



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110652815 A

(43)申请公布日 2020.01.07

(21)申请号 201910891185.2

(22)申请日 2019.09.20

(71)申请人 南京工程学院

地址 211167 江苏省南京市江宁科学园弘景大道1号

(72)发明人 乔正辉 孙绍鑫 梁绍华 潘效军
毕小龙 张思文 时苏雅 田永伟
王毅林 陈凌海 边彩霞 赵杰

(74)专利代理机构 南京瑞弘专利商标事务所
(普通合伙) 32249

代理人 徐激波

(51)Int.Cl.

B01D 49/00(2006.01)

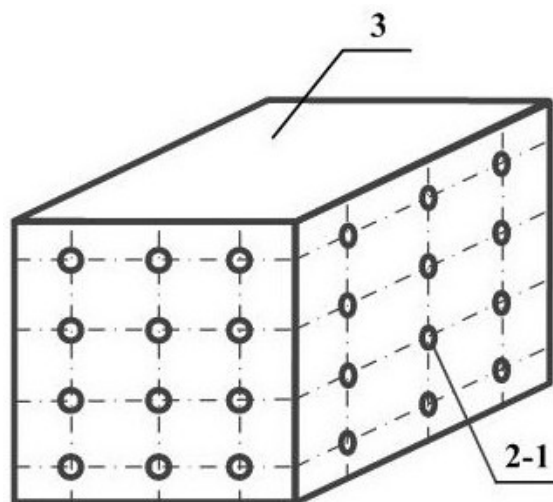
权利要求书1页 说明书3页 附图3页

(54)发明名称

一种声场测试和模拟协同操控烟气悬浮颗粒的声波除尘方法

(57)摘要

本发明公开了一种声场测试和模拟协同操控烟气悬浮颗粒的声波除尘方法,包括由多个装置部件组成的声波除尘装置;装置部件主要是声源和波导;多个声源在输入频率、电压振幅和声源彼此间相位差可控的正弦电压信号的作用下,可以向装置内部空间辐射多束声波,从而在装置内部形成特定的声场分布;声场分布表现为具有波腹和波节的复合声场;位于装置内部的烟气悬浮颗粒在特定的声场分布的作用下发生迁移、混合、碰撞、团聚、分离、长大或脱除等行为过程。本发明实现了在降低测试过程复杂性的前提下,运用计算机声场模拟方法,快速获得目标声场分布特征的设备运行条件和调控参数,进而获得目标声场分布特征对应的最佳颗粒操控效果。



1. 一种声场测试和模拟协同操控烟气悬浮颗粒的声波除尘方法,其特征在于包括:由多个装置部件组成的声波除尘装置;装置部件主要是声源和波导;多个声源在输入频率、电压振幅和声源彼此间相位差可控的正弦电压信号的作用下,可以向装置内部空间辐射多束声波,从而在装置内部形成特定的声场分布;声场分布表现为具有波腹和波节的复合声场;位于装置内部的烟气悬浮颗粒在特定的声场分布的作用下发生迁移、混合、碰撞、团聚、分离、长大或脱除等行为过程;烟气由气体介质和悬浮颗粒组成:

第一步:针对多种烟气条件和装置部件的多种布置方法、运行参数,首先采用声学模拟方法,获得多种条件下装置内声场分布的模拟结果;

第二步:把装置内部空间的声场分布在不同位置呈现为特定明显起伏特性作为判断依据,对比不同模拟结果,初步拟定装置部件的布置方法、运行参数;

第三步:针对拟定的装置部件布置方法和运行参数,采用试验方法获得声场分布的测试结果,经与模拟结果对比后,校正选定装置部件的布置方法和运行参数。

2. 根据权利要求1所述的一种声场测试和模拟协同操控烟气悬浮颗粒的声波除尘方法,其特征在于:所述声场分布用装置内多个位置的瞬时声压的时空分布表示;所述声学模拟方法的控制方程数学描述依据包括声学波动方程;所述声学模拟方法的边界条件数学描述依据包括声源辐射声波特征和相邻两个声源之间的边界特征。

3. 根据权利要求1所述的一种声场测试和模拟协同操控烟气悬浮颗粒的声波除尘方法,其特征在于:所述声源为Helmholtz声源;多个Helmholtz声源围绕波导对称布置;所述波导可以是由在声源之间布置有物理形状的多个边界面组成,也可以是由声源之间的无物理形状的边界面组成,亦可以是由在声源之间布置有物理形状的多个边界面和无物理形状的边界面组成。

4. 根据权利要求1所述的一种声场测试和模拟协同操控烟气悬浮颗粒的声波除尘方法,其特征在于:声源上安装有能够改变其位置的调控支架,用于调节装置部件在空间内的布置位置。

5. 根据权利要求1所述的一种声场测试和模拟协同操控烟气悬浮颗粒的声波除尘方法,其特征在于:装置内部布置有多个温度传感器,用于测量气体介质和装置部件的温度;当烟气条件发生变化时,利用测得的温度参数用于校正声场分布模拟结果,进而重新选定装置部件的布置方法和运行参数。

一种声场测试和模拟协同操控烟气悬浮颗粒的声波除尘方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种声场测试和模拟协同操控烟气悬浮颗粒的声波除尘方法,属于工程热物理和能源利用领域。

背景技术

[0002] 大量不同尺寸为若干纳米、微米、毫米、厘米等粒径的颗粒操控技术对于促进气体介质中小颗粒的迁移、混合、碰撞、团聚、分离、长大和脱除等行为过程的发生、发展和变化具有潜在的研究价值,其显著应用包括燃煤电厂、冶炼、化工和粉末制药行业等工业悬浮颗粒的操控、去除和收集。

[0003] 当前随着人们对化石燃料需求、雾霾等大气污染物控制、人体健康保证、环境质量安全的关注程度的逐渐增强,PM_{2.5}控制已经成为燃煤电厂烟气污染物系统研发所关注的重要科学技术问题。

[0004] 声波除尘技术作为燃烧源PM_{2.5}控制研究的一个前沿发展方向,面临着设备运行条件和调控参数多变性和复杂性挑战。

发明内容

[0005] 发明目的:本发明需要解决的技术问题是提供一种用于能够有效调控设备运行状态的声波除尘技术,该技术结合声场模拟和测试方法来协同操控烟气悬浮颗粒迁移、混合、碰撞、团聚、分离、长大和脱除等行为过程的发生、发展和变化。

[0006] 为解决上述技术问题,本发明所采用的技术手段为:

一种声场测试和模拟协同操控烟气悬浮颗粒的声波除尘方法,包括由多个装置部件组成的声波除尘装置;装置部件主要是声源和波导;多个声源在输入频率、电压振幅可控的正弦电压信号的作用下,可以向装置内部空间辐射多束声波,从而在装置内部形成特定的声场分布;声场分布表现为具有波腹和波节的复合声场;位于装置内部的烟气悬浮颗粒在特定的声场分布的作用下发生迁移、混合、碰撞、团聚、分离、长大或脱除等行为过程;烟气由气体介质和悬浮颗粒组成。

[0007] 第一步:针对多种烟气条件和装置部件的多种布置方法、运行参数,首先采用声学模拟方法,获得多种条件下装置内声场分布的模拟结果;

第二步:把装置内部空间的声场分布在不同位置呈现为明显的起伏特性作为判断依据,初步拟定装置部件(如声源)的布置方法、运行参数(声源的运行数量、布置位置、输入频率、输入电压振幅、不同声源之间输入电压的相位等);

第三步:针对拟定的装置部件布置方法和运行参数,采用试验方法获得声场分布的测试结果,在与模拟结果对比和校正后,选定装置部件的布置方法和运行参数。

[0008] 作为优选,声场分布用装置内多个位置的瞬时声压的时空分布表示。所述声学模拟方法的控制方程数学描述依据包括声学波动方程;所述声学模拟方法的边界条件数学描述依据包括声源辐射声波特征和相邻两个声源之间的边界特征。

[0009] 作为优选,声源为Helmholtz声源;多个Helmholtz声源围绕波导对称布置。所述波导可以是由在声源之间布置有物理形状的多个边界面组成,也可以是由声源之间的无物理形状的边界面组成,亦可以是由在声源之间布置有物理形状的多个边界面和无物理形状的边界面组成。

[0010] 作为优选,声源上安装有能够改变其位置的调控支架,用于调节装置部件的布置位置。

[0011] 作为优选,装置内部布置有多个温度传感器,用于测量气体介质和装置部件的温度;当烟气条件发生变化时,利用测得的温度参数校正声场分布模拟结果,进而重新选定装置部件的布置方法和运行参数。

[0012] 有益效果,本发明采用模拟和实验相结合的方法,通过计算机模拟获得多种条件下装置内整个空间的声场分布,在经少量特征位置声场测试点验证模拟声场分布的真实性后,把装置内部空间的声场分布在不同位置呈现为明显的起伏特性作为判断依据,获得理想的装置部件布置方法、运行参数。该技术实现了在降低测试过程复杂性的前提下,运用计算机声场模拟方法,快速获得目标声场分布特征的设备运行条件和调控参数,进而获得目标声场分布特征对应的最佳颗粒操控效果。

附图说明

[0013] 图1为本发明的一种声波除尘装置示意图;

图2为本发明实施例声源的一种Helmholtz声源示意图;

图3为本发明实施例波导的一种正六面体形状波导示意图;

图4为本发明实施例的一种无物理形状的波导示意图。

具体实施方式

[0014] 根据下述实施例,可以更好地理解本发明。然而,本领域的技术人员容易理解,实施例所描述的内容仅用于说明本发明,而不应当也不会限制权利要求书中所详细描述的本发明。

[0015] 如图1所示,本发明的一种声场测试和模拟协同操控烟气悬浮颗粒的声波除尘方法,包括由多个装置部件组成的声波除尘装置1;装置部件主要是声源2和波导3;多个声源2在输入频率、电压振幅可控的正弦电压信号的作用下,可以向装置内部空间辐射多束声波,从而在装置内部形成特定的声场分布;声场分布表现为具有波腹和波节的复合声场;位于装置内部的烟气悬浮颗粒在特定的声场分布的作用下发生迁移、混合、碰撞、团聚、分离、长大或脱除等行为过程;烟气由气体介质和悬浮颗粒组成。

[0016] 第一步:针对多种烟气条件和装置部件的多种布置方法、运行参数,首先采用声学模拟方法,获得多种条件下装置内声场分布的模拟结果;

第二步:把装置内部空间的声场分布在不同位置呈现为明显的起伏特性作为判断依据,初步拟定装置部件(如声源)的布置方法、运行参数(声源的运行数量、布置位置、输入频率、输入电压振幅、不同声源之间输入电压的相位等);

第三步:针对拟定的装置部件布置方法和运行参数,采用试验方法获得声场分布的测试结果,在与模拟结果对比和校正后,选定装置部件的布置方法和运行参数。

[0017] 所述声场分布用装置内多个位置的瞬时声压的时空分布表示。所述声学模拟方法的控制方程数学描述依据包括声学波动方程；所述声学模拟方法的边界条件数学描述依据包括声源辐射声波特征和相邻两个声源之间的边界特征。

[0018] 所述声源2为Helmholtz声源；多个Helmholtz声源围绕波导对称布置。所述波导可以由在声源之间布置有物理形状的多个边界面组成，也可以是由声源之间的无物理形状的边界面组成，亦可以由在声源之间布置有物理形状的多个边界面和无物理形状的边界面组成。

[0019] 所述声源2上安装有能够改变其位置的调控支架，用于调节装置部件的布置位置，能够允许声源2在空间内笛卡尔直角坐标系或圆柱坐标系或球形坐标系三个维度方向上任意调节。

[0020] 装置内部布置有多个温度传感器，用于测量气体介质和装置部件的温度；当烟气条件发生变化时，利用测得的温度参数校正声场分布模拟结果，进而重新选定装置部件的布置方法和运行参数。

[0021] 图2为本发明实施例的声源的一种Helmholtz声源示意图，其中，Helmholtz声源包括通孔2-1、空腔2-2、扬声器振膜2-3，它们组成Helmholtz共振器结构。

[0022] 声源2工作时的输入频率等于Helmholtz共振器的共振频率。一组正对声源2之间的距离满足声源2在Helmholtz共振器的共振频率运行时波导在该正对方向能够近似实现第n阶谐振。

[0023] 另外，对于温度传感器的作用，当Helmholtz声源所处环境的温度变化时，由于温度和声速的对应变化关系，Helmholtz共振器的共振频率发生变化；如果Helmholtz声源依然按照温度变化前的输入频率工作，那么声源辐射出的声压振幅将会减少，进而减弱装置内部声场分布的起伏强度，为此需要重新选定装置部件的布置方法和运行参数。显著地是，波导的空间结构的形状受到所有工作声源的布置位置限定。

[0024] 图3为本发明实施例的波导的一种正六面体形状的波导，波导的每个竖直侧面上连接有12个阵列布置的Helmholtz声源。

[0025] 声场分布的声学模拟方法可以采用Ansys声学分析软件，亦可以利用C或Basic等计算机语言编制有限元偏微分方程在具体边界条件下的求解程序进行模拟计算。

[0026] 声场分布的试验方法可以采用在装置内部布置阵列传声器的方法，测得不同位置瞬时声压随时间的变化规律。

[0027] 图4为本发明实施例的一种无物理形状的波导示意图，其中，无物理形状的波导3-1由四个Helmholtz声源定位的空间组成，调控支架4可以在竖直和水平方向上调控任意Helmholtz声源的空间位置。

[0028] 以上所述仅是本发明的优选实施方式，应当指出：对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明原理的前提下，还可以做出若干改进和润饰，这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

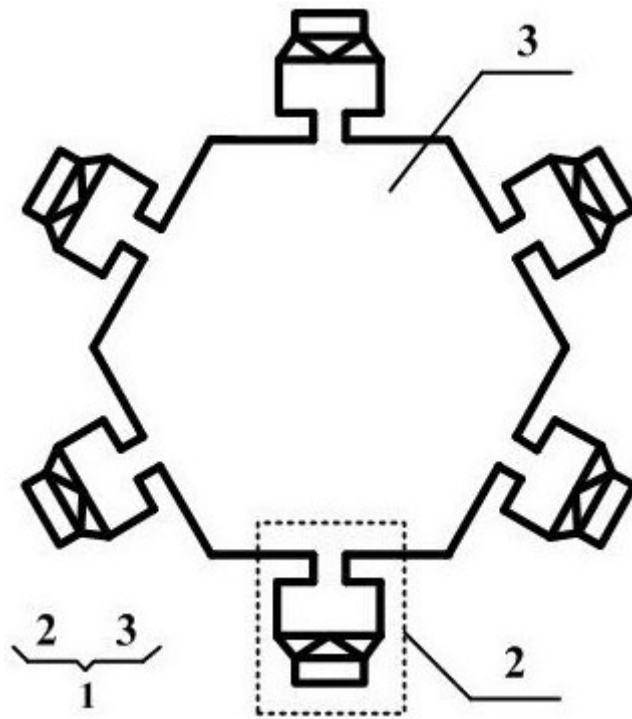


图1

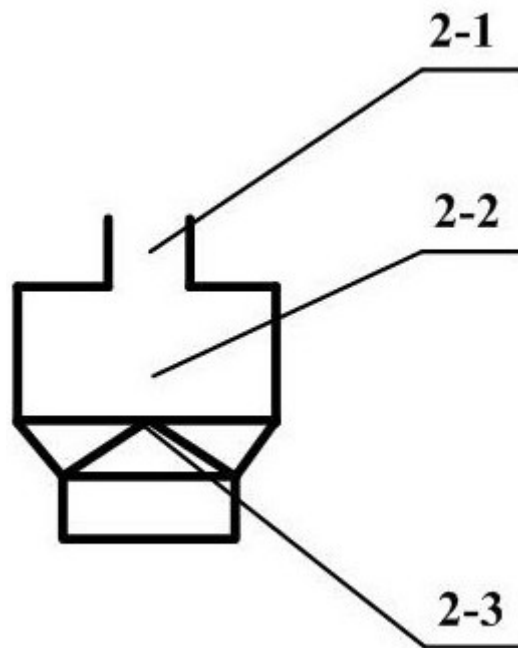


图2

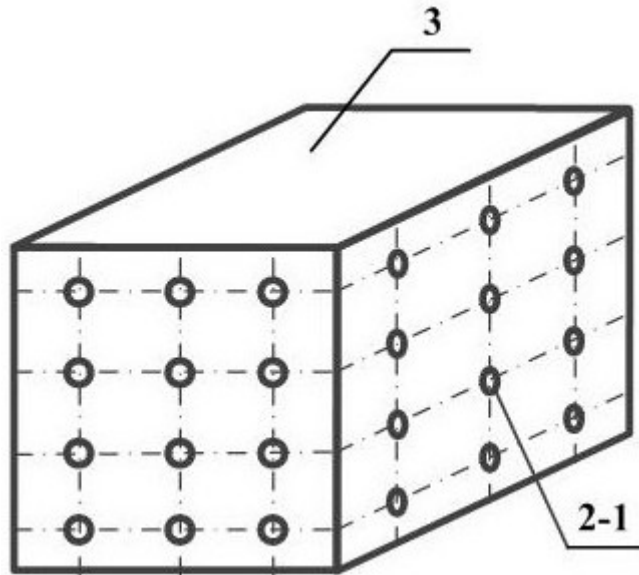


图3

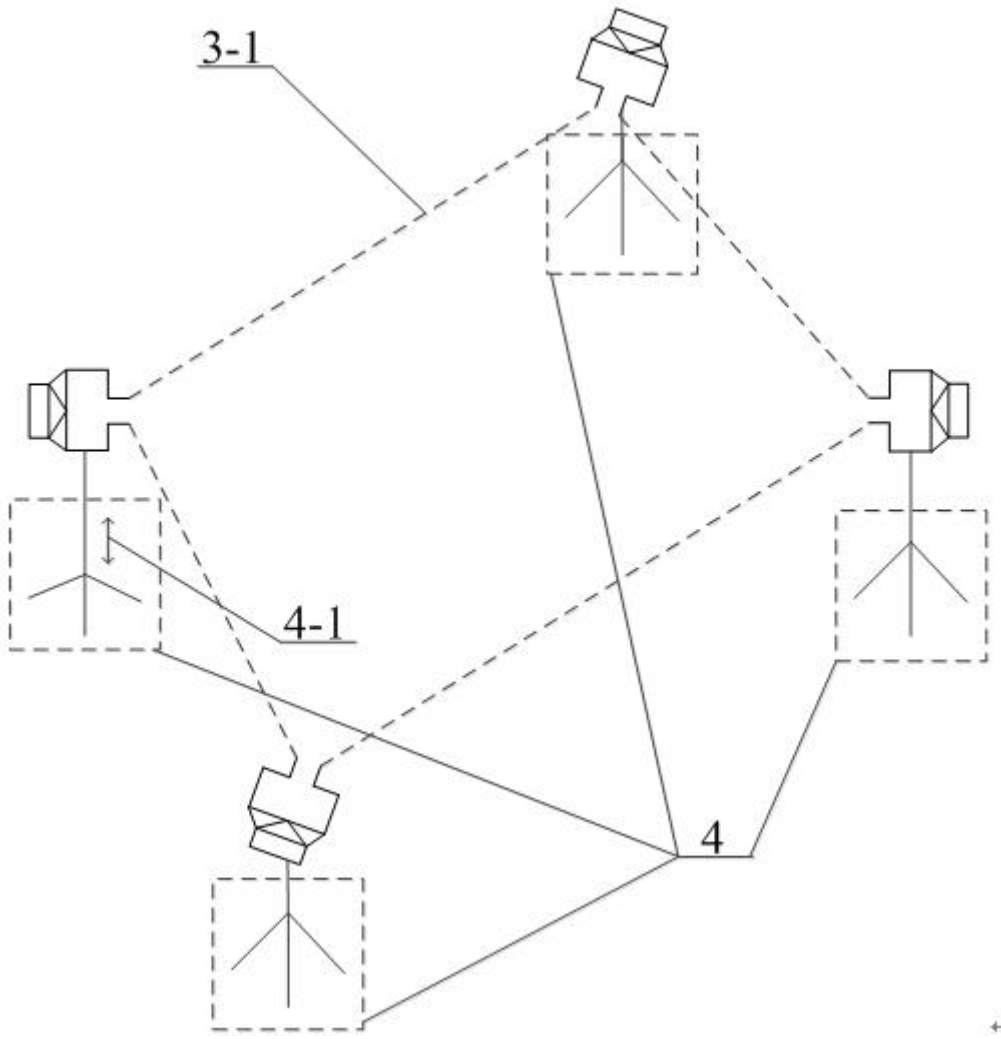


图4