

车辆称重系统中加速度的测量与分析*

赵纲领, 赵永红, 杨三序

(商丘师范学院 物理与信息工程系, 河南 商丘 476000)

摘要: 针对公路运输车辆载荷质量的检测采用的计量器具体积大、工作位置固定、不能做到随时随地检测载荷质量的问题, 提出一种采用变极距电容传感器的车载式载荷检测装置, 该装置中的加速度传感器用于测量前进方向的加速度和竖直方向的加速度。通过实验测试及分析表明, 加速度在车辆称重测量中的影响比较大, 因此在装置的软件部分必须予以补偿。

关键词: 加速度; 传感器; 车辆称重; 补偿

中图分类号: TP212.12

文献标识码: B

Measurement and analysis of acceleration on vehicle-load measurement system

ZHAO Gang Ling, ZHAO Yong Hong, YANG San Xu

(Department of Physics and Information Engineering, Shangqiu Normal College, Shangqiu 476000, China)

Abstract: Aiming to large measurement system used to measure the load of vehicles travelling on highways are fixed and hence unable to measure vehicle-load at any time and in any place, this paper presents an on-vehicle measure device, which is based on measurement of change in capacitance due to variation in distance between electrodes mounted on vehicle. Acceleration transducers are used to measure the vehicle's forward and the vertical accelerations. A feature of this on-vehicle measuring device is that it can provide both static and dynamic load measurement. It is concluded that acceleration has a big effect on the vehicle-load measurement and software compensation is needed.

Key words: acceleration; transducer; vehicle-load measurement; compensation

众所周知, 车辆超载不仅会造成道路交通事故, 而且因交通事故引发的爆炸、火灾、有毒气体泄漏等问题, 直接危害到人民群众的生命安全。为治理车辆超载现象, 可以采用在汽车上加装车载式点载检测装置, 对车辆的载荷情况进行实时测量。然而, 车辆的行驶路面的状况复杂和车辆的运动状态等因素都会对载荷的测量结果产生影响。为了能够找出车辆运动状态发生变化时对载荷称重结果的影响, 在本文所述的装置中, 集成了加速度传感器 ADXL202AE, 用于对水平和竖直方向上点加速度的测量。本文进行了大量的实验, 分析了车辆加速度变化对称重结果的影响, 为车载式载荷检测装置的数据处理提供重要的依据。

1 车载式载荷检测装置

车辆称重系统采用电容法检测车辆载荷, 车辆称

重系统利用车辆本身的板弹簧作为称重传感器的弹性体^[1]。系统框图如图 1 所示。

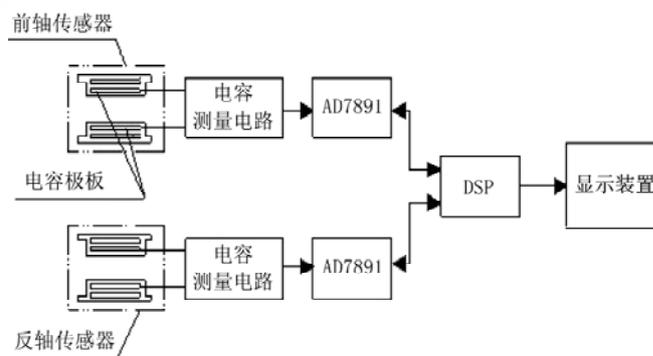


图 1 车辆称重系统框图

车辆有前后两根轮轴, 前后传感器将载荷的变化转变为电容的变化, 电容测量电路将电容值转换为电

* 基金项目: 国家自然科学基金项目 (60572001)

压值；DSP将传感器输出的电压值进行A/D转换，并数据运算、处理后，将整车载荷值送给显示器；在静态测量的过程中，直接通过传感器的输出电压可以判断出载荷的重量。然而在动态测量中，必须考虑加速度对传感器输出电压的影响，如果还是通过上述方法进行测量，试验结果表明所测数据与实际载荷偏差较大，最高偏差达一倍多。因此在车辆动态称重系统中需要测量加速度，为车辆称重系统数据处理和程序编写提供科学依据。在车辆称重系统选用双轴加速度传感器ADXL202AE，在检测车辆载荷的同时，利用加速度传感器的Y轴测量车辆前进方向的加速度，利用X轴测量振动加速度，根据采集到的数据定量地分析出加速度对载荷检测的影响。

2 加速度传感器

在车辆称重系统，选用的加速度传感器是美国ADI公司出品的ADXL202AE，它是一款低成本、低功耗、功能完善的双轴加速度传感器，可测量正、负加速度，其最大测量范围为 $\pm 2g$ ，ADXL202既能测量动态加速度，又能测量静态加速度，也可用作斜度测量。图2为ADXL202AE的应用电路图，图中X轴和Y轴为加速度传感轴。可从 X_{FILT} 和 Y_{FILT} 管脚输出与加速度成正比的模拟电压信号，也可从 X_{OUT} 和 Y_{OUT} 管脚输出脉宽占空比与两根传感轴各自所感受到的加速度成正比的数字信号^[2]。

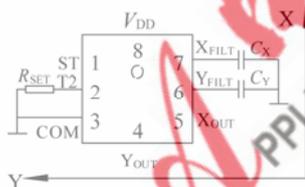


图2 ADXL202AE的应用电路图

针对车辆载荷检测的需要，取电源 $V_{DD} = 5V$ ，由产品说明书可知：此时 X_{FILT} 、 Y_{FILT} 两引脚输出电压的典型值为 $2.5V$ ，传感器灵敏度的典型值为 $0.312V/g$ 。从 X_{FILT} 和 Y_{FILT} 两个引脚输出模拟信号时，取 $R_{SET} = 1M\Omega$ 。考虑到一般货车的固有振动频率为 $1.5Hz \sim 2Hz$ ，为了保证加速度测量时的高分辨率，应将ADXL202AE的带宽限制到接近货车的固有振动频率，所以取 $C_X = C_Y = 0.47\mu F$ 。

3 X轴方向加速度对车辆载荷检测的影响

X轴用于垂直方向的振动测量，加速度数值计算公式为：

$$\alpha = \arcsin \frac{V_X - 2.5}{0.312}$$

式中 V_X 为X轴的输出电压。

测量垂直方向的加速度时，传感器的一传感轴为竖直向上方向。如图3所示，从每1s采集的数据中取出10个最大值，计算出平均值。

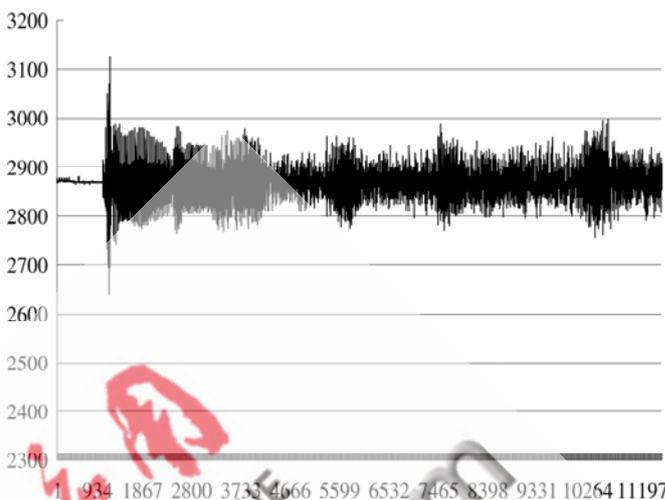


图3 X轴方向的输出电压

图3中横坐标为数据编号，纵坐标为X轴方向的输出电压，当加速度传感器的电源 $V_{DD} = 5V$ ，平均输出为 $2880mV$ ，最高输出电压为 $2999mV$ ，最低输出电压为 $2780mV$ 时，载荷的相对变化为 $\frac{2999 - 2880}{2880} = 4.1\%$ 。此误差较小，目前在国内公路车辆称重中，在对载荷质量检测结果的精度要求不高时，可以忽略。

4 Y轴方向加速度对车辆载荷检测的影响

Y轴用于车辆前进方向的加速度测量时，加速度数值计算公式为：

$$a = \frac{V_Y - 2.5}{0.312} g = \frac{V_Y - 2.5}{0.312} \times 9.8 m/s^2$$

式中 V_Y 为Y轴的输出电压。

为了掌握加速度对车载时载荷检测装置的影响情况，在一辆黑豹SM1010型微型货车上进行了试验，该车前、后各有一根轮轴，额定载货质量为 $500kg$ 。试验时驾驶室乘坐2人，体重共 $75kg$ ，车厢内靠前、中部均匀摆放 $300kg$ 沙袋，最高车速为 $40km/h$ 。

根据预先标定出的载荷质量与传感器输出电压之间的对应关系，得到在某一加速度下前、后轮轴载荷质量，求和而得到整车载荷质量。先分析前轴传感器的输出电压与加速度的关系，测量数据见表1。

表1 前轴传感器的输出电压与加速度的关系

加速度 $a/(m/s^2)$	-4	-3	-2	-1	0	1	1.78
前轴载荷/kg	413.4	354.8	298.7	243.3	185.8	129.5	82.3
相对误差/%	122.5	91.5	60.8	30.9	0	-30.3	-55.7

应用奇葩 Example of Application

在加速度逐渐增大的过程中前轴传感器输出电压下降,后轴传感器输出电压升高,前、后轴传感器输出电压之和呈下降趋势。测量数据见表2。

表2 后轴传感器的输出电压与加速度的关系

加速度 $a/(m/s^2)$	-4	-3	-2	-1	0	1	1.78
后轴载荷(kg)	103.8	158	205.7	240.7	264.2	283	302.9
相对误差(%)	-60.7	-40.2	-22.1	-8.9	0	7.1	14.6

整车传感器的输出电压与加速度的关系,测量数据见表3。

表3 整车载荷与加速度的关系

加速度 $a/(m/s^2)$	-4	-3	-2	-1	0	1	1.78
整车载荷(kg)	517.2	512.8	504.4	484	450	412.5	385.2
相对误差(%)	14.9	14.0	12.1	7.6	0	-8.3	-14.4

在加速度逐渐增大的过程中前轴传感器输出电压下降,后轴传感器输出电压升高,前、后轴传感器输出电压之和呈下降趋势。因此对双轴车辆的测量一定要考虑前、后轴的共同影响,只有这样才能较准确地测量车辆载荷^[1]。

根据表1、表2和表3中的数据绘制出的载荷质量与加速度之间的关系曲线见图4所示。

在利用车载式电容传感器检测车辆载荷时,增加加速度传感器检测车辆行驶过程中前进方向的加速度和车厢垂直方向振动加速度,关键是准确地测量出前进方向的加速度对前后轴所造成的影响,才能为车辆称重系统的程序编写提供科学依据^[4]。

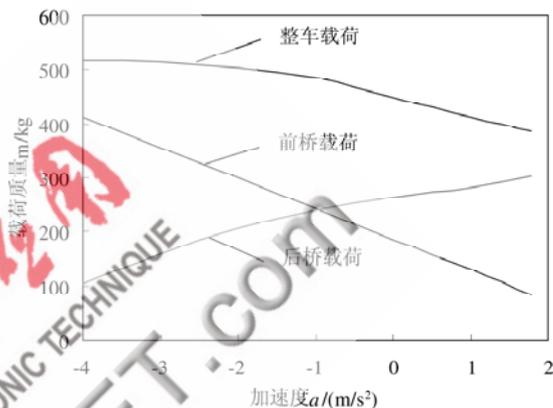


图4 载荷质量与加速度的关系曲线

参考文献

- [1] 谢煜,徐树山,杨三序.电容称重传感器静态特性测试系统的研制[J].电测与仪表,2006,43(9):21-24.
- [2] 杨三序,李晓伟,殷保中.加速度传感器在电容法车辆载荷检测中的应用[J].传感器与微系统,2007(3):84-86
- [3] 谢煜,杨三序,李晓伟.基于反拟合法的电容称重传感器非线性校正[J].仪器仪表学报,2007,25(5):923-925.
- [4] YANG San Xu, YANG Wu Qiang.A portable stray-immune capacitance meter [J].Review of Scientific Instruments, 2002, 73(4):1958-1961.

(收稿日期:2009-01-28)