

# 基于 Android 的某型燃气轮机监控系统设计

吴一鸣<sup>1</sup>,叶冯超<sup>1</sup>,范政矫<sup>1</sup>,仇文波<sup>2</sup>

(1. 中国船舶集团有限公司第七〇三研究所无锡分部,江苏 无锡 214151;  
2. 中国船舶集团有限公司第七〇三研究所,黑龙江 哈尔滨 150078)

**摘要:**以某型燃气轮机为对象,设计一种基于 Android 的监控系统,通过 RS422 通信与燃机控制柜进行数据交互,实时监测燃气轮机的运行参数和报警信息。通过以太网实现与遥控站的通信,可接收遥控站的远程控制指令并下发燃机控制柜。通过 SQLite 数据库,保存燃气轮机的运行参数,对燃机历史运行参数进行故障诊断,实现对燃气轮机的健康管理。该系统已用于该型燃气轮机总装试验,应用效果好。

**关键词:**Android;燃气轮机;监控系统;SQLite 数据库;故障诊断与健康管理

**中图分类号:**TP277;TM314 **文献标志码:**B **文章编号:**1671-5276(2023)02-0213-03

## Design of Gas Turbine Monitoring System Based on Android

WU Yiming<sup>1</sup>, YE Fengchao<sup>1</sup>, FAN Zhengjiao<sup>1</sup>, QIU Wenbo<sup>2</sup>

(1. Wuxi Division of No.703 Research Institute of CSIC, Wuxi 214151, China;  
2. No.703 Research Institute of CSIC, Harbin 150078, China)

**Abstract:** Taking a certain type of marine gas turbine as object, a monitoring system based on Android is designed. Through RS422 communication, the data interaction of the system is undertaken with the gas turbine control cabinet to monitor the operation parameters and alarm information in real time. The communication with remote control station is realized through Ethernet to receive the remote control command from the remote control station and distribute gas turbine control cabinet. With SQLite database, the operation parameters of gas turbine are saved, the fault diagnosis of historical operation parameters of gas turbine is carried out so as to achieve the health management of gas turbine. The monitoring system has been used in the general assembly test of this type of gas turbine, and its application effect proves to be good.

**Keywords:** Android; gas turbine; monitoring system; SQLite database; fault diagnosis and health management

## 0 引言

燃气轮机属于内燃式发动机,由于能量密度大、占地小等诸多优势,在舰船上得到了广泛的应用,在大型水面舰艇的动力设备中,占据主要地位。为了满足燃气轮机的应用场景与环境所提出的要求,燃气轮机的监控系统必须具备更高的信息化、智能化水平<sup>[1]</sup>。提高燃气轮机监控系统的智能化程度,对燃气轮机的操作和运行维护更加有利<sup>[2]</sup>。

本文以某型燃气轮机为对象,在燃气轮机控制系统基础上,设计了一套基于 Android 设备的监控系统,可实现燃气轮机的机旁和远程监控、燃气轮机运行数据存储和历史数据查询,并使用了一种参数偏离度计算燃气轮机故障诊断方法,进行燃气轮机的故障诊断。

## 1 系统结构与功能

本系统基于 Android 系统的工业级平板设备为核心进行开发,通过 RS422 串口与燃气轮机控制柜进行双向

通信,将燃气轮机运行状态数据传输到 Android 监控平台。Android 设备通过以太网,接收 PC 端遥控站发送的燃机控制指令,并通过串口下发到燃气轮机控制柜,实现对燃气轮机的远程控制。

通过 WiFi 功能,将 Android 主设备与多台 Android 移动终端设备间进行数据通信,子设备由燃机运行人员携带,实现对燃气轮机运行数据的远程监测。使用 Android 系统内置的 SQLite 数据库,记录燃机历史运行数据,以历史运行参数为依据,实现对燃气轮机的故障诊断和健康管理。监控系统的结构如图 1 所示。

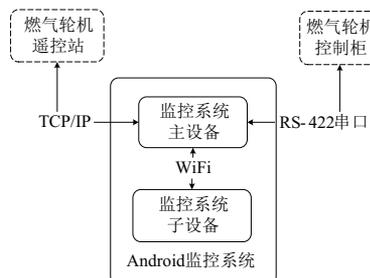


图 1 监控系统结构图

第一作者简介:吴一鸣(1981—),男,江苏无锡人,高级工程师,硕士,研究方向为燃气轮机控制。

## 2 系统逻辑架构设计

Android 操作系统软件架构分为系统核心层、运行库层、应用程序层及其架构层<sup>[3]</sup>,具体结构如图 2 所示。

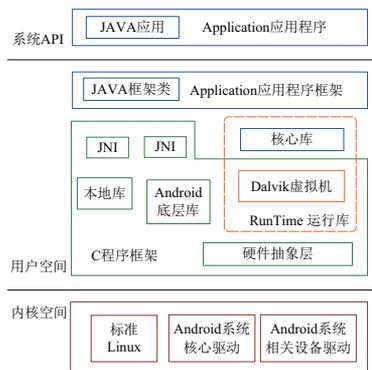


图 2 Android 操作系统框架

核心层用于实现 Android 系统的核心服务,包括系统组件、进程管理、设备驱动、内存管理等主要功能<sup>[4]</sup>。本文在 Linux Kernel 2.6 的基础上,进行移植和简化,如图 3 所示。

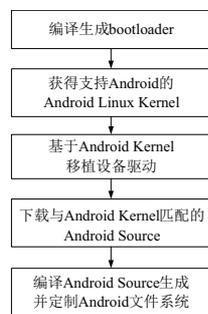


图 3 Android 系统移植流程

为了节省 Android 系统所占用的内存空间,在 Android 源代码基础上,按需对部分系统自带应用软件及系统服务进行剪裁,制作简化版的 Android 系统镜像,在此系统上进行燃气轮机监控系统的开发。

Android 系统运行库包含基础库和运行时库两部分<sup>[5]</sup>。本文使用 SSL 库,实现 TCP/IP 通信;使用 SQLite 数据库,实现历史数据存储。在串口通信功能上,由于 Android 设备采用 Java 语言开发,不允许直接用 C/C++进行串口类的使用,因此采用了 JNI 技术<sup>[6]</sup>。将 C/C++代码实现的串口类方法生成.so 动态链接库,上层 Java 代码调用该链接库,进行串口收发操作,以实现监控系统和燃机控制柜之间的数据交互。

应用程序框架层是程序开发的基础,该框架可简化程序设计时各组件的重用,提供各类程序开发所需要的用户接口。

应用程序层是本系统的核心,除了活动、服务、广播和内容提供者四大组件外,还包括传递消息的 Intent 组件<sup>[7]</sup>。由于程序包含功能多,且时效性要求较高,采用多线程方法进行程序设计。在主线程中,实现 UI 界面的更新,按键点击事件接收以及 activity 的启动功能。除主线程外,通过多个子线程,分别实现串口通信、TCP/IP 通信、

数据库存储和查询、故障诊断和健康管理功能。为了解决多线程读写操作所带来的变量值混乱和程序异常现象,使用 handle 消息机制,实现各个线程间的数据同步。

## 3 软件功能开发

基于 Android 的监控系统软件设计主要分为以下几个部分,包括 UI 界面设计、通信接口设计、数据存储设计、故障诊断和健康管理功能设计。

### 3.1 UI 界面设计

Android 提供了丰富的 UI 组件,并提供了框架、线性、绝对、相对和表格 5 种界面设计方式。由于本监控系统 UI 界面较为复杂且对布局位置有较高要求,使用绝对布局进行 UI 设计。

监控界面采用翻页式的设计,包含燃气轮机运行参数主页面、执行机构状态监测页面、全部参数列表页面、实时报警页面、历史查询页面 5 个部分,可通过左右翻页按钮进行页面切换。主要运行参数页面包含燃气轮机转子转速、油门位置、功率、振动、各部位压力等运行过程中需主要关注的模拟量数值以及运行时重要状态标志和报警信息。执行机构状态监测页面包含燃气轮机各执行部件的指令与反馈信息。全部参数列表页面包含燃机所有模拟量和开关量测点值,通过上下翻页按钮,可切换到需要查询的参数列表。实时报警页面可实时显示燃气轮机运行时的各级别报警类型和触发时间,通过报警复位按钮,可清除所有已消除的报警。历史查询页面用于查询燃气轮机历史运行数据,输入需要查询的数据名称和时间段,从数据库中查询并显示在列表中。该界面结构可清晰地显示燃气轮机运行时所需关注的各类信息,最大程度地方便了机组运行人员工作时对燃气轮机的监控和维护。图 4 为 Android 监控系统主页面。



图 4 Android 监控系统主页面

### 3.2 通信接口设计

监控系统采用 RS422 串口和基于 TCP/IP 协议的以太网实现与外部设备的通信,通过 WiFi 实现监控主设备和监控子设备间数据交互。

监控系统通过 RS422 串口通信,完成与燃气轮机控制柜之间的数据交互。在 Android 监控设备运行过程中,每 0.5 s 向燃气轮机控制柜发送请求报文,当控制柜收到请求报文后,向 Android 监控设备发送一帧报文,其包含

燃气轮机所有运行参数信息,监控设备收到返回报文且校验、解析通过后,将其显示在相应用户界面。

监控系统采用 TCP/IP 以太网通信,实现和燃气轮机遥控站的数据交互<sup>[8]</sup>。燃气轮机遥控站采用的是 Windows 操作系统下的 PC 设备,Android 设备通过以太网,实时向遥控站发送从燃气轮机控制柜接收到的燃气轮机运行参数,实现燃气轮机运行参数在遥控站的远程显示。另外,遥控站向 Android 设备发送燃气轮机各机构及辅助设备的控制指令,经过中转后,Android 设备以请求报文的形式,向燃气轮机控制柜发送控制指令,实现静态模式下对燃气轮机各执行机构的远程控制。

监控系统通过 WiFi 网络,采用 UDP 协议,定时发送燃气轮机运行数据,子监控设备作为客户端模式,接收主设备服务器端发出的报文,解析并显示在子设备端,实现在同一 WiFi 网络下,多台 Android 设备对燃气轮机数据的同步监测功能。

### 3.3 数据存储设计

为了记录并保存燃气轮机运行时的各项参数,实现历史数据查询功能,通过 Android 系统内置的 SQLite 数据库实时存储燃气轮机的运行数据。SQLite 由内核、后端、SQL 编译器、附件 4 个部分组成,是一款轻量级数据库<sup>[9]</sup>。

SQLite 数据库与常规数据库相似,以表的形式进行存储。通过 Android 系统提供的数据库辅助类 SQLiteOpenHelper 实现数据库的创建、打开和关闭,通过调用 SQLiteDatabase 类,实现对数据库的添加、删除、查询等操作,具体步骤如图 5 所示。

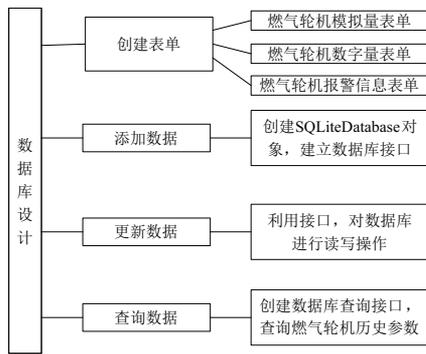


图 5 SQLite 数据库构建图

数据库表根据实际燃气轮机运行数据类型进行分类建立,共使用 3 张数据库表,分别是燃气轮机模拟量参数表、燃气轮机开关量参数表和燃气轮机报警信息表,用来存储对应类型的燃气轮机运行时的各类参数。当 Android 监控系统收到燃气轮机控制柜发送的工况运行信号后,以 1 s 为周期在数据库表中写入对应类型参数。在燃气轮机历史数据查询页面上,选择需要查询的参数名称和时间,通过调用 SQLiteDatabase 对象的 Query 方法,实现对燃气轮机历史运行参数的查询功能。

### 3.4 故障诊断与健康管理功能设计

故障诊断和健康管理功能通过传感器数据有效性检查和传感器异常值分析这两部分实现。

传感器数据有效性检查是为了保证传感器信号在合理范围内,能够反映真实的物理值,为燃气轮机的故障诊断提供有效、可靠的测量数据。有效性检查分为 3 个步骤。

1) 测量数据有效性检测:正常情况下,各传感器数据在一定范围内变化,若超出合理范围,则测量系统可能出现异常。

2) 故障持续性检测:进行故障持续性观测,抑制传感器测量噪声干扰,降低故障虚警率。燃气轮机工况运行时,测量参数若超出合理范围,则测量系统可能出现异常。

3) 数据间关系系数检测:对燃气轮机相关的各状态参数间的系数进行校验,用于识别测量数据异常偏移的系统故障。燃气轮机受热动力学平衡关系约束,各测量参数之间存在一定的线性关系,若该线性关系系数出现异常,则测量系统可能出现异常。传感器数据有效性检查的具体流程如图 6 所示。

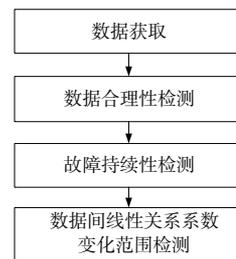


图 6 传感器数据有效性检查流程

传感器有效性检查通过后,进行传感器参数异常值分析。若有异常,以报警形式显示在监控系统的报警页面中,并将异常记录存于数据库。燃气轮机气路异常值分析可有效识别燃气轮机出现的性能变化和故障现象,例如燃气轮机叶片积垢、损伤等导致各部件气路值关系变化。基于燃气轮机各工况下气路参数实测值分析,实现气路异常的故障诊断<sup>[10]</sup>。气路信息主要包括高压压气机后空气压力、低压压气机卸荷腔压力、低压涡轮后燃气压力等。

针对气路的故障诊断依据燃气轮机性能模型来实现,即通过性能方针和大量历史数据积累得到的当前工况状态下燃气轮机各截面参数的理论值,与实际值进行对比,从而得到当前燃气轮机的各气路状态。在实际值与理论值比较上,提出了参数偏离度概念,参数偏离度  $r$  计算如下:

$$r = \frac{|P_m - P_s|}{(P_{max} - P_{min})} \times 100\%$$

式中: $P_s$  为依据燃气轮机模型所得到的气路标准值; $P_m$  为气路参数实测值; $P_{max}$  和  $P_{min}$  分别为当前燃油流量和工况基础上,因大气压力、燃气轮机进口空气温度波动而产生的气路参数基准最大值和基准最小值; $r$  表示气路参数的偏离程度。引入基准最大值和基准最小值可以将气路参数因环境变化产生的波动和燃气轮机故障导致的变化区分开来,引入气路参数偏离程度参数  $r$ ,可对各类型的气路参数故障诊断阈值进行统一设定。监控系统根据所得到的偏离度值  $r$ ,来实现燃气轮机机组的故障诊断,诊断出的故障信息以报警方式显示在诊断报警页面中,并存入 SQLite 数据库,以便于燃气轮机的故障诊断信息的回调和健康管理。

(下转第 224 页)

## 4 结语

经测试发现,目前电力设施的无人机多目标监测和反制方法存在计算速度慢、召回率低、平均交并比低等问题,为此提出基于智能感知系统的电力设施无人机多目标监测与反制方法。该方法首先设计出多个模块组成的硬件系统,其次设计出图像预处理、监测和反制程序。将其综合后实现电力设施的无人机多目标监测与反制,减少计算时间的同时提高了召回率和平均交并比。

### 参考文献:

- [1] 邝浩欣,夏黄蓉,李宝,等. 基于电力线载波技术的军工科研院所设备仪器智能化管理研究与应用[J]. 科技管理研究, 2020,40(13):55-61.

(上接第 215 页)

## 4 结语

本文基于 Android 设备,设计了某型燃气轮机监控系统,该系统与燃气轮机控制柜和遥控站进行数据通信,实现了燃气轮机机旁和遥控模式下的人机交互功能。利用 SQLite 数据库设计燃气轮机的参数记录和历史参数回调功能,并提出了燃气轮机参数偏离度概念,实现燃气轮机的故障诊断和健康管理。目前,基于 Android 的该型监控系统已用于燃气轮机的总装试验,运行稳定,操作便捷,为燃气轮机运行维护提供了科学保障。

### 参考文献:

- [1] 闻雪友,任兰学,祁龙,等. 舰船燃气轮机发展现状、方向及关键技术[J]. 推进技术,2020,41(11):2401-2407.  
[2] 王凤月. 燃气轮机故障诊断技术综述展望[J]. 内燃机与配件,2017(19):63.  
[3] 吴珊. Android 的系统及应用的架构[J]. 电子技术与软件工程,2019(3):148.

(上接第 196 页)

## 4 结语

本文设计的自补偿定位 J 型线夹安装工具独特的自补偿定位方法有效地保证了 J 型线夹在打击过程中打击套筒始终随拉紧螺母同步动作,直至线夹完全并沟夹紧,并同步确保线夹在整个并沟过程中的位置稳定性。

该工具能够有效可靠地替代人工手动操作,完成架空绝缘线缆的带电接火作业,极大地提高了工作效率,减少了人工上杆所带来的风险。

在 J 型线夹安装工具加上自动剥皮机构,可以自动完成主线的剥皮,这样可以和 J 型线夹安装工具配合直接完成主线和引流线的接火工作,更进一步地提高接火作业的安全性和装置的功能性。

### 参考文献:

- [1] 凌松,吴少雷,冯玉. 一种便携式架空配电路带电剪接火自

- [2] 张继贤,刘飞,王坚. 轻小型无人机测绘遥感系统研究进展[J]. 遥感学报,2021,25(3):708-724.  
[3] 陈飞,崔健,王郑. 垂起固定翼无人机激光雷达的电力巡检应用[J]. 测绘科学,2020,45(12):77-80,125.  
[4] 彭继慎,孙礼鑫,王凯,等. 基于模型压缩的 ED-YOLO 电力巡检无人机避障目标检测算法[J]. 仪器仪表学报,2021,42(10):161-170.  
[5] 江亮,郑恩辉,童景哲. 基于电力杆塔巡检的无人机重定位拍照系统设计[J]. 科技通报,2020,36(10):33-35,40.  
[6] 吕侃徽,张大兴. 基于自适应直方图均衡化耦合拉普拉斯变换的红外图像增强算法[J]. 光学技术,2021,47(6):747-753.  
[7] 王福斌,孙志林,王尚政. 飞秒激光烧蚀光斑灰度特征的小波处理与分析[J]. 激光与光电子学进展,2020,57(18):418-426.

收稿日期:2022-04-07

程,2019(3):148.

- [4] 张睿锐. Android 内核移植及在远程监控中的应用[J]. 中国新通信,2019,21(3):115.  
[5] 罗尹奇,刘力银. 基于 JNI 的 Java 串口通信系统的设计与实现——以 Windows 平台为例[J]. 电脑知识与技术,2017,13(34):51-56.  
[6] 李佐彬. Android 开发入门与实战体验[M]. 北京:机械工业出版社,2011.  
[7] 刘波. 基于 Android 的智能家居终端的设计与研究[J]. 移动通信,2016,40(10):88-90.  
[8] 史梦安,王志勃. 基于 Android 系统的 TCP/IP 客户端异步通信模块研究[J]. 软件导刊,2014,13(10):115-118.  
[9] 崔娜. Android 平台的 SQLite 数据库编程探析[J]. 信息与电脑(理论版),2014(6):147-148.  
[10] 孔祥宇. 燃气轮机气路故障诊断技术探讨[J]. 科学技术创新,2019(6):192-193.

收稿日期:2022-04-22

动装置的设计[J]. 机械工程师,2017(4):116-118.

- [2] 吴勤斌,马冬二,邹德华,等. 基于多物理场耦合的 J 型线夹仿真分析[J]. 南方电网技术,2021,15(5):115-121.  
[3] 宋清刚. 一起电缆穿刺线夹火灾的调查分析[J]. 消防科学与技术,2015,34(7):975-977.  
[4] 国家电网公司. 带电作业操作方法(第 1 分册):输电线路[M]. 北京:中国电力出版社,2009.  
[5] 李二霞,亢超群,李玉凌,等. 基于设备状态评价和电网损失风险的配电网检修计划优化模型[J]. 高电压技术,2018,44(11):3751-3759.  
[6] 欧相林,邓鹤鸣,王力农,等. 10 kV 配电线路带电作业安全综合评价应用分析[J]. 高压电器,2013,49(2):55-60.  
[7] 张铜,张黎明,徐善军,等. 带电作业机器人 J 型线夹安装工具的研制与 TCP 位置标定方法[J]. 机械工程师,2021(2):105-107,110.

收稿日期:2021-11-17