

目 次

1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 仪器设备要求	3
5 道路上测量道路负载	3
6 风洞或底盘测功机测量道路载荷	15
附录 A（规范性）车载风速仪校准程序示例	23
附录 B（资料性）车辆信息表	26

道路车辆 道路负载测定

1 范围

本文件描述了测量道路负载的道路试验测定方法以及风洞和底盘测功机测定方法。
本文件适用于最大设计总质量不超过 3,500 kg 的汽车。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 3730.1 汽车和挂车类型的术语和定义

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）

3 术语和定义

GB/T 3730.1、GB 18352.6—2016界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

道路载荷 road load

用滑行法或者等效方法测量的阻碍车辆行驶的阻力，包括传动系统的摩擦阻力。

3.2

行驶阻力 running resistance

通过安装在车辆驱动轮上的扭矩仪测得的与车辆行驶方向相反的阻力矩。

3.3

空气动力阻力 aerodynamic drag

由空气产生的车辆行进方向相反的阻力。

3.4

滚动阻力 rolling resistance

轮胎上与车辆运行方向相反的力。

3.5

基准速度 reference speed

用于确定道路载荷或底盘测功机负载的车辆行驶速度。

3.6

标准大气条件 reference atmospheric conditions

统一规定的大气条件，具体规定如下：

- a) 大气压力： $p_0=100$ kPa；
- b) 大气温度： $t_0=20$ °C；
- c) 干燥空气密度： $\rho_0=1.189$ kg/m³；
- d) 风速：0 m/s。

3.7

固定风速测量 stationary anemometry

在能够代表风速条件的测试道路上，通过风速测量计测量风速和方向。

3.8

车载风速测量 onboard anemometry

使用安装在测试车辆上的风速计来测量风速和风向。

3.9

风速修正 wind correction

在固定风速测量或车载风速测量中，修正风速对道路载荷的影响。

3.10

空气动力学驻点 aerodynamic stagnation point

当环绕物体的气流与物体相对运动被分成两个或更多方向的流动时，气流的分流点。

3.11

测试质量 test mass

试验车辆的基准质量、选装装备质量及代表性负荷质量三者之和。

注1：基准质量是指汽车的整备质量加上100 kg。

注2：选装装备质量是指生产企业技术条件规定的标准车辆装备之外，其他选定的选装装备组合的质量。

注3：代表性负荷质量是指一定百分比的车辆最大负载，M类为车辆最大负载的15%，N类为车辆最大负载的28%。

注4：车辆最大负载是指设计最大许用装载质量减去基准质量再减去选装装备质量后的质量。

注5：设计最大许用装载质量是指以车辆构造特点和设计性能为基础的能装载到车辆的最大质量。

3.12

加载质量 load mass

代表性负荷质量加上选装装备质量加上100 kg。

3.13

车辆行驶质量 mass in running order

油箱装满至少其容量90%的车辆质量，包括按照制造商规格安装标准设备后驾驶员、燃料和液体的质量，以及车身、车舱、联轴器、备胎以及相关工具的质量。

3.14

旋转质量 rotation mass

车辆在道路上空挡行驶时，车上所有旋转零部件和车轮的等效有效质量。

注1：旋转质量可以用试验或者计算的方法确定。

注2：旋转质量可以根据车辆基准质量的3%进行估算。

4 仪器设备要求

仪器设备应符合表1给出的要求。

表1 仪器设备要求

测量参数	单位	准确度	采样频率
车速	km/h	± 0.2 km/h	≥ 10 Hz
时间	s	± 10 ms	≥ 10 Hz
车轮转矩	N·m	± 3 N·m, 或最大测量扭矩的 $\pm 0.5\%$, 取其中较大者	≥ 10 Hz
风速	m/s	± 0.3 m/s	≥ 1 Hz
风向	°	$\pm 3^\circ$	≥ 1 Hz
大气温度	°C	± 1 °C	≥ 0.1 Hz
大气压力	kPa	± 0.3 kPa	≥ 0.1 Hz
车辆质量	kg	± 10 kg	/
轮胎压力	kPa	± 5 kPa	/
车轮转动	S ⁻¹	± 0.05 S ⁻¹ , 或者测量值的1%, 取其中较大者	/
空气动力系数和车辆正投影面积的乘积 (C _D A)	m ²	$\pm 2\%$	/
底盘测功机滚筒的速度	km/h	± 0.5 km/h, 或者 $\pm 1\%$, 取其中较大者	/
底盘测功机的力	N	1类底盘测功机: ± 6 N; 2类底盘测功机: ± 10 N, 或者满量程的 $\pm 0.1\%$, 取其中较大者	/

注: 2类底盘测功机通常有较大的行驶阻力能力, 例如130千瓦或以上。

5 道路上测量道路负载

5.1 道路测试要求

5.1.1 道路测试的大气条件

5.1.1.1 风速

应根据连续测量的风速平均值确定风速，风速条件如下。

a) 使用固定风速测量的风速条件。

固定式风速仪测量法仅用于在整个试验期间，5 s 平均风速低于 5 m/s，以及 2 s 峰值风速低于 8 m/s 的气象条件。试验道路横向风速应小于 2 m/s，根据 5.6.1.3 中的规定进行风速修正计算。当最低平均风速不超过 2 m/s 时，可免除风速修正。

b) 使用车载风速测量的风速条件。

使用车载风速仪进行试验时，应根据 5.4 的规定使用设备，试验期间，5 s 总平均风速应小于 7 m/s，2 s 峰值风速应小于 10 m/s，此外试验道路横向风速应小于 4 m/s。

如果在同一试验道路上不能进行正反两个方向的试验（例如，在一个椭圆形的试验道路上只能单向行驶），在各部分试验道路上都应测量风速和风向，这时，应根据测量的风速较高者确定所使用的风速仪的类型，根据较低者确定是否可免除风速修正。

5.1.1.2 大气温度

试验期间大气温度应处于 5~40 °C。

如果在滑行试验期间，测量的最高温度和最低温度之间的温度差大于 5 °C，对每次滑行应根据试验中实测温度的算术平均值单独进行修正。这时，对每次滑行都应单独计算，并对道路载荷系数进行单独修正，最终的道路载荷系数应按上述各次单独修正的算术平均值进行计算。

试验可根据车辆制造商的要求选择在 1~5 °C 的温度范围内进行。

5.1.2 测试道路

试验道路表面应是平坦、清洁、干燥且坚硬的，其质地和组成能代表当前典型的城市道路和高速公路路面，没有妨碍道路负载测量的障碍物或风障。

测试道路的纵向坡度应不超过 ±1%。

试验道路上任何 3 m 之间坡度差应不超过 ±0.5%，如果在相同的道路上不能进行双向滑行试验（例如单向行驶的椭圆形的试验道路），则平行试验段的纵向坡度之和应在 0.0%~0.1% 范围内，测试道路的最大弧度应不大于 1.5%。

5.2 道路测试准备

5.2.1 车辆准备

5.2.1.1 车辆状态

应根据测试需求进行适当的试车及磨合轮胎，胎纹深度应不低于初始胎纹深度的 50%。

车辆应处于制造商规定的正常车况，或根据测试目的进行设置。轮胎压力、轮位对准、车身高度、传动系统和轮轴轴承中润滑剂以及刹车调整，应避免存在非典型的摩擦阻力。

测试期间应关闭发动机罩/盖及所有窗户，关闭通风系统、前照灯等任何盖子，并关闭空调系统新风切换装置。

应调整车辆质量，以符合预期后续测试的要求，其中包括驾驶员和仪表的质量。

5.2.1.2 轮胎压力调整

如果环境温度和浸车区温度相差大于 5 °C 时，应按照下列方式对轮胎压力进行调整：

a) 将轮胎压力调整到比目标压力高 10%，浸车 4 h 以上；

b) 试验前，将轮胎压力按照车辆生产企业的说明和车辆测试质量，将轮胎压力降至制造商建议的充气压力，再按公式（1）进行微调：

$$\Delta P_t = 0.8 \times (T_{\text{soak}} - T_{\text{amb}}) \dots\dots\dots (1)$$

式中：

ΔP_t —— 轮胎压力调整值，单位为千帕（kPa）；

- 0.8 ——压力调整系数，单位为千帕每摄氏度（kPa/℃）；
- T_{soak} ——轮胎浸泡温度，单位为摄氏度（℃）；
- T_{amb} ——试验环境温度，单位为摄氏度（℃）。

5.2.2 仪器安装

试验中使用的任何仪器设备，尤其是安装在车外的仪器设备，应减少对车辆空气动力学特性的影响。

如果安装设备对 $C_D A$ 的影响超过了 0.015 m^2 ，应在风洞测量车辆使用及未使用该设备的影响。

5.2.3 车辆预处理

在测试前，应对车辆进行适当的预热，直至达到稳定和正常的运行温度。建议以测试最高基准速度的 90% 或者 $80 \text{ km/h} \pm 5 \text{ km/h}$ 行驶至少 30 min。在预热期间，车速不应超过最高基准速度。

5.3 使用滑行法测量道路载荷

5.3.1 多区段法

5.3.1.1 道路载荷曲线测定的速度点选择

应至少需要选定四个速度点， V_j ($j=1, 2, 3, 4$ 等) 用以获得一个以车辆速度为方程的道路载荷曲线。最高速度点不应低于最高基准速度，且最低速度点不应高于最低基准速度。

- 基准速度应从 20 km/h 起始，以 10 km/h 的步长增加，最高基准速度根据以下规定确定：
- a) 最高基准速度应为 130 km/h ，纯电动汽车可调整为 120 km/h 。道路载荷确定和底盘测功机的设定应在相同的基准速度点进行。
 - b) 如果最高基准速度加上 14 km/h 后，大于或等于试验车辆的最高车速，在进行道路载荷测定，或者在底盘测功机上设定阻力时，应将该速度剔除。此时次高基准速度成为车辆的最高基准速度。

5.3.1.2 数据收集

测试期间应对以下数据进行收集，其中 a) 和 b) 应以 0.2 s 的最大间隔执行测量和记录，而 c) 和 d) 应以 1.0 s 的最大间隔执行测量和记录：

- a) 经过的时间；
- b) 车速；
- c) 风速；
- d) 风向。

注：通过固定式风速仪测量风速和风向。

5.3.1.3 车辆滑行

5.3.1.3.1 在执行预处理后，在每次测试测量前，如有必要，可按最高的基准速度驾驶车辆最多 1 min。然后，将车辆加速至比滑行时间测量开始时的速度 ($V_j + \Delta V$) 高 5 km/h ，并立即开始滑行。

5.3.1.3.2 滑行期间，变速器应处于空挡，发动机应怠速运行。如果车辆配备手动变速器，则应接合离合器。应屏蔽产生驱动或阻止车辆滑行的力的装置（如能量回收系统等）及其功能。尽量避免转动方向盘，且在滑行结束前不操作车辆制动器。

5.3.1.3.3 应以相同的速度和前提条件重复滑行测试，直到滑行数据满足 5.3.1.4.2 中定义的统计学精度要求。

5.3.1.3.4 每次滑行应连续进行，如果不能对所有基准速度点的数据连续记录，也可分段滑行。分段滑行时，应注意使车辆状态在每个分接点保持不变。

5.3.1.4 通过滑行时间测量测定道路载荷

5.3.1.4.1 对应基准速度 V_j ，测量车速从 $(V_j + \Delta V)$ 滑行至 $(V_j - \Delta V)$ 经过的时间， ΔV 应不大于 5 km/h。

5.3.1.4.2 在两个方向上执行这些测量，直至至少得到连续的三对数字，以满足公式 (2) 给出的统计精确度 p (%)。

$$p = \frac{ts}{\sqrt{n}} \times \frac{100}{\Delta T_j} \leq 3\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

t ——给定的系数，见表 2；

s ——标准差，单位为秒 (s)，按公式 (3) 计算；

n ——测量组数量；

ΔT_j ——速度 V_j 的平均滑行时间，单位为秒 (s)，按公式 (4) 计算：

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta T_{ji} - \Delta T_j)^2} \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\Delta T_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta T_{ji} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

ΔT_{ji} ——在速度 V_j 下第 i 对测量值的平均协调滑行时间，单位为秒 (s)，按公式 (5) 计算：

$$\Delta T_{ji} = \frac{2}{(1/\Delta T_{jai}) + (1/\Delta T_{jbi})} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：

ΔT_{jai} 和 ΔT_{jbi} ——在每个方向上，速度 V_j 下第 i 个测量值各自的滑行时间，单位为秒 (s)。

表 2 精度计算系数表

n	t	t/\sqrt{n}
3	4.3	2.48
4	3.2	1.60
5	2.8	1.25
6	2.6	1.06
7	2.5	0.94
8	2.4	0.85
9	2.3	0.77
10	2.3	0.73
11	2.2	0.66
12	2.2	0.64
13	2.2	0.61
14	2.2	0.59
15	2.2	0.57

5.3.1.4.3 实际测量中，如果某方向的任一外部因素或者司机的行为对道路载荷测试产生影响，试验结果和对应的反向试验结果均视为无效。

5.3.1.4.4 按公式（6）、公式（7）计算每个方向上，速度 V_j 下的道路载荷 F_{ja} 和 F_{jb} ，单位为牛顿（N）：

$$F_{ja} = -\frac{1}{3.6} \times (m + m_r) \times \frac{2 \times \Delta V}{\Delta T_{ja}} \dots\dots\dots (6)$$

$$F_{jb} = -\frac{1}{3.6} \times (m + m_r) \times \frac{2 \times \Delta V}{\Delta T_{jb}} \dots\dots\dots (7)$$

式中，

m ——测试车辆的质量，其中包括驾驶员和仪表，单位为千克（kg）；

m_r ——旋转质量，单位为千克（kg）；

ΔT_{ja} 和 ΔT_{jb} ——每个方向上的平均滑行时间，分别对应于速度 V_j ，单位为秒（s），按公式（8）、公式（9）计算：

$$\Delta T_{ja} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta T_{jai} \dots\dots\dots (8)$$

$$\Delta T_{jb} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta T_{jbi} \dots\dots\dots (9)$$

5.3.1.4.5 道路载荷曲线应按以下方式确定。将公式（10）、公式（11）所述回归曲线拟合至对应于所有速度点 V_j （ $j=1、2$ 等）和方向（a、b）的数据集（ V_j, F_{ja} ）和（ V_j, F_{jb} ）中，以确定 f_0 、 f_1 和 f_2 ：

$$F_a = f_{0a} + f_{1a}V + f_{2a}V^2 \dots\dots\dots (10)$$

$$F_b = f_{0b} + f_{1b}V + f_{2b}V^2 \dots\dots\dots (11)$$

式中，

F_a 和 F_b ——各个方向上的道路载荷，单位为牛顿（N）；

f_{0a} 和 f_{0b} ——各个方向上的常数项，单位为牛顿（N）；

f_{1a} 和 f_{1b} ——各个方向上车速的第一阶项的系数，单位为牛顿小时每千米（N·h/km）；如果在基准速度（s）下 f_{1v} 的值不大于 F 的 3%，则可以假设 f_1 为零；在此情况下，应重新计算系数 f_0 和 f_2 ；

f_{2a} 和 f_{2b} ——各个方向上车速的第二阶项的系数，单位为牛顿小时每千米的平方（N·(h/km)²）；

V ——车速，单位为千米每小时（km/h）。

按公式（12）、公式（13）、公式（14）分别计算系数 f_0 、 f_1 和 f_2 ：

$$f_0 = \frac{f_{0a} + f_{0b}}{2} \dots\dots\dots (12)$$

$$f_1 = \frac{f_{1a} + f_{1b}}{2} \dots\dots\dots (13)$$

$$f_2 = \frac{f_{2a} + f_{2b}}{2} \dots\dots\dots (14)$$

式中：

f_0 、 f_1 和 f_2 ——按公式（15）计算的平均道路载荷方程中的平均系数：

$$F_{avg} = f_0 + f_1V + f_2V^2 \dots\dots\dots (15)$$

式中：

F_{avg} ——平均道路载荷，单位为牛顿（N）。

也可按公式（16）计算平均道路载荷：

$$F_j = -\frac{1}{3.6} \times (m + m_r) \times \frac{2 \times \Delta V}{\Delta T_j} \dots\dots\dots (16)$$

式中：

ΔT_j ——速度 V_j 下交替滑行时间测量的协调平均值，单位为秒（s），按公式（17）计算：

$$\Delta T_j = \frac{2}{(1/\Delta T_{ja})+(1/\Delta T_{jb})} \dots\dots\dots (17)$$

式中：

ΔT_{ja} 和 ΔT_{jb} ——各个方向上在速度 V_j 下的滑行时间，单位为秒（s）。

利用回归分析计算公式（10）～公式（14）中给出的系数 f_0 、 f_1 和 f_2 。

5.3.2 平均减速法

5.3.2.1 道路行驶阻力曲线测定的速度点选择

应按照 5.3.1.1 的规定选择速度点。

5.3.2.2 数据收集

应根据 5.3.1.2 的规定来测量和记录数据。

5.3.2.3 车辆滑行

按照 5.3.1.3 的规定进行车辆滑行。

5.3.2.4 通过滑行测量来测定总阻力

5.3.2.4.1 记录车速从 $(V_j+\Delta V)$ 至 $(V_j-\Delta V)$ 滑行期间的速度与时间数据，其中， ΔV 应大于 10 km/h。

5.3.2.4.2 通过多项式回归将公式（18）和公式（19）给出的函数拟合至数据组中，以测定系数 A_0 、 A_1 、 A_2 和 A_3 ：

$$V_a(t) = A_{0a} + A_{1a}t + A_{2a}t^2 + A_{3a}t^3 \dots\dots\dots (18)$$

$$V_b(t) = A_{0b} + A_{1b}t + A_{2b}t^2 + A_{3b}t^3 \dots\dots\dots (19)$$

式中：

$V_a(t)$ 和 $V_b(t)$ ——车速，单位为千米每小时（km/h）；

t ——时间，单位为秒（s）；

A_{0a} 、 A_{1a} 、 A_{2a} 、 A_{3a} 、 A_{0b} 、 A_{1b} 、 A_{2b} 和 A_{3b} ——拟合公式系数。

5.3.2.4.3 按公式（20）在速度 V_j 下测定减速度 γ_j ，单位为米每二次方秒（ m/s^2 ）：

$$\gamma_j = \frac{1}{3.6} \times (A_1 + 2 \times A_2 t_j + 3 \times A_3 t_j^2) \dots\dots\dots (20)$$

式中：

t_j ——5.3.2.4.2 中给定的车速等于 V_j 的时间，单位为秒（s）。

5.3.2.4.4 在两个方向上重复测量，直至至少获得连续四对数据，以满足公式（21）给出的统计精确度 p （%）要求。应根据 5.3.1.4.3 确定数据的有效性。

$$p = \frac{ts}{\sqrt{n}} \times \frac{100}{\Gamma_j} \leq 3\% \dots\dots\dots (21)$$

式中：

t ——给定的系数，见表 2；

s ——标准差，单位为米每二次方秒（ m/s^2 ），按公式（22）计算；

n ——测量组数量；

Γ_j ——按公式（23）和公式（24）计算的速度 V_j 下的平均减速度，单位为米每二次方秒（ m/s^2 ）。

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Gamma_{ji} - \Gamma_j)^2} \dots\dots\dots (22)$$

$$\Gamma_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Gamma_{ji} \dots\dots\dots (23)$$

$$\Gamma_j = \frac{1}{2} (\gamma_{jai} + \gamma_{jbi}) \dots\dots\dots (24)$$

式中：

γ_{jai} 和 γ_{jbi} ——每个方向上如 5.3.2.4.3 中规定的速度 V_j 下第 i 个测量值各自的减速度，单位为米每二次方秒 (m/s^2)。

5.3.2.4.5 按照 5.3.1.4.4 中规定的 m 和 m_r ，按公式 (25) 计算速度 V_j 下的道路载荷 F_j 。

$$F_j = (m + m_r) \Gamma_j \dots\dots\dots (25)$$

5.3.2.4.6 按照 5.3.1.4.5 中的规定，测定道路载荷曲线。

5.3.3 直接回归法

5.3.3.1 道路载荷曲线测定的速度范围选择

测试速度范围（即最大速度和最小速度）应确定为涵盖已测量总阻力的基准速度范围。如果以分割运行的方式执行测试，则应相应确定每个分割速度的范围。

5.3.3.2 数据收集

应按照 5.3.1.2 的规定测量和记录数据。

5.3.3.3 车辆滑行

按照 5.3.1.3 的规定进行车辆滑行。

5.3.3.4 通过滑行测量来测定道路载荷

系数 f_0 、 f_1 和 f_2 应通过用公式 (29) 近似 V 和 t 与正切的关系来计算，其数学过程如下：

a) 按公式 (26) 和公式 (27) 计算道路载荷：

$$F = f_0 + f_1 V + f_2 V^2 \dots\dots\dots (26)$$

$$F = -\frac{1}{3.6} \times (m + m_r) \times \frac{dV}{dt} \dots\dots\dots (27)$$

式中：

F ——道路载荷，单位为牛顿 (N)；

f_0 ——常数项，单位为牛顿 (N)；

f_1 ——第一级系数，单位为牛顿小时每千米 [$N \cdot (h/km)$]；

f_2 ——第二级系数，单位为牛顿小时每千米的平方 [$N \cdot (h/km)^2$]；

m ——测试车辆的质量，其中包括驾驶员和仪表，单位为千克 (kg)；

m_r ——旋转质量，单位为千克 (kg)；

V ——车速，单位为千米每小时 (km/h)。

b) 由公式 (26) 和公式 (27) 导出公式 (28)：

$$-\frac{3.6 \times dt}{m + m_r} = \frac{dV}{f_0 + f_1 V + f_2 V^2} \dots\dots\dots (28)$$

c) 由方程 (28) 得出公式 (29)：

$$V = \frac{\sqrt{4 \times f_0 f_2 - f_1^2}}{2 \times f_2} \tan \left(-\frac{3.6 \times \sqrt{4 \times f_0 f_2 - f_1^2}}{2 \times (m + m_r)} \times t - C_0 \right) - \frac{f_1}{2 \times f_2} \dots\dots\dots (29)$$

式中：

t ——时间，单位为秒 (s)；

C_0 ——积分常数。

d) 将公式 (29) 替换为近似公式 (30)。

$$V = A \tan(Bt + C) + D \quad \dots\dots\dots (30)$$

e) 通过最小二乘法计算近似公式 (30) 中的 A、B、C 和 D，然后按公式 (31)、公式 (32) 和公式 (33) 测定系数 f_0 、 f_1 和 f_2 ：

$$f_0 = -\frac{1}{3.6} \times (m + m_r) \times \frac{B}{A} \times (A^2 + D^2) \quad \dots\dots\dots (31)$$

$$f_1 = \frac{1}{3.6} \times (m + m_r) \times \frac{2 \times BD}{A} \quad \dots\dots\dots (32)$$

$$f_2 = -\frac{1}{3.6} \times (m + m_r) \times \frac{B}{A} \quad \dots\dots\dots (33)$$

注：如果以分割运行的方式执行滑行，则道路载荷的计算方式为：计算实际滑行速度范围中每个基准速度的道路载荷。然后，将每个分割数据分配至一个集合中，并对各自方向计算道路载荷方程。

f) 按照 5.3.1.4.5 中规定的方法，测定道路载荷曲线。

5.4 基于车载风速仪的滑行法

5.4.1 道路载荷曲线测定的速度范围选择

按照 5.3.3.1 中的规定选取试验速度范围。

5.4.2 数据收集

在测试期间，应以 0.2 s 的最长间隔来测量和记录以下数据：

- a) 经过的时间；
- b) 车速；
- c) 风速和风向。

注：通过车载风速仪来测量风速和风向。

5.4.3 车辆滑行

按照 5.3.1.3.1 到 5.3.1.3.4 的规定在车辆上安装车载风速仪后进行车辆滑行。风速仪的安装位置应当最大限度降低对车辆运行特性的影响，选择下面 a) ~c) 方式中的任一种安装车载风速仪：

- a) 将风速计安装在车辆前方约 2 m 处的空气动力学驻点；
- b) 车顶中心线处，可能的话，将车载风速仪安装在风挡玻璃上方 30 cm 以内；
- c) 车辆发动机机舱盖中心线上，车辆前方和风挡玻璃下方连线的中间点上。

无论采用哪种方式，都应保证安装好的风速仪与路面保持平行。如果采用 b) 或者 c) 的安装方式，应对风速仪产生的附加空气动力学影响进行修正。可通过风洞试验，在车辆安装或不安装车载风速仪（车载风速仪的安装位置与道路试验一致）的情况下进行滑行。根据试验结果计算有无车载风速仪时空气动力阻力特性的变化，以及车辆正投影面积，对滑行试验结果进行修正。

在进行滑行试验前，车载风速仪应根据制造商规定进行校准。附录 A 中给出了风速仪校准的示例。

5.4.4 系数测定

利用滑行时间和风力数据，按公式 (34) 给出的多元回归分析的方程来计算每个系数。

$$\begin{aligned} & -\frac{1}{3.6} \times (m + m_r) \times \frac{dV}{dt} \\ & = a_{m\text{ech}} + b_{m\text{ech}} V + c_{m\text{ech}} V^2 + \frac{1}{2} \times \rho A V_r^2 \times (a_0 + a_1 \theta + a_2 \theta^2 + a_3 \theta^3 + a_4 \theta^4) \quad \dots (34) \end{aligned}$$

式中：

m ——测试车辆的质量，其中包括驾驶员和仪表，单位为千克 (kg)；

- m_i —— 旋转质量，单位为千克 (kg)；
- dV/dt —— 加速度，单位为千米每小时每秒 [(km/h)/s]；
- a_{mech} —— 机械阻力的系数，单位为牛顿 (N)；
- b_{mech} —— 机械阻力的系数，单位为牛顿每千米每小时 [N/(km/h)]；
- c_{mech} —— 机械阻力的系数，单位为牛顿每千米每小时的平方 [N/(km/h)²]；
- V —— 车速，单位为千米每小时 (km/h)；
- V_r —— 相对风速，单位为千米每小时 (km/h)；
- ρ —— 空气密度，单位为千克每立方米 (kg/m³)；
- A —— 车辆的正投影面积，单位为平方米 (m²)；
- a_1, a_2, a_3, a_4 —— 空气动力阻力系数，作为横摆角的函数，单位为度；
- θ —— 相对于车辆行驶方向的横摆角视风，单位为度。

注：如果风速接近于 0，则该方程理论上无法适当分离 c_{mech} 和 $(1/2) \times a_0 \rho A$ 。因此，如果有限分析法中已预先确定，例如在风洞中，存在不变的 a_0 ，或假设 c_{mech} 为零，则可以采用。

5.4.5 总阻力测定

通过 5.4.4 中得到的系数，按公式 (35) 计算消除所有风力作用的道路负载。

$$F = a_{\text{mech}} + b_{\text{mech}} V + (c_{\text{mech}} + \frac{1}{2} \times a_0 \rho A) V^2 \dots\dots\dots (35)$$

5.5 使用扭矩仪测量行驶阻力

5.5.1 扭矩仪安装

扭矩仪应安装在测试车辆的每个驱动车轮的轴与轮毂之间。测量试验车辆维持匀速行驶状态所需驱动扭矩的大小。

5.5.2 车辆行驶和数据采样

5.5.2.1 开始收集数据

可在车辆的预处理和稳定后开始收集数据，其中在速度 V_j 下测量行驶阻力。

5.5.2.2 数据收集

应在不少于 5 s 的时间内，记录不少于 10 组的速度、扭矩和时间数据。

5.5.2.3 速度偏差

平均速度的速度偏差应在表 3 的数值范围内。

表 3 速度偏差

时间周期 s	速度偏差 km/h
5	±0.2
10	±0.4
15	±0.6
20	±0.8
25	±1.0
30	±1.2

5.5.3 平均速度和平均扭矩的计算

5.5.3.1 计算过程

按公式 (36) 和公式 (37) 计算一段时间内的平均速度 V_{jm} ，单位为千米每小时 (km/h) 和平均扭矩 C_{jm} ，单位为牛米 (N·m)：

$$V_{jm} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k V_{ji} \dots\dots\dots (36)$$

$$C_{jm} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k C_{ji} - C_{js} \dots\dots\dots (37)$$

式中：

V_{ji} ——第 i 个数据集的车速，单位为千米每小时 (km/h)；

k ——数据集的数量；

C_{ji} ——第 i 个数据集的扭矩，单位为牛米 (N·m)；

C_{js} ——转速漂移的补偿项，单位为牛米 (N·m)，按公式 (38) 计算； C_{js} 不得大于补偿前平均扭矩的 5%，如果 α_j 不大于 $\pm 0.005 \text{ m/s}^2$ ，则可忽略不计：

$$C_{js} = (m + m_r) \times \alpha_j r_j \dots\dots\dots (38)$$

式中：

m ——测试车辆的质量，其中包括驾驶员和仪表，单位为千克 (kg)；

m_r ——旋转质量，单位为千克 (kg)；

r_j ——轮胎的动态半径，单位为米 (m)，按公式 (39) 计算：

$$r_j = \frac{1}{3.6} \times \frac{V_{jm}}{2 \times \pi N} \dots\dots\dots (39)$$

式中：

N ——从动轮的转动频率，单位为转数每秒 (s^{-1})；

α_j ——平均加速度，单位为米每二次方秒 (m/s^2)，按公式 (40) 计算：

$$\alpha_j = \frac{1}{3.6} \times \frac{k \sum_{i=1}^k t_i V_{ji} - \sum_{i=1}^k t_i \sum_{i=1}^k V_{ji}}{k \sum_{i=1}^k t_i^2 - (\sum_{i=1}^k t_i)^2} \dots\dots\dots (40)$$

式中：

t_i ——第 i 个数据集采样的时间，单位为秒 (s)。

5.5.3.2 测量的精确度

在两个方向上执行 5.5.1~5.5.3 的要求，直至至少得到连续四个数字满足公式 (41) 给出的精确度 p (百分比) (%) 要求。

计算一段时间内的平均速度 V_{jm} ，单位为千米每小时 (km/h) 和平均扭矩 C_{jm} ，单位为牛米 (N·m)。

应根据 5.3.1.4.3 确定数据的有效性。

$$p = \frac{ts}{\sqrt{k}} \times \frac{100}{\bar{C}_j} \leq 3\% \dots\dots\dots (41)$$

式中，

t ——通过 k 替代表 2 中 n 得到的系数。

s ——标准差，单位为牛米 (N·m)，公式如下：

k ——测量组数量；

\bar{C}_j ——速度 V_j 下的行驶阻力，单位为牛米 (N·m)，按公式 (43) 计算。

$$s = \sqrt{\frac{1}{k-1} \sum_{i=1}^k (C_{jmi} - \bar{C}_j)^2} \dots\dots\dots (42)$$

$$\bar{C}_j = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k C_{jmi} \dots\dots\dots (43)$$

式中：

C_{jmi} ——按公式 (44) 计算的速度 V_j 下第 i 对数据集的平均扭矩, 单位为牛米 ($N \cdot m$):

$$C_{jmi} = \frac{1}{2} \times (C_{jmai} + C_{jmbi}) \quad \dots\dots\dots (44)$$

式中:

C_{jmai} , C_{jmbi} ——各个方向上根据 5.5.3.1 中的规定在速度 V_j 下, 第 i 个数据集各自的平均扭矩, 单位为牛米 ($N \cdot m$)。

5.5.3.3 测得的平均速度的有效性

单次测试的平均速度 V_{jmi} 不得偏离其平均值 ± 2 km/h 以上, 按公式 (45) 和公式 (46) 计算 \bar{V}_j 、 V_{jmi} 和 V_j :

$$\bar{V}_j = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k V_{jmi} \quad \dots\dots\dots (45)$$

$$V_{jmi} = \frac{1}{2} \times (V_{jmai} + V_{jmbi}) \quad \dots\dots\dots (46)$$

式中:

V_{jmai} , V_{jmbi} ——各个方向上根据 5.5.3.1 中的规定, 在速度 V 下第 i 对数据集的平均速度, 单位为千米每小时 (km/h)。

5.5.4 行驶阻力曲线测定

按公式 (47)、公式 (48) 给出的回归曲线, 用于 5.3.1.1 中要求的所有速度点 V_j 上两个方向的所有数据对 (V_{jm} , C_{jma}) 和 (V_{jm} , C_{jmb}), 以确定 c_{0a} 、 c_{0b} 、 c_{1a} 、 c_{1b} 、 c_{2a} 和 c_{2b} :

$$C_a = c_{0a} + c_{1a}V + c_{2a}V^2 \quad \dots\dots\dots (47)$$

$$C_b = c_{0b} + c_{1b}V + c_{2b}V^2 \quad \dots\dots\dots (48)$$

式中:

- C_a , C_b ——各个方向上的行驶阻力, 单位为牛米 ($N \cdot m$);
- c_{0a} , c_{0b} ——各个方向上的常数项, 单位为牛米 ($N \cdot m$);
- c_{1a} , c_{1b} ——每个方向上的第一阶项的系数, 单位为牛米小时每千米 [$N \cdot m(h/km)$]; 如果在基准速度 (s) 下 c_1V 的值不大于 C 的 3%, 则可以假设 c_1 为零; 在此情况下, 应重新计算系数 c_0 和 c_2 ;
- c_{2a} , c_{2b} ——各个方向上二阶项的系数, 单位为牛米小时每千米的平方 [$N \cdot m(h/km)^2$];
- V ——车速, 单位为千米每小时 (km/h)。

按公式 (49)、公式 (50) 和公式 (51) 计算总扭矩方程中的系数 c_0 、 c_1 和 c_2 :

$$c_0 = \frac{c_{0a} + c_{0b}}{2} \quad \dots\dots\dots (49)$$

$$c_1 = \frac{c_{1a} + c_{1b}}{2} \quad \dots\dots\dots (50)$$

$$c_2 = \frac{c_{2a} + c_{2b}}{2} \quad \dots\dots\dots (51)$$

式中,

c_0 、 c_1 和 c_2 ——公式 (52) 给出的平均行驶阻力公式中的平均系数:

$$C_{avg} = c_0 + c_1V + c_2V^2 \quad \dots\dots\dots (52)$$

式中:

C_{avg} ——平均行驶阻力, 单位为牛米 ($N \cdot m$)。

5.6 校正以达到标准大气条件

5.6.1 修正系数

5.6.1.1 测定空气阻力修正系数

按公式 (53) 测定空气阻力的修正系数 K_2 :

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/336144025034010113>