

科研与开发

膜分散萃取法处理含酚废水的实验研究

张则光, 马岩龙, 叶世超

(四川大学化学工程学院, 四川 成都 610065)

摘要: 采用膜分散方法研究了含酚废水的萃取特性, 以水/苯酚/(磷酸三丁酯+煤油)为实验体系, 以不锈钢纤维烧结膜为分散介质, 在自制的萃取器中研究了有机相流量、无机相流量、 $V(\text{有机相}):V(\text{无机相})$ (相比)、苯酚质量浓度和停留时间对萃取率的影响, 找出适宜的操作条件。实验结果表明, 采用 $10\ \mu\text{m}$ 的不锈钢烧结膜, 在有机相流量为 $1\ 500\ \text{mL}/\text{min}$ 、相比 $1:1$ 、苯酚质量浓度在 $1\ 000\sim 4\ 000\ \text{mg}/\text{L}$ 、停留时间为 $0.8\ \text{s}$ 的情况下, 萃取率可以达到 80% 左右。

关键词: 膜分散; 萃取; 含酚废水

中图分类号: X703

文献标识码: A

文章编号: 0253-4320(2011)03-0037-03

Research on treatment of phenol-containing wastewater by membrane dispersion extraction

ZHANG Ze-guang, MA Yan-long, YE Shi-chao

(College of Chemical Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: The membrane dispersion extraction process is used to treat phenol-containing wastewater with stainless steel fiber sintered membrane as dispersion media. The system of water/phenol/TBP and kerosene is used to study the effects of the flow rate, phase ratio, phosphate content and residence time on the extraction. The experimental results show that with $1500\ \text{mL}/\text{min}$ of the dispersed phase flow rate, $10\ \mu\text{m}$ stainless steel fiber sintered membrane, $1:1$ of phase ratio, $1\ 000\sim 4\ 000\ \text{mg}/\text{L}$ of the concentration of phenol, $0.8\ \text{s}$ of residence time, the extraction efficiency can reach 80% .

Key words: membrane dispersion; extraction; phenol-containing wastewater

含酚废水的大量排放给环境带来了严重的污染, 有害于人类健康及生物的生长繁殖, 国家严格限制含酚废水的排放。因此, 含酚废水的处理是有机废水治理中重要的课题^[1-2]。萃取法由于其分离效果好、能量消耗低、资源可综合利用等优点, 得到了各国专家学者的重视^[3]。提高萃取传质效率的关键在于改善液滴分散性、增加相接触面积。Benz等^[4]研究了微混合器对一般体系的萃取性能。徐建鸿、陈桂光等^[5-8]研究了微分散萃取过程的作用机理, 考察了流量对萃取效果的影响, 对影响萃取效果的其他因素基本没有涉及。笔者采用体积分数为 20% 的磷酸三丁酯加上体积分数为 80% 的煤油为萃取剂, 以名义孔径 $10\ \mu\text{m}$ 的不锈钢纤维烧结膜为分散介质, 研究了流量、相比、苯酚初始质量浓度和停留时间对萃取特性的影响, 以期对工业应用提供实验依据。

1 实验部分

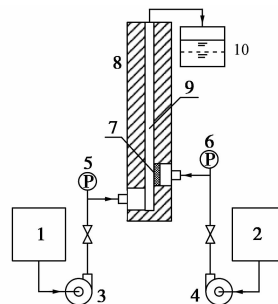
1.1 主要试剂与仪器

磷酸三丁酯(TBP)、煤油, 均为工业级; 苯酚、氢

氧化钠, 均为分析纯。上海精密科学仪器有限公司 UV759S 型紫外可见分光光度计; 保定兰格恒流泵有限公司 WT600-2J 型蠕动泵。

1.2 实验装置及流程

实验装置示意图如图 1 所示, 实验用萃取器用有机玻璃制成, 萃取室体积尺寸: 长 \times 宽 \times 高 = $160\ \text{mm} \times 20\ \text{mm} \times 1.7\ \text{mm}$, 不锈钢纤维烧结膜尺寸为 $20\ \text{mm} \times 20\ \text{mm}$, 采用名义孔径 $10\ \mu\text{m}$ 的烧结膜作为分散介质进行实验。苯酚溶液作为连续相, 在蠕动泵



1—磷酸储槽; 2—有机溶剂储槽; 3, 4—蠕动泵; 5, 6—压力表; 7—不锈钢烧结膜; 8, 9—萃取室; 10—分层罐

图 1 实验装置示意图

收稿日期: 2010-11-18

作者简介: 张则光(1986-), 男, 硕士生; 叶世超(1956-), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事传质与分离方面的研究, 通讯联系人, shichaoye@sina.com。

的作用下进入萃取室,从膜表面流过,萃取剂在另一台蠕动泵的推动下穿过膜孔分散到连续相中,混合液流经萃取室后用软管接入澄清室进行分层,记录分层时间,分离两相后以备分析测试。

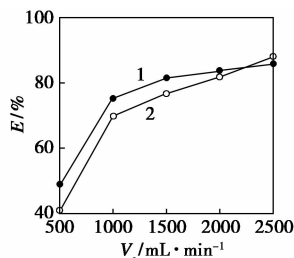
1.3 分析方法

该实验中是用紫外可见分光光度计测定苯酚在特征波长下的吸光度,绘制标准曲线,由标准曲线计算出曲线吸光度范围内对应的苯酚溶液质量浓度。萃取结果采用萃取率 E 表示。

2 结果与讨论

2.1 有机相流量对萃取率的影响

液液两相混合程度是影响两相间传质的一个重要因素。实验中,将无机相流量分别固定在 1 000 mL/min 和 1 500 mL/min,考察萃取率随有机相流量的改变趋势,结果如图 2 所示。苯酚初始质量浓度为 1 000 mg/L。由图 2 可以看出,萃取率随着有机相流量的增加而增大,当有机相流量继续增加,萃取率增大不明显。在有机相流量较低时,无机相流量为 1 000 mL/min 的萃取率要低于 1 500 mL/min,有机相流量较高时则相反。出现这种现象的原因是,随着有机相流量的增大,系统内的萃取剂增多,流动状态加剧,形成的液滴小,相对比表面积大,即提供的传质面积大,传质阻力减小,萃取容易进行,所以萃取率会随流量增加而升高。随着流量的继续增大,系统内的萃取剂足够多,液滴大小也不再变化,达到一个最小值,此时苯酚已基本转移到有机相中萃取率增大不明显。当有机相流量较低时,系统的混合程度取决于无机相的流量,无机相流量大,系统混合程度好,萃取率高。



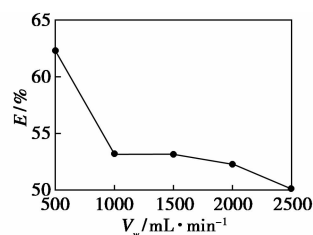
V_w : 1—1500 mL/min; 2—1000 mL/min

图2 有机相流量对萃取率的影响

2.2 无机相流量对萃取率的影响

图3是在苯酚初始质量浓度为 1 000 mg/L、有机相流量为 500 mL/min 时,萃取率随无机相流量的变化趋势。由图3可以看出,随无机相流量的增大,萃取率呈下降趋势,且在流量达到 1 000 mL/min 以

后,萃取率下降不明显。这是因为当有机相流量一定时,萃取剂的萃取能力一定,无机相流量增大,要处理的苯酚增加,萃取率就会下降。但无机相流量增大,混合程度增加,有利于传质,这是无机相流量增大时,萃取率下降不明显的原因。

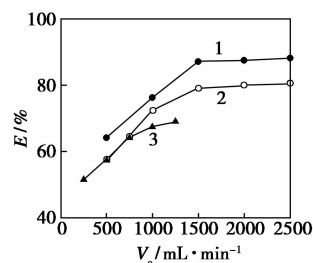


$V_o = 500 \text{ mL/min}$

图3 无机相流量对萃取率的影响

2.3 相对萃取率的影响

苯酚初始质量浓度为 4 000 mg/L,不同相比下萃取率随有机相流量的变化趋势如图4所示。从图4可以看出,在同样的有机相流量下,相比增大,萃取率增大;在低流量下,增大不明显,高流量下,增加明显。这说明萃取剂增加,有利于萃取进行。在高流量时,系统的混合程度增加,液滴直径减小,增强传质,萃取率随相比增大明显。

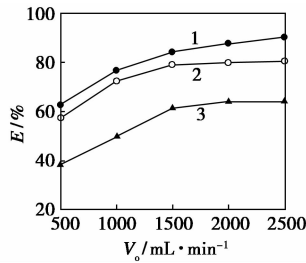


相比: 1—2:1; 2—1:1; 3—1:2

图4 相对萃取率的影响

2.4 苯酚质量浓度对萃取率的影响

图5为相比为 1:1,不同质量浓度苯酚溶液的萃取率随有机相流量的变化趋势。由图5可以看出,在3种质量浓度情况下,萃取率都是随流量增加而上升,但质量浓度高时,萃取率较低。这是因为实验中我们用的萃取剂是体积分数为 20% 的 TBP 加上体积分数为 80% 的煤油,在其他条件相同时,质量浓度高时转移到萃取相的苯酚多,由于萃取剂的能力限制或停留时间的影响,萃取率不高。所以对于处理质量浓度高的含酚废水结果不理想,对苯酚质量浓度 16 000 mg/L 的萃取率只有 60% 左右,应考虑改变相比或萃取剂质量浓度等条件。

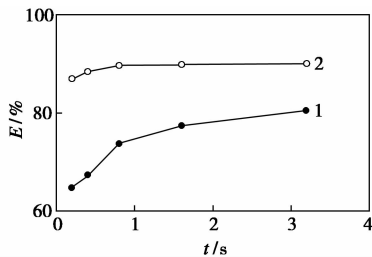


苯酚质量浓度:1—1000 mg/L;2—4000 mg/L;3—16000 mg/L

图5 苯酚质量浓度对萃取率的影响

2.5 停留时间对萃取结果的影响

一般来说,随停留时间的增大,萃取率会相应升高。苯酚初始质量浓度为4000 mg/L、相比为1:1时,萃取率随停留时间的变化趋势如图6所示。从图6可以看出,随着停留时间的增加,萃取率随之升高,但当两相流量都为2000 mL/min时的萃取率高于1000 mL/min时,而且在停留时间短时更为明显,在最后逐渐靠近。这是因为停留时间增加,两相的接触充分,传质时间长,苯酚由水相转移到萃取相的多,所以萃取率也就大。在开始时2条曲线差距明显,流速为2000 mL/min时从一开始就达到较高的萃取率,而当流速为1000 mL/min时则需要经过一个过程,随停留时间逐渐趋近一个萃取率值,这是因为流速的影响,在图4、图5中已经看出,流速大



V_0 :1—1000 mL/min;2—2000 mL/min

图6 停留时间对萃取结果的影响

的时候湍动剧烈,萃取率要高于流速小的时候,但2次实验都是在相比为1:1的条件下进行的,随着停留时间的继续增大,两相的传质过程最终会达到一个平衡态,即苯酚不再向有机相转移,所以2条曲线出现了一个平缓趋势,且在停留时间足够长的时候,2条曲线最终应该是趋于同一个萃取率值。

3 结语

(1)萃取率随有机相流量的增加而增大,无机相流量的增加而减小;增大相比,延长停留时间,对萃取有利。

(2)采用10 μm 的不锈钢烧结膜,在有机相流量为1500 mL/min、相比1:1、苯酚质量浓度1000~4000 mg/L、停留时间0.8 s的情况下,萃取率可以达到80%左右。

参考文献

- [1] 许林妹,张继超.磷酸三丁酯络合萃取苯酚稀水溶液[J].江南大学学报:自然科学版,2008,7(6):737-740.
- [2] 王韬,李鑫钢,杜启云.含酚废水治理技术研究进展[J].化工进展,2008,27(2):231-235.
- [3] 林屹,秦炜,黄少凯,等.溶剂萃取法处理苯酚稀溶液及其废水的研究[J].高校化学工程学报,2003,17(3):261-265.
- [4] Benz K, Jücker K-P, Regenauer K-J, et al. Utilization of micromixers for extraction processes[J]. Chem Eng Technol, 2001, 24(1): 11-17.
- [5] 徐建鸿,骆广生,陈桂光,等.一种微型膜分散式萃取器[J].化学工程,2005,33(4):56-59.
- [6] 徐建鸿,骆广生,陈桂光,等.液-液微尺度混合体系的传质模型[J].化工学报,2005,56(3):435-440.
- [7] 徐建鸿,骆广生,孙永,等.膜分散式混合澄清萃取器性能研究[J].高校化学工程学报,2003,17(4):361-364.
- [8] Chen G G, Luo G S, Sun Y, et al. A ceramic microfiltration tube membrane dispersion extractor[J]. AIChE Journal, 2004, 50(2): 382-387. ■

新奥完成全球市场太阳能战略布局

日前新奥太阳能集团在参展SNEC(2011)国际太阳能光伏展览会期间透露,截至目前该企业已在全球范围内完成了覆盖大中型光伏电站、光电建筑、光热电一体化、小型交流并网系统等全方位太阳能集成应用与服务的布局,将着力扩大与欧美本地光伏集成商、安装商和项目发展商的全面合作,携手开发欧美电站项目。

据介绍,2010年,新奥太阳能自主投资、建设并顺利实现德国3.2 MW马斯特豪森电站、意大利方腾10 MW屋顶电站群一期1.17 MW等多个MW级大型电站的并网发电,打通了从电站开发到集成建设的通路。

新奥太阳能运营总裁周德领称,2010年,该公司已

完成在欧洲、北美、中东及北非等覆盖全球市场的战略布局。为响应客户对清洁能源日益增长的需求,新奥太阳能将积极提供下游集成服务和太阳能整体解决方案,加大力度开发海外电站项目,与欧美合作伙伴开展广泛合作。利用美国新泽西州一个垃圾填埋场建设的5 MW薄膜项目已经开工,预计2011年中完成。

本次展会上,该公司已量产的光电转换效率达9%的5.7 m²双结硅基薄膜电池、光电建筑、光热电一体化系统集成亮相,同时展出的还有覆盖组件生产、项目开发、工程建设、项目管理、项目运维、系统交付与金融支持等全方位的大中型光伏电站集成服务。(宋敬涛)