

# 高阻隔材料——偏氯乙烯悬浮共聚树脂

刘龙孝 翁志学 黄志明 潘祖仁

(浙江大学高分子科学与工程研究所, 杭州, 310027)

**提要** 本文介绍偏氯乙烯悬浮共聚树脂的优异阻隔性能、合成配方与工艺。

**关键词** 偏氯乙烯, 悬浮聚合, 共聚物, 阻隔性

## 1 前言

随着工业的发展, 对包装材料提出了各种特殊的要求, 阻隔性是非常重要的。聚偏氯乙烯(PVDC)具有高度的阻气(汽)性和耐蒸煮性, 另外还具有透明、耐化学腐蚀、热收缩小、安全卫生、成本低廉等优点。因而, PVDC 树脂可广泛用作食品、医药、军火等行业的包装材料<sup>[1]</sup>。

偏氯乙烯(VDC)均聚物具有很高的结晶度, 对许多气体有极好的阻隔性, 但是, 它与增塑剂不相容, 熔点(200℃)与分解温度(210℃)接近, 成型加工十分困难, 经济价值不大。为改善加工性能, 必须降低 PVDC 的结晶度和熔点, 用 4%~40% 的第二单体与 VDC 共聚可达到此目的。

VDC 共聚物可分成型和涂布两大类型<sup>[2]</sup>, 前者主要由 VDC 和氯乙烯(VC)等单体经悬浮共聚合制得, 用于挤出和注射成型。后者主要由偏氯乙烯和丙烯酸酯类等经乳液共聚合制得, 用于涂敷。

1838 年, 法国人 Regnault 发现了 VDC 的聚合现象<sup>[3]</sup>。本世纪 30 年代开始, 美国 Dow 化学公司对 VDC 共聚合及共聚树脂的加工应用进行了广泛的研究<sup>[4]</sup>, 并将它作为产品投放市场。50 年代以来, 国际上开始探索偏氯乙烯-丙烯酸酯悬浮共聚制成共聚物<sup>[5~7]</sup>。60 至 70 年代国际上研究了 VDC 三元悬浮共聚。进入 80 年代后, 偏氯乙烯树脂得到了巨大发展, VDC 因此被称为“80 年代的单体”<sup>[8]</sup>。

目前, 国际上研究和生产 VDC 及共聚树脂

的主要有美国 Dow 公司、日本吴羽公司、德国 BASF 公司等。国内衢化集团公司、浙江省化工研究院、浙江大学<sup>[9~15]</sup>、北京化工大学<sup>[16]</sup>、锦西化工研究院等单位进行了一些研究工作。

## 2 偏氯乙烯共聚树脂的特点

### 2.1 阻隔性能

#### 2.1.1 PVDC 与通用塑料阻隔性能的比较

VDC 聚合物最突出的性能就是它能阻止许多气体和液体的渗透。水蒸气通过几种无定形态聚合物的渗透率见表 1。可见, PVDC 的气体渗透率较通用塑料聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯等的渗透率低一个数量级。

表 1 水蒸气通过几种聚合物的渗透率<sup>[17]</sup>

| 聚合物   | 渗透率*    |
|-------|---------|
| 聚乙烯   | 200~220 |
| 聚丙烯   | 420     |
| 聚氯乙烯  | 300     |
| 聚偏氯乙烯 | 30      |

\* 单位: g/(h·100m<sup>2</sup>)

压差 7.1kPa; 温度 39.5℃; 膜厚 25.4μm



刘龙孝 湖北公安人, 1963 年生。1979 年获省中学生化学竞赛二等奖并免试入大学。1983 年毕业于武汉化工学院, 并到宜昌市树脂厂做聚氯乙烯方面工作。1988 年考入浙江大学, 在潘祖仁教授和翁志学教授指导下攻读硕士学位, 1991

年留在聚合反应工程国家重点实验室工作。现任高分子科学与工程研究所实验室副主任, 从事大型进口仪器管理与功能开发、计算机在分子领域应用等工作。

**2.1.2 VDC 共聚物与其均聚物比较** 共聚单体的引入改善了偏氯乙烯树脂的加工性能,同时降低树脂制品的阻隔能力,见表 2。可见,确定主/辅单体的配比应综合考虑加工性能和阻隔性能两方面的因素。

表 2 VC 含量对 VDC-VC 共聚物  
氧渗透率的影响<sup>\*(18)</sup>

| VC 含量 | 0   | 10  | 15  | 50   |
|-------|-----|-----|-----|------|
| 渗透率   | 1.5 | 3.2 | 9.0 | 27.0 |

\* 单位:  $(\text{cm}^3 \cdot \text{cm}) / (\text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{kPa}) \times 10^{13}$

**2.1.3 增塑剂的影响** 增塑剂的加入可改善树脂的加工性能,但是也使得树脂制品阻隔能力下降,见图 1。可见,增塑剂也存在最佳用量问题。

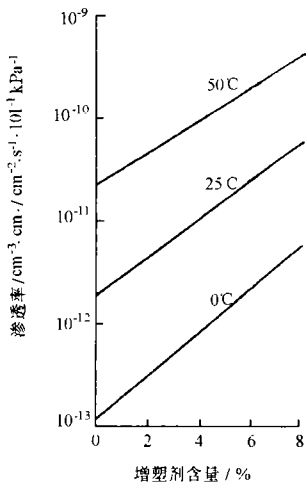


图 1 氧气渗透率与增塑剂含量的关系<sup>(19)</sup>  
聚合物—88VDC-12VC 共聚物;  
增塑剂—乙酰基柠檬酸三丁酯等

## 2.2 偏氯乙烯-丙烯酸酯共聚树脂与偏氯乙烯-氯乙烯共聚树脂比较

VDC-VC 和 VDC-丙烯酸酯共聚树脂各有特点,下面从聚合物组成控制、聚合温度及聚合时间、技术成熟程度、材料的拉伸应力应变规律、热收缩性等 5 方面进行比较。

### 2.2.1 聚合物组成控制 VDC、VC 的竞聚率

相差较大( $r_1 = 3.2, r_2 = 0.3$ )<sup>[20]</sup>,单体组成随反应进行而不断变化,影响到进一步反应生成的共聚物组成;丙烯酸酯中如丙烯酸甲酯、丙烯酸丁酯、丙烯酸十八烷基酯等,同 VDC 共聚,两者反应活性相差不大,共聚物组成容易控制。

**2.2.2 聚合温度和聚合时间** VDC-VC 体系中,VDC、VC 交叉链终止明显且比均聚时同种自由基链的终止容易,使得共聚物分子量下降,而成型级树脂要求较高的分子量,因此聚合反应温度较低,反应时间较长。与此相反,VDC-丙烯酸酯共聚交叉终止不明显,易得到较高分子量,可在较高温度聚合,反应时间相应较短<sup>[21]</sup>。

**2.2.3 技术成熟程度** VDC-VC 共聚树脂发展较早,技术相应较成熟,而偏氯乙烯-丙烯酸酯树脂工业化较晚。主要原因有二,首先在颗粒形态上,偏氯乙烯-丙烯酸酯共聚体系中丙烯酸酯溶于单体,使共聚物初级粒子中包含很多单体,导致聚合成结构密实的颗粒,加工中易形成鱼眼;其次,从单体沸点上看 VC 为  $-13.9^{\circ}\text{C}$ ,而丙烯酸酯一般都大于  $80^{\circ}\text{C}$ ,造成偏氯乙烯-丙烯酸酯树脂颗粒残留单体脱除困难,从而妨碍了它的工业化进程。随着悬浮聚合技术的发展,这些问题逐步得到解决,偏氯乙烯-丙烯酸酯共聚才得以工业化。

**2.2.4 薄膜拉伸变化规律** 相比之下,偏氯乙烯-丙烯酸酯共聚物比 VDC-VC 共聚物有更大的断裂伸长率和断裂能<sup>[22]</sup>,图 2 是二者的拉伸应力应变曲线比较。

**2.2.5 热收缩性** 在相同的条件下,偏氯乙烯-丙烯酸酯共聚物比 VDC-VC 共聚物的收缩率更大,这一点在制膜成型加工中应引起注意<sup>[23]</sup>。图 3 是热收缩性的对比。

## 3 悬浮法偏氯乙烯共聚树脂合成

VDC 悬浮共聚的专利报道以美国 Dow 公司和日本吴羽公司最多。综观专利,人们主要关心的是树脂组成、聚合速率、分子量及其分布、粒径及其分布、单体残留量、热稳定性、熔

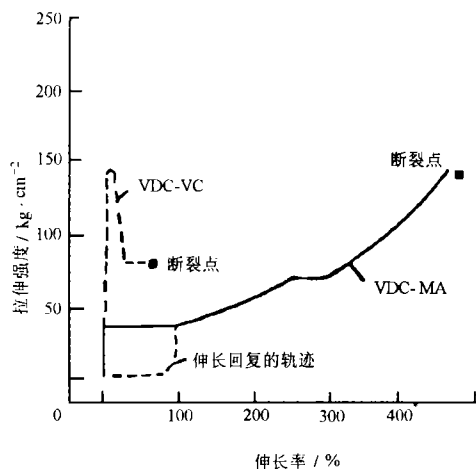


图2 VDC-VC共聚物和VDC-MA  
(丙烯酸甲酯)共聚物拉伸应力应变曲线

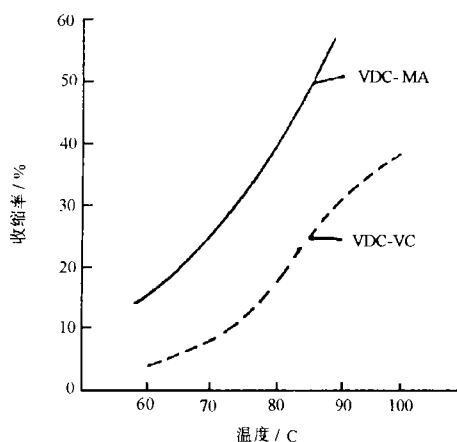


图3 VDC-VC共聚物与VDC-MA  
共聚物热收缩性对比

融加工性。下面从聚合配方和工艺两方面加以综述。

### 3.1 聚合配方

聚合配方的改进主要在引发剂、分散剂、第三组分、分子量调节剂、光热稳定剂等方面。

**3.1.1 引发剂** 在相同聚合条件下,由于交叉链终止原因,共聚合的聚合速率一般较均聚合的要慢,VDC-VC共聚合比VC-丙烯酸酯共聚合更慢。VDC共聚树脂主要用于制作薄膜,要

求有较高分子量,因此,不能用提高聚合温度的方法来加快聚合速率。其次,制品主要用于食品包装。鉴于这些原因,对引发剂有如下要求:反应活性高;无毒、无味、无色;不影响树脂热稳定性。

早期一般采用过氧化苯甲酰(BPO)<sup>[24,25]</sup>、过氧化十二酰(LPO)<sup>[26]</sup>、偶氮二异丁腈(ABIN)<sup>[27]</sup>、过氧化二(2,4-二氯苯甲酰)等。吴羽公司曾推出 $\text{Cl}(\text{CH}_2)_n\text{O}_2\text{COOC}_2(\text{CH}_2)_n\text{Cl}$ , ( $n=2\sim5$ )<sup>[28,29]</sup>。近期一般采用过氧化二碳酸二异丙酯(IPP)<sup>[30-32]</sup>和过氧化二碳酸二乙酯(EHP)<sup>[31]</sup>。捷克报道了以 $\text{R}-\text{CX}=\text{O}$  (R为碳数1~18的烷基,X为卤素)、 $\text{ClCOOCH}(\text{CH}_3)_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}_2$ 、苛性碱为原料,就地制作引发剂的方法<sup>[30]</sup>。

**3.1.2 分散剂** 分散剂对粒径大小和分布以及颗粒形态有较大影响。一般采用羟丙基甲基纤维素(HPMC)<sup>[26,33]</sup>、甲基纤维素(MC)<sup>[34]</sup>或聚乙烯醇(PVA)<sup>[35]</sup>;复合分散体系有:有机+有机复合,如聚环氧乙丙烷(EPO)+HPMC<sup>[31]</sup>;有机+无机复合,如羟甲基纤维素+沸石粉<sup>[32]</sup>。

**3.1.3 第三组分** 加入少量的第三组分不仅改善树脂加工性能,而且改善树脂孔隙率,提高单体脱吸能力。

VDC-VC共聚中大多加入(甲基)丙烯酸酯类作第三组分<sup>[36,37]</sup>,另有以VDC-异丁烯共聚物为种子的VDC-VC悬浮共聚<sup>[38]</sup>。

**3.1.4 分子量调节剂** 加入少量扩链剂拓宽分子量分布,可改善熔融加工性能。扩链剂采用 $\text{H}_2\text{C}=\text{CR}-\text{O}-[\text{Z}]$ ,其中R为氢或甲基,Z为(甲基)丙烯酸酯基或碳数2~12的烯酯基<sup>[39]</sup>。

加入卤化甲烷 $\text{YCX}_3$ 类(Y为溴或碘,X为任何卤素)分子量调节剂可明显降低VDC共聚物分子量,而对聚合速率没有大的影响。Dow公司认为低分子量线性聚合物适合于挤出加工<sup>[40]</sup>。

**3.1.5 光热稳定剂** 由于高VDC含量的VDC共聚树脂对光、热较敏感,因此常在聚合前或聚

合后加入光、热稳定剂以提高树脂稳定性。

以碳数 < 12 的叔醇为热稳定剂<sup>[41]</sup>, 在聚合前加入, 其特点是无色、无味、价廉、能明显改善树脂热稳定性, 而不影响聚合速率。

另有愈疮木脂<sup>[42]</sup>和无机磷酸盐复合稳定剂<sup>[43]</sup>, 以及不含金属离子的新型稳定剂<sup>[44]</sup>。

### 3.2 聚合工艺

聚合工艺问题, 文献主要报道了聚合温度控制、树脂组成控制、搅拌及粒径控制、鱼眼消除、含酚阻聚剂单体的直接聚合、后处理等几个方面。

**3.2.1 聚合温度控制** VDC-VC 悬浮共聚的聚合温度一般选择在 45℃ 左右。除恒温聚合<sup>[25,27]</sup>外, 还有变温聚合工艺。

**a 升温(恒温)聚合方法** 开始时在较低温度下聚合, 聚合过程中不断提高温度, 维持恒速聚合。这种工艺可减少引发剂用量, 或者提高聚合速率, 并能降低单体在树脂中的残留量<sup>[45]</sup>。

吴羽公司假定聚合速率( $R_p$ )与转化率( $c$ )有如下关系:

$$R_p = \frac{dc}{dt} = k(1 - c) \quad (1)$$

式中  $t$  为聚合时间,  $k$  为与聚合温度有关的常数。由此推出恒速聚合的升温方程:

$$T = \frac{T_0}{1 + \frac{RT_0}{\Delta E} \ln(1 - c)} \quad (2)$$

式中  $T$ 、 $T_0$  分别为聚合中和聚合开始温度,  $R$  为热力学常数,  $\Delta E$  为活化能。

**b 降温(恒压)聚合方法** Dow 公司报道了降温聚合方法<sup>[46,47]</sup>。先升温至较高温度(74℃), 然后降温(恒压)聚合至 51℃(约 40% 转化率), 再补加 IPP 后, 恒温或升温聚合至反应结束, 认为这种工艺可以克服升温聚合工艺在低转化率时高 VDC 含量高分子量; 而高转化率时低 VDC 含量低分子量的组成和分子量分布不合理, 造成树脂加工困难的问题。所得树脂无须加热稳定剂和增塑剂就能够加工。

**3.2.2 树脂组成控制** VDC-VC 悬浮共聚, VDC 的反应活性较 VC 的大, 随着聚合的进行, 树脂组成不断发生变化。文献报道了如下几种控制组成的方法。

**a 不断排出低活性、易挥发的 VC 单体, 维持恒压聚合**<sup>[48]</sup>。

**b 先加入少量聚合单体, 然后连续补加混合单体维持恒压聚合**<sup>[49]</sup>。

**c 连续加混合单体, 维持在反应体积和单体组成不变的条件下聚合**<sup>[50]</sup>。

**3.2.3 搅拌强度及粒径控制** 一般认为, 转化率 < 5% 时, 悬浮液滴基本为液态, 属于液-液分散问题; 转化率 5% ~ 15% 时, 悬浮粒子为半液态, 具有粘性, 容易聚集成大粒子或结块; 转化率 > 15% 后, 悬浮物已变为硬粒子, 没有粘性。

主要针对半液态区粒子发粘、容易聚集的特点, 采取如下措施来控制粒径及分布。

**a 采用 3 釜串联连续聚合操作法**<sup>[51]</sup>。第一釜采用中等强度搅拌, 达到液-液分散目的; 第二釜采用高强度搅拌, 促进分散, 防止粒子聚集; 第三釜采用低弱搅拌, 以免将粒子磨细。

**b 连续加入单体, 连续出料, 控制在非粘区操作**<sup>[52]</sup>。

**c 加入单体总量的 3% ~ 25% 的水溶性溶剂和少量水, 在低转化率时均相聚合; 25% 的转化率时, 加入足量水非均相聚合, 用此方法避开粘性区**<sup>[53]</sup>。

**d 添加增稠剂控制粒径**<sup>[54,55]</sup>。

**3.2.4 鱼眼消除** 引发剂在液滴内分散不均匀时, 导致引发剂浓度高的液滴内聚合快, 而引发剂浓度低的液滴内聚合慢。这使得引发剂浓度高的液滴形成致密、无孔的玻璃粒子。这些粒子不能吸收增塑剂, 熔融加工时出现鱼眼。采用倒加料工艺可以消除鱼眼<sup>[56]</sup>。

**3.2.5 含酚阻聚剂单体的直接聚合** VDC 在常温下即能发生自聚, 因此, 贮存时加有阻聚剂。聚合前, 一般采用蒸馏或碱洗的方法将阻聚剂除去。Dow 公司报道, 将乙酰氯或乙酸酐在无水状态(少量  $H_2SO_4$  催化)下加入 VDC 中,

化学反应除去酚类阻聚剂,生成的化合物能起自增塑作用,不必分离除去<sup>[57]</sup>。

**3.2.6 后处理方法** 在聚合结束后,加入必要的助剂或进行特殊处理用以改善树脂加工性能,提高热稳定性或者脱除单体:

- a 加入增塑剂,有利于树脂加工<sup>[58]</sup>;
- b 加入还原剂分解残留引发剂,能提高树脂热稳定性<sup>[59]</sup>;
- c 加入某些助剂(如环氧亚麻子油)以利于脱除单体<sup>[34]</sup>;
- d 采用高温蒸汽喷射法脱除单体<sup>[60]</sup>。

## 4 结束语

偏氯乙烯共聚树脂因具有优异的阻隔性能而极有发展前途。上述材料特点及研究进展的介绍,希望能促进该产品的国产化。

## 5 参考文献

- 1 陈昌杰.塑料通讯,1991,(4):19
- 2 上田和男.プラスチック,1978,29(4):22
- 3 Regnault V. Ann Chim Phys, 1838, 69(2):151
- 4 Wessling R A, Edwards F G. Encycl Polymer Sci Technol, 1971, 14:540 ~ 579
- 5 Edwards F G, Jordan Jr William, E Palm. Port Ind Eng Chem, 1957(49):1695 ~ 1698
- 6 Edmund F Jordan. US 2 843 574. 1956
- 7 Edmund F Jordan. US 2 810 715. 1955
- 8 Wessling R A, Stevens V L. Mod Paint Coat, 1982, 72(10)
- 9 Long - Xiao Liu, Zhi - Xue Weng, Zhi - Ming Huang, Dong - Lin Han and Zu - Ren Pan. Makromol Chem, Macromol Symp, 1992, 63:183 ~ 188
- 10 翁志学,刘龙孝,黄志明,潘祖仁.化工学报,1993,44(1):73 ~ 80
- 11 刘龙孝,翁志学,黄志明,潘祖仁.高分子材料科学与工程,1993,9(6):111 ~ 114
- 12 刘龙孝,翁志学,黄志明,潘祖仁.合成树脂及塑料,1993,10(2):19 ~ 22
- 13 刘龙孝,翁志学,黄志明,韩冬林,潘祖仁.聚氯乙烯,1992,(1):8 ~ 11
- 14 刘龙孝,翁志学,黄志明,韩冬林,潘祖仁.'91 全国高聚物分子量和分子量分布论文报告及讨论会论文集.1991.11
- 15 詹晓力.浙江大学:[博士学位论文].1992
- 16 苑会林.塑料,1990,19(6):13 ~ 15
- 17 Gibbs D S, Wessling R A. Kirk - Othmer Encycl Chem Technol. 3rd Ed. 1983. 23, 764 ~ 798
- 18 Bixler H J. The Science and Technolgy of Polymer Films. Vol 2. New York: Interscience Publishers, a division of John Wiley & Sons Inc, 1971
- 19 Delassus P T. J Vinyl Technol, 1979, 1:14
- 20 Mayo F R, Lewis F M and Walling C. J Am Chem Soc, 1948, 70: 1529
- 21 Wessling R A. Polyvinylidene Chloride. New York: Gordon and Breach Science Publishers, 1977
- 22 Akasi, Kazuo. JP 86 120 719. 1986
- 23 K H Iller S. Ber Bunsenges Phys Chem, 1966(70):353
- 24 Ralph M Wiley. US 2 160 931. 1939
- 25 Ralph M Wiley. US 2 235 782. 1941
- 26 Louis Charles Friedrich Jun. DE 1 069 384. 1957
- 27 Heinrich Wenning. DE 965 444. 1957
- 28 Kureha Chemical Industry Co Ltd. GB 1 040 826. 1965
- 29 Amagi Yasuo, Shiigi Yoshiya. JP 69 13 646. 1969
- 30 Macho Vendelin, Porubsky Juraj, Kordik Jozef, et al. CS 169 966 1977
- 31 Isobe Yasushi, Koyama, Masannobu. JP 87 95 306. 1987
- 32 Tamai Tomoji, Kagawa Nobuyuki. JP 91 93 814. 1991
- 33 Louis C Friedrich Jr. US 2 968 651. 1957
- 34 Kuroshima, Nobuaki, Ando, Keiji. JP 77 101 288. 1977
- 35 Isobe Yasushi, Koyama Masanobu. JP 87 34 912. 1987
- 36 Salvay & Cie. BE 647 972. 1964
- 37 Kido Kunizo, Kashio Hidetora, Katayose Kinji. JP 79 23 693. 1979
- 38 Konishi, Akio, Lizuka, Akira. JP 75 15 833. 1975
- 39 Richard F Baumam. US 3 634 369. 1970
- 40 Marion R Rector, William E Cohrs. US 2 964 508. 1960
- 41 Carl B Havens. US 2 973 347. 1961
- 42 Kido Kunizo, Kashio Hidetora. JP 79 125 289. 1979
- 43 Ota Shigehisa. JP 86 190 545. 1986
- 44 Minagawa, Motonobu. JP 86 203 152. 1986
- 45 Koreha Chemical Industry Co Ltd. GB 1 111 087. 1968
- 46 Schuetz James E, Shelbury, William P. FR 1 540 804. 1968
- 47 James E Schutz, William D Shelburg. US 3 642 743. 1972
- 48 Jacob Heerema. US 2 482 771. 1949
- 49 William Georage Macpherson. DE 1 116 901. 1960
- 50 Wdwin Studley Smith. US 4 031 297. 1977
- 51 Robert C Rein Hardt. US 2 445 970. 1948
- 52 Theodore W Sarge. US 2 543 805. 1949
- 53 Heinrich Wenning, Marl, Westphalia. US 2 820 028. 1953
- 54 Ralph M Wiley. DE 1 005 272. 1957
- 55 Ralph M Wiley. US 2 875 185. 1954

- 56 Suzuki Akira, Orihara, Toshio. JP 74 21 305. 1974  
57 Theodore W Sarge. US 2 553 982. 1949  
58 Kazuo Veda, Niroshi Kataoka. JP 61 17 633. 1961

- 59 Toyoda Yasushi, Kifuji Kunizo, Kashio Hidetora. JP 71 29 439. 1971  
60 Yasuo Kamino, Akira Aida. JP 64 22 592. 1964

## High Barrier Material——Vinylidene Chloride Copolymer

Liu Longxiao, Weng Zhixue, Huang Zhiming, Pan Zuren

(*Institute of Polymer Science and Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027*)

**Summary** In this paper, the barrier properties and preparation of vinylidene chloride (VDC) copolymer by suspension process are reviewed.

**Key words** Vinylidene chloride, Suspension polymerization, Copolymer, Barrier

(上接第 99 页)

结合的渗透汽化型膜反应器研究已成为当前膜反应器技术的研究内容之一。兼具酸催化和渗透汽化功能的膜反应过程已用于双酚 A 的合成<sup>[10]</sup>、酯化反应<sup>[11,12,13]</sup>、甲基叔丁基醚 (MTBE) 催化脱醇制异丁烯<sup>[4]</sup>等反应的研究。

离子交换膜,特别是强酸(或强碱)型离子交换膜是有机催化膜反应器研究中可选择的膜材料,这类膜的渗透汽化研究为膜催化反应过程的分离性能提供了参考依据。

## 5 参考文献

- 1 Winston W S, Kamalesh K S. Membrane Handbook. New York: Van Nostrand, 1992. 103 ~ 160
- 2 Neel J, et al. J Membrane Sci, 1983, 15: 43 ~ 62
- 3 Huang R Y M. Membrane Science and Technology Series 1, Pervaporation membrane separation processes. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B V, 1991, 253 ~ 278
- 4 李基森, 许景文, 徐之耀等. 离子交换膜及其应用. 北京: 科学出版社, 1977
- 5 Kesting R E. 合成聚合物膜. 第二版. 王学松等译, 朱秀昌校. 北京: 化学工业出版社, 1992
- 6 Cabasso I, Liu Z - Z, Makenzie T. J Membrane Sci, 1986, 28: 109 ~ 119
- 7 Wenzlaff A, Boddeker K W, Hattenback K. J Membrane Sci, 1985, 22: 333 ~ 344
- 8 Cabasso I and Liu Z - Z. J Membrane Sci, 1985, 24: 101 ~ 119
- 9 Cahbasso I, Korngold E. J Polym Sci, Polym Lett Edn, 1985, 23: 577
- 10 冈本健一. クミカルエンジニアリング, 1991, 36(3): 213
- 11 David M O, Nguyen Q T, Neel J. J Membrane Sci, 1992, 73: 129 ~ 141
- 12 Bagnell L, Cavell K, Hodges A M, et al. J Membrane Sci, 1993, 85: 291 ~ 299
- 13 Shao Shijun, Cao Shuqin, Yu Xianda. '94 Int Symp Membr & Membr proc. Abstract. Hangzhou: 1994. 251 ~ 253
- 14 Song In Kyn, Lee Wha Young, et al. Appl Catal, 1993, A96(1): 53

## Pervaporation Through Ion Exchange Membranes

Shao Shijun, Cao Shuqin, Yu Xianda

(*Lanzhou Institute of Chemical Physics, Academia Sinica, Lanzhou 730000*)

**Summary** The study of pervaporation through ion exchange membranes is reviewed. The performance of ion exchange membranes in pervaporation and the permeate's state of existence in the membrane has been discussed as function of membrane type (ion loading), feed composition and etc.

**Key words** Pervaporation, Membrane separation, Ion exchange membrane