

一种新型的汽车制动性能微机检测系统^{*}

赵祥模, 关 可, 南春莉
(长安大学 信息工程学院, 陕西 西安 710064)

摘 要: 针对目前以单片机为核心的智能化系统和以 PC 机为核心的微机检测系统的不足, 提出了一种新型检测系统, 并对该系统的硬件及软件设计关键技术进行了详细论述。实践证明, 该系统能更好地满足汽车制动性能检测的实际需要。

关键词: 汽车制动性能; 微机检测; 信号调理; 预处理; 曲线拟合

中图法分类号: TP206 文献标识码: A 文章编号: 1001-3695(2004)08-0178-03

The New Development of Computer Testing System on Vehicle Braking Function

ZHAO Xiang-mo, GUAN Ke, NAN Chun-li
(School of Information Engineering, Chang'an University, Xi'an Shanxi 710064, China)

Abstract: Two systems are mainly applied to practice, one of which is called the intellectualized system basing on single-chip computer and another one is a PC micro-computer system. With regard to the defects found in the two systems, comes up with a testing system together with its research and realization. The important research technology of the hardware and software design for the system is also given in quite detail. The actual use of the system confirmed that the system will better meet the actual need of vehicle braking function test.

Key words: Vehicle Braking Function; Computer Testing; Signal Adjustment; Pre-Treatment; Curve Quasi-conjunction

1 引言

汽车制动性能检测常用的方法是采用室内台架试验法^[1], 即采用反力式制动试验台来近似地模拟实际的制动过程, 从而达到对汽车的制动性能进行定量测试与分析。

制动试验台所配备的测控系统, 目前主要有两类: 以单片机为核心的智能化检测系统^[2]; 以 PC 机为核心的微机检测系统^[3]。前者功能比较单一, 以对汽车左、右轮制动力的定量测试为主, 不能准确、全面地反映汽车制动性能参数, 系统的可扩充性能也较差, 难以实现更高层次的检测诊断与控制; 后者是近年来汽车检测行业十分关注并竞相研制开发的一类系统, 此类系统以 PC 机为核心, 有效地克服了单片机系统功能弱的缺点, 不但能实现对汽车制动性能各项技术参数的全面测试, 还能实现对检测台架的实时控制, 对各项测试数据进行系统分析与评价, 同时, 为了满足汽车安全及综合性能检测线联网的需要, 系统还可提供串行通信和基于 TCP/IP 的网络通信两种联网接口。目前国内已有多种此类系统研制成功, 并得到了应用, 但纵观目前投入使用的这些系统, 其功能参差不齐, 特别是在有关数据采集与处理方法上存在较多的缺陷, 从而导致系统的测量精度不高, 不能真实地反映汽车制动的全过程。

2 系统结构与工作原理

系统设计选择的机械台架设备为 FZ-10C 型汽车制动试验台。该试验台的主要特点为欧式粘砂大滚筒, 表面附着系数高, 带第三滚筒停机装置以防制动抱死时对轮胎的剥伤, 适合

于大、中、小各种车型的测试。该系统由压力传感器、到位传感器、脚踏传感器、信号调理电路、A/D 转换与数据采集电路、工业控制计算机、打印机、LED 灯阵、台架控制系统和电机启停控制系统等组成(图 1)。传感器把从检测台上测定的物理量按正比例关系转换成电压信号, 经过信号调理及放大滤波处理后, 由 A/D 板转换成数字信号, 计算机对采集的数字信号进行分析计算获得检测结果。系统对检测台架的控制是通过计算机指令由 A/D 板卡发出若干个开关量控制 I/O 板上的固态继电器, 使交流接触器闭合的方式来实现电机启停及支撑台架升降控制, 从而模拟了汽车的制动过程进行检测。检验过程中可以动态显示制动力曲线, 根据国标的要求并综合分析制动力过程曲线, 给出检测评价。检测过程中对驾驶员的操作引导是由计算机控制 LED 灯阵显示相关提示信息的方式来实现。

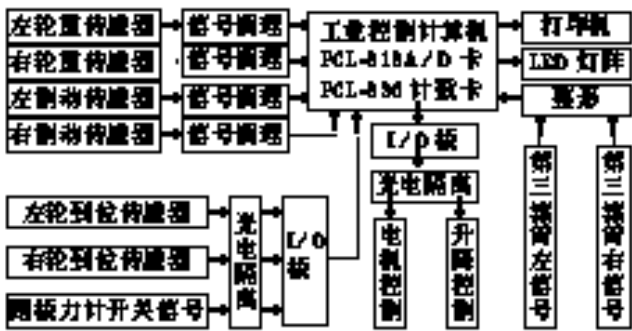


图 1 系统结构框图

3 系统硬件设计关键技术

3.1 传感器选型

本系统主要配置的传感器有轴重、制动、到位检测及踏下检测传感器等。其中轴重制动检测传感器选用了应变式 BLR-3 型传感器, 其主要技术参数为: 灵敏度(S) 2.223 mV/V; 非线性

性误差(L) < 0. 05% F · S; 滞后误差(H) < 0. 05% F · S; 重复性误差(R) < 0. 03% F · S; 输入电阻(Ω) 350 ± 1. 2%; 输出电阻(Ω) 350 ± 0. 5%; 绝缘电阻 > 2000MΩ; 零点输出 < ± 1% F · S; 使用温度 - 10 ~ + 55 。车辆到位检测传感器采用的是 GB0824 型霍尔传感器, 其主要技术参数为: 额定工作电压(V_e) 10V ~ 30V; 额定工作电流(I_e) 30 mA; 额定工作距离(S_n) 8mm; 标准检测体 18 × 18 × 1mmF_e; 回差(H) < 1% S_n; 重复定位精度(R) 0. 2 mm; 动作频率 200Hz; 反应时间 4ms; 截止状态电流(I_r) < 1mA; 最小动作电流(I_m) 5mA。

对踏下信号的检测利用了踏板力计上的脚踏开关型传感器, 当驾驶员踩刹车时触动脚踏开关送出开关量, 计算机通过 A/D 板采集开关量输入信号来判断。

3. 2 弱信号调理

由于检测现场的力传感器输出信号只有 0 ~ 15mV, 信号非常弱小, 采用常规的信号处理方法无法进行远距离传输, 需要对其进行调理。本系统对传感器信号的调理主要是采用放大、滤波及抗干扰处理, 使之达到计算机数据采集板所需的标准 0 ~ 10V 电压信号(图 2)。该调理电路的主要元件是美国 BB 公司的精密仪表放大器 INA114, 其特点是低噪声和极低的非线性(0. 003%), 高共模抑制比 CMRR = 120db(G = 1 000), 大增益带宽达 25 MHz, 输入保护、内补偿, 特别适合于本系统的平衡桥式传感器的应用场合。

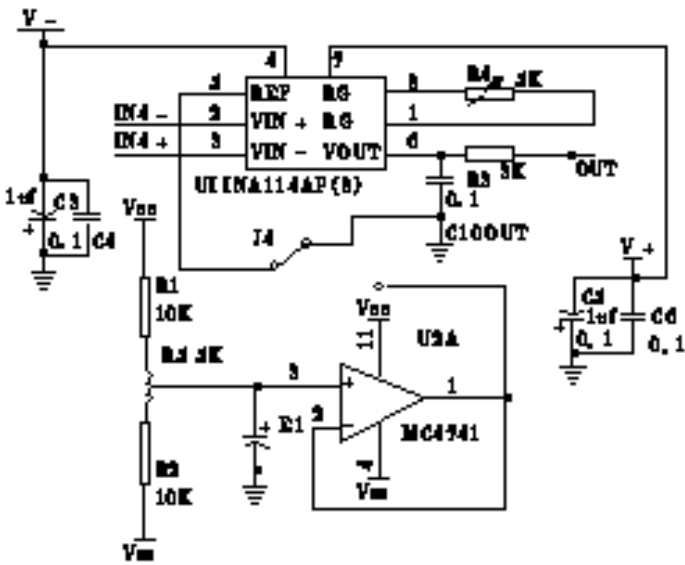


图 2 信号调理电路原理

另外, 为了减少传感器信号的各种漂移, 进一步增大电路的抗干扰能力, 在电路印制板设计及布线工艺上还进行了一些特殊处理, 使整个信号调理精度得到进一步的提高。

3. 3 A/D 转换与数据采集

系统中的模数转换与数据采集设计选用了 PCL-818 多功能 DAS 卡, 可在 IBMPC/XT 及其兼容机上运行。该卡设计了 16 路单端或 8 路差分模拟量输入, 输入通道增益可编程, A/D 转换分辨率为 12bit, 精度为 0. 01%, 转换时间为 25 μs。同时还设计了一个自动通道/增益扫描电路, 该电路能代替软件控制采样期间多路开关的切换, 卡上的 SRAM 存储每个通道不同的增益。这种组合方式能实现对每个通道使用不同的增益及使用 DMA 数据传输来完成多通道高速采样(可达 100KS/S)。该卡还设计了 16 个数字量输入及 16 个数字量输出端口(图 3)。系统设计中选择采样通道 J2: CH00 - 左轮重; CH01 - 左制动; CH03 - 右轮重; CH04 - 右制动; CH13 - 踏下; CH14 - 左到位; CH15 - 右到位。

3. 4 台架控制系统设计

在试验台上举升器的升降和电机启动与停止都需要由计算机控制, 即由计算机发出控制指令, 使 A/D 板从数字量输出口 J1 送出开关量, 通过 I/O 板隔离后控制继电器, 再由继电器控制交流接触器, 交流接触器接通三相电(380V) 控制电机启动。同时继电器还可直接控制举升器的升降。控制通道选择

(A/D 卡 J1): D/00 - 左电机启动; D/01 - 右电机启动; D/02 - 升台; D/03 - 降台。由于台架左、右电机均采用大功率高速电机, 功率为 11kW/台, 为了减少两个电机同时启动时对电网的影响, 所以我们在软件控制上采用了时间错开启动的方式。

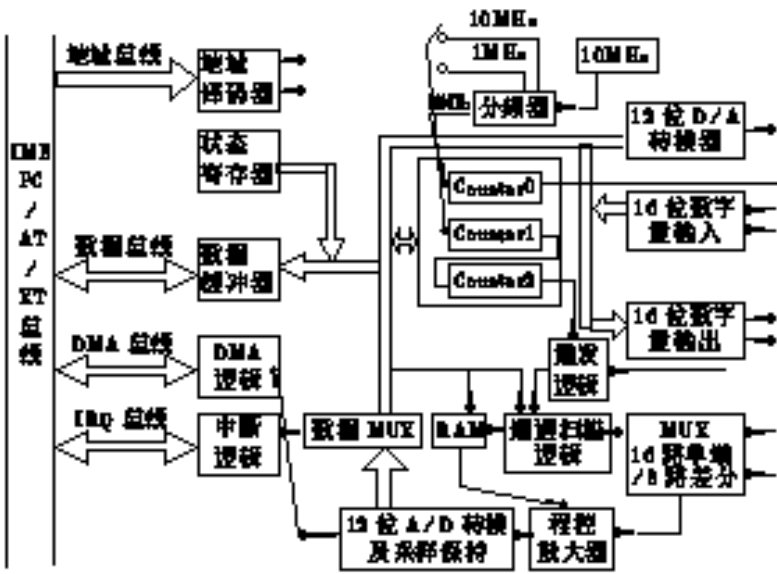


图 3 A/D 转换原理

3. 5 过程脉冲量的测频方法

测频法是按照频率的定义($f = N/t$) 对脉冲信号的频率进行测量的一种方法, 原理如图 4 所示。本系统中用来测量第三滚筒转速频率的是台湾 TP-link 公司的数字量及计数器卡。该卡上有两片 8254, 内部集成了六个计数器, 同时还拥有 16 路数字量输入/输出通道。本系统中测量速度脉冲信号频率范围为 0 ~ 10kHz, 而该卡上的计数器最大计数值为 65536, 完全能满足测量精度。在本设计中, 用一个计数器作为秒脉冲发生器, 产生一秒钟的门信号和中断信号, 其他两个计数器用来计算这段时间两个通道上分别输入的脉冲数。这种测量方法的误差最大值为: $(\Delta f/f)_{\max} = \pm (|\Delta N/N|) + (|\Delta t/t|)$ 。

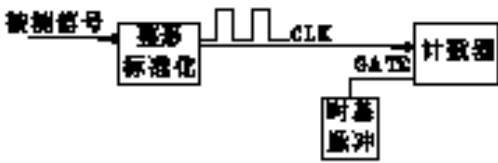


图 4 测频法工作原理图

由此可知计数脉冲数(N) 越多, 时钟基准周期(t) 越长, 误差就越小, 但 N 必须小于 65536, 时钟基准周期太长又会占用太多的系统时间。考虑到速度信号的频率范围为 50Hz ~ 10KHz, 我们将时钟基准周期设为 20ms。

4 系统软件设计关键技术

4. 1 操作系统与开发工具的选择

由于本系统对实时性要求不高, 计算机选用的是 Windows 98/2000 操作系统, 开发工具选用 Visual Basic 6. 0。由于 Visual Basic 未提供与 I/O 的接口, 没有对端口的读/写操作函数, 因此, 在软件设计中我们采用 Visual C++ 单独设计了针对 A/D 板操作的动态链接库(DLL), 使得在 VB 中可以自由地对端口进行读/写操作。系统中数据管理软件采用的是 Micro-soft Access。

4. 2 应用程序模块设计

在本系统的应用程序中, 大体可以分为数据处理和过程控制两大基本类型。数据处理主要包括: 数据采集、数字滤波、标度变换以及数值计算、数据存储、数据显示和打印等。过程控制主要是指让微机按照一定的方法对采集数据进行计算、判断, 然后给出输出和驾驶员引导提示以便控制检测流程和生产节拍。

在软件设计时, 我们采用了模块化设计方法, 将整个数据采集控制系统分为以下五大模块:

(1) 系统定义模块。该模块包括全局控制变量和全局数据变量的定义、公共子程序的定义、采样动态链接库函数的声明等。

(2) 初始化模块。该模块主要负责在系统启动时,从 Device.sys 文件中读取传感器的放大系数,从 Guobiao.sys 文件中读取国标信息等。

(3) 系统设置模块。该模块主要是对系统硬件的参数进行设置,为系统标定部分提供可依据的参数,缺少系统设置文件时,硬件标定模块不能正常标定。

(4) 系统标定模块。标定的目的是为了验证检测结果是否精确以及是否符合使用者的单位习惯,比如采样值为 4095 时所采的物理量为 10 吨,可以得到系数 $A = 10000\text{kg}/4095$,往后采集得出 4095 时,用系数乘采样值即: $4095 \times A = 4095 \times 10000/4095$ 就可得出 10 吨的最后值。

(5) 系统检测模块。它检测模块是本系统的主体部分,它控制车辆检测的全过程,并进行采样和处理数据。本系统中数据的采样和处理主要是为了获得车辆的轴重、左制动、右制动的变化曲线数据;获得采样数据后,为了避免电信号的不规则性,还需要对数据进行软件滤波处理,即:

$$N_{(i+1)} = \frac{3}{4}M_i + \frac{1}{4}M_{(i+1)}。$$

式中, M_i 为采样获得的初始值; N_i 为滤波后得到的曲线值。

然后,通过对曲线处理求得国标所涉及的参数:轴重、左制动力、右制动力、左拖滞力、右拖滞力、左协调时间、右协调时间、左回复力、右回复力、左释放时间、右释放时间、轴制动效果等。在测试过程中除对轴重制动力信号采集外,还需要对车辆的到位信号、踏下信号进行采集,以控制整个检测过程。

4.3 系统中数据采集的预处理算法

在系统得到采集数据后,一般还要对采集数据进行预处理,如数字调零,标度变换,使采样数据更加接近真值,以便对数据的二次处理更加方便、准确。

(1) 数字调零。在模拟输入通道中,往往存在着零点的偏移和漂移,为此还需对采样数据进行数字调零、即每次的测量值均减去该通道的零点值。考虑到是否可以采集零点以及何时采集零点与具体的应用情况有关。为此,类库中提供了零点设置和零点清零两种确定零点的方法,并在模拟量采集方法中每次减去零点值。具体编程时,应在采集数据前先调用零点设置或零点清零,然后再进行模拟量采集。

(2) 标度变换。直接采样得出的采样数据还需要进一步的转换才能转变为具有工程量纲的数字量。根据采样数据与被测物理量之间是否存在线性关系,标度变换又可分为线性标度变换和非线性标度变换两种。线性标度变换方法如下:

$$A_x = A_0 + (A_m - A_0) \cdot (N_x - N_0) / (N_m - N_0)$$

式中, A_0 为一次测量仪表的下限; A_m 为一次测量仪表的上限; A_x 为实际测量值(工程值); N_0 为仪表下限对应的数字量; N_m 为仪表上限对应的数字量; N_x 为测量值对应的数字量。

非线性标度变换的算法较多,常用的有公式变换法、多项式插值法、最小二乘法、查表法。但这些非线性标度变换算法的选择和具体设计与被测物理量的关系有一定的多样性,难以统一,所以,在类库的设计中未加入非线性标度变换的功能,类库的使用者可在数据的二次处理中进行此项变换。

4.4 系统中到位信号的采集与处理

系统中对车辆是否上检测台或对上检测台的轴号判定是通过检测红外光电开关的状态来实现的,因此,我们把红外光电开关的状态信息称为到位信号。到位信号的采集通过计时器事件来实现,计算机每 50ms 检查一次到位光电开关的状态,若发现光电开关发生一次由“0”到“1”的翻转,则通过延时方法予以确认,若确认是到位信号,则将到位标志置为“1”,有效次数加 1;当有效次数等于报检的轴号时,则清除到位标志并

关闭计时器,然后打开轴重检测计时器或制动力检测计时器,开始采集数据;数据采集结束后,关闭相应计时器,并将数据保存在以有效次数为文件名的文本文件中。当有效次数等于报检的最大车轴号时,数据采集完成,将有效次数清零,等待下一辆车的检测。

4.5 制动力变化曲线的拟合与绘制

对于制动力变化曲线的拟合,传统的方法是通过多项式的最小二乘法进行拟合,一般采用的是 5 次多项式拟合。拟合前后的效果如图 5 所示。由图 5 可以看出,虽然经过拟合后曲线变得平滑,但在两处出现剧烈震荡,未能较好地真实反应制动力的变化过程,并且还丢失了重要的拐点特征数据。

我们经过分析和多次实验比较后得知,因为制动力变化曲线的类型未知,所以不宜用代数多项式(或其他基本初等函数)作为拟合函数。因为多项式可由它在很小的区间上的值完全确定,当由多项式描述的曲线在一个小区间上被迫变弯时,它在别处就可能剧烈震荡,尤其是高次多项式更是这样。解决的办法是采用样条函数拟合,算法如下:

对原始数据分段,该设计中根据拐值分为五段; 对各分段的试验数据(x_i, y_i), $i = 1, 2, \dots, n_j$, 求相应段的拟合函数 $g(x)$; 利用各分段的拟合函数 $g(x)$ 计算节点{ x_i }上的插值 $g(x_i)$; 对校正后的试验数据($x_i, g(x_i)$), $i = 1, 2, 3, \dots, n$, 用三次 B—样条函数拟合。拟合结果如图 6 所示。

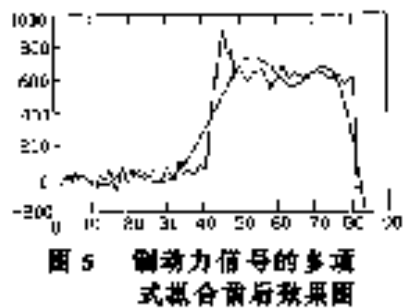


图 5 制动力信号的多项式拟合前后效果图

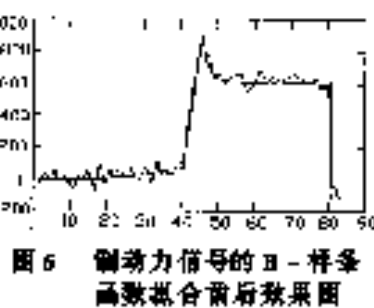


图 6 制动力信号的 B—样条函数拟合前后效果图

5 结束语

本系统已于 2002 年 6 月研制成功,并转换成产品。到目前为止,已在国内近 10 条汽车安全及综合性能检测线中得到了应用。应用情况表明:该系统技术先进、功能强,性能稳定、可靠,测量精度高,能较好地满足汽车制动性能检测的实际需要。该系统在所有用户中均顺利通过了技术监督部门的计量测试与认证。

参考文献:

[1] 中华人民共和国交通部公路司. 汽车综合性能检测[M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1999.

[2] 赵祥模, 王鹤, 闻阿兴. 汽车制动性能智能化检测系统的设计与实现[A]. 戴经梁. 西安公路交通大学学术论文集(1995) [C]. 西安: 西北大学出版社, 1995. 150-155.

[3] 赵祥模, 等. 汽车制动试验台计算机测控与故障诊断系统的研制[J]. 西安公路交通大学学报, 1999, (3): 84-87.

[4] 长安大学. 汽车综合性能分布式计算机网络自动测控系统研制——陕西省科技攻关项目(99K11-G6) 研究技术报告[R]. 西安: 长安大学出版社, 2002.

[5] 程正兴, 李水根. 数值逼近与常微分方程数值解[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 2000.

[6] GB18565-2001. 营运车辆综合性能要求和检验方法[S].

作者简介:

赵祥模(1966-), 男, 副教授, 博士生, 主要从事计算机在公路交通领域的应用及分布式网络测控系统方面的研究; 关可(1962-), 男, 副教授, 主要从事智能运输系统领域的研究; 南春莉(1972-), 女, 讲师, 主要从事智能运输系统领域的研究。