

某型汽车信号采集与监测系统设计

李晓楠¹, 冯国胜¹, 李倩茹², 彭朝亮¹

(1. 石家庄铁道大学 机械工程学院, 河北 石家庄 050043; 2. 河北农业大学 教务处, 河北 保定 071001)

摘要:为了观测汽车在不同工况下的各项参数以便于对结构进行优化, 设计了汽车状态监测系统。该系统以 TMS320F2812 为控制核心对长城哈弗 H6 汽车进行测试, 应用 ADC 模块和 EV 模块采集汽车的电压、电流、转速、节气门开度以及冷却液温度等实时信号, 通过 SCI 模块将采集信号传输给上位机, 并使用 Labview 软件实现了数据实时显示并存储。介绍了该系统的硬件电路设计和软件编程的方法, 通过试验测试, 验证了该系统的可行性。试验测试结果与实际情况基本相符, 为汽车的故障诊断与排除提供了数据依据, 对汽车结构部件的进一步优化具有一定的参考意义。

关键词:汽车; 实时监测; 串口通信; TMS320F2812

中图分类号:TK212 **文献标志码:**A **文章编号:**2095-0373(2017)02-0057-06

0 引言

随着汽车电控技术的快速发展, 由于诸多原因使得汽车不可避免的发生故障, 从而影响其动力性、经济性和操纵性等性能。车载信号已经成为衡量汽车在不同工况下运行状态的重要参数, 对汽车重要结构信号的检测是汽车故障诊断和排除的重要途径。为了快速、直接的判断汽车发生故障的部位和原因以及进一步优化设计汽车部件的参数, 设计了此监测系统。汽车状态的实时监测和报警系统可以实时地对车载信号进行监测, 当汽车运行状态过载或部件结构异常时 ECU 发出预报警信号, 有效地预防了汽车突发状况, 保证了驾驶人在行驶过程中的安全。

1 总体设计

汽车状态监测系统整体包括主控单元、信号采集模块以及状态监测模块 3 个部分, 如图 1 所示。主控单元采用 DSPF2812 作为控制中心, 传感器检测各部分结构的模拟信号并经过调理电路对信号进行调制以符合 DSP 的电压输入范围, 通过 EV 模块捕获脉冲信号和 ADC 模块将模拟信号转换成数字量并分析处理, 利用 CCStudio v3.3 编程软件建立了 DSP 与 PC 机之间的串口通信协议, 最终通过 Labview 界面实时显示并存储, 为进一步的分析和研究提供数据依据。

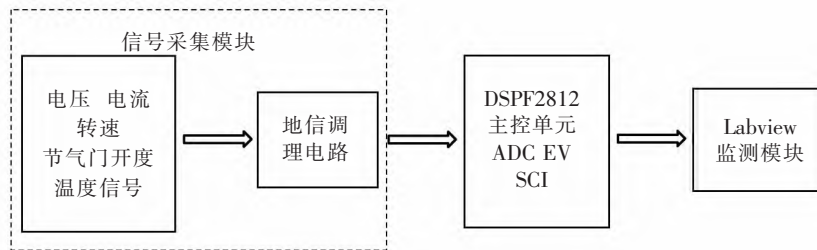


图1 汽车状态监测系统总体设计

收稿日期: 2016-04-06 责任编辑: 刘宪福 DOI: 10.13319/j.cnki.sjztdxxb.2017.02.10

基金项目: 河北省自然科学基金(E2014210050); 石家庄市科研计划项目(161080401A); 河北省引进留学人员资助项目(C2015005019); 河北省研究生创新项目(yc2016003)

作者简介: 李晓楠(1990-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为车辆电子控制。E-mail: 284289502@qq.com

李晓楠, 冯国胜, 李倩茹, 等. 某型汽车信号采集与监测系统设计[J]. 石家庄铁道大学学报: 自然科学版, 2017, 30(2): 57-62.

2 硬件电路设计

2.1 电压和电流信号调理电路

调理电路包含了输入信号分压、滤波和匹配阻抗等作用。电压调理电路参考图 2, 汽车蓄电池总电压范围一般为 12~14 V 之间, 而 F2812 开发板输入电压范围为 0~3 V, 所以在输入端添加了分压电路。为了减小对电源系统的干扰, 使用了千欧级电阻 R1、R2 串联到电路中, 其中 R1 电阻值为 40 k Ω , R2 电阻值为 10 k Ω , 通过分压保证了输入电压在 0~3 V 之间, 并满足了 1.8~3.3 V 高精度采集范围。此外, 由于输入信号中常常伴随着大幅度的高频毛刺, 不仅会影响到测量的精度, 还有可能损坏开发板。为了去除干扰毛刺, 在电路中添加了 0.1 μ F 的电容对高频信号过滤。分压滤波后接电压跟随器, 对输入和输出的阻抗进行匹配, 提高了测量精度^[1]。保险起见, 在输出端口前加了一个钳位电路, 其原理为当输入电压值高于 3.3 V 时, 二极管 D2 导通, 输出电压值为 3.3 V。当输入电压值低于 0 V 时, 二极管 D1 导通, 此时输出电压值为 0 V。这样就可以保证输出电压的范围值在 0~3.3 V 之间, 从而有效保护了开发板。

由于汽车电流变化范围较大, 瞬时电流能达到上百安, 本设计选用了闭环霍尔电流传感器 CHB-100 A。其额定电流值为 100 A, 工作温度为 -25~85 $^{\circ}$ C, 电压输出最大值为 8.5 V。传感器工作时由 ± 15 V 电源供电, 其信号调理电路与电压调理电路大体相似, 只需将两个分压电阻重新匹配阻值比例, 将输出电压控制在 0~3.3 V 即可。

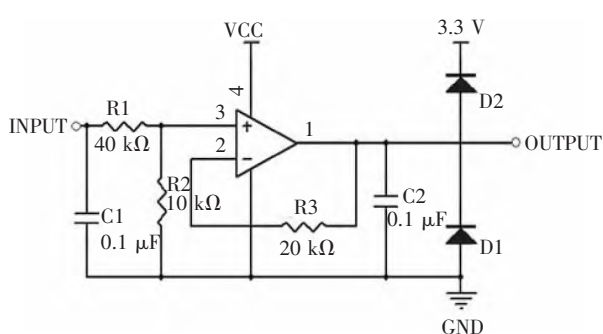


图 2 电压采集信号调理电路

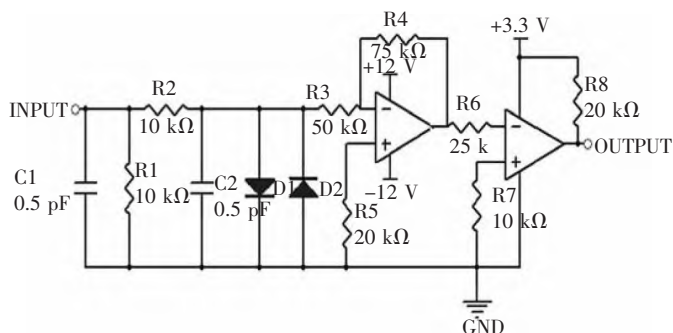


图 3 发动机转速信号调理电路

2.2 转速信号调理电路及测定方法

通过示波器发现发动机转速信号并非规则的脉冲信号, 而是类似于正弦波的信号, 不能直接输入到 DSP 中, 必须对信号进行处理。调理电路图如图 3 所示, 电路主要包含了 RC 滤波、钳位电路、信号放大、比较电路 4 部分。电路中 C2、R2 和 R3 组成了一个低通滤波器, 可以有效地将高频信号过滤。D1 和 D2 两个反向并联的二极管构成了钳位电路, 起到过电压保护的作用。由于采集到的信号较弱, 选用了反向双运算放大器 LM358 对信号进行放大后输入到比较结构。比较电路使用了 LM393 比较器, 基准选为大地, 供电电压为 3.3 V, 经比较后的信号形成峰值为 3.3 V 的单极性脉冲信号。

发动机转速采用 M/T 法测速的方式进行测定, 相比于单纯地采用 M 法和 T 法测速方式, 其优点在于无论发动机是在高速或是低速运转都能保证较高的测量精度^[2]。原理图如图 4 所示, 将 M 法测速和 T 法测速合为一体, 已知高速时钟脉冲频率 f_0 , 发动机每转一圈产生 Z 个喷油脉冲。通过在时间 T 内同时检测到了 M_1 发动机喷油脉冲信号和 M_2 高速时钟脉冲信号, 可以计算出发动机喷油脉冲的频率为 $M_1 f_0 / M_2$, 则发动机每转一周所用时间为 $M_2 Z / M_1 f_0$, 发动机转速推导公式如下

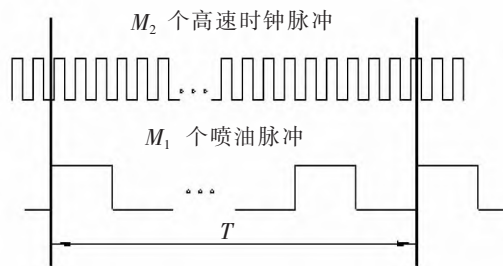


图 4 M/T 法测速原理图

$$n = \frac{60M_1 f_0}{M_2 Z} (Z=2)。$$

2.3 节气门位置调理电路

节气门开度的大小是判断发动机工况的重要指标之一,通过节气门位置传感器检测节气门开度的大小来判断发动机处于减速、加速、怠速、小负荷或大负荷工况并将信息传输给 ECU,ECU 根据不同工况来控制喷油时间和点火时间。此设计采用触点与可变电阻组合式传感器进行测试,当节气门开度变化时,可变电阻滑臂上的触点便在镀膜电阻上开始滑动,进而输出端子 VTA 与 E2 之间的电压信号产生变化,节气门开度越大,输出电压值越高。其原理图和输出特性如图 5、图 6 所示。

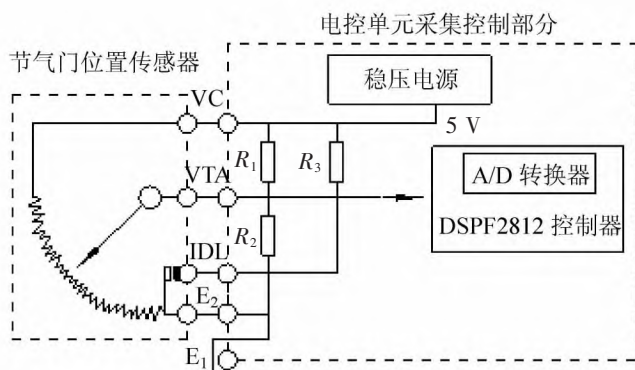


图 5 组合式节气门传感器工作原理

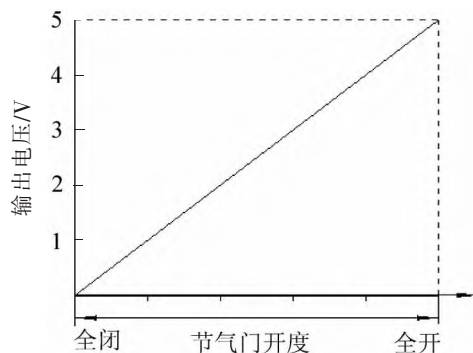


图 6 节气门传感器输出特性

由于通过传感器输出的电压值范围在 0~5 V,且有高频信号干扰,需要对电路进行分压并去干扰。节气门开度信号调理电路参考图 7,分压电路中 R1、R2 阻值均为 10 kΩ,经分压后输出电压值为最大为 2.5 V。在其后添加了四阶伯特瓦兹低通滤波器,截止频率为 4 kHz,能有效的将高频信号过滤,滤波器外接电源为 5 V,由稳压电源供电^[3]。

2.4 冷却液温度信号

冷却液温度是反应各种油液热负荷状态的重要参数,必须对其实时监测。安装在冷却液管道上的温度传感器可以实时地将温度信号转化为电信号传输给 ECU,ECU 通过对信号判断后改变控制参数或发出报警信号。本系统选用型号为 DS18B20 温度传感器进行试验,此传感器具有 9~12 位分辨率,工作温度为-55~125℃,精度为±0.5℃,由于冷却液温度一般较高,若采用寄生电源供电方式会使器件产生较大的漏电流,从而影响信号的检测精度,所以采用外部电源 3~5.5 V 给传感器供电。

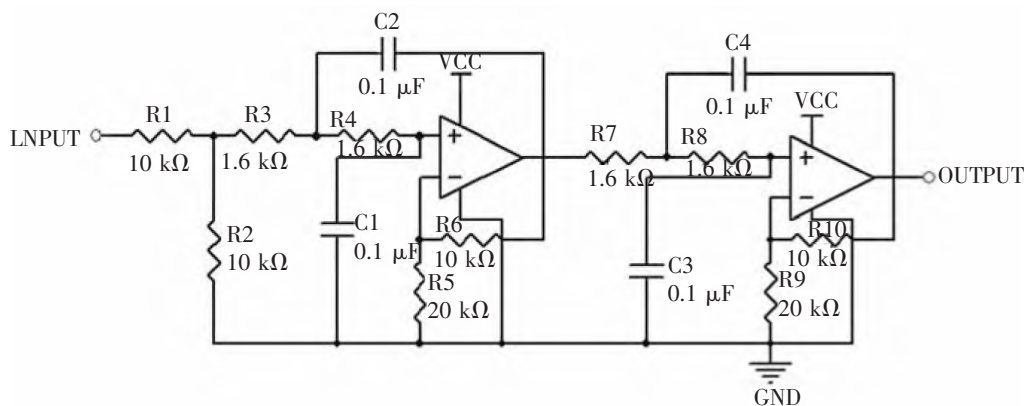


图 7 节气门信号调理电路

温度传感器原理如图 8 所示,传感器内置低、高温系数振荡器,其中低温系数振荡器可产生一稳定频率的计数脉冲,而高温系数振荡器则产生一个频率随温度变化的计数脉冲。初始分别给减法计数器和温度寄存器预置值为-55℃的基数,减法计数器开始对低温系数振荡器产生的脉冲计数,当预置值减至 0

时,温度寄存器自动加 1,减法计数器重新预置为初始值 -55°C ,以此循环计数直至减法计数器 2 减至 0 时停止^[4],此时寄存器值即为实际所测温度。

DS18B20 温度传感器与 DSP 连接方式参考图 9,传感器采用外接 5 V 电源供电,数据端口接 DSP 的 GPIOA0 端口,在总线上上拉 4.7 k Ω 的电阻,使其与传感器中的电容之间形成充放电电路。

3 软件设计

3.1 ADC 采集模块设计

ADC 模块是有 12 位分辨率和 16 个采样通道的模数转换器,能够采集的电压值范围为 $0\sim 3\text{ V}$,将采集方式设置为级联式顺序采样模式^[5]。由于在硬件设计中已经对电压、电流、节气门位置和温度信号调制完成,且调制后的信号均为 $0\sim 3\text{ V}$ 的电压信号,可以直接对这 4 路信号进行采集并处理。其中温度采集设计流程如图 10 所示。

3.2 EV 捕获模块设计

发动机转速信号经调理后输出为一单极性脉冲信号,ADC 模块无法直接采集此信号,需要用到事件管理器中的捕获单元。在已知高速时钟频率的情况下,通过捕获喷油脉冲信号的上升沿,通用计数器 T1 对 M1 个喷油脉冲进行计数,从而计算出发动机转速^[6]。本设计中定义 CAP_QEP1 为功能引脚,并使能捕获中断和溢出中断,当 CAP_QEP1 捕获到脉冲上升沿时,定时器 T1 的值将被锁存至 2 级 FIFO 堆栈中,且捕获中断被置位并进入子程序。2 级 FIFO 中的值被读取后存放于 CAPK1 中,此时 T1 计数下一个脉冲上升沿的时刻并赋值给 CAPK2, CAPK2 与 CAPK1 的差值即为一个喷油脉冲周期。

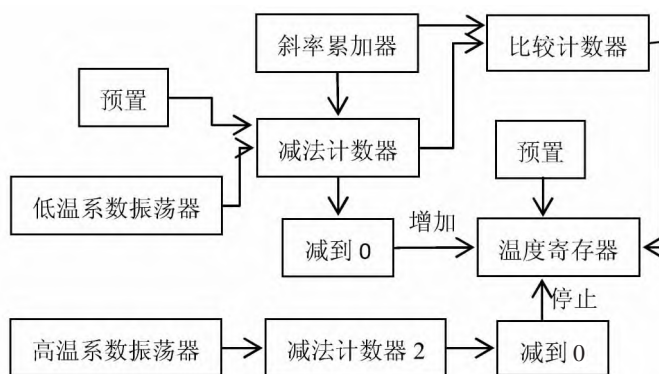


图 8 温度传感器原理框图

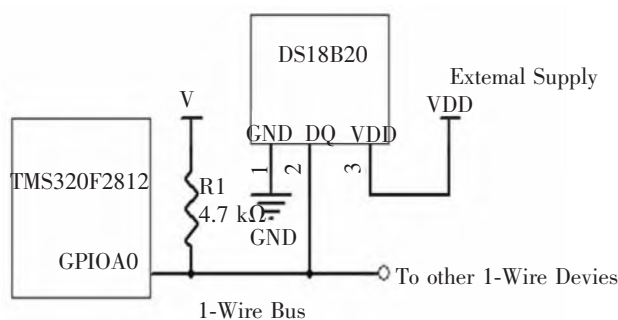


图 9 温度传感器与 DSP 连接方式

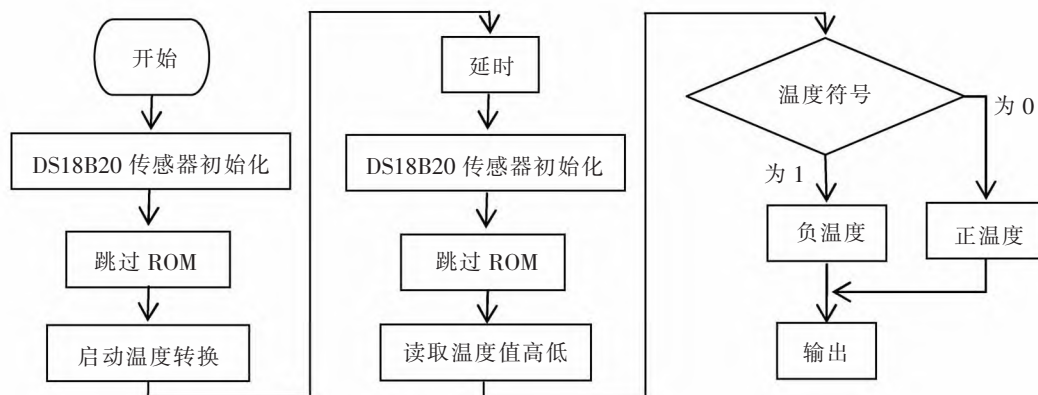


图 10 温度信号采集流程图

3.3 串口 SCI 模块设计

由于需要能够直观全面地反映各路采集信号的变化,于是选用了 Labview 软件对采集后的数据实时监测。将通信协议格式设定为:波特率 9 600,8 位数据位,无奇偶校验位,1 位停止位。由于 ADC 采集为 12 位,而 SCI 进行数据发送时为 8 位,所以采用将采集到的数据分为高 8 位和低 4 位分组发送的方式,然

后在 Labview 中进行数据重组^[7]。为了避免数据读取时错乱,引入了指定字符串作为起始位以便识别。

4 试验测试

本试验对哈弗 H6 汽车进行测试。测试前将电流传感器安装在蓄电池电流输出端;节气门位置传感器安装在发动机进气道上节气门轴的一端;磁脉冲传感器安装于分电器上;温度传感器安装于发动机冷却液管道上;连接各部分的调理电路及线路。启动发动机保持怠速 20 min 后开始测试。通过对试验车进行现场测试,可以从 Labview 中实时观测到汽车的运行状态。图 11 所示为测试汽车的各个信号的实际采集值。其中发动机转速稳定在 760 r/min 左右,蓄电池总电压约为 13.1 V,输出电流约为 2.6 A,节气门开度约为 4.5%,冷却液温度在 91℃左右。设置监测系统中当总电压低于 11 V 或冷却液温度高于 115℃时,报警灯由绿色变为红色发出预警信号,提示及时更换蓄电池或补充冷却液以免影响正常行驶。测试结果显示汽车运行状态正常,与测试车实际工况基本符合。通过将采集数据与使用示波器和万用表所测结果作对比,表明了测试结果的准确性。由于实验设备本身存在误差和系统信号之间的相互干扰,采集信号的波动值均在允许误差范围之内。

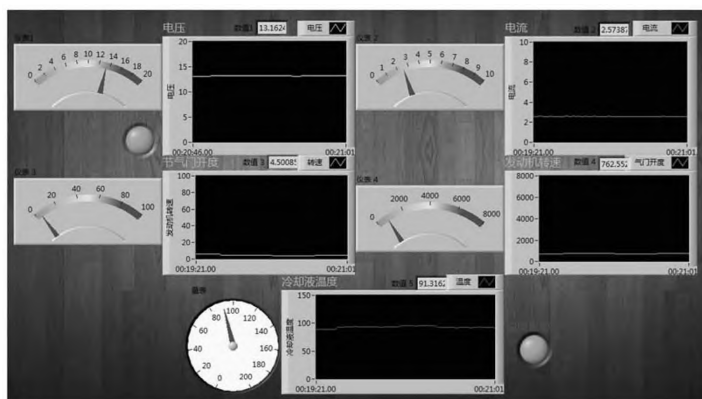


图 11 汽车信号监测结果图

5 结论

本系统选用 TI 公司的 TMS320F2812 开发板对汽车信号进行采集并结合了 CCStudio v3.3 编程软件和 Labview 软件,实现了对汽车运行状态的实时监测。其中采用改进后的 M/T 法测速,且捕获模块编程中通过读取栈底值来解决定时器溢出问题,以及 SCI 模块中添加标志位来判断起始位等方法解决了传统方法中采集信号不准确等问题。预报警系统可实时地反馈车辆故障信号。相比于传统的检测方式,更加准确、直观地展示了信号采集结果,在试验测试中有较好的效果。对汽车信号故障诊断有极为重要的意义,为汽车性能的优化和改进奠定了基础。

参 考 文 献

- [1]韩丰田. TMS320F281x DSP 原理及应用技术[M]. 北京:清华大学出版社,2009.
- [2]袁鹏程,张伟峰. 改进的 M/T 法在电机测速中的应用[J]. 轻工机械,2012(1):59-62.
- [3]徐华中,黄丽萍. 基于 LabVIEW 和 DSP 串口的多通道电机参数采集系统[J]. 电子测量技术,2011,34(4):66-69.
- [4]周玮,张长青,冯国胜. 基于 DSP 和 labview 的多通道数据采集系统的设计[J]. 石家庄铁道学院学报:自然科学版,2009,22(3):91-94.
- [5]谢冰,陈昌鑫,郑宾. 基于 LabVIEW 的数据采集与信号处理系统设计[J]. 现代电子技术,2011(14):173-175.
- [6]Ding Jianjun, Sun Chao. Design of Multi-Channel Signal Acquisition System of the Torsion Spring Based on LabVIEW [J]. Procedia Engineering, 2011(15):426-430.
- [7]顾卫钢. 手把手教你学 DSP-基于 TMS320X281x[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2011.

Signal Acquisition and Monitoring System Design of a Car

Li Xiaonan¹, Feng Guosheng¹, Li Qianru², Peng Chaoliang¹

(1. Department of Mechanical Engineering, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China;

2. Department of teaching affairs, Hebei Agricultural University, Baoding 071001, China)

Abstract: In order to observe the various parameters of a car in different operating conditions and optimize the structure, the monitoring system is designed. It tests HAVAL H6 based on the control core of TMS320F2812. The system uses ADC module and EV module to collect the real-time signals including voltage, current, rotating speed, throttle percentage and coolant temperature, then transmits the signals to PC through the SCI module. It uses the Labview software to display and storage the data. This design mainly introduces the hardware circuit and software programming method. It verifies the feasibility of the system and shows that the test result is consistent with actual situation. It provides the basis for automobile fault diagnosis and elimination, and has a certain reference for the further optimization of automobile structure.

Key words: car; real-time monitoring; serial communication; TMS320F2812

(上接第 56 页)

Modeling and Fault Simulation Analysis of Locomotive Gear Transmission System Based on Virtual Prototype

Li Cuixing¹, Liao Yingying², Liu Yongqiang¹

(1. School of Mechanical Engineering, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China;

2. School of Civil Engineering, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China)

Abstract: In view of the broken tooth fault of DF_{4B} type locomotive gear drive system, the models of normal gear transmission system and three kinds of different degrees of tooth fracture are established by using SolidWorks. The models are introduced into the ADAMS to establish the multi-body dynamics models by adding constraints and drives, then the vibration effect of broken tooth fault models are simulated and analyzed, and the vibration signal of the gear box is measured. Matlab is used to analyze the time domain and frequency domain. The results of different degrees of tooth fracture are compared with the normal model to judge whether the fault occurs or not and obtain the fault characteristics of different degrees.

Key words: locomotive gear transmission system; broken tooth fault; ADAMS; simulation analysis