

# 轮胎滚动阻力测试设备的研究

滕国兴 鞠衍明

(荣成国泰轮胎有限公司 264300)

**摘要** 介绍美国阿克隆标准公司高速试验机 TTM-3 滚动阻力测试设备的安装、调试过程,分析 TTM-3 滚动阻力测试设备线路,在消化吸收的基础上改进原设备不合理之处,并以实例证明改进后的设备用测力法测试滚动阻力是切实可行的。

**关键词** 轮胎,滚动阻力,测试设备,线路

随着高性能子午线轮胎的问世,对轮胎成品测试设备的要求愈来愈高,但是迄今为止国内还没有成熟的测试高性能子午线轮胎重要特征——滚动阻力<sup>[1]</sup>的试验设备。我公司从美国阿克隆标准公司引进了一套 TTM-3 型轮胎高速试验机。TTM-3 高速试验机是一种四工位、双转鼓的检测设备,转鼓外直径为 1 707mm,表面宽度为 508mm,滚动阻力测试设备安装在 TTM-3 高速试验机四号工位上。四号工位为测试轿车轮胎和轻型载重轮胎高速耐久性能的工位,可加载的最大负荷为 2 679kg。本文对 TTM-3 高速试验机的附属设备——滚动阻力试验设备(以下简称 TTM-3)进行了研究,分析了滚动阻力测试的实际线路,并在消化吸收的基础上对原设备的不合理之处进行了改进。

## 1 滚动阻力的测试

### 1.1 测试方法

测试轮胎滚动阻力的方法很多,包括测力法、功率法、转矩法和减速法等,但无论哪种方法,其试验测量结果最终都应换算成作用于轮胎与转鼓界面的滚动阻力。TTM-3 是采用测力法测量轮胎主轴处的反作用力

$F_r$ ,从而计算轮胎的滚动阻力  $F$ 。计算公式如下:

$$F = F_r (1 + r_1 / R)$$

式中  $F_r$ ——轮胎滚动阻力;

$F_r$ ——轮胎主轴力;

$r_1$ ——稳态条件下,从轮胎轴到转鼓表面的距离;

$R$ ——转鼓半径。

若测试温度不是  $25^\circ\text{C}$ ,则需对上式进行修正:

$$F_{r25} = F_r [1 + k(T_a - 25)]$$

式中  $F_{r25}$ —— $25^\circ\text{C}$  时的滚动阻力;

$T_a$ ——环境温度;

$k$ ——常数,轿车轮胎  $k = 0.01$

### 1.2 测试设备的安装与调试

滚动阻力测试设备包括测量总成和测量显示仪器两部分。测量总成上配备有主轴力传感器、调整盘和芯轴。测量显示仪器有 3 条电缆线相连接,一条为输入 110V 电压的交流电源线,第二条为主轴力传感器输出的信号线,第三条为主轴力输出到计算机的信号线。

测试滚动阻力前,首先将四号工位上的芯轴拆下,换上垂直调整盘、传感器及芯轴,固定芯轴螺丝的力要均匀。在安装滚动阻力测量总成时其中心应与转鼓轴的中心、负荷传感器的中心处在一条直线上,测量总成的

作者简介 滕国兴,男,33岁。工程师。1989年毕业于哈尔滨工业大学航天学院电子工程专业,获工学硕士学位。曾在《山东工业大学学报》发表论文 1篇。

传感器的缺口平面应是水平的。由于传感器为十字梁结构,如不与芯轴垂直,就会对滚动阻力测量结果产生很大影响。而后将传感器输出线接到显示仪器 P7 上,滚动阻力输出线 P8 接到控制柜 1CP 里 J8 插座上。图 1 为测量总成示意图

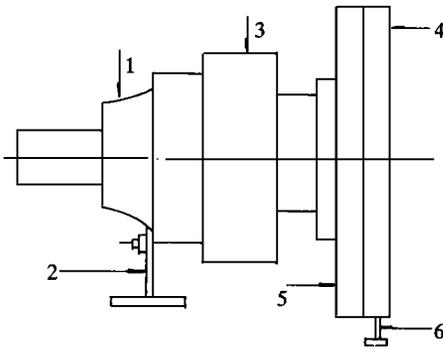


图 1 测量总成

1- 芯轴; 2- 砝码钩; 3- 传感器; 4- 调整盘; 5- 可旋转盘 (用来调整传感器的水平); 6- 调节螺杆 (用来调节总成与四号工位的中心)

线路板调试主要分为四大步骤:

- (1)调整 M6, M7 两线路板上的 3 组双极性电源  $\pm 24V, \pm 15V$  和  $\pm 10V$ , 使其大小相等, 方向相反, 具有电源一致性
- (2)在无任何信号输入情况下, 分别调整 M6, M7 板上的电位器, 使仪表放大器输出在  $0.001V$  内, 确保滚动阻力显示精度。
- (3)调整主轴力校准电位器 1P, 使电位器近似位于整个范围中心, 且主轴力显示为零。
- (4)在校准架上加砝码, 重复上述步骤,

使砝码重量与显示一致。如果反复调整后, 砝码重量与显示值误差的绝对值大于  $0.1kg$ , 则需重新检查芯轴是否达到安装要求。

### 1.3 测试线路分析

在实际滚动阻力测试过程中, 由于存在负荷等比滚动阻力大得多的力, 而且由于安装调试不当等原因会在滚动阻力测试过程中产生一个较大的干扰, 造成测试数据不准确, 因此, 要求所采用的仪表和线路必须有高精度, 安装调试步骤要严格、准确。只有这样, 才可以在 M6, M7 板上对单通道传感器切线方向造成相互交调的因素进行自动补偿。

测量显示仪器由电源供电线路、主轴力放大线路、调零与信号处理线路、量化及显示线路四部分组成 (见图 2)。下面就各个部分进行分析。

(1)电源供电线路。M6, M7 板上各有一套完全一致的电源供电线路, 该仪器输入电源电压为交流  $110V$ , 输出电压为直流  $\pm 24V, \pm 15V, \pm 10V$  三组双极性电压和  $+5V$  单极性电压。见图 3

(2)主轴力放大线路 主轴力放大线路见图 4

主轴力传感器输出信号经过 BB3630A 放大器 (Burr-Brown 公司产品) 输出到 TP26 点, BB3630A 核心部件为仪表放大器 INA104CM。INA104CM 为四运放结构, 具有温度漂移系数极低、非线性低、噪声低、共模抑制比高及输入阻抗高等特点, 因此适用

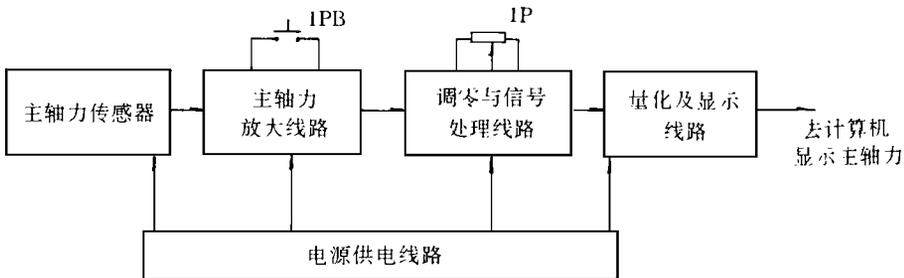


图 2 测量显示仪器线路图

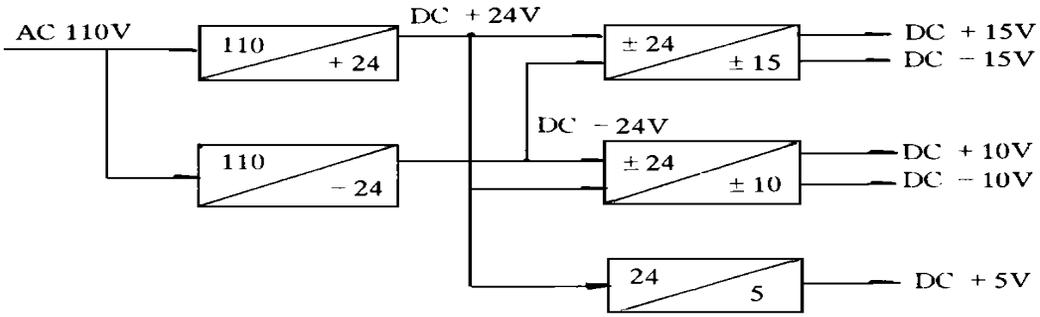


图 3 电源供电线路图

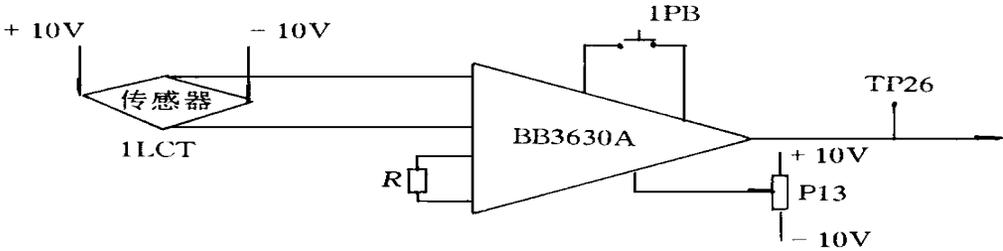


图 4 主轴力放大线路图

于要求对信号进行高性能处理的场合。外设电阻  $R$  决定  $BB3630A$  增益  $G$ ，根据计算公式： $G = 1 + 40\,000/R$ ，现系统电阻  $R = 12\Omega$ ，则  $G = 1 + 40\,000/12 \approx 334$ 。主轴力校准开关  $1PB$  用来形成主轴力输入为零的条件供试验用。

(3) 调零与信号处理线路 调零与信号处理线路是轮胎主轴力计算的核心部分，如图 5 所示。

图中前部分是信号调零线路，调整电位器  $1P$  位于测量显示仪器的面板上，以移动主轴力输出的零点位置。U12, U19 为运算放大器，OP07 为低漂移高精度运算放大器，其差模电压增益为 104dB，共模抑制比为 110dB。U12, U19 分别组成放大运算线路。后部分是由高精度运算放大器 OP07 为核心的一个二阶压控电压源有源低通滤波器<sup>[2]</sup>。低通滤波器传递函数  $A(S)$  为

$$A(S) = \frac{1}{R_{30} \cdot R_{31} \cdot C \cdot C_{21} \cdot S^2 + (R_{31} \cdot C_{21} + R_{30} \cdot C_{21})S + 1}$$

式中  $C = C_{19} + C_{20}$

特征角频率  $\omega_n$  为

$$\omega_n = \frac{1}{\sqrt{R_{30} \cdot R_{31} \cdot C \cdot C_{21}}}$$

等效品质因数  $Q$  为

$$Q = \frac{R_{30} \cdot R_{31} \cdot C_{21} \cdot C}{C_{21}(R_{30} + R_{31})}$$

已知  $C = C_{19} + C_{20} = 3\mu\text{f}$ ,  $C_{21} = 1\mu\text{f}$ ,  $R_{31} = 360\text{k}\Omega$ ,  $R_{30} = 9.5\text{k}\Omega$ ，将其代入  $\omega_n$  和  $Q$ ，得  $\omega_n = 9.87\text{rad/s}$ ,  $Q = 0.27$

(4) 量化及显示线路 量化及显示线路见图 6

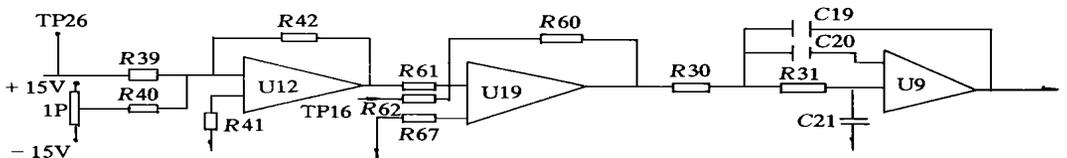


图 5 调零与信号处理线路图

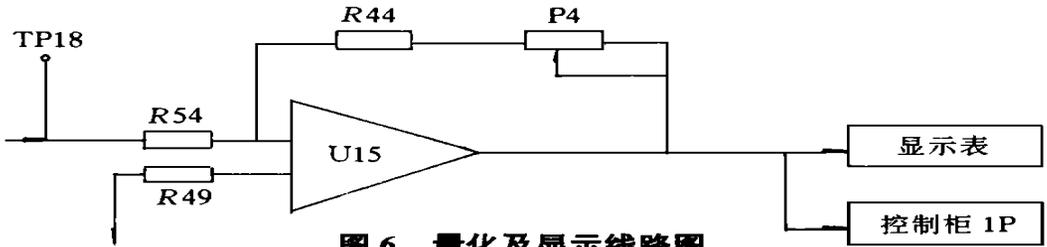


图 6 量化及显示线路图

图 6 量化及显示线路图

图中前部分为量化线路,它是一个由运算放大器 U15(即 OP07)组成的放大线路,放大倍数  $A_v = (R44 + P4) / R54$ ,调整电位器 P4,使实际主轴力与显示表显示一致。后部分是一个显示表,显示表输入电压 0~10V,显示精度  $4\frac{1}{2}$ 位。同时量化后的数据一路送至 1CP 控制柜上进行计算机显示。

### 1.4 试验设备的改进

(1) TTM-3 输入电压为交流单相 110V,而我国常用标准电压为交流 220V。为了避免操作人员失误造成测试仪器过电压损坏,变换输入电源部分跨接片,更换显示器,使之输入单相 220V。

(2) 原设备从四号工位来的负荷信号经过 M7 板处理后,加到主轴力中进行计算的方法是不正确的,只有去掉处理后的负荷信号,才能显示出真正的主轴力。

## 2 试验结果

为了准确地检测轮胎滚动阻力,检验滚动阻力测试设备的准确度与分辨能力,我们在 TTM-3 上对不同层级、不同气压、不同结构、不同材料、不同厂家、不同花纹的轮胎分别进行滚动阻力测试,结果见图 7~12 图 7

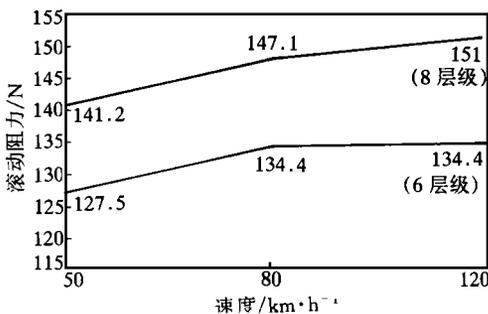


图 7 不同层级的 6.50R16 轮胎的滚动阻力

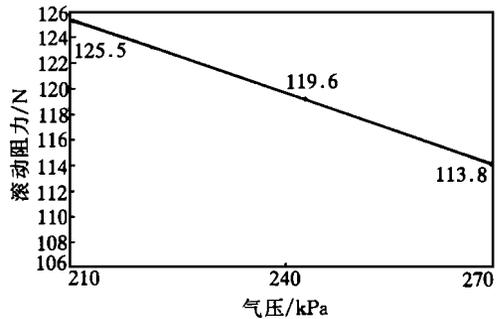


图 8 不同气压的 205/70R14 轮胎的滚动阻力

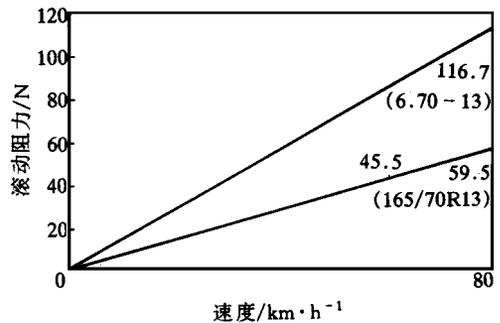


图 9 不同结构的 6.70-13 与 165/70R13 轮胎的滚动阻力

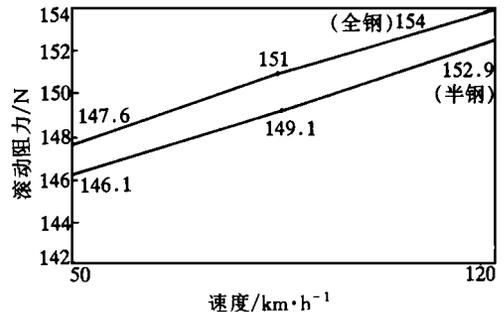


图 10 7.00R15 轮胎的滚动阻力

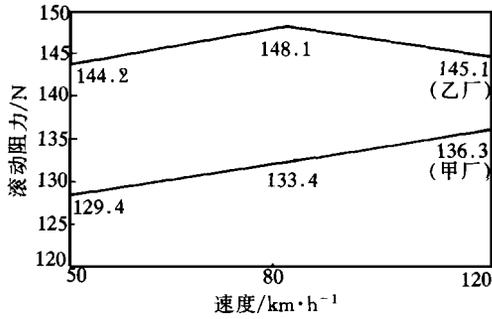


图 11 不同厂家相同规格轮胎的滚动阻力

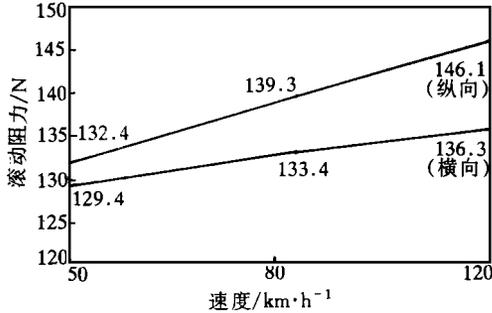


图 12 P215/75R15不同花纹轮胎的滚动阻力

~ 12中所所示的滚动阻力已经温度修正。试验轮胎的规格、气压与负荷见表 1 表 1中未加注的轮胎为甲厂产品

### 3 结论

(1)采用 TTM-3测试滚动阻力,虽然精度不如专门测试设备,但是设备简单,而且能分辨出不同条件下的滚动阻力,故它仍为一种切实可行的方法。

(2)对 TTM-3滚动阻力测试设备的分析,为国内滚动阻力测试设备的研制提供了

表 1 试验轮胎的规格、负荷与气压

规格	负荷 /kg	气压 /k Pa
195 /60HR14	420	250
195 /70SR14	484	250
165 /70SR13	348	250
P215/75SR15	632	280
P215/75 R15 <sup>1)</sup>	632	250
185 /70SR13	420	250
6.50R16 6PR	580	320
7.00R15(全钢) <sup>2)</sup>	728	530
195 /65 HR14 <sup>2)</sup>	464	370
6.70- 13 <sup>3)</sup>	412	180
P215/75 R15	632	250
205 /70 R14	516	210
P215/75 R15	632	250
185 /70SR14	444	250
6.50R16 8PR	684	430
7.00R15(半钢)	732	530

注: 1)乙厂; 2)丁厂; 3)丙厂。

经验 如果将 TTM-3与微机控制相结合,自动显示和打印,自动分析试验结果并输出,使滚动阻力测试趋于完善和自动化,那么 TTM-3一定会成为检测高性能子午线轮胎必不可少的专用设备。

### 参考文献

- 1 陈志宏. 努力实现我国民族轮胎工业高起点的跨越. 轮胎工业, 1996; 16(12): 707
- 2 康华光. 电子技术基础. 第 3版, 北京: 高等教育出版社, 1988 373- 377

收稿日期 1997-03-17

### 新型内胎自补剂投放市场

江苏省江都市天桥车友自补剂厂应用专利技术,研制生产成功一种可用于自行车、摩托车轮胎自行补内胎的新型自补剂

产品经南京大学气相色谱测试表明,其性能指标均达到有关标准要求,且对橡胶无腐蚀作用,不产生有害物质,现已开始投放市

场。

该自补剂系采用固形物和乳状液体组成,外形呈胶状,中性,化学性能稳定,不产生挥发性、刺激性和有毒气体。自行车、摩托车内胎漏气时,补胎无需拆胎。

(摘自《中国化工报》, 1997-03-27)