

研究简报

旋转床填料内径向温度分布研究 ——实验装置及流程

徐春艳¹ 刘承斌¹ 施力田² 郑 冲¹ 郭 锴^{*1}

(1. 北京化工大学教育部超重力工程研究中心; 2. 北京化工大学化学工程学院, 北京 100029)

摘 要: 旋转床是一种高效的强化传递过程设备,在化工、材料、冶金、能源、环保等领域有着广泛的应用前景。文中介绍了自制的无线数据采集系统,以及通过此系统进行旋转床填料内温度分布实验的实验条件及流程。

关键词: 旋转填充床; 温度分布; 无线数据采集系统

中图分类号: TQ630.54

引言

旋转床又称超重机,是 20 世纪 70 年代末提出的新型化工设备,它利用旋转造成一种稳定的、可以调节的离心力场来代替常规的重力场,在离心力和高速旋转的填料对液体的切割及破碎作用下,相和相强烈混合与分散,极大地强化了传递和反应。目前此设备在吸收、蒸馏、除尘、化学反应中都有应用。

随着应用研究的深入,对基础研究的要求也越来越高。许多人对旋转床填料内的流动及传质情况进行了观测和实验^[1~6],得到了很好的结果。传热方面,有邓先和等^[7]采用喷雾区格计算的方法对传热进行计算。

在旋转床的基础研究中,对于填料内流体流动情况的观测所采用的实验方法主要有:郭锴^[1]使用了安装在转子上与转子同步旋转的微型摄像机;Ramshaw^[2]、张军^[3]、竺洁松^[4]采用了高速频闪照像分别在液体的流动形态、液体的停留时间、端效应、液膜厚度、持液量等方面进行了研究;Gardner^[5]、郭锴^[1]、李振虎^[6]使用固定在填料两端的电导或与转子同步旋转的电导对填料的持液量、停留时间、端效应,及填料内传质进行了研究。

由于旋转床的填料是旋转的,数据的采集具有相

当大的难度。从旋转床的发展至今,关于旋转床的基础研究中的测量方法大都可以分为两类:一类是在装置的流体进出口测量流体参数的变化;另一类是对装置内的流体参数情况进行在线监测。后一类中一般是采用固定在转子上的测量装置通过转子的中心轴通过电刷引出信号测量。这一类采用动静结合的电刷装置势必对数据的引出造成一定的影响。本文采用了自制的无线数据采集系统有效地解决了这一问题。

本文通过实时测量旋转床转子内冷热流体逆流接触时的温度分布,了解液相在转子填料中的流动和热量传递。

1 实验流程及主要装置

实验流程如图 1 所示,来自于罗茨风机的空气,经过加热器(自制加热系统)加热后,通过转子流量计计量,在旋转床外壳处沿填料转子转动方向进入床层,在填料内与液相逆流接触后自旋转填料内缘处流出放空。来自水箱的液体经过加热器加热后,通过转子流量计计量,由旋转床中心进入,经喷淋管喷洒至填料内缘,然后在离心力的作用之下,由内到外沿径向通过填料和填料层与外壳间的空腔,撞击到旋转床的外壳后,汇集于旋转床底部排出。

旋转床转子由电机带动,电机转速由三相调频变频器控制。无线取样装置安装于转子上部面板上,随转子一起转动,数据接收装置与计算机联接,采用计算机 USB 口供电。

实验所用的旋转床为一立式机型,悬臂安装,全

收稿日期: 2004-03-10

第一作者: 女,1978 年生,硕士生

*通讯联系人

E-mail: guok@mail.buct.edu.cn

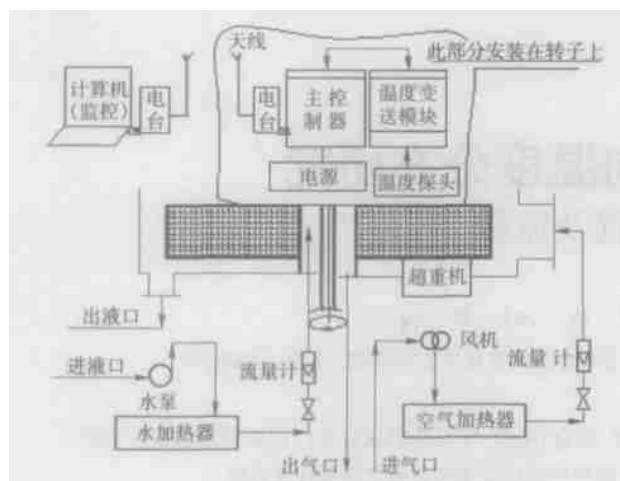


图 1 实验流程图

Fig. 1 Sketch of experimental flow chart

部进出口管路都置于机身的侧面和下面。旋转床壳体内径 660 mm, 转子填料内径 252 mm, 外径 452 mm, 填料厚度 45 mm, 配套电机功率 4 kW, 最大设计气体流量 $250 \text{ m}^3/\text{h}$, 最大液体设计流量 $2.5 \text{ m}^3/\text{h}$ 。液体喷管为四根 $14 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$ 铜管。在管面向填料一侧各开有一个 45 mm 长, 1 mm 宽的缝隙, 液体由此喷向填料, 填料与喷口的距离约为 2 mm。

旋转床如图 2 所示。

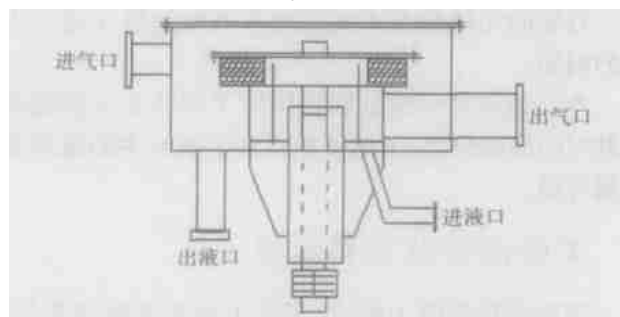


图 2 旋转床结构示意图

Fig. 2 Schematic diagram of RPB

本文实验液量为 $0 \sim 2.5 \text{ m}^3/\text{h}$, 液体温度为 $11 \sim 22$, 气量 $0 \sim 225 \text{ m}^3/\text{h}$, 气体温度 $10 \sim 90$ 。实验所用的填料采用金属丝网, 它是由直径 0.264 mm 的金属丝织成, 填料的比表面积为 $370 \sim 400 \text{ m}^2/\text{m}^3$, 空隙率为 0.97, 将旋转床转子内装满。

2 无线数据采集装置

无线数据采集装置如图 3 所示, 由主控制器、探头、数据发送装置、电源、数据接收装置和计算机六个部分组成。

过程如下: 填料层内流体特性数据经探头取样,

进入主控制器, 主控制器的控制软件将数据处理后送入数据发射装置, 与计算机连接的数据接收装置接收后, 通过计算机取样软件将数据在线显示及保存数据。



图 3 无线数据采集装置图

Fig. 3 Equipment of wireless data adoption

供电方式主控制器及数据发送装置采用电池模块供电, 数据接收装置利用计算机 USB 口供电。

在数据采集系统中, 整个装置受主控制器程序软件及取样程序软件控制。取样软件发出指令给控制系统软件如何采样, 以数据或图表的形式将填料层内的实时数据清楚及时显示出来。对于数据采集速率这一项, 可选择范围是 $10 \sim 500 \text{ 次/s}$, 本次实验选择 100 次/s , 温度测量精度为 0.01。

主控制器程序框图如图 4。

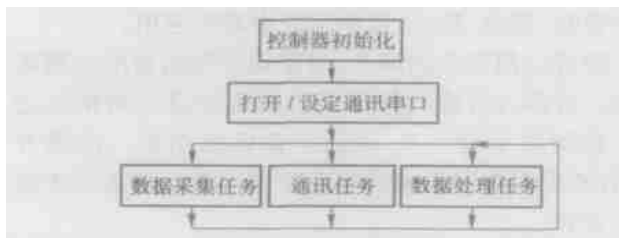


图 4 主控制器程序框图

Fig. 4 Sketch of host controller program

3 数据采集

本次实验系统的数据是以直观的图形界面显示, 其中数据取样的控制也集中在图形界面上。如图 5 是某次实验抓取的图形界面, 主要实验条件: 气量 $225 \text{ m}^3/\text{h}$; 水量 $1.0 \text{ m}^3/\text{h}$; 转子转速 600 r/min ; 加热器功率 $\sim 6 \text{ kW}$; 数据采集速率 100 次/s 。

4 空白实验

根据以上介绍的实验方法进行空白实验, 表 1 列出了空白实验中某一组实验的探头标定。

从表 1 计算结果可以看出相对误差在允许范围之内, 装置是可靠的。

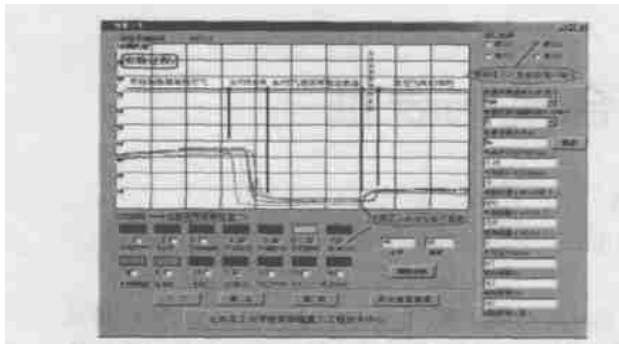


图 5 数据采集示意图

Fig.5 Schematic diagram of data adoption

表 1 探头的标定

Table 1 Calibration of probes

探头 编号	100 基 准值	0 基 准值	23.5 ¹ 测量值	测量温度 /	相对误差 ³ / %
A - 1	12	3 963	3 021	23.84 ²	1.36
A - 2	13	3 980	3 039	23.72	0.85
A - 3	12	3 966	3 031	23.65	0.55
A - 4	12	3 987	3 070	23.07	- 1.91
A - 5	12	3 957	3 049	23.02	- 2.13
A - 6	12	3 957	3 018	23.80	1.19
A - 7	17	3 975	3 030	23.88	1.53
A - 8	14	3 975	3 063	23.02	- 2.13
A - 9	12	3 955	3 022	23.66	0.59
A - 10	12	3 970	3 037	23.57	0.21

注:1. 水银温度计(0~100)测得的流体温度;2. 根据前面的基
准值把测量值转换成温度值;3. 计算相对误差的真值取计算温度的平
均值(23.52)。

5 结论

- 1) 本文设计和研究的实验系统能够满足对旋转床填料内流体特性的实验研究,通过对实验技术的改进,保证了实验的顺利进行。
- 2) 无线数据传送装置能完全定量实时地测量填料内的流体特性物性参数,是目前为止旋转床实验技术的一种有力的测试手段。

参 考 文 献

[1] Guo Kai, Guo Fen. Synchronous visual and RTD study on liquid flow in rotating packed-bed contactor[J]. Chem Eng Science,2000 ,55(9) :1699 - 1706

[2] Ramshaw C. HIGEE distillation:an example of process intensification [J]. The Chemical Engineer , 1983 (2) : 13 - 14

[3] 张 军,郭 锴. 旋转床内液体流动的实验研究[J]. 高校化学工程学报,2000 ,14(4) :378 - 381

[4] 竺洁松,郭 锴,冯元鼎,等. 旋转床填料中的传质及其模型化[J]. 高校化学工程学报,1998 ,12(3) :219 - 225

[5] Keyvani M, Gardner N C. Operating characteristics of rotating beds [J]. Chem Eng Pro ,1989 (9) :48 - 52

[6] 李振虎,郭 锴. 旋转床气相压降特性研究[J]. :北京化工大学学报,1999 ,26(4) :5 - 10

[7] 邓先和,张建军,陈海辉. 旋转离心喷雾气液错流传热计算[J]. 高校化学工程学报,1999 ,13(1) :5 - 9

Temperature distribution in the packing of RPB
——Experimental Equipment and process

XU Chun-yan¹ LIU Cheng-bin¹ SHI Li-tian² ZHENG Chong¹ GUO Kai¹

(1. Research Center of the Ministry of Education for High Gravity Engineering and Technology ;
2. College of Chemical Engineering , Beijing University of Chemical Technology , Beijing 100029 , China)

Abstract: A rotating packed bed (RPB) , an effective multiphase equipment , can greatly intensify multiphase mass transfer processes. It can be applied in many fields such as chemical engineering , material , metallurgy , energy resource and environment protection , etc. This paper presents home-made wireless data adopter and the experimental conditions and processes for measurement of the temperature distribution in the packing of RPB.

Key words: rotating packed bed (RPB) ; temperature distribution ; wireless data adopter

(责任编辑 云志学)