

# 矿用电动轮自卸车状态监测和故障诊断系统设计

谭秀腾, 郭小定, 张轶, 余亮

(湖南科技大学 电气与信息工程学院, 湖南 湘潭 411201)

**摘要:** 矿用电动轮自卸车由于其趋向大型自动化、结构复杂化, 使设备故障维护难度加大, 因此文中根据实际需求设计了在线状态监测和故障诊断系统。在该系统中, 为了提高数据合理有效的采集与传输, 采用了 CAN 网络总线结构, 同时系统使用了高性能的数字信号处理器 TMS320F2812 作为信息单元、状态监测器的微控制芯片, 并在状态监测控制器上采用了实时多任务嵌入式操作系统 DSP/BIOS, 满足了诊断系统并发多任务的需要, 上位机设计了基于故障诊断专家的管理系统。实验表明, 系统基本满足设计要求。

**关键词:** 状态监测; 故障诊断; CAN 网络; DSP/BIOS

**中图分类号:** TD421.7      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1672-9102(2014)02-0065-05

## Electric wheel dump truck mine design condition monitoring and fault diagnosis system

TAN Xiuteng, GUO Xiaoding, ZHANG Yi, YU Liang

(School of Electrical and Information Engineering, Hunan University of Science and Technology Xiangtan 411201, China)

**Abstract:** Due to its tendency of large automation and complicated structure, mine explosion-proof electric wheel dump truck makes the equipment fault maintenance harder; therefore according to the actual requirements, the online condition monitoring and fault diagnosis system is designed in this paper. In the system, in order to improve the reasonable and effective data collection and transmission, the system adopts CAN bus network architecture, and meanwhile the system uses the high performance digital signal processor TMS320F2812 as the controller of information unit and the state monitoring. The streamlined real-time multitasking embedded operating system DSP/BIOS is adopted on the condition monitoring controller, which will meet the needs of concurrent multitasking. The management system based on fault diagnosis expert is designed on the upper machine. Experiment shows that the system can meet the design requirements.

**Key words:** condition monitoring; fault diagnosis; CAN network; DSP / BIOS

随着高科技的迅速发展和现代化工业生产水平的提高, 矿用电动轮自卸车正朝着大型、高性能和大负荷连续作业的方向发展, 其自动化程度也越来越高, 结构也日趋复杂, 一旦这些设备出现突发故障导致停机将对整个生产系统带来巨大的经济损失, 因此人们对关键设备安全、稳定、长周期、满负荷运行的要求已越来越迫切。对这些关键设备的

维护仅由传统的人工定期停机维修已不能满足现代生产要求, 因此开发针对矿用电动轮自卸车运行的状态监测与故障诊断系统以使设备维护向预知性维护和视情况维修发展具有十分重要的意义<sup>[1-3]</sup>。

数据的实时采集和分析处理, 是保证设备可靠运行, 避免故障停机的重要手段。对其监测点特性

各异的状态信号的合理有效采集与传输是提高实时状态监控、故障预测与诊断准确性与可靠性的数据基础<sup>[4]</sup>,文中系统采用了 CAN 网络总线结构,有效避免了传统所使用的直接外接传感器方式所带来的可靠性不高的缺点.而且 CAN 网络总线具有采集方式灵活,功能完善,可扩展性好,代码安全性高,高达 1 Mbps 通信速率的优点,非常适用于矿用电动轮自卸车复杂恶劣的工作环境中.

## 1 矿用电动轮自卸车状态监测和故障诊断系统结构

矿用电动轮自卸车状态监测和故障诊断系统

结构如图 1 所示,该系统由信息单元,上位机,状态监测器组成.信息单元包括柴油机控制器、左轮控制器、右轮控制器、励磁主控制器、监视器,各个信息单元主要负责对前级调理模块的信号进行实时采集,通过 CAN 总线网络把采集的数据发送到状态监测器,状态监测器完成信号的初步分析处理,然后把有用的信息发送给上位机的故障诊断管理系统,再进行进一步的故障诊断处理,给出故障诊断状态,并把故障处理命令发回给状态监测器,使它做出相应的故障提示.故障诊断管理系统同时把故障数据、故障发生的时间及故障代码按一定格式保存到历史数据库中,便于对历史数据查询、统计.

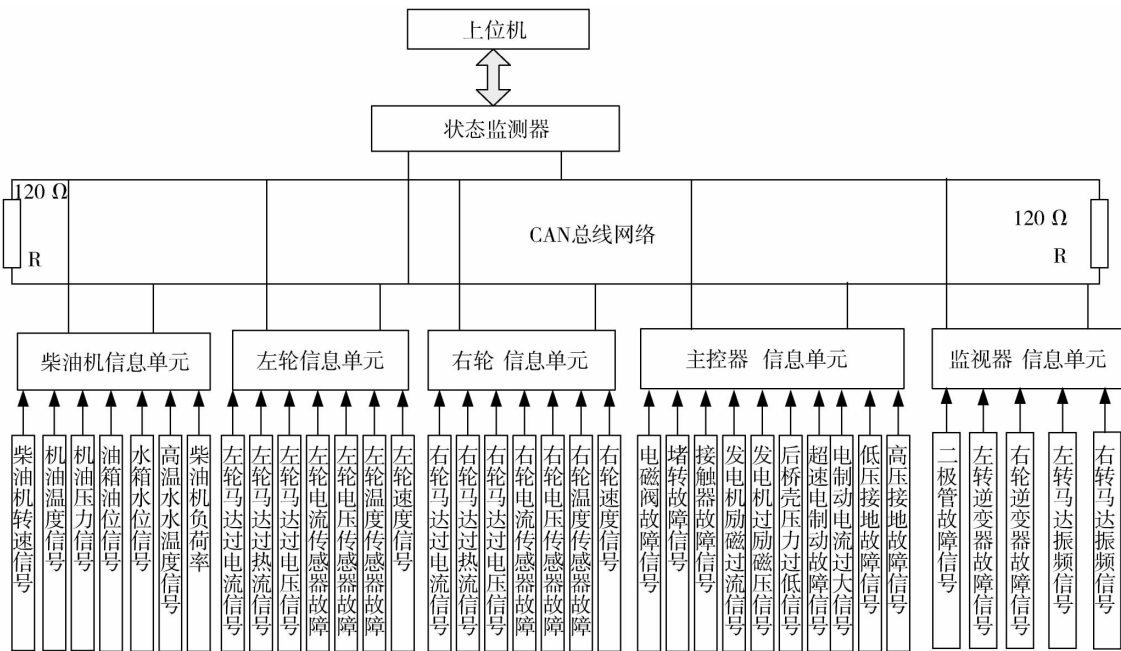


图 1 状态监测和故障诊断系统结构图

## 2 车载运行状态监测系统

### 2.1 车载运行状态监测系统硬件

车载运行状态监测系统硬件由状态监测器电路,总线网络电路,信息单元电路 3 部分组成.状态监测器硬件电路框图如图 2 所示.电路选用 TI 公司的数字信号处理器 TMS320F2812 作为微处理芯片,它含有丰富的片内外设资源,特别适用于有大量数据处理的测控场合,高达 150 MHz 执行速度,提高了实时控制能力与数据传输处理能力,内部集成了增强型 eCAN 控制器,节省了系统电路板空间.状态监测器硬件电路主要还包括 DSP 供电电源模块等最小系统,仿真接口电路,与上位机通信

的 SCI 串口通信模块,时钟与数据存储扩展电路.其中串口通信模块负责状态监测器与上位机之间的数据通信,其数据包括诊断系统的整定参数、实时数据、故障数据等,通信模式采用标准 MODBUS 协议.总线网络电路采用 CAN 总线网络电路.信息单元电路框图如图 3 所示,同样选用 TI 公司的数字信号处理器 TMS320F2812 作为微处理芯片,信息单元电路主要还包括 DSP 供电电源模块等最小系统以及故障信号采集的模拟量处理电路及信号采集传感器、数字量处理电路、脉冲量处理电路.模拟量处理电路采集传感器 0 ~ 5 V 的电压信号,通过滤波分压转换成数字信号处理器可接受的 0 ~ 2.5 V 电压信号,然后经运放缓冲输入给数字信号

处理器内部的 A/D 模块. 数字量处理电路是由电路前端的 2 个限幅稳压二极管钳位,再经过高速光耦器隔离后输入给数字信号处理器的通用 IO 口. 脉冲量处理电路通过限幅稳压二极管限幅,然后经放大比较器,光耦器电路到数字信号处理器的 IO 口.



图 2 状态监测器电路框图



图 3 信息单元电路框图

状态监测系统硬件电路具体实现以 CAN 总线网络电路为例. 电路采用了带光电隔离及过压保护功能的 CAN 接口器件, 光电隔离器件采用 6N137 光耦合器, 它是一款用于单通道的高速光耦合器, 具有温度、电流和电压补偿功能, 高的输入输出隔离, 高速等特点. CAN 接口器件采用 Philips 公司的 P82C250 物理接口芯片, 传输速度可达 1 Mbps, 用于汽车和其他工业设备. 通过它与 CAN 总线相连, 可增强 CAN 总线节点抗干扰能力. CAN 总线网络电路如图 4 所示, DSP 的 CANTX 和 CANRX 并不是直接与 P82C250 的 TXD 和 RXD 相连, 而是先通过高速光耦 6N137 后再与 P82C250 相连, 这样很好地实现总线上各 CAN 节点间的电气隔离, 提高节点的稳定性和安全性. P1 端口 1 和 2 脚连接总线网络. R4 终端电阻用于总线网络的阻抗匹配, 消除在通信中的信号反射.

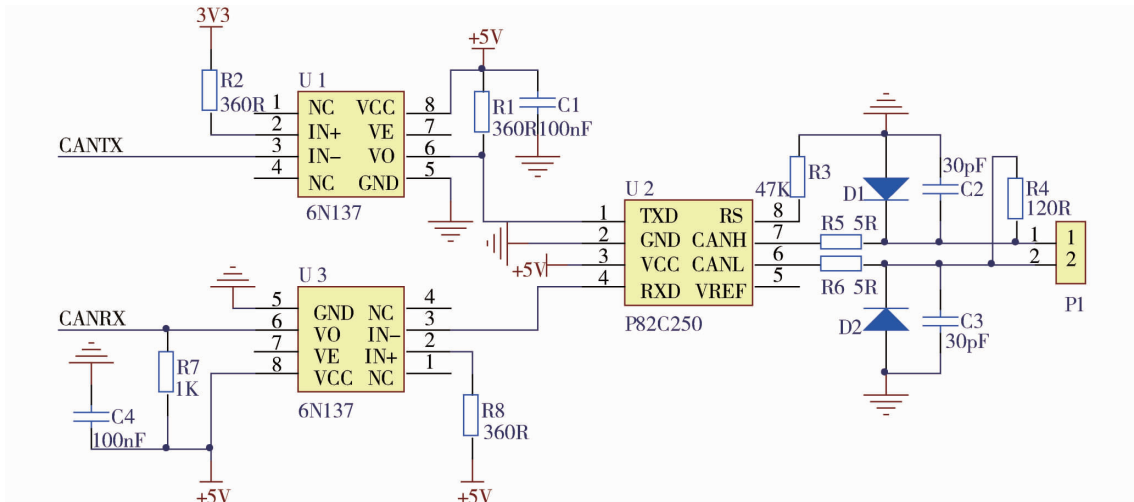


图 4 CAN 总线网络电路图

### 2.2 车载运行状态监测系统软件

信息单元软件设计采用传统的单任务顺序程序结构设计. 完成对故障点的模拟信号采集和数字信号采集, 模拟信号采集由 DSP 内部 AD 模块硬件触发完成. 数字信号采集由 0.5 ms 定时中断程序触发完成. 每 10 ms 对 10 个采样值进行加权平均滤波, 然后通过 CAN 总线网络把采集的信号发送到状态监测器.

状态监测器软件系统由于涉及到 CAN 总线中断、实时时钟信息读取、数据存储、外部中断、数据打包等多任务并行的复杂处理. 采用传统的单任务顺序程序结构灵活性差、实时性差、资源利用率低,

难以满足多任务并行的实时数据采集系统的需要. 而 DSP/BIOS 是 TI 公司为 DSP 开发的一套精简的实时多任务嵌入式操作系统, 它本身占用极少的 CPU 资源, 支持任务调度、实时分析、内存管理、时钟管理、中断管理及外设驱动管理等. 利用这些强大功能用户可以方便地编写各种结构复杂、实时性强、运行效率高的应用软件. 因此, 状态监测器采用了基于 DSP/BIOS 多任务机制的软件架构<sup>[5-7]</sup>. 在一个包含 DSP/BIOS 内核的应用程序中, 按优先级从高到低有 4 种主要线程: 硬件中断 (HWI), 软件中断 (SWI), 任务 (TSK) 和空闲线程 (IDL)<sup>[8]</sup>. 应用程序从默认近日点 \_c\_int00 开始运行, 首先完成

系统的初始化,包括 DSP/BIOS 配置中指定的各个寄存器的设置以及 PLL 倍频时钟的设置等,然后调用用户的 main() 函数. 在 main() 函数结束返回后. 调用 BIOS\_start, 开始按优先级检测并执行硬件中断服务子程序, 软件中断以及任务, 当前面所以线程都没有执行时, 开始进入 IDL\_F\_loop 循环, 执行后台的 IDL 线程. 程序流程图如图 5 所示. 当信息单元的数据通过 CAN 网络发送到状态监测器

时, CAN 接收硬件产生中断, 完成数据的接收, 调用 SWI\_post 启动 SWI\_CANRcvProcess 软件中断, 完成数据处理. SCIA 接收硬件中断接收上位机发送到状态检测器的机车设置参数, 调用 SWI\_post 启动 SWI\_SCIARcvProcess 软件中断, 保存响应新设置. 通过周期定时器定时发送经过打包处理的数据到上位机软件. 当无线线程执行时, 执行后台的 IDL 线程.

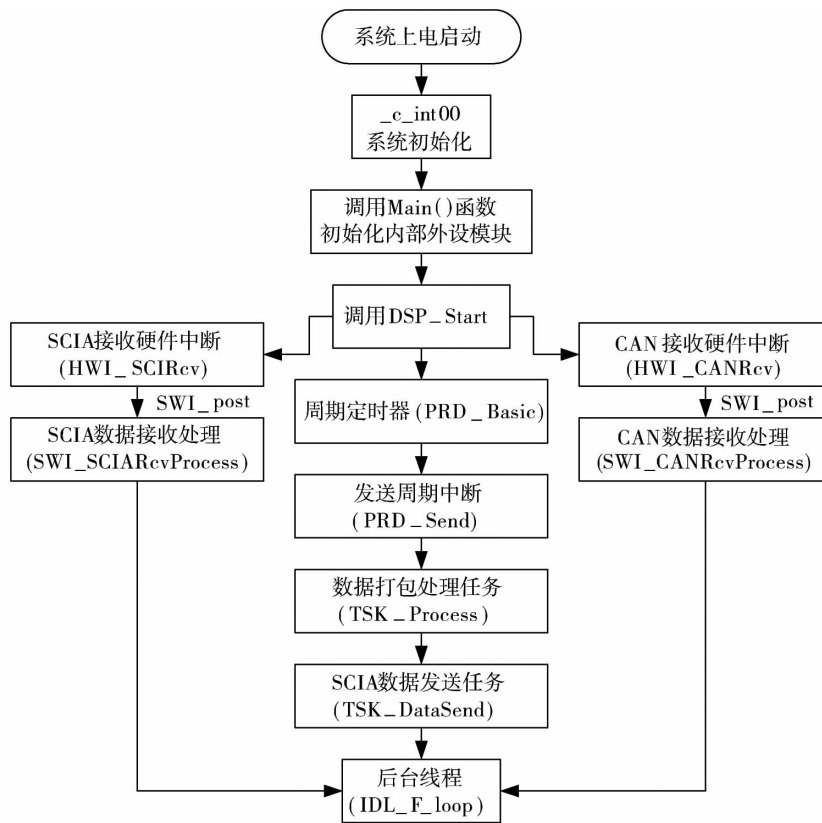


图 5 状态监测器程序流程图

### 3 故障诊断(上位机)管理系统

文中故障诊断管理系统的故障诊断方法基于设备故障诊断专家系统. 设备故障诊断专家系统主要由检测系统、信号处理、模式识别、知识库、知识库维护、知识获取、静态数据库、推理机、故障征兆、上下文(黑板)、故障征兆输入和解释器组成. 是一种能够处理知识的智能程序系统. 它以某领域专家的知识为基础, 使计算机能模拟人类专家的思维方式, 使之成为具有领域专家水平的, 具有解决本领域内复杂问题能力的系统<sup>[9,10]</sup>.

故障诊断管理系统使用微软公司推出的 Visual Basic(VB)6.0 作为系统开发工具, 构建系

统平台 VB6.0 在数据应用程序开发领域上, 不论数据来源维护、数据访问控件、数据的连接等应用程序的开发, 都具有高效的开发特点, 对数据库的操作用 ADO 技术, 用 Adodc 控件与数据库建立连接, Adodc 控件不用书写编码, 操作简单直观. 选用 VB6.0 作为开发环境, 还考虑到“可视化设计”和“面向对象编程”技术, 易于系统的维护和内容的更新, 使推理机、解释方面都可以很好地实现<sup>[11]</sup>. 故障诊断管理系统从功能上分为实时监测、故障诊断、参数设置、用户登陆管理、数据库维护、帮助模块, 从模块上也可以划分为界面设计, 数据库设计和通信模块设计. 系统结构如图 6 所示.

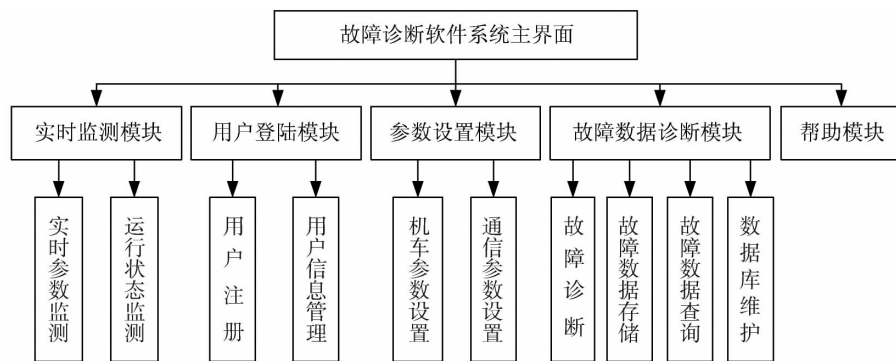


图 6 故障诊断(上位机)管理系统结构图

实时参数监控用于显示采集的模拟量和数字量的值。运行状态监测用于显示设备的故障警示信息、相应传感器监测参数值以及故障代码。根据设备故障的严重性,分别用红、橙、黄 3 种颜色来表示 3 种不同的故障状态。机车参数设置向卡车发送整定参数,用于调整卡车的性能参数。通信参数设置用于设置通信串口号。实时参数监控界面如图 7 所示,模拟量显示在该模拟量后的编辑框内,开关量以标签显示,黑色标签表示该开关量为 1,灰色标签表示该开关量为 0。

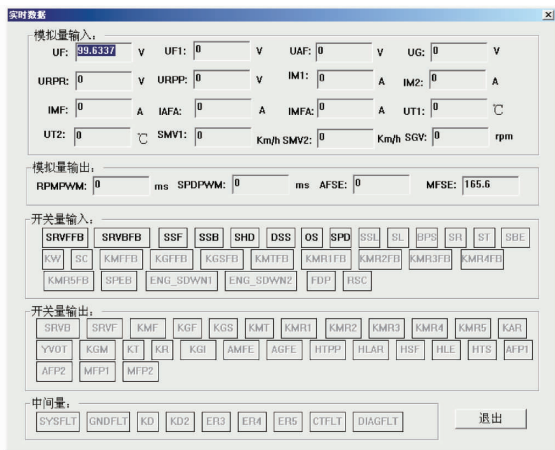


图 7 实时参数监控界面

## 4 结论

对电动轮自卸车进行状态监测和故障诊断,仅仅依靠人工方式已不能满足实际要求,采用高性能的监测器和智能诊断技术进行实时在线监测和诊断是一种必然趋势。同时在基于现有的专家故障诊断系统的基础上,融合自适应模糊逻辑、遗传算法、神经网络几种不同的自学习优化算法,可以在线实

时扩充专家诊断知识库,对自卸车进行故障诊断会更加合理有效,将是今后深入研究的方向。

## 参考文献:

- [1] Somnath D, Krishna R P. QSI' s integrated diagnostics toolset[C]//Dttawa, Canada: IEEE Autotest, 1997.
- [2] 应美意. 基于 DSP 和嵌入式技术的便携式状态监测与故障诊断仪研制[D]. 杭州: 浙江大学, 2005.
- [3] 何艳芳, 刘德顺, 陈晓可. 基于 CAN 总线的电动轮自卸车运行状态监测系统[J]. 仪器仪表与传感器, 2011(9): 59 - 61.
- [4] 张荣涛, 孙宇, 张军. 工程车辆的远程分布式智能监测、诊断、维护系统研究[J]. 中国机械工程, 2002(12): 1028 - 1031.
- [5] Thom M. DSP/BIOS by degrees: using DSP/BIOS( CCStudio 2.0) features in an existing application, SPRA783A [ R]. Dallas: Texas Instruments Incorporated, 2001.
- [6] 宜帆, 徐兴. DSP/BIOS 在数据采集程序设计中的应用[J]. 仪器仪表学报, 2002, 23( s3): 569 - 570.
- [7] 何创新, 李彦明, 刘成良. 工程机械远程状态信息采集方法研究与应用[J]. 仪器仪表学报, 2009, 30(4): 728 - 732.
- [8] 彭启琮, 管庆. DSP 集成开发环境——CCS 及 DSP/BIOS 的原理与应用 [ M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.
- [9] 李一鹏. 机车故障诊断系统 [ D]. 西安: 西北工业大学, 2006.
- [10] 关惠玲, 韩捷. 设备故障诊断专家系统原理及实践 [ M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.
- [11] 陈志辉, 夏虹, 刘逸. 船用核动力冷凝器故障诊断专家系统 [ J]. 应用科技, 2005, 32(1): 35 - 37.