal chemical plant in Ordos are as follows: the effluent from wastewater treatment device, the sewerage from circulating cooling water system, and sewerage from desalted water station. The combined process, homogeneous basin+efficient clarifier+multi media filter+ultrafiltration and RO, has been used and the effluent used as make-up water for the circulating water system. This reclaimed water treatment device has been built up and operated for nearly one year. The running results show that the system has been running steadily, and the effluent water quality can meet the standard of the water quality of reclaimed water, reused as make-up water of circulating cooling water in the "Standard of Engineering Design of Wastewater Reclaiming" (GB 50335—2002).

Key words: coal chemical plant; reclamation water treatment system; ultrafiltration; reverse osmosis; make-up water of circulating cooling water system

参考文献

- [1] O'neil C, Hawkes F R, Hawkes D L. Colour in textile effluents—sources, measurement, discharge consents and simulation: A review[J]. Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 1999, 74(11): 1009-1018.
 - [2] Bisschops I, Spanjers H. Literature review on textile wastewater characterisation[J]. Environmental Technology, 2003, 24(11): 1399-1411.
 - [3] 陆继来, 任洪强, 夏明芳, 等. 新排放标准的印染废水深度处理技术进展[J]. 工业水处理, 2009, 29(7): 7-11.
 - [4] Zissi U, Lyberatos G. Azo-dye biodegradation under anoxic conditions[J]. Water Science and Technology, 1996, 34(5/6): 495-500.
 - [5] Alaton I A, Dogruel S, Baykal E, et al. Combined chemical and biological oxidation of penicillin formulation effluent[J]. Journal of Environmental Management, 2004, 73(2): 155-163.
 - [6] Lee B H, Song W C, Manna B, et al. Dissolved ozone flotation (DOF): A promising technology in municipal wastewater treatment[J]. Desalination, 2008, 225(1/2/3): 260-273.
 - [7] Chang E E, Hsing H J, Chiang P C, et al. The chemical and biological characteristics of coke-oven wastewater by ozonation[J]. Journal of Hazardous Materials, 2008, 156(1/2/3): 560-567.
 - [8] 李勇华. 印染废水处理工程建设成本及案例分析[D]. 天津: 河北工业大学, 2010.
- [作者简介] 任刚(1977—), 博士, 讲师。电话: 020-85226615, E-mail: clark_hit@163.com。
- [收稿日期] 2014-11-20(修改稿)

鄂尔多斯某煤化工厂循环水场补水量约占总新鲜水用水量的 70%，其补水若全部用新鲜水补充，将造成水资源的极大浪费。若能对该厂产生的废水进行深度处理与回用，不仅能有效地节约运行成本，且能实现较大的环境和社会效益。基于此，鄂尔多斯某煤化工厂采用匀质池+高效澄清器+多介质过滤器+超滤及反渗透的组合工艺对其产生的废水进行了深度处理与回用。

有效的预处理+超滤(UF)+反渗透膜(RO)的组合工艺，不仅能高效、稳定地去除污染物，而且可避免反渗透膜的污堵，确保出水符合回用水水质标准^[1-4]，其在回用水处理的工程设计中得到了一定的应用。

1 设计规模及进出水水质

鄂尔多斯某煤化工厂回用水处理装置进水水源主要分为以下几类：一是污水处理装置出水，其出水水质满足《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)的一级排放标准；二是循环水场排污水；三是脱盐水处理站排污水。本回用水处理装置设计规模为 160 m³/h，设计进水水质见表 1，设计出水要求执行《污水再生利用工程设计规范》(GB 50335—2002)中再生水用作循环冷却系统补充水的水质标准。

表 1 设计进水水质

项目	进水
pH	7~8
总硬度(以 CaCO ₃ 计)/(mg·L ⁻¹)	1 200
COD _{Cr} /(mg·L ⁻¹)	100
NH ₄ ⁺ -N/(mg·L ⁻¹)	15
SS/(mg·L ⁻¹)	50

从进水水质可以看出，本回用水处理装置的水源较为复杂，其有机污染物、微生物、生物黏泥、胶体类、重金属、硬度等物质的污染较常规的纯水要复杂和严重的多，对超滤前的预处理效果要求较高。

根据上述水质特点，设计采用匀质池+高效澄清器+多介质过滤器+超滤及反渗透的组合工艺。

2 工艺流程及主要设计参数

2.1 工艺流程

本回用水处理装置主要工艺流程见图 1。

2.2 主要设计构筑物及设备参数

2.2.1 废水匀质池

进水水源中循环水场排污及脱盐水处理站排污均

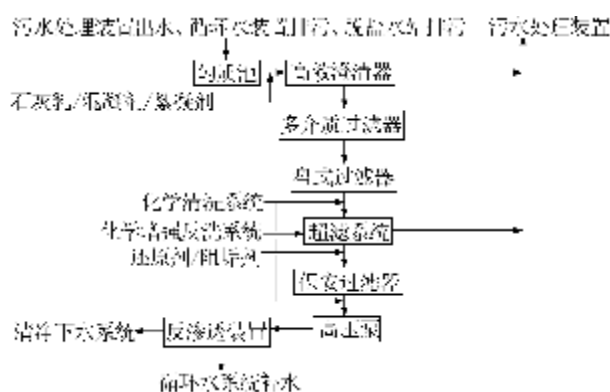


图 1 回用水处理装置工艺流程

为间断进水，需加强均质化处理。匀质池设计尺寸为 37.9 m×7.6 m×3.5 m。匀质池配套设置废水提升泵，废水提升泵 1 用 1 备，单台流量为 160 m³/h；配套设置 2 台潜水搅拌机，功率为 3 kW。

2.2.2 高效澄清器

高效澄清器是集混凝/反应/沉淀于一体的钢结构废水处理设备，单台处理量为 160 m³/h，设计出水 SS≤20 mg/L，设计尺寸为 D 6 000 mm×7 000 mm。

在高效澄清器前配套设置石灰乳加药装置，浓浆泵 2 台，1 用 1 备，单台加药量为 0~3 t/h；絮凝剂加药装置，机械隔膜泵 2 台，1 用 1 备，单台流量为 0~120 L/h；混凝剂加药装置，机械隔膜泵 2 台，1 用 1 备，单台流量为 0~44 L/h。

2.2.3 多介质过滤器

多介质过滤器用于去除水中的悬浮物和胶体，滤料采用无烟煤和石英砂。多介质过滤器 2 台，设计单台处理量为 80 m³/h，设计滤速为 10 m/h，采用气水反冲洗。多介质过滤器设计尺寸为 D 3 200 mm×4 200 mm。

2.2.4 超滤系统

超滤系统前配套设置 1 台盘式过滤器，处理量为 160 m³/h，设计出水浊度≤3 NTU，过滤精度为 50 μm，过滤器型式：以色列 ARKAL 3DF-8。

超滤系统设计回收率为 90%，设计产水水质：SDI≤3，浊度≤0.5 NTU。装置净产水量为 144 m³/h，采用 DOW 公司生产的 SFP2860 DOWTM UF 膜组件（外压式中空纤维膜），单只膜面积为 51 m²，共 60 支。

超滤系统及反渗透系统共同配套设置化学清洗装置 1 套，含清洗保安过滤器 1 台，能力为 150 m³/(h·套)，滤芯过滤精度为 5 μm。

化学增强反洗系统含次氯酸钠加药装置，电磁驱动隔膜泵 2 台，1 用 1 备，单台流量为 0~1 600 L/h；

加酸装置,电磁驱动隔膜泵 2 台,1 用 1 备,单台流量为 0~550 L/h;加碱装置,电磁驱动隔膜泵 2 台,1 用 1 备,单台流量为 0~240 L/h。

2.2.5 反渗透系统

反渗透膜前设置保安过滤器,保安过滤器过滤精度为 5 μm ,外壳采用耐腐蚀的 316 不锈钢材质,滤棒由聚丙烯喷熔制成,孔形呈锥形结构,运行流速 $\leq 10 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。

反渗透高压泵采用卧式离心高压泵,过流部分材质为不锈钢, $Q=150 \text{ m}^3/\text{h}$, $P=1.4 \text{ MPa}$ 。

反渗透装置设计产水量为 $108 \text{ m}^3/\text{h}$,回收率为 75%。1 a 内设计脱盐率 $\geq 98\%$,3 a 内设计脱盐率 $\geq 97\%$ 。反渗透膜采用美国 DOW 公司生产的 BW30-400/34 I-FR 端面自锁高产水量抗污染型苦咸水反渗透膜元件,设计通量为 18 LMH,选用膜元件 162 支,采用 6 芯装美国 CODELINE 公司产品膜壳 27 支。一级二段,18:9 排列。

反渗透系统配套设置还原剂加药装置,电磁驱动隔膜泵 2 台,1 用 1 备,单台流量为 0~15.1 L/h;阻垢剂加药装置,电磁驱动隔膜泵 2 台,1 用 1 备,单台流量为 0~7.6 L/h。

2.2.6 自控系统设置

(1)超滤系统。正常操作情况下,超滤装置需要每 20~60 min 进行气擦洗、水力反洗(含正冲洗、反冲洗)至少各 1 次,单次气水冲洗的时间约为 1 min,也就是说需要在 1 min 内进行约 40 次的不同阀门开、关操作;而超滤装置的常规化学加强反洗(CEB)需要至少 24 h 1 次,这在人工运行时很难保证,所以超滤装置的启动、运行、气擦洗、反洗、正洗、停机等过程均由 PLC 实现自动控制。

超滤系统同时设置就地仪表盘和就地操作盘,在就地仪表盘上可读出超滤的有关工艺参数,以及能在就地操作盘上操作相关的水泵和自动阀门。

(2)反渗透系统。反渗透系统的启动、运行、冲洗、停机备用等过程也均由 PLC 实现自动控制。同时设置就地仪表盘和就地操作盘,在就地仪表盘上可读出 RO 的有关工艺参数,如电导率、流量、压力等;在就地操作盘上能启停 RO 进水高压泵及相关的自动阀门。

3 运行效果

本回用水处理装置已经建成运行近 1 a,其水质

日常监测结果如表 2 所示。运行结果表明,出水稳定,出水水质达到《污水再生利用工程设计规范》(GB 50335—2002)中再生水用作循环冷却系统补充水的水质标准。

表 2 实际进出水水质

项目	进水	出水
pH	7~8	7~8
总硬度(以 CaCO_3 计)/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	600	0
$\text{COD}_\text{Cr}/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	100	0
$\text{NH}_4^+-\text{N}/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	15	5
$\text{SS}/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	50	—
浊度/NTU		<0.5

4 成本分析

人工费:定员按 4 人考虑,工资为 5000 元/(月·人),人工费为 667 元/d;电费:本装置平均耗电量为 $5\,440 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{d}$,电价以 0.75 元/($\text{kW} \cdot \text{h}$)计,电费为 4 080 元/d;药剂费:药剂费以 1 500 元/d 计;损耗费:石英砂滤料以 200 元/d 计(按 0.5 a 的使用寿命),超滤和反渗透膜以 1 610 元/d 计(按 3 a 的使用寿命)。合计平均处理成本为 2.10 元/ m^3 。鄂尔多斯工业水价为 7.95 元/ m^3 ,本装置的经济效益非常明显。

5 小结

鄂尔多斯某煤化工厂结合复杂的进水水质及回用水用户的水质要求,设计采用匀质池+高效澄清器+多介质过滤器+超滤及反渗透的组合工艺对废水进行深度处理与回用。运行结果表明,运行效果良好,脱盐率及回收率均能达到设计标准,经济效益明显,证明所选工艺是可行且经济的。

参考文献

- [1] 国涛.高盐度污水采用双膜法处理的运行经验[J].工业水处理,2013,33(5):89-92.
- [2] 梁建瑞.超滤-反渗透膜组合工艺处理电厂循环排污水[J].水处理技术,2006,32(6):79-81.
- [3] 蔡战胜,万树春.除盐站浓水回收处理及再回用[J].工业水处理,2013,33(7):94-96.
- [4] 刘劲松,张健君,杨淑芳,等.超滤/反渗透膜法深度处理印染废水并回用工程案例[J].中国给水排水,2013,29(10):76-78.

[作者简介] 王永华(1982—),硕士,注册环保工程师,工程师。电话:13523418556,E-mail:wangyonghua82@126.com。

[收稿日期] 2014-11-12(修改稿)