

研究论文

2,4-D 臭氧化降解中间产物动力学

陈 岚, 权宇珩

(华北电力大学环境学院, 河北 保定 071003)

摘要: 采用臭氧化高级氧化技术对 2,4-D (2,4-二氯苯氧乙酸) 污染物进行降解, 2,4-D 降解过程中会产生含氯芳香中间产物、无氯芳香中间产物和有机酸类中间产物, 其中部分中间产物具有较高毒性, 因此研究 2,4-D 臭氧化过程中中间产物的动力学变化趋势是非常重要的。提出了 3 种降解路径: 一是简单的链式路径, 二是平行式路径, 三是复杂的交叉式路径。对反应过程中主要中间产物类的浓度变化趋势分别采用三种路径进行推导, 得到 3 种不同的中间产物降解动力学模型, 由模型计算数据和实验数据的拟合分析结果可知交叉式路径模型数据和实验数据的吻合度最好, 交叉式路径所描述的主要中间产物模型数据和实验数据的相关系数都大于 0.94。

关键词: 臭氧化; 2,4-D; 中间产物; 动力学

中图分类号: X 592; TQ 450.9

文献标识码: A

文章编号: 0438-1157 (2008) 06-1401-06

Kinetics of degradation intermediates during ozonization of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid

CHEN Lan, QUAN Yuheng

(Department of Environmental Science & Engineering, North China Electric
Power University, Baoding 071003, Hebei, China)

Abstract: 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D), a widely used herbicide, was treated by the ozonization technology in the laboratory. During the 2,4-D ozonization, the main categories of intermediates included chloric aromatics, dechlorinated aromatics and organic acids. Some of these intermediates have relatively high toxicity. Therefore, it is crucial to study the kinetics trend of intermediates diversion. Three possible degradation pathways were proposed in this paper. Path I was a simple chain pathway. Path II was a parallel pathway. Path III was a cross pathway, the most complicated pathway. The concentration variations of main intermediates during reaction were analyzed by using these pathways. In addition, three kinetic models of intermediates were derived based on the proposed pathways. The fitting result showed that cross pathway was the best fitted pathway to explain the experimental data of intermediates concentration trend. It was shown that the correlation coefficients of main categories of intermediates were greater than 0.94 in the cross pathway.

Key words: ozonization; 2,4-D; intermediate; kinetics

引 言

2,4-D (2,4-二氯苯氧乙酸) 作为常见的苯氧

羧酸类除草剂, 多用于稻田森林除草和草坪养护等^[1]。2,4-D 及其自然代谢物 2,4-二氯苯酚 (2,4-DCP) 在施用除草剂区域的土壤中或周围水体

中迁移残留, 导致对环境的污染和对人体健康的威胁^[2]。有研究^[3]指出 2,4-D 对水中的小龙虾具有急性毒性, 对鱼类和蚊子幼虫也有不良影响, 并具有潜在的基因毒性。世界卫生组织建议饮用水中的 2,4-D 最大浓度不超过 70 ppb^[4]。国外有报道^[5]在地下水或地表水源中可检测到 2,4-D 的存在。2,4-D 属于欧洲优先控制污染物名单之一, 且被认为属于干扰内分泌的化学物质^[6]。因此对 2,4-D 的污染和治理成为目前的研究热点。

对 2,4-D 污染物的降解进行了很多研究, 包括光化学降解^[7]、Fenton^[8]、致电离辐射^[9]、吸附法^[10]等, 也有采用高级氧化技术的联合技术进行降解, 如光/电^[11]、电/Fenton^[12]、臭氧/致电离辐射^[13]、臭氧/超声波^[14-15]等。前期研究^[16]报道了 2,4-D 臭氧化过程中, 2,4-D 分解产生不同的中间产物, 并有部分 2,4-D 最终降解为无机物, 达到矿化。降解中间产物中含氯芳香中间产物的毒性比较强, 如 2,4-DCP (2,4-二氯苯酚) 大鼠经口半数致死量 47 mg · kg⁻¹, 其急性毒性比 2,4-D (375 mg · kg⁻¹) 高, 因此研究 2,4-D 臭氧化过程中中间产物的变化情况尤为重要。在前期研究^[16-17]基础上, 提出可能的 3 种降解路径, 进一步对 2,4-D 降解过程中的中间产物的变化趋势进行动力学推导, 并用实验数据对中间产物降解动力学模型进行检验。

1 实验部分

1.1 试剂

2,4-D (化学纯, 中国医药集团上海化学试剂公司), 2,4-D 反应液采用去离子水配制。反应溶液不加 pH 缓冲液。

1.2 实验装置和方法

采用有效容积为 1 L 的柱式鼓泡反应器 (高径比 > 5), 反应器浸在恒温水浴中, 反应温度保持为 (20 ± 0.5) °C。取样位置和温度计位置均在反应器中部。

臭氧发生器 (CHYF-3A, 杭州荣欣电子设备有限公司) 采用纯氧气源制备, 臭氧和氧气的混合气体调节气速为 0.8 L · min⁻¹, 混合气体通过反应器底部分布板进入反应器。定时取样, 样品中止反应后, 经 0.22 μm 滤膜过滤后用液相色谱和离子色谱测定 2,4-D 及中间产物浓度。尾气中未反应完的臭氧经过外接 KI 吸收瓶吸收。

1.3 分析方法

高效液相色谱法分析中间产物, HPLC 为岛津 LC-10 AT (日本岛津), 柱温为室温, 进样量为 20 μl。流动相为甲醇/水 (65/35, 体积比, 用磷酸溶液调节至合适的 pH), 检测波长为 228 nm, 流速为 1 ml · min⁻¹。

离子色谱法分析氯离子、有机酸根, 离子色谱仪为 Metrohm 792 Basic IC (瑞士万通)。流动相为 1.7 mmol · L⁻¹ NaHCO₃ + 1.8 mmol · L⁻¹ Na₂CO₃ + 5% acetone (化学抑制), 流速 1.0 ml · min⁻¹。进样量 20 μl。

2 结果和讨论

2.1 建立模型

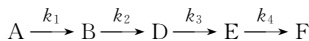
2,4-D 臭氧化过程中的中间产物包括^[16]: 芳香族化合物如 2,4-DCP、(氯代) 对苯二酚 (邻苯二酚)、(氯代) 苯醌等, 有机酸如顺丁烯二酸、反丁烯二酸、草酸、乙酸和甲酸等。TOC 分析结果说明部分 2,4-D 经过降解能最终产生二氧化碳、水及某些无机物等。考虑到 2,4-D 是含氯有机物, 降解时伴随氯的脱除过程, 所以将 2,4-D 臭氧化中间产物进行如表 1 的分类。降解步骤主要包括^[17]: 2,4-D → 2,4-DCP 等含氯酚类、醌类 (部分脱氯, 产生少量酸); 2,4-DCP 等含氯酚类、醌类 → 不含氯的醌类、酚类 (产生大量氯离子); 醌类等 → 有机酸; 有机酸 → CO₂ + H₂O 等。由此提出 2,4-D 臭氧化降解的 3 种可能路径, 并对这 3 种可能的降解路径分别进行分析。

表 1 2,4-D 臭氧化的主要中间产物类别
Table 1 Main categories of intermediates during ozonization of 2,4-D

Symbol	Categories	Including materials
A	2,4-D	2,4-D
B	chloric aromatics	2,4-DCP, chlorohydroquinone, chlorocatechol, chloroquinone, chlorophenol, and so on
D	dechlorinated aromatics	hydroquinone, catechol, quinone, hydroxybenzene (phenol), and so on
E	organic acids	maleic acid, fumaric acid, acetic acid, oxalic acid, formic acid, and so on
F	end products	carbon dioxide, hydrogen oxide

2.1.1 路径 I —— 链式路径 假定各中间产物类

遵循一个简单的链式反应, 即 2,4-D 经过一系列链式降解产生后续产物, 氯在从含氯芳香中间产物到无氯芳香中间产物的步骤中脱除:



对链式路径进行动力学描述, 为

$$-\frac{dC_A}{dt} = k_1 C_A \quad (1)$$

$$\frac{dC_B}{dt} = k_1 C_A - k_2 C_B \quad (2)$$

$$\frac{dC_D}{dt} = k_2 C_B - k_3 C_D \quad (3)$$

$$\frac{dC_E}{dt} = k_3 C_D - k_4 C_E \quad (4)$$

$$\frac{dC_{Cl^-}}{dt} = 2k_2 C_B \quad (5)$$

边界条件: $t=0$, $C_A = C_{A,0}$, $C_B = C_D = C_E = 0$, $C_{Cl^-} = 0$; 当 $t = \text{某一定值 } t^*$, B 的浓度最大,

$\frac{dC_B}{dt} = 0$; 当 $t = \text{某一定值 } t^{**}$, D 的浓度最大,

$\frac{dC_D}{dt} = 0$; 当 $t = \text{某一定值 } t^{***}$, E 的浓度最大,

$\frac{dC_E}{dt} = 0$ 。

推导得到

$$C_A = C_{A,0} e^{-k_1 t} \quad (6)$$

$$C_B = \frac{k_1 C_{A,0}}{k_2 - k_1} (e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t}) \quad (7)$$

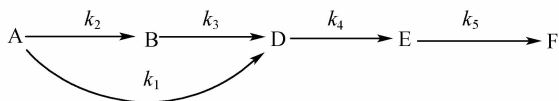
$$C_D = k_1 k_2 C_{A,0} \left[\frac{e^{-k_1 t}}{(k_2 - k_1)(k_3 - k_1)} - \frac{e^{-k_2 t}}{(k_2 - k_1)(k_3 - k_2)} + \frac{e^{-k_3 t}}{(k_3 - k_2)(k_3 - k_1)} \right] \quad (8)$$

$$C_E = k_1 k_2 k_3 C_{A,0} \left[\frac{e^{-k_1 t}}{(k_2 - k_1)(k_3 - k_1)(k_4 - k_1)} + \frac{e^{-k_2 t}}{(k_1 - k_2)(k_3 - k_2)(k_4 - k_2)} + \frac{e^{-k_3 t}}{(k_1 - k_3)(k_2 - k_3)(k_4 - k_3)} + \frac{e^{-k_4 t}}{(k_1 - k_4)(k_2 - k_4)(k_3 - k_4)} \right] \quad (9)$$

对反应过程中产生的氯离子浓度变化进行推导得到

$$C_{Cl^-} = \frac{2k_1 C_{A,0}}{k_2 - k_1} (e^{-k_2 t} - 1) - \frac{2k_2 C_{A,0}}{k_2 - k_1} (e^{-k_1 t} - 1) \quad (10)$$

2.1.2 路径 II——平行式路径 假定 2,4-D 不仅可直接分解产生含氯芳香中间产物, 也可平行地分解为无氯芳香中间产物, 氯的脱除过程发生在含氯芳香中间产物到无氯芳香中间产物步骤和 2,4-D 到无氯芳香中间产物步骤:



对其进行动力学描述, 为

$$-\frac{dC_A}{dt} = (k_1 + k_2) C_A = K C_A \quad (11)$$

其中, $K = k_1 + k_2$ 。

$$\frac{dC_B}{dt} = k_2 C_A - k_3 C_B \quad (12)$$

$$\frac{dC_D}{dt} = k_3 C_B + k_1 C_A - k_4 C_D \quad (13)$$

$$\frac{dC_E}{dt} = k_4 C_D - k_5 C_E \quad (14)$$

$$\frac{dC_{Cl^-}}{dt} = 2(k_1 C_A + k_3 C_B) \quad (15)$$

边界条件: $t=0$, $C_A = C_{A,0}$, $C_B = C_D = C_E = 0$, $C_{Cl^-} = 0$; 当 $t = \text{某一定值 } t^*$, $\frac{dC_B}{dt} = 0$; 当 $t =$

某一定值 t^{**} , $\frac{dC_D}{dt} = 0$; 当 $t = \text{某一定值 } t^{***}$,

$\frac{dC_E}{dt} = 0$ 。

推导得到各中间产物类的浓度为

$$C_A = C_{A,0} e^{-Kt} = C_{A,0} e^{-(k_1+k_2)t} \quad (16)$$

$$C_B = \frac{k_2 C_{A,0}}{K - k_3} (e^{-k_3 t} - e^{-Kt}) \quad (17)$$

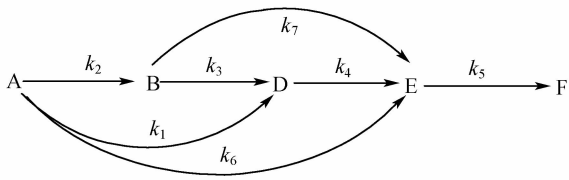
$$C_D = \frac{k_2 k_3 C_{A,0}}{(K - k_3)(k_4 - k_3)} (e^{-k_3 t} - e^{-k_4 t}) + \frac{(Kk_1 - k_2 k_3 - k_1 k_3) C_{A,0}}{(k_4 - K)(K - k_3)} (e^{-Kt} - e^{-k_4 t}) \quad (18)$$

$$C_E = \frac{k_2 k_3 k_4 C_{A,0}}{(K - k_3)(k_4 - k_3)(k_5 - k_3)} (e^{-k_3 t} - e^{-k_5 t}) + \frac{(Kk_1 - k_2 k_3 - k_1 k_3) k_4 C_{A,0}}{(k_4 - K)(K - k_3)(k_5 - K)} (e^{-Kt} - e^{-k_5 t}) - \left[\frac{k_2 k_3 k_4 C_{A,0}}{(K - k_3)(k_4 - k_3)(k_5 - k_4)} + \frac{(Kk_1 - k_2 k_3 - k_1 k_3) k_4 C_{A,0}}{(k_4 - K)(K - k_3)(k_5 - k_4)} \right] (e^{-k_4 t} - e^{-k_5 t}) \quad (19)$$

对反应过程中产生的氯离子浓度变化进行推导得到

$$C_{Cl^-} = -\frac{2k_1 C_{A,0} (e^{-Kt} - 1)}{K} + \frac{2k_2 k_3 C_{A,0}}{K - k_3} \left(\frac{e^{-Kt} - 1}{K} - \frac{e^{-k_3 t} - 1}{k_3} \right) \quad (20)$$

2.1.3 路径 III——交叉式路径 交叉式路径较为复杂, 2,4-D 可直接降解为含氯芳香中间产物和无氯芳香中间产物, 也可直接分解产生有机酸, 此外有机酸还可由含氯芳香中间产物和无氯芳香中间产物经过分解产生, 脱氯发生在 2,4-D 到无氯芳香中间产物步骤、含氯芳香中间产物到无氯芳香中间产物步骤、2,4-D 到有机酸步骤和含氯芳香中间产物到有机酸步骤中, 路线呈现交叉式结构:



对其进行动力学描述，为

$$-\frac{dC_A}{dt} = (k_1 + k_2 + k_6)C_A = K_1 C_A \quad (21)$$

其中， $K_1 = k_1 + k_2 + k_6$ 。

$$\frac{dC_B}{dt} = k_2 C_A - (k_3 + k_7)C_B = k_2 C_A - K_2 C_B \quad (22)$$

其中， $K_2 = k_3 + k_7$ 。

$$\frac{dC_D}{dt} = k_1 C_A + k_3 C_B - k_4 C_D \quad (23)$$

$$\frac{dC_E}{dt} = k_6 C_A + k_7 C_B + k_4 C_D - k_5 C_E \quad (24)$$

$$\frac{dC_{Cl^-}}{dt} = 2[(k_1 + k_6)C_A + (k_3 + k_7)C_B] = 2[(K_1 - k_2)C_A + K_2 C_B] \quad (25)$$

边界条件： $t=0$ ， $C_A = C_{A,0}$ ， $C_B = C_D = C_E =$

0 ， $C_{Cl^-} = 0$ ；当 $t = \text{某一定值 } t^*$ ， $\frac{dC_B}{dt} = 0$ ；当 $t = \text{某一定值 } t^{**}$ ， $\frac{dC_D}{dt} = 0$ ；当 $t = \text{某一定值 } t^{***}$ ， $\frac{dC_E}{dt} = 0$ 。

推导得到

$$C_A = C_{A,0} e^{-K_1 t} = C_{A,0} e^{-(k_1 + k_2 + k_6)t} \quad (26)$$

$$C_B = \frac{k_2 C_{A,0}}{K_2 - K_1} (e^{-K_1 t} - e^{-K_2 t}) \quad (27)$$

$$C_D = \frac{k_2 k_3 C_{A,0}}{(K_1 - K_2)(k_4 - K_2)} (e^{-K_2 t} - e^{-k_4 t}) + \frac{(K_1 k_1 - k_2 k_3 - K_2 k_1) C_{A,0}}{(k_4 - K_1)(K_1 - K_2)} (e^{-K_1 t} - e^{-k_4 t}) \quad (28)$$

$$C_E = \left[\frac{k_6 C_{A,0}}{k_5 - K_1} - \frac{k_2 k_7 C_{A,0}}{(K_1 - K_2)(k_5 - K_1)} + \frac{(K_1 k_1 - k_2 k_3 - K_2 k_1) k_4 C_{A,0}}{(k_4 - K_1)(K_1 - K_2)(k_5 - K_1)} \right] (e^{-K_1 t} - e^{-k_5 t}) + \left[\frac{k_2 k_7 C_{A,0}}{(K_1 - K_2)(k_5 - K_2)} + \frac{k_2 k_3 k_4 C_{A,0}}{(K_1 - K_2)(k_4 - K_2)(k_5 - K_2)} \right] (e^{-K_2 t} - e^{-k_5 t}) - \left[\frac{k_2 k_3 k_4 C_{A,0}}{(K_1 - K_2)(k_4 - K_2)(k_5 - k_4)} + \frac{(K_1 k_1 - k_2 k_3 - K_2 k_1) k_4 C_{A,0}}{(k_4 - K_1)(K_1 - K_2)(k_5 - k_4)} \right] (e^{-k_4 t} - e^{-k_5 t}) \quad (29)$$

对反应过程中产生的氯离子浓度变化进行推导得到

$$C_{Cl^-} = -\frac{2(K_1 - k_2)C_{A,0}(e^{-K_1 t} - 1)}{K_1} + \frac{2k_2 K_2 C_{A,0}}{K_2 - K_1} \left[\frac{(e^{-K_2 t} - 1)}{K_2} - \frac{(e^{-K_1 t} - 1)}{K_1} \right] \quad (30)$$

2.2 模型验证

为了对不同的模型进行验证，对 2,4-D 臭氧化的主要中间产物类随反应时间的变化趋势进行动力学过程拟合。根据实验过程中实际测定得到的不同中间产物类的浓度，确定边界条件，并采用这 3 个不同的降解中间产物动力学模型对实验中获得的主要中间产物类浓度趋势进行非线性拟合分析，见图 1 和表 2。

由图 1、表 2 可知，路径 III——交叉式反应模

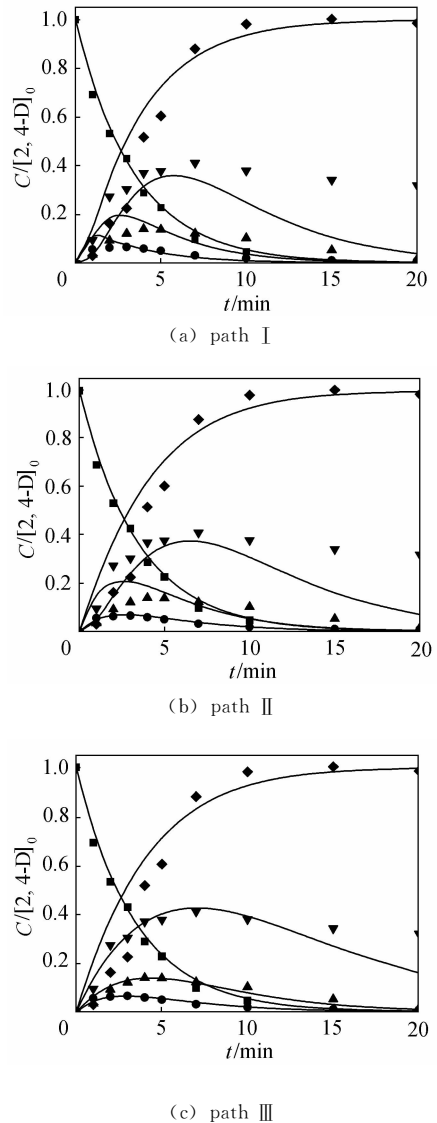


图 1 模型计算数据和实验数据的比较

Fig. 1 Comparison of model data with experimental data (Temperature of solution is 20 °C; pH level of solution is initial pH level without other additives; gas feed rate is 0.8 L · min⁻¹; [2, 4-D]₀ = 100 mg · L⁻¹)
 ■ 2,4-D; ● chloric aromatics; ▲ dechlorinated aromatics; ▼ organic acids; ◆ Cl⁻/2; — model data

表 2 模型计算数据和实验数据的相关系数

Table 2 Correlation coefficients between model data and experimental data

Categories	Path I	Path II	Path III
2,4-D	0.9983	0.9983	0.9983
chloric aromatics	0.9037	0.9872	0.9792
dechlorinated aromatics	0.8345	0.8642	0.9599
organic acids	0.8778	0.9127	0.9485
Cl ⁻ /2	0.9718	0.9675	0.9659

型和实验结果拟合比较好, 相关系数都高于 0.94。路径 I 是简单的链式反应机理, 各类中间产物依次生成, 这和实验过程中存在比较高的有机酸浓度是不相符的, 其他中间产物也有误差, 无氯芳香中间产物和有机酸类的相关系数低于 0.9000, 同时含氯芳香中间产物的相关系数也不理想。路径 II 能较好地拟合含氯芳族中间产物 ($R=0.9872$), 但无氯芳族化合物和有机酸类的模型数据与实验数据相差较大, 无氯芳香中间产物的相关系数低于 0.9000, 有机酸类的相关系数比路径 I 有所提高, 但也不太高。路径 III 考虑到 2,4-D 降解过程的复杂性, 考虑到酸类物质的生成和很多步骤有关, 因此相对来说较为全面。

3 结 论

2,4-D 臭氧化重要中间产物有含氯芳香族中间产物、无氯芳香族中间产物、有机酸类, 降解过程中伴随氯的脱除。针对主要的中间产物提出了 3 个可能的降解路线: 路径 I 是链式路径, 路径 II 是平行式路径, 路径 III 是交叉式路径。由 3 种路径推导出各中间产物类的浓度公式, 对计算数据和实验数据进行拟合分析, 可知路径 III 即交叉式路径比较符合实验数据。2,4-D、含氯芳香中间产物、无氯芳香中间产物、有机酸类、氯的浓度变化情况和路径 III 模型计算数据的吻合度都比较高, 相关系数均在 0.94 以上。

References

- [1] Ross J H, Driver J H, Harris S A. Dermal absorption of 2,4-D: a review of species differences. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 2005, **41**: 82-91
- [2] Maleki N, Safavi A, Shahbaazi H R. Electrochemical determination of 2,4-D at a mercury electrode. *Analytica Chimica Acta*, 2005, **530**: 69-74

- [3] Benli A Ç K, Sarikaya R, Sepici-Dincel A, *et al.* Investigation of acute toxicity of (2,4-dichlorophenoxy) acetic acid (2,4-D) herbicide on crayfish (*Astacus leptodactylus* Ecsch. 1823). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 2007, **88**: 296-299
- [4] Yasman Y, Bulatov V, Girdin V V, *et al.* A new sono-electrochemical method for enhanced detoxification of hydrophilic chloroorganic pollutants in water. *Ultrasonics Sonochemistry*, 2004, **11**: 365-372
- [5] Woudneh M B, Sekela M, Tuominen T, *et al.* Acidic herbicides in surface waters of Lower Fraser Valley, British Columbia, Canada. *Journal of Chromatography A*, 2007, **1139**: 121-129
- [6] Gobi K V, Tanaka H, Shoyama Y, *et al.* Highly sensitive regenerable immunosensor for label-free detection of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid at ppb levels by using surface plasmon resonance imaging. *Sensors and Actuators B*, 2005, **111/112**: 562-571
- [7] Kundu S, Pal A, Dikshit A K. UV induced degradation of herbicide 2,4-D: kinetics, mechanism and effect of various conditions on the degradation. *Separation and Purification Technology*, 2005, **44**: 121-129
- [8] Chu W, Kwan C Y, Chan K H, *et al.* An unconventional approach to studying the reaction kinetics of the Fenton's oxidation of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid. *Chemosphere*, 2004, **57**: 1165-1171
- [9] Zona R, Solar S, Gehringer P. Degradation of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid by ionizing radiation-influence of oxygen concentration. *Water Research*, 2002, **36**: 1369-1374
- [10] Gupta V K, Ali I, Suhas, *et al.* Adsorption of 2,4-D and carbofuran pesticides using fertilizer and steel industry wastes. *Journal of Colloid and Interface Science*, 2006, **299**: 556-563
- [11] Quan X, Chen S, Su J, *et al.* Synergetic degradation of 2,4-D by integrated photo-and electrochemical catalysis on a Pt doped TiO₂-Ti electrode. *Separation and Purification Technology*, 2004, **34**: 73-79
- [12] Brillas E, Boye B, Sirés I, *et al.* Electrochemical destruction of chlorophenoxy herbicides by anodic oxidation and electro-Fenton using a boron-doped diamond electrode. *Electrochimica Acta*, 2004, **49**: 4487-4496
- [13] Drzewiczka P, Trojanowicz M, Zona R, *et al.* Decomposition of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid by ozonation, ionizing radiation as well as ozonation combined with ionizing radiation. *Radiation Physics and Chemistry*, 2004, **69**: 281-287
- [14] Chen Lan (陈岚), Shi Huixiang (史惠祥), Wang Dahui (汪大翠). Degradation of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid by

- ozone with ultrasound (I): Synergistic effect of ozonation and sonolysis. *Journal of Chemical Industry and Engineering (China)* (化工学报), 2004, **55** (11): 1859-1863
- [15] Chen Lan (陈岚), Shi Huixiang (史惠祥), Wang Dahui (汪大翥). Degradation of 2,4-dichlorophoxyacetic acid by ozone with ultrasound (II): Degradation pathway. *Journal of Chemical Industry and Engineering (China)* (化工学报), 2004, **55** (11): 1864-1868
- [16] Chen Lan (陈岚), Quan Yuheng (权宇珩), Shi Huixiang (史惠祥), *et al.* Mechanism of herbicide 2,4-D degradation by ozonation (I): Intermediate product. *Journal of Agro-Environment Science* (农业环境科学学报), 2007, **26** (4): 1473-1476
- [17] Chen Lan (陈岚), Quan Yuheng (权宇珩), Shi Huixiang (史惠祥), *et al.* Mechanism of herbicide 2,4-D degradation by ozonation (II): Degradation pathway. *Journal of Agro-Environment Science* (农业环境科学学报), 2007, **26** (3): 1088-1092

信息与交流

第一届全国离子液体与绿色过程会议

第一轮通知

离子液体是国际绿色化学化工的前沿和热点,为解决全球能源、资源、环境、材料等重大战略性问题提供了新机遇。然而,离子液体作为一类新型的复杂物质体系,其理论和应用尚有待深入和完善,面临技术、经济、环境等多项挑战,如何通过学科交叉和技术集成,实现对离子液体的共性科学规律、关键技术和工业应用的新突破,成为当前学术界、工业界和管理部门共同关注的重大问题。

2007年9月,我们组织了“第143次青年科学家论坛——离子液体与绿色化学”,100余位专家学者参加了此次论坛,大家感觉收获甚丰。应广大专家学者的强烈要求并广泛征求意见,拟组织“离子液体与绿色过程”全国性系列年会,以促进离子液体和绿色过程的研究、开发和应用。

现将会议有关事项通知如下:

一、主承办单位

中国科学院过程工程研究所

化学工业出版社《化工学报》编辑部

中国石油大学(北京)重质油国家重点实验室

浙江大学化学系

二、会议时间和地点

2008年11月5-7日,北京

三、主要议题

1. 离子液体及其混合溶剂体系的物性与构效关系
2. 离子液体及其复合材料的合成和表征新技术
3. 离子液体的环境性质及环境工程技术
4. 离子液体在清洁能源过程中的应用
5. 基于离子液体的资源清洁利用技术
6. 离子液体的电化学应用新技术
7. 基于离子液体的工业生物技术
8. 离子液体/超临界流体等的绿色化学技术
9. 绿色过程系统集成与生态设计
10. 绿色化学化工相关的其他基础和应用研究