

车用柴油机技术状态数据实时采集系统设计

王宪成, 张根良, 和 穆, 姜 力

(装甲兵工程学院机械工程系, 北京 100072)

摘 要: 基于 ARM10 嵌入式主板, 采用传感器、信号调理模块、PC104 采集板, 设计了车用柴油机技术状态数据采集、处理系统。标定试验表明: 系统精度为 1%, 能够满足实时采集的要求。实车应用试验实现了车用柴油机技术状态监测, 为车用柴油机视情维修提供技术手段。

关键词: 车用柴油机; 状态数据; 采集系统

中图分类号: TK428 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4357(2011)06-0021-04

The Design of Automobile Diesel Engine Technical State Digital Real-time Data Collection System

Wang Xiancheng, Zhang Genliang, He Mu, Jiang Li

(Department of Mechanical Engineering, Armored Force Engineering Institute, Beijing100072)

Abstract: Based on the ARM10 embedded motherboard, sensors, signal conditioning modules and PC104 acquisition board were used to develop the data acquisition and processing system of automobile diesel engine's technical state. By calibration tests, it has proved that the system's accuracy is 1%, which can meet the requirements of real-time collection. By real vehicle application tests, it has realized diesel engine's technical state monitoring, thus could provide technical means for diesel engine's CBM.

Keywords: automobile diesel engine; state data; acquisition system

0 引 言

柴油机是一个综合的系统, 在其实际使用过程中, 由于零部件受到外部环境(大气压力、温度、湿度等)和内部环境(传热、摩擦等)的双重影响, 其技术状态呈下降趋势。当技术状态下降到耗损故障期时, 柴油机就需进行维修, 此时若继续使用, 将直接影响车辆的技术性能^[1]。

目前, 车用柴油机在维修方式上仍以传统的“定时维修”制度为主^[2]。然而定时维修并不能实时准确反应柴油机的技术状态, 因而往往造成修理不足或修理过剩。目前, 大量学者基于多参数研究柴油机整机技术状态, 作为柴油机维修的依据。何勇^[3]等应用配气相位、供油时间、喷油压力、气缸压力、柱塞副密封性和出油阀密封性等参数建立了 S195 型柴油机人

工神经网络状态评估与仿真模型, 模拟仿真参数变化对发动机技术状况的影响。云放^[4]等采用在线式工控机、多通道高速 A/D 板、信号调理箱、传感器、分布式监测系统构成针对船用柴油机缸内过程和柴油机常规参数的采集、处理系统, 实现柴油机各缸示功图的同时采样、分析, 为柴油机负荷调整、故障诊断、状态评估提供技术手段。然而, 针对柴油机各系统实时监测的研究却较少。鉴于以上原因, 本文设计车用柴油机技术状态数据实时采集系统, 为车用柴油机视情维修提供技术手段。

1 技术状态参数提取

柴油机是一个复杂的技术系统, 表征技术状态的参数很多。本文遵循不解体监测及分系统监测的原则, 提取了 16 个技术状态参数, 如表 1 所示。

收稿日期: 2011-03-09; 修回日期: 2011-05-24

作者简介: 王宪成(1964-), 男, 教授, 主要研究方向为军用车辆动力系统性能与使用, E-mail: zgl_zt@sina.com。

表 1 技术状态参数

类别	参数
工况参数	转速、车速、大气压力、大气温度
进排气系统	进气阻力、压气机出口压力、涡轮进口温度、排气温度、进气流量
燃烧系统	排气组分、燃油消耗量
冷却系统	冷却液温度、动力舱温度
润滑系统	机油温度、机油压力、机油量

2 总体方案设计

根据系统的性能要求,按功能将整个系统分为信号采集、信号调理、数据采集和数据处理四个子系统,系统总体架构如图 1 所示。

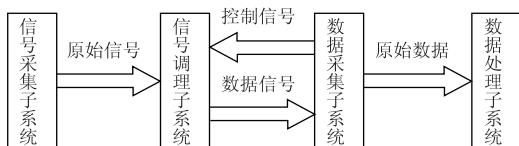


图 1 系统总体架构

2.1 信号采集子系统

信号采集子系统主要由传感器组成。对于实车上已有的传感器例如水温传感器、油温传感器、转速传感器、车速传感器、油压传感器等,为了减少系统设计的复杂性和增加系统的可靠性,没有再设计专门的监测电路来监测这些参数,而是直接提取原始信号。其它加装传感器的规格型号如表 2 所示。

表 2 加装传感器的规格型号

传感器类型	用途	技术指标
CEMPX-2	监测压气机进出口压力	量程 0 ~ 250 kPa
JQYB-V	监测大气压力	量程 0 ~ 110 kPa
K 型热电偶	监测涡轮进出口温度	量程 0 ~ 1 000 °C
PT1000	监测大气温度及舱内温度	精度 $\pm 0.5\%$ FS
电容式位移	监测润滑油消耗量	输出 4 ~ 20 mA
涡街流量	监测燃油消耗量	输出 0 ~ 5 V
热式流量	监测进气流量	输出 0 ~ 1 V

2.2 信号调理子系统

实车上传感器采集的原始信号经过信号调理子系统的滤波、量程调整、信号转换、信号放大,输出数据信号。信号调理子系统功能结构设计见图 2。由于没有现成的产品能够完成上述的功能,因此只能自行设计电路实现信号调理。具体设计如图 2 所示。

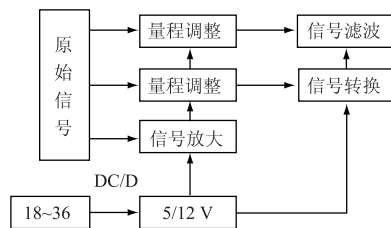


图 2 信号调理子系统的功能结构设计

(1) 量程调整、信号滤波

量程调整主要为了提高数据信号采集的精度;信号滤波主要消除信号噪声,本文选用精密电容进行无源滤波。由于 PC104 采集信号范围和传感器输出范围相同,为避免信号溢出,本文选用两个精度为 1% 的相同精密电阻串联来实现量程调整,同时采用 OP07 运算放大器进行信号跟随。具体电路设计如图 3 所示。

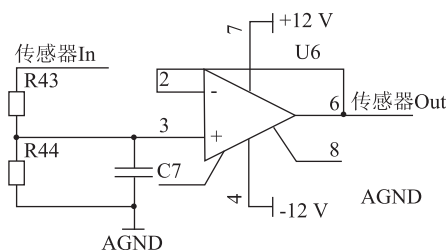


图 3 信号滤波、量程调整电路

(2) 信号转换

信号转换电路主要对采集子系统输入的非电压信号进行电压转换。图 4 为转速 F/V 电路(车速转换电路相同),主要实现转速的电压转换。在具体电路设计中,本文采用美国国家半导体公司生产的 LM331^[5] 芯片。该芯片具有可靠的线性度(最大可达 0.01%),宽频率转换范围(1 Hz ~ 100 kHz)。设计信号输入范围为 0 ~ 1000 Hz,输出信号范围为 0 ~ 10 V。在信号输出端,采用 OP07 进行信号跟随。

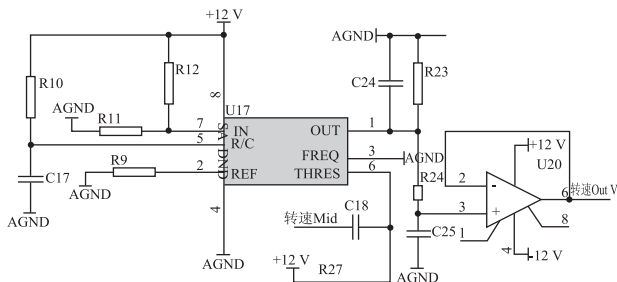


图 4 转速信号 F/V 转换电路

(3) 信号放大电路

信号放大电路主要实现对温度弱信号的放大。

图 5(a) 为 PT1000 信号放大电路, 其中 R18、R19、R20 为精度为 0.1% 的 1 k Ω 精密电阻。放大电路芯片采用 ANALOG DEVICES 公司生产的 AD620AR, 该仪表放大芯片具有低噪声、高精度, 通过采用精度为 0.1% 的 24.9 k Ω 精密电阻 R25 对铂电阻信号进行放大^[6]。放大倍率 G 计算如下:

$$G = \frac{49.4}{24.9} + 1 \approx 3 \quad (1)$$

图 5(b) 为 K 型热电偶信号放大电路。放大电路芯片采用 ANALOG DEVICES 公司生产的 AD595AD^[7]。该仪表放大芯片具有高阻抗差分输入, 内置冷节点补偿。监测温度范围 0 ~ 1 000 $^{\circ}\text{C}$, 信号转换输出范围为 0 ~ 10 V。

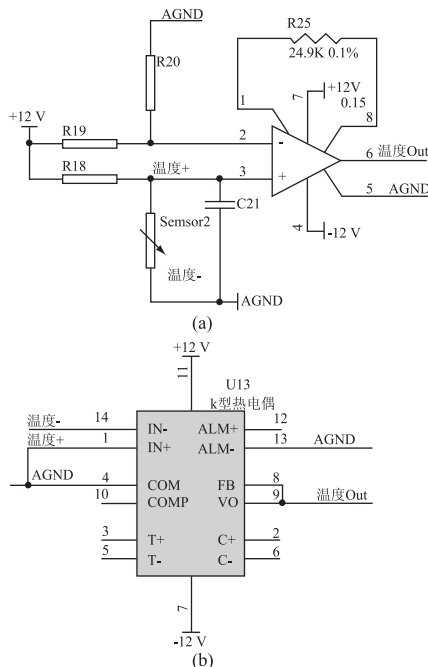


图 5 信号放大电路

(4) DC/DC 电路

由于车载电瓶电压不稳定(幅值在 18 ~ 36 V 之间变化)^[8]。柴油机起动时, 蓄电池会出现一个较大幅值的压降; 而当发电机调节器出现问题或故障时, 可能会输出高于正常电压数倍的高压。这种情况下, 普通的斩波稳压电路无法保证整个系统的正常工作, 实际使用中也出现过元器件因过压而烧毁的现象^[9]。因此本文采用两级稳压电路设计, 选用汇众电源科技有限公司生产的 HZD40-24D24、HZD20-24D05、HZD20-24D12 隔离稳压电源模块, 24/12 电路设计如图 6 所示。车载电瓶电压经过 24/24 稳压隔离, 然后采用 24/12 和 24/5 转换, 对实车 18 ~ 36 V 电源进行稳压和变换, 以提供采集系统所需的恒压 5 V 和 12 V。

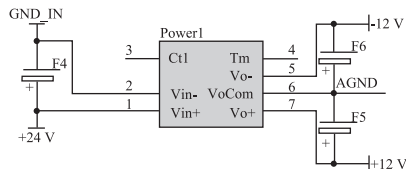


图 6 24/12 电路

2.3 数据采集与处理子系统

数据采集子系统的功能是进行 A/D 转换, 将信号调理子系统输出的电压信号转换成数值, 供下一步数据处理使用。本文选用北京阿尔泰公司生产的 ART2000。基于 WINCE5.0 系统和 Visual Studio 2005 平台, 采用 C# 设计了数据采集程序, 实现了数据采集、系统自检、超限报警和数据存储等功能。程序设计流程如下:

(1) 利用 EVC4.0 编程平台将 ART 公司提供的 C 语言版本采集卡函数库重新封装;

(2) 采用 C# 语言调用重新封装的采集卡函数库, 采集各通道的监测电压值;

(3) 为各通道电压值预设正常范围, 当其中某一通道电压值超出该范围, 程序自动报警, 从而实现系统自检;

(4) 利用传感器标定公式, 将各通道电压值换算得到监测参数值, 并与预设正常值范围比较, 实现超限报警;

(5) 后台程序实时(1 Hz)存储通过采集卡采集的电压值和监测参数值, 以便下步数据处理使用。

依据传统拟合与插值编制程序传感器数据, 编程难度大。程序依赖于数据, 当测量数据变化时, 程序也要发生变化。本文选用分形插值编程处理数据^[10]。

2.4 采集系统标定

通过模拟传感器的输出电压信号对 16 路通道进行了标定, 标定结果如表 3 所示。所设计的采集系统最大误差小于 1%, 满足设计要求。

表 3 采集系统标定结果

监测参数	误差/%	监测参数	误差/%
压气机出口压力	0.23	燃油消耗量	0.89
压气机进口压力	0.23	进气流量	0.58
大气压力	0.53	冷却液温度	0.42
涡轮进口温度	0.04	润滑油温度	0.42
排气温度	0.04	润滑油压力	0.39
大气温度	0.16	发动机转速	0.25
舱内温度	0.16	车速	0.75
润滑油消耗量	0.44	排气组分	0.23

3 实车应用试验

在海拔 4 500 m、大气温度 13 ℃ 环境下,进行了应用采集系统实车应用试验。图 7 和图 8 分别为采集系统原始信号和数据处理后结果,由图可知,监测参数随转速变化而变化,且都在系统精度范围内,较好地反应了参数特性,所采集的数据实现了对柴油发动机技术状态的实时监测。

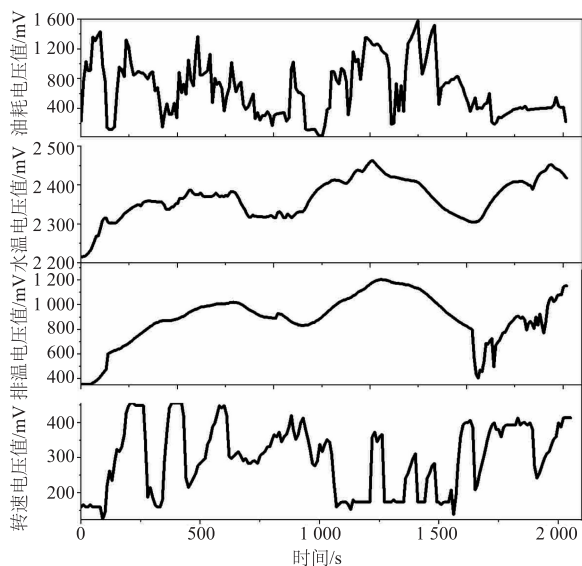


图 7 原始信号采集结果

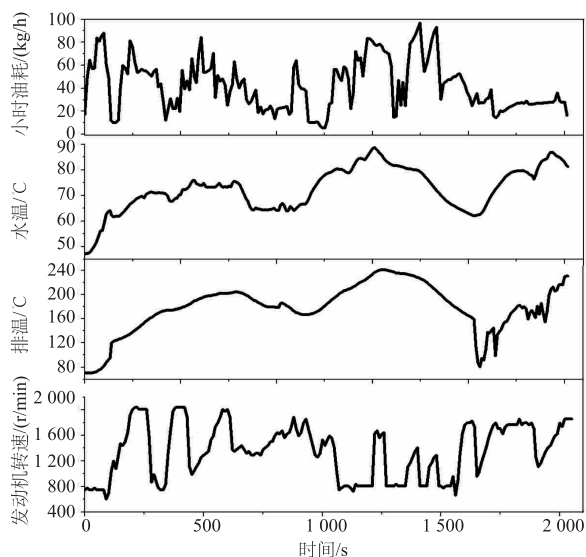


图 8 数据处理结果

4 结束语

综上所述,本文遵循不解体监测和分系统监测的原则,加装监测传感器,设计调理电路,提取车用柴油机技术状态数据信号。基于 PC104 采集板,ARM10 嵌入式主板构建柴油机技术状态数据的采集、处理系统。对采集系统的标定证明,该系统稳定可靠,精度为 1%,能够满足实时采集的要求。通过实车应用试验,采集系统实现了对柴油发动机的技术状态参数的监测。

参考文献

- [1] 刘艳斌,刘建敏,乔新勇,等. 遗传算法优化的柴油机技术状态评价方法研究[J]. 车用发动机, 2008(3).
- [2] 刘建敏,乔新勇,安钢,等. 基于多参数评估柴油机技术状况的模糊方法研究[J]. 内燃机工程, 2004, 6(25): 66-69.
- [3] 何勇,裴正军,冯雷. 基于神经网络的柴油机技术状况评估仿真方法[J]. 农业机械学报, 2002(33): 1-3.
- [4] 云放,陈福,林瑞霖,等. 船用柴油机高速数据实时监测系统研究[J]. 船电技术, 2005(6).
- [5] LM231A/LM231/LM331A/LM331 Precision voltage-to-frequency converters[R]. National Semiconductor, 1999 June.
- [6] Low cost, low power instrumentation amplifier AD620[R]. ANALOG DEVICES.
- [7] Monolithic thermocouple amplifiers with cold junction compensation AD594/AD595[R]. ANALOG DEVICES, 1997.
- [8] 麻伟忠,黄志瑛. 某型装甲车动态信息检测记录仪[J]. 测控技术, 2003(22).
- [9] 何福忠,高宇,洪培恩,等. 柴油机状态监测和显示系统[J]. 自动化仪表, 1996, 17(5).
- [10] 白宗文,张威虎,周美丽. 分形插值法在传感器数据处理中的应用[J]. 现代电子技术, 2007(14).