

基于 LabVIEW 的汽车动力性能测试系统研究^{*}

王 丽 郭红霞

(榆林学院 榆林 719000)

摘 要:设计的测试系统相较于传统的检测仪器而言,具有携带方便、易于修改等明显的优势,是未来研究汽车性能的重要手段。以 LabVIEW 软件为实验测试平台,配以传感器、数据采集卡、数据保持卡等硬件设备,完成了汽车实时车速、最大车速、百公里加速时间以及制动距离的分析和显示,由此建立了汽车动力性能检测系统。经过反复试验,系统性能稳定,并且能够及时准确地反应测试结果,具有较高的应用价值。

关键词:实时车速;最大车速;百公里加速;LabVIEW

中图分类号: TP311.1/TN06 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.40

Research on automobile dynamic performance test system based on LabVIEW

Wang Li Guo Hongxia

(Yulin University, Yulin 719000, China)

Abstract: Compared with the traditional detection instruments, the test system of the paper has obvious advantages such as easy to carry and easy to modify. It is based on the LabVIEW software and hardware card with sensor, data acquisition card, data maintaining. The paper completes the real-time auto speed, maximum speed, 100 kilometers acceleration time and braking distance analysis and display, the automobile dynamic performance test system is established. After repeated tests, the system performance is stable, and can timely and accurately response test results, and it has high application value.

Keywords: real time vehicle speed; maximum speed; one hundred kilometers acceleration; LabVIEW

1 引 言

汽车动力性能是汽车的基本使用性能,所以有效地对汽车动力性能进行测量,并对测量结果进行分析处理,使其具有更高的实用性和经济效益变得尤为重要。但是在车辆动力性能设计过程中,传统的设计方式无法实现性能设计与性能试验的同步进行,往往要先做出系统,再在实验台上进行测试,验证系统效能,这种方法费时费力。由于传统的检测仪器在出厂之前已设定好,只能实现一些已经定义好的功能,如果对系统设计做改变或改进非常麻烦,改进的结果也不能立刻试验显示,而且测试系统造价高昂、维护不便。所以依靠传统的检测手段检测汽车性能已难以满足需要。为了提高测试效率、降低测试成本,适应在快速性、准确性、数据分析以及现场实用性等方面日

益提高的测试要求,运用虚拟仪器技术构成的测试系统便应运而生。它帮助设计人员快速高效地对设计系统进行改进,并且改进结果可立即试验得出。因此便可结合 NI 公司的软、硬件构建汽车动力性测试系统。该系统具有携带方便、分析性强的特点,LabVIEW 设计界面的人性化,能够最大限度地发挥虚拟仪器在数据采集、数据检测分析和结果输出显示的强大功能,实现对相关信号和数据的分析处理^[1-2]。

2 测试系统原理

2.1 实时车速

汽车的实时车速是指汽车运行时的当前瞬时车速,可直接由速度传感器采集速度信号获得,本文采用 OES-II 非接触速度传感器^[3],如图 1 所示。

收稿日期:2016-12

^{*} 基金项目:榆林学院能源工程学院校级教改项目、榆林市科技局市级项目(2015CXY-22-03)资助

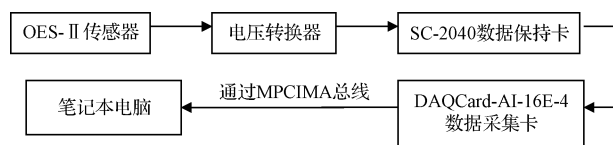


图1 测试系统

2.2 最高车速及百公里加速时间检测原理

汽车的动力性能是由汽车的纵向受力所决定的,确定汽车的行驶驱动力-行驶阻力平衡方程就可以利用受力关系确定汽车的最高车速和百公里加速时间。

汽车的行驶方程为:

$$F_t = F_w + F_f + F_j + F_i \quad (1)$$

或为:

$$\frac{T_{q_i} i_g i_0 \eta_T}{r} = Gf + \frac{C_D A u_a^2}{21.15} + Gi + \delta m \frac{du_a}{dt} \quad (2)$$

式中: F_t 、 F_f 、 F_w 、 F_i 、 F_j 分别为驱动力、空气阻力、滚动阻力、加速阻力和坡度阻力; T_{q_i} 为发动机转矩; i_g 、 i_0 为传动比、主减速比; r 为车轮半径; η_T 为传动系的传动效率; f 为汽车滚动阻力系数; G 为整车重力; A 为迎风面积; C_D 为空气阻力系数; i 为道路坡度; u_a 为汽车行驶车速; du_a/dt 为行驶加速度; δ 为汽车旋转质量换算系数; m 为整车质量。

2.2.1 最高车速计算

根据汽车的行驶方程式(1),假定汽车行驶在良好的水平路面上,则驱动力与所有行驶阻力达到平衡时汽车具有的稳定行驶车速即为其最高车速。驱动力 F_t 曲线与行驶阻力 $F_f + F_w$ 曲线的交点对应的速度即为汽车理论上能达到的最高车速。则式(2)变为^[4]:

$$\frac{T_{q_i} i_g i_0 \eta_T}{r} = Gf + \frac{C_D A u_a^2}{21.15} \quad (3)$$

$$u_a = 0.377 \frac{r \cdot n}{i_g i_0} \quad (4)$$

用 LabVIEW 软件编程,根据汽车每一档的发动机最大转速不同,每一档从最低转速慢慢增至该档的最大转速,看是否满足式(3),若满足,则此时的车速即为该档最大车速,若不满足,则达到该档发动机最大转速时的车速即为该档的最大车速。比较每一档所得的最高车速,则可得汽车行驶中所能达到的最大车速。

2.2.2 百公里加速时间计算

汽车的加速时间是用来评价汽车的加速能力的。根据汽车的行驶方程可得加速阻力为:

$$F_j = \delta m \frac{du_a}{dt} = F_t - F_f - F_w \quad (5)$$

根据式(5)可得汽车从某一车速 u_1 加速到另一车速 u_2 的时间为:

$$T = \int_{u_1}^{u_2} \frac{\delta m}{F_t - F_f - F_w} du \quad (6)$$

查阅汽车理论知识可知,在汽车转动惯量位置的情况

下,式中的 δ 可由研究中的经验公式 $\delta = 1 + \delta_1 + \delta_2 \cdot i_g^2$ 求得,通常情况下有, $\delta_1 \approx \delta_2 = 0.03 \sim 0.05$, 在本仿真系统中取 $\delta_1 = \delta_2 = 0.04$, 则根据式(6)可计算出汽车由 0 加速到百公里的加速时间^[5]。

2.3 汽车制动距离的计算

ABS 汽车在水平路面上进行紧急制动时,根据能量守恒原理,路面摩擦阻力在制动力增加阶段和制动力持续阶段所做的功等于汽车在紧急制动前所具有的动能。

1)在制动力增加阶段 t_1 时间内,汽车所受到的路面摩擦阻力 $F_1 = mg\varphi t/t_1$ 随着制动脚力的增加,由 0 逐渐增至最大 $mg\varphi$, 汽车行驶速度则从 v_0 减小到 v_1 , 其平均摩擦阻力 $\overline{F_1}$ 、瞬时制动减速度 a_1 、制动力增加阶段末速度 v_1 、能量守恒方程式 $\overline{F_1} S_1$ 与制动距离 S_1 分别如下^[6]:

$$\overline{F_1} = \frac{1}{t_1} \int_0^{t_1} \frac{mg\varphi t}{t_1} dt = \frac{1}{2} mg\varphi \quad (7)$$

$$a_1 = F_1/m = g\varphi/t_1 t \quad (8)$$

$$v_1 = v_0 - \int_0^{t_1} \frac{g\varphi}{t_1} dt = v_0 - \frac{1}{2} g\varphi t_1 \quad (9)$$

$$\overline{F_1} S_1 = mg\varphi S_1/2 = mv_0^2/2 - mv_1^2/2 \quad (10)$$

$$S_1 = (v_0^2 - v_1^2)/g\varphi \quad (11)$$

式中: m 为汽车总质量, kg; $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ 为重力加速度; v_0 为汽车制动初速度, m/s。

2)在制动力持续阶段 t_2 时间内:汽车所受的路面摩擦阻力 $F_2 = mg\varphi$ 继续保持不变;汽车的速度由 v_1 减慢至 0; 其能量守恒方程 $F_2 S_2$ 与制动距离 S_2 分别为:

$$F_2 S_2 = mg\varphi S_2 = mv_1^2/2 \quad (12)$$

$$S_2 = v_1^2/2g\varphi \quad (13)$$

将 S_1 和 S_2 相加得到最终的制动距离为:

$$S = \frac{1}{2g\varphi} v_0^2 + \frac{1}{2} t_1 v_0 - \frac{1}{8} g\varphi t_1^2 \quad (14)$$

通常情况下, $t_1 < 1 \text{ s}$, 并且舍去很小的二次微量项, 车速 v_0 以 km/h 为单位, 则上式的平路总制动距离 S (m) 可写为:

$$S = 0.00394 v_0^2 / \varphi + 0.139 t_1 v_0 \quad (15)$$

式中: φ 为路面阻力系数, 计算式按持续制动阶段的实际滑动率选取。 φ 值的选取与滑动率的关系如表 1 所示。

表1 φ 与滑动率的关系

滑动率范围	φ
$>20\%$	滑动附着系数 φ_s
$15\% \sim 20\%$	峰值附着系数 φ_p
$<15\%$	$< \varphi_s$

表 2 为各种路面上的平均附着系数,供参考。本系统选用沥青或混凝土(干)、沥青(湿)、雪(压实)、冰 4 种情况为测试条件。

表2 轮胎在各种路面上的平均附着系数

路面	峰值附着系数 φ_P	滑动附着系数 φ_S
沥青或混凝土(干)	0.8~0.9	0.75
沥青(湿)	0.5~0.7	0.45~0.6
混凝土(湿)	0.8	0.7
砾石	0.6	0.55
土路(干)	0.68	0.65
土路(湿)	0.55	0.4~0.5
雪(压紧)	0.2	0.15
冰	0.1	0.07

3 LabVIEW 测试系统设计

3.1 实时车速采集模块

实时车速的采集是由 OES-II 非接触测长测速传感器来完成的,由于该传感器的输出信号是模拟信号,而要用计算机处理信号时必须为数字信号,因此需要信号调理装置来进行数据保持以及数模转换。信号调理装置主要用到 SC-2040 数据保持卡和 DAQcard-AI-16E-4(NI-6041E) 数据采集卡^[7]。根据设定的采样频率以及采样点数来决定采集到的数据是否要送至 LabVIEW 软件进行数据处理。如若满足,则送至 LabVIEW 处理,若不满足,则返回继续进行数据的判断、选择。其流程如图 2 所示。

速度计算的设计方案:首先根据车速确定恰当的采样频率,其次由该采样频率来确定采样点数的数值,这样每一次采样的速度计算出的数值可以合理可信。第一步,提取一次采样的数据出来并且进行运算,为了便于运算和理解,该运算的计数基值取该采样数据的均值;第二步,由于

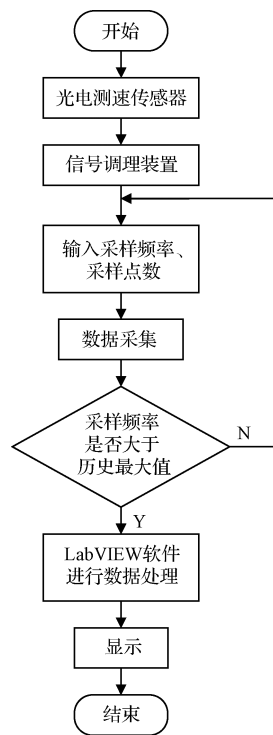


图2 车速采集模块流程

此次设定使用的采样时间相当短,可以近似地把汽车的瞬时速度取成该时刻采样的车速;最后,通过采样时间、采集到的脉冲个数、该次采样距离以及非接触式传感器灵敏度来确定每一次采样该汽车的行驶速度 $V^{[8]}$ 。

$$V = 3600CN/t;$$

式中: V 为当前车速, C 为速度传感器灵敏度系数, N 为本次采样脉冲个数, t 为各采样段内的时间长度。

速度采集计算的程序如图 3 所示。

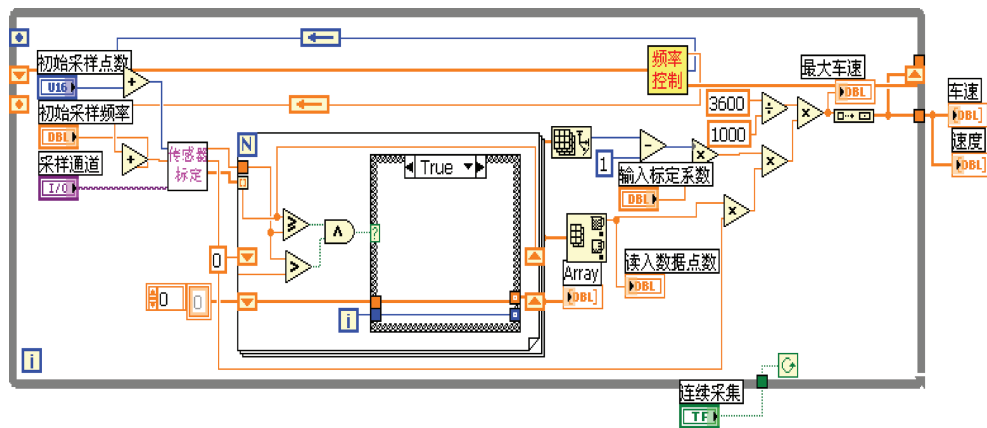


图3 速度计算流程

3.2 最高车速模块

该模块通过理论研究仿真,对汽车的最高车速进行了仿真研究。该模块需要从前面板输入相应的汽车参数,然后求出汽车各档的驱动力曲线和行驶阻力曲线,再求两种

曲线的交点,最后便得到汽车的最高车速,进行输出显示即可。该模块的程序框图如图 4 所示。

本检测系统假设汽车在水平良好路面上行驶,则汽车驱动力 F_t 曲线与行驶阻力 $F_f + F_w$ 曲线的交点所对应的

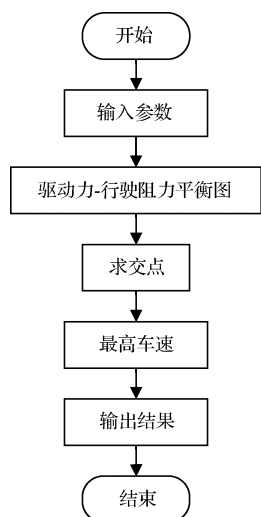
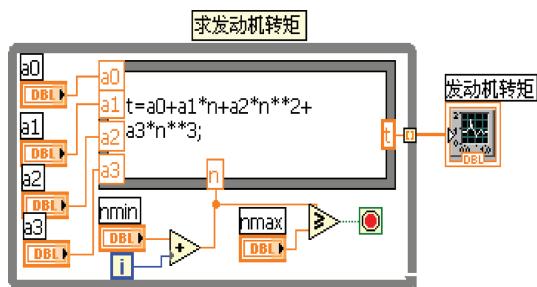


图4 最高车速计算流程

车速即为最高车速点。可根据式(3)编程,完成汽车驱动力-行驶阻力平衡图,求出汽车的最高车速。前面板应输入的参数有:发动机转矩 T_{eq} 的拟合系数 a_0 、 a_1 、 a_2 、 a_3 、各档位传动比 $i_{g1} \sim i_{g4}$ 、主减速比 i_0 、传动系的传动效率 η_T 、车轮半径 r 、整车重力 G 、汽车滚动阻力系数 f 、空气阻力系数 C_D 、迎风面积 A 、实时车速 u_a 。由以上参数作出汽车驱动力-行驶阻力平衡图。

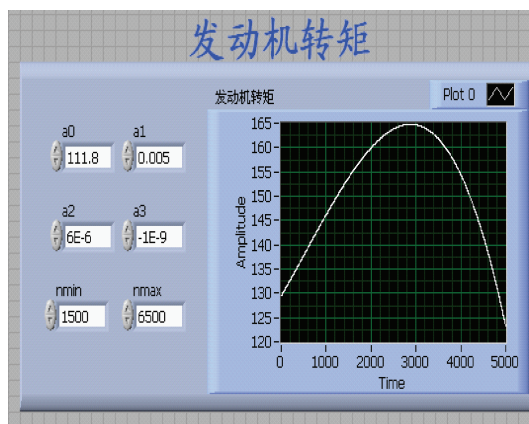
通常情况下,发动机的转矩不能直接得到,需要进行处理才可以。发动机的外特性参数在进行拟合时,需要将转速、转矩在 XY 坐标图中进行绘制,然后添加一条趋势线,在本测试系统中选择拟合的阶数为三阶,由此可得: $T_{eq} = a_0 + a_1 \cdot n + a_2 \cdot n^2 + a_3 \cdot n^3$,从而得到发动机转矩的4个拟合系数 a_0 、 a_1 、 a_2 、 a_3 。根据拟合系数求发动机转矩的程序流程如图5所示。

图5 求发动机转矩 T_{eq} 的流程

该程序中用到了公式节点和 while 循环结构体。公式节点用来求取发动机的转矩,而 while 循环控制计算的起止,具体是由发动机的最大转矩和最小转矩来控制的^[9]。

将发动机拟合参数以及最大、最小转速从前面板输入后,点击程序运行按钮,后面板的程序以数据流的形式运行,得到发动机转矩曲线。该发动机转矩是由其转速控制

的,图6所示为转速从1500逐渐增至6500 r/min过程中,发动机转矩 T_{eq} 的变化。

图6 发动机转矩 T_{eq} 的前面板显示

在绘制汽车驱动力-行驶阻力平衡图之前,需要先求出汽车的行驶阻力,最后再与各档位的驱动力绘制在同一坐标图中。求取汽车行驶阻力的程序框如图7所示。该图中用到表达式节点、for 循环结构以及 bundle 函数。因汽车的最高车速不可能超过250 km/h,故在for循环中,设置的循环范围是0~249,共进行250次循环。



图7 汽车的行驶阻力流程

根据图7的汽车行驶阻力流程图,则可得到汽车车速从0增至250 km/h的汽车阻力曲线,如图8所示。从图中可以看出,汽车的行驶速度越快,其行驶阻力也就越大,但是其增幅相对来说是比较缓慢的。

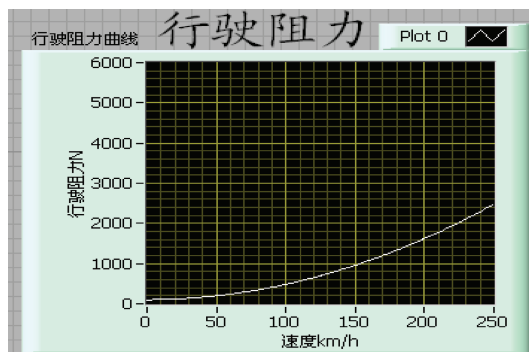


图8 汽车行驶阻力前面板显示

求出汽车的行驶阻力后,就要根据发动机转矩、各档传动比、主减速比、传动效率、轮胎半径来求各档位的驱动力以及相应时刻的汽车行驶速度。在该部分的程序框图中也用到了for循环结构,用来控制驱动力及速度的计

算。该 for 循环结构中用来控制结构的。N 为汽车的最大转速与最小转速之差,而循环计数的 i 则用来与汽车发动机最小转速相加,从而使得 for 循环从最小转速开始,以每次递增 1 转的速度慢慢增至最大转速。该程序框图中另外还用到了公式节点和建立数组的函数。其程序设计如图 9 所示。

根据前面板输入的各汽车参数,程序运行后便可得到

汽车的驱动力曲线,如图 10 所示。从图中可知,汽车的驱动力随档位的提升,一档比一档低一个等级。一档时的汽车驱动力最大,四档的驱动力最小。因此,一档适合在爬坡或者颠簸的路面上行驶时选择,而四档适合在汽车高速运行时选择,并且一档无法达到某一较高的速度。由此可以预测,汽车在达到最大速度时,档位必须选择在四档。

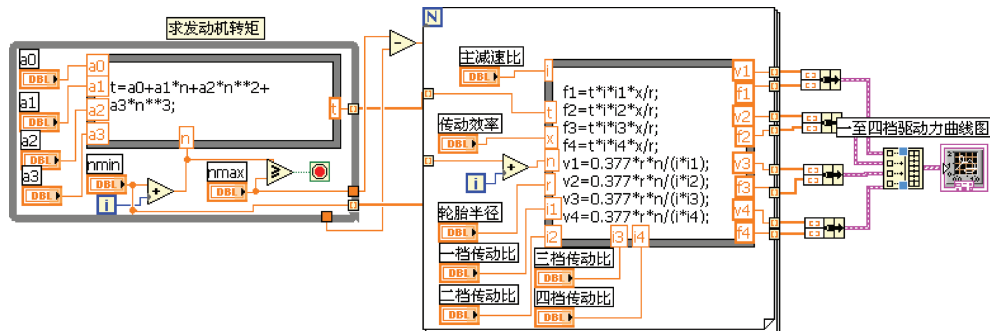


图 9 汽车驱动力程序流程

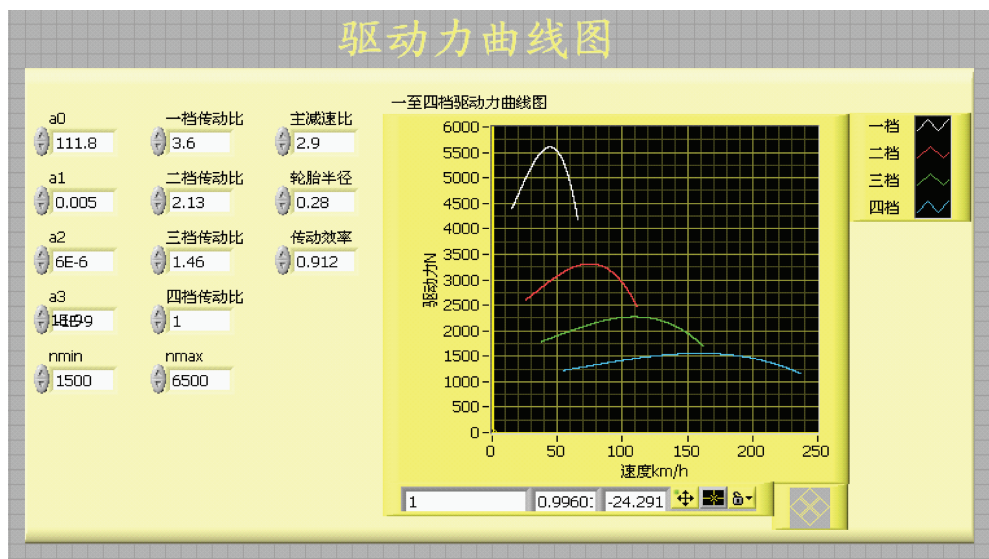


图 10 汽车驱动力曲线前面板显示

3.3 加速时间模块

根据汽车的行驶方程可以得知,汽车在水平良好路面上行驶时,汽车受到坡度阻力,因此可先计算出加速度倒数,然后再对其积分便可得汽车从某一车速加速至另一车速的加速时间。求加速时间的系统框图如图 11 所示。

图 12 所示为汽车的加速度倒数计算程序。图中先计算出行驶速度,以及对应的驱动力,然后根据式(5)得出的加速度倒数方程,在下面的公式节点中编程计算出及速度倒数,并与速度同时显示,得到加速度倒数曲线图。

加速度倒数曲线在程序运行后即可显示,如图 13 所示。根据得到的加速度倒数曲线可知,高档位比低档位的加速度倒数大,因此,从同一速度加速到另一相同速度时,

高档位的加速时间比低档位的加速时间短^[10]。另外,如果想要以最短的时间从某一速度加速至另一速度,就需要在最佳的换挡时机换挡。例如,汽车从 0 加速至 100 km/h 的过程,汽车需要在一档起步,加速至 25 km/h 时换至二档,在二档加速至 40 km/h 时换至三档,然后在三档加速至 55 km/h 是换至四档,最后以四档加速至 100 km/h,这样便可得到最短的加速时间。

图 14 为二档加速时间求取的程序框图。该部分主要是直接对二档的加速度倒数进行积分。再根据前面板输入的初始速度和最终速度来确定汽车的加速时间。

根据前面板的输入可知,汽车从 30 加速至 80 km/h 的加速时间为 49.81 s-22.18 s=27.63 s。若需要计算其他

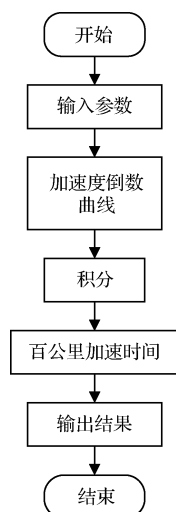


图 11 加速时间计算流程

的加速时间,则可调整前面板初始车速和预期车速的大小,来得出相应的加速时间。

3.4 制动距离模块

汽车的制动距离主要是由汽车的制动力增加阶段和制动力持续阶段所走过的路程之和决定的。本文假设汽车的制动系为液压制动系,其制动力增加阶段的时间为0.15~0.2 s,取其平均值0.175 s。求制动距离的流程如图16所示。

汽车的制动距离可由式(14)计算得来。前面板的输入控件主要有:汽车的实时车速 v_0 、路面选择、滑动率选择以及汽车的制动力增加阶段时间 t_1 。求制动距离程序流程如图17所示。

在前面板输入制动距离的测试条件,运行后可得在某一车速下汽车的制动距离。如图所示,得到的结果是,当滑动率 $>20\%$,路面为雪(压实),车速为30 km/h是,汽车

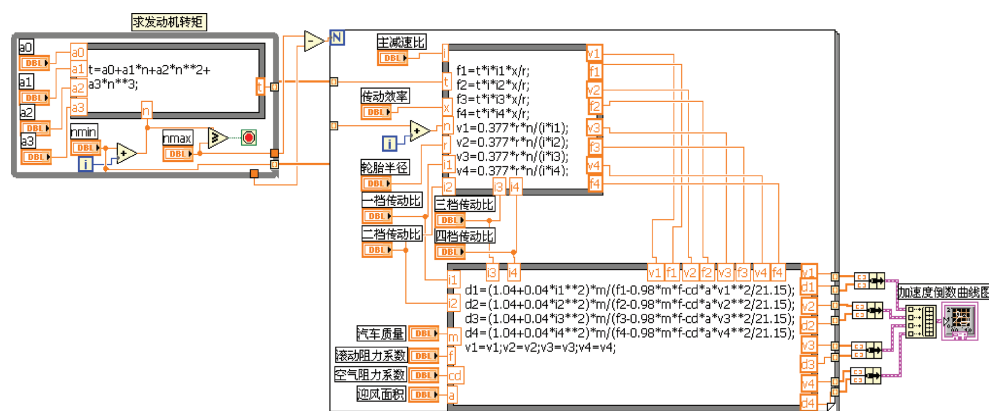


图 12 加速度倒数曲线流程

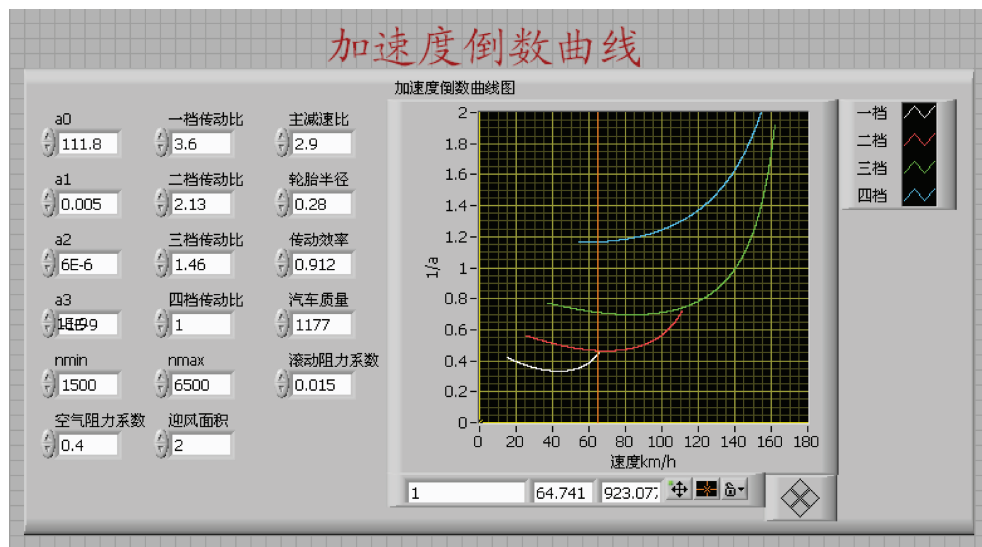


图 13 加速度倒数曲线前面板显示

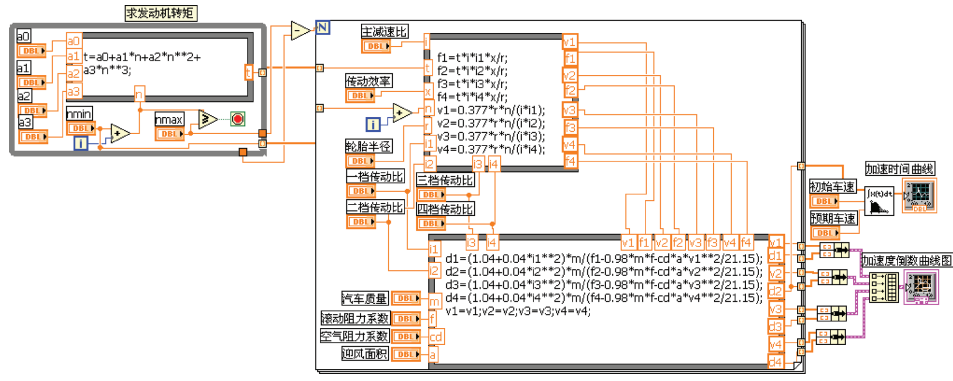


图 14 加速时间程序流程

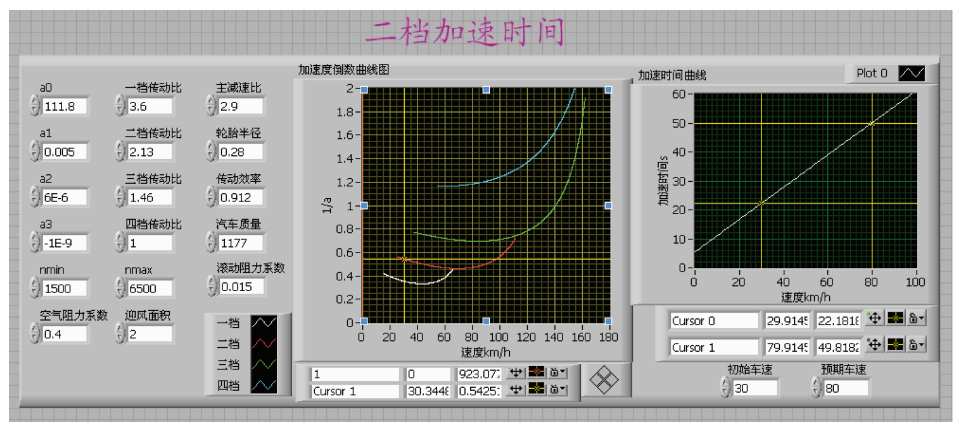


图 15 加速时间前面板显示

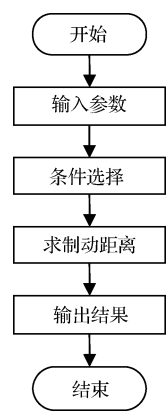


图 16 流程

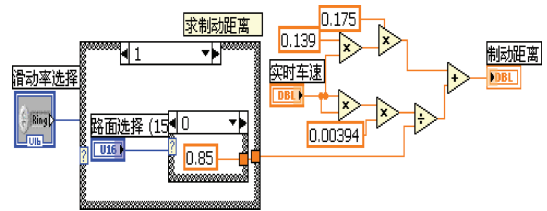


图 17 汽车制动距离程序流程

的制动距离为 24.37 m。所以就要提醒司机要在不同的路面上选择对应的安全行驶速度,以免造成事故。

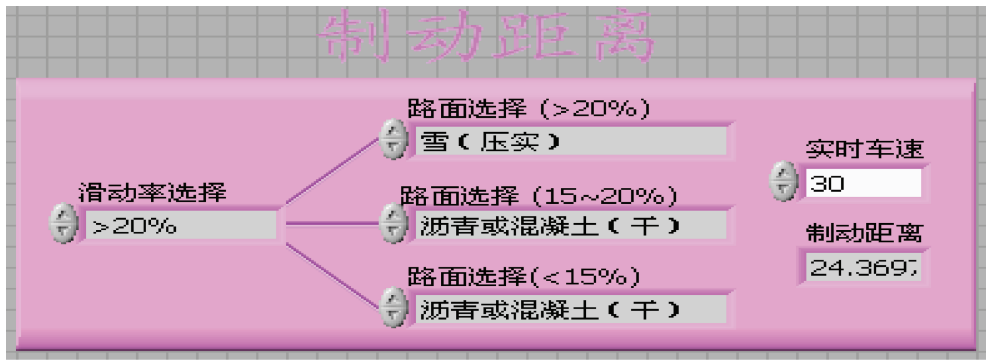


图 18 汽车制动距离前面板显示

4 结 论

虚拟仪器技术与汽车检测技术的结合,具有极大的发展空间。汽车测试手段不断向多量化、高精度、高效率 and 自动化方向发展。而基于虚拟仪器的各种测试系统也在不断提出并在积极应用和完善当中。技术分析和实际应用的结果表明,相对于传统仪器而言,虚拟仪器测试系统更能适应不断快速发展的汽车测试要求,同时也必将促进整个汽车行业的测试技术的发展。虚拟仪器构成的汽车测试系统在汽车测试领域的发展前景会更加广阔,它必将成为汽车工程师们的重要测试手段。

参 考 文 献

- [1] 赵海宾. 基于 LabVIEW 的汽车动力性测试系统[J]. 河北交通科技, 2010, 7(1): 51-54.
- [2] 李红刚, 张素萍. 基于单片机和 LabVIEW 的多路数据采集系统设计[J]. 国外电子测量技术, 2014, 33(4): 62-66.
- [3] 王树东, 何明. LabVIEW 在数据采集系统中的应用研究[J]. 国外电子测量技术, 2014, 33(6): 103-106.

(上接第 36 页)

6 结 论

本文提出了基于遗传算法的正交多相码设计,可以应用于 MIMO 背景下的雷达正交信号设计。该设计方法借助 Hadamard 矩阵的严格正交性,构造了一个满足要求的正交四相码矩阵,选定初始序列后,利用遗传算法进行码序列的优化。但是正交相位编码本身对多普勒比较敏感,因此在设计接收机时要做相应的处理设计,并且用该方法设计出的信号组只是一个较优解,并不是最优解,因此该算法仍需要改进。

参 考 文 献

- [1] 邹广超. 雷达通信一体化设计的信号与处理方法研究[D]. 无锡: 江南大学, 2011.
- [2] 杨进, 邱兆坤, 黎湘, 等. 一种基于混沌序列的随机离散频率编码信号[J]. 电子与信息学报, 2011, 33(11): 2702-2708.
- [3] 刘波, 韩春林, 苗江宏. MIMO 雷达正交频分 LFM 信号设计及性能分析[J]. 电子科技大学学报, 2009, 38(1): 28-31.
- [4] 李晓明, 罗钊. 基于遗传算法的 MIMO 雷达正交编码信号波形优化[J]. 电子科技, 2011, 24(7):

- [4] 张黎, 蔡亮. 基于 LabVIEW 的虚拟信号发生器的设计与实现[J]. 国外电子测量技术, 2014, 33(1): 82-85.
- [5] 王树东, 何明. 基于 LabVIEW 高速采集系统方法的研究[J]. 电子测量技术, 2014, 37(7): 84-87.
- [6] 史志辉, 林君, 周逢道. 基于虚拟仪器的高准确度同步采集系统[J]. 中国测试, 2016, 42(2): 67-70.
- [7] 颜伏伍, 胡峰, 田邵鹏, 等. 汽车动力性仿真与灵敏度分许[J]. 汽车工程师, 2010(2): 26-29.
- [8] 王显军. LabVIEW 对串口采样测量数据的处理[J]. 电子测量技术, 2014, (37)3: 107-110.
- [9] 张文广, 周孙峰, 司利增. 基于 LabVIEW 的汽车动力性仿真研究[J]. 汽车实用技术, 2011(11-12): 31-34.
- [10] 耿振华. 基于 LabVIEW 的频谱分析系统研究[D]. 长春: 长春理工大学, 2013.

作 者 简 介

王丽, 2007 年于西安理工大学获得学士学位, 2010 年于西安理工大学获得硕士学位, 现为榆林学院讲师, 主要研究方向为测试计量技术及仪器。

E-mail: 278116312@qq.com

133-136.

- [5] 李军, 刘娜, 刘红明, 等. 一种基于 Walsh 矩阵的正交多相码设计方法[J]. 电波科学学报, 2013, 28(3): 175-181.
- [6] 刘波, 何子述. 基于遗传算法的正交多相码设计[J]. 电子测量与仪器学报, 2008, 22(2): 62-66.
- [7] 武传东, 薛善增. 矩阵 Hadamard 乘积的一些性质[J]. 盐城工学院学报: 自然科学版, 2007, 20(1): 27-28.
- [8] 王万江. Hadamard 矩阵的构造及其应用[D]. 天津: 天津工业大学, 2007.
- [9] 李明, 郝明. 基于混合遗传算法的正交相位编码波形设计[J]. 信息化研究, 2007, 33(10): 1-4.
- [10] 吕红芬, 宋万杰, 张子敬, 等. 基于遗传算法和贪心算法正交多相码设计[J]. 雷达科学与技术, 2010, 8(6): 543-548.

作 者 简 介

万莎莎, 1993 年出生, 硕士研究生在读, 主要研究方向为探测与对抗技术。

E-mail: wanshasha2004@163.com