



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105136905 B

(45)授权公告日 2018.01.02

(21)申请号 201510519909.2

(22)申请日 2015.08.21

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 105136905 A

(43)申请公布日 2015.12.09

(73)专利权人 广州丰谱信息技术有限公司  
地址 510630 广东省广州市天河东路242号  
广州国家高新技术企业孵化基地

(72)发明人 韦岗 王一歌 曹燕 杨萃  
刘娇蛟 马碧云 李杰 赵明剑

(74)专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限公司 44102

代理人 郑永泉

(51)Int.Cl.

G01N 29/06(2006.01)

(56)对比文件

CN 103760236 A,2014.04.30,  
CN 103913515 A,2014.07.06,  
WO 01/31328 A1,2001.05.03,  
CN 102577436 A,2012.07.11,  
CN 104535652 A,2015.04.22,

审查员 杨培

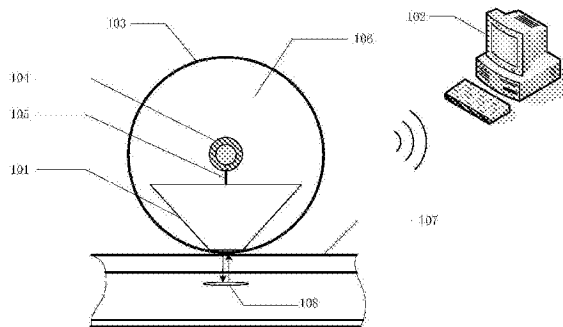
权利要求书2页 说明书7页 附图5页

(54)发明名称

基于时空四维宽频阵列的高速钢轨超声探测成像方法与装置

(57)摘要

本发明公开了一种基于时空四维宽频阵列的高速钢轨超声探测成像装置。该装置包括探测前端和后台处理器，两者通过无线方式连接。探测前端中的发射探头阵列由传统的二维探头阵列扩展为三维立体阵列，其中发射探头由宽频大功率超声换能器和立体漏斗形功率聚焦装置贴合而成，可以同时实现大功率和小口径发射，解决了发射功率和发射口径之间的矛盾。超声换能器采用多频段条状超声换能器拼接而成，能够灵活地产生所需的宽频发射信号。功率聚焦装置可以根据需要调节其高度、倾斜度等，使有限空间内能够容纳更多数量的探头组成探头阵列，以提高探测精度。本发明所述装置和方法能够从多方面提高探测精度，满足高速钢轨探测需求。



1. 基于时空四维宽频阵列的高速钢轨超声探测成像装置,其特征在于包括探测前端和后台处理器,探测前端和后台处理器通过无线方式连接;所述探测前端,被内置于钢轨探伤车的车轮中,车轮内充满耦合液,探测前端的顶部通过连接杆与车轮中心的轮轴相连,探测前端在重力的作用下始终处于下垂状态,并与轮轴保持相对静止,探测前端的底部与车轮之间的缝隙被耦合液充满,探测前端的底部与车轮底部尽可能贴近,从而使发射探头阵列和接收探头阵列尽可能贴近钢轨,以便缩短信号游程,实现在保证回波信号不丢失的情况下,提高轮式探伤车的运行速度,更好地匹配高速铁路的需求,同时,探测前端的底部与钢轨贴近,所发射的超声信号能够绝大部分进入钢轨,从而减小信号损耗,提高探测效率。

2. 根据权利要求1所述的基于时空四维宽频阵列的高速钢轨超声探测成像装置,其特征在于所述的探测前端,包括发射探头阵列、接收探头阵列、数据传输模块、数据存储模块和控制模块,其中发射探头阵列发射超声波信号进行探测,接收探头阵列接收反射的探测回波信号,数据传输模块负责探测前端与后台处理器之间的无线通信,数据存储模块用于存储后台处理器发来的宽频探测信号和接收探头阵列已接收的探测回波信号,控制模块负责控制探测前端各个部分之间的协调工作。

3. 根据权利要求2所述的基于时空四维宽频阵列的高速钢轨超声探测成像装置,其特征在于所述的发射探头阵列,由若干发射探头按某种排列规律,形成时空四维阵列,即设计时,需同时考虑一维时间与三维空间:在时间上,发射探头阵列中的发射探头按照一定的时序顺序依次发射超声波信号,以减少探头之间的声束干扰;在空间上,发射探头阵列由二维探头阵列拓展为三维立体阵列,即发射探头阵列不但要设定发射探头在二维空间的排列规律,还要设定发射探头在三维立体空间中的高度和形态。

4. 根据权利要求3所述的基于时空四维宽频阵列的高速钢轨超声探测成像装置,其特征在于所述的发射探头,由超声换能器和功率聚焦装置构成,具有宽频、大功率、小口径的特点,其中超声换能器为宽频大功率超声换能器,可以将宽频探测信号转换为宽频大功率超声信号发送出去,功率聚焦装置为类似漏斗的空心装置,即顶部口径大、底部口径小,并由声阻抗较高的材料制成,超声换能器的底部口径与功率聚焦装置的顶部口径尺寸一致,超声换能器紧密贴合在功率聚焦装置的顶部。

5. 根据权利要求4所述的基于时空四维宽频阵列的高速钢轨超声探测成像装置,其特征在于所述的功率聚焦装置,其特征在于能够将超声换能器产生的宽频大功率超声信号通过汇聚,从底部小口径发射孔发射出去,当功率聚焦装置的顶部形状与底部形状不一致时,功率聚焦装置需通过外壳的空间变形进行异形转换,功率聚焦装置的高度、倾斜度和底部口径可以根据需要调节,从而使车轮内的有限空间能够容纳数量更多的发射探头组成发射探头阵列,以提高探测精度。

6. 根据权利要求4所述的基于时空四维宽频阵列的高速钢轨超声探测成像装置,其特征在于所述的宽频大功率超声换能器,由多个不同频率范围的窄频条状超声换能器按照频率由低到高的顺序拼接而成,再将拼接后的整体与功率聚焦装置相连。

7. 根据权利要求2所述的基于时空四维宽频阵列的高速钢轨超声探测成像装置,其特征在于所述的接收探头阵列,由若干高灵敏度小口径宽频接收探头组成,高灵敏度小口径宽频接收探头围绕发射探头对称分布,接收探头的数量可以根据需要设置,以获得所需的探测精度,高灵敏度小口径宽频接收探头可以是电容式微加工超声探头或压电薄膜超声探

头。

8. 根据权利要求1所述的基于时空四维宽频阵列的高速钢轨超声探测成像装置的超声探测成像方法,其特征在于探测过程包括以下步骤:

步骤1:系统启动后,后台处理器将待发射的宽频探测信号及相关控制指令通过无线通信方式发送至探测前端;

步骤2:探测前端的数据传输模块接收数据,并将控制指令传送至探测前端的控制模块,将宽频探测信号传送至数据存储模块;

步骤3:在控制模块的控制下,数据存储模块将宽频探测信号传送至发射探头阵列;

步骤4:在控制模块的控制下,发射探头阵列中的发射探头将宽频探测信号转换为宽频超声信号,并按照一定的时序顺序发射超声信号进行钢轨探伤;

步骤5:超声波信号在钢轨中传播,遇到介质改变发生反射,反射的探测回波信号由接收探头阵列进行接收;

步骤6:在控制模块的控制下,接收探头阵列将探测回波信号发送至数据存储模块暂时存储,再由数据传输模块通过无线网络发送至后台处理器;

步骤7:后台处理器接收到探测回波信号后,一方面进行分析处理和探测成像,得出检测结果,一方面检测是否结束探测;如果是,结束探测;如果否,回到步骤1,后台处理器向探测前端发送下一组宽频探测信号及相关控制指令。

## 基于时空四维宽频阵列的高速钢轨超声探测成像方法与装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及超声探测技术,特别是针对钢轨探伤的高速无损超声检测技术,具体涉及一种基于时空四维宽频阵列的高速钢轨超声探测成像装置与方法。

### 背景技术

[0002] 铁路作为国家重要的基础设施和国民经济的大动脉,其发展与现代化进程关系到我国的经济社会发展和现代化目标的实现。由于我国铁路线路状况复杂,超期服役钢轨数量大,超负荷的运营使得铁路钢轨损伤发生率极高,直接危及运输和行车安全。为了确保铁路运营的安全性,根据我国钢轨探伤作业标准,需要定期对线路进行检修,平均每年每条线路需检测5-10遍以上。由此可见,我国钢轨检修与养护工作量巨大,急需高效高精度的钢轨探伤设备。

[0003] 对于钢轨的表面或近表面缺陷,可采用电磁涡流法进行检测;对于钢轨内部伤损,国内外普遍采用超声波进行检测。超声检测具有灵敏度高、检测速度快、定位准确等优点,目前已成为国内外钢轨内部缺陷检测的主流手段。目前,应用于在役钢轨超声探伤的主要设备分为两类:一类为手推小型钢轨超声探伤仪,技术上属于滑动式探测;另一类为机动超声钢轨探伤车,技术上有轮式和滑靴式两种。

[0004] 手推探伤仪探头与钢轨直接接触,探伤时紧贴钢轨运行,信号游程短,损耗低,具有探测精度高、使用灵活等优点,在我国各铁路局大规模使用。但其工作时摩擦大,检测速度慢,只有2-3公里/小时。现场操作时,一班组7人,每天只能检测10公里钢轨,探测效率低,需要大量人力。受探测环境限制,探伤人员很难对荒郊野岭、桥梁、隧道等处的钢轨进行探伤。

[0005] 机动超声钢轨探伤设备在国外已有四五十年历史,尤其在美国、瑞士、英国、日本等发达国家早已替代手推式钢轨探伤设备。从传感器结构上看机动探伤设备主要有两种类型:轮式传感器和滑靴式传感器。滑靴式传感器设计可以达到较高的检测速度(目前报道最高速度130公里/小时),但是对钢轨形态要求相对苛刻,在有缝线路和轨头形态不良的情况下难以完成检测,不适合我国轨道状况。因此,我国进口的探伤车都采用轮式传感器结构。

[0006] 现有轮式探伤车一般采用脉冲回波法进行探测。该方法简单、直观。但其精度有限,漏检率较高,存在“近场盲区”,且脉冲信号占空比小,能量有限,穿透深度浅,为提高信号功率,必须采用高电压器件,导致了系统结构复杂。另外,轮式探伤车的发射、接收探头通常离钢轨距离较远,信号游程长。因此,为避免回波信号丢失,探伤车运行时,其运行速度不能太快。目前经过改进,轮式探伤车最高的有效时速只有80公里/小时,与我国当前列车正常运营的速度还不匹配(特别是高速铁路300公里/小时以上的速度),无法在列车运营的同时进行检测,所以必须安排专门的探伤时间,影响铁路运营效率。

[0007] 采用基于调频信号的超声探测技术能够克服脉冲回波法的缺点,具有精度较高、参数稳定、鲁棒性强等优点,且可以避免“近场盲区”。该技术通过探头向探测目标发射连续

的、频率周期变化的超声波,再根据发射波和反射波的频差进行分析判断。虽然基于调频信号的超声探测技术具有诸多优点,但尚未在现有探伤车上采用,主要原因如下:1) 该方法需要利用最大似然法实现高精度频率参数估计,因此运算量大,难以通过硬件实现。2) 受硬件工艺的限制,发射信号的带宽较窄,根据香农定理,窄频信号所提供的信息量也较少,因此难以实现探测精度的进一步提升。目前,随着云计算的迅速发展,可以通过后台云计算处理解决运算量大的问题,而如何产生宽频信号仍有待探索。

[0008] 此外,为了提高超声探测的成像精度,需要在有限的空间内安置更多的探头组成探头阵列,因此要求探头的口径较小。而小口径探头发射功率低,抗干扰能力不强,探测距离短,难以满足钢轨检测的探测深度。大口径探头虽然发射功率高,但受空间限制,只能安装数量较少的探头,且位置一般离钢轨较远,使得超声探测信号穿越距离长,损耗大,难以提高成像精度。

[0009] 综上所述,现有轮式探伤车存在检测精度不高、检测速度受限等问题。

### 发明内容

[0010] 本发明的目的在于克服现有轮式探伤车的探头发射功率与探头口径之间的矛盾,以及采用调频技术时发射信号带宽窄的问题,提出一种基于时空四维宽频阵列的高速钢轨超声探测成像装置。

[0011] 本发明的另一个目的在于提供一种基于时空四维宽频阵列的高速钢轨超声探测成像方法。

[0012] 本发明的目的通过以下技术方案实现:

[0013] 一种基于时空四维宽频阵列的高速钢轨超声探测成像装置,包括探测前端和后台处理器。探测前端和后台处理器通过无线方式连接。

[0014] 所述后台处理器,用于产生宽频探测信号及控制指令,并将宽频探测信号及控制指令发送至探测前端,然后接收探测前端传回的探测回波信号,并且进行处理和成像。

[0015] 所述探测前端,包括发射探头阵列、接收探头阵列、数据传输模块、数据存储模块和控制模块,其中发射探头阵列发射超声波信号进行探测,接收探头阵列接收反射的探测回波信号,数据传输模块负责探测前端与后台处理器之间的无线通信,数据存储模块用于存储后台处理器发来的宽频探测信号和接收探头阵列已接收的探测回波信号,控制模块负责控制探测前端各个部分之间的协调工作。

[0016] 所述探测前端内置于钢轨探伤车的车轮中,车轮内充满耦合液。探测前端的顶部通过连接杆与车轮中心的轮轴相连。探测前端在重力的作用下始终处于下垂状态,并与轮轴保持相对静止。探测前端的底部与车轮之间的缝隙被耦合液充满。探测前端的底部与车轮底部尽可能贴近,从而使发射探头阵列和接收探头阵列尽可能贴近钢轨,以便缩短信号游程,实现在保证回波信号不丢失的情况下,提高轮式探伤车的运行速度,更好地匹配高速铁路的需求。同时,探测前端的底部与钢轨贴近,所发射的超声信号能够绝大部分进入钢轨,从而减小信号损耗,提高探测效率。探测前端的形状主要取决于内部发射探头阵列和接收探头阵列的形状。

[0017] 所述探测前端的发射探头阵列由若干发射探头按某种排列规律组成。发射探头阵列为时空四维阵列,即设计发射探头阵列时,需同时考虑一维时间与三维空间。在时间上,

发射探头阵列中的发射探头按照一定的时序顺序依次发射超声波信号,以减少探头之间的声束干扰;在空间上,发射探头阵列由二维探头阵列拓展为三维立体阵列,即发射探头阵列不但要设定发射探头在二维空间的排列规律,还要设定发射探头在三维立体空间中的高度、形态等。发射探头阵列的发射探头需要具备宽频、大功率、小口径的特点。

[0018] 所述发射探头由超声换能器和功率聚焦装置构成,超声换能器安置在功率聚焦装置的顶部。超声换能器为宽频大功率超声换能器,可以将宽频探测信号转换为宽频大功率超声信号发送出去;功率聚焦装置为类似漏斗的空心装置,即顶部口径大、底部口径小,并由声阻抗较高的材料制成。功率聚焦装置的顶部形状与口径分别与超声换能器的底部形状与口径一致。

[0019] 所述功率聚焦装置可以将超声换能器发射的大功率超声信号通过汇聚,从底部小口径发射孔发射出去,既满足了发射功率足够大,又可以保证发射口径小,从而解决了探头发射功率与探头口径之间的矛盾。当功率聚焦装置的顶部形状与其底部形状不一致时,需要通过外壳的空间变形进行异形转换,比如:将方形转换为圆形。功率聚焦装置的高度、倾斜度、底部口径等可以根据需要调节,从而使车轮内的有限空间能够容纳数量更多的发射探头组成发射探头阵列,以提高探测精度。

[0020] 为了实现宽频超声发射信号,发射探头的超声换能器由多个不同频率范围的窄频条状超声换能器按照频率由低到高的顺序拼接而成,再将拼接后的整体与功率聚焦装置相连。

[0021] 所述探测前端的接收探头阵列由若干高灵敏度小口径宽频接收探头组成。高灵敏度小口径宽频接收探头围绕发射探头对称分布,接收探头的数量可以根据需要设置,以获得所需的探测精度。高灵敏度小口径宽频接收探头可以是电容式微加工超声探头或压电薄膜超声探头等多种类型的探头。

[0022] 本发明利用宽频超声信号对钢轨进行无损探测,具体包括以下步骤:

[0023] 步骤1:系统启动后,后台处理器将待发射的宽频探测信号及相关控制指令通过无线通信方式发送至探测前端。

[0024] 步骤2:探测前端的数据传输模块接收数据,并将控制指令传送至探测前端的控制模块,将宽频探测信号传送至数据存储模块。

[0025] 步骤3:在控制模块的控制下,数据存储模块将宽频探测信号传送至发射探头阵列。

[0026] 步骤4:在控制模块的控制下,发射探头阵列中的发射探头将宽频探测信号转换为宽频超声信号,并按照一定的时序顺序发射超声信号进行钢轨探伤。

[0027] 步骤5:超声波信号在钢轨中传播,遇到介质改变(例如:钢轨内部有裂纹等情况)发生反射,反射的探测回波信号由接收探头阵列进行接收。

[0028] 步骤6:在控制模块的控制下,接收探头阵列将探测回波信号发送至数据存储模块暂时存储,再由数据传输模块通过无线网络发送至后台处理器。

[0029] 步骤7:后台处理器接收到探测回波信号后,一方面进行分析处理和探测成像,得出检测结果,一方面检测是否结束探测。如果是,结束探测;如果不是,回到步骤1,后台处理器向探测前端发送下一组宽频探测信号及相关控制指令。

[0030] 本发明与现有技术相比,具有如下优点和有益效果:

[0031] 1、本发明通过设计功率聚焦装置,与宽频大功率超声换能器组合,构成发射探头。该发射探头既可以产生高精度探测所需的大功率发射信号,还可以同时保持小口径发射端,使贴近车轮底部的发射面可以容纳更多的发射探头形成阵列,解决了探头发射功率与探头口径之间的矛盾。

[0032] 2. 本发明的发射探头由于采用了功率聚焦装置,发射探头阵列由二维探头阵列拓展为三维立体阵列。功率聚焦装置的高度、倾斜度、底面口径等均可灵活调整,通过调节功率聚焦装置,可使车轮内有限的立体空间容纳更多的发射探头形成阵列,以提高探测精度。

[0033] 3. 本发明的宽频超声换能器由多个不同频率范围的窄频条状超声换能器按照频率由低到高的顺序拼接而成,以产生宽频超声发射信号。

[0034] 4. 本发明的功率聚焦装置可以通过外壳的空间变形进行异形转换,实现不同形状的上下端面,以匹配超声换能器底面的形状和发射端口的形状。

[0035] 5. 本发明的发射探头阵列和接收探头阵列贴近钢轨,因此所发射的超声信号绝大部分能够进入钢轨,且信号游程短、损耗小,不但提高了探测效率,还能够更好地匹配高速探测的需求。

## 附图说明

[0036] 图1为基于时空四维宽频阵列的高速钢轨超声探测成像装置的结构图;

[0037] 图2为基于时空四维宽频阵列的高速钢轨超声探测成像装置探测前端的结构图;

[0038] 图3为探测前端中3x3发射探头阵列和相应接收探头阵列的位置分布示意图;

[0039] 图4(a)为倾斜度为0的发射探头结构和形状示意图;

[0040] 图4(b)为具有一定倾斜度的发射探头结构和形状示意图;

[0041] 图5为三个发射探头形成立体阵列的示意图;

[0042] 图6(a)为采用拼接式宽频超声换能器的发射探头示意图;

[0043] 图6(b)为采用拼接式宽频超声换能器以及经过异形转换的功率聚焦装置的发射探头示意图;

[0044] 图7为图3所示的3x3发射探头阵列中发射探头顶面位置分布示意图;

[0045] 图8为图3所示的3x3发射探头阵列中发射探头底面位置分布示意图;

[0046] 图9为基于时空四维宽频阵列的高速钢轨超声探测成像装置工作流程图。

## 具体实施方式

[0047] 下面结合附图对本发明的具体实施方式作进一步说明,但本发明的实施不限于此。

[0048] 如图1,基于时空四维宽频阵列的高速钢轨超声探测成像装置,包括探测前端101和后台处理器102。探测前端101和后台处理器102通过无线方式连接。后台处理器102,用于产生宽频探测信号及控制指令,并将宽频探测信号及控制指令发送至探测前端101,然后接收探测前端101传回的探测回波信号进行处理和成像。

[0049] 上述探测前端101内置于钢轨探伤车的车轮103中,车轮内充满耦合液106。探测前端的顶部通过连接杆105与车轮中心的轮轴104相连。探测前端的底部与车轮底部尽可能贴

近,以便探测前端尽可能贴近钢轨107,从而缩短信号游程,使超声探测信号能够快速往返于探测前端101和钢轨内部损伤108,实现在保证不丢失回波信号的情况下,提升轮式探伤车的运行速度,更好地匹配高速铁路的需求。由于车轮内充满耦合液,探测前端的底部与车轮之间的缝隙通过耦合液进行耦合。探测前端在重力的作用下始终处于下垂状态,并与轮轴保持相对静止。探测前端的形状主要取决于内部发射探头阵列和接收探头阵列的形状,本实施例中探测前端呈漏斗状。

[0050] 如图2,基于时空四维宽频阵列的高速钢轨超声探测成像装置的探测前端,包括发射探头阵列、接收探头阵列、数据传输模块、数据存储模块和控制模块,其中发射探头阵列由若干发射探头按某种排列规律组成,负责发射超声波信号进行探测,发射探头具有大功率、宽频、小口径的特点;接收探头阵列由若干接收探头组成,负责接收反射的探测回波信号,接收探头具有高灵敏度、小口径、宽频的特点;数据传输模块负责探测前端101与后台处理器102之间的无线通信,即接收后台处理器102发送至探测前端101的宽频探测信号及控制指令,并向后台处理器102发送探测回波信号,数据传输模块接收到后台处理器102发送的数据后,将宽频探测信号传送至数据存储模块,同时将控制指令发送至控制模块;数据存储模块用于存储数据传输模块发来的宽频探测信号和接收探头阵列已接收的探测回波信号,并与数据传输模块保持通信,即将数据传输模块发来的数据进行存储,并将所存储的回波信号传送给数据传输模块;控制模块负责控制探测前端各个部分之间的协调工作,并向发射探头阵列、接收探头阵列、数据传输模块和数据存储模块发送运行指令。

[0051] 如图3,为了尽可能贴近车轮与钢轨,探测前端101的底部303的面积不能太大。由于发射探头阵列和接收探头阵列均采用小口径探头,即发射探头的发射端301的口径和接收探头的接收端302的口径都较小,因此,在面积有限的探测前端底部303,可以容纳更多的发射探头和接收探头,从而提高探测精度。本实施例中,发射探头阵列由9个发射探头排成3x3阵列,每个发射探头周围安置4个接收探头,以发射探头为中心对称分布。为了减少发射探头之间的声束干扰,发射探头阵列中的发射探头按照一定的时序顺序依次发射超声波信号。某个发射探头发射的超声波信号,由其周围的接收探头接收相应回波信号。如图3所示,由于发射探头采用时序发射,相邻发射探头可以共用接收探头,以便进一步节省空间。

[0052] 如图4(a),发射探头由超声换能器401和功率聚焦装置402构成。超声换能器401为宽频大功率超声换能器,可以将宽频探测信号转换为宽频大功率超声信号发送出去,因此口径较大。功率聚焦装置402为类似漏斗的空心装置。功率聚焦装置402的顶部口径与超声换能器401的底部口径匹配,功率聚焦装置402的底部口径较小。超声换能器401紧密贴合在功率聚焦装置402的顶部。功率聚焦装置402由声阻抗较高的材料制成。

[0053] 如图4(b)为具有一定倾斜度的发射探头。通过调节功率聚焦装置402的高度、倾斜度、底部口径等,可以实现不同形态的发射探头。

[0054] 如图5,为了使车轮内的有限空间能够容纳数量更多的发射探头组成发射探头阵列,组合发射探头时,必须调节功率聚焦装置的高度、倾斜度等,以便提高空间利用率。图5示例了组合三个发射探头的方法之一。假设三个发射探头的底面口径大小一致,并且底面排成一条直线。由于探测前端的底面面积有限,各发射探头的底面间距较小。三个发射探头的超声换能器相同。每个发射探头周围以探头底面为中心对称安置若干接收探头504。发射探头501和发射探头503的功率聚焦装置高度一致。由于发射探头顶部口径大、底部口径小,



且各发射探头的底面间距较小,发射探头501和发射探头503需要分别向左右两边倾斜,以保证有足够的空间在同一高度容纳两个超声换能器。发射探头502位于发射探头501和发射探头503之间。发射探头502的功率聚焦装置适当向前倾斜且高度低于其他两个探头。由于功率聚焦装置为漏斗形,由探头上方垂直俯视时,发射探头502的超声换能器将与发射探头501和发射探头503的超声换能器有部分重叠,即充分利用发射探头501和发射探头503中部凹进去的空间,容纳发射探头502的超声换能器,以便获得更高的空间利用率。组合三个发射探头时,功率聚焦装置有多种调整方法,均可实现更高的空间利用率,并不局限于图5所示方法。

[0055] 如图6(a),为了实现宽频超声发射信号,发射探头的超声换能器可以由多个不同频率范围的窄频条状超声换能器按照频率由低到高的顺序拼接而成,再将拼接后的整体与功率聚焦装置相连。

[0056] 如图6(b),实际应用中,为了加工方便,超声换能器的底面通常采用正方形或长方形,这样便于将已有的不同频段的超声换能器直接进行切割和拼接。本实施例采用底面为正方形的超声换能器。功率聚焦装置的顶面形状需要与超声换能器的底面形状匹配。当功率聚焦装置的顶面形状与底面形状不一致时,功率聚焦装置需通过外壳的空间变形进行异形转换,比如:将方形转换为圆形。

[0057] 如图7,是图3所示本实施例的3x3发射探头阵列,由上方垂直俯视时,每个发射探头的顶面位置分布示意图。每个正方形对应一个发射探头的超声换能器。3x3发射探头阵列的九个发射探头的超声换能器大小一致,即图7中每个正方形的大小一致。如果某个正方形的边为实线,表示其对应发射探头在该实线边所在位置没有被其他发射探头遮挡;如果正方形的边为虚线,表示其对应发射探头在该虚线边所在位置被其他发射探头遮挡,即其对应发射探头的功率聚焦装置的高度低于遮挡该发射探头的其他发射探头的功率聚焦装置。图7中,发射探头702,703,706和707的功率聚焦装置高度一致,发射探头701,704,705,708和709的功率聚焦装置高度一致,发射探头702,703,706和707的功率聚焦装置高于发射探头701,704,705,708和709的功率聚焦装置,因此,发射探头702,703,706和707的超声换能器不会被其他发射探头遮挡。发射探头701被发射探头702和703遮挡;发射探头704被发射探头702和707遮挡;发射探头705被发射探头703和706遮挡;发射探头708被发射探头706和707遮挡;发射探头709被发射探头702,703,706和707遮挡。通过调节发射探头功率聚焦装置的高度和倾斜度,可以尽可能缩小发射探头阵列所占空间,以便提高空间利用率。3x3发射探头阵列中各个发射探头的功率聚焦装置有多种调整方法,均可实现高空间利用率,并不局限于图7所示方法。

[0058] 如图8,是图3所示本实施例的3x3发射探头阵列,由上方垂直俯视时,每个发射探头的底面位置分布示意图,每个发射探头的高度如图7所示。图8展示了本实施例中3x3发射探头阵列的功率聚焦装置的倾斜度调节方法之一。本实施例的发射探头底面为圆形,即图8中每个圆形对应一个发射探头的底面。3x3发射探头阵列的九个发射探头的底面口径大小一致,即图8中每个圆形的大小一致。图8中虚线所示正方形为3x3发射探头阵列中发射探头顶面的位置。发射探头701,702,703,704,705,706,707,708和709分别对应底面801,802,803,804,805,806,807,808和809。

[0059] 如图8所示,建立xy坐标。由发射探头阵列上方垂直俯视时,发射探头709的功率聚

焦装置的倾斜度为0;发射探头701的功率聚焦装置沿y轴正向倾斜;发射探头702的功率聚焦装置沿x轴正向和y轴正向的45°夹角方向倾斜;发射探头703的功率聚焦装置沿x轴反向和y轴正向的45°夹角方向倾斜;发射探头704的功率聚焦装置沿x轴正向倾斜;发射探头705的功率聚焦装置沿x轴反向倾斜;发射探头706的功率聚焦装置沿x轴反向和y轴反向的45°夹角方向倾斜;发射探头707的功率聚焦装置沿x轴正向和y轴反向的45°夹角方向倾斜;发射探头708的功率聚焦装置沿y轴反向倾斜。各发射探头沿上述方向倾斜适当角度以保证其超声换能器与其他同等高度的发射探头的超声换能器不产生交叠。3x3发射探头阵列中各发射探头的功率聚焦装置有多种倾斜方法,均可实现高空间利用率,并不局限于图8所示方法。

[0060] 如图9,基于时空四维宽频阵列的高速钢轨超声探测成像装置的工作流程,具体包括以下步骤:

[0061] 步骤1:系统启动后,后台处理器将待发射的宽频探测信号及相关控制指令通过无线通信方式发送至探测前端。

[0062] 步骤2:探测前端的数据传输模块接收数据,并将控制指令传送至探测前端的控制模块,将宽频探测信号传送至数据存储模块。

[0063] 步骤3:在控制模块的控制下,数据存储模块将宽频探测信号传送至发射探头阵列。

[0064] 步骤4:在控制模块的控制下,发射探头阵列中的发射探头将宽频探测信号转换为宽频超声信号,并按照一定的时序顺序发射超声信号进行钢轨探伤。

[0065] 步骤5:超声波信号在钢轨中传播,遇到介质改变(例如:钢轨内部有裂纹等情况)发生反射,反射的探测回波信号由接收探头阵列进行接收。

[0066] 步骤6:在控制模块的控制下,接收探头阵列将探测回波信号发送至数据存储模块暂时存储,再由数据传输模块通过无线网络发送至后台处理器。

[0067] 步骤7:后台处理器接收到探测回波信号后,一方面进行分析处理和探测成像,得出检测结果,一方面检测是否结束探测。如果是,结束探测;如果不是,回到步骤1,后台处理器向探测前端发送下一组宽频探测信号及相关控制指令。

[0068] 上述实施例为本发明较佳的实施方式,但本发明的实施方式并不受上述实施例的限制,其他的任何未背离本发明的精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化,均应为等效的置换方式,都包含在本发明的保护范围。

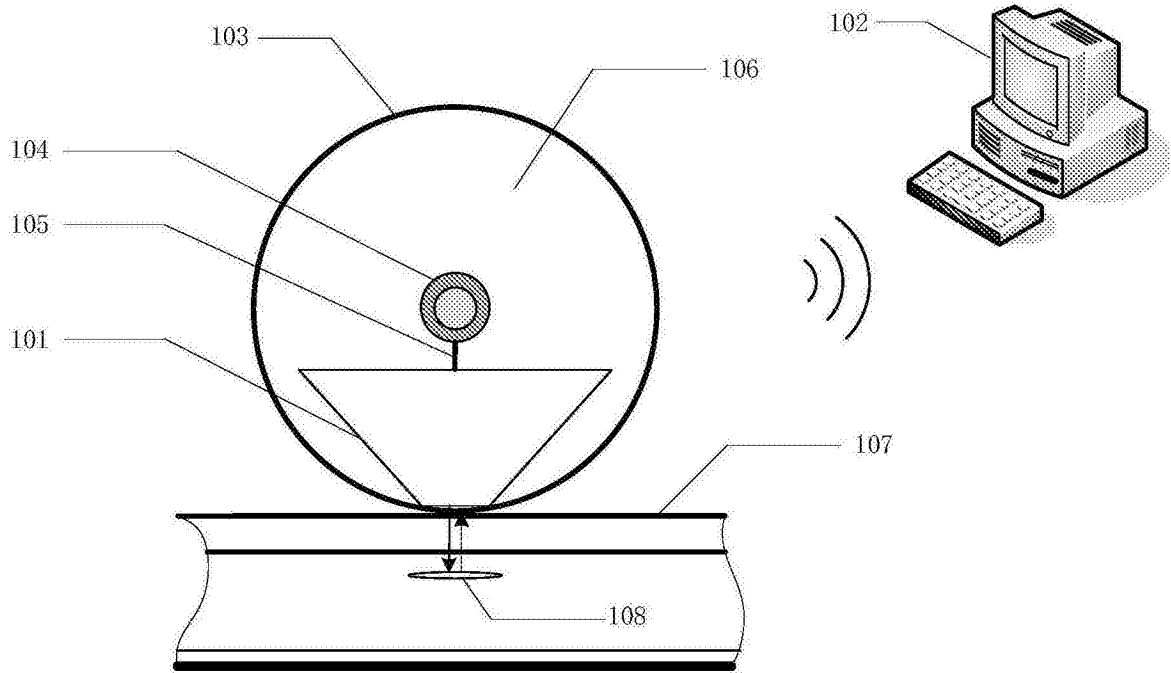


图1

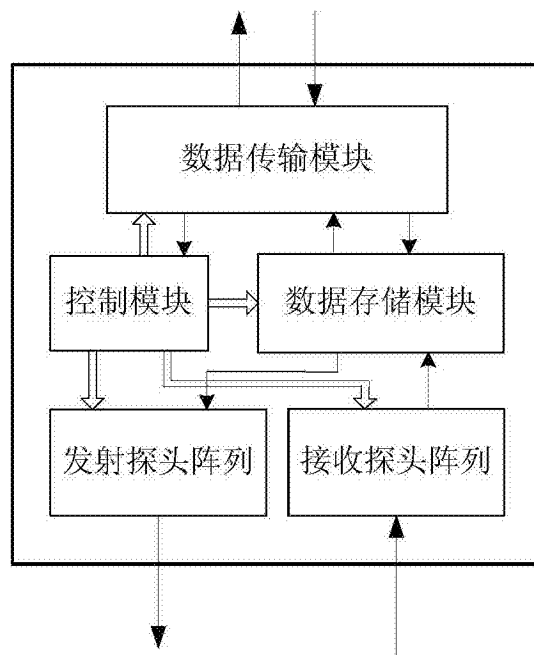


图2

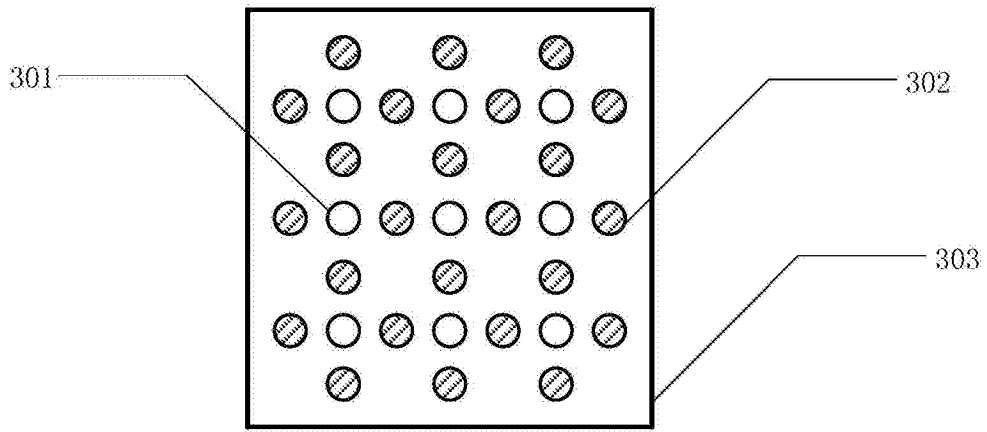


图3

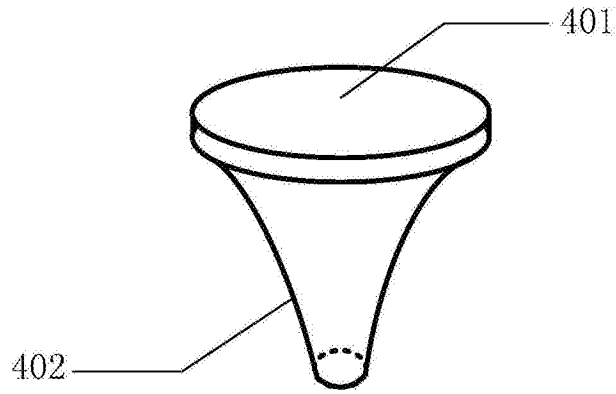


图4 (a)

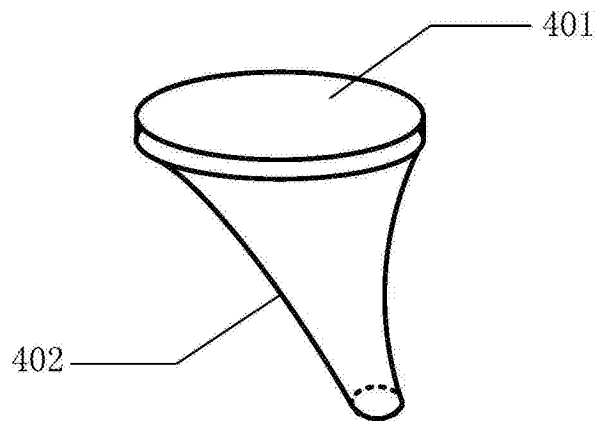


图4 (b)

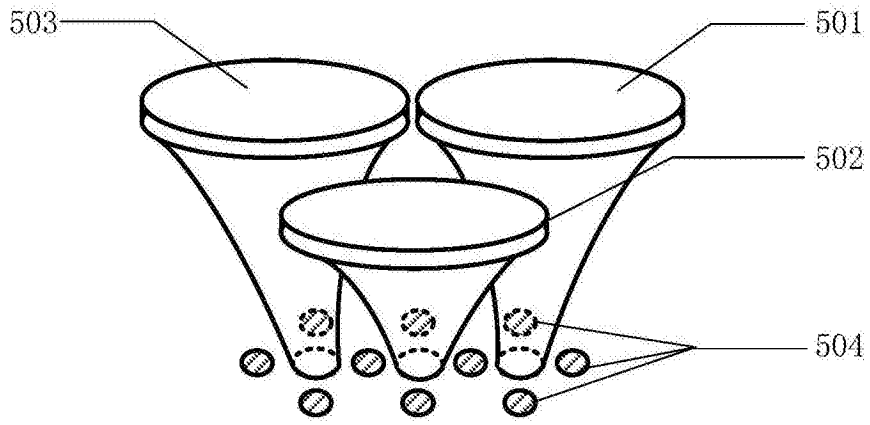


图5

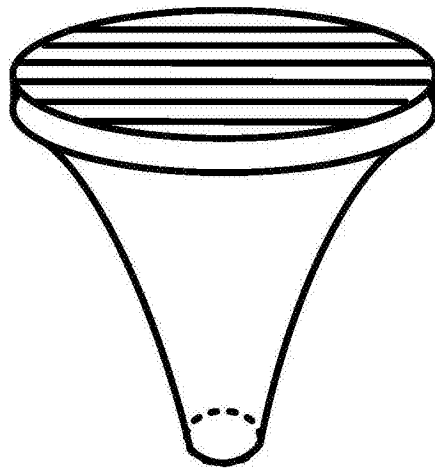


图6 (a)

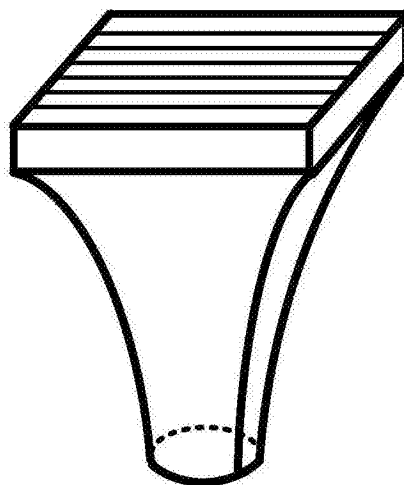


图6 (b)

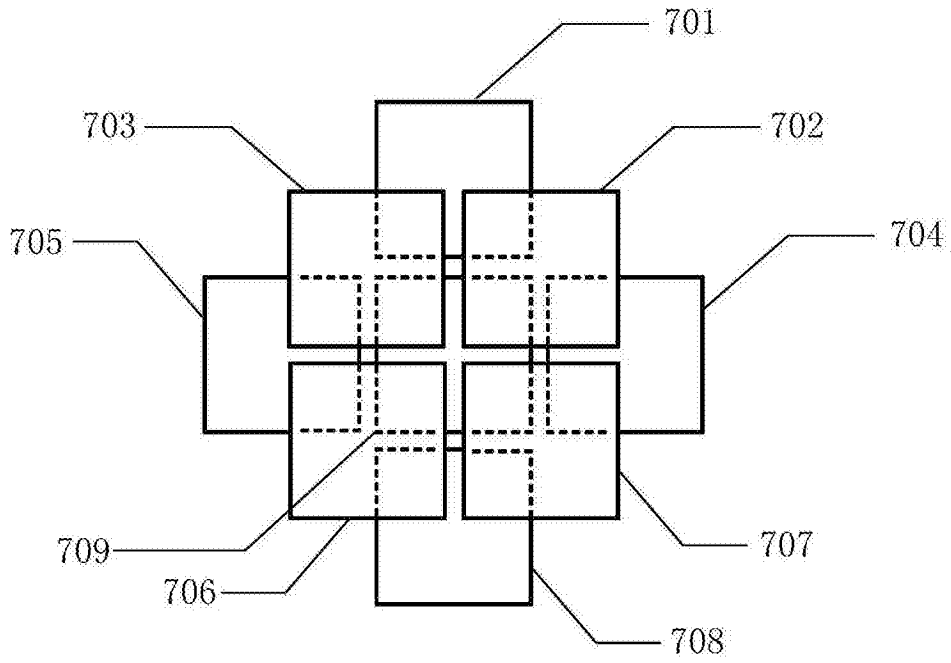


图7

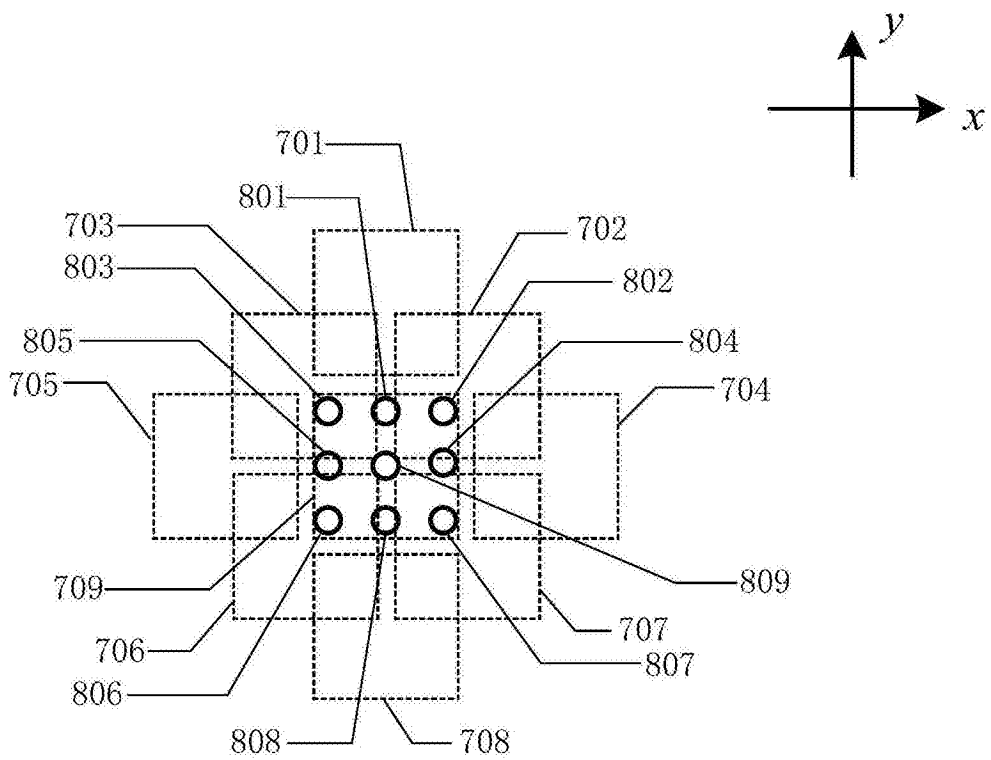


图8

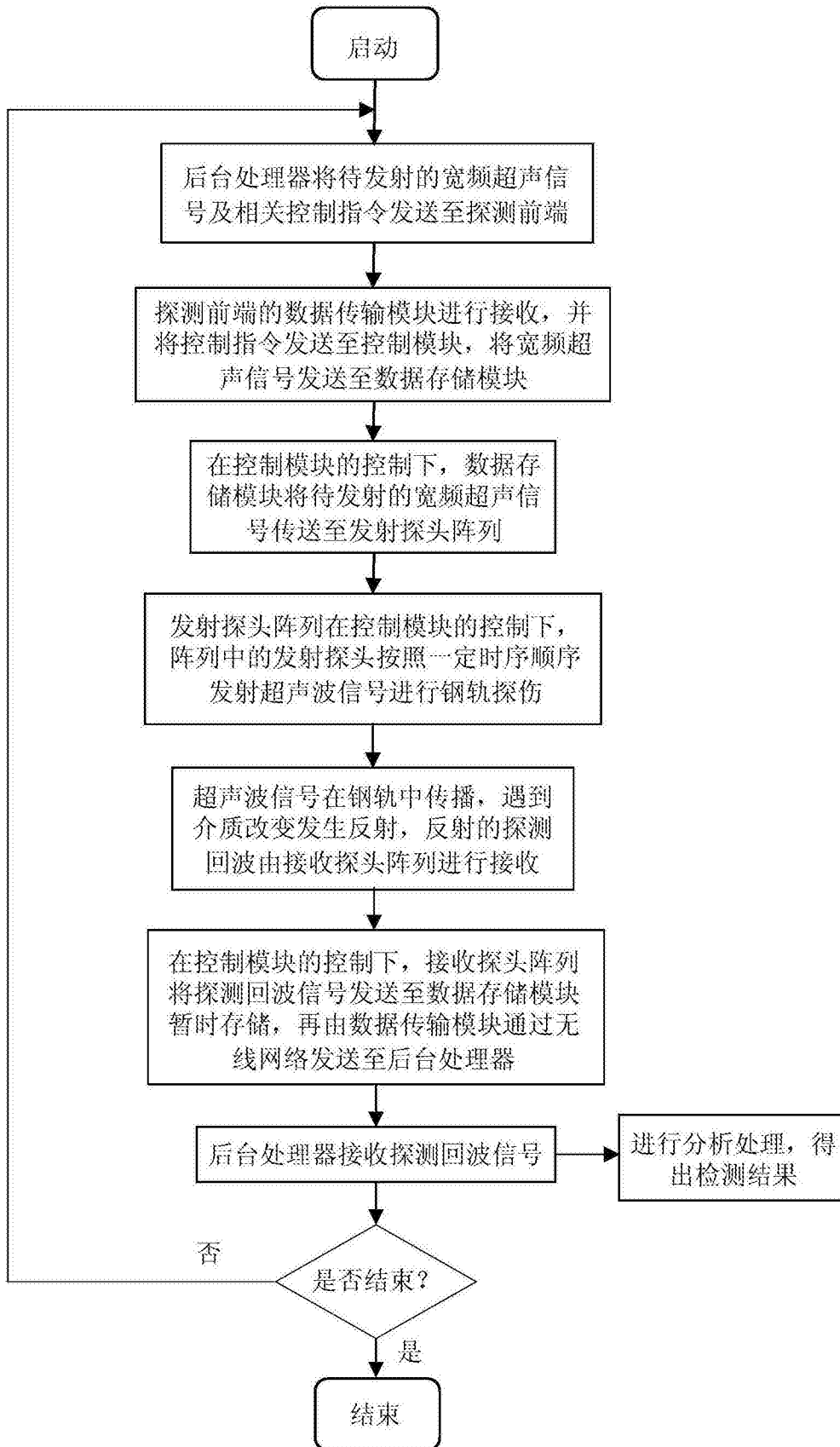


图9