



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112304829 B

(45) 授权公告日 2024. 02. 20

(21) 申请号 202010956080.3

(22) 申请日 2020.09.11

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 112304829 A

(43) 申请公布日 2021.02.02

(73) 专利权人 香港理工大学深圳研究院  
地址 518057 广东省深圳市南山区粤海街  
道高新技术产业园南区粤兴一道18号  
香港理工大学产学研大楼205室

(72) 发明人 黄鑫炎 熊才溢 范浩然

(74) 专利代理机构 深圳市君胜知识产权代理事  
务所(普通合伙) 44268  
专利代理师 谢松

(51) Int. Cl.

G01N 15/06 (2024.01)

G01N 29/02 (2006.01)

G01K 11/22 (2006.01)

G01S 15/88 (2006.01)

(56) 对比文件

JP 2017134611 A, 2017.08.03

CN 110748381 A, 2020.02.04

CN 101836244 A, 2010.09.15

CN 103712652 A, 2014.04.09

CN 106714336 A, 2017.05.24

CN 110761840 A, 2020.02.07

CN 111208555 A, 2020.05.29

CN 205939231 U, 2017.02.08

JP 2009110127 A, 2009.05.21

US 2010259396 A1, 2010.10.14

US 2017016797 A1, 2017.01.19

谢绍锋, 肖化顺, 储蓉, 付春风. 基于泰森多  
边形的广州市林火空间分布规律研究. 西北林学  
院学报. 2018, 第33卷(第3期), 178-185.

范恒. 声发射监测技术运用于火灾探测初  
探. 中国公共安全(学术版). 2009, (第Z1期), 全  
文.

审查员 王昭

权利要求书2页 说明书7页 附图2页

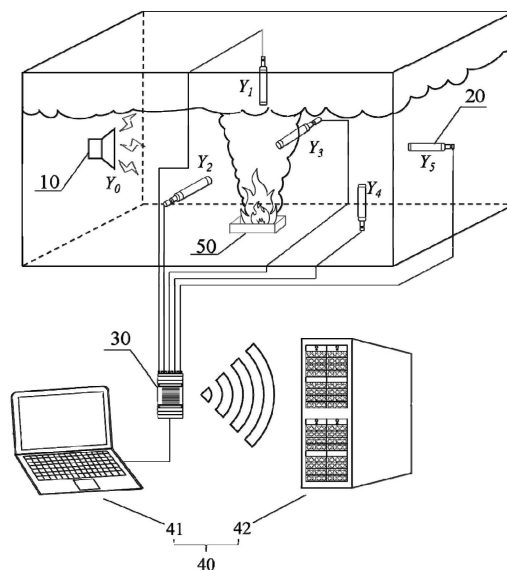
(54) 发明名称

基于声场变化的三维火场信息探测与分析  
方法及系统

(57) 摘要

本发明提供了一种基于声场变化的三维火  
场信息探测与分析方法及系统, 通过声波发射器  
向火场介质推送第一声波信号, 再通过至少两个  
声波接收器分别接收至少两个第二声波信号, 第  
二声波信号是第一声波信号在火场介质中传播  
后的声波信号; 根据至少两个第二声波信号以及  
第一声波信号, 得到每个第二声波信号对应的声  
强权重系数, 利用声传播介质的密度和温度变  
化对声波强度具有衰减作用, 该衰减程度以声强  
权重系数表示, 其与对应区域内的火场温度变  
化呈正相关, 通过声强权重系数及其变化趋  
势, 可以实时探测到火场的烟气密度以及温度  
的变化情况, 从而可以实现长时间对室内火灾任  
意时段的三维火场信息的实时探测及诊断。

CN 112304829 B



1. 一种基于声场变化的三维火场信息探测与分析方法,其特征在于,包括步骤:

通过声波发射装置向火场介质推送第一声波信号;

通过至少两个声波接收装置分别接收至少两个第二声波信号,其中,所述第二声波信号是所述第一声波信号在所述火场介质中传播后的声波信号;

根据所述至少两个第二声波信号以及所述第一声波信号,得到每个第二声波信号对应的声强权重系数值,通过所述声强权重系数值及所述声强权重系数值的大小变化趋势对所述火场介质中的火场情况进行分析;

所述第一声波信号的声强为预设的第一声强值,所述第一声强值超过100dB;

所述根据所述至少两个第二声波信号以及所述第一声波信号,得到每个第二声波信号对应的声强权重系数值的步骤包括:

通过数据采集模块对所述至少两个第二声波信号进行声强数据采集,得到至少两个第二声强值;

通过数据处理模块对所述第一声强值以及所述至少两个第二声强值进行数据处理,得到每个第二声波信号对应的声强权重系数值;

所述声强权重系数值的计算方式为:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n \alpha_i = 1 \\ \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot \gamma_{ji} - \gamma_{j0} + \phi = 0 \quad (j = 1, 2, \dots, n) \end{cases}$$

其中, $n$ 为第二声强值的个数, $\phi$ 为给定的拉格朗日乘数, $\alpha_i$ 为第*i*个第二声波信号的声强权重系数值, $\gamma_{ji}$ 为第*j*个第二声强值与第*i*个第二声强值的协方差, $\gamma_{j0}$ 为第*j*个第二声强值与第一声强值的协方差;

所述协方差的计算方式为:

$$\gamma_{ji} = E(Y_j - Y_i)^2$$

其中, $Y_i$ 为第*i*个第二声强值, $Y_j$ 为第*j*个第二声强值, $E$ 为期望值。

2. 根据权利要求1所述的三维火场信息探测与分析方法,其特征在于,所述通过声波发射装置向火场介质推送第一声波信号包括:

通过信号发生器产生周期性的第一电信号;

通过功率放大器将所述第一电信号进行放大,得到第二电信号;

通过声波发射器将所述第二电信号转换为第一声波信号并向火场介质推送制造声场。

3. 根据权利要求1所述的三维火场信息探测与分析方法,其特征在于,所述声波发射装置与所述至少两个声波接收装置的距离小于10m。

4. 根据权利要求1所述的三维火场信息探测与分析方法,其特征在于,所述至少两个声波接收装置的位置均不相同。

5. 根据权利要求1所述的三维火场信息探测与分析方法,其特征在于,所述数据处理模块包括云服务器和/或计算机终端。

6. 一种基于声场变化的三维火场信息探测与分析系统,其特征在于,包括:

声波发射装置,用于通过信号发生器向火场介质推送第一声波信号;

至少两个声波接收装置,用于通过至少两个声波接收器分别接收至少两个第二声波信号,其中,所述第二声波信号是第一声波信号在所述火场介质中传播后的声波信号;

数据采集和处理装置,用于根据所述至少两个第二声波信号以及第一声波信号,得到每个第二声波信号对应的声强权重系数值,通过所述声强权重系数值及其变化趋势对所述火场介质中的火场情况进行分析;

所述第一声波信号的声强为预设的第一声强值,所述第一声强值超过100dB;

所述根据所述至少两个第二声波信号以及所述第一声波信号,得到每个第二声波信号对应的声强权重系数值的步骤包括:

通过数据采集模块对所述至少两个第二声波信号进行声强数据采集,得到至少两个第二声强值;

通过数据处理模块对所述第一声强值以及所述至少两个第二声强值进行数据处理,得到每个第二声波信号对应的声强权重系数值;

所述声强权重系数值的计算方式为:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n \alpha_i = 1 \\ \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot \gamma_{ji} - \gamma_{j0} + \phi = 0 \quad (j = 1, 2, \dots, n) \end{cases}$$

其中, $n$ 为第二声强值的个数, $\phi$ 为给定的拉格朗日乘数, $\alpha_i$ 为第*i*个第二声波信号的声强权重系数值, $\gamma_{ji}$ 为第*j*个第二声强值与第*i*个第二声强值的协方差, $\gamma_{j0}$ 为第*j*个第二声强值与第一声强值的协方差;

所述协方差的计算方式为:

$$\gamma_{ji} = E(Y_j - Y_i)^2$$

其中, $Y_i$ 为第*i*个第二声强值, $Y_j$ 为第*j*个第二声强值, $E$ 为期望值。

## 基于声场变化的三维火场信息探测与分析方法及系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及消防安全系统领域,尤其涉及一种基于声场变化的三维火场信息探测与分析方法及系统。

### 背景技术

[0002] 声波是一种空间纵波,是由声源引发的振动在临近空间介质中的传播。声波所覆盖的区域称作声场。通常情况下,声传播的主要介质是空气,而火场中的热烟气同样能成为声传播介质。声传播介质的密度和温度变化会对声波强度起衰减作用。由于室内火灾的高温环境,温度变化会导致气体密度变化,故火场内气体环境(空气和烟气)的密度变化十分明显。

[0003] 当建筑室内发生火灾时,由于通风条件受限,高温烟气会自屋顶向下沉降积累,逐渐填充整个室内空间。当火势规模由初期增长发展至中后期阶段时,由于热烟气的遮挡及高辐射通量影响,常规的火场监控及探测设备如摄像头、探测器等难以正常运作,无法有效传递火场信息。然而,中后期火场的信息依然有着重要应用价值,特别是火场温度的发展及变化趋势,可为人员疏散、抢险救援等工作的统筹部署提供安全性判据。此外,火场的实时温度可用于判定部分火灾危险现象如轰燃、回燃等出现的概率。因此,对室内火灾各时段特别是中后期时段火场信息的实时探测与诊断,需探究一种新的信息传递媒介。

[0004] 因此,现有技术还有待于改进和发展。

### 发明内容

[0005] 鉴于上述现有技术的不足,本发明的目的在于提供一种基于声场变化的三维火场信息探测与分析方法及系统,旨在实现对室内火灾各时段火场信息的实时探测与诊断。

[0006] 本发明的技术方案如下:

[0007] 一种基于声场变化的三维火场信息探测与分析方法,其中,包括步骤:

[0008] 通过声波发射装置向火场介质推送第一声波信号;

[0009] 通过至少两个声波接收装置分别接收至少两个第二声波信号,其中,所述第二声波信号是第一声波信号在所述火场介质中传播后的声波信号;

[0010] 根据所述至少两个第二声波信号以及所述第一声波信号,得到每个第二声波信号对应的声强权重系数值,通过所述声强权重系数值及所述声强权重系数值的大小变化趋势对所述火场介质中的火场情况进行分析。

[0011] 所述的三维火场信息探测与分析方法,其中,所述通过声波发射装置向火场介质推送第一声波信号包括:

[0012] 通过信号发生器产生周期性的第一电信号;

[0013] 通过功率放大器将所述第一电信号进行放大,得到第二电信号;

[0014] 通过声波发射器将所述第二电信号转换为第一声波信号并向火场介质推送制造声场。

[0015] 所述的三维火场信息探测与分析方法,其中,所述第一声波信号的声强为预设的第一声强值,所述第一声强值超过100dB。

[0016] 所述的三维火场信息探测与分析方法,其中,所述声波发射装置与所述至少两个声波接收装置的距离小于10m。

[0017] 所述的三维火场信息探测与分析方法,其中,所述至少两个声波接收装置的位置均不相同。

[0018] 所述的三维火场信息探测与分析方法,其中,所述根据所述至少两个第二声波信号以及所述第一声波信号,得到每个第二声波信号对应的声强权重系数值的步骤包括:

[0019] 通过数据采集模块对所述至少两个第二声波信号进行声强数据采集,得到至少两个第二声强值;

[0020] 通过数据处理模块对所述第一声强值以及所述至少两个第二声强值进行数据处理,得到每个第二声波信号对应的声强权重系数值,其中,所述第一声强值根据所述第二声波信号确定。

[0021] 所述的三维火场信息探测与分析方法,其中,所述数据处理模块包括云服务器和/或计算机终端。

[0022] 所述的三维火场信息探测与分析方法,其中,所述声强权重系数值的计算方式为:

$$[0023] \quad \begin{cases} \sum_{i=1}^n \alpha_i = 1 \\ \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot \gamma_{ji} - \gamma_{j0} + \varphi = 0 \quad (j = 1, 2, \dots, n) \end{cases}$$

[0024] 其中,n为第二声强值的个数, $\varphi$ 为给定的拉格朗日乘数, $\alpha_i$ 为第i个第二声波信号的声强权重系数值, $\gamma_{ji}$ 为第j个第二声强值与第i个第二声强值的协方差, $\gamma_{j0}$ 为第j个第二声强值与第一声强值的协方差。

[0025] 所述的三维火场信息探测与分析方法,其中,所述协方差的计算方式为:

$$[0026] \quad \gamma_{ji} = E(Y_j - Y_i)^2$$

[0027] 其中, $Y_i$ 为第i个第二声强值, $Y_j$ 为第j个第二声强值,E为期望值。

[0028] 一种基于声场变化的三维火场信息探测与分析系统,其中,包括:

[0029] 声波发射装置,用于通过信号发生器向火场介质推送第一声波信号;

[0030] 至少两个声波接收装置,用于通过至少两个声波接收器分别接收至少两个第二声波信号,其中,所述第二声波信号是第一声波信号在所述火场介质中传播后的声波信号;

[0031] 数据采集和处理装置,用于根据所述至少两个第二声波信号以及第一声波信号,得到每个第二声波信号对应的声强权重系数值,通过所述声强权重系数值及其变化趋势对所述火场介质中的火场情况进行分析。

[0032] 有益效果:本发明通过声波发射装置向火场介质推送第一声波信号,再通过至少两个声波接收器分别接收至少两个第二声波信号,第二声波信号是第一声波信号在火场介质中传播后的声波信号;根据至少两个第二声波信号以及第一声波信号,得到每个第二声波信号对应的声强权重系数值,利用声传播介质的密度和温度变化对声波强度具有衰减作

用,该衰减程度以声强权重系数值表示,其与对应区域内的火场温度变化呈正相关,通过声强权重系数值及其变化趋势,可以实时探测到火场的烟气密度以及温度的变化情况,从而可以实现长时间对室内火灾任意时段,特别是中后期时段的三维火场信息的实时探测及诊断,为人员疏散、抢险救援等工作提供安全性评判依据。

### 附图说明

[0033] 图1为采用本发明的基于声场变化的三维火场信息探测与分析方法的较佳实施例系统的整体结构示意图。

[0034] 图2为本发明的声波发射装置的结构示意图。

[0035] 图3为无火焰和有火焰时的第二声波信号与第一声波信号的声谱图。

### 具体实施方式

[0036] 本发明提供一种基于声场变化的三维火场信息探测与分析方法及系统,为使本发明的目的、技术方案及效果更加清楚、明确,以下对本发明进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0037] 请参见图1,本发明提供了一种基于声场变化的三维火场信息探测与分析方法,包括步骤:

[0038] S10、通过声波发射装置10向火场介质产生推送第一声波信号。

[0039] S20、通过至少两个声波接收器20分别接收至少两个第二声波信号,其中,所述第二声波信号是所述第一声波信号在火场介质中传播后的声波信号。

[0040] S30、根据所述至少两个第二声波信号以及所述第一声波信号,得到每个第二声波信号对应的声强权重系数值,通过所述声强权重系数值及所述声强权重系数值的大小变化趋势对所述火场情况进行分析。

[0041] 具体地,由于声传播介质的密度和温度变化对声波强度具有衰减作用,在声传播过程中,当传播介质的局部温度升高而密度减小时,声能密度在声场中会呈非均匀分布。因此,由声能密度差引发的声能耗散会造成声场强度自声源向外的显著衰减,并且声传播介质升温前后密度值相差越大,声场强度的衰减量越明显。如图3所示,图3为,无火焰和有火焰时的第二声波信号与第一声波信号的声谱图。采用的第一声波信号(也就是入射声场)的频率为1000Hz,声强为112.7dB。当测试室内无火源时,入射声场到达最远端(6m)的声波接收器20处,声强衰减至94.2dB,衰减幅度为18.5dB。当将热释放速率为10kW的火焰放入测试室且稳定燃烧时,相同的入射声场穿越火场到达最远端(6m)的声波接收器20处,声强衰减至74.5dB,即相比于无火场的情况,火场导致声强额外衰减了19.7dB。同时,火源越大,声传播介质在升温前后的介质密度变化越大,声场强度的衰减越明显。基于此,如图1所示,本发明通过将声波发射装置10安装在室内任一侧墙上,并将多个声波接收器20分别安装于室内其余侧墙、顶棚和地面上,确保各个声波接收器20可接收发射装置产生的声波信号。当声波发射装置10产生第一声波信号形成固定强度的声场时,所述第一声波信号经过火场介质传播后,由于火场介质相比于常温空气介质的温度较高且密度较小,第一声波信号的声强会发生衰减,衰减后的第一声波信号被各个声波接收器20接收得到各个第二声波信号。根据各个第二声波信号和第一声波信号,得到每个第二声波信号对应的声强权重系数值,通过

分析各声波接收器20处的声强权重系数值及其大小变化趋势,可以实现对室内火灾任意时段三维火场信息的实时探测及诊断。此外,由于声传播行为不受烟气遮挡,本发明尤其适用于烟气较多的火灾中后期的火场信息的实时探测及诊断。

[0042] 在一种实现方式中,如图2所示,所述步骤S10包括:

[0043] S11、通过信号发生器11产生周期性的第一电信号;

[0044] S12、通过功率放大器12将所述第一电信号进行放大,得到第二电信号;

[0045] S13、通过声波发射器13将所述第二电信号转换为第一声波信号并向火场介质推送制造声场。

[0046] 具体地,信号发生器11通过数据线连接功率放大器12,功率放大器12通过数据线连接声波发射器13。信号发生器11产生周期性的第一电信号,所述第一电信号可以是正弦电信号、方形电信号或三角电信号等,频率范围为200~2000Hz,幅值为450mV<sub>p-p</sub>,信号的频率和幅值可根据具体的火场情况进行调整。第一电信号传输至功率放大器12后,功率放大器12对所述第一电信号以固定倍数进行信号放大,得到第二电信号,第二电信号传输至声波发射器13后,声波发射器13将第二电信号转为同频率下的第一声波信号并对外推送,制造声场。

[0047] 在一种较佳的实现方式中,所述第一声波信号的声强为预设的第一声强值,所述第一声强值超过100dB。由于声波发射装置10的推送声强不宜过低,功率放大器12需尽量提高推送的声强值,确保能够使所有的信号接收器接收到第二声波信号。

[0048] 进一步,所述声波发射装置10与所述至少两个声波接收装置20的距离小于10m。声波发射装置10与各声波接收器20的距离不宜过大,距离过大会影响第二声波信号的接收准确性。

[0049] 在一种实现方式中,所述步骤S30具体包括:

[0050] S31、通过数据采集模块30对所述至少两个第二声波信号进行声强数据采集,得到至少两个第二声强值;

[0051] S32、通过数据处理模块40对第一声强值以及所述至少两个第二声强值进行数据处理,得到每个第二声波信号对应的声强权重系数值,其中,所述第一声强值根据所述第二声波信号确定。

[0052] 具体地,声波接收装置20经数据线连接至数据采集模块30,数据采集模块30以一定的采样频率(如 $2^{16}$ Hz)对各个声波接收装置20的第二声波信号进行多路声强同步采集,得到各个第二声波信号对应的第二声强值。再将采集的声强值通过数据线传输至数据处理模块40,再通过数据处理模块40,对第一声强值和至少两个第二声强值进行处理,得到每个第二声波信号对应的声强权重系数值。

[0053] 在一种较佳的实现方式中,所述数据处理模块40包括云服务器41和/或计算机终端42。数据采集模块30可通过有线方式将第二声强值传输至计算机终端42,还可通过无线方式传输至云服务器41。

[0054] 进一步,数据处理模块40根据第一声强值和各个第二声强值作带权拟合,各个第二声波信号对应的声强权重系数值根据克里金插值法进行求解,根据克里金插值法,第一声强值和第二声强值的带权拟合关系表示为:

$$[0055] \quad Y_0 = \sum_{i=1}^n \alpha_i Y_i$$

[0056] 其中,  $n$ 为第二声波信号的个数,  $\alpha_i$ 为第 $i$ 个第二声波信号的声强权重系数值,  $Y_i$ 为第 $i$ 个第二声波信号的第二声强值,  $Y_0$ 为第一声强值。

[0057] 由于以上关系, 声强权重系数值可以通过如下方程组求出:

$$[0058] \quad \begin{cases} \sum_{i=1}^n \alpha_i = 1 \\ \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot \gamma_{ji} - \gamma_{j0} + \varphi = 0 \quad (j = 1, 2, \dots, n) \end{cases}$$

[0059] 其中,  $n$ 为第二声强值的个数,  $\varphi$ 为给定的拉格朗日乘数,  $\alpha_i$ 为第 $i$ 个第二声波信号的声强权重系数值,  $\gamma_{ji}$ 为第 $j$ 个第二声强值与第 $i$ 个第二声强值的协方差,  $\gamma_{j0}$ 为第 $j$ 个第二声强值与第一声强值的协方差。所述方程组中,  $\sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot \gamma_{ji} - \gamma_{j0} + \varphi = 0$ 为( $j = 1, 2, \dots, n$ )的具有 $n$ 个方程的方程组。举例来说, 当 $n = 3$ 时, 公式 $\sum_{i=1}^3 \alpha_i \cdot \gamma_{ji} - \gamma_{j0} + \varphi = 0$ 为:

$$[0060] \quad \begin{cases} \sum_{i=1}^3 \alpha_i \cdot \gamma_{1i} - \gamma_{10} + \varphi = 0 \\ \sum_{i=1}^3 \alpha_i \cdot \gamma_{2i} - \gamma_{20} + \varphi = 0 \\ \sum_{i=1}^3 \alpha_i \cdot \gamma_{3i} - \gamma_{30} + \varphi = 0 \end{cases}$$

[0061] 由于火场中的协方差函数不确定, 可以使用变异函数对协方差作近似, 即:

$$[0062] \quad \gamma_{ji} = E(Y_j - Y_i)^2$$

[0063] 其中,  $E$ 为期望值。

[0064] 本发明的优点在于:

[0065] (1) 声传播行为不受烟气遮挡, 可以在其他探测系统难以工作的中后期火灾场景中有效传递火场信息;

[0066] (2) 利用多个声波接收器同步采集入射声波在火场内各方向的衰减量, 可以实现对三维火场信息的探测和诊断;

[0067] (3) 不依赖于火源位置, 有较强的火场适应能力;

[0068] (4) 所需设备易于安装、操作简单, 可以长时间大范围的开展对三维火场信息的实时探测与诊断。

[0069] 下面通过举例对本发明的基于声场变化的三维火场信息探测与分析方法进行说明。

[0070] 请参见图1, 在尺寸为 $6\text{m} \times 5\text{m} \times 3.3\text{m}$ 的模拟火场测试室中, 声波发射装置10设置在



测试室中的任一墙面上;5个声波接收装置20的位置均不相同,分别设置在测试室中的其它3个墙面、顶部和地面上,其中,声波发射装置10距各个声波接收装置20的最远距离不大于10m;数据采集模块30和计算机终端42、云服务器41设置在测试室外。为模拟火灾发展至中后期时段火场情况,在测试室的地面设置一油池,点燃该油池形成油池火50,油池火50产生高温烟气,当测试室内的温度由于油池火50的加热出现明显升高并出现明显烟气沉积时,视作火灾发展至中后期时段的相同场景。声波发射装置10向火场介质发射第一声波信号,第一声波信号经过火场介质传播后形成第二声波信号,5个声波接收装置20分别接收其所在位置的第二声波信号。设第一声波信号的声强值为 $Y_0$ ,5个第二声波信号的第二声强值分别为 $Y_1$ 至 $Y_5$ ,对应的声强权重系数值分别为 $\alpha_1$ 至 $\alpha_5$ ,那么带权拟合展开公式为: $Y_0 = \alpha_1 Y_1 + \alpha_2 Y_2 + \alpha_3 Y_3 + \alpha_4 Y_4 + \alpha_5 Y_5$ 。因此 $\alpha_1$ 至 $\alpha_5$ 的求解方程组为:

$$[0071] \quad \begin{cases} \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5 = 1 \\ \alpha_1 \gamma_{11} + \alpha_2 \gamma_{12} + \alpha_3 \gamma_{13} + \alpha_4 \gamma_{14} + \alpha_5 \gamma_{15} = \gamma_{10} - \varphi \\ \alpha_1 \gamma_{21} + \alpha_2 \gamma_{22} + \alpha_3 \gamma_{23} + \alpha_4 \gamma_{24} + \alpha_5 \gamma_{25} = \gamma_{20} - \varphi \\ \alpha_1 \gamma_{31} + \alpha_2 \gamma_{32} + \alpha_3 \gamma_{33} + \alpha_4 \gamma_{34} + \alpha_5 \gamma_{35} = \gamma_{30} - \varphi \\ \alpha_1 \gamma_{41} + \alpha_2 \gamma_{42} + \alpha_3 \gamma_{43} + \alpha_4 \gamma_{44} + \alpha_5 \gamma_{45} = \gamma_{40} - \varphi \\ \alpha_1 \gamma_{51} + \alpha_2 \gamma_{52} + \alpha_3 \gamma_{53} + \alpha_4 \gamma_{54} + \alpha_5 \gamma_{55} = \gamma_{50} - \varphi \end{cases}$$

[0072] 改写为矩阵形式即:

$$[0073] \quad \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ \gamma_{11} & \gamma_{12} & \gamma_{13} & \gamma_{14} & \gamma_{15} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} & \gamma_{23} & \gamma_{24} & \gamma_{25} \\ \gamma_{31} & \gamma_{32} & \gamma_{33} & \gamma_{34} & \gamma_{35} \\ \gamma_{41} & \gamma_{42} & \gamma_{43} & \gamma_{44} & \gamma_{45} \\ \gamma_{51} & \gamma_{52} & \gamma_{53} & \gamma_{54} & \gamma_{55} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \\ \alpha_4 \\ \alpha_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ \gamma_{10} - \varphi \\ \gamma_{20} - \varphi \\ \gamma_{30} - \varphi \\ \gamma_{40} - \varphi \\ \gamma_{50} - \varphi \end{bmatrix}$$

[0074] 由此,根据第二声波信号的第二声强值的变化,可以实时计算对应位置处的声强权重系数值 $\alpha_i$ 。基于带权拟合公式可以看出,当火场任意区域的升温速率较高时,对应区域内的第二声强值衰减较大,相应声强权重系数值会相应增大。因此,声强权重系数值与对应区域内的火场温度变化呈正相关,通过分析各第二声波信号对应的声强权重系数值及变化趋势,可以实现对室内火灾任意时段三维火场信息的实时探测及诊断。

[0075] 基于以上方法,本发明还提供一种基于声场变化的三维火场信息探测与分析系统,包括:声波发射装置,用于向火场介质推送第一声波信号;

[0076] 至少两个声波接收装置,用于分别接收至少两个第二声波信号,其中,所述第二声波信号是第一声波信号在所述火场介质中传播后的声波信号;

[0077] 数据采集和处理装置,用于根据所述至少两个第二声波信号以及第一声波信号,得到每个第二声波信号对应的声强权重系数值,通过所述声强权重系数值及其变化趋势对所述火场介质中的火场情况进行分析。

[0078] 基于声场变化的三维火场信息探测与分析系统,其中,所述声波发射装置包括:

[0079] 信号发射器,用于产生周期性的第一电信号;

[0080] 信号放大器,用于将所述第一电信号进行放大,得到第二电信号;

[0081] 声波发射器,用于将所述第二电信号转换为第一声波信号并对外推送制造声场。

[0082] 基于声场变化的三维火场信息探测与分析系统,其中,所述数据采集和分析装置

包括:

[0083] 数据采集模块,用于对所述至少两个第二声波信号进行声强数据采集,得到至少两个第二声强值;

[0084] 数据处理模块,用于对第一声强值以及所述至少两个第二声强值进行数据处理,得到每个第二声波信号对应的声强权重系数值。

[0085] 综上所述,本发明通过声波发射器向火场介质推送第一声波信号,再通过至少两个声波接收器分别接收至少两个第二声波信号,第二声波信号是第一声波信号在火场介质中传播后的声波信号;根据至少两个第二声波信号以及第一声波信号,得到每个第二声波信号对应的声强权重系数值,利用声传播介质的密度和温度变化对声波强度具有衰减作用,该衰减程度以声强权重系数值表示,其与对应区域内的火场温度变化呈正相关,通过声强权重系数值及其变化趋势,可以实时探测到火场的烟气密度以及温度的变化情况,从而可以实现长时间对室内火灾任意时段,特别是中后期时段的三维火场信息的实时探测及诊断,为人员疏散、抢险救援等工作提供安全性评判依据。

[0086] 应当理解的是,本发明的应用不限于上述的举例,对本领域普通技术人员来说,可以根据上述说明加以改进或变换,所有这些改进和变换都应属于本发明所附权利要求的保护范围。

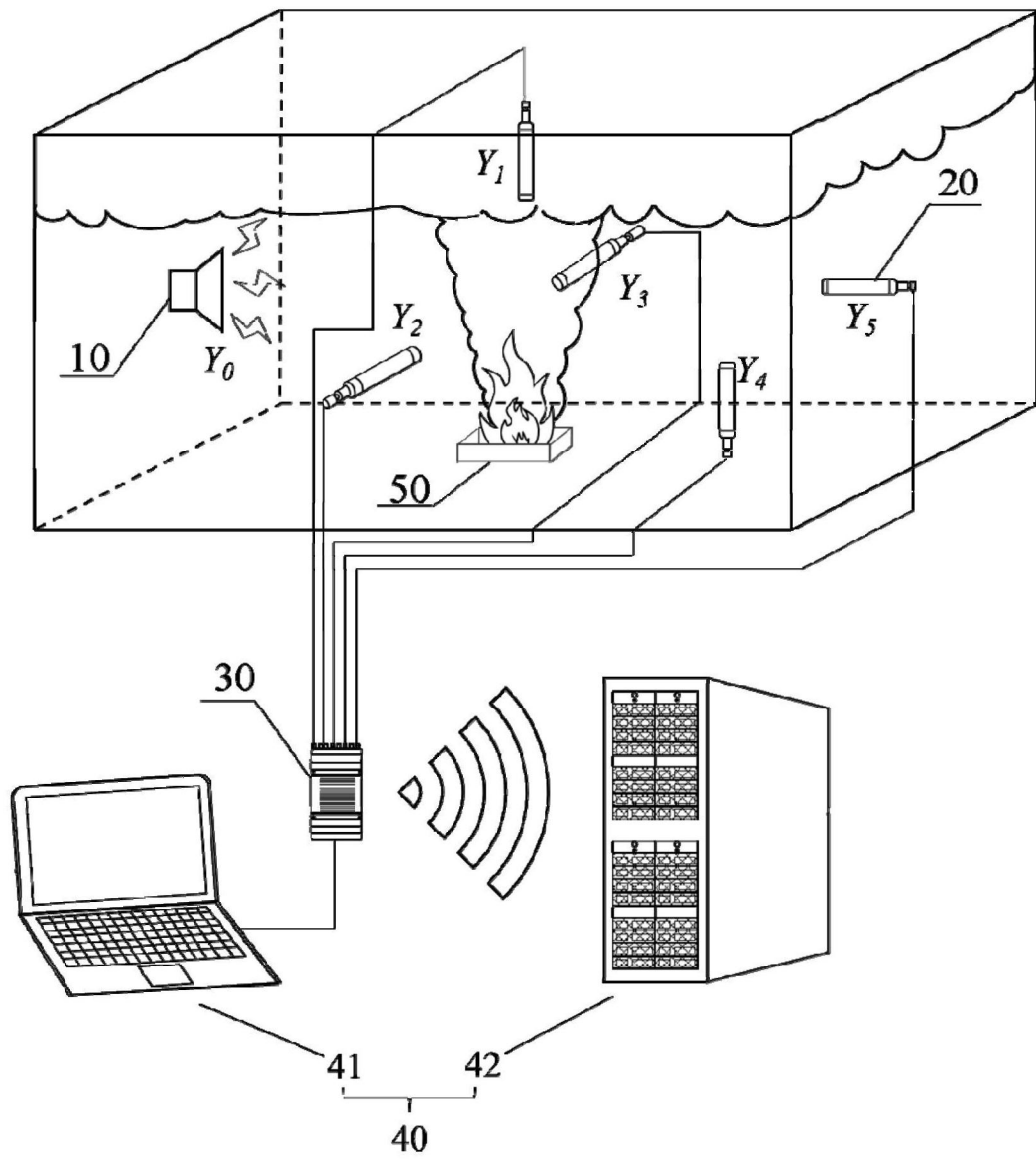


图1

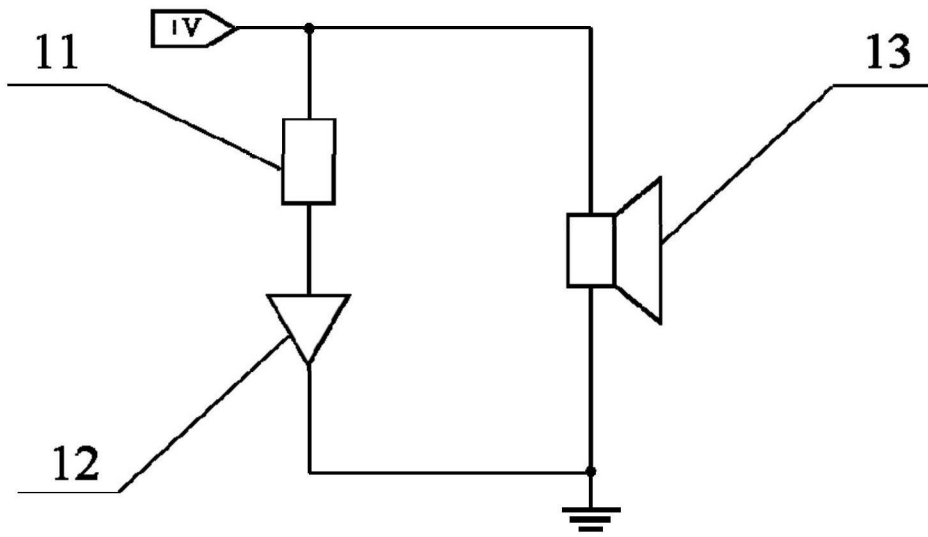


图2

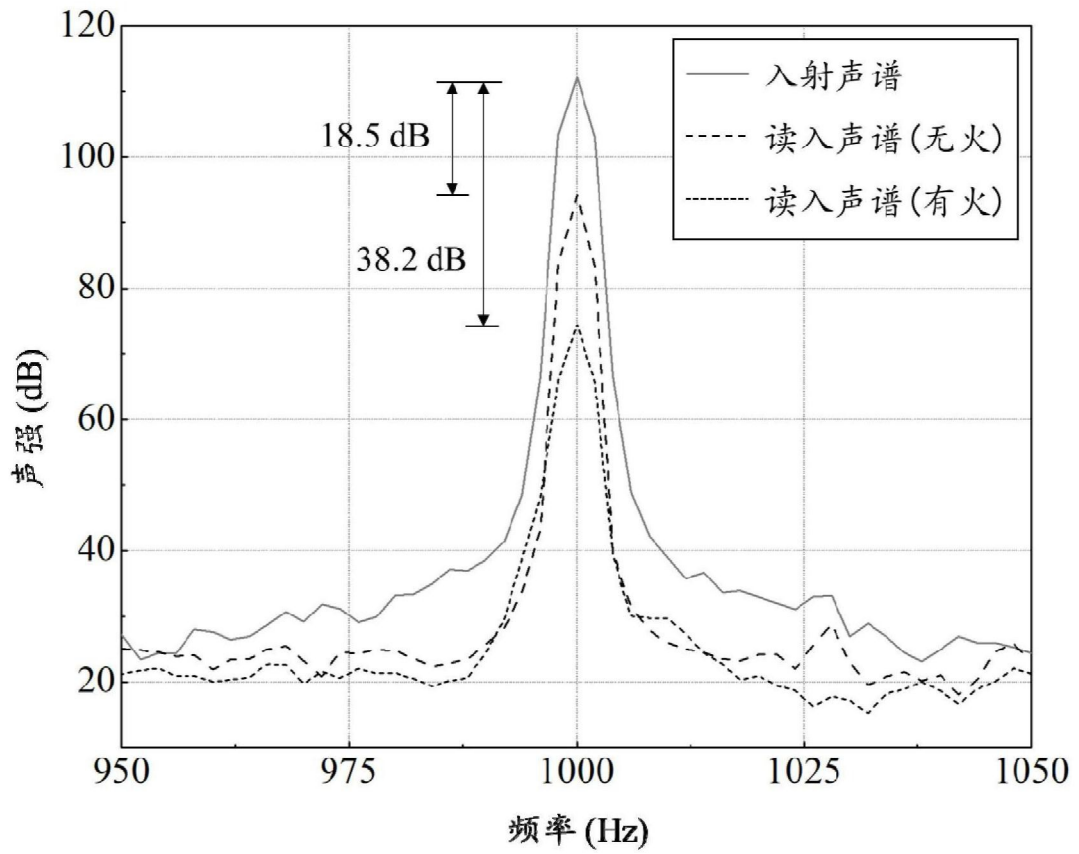


图3