



基于 VBOX 3i 数据采集系统的汽车道路试验设计与实践

郑 贤¹, 覃频频¹, 梁 策², 姚起宏¹, 韦超毅¹

(1. 广西大学 机械工程学院, 南宁 530004; 2. 广西大学 教务处, 南宁 530004)

摘要: 以农用基地通行道路作为试验场地, 以 VBOX 3i 数据采集系统及其相适应的传感器、数据转换模块作为测试软硬件, 通过合理的试验教学组织设计, 完成了汽车道路试验项目设计。3 届学生的试验实践证明所组建的试验设备能够满足测试的要求, 试验操作过程简单合理, 能充分调动学生的积极性和主观能动性, 有效地提高了学生独立解决专业实际问题的能力。

关键词: 汽车道路试验; VBOX 3i; 汽车性能试验; 试验项目设计

中图分类号: U467.1

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20230509

Design and Practice of the Automotive Road Test Based on the VBOX 3i Data Acquisition System

ZHENG Xian¹, QIN Pinpin¹, LIANG Ce², YAO Qihong¹, WEI Chaoyi¹

(1. School of Mechanical Engineering, Guangxi University, Nanning 530004, China;

2. Office of Academic Affairs, Guangxi University, Nanning 530004, China)

Abstract: Using the agricultural base road as the test site, the VBOX 3i data acquisition system and its corresponding sensors and data conversion modules as the testing software and hardware, the design of the automobile road test project was completed under a reasonable experimental teaching organization design. After three sessions of students' practice, the results show that the test equipment can meet the testing requirements, and the test operation process is simple and reasonable, which it can fully mobilize students' enthusiasm and subjective initiative, and effectively improve students' ability to independently solve practical professional problems.

Key words: automotive road testing; VBOX 3i; automotive performance testing; experimental project design

汽车道路试验包括汽车动力性能试验、汽车燃油经济性试验、汽车制动性能试验、汽车操纵稳定性试验和汽车平顺性能试验等项目^[1]。试验项目的开设, 对学生进一步加深和掌握车辆工程专业主干课程知识有着不可替代的作用, 也是培养学生动手能力、数据处理与分析能力和创新应用能力的重要手段。受限于硬件设备不足等因素, 高校汽车道路试验项目的开设主要以虚拟仿真试验为主^[2-6], 很少有道路实地试验的报道。在道路实地试验中, 学生面对的是真实的对象(包括试验车辆、测试仪器和测试环境等), 需要亲自对试验车辆和测量仪器设备进行安装、调试和校正

才能开展实地试验, 而且受试验环境影响, 即使在同样环境下重复同样的试验项目, 所获得的试验结果也不一样, 更能考验和提高学生有效提取试验数据以及分析数据差异原因的能力, 也因此更有助于提高学生解决工程实际问题的能力, 是虚拟仿真试验无法比拟的。

汽车道路试验项目实地试验的开展, 离不开测试场地、测试软硬件和试验教学方案设计的支持。测试场地的选择要满足测试标准, 但对于高校来说, 受限于人流和场地等因素, 校内的普通道路一般难以满足标准, 单独建设试验场地又存在前期投入经费高和使用率不高的问题。恰巧在

收稿日期: 2023-10-30

基金项目: 2021 年度广西高等教育本科教学改革工程项目(2021JGZ103)。

作者简介: 郑贤, 硕士, 工程师, 主要从事车辆工程专业的实验教学与管理。E-mail: 11400116@qq.com

汽车道路试验开设的前期, 学校农科新城正在规划建设, 车辆工程专业负责人瞄准农用基地地广人稀且有通行道路的特点, 将眼光锁定在利用农用基地通行道路进行汽车道路试验设想上, 并将规划要求提交到学校, 在建设农用基地通行道路时有意向汽车道路试验所要求的道路条件靠拢, 完成了测试场地的建设。测试软硬件可自行开发^[7-8], 也可以现有的数据采集系统为基础, 通过配备合适的传感器、数据转换模块来组建^[9-11]。相比而言, 以现有的数据采集系统为基础组建测试软硬件, 难度更低、可靠性更好。由于道路试验项目包括汽车动力性能试验、制动性能试验、汽车操纵稳定性性能试验和平顺性能试验等, 所以需要测量汽车的速度、加速度、制动距离、制动时间、制动踏板力、转向盘力矩、转向盘转角、横摆角速度、车身侧倾角和侧向加速度等参数。在现有的主流数据采集系统中, VBOX 3i 数据采集系统通过全球卫星定位系统 (global positioning system, GPS) 与惯性测量单元 (inertial measurement unit, IMU) 相结合, 以较高的精度记录速度、距离、加速度、制动距离、航向、偏

离角度、跑圈数、车辆位置和侧偏力等多个参数, 比较适合用于汽车性能测试, 并且对环境适应能力显著, 测试结果较为稳定^[9]。因此, 试验中选择 VBOX 3i 数据采集器作为基本测试单元, 通过选配与之相适应的传感器、数据转换模块, 以完成汽车道路试验测试软硬件的组建。试验教学方案设计上, 通过编制试验指导书、开展学生为主导的教学组织设计, 完成了试验项目的实施。经过车辆工程专业 3 届学生的实践, 证明所组建的试验设备能够满足测试的要求, 教学组织上能充分调动学生的积极性和主观能动性, 并有效地提高了学生独立解决专业实际问题的能力。

1 试验设备组建、工作原理和安装

1.1 试验设备的选用

以 Racelogic 公司的旗舰数据采集器 VBOX 3i 作为基本测试单元, 根据试验项目所需测试的参数、传感器电压等级和匹配程度, 外接与之相匹配的各类传感器以及数据转换模块, 完成试验设备的组建, 所选用的设备清单如表 1 所示。

表 1 汽车道路试验所选用的设备清单

序号	设备名称	厂家	设备型号	设备数量/个
①	数据采集器	Racelogic	Vb3i-v5	1
②	GPS天线	Racelogic	RLACS156	1
③	惯量传感器	Racelogic	RLVBIMU04	1
④	4参数多功能显示器	Racelogic	RLVBDSPO3	1
⑤	制动触发器	Racelogic	RLVBACS004	1
⑥	8通道模拟量输入模块	Racelogic	RLVBADC03	1
⑦	4通道频率输入模块	Racelogic	RLVBFIM03	1
⑧	方向盘测力计	SOHGOHKEISO综合计装	TR60-200N.m	1
⑨	踏板力计	HKM-Messtechnik	PKH 2.0 /HT 2.0	1
⑩	压力传感器	IMPRESS SENSORS&SYSTEMS	AS-250bar	2
⑪	坐垫传感器(3轴加速度计)	广州泽尔	ZR-890	2
⑫	IEPE信号调理器	广州泽尔	KT5210	1
⑬	轮速传感器	PEISELER	MT 100/e KFZ-RS	2
⑭	电源转换器	自制	自制	1
⑮	8通道模拟量转接盒	自制	自制	1
⑯	4通道模拟量转接盒	自制	自制	1
⑰	各类连接线	设备配送或自制	设备配送或自制	若干

1.2 试验设备的连接和工作原理

汽车道路试验设备的连接如图 1 所示(图中连线为连接线路), 工作原理如图 2 所示(实线为信号传递方向, 虚线为电源供给方向)。图中, 电源转换器为自制设备, 其电源取自汽车上的 12 V 铅

酸蓄电池, 用于将电源电压转成合适的电压等级, 同时给压电集成电路 (integrated electronics piezo-electric, IEPE) 信号调理器、转向盘信号调理器、VBOX 3i 数据采集器供电, 此外, 其上还设置有 4 个输入端口 I1、I2、I3、I4(分别连接到

左前轮轮速传感器、右后轮轮速传感器、左前轮压力传感器、右后轮压力传感器)和 4 个输出端口 O1、O2、O3、O4(分别连接到 FIM03 模块通道 1、通道 2 和 8 通道模拟量转换盒通道 8、通道 7)。如此连接,是为了将电源转换器的合适电压提供给轮速传感器或压力传感器并起到信号线相连的作用,以规范并减少现场接线。4 通道模拟量转接盒和 8 通道模拟量转接盒也是自制设备,分别用于将 VBOX 3i 数据采集器的 4 路模拟信号输入引脚和 8 通道模拟量输入模块 ADC03 的 8 路模拟信号输入引脚对外做规整化连接。8 通道模拟量输入模块 ADC03 和 4 通道频率输入模块 FIM03 都是 VBOX 3i 数据采集器的扩展模块,通过互联的 CAN 总线连接到 VBOX 3i 数据采集器,能将 8 路模拟输入信号和 4 路频率输入信号以 CAN 总线的方式输入到 VBOX 3i 数据采集器中。4 参数多功能显示器用于显示测试参数,通过互联的 CAN 总线连接到 VBOX 3i 数据采集器。GPS 天线用于接收 GPS 信号。惯量传感器 IMU04 用于测量加速度、航向、偏离角度等参数,与 4 通道模拟量转接盒共用一个插头连接到 VBOX 3i 数据采集器的 AIN 端口。制动触发器用于采集制动触发信号,通过线路连接到 VBOX

3i 数据采集器的 DIN 端口。方向盘测力计包括测力方向盘传感器和方向盘信号调理器,用于测量方向盘的扭力、转动角度和转动角速度,其中方向盘信号调理器根据方向盘扭力、转动角度和转动角速度的大小以模拟电压的方式通过 3 路独立的通道向外输出信号,并分别连接到 4 通道模拟量转接盒的第 1~第 3 输入通道。踏板力计包括踏板力计传感器和踏板力计手持终端,用于测量制动踏板的作用力,其中踏板力计手持终端采用内部电池供电,能够以数字的方式显示踏板力并将信号进行转换后以模拟电压的方式对外输出,其输出端连接到 4 通道模拟量转接盒的第 4 输入通道。两个轮速传感器(左前轮和右后轮)用于测量车轮转速,其转速信号线路分别与 4 通道频率输入模块 FIM03 的第 1 和第 2 通道相连。两个压力传感器(左前轮和右后轮制动油压传感器)用于测量制动油压,其油压信号线路分别与 8 通道模拟量转接盒的第 7 和第 8 通道相连。两个坐垫传感器(驾驶员和同侧乘客)是 3 轴加速度计,用于测量座椅振动加速度,其 3 轴加速度信号经过 IEPE 信号调理器处理后得到相应的模拟电压,分别连接到 8 通道模拟量转接盒的第 1~第 6 通道。

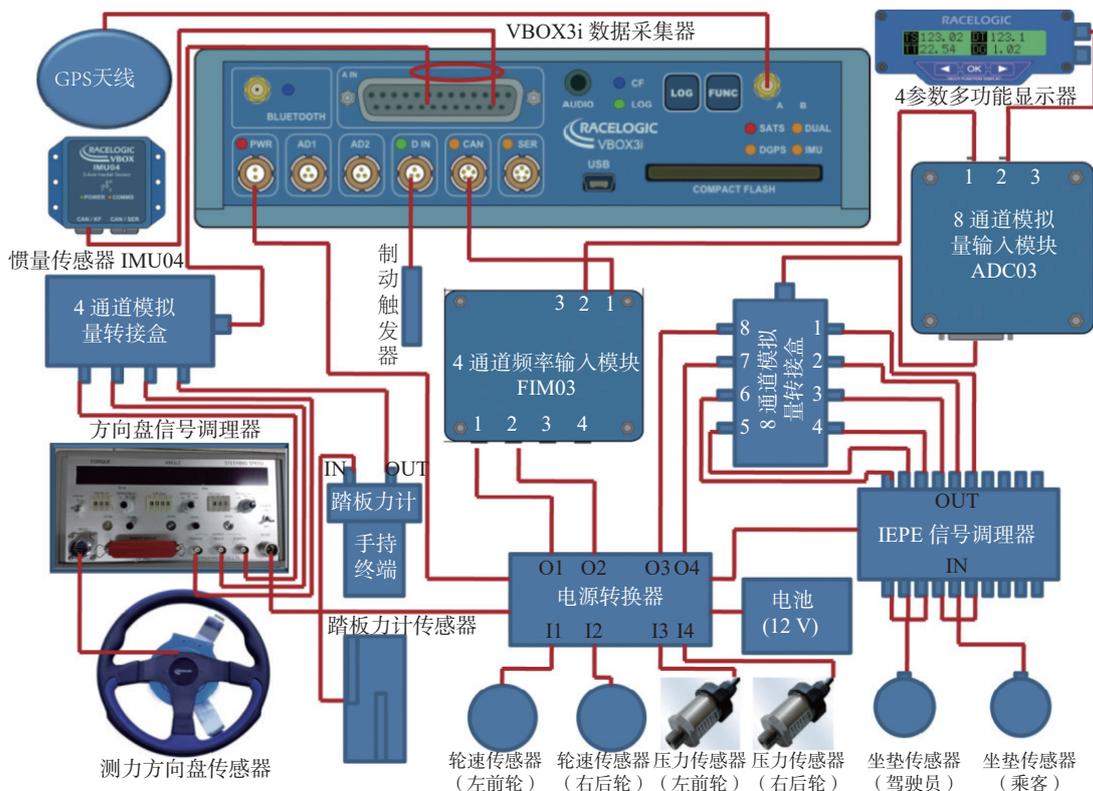


图 1 汽车道路试验设备连接图

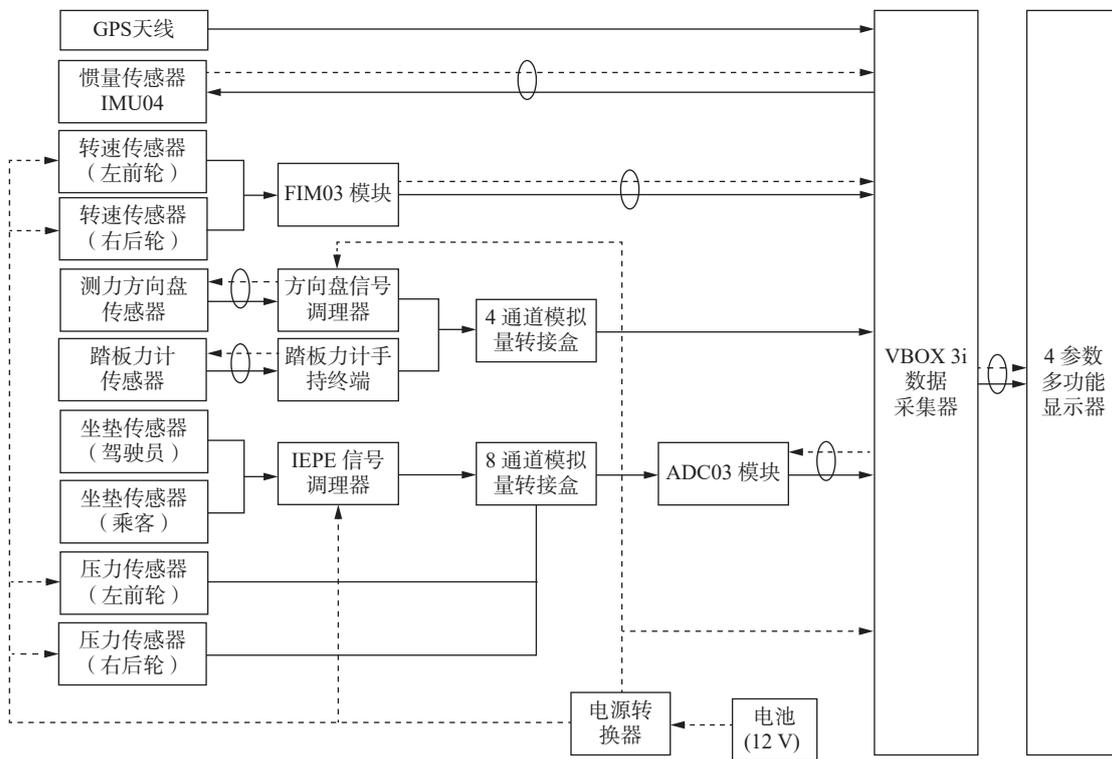
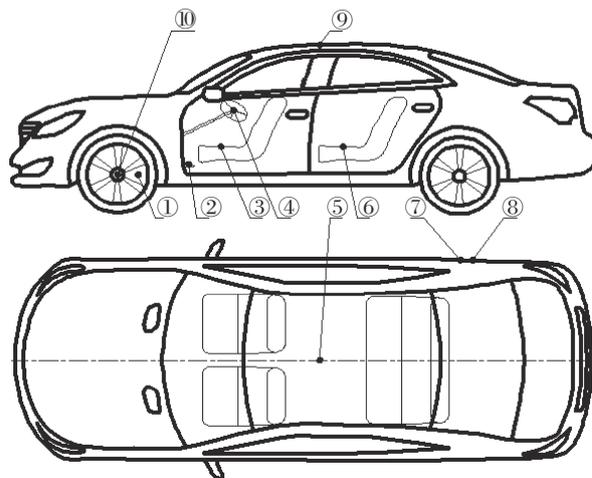


图 2 汽车道路试验设备的工作原理图

1.3 试验设备的安装和布置

传感器的安装和布置，应按照汽车道路试验的有关标准^[12-17]和仪器使用说明书进行布置。考虑到采集通道数有限，对于平顺性能试验，本试验并未完全按照 GB/T4970 的规定(即对于 M 类车辆，座椅上的测点位置有 3 个，分别是座椅坐垫上方、座椅靠背和脚支撑地板处)布置相应的传感器，而是采用两个坐垫传感器(3 轴加速度计)分别布置于驾驶员座椅和与驾驶员同侧的乘客座椅上。测试所用的各传感器的安装位置如图 3 所示。左前轮制动油压传感器和右后轮制动油压传感器分别安装在左前轮和右后轮制动作用缸的管路上。踏板力计传感器通过自带的弹性挂钩挂接在制动踏板上，制动触发器则通过缠绕带安装在踏板力计传感器上，安装细节如图 4(a)所示。测力方向盘传感器分为可动部分和固定部分，可动部分通过 3 个固定爪安装在方向盘上，固定部分则通过两个带真空吸盘的支撑杆固定连接到前挡风玻璃上，安装细节如图 4(b)所示。GPS 天线安装到车顶中心最高处，以避免部分卫星信号被汽车本身遮蔽。惯量传感器最好安装在 GPS 天线的正下方，且保证其 x 坐标指向汽车正前方同时处

于水平面上，安装细节如图 4(c)所示。左前轮轮速传感器和右后轮轮速传感器分别安装在左前轮和右后轮的轮毂中心，并通过带真空吸盘的固定支撑杆固定连接到车身上，安装细节如图 4(d)所示。



- ①—左前轮制动油压传感器；②—踏板力计传感器和制动触发器；③—驾驶员坐垫传感器；④—测力方向盘传感器；
- ⑤—惯量传感器；⑥—乘客坐垫传感器；⑦—右后轮制动油压传感器；⑧—右后轮轮速传感器；
- ⑨—GPS 天线；⑩—左前轮轮速传感器。

图 3 各传感器的安装位置示意图



图 4 主要传感器的安装细节图

2 试验项目的实施案例

汽车道路试验项目众多, 不同的项目所需测量数据和数据处理方法也不同, 在此, 以操纵稳定性试验中的蛇行试验为例说明汽车道路试验项目的设计与实施过程。

2.1 明确试验目标和测试参数

蛇行试验是评价汽车随动性、收敛性、方向操纵轻便性和事故可避免性等性能的一项试验, 在保证安全的前提下, 试验应以尽可能高的车速进行, 以考察汽车在接近侧滑或者侧翻工况下的操纵稳定性^[18]。试验时, 需要测量的参数包括方向盘转角、横摆角速度、侧倾角、通过有效标桩的时间和侧向加速度。

2.2 试验方法和步骤

2.2.1 所用传感器的安装与连接

要完成蛇行试验的参数测量, 需要使用惯量传感器 IMU04 测量横摆角速度、侧倾角、侧向加速度, 测力方向盘传感器测量方向盘转角, GPS 测量速度、位移和时间, 因此, 在设备的安装与连接中, 至少要保证惯量传感器 IMU04、GPS 天

线、测力方向盘传感器、方向盘信号调理器等按照图 1 的接线连接到 VBOX 3i 数据采集器上, 其余用不到的传感器(即非蛇行试验项目用到的传感器)是否连接到 VBOX 3i 数据采集器上则不受影响。

2.2.2 测试软件安装和参数设置

先在笔记本电脑上安装 VBOX 3i 数据采集器配套的两个软件, 即参数设置软件 VBOX SETUP 和数据查看与处理软件 VBOX TEST SUITE。然后使用 USB 数据线将笔记本电脑连接到 VBOX 3i 数据采集器, 打开 VBOX SETUP 软件, 进入参数设置页面。最后在参数设置页面, 对 VBOX 3i 数据采集器的自带模拟量输入通道、外接的模拟量输入模块 ADC03 通道、频率输入模块 FIM03 通道以及各自带模块进行设置。对模拟量通道(无论是 VBOX 3i 自带的还是外接的), 要设置好通道的名称、单位、比例、偏移量。对测量轮速的频率量通道, 除了要设置好通道的名称、单位、比例、偏移量外, 还需设置车轮的每转脉冲数和直径。每个设置完成后, 要同时勾选“Log to memory card”和“Send over serial”选项, 以便 VBOX 3i 数据采集器将数据保存到内存卡和通过 USB 数据

线发送到笔记本电脑。

2.2.3 所用传感器的校正

传感器经过出厂校正，其输出信号一般能按比例反映测量信号的大小，但在实际使用过程中，由于存在安装误差和使用环境变化等因素，传感器的初始输出信号或者满量程输出信号并不符合要求，因此，需要对传感器进行标定或者校正。

1) 测力方向盘传感器的校正

测力方向盘传感器与方向盘信号调理器相配合，能将方向盘的扭力、转角和角速度分通道地输出负满量程为-10 V、正满量程为+10 V 的电压信号。以测力方向盘的转角为例，如果输出不符合要求，则需要按以下 4 个步骤进行校正。

① 检查 VBOX 3i 数据采集器参数设置中的测力方向盘传感器转角比例是否正确。比例等于最大量程除以最大输出电压。由于转角行程范围为-1440°~1440°，输出到 VBOX 3i 数据采集器的电压范围为-10 V~10 V，则比例等于 1440/10=144。

② 将测力方向盘传感器回转初始位置(前轮摆正位置)，观测 VBOX 3i 数据采集器输出的转角是否为零。若不为零，则按一下清零按钮进行清零。

③ 方向盘信号调理器面板如图 5 所示。将校正开关拨向“+”一端，将测力方向盘传感器往右打满 4 圈(即向右旋转1440°)，观测 VBOX 3i 数据采集器输出的转角是否为 1440°。若不是，则用一字螺丝批旋转微调旋钮直至输出为 1440°。



图 5 方向盘信号调理器面板

④ 将图 5 中的校正开关拨向“-”一端，将测力方向盘传感器往左打满 4 圈(即向左旋转 1440°)，观测 VBOX 3i 数据采集器输出的转角是否为-1440°。若不是，则用一字螺丝批旋转微调旋钮直至输出为-1440°。

其余扭力和角速度的校正方法，依次类推。

2) 惯量传感器 IMU04 的校正

一般情况下，惯量传感器 IMU04 只能测量车辆的 3 轴加速度和角速度，为了使 VBOX 3i 数据采集器根据惯量传感器 IMU04 的信号测出车身角度信号，需要按以下 4 个步骤进行校正。

① 在 VBOX 3i 数据采集器参数设置中激活 IMU 的集成功能，输入惯量传感器 IMU04 距离 GPS 天线的 3 轴向的距离。惯量传感器 IMU04 距离 GPS 天线的 x 轴距离为 0.20 m，y 轴距离为 0.15 m，z 轴距离为 1.25 m，则分别输入 0.20、0.15、1.25 m，如图 6 所示。

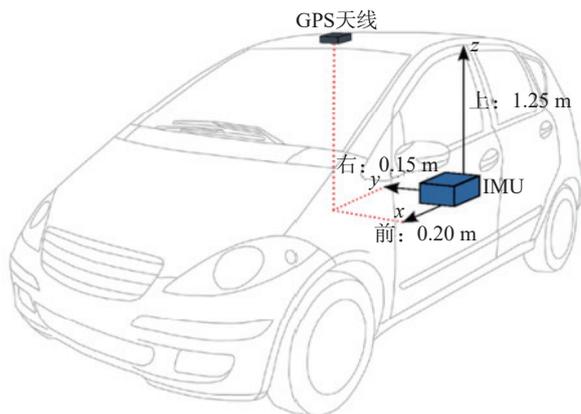


图 6 惯量传感器 IMU04 距离 GPS 天线的 3 轴向距离图

② 保证车辆的行驶速度超过 15 km/h，绕 8 字形行驶至少 2 圈，行驶半径至少 5 m，如图 7 所示。

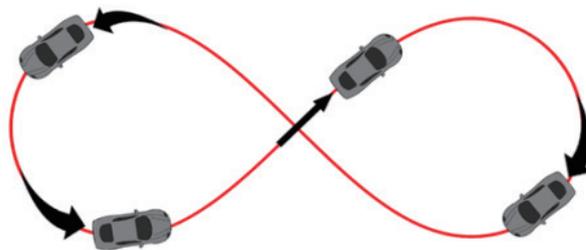


图 7 绕 8 字形行驶路线图

③ 以最快速度加速到 50 km/h 以上，然后以超过 0.5 g 的减速度至少制动 2 次。

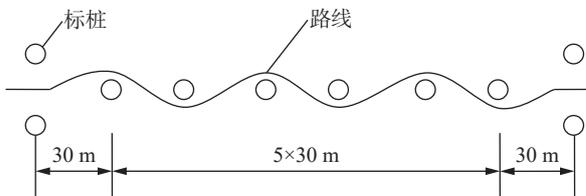


图 8 蛇行试验的标桩布置图

④ 将车辆停于平地上, 在 VBOX 3i 数据采集器参数设置中对车身角度和角速度清零。

2.2.4 道路试验现场布置与试验测试

如图 8 所示, 有 10 根标桩, 驾驶员按图示路线往返练习 5 次后, 先以接近基准车速 (65 km/h) 1/2 的稳定车速直线行驶, 进入试验路段之前开始记录各测量参数零线, 然后蛇行通过试验路段, 并记录各测量参数, 接着提高车速, 重复上述过程, 共进行 10 次。每次试验开始前按 VBOX 3i 数据采集器上的 Log 键开始记录数据, 试验结束后再次按 Log 键完成数据的记录。

2.3 试验数据处理

2.3.1 曲线平滑处理

试验测试结束后, 通过 VBOX 3i 数据采集器的配套软件 VBOX TEST SUITE 查看测试数据。从其中的曲线图可以看出, 受随机信号干扰和传感器本身的影响, 测试得到的曲线存在不少的稳态和瞬态干扰信号, 原始横摆角速度时间历程曲线如图 9 所示。在进行数据计算之前, 应先对数据进行平滑处理, 以消除干扰信号的影响, 平滑处理后的横摆角速度时间历程曲线如图 10 所示。

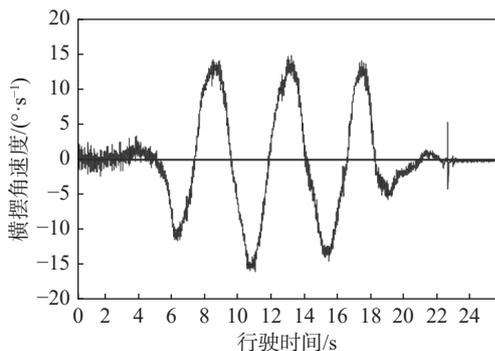


图 9 原始横摆角速度时间历程曲线图

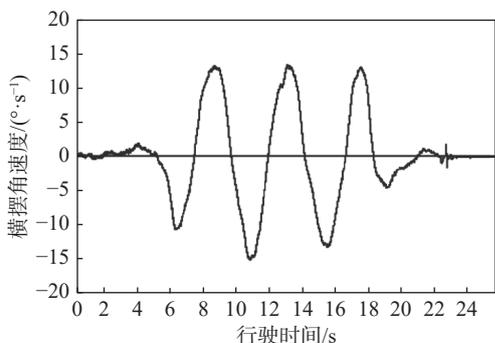


图 10 平滑处理后的横摆角速度时间历程曲线图

2.3.2 计算主要试验参数

得到平滑处理后的数据, 按照参考文献

[17-18] 的方法计算蛇行车速、平均横摆角速度、平均方向盘转角、平均车身倾角、平均侧向加速度。其中, 蛇行车速为试验车辆通过有效标桩区间直线距离的平均车速, 即:

$$v_i = 3.6 L(N-1)/t_i \quad (1)$$

式中: v_i 为第 i 次试验的蛇行车速, 单位 km/h; L 为标桩间距离, 单位 m; N 为有效标桩区起始至终止标桩数, $N=6$; t_i 为第 i 次试验通过有效标桩区的时间, 单位 s。

平均方向盘转角的计算公式为:

$$\bar{\theta}_i = \frac{1}{4} \sum_{n=1}^4 |\theta_n| \quad (2)$$

式中: $\bar{\theta}_i$ 为第 i 次试验平均方向盘转角, 单位($^{\circ}$); θ_n 为方向盘转角时间历程曲线峰值, 单位($^{\circ}$)。

平均横摆角速度的计算公式为:

$$\bar{r}_i = \frac{1}{4} \sum_{n=1}^4 |r_n| \quad (3)$$

式中: \bar{r}_i 为第 i 次试验平均横摆角速度, 单位($^{\circ}/s$); r_n 为横摆角速度的时间历程曲线峰值, 单位($^{\circ}/s$)。

平均车身侧倾角的计算公式为:

$$\bar{\Phi}_i = \frac{1}{4} \sum_{n=1}^4 |\Phi_n| \quad (4)$$

式中: $\bar{\Phi}_i$ 为第 i 次试验平均车身侧倾角, 单位($^{\circ}$); Φ_n 为车身侧倾角时间历程曲线峰值, 单位($^{\circ}$)。

平均侧向加速度的计算公式为:

$$\bar{a}_{yi} = \frac{1}{4} \sum_{n=1}^4 |a_{yn}| \quad (5)$$

式中: \bar{a}_{yi} 为第 i 次试验平均侧向加速度值, 单位 m/s^2 ; a_{yn} 为侧向加速度真实值时间历程曲线峰值, 单位 m/s^2 。其中, 对侧向加速度进行测量时, 其输出轴应与 y 轴对正或者平行, 如果加速度传感器随车身一起侧倾时应加以修正, 计算公式为:

$$a_y = \frac{a'_y - g \sin \Phi}{\cos \Phi} \quad (6)$$

式中: a_y 为真实的侧向加速度值, 单位 m/s^2 ; a'_y 为加速度传感器指示的侧向加速度值, 单位 m/s^2 ; g 为重力加速度, 取值为 $9.81 m/s^2$; Φ 为车身侧倾角, 单位($^{\circ}$)。

2.3.3 试验结果的计算

根据式(1)~式(5)计算每次试验的蛇行车速、

平均方向盘转角、平均横摆角速度、平均车身侧倾角、平均侧向加速度。由于蛇行试验的试验次数为 10 次, 对于每个测试参数(平均横摆角速度、平均方向盘转角、平均车身侧倾角、平均侧向加速度)都可得到 10 组与蛇行车速相对应的数据对, 将这些数据对进行拟合, 可以得到平均横摆角速度、平均方向盘转角、平均车身侧倾角、平均侧向加速度与蛇行车速的关系曲线。通过关系曲线即可得到基准车速(65 km/h)下的平均横摆角速度、平均方向盘转角、平均车身侧倾角、平均侧向加速度。下面以平均横摆角速度与蛇行车速关系曲线为例, 说明从关系曲线得到基准速度下的平均横摆角速度的方法。

如图 11 所示, 图中的直线是根据 10 组平均横摆角速度与蛇行车速相对应的数据对拟合出的关系曲线。可见, 当关系曲线的横坐标为 65 km/h 时, 纵坐标为 17.6°/s, 即基准速度下的平均横摆角速度为 17.6°/s。也可通过拟合曲线的关系式 $y=0.26x+0.717$, 将 $x=65$ 代入, 通过计算 y 值得出基准速度下的平均横摆角速度。

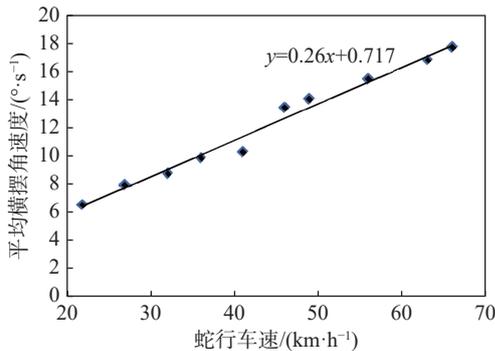


图 11 车辆横摆角速度与蛇行车速关系曲线图

2.4 试验结果评价

蛇行试验根据基准车速下的平均横摆角速度峰值 r 与平均方向盘转角峰值 θ 对试验结果进行评价计分^[17]。其中, 平均横摆角速度峰值 r 的评价记分计算公式为:

$$N_r = 60 + \frac{40}{r_{60} - r_{100}} (r_{60} - r) \quad (7)$$

式中: N_r 为平均横摆角速度峰值的评价记分; r_{60} 为平均横摆角速度峰值的下限值, 取值为 25°/s; r_{100} 为平均横摆角速度峰值的上限值, 取值为 10°/s; r 为基准车速下平均横摆角速度峰值的试验值, 单位(°/s)。

平均方向盘转角峰值 θ 的评价记分计算公式为:

$$N_\theta = 60 + \frac{40}{\theta_{60} - \theta_{100}} (\theta_{60} - \theta) \quad (8)$$

式中: N_θ 为平均方向盘转角峰值的评价记分; θ_{60} 为平均方向盘转角峰值的下限值, 单位(°), 取值为 180°; θ_{100} 为平均方向盘转角峰值的上限值, 单位(°), 取值为 60°; θ 为基准车速下平均方向盘转角峰值的试验值, 单位(°)。

不能达到基准车速的汽车, N_r 与 N_θ 的评价记分计算公式均为:

$$N_r = N_\theta = 60 \frac{v_\theta}{v_n} \quad (9)$$

式中: v_θ 为实际达到的蛇行车速, 单位 km/h; v_n 为规定的基准车速, 取值为 65 km/h。

蛇行试验的综合评价记分计算公式为:

$$N_s = \frac{2N_r + N_\theta}{3} \quad (10)$$

式中: N_s 为蛇行试验的综合评价记分。

3 试验教学的组织与实施

1) 编制试验项目指导书并录制教学视频

试验指导书主要内容包括试验原理、试验设备使用、试验方法、试验数据处理和试验报告要求等, 以便学生系统地掌握试验的基本知识。同时, 录制有关试验设备安装、连接、参数设置和调试的教学视频, 方便学生通过形象的教学方式掌握实际操作的要领。

2) 指导学生查阅资料以自行拟定试验方案

试验项目开始前, 给学生讲明试验教学目标与要求, 要求学生查阅试验项目指导书和相关的试验标准, 观看教学视频, 根据教学要求分组后自行确定试验方法, 且所确定的试验方法应满足相关标准的要求。

3) 组织学生布置试验场地并确定驾车细节

组织学生到汽车道路试验项目布置场地, 根据试验方案布置标桩。场地布置好后, 要求学生向试验教师说明驾车细节(包括驾驶速度要求和操作要领等), 如果场地布置和驾车细节正确, 则由具有丰富驾驶经验的试验教师驾驶试验车辆进行试验; 否则, 要求学生自行检查试验方案并进行改正, 直至方案正确, 才由具有丰富驾驶经验的试验教师驾驶试验车辆进行试验。如此, 试验车

辆由试验教师驾驶,可避免出现意外,而且还给予学生较大的试验自主权,有利于提高学生独立解决问题的能力。

4) 对试验数据进行处理并完成试验报告

试验测试结束后,要求学生通过VBOX 3i数据采集器的配套软件VBOX TEST SUITE查看测试数据,并将所需的试验数据导出到专业软件或者参考2.3节的数据处理方法进行数据处理,得到蛇行车速、平均方向盘转角、平均横摆角速度、平均车身侧倾角、平均侧向加速度,最后完成试验汽车的性能评价和试验报告。

5) 试验实施效果

汽车道路试验项目自建成以来,已开展了3届学生的试验项目测试,这3届的学生分别是车辆工程专业2018级、2019级和2020级学生。从实施效果来看,操作过程简单合理,学生能够以试验提出者和组织者的身份参与到试验中去,充分地调动了学生的积极性和主观能动性,有效地提高了学生独立解决专业实际问题的能力。

4 结束语

根据汽车道路试验所需测量的参数,基于VBOX 3i数据采集系统,选配与之相适应的传感器、数据转换模块,完成汽车道路试验测试软硬件的组建。试验操作过程简单合理,而且试验数据的采集和处理具有较高的通用性和简易性,完全能够满足试验测试的要求。在试验项目的教学实施过程中,通过合理的教学组织设计,学生得以主动地参与到试验中去,而不只是被动地听或看,充分地调动了学生的积极性和主观能动性,有效地提高了学生独立解决专业实际问题的能力。

参考文献

- [1] 牡丹丰. 汽车试验学[M]. 2版. 北京: 人民交通出版社, 2017.
- [2] 靳畅, 周毅, 万晓, 等. 基于多体动力学模型的汽车操稳性和平顺性虚拟教学实验[J]. 实验室研究与探索, 2020, 39(3): 190-193.
- [3] 朱靖龙, 吴宝贵, 于蕾艳, 等. 自动驾驶车辆换道虚拟仿真实验平台开发[J]. 实验科学与技术, 2023, 21(2): 49-54.
- [4] 侯献军, 唐蜜, 张国方, 等. 面向全产业链的汽车虚拟仿真实验教学中心建设与发展[J]. 实验技术与管理, 2017, 34(2): 1-6.
- [5] 胡三根, 王小霞, 刘圆圆, 等. 城市公交虚拟仿真实验教学资源建设[J]. 实验科学与技术, 2021, 19(4): 106-111.
- [6] 潘公宇, 江浩斌, 刘志强, 等. 车辆工程专业虚拟仿真实验教学平台的设计[J]. 实验技术与管理, 2017, 34(4): 1-5.
- [7] 冯长钰, 张为公, 刘庆华. 基于Delphi的数据采集在汽车制动性能测试中的应用[J]. 现代交通技术, 2007, 4(4): 73-75.
- [8] 滕艳琼, 徐延海, 唐岚, 等. 汽车道路综合试验系统数据采集与处理[J]. 中国测试, 2012, 38(6): 75-78.
- [9] 刘礼解, 马骏. VBOX3i数据采集系统在汽车性能测试的应用研究[J]. 汽车实用技术, 2017, 42(4): 135-136.
- [10] 邢耀文. 基于Vbox3i数据采集系统在汽车性能测试的研究[J]. 世界电子元器件, 2021(4): 8-10.
- [11] 杨翔. 基于汽车试验场环境条件下的VBOX测试及应用研究[D]. 西安: 长安大学, 2016.
- [12] GB/T 12534—1990, 汽车道路试验方法通则[S]. 北京: 中国标准出版社, 1991.
- [13] GB/T 12547—2009, 汽车最低稳定车速试验方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [14] GB/T 12543—2009, 汽车加速性能试验方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [15] GB 21670—2008, 乘用车制动系统技术要求及试验方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [16] GB/T 4970—2009, 汽车平顺性试验方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [17] QC/T480—1999, 汽车操纵稳定性指标限制及评价方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1999.
- [18] 邓宝清, 杨卓. 汽车试验学[M]. 长沙: 中南大学出版社, 2016.

编辑 葛晋