

振动膜技术在高含盐废水处理中的应用

周 海

(麦王环境技术股份有限公司, 上海 200135)

摘 要: 介绍了振动膜技术的原理及其在煤化工回用水“零排放”项目中的应用案例,并列出了振动膜的运行数据和运行电耗,表明振动膜技术在高含盐废水处理中不仅具有良好的抗污染性,而且能降低能耗,节省运行成本,在类似项目中可以推广使用。

关键词: 振动膜; 含盐废水; 膜浓缩; 零排放

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)02-0105-03

Application of Vibrating Membrane Technology to Treatment of Hypersaline Wastewater

ZHOU Hai

(McWong Environmental Technology Co. Ltd., Shanghai 200135, China)

Abstract: The principle of vibrating membrane technology and its application case in the zero discharge project of reuse water in the coal chemical industry were introduced. The operation cost and power consumption of vibrating membrane were presented. The vibrating membrane technology had good anti-fouling performance, could reduce energy consumption and save the operation cost in hypersaline wastewater treatment. It can widely be used in the similar projects.

Key words: vibrating membrane; hypersaline wastewater; membrane concentration; zero discharge

振动膜作为一项新型膜分离技术,通过振动在膜表面产生高剪切力,阻止颗粒在膜表面沉积吸附,降低结垢可能性,从而保持较高的过滤速度,因此可以处理含固量高的液体。在化工废水“零排放”项目中,可用于将浓盐水进一步浓缩,以减小后续蒸发器的规模^[1],达到降低投资和节约能源的目的。

1 工程应用

1.1 工程概况

内蒙古某煤化工企业的回用水“零排放”项目应用了该振动膜系统,工艺流程如下:系统进水(达标废水、循环排污水和脱盐水)→回用水调节池→软化澄清池→V型滤池→超滤装置→反渗透装置(浓水)→浓水反渗透装置(浓水)→振动膜装置(浓水)→蒸发装置。

振动膜装系统设计进水量为 40 m³/h,设计进

水水质见表1。

表1 设计进水水质

Tab. 1 Design influent quality

项目	数值	项目	数值
pH 值	8.1	Cl ⁻ /(mg·L ⁻¹)	2 927.6
Ba/(mg·L ⁻¹)	0.07	SiO ₂ /(mg·L ⁻¹)	94.5
Ca/(mg·L ⁻¹)	23.3	硫酸盐/(mg·L ⁻¹)	3 276.7
F/(mg·L ⁻¹)	8.5	NH ₃ -N/(mg·L ⁻¹)	29.5
Fe/(mg·L ⁻¹)	0.7	TN/(mg·L ⁻¹)	65
Mg/(mg·L ⁻¹)	7.7	TSS/(mg·L ⁻¹)	4.5
K/(mg·L ⁻¹)	87.9	TDS/(mg·L ⁻¹)	10 778
Na/(mg·L ⁻¹)	3 620	COD/(mg·L ⁻¹)	506
Sr/(mg·L ⁻¹)	0.07	总硬度(以 CaCO ₃ 计)/(mg·L ⁻¹)	90

1.2 系统配置

振动膜系统设计为2套,主要设备配置如下:

① 膜包。型号为 i84;共2套,每套6个组件;膜面积共 130 m^2 ,采用 RO 膜片,工作压力为 3.45 MPa ,温度为 $5\sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$,pH 值为 $2\sim 12$ 。

② 振动系统。共2套,每套6个组件;最大振幅为 1.9 cm ,频率范围为 $49\sim 55\text{ Hz}$,最大噪声 $<85\text{ dB}$,轴承转速为 $2\ 800\sim 3\ 100\text{ r/min}$;电机功率为 15 kW ,三相, 380 V ,AC,转速为 $3\ 525\text{ r/min}$ 。

③ 进料泵。共12台,每套6台(4用2备), $Q=16\text{ m}^3/\text{h}$, $H=170\text{ m}$, $N=22\text{ kW}$ 。

④ 预过滤器。共6台,每套3台(2用1备), $40\text{ m}^3/\text{h}$,60目。

⑤ CIP 在线清洗桶。共2个,每套1个,聚丙烯材质, 1 m^3 。

⑥ 化学计量泵。共6台,每套3台, $Q=300\text{ L/h}$, $H=1.0\text{ MPa}$, $N=550\text{ W}$ 。

⑦ CIP 进水泵。共2台,每套1台, $Q=16\text{ m}^3/\text{h}$, $H=1.7\text{ MPa}$, $N=15\text{ kW}$ 。

⑧ 进水池。2座,单座尺寸为 $5\text{ m}\times 4\text{ m}\times 4.5\text{ m}$,容积为 90 m^3 (单池)。

⑨ 浓缩池。1座,尺寸为 $5\text{ m}\times 3\text{ m}\times 4.5\text{ m}$,有效容积为 60 m^3 。

2 振动膜技术

振动膜由一个有着自有振动频率的扭力杆连接的两部分组成(见图1),一部分是扭力杆上方的膜包组件、膜片,在其中以较大的振幅振动;另一部分是振动装置,以与膜包组件成比例的较小振幅振动^[2]。

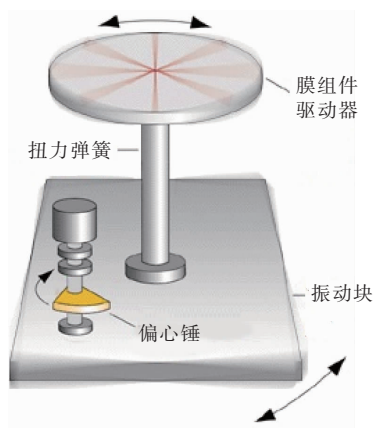


图1 振动驱动系统

Fig.1 Resonating drive system

振动膜的膜包由多层平行碟片式的膜盘组成(内部结构见图2),膜片间用密封垫圈隔开,就像是

唱片两边覆一层膜。膜包在扭力杆上振动,来回振动幅度大约为 2.22 cm , $5^{\circ}\sim 10^{\circ}$,频率大概在 60 Hz 以内。这种运动就像是洗衣机的滚筒,但振动膜要快得多,比肉眼能感知的速度还快。

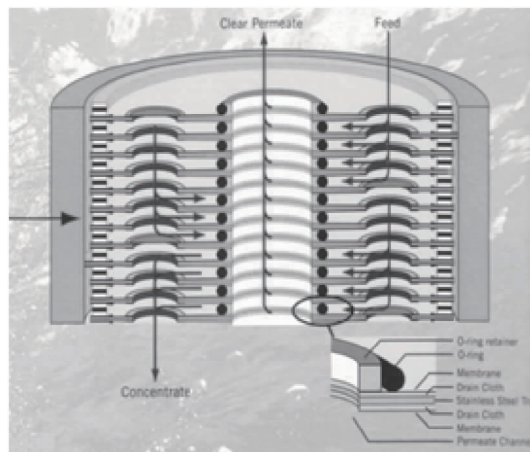


图2 膜片内部结构

Fig.2 Internal structure of membrane

振动由交流变频电动机引发,经由电动机轴承和偏心锤共同作用传入振动装置,然后由扭力杆引起膜包组件的振动。振动膜产生的剪切力能将引起膜结垢的固体和污垢物从膜表面抛起,使其混回到料液中。振动膜表面约 $150\ 000\text{ s}^{-1}$ 的高剪切力可以防止污染物污堵膜孔,保持较高的膜通量,通常振动膜的通量是传统错流式膜的 $3\sim 10$ 倍^[1],因此即使进水很粘稠也能很好地工作。

振动膜系统运行由过滤和在线清洗(CIP)两种模式交替进行。大部分时间振动膜以过滤模式运行,在线清洗只占振动膜整个运行时间的一小部分。过滤模式下料液进入振动膜组件,透过膜片的部分为渗滤液,被膜片拦截的部分即为浓缩液;过滤模式运行一段时间后,由于膜表面被逐渐污染,造成通量下降,需要启动 CIP 模式,以恢复膜通量。

3 运行数据

该项目中振动膜系统在过滤模式运行步序为:系统将在一个进水池充满状态下启动,运行时浓水不断回流至进水池,直至水池的水位达到设定值 60% 时,系统启动输送程序将浓水输送至浓缩池,直至进水池液位降至设定的低液位时停止输送程序。整个过滤模式下系统的渗滤液总量约为总进水量的 $3/4$,即回收率约为 75% 。

系统运行数据见表2。

表 2 振动膜系统运行数据

Tab. 2 Operating data of vibrating membrane system

项 目	初始阶段	浓水循环阶段				调整阶段	浓水排放阶段			
进水池水位/%	100	90	80	70	60	60	50	40	30	10
进水流量/($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	71.5	71.5	70.7	68.3	66.9	49.9	49.6	49.8	49.6	49.7
进水 TDS/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	10 778	11 867	13 345	15 186	17 782	17 782	17 806	17 830	17 852	17 855
进水压力/MPa	30.2	30.2	30.1	30.2	30.1	31.1	31.3	31.2	31.1	31.2
浓水流量/($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	35.8	35.8	35.8	34.6	34.3	22.8	22.7	23.1	22.8	23.1
产水流量/($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	35.7	35.7	34.9	33.7	32.6	27.1	26.9	26.7	26.8	26.6
产水 TDS/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	1 092	1 198	1 401	1 655	1 991	1 991	2 203	2 219	2 228	2 232
脱盐率/%	89.9	89.9	89.5	89.1	88.8	88.8	87.6	87.6	87.5	87.5
回收率/%	49.9	49.9	49.4	49.3	48.7	54.3	54.2	53.6	54.0	53.5
处理时间/min	—	15.1	15.5	16.0	16.6	—	10.9	10.8	10.9	19.3
处理水量/($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	—	9	9	9	9	—	9	9	9	16

注: ①系统总处理时间约 115 min,其中浓水循环阶段约 63 min,浓水排放阶段约 52 min;②系统总处理水量为 $79 \text{ m}^3/\text{h}$,平均处理流量为 $41.2 \text{ m}^3/\text{h}$;③系统浓水排放总量为 $19.8 \text{ m}^3/\text{h}$,平均排水量为 $10 \text{ m}^3/\text{h}$;④系统回收率为 74.9%,系统平均脱盐率 $\geq 88\%$ 。

振动膜系统设置 2 座进水池,浓缩程序采用连续分批式操作,即:一池在浓缩过程中,另一池进水至充满后备用,第二池在第一池完成冲洗程序后自动启动,此时,第一池则重新进水直至充满备用。该程序连续循环切换操作,直到整个振动膜系统收到停止指示信号、报警或者需要化学清洗时才会停止。

运行电耗见表 3。

表 3 电耗计算

Tab. 3 Power consumption calculation

项 目	时用电量/ ($\text{kW} \cdot \text{h} \cdot \text{h}^{-1}$)	年用电量/ ($\text{kW} \cdot \text{h} \cdot \text{a}^{-1}$)	吨水用电量/ ($\text{kW} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-3}$)
振动膜系统	389.3	3 114 400	9.7

注: ①年消耗量按 8 000 h 计算;②吨水耗量按进水流量为 $40 \text{ m}^3/\text{h}$ 计算。

4 结语

浓盐水的处理是制约废水“零排放”的关键技术。若直接将浓盐水进行蒸发,由于其处理规模大,需要消耗大量的能源,非常不经济。振动膜具有常规膜组件所不具备的优良的抗污染性,能够在高含盐废水中高效连续运行,在化工废水“零排放”工程中能够有效降低能耗,节省运行成本,具有较好的应用前景。

参考文献:

[1] 曲凤臣. 煤化工废水“零排放”技术要求及存在问题[J]. 化学工业,2013,31(2/3):18-24.
[2] 吴克宏,闫猛,骆伟,等. 超频振动膜系统及其应用[J]. 能源研究与信息,2008,24(2):81-85.



作者简介:周海(1980-),男,湖南澧县人,大学本科,工程师,主要从事化工、钢铁、电力、纺织、造纸、医药、食品饮料等行业水处理工程的设计和施工管理工作。

E-mail:zhouhai_sh@sohu.com

收稿日期:2016-06-21