

标准与检测

轮胎滚动阻力的拖车测试方法

Ej sm ont J A 等
(格但斯克工业大学)

摘要:介绍格但斯克工业大学轮胎滚动阻力现场测试方法中的拖车测试方法。测试拖车装配3个车轮,2个前轮起支撑和固定作用,测试轮胎安装在后轮上。测试数据采集及分析采用Daφbook/200系统。对不同轮胎在不同行驶速度下及不同路面上的滚动阻力进行了测试,为进一步研究轮胎滚动阻力的现场测试积累了经验和数据。

关键词:轮胎;滚动阻力;现场测试;拖车测试

滚动阻力是轮胎与路面接触而产生的形变能量损失。大的滚动阻力势必导致高的油耗以及大的尾气排放量。滚动阻力与轮胎及路面性质密切相关。据统计,每辆车行驶油耗的20%用于克服轮胎滚动阻力。减少轮胎滚动阻力将直接减少油耗,轿车轮胎滚动阻力减少10%会使油耗减少3%。

轮胎与路面之间的滚动阻力通常被定义为轮胎在单位距离内行驶所消耗的能量,国际单位制上传统的滚动阻力单位为 $N \cdot m \cdot m^{-1}$,与牵引力的单位相同。滚动阻力可以看作是加载负荷的轮胎匀速运动所需的纵向力。滚动阻力因数则定义为滚动阻力与轮胎负荷之比。

轮胎滚动阻力既可以在现场(在路面上),也可以在实验室中进行测试。一般而言,滚动阻力的现场测试操作较困难,但却能更好地反映路面特性。因此,当试验的目的在于评估路面状况对滚动阻力的影响时,往往进行现场测试。实验室测试方法重复性和再现性好,但却很难准确体现路面对滚动阻力产生的影响。

1 滚动阻力现场测试方法

1.1 滑行测试方法

该方法是测试车辆沿平坦路面直线下滑时其速度和距离随时间变化而变化的情况。车辆减速是作用于车辆上的阻力造成的,可以根据车辆的

能量损失和车辆自身参数计算轮胎的滚动阻力。但是用这种测试方法测得的滚动阻力不精确,特别是在高速行驶时空气阻力较滚动阻力大。为此,常运用空气动力学的阻力参数来对测试结果进行修正。

1.2 滚落山坡测试方法

该方法的测试路面为连接水平路面的一段下坡路面。测试车辆在斜坡的某一位置下滑,最后停止于水平路面的某一位置。在速度低于 $15 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 的测试条件下,空气阻力可以忽略不计。滚动阻力因数根据测试数据计算得出。这种方法测试的准确性与测试车辆行驶距离的精确程度密切相关。

1.3 牵引车测试方法

该方法将装配测试轮胎的车辆装入装有车轮的空气动力学仓内,该仓将车辆与空气阻力隔开,在牵引装置与测试车辆间安置一台具有较高精确度的拉力试验机(如图1所示)。测试车辆在水平测试轨道上被牵引而匀速前进。拉力试验机记录测试车辆所有轮胎克服滚动阻力的受力情况。由于该测试车辆与气流分隔开,因此测试过程完全不受空气阻力的影响。然而,牵引车车速不可避免的要发生变化,这对测试结果的准确性影响较大;同时牵引车辆速度改变产生的惯性力也会干扰测试。这种方法测试的准确性受制于牵引车速度控制的准确性以及速度的均匀性。

1.4 根据车辆驱动转矩进行测试的方法

该测试方法通过测试车辆引擎与动力轮之间的驱动转矩测算轮胎的滚动阻力。但车辆行驶速度超过 $15 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 会极大影响测试结果,因此需要修正测试结果。这种测试方法的准确性同样受制于车速的变化。

1.5 根据车辆最高行驶速度测试的方法

尽管轮胎滚动阻力影响车辆最高行驶速度,但是高速行驶下,空气阻力却是影响车辆行驶速度的最重要因素。因此,车辆以最高速度行驶时测得的滚动阻力极不精确。

1.6 拖车测试方法

多年来,设计用于测试轮胎与路面之间摩擦力的拖车被沿用于轮胎滚动阻力的测试中,而设计用来测试牵引力的拖车则不适用于滚动阻力的测试,原因是滚动阻力只有最大牵引力的 $1\% \sim 2\%$,这种拖车的测力范围与滚动阻力的测试范围不相符。通常情况下,这种拖车不能为轮胎滚动阻力测试提供足够精度。

早在 20 世纪 80 年代,比利时的 Centre de Recherches Routieres (CRR) 就设计和制造了专

门测试轮胎滚动阻力的拖车,但并没有实际应用。波兰格但斯克工业大学(Technical University of Gdansk)制造的测试轮胎滚动阻力拖车(如图 2 所示)的设计原理与 CRR 制造的拖车相似。该拖车装有 3 个车轮,2 个前轮起支撑和固定作用,测试轮胎通常安装在后轮上,前轮按牵引车辆行驶路径运行,液压制动系统安装在前轮,测试车轮在双臂系统中。该拖车的测试原理如图 3 所示,作用于测试车轮上的滚动阻力是臂 2 在垂直方向上的力的分量,滚动阻力因数(f)= P_t/F_z ,应用感应传感器测量臂 1 与 2 之间的角度 θ 可计算出轮胎滚动噪声,还可对拖车在加速或减速及水平平面臂 1 偏转时的测试结果进行修正。

格但斯克工业大学拖车测试的数据采集及分析系统为美国 Iotech 公司生产的高速、高性能 Daqbook/200 系统,信号由安装在拖车上的传感器传递到车辆的启动装置上,车内座位上端放置的计算机不仅可以控制测试,还可以存储离线分析结果。拖车的测试系统包括支撑车轮速度传感器(频率信号)、测试车轮速度传感器(旋转脉冲发生器,频率信号)、臂 2 角度感应仪(模拟信号)、

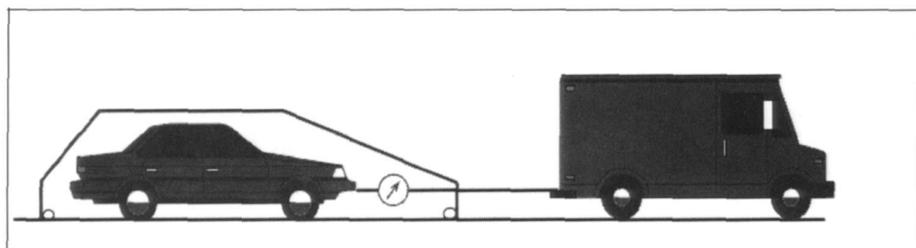


图 1 牵引车测试原理示意

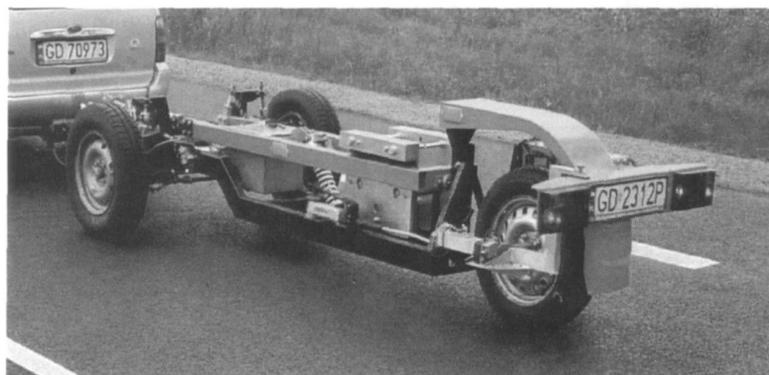


图 2 格但斯克工业大学测试滚动阻力的拖车

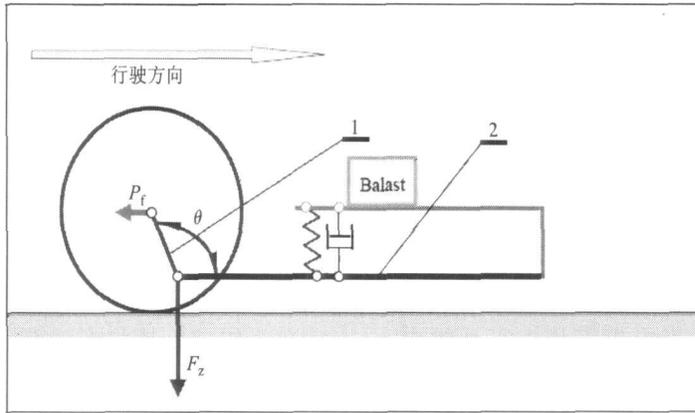


图3 拖车测试原理

臂1倾斜角度测试仪(模拟信号)、测试车轮压力压电传感器(模拟信号)、测试轮胎温度红外传感器(模拟信号)和红外触发器(模拟信号)。操作程序用 Borland Delphi 7 软件编写,在 Windows 操作系统下用标准装置进行数据相关处理。

2 拖车测试结果

格但斯克工业大学在 2004 年进行了首次轮胎滚动阻力的拖车测试。测试所用的波兰格但斯克地区 No.7 国家公路路面如图 4 所示,2 条测试轮胎分别为轮胎 D(AVON CR 322)和轮胎 F(米其林 Energy E3A),规格均为 185/65R15 88H,轮胎负荷为 2 980 N,充气压力为 180 kPa。测试中进行 2 个方向的行驶,每个方向进行 4 次测试(路面倾斜所带来的影响可忽略不计),测试所得的滚动阻力因数平均值如图 5 所示。

在轮胎负荷和充气压力相同条件下对大陆公司和邓禄普公司(规格均为 175/65R14 82T)的干地轮胎和商用汽车轮胎进行了测试,测试路面条件如下。

NL1:孔隙率为 13%的多孔性薄层路面,道路于 2004 年由 Heymans 建造,位于荷兰;

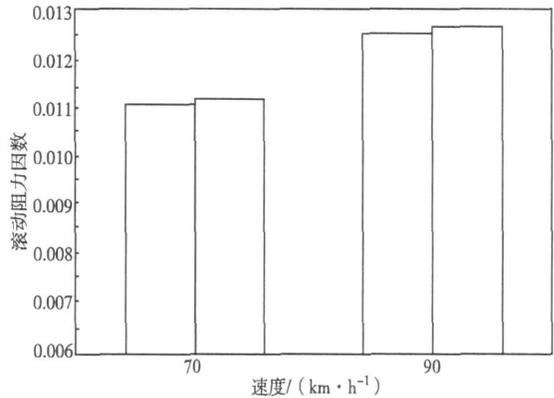


图5 轮胎行驶速度对滚动阻力因数的影响

1—轮胎 F; 轮胎 D.

NL2: 双层多孔沥青路面,道路于 1998 年由 KWS 建造,2004 年由 Heymans 修建,位于荷兰;

A15 NL3: 密实沥青混凝土路面(DAC 0/16),位于荷兰;

A15 NL4: 上层级别为 2/6 的双层多孔沥青路面(2 种测试区域),道路位于荷兰;

A15 NL5: 上层级别为 4/8 的双层多孔沥青路面(4 种测试区域),道路位于荷兰;

A15 NL7: 多孔沥青路面,道路位于荷兰;

A15 NL8: 横向绒面水泥混凝土路面,道路位于荷兰;

A4 A2: Splittmastix 0/8, 道路位于德国;

A4 B1: 带有粗麻布的水泥混凝土路面,道路位于德国;

A4 C1: Gussasphalt 0/11, 道路位于德国;

A4 D1: 带有粗麻布的水泥混凝土路面,道路

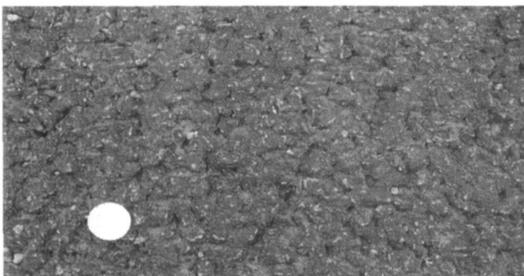


图4 首次轮胎滚动阻力拖车测试路面

位于德国;

A4 E2; Splittmastix 0/8, 道路位于德国。

轮胎在 $70 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 下的滚动阻力因数测试结果见表 1 和 2, 大陆干地轮胎在 $90 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 下在 A15 NL3, A15 NL4 和 A15 NL5 路面上的滚动阻力因数分别为 0.013, 0.011 和 0.012。

2005 年, 又在瑞典进行了两种路面的轮胎滚动阻力测试。开始时, 很多路面被选用, 但由于天气潮湿的影响, 未能完成所有路面的测试。测试使用了 4 条轮胎: 轮胎 A, B 和 C 均为 reference CPX 轮胎, E 为米其林 Energy E3A 轮胎, 规格

均为 185/65R15 88H。轮胎负荷和充气压力同上, 测试路面条件如下。

S1: DAC 0/16, 道路建造 14 年, 位于瑞典;

S2: DAC 0/11, 道路建造 10 年, 位于瑞典。

测试结果见表 3。

这些研究的测试数据未作比较, 所有数据被积累起来供将来使用。

3 实验室转鼓测试结果

实验室转鼓测试路面条件很难覆盖各种实际路面条件, 但也能反映一些实际路面条件。为说

表 1 邓禄普商用轮胎在 $70 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 下的滚动阻力因数

路面	试验序号					均值	最大值与最小值之差
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]		
NL1	0.011	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.001
NL2	0.012	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.001
A15 NL3	0.011	0.010	0.010	0.009		0.010	0.002
A15 NL4	0.009	0.009	0.009	0.008		0.009	0.001
A15 NL5	0.010	0.009	0.009	0.009		0.009	0.001
A59 NL	0.011	0.010	0.010	0.010		0.010	0.001
A59 NL8	0.010	0.010	0.010	0.010		0.010	0.001
A4 A2	0.009	0.009	0.008			0.009	0.001
A4 B1	0.008	0.008	0.008			0.008	0.000
A4 C1	0.011	0.011	0.011			0.011	0.001
A4 D1		0.007	0.007			0.007	0
A4 E2		0.007	0.007			0.007	0

表 2 大陆干地轮胎在 $70 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 下的滚动阻力因数

路面	试验序号					均值	最大值与最小值之差
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]		
NL1	0.014	0.013	0.014	0.013	0.013	0.013	0.001
NL2	0.014	0.014	0.013	0.014		0.014	0.001
A15 NL3	0.014	0.013	0.012	0.013	0.012	0.013	0.002
A15 NL4	0.012	0.011	0.011	0.011		0.011	0.001
A15 NL5	0.012	0.011	0.011	0.011		0.012	0.001
A59 NL7	0.012	0.011	0.011	0.011		0.011	0.001
A59 NL8	0.012	0.012	0.012	0.011		0.012	0.001
A4 A2	0.011	0.012				0.011	0.001
A4 B1	0.010	0.011				0.010	0.001
A4 C1	0.013	0.013				0.013	0

表 3 瑞典地区轮胎滚动阻力因数测试结果

轮胎	路面		轮胎	路面	
	S1	S2		S1	S2
轮胎 A			轮胎 C		
50 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$	0.013 2	0.012 4	50 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$	0.011 4	0.012 1
70 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$	0.014 2	0.013 5	70 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$	0.013 5	0.013 0
90 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$	0.015 5	0.015 7	90 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$	0.015 0	0.015 4
轮胎 B			轮胎 D		
50 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$	0.011 5	0.010 3	50 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$	0.012 5	0.010 7
70 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$	0.012 9	0.013 5	70 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$	0.013 9	0.012 3
90 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$	0.014 8	0.016 4	90 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$	0.014 2	0.015 0

明轮胎滚动阻力的现场测试结果, 格但斯克工业大学进行了实验室转鼓测试。格但斯克工业大学的转鼓式滚动阻力测试可进行修整路面 (APS4) 的仿形测试和多孔弹性路面的测试 (如图 6 所示), 测试结果见表 4。可以看出, 与光滑沥青路面相比, 多孔弹性路面的轮胎滚动阻力很低, 修整路面的轮胎滚动阻力很高。



图 6 格但斯克工业大学转鼓测试设备
左路面—APS4 路面; 右路—多孔弹性路面。

表 4 转鼓设备测得的轮胎滚动阻力因数

轮 胎	路 面	
	多孔弹性路面	APS4 路面
邓禄普商用轮胎		
50 km ° h ⁻¹	0.010 4	0.014 8
70 km ° h ⁻¹	0.011 0	0.015 1
90 km ° h ⁻¹	0.011 2	0.015 2
大陆干地轮胎		
50 km ° h ⁻¹	0.012 3	0.016 4
70 km ° h ⁻¹	0.012 6	0.015 9
90 km ° h ⁻¹	0.012 7	0.015 6

4 结语

根据此文, 我们可以了解到格但斯克工业大学轮胎滚动阻力拖车测试的过程和数据记录情况。我国轮胎滚动阻力测试正处于发展阶段, 加大轮胎滚动阻力测试开发力度和加快研究进程对轮胎工业的发展非常有益。 苏 博摘译

2008 年我国部分新出台的橡胶行业相关标准

日前, 国家标准化委员会公布的近期新 批准的橡胶行业相关国家标准见表 1。

表 1 近期新批准的橡胶行业相关国家标准

标准号	标准名称	代替标准	执行时间
GB/T 13579—2008	轮胎定型硫化机	GB/T 13579—1992	2008-9-1
GB/T 21462—2008	氯丁二烯橡胶(CR)评价方法		2008-8-1
GB/T 21463—2008	氯丁二烯橡胶胶乳碱度的测定		2008-8-1
GB/T 21464—2008	橡胶乙烯-丙烯-二烯烃(EPDM)三元共聚物中 5-乙叉降冰片烯(ENB)或双环异戊二烯(DCPD)含量的测定		2008-8-1
GB/T 1692—2008	硫化橡胶绝缘电阻率的测定	GB/T 1692—1992	2008-9-1
GB/T 3511—2008	硫化橡胶或热塑性橡胶 耐候性	GB/T 12831—1991 GB/T 14835—1993 GB/T 16996—1997 GB/T 3511—2001	2008-9-1
GB/T 5574—2008	工业用橡胶板	GB/T 5574—1994	2008-10-1
GB/T 5753—2008	钢丝绳芯输送带 总厚度和覆盖层厚度的测定方法	GB/T 5753—1994	2008-9-1
GB/T 6931.1—2008	带传动术语 第一部分: 带传动基本术语	GB/T 6931.1—1986	2008-10-1
GB/T 6931.2—2008	带传动术语 第二部分: V 带和多楔带基本术语	GB/T 6931.2—1986	2008-10-1
GB/T 6931.3—2008	带传动术语 第三部分: 同步带传动术语	GB/T 6931.3—1986	2008-10-1
GB/T 9867—2008	硫化橡胶或热塑性橡胶耐磨性能的测定(旋转滚筒式磨耗机法)	GB/T 9867—1988	2008-9-1
GB/T 9871—2008	硫化橡胶或热塑性橡胶老化性能的测定(拉伸应力松弛试验)	GB/T 9871—1988	2008-9-1
GB/T 12730—2008	一般传动用窄 V 带	GB/T 12730—2002	2008-9-1
GB/T 12732—2008	汽车 V 带	GB/T 12732—1996	2008-10-1
GB/T 15340—2008	天然、合成生胶取样及其制样方法	GB/T 15340—1994 GB/T 8083—1987	2008-9-1
GB/T 16583—2008	不饱和橡胶中橡胶的鉴定	GB/T 16583—1996 GB/T 19241—2003	2008-9-1
GB/T 18943—2008	多孔橡胶与塑料 动态缓冲性能测定	GB/T 18943—2003	2008-10-1
GB 21536—2008	田径运动鞋		2008-10-1
GB/T 21537—2008	锥型橡胶护舷		2008-10-1
GB/T 21657—2008	橡胶加工炼胶车间防尘规程		2008-11-1