

文章编号:1671-8879(2011)03-0081-04

高速公路违规过称时的称重误差分析及校正

边浩毅

(浙江交通职业技术学院 运输管理学院,浙江 杭州 311112)

摘要:为了解决因违规过称引起的动态称重精度下降的问题,在实地调研了车辆的各种违规过称行为的基础上,分析了车辆加速、减速通过称台时的各种受力,以及违规过称形式对动态称重精度的影响,发现车辆前轴轴重随着加速度和质心高度的增大而减小,以及后轴轴重随着减速度和质心高度的增大而减小,并通过补偿质量转移量给出了车辆前、后轴称重数据的校正值。研究结果有利于将失真的车辆前、后轴的轴重数据校正至静态轴载数据,从而能有效控制逃费现象。

关键词:交通工程;动态称重;受力分析;违规行驶;数据校正

中图分类号:U492 **文献标志码:**A

Error analysis and revise of dynamic weighting data from illegal weighting driving

BIAN Hao-yi

(School of Transportation and Mangement, Zhejiang Institute of Communications,
Hangzhou 311112, Zhejiang, China)

Abstract: To solve the problem of the decline of dynamic weigh accuracy caused by illegal weighing driving, a correction approach based on mass transfer compensation was proposed. Firstly, the illegal driving behavior was studied when vehicle passed through the weighing platform. Secondly, based on force analysis, the weight of the front axle decreased with the increase of acceleration and height of vehicle gravity center, and the weight of the back axle decreased with the increase of deceleration and height of vehicle gravity center. Finally, the weight data was revised through mass transfer compensation. The results show that the distorted weight data can be adjusted to the weight static axial, which can control fee evasion efficiently. 3 figs, 7 refs.

Key words: traffic engineering; dynamic weighing; force analysis; illegal weighting driving; data revise

0 引言

车辆超载超限严重破坏了公路、桥梁及其附属设施,由此而引发的交通事故也日益增多,给人民生命财产造成了巨大损失。计重收费作为一种综合治

理超限超载的手段,是一种新的车辆通行费征收方式,它根据车辆的载荷大小(即对路面的破坏程度)来确定收费额^[1]。然而,随着车辆通过计重平台的速度、加速度、车辆振动、轮胎状态、重心位置等因素的变化,动态称重系统的测量结果也随之有明显的

收稿日期:2010-09-20

基金项目:浙江省交通运输科技计划项目(2009T31、2009T33)

作者简介:边浩毅(1976-),男,浙江诸暨人,副教授,工学博士,E-mail:bianhaoyi@zjvtit.edu.cn。

偏差,不能真实地反映出车辆的静态轴载。因此,快速、准确地计重对提高称重系统的工作效率、减少不必要的纠纷、促进称重系统平稳、快速的发展具有重要的现实意义。

目前,已有不少文献对称重校正进行了研究,文献[2]根据称重信号的特点,用数字滤波来校正称重数据;文献[3]采用信息融合的方法来提高称重精度;文献[4]设计了一个计重收费交通量数据处理及费率模拟系统;文献[5]根据各轴的质量特点,将违规过秤进行归类,依据归类对违规过秤车辆进行数据纠正,该方法在实际中存在较大的误差;文献[6]提出了一种经验模拟分解与非线性拟合相结合的方法,提高了精度,但从机理上分析车辆违规过称还显不足。以上文献有一个共同特点,即依据计重数据的特点来校正计重数据,这样势必会造成校正后的数据存在较大误差。为此,本文首先对车辆违规过称进行调研,再从理论上分析了动态称重误差产生的机理,并据此提出了数据校正的量。

1 车辆违规过称的形式

笔者通过对高速公路收费站的调研,归纳出车辆违规过称有以下几种形式。

(1)车辆冲称。车辆冲称表现为:车辆前、后轴均高速通过称台,由于多数收费站目前均在收费匝道处设有减速带,故车辆冲称现象大大减少。

(2)车辆前轴跳称。车辆前轴跳称表现为:车辆前轴行驶到称台边缘后突然加速,前轴会在称台上快速跳过,导致称重后质量偏轻,从而达到逃避收费的目的。

(3)车辆后轴猛刹过称。该不规范过秤的行为特征为:车辆后轴过称时猛刹车,使得车辆的部分质量前移,后轴称重偏轻,从而达到逃避收费的目的。

(4)车辆走 S 形过称。车辆过称时走 S 形表现为:车辆最大可能的利用收费车道的宽度,在过称台时通过转向使得车轮在称台上走 S 形通过,这样可以使得两侧轮胎全在秤台上的时间很短,从而导致称重结果偏轻,达到逃费的目的。由于受到收费车道宽度的限制,大型货车走 S 形过称台并不多见。

(5)车辆安装假轴、垫钢板过称。部分车辆在过称时,通过安装假轴、垫钢板的行为,使得假轴和钢板承担车辆的部分质量,从而达到逃费的目的。随着高速公路的严格管理,诸如通过假轴、垫钢板等行为来逃费的行为也越来越少。

目前车辆走 S 形、安装假轴和垫钢板违规过称

的行为已不多见,驾驶人较多采用的违规过称的方式有:跳称、猛刹过称和冲称等形式。当然,在实际中车辆往往并非采取一种的违规,而是采用多种违规形式过称,如前轴跳称,而后轴猛刹过称。

2 动态称重误差产生机理

为了处理方便,做了如下假设:假定称台的坡度为 0,通常称台都是铺设在平坦路面上,故认为称台的坡度为 0;为简便起见,将车辆简化为 2 轴,即位于质心前面的简化为前轴,质心后面的轴简化为后轴;此外假定车辆是后轮驱动,因为绝大多数货车都是后轮驱动。汽车低速通过秤台时,要计算计重设备称得动态质量,首先要对车辆经过计重设备时的受力进行分析,求得车辆通过秤台时秤台对车轮的法向作用力,从而求得车辆通过秤台时计重设备称得动态质量。

2.1 车辆称重时受力分析

车辆在静态称上称重时,受力分析如图 1 所示^[7]。图 1 中: G 为汽车重力; L 为汽车轴距; a 、 b 分别为汽车质心至前、后轴的距离; F_{z1} 、 F_{z2} 分别为作用在前后轮上的称台法向反作用力。

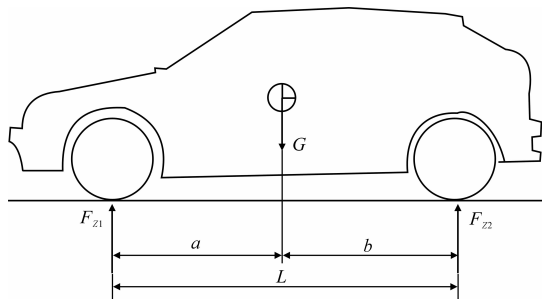


图 1 车辆静态称重时的受力

静态时,称台对前、后轮的法向反作用力 F_{z1} 、 F_{z2} 分别为

$$F_{z1} = G \frac{b}{L} \quad (1)$$

$$F_{z2} = G \frac{a}{L} \quad (2)$$

当得到静态称重时,前、后轮的质量 m_{z1} 、 m_{z2} 分别为

$$m_{z1} = \frac{Gb}{gL} \quad (3)$$

$$m_{z2} = \frac{Ga}{gL} \quad (4)$$

静态称重得到的总质量 m_z 为

$$m_z = m_{z1} + m_{z2} = \frac{G}{g} \quad (5)$$

2.2 车辆加速通过称台时受力分析

图2为车辆加速通过称台时的受力图^[7]。

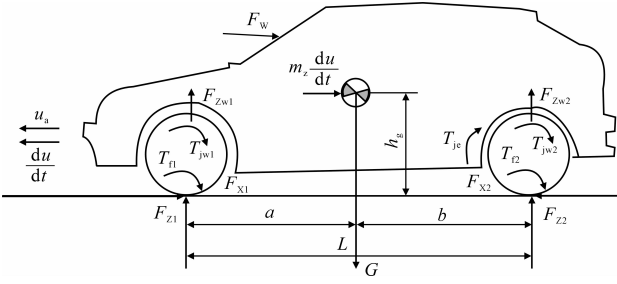


图2 车辆加速通过称台时的受力

图2中: u_a 为汽车速度; $\frac{du}{dt}$ 为汽车加速度; h_g 为汽车质心高; F_w 为空气阻力; T_{j1} 、 T_{j2} 分别为作用在前、后轮上的滚动阻力偶矩; T_{jc} 为作用于横置发动机飞轮上的阻力偶矩; T_{jw1} 、 T_{jw2} 分别为作用在前、后轮上的滚动阻力偶矩; F_{zw1} 、 F_{zw2} 分别为作用于车身上并位于前、后轮接地点上方的空气升力; F_{x1} 、 F_{x2} 分别为作用在前、后轮上的称台切向反作用力。

对汽车前轮、后轮接地点取力矩得

$$F_{z1} = G \frac{b}{L} - F_{zd1} - F_{zw1} - G \frac{r_f}{L} \quad (6)$$

$$F_{z2} = G \frac{a}{L} - F_{zd2} - F_{zw2} - G \frac{r_f}{L} \quad (7)$$

式中: F_{zd1} 、 F_{zd2} 分别为前、后轮的动态分量; r 为车轮半径; f 为滚动阻力系数。

前、后轮的动态分量 F_{zd1} 和 F_{zd2} 可表示为

$$F_{zd1} = -\frac{G}{g} \left[\frac{h_g}{L} + \frac{g}{G} \frac{\sum I_w}{Lr} \pm \frac{g}{G} \frac{I_{f_i} i_0}{Lr} \right] \frac{du}{dt} \quad (8)$$

$$F_{zd2} = \frac{G}{g} \left[\frac{h_g}{L} + \frac{g}{G} \frac{\sum I_w}{Lr} \pm \frac{g}{G} \frac{I_{f_i} i_0}{Lr} \right] \frac{du}{dt} \quad (9)$$

式中: $\frac{G}{g} \frac{du}{dt}$ 为平移质量惯性力; $\frac{\sum I_w}{Lr} \frac{du}{dt}$ 为车轮的惯性阻力偶矩; $\frac{I_{f_i} i_0}{Lr} \frac{du}{dt}$ 为发动机飞轮的惯性阻力偶矩; g 为重力加速度。

前、后轮的空气升力 F_{zw1} 和 F_{zw2} 可表示为

$$F_{zw1} = \frac{1}{2} C_{L_f} A \rho u_r^2 = \frac{1}{2} C_{L_f} A \rho u_a^2 \quad (10)$$

$$F_{zw2} = \frac{1}{2} C_{L_r} A \rho u_r^2 = \frac{1}{2} C_{L_r} A \rho u_a^2 \quad (11)$$

式中: C_{L_f} 、 C_{L_r} 分别为前、后空气升力系数; A 为迎风面面积; ρ 为空气密度; u_r 为相对速度,在无风的条件下 $u_r = u_a$ 。

忽略旋转质量惯性阻力偶矩、滚动阻力偶矩和滚动阻力偶矩后,称台对汽车前、后轮的法向反作用

力为

$$F_{z1} = G \frac{b}{L} - \frac{1}{2} C_{L_f} A \rho u_a^2 - \frac{G}{g} \frac{h_g}{L} \frac{du}{dt} \quad (12)$$

$$F_{z2} = G \frac{a}{L} - \frac{1}{2} C_{L_r} A \rho u_a^2 + \frac{G}{g} \frac{h_g}{L} \frac{du}{dt} \quad (13)$$

车辆加速通过时,动态称重称得的车辆前、后轮的质量分别为

$$m_{z1} = \frac{G}{g} \frac{b}{L} - \frac{1}{2g} C_{L_f} A \rho u_a^2 - \frac{G}{g^2} \frac{h_g}{L} \frac{du}{dt} \quad (14)$$

$$m_{z2} = \frac{G}{g} \frac{a}{L} - \frac{1}{2g} C_{L_r} A \rho u_a^2 + \frac{G}{g^2} \frac{h_g}{L} \frac{du}{dt} \quad (15)$$

由式(14)和式(15)可知,当车辆加速通过称台时,计重设备称得的前轮动态质量与汽车速度 u_a 、车辆加速度 $\frac{du}{dt}$ 及汽车质心高 h_g 有关:车辆速度 u_a 越高,计重设备称得的前轮的动态质量会越小;车辆加速度 $\frac{du}{dt}$ 越高,计重设备称得的前轮的动态质量也会越小;此外,车辆载货后质心的高度越高,计重设备称得的前轮的动态质量也会越小。总之,当车辆前轮经过称重设备时,要保证车辆尽量低速、匀速通过,且载货高度不能过高。

2.3 车辆猛刹/减速通过称台时受力分析

图3为车辆猛刹/减速通过称台时的受力图^[7]。

图3中忽略了汽车的滚动阻力偶矩、空气阻力以及旋转质量减速时产生的惯性力偶矩。此外,下面的分析中还忽略了制动时车轮边滚边滑的过程。

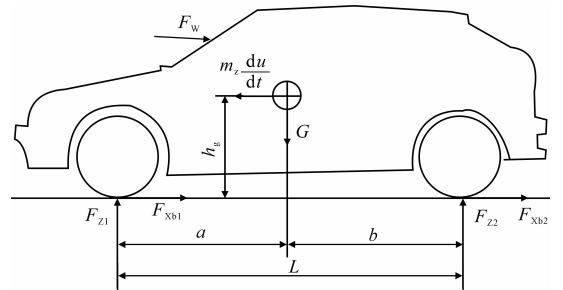


图3 车辆猛刹/减速时的受力

对后轮接地点取力矩,后轮减速通过称台时,称台对前、后车轮的法向反作用力分别为

$$F_{z1} = \frac{1}{L} (Gb + \frac{G}{g} \frac{du}{dt} h_g) \quad (16)$$

$$F_{z2} = \frac{1}{L} (Ga - \frac{G}{g} \frac{du}{dt} h_g) \quad (17)$$

动态称重称得的车辆前、后轮的质量 m_{z1} 和 m_{z2} 分别为

$$m_{z1} = \frac{1}{L} (\frac{G}{g} b + \frac{G}{g^2} \frac{du}{dt} h_g) \quad (18)$$

$$m_{z2} = \frac{1}{L} \left(\frac{G}{g} a - \frac{G}{g^2} \frac{du}{dt} h_g \right) \quad (19)$$

同理,由式(9)和式(10)可知,当车辆减速通过称台时,计重设备称得的后轮的动态质量与车辆减速度 $\frac{du}{dt}$ 及车辆质心高 h_g 有关;车辆减速度 $\frac{du}{dt}$ 越大,计重设备称得的后轮的动态质量会越小;且车辆载货后质心的高度越高,计重设备称得的后轮的动态质量也会越小。总之,当车辆后轮经过称重设备时,要保证车辆尽量匀速通过,且载货高度不能过高。

3 动态称重设备的数据校正

对车辆的静态、加速和减速通过称台时进行受力分析,得出车辆在不同的行驶状态下的前、后轮的质量变化,从而计算得到前、后轴的数据校正值。

前轴加速通过称台时,称重数据校正公式为

$$m_{z1}' = m_{z1} + \frac{1}{2g} C_{Lf} A \rho u_a^2 + \frac{G}{g^2} \frac{h_g}{L} \frac{du}{dt} \quad (20)$$

前轴减速通过称台时,称重数据校正公式为

$$m_{z1}' = m_{z1} - \frac{1}{L} \frac{G}{g^2} \frac{du}{dt} h_g \quad (21)$$

后轴加速通过称台时,称重数据校正公式为

$$m_{z2}' = m_{z2} + \frac{1}{2g} C_{Lr} A \rho u_a^2 - \frac{G}{g^2} \frac{h_g}{L} \frac{du}{dt} \quad (22)$$

后轴减速通过称台时,称重数据校正公式为

$$m_{z2}' = m_{z2} + \frac{1}{L} \frac{G}{g^2} \frac{du}{dt} h_g \quad (23)$$

4 结 语

(1)前轴加速通过称台时,随着车辆速度、车辆加速度及质心高度的变大,计重设备称得的前轮的动态质量变小。

(2)后轴减速通过称台时,随着车辆减速度即制动强度的增大,计重设备称得的后轮的动态质量会变小。

(3)在不同行驶状态下,给出了动态称重设备的修正值。

(4)本文仅从理论上分析了动态称重的变化,并未考虑实际中系统的上称/下称等的干扰;将此项成果进行仿真试验,并最终应用到实际系统中,这是笔者目前正在开展的研究工作。

参考文献:

References:

- [1] 张崇高,季国庆,辛 星. 动态称重系统在高速公路上的应用[J]. 公路,2008(6):207-210.
ZHANG Chong-gao,JI Guo-qing,XIN Xing. Application of dynamic weighting system in highway[J]. Highway,2008(6):207-201.
- [2] 汪兆栋,李 霆,黄日辉,等. 动态称重系统的试验数据采集与处理方法[J]. 科技信息,2008(9):10-15.
WANG Zhao-dong,LI Ting,HUANG Ri-hui,et al. A WIM system test data acquisition and processing methods[J]. Science & Technology Information,2008(9):10-15.
- [3] 张奕敏,胡荣强,李 涛. 多传感器数据融合技术在车辆动态称重中的应用[J]. 仪表技术,2009(2):60-62.
ZHANG Yi-min,HU Rong-qiang,LI Tao. Application of multi-sensor data fusion technology in vehicle weighing-in-motion[J]. Instrument Technique,2009(2):60-62.
- [4] 武奇生,席筱利,王秋才. 计重收费数据处理与费率模拟[J]. 交通运输工程与信息学报,2008,6(2):26-30.
WU Qi-sheng,XI Xiao-li,WANG Qiu-cai. Data processing and rate simulating of loading-based toll collection[J]. Journal of Transportation Engineering and Information,2008,6(2):26-30.
- [5] 王 萍. 计重收费车辆不规范过秤行为的矫正技术研究与应用[J]. 科技情报开发与经济,2008,18(18):221-222.
WANG Ping. Research and the application of the technologies for modifying the substandard weighing behaviors of toll-by-weight commercial vehicles[J]. Sci-Tech Information Development Economy,2008,8(18):221-222.
- [6] 郭兰英,梁 波,董安国. 汽车动态称重的新方法[J]. 长安大学学报:自然科学版,2009,29(2):98-106.
GUO Lan-ying,LIANG Bo,DONG An-guo. New technology for weigh-in-motion of vehicles[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition,2009,29(2):98-106.
- [7] 余志生. 汽车理论[M]. 5 版. 北京:机械工业出版社,2010.