(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 113607098 A
(43)申请公布日 2021.11.05

(21)申请号 202110495446.6
(22)申请日 2021.05.07
(71)申请人 中国电力科学研究院有限公司
地址 100192 北京市海淀区清河小营东路15号
申请人 国家电网有限公司
国网浙江省电力有限公司
(72)发明人 高洁 刘彬 马潇 王轶 金欢 王剑 汉京善
(74)专利代理机构 北京安博达知识产权代理有限公司 11271
代理人 徐国文
(51)Int.Cl.
G01B 17/02(2006.01)
G01W 1/04(2006.01)
G08B 25/10(2006.01)

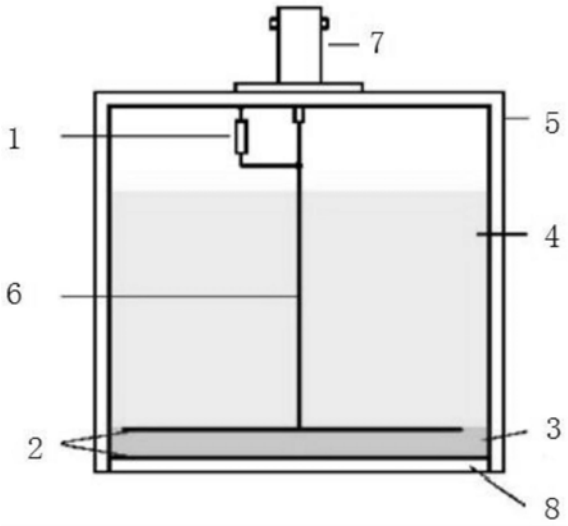
权利要求书2页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

一种基于超声波传感器的覆冰监测装置及监测方法

(57)摘要

本发明提供了一种基于超声波传感器的覆冰监测装置及监测方法，包括：相互连接的超声波传感器和网关预警系统；所述超声波传感器，用于向待测物发射超声波，并接收反射回波；所述网关预警系统，用于利用接收的反射回波成像进行覆冰预警分析，并基于覆冰预警分析结果发布风险预警。本发明的技术方案对覆冰信息的监测更加准确，还可精准的发布风险预警信息。



CN 113607098 A

1.一种基于超声波传感器的覆冰监测装置,其特征在于,包括:相互连接的超声波传感器和网关预警系统;

所述超声波传感器,用于向待测物发射超声波,并接收反射回波;

所述网关预警系统,用于利用接收的反射回波成像进行覆冰预警分析,并基于覆冰预警分析结果发布风险预警。

2.如权利要求1所述的基于超声波传感器的覆冰监测装置,其特征在于,所述超声波传感器包括:耦合保护层、一端开口的外壳、位于外壳内的激发控制器、电线、两个圆环阵列排布电极以及位于所述两个圆环阵列排布电极之间的复合压电材料;

所述外壳的开口处与所述耦合保护层连接构成一个密闭空腔;

与所述外壳的开口处相对的面上设置有连接口;

所述两个圆环阵列排布电极中的其中一个与所述耦合保护层接触,另一个与所述导线的一端连接;

所述电线的另一端与所述连接口连接;

所述激发控制器一端与电线连接,另一端与所述连接口连接;

所述激发控制器,用于基于圆环阵列排布电极中各圆环电极相对于最外圈圆环电极的延时时间控制圆环阵列排布电极向待测物发射超声波。

3.如权利要求2所述的基于超声波传感器的覆冰监测装置,其特征在于,所述圆环阵列排布电极中各圆环电极相对于最外圈圆环电极的延时时间的确定包括:

获取待测物到所述超声波传感器的圆环阵列排布电极中心的距离,以及圆环阵列排布电极的各圆环之间的中心点到圆环阵列排布电极中心的距离;

基于所述待测物到所述超声波传感器的圆环阵列排布电极中心的距离和所述各圆环之间的中心点到圆环阵列排布电极中心的距离,计算各圆环之间的中心点到待测物的空气路径距离;

由最外圈圆环与相邻圆环之间的中心点到待测物的空气路径距离与其他圆环之间的中心点到待测物的空气路径距离差,除以声速得到对应圆环相对最外圈圆环发射超声波的延时时间。

4.如权利要求2所述的基于超声波传感器的覆冰监测装置,其特征在于,所述复合压电材料采用1-3型复合压电材料。

5.如权利要求2所述的基于超声波传感器的覆冰监测装置,其特征在于,还包括位于密闭空腔的填充材料。

6.如权利要求1所述的基于超声波传感器的覆冰监测装置,其特征在于,所述网关预警系统包括:相互连接的信号分析平台和通信模块;

所述信号分析平台,用于将接收到的反射回波成像,并基于成像中各区域的颜色结合预先设置的各颜色对应的覆冰阈值确定各区域的覆冰情况,并展示各区域的覆冰预警信息;

所述通信模块,用于将所述覆冰预警信息发送至智能终端。

7.如权利要求6所述的基于超声波传感器的覆冰监测装置,其特征在于,还包括分别与所述超声波传感器和所述网关预警系统连接的微气象监测系统;

所述微气象监测系统,用于监测输电线路周围的气象数据,并将监测到的气象数据与

预先设定的结冰条件进行对比，确定是否向所述超声波传感器发送启动信号，同时向所述网关预警系统发送气象数据。

8.如权利要求7所述的基于超声波传感器的覆冰监测装置，其特征在于，还包括：敷设于所述超声波传感器外壳上的融冰装置；

所述融冰装置，用于根据接收到的气象监测系统发送的启动信号对所述超声波传感器的外壳进行加热启动所述超声波传感器工作。

9.如权利要求7所述的基于超声波传感器的覆冰监测装置，其特征在于，所述网关预警系统还包括：与所述通信模块连接的气象预警模块；

所述气象预警模块，用于基于微气象监测系统发送的气象数据和预警阈值进行气象预警分析。

10.如权利要求7所述的基于超声波传感器的覆冰监测装置，其特征在于，所述微气象监测系统包括：启动装置，以及均与所述启动装置连接的温度计、湿度计、气压计、风速风向监测仪；

所述温度计，用于测量输电线路周围环境的温度；

所述湿度计，用于测量输电线路周围环境的湿度；

所述气压计，用于测量输电线路周围的气压；

所述风速风向监测仪，用于测量输电线路周围的风速和风向；

所述启动装置，用于基于温度计、湿度计、气压计、风速风向监测仪监测到的数据与预先设定的结冰条件进行判断，确定是否向超声监测系统发送启动信号。

11.一种基于超声波传感器的覆冰监测方法，其特征在于，包括：

超声波传感器向待测物发射超声波，并接收反射回波；

网关预警系统利用接收的反射回波成像进行覆冰预警分析，并基于覆冰预警分析结果发布风险预警。

一种基于超声波传感器的覆冰监测装置及监测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及输电线路监测技术领域，具体涉及一种基于超声波传感器的覆冰监测装置及监测方法。

背景技术

[0002] 输电线路是电网工程的一个重要组成部分，应有足够的安全性和可靠性。一旦发生破坏会影响供电设施的正常运转，造成人们日常生产和生活的不便，严重者还会引起火灾等灾害，引起人员伤亡，且花费昂贵的修缮重建费用。随着全球气候变暖，严重恶劣天气的发生呈增强增多的趋势。

[0003] 现有的输电线路覆冰监测系统多以通过监测近地面的气温、湿度、风向和风速进行预估，视觉监测系统中也多以简单的摄像头为主，受雨、雪、雾等影响较大，有测量精度不足、图像不清晰、覆冰状态判断不准确、预警不及时等缺点。

发明内容

[0004] 为解决现有技术中的输电线路覆冰监测系统测量精度不足、图像不清晰、覆冰状态判断不准确、预警不及时等缺点，本发明提供了基于超声波传感器的覆冰监测装置，包括：相互连接的超声波传感器和网关预警系统；

[0005] 所述超声波传感器，用于向待测物发射超声波，并接收反射回波；

[0006] 所述网关预警系统，用于利用接收的反射回波成像进行覆冰预警分析，并基于覆冰预警分析结果发布风险预警。

[0007] 优选的，所述超声波传感器包括：耦合保护层、一端开口的外壳、位于外壳内的激发控制器、电线、两个圆环阵列排布电极以及位于所述两个圆环阵列排布电极之间的复合压电材料；

[0008] 所述外壳的开口处与所述耦合保护层连接构成一个密闭空腔；

[0009] 与所述外壳的开口处相对的面上设置有连接口；

[0010] 所述两个圆环阵列排布电极中的其中一个与所述耦合保护层接触，另一个与所述导线的一端连接；

[0011] 所述电线的另一端与所述连接口连接；

[0012] 所述激发控制器一端与电线连接，另一端与所述连接口连接；

[0013] 所述激发控制器，用于基于圆环阵列排布电极中各圆环电极相对于最外圈圆环电极的延时时间控制圆环阵列排布电极向待测物发射超声波。

[0014] 优选的，所述圆环阵列排布电极中各圆环电极相对于最外圈圆环电极的延时时间的确定包括：

[0015] 获取待测物到所述超声波传感器的圆环阵列排布电极中心的距离，以及圆环阵列排布电极的各圆环之间的中心点到圆环阵列排布电极中心的距离；

[0016] 基于所述待测物到所述超声波传感器的圆环阵列排布电极中心的距离和所述各

圆环之间的中心点到圆环阵列排布电极中心的距离，计算各圆环之间的中心点到待测物的空气路径距离；

[0017] 由最外圈圆环与相邻圆环之间的中心点到待测物的空气路径距离与其他圆环之间的中心点到待测物的空气路径距离差，除以声速得到对应圆环相对最外圈圆环发射超声波的延时时间。

[0018] 优选的，所述复合压电材料采用1-3型复合压电材料。

[0019] 优选的，还包括位于密闭空腔的填充材料。

[0020] 优选的，所述网关预警系统包括：相互连接的信号分析平台和通信模块；

[0021] 所述信号分析平台，用于将接收到的反射回波成像，并基于成像中各区域的颜色结合预先设置的各颜色对应的覆冰阈值确定各区域的覆冰情况，并展示各区域的覆冰预警信息；

[0022] 所述通信模块，用于将所述覆冰预警信息发送至智能终端。

[0023] 优选的，还包括分别与所述超声波传感器和所述网关预警系统连接的微气象监测系统；

[0024] 所述微气象监测系统，用于监测输电线路周围的气象数据，并将监测到的气象数据与预先设定的结冰条件进行对比，确定是否向所述超声波传感器发送启动信号，同时向所述网关预警系统发送气象数据。

[0025] 优选的，还包括：敷设于所述超声波传感器外壳上的融冰装置；

[0026] 所述融冰装置，用于根据接收到的气象监测系统发送的启动信号对所述超声波传感器的外壳进行加热启动所述超声波传感器工作。

[0027] 优选的，所述网关预警系统还包括：与所述通信模块连接的气象预警模块；

[0028] 所述气象预警模块，用于基于微气象监测系统发送的气象数据和预警阈值进行气象预警分析。

[0029] 优选的，所述微气象监测系统包括：启动装置，以及均与所述启动装置连接的温度计、湿度计、气压计、风速风向监测仪；

[0030] 所述温度计，用于测量输电线路周围环境的温度；

[0031] 所述湿度计，用于测量输电线路周围环境的湿度；

[0032] 所述气压计，用于测量输电线路周围的气压；

[0033] 所述风速风向监测仪，用于测量输电线路周围的风速和风向；

[0034] 所述启动装置，用于基于温度计、湿度计、气压计、风速风向监测仪监测到的数据与预先设定的结冰条件进行判断，确定是否向超声监测系统发送启动信号。

[0035] 基于同一发明构思，本发明还提供了一种基于超声波传感器的覆冰监测方法，包括：

[0036] 超声波传感器向待测物发射超声波，并接收反射回波；

[0037] 网关预警系统利用接收的反射回波成像进行覆冰预警分析，并基于覆冰预警分析结果发布风险预警。

[0038] 与现有技术相比，本发明的有益效果为：

[0039] 本发明提供了一种基于超声波传感器的覆冰监测装置，包括：相互连接的超声波传感器和网关预警系统；所述超声波传感器，用于向待测物发射超声波，并接收反射回波；

所述网关预警系统，用于利用接收的反射回波成像进行覆冰预警分析，并基于覆冰预警分析结果发布风险预警。本发明的技术方案对覆冰信息的监测更加准确，还可精准的发布风险预警信息。

附图说明

[0040] 图1为本发明的超声波传感器结构示意图；

[0041] 图2为本发明的基于超声波传感器的覆冰监测装置示意图；

[0042] 图3为本发明的超声波传感器的圆环阵列排布示意图；

[0043] 图4为本发明的超声波传感器的聚焦原理图；

[0044] 图5为通过Matlab进行本发明的圆环型超声波信号仿真图；

[0045] 图6为通过Matlab进行本发明的超声波传感器的聚焦信号实验图；

[0046] 图7为本发明的薄冰覆盖检测结果图；

[0047] 其中，1、激发控制器；2、圆环阵列排布电极；3、复合压电材料；4、填充材料；5、外壳；6、电线；7、连接口；8、耦合保护层。

具体实施方式

[0048] 现有的输电线路覆冰监测系统多以微气象来进行预估，或以摄像头等简易视觉检测系统辅助，无法确定即时覆冰情况，并受天气影响较大。部分使用红外和光纤传感器等进行覆冰监控的发明也因造价贵，安装调试困难而未大面积推广使用。普通超声波传感器也因超声空气损耗较大，得不到清晰的图像而无法发出及时的预警。

[0049] 实施例1：

[0050] 本发明提出了一种超声波传感器，可聚焦能量从而获得更清晰的图像，并且可调控聚焦位置，为适用于不同位置提供了便捷。结合该新型阵列式传感器提出了一个监测预警系统，对测量结果进行降噪分析，对电缆线冰层厚度进行更精确的模拟，并通过智能网关发出可靠的预警信号。

[0051] 一种超声波传感器，如图1所示，包括：耦合保护层8、一端开口的外壳5、位于外壳5内的激发控制器1、电线6、两个圆环阵列排布电极2以及位于所述两个圆环阵列排布电极2之间的复合压电材料3；

[0052] 所述外壳5的开口处与所述耦合保护层8连接构成一个密闭空腔；

[0053] 与所述外壳5的开口处相对的面上设置有连接口7；

[0054] 所述两个圆环阵列排布电极2中的其中一个与所述复合压电材料3接触，另一个与所述导线的一端连接；

[0055] 所述电线6的另一端与所述连接口7连接；

[0056] 所述激发控制器1一端与电线6连接，另一端与所述连接口7连接。

[0057] 所述复合压电材料3采用1-3型复合压电材料。

[0058] 还包括加热丝；

[0059] 所述加热丝包裹在所述外壳5外部。

[0060] 还包括位于密闭空腔的填充材料4，这里的填充材料4可以为空气，也可以为其他液体，但是当为液体时，不能没过激发控制器1，防止液体影响激发控制器1的功能。

[0061] 实施例2：

[0062] 结合实施例1中的超声波传感器，本发明还提供了一种基于超声波传感器的覆冰监测装置，包括：相互连接的超声监测系统和网关预警系统；

[0063] 所述超声监测系统，用于向待测物发射超声波，并接收反射回波；

[0064] 所述网关预警系统，用于利用接收的反射回波成像进行覆冰预警分析，并基于覆冰预警分析结果发布风险预警。

[0065] 具体说明如下：

[0066] 一种基于超声波传感器的覆冰监测装置，还包括微气象监测系统，用于监测输电线路周围的温度、湿度、气压、风速风向数据，并将监测到的数据与预先设定的结冰条件进行对比，确定是否向所述超声监测系统发送启动信号，同时向网关预警系统发送气象数据。

[0067] (1)微气象监测系统

[0068] 微气象监测系统包括气温温度计、湿度计、气压计、风速风向监测仪，通常这些都是独立的存在并且只存在于杆塔周围数量不多的气象监测站中，达不到每个杆塔都能反馈数据的数量。而集成模块则是把这些监测计集合在一个精密的单片机芯片中，与超声波监测系统一起，一个大盒子安装在杆塔合适的位置。

[0069] 盒子表面外加一个太阳能板，供电。

[0070] 将现有技术下的多种气象监测装置集成，把气温、湿度、风速、风向和气压等数据通过网关传输至网格预警系统，创建数值天气预报，平台整合大面积的气象数据并可视化的展示出来以方便工作人员随时监测。

[0071] 同时，微气象监测系统还是用于启动超声波系统。微气象监测系统包括启动装置，以及均与所述启动装置连接的温度计、湿度计、气压计、风速风向监测仪。

[0072] (2)在启动装置中设置冰冻条件。

[0073] 当温度计、湿度计、气压计、风速风向监测仪监测到的数据同时满足气温低于-2℃、湿度大于70％和风速大于7m/s的冰冻条件时，启动装置向超声波系统发送唤醒信号，才会启动超声波系统。在不满足冰冻条件时不启动超声波系统，将大大减少不必要的电量消耗。启动模块可通过单片机实现，启动模块还可根据由各个监测仪测量的当地历史气象数据进行参数化更改，以完美匹配不同地区的要求。

[0074] (3)超声监测系统

[0075] 当满足冰冻条件后，超声波监测系统接收到启动信号后，首先启动超声模块中的融冰装置。通过布置于所述超声波传感器外壳上的加热丝网将传感器周围的薄冰融化，保证超声波传感器的持续运行。这里的超声模块由超声波传感器和融冰装置构成。

[0076] ①超声波传感器内部结构

[0077] 本申请中的超声波传感器在现有的超声波传感器基础上增设了圆环阵列排布电极和激发控制器1的设置。由激发控制器1和圆环阵列排布电极2的配合发射聚焦声波束，相比现有技术中单超声波测量，实现了更精准的测量。这里的聚焦声波束也称为超声信号。

[0078] 超声波传感器同步启动工作发出聚焦声波束。超声波传感器采用1-3型压电复合材料，表面圆环阵列式排布实现聚焦。具体传感器构造如图2所示，圆环阵列排布如图3所示。

[0079] ②超声波传感器聚焦原理及计算

[0080] 因圆环排列呈现轴对称排布，因此模型可简化为半边的二维模型。如图4所示，圆环聚焦原理计算时以圆环中心距离为计算点，计算每个圆环到指定聚焦点的距离差，计算出时间延迟表进行激发控制器1的设定。这里的圆环中心也称为两个圆环之间的中点，指的是内圆半径和外圆半径的中心点。

[0081] $$d_n = \sqrt{d_{xn}^2 + d_{yn}^2}$$

[0082] 此公式中，n是圆环序号，d_n是第n个圆环中心点到聚焦位置的空气路径距离，d_{xn}和d_{yn}分别是d_n的轴向投影。

[0083] $$t_n = \frac{d_{outer} - d_n}{C_{air}}$$

[0084] 此公式中，t_n是第n圆环的路径时间，d_{outer}为最远圆环的路径时间，C_{air}为声速345m/s。

[0085] 激发控制器1控制声波发射时间，即圆环阵列排布电极2中的每一个圆环都可以单独发射超声波，激发器根据时间延迟表让每个圆环在不同的时间发出声波，以完成聚焦。

[0086] 通过对激发控制器1的设定不仅可以实现聚焦，而且还可以调整聚焦位置。可根据输电线的位置调整聚焦位置，相比于现有技术中无法调整聚焦位置的超声波传感器只能移动超声波传感器的位置实现聚焦，实际应用非常不方便。

[0087] ⑶网关预警系统

[0088] 网关预警系统包括：相互连接的信号分析平台和通信模块；

[0089] 所述信号分析平台，用于将接收到的反射回波成像，并基于成像中各区域的颜色结合预先设置的各颜色对应的覆冰阈值确定各区域的覆冰情况，并展示各区域的覆冰预警信息；

[0090] 所述通信模块，用于将所述覆冰预警信息发送至智能终端。

[0091] 网关预警系统还包括：与所述通信模块连接的气象预警模块；

[0092] 气象预警模块，用于基于微气象监测系统发送的气象数据和预警阈值进行气象预警分析。

[0093] 通信模块可进行高可靠短距离微功率无线传输，频段干扰较小，通信距离长，适合于小数据量长时间传输。实现终端即插即用，无需到设备安装现场进行入网配置工作，并支持感知终端的直接访问。

[0094] 通过传送回来的气象信号和超声波传感器传输的反射回波成像，与未覆冰时的反射回波成像进行对比分析得出覆冰厚度信息；

[0095] 气象预警模块根据气象信号、覆冰厚度信息和预先设定的预警等级划分标准确定预警信号。当风速过大时，气象预警模块将预警信号传输至信号分析平台，在信号分析平台上可发出不同等级的大风预警；当气温过低时，气象预警模块将预警信号传输至信号分析平台，在信号分析平台上可发出结冰预警，并提示超声信号已开启；当持续恶劣天气下，结合超声信号，在信号分析平台上发出重覆冰预警。同时还可以将这些预警信息通过通信模块传输至智能终端上，输电线路维护人员会通过智能终端设备的提醒及时观测输电线路的覆冰信息。

[0096] 当超声信号传回信号分析平台，还可进行降噪图像生成，点击可即时观测具体位

置的覆冰情况。

[0097] 本发明的效果：

[0098] (1)提出了一种基于超声波传感器的覆冰监测装置，创建了数值天气预报，帮助搭建多维安全保障平台，有助于解决大面积范围监测困难的问题以及完善了安全保障系统。

[0099] (2)首次结合了圆环阵列型超声波传感器，以聚焦的方式提高了检测能量，并且可以得到更清晰的、多地区的、即时的数据，实现了设备代替人工并大幅度提高了以往以天气数据预估的不准确性。

[0100] (3)通过本发明方法，能更加迅速的预报到灾害风险，给工作人员大量的时间进行灾害防护及制定抢修策略，降低了维修成本，更能减少因长时间断电对生活和生产的影响。

[0101] 本申请的关键点和欲保护点：

[0102] (1)发明内容中第(一)部分的大面积气象风险预警平台系统，通过微气象采集模块，传输模块，以及超声模块进行数据采集并整合，根据即时的数据进行预警提示，可满足多设备登录查看。

[0103] (2)发明内容中第(二)部分提出了超声模块的改进手段，通过进行圆环型阵列式电极和激发控制器，更好地增强了超声监测能量，提供了输电线路的覆冰细节信息。

[0104] (3)发明内容中第(二)部分提出了超声模块可根据不同条件进行单独使用，因超声波的特点可检测不同的数据，如杆塔覆冰、杆塔焊点质量检测、地基裂痕以及动态舞动测距等。

[0105] 实施例3：

[0106] (1)聚焦模拟仿真与实验对比

[0107] 通过Matlab进行圆环型超声波信号仿真如图5所示，通过加载空气阻抗，模拟信号发生器的时间控制，进行声波叠加处理。实验则使用针型探测器进行空间场域的能量扫描生成场域图。

[0108] 根据聚焦原理进行仿真与实验，从图6所示的超声波传感器的聚焦信号实验图可看出能量聚焦。

[0109] (2)小面积人工覆冰实验

[0110] 将薄冰放置在铝钢板上，将传感器进行扫描，从图7可看出，覆冰区域明显区别于未覆冰的区域。因此，现实应用时，可将即时资料对比于系统初设定的未覆冰时的数据，即可得到薄冰厚度，无需移动传感器，更不需要人工操作。

[0111] 实施例4

[0112] 基于同一发明构思的本发明还提供了一种基于超声波传感器的覆冰监测方法，包括：

[0113] 超声波传感器向待测物发射超声波，并接收反射回波；

[0114] 网关预警系统利用接收的反射回波成像进行覆冰预警分析，并基于覆冰预警分析结果发布风险预警。

[0115] 超声波传感器向待测物发射超声波，并接收反射回波，包括：

[0116] 获取待测物到所述超声波传感器的圆环阵列排布电极中心的距离，以及圆环阵列排布电极的各圆环之间的中心点到圆环阵列排布电极中心的距离；

[0117] 基于所述待测物到所述超声波传感器的圆环阵列排布电极2中心的距离和所述各

圆环之间的中心点到圆环阵列排布电极2中心的距离，计算各圆环之间的中心点到待测物的空气路径距离；

[0118] 由最外圈圆环与相邻圆环之间的中心点到待测物的空气路径距离与其他圆环之间的中心点到待测物的空气路径距离差，除以声速得到对应圆环相对最外圈圆环发射超声波的延时时间；

[0119] 激发控制器1基于圆环阵列排布电极2中各圆环电极相对于最外圈圆环电极的延时时间控制圆环阵列排布电极向待测物发射超声波，并接收反射回波。

[0120] 网关预警系统利用接收的反射回波成像进行覆冰预警分析，并基于覆冰预警分析结果发布风险预警，包括：

[0121] 信号分析平台将接收到的反射回波成像，并基于成像中各区域的颜色结合预先设置的各颜色对应的覆冰阈值确定各区域的覆冰情况，并展示各区域的覆冰预警信息；

[0122] 通信模块将所述覆冰预警信息发送至智能终端。

[0123] 还包括：微气象监测系统监测输电线路周围的气象数据，并将监测到的气象数据与预先设定的结冰条件进行对比，确定是否向所述超声波传感器发送启动信号，同时向所述网关预警系统发送气象数据。

[0124] 本领域内的技术人员应明白，本申请的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此，本申请可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且，本申请可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质(包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等)上实施的计算机程序产品的形式。

[0125] 本申请是参照根据本申请实施例的方法、设备(系统)、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器，使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

[0126] 这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中，使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品，该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

[0127] 这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上，使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理，从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

[0128] 以上仅为本发明的实施例而已，并不用于限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内，所做的任何修改、等同替换、改进等，均包含在申请待批的本发明的权利要求范围之内。

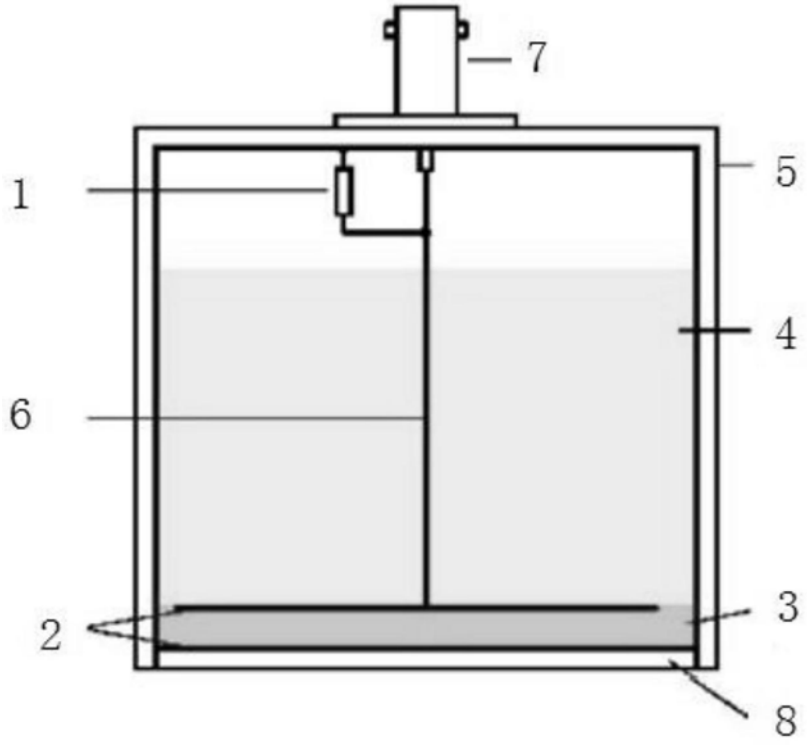

7
1
5
4
6
3
2
8

图1

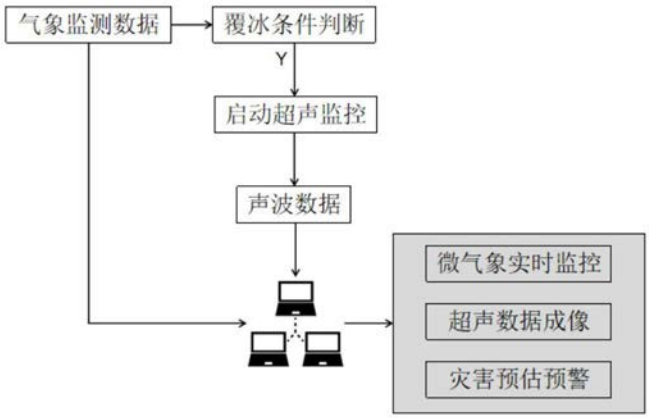

气象监测数据
覆冰条件判断
Y
启动超声监控
声波数据
微气象实时监控
超声数据成像
灾害预估预警

图2

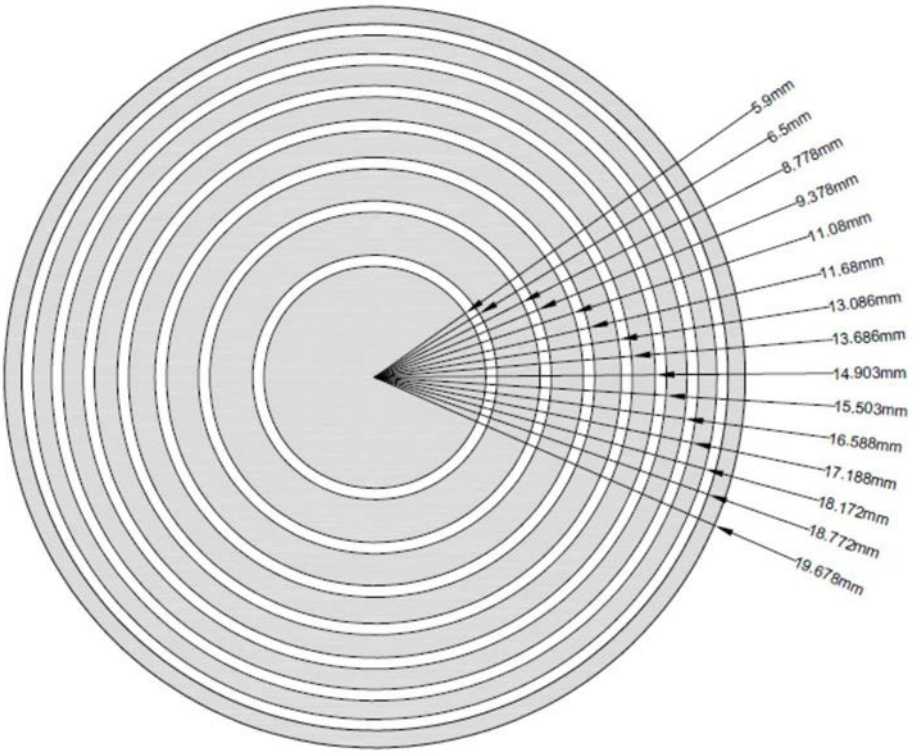

5.9mm
6.5mm
8.778mm
9.378mm
11.08mm
11.68mm
13.086mm
13.686mm
14.903mm
15.503mm
16.588mm
17.188mm
18.172mm
18.772mm
19.678mm

图3

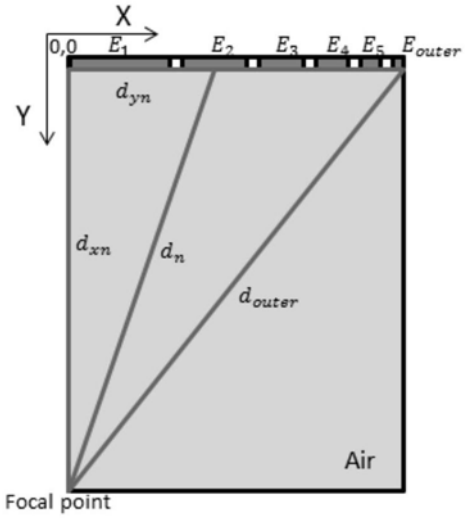

X
0,0
E_1
E_2
E_3
E_4
E_5
E_{outer}
Y
d_{yn}
d_{xn}
d_n
d_{outer}
Air
Focal point

图4

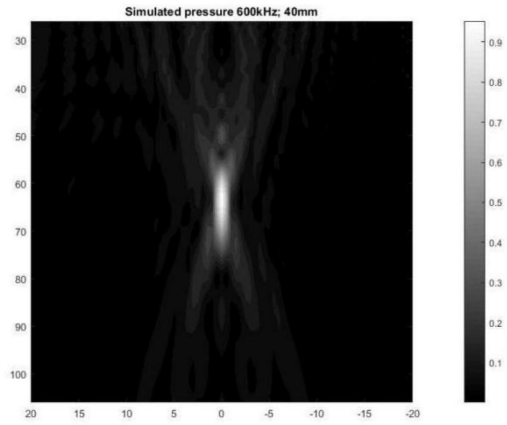

Simulated pressure 600kHz; 40mm

图5

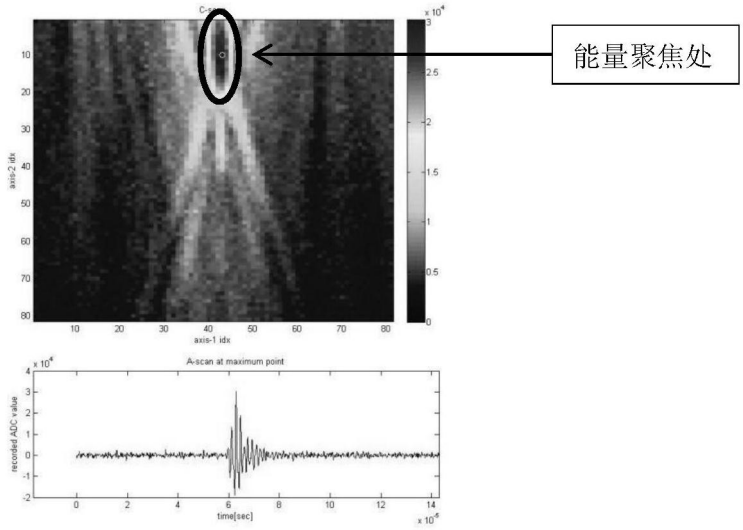

能量聚焦处
axis-2 idx
axis-1 idx
A-scan at maximum point
recorded ADC value
time[sec]

图6

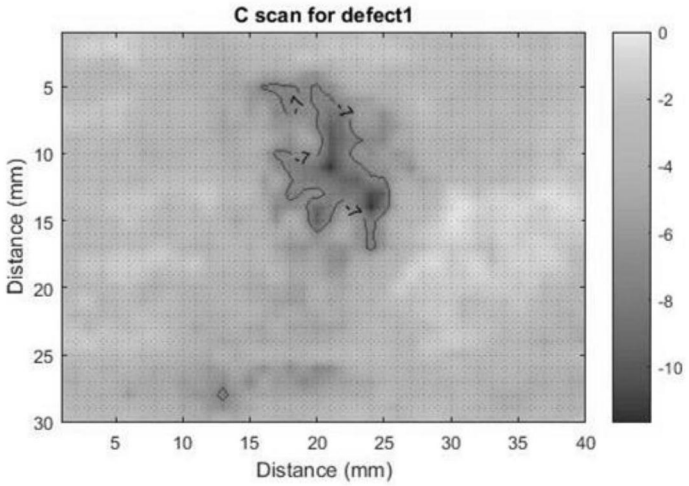

C scan for defect1
Distance (mm)
Distance (mm)
5
10
15
20
25
30
35
40
0
-2
-4
-6
-8
-10

图7