



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110702787 A

(43)申请公布日 2020.01.17

(21)申请号 201910990003.7

(22)申请日 2019.10.17

(71)申请人 常州大学

地址 213164 江苏省常州市武进区湖塘镇
滆湖中路21号

(72)发明人 张颖 丛蕊 王新颖 王雪琴
张潇 黄建辉

(74)专利代理机构 哈尔滨东方专利事务所
23118

代理人 曹爱华

(51)Int.Cl.

G01N 29/04(2006.01)

G01N 29/14(2006.01)

G01S 5/24(2006.01)

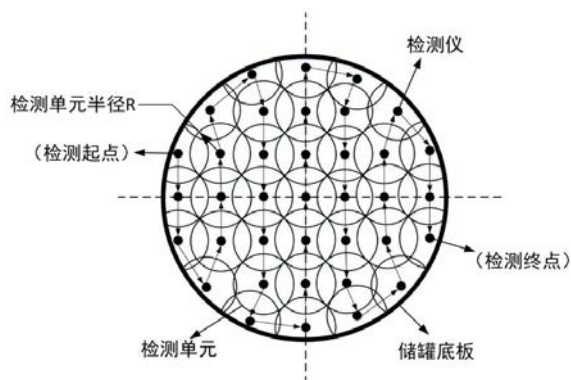
权利要求书2页 说明书5页 附图6页

(54)发明名称

大型储罐底板腐蚀浸入式声学全域检测方法

(57)摘要

本发明涉及的是大型储罐底板腐蚀浸入式声学全域检测方法,它包括:利用五个浸入式声发射传感器构成十字型检测阵列,然后将搭载十字型检测阵列的检测仪,通过罐顶人孔处投放到带有介质的储罐内部底板上;驱使检测仪到达起始检测单元处;打开声学检测系统并对该检测单元进行一段固定时间地声信号采集,在检测结束后关闭声学检测系统,并沿着规划路径到达下一个检测单元检测,直至到达终点检测单元并完成检测任务,从而实现大型储罐底板腐蚀的全域检测。本发明通过移动式五元十字基阵声学定位方法对储罐底板腐蚀进行分块式全域检测,有效地解决了大型储罐底板中心区域腐蚀声信号由于信号强度弱、传播距离远而无法触发传感器而导致检测盲区的问题。



1. 一种大型储罐底板腐蚀浸入式声学全域检测方法,其特征在于包括如下步骤:

第一步,利用五个浸入式声发射传感器构成十字型检测阵列,然后将搭载十字型检测阵列的检测仪,通过罐顶人孔处投放到带有介质的储罐内部底板上,检测仪为浸入式自动声学检测仪;

第二步,检测仪到达罐底后通过其定位系统准确地掌握检测仪具体位置,然后使用远程控制系统依据定位结果控制检测仪的车轮转向舵机和驱动电机,驱使检测仪到达起始检测单元处;

第三步,检测仪到达起始检测单元处后打开声学检测系统并对该检测单元进行一段固定时间地声信号采集,在检测时间结束后关闭声学检测系统,并沿着规划路径到达下一个检测单元重复以上检测流程,直至到达终点检测单元并完成检测任务,从而实现大型储罐底板腐蚀的全域检测;

按照以上步骤对大型储罐底板进行检测时,采用移动式五元十字基阵声学定位方法对储罐底板腐蚀声源定位,包括如下步骤:

步骤一,同源信号聚类:对检测仪在储罐底板上各个检测单元处所采集到的众多声信号进行聚类分析,从而实现多目标声发射事件的信号辨识,区分来自不同腐蚀声源的声发射信号;

步骤二,声源定位方法:选取合适的声源定位方法,并基于该定位方法对各个检测单元中来自同一声源的声发射信号进行定位计算,从而得出各个检测单元中的声源定位信息;

算法模型:由五个浸入式声学传感器构成平面五元十字检测阵列,其中,S为声源信号,N1,N2,N3,N4,N5分别为五个浸入式声学传感器,其中传感器N1放置在原点作为基准传感器,传感器N2,N3,N4,N5按照逆时针方向依次分布在XOY平面的坐标轴上,传感器N2,N3,N4,N5距离基准阵元N1的距离为D/2;其声源定位公式如下:

$$\begin{cases} r_1 = \frac{D^2 - c^2 \sum_{i=2}^5 \tau_{i1}^2}{2c \sum_{i=2}^5 \tau_{i1}} \\ \varphi = \arctan \left(\frac{\tau_{51} - \tau_{31}}{\tau_{41} - \tau_{21}} \right) \end{cases}$$

在上式中, r_1 为声源S到基准传感器N1的距离,单位m; τ_{i1} 为第i个传感器Ni与基准传感器N1的时延差,单位s, $i=2,3,4,5$;c为介质中的声速,单位m/s; φ 为声源的方位角;

步骤三,腐蚀严重度评价:对储罐底板的各个检测单元中的腐蚀声源的强度和分布进行分析,并对各个检测单元做出严重度评价,给被检储罐提供维修指导意见;检测结束后,将在每一个检测单元检测到的腐蚀声信号进行定位分析并做严重度评价,并将每个区域的腐蚀严重度示意图拼凑在一起,组成储罐底板的整体腐蚀情况示意图。

2. 根据权利要求1述的大型储罐底板腐蚀浸入式声学全域检测方法,其特征在于:步骤一中为实现多目标声发射事件的信号辨识,区分出不同声发射源的信号,依据某种属性把一类事物和其他类型的事物区分;聚类的原理是把数据集合中相似的对象分成不同的组别或者更多的子集,让在同一个子集中的成员对象都有相似的一些属性;浸入式声发射传感

器接收到的同一声发射源信号具有比较高的相似性,根据这一特点,利用聚类分析方法实现多声源信号的辨识。

3. 根据权利要求2述的大型储罐底板腐蚀浸入式声学全域检测方法,其特征在于:浸入式自动声学检测仪包括机体、行走机构、远程控制系统(8)、定位系统、浸入式声学传感器(6)、回收装置(3),行走机构包括驱动轮(2)、万向轮(5)、驱动机构,万向轮(5)安装在机体的前端,驱动轮(2)安装在机体两侧并采用差速转向,每个驱动轮(2)的外侧设置回收装置(3),回收装置(3)包括定时引发机构(21)、液态CO₂气瓶、气囊(18)、气囊槽(20)、密封盒(22),气囊(18)为带有气芯的充气囊,气囊(18)通过弹性环套与可闭锁固定钩(19)安置于气囊槽(20)内,气囊槽(20)环绕在密封盒(22)外,定时引发机构(21)与液态CO₂气瓶置于密封盒(22)内,定时引发机构(21)包括定时器、电池、引发电机、齿条针,定时器连接引发电机,引发发电机的输出轴带有齿轮,齿轮连接齿条针,齿条针带有密封片,气囊(18)的进气管连接三通(17),液态CO₂气瓶的出口设置密封口,密封口伸入到三通(17)的一个口内,齿条针从三通(17)的另一个口伸入到三通中,齿条针指向密封口;浸入式声学传感器(6)安装在机体的底盘上,且浸入式声学传感器信号接收面与底盘(4)平行;远程控制系统(8)分别连接驱动电机(13)和浸入式声学传感器(6)。

大型储罐底板腐蚀浸入式声学全域检测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及对在役大型储罐进行检测及声源定位的方法,具体涉及大型储罐底板腐蚀浸入式声学全域检测方法。

背景技术

[0002] 储罐是石油化工行业中油品存储的主要设备,为满足社会各行业对能源日益增加的需求,储罐的设计趋于大型化地方向发展。现有的储罐声发射检测技术虽能对储罐进行在线检测并实现对储罐的分级量化评价,但是该技术对罐底腐蚀区域定位方面存在不足,尤其是在大型储罐的检测中,底板中心区域腐蚀源产生的声发射信号受衰减等因素的影响,无法被布置在储罐外壁上的传感器接收到,从而形成了监测盲区。并且,检测盲区的范围随着储罐底板直径的增大而增大,从而导致现有的储罐声发射检测技术无法对大型储罐整个底板的腐蚀状况做出全覆盖检测和准确评价。因此,为了实现大型储罐底板腐蚀高精度的全域检测,提出了一种浸入式声学全域检测方法和一种移动式五元十字基阵定位方法。

发明内容

[0003] 本发明的目的是提供大型储罐底板腐蚀浸入式声学全域检测方法,这种大型储罐底板腐蚀浸入式声学全域检测方法用于解决现有储罐声发射检测技术对大型储罐底板腐蚀检测时存在检测盲区的问题。

[0004] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:这种大型储罐底板腐蚀浸入式声学全域检测方法包括如下步骤:

[0005] 第一步,利用五个浸入式声发射传感器构成十字型检测阵列,然后将搭载十字型检测阵列的检测仪,通过罐顶人孔处投放到带有介质的储罐内部底板上,检测仪为浸入式自动声学检测仪;

[0006] 第二步,检测仪到达罐底后通过其定位系统准确地掌握检测仪具体位置,然后使用远程控制系统依据定位结果控制检测仪的车轮转向舵机和驱动电机,驱使检测仪到达起始检测单元处;

[0007] 第三步,检测仪到达起始检测单元处后打开声学检测系统并对该检测单元进行一段固定时间地声信号采集,在检测结束后关闭声学检测系统,并沿着规划路径到达下一个检测单元重复以上检测流程,直至到达终点检测单元并完成检测任务,从而实现大型储罐底板腐蚀的全域检测;

[0008] 按照以上步骤对大型储罐底板进行检测时,采用移动式五元十字基阵声学定位方法对储罐底板腐蚀声源定位,包括如下步骤:

[0009] 步骤一,同源信号聚类:对检测仪在储罐底板上各个检测单元处所采集到的众多声信号进行聚类分析,从而实现多目标声发射事件的信号辨识,区分来自不同腐蚀声源的声发射信号;

[0010] 步骤二,声源定位方法:选取合适的声源定位方法,并基于该定位方法对各个检测单元中来自同一声源的声发射信号进行定位计算,从而得出各个检测单元中的声源定位信息;

[0011] 算法模型:由五个浸入式声学传感器构成平面五元十字检测阵列,其中,S为声源信号,N1,N2,N3,N4,N5分别为五个浸入式声学传感器,其中传感器N1放置在原点作为基准传感器,传感器N2,N3,N4,N5按照逆时针方向依次分布在XOY平面的坐标轴上,传感器N2,N3,N4,N5距离基准阵元N1的距离为D/2;其声源定位公式如下:

$$[0012] \quad \begin{cases} r_1 = \frac{D^2 - c^2 \sum_{i=2}^5 \tau_{i1}^2}{2c \sum_{i=2}^5 \tau_{i1}} \\ \varphi = \arctan \left(\frac{\tau_{51} - \tau_{31}}{\tau_{41} - \tau_{21}} \right) \end{cases}$$

[0013] 在上式中, r_1 为声源S到基准传感器N1的距离,单位m; τ_{i1} 为第i个传感器Ni与基准传感器N1的时延差,单位s, $i=2,3,4,5$;c为介质中的声速,单位m/s; φ 为声源的方位角;

[0014] 步骤三,腐蚀严重度评价:对储罐底板的各个检测单元中的腐蚀声源的强度和分布进行分析,并对各个检测单元做出严重度评价,给被检储罐提供维修指导意见;检测结束后,将在每一个检测单元检测到的腐蚀声信号进行定位分析并做严重度评价,并将每个区域的腐蚀严重度示意图拼凑在一起,组成储罐底板的整体腐蚀情况示意图。

[0015] 上述方案步骤一中,为实现多目标声发射事件的信号辨识,区分出不同声发射源的信号,可以依据某种属性把一类事物和其他类型的事物区分。而聚类的原理是把数据集中相似的对象分成不同的组别或者更多的子集,这样让在同一个子集中的成员对象都有相似的一些属性。各传感器接收到的同一声发射源信号应该具有比较高的相似性。根据这一特点,本发明利用聚类分析方法实现多声源信号的辨识。

[0016] 上述方案中浸入式自动声学检测仪包括机体、行走机构、远程控制系统、定位系统、浸入式声学传感器、回收装置,行走机构包括驱动轮、万向轮、驱动机构,万向轮安装在机体的前端,驱动轮安装在机体两侧并采用差速转向,每个驱动轮的外侧设置回收装置,回收装置包括定时引发机构、液态CO₂气瓶、气囊、气囊槽、密封盒,气囊为带有气芯的充气囊,气囊通过弹性环套与可闭锁固定钩环安置于气囊槽内,气囊槽环绕在密封盒外,定时引发机构与液态CO₂气瓶置于密封盒内,定时引发机构包括定时器、电池、引发电机、齿条针,定时器连接引发电机,引发发电机的输出轴带有齿轮,齿轮连接齿条针,齿条针带有密封片,气囊的进气管连接三通,液态CO₂气瓶的出口设置密封口,密封口伸入到三通的一个口内,齿条针从三通的另一个口伸入到三通中,齿条针指向密封口;浸入式声学传感器安装在机体的底盘上,且浸入式声学传感器信号接收面与底盘平行;远程控制系统分别连接驱动电机和浸入式声学传感器。

[0017] 本发明具有以下有益效果:

[0018] 1、本发明建立了一种基于相关性分析的同源信号聚类方法,该方法可以实现储罐底板腐蚀多声源信号的辨识,即判断哪些信号来自于同一声源,为储罐底板腐蚀声源的精

确定位提供数据依据。

[0019] 2、本发明提出了一种大型储罐底板腐蚀移动式五元十字基阵声学定位方法,为验证大型储罐底板腐蚀浸入式声学全域检测方法的可行性提供了理论支撑,并为大型储罐底板腐蚀的全域检测提供了新的研究方向。

[0020] 3、本发明在大型储罐的检测精度方面,由于大型储罐底板腐蚀移动式五元十字基阵声学定位方法对储罐底板腐蚀进行分块式全域检测,并且提高了检测的灵敏度及监测的可靠性和有效地解决了大型储罐底板中心区域腐蚀声信号由于信号强度弱、传播距离远而无法触发传感器而导致检测盲区的问题。

[0021] 4、本发明中检测仪通过定位系统,使得操作人员能够实时地、准确地掌握检测仪的具体位置,并在远程控制系统的配合下能够使得该检测仪能够精确地按照规划检测路径行走、检测和行走至回收地点,从而提高了罐底板全域检测的准确度和减少了人工操作实现了自动化。

附图说明

[0022] 图1是本发明中检测仪的总体结构示意图;

[0023] 图2是本发明中检测仪底板的结构示意图;

[0024] 图3是本发明中检测仪机体内部的结构示意图;

[0025] 图4是本发明中检测仪驱动后轮内侧的结构示意图;

[0026] 图5是本发明中检测仪驱动后轮外侧的结构示意图;

[0027] 图6是本发明中的检测路径;

[0028] 图7是本发明中的五元十字阵列声源定位模型;

[0029] 图8是本发明中的储罐底板严重度评价示意图;

[0030] 图9是本发明中相邻检测单元的重叠区域。

[0031] 图中:1-外壳,2-驱动轮,3-回收装置,4-底盘,5-万向轮,6浸入式声学传感器,7-驱动轴,8-远程控制系统,10-信号线,11-锂电池,13-驱动电机,14-防滑带,15-弹簧,16-弹簧套筒,17三通,18-气囊,19-弹性环套与可闭锁固定钩,20-气囊槽,21-定时引发机构,22-密封盒。

[0032] 下面结合附图对本发明作进一步的说明:

[0033] 这种大型储罐底板腐蚀浸入式声学全域检测方法包括如下步骤:

[0034] 第一步,利用五个浸入式声发射传感器构成十字型检测阵列,然后将搭载十字型检测阵列的检测仪,通过罐顶人孔处投放到带有介质的储罐内部底板上,检测仪为浸入式自动声学检测仪;

[0035] 第二步,检测仪到达罐底后通过其定位系统准确地掌握检测仪具体位置,然后使用远程控制系统8依据定位结果控制检测仪的车轮转向舵机和驱动电机13,驱使检测仪到达起始检测单元处;

[0036] 第三步,检测仪到达起始检测单元处后打开声学检测系统并对该检测单元进行一段固定时间地声信号采集,在检测时间结束后关闭声学检测系统,并沿着规划路径(如图6所示)到达下一个检测单元重复以上检测流程,直至到达终点检测单元并完成检测任务,从而实现大型储罐底板腐蚀的全域检测;

[0037] 按照以上步骤对大型储罐底板进行检测时,储罐底板腐蚀声源的定位是其难点和关键技术,本发明提出了一种移动式五元十字基阵声学定位方法,采用移动式五元十字基阵声学定位方法对储罐底板腐蚀声源定位,包括如下步骤:

[0038] 步骤一,同源信号聚类:对检测仪在储罐底板上各个检测单元处所采集到的众多声信号进行聚类分析,从而实现多目标声发射事件的信号辨识,区分出来自不同腐蚀声源的声发射信号;为实现多目标声发射事件的信号辨识,区分出不同声发射源的信号,可以依据某种属性把一类事物和其他类型的事物区分。而聚类的原理是把数据集合中相似的对象分成不同的组别或者更多的子集,这样让在同一个子集中的成员对象都有相似的一些属性。各传感器接收到的同一声发射源信号应该具有比较高的相似性。根据这一特点,本发明利用聚类分析方法实现多声源信号的辨识。

[0039] 步骤二,声源定位方法:选取合适的声源定位方法,并基于该定位方法对各个检测单元中来自同一声源的声发射信号进行定位计算,从而得出各个检测单元中的声源定位信息。

[0040] 算法模型:由五个浸入式声学传感器6构成平面五元十字检测阵列,如图7所示,其中,S为声源信号,N1,N2,N3,N4,N5分别为五个浸入式声学传感器6,其中传感器N1放置在原点作为基准传感器,传感器N2,N3,N4,N5按照逆时针方向依次分布在XOY平面的坐标轴上,传感器N2,N3,N4,N5距离基准阵元N1的距离为D/2;其声源定位公式如下:

$$[0041] \quad \begin{cases} r_1 = \frac{D^2 - c^2 \sum_{i=2}^5 \tau_{i1}^2}{2c \sum_{i=2}^5 \tau_{i1}} \\ \varphi = \arctan \left(\frac{\tau_{51} - \tau_{31}}{\tau_{41} - \tau_{21}} \right) \end{cases}$$

[0042] 在上式中, r_1 为声源S到基准传感器N1的距离,单位m; τ_{i1} 为第i个传感器Ni与基准传感器N1的时延差,单位s, $i=2,3,4,5$;c为介质中的声速,单位m/s; φ 为声源的方位角。

[0043] 步骤三,腐蚀严重度评价:对储罐底板的各个检测单元中的腐蚀声源的强度和分布进行分析,并对各个检测单元做出严重度评价,给被检储罐提供维修指导意见;检测结束后,将在每一个检测单元检测到的腐蚀声信号进行定位分析并做严重度评价,并将每个区域的腐蚀严重度示意图拼凑在一起,组成储罐底板的整体腐蚀情况示意图。如图8所示。其中,为了对储罐底板进行全域检测,因此相邻的两个检测单元必定有重叠区域,如图9所示。为了提高储罐底板腐蚀严重度评价的可靠性与安全性,因此将相邻两个检测单元的重叠检测单元的严重度级别,判定为两个相邻检测单元中严重度级别较高的那一级别。

[0044] 结合图1、图2、图3、图4、图5所示,本发明中浸入式自动声学检测仪包括机体、行走机构、远程控制系统8、定位系统、浸入式声学传感器6、回收装置3,行走机构包括驱动轮2、万向轮5、驱动机构,万向轮5安装在机体的前端,驱动轮2安装在机体两侧并采用差速转向,两个驱动轮2相互独立,万向轮5作为从动轮和前端支撑,检测仪依靠两个驱动轮7的转速差实现转向,从而实现检测仪器的自由行进。每个驱动轮2通过一个驱动机构驱动,驱动机构设置于机体中部,并通过顶盖封闭,驱动机构包括控制器、驱动电机13、减速器,实现对检测

仪的速度进行控制。机体内携带两块可充电的锂电池11,为整个检测仪提供动力支持。浸入式声学传感器6、信号线10、多通道声学信号采集卡共同构成无损检测系统;远程控制系统8分别连接驱动电机13和浸入式声学传感器6;机体由外壳1与底盘4构成,外壳1与底盘4之间采用接触式密封,驱动轴7与机体之间采用动力静密封,浸入式声学传感器6与外壳1上传感器孔之间采用O形圈密封,密封盒22采用接触式密封,进气管与三通之间采用O形圈密封。

[0045] 每个驱动轮2的外侧设置回收装置3,回收装置3包括定时引发机构21、液态CO₂气瓶、气囊18、气囊槽20、密封盒22,气囊18为带有气芯的充气囊,气囊18通过弹性环套与可闭锁固定钩19安置于气囊槽20内,气囊槽20环绕在密封盒22外,定时引发机构21与液态CO₂气瓶置于密封盒22内。气囊18采用超强抗撕裂的织物材料制成,气囊18表面涂有保证气密性的涂层,这使得气囊18能够承受充气瞬间的超强压力防止其撕裂和漏气。回收装置3采用两个气囊18分别安装在左右两个驱动轮2内,其定时引发装置也置于车轮内部。驱动轮设置防滑带14,驱动轮内侧设置弹簧15,弹簧套筒16,三通17。

[0046] 远程控制系统8位于机体内部,包括发射模块、接收模块、控制器、稳压电源、声学信号采集卡、驱动模块,发射模块采用集成编码芯片,接收模块采用译码芯片,来完成无线通讯和控制单片机的输入状态,由控制器根据接收模块提供的输入状态进行控制处理,最后控制器提供的控制信号传递给行走机构、浸入式声学传感器6,从而分别完成行走、转向、检测等各项功能。

[0047] 定位系统与远程控制系统8配合,使行走机构精确地按照规划检测路径行走、检测,检测完成后行走至回收地点,回收地点与罐顶人孔处相对应,在回收地点处,当定时器设置的时间结束,定时器引发电机转动并带动齿条针移动,刺破液态CO₂气瓶的密封口,气囊18充气并打开,使大型储罐底板腐蚀浸入式自动声学检测仪上浮至罐顶人孔处,被回收回来。

[0048] 机体和回收装置中的密封盒22的防爆结构设计中,采用热固性树脂基复合材料分别加工成带凸缘的机体和外壳1。机体与外壳1之间采用接触式密封,即在两者彼此相接的表面间采用耐油石棉橡胶垫进行密封,再采用螺栓与螺母连接;机体与驱动轴7之间采用动力静密封。

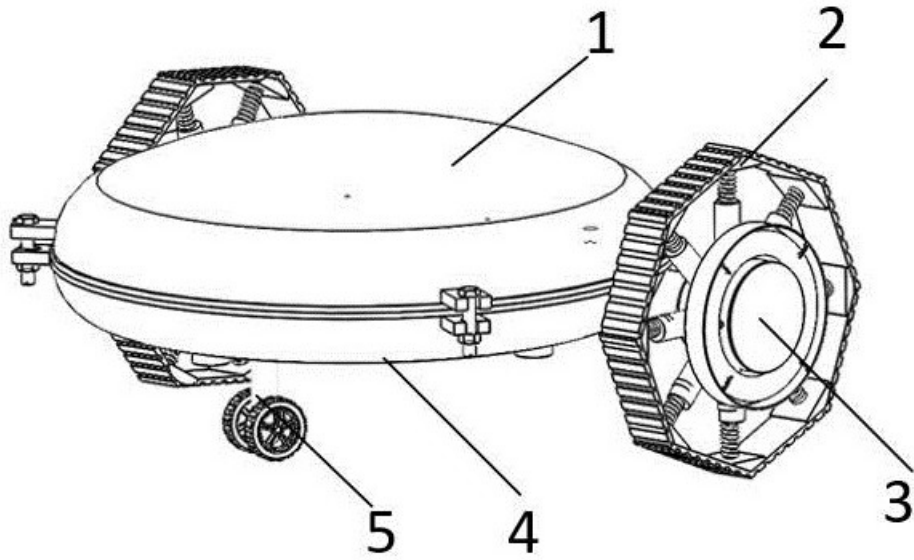


图1

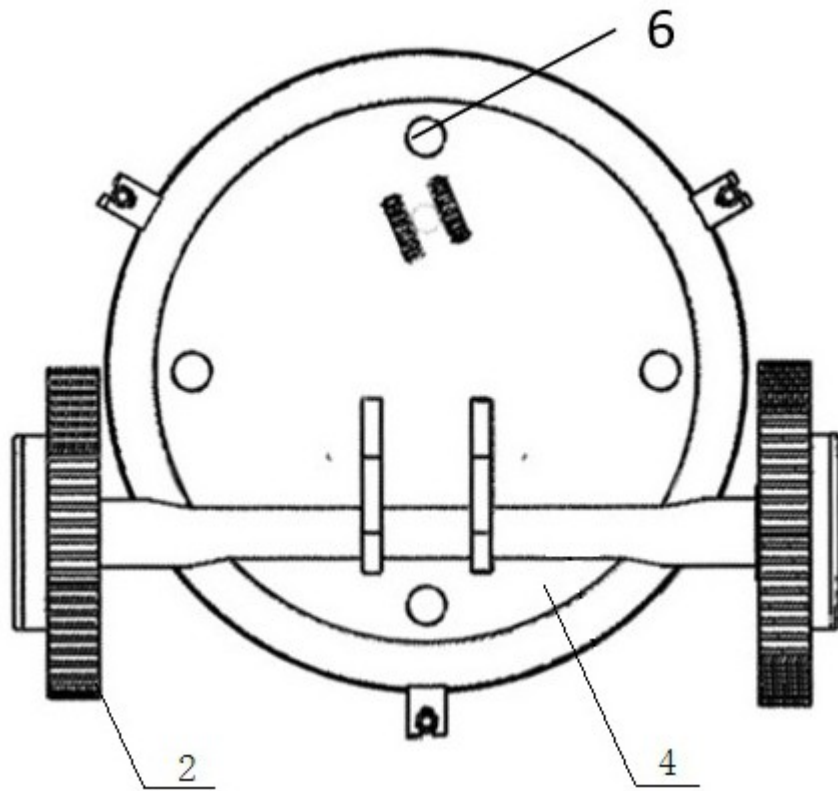


图2

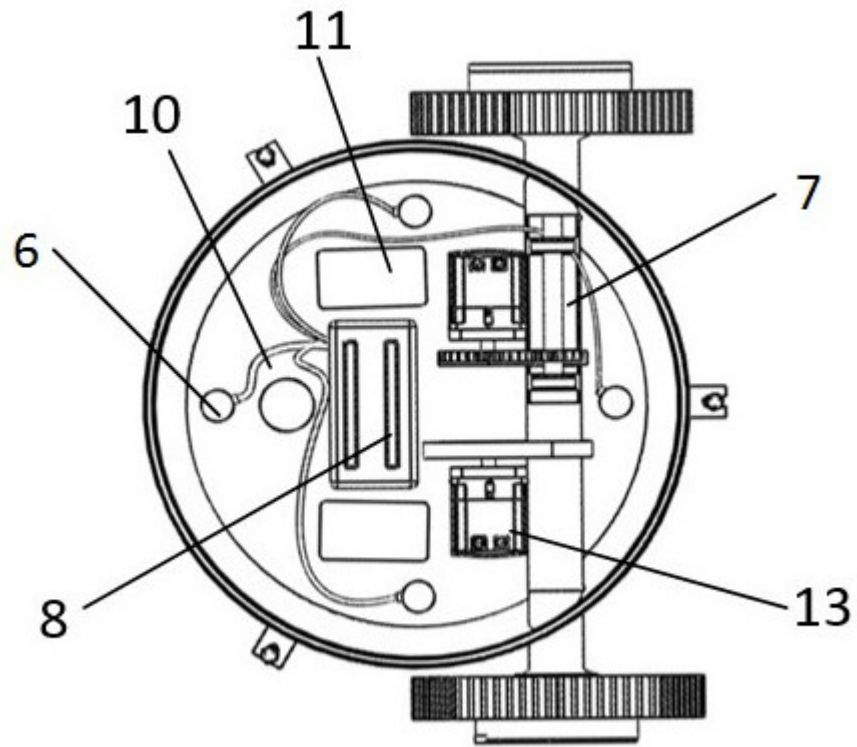


图3

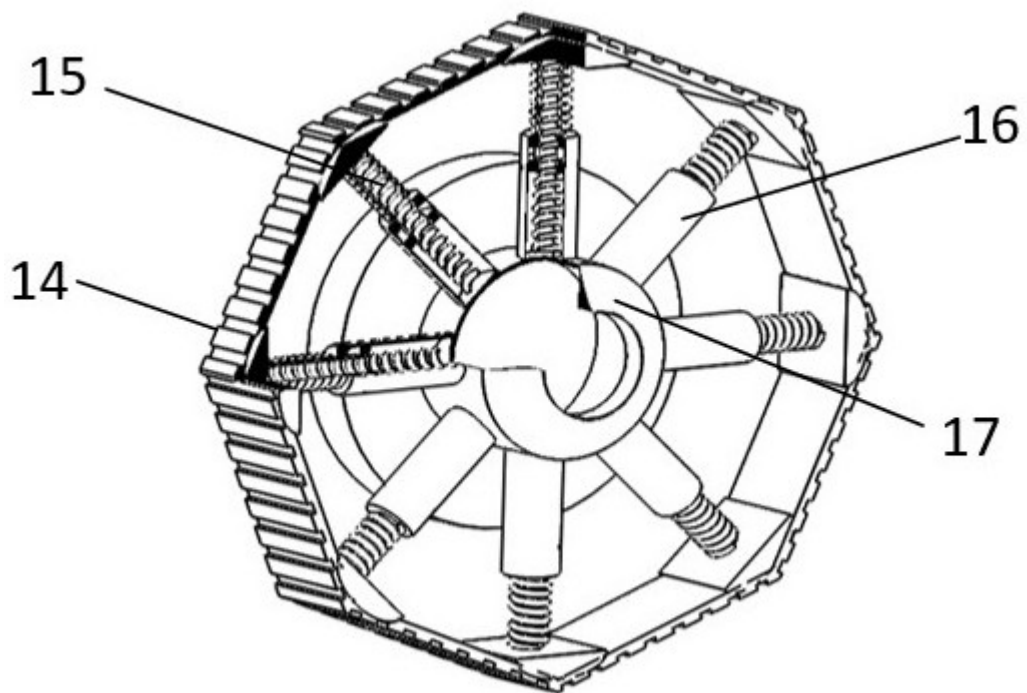


图4

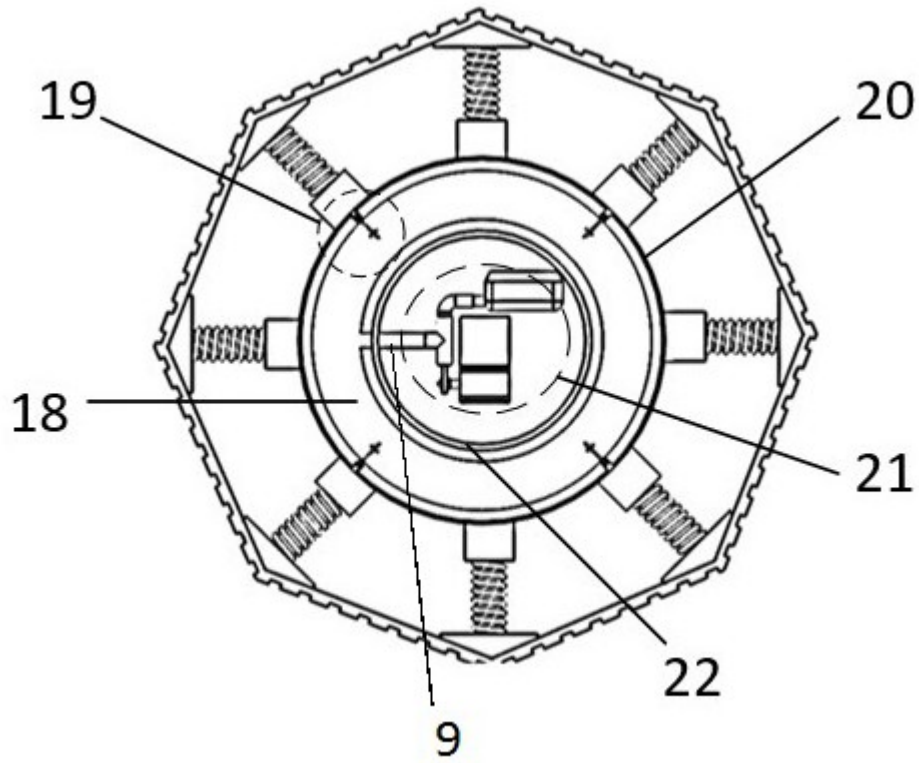


图5

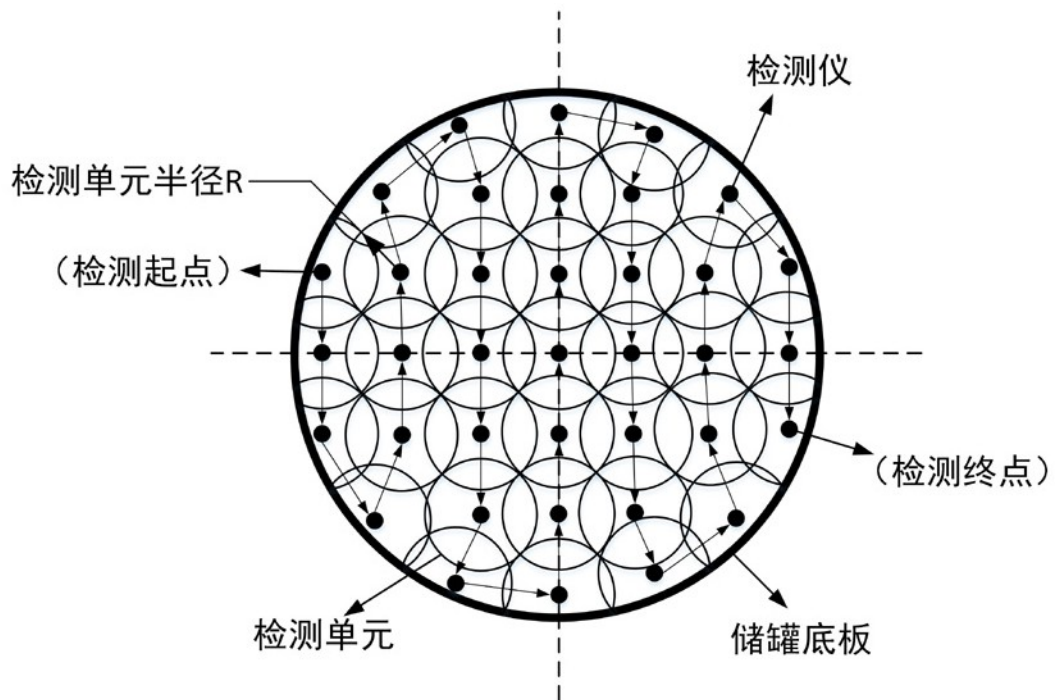


图6

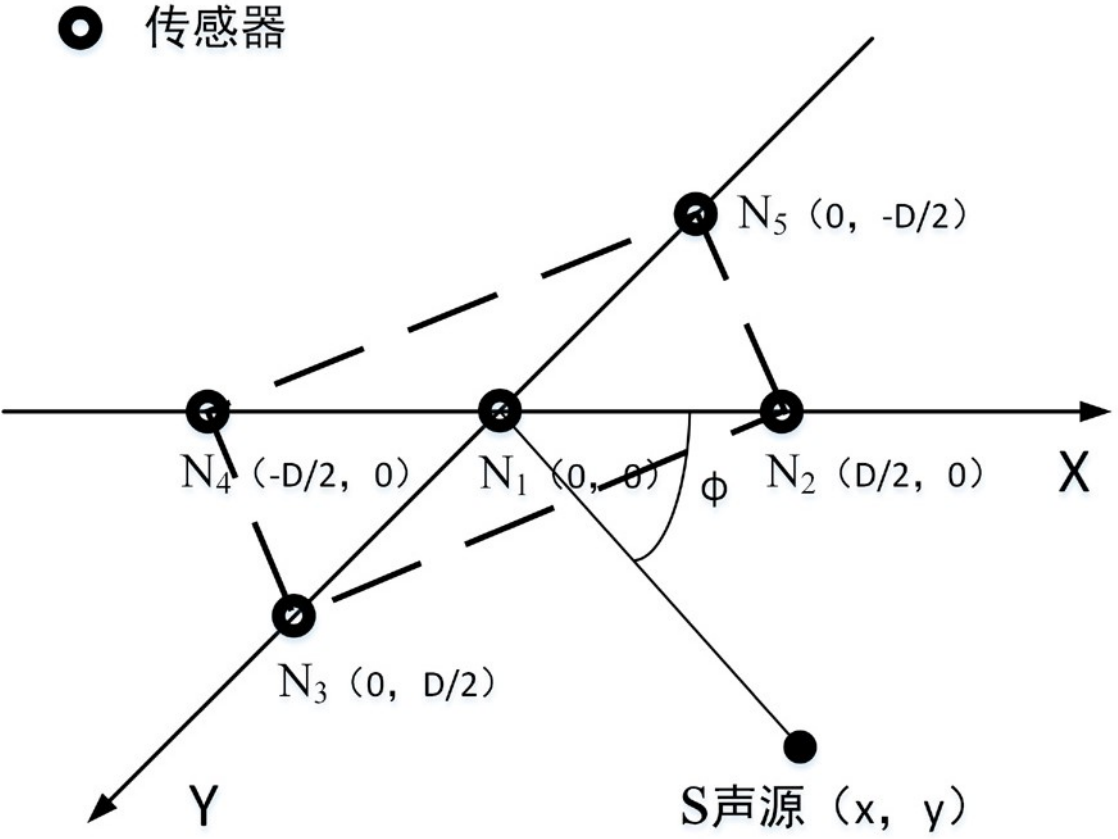
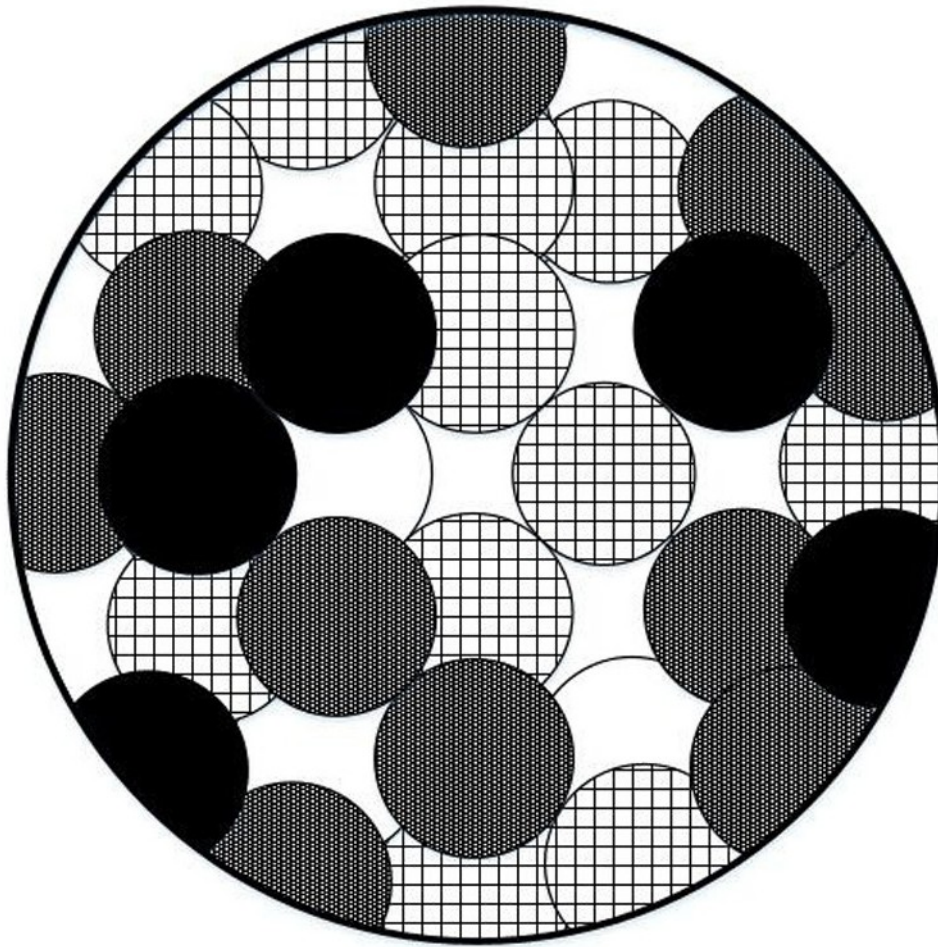


图7



- 无局部腐蚀迹象
- ⊗ 存在轻微局部腐蚀迹象
- 存在明显局部腐蚀迹象
- 存在严重局部腐蚀迹象

图8

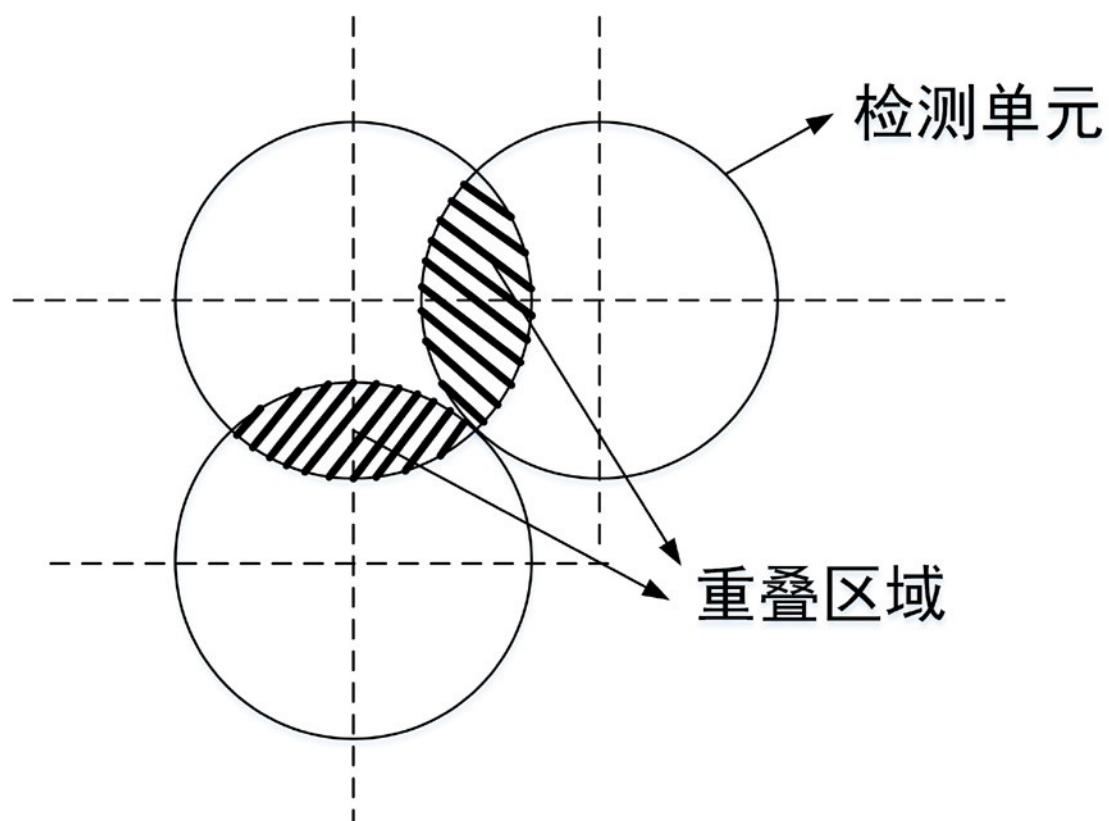


图9