

DOI: 10.11885/j.issn.1001-2303.2022.02.11

基于阿里云的电阻点焊数据监测系统设计

李东阳, 邓黎鹏, 胡德安, 谭钦文

南昌航空大学 航空制造工程学院, 江西 南昌 330063

摘要: 基于阿里云物联网平台和MQTT(消息队列遥测传输)通信协议技术,设计了一套以STM32F103VET6单片机为主控核心,以阿里云IoT Studio(物联网应用开发)网页为监测界面的电阻点焊数据监测系统,实现了电阻点焊过程的在线监测和焊接电流、电极压力曲线的远程实时显示。该监测系统的设计分为硬件和软件两个部分,主要内容包括传感器、数据信号处理模块、主控模块、无线传输网络以及阿里云物联网平台等。实测结果表明,该系统能准确地实现对焊接数据的远程实时监测,性能稳定,数据传输丢包率低于1%,为物联网化下的智能化焊接提供了技术支持。

关键词: 电阻点焊; 实时监测; 物联网; MQTT

中图分类号: TG438.2 文献标识码: B 文章编号: 1001-2303(2022)02-0078-06

Design of Data Monitoring System for Resistance Spot Welding Based on Alibaba Cloud

LI Dongyang, DENG Lipeng, HU Dean, TAN Qinwen

School of Aeronautical Manufacturing Engineering, Nanchang Hangkong University, Nanchang 330063, China

Abstract: Based on the Alibaba Cloud Internet of Things platform and MQTT (Message Queue Telemetry Transmission) communication protocol technology, a set of resistance spot welding data with STM32F103VET6 microcontroller as the main control core and Alibaba Cloud IoT Studio (Internet of Things Application Development) webpage as the monitoring interface is designed. The monitoring system realizes online monitoring of resistance spot welding process and remote real-time display of welding current and electrode pressure curve. The design of the monitoring system is divided into two parts: hardware and software. The main content includes sensors, data signal processing modules, main control modules, wireless transmission networks, and Alibaba Cloud Internet of Things platform. The actual measurement results show that the system can accurately realize remote real-time monitoring of welding data, with stable performance, and the data transmission packet loss rate is less than 1%, which provides technical support for intelligent welding under the Internet of Things.

Keywords: resistance spot welding; real-time monitoring; internet of Things; MQTT

引用格式: 李东阳, 邓黎鹏, 胡德安, 等. 基于阿里云的电阻点焊数据监测系统设计[J]. 电焊机, 2022, 52(2): 78-83.

Citation: LI Dongyang, DENG Lipeng, HU Dean, et al. Design of Data Monitoring System for Resistance Spot Welding Based on Alibaba Cloud[J]. Electric Welding Machine, 2022, 52(2): 78-83.

0 前言

随着制造业的迅速发展以及物联网技术的不断成熟,物联网技术在生产制造领域的应用越来越广泛,极大提高了工业生产效率^[1]。电阻点焊过程

具有高度非线性、多变量耦合作用并伴随着大量的随机因素,因此在线监测电阻点焊过程对提高焊点质量有着重要意义^[2-3]。由于传统的焊接过程监控不足、数据监测相对孤立,造成了巨大的人力物力浪费^[4],因此建立了一套基于物联网的电阻点焊数

* 收稿日期: 2021-10-10 修回日期: 2022-01-20

作者简介: 李东阳(1997—),男,在读硕士,主要从事焊接生产自动化与数字化方向的研究。E-mail: 18860436952@163.com。

据监测系统,将各个点焊设备连接起来以达到集中监测,具有重要的应用价值。

近年来随着制造业向精细化方向发展,对电阻点焊质量的要求也在不断提高,电阻点焊监测系统也成为了国内外研究的热点。管景凯^[5]等人采用触摸屏作为电阻点焊监测仪的人机交互界面,并通过RS485串口完成单片机与触摸屏之间的数据传输,实现了电阻点焊的在线监测和焊接过程分析。李伟^[6]使用LabVIEW软件编写了上位机监测界面程序和数据处理程序,能准确获取点焊过程的特征信号。蔡洪丰^[7]采用外扩RAM的ATMEGA128单片机作为监测系统的控制核心,实现对焊接电流和动态电阻的准确测量。Haghshenas^[8]等人使用高速摄影仪对电极位移进行测量,并通过神经网络算法实现对点焊质量的预测。Li^[9]采用PLC高速采集卡和AD转换模块实现对焊接电流和电极间电压的同步采集。随着工业物联网化进程的推进,将云平台 and 物联网技术应用于设备监测已经成为一个趋势,国内已有许多学者对此展开了研究。李鑫磊^[10]通过在云服务器上搭建MQTT服务器方法,实现了管道焊接的云监控功能。路昊^[11]利用单片机、低功耗无线通信模块实现对消防设备的远程监测和报警。王晓兰^[12]等人基于CAN总线和ZigBee技术构建了地下感测网络架构,并通过3G/GPRS技术将数据传输至互联网,实现对矿井设备的实时监测和故障诊断。刘欢^[13]等人采用边缘-云架构的方式实现对核电设备的远程监测和智能诊断。本文在以上研究的基础上,通过对物联网云平台与点焊监测原理的分析,设计了一套基于云平台的实时点焊监测系统,以充分发挥物联网技术在焊接设备监测与质量管理中的优越性。

1 基于云平台的监测系统总体结构设计

监测系统主要由焊接数据传感器、数据信号处理模块、主控模块、无线传输网络以及阿里云物联网平台构成。以上各模块分别对应着本系统物联网结构的感知层、网络层和应用层。系统总体结构

框图如图1所示。

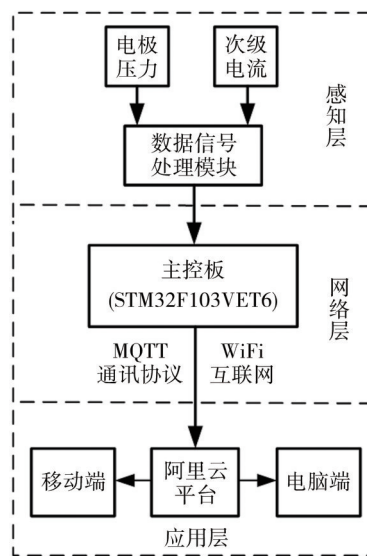


图1 数据监测系统总体结构框图

Fig. 1 Diagram of the overall structure of data monitoring system

电流传感器和电极压力传感器采集相应的焊接数据信号,经数据信号处理模块的积分、放大等电路处理后得到模拟信号,再经AD转换模块将其转换成数字信号传送至主控芯片,主控芯片通过其内部移植的FreeRTOS实时操作系统调取任务程序对采集数据进行有效值计算,并判断是否超出设置的工艺范围,然后将以上数据打包整理成标准的MQTT报文格式,数据包经WiFi模块—无线路由器—互联网传输到阿里云数据库服务器,由阿里云IoT Studio构建的可视化应用网页从数据库服务器中调取数据,向远程用户呈现焊接过程监测状态和实时数据曲线、历史数据和报警数据,用户也可以根据需要对焊机下发一些简单的控制指令。

2 监测系统硬件设计

2.1 主控模块硬件电路设计

主控模块是系统的控制核心,由于其需要对大量的焊接信号进行处理和传输,因此采用以Cortex-M3为内核的STM32F103VET6单片机作为本系统的控制核心,该芯片具有高性能、低功耗等优点,其最高72 MHz的工作频率基本满足系统对实时性的要求。主控模块硬件结构如图2所示。

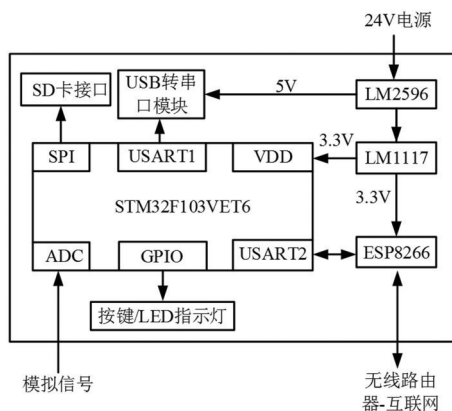


图2 主控模块硬件结构

Fig. 2 Main control module hardware structure diagram

主控模块采用24 V直流电源进行供电,通过LM2596和LM1117模块将电源电压降到5 V和3.3 V,分别对USB转串口模块和主控MCU进行供电。SD卡接口用于数据的外部存储,USB转串口模块用于系统的调试,与芯片GPIO相连接的按键和LED指示灯用于系统的复位和状态显示。主控板与路由器的无线传输是依靠以ESP8266为核心的无线传输模块实现,ESP8266是集成WiFi和32位Tensilica处理器的嵌入式WiFi模块,具有性能稳定、传输速度快等优点。

2.2 焊接数据信号处理电路

本系统需要对焊接电流和电极压力两个模拟信号进行采集和处理。电流信号检测易受到外界干扰,因此采用Rogowski线圈作为电流传感器,Rogowski线圈输出的信号经积分电路积分后得到焊接电流,然后再经过滤波、整流等电路传到MUC的ADC模块中。设计的电流信号积分电路采用ICL7650作为运放的核心,其具有增益高、失调小和漂移低等优点,能很好地满足积分电路高输出阻抗、低输入阻抗和高精度反馈的要求。

电极压力传感器采用的是压阻式压力传感器,其输出的电压信号在70~350 mV范围内,本系统通过放大电路将其升至0~3.3 V供AD转换模块识别。

3 监测系统软件设计

3.1 软件总体设计

通过STM32中移植的FreeRTOS实时操作系统

对任务程序进行调度,实现对焊接数据信号的处理及传输。系统主要有AD转换及缓存、数据处理与监测、MQTT报文制定、消息订阅与发布、MQTT报文解析、WiFi通信6个子任务程序,使用FreeRTOS的抢占式任务调度器来协调各子任务的运行,软件结构如图3所示。程序流程如图4所示。

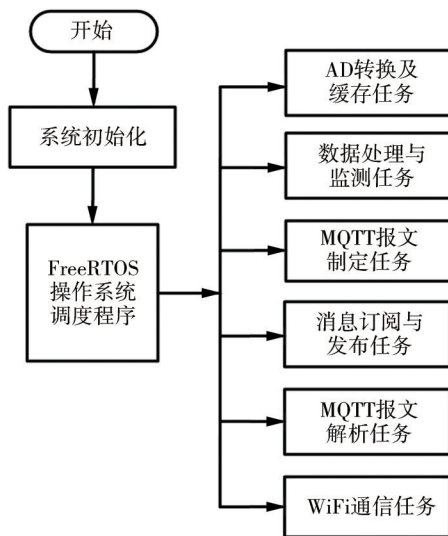


图3 软件结构

Fig. 3 Software structure diagram

3.2 MQTT通讯协议制定

MQTT是一套专门为物联网定制的轻量级应用层协议。MQTT有三种服务质量等级,本系统选择服务等级1“至少一次”,确保信息的准确送达,MQTT总共有14个控制报文,其中最主要的几个控制报文信息如表1所示。

控制报文的内容由固定报头、可变报头和负载组成。CONNECT报文用于客户端请求与服务端连接,由客户端向服务端发送,CONNECT的固定报头是固定的0x10加剩余长度,可变报头的内容用于配置功能,如设置协议名、设置协议级别等,负载部分则是用于提交所要连接客服端的ID、用户名和密码等信息,以上的客户端信息是根据阿里云中所建立设备的三元组构建而成的,打开网络调试助手发送CONNECT报文,服务器端会返回确认连接报文:0x20020000,表示连接成功,图5框中是CONNECT报文内容。

通过SUBSCRIBE报文订阅相关Topic后,便可以向服务器端发送PUBLISH报文,PUBLISH报文

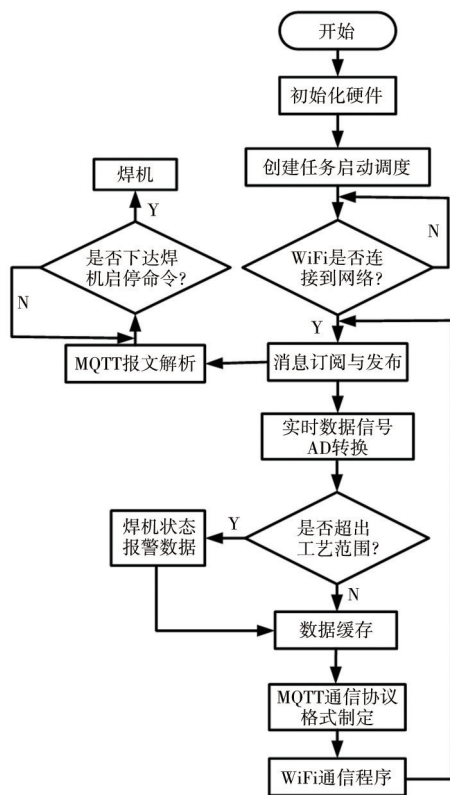


图 4 程序流程

Fig. 4 Program flow chart

表 1 MQTT 控制报文

Table1 MQTT control message

报文	功能	流向	值
CONNECT	请求与服务端连接	C→S	1
PUBLISH	发布消息	C S	3
SUBSCRIBE	订阅请求	C→S	8

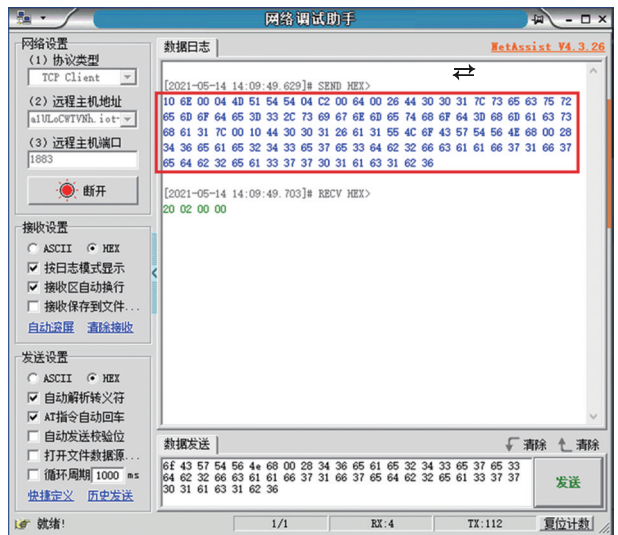


图 5 CONNECT 报文网络调试

Fig. 5 CONNECT message network debugging

负载部分是焊接过程参数的标识符和数值,参数的标志符和数据类型需要在阿里云平台中进行定义,将含有焊接过程数据的 PUBLISH 报文通过网络调试助手发送到服务器时,会在阿里云物联网平台的设备物模型中观测到焊接过程数据,如图 6 所示。在本系统中 PUBLISH 报文发送的实时数据有焊接电流、电极压力、报警数据、工件编号、设备信息、控制指令等。



图 6 焊接电流物模型

Fig. 6 Welding current object model

3.3 阿里云物联网平台监测界面设计

阿里云物联网平台是一个专门为物联网设备提供数据管理服务的平台。首先在阿里云物联网平台上建立相关的产品和设备以及所需的物模型,建立成功后生成的设备的三元组信息,在系统 MQTT 通讯协议程序中设置与之相同的三元组。然后在 IoT Studio 平台上建立电脑端应用网页和移动端应用网页,并关联前面所建立的产品和设备,设计电脑端和移动端监测界面,布置页面组件如按钮、数据曲线等,并为其配置物模型中的数据源,电脑端和移动端监测系统界面分别如图 7、图 8 所示。

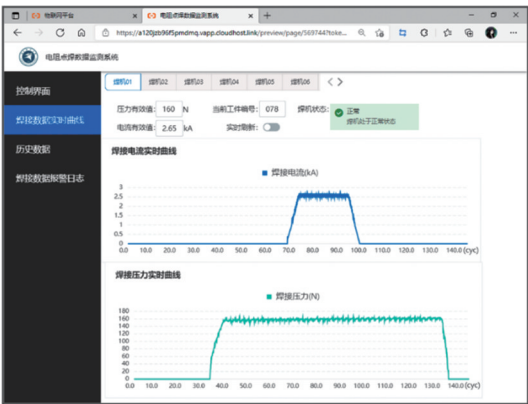


图 7 电脑端监测界面

Fig. 7 Computer monitoring interface

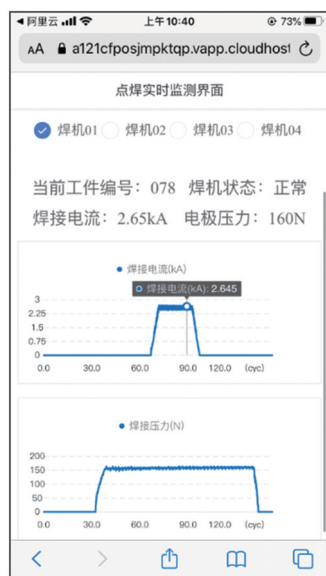
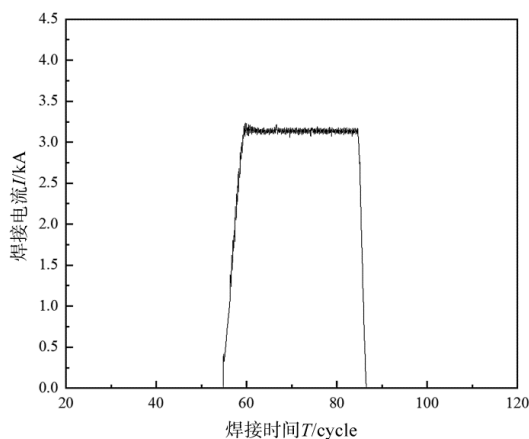
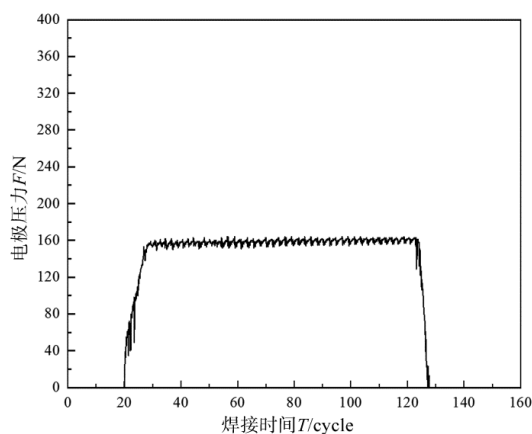


图8 移动端监测界面

Fig. 8 Mobile monitoring interface



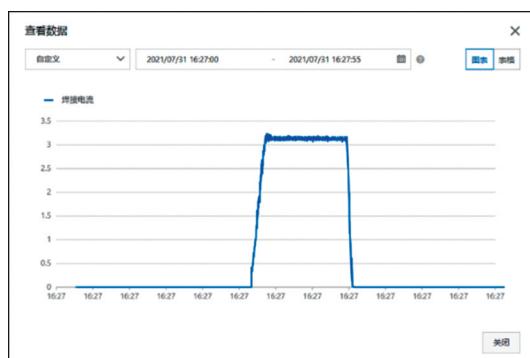
(a)焊接电流



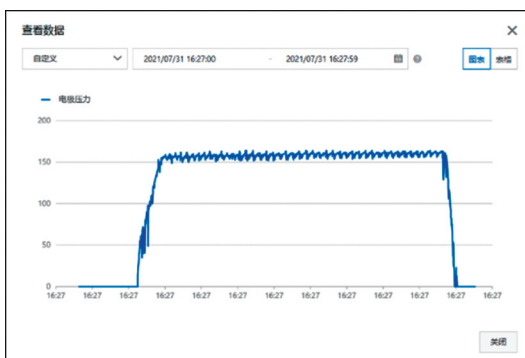
(b)电极压力

图9 主控板采集曲线

Fig. 9 Main control board acquisition curve



(a)焊接电流



(b)电极压力

图10 阿里云物模型曲线

Fig. 10 Alibaba Cloud Material Model Curve

4 实验测试与结果

点焊电源设备采用型号为IDW-8100的精密焊接电源,加压设备采用型号为MSME022G1S的松下伺服电机。

(1)焊接过程中,将主控板的串口转USB模块连接到电脑的USB口,焊接完一次后,主控板通过串口调试助手将缓存区中采集到的数据打印到电脑上,然后通过Origin软件将该数据绘制成曲线,如图9所示,物联网平台中物模型会将接收到数据以曲线的形式展现出来,如图10所示。对比图9、图10,物联网平台上的实时曲线与主控板中采集到的数据曲线一致,未出现失真现象。

(2)在单片机串口2波特率设置为115 200且WiFi传输距离为30 m以内的情况下,焊接5次,每

次上传约2 000组数据,对比主控板实际测量数据和云平台物模型数据,结果表明每次焊接平均丢包率低于1%,传输稳定,满足实际生产传输要求。

5 结论

本文给出了一种基于阿里云的电阻点焊监测方案,满足预期目标:

(1)完成以STM32为核心的单片机外围电路和焊接信号处理电路设计,实现对焊接过程信号的高频采集和处理。

(2)在单片机中移植FreeRTOS实时操作系统,并设计各个子任务程序,完成对数据的处理和网络传输,为未来点焊车间的物联网化监测提供了软件模型。

(3)通过登录阿里云平台电脑端和移动端应用网页实现了对焊机的远程实时监测,经测试,实时曲线未出现失真现象,传输过程中丢包率低于1%,具有较高的稳定性、良好的应用前景和参考价值。

参考文献:

- [1] 龙晋. 物联网技术在工业自动化中的应用分析[J]. 电子元器件与信息技术, 2018, 2(8):78-80.
LONG Jing. Analysis of the Application of Internet of Things Technology In Industrial Automation[J]. Electronic Component and Information Technology, 2018, 2(8):78-80.
- [2] 文静, 贾洪德. 电阻点焊动态信号实时监测及焊接质量预测[J]. 电焊机, 2020, 50(5):102-106.
WEN J, JIA H D. Real-time monitoring of dynamic signals and quality prediction for resistance spot welding[J]. Electric Welding Machine, 2020, 50(5):102-106.
- [3] 许君, 李永兵, 陈关龙. 轿车车身电阻点焊质量实时监测系统[J]. 焊接学报, 2006, 27(4):41-44.
XU Jun, LI Yongbing, CHEN Guanlong. Welding quality real-time monitoring system for auto-body assembly[J]. Transaction of the China Welding Institution, 2006, 27(4):41-44.
- [4] 张磊, 王博健, 于静伟, 等. 数据采集系统在焊接领域中的应用现状[J]. 电焊机, 2020, 50(12):26-31.
ZHANG L, WANG B J, YU J W, et al. Application status of data acquisition system in welding field[J]. Electric Welding Machine, 2020, 50(12):26-31.
- [5] 管景凯, 杨凯, 吴敏, 等. 电阻点焊焊接监测仪的设计[J]. 电焊机, 2018, 48(10):105-109.
GUAN Jingkai, YANG Kai, WU Min, et al. Design of resistance spot welding monitor[J]. Electric Welding Machine, 2018, 48(10):105-109.
- [6] 李伟. 轿车白车身的电阻点焊质量监测系统的设计研究[D]. 辽宁:沈阳大学, 2013.
LI Wei. Study on the design of Resistance Spot Welding Quality Monitoring System for Sedan[D]. Liaoning: Shenyang University, 2013.
- [7] 蔡洪丰. 焊装车间点焊规范参数实时监测系统[D]. 吉林:吉林大学, 2013.
CAI Hongfeng. Real-time Monitoring System for Spot Welding Parameters in Welding Workshop[D]. Jilin: Jilin University, 2013.
- [8] Haghshenas N, Moshayedi H. Monitoring of resistance spot welding process[J]. Experimental Techniques, 2020, 44(1):99-112.
- [9] Li Ruxiong. Quality monitoring of resistance spot welding based on process parameters[J]. Energy Procedia, 2012(14):925-930.
- [10] 李鑫磊. 基于MQTT服务器和ZigBee的管道焊接状态监控系统[D]. 河北:北华航天工业学院, 2021.
LI Xinlei. Pipeline welding status monitoring system based on MQTT server and ZigBee[D]. Hebei: North China Institute of Aerospace Engineering, 2021.
- [11] 路昊. 基于云平台的消防设备远程在线监测系统的研究与实现[D]. 上海:东华大学, 2016.
LU Hao. The Research and Implement of the Fire-fighting Equipment Remote Online Monitoring System Based on Cloud Platform[D]. Shanghai: Donghua University, 2016.
- [12] 王晓兰, 陈沙沙. 物联网技术在煤矿设备异常故障监测中的应用研究[J]. 能源与环保, 2021, 43(7):182-188.
WANG Xiaolan, CHEN Shasha. Research on application of Internet of Things technology in monitoring abnormal faults of coal mine equipment[J]. China Energy and Environmental Protection, 2021, 43(7):182-188.
- [13] 刘欢, 毕道伟, 刘嘉熙, 等. 基于云平台的核电设备监测诊断架构设计与实现[J]. 制造业自动化, 2021, 43(1):68-73.
LIU Huan, BI Daowei, LIU Jiayi, et al. Design and implementation of monitoring and diagnosis architecture for nuclear power equipment on cloud platform[J]. Manufacturing Automation, 2021, 43(1):68-73.