



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106556646 B

(45)授权公告日 2019.08.16

(21)申请号 201611026810.X

审查员 周冉冉

(22)申请日 2016.11.18

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106556646 A

(43)申请公布日 2017.04.05

(73)专利权人 金陵科技学院

地址 211169 江苏省南京市江宁区弘景大道99号

(72)发明人 江煜 许飞云

(74)专利代理机构 南京正联知识产权代理有限公司 32243

代理人 黄智明

(51)Int.Cl.

G01N 29/14(2006.01)

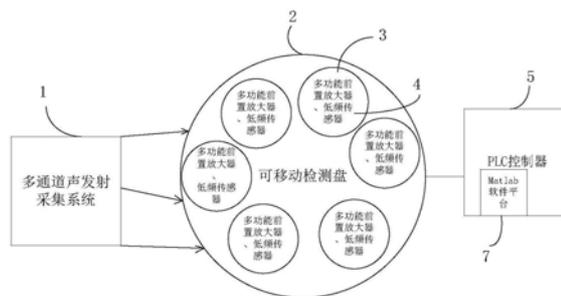
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

声发射层析成像确定混凝土结构损伤部位的检测系统

(57)摘要

本发明公开了声发射层析成像确定混凝土结构损伤部位的检测系统,包括依次连接的多通道声发射采集系统和可移动检测盘、PLC控制器,可移动检测盘,其中一面上装有环形整列在混凝土结构上的一个多功能前置放大器和低频传感器,另一面上设有固紧装置,其压紧在混凝土结构上,并且每一个多功能前置放大器对应一个低频传感器;PLC控制器内有Matlab软件平台,Matlab软件平台以声发射事件作为点源,按照设定的ART代数迭代重建算法获得声波波速变化重建物体结构缺陷的慢度图,确定混凝土结构的损伤位置。本发明的检测系统提高了声发射技术在混凝土检测系统中的能够及时并且较多地获取混凝土结构的各个方位的慢度图,更加精确地检测混凝土结构中的各个瑕疵结构。



1. 声发射层析成像确定混凝土结构损伤部位的检测系统,其特征在于:包括依次连接的多通道声发射采集系统(1)和可移动检测盘(2)、PLC控制器(5),其中:

可移动检测盘(2),其中一面上装有环形整列在混凝土结构上的8-16个多功能前置放大器(3),并且每一个多功能前置放大器(3)对应一个低频传感器(4),另一面上设有固紧装置(8);

固紧装置(8)压紧在混凝土结构上;

PLC控制器(5),其内还安装有Matlab软件平台(7),设定混凝土中的损伤位置为(x,y),其损伤位置的声波为函数f(x,y),Matlab软件平台(7)

以声发射事件作为点源,结合源定位算法和层析成像算法,按照设定的ART代数迭代重建算法获得声波波速变化重建物体结构缺陷的慢度图,最终确定混凝土结构的损伤位置f(x,y)。

2. 根据权利要求1所述的声发射层析成像确定混凝土结构损伤部位的检测系统,其特征在于:所述可移动检测盘(2)上设有至少两排同心环状阵列的环形凹槽(21),每一个环形凹槽(21)内放置若干低频传感器(4);

若干同心环状阵列的环形凹槽(21)之间还设有一联通凹槽(22),所述低频传感器(4)可以在环形凹槽(21)之间任意移动;

每一个所述低频传感器(4)通过一个可调节压紧装置(6)及时压紧以及放松低频传感器(4),使得该检测系统在使用时,可以根据混凝土结构的检测需要移动低频传感器(4)的位置,并且及时实现固紧。

3. 根据权利要求2所述的声发射层析成像确定混凝土结构损伤部位的检测系统,其特征在于:每一个环形凹槽(21)的外边缘上还设有刻度(23)。

4. 根据权利要求1或2或3所述的声发射层析成像确定混凝土结构损伤部位的检测系统,其特征在于:所述固紧装置(8)为圆形底盘结构。

5. 根据权利要求4所述的声发射层析成像确定混凝土结构损伤部位的检测系统,其特征在于:在进行检测时,第一步,将声发射源激发后,信号到达每个传感器的时间表述为:

$$T_k^A = T_k^0 + \sum \omega_{ij}^k S_{ij} \quad (1)$$

其中:式中,k=1,2,...,s,为从声发射源到每个传感器的射线;

i=1,2,...,m,j=1,2,...;

n表示每个成像单元的位置编号;

$S_{ij}=1/C_{ij}$ 为信号沿着成像单元传播的慢度, C_{ij} 为信号传播的速度; ω_{ij}^k 表示权值,当射线穿过成像单元格时,数值为1,其余情况为零; T_k^0 为第k条射线声发射事件发生的时间; T_k^A 为第k条射线到达相应传感器的时间;

第二步,使用Matlab软件平台通过代数迭代重建算法ART得到:

$$x_j^{(k+1)} = x_j^{(k)} + \lambda_k \frac{\omega_{ij}^k (T_k^A - t_k^A)}{\sum_{j=1}^N (\omega_{ij}^k)^2} \quad (2)$$

式中, λ 为松弛因子,其数值范围在0~1之间; t_k^A 为前一次迭代计算出的第k条射线到达

相应传感器的时间,当声发射事件增加为400-550次之间时,ART算法迭代终止,在Matlab软件平台得到均匀的慢度图。

6.根据权利要求5所述的声发射层析成像确定混凝土结构损伤部位的检测系统,其特征在于:当声发射事件增加为535次时,ART算法迭代终止,在Matlab软件平台得到均匀的慢度图。

声发射层析成像确定混凝土结构损伤部位的检测系统

技术领域

[0001] 本发明涉及声发射层析成像技术在混凝土结构损伤部位的应用技术领域,特别是涉及声发射层析成像确定混凝土结构损伤部位的检测系统。

背景技术

[0002] 层析成像(Computed Tomography,简称CT)技术(也称为计算机断层成像技术)是指通过物体外部检测到的数据重建物体内部(横截面)信息的技术,它是把不可分割的对象假想地切成一系列薄片,分别给出每一片上的物体图像,然后把这一系列图像叠加起来,就得到物体内部的整体图像。它是一种由数据到图像的重建技术,主要通过图像反映被测材料或制件内部质量,对缺陷进行定性、定量分析,从而提高检测的可靠性。

[0003] 目前医学上广泛应用的计算机层析成像(CT)就是在无损状态下获得被检截面的二维图像,直观地展现被检物体内部的结构特征。然而CT算法需要完备的数据集,投影数据需要在 $0^{\circ}\sim 360^{\circ}$ 范围内等间隔数据采集,在工程应用中受到限制,尤其在声发射领域,工业CT投影角度有限,投影数据量少,图像重建很难获得完备的数据集针对这种情况。

发明内容

[0004] 为了克服上述现有技术的不足,本发明提供了声发射层析成像确定混凝土结构损伤部位的检测系统,其目的在于提高声发射技术在混凝土检测系统中的能够及时并且较多地获取混凝土结构的各个方位的慢度图,进而达到更加精确地检测混凝土结构中的各个瑕疵结构,以便达到及时修补的目的。

[0005] 本发明所采用的技术方案是:声发射层析成像确定混凝土结构损伤部位的检测系统,包括依次连接的多通道声发射采集系统和可移动检测盘、PLC控制器,其中:

[0006] 可移动检测盘,其中一面上装有环形整列在混凝土结构上的8-16个多功能前置放大器,并且每一个多功能前置放大器对应一个低频传感器,另一面上设有固紧装置;

[0007] 固紧装置压紧在混凝土结构上;

[0008] PLC控制器,其内还安装有Matlab软件平台,设定混凝土中的损伤位置为 (x, y) ,其损伤位置的声波为函数 $f(x, y)$,Matlab软件平台以声发射事件作为点源,结合源定位算法和层析成像算法,按照设定的ART代数迭代重建算法获得声波波速变化重建物体结构缺陷的慢度图,最终确定混凝土结构的损伤位置 $f(x, y)$ 。

[0009] 进一步地,可移动检测盘上设有至少两排同心环状阵列的环形凹槽,每一个环形凹槽内放置若干低频传感器;若干排同心环状阵列的环形凹槽之间还设有一联通凹槽,低频传感器可以在环形凹槽之间任意移动;每一个低频传感器通过一个可调节压紧装置及时压紧以及放松低频传感器,使得该检测系统在使用时,可以根据混凝土结构的检测需要移动低频传感器的位置,并且及时实现固紧。

[0010] 进一步地,每一个环形凹槽的外边缘上还设有刻度。

[0011] 进一步地,固紧装置为圆形底盘结构。

[0012] 进一步地,在进行检测时,第一步,将声发射源激发后,信号到达每个传感器的时间表述为:

$$[0013] \quad T_k^A = T_k^0 + \sum \omega_{ij}^k S_{ij} \quad (1)$$

[0014] 其中:式中, $k=1,2,\dots,s$,为从声发射源到每个传感器的射线;

[0015] $i=1,2,\dots,m,j=1,2,\dots$;

[0016] n 表示每个成像单元的位置编号;

[0017] $s_{ij}=1/c_{ij}$ 为信号沿着成像单元传播的慢度, c_{ij} 为信号传播的速度; ω_{ij}^k 表示权值,当射线穿过成像单元格时,数值为1,其余情况为零; T_k^0 为第 k 条射线声发射事件发生的时间; T_k^A 为第 k 条射线到达相应传感器的时间;

[0018] 第二步,使用Matlab软件平台通过代数迭代重建算法ART得到:

$$[0019] \quad x_j^{(k+1)} = x_j^{(k)} + \lambda_k \frac{\omega_{ij}^k (T_k^A - t_k^A)}{\sum_{j=1}^N (\omega_{ij}^k)^2} \quad (2)$$

[0020] 式中, λ 为松弛因子,其数值范围在0~1之间; t_k^A 为前一次迭代计算出的第 k 条射线到达相应传感器的时间,当声发射事件增加为400-550次之间时,ART算法迭代终止,在Matlab软件平台得到均匀的慢度图。

[0021] 进一步地,当声发射事件增加为535次时,ART算法迭代终止,在Matlab软件平台得到均匀的慢度图。

[0022] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:AE Tomography突破了传统源定位方法的局限性,在传统的时差定位的基础上,通过AETomography重建局部损伤区域波速变换图像来确定损伤位置,声波传播的速度是空间和时间的函数,并在混凝土结构各向异性材料实验中获得实现。

[0023] 从定位角度,AE Tomography相对于Vallen AMSY 5(传统算法)定位,定位的平均误差从原来的9.36%降低至7.10%,定位精度得到了一定的改善。

附图说明

[0024] 图1为声发射层析成像确定混凝土结构损伤部位的检测系统的原理图;

[0025] 图2为图1的实施例的可移动检测盘的正面的结构示意图;

[0026] 图3为图2的可移动检测盘的背面的结构示意图;

[0027] 其中:1-多通道声发射采集系统,2-可移动检测盘,21-环形凹槽,22-联通凹槽,23-刻度;3-多功能前置放大器,4-低频传感器,5-PLC控制器,6-可调节压紧装置,7-Matlab软件平台,8-固紧装置。

具体实施方式

[0028] 为了加深对本发明的理解,下面结合附图和实施例对本发明进一步说明,该实施例仅用于解释本发明,并不对本发明的保护范围构成限定。

[0029] 如图1和图2所示,声发射层析成像确定混凝土结构损伤部位的检测系统,包括依次连接的多通道声发射采集系统1和可移动检测盘2、PLC控制器5,其中:可移动检测盘2,其中一面上装有环形阵列在混凝土结构上的8-16个多功能前置放大器3,并且每一个多功能前置放大器3对应一个低频传感器4,另一面上设有固紧装置8;固紧装置8压紧在混凝土结构上;PLC控制器5,其内还安装有Matlab软件平台7,设定混凝土中的损伤位置为 (x, y) ,其损伤位置的声波为函数 $f(x, y)$,Matlab软件平台7以声发射事件作为点源,结合源定位算法和层析成像算法,按照设定的ART代数迭代重建算法获得声波波速变化重建物体结构缺陷的慢度图,最终确定混凝土结构的损伤位置 $f(x, y)$ 。

[0030] 本发明的确定混凝土结构损伤部位的检测系统,采用可移动的检测盘2一侧与混凝土固定连接,另一侧设置若干位置任意调节并且精确定位的装置,使得8-16个多功能前置放大器3和低频传感器4可以在被检测的钢筋混凝土面上进行多方位的检测,得到不同位置的慢度图,最终采集典型位置处的慢度图进行损伤分析。该检测系统的使用,免去了传感器定位的麻烦,提高了检测效率和分析的精度,具有较好的使用价值。

[0031] 在上述实施例中,可移动检测盘2上设有至少两排同心环状阵列的环形凹槽21,每一个环形凹槽21内放置若干低频传感器4;若干排同心环状阵列的环形凹槽21之间还设有一联通凹槽22,低频传感器4可以在环形凹槽21之间任意移动;每一个低频传感器4通过一个可调节压紧装置6及时压紧以及放松低频传感器4,使得该检测系统在使用时,可以根据混凝土结构的检测需要移动低频传感器4的位置,并且及时实现固紧。每一个环形凹槽21的外边缘上还设有刻度23。可以实现传感器的精确定位,不管是轴向位置还是周向位置都可以得到明确的定位,方便慢度图的分析,具有很好的使用价值。

[0032] 在上述实施例中,如图3所示,固紧装置8为圆形底盘结构,提高检测精度,方便固紧。

[0033] 在上述实施例中,在进行检测时,第一步,将声发射源激发后,信号到达每个传感器的时间表述为:

$$[0034] \quad T_k^A = T_k^0 + \sum \omega_{ij}^k S_{ij} \quad (1)$$

[0035] 其中:式中, $k=1, 2, \dots, s$,为从声发射源到每个传感器的射线;

[0036] $i=1, 2, \dots, m, j=1, 2, \dots$;

[0037] n 表示每个成像单元的位置编号;

[0038] $s_{ij}=1/c_{ij}$ 为信号沿着成像单元传播的慢度, c_{ij} 为信号传播的速度; ω_{ij}^k 表示权值,当射线穿过成像单元格时,数值为1,其余情况为零; T_k^0 为第 k 条射线声发射事件发生的时间; T_k^A 为第 k 条射线到达相应传感器的时间;

[0039] 第二步,使用Matlab软件平台通过代数迭代重建算法ART得到,具体的代数迭代重建算法ART参见参考文献[1]和[2]:

$$[0040] \quad x_j^{(k+1)} = x_j^{(k)} + \lambda_k \frac{\omega_{ij}^k (T_k^A - t_k^A)}{\sum_{j=1}^N (\omega_{ij}^k)^2} \quad (2)$$

[0041] 式中, λ 为松弛因子,其数值范围在0~1之间; t_k^A 为前一次迭代计算出的第 k 条射线

到达相应传感器的时间,当声发射事件增加为400-550次之间时,ART算法迭代终止,在Matlab软件平台得到均匀的慢度图。

[0042] 在上述实施例中,当声发射事件增加为535次时,ART算法迭代终止,在Matlab软件平台得到均匀的慢度图。使用上述慢度图的计算方法,提高了慢度图对混凝土损伤部位检测的清晰程度,进一步明确了损伤部位,提高了损伤部位定位的精确程度。

[0043] 本申请的声发射层析成像(AE tomography)技术在混凝土结构上的应用,通过AETomography技术重建混凝土结构内部局部缺陷(损伤)声波速度变化慢度图来定位缺陷(损伤)位置,进而提高源定位精度。这种基于重建算法的声发射层析成像技术是一种新型无损检测方法,适合于不完全投影数据的图像重建,尤其在投影数据较少时,重建空间分辨率得到保证情况下,重建图像的密度分辨率较高。

[0044] 本发明的实施例公布的是较佳的实施例,但并不局限于此,本领域的普通技术人员,极易根据上述实施例,领会本发明的精神,并做出不同的引申和变化,但只要不脱离本发明的精神,都在本发明的保护范围内。

[0045] 【1】杜富瑞,张民,施旭东,等.基于声波传播路径模拟的温度场重建算法研究[J].计算机和现代化,2011(9):2225.Du Furui,Zhang Min,Shi Xudong,et al.Study on reconstruction algorithm of temperature field based on simulation of sound propagation path[J].Computer and Modernization,2011(9):2225.(in Chinese)

[0046] 【2】Jiang Yu,Xu Feiyun,Xu Bingsheng,et al.Simulation and experimental investigation on AE tomography method in concrete structure[J].Mathematical Problems in Engineering,2014.(to appear)

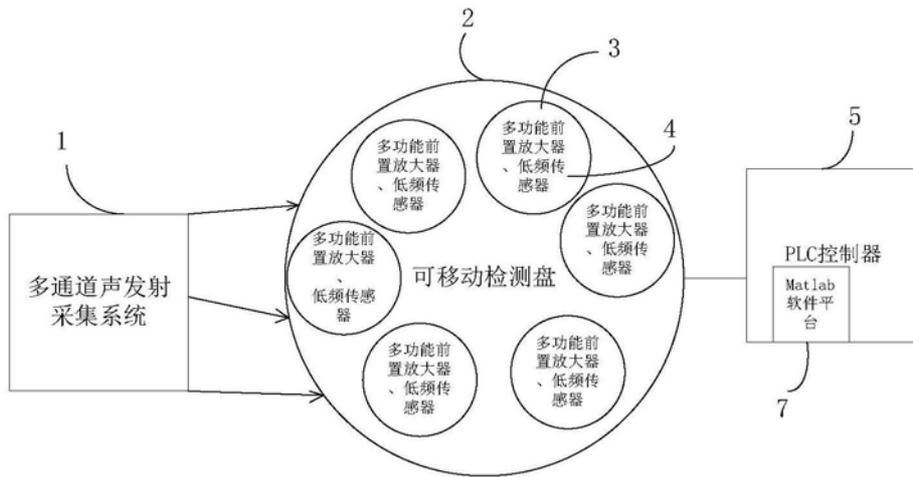


图1

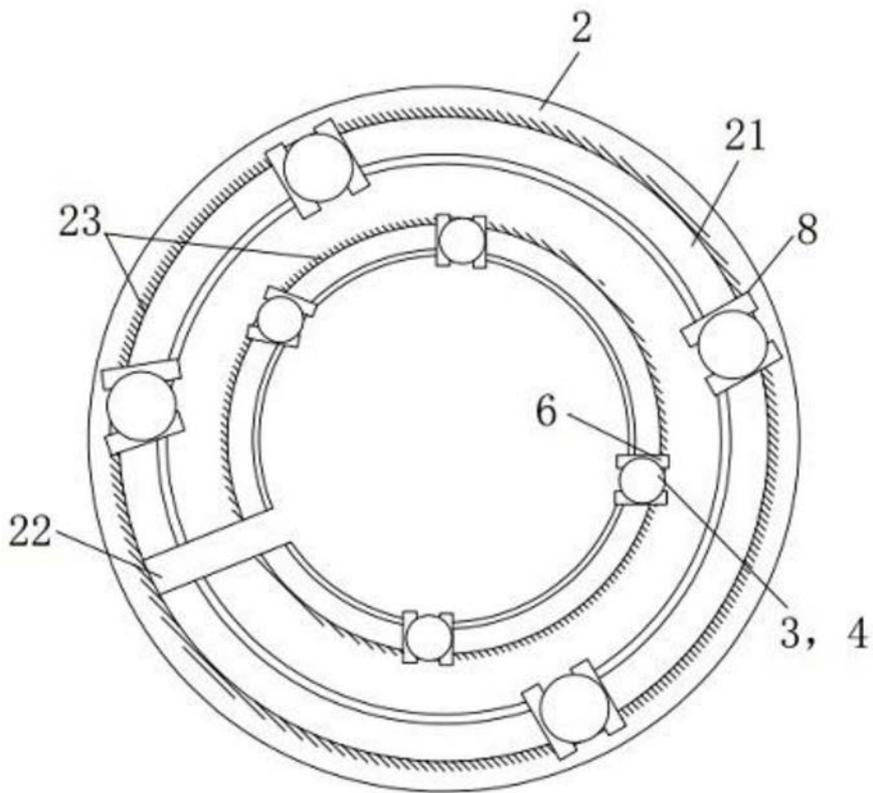


图2

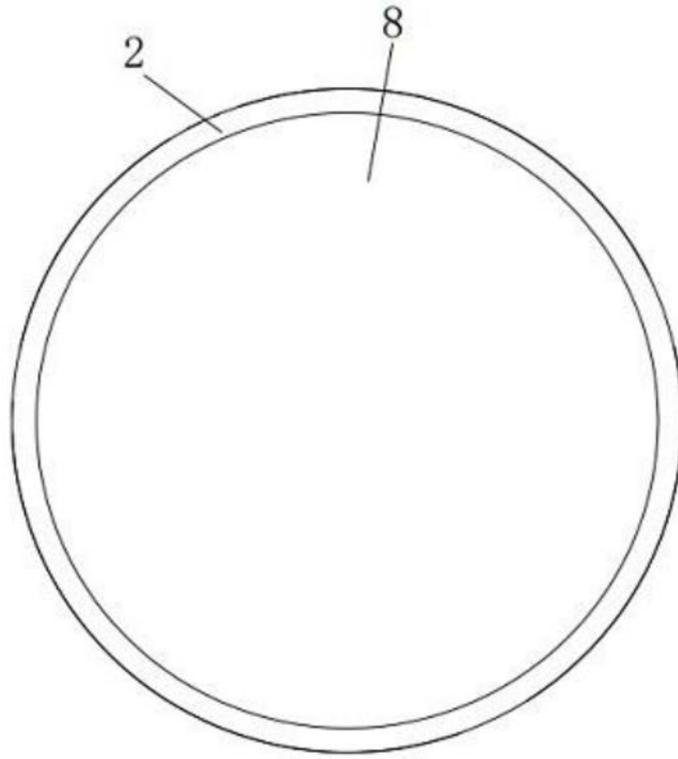


图3