(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 112197884 B
(45)授权公告日 2024.04.16

(21)申请号 202011181503.5

(22)申请日 2020.10.29

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112197884 A

(43)申请公布日 2021.01.08

(73)专利权人 西安科技大学
地址 710054 陕西省西安市雁塔中路58号

(72)发明人 邓军 任帅京 屈高阳 王彩萍 肖旸 李青蔚 王伟峰 易欣 张玉涛

(74)专利代理机构 石家庄科诚专利事务所(普通合伙) 13113
专利代理师 刘丽丽 任丽梅

(51)Int.Cl.
G01K 11/24(2006.01)
G01K 7/02(2021.01)

(56)对比文件
CN 204813955 U,2015.12.02
US 2013163787 A1,2013.06.27
CN 109269070 A,2019.01.25
CN 109856244 A,2019.06.07
CN 207458569 U,2018.06.05
CN 209114643 U,2019.07.16
CN 110231102 A,2019.09.13
CN 202916023 U,2013.05.01
CN 109556753 A,2019.04.02
CN 101699236 A,2010.04.28
CN 101403643 A,2009.04.08
CN 210322072 U,2020.04.14
CN 215525664 U,2022.01.14
邓军,屈高阳,任帅京,等.松散煤体中声波传播特性及主要路径实验研究.《煤炭学报》.2022,
颜华,张力男.声学CT 温度场重建系统的收发器位置优化与实现.《仪表技术与传感器》.2020,
陈冠男.声学法仓储粮食温度检测关键技术的研究.《中国博士学位论文全文数据库工程科技I辑》.2012,

审查员 孙舒宁

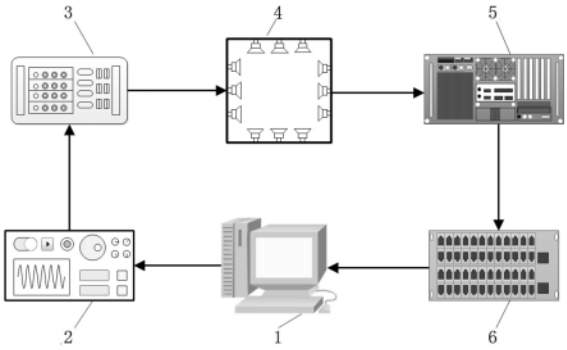
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

基于声学法测量松散介质温度的实验装置及方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于声学法测量松散介质温度的实验装置,包括串接的计算机、信号发生器、实验测试箱体和数据采集器。计算机内置实验室虚拟平台和仿真分析软件。本发明还公开了一种基于声学法测量松散介质温度的方法,首先通过实验室虚拟平台向信号发生器发出波形指令;信号发生器根据收到的波形指令输出相应的波形信号实验测试箱体,波形信号经过待测松散介质,然后通过数据采集器输出至计算机,仿真分析软件根据收到的声波信号,构建待测松散介质内部温度场。本发明能够实现对声波信号的产生、发射、接收、采集及相关分析,并得出待测松散介质的温度,适用于温度测量技术领域,用于测量松散介质内部温度。



CN 112197884 B

1.一种基于声学法测量松散介质温度的实验装置,其特征在于:包括计算机、信号发生器、实验测试箱体和数据采集器;

所述计算机内置实验室虚拟平台和仿真分析软件,由实验室虚拟平台向信号发生器发出波形指令;

所述信号发生器根据收到的波形指令产生相应的波形信号并输出至实验测试箱体;

所述实验测试箱体内设有加热装置、温度检测装置和至少一个扬传模块,扬传模块包括扬声器和传声器;

所述实验测试箱体通过温度检测装置检测待测松散介质温度并发送至计算机;

所述实验测试箱体通过加热装置对待测松散介质加热,扬声器接收功率放大器发来的波形信号并发出声波信号,声波信号经过待测松散介质后被传声器接收并输出声波信号至数据采集器,数据采集器将收集到的波形信号输出至计算机;

所述仿真分析软件对收到的波形信号进行处理,通过实际温度纠正矫正因子,并结合温度检测装置反馈的待测松散介质温度,构建待测松散介质的温度场;

所述实验测试箱体由材质相同的底面、可拆卸顶盖和第一~第四侧面组成;

所述底面、可拆卸顶盖和第一~第四侧面均由从内到外设置的穿孔板、软吸音层、硬吸音层、隔音层、保温层和硬制木板组成;

所述软吸音层的材料采用蜜胺棉,硬吸音层的材料采用高密度聚酯纤维,隔音层的材料采用氧化镁,保温层的材料采用硅酸铝陶瓷纤维;

所述第一侧面开设有第一走线孔,第三侧面开设有第二走线孔,第一走线孔和第二走线孔周围均用气溶胶密封;

所述第四侧面的下部开设有进气孔,可拆卸顶盖上远离第四侧面处开设有出气孔;

所述底面上设置有平行于第三侧面和第四侧面的第一~第三轨道、平行于第一侧面和第二侧面的第四~第六轨道,第一~第三轨道与第四~第六轨道垂直相交形成九个交点,温度检测装置包括一一对应设置在九个交点上的九个热电偶;

所述扬传模块的数量为十二个,第一~第三扬传模块一一对应设置在第一~第三轨道上靠近第一侧面处,第四~第六扬传模块一一对应设置在第一~第三轨道上靠近第二侧面处,第七~第九扬传模块一一对应设置在第四~第六轨道上靠近第三侧面处,第十~第十二扬传模块一一对应设置在第四~第六轨道上靠近第四侧面处;

所述第一~第十二扬传模块分别通过升降调节装置安装在对应的轨道上,所述升降调节装置与对应的轨道滑动连接,实现对扬传模块在水平方向和竖直方向的位置调节,以便根据待测松散介质体积大小将扬传模块调节到合适位置。

2.根据权利要求1所述的基于声学法测量松散介质温度的实验装置,其特征在于:信号发生器与实验测试箱体之间设置有功率放大器,信号发生器产生相应的波形信号并通过功率放大器放大后输出至实验测试箱体中的扬声器中;

实验测试箱体与数据采集器之间设置有信号调理器;传声器将接收到的声波信号输出至信号调理器,信号调理器将调理后的声波信号输出至数据采集器。

3.根据权利要求1所述的基于声学法测量松散介质温度的实验装置,其特征在于:所述加热装置为底面设置的加热板,通过加热板对待测松散介质加热,与加热板连接的有用于调节温度的温度控制仪。

4.一种基于声学法测量松散介质温度的方法,采用权利要求1-3任意一项所述的基于声学法测量松散介质温度的实验装置来实现,其特征在于:包括依次进行的以下步骤,

一、将待测松散介质放置在实验测试箱体内;

二、通过加热装置对待测松散介质加热,同时通过温度检测装置检测待测松散介质的温度并反馈至计算机;

三、通过计算机内置的实验室虚拟平台向信号发生器发出波形指令;

四、信号发生器根据收到的波形指令输出相应的波形信号至扬声器,扬声器产生对应的声波信号;

五、所述声波信号经过待测松散介质,然后被传声器接收;

六、传声器将接收到的声波信号通过数据采集器输出至计算机;

七、计算机内置的仿真分析软件根据收到的声波信号及温度检测装置反馈的温度,通过实际温度纠正矫正因子,构建待测松散介质内部温度场;

所述步骤七按照以下步骤顺序进行:

(一)仿真分析软件首先根据传声器接收到的信号,运用时延估算方法,分别计算出每条声波传播路径上的传播时间t_1、t_2…t_n;距离发声扬声器最近的传声器与其余传声器相距的距离分别为l_1、l_2、l_3…l_n,根据松散介质空隙弯曲系数γ,计算出声波传播的实际路径为$\gamma * l_1$、$\gamma * l_2$、$\gamma * l_3$…$\gamma * l_n$;被测区域被声波传播路径划分成了m个网格,通过微积分原理,将声波的传播路径划分成m份,假设每一小段i传播路径$\frac{\gamma * l_i}{n}$上的声速c_i是均匀的,则可得声波沿第k条声波路径的传播时间$t_k=\sum_{i=1}^{n}\frac{\gamma * l_i}{n * c_i}$;

其中,n代表声波传播路径的条数,n≥1,m≥2;i代表划分网格的长度,1≤i≤m;k∈[1,n];

(二)然后,仿真分析软件根据最小二乘法可以计算出每个微小传播路径段的声速c_i;利用空气中声速c与温度T之间的关系,计算出每个微小传播路径上的温度T_i,通过数学插值方法获得每个网格的温度,从而重建出待测松散介质的温度场。

5.根据权利要求4所述的基于声学法测量松散介质温度的方法,所述信号发生器与实验测试箱体之间设置有功率放大器;实验测试箱体与数据采集器之间设置有信号调理器;其特征在于:所述步骤四中,信号发生器产生相应的波形信号并通过功率放大器放大后输出至扬声器;

所述步骤六中,传声器将接收到的声波信号输出至信号调理器,信号调理器将调理后的声波信号输出至数据采集器。

6.根据权利要求5所述的基于声学法测量松散介质温度的方法, 其特征在于:所述步骤五中声波信号的传播和接收过程为,与每个该扬声器最近的传声器先接收到该声波信号,之后其余传声器分别先后接收到该扬声器发出的声波信号。

基于声学法测量松散介质温度的实验装置及方法

技术领域

[0001] 本发明属于温度测量技术领域,用于测量松散介质温度,具体地说是一种基于声学法测量松散介质温度的实验装置及方法。

背景技术

[0002] 堆积形态下松散介质内部温度是工业过程中的一个重要测量参数。例如,在煤仓中,堆积煤炭的氧化自燃既降低了煤炭的品质,同时也是造成了重大的事故隐患。因此,对煤炭内部温度的精准探测是防治煤炭自燃最为有效的方法。

[0003] 现有的温度测量方法主要包括接触式测量和非接触式测量。接触式测温采用的测量工具,如热电偶、热电阻、光纤光栅等,需要与被测介质接触才能完成测温,这导致接触式测温过程中布置设备极为复杂,而且采用接触式测温法很难实现大面积测量。非接触式测温,如红外测温,因受测量距离等外界因素影响而无法测量松散介质深部温度分布。

[0004] 基于声波信号的非接触式温度测量技术不需要与被测介质直接接触,不受外部工作条件的影响,适应各种高温、腐蚀、多尘等恶劣环境,能够深入全面探测介质内部的温度。

[0005] 如果能够采用基于声波信号的非接触式测温技术测量松散介质内部的温度,将推动松散介质测温技术的进步。

发明内容

[0006] 本发明的目的,是要提供一种基于声学法测量松散介质温度的实验装置,能够实现对声波信号的产生、发射、接收、采集及相关分析,并得出待测松散介质的温度。

[0007] 本发明的另外一个目的,是要提供一种基于声学法测量松散介质温度的方法,基于声波信号在不用温度空气中传播速度不同的基本原理,进行松散介质温度测量。

[0008] 本发明为实现上述目的,所采用的技术方案如下:

[0009] 一种基于声学法测量松散介质温度的实验装置,包括计算机、信号发生器、实验测试箱体和数据采集器;

[0010] 所述计算机内置实验室虚拟平台和仿真分析软件,由实验室虚拟平台向信号发生器发出波形指令;

[0011] 所述信号发生器根据收到的波形指令产生相应的波形信号并输出至实验测试箱体;

[0012] 所述实验测试箱体内设有加热装置、温度检测装置和至少一个扬传模块,扬传模块包括扬声器和传声器;

[0013] 所述实验测试箱体通过温度检测装置检测待测松散介质温度并发送至计算机;

[0014] 所述实验测试箱体通过加热装置对待测松散介质加热,扬声器接收功率放大器发来的波形信号并发出声波信号,声波信号经过待测松散介质后被传声器接收并输出声波信号至数据采集器,数据采集器将收集到的波形信号输出至计算机;

[0015] 所述仿真分析软件对收到的波形信号进行处理,并结合温度检测装置反馈的待测

松散介质温度,构建待测松散介质的温度场。

[0016] 作为限定:信号发生器与实验测试箱体之间设置有功率放大器,信号发生器产生相应的波形信号并通过功率放大器放大后输出至实验测试箱体中的扬声器中;

[0017] 实验测试箱体与数据采集器之间设置有信号调理器;传声器将接收到的声波信号输出至信号调理器,信号调理器将调理后的声波信号输出至数据采集器。

[0018] 作为第二种限定:所述实验测试箱体由材质相同的底面、可拆卸顶盖和第一~第四侧面组成;

[0019] 所述底面、可拆卸顶盖和第一~第四个侧面均由从内到外设置的穿孔板、软吸音层、硬吸音层、隔音层、保温层和硬制木板组成;

[0020] 所述软吸声层的材料采用蜜胺棉,硬吸音层的材料采用高密度聚酯纤维,隔音层的材料采用氧化镁,保温层的材料采用硅酸铝陶瓷纤维;

[0021] 所述第一侧面开设有第一走线孔,第三侧面开设有第二走线孔,第一走线孔和第二走线孔周围均用气溶胶密封;

[0022] 所述第四侧面的下部开设有进气孔,可拆卸顶盖上远离第四侧面处开设有出气孔。

[0023] 作为进一步限定:所述加热装置为底面设置的加热板,通过加热板对待测松散介质加热,与加热板连接的有用于调节温度的温度控制仪。

[0024] 作为对实验测试箱体的第二种限定:所述底面上设置有平行于第三侧面和第四侧面的第一~第三轨道、平行于第一侧面和第二侧面的第四~第六轨道,第一~第三轨道与第四~第六轨道垂直相交形成九个交点,温度检测装置包括一一对应设置在九个交点上的九个热电偶;

[0025] 所述扬传模块的数量为十二个,第一~第三扬传模块一一对应设置在第一~第三轨道上靠近第一侧面处,第四~第六扬传模块一一对应设置在第一~第三轨道上靠近第二侧面处,第七~第九扬传模块一一对应设置在第四~第六轨道上靠近第三侧面处,第十~第十二扬传模块一一对应设置在第四~第六轨道上靠近第四侧面处;

[0026] 所述第一~第十二扬传模块分别通过升降调节装置安装在对应的轨道上,所述升降调节装置与对应的轨道滑动连接。

[0027] 本发明还公开了一种基于声学法测量松散介质温度的方法,采用上述基于声学法测量松散介质温度的实验装置来实现,包括依次进行的以下步骤:

[0028] 一、将待测松散介质放置在实验测试箱体内;

[0029] 二、通过加热装置对待测松散介质加热,同时通过温度检测装置检测待测松散介质的温度并反馈至计算机;

[0030] 三、通过计算机内置的实验室虚拟平台向信号发生器发出波形指令;

[0031] 四、信号发生器根据收到的波形指令输出相应的波形信号至扬声器,扬声器产生对应的声波信号;

[0032] 五、所述声波信号经过待测松散介质,然后被传声器接收;

[0033] 六、传声器将接收到的声波信号通过数据采集器输出至计算机;

[0034] 七、计算机内置的仿真分析软件根据收到的声波信号及温度检测装置反馈的温度,构建待测松散介质内部温度场。

[0035] 作为限定:所述步骤四中,信号发生器产生相应的波形信号并通过功率放大器放大后输出扬声器;

[0036] 所述步骤六中,传声器将接收到的声波信号输出至信号调理器,信号调理器将调理后的声波信号输出至数据采集器。

[0037] 作为进一步限定:所述步骤五中声波信号的传播和接收过程为,与每个该扬声器最近的传声器先接收到该声波信号,之后其余传声器分别先后接收到该扬声器发出的声波信号。

[0038] 作为第二种限定:所述步骤七按照以下步骤顺序进行:

[0039] (一)仿真分析软件首先根据传声器接收到的信号,运用时延估算方法,分别计算出每条声波传播路径上的传播时间t_1、t_2…t_n;距离发声扬声器最近的传声器与其余传声器相距的距离分别为l_1、l_2、l_3…l_n,根据松散介质空隙弯曲系数γ,计算出声波传播的实际路径为$\gamma*l_1$、$\gamma*l_2$、$\gamma*l_3$…$\gamma*l_n$;被测区域被声波传播路径划分成了m个网格,通过微积分原理,将声波的传播路径划分成m份,假设每一小段i传播路径$\frac{\gamma*l_i}{n}$上的声速c_i是均匀的,则可得声波沿第k条声波路径的传播时间$t_k=\sum_{i=1}^{n}\frac{\gamma*l_i}{n*c_i}$;

[0040] 其中,n代表声波传播路径的条数,n≥1,m≥2;i代表划分网格的长度,1≤i≤m;k∈[1,n];

[0041] (二)然后,仿真分析软件根据最小二乘法可以计算出每个微小传播路径段的声速c_i;利用空气中声速c与温度T之间的关系,计算出每个微小传播路径上的温度T_i,通过数学插值方法获得每个网格的温度,从而重建出待测松散介质的温度场。

[0042] 本发明由于采用了上述的技术方案,其与现有技术相比,所取得的技术进步在于:

[0043] (1)本发明能够实现对声波信号的产生、发射、接收、采集及相关分析,并得出待测松散介质的温度;

[0044] (2)本发明中的功率放大器可以提高所发出波形信号的能量,使之达到理想状态;

[0045] (3)本发明中,通过升降调节装置将扬传模块进行安装,同时升降调节装置与所处的轨道滑动连接,从而能够实现对扬传模块在水平方向和竖直方向的位置调节,以便根据待测松散介质体积大小将扬传模块调节到合适位置,进而提高实验结果的准确度;

[0046] (4)本发明的底面设置有加热板,能够对待测松散介质进行加热,加热板上设置的温度控制仪具有可调节的升温与降温的温度梯度,并且能够将待测松散介质内温度维持在某一特定值,以便于测量升温过程中以及特定温度下待测松散介质中声音的传播速度;

[0047] (5)本发明中的加热装置包括一一对应设置在九个轨道交点上的九个热电偶,能够实时监测待测松散介质各点的温度,并及时反馈到计算机中,计算机通过实际温度纠正矫正因子,从而能够提高实验结果的准确度;

[0048] (6)本发明中第一走线孔和第二走线孔周围均用气溶胶密封,能够保证声波不会由此向外传出,进而保证实验数据的准确性;

[0049] (7)本发明中设置进气孔和出气孔,能够保证实验在特定气体环境下的顺利实施,例如通入纯氮气、纯二氧化碳、纯氧气、不同比例的氮气与氧气的混合,模拟瓦斯气体等环境下,从而研究声波在特定气体环境下的传播特性;

[0050] (8)本发明中穿孔板一方面能够阻止堆积待测松散介质的颗粒物质进入吸声层中,从而防止影响吸声层的吸声效果,另一方面让扬声器发出的声波通过小孔顺利传出到达吸声层,防止声波发生反射造成噪声干扰,进一步提高了实验结果的准确性;

[0051] (9)本发明中实验测试箱体的可拆卸顶盖和侧面设置多层结构,能够减少声音的反射噪声,提高信噪比,从而提高实验的精度;其中,软吸音层能够吸收一部分扬声器中发出的声波,另一部分穿透软吸音层到达硬吸音层,硬吸音层再吸收一部分声波,最后极少的声波穿透硬吸音层,到达隔音层,后被反射到硬吸音层及软吸声层中,使得声波反复在吸声层中被消耗吸收,从而提高信号的信噪比,将声波的传播测量误差减少到最低;

[0052] (10)本发明中的隔音层能够隔绝实验测试箱体内部与外部的声音传递,防止实验测试箱体内外的声音因相互传播而干扰实验结果,从而能够提高实验结果的准确性;

[0053] (11)本发明中,保温层能够对实验测试箱体中的待测松散介质的热量进行保温,防止因热量散失导致测量温度的误差;

[0054] (12)本发明中的信号调理器可以保证校准量值的准确可靠性;

[0055] (13)本发明中的数据采集器能够采集到传声器接收到的声波信号,并且将声波信号传输到计算机中,传输通道为多通道,可实现不同测量模型的信号采集。

[0056] 本发明适用于温度测量技术领域,用于测量松散介质内部温度。

附图说明

[0057] 附图用来提供对本发明的进一步理解,并且构成说明书的一部分,与本发明的实施例一起用于解释本发明,并不构成对本发明的限制。

[0058] 在附图中:

[0059] 图1为本发明实施例1的总体结构示意图;

[0060] 图2为本发明实施例1中试验测试箱体的整体结构示意图;

[0061] 图3为本发明实施例1中扬传模块分布示意图;

[0062] 图4为本发明实施例1中矩形十二扬传模块示意图;

[0063] 图5为本发明实施例1中八边形八扬传模块示意图;

[0064] 图6为本发明实施例1中试验测试箱体的底面示意图;

[0065] 图7为本发明实施例1中试验测试箱体的侧面穿孔板示意图;

[0066] 图8为本发明实施例1中实验测试箱体侧面构造图。

[0067] 图中:1、计算机,2、信号发生器,3、功率放大器,4、实验测试箱体,5、信号调理器,6、数据采集器,71、第一侧面,72、第二侧面,73、第三侧面,74、第四侧面,8、底面,9、可拆卸顶盖,10、穿孔板,11、软吸音层,12、硬吸音层,13、隔音层,14、保温层,15、硬制木板,16、第一走线孔,17、第二走线孔,18、加热板,19、第一轨道,20,、第二轨道,21、第三轨道,22、第四轨道,23、第五轨道,24、第六轨道,25、第一扬传模块,26、第二扬传模块,27、第三扬传模块,28、第四扬传模块,29、第五扬传模块,30、第六扬传模块,31、第七扬传模块,32、第八扬传模块,33、第九扬传模块,34、第十扬传模块,35、第十一扬传模块,36、第十二扬传模块,37、第一热电偶、38、第二热电偶、39、第三热电偶,40、第四热电偶,41、第五热电偶,42、第六热电偶,43、第七热电偶,44、第八热电偶,45、第九热电偶,46、进气孔,47、出气孔。

具体实施方式

[0068] 以下结合附图对本发明的优选实施例进行说明。应当理解,此处所描述的优选实施例仅用于说明和解释本发明,并不用于限定本发明。

[0069] 实施例1基于声学法测量松散介质温度的实验装置

[0070] 如图1所示,本实施例包括串接的计算机1、信号发生器2、功率放大器3、实验测试箱体4、信号调理器5和数据采集器6。

[0071] 其中,如图2所示,实验测试箱体4由材质相同的底面8、可拆卸顶盖9和第一～第四侧面71～74组成。如图7和图8所示,底面8、可拆卸顶盖9和第一～第四侧面71～74均由从内到外设置的穿孔板10、软吸音层11、硬吸音层12、隔音层13、保温层14和硬制木板15组成;第一侧面71开设有第一走线孔16,第三侧面73开设有第二走线孔17,第一走线孔16和第二走线孔17周围均用气溶胶密封;第四侧面74的下部开设有进气孔46,可拆卸顶盖9上远离第四侧面74处开设有出气孔47。

[0072] 如图3和图6所示,底面8设置有加热板18,通过加热板18对待测松散介质加热,与加热板18连接的有用于调节温度的温度控制仪。底面8上设置有平行于第三侧面73和第四侧面74的第一～第三轨道19～21、平行于第一侧面71和第二侧面72的第四～第六轨道22～24,第一～第三轨道19～21与第四～第六轨道22～24垂直相交形成九个交点,在九个交点上的分别设置有一个热电偶,通过第一～第九热电偶37～45测量待测松散介质的温度并反馈至计算机1。实验验测试箱体1内设置有第一～十二扬传模块25～36,每个扬传模块均包括一个扬声器和传声器,第一～第三扬传模块25～27一一对应设置在第一～第三轨道19～21上靠近第一侧面71处,第四～第六扬传模块28～30一一对应设置在第一～第三轨道19～21上靠近第二侧面72处,第七～第九扬传模块31～33一一对应设置在第四～第六轨道22～24上靠近第三侧面73处,第十～第十二扬传模块34～36一一对应设置在第四～第六轨道22～24上靠近第四侧面74处;第一～第十二扬传模块分别通过升降调节装置安装在对应的轨道上,每个升降调节装置与对应的轨道滑动连接。

[0073] 计算机1内置实验室虚拟平台和仿真分析软件,由实验室虚拟平台向信号发生器2发出波形指令;信号发生器2产生相应的波形信号并通过功率放大器3放大后输出至实验测试箱体4;实验测试箱体4通过扬声器接收功率放大器3发来的波形信号并发出声波信号,声波信号经过待测松散介质后被传声器接收并输出声波信号至信号调理器5,信号调理器5将调理后的声波信号输出至数据采集器6,数据采集器6将收集到的波形信号输出至计算机1;计算机1通过仿真分析软件对收到的波形信号进行处理,并结合第一～第九热电偶37～45反馈的待测松散介质温度,构建待测松散介质的温度场。

[0074] 本实施例中,硬制木板15为实验测试箱体4的外包装,其骨架选用钢结构材质,起到固定箱体的作用;软吸声层11的材料采用蜜胺棉,硬吸音层12的材料采用高密度聚酯纤维,隔音层13的材料采用氧化镁,保温层14的材料采用硅酸铝陶瓷纤维;数据采集器6采用MCXCQ108多通道数据采集仪。

[0075] 本实施例中,第一～十二扬传模块25～36总体上呈图4所示的矩形分布状态,实际上使用者可以根据需要改变扬传模块的数量和布局,例如,可以采用八个扬传模块布局成如图5所示的八边形。

[0076] 实施例2基于声学法测量松散介质温度的方法

[0077] 本实施例采用实施例来实现,包括依次进行的以下步骤,

[0078] 一、将待测松散介质放置在实验测试箱体4内;

[0079] 本实施例中待测松散介质以煤堆为例,首先将煤堆放入实验测试箱体1内,调节第一～十二扬传模块25～36的位置至同一水平面,然后盖上可拆卸顶盖9,使实验测试箱体4形成密闭保温环境;

[0080] 二、开启加热板18对煤堆加热,并通过温度控制仪调节温度,同时开启第一～第九热电偶37～45检测煤堆的温度并反馈至计算机1;

[0081] 三、通过计算机1内置的实验室虚拟平台编辑正弦信号指令通过电脑声卡输出至信号发生器2;

[0082] 四、信号发生器2根据收到的正弦信号指令显示相应的波形信号,波形信号通过功率放大器3放大后输出至十二个扬声器,十二个扬声器发出对应的声波信号;

[0083] 五、声波信号经过煤堆,然后被十二个传声器接收;

[0084] 声波信号的传播和接收过程为:以某一个扬声器为例,与该扬声器最近的传声器先接收到其声波信号,之后其余传声器分别先后接收到该扬声器发出的声波信号;

[0085] 六、十二个传声器将接收到的声波信号输出至信号调理器5,信号调理器5将调理后的声波信号通过数据采集器6输出至计算机1;

[0086] 七、计算机1内置的仿真分析软件根据收到的声波信号及第一～第九热电偶37～45反馈的温度,构建煤堆内部温度场;

[0087] 以某一个扬声器的声波传播为例,本步骤中,仿真分析软件首先根据传声器接收到的信号,运用时延估算方法,分别计算出每条声波传播路径上的传播时间t_1、t_2…t_n;距离发声扬声器最近的传声器与其余传声器相距的距离分别为l_1、l_2、l_3…l_n,根据松散介质空隙弯曲系数γ,计算出声波传播的实际路径为γ*l_1、γ*l_2、γ*l_3…γ*l_n;被测区域被声波传播路径划分成了n个网格,通过微积分原理,将声波的传播路径划分成n份,假设每一小段i传播路径$\frac{\gamma * l_i}{n}$上的声速c_i是均匀的,则可得声波沿第k条声波路径的传播时间$t_k = \sum_{i=1}^{n} \frac{\gamma * l_i}{n * c_i}$;

[0088] 然后,仿真分析软件根据最小二乘法可以计算出每个微小传播路径段的声速c_i;利用空气中声速c与温度T之间的关系,计算出每个微小传播路径上的温度T_i,通过数学插值方法获得每个网格的温度,从而重建出煤堆的温度场。

[0089] 本实施例只是以正弦信号进行举例说明,实际操作中,可根据具体需要编辑出扫频信号、指数衰减信号等。

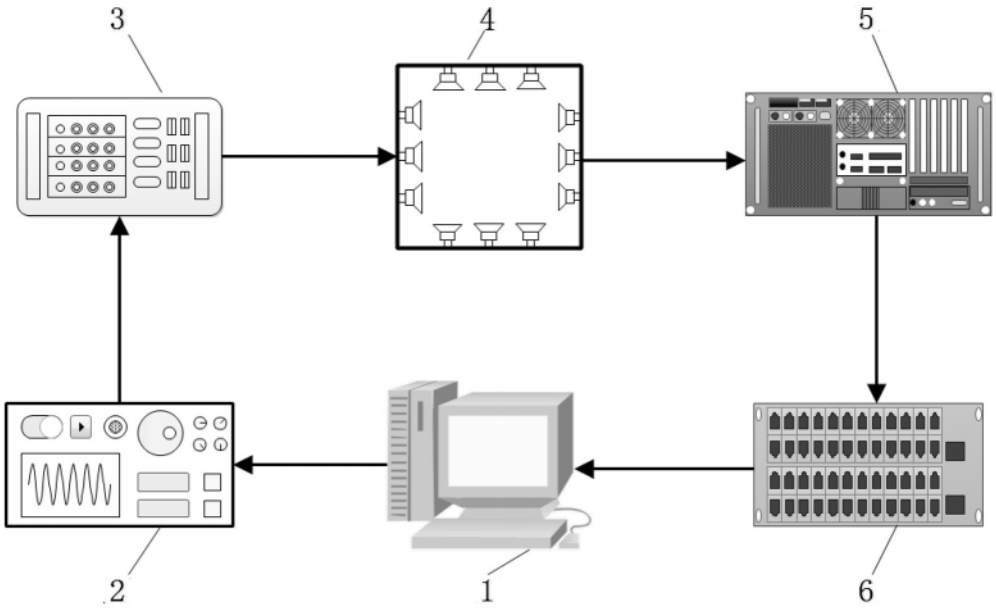


图1

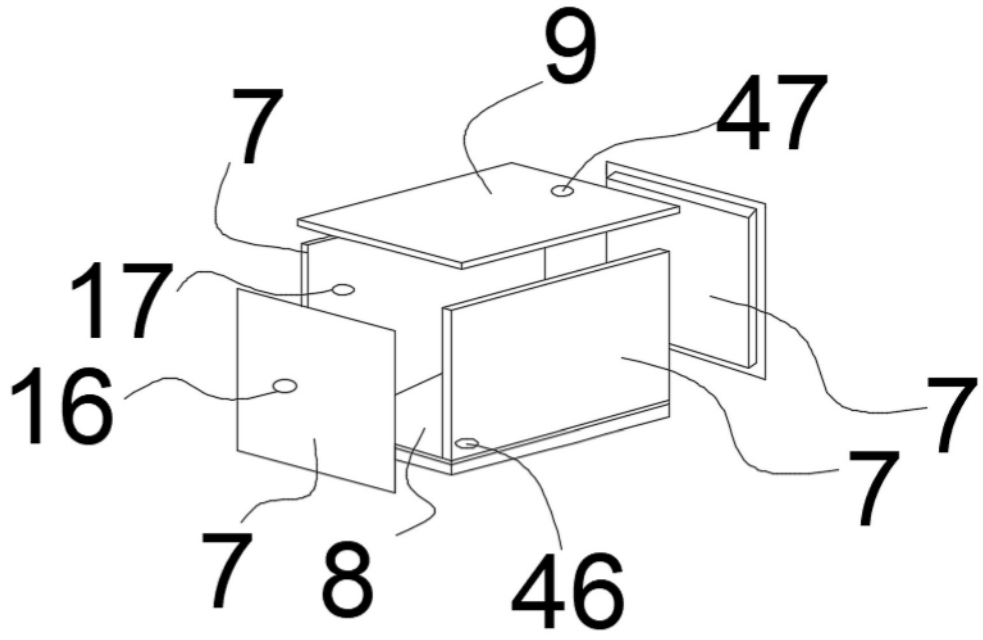


图2

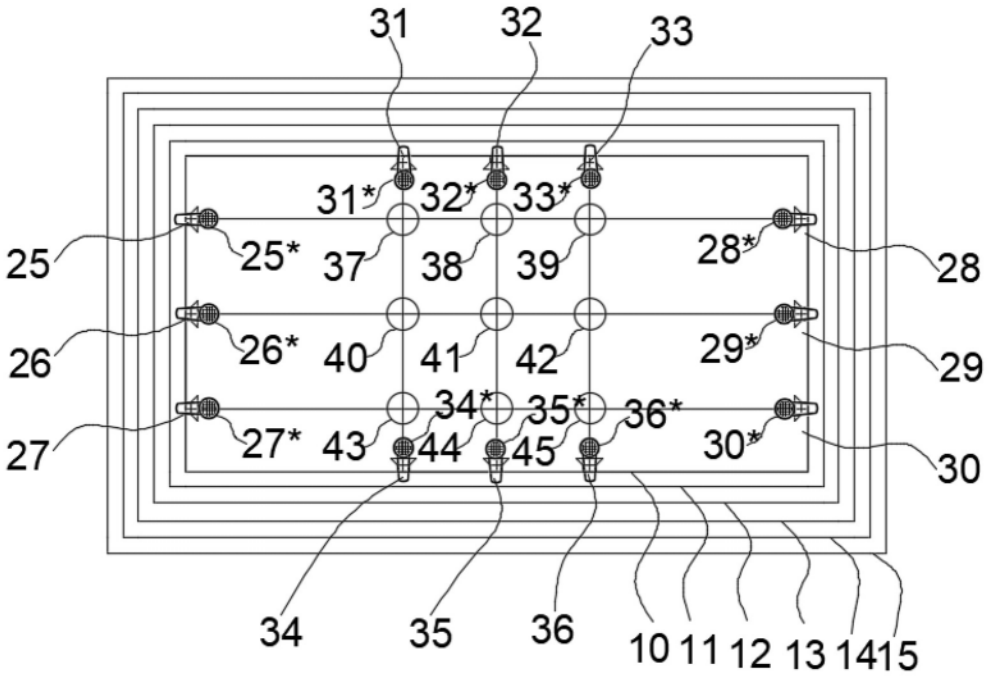

31
32
33
31*
32*
33*
25
25*
37
38
39
28*
28
26
26*
40
41
42
29*
29
27
27*
43
34*
44
35*
45
36*
30*
30
34
35
36
10
11
12
13
14
15

图3

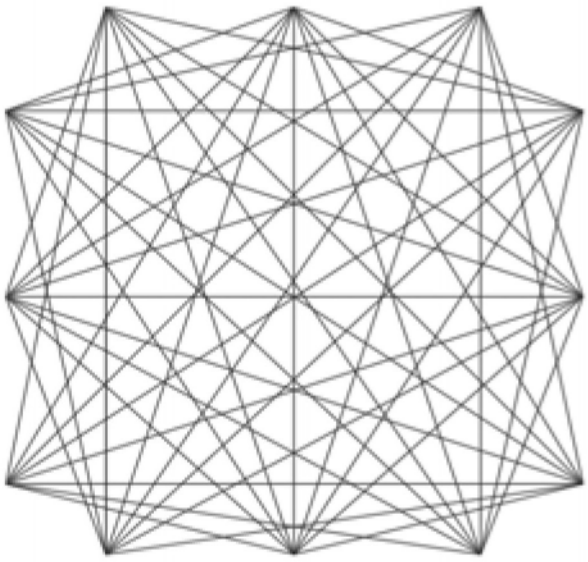


图4

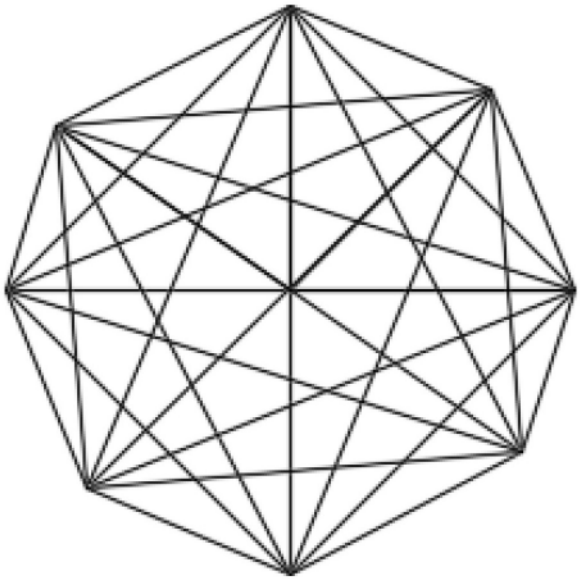


图5

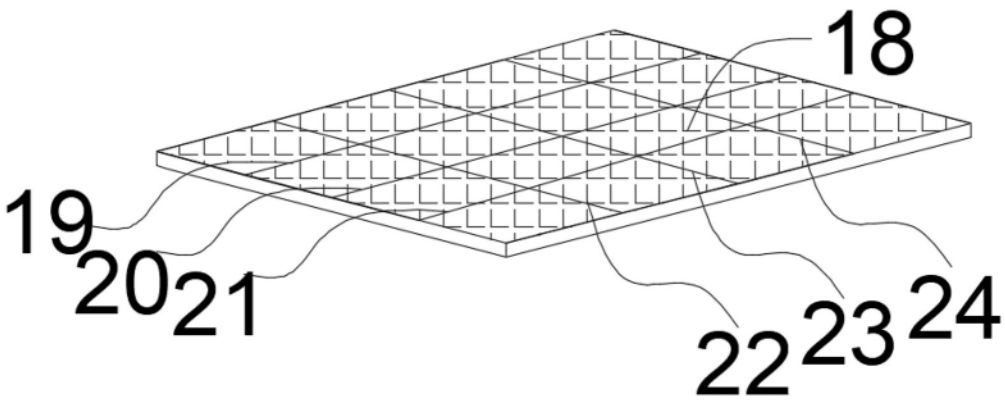


图6

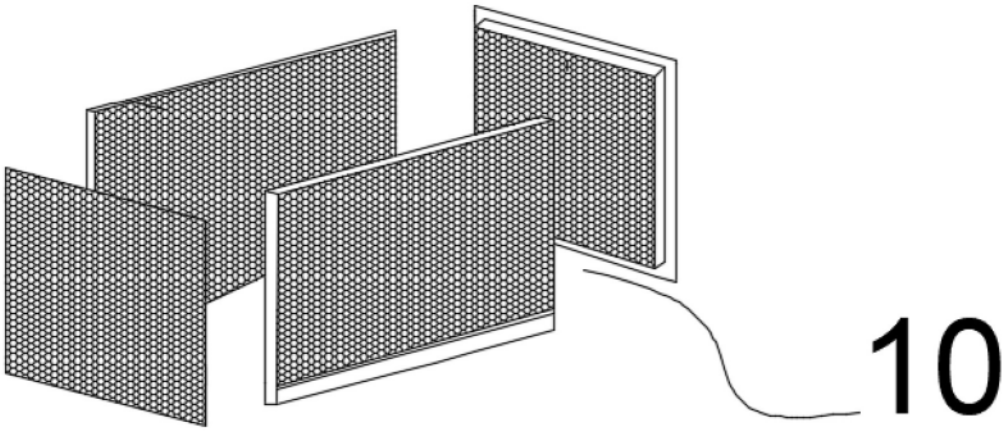


图7

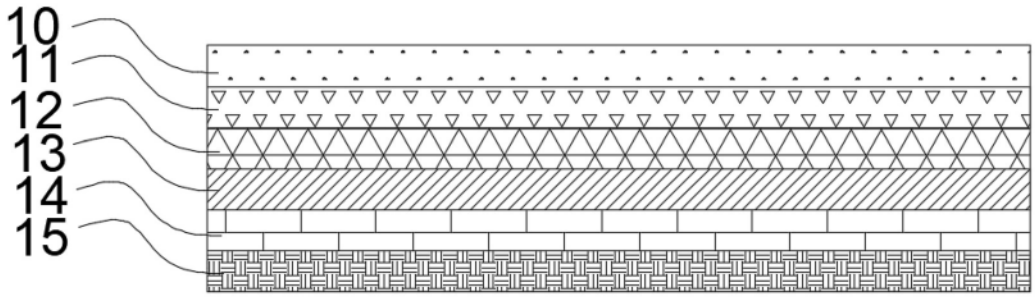


图8