

轿车、轻型载重车、载重车及大客车轮胎滚动阻力测试方法

中图分类号:TQ330.7+3

文献标识码:B

文章编号:1006-8171(2001)09-0532-05

本推荐方法提供了在控制条件下测试轿车、轻型载重车、载重车和大客车轮胎滚动阻力的方法,其目的是提供稳定地采集用于各种用途数据的方法(例如轮胎之间的比较、载荷或压力作用的测定以及测试结果与燃料消耗测试的相关性等)。

测试轿车、轻型载重车、载重车和大客车轮胎滚动阻力的另一个文件是SAE资料报告J1270,它对滚动阻力的测试方法做了进一步的说明并附有一些背景资料。这两个文件的格式相同,标题内容相同。

1 范围

本推荐方法适用于实验室测量轿车、轻型载重车、载重车和大客车充气轮胎的滚动阻力。

本方法仅适用于测量自由滚动轮胎在稳态行驶、侧倾角和偏离角为零时的滚动阻力,基本测试方法有下列3种:

(1)测力法——测量轮胎旋转轴的反作用力并换算为滚动阻力;

(2)测扭矩法——测量试验机的输入扭矩并换算为滚动阻力;

(3)测功率法——测量试验机的输入功率并换算为滚动阻力。

2 定义

本方法采用了下列定义:

(1)滚动阻力:自由滚动轮胎的滚动阻力是指与试验表面相切、与轮胎轮辋平面平行的所有接触力之标量总和。

(2)滚动阻力因数:滚动阻力与轮胎载荷之比。

(3)载荷半径:从载荷轮胎的旋转轴到转鼓表面的垂直距离。

(4)最大载荷:模压在轮胎胎侧上并列入现行轮胎轮辋协会(T & RA)年鉴轮胎载荷表中规定的轮胎载荷极限或类似标准机构出版的轮胎载荷表中规定的载荷极限。对于轻型载重轮胎,最大载荷按单胎承受的最大载荷(或载荷极限)定义;对于载重车及大客车轮胎,最大载荷按双胎并装承受的最大载荷(或载荷极限)定义。

(5)基本充气压力:基本充气压力是与最大载荷一起模压在胎侧上的充气压力。基本充气压力是与现行轮胎轮辋协会年鉴轮胎载荷表或其它类似标准机构出版的相应载荷表中规定的最大载荷相对应的充气压力。

(6)封闭式充气压力:开始测试前,给轮胎充入所需的压力,此时轮胎温度与测试环境温度相同。测试过程中用气门嘴、帽或其它密封物将轮胎中的空气密封,从而获得封闭式充气压力。

(7)调节式充气压力:给轮胎充入所需的压力,不管环境温度如何,测试过程中保持这个充气压力,从而获得调节式充气压力。

(8)环境温度:环境温度是指滚动阻力测试过程中,在靠近轮胎的固定位置测得的大气温度。测温点位于距轮缘或试验表面0.4 m的侧向距离处。

(9)标准环境温度:所有滚动阻力都是指在24 标准环境温度下测得的数据。

3 测试装置

通常使用的测试装置是实验室转鼓试验

机。

3.1 测试表面

(1) 测试转鼓直径:测试转鼓的直径通常为 1.708 m。

(2) 宽度:测试表面的宽度必须大于测试轮胎的胎面宽度。

(3) 测试面粗糙度:测试面必须为中等粗糙度(80 粒度)结构。

3.2 测试轮辋

测试轮辋必须是轮胎轮辋协会或类似组织规定中认可的轮辋轮廓和轮辋宽度,虽然可以使用其它认可的轮辋,但最好使用标准的测试轮辋。测试报告中必须记录轮辋轮廓和轮辋宽度,轮辋偏差必须符合新轮辋的技术规范要求。

3.3 对正精度和控制精度

所有测试条件必须满足测试规范要求,因为任何偏差都将影响滚动阻力数据的精度。对正精度和控制精度的规定是,它们对轿车轮胎和轻型载重轮胎滚动阻力的综合影响不超过 0.5 N 标准偏差,对载重车和大客车轮胎滚动阻力的综合影响不超过 2.2 N 标准偏差。

除了对本节所提的 3 种方法中每一种的特殊规定外,测试参数必须保持在下列范围内:

轮胎载荷前后向偏移	0.2 mm
轮胎载荷角度偏移	0.3°
轮胎偏离角	0.1°
轮胎侧倾角	0.3°
轮胎载荷	
轿车轮胎	20 N
轻型载重轮胎	35 N
载重车和大客车轮胎	45 N

充气压力 1.5 kPa

转鼓速度 2 km·h⁻¹

环境温度 见 4.5 节说明

如果达不到这些要求,应进行修正,尤其要 对对正或环境温度进行修正,具体方法见 6.2 和 6.4 节。

3.3.1 测力法

载荷偏置以及载荷与轮胎旋转轴受力传感器之间的相互干扰会引起轮胎旋转轴受力读数的严重误差,这种误差必须降到最小程度(见

6.2 节)。

3.3.2 测扭矩法

由于速度搜索波动引起的扭矩变化可能导致滚动阻力误差增大,因此转鼓导致的扭矩变化必须保持很小,且应每隔几个扭矩波动周期求出平均值。

3.3.3 测功率法

在测量间隔中,计算滚动阻力需要一个恒定速度值,因此表面速度的变化可能引起明显的误差,这就要求在测功率法中转鼓速度保证下列精度:

轿车及轻型载重车轮胎	±0.3 km·h ⁻¹
载重车及大客车轮胎	±0.8 km·h ⁻¹

3.4 仪表精度

用于读取和记录测试结果的仪表必须相当精确,保证滚动阻力测量值不能大于下列标准偏差:

轿车及轻型载重车轮胎	0.5 N
载重车及大客车轮胎	2.2 N

要达到这个精度,3 种滚动阻力测量方法的测量精度应达到下列要求:

轮胎载荷	
轿车轮胎	10 N
轻型载重轮胎	20 N
载重车及大客车轮胎	30 N
充气压力	
轿车及轻型载重车轮胎	1 kPa
载重车及大客车轮胎	1.5 kPa
温度	0.2
速度	1 km·h ⁻¹

3.4.1 测力法

除了上面所说的共同精度要求外,测力法还应保证下列精度(±):

轮胎旋转轴受力	
轿车和轻型载重车轮胎	0.5 N
载重车和大客车轮胎	1.0 N
载荷半径	
轿车和轻型载重车轮胎	1 mm
载重车和大客车轮胎	2.5 mm

3.4.2 测扭矩法

除了上面所说的共同精度要求外,测扭矩

法中的扭矩输入还应保证下列精度(±):

轿车轮胎	0.3 N·m
轻型载重轮胎	0.5 N·m
载重车及大客车轮胎	0.6 N·m

3.4.3 测功率法

除了上述规定的共同精度要求外,测功率法还应保证下列精度(±):

功率	
轿车轮胎	10 W
轻型载重轮胎	15 W
载重车及大客车轮胎	20 W
转鼓速度	
轿车及轻型载重车轮胎	0.2 km·h ⁻¹
载重车及大客车轮胎	0.3 km·h ⁻¹

4 测试条件

推荐的滚动阻力测试包括几个测点,通过这几个测点测定平均滚动阻力和平均充气压

力。

4.1 载荷及充气压力标准测试

滚动阻力的初测采用封闭式充气压力,测试过程中允许压力与在使用条件下一样升高。随后采用调节式充气压力连续测几个测点。载荷及充气压力的标准测试见表 1。

4.2 载荷及充气压力替代测试

如果轮胎升压情况可以通过其它渠道获得,就可以采用替代测试。进行替代测试时,采用调压方式采集各数据点。载荷及充气压力的替代测试见表 2。

用替代测试的测试点 1A 替换标准测试的测试点 1 并不影响测试总精度,其余测点 2,3 等与标准测点相同。

4.3 测试顺序

建议测试时按使滚动阻力稳定递减的顺序进行,大多数轮胎的测试顺序采用 4.1 和 4.2 节中所列的顺序可达到这一目的。

表 1 各类轮胎载荷及充气压力的标准测试

项 目	测点					
	1	2	3	4	5	6
轿车轮胎						
载荷 ¹⁾ / %	90	90	50	50	—	—
充气压力 [*] / kPa	- 50(封闭式)	+ 70(调节式)	- 30(调节式)	+ 70(调节式)	—	—
轻型载重轮胎						
载荷 ²⁾ / %	100	70	70	40	40	40
充气压力 [#] / %	100(封闭式)	60(调节式)	110(调节式)	30(调节式)	60(调节式)	110(调节式)
载重车及大客车轮胎						
载荷 ³⁾ / %	100	100	75	50	25	—
充气压力 [#] / %	100(封闭式)	95(调节式)	70(调节式)	120(调节式)	70(调节式)	—

注:1)与最大载荷的比例;2)与最大单胎载荷的比例;3)与最大双胎载荷的比例; * 基本气压 ± 增量; # 与基本气压的比例。

表 2 各类轮胎载荷及充气压力的替代测试

项 目	测点					
	1A	2	3	4	5	6
轿车轮胎						
载荷 ¹⁾ / %	90	90	50	50	—	—
充气压力 [*] / kPa	- 30(调节式)	+ 70(调节式)	- 30(调节式)	+ 70(调节式)	—	—
轻型载重轮胎						
载荷 ²⁾ / %	100	70	70	40	40	40
充气压力 [#] / %	100(调节式)	60(调节式)	110(调节式)	30(调节式)	60(调节式)	110(调节式)
载重车及大客车轮胎						
载荷 ³⁾ / %	100	100	75	50	25	—
充气压力 [#] / %	120(调节式)	95(调节式)	70(调节式)	120(调节式)	70(调节式)	—

注:同表 1。

4.4 测试速度

测试速度为 80 km h^{-1} 。

4.5 环境温度

试验轮胎周围的环境温度应保持在 $20 \sim 28$ 之间。记录每个测点的平均环境温度,将各滚动阻力调节成 24 标准环境温度下的值。

5 测试程序

5.1 磨合

对于第1次使用时尺寸或材料性能发生永久性重大变化的轮胎,在测试前需要一个磨合冷却过程。磨合过程在测点1进行,所需时间如下:轿车及轻型载重车轮胎为1h;载重车及大客车轮胎为2h。磨合后进行冷却,至少需要如下时间将温度降到实验室温度:轿车及轻型载重车轮胎为2h,载重车及大客车轮胎为6h。

5.2 热平衡

测试前将试验轮胎和轮辋放置在试验场所的温度环境中,以便获得热平衡,所需时间如下:轿车及轻型载重车轮胎不少于2h;载重车及大客车轮胎不少于6h。如果采用的是标准测试(见4.1节),测试前轮胎必须在试验轮辋上充气至少1h。

5.3 预热

让轮胎在不同的试验条件下在试验面上滚动,直至获得稳定的滚动阻力。

第1个条件所需的预热时间如下:

轿车轮胎	30 min
轻型载重轮胎	60 min
载重车及大客车轮胎	90 min

每个其它条件所需预热时间如下:

轿车轮胎	10 min
轻型载重轮胎	15 min
载重车及大客车轮胎	30 min

通过监控滚动阻力值观察各种条件的状态是否稳定。

5.4 测量及记录

5.4.1 识别标记

如果适用的话,每次测试前对下列各项进行记录,以便于识别。

(1) 轮胎识别标记: 制造商; 品牌名;

轮胎规格及载荷范围; 轮胎最大载荷; 轮胎基本充气压力; 序号; 磨合情况; 使用轮胎档案记录情况; 其它相关情况。

(2) 试验设备识别标记: 试验转鼓直径; 试验转鼓表面粗糙度及总体情况; 轮胎安装及配置; 附加损失算法; 其它相关资料。

(3) 试验条件: 日期及时间; 轮辋宽度及轮廓; 以轮胎有序号一侧确定的轮胎旋转方向(顺时针或逆时针)。

5.4.2 试验变量

预热过程结束后,必须立即记录每个载荷-充气压力组合的试验数据: 预热时间; 速度; 载荷; 充气压力; 轮胎旋转轴受力、扭矩输入或电功率输入; 载荷半径(测力法); 环境温度(见4.5节)。

5.5 附加损失测量

可以用各种不同的方法测定附加损失,常用的方法有以下两种:

(1) 无滑动接触测量法: 必须将轮胎载荷降低,保证轮胎能够以试验速度保持旋转,但无滑动现象。建议其采用的载荷量如下:

轿车轮胎	100 N
轻型载重轮胎	150 N
载重车及大客车轮胎	220 N

(2) 设备空转测量法: 将轮胎和车轮总成从测试面拿开,记录试验速度下的扭矩输入或电功率输入值(视其测试方法而定)。注意这种方法不适用于测力法,而且不测量旋转轮胎和轮辋总成的附加损失,它们的附加损失必须分别测定。

6 数据处理

6.1 消除附加损失获得净读数

从总读数中减去附加损失获得轮胎旋转轴受力、扭矩或功率的净值(视其测试方法而定)。消除附加损失的方法有以下两种:

(1) 无滑动接触测量法(适用于测力法、测扭矩法和测功率法): 从试验结果中减去用该法测得的附加损失值。

(2) 设备空转测量法(适用于测扭矩法和测

功率法):从试验结果中减去用该法测得的附加损失值。

6.2 载荷-轮胎旋转轴受力之间的相互干扰作用和载荷偏置的补偿方法

每个测点存在的载荷-轮胎旋转轴受力之间的相互干扰作用和载荷偏置必须得到补偿。补偿方法有两种,一种是使轮胎正转和反转,记录旋转轴受力;另一种是对设备做动态标定。如果采用上述第 1 种方法(每种试验条件下),应从正转值中减去反转值,再将差除以 2,得到补偿结果。如果采用上述第 2 种方法,补偿项可以很容易地与数据处理结合起来。

6.3 滚动阻力计算

采用与测量方法相应的公式计算滚动阻力。

(1) 测力法

$$F_R = F_X(1 + R_L/R)$$

式中 F_R ——滚动阻力, N;
 F_X ——轮胎旋转轴受力净值, N;
 R_L ——载荷半径, m;
 R ——转鼓半径, m。

(2) 测扭矩法

$$F_R = T/R$$

式中 T ——净输入扭矩, N·m。

(3) 测功率法

$$F_R = 3.60 P/v$$

式中 P ——净功率输入, W;
 v ——测试面速度, km·h⁻¹。

6.4 将滚动阻力调节到标准环境温度下的值

利用下列公式将每个滚动阻力调节到 24 标准环境温度下的值:

$$F_{R_R} = F_R[1 + k(\theta_A - \theta_R)]$$

式中 F_{R_R} ——标准环境温度下的滚动阻力, N;

θ_A ——测点处所测平均环境温度, °C;

θ_R ——标准环境温度, °C;

k ——温度调节系数, °C⁻¹。

系数 k 根据经验确定, 现行采用的系数 k 的平均值为 0.006 0 °C⁻¹。

7 数据分析

有时需要进行数据换算及数据分析, 下面的计算公式使用简便, 便于对照。

7.1 滚动阻力因数

滚动阻力除以轮胎载荷为滚动阻力因数。

$$C_R = F_R/F_Z$$

式中 C_R ——滚动阻力因数;

F_Z ——轮胎载荷, N。

7.2 多次线性回归法

单胎的试验数据或几个相同的样品轮胎试验数据可以采用此法进行分析。公式如下:

轿车轮胎:

$$F_R = F_Z(A_0 + A_1 F_Z + A_2/P)$$

轻型载重轮胎:

$$F_R = A_0 + A_1 F_Z + A_2/P + A_3 F_Z^2/P + A_4 F_Z/P^2$$

载重车及大客车轮胎:

$$F_R = A_0 + A_1 F_Z + A_2 F_Z/P + A_3 F_Z^2/P$$

式中 P ——稳定的充气压力, kPa;

A_0, A_1, A_2 ——系数。

得到的回归方程式可以计算出各种载荷和充气压力下的滚动阻力, 而不是通过测试获得滚动阻力。但是建议不采用远远超过了测试矩阵范围, 尤其在高速低充气压力情况下的外推计算。

7.3 平面近似法

从转鼓上获得的滚动阻力数据可用下列公式换算成一个平面近似值。

$$F_{R_f} = F_{R_w}(1 + r/R)^{-1/2}$$

式中 F_{R_f} ——平面上的滚动阻力, N;

F_{R_w} ——转鼓上的滚动阻力, N;

r ——轮胎名义半径, m。

这种平面近似法表达式还不能普遍使用, 其表达结果不能保证其有效性, 只表示对目前工艺水平情况的一种认知。详细情况见 SAE J1270 报告。

(董秀玲摘译 涂学忠校)

译自“SAE J1269 MAR87”