

## 双功能金属卟啉催化环氧化合物与 CO<sub>2</sub> 偶联反应合成环碳酸酯

柏东升, 王晓旋, 宋莹莹, 李 博, 张立龙, 闫 鹏, 景欢旺

兰州大学化学化工学院功能有机分子化学国家重点实验室, 甘肃兰州 730000

**摘要:** 合成了新颖的双功能水溶性金属卟啉催化剂 M(TTMAPP)<sub>4</sub>(X) (M=Co, Fe, Mn 和 Cr; X=OAc, CF<sub>3</sub>COO, CCl<sub>3</sub>COO, OTs, Cl, Br 和 I), 研究了它们催化 CO<sub>2</sub> 与末端环氧化合物合成环碳酸酯的偶联反应. 分别考察了反应温度、不同金属的 Lewis 酸中心、抗衡离子和催化剂重复使用次数对反应性能的影响. 当以 Co(III)(TTMAPP)<sub>4</sub>(OAc) 为催化剂, 底物与催化剂摩尔比为 1 000, 温度为 353 K, CO<sub>2</sub> 压力为 667 kPa 和无溶剂条件下, 反应 5 h 时丙烯环碳酸酯收率为 95.4%. 在 298 K, 底物与催化剂之比为 2 000 时, 加入 1 ml 甲醇, 反应 24 h 丙烯环碳酸酯收率为 19.4%. 催化剂可以用乙醚回收, 循环使用 5 次后催化剂活性没有明显降低.

**关键词:** 金属卟啉催化剂; 二氧化碳; 环氧化合物; 偶联反应; 环碳酸酯

中图分类号: O643

文献标识码: A

## Bifunctional Metalloporphyrins-Catalyzed Coupling Reaction of Epoxides and CO<sub>2</sub> to Cyclic Carbonates

BAI Dongsheng, WANG Xiaoxuan, SONG Yingying, LI Bo, ZHANG Lilong,  
YAN Peng, JING Huanwang\*

State Key Laboratory of Applied Organic Chemistry, College of Chemistry and Chemical Engineering,  
Lanzhou University, Lanzhou 730000, Gansu, China

**Abstract:** New catalysts of water soluble bifunctional metalloporphyrins M(TTMAPP)<sub>4</sub>(X) (M = Co, Fe, Mn, and Cr; X = OAc, CF<sub>3</sub>COO, CCl<sub>3</sub>COO, OTs, Cl, Br, and I) were synthesized and used to catalyze the synthesis of cyclic carbonate through the coupling reaction of terminal epoxides and CO<sub>2</sub>. The effects of reaction temperature, various metals as the Lewis acidic center, counterions, and recycling of the catalysts were studied. 5,10,15,20-Tetra-(*p*-*N,N,N*-trimethylphenyl ammonium iodide)porphyrinium cobalt(III) acetate [Co(III)-(TTMAPP)<sub>4</sub>(OAc)] was efficient in the coupling reaction of various terminal epoxides and CO<sub>2</sub> at 353 K under 667 kPa of CO<sub>2</sub> pressure without solvent and molar ratio of epoxide:catalyst = 1000. It gave a propylene carbonate yield of 95.4% within 5 h. At 298 K in the presence of 1 ml methanol with the molar ratio of epoxide:catalyst = 2000, it gave a propylene carbonate yield of 19.4% within 24 h. The catalyst could be recovered with diethyl ether and reused five times without significant loss of catalytic activity.

**Key words:** metalloporphyrin catalyst; carbon dioxide; epoxide; coupling reaction; cyclic carbonate

CO<sub>2</sub> 作为廉价的碳源和温室气体已经受到人们的广泛关注<sup>[1,2]</sup>. 作为固定 CO<sub>2</sub> 的产物, 环碳酸酯是重要的生物医药前体、非质子极性溶剂以及工程塑料的原料<sup>[3-10]</sup>. 迄今为止, 已经有许多催化体系用于 CO<sub>2</sub> 和环氧化合物的反应, 如金属配合物、离子液和金属氧化物等<sup>[11-18]</sup>. 本课题组也报道了卟啉金属配合物/共催化剂、希夫碱金属配合物/共催化剂、聚合

物金属配合物/共催化剂和 Cp<sub>2</sub>TiCl<sub>2</sub>/路易斯碱等高效催化体系<sup>[19-25]</sup>. 这些体系需要有金属配合物的 Lewis 酸中心以及共催化剂的 Lewis 碱中心<sup>[12]</sup>. Noh 等<sup>[26]</sup> 使用 SalenCoX/哌啶盐双功能催化体系催化 CO<sub>2</sub> 与环氧化合物的聚合反应. 吕小兵课题组<sup>[27-31]</sup> 报道了 SalenAlX/季铵盐以及 SalenCrX 双功能催化体系高效地制备环碳酸酯或聚碳酸酯. 最近, Miao

收稿日期: 2009-09-30.

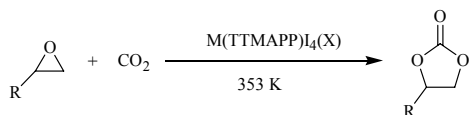
联系人: 景欢旺. Tel: (0931)8912585; Fax: (0931)8912582; E-mail: hwjing@lzu.edu.cn

基金来源: 国家自然科学基金(20843005, 20973086).

本文的英文电子版由 Elsevier 出版社在 ScienceDirect 上出版(<http://www.sciencedirect.com/science/journal/18722067>).

等<sup>[32]</sup>报道了既包含 Lewis 中心又包含亲核试剂(季铵盐)的双功能希夫碱配合物催化体系. 此后, Sujith 等<sup>[33]</sup>报道了类似的双功能希夫碱配合物催化体系. Chang 等<sup>[34]</sup>采用手性双功能 Salen 配合物催化不对称合成环碳酸酯反应.

本文采用双功能金属卟啉催化剂催化环氧化物与 CO<sub>2</sub> 偶联反应合成环碳酸酯, 而不必再加入任何共催化剂(见图示 1).



图式 1 双功能卟啉催化剂催化环碳酸酯的合成

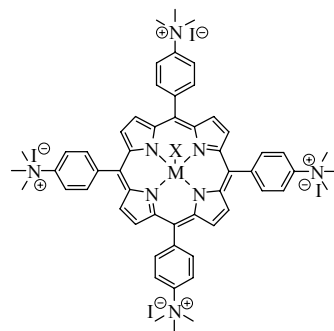
Scheme 1. Synthesis of cyclic carbonates catalyzed by M(TTMAPP)<sub>4</sub>(X).

## 1 实验部分

### 1.1 双功能金属卟啉催化剂的合成

四(对-二甲氨基苯基)卟啉 H<sub>2</sub>TDMAPP, 四(对-三甲基苯基碘化铵)卟啉 H<sub>2</sub>TTMAPPI<sub>4</sub> 以及结构不同的双功能金属卟啉络合物催化剂四(对-三甲基苯基碘化铵)卟啉醋酸钴 Co(III)(TTMAPP)<sub>4</sub>(OAc) (**1a**), 四(对-三甲基苯基碘化铵)卟啉醋酸铁 Fe(III)(TTMAPP)<sub>4</sub>(OAc) (**1b**), 四(对-三甲基苯基碘化铵)卟啉醋酸锰 Mn(III)(TTMAPP)<sub>4</sub>(OAc) (**1c**), 四(对-三甲基苯基碘化铵)卟啉氯化铬 Cr(III)(TTMAPP)<sub>4</sub>(Cl) (**1d**), 四(对-三甲基苯基碘化铵)卟啉氯化钴 Co(III)(TTMAPP)<sub>4</sub>(Cl) (**1e**), 四(对-三甲基苯基碘化铵)卟啉溴化钴 Co(III)(TTMAPP)<sub>4</sub>(Br) (**1f**), 四(对-三甲基苯基碘化铵)卟啉碘化钴 Co(III)(TTMAPP)<sub>4</sub>(I) (**1g**), 四(对-三甲基苯基碘化铵)卟啉三氟醋酸钴 Co(III)(TTMAPP)<sub>4</sub>(CF<sub>3</sub>COO) (**1h**), 四(对-三甲基苯基碘化铵)卟啉三氯醋酸钴 Co(III)(TTMAPP)<sub>4</sub>(CCl<sub>3</sub>COO) (**1i**) 和四(对-三甲基苯基碘化铵)卟啉对甲苯磺酸钴 Co(III)(TTMAPP)<sub>4</sub>(OTs) (**1j**) 按文献<sup>[35~38]</sup>方法制备, 其结构见图式 2.

将配体碘化四(对-三甲胺基苯基)卟啉 H<sub>2</sub>TTMAPPI<sub>4</sub> (0.1 mmol) 溶解在 100 ml 沸水中, 迅速加入一倍量的乙酸盐后在空气中回流 2 h, 蒸干溶液后剩余物用水重结晶得到金属催化剂 M<sup>III</sup>(TTMAPP)<sub>4</sub>(OAc) (**1a~1c**). 或者, 将配体碘化四(对-三甲胺基苯基)卟啉 H<sub>2</sub>TTMAPPI<sub>4</sub> (0.1 mmol) 和



图式 2 M(TTMAPP)<sub>4</sub>(X) 催化剂的结构

Scheme 2. The structure of catalysts M(TTMAPP)<sub>4</sub>(X).

三乙胺 (0.2 mmol) 溶解在 100 ml 沸水中, 迅速加入一倍量的醋酸钴 Co(OAc)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O 后在氩气中回流 2 h, 最后加入一倍量的浓酸(盐酸、氢溴酸、氢碘酸、三氟乙酸、三氯乙酸或对甲基苯磺酸)后在空气中再回流 2 h. 蒸干溶液后得到金属催化剂 Co<sup>III</sup>(TTMAPP)<sub>4</sub>(X) (**1e~1j**). 化合物 **1d** 采用文献<sup>[37]</sup>改进的方法制备. 将配体碘化四(对-三甲胺基苯基)卟啉 H<sub>2</sub>TTMAPPI<sub>4</sub> (0.2 g) 溶解在回流的 DMF (20 ml) 中, 迅速加入一倍量的金属盐 (CrCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O) 后在空气中回流 4 h. 混合物冷却到室温后加入 80 ml 丙酮静置过夜得深红色沉淀, 抽滤, 滤饼用丙酮洗涤, 然后在 373 K 真空干燥即得催化剂 **1d**. 催化剂 **1d** 的红外光谱分析结果表明, 碘化四(对-三甲胺基苯基)卟啉 H<sub>2</sub>TTMAPPI<sub>4</sub> 中 3 433 和 963 cm<sup>-1</sup> 处吸收峰的消失以及吡咯环在 1 349 cm<sup>-1</sup> 处新吸收峰的出现标志催化剂 **1d** 的生成. Cr(TTMAPP)<sub>4</sub>(Cl)·2H<sub>2</sub>O 中元素分析理论计算结果: C 46.70%; H 4.20%; N 7.78%; 实测结果: C 46.52%; H 4.28%; N 7.59%. 其它金属卟啉配合物均进行了相同的表征, 得到的结果与文献<sup>[35~38]</sup>值一致.

### 1.2 环氧化物与 CO<sub>2</sub> 偶联反应

环氧化物与 CO<sub>2</sub> 偶联反应在 100 ml 配有磁力搅拌的高压釜中进行. 环氧丙烷 (PO) 经过 CaH<sub>2</sub> 蒸馏干燥, 其它环氧化物从 Aldrich 公司购买后未经纯化直接使用. 向反应釜中依次加入环氧化物 (50 mmol) 和双功能金属卟啉催化剂 (0.05 mmol) 后封闭高压釜, 用 CO<sub>2</sub> 置换 3 次后冲压至 667 kPa. 将高压釜放入给定温度的油浴中, 搅拌. 反应一定时间后, 高

压釜用冰浴冷却后泄压. 反应混合物用乙醚萃取 3 次后过滤, 催化剂以固体形式析出, 滤液减压蒸馏或用乙醇重结晶得到纯的环碳酸酯. 对于长链环氧化合物或含芳环的环氧化合物, 用水洗除去催化剂后处理.

## 2 结果与讨论

### 2.1 温度的影响

以 **1a** 为催化剂考察了反应温度对 PO 和 CO<sub>2</sub> 偶联合成丙烯环碳酸酯 (PC) 的影响, 结果见表 1. 由表可见, 随着温度的升高, PC 收率先增加后降低, 当温度达到 343 K 时, PC 收率达到最高值, 但转化频率 (TOF) 值较低. 这可能是由于高温下催化剂部分分解所致. 综合考虑, 以 **1a** 为催化剂催化 PO 和 CO<sub>2</sub> 偶联反应的适宜反应温度为 353 K.

表 1 反应温度对环氧丙烷与 CO<sub>2</sub> 偶联反应的影响

Table 1 Effect of reaction temperature on coupling reaction of propylene oxide (PO) and CO<sub>2</sub>

Entry	Temperature (K)	Time (h)	Yield <sup>a</sup> (%)	TOF (h <sup>-1</sup> )
1 <sup>b</sup>	298	24	19.4	16.2
2	333	24	52.7	21.9
3	343	11	97.6	88.7
4	353	5	95.4	190.8
5	363	7	73.8	105.4

<sup>a</sup>Isolated yield with selectivity > 99%. Reaction conditions: catalyst **1a** 0.05 mmol, PO 50 mmol,  $p(\text{CO}_2) = 667 \text{ kPa}$ ; <sup>b</sup>Epoxide 100 mmol,  $p(\text{CO}_2) = 1334 \text{ kPa}$ , 1 ml methanol as solvent.

### 2.2 不同金属卟啉的催化性能

从文献[21]反应机理可知, 金属作为 Lewis 酸中心是催化合成环碳酸酯的关键步骤. 本文考察了 4 种双功能金属卟啉催化剂对 PO 与 CO<sub>2</sub> 偶联反应的催化性能, 结果列于表 2. 可以看出, 金属相应催化剂活性顺序为 Co > Mn > Fe > Cr. 因此, 以下实验均选择

表 2 不同金属卟啉对 PO 与 CO<sub>2</sub> 偶联反应的催化性能

Table 2 Catalytic performance of different metalloporphyrins for coupling reaction of PO and CO<sub>2</sub>

Entry	Catalyst	Time (h)	Yield <sup>a</sup> (%)	TOF (h <sup>-1</sup> )
1	<b>1a</b>	5	95.4	190.8
2	<b>1b</b>	15	73.5	49.0
3	<b>1c</b>	5	86.5	173.0
4	<b>1d</b>	24	12.3	5.1
5 <sup>b</sup>	<b>1d</b>	24	58.6	29.3

<sup>a</sup>Isolated yield with selectivity > 99%. Reaction conditions: catalyst 0.05 mmol, PO 50 mmol,  $p(\text{CO}_2) = 667 \text{ kPa}$ , 353 K; <sup>b</sup>1 ml methanol as solvent.

Co 卟啉作为环氧化合物与 CO<sub>2</sub> 偶联反应的催化剂.

### 2.3 催化剂中的抗衡离子的影响

为了筛选出效率最高的催化剂, 本文制备了几种带有不同抗衡离子的双功能钴卟啉配合物来催化 PO 与 CO<sub>2</sub> 的偶联反应, 结果见表 3. 可以看出, 在没有溶剂的情况下, 不同抗衡离子催化剂活性顺序为 OAc<sup>-</sup> > I<sup>-</sup> > Cl<sup>-</sup> > Br<sup>-</sup> > OTs<sup>-</sup> > CF<sub>3</sub>COO<sup>-</sup> > CCl<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>. 由于催化剂在体系中的溶解性能较低, 在 353 K 反应时并不完全是均相的, 因此不同抗衡离子催化剂活性的变化规律不明显. 加入甲醇溶剂时, 反应完全在均相中进行, 不同催化剂的活性则表现出一定的规律. 当抗衡离子是 OAc<sup>-</sup> 时, 催化剂在 PO 中的溶解性较好. 因此, 即使加入甲醇后反应性能变化不大. 由于此双功能催化剂中均含有季铵盐和 I<sup>-</sup>, 所以反应中亲核试剂均为 I<sup>-</sup>, 而轴向的抗衡阴离子改变了中心金属的酸碱碱性, 从而改变了催化剂的溶解性能和催化活性. 加入溶剂后, 不同抗衡离子催化剂活性的顺序为: CF<sub>3</sub>COO<sup>-</sup> > CCl<sub>3</sub>COO<sup>-</sup> > OAc<sup>-</sup> > I<sup>-</sup> > Br<sup>-</sup> > Cl<sup>-</sup> > OTs<sup>-</sup>. 这与我们以前的报道一致<sup>[19]</sup>.

表 3 催化剂中的抗衡离子对偶联反应的影响

Table 3 Effect of counterion X<sup>-</sup> in catalyst Co(TTMAPP) I<sub>4</sub>(X) on the coupling reaction of PO and CO<sub>2</sub>

Entry	X <sup>-</sup>	Time (h)	Yield <sup>a</sup> (%)	TOF (h <sup>-1</sup> )
1	OAc <sup>-</sup>	5	95.4	190.8
		5	95.8 <sup>b</sup>	191.6
2	CF <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	24	4.8	2.0
		4	89.8 <sup>b</sup>	224.5
3	CCl <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	24	< 1.0	< 1.0
		3	66.9 <sup>b</sup>	223.0
4	OTs <sup>-</sup>	72	30.9	4.3
		8	15.5 <sup>b</sup>	18.9
5	Cl <sup>-</sup>	5	59.6	119.2
		5	61.4 <sup>b</sup>	122.8
6	Br <sup>-</sup>	8	33.9	42.4
		5	66.1 <sup>b</sup>	132.2
7	I <sup>-</sup>	8	66.7	83.4
		5	72.8 <sup>b</sup>	145.6

<sup>a</sup>Isolated yield with selectivity > 99%. Reaction conditions: catalyst 0.05 mmol, PO 50 mmol,  $p(\text{CO}_2) = 667 \text{ kPa}$ , 353 K; <sup>b</sup>1 ml methanol as solvent.

### 2.4 催化剂的重复使用性能

在优化的反应条件下, 考察了双功能金属卟啉催化剂 **1a** 的重复使用性能, 结果见表 4. 当反应一定时间后, 向反应混合物中加入 5 ml 乙醚, 震荡, 抽滤, 催化剂用乙醚 (3 ml) 洗涤 3 次, 真空干燥, 乙酸氧化,

表 4 催化剂 **1a** 的重复使用性能Table 4 Reusability of catalyst **1a** in coupling reaction of PO and CO<sub>2</sub>

Cycle	Yield <sup>a</sup> (%)	TOF (h <sup>-1</sup> )
1(fresh)	95.4	190.8
2	93.9	187.8
3	92.0	184.0
4	88.5	177.0
5	85.6	171.2
6	81.3	162.6


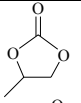

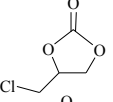

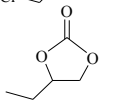

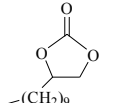

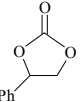
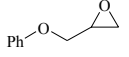
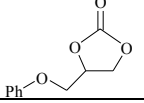
Reaction conditions: catalyst **1a** 0.05 mmol, PO 50 mmol,  $p(\text{CO}_2) = 667 \text{ kPa}$ , 353 K, 5 h. <sup>a</sup>Isolated yield with selectivity > 99%.

待用; 滤液减压蒸馏得产物 PC. 由表可见, 催化剂重复使用 5 次后, PC 收率从 95.4% 逐渐降至 81.3%. PC 收率下降主要是由于催化剂在回收过程中部分损失(如滤纸吸附等)所致.

### 2.5 不同环氧化合物与 CO<sub>2</sub> 的偶联反应

为拓展催化剂的应用范围, 本文在优化条件下考察了 **1a** 对不同环氧化合物(环氧化合物的取代基包括芳香族、脂肪族、吸电子基团和给电子基团等)与 CO<sub>2</sub> 偶联反应的催化性能, 结果列于表 5. 由表可见, 1,2-环氧丁烷或 1,2-环氧苯乙烯生成的环碳酸酯收率较低(分别为 54.2% 或 62.5%). 这是由于底物中

表 5 催化剂 **1a** 催化不同环氧化合物与 CO<sub>2</sub> 的偶联反应Table 5 Coupling reactions of various epoxides and CO<sub>2</sub> catalyzed by **1a**

Entry	Substrate	Time (h)	Product	Yield <sup>a</sup> (%)	TOF (h <sup>-1</sup> )
1		5		95.4	190.8
2		6		89.8	150.0
3		72		54.2	7.5
4		72		57.9	8.0
5		36		62.5	17.4
6		24		82.6	34.4

Reaction conditions: catalyst **1a** 0.05 mmol, epoxide 50 mmol,  $p(\text{CO}_2) = 667 \text{ kPa}$ , 353 K. <sup>a</sup>Isolated yield with selectivity > 99%.

取代基的给电子效应所致. 另外, 1,2-环氧十二烯由于粘度过大导致产物收率也不高(为 57.9%).

## 3 结论

双功能金属卟啉络合物 M(III)(TTMAPP)<sub>4</sub>(X) 无论在甲醇溶剂存在下还是无溶剂条件下都可以高效地催化环氧化合物和 CO<sub>2</sub> 偶联反应生成相应的环碳酸酯, 从而把 CO<sub>2</sub> 固定到有机分子中. 催化剂可以过滤分离后重复使用, 催化效率下降得较为缓慢, 显示出此类催化剂在合成化学方面具有较大的潜力.

## 参 考 文 献

- Darensbourg D J, Holtcamp M W. *Coord Chem Rev*, 1996, **153**: 155
- Sakakura T, Choi J C, Yasuda H. *Chem Rev*, 2007, **107**: 2365
- Aida T, Inoue S. *Macromolecules*, 1982, **15**: 682
- Aida T, Ishikawa M, Inoue S. *Macromolecules*, 1986, **19**: 8
- Jung J H, Ree M, Chang T. *J Polym Sci Part A*, 1999, **37**: 3329
- Aida T, Inoue S. *J Am Chem Soc*, 1983, **105**: 1304
- Mang S, Cooper A I, Colclough M E, Chauhan N, Holmes A B. *Macromolecules*, 2000, **33**: 303
- Stamp L M, Mang S A, Holmes A B, Kinghts K A, de Miguel Y R, Mcconve I F. *Chem Commun*, 2001: 2502
- Baba A, Nozaki T, Matsuda H. *Bull Chem Soc Jpn*, 1987, **60**: 1552
- Sakakura T, Kohno K. *Chem Commun*, 2009: 1312
- Li F W, Xia Ch G, Xu L W, Sun W, Chen G X. *Chem Commun*, 2003: 2042
- Paddock R L, Nguyen S T. *J Am Chem Soc*, 2001, **123**: 11498
- Peng J J, Deng Y Q. *New J Chem*, 2001, **25**: 639
- Calo V, Nacci A, Monopoli A, Fanizzi A. *Org Lett*, 2002, **4**: 2561
- Lü X B, Feng X J, He R. *Appl Catal A*, 2002, **234**: 25
- Sit W N, Ng S M, Kwong K Y, Lau C P. *J Org Chem*, 2005, **70**: 8583
- Jiang J L, Gao F X, Hua R M, Qiu X Q. *J Org Chem*, 2005, **70**: 38
- Xie H B, Li Sh H, Zhang Sh B. *J Mol Catal A*, 2006, **250**: 30
- Jin L L, Jing H W, Chang T, Bu X L, Wang L, Liu Z L. *J Mol Catal A*, 2007, **261**: 262
- Chang T, Jing H W, Jin L L, Qiu W Y. *J Mol Catal A*, 2007, **264**: 241
- Jing H W, Chang T, Jin L L, Wu M, Qiu W Y. *Catal Commun*, 2007, **8**: 1630
- 靳丽丽, 常涛, 景欢旺. 催化学报 (Jin L L, Chang T, Jing H W. *Chin J Catal*), 2007, **28**: 287
- 常涛, 吴梅, 靳丽丽, 景欢旺, 邱文元. 催化学报 (Chang

- T, Wu M, Jin L L, Jing H W, Qiu W Y. *Chin J Catal*, 2007, **28**: 404
- 24 Yan P, Jing H W. *Adv Synth Catal*, 2009, **351**: 1325
- 25 Bai D Sh, Jing H W, Liu Q, Zhu Q Q, Zhao X F. *Catal Commun*, 2009, **11**: 155
- 26 Noh E K, Na S J, Sujith S, Kim SW, Lee B Y. *J Am Chem Soc*, 2007, **129**: 8082
- 27 Lü X B, He R, Bai C X. *J Mol Catal A*, 2002, **186**: 1
- 28 Lü X B, Zhang Y J, Liang B, Li X, Wang H. *J Mol Catal A*, 2004, **210**: 31
- 29 Zhang X, Jia Y B, Lü X B, Li B, Wang H, Sun L Ch. *Tetrahedron Lett*, 2008, **49**: 6589
- 30 Lü X B, Liang B, Zhang Y J, Tian Y Z, Wang Y M, Bai C X, Wang H, Zhang R. *J Am Chem Soc*, 2004, **126**: 3732
- 31 Ren W M, Liu Zh W, Wen Y Q, Zhang R, Lü X B. *J Am Chem Soc*, 2009, **31**: 11509
- 32 Miao Ch X, Wang J Q, Wu Y, Du Y, He L N. *Chem Sus Chem*, 2008, **1**: 236
- 33 Sujith S, Min J K, Seong J E, Na S J, Lee B Y. *Angew Chem Int Ed*, 2008, **47**: 7306
- 34 Chang T, Jin L L, Jing H W. *Chem Cat Chem*, 2009, **1**: 379
- 35 Gunter M J, Robinson B C. *Aust J Chem*, 1989, **42**: 1897
- 36 刘彦钦, 韩士田, 周基清, 谢虹. 化学试剂 (Liu Y Q, Han Sh T, Zhou J Q, Xie H. *Chem Reag*), 1995, **17**: 252
- 37 Krishnamurthy M. *Indian J Chem*, 1977, **15B**: 964
- 38 刘杰, 许东晖, 梅文杰, 蒲含林, 黄锦汪, 计亮年. 高等学校化学学报 (Liu J, Xu D H, Mei W J, Pu H L, Huang J W, Ji L N. *Chem J Chin Univ*), 2001, **22**: 1446

## 第六届国际环境催化大会 (ICEC6, 2010)

2010年9月12~15日 北京 中国科学院生态环境研究中心主办

第六届国际环境催化大会 (6th International Conference on Environmental Catalysis, ICEC6) 将于2010年9月12~15日在北京召开。国际环境催化大会是环境催化领域的高水平学术会议, 具有很高的国际知名度。该大会于1995年在意大利比萨首次举行, 随后分别于1998年在美国迈阿密、2001年在日本东京、2005年在德国海德堡、2008年在英国贝尔法斯特举行, 已举办了5届, 在环境催化领域产生了很大影响, 促进了各国研究者之间的合作与交流。在全球气候变化、环境污染和能源危机等问题引起广泛关注的背景下, 本届大会由中国科学院生态环境研究中心负责主办。中国科学院大连化学物理研究所李灿院士担任大会主席, 中国科学院生态环境研究中心贺泓研究员担任大会组委会共同主席。

本届大会将继承前几届大会的传统, 展示近年来环境催化领域在科学和工程上所取得的最新研究进展, 推进全球环境催化科学的交流及其在环境保护和发展新能源方面的应用, 并为学术界和工业界研究者提供交流和学习平台。大会将邀请国内外著名学者和专家就环境催化领域的研究和应用前沿进展做精彩报告, 详细信息请见会议网站 [www.icec2010.org](http://www.icec2010.org) 或通过电子邮件与我们联系 ([info@icec2010.org](mailto:info@icec2010.org))。大会组委会诚挚邀请国内外环境催化领域的专家、学者、技术人员和相关企业参加本届大会。

### 1. 征文范围

1) 机动车尾气催化净化最新研究进展; 2) 用于空气和水质净化的催化科学和技术; 3) 可持续洁净能源转化过程中的催化科学和技术; 4) 温室气体的催化消除; 5) 涉及绿色化学的催化过程。

### 2. 征文要求

论文符合主题范围, 且未在国内外学术期刊上正式发表。论文详细摘要以A4纸不超过1页为宜。来稿经审阅后将编入会议论文集。部分优秀稿件经审稿后可选择在 *Catalysis Today* 和《催化学报》上发表。

欢迎登陆会议主网页 ([www.icec2010.org](http://www.icec2010.org)) 投稿、注册和查看会议筹备进展情况。

### 3. 重要日期

2010年3月10日 论文投稿截止

2010年6月30日 优惠注册截止

2010年8月30日 酒店预订截止

### 4. 联系方式

会议咨询热线: 010-62174061, 62180141

会议网址: [www.icec2010.org](http://www.icec2010.org)

秘书处: 北京市海淀区中关村南大街1号, 友谊宾馆苏园写字楼15-303, 中国国际科技会议中心, 邮编100873

传真: 010-62180141/2 E-mail: [info@icec2010.org](mailto:info@icec2010.org)

报名办法: 请登录 [www.icec2010.org](http://www.icec2010.org) 进行网上注册

(第六届国际环境催化大会组委会)