

(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
2019 年 11 月 21 日 (21.11.2019)



(10) 国际公布号
WO 2019/218408 A1

- (51) 国际专利分类号:
F04D 15/00 (2006.01) **G06F 17/00** (2019.01)
G01D 21/02 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2018/090192
- (22) 国际申请日: 2018 年 6 月 7 日 (07.06.2018)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201810460487.X 2018 年 5 月 15 日 (15.05.2018) CN
- (71) 申请人: 江苏大学 (JIANGSU UNIVERSITY) [CN/
CN]; 中国江苏省镇江市学府路 301 号,
Jiangsu 212013 (CN)。

(72) 发明人: 董亮(DONG, Liang); 中国江苏省镇江市学府路301号江苏大学流体机械工程技术研究中心, Jiangsu 212013 (CN)。 吴侃(WU, Kan); 中国江苏省镇江市学府路301号江苏大学流体机械工程技术研究中心, Jiangsu 212013 (CN)。 刘厚林(LIU, Houlin); 中国江苏省镇江市学府路301号江苏大学流体机械工程技术研究中心, Jiangsu 212013 (CN)。 代翠(DAI, Cui); 中国江苏省镇江市学府路301号江苏大学能源与动力工程学院, Jiangsu 212013 (CN)。 谈明高(TAN, Minggao); 中国江苏省镇江市学府路301号江苏大学流体机械工程技术研究中心, Jiangsu 212013 (CN)。 王勇(WANG, Yong); 中国江苏省镇江市学府路301号江苏大学流体机械工程技术研究中心, Jiangsu 212013 (CN)。 王凯(WANG, Kai); 中国江苏省镇江市学府路301号江苏大学流体机械工程技术研究中心, Jiangsu 212013 (CN)。

(54) Title: INTERNET OF THINGS-BASED DEVICE AND METHOD FOR MONITORING TYPICAL HEALTH STATUS OF PUMP UNIT

(54) 发明名称: 一种基于物联网的水泵机组典型健康状态监测装置及方法

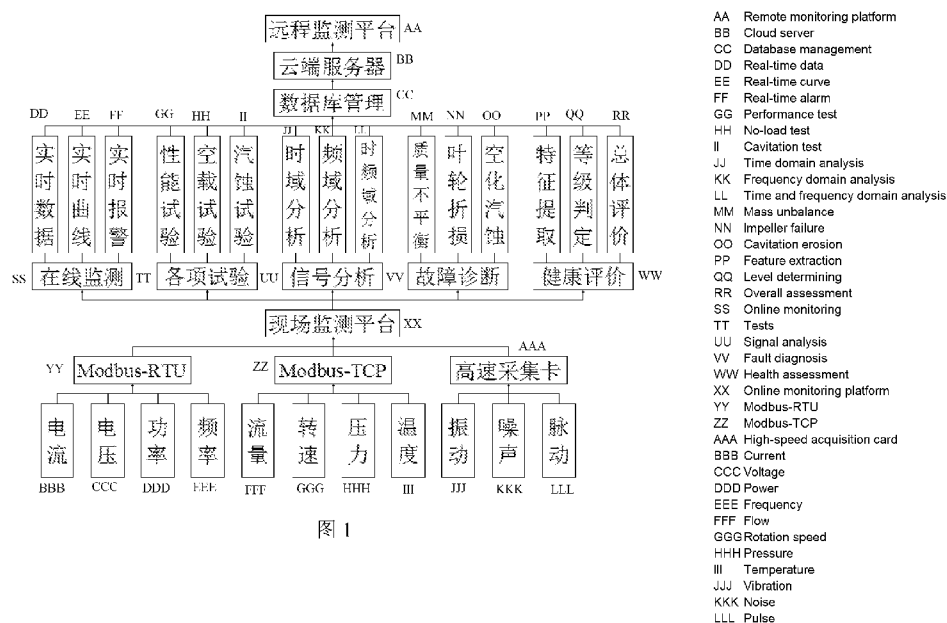


图 1

(57) Abstract: An Internet of Things-based method for monitoring a typical health status of a pump unit. Signal acquisition sensors arranged on a pump unit constitute an Internet of Things sensing layer. An acquisition module and a communication protocol that are used for data transmission constitute an Internet of Things network layer. An on-site monitoring platform consisting of a touch screen/PC and programmed upper computer software constitutes an Internet of Things application layer. The method implements functions of real-time monitoring, performance test, signal processing, fault diagnosis, health assessment, database management, and remote monitoring of a pump unit. Further provided is an Internet of Things-based device for monitoring a typical health status of a pump unit.

术研究中心, Jiangsu 212013 (CN)。 吴贤芳(WU, Xianfang); 中国江苏省镇江市学府路301号江苏大学能源与动力工程学院, Jiangsu 212013 (CN)。

(74) 代理人: 北京德崇智捷知识产权代理有限公司 (JW IP LAW FIRM); 中国北京市朝阳区酒仙桥路14号A5楼7层701, Beijing 100015 (CN)。

(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, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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))。

(57) 摘要: 一种基于物联网的水泵机组典型健康状态监测方法, 其中, 通过在水泵机组上布置的各信号采集传感器构成物联网感知层, 用做数据传输的采集模块和通讯协议构成物联网网络层, 现场监测平台由触摸屏/PC和所编上位机软件构成物联网应用层。该方法实现了水泵机组的实时监测、各项性能试验、信号处理、故障诊断、健康评价、数据库管理、远程监测等功能。还提供一种基于物联网的水泵机组典型健康状态监测装置。

一种基于物联网的水泵机组典型健康状态监测装置及方法

技术领域

本发明属于流体机械物联网智能诊断技术领域，特指涉及一种基于物联网的水泵机组典型健康状态监测方法。

背景技术

泵是把原动机的机械能转化为液体能量的机械，广泛应用于国民经济的各个领域，从工业到农业，民用到军用，一般技术部门到尖端技术部门等等都离不开泵。水泵机组也是众多工业生产系统中的关键设备，一旦发生故障，轻则影响生产，重则造成设备停机、流程中断，导致严重的经济损失，甚至会威胁生命安全。物联网是近年来随着互联网技术发展起来的一门新兴技术，其发展速度迅猛，已经渗透到各行各业，并发挥了可观的作用。随着物联网时代的来临，人们对传统水泵机组的需求也开始像物联网水泵机组发展。人们期望能够使用手机、互联网来实时监视水泵机组运行状态，以减少系统维护的人员和成本；期望通过将分散在各地的水泵机组数据汇总到处理中心，以分析机组的工作状态，改进其工作效率；期望掌握设备的健康状态和损害程度，提前预测可能发生的故障，及时采取恰当的措施，使水泵机组始终保持自身的最优运行状态或者最佳经济效益状态，以有效避免过度维护造成的巨大生产成本和设备故障率的提高，以及欠维护造成的重大事故发生，提高设备运行的安全可靠。基于这种背景，一种基于物联网的水泵机组典型健康状态监测方法应运而生。

“健康”在早期是指人体在身体、社会和精神方面都处于良好的一种状态，随着“可持续发展”的概念深入人心，人们开始讲健康性引入多个领域，在健康性评估方面，美国较早的踏入了这一领域，例如，有关生物的健康性评价、化学用品的健康性评价等等。1989年 Rapport DJ 首次开始了生态系统的健康性研究，阐述了生态系统健康性、生态系统完整性的含义。20世纪90年代开始，我国最初在能源行业领域开展健康性评价，包括核力发电、煤炭使用等方面。同时在水资源领域的健康性评价也取得了较大的进展，包括河流的健康性，农业用水的健康性评价等。目前，生态系统健康性评价已经进入了成熟期，有关水泵机组运行的健康状态评价还在讨论阶段。本专利从故障的角度出发，把健康状态定义为一系列表征故障演化过程中故障不同严重程度（或损伤度）的离散状态，如叶轮裂纹故障会经历从轻微裂纹程度到裂纹加剧直至由于裂纹导致叶片折损这样一个裂纹演化过程，通过划分退化程度的区间就可以对叶轮裂纹的健康状态进行评价。

发明内容

针对上述现有基于物联网的故障诊断方法中存在的问题，本发明旨在提供一种基于物联网的

水泵机组典型健康状态监测方法。

为达到以上目的，采用如下技术方案：

采用电信号采集模块采集电机各参数信号，采用低速数据采集模块采集流量、压力、转速、温度等传感器信号，采用高速采集模块采集振动、噪声、压力脉动等传感器信号，并由采集模块进行模拟量到数字量的转换；采用触摸屏或 PC 机作为现场监测平台；采用 RS485、RS232、TCP、USB 串口等多种通讯方式将采集模块数据传输到现场监测平台；采用 LabVIEW 作为软件平台，编写上位机程序；采用上位机软件平台编程实现自动化外特性试验、汽蚀试验、空载试验等各项性能试验；采用 LabVIEW 对 Matlab 的程序调用实现振动、噪声、压力脉动等信号的时域、频域、时频域分析；采用经典模态分解、派克变换、小波变换等方法实现转子质量不平衡、汽蚀、叶轮折损等健康状态的特征提取；采用基于支持向量机方法实现健康状态等级的判定；在线监测信号并定期生成报表；现场及远程超限报警；定期对监测信号采样分析进行故障诊断和健康评价；采用 Access 数据库对各项数据进行存储，并生成 Excel 和 Word 报表；采用光纤或者 4G 插卡将现场监测平台数据库共享到互联网；远程 App 或者 Web 通过固定 IP 地址读取分布各地的现场监测平台数据。

一种基于物联网的水泵机组典型健康状态监测装置，该装置包括在水泵机组的三相异步电机上装电机温度传感器、电机振动传感器以及线圈感应式转速传感器；三相异步电机三相电源线上均接有电流互感器；试验泵上安装有 XYZ 三方向上的泵体振动传感器；试验泵进出口管路上装有出口水听器、进口水听器、出口压力传感器、进口压力传感器和出口压力脉动传感器、进口压力脉动传感器；试验泵的出口管路上还安装有流量计；轴承箱上安装有轴承温度传感器、泵体振动传感器；水泵机组正对着泵体对面的支架上安装声压传感器；

一种基于物联网的水泵机组典型健康状态监测的方法，具体包括如下步骤：

步骤一：搭建水泵机组试验台

步骤二：通过 Modbus-RTU 模块采集三相异步电机的三相电源各相电压、功率、频率以及电流互感器传来的相电流；由 Modbus-TCP 低速采集模块采集三相异步电机与轴承箱上的温度传感器传来的电机、轴承箱温度信号，试验泵进出口管路上压力传感器传来的进出口压力信号，试验泵出口管路上流量计传来的出口流量信号以及电机上线圈感应式转速传感器传来的电机转速脉冲信号；用高速采集卡采集三相异步电机、试验泵、底座、轴承箱上振动传感器传来的三相异步电机、试验泵、底座、轴承箱振动信号，试验泵进出口管路上压力脉动传感器传来的进出口压力脉动信号，水泵机组正对着试验泵泵体对面由支架上声压传感器传来的声音信号；由各采集模块对传感器信号进行处理，得到数字信号。

步骤三：采用触摸屏或 PC 机作为现场监测平台；由 RS232 通讯协议将步骤二）中的 Modbus-RTU 模块采集的电机各相电压、相电流、功率、频率数字信号传输到现场监测平台；由 TCP 通讯协议将 Modbus-TCP 低速采集模块采集的电机、轴承箱温度，进出口压力，出口流量，电机转速数字信号传输到现场监测平台；由 USB 串口通讯将电机、泵体、底座、轴承箱振动，进出口压力脉动，声音数字信号传输到现场监测平台。

采用 LabVIEW 作为软件平台，接收由各采集模块传来的数字信号并进行预处理；通过编写上位机程序，实现自动化外特性试验、汽蚀试验、空载试验、温升试验、振动噪声试验等各项试验；试验界面包含各传感器实时数据，试验记录数据、曲线和试验表头；试验表头包含试验泵型号、试验日期、试验介质、试验人员等可自定义信息，方便日后查询和了解试验详细信息；试验数据、曲线和表头可写入数据库并生成报表。

由 LabVIEW 通过 MATLAB Script 节点方式实现对 MATLAB 的调用；由 MATLAB 编程实现时域统计分析、相关性分析，频域频谱分析、倒频谱分析、包络谱分析、全息谱分析，时频域短时傅里叶分析、经典模态分析、小波分析等信号后处理实现方式；采用经典模态分析提取质量不平衡、小波分析提取汽蚀、短时傅里叶分析提取叶轮折损健康状态的特征信号；采用基于支持向量机方法实现健康状态等级阈值的判定；分析界面包含原始数据、曲线，分析后数据、曲线以及分析表头、分析结果；分析表头包括此分析工况下的流量、扬程、泵效率以及采样频率、采样点数等信息；分析结果包含水泵机组各典型健康状态等级评价结果；原始数据、曲线，分析数据、曲线和分析表头、分析结果可写入数据库并生成报表。

对水泵机组进行状态监测、故障诊断和健康评价，主要包括：

a.对实时的相电压、相电流、功率、频率、温度、压力、流量、转速、振动、压力脉动、噪声原始信号进行监测；监测信息定期生成日报表和月报表；通过用户自定义报警上下限进行实时报警。

b.对振动、压力脉动、噪声等高频率信号定期进行采样分析，通过预先设定好的时频域分析方法对采样信号进行处理，提取信号特征值作为检测指标，将特征值与预先设定好的阈值进行比较，在线检验是否发生故障以及评定水泵机组的健康状态；对检测到故障的采样信号、故障信息、健康评价结果生成报表。

c.上述各项数据报表皆写入数据库并生成 Execl 表格进行存储；并通过手机 App、Web 或者 PC 进行远程监测和报警。

对各项试验数据、分析、在线监测、故障诊断、健康评价数据和信息通过 LabVIEW 读写 Access 数据库实现数据存储和历史记录查询；软件中各项初始化设置、环境参数设置、传感器量程设置、

报警设置、故障检测和健康评价方法及阈值皆由数据库进行存储；数据库中包含原始数据、曲线、表头，分析后数据、曲线、表头、报警信息以及诊断和评价结果；系统数据库可根据关键词和筛选条件检索数据的功能，以方便快捷的找到历史记录；此外还可以生成 Excecl 和 Word 报表，便于查看和拷贝移动。

采用光纤或者 4G 插卡将现场监测平台连接上互联网；将数据库共享到互联网上，设置成固定的 IP 地址，由云端服务器进行数据库 IP 地址及用户信息密码存储；远程终端，如 App、Web 或者 PC 通过用户信息密码及 IP 地址即可访问现场监测平台上的数据库。

本发明的有益效果为：

(1) 将水泵性能、汽蚀、振动噪声等外特性试验及压力脉动，内场噪声等内特性试验为一体，简化了设备，提高了试验自动化程度。

(2) 采用物联网技术进行现场和远程的在线监测与智能诊断，实现了 " 预测性维修 "，避免、减缓、减少重大事故的发生和经济损失。

(3) 在故障诊断的基础上更进一步判断出系统健康状态，为机组的检修和维护提供依据。

(4) 采用数据库统筹管理，为水泵行业的发展提供大量的工程应用数据。

(5) 集各项试验、信号分析、在线监测、智能诊断、健康评价集成为一体，集成化程度高，降低了成本，促进对水泵机组运行最优化管理，提升了效益水平。

附图说明

图 1 为基于物联网的水泵机组典型健康状态监测方法架构图；

图 2 为水泵机组试验台及系统示意图。

附图标记说明：

1-试验泵，2-出口压力脉动传感器，3-出口水听器，4-出口压力传感器，5-泵体振动传感器，6-轴承温度传感器，7-三相异步电机，8-电机温度传感器，9-电机振动传感器，10-流量计，11-线圈感应式转速传感器，12-变频器，13-出口闸阀，14-电流互感器，15-电信号采集模块，16-水箱，17-进口闸阀，18-现场监测平台，19-进口压力传感器，20-进口水听器，21-声压传感器，22-进口压力脉动传感器。

具体实施方式

下面结合附图以及具体实施例对本发明作进一步的说明，但本发明的保护范围并不限于此。

实施例：

具体实施水泵为一台悬臂式单级单吸双叶片离心泵，比转速 $n_s=111$ ，其额定工况为：流量 $Q=25.86\text{m}^3/\text{h}$ 、扬程 $H=2.68\text{m}$ 、转速 $n=750\text{r}/\text{min}$ 。实施电机为一台三相异步电动机，额定功率为

7.5kW。

搭建水泵机组试验台：所述水泵机组的三相异步电机 7 上装电机温度传感器 Pt1008、电机振动传感器 HZ-892A9 以及线圈感应式转速传感器 11，三相异步电机 7 三相电源线上各接有电流互感器 BH-0.66-30I14；试验泵 1 上安装有 XYZ 三方向上的泵体振动传感器 25 为 INV983；试验泵 1 进出口管路上装有出口水听器 RHSA-103、进口水听器 20、出口压力传感器 4 为 MIK-P300、进口压力传感器 MIK-P30019 和出口压力脉动传感器 2HY6305、进口压力脉动传感器 22 为 HY630522；泵出口管路上安装有流量计 10，LDG-MIK-DN80；轴承箱上安装有轴承温度传感器 6 为 Pt100，和泵体振动传感器 5，为 HZ-892A；水泵机组正对着泵体对面由支架上安装声压传感器 21 为 INV9206。

由 RTU-201 模块采集三相异步电机 7 的三相电源各相电压、功率、频率以及各电流互感器 14 传来的相电流；由 TCP-517N 低速采集模块采集三相异步电机 7 与轴承箱上温度传感器 6 传来的电机、轴承箱温度信号，试验泵 1 进口管路上压力传感器 19、出口管路上压力传感器 4 传来的进出口压力信号，试验泵 1 出口管路上流量计 10 传来的出口流量信号以及电机上线圈感应式转速传感器 11 传来的电机转速脉冲信号；由 Smacq 高速采集卡 USB2610 采集三相异步电机 7、试验泵 1、底座、轴承箱上振动传感器传来的三相异步电机 7、试验泵 1、底座、轴承箱振动信号，试验泵 1 进口压力脉动传感器 22、出口管路上压力脉动传感器 2 传来的进出口压力脉动信号，水泵机组正对着试验泵 1 泵体对面由支架上声压传感器 21 传来的声音信号；由 AI 通道采集 4-20mA/0-20mA/0-5V/0-10V 等模拟量信号，由 DI 通道采集频率等脉冲量，由 PI 通道采集转速等计数值，由 DO 通道输出控制声光报警器等开关量，各采集模块由内部电路及编码对传感器信号进行处理，得到数字信号。

采用含有两个网口、4 个 USB 端口、一个 485/232 接口、赛扬 1037UCPU 型号、内置 4G 全网通模块、32G 内存的十寸屏触摸一体机作为现场监测平台 18；由 RS232 通讯协议将 RTU-201 模块采集的电机各相电压、相电流、功率、频率数字信号传输到现场监测平台 18；由 TCP 通讯协议将 TCP-517N 低速采集模块采集的电机、轴承箱温度，进出口压力，出口流量，电机转速数字信号传输到现场监测平台 18；由 USB 串口通讯将电机、泵体、底座、轴承箱振动，进出口压力脉动，声音数字信号传输到现场监测平台 18。

采用 LabVIEW 作为软件平台，接收由各采集模块传来的数字信号并进行预处理，由数字信号上下限与传感器量程上下限建立对应线型关系进行转换，得到正确的测量值；通过编写上位机程序，实现自动化外特性试验、汽蚀试验、空载试验、温升试验、振动噪声试验等各项试验以及水泵机组运行过程中各传感器数据的状态监测；所述外特性试验可以得到流量 Q-扬程 H、效率 η 、

轴功率 P 关系曲线, 空载试验可以得到电机的定子铜耗 P_{0Cu1} 、铁耗 P_{Fe} 、机械耗 P_{jw} , 汽蚀试验可以得到流量-汽蚀余量 $NASH$ 关系曲线, 温升试验可以得到温度 T 随时间变化曲线, 振动噪声试验可以得到振动噪声随时间变化曲线。试验界面包含各传感器实时数据, 试验记录数据、曲线和试验表头; 试验表头包含试验泵型号、试验日期、试验介质、试验人员等可自定义信息, 方便日后查询和了解试验详细信息; 试验数据、曲线和表头可写入数据库并生成报表。状态监测界面包含各传感器监测记录数据和监测表头; 监测表头包含监测泵型号、监测日期、监测人员等可自定义信息; 监测记录数据和监测表头直接写入数据库。

$$\text{所述扬程 } H \text{ 计算公式为: } H = \frac{P_o - P_i}{\rho g} + \Delta z,$$

其中: P_o 为水泵出口压力, P_i 为水泵进口压力, ρ 为试验介质密度 (这里为水的密度), g 为重力加速度 $g=9.8N/kg$, Δz 为进出口高度差;

$$\text{所述效率 } \eta \text{ 计算公式为: } \eta = \frac{\rho g Q H}{P},$$

其中: ρ 为试验介质密度 (这里为水的密度), g 为重力加速度 $g=9.8N/kg$, Q 为流量, H 为扬程, P 为轴功率;

$$\text{所述汽蚀余量 } NASH \text{ 计算公式为: } NPSH = \frac{P_i}{\rho g} + \frac{V_i^2}{2g} - \frac{P_v}{\rho g},$$

其中: ρ 为试验介质密度 (这里为水的密度), g 为重力加速度 $g=9.8N/kg$, P_i 为水泵进口压力, V_i 为泵进口流速, P_v 为试验介质 (这里为水) 的饱和蒸气压;

采用 MATLAB 编程实现对监测记录数据的后处理和分析; 利用 MathScript 节点, 在 LabVIEW 编写的上位机程序中嵌入 MathScript 脚本; 将 Matlab 中编写好的程序代码输入到 MathScript 节点中以实现 LabVIEW 编写的上位机程序对 MATLAB 编写的后处理和分析程序的调用; 采用时域统计分析、相关性分析, 频域频谱分析、倒频谱分析、包络谱分析、全息谱分析, 时频域短时傅里叶分析、经典模态分析、小波分析等信号后处理实现方式; 采用经典模态分析提取质量不平衡、小波分析提取汽蚀、短时傅里叶分析提取叶轮折损健康状态的特征信号; 采用基于支持向量机方法实现健康状态等级阈值的判定; 分析界面包含原始数据、曲线, 分析后数据、曲线以及分析表头、分析结果; 分析表头包括此分析工况下的流量、扬程、泵效率以及采样频率、采样点数等信息; 分析结果包含水泵机组各典型健康状态等级评价结果; 原始数据、曲线, 分析数据、曲线和分析表头、分析结果可写入数据库并生成报表。

对水泵机组进行状态监测、故障诊断和健康评价, 主要包括:

a.对实时的相电压、相电流、功率、频率、温度、压力、流量、转速、振动、压力脉动、噪声原始信号进行监测；监测信息定期生成日报表和月报表；通过用户自定义报警上下限进行实时报警。

b.对振动、压力脉动、噪声等高频率信号定期进行采样分析，通过预先设定好的时频域分析方法对采样信号进行处理，提取信号特征值作为检测指标，将特征值与预先设定好的阈值进行比较，在线检验是否发生故障以及评定水泵机组的健康状态；对检测到故障的采样信号、故障信息、健康评价结果生成报表。

c.上述各项数据报表皆写入数据库并生成 Excecl 表格进行存储；并通过手机 App、Web 或者 PC 进行远程监测和报警。

对各项试验数据、分析、在线监测、故障诊断、健康评价数据和信息通过 LabVIEW 读写 Access 数据库实现数据存储和历史记录查询；软件中各项初始化设置、环境参数设置、传感器量程设置、报警设置、故障检测和健康评价方法及阈值皆由数据库进行存储；数据库中包含原始数据、曲线、表头，分析后数据、曲线、表头、报警信息以及诊断和评价结果；系统数据库可根据关键词和筛选条件检索数据的功能，以方便快捷的找到历史记录；此外还可以生成 Excecl 和 Word 报表，便于查看和拷贝移动。

采用光纤或者 4G 插卡将现场监测平台 18 连接上互联网；将数据库共享到互联网上，设置成固定的 IP 地址，由云端服务器进行数据库 IP 地址及用户信息密码存储；远程终端，如 App、Web 或者 PC 通过用户信息密码及 IP 地址即可访问现场监测平台 18 上的数据库。

所述实施例为本发明的优选的实施方式，但本发明并不限于上述实施方式，在不背离本发明的实质内容的情况下，本领域技术人员能够做出的任何显而易见的改进、替换或变型均属于本发明的保护范围。

权 利 要 求 书

1. 一种基于物联网的水泵机组典型健康状态监测装置，其特征在于，该装置包括在水泵机组的三相异步电机（7）上装电机温度传感器（8）、电机振动传感器（9）以及线圈感应式转速传感器（11）；三相异步电机（7）三相电源线上均接有电流互感器（14）；试验泵（1）上安装有 XYZ 三方向上的泵体振动传感器（5）；试验泵（1）进出口管路上装有出口水听器（3）、进口水听器（20）、出口压力传感器（4）、进口压力传感器（19）和出口压力脉动传感器（2）、进口压力脉动传感器（22）；试验泵（1）的出口管路上还安装有流量计（10）；轴承箱上安装有轴承温度传感器（6）、泵体振动传感器（5）；水泵机组正对着泵体对面的支架上安装声压传感器（21）。

2. 一种基于物联网的水泵机组典型健康状态监测方法，其特征在于，包括步骤如下：

步骤一）搭建水泵机组试验台；

步骤二）通过 Modbus-RTU 模块采集三相异步电机（7）的三相电源各相电压、功率、频率以及电流互感器（14）传来的相电流；通过 Modbus-TCP 低速采集模块采集三相异步电机（7）与轴承箱上的温度传感器（6）传来的电机、轴承箱温度信号，试验泵（1）进出口管路上压力传感器（19）（4）传来的进出口压力信号，试验泵（1）出口管路上流量计（10）传来的出口流量信号以及电机上线圈感应式转速传感器（11）传来的三相异步电机（7）的转速脉冲信号；用高速采集卡采集三相异步电机（7）、试验泵（1）、底座、轴承箱上振动传感器传来的三相异步电机（7）、试验泵（1）、底座、轴承箱振动信号，试验泵（1）进口管路上的进口压力脉动传感器（22）、出口压力脉动传感器（2）传来的进出口压力脉动信号，水泵机组正对着试验泵（1）泵体对面由支架上声压传感器（21）传来的声音信号；并通过本步骤中采用的各采集模块对传感器信号进行处理，得到数字信号；

步骤三）采用触摸屏或者 PC 机作为现场监测平台（18）；由 RS232 通讯协议将步骤二）中的 Modbus-RTU 模块采集的电机各相电压、相电流、功率、频率数字信号传输到现场监测平台（18）；由 TCP 通讯协议将 Modbus-TCP 低速采集模块采集的电机、轴承箱温度，进出口压力，出口流量，电机转速数字信号传输到现场监测平台（18）；由 USB 串口通讯将电机、泵体、底座、轴承箱振动，进出口压力脉动，声音数字信号传输到现场监测平台（18）；

步骤四）采用 LabVIEW 作为软件平台，接收由各采集模块传来的数字信号并进行预处理；通过编写上位机程序，实现外特性试验、汽蚀试验、空载试验、温升试验、振动噪声试验等各项试验以及水泵机组运行过程中各传感器数据的状态监测；试验界面包含各传感器实时数据，试验记录数据、曲线和试验表头；试验表头包含试验泵型号、试验日期、试验介质、试验人员等可自定义信息，方便日后查询和了解试验详细信息；试验数据、曲线和表头可写入数据库并生成报表；状态监测界面包含各传感器监测记录数据和监测表头；监测表头包含监测泵型号、监测日期、监测人员等可自定义信息；监测记录数据和监测表头直接写入数据库；

步骤五）由 LabVIEW 通过 MATLAB Script 节点方式实现对 MATLAB 的调用；采用

MATLAB 编程实现对步骤四)中监测记录数据的后处理和分析;采用时域统计分析、相关性分析,频域频谱分析、倒频谱分析、包络谱分析、全息谱分析,时频域短时傅里叶分析、经典模态分析、小波分析等信号后处理方法;采用经典模态分析提取质量不平衡、小波分析提取汽蚀、短时傅里叶分析提取叶轮折损健康状态的特征信号;采用基于支持向量机方法实现健康状态等级间阈值的判定;分析界面包含原始数据、曲线,分析后数据、曲线以及分析表头、分析结果;分析表头包括此分析工况下的流量、扬程、泵效率以及采样频率、采样点数等信息;分析结果包含水泵机组各典型健康状态等级评价结果;原始数据、曲线,分析数据、曲线和分析表头、分析结果可写入数据库并生成报表。

3. 根据权利要求 2 所述的一种基于物联网的水泵机组典型健康状态监测方法,其特征在于,采用光纤或者 4G 插卡将现场监测平台(18)连接上互联网;将数据库共享到互联网上,设置成固定的 IP 地址,由云端服务器进行数据库 IP 地址及用户信息密码存储;远程终端,如 App、Web 或者 PC 通过用户信息密码及 IP 地址即可访问现场监测平台(18)上的数据库。

4. 根据权利要求 2 所述的一种基于物联网的水泵机组典型健康状态监测方法,其特征在于,步骤五)中对各项试验数据、分析、在线监测、故障诊断、健康评价数据和信息通过 LabVIEW 读写 Access 数据库实现数据存储和历史记录查询;软件中各项初始化设置、环境参数设置、传感器量程设置、报警设置、故障检测和健康评价方法及阈值皆由数据库进行存储;数据库中包含原始数据、曲线、表头,分析后数据、曲线、表头、报警信息以及诊断和评价结果;系统数据库可根据关键词和筛选条件检索数据的功能,以方便快捷的找到历史记录;此外还可以生成 Execl 和 Word 报表,便于查看和拷贝。

5. 根据权利要求 2 所述的一种基于物联网的水泵机组典型健康状态监测方法,其特征在于,对水泵机组进行状态监测、故障诊断和健康评价,主要包括:

a.对实时的相电压、相电流、功率、频率、温度、压力、流量、转速、振动、压力脉动、噪声原始信号进行监测;监测信息定期生成日报表和月报表;通过用户自定义报警上下限进行实时报警。

b.对振动、压力脉动、噪声等高频率信号定期进行采样分析,通过预先设定好的时频域分析方法对采样信号进行处理,提取信号特征值作为检测指标,将特征值与预先设定好的阈值进行比较,在线检验是否发生故障以及评定水泵机组的健康状态;对检测到故障的采样信号、故障信息、健康评价结果生成报表。

c.上述各项数据报表皆写入数据库并生成 Execl 表格进行存储;并通过手机 App、Web 或者 PC 进行远程监测和报警。

6. 根据权利要求 2 所述的一种基于物联网的水泵机组典型健康状态监测方法,其特征在于,通过经典模态分析提取质量不平衡、小波分析提取汽蚀、短时傅里叶分析提取叶轮折损健康状态的特征信号,采用基于支持向量机方法实现健康状态等级的判定。

7. 根据权利要求 2 所述的一种基于物联网的水泵机组典型健康状态监测方法，其特征在于，利用 LabVIEW 通过 MATLAB Script 节点方式实现对 MATLAB 的调用，由 MATLAB 编程实现时域统计分析、相关性分析，频域频谱分析、倒频谱分析、包络谱分析、全息谱分析，时频域短时傅里叶分析、经典模态分析、小波分析等信号后处理实现方式。

8. 根据权利要求 2 所述的一种基于物联网的水泵机组典型健康状态监测方法，其特征在于，通过多个传感器采集水泵机组三相异步电机（7）、试验泵（1）、环境各项特征参数构成物联网感知层；通过电信号采集模块、模拟量信号采集模块、高速采集卡分别采集不同类型传感器信号，并将其转换为数字信号，通过多种通讯协议将数字信号传给现场监测平台（18）构成物联网网络层；所述现场监测平台（18）由触摸屏/PC 和所编上位机软件构成物联网应用层；上位机软件包含各项试验、在线监测、信号处理、故障诊断、健康评价、数据库管理模块；远程 App 或者 Web 通过云端服务器访问分布在各地的现场监测平台（18）数据库实现远程监控。

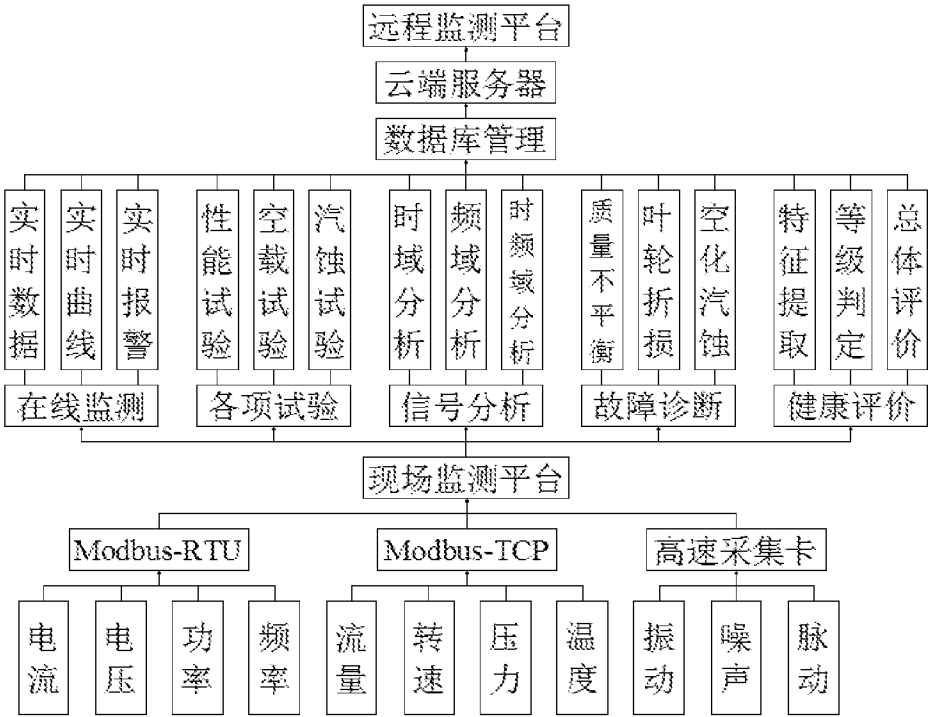


图 1

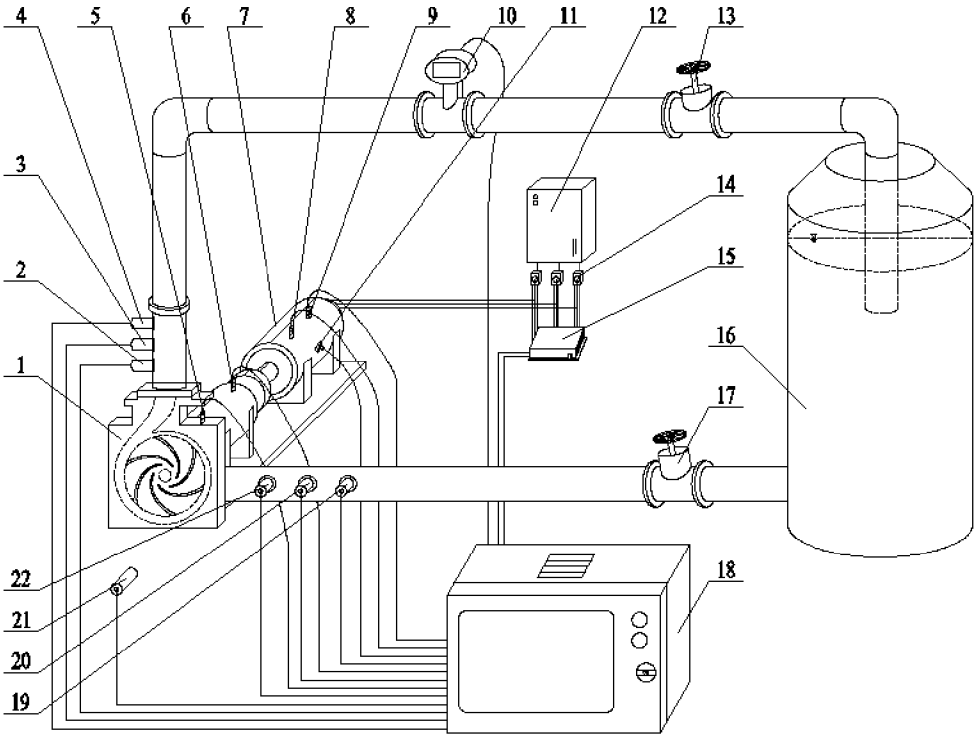


图 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/090192

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F04D 15/00(2006.01)i; G01D 21/02(2006.01)i; G06F 17/00(2019.01)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)

F04D 15, G01D 21, G06F 17, F04B 51, G01M 99

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)

VEN; CNABS; CNKI; CNTXT: 泵, 物联网, 监测, 诊断, 评价, 监控, 健康, 水听器, 声压传感器, 压力脉动传感器, pump, internet of things, IOT, monitor+, diagnos+, evaluat+, supervision, health+, LabVIEW, MATLAB

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 106015028 A (JIANGSU UNIVERSITY) 12 October 2016 (2016-10-12) description, paragraphs [0004]-[0048], and figures 1-2	1-8
Y	CN 106772041 A (ZHENJIANG FLUID ENG EQUIPMENT TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE JIANGSU UNIVERSITY) 31 May 2017 (2017-05-31) description, paragraph [0040]	1-8
Y	CN 106872010 A (SHANDONG UNIVERSITY ET AL.) 20 June 2017 (2017-06-20) description, paragraphs [0059]-[0063], and figure 1	1-8
Y	CN 104879294 A (CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY) 02 September 2015 (2015-09-02) description, paragraph [0069]	1-8
Y	MENG, Fanhu. "基于LabVIEW的泵控马达系统测控试验台的设计与研究 (Design and Research of Measurement and Control Test Platform for Pump Controlled Motor System Based on Labview)" 中国优秀硕士学位论文全文数据库 工程科技II辑 (SCIENCE-ENGINEERING (B), CHINA MASTER'S THESES FULL-TEXT DATABASE), No. no. 3, 15 March 2018 (2018-03-15), ISSN: 1674-0246, pp. 49-62	2-8



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

30 January 2019

Date of mailing of the international search report

13 February 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

State Intellectual Property Office of the P. R. China
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/CN2018/090192**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 106089754 A (NINGBO JUSHEN PUMPS INDUSTRY CO., LTD. ET AL.) 09 November 2016 (2016-11-09) entire document	1-8
A	CN 107313949 A (CHANGSHA XIANGE ENERGY-SAVING TECHNOLOGY CO., LTD.) 03 November 2017 (2017-11-03) entire document	1-8
A	US 2016245279 A1 (PAL, B. ET AL.) 25 August 2016 (2016-08-25) entire document	1-8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2018/090192

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	106015028	A	12 October 2016	CN 106015028 B	06 November 2018
CN	106772041	A	31 May 2017	None	
CN	106872010	A	20 June 2017	None	
CN	104879294	A	02 September 2015	CN 104879294 B	26 December 2017
CN	106089754	A	09 November 2016	CN 106089754 B	25 December 2018
CN	107313949	A	03 November 2017	None	
US	2016245279	A1	25 August 2016	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/090192

A. 主题的分类 F04D 15/00(2006.01)i; G01D 21/02(2006.01)i; G06F 17/00(2019.01)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) F04D 15, G01D 21, G06F 17, F04B 51, G01M 99 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)) VEN;CNABS;CNKI;CNTXT:泵, 物联网, 监测, 诊断, 评价, 监控, 健康, 水听器, 声压传感器, 压力脉动传感器, pump, internet of things, IOT, monitor+, diagnos+, evaluat+, supervision, health+, LabVIEW, MATLAB																							
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Y</td> <td>CN 106015028 A (江苏大学) 2016年 10月 12日 (2016 - 10 - 12) 说明书第[0004]-[0048]段, 图1-2</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 106772041 A (江苏大学镇江流体工程装备技术研究院) 2017年 5月 31日 (2017 - 05 - 31) 说明书第[0040]段</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 106872010 A (山东大学 等) 2017年 6月 20日 (2017 - 06 - 20) 说明书第[0059]-[0063]段, 图1</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 104879294 A (中国农业大学) 2015年 9月 2日 (2015 - 09 - 02) 说明书第[0069]段</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>孟凡虎. “基于LabVIEW的泵控马达系统测控试验台的设计与研究” 《中国优秀硕士学位论文全文数据库 工程科技 II 辑》, 第3期, 2018年 3月 15日 (2018 - 03 - 15), ISSN: 1674-0246, 第49-62页</td> <td>2-8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 106089754 A (宁波巨神制泵实业有限公司 等) 2016年 11月 9日 (2016 - 11 - 09) 全文</td> <td>1-8</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	Y	CN 106015028 A (江苏大学) 2016年 10月 12日 (2016 - 10 - 12) 说明书第[0004]-[0048]段, 图1-2	1-8	Y	CN 106772041 A (江苏大学镇江流体工程装备技术研究院) 2017年 5月 31日 (2017 - 05 - 31) 说明书第[0040]段	1-8	Y	CN 106872010 A (山东大学 等) 2017年 6月 20日 (2017 - 06 - 20) 说明书第[0059]-[0063]段, 图1	1-8	Y	CN 104879294 A (中国农业大学) 2015年 9月 2日 (2015 - 09 - 02) 说明书第[0069]段	1-8	Y	孟凡虎. “基于LabVIEW的泵控马达系统测控试验台的设计与研究” 《中国优秀硕士学位论文全文数据库 工程科技 II 辑》, 第3期, 2018年 3月 15日 (2018 - 03 - 15), ISSN: 1674-0246, 第49-62页	2-8	A	CN 106089754 A (宁波巨神制泵实业有限公司 等) 2016年 11月 9日 (2016 - 11 - 09) 全文	1-8
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
Y	CN 106015028 A (江苏大学) 2016年 10月 12日 (2016 - 10 - 12) 说明书第[0004]-[0048]段, 图1-2	1-8																					
Y	CN 106772041 A (江苏大学镇江流体工程装备技术研究院) 2017年 5月 31日 (2017 - 05 - 31) 说明书第[0040]段	1-8																					
Y	CN 106872010 A (山东大学 等) 2017年 6月 20日 (2017 - 06 - 20) 说明书第[0059]-[0063]段, 图1	1-8																					
Y	CN 104879294 A (中国农业大学) 2015年 9月 2日 (2015 - 09 - 02) 说明书第[0069]段	1-8																					
Y	孟凡虎. “基于LabVIEW的泵控马达系统测控试验台的设计与研究” 《中国优秀硕士学位论文全文数据库 工程科技 II 辑》, 第3期, 2018年 3月 15日 (2018 - 03 - 15), ISSN: 1674-0246, 第49-62页	2-8																					
A	CN 106089754 A (宁波巨神制泵实业有限公司 等) 2016年 11月 9日 (2016 - 11 - 09) 全文	1-8																					
☒ 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		国际检索报告邮寄日期																					
2019年 1月 30日		2019年 2月 13日																					
ISA/CN的名称和邮寄地址		受权官员																					
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		柳瑾 电话号码 62089304																					

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 107313949 A (长沙翔鹅节能技术有限公司) 2017年 11月 3日 (2017 - 11 - 03) 全文	1-8
A	US 2016245279 A1 (PAL BIPLAB等) 2016年 8月 25日 (2016 - 08 - 25) 全文	1-8

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/090192

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	106015028	A	2016年 10月 12日	CN 106015028 B	2018年 11月 6日
CN	106772041	A	2017年 5月 31日	无	
CN	106872010	A	2017年 6月 20日	无	
CN	104879294	A	2015年 9月 2日	CN 104879294 B	2017年 12月 26日
CN	106089754	A	2016年 11月 9日	CN 106089754 B	2018年 12月 25日
CN	107313949	A	2017年 11月 3日	无	
US	2016245279	A1	2016年 8月 25日	无	