

试验研究

电渗析技术在制浆达标废水回用中的应用

柴少龙,叶细首,富潇彬,罗伟锋

(煤科集团杭州环保研究院,浙江 杭州 311201)

摘要:利用一次式连续电渗析系统脱除反渗透浓水中的盐分,同时将反渗透浓水进行再次浓缩。通过对运行数据的分析,废水的脱盐率达到了 91.8%,实现了废水的循环再利用。反渗透浓水的浓缩倍数达到了 3.5 倍,大幅减少了蒸发的处理水量,降低了能耗。

关键词:电渗析;制浆尾水;反渗透;蒸发

中图分类号:P747+.3

文献标识码:A

文章编号:1006-8759(2015)02-0024-02

THE APPLICATION ON THE RECYCLING OF PULPING WASTEWATER BY THE ELECTRODIALYSIS

CHAI Shao-long, YE Xi-shou, FU Xiao-bin, LUO Wei-feng

(Hangzhou Institute for Environmental Protection, CCRI, Hangzhou 311201, China)

Abstract: The use of a continuous electro dialysis system to remove the salt from the reverse osmosis concentrated water, while the reverse osmosis concentrated water was concentrated again. Through analysis of operating data, the desalination of wastewater reached 91.8%, achieved the reuse of wastewater. RO concentrated water concentration factor of 3.5 times, significantly reduces the water of evaporation, reducing energy consumption.

Key words: Electrodialysis; Pulping wastewater; Reverse osmosis; Evaporation

1 前言

造纸工业是我国水资源消耗大户,造纸废水量大、有机物含量高、造成的环境污染影响大,造纸废水治理在全世界范围内都在关注废水回用,提高水循环利用率,减少水资源消耗和废水排放污染^[1]。由于制浆废水本身所含污染物十分复杂,经常规处理后,出水虽能达到排放标准,但与回用对水质的要求相距较远。某水处理厂针对制浆达标废水采用预处理+膜处理+高效蒸发结晶处理技术相结合的工艺,产生的中水可供园区内企业循环再利用,蒸发结晶产出的工业盐可利用于印染、制革等多个行业,真正实现了“零排放”,即完全没有废水排放。

电渗析作为膜分离技术中的一种,是在外加

直流电场的作用下,利用离子交换膜的选择透过性,阳离子透过阳膜,阴离子透过阴膜,使水中离子从一部分水中迁移到另一部分水中的物理化学过程。电渗析器,就是利用多层隔室中的电渗析过程达到脱盐、浓缩等预期目的的一种膜分离设备。制浆尾水经预处理及超滤系统,进入反渗透系统进行浓缩。为了进一步减少后续蒸发的水量,降低能耗,浓缩废水进入电渗析系统,进一步富集盐分,降低后续工艺段蒸发的水量,提高废水中的盐分,大幅降低了蒸发能耗。同时使废水的盐分降到一个较低水平,配合其他工艺段产水用于回用。

2 工艺概况

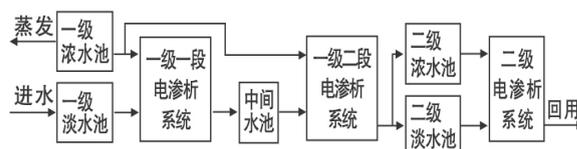


图 1 主要工艺流程

收稿日期:2014-12-08

第一作者简介:柴少龙(1988.12-),男,浙江衢州,大学本科,助理工程师,煤科集团杭州环保研究院。

经钠床软化后的反渗透浓水进入一级淡水池后,经一级一段淡水泵泵入一级一段电渗析系统,在电场的作用下离子由淡水室迁至浓水室,经一段脱盐后的废水进入中间水池。一级二段淡水泵从中间水池抽出初步脱盐的废水,泵入一级二段电渗析系统,再次脱盐。脱盐后一级二段淡水分两路进入二级电渗析系统,分别进入二级浓水池和二级淡水池。经过一级系统的运行,浓水的盐分得到了富集,最后作为浓盐水溢流至浓盐水池,送去蒸发系统蒸发。二级淡水经二级淡水泵提升送入二级电渗析系统,经电场驱动,脱除盐分后配合其他工艺段产水用于回用。二级浓水经二级电渗析系统浓缩后,一部分浓水回流至一级淡水继续脱盐。

3 主要技术参数

3.1 进水水质控制指标

表 1 进水水质指标

色度/倍	PH	SS/(mg/l)	CODcr/(mg/l)	总硬度(以 CaCO ₃ 计)/(mg/l)
≤50	6~9	≤5	≤700	≤10

3.2 工艺设备及构筑物参数

表 2 主要工艺设备及构筑物参数

名称	规格	数量
一级淡水池	V=600m ³	1座
中间水池	V=570m ³	1座
一级浓水池	V=600m ³	1座
二级淡水池	V=570m ³	1座
二级浓水池	V=570m ³	1座
极水池	V=570m ³	1座
一级一段电渗析系统	膜组及配套水泵、过滤器、直流电源等	1套
一级二段电渗析系统	膜组及配套水泵、过滤器、直流电源等	1套
二级电渗析系统	膜组及配套水泵、过滤器、直流电源等	1套
清洗系统	配套水箱、泵、过滤器等	2套

表 3 膜组运行参数

名称	参数
浓、淡水流量/(m ³ /h)	8~10
极水流量/(m ³ /h)	1.5~2.5
压力/(kg/cm)	0.9~1.1
电压/V	100
电流/A	<100
温度/°C	30~40
极水电导率/(us/cm)	8000~10000
极水 pH	2~6

3.3 主要运行参数

膜块采用的为杭州埃尔环保科技有限公司生产的 IONLYZER-250-4016 型电渗析装置。该装

置是由 250 对 400×1600 mm 规格的 IONSEP 离子交换膜组装而成,有效膜面积可达 112 m²,标准流量为 8~12 m³/h。多个膜块可串联使用形成一个膜组,达到一定的脱盐目标。膜组运行参数如表 3 所示。直流电源采用额定电压 150 V,额定电流 120 A 的高频开关电源柜来供电。

4 运行效果

4.1 电流密度的分析

一级一段系统共有 12 个膜组并联使用,每个膜组由 3 个电渗析膜块串联组成,按水流方向分别编号为膜块 1、膜块 2、膜块 3。一级二段系统共有 12 个膜组并联使用,每个膜组由 4 个电渗析膜块串联组成,按水流方向分别编号为膜块 4、膜块 5、膜块 6、膜块 7。二级系统共有 8 个膜组并联使用,每个膜组由 3 个电渗析膜块串联组成,按水流方向分别编号为膜块 8、膜块 9、膜块 10。

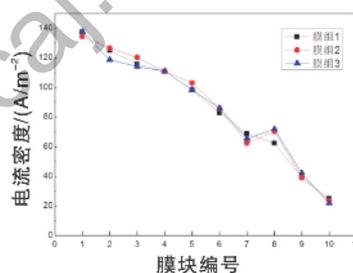


图 2 电流密度的变化趋势

从图 2 可以看出,在保持各系统压力、流量、温度等条件基本相同的情况下,膜块的电流密度随着膜块编号的增加逐渐下降,即随着废水一次连续式脱盐的进行,电流密度逐渐下降。在接近脱盐出口端的二级系统的模块,其电流密度最低。基于公式 $I=U/R$ (电流强度=电压/电阻),电流强度受操作电压和电阻因素影响,当电压恒定时,随着脱盐的进行,脱盐室的电导率逐渐降低,装置电阻增大,电流效率下降。电流密度的变化和装置电阻成反比,即和溶液电导率成正比^[2]。

4.2 脱盐浓缩效果分析

表 4 淡水脱盐效果

电渗析系统	进水电导/(ms/cm)	出水电导/(ms/cm)	脱盐率/%
一级一段	34.28	18.17	47.0
一级二段	19.73	7.5	62.0
二级	9.88	2.8	71.7

从表 4 中可发现,一级二段系统的脱盐率高于一级一段系统。一级一段系统采用的方式为 3

(下转第 33 页)

3 结论

在紫外光照下,壳聚糖和粉煤灰作为絮凝剂,对二甲酚橙废水处理效果很好。确定了处理废水的条件,最佳投加量为 0.325 g/L,此时壳聚糖的处理效率达到了 78%,粉煤灰的处理效率也达到了 66%;最佳作用时间为 110~120 min(投加量为 0.325 g/L),此时两者的处理效率都达到了 90%;最佳作用温度为 60 ℃(投加量为 0.325 g/L,作用时间为 40 min),此时壳聚糖的处理效率达到了 93.78%,粉煤灰的处理效率也达到了 86.35%。总的来看,壳聚糖的处理效果要优于粉煤灰。并且发现在紫外光照下这两种絮凝剂处理废水,是催化和絮凝综合作用的结果。

参考文献

- [1]陈纯馨,陈忻,李宇彬,等.粉煤灰-壳聚糖复合物处理生活污水的研究[J].环境科学与技术,2010,33(12):289-292.
[2]Wey M.,Liu K.,Tsai T. et al.Thermal treatment of the fly ash from

municipal solid waster incinerator with rotary kiln [J].J.Hazardous Materials.137(2):981-989.

[3]Zuo Y, Zhan, J Costa. Use of shell chitin extracted from seafood processing waste in recycling of industrial wastewater [J]. Proceeding of SPIE -The International Society for Optical Engineering,2000, 41(6-8): 403-412.

[4]Chauha D., Jaiswal M.,Sankaramakrishnan N.Removal of cadmium and hexavalent chromium from electroplating waste water using thio-carbamoyl chitosan[J]. Carbohydrate Polymers, 88(2): 670-675.

[5]赵雪,何瑾馨,展义臻.印染废水处理技术的研究进展[J].化学工业与工程技术,2009,30(2):38-43.

[6]李春华,张洪林,蒋林时.絮凝剂在印染废水脱色中的应用进展[J].辽宁城乡环境科学,2002,22(4):9-12.

[7]Harikishore D.,Seung-Mok L. Application of magentic chitosan composites for the removal of toxic metal and dyes from aqueous solutions[J]Adv.Colloid Interface Sci.2013, 201-202:68-93.

[8]彭国胜,董贺新.用粉煤灰光催化处理含铬废水的研究[J].中州煤炭,2002,(4):11-12.

[9]朱启忠,赵亮云,赵宏,等.壳聚糖处理印染废水的研究[J].四川环境,2006,25(1):17-19.

[10]刘秉涛.壳聚糖复合剂在水处理中的净化效能研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2007.

(上接第 25 页)

个膜块串联,平均每个膜块脱盐率约为 15.7%。一级二段系统采用的方式为 4 个膜块串联,平均每个膜块脱盐率为 15.5%,与一级一段系统脱盐率基本相同。二级系统采用的方式为 3 个膜块串联,平均每个膜块脱盐率约为 23.9%,明显高于一级系统。原因是二级系统浓水采用的为一级二段淡水出水,浓淡水之间的浓度差较小,水中离子从浓水向淡水的扩散速率降低。整套电渗析系统脱盐率为 91.8%。经一级系统浓缩后的浓水电导为 120.31 ms/cm,浓缩倍数约为 3.5 倍。大幅降低了废水前往蒸发的水量,降低了蒸发的能耗。

由于系统来水有一定的硬度以及较高的 COD,采用定期倒极以及定期清洗的工艺来保证系统的稳定运行。当系统连续运行 4 h 后,停止直流电源,依次切换电渗析进口和出口倒极阀门。阀门切换完毕,切换直流电源正负极方向,开启电源输出,进入下一个运行周期。当系统连续运行一周后,对系统进行停机清洗。在清洗水箱中按所需浓度配制相应的清洗液(一般清洗液顺序为 0.1~

0.3%碱,0.1~0.3%盐酸),对电渗析进行循环清洗。清洗液循环清洗完毕,用纯水将系统冲干净后,系统投入运行。

5 结论

从运行效果来看,电渗析技术可以将反渗透浓水脱盐至一个较低浓度,并同时可将反渗透浓水进行再次浓缩。电导率约为 35 ms/cm 的反渗透浓水经过一级、二级电渗析系统的脱盐浓缩后,产水电导率降至 3 ms/cm 以下,可配合其他工段产水用于回用;浓水升至 120 ms/cm 以上,送往蒸发系统蒸发结晶。制浆达标废水通过预处理+超滤+反渗透+电渗析+蒸发的工艺处理,实现了废水的循环利用以及废水的零排放。

参考文献

- [1]王江辉.膜分离技术在造纸工业废水回用中的应用[J].当代化工,2011,40(6):628-630.
[2]吕建国,张明霞,索超.电渗析技术在反渗透浓水再利用过程中的研究[J].2010,26(18):85-88.