

# 汽车整车质心测量方法研究

盛洁莹

(江铃汽车股份有限公司 江西 南昌 330052)

**摘要:**该文分析汽车质心理论计算方法,并介绍一种简易、方便的汽车质心测量方法,即根据车辆所受重力与第一车轴所受支撑力相对于第二车轴的中心线力矩平衡,计算车辆质心的纵向位置;根据所述车辆的两侧车轮所受地面支撑力相对于质心投影点力矩平衡,计算车辆质心的横向位置;举升第一车轴,并通过举升角的正切值和第二车轴轴荷的变化确定所述车辆质心的高度。

**关键词:**汽车质心;测量方法;理论计算

近年来,随着汽车的普及及汽车工业的发展,汽车性能越来越受到人们的重视,也逐渐成为区分汽车品牌的关键因素。汽车质心位置直接关系汽车的前、后轴及左、右轮能否在更平衡与稳定的状态下工作,对汽车转向、制动、操稳、ABS等多项整车性能也有重要影响。因此,对汽车质心位置的准确测量对整车的设计、布置及安全性具有重要影响<sup>[1]</sup>。现有的汽车整车质心测量方法需要使用专门、大型的测量设备,成本较高。鉴于上述状况,现提供一种简单、成本低、测量准确的汽车整车质心测量方法。

## 1 试验方法与数据处理

### 1.1 试验概述

本文以两轴车辆为例进行说明,两轴车辆指的是车辆包括前轮车轴和后轮车轴。将车辆设定为刚体,质心位置不会随车辆的轴荷转移而变化。本研究的试验样车为一辆某品牌的5座SUV,该车的具体参数见表1。

表1 试验样车信息参数

项目	参数
整车整备质量	1 864 kg
前轴质量	1 031 kg
后轴质量	833 kg
左前轮质量	529 kg
右前轮质量	502 kg
左后轮质量	419 kg
右后轮质量	414 kg
标准胎压	230 kPa
轴距	2 760 mm

车辆质心测量所用仪器设备见表2<sup>[2]</sup>。

表2 车辆质心测量所用仪器设备

设备	示意图
便携式称重计 (精度 $\pm 0.1\%$ )	
高度尺 (精度 $\pm 0.01\text{mm}$ )	
举升机	

### 1.2 测量方法

首先,将样本车辆置于水平地面上,使用称重计测量前后轴载荷,如图1所示。

**作者简介:**盛洁莹,江铃汽车股份有限公司工程师,研究方向为汽车整车产品研发。

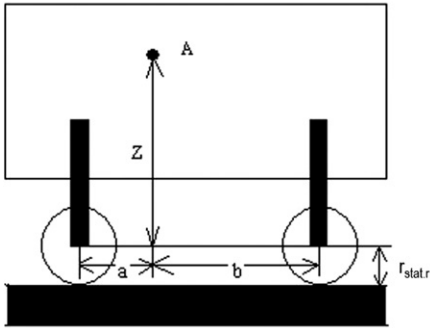


图1 车辆水平状态

其次,将样车第一轴置于举升机上方,第二轴置于水平地面,始终使样车保持在N挡状态,并解除驻车制动,锁定悬架及其他弹性元件,使用高度尺测量第一轴的举升高度,记录前后轴的载荷变化,如图2所示。

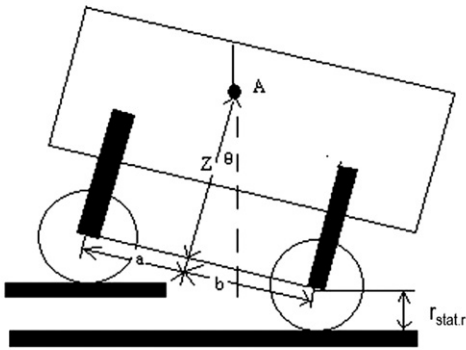


图2 车辆举升状态

最后,将第一轴逐渐抬高,抬高高度与抬高角度成正比。抬高角度先按 $5^\circ$ 、 $6^\circ$ …… $10^\circ$ 的顺序逐渐增加,后按 $10^\circ$ 、 $9^\circ$ …… $5^\circ$ 的顺序逐渐降落,分别记录各种状态下第一轴实际的举升高度,以及前后轴载荷的分布变化<sup>[3]</sup>。

### 1.3 数据处理方法

车辆静止时,各处受力平衡,可根据力矩平衡原理得到车辆质心的纵向位置和横向位置。例如,本文中,第一轴为前轴,第二轴为后轴,车辆水平放置时,车辆所受重力与后轴所受支撑力相对车辆前轴中心线力矩平衡。根据力矩平衡原理可知:

$$X_{CG} = \frac{m_r}{m_v} \times l \quad (1)$$

式(1)中, $X_{CG}$ 为质心纵向位置, $m_r$ 为车辆水平放置时的后轮轴荷, $m_v$ 为

车辆总质量, $l$ 为轴距。

根据车辆两侧车轮所受地面支撑力相对于质心投影点力矩平衡,计算车辆质心的横向位置。其中,质心投影点为车辆质心在水平面上的投影点,如图3所示。

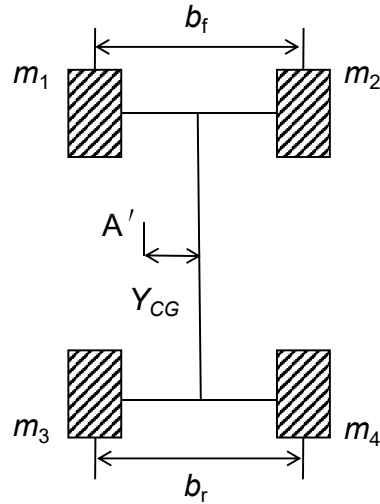


图3 车辆质心水平地面投影

假设图3中车辆质心A的水平投影为A',A'到车辆纵向中心平面的距离(车辆质心的横向位置)为 $Y_{CG}$ 。车辆静止时,左侧车轮与右侧车轮所受地面支撑力相对于A'点力矩平衡,由此可知:

$$m_1 \times g \left( \frac{b_f}{2} - Y_{CG} \right) + m_3 \times g \left( \frac{b_r}{2} - Y_{CG} \right) = m_2 \times g \left( \frac{b_f}{2} + Y_{CG} \right) + m_4 \times g \left( \frac{b_r}{2} + Y_{CG} \right) \quad (2)$$

式(2)中, $b_f$ 为前轮轮距, $b_r$ 为后轮轮距, $m_1$ 、 $m_2$ 、 $m_3$ 、 $m_4$ 分别为左前轮、右前轮、左后轮和右后轮的轮荷。进而可得车辆质心横向位置为:

$$Y_{CG} = \frac{b_f(m_1 - m_2) + b_r(m_3 - m_4)}{2m_v} \quad (3)$$

举升前轴,并通过举升角正切值和后轴轴荷的变化确定所述车辆质心的高度。在图1中,当车辆处于水平静止状态时,车辆质心高度 $Z_{CG}$ 为车辆质心A到车轴中心线对应平面的距离Z与后轮静负荷半径 $r_{stat,r}$ 之和。其中,后轮静负荷半径为轮胎在垂直负荷作用下,轮轴中心至支撑平面的垂直距离(左右轮胎静负荷半径的平均值),即

$$Z_{CG} = Z + r_{stat,r} \quad (4)$$

在图2中,当前轮车轴被举升至 $\theta$ 角时,过车辆质心A点的重力( $m_v \times g$ )相对于车轮前轴支撑点力矩平衡。因此可得:

$$[(Z \times \tan \theta + a) \times \sin \theta] \times m_v \times g = l \times \sin \theta \times m'_r \times g \quad (5)$$

式(5)中, $m'_r$ 为车辆举升至 $\theta$ 角时后轮车轴的轴荷, $a$ 为前轮轴心与车辆质心A点在水平面上的投影距离,即车辆质心的纵向位置。

$$a = \frac{m'_r}{m_v} \times l \quad (6)$$

由(5)和(6)可得:

$$Z = \frac{m'_r - m_r}{m_v \times \tan \theta} \quad (7)$$

由(7)和(4)可得车辆前轴举升时车辆质心的高度 $Z_{CG}$ 为:

$$Z_{CG} = \frac{l \times (m'_r - m_r)}{m_v \times \tan \theta} + r_{stat,r} \quad (8)$$

因后轮车轴轴荷 $m'_r$ 与举升角 $\theta$ 正切值之间是线性关系,即轴荷直线方程为:

$$y = p' \times x + q \quad (9)$$

式(9)中, $y$ 为后轮车轴的轴荷, $p'$ 、 $q$ 为常数, $x$ 为举升角正切值。

将(9)代入(8)中可得:

$$Z_{CG} = \frac{l \times P}{m_v} + \frac{l \times (q - m_r)}{m_v \times x} + r_{stat,r} \quad (10)$$

式(10)中, $x$ 是变量,因而 $\frac{l \times (q - m_r)}{m_v \times x}$ 项是变量,导致质心高度值将随举升角度的变化而变化。为保证求得的质心高度值具有唯一性, $\frac{l \times (q - m_r)}{m_v \times x}$ 项应恒为常数<sup>[4]</sup>。因此,根据记录的轴荷和举升角正切值进行线性拟合时,直线应通过点 $(0, m_r)$ 。即线性方程为:

$$y = p' \times x + m_r \quad (11)$$

进而,车辆质心高度 $Z_{CG}$ 计算公式为:

$$Z_{CG} = \frac{l p'}{m_v} + r_{stat,r} \quad (12)$$

式(12)中, $P'$ 为新拟合直线的斜率。斜率 $P'$ 可根据举升试验过程中测量的后轮车轴轴荷,以及举升角度 $\theta$ 的正切值进行线性拟合得到,由此可测得车辆质心的高度。

## 2 试验结果

根据上述试验方法,测量样车在每个举升高度状态下的车轴载荷变化及举升高度数据如表3所示。

通过对后轴载荷与举升角的正切值的线性拟合曲线,如图4所示,得出式(9)中的常数 $p'$ 、 $q$ ,即 $p'=249.7$ , $q=833$ ,再带入式(12),得出 $Z_{CG}$ 车辆质心高度,

通过式(1)得出XCG车辆前轴中心距车辆质心的位置,通过式(3)得出YCG车辆质心距纵向对称面的水平距离。

表3 样车质心测量数据记录表

测量次数	前轴轴荷/kg	后轴轴荷/kg	左轮举升高度/mm	右轮举升高度/mm	车轴举升高度/mm	样车举升弧度/rad	举升角度正切值	举升抬起的角度/(°)
1	1031	833	0	0	0	0.000	0.000	0.00
2	1015	855	239	229	234	0.085	0.085	4.86
3	1010	860	302	294	298	0.108	0.109	6.20
4	1005	866	363	355	359	0.130	0.131	7.47
5	999	871	430	422	426	0.155	0.156	8.88
6	994	876	480	475	478	0.174	0.176	9.96
7	999	871	416	410	413	0.150	0.151	8.61
8	1004	866	360	354	357	0.130	0.130	7.43
9	1009	861	299	296	298	0.108	0.108	6.19
10	1014	855	241	232	237	0.086	0.086	4.92

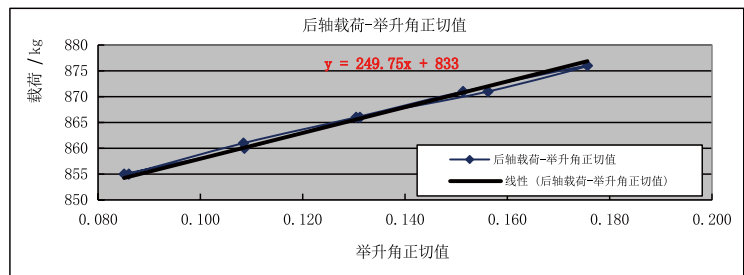


图4 后轴载荷与举升角正切值的关系

## 3 结束语

对某品牌样车进行了质心位置测量,应用力矩平衡原理得到了车辆质心纵向和横向位置,通过逐步举升车轴来得到不同举升角度下前后车轴的载荷变化,并测量举升角正切值及其对应的轴荷变化情况,计算出车辆质心高度值。该试验方法操作简单,无需复杂的测量设备,成本低,且测量准确度高。

### 参考文献:

- [1] 葛在,赵创林,赵玉庆,等.两轴道路车辆重心位置的测定:GB/T 12538—2003[S].北京:中国标准出版社,2003:1-3.
- [2] 刘鑫.汽车质心位置确定方法与试验设备的选用[J].汽车研究与开发,2001(4):33-34,55.
- [3] 李宏伟,李剑斌,王录雁,等.车辆装备质心位置测量系统研究[J].机械设计,2021(7):96-99.
- [4] 赵新通,姜洪洲,韩俊伟.车辆质心位置测量系统的研制[J].哈尔滨商业大学学报(自然科学版),2004(3):304-306,312.