

文章编号: 1004 8719(2006) 06 0085 07

环管反应器中稳态操作的丙烯液相 本体聚合的模拟

SIMULATION FOR LIQUID PHASE BULK PROPYLENE POLYMERIZATION IN LOOP REACTOR AT STEADY OPERATION CONDITIONS

罗正鸿, 郑屹, 曹志凯, 徐伟

LUO Zheng hong, ZHENG Yi, CAO Zhi kai, XU Wei

(厦门大学 化学工程与生物工程系 福建 厦门 361005)

(Department of Chemical and Biochemical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

摘要: 采用机理建模方法, 研究了丙烯在环管反应器中的液相本体聚合过程。基于流体全混流流动模式并联用机理分析方法, 建立了环管反应器中的丙烯液相本体聚合的微观数学模型, 模拟了在稳态操作条件下环管反应器中丙烯液相本体聚合动力学。以采集到的工业数据对模型进行了考核。从反应器内反应物料密度和聚合物熔融指数来看, 模拟结果与工业现场采集数据相吻合。采用模型考察了稳态下, 主要工艺条件对丙烯聚合过程的影响。结果表明, 丙烯转化率和聚合产物均相对分子质量均随聚合温度升高而增加; 随丙烯进料量的增加, 转化率下降, 聚合产物均相对分子质量则先增加后减小; 随催化剂量增加, 转化率与聚合产物均相对分子质量均增加; 而 H_2 进料量对转化率没有影响, 但增加 H_2 进料量将导致聚合产物均相对分子质量下降。

关键词: 丙烯液相本体聚合; 环管反应器; 稳态模拟; 聚合动力学

中图分类号: O643.32 文献标识码: A

Abstract: The liquid phase bulk propylene polymerization in loop reactor was simulated based on the polymerization mechanism. According to the flow behavior in the loop reactor and the mechanism analysis of bulk polymerization of propylene, the micro model for liquid phase bulk propylene polymerization in loop reactor at steady operation condition was proposed in order to determine the polymerization kinetics. Moreover, the proposed model was testified by using the spot data in industry. The comparison between simulated and industrial data of the material density and melt index showed that they were in good agreement with each other. The model was applied to investigate the effects of the main factors, including polymerization temperature, the mass flow rates of propylene, catalyst and hydrogen, on the polymerization process. The results indicated that the propylene conversion and the weighted average relative molecular mass of the product polymer increased with the rise of polymerization temperature. With the increase of the mass flow rate of propylene, the conversion decreased, and the weighted average relative molecular mass of the product polymer increased first and then decreased. The conversion and weighted average relative molecular mass increased with the increase of the mass flow rate of catalyst. However, the mass flow rate of hydrogen had no effect on the conversion, but the increase of hydrogen could cause the weighted average relative

收稿日期: 2006-04-18

基金项目: 国家自然科学基金(20406016)和中国石油化工股份有限公司项目(X505029)资助

通讯联系人: 罗正鸿, E-mail: luozh@xmu.edu.cn

©1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

molecular mass of the product polymer to be decreased.

Key words: liquid phase bulk propylene polymerization; loop reactor; steady simulation; polymerization kinetics

聚丙烯(PP)是一类通过丙烯聚合得到的热塑性材料。自 1957 年工业化以来, 由于性能优异、原料来源丰富, 已成为通用树脂中发展最快的一种^[1]。

近 40 年来, PP 的生产工艺不断发展, 由最初的浆料法发展到目前广泛使用的液相本体法和气相法。自 1980 年高效载体催化剂在本体聚合装置上应用以来, 液相本体聚合工艺越来越受到人们的重视并得到迅速发展, 已成为我国 PP 工业中的主要生产工艺。

有关烯烃(包括丙烯)聚合的计算机模拟, 国外主要集中在聚合机理及聚合物颗粒间传热与传质过程方面^[2-4]; 国内则主要针对连续搅拌釜反应器和环管反应器中的聚合过程^[5-8], 得到固含率(转化率)、床层温度和熔融指数等参数的变化规律。针对环管液相反应器, 并结合工业现场数据, 采用机理建模法进行模型化的研究还不多。

笔者针对环管中液相本体法(Spheripol 工艺)的丙烯聚合过程进行了模型化研究。在分析其反应机理的基础上, 利用生成函数法建立了聚合过程的动力学模型, 对 PP 生产过程进行模拟与仿真。

1 环管反应器简介

Spheripol 工艺的核心装置是环管反应器^[9-10]。环管反应器主要由一个封闭的环形主管道构成, 环管的横截面是圆形且均匀。反应器操作时, 反应的混合物浆料被轴流泵推动在环管中高速流动, 充满环管, 使物料达到充分混合。环管反应器带有夹套, 夹套内通入冷却水, 用以带走聚合反应产生的热量, 控制聚合温度。

2 丙烯聚合机理分析

丙烯聚合为配位阴离子聚合, 普适的基元反应主要由链引发、链增长、链转移、链终止等组成。由此建立的模型^[11-12]适用于丙烯聚合(含共聚)。链转移反应除考虑向 H₂ 转移外, 还考虑其它转移, 如向丙烯单体、烷基铝的转移。考虑到所研究的反应属于丙烯均聚, 聚合机理可用下列基元反应表示:

链引发反应:



链增长反应:



链转移反应:

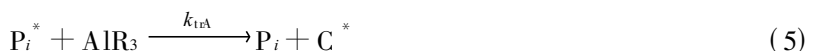
向单体转移:



向 H₂ 转移:



向烷基铝转移:



链终止反应:

自终止:



式中, M 为丙烯单体, C^* 为催化剂活性中心, C_d 为失活催化剂, P^* 为均聚活聚物, P 为均聚死聚物, AlR_3 为烷基铝, k 为各基元反应对应的速率常数; 下标: i 为聚合度或链长度 ($i=1, 2, \dots$), iM 为链引发, p 为链增长, trM 为向 M 的链转移, trH 为向 H_2 的链转移, trA 为向 AlR_3 的链转移, d 为链终止。

3 模型的建立

在实际工业生产中, 环管反应器的循环比(循环物料体积流量(Q_c)/移出体积流量(Q_{out}))大于 100。这种情况下, 反应器的总体效应相当于全混流反应器(CSTR)^[9-10, 13]。此外, 建模时还需以下假设^[11-13]: (1)反应介质近似均匀, 流动属于湍流, 每个活性中心在环管内分布均匀; (2)忽略气、液、固三相间的传质、传热阻力, 忽略扩散作用对丙烯聚合的影响, 忽略丙烯聚合热引起的反应器温度变化; (3)等活性假定, 即链增长、终止及转移反应的动力学参数与链长无关; (4)除上节所描写的链转移反应外, 不考虑其外链转移反应。

根据上述假设, 结合聚合机理, 并耦合 CSTR 反应器模型, 对反应中各物料进行衡算。建立一般矩方程组^[12]。由于模拟的是稳态操作条件, 因此, 各方程等于 0。方程组由式(8)~(13)组成。

$$0 = \frac{d\lambda_0}{dt} = k_{iM}[C^*][M] - (k_{trM}[M] + k_{trH}[H_2] + k_{trA}[AlR_3] + k_d)\lambda_0 + \frac{q\lambda_{0,f} - q\lambda_0}{V} \quad (8)$$

$$0 = \frac{d\lambda_1}{dt} = k_{iM}[C^*][M] + k_p[M]\lambda_0 - (k_{trM}[M] + k_{trH}[H_2] + k_{trA}[AlR_3] + k_d)\lambda_1 + \frac{q\lambda_{1,f} - q\lambda_1}{V} \quad (9)$$

$$0 = \frac{d\lambda_2}{dt} = k_{iM}[C^*][M] + k_p[M](\lambda_0 + 2\lambda_1) - (k_{trM}[M] + k_{trH}[H_2] + k_{trA}[AlR_3] + k_d)\lambda_2 + \frac{q\lambda_{2,f} - q\lambda_2}{V} \quad (10)$$

$$0 = \frac{d\mu_0}{dt} = (k_{iM}[M] + k_{trH}[H_2] + k_{trA}[AlR_3] + k_d)\lambda_0 + \frac{q\mu_{0,f} - q\mu_0}{V} \quad (11)$$

$$0 = \frac{d\mu_1}{dt} = (k_{iM}[M] + k_{trH}[H_2] + k_{trA}[AlR_3] + k_d)\lambda_1 + \frac{q\mu_{1,f} - q\mu_1}{V} \quad (12)$$

$$0 = \frac{d\mu_2}{dt} = (k_{iM}[M] + k_{trH}[H_2] + k_{trA}[AlR_3] + k_d)\lambda_2 + \frac{q\mu_{2,f} - q\mu_2}{V} \quad (13)$$

对丙烯单体、催化剂、 H_2 和 AlR_3 作物料衡算, 可以得到如下微分方程组:

$$0 = \frac{d[M]}{dt} = -k_{iM}[M][C^*] - (k_p + k_{trM})[M]\lambda_0 + \frac{q[M]_f - q[M]}{V} \quad (14)$$

$$0 = \frac{d[C^*]}{dt} = (k_{trM}[M] + k_{trH}[H_2] + k_{trA}[AlR_3])\lambda_0 - k_{iM}[M][C^*] - k_d[C^*] + \frac{q[C^*]_f - q[C^*]}{V} \quad (15)$$

$$0 = \frac{d[H_2]}{dt} = -k_{trH}[H_2]\lambda_0 + \frac{q[H_2]_f - q[H_2]}{V} \quad (16)$$

$$0 = \frac{d[AlR_3]}{dt} = -k_{trA}[AlR_3]\lambda_0 + \frac{q[AlR_3]_f - q[AlR_3]}{V} \quad (17)$$

上面各式中, q 为体积流量, m^3/s ; t 为反应时间, s ; μ_i 为反应器内 i 阶矩的死聚物浓度 ($i=0, 1, 2$), $kmol/m^3$; λ_i 为反应器内活聚物浓度的 i 阶矩 ($i=0, 1, 2$), $kmol/m^3$; 下标 f 表示进料, i 为 i 阶矩, V 为环管反应器总体积, m^3 。

模型仿真时, 参考 Zacca 等^[11, 13] 建议的动力学参数, 依据主要参数 k_{iM} 、 k_p 、 k_{trH} 、 k_d 对丙烯转化率

的影响进行修正。

对方程(8)~(17)联立求解,再结合转化率(固含率, x , %)和质均相对分子质量(A)的定义式即可计算 x 和 A 。工业上,环管反应器中质均相对分子质量、转化率和聚丙烯熔融指数(B , g/min)存在式(18)~(20)的关系^[14]。

$$A = A_{C3} \frac{\lambda_2 + \mu_2}{\lambda_1 + \mu_1} \approx A_{C3} \frac{\mu_2}{\mu_1} \quad (18)$$

$$\frac{x}{910} + \frac{1-x}{408} = \frac{1}{\rho} \quad (19)$$

$$\lg B = 18.56 - 3.36 \lg A \quad (20)$$

其中 A_{C3} 是丙烯的摩尔质量; ρ 为环管中反应物料的密度。

4 仿真结果与讨论

4.1 模型考核

以福建炼油化工有限公司 PP 装置为仿真对象。其中,丙烯、催化剂和 H_2 的进料量等工业数据主要来自该公司 PP 生产车间主控室(由相关流量计计量并通过计算机显示);现场直接取样(反应器中部有一取样口)并通过密度计测定样品密度(ρ),再由式(19)计算得到转化率(x);对现场取得的样品通过熔融指数仪测定得到熔融指数(B)。

采集到稳态条件下 T30S、T36F 和 V30S 3 个牌号的工业数据。相应牌号产品对应的工业工艺条件列于表 1。根据表 1 数据进行物性计算,计算结果(模型物性参数)输入到模型中即可进行仿真(模拟值)。模拟值与工业值的比较列于表 2。

由表 2 可以看出,比较数据的最大误差不超过 9%,这个误差在工业模拟计算中可以接受。表明建立的模型可以模拟 PP 稳态生产过程。

表 1 现场采集的工艺参数

Table 1 The technical parameters in industry

Sample	Date	$q_m^{1)}/\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$			
		Propylene	Catalyst	H_2	AlR ₃
T30S	05 02 13	21329	0.65	0.69	3.12
	05 05 18	25671	0.58	0.82	3.80
T36F	05 02 20	21225	0.54	0.53	3.20
	05 08 25	20512	0.51	0.52	2.92
V30S	05 01 21	19534	0.46	2.10	2.90

1) Mass flow rate

表 2 模拟值与工业值的比较

Table 2 Comparison between simulated and industrial data

Sample	Date	$x^{1)}/\%$		Relative error/%	$B^{2)}/\text{g} \cdot \text{min}^{-1}$		Relative error/%
		Industrial	Simulated		Industrial	Simulated	
T30S	05 02 13	51.33	55.66	8.45	0.371	0.349	5.9
	05 05 18	52.17	49.31	5.5	0.356	0.355	0.3
T36F	05 02 20	53.23	55.09	3.5	0.290	0.301	3.8
	05 08 25	54.34	55.31	1.8	0.311	0.299	4.0
V30S	05 01 21	50.32	52.97	5.3	1.580	1.653	4.6

1) Simulated conversion; 2) Melt index

4.2 结果与讨论

在实际生产中,丙烯、催化剂和 H_2 的进料量及反应温度是调节产品质量的重要操作参数。通过模型化研究考察这些因素的影响。

4.2.1 反应温度对转化率和质均相对分子质量的影响

只改变聚合反应器中聚合温度(预聚合反应器温度不变)下模拟的转化率、质均相对分子质量变化曲线见图 1。

图 1 表明,转化率和质均相对分子质量都随温度的升高而升高。随温度升高,聚合速率常数增大,导致聚合反应速率增大,丙烯聚合量增加,丙烯的转化率也随之增加。但实际上没有为追求更高的转化

率而选择更高的温度作为工艺操作温度, 主要是因为当反应温度大于 70°C 时, 容易引起局部过热导致聚合物结块堵塞输送管线, 使聚合反应难以控制。

4.2.2 丙烯进料量对转化率和质均相对分子质量的影响

在反应温度 70°C 、催化剂和 H_2 进料量不变的条件下, 考察丙烯进料量的改变对转化率和质均相对分子质量的影响, 如图 2 所示。

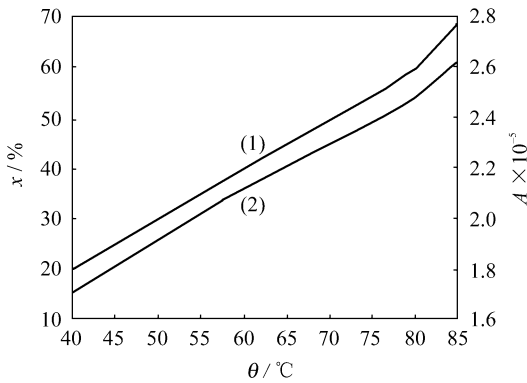


图 1 反应温度(θ)对转化率(x)和质均相对分子质量(A)的影响

Fig. 1 Simulated conversion(x) and the weighted average relative molecular mass (A) vs reaction temperature(θ)
(1) x vs θ ; (2) A vs θ

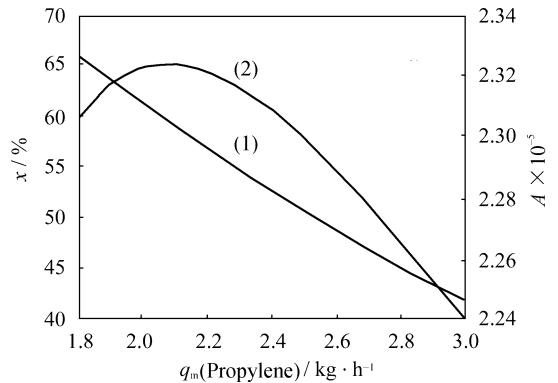


图 2 丙烯进料量($q_m(\text{Propylene})$)对转化率(x)和质均相对分子质量(A)的影响

Fig. 2 Simulated conversion(x) and the weighted average relative molecular mass (A) vs the mass flow rate of propylene ($q_m(\text{Propylene})$)
(1) x vs $q_m(\text{Propylene})$; (2) A vs $q_m(\text{Propylene})$

图 2 表明, 丙烯进料量增加时, 转化率降低, 主要是由于丙烯进料量增加, 反应器中未反应的丙烯量增多。随丙烯进料量增加, 质均相对分子质量先增后减。开始时, 环管内液相本体大部分是丙烯, 随进料量增加, 聚合反应速率增大, 必然导致质均相对分子质量升高; 随丙烯进料量的进一步增加, 反应物料的平均停留时间相应缩短, 即使链增长速率仍在增加, 但丙烯聚合链增长时间相对明显缩短, 导致聚合物相对分子质量降低。

4.2.3 催化剂进料量对转化率和质均相对分子质量的影响

在反应温度 70°C 、 H_2 和丙烯进料量不变的条件下, 考察催化剂进料量对转化率和质均相对分子质量的影响, 如图 3 所示。

图 3 表明, 当催化剂进料量增加时, 催化剂活性中心浓度 $[C^*]$ 增加, 丙烯聚合量增大, 转化率增大, 聚丙烯质均相对分子质量增大。在模型中, 根据式(18)可知, A 的计算与 μ_2/μ_1 值的大小有关, 当模型中 $[C^*]$ 增大时, 通过式(15)和矩方程组(式(8)~(13))的计算, λ_0 增大, μ_2/μ_1 的值增大, 所以 A 增大。

4.2.4 H_2 进料量对转化率和质均相对分子质量的影响

在反应温度 70°C 、催化剂和丙烯进料量不变的条件下, 考察 H_2 进料量对转化率和质均相对

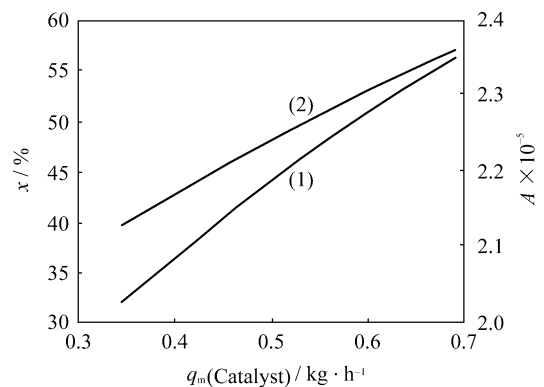


图 3 催化剂进料量($q_m(\text{Catalyst})$)对转化率(x)和质均相对分子质量(A)的影响

Fig. 3 Simulated conversion(x) and the weighted average relative molecular mass (A) vs the mass flow rate of catalyst ($q_m(\text{Catalyst})$)
(1) x vs $q_m(\text{Catalyst})$; (2) A vs $q_m(\text{Catalyst})$

分子质量的影响,如图 4 所示。

由图 4 可知, H_2 进料量的大小对转化率没有影响;但随 H_2 进料量的增加,体系质均相对分子质量降低。转化率用“聚合物占总物料的比例(固含率)”表示。对聚合机理为配位阴离子型的聚合反应而言,转化率主要由链增长速率决定,因为在所有的基元反应中,链增长基元反应消耗绝大多数单体,从而使体系的固含率(转化率)增大。根据基元反应式(2)可得链增长速率(r_p)方程, $r_p = k_p[M] \sum_{i=1,2,\dots} [p_i]$ 。分析该式, H_2 进料量变化对固含率(转化率)无影响。但活性聚合物链主要向 H 转移,因此,当 H_2 进料量增加时,向 H 转移的速率增大,活性聚合链必然提前终止,不进行链增长,这就意味聚合物的平均相对分子质量下降。由于笔者的模型方程建立在基元反应基础上,相应的模拟结果必然符合以上机理分析。

5 结 论

(1) 从反应器内反应物料密度和聚合物熔融指数来看,模拟结果和工业现场采集数据吻合得较好,这表明所建立的模型可以用来模拟环管反应器中稳态操作条件下的丙烯聚合动力学。

(2) 在稳态操作条件下,丙烯转化率和聚合产物均相对分子质量均随聚合温度升高而增加;随丙烯进料量的增加,转化率下降,聚合产物均相对分子质量则先增加后减小;随催化剂量增加,转化率与聚合产物均相对分子质量均增加;而 H_2 进料量对转化率没有影响,但增加 H_2 进料量会导致聚合产物均相对分子质量下降。

(3) 所建立的数学模拟及稳态操作下的模拟结果对实际生产和环管反应器的进一步优化与改造具有一定的指导意义。本课题组仍在继续开展相关的研究工作。

参考文献:

- [1] 张雪珍. 聚丙烯工艺及产品开发生新进展[J]. 石油化工, 2003, 32(7): 615 - 619. (Zhang X Zh. Progress of polypropylene[J]. Petrochemical Technology, 2003, 32(7): 615 - 619.)
- [2] Fink G, Steinmetz B, Zechlin J. Propene polymerization with silica supported metallocene/MAO catalysts[J]. Chemical Reviews, 2000, 100(4): 1377 - 1384.
- [3] Yiagopoulos A, Yiannoulakis H, Dimos V, et al. Heat and mass transfer phenomena during the early growth of a catalyst particle in gas phase olefin polymerization the effect of prepolymerization temperature and time[J]. Chem Eng Sci, 2001, 56(13): 3979 - 3984.
- [4] McKenna T F, Dupuy J, Spitz R. Modeling of transfer phenomena on heterogeneous Ziegler catalyst Part I Differences between theory and experiment, an introduction[J]. J Appl Poly Sci, 1995, 57(3): 371 - 376.
- [5] 崔波, 张青瑞, 李亚宁, 等. 聚丙烯环管反应器的模拟与参数在反应器内的分布[J]. 化学工业与工程, 1996, 13(4): 1 - 8. (Cui B, Zhang Q R, Li Y N, et al. Modeling and parameters distributions in a loop reactor employed for propylene polymerization[J]. Chemical Industry and Engineering, 1996, 13(4): 1 - 8.)
- [6] 范顺杰, 徐用懋. 本体法聚丙烯 CSTR 建模研究[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2000, 40(1): 132 - 136. (Fan Sh J, Xu Y M. Modeling of bulk propylene polymerization in CSTR[J]. Journal of Tsinghua University(Natural Science), 2000, 40(1): 132 - 136.)

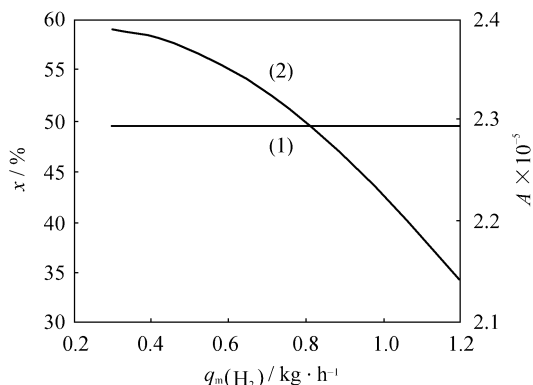


图 4 H_2 进料量($q_m(H_2)$)对转化率(x)和质均相对分子质量(A)的影响

Fig. 4 Simulated conversion(x) and the weighted average relative molecular mass (A) vs the mass flow rate of hydrogen $q_m(H_2)$
(1) x vs $q_m(H_2)$; (2) A vs $q_m(H_2)$

- [7] 杨爱新. 聚丙烯环管反应器的模拟[J]. 化学工程, 2002, 30(6): 37-40. (Yang Ai X. Simulation in a loop reactor for polypropylene[J]. Chemical Engineering, 2002, 30(6): 37-40.)
- [8] 陈欠平, 王宏轼, 宋维端. 连续搅拌釜式丙烯聚合反应器的模拟(II)反应器动态模拟[J]. 化学反应工程与工艺, 1994, 10(1): 32-39. (Chen Q P, Wang H Sh, Song W D. Simulation of continuous stirred tank reactor for polymerization of propylene (II) Dynamic simulation of reactor[J]. Chemical Reaction Engineering and Technology, 1994, 10(1): 32-39.)
- [9] 罗正鸿, 曹志凯, 朱乃靖. 稳态操作下的万吨级聚丙烯环管反应器模型的建立[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2005, 44(3): 395-398. (Luo Zh H, Cao Zh K, Zhu N J. Simulation in a loop reactor for polypropylene under a steady operating condition[J]. Journal of Xiamen University (Natural Science), 2005, 44(3): 395-398.)
- [10] 罗正鸿, 曹志凯, 朱乃靖. 稳态操作下万吨级聚丙烯环管反应器模型的考核与分析[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2005, 44(4): 534-537. (Luo Zh H, Cao Zh K, Zhu N J. An analysis on model of a loop reactor for polypropylene under a steady operating condition[J]. Journal of Xiamen University (Natural Science), 2005, 44(4): 534-537.)
- [11] Zacca J J, Ray W H. Modeling of the liquid phase polymerization of olefin in loop reactors[J]. Chem Eng Sci, 1993, 48(22): 3743-3765.
- [12] Soares J B P. Mathematical modeling of the microstructure of polyolefins made by coordination polymerization: A review[J]. Chemical Engineering Science, 2001, 56(13): 4131-4153.
- [13] Zacca J J, Debling J A, Ray W H. Reactor residence time distribution effects on the multistage polymerization of olefin I Basic principles and illustrative examples polypropylene[J]. Chemical Engineering Science, 1996, 51(21): 4859-4865.
- [14] 蒋京波, 徐用懋, 范顺杰. 本体法环管式丙烯聚合过程建模和 MFR 预报[J]. 系统仿真学报, 2001, 13(增刊): 21-23. (Jiang J B, Xu Y M, Fan Sh J. Modeling of bulk propylene polymerization in loop reactor and MFR prediction[J]. Journal of System Simulation, 2001, 13(Suppl): 21-23.)

作者简介:

罗正鸿(1972-), 男, 博士, 从事化学反应工程和聚合反应工程研究;

郑屹(1980-), 男, 硕士研究生, 从事聚合反应工程研究;

曹志凯(1964-), 男, 副教授, 硕士, 从事化工过程模拟与优化研究;

徐伟(1983-), 男, 硕士研究生, 从事工业催化方面的研究。

《中国学术期刊文摘》中文版和英文版 2007年征订启事

《中国学术期刊文摘》分中文版(简称CSAC)和英文版(简称CSAE)两种,各自收录了我国高水平学术期刊中基础科学、医学、农业科学和工程技术领域约40个学科的论文文摘,全景展现我国的科研成果与进展。

作为综合性科技类检索刊物,《中国学术期刊文摘》致力于将我国科学技术各领域的原创性学术成果全面、快速地向科技工作者交流、传播,其中CSAE是我国第一份综合性英文版科技类学术检索刊物。

《中国学术期刊文摘》由中国科学技术协会主管,科技导报社主办并负责编辑、出版、发行,对科研单位、高等院校、图书馆以及广大科技工作者检索和了解我国的科技研究成果、学术研究动向具有重要的参考价值。

《中国学术期刊文摘(中文版)》刊号为CN 11-3501/N,ISSN 1005-8923,2007年为半月刊,大16开,国内定价38.00元/册,全年定价912元,邮发代号:82707。

《中国学术期刊文摘(英文版)》刊号为CN 11-5411/N,ISSN 1673-4084,2007年改为月刊,大16开,国内定价15.00元/册,全年定价180元,邮发代号:80487。

欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆订阅。

通讯地址:北京市海淀区学院南路86号科技导报社(邮编100081)

联系电话:010-62103122

联系人:姚玉琴

征订信箱: yaoyuqing@cast.org.cn

单位主页: http://www.csac.org.cn

户名:科技导报社

账号:0200001409089017271

开户银行:工商银行百万庄支行