

人工神经网络在测定流化床内 粒径分布中的应用

李晓东^{1,2}, 黄正梁¹, 刘诚午¹, 王靖岱¹, 阳永荣¹, 蒋斌波¹

(1. 浙江大学 化学工程与生物工程学系, 杭州 310027; 2. 中国石油润滑油公司, 北京 100101)

摘要: 利用声发射检测技术, 基于频谱分析和反向传播神经网络训练方法, 建立了流化床内粒径分布的检测方法。以某塑料厂生产的高密度聚乙烯树脂为例, 以粒径为 0.12、0.17、0.30、0.50、0.74、1.21 和 2 mm 等 7 种颗粒作为目标粒径, 训练后的网络对这 7 种粒子进行自拟合的误差最高为 5.9%, 对混合颗粒进行拟合的误差最高为 8.1%。实验结果表明, 应用人工神经网络测量流化床内的粒径分布是可行的。

关键词: 神经网络; 流化床; 粒径分布

中图分类号: TQ015 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3932(2008)03-0010-05

1 引言

颗粒的粒径分布是流化床中非常重要的参数, 对流化床中流化床层的均一性、起始流化速度等流态化的特征参数、床层传递特性参数和反应效果等均有不同程度的影响^[1]。准确快速地测量聚合物的颗粒粒径分布, 不仅可以实时监控流化床内的流化状况, 有利于装置的长周期稳定运行, 而且可以在此基础上对颗粒粒径分布进行优化调控, 以达到聚合物产品设计的目的。颗粒粒径分布的常见测量方法有: 筛分法、显微镜法、沉降法、电阻变化法、光散射与衍射法、比表面积法等^[2-4]。在气相聚合过程中, 由于热量分布的不均匀和流化状态的不稳定, 使得流化床中的聚合物小粒子容易聚集在一起形成结块, 若不能采取措施, 严重时会使整床的聚合粒子结为一块, 影响正常的操作甚至造成停产^[5]。在工业上, 常使用流化床压降的波动来反映粒径大小的变化。但是压降的变化往往滞后于颗粒粒径的变化和结块的产生, 因此无法做到对粒径的实时监测和结块预警。侯琳熙^[6,7]等利用声发射检测技术采集流化床中的声发射信号, 结合谱分析和小波分析, 得到了流化床中的粒径分布, 并可以预测结块。但是, 颗粒对流化床内的气体分布板和床壁的碰撞是随机的, 碰撞位置和碰撞能量也是不确定的, 影响其产生的声信号特征频率的因素除颗粒和器壁的材质之外, 还有气速、颗粒间的影响、颗粒和气体的粘度等。侯琳熙等得到的 Hou - Yang 方程在实际应用中还存在较大的误差。因此, 有必要寻找一种更为有效的分析方法, 以实现粒径分布的准确测量和结块的及时预警。

基于样本数据建立判别模型的方法主要有判别分析、神经网络和支持向量集等。李宇龙^[8]等人采用判别分析方法, 通过对流化床中的声发射信号进行小波(包)分析, 提取尺度和频度特征, 构建能量模式, 选定适当的尺度, 采用特征筛选和 Bayes 方法建立判别模型, 实现了平均粒径的检测。而人工神经网络(ANN)是在现代神经科学研究成果的基础上, 新近提出的用大量处理单元广泛相互连接来反映人脑基本特征的一种新的模型。在声发射故障诊断领域, 神经网络理论的应用还刚刚起步, 利用 ANN 进行故障识别有很大的优越性^[9]: ①ANN 具有联想记忆的能力, 只要输入模式接近于某一学习样本的输入模式, 则输出亦会接近学习样本的输出模式; ②ANN 具有大规模并行处理的特点, 可以同时多个输入信号进行并行处理, 进行综合判别和诊断, 其并行处理速度相当快。因此适合于对大量的反映粒径大小的声发射信号进行处理, 尤其适合于对流化床进行实时监测; ③对于给定的输入模式和经过设计的网络模型, ANN 的计算结果, 即各层连接权值具有较明确的物理意义, 这对于流化床内的流动特性的研究和床内粒径变化情况的预测也具有重要的意义; ④ANN 是一个连续时间非线性动力系统, 能用于非线性系统的识别, 有助于克服以往诊断方法采用的线性判据和简单的阈值判据判别方法; ⑤ANN 具有除噪声和进行特征提取的能力, 将对故障信息敏感而对噪声不敏感的信号特征提取

收稿日期: 2008-05-19 (修改稿)

基金项目: 国家自然科学基金重大项目(20490200)

出来,保证了监测和诊断的准确率,有效地减小了误判、漏报的情况。利用 ANN 检测流化床中的粒径分布和结块是可能的。

本文采用反向传播神经网络进行非线性拟合法,希望获得多因素作用下流化床内不同粒径的颗粒碰撞和摩擦器壁产生的声发射图谱,并且找到特征峰,进而实现流化床中颗粒粒径分布的准确测量。

2 实验装置和对象

实验装置如图 1 所示,由气固流化床和声信号采集系统两部分构成。其中流化床由高 1 000 mm、内径 150 mm 的有机玻璃管建造,分布板为多孔平板,孔径为 2.0 mm,开孔率为 2.6%,以空气作为流化气体,表观气速为 $0.6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,流化颗粒为聚乙烯颗粒,通过筛分处理后分别取粒径为 0.12、0.17、0.30、0.50、0.74、1.21 和 2 mm 的颗粒作为实验物料。声发射采集系统包括声发射探头、前置放大器、恒流源主放大器、A/D 转换卡和计算机^[10]。声发射探头直接安装在流化床壁面分布板上方 0.1 m 处,所测得的声发射信号经过前置放大器和主放大器放大之后同插在 PC 机上的 PCI 数据采集卡相连。在采样程序的控制下可以实现多个通道的数据采集,采样频率为 500 kHz。

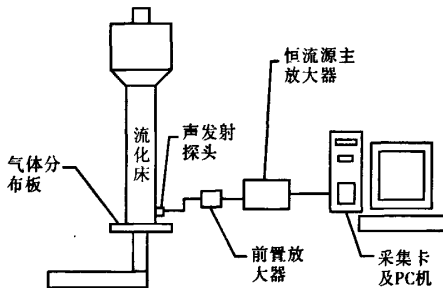


图 1 实验装置示意图

3 人工神经网络模型和算法的选取

目前实际运用的人工神经网络有几十种之多,这些网络模型在不同的应用领域有效地解决了众多的问题^[11]。其中,反向传播网络(BP)是目前应用最广泛的网络,能普遍解决如模式识别、遥感、信号处理、控制系统和机器人、图象处理、语言处理、联想存贮、最优化等问题。反向传播网络所用到的网络训练算法是一种有导师学习方法,对于每次模式样本的输入,网络的输出端都有一个对应的指导信号与其属性相匹配。基于网络输出端的监督信号与实际输出的某种目标函数准则,通过不断调整网络的连接权值,使得网络输出端的输出与监督信号的误差逐渐减小到要求以内。反向传播网络的拓扑结

构及网络训练方法如图 2 所示。

反向传播网络的训练过程为:

(1)正向传播过程:对于第 j 个隐层神经元,其输入值 NET_j 为其前一层各单元输出值 X_i 的加权

$$NET_j = \sum_i W_{ij} \times X_i \tag{1}$$

输出值为:

$$A_j = f(NET_j) \tag{2}$$

式中: f ——传递函数。最常用的传递函数为 Sigmoid 函数:

$$f(NET_j) = [1 + \exp(-NET_j)]^{-1} \tag{3}$$

输出层的输出为隐层输出的加权:

$$Y_k = \sum_j V_{kj} \times A_j \tag{4}$$

(2)反向传播过程:定义误差函数 E_p 为:

$$E_p = \frac{1}{2} \sum_i (T_i - Y_i)^2 \tag{5}$$

每次对于连接权值调整 ΔV 和 ΔW 为:

$$\Delta V_{kj}^{l+1} = \eta \delta_k A_j + \alpha \Delta V_{kj}^l \tag{6}$$

式中: $\delta_k = Y_k(1 - Y_k)(T_k - Y_k)$ 。

$$\Delta W_{ij}^{l+1} = \eta \delta_j X_i + \alpha \Delta W_{ij}^l \tag{7}$$

式中: $\delta_j = A_j(1 - A_j) \sum_k \delta_k V_{kj}$; k ——输出层的神经元; j ——隐层神经元; i ——输入层神经元; α ——动量项; l ——学习次数。

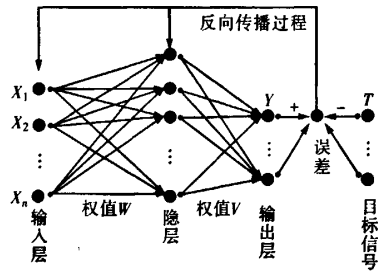


图 2 反向传播神经网络的拓扑结构及网络训练方法

网络中隐层数量的选择,至今还没有准确的方法,通常是在满足精度的情况下,尽量减少隐层的数量,以防止过拟合现象的出现。所谓过拟合现象,就是网络把输入的特征过于细分,对于不属于系统而只属于训练样本的特征,当作了系统特征。理论上,当隐节点足够多,网络可以以任意精度逼近任何连续的非线性函数,但它的预报精度不一定能达到要求。

4 实验结果分析

4.1 流化床内粒径分布预测的方法

要得到流化床内的粒径分布,必须要知道目标粒径范围内的所有粒径颗粒的声发射信号特征值。而进行冷模实验的时候,不可能分离出目标粒径范围内的所有粒径的颗粒进行实验,只能抽取其中某

些粒径的颗粒进行实验。因此,需要一种从离散粒径的声发射信号特征值得到连续粒径声发射信号特征值的方法。

分别向流化床中加入粒径为 0.12、0.17、0.30、0.50、0.74、1.21 和 2 mm 的颗粒 100 g。当表观气速为 $0.6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,对这七种粒径的颗粒流化时产生的声发射信号进行频谱分析。把频谱范围分成八段:0 ~ 31.25 kHz 为第一层;31.25 ~ 58.59 kHz 为第二层;58.59 ~ 93.75 kHz 为第三层;93.75 ~ 105.47

kHz 为第四层;105.47 ~ 121.09 kHz 为第五层;121.09 ~ 152.34 kHz 为第六层;152.34 ~ 195.31 kHz 为第七层;195.31 ~ 250 kHz 为第八层。七种粒径的颗粒在八个频段内的能量分布如图 3 所示。从图中可以发现,七种粒径的颗粒在八个频段内的能量分布是不一致的。也就是说,在相同的实验条件下,不同粒径的颗粒对应的声发射信号具有不同的能量分布。这就为从离散粒径的声发射信号特征值得到连续粒径声发射信号特征值提供了可能。

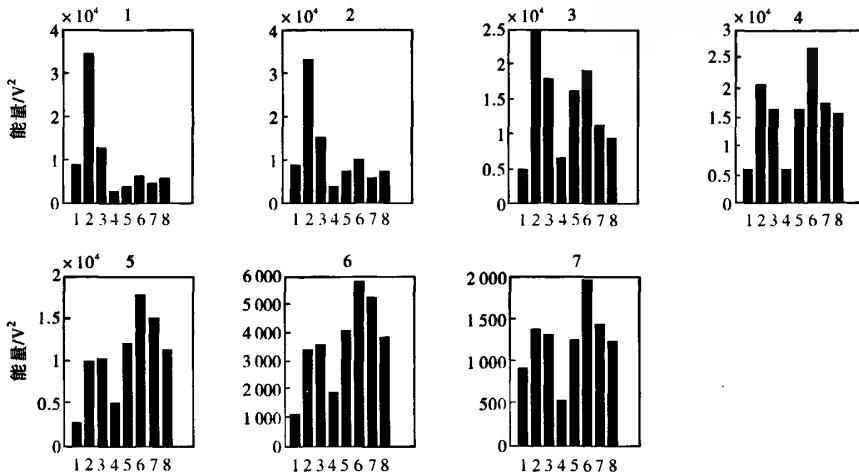


图 3 频谱图分割后的八频段能量图

注:1—2 mm;2—1.21 mm;3—0.74 mm;4—0.50 mm;5—0.30 mm;6—0.17 mm;7—0.12 mm

从混合颗粒中提取 j 种颗粒进行实验,第 j 种颗粒的声发射信号能量分布特征参数为 λ_j ,粒径为 D_j 。对于 j 种粒径的颗粒组成的混合颗粒,其中粒径为 D_j 的颗粒所占的质量百分数分别为 ω_j ,混合颗粒的声发射信号能量分布特征参数 λ 可以表示为:

$$\lambda = f(\lambda_j, \omega_j) \tag{8}$$

式(8)中的函数关系在本文中通过反向传播神经网络进行非线性拟合的方法得出。

利用反向传播神经网络预测流化床内粒径分布方法的基本步骤:

- (1)通过预实验得到 j 种颗粒的声发射信号能量分布特征参数 λ_j ;
- (2)通过预实验得到 j 种粒径的颗粒组成的混合颗粒(其中粒径为 D_j 的颗粒所占的质量百分数分别为 ω_j)的声发射信号能量分布特征参数 λ ;
- (3)把 λ_j, ω_j 和 λ 代入式(8)中,利用反向传播神经网络进行非线性拟合得到神经网络模型;
- (4)对任一未知粒径分布的混合颗粒体系,采用上文同样的方法得到其特征参数 λ 后,代入神经网络模型即可得到混合颗粒体系的粒径分布。

混合颗粒筛分的越细, j 的取值越大,则计算得到的粒径分布误差越小。

4.2 流化床内粒径分布的预测

以某塑料厂生产的高密度聚乙烯树脂为例,从混合颗粒中筛选选取粒径为 0.12、0.17、0.30、0.50、0.74、1.21 和 2 mm 等七种颗粒,按照 4.1 节所述方法得到各个颗粒的发射信号能量分布特征参数 λ_j ,如图 3 所示。然后按表 1 的百分含量加入流化床进行冷模实验,得到的混合粒子的频谱图见图 4,对其进行分解得到混合粒径颗粒的发射信号能量分布特征参数 λ 。现在以这七种粒径作为目标粒径,对混合粒子的频谱图进行分解。分解所采用的 BP 网络为三层,输入层的神经元个数为目标粒径的八频段特征能量经过加权加和的值,隐层数量为一层,输出层为混合粒子的八频段特征能量经过相同加权后的值。每一种粒径的八频段特征能量的加权权值是特征峰大小及作用的表现,特征值的选取只能通过图 3 的理解凭借经验来选取,我们以表 2 所列出的权值进行加和。网络的输入层和隐层间的传递函数为 Logarithmic sigmoid 函数,隐层和输出层间也

采用 Logarithmic sigmoid 函数, 网络的训练算法为 Variable learning rate backpropagation。采用这种算法和传递函数的原因是可以得到比较稳定的连接权值, 不像其它算法, 两次训练下来, 输出结果虽然相同, 但连接权值的差别却非常大。这种结构的网络,

各层之间的连接权值有非常明确的意义: 输入层和隐层之间的每个权值所占总值和的百分比即代表了相应粒径的质量百分比; 隐层和输出层间的一个权值是对总体偏差的调节。拟和训练得到的网络收敛图如图 5 所示, 经过 50 次训练网络即已收敛。

表 1 混合粒子的组成

粒径/mm	2.00	1.21	0.74	0.50	0.30	0.17	0.12	总和
质量分率	0.110	0.156	0.251	0.310	0.105	0.051	0.017	100%

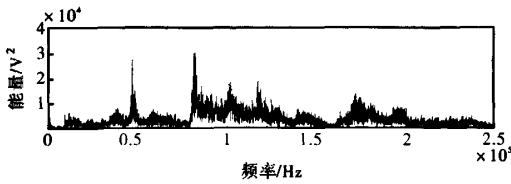


图 4 混合粒子的频谱图

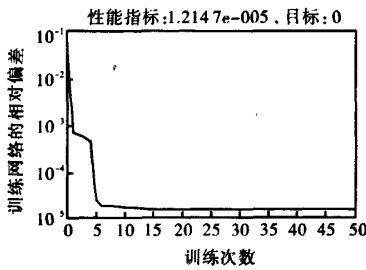


图 5 拟合训练的网络收敛图

表 2 八频段特征能量的加和权值

层次	1	2	3	4	5	6	7	8
权值	0.5	2	1	0.5	1.5	2	1.5	1

利用训练得到的网络对实验数据进行两次自拟和, 结果如表 3 所示。从表 3 可以发现, 训练后的网络对这七种粒子进行自拟合的误差最高为 5.9%。

表 3 训练后的自拟和结果

粒径/mm	质量分率				
	实际值	第一次	相对误差	第二次	相对误差
2.00	0.110	0.106	-0.036	0.106	-0.036
1.21	0.156	0.158	0.013	0.154	-0.013
0.74	0.251	0.244	-0.028	0.264	0.052
0.50	0.310	0.319	0.029	0.306	-0.013
0.30	0.105	0.104	-0.010	0.103	-0.019
0.17	0.051	0.052	0.020	0.051	0.000
0.12	0.017	0.017	0.000	0.016	-0.059

同样以上述七种粒径作为目标粒径, 取未经筛

分的同种牌号聚乙烯颗粒加入流化床进行冷模实验得到混合粒径颗粒的发射信号能量分布特征参数 λ , 代入上述网络拟和得到混合颗粒的粒径分布。两次拟和的结果如表 4 所示。从表 4 可以发现, 训练后的网络对这七种粒子进行拟合的误差最高为 8.1%。实验结果表明, 用粒径离散的颗粒在流化床内的声发射信息, 通过人工神经网络进行训练来预测大范围内任意粒径的声发射特征信息的方法是有效的, 网络训练的误差和预测误差都在可忍受范围之内。

表 4 混合粒子分解训练结果

粒径/mm	质量分率				
	实际值	第一次	相对误差	第二次	相对误差
2.00	0.113	0.108	-0.044	0.107	-0.053
1.21	0.156	0.161	0.032	0.156	0.000
0.74	0.235	0.242	0.030	0.254	0.081
0.50	0.319	0.319	0.000	0.309	-0.031
0.30	0.106	0.103	-0.028	0.105	-0.009
0.17	0.055	0.051	-0.073	0.052	-0.055
0.12	0.018	0.017	-0.056	0.017	-0.056

5 结论

(1) 利用声发射检测技术, 基于频谱分析和反向传播神经网络训练方法, 建立了流化床内粒径分布的预测方法。其基本步骤为: 首先, 通过预实验得到 j 种颗粒的声发射信号能量分布特征参数 λ_j 和 j 种粒径的颗粒组成的混合颗粒 (其中粒径为 D_j 的颗粒所占的质量百分数分别为 ω_j) 的声发射信号能量分布特征参数 λ ; 其次, 利用反向传播神经网络进行非线性拟合得到神经网络模型; 最后, 对任一未知粒径分布的混合颗粒体系, 采用同样的方法得到其特征参数 λ 后, 代入神经网络模型即可得到混合颗粒体系的粒径分布。

(2) 以某塑料厂生产的高密度聚乙烯树脂为例, 以粒径为 0.12、0.17、0.30、0.50、0.74、1.21 和 2 mm 等七种颗粒作为目标粒径, 训练后的网络对这

七种粒子进行自拟合的误差最高为 5.9%，对混合颗粒进行拟合的误差最高为 8.1%。实验结果表明，用粒径离散的颗粒在流化床内的声发射信息，通过人工神经网络进行训练来测量大范围内任意粒径的声发射特征信息的方法是有效的。

参考文献：

- [1] 陈甘棠,王樟茂.多相流反应工程[M].杭州:浙江大学出版社,2004.
- [2] 化学工程手册(19)——颗粒及颗粒系统[M].北京:化学工业出版社,1989.
- [3] 胡荣泽.粉末颗粒和孔隙的测量[M].北京:冶金工业出版社,1981.
- [4] 章蕴璧.流态化选论[M].西安:西北大学出版社,1989.
- [5] 江 炜.乙烯气相聚合颗粒粒径分布模型的研究[R].杭州:浙江大学,2004.
- [6] 阳永荣,侯琳熙,王靖岱,等.声波的多尺度分解与颗粒粒径分布的实验研究[J].自然科学进展,2005,15(3):380-384.
- [7] 侯琳熙,王靖岱,阳永荣,等.气固流化床中声发射机理及其在工业装置中的应用[J].化工学报,2005,56(8):1474-1478.
- [8] 李宇龙,陈德钊.声波多尺度分析方法在流化床平均粒径检测上的应用[J].化工自动化及仪表,2007,34(4):53-56.
- [9] 代劲松,宋素芳.基于BP网络模型的气轮发电机组的振动故障诊断[J].中国电力,1996,29(4):40-45.
- [10] 阳永荣,侯琳熙,杨宝柱,等.流化床反应器声波监测的装置和方法;中国,20031011358.7[P].2006.
- [11] 虞和济,陈长征,张 省等.基于神经网络的智能诊断[M].北京:冶金工业出版社,2000.

Application of Neuron Network in the Simulation of Particle Size Distribution in Fluidized Bed

LI Xiao-dong^{1,2}, HUANG Zheng-liang¹, LIU Cheng-wu¹, WANG Jing-dai¹, YANG Yong-rong¹, JIANG Bin-bo¹

(1. Department of Chemical Engineering and Biochemical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China;

2. China National Petroleum Corporation, Beijing 100101, China)

Abstract: A new method was established to simulate the particle size distribution in fluidized bed based on spectrum analysis and back propagation neuron network. Taking the high density polyethylene as an example, the characteristics of seven kinds of particles in size of 0.12, 0.17, 0.30, 0.50, 0.74, 1.21 and 2 mm, were set as the inputs of neuron network with suitable network structure to simulate the characterization of particles in any size. The maximum error of the neuron network after training for itself is 5.9%. The maximum error between the actual particle size and the simulation results of mixed particles is 8.1%. The results show that the back propagation neuron network is powerful on the measurement of particle size distribution in fluidized bed.

Key words: neuron network; fluidized bed; particle size distribution

· 简 讯 ·

北京民和十周年成长回顾征文

为回馈多年来广大用户对北京民和电气有限公司的关怀和支持,广纳意见和建议,不断完善自己,也为了能给大家提供一个分享、交流成功经验的平台,值公司成立十周年之际,我们联合五家专业知名媒体,针对不同行业隆重发起此次征文活动,具体内容如下:

合作媒体:《工业水处理》、《石油化工自动化》、《化工自动化及仪表》、《流程工业》、《控制阀信息》

征文要求:

1. 征文范围:涉及各相关行业的合作经历、展望等。

2. 征文内容:请说出您身边的民和(如 TOMOE 巴阀门产品)应用事例,我们期待您对民和的意见或建议,欢迎您讲述与民和的故事……

3. 多命题可选:“我与民和”、“民和点评”、“我给民和提建议”、“民和的代理之路”等,即与民和公司有关的命题均可选用。

4. 取材要求:真实,可靠。

5. 字数不限,题材不限,鼓励文章用数据、图表说话。

征文投稿:发送邮件至 minhe@tomoe.com.cn 并统一以“征文”为邮件标题。

参加此次征文比赛的石油化工行业的文章,将由北京民和电气有限公司和《石油化工自动化》、《化工自动化及仪表》杂志社共同商议评选出:

特等奖:1名 笔记本电脑一台(或等价值的物品,价值约10000元)

一等奖:2名 瑞士梅花表或浪琴表(或等价值的物品,价值约5000元)

二等奖:3名 高档皮具(或等价值的物品,价值约2000元)

其他入围奖:5名 2008年奥运会纪念品一套(或等价值的物品,价值约1000元)

符合上述要求,并经民和公司确认核实的文章,我们将从中选出部分优秀入围作品,发布在北京民和电气有限公司官方网站,及其他同行业内网站上;北京民和电气有限公司还会将非常优秀的作品推荐到《石油化工自动化》杂志社或《化工自动化及仪表》杂志社进行发表。获奖名单我们将通过电话向您通知,或请您登陆 www.minhe.bj.cn 关注最新动态。

投稿开始时间:2008-01-01。如有疑问,欢迎致电民和进行垂询。

联系电话:021-64940511 联系人:周小姐

人工神经网络在测定流化床内粒径分布中的应用

作者: [李晓东](#), [黄正梁](#), [刘诚午](#), [王靖岱](#), [阳永荣](#), [蒋斌波](#), [LI Xiao-dong](#), [HUANG Zheng-liang](#), [LIU Cheng-wu](#), [WANG Jing-dai](#), [YANG Yong-rong](#), [JIANG Bin-bo](#)

作者单位: [李晓东, LI Xiao-dong \(浙江大学, 化学工程与生物工程学系, 杭州, 310027; 中国石油润滑油公司, 北京, 100101\)](#), [黄正梁, 刘诚午, 王靖岱, 阳永荣, 蒋斌波, HUANG Zheng-liang, LIU Cheng-wu, WANG Jing-dai, YANG Yong-rong, JIANG Bin-bo \(浙江大学, 化学工程与生物工程学系, 杭州, 310027\)](#)

刊名: [化工自动化及仪表](#) **ISTIC|PKU**

英文刊名: [CONTROL AND INSTRUMENTS IN CHEMICAL INDUSTRY](#)

年, 卷(期): 2008, 35(3)

引用次数: 1次

参考文献(11条)

1. [陈甘棠, 王樟茂](#) [多相流反应工程](#) 2004
2. [化学工程手册\(19\)——颗粒及颗粒系统](#) 1989
3. [胡荣泽](#) [粉末颗粒和孔隙的测量](#) 1981
4. [章蕴璧](#) [流态化选论](#) 1989
5. [江炜](#) [乙烯气相聚合颗粒粒径分布模型的研究](#) 2004
6. [阳永荣, 侯琳熙, 王靖岱](#) [声波的多尺度分解与颗粒粒径分布的实验研究](#)[期刊论文]-[自然科学进展](#) 2005(03)
7. [侯琳熙, 王靖岱, 阳永荣](#) [气固流化床中声发射机理及其在工业装置中的应用](#)[期刊论文]-[化工学报](#) 2005(08)
8. [李宇龙, 陈德钊](#) [声波多尺度分析方法在流化床平均粒径检测上的应用](#)[期刊论文]-[化工自动化及仪表](#) 2007(04)
9. [代劲松, 宋素芳](#) [基于BP网络模型的气轮发电机组的振动故障诊断](#)[期刊论文]-[中国电力](#) 1996(04)
10. [阳永荣, 侯琳熙, 杨宝柱](#) [流化床反应器声波监测的装置和方法](#) 2006
11. [虞和济, 陈长征, 张省](#) [基于神经网络的智能诊断](#) 2000

相似文献(4条)

1. 学位论文 [姚颖](#) [挡板流化床丁烯氧化脱氢过程的建模与优化](#) 1998
 挡板流化床丁烯氧化脱氢制丁二烯是一非线性、慢时变过程。由于流化床内部复杂的传热、传质特性, 要建立其机理模型很困难。近年来随着计算机技术、人工神经网络技术的发展, 人工神经网络尤其是BP网络对非线性过程的模拟和控制中显示出优越性, 并得到广泛应用。该文用BP网络模拟挡板流化床丁烯氧化脱氢过程, 并将该模型用于操作优化, 网络模型的仿真结果表明该模型能较好地描述过程性能, 且其记忆能力和泛化能力明显优于回归模型。操作优化的仿真结果表明在保持一定的丁烯转化率基础上, 提高丁二烯收率是可行的。
2. 学位论文 [李剑](#) [对于低倍率循环流化床燃烧调节的研究](#) 2004
 循环流化床燃烧技术是一种高效、清洁的煤燃烧技术。本文从循环流化床结构及运行机理出发, 阐述了循环流化床的基本控制任务。循环流化床锅炉是一个分布参数、多变量紧密耦合、时延非线性的时变控制对象, 由于其结构十分复杂, 影响燃烧的因素众多, 而造成燃烧控制难, 自动化水平不高。因此提高其燃烧控制系统的控制水平是当务之急。人工神经网络具有很强的信息处理、记忆及自学习功能, 但由于其算法复杂、学习过程较长、参数收敛慢等使其应用受到限制。本文提出多变量神经网络控制器, 将其应用于循环流化床燃烧控制, 使神经网络和PID控制规律相结合, 用于对强耦合多变量时延系统进行解耦控制。仿真结果表明, 多变量神经网络控制器对强耦合多变量时延控制系统具有良好的控制效果。
3. 学位论文 [李文杰](#) [循环流化床锅炉燃烧系统控制算法的研究](#) 2001
 循环流化床锅炉是一个分布参数、多变量紧密耦合、时变的控制对象, 其结构十分复杂, 影响其燃烧的因素特别多, 实现其燃烧系统的自动控制是当前的一个重要课题。该文提出采用多变量神经网络控制器, 将神经网络和PID控制规律相结合, 使二者取长补短, 用于对强耦合时变多变量系统进行解耦控制。它实现简单, 学习时间短, 具有较好的控制性能。应用于130T循环流化床锅炉的燃烧控制, 和传统串级PID调节器相比, 具有良好的控制效果。
4. 学位论文 [陈果](#) [聚烯烃组合工艺质量模型与牌号切换](#) 2006
 本文对现有聚烯烃质量模型进行了综述, 介绍并分析了理论模型、经验模型、神经网络模型和半经验模型的优劣以及适用范围。针对牌号切换所做的工作, 按照不同的工艺均分别做了详细的阐述, 包括其适用的工艺和特点。建立了半经验模型模拟聚烯烃的质量指标, 并针对环管-流化床组合工艺, 研究了优化牌号切换操作。文章在聚合机理的基础上, 以Spheripol工艺为例, 对聚合物质量指标进行了稳态模拟, 建立了适用于组合工艺(环管+流化床)串联反应器的质量模型。模型变量包括聚合温度、氢气/单体比、共聚单体/单体比, 质量指标包括熔融指数、乙烯含量、密度等。利用Spheripol工艺的实际生产数据对模型参数进行回归后, 模型模拟结果与实际生产的对比表明, 这些模型均有较好的预测效果, 且适用于Spheripol工艺的三类产品共七种牌号, 为工业软测量的实现奠定了基础。

引证文献(1条)

1. [陈庆, 石海涛, 殷大斌, 黄正梁, 阳永荣](#) [基于复杂性分析的流化床中流型的声发射检测](#)[期刊论文]-[化工自动化及仪表](#)

表 2009(3)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_hgzdhjyb200803003.aspx

下载时间: 2010年5月31日