

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2022 年 1 月 27 日 (27.01.2022)



(10) 国际公布号
WO 2022/016732 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01D 21/02 (2006.01) *G01L 11/00* (2006.01)
G01H 17/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2020/125252
- (22) 国际申请日: 2020 年 10 月 30 日 (30.10.2020)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202010727808.5 2020 年 7 月 23 日 (23.07.2020) CN
- (71) 申请人: 中国电力科学研究院有限公司 (CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE COMPANY LIMITED) [CN/CN]; 中国

北京市海淀区清河小营东路 15 号, Beijing 100192 (CN)。

- (72) 发明人: 李丹煜 (LI, Danyu); 中国北京市海淀区清河小营东路 15 号, Beijing 100192 (CN)。刘彬 (LIU, Bin); 中国北京市海淀区清河小营东路 15 号, Beijing 100192 (CN)。程永锋 (CHENG, Yongfeng); 中国北京市海淀区清河小营东路 15 号, Beijing 100192 (CN)。李鹏 (LI, Peng); 中国北京市海淀区清河小营东路 15 号, Beijing 100192 (CN)。展雪萍 (ZHAN, Xueping); 中国北京市海淀区清河小营东路 15 号, Beijing 100192 (CN)。

- (74) 代理人: 北京品源专利代理有限公司 (BEYOND ATTORNEYS AT LAW); 中国北京市海淀区莲花池东路 39 号西金大厦 6 层, Beijing 100036 (CN)。

(54) Title: TRANSMISSION LINE BREEZE VIBRATION SENSING DEVICE AND METHOD, AND TRANSMISSION LINE BREEZE VIBRATION EARLY WARNING DEVICE AND METHOD

(54) 发明名称: 输电线路微风振动感知装置及方法、输电线路微风振动预警装置及方法

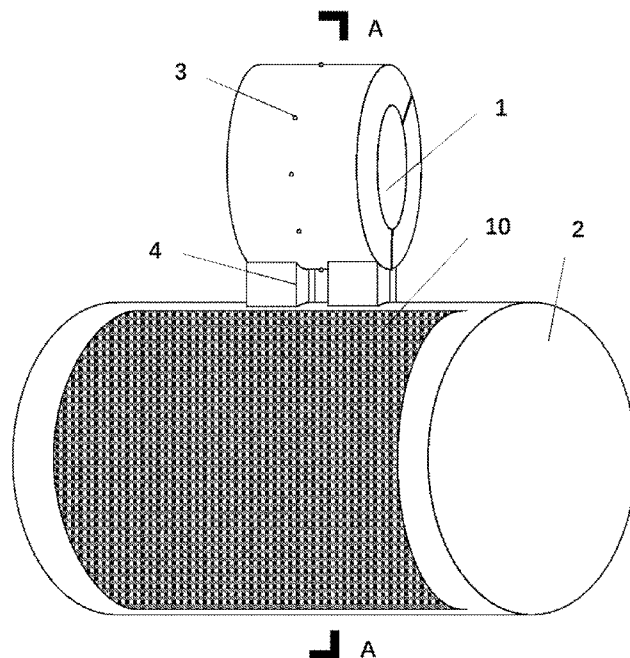


图 1

(57) Abstract: A transmission line breeze vibration sensing device and method, and a transmission line breeze vibration early warning device and method. The transmission line breeze vibration sensing device comprises: a wire clamp (1) of a hollow cylindrical structure, a vibration sensor (7), a plurality of pressure sensors (6) and a data processing device, wherein the wire clamp (1) is hung on a ground wire of a transmission line; the wire clamp (1) is connected to the data processing device; the vibration sensor (7) and the plurality of

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

pressure sensors (6) are arranged in the wire clamp (1) and are in communication connection with the data processing device; and the data processing device is configured to process the ground wire surface pressure collected by each of the pressure sensors (6) and the ground wire vibration acceleration collected by the vibration sensor (7) to obtain a ground wire pneumatic force, a ground wire vibration displacement, a ground wire vibration frequency and a ground wire dynamic bending strain, and send same to a remote server. The sensing device implements synchronous monitoring of the sag of the ground wire and the pneumatic load of the ground wire to provide complete basic data for providing disaster early warnings regarding the breeze vibration of the ground wire of the transmission line.

(57) 摘要: 一种输电线路微风振动感知装置及方法、输电线路微风振动预警装置及方法。输电线路微风振动感知装置包括: 空心圆柱结构的线夹(1)、振动传感器(7)、多个压力传感器(6)以及数据处理装置; 线夹(1)设置为悬挂在输电线路的导地线上; 线夹(1)与数据处理装置连接; 振动传感器(7)和多个压力传感器(6)均设置于线夹(1)内, 且均与数据处理装置通信连接; 数据处理装置设置为对每个压力传感器(6)采集的导地线表面压力和振动传感器(7)采集的导地线振动加速度进行处理, 得到导地线气动力、导地线振动位移、导地线振动频率和导地线动弯应变并发送给远端服务器。该感知装置实现了导地线弧垂、导地线气动载荷的同步监测, 为输电线路导地线微风振动的灾害预警提供了完整的基础数据。

输电线路微风振动感知装置及方法、输电线路微风振动预警装置及方法

本申请要求在2020年07月23日提交中国专利局、申请号为202010727808.5的中国专利申请的优先权，该申请的全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本公开涉及架空输电线路微风振动监测技术领域，例如涉及一种输电线路微风振动感知装置及方法、输电线路微风振动预警装置及方法。

背景技术

微风振动幅值若超过允许值，将导致一些线路部件的疲劳损坏，如导地线的疲劳断股，金具、间隔棒的疲劳损坏等。随着特高压、大跨越线路导地线的截面、张力、悬挂点高度及档距的不断增大，导致风对导地线的振动能量大大增加，导地线的振动强度远较普通档距线路的振动强度严重，导地线一旦发生疲劳断线断股，将给电网安全运行带来严重危害，有时甚至需要对全线进行更换。另一方面，随着输电线路的服役年限的增加，输电线路的微风振动问题更趋突出，已经严重威胁输电线路（例如特高压、大跨越线路）的安全运行。

气动载荷、结构力学特征、振动响是开展输电线路微风振动状态评价、风险评估、寿命预测的主要参数。为了掌握输电线路导地线的微风振动情况，主要通过测量距离导地线的线夹分离点89mm处的相对弯曲振幅来评价振动水平。测量导地线的微风振动的感知装置（或称输电线路微风振动感知装置）通常采用正装法和倒装法对导地线的微风振动进行测量，测量振动的传感器主要有以下几种：悬臂梁电阻应变式传感器、加速度传感器、光纤光栅传感器、激光传感器。输电线路微风振动感知装置对于短期状态评估起到了有效的支撑作用。由于缺少气动载荷及振动响应量的同步测量手段，无法建立导地线在实际运行环境状态下外激励与响应的相关关系，输电线路微风振动感知装置在输电线路微风振动的灾害预警、风险评估与寿命预测方面存在局限性。

发明内容

本公开提供了一种输电线路微风振动感知装置，包括：空心圆柱结构的线夹、振动传感器、多个压力传感器以及数据处理装置；

所述线夹设置为悬挂在输电线路的导地线上；

所述线夹与所述数据处理装置连接；

所述振动传感器和所述多个压力传感器均设置于所述线夹内，且均与所述数据处理装置通信连接；

所述数据处理装置设置为对每个压力传感器采集的导地线表面压力和所述振动传感器采集的导地线振动加速度进行处理得到导地线气动力、导地线振动位移、导地线振动频率和导地线动弯应变，并将得到的导地线气动力、导地线振动位移、导地线振动频率和导地线动弯应变发送给远端服务器。

本公开还提供了一种输电线路微风振动感知方法，包括：

输电线路导地线微风振动感知装置的线夹内的压力传感器对导地线表面压力进行测量，且所述线夹内的振动传感器对导地线振动加速度进行测量；

所述输电线路导地线微风振动感知装置的数据处理装置对所述压力传感器采集的导地线表面压力和所述振动传感器采集的导地线振动加速度进行处理得到导地线气动力、导地线振动位移、导地线振动频率和导地线动弯应变，并将得到的导地线气动力、导地线振动位移、导地线振动频率和导地线动弯应变发送到远端服务器。

本公开还提供了一种输电线路微风振动预警装置，包括：空心圆柱结构的线夹、振动传感器、多个压力传感器以及数据处理装置；

所述线夹设置为悬挂在输电线路的导地线上；

所述线夹与所述数据处理装置连接；

所述振动传感器和所述多个压力传感器均设置于所述线夹内，且均与所述数据处理装置通信连接；

所述数据处理装置设置为对每个压力传感器采集的导地线表面压力和所述振动传感器采集的导地线振动加速度进行处理得到导地线气动力、导地线振动位移、导地线振动频率和导地线动弯应变；判断所述导地线振动频率和所述导地线动弯应变中的每个参数是否超过所述参数对应的设定阈值，响应于所述导地线振动频率和所述导地线动弯应变中的至少一个参数分别超过所述至少一个参数对应的设定阈值，则产生报警信号；将所述导地线气动力、所述导地线振动位移、所述导地线振动频率和所述导地线动弯应变数据发送给远端服务器或者设置为将所述导地线气动力、所述导地线振动位移、所述导地线振动频率、所述导地线动弯应变数据和所述报警信号发送给远端服务器。

本公开还提供了一种输电线路微风振动预警方法，包括：

输电线路导地线微风振动预警装置的线夹内的压力传感器对导地线表面压力进行测量，且所述线夹内的振动传感器对导地线振动加速度进行测量；

所述输电线路导地线微风振动预警装置的数据处理装置对所述压力传感器采集的导地线表面压力和所述振动传感器采集的导地线振动加速度进行处理得到导地线气动力、导地线振动位移、导地线振动频率和导地线动弯应变；

所述数据处理装置判断所述导地线振动频率和所述导地线动弯应变中的每个参数是否超过所述参数对应的设定阈值，响应于所述导地线振动频率和所述导地线动弯应变中的至少一个参数分别超过所述至少一个参数对应的设定阈值，则产生报警信号；

所述数据处理装置将所述导地线气动力、所述导地线振动位移、所述导地线振动频率和所述导地线动弯应变发送给远端服务器或者将所述导地线气动力、所述导地线振动位移、所述导地线振动频率、所述导地线动弯应变数据和所述报警信号发送给远端服务器。

附图说明

图 1 是一实施例提供的一种输电线路导地线微风振动感知预警装置的结构图；

图 2 是一实施例提供的图 1 中 A-A 的剖视图；

图 3 是一实施例提供的一种坐标定义图；

图 4 是一实施例提供的一种输电线路导地线微风振动感知方法的流程图；

图 5 是一实施例提供的一种输电线路导地线微风振动预警方法的流程图。

附图标记：

1-线夹；2-悬挂盒；3-测压孔；4-连接件；5-弹性保护层；6-压力传感器；7-振动传感器；8-集成电路；9-电池；10-太阳能电池板；11-转轴。

具体实施方式

下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行描述。

实施例 1

本公开提供了一种输电线路微风振动感知装置，如图 1 所示，包括：空心圆柱型结构的线夹 1、设置于所述线夹 1 内的振动传感器 7 和多个压力传感器 6 以及数据处理装置；所述线夹 1 悬挂在输电线路的导地线上；所述线夹 1 与所述数据处理装置连接；所述振动传感器 7 和多个压力传感器 6 与所述数据处理装置通信连接；所述数据处理装置对压力传感器 6 采集的导地线表面压力和振

动传感器 7 采集的导地线振动加速度进行处理得到导地线气动力、振动位移、振动频率和动弯应变并发送给远端服务器。

如图 2 所示, 所述线夹 1 的横切面为圆环结构, 其中, 内环直径与导地线外径相匹配, 外环上设有多个测压孔 3, 所述振动传感器 7 和多个压力传感器 6 均设置于内环与外环之间, 且每个压力传感器 6 对应一个测压孔 3, 所述振动传感器 7 靠近内环设置。

所述数据处理装置包括: 悬挂盒 2、集成电路 8、电池 9 和太阳能电池板 10; 所述悬挂盒 2 为空心圆柱型结构, 所述太阳能电池板 10 固定于所述悬挂盒 2 的圆柱型结构的外表面上, 所述集成电路 8 和电池 9 设置于所述悬挂盒 2 的圆柱型结构内; 所述线夹 1 与所述悬挂盒 2 固定连接; 所述集成电路 8 与所述压力传感器 6 和振动传感器 7 通讯连接, 设置为对压力传感器 6 采集的导地线表面压力和振动传感器 7 采集的导地线振动加速度进行处理得到导地线气动力、振动位移、振动频率和动弯应变并发送给远端服务器; 所述集成电路 8 与所述电池 9 连接; 所述电池 9 与所述太阳能电池板 10 连接。

所述集成电路 8 包括: 数据采集模块、中央处理器 (Central Processing Unit, CPU) 计算模块、存储模块和通讯模块; 所述数据采集模块、CPU 计算模块和通讯模块均与存储模块连接; 所述数据采集模块与所述压力传感器 6 和振动传感器 7 连接, 采集压力传感器 6 测量的导地线表面压力和振动传感器 7 测量的导地线振动加速度; 所述 CPU 计算模块根据压力传感器 6 测量的导地线表面压力和振动传感器 7 测量的导地线振动加速度计算导地线气动力、振动位移、振动频率和动弯应变; 所述存储模块获取并存储所述数据采集模块采集的压力传感器 6 测量的导地线表面压力、振动传感器 7 测量的导地线振动加速度以及 CPU 计算模块计算的导地线气动力、振动位移、振动频率和动弯应变; 所述通讯模块将所述存储模块中的数据发送给远端服务器。

所述导地线气动力包括: 导线轴向单位长度平均阻力和导线轴向单位长度平均升力。

所述导线轴向单位长度平均阻力的计算式如下:

$$F_D = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N [P_i(t) \cdot (n\pi r / 180) \cdot \cos \theta] / T$$

式中, F_D 为导线轴向单位长度平均阻力, $P_i(t)$ 为测点 i 处的测点压力时程, N 为展向测点总数, T 为采样总时长, n 为测点 i 与测点 $i-1$ 的中线和测点 i 与测点 $i+1$ 的中线夹角, r 为导线外接圆半径 (m), θ 为测点 i 的角度。

所述导线轴向单位长度平均升力的计算式如下:

$$F_f = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N [P_i(t) \cdot (n\pi r / 180) \cdot \sin \theta] / T$$

式中, F_f 为导线轴向单位长度平均升力, $P_i(t)$ 为测点 i 处的测点压力时程, N 为展向测点总数, T 为采样总时长, n 为测点 i 与测点 $i-1$ 的中线和测点 i 与测点 $i+1$ 的中线夹角, r 为导线外接圆半径 (m), θ 为测点 i 的角度。

所述导地线的动弯应变的计算式如下:

$$\varepsilon = \frac{dHA}{2[1 - e^{-Pa}(1 + Pa)]EI_{\min}}$$

式中, ε 为悬垂线夹、防振锤线夹处导线的动弯应变; H 为导线运行张力; $EI_{\min}$ 为导线最小弯曲刚度; a 表示振动传感器距离线夹出口的距离; d 为导线最外层股径; A 为仪器测取得相对振幅值。

所述振动传感器 7 采用加速度计、陀螺仪或磁传感器复合的 9 轴微电子机械系统 (Micro-Electromechanical Systems, MEMS) 振动传感器。

所述线夹 1 还包括: 防水透气膜和硅胶结构件; 所述防水透气膜与测压孔 3 固定连接, 所述压力传感器 6 通过所述硅胶结构件与所述防水透气膜可拆卸连接。

所述线夹 1 还包括: 螺栓和转轴 11; 所述螺栓和转轴 11 均设置于所述圆环结构的内环和外环之间, 所述线夹 1 的空心圆柱型结构沿径向被分成第一部分和第二部分, 第一部分的一端与悬挂盒 2 连接, 第一部分的另一端与第二部分的一端通过转轴 11 连接, 第二部分的另一端与悬挂盒 2 通过螺栓连接。

所述线夹 1 还包括: 弹性保护层 5; 所述弹性保护层 5 设置于所述内环与导线间; 所述弹性保护层 5 采用耐老化、耐腐蚀弹性材料, 并在所述弹性保护层 5 内嵌入铝合金型板。

所述集成电路板 8 的表面设有纳米疏水涂层。

本装置还包括: 镂空结构的连接件 4 和设置于所述镂空结构内的连接线; 所述线夹 1 通过所述连接件 4 与所述悬挂盒 2 连接; 所述数据采集模块与所述压力传感器 6 和振动传感器 7 通过设置于所述镂空结构内的连接线连接。

所述测压孔 3 的数量不少于 8。

所述测压孔 3 的内径为根据所述压力传感器 6 的大小设定, 不得大于 1mm。

所述线夹 1 的材料采用阳极氧化铝或不锈钢合金。

所述装置的转角都采用圆弧结构, 并做防电晕处理。

一实施例中，输电线路微风振动感知装置包括：圆环型空心线夹 1 及数据处理装置，线夹 1 上设有测压孔 3，线夹 1 内设有压力传感器 6 和振动传感器 7，数据处理装置的悬挂盒 2 设有集成电路 8、电池 9 和太阳能板 10。

线夹 1 的空心圆柱型结构沿着径向被分成 1/3 线夹部分和 2/3 线夹部分。其中，2/3 线夹部分的一端连接于悬挂盒 2，另一端采用转轴 11 与 1/3 线夹部分相连，1/3 线夹部分的另一端采用螺栓与悬挂盒 2 相连。

转轴 11 采用硅胶结构件进行防水处理。

线夹 1 上预留测压孔 3，孔内径 1mm。

所述测压孔 3 上下左右对称布置至少 8 个。

线夹 1 与悬挂盒 2 之间的连接件 4 镂空设计，开孔位置与测压孔 3 处于同一平面内，避免装置干扰结构本身的绕流场。

所述线夹 1 与悬挂盒 2 之间的连接件 4 的长度不小于 0.75 倍的导地线直径。

线夹 1 与导地线直接接触部分，有一层弹性保护层 5。

压力传感器 6 通过防水透气膜、硅胶结构件与测压孔 3 相连，设置为测量导地线表面风压。

防水透气膜设置为防止水分进入装置内部。一实施例中，防水透气膜选用聚四氟乙烯材料制成。

线夹 1 内含有振动传感器 7，设置为导地线振动响应的测量。一实施例中，振动传感器 7 为加速度计、陀螺仪和磁传感器复合的 9 轴 MEMS 振动传感器。

数据处理装置内含有集成电路板 8 和电池组 9。

所述集成电路板 8，由数据采集单元、CPU 计算模块、存储卡、通讯模块构成，设置为传感器数据的采集、存储、运算与通讯。

所述 CPU 计算模块内写入了根据所测量加速度求解导地线位移及动弯应变的算法，基于导地线表面压力识别气动力及振动频率的算法。

集成电路板 8 的表面有纳米疏水涂层。一实施例中，纳米疏水涂层通过等离子体辅助化学气相沉积形成。

悬挂盒 2 外表面由太阳能板 8 覆盖，设置为装置的供电。

装置的所有转角都采用圆弧形式，经防电晕处理。

装置采用阳极氧化铝或不锈钢合金材料制成。

弹性保护层 5，采用耐老化、耐腐蚀弹性材料且其体内嵌入铝合金型板。

如图 3 所示, 将压力传感器测量的导地线表面压力按照截面内的 x 轴和 y 轴分解, 根据测压点从属弧长加权, 分别沿 x 轴和 y 轴积分获得单位轴向导线轴向单位长度平均阻力和导线轴向单位长度平均升力; 所述导线轴向单位长度平均阻力的计算式如下:

$$F_D = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N [P_i(t) \cdot (n\pi r/180) \cdot \cos\theta] / T$$

式中, F_D 为导线轴向单位长度平均阻力, $P_i(t)$ 为测点 i 处的测点压力时程, N 为展向测点总数, T 为采样总时长, n 为测点 i 与测点 $i-1$ 的中线和测点 i 与测点 $i+1$ 的中线夹角, r 为导线外接圆半径 (m), θ 为测点 i 的角度。

所述导线轴向单位长度平均升力的计算式如下:

$$F_f = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N [P_i(t) \cdot (n\pi r/180) \cdot \sin\theta] / T$$

式中, F_f 为导线轴向单位长度平均升力, $P_i(t)$ 为测点 i 处的测点压力时程, N 为展向测点总数, T 为采样总时长, n 为测点 i 与测点 $i-1$ 的中线和测点 i 与测点 $i+1$ 的中线夹角, r 为导线外接圆半径 (m), θ 为测点 i 的角度。

对上述导线轴向单位长度平均升力时程进行快速傅里叶变换, 对幅值归一化处理, 获得升力频谱曲线, 升力频谱曲线中最大幅值对应的频率即为导地线微风振动频率。

根据加速度传感器中陀螺仪测到的角度, 将加速度信号换算到以导地线轴向和横截面构成的三维坐标系中; 对加速度传感器测量的导地线振动加速度信号进行一次积分获得导地线振动速度, 二次积分得到导地线振动位移。

当在导地线上只安装一个该装置时, 相对振幅值近似等于振动位移, 例如, 安装于悬垂线夹出口 89mm 处。当在导地线上安装两个该装置时, 相对振幅值等于两个装置的振幅差值。

根据以下振幅与动弯应变的关系, 计算导地线动弯应变:

$$\varepsilon = \frac{dP^2 A}{2[1 - e^{-Pa}(1 + Pa)]}$$

$$P = (H/EI_{\min})^{0.5}$$

式中, ε 为悬垂线夹、防振锤线夹处导线的动弯应变 (10^{-6}cm/cm), 以微应变表示; H 为导线运行张力; $EI_{\min}$ 为导线最小弯曲刚度; a 表示振动传感器距离线夹出口的距离, 一般取 89mm; d 为导线最外层股径; A 为仪器测取得相对振幅值 (峰-峰 (Peak-to-Peak, P-P))。

本公开攻克了导地线表面压力、振动幅值的同步测量技术中的问题，实现了气动载荷、振动响应、尾流涡脱特征、导地线弧垂的边缘分析与预警评估。与传统装置仅监测振动响应相比，本公开提供的输电线路微风振动感知装置实现了导地线气动载荷、微风振动响应的同步监测与预警评估，为输电线路导地线微风振动的灾害预警、状态评价、风险评估与寿命预测提供了更加完整的基础数据。同时本公开考虑了对装置的防水处理，通过采用防水透气膜技术、纳米疏水涂层技术对装置进行了多层次防水处理。

实施例 2

本公开提供了一种输电线路微风振动感知方法，如图 4 所示，包括：

步骤 110，将输电线路导地线微风振动感知装置安装在输电线路的导地线上。

步骤 120，利用设置于输电线路导地线微风振动感知装置的线夹内的压力传感器对导地线表面压力进行测量，并利用线夹内的振动传感器对导地线振动加速度进行测量。

步骤 130，利用输电线路导地线微风振动感知装置的数据处理装置对压力传感器采集的导地线表面压力和振动传感器采集的导地线振动加速度进行处理得到导地线气动力、振动位移、振动频率和动弯应变并发送到远端服务器。

利用输电线路导地线微风振动感知装置的数据处理装置对压力传感器采集的导地线表面压力和振动传感器采集的导地线振动加速度进行处理得到导地线气动力、振动位移、振动频率和动弯应变并发送到远端服务器，包括：

所述数据处理装置中的集成电路的数据采集模块采集压力传感器测量的导地线表面压力和振动传感器测量的导地线振动加速度；所述集成电路的 CPU 计算模块根据压力传感器测量的导地线表面压力和振动传感器测量的导地线振动加速度计算导地线气动力、振动位移、振动频率和动弯应变；所述集成电路的存储模块获取并存储所述数据采集模块采集的压力传感器测量的导地线表面压力、振动传感器测量的导地线振动加速度以及 CPU 计算模块计算的导地线气动力、振动位移、振动频率和动弯应变；所述集成电路的通讯模块定期将所述存储模块中的数据发送给远端服务器。

所述导地线气动力包括：导线轴向单位长度平均阻力和导线轴向单位长度平均升力。

所述导线轴向单位长度平均阻力的计算式如下：

$$F_D = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N [P_i(t) \cdot (n\pi r/180) \cdot \cos\theta] / T$$

式中, F_D 为导线轴向单位长度平均阻力, $P_i(t)$ 为测点 i 处的测点压力时程, N 为展向测点总数, T 为采样总时长, n 为测点 i 与测点 $i-1$ 的中线和测点 i 与测点 $i+1$ 的中线夹角, r 为导线外接圆半径 (m), θ 为测点 i 的角度。

所述导线轴向单位长度平均升力的计算式如下:

$$F_f = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N [P_i(t) \cdot (n\pi r / 180) \cdot \sin \theta] / T$$

式中, F_f 为导线轴向单位长度平均升力, $P_i(t)$ 为测点 i 处的测点压力时程, N 为展向测点总数, T 为采样总时长, n 为测点 i 与测点 $i-1$ 的中线和测点 i 与测点 $i+1$ 的中线夹角, r 为导线外接圆半径 (m), θ 为测点 i 的角度。

所述导地线的动弯应变的计算式如下:

$$\varepsilon = \frac{dHA}{2[1 - e^{-Pa}(1 + Pa)]EI_{\min}}$$

$$P = (H/EI_{\min})^{0.5}$$

式中, ε 为悬垂线夹、防振锤线夹处导线的动弯应变; H 为导线运行张力; $EI_{\min}$ 为导线最小弯曲刚度; a 表示振动传感器距离线夹出口的距离; d 为导线最外层股径; A 为仪器测取得相对振幅值。

所述振动传感器采用加速度计、陀螺仪或磁传感器复合的 9 轴 MEMS 振动传感器。

一实施例中, 在导地线上安装与其尺寸相应的该装置。

采用本公开提供的输电线路微风振动感知装置内置的压力传感器测量导地线表面压力, 采用内置振动传感器测量导地线振动加速度, 通过所述采集单元采集, 存储到所述存储单元内。

采用 CPU 计算模块内嵌入的算法, 计算导地线气动力、振动位移、振动频率、动弯应变, 将计算结果存储到所述存储单元内。

事先在动弯应变算法内设置阈值, 当动弯应变超过阈值时, 自动发送预警信息到远端服务器。

采用本公开提供的输电线路微风振动感知装置内置的通讯模块将原始测量数据与计算结果定期打包发送到远端服务器。

本方法实施例攻克了导地线表面压力、振动幅值的同步测量技术中的问题, 实现了气动载荷、振动响应、尾流涡脱特征、导地线弧垂的边缘分析与预警评估。与传统装置仅监测振动响应相比, 本公开提供的输电线路微风振动感知装

置实现了导地线弧垂、导地线气动载荷、微风振动的同步监测与预警评估，为输电线路导地线微风振动的灾害预警、状态评价、风险评估与寿命预测提供了更加完整的基础数据。

实施例 3

本公开提供了一种输电线路微风振动预警装置，如图 1 所示，包括：空心圆柱结构的线夹 1、设置于所述线夹 1 内的振动传感器 7 和多个压力传感器 6 和数据处理装置；所述线夹 1 悬挂在输电线路的导地线上；所述线夹 1 与所述数据处理装置连接；所述振动传感器 7 和多个压力传感器 6 与所述数据处理装置通信连接；所述数据处理装置对压力传感器 6 采集的导地线表面压力和振动传感器 7 采集的导地线振动加速度进行处理得到导地线气动力、振动位移、振动频率和动弯应变；还设置为判断振动频率和动弯应变中的每个参数是否超过对应的设定阈值，当振动频率和动弯应变中的至少一个参数分别超过对应的设定阈值时产生报警信号；还设置为将所述导地线气动力、振动位移、振动频率和动弯应变数据发送给远端服务器或者设置为将所述导地线气动力、振动位移、振动频率和动弯应变数据和报警信号发送给远端服务器。

本装置不仅实现了导地线气动载荷、微风振动响应的同步监测，为输电线路导地线微风振动的灾害预警提供了完整的基础数据，还能在导地线气动力、振动位移、振动频率和动弯应变超过阈值时报警，降低导地线的损害。

实施例 4

本公开提供了一种输电线路微风振动预警方法，如图 5 所示，包括：

步骤 210，将输电线路导地线微风振动预警装置安装在输电线路的导地线上。

步骤 220，利用设置于输电线路导地线微风振动预警装置的线夹内的压力传感器对导地线表面压力进行测量，并利用线夹内的振动传感器对导地线振动加速度进行测量。

步骤 230，利用输电线路导地线微风振动预警装置的数据处理装置对压力传感器采集的导地线表面压力和振动传感器采集的导地线振动加速度进行处理得到导地线气动力、振动位移、振动频率和动弯应变。

步骤 240，所述数据处理装置判断振动频率和动弯应变中的每个参数是否超过对应的设定阈值，当振动频率和动弯应变中的至少一个参数分别超过对应的设定阈值时产生报警信号。

步骤 250，所述数据处理装置将所述导地线气动力、振动位移、振动频率和动弯应变数据发送给远端服务器或者将所述导地线气动力、振动位移、振动频率和动弯应变数据和报警信号发送给远端服务器。

本方法不仅实现了导地线弧垂、导地线气动载荷、微风振动的同步监测，为输电线路导地线微风振动的灾害预警提供了完整的基础数据，还能在振动频率和动弯应变超过阈值时报警，降低导地线的损害。

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、光盘只读存储器（Compact Disc Read-Only Memory, CD-ROM）、光学存储器等）上实施的计算机程序产品的形式。

本申请是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设置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。

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。

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。

1、一种输电线路微风振动感知装置，包括：空心圆柱型结构的线夹（1）、振动传感器（7）、多个压力传感器（6）以及数据处理装置；

所述线夹（1）设置为悬挂在输电线路的导地线上；

所述线夹（1）与所述数据处理装置连接；

所述振动传感器（7）和所述多个压力传感器（6）均设置于所述线夹（1）内，且均与所述数据处理装置通信连接；

所述数据处理装置设置为对每个压力传感器（6）采集的导地线表面压力和所述振动传感器（7）采集的导地线振动加速度进行处理得到导地线气动力、导地线振动位移、导地线振动频率和导地线动弯应变，并将得到的导地线气动力、导地线振动位移、导地线振动频率和导地线动弯应变发送给远端服务器。

2、如权利要求 1 所述的感知装置，其中，所述线夹（1）的横切面为圆环结构，所述圆环结构的内环直径与导地线外径相匹配，所述圆环结构的外环上设有多个测压孔（3），所述振动传感器（7）和所述多个压力传感器（6）均设置于所述圆环结构的内环与外环之间，且每个压力传感器（6）对应一个测压孔（3），所述振动传感器（7）偏向于所述圆环结构的内环设置。

3、如权利要求 2 所述的感知装置，其中，所述数据处理装置包括：悬挂盒（2）、集成电路（8）、电池（9）和太阳能电池板（10）；

所述悬挂盒（2）为空心圆柱型结构，所述太阳能电池板（10）固定于所述悬挂盒（2）的空心圆柱型结构的外表面上，所述集成电路（8）和所述电池（9）设置于所述悬挂盒（2）的空心圆柱型结构内；

所述线夹（1）与所述悬挂盒（2）固定连接；

所述集成电路（8）与每个压力传感器（6）和所述振动传感器（7）通讯连接，设置为对每个压力传感器（6）采集的导地线表面压力和所述振动传感器（7）采集的导地线振动加速度进行处理得到导地线气动力、导地线振动位移、导地线振动频率和导地线动弯应变，并将得到的导地线气动力、导地线振动位移、导地线振动频率和导地线动弯应变发送给所述远端服务器；

所述集成电路（8）与所述电池（9）连接；

所述电池（9）与所述太阳能电池板（10）连接。

4、如权利要求 3 所述的感知装置，其中，所述集成电路（8）包括：数据采集模块、中央处理器 CPU 计算模块、存储模块和通讯模块；

所述数据采集模块、所述 CPU 计算模块和所述通讯模块均与所述存储模块连接；

所述数据采集模块与每个压力传感器(6)和所述振动传感器(7)连接,设置为采集每个压力传感器(6)测量的导地线表面压力和所述振动传感器(7)测量的导地线振动加速度;

所述 CPU 计算模块设置为根据每个压力传感器(6)测量的导地线表面压力和所述振动传感器(7)测量的导地线振动加速度计算导地线气动力、导地线振动位移、导地线振动频率和导地线动弯应变;

所述存储模块设置为获取并存储所述数据采集模块采集的每个压力传感器(6)测量的导地线表面压力、所述振动传感器(7)测量的导地线振动加速度以及所述 CPU 计算模块计算的导地线气动力、导地线振动位移、导地线振动频率和导地线动弯应变;

所述通讯模块设置为将所述存储模块中的数据发送给所述远端服务器。

5、如权利要求 1 所述的感知装置,其中,所述导地线气动力包括:导线轴向单位长度平均阻力和导线轴向单位长度平均升力。

6、如权利要求 5 所述的感知装置,其中,所述数据处理装置是设置为通过如下公式得到所述导线轴向单位长度平均阻力:

$$F_D = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N [P_i(t) \cdot (n\pi r / 180) \cdot \cos \theta] / T;$$

其中, F_D 为所述导线轴向单位长度平均阻力, $P_i(t)$ 为测点 i 处的测点压力时程, N 为展向测点总数, T 为采样总时长, n 为所述测点 i 与测点 $i-1$ 的中线和所述测点 i 与测点 $i+1$ 的中线夹角, r 为导线外接圆半径, θ 为所述测点 i 的角度。

7、如权利要求 5 所述的感知装置,其中,所述数据处理装置是设置为通过如下公式得到所述导线轴向单位长度平均升力:

$$F_f = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N [P_i(t) \cdot (n\pi r / 180) \cdot \sin \theta] / T;$$

其中, F_f 为所述导线轴向单位长度平均升力, $P_i(t)$ 为测点 i 处的测点压力时程, N 为展向测点总数, T 为采样总时长, n 为所述测点 i 与测点 $i-1$ 的中线和所述测点 i 与测点 $i+1$ 的中线夹角, r 为导线外接圆半径, θ 为所述测点 i 的角度。

8、如权利要求 1 所述的感知装置,其中,所述数据处理装置是设置为通过如下公式得到所述导地线动弯应变的计算式如下:

$$\varepsilon = \frac{dHA}{2[1 - e^{-Pa}(1 + Pa)]EI_{\min}};$$

$$P = (H/EI_{\min})^{0.5};$$

其中, ε 为悬垂线夹处的导线的动弯应变, H 为导线运行张力, $EI_{\min}$ 为导线最小弯曲刚度, a 表示振动传感器距离线夹出口的距离, d 为导线最外层股径, A 为仪器测取得相对振幅值。

9、如权利要求 1 所述的感知装置, 其中, 所述振动传感器 (7) 为加速度计、陀螺仪或磁传感器复合的 9 轴微电子机械系统 MEMS 振动传感器。

10、如权利要求 2 所述的感知装置, 其中, 所述线夹 (1) 包括: 防水透气膜和硅胶结构件;

所述防水透气膜与所述多个测压孔 (3) 固定连接, 每个压力传感器 (6) 通过所述硅胶结构件与所述防水透气膜连接。

11、如权利要求 3 所述的感知装置, 其中, 所述线夹 (1) 包括: 螺栓和转轴 (11);

所述螺栓和所述转轴 (11) 均设置于所述圆环结构的内环和外环之间所述线夹 (1) 的空心圆柱型结构沿径向被分成第一部分和第二部分, 所述第一部分的一端与所述悬挂盒 (2) 连接, 所述第一部分的另一端与所述第二部分的一端通过所述转轴 (11) 连接, 第二部分的另一端与所述悬挂盒 (2) 通过所述螺栓连接。

12、如权利要求 2 所述的感知装置, 其中, 所述线夹 (1) 包括: 弹性保护层 (5);

所述弹性保护层 (5) 设置于所述圆环结构的内环与导地线之间;

所述弹性保护层 (5) 由弹性材料制成, 且所述弹性保护层 (5) 内嵌入有铝合金型板。

13、如权利要求 3 所述的感知装置, 其中, 所述集成电路板 (8) 的表面设有纳米疏水涂层。

14、如权利要求 3 所述的感知装置, 还包括: 镂空结构的连接件 (4) 和设置于所述镂空结构内的连接线;

所述线夹 (1) 通过所述连接件 (4) 与所述悬挂盒 (2) 连接;

所述数据采集模块通过设置于所述镂空结构内的连接线与每个压力传感器 (6) 和所述振动传感器 (7) 通讯连接。

15、如权利要求 2 所述的感知装置, 其中, 所述多个测压孔 (3) 的数量至少为 8。

16、如权利要求 2 所述的感知装置, 其中, 所述测压孔 (3) 的内径为根据所述压力传感器 (6) 的大小设定, 所述测压孔 (3) 的内径至多为 1 毫米 mm。

17、如权利要求 1 所述的感知装置，其中，所述线夹（1）由阳极氧化铝或不锈钢合金制成。

18、如权利要求 1-17 任一项所述的感知装置，其中，所述装置的多个转角均为圆弧结构且均经过防电晕处理。

19、一种输电线路微风振动感知方法，包括：

输电线路导地线微风振动感知装置的线夹内的压力传感器对导地线表面压力进行测量，且所述线夹内的振动传感器对导地线振动加速度进行测量；

所述输电线路导地线微风振动感知装置的数据处理装置对所述压力传感器采集的导地线表面压力和所述振动传感器采集的导地线振动加速度进行处理得到导地线气动力、导地线振动位移、导地线振动频率和导地线动弯应变，并将得到的导地线气动力、导地线振动位移、导地线振动频率和导地线动弯应变发送到远端服务器。

20、如权利要求 19 所述的方法，其中，所述输电线路导地线微风振动感知装置的数据处理装置对所述压力传感器采集的导地线表面压力和所述振动传感器采集的导地线振动加速度进行处理得到导地线气动力、导地线振动位移、导地线振动频率和导地线动弯应变，并将得到的导地线气动力、导地线振动位移、导地线振动频率和导地线动弯应变发送到远端服务器，包括：

所述数据处理装置中的集成电路的数据采集模块采集所述压力传感器测量的导地线表面压力和所述振动传感器测量的导地线振动加速度；

所述集成电路的中央处理器 CPU 计算模块根据所述压力传感器测量的导地线表面压力和所述振动传感器测量的导地线振动加速度计算导地线气动力、导地线振动位移、导地线振动频率和导地线动弯应变；

所述集成电路的存储模块获取并存储所述数据采集模块采集的所述压力传感器测量的导地线表面压力、所述振动传感器测量的导地线振动加速度以及所述 CPU 计算模块计算的导地线气动力、导地线振动位移、导地线振动频率和导地线动弯应变；

所述集成电路的通讯模块定期将所述存储模块中的数据发送给所述远端服务器。

21、如权利要求 19 所述的方法，其中，所述导地线气动力包括：导线轴向单位长度平均阻力和导线轴向单位长度平均升力。

22、如权利要求 21 所述的方法，其中，所述导线轴向单位长度平均阻力的计算式如下：

$$F_D = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N [P_i(t) \cdot (n\pi r / 180) \cdot \cos \theta] / T;$$

其中, F_D 为所述导线轴向单位长度平均阻力, $P_i(t)$ 为测点 i 处的测点压力时程, N 为展向测点总数, T 为采样总时长, n 为所述测点 i 与测点 $i-1$ 的中线和所述测点 i 与测点 $i+1$ 的中线夹角, r 为导线外接圆半径, θ 为所述测点 i 的角度。

23、如权利要求 21 所述的方法, 其中, 所述导线轴向单位长度平均升力的计算式如下:

$$F_f = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N [P_i(t) \cdot (n\pi r / 180) \cdot \sin \theta] / T;$$

其中, F_f 为所述导线轴向单位长度平均升力, $P_i(t)$ 为测点 i 处的测点压力时程, N 为展向测点总数, T 为采样总时长, n 为所述测点 i 与测点 $i-1$ 的中线和所述测点 i 与测点 $i+1$ 的中线夹角, r 为导线外接圆半径, θ 为所述测点 i 的角度。

24、如权利要求 19 所述的方法, 其中, 所述导地线的动弯应变的计算式如下:

$$\varepsilon = \frac{dHA}{2[1 - e^{-Pa}(1 + Pa)]EI_{\min}};$$

$$P = (H/EI_{\min})^{0.5};$$

其中, ε 为悬垂线夹处的导线的动弯应变, H 为导线运行张力, $EI_{\min}$ 为导线最小弯曲刚度, a 表示振动传感器距离线夹出口的距离, d 为导线最外层股径, A 为仪器测取得相对振幅值。

25、一种输电线路微风振动预警装置, 包括: 空心圆柱结构的线夹 (1)、振动传感器 (7)、多个压力传感器 (6) 以及数据处理装置;

所述线夹 (1) 设置为悬挂在输电线路的导地线上;

所述线夹 (1) 与所述数据处理装置连接;

所述振动传感器 (7) 和所述多个压力传感器 (6) 均设置于所述线夹 (1) 内, 且均与所述数据处理装置通信连接;

所述数据处理装置设置为对每个压力传感器 (6) 采集的导地线表面压力和所述振动传感器 (7) 采集的导地线振动加速度进行处理得到导地线气动力、导地线振动位移、导地线振动频率和导地线动弯应变; 判断所述导地线振动频率和所述导地线动弯应变中的每个参数是否超过所述参数对应的设定阈值, 响应于所述导地线振动频率和所述导地线动弯应变中的至少一个参数分别超过所述

至少一个参数对应的设定阈值，则产生报警信号；将所述导地线气动力、所述导地线振动位移、所述导地线振动频率和所述导地线动弯应变发送给远端服务器或者将所述导地线气动力、所述导地线振动位移、所述导地线振动频率、所述导地线动弯应变和所述报警信号发送给远端服务器。

26、一种输电线路微风振动预警方法，包括：

输电线路导地线微风振动预警装置的线夹内的压力传感器对导地线表面压力进行测量，且所述线夹内的振动传感器对导地线振动加速度进行测量；

所述输电线路导地线微风振动预警装置的数据处理装置对所述压力传感器采集的导地线表面压力和所述振动传感器采集的导地线振动加速度进行处理得到导地线气动力、导地线振动位移、导地线振动频率和导地线动弯应变；

所述数据处理装置判断所述导地线振动频率和所述导地线动弯应变中的每个参数是否超过所述参数对应的设定阈值，响应于所述导地线振动频率和所述导地线动弯应变中的至少一个参数分别超过所述至少一个参数对应的设定阈值，则产生报警信号；

所述数据处理装置将所述导地线气动力、所述导地线振动位移、所述导地线振动频率和所述导地线动弯应变发送给远端服务器或者将所述导地线气动力、所述导地线振动位移、所述导地线振动频率、所述导地线动弯应变和所述报警信号发送给远端服务器。

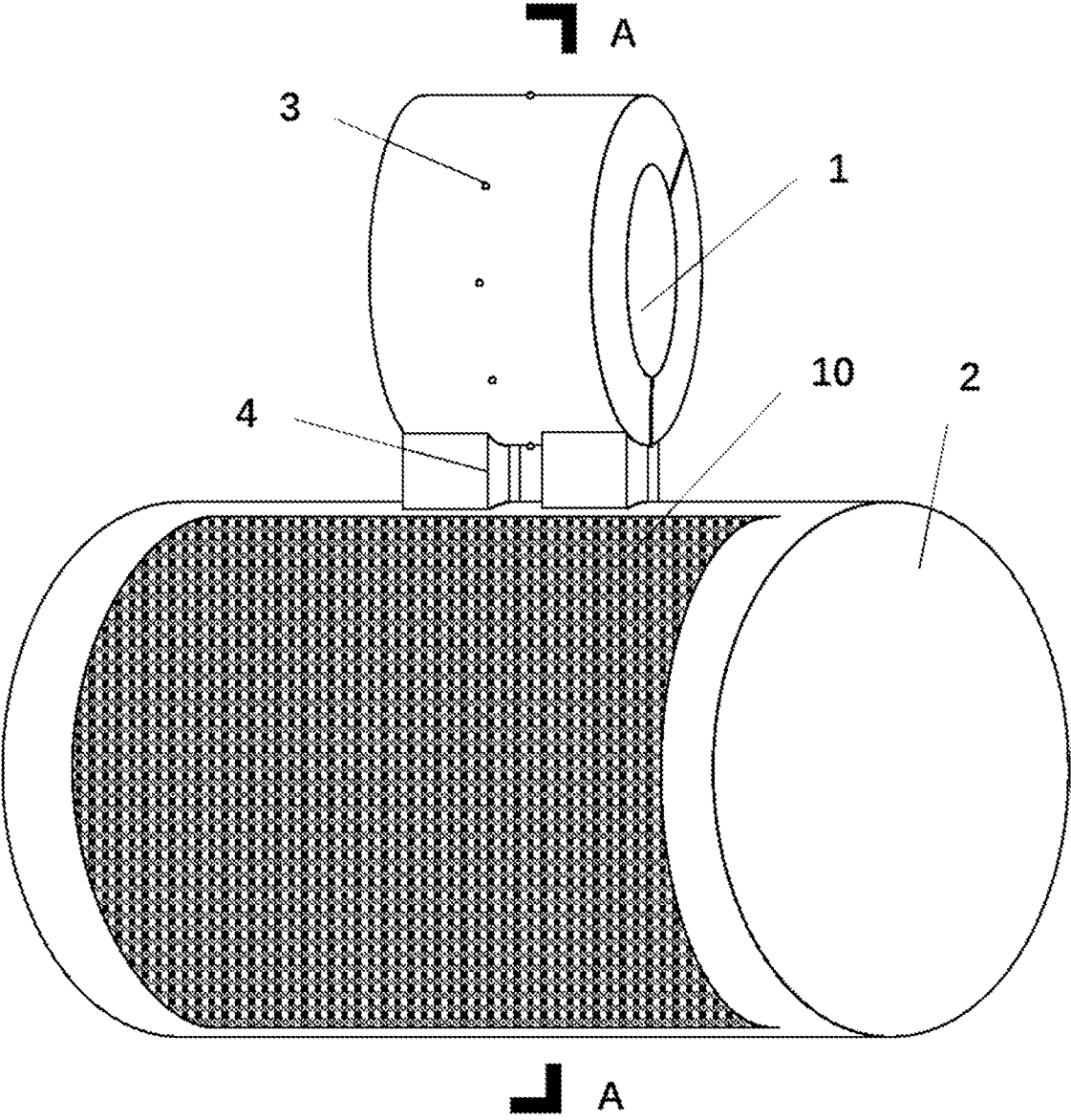


图 1

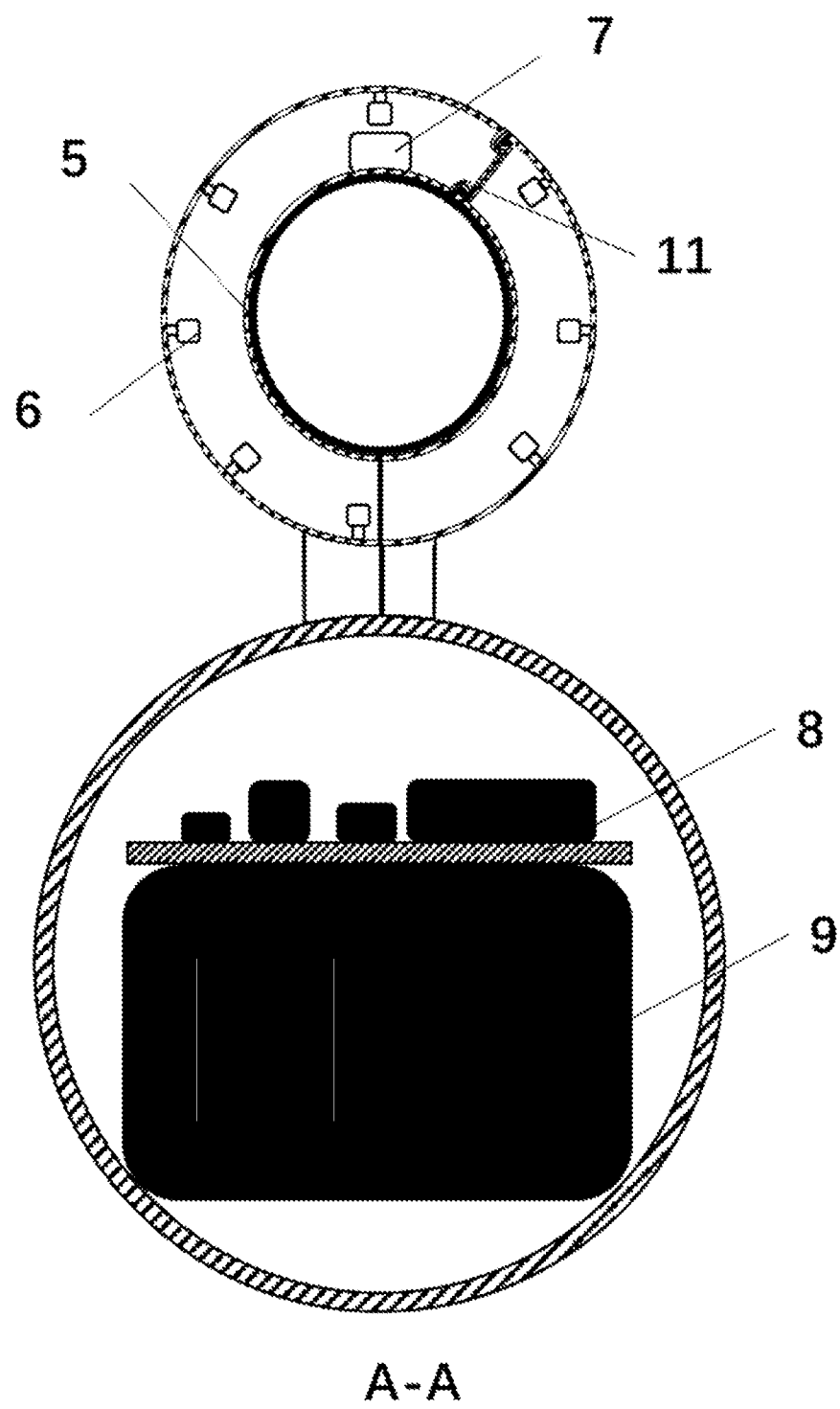


图 2

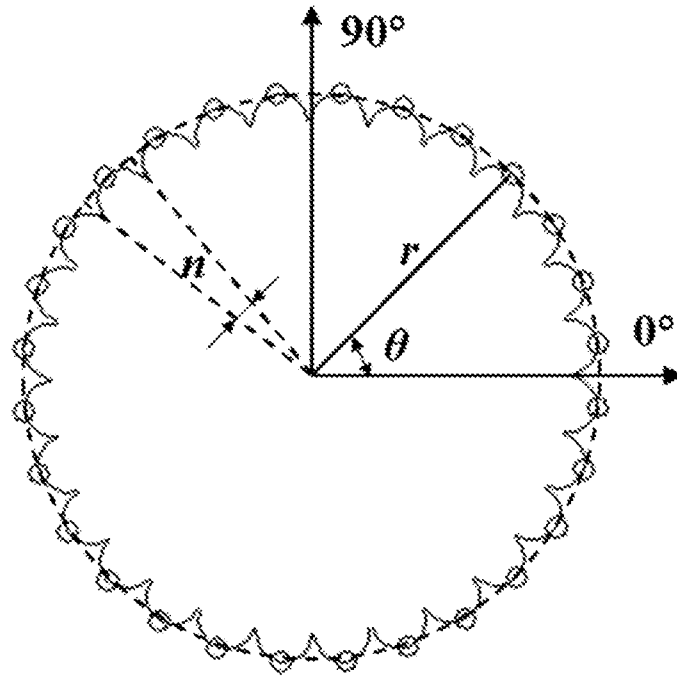


图 3

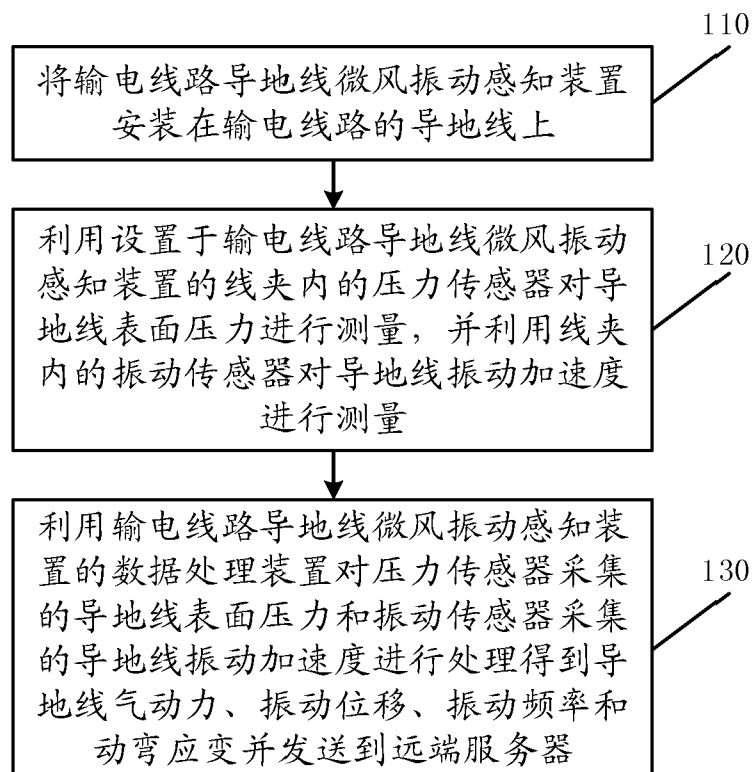


图 4

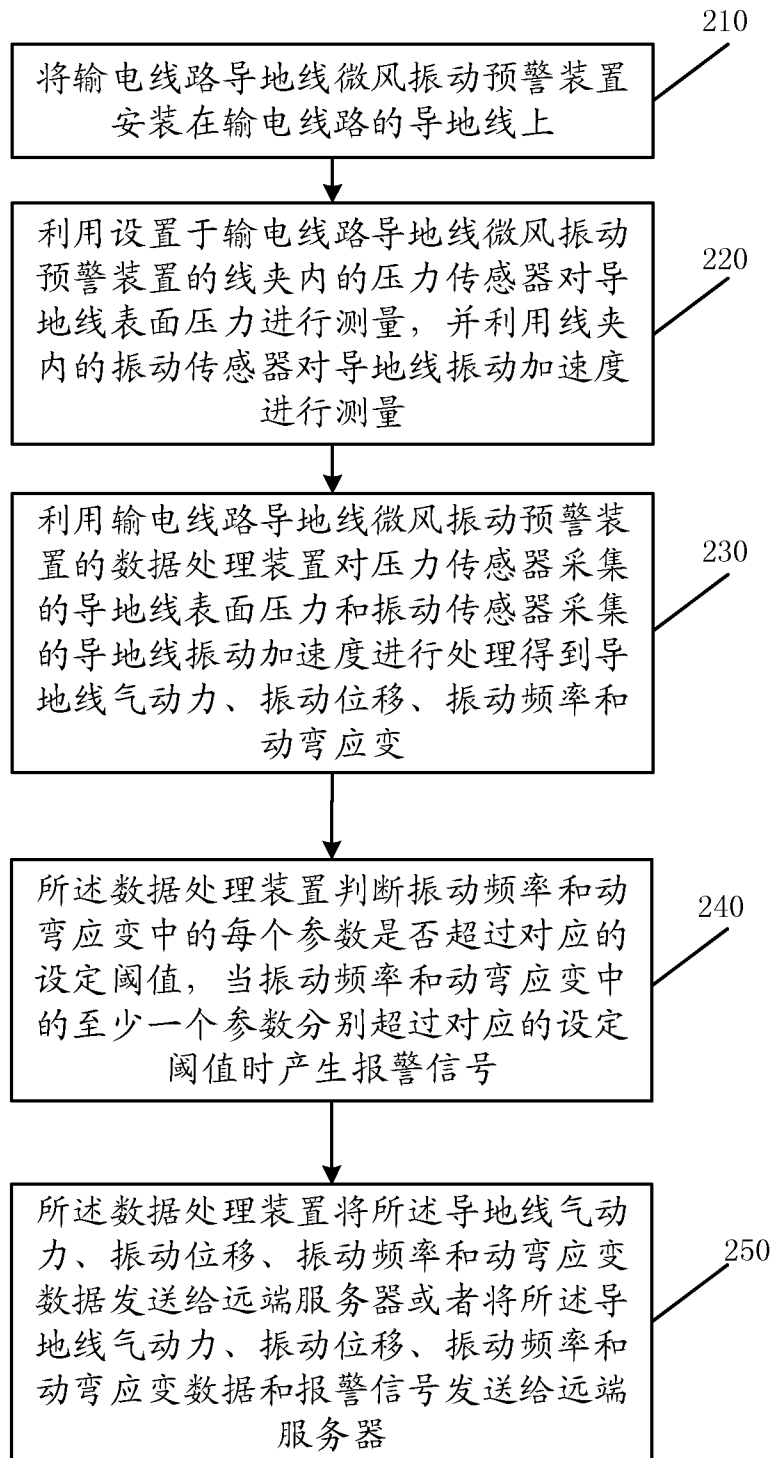


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/125252

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01D 21/02(2006.01)i; G01H 17/00(2006.01)i; G01L 11/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01D21/-, G01H, G01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT; CNKI; EPODOC; WPI: 电线, 输电线, 线路, 导线, 振动, 加速度, 压力, 圆环, 线夹, 夹具, 通信, 通讯, 无线, 预警, 报警, 比较, 对比, 判断, 阈值, transm+, line?, cable?, vibrat+, press+, ring, circle, clip?, clap?, fixture?, jig, gripper, alarm, warn???, alert

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 111504447 A (CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE CO., LTD. et al.) 07 August 2020 (2020-08-07) description paragraphs [0006]-[0042], [0050]-[0100], figures 1-3	1-2, 5-10, 12, 15-24
X	CN 109000786 A (ANHUI KANGNENG ELECTRICAL CO., LTD.) 14 December 2018 (2018-12-14) description, paragraphs [0017]-[0018], and figures 1-2	19-24
Y	CN 109000786 A (ANHUI KANGNENG ELECTRICAL CO., LTD.) 14 December 2018 (2018-12-14) description, paragraphs [0017]-[0018], and figures 1-2	1-18, 25-26
Y	CN 105513243 A (STATE GRID CORPORATION OF CHINA et al.) 20 April 2016 (2016-04-20) description, paragraphs [0023]-[0032], and figures 1-3	1-18, 25
Y	CN 203396478 U (STATE GRID CORPORATION OF CHINA et al.) 15 January 2014 (2014-01-15) description, paragraphs [0020]-[0031], and figures 1-3	25-26



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

01 April 2021

Date of mailing of the international search report

23 April 2021

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/125252

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2012093372 A (CITIZEN FINETECH MIYOTA CO., LTD.) 17 May 2012 (2012-05-17) entire document	1-26
A	CN 110108351 A (XI'AN POLYTECHNIC UNIVERSITY) 09 August 2019 (2019-08-09) entire document	1-26
A	CN 105371944 A (SHANGHAI ELEC CABLE RESEARCH INSTITUTE et al.) 02 March 2016 (2016-03-02) entire document	1-26
A	CN 104198034 A (SHANGHAI ELEC CABLE RESEARCH INSTITUTE et al.) 10 December 2014 (2014-12-10) entire document	1-26
A	CN 202710176 U (TANGSHAN POWER SUPPLY COMPANY OF JIBEI ELECTRIC POWER CO., LTD.) 30 January 2013 (2013-01-30) entire document	1-26

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2020/125252

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	111504447	A	07 August 2020	None			
CN	109000786	A	14 December 2018	None			
CN	105513243	A	20 April 2016	None			
CN	203396478	U	15 January 2014	None			
JP	2012093372	A	17 May 2012	JP	5213195	B2	19 June 2013
CN	110108351	A	09 August 2019	None			
CN	105371944	A	02 March 2016	CN	105371944	B	01 March 2019
CN	104198034	A	10 December 2014	None			
CN	202710176	U	30 January 2013	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/125252

A. 主题的分类

G01D 21/02 (2006.01) i; G01H 17/00 (2006.01) i; G01L 11/00 (2006.01) i

按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号)

G01D21/-, G01H, G01L

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用))

CNPAT; CNKI; EPDOC; WPI: 电线, 输电线, 线路, 导线, 振动, 加速度, 压力, 圆环, 线夹, 夹具, 通信, 通讯, 无线, 预警, 报警, 比较, 对比, 判断, 阈值, trans+, line?, cable?, vibrat+, press+, ring, circle, clip?, clap?, fixture?, jig, gripper, alarm, warn???, alert

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 111504447 A (中国电力科学研究院有限公司 等) 2020年 8月 7日 (2020 - 08 - 07) 说明书第[0006]-[0042]、[0050]-[0100]段, 附图1-3	1-2、5-10、 12、15-24
X	CN 109000786 A (安徽康能电气有限公司) 2018年 12月 14日 (2018 - 12 - 14) 说明书第[0017]-[0018]段, 附图1-2	19-24
Y	CN 109000786 A (安徽康能电气有限公司) 2018年 12月 14日 (2018 - 12 - 14) 说明书第[0017]-[0018]段, 附图1-2	1-18、25-26
Y	CN 105513243 A (国家电网公司 等) 2016年 4月 20日 (2016 - 04 - 20) 说明书第[0023]-[0032]段, 附图1-3	1-18、25
Y	CN 203396478 U (国家电网公司 等) 2014年 1月 15日 (2014 - 01 - 15) 说明书第[0020]-[0031]段, 附图1-3	25-26
A	JP 2012093372 A (CITIZEN FINETECH MIYOTA CO., LTD.) 2012年 5月 17日 (2012 - 05 - 17) 全文	1-26
A	CN 110108351 A (西安工程大学) 2019年 8月 9日 (2019 - 08 - 09) 全文	1-26

☒ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2021年 4月 1日

国际检索报告邮寄日期

2021年 4月 23日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局 (ISA/CN)

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

授权官员

崔英颖

电话号码 86-(10)-53962458

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 105371944 A (上海电缆研究所 等) 2016年 3月 2日 (2016 - 03 - 02) 全文	1-26
A	CN 104198034 A (上海电缆研究所 等) 2014年 12月 10日 (2014 - 12 - 10) 全文	1-26
A	CN 202710176 U (冀北电力有限公司唐山供电公司) 2013年 1月 30日 (2013 - 01 - 30) 全文	1-26

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/125252

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	111504447	A	2020年 8月 7日	无	
CN	109000786	A	2018年 12月 14日	无	
CN	105513243	A	2016年 4月 20日	无	
CN	203396478	U	2014年 1月 15日	无	
JP	2012093372	A	2012年 5月 17日	JP 5213195 B2	2013年 6月 19日
CN	110108351	A	2019年 8月 9日	无	
CN	105371944	A	2016年 3月 2日	CN 105371944 B	2019年 3月 1日
CN	104198034	A	2014年 12月 10日	无	
CN	202710176	U	2013年 1月 30日	无	