

高级氧化技术去除水中双酚 A 研究进展

张晏晏¹,高乃云¹,高玉琼¹,戎文磊²,周圣东²,陆纳新²

(1.同济大学污染控制与资源化研究国家重点实验室,上海 200092;

2.无锡自来水公司,江苏 无锡 214031)

摘 要:双酚 A(BPA)是一种典型的内分泌干扰物,在环境水体中广泛存在,近年来其受到越来越多的关注。高级氧化技术(AOPs)是降解有机污染物的新技术,在水处理中有良好的应用前景。本文对几种较新的高级氧化技术处理 BPA 的基本原理和处理效果做了较为详细的阐述,并提出几点不足以及进一步可能的研究方向。

关键词:双酚 A,高级氧化技术,水处理,降解

中图分类号:X703.1

文献标识码:A

文章编号:1000-3770(2012)08-0001-004

双酚 A(BPA),学名 2,2-二(4-羟基苯基)丙烷,简称二酚基丙烷。白色至淡褐色片状或粉末状固体,微有酚的气味。溶于碱溶液、乙醇、丙酮、乙酸、乙醚和苯,微溶于四氯化碳,几乎不溶于水。主要用于制造环氧树脂、聚碳酸酯、阻燃剂和其他特殊产品^[1]。表 1 列出了 BPA 的一些理化参数。

由于 BPA 在环境中分布广、浓度高,具有明显的雌激素作用,故其环境行为受到密切关注^[2]。美国环境保护署、日本、世界野生动物基金会等均明确将 BPA 列为环境内分泌干扰物^[3]。由于常规的水和废水处理很难完全有效去除水体中内分泌干扰物,因此必须在传统水处理工艺的基础上,研究新的去除技术,更有效的去除 BPA,将其降低到无害的水平。

1 高级氧化技术

高级氧化法(简称 AOPs)是 20 世纪 80 年代形成的降解有毒有机污染物新技术。其最显著的特点是以羟基自由基为主要氧化剂与有机物发生反应,反应中生成的有机自由基可以继续参加·OH 的链式反应,或者通过生成有机过氧化自由基后,进一步发生氧化分解反应直至降解为最终产物 CO₂ 和

H₂O,从而达到氧化分解有机物的目的。典型的均相 AOPs 过程有 O₃/UV、O₃/H₂O₂、UV/H₂O₂、H₂O₂/Fe²⁺(Fenton 试剂)等。

1.1 超声波氧化技术

20 世纪 90 年代初,开始利用超声空化效应降解水体中有机污染物,因其技术简便、高效而逐渐受到国外研究人员的关注^[4]。频率在 15 kHz 以上的超声波辐照溶液会引起许多化学变化,称为超声空化效应,以此可以产生羟基自由基(·OH)^[5],从而促进有机物的降解。

Kejia Zhang 等^[6]研究了 H₂O₂ 存在情况下,超声波对于双酚 A 的处理效果。实验结果表明,在 3 种情况下,双酚 A 的降解符合准一级反应动力学方程。少量 H₂O₂ 的添加有助于双酚 A 的降解。如果物质的量 H₂O₂:BPA>200:1,则 H₂O₂ 则会抑制降解效果。

Zhaobing Guo 等^[7]的研究结果表明,相比单独使用臭氧或者超声波,在两者的共同作用下,水中微量双酚 A(100 μg/L)的去除效果更为明显(反应速率分别为 0.015 min⁻¹、0.0063 min⁻¹ 和 0.0482 min⁻¹)。在 60 min 之后,双酚 A 被完全去除。结果还根据公式(1)指出该超声波/臭氧反应协同系数 f 为 2.26。

表 1 双酚 A 的一些理化特性

Tab.1 Physical and chemical properties of BPA

分子量	熔点 /°C	沸点 /°C (kPa)	密度 /(kg·m ⁻³)	闪点 /°C	pKa	溶解度 /(mg·L ⁻¹)	LogKow	亨利常数 /(Pa·m ³ ·mol ⁻¹)
228.3	155~158	250~252(1.733)	1.195(25 °C)	79.4	9.6~11.3	120~300	2.20~3.82	4.03×10 ⁻⁶

收稿日期 2012-01-16

基金项目 国家科技重大专项基金资助项目(2008ZX07421-002) 国家高技术研究发展计划(863)项目(2008AA06A412);
住房和城乡建设部研究开发项目(2009-K7-4)

作者简介 张晏晏(1989-),女,硕士研究生,研究方向为水处理理论与技术,E-mail zyy_121@163.com

联系作者 高乃云,E-mail gaonaiyun@126.com

$$f=k_{\text{US/O}_3}/(k_{\text{US}}+k_{\text{O}_3}) \quad (1)$$

式中 k_{US} k_{O_3} $k_{\text{US/O}_3}$ 为双酚 A 在各处理过程中的反应速率。

1.2 光催化氧化技术

光催化氧化技术是近年来发展起来的水处理新技术。在一定的条件下,能将水中的有机污染物氧化为 CO_2 和 H_2O 等简单无机物,其工艺简单、能耗小、操作简便、二次污染少,已作为一种环境友好技术被广泛应用于降解水体和空气中的污染物。

而纳米 TiO_2 具有较宽的禁带宽度,且只吸收波长小于 387.5 nm 的紫外波长^[8],在实际生产过程中运用困难。故学者们致力于研究其它光催化剂,希望新的材料可以在自然光的照射下,同样有效降解有机污染物。

近年来,不少学者致力于改性 TiO_2 的研究,制备一种或者多种元素掺杂 TiO_2 。掺杂金属或者非金属元素的 TiO_2 ,可以在可见光的条件下,光催化氧化有机物。Xiaoping Wang 等^[9]制备的 C-N 掺杂 TiO_2 以及 Bifen Gao 等^[10]研究的 Zr 掺杂 TiO_2 对于双酚 A 都有良好的可见光催化效果。

Bi_2WO_6 具有较高的可见光催化活性,是一种潜在的可见光材料。 Bi_2WO_6 不仅能在可见光条件下催化分解水产生 O_2 ,而且能使 CHCl_3 和 CH_3CHO 等污染物矿化。既可以用固相方法,也可以用水热法合成^[11]。

Chunyingwang 等^[12]用水热法,在不同 pH 条件下,制备了不同形态的铋钨 Bi_2WO_6 。作者在 pH=11 时制备的 $1.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \text{Bi}_2\text{WO}_6$ 可以在 30 min 内完全降解质量浓度为 20 mg/L 的双酚 A。TOC 去除率在 60 min 和 120 min 反应后分别达到了 86.6%和 99.1%。

上述作者团队^[13]用水热法还制备了 $\text{Bi}_{3.84}\text{W}_{0.16}\text{O}_{6.24}$ (反应条件 pH=12,温度 140 $^{\circ}\text{C}$,反应 20 h)。在可见光照射下,90 min 后, $1.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \text{Bi}_{3.84}\text{W}_{0.16}\text{O}_{6.24}$ 对于质量浓度为 20 mg/L 双酚 A 的降解率达到了 99.5%。TOC 去除率为 86%。通过比较得知,在相同条件下,该催化剂的光催化效果,明显优于纳米 TiO_2 。

新型可见光催化剂在降解双酚 A 过程中可以有效避免副产物的再次污染。其开发研制已成为高级氧化技术在水处理应用中的热点。而其在矿化处理同类有机污染物工程应用也可能对水处理新技术的开发起到重要作用。

1.3 电化学氧化技术

电化学氧化工艺是指在电解槽中放入有机物的溶液,在通直流电的条件下,在阳极上夺取电子使有机物氧化,或者先使低价金属氧化为高价金属离子,再

由高价金属离子氧化有机物。该工艺已因其操作简便,良好的处理效果,不易产生二次污染,在降解内分泌干扰物方面的应用,得到了有一定的关注与研究^[14]。而阳极材料是处理效率影响关键,因此如何选择性能良好的阳极材料一直是这个领域的研究热点^[15]。

Yu-hong Cui 等^[16]比较了 4 种不同的电极,分别是 Ti/BDD (硼参金刚石),Ti/Sb-SnO₂,Ti/RuO₂ 和 Pt 电极的电化学动力学特征,并研究了该过程中双酚 A 的分解途径及机理。结果表明,在低电流密度下 (10 mA/cm),Ti/Sb-SnO₂ 和电极 Ti/BDD 电极具有最佳的双酚 A 降解能力和 TOC 去除率。而在高电流密度下 (50 mA/cm),Ti/Sb-SnO₂ 电极有钝化迹象,Ti/BDD 电极依旧具有良好的降解效果。考虑有效性和稳定性,Ti/BDD 电极因其具有高析氧电位和阳极电位,在去除同类物质上,具有广泛的应用前景。表 2 反映了不同材料阳极的性能差异。

表 2 不同材料阳极去除双酚 A 效果对比

Tab.2 Comparison of BPA removal effect of different anode material

电极材料	电流密度 10 mA·cm ⁻²		电流密度 50 mA·cm ⁻²	
	降解全部 BPA 所通入电荷量 /C	降解 90% TOC 所通入电荷量 /C	降解全部 BPA 所通入电荷量 /C	降解 90% TOC 所通入电荷量 /C
Pt	3 500	14 000	8 600	>32 000
Ti/RuO ₂	-	-	-	-
Ti/Sb-SnO ₂	2 000	2 000	3 500	12 000
Ti/BDD	2 000	5 000	4 000	6 000

阳极材料的不同,双酚 A 的降解效果差异很大。而电化学氧化技术在工程应用中仍有许多不足,比如电流效率低,消耗电能大,材料成本高,使用寿命短等问题,这些都是大规模生产运用中需要克服和解决的问题。

1.4 $\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{2+}$ (Fenton 试剂) 氧化技术

1894 年,英国人 H J H Fenton 发现采用 $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$ 体系能氧化多种有机物。后人为纪念他将亚铁盐和过氧化氢的组合称为 Fenton 试剂, H_2O_2 在 Fe^{2+} 的催化作用下生成具有高反应活性的羟基自由基 ($\cdot\text{OH}$),可有效氧化去除传统废水处理技术无法去除的难降解有机物。

胡玲等^[17]使用 Fenton 试剂去除水中内分泌干扰物双酚 A。研究表明,Fenton 试剂对 BPA 具有良好的去除效果。在 BPA 初始质量浓度为 5 mg/L、 Fe^{2+} 投加量为 5.6 mg/L (以 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 计)、 H_2O_2 投量为 7 mg/L、pH 为 3.94 的条件下,反应 30 min 后对 BPA 的去除率高达 99.12%。

Iordache 等^[18]研究了 Fenton 试剂协同超声波以及单独使用 Fenton 试剂处理双酚 A 的去除效果比较。

结果表明,当 BPA 初始质量浓度为 25 mg/L、 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 投加量为 2.5 mg/L、 H_2O_2 投量为 7 mg/L、pH 为 4 的条件下,反应 60 min 后 2 种处理方法均可以完全降解双酚 A。并且在超声波的协同作用下,双酚 A 的去除速度比率明显优于单独使用 Fenton 试剂。

Hideyuki 等^[9]的研究表明,当 Fenton 试剂伴随 UV 照射时,最佳条件下(pH 为 4.0、 H_2O_2 浓度为 4×10^{-4} mol/L、 Fe(II) 浓度为 4×10^{-5} mol/L),可以在 9 min 内完全去除 10 mg/L 双酚 A。主要光分解反应符合准一级反应动力学方程,其动力学参数 k 为 $8.70 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ 。在相同条件下,经过 36 h 反应之后, CO_2 生成率可达 93%。且为了完全分解双酚 A,需 $m(\text{H}_2\text{O}_2):m(\text{C}) > 17$ 。图 1 表示该研究认为的可能的双酚 A 降解机理。

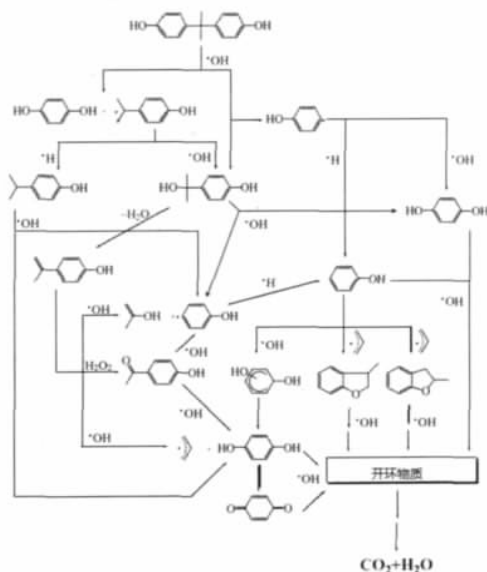


图 1 Fenton 试剂和 UV 共同作用下的双酚 A 可能降解机理
Fig.1 Possible degradation mechanism under the combined action of Fenton reagent and UV

Fenton 技术相较于其他高级氧化技术,可以在较短时间内有效减少水中双酚 A 的含量。但是,尽管该技术氧化效果较好,但是对环境 pH 的要求较高,上述研究结果表明, pH 在 4.0 左右,双酚 A 降解效果最好,一旦偏离该值,去除效果便得不到保障。所以,如何在接近中性的天然水体中使用 Fenton 技术去除双酚 A,尚需进一步研究。

1.5 等离子体技术

等离子体是不同于固、液、气存在状态的第 4 种物质存在形态。利用高压脉冲电源所产生的等离子体中含有大量高能活性粒子(一般为羟基自由基),这些高能活性粒子能有效提高放电处理效果,促进有机分子分解,因而成为污染处理技术研究和开发的热点^[20]。目前水处理中,主要等离子类型有电晕放电、辉光放电、介质阻挡放电、滑动弧放电、射频微波放电等。

滑动弧放电等离子体(GAD)是一种新型的非平衡低温等离子体技术。1988 年 Lesueur H 等人发明申请了有关专利^[21]。F Abdelmalek 等^[22]利用 GAD 技术降解浓度为 120 $\mu\text{mol/L}$ 的双酚 A 水溶液。研究发现该技术对双酚 A 具有良好的降解效果。在工作气体氧气与氩气之比为 20/80,伴随亚铁离子的情况下,双酚 A 在 30 min 内完全降解, COD 的去除率为 100%, TOC 减少为原来的 30%。

以水溶液作为阴极,一根金属棒或丝(实验室通常用铂丝)置于水面上方作为阳极,施加 400~1 500 V 的电压。当阳极与水面的距离达到一定值时,阳极尖端向水面产生辉光放电(GDP)。Lei Wang 等^[23]研究了 GDP 技术对双酚 A 的处理效果以及其降解机理。结果表明,该技术可以有效降解双酚 A(质量浓度 100 mg/L),以及减少 COD、TOC 含量。作者还发现,催化剂 Fe^{3+} 、 Fe^{2+} 会促进双酚 A 的降解,且催化剂 Fe^{3+} 的处理效果要优于 Fe^{2+} 。

1.6 联用技术

多种高级氧化技术的联用,已经在水处理去除有机污染物方面有一定的研究和重视。联用技术不仅可以弥补单一技术的不足,提高处理污染物的效率,而且可以增加处理效果的稳定性,甚至达到节能的目的。

Ricardo Torres 等^[24]对比了几种不同的联用高级氧化技术对双酚 A 的去除效果。这些技术分别为超声+UV、超声+ Fe^{2+} (浓度 100 $\mu\text{mol/L}$)、超声+UV+ Fe^{2+} 等。结果显示,UV 和 Fe^{2+} 可以使得 H_2O_2 分裂,并且产生更多的羟基自由基,从而促进双酚 A 及其副产物的进一步去除,有效减少 COD 和 TOC。其中,超声+UV+ Fe^{2+} 技术对能源有最充分的利用,降解单位双酚 A 的消耗电能最少。表 3 显示了不同技术的耗电情况。

表 3 不同技术降解双酚 A 的各项参数对比
Tab.3 Comparison of parameters of BPA degradation under different methods

技术	双酚 A/ ($\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	功率/ W	体积/ mL	时间/ min	TOC 去 除率/%	EE/O/ ($\text{kWh} \cdot \text{m}^{-3}$)
UV	118	25	300	600	<60	-
超声	118	80	300	600	<60	-
超声+ Fe^{2+}	118	80	300	600	64	6 010
超声+UV	118	105	300	300	66	3 735
超声+UV + Fe^{2+}	118	105	300	120	79	1 033

注 $\text{EE/O} = [P \cdot t \times 1\,000] / [V \times 60 \times \log(p_i/p_f)]$ 。式中 P 为反应器功率; t 为反应时间; V 为反应器体积; p_i 为双酚 A 初始浓度; p_f 为双酚 A 终止浓度。

2 结语和展望

双酚 A 是环境中普遍存在的内分泌干扰物之一,可以干扰生物和人体激素的正常分泌。对于婴幼

儿作用明显。对于成年人的影响及其作用机理尚不清晰,但2010年9月有研究认为,双酚A可能会导致成年人的心脏病、糖尿病、肝功能异常。这值得医学界做更深入的研究。

高级氧化技术可以有效降解双酚A,对于矿化污染物也有较好的表现。联用技术,或者加入少量催化剂,都可以使得一定浓度的双酚A以及其降解产物得到有效的去除。在反应120 min左右后,双酚A的降解率一般高于90%,而TOC去除率也普遍达到60%以上。高级氧化技术是一种环境友好的降解双酚A的技术。

双酚A常被用作典型水处理内分泌干扰物去除对象,对其研究仍有许多空白,需要进一步探索。尤其是:(1)降低双酚A在降解过程中,中间产物带来的危害,使其尽可能彻底矿化,防止水体再次污染。(2)进一步了解双酚A的毒性以及其对人体的作用机理,确定水体中物质浓度与健康的关系(3)考虑在去除双酚A的同时是否可以去除水中其他污染物,达到一举多得的目的。(4)研究提取水中部分双酚A的技术,使其回归工业生产。(5)寻求水中双酚A资源化的途径,减少能源消耗(6)如何使得高级氧化技术运用于具体生产处理中,解决高级氧化技术在实际运用过程中的费用高和技术条件苛刻的问题,以及天然水体中其他有机物对双酚A降解的影响,确定其工艺条件和参数。(7)开发新型的高级氧化技术,或者联用技术,使现有工艺不断改进。

参考文献:

- [1] Charles A Staples, Philip B Dome, Gary M Klecka, et al. A review of the environmental fate, effects, and exposures of bisphenol A [J]. *Chemosphere*, 1998, 36: 2149-2173.
- [2] Suzuki T, Nakagawa Y, Takano I, et al. Environmental fate of bisphenol A and its biological metabolites in river water and their xeno-estrogenic activity [J]. *Environ Sci Technol.*, 2004, 38(8): 2389-2396.
- [3] 贾陈忠, 王焰新, 张彩香, 等. UV-TiO₂ 光催化氧化降解双酚A的动力学研究[J]. *环境污染与防治*, 2009, 31(11): 48-52.
- [4] 陈伟, 陈玲, 范瑾初, 等. 超声辐照降解水中氯苯的研究[J]. *给水排水*, 2001, 27(2): 34-37.
- [5] R A Torres, F Abdelmalek, E Combet, et al. A comparative study of ultrasonic cavitation and Fenton's reagent for bisphenol A degradation in deionised and natural waters [J]. *Journal of Hazardous Materials*, 2007, 146: 546-551.
- [6] Kejia Zhang, Naiyun Gao, Yang Deng, et al. Degradation of bisphenol-A using ultrasonic irradiation assisted by low-concentration hydrogen peroxide [J]. *Journal of Environmental Science*, 2011, 23(1): 31-36.
- [7] Zhaobing Guo, Ruo Feng. Ultrasonic irradiation-induced degradation of low-concentration bisphenol A in aqueous solution [J]. *Journal of Hazardous Materials*, 2009, 163: 855-860.
- [8] R Asahi, T Morikawa, T Ohwaki, et al. Visible-light photocatalysis in nitrogen-doped titanium oxides [J]. *Science*, 2001, 293 (5528): 269-271.
- [9] Xiaoping Wang, Teik-Thye Lim. Solvothermal synthesis of C-N codoped TiO₂ and photocatalytic evaluation for bisphenol A degradation using a visible-light irradiated LED photoreactor [J]. *Applied Catalysis B: Environmental*, 2010, 100: 355-364.
- [10] Bifen Gao, Tuti Mariana Lim, Dewi Puspitaningrum Subagio, et al. Zr-doped TiO₂ for enhanced photocatalytic degradation of bisphenol A [J]. *Applied Catalysis A: General*, 2010, 375: 107-115.
- [11] 徐缙, 陈建林, 王仪春, 等. Bi₂WO₆ 可见光催化降解染料废水实验研究[J]. *环境科学学报*, 2007, 27(9): 1439-1443.
- [12] Chunyingwang, Haozhang, Fangli, et al. Degradation and Mineralization of Bisphenol A by Mesoporous Bi₂WO₆ under Simulated Solar Light Irradiation [J]. *Environ Sci Technol.*, 2010, 44: 6843-6848.
- [13] Chunying Wang, Lingyan Zhu, Chao Song, et al. Characterization of photocatalyst Bi_{3.84}W_{0.16}O_{6.24} and its photodegradation on bisphenol A under simulated solar light irradiation [J]. *Applied Catalysis B: Environmental*, 2011, 105: 229-236.
- [14] 陈芳艳, 耿文英, 唐玉斌. 电化学氧化法降解内分泌干扰物阿特拉津的研究[J]. *水处理技术*, 2010, 36(5): 79-82.
- [15] 胡俊生, 郝苓汀, 李越. 对氯苯酚废水的电化学降解研究[J]. *环境工程学报*, 2011, 5(10): 2279-2282.
- [16] Yu-hong Cui, Xiao-yan Lib, Guohua Chen. Electrochemical degradation of bisphenol A on different anodes [J]. *Water Research*, 2009, 43: 1968-1976.
- [17] 胡玲, 高乃云. Fenton 试剂降解内分泌干扰物双酚A的研究[J]. *中国给水排水*, 2011, 27(7): 80-86.
- [18] Iordache Ioan, Steven Wilson, Elsa Lundanes, et al. Comparison of Fenton and sono-Fenton bisphenol A degradation [J]. *Journal of Hazardous Materials*, 2007, 142: 559-563.
- [19] Hideyuki Katsumata, Shinsuke Kawabe, Satoshi Kaneco, et al. Degradation of bisphenol A in water by the photo-Fenton reaction [J]. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 2004, 162: 297-305.
- [20] 严志宇, 严志军, 朱新河. 微等离子弧放电催化水处理技术的研究[J]. *环境科学学报*, 2007, 27(4): 595-599.
- [21] 刘亚纳, 严建华, 李晓东, 等. 滑动弧等离子体在废水处理应用中的研究进展[J]. *高压电技术*, 2007, 33(2): 159-162.
- [22] F Abdelmalek, R A Torres, E Combet, et al. Gliding Arc Discharge (GAD) assisted catalytic degradation of bisphenol A in solution with ferrous ions [J]. *Separation and Purification Technology*, 2008, 63: 30-37.
- [23] Lei Wang, Xuanzhen Jiang, Yongjun Liu. Degradation of bisphenol A and formation of hydrogen peroxide induced by glow discharge plasma in aqueous solutions [J]. *Journal of Hazardous Materials*, 2008, 154: 1106-1114.
- [24] Ricardo Torres, Christian Peättrier, Evelyn Combet, et al. Bisphenol A mineralization by integrated ultrasound-UV-iron (II) treatment [J]. *Environ Sci Technol.*, 2007, 41: 297-302.

(下转第14页)

- [4] 刘东,武春瑞,吕晓龙.减压膜蒸馏法浓缩反渗透浓水试验研究[J]. 水处理技术,2009,35(5):60-63.
- [5] 武春瑞,陈华艳,贾悦.PVDF 疏水中空纤维膜的膜蒸馏含盐废水处理性能研究[J].功能材料,2008,39(12):2018-2021.
- [6] 曲丹,王军,范彬,等.钙的沉积物对中空纤维膜蒸馏过程的影响[J].水处理技术,2007,33(10):14-17.
- [7] 刘东,武春瑞,吕晓龙.反渗透浓水除硬方法及其对减压膜蒸馏过程的影响[J].工业水处理,2010,30(5):23-26.
- [8] 刘捷,武春瑞,吕晓龙.减压膜蒸馏传热传质过程[J].化工学报,2011,62(4):908-915.
- [9] 祝振鑫,吴立明,胡晓璐.用鸡蛋清中的卵清蛋白测定常用超滤膜的切割分子量[J].膜科学与技术,1999,19(5):44-50.
- [10] Duursma E K, Dawson R. Marine organic chemistry[M]. New York: Elsevier Sci Publ Co., 1981.
- [11] R Sheikholeslami, S Tan. Effects of water quality on silica fouling of desalination plants[J]. Desalination, 1999, 126: 267-280.
- [12] Surapit Srisurichan, Ratana Jiratananon, A G Fane. Humic acid fouling in the membrane distillation process[J]. Desalination, 2005, 174: 63-72.
- [13] P Sahachaiyunta, T Koo, R Sheikholeslami. Effect of several inorganic species on silica fouling in RO membranes [J]. Desalination, 2002, 144: 373-378.
- [14] Guldbbrand L, Jonsson B, Wennerstrom H, et al. Electrical double layer forces: a monte Carlo study [J]. J Chem Phys., 1984, 80 (5): 2221-2228.
- [15] Sheikholeslami, S Zhou. Performance of RO membranes in silica bearing waters[J]. Desalination, 2000, 132: 337-344.

EFFECT OF REPRESENTATIVE FOULANTS TO MEMBEANE FOULINF IN MEMBRANE DISTILLATION

Dai Ting, Wu Chunrui, Lv Xiaolong, Wang Xuan, Lin Fanghui

(Key Laboratory of Hollow Fiber Membrane Materails and Process,

Institute of Biology and Chemistry Engineering, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300160, China)

Abstract: In direct contact membrane distillation (DCMD) process, humic acid, ovalbumin, reactive silica (SiO_2) and calcium carbonate (CaCO_3) were selected as representative foulants exist in real water. Influences to MD performances of foulants or foulant complexes were studied by detecting MD and feed property variations during DCMD manipulations. Results showed foulant aggregations because of Ca^{2+} should be taken into account for explaining the severe flux decline and the scale deposition. For the foulant aggregations affected MD efficiencies, and the counter ions Ca^{2+} facilitated this aggregation formation. Mechanisms of aggregation formation for both DOM and colloidal particles were distinguished by the contribution of Ca^{2+} : DOM aggregations were due to the formation of complexes through Ca^{2+} and functional groups bridging, and for colloidal aggregations, Ca^{2+} did not partake in chemical structure of the deposit, it appeared that they just "catalyzed" monomeric silica polymerization.

Keywords: membrane distillation; membrane fouling; humic acid; ovalbumin; reactive silica; foulant aggregation

(上接第 4 页)

APPLICATION OF ADVANCED OXIDATION PROCESSES FOR TREATMENT OF BISPHENOL A IN AQUATIC ENVIRONMENT

Zhang Yanyan¹, Gao Naiyun¹, Gao Yuqiong¹, Rong Wenlei², Zhou Shengdong², Lu Naxin²

(1.State Key Laboratory of Pollution Control and Resource Reuse, Tongji University, Shanghai 200092, China;

2.Wuxi Water Supply General Company, Wuxi 214031, China)

Abstract: Bisphenol A (BPA) which is a typical endocrine disrupters and wide spread in the aquatic environment, has attracted more and more attention around the world. Advanced oxidation processes (AOPs) constitute a promising technology to treat pollutants in the water. In this paper, the basic mechanism and treatment effect of some recent typical AOPs are illustrated in details. In the light of some shortcomings existed, problems needing further research were put forward as well.

Keywords: bisphenol A; advanced oxidation processes; water treatment; degradation

(上接第 8 页)

AROMATIC COMPOUNDS REMOVAL BY ADSORPTION ON SURFACTANT-MODIFIED CLAY

Shao Jie, Huang Ying, Zhang Xiaoyan

(Department of Applied Chemistry, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710129, China)

Abstract: According to the different types of surfactants used in clay-modification, the application of modified clay in aromatic compounds removal by sorption was introduced, the modification mechanism in improving the adsorption properties and the influence of pH, temperature, ionic strength on aromatic compounds' removal efficiency were discussed. Enhance the stability of the surfactant modified clay was one of the urgent problems; surfactant modified clay had very broad prospects of application in the treatment of polluted water bodies.

Keywords: surfactant; clay modification; aromatic compounds; adsorption