



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113686969 B

(45) 授权公告日 2022. 11. 08

(21) 申请号 202111049052.4

CN 110469772 A, 2019.11.19

(22) 申请日 2021.09.08

CN 103977949 A, 2014.08.13

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 108680641 A, 2018.10.19

申请公布号 CN 113686969 A

US 2021208104 A1, 2021.07.08

(43) 申请公布日 2021.11.23

CN 110849976 A, 2020.02.28

CN 102043015 A, 2011.05.04

(73) 专利权人 东南大学

王飞等. 纤维缠绕复合材料气瓶声发射检测技术研究.《航天制造技术》.2014, 第59-63页.

地址 211102 江苏省南京市东南大学路2号

杨斌等. 基于超声导波的压力容器健康监测 III: 纤维缠绕压力容器的在线监测.《机械工程学报》.2020, (第10期), 第19-26页.

(72) 发明人 丁辉 晏井利 严岩

李怀富等. 超声相控阵技术在复合材料检测上的应用.《玻璃钢/复合材料》.2010, (第02期), 第87-89页.

(74) 专利代理机构 南京苏高专利商标事务所

(普通合伙) 32204

专利代理师 常虹

(51) Int. Cl.

G01N 29/14 (2006.01)

G01N 29/04 (2006.01)

黄良等. 大容积纤维缠绕气瓶的X射线数字成像检测方法研究.《复合材料科学与工程》.2020, (第03期), 第86-91页.

(56) 对比文件

CN 113007592 A, 2021.06.22

US 2009150094 A1, 2009.06.11

审查员 高世芝

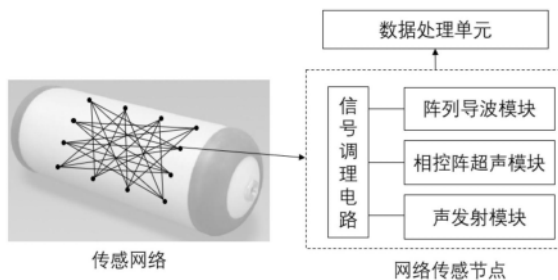
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54) 发明名称

车载储氢气瓶结构健康在线监测系统和监测方法

(57) 摘要

本发明公开了一种车载储氢气瓶结构健康在线监测系统和监测方法,其中监测系统包括设置于瓶体上的多个传感器节点、连接传感器节点的数据处理单元;所述传感节点包括:阵列导波模块,用于实现气瓶内胆和缠绕层缺陷全覆盖监测;相控阵超声模块,用于实现缠绕层分层定点监测;声发射模块,用于实现缠绕层纤维断裂监测。该监测系统可以实现对车载储气瓶上不同位置的内胆裂纹、缠绕层分层以及纤维断裂等气瓶典型缺陷的实时、在线监测。



1. 一种车载储氢气瓶结构健康在线监测方法,所述方法采用车载储氢气瓶结构健康在线监测系统,所述监测系统包括设置于瓶体上的多个传感器节点、连接传感器节点的数据处理单元;

所述传感器节点包括:阵列导波模块,用于实现气瓶内胆和缠绕层缺陷全覆盖监测;相控阵超声模块,用于实现缠绕层分层定点监测;声发射模块,用于实现缠绕层纤维断裂监测;

所述阵列导波模块由多个一维排布的微型压电阵元和低频信号调理电路构成,通过微型压电阵元之间的间距控制所发射导波的模式;

所述相控阵超声模块由多个二维排布的微型压电阵元和高频信号调理电路构成,通过微型压电阵元之间激励时间的延迟规则控制所发射超声波的焦点位置;

其特征在于,包括以下步骤:

S1、声发射模块始终处于开启状态,监测所有可能的信号;

S2、低频信号调理电路发射频率为 f_1 的正弦波信号,激励阵列导波模块实现内胆内部裂纹的检测;

S3、低频信号调理电路发射频率为 f_2 的正弦波信号,激励阵列导波模块实现缠绕层分层缺陷的检测;

S4、高频信号调理电路发射负方波信号,激励相控阵超声模块实现缠绕层分层缺陷的精确定量。

2. 根据权利要求1所述的车载储氢气瓶结构健康在线监测方法,其特征在于,所述传感器节点和数据处理单元均为柔性材料制备,并构成柔性薄膜层。

3. 根据权利要求1所述的车载储氢气瓶结构健康在线监测方法,其特征在于,多个传感器节点的分布形式包括但不限于轴向、周向以及星型拓扑排列。

4. 根据权利要求1所述的车载储氢气瓶结构健康在线监测方法,其特征在于,所述声发射模块由单点式微型压电阵元和信号接收电路构成,其中微型压电阵元始终处于接收工作模式,实时监听气瓶缺陷产生时所发出的信号。

5. 根据权利要求1所述的车载储氢气瓶结构健康在线监测方法,其特征在于,所述低频信号调理电路的工作频率范围为100KHz~500KHz。

6. 根据权利要求1所述的车载储氢气瓶结构健康在线监测方法,其特征在于,所述高频信号调理电路的工作频率范围为1MHz~5MHz。

7. 根据权利要求1所述的车载储氢气瓶结构健康在线监测方法,其特征在于,所述数据处理单元还用于处理传感节点所获得的缺陷信息,并传输至云计算平台。

车载储氢气瓶结构健康在线监测系统和监测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种车载储氢气瓶结构健康在线监测系统,属于储氢气瓶结构健康监测技术领域。

背景技术

[0002] 氢能安全是制约氢燃料电池汽车发展的重要瓶颈。车载储氢气瓶在使用过程中,由于受到长期的车载振动、充氢和放氢循环、以及车辆事故等,极易产生内部损伤。由于氢气是体积最小的分子,在损伤位置极易产生氢泄露。而氢气也是爆炸极限最宽的气体(4.0%~75.6%),泄露的氢气将导致较大的安全隐患。因此,开发车载储氢气瓶专用的检测技术,及时发现气瓶内部缺陷,避免因氢气泄露而导致的爆炸事故,对氢能汽车安全具有重要意义。

[0003] 现有报道的专利包括利用超声、射线、涡流等多种无损检测方法对车载气瓶进行检测。但是所报道的方法,有的是将检测传感器送入气瓶的内部进行检测,如超声和涡流方法,这类方法需要将瓶体中的氢气释放并拆卸瓶体才能完成检测;有的具有一定的危险性,如射线检测方法。总体来说,现有的检测方法一般都装置较大,主要用于定期离线检测,而不适用于车载模式的在线检测。在线检测必须要开发小型化的检测装备。

[0004] 车载气瓶检测的另一难点是需要对不同类型的缺陷进行全覆盖检测。车载储氢气瓶主体是由内胆和碳纤维缠绕层构成,其中内胆的缺陷主要出现在内壁,表现为内壁裂纹;碳纤维缠绕层缺陷较为复杂,一部分是纤维断裂导致的裂纹,另一部分是纤维层之间由于结合力变弱而引起的脱粘和分层。所以,在线检测必须要综合多种方法,组成监测网络,以实现不同位置、不同类型缺陷的全部检测和实时监测。综上所述,亟待开发具有可实现不同类型缺陷检测和定量的小型化车载在线检测网络系统。

发明内容

[0005] 发明目的:针对现有技术中存在的问题,本发明提供一种车载储气瓶结构健康在线在线监测系统和监测方法,为车载气瓶不同位置的的内胆裂纹、缠绕层分层以及纤维断裂等气瓶典型缺陷提供一套实时、在线的结构健康监测解决方案。

[0006] 技术方案:本发明一方面提供了一种车载储氢气瓶结构健康在线监测系统,包括设置于瓶体上的多个传感器节点、连接传感器节点的数据处理单元;

[0007] 所述传感节点包括:阵列导波模块,用于实现气瓶内胆和缠绕层缺陷全覆盖监测;相控阵超声模块,用于实现缠绕层分层定点监测;声发射模块,用于实现缠绕层纤维断裂监测。

[0008] 所述传感节点和数据处理单元均为柔性材料制备,并构成柔性薄膜层。

[0009] 多个传感器节点的分布形式包括但不限于轴向、周向以及星型拓扑排列。

[0010] 所述阵列导波模块由多个一维排布的微型压电阵元和低频信号调理电路构成,通过微型压电阵元之间的间距控制所发射导波的模式。

[0011] 所述相控阵超声模块由多个二维排布的微型压电阵元和高频信号调理电路构成,通过微型压电阵元之间激励时间的延迟规则控制所发射超声波的焦点位置。

[0012] 所述声发射模块由单点式微型压电阵元和信号接收电路构成,其中微型压电阵元始终处于接收工作模式,实时监听气瓶缺陷产生时所发出的信号。

[0013] 所述低频信号调理电路的工作频率范围为100KHz~500KHz。

[0014] 所述高频信号调理电路的工作频率范围为1MHz~5MHz。

[0015] 所述数据处理单元还用于处理传感节点所获得的缺陷信息,并传输至云计算平台。

[0016] 另一方面,本发明还提供了基于上述监测系统的监测方法,包括以下步骤:

[0017] S1、声发射模块始终处于开启状态,监测所有可能的信号;

[0018] S2、低频信号调理电路发射频率为 f_1 的正弦波信号,激励阵列导波模块实现内胆内部裂纹的检测;

[0019] S3、低频信号调理电路发射频率为 f_2 的正弦波信号,激励阵列导波模块实现缠绕层分层缺陷的检测;

[0020] S4、高频信号调理电路发射负方波信号,激励相控阵超声模块实现缠绕层分层缺陷的精确定量。

[0021] 有益效果:本发明公开的车载储氢气瓶结构健康在线监测系统和监测方法具有如下有益效果:

[0022] (1) 本发明提供的监测系统中多个传感器节点采用网络排布、实时监测的方式对气瓶进行全覆盖检测。从而将改变传统气瓶只有离线对内部缺陷检测的方法,实现了气瓶内部缺陷的在线检测,有助于实时监测储氢气瓶的结构健康状态。

[0023] (2) 本发明集成了超声导波、相控阵和声发射三种方式于一体,在一个传感器节点上面可以实现三种检测方式,而这三种检测方式分别对内胆裂纹、缠绕层分层和纤维断裂等不同缺陷具有很好的检出能力。所以综合三种检测方式,可以实现不同类型缺陷的全部检出。

[0024] (3) 本发明还采用的分频段的模式以避免信号之间的干扰。其中阵列导波采用低频段正弦波,相控阵超声采用高频段的负方波。声发射在监测所有信号时,也可以根据主动发射的波形与被动接收的波形对比,以避免其他两个模块的影响。

附图说明

[0025] 图1为本发明公开的车载储氢气瓶结构健康在线监测系统的组成示意图;

[0026] 图2为阵列导波模块压电阵元排布示意图;

[0027] 图3为相控阵超声模块压电阵元排布示意图;

[0028] 图4为本发明公开的车载储氢气瓶结构健康在线监测方法的流程图。

具体实施方式

[0029] 下面结合附图和具体实施方式,进一步阐明本发明。

[0030] 如图1所示,车载储氢气瓶直径为400mm,其结构健康在线监测系统包括分布固定在瓶体上的30个网络传感节点和连接各个传感节点的数据处理单元,传感节点由实现气瓶

内胆和缠绕层缺陷全覆盖检测的阵列导波模块,实现缠绕层分层定点检测的相控阵超声模块,以及实现缠绕层纤维断裂监测的声发射模块构成,如图1所示,所述传感节点排布形式为星型拓扑排列。

[0031] 阵列导波模块由一维排布的微型压电阵元和低频信号调理电路构成,如图2所示,由微型压电阵元之间的间距控制所发射导波的模态。

[0032] 相控阵超声模块由二维排布的微型压电阵元和高频信号调理电路构成,如图3所示,由微型压电阵元之间激励时间的延迟规则,控制所发射超声波的焦点位置。

[0033] 声发射模块由单点式微型压电阵元和信号接收电路构成,微型压电阵元始终处于接收工作模式,实时监听气瓶缺陷产生时所发出的信号。

[0034] 本实施例中,低频信号调理电路工作频率范围为100KHz~500KHz;高频信号调理电路工作频率范围为1MHz~5MHz。

[0035] 基于上述在线监测系统的在线监测方法流程图如图4所示,首先声发射模块始终处于开启状态,监测所有可能的信号;其次由低频信号调理电路发射频率为250KHz的正弦波信号,激励阵列导波模块实现内胆内部裂纹的检测;再次发射频率为150KHz的正弦波信号,激励阵列导波模块实现缠绕层分层缺陷的检测;最后由高频信号调理电路发射负方波信号,激励相控阵超声模块实现缠绕层分层缺陷的精确定量;数据处理单元处理网络传感节点所获得的缺陷信息,并传输至云计算平台。

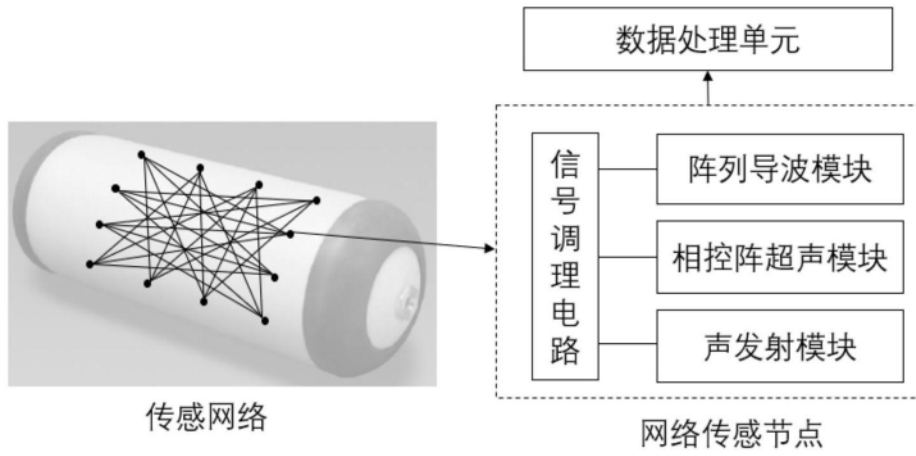


图1

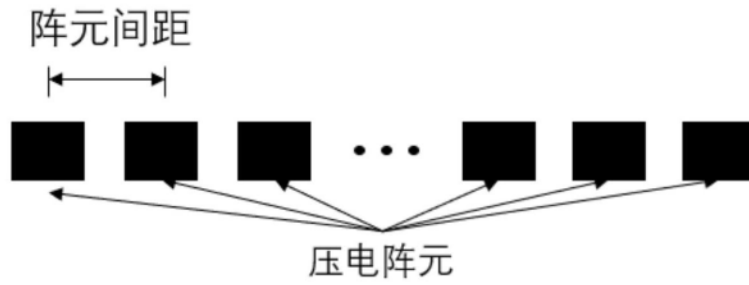


图2

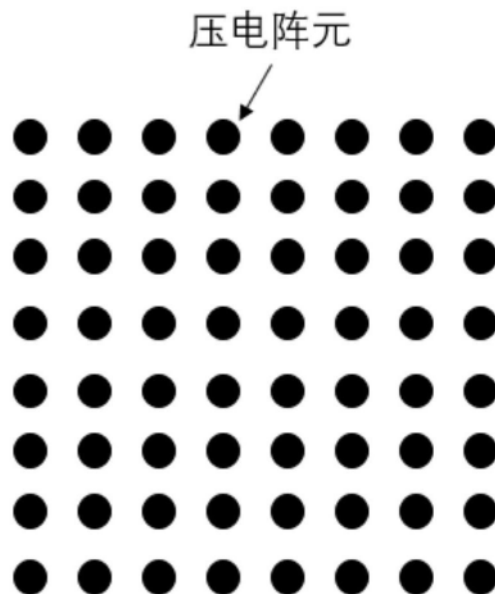


图3

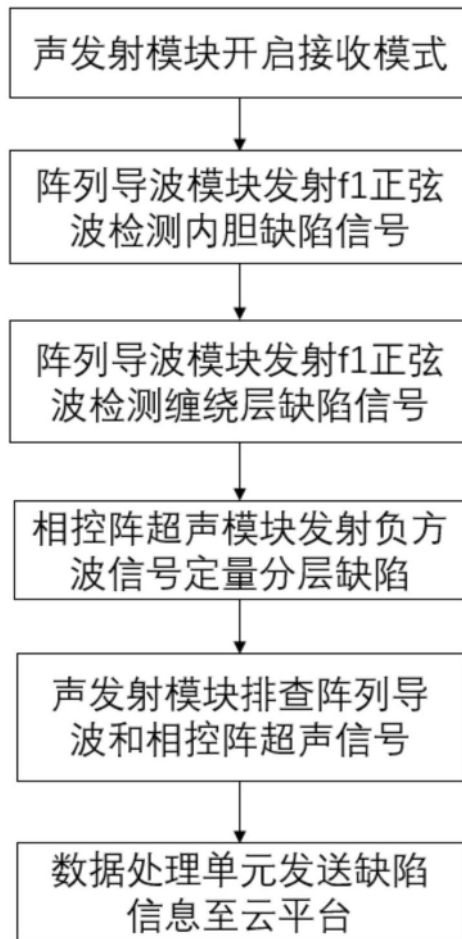


图4