

# 中华人民共和国国家标准

GB/T 44124—2024

## 道路车辆 道路负载测定

Road load determination of road vehicles

(ISO 10521-1:2006, Road vehicles—Road load—Part 1: Determination  
under reference atmospheric conditions, MOD)

2024-05-28 发布

2024-09-01 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布



目 次

前言 ..... III

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 ..... 2

5 道路上测量道路负载 ..... 3

6 风洞和测功机测量道路载荷 ..... 16

附录 A（资料性） 结构编号对照一览表 ..... 24

附录 B（资料性） 技术差异及其原因一览表 ..... 28

附录 C（资料性） 车载风速计校准程序 ..... 30

附录 D（资料性） 车辆信息表 ..... 33





# 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件修改采用 ISO 10521-1:2006《道路车辆 道路负载 第 1 部分：参考大气条件下的测定》。

本文件与 ISO 10521-1:2006 相比，在结构上有较多调整。两个文件之间的结构编号变化对照一览表见附录 A。

本文件与 ISO 10521-1:2006 相比，存在较多技术差异，在所涉及的条款的外侧页边空白位置用垂直单线(⏏)进行了标示。这些技术差异及其原因一览表见附录 B。

本文件做了下列编辑性改动：

——将标准名称改为《道路车辆 道路负载测定》。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中华人民共和国工业和信息化部提出。

本文件由全国汽车标准化技术委员会(SAC/TC 114)归口。

本文件起草单位：中国汽车技术研究中心有限公司、安徽江淮汽车集团股份有限公司、上汽大众汽车有限公司、一汽-大众汽车有限公司、泛亚汽车技术中心有限公司、广州汽车集团股份有限公司汽车工程研究院、中国第一汽车股份有限公司、中国汽车工程研究院股份有限公司、吉林大学、同济大学、梅赛德斯—奔驰(中国)投资有限公司、日产(中国)投资有限公司、襄阳达安汽车检测中心有限公司、中国重型汽车集团有限公司、东风柳州汽车有限公司、柳州五菱新能源汽车有限公司。

本文件主要起草人：高岳、杨一春、陈亮、田富刚、姜祖啸、王保华、陈彩龙、王亮、宋昕、赵婧、徐磊、张英朝、李玉弟、陈彬、许志宝、张立军、庞加斌、宋轶男、董尔屹、查佳韵、马鹏飞、林长波、傅星。



# 道路车辆 道路负载测定

## 1 范围

本文件描述了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  $N_1$  类车辆,及 3 500 kg 以下的  $M_1$  类、 $M_2$  类车辆。

## 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、挂车及汽车列车的术语和定义 第 1 部分:类型
- GB/T 3730.2 道路车辆 质量 词汇和代码
- 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/T 3730.2、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。

注: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。

注:道路负载指道路载荷或行驶阻力。

### 3.3

**气动阻力 aerodynamic drag**

由空气产生的与车辆行进方向相反的力。

### 3.4

**滚动阻力 rolling resistance**

轮胎上与车辆行进方向相反的力。

### 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

**基准大气条件 reference atmospheric conditions**

统一规定的大气条件,具体规定如下:

- a) 大气压力:  $p_0 = 100 \text{ kPa}$ ;

- b) 大气温度： $T_0 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- c) 干燥空气密度： $\rho_0 = 1.189\text{ kg/m}^3$ ；
- d) 风速： $0\text{ m/s}$ 。

3.7

**固定风速测量 stationary anemometry**

在能够代表风速条件的试验道路上,通过风速计测量风速和风向。

3.8

**车载风速测量 onboard anemometry**

使用安装在试验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,修正风速对道路负载的影响。

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: 基准质量是指试验车辆的整备质量加上 100 kg。

注 2: 选装装备质量是指制造商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后质量减去基准质量再减去选装装备质量后的质量。

注 5: 设计最大许用装载后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**

代表性负荷质量与选装装备质量之和加上 100 kg。

3.13

**车辆行驶质量 vehicle mass in running order**

油箱至少加注到其容量 90% 的车辆质量。

注: 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 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	$\pm 0.2$ km/h	$\geq 10$ Hz
时间	s	$\pm 10$ ms	$\geq 10$ Hz
车轮转矩	N·m	$\pm 3$ N·m,或最大测量扭矩的 $\pm 0.5\%$ , 取其中较大者	$\geq 10$ Hz
风速	m/s	$\pm 0.3$ m/s	$\geq 1$ Hz
风向	(°)	$\pm 3^\circ$	$\geq 1$ Hz
大气温度	℃	$\pm 1$ ℃	$\geq 0.1$ Hz
大气压力	kPa	$\pm 0.3$ kPa	$\geq 0.1$ Hz
车辆质量	kg	$\pm 10$ kg	—
轮胎压力	kPa	$\pm 5$ kPa	—
车轮转动频率	s <sup>-1</sup>	$\pm 0.05$ s <sup>-1</sup> ,或者测量值的 $1\%$ , 取其中较大者	—
气动阻力系数和车辆正 投影面积的乘积( $C_D A$ )	m <sup>2</sup>	$\pm 2\%$	—
底盘测功机滚筒的速度	km/h	$\pm 0.5$ 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: $\pm 6$ N; 2类底盘测功机 <sup>a</sup> : $\pm 10$ N,或者满量 程的 $\pm 0.1\%$ ,取其中较大者	—
<sup>a</sup> 2类底盘测功机通常有较大的行驶阻力能力,例如 130 kW 或以上。			

5 道路上测量道路负载

5.1 道路试验要求

5.1.1 道路试验的大气条件

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) 固定风速测量的风速条件

固定式风速计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) 车载风速测量的风速条件

使用车载风速计进行试验时,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计的类型,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℃。

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℃,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,并对道路负载系数进行单独修正,最终的道路负载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℃的温度范围内进行。

5.1.2 试验道路

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。

试验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%~0.1%范围内,试验道路的最大弧度应不大于 1.5%。

5.2 道路试验准备

5.2.1 车辆准备

5.2.1.1 车辆状态

应根据试验需求对试验车辆进行适当的行驶及轮胎磨合,试验车辆的胎纹深度应不低于初始胎纹深度的 50%。

试验车辆应处于制造商规定的正常车况,或根据试验目的进行设置。试验车辆的轮胎压力、车轮定位、车身高度、传动系统和轮轴轴承中润滑剂以及制动系统调整等,不应存在非典型的摩擦阻力。

试验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。

应根据试验需求调整车辆质量(包括驾驶员和试验设备的质量)。

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℃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制造商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:

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

- 式中:
- $\Delta P_{\text{tire}}$  —— 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/℃);
  - $T_{\text{soak}}$  —— 轮胎浸泡温度,单位为摄氏度(℃);
  - $T_{\text{amb}}$  —— 试验环境温度,单位为摄氏度(℃)。
- c) 避开包含太阳辐射在内的外部热源引起的轮胎直接加热。

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  $C_D A$  试验结果的影响超过了  $0.015 \text{ m}^2$ , 应在风洞分别测量使用和未使用该设备的结果, 相应的差距应从系数  $f_2$  中减去。

5.2.3 车辆预处理

在试验前, 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。建议以试验最高基准速度的 90% 或者  $(80 \pm 5) \text{ km/h}$  的速度行驶至少 30 min。在预热期间, 车速不应超过最高基准速度。

5.3 使用滑行法测定道路载荷

5.3.1 多区段法

5.3.1.1 速度点选择

应至少选定四个速度点,  $v_j$  ( $j = 1, 2, 3, 4$  等), 以获得基于车辆速度的道路载荷曲线。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

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

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

注: 通过固定式风速计测量风速和风向。

5.3.1.3 车辆滑行

5.3.1.3.1 预处理后, 在每次试验前, 如有必要, 可按最高的基准速度行驶最多 1 min。然后, 将车辆加速至比滑行开始测量时的速度  $(v_j + \Delta v)$  高 5 km/h ( $\Delta v$  为速度变化量), 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, 且在滑行结束前不应进行车辆制动。

5.3.1.3.3 应以相同的速度和前提条件重复滑行试验, 直到滑行数据满足 5.3.1.4.2 中定义的统计精确度要求。

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段点保持不变。

5.3.1.4 通过滑行时间测定道路载荷

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,  $\Delta v$  应不大于 5 km/h。



5.3.1.4.2 在两个方向上进行试验,直至至少得到连续的三对试验数据满足公式(2)给出的统计精确度  $p(\%)$ 。

$$p = \frac{ts}{\sqrt{n}} \times \frac{100}{\Delta t_j} \leq 3\%$$

.....( 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;
- $\Delta t_j$ ——速度  $v_j$  的算术平均滑行时间,单位为秒(s),按公式(4)计算:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta t_{ji} - \Delta t_j)^2}$$

.....( 3 )

$$\Delta t_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta t_{ji}$$

.....( 4 )

式中:

$\Delta t_{ji}$ ——在基准速度  $v_j$  下第  $i$  对测量结果在各自方向上的滑行时间,单位为秒(s),按公式(5)计算:

$$\Delta t_{ji} = \frac{2}{(1/\Delta t_{jai}) + (1/\Delta t_{jbi})}$$

.....( 5 )

式中:

$\Delta t_{jai}$  和  $\Delta t_{jbi}$ ——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

$n$	$t$	$t/\sqrt{n}$
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 试验时如果某方向的任一外部因素或者驾驶员的行为对道路载荷试验产生影响,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):

$$F_{ja} = -\frac{1}{3.6} \times (TM + m_r) \times \frac{2 \times \Delta v}{\Delta t_{ja}}$$

.....( 6 )



$$F_{jb} = -\frac{1}{3.6} \times (TM + m_r) \times \frac{2 \times \Delta v}{\Delta t_{jb}} \dots\dots\dots (7)$$

式中：  
TM —— 测试质量，单位为千克(kg)；  
 $m_r$  —— 旋转质量，单位为千克(kg)；  
 $\Delta t_{ja}$  和  $\Delta t_{jb}$  —— 在基准速度  $v_j$  下每个方向上滑行时间的算术平均值，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项的系数，单位为牛顿小时每千米( $N \cdot h/km$ )；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项的系数，单位为牛顿小时每千米的平方[ $N \cdot (h/km)^2$ ]；  
 $v$  —— 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：

$$F_{avg} = -\frac{1}{3.6} \times (TM + m_r) \times \frac{2 \times \Delta v}{\Delta t_j} \dots\dots\dots (16)$$

式中：  
 $\Delta t_j$  —— 速度  $v_j$  下交替滑行时间测量的调和平均值，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：  
 $\Delta t_{ja}$  和  $\Delta t_{jb}$  —— 各个方向上在速度  $v_j$  下滑行时间的算术平均值，单位为秒(s)。

利用回归分析计算系数  $f_0$ 、 $f_1$  和  $f_2$ 。

5.3.2 平均减速法

5.3.2.1 速度点选择

按照 5.3.1.1 的规定选择速度点。

5.3.2.2 数据收集

按照 5.3.1.2 的规定测量和记录数据。

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 通过车辆滑行测定道路载荷

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,  $\Delta v$  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  $A_3$ :

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

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

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  $v_j$  下确定减速度  $\gamma_j$ ,单位为米每二次方秒( $\text{m/s}^2$ ):

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

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 在两个方向上进行重复测量,直至至少获得连续四对数据满足公式(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。

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

式中:

$t$  ——给定的系数,见表 2;

$s$  ——标准差,单位为米每二次方秒( $\text{m/s}^2$ ),按公式(22)计算;

$n$  ——测量组数量;

$\Gamma_j$  ——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( $\text{m/s}^2$ )。

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

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

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

式中：

$\gamma_{jai}$  和  $\gamma_{jbi}$ ——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( $\text{m/s}^2$ )。

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

$$F_j = (\text{TM} + m_r)\Gamma_j \dots\dots\dots( 25 )$$

5.3.2.4.6 按照 5.3.1.4.5 中的规定，确定道路载荷曲线。

5.3.3 直接回归法

5.3.3.1 速度范围选择

试验速度范围(即最大速度和最小速度)应确定为涵盖测定道路载荷的基准速度范围。如果以分段运行的方式进行试验，则应确定每个分段速度的范围。

5.3.3.2 数据收集

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 通过车辆滑行测定道路载荷

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，计算过程如下。

a) 按公式(26)和公式(27)计算道路载荷：

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

$$F = -\frac{1}{3.6} \times (\text{TM} + m_r) \times \frac{dv}{dt} \dots\dots\dots( 27 )$$

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( $\text{N} \cdot \text{h/km}$ )；
- $f_2$  ——第二级系数，单位为牛顿小时每千米的平方 $[\text{N} \cdot (\text{h/km})^2]$ ；
- TM——测试质量，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)：

$$-\frac{3.6 \times dt}{\text{TM} + m_r} = \frac{dv}{f_0 + f_1 v + f_2 v^2} \dots\dots\dots( 28 )$$

c) 由公式(28)得出公式(29)：

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

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)确定系数  $f_0$ 、 $f_1$  和  $f_2$ ：

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

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

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

注：如果以分段运行的方式进行滑行，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，将每个分段数据分配至一个集合中，并计算各个方向的道路载荷方程。

f) 按照 5.3.1.4.5 中规定的方法，确定道路载荷曲线。

5.4 基于车载风速计的滑行法

5.4.1 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

在试验期间，应以 0.2 s 的最长间隔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：通过车载风速计测量风速和风向。

5.4.3 车辆滑行

按照 5.3.1.3.1~5.3.1.3.4 的规定在车辆上安装车载风速计后进行车辆滑行。风速计的安装位置应最大限度降低对车辆运行特性的影响，选择如下方式中的任意一种安装车载风速计：

- a) 车辆前空气动力学驻点前方约 2 m 处；
- b) 车顶中心线处，可能的话，将车载风速计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计与路面保持平行。如果采用 b) 或 c) 的安装方式，应对风速计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计(车载风速计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计时气动阻力特性的变化，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，车载风速计应根据制造商规定进行校准。附录 C 给出了车载风速计校准的示例。

5.4.4 系数确定

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。

$$\begin{aligned} & -\frac{1}{3.6} \times (\text{TM} + m_r) \times \frac{dv}{dt} \\ & = a_{\text{mech}} + b_{\text{mech}} v + c_{\text{mech}} v^2 + \frac{1}{2} \times \rho A v_r^2 \times (a_0 + a_1 \theta + a_2 \theta^2 + a_3 \theta^3 + a_4 \theta^4) \quad \dots\dots\dots( 34 ) \end{aligned}$$

式中：

- TM —— 测试质量,单位为千克(kg)；
- $m_r$  —— 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]；
- $a_{\text{mech}}$  —— 机械阻力的系数,单位为牛顿(N)；
- $b_{\text{mech}}$  —— 机械阻力的系数,单位为牛顿每千米每小时[N/(km/h)]；
- $c_{\text{mech}}$  —— 机械阻力的系数,单位为牛顿每千米每小时的平方[N/(km/h)<sup>2</sup>]；
- $v$  —— 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)；
- $\rho$  —— 空气密度,单位为千克每立方米(kg/m<sup>3</sup>)；
- $A$  —— 车辆的正投影面积,单位为平方米(m<sup>2</sup>)；
- $a_n (n=0\sim4)$  —— 气动阻力系数,作为偏离的函数,单位为负  $n$  次方度(°)<sup>- $n$</sup> ；
- $\theta$  —— 风速相对于车辆行驶方向的偏离,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  $c_{\text{mech}}$  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  $c_{\text{mech}}$  为零,则可以采用。

5.4.5 测定道路载荷

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。

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

5.5 使用扭矩仪测定行驶阻力

5.5.1 扭矩仪安装

扭矩仪应安装在试验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 车辆行驶和数据采集

5.5.2.1 数据采集

可在车辆的预处理和稳定后开始收集数据,在速度  $v_j$  下测量行驶阻力。

5.5.2.2 数据记录

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~<10	±0.2
10~<15	±0.4

表 3 速度偏差（续）

时间周期 s	速度偏差 km/h
15~<20	±0.6
20~<25	±0.8
25~<30	±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)；
- $C_{js}$  ——速度漂移的补偿项，单位为牛米(N·m)，按公式(38)计算； $C_{js}$ 不应大于补偿前平均扭矩的 5%，如果  $\alpha_j$  不大于±0.005 m/s<sup>2</sup>，则可忽略不计：

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

式中：

- TM ——测试质量，单位为千克(kg)；
- $m_r$  ——旋转质量，单位为千克(kg)；
- $r_j$  ——轮胎的动力学半径，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：

- $N$  ——驱动轮的转动频率，单位为每秒(s<sup>-1</sup>)；
- $\alpha_j$  ——平均加速度，单位为米每二次方秒(m/s<sup>2</sup>)，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 测量的准确度

在两个方向上按照 5.5.1~5.5.3 的要求进行试验，直至至少得到连续四个数据满足公式(41)给出的统计精确度  $p(\%)$ 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。

$$p = \frac{ts}{\sqrt{k}} \times \frac{100}{C_j} \leq 3\% \quad \dots\dots\dots(41)$$

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),按公式(42)计算；
- $k$  ——测量组数量；
- $\overline{C_j}$ ——速度  $v_j$  下的行驶阻力,单位为牛米(N·m),按公式(43)计算。

$$s = \sqrt{\frac{1}{k-1} \sum_{i=1}^k (C_{jmi} - \overline{C_j})^2} \quad \dots\dots\dots(42)$$

$$\overline{C_j} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k C_{jmi} \quad \dots\dots\dots(43)$$

式中：

$C_{jmi}$ ——按公式(44)计算的速度  $v_j$  下第  $i$  对数据集的算术平均扭矩,单位为牛米(N·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  $i$  个数据集各自的算术平均扭矩,单位为牛米(N·m)。

5.5.3.3 测得的平均速度的有效性

单次试验的平均速度  $v_{jmi}$  不应偏离其平均值  $\overline{v_j}$   $\pm 2$  km/h 以上,按公式(45)和公式(46)计算  $\overline{v_j}$ 、 $v_{jmi}$  和  $v_j$ ：

$$\overline{v_j} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k v_{jmi} \quad \dots\dots\dots(45)$$

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

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·m)；
- $c_{0a}, c_{0b}$  ——各个方向上的常数项,单位为牛米(N·m)；
- $c_{1a}, c_{1b}$  ——各个方向上的第一阶项的系数,单位为牛米小时每千米[N·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 $[\text{N} \cdot \text{m}(\text{h}/\text{km})^2]$  ;  
 $v$  ——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  $c_2$  :

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

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

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

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:

$$C_{\text{avg}} = c_0 + c_1 v + c_2 v^2 \dots\dots\dots (52)$$

式中:

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

5.6 校正以达到基准大气条件

5.6.1 修正系数

5.6.1.1 确定空气阻力修正系数

按公式(53)确定空气阻力的修正系数  $K_z$  :

$$K_z = \frac{T + 273}{293} \times \frac{100}{P} \dots\dots\dots (53)$$

式中:

$T$  ——测得大气温度平均值,单位为摄氏度(℃);

$P$  ——测得大气压力平均值,单位千帕(kPa)。

5.6.1.2 测定滚动阻力修正系数

可以根据特定车辆和轮胎试验的经验数据确定滚动阻力的校正系数  $K_0$ ,单位为每摄氏度(℃<sup>-1</sup>),或者可以假设如公式(54)所示:

$$K_0 = 8.1 \times 10^{-3} \dots\dots\dots (54)$$

5.6.1.3 风速修正

按照 5.3.1.4.5 的常数项  $f_0$  或 5.5.4 的  $C_0$  减去无法通过交替行驶消除的差异,对受测道路旁的绝对风速进行风速修正。风速修正不适用基于车载风速计的滑行法。

按照公式(55)和公式(56)计算滑行法的风速修正阻力  $w_1$  或扭矩仪法的风速修正阻力  $w_2$  :

$$w_1 = 3.6^2 \times f_2 v_{\text{wind}}^2 \dots\dots\dots (55)$$

$$w_2 = 3.6^2 \times c_2 v_{\text{wind}}^2 \dots\dots\dots (56)$$

式中:

$w_1$  ——滑行法风速校正阻力,单位为牛顿(N);

$f_2$  ——5.3.1.4.5 所确定的气动阻力项的系数;

$v_{\text{wind}}$  ——试验期间试验道路旁边的平均风速,单位为米每秒(m/s);

$w_2$  ——扭矩仪法风速校正阻力,单位为牛米(N·m);

$c_2$  ——5.5.4 所确定的气动阻力项的系数。



5.6.1.4 测试质量修正

按公式(57)确定测试质量修正系数  $K_1$ ：

$$K_1 = f_0 \times \left(1 - \frac{TM}{m}\right) \dots\dots\dots ( 57 )$$

式中：

- $f_0$  ——常数项,单位为牛(N)；
- TM ——试验测试质量,单位为千克(kg)；
- $m$  ——实测测试质量,单位为千克(kg)。

5.6.2 道路负载曲线修正

5.6.2.1 应根据参考条件,按公式(58)修正 5.3.1.4.5、5.3.2.4.6 或 5.3.3.4 所述的拟合曲线：

$$F^* = [(f_0 - w_1 - K_1) + f_1 v] \times [1 + K_0 (T - 20)] + K_2 f_2 v^2 \dots\dots\dots ( 58 )$$

式中：

- $F^*$  ——修正后的道路载荷,单位为牛(N)；
- $f_0$  ——常数项,单位为牛(N)；
- $f_1$  ——第一阶项的系数,单位为牛小时每千米(N · h/km)；
- $f_2$  ——第二阶项的系数,单位为牛小时每千米的平方[N · (h/km)<sup>2</sup>]；
- $K_0$  ——5.6.1.2 中的滚动阻力修正系数；
- $K_1$  ——5.6.1.4 中的测试质量修正系数；
- $K_2$  ——5.6.1.1 中的空气阻力修正系数；
- $v$  ——车速,单位为千米每小时(km/h)；
- $w_1$  ——5.6.1.3 中的风速修正阻力,单位为牛(N)。

5.6.2.2 应根据参考条件,按公式(59)修正 5.4.5 所述的拟合曲线：

$$F^* = (a_{\text{mech}} - K_1 + b_{\text{mech}} v + c_{\text{mech}} v^2) \times [1 + K_0 (T - 20)] + \frac{1}{2} \times K_2 a_0 \rho A v^2 \dots\dots\dots ( 59 )$$

式中：

- $F^*$  ——修正后的道路载荷,单位为牛(N)；
- $a_{\text{mech}}$  ——机械阻力的系数,单位为牛(N)；
- $b_{\text{mech}}$  ——机械阻力的系数,单位为牛每千米每小时[N/(km/h)]；
- $c_{\text{mech}}$  ——机械阻力的系数,单位为牛每千米每小时的平方[N/(km/h)<sup>2</sup>]；
- $\rho$  ——空气密度,单位为千克每立方米(kg/m<sup>3</sup>)；
- $A$  ——车辆的正投影面积,单位为平方米(m<sup>2</sup>)；
- $a_0$  ——气动阻力系数,作为偏离角的函数；
- $K_0$  ——5.6.1.2 中的滚动阻力修正系数；
- $K_1$  ——5.6.1.4 中的测试质量修正系数；
- $K_2$  ——5.6.1.1 中的空气阻力修正系数；
- $v$  ——车速,单位为千米每小时(km/h)。

5.6.2.3 应根据参考条件,按公式(60)修正 5.5.4 所述的拟合曲线：

$$C^* = [(c_0 - w_2 - K_1 r_f) + c_1 v] \times [1 + K_0 (T - 20)] + K_2 c_2 v^2 \dots\dots\dots ( 60 )$$

式中：

- $C^*$  ——修正后的行驶阻力,单位为牛米(N · m)；
- $c_0$  ——常数项,单位为牛米(N · m)；

- $c_1$  ——第一阶项的系数,单位为牛米小时每千米 $[\text{N} \cdot \text{m}(\text{h}/\text{km})]$ ;
- $c_2$  ——第二阶项的系数,单位为牛米小时每千米的平方 $[\text{N} \cdot \text{m}(\text{h}/\text{km})^2]$ ;
- $K_0$  ——5.6.1.2 中的滚动阻力修正系数;
- $K_1$  ——5.6.1.4 中的测试质量修正系数;
- $K_2$  ——5.6.1.1 中的空气阻力修正系数;
- $v$  ——车速,单位为千米每小时 $(\text{km}/\text{h})$ ;
- $w_2$  ——5.6.1.3 中的风力修正阻力;
- $r_f$  ——轮胎的动态半径,单位为米 $(\text{m})$ 。

6 风洞和测功机测量道路载荷

6.1 在风洞中测量气动阻力

6.1.1 风洞要求

6.1.1.1 风速

试验时,测量区域中心处的风速差应不超过 $\pm 2 \text{ km}/\text{h}$ ,风速应至少达到  $140 \text{ km}/\text{h}$ 。

6.1.1.2 试验段温度

试验时,在测量区域中心处的空气温度差应保持在 $\pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ 的范围内,在喷口出口截面上空气的温度分布应维持在 $\pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ 的范围内。

6.1.1.3 湍流强度

对由相同大小的  $3 \times 3$  网格划分的喷口出口截面上,湍流强度  $T_u$  应不超过  $1\%$ ,见图 1。

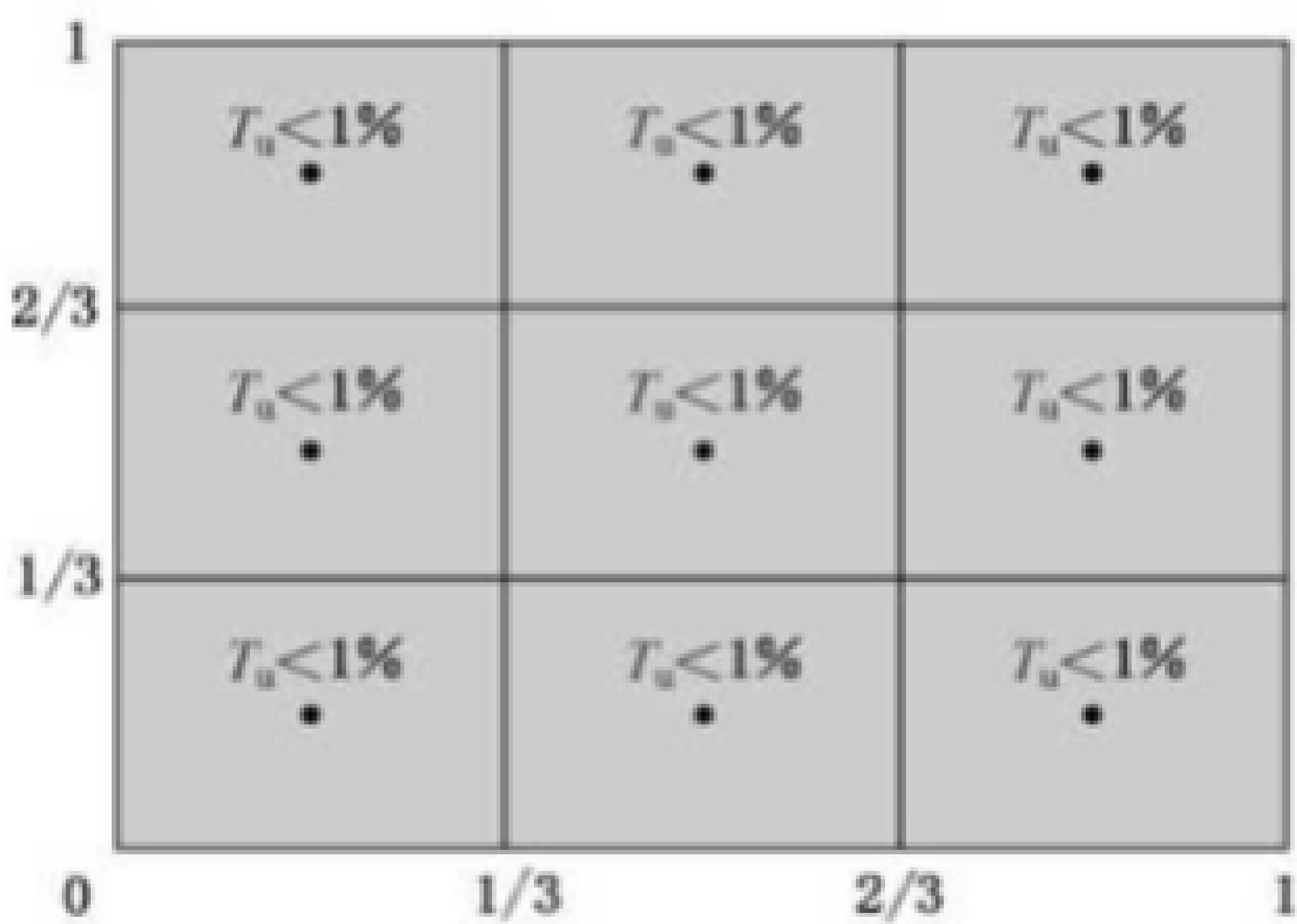


图 1 湍流强度

按公式(61)计算湍流强度  $T_u$ :

$$T_u = \frac{u'}{U_\infty}$$

.....( 61 )

式中:

- $T_u$  ——湍流强度;
- $u'$  ——湍流速度脉动量,单位为米每秒 $(\text{m}/\text{s})$ ;
- $U_\infty$  ——自由流动速度,单位为米每秒 $(\text{m}/\text{s})$ 。

6.1.1.4 阻塞比

按公式(62)计算车辆的阻塞比,应不大于  $0.25$ :

$$\epsilon_{sb} = \frac{A}{A_{nozzle}} \leq 0.25 \quad \dots\dots\dots ( 62 )$$

式中：  
 $\epsilon_{sb}$  —— 车辆阻塞比；  
 $A$  —— 车辆正投影面积，单位为平方米(m<sup>2</sup>)；  
 $A_{nozzle}$  —— 喷口面积，单位为平方米(m<sup>2</sup>)。

6.1.1.5 车轮转速

试验车辆车轮旋转速度应使车速与目标风速之间的偏差小于±3 km/h。

6.1.1.6 中央移动带

为了模拟试验车辆底盘下方的气流运动，风洞中应设计有一个从车辆前方延伸到车辆后部的移动平带，移动带的速度与目标风速之间的偏差应控制在±3 km/h 以内，并注明其类型：

- a) 单(宽)带型；
- b) 5 带型，标注中心带的宽度；
- c) 其他构形(需描述)。

6.1.1.7 气流偏角

在图 1 所示的喷口区域处 9 个均匀分布的点中，在喷口出口截面上的(Y 平面、Z 平面)俯仰方向  $\alpha$  角和横摆方向  $\beta$  角偏差的均方根都不超过 1°。

6.1.1.8 空气压力

在喷口出口截面上 9 个均匀分布的点上，按公式(63)计算的喷口出口截面总压力变化的标准差应不大于 0.02。

$$\sigma\left(\frac{\Delta P_t}{q}\right) \leq 0.02 \quad \dots\dots\dots ( 63 )$$

式中：  
 $\sigma$  —— 压力比 $\left(\frac{\Delta P_t}{q}\right)$ 的标准差；  
 $\Delta P_t$  —— 测量点之间总压力变化，单位为牛每平方米(N/m<sup>2</sup>)；  
 $q$  —— 动压，单位为牛每平方米(N/m<sup>2</sup>)。

在空的试验区域天平转盘中心 3 m 前和 3 m 后，公式(64)计算的喷口中心高度位置压力系数  $c_p$  的绝对偏差绝对值应不大于 0.005。

$$|c_p(x = +3 \text{ m}) - c_p(x = -3 \text{ m})| \leq 0.005 \quad \dots\dots\dots ( 64 )$$

式中：  
 $c_p$  —— 压力系数；  
 $x$  —— 测量点在风洞中心轴线上距离天平转盘中心的距离。

6.1.1.9 边界层厚度

在天平转盘中心点( $x=0$  处)，边界层抽吸系统开启后(如有)，距离风洞地面 10 mm 高处的风速至少应能达到自由流速度的 99%，见公式(65)。

$$\delta_{99}(x = 0 \text{ m}) \leq 10 \quad \dots\dots\dots ( 65 )$$

式中：  
 $\delta_{99}$  —— 达到自由流速度的 99%(边界层厚度)处距离地面的垂直高度，单位为毫米(mm)。

6.1.1.10 约束阻塞比

约束车辆的装置不应安装在车辆前方,按公式(66)计算的约束系统正投影面积与车辆正投影面积的相对阻塞比 $\epsilon_{\text{restr}}$ 不应超过 0.1。

$$\epsilon_{\text{restr}} = \frac{A_{\text{restr}}}{A}$$

.....( 66 )

式中:

- $\epsilon_{\text{restr}}$  ——约束系统的相对阻塞比;
- $A_{\text{restr}}$  ——约束系统投影到喷口上的面积,单位为平方米( $\text{m}^2$ );
- $A$  ——车辆的正投影面积,单位为平方米( $\text{m}^2$ )。

6.1.1.11 天平 X 方向测力精度

X 方向上测力精度应不超过 $\pm 5\text{ N}$ ,测力分辨率应控制在 $\pm 3\text{ N}$ 内。

6.1.1.12 天平测量结果的重复性

测力重复性应控制在 $\pm 3\text{ N}$ 内。

6.1.2 车辆设置

6.1.2.1 加载方式

对于加载质量小于或等于 150 kg 的车辆,驾驶员位置放置 75 kg,其余质量放置在驾驶员同排乘员位置;对于加载质量大于 150 kg 的车辆,驾驶员位置及驾驶员同排乘员位置各放置 75 kg,最后排座位对称放置其余加载质量,见图 2。

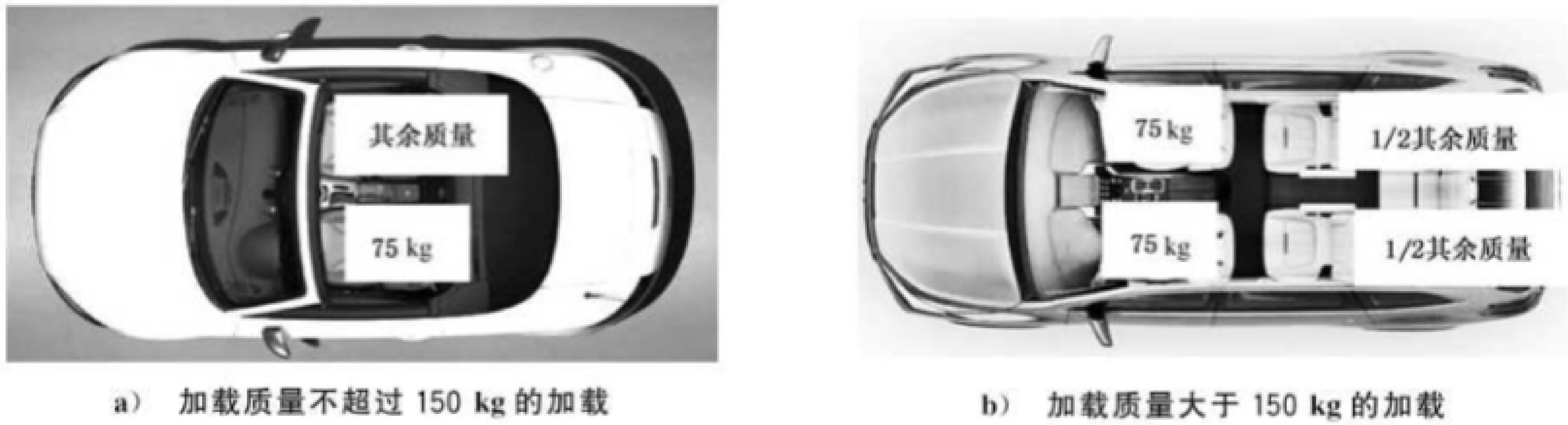


图 2 加载方式

6.1.2.2 测量轮眉高度

测量前轮和后轮的轮眉高度并记录在整车信息表中,见附录 D,轮眉高度设定偏差宜不超过 $\pm 1\text{ mm}$ 。

6.1.3 试验过程

- 6.1.3.1 试验车辆放置位置应与风洞纵向中心线平行,和中心线的最大偏差不超过 10 mm。试验车辆应放置在横摆角为 $0^\circ$ 的位置,最大偏差不超过 $\pm 0.1^\circ$ 。
- 6.1.3.2 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。应以对气流影响最小的方式固定试验车辆。
- 6.1.3.3 根据风洞实验室的规范,进行测量。试验时,建议车身姿态尽量与实际道路状态保持一致。在

以下风速条件下,测量两种风速下的气动阻力。

- a) 1类车辆:
  - 1) 低风速  $v_{\text{low}}: v_{\text{low}} \leq 80 \text{ km/h}$ ;
  - 2) 高风速  $v_{\text{high}}: v_{\text{low}} + 40 \text{ km/h} \leq v_{\text{high}} \leq 150 \text{ km/h}$ 。
- b) 2类车辆和3类车辆:
  - 1) 低风速  $v_{\text{low}}: 80 \text{ km/h} \leq v_{\text{low}} \leq 100 \text{ km/h}$ ;
  - 2) 高风速  $v_{\text{high}}: v_{\text{low}} + 40 \text{ km/h} \leq v_{\text{high}} \leq 150 \text{ km/h}$ 。

其中:

- 1类车辆的额定功率与车辆行驶质量减 75 kg 的比率  $P_{\text{mr}}$  不大于 22 W/kg。
- 2类车辆的额定功率与车辆行驶质量减 75 kg 的比率  $P_{\text{mr}}$  大于 22 W/kg 但不大于 34 W/kg。
- 3类车辆的额定功率与车辆行驶质量减 75 kg 的比率  $P_{\text{mr}}$  大于 34 W/kg。

6.1.3.4 气动阻力的测量时间应不少于 60 s,测量频率应不低于 5 Hz;如果最低频率为 1 Hz,应至少连续测量 300 s 以上,试验结果应为试验数据的算术平均值。应进行两次测量,如果两次测得的  $C_D A$  值偏差大于 1%,则应检查和校正试验车辆和风洞的设置,再做两次测量。重复此过程,直至满足两值偏差不超过 1%。

6.1.3.5 如果试验车辆具有可调节车身部件,且与车速相关,应在风洞中测量可调部件处于不同位置的空气动力学特性,提交基准速度与可调节部件位置及  $C_D A$  之间关系的数据和材料(如后尾翼、主动进气格栅、空气悬架等)。

6.1.4 试验结果

通过对两个测量值求平均值,确定试验结果  $C_D A$ ,单位为平方米( $\text{m}^2$ )。

6.2 用底盘测功机测定滚动阻力

6.2.1 试验装置

6.2.1.1 底盘测功机

前后轴都配备单滚筒,滚筒直径不小于 1.2 m,在 X 方向测量的力包括传动系统的摩擦损失。

6.2.1.2 车辆约束系统

6.2.1.2.1 对中系统

测功机应配置对中系统,在确定道路载荷的滑行试验中,约束系统应保证驱动轮位置的对中精度在规定的限值范围内。

6.2.1.2.2 车辆位置

试验车辆应水平放置并安全固定在底盘测功机上。

6.2.1.2.3 垂直力

车辆约束系统在车辆垂直方向上不应增加额外的约束力。

6.2.1.3 力测量精度

应仅测量转动车轮的作用力。在试验结果中不应引入外部力(如冷却风扇的力、约束车辆的力、平带空气动力学作用力、测功机损失等)。

X 方向力的测量精度应达到  $\pm 5 \text{ N}$ 。

6.2.1.4 测功机速度控制

滚动速度控制偏差应在±0.2 km/h 以内。

6.2.1.5 滚筒表面

滚筒表面应清洁、干燥,没有能使轮胎打滑的物质。

6.2.1.6 冷却

应采用变速风机冷却试验车辆,风机出口的气流速度应比与测功机相应的测量速度高 5 km/h。风机出口处的气流速度与测功机对应速度的偏差应在±5 km/h,或±10%以内,取其中的较大者。

6.2.2 试验程序

6.2.2.1 预处理

6.2.2.1.1 试验车辆应在测功机上进行预处理,预处理程序按 5.2.3 的规定进行。预处理时,测功机应按公式(67)设定载荷:

$$F_d = a_d + b_d \times v + c_d \times v^2 \dots\dots\dots( 67 )$$

式中:

- $F_d$  ——底盘测功机设定载荷,单位为牛(N);
- $v$  ——车速,单位为千米每小时(km/h);
- $a_d$  ——常数道路载荷系数;
- $b_d$  ——1 次项道路载荷系数;
- $c_d$  ——2 次项道路载荷系数。
- $a_d$ 、 $b_d$  和  $c_d$  的取值见公式(68):

$$\begin{cases} a_d = 0 \\ b_d = 0 \\ c_d = (C_D A) \times \frac{\rho_0}{2} \times \frac{1}{3.6^2} \end{cases} \dots\dots\dots( 68 )$$

- 6.2.2.1.2 测功机的等效惯量应与车辆的测试质量相同。
- 6.2.2.1.3 将 6.4.2 中确定的气动阻力直接作为输入项,或者使用 6.2.2.1.1 规定的  $a_d$ 、 $b_d$  和  $c_d$ 。
- 6.2.2.1.4 车辆在测功机上进行预热。车辆预热速度应为 144 km/h 或者最高基准速度的 90%,在预热期间,车速不应超过试验车辆的最高车速。持续时间应超过 1 200 s,直到在 200 s 的时间内,测量力的变化小于 5 N 为止。

6.2.2.2 稳定车速下的测量程序

- 6.2.2.2.1 试验应从最高基准速度开始,到最低基准速度结束。
- 6.2.2.2.2 前一个基准速度点的测量结束后,应平滑过渡到下一个基准速度点,减速度应不超过 1 m/s<sup>2</sup>。
- 6.2.2.2.3 在基准速度点稳定时间为 4 s~10 s,试验设备信号应稳定。
- 6.2.2.2.4 在每个基准速度点,应连续进行不小于 6 s 的力测量。测量期间车速保持恒定,在基准速度点得到的力  $F_{jDyno}$ ,应为测量期间的算术平均值。
- 6.2.2.2.5 对每个基准速度点,重复 6.2.2.2.2~6.2.2.2.4 的测量步骤。



6.2.2.3 减速下的测量程序

6.2.2.3.1 按 6.2.2.1 进行预处理和测功机设定,每次滑行试验前,试验车辆应以最高基准速度或最高基准速度的 110%行驶,持续不少于 1 min。然后将车速提高到比最高基准速度至少高 10 km/h 的车速,开始滑行。

6.2.2.3.2 滑行过程中,变速箱应处于空挡,尽量避免方向盘转动,不进行制动操作。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的话,也可以分段进行滑行。分段滑行时,应注意车辆状态保持不变。如果连续两次滑行试验测得的力的偏差都在±10 N 以内,则滑行试验结束。

6.2.2.3.3 按公式(69)计算每个基准速度下的力:

$$F_{j\text{Dyno}} = F_{j\text{Decel}} - c_d \times v^2 \dots\dots\dots (69)$$

式中:

$F_{j\text{Decel}}$ ——根据 5.3.1.4.4 计算的基准速度点  $j$  的力  $F_j$ ,单位为牛(N);

$c_d$ ——气动阻力系数,单位为牛每千米每小时的平方[N/(km/h)<sup>2</sup>].

应制造商要求,在滑行试验确定  $F_{j\text{Dyno}}$  时, $c_d$  可以设置为 0。

6.2.2.4 测量条件

试验车辆应符合 5.3.1.3.2 的规定。  
滑行试验期间,变速箱应置空挡,尽量避免方向盘转动,不进行制动操作。

6.2.3 底盘测功机滚筒曲面修正

在底盘测功机上测得的滚动阻力,应按公式(70)修正到等效的平坦基准路面上:

$$F_j = F_{j\text{Dyno}} \times b_1 \times \sqrt{\frac{1}{\frac{R_{\text{wheel}}}{R_{\text{Dyno}}} \times b_2 + 1}} + F_{j\text{Dyno}} \times (1 - b_1) \dots\dots\dots (70)$$

式中:

$b_1$ —— $F_{j\text{Dyno}}$  的轮胎滚动阻力分量因子;

$b_2$ ——底盘测功机特定半径修正因子;

$F_{j\text{Dyno}}$ ——根据 6.2.2.3.3 计算的各基准速度的力,单位为牛(N);

$R_{\text{wheel}}$ ——轮胎设计公称直径的一半,单位为米(m);

$R_{\text{Dyno}}$ ——底盘测功机滚筒半径,单位为米(m)。

作为替代方法,也可按公式(71)进行修正:

$$F_j = F_{j\text{Dyno}} \times \sqrt{\frac{1}{\frac{R_{\text{wheel}}}{R_{\text{Dyno}}} \times 0.2 + 1}} \dots\dots\dots (71)$$

6.3 平带测功机测定滚动阻力

6.3.1 平带测功机标准

6.3.1.1 平带测功机的描述

车辆 在平带测功机上运转应能代表在实际道路上的滚动阻力和摩擦阻力特性,在 X 方向上的力应包括传动系统的摩擦力。

6.3.1.2 车辆约束系统

测功机应配置有对中系统,将车辆对中安装在 Z 轴±0.5°范围内,车辆的约束系统应保证在整个道

路载荷滑行试验中,试验车辆驱动轮中心线满足下列要求:

- a) 试验车辆横向应保持与 Y 轴一致,尽可能减少横向运动;
- b) 试验车辆与 Y 轴方向保持一致的基础上,前后轴与平带横向中心线的偏差都应在±10 mm 以内;
- c) 车辆约束系统在车辆垂直方向上不应增加额外的约束力。

6.3.1.3 力的测量精度

应仅测量转动车轮的作用力,在试验结果中不应引入外部力(例如:冷却风扇的力、约束车辆的力、平带空气动力学作用力、测功机损失等)。

X 方向力的测量精度应达到±5 N。

6.3.1.4 平带速度控制

平带速度控制精度应达到±0.1 km/h。

6.3.1.5 平带表面

平带表面应清洁、干燥,没有能使轮胎打滑的物质。

6.3.1.6 冷却

应采用变速风机冷却试验车辆,风机出口的气流速度应比与测功机相应的测量速度高 5 km/h。风机出口处的气流速度与测功机对应速度的偏差应在±5 km/h,或±10%以内,取其中的较大者。

6.3.2 平带测量

测量程序按 6.2.2 的规定进行。

6.3.3 平带方法的测量结果

平带测功机测量结果  $F_{jDymo}$  可用于 6.4 中  $F_j$  后续的计算。

6.4 道路载荷计算

6.4.1 平带和底盘测功机试验结果修正

按公式(72)将 6.2 和 6.3 测量得到的力修正到标准状态:

$$F_{Dj} = (F_j - K_1) \times [1 + K_0(T - 20)] \dots\dots\dots(72)$$

式中:

- $F_{Dj}$  ——基准速度  $j$  下的滚动阻力修正值,单位为牛顿(N);
- $F_j$  ——基准速度  $j$  下测量的滚动阻力,单位为牛顿(N);
- $K_0$  ——5.6.1.2 中的滚动阻力修正系数;
- $K_1$  ——5.6.1.4 中的测试质量修正系数;
- $T$  ——实验室温度算术平均值,单位为摄氏度(℃)。

6.4.2 气动阻力

6.4.2.1 应按照 6.4.2.2 的要求,使用两种风速的测量结果计算气动阻力。如果低风速  $v_{low}$  和高风速  $v_{high}$  测量所得的  $C_D A$  相差小于  $0.015\text{ m}^2$ ,可按照 6.4.2.3 计算气动阻力。

6.4.2.2 按公式(73)分别计算在每种风速下的气动阻力:



$$F_{Aw} = (C_D A)_w \times \frac{\rho_0}{2} \times \frac{v_w^2}{3.6^2} \dots\dots\dots (73)$$

式中：

- $F_{Aw}$  —— 某一风速下的气动阻力,单位为牛(N);
  - $(C_D A)_w$  —— 某一风速下气动阻力系数和车辆正投影面积乘积,单位为平方米(m<sup>2</sup>);
  - $\rho_0$  —— 基准大气条件下的空气密度,单位为千克每立方米(kg/m<sup>3</sup>);
  - $v_w$  —— 选用的风速,单位为千米每小时(km/h);
  - $w$  —— 选用风速的标识,包括“0wind”“low”和“high”;
  - $F_{0wind}$  —— 在风速为 0 km/h 下的气动阻力,单位为牛(N);
  - $F_{low}$  —— 在  $v_{low}$  下的气动阻力,单位为牛(N);
  - $F_{high}$  —— 在  $v_{high}$  下的气动阻力,单位为牛(N)。
- 以  $F_{0wind}$ 、 $F_{low}$  和  $F_{high}$  进行最小二乘回归分析,按公式(74)计算气动阻力系数  $f_{1a}$  和  $f_{2a}$ ：

$$F = f_{1a} \times v + f_{2a} \times v^2 \dots\dots\dots (74)$$

按公式(75)计算各基准速度  $v_j$  下最终的气动阻力  $F_{Aj}$ 。如果车辆装备了影响速度的可调节车身部件,在相关基准速度点,应使用相应的  $C_D A$  值。

$$F_{Aj} = f_{1a} \times v_j + f_{2a} \times v_j^2 \dots\dots\dots (75)$$

6.4.2.3 使用高风速  $v_{high}$  测量所得的  $C_D A$  值,按公式(76)计算气动阻力。如果车辆装备了影响速度的可调节车身部件,在相关基准速度点,应使用相应的  $C_D A$  值。

$$F_{Aj} = C_D A \times \frac{\rho_0}{2} \times \frac{v_j^2}{3.6^2} \dots\dots\dots (76)$$

式中：

- $F_{Aj}$  —— 各基准速度  $j$  下的气动阻力,单位为牛(N);
- $\rho_0$  —— 基准大气条件下的空气密度,单位为千克每立方米(kg/m<sup>3</sup>);
- $v_j$  —— 车辆基准速度,单位为千米每小时(km/h)。

6.4.3 道路载荷值计算

由 6.4.1 和 6.4.2 中的结果,按公式(77)计算道路载荷  $F_j^*$ ,单位为牛(N)：

$$F_j^* = F_{Dj} + F_{Aj} \dots\dots\dots (77)$$

按公式(77)计算道路载荷应对所有基准速度点分别进行计算。  
计算得到道路载荷后,再通过最小二乘法回归计算获得道路载荷方程中的系数  $f_0$ 、 $f_1$  和  $f_2$ 。

附 录 A  
(资料性)  
结构编号对照一览表

表 A.1 给出了本文件与 ISO 10521-1:2006 结构编号对照一览表。

表 A.1 本文件与 ISO 10521-1:2006 结构编号对照情况

本文件结构编号	ISO 10521-1:2006 结构编号
1	1
2	2
3	3
3.1	3.3
3.2	3.2
3.3	3.4
3.4	3.5
3.5	3.6
3.6	3.7
3.7	3.8
3.8	3.9
3.9	3.10
3.10	3.11
3.11~3.14	—
4	4
5	5
5.1	5.1
5.1.1	5.1.1
5.1.1.1	5.1.1.1
5.1.1.2	5.1.1.2
5.1.2	5.1.2
5.2	5.2
5.2.1	5.2.1
5.2.1.1	5.2.1.1
5.2.1.2	5.2.1.2
5.2.2	5.2.2
5.2.3	5.2.3
5.3	5.3
5.3.1	5.3.1

表 A.1 本文件与 ISO 10521-1:2006 结构编号对照情况（续）

本文件结构编号	ISO 10521-1:2006 结构编号
5.3.1.1	5.3.1.1
5.3.1.2	5.3.1.2
5.3.1.3	5.3.1.3
5.3.1.3.1	5.3.1.3.1
5.3.1.3.2	5.3.1.3.2
5.3.1.3.3	5.3.1.3.3
5.3.1.3.4	5.3.1.3.4
5.3.1.4	5.3.1.4
5.3.1.4.1	5.3.1.4.1
5.3.1.4.2	5.3.1.4.2
5.3.1.4.3	5.3.1.4.3
5.3.1.4.4	5.3.1.4.4
5.3.1.4.5	5.3.1.4.5
5.3.2	5.3.2
5.3.2.1	5.3.2.1
5.3.2.2	5.3.2.2
5.3.2.3	5.3.2.3
5.3.2.4	5.3.2.4
5.3.2.4.1	5.3.2.4.1
5.3.2.4.2	5.3.2.4.2
5.3.2.4.3	5.3.2.4.3
5.3.2.4.4	5.3.2.4.4
5.3.2.4.5	5.3.2.4.5
5.3.2.4.6	5.3.2.4.6
5.3.3	5.3.3
5.3.3.1	5.3.3.1
5.3.3.2	5.3.3.2
5.3.3.3	5.3.3.3
5.3.3.4	5.3.3.4
5.3.3.4a)	5.3.3.4.1
5.3.3.4b)	5.3.3.4.2
5.3.3.4c)	5.3.3.4.3
5.3.3.4d)	5.3.3.4.4
5.3.3.4e)	5.3.3.4.5

表 A.1 本文件与 ISO 10521-1:2006 结构编号对照情况（续）

本文件结构编号	ISO 10521-1:2006 结构编号
5.3.3.4f)	5.3.3.4.6
5.4	5.4
5.4.1	5.4.1
5.4.2	5.4.2
5.4.3	5.4.3
5.4.4	5.4.4
5.4.5	5.4.5
5.5	5.5
5.5.1	5.5.1
5.5.2	5.5.2
5.5.2.1	5.5.2.1
5.5.2.2	5.5.2.2
5.5.2.3	5.5.2.3
5.5.3	5.5.3
5.5.3.1	5.5.3.1
5.5.3.2	5.5.3.2
5.5.3.3	5.5.3.3
5.5.4	5.5.4
5.6	5.6
5.6.1	5.6.1
5.6.1.1	5.6.1.1
5.6.1.2	5.6.1.2
5.6.1.3	5.6.1.3
5.6.1.4	—
5.6.2	5.6.2
5.6.2.1	5.6.2.1
5.6.2.2	5.6.2.2
5.6.2.3	5.6.2.3
6	6
6.1	6.1
6.1.1	6.1.1
6.1.1.1~6.1.1.12	—
6.1.2	—
6.1.2.1	—

表 A.1 本文件与 ISO 10521-1:2006 结构编号对照情况（续）

本文件结构编号	ISO 10521-1:2006 结构编号
6.1.2.2	—
6.1.3	6.1.2
6.1.3.1	6.1.2.1
6.1.3.2	6.1.2.1
6.1.3.3	6.1.2.2
6.1.3.4	6.1.2.2
6.1.3.5	—
6.1.4	6.1.3
6.2	6.2
6.2.1	6.2.1
6.2.1.1~6.2.1.6	—
6.2.2	6.2.2
6.2.2.1	6.2.2.1
6.2.2.1.1~6.2.2.1.4	—
6.2.2.2~6.2.2.4	—
6.2.3	—
6.3	—
6.3.1	—
6.3.1.1	—
6.3.1.2	—
6.3.1.3	—
6.3.1.4	—
6.3.1.5	—
6.3.1.6	—
6.3.2	—
6.3.3	—
6.4	6.3,6.4
6.4.1~6.4.3	—
附录 A	—
附录 B	—
附录 C	附录 A
附录 D	—
—	3.1,6.2.2.1,6.2.2.2,6.2.2.3,6.2.2.4,6.2.3,附录 B

附录 B  
(资料性)  
技术差异及其原因一览表

表 B.1 给出了本文件与 ISO 10521-1:2006 技术差异及其原因的一览表。

表 B.1 本文件与 ISO 10521-1:2006 技术差异及其原因

本文件结构编号	技术差异	原因
3	用规范性引用的 GB/T 3730.1 替换了 ISO 3833;增加了规范性引用的 GB/T 3730.2、GB 18352.6—2016	以适应我国的技术条件,增加可操作性
—	删除了 ISO 10521-1:2006 中的 3.1“总阻力”	便于对标准中术语和定义的区别理解
3	增加了测试质量、加载质量、车辆行驶质量、旋转质量的定义	便于后文理解使用
3	更改了道路载荷、基准速度、空气动力学驻点的定义	与现行国家标准保持一致
表 1	增加了测量参数车轮转动及其准确度的要求	相关要求是保证后续试验准确性的重要指标
5.1.1.1	更改了风速条件的要求	对两种测量方法和免除风速修正的风速要求进行了适当加严,以提高试验准确性
5.1.1.2	更改了大气温度的要求,并对温差大于 5 ℃ 的情况提出了单独修正的要求	提高适用性
5.1.2	更改了试验道路的要求,细化了道路表面的要求,增加了无障碍的要求	排除一切外部影响因素
5.2.1.2	更改了轮胎压力调整的要求	便于标准执行使用
5.2.2	更改了仪器安装的要求,设定了影响限值和修正要求	提高试验准确性
5.2.3	更改了试验前车辆预热的要求,明确了预热车速	便于操作
5.3.1.1	更改了基准速度的要求,明确了最低和最高基准速度点以及步长	提高试验重复性和准确性
5.3.1.3.2	更改了滑行的要求,细化了屏蔽阻止滑行的力的装置或功能的要求	以适用于新能源车型
5.3.1.4.1	更改了滑行速度间隔的要求	提高试验重复性和准确性
5.3.1.4.3	更改了无效数据的描述	使概括得更加全面
5.3.1.4.4	更改了等效有效质量的估算方法	便于标准执行使用
5.4.3	增加了车载风速计的安装位置	使标准的适用性更广
5.5.1	更改了扭矩仪的安装位置	便于安装执行和提高试验准确性
5.6.1.4	增加了测试质量的修正	便于标准执行使用

表 B.1 本文件与 ISO 10521-1:2006 技术差异及其原因（续）

本文件结构编号	技术差异	原因
6.1.1	增加了风洞要求的详细内容,增加对风洞参数的具体要求	在风洞参数相近的条件下测出空气阻力的一致性更好,更趋近理论值
6.1.2	增加了车辆设置,具体规定了加载方式,以及测量轮眉高度的要求	有利于提高试验过程的操作性和测量结果的重复性
6.1.3	更改了气动阻力测量方法,细化了试验过程的描述,增加了通过高风速、低风速两种风速测量气动阻力的方法	便于更好地操作试验流程,以及测量结果的准确性
6.2.1	细化了对底盘测功机的技术要求	提高试验准确性
6.2.2	更改了试验程序,对稳定车速法进行了优化,增加了减速法,增加了测量条件	原方法较陈旧,更新后可以更好地与相关现行国家标准保持一致
6.2.3	增加了底盘测功机滚筒曲面修正	提高试验准确性
6.3	增加了平带测功机测定滚动阻力的内容	适应不同的底盘测功机类型,与相关标准相协调
6.4	增加了测功机试验结果修正的内容,增加了通过高风速、低风速两种风速判定并计算气动阻力的方法	更好地适应试验需求和国内外相关法规的要求

附录 C  
(资料性)  
车载风速计校准程序

C.1 原理

基于车载风速计的滑行法要求测量车辆在滑行试验中遇到的表观相对空气速度和表观横摆角的仪器。下述方法要求校准数据收集假设在每对相反方向驱动期间真实风速和真实风攻角的最小变化。

C.2 仪器和理论

气象风速计安装在桅杆上,约在车辆前方 2 m 处,约在气动停滞高度上,与车辆前保险杠齐平。典型地,此装置产生与表观相对空气速度成比例的风速计-螺旋桨旋转信号,以及指示风速计叶片相对于某个参考位置的角度方向的静态信号。假设这些信号与观察到的车辆减速度变化相关联,因此,在如 5.4.4 所述的气动阻力( $F_{\text{aero}}$ )公式中可以确定系数  $S$ 、 $a_0$ 、 $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$  和  $a_4$ ,见公式(C.1):

$$F_{\text{aero}} = \frac{1}{2} \times \rho A v_r^2 \times (a_0 + a_1 \theta + a_2 \theta^2 + a_3 \theta^3 + a_4 \theta^4) \dots\dots\dots (C.1)$$

应通过本附录所述的方法计算“零横摆偏移”,风速计的气动中心线与车辆的气动中心线不可能完全一致。

以下程序概述风速计信号可与车辆减速相关的方法。

C.3 假设和程序性建议

C.3.1 符号

C.3 中的符号和含义如下:

- $v$  —— 车速,单位为千米每小时(km/h);
- $v_a$  —— 车辆行驶方向上的表观空气速度,不考虑风力,单位为千米每小时(km/h);
- $v_w$  —— 真实风速,单位为千米每小时(km/h);
- $a$  —— 相对于轨道方向的真实风向,单位为度(°);
- $\theta_0$  —— 零横摆偏移角,单位为度(°);
- $\theta_{\text{true}}$  —— 真实横摆角,单位为度(°);
- $\theta_{\text{apparent}}$  —— 表观横摆角,单位为度(°);
- $v_{\text{rtrue}}$  —— 真实相对空气速度,单位为千米每小时(km/h);
- $v_{\text{rapparent}}$  —— 表观相对空气速度,单位为千米每小时(km/h);
- $ky$  —— 横摆修正系数;
- $ka$  ——  $v_{\text{rtrue}}$  与  $v_{\text{rapparent}}$  相关联的系数;
- $ka^*$  ——  $v$  与  $v_a$  相关联的系数;
- $kr$  —— 风速计响应的最小速度,单位为千米每小时(km/h);
- $ku$  —— 将横摆角与相对风速相关联的无单位系数。

C.3.2 相关参数的图形描述

由于车辆的存在,表观空气速度( $v_a$ )低于车速( $v$ )。由于该阻滞效应,在图 C.1 和图 C.2 中以图形方式示出所测量的表观相对空气速度( $v_{\text{rapparent}}$ )和真实相对空气速度( $v_{\text{rtrue}}$ )。



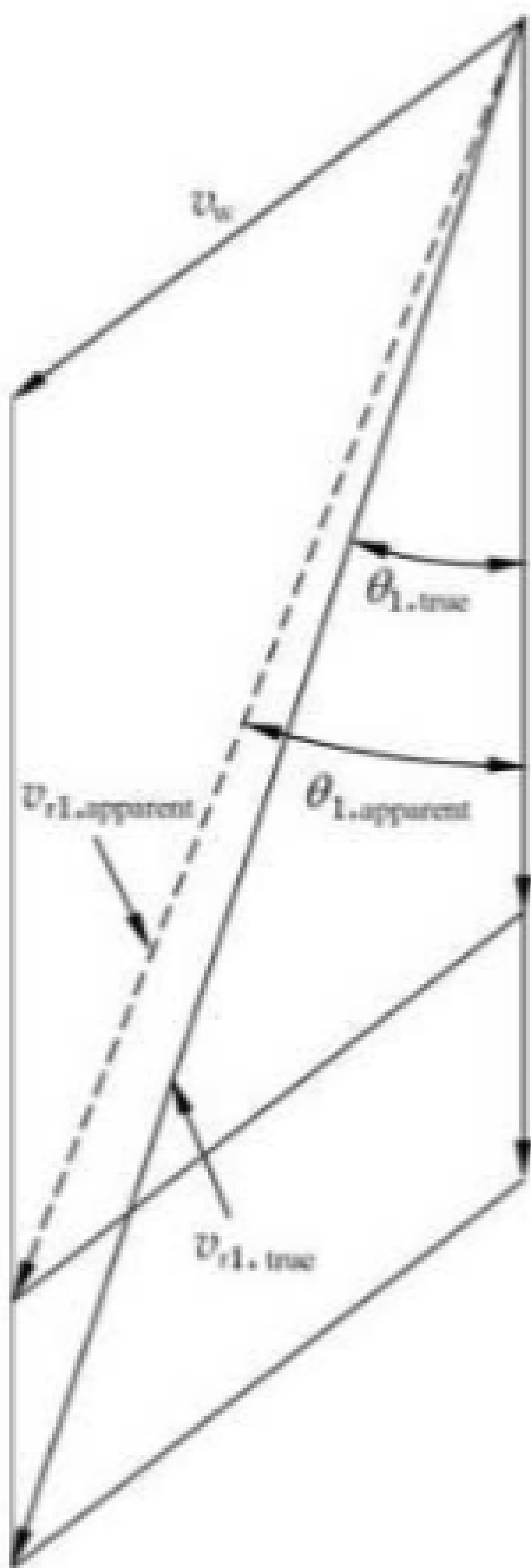


图 C.1 逆风方向

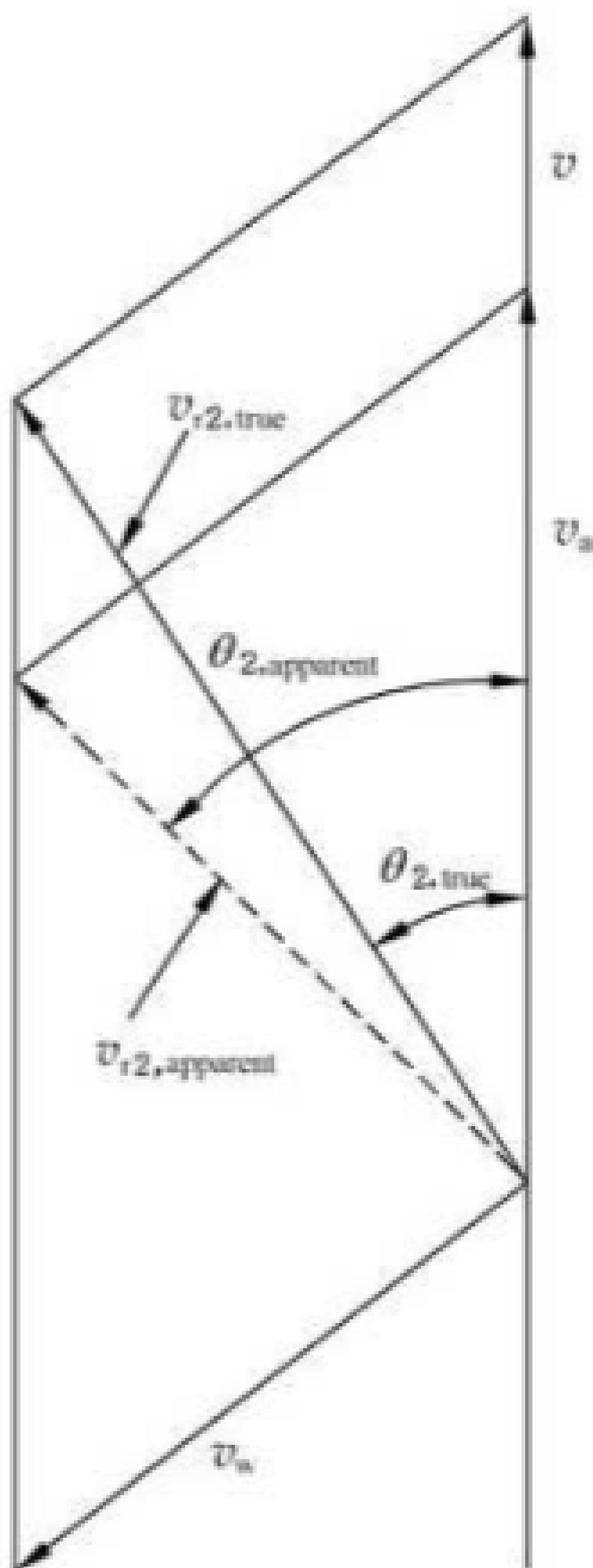


图 C.2 顺风方向

C.3.3 方程假设

当假设每对相反方向驱动期间的真实风攻角变化最小时,可以用  $v_{r,apparent}$  和  $\theta_{apparent}$  计算  $v_a$ ,如下。

$$v_a = \frac{v_{r1,apparent} \cos\theta_{1,apparent} + (v_{r1,apparent} \sin\theta_{1,apparent} / v_{r2,apparent} \sin\theta_{2,apparent}) \times v_{r2,apparent} \cos\theta_{2,apparent}}{1 + (v_{r1,apparent} \sin\theta_{1,apparent} / v_{r2,apparent} \sin\theta_{2,apparent})}$$

图 C.3 显示  $v$  和  $v_a$  之间的关系。

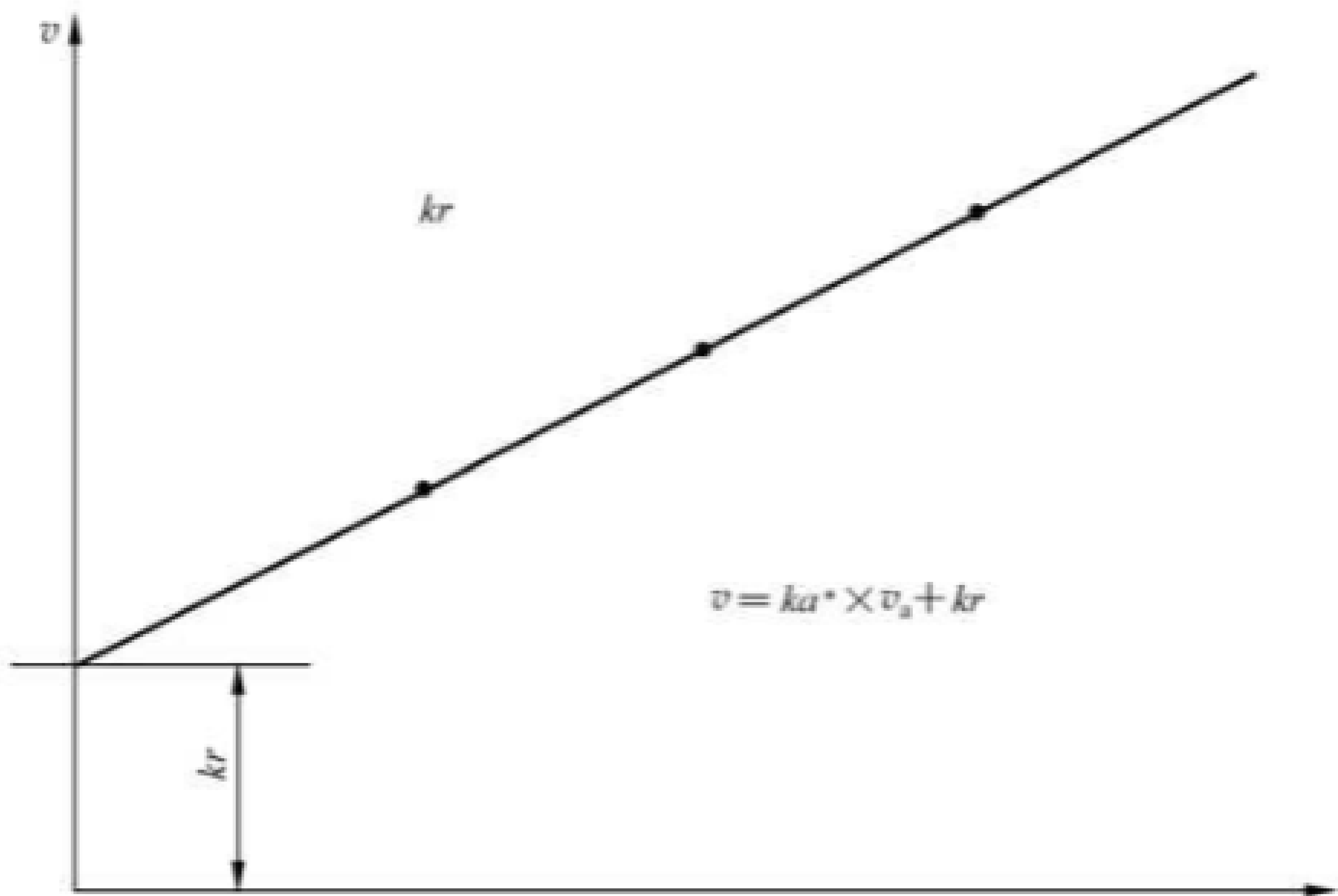


图 C.3  $v$  和  $v_a$  的关系

在图形上,也可以类似地描述  $v_{r,true}$  和  $v_{r,apparent}$  之间的关系。然而,鉴于  $ku$  和  $\theta_{true}$  的影响,假设图 C.1 所用的关系和操作方程,如公式(C.2)、公式(C.3)和公式(C.4)所示:

$$\theta_{true} = ky \times (\theta_{apparent} - \theta_0) \dots\dots\dots (C.2)$$

$$\theta_{true} = ky \times (\theta_{apparent} - \theta_0) \dots\dots\dots (C.3)$$

$$v_{r,true} = (ka \times v_{r,apparent} + kr) \times (1 - ku \times \theta_{true}^2) \dots\dots\dots (C.4)$$

随着  $\theta_{apparent}$  的增加,这些方程中的误差成比例变大,因此,建议消除  $\theta_{apparent}$  为  $20^\circ$  或以上时的数据。

C.3.4 校准程序

在固定长度的轨道上以恒定速度驱动车辆,记录校准数据,然后,在相同的轨道段上以相同的速度、相反的方向行驶。应以不同的恒速重复不少于一次。建议试验速度包括 80 km/h。

如果先前用适当的方法已知  $kr$ ,则可能以恒速运行来完成校准数据收集。在该情况下,建议车速为 80 km/h。

对于校准数据收集,建议每种速度至少有 3 对通道。

为每个方向计算  $\theta_{\text{apparent}}$  和  $v_{\text{apparent}}$  的平均值。然后,用最小二乘法或迭代法求解公式(C.2)、公式(C.3)和公式(C.4)中的  $ky$ 、 $ka$ 、 $ku$  和  $\theta_0$ ,同时  $kr$  的值由  $v$  和  $v_s$  之间的关系假定,如图 C.3 所示。

在随后的滑行试验中,引入  $ky$ 、 $ka$  和  $ku$  值来计算气动项的  $v_{\text{true}}^2$  和  $\theta_{\text{true}}$ 。

$$\frac{1}{2} \times \rho S v_{\text{true}}^2 \times (a_0 + a_1 \theta_{\text{true}} + a_2 \theta_{\text{true}}^2 + a_3 \theta_{\text{true}}^3 + a_4 \theta_{\text{true}}^4)$$

附录 D  
(资料性)  
车辆信息表

车辆名称		动力类型	<input type="checkbox"/> 燃油 <input type="checkbox"/> 混合动力 <input type="checkbox"/> 纯电 <input type="checkbox"/> 其他		
车辆型号		变速箱	<input type="checkbox"/> 手动挡 <input type="checkbox"/> 自动挡		
车辆识别代码(VIN)			电池电量(SOC)状态(%)		
轴距(mm)			长(mm)		
前轮距(mm)			宽(mm)		
后轮距(mm)			高(mm)		
整备质量(kg)			设计最大许用装载后质量(kg)		
测试质量(kg)			功率(kW)		
轮胎规格/型号	前轮		标称胎压(kPa)	前左	
				前右	
	后轮			后左	
				后右	
车牌	有/无	后扰流板	有/无	气坝	有/无
外后视镜	有/无	外露天线	有/无/鲨鱼鳍	前轮挡板	有/无
主动格栅	有/无	行李架	有/无	后轮挡板	有/无
前雨刮器	有/无	冷却模块	有/无		
车辆特殊配置说明					
车辆姿态及轮荷分布(kg)					
			配重(kg)	驾驶员位置	
				驾驶员同排乘员位置	
				最后排	
				行李箱	
车辆实测测试质量(kg)					
测试前			测试后		
轮眉高度(mm)					
姿态说明		测试前		测试后	
前左					
前右					
后左					
后右					
空调循环模式					
测试温度控制要求					

风洞名称					
主要特征尺寸					
喷口		驻室		试验段	
高,m		长,m		类型	
宽,m		宽,m		长度,m	
面积,m <sup>2</sup>		高,m		—	—
流场品质					
流场品质指标	符号/单位	测试值	备注		
风速均匀性	km/h				
试验段温度差	℃				
湍流强度	$T_u=\frac{u'}{U_\infty}$				
阻塞比	$\epsilon_{sh}=\frac{A}{A_{nozzle}}$				
气流俯仰角	$\alpha$				
气流横摆角	$\beta$				
喷口出口截面总压	$\sigma\left(\frac{\Delta P_t}{q}\right)$				
轴向静压梯度	$ c_p(x=+3\text{ m})-c_p(x=-3\text{ m}) $				
边界层厚度	$\delta_{99}(x=0\text{ m})$				
约束阻塞比	$\epsilon_{restr}=\frac{A_{restr}}{A}$				
喷口风速测量模式					
喷口法	<input type="checkbox"/>	驻室法	<input type="checkbox"/>		
天平及路面模拟系统					
系统名称	长(mm)	宽(mm)	最大速度(km/h)	控制精度(km/h)	
车轮转动单元					
中央带					
天平系统精度					
气动分量	量程	精度	重复性	分辨率	
X 方向					









中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准  
道路车辆 道路负载测定  
GB/T 44124—2024

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)  
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址:www.spc.net.cn

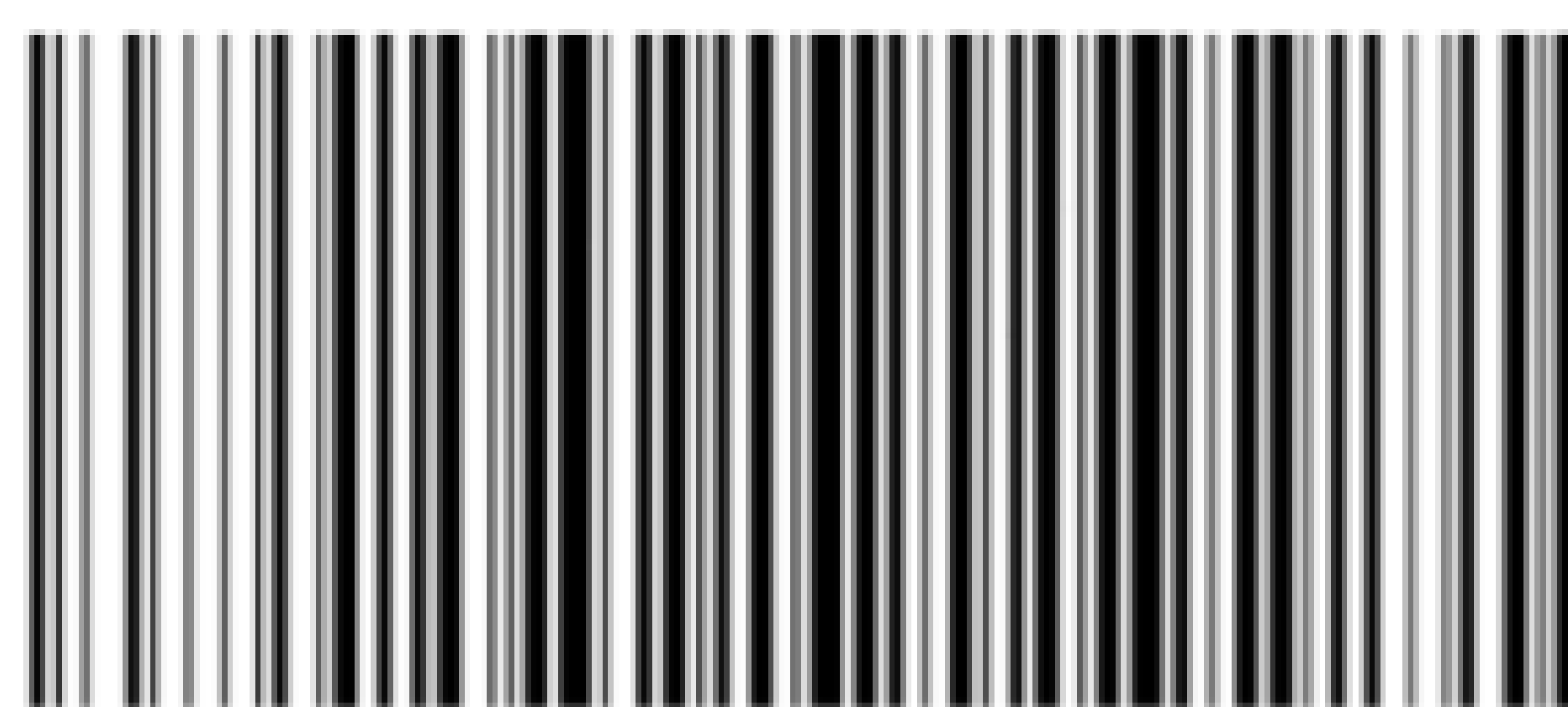
服务热线:400-168-0010

2024年5月第一版

\*

书号:155066·1-76283

版权专有 侵权必究



GB/T 44124-2024

[www.bzxz.net](http://www.bzxz.net)

免费标准下载网