[Article] www.whxb.pku.edu.cn

Pd 修饰 Ti 电极对水相中 2,4,5 - PCB 还原脱氯的研究

杨 波 余 刚* 黄 俊
(清华大学环境科学与工程系, 北京 100084)

摘要 实验研究了 Pd 修饰 Ti 电极对甲醇/水相中十六烷基三甲基溴化铵(CTAB)增溶的 2,4,5-PCB(PCB: 多氯联苯)的电化学还原脱氯作用. 采用两室流通式电解池, 考察了 Pd 负载量、电极结构、电场条件和溶液流速对 2,4,5-PCB 的去除效率的影响. 优化条件是: Pd 负载量为 3 mg·cm^{-2}, 阴极为 3 层电极极板, 电极电位为 - 1.10 V (vs SCE); 溶液流速对脱氯效率的影响不明显. 在该条件下经过 9 h 电解, 2,4,5-PCB 的去除率达 96.2%, 脱氯产物未完全生成联苯, 其产率为 89.6%, 电流效率介于 11.3%~33.0%之间.

关键词: Pd 修饰 Ti 电极, 多氯联苯(PCBs), 电催化, 还原脱氯
中图分类号: O646

Electrocatalytic Reductive Dechlorination of 2,4,5-PCB in Aqueous Solution by Palladium-modified Titanium Mesh as Cathode

YANG, Bo YU, Gang* HUANG, Jun
(Department of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, P. R. China)

Abstract Electrocatalytic reductive dechlorination of 2,4,5-PCB (PCB: polychlorinated biphenyls) in aqueous solution containing methanol and hexadecyltrimethyl ammonium bromide (CTAB) was studied in a Teflon-made two-compartment flow-through cell with a palladium-loaded permeable titanium mini mesh cathode and a platinum foil anode. The experiments were carried out to explore the effects of palladium loading, electrode structure, applied cathode potential and catholyte flow rate on dechlorination. The results indicated that the optimal conditions were 3 mg Pd loading /cm^2 geometric area, three-layer cathode and - 1.10 V (vs SCE) controlled potential. After 9 h electrocatalytic reduction under the optimal conditions, the dechlorination rate of 2,4,5-PCB reached 96.2%, but the conversion rate to biphenyl was 89.6%. The current efficiency changed between 11.3% and 33.0% during the electrocatalytic reduction.

Keywords: Palladium-loaded titanium cathode, PCBs, Electrocatalysis, Reductive dechlorination

多氯联苯(PCBs)曾广泛用在变压器、电容器、油漆、无碳复印纸和塑料等的生产中, 1989 年的统计数据表明, PCBs 在全世界的累积产量超过 100 万吨[1]. 由于 PCBs 高毒性、半挥发性和生物蓄积性等持久性特征逐渐为人们所认识, 世界各国已陆续禁止了 PCBs 的生产和使用. 我国在 1965 年至 1974 年间曾生产过约 1 万吨 PCBs, 其中三氯联苯为 9 千吨, 全部用于电力电容器的浸渍剂; 五氯联苯 1 千吨, 主要用于油漆、油墨、润滑油等的添加剂[2]. 1974 年后, 我国陆续颁布了停止生产、进口和使用 PCBs 的法规, 并对含 PCBs 废旧电容器采取原地封存, 统一处置等管理措施. 尽管目前大部分封存点的状况尚待监控, 但有报导表明, 由于 PCBs 的持久性和电容器的腐蚀破损及其他人为原因, 部分地点的 PCBs 渗漏到周边的土壤和地下水中, 造成严重危害[3]. 另外, 在我国部分地区的变电站和电厂, 由于所使用的大型变压器和电容器设备老化, 也出现了不同程度的PCBs 油泄漏, 造成当地土壤严重污染,

Received: August 22, 2005; Revised: October 24, 2005. *Correspondent, E-mail: yg-den@tsinghua.edu.cn; Tel: 010-62785685.
国家重点基础研究规划项目(973)(G1999045711)和高等学校博士学科点专项科研基金(20040003042)资助

© Editorial office of Acta Physico-Chimica Sinica

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

危及周边环境和人体健康[4]. 因此, 研究PCBs污染控制的原理和方法具有重要的理论意义, 对履行《关于持久性有机物污染物的斯得哥尔摩公约》也有重要的应用价值.

目前, 在PCBs处置方法中, 电催化脱氯法正逐渐成为修复低浓度污染场所的具有很好研究前景的方法之一[5-6]. 电催化脱氯由于在常温常压下即可进行, 反应器简单, 而且反应选择性好, 可有效降低目标物毒性, 从而成为近年来的研究热点. 该方法能对化学性质稳定的氯苯类和氯酚类等物质有效脱氯[7-10], 但对高稳定性的氯代多环芳基物质开展的研究很少, 对PCBs, 仅研究过一氯联苯的脱氯实验, 其脱氯电流效率最高仅9.1%, 且电解时间过长[11]. 本文以电解工业中电极材料常用的Ti网作为基材[12-15], 负载Pd贵金属催化剂制备阴极极板, 针对我国污染问题较严重的2,4,5-PCB(PCB-29), 开展电催化还原脱氯研究.

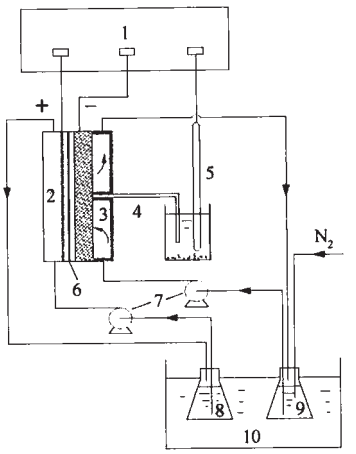

图1　实验装置流程示意图

Fig.1　Schematic diagram of an electrochemical cell in the batch recycle mode

1) electrochemical work station, 2) anode compartment, 3) cathode compartment, 4) capillary to reference electrode, 5) SCE, 6) cation-exchange membrance(Nafion 324), 7) pump, 8) anolyte, 9) catholyte, 10) thermostatic bath

1　实验部分

1.1　电极制备

阴极制作过程如下：剪取数块48 mm×14 mm的钛网(40目, 线径0.17 mm, 河北安平县线材筛网厂), 用热碱液(Na_2CO_3)处理除油, 在草酸溶液中煮沸一定时间去除氧化层, 随后用清水漂洗钛网, 再放入10 mmol·L^{-1}的$PdCl_2$(99.5%, 长沙亚光经贸有限公司)和0.05 mol·L^{-1}乙酸钠的电沉积液中负载Pd, 电沉积过程采用恒电位法, 沉积液保持高度搅拌状态, 先通过线性扫描伏安法(LSV)确定峰值电位, 然后在该电位值进行恒电位沉积, 沉积时间由所需沉积量确定. 阳极采用适当大小的铂箔制作, 并通过铂丝与辅助电极接口相连.

1.2　电还原脱氯实验

为保证所使用表面活性剂增溶作用和电活性的稳定性, 将足量的CTAB(99%, ARCOS公司, 最终浓度为0.5 mol·L^{-1})溶于甲醇/水溶液中至24 mL, 再加入1 mL 2500 mg·L^{-1}的2,4,5-PCB(ARCOS公司)甲醇储备液, 配制成25 mL 100 mg·L^{-1}的2,4,5-PCB甲醇/水阴极液(甲醇和水的体积比为4∶6), 阳极液为pH≈1.0的H_2SO_4溶液. 自制的H型电解池的流程图如图1所示, 包括两个电极室(阳极室6 mm×15 mm×50 mm, 阴极室6.5 mm×15 mm×50 mm), 中间放置阳离子交换膜(Nafion 324, DuPont公司, 使用前在高纯水中浸泡8 h)加以分隔. 所有实验用水为去离子水经Millipore-Q系统处理的高纯水, 电阻18.5 MΩ. 实验时, 将阴极液和阳极液由泵打入各自的电极室, 发生电解反应后, 流回储液瓶进行循环. 电解过程由电化学工作站(CHI 636B)控制, 其可实现常规的伏安法测量和恒电位恒电流操作, 另外, 本文所示的电位值都是相对于SCE的值. 在实验过程中, 阴极室连续鼓入氮气以保持还原环境. 所有电解反应在恒电位电解条件下进行, 在相应时间间隔取少量反应液分析2,4,5-PCB和脱氯最终产物联苯的浓度, 由此计算电还原脱氯效率.

1.3　产物分析

用HPLC(Shimadzu, LC-10AD)对2,4,5-PCB和降解产物联苯进行分析, 通过外标法定量, 色谱柱为C18柱(Diamonsil, 5 μ, 150 mm×4.6 mm), 用UV检测器(Shimadzu, SPD-10AV), 检测波长为254 nm. 流动相为乙腈/水(体积比9∶1)混合液, 流速1.0 mL·min^{-1}. 进样体积为50 μL. 该方法分析2,4,5-PCB和联苯的检测限为0.1 mg·L^{-1}.

2　结果和讨论

2.1　Pd负载量对脱氯的影响

Pd负载量决定着阴极材料的表面形貌和催化活性. 在-1.0 V的恒电位下电解, 试验了不同Pd负载量(0~4 mg·cm^{-2}, 按Ti网的几何尺寸计算)时对2,4,5-PCB的去除率, 实验中阴极极板数为3块, 液

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

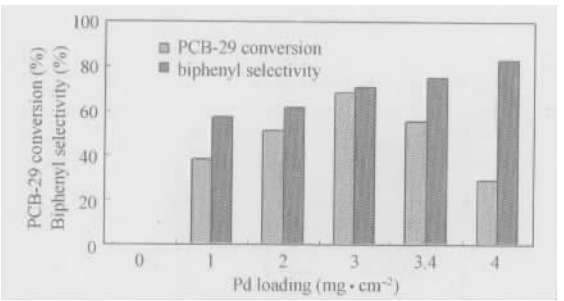

图 2 2,4,5-PCB 的去除率、联苯选择性与 Pd 负载量的关系

Fig.2 Efficiency of 2,4,5-PCB(PCB-29) dechlorination vs palladium loading

cathode: three-layer palladium-loaded titanium mini mesh (99.7%, wire diameter 0.17 mm, 40 mesh size, 6.7 cm^2); anode: Pt foil; catholyte (25 mL): 2,4,5-PCB 100 $mg·L^{-1}$, CTAB 0.5 $mol·L^{-1}$, MeOH 40% (V/V); anolyte: H_2SO_4 solution (pH=1); controlled cathode potential: -1.0 V vs SCE (45 mA applied); catholyte flow rate: 30 $cm^3·min^{-1}$; temperature: (20.0±0.5) ℃; electrolysis time: 5 h

流速度为 30 $mL·min^{-1}$. 电解脱氯 5 h 后, 2,4,5-PCB 的去除率如图 2 所示, 由图可知, 负载量在一定范围时, 氯去除率随 Pd 负载量增加而升高, 负载量在 3 $mg·cm^{-2}$ 时的去除效果最好, 达到 68.5%, 该负载量下 Pd 电极表面的扫描电镜照片如图 3a 所示, Pd 颗粒均匀分布在 Ti 基材表面, 且粒径在纳米范围, 而未负载 Pd 的 Ti 网对 2,4,5-PCB 基本上没有电脱氯效果. 另外, 随着负载量继续增加, 2,4,5-PCB 的去除率迅速下降, 到 4 $mg·cm^{-2}$ 时仅为 29.2%, 这表明 Pd 负载量过多反而降低了 2,4,5-PCB 的去除率. 从相关电镜照片(图 3b)可看出, Pd 负载量为 4 $mg·cm^{-2}$ 时, Ti 网表面基本上被 Pd 金属覆盖, 由于此时电极上 Ti 表面暴露程度很低, 因此可知仅通过 Pd 单质对 PCBs 分子进行脱氯, 效果很差. 根据 Cheng[16]和 Tsyganok[17]等提出的脱氯机理, 可认为本研究的脱氯反应界面应为 Ti 基材与 Pd 颗粒接触的边界, 这样 Pd 颗粒中储存的强还原性[H]可以与 Ti 表面吸附的 PCBs 分子有效接触, 从而实现加氢脱氯过程. 因此, 当 Ti 基材的表面区域由于 Pd 沉积而减少到一定程度后, 可提供给 PCBs 分子吸附的面积过少, 这时就会出现对脱氯反应的负效应.

另外, 从图 2 中联苯选择性(2,4,5-PCB 中已经脱氯的部分, 最终生成联苯的比率)数据可看出, 联苯的选择性随 Pd 负载量的增加而升高, 在负载量为 4 $mg·cm^{-2}$ 时, 电解 5 h, 2,4,5-PCB 被脱氯的部分中(29.2%)最终生成联苯的比率达 83.1%, 高于负载量在 3 $mg·cm^{-2}$ 时的 70.7%, 表明 Pd 负载量高有助于彻底脱氯, 这可能是已顺利吸附在脱氯反应界面的 PCBs 分子, 易受到更多的 Pd 颗粒中存储的活性氢攻击所致. 综合考虑 Pd 负载量对 2,4,5-PCB 去除率及联苯选择性两方面的影响, 后续实验确定采用 3 $mg·cm^{-2}$ 的 Pd 负载量.

2.2 电极结构对脱氯的影响

高效电极的制备可以通过多种方法, 如增加催化剂负载量和使用三维电极等. 本文采用多层 Pd 负载钛网, 考察电脱氯效率, 并与单层电极的效率进行比较, 每层电极负载量皆为 3 $mg·cm^{-2}$, 液流速率 30 $mL·min^{-1}$, -1.0 V 恒电位下电解. 图 4 是分别采用 1 层、3 层和 5 层电极板时 2,4,5-PCB 的去除率和联苯的选择性. 由图可知, 使用 3 层或 5 层电极板比 1 层电极板对 2,4,5-PCB 的去除率分别提高了 19.86%和 21.63%, 而联苯选择性比单层电极分别增加了 6.38%和 11.54%. 这主要是因为使用多层电极可以提供更大的反应接触面积和反应时间, 从而提高了去除效率和脱氯程度. 另外, 在 -1.0 V 恒电位下电

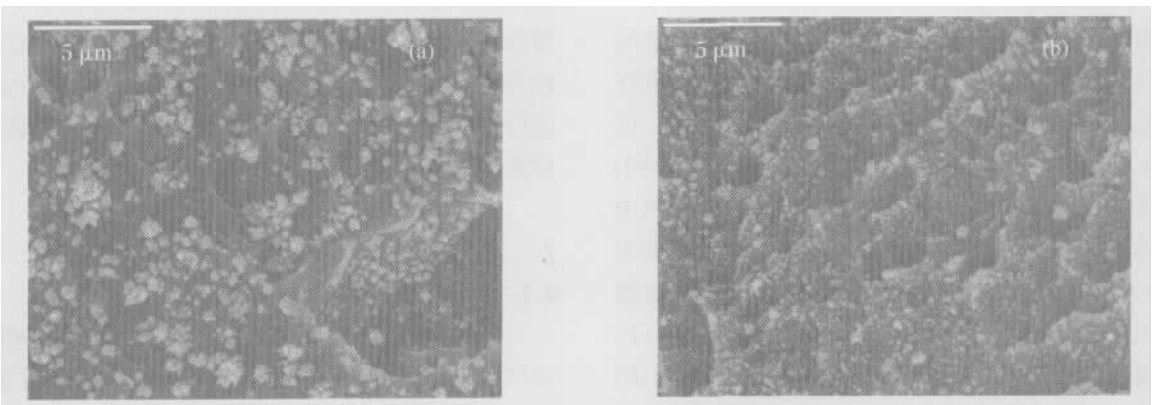

图 3 Pd 修饰 Ti 电极扫描电镜图

Fig.3 SEM images of palladium-loaded Ti mini mesh with 3 $mg·cm^{-2}$ (a) and 4 $mg·cm^{-2}$ (b) of Pd

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

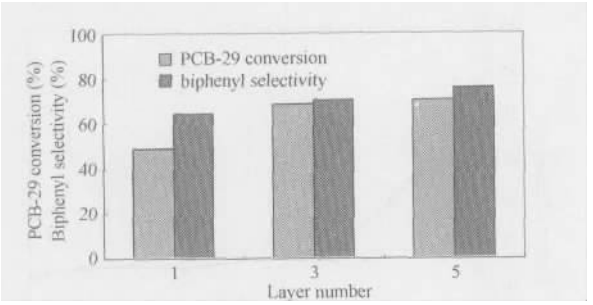

图4　2,4,5-PCB的去除率、联苯选择性与极板数的关系

Fig.4　Effect of cathode structure on efficiency of 2,4,5-PCB dechlorination from single-layer to five-layer cathode

Conditions are the same as in Fig.2.

解，不同层数电极对应的稳态电流值分别为：1层59 mA，3层45 mA，5层39 mA，由此可知多层电极产生的总电流密度比单层电极的要低，这表明采用多层电极的电流效率要高于单层电极；而电极电流随极板数增加而减少，这主要是因为在该电位下析氢量随极板数增加而变大，导致阴极液和膜界面的电阻增加，致使电流下降.

由图4分析可知，当极板数从3增至5时，对2,4,5-PCB的去除率及联苯选择性的增加值低于极板数从1到3时的增加值，因此增多电极板的正效应不及总电极面积增加的比率. 可能的原因有多层极板的屏蔽效应使得中间层的极板效能下降；而电流分布由于层数过多而变乱，也影响了总电极面积的利用率. 另外，催化剂用量会随极板数而成比例增加，从而增加了催化剂成本. 因此，基于上述考虑，实验确定采用3层极板.

2.3　电场条件对脱氯的影响

电脱氯过程中电位或电流值对脱氯有重要影响. 实验中通过循环伏安法考察阴极液在PCB-29投加前后的电流与阴极电位关系，无法明显区分投加前后的循环伏安曲线，因此采用恒电位法考察了电极电位从析氢开始后的一定范围内(- 0.90～1.20 V)对2,4,5-PCB的剩余率(当前浓度与初始浓度的比值，等于1-去除率)及联苯产率(联苯生成量与全部2,4,5-PCB脱氯生成联苯的理论量比值)的影响，实验结果如图5所示. 电位值为- 0.90 V时，阴极表面刚开始析氢，其相应地产生强还原性[H]的速率较慢，因此该电位值对应的2,4,5-PCB剩余率最高，联苯产率最低，5 h时分别为59.1%和29.6%. 随着电位值升高，析氢速率增大，到电位值为- 1.10 V时，5 h的剩余率为25.3%，联苯产率是57.8%. 然而，随着电位值继续升高，2,4,5-PCB的剩余率却升至42.7%，联苯产率降至41.1%，这是因为电极表面更高的析氢速率限制了PCBs分子向Pd/Ti界面的有效传质及吸附，从而影响了反应速率. 因此，实验宜采用的电位值为- 1.10 V.

2.4　流速对脱氯的影响

本文考察了电解液循环流速对脱氯效率的影响. 电解液在电极室的流速从10 mL·min^{-1}到100 mL·min^{-1}不等，阴极为3层Pd负载量3 mg·cm^{-2}的Ti网，电位为- 1.10 V. 实验结果如图6所示，阴

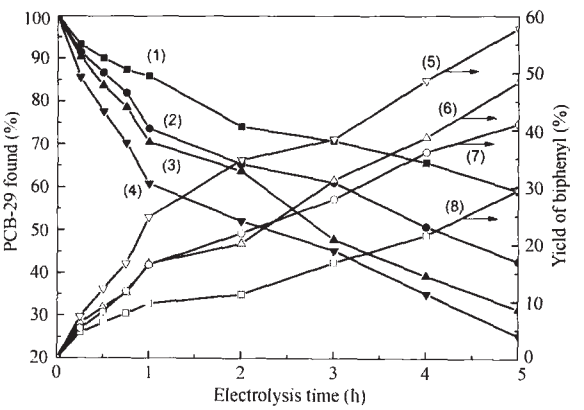

图5　电位值对2,4,5-PCB的去除和联苯生成的影响

Fig.5　Effect of controlled cathode potential on 2,4,5-PCB dechlorination and biphenyl production

V/V (vs SCE)：(1) - 0.90, (2) - 1.20, (3) - 1.00, (4) - 1.10, (5) - 1.10, (6) - 1.00, (7) - 1.20, (8) - 0.90；

Other conditions are the same as in Fig.2.

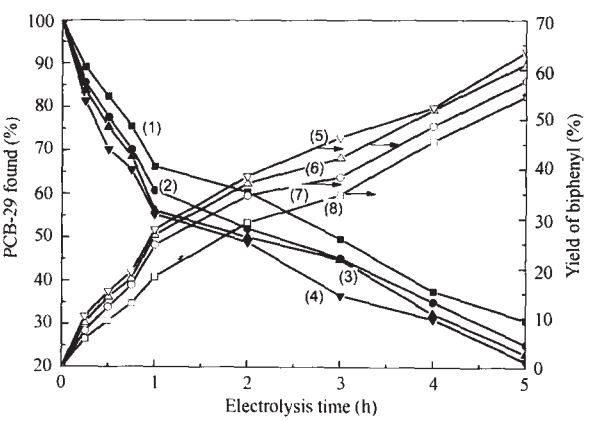

图6　液流速度对2,4,5-PCB的去除和联苯生成的影响

Fig.6　Effect of catholyte flow rate on 2,4,5-PCB dechlorination and biphenyl production

controlled cathode potential：- 1.10 V (vs SCE)；

flow rate (mL·min^{-1})：(1) 10, (2) 30, (3) 50, (4) 100, (5) 10, (6) 30, (7) 50, (8) 100；

Other conditions are the same as in Fig.2.

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

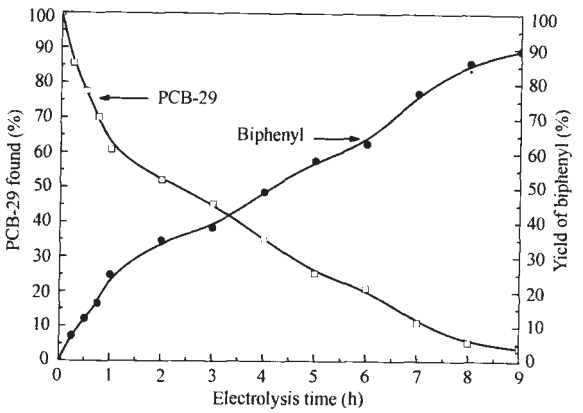

图 7 2,4,5-PCB 的去除率和联苯产率随时间的变化关系

Fig.7 Reactant and product concentration during electrolysis

controlled cathode potential: -1.10 V (vs SCE), cathode: Pd/Ti mini mesh cathode (3 mg Pd·cm^{-2}); Other conditions are the same as in Fig.2.

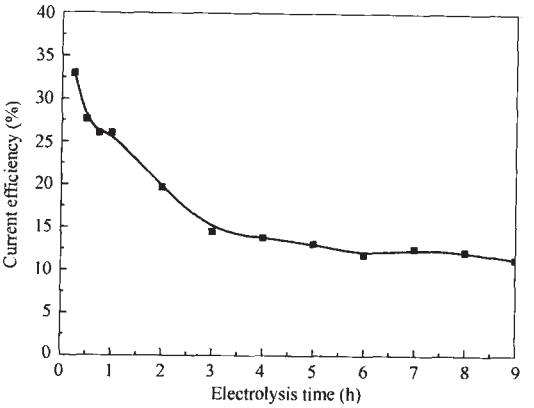

图 8 优化条件下电流效率与电解时间的关系

Fig.8 Changes in current efficiency during electrolysis

The conditions are the same as in Fig.7.

极液流速对 2,4,5-PCB 的电还原脱氯效果不显著. 当流速从 10 mL·min^{-1} 增至 30 mL·min^{-1} 时, 电解 5 h, 2,4,5-PCB 的剩余率下降 5.6%, 而联苯产率仅增加 3.2%. 当流速继续增加时, 脱氯效率的增加更为缓慢, 流速从 30 mL·min^{-1} 升至 100 mL·min^{-1} 时, 电解 5 h, 2,4,5-PCB 的剩余率下降 3.8%, 而联苯产率只增加 5.8%. 因此可认为, 尽管 2,4,5-PCB 的传质原则上是扩散过程, 但脱氯反应受电化学极化步骤控制, 增加流速对提高脱氯效率作用很小.

2.5 优化条件下 2,4,5-PCB 的电催化降解及电流效率

在上述影响因素试验的基础上, 采用优化条件 (3 层 Pd 负载量 3 mg·cm^{-2} 的 Ti 网阴极板, -1.10 V 恒电位电解, 30 mL·min^{-1} 电极液流速) 进行 2,4,5-PCB 电脱氯试验, 9 h 内对 2,4,5-PCB 的去除率和联苯的产率如图 7 所示. 经过 9 h 电解还原后, 96.2% 的 2,4,5-PCB 被去除, 而联苯产率为 89.6%. 分析对应的色谱图可知, 由于 2,4,5-PCB 和联苯的峰之间仍有少量色谱峰出现, 尽管这些峰面积很小, 其响应不及噪声的 4 倍, 不宜准确定量, 但可推断为未完全脱氯的少量一氯联苯或/和二氯联苯, 而一氯联苯的脱氯也正是上述脱氯过程限制步骤[18]. 因此, 一些已脱氯的 2,4,5-PCB 未彻底脱氯生成最终产物联苯.

另外, 上述电解过程达到稳态后的电流值恒定为 55 mA, 由此计算出的电流效率如图 8 所示, 在 11.3%~33.0%之间, 尽管电流效率随电解时间下降较快, 但与 Tsyganok 等[11]采用碳毡负载 Pd 进行一氯联苯电催化脱氯的研究工作相比, 本研究的电流效率有所提高.

3 结 论

Pd 负载量、电极结构、电解电位及电极液流速决定着催化活性、传质能力及强还原剂的生成, 因此对 PCBs 的脱氯效率有重要影响. 本研究就此优化实验参数, 实现了水相中 2,4,5-PCB 的有效脱氯, 电解 9 h 后 100 mg·L^{-1} 的 2,4,5-PCB 的去除率达 96.2%, 而主要还原产物为联苯, 其产率为 89.6%, 电流效率介于 11.3%~33.0%. 尽管本实验工作在目前研究较少的 Pd 修饰电极进行高稳定性氯代有机物脱氯领域进行了探索, 但脱氯时间仍然较长, 效率有待提高. 而今后应考虑如何改进电解液组成和电极基材, 进一步提高电流效率, 缩短电解时间, 以推进电催化还原方法对环境介质中氯代持久性有机物污染物进行有效去除的研究工作.

References

1 PCB transformers and capacitors from management to reclassification and disposal. United Nations Environment Programme, 2002

2 Jin, C. Y.; Zheng, Y. F.; Huang, X. G.; Li, H. China Environ. Protect. Sci., 2002, 28 (3): 30 [金重阳, 郑玉峰, 黄相国, 李虹. 环境保护科学(Huanjing Baohu Kexue), 2002, 28(3): 30]

3 Chu, S. G.; Xu, X. B.; Tong, Y. P. Acta Scientiae Circumstantiae, 1995, 15 (4): 423 [储少岗, 徐晓白, 童逸平. 环境科学学报(Huanjing Kexue Xuebao), 1995, 15(4): 423]

4 Ding, Y. Y. China Industrial Health and Occupational Diseases, 1999, 25 (6): 362 [丁焱焱. 工业卫生与职业病(Gongye

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

Weisheng Yu Zhiyebing), 1999, 25(6):362]
5 Zhang, S. P.; Rusling, J. F. Environ. Sci. Technol., 1993, 27(7): 1375
6 Bunce, N. J.; Merica, S. G.; Lipkowaki, J. Chemosphere, 1997, 35 (11):2719
7 Dabo, P.; Cyr, A.; Laplante, F.; Jean, F.; Menard, H.; Lessard, J. Environ. Sci. Technol., 2000, 34(7):1265
8 Chen, G.; Wang, Z. Y.; Xia, D. G. Electrochem Commun., 2004, 6(3):268
9 Miyoshi, K.; Kamegaya, Y.; Matsumura, M. Chemosphere, 2004, 56(2):187
10 Bonin, P. M. L.; Edwards, P.; Bejan, D.; Lo, C. C.; Bunce, N. J.; Konstantinov, A. D. Chemosphere, 2005, 58(7):961
11 Tsyganok, A. I.; Yamanaka, I.; Otsuka, K. Chemosphere, 1999, 39(11):1819
12 Zhang, Z. X. Titanium electrode engineering. Beijing: Metallurgy Industrial Press, 2003:171 [张招贤. 钛电极工学. 北京:冶金工业出版社, 2003:171]
13 Cheng, H.; Scott, K.; Christensen, P. A. J. Electrochem Soc., 2003, 150(2):D17
14 Cheng, H.; Scott, K.; Christensen, P. A. J. Electrochem Soc., 2003, 150(2):D25
15 Cheng, H.; Scott, K.; Christensen, P. A. J. Appl. Electrochem, 2003, 33(10):893
16 Cheng, I. F.; Fernando, Q.; Korte, N. Environ. Sci. Technol., 1997, 31(4):1074
17 Tsyganok. A. I.; Yamanaka, I.; Otsuka, Kiyoshi. J. Electrochem Soc., 1998, 145(11):3844
18 Farwell, S. O.; Beland, F. A.; Gee, R. D. Electroanalytical Chemistry and Interfacial Electrochemistry, 1975, 61(2):315

中国化学会第25届学术年会第一轮通知

中国化学会第25届学术年会定于2006年7月11-15日,在吉林省长春市举行.会议由中国化学会主办,吉林大学承办.

大会主题:化学与社会——化学在社会可持续发展中的地位与责任.

会议内容包括:大会特邀报告,分会邀请报告,专题报告与讨论,论文墙报展讲,同时设置专题学术论坛.会议期间还将组织成果及产品展示.欢迎广大科技工作者积极参加,踊跃投稿.热烈欢迎相关企业、高校、科研院所利用此次契机,扩大影响,参与会展.

大会组织结构:会议主席为白春礼院士;会议执行主席周其凤院士;会议秘书长姚建年、冯守华.

会议共设19个分会:1)绿色化学,2)环境化学,3)应用化学,4)生命科学中的化学问题,5)有机化学与循环经济,6)新能源与能源化学,7)纳米化学,8)超分子组装与分子电子学,9)高分子科学前沿,10)理论与计算化学,11)固体无机化学,12)分析化学,13)光化学,14)有机光电子与信息材料,15)天然产物化学与药物化学,16)胶体与界面化学,17)公共安全中的化学,18)国防建设中的化学,19)化学教育.

专题论坛1个:中国化学期刊的现状与前途.

新技术、新仪器专场展示:实用技术交流,产品、专业图书及试剂展示,实验仪器、设备演示,项目洽谈,信息发布等.会议将设置展台,提供信息服务.需要者请从速联系,索取有关通知.展期与会期同步,展览面积约为600~800 m².

应征论文的受理:本次会议按上述分会接受原创性研究论文和前瞻性综述.已正式发表的论文不予受理.此次会议报名方式为网上报名,报名网址:http://www.ccs.ac.cn(网上报名已于1月15日开通),请按照征文范围、要求,在网上选择分会,按照提示填写个人信息并将论文上传.学会办公室不受理论文.论文集为摘要集,全文作为审稿参考.

会议注册费:850元,会员凭证优惠为640元.学生会员凭证优惠为400元(学生证、会员证、不含博士后).年会期间开设会员入会登记处,可现场办理入会手续.

应征论文格式要求:论文样板参见会议网页:http://www.ccs.ac.cn/sample.pdf,论文征集截稿日期:2006年4月30日,论文是否录用将另行通知.

其他事宜:会议拟设立"中国化学会第25届学术年会优秀论文奖","中国化学会第25届学术年会优秀墙报奖","中国化学会第25届学术年会优秀分会组织奖"等奖项.

有关通知,请参阅会议网页:http://www.ccs.ac.cn/2006nh.htm.

中国化学会联系人:刘钧; 地址:北京2709信箱 邮编:100080
电话/传真:010-62568157; 电子信箱:ccslj@iccas.ac.cn

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net