

一种全自动超声波检测声测管装置的研究与应用

许磊柱

江苏筑港建设集团有限公司 江苏连云港

【摘要】随着科技的进步，声测管技术在工程检测领域尤其是智慧城市和智能交通的新基建中应用前景广阔。地下管网检测需要在不破坏管道的情况下进行，以确保检测的实用性和安全性，但传统方法如磁测、电磁法及探地雷达存在精度低、易受干扰和成本高的问题。超声波检测凭借其高指向性和灵敏度、非接触性、强抗干扰及穿透能力成为无损探伤的优选方法。本文介绍了一种全自动超声波检测装置，该装置能实现声测管的自动定位、检测和分析，显著提升了检测效率和精度，减少了人为因素的影响。

【关键词】声测管；超声波检测；全自动；装置

【收稿日期】2025 年 1 月 23 日

【出刊日期】2025 年 2 月 26 日

【DOI】10.12208/j.jer.20250083

Research and application of a fully automatic ultrasonic testing acoustic tube device

Leizhu Xu

LianYunGang Harbor Engineering Corporation, Lianyungang, Jiangsu

【Abstract】 With the progress of science and technology, acoustic measurement tube technology has a broad application prospect in the field of engineering detection, especially in the new infrastructure of smart city and intelligent transportation. The detection of underground pipeline network needs to be carried out without destroying the pipeline to ensure the practicability and safety of the detection. However, traditional methods such as magnetic survey, electromagnetic method and ground penetrating radar have the problems of low accuracy, vulnerability to interference and high cost. Ultrasonic testing has become the preferred method for non-destructive testing due to its high directivity and sensitivity, non-contact, strong anti-interference and penetrating ability. This paper introduces a fully automatic ultrasonic detection device, which can realize the automatic positioning, detection and analysis of the acoustic tube, significantly improve the detection efficiency and accuracy, and reduce the influence of human factors.

【Keywords】 Acoustic tube; Ultrasonic testing; Fully automatic; Device

引言

声测管是预埋在桩基中的金属管，用于检测桩基的完整性^[1]。地下管网检测需要在不破坏管道的情况下进行，以确保检测的实用性和安全性。传统的检测方法如磁测法、电磁法和探地雷达法存在精度不高、易受干扰和成本高等问题^[2]。为了解决上述问题，本文提出了一种全自动超声波检测声测管装置。

1 装置设计

1) 声测管：侧壁上螺旋开设有若干开槽，用于安装超声探测和机械扫查探头。

2) 控制器：与超声波发射器、360°螺旋式超声探测头、机械扫查装置电连接，用于控制整个系统的运行。

3) 360°螺旋式超声探测头：由若干个安装在开槽上的超声探测头组成，用于接收超声波信号。

4) 机械扫查装置：由若干个安装在开槽上的机械扫查探头组成，用于接收超声波信号。

5) 超声波发射器：安装于声测管的表面上，用于发射超声波。

6) 盘体：盘体的底部连接有超声波发射器，通过旋转盘体，设备能够从多个角度捕获超声波信号，

这些信号可以被用来生成被检测物体的高分辨率三维图像。

还有水处理循环装置，其中包括：

7) 水泵：水泵与进水管连接，水泵与进水管和出水管之间分别连接有电磁阀。

8) 电磁阀：水泵、电磁阀控制进水管网声测管内部进行进水。

9) 过滤网：水处理循环装置利用进水管中的过滤网去除水中的颗粒杂质、气泡等，保证耦合介质的清洁度，从而提高超声波检测的精度。

10) 进水管：声测管的内侧上方设有进水管，进水管中设有过滤网。

11) 出水管：声测管的内侧上方设有出水管。

12) 液位传感器：位于声测管内部。

13) 摄像头：位于声测管外表面。

打标装置用于在缺陷位置进行打标，其中包括：

14) 微型电机 A14：微型电机 A 的输出端连接有升降齿条，所述升降齿条的底部连接有蜡笔。

15) 微型电机 B15：微型电机 B 带动微型电机 A 进行旋转。

16) 蜡笔

全自动超声波检测声测管装置结构图和剖面图分别如图 1、图 2 所示：

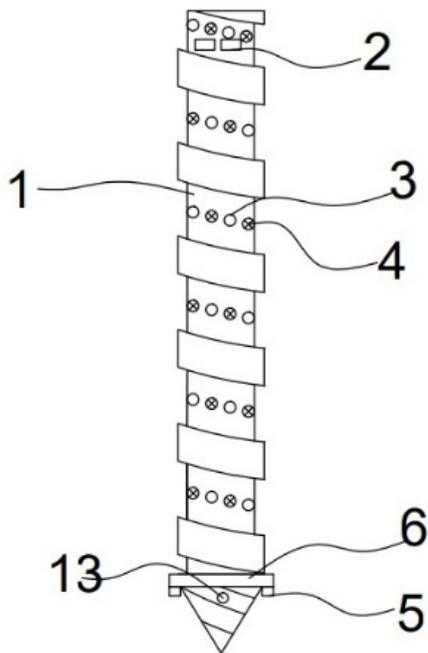


图 1 全自动超声波检测声测管装置结构图

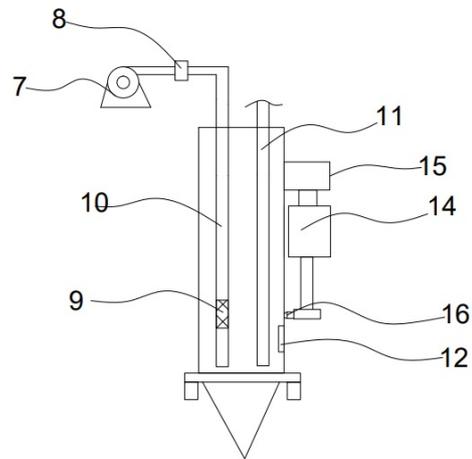


图 2 全自动超声波检测声测管装置剖面图

2 工作流程

1) 安装全自动超声波检测声测管装置。

2) 驱动超声波发射器发射超声波。超声波发射器通过盘体带动进行 360 度的旋转，实现全方位的超声波发射。

3) 360° 螺旋式超声探测头和机械扫查装置接收超声波。

4) 探伤与自动评估模块分析声波，确定损伤位置。

5) 利用打标装置在缺陷位置做标记。打标步骤包括：微型电机 A 带动齿条完成蜡笔下降动作，使蜡笔刚好接触到声测管表面；微型电机 B 带动齿轮完成蜡笔以齿条中心轴线为原点进行周向旋转的动作，在缺陷位置完成打标。

3 工作原理

360° 螺旋式超声探测头利用超声波在介质中传播的特性，通过检测信号的变化来判断管道内部损伤情况，这种探头能够实现超声波信号周向全覆盖，确保覆盖整个检测区域。螺旋式设计使得探测功能使得超声波可以从多个角度和方向对混凝土进行检测，360° 螺旋式超声探测头能够在 0° 至 360° 范围内进行超声探测，通过环绕在连接端顶部的探测面，实现对被测物体的全面覆盖。

机械扫查装置是一种用于超声波无损检测的设备，与 360° 螺旋式超声探测头间隔安装在声测管管壁的开槽处，用于接收多盘自动旋转式超声波发射器发射的超声波。机械扫查探头通常包含一个或多个超声波传感器，固定在机械结构上，并通过电

机的驱动实现旋转运动。在扫描过程中,传感器会按照预定的轨迹移动,并在每个位置发射和接收超声波信号,从而获取被测物体的内部信息。本装置中每个机械扫查探头配备探头夹持装置和探头位置编码器,机械扫查装置保证了探头的精确布置以及施加在探头上的压力均匀,同时探头移动状态实时记录。并与电气与自动控制系统、探伤与自动评估软件等配合使用,实现混凝土结构、管道、金属构件等的全区域覆盖探伤、发现管棒材中存在的各种缺陷,并生成可视化的检测结果^[3]。

超声波发射器用于发射超声波,控制器向超声波发射器输入操作开始信号时,超声发射器在 360 度径向方向上产生超声波,超声波发射器的压电元件根据提供的电压产生超声波,产生的超声波通过声测管发射到混凝土隔墙的内部。随后,360°螺旋式超声探测头、机械扫查装置接收来自压电元件的超声波,并相应地输出电压信号。电压信号由电压放大器进行放大,在电压/电流转换元件转换成电流,并远程传输。控制器接收如上的信号,计算超声波的速度,并分析该速度以确定混凝土隔墙是否存在异常,通过输出单元使得用户可以容易地检查质量异常^[4]。

声测管上设有多盘结构,多盘结构包括若干上下旋转设置在声测管上的盘体,盘体的底部连接有超声波发射器。自动旋转式设计使得超声波发射器能够围绕被检测物体进行 360 度的旋转,从而实现全方位的超声波发射和接收。这种设计显著提高了检测的覆盖范围和效率,确保了无死角的检测。通过旋转盘体,设备能够从多个角度捕获超声波信号,这些信号可以被用来生成被检测物体的高分辨率三维图像。这种成像技术对于识别微小缺陷和复杂结构特别有效^[5]。

水处理与循环装置,水处理与循环装置包括水泵、电磁阀和过滤网,声测管的内侧上方设有进水管和出水管,进水管中设有过滤网,水泵与进水管连接,水泵与进水管和出水管之间分别连接有电磁阀。声测管的内部形成有水槽,水槽中填充有耦合清水,水处理循环装置利用进水管中的过滤网去除水中的颗粒杂质、气泡等,保证耦合介质水的清洁度,从而提高超声波检测的精度。耦合水不再使用回水,避免了管体锈蚀、设备油污、外部杂物等对耦

合水体的污染。利用水泵、电磁阀控制进水管网声测管内部进行进水。声测管的水槽内嵌入安装压力式液位传感器,根据测量的水位控制测量水槽内的液位高度,实现在超声检测过程中适度的充液和放液。

声测管的外表面设置摄像头,摄像头能够实时监测声测管及其周围环境的情况,包括施工过程中的各种变化,通过记录功能,可以保存关键时段的视频资料,为后续分析和处理提供重要依据。摄像头可以捕捉声测管安装、使用过程中的细节,有助于发现潜在的问题或缺陷,通过将摄像头与远程监控系统连接,可以实现对声测管的远程监控和管理。

还包括打标装置,打标装置包括微型电机 A14 和微型电机 B15,微型电机 A14 的输出端连接有升降齿条,升降齿条的底部连接有转盘,转盘的侧边连接有蜡笔,微型电机 B15 位于微型电机 A14 的底部,且微型电机 B15 的输出端与微型电机 A14 连接,微型电机 B15 带动微型电机 A14 进行旋转。使用自动化水浸超声波检测设备对声测管进行扫查时,找到缺陷位置。将打标装置移动至缺陷上方。微型电机 A14 带动齿条完成蜡笔下降动作,使蜡笔刚好接触到声测管表面。微型电机 B15 带动齿轮完成蜡笔以齿条中心轴线为原点进行周向旋转的动作,从而在缺陷位置完成打标。打标装置的打标动作通常由仪器控制,将薄弱部位标记出来,便于后期进行检测和维护。

还包括输出单元,输出单元与控制器电连接,输出单元包括人机界面探伤与自动评估模块。输出单元与控制器之间通过通信网络进行连接,通信网络包括以太网或者现场总线等。人机界面用于人机交互,提供操作和监控界面,使操作人员能够对系统进行操作和监控。探伤与自动评估模块用于对采集到的超声波信号进行处理和分析,以识别材料中的缺陷。自动识别和评估缺陷的类型、位置和严重程度,提高评估效率。保存探伤数据和结果,生成探伤报告,便于记录和追溯。

4 应用案例

案例 1 通过集成先进的数据处理算法和用户友好的界面,提供了从数据采集、处理、存储到可视化的一站式解决方案,极大地提高了超声波检测的效率和准确性。自动控制多盘自动旋转式超声波发射

器发射不同工况的超声波并通过 360° 螺旋式超声探测头监测结果, 可以实现对各种材料和结构的全自动探伤, 包括缺陷的识别、定位和评估, 从而确保结构的完整性和安全性。缺陷检出能力强、准确率高: 100%探伤, 无漏探, 探伤结果具有良好的重复性。质量评定速度快、准确性高: 实时准确定位管材内缺陷, 并在缺陷部位进行标识。支持多种国内外探伤标准与自定义标准。LC 控制, 触摸屏人机界面, 可实现手动、自动等控制方式探伤。

案例 2 通过全自动装置实现超声波的发射、接收、分析以及打标, 整个过程高度自动化, 减少了人工干预, 提高了检测效率。超声波发射器通过盘体带动进行 360 度旋转, 能够迅速覆盖声测管的全周, 结合 360° 螺旋式超声探测头和机械扫查装置, 能够快速接收并分析超声波信号, 从而快速定位损伤位置。整个检测过程高度自动化, 操作人员只需进行简单的设置和监控, 大大简化了操作流程。

5 结语

本文提出的全自动超声波检测声测管装置, 能够实现声测管的自动定位、自动检测和自动分析,

提高了检测效率和精度, 降低了人为因素的影响, 具有广阔的应用前景。

参考文献

- [1] 杜宜军. 浅谈声测管法在灌注桩检测中的应用[J]. 治淮, 2019, (08): 48-49.
- [2] 周伟. 物探技术在桩基检测中的运用探讨[J]. 交通科技与管理, 2023, 4(05): 147-149.
- [3] 杨飞跃. 超声波法在桥梁桩基检测中的应用分析[J]. 工程与建设, 2022, 36(05): 1396-1397+1440.
- [4] 陈继岳. 超声波法在基桩无损检测中的应用[J]. 黑龙江交通科技, 2021, 44(07): 247-248.
- [5] 陈乃健. 探究超声波技术在桩基完整性检测中的运用[J]. 建材发展导向, 2020, 18(24): 94-95.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

