

研究论文

# 盘式连续干燥器的传质传热模型

刘小龙 蒋家羚 刘宝庆

(浙江大学化工机械研究所, 浙江 杭州 310027)

**摘 要** 建立了盘式连续干燥器内加热盘面物料的传质模型, 给出了干燥器内料环高度、盘面积料量及干燥时间的计算方法. 应用颗粒传热理论和扩散理论, 导出了每道料环的传热计算公式, 由该迭代公式可逐步计算出每道料环的出料温度、出料湿含量及干燥速率. 扩散理论中的惟一经验参数——搅拌参数  $N_{\text{mix}}$ , 在本模型中可由不同进料工况下的多组实验数据加以确定. 最后给出了应用该模型进行计算的实例, 结果表明, 理论计算值与实测值吻合较好, 误差一般在 20% 以内.

**关键词** 干燥 传质模型 传热模型 盘式干燥器

**中图分类号** TK 173 TQ 051.892

**文献标识码** A

**文章编号** 0438-1157 (2004) 07-1047-06

## MASS TRANSFER AND HEAT TRANSFER IN CONTINUOUS PLATE DRYER

LIU Xiaolong, JIANG Jialing and LIU Baoqing

(Institute of Chemical Mechanic Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, Zhejiang, China)

**Abstract** A mathematical model for the heat-mass transfer in a continuous plate dryer was proposed. The calculation of several important parameters, such as height, volume of ringy granule piles on the heating pan and drying time, were made. By using the penetration model of particle heat transfer, exit temperature ( $T_e$ ), humidity of material exit ( $X_e$ ) of ringy granular piles and average drying rate ( $\dot{m}$ ) were calculated by iterative equations. The only empirical parameter  $N_{\text{mix}}$ , called the mixing number, could be predicted by the method, provided that the experimental data with various input humidity ( $X_i$ ) were known. The model and equations were used for a published experimental plant. The theoretical predictions were in satisfactory agreement with experimental data, and the error between measured data and calculated values was less than 20%.

**Keywords** drying, mass transfer, heat transfer, continuous plate dryer

### 引 言

盘式连续干燥器是一种连续操作的搅拌物料传导干燥设备, 其结构简图如图 1<sup>[1]</sup>. 干燥器为一立式塔设备, 内部布置的多层空心加热圆盘是该干燥器的主要部件. 大、小圆盘间隔排列, 其内部通入高温的蒸汽或烟气作为传热媒介. 物料从塔顶进料口进入干燥器内并落在第一层大加热盘上, 然后在

耙叶的推动下, 从大盘外缘向内缘作螺旋线移动, 从大盘内孔落入下层小盘, 小盘上的料块在耙叶推动下从小盘内缘向外缘沿螺旋线移动, 从小盘与塔壁间的环隙中落入下一层大盘上. 如此内外交替, 在加热盘上不断吸热升温 and 干燥, 物料的径向移动路线如图中粗线所示. 耙叶、耙杆在转轴、主电机及减速传动系统带动下沿盘表面旋转.

该干燥器具有热效率高、能耗低、环境整洁、

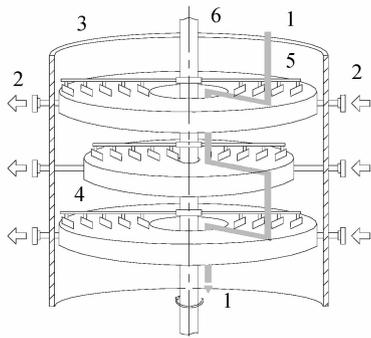


Fig. 1 Schematic of continuous plate dryer

1—wet material; 2—heating medium; 3—shell housing;  
4—heating pan; 5—radial arm, plow; 6—rotating shaft

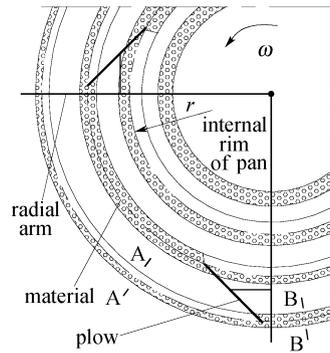


Fig. 2 Sketch diagram of model of particle transfer on heating pan

操作容易等优点, 在国外已得到广泛的应用. 与发达国家相比, 我国盘式连续干燥器的应用还处于起步阶段, 其主要原因是干燥器内的传热传质理论尚不成熟<sup>[1~3]</sup>, 干燥器的设计多建立在经验基础上, 设计出的干燥器往往存在热效率低和设备成本高等问题. 本文建立了盘式连续干燥器内的传质、传热模型, 并应用颗粒传热理论和扩散理论, 给出了各干燥参数的计算公式, 可为盘式干燥器的设计及优化提供基础理论依据.

### 1 传质模型与理论

本模型基于以下简化假设:

① 假设物料为理想松散介质, 其流动特性均匀一致, 其自然休止角度  $\beta$  相对于堆积高度为一恒定值, 可通过实验测得.

② 加热盘面物料的移动传质模型如图 2 所示, 对应于每一道料环存在一对给料耙叶和取料耙叶, 例如图 2 中靠外第二道料环的给料耙叶和取料耙叶分别为下方耙叶和左方耙叶, 料环的中环线为给料耙叶的端点轨迹. 料环一般由两段组成: 一段为从取料耙叶位置沿主轴旋转方向到给料耙叶的部分, 其截面近似为一等腰三角形, 其底角  $\beta$  即为物料的自然休止角; 另一段为从给料耙叶沿主轴旋转方向到取料耙叶的部分, 取料耙叶刮起料环瞬间的截面如图 3 中所示.

若耙叶刮过的总面积与盘面积相等, 则取料耙叶与给料耙叶刮扫的面积恰好相切, 且取料耙叶的最前点轨迹恰好与料环中线重合, 但实际装置中两者往往是不相等的, 图 3 所示为取料耙叶与给料耙叶刮过的面积存在一定重叠的情况, 定义重叠率为 (假设耙叶等径向距离安装)

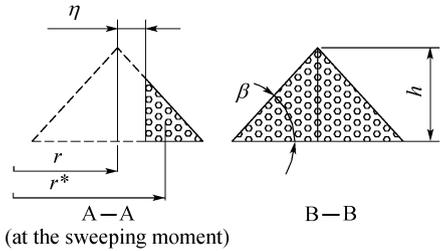


Fig. 3 Cross section of ringy granular piles

$$\zeta = \frac{nL \cos \phi - R + r_0}{R - r_0} \times 100\% \quad (1)$$

为便于计算及简化公式形式, 定义  $\eta$  如下

$$\eta = \frac{\zeta(R - r_0)}{n} \quad (2)$$

$\eta$  几何意义如图 3 所示, 为取料耙叶的最前点轨迹与料环中环线的半径差.

由从进料口到某一料环间建立物料恒算知, 在一定时间内的进料应等于从该料环刮走的粒料量, 即

$$2\pi\omega r h^2 \cot \beta - \pi\omega r^* (h \cot \beta - \eta)^2 \tan \beta = \frac{m}{\rho} \quad (3)$$

系数  $r^*$  为图 3 中所示 A—A 截面重心所在位置的半径大小

$$\begin{aligned} r^* &= r + \eta + \frac{1}{3}(h \cot \beta - \eta) \\ &= r + \frac{1}{3}h \cot \beta + \frac{2}{3}\eta \end{aligned} \quad (4)$$

料环宽度一般远小于料环中环线半径, 为简化计算, 取

$$r^* = r \quad (5)$$

从式 (5) 可得盘面料环的堆积高度计算式

$$h = \sqrt{\frac{m \tan \beta}{\pi \omega r \rho} + 2\eta^2 \tan^2 \beta - \eta \tan \beta} \quad (6)$$

从图 3 知, 式 (3)、式 (6) 成立要求  $\eta \in (0, h \cot \beta)$ .

临界点为  $\eta_c = h \cot \beta$ ，此时  $\zeta$  值为

$$\zeta_c = \frac{n}{R-r_0} \sqrt{\frac{m \cot \beta}{2 \pi \omega r \rho}} \quad (7)$$

当  $\eta < -h \cot \beta$  时，耙叶不能刮到相应前继耙叶的料环，传质不能进行；当  $(R-r_0)/n > \eta > h \cot \beta$ ， $\zeta \in (\zeta_c, 1)$  时，式 (3) 蜕化为

$$2 \pi \omega r h^2 \cot \beta = \frac{m}{\rho} \quad (8)$$

当  $0 > \eta > -h \cot \beta$ ， $\zeta \in (-\zeta_c, 0)$  时，为

$$\pi \omega r (h \cot \beta + \eta)^2 \tan \beta = \frac{m}{\rho} \quad (9)$$

综合式 (6)、式 (8)、式 (9)，可得料环高度的计算式为

$$h = \begin{cases} \sqrt{\frac{m \tan \beta}{\pi \omega r \rho} - \eta \tan \beta} & \zeta \in (-\zeta_c, 0) \\ \sqrt{\frac{m \tan \beta}{\pi \omega r \rho} + 2 \eta^2 \tan^2 \beta - \eta \tan \beta} & \zeta \in (0, \zeta_c) \\ \sqrt{\frac{m \tan \beta}{2 \pi \omega r \rho}} & \zeta \in (\zeta_c, 1) \end{cases} \quad (10)$$

同理可得料环较小截面段的料高  $h'$  为

$$h' = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{2} (h^2 - 2 h \eta \tan \beta - \eta^2 \tan^2 \beta)} & \zeta \in (-\zeta_c, 0) \\ \frac{\sqrt{2}}{2} (h - \eta \tan \beta) & \zeta \in (0, \zeta_c) \\ 0 & \zeta \in (\zeta_c, 1) \end{cases} \quad (11)$$

求出料环高  $h$  后，以  $h$  为参数可求出盘面总面积和停留时间。

在稳定传质状况下，一道料环的体积为

$$v_i = \begin{cases} \pi r \cot \beta [2 h^2 - \theta (h + \eta \tan \beta)^2] & (-\zeta_c < \zeta < 0) \\ \pi r \cot \beta [\theta (h - \eta \tan \beta)^2 + 2 (1 - \theta) h^2] & (0 < \zeta < \zeta_c) \\ 2 (1 - \theta) \pi r \cot \beta h^2 & (\zeta_c < \zeta < 1) \end{cases} \quad (12)$$

因此一块盘的盘面总面积为（各料环体积近似相等）

$$V = \sum_{i=1}^n v_i \approx n v_i \quad (13)$$

物料在一块盘上的停留时间  $t$  为

$$t = \frac{V \rho}{m} = \frac{n \rho v_i}{m} \quad (14)$$

由式 (3)、式 (8)、式 (9)、式 (11) 联立可得  $t$  与  $h$  的关系式

$$t = \begin{cases} \frac{2 \pi r n \rho \cot \beta}{m} h^2 - \frac{\theta n}{\omega} & \zeta \in (-\zeta_c, \zeta_c) \\ \frac{n}{2 \omega} & \zeta \in (\zeta_c, 1) \end{cases} \quad (15)$$

物料在干燥机内的总干燥时间为

$$\tau_d = \sum_{j=1}^K t_j \quad (16)$$

其中，耙杆安装系数  $\theta$  为沿主轴旋转方向从给料耙叶旋转至取料耙叶所需角度的  $1/2\pi$ ，其数值由耙杆的个数及耙叶的安装次序决定。

## 2 传热模型

Schlunder 和 Mollekopf 研究了间歇式传导干燥器中物料与加热盘间的传热过程，并建立了“颗粒热传递模型”及扩散理论模型<sup>[4~6]</sup>，成功地计算了搅拌传导干燥过程中物料的干燥速率。连续干燥器为一种连续式传导干燥器，但若将盘式干燥器中运动着的物料离散化，研究某一料团在某一时间、某一位置的干燥规律，则不难看出，该料团的干燥规律与同一料团间歇式干燥器中的干燥规律是相同的，因此针对间歇干燥提出的“扩散理论”可用于盘式连续干燥器过程的分析<sup>[1~3]</sup>。

在扩散理论中，若忽略颗粒内部的传导热阻，则干燥需克服的热阻主要包括两部分：物料底层颗粒与加热盘间的接触热阻  $1/\alpha_w$ ；料层内的热传导热阻  $1/\alpha_s$ 。

其中，颗粒传热的接触热阻已有较成熟的计算公式（不考虑辐射传热）<sup>[7,8]</sup>

$$\alpha_p = \frac{4 \lambda_g}{d} \left[ \left( 1 + \frac{2 \sigma + 2 \delta}{d} \right) \ln \left( 1 + \frac{d}{2 \sigma + 2 \delta} \right) - 1 \right] \quad (17)$$

$$\sigma = 2 \frac{2 - \gamma}{\gamma} \sqrt{\frac{2 \pi R T_g}{M_g} \frac{\lambda_g}{p (2 C_g - R / M_g)}} \quad (18)$$

$$\lg (1 / \gamma - 1) = 0.6 - (1000 / T_g + 1) / 2.8 \quad (19)$$

$$\alpha_w = \psi \alpha_p + (1 - \psi) \frac{2 \lambda_g}{\sqrt{2} d + 2 \sigma} \quad (20)$$

在间歇干燥中的假想静止时间  $\tau_R$  在连续干燥器内映射为加热盘上一段料环的空间弧长，两者的传热本质是相同的。因此在加热盘上的料环段所在面积的平均传热系数等同于在颗粒间歇搅拌传热中  $\tau_R$  时间内的平均传热系数  $\alpha_s$ ，借鉴扩散理论中料床的传导热阻标准公式可得

$$\alpha_s = \frac{2 \sqrt{(\rho c \lambda)_{bed}}}{\sqrt{\pi \tau_R}} \quad (21)$$

对于工程应用，料环所覆盖面积的平均总传热系数为<sup>[4,5]</sup>

$$\alpha = \frac{\alpha_w}{\frac{1}{\alpha_w} + \frac{1}{\alpha_s}} = \frac{\alpha_w}{1 + \frac{\sqrt{\pi \tau^*}}{2}} \quad (22)$$

$$\tau^* = \frac{\alpha_w^2 \tau_R}{(\rho c \lambda)_{bed}} \quad (23)$$

$$\tau_R = N_{\text{mix}} t_R \quad (24)$$

式中  $\tau_R$  为假想静止时间, 为物料每次被均匀混合所间隔的时间, 而  $t_R$  为颗粒在盘面保持静止状态所持续的实际时间. 一般的搅拌器在一次搅拌中并不能使物料达到均匀混合, 所以  $\tau_R$  并不等于  $t_R$ , 故引入了一个搅拌参数  $N_{\text{mix}}$ , 它是扩散理论中惟一需要凭经验或通过实验测定的参数, 是与物料性质和搅拌装置机械性能有关的参数, 而与操作压力、温度、湿含量等无关<sup>[1]</sup>, 因此, 由不同进料湿含量下的多组实验数据可计算出装置的搅拌参数  $N_{\text{mix}}$ .

考虑重叠率  $\zeta < \zeta_c$  时, 料环存在截面不同的两段, 其内部颗粒的静止时间  $t_R$  分别为:  $t_{R,1} = \theta/\omega$ ,  $t_{R,2} = 1/\omega$ . 对应于式 (21) ~ 式 (24) 中的平均热传导系数及平均总传热系数分别为:  $\alpha_{s,1}$ ,  $\alpha_{s,2}$ ,  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ .

从给料耙叶进料到取料耙叶取料间可列热平衡方程式

$$4\pi r \cot \beta [\theta \alpha_1 (h - h') + \alpha_2 h'] (T_w - T_i - \Delta T / 2) = m(c_{p,\text{bed}} + X_i c_{p,\text{H}_2\text{O}}) \Delta T + m \Delta X h_{\text{ev}} \quad (25)$$

由扩散理论

$$\Delta T = \frac{h_{\text{ev}}}{c_{p,\text{bed}} + X c_{p,\text{H}_2\text{O}}} [\exp(\xi^2) - 1] \Delta X \quad (26)$$

联立式 (26)、式 (27) 得湿物料经过一道料环后出料温度为

$$T_e = T_i + \Delta T = \frac{4Q_a (T_w - T_i)}{m(c_{p,\text{bed}} + X_i c_{p,\text{H}_2\text{O}}) \exp(\xi^2) + 2Q_a} + T_i \quad (27)$$

式中

$$Q_a = \pi r \cot \beta [\theta \alpha_1 (h - h') + \alpha_2 h'] [\exp(\xi^2) - 1] \quad (28)$$

$$X_e = X_i - \frac{c_p + X_i c_{p,\text{H}_2\text{O}}}{h_{\text{ev}} [\exp(\xi^2) - 1]} \Delta T_i$$

式中  $\xi$  由下式求出

$$\sqrt{\pi} \xi \exp(\xi^2) \left[ 1 + \left( \frac{\alpha_w}{\alpha_s} - 1 \right) \text{erf}(\xi) \right] = \left( \frac{\alpha_w}{\alpha_s} - 1 \right) \frac{c_{p,\text{bed}} (T_w - T_i)}{X_i h_{\text{ev}}} \quad (29)$$

$\alpha_s$  取为  $\alpha_{s,1}$ 、 $\alpha_{s,2}$  的按面积加权取平均值

$$\alpha_s = \alpha_{s1} \frac{\theta h}{\theta h + (1 - \theta) h'} + \alpha_{s2} \frac{h'}{\theta h + (1 - \theta) h'} \quad (30)$$

每道料环的面积平均干燥速率公式为

$$\dot{m} = \frac{m \Delta X}{4\pi r \cot \beta [\theta h + (1 - \theta) h']} \quad (31)$$

由以上各式即可计算每道料环出料的料床温度、湿含量及平均干燥速率.

### 3 计算实例

文献 [3] 中进行了聚氯乙烯树脂的干燥实验研究, 其实验基本参数为: 加热盘  $\Phi 1200/\Phi 1000$ , 每层加热盘上装有两支耙臂, 大、小加热盘每支耙臂上分别装有 6、5 个耙叶. 耙叶刮板的尺寸为  $60 \text{ mm} \times 120 \text{ mm}$ , 安装角为  $45^\circ$ , 物料的物性参数为:  $d = 186 \mu\text{m}$ ,  $c_{p,\text{bed}} = 0.946 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ,  $\rho = 471 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ,  $\alpha_w = 1483 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ ,  $\beta = 40^\circ$ ,  $\lambda_{\text{bed}} = 0.145 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ,  $h_{\text{ev}} = 2.25679 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ . 表 1 中分别列出了 7 组实验的其他各参数.

Table 1 Measured and calculated values in a published plate dryer

No.	$X_i$	$\omega \times 10^5$ / $r \cdot \text{s}^{-1}$	$m \times 10^5$ / $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$	$T_w$ / $\text{K}$	$X_e^c$	$X_e^c$	$\tau_d^c$ / $\text{s}$
1	0.381	3445	3463	392.8	0.166	0.169	319.3
2	0.136	9524	11140	392.8	0.036	0.040	115.5
3	0.282	2549	3702	399.9	0.059	0.081	431.5
4	0.132	3445	7985	406.0	0.020	0.023	319.3
5	0.135	6501	14968	406.0	0.039	0.046	169.2
6	0.161	9524	12615	406.0	0.052	0.060	115.5
7	0.127	12308	16431	406.0	0.043	0.044	66.9

把上述参数代入式 (1) ~ 式 (31), 可由进料湿含量逐步计算出最终湿含量的理论计算值及干燥时间, 整个计算过程可编程实现. 表 1 列出了搅拌数  $N_{\text{mix}} = 3$  时的终了湿含量  $X_e^c$  的理论计算结果, 与实验实测结果相比, 误差在 20% 以内 (扩散理论的误差一般在 30% 以内). 因此, 计算结果表明该实验装置的搅拌数为 3. 以第一组实验数据为例, 其计算过程数据见表 2.

Table 2 Simultaneous calculation of  $h, \xi, T_e, X_e, \dot{m}$  for test No. 1 ( $N_{\text{mix}} = 3$ )

No.	$h$ / $\text{mm}$	$\xi$	$T_e$ / $\text{K}$	$X_e$	$\dot{m} \times 10^3$ / $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$
1	7.5	0.2173	293.77	0.366	1.77
2	7.8	0.2209	294.41	0.353	1.76
3	8.1	0.2246	295.04	0.339	1.74
4	8.5	0.2282	295.69	0.327	1.73
5	8.9	0.2319	296.33	0.315	1.72
6	9.3	0.2355	296.96	0.304	1.70
7	9.9	0.2391	297.59	0.293	1.69
8	10.6	0.2426	298.20	0.283	1.67
9	11.4	0.2460	298.79	0.274	1.66
10	12.5	0.2491	299.35	0.266	1.65
11	14.0	0.2522	299.88	0.259	1.64
12	16.1	0.2550	300.33	0.253	1.62
13	21.8	0.2574	300.69	0.248	1.62
14	16.9	0.2593	301.15	0.242	1.61

Table 2 (continued)

No.	$h$ /mm	$\xi$	$T_c$ /K	$X_c$	$\dot{m} \times 10^3$ /kg · m <sup>-2</sup> · s <sup>-1</sup>
15	14.2	0.2618	301.71	0.235	1.60
16	12.6	0.2648	302.37	0.228	1.58
17	11.4	0.2683	303.12	0.219	1.57
18	10.5	0.2723	303.97	0.210	1.55
19	9.7	0.2767	304.92	0.201	1.53
20	9.2	0.2818	305.98	0.190	1.51
21	8.7	0.2874	307.16	0.180	1.49
22	8.2	0.2936	308.46	0.169	1.46

## 4 结 语

盘式连续干燥器是一种高效节能、环保型的搅拌物料传导干燥设备，但其传热传质理论研究的成熟严重阻碍了它在工农业生产中的推广。本文建立了干燥机内物料沿盘面运动的传质、传热模型，并应用颗粒传热理论和扩散模型，导出了干燥器内各关键参数的迭代计算公式。计算实例表明，该模型能满足工程计算的精度要求，可为盘式连续干燥器的设计及优化提供理论依据。目前，该理论模型已在一用于废轮胎热解回收的相似结构设备设计中得到了较好的应用<sup>[9]</sup>。

### 符 号 说 明

- $c_p$ ——比热容，J · kg<sup>-1</sup> · K<sup>-1</sup>  
 $d$ ——颗粒直径，m  
 $h$ ——料环较大截面段料高，m  
 $h'$ ——料环较小截面段料高，m  
 $h_{ev}$ ——湿分的汽化潜热，J · kg<sup>-1</sup>  
 $K$ ——加热盘总数  
 $L$ ——耙叶宽度，m  
 $M$ ——空气分子量，kg · mol<sup>-1</sup>  
 $m$ ——进料速率，kg · s<sup>-1</sup>  
 $\dot{m}$ ——干燥速率，kg · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup>  
 $N_{mix}$ ——搅拌参数  
 $n$ ——一块盘面的耙叶数  
 $p$ ——干燥机内压力，Pa  
 $R$ ——加热盘外径，m  
 $r$ ——料环中环线半径，m  
 $r_0$ ——加热盘内径，m  
 $T$ ——热力学温度，K

$t$ ——物料在一块盘面的静止时间，s

$t_R$ ——物料在料环内静止时间，s

$V$ ——一块盘面的总积料体积，m<sup>3</sup>

$v$ ——一道料环内的物料体积，m<sup>3</sup>

$X$ ——物料湿含量（干基）

$\alpha$ ——总传热系数，W · m<sup>-2</sup> · K<sup>-1</sup>

$\alpha_s$ ——料床热传导系数，W · m<sup>-2</sup> · K<sup>-1</sup>

$\alpha_w$ ——接触传热系数，W · m<sup>-2</sup> · K<sup>-1</sup>

$\beta$ ——橡胶小块的自然堆积角度，(°)

$\gamma$ ——空气影响调节系数

$\delta$ ——颗粒表面粗糙度，m

$\zeta$ ——面积重叠系数

$\theta$ ——耙叶安装系数

$\lambda$ ——热导率，W · m<sup>-1</sup> · K<sup>-1</sup>

$\rho$ ——物料的堆积密度，kg · m<sup>-3</sup>

$\tau_d$ ——总干燥时间，s

$\tau_R$ ——假想静止时间，s

$\phi$ ——耙叶安装角度，(°)

$\psi$ ——表面覆盖系数（取 0.8）

$\omega$ ——主轴转速，r · s<sup>-1</sup>

### 上角标

C——计算值

E——实测值

### 下角标

bed——干料床

e——料环出料

g——盘面气体

H<sub>2</sub>O——湿分

i——料环进料

$j$ ——第  $j$  道料环

w——加热盘壁

1——料环较大截面处

2——料环较小截面处

### References

- 1 Pan Yongkang (潘永康). Modern Drying Technology (现代干燥技术). Beijing: Chemical Engineering Publishing Company, 1998. 147—162
- 2 Fan Lihua (樊丽华), Dong Weizhi (董伟志). Diffusion Theory and Continuous Disc Dryer. *Journal of Hebei Industrial University* (河北科学院学报), 1996, 25 (1): 29—34

- 3 Si Menghua (司孟华), Zhang Jijun (张继军). The Analysis and Study on the Motive Law of Product on the Plate in the Plate Dryer. *Journal of Hebei Science Institute* (河北工学院学报), 1998, **1**: 20—27
- 4 Schlunder E U, Mollekopf N. Vacuum Contact Drying of Free Flowing Mechanically Agitated Particulate Material. *Chem. Eng. Process*, 1984, **18**: 93—111
- 5 Schlunder E U. Heat Transfer to Packed and Stirred Beds from the Surface of Immersed Bodies. *Chem. Eng. Process*, 1984, **18**: 31—53
- 6 Heimann F, Schlunder E U. Vacuum Contact Drying of Mechanically Agitated Granular Beds Wetted with a Binary Mixture. *Chem. Eng. Process*, 1988, **24**: 75—91
- 7 Keey R B. Drying of Loose and Particulate Materials. New York: Hemisphere Publishing Corporation, 1991. 179—189
- 8 Jiang Jialing (蒋家羚), He Huabo (贺华波), Xia Junyi (夏俊毅), Lu Jun (陆军). A Particle Heat Transfer Model to Calculate the Heat Transfer Coefficient of the Pan Rotary Dryer. *Journal of Chemical Engineering of Chinese Universities* (高校化学工程学报), 2000, **13** (4): 324—327
- 9 Jiang Jialing (蒋家羚), Liu Xiaolong (刘小龙), Liu Baoqing (刘宝庆). Development of a Pyrolysis Plants for Used Tires. *Chemical Industry and Engineering Progress* (化工进展), 2002, **21** (9): 681—684

## 信息与交流

## 第一届全国化学与生物工程年会

### 1st Chinese National Chemical and Biochemical Engineering Annual Meeting

为促进国内化学工程与生物化工科学与技术的发展与交流,展示我国该领域的现状和水平,鼓励创新性和前沿性的思想和理论的提出,中国化工学会化学工程专业委员会与生物化工专业委员会经多次商讨,一致同意将全国化学工程科技报告会与全国生物化工学术会两会合一,联合举办全国化学与生物工程年会.研究决定“第一届全国化学与生物工程年会”于2004年11月5~9日在南京召开,会议由南京工业大学承办.

本次会议将有多名院士出席并做大会报告,会议期间还将举行重大与热点领域的专题研讨会.热诚欢迎各高校、科研院(所)、企事业单位等的科研、工程技术和管理人员积极参加会议.

地 址: 江苏省南京市新模范马路5号

名 称: 南京工业大学全国化学与生物工程年会组委会

邮 编: 210009

联 系 人: 邢卫红 徐炎华 陈巧玲

电 话: 025-83587718/83587078/83587196

传 真: 025-83300345

E-mail: njutm@163.com; ncbe@njuc.edu.cn; xingwh@njut.edu.cn

会议网址: <http://ncbe.njut.edu.cn>

南京工业大学第一届全国化学与生物工程年会组委会

2004年2月

(摘自: [www.membranes.com.cn](http://www.membranes.com.cn))