

# 列车振动检测记录仪的研制

陈磊 张家栋 霍凯

(北京交通大学 机械与电子控制工程学院 北京 100044)

**摘要** 简要地分析了现有列车振动检测系统存在的不足,提出了一种振动检测新方案,研制了适用于列车振动检测的便携式检测记录仪系统,文中系统地介绍了系统原理、功能、组成和软硬件设计。该系统能够取代现有的振动检测手段,对列车运行过程中的振动进行检测和记录。

**关键词** 列车;振动;检测;记录仪

中图分类号:TP216

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2007)02-0181-03

## Research of Vibration Detecting Recorder for Running Vehicles

CHEN Lei ZHANG Jia-dong HUO Kai

(College of Mechanical & Electrical Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

**Abstract** The shortages about existing vibration detecting system for running vehicles were concisely analyzed in this paper, and a new method for vibration detecting was put forward. The portable vibration detecting recorder for running vehicles was developed. The principle, the functions, the structure and the software and hardware design of the new system were detailed in this paper. The system could detect and record the vibration signals generated during the running of the vehicles on line instead of the existing system.

**Key words** vehicle vibration; detection; recorder

## 0 引言

随着国民经济的不断发展,乘坐火车出行或者上下班的人们对乘车的舒适度和满意程度也日益提高,而且随着铁路列车普遍提速,能迅速掌握铁道机车车辆舒适度和振动情况,获知机车车辆的运行性能,及时测试运行动力学参数,并检测出可能出现的故障或不正常的运行参数极有必要,对确保铁路安全运输也是十分重要,同时对机车车辆的维修保养等也非常有用。为了将上述信息及时反馈给车辆的设计、制造和管理部门,各国铁路都在积极地进行车辆运行质量、平稳性指标和司机考核的测量和评价工作<sup>[1]</sup>。

目前,国内在开展机车车辆运行动力学性能检测试验中,普遍采用在试验列车中加挂试验车进行检测,并取得了很大进展,但这需要投入相当多的时间、人力和财力。而且很多列车上对司机的考核还是采用比较原始的方法进行的,比如采用“倒棒”实验的方式,这无疑无法跟随现代列车的“快速、重载、安全”的发展方向。因此研制一种便携式的动力学参数测试仪,可以

安装、安放在运行的机车车辆上,在运行的同时连续地显示和记录被测试车辆的动力学参数以及各种反映行车质量的动力学指标,以满足机车车辆动力学试验及行车质量监测是十分必要的。

文中针对此问题,研制开发了列车加速度检测记录仪,提出了振动采集方案,对列车的安全平稳性进行初步的分析评价,为相关部门分析与解决车体晃动等复杂问题提供了一个很好的检测平台。

## 1 系统的检测原理

系统的检测原理如图 1 所示,列车在轨道上并按 X 方向为运行方向,列车所产生的振动可分为横向振动(Y 方向振动)、纵向振动(X 方向振动)和垂向振动(Z 方向振动)<sup>[1]</sup>。根据乘客的实际感受经验可知,对座位上的乘客的舒适性影响较大的是垂向振动和横向振动,而对站立乘客而言,横向振动、纵向振动对舒适性

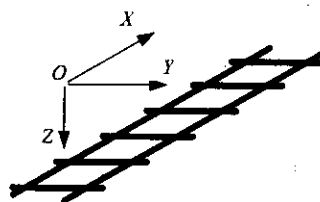


图 1 检测原理示意图

收稿日期:2006-04-26

**作者简介** 陈磊(1980-),男,硕士研究生,研究方向为检测与故障诊断;张家栋,副教授,研究方向为微机测控技术、检测与故障诊断;霍凯,高级工程师,研究方向为微机测控技术、检测与故障诊断。

影响最大。

因此 根据被检测信号的类型 ,系统采用 Motorola 公司 S12 系列的 16 位单片机为核心的测量装置 ,外扩集成的电容式加速度传感器及调理电路、LCD 显示屏、时钟芯片和按键等部分 ,实现列车车体振动加速度信号的实时测量和必要的系统信息和采集数据的存储 ,并能将数据转储到上位机进行数据分析 ,实现对信号的转储、查询、分析和打印 ,更进一步还包括振动图像还原、频谱分析、平稳性指标计算等<sup>[3]</sup>。

2 系统的硬件设计

系统主要完成如下几方面功能 :列车 X 方向振动、Y 方向振动和 Z 方向振动加速度的采集、数据存储、显示和数据转储。整个系统的硬件结构如图 2 所示。

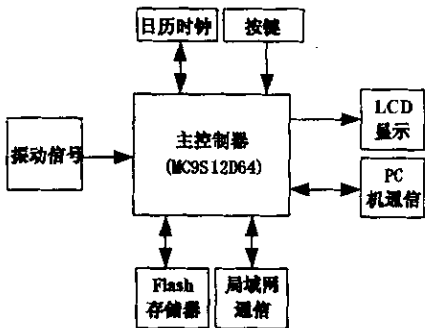


图 2 系统硬件结构框图

(1)主控制器 :负责采集各个方向的振动加速度信号 ,同时协调系统各部分功能的实现。系统采用 Motorola 公司 S12 系列的 16 位单片机 ,其具有内部资源丰富、抗干扰能力强和可靠性好等突出的优点 ,非常适合机车较为恶劣的工作环境。

(2)振动加速度传感器 :考虑到列车的振动加速度不大 ,且频响也较低 ,选用美国 ADI 公司的型号为 ADXL202 型单片加速度传感器。它是集双轴加速度传感器于一体的单块集成电路 ,属于力平衡式加速度传感器 ,测量加速度时满量程为  $\pm 2g$  ,分辨率可达  $5mg$ 。传感器外围电路简单 ,测量加速度时通常只需接几个电容和电阻。可直接输出数字信号 ,也可输出模拟电压信号。

(3)数据存储单元 :数据存储器采用了 SAMSUNG 公司的 K9F6408U0C - TCB0 闪存。存储容量 8MB ,读写操作速度快 ,尤其是具有优越的非易失性 ,系统掉电后数据不丢失。

(4)时钟芯片 :为了便于上位机进行数据分析 ,在测试过程中系统需要提供标准时钟信号。PCF8563 是一款工业级内含 IIC 总线接口功能的具有极低功耗的

多功能时钟/日历芯片 ,不但外围电路简单 ,而且也增加了芯片的可靠性 ,可以为系统提供精确的时间基准。

(5)通讯部分 :一是系统与上位机 ,采用 RS - 232 通讯 ,通过上位机可以读取系统的内部信息 ,同时也可以通过串口对系统设置参数 ;二是系统与机车局域网通讯 ,利用单片机的 CAN 模块 ,通过 CAN 芯片 82C250 与机车通讯。因现在中国大部分列车对振动信号的采集和处理纳入微机控制体系 ,此功能暂时闲置。

3 系统的软件设计

本系统所有的程序都使用 C 语言编写 ,C 语言具有直接访问机器物理地址的能力。Motorola 公司的专用编译器可以直接对 S12 系列单片机的内部特殊功能寄存器和 I/O 口进行操作 ,可以直接访问片内和片外存储器 ,并可以进行按位操作<sup>[4]</sup>。

根据系统的整体功能和数据存储算法 ,系统软件编程的总体分为六个部分 :主程序模块、定时器中断子程序、振动加速度采集程序、数据存储程序、显示程序和上位机通讯程序。主程序的流程图如图 3 所示。

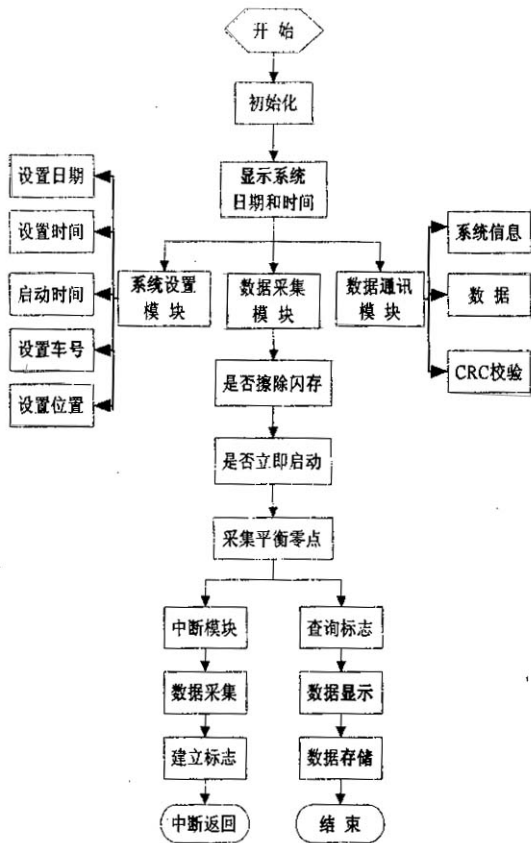


图 3 主程序流程图

部分结构和功能概括如下 :

(1)主程序模块 :主要完成系统的初始化 ,相关寄存器设置 ,然后循环调用其它程序模块 ,完成系统的相

关功能。程序在初始化时打开定时器中断,通过产生中断达到定时对振动加速度信号采样的目的。

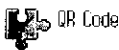
(2) 振动加速度采集程序 采集方式可分为全程采集方式和设定带宽采集方式。本系统采用设定带宽采集方式。在初始化模块中根据选择不同的方式进行采样频率的设定,并建立系统的初始平衡零点。打开定时器等待中断。在中断程序中,先保护现场,然后进行 A/D 采样,取得 4 点一平均的加速度值。在该采集模式下,如果有一个加速度值超过了平衡零点的波动范围的时候,认为是一次振动的开始,记录振动开始标志,读取此刻的时间,并将时钟标志位设置为 1。在采集子程序中有一个重复次数的判断,当加速度值在平衡零点波动范围内,重复 10 次时,认为是一次振动结束,开始下一次振动的采集。为了防止系统复位,设置了看门狗定时器,设定的复位时间为 2.048s。在每一次振动过程中采用了软件滤波的方法,将大的冲击干扰信号滤去。采用这种采集模式记录的数据,不仅可以恢复列车振动情况,而且大大降低了采集的数据量。

(3) 数据存储程序 本系统数据记录采用分区算法进行数据压缩<sup>[5]</sup>。其中把闪存的首页作为系统信息存储区,专门用来记录采集的头文件,其余为数据信息存储区。每次采集的头文件信息共 17 字节,包括标志字节、年月日、采集序号等,尤其是每次采集完毕后必须在系统信息存储区中记录采集数据的页地址和末页字节数,这样就可以通过系统信息定位下一次数据信息记录的起始页地址。

(4) 通信程序 上位机通信程序是建立系统和上位机的通信连接的程序,当系统发现有上位机通信请求时,开始执行通信程序,通过上位机将系统中存储的数据转储到上位机中<sup>[5]</sup>。

(上接第 180 页)

用在电子票务、证卡系统等领域。这里只是将 QR Code 和蓝牙的串口服务做了介绍,在实际应用中也可选择其他形式的二维条码,而蓝牙服务选择对象交换服务也是可以实现的。



选项

返回

图 6 手机接收到的条码

## 4 安装位置

因为 ADXL202 具有双向功能,使用一个这种类型的传感器就能同时测得 X 方向和 Y 方向上的振动加速度信号。通过设置传感器不同的摆放位置,可以任意测得横向、纵向和垂向这三个方向的振动加速度信号。检测仪底座的磁性吸盘可与车体铁磁性物体实现刚性连接,可定点安装在运行的车辆上,从而实现测量车体的振动加速度信号的精确测量。

## 5 结 论

文中所研制的列车振动检测记录仪样品在北京环线地铁进行了装车实验,实验过程中无论是测试性能还是抗干扰能力都取得了较为满意的结果。经装车实验和实际运行,采回大量的数据,通过对采集的信号进行分析、处理和评估,进行振动特性分析和列车运行平稳性指标的计算,同时定性判断出列车的某一部位或某一段轨道存在一定的问题。从国内列车的发展趋势来看,该振动检测记录系统具有极大的推广价值。

### 参考文献:

- [1] GB5599-85 中华人民共和国铁道行业标准. 铁道车辆动力学性能评定和试验鉴定规范[S]. [出版地不详]: [出版者不详], 1985.
- [2] 甘敦文. 三维加速度及平稳性指标仪研制[J]. 铁道机车车辆, 2000(3): 1-2.
- [3] 周 华. ADXL202 加速度计在振动测试中的应用[J]. 传感器技术, 2003(3): 1-3.
- [4] 杨国田. Motorola 68HC12 系列微控制器原理、应用与开发技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2003.
- [5] 余祖俊. 微机检测与控制应用系统设计[M]. 北京: 北方交通大学出版社, 2001.

### 参考文献:

- [1] Nokia Corporation. Developer Platform 2.0 for Series60: Designing Bluetooth Applications in C++ [EB/OL]. 2003. [http://www.forum.nokia.com/main/1\\_1-32-10\\_00.html](http://www.forum.nokia.com/main/1_1-32-10_00.html).
- [2] 国家技术监督局. GB/T 18284-2000 快速响应矩阵码[S]. 北京: 中国标准出版社, 2000.
- [3] Bluetooth SIG. Specification of the Bluetooth System Core 2.0+EDR [EB/OL]. 2004. <http://www.bluetooth.com>.
- [4] 马建仓, 罗亚军, 赵玉亭. 蓝牙核心技术及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 254-260.
- [5] 刘 挺, 尤韦彦, 王耀明. 蓝牙系统服务发现协议(SDP)的分析和应用[J]. 计算机工程, 2002, 28(6): 7-8.
- [6] 周敬利, 陈 纪, 余胜生. 蓝牙仿真串口的研究与实现[J]. 计算机应用, 2004, 24(1): 29-30.