

项目评价

# “北星双峰”工艺气相釜流型及料位的测量

陆秋欢 徐文俊 黄伟东

(中国石化上海石油化工股份有限公司塑料事业部,200540)

阳永荣

(浙江大学联合化学反应工程研究所,杭州 310027)

**摘要:** 利用声发射检测技术,根据颗粒运动碰撞壁面产生声波的机理以及声波信号随流化床高的规律性变化,发现“北星双峰”工艺的气相釜为带有滞留区的双循环流动模式。试验同时发现,扩大段部位声能量最小处或声信号能量及声信号均方差均达到最大处为料位,由此获得了一种简易快捷、安全环保的料位检测技术,为装置的“安稳长满优”运行提供了保障。

**关键词:** 声发射 气固流化床 流型 料位高度 聚乙烯

**文章编号:** 1007-6476 (2007)03-0013-03 **中图分类号:** TB52 **文献标识码:** A

和其他流化床气相聚合反应技术一样,“北星双峰”工艺中气固流化床的流动模式同样极为重要<sup>[1]</sup>,揭示其存在的形式和变化规律对于现有反应器的理解和新型反应器的设计开发具有重要意义。而气固流化床的料位高度是流化床的一个基本参数。在气相釜中,料位高度直接影响到聚乙烯产品的质量和产量,及时、准确地检测料位高度,不但能维持流化床流化质量的稳定,而且可确保流化床在最佳流化高度下进行操作。目前学术界和工业界尚未有检测气固流化床颗粒流动模式的报道,而测定料位的 $\gamma$ 射线法由于对人体存在致命的伤害,众多厂家已经停止使用,致使料位的监控处于无序的状态。因此,发明新型简易快捷、安全环保的在线测量技术对提高流化质量和生产安全的监控能力具有重要意义。

声测量技术具有检测灵敏、环保安全、不侵入流场和实时在线的特点<sup>[2,3]</sup>。由于流化床运行过程中发出的声信号能量反映了颗粒与壁面、颗粒与颗粒之间撞击规律,从中可以获得颗粒粒径的分布,颗粒的分布浓度以及颗粒的碰撞频率与速度等丰富的信息,从而揭示流化床内整体的流动模式,实现料位高度的及时准确监测。本文运用声发射技术,通过检测某PE装置中气相釜运行过程中发出的包含有丰富信息的声信号,考察声

信号沿床高的规律性变化,成功获得了气相釜的颗粒流动模式和料位,为装置的稳定运行提供了保障。

## 1 声检测装置

试验装置由声波测量仪和气固流化床两部分组成,其中声波测量仪器包括声波探头、前置放大器、主放大器信号、A/D采集装置和信号处理装置<sup>[4]</sup>。流程如图1所示。

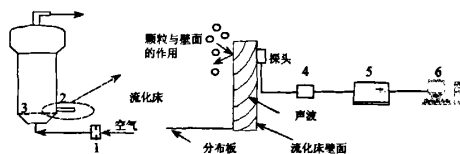


图1 实验装置流程

1 流量计;2 声波探头;3 分布板;4 放大器;5 声波接收器;6 计算机

气固流化床为某PE装置气相流化床反应釜,颗粒真密度为 $945 \text{ kg/m}^3$ 、平均粒径为 $0.365 \text{ mm}$ 的双峰聚乙烯颗粒。

收稿日期:2007-02-14。

作者简介:陆秋欢,男,1965年出生,高级工程师,1988年毕业于华东化工学院高分子化工专业,主要从事聚乙烯、聚丙烯产品的开发和研究工作。

声波探头检测位置为气相釜壁面由上而下共27个不同高度的测量点。

## 2 声信号分析

### 2.1 流型

对实际运行中的流化床由上而下共27个不同高度的测量点进行了声发射信号频谱能量分析,结果如图2所示。

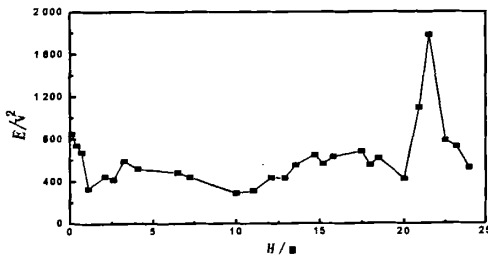


图2 能量随流化床高度的变化曲线

由图2可见,由于分布板射流作用,在靠近分布板处,颗粒被气体带动,迅速向上运动,因而近分布板上颗粒具有较大的能量,声波能量较高。随着床高的增加,射流的动能迅速衰减,当达到射流高度后,射流被分解并形成许多小气泡继续向上运动,颗粒速度相应下降,声波能量随之迅速减少,至分布板以上1.1 m处,声波能量下降到最小值,此高度大于射流高度0.383 7 m,说明能量最小值位置并不是射流区的上限位置。随着床高进一步升高,气泡在上升过程中相互聚并,尺寸不断长大,颗粒被气泡带动,加速向上运动,颗粒速度不断增加,能量随之逐渐迅速增大,至距分布板3.25 m处,颗粒速度被加速到最大,使得声波能量首次达到最大值。随着床高的进一步升高,气泡在上升过程中聚并和破碎达到平衡,使得颗粒保持活跃的运动状态并趋于稳定,分布板以上4~8 m处,能量基本处于稳定,表明在这一床高范围内,床内颗粒的流化均一,且流化状况较好。而床层继续升高,由于受分布板以上10 m处流化床进料的影响,由环管反应器输送来的未反应完全的聚乙烯粉料由此进入流化床继续反应,使得距离进料口颗粒的流化密度增大,床内孔隙率降低,上升的大气泡被破碎成小气泡,气泡对颗粒的携带作用减弱,颗粒运动有所减缓,颗粒能量有所下降。但是能量经进料口处的短暂下降后,又逐渐上升,至分布板以上14~19 m时,能量又一次达

到稳定,表明在这一床高范围内,床内颗粒的流化状况良好而且稳定。其中,处于流化床直筒段和扩大段交界处(距分布板17.3 m)的能量在这一阶段处于最大,这是因为交界处为流化床反应器内部的凸出部位而被颗粒活跃地碰撞磨擦,致使此处测得的声能量相对较大。当床高为20 m时,因接近料位,由于气泡逸出床面时的弹射作用和夹带作用,致使来自气泡顶部和来自气泡尾涡的颗粒因气泡破碎被抛入流化床的自由空域,因大量的颗粒被抛到料面以上导致料位处的颗粒变得稀少,声波能量达到极小。而料位以上的区域,气泡破碎时颗粒剧烈的反复弹射和夹带,使得颗粒运动最为活跃,产生的声能量和声波信号的波动也就越大,在21.5 m处,声能量达到最大值。最后,料面以上为流化床的稀相,通常颗粒浓度应大大降低而致使声波能量将迅速下降,但由于夹带较多,使得声能量的下降不是很为迅速。定义扩大段部位能量最小处为料位高度,或按照声信号测定料位高度的判断依据——“声信号的均方差比达到最大时的床高即为料位高度”。两种判据都表明,该PE装置的流化床反应器的料位为20.0 m。

流化床中,大量的颗粒以气泡尾涡的形式向上运动,直至被带到床面,同时又有颗粒在乳相中向下流动以补充向上流动的颗粒造成的空缺。而向下流动颗粒的带动,加强了气体的返混,又推动了颗粒的运动。颗粒、气泡和尾涡3者的共同作用,使得颗粒与颗粒、颗粒与壁面、气泡与颗粒产生充分的相对运动。由前述的声能量分析可知,从分布板开始,颗粒速度被从分布板小孔出来的高速射流加速到最大;当处于射流高度两倍左右处,颗粒能量开始迅速下降,并在1.1 m下降到最小值;随着床层的升高,颗粒能量在1~3 m迅速升高,至3.25 m到达一稳定值,并稳定至分布板以上8 m处;由于受进料口颗粒的影响,使得10~12 m之间的能量略为降低,但此后在13~19 m区域内能量再次趋于稳定;至料位处,能量最小,在料位略上部,由于泡破碎时颗粒的剧烈运动,能量达到最大值,之后,能量迅速下降。据此可以判断得出,该PE装置的流化床反应器的颗粒流动模式为带滞留区的双循环流动模式。

### 2.2 料位分析

根据扩大段部位能量最小处作为料位高度的判据,实测某一时间该PE装置流化床反应器声

能量随高度的曲线(见图3)。

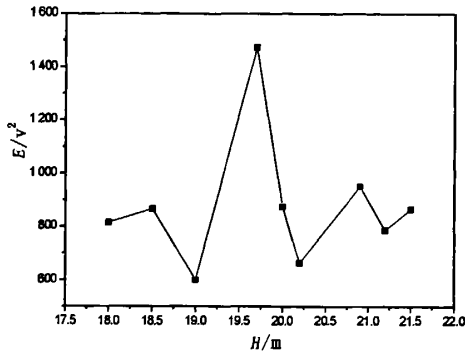


图3 料位附近能量随高度的变化

当床高为19.0 m时,因接近料位,由于气泡逸出床面时的弹射作用和夹带作用,致使来自气泡顶部和来自气泡尾涡的颗粒因气泡破碎被抛入流化床的自由空域,因大量的颗粒被抛到料面以上导致料位处的颗粒变得稀少,声波能量达到极小。而料位以上的区域,气泡破碎时颗粒的剧烈的反复弹射和夹带,使得颗粒运动最为活跃,产生的声能量和声波信号的波动也就越大,即在19.7 m处,声能量达到最大值。根据料位判据,PE装置的流化床反应器在该时间段的料位为19.0 m。同样,得到其他5个时间的料位高度,由于测定位置开孔相距较大,使得料位的判断与工厂实际存在一定的误差,如表1所示。

## Measurement of Flow Pattern and Bed Level of Gas – solid Fluidized Bed in Borstar Process by Acoustic Emission Technique

Lu Qiuhan, Xu Wenjun, Huang Weidong

(Plastics Division, SINOPEC Shanghai Petrochemical Co., Ltd. 200540)

Yang Yongrong

(United Chemical Reaction Engineering Research Institute, Zhejiang University, Hangzhou 310027)

### ABSTRACT

The flow pattern of the gas – solid fluidized bed in Borstar process was experimental measured by a novel Acoustic Emission (AE) technique according to the mechanism of collision between the particles and the wall. And the flow pattern of polyethylene particles of the fluidized bed in Boratar process was multi – circulation pattern, in which there were main – circulation zone, sub – circulation zone and stagnant zone. At the same time, the bed level of a gas – solid fluidized bed was experimentally investigated by this acoustic emission technique. The AE energy and the mean square deviation of the AE signals were found to be maximum at the height of bed level during the fluidization of polyethylene particles. Therefore, the bed level could be got by this found. So a novel AE approach to measure the bed level in the gas – solid fluidized bed can be developed to judge the bed level precisely and it can replace the  $\gamma$  – ray in future.

**Keywords:** acoustic emission, gas – solid fluidized beds, flow pattern, bed level, polyethylene

表1 料位高度测量

检测途径	料位					
	m					
声波法	19.0	18.5	18.5	18.5	18.5	18.0
工厂实际	20.2	20.3	20.4	19.8	19.7	19.7
误差	1.2	1.8	1.9	1.3	1.2	1.7

### 3 结论

由于声发射技术测定料位的方法具有非插入式、绿色环保等特点,声波技术能够简易快捷、安全环保地检测到料位的高度。根据气固流化床壁面区域颗粒碰撞产生的声波能量反映为颗粒的活跃程度,运用声发射检测技术,通过检测声能量的轴向分布,能够检测气固流化床的颗粒流动模式,“北星双峰”工艺的气固流化床颗粒流动模式即为带有滞留区的双循环流动模式。

### 参考文献

- G. Hendrickson. Electrostatics and Gas Phase Fluidized Bed Polymerization Reactor Wall Sheeting. *Chemical Engineering Science*, 2006, 61(4): 1 041 ~ 1 064
- G D Cody, R J Bellows, D J Goldfarb, H A Wolf, G V, Storch Jr. A Novel Non – intrusive Probe of Particle Motion and Gas Generation in the Feed Injection Zone of the Feed Riser of a Fluidized Bed Catalytic Cracking Unit. *Powder Technology*, 2000, 110: 128 ~ 142
- W. R Jonathan, Julie Varley Boyd. The Uses of Passive Measurement of Acoustic Emissions from Chemical Engineering Processes. *Chemical Engineering Science*, 2001, 56: 1 749 ~ 1 767
- 阳永荣, 侯琳熙, 杨宝柱, 刘城午, 胡晓萍, 王靖岱, 陈纪忠. 流化床反应器声波监测的装置和方法, ZL 20031011358. 7, 2006. 12

# “北星双峰”工艺气相釜流型及料位的测量

作者: [陆秋欢](#), [徐文俊](#), [黄伟东](#), [阳永荣](#), [Lu Qiujuan](#), [Xu Wenjun](#), [Huang Weidong](#),

[Yang Yongrong](#)

作者单位: [陆秋欢,徐文俊,黄伟东, Lu Qiujuan, Xu Wenjun, Huang Weidong\(中国石化上海石油化工股份有限公司塑料事业部, 200540\)](#), [阳永荣, Yang Yongrong\(浙江大学联合化学反应工程研究所, 杭州, 310027\)](#)

刊名: [石油化工技术经济](#)

英文刊名: [TECHNO-ECONOMICS IN PETROCHEMICALS](#)

年, 卷(期): 2007, 23(3)

引用次数: 1次

## 参考文献(4条)

1. [G.Hendrickson](#) [Electrostatics and Gas Phase Fluidized Bed Polymerization Reactor Wall Sheeting](#) 2006(04)
2. [G D Cody](#), [R J Bellows](#), [D J Goldfarb](#), [H A Wolf](#), [G V, Storch Jr](#) [A Novel Non-intrusive Probe of Particle Motion and Gas Generation in the Feed Injection Zone of the Feed Riser of a Fluidized Bed Catalytic Crocking Unit](#) 2000
3. [W. R Jonathan](#), [Julie Varley Boyd](#). [The Uses of Passive Measurement of Acoustic Emissions from Chemical Engineering Processes](#) 2001
4. [阳永荣](#), [侯琳熙](#), [杨宝柱](#), [刘城午](#), [胡晓萍](#), [王靖岱](#), [陈纪忠](#), [流化床反应器声波监测的装置和方法](#) 2006

## 相似文献(10条)

1. 期刊论文 [虞贤波](#), [任聪静](#), [姜晓静](#), [王靖岱](#), [阳永荣](#), [YU Xian-bo](#), [REN Cong-jing](#), [JIANG Xiao-jing](#), [WANG Jing-dai](#), [YANG Yong-rong](#) [气固流化床中声发射和结块定位](#) - [浙江大学学报\(工学版\)](#) 2008, 42(10)

利用声发射检测技术,结合能量分析,实现了气固流化床内黏壁结块(静结块)的实时监控.通过单颗粒撞击有机玻璃板实验,建立了聚乙烯颗粒撞击有机玻璃的声波衰减方程,确定了声波的有效传播距离.通过 $\Phi 150$  mm冷模装置实验,分别考察了黏壁结块前后聚乙烯颗粒碰撞壁面产生声发射信号能量的轴向及周向变化,获得了气固流化床黏壁结块定位的判据,即以正常流化时声能量分布为基准,当实时监控的声能量轴向分布出现异常的低谷时,低谷所在的区间减去声波有效传播距离所得的区间为黏壁结块的轴向位置;而当声能量周向分布失去整体对称性、平均能量明显减小、标准偏差显著增大时,黏壁结块产生,而声能量小于平均值、且绝对相对误差明显大于正常流化的连续区域即为黏壁结块的周向位置.

2. 会议论文 [侯琳熙](#), [阳永荣](#), [胡晓萍](#), [江炜](#) [声发射测量气固流化床中粒径分布的研究](#) 2003

气固流化床中颗粒粒径分布是流化床操作的重要参数.利用声发射测量技术,结合小波分析,从机理上测量不同粒径分布的出峰频率位置以及能量分率.在不同小波尺度中的转换规律,得到了能量分率与粒径之间的关系,提出了判断结块产生的标准以及推断粒径分布的初步方法.此方法为流化质量恶化的提前预报和粒径分布分析提供了新思路,具有广阔的应用前景.

3. 期刊论文 [王靖岱](#), [曹翌佳](#), [任聪静](#), [阳永荣](#), [侯琳熙](#), [WANG Jingdai](#), [CAO Yijia](#), [REN Congjing](#), [YANG Yongrong](#), [HOU Linxi](#) [气固流化床中声发射和流动模式关系](#) - [化工学报](#) 2007, 58(7)

引言

流化床气相聚合技术具有众多的优点,在过去几十年中取得了巨大的工业成功[1].但是这种反应器存在着传热能力差的缺点,特别是在生产高附加值产品如双峰聚乙烯产品的过程中.

4. 学位论文 [徐显骏](#) [聚乙烯气固流化床的基本流动参数的测定](#) 2007

气相流化床乙烯聚合生产工艺中,分布板是保证气固流化床具有良好而稳定的流态化状态的重要构件,直接影响流化床内颗粒的流动模式和流化均匀性,是流化床聚合反应器设计所必需考虑的关键部件.寻找能快速、准确、灵敏、环保地测定聚乙烯气固流化床中包括起始流化速度、流动模式、流化均匀性和分布板上死区在内的基本流动参数的方法,继而揭示不同分布板的优劣性,不仅有助于加深对流化床聚合反应器的认识、加快分布板的改造和设计,而且对于聚合反应的安全生产和优化操作、工业反应器的开发设计具有重要的指导意义.针对目前聚乙烯气固流化床分布板存在着抗沉积能力不强、稳定性不高、易被活性物质堵塞等缺陷,本文设计了新型的抗沉积分布板,并以三种不同结构的分布板为参照,采用声发射检测技术,研究测定聚乙烯气固流化床包括起始流化速度、颗粒的流动模式等基本流动参数,在线检测分布板上死区的存在与否和风帽的射流特性,为分布板的设计和筛选提供了新的方法.本文主要的创新性工作包括:

(1)设计并制备了适用于聚乙烯气固流化床的新型抗沉积分布板,该分布板具有抗沉积能力强、物料流化充分、基本没有死区、生产稳定、操作灵活和生产周期长等优点.

(2)利用声发射检测技术,在分布板下采集气固流化床颗粒作用于分布板产生的声信号,结合频谱分析,提出声发射测量起始流化速度和起始湍动速度判据,即当声信号的能量比或均方差比达到最大值时的表现气速为起始流化速度,当声信号的能量比或均方差比达到次最大值时的表现气速为起始湍动速度.

同时,通过对声波信号的多尺度小波或小波包分析,发现各尺度能量分率随气速变化存在着规律性的演化行为,建立了颗粒流化的能量分配理论,包括能量一次分配理论和能量再分配理论.基于气固流化床颗粒流化的能量分配理论,提出了判断起始流化速度和起始湍动速度的新方法,即能量达到第一次分配平衡时,气速为起始流化速度,当能量达到再分配平衡时,气速为起始湍动速度.

根据两种判据得到的聚乙烯起始流化流化速度均为0.08 m/s,与经典的压差法和文献上的压力脉动法测得的起始流化速度完全一致.

(3)采用声发射检测技术,通过测量气固流化床声能量的轴向分布,获得了装载不同分布板时气固流化床的颗粒流动模式.研究表明,颗粒的流动模式和分布板结构密切相关,装载抗沉积分布板或北欧化工分布板时,颗粒的流动模式为带滞留区的双循环流动模式,而装载齐鲁中试分布板和改进齐鲁中试分布



板时为无滞留区的单循环流动模式。

同时,通过测量气固流化床壁面不同方位声能轴向分布,考察了不同分布板的偏流程度。研究发现,抗沉积分布板和北欧化工分布板流化均匀性较好,而齐鲁中试分布板和改进齐鲁中试分布板流化均匀性较差,存在着一定程度的偏流。

(4)利用声发射技术,通过采集分布板下不同位置的声信号,结合频谱分析,发现声能量的分布直接反映了分布板死区的分布,继而提出了聚乙烯流化床分布板上死区存在的判断准则,即当某区域的声波能量值与分布板上最大声波能量值的比值不大于40%时,表明该区域为分布板死区。判据得到了摄像法的检验。

对分布板的死区研究表明,抗沉积分布板通过采用新型风帽,有效地提高了抗沉积分布板风帽出口气流速度,较好地消除了分布板死区,提高了分布板性能。而其它参照分布板均存在着不同程度的死区区域,影响流化质量。

(5)采用声发射技术,针对单风帽分布板,结合声信号的频谱分析,能够较为准确地测量出风帽的喷射距离。和摄像法相比,具有较好的精度。实验结果表明,新型风帽喷射距离为参照风帽的两倍左右,该风帽在具有更大的吹扫面积的同时,喷射气速的变大更能保证大颗粒不在板上沉积,抗沉积能力得到加强。

与此同时,利用称重法对四种分布板的漏料情况进行了考察。实验发现,抗沉积分布板漏料量最少,具有更好的防漏料效果。

## 5. 期刊论文 [侯琳熙, 舒伟杰, 王靖岱, 阳永荣, HOU Lin-xi, SHU Wei-jie, WANG Jing-dai, YANG Yong-rong 基于声波信号混沌分析的气固流化床故障诊断 - 浙江大学学报\(工学版\) 2007, 41\(5\)](#)

为了考察流化床内颗粒团聚结块的过程,提出了一种气固流化床团聚结块的判据。利用声发射检测技术,测得颗粒碰撞流化床壁面的声波信号,结合混沌特性分析,计算由混沌特征参数关联维数和 $K$ 熵得出的故障系数。通过在外加热气固流化床冷模装置和工业流化床中试装置中,对聚乙烯团聚结块的声波信号的混沌特征参数的演化规律的考察,发现随着床内大颗粒的增多,故障系数明显上升。研究结果表明,根据故障系数的变化,声发射检测技术能有效、准确地预测和诊断气固流化床中的团聚结块。

## 6. 期刊论文 [陈杰勋, 曹翌佳, 任聪静, 王靖岱, 阳永荣, Chen Jiexun, Cao Yijia, Ren Congjing, Wang Jingdai, Yang Yongrong 气固流化床分布板死区的声发射检测 - 石油化工 2008, 37\(9\)](#)

在 $\phi 250$  mm的流化床中,采用空气-聚乙烯颗粒体系和3种不同结构的气体分布板进行流化实验,通过声发射检测装置采集气体分布板下方不同位置的声信号,分别考察了3种不同结构的气体分布板上流化死区的存在情况与位置分布。实验结果表明,分布板局部的声信号平均能量可以反映对应位置的颗粒活跃程度,定义了颗粒活跃程度指数 $R_i$ ,并提出以 $R_i=0.6$ 作为流化死区存在的判据。声发射技术能有效地检测流化床分布板上的流化死区,对分布板的设计以及工业生产的故障监控都具有积极的意义。

## 7. 期刊论文 [徐清, 曹翌佳, 蒋斌波, 王靖岱, 阳永荣, XU Qing, CAO Yi-jia, JIANG Bin-bo, WANG Jing-dai, YANG Yong-rong 超声波技术测量气固流化床的料位高度 - 浙江大学学报\(工学版\) 2007, 41\(8\)](#)

利用颗粒运动碰撞壁面产生声波的机理以及声波信号随流化床高的规律性变化,根据料位处的声信号能量及声信号均方差均达到最大的状态,提出了声信号测定料位高度的判据,即声信号的均方差比达到最大时的床高即为料位高度。通过 $\phi 150$  mm冷模流化床和 $\phi 3 500$  mm工业热态流化床的声信号轴向测量实验,发现基于声信号测定的料位判据适用于气固流化床中聚乙烯生产的冷、热态料位高度的在线检测,具有较好的精度,能替代现有对人体具有致命伤害的 $\gamma$ 射线,实现料位高度的在线检测。

## 8. 学位论文 [姜晓静 多相流动的随机信号结构分析 2008](#)

多相流体系的随机信号分析是多相流反应器研究的重要方面,如何从复杂的随机时间序列信号中分析并提取出与过程参数及变量最相关的信息,是问题的重点及难点。本文将信号分析方法与多尺度概念相结合,系统地提出了基于小波分析与R/S分析的多相流体系随机信号多尺度结构判别标准,分析了各信号尺度与物理尺度之间的对应关系,并将此判别标准引入到多相流体系声发射信号检测中。通过信号结构与物理尺度之间的对应关系,揭示了气固流化床中的声发射机理,依据此机理实现了气固流化床中颗粒粒径分布的声发射检测。通过对信号尺度与物理尺度对应关系的分析,得到了液固搅拌釜中声发射信号结构与临界搅拌转速、淤浆悬浮高度之间的关系,并建立了相应的判断准则,实现了临界搅拌转速及淤浆悬浮高度的快速、准确、灵敏、环保的在线检测。本文的主要创新工作包括:

1. 将R/S分析与小波分析相结合,根据不同小波尺度Hurst指数的变化规律,建立了多相流随机信号多尺度划分的标准,将多相流体系随机信号划分为微尺度(Hurst指数均小于0.5)、介尺度(既有大于0.5的Hurst指数,也有小于0.5的Hurst指数)和宏尺度(Hurst指数均大于0.5)。

2. 通过对气固流化床的声发射信号与压力脉动信号的结构比较,以及气固流化床、气力输送、气液固淤浆鼓泡床、液固环管及液固搅拌釜中声发射信号多尺度结构差异比较,建立了多相流体系随机信号多尺度结构与物理多尺度的对应关系,认为在固体颗粒存在的多相流体系,微尺度信号代表了颗粒相对于主体流动的运动状态;介尺度代表主体流相对于系统的运动或者不同主体流之间的相互运动;宏尺度则反映整个系统状态随时间的变化。

3. 根据固体颗粒与壁面碰撞产生声波的机理,完善了反映颗粒性质、运动和频率关系的声波频率模型,以及反映颗粒粒径分布与声信号结构关系的Hou-Yang方程,对原有模型推导及说明的错误及疏漏进行了改进。通过在流化床冷模装置( $\phi 150$ )及工业流化床聚合反应器装置中声发射信号的分析,提出了更适合工业在线测量的混合粒径标定方法。

4. 基于声信号的小波分解和R/S分析,以固体颗粒碰撞壁面产生的声发射信号所在的高频区域(微尺度)的声能分率 $(R_c, 1)$ 为特征参数,研究声能分率随搅拌转速的变化规律,提出了搅拌釜临界搅拌转速的测量判据,即声能分率快速减少并开始趋于稳定时所对应的搅拌转速即为临界搅拌转速。以水-玻璃珠体系为例,声发射方法测量值与目测值之间的平均相对误差为3.51%,表明声发射技术能快速、准确、灵敏地实现临界搅拌转速的测量。

5. 根据颗粒运动碰撞壁面产生声波的机理,结合声信号的频谱分析、小波分解和R/S分析,利用声波信号随搅拌釜轴向的规律性变化,发现测量点的声能与主体区平均能量之比如 $R_c, E$ 呈现二次阶跃性变化,基于此,提出搅拌釜淤浆悬浮高度的判据,即 $R_c, E$ 随搅拌釜轴向的二次阶跃性变化的分界点分别为淤浆悬浮高度和液位高度。以水-玻璃珠体系为例, $R_c, E$ 为0.62时对应的高度即为淤浆悬浮高度。对于6叶盘式涡轮釜,与目测法相比,淤浆悬浮高度的平均相对误差为7.1%。对于2叶桨式叶轮,与目测法相比,淤浆悬浮高度的平均相对误差为11.8%。可见,声发射法克服了取样法的繁琐和观察法的主观,实现了搅拌釜淤浆悬浮高度的快速、灵敏和非侵入式的在线检测。

## 9. 会议论文 [曹翌佳, 任聪静, 郑卫华, 王靖岱, 阳永荣 声发射技术在气固流化床中的应用 2005](#)

利用声发射检测技术,根据不同粒径的颗粒在气固流化床壁面碰撞产生不同频率的声波信号的机理,结合能谱分析、多尺度小波和小波包分析,可以实现气固流化床的流化速度、粒径分布、结块、流型和料位等流化动力学参数的实时在线检测。在 $\phi 150$ mm气固流化床冷模装置中,测定了流化实验中聚乙烯颗粒碰撞壁面的声发射信号。实验发现,通过对不同气速下声波信号的小波包分析,可获得颗粒的起始流化速度和初始湍动速度。应用AE-PSD方程能够很好地揭示声信号在各尺度的能量分率分布特征与粒径分布的定量关系,其平均相对误差都在10%以下。并可以通过对声信号的7尺度小波分析,发现床内大颗粒的增加和结块的形成与代表大颗粒信号的第6、7尺度的能量变化有着密切的关系。同时,首次用声发射检测技术测得了流化床内的流动模式为带有滞留区的双循环模式。研究结果表明,声发射检测技术能快速、准确地实现流化床流化动力学参数的实时监控。

## 10. 会议论文 [舒伟杰, 曹翌佳, 任聪静, 郑卫华, 王靖岱, 阳永荣 声发射技术在气固流化床中的应用 2005](#)

利用声发射检测技术,根据不同粒径的颗粒在气固流化床壁面碰撞产生不同频率的声波信号的机理,结合能谱分析、多尺度小波和小波包分析,可以实现气固流化床的流化速度、粒径分布、结块、流型和料位等流化动力学参数的实时在线检测。在 $\phi 150$ mm气固流化床冷模装置中,测定了流化实验中聚乙烯颗粒碰撞壁面的声发射信号。实验发现,通过对不同气速下声波信号的小波包分析,可获得颗粒的起始流化速度和初始湍动速度。应用AE-PSD方程能够很好地揭示声信号在各尺度的能量分率分布特征与粒径分布的定量关系,其平均相对误差都在10%以下。并可以通过对声信号的7尺度小波分析,发现床内大颗粒的增加和结块的形成与代表大颗粒信号的第6、7尺度的能量变化有着密切的关系。同时,首次用声发射检测技术测得了流化床内的流动模式为带有滞留区的双循环模式。研究结果表明,声发射检测技术能快速、准确地实现流化床流化动力学参数的实时监控。

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](#) 2009(3)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_syhgjsjj200703004.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_syhgjsjj200703004.aspx)

下载时间: 2010年6月22日