

二氧化碳共聚物的合成、性质和应用^{*}

陈立班

(中国科学院广州化学研究所, 广州, 510650)

提要 二氧化碳是开发中的重要碳资源。它的一个有效利用方式是和环氧化物等单体共聚生成脂肪族聚碳酸酯。该反应现已能够较顺利地实现。反应中加入第三单体、扩链剂、调节剂, 可以使共聚物具有不同的化学结构, 以及能随意控制分子量和官能度。在了解反应系统的相平衡特性和共聚动力学以后, 可以实现聚合过程的计算机模拟。使用交联、共混复合或网络互穿等手段, 能够使产物具有各种不同的性能。二氧化碳共聚物已在许多方面获得重要的应用, 是预期在未来世纪中广泛使用的高分子材料。

关键词 二氧化碳, 环氧化物, 共聚物, 脂肪族聚碳酸酯

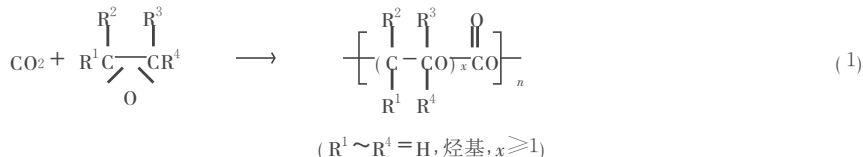
前言

二氧化碳是污染环境的废气。但又是一种宝贵的碳资源, 是可聚合的单体。它在地球的储量比天然气、石油和煤的总和还多。利用二氧化碳可以得到许多有机物, 但在多数过程中为把碳还原要消耗大量的能量或氢气。从二氧化碳和环氧化物等单体合成高分子产物, 碳的氧化态没有改变, 不需要额外的能量或氢源, 同时得到颇具特色的新型二氧化碳树脂材料, 有较大的现实性, 在保护地球环境方面也能起一定的积极作用。利用二氧化碳比起利用一氧化碳, 可借鉴的配位化学、量子化学、催化活化和反应历程等学科理论较为欠缺, 需要付出更大的努力。在本世纪的末 30 年, 中, 美, 日, 波兰等国为此作了很多工作, 二氧化碳树脂的工业合成的困难已经逐渐克服。这类树脂有广泛的应用前景, 将是 21 世纪一类重要的新型材料。

1 二氧化碳共聚物的合成

1.1 脂肪族聚碳酸酯及类似物

二氧化碳可与环氧化物开键开环聚合生成脂肪族聚碳酸酯(式 1)^[1,2]。

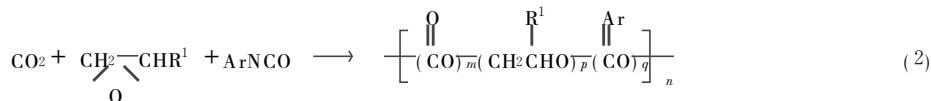


聚合中因为没有发生碳的还原, 能耗不大, 二氧化碳的利用率高, 故此反应很受重视。此反应用的催化剂基本属于阴离子配位型。主要有醋酸锌或醋酸钴、锡酸钠、二乙基锌加定量水、连苯三酚之类多活泼氢化合物、二乙基锌加丙烯酸共聚物、 $\text{ZnCl}_2/\text{AlEt}_3$ /含活泼氢的聚合物、吡啶铝/膦、某些有机二羧酸锌、某些稀土化合物、聚合物负载的铁锌或钴锌双金属络合物 $\text{P}_d\text{ZnX}_6[\text{M}(\text{CN})_6]_c(\text{H}_2\text{O})_d(\text{M}^1\text{X})_e$ (简称 PBM)、含氟或硅的羧酸锌、锌的高位阻酚盐(2, 6- $\text{R}_2\text{C}_6\text{H}_3\text{O}$) $_2\text{Zn}(\text{base})_2$ (其中 R 为 Ph, *t*Bu, *i*Pr, base 为 Et₂O, THF, 碳酸亚丙酯, 吡啶)^[3]等等。早期的催化体系效率很低。每克锌只能产生 3g 左右的共聚物。通过各国科学家的不懈努力, 目前已提高到每克锌产生千克左右聚合物。其中 PBM 催化剂已能实现较低的生产成本, 戊二酸锌等催化剂则能得到高质量的聚合物, 这些体系已具备了一定的实用性。目前国外已形成小批量商品。随着有关学科的研究进展, 在即将到来的 21 世纪中, 二氧化碳共聚物一定会成为人们普遍应用的高分子材料。

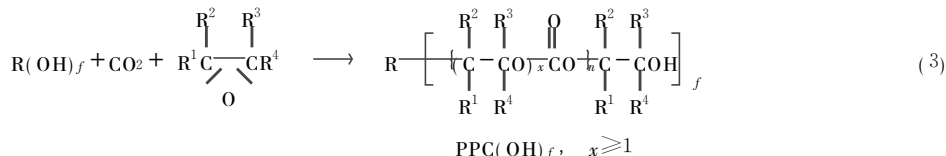
^{*} 本文引用作者的工作属国家自然科学基金重点项目。

类似地,氧杂环丁烷在 $\text{AlEt}_3 - \text{H}_2\text{O}$ -乙酰丙酮的作用下,甲醛在叔胺的作用下,都可与二氧化碳共聚,得到不同形式的脂肪族聚碳酸酯。

二氧化碳共聚中加入第三单体,有时可以帮助反应进行或赋予共聚物以不同的性能。有效的第三单体包括另一种环氧化物、环状酞酸、己内酯、(甲基)丙烯酸酯、苯乙烯、丙烯腈、异氰酸苯酯(PI)等。第三单体在共聚物中形成不同的结构单元。例如 PI 在共聚中打开 $\text{C}=\text{O}$ 双键,形成一种聚亚氨碳酸酯结构,并使共聚物分子量大幅度提高(式2);但用甲苯二异氰酸酯则得到不溶性的交联产物^[4]。



二氧化碳在共聚时加入特定的调节剂而使反应特性得到控制,生成有规定的分子量和端基官能度的产物(式3)^[5]。这种新的调聚工艺产生液态脂肪族聚碳酸酯树脂,再和异氰酸酯反应可制成性能优良的聚氨酯^[6]。



反应体系相平衡的研究^[7]结果表明,除二氧化碳外的反应物和溶剂一般主要以液体存在,即使温度超过其临界温度(31℃),二氧化碳部分存在于气相,部分溶在其它物质中呈现为液态。二氧化碳的分配系数 α 定义为它在液相中和在全体系的浓度比)与单位"可占据体积"中的重量和温度的乘积大体呈线性关系。反应体系的压力 P (MPa) 可用经验式4或式5估算^[8]:

$$P(\text{MPa}) \approx 1 / [(0.306 + 31.0/Q) V_r] \quad (4)$$

$$P(\text{MPa}) = 1 / [(1.984 + \alpha(V_r/Q - 0.06))] \quad (5)$$

式中 V_r 为体系中共聚单体和溶剂共占的体积分数。用式4计算 P 的标准相对偏差为 11.6%。引进表示各物质对 CO_2 溶解能力的无量纲参数 α 得到式5,计算 P 的标准相对偏差可降低到 5.5%。 α 的值由实验决定;环氧乙烷 28.20,环氧丙烷 29.84,甲苯 30.78, CCl_4 30.76,环己烷 31.04,聚碳酸亚丙酯 31.88;混合物按体积取平均值。

基于上述了解,可确定不同情况下液相中各反应物和产物的浓度大小,并据已进行动力学研究^[7,9]。对 60℃ 下甲苯溶剂中二氧化碳(M_1)和环氧丙烷(M_2)的共聚而言,二氧化碳的竞聚率 $r_1 = 0$;在存在副反应的情况下,环氧丙烷的竞聚率 $r_2 = 0.75$ 。共聚的引发步骤是 M_2 与催化剂的络合;共聚的增长步骤包括末端为 M_2 的活性中心与 M_1 或 M_2 的反应,以及末端为 M_1 的活性中心与 M_2 的反应;此外还存在末端为 M_1 的活性中心与单体 M_1 形成不活泼络合物的独特的封闭反应。据此推导并由实验证实了以下聚合速率方程:

$$R_p = k_p M_2^2 C / (M_1 + K_r T_r) \quad (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}) \quad (6)$$

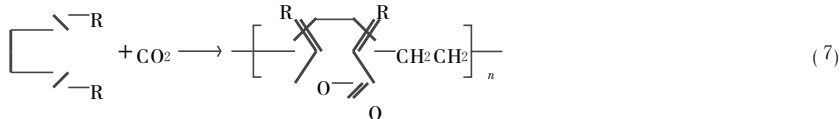
式中 T_r 为调节剂浓度。聚合速率 R_p 与环氧丙烷浓度 M_2 的平方和催化剂用量 C 成正比;(当 $T_r = 0$ 时)与 CO_2 的浓度 M_1 成反比。共聚中如存在含活泼氢化合物 ROH 作调节剂,聚合速率会有所降低。

据以上原理可用计算机程序模拟共聚反应过程^[10]。只要确定了反应温度,反应釜体积和投料配比,就可求出每个反应时刻体系相态组成、压力、反应物数量、各单体转化率和总转化率、反应放热速度和放热总量、产物数量及其总体及链端内各重复单元比例等。模拟结果和实验十分吻合。

1.2 其它二氧化碳共聚物

环硫化物在 AlEt_3 -连苯三酚作用下,环氮化物在酸性催化剂作用下,可代替环氧化物,与二氧化碳发生类似于式1的共聚。

二氧化碳与乙烯基醚类在三乙酰丙酮铝或三烷氧基铝催化作用下,共聚生成含分隔的酮基和醚键,但不含酯键,分子量较低的产物。二烯类可类似地进行反应,但同时发生交联。二氧化碳与二炔能交替共聚成为线性大分子(式7)^[11]。



在高温高压下二氧化碳可与多元胺通过共缩聚产生分子量较低的聚脲^[12,13]。加入某些磷化合物和吡啶可在较温和条件下实现缩合。用芳香二胺比用脂族二胺时产率和产物的分子量较高(式 8)。二氧化碳与酚钾可在冠醚作用下反应生成有机碳酸钾盐,进而和卤化物缩合(式 9)。



2 二氧化碳共聚物的性质

2.1 光谱性质^[1,2]

二氧化碳共聚物中基团和各种结构单元的相对比例可以用光谱分析确定。对于聚碳酸亚丙酯(PPC),特征的 IR 吸收是 1750cm^{-1} (s, C=O), 1250cm^{-1} (s, C—O) 和 790cm^{-1} ; 副产物环状的碳酸亚丙酯(PC) 在 1800cm^{-1} 显示吸收。PPC 的 $^1\text{H NMR}$ (CDCl_3) 讯号包括 δ 0 [m, CH(CO₃)], δ 2 [m, CH₂(CO₃)], δ 3.5 [CH₂(O) 和 CH(O)], δ 1.2 (d, CH₃)。讯号的积分强度 I₀、I₂ 和 I₅ 代表相应基团的数量,从它们可以计算出碳酸酯单元分数 f_c , 即 CO₃ 单元与主链所有单元总数之比:

$$f_c = (I_0 + I_2) / [2(I_0 + I_2) + I_5] \quad (10)$$

PPC 的 $^{13}\text{C NMR}$ (CDCl_3) 讯号包括交替链段讯号 δ 154.2 (CO₃), δ 72.3 (CH), δ 69.2 (CH₂), δ 16.2 (CH₃); 若有 PO 均聚单元则出现在 δ 33.6 (CH), δ 72.1 (CH₂), δ 16.5 (CH₃)。

二氧化碳、环氧丙烷和其它单体制成的三元共聚物的光谱中包含上述讯号,同时也包含第三单体的特征峰。

2.2 热性质

共聚物的玻璃化转变温度 T_g 远低于芳香族聚碳酸酯 ($140^\circ\text{C} \sim 150^\circ\text{C}$)。如果聚合物的分子量足够大, T_g 范围如下: P(CO₂-EO): $0^\circ\text{C} \sim 5^\circ\text{C}$, P(CO₂-PO): 30°C , P(CO₂-BO): 60°C , P(CO₂-StO): $76^\circ\text{C} \sim 80^\circ\text{C}$ 。

用热重分析法研究 CO₂ 共聚物的热稳定性。结果表明在热或催化剂的作用下,它们的分子不但可发生无规断裂而生成低聚物,而且更容易发生一种所谓的“解拉链”反应,每次从末端脱下一个环状的碳酸亚烷基酯^[14]。

提纯聚合物除去残余催化剂,加入一些“封端剂”如异氰酸酯或酸酐和共聚物链端羟基反应,或者在共聚时加入第三单体以改变主链结构,都可以在一定程度上抑制“解拉链”过程,从而将热分解温度提高数十度,满足一般加工要求^[15]。用聚氨酯方法固化后,或与它种聚合物形成互穿网络材料后,分解温度有更大的提高^[16,17]。

2.3 溶液性质^[18]

利用凝胶透出色谱基于普适校正原理,已在广范围定出聚碳酸亚丙酯 (25°C , THF 中, 式 11) 和聚碳酸亚乙酯 (25°C , CHCl_3 中, 式 12) 的粘均分子量与特性粘数 (dL/g) 的关系:

$$\ln[\eta] = -6.671 + 0.328 \ln \bar{M}_v + 0.0186 (\ln \bar{M}_v)^2 \quad (11)$$

$$[\eta] = 6.64 \times 10^{-5} \bar{M}_v^{0.76} \quad (12)$$

2.4 与其它高聚物共混

脂肪族聚碳酸酯可以与各种聚合物共混而获得各种不同的性能。1990 年 Robeson 和 Kuphal 在他们的专利中提出 80:20 的 PPC 和聚乙酸乙烯酯(PVAc) 共混物能获得成倍于其组成聚合物的强度^[19]。PPC 分别与聚丙烯酸甲酯或乙酯、硝基纤维素、醋酸纤维素、丙基纤维素、聚己内酯、聚偏二氟乙烯、乙烯-醋酸乙烯共聚物是相容的;而 PPC 与聚氯乙烯、聚苯乙烯、丁腈橡胶(33%An)、聚氯丁二烯、甲基丙烯酸乙酯、聚乙烯醇缩丁醛、双酚 A 的羟基醚或丙烯酸酯、聚砜、聚 2,6-二甲基-1,4 苯醚、聚氯苯乙烯、聚乙基基甲醚、聚苯乙烯/丙烯腈(30%An)、一些聚醚亚胺、聚酯、聚甲基丙烯酸异酯、聚苯乙烯/丙烯醇等则组成两相共混物。

由 CO₂ 和环氧化物共聚得到的脂肪族聚碳酸酯与丙烯酸甲酯-丙烯酸共聚物 [P(MA-AA)] 共混时,通过后者

提供的质子形成较强的作用。两种聚合物的混合溶液的 pH 值比 $[P(\text{MA}-\text{AA})]$ 升高, 粘度也有相应变化。共混物的 IR 谱中的羧基吸收 3220cm^{-1} 消失, 碳酸酯的吸收从 1747cm^{-1} 降到 1739cm^{-1} ; 说明在羧基与羰基间形成了氢键^[20]。

用接枝和嵌段方法在共聚物中引入离子, 然后与含相反离子聚合物共混复合, 可以增强分子链间相互作用, 有助于追求更好的力学性能。 CO_2 和环氧丙烷 (PO) 及顺丁烯二酸酐 (MA) 进行三元共聚时, MA 开环形成含有不饱和和键的链节。故可与丙烯酸单体 (AA) 进行自由基接枝反应, 生成含羧基阴离子的 CO_2 共聚物。

利用 CO_2 -PO 的调节共聚合, 得到端羟基液体 PPC 树脂。后者与甲苯二异氰酸酯 (TDI) 反应生成端-NCO 基的预聚物。另外制备环氧氯丙烷 (ECH) 的低聚物, 将其中氯原子季胺化后利用末端羟基与上述预聚物反应, 就得到聚阳离子二氧化碳树脂^[21]。含季铵离子 CO_2 共聚物的热稳定性明显高于一般的 PPC; 导电性能根据离子含量和分布的不同比 PPC 分别提高了 1~5 个数量级; 离聚物在 DMF 溶剂中显示出类似聚电解质水溶液的行为。

在用 PPC 多醇和异氰酸酯制备聚碳酸酯聚氨酯时, 在原料中混入甲基丙烯酸甲酯 (MMA) 或苯乙烯 (St) 等烯类单体, 三羟甲基丙烷三甲基丙烯酸酯 (TMPTMA) 等交联剂, 以及 BPO 等自由基引发剂, 固化后形成互穿的聚氨酯网络和聚取代烯烃网络 (同步 IPN)。先做好聚碳酸酯聚氨酯, 用含有 TMPTMA 和 BPO 的烯类单体浸泡溶胀后再次加热固化, 就形成分步 IPN^[27]。热分析结果显示样品含有两个玻璃化转变温度, 电镜观察样品呈微相分离状态。网络的缠结和互穿改善了材料的耐热性能和力学强度。

在 PPC/烷氧羰基取代的聚苯醚体系, 增大侧链长度和取代基含量可使体系更加相容。PPC/聚氯乙烯 (PVC) 是不相容体系, 但用部分交联的 PPC/丁腈橡胶共混物为偶联剂, 可使体系的力学性能有大幅度提高。

PPC 与环氧树脂共混^[22]: 以液态甲基四氢苯酐为固化剂, 2, 4, 6-三[二(甲基氨基)甲基]苯酚 (DMP-30) 为促进剂时形成半 IPN 结构; 当 PPC 为环氧树脂的 20%~30% 时, 其抗张强度、抗张模量、粘结剪切强度及抗冲击性能均达最大值; 在不牺牲伸长率的前提下, 比纯环氧树脂断裂韧性提高 45%, 抗张强度提高 33%, 抗冲击强度成倍增加。

3 二氧化碳树脂新材料的应用

以下主要介绍脂肪族聚碳酸酯类型的二氧化碳共聚物的应用。其它类型共聚物研究较少, 尚未发现有重要的应用途径。

从脂肪族聚碳酸酯与多异氰酸酯制备的聚氨酯材料有优异耐水解性能^[23]。由二氧化碳和环氧丙烷经过调节聚合可以制得有预定分子量和预定羟基官能度的树脂^[9], 是非常好的聚氨酯原料^[6]。

用顺丁烯二酸酐作为第三单体共聚得到的产物是含不饱和键的树脂, 可在过氧化物和小分子烯类存在下交联固化, 可作为一种新材料代替普通不饱和聚酯使用。

二氧化碳、环氧乙烷 (EO) 的共聚物 (PEC) 有生物降解性, 植入动物体内一周后逐渐消失^[24]。PEC, 二氧化碳、环氧丙烷 (PO) 和琥珀酸酐 (SA) 的三元共聚物, 以及二氧化碳、环氧丙烷和己内酯 (CL) 的三元共聚物能与生物体较好地相容, 可被微生物彻底分解而不留残渣^[25]。土埋一月至数月即有明显失重。

生物降解性的大小最好用单位面积的失重 (WPA) 表示。含有较多 EO, SA, CL 单元的共聚物有较高的生物降解性。分子量较小的样品降解较快。降解被认为在样品表面进行, 降解中观察到残余样品 (清洗后) 的分子量和单元组成基本不变。如用调节聚合方法制备上述共聚物, 然后制成聚氨酯, 可以在保持一定生物降解性能的同时获得较好的力学性能^[16]。

二氧化碳、环氧丙烷和含酯键的环氧化物的三元共聚物可用作药物缓释剂^[26]。

不少 CO_2 共聚物有很好的粘合性质, 有的可用于夹层玻璃的胶合^[27]。 CO_2 环氧丙烷和氧化环己烯的共聚产物与丁苯橡胶共混物是一种良好的热熔胶^[28]。其强度比单纯的丁苯胶高。

二氧化碳共聚物比其它高分子材料可在不太高的温度下完全燃烧, 不留炭黑之类不完全燃烧的产物。因此可用作陶瓷粘结剂, 生产电子工业等方面用的特种陶瓷^[29]。

在 CO_2 和环氧乙烷共聚时如用锡酸钾为催化剂, 并加入长链烷基酚当起始剂, 得到的产物是一种非离子表面活性剂, 有消泡特性^[30]。

用 PPC 共混法对一些固体颜料或填料作表面处理,可以大大改善它们在基质中的分散性,降低体系的熔体粘度而改善其加工性能,增大固体填充率,降低能耗,提高力学性能。

脂肪族聚碳酸酯的分子是柔性的,可用作 PVC 树脂增塑剂成份。用作 PVC 树脂加工助剂^[31],可以改善其熔融流动性及隔氧性能。

二氧化碳树脂的一个显著特性,是对某些气体的透过性很低。如 $P(\text{CO}_2\text{-EO})$, $P(\text{CO}_2\text{-PO})$ 和 $P(\text{CO}_2\text{-BO})$ 对于氧气的透过性分别为 $(1.05 \times 10^{-14}, 2.25 \times 10^{-14} \text{ 和 } 15.0 \times 10^{-14}) \text{ mL} \cdot \text{cm} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}$ 。因此制成薄膜后可以作隔氧材料和食品保鲜材料^[32]。

PPC 与丁腈橡胶(NBR)在过氧化二异丙苯(DCP)和异氰脲酸三烯丙酯(TAIC)硫化体系,或 DCP 加马来酸酐硫化体系的复合引发下,共混形成 IPN 弹性体^[33]。该弹性体保留了 NBR 的良好耐油性,又大大改善了机械力学性能,耐热氧老化性能也很优异。

固体电解质^[34]:脂肪族聚碳酸酯溶于 THF 后与 LiClO_4 混合,除去不溶物涂膜并蒸发溶剂,就制成固体电解质。它有高的室温导电性,优良的成膜性和可挠性。

稳定的水分散体^[35]:用分子量数千的聚碳酸亚丙酯溶于甲乙酮等溶剂,加入表面活性剂后与水充分混合,加热蒸发除去有机溶剂并以某一速率冷却,得到的水分散体可以稳定一个月。它可以用作分解性水基涂料,形成的涂膜在 400°C 下即能彻底分解。

新型液晶材料^[36]:预先制备侧基含有硝基均二苯乙烯基团和各种长度的分隔亚烷基的环氧化物,或者制备含苯甲酸苯酯基及各种长度的烷氧分隔链的环氧化物。使这些环氧化物与二氧化碳共聚,可以得到液晶性共聚物。

总之,二氧化碳作为一个单体在分子科学的地位应该充分认识,要更加努力地开展基础和应用研究,促进二氧化碳的充分利用,减少污染并造福人类。可以相信在未来的世纪,二氧化碳共聚物必将成为一类重要的高分子材料。

4 参考文献

- 1 Rokicki A, Kuran W. J Macromol Sci Rev Macromol Chem, 1981, C21:135
- 2 Chen L B. Makromol Chem, Macromol Symp, 1992, 59:75
- 3 Darensbourg D J, Holtcamp M W, Struck G E, et al. J Am Chem Soc, 1999, 121:107
- 4 彭汉, 陈立班. 高分子学报, 1995(1):83
- 5 陈立班, 黄斌. ZL, 91, 109, 459. 1991
- 6 彭汉, 林欣欣, 黄斌等. 化学世界, 1995, 36(8):426
- 7 Chen L B, Fang X G, Huang B, et al. J Natural Gas Chemistry, 1994, 3(3):255; (4):368
- 8 陈立班, 杨淑英, 何树杰等. 化工学报, 1997, 48(3):398
- 9 杨淑英, 陈立班, 余爱芳等. 高分子学报, 1998(3):338
- 10 陈立班, 杨淑英, 何树杰等. 高分子材料科学与工程, 1998, 14(3):1
- 11 Tsuda T, Mizuno H, Takeda A, Tobisawa A. Organometallics, 1997, 16(16):932
- 12 Yamazaki N, Iguchi T, Higashi F. J Polym Sci, Polym Chem Ed, 1975, 13, 785
Yamazaki N, Tomioka Y, Higashi F. J Polym Sci, Polym Lett Ed, 1976, 14:55
- 13 Rokicki A. Macromol Chem, 1988, 189:2513
- 14 Dixon D D, Ford M E, Mantell G J. J Polym Sci, Polym Lett Ed, 1980, 18:131
- 15 杨淑英, 彭汉, 黄斌等. 石油化工, 1993, 22(11):730
- 16 邹新伟, 杨淑英, 陈立班等. 化学通报. 1998(10):55
- 17 王东山, 陈立班, 杨淑英. 化学世界, 1998, 39(8):395
- 18 陈立班, 倪尔霞, 杨淑英等. 分析测试学报, 1995, 14(3):24
- 19 Robenson L M, Kuphal J A. US, 4, 912, 149. 1990
- 20 林欣欣, 陈立班, 余爱芳. 高分子材料科学与工程, 1999, 15(1):57
- 21 刘卅, 林欣欣, 陈立班. 化学世界, 1998, 39(2):88

22 王剑钊, 黄玉惠, 丛广民. 功能高分子学报, 1994, 7(2): 181

23 Harris R F. J Appl Polym Sci, 1993, 50(5): 793

24 Kawaguchi T, Nakano M, Juni K, et al. Chem Pharm Bull, 1983, 13, 1440

25 Yang, S Y, Fang, X G, Chen L B. Macromol Symp, 1996, 105: 17; Polym Adv Technol, 1996, 7: 605

26 Takanashi M, Noruma Y, Yoshida Y, et al. Makromol Chem, 1982, 183: 2085

27 Weiwad D, Rom C, Voigt H D, et al. WO 96 06, 877. 1996

28 Cannarsa M J, Kesling H S, Hostetler D E, et al. US 4, 833, 036. 1989
Kesling H S, Cannarsa M J, Sun H N. US, 4, 851, 507. 1989

29 Asanuma T, Kawanishi K. JP Kokai 04, 154, 659 and 04, 312, 704. 1992

30 Cuscurida M, Gibson R M. US, 4, 488, 982. 1984

31 Dixon D D, Ford M E. US, 4, 137, 280 and 4, 121, 021. 1979

32 Sant' angelo J G. US, 5, 536, 806. 1996

33 杨向宏, 黄玉惠, 赵树录等. ZL 91, 105, 618. 1. 1991

34 Takahashi K, Noda K, Tanaka K. JP Koksi 08, 217, 868 and 08, 217, 869. 1996

35 Asanuma T, Kawanishi K. JP Koksi 07, 316, 308 and 07, 18, 085. 1995 and 06, 65, 385. 1994

36 Jansen J C, Addink R, Norder B, et al. Mol Cryst Liq Cryst Sci Technol, Sect A, 261: 415, 1995; 290: 173, 1996

Synthesis Properties and Applications of CO₂ Copolymers

Chen Liban

(Guangzhou Institute of Chemistry, Academia Sinica, Guangzhou 510650)

Summary CO₂ is an important carbon resource developing at the end of this century. It has been possible now to readily copolymerize CO₂ with epoxides to form aliphatic polycarbonates. By addition of third monomers, chain extenders and regulators, the chemical structure of the copolymers can be modified and the molecular weights and functionalities of the copolymers can be controlled. The polymerization processes can be simulated by computers with the knowledge of phase equilibrium in the system and the kinetics of the reaction. The properties of the copolymers can be modified and varied by chemical crosslinking, blending, complexation and IPN-forming with other types of polymers. CO₂ copolymers have found many applications and will certainly be an important polymeric material in the coming century.

Key words Carbon dioxide, Epoxides, Copolymers, Aliphatic polycarbonates

江英彦荣获日本高分子化学会国际奖

经日本高分子学会评委严格评选投票, 中国科学院化学研究所研究员、博士生导师江英彦先生荣获 1999 年度日本高分子学会国际奖。同时获得此奖的还有加拿大多伦多大学的 James E. Guillet 教授。

江英彦先生 1926 年出生于台湾省, 1953 年毕业于日本大阪大学, 同年考入该校研究生院。为了投身祖国的建设事业, 作为第一批旅日华侨回到祖国。

多年来江英彦先生在有机硅和功能高分子领域做出了突出贡献, 是国内此领域的开拓者之一。1959 年被评为中国科学院优秀工作者, 得过国家发明奖, 国际和国内优秀论文奖。江英彦先生一直致力于推动中日高分子领域的交流活动, 为加强中日民间科技人员的交流做了大量工作。