



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 117346990 B

(45) 授权公告日 2024.06.11

(21) 申请号 202311211026.6

(22) 申请日 2023.09.19

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 117346990 A

(43) 申请公布日 2024.01.05

(73) 专利权人 武汉理工大学  
地址 430070 湖北省武汉市洪山区珞狮路  
122号

(72) 发明人 吴武辉 向阳

(74) 专利代理机构 湖北武汉永嘉专利代理有限公司 42102  
专利代理师 王杰

(51) Int. Cl.  
G01M 7/02 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 103217266 A, 2013.07.24

CN 106353076 A, 2017.01.25

CN 106568563 A, 2017.04.19

CN 111964735 A, 2020.11.20

CN 115655610 A, 2023.01.31

JP 4135091 B2, 2008.08.20

朱永祥. 船舶推进轴系振动与功率测量系统设计. 舰船科学技术. 2014, 第36卷 (第12期), P74-77.

审查员 谢岗

权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种旋转推进轴振动特性测量装置及测量方法

(57) 摘要

本发明涉及一种旋转推进轴振动特性测量装置,在轴体表面固定多个振动加速度传感器;每一振动加速度传感器的轴向旁边安装一振动加速度传感器数据采集模块,二者之间通过导线连接;力传感器安装在轴系的加载端面中心位置,激振装置安装在加载端面的加载试验平台上,二者处于同一轴线上;力传感器数据采集模块、无线交换机和数据处理器安装在仪器试验台上;力传感器与力传感器数据采集模块采用导线连接;各数据采集模块与无线交换机之间采用无线网络实现通讯连接,无线交换机与数据处理器直接采用网线连接。本发明可以直接、有效测量旋转推进轴时域和频域上的振动参数,并进一步获取固有频率、振型等振动参数,且更简洁、精准、高效。



1. 一种旋转推进轴振动特性测量方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1、安装振动加速度传感器:在轴体表面安装多个振动加速度传感器,加速度传感器之间安装方向保持一致,并间隔一定距离且处于同一直线上,振动加速度传感器安装位置尽量避开推进轴的模态节点上;

S2、安装振动加速度传感器数据采集模块:在轴体表面上对应的振动加速度传感器轴向旁边分别安装一个振动加速度传感器数据采集模块,确保振动加速度传感器数据采集模块电量充足,信号输出发射天线打开,通过导线连接振动加速度传感器和振动加速度传感器数据采集模块,导线同样需固定在轴体表面,防止轴体旋转发生抖动;

S3、安装力传感器以及激振装置:力传感器安装在轴系的加载端面中心位置,加载装置一直处于静止状态,激振装置安装在加载端面的加载试验平台上,激振装置的轴线与力传感器处于同一轴线上;

S4、安装力传感器数据采集模块、无线交换机以及数据处理器:力传感器数据采集模块、无线交换机和数据处理器安装在仪器试验台上,均不与轴体表面接触;力传感器与力传感器数据采集模块采用导线连接;振动加速度传感器数据采集模块、力传感器数据采集模块与无线交换机之间采用无线传输方式传输信号;无线交换机与数据处理器与采用网线连接;

S5、打开各数据采集模块电源开关,无线交换机电源供电,打开数据处理器,调试测量系统,确保无线交换机能够与每个数据采集模块正常通讯传输数据,确保数据处理器能够正常接收数据和处理数据;

S6、开启轴系运行工况,激振装置对力传感器施加载荷,分别采集振动响应数据和力信号数据,数据处理器处理计算数据,得到旋转推进轴的振动加速度响应、固有频率和振型。

2. 根据权利要求1所述的旋转推进轴振动特性测量方法,其特征在于,所述振动加速度传感器通过安装底座与轴体相连,振动加速度传感器与安装底座之间螺纹连接,所述安装底座与轴体表面采用胶粘结;安装底座的固有频率应满足振动加速度传感器最大测量频率的2.5倍,即 $f_n \geq 2.5f_m$ 。

3. 根据权利要求1所述的旋转推进轴振动特性测量方法,其特征在于,所述振动加速度传感器数据采集模块通过安装底座与轴体相连,振动加速度传感器数据采集模块与安装底座之间螺纹连接,所述安装底座与轴体表面采用胶粘结。

4. 根据权利要求1所述的旋转推进轴振动特性测量方法,其特征在于,所述振动加速度传感器数据采集模块包括内置供电电池、信号输入采集端口和信号输出发射天线;所述内置供电电池为自身和振动加速度传感器供电;所述信号输入采集端口与振动加速度传感器信号输出端口连接,实现数据采集;所述信号输出发射天线采用无线WIFI, 2.4GHz发射频率通讯方式;振动加速度传感器数据采集模块最大采样率需满足测量频率的2倍。

5. 根据权利要求1所述的旋转推进轴振动特性测量方法,其特征在于,所述力传感器数据采集模块包括内置供电电池、信号输入采集端口和信号输出发射天线;所述内置供电电池为自身和力传感器供电;所述信号输入采集端口与力加速度传感器信号输出端口连接,实现数据采集;所述信号输出发射天线采用无线WIFI, 2~3GHz发射频率通讯方式;力传感器数据采集模块最大采样率需满足测量频率的2倍。

6. 根据权利要求1所述的旋转推进轴振动特性测量方法,其特征在于,所述无线交换机

包括自适应有线网络接口、2~3GHz全向高增益外置天线、12~48V的适配直流电源；所述自适应有线网络接口通过网线与所述数据处理器相连；所述2~3GHz全向高增益外置天线用于接收来自振动加速度传感器数据采集模块和力传感器数据采集模块的信号。

7. 根据权利要求6所述的旋转推进轴振动特性测量方法,其特征在于,所述数据处理器包括数据存储接口、数据采集控制器、数据分析模块；所述数据存储接口与无线交换机的自适应有线网络接口连接,实现数据的存储；所述数据采集控制器为数据采集的控制开关,可根据需求设置不同的采集模式；所述数据分析模块对采集的数据进行分析、计算、处理,最后得到旋转推进轴振动特性所需的测量参数。

## 一种旋转推进轴振动特性测量装置及测量方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及船舶振动噪声控制技术领域,具体涉及船舶轴系旋转状态下的振动特性测量装置和测量方法。

### 背景技术

[0002] 螺旋桨和推进轴是船舶动力系统重要组成部分,也是船舶在航行过程中最主要的三大噪声源之一,为了降低桨轴系统对外传递的振动和噪声,在设计之初,需要对桨、轴的振动固有特性提出定量的技术指标,尤其是对推进轴在模拟真实工况下的振动特性进行测量考核,判断测量结果是否能够达到规定的技术要求。

[0003] 旋转推进轴振动特性测量最大难点在于如何高效、准确、全面获取轴体表面振动特性,由于推进轴处于旋转状态,如果采用导线连接传感器和数据处理器,导线会面临搅断,导致仪器设备的损坏,所以有线传输方式的振动测量方法无法满足旋转推进轴的振动特性测量,数据的传递需要通过无线传输方法来解决。

[0004] 目前主要有两种无线传输测量方法,第一种是回旋感应测量,它的基本原理是通过电涡流传感器感应一定位移内物体发生振动的位移偏动量,测量的参数是轴体旋转振动表面周向旋转一周与电涡流传感器基准点发生相对位移,该方法目前只能测量旋转推进轴振动的时域上的相对位移参数,无法获得频域上的振动加速度参数,且只能测量径向位移参数,所以无法全面满足旋转推进轴振动特性测量需求;第二种是无线遥感测量,它的基本原理是通过电磁场无线遥感把旋转轴体上振动传感器数据传输至旋转轴体外的数据采集器上,该方法可以测量旋转推进轴频域上的振动加速度参数,但该测量装置接口太多,需要多个节点实现数据来回转换,不能直接给传感器供电,测量方法过程复杂且对安装条件要求高,不易于实施,另外测量系统容易受周边电磁环境干扰,影响测量精度,也无法全面满足旋转推进轴振动特性测量。

### 发明内容

[0005] 本发明要解决的技术问题在于针对上述现有技术存在的不足,提供一种旋转推进轴振动特性测量装置及测量方法,可以直接、有效测量旋转推进轴时域和频域上的振动加速度及力与加速度之间的频响函数,并进一步获取固有频率、振型等振动参数,来满足声学设计技术指标评判的需求,为轴系在旋转条件下的振动特性评估提供重要支撑;且更简洁、精准、高效。

[0006] 本发明为解决上述提出的技术问题所采用的技术方案为:

[0007] 一种旋转推进轴振动特性测量装置,包括振动加速度传感器、振动加速度传感器数据采集模块、力传感器、激振装置、力传感器数据采集模块、无线交换机和数据处理器;

[0008] 所述振动加速度传感器在轴体表面固定多个,振动加速度传感器之间安装方向保持一致,并间隔一定距离且处于同一直线上;轴体表面上对应每一振动加速度传感器的轴向旁边分别安装一个所述振动加速度传感器数据采集模块,振动加速度传感器与振动加速

度传感器数据采集模块之间通过导线连接；

[0009] 所述力传感器安装在轴系的加载端面中心位置,所述激振装置安装在加载端面的加载试验平台上,激振装置的轴线与力传感器处于同一轴线上；

[0010] 所述力传感器数据采集模块、无线交换机和数据处理器安装在仪器试验台上,均不与轴体表面接触;所述力传感器与力传感器数据采集模块采用导线连接;所述振动加速度传感器数据采集模块、力传感器数据采集模块与所述无线交换机之间采用无线传输方式传输信号,无线交换机与数据处理器直接采用网线传输信号。

[0011] 上述方案中,所述振动加速度传感器通过安装底座与轴体相连,振动加速度传感器与安装底座之间螺纹连接,所述安装底座与轴体表面采用胶粘结;安装底座的固有频率应满足振动加速度传感器最大测量频率的2.5倍,即 $f_n \geq 2.5f_m$ 。

[0012] 上述方案中,所述振动加速度传感器安装位置尽量避开推进轴的模式节点上。

[0013] 上述方案中,所述振动加速度传感器数据采集模块通过安装底座与轴体相连,振动加速度传感器数据采集模块与安装底座之间螺纹连接,所述安装底座与轴体表面采用胶粘结。

[0014] 上述方案中,振动加速度传感器与振动加速度传感器数据采集模块之间相连的导线固定在轴体表面,防止轴体旋转发生抖动。

[0015] 上述方案中,所述振动加速度传感器数据采集模块包括内置供电电池、信号输入采集端口和信号输出发射天线;所述内置供电电池为自身和振动加速度传感器供电;所述信号输入采集端口与振动加速度传感器信号输出端口连接,实现数据采集;所述信号输出发射天线采用无线WIFI,2.4GHz发射频率通讯方式;振动加速度传感器数据采集模块最大采样率需满足测量频率的2倍。

[0016] 上述方案中,所述力传感器数据采集模块包括内置供电电池、信号输入采集端口和信号输出发射天线;所述内置供电电池为自身和力传感器供电;所述信号输入采集端口与力加速度传感器信号输出端口连接,实现数据采集;所述信号输出发射天线采用无线WIFI,2~3GHz发射频率通讯方式;力传感器数据采集模块最大采样率需满足测量频率的2倍。

[0017] 上述方案中,所述无线交换机包括自适应有线网络接口、2~3GHz全向高增益外置天线、12~48V的适配直流电源;所述自适应有线网络接口通过网线与所述数据处理器相连;所述2~3GHz全向高增益外置天线用于接收来自振动加速度传感器数据采集模块和力传感器数据采集模块的信号。

[0018] 上述方案中,所述数据处理器包括数据存储接口、数据采集控制器、数据分析模块;所述数据存储接口与无线交换机的自适应有线网络接口连接,实现数据的存储;所述数据采集控制器为数据采集的控制开关,可根据需求设置不同的采集模式;所述数据分析模块对采集的数据进行分析、计算、处理,最后得到旋转推进轴振动特性所需的测量参数。

[0019] 相应的,本发明还提出一种旋转推进轴振动特性测量方法,包括以下步骤:

[0020] S1、安装振动加速度传感器:在轴体表面安装多个振动加速度传感器,加速度传感器之间安装方向保持一致,并间隔一定距离且处于同一直线上,振动加速度传感器安装位置尽量避开推进轴的模式节点上;

[0021] S2、安装振动加速度传感器数据采集模块:在轴体表面上对应的振动加速度传感

器轴向旁边分别安装一个振动加速度传感器数据采集模块,确保振动加速度传感器数据采集模块电量充足,信号输出发射天线打开,通过导线连接振动加速度传感器和振动加速度传感器数据采集模块,导线同样需固定在轴体表面,防止轴体旋转发生抖动;

[0022] S3、安装力传感器以及激振装置:力传感器安装在轴系的加载端面中心位置,加载装置一直处于静止状态,激振装置安装在加载端面的加载试验平台上,激振装置的轴线与力传感器处于同一轴线上;

[0023] S4、安装力传感器数据采集模块、无线交换机以及数据处理器:力传感器数据采集模块、无线交换机和数据处理器安装在仪器试验台上,均不与轴体表面接触;力传感器与力传感器数据采集模块采用导线连接;数据处理器与无线交换机采用网线连接,力传感器与力传感器数据采集模块采用导线连接;

[0024] S5、打开各数据采集模块电源开关,无线交换机电源供电,打开数据处理器,调试测量系统,确保无线交换机能够与每个数据采集模块正常通讯传输数据,确保数据处理器能够正常接收数据和处理数据;

[0025] S6、开启轴系运行工况,激振装置对力传感器施加载荷,分别采集振动响应数据和力信号数据,数据处理器处理计算数据,得到旋转推进轴的振动加速度响应、固有频率和振型。

[0026] 本发明的有益效果在于:

[0027] 1) 本发明采用的是振动加速度传感器与数据采集模块一对一的数据采集模式,数据采集模块内置电池供电,不需要外部供电电源,可直接安装于旋转推进轴上,实现加速度传感器与数据采集模块一体化模式。相比无线遥感测量系统,数据采集接口简单,避免了数据采集信号两次转换的带来的过多接口问题。

[0028] 2) 本发明采用的是无线网络数据传输模式,数据采集模块内部嵌入无线AP模块,通过无线交换机实现数据传输,无线交换机可与多个数据采集模块实现数据传输,相比无线遥感测量系统,数据传输效率高,不受电磁环境干扰,测量精度更高。

[0029] 3) 本发明采用的是ICP振动加速度传感器获取旋转推进轴振动参数,与回旋感应测量系统相比,不仅能够获取轴表面的位移参数,还能够有效测量时域和频域上的振动加速度及力与加速度之间的频响函数,并进一步获取固有频率、振型等振动参数,可以全面、准确评价旋转推进轴的振动特性。

## 附图说明

[0030] 下面将结合附图及实施例对本发明作进一步说明,附图中:

[0031] 图1是旋转推进轴振动特性测量装置的系统组成示意图。

[0032] 图2是振动加速度传感器安装示意图。

[0033] 图3是振动加速度传感器数据采集模块安装示意图。

[0034] 图4是数据采集模块与振动加速度传感器连接示意图。

[0035] 图5是旋转推进轴振动特性测量方法基本框架示意图。

## 具体实施方式

[0036] 为了对本发明的技术特征、目的和效果有更加清楚的理解,现对照附图详细说明

本发明的具体实施方式。

[0037] 如图1所示,为本发明实施例提供的一种旋转推进轴振动特性测量装置,包括振动加速度传感器、振动加速度传感器数据采集模块、力传感器、激振装置、力传感器数据采集模块、无线交换机和数据处理器。其中:

[0038] 振动加速度传感器是旋转推进轴振动参数物理信号的感知元件,需要与轴体表面牢固紧密连接。振动加速度传感器在轴体表面安装多个,各振动加速度传感器之间安装方向保持一致,并间隔一定距离且处于同一直线上。方向保持一直好处是保证振动加速度传感器初始状态处于相同相位上,间隔一定距离是后续获取轴体振型的需要。优选的,参见图2,振动加速度传感器的安装方式一般通过带M5螺柱的安装底座与传感器的M5螺孔连接,安装底座通过强固粘合剂固定在轴体表面,安装底座的固有频率应满足振动加速度传感器最大测量频率的2.5倍,即 $f_n \geq 2.5f_m$ 。

[0039] 轴体表面上对应每一振动加速度传感器的轴向旁边分别安装一个振动加速度传感器数据采集模块,振动加速度传感器与振动加速度传感器数据采集模块之间通过导线连接。优选的,参见图3,振动加速度传感器数据采集模块通过安装底座与轴体相连,振动加速度传感器数据采集模块与安装底座之间螺纹连接,安装底座与轴体之间螺纹连接。参见图4,振动加速度传感器与振动加速度传感器数据采集模块之间相连的导线固定在轴体表面,防止轴体旋转发生抖动。

[0040] 具体的,振动加速度传感器数据采集模块包括1个内置供电电池、1个信号输入采集端口和1个信号输出发射天线;内置供电电池可为自身和ICP(integrated circuits piezoelectric,内置的压电传感器)振动加速度传感器提供4mA,24V的直流恒流源;信号输入采集端口与振动加速度传感器信号输出端口连接,实现数据采集;信号输出发射天线采用无线WIFI,2.4GHz发射频率通讯方式;振动加速度传感器数据采集模块最大采样率需满足测量频率的2倍。

[0041] 力传感器和激振装置是对旋转推进轴输入激励力的元件,两者组合可以是力锤,也可以是激振机,作用点位于推进轴末端加载装置端,末端加载装置是模拟螺旋桨给推进轴施加推力,激振装置施加在力传感器上的激励力应满足旋转推进轴振动信号具有足够的信噪比。力传感器安装在轴系的加载端面中心位置,激振装置安装在加载端面的加载试验平台上,激振装置的轴线与力传感器处于同一轴线上。

[0042] 力传感器数据采集模块、无线交换机和数据处理器安装在仪器试验台上,均不与轴体表面接触;力传感器与力传感器数据采集模块采用导线连接;振动加速度传感器数据采集模块、力传感器数据采集模块与无线交换机之间采用无线传输方式传输信号,无线交换机与数据处理器直接采用网线传输信号。

[0043] 具体的,力传感器数据采集模块包括1个内置供电电池、1个信号输入采集端口和1个信号输出发射天线;内置供电电池为自身和力传感器提供4mA,24V的直流恒流源;信号输入采集端口与力加速度传感器信号输出端口连接,实现数据采集;信号输出发射天线采用无线WIFI,2.4GHz发射频率通讯方式;力传感器数据采集模块最大采样率需满足测量频率的2倍。

[0044] 无线交换机包括1个自适应有线网络接口、1根2~3GHz全向高增益外置天线、1个12~48V的适配直流电源;自适应有线网络接口通过网线与数据处理器相连;2~3GHz全向

高增益外置天线用于接收来自振动加速度传感器数据采集模块和力传感器数据采集模块的信号。无线交换机的无线通信特性需与数据采集模块无线通信特性相匹配。

[0045] 数据处理器包括数据存储接口、数据采集控制器、数据分析模块;数据存储接口与无线交换机的自适应有线网络接口连接,实现数据的存储;数据采集控制器为数据采集的控制开关,可根据需求设置不同的采集模式;数据分析模块对采集的数据进行分析、计算、处理,最后得到旋转推进轴振动特性所需的测量参数。

[0046] 相应的,本发明还提出一种旋转推进轴振动特性测量方法,本发明的旋转推进轴振动特性测量装置可以通过该方法实现振动特性参数的测量,该测量方法的流程如图5所示,包括以下步骤:

[0047] S1、安装振动加速度传感器:在轴体(处于静止状态)表面上分别安装多个振动加速度传感器,确保轴体表面接触面光滑,通过带M5螺柱的安装底座确保与轴体紧密牢固连接,加速度传感器与安装底座通过螺栓连接,加速度传感器之间安装方向保持一致,并间隔一定距离且处于同一直线上,振动加速度传感器安装位置尽量避开推进轴的模态节点上。振动加速度传感器安装示意图如图3所示。

[0048] S2、安装振动加速度传感器数据采集模块:在轴体(处于静止状态)表面上对应的振动加速度传感器轴向旁边分别安装一个振动加速度传感器数据采集模块,确保振动加速度传感器数据采集模块电量充足,信号输出发射天线打开,数据采集模块与安装底座通过螺栓紧密牢固连接,安装底座与轴体表面通过粘合剂粘结,通过导线连接振动加速度传感器和振动加速度传感器数据采集模块,导线同样需固定在轴体表面,防止轴体旋转发生抖动。振动加速度传感器数据采集模块安装示意图如图4所示,振动加速度传感器数据采集模块与振动加速传感器连接示意图如图5所示。

[0049] S3、安装力传感器以及激振装置:力传感器安装在轴系的加载端面中心位置,加载装置一直处于静止状态,激振装置安装在加载端面的加载试验平台上,激振装置的轴线与力传感器处于同一轴线上;

[0050] S4、安装力传感器数据采集模块、无线交换机以及数据处理器:力传感器数据采集模块、无线交换机和数据处理器安装在仪器试验台上,均不与轴体表面接触;力传感器与力传感器数据采集模块采用导线连接;数据处理器与无线交换机采用网线连接,力传感器与力传感器数据采集模块采用导线连接;

[0051] S5、打开各数据采集模块电源开关,无线交换机电源供电,打开数据处理器,调试测量系统,确保无线交换机能够与每个数据采集模块正常通讯传输数据,确保数据处理器能够正常接收数据和处理数据;

[0052] S6、开启轴系运行工况,激振装置对力传感器施加载荷,分别采集振动响应数据和力信号数据,数据处理器处理计算数据,得到旋转推进轴的振动加速度响应、固有频率和振型。

[0053] 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。

[0054] 上面结合附图对本发明的实施例进行了描述,但是本发明并不局限于上述的具体实施方式,上述的具体实施方式仅仅是示意性的,而不是限制性的,本领域的普通技术人员在本发明的启示下,在不脱离本发明宗旨和权利要求所保护的范围情况下,还可做出很多

形式,这些均属于本发明的保护之内。



图1

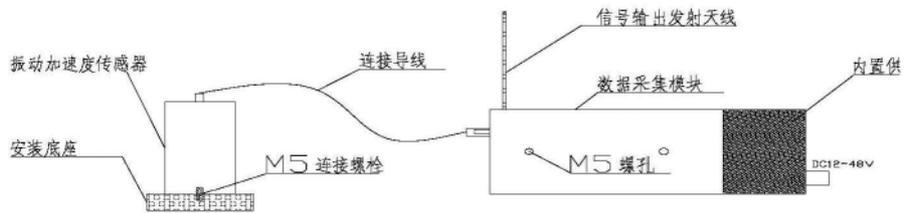


图2

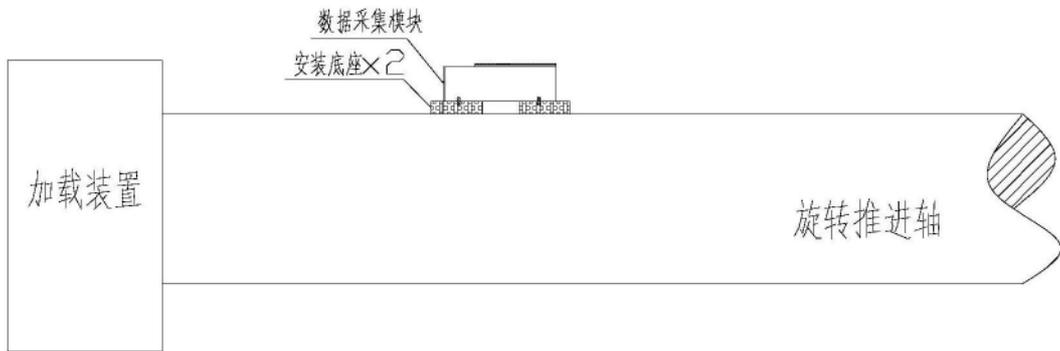


图3

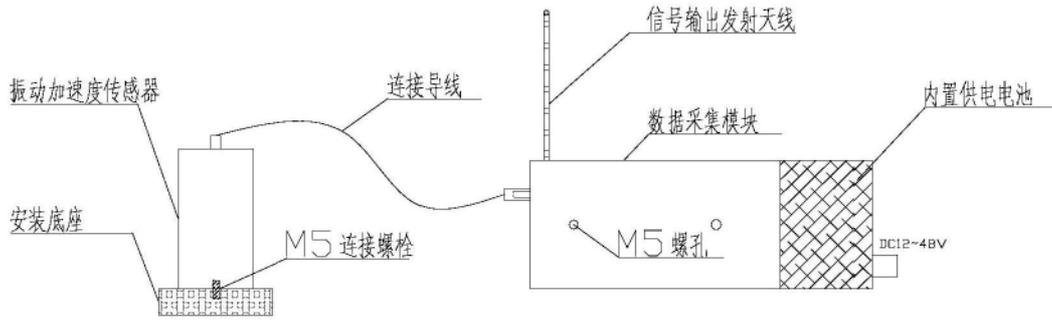


图4

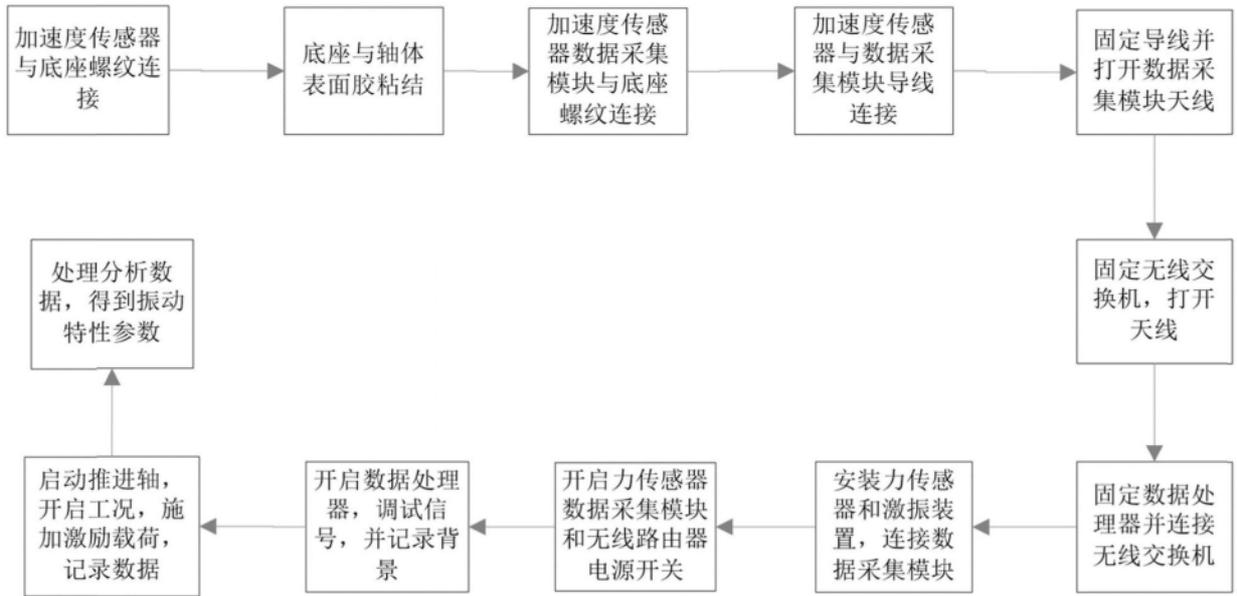


图5