

实车碰撞车速控制系统控制器的设计与实现

北京清华大学汽车安全与节能国家重点实验室(100084) 王 刚 张金换 黄世霖

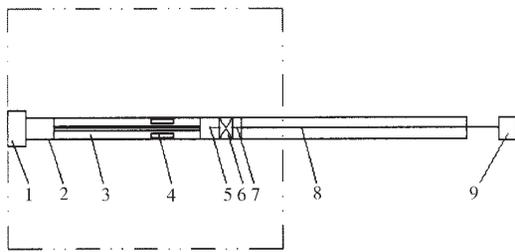
摘 要: 在实车碰撞试验中,车速的大小直接影响试验的结果。为了从根本上解决橡皮绳弹射实车碰撞试验中橡皮绳的老化和时变特性给速度控制带来的困难,提高控制精度和抗干扰能力,对橡皮绳弹射车速控制系统进行了简要介绍,对基于 MOTOROLA 单片机系统的控制器的硬件实现和软件算法进行了分析和讨论。

关键词: 速度控制 单片机 控制器

撞击速度控制一直是汽车碰撞试验中最为关键的部分。汽车被动安全性法规中的多项决定性的指标如人体头部伤害指数(HIC)、胸部合成加速度、大腿力等都是同车辆撞击速度有密切关系的,所以必须严格保证撞击速度在允许的偏差范围内^[1-4]。在国内首创的橡皮绳弹射实车碰撞速度控制系统中,控制器的设计对整个控制系统的性能起着决定性的作用。在汽车行业中广泛应用的 MOTOROLA 单片机系统具有卓越的稳定性和丰富实用的功能,该系统配以其它辅助电路,可成功地构建出系统的控制器。经实验验证,设计的控制器能够完成速度的采集和控制算法的实现。

1 车速控制的总体方案

为了解决橡皮绳的时变特性和驱动装置的非线性特性,提高整个系统抵抗滚动阻力干扰的能力,根据橡皮绳弹射碰撞试验系统实际情况,结合清华大学汽车碰撞试验室的实际,速度控制的总体方案如图 1 所示。



1 固定壁 2 导轨 3 橡皮绳 4 缓冲器 5 被测车辆
6 加速滑车 7 释放滑车 8 钢丝绳 9 卷扬机

图 1 橡皮绳弹射碰撞试验系统总布置示意图

通过控制橡皮绳拉伸的长度进行“开环”控制,粗略地把速度控制到一定的范围内。通过安装在加速滑车上的传感器、控制器和执行器等构成速度“闭环”控制系统,力图精确、稳定地控制碰撞时的车速。

对于质量为 1.5 吨的小轿车,在距离加速末端拉伸 5m 处释放加速,可得到 15km/h 的车速。由动能定理和等效原理可以计算出在拉伸 5m 以上情况下,在距

离加速末端拉伸 5m 处与加速末端的速度差:

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 = \Delta W = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{22}^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{21}^2$$

其中, v_1 、 v_{22} 、 v_{21} 分别为拉伸 5m 得到的车速、拉伸 5m 以上时加速末端的速度和在距离加速末端拉伸 5m 处的速度。若在实车碰撞中 $v_{22} + v_{21} = 100 \text{ km/h}$

代入数据可得: $v_{22} - v_{21} = 2.25 \text{ km/h}$

由理论分析和计算结果可以看出:在加速末端速度变化量相对很小,有利于控制调整,但是留给控制系统的时间也很少。闭环系统控制策略为对整个过程的初始阶段不加控制,到加速的末端进行速度的调整和控制。

图 2 为试验车辆与滑车之间连接的示意图。由于滑车与被测试车辆间只有推力,其非线性特性和动力的时变特性给控制系统的实现增加了难度。“闭环”系统实现的框图如图 3 所示。

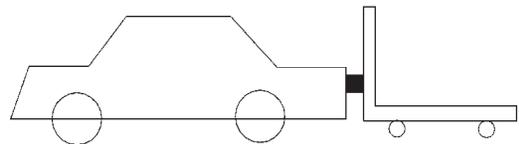


图 2 被测车辆与加速滑车连接示意图

执行器即为刹车机构,利用轨道和刹车片的摩擦消耗系统的动能来降低加速滑车的速度,导致加速滑车与被测车辆脱离,从而切断被测车辆的动力源,对车速进行控制。

2 控制器的设计实现

2.1 总体设计分析

控制器要求具有复杂计算的能力,而且整个闭环系

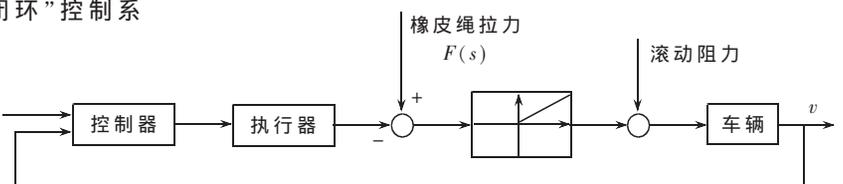


图 3 闭环控制系统实现框图

统需要安装在加速滑车上,工况较恶劣。因此选用单片机作为整个控制器的核心器件,以单片机系统来构建控制器。

根据控制单元的要求,作为控制器核心器件的单片机应具备以下性能:

- 有足够大的 RAM
- 有足够大的 EEPROM
- 有足够大并方便开发的 ROM
- 有 A/D 转换功能
- 有串行通讯能力
- 有足够强的中断功能
- 有很高的稳定性,最好有良好的耐冲击能力

根据以上的性能要求,选择 MOTOROLA 公司的 MC68HC711E9^[6]单片机。

为了实现速度采集、状态显示、算法实现和数据处理等功能,所设计的控制器的组成框图如图 4 所示。

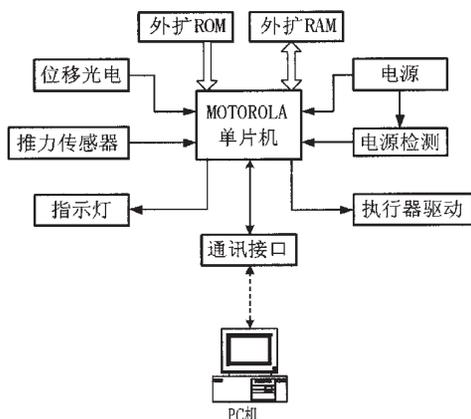


图 4 控制器组成框图

2.2 速度的测量

在控制系统中,速度的测量精度直接影响最后的控制精度。若用传统的五轮仪方式来测量车速,其滑差和传动迟滞问题将使精度提高到本系统要求的水平变得很困难;若应用超声波测速,其测量距离对于长达 70m 的加速跑道又显不足。因此采用的速度测量方案为:由记录等距明暗条纹的反射式光电开关完成位移的采集,时间由扩展的单片机内部的计数器来记录,最后速度由单片机计算出来。此新颖的非接触式测量大距离的方法测量精度高、安装简便、成本较低。

作为速度控制系统的控制器,时间的测量精度直接影响控制的精度。采用集成的精度为 30×10^{-6} 的晶振提供时钟信号,时间测量精度远高于速度测量精度,所以由计数器时钟信号引起的误差可以忽略不计。此外,因为碰撞全程的每一个位移采集点用 4 字节 32 位计数器来记录时间的绝对值,所以消除了累积误差。

对于单片机计数器的时钟,出于精度的考虑,选择的分频因子为 1。这样用于定时的单片机的计数器的时钟频率与单片机的 E 时钟信号的频率相同,其时钟周期为

$\frac{1}{2M}$ s,即 $0.5\mu\text{s}$ 。对于单片机本身具有的 16 位计数器,

在上述的时钟周期情况下,计数器每 32.77ms 溢出一一次,本控制器采用 4 字节来记录时间,系统记录的整个时间长度为:

$$32.77 \times 64 = 2097\text{s} \approx 35\text{min}$$

此时间长度可以满足整个碰撞试验过程对时间长度的要求。为了实现上述设计,对于每个位移点,系统用两个字节来表示 16 位计数器的溢出次数,即为 4 字节时间值的高 16 位,此数值的更新由计数器的溢出中断程序来实现。另外两个字节为光电开关经过明暗条纹交界处时 16 位计数器的数值,即为 4 字节时间值的低 16 位,用输入捕捉中断程序来实现。输入捕捉中断程序把输入捕捉中断所记录的 16 位计数器的数值和计数器的溢出次数存储到每一位移点对应的 RAM 中。为满足时间的精确性需求,在所有的中断中,计数器的溢出中断优先级最高,输入捕捉中断的优先级次之。

考虑到在试验过程中对计数器记录的时间的一致性需求,计数器的溢出中断和输入捕捉中断之间不希望有中断嵌套发生。用于设置位移标志的条形码产生的中断信号的间距为 2cm,对于最高车速为 60km/h 的试验车辆,其两个输入捕捉中断之间的时间差最小为:

$$0.02 \div 60 \times 3.6 = 0.0012\text{s}$$

在这段时间里共有 $1200/0.5 = 2400$ 个 E 时钟,足可以运行一个输入捕捉中断程序和一个计数器溢出中断程序。因此在车速不超过上述车速时,单片机可以成功地时间进行记录。

光电的输出电路为集电极开路接口形式,为了与单片机的 CMOS 输入电路进行连接,利用分压电阻及门电路的输入特性来进行电平变换,设计的位移采集及整形电路示意图如图 5 所示。

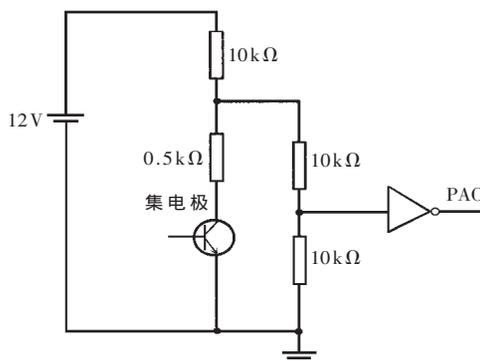


图 5 位移光电与单片机接口电路示意图

2.3 其它外围电路

· 通讯电路

单片机内部有全双工的串行通信接口,可以直接同计算机进行串行通信。但是单片机的信号是 CMOS 电平,而计算机的串行口是 EIA-RS232C 电平,其电平 1 为 $-3\text{V} \sim -2.5\text{V}$,电平 0 为 $+3\text{V} \sim +2.5\text{V}$,因此要进行 CMOS 电平和

EIA-RS232 电平间的相互转换。本系统采用芯片 MAX232 进行电平转换。串行通讯方式为全双工,波特率为 9600,1 个起始位,8 个数据位,1 个停止位。

为了减少控制电路的元件数量,把 MAX232 芯片设计在控制器之外单独的一个通讯电路板上。通讯电路由两根电缆分别与控制器和上位 PC 机连接。

EIA-RS232C 是一个功能强大的通用串行通信总线,单片机只有一个输出信号线、一个输入信号线、一个地线,因此只用部分 EIA-RS232C 的接线。请求发送 RTS 和允许发送 CTS 短接,调制解调器就绪 DSR 和数据终端就绪 DTR 短接,对应的发送数据线同单片机的数据接收线相,PC 机的接收数据线同单片机的发送数据线相连,另外两者共地。

· 单片机的工作模式及译码电路

为了增大系统采集的数据量,外扩 32K RAM,器件选择 HM62256;同时为方便系统设计和译码电路的设计,外扩的 ROM 也采用 32K 的容量,器件选择 27C256,这样正好分完 B 和 C 各 8 位共 16 位的 64K 寻址空间。由于单片机的 B 口为地址总线,数据总线分时复用,采用 74HC373 锁存地址信号;地址信号的最高位的电平用来区分 RAM 和 ROM 地址信号。

· 电源电路

电源使用汽车上常用的 12V 电池作为电源电压基准,这样有利于驱动电路的能量供给。由于控制器上很多元件的工作电压为 +5V,考虑到所使用的元器件中既有模拟电路,又有数字电路,如果使用同一个电源会造成不利影响,因此使用了两个稳压芯片 7805 和 78L05,输出 +5V 的电源电压。

· 推力采集电路

考虑到单片机接口的特性和信号的频谱特征,力传感器和 A/D 管脚之间加上阻容低通滤波电路。

· 信号反馈电路

把单片机的一输出管脚接到发光二极管上,用发光二极管的闪烁频率配以一定的程序来显示系统当前的状态。

· 测试信号点

为了方便电路的检测,在控制器上设置了重要信号的输出点,有利于系统的调试和分析。

· 驱动电路

把单片机输出的驱动信号进行放大,增强带负载的能力,驱动刹车装置的电磁阀。

3 控制算法及实现

最简单的思想即为只要速度值超过设定值即进行刹车,通过刹车力使得加速滑车与被测车辆分离,使被测车辆在没有动力的情况下自行滑行,直至碰撞壁。此算法实现起来较简单,思路清晰,但滚动阻力干扰将使控制效果和精度不会很高,而且释放位置的不确定性使整个弹射系统对被测车辆的导向能力下降。也可以利用工程上很成熟的 PID 算法进行控制。由于系统的

快速性要求,积分环节被排除在外,PD 系数的大小可以在系统调试时具体定出,但是橡皮绳的非线性力学特性和加速滑车的单向力传递特性会使 PD 算法的效果大大下降^[5]。

为了提高控制的精度,控制器首先在算法上实现了对滚动阻力的预测和补偿。这里的滚动阻力是广义的,包含汽车运动过程中坡度阻力、风阻和滚阻等所有的阻力。滚动阻力的干扰是影响系统的控制精度的重要因素,若控制器能够计算和预测出滚动阻力的大小,将大大提高系统的控制精度。

被测车辆的受力分析为:

$$M_c \times a = F_t - F_z$$

其中, M_c ——被测车辆的等效平动质量;

a ——被测车辆的加速度,可以由位移经过两次微分得到;

F_t ——推动被测车辆的力,可以由力传感器测出;

F_z ——滚动阻力。

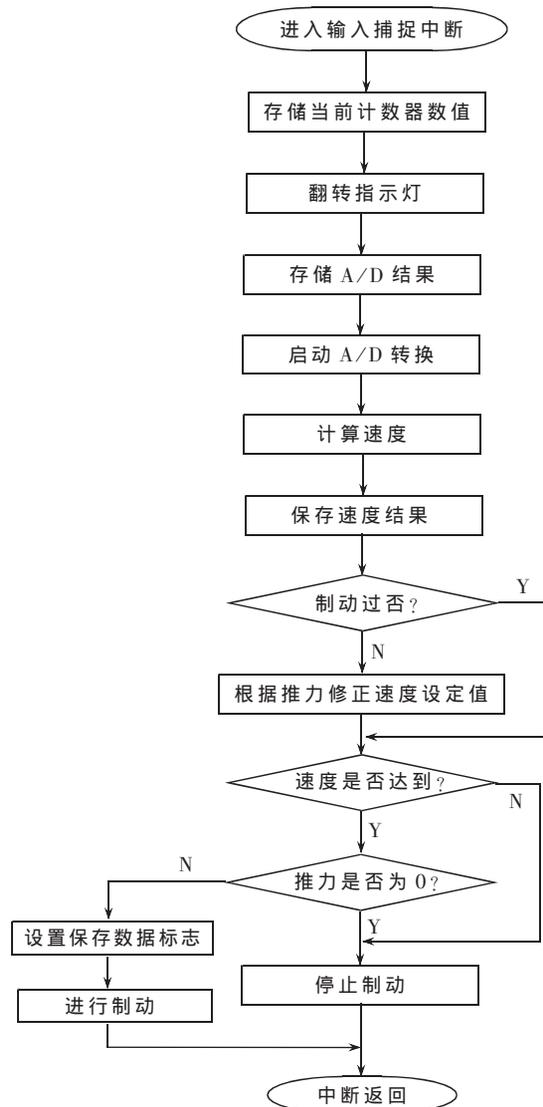


图 6 控制算法实现框图

一种基于反馈的信元交换控制系统

武汉华中科技大学激光技术国家重点实验室(430074) 汪浩然 曹明翠 吴江东 罗志祥

摘要: 一种基于反馈的信元交换控制系统的设计与 FPGA 电路的实现,该系统采用反馈机制,通过引入较小的硬件开销和时间开销,使系统丢失率达到 10^{-9} 量级,从而与通信链路(光纤)中的丢失率相匹配。高度并行的寻径方式有效降低了对硬件电路的速率要求。

关键词: 交换结构 寻径 反馈 丢失率

大容量、低阻塞的交换机(路由器)一直是通信领域中所期望的。文献[1]、[2]基于广义 Knockout 原理和“滚动”(rolling)技术提出了一种可扩展的分组 Crossbar 交换网络,其信元丢失率可达 10^{-7} 左右。但在 IP 网络中,数字终端的误码率低于 10^{-12} 量级,传输链路(光纤)的误码率达到 10^{-9} ,为了使交换机不成为带宽瓶颈,要求其丢失率与传输链路匹配。本文给出了一种基于反馈的分组 Crossbar 交换结构,其丢失率可达 10^{-9} [3],并给出了其控制系统的具体电路设计。

1 信元交换结构

本文采用一种带反馈的可扩展分组 Crossbar 交换网络,如图 1 所示(以 128 端口为例)。分组 Crossbar 交换网络采用若干小 Crossbar 交换矩阵构成大规模的交换网络,具有良好的可扩展性。本交换结构由

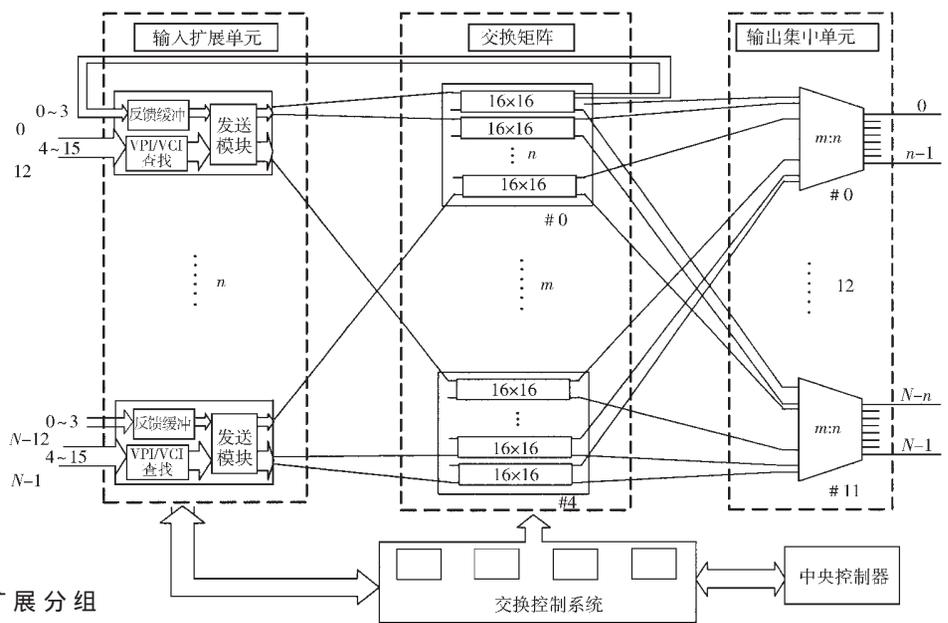


图 1 交换系统结构

输入扩展单元、交换矩阵、输出集中单元及交换控制系统

(接上页)

由上面的公式可以看出,滚动阻力 F_r 可以计算得到。这样就可以推算出被测车辆在无动力状态下离开加速滑车后的速度降低率,由此提高设定的速度后,得到的速度就会更加精确,有效地抑制了滚动阻力对车速控制的干扰。

为了解决加速滑车与被测车辆间的单向连接引起的非线性特性问题,应限制在加速过程中加速滑车与被测车辆间的间距。控制算法在制动的过程中发现推力传感器推力为零时就停止制动过程,使加速滑车加速至与被测车辆接触。若速度仍然高于设定速度则再进行刹车,这样就保证在大的速度闭环需要动力对被测车辆进行加速时,加速滑车由于与被测车辆间距很小而迅速对

被测车辆进行加速,保证了外面大闭环算法的有效性。算法的实现框图见图 6。

参考文献

- 1 杜汇良.汽车碰撞试验台的特性研究和碰撞速度控制:[硕士学位论文].北京:清华大学汽车工程系,2001
- 2 王刚.灯光照明机构设计和速度控制系统初步设计:[硕士学位论文].北京:清华大学汽车工程系,1999
- 3 张维刚.汽车碰撞弹射速度计算控制的研究:[硕士学位论文].北京:清华大学汽车工程系,1998
- 4 黄世霖,张金换,王晓冬.汽车碰撞与安全.北京:清华大学出版社,2000
- 5 戴忠达.自动控制理论基础.北京:清华大学出版社,1991
- 6 MC68HC711E9 Technical Data. MOTOROLA INC., 1991

(收稿日期:2002-01-30)