

气体分布板开孔结构对流化干燥滞留率的影响

刘巍^{1,2}, 汤文成¹

(1. 东南大学机械工程系, 南京 210096; 2. 南京师范大学机械电子工程系, 南京 210042)

[摘要] 滞留率是确定流化干燥死床点的重要参数。针对气体分布板开直孔和开斜孔的惰性粒子流化床干燥器, 以洗衣粉悬浮液为对象, 考查了进料量、惰性粒子直径、进风温度、静床高、进风速度以及物料初始浓度对干燥器滞留率的影响, 分析了气体分布板开直孔和开斜孔时干燥器滞留率的大小, 并以气体分布板开斜孔为例, 测定了干燥器的生产能力与板开孔率之间的关系曲线。结果表明, 滞留率随进料量和物料初始浓度的提高而增大, 随惰性粒子直径、进风温度、静床高和进风速度的提高而减小; 若将气体分布板的孔道由直孔改为斜孔, 并在此基础上适当增加板的开孔率, 可有效降低干燥器的滞留率, 提高干燥器的生产能力。

[关键词] 惰性粒子; 流化干燥; 气体分布板; 开孔形状; 开孔率; 滞留率

[中图分类号] TK 173 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2006)06-0041-03

1 引言

流化床干燥器属于气固对流传热的干燥机型, 具有热容系数高, 干燥速率大, 操作简便等诸多优点, 其干燥对象多为含水量低的物料, 而对于溶液和悬浮液等物料, 一般不适用。为此, 近年来国内外开发出了惰性粒子流化床干燥器, 它既有传统流化床干燥器的优点, 又有其独特之处, 可用于液状、膏糊状以及泥团状等物料的干燥^[1-5]。

在流化干燥的工业生产中, 干燥器的死床现象偶有发生, 尤其对于惰性粒子流化床, 由于床内本身就加有一定量的惰性粒子, 其流化难度相对较大, 故当进料量偏高时, 床内正常的流化状态就极易遭到破坏, 从而出现死床。滞留率就是研究流化床干燥器死床的一个重要参数^[6]。在相同的操作工况下, 干燥器的滞留率越小, 表明该干燥器的生产能力越大。有关滞留率的研究, 国内目前尚少, 至于悬浮液在惰性粒子流化床干燥器中滞留率的研究还未见文献报道。为此, 笔者在前期研究的基础

上^[7,8], 以洗衣粉悬浮液为对象, 分别对气体分布板开直孔和开斜孔的惰性粒子流化床干燥器, 结合进料量等参数与滞留率之间关系曲线的测定, 以考察气体分布板的开孔形状与开孔率对干燥器生产能力的影 响, 为确定惰性粒子流化床干燥器的死床点提供参考。

2 惰性粒子流化干燥实验

2.1 气体分布板的开孔结构

实验装置与流程参见文献 [8]。其中, 气体分布板的材质为不锈钢, 孔道分别采用 2 mm 孔径的直孔或斜孔, 开孔率为 7.5%。为使气体分布得更加均匀以及尽可能地避免碎料漏入气室, 实验还在分布板底部铺设了一层席形网。

2.2 滞留率的测取

在流化干燥中, 适当地增加进料量, 可以提高体积传热系数和热效率^[8], 但若控制不好, 也易造成干燥器的死床。死床现象常采用滞留率 g 进行研究。

[收稿日期] 2005-06-20; **[修回日期]** 2005-07-25

[基金项目] 国家自然科学基金资助项目 (50475074)

[作者简介] 刘巍 (1973-), 女, 吉林公主岭市人, 东南大学机械工程系博士生, 南京师范大学讲师

滞留率是指干燥达到平衡时单位质量惰性粒子表面所粘留的物料质量。实验中,在干燥操作稳定后,即床层压降、气体出口温度等参数近似不变时,暂时停机,将粘有料膜的惰性粒子从床层内取出,然后称重并记录,再将惰性粒子表面的料膜洗净、烘干再次称重。由两次称重测得的数据,即可计算出滞留率的大小。

3 结果与讨论

3.1 进料量和惰性粒子直径对滞留率的影响

如图1所示,不论气体分布板开直孔还是开斜孔,滞留率均随进料量 V 的提高而增大,随惰性粒子直径 d_p 的提高而减小。实验中观察到,随着进料量的提高,床内惰性粒子的流化程度逐渐减弱;当进料量提高到一定程度后,即出现死床现象,此时滞留率达到最大值。相反,实验中若将惰性粒子的直径提高,则可测得干燥器的滞留率将减小。这是由于大直径粒子的碰撞动量相对较大,干料易于从大粒子的表面脱落,因此采用大直径粒子的干燥器滞留率较低。可见,单从降低滞留率的目标考虑,生产中宜采用大直径粒子。但实际上,由于大直径粒子的其他传热和传质性能(如体积传热系数、热效率和蒸发强度等)通常都要低于小直径粒子^[2,8],故在多数工业干燥中,尤其当干燥对象为液状物料时,还是优先采用小直径粒子,只是此时需加强对进料量的监控,以防因滞留率过大或粒子间集结成团而妨碍床内惰性粒子的正常流化。

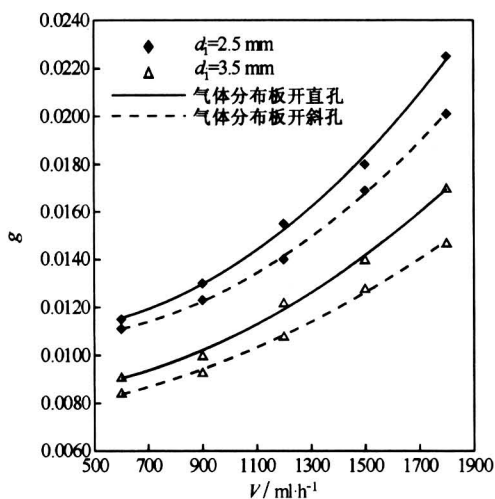


图1 进料量和惰性粒子直径对滞留率的影响

Fig.1 The effects of feed volume and diameter of inert particles on detained mass of material

3.2 进风温度和静床高对滞留率的影响

如图2所示,不论气体分布板开直孔还是开斜孔,滞留率均随进风温度 T_m 和静床高 H 的提高而降低。当进风温度提高时,由于料膜中水分蒸发加快,料膜也加速由弹塑性向弹脆性转变,其后再经粒子间的碰撞和研磨,料膜将很快以干粉的形式随尾气排出,减小了滞留率。因此,对于进风温度相对较高的干燥操作,可适当提高干燥器的进料量,一般不会出现干燥器死床。同样,对于静床层相对较高的干燥器,由于床内惰性粒子的数目较多,当进料量适当提高时,其滞留率也不会太高,发生干燥器死床的可能性较小。可见,干燥器的静床层越高,其生产能力越大,但其风机动力消耗也相应增大。

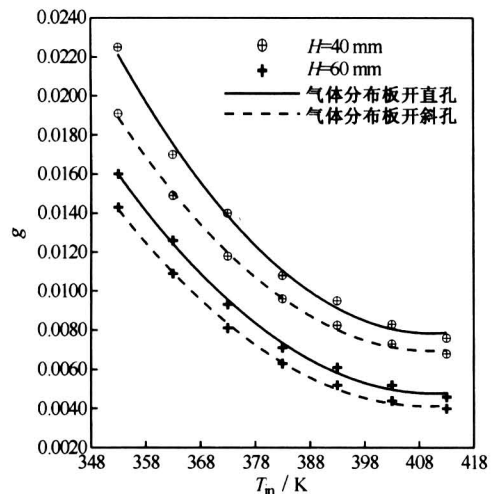


图2 进风温度和静床高对滞留率的影响

Fig.2 The effects of gas temperature of entrance and height of static bed on detained mass of material

3.3 进风速度和物料初始浓度对滞留率的影响

如图3所示,不论气体分布板开直孔还是开斜孔,滞留率均随进风速度 u 的提高而减小,随物料初始浓度 C 的提高而增大。当进风速度提高时,惰性粒子之间的碰撞和研磨更加有力,料膜也更容易脱离粒子的表面,且在高风速的带动下及时排出干燥器。因此,干燥器的滞留率将降低。相反,若提高料液的浓度,当干燥达到平衡时,通常单位体积惰性粒子表面料膜的质量将增加,导致滞留率增大。因此,在工业生产中,当干燥对象为低含水量物料时,需重点防止干燥器出现死床。

3.4 分布板开直孔与开斜孔时的滞留率比较

图1、图2和图3还表明,在相同的操作条件

下，气体分布板开斜孔的干燥器，其滞留率较开直孔的低。这主要是由于斜孔促使了气流产生旋转式流动，粒子间碰撞的概率和力度均将增加，加速了料膜从粒子表面的脱落。因此，床内滞留率降低。可见，若将气体分布板的孔道由直孔改为斜孔，可提高干燥器的生产能力。

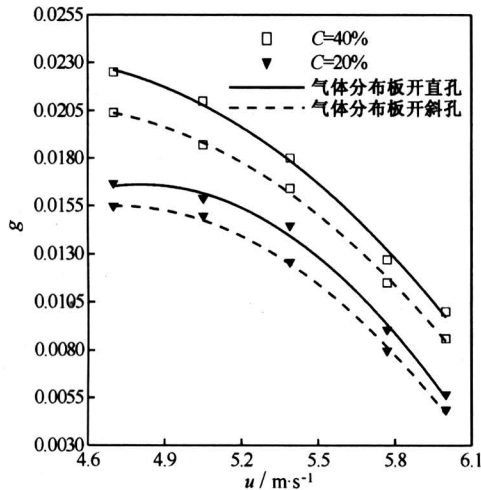


图 3 进风速度和物料初始浓度对滞留率的影响

Fig.3 The effects of gas rate of entrance and concentration of material on detained mass of material

3.5 斜孔分布板开孔率对生产能力的影 响

由上可知，气体分布板的开孔形状影响干燥器的滞留率，进而影响干燥器的生产能力。事实上，气体分布板作为流化气流均布的重要部件，其开孔率也直接影响干燥器的滞留率和生产能力。表 1 列出了干燥器的生产能力与斜孔分布板开孔率之间的对应关系。表 1 表明分布板的开孔率提高后，由于床内气流的分布更加均匀，处于不同位置的惰性粒子均能较好地参与流化，有效防止粒子间的集结成团，从而改善床内的流化状态。因此，在相同的实验条件下，干燥器出现死床时的极限进料量即生产能力有所增加。可见，对于惰性粒子流化干燥，在确保床内流化状态较佳以及分布板开孔强度许可的前提下，宜适当提高分布板的开孔率，以增大干燥器的生产能力。

4 结 论

对于惰性粒子流化床干燥器，不论气体分布板

表 1 斜孔分布板开孔率对生产能力的影 响

Table 1 The effect of hole ratio of tilted-hole distributor on production capacity of drier

实验条件	$d_i = 2.5 \text{ mm}, T_{in} = 353 \text{ K}, C = 40\%$			
	$H = 40 \text{ mm}, u = 4.7 \text{ m/s}$			
斜孔板开孔率	7.5%	9.4%	11.6%	13.5%
生产能力/ $\text{ml}\cdot\text{h}^{-1}$	2 165	2 408	2 570	2 682

开直孔还是开斜孔，干燥器的滞留率均随进料量和物料初始浓度的提高而增大，随惰性粒子直径、进风温度、静床高及进风速度的提高而减小。在相同的操作条件下，气体分布板开斜孔的干燥器滞留率要小于开直孔的滞留率。因此，在实际生产中，欲大幅度增加干燥器的进料量或进料浓度，需适当提高惰性粒子直径、进风温度、静床高或进风速度，也可将气体分布板的孔道由直孔改为斜孔，以免出现干燥器死床。此外，若再提高开斜孔分布板的开孔率，还可进一步增大干燥器的生产能力。

参 考 文 献

- [1] 时 钧,汪家鼎,余国琮,等. 化学工程手册·干燥 [M]. 北京: 化学工业出版社, 1996
- [2] 李选友, 张 莲, 李 胜. 惰性粒子流化床干燥液 态及膏糊状物料的研究[J]. 南京林业大学学报, 1997, 21(增刊): 127 ~ 130
- [3] Ormos Z. Economic considerations in fluidized bed drying of pastes using inert particles [J]. *Drying Teh*, 1987, 5(4):577 ~ 591
- [4] Reyes A, Diaz G, Blasco R. Experimental study of slurries drying on inert particles in spouted bed and fluidized bed dryers [A]. *Drying,96 - Proceedings of the 10th International Drying A[C]*. 1996, 605 ~ 612
- [5] 李佑楚, 韩 铠, 王凤鸣, 等. 超微粉体浆料惰性 粒子流化床干燥过程传热传质特性[J]. 化工冶金, 2000, 21(4): 407 ~ 411
- [6] 李建国, 赵丽娟, 叶文华, 等. 液状物料在振动惰 性粒子流化床中干燥的研究[J]. 化工装备技术, 2000, 21(1): 20 ~ 25
- [7] 刘 巍. 气体分布板为斜孔的惰性粒子流化床干燥 器性能研究[J]. 化学工程, 2003, 31(2): 16 ~ 18
- [8] 刘 巍, 汤文成. 气体分布板开孔结构对流化床干 燥性能的影响[J]. 中国工程科学, 2006, 08(02): 47 ~ 50

(下转第 59 页)

Modeling and Real-time Performance Analysis of Switched Ethernet by Network Calculus

Wang Xiaoxin, Liu Luyuan, Liu Kun, Ma Jinyan

(*School of Electrical & Automation Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China*)

[**Abstract**] The real-time performance of switched Ethernet is a hot research field. However, there isn't an effective modeling to describe it until now. Through analyzing the structure of classical switch, a switch model by network calculus is proposed, in which the data flow is divided into real-time flow and non-real-time flow and the arrival curve, service curve, the max delay and max storage needed are got. The max delay provides theory direction for transmitting real-time data in switched Ethernet and the max storage provides the theory reference for constructing switch in real-time industrial Ethernet.

[**Key words**] network calculus; switch; arrival curve; service curve; delay

(cont. from p.43)

Effects of Structure of Opening Hole in Gas Distributor on Detained Mass of Material for Fluidized Drying

Liu Wei^{1,2}, Tang Wencheng¹

(1. *Department of Mechanical Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China*;

2. *Department of Mechanical Electronics Engineering, Nanjing Normal University, Nanjing 210042, China*)

[**Abstract**] The value of detained mass of material is important for researching the dead bed point of fluidized drying. In order to acquire the effect law of structure of opening hole in gas distributor on detained mass of material, the drying processes of detergent suspension liquor were investigated in the inert particle fluidized bed drier. The curves of detained mass of material for drier with vertical-hole distributor and tilted-hole distributor were measured and compared under the same experimental parameters, such as feed volume, diameter of inert particles, gas temperature of entrance, height of static bed, gas rate of entrance, and concentration of material. Based on the result, the relationship data of drier with tilted-hole distributor were determined between the production capacity and the hole ratio of distributor. The results show that the detained mass of material increase with adding the feed volume or concentration of material, and decrease with adding the diameter of inert particles, gas temperature of entrance, height of static bed, or gas rate of entrance. In addition, changing the hole shape of distributor from vertical-hole to tilted-hole and adding the hole ratio of distributor, can help drier reduce the detained mass of material and enhance the production capacity.

[**Key words**] inert particles; fluidized drying; gas distributor; hole shape; hole ratio; detained mass of material