



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103486960 A

(43) 申请公布日 2014. 01. 01

(21) 申请号 201310164583. 7

(22) 申请日 2013. 05. 07

(71) 申请人 中国人民解放军海军工程大学
地址 430033 湖北省武汉市解放大道 717 号

(72) 发明人 王悦民 吴昕 朱龙翔 陈萍
伍文君

(74) 专利代理机构 湖北武汉永嘉专利代理有限
公司 42102

代理人 邓寅杰

(51) Int. Cl.

G01B 7/06 (2006. 01)

G01B 17/02 (2006. 01)

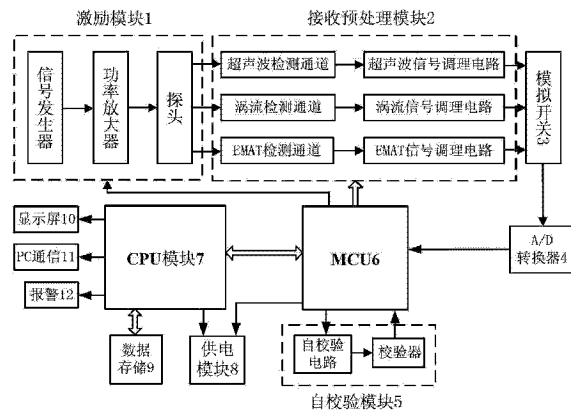
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54) 发明名称

一种超声波、涡流和 EMAT 一体化无损测厚仪及其方法

(57) 摘要

本发明涉及一种超声波、涡流和 EMAT 一体化无损测厚仪及其方法,其包括激励模块、接收预处理模块、模拟开关、A/D 转换器、自校验模块、微控制器 MCU、CPU 模块、供电模块、CPU 外围显示存储,所述激励模块与接收预处理模块连接,所述接收预处理模块与模拟开关连接,所述模拟开关与 A/D 转换器连接、所述 A/D 转换器与微控制器 MCU 连接,所述自校验模块与微控制器 MCU 连接,所述激励模块包括超声波激励模块、涡流激励模块和 EMAT 激励模块;所述接收预处理模块包括超声波接收预处理模块、涡流接收预处理模块和 EMAT 接收预处理模块。本发明通过超声波、涡流和 EMAT 三者结合,增加了测量结果的可比性,减低了单一方法测量时的误判率,同时克服了单一方法测量的局限性。



1. 一种超声波、涡流和 EMAT 一体化无损测厚仪,其特征在於:其包括激励模块、接收预处理模块、模拟开关、A/D 转换器、自校验模块、微控制器 MCU、CPU 模块、供电模块、CPU 外围显示存储,所述激励模块与接收预处理模块连接,所述接收预处理模块与模拟开关连接,所述模拟开关与 A/D 转换器连接、所述 A/D 转换器与微控制器 MCU 连接,所述自校验模块与微控制器 MCU 连接,所述微控制器 MCU 与 CPU 模块连接,所述 CPU 模块分别与显示屏、通信接口、报警模块、数据存储模块连接,所述激励模块包括超声波激励模块、涡流激励模块和 EMAT 激励模块;所述接收预处理模块包括超声波接收预处理模块、涡流接收预处理模块和 EMAT 接收预处理模块。

2. 根据权利要求 1 所述的超声波、涡流和 EMAT 一体化无损测厚仪,其特征在於:所述超声波激励模块由信号发生器、驱动电路、高压开关电路、超声波传感器组成,所述超声波信号接收预处理模块由前置放大电路、带通滤波电路、程控自动增益电路组成,所述信号发生器与驱动电路连接,所述驱动电路与高压开关电路连接,所述高压开关电路与超声波传感器连接,所述超声波传感器与前置放大电路连接,所述前置放大电路与带通滤波电路连接,所述带通滤波电路与程控自动增益电路连接。

3. 根据权利要求 1 所述的超声波、涡流和 EMAT 一体化无损测厚仪,其特征在於:所述涡流激励模块由信号发生器、功率放大器、涡流传感器组成,涡流信号接收预处理模块由检波电路、平衡滤波电路和可调增益放大电路组成,所述信号发生器与功率放大器连接,所述功率放大器与涡流传感器连接,所述涡流传感器与检波电路连接,所述检波电路与平衡滤波电路连接,所述平衡滤波电路与可调增益放大电路连接。

4. 根据权利要求 1 所述的超声波、涡流和 EMAT 一体化无损测厚仪,其特征在於:所述 EMAT 激励模块由信号发生器、驱动电路、D 类功率放大电路、匹配电路、电磁声换能器 EMAT 组成,所述 EMAT 信号接收预处理模块由匹配电路、前置放大电路、带通滤波电路、程控自动增益电路组成,所述信号发生器与驱动电路连接,所述驱动电路与 D 类功率放大电路连接,所述 D 类功率放大电路与匹配电路连接,所述匹配电路与电磁声换能器 EMAT 连接,所述电磁声换能器 EMAT 与匹配电路连接,所述匹配电路与前置放大电路连接,所述前置放大电路与带通滤波电路连接,所述带通滤波电路与程控自动增益电路连接。

5. 根据权利要求 2 所述的超声波、涡流和 EMAT 一体化无损测厚仪,其特征在於:所述超声波传感器设置在超声探头内,所述超声探头为收发一体式,超声波传感器由双压电晶片构成,一个晶片用于发射超声波,另一个晶片用于接受超声波。

6. 根据权利要求 3 所述的超声波、涡流和 EMAT 一体化无损测厚仪,其特征在於:所述涡流传感器设置在涡流探头内,所述涡流探头为收发一体式,涡流传感器的外部均采用屏蔽式结构,涡流传感器由两组线圈绕组构成,一组线圈绕组为发射线圈绕组,另一组为接收线圈绕组,所述发射线圈绕组的输入端与激励模块的输出连接,所述接收线圈绕组与接受预处理模块的输入连接。

7. 根据权利要求 4 所述的超声波、涡流和 EMAT 一体化无损测厚仪,其特征在於:所述电磁声换能器 EMAT 设置在 EMAT 探头内,所述 EMAT 探头为收发一体式,电磁声换能器 EMAT 的外部均采用屏蔽式结构,电磁声换能器 EMAT 由两组线圈绕组构成,一组线圈绕组为发射线圈绕组,另一组为接收线圈绕组,所述发射线圈绕组的输入端与激励模块的输出连接,所述接收线圈绕组与接受预处理模块的输入连接。

8. 一种超声波、涡流和 EMAT 一体化无损测厚方法,其特征在於:其方法包括以下步骤:

步骤 A)、在超声波、涡流和 EMAT 三种无损测量模式中选择一种所要检测的模式,将对应探头置于被测试件上;

步骤 B)、通过微控制器 MCU 控制信号发生器产生所需特定频率的激励信号,经功率放大后激励探头发射端;

步骤 C)、根据超声波、涡流和 EMAT 各自的激励原理,在探头接收端感应出电压信号,电压信号经接收预处理模块进行拾取信号的处理;

步骤 D)、将处理后得到的模拟信号经模拟开关送入 A/D 转换器转换为数字信号,通过 CPU 模块运算处理后将测量的试件厚度值显示并存储;

步骤 E)、当对同一试件分别采用超声波、涡流、EMAT 三种方法均测量完成时,启动自校验程序,通过自校验模块对三种无损测厚方法的测量结果彼此分别比对,实现对测量结果偏差较大方法的主动自校验功能。

一种超声波、涡流和 EMAT 一体化无损测厚仪及其方法

技术领域

[0001] 本发明属于无损检测技术领域,涉及一种超声、涡流和 EMAT 一体化无损测厚仪及其方法。

背景技术

[0002] 长期使用的带包覆层的铁磁性承压管道、容器等会因腐蚀产生壁厚减薄,当壁厚减薄达到一定程度时,可能会失效从而导致巨大的经济损失,甚至导致人员伤亡事故发生。因此,对油、水、气等介质的运输管道等设备产品的厚度测量至关重要。同时在工业生产和应用中,需要对设备或者产品的厚度进行快捷的、随机的测量,大型设备或在线系统难以满足要求,这就需要便携式测厚仪来完成,以实现高精度、安全可靠的无损测量。

[0003] 目前的测厚仪均有着各自优缺点和适用范围,超声波测厚技术方向性好、穿透能力强、波长短、绕射现象小、能量高、有聚焦与发散作用、应用广泛、适应性强,但测量时需要耦合剂(水、甘油等),易造成环境污染,同时要求超声波传感器和金属本体间耦合良好,需要打磨掉金属腔体外壁的防腐涂,拆除外包覆层,易造成原包覆结构损坏,操作不便,影响了超声测厚效率,限制了应用领域。实际应用中,适用于金属、非金属、复合材料等多种材料的测厚。如中国专利申请号为 201020274870.5 的实用新型专利《超声测厚仪》,中国专利申请号为 201120306354.05 的实用新型专利《超声波涂层测厚仪》,中国专利申请号为 201120225836.3 的实用新型专利《一种超声测厚仪》,中国专利申请号为 200920246432.5 的实用新型专利《一种超声波测厚仪》。

[0004] 涡流测厚技术有着速度快、非接触、频谱宽、信息丰富、易于制造、检测线路简单等优点,但受趋肤效应影响,不易检测到试件较深层次的信息,受涡流传感器激励线圈的限制,对大面积大壁厚试件厚度检测尚存在不足。涡流测厚根据覆层材料和基体材料的不同分为复合镀层厚度测量、非磁性金属上非导电层厚度测量和磁性金属上非磁性覆层厚度测量三种。实际应用中,主要用于测量铝型材、铝板、铝管、铝塑板、铝工件表面的氧化物或涂层测厚。如中国专利申请号为 201120184897.X 的实用新型专利《一种新型电涡流传感器测厚仪》,中国专利申请号为 201120184916.9 的实用新型专利《一种脉冲电涡流测厚仪》。

[0005] EMAT(电磁声换能器)是一种磁性材料中激励和检测超声波的器件,它利用电磁感应的原理,直接在被检测体内激发超声波。该技术不需要耦合剂,也无需与金属表面紧密接触,实现了非接触测量,简化了操作,检测灵敏度高,同时 EMAT 能灵活地改变所激发和接收的波模,能对高温、高速、涂覆状态下的材料进行检测。EMAT 主要基于洛伦兹力和磁致伸缩效应两种机理研制。洛伦兹力机理适用于金属材料,对于铁磁性材料而言,磁致伸缩效应机理居于主导地位。所以基于洛伦兹力机理的 EMAT 一般应用于非铁磁性材料(铝、铜等),铁磁性材料的检测主要采用磁致伸缩效应机理的 EMAT。目前该技术已在国内进行了阶段性研究,如中国专利申请号为 92222396.3《便携式测厚仪》和中国专利申请号为 200810226405.1《电磁超声测厚方法》采用了永磁铁提供磁场,不便于对铁磁性材料的厚度进行测量。中国专利申请号为 93206367.5《电磁超声测厚仪》中的 EMAT 使用了 U 形软铁,换能器尺寸较大,

使用不便。

[0006] 随着现代技术的飞速发展,对于航空航天、核电、船舶、石油、化工、天然气、桥梁等重要工业领域构件的检测要求也越来越高,单一功能的测厚技术已不能满足社会需要,因此,需要一种多功能的测厚系统,采用多种不同测厚方法同时测厚,使测量结果更具有说服力,避免仅采用一种测厚方法而导致的误测,同时弥补单一功能检测的不足。

发明内容

[0007] 本发明的主要目的是在现有无损检测的理论基础上,结合当今的主流测厚技术,提出一种超声波、涡流和 EMAT 一体化无损测厚仪及其测厚方法,通过超声波、涡流和 EMAT 三者结合,对同一试件厚度进行无损测量时,提供三种测量方法,增加了测量结果的可比性,减低了单一方法测量时的误判率,同时克服了单一方法测量的局限性,对测量结果偏差较大方法实现主动自校验(校正)功能,克服了现有技术中存在的不足。

[0008] 为了实现上述目的,本发明的技术方案为:一种超声波、涡流和 EMAT 一体化无损测厚仪,其不同之处在于:其包括激励模块、接收预处理模块、模拟开关、A/D 转换器、自校验模块、微控制器 MCU、CPU 模块、供电模块、CPU 外围显示存储,所述激励模块与接收预处理模块连接,所述接收预处理模块与模拟开关连接,所述模拟开关与 A/D 转换器连接、所述 A/D 转换器与微控制器 MCU 连接,所述自校验模块与微控制器 MCU 连接,所述微控制器 MCU 与 CPU 模块连接,所述 CPU 模块分别与显示屏、通信接口、报警模块、数据存储模块连接,所述激励模块包括超声波激励模块、涡流激励模块和 EMAT 激励模块;所述接收预处理模块包括超声波接收预处理模块、涡流接收预处理模块和 EMAT 接收预处理模块。

[0009] 按以上方案,所述超声波激励模块由信号发生器、驱动电路、高压开关电路、超声波传感器组成,所述超声波信号接收预处理模块由前置放大电路、带通滤波电路、程控自动增益电路组成,所述信号发生器与驱动电路连接,所述驱动电路与高压开关电路连接,所述高压开关电路与超声波传感器连接,所述超声波传感器与前置放大电路连接,所述前置放大电路与带通滤波电路连接,所述带通滤波电路与程控自动增益电路连接。

[0010] 按以上方案,所述涡流激励模块由信号发生器、功率放大器、涡流传感器组成,涡流信号接收预处理模块由检波电路、平衡滤波电路和可调增益放大电路组成,所述信号发生器与功率放大器连接,所述功率放大器与涡流传感器连接,所述涡流传感器与检波电路连接,所述检波电路与平衡滤波电路连接,所述平衡滤波电路与可调增益放大电路连接。

[0011] 按以上方案,所述 EMAT 激励模块由信号发生器、驱动电路、D 类功率放大电路、匹配电路、电磁声换能器 EMAT 组成,所述 EMAT 信号接收预处理模块由匹配电路、前置放大电路、带通滤波电路、程控自动增益电路组成,所述信号发生器与驱动电路连接,所述驱动电路与 D 类功率放大电路连接,所述 D 类功率放大电路与匹配电路连接,所述匹配电路与电磁声换能器 EMAT 连接,所述电磁声换能器 EMAT 与匹配电路连接,所述匹配电路与前置放大电路连接,所述前置放大电路与带通滤波电路连接,所述带通滤波电路与程控自动增益电路连接。

[0012] 按以上方案,所述超声波传感器设置在超声探头内,所述超声探头为收发一体式,超声波传感器由双压电晶片构成,一个晶片用于发射超声波,另一个晶片用于接受超声波。

[0013] 按以上方案,所述涡流传感器设置在涡流探头内,所述涡流探头为收发一体式,涡流传感器的外部均采用屏蔽式结构,涡流传感器由两组线圈绕组构成,一组线圈绕组为发射线圈绕组,另一组为接收线圈绕组,所述发射线圈绕组的输入端与激励模块的输出连接,所述接收线圈绕组与接受预处理模块的输入连接。

[0014] 按以上方案,所述电磁声换能器 EMAT 设置在 EMAT 探头内,所述 EMAT 探头为收发一体式,电磁声换能器 EMAT 的外部均采用屏蔽式结构,电磁声换能器 EMAT 由两组线圈绕组构成,一组线圈绕组为发射线圈绕组,另一组为接收线圈绕组,所述发射线圈绕组的输入端与激励模块的输出连接,所述接收线圈绕组与接受预处理模块的输入连接。

[0015] 一种超声波、涡流和 EMAT 一体化无损测厚方法,其不同之处在于:其方法包括以下步骤:

步骤 A)、在超声波、涡流和 EMAT 三种无损测量模式中选择一种所要检测的模式,将对应探头置于被测试件上;

步骤 B)、通过微控制器 MCU 控制信号发生器产生所需特定频率的激励信号,经功率放大后激励探头发射端;

步骤 C)、根据超声波、涡流和 EMAT 各自的激励原理,在探头接收端感应出电压信号,电压信号经接收预处理模块进行拾取信号的处理;

步骤 D)、将处理后得到的模拟信号经模拟开关送入 A/D 转换器转换为数字信号,通过 CPU 模块运算处理后将测量的试件厚度值显示并存储;

步骤 E)、当对同一试件分别采用超声波、涡流、EMAT 三种方法均测量完成时,启动自校验程序,通过自校验模块对三种无损测厚方法的测量结果彼此分别比对,实现对测量结果偏差较大方法的主动自校验功能。

[0016] 本发明通过微控制器 MCU 控制信号发生器产生超声测厚、涡流测厚、EMAT 测厚所需特定频率的激励信号,该信号经功率放大后激励探头线圈,将探头线圈接收到的信号送入相应的检测通道,使信号加载到相应的超声波、涡流、EMAT 传感器上,使各传感器完成含有关被检试件厚度信息信号的拾取。信息拾取后送入超声、涡流、EMAT 的接收预处理模块进行拾取信号的处理,将处理后得到的模拟信号经模拟开关,送入 A/D 转换器,将表示试件厚度的模拟信号转换为数字信号,应 CPU 需求将测量数据送入 CPU 模块。CPU 模块将测量的试件厚度值在显示器上显示出来并存储,并与阈值作比较,若超出范围则启动报警单元。每当对同一试件分别采用超声波、涡流、EMAT 三种方法的测量完毕后,启动自校验程序,将三个测量数据送入自校验电路进行校验,同时校验器对自校验电路输出值进行两两比较判别,若三个测量数据在误差范围内,则不作处理;若某个测量数据偏差较大,校验器给出差错指示,送入微控制器 MCU 进行误差通道的校准处理。该自校验过程产生的差错指示、误差通道和校准完成指令同步送入 CPU 模块,在显示器显示通知用户。

[0017] 基于以上技术方案,本发明有如下的优点:

1、本发明综合超声波、涡流和 EMAT 检测为一体,对同一试件厚度进行测量时,三种方法可供选择,降低了单一方法测量时的误判率,提高了测量的准确率与可信度;

2、本发明通过自校验模块对三种无损测厚方法的测量结果彼此任意比对,实现对测量结果偏差较大方法的主动自校验(校正)功能,极大地提高了测量结果的准确性;

3、本发明综合超声波、涡流和 EMAT 检测为一体,相较于各自分离的超声波测厚仪、涡

流测厚仪、EMAT 测厚仪,采用一套 CPU 模块、存储芯片、显示屏、供电系统、数据处理系统及机壳等,大大节省了设备的成本,实现了资源的共享和技术之间的优势互补;

4、本发明集成度高、体积小、重量轻、操作简便、便于携带,针对不同试件,有三种无损检测方法可供选择,具有较为广泛的应用,克服了单一方法无损检测的局限性,适用于各种恶劣环境下使用;

5、本发明通过本地和远程数据库进行数据存档存储,可随时调用数据对试件的健康状况进行评估,进行寿命预测等性能分析;

常规的测厚仪只采用一种测厚技术:如传统的压电超声测厚技术,需要耦合剂,易造成环境污染,同时需要进行打磨等操作,影响了效率,限制了应用领域。涡流测厚技术受趋肤效应影响,不易检测到试件较深层次的信息,受涡流传感器激励线圈的限制,对大面积壁厚检测尚有不足。这些测厚仪测量方法单一,测量结果没有可比性,因此,准确度难以量化。基于此,本发明将超声、涡流、EMAT 三种技术融为一体,通过三种方法对试件进行检测,增加了测量结果的可比性,减低了单一方法测量时的误判率,对测量结果偏差较大方法实现主动自校验(校正)功能,实现了资源的共享和技术之间的优势互补,较好地避免了漏检和误检,极大提高了测厚的准确性与可靠性。是一种更为高效、可靠、安全的无损测厚方法。

附图说明

[0018] 图 1 为本发明实施例的系统框图;

图 2 为本发明实施例自校验算法流程图;

图 3 为本发明实施例一种超声波、涡流和 EMAT 一体化无损测厚方法的流程说明图;

图 4 为本发明实施例超声波测厚原理框图;

图 5 为本发明实施例涡流测厚原理框图;

图 6 为本发明实施例 EMAT 测厚原理框图。

具体实施方式

[0019] 下面结合附图对本发明做进一步的详细说明。

[0020] 如图 1- 图 6 所示,包括激励模块 1、接收预处理模块 2、模拟开关 3、A/D 转换器 4、自校验模块 5、微控制器 MCU6、CPU 模块 7、供电模块 8 等。激励模块 1 与接收预处理模块 2 连接,接收预处理模块 2 与模拟开关 3 连接,模拟开关 3 与 A/D 转换器 4 连接、A/D 转换器 4 与微控制器 MCU6 连接,自校验模块 5 与微控制器 MCU6 连接,微控制器 MCU6 与 CPU 模块 7 连接,CPU 模块 7 与数据存储模块 9、显示屏 10、通信接口 11、报警模块 12 等外围模块连接。其中,超声波激励模块、涡流激励模块和 EMAT 激励模块;接收预处理模块包括超声波接收预处理模块、涡流接收预处理模块和 EMAT 接收预处理模块;自校验模块包括自校验电路和校验器。

[0021] 如图 3 所示,一种超声波、涡流和 EMAT 一体化无损测厚方法,其方法包括以下步骤:步骤 A)、在超声波、涡流和 EMAT 三种无损测量模式中选择一种所要检测的模式,将对应探头置于被测试件上;

步骤 B)、通过微控制器 MCU 控制信号发生器产生所需特定频率的激励信号,经功率放大后激励探头发射端;

步骤 C)、根据超声波、涡流和 EMAT 各自的激励原理,在探头接收端感应出电压信号,电压信号经接收预处理模块进行拾取信号的处理;

步骤 D)、将处理后得到的模拟信号经模拟开关送入 A/D 转换器转换为数字信号,通过 CPU 模块运算处理后将测量的试件厚度值显示并存储;

步骤 E)、当对同一试件分别采用超声波、涡流、EMAT 三种方法均测量完成时,启动自校验程序,通过自校验模块对三种无损测厚方法的测量结果彼此分别比对,实现对测量结果偏差较大方法的主动自校验功能。

[0022] 实际操作时,通过微控制器 MCU6 控制信号发生器产生超声波测厚、涡流测厚、EMAT 测厚所需特定频率的激励信号——方波、正弦波和脉冲信号,该信号经功率放大后激励探头线圈,将探头线圈接收到的信号送入相应的检测通道,使信号加载到相应的超声波、涡流、EMAT 传感器上,使各传感器完成含有关被检试件厚度信息信号的拾取。信息拾取后送入超声、涡流、EMAT 的接收预处理模块进行拾取信号的处理,将处理后得到的模拟信号经模拟开关,送入 A/D 转换器 4,将表示试件厚度的模拟信号转换为数字信号,应 CPU 需求将测量数据送入 CPU 模块 7。CPU 模块 7 将测量的试件厚度值在显示器上显示出来并存储,并与阈值作比较,若超出范围则启动报警单元。每当对同一试件分别采用超声波、涡流、EMAT 三种方法的测量完毕后,启动自校验程序,将三个测量数据送入自校验电路进行校验,同时校验器对自校验电路输出值进行两两比较判别,若三个测量数据在误差范围内,则不作处理;若某个测量数据偏差较大,校验器给出差错指示,送入微控制器 MCU6 进行误差通道的校准处理。该自校验过程产生的差错指示、误差通道和校准完成指令同步送入 CPU 模块 7,在显示器显示通知用户。测量结果可通过 USB 接口传送到计算机中保存,从而实现超声、涡流、EMAT 一体化无损测厚仪的操作。

[0023] 进一步的,如图 4 所示,超声波激励模块由信号发生器、驱动电路、高压开关电路、超声波传感器(又称超声换能器)组成。实际工作时,微控制器 MCU6 提供低压可调脉宽信号,给信号发生器产生方波脉冲信号,由于该信号功率很小、电压幅值低,需经驱动电路放大后,驱动激励换能器产生超声波,再由高压开关电路将其转换为高压窄脉冲激励信号,形成的高压窄脉冲激励信号加到换能器上产生超声波。

[0024] 进一步的,如图 4 所示,超声波信号接收预处理模块由前置放大电路、带通滤波电路、程控自动增益电路组成。将信号送入前置放大电路进行信号放大,并抑制其它的噪声和干扰,达到最大的信噪比。初步放大后的信号经过一个带通滤波器做选频处理以选择在激励频率附近的频率,过滤干扰噪声。再将过滤后信号送入程控增益放大器,将信号按时间进行增益调节,使放大后的信号的幅度保持在同一数量级,同时满足数据采集电路的电平要求。将输出信号送至 A/D 转换器 4 进行高速采集,再传送到微控制器 MCU 做数字化运算处理,然后应 CPU 需求将所得厚度值送至 CPU 模块 7,将测量的厚度值显示存储。

[0025] 进一步的,如图 5 所示,涡流信号激励模块由信号发生器、功率放大器、涡流传感器组成。微控制器 MCU6 控制信号发生器产生正弦波激励信号,经功率放大器反馈给探头线圈,探头测量线圈的信号经放大后得到测量信号。

[0026] 进一步的,如图 5 所示,涡流信号接收预处理模块由检波电路、平衡滤波和可调增益放大电路组成。实际工作时,将涡流激励单元得到的测量信号送入检波器,检测出直流信号,直流信号经平衡滤波过滤干扰噪声后,送入可调增益放大电路进行调零放大,放大后的

直流信号送至 A/D 转换器 4, A/D 转换器 4 对送入模拟信号进行高速采样,将换后的数字信号送微控制器 MCU6 进行数字滤波处理、非线性校正和补偿,然后应 CPU 需求将有关数据送 CPU 模块 7,将测量的厚度值显示存储。

[0027] 进一步的,如图 6 所示,EMAT 激励模块由信号发生器、驱动电路、D 类功率放大电路、匹配电路、电磁声换能器 EMAT 组成。实际工作时,在微控制器 MCU6 控制下使信号发生器产生窄脉冲信号,由于该信号功率很小、电压幅值低,需经驱动电路放大,然后送入 D 类功率放大电路放大单个调制脉冲,形成的高压窄脉冲激励信号有着较大的功率和较高的频率特性,再送入匹配电路中,以提高电路的能量传输效率,同时保护根据 EMAT 发射电路。根据电—磁—声转换原理,经过匹配电路的高压窄脉冲激励信号激励 EMAT,在试件内产生电磁超声波。

[0028] 进一步的,如图 6 所示,EMAT 信号接收预处理模块由匹配电路、前置放大电路、带通滤波电路、程控自动增益电路组成。回波信号经过匹配电路进行阻抗匹配,以提高接收转化效率,由于 EMAT 换能效率较低,从匹配电路上接收的回波信号很微弱,同时信号中存在较大的噪声干扰,需将接收到的回波信号送入前置放大电路进行信号放大处理,并抑制噪声干扰,以达到最大的信噪比。初步放大后的信号经过一个带通滤波器做选频处理以选择有效频带的回波信号,过滤干扰噪声。由于超声声道的长度不同以及管道厚薄的不一致,致使每次测量时的回波信号幅值也不同,需将过滤后信号送入程控增益放大器,对不同时刻的回波信号的增益进行相应调节,使放大后信号的幅度保持在同一数量级。再将输出信号送至 A/D 转换器 4 进行高速采集,再传送到微控制器 MCU 做数字化运算处理,然后应 CPU 需求将有关数据送 CPU 模块 7,将测量的厚度值显示存储。

[0029] 进一步的,微控制器 MCU6 与 CPU 模块 7 之间的通信应答由专门的通信逻辑电路负责。CPU 模块 7 负责测量结果的显示、超限报警、数据存储、与后台控制终端的通信和电源电压监控等方面。供电模块 8 负责电源管理,一方面为系统各个部分提供所需大小电源电压,另一方面检测电池电压、温度、外电源的接入和电池充电等。同时,本发明实现实时在线检测,通过 USB 接口可实现对试件的健康状况即时监控。测量结果可通过 USB 接口传送到后台控制终端计算机中保存,从而实现超声、涡流、EMAT 一体化无损测厚仪的操作,以分析试件性能,改进其生产工艺和流程,提高产品质量。

[0030] 本说明书中未作详细描述的内容属于本领域专业技术人员公知的现有技术。

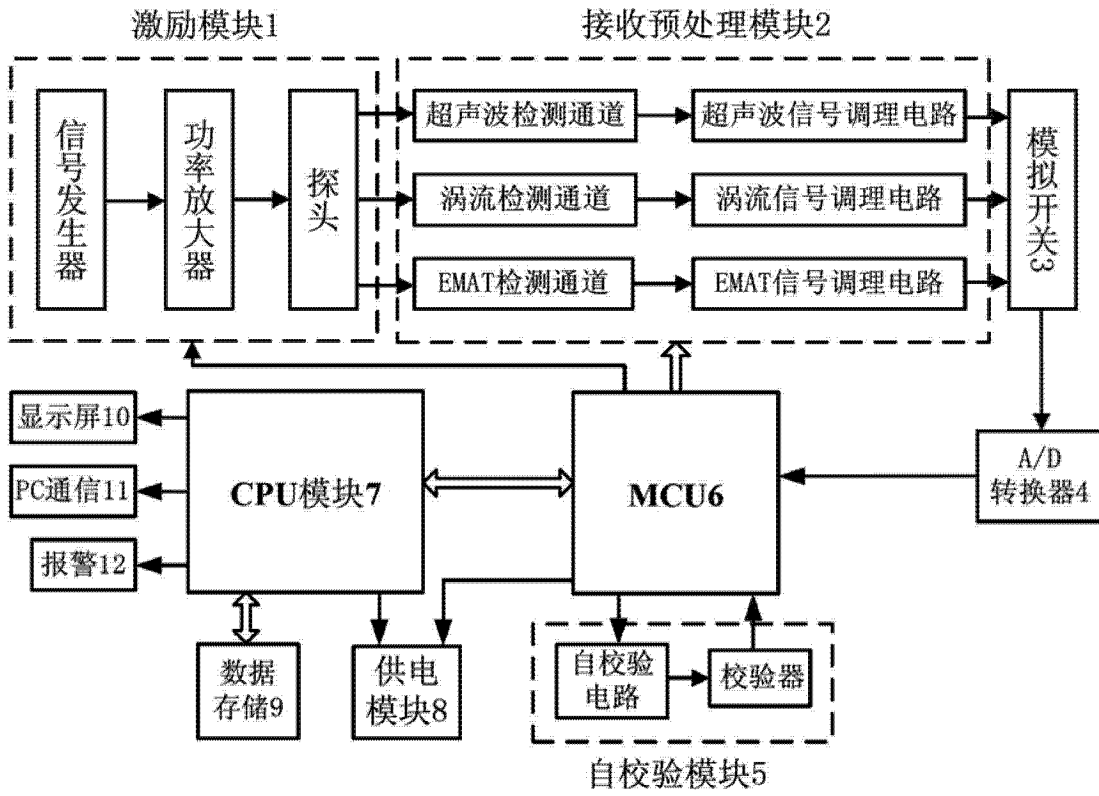


图 1

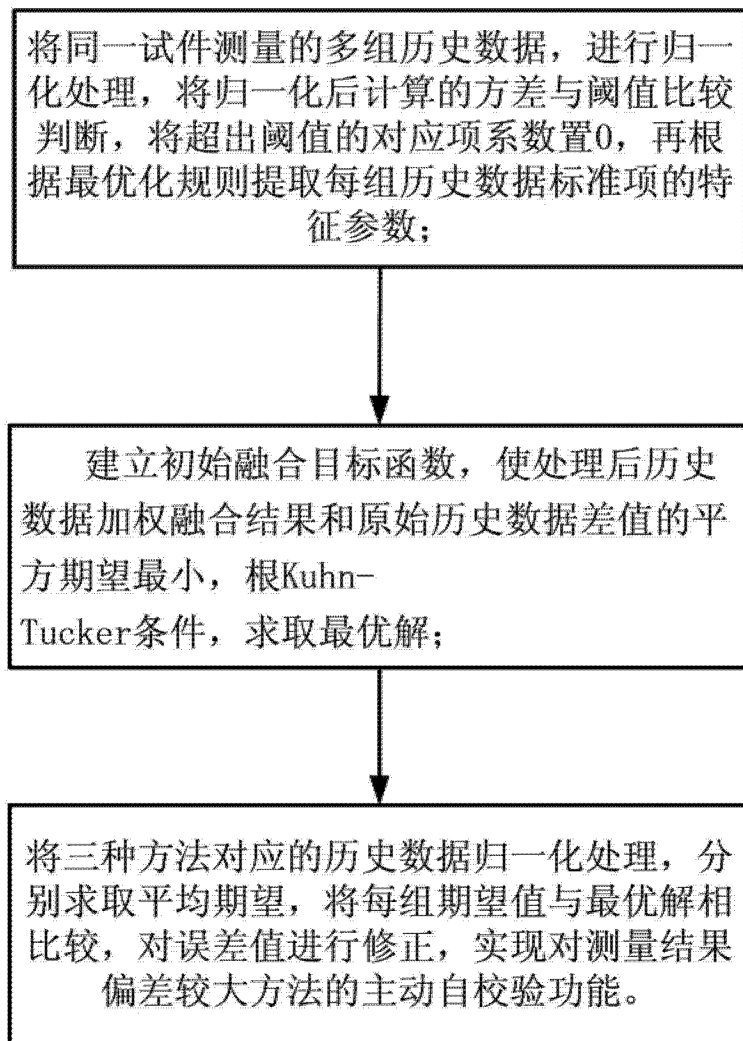


图 2

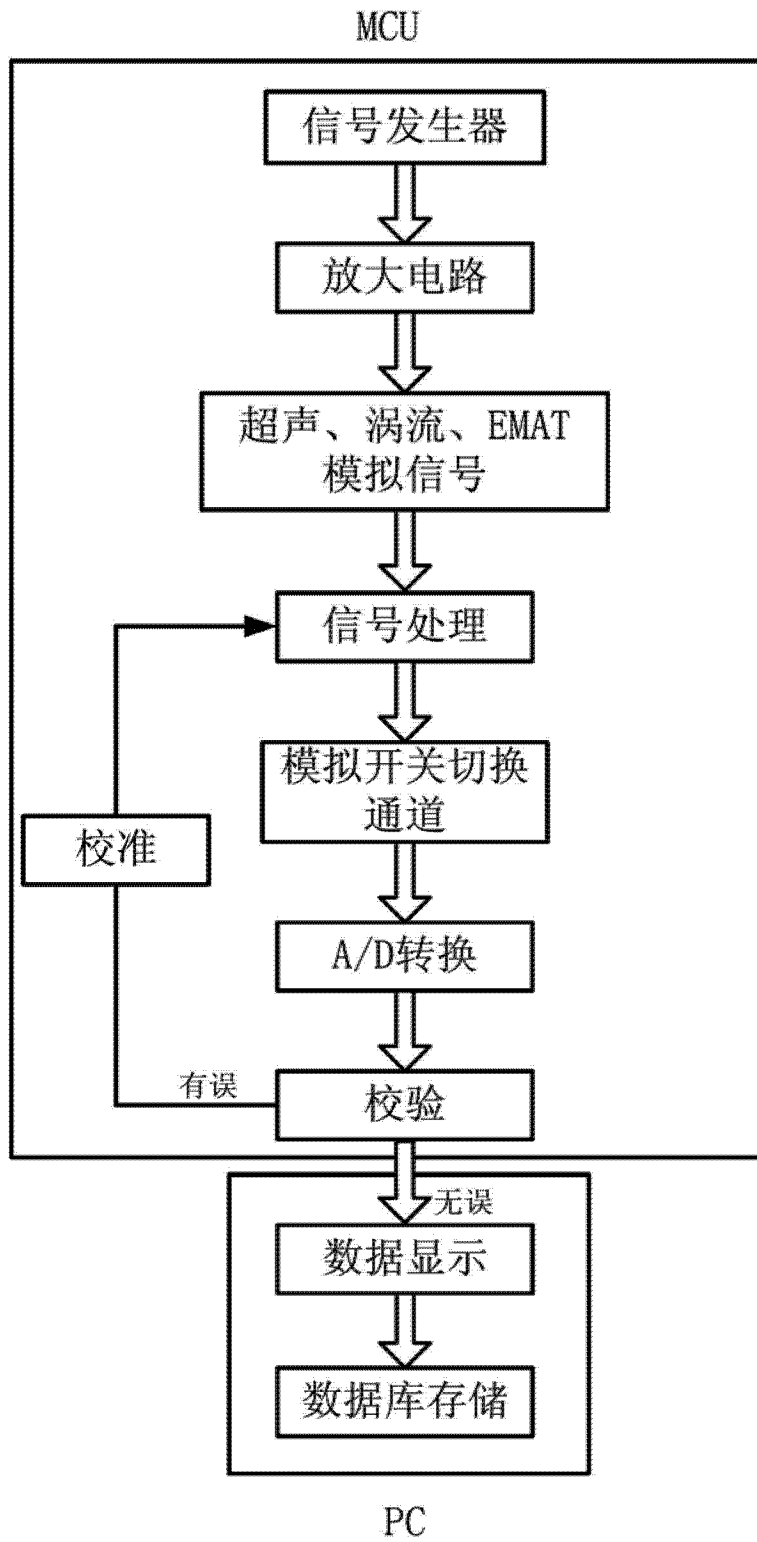


图 3

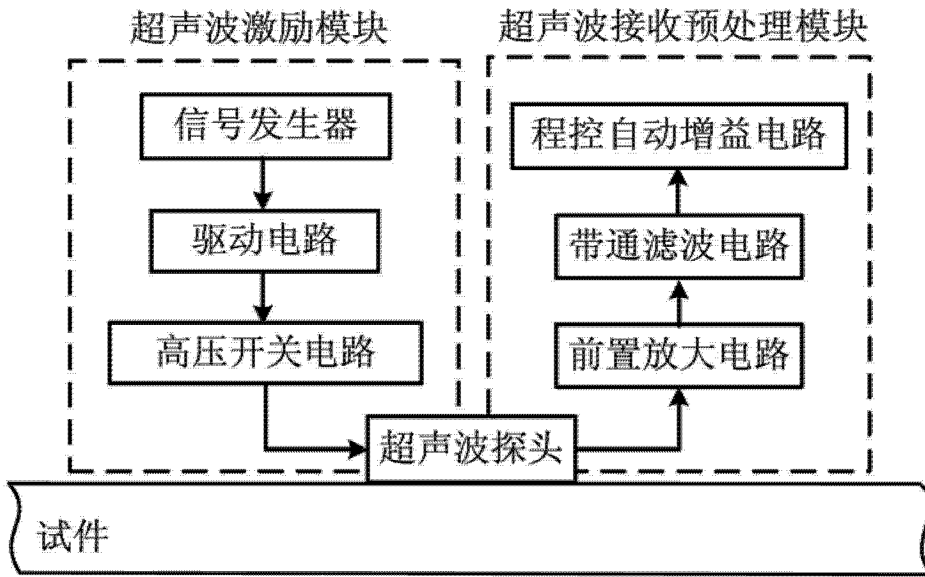


图 4

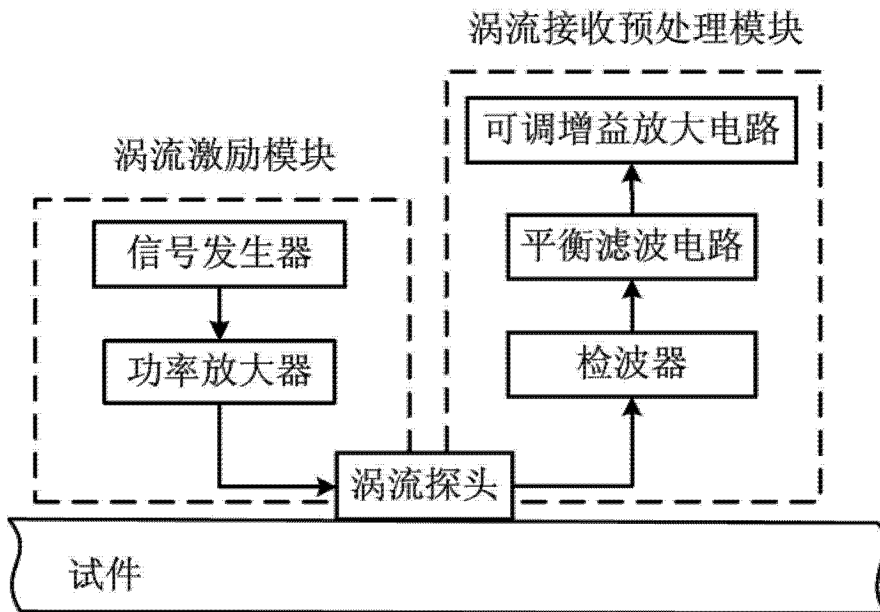


图 5

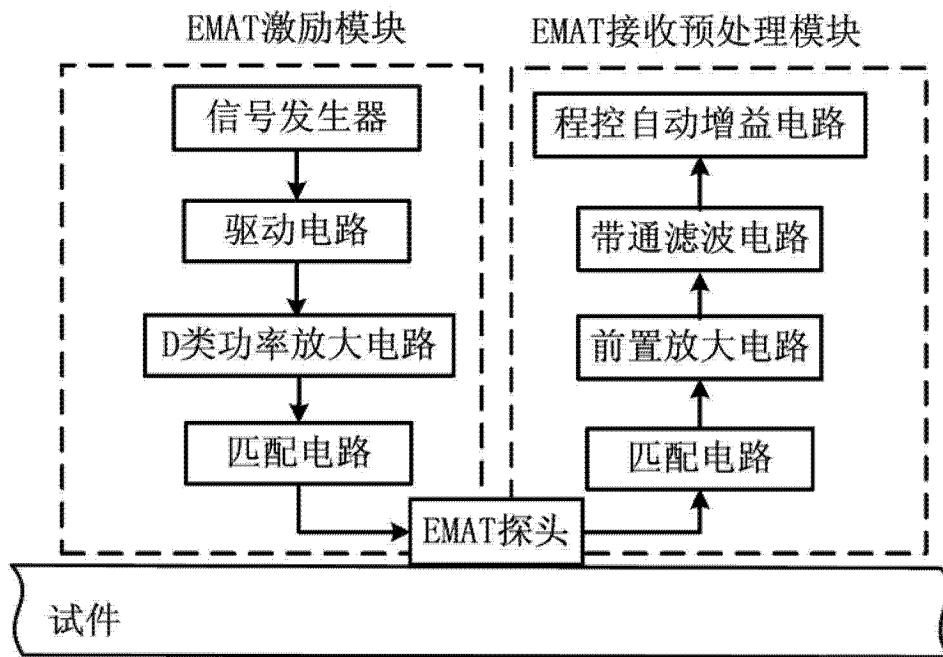


图 6