

丙烯腈流化床流化高度模型参数的计算

宫晓燕

(中国石化齐鲁分公司腈纶厂, 山东淄博, 255040)

摘要 结合丙烯腈的实际生产, 选取了适合的高度模拟计算数学模型, 采用所研究反应器的实际运行数据对模型中的参数进行重新计算, 并对模型进行了验证, 与实际生产吻合性较好。

关键词 流化床高度 数学模型 丙烯腈 模拟优化

中图分类号: TQ226.6 文献标识码: B 文章编号: 1009-9859(2010)01-0057-02

目前世界上的丙烯腈反应器均为流化床, 大多采用丙烯氨氧化工艺。丙烯氨氧化制丙烯腈的过程中存在许多副反应, 丙烯腈也存在深度氧化的问题, 因此, 流化床高度越来越引起丙烯腈行业的重视, 成为提高丙烯腈单程收率的重要指标之一。丙烯腈生产中, 影响催化剂流化高度的因素有很多, 近期人们试图利用模型或关联式来描述流化床高度。现有的关于流化床流化高度、床层空隙率或膨胀比的计算公式大多是在小型实验条件下获得的, 主要适合鼓泡流态。李伟^[1]等提出了湍流状态的丙烯腈反应器流化高度的计算模型, 对特定反应器特定催化剂具有一定适用性。

结合实际生产, 以文献 1 的研究结果为基础, 采用所研究反应器的实际运行数据对参数进行重新计算, 以满足实际生产模拟计算要求。

1 催化剂流化高度模拟计算模型

在气固催化剂流化床中, 流化高度主要是由流化状态下的床层空隙率和催化剂的静止高度决定的^[2], 即:

$$H_f = H_0 / (1 - \epsilon_f) \tag{1}$$

式中: H_f ——流化床流化高度, m;

ϵ_f ——流化床空隙率;

H_0 ——静止床层高度, m。

静止床层高度由催化剂装填量、反应器有效截面积、催化剂密度等决定, 可通过下式求得:

$$H_0 = W / \rho_s S_E \tag{2}$$

式中: W ——催化剂藏量, kg

ρ_s ——催化剂堆密度, kg/m³ (按 1 000 kg/

m³ 计);

S_E ——流化床反应器有效截面积, m²。

由式 (1) 和 (2) 得到流化床高度的计算公式:

$$H_f = W / [\rho_s S_E (1 - \epsilon_f)] \tag{3}$$

(1) S_E 的求取

反应器外径 5 400 mm, 壁厚 10 mm; 进料分布管标高 6 899 mm, 进料管外径 269 mm;

撤热水管外径 108 mm, 共 76 个“U”管; 旋风分离器一级料腿外径 269 mm, 二级料腿外径 215 mm, 共 6 组。

流化床反应器撤热水管部分的有效截面积:

$$\begin{aligned} S_E = & 3.14159 \times 2.69 \times 2.69 - 3.14159 \\ & \times 0.108/2 \times 0.108/2 \times 76 \times 2 - 3.14159 \\ & \times 0.269/2 \times 0.269/2 \times 7 - 3.14159 \\ & \times 0.215/2 \times 0.215/2 \times 6 = 20.72(\text{m}^2) \end{aligned}$$

(2) 床层空隙率的求取

通过对现场数据的分析, 认为关联式^[3] $\epsilon_f = Ar^{-0.21} (18Re_p + 0.36Re_p^2)^{0.21}$ 具有很好的推广性, 与所研究反应器的实际情况相吻合, 但由于设备结构及内构件不同, 需对其中的参数进行重新计算。将床层空隙率表示为:

$$\epsilon_f = Ar^{k_3} (k_1 Re_p + k_2 Re_p^1)^{k_4} \tag{4}$$

式中: Ar ——阿基米德准数, $Ar = d_p^3 \rho_g (\rho_p - \rho_g) / \mu_g^2$;

收稿日期: 2009-09-25 修回日期: 2010-01-12。

作者简介: 宫晓燕 (1966-), 女, 山东省临朐县人, 高级工程师。1988 年毕业于天津大学基本有机化工专业, 一直从事丙烯腈生产及技术管理工作, 现为中国石化齐鲁分公司腈纶厂科技开发中心副主任。电话: 0533-3576149, E-mail: wys_gxy@126.com。

Re_p ——雷诺数, $Re_p = d_p u_f \rho_g / \mu_g$;
 k_1, k_2, k_3, k_4 ——根据实际数据关联。
其中: d_p ——催化剂颗粒的平均直径, m (按 50 μ m);
 μ_g ——反应气体黏度, kg / (m • s);
 ρ_g ——反应气体密度, kg/m³;
 ρ_p ——催化剂压紧密度, kg / m³ (按 1 200 kg / m³ 计);
 u_f ——线速, m / s

2 模型参数的计算

利用 2005 年 6 月份的 28 组实际运行数据对流化床高度进行了回归, 得到的待定参数 k_1, k_2

k_3, k_4 的值分别为 2. 219 4 - 2. 368 6 - 0. 767 7 1. 892 6

因此, 流化高度模拟计算公式可表示为:
 $H_f = W / \rho_k S_E [1 - Ar^{-0.7677} (2. 219 4 Re_p - 2. 238 6 Re_p^2)^{1.8926}]$ (5)

整理后得:
 $H_f = W / 20 724. 7 [1 - Ar^{-0.7677} (2. 219 4 Re_p - 2. 238 6 Re_p^2)^{1.8926}]$ (6)

3 模型参数的验证

为了更好地验证以上计算模型, 选取 2005 年不同时间、不同催化剂藏量情况下的生产运行数据利用式 (6) 进行核算。计算结果见表 1。

表 1 流化高度计算结果							
时间	床层高度 /m		相对误差, %	时间	床层高度 /m		相对误差, %
	实际值	计算值			实际值	计算值	
06-11	9.58	9.52	-0.626	04-07	9.50	9.30	-2.105
06-07	9.69	9.67	-0.206	03-24	9.40	9.32	-0.851
05-30	9.59	9.57	-0.313	03-10	8.82	8.80	-0.227
05-25	9.51	9.59	0.841	02-25	8.82	8.81	-0.113
05-20	9.43	9.51	0.848	02-23	8.80	8.69	-1.25
04-29	9.07	9.31	2.646	02-15	8.53	8.54	0.117
04-25	9.31	9.31	0	01-23	8.37	8.21	-1.912

由表 1 可知: 模拟的最大相对误差 2. 646%, 最小相对误差为 0 平均相对误差 0. 223%。其中相对误差小于 1. 00% 的共 10 组, 大于 2. 00% 的共 2 组, 介于两者之间的共有 2 组, 且正负偏差都有。说明上述数学模型满足实际生产的模拟计算要求。

4 结论

通过对丙烯腈流化床反应器床层高度参数的重新计算, 提出了新的丙烯腈流化床高度计算模型参数, 经验证该模型参数对不同催化剂藏量和不同操作条件具有较好的适应性, 能够较为准确

地反应流化床的实际高度, 可以用于丙烯腈生产的理论指导。

参考文献

1 陈甘棠. 流态化技术的理论和应用. 北京: 中国石化出版社, 1996. 160~179
2 陈甘棠. 化学反应技术基础. 北京: 科技出版社, 1978. 248~298
3 许贺卿. 气固反应工程. 北京: 原子能出版社, 1993. 437~454
4 李 伟, 张述伟, 王长英等. 流化床反应器流化高度的计算. 齐鲁石油化工, 2001, 29(4): 273~276

STUDY ON THE FLUIDIZATION HEIGHT MODEL PARAMETER OF ACRYLONITRILE FLUID-BED

Gong Xiaoyan

(Acrylic Fiber Plant of Qilu Branch Company, SINOPEC, Zibo, Shandong 255040)

Abstract The suitable bed heights for the simulation and calculation of mathematic model for the reactor used in the production of acrylonitrile were selected and verified, which showed good coincidence to the actual production
Key words height of fluid-bed mathematics model; acrylonitrile; simulation and optimization