底盘测功机测量整车机械阻力的影响因素试验分析

李涛　白卓伟　于翔　李保权　王卓

（中国第一汽车股份有限公司研发总院，长春 130013）

【欢迎引用】李涛，白卓伟，于翔，等．底盘测功机测量整车机械阻力的影响因素试验分析[J]．汽车文摘，2026(8)：59-62.

【Cite this paper】LI T, BAI Z W, YU X, et al. Experimental Analysis of Influencing Factors in Vehicle Mechanical Resistance Measurement Using Chassis Dynamometer[J]. Automotive Digest (Chinese), 2026(8): 59-62.

【摘要】针对风洞法测量汽车道路载荷中用底盘测功机测量汽车整车机械阻力时每次试验间一致性较差的问题，采用控制变量法，从试验温度、轮胎气压、热车车速、热车时间、加载质量5个方面研究底盘测功机测量整车机械阻力的影响因素，实车测试不同试验方案下的整车机械阻力值，结果表面，试验过程中将试验室温度设置为23 ℃，热车车速选择140 km/h，热车时间为40 min，轮胎气压和加载质量按照标准要求设置，可以有效保证试验一致性，提高试验效率。

关键词：底盘测功机；整车机械阻力；风洞法；道路载荷

中图分类号：U467.1　　**文献标志码：**A　　**DOI:** 10.19822/j.cnki.1671-6329.20250067

Experimental Analysis of Influencing Factors in Vehicle Mechanical Resistance Measurement Using Chassis Dynamometer

Li Tao, Bai Zhuowei, Yu Xiang, Li Baoquan,Wang Zhuo

（Global R&D Center, China FAW Corporation Limited, Changchun 130013）

【Abstract】To address the issue of poor test-to-test consistency when measuring the overall mechanical resistance of a vehicle using a chassis dynamometer as part of the wind tunnel method for determining road load, a controlled variable approach is adopted to investigate the influencing factors from 5 aspects: test temperature, tire pressure, warm-up speed, warm-up time, and loading mass. The overall mechanical resistance values are measured in actual vehicle tests under different test schemes. The results show that setting the test chamber temperature to 23 ℃, selecting a warm-up speed of 140 km/h with a warm-up time of 40 min, and setting the tire pressure and loading mass according to the standard requirements can effectively ensure test consistency and improve test efficiency.

Key words: Chassis dynamometer, Vehicle mechanical resistance, Wind tunnel method, Road load

0　引言

为有效控制移动源污染物排放，改善区域环境质量，GB 18352.6—2016《轻型汽车污染物排放限值及测量方法（中国第六阶段）》[1]（以下简称“国六标准”）已于2020年7月1日起正式实施。相较于GB 18352.5—2013《轻型汽车污染物排放限值及测量方法（中国第五阶段）》[2]，国六标准在保留滑行法的基础上，新增了基于空气动力学风洞与底盘测功机联合测试的道路载荷测量方法——风洞法。风洞法通过分别测定车辆在空气动力学风洞中的空气阻力与在底盘测功机上的机械阻力，并将二者叠加以获取整车道路载荷[2-4]。整车道路载荷作为表征车辆行驶能耗特性的核心参数，直接影响整车的动力性、经济性、排放水平。其中，整车机械阻力指车辆行驶过程中由变速器、驱动电机、传动轴、轮毂轴承、制动卡钳、轮胎等传动部分引起的摩擦阻力之和，可由底盘测功机测得。

然而，在工程实践中采用底盘测功机测量整车机械阻力时，试验结果一致性较差已成为制约道路载荷标定精度的瓶颈。为此，本文针对影响底盘测功机测量整车机械阻力的关键因素展开分析，旨在明确试验边界条件，以提升试验的一致性与工作效率，为国六标准下道路载荷的精准测量提供支撑。

1 试验条件与方案

1.1 试验设备

本研究选用某进口双轴轻型底盘测功机与国产常温环境舱构建试验平台。试验设备满足GB 18352.6—2016附录CD中CD.1和CD.2的要求。测功机前后轴均采用单滚筒结构,试验前对滚筒表面进行清洁与干燥处理,确保无油污及易导致轮胎打滑的介质残留。车辆冷却采用变速风机实现强制对流换热,设定风机出口的气流速度比测功机相应的测量速度高5 km/h,且风机出口处的气流速度与测功机对应速度的偏差应该在±5 km/h或±10%以内(取两者绝对值较大者)。试验设备测量参数及其准确度要求分别为:力的准确度为±0.1%,速度的准确度为±0.2 km/h,温度的准确度为±1 ℃,时间的准确度为±0.1 s。

1.2 试验车辆

本试验选择某燃油车进行相关研究。试验样车已进行适当磨合,行驶里程超过3 000 km,机械状况良好。轮胎在实际道路磨合超过200 km,并依据出厂规范校准四轮定位参数。车辆主要总成结构及关键技术参数如表1所示。

表1 主要总成结构及技术参数

总成结构	技术参数
整备质量/kg	1 615
最大设计总质量/kg	2 065
驱动型式	前置前驱
轴距/mm	2 870
里程/km	3 320
变速器型式	6AT
变速器速比	i_1=4.459; i_2=2.508; i_3=1.556; i_4=1.142; i_5=0.851; i_6=0.672; i_R=3.185
主减速比	3.185
轮胎型号	225/55 R17

1.3 试验方案

本文采用控制变量法进行试验,基于GB 18352.6—2016附录CC.6.6中的试验要求,重点考察试验温度、轮胎气压、热车车速、热车时间、加载质量5个关键因素对整车机械阻力的影响。各变量保持一定的变化梯度,使其在规定值附近变化,从而研究单一因素变化对于整车机械阻力的影响。为保证试验结果的准确性,每个影响因素的验证至少进行3次,如果3次试验的结果差异较大,则再重复进行试验,直到获得准确的试验结果,最终取多次测量的算术平均值作为该工况下的表征结果。具体试验方案见表2,试验方案流程见图1。

表2 试验方案

变量名称	基准值	变化范围	变化梯度
试验温度/℃	20	15~30	5
轮胎气压/kPa	260	200~290	30
热车车速/km·h^{-1}	120	80~140	20
热车时间/min	20	0~60	20
加载质量/kg	1 767.5	1 692.5~1 842.5	75

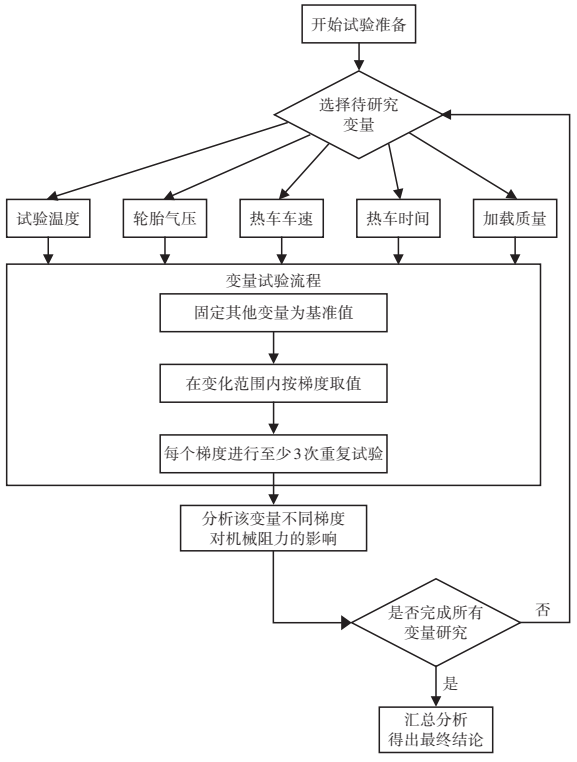


图1 试验方案流程

2 整车机械阻力测量试验

2.1 试验温度对整车机械阻力的影响试验

在选定的温度范围和梯度下,对试验车辆分别进行4种试验温度的整车机械阻力测量试验,整车机械阻力变化曲线如图2所示。

由图2可知,整车机械阻力值随着车速的降低而逐渐变小。相同车速时,试验温度越高,整车机械阻力值越小。这是由于试验温度升高,轮胎滚动阻力减小,动力总成和传动系零部件润滑效果会更佳,导致内部阻力减小,从而使整车机械阻力变小[5]。分析结果表明,试验温度从15 ℃增加到20 ℃,整车机械阻力平均降低约18 N,平均降幅约为7.5%;试验温度从20 ℃增加到25 ℃,整车机械阻力平均降低约15 N,平均降幅约为6.7%;试验温度从25 ℃增加到30 ℃,整车

机械阻力平均降低约13 N，平均降幅约为6.5%。

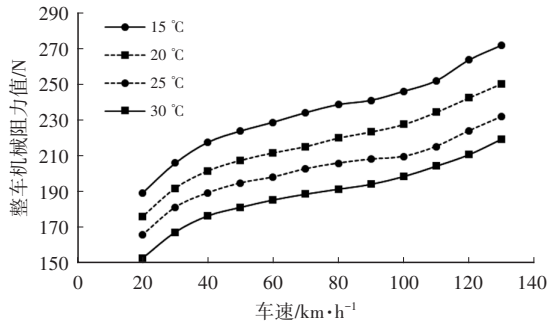


图2　不同试验温度下整车机械阻力变化曲线

按照GB 18352.6—2016附录CC.6的要求，如果将25 ℃时测量的整车机械阻力修正到20 ℃，那么整车机械阻力值增加幅度为4.3%。对比分析发现，相对较高的试验温度下测量得到的整车机械阻力值修正后依然偏小，可能导致道路载荷被低估。为平衡测量精度与环境控制成本，建议将试验环境温度设定为23 ℃，以此作为后续试验的基准温度。

2.2　轮胎气压对整车机械阻力的影响试验

在选定的轮胎气压范围和梯度下，对试验车辆分别进行4种轮胎气压的整车机械阻力测量试验，整车机械阻力变化曲线如图3所示。

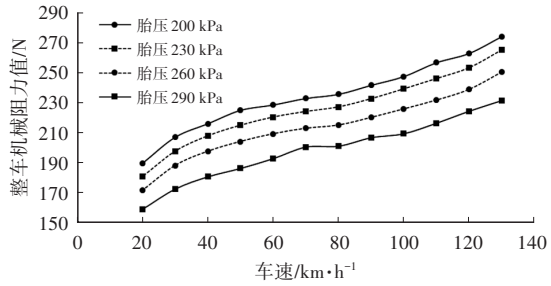


图3　不同轮胎气压下整车机械阻力变化曲线

由图4可知，在相同轮胎气压下，整车机械阻力值随着车速的降低而逐渐变小。相同车速时，轮胎气压越大，整车机械阻力值越小，且轮胎气压增加越多，整车机械阻力减小越明显。这是因为当车辆轮胎压力变大或变小时，轮胎在底盘测功机滚筒上的变形会相应减小或增大，使得其与滚筒间的滚动阻力减小或增大，从而使整车机械阻力减小或增大[6]。轮胎气压从200 kPa增加到230 kPa，整车机械阻力平均降低约9 N，平均降幅约为3.9%；轮胎气压从230 kPa增加到260 kPa，整车机械阻力平均降低约12 N，平均降幅约为5.3%；轮胎气压从260 kPa增加到290 kPa，整车机械阻力平均降低约15.4 N，平均降幅约为7.2%。由此可见，高气压区的阻力敏感性更强。

基于上述分析，为确保试验数据的可比性与准确性，在整车机械阻力测量试验中，必须将轮胎气压严格控制在标定值的容许公差范围内（建议±5 kPa）。此外，从节能减排角度考量，在保证行车安全的前提下，维持略高于标准值的轮胎气压（如经济胎压），有助于降低车辆行驶阻力，从而减少燃油消耗与用车成本。

2.3　热车车速对整车机械阻力的影响试验

在选定的热车车速范围和梯度下，对试验车辆分别进行4种热车车速的整车机械阻力测量试验，整车机械阻力变化曲线如图4所示。

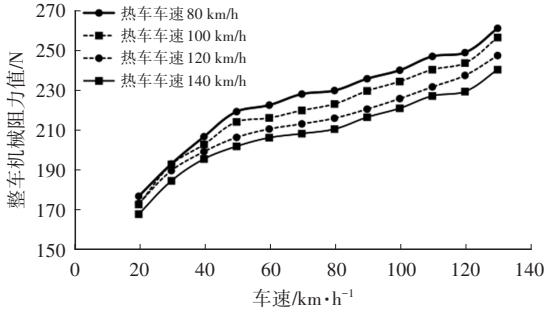


图4　不同热车车速下整车机械阻力变化曲线

图4表明，热车车速对整车机械阻力具有显著影响。在相同热车车速下，整车机械阻力值随着车速的降低而逐渐变小。相同车速时，热车车速越高，整车机械阻力值越小。这是由于高热车车速使变速器、主减速器等传动部件的油温升高，润滑油黏度降低，改善了流体动压润滑条件，从而有效减小了传动系统的内摩擦阻力。具体而言，热车车速从80 km/h提高到100 km/h，整车机械阻力平均降低约5 N，平均降幅约2.3%；热车车速从100 km/h提高到120 km/h，整车机械阻力平均降低约6 N，平均降幅约2.8%；热车车速从120 km/h提高到140 km/h，整车机械阻力平均降低约5 N，平均降幅约2.4%。

因此，为了获得更理想的整车机械阻力，试验过程中的热车车速应定为140 km/h。除此之外，热车车速对低速（50 km/h以下）时的整车机械阻力影响较小，对高速（50 km/h以上）时的整车机械阻力影响较大。该结论对实际驾驶具有指导意义：在城市低速通勤场景下，热车与否对能耗影响甚微；而在高速公路或城郊快速路场景下，充分的预热驾驶能有效降低传动系统阻力，从而优化高速巡航的经济性。

2.4　热车时间对整车机械阻力的影响试验

在选定的热车时间范围和梯度下，热车车速为120 km/h，对试验车辆分别进行4种热车时间的整车机械阻力测量试验，整车机械阻力变化曲线如图5所示。

试验数据表明，相同热车时间，整车机械阻力值

随着车速的降低而逐渐变小。相同车速下，热车时间越长，整车机械阻力值越小。原因是热车时间越长，变速器、主减速器等传动系部件油温越高，润滑效果越好，整车机械阻力越小。热车时间20 min相较于不热车，整车机械阻力平均降低约30 N，平均降幅11.1%；热车时间从20 min增加到40 min，整车机械阻力平均降低约17 N，平均降幅约为7.1%；当热车时间达到40 min后，传动系统热平衡基本建立，油温与零件温度场达到稳态，因此阻力值不再随时间的延长而发生明显变化。

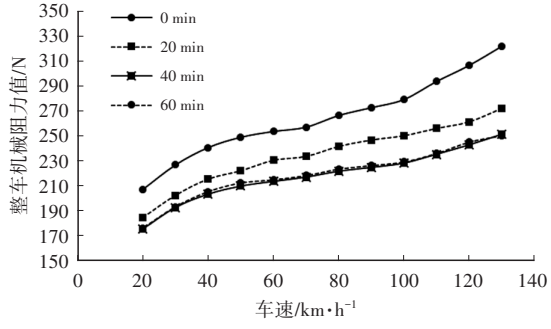


图5　不同热车时间下整车机械阻力变化曲线

基于此，建议在正式测试前执行40 min的热车程序。该时长既能确保传动系统进入热稳态以保证试验数据的重复性与一致性，又能避免因过度热车造成的工时浪费，从而在数据质量与试验效率之间取得最佳平衡。

2.5　加载质量对整车机械阻力的影响试验

在选定的加载质量范围和梯度下，对试验车辆分别进行3种加载质量的整车机械阻力测量试验，整车机械阻力变化曲线如图6所示。

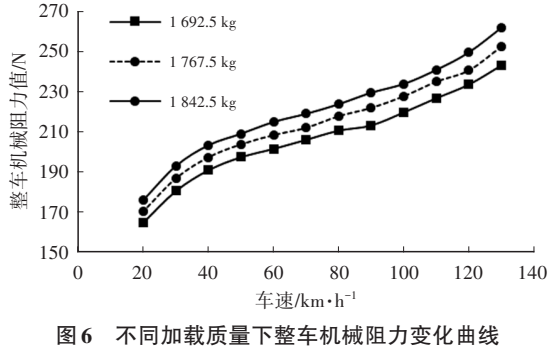


图6　不同加载质量下整车机械阻力变化曲线

由图6可知，在相同加载质量下，整车机械阻力值随车速降低逐渐变小。在相同车速下，加载质量每增加75 kg，整车机械阻力平均增大约7 N，平均增幅约为3.2%。

结果表明，加载质量的增加主要导致轮胎垂直载荷增大，进而引起轮胎接地变形量增加，滚动阻力矩随之上升。此外，传动系统扭矩负荷的增加也会带来一定的寄生损失。然而，但在此试验范围内，轮胎滚动阻力的变化占据主导地位。因此，为获得高精度的测量结果，试验过程中必须严格控制加载质量，建议将其误差控制在±1 kg以内，以消除因载荷波动引入的系统误差。

3　结束语

本文基于控制变量法，系统研究了试验温度、轮胎气压、热车车速、热车时间及加载质量对底盘测功机测量整车机械阻力的影响规律。试验结果表明：(1)试验温度、轮胎气压、热车车速、热车时间和加载质量对整车机械阻力影响较大；(2)同一基准车速下，整车机械阻力与试验温度、轮胎气压、热车车速和热车时间负相关，与加载质量正相关；(3)试验温度每增高5 ℃，整车机械阻力减小幅度约为6.9%；加载质量变化75 kg，整车机械阻力变化幅度约为3.2%；(4)高车速、长时间的热车，即充分热车，可以有效减小整车机械阻力；(5)轮胎气压越高，整车机械阻力减小幅度越大。

综合上述研究结论，为确保底盘测功机测试结果的准确性与一致性，推荐采用以下标准化试验边界条件：试验室温度设定为23 ℃，热车车速设定为140 km/h，热车时间设定为40 min，轮胎气压与加载质量严格按照GB 18352.6—2016规定的基准值进行标定与控制。本研究可为国六阶段道路载荷的精准测量及车辆经济性开发提供数据支撑与理论参考。

参　考　文　献

[1] 生产环境部. 轻型汽车污染物排放限值及测量方法(中国第六阶段). GB 18352.6—2016[S]. 北京: 中国环境出版社, 2016.

[2] 生产环境部. 轻型汽车污染物排放限值及测量方法(中国第五阶段). GB 18352.5—2013[S]. 北京: 中国环境出版社, 2013.

[3] 余志生. 汽车理论[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.

[4] 易金花, 陈丽霞, 严杰. 车辆行驶阻力测量风洞法与滑行法对比试验研究[J]. 汽车技术, 2019(7): 59-62.

[5] 马红阳, 杨剑, 李安民, 等. 轻型商用车滑行阻力影响因素的试验研究[J]. 专用汽车, 2023(12): 104-108.

[6] 潘朋, 王建海, 田冬莲. 轻型车排放测试影响因素试验研究[J]. 汽车技术, 2012(2): 48-51.

（责任编辑　**明慧**）