空气中微量 1,1,1,2-四氟乙烷吸附分离的分子模拟

张翔¹ 马聪聪¹ 张学军² 邵晓红^{1,*} 曹达鹏¹¹北京化工大学分子材料模拟实验室, 北京 100029;²北京化工大学, 碳纤维及功能高分子教育部重点实验室, 北京 100029)

摘要: 利用实验和巨正则系综蒙特卡罗(GCMC)方法研究了 N₂/HFC-134a (1,1,1,2-四氟乙烷)二元混合物在活性炭纤维(ACF)内的吸附分离. 重点讨论了孔径、压强及温度对HFC-134a 吸附选择性的影响, 为不同条件下吸附空气中的微量 HFC-134a 提供了理论参考. 结果表明: 较小孔径、低压以及低温条件有利于 HFC-134a的吸附分离. 在常温下, HFC-134a 在带有孔径分布的活性炭纤维材料内的吸附选择性可以达到 62, 表明我们所制备的活性炭纤维材料可以较好地分离空气中微量的 HFC-134a. 特别地, 在常温和 0.41×10⁵ Pa 下, 0.75 nm 的碳孔对 HFC-134a 的吸附选择性达到了 230. 因此, 为了有效地吸附空气中的 HFC-134a, 推荐使用小孔径的碳材料.

关键词: 巨正则蒙特卡罗方法; 吸附选择性; 1,1,1,2-四氟乙烷 活性炭纤维

中图分类号: O647

Adsorption Separation of a Small Amount of 1,1,1,2-Tetrafluoroethane in Air Using Molecular Simulation

ZHANG Xiang¹ MA Cong-Cong¹ ZHANG Xue-Jun² SHAO Xiao-Hong^{1,*} CAO Da-Peng¹¹Laboratory of Molecular and Materials Simulation, Beijing University of Chemical Engineering, Beijing 100029, P. R. China;²Key Laboratory of Carbon Fiber and Functional Polymers, Ministry of Education, Beijing University of Chemical Engineering, Beijing 100029, P. R. China)

Abstract: The adsorption and separation of a binary mixture of N₂ and HFC-134a (1,1,1,2-tetrafluoroethane) on activated carbon fibers (ACFs) was investigated by experiment and the grand canonical Monte Carlo (GCMC) method. The effects of pore size, pressure and temperature on the selectivity of HFC-134a over N₂ on ACF were investigated. Results show that the selectivity of HFC-134a decreases with an increase in pore size, pressure and temperature. The selectivity of HFC-134a on ACF with a pore size distribution reaches 62 at room temperature, indicating that our sample is an excellent candidate for the removal of HFC-134a from air. In particular, the selectivity of HFC-134a over nitrogen on ACF with pores of 0.75 nm in size can reach 230 at 0.41×10⁵ Pa and room temperature. Therefore, carbon materials with small pores are recommended to adsorb HFC-134a efficiently.

Key Words: Grand canonical Monte Carlo method; Absorption selectivity; 1,1,1,2-Tetrafluoroethane; Activated carbon fiber

氢氟烃(HFCs)作为制冷剂应用于工业中, HFC-134a 是目前应用最广泛的过渡型制冷剂^[1-2], 但是其中氟原子具有明显的温室效应, 所以 HFC-134a 的吸附分离是一个重要的研究课题^[3-9].

Christopher 等^[3]通过实验得到了低压下(低于 1 kPa)HFC-134a 在活性碳中的吸附. Basavaraj 等^[4]利用体积法测定了不同温度和不同压强下 HFC-134a 在活性碳内的吸附, 并比较了吸附等温线的形状.

Received: January 26, 2010; Revised: March 16, 2010; Published on Web: April 26, 2010.

*Corresponding author. Email: shaoxh@mail.buct.edu.cn; Tel: +86-10-64453523.

The project was supported by the National Natural Science Foundation of China (20736002).

国家自然科学基金重点项目(20736002)资助

Bidyut 等^[5]利用 Dubinin-Astakhov(DA)模型拟合了 HFC-134a 碳材料中的吸附数据. 对 HFC-134a 在活性碳内吸附的研究主要集中在研究纯组分的情况, 而利用分子模拟对含有 HFC-134a 的二元混合物的吸附分离未见报道.

由于空气中 HFC-134a 的含量比较低, 通常采用物理吸附方法回收. 碳纤维由于其质量轻, 强度高, 耐烧蚀等优异性能, 广泛应用于石油工业、电子工业、航空航天工业等方面. 活化后的碳纤维具有较高的比表面积和较窄的孔径分布, 近些年广泛用于 H_2 、 CH_4 和 CO_2 等气体的存储及分离^[10-11]. 因此, 本文将以活性碳纤维作为吸附剂来模拟 N_2 /HFC-134a 二元混合物在活性碳纤维内的吸附分离. 考虑到实际情况, 主要讨论了常温范围内(273、298、323 K), HFC-134a 的摩尔分数分别为 5%、10% 和 15% 以及低压下(低于 5×10^5 Pa) N_2 /HFC-134a 的吸附. 然后, 通过不同情况下二组分的吸附等温线, 得出了各种情况下 HFC-134a 的吸附选择性. 最后讨论了压强、温度和孔径对吸附选择性的影响, 为空气中微量 HFC-134a 的吸附分离提供了理论参考.

1 实验部分

1.1 样品制备

以通用级沥青碳纤维为原料, 经去离子水清洗后烘干至恒重, 装入立式碳化/活化炉. 以高纯氮气作为保护气, 按设定升温速率加热至 1173 K, 随后通入一定量的水蒸气($N_2:H_2O$ 体积比为 1:1)进行活化. 活化 60 min 后, 停止加热与水蒸气供应, 在氮气保护下冷却至室温, 从而制得活性碳纤维, 具体细节可参阅文献[12]. 所得活性碳纤维烘干至恒重, 放入保干器备用.

1.2 氮气吸附表征

实验仪器采用 IGA-003 智能重量分析仪, 其为英国 HIDEN 生产的可测气体吸附分离的实验仪器, 测量精度可达到 $0.02 \mu g$. 测得样品在 77 K 时对氮气的吸附等温线. 首先对样品抽真空, 温度设为 573 K, 真空度为 10^{-5} Pa, 在此条件下脱气 24 h. 抽真空结束后, 设定测试温度, 有系统自动控制软件进行吸附等温线的测定. 实验的具体介绍可以参阅我们前期的工作^[13]. 实验中所用氮气纯度为 99.9%, 由北京亥普北分气体有限公司提供.

利用 77 K N_2 的吸附等温线, 测得实验中所用样品比表面积为 $2300 m^2 \cdot g^{-1}$, 平均孔径为 2.12 nm.

2 计算模型

2.1 HFC-134a 分子作用势能

本文中, HFC-134a 采用两质点极性(two center Lennard-Jones dipole, 2CLJD)分子模型^[14-18]. 2CLJD 模型是由相互距离为定长 L 的两质点构成, 两质点距离 L 形成分子轴. 同时分子轴的中心存在偶极矩 μ 的作用, 如图 1 所示.

2CLJD 势能函数具体表达式为

$$u_{2CLJD}(r_{ij}, \omega_i, \omega_j, L, \mu^2) = u_{2CLJ}(r_{ij}, \omega_i, \omega_j, L) + u_D(r_{ij}, \omega_i, \omega_j, \mu^2) \quad (1)$$

其中, u_{2CLJ} 项是 Lennard-Jones 部分, u_D 项是偶极部分, 分别定义为

$$u_{2CLJ}(r_{ij}, \omega_i, \omega_j, L) = \sum_{a=1}^2 \sum_{b=1}^2 4\epsilon [(\sigma/r_{ab})^{12} - (\sigma/r_{ab})^6] \quad (2)$$

$$u_D(r_{ij}, \omega_i, \omega_j, \mu^2) = (1/(4\pi\epsilon_0))(\mu_i^2/r_{ij}^3) \times (\cos\phi_{ij} - 3\cos\theta_i\cos\theta_j) \quad (3)$$

式(2-3)中, r_{ij} 是分子 i 和分子 j 中心之间的距离; r_{ab} 是相互作用的两个分子中的四个 Lennard-Jones 点之间相互的距离; a 代表分子 i 中的两个 Lennard-Jones 点, b 代表分子 j 中的两个 Lennard-Jones 点; ϵ 和 σ 分别是 Lennard-Jones 点的能量和尺寸参数; ϵ_0 是真空介电常数; ω_i 和 ω_j 分别表示分子 i 和 j 的方向. θ_i 和 θ_j 分别是分子 i 和 j 的偶极向量 μ_i 和 μ_j 与两分子中心-中心距离向量的夹角. 偶极向量 μ_i 和 μ_j 之间的夹角 ϕ_{ij} 的余弦量:

$$\cos\phi_{ij} = (\mu_i \cdot \mu_j) / (|\mu_i| \cdot |\mu_j|) \quad (4)$$

2.2 流体分子与壁面相互作用

流体分子与碳材料的相互作用采用 10-4-3 势能模型, 交互作用参数 ϵ_{fw} 和 σ_{fw} 采用 Lorentz-Berthelot

图 1 2CLJD 势能模型示意图^[15]

Fig.1 Sketch model of 2CLJD potential with embedded dipole^[15]

2CLJD: two center Lennard-Jones dipole

混合规则计算. 表 1 中列出了 N₂、HFC-134a 以及活性碳纤维的参数^[19-20].

对于 2CLJD 分子的模型参数, 进行无量纲化处理:

$$\mu^*=\mu^2/4\pi\epsilon_0\epsilon\sigma^3,$$

$$L=l/\sigma,$$

$$r^*=r/\sigma,$$

$$T^*=k_B T/\epsilon,$$

$$p^*=p\sigma^3/\epsilon,$$

$$\mu^*=\mu/N\epsilon$$

(5)

其中, k_B 为 Boltzmann 常数, N 为 Avogadro 常数. 计算中每个状态都要产生 2×10^7 个构型. 为了达到模拟平衡以及消除初始构型的影响, 最初的 1×10^7 个构型舍弃, 只用后面的 1×10^7 个构型来计算系综的平均性质.

3 结果与讨论

3.1 材料表征

首先对实验所用的 ACF 进行表征, 77 K 下氮气在 ACF 中的模拟吸附等温线如图 2 所示. 可以看到, 对比压强在 0–0.2 间时, 吸附量急剧上升; 随后, 上升的幅度减小; 当对比压强达到 0.4 时, 吸附量基本不变. 在对比压强 p/p_0 为 0.4 时, 氮气的吸附量的质量分数可以达到 85%, 表现出较好的吸附性能. 并且由吸附等温线的形状可以判断, 样品表现出微孔吸附的特征, 但是不完全是微孔填充效应, 同时可以看到样品不是由单一的孔径组成, 有一定的孔径分布. Kaneko^[21]研究表明活性碳纤维可以用狭缝孔模型等效其内部的孔分布, 因此本工作采用带有孔径分布的狭缝孔来描述该样品. 此外, 我们前期的研究^[13,22]表明对于微孔材料利用 GCMC 方法可以有效地计算碳材料的孔径分布, 因此本文利用 GCMC 结合统计积分方法计算了样品的孔分布, 见图 3.

计算中, 为了得到合适的孔径分布 $g(H)$, 而采用以下目标函数 J ^[23], 通过程序对目标函数 J 进行最小化, 使模拟值和实验值的偏差达到最小.

$$J=\sum_{k=1}^n [\Gamma_{\text{sim}}(p_k/p_0)-Y(p_k/p_0)]^2$$

$$=\sum_{k=1}^n \left[\sum_{H_{\min}}^{H_{\max}} \Gamma(H)g(H)dH-Y(p_k/p_0) \right]^2$$

(6)

表 1 HFC-134a、N₂ 以及活性碳纤维(ACF)的参数^[19-20]
Table 1 Parameters of HFC-134a, nitrogen and ACF^[19-20]

	σ/nm	$(\epsilon/k_B)/\text{K}$	l/nm	$\mu/(\text{C}\cdot\text{m})$
HFC-134a	0.3819	140.4	0.2559	9.1762×10^{-30}
N ₂	0.332	36.4	0.11	—
ACF	0.34	28.0	—	—

σ : size parameter, ϵ : energy parameter, l : distance between two centers, μ : dipole moment; ACF: activated carbon fibers

图 2 77 K 氮气在 ACF 中的吸附等温线

Fig.2 Adsorption isotherm of nitrogen on activated carbon fibers at 77 K

式(6)中, Γ_{sim} 表示利用孔径分布(PSD)得到的模拟结果, $Y(p/p_0)$ 表示实验数据, n 表示实验点的数目, k 表示吸附等温线上的第 k 个点, $\Gamma(H)$ 表示孔径为 H 的单个孔对应的吸附量, $g(H)$ 是孔径分布, H_{max} 和 H_{min} 分别表示样品的最大和最小孔径, 考虑到样品的孔分布范围, H_{min} 和 H_{max} 分别取 0.75 和 4.125 nm, 而步长取 0.375 nm.

由图 3 可以看到样品的孔径主要集中在 1.125–2.625 nm 之间, 尤其是 1.875 nm 的孔径占的比例最大. 基于该结果, 利用 GCMC 方法可以计算 HFC-134a 和 N₂ 在样品中的吸附和不同操作条件下的吸附选择性.

3.2 吸附等温线

由于空气中 HFC-134a 的浓度较低, 因此在模拟中选择 HFC-134a 的摩尔分数为 5%、10%和 15%, 温度为 273、298 和 323 K. 首先模拟了 298 K 下纯 HFC-134a 在不同孔径中的吸附等温线, 孔径范围为 0.75–4.125 nm, 如图 4 所示. 可以看到, HFC-134a

图 3 ACF 的孔径分布

Fig.3 Pore size distribution of ACF

在 0.75 nm 的孔径内的吸附量基本不随压强改变, 表现出明显的微孔填充效应, 这是因为当孔径较小时 HFC-134a 分子填满了整个孔, 随着压强升高吸附量不会有明显的改变; 当孔径增加至 1.125 nm 时, 吸附量增大; 当孔径大于 1.5 nm 后, 吸附量随着压强的增大急剧升高, 表现出多层吸附的特征。

结合 HFC-134a 在不同孔径下的吸附等温线, 利用孔径分布公式得出 ACF 对 HFC-134a 的吸附等温线, 如图 5 所示. 可以看到, 吸附量随着压强增大急剧上升, 1×10^5 Pa 下吸附量可以达到 $9.5 \text{ mmol} \cdot \text{g}^{-1}$, 当压强大于 1×10^5 Pa 时吸附量上升的幅度减小, 压强大于 2×10^5 Pa 下吸附量可以达到 $10 \text{ mmol} \cdot \text{g}^{-1}$; 此后, 随压强增大吸附量基本保持不变. 这与 Basavaraj 等^[4]的研究结果一致。

3.3 吸附选择性

为了考察样品对 N_2 中少量 HFC-134a 的吸附分离能力, 下文计算了 HFC-134a 在活性碳纤维样品中的吸附选择性^[24-26]. 对于二元混合物, 吸附选择性(S)定义为:

$$S = (x_1/y_1)/(x_2/y_2) \quad (7)$$

其中, y_1 和 y_2 分别为主体相中组分 1 和组分 2 的摩尔分数, x_1 和 x_2 分别为吸附相中组分 1 和组分 2 的摩尔分数。

3.3.1 吸附选择性随孔径的变化

为了考察孔径对吸附选择性的影响, 本文对 298 K, HFC-134a 摩尔分数为 5% 时不同孔径下 HFC-134a 的吸附选择性进行模拟. 从图 6 可以看出, 样品表现出很好的分离效果, 在孔径为 0.75 nm 和 0.41×10^5 Pa 时吸附选择性可以达到 230. 同时可以看到吸附选择性随着孔径的增大而减小, 在 1.2

图 4 298 K 时 HFC-134a 在不同孔径中的吸附等温线

Fig.4 Adsorption isotherms of HFC-134a with different pore sizes at 298 K
H: pore size

图 5 298 K 下 HFC-134a 在样品中的吸附等温线
Fig.5 Adsorption isotherm of HFC-134a on activated carbon fibers at 298 K

nm 以下时吸附选择性随着孔径的增大急剧下降, 当孔径大于 1.2 nm 时下降幅度减小. 当孔径达到 1.875 nm 后, 选择性随着孔径的增大变化不明显. 这是因为 HFC-134a 与材料的相互作用比氮气与材料的相互作用强, 较小孔径时 HFC-134a 分子能首先进入孔内; 随着孔径增大, ACF 内部孔对氮气分子的吸附作用相对提高. 因此较小的孔径较低的压强有利 HFC-134a 的分离. 另外, 不同压强下吸附选择性差异较大, 在 0.75 nm 孔径下 0.41×10^5 Pa 时吸附选择性可以达到 230, 而 1.64×10^5 Pa 时的吸附选择性仅为 120.

3.3.2 吸附选择性随压强的变化

本文计算了不同含量的 HFC-134a 在 ACF 样品内的吸附选择性随压强的变化关系, 见图 7. 计算中, 孔径选择范围为 0.75–4.125 nm, 结合已经计算的孔径分布结果, 可以得到材料的实际分离效果. 在不同的摩尔分数下, HFC-134a 的选择性均随压强升

图 6 298 K 时不同孔径下 HFC-134a 相对于 N_2 的吸附选择性(S)

Fig.6 Absorption selectivity (S) of HFC-134a relative to nitrogen at various pore sizes at 298 K

图 7 298 K 不同摩尔比下 HFC-134a 相对于 N₂ 的吸附选择性

Fig.7 Adsorption selectivity of HFC-134a relative to nitrogen at various molar fractions at 298 K

高而降低. 在不同摩尔比下, 压强在 2×10^5 Pa 前, HFC-134a 的选择性随着压强的增加而急剧下降; 之后随压强增加, 选择性的下降趋势有所减缓. 此外, 当 HFC-134a 的含量比较低时, 吸附选择性较大. 随着 HFC-134a 含量增加, 吸附选择性减小.

3.3.3 吸附选择性随温度的变化

为考察温度对吸附选择性的影响, 图 8 示出了不同温度下通过模拟得到的 HFC-134a 的吸附选择性. 计算中, HFC-134a 的摩尔分数选为 5%, 同压强的讨论一样, 这里考虑的是带有孔径分布的实际材料的吸附选择性. 从图 8 可以看出, 温度对吸附选择性有较大的影响, 不同温度下吸附选择性差异较大, 0.40×10^5 Pa 左右时 273 K 时吸附选择性可以达到 78, 298 K 时吸附选择性为 62, 323 K 时吸附选择性只有 47. 显然, 随着温度的升高, HFC-134a 的吸附选择性急剧下降. 这也可以从图 9 中混合物的吸附

图 8 不同温度下 HFC-134a 相对于 N₂ 的吸附选择性
Fig.8 Absorption selectivity of HFC-134a relative to nitrogen at various temperatures

图 9 不同温度下 HFC-134a 和 N₂ 的吸附等温线
Fig.9 Adsorption isotherms of HFC-134a and nitrogen on activated carbon fibers at various temperatures

等温线发现其原因. 随着温度的升高, HFC-134a 和 N₂ 的吸附量均降低, 但是 HFC-134a 的降低幅度明显, 而 N₂ 吸附量降低幅度较小, 所以选择性随温度的升高而降低.

4 结论

以 N₂ 作为空气的主要成分, 利用巨正则系综蒙特卡罗方法(GCMC)研究了 N₂/HFC-134a 二元混合物在活性碳纤维内的吸附分离, 得出不同条件下的 HFC-134a 的吸附选择性. 研究表明, 孔径、温度以及压强对 HFC-134a 的吸附选择性有一定的影响. 较小孔径、低温以及低压的条件有利于 HFC-134a 的分离, 在常温条件下, HFC-134a 在活性碳纤维材料内的吸附选择性可以达到 62, 表明我们所制备的活性碳纤维材料可以较好地分离空气中微量的 HFC-134a.

References

- Mohanraj, M.; Jayaraj, S.; Muraleedharan, C. *Int. J. Greenh. Gas Control*, **2009**, *3*: 108
- Uchida, Y.; Yasumoto, M.; Yamada, Y.; Ochi, K.; Furuya, T.; Otake, K. *J. Chem. Eng. Data*, **2004**, *49*: 1615
- Christopher, J. K.; Robert, W. M. *Ind. Eng. Chem. Res.*, **1998**, *37*: 3470
- Basavaraj, S. A.; Prasad, M.; Dutta, P.; Srinivasan, K. *J. Chem. Eng. Data*, **2001**, *46*: 417
- Bidyut, B. S.; Habib, K.; Ibrahim, I. E.; Koyama, S. *Int. J. Refrig.*, **2009**, *32*: 1563
- Nagata, T.; Tajima, H.; Yamasaki, A.; Kiyono, F.; Abe, Y. *Sep. Purif. Technol.*, **2009**, *64*: 351
- Shiojiri, K.; Yanagisawa, Y.; Yamasaki, A.; Kiyono, F.

- J. Membrane Sci.*, **2006**, **282**: 442
- 8 Seo, Y.; Tajima, H.; Yamasaki, A.; Takeya, S.; Ebinuma, T.; Kiyono, F. *Environ. Sci. Technol.*, **2004**, **38**: 4635
- 9 Banker, N. D.; Prasad, M.; Dutta, P.; Srinivasan, K. *Appl. Therm. Eng.*, **2009**, **29**: 2257
- 10 Young, S. L.; Young, H. K.; Ji, S. H.; Jeong, K. S.; Gyou, J. C. *Catal. Today*, **2007**, **120**: 420
- 11 Timothy, D. B.; Roddie, R. J. *Energy Conv. Manag.*, **1997**, **38**: S99
- 12 Zhang, X. J.; Shen, Z. M. *Chin. Syn. Fiber.*, **2000**, **29**: 29 [张学军, 沈曾民. 合成纤维, **2000**, **29**: 29]
- 13 Shao, X. H.; Wang, W. C.; Xue, R. S.; Shen, Z. M. *J. Phys. Chem. B*, **2004**, **108**: 2970
- 14 Dong, T.; Yang, Z. C.; Wu, H. L. *Energy Conv. Manag.*, **2006**, **47**: 2178
- 15 Khan, I. A.; Ayappa, K. G. *J. Chem. Phys.*, **1998**, **109**: 4576
- 16 Stoll, J.; Vrabec, J.; Hasse, H. *Fluid Phase Equilib.*, **2003**, **209**: 29
- 17 Gimmy, A. F.; Vrabec, J.; Hasse, H. *Cryogenics*, **2006**, **46**: 711
- 18 Yaganegi, S.; Shadman, M. *Chem. Phys. Lett.*, **2008**, **451**: 209
- 19 Budinsky, R.; Vacek, V.; Lisal, M. *Fluid Phase Equilib.*, **2004**, **222-223**: 213
- 20 Jiang, J. W.; Stanley, I. S. *J. Am. Chem. Soc.*, **2005**, **127**: 11989
- 21 Kaneko, K. *Langmuir*, **1994**, **10**: 4696
- 22 Cao, D. P.; Wang, W. C.; Shen, Z. G.; Chen, J. F. *Carbon*, **2002**, **40**: 2359
- 23 Mustapha, E. M.; Aoshima, M.; Kaneko, K. *Langmuir*, **2000**, **16**: 4300
- 24 Cao, D. P.; Wu, J. Z. *Carbon*, **2005**, **43**: 1364
- 25 Gallo, M.; Tina, M. N.; Martha, C. M. *Fluid Phase Equilib.*, **2006**, **247**: 135
- 26 Babarao, R.; Jiang, J. W. *J. Am. Chem. Soc.*, **2009**, **131**: 11417

第十五届全国催化学术会议

The 15th National Conference on Catalysis of China

低碳经济中的催化科学与技术

<http://www.15ncc.org>

2010年11月28日-12月2日 中国·广州

第十五届全国催化学术会议定于2010年11月28日-12月2日在广州白云国际会展中心召开。会议由中国化学会催化专业委员会主办,华南理工大学承办。

本次会议的主题是“低碳经济中的催化科学与技术”,内容涉及能源、材料、环保、生物、化工等高新技术领域相关的基础和应用研究。会议内容包括:大会特邀报告、分会邀请报告、专题报告、论文墙报展讲、专题学术论坛等。会议期间,还将颁发第三届“中国催化成就奖”和“中国催化青年奖”。会议还将组织与催化有关的知名厂商作相关产品展示与技术交流。会议组委会热忱欢迎从事催化科学研究与技术开发的专家、同行及在读研究生积极投稿并莅临本届盛会!

一、征文范围

A. 催化剂制备科学与技术	B. 催化剂表征技术及反应机理	C. 能源与节能催化
D. 环境催化	E. 精细化学品合成及绿色催化	F. 工业催化 催化剂失活与再生

二、征文要求

1. 论文内容符合主题范围,符合国家及各单位保密规定,文责自负。
2. 论文模板及编排规则可在会议网站(www.15ncc.org)下载。
3. 论文通过会议网站在线投稿。
4. 根据在线投稿的说明,选择稿件主题与投稿类别(口头报告或墙报)。
5. 论文提交截止日期为2010年8月31日。

三、会议重要日期

2010.03.31 第一轮通知(稿件征集)	2010.08.31 网站投稿结束
2010.10.08 第二轮通知(论文录用通知及安排)	2010.10.31 第三轮通知(会议详细安排)

四、会议联系人

李雪辉 电话:020-87114707 李映伟 电话:020-87113656

通信地址:华南理工大学化学与化工学院 邮编:510640

Email: 15ncc@scut.edu.cn

网址: <http://www.15ncc.org>