



中华人民共和国国家标准

GB/T 46581—2025

道路车辆 制动衬片摩擦材料 磨损颗粒物排放量测试方法

Road vehicles—Brake lining friction materials—
Test method for brake wear particle emission

2025-10-31 发布

2026-05-01 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 缩略语 2

5 NEDC 制动循环测试方法 3

 5.1 测量条件 3

 5.2 测量方法 6

 5.3 试验报告 8

6 WLTP 制动循环测试方法 8

 6.1 制动排放系族 8

 6.2 试验系统 11

 6.3 制动循环 28

 6.4 试验准备 30

 6.5 试验方法 32

 6.6 试验报告 37

附录 A（规范性） WLTP 制动循环 38

附录 B（规范性） WLTP 制动循环中的制动事件 76

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。

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。

本文件由中国建筑材料联合会提出。

本文件由全国非金属矿产品及制品标准化技术委员会(SAC/TC 406)归口。

本文件起草单位：山东金麒麟股份有限公司、安徽飞鹰汽车零部件股份有限公司、东营宝丰汽车配件有限公司、咸阳非金属矿研究设计院有限公司、浙江杭摩欧亿汽车零部件有限公司、中汽零部件技术(天津)有限公司、中汽研汽车检验中心(天津)有限公司、湖南金力高新科技股份有限公司、长春汽车检测中心有限责任公司、山东信义汽车配件制造有限公司、中国非金属矿工业有限公司、浙江万赛汽车零部件股份有限公司、烟台泰和兴材料科技股份有限公司、重庆红宇摩擦制品有限公司、河北星月制动元件有限公司、湖北飞龙摩擦密封材料股份有限公司、长春晨禹科技有限公司。

本文件主要起草人：王嘉毅、甄明晖、孙奇春、田式国、刘玉华、陈均站、危红媛、张新峰、旷文敏、刘天明、燕建峰、傅文锋、耿晓燕、王丹膺、吴长亮、兰惠普、蔡一鸣、李攀飞、张红林、任烁今、韩尊强、吕晓松、马尧、陈涛、李然然、刘显彬。

道路车辆 制动衬片摩擦材料 磨损颗粒物排放量测试方法

1 范围

本文件描述了道路车辆制动衬片摩擦材料磨损颗粒物排放量测试方法的 NEDC 制动循环测试方法、WLTP 制动循环测试方法。

本文件适用于 M₁ 类和 N₁ 类车辆用制动衬片,其他类型车辆用制动衬片参照使用。

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 5620 道路车辆 汽车和挂车制动名词术语及其定义
- GB/T 13554—2020 高效空气过滤器
- GB/T 15089 机动车辆及挂车分类
- GB/T 29064 道路车辆 制动衬片摩擦材料 汽车制动系统摩擦性能评价方法
- QC/T 556 汽车制动器温度测量方法及热电偶安装要求
- QC/T 564 乘用车行车制动器性能要求及台架试验方法

3 术语和定义

GB/T 5620 和 GB/T 15089 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

NEDC 制动循环 NEDC brake cycle

新欧洲驾驶周期制动循环

1 次循环包含 4 次城市道路模式和 1 次高速道路模式。

3.2

WLTP 制动循环 WLTP brake cycle

全球轻型车辆试验程序制动循环

包括 10 个阶段和 303 次制动,总持续时间为 15 826 s 的驾驶循环。

3.3

粒径 particulate size

空气动力学中等效于密度 1 000 kg/m³ 的球形颗粒的直径。

3.4

颗粒浓度 particulate concentration

捕集温度和压力状态下,单位体积悬浮颗粒物的质量。

注:一般来说,按照颗粒物类型和大小,用单位体积或质量的气体或者悬浮在液体中细颗粒的数量或质量来表示。

3.5

级联冲击取样器 cascade impactor

将样品气体从细小的喷嘴或狭缝吹向平板,通过惯性力使颗粒沉积在平板上的装置。

3.6

制动排放系族 brake emissions family

考虑卡钳、制动盘(鼓)、制动衬片以及车辆其他参数,通过设计具有类似排放特性的一类制动器集合。

3.7

车辆运行质量 mass in running order

车辆及其油箱加注至至少 90%容量时的总质量,包括驾驶员、燃料和液体的质量。按照制造商的规定安装标准设备后,还包括车身、驾驶室、传动装置和备胎以及工具的质量。

3.8

气溶胶 aerosol

悬浮于空气中的固态和(或)液态颗粒所组成的分散体系。

3.9

响应时间 response time

基准点处测量值开始发生变化与测量系统响应达到最终读数 90%的时间差。

注：系统响应时间(t_{90})由系统延迟时间和系统上升时间组成。在本文件中,采样喷嘴的入口被定义为基准点。

3.10

摩擦制动份额系数 friction braking share coefficient

驾驶循环中,全摩擦制动系统吸收的总能量与同一驾驶循环中制动事件(不包括道路载荷)期间车辆总动能变化的比值。

3.11

标准状态 standard conditions

压力等于 101.325 kPa、温度等于 273.15 K(即 0 °C)的状态。

3.12

比摩擦功 specific friction work

在制动排放测试过程中,指定减速事件下施加到试验制动器上的实际摩擦功。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件(见表 1)。

表 1 缩略语

缩略语	定义
BDD	制动鼓直径
FAF	施加在前轴上的制动力份额
HEPA	高效空气过滤器
NEDC	新欧洲驾驶周期
PCRF	颗粒浓度降低系数
PM _{2.5}	空气动力学直径小于 2.5 μm 的颗粒物

表 1 缩略语（续）

缩略语	定义
PM ₁₀	空气动力学直径小于 10 μm 的颗粒物
PN	颗粒物数量
PNC	粒子计数器
PSA	单个制动衬片的表面积
PTT	颗粒传输管
RAF	施加在后轴上的制动力份额
SPN ₁₀	电迁移率粒径≥10 nm 的固体颗粒物数
TPN ₁₀	电迁移率粒径≥10 nm 的总颗粒物数(固体颗粒物和挥发物)
VPR	挥发性颗粒去除器
WLTP	全球轻型车辆试验程序

5 NEDC 制动循环测试方法

5.1 测量条件

5.1.1 制动部件

测量过程中各制动部件的状态按照 GB/T 29064 的规定。

5.1.2 惯量

惯量的设定和计算按照 QC/T 564 的规定。

5.1.3 温度

温度测量按照 QC/T 556 的规定安装热电偶。当在制动盘上安装热电偶时,将其安装在制动盘摩擦路径中心距制动盘表面 1 mm 处。

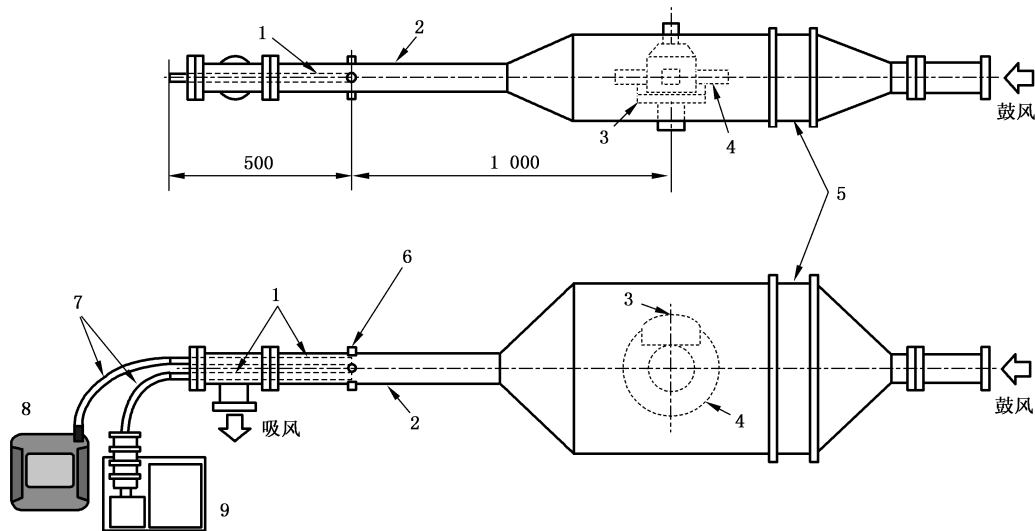
当在制动衬片上安装热电偶时,将其安装在制动衬片摩擦面中心距摩擦表面 1 mm 处(如果中心有沟槽,则距沟槽 10 mm),并且在磨合结束后,重新调整热电偶的深度,确保其仍距摩擦表面 1 mm。

5.1.4 磨损颗粒物捕集装置

5.1.4.1 捕集装置结构

磨损颗粒物捕集装置结构见图 1,主管道材料应使用 06Cr17Ni12Mo2,内表面应做镜面加工处理,以减少颗粒物附着。此外,应对主管道接缝焊接处进行修整,尽可能减少不规则凹凸。

单位为毫米



- 标引序号说明：
- 1——采样管；
 - 2——主管道；
 - 3——制动卡钳；
 - 4——制动盘；
 - 5——HEPA；
 - 6——测量插口；
 - 7——测量连接管；
 - 8——光散射式颗粒质量浓度仪；
 - 9——级联冲击取样器。

图 1 磨损颗粒物捕集装置结构

5.1.4.2 鼓风和吸风装置

在捕集器的入口和出口侧，分别安装鼓风和吸风装置，两个装置独立设定流量，流量设定范围为 $0.5\text{ m}^3/\text{min} \sim 3.0\text{ m}^3/\text{min}$ 。

5.1.4.3 采样管

采样管材质应使用 022Cr17Ni12Mo2，并进行电抛光工艺处理。采样管收集侧尖端表面应有 $\leq 30^\circ$ 的锥度(见图 2)，采样管的尖端应放置在距制动盘(鼓)中心 1 m 的位置。

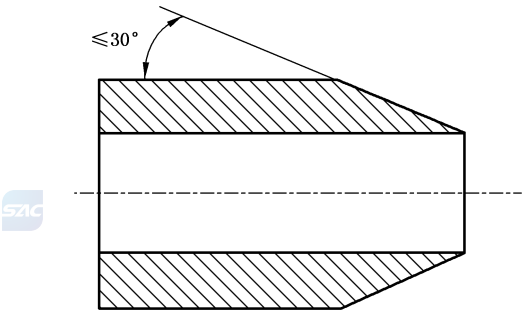


图 2 采样管收集侧尖端

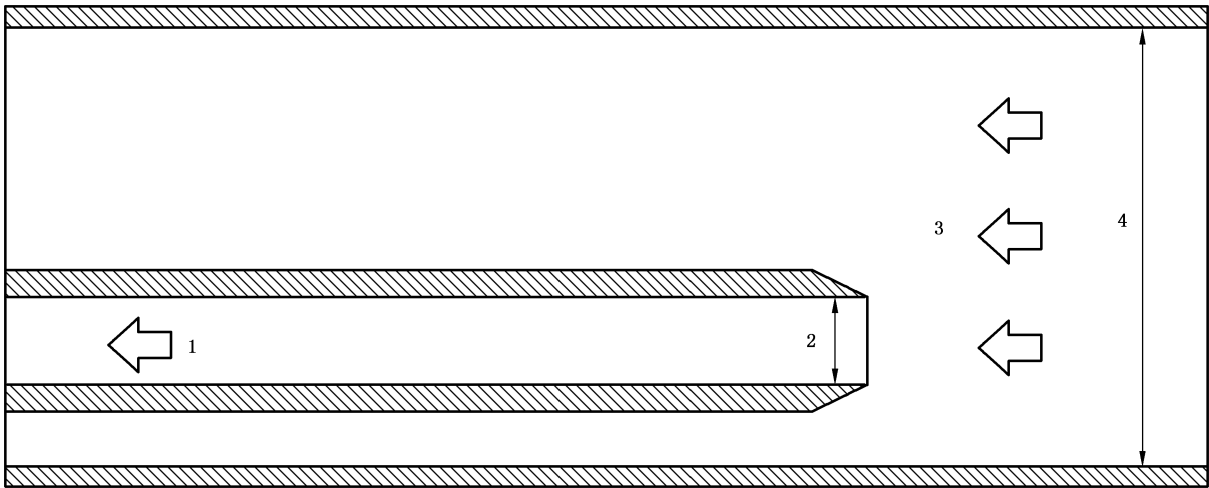
5.1.4.4 等速吸风

在不改变主管道气流中颗粒浓度的情况下,从采样管中捕集颗粒物,应使采样管内的风速与主管道内的风速相等。采样管内的风速根据采样管内径或有吸风排量要求的颗粒质量测量仪器调节,采样管的内径和流量与主管道的内径和流量按公式(1)计算,管道内径与流量的关系示意图见图 3。

$$\frac{Q_s}{Q_d}=\left(\frac{D_s}{D_d}\right)^2$$

.....(1)

式中：
 Q_s —— 采样管内流量,单位为立方毫米每分(mm³/min)；
 Q_d —— 主管道内流量,单位为立方毫米每分(mm³/min)；
 D_s —— 采样管内径,单位为毫米(mm)；
 D_d —— 主管道内径,单位为毫米(mm)。



标引序号说明：
1—— 采样管内流量；
2—— 采样管内径；
3—— 主管道内流量；
4—— 主管道内径。



图 3 管道内径与流量的关系示意图

5.1.5 粒子测量仪

使用粒径可分级的粒子质量测量仪。本测试方法同时采用级联冲击取样器方式的过滤质量法和光散射式颗粒质量浓度法进行测量。

5.1.6 高效空气过滤器(HEPA)

在制动系统靠近鼓风侧的位置安装高效空气过滤器(HEPA),以便气流通过 HEPA 输送到捕集装置内。

5.1.7 测量用连接管

为避免因静电导致管内附着,应使用导电性高的管道(如导电硅胶管)。管道应具有较大的曲率,安装时宜尽可能减少管道内的摩擦。

5.2 测量方法

5.2.1 测量前准备

5.2.1.1 制动器安装前,应进行检查,确保其没有异常,使用没有拖拽现象的制动器。此外,检查摩擦材料表面,确保不存在油脂、油漆或其他异物。安装制动卡钳时,将其竖直向上安装,确保主管道气流方向和制动盘旋转方向相匹配(见图 4)。

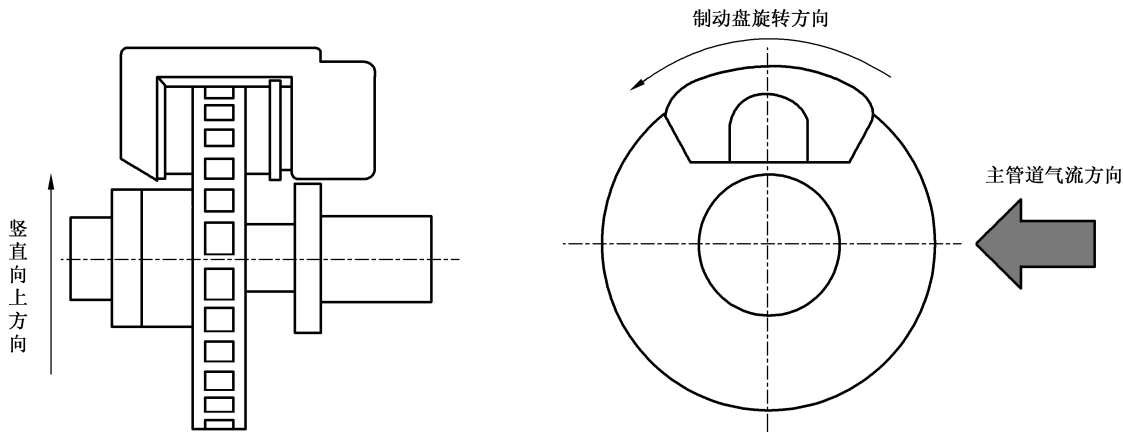


图 4 制动器安装位置

- 5.2.1.2 清理制动盘(鼓)摩擦面,安装热电偶。
- 5.2.1.3 为了准确测量摩擦材料磨损量,应预先确定测量位置,盘式片 8 个点,鼓式片 10 个点。对于制动盘,在距外边缘 10 mm 的位置沿圆周方向均匀测量 12 个点的磨损量。
- 5.2.1.4 测量制动衬片和制动盘(鼓)的质量,制动衬片的质量精确到 0.01 g,制动盘(鼓)的质量精确到 0.1 g。
- 5.2.1.5 对于制动盘,在距外圆周 10 mm 的位置测量一圈轴向跳动,安装时轴向跳动 $\leq 30\text{ }\mu\text{m}$ 。对于制动鼓,在距开口端边缘 10 mm 的位置测量一圈径向跳动并记录。
- 5.2.1.6 磨损颗粒测量模式(磨合后)之前,安装测试样品,在设备主轴不旋转的前提下启动进排气系统 1 min,然后对背景进行测量。当光散射颗粒质量浓度仪器显示 $\leq 0.001\text{ mg/m}^3$ 时,启动磨损颗粒测量模式。测量期间,主管道内空气的温度保持在 $20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度保持在 30%~60%。

5.2.2 测量程序

5.2.2.1 一般要求

磨合见表 2,磨损颗粒测量模式见表 3。



表 2 磨合

测量项目	制动初始速度 km/h	制动减速度 m/s^2	前/后制动旋转侧初始制动温度 $^{\circ}\text{C}$	制动次数 次	风速 m/s
磨合	65	3.5	120/100	1 000	11

表 3 磨损颗粒测量模式

模式	序号	事件	制动初始速度 km/h	制动终速度 km/h	空转速度 km/h	制动减速度 m/s ²	制动等待时间 ^a s	保持 时间 s	制动 次数 次	重复 次数 次
城市 道路 模式	1	停止	—	—	—	—	—	10	—	4
	2	制动	15	5	—	0.8	12	—	1	
	3	停止	—	—	—	—	—	21	—	
	4	制动	32	5	—	0.8	37	—	1	
	5	停止	—	—	—	—	—	21	—	
	6	制动	50	35	—	0.5	38	—	1	
	7	制动	35	5	—	0.9	22	—	1	
	8	停止	—	—	—	—	—	8	—	
高速 道路 模式	1	停止	—	—	—	—	—	19	—	1
	2	制动	70	50	—	0.7	91	—	1	
	3	空转	—	—	50	—	—	69	—	
	4	空转	—	—	70	—	—	63	—	
	5	空转	—	—	100	—	—	65	—	
	6	制动	120	5	—	1.0	30	—	1	
	7	停止	—	—	—	—	—	620	—	
^a 迅速加速至制动初始速度,等待时间过后开始制动。										

5.2.2.2 磨合

- 5.2.2.2.1 磨合最终速度相当于完全制动。
- 5.2.2.2.2 磨合结束后,用鼓风空气充分去除制动衬片和制动盘(鼓)上的磨损颗粒,然后测量厚度和质量。
- 5.2.2.2.3 磨合结束后,对制动卡钳和夹具工具进行空气吹扫,充分去除磨损颗粒,同时使用废布清除磨损颗粒物捕集器主管道内的磨损颗粒。

5.2.2.3 磨损颗粒测量模式

- 5.2.2.3.1 磨损颗粒测量模式的 1 次循环如表 3 所示(等效行驶里程 11 km),总计执行 30 次循环。
- 5.2.2.3.2 每 10 次循环更换 1 个滤芯,并测量滤芯质量。如果滤芯的质量或制动衬片和制动盘(鼓)的磨损量不足,应继续循环直至磨损足量。

5.2.3 磨损颗粒质量测量

5.2.3.1 过滤质量法

- 5.2.3.1.1 对于过滤质量法,使用能够对颗粒物(PM₁₀、PM_{2.5})进行分级的级联冲击取样器。滤芯的直径应≥47 mm(有效直径 37 mm)。
- 5.2.3.1.2 通过测量试验前后滤芯质量的增量来计算每行驶 1 km 单轮的 PM_{2.5} 排放量(M_a),M_a 按公



式(2)计算:

$$M_a = \frac{M_b}{Q_2} \times \frac{Q_1}{L} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

M_a ——每行驶 1 km 单轮的 $PM_{2.5}$ 排放量,单位为毫克每千米(mg/km);

M_b ——试验前后滤芯质量的增量,单位为毫克(mg);

Q_2 ——捕集器吸风量,单位为毫米(m^3/min);

Q_1 ——主管道内流量,单位为立方米每分(m^3/min);

L ——磨损颗粒测量模式下的总行驶里程,单位为千米(km)。

5.2.3.1.3 称量滤芯的天平称量范围应为 $0.1 \mu g \sim 10 \mu g$,根据磨损颗粒排放量的多少选择适合的精度。

5.2.3.2 光散射式颗粒质量浓度法

5.2.3.2.1 光散射式颗粒质量浓度仪虽然能够实时测量颗粒的质量浓度,但由于测量的颗粒不同,其精度也不同,因此需要与过滤质量法同时进行。此时,需要将测量时间与过滤质量法相匹配,测量时应安装级联冲击取样器。

5.2.3.2.2 根据质量浓度求出的 $PM_{2.5}$ 排放量(M_c),按公式(3)计算:

$$M_c = \int_{t_s}^{t_e} (\rho \times Q_3) dt \dots\dots\dots (3)$$

式中:

M_c ——根据质量浓度求出的 $PM_{2.5}$ 排放量,单位为毫克(mg);

t_s ——测量开始时间;

t_e ——测量结束时间;

ρ ——质量浓度,单位为毫克每立方米(mg/m^3);

Q_3 ——光散射式颗粒质量浓度仪的吸风量,单位为立方米每秒(m^3/s)。

5.3 试验报告

试验报告应至少包括以下内容:

- 磨合前后以及磨损颗粒测量模式完成后,制动衬片和制动盘(鼓)的厚度和质量;
- 计算得到的 $PM_{2.5}$ 排放量 M_a 和 M_c ;
- 测试过程中的制动扭矩、压力、温度和转速;
- 主管道中空气的温度和相对湿度;
- 测试环境的温度、相对湿度。

6 WLTP 制动循环测试方法

6.1 制动排放系族

6.1.1 原装制动部件和等同制动部件

对于原装制动部件和等同制动部件,只有与下列特征要求相同,才属于同一制动排放系族:

- a) 制动卡钳类型(浮动式或固定式、活塞数量和尺寸、回位元件类型);
- b) 制动器类型:制动盘(摩擦表面、涂层、单盘式、双盘式、通风式、实心式、尺寸、质量、材料配方)或制动鼓(摩擦表面、单式、复式、尺寸、质量、材料配方);
- c) 摩擦材料类型:盘式衬片(摩擦表面、尺寸、形状、材料、背板、材料配方)或鼓式衬片(摩擦表面、

- 尺寸、设计、材料、制动蹄、材料配方)；
- d) 其他影响制动排放的特征(如新型的制动减排系统)。

6.1.2 非原装可互换制动部件和等效制动部件

对于非原装可互换制动部件和等效制动部件，只有与下列特征要求相同，才属于同一制动排放系族：

- a) 制动卡钳类型(浮动式或固定式)；
- b) 制动器所在的车轴；
- c) 摩擦材料配方；
- d) 对于盘式制动器：制动盘类型(非原装可互换制动盘和等效制动盘按表 4 进行系族分类)；制动盘表面形态(光滑面和非光滑面)；单个制动衬片的表面积(PSA)，以 10 cm² 为增量划分为 10 个等级；
- e) 对于鼓式制动器：制动鼓类型(非原装可互换制动鼓和等效制动鼓按表 5 进行系族分类)；制动鼓直径(BDD)，以 20 mm 为增量划分为 8 个等级。

表 4 非原装可互换制动盘和等效制动盘系族规格

序号	PSA cm ²	车轴	浮动式卡钳										固定式卡钳									
			制动盘制动路径类型																			
			铸铁		涂层 铸铁		碳陶瓷		铝基复 合材料		其他		铸铁		涂层 铸铁		碳陶瓷		铝基复 合材料		其他	
			a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t
			平整	非 平整	平整	非 平整	平整	非 平整	平整	非 平整	平整	非 平整	平整	非 平整	平整	非 平整	平整	非 平整	平整	非 平整	平整	非 平整
1	PSA ≤30	前轴	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
2		后轴	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
3	30<PSA ≤40	前轴	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
4		后轴	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
5	40<PSA ≤50	前轴	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
6		后轴	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
7	50<PSA ≤60	前轴	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
8		后轴	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
9	60<PSA ≤70	前轴	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
10		后轴	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
11	70<PSA ≤80	前轴	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
12		后轴	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
13	80<PSA ≤90	前轴	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
14		后轴	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		

表 4 非原装可互换制动盘和等效制动盘系族规格（续）

序号	PSA cm ²	车轴	浮动式卡钳										固定式卡钳									
			制动盘制动路径类型																			
			铸铁		涂层 铸铁		碳陶瓷		铝基复 合材料		其他		铸铁		涂层 铸铁		碳陶瓷		铝基复 合材料		其他	
			a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t
			平 整	非 平 整	平 整	非 平 整	平 整	非 平 整	平 整	非 平 整	平 整	非 平 整	平 整	非 平 整	平 整	非 平 整	平 整	非 平 整	平 整	非 平 整	平 整	非 平 整
15	90<PSA	前轴	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
16	≤100	后轴	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
17	100<PSA	前轴	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
18	≤110	后轴	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
19	PSA	前轴	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
20	>110	后轴	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		

表 5 非原装可互换制动鼓和等效制动鼓系族规格

序号	BDD mm	车轴	制动鼓制动路径类型		
			铸铁	铝基复合材料	其他
			系族代码(a)	系族代码(b)	系族代码(c)
1	BDD≤180	前轴	+	+	+
2		后轴	+	+	+
3	180<BDD≤200	前轴	+	+	+
4		后轴	+	+	+
5	200<BDD≤220	前轴	+	+	+
6		后轴	+	+	+
7	220<BDD≤240	前轴	+	+	+
8		后轴	+	+	+
9	240<BDD≤260	前轴	+	+	+
10		后轴	+	+	+
11	260<BDD≤280	前轴	+	+	+
12		后轴	+	+	+
13	280<BDD≤300	前轴	+	+	+
14		后轴	+	+	+
15	BDD>300	前轴	+	+	+
16		后轴	+	+	+

6.1.3 制动排放系族源车

对于同一制动排放系族,选择制动排放系族源车对应制动器总成进行制动排放测试,制动排放系族源车应按下列要求选取:

- a) 同一制动排放系族中,摩擦制动份额系数(c)和车轮试验载荷(WL_t)乘积最大的车辆为源车,不同车辆的摩擦制动份额系数见表 6;
- b) 如果摩擦制动份额系数和车轮试验载荷乘积结果相同,则选取动态滚动半径最小的车辆。

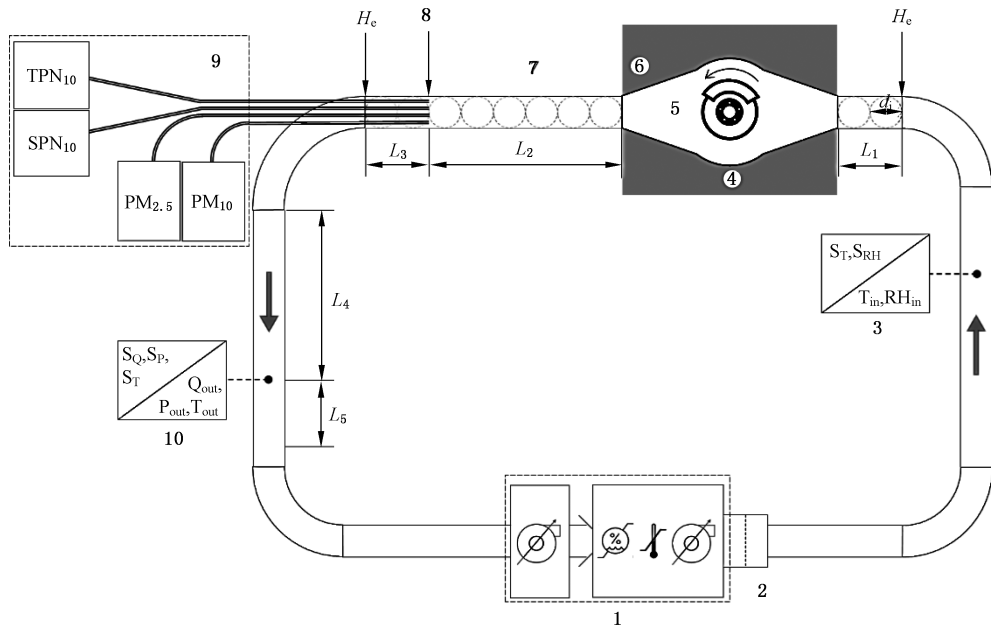
表 6 不同车辆类型的摩擦制动份额系数

制动类型	车辆类型	摩擦制动份额系数
全摩擦制动	纯内燃机车和本表中非摩擦制动类别中未涵盖的其他车辆类型	1.0
非全摩擦制动	不可外接充电的混动车——第 0 类 ^a	0.90
	不可外接充电的混动车——第 1 类 ^b	0.72
	不可外接充电的混动车——第 2 类 ^c	0.52
	可外接充电的混动车	0.34
	纯电动车	0.17
<div><div>^a 额定电压大于 12 V 且小于或等于 20 V,且无法从外部电源充电的具有牵引力、可充电电能存储系统的混合动力电动汽车。</div><div>^b 额定电压大于 20 V 且小于或等于 60 V,且无法从外部电源充电的具有牵引力、可充电电能存储系统的混合动力电动汽车。</div><div>^c 额定电压大于 60 V,且无法从外部电源充电的具有牵引力、可充电电能存储系统的混合动力电动汽车。</div></div>		

6.2 试验系统

6.2.1 试验系统总体布局

本试验系统主要由环境调节装置、制动仓、制动台架、采样管道、测量装置等组成。环境调节装置具有可变流量功能,为系统提供可调节的空气;经过调节的空气进入制动仓,该制动仓用于安装被测制动器总成;制动台架作为驱动装置,控制制动器总成运行状态;制动仓出口直接连接采样管道,采样管道末端安装采样探头;采样探头用于将气溶胶从采样管道输送到 PM 和 PN 测量装置中;流量测量装置安装在采样平面下游的管道中。试验系统总体布局由供需双方决定,图 5 给出了一种试验系统总体布局示意图。



标引序号说明：

- | | |
|------------------|----------------------------|
| 1——环境调节装置； | 6——制动台架； |
| 2——冷却空气过滤装置； | 7——采样管道； |
| 3——冷却空气温度和湿度传感器； | 8——配备相应 PM 和 PN 采样探头的采样平面； |
| 4——制动仓； | 9——颗粒物排放测试设备； |
| 5——制动器总成； | 10——流量测量装置。 |

图 5 试验系统总体布局示意图

6.2.2 环境调节装置

6.2.2.1 基本要求

6.2.2.1.1 环境调节装置为系统提供清洁、连续的冷却空气，冷却空气将制动颗粒物从制动仓输送到采样管道和 PM/PN 采样探头中。

6.2.2.1.2 环境调节装置应包含空气冷却除湿装置、加热装置和加湿装置，并集成用于监测设备及接口状态的闭环反馈控制器、报警器和传感器。同时应配置可调节流量的鼓风机，以满足试验系统对大范围冷却空气流量的需求。

6.2.2.1.3 冷却空气的工作流量满足下列要求：

- 最小工作流量应在 $100 \text{ m}^3/\text{h} \sim 300 \text{ m}^3/\text{h}$ 的范围内；
- 最大工作流量应至少是最小工作流量的 5 倍；
- 最大工作流量应至少比最小工作流量大 $1\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

6.2.2.2 冷却空气温、相对湿度

6.2.2.2.1 在制动仓的上游安装温度和湿度传感器，用于持续监测冷却空气的温度和相对湿度。

6.2.2.2.2 温度传感器的精度应 $\pm 1^\circ\text{C}$ ，湿度传感器的精度为 $\pm 5\%$ 。冷却空气温度、相对湿度要求如表 7 所示。

表 7 冷却空气温度、相对湿度和流量要求

参数	冷却空气温度	冷却空气相对湿度	冷却空气流量
设定值	23 ℃	50 %	按照 6.5.2 确定的 Q_{set}
平均值;最大允许偏差	$\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 5\%$	$\pm 5\% Q_{\text{set}}$
瞬时值(1 Hz);最大允许公差	$\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 30\%$	$\pm 5\% Q_{\text{set}}$

6.2.2.3 冷却空气流量

6.2.2.3.1 在采样平面下游安装冷却空气流量测量装置,测量并记录整个制动排放测试中冷却空气流量,流量测量装置精度为 $\pm 2\%$,冷却空气流量要求如表 7 所示。

6.2.2.3.2 对于单点测量,将流量测量装置安装于管道中心,流量测量装置上游至少有 5 倍管道内径长度,下游至少有 2 倍管道内径长度。流量测量区域管道内径可以与采样管道内径不同,但应至少为采样管道内径的 35%。流量测量装置的安装不应引起明显的压力变化(即流量测量装置处的压力应与环境压力相差在 $\pm 1\text{ kPa}$ 以内)。

6.2.2.3.3 对于多点测量,将流量测量装置垂直于气体流动方向安装,流量测量装置上游至少有 5 倍管道内径长度,下游至少有 2 倍管道内径长度。流量测量区域管道内径可以与采样管道内径不同,但应至少为采样管道内径的 35%。流量测量装置的安装不应引起明显的压力变化(即流量测量装置处的压力应与环境压力相差在 $\pm 1\text{ kPa}$ 以内)。

6.2.2.3.4 应使用经校准的流量测量装置进行测量并记录标准状态冷却空气流量。为了确保标准状态冷却空气流量的正确计算,流量测量位置处的温度传感器测量精度应为 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$,压力传感器测量精度应为 $\pm 0.4\text{ kPa}$ 。

6.2.2.3.5 若使用高效空气过滤器以避免流量测量装置受到污染,高效空气过滤器应安装在流量测量装置上游至少 5 倍管道内径的位置,且应持续监测压降,必要时应对气体流量测量值进行校正。高效空气过滤器按照流量测量装置的要求选型。

6.2.2.3.6 在整个制动排放测试过程中冷却空气流量应保持恒定。冷却空气流量的设定值 Q_{set} 确定后,在制动排放测试中应相同且恒定。

6.2.2.3.7 试验前,应对管道系统和制动仓进行泄漏检查。将冷却空气流量设置为 Q_{set} ,待流量稳定后持续测量至少 2 min。若测得的平均流量在 Q_{set} 的 $\pm 5\%$ 范围内,则继续试验;若超出该范围,应中止试验,检查流量测量装置并排查泄漏源,待问题解决后重新试验。

6.2.2.3.8 使用测得的冷却空气流量和采样管道内径,按公式(4)计算采样管道处相应的瞬时冷却空气速度:

$$U=(4\times 10^3\times Q)/(\pi\times d_i^2) \dots\dots\dots (4)$$

式中:
 U —— 瞬时冷却空气速度,单位为千米每小时(km/h);
 Q —— 冷却空气流量,单位为立方米每小时(m^3/h);
 d_i —— 采样管道的内径,单位为毫米(mm)。

6.2.2.4 冷却空气清洁

进入试验系统的冷却空气应通过高效空气过滤器(不低于 GB/T 13554—2020 规定的 G35 等级)过

滤。如果需要安装去除挥发性有机物的过滤器(木炭、活性炭或等效装置),则安装在高效空气过滤器的上游。

6.2.3 背景颗粒物

6.2.3.1 一般要求

6.2.3.1.1 背景颗粒物浓度通过 PN 来表示,在标准条件下以 TPN_{10} 和 SPN_{10} 为基础进行校验和报告。

6.2.3.1.2 背景颗粒物校验前应对粒子计数器(PNC)进行零点验证,步骤如下:根据设备制造商的规格,在 PNC 的进口处安装适当的过滤器,并记录 PN 浓度,PNC 入口的读数应 ≤ 0.2 个/ cm^3 。拆卸过滤器后,PNC 应显示测量浓度增加,并在更换过滤器后恢复为 ≤ 0.2 个/ cm^3 。

6.2.3.2 系统级别背景颗粒物校验

6.2.3.2.1 当试验设备安装调试、重大维护后或有系统故障迹象时,应进行系统级背景颗粒物校验。

6.2.3.2.2 制动仓内不安装制动夹具和任何制动部件,在最小颗粒浓度降低系数(PCRF)设置条件下对 TPN_{10} 和 SPN_{10} 进行测量。

6.2.3.2.3 应使用最小和最大冷却空气操作流量进行,在冷却空气稳定 5 min 后开始背景颗粒物校验。

6.2.3.2.4 在背景颗粒物校验期间,可使用单个喷嘴对 TPN_{10} 和 SPN_{10} 进行采样。

6.2.3.2.5 背景颗粒物校验应持续运行,直至背景浓度稳定,若标准状态下经 PCRF 修正后 TPN_{10} 和 SPN_{10} (以 1 Hz 的频率持续测量)的 5 min 移动平均值均持续低于 20 个/ cm^3 ,则判定系统背景颗粒物浓度满足要求。

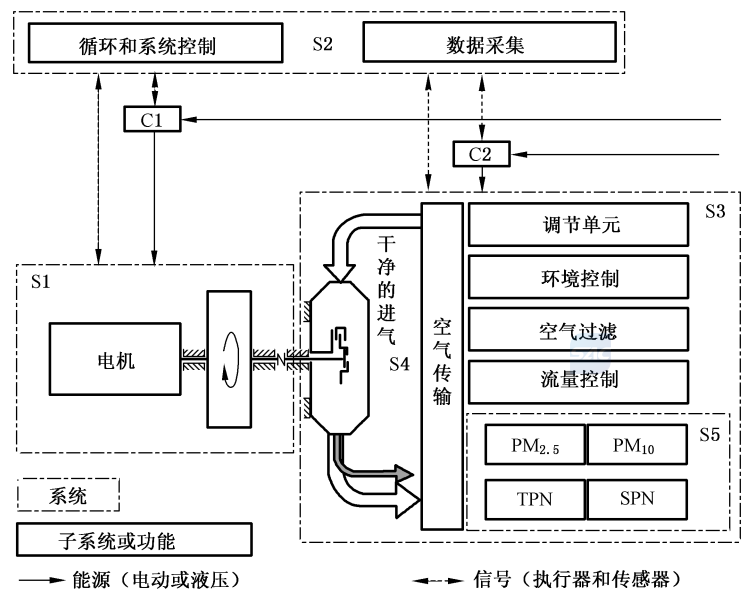
6.2.4 制动台架和自动化系统

6.2.4.1 制动台架应至少包括以下元件:

- a) 可变速度的电动机,用来加速或保持恒定转速并能调节测试惯量;
- b) 伺服控制器(液压或电动),用来驱动制动器进行制动;
- c) 制动器安装的机械组件,允许制动盘或制动鼓自由旋转,并吸收制动产生的反作用力;
- d) 刚性结构,用于安装所有必需的子系统,该结构应能吸收测试过程中产生的力和扭矩;
- e) 传感器和电子设备,用于收集数据和监控试验系统运行。

6.2.4.2 制动台架和自动化系统布局示意图参见图 6,自动化、控制和数据采集系统是测试系统的组成部分,用于连续控制电机的转速以及不同系统之间的运行和相互作用,应至少能够执行以下功能:

- a) 通过操作所有过程(主要是制动控制、冷却空气和排放测量设备)自动执行制动排放测试循环;
- b) 连续采样并记录所有有关传感器的数据;
- c) 监控来自操作员以及与测试系统相连的不同系统的信号、信息、警报或紧急停止指令。



标引符号说明：

S1 —— 制动台架；

S2 —— 自动化、控制和数据采集系统；

S3 —— 气候调节单元；

S4 —— 制动器外壳和采样平面；

S5 —— 排放测量系统；

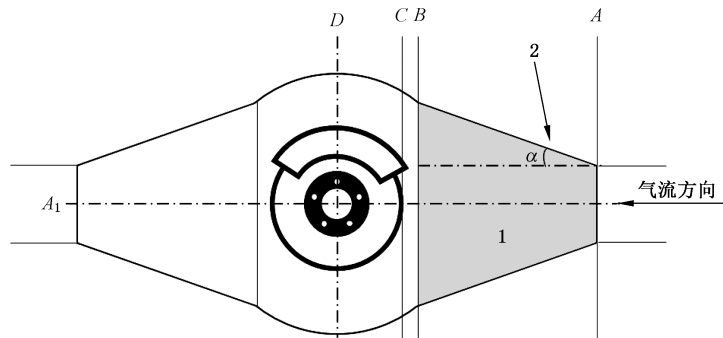
C1、C2 —— 测试设施能量控制和监测系统，灰色箭头表示气溶胶测试中的制动器样本。

图 6 制动台架和自动化系统布局示意图

6.2.5 制动仓

6.2.5.1 一般要求

制动仓是进行制动排放测试时安装制动总成的密封测试舱，防止未经处理的空气进入。制动仓引导冷却空气冷却制动器，并将气溶胶输送到采样管道中。制动仓示意图如图 7 所示。



标引说明：

- A ——与制动仓入口对齐的垂直平面；
- A₁ ——与制动器旋转轴和制动仓入、出口管道轴对齐的水平平面；
- B ——从制动仓入口到制动仓中部过渡末端的垂直平面；
- C ——与直径为 450 mm 的圆相切的垂直平面；
- D ——与制动器旋转轴对齐的垂直平面；
- α ——制动仓的过渡角；
- 1 ——制动仓的过渡管路，即制动仓平面 A 和平面 B 之间的部分；
- 2 ——制动仓与制动仓入口管道过渡区域的平滑程度。

图 7 制动仓示意图

6.2.5.2 制动仓设计规范

6.2.5.2.1 制动仓应有两个圆锥形或梯形截面，与位于制动器旋转轴中心的圆柱体相交且同心。

6.2.5.2.2 从平面 A 到平面 B 的过渡应平稳、连续，无突然变化，该要求适用于沿管道轴线方向的垂直平面和沿制动仓横截面（与圆柱段相交）的水平平面 A₁。

6.2.5.2.3 入口和出口横截面的设计应保证过渡角平滑（ $15^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$ ），避免截面形状或大小的突然变化。

6.2.5.2.4 各段之间的过渡点不应有积聚制动颗粒的缺陷或结构特征。如果在过渡点处使用紧固件，则紧固件不应伸入制动仓区域。

6.2.5.2.5 冷却空气应沿水平方向进出制动仓（即 A₁ 平面定义的制动仓中轴线应与气流方向一致），在制动仓入口上游至少有 2 倍管道内径长度的直管，采样平面下游也至少有 2 倍管道内径长度的直管。

6.2.5.2.6 与气溶胶接触的制动仓表面应采用无缝结构，使用具有电抛光处理的不锈钢（或同等材料），以获得超洁净、超光滑表面，并增强耐腐蚀性。

6.2.5.2.7 所有材料（含密封件）的选型应确保对所使用的介质（如制动液）具有足够的防护性能。所有外壳缝隙和接口都应使用垫圈或同等材料进行气密密封。

6.2.5.2.8 制动仓入口处的气流应保持湍流状态，雷诺数至少为 4 000，以确保充分混合。给定制动排放测试的雷诺数 Re 按公式(5)计算：

$$Re = (U \times d_i) / (\nu \times 3.6 \times 1\,000) \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：

U ——平均冷却空气速度，单位为千米每小时(km/h)；

d_i ——采样管道内径，单位为毫米(mm)；

ν ——空气的运动黏度，使用 $1.48 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ 的默认值。

6.2.5.2.9 平面 C 与直径 450 mm 的制动盘相切,制动仓入口处横截面积的设计应保证平面 C 处冷却空气速度不超过 6.2.5.2.11 规定的速度均匀性的最大允许公差。必要时,可在平面 B 上游入口侧加装调流器或扩散板,以确保平面 C 处冷却空气均匀流动。

6.2.5.2.10 计算平面 C 中 9 个位置的空气速度值,用平行于平面的直线将平面 C 划分为 9 个相等的区域, C_5 为平面 C 的中心,其余 8 个点应均匀分布在点 C_5 周围,并布置在点 C_5 与平面 C 制动仓壁面之间虚线的中间,空气速度验证参考位置示意图如图 8 所示。

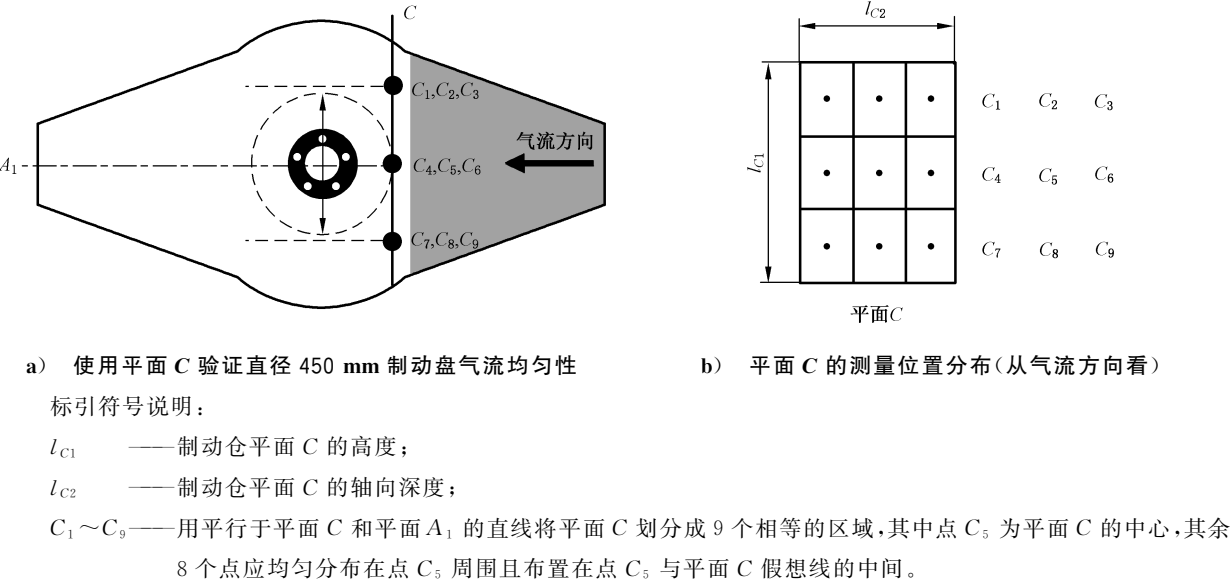


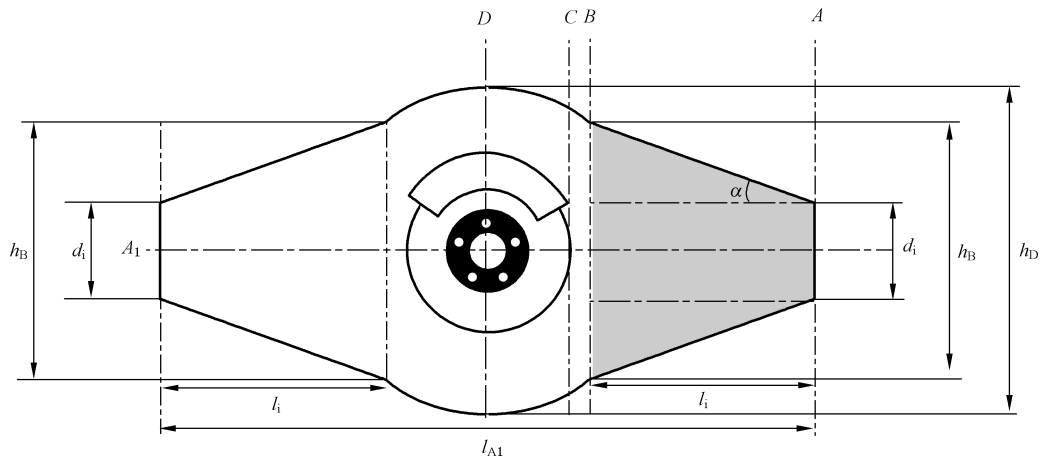
图 8 空气速度验证参考位置示意图

6.2.5.2.11 在未安装制动总成和制动夹具的情况下,测量平面 C 9 个位置的空气速度值,所有冷却空气管路应保持与制动仓连接,使用最小和最大冷却空气操作流量进行测量。每次测量之前,稳定气流至少 2 min,当采样管道中测得的平均空气流量在设定值的 $\pm 5\%$ 范围内时,气流被认为是稳定的。稳定后持续测量至少 2 min,测量时间应足够长,以减小可能影响空气速度值的任何不稳定情况。在给定的流量条件下,每个位置的空气速度值与算术平均值的偏差不应超过 $\pm 35\%$ 。

6.2.5.2.12 制动仓的清洁和维护应按照制造商要求的频率和方法进行,在制动排放测试开始前应确保制动仓清洁。

6.2.5.3 尺寸

6.2.5.3.1 制动仓应适用本文件规定车辆用的最大制动器总成,包括可能设计用于减少制动颗粒物排放的额外部件(如制动颗粒物过滤装置等),制动仓及其主要尺寸示意图参见图 9。



标引符号说明：

l_{A1} ——制动仓平面 A_1 的长度；

l_i ——制动仓入口/出口过渡段的长度；

d_i ——制动仓入口/出口内径；

h_B ——制动仓平面 B 的高度；

h_D ——制动仓平面 D 的高度。

图9 制动仓及其主要尺寸示意图

6.2.5.3.2 制动仓的尺寸满足下列要求：

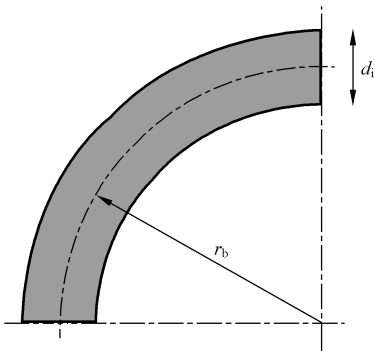
- 制动仓应沿平面 A_1 对称设计，平面 A_1 的长度要求为： $1\,200\text{ mm} \leq l_{A1} \leq 1\,400\text{ mm}$ ；
- 制动仓应沿平面 D 对称设计，平面 D 的高度要求为： $600\text{ mm} \leq h_D \leq 750\text{ mm}$ ；
- 从平面 C 到平面 D 的距离应等于本文件适用范围中规定车辆应用的最大制动器半径；
- 平面 B 的高度应满足 $h_B/h_D > 60\%$ 的要求，平面 B 的轴向深度应与本条 g) 中规定的制动仓轴向深度相同；
- 制动仓出口过渡段的长度和高度应分别与制动仓入口过渡段的长度和高度相同；
- 制动仓入口和出口的内径应等于采样管道内径；
- 制动仓在平面 D (平行于制动器旋转轴) 处的最大轴向深度应在 $400\text{ mm} \sim 500\text{ mm}$ 之间。

6.2.6 采样管道

采样管道为制动仓出口到采样平面之间的部分。采样管道可以设计为无弯道布局和有弯道布局，采样管道的设计满足下列要求：

- 冷却空气应通过圆形管道流动，制动仓出口与采样平面之间的横截面不应有变化；
- 与气溶胶接触的采样管道表面应使用经电解抛光处理的不锈钢(或同等材料)；
- 相邻区域之间的任何过渡部分应尽量减少制动颗粒物的积聚；
- 采样管道内径 d_i 应恒定，且满足 $175\text{ mm} \leq d_i \leq 225\text{ mm}$ 的要求；
- 在满足本条 f) 和 g) 的要求的情况下，采样管道(即制动仓的下游和采样平面的上游)最多可设置 1 个 90° 或角度更小的弯道；
- 如果在采样管道中设置弯道，弯道的弯曲半径 r_b 应至少为采样管道内径的 2 倍，采样管道内径与弯曲半径示意图如图 10 所示；

- g) 无论采样管道是否设置弯道,制动仓出口之后应连接一段长度至少为管道内径 6 倍的直管,采样平面之后应连接一段长度至少为管道内径 2 倍的直管;
- h) 本条 a)、c)和 d)的规定应至少适用于从制动仓入口上游管道内径 2 倍处到采样平面下游管道内径 2 倍处的管道。



标引符号说明:
 d_i ——采样管道内径;
 r_b ——弯曲半径。

图 10 采样管道内径与弯曲半径示意图

6.2.7 采样平面

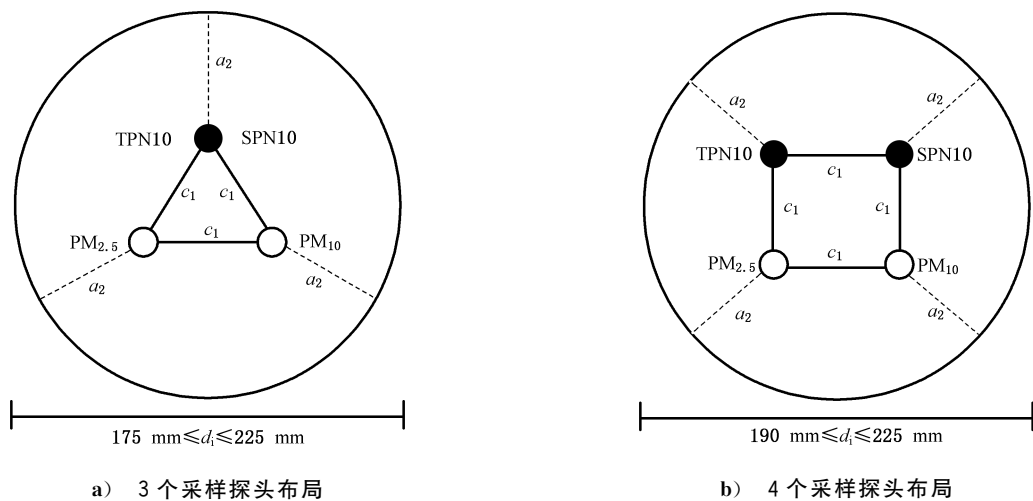
6.2.7.1 采样平面是采样管道中放置采样探头入口的垂直平面,采样平面上探头有两种布局方式,分别是 3 个采样探头布局和 4 个采样探头布局。PM 和 PN 采样应在采样管道的同一横截面区域内进行,采样平面内探头间距示意图如图 11 所示。

6.2.7.2 将采样探头围绕采样管道的中心纵轴等间距布置,探头之间的最小间距为 47.5 mm(图 11 中 $c_1 \geq 47.5$ mm),间距测量以采样探头的外径为准。

6.2.7.3 布置采样探头时,要确保其与管道壁的最小径向距离(探头到管道的距离)为 47.5 mm(图 11 中 $a_2 \geq 47.5$ mm),径向距离测量以采样探头的外径为准。

6.2.7.4 当 $175\text{ mm} \leq d_i < 190\text{ mm}$ 时,应使用 3 个采样探头布局;当 $d_i \geq 190\text{ mm}$ 时,可使用 3 个采样探头布局。

6.2.7.5 只有当 $190\text{ mm} \leq d_i \leq 225\text{ mm}$ 时,才允许使用 4 个采样探头布局。



标引符号说明：

a_2 ——颗粒物采样探头外径到采样平面管道内壁的最小径向距离；

c_1 ——颗粒物采样探头外径间距；

d_i ——采样管道内径。

图 11 采样平面内探头间距示意图

6.2.8 制动总成要求

6.2.8.1 制动夹具要求

制动器总成的夹具应使制动器能够在低摩擦的情况下自由旋转 360°，并且在测试过程中不产生振动或摆动。制动夹具主要包括通用型和立柱型。通用型夹具允许在没有轮毂的情况下将制动器总成直接连接到台架驱动轴上，立柱型夹具允许安装特定车辆的轴承。盘式制动器和鼓式制动器夹具样式示意图如图 12 和图 13 所示。

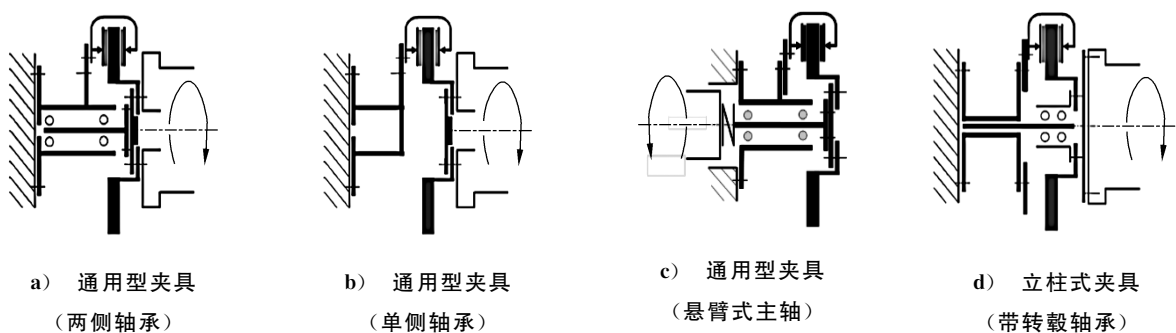


图 12 盘式制动器夹具样式示意图

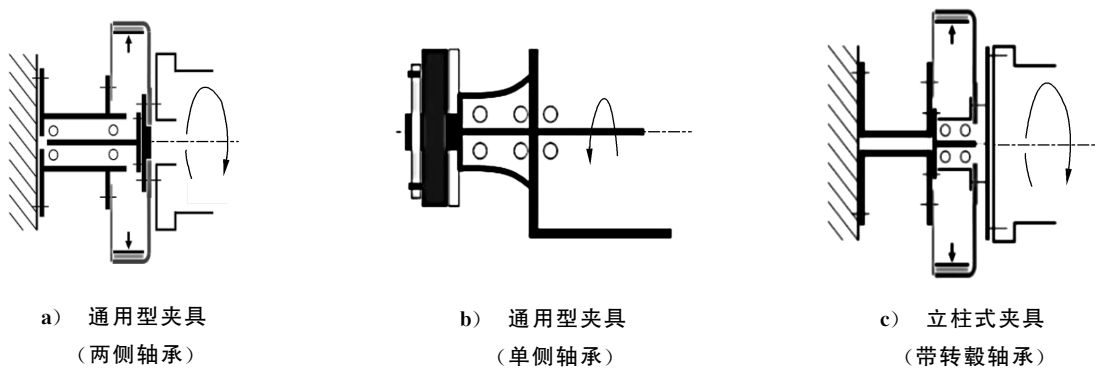


图 13 鼓式制动器夹具样式示意图

6.2.8.2 制动器总成安装位置

制动器总成的安装位置决定了制动器总成的旋转轴,同时也决定了平面 A_1 和 D 的位置。正确的安装位置如图 14 所示。其中 A_1 和 D 与旋转轴线垂直相交。

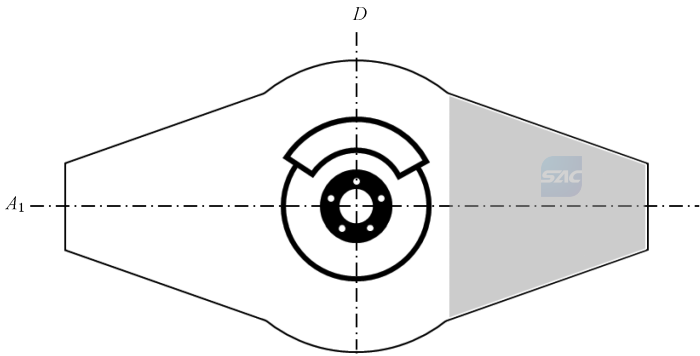


图 14 制动器总成安装位置示意图

6.2.8.3 制动盘(鼓)旋转方向

试验中制动盘或制动鼓旋转方向应与气流方向相同,制动盘旋转方向示意图如图 15 所示,当冷却空气从右向左流动时,制动盘应沿逆时针方向旋转;当冷却空气从左向右流动时,制动盘应顺时针方向旋转。

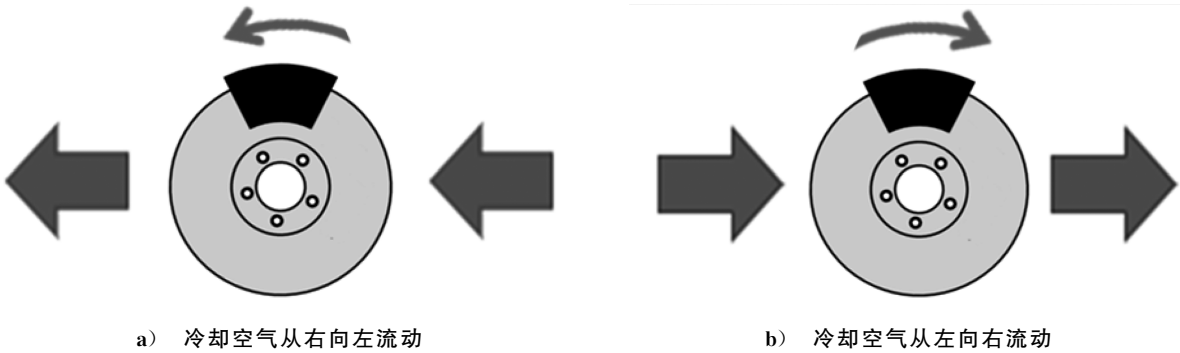


图 15 制动盘旋转方向示意图

6.2.8.4 卡钳安装位置

将卡钳安装在制动盘上方,以尽量减少对进入的冷却空气的干扰,使卡钳中心位于 12 点位置,如图 15 所示。

6.2.9 PM 采样系统要求

6.2.9.1 PM 采样系统的基本组成

PM 采样系统由采样喷嘴、PM 采样探头、分离装置、采样管路、滤纸架、采样泵等组成,示意图参见图 16。PM 采样系统的各个部件及其连接部分应采用不与气溶胶发生反应的导电材料制成,并进行电气接地处理,以避免产生电气/静电效应。PM 采样系统全程不应使用分流装置。

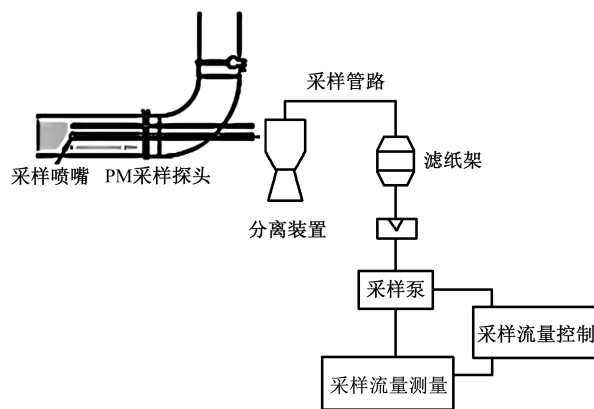


图 16 PM 采样系统示意图

6.2.9.2 采样喷嘴

6.2.9.2.1 使用合适的采样喷嘴,确保等速比(IR)在 0.9~1.15 的范围内($0.9 \leq IR \leq 1.15$)。

6.2.9.2.2 采样喷嘴内部应采用电解抛光处理的不锈钢(或同等材料),以获得超洁净、超光滑表面。

6.2.9.2.3 根据采样流量来选择采样喷嘴尺寸,采样喷嘴内径至少为 4 mm。

6.2.9.2.4 采样喷嘴应在一段长度内保持恒定的内径,该长度至少等于 1 个内径的长度,或从采样喷嘴尖端起至少 10 mm,以较大者为准。

6.2.9.2.5 采样喷嘴尖端应采用薄壁设计,以最大限度减少气流畸变。采样喷嘴尖端的外径与内径之比应小于 1:1。

6.2.9.2.6 采样喷嘴内径变化段应采用锥形过渡,锥角 $<30^\circ$ 。

6.2.9.2.7 采样喷嘴的轴线应与采样管道的轴线平行,吸气角度应 $\leq 15^\circ$ 。

6.2.9.2.8 每次试验前按照制造商规定的清洁方法清洁采样喷嘴。

6.2.9.3 PM 采样探头

6.2.9.3.1 使用两个合适的 PM 采样探头将气溶胶从采样管道输送至分离装置,一个用于 $PM_{2.5}$,另一个用于 PM_{10} 。

6.2.9.3.2 不论是 3 个采样探头布局还是 4 个采样探头布局,PM 采样探头($PM_{2.5}$ 和 PM_{10})均放置在采样管道下方的同一水平面上。

- 6.2.9.3.3 采样探头的设计应最大限度减少从喷嘴尖端到分离装置之间的颗粒损失。
- 6.2.9.3.4 采样探头应采用不与气溶胶发生反应的导电材料制成,并进行电气接地处理,以避免电气/静电效应。此外采样探头内部应采用电解抛光处理的不锈钢(或同等材料),以获得超洁净、超光滑表面。
- 6.2.9.3.5 采样探头应具有恒定内径,内径最小为 10 mm,最大为 18 mm。
- 6.2.9.3.6 采样探头应采用最短可能长度设计,以减少颗粒损失和管道污染的风险。从采样喷嘴尖端到分离装置入口处的探头总长度 ≤ 1 m。
- 6.2.9.3.7 如果采样探头中有弯道,则弯道半径至少应为采样探头内径的 4 倍。最多只能有 1 个 90°的弯道。
- 6.2.9.3.8 按照制造商规定的方法和频率,定期检查并清洁采样探头的内壁。若制造商未提供此类规定,则实际使用中应至少每 2 个月清洁 1 次采样探头。

6.2.9.4 分离装置

使用旋风分离器,旋风分离器应满足以下要求:

- a) 收集 PM₁₀ 样本的分离器截留粒径为 10 μm ,收集 PM_{2.5} 样本的分离器截留粒径为 2.5 μm ;
- b) PM₁₀ 和 PM_{2.5} 旋风分离器分别满足表 8、表 9 中所规定的分离效率;
- c) 将旋风分离器放置在采样探头出口处,使用不锈钢制成的适当配件将旋风分离器直接连接到采样探头出口。

表 8 PM₁₀ 旋风分离器分离效率指标

PM ₁₀	4 μm	8 μm	12.5 μm	20 μm
分离效率	$<20\%$	$<50\%$	$>60\%$	$>90\%$

表 9 PM_{2.5} 旋风分离器分离效率指标

PM _{2.5}	1.5 μm	2 μm	3 μm	4 μm
分离效率	$<20\%$	$<50\%$	$>60\%$	$>90\%$

6.2.9.5 采样管路

将气溶胶从旋风分离器输送到滤纸架的采样管路设计满足以下要求:

- a) 采样管路应优化设计,最大限度减少旋风分离器出口至滤膜支架入口段的颗粒传输损失;
- b) 采样管路应由导电不锈钢及适配管件制成,也可使用柔性抗静电聚四氟乙烯 (PTFE) 采样管路;
- c) 采样管路应具有恒定内径,内径最小为 10 mm,最大为 20 mm;
- d) 从旋风分离器出口到滤膜支架入口的采样管路总长度 ≤ 1 m;
- e) 采样管路(包含旋风分离器)应采用防冷凝设计,采样管路内温度应始终保持在 15 $^{\circ}\text{C}$ 以上;
- f) 采样管路可设置弯道,但弯曲半径应至少为采样管路内径的 25 倍。

6.2.9.6 PM 采样流量

- 6.2.9.6.1 PM 采样流量最大允许误差应为读数的 $\pm 2.5\%$ 或满量程的 $\pm 1.5\%$,以最小值为准。

6.2.9.6.2 使用经过校准的流量测量设备,并且同步测量温度与压力,温度的测量精度应为 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$,压力的测量精度应为 $\pm 1\text{ kPa}$ 。

6.2.9.6.3 在排放测量期间,采样流量的设定值应保持恒定。

6.2.9.6.4 在排放测量期间,平均采样流量应在设定值的 $\pm 2\%$ 范围内,应使用具有流量控制功能的装置(如临界节流孔、压力调节器、反馈控制器等),确保通过滤纸的流量稳定。

6.2.9.6.5 采样流量的设置应使等速比尽可能接近 1.0,排放测量期间的等速比应在 0.90~1.15 之间。

6.2.9.6.6 PM 采样系统在安装后及每次维护或升级后,应按制造商规范进行泄漏检查:密封采样喷嘴并启动抽吸装置,当系统达到采样最大真空度时,流量不应超过正常流量的 2%。

6.2.9.6.7 PM 采样系统在排放测量期间(包括 WLTP 制动循环各个阶段之间的冷却阶段)应持续运行,其间不应中断采样或使采样气流绕过主采样管路。在排放测量结束后,PM 采样系统应至少再运行 10 s。

6.2.9.7 等速比

等速比定义为采样喷嘴和采样管道内空气速度之比。采样喷嘴和采样管道内空气速度应基于相同温度和压力条件,通常在标准状态下将空气速度换算成空气流量,按公式(6)计算等速比:

$$IR = 0.06 \times (NQ_s/d_n^2) / (NQ/d_i^2) \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

IR ——等速比;

NQ_s ——采样喷嘴内标准状态下平均冷却空气流量,单位为升每分(L/min);

d_n ——采样喷嘴的内径,单位为毫米(mm);

NQ ——采样管道内标准状态下平均冷却空气流量,单位为升每分(L/min);

d_i ——采样管道的内径,单位为毫米(mm)。

6.2.9.8 滤纸和滤纸架

6.2.9.8.1 应使用安装在专用滤纸架内直径为 47 mm 的单张滤纸来收集 PM 样品,滤纸架应尽可能靠近旋风分离器出口。滤纸架应满足下列要求:

- a) 由不锈钢或阳极氧化铝等惰性和非腐蚀性材料制成;
- b) 滤纸架可放入直径为 47 mm 的采样滤纸,采样滤纸工作区域(即采样滤纸中可收集到颗粒物的区域)直径为 34 mm~44 mm,且工作区域流量分布均匀;
- c) 滤纸架不会产生冷凝水,且在制动排放测试期间滤纸架的温度始终保持在 $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ~ $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

6.2.9.8.2 应使用带碳氟化合物涂层的玻璃纤维滤纸或碳氟化合物薄膜滤纸进行 PM_{10} 和 $\text{PM}_{2.5}$ 的采样,滤纸对 $0.3\text{ }\mu\text{m}$ 的邻苯二甲酸二辛酯(DOP)或聚 α -烯烃(PAO)的采集效率应至少为 99%。

6.2.10 PN 采样系统要求

6.2.10.1 PN 采样系统的基本组成

PN 采样系统由采样喷嘴、PN 采样探头、分流装置、颗粒传输管、PN 预分级器、稀释系统、挥发性颗粒去除器、内部管路、粒子计数器、采样泵等组成,示意图参见图 17。PN 采样系统的各个部件及其连接部分应采用不与气溶胶发生反应的导电材料制成,并进行电气接地处理,以避免产生电气/静电效应。

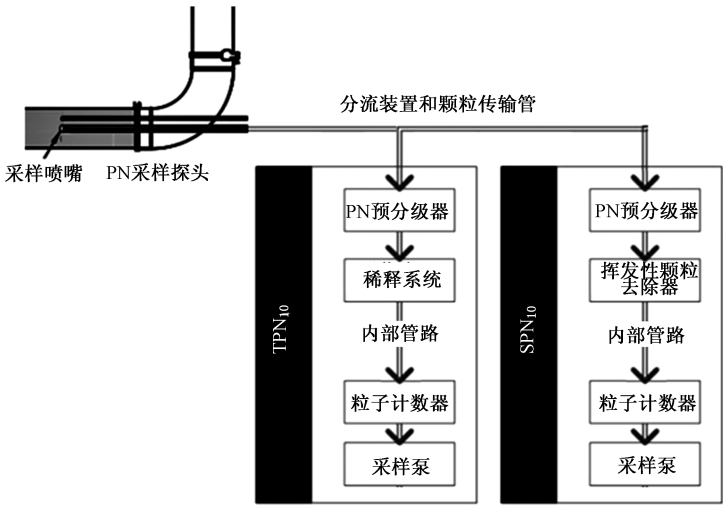


图 17 PN 采样系统示意图

6.2.10.2 采样喷嘴

- 6.2.10.2.1 使用合适的采样喷嘴，确保等速比(IR)在 0.6~1.5 的范围内($0.6 \leq IR \leq 1.5$)。
- 6.2.10.2.2 采样喷嘴内部应采用电解抛光处理的不锈钢(或同等材料)，以获得超洁净、超光滑表面。
- 6.2.10.2.3 根据采样流量来选择采样喷嘴尺寸，采样喷嘴内径至少为 4 mm。
- 6.2.10.2.4 采样喷嘴应在一段长度内保持恒定的内径，该长度至少等于 1 个内径的长度，或从采样喷嘴尖端起至少 10 mm，以较大者为准。
- 6.2.10.2.5 采样喷嘴尖端应采用薄壁设计，以最大限度减少气流畸变。采样喷嘴尖端的外径与内径之比应小于 1 : 1。
- 6.2.10.2.6 采样喷嘴内径变化段应采用锥形过渡，锥角 $<30^\circ$ 。
- 6.2.10.2.7 采样喷嘴的轴线应与采样管道的轴线平行，吸气角度应 $\leq 15^\circ$ 。
- 6.2.10.2.8 每次试验前按照制造商规定的清洁方法清洁采样喷嘴。

6.2.10.3 PN 采样探头

- 6.2.10.3.1 使用合适的 PN 采样探头将气溶胶从采样管路输送至颗粒传输管或 PN 预分级器。
- 6.2.10.3.2 可使用两个采样探头，一个用于 TPN₁₀，另一个用于 SPN₁₀。
- 6.2.10.3.3 也可使用单个采样探头同时对 TPN₁₀ 和 SPN₁₀ 采样，并使用合适的分流装置。分流装置应采用不锈钢材质，且内壁经电解抛光处理，以最大限度减少颗粒物因管壁沉积造成的损失。
- 6.2.10.3.4 当使用分流装置时，每个分支的流动角度变化应 $\leq 20^\circ$ ，以确保所有分支的流速相近，各分支流速差异不应超过 $\pm 5\%$ 。
- 6.2.10.3.5 在 PN 采样系统标称流量下，使用和不使用分流装置的颗粒物穿透效率应在 $\pm 5\%$ 以内。验证方法如下：系统稳定(流速在设定值的 $\pm 5\%$ 以内)至少 30 s，系统稳定后，分别在使用分流装置和不使用分流装置的情况下，测量 15 nm 和 1.5 μm 粒径颗粒物的穿透效率，每次测量时长至少 30 s。
- 6.2.10.3.6 采样探头的设计应最大限度减少从喷嘴尖端到颗粒传输管或 PN 预分级器之间的颗粒损失。
- 6.2.10.3.7 采样探头应接地，以避免电气/静电效应。此外，采样探头内部应采用经电解抛光处理的不

锈钢(或同等材料),以获得超洁净、超光滑表面。

6.2.10.3.8 采样探头应具有恒定内径,内径最小为 10 mm,最大为 18 mm。

6.2.10.3.9 采样探头应采用最短可能长度设计,总长度应 ≤ 1 m。

6.2.10.3.10 从喷嘴尖端入口到颗粒物传输管入口或 PN 预分级器入口的停留时间应 < 3 s。

6.2.10.3.11 探头最多可设置 1 个 90°的弯道,但前提是弯道半径至少为 PN 采样探头内径的 4 倍。

6.2.10.3.12 按照制造商规定的方法和频率,定期检查并清洁采样探头的内壁。若制造商未提供此类规定,则实际使用中,应至少每 2 个月清洁 1 次采样探头。

6.2.10.4 颗粒传输管

6.2.10.4.1 当 PN 预分级器未直接连接到采样探头出口时,应使用颗粒传输管(PTT)将气溶胶从采样探头出口输送到 PN 预分级器入口。当 PN 预分级器直接连接到采样探头出口时,颗粒传输管用于将气溶胶从 PN 预分级器出口转移到样品调节系统入口。任何情况下,只能使用 1 根颗粒传输管。

6.2.10.4.2 使用合适的颗粒传输管,以便最大限度地减少颗粒传输损失。

6.2.10.4.3 当采样探头出口和 PN 预分级器入口之间或 PN 预分级器出口和样品调节系统入口之间的内径发生变化时,应使用内径逐渐变化的颗粒传输管。

6.2.10.4.4 颗粒传输管内径至少为 4 mm。颗粒传输管长度与颗粒物流量之比应 $< 60\,000$ s/m²。气溶胶在传输管内的停留时间应 < 1 s。

6.2.10.4.5 如果颗粒传输管存在弯道,则弯道半径应至少为颗粒传输管内径的 25 倍。

6.2.10.5 PN 预分级器

6.2.10.5.1 使用旋风分离器作为 PN 预分级器,保护稀释系统和挥发性颗粒去除器(VPR)免受污染。

6.2.10.5.2 当使用独立采样探头进行 TPN₁₀和 SPN₁₀采样时,使用 2 个旋风分离器。

6.2.10.5.3 当使用单个采样探头进行 TPN₁₀和 SPN₁₀采样时,可在分流装置上游使用 1 个旋风分离器或在分流装置下游使用 2 个旋风分离器。

6.2.10.5.4 将旋风分离器放置在采样探头的出口或样品调节系统的入口处。

6.2.10.5.5 在采样流量下,旋风分离器 50%切割粒径应在 2.5 μm~10 μm 之间。

6.2.10.5.6 旋风分离器对 1.5 μm 粒径颗粒的穿透效率应不低于 80%。

6.2.10.5.7 应按照仪器制造商规定的清洁频率和方法,经常检查和清洁旋风分离器的内壁。

6.2.10.6 样品调节

6.2.10.6.1 气溶胶在进入粒子计数器(PNC)之前应进行样品调节。

6.2.10.6.2 对于 TPN₁₀,应配备稀释系统,该系统应至少包含 1 个颗粒稀释器。可使用 SPN₁₀测量所用的挥发性颗粒去除器(VPR)作为稀释系统,但在此情况下,应停用蒸发管及稀释器的所有主动加热功能。用于 TPN₁₀测量的稀释系统满足以下要求:

- a) 所有与样品接触的部件应采用导电材料制造,并进行电气接地以防止静电影响,且设计宜尽量减少颗粒沉积;
- b) 应能对样品进行多级稀释,使 PN 浓度低于 PNC 单颗粒计数模式上限,且总稀释比至少达到 10 : 1;
- c) 在整个制动排放测试过程中保持稀释比恒定(设定值的 $\pm 5\%$);
- d) 稀释后气体温度稳定保持在 38℃ 以下;
- e) 稀释气体应通过高效空气过滤器(不低于 GB/T 13554—2020 规定的 G35 等级)过滤;

- f) 对于电迁移率粒径为 15 nm、30 nm 和 50 nm 粒子的颗粒浓度降低系数(PCRF)应分别不超过电迁移率粒径为 100 nm 粒子的 PCRF 的 100%、30% 和 20%。电迁移率粒径为 15 nm、30 nm 和 50 nm 粒子的 PCRF 应不低于电迁移率粒径为 100 nm 粒子的 PCRF 的 5%；
- g) 实时监测稀释比的变化,并以 1 Hz 频率实时记录平均 PCRF；
- h) 实时记录标准状态下 PCRF 修正后的 TPN_{10} ,输出频率 ≥ 0.5 Hz；
- i) 电迁移率粒径为 100 nm 的颗粒穿透效率至少达到 70%；
- j) 应能在 85 kPa~105 kPa 样品压力和 ± 5 kPa 相对环境压力差范围内稳定运行。

6.2.10.6.3 对于 SPN_{10} ,挥发性颗粒去除器(VPR)应至少包含 1 个颗粒数稀释器(PND1)和 1 根蒸发管。可选择与 PND1 和蒸发管串联安装第 2 个颗粒数稀释器(PND2)。用于 SPN_{10} 测量的 VPR 满足以下要求：

- a) 所有与样品接触的部件应采用导电材料制造,并进行电气接地以防止静电影响,且设计宜尽量减少颗粒沉积；
- b) 应能对样品进行多级稀释,使 PN 浓度低于 PNC 单颗粒计数模式上限,且总稀释比至少达到 10 : 1；
- c) 应确保气体温度始终低于 PNC 规定的最高允许入口温度；
- d) 可配置初始加热稀释阶段,输出管壁温度应在 150 °C~350 °C 之间,且管壁设定温度不应超过蒸发管的管壁温度,稀释气体应通过高效空气过滤器(不低于 GB/T 13554—2020 规定的 G35 等级)过滤；
- e) 应配置 1 根催化活性蒸发管,其管壁温度应 \geq PND1 的管壁温度。催化活性蒸发管的管壁温度应保持在 350 °C 的恒定标称工作温度；
- f) 加热过程的温度应控制在恒定的标称工作温度(公差为 ± 10 °C),此外 VPR 系统应实时显示加热过程是否处于正确的工作温度；
- g) 对于电迁移率粒径为 15 nm、30 nm 和 50 nm 粒子的颗粒浓度降低系数(PCRF)应分别不超过电迁移率粒径为 100 nm 粒子的 PCRF 的 100%、30% 和 20%；电迁移率粒径为 15 nm、30 nm 和 50 nm 粒子的 PCRF 应不低于电迁移率粒径为 100 nm 粒子的 PCRF 的 5%；
- h) 实时监测稀释比的变化,并以 1 Hz 频率实时报告平均 PCRF；
- i) 实时报告标准工况下 PCRF 修正后的 SPN_{10} ,输出频率 ≥ 0.5 Hz；
- j) 通过加热和降低四十烷[$CH_3(CH_2)_{38}CH_3$]的分压,应能使超过 99.9% 的粒径 > 50 nm 且质量浓度 > 1 mg/m³ 的四十烷粒子气化；
- k) 电迁移率粒径为 100 nm 的颗粒穿透效率至少达到 70%；
- l) 应能在 85 kPa~105 kPa 样品压力和 ± 5 kPa 相对环境压力差范围内稳定运行。

6.2.10.7 内部管路

6.2.10.7.1 内部管路用于将气溶胶从稀释系统(TPN_{10})或挥发性颗粒去除器(SPN_{10})输送至 PNC 入口。

6.2.10.7.2 内部管路的设计应最大限度减少颗粒传输的损失。

6.2.10.7.3 内部管路的内径恒定,恒定内径 ≥ 4 mm,管路内的气溶胶始终处于层流状态。

6.2.10.7.4 从稀释系统(TPN_{10})或挥发性颗粒去除器(SPN_{10})出口到 PNC 入口的管路总长度不应超过 1 m。

6.2.10.7.5 气溶胶在管路内的停留时间应 < 1 s。

6.2.10.7.6 如果管路存在弯道,则弯道半径至少应为管路内径的 10 倍。

6.2.10.8 粒子计数器

6.2.10.8.1 粒子计数器(PNC)用于 TPN_{10} 和 SPN_{10} 的测量,PNC 应在全流量运行条件下工作。

- 6.2.10.8.2 PNC 在 PN 浓度为 1 个/cm³ 到单颗粒计数模式上限的范围内,其计数精度应达到±10%。
- 6.2.10.8.3 当 PN 浓度低于 100 个/cm³ 时,PNC 计数精度应至少为 0.1 个/cm³。
- 6.2.10.8.4 在 PNC 单颗粒计数模式下,全量程范围内应具有线性响应。
- 6.2.10.8.5 在 PNC 整个测量浓度范围内, t_{90} 响应时间应<5 s。
- 6.2.10.8.6 PNC 应内置线性校准因子(基于可溯源参考标准校准),用于确定和校准计数效率。
- 6.2.10.8.7 PNC 对电迁移率粒径为 10 nm 和 15 nm 的颗粒计数效率应分别高于(65±15)%和 90%。
- 6.2.10.8.8 如果 PNC 使用工作液,应按照仪器制造商规定的频率进行更换。

6.2.10.9 PN 采样流量

- 6.2.10.9.1 PN 采样流量的最大允许误差应为读数的±5%。
- 6.2.10.9.2 使用经校准的流量测量设备,并同步测量温度与压力,温度精度为±1.0 °C,压力精度为±1.0 kPa。
- 6.2.10.9.3 使用具有流量控制功能的设备(如临界节流孔、压力调节器、反馈控制器等),确保流量稳定。实时标准状态采样流量与平均标准状态采样流量的偏差不应超过±10%。
- 6.2.10.9.4 以 1 Hz 的频率记录实时标准状态采样流量。
- 6.2.10.9.5 PN 采样系统在排放测量期间应持续运行,其间不应中断采样或使采样气流绕过主采样管路。

6.3 制动循环

6.3.1 基本要求

WLTP 循环的总时长为 15 826 s(未包含各阶段之间的冷却时间),共 10 个单独阶段(阶段 1~阶段 10),各阶段由冷却段隔开,循环包含 303 次制动。WLTP 制动循环曲线图如图 18 所示,WLTP 制动循环统计特征如表 10 所示。WLTP 制动循环按附录 A 的规定,WLTP 制动循环中的制动事件按附录 B 的规定。

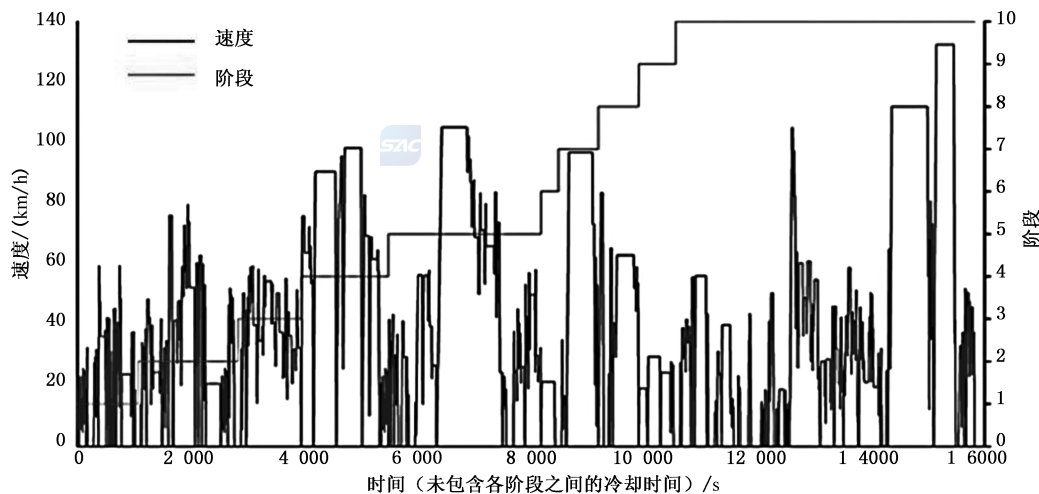


图 18 WLTP 制动循环曲线图

表 10 WLTP 制动循统计特征

特征	参数
运行时间(未包含各阶段之间的冷却时间)/s	15 826
里程/km	192
最大速度/(km/h)	132.5
平均速度/(km/h)	43.7
最大制动减速度/(m/s ²)	2.18
平均制动减速度/(m/s ²)	0.97
最长制动时间/s	15
平均制动时间/s	5.7

6.3.2 WLTP 制动循环检查

6.3.2.1 速度检查

6.3.2.1.1 在给定时间点±1.0 s 范围内,若台架实际速度与标称速度偏差超过±2.0 km/h,则视为速度违规。

6.3.2.1.2 冷却调节部分,WLTP 制动循环的阶段 10 的速度违规次数不应超过 158 次,这相当于阶段 10 持续时间的 3%。

6.3.2.1.3 磨合部分,每个 WLTP 制动循环的速度违规次数不应超过 475 次,这相当于 WLTP 制动循环持续时间的 3%。

6.3.2.1.4 排放测量部分,每个 WLTP 制动循环的速度违规次数不应超过 475 次,这相当于 WLTP 制动循环持续时间的 3%。

6.3.2.2 制动减速事件的数量检查

在排放测量部分,应确保 WLTP 制动循环的所有制动减速事件的数量为 303。

6.3.2.3 比摩擦功检查

6.3.2.3.1 在冷却调节、磨合和排放测量部分应对比摩擦功进行检查,实际比摩擦功总和与规定比摩擦功总和的偏差应在±5% 范围内。即冷却调节部分,计算出的阶段 10 的实际比摩擦功总和应为 5 277 J/kg~5 833 J/kg;磨合和排放测量部分,计算出的 WLTP 制动循环的实际比摩擦功总和应为 15 184 J/kg~16 782 J/kg。

6.3.2.3.2 单次制动事件的比摩擦功按公式(7)计算:

$$W_f = (2\pi \times 60) \times n \times \tau_{brake} \times t_{brake} / WL_t \dots\dots\dots (7)$$

式中:

- W_f ——比摩擦功,单位为焦每千克(J/kg);
- n ——制动台架主轴转速,单位为转每分(r/min);
- τ_{brake} ——制动扭矩,单位为牛米(N·m);
- t_{brake} ——制动持续时间,单位为秒(s);
- WL_t ——车轮试验载荷,单位为千克(kg)。

6.4 试验准备

6.4.1 基本信息

与被测制动衬片相关的车辆、制动器等信息由委托方提供。

6.4.2 惯量计算

6.4.2.1 对于 M_1 类车辆,车辆试验质量等于车辆运行质量加选装设备质量再加 37.5 kg;对于 N_1 类车辆,车辆试验质量等于车辆运行质量加选装设备质量再加 25 kg 和 28% 最大设计总质量。

6.4.2.2 制动力分配(FAF 或 RAF)表示每个车轴的制动力与车辆上的总制动力之比。FAF 表示施加在前轴上的制动力份额,RAF 表示施加在后轴上的制动力份额。制动力分配以百分比表示,应使用制造商提供的车辆实际制动力分配。如果车辆实际制动力分配未知,则对于 M_1 类车辆,FAF 为 77%,RAF 为 32%;对于 N_1 类车辆,FAF 为 66%,RAF 为 39%。

6.4.2.3 车轮标称载荷表示未考虑车辆道路载荷和其他损耗,前、后制动器所承受的载荷是车辆试验质量和制动力分配的函数,按公式(8)和公式(9)计算:

$$WL_{n-f} = 0.5 \times M_{veh} \times FAF \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$WL_{n-r} = 0.5 \times M_{veh} \times RAF \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中:

WL_{n-f} ——前轮标称载荷,单位为千克(kg);


M_{veh} ——车辆试验质量,单位为千克(kg);

FAF——施加在前轴上的制动力份额;

WL_{n-r} ——后轮标称载荷,单位为千克(kg);

RAF——施加在后轴上的制动力份额。

6.4.2.4 车轮试验载荷表示考虑车辆道路载荷和其他损耗,前、后制动器所承受的载荷是车轮标称载荷的函数,按公式(10)和公式(11)计算:



$$WL_{t-f} = 0.87 \times WL_{n-f} \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$WL_{t-r} = 0.87 \times WL_{n-r} \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中:

WL_{t-f} ——前轮试验载荷,单位为千克(kg);

WL_{t-r} ——后轮试验载荷,单位为千克(kg)。

6.4.2.5 制动标称惯量表示车轮标称载荷在轮胎滚动半径下对应的惯量。制动标称惯量是车轮标称载荷和车轮动态滚动半径的函数,按公式(12)计算:

$$I_n = WL_n \times r_R^2 \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中:

I_n ——制动标称惯量,单位为千克平方米($\text{kg} \cdot \text{m}^2$);

WL_n ——车轮标称载荷,单位为千克(kg);

r_R ——车轮动态滚动半径,单位为米(m)。

6.4.2.6 制动试验惯量表示扣除车辆道路载荷和其他损耗引起的减速力后的制动标称惯量。制动试验惯量是制动过程中动能的主要来源,是制动标称惯量的函数,按公式(13)计算:

$$I_t = 0.87 \times I_n \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中:

I_t ——制动试验惯量,单位为千克平方米($\text{kg} \cdot \text{m}^2$);

I_n ——制动标称惯量,单位为千克平方米($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)。

6.4.3 制动温度测量

6.4.3.1 应使用嵌入式热电偶测量制动盘或制动鼓温度,并满足下列要求:

- 使用含有镍铬和镍铝导体的市售 K 型热电偶;
- 测量温度范围为 0 °C ~ 800 °C,最大允许误差为 ± 2.2 °C 或读数的 $\pm 0.75\%$ (取两者中的较大值);
- 热电偶测量端应为实心结构,确保可牢固安装于制动部件内部。

6.4.3.2 对于制动盘,热电偶测量端应埋入制动盘外侧表面下 (0.5 ± 0.1) mm 处,径向位置为摩擦面中心线向外 10 mm 处。对于通风式制动盘,热电偶应位于两通风筋的中心。制动盘热电偶安装位置如图 19 所示。

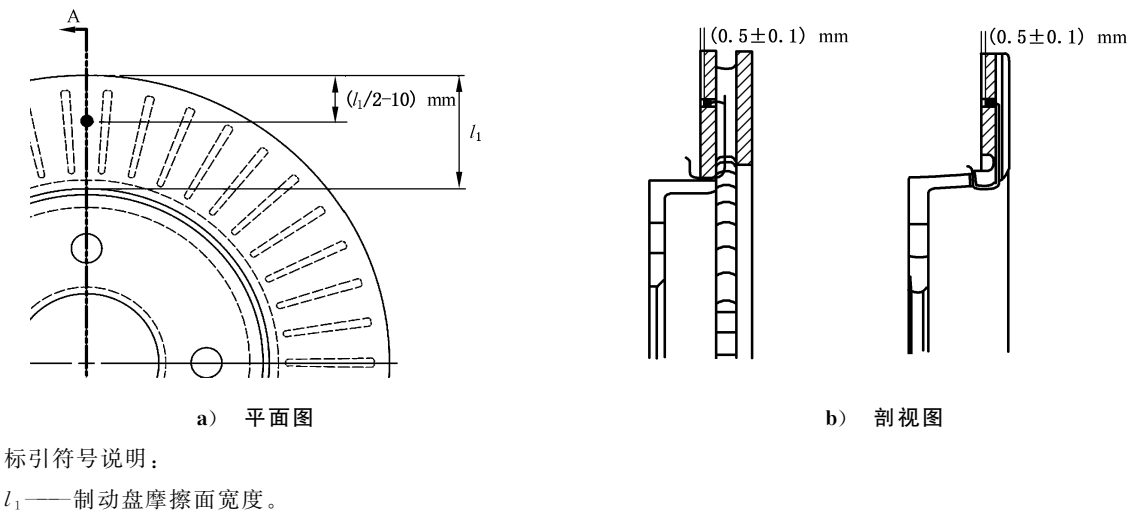


图 19 制动盘热电偶安装位置示意图

6.4.3.3 对于制动鼓,热电偶测量端应安装在制动鼓摩擦面宽度方向的中心,并避开散热筋等结构,测量端面距制动鼓内表面距离为 (0.5 ± 0.1) mm。制动鼓热电偶安装位置如图 20 所示。

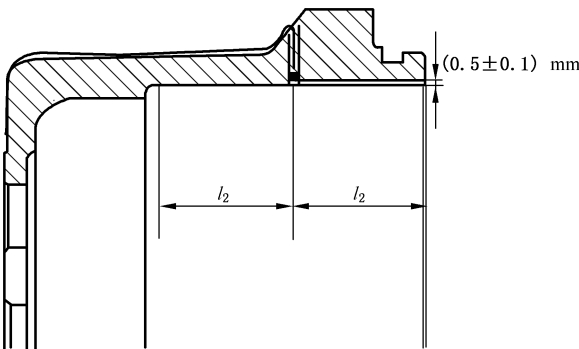


图 20 制动鼓热电偶安装位置示意图

6.4.4 试验前检查

6.4.4.1 将制动器总成安装在台架上,并排尽制动管路中空气,目视检查制动器总成、夹具、热电偶和制

动管路,确保无异常。

6.4.4.2 使用千分表测量制动盘/鼓径向跳动,制动盘径向跳动测量点为外侧或内侧表面距外缘 10 mm 处,制动鼓径向跳动测量点为摩擦面中线向外 10 mm 处,径向跳动要求 $<50\text{ }\mu\text{m}$ 。

6.4.4.3 关闭制动仓,打开环境调节装置,验证冷却空气运行状况。

6.4.4.4 以 1 m/s^2 (对应 5 km/h)或 2 m/s^2 (对应 50 km/h 和 135 km/h)的加速度加速至目标车速 (5 km/h、50 km/h、135 km/h),保持 10 s(制动压力为零),记录拖曳扭矩,拖曳扭矩应保持在 $0\text{ N}\cdot\text{m}\sim 10\text{ N}\cdot\text{m}$ 之间。

6.4.4.5 重复 WLTP 制动循环第 1 个制动事件 10 次,验证数据收集、试验参数、制动试验惯量和整个系统的运行情况。

6.5 试验方法

6.5.1 试验概述

6.5.1.1 制动排放测试包括 3 个部分,每个部分由包含一系列事件的 1 个或多个阶段构成。图 21 为制动排放测试示意图。

6.5.1.2 冷却调节部分,执行 WLTP 制动循环中的阶段 10。

6.5.1.3 磨合部分,执行 5 次 WLTP 制动循环。

6.5.1.4 排放测量部分,执行 1 次 WLTP 制动循环。

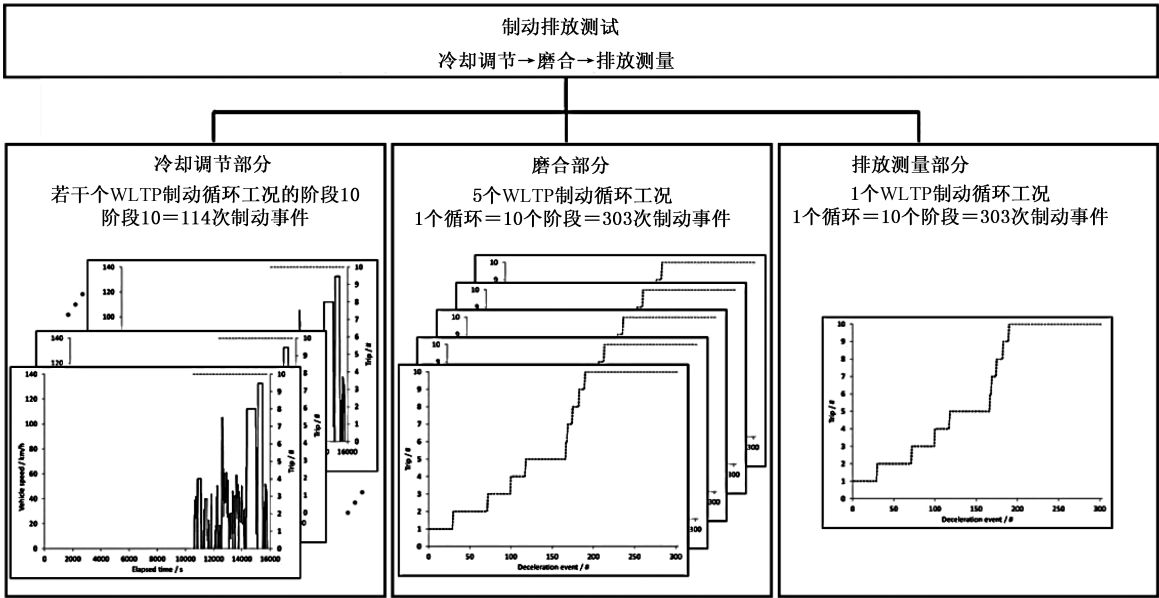


图 21 制动排放测试示意图

6.5.2 冷却调节

6.5.2.1 基本要求

6.5.2.1.1 基于 WLTP 制动循环阶段 10,按照前轮制动器来确定冷却空气流量。后续背景颗粒物校核、磨合、排放测量应使用该冷却空气流量进行。

6.5.2.1.2 后轮制动器进行制动排放测试时,应采用由该车前轮制动器确定的冷却空气流量。

6.5.2.2 冷却空气控制要求

冷却空气调节、背景颗粒物校验、磨合及排放测量阶段,冷却空气平均温度控制范围为 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$,冷却空气瞬时温度控制范围为 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ 。冷却空气平均相对湿度控制范围为 $(50 \pm 5)\%$,冷却空气瞬时相对湿度控制范围为 $(50 \pm 30)\%$ 。冷却空气平均流量和瞬时流量与设定值 Q_{set} 的相对偏差应不超过 $\pm 5\%$ 。

6.5.2.3 冷却空气流量调整

6.5.2.3.1 常规前轮制动器、碳陶前轮制动器的分组原则及冷却空气流量调整期间的温度控制要求分别见表 11 和表 12。

表 11 常规前轮制动器分组原则及温度控制要求

组别	分组原则	温度控制要求		
		阶段 10 的平均制动温度/ $^\circ\text{C}$	235、290、291、292、293 和 295 制动事件测试工况的制动前平均温度/ $^\circ\text{C}$	235、290、291、292、293 和 295 制动事件工况的制动后平均温度/ $^\circ\text{C}$
1	$G \leq 45$	≥ 50	65 ± 25	95 ± 35
2	$45 < G \leq 65$	≥ 55	75 ± 25	115 ± 35
3	$65 < G \leq 85$	≥ 60	85 ± 25	130 ± 35
4	$G > 85$	≥ 65	95 ± 25	150 ± 35
注: G 为前轮额定载荷与制动盘(鼓)质量的比值。				

表 12 前轮碳陶盘式制动器分组原则及温度控制要求

组别	分组原则	温度控制要求		
		阶段 10 的平均制动温度/ $^\circ\text{C}$	235、290、291、292、293 和 295 制动事件测试工况的制动前平均温度/ $^\circ\text{C}$	235、290、291、292、293 和 295 制动事件测试工况的制动后平均温度/ $^\circ\text{C}$
1	$G \leq 45$	≥ 35	$25 \sim 90$	$45 \sim 130$
2	$45 < G \leq 65$	≥ 40	$35 \sim 100$	$65 \sim 150$
3	$65 < G \leq 85$	≥ 45	$45 \sim 110$	$80 \sim 165$
4	$G > 85$	≥ 50	$55 \sim 120$	$100 \sim 185$
注: G 为前轮额定载荷与制动盘(鼓)质量的比值。				

6.5.2.3.2 调整冷却空气流量的步骤如下:

- a) 冷却空气温度设置为 23°C ,相对湿度设置为 50% ,流量依据经验值设置;
- b) 运行 WLTP 制动循环阶段 10 中的 1~7 制动事件,使制动温度升至 $(40 \pm 1)^\circ\text{C}$ 或更高;
- c) 在制动温度 $(40 \pm 1)^\circ\text{C}$ 的条件下,开始运行完整的 WLTP 制动循环阶段 10。若试验中断,应在解决故障后重新从步骤 a)开始运行;
- d) 调整冷却空气流量,重复运行步骤 c),直至制动温度满足表 11 或表 12 要求,最终的冷却空气流量即为设定值 Q_{set} 。

6.5.3 背景颗粒物校验

6.5.3.1 磨合前进行背景颗粒物校验,背景颗粒物校验过程中制动盘/制动鼓不旋转,制动衬片不受干

扰,不施加制动压力,制动卡钳处于完全缩回状态。

6.5.3.2 按 6.2.3.1.2 的规定对粒子计数器(PNC)进行零点验证。

6.5.3.3 背景颗粒物校验的冷却空气流量与排放测量时相同,TPN₁₀和 SPN₁₀测量系统的 PCRF 设置与排放测量时相同。

6.5.3.4 冷却空气的温度、相对湿度、流量平均值稳定到规定平均值 5 min 后开始进行背景颗粒物校验。

6.5.3.5 持续测量 5 min,当标准状态下 TPN₁₀和 SPN₁₀平均值均 ≤ 20 个/cm³,则判定背景颗粒物符合要求。

6.5.4 磨合

6.5.4.1 排放测量前应进行磨合,磨合应使用全新的制动部件。

6.5.4.2 连续执行 5 次 WLTP 制动循环,第 1 次 WLTP 制动循环的制动初始温度为 (25 ± 5) ℃。

6.5.4.3 WLTP 制动循环中不进行制动冷却,每个阶段结束后至少等待 5 s,再开始下一个阶段。

6.5.4.4 5 次 WLTP 循环之间进行制动冷却。若 WLTP 制动循环结束时的制动温度 > 40 ℃,则当制动温度降至 40℃时,开始下一次 WLTP 循环。

6.5.4.5 若 WLTP 制动循环结束时的制动温度在 30℃~40℃之间,则立即开始下一次 WLTP 制动循环。

6.5.4.6 若 WLTP 制动循环结束时的制动温度 < 30 ℃,则停止磨合,查找原因,待问题解决后,重新开始磨合。

6.5.4.7 磨合开始后不宜拆卸制动部件,如果拆卸,则应更换新的制动部件,并重新开始磨合。

6.5.4.8 如果磨合因故障首次中断,解决故障后,应从中断点开始继续进行磨合。如果磨合多次中断,使用新制动部件重新进行磨合。

6.5.5 排放测量

6.5.5.1 试验步骤

6.5.5.1.1 连续执行 WLTP 制动循环全部 10 个阶段,阶段 1 的制动初始温度为 (23 ± 5) ℃。

6.5.5.1.2 WLTP 制动循环 10 个阶段之间进行制动冷却,若上个阶段结束时的制动温度 > 40 ℃,则当制动温度降至 40℃时,开始下个阶段。

6.5.5.1.3 若上个阶段结束时的制动温度在 30℃~40℃之间,则立即开始下阶段。

6.5.5.1.4 若上个阶段结束时的制动温度 < 30 ℃,则停止排放测量,查找原因,待问题解决后,使用新的制动部件从磨合重新开始。

6.5.5.1.5 WLTP 制动循环开始时,排放测量设备应同步开始工作。PM 采样设备开始收集颗粒物,滤纸架处的温度应始终保持在 15℃以上;PN 采样设备开始实时测量颗粒物的数量浓度。制动台架的转速、扭矩、制动器温度、制动压力以及冷却空气的风速、温度和湿度等数据同步开启记录。

6.5.5.1.6 持续测量和记录 WLTP 制动循环的相关数据。

6.5.5.1.7 排放测量若因意外中断,应更换新的制动部件及滤纸,从磨合阶段重新开始。

6.5.5.2 称重

6.5.5.2.1 天平室内应无任何影响滤纸的污染物(如灰尘、气溶胶或半挥发性物质),将天平室的环境调节为温度 (22 ± 2) ℃、相对湿度 $(45\pm 8)\%$,确保空气流动不影响天平的稳定性。

6.5.5.2.2 排放测量前后应使用相同的微量天平对滤纸称重,微量天平应放置在天平室中,使微量天平免受振动、静电力和气流影响,微量天平分辨率至少为 1 μg。

6.5.5.2.3 将微量天平放置在抗静电垫上接地,并在称重前使用钋中和器或类似功能的装置对滤纸进行静电中和,以消除静电影响。

6.5.5.2.4 排放测量前,滤纸应在温度 $(22 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $(45 \pm 8)\%$ 条件下稳定至少 2 h,稳定结束后对滤纸进行称重并记录。称重后 1 h 内,将滤纸用封闭的培养皿转移至滤纸架。

6.5.5.2.5 排放测量完成后 8 h 内,将采样后滤纸用封闭的培养皿转移至天平室,滤纸在温度 $(22 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $(45 \pm 8)\%$ 条件下稳定至少 2 h,稳定结束后对滤纸进行称重并记录。

6.5.5.2.6 至少选择 2 张未使用的滤纸作为参比滤纸,排放测量前后,分别对参比滤纸进行称重,参比滤纸质量变化的平均值应在 $\pm 10\ \mu\text{g}$ 以内。

6.5.5.2.7 参比滤纸的更换间隔不应超过 30 d,每次滤纸称重时,天平室内应存在放置了至少 2 d 的参比滤纸作为对照。

6.5.5.2.8 滤纸称重时应满足下列要求:

- 对滤纸称重两次并记录;
- 如果第 1 次和第 2 次测量结果之间的差值 $\leq 10\ \mu\text{g}$,将两次结果的算术平均值作为滤纸未校正质量,并计算滤纸校正质量;
- 如果第 1 次和第 2 次测量之间的差值 $> 10\ \mu\text{g}$,再进行两次额外称重;
- 当 4 次测量结果的最小值和最大值之间的差值 $\leq 13\ \mu\text{g}$ 时,将 4 次结果的算术平均值作为滤纸未校正质量,并计算滤纸校正质量;
- 当 4 次测量结果的最小值和最大值之间的差值 $> 13\ \mu\text{g}$ 且 $\leq 15\ \mu\text{g}$ 时,将 4 次结果的中位数(4 次结果中第 2 小和第 3 小的值的算术平均值)作为滤纸未校正质量,并计算滤纸校正质量;
- 当 4 次测量结果的最小值和最大值之差 $> 15\ \mu\text{g}$ 时,此次称重无效。

6.5.5.2.9 考虑到滤纸在空气中的浮力,需要对其重量进行校正。校正基于滤纸密度、空气密度以及天平校准砝码的密度。不锈钢砝码的密度为 $8\ 000\ \text{kg}/\text{m}^3$,对于其他材料的砝码,使用其已知密度。当滤纸密度未知时,应使用以下值作为滤纸的密度:

——氟碳化合物涂层的玻璃纤维滤纸密度为 $2\ 300\ \text{kg}/\text{m}^3$;

——氟碳化合物为基体的薄膜滤纸密度为 $2\ 144\ \text{kg}/\text{m}^3$ 。

6.5.5.2.10 按公式(14)、公式(15)计算滤纸的校正质量:

$$P_{e(\text{Corrected})} = P_{e(\text{Uncorrected})} \times [1 - (p_a/p_w)] / [1 - (p_a/p_f)] \quad \dots\dots\dots (14)$$

$$p_a = (p_b \times M_{\text{mix}}) / (R \times T_a) \quad \dots\dots\dots (15)$$

式中:

$P_{e(\text{Corrected})}$ ——滤纸校正质量,单位为毫克(mg);

$P_{e(\text{Uncorrected})}$ ——滤纸未校正质量,单位毫克(mg);

p_a ——天平室内空气密度,单位为千克每立方米(kg/m^3);

p_w ——天平砝码密度,单位为千克每立方米(kg/m^3);

p_f ——滤纸密度,单位为千克每立方米(kg/m^3);

p_b ——天平室内大气压力,单位为千帕(kPa);

M_{mix} ——天平室内空气摩尔质量, $28.836\ \text{g}/\text{mol}$;

R ——摩尔气体常数, $8.314\ 4\ \text{J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$;

T_a ——天平室内空气温度,单位为开尔文(K)。

6.5.5.2.11 排放测量后滤纸校正质量平均值与排放测量前滤纸校正质量平均值的差值就是滤纸收集的 PM 质量,计算并记录滤纸收集的 $\text{PM}_{2.5}$ 和 PM_{10} 质量。

6.5.5.3 排放测量后背景颗粒物校验

排放测量后立即开始背景颗粒物校验,排放测量后背景颗粒物校验方法及要求按照 6.5.3 的规定

执行。

6.5.6 结果计算

6.5.6.1 PM 排放计算

6.5.6.1.1 按公式(16)、公式(17)计算参考 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 排放因子:

$$PM_{2.5} EF_{ref} = [Pe_{(2.5)} \times 1\,000 \times (NQ/60) / NQ_{PM_{2.5}}] / d \quad \dots\dots\dots (16)$$

$$PM_{10} EF_{ref} = [Pe_{(10)} \times 1\,000 \times (NQ/60) / NQ_{PM_{10}}] / d \quad \dots\dots\dots (17)$$

式中:

$PM_{2.5} EF_{ref}$ ——参考 $PM_{2.5}$ 排放因子,单位为克每千米(g/km);

$Pe_{(2.5)}$ ——滤纸收集的 $PM_{2.5}$ 质量,单位为毫克(mg);

NQ ——标准状态下采样管道中平均冷却空气流量,单位为立方米每小时(m^3/h);

$NQ_{PM_{2.5}}$ ——标准状态下 $PM_{2.5}$ 采样喷嘴中平均冷却空气流量,单位为升每分(L/min);

d ——WLTP 制动循环期间的总行驶距离,单位为千米(km);

$PM_{10} EF_{ref}$ ——参考 PM_{10} 排放因子,单位为克每千米(g/km);

$Pe_{(10)}$ ——滤纸收集的 PM_{10} 质量,单位为毫克(mg);

$NQ_{PM_{10}}$ ——标准状态下 PM_{10} 采样喷嘴中平均冷却空气流量,单位为升每分(L/min)。

6.5.6.1.2 按公式(18)、公式(19)计算 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 排放因子:

$$PM_{2.5} EF = PM_{2.5} EF_{ref} \times c \quad \dots\dots\dots (18)$$

$$PM_{10} EF = PM_{10} EF_{ref} \times c \quad \dots\dots\dots (19)$$

式中:

$PM_{2.5} EF$ —— $PM_{2.5}$ 排放因子,单位为克每千米(g/km);

$PM_{2.5} EF_{ref}$ ——参考 $PM_{2.5}$ 排放因子,单位为克每千米(g/km);

c ——摩擦制动份额系数,不同车辆类型的摩擦制动份额系数见表6;

$PM_{10} EF$ —— PM_{10} 排放因子,单位为克每千米(g/km);

$PM_{10} EF_{ref}$ ——参考 PM_{10} 排放因子,单位为克每千米(g/km)。

6.5.6.2 PN 排放计算

6.5.6.2.1 按公式(20)、公式(21)计算参考 TPN_{10} 和 SPN_{10} 排放因子:

$$TPN_{10} EF_{ref} = 10^6 \times (TPN_{10\#} \times NQ) / v \quad \dots\dots\dots (20)$$

$$SPN_{10} EF_{ref} = 10_6 \times (SPN_{10\#} \times NQ) / v \quad \dots\dots\dots (21)$$

式中:

$TPN_{10} EF_{ref}$ ——参考 TPN_{10} 排放因子,单位为个每千米(个/km);

$TPN_{10\#}$ ——标准条件下 PCRF 修正后的 TPN_{10} 的平均值,单位为个每立方厘米(个/ cm^3);

NQ ——标准状态下采样管道中平均冷却空气流量,单位为立方米每小时(m^3/h);

v ——WLTP 制动循环的平均实际速度,单位为千米每小时(km/h);

$SPN_{10} EF_{ref}$ ——参考 SPN_{10} 排放因子,单位为个每千米(个/km);

$SPN_{10\#}$ ——标准条件下 PCRF 修正后的 SPN_{10} 的平均值,单位为个每立方厘米(个/ cm^3)。

6.5.6.2.2 按公式(22)、公式(23)计算 TPN_{10} 和 SPN_{10} 排放因子:

$$TPN_{10} EF = TPN_{10} EF_{ref} \times c \quad \dots\dots\dots (22)$$

$$SPN_{10} EF = SPN_{10} EF_{ref} \times c \quad \dots\dots\dots (23)$$

式中:

$TPN_{10} EF$ —— TPN_{10} 排放因子,单位为个每千米(个/km);

- TPN₁₀EF_{ref} ——参考 TPN₁₀ 排放因子,单位为个每千米(个/km);
- c ——摩擦制动份额系数,不同车辆类型的摩擦制动份额系数见表 6;
- SPN₁₀EF ——SPN₁₀ 排放因子,单位为个每千米(个/km);
- SPN₁₀EF_{ref} ——参考 SPN₁₀ 排放因子,单位为个每千米(个/km)。

6.6 试验报告

- 试验报告应至少包括以下内容:
- 样品信息;
 - 试验环境条件;
 - 制动事件信息;
 - 制动排放过程数据与结果。



附 录 A
(规范性)
WLTP 制动循环

WLTP 制动循环见表 A.1。

表 A.1 WLTP 制动循环

开始时间 s	结束时间 s	阶段号	事件类型	初速度 km/h	末速度 km/h
0	4	1	停止	0.0	0.0
4	10	1	加速	0.0	20.7
10	18	1	匀速	20.7	20.7
18	24	1	减速	20.7	0.0
24	27	1	停止	0.0	0.0
27	46	1	加速	0.0	23.1
46	58	1	匀速	23.1	23.1
58	65	1	减速	23.1	5.6
65	68	1	匀速	5.6	5.6
68	77	1	加速	5.6	15.4
77	85	1	匀速	15.4	15.4
85	89	1	减速	15.4	4.4
89	92	1	匀速	4.4	4.4
92	100	1	加速	4.4	25.7
100	103	1	匀速	25.7	25.7
103	109	1	减速	25.7	7.2
109	112	1	匀速	7.2	7.2
112	122	1	加速	7.2	24.8
122	129	1	匀速	24.8	24.8
129	132	1	减速	24.8	16.7
132	135	1	匀速	16.7	16.7
135	137	1	加速	16.7	18.7
137	140	1	匀速	18.7	18.7
140	149	1	减速	18.7	0.0
149	153	1	停止	0.0	0.0
153	174	1	加速	0.0	32.5

表 A.1 WLTP 制动循环（续）

开始时间 s	结束时间 s	阶段号	事件类型	初速度 km/h	末速度 km/h
174	177	1	匀速	32.5	32.5
177	183	1	减速	32.5	0.0
183	281	1	停止	0.0	0.0
281	295	1	加速	0.0	27.5
295	298	1	匀速	27.5	27.5
298	303	1	减速	27.5	11.8
303	306	1	匀速	11.8	11.8
306	311	1	加速	11.8	29.4
311	314	1	匀速	29.4	29.4
314	320	1	减速	29.4	9.7
320	323	1	匀速	9.7	9.7
323	333	1	加速	9.7	31.9
333	341	1	匀速	31.9	31.9
341	347	1	减速	31.9	9.5
347	351	1	匀速	9.5	9.5
351	358	1	加速	9.5	14.7
358	361	1	匀速	14.7	14.7
361	366	1	减速	14.7	0.0
366	372	1	停止	0.0	0.0
372	381	1	加速	0.0	59.5
381	384	1	匀速	59.5	59.5
384	388	1	减速	59.5	47.6
388	402	1	匀速	47.6	47.6
402	406	1	减速	47.6	36.2
406	478	1	匀速	36.2	36.2
478	480	1	加速	36.2	38.2
480	486	1	匀速	38.2	38.2
486	490	1	减速	38.2	25.5
490	493	1	匀速	25.5	25.5
493	496	1	减速	25.5	18.4



表 A.1 WLTP 制动循环（续）

开始时间 s	结束时间 s	阶段号	事件类型	初速度 km/h	末速度 km/h
496	499	1	匀速	18.4	18.4
499	505	1	减速	18.4	0.0
505	508	1	停止	0.0	0.0
508	516	1	加速	0.0	42.3
516	543	1	匀速	42.3	42.3
543	552	1	减速	42.3	0.0
552	555	1	停止	0.0	0.0
555	564	1	加速	0.0	42.1
564	566	1	匀速	42.1	42.1
566	576	1	减速	42.1	0.0
576	579	1	停止	0.0	0.0
579	587	1	加速	0.0	31.3
587	592	1	匀速	31.3	31.3
592	595	1	减速	31.3	12.5
595	600	1	匀速	12.5	12.5
600	605	1	减速	12.5	0.0
605	622	1	停止	0.0	0.0
622	642	1	加速	0.0	45.3
642	647	1	匀速	45.3	45.3
647	657	1	减速	45.3	0.0
657	660	1	停止	0.0	0.0
660	669	1	加速	0.0	45.5
669	673	1	匀速	45.5	45.5
673	683	1	减速	45.5	0.0
683	685	1	停止	0.0	0.0
685	704	1	加速	0.0	40.7
704	726	1	匀速	40.7	40.7
726	733	1	减速	40.7	12.8
733	736	1	匀速	12.8	12.8
736	744	1	加速	12.8	59.6

表 A.1 WLTP 制动循环（续）

开始时间 s	结束时间 s	阶段号	事件类型	初速度 km/h	末速度 km/h
744	747	1	匀速	59.6	59.6
747	751	1	减速	59.6	46.7
751	758	1	匀速	46.7	46.7
758	759	1	加速	46.7	48.6
759	768	1	匀速	48.6	48.6
768	777	1	减速	48.6	0.0
777	778	1	停止	0.0	0.0
778	786	1	加速	0.0	23.7
786	941	1	匀速	23.7	23.7
941	945	1	减速	23.7	9.8
945	948	1	匀速	9.8	9.8
948	956	1	加速	9.8	37.5
956	974	1	匀速	37.5	37.5
974	983	1	减速	37.5	0.0
983	986	1	停止	0.0	0.0
986	993	1	加速	0.0	37.7
993	996	1	匀速	37.7	37.7
996	1 005	1	减速	37.7	0.0
1 005	1 008	1	停止	0.0	0.0
1 008	1 013	1	加速	0.0	18.6
1 013	1 016	1	匀速	18.6	18.6
1 016	1 021	1	减速	18.6	0.0
1 021	1 070	1	停止	0.0	0.0
1 070	1 115	2	停止	0.0	0.0
1 115	1 119	2	加速	0.0	13.8
1 119	1 122	2	匀速	13.8	13.8
1 122	1 126	2	减速	13.8	0.0
1 126	1 129	2	停止	0.0	0.0
1 129	1 144	2	加速	0.0	34.2
1 144	1 147	2	匀速	34.2	34.2

表 A.1 WLTP 制动循环（续）

开始时间 s	结束时间 s	阶段号	事件类型	初速度 km/h	末速度 km/h
1 147	1 151	2	减速	34.2	18.9
1 151	1 154	2	匀速	18.9	18.9
1 154	1 162	2	加速	18.9	32.9
1 162	1 174	2	匀速	32.9	32.9
1 174	1 178	2	减速	32.9	23.3
1 178	1 182	2	匀速	23.3	23.3
1 182	1 186	2	加速	23.3	25.6
1 186	1 188	2	匀速	25.6	25.6
1 188	1 191	2	减速	25.6	18.5
1 191	1 194	2	匀速	18.5	18.5
1 194	1 206	2	加速	18.5	38.7
1 206	1 209	2	匀速	38.7	38.7
1 209	1 217	2	减速	38.7	0.0
1 217	1 220	2	停止	0.0	0.0
1 220	1 236	2	加速	0.0	48.4
1 236	1 253	2	匀速	48.4	48.4
1 253	1 256	2	减速	48.4	40.6
1 256	1 259	2	匀速	40.6	40.6
1 259	1 262	2	加速	40.6	42.4
1 262	1 282	2	匀速	42.4	42.4
1 282	1 286	2	减速	42.4	30.3
1 286	1 290	2	匀速	30.3	30.3
1 290	1 295	2	减速	30.3	13.7
1 295	1 298	2	匀速	13.7	13.7
1 298	1 315	2	加速	13.7	40.0
1 315	1 319	2	匀速	40.0	40.0
1 319	1 325	2	减速	40.0	20.0
1 325	1 328	2	匀速	20.0	20.0
1 328	1 331	2	加速	20.0	29.7
1 331	1 334	2	匀速	29.7	29.7

表 A.1 WLTP 制动循环（续）

开始时间 s	结束时间 s	阶段号	事件类型	初速度 km/h	末速度 km/h
1 334	1 338	2	减速	29.7	18.9
1 338	1 341	2	匀速	18.9	18.9
1 341	1 344	2	加速	18.9	24.5
1 344	1 448	2	匀速	24.5	24.5
1 448	1 451	2	减速	24.5	17.5
1 451	1 454	2	匀速	17.5	17.5
1 454	1 476	2	加速	17.5	42.0
1 476	1 482	2	匀速	42.0	42.0
1 482	1 491	2	减速	42.0	0.0
1 491	1 502	2	停止	0.0	0.0
1 502	1 512	2	加速	0.0	22.0
1 512	1 515	2	匀速	22.0	22.0
1 515	1 519	2	减速	22.0	11.8
1 519	1 522	2	匀速	11.8	11.8
1 522	1 528	2	加速	11.8	32.4
1 528	1 539	2	匀速	32.4	32.4
1 539	1 547	2	减速	32.4	6.1
1 547	1 550	2	匀速	6.1	6.1
1 550	1 559	2	加速	6.1	34.8
1 559	1 597	2	匀速	34.8	34.8
1 597	1 605	2	减速	34.8	0.0
1 605	1 608	2	停止	0.0	0.0
1 608	1 624	2	加速	0.0	76.1
1 624	1 662	2	匀速	76.1	76.1
1 662	1 675	2	减速	76.1	0.0
1 675	1 678	2	停止	0.0	0.0
1 678	1 686	2	加速	0.0	22.8
1 686	1 689	2	匀速	22.8	22.8
1 689	1 694	2	减速	22.8	0.0
1 694	1 697	2	停止	0.0	0.0



表 A.1 WLTP 制动循环（续）

开始时间 s	结束时间 s	阶段号	事件类型	初速度 km/h	末速度 km/h
1 697	1 707	2	加速	0.0	41.6
1 707	1 753	2	匀速	41.6	41.6
1 753	1 757	2	减速	41.6	27.2
1 757	1 763	2	匀速	27.2	27.2
1 763	1 773	2	加速	27.2	47.9
1 773	1 804	2	匀速	47.9	47.9
1 804	1 807	2	减速	47.9	35.2
1 807	1 823	2	匀速	35.2	35.2
1 823	1 828	2	减速	35.2	20.1
1 828	1 831	2	匀速	20.1	20.1
1 831	1 843	2	加速	20.1	59.2
1 843	1 870	2	匀速	59.2	59.2
1 870	1 873	2	减速	59.2	49.5
1 873	1 876	2	匀速	49.5	49.5
1 876	1 885	2	加速	49.5	72.9
1 885	1 895	2	匀速	72.9	72.9
1 895	1 898	2	减速	72.9	62.0
1 898	1 901	2	匀速	62.0	62.0
1 901	1 904	2	加速	62.0	66.4
1 904	1 907	2	匀速	66.4	66.4
1 907	1 910	2	减速	66.4	57.4
1 910	1 913	2	匀速	57.4	57.4
1 913	1 915	2	加速	57.4	60.0
1 915	1 918	2	匀速	60.0	60.0
1 918	1 921	2	减速	60.0	52.1
1 921	1 937	2	匀速	52.1	52.1
1 937	1 947	2	加速	52.1	79.7
1 947	1 951	2	匀速	79.7	79.7
1 951	1 954	2	减速	79.7	72.1
1 954	1 959	2	匀速	72.1	72.1



表 A.1 WLTP 制动循环（续）

开始时间 s	结束时间 s	阶段号	事件类型	初速度 km/h	末速度 km/h
1 959	1 960	2	加速	72.1	74.0
1 960	1 972	2	匀速	74.0	74.0
1 972	1 978	2	减速	74.0	52.4
1 978	2 062	2	匀速	52.4	52.4
2 062	2 074	2	减速	52.4	0.0
2 074	2 077	2	停止	0.0	0.0
2 077	2 093	2	加速	0.0	60.3
2 093	2 123	2	匀速	60.3	60.3
2 123	2 133	2	减速	60.3	0.0
2 133	2 137	2	停止	0.0	0.0
2 137	2 152	2	加速	0.0	62.9
2 152	2 187	2	匀速	62.9	62.9
2 187	2 195	2	减速	62.9	0.0
2 195	2 199	2	停止	0.0	0.0
2 199	2 212	2	加速	0.0	60.1
2 212	2 218	2	匀速	60.1	60.1
2 218	2 229	2	减速	60.1	15.2
2 229	2 233	2	匀速	15.2	15.2
2 233	2 244	2	加速	15.2	53.3
2 244	2 250	2	匀速	53.3	53.3
2 250	2 261	2	减速	53.3	0.0
2 261	2 266	2	停止	0.0	0.0
2 266	2 272	2	加速	0.0	20.7
2 272	2 520	2	匀速	20.7	20.7
2 520	2 526	2	减速	20.7	0.0
2 526	2 529	2	停止	0.0	0.0
2 529	2 548	2	加速	0.0	23.1
2 548	2 560	2	匀速	23.1	23.1
2 560	2 567	2	减速	23.1	5.6
2 567	2 570	2	匀速	5.6	5.6

表 A.1 WLTP 制动循环（续）

开始时间 s	结束时间 s	阶段号	事件类型	初速度 km/h	末速度 km/h
2 570	2 579	2	加速	5.6	15.4
2 579	2 587	2	匀速	15.4	15.4
2 587	2 591	2	减速	15.4	4.4
2 591	2 594	2	匀速	4.4	4.4
2 594	2 602	2	加速	4.4	25.7
2 602	2 605	2	匀速	25.7	25.7
2 605	2 611	2	减速	25.7	7.2
2 611	2 614	2	匀速	7.2	7.2
2 614	2 624	2	加速	7.2	24.8
2 624	2 631	2	匀速	24.8	24.8
2 631	2 634	2	减速	24.8	16.7
2 634	2 637	2	匀速	16.7	16.7
2 637	2 639	2	加速	16.7	18.7
2 639	2 642	2	匀速	18.7	18.7
2 642	2 650	2	减速	18.7	0.0
2 650	2 655	2	停止	0.0	0.0
2 655	2 669	2	加速	0.0	46.6
2 669	2 672	2	匀速	46.6	46.6
2 672	2 677	2	减速	46.6	9.4
2 677	2 680	2	匀速	9.4	9.4
2 680	2 690	2	加速	9.4	52.0
2 690	2 698	2	匀速	52.0	52.0
2 698	2 701	2	减速	52.0	41.5
2 701	2 704	2	匀速	41.5	41.5
2 704	2 708	2	加速	41.5	49.9
2 708	2 714	2	匀速	49.9	49.9
2 714	2 719	2	减速	49.9	34.0
2 719	2 722	2	匀速	34.0	34.0
2 722	2 728	2	加速	34.0	49.0
2 728	2 738	2	匀速	49.0	49.0

表 A.1 WLTP 制动循环（续）

开始时间 s	结束时间 s	阶段号	事件类型	初速度 km/h	末速度 km/h
2 738	2 745	2	减速	49.0	23.8
2 745	2 748	2	匀速	23.8	23.8
2 748	2 754	2	加速	23.8	41.6
2 754	2 759	2	匀速	41.6	41.6
2 759	2 767	2	减速	41.6	0.0
2 767	2 835	2	停止	0.0	0.0
2 835	2 883	3	停止	0.0	0.0
2 883	2 892	3	加速	0.0	32.1
2 892	2 897	3	匀速	32.1	32.1
2 897	2 903	3	减速	32.1	5.5
2 903	2 906	3	匀速	5.5	5.5
2 906	2 924	3	加速	5.5	50.5
2 924	2 946	3	匀速	50.5	50.5
2 946	2 949	3	减速	50.5	42.8
2 949	2 952	3	匀速	42.8	42.8
2 952	2 955	3	加速	42.8	45.0
2 955	2 958	3	匀速	45.0	45.0
2 958	2 963	3	减速	45.0	29.8
2 963	2 966	3	匀速	29.8	29.8
2 966	2 971	3	减速	29.8	0.0
2 971	2 976	3	停止	0.0	0.0
2 976	3 001	3	加速	0.0	49.2
3 001	3 006	3	匀速	49.2	49.2
3 006	3 011	3	减速	49.2	33.1
3 011	3 014	3	匀速	33.1	33.1
3 014	3 025	3	加速	33.1	56.2
3 025	3 032	3	匀速	56.2	56.2
3 032	3 036	3	减速	56.2	44.0
3 036	3 039	3	匀速	44.0	44.0
3 039	3 049	3	加速	44.0	59.0

表 A.1 WLTP 制动循环（续）

开始时间 s	结束时间 s	阶段号	事件类型	初速度 km/h	末速度 km/h
3 049	3 053	3	匀速	59.0	59.0
3 053	3 056	3	减速	59.0	51.2
3 056	3 059	3	匀速	51.2	51.2
3 059	3 062	3	加速	51.2	55.0
3 062	3 078	3	匀速	55.0	55.0
3 078	3 081	3	减速	55.0	47.5
3 081	3 084	3	匀速	47.5	47.5
3 084	3 093	3	加速	47.5	59.5
3 093	3 096	3	匀速	59.5	59.5
3 096	3 101	3	减速	59.5	39.9
3 101	3 159	3	匀速	39.9	39.9
3 159	3 165	3	减速	39.9	14.2
3 165	3 168	3	匀速	14.2	14.2
3 168	3 192	3	加速	14.2	58.3
3 192	3 195	3	匀速	58.3	58.3
3 195	3 201	3	减速	58.3	34.8
3 201	3 257	3	匀速	34.8	34.8
3 257	3 261	3	加速	34.8	39.5
3 261	3 268	3	匀速	39.5	39.5
3 268	3 271	3	减速	39.5	30.0
3 271	3 274	3	匀速	30.0	30.0
3 274	3 292	3	加速	30.0	56.2
3 292	3 308	3	匀速	56.2	56.2
3 308	3 311	3	减速	56.2	46.0
3 311	3 314	3	匀速	46.0	46.0
3 314	3 318	3	加速	46.0	54.4
3 318	3 418	3	匀速	54.4	54.4
3 418	3 422	3	减速	54.4	40.4
3 422	3 432	3	匀速	40.4	40.4
3 432	3 438	3	加速	40.4	53.5

表 A.1 WLTP 制动循环（续）

开始时间 s	结束时间 s	阶段号	事件类型	初速度 km/h	末速度 km/h
3 438	3 441	3	匀速	53.5	53.5
3 441	3 445	3	减速	53.5	40.8
3 445	3 480	3	匀速	40.8	40.8
3 480	3 483	3	减速	40.8	32.0
3 483	3 486	3	匀速	32.0	32.0
3 486	3 489	3	加速	32.0	34.7
3 489	3 492	3	匀速	34.7	34.7
3 492	3 495	3	减速	34.7	26.4
3 495	3 498	3	匀速	26.4	26.4
3 498	3 514	3	加速	26.4	50.6
3 514	3 557	3	匀速	50.6	50.6
3 557	3 561	3	减速	50.6	37.6
3 561	3 621	3	匀速	37.6	37.6
3 621	3 626	3	减速	37.6	22.4
3 626	3 629	3	匀速	22.4	22.4
3 629	3 640	3	加速	22.4	36.8
3 640	3 647	3	匀速	36.8	36.8
3 647	3 651	3	减速	36.8	22.9
3 651	3 654	3	匀速	22.9	22.9
3 654	3 675	3	加速	22.9	55.3
3 675	3 684	3	匀速	55.3	55.3
3 684	3 688	3	减速	55.3	39.5
3 688	3 692	3	匀速	39.5	39.5
3 692	3 698	3	减速	39.5	15.5
3 698	3 701	3	匀速	15.5	15.5
3 701	3 717	3	加速	15.5	44.3
3 717	3 729	3	匀速	44.3	44.3
3 729	3 732	3	减速	44.3	36.6
3 732	3 773	3	匀速	36.6	36.6
3 773	3 778	3	减速	36.6	20.8

表 A.1 WLTP 制动循环（续）

开始时间 s	结束时间 s	阶段号	事件类型	初速度 km/h	末速度 km/h
3 778	3 796	3	匀速	20.8	20.8
3 796	3 802	3	加速	20.8	32.0
3 802	3 849	3	匀速	32.0	32.0
3 849	3 852	3	减速	32.0	24.8
3 852	3 855	3	匀速	24.8	24.8
3 855	3 875	3	加速	24.8	51.6
3 875	3 879	3	匀速	51.6	51.6
3 879	3 883	3	减速	51.6	39.3
3 883	3 895	3	匀速	39.3	39.3
3 895	3 898	3	减速	39.3	32.4
3 898	3 939	3	匀速	32.4	32.4
3 939	3 946	3	减速	32.4	0.0
3 946	3 947	3	停止	0.0	0.0
3 947	3 949	4	停止	0.0	0.0
3 949	3 966	4	加速	0.0	75.8
3 966	4 001	4	匀速	75.8	75.8
4 001	4 005	4	减速	75.8	63.9
4 005	4 081	4	匀速	63.9	63.9
4 081	4 086	4	加速	63.9	72.4
4 086	4 089	4	匀速	72.4	72.4
4 089	4 093	4	减速	72.4	58.7
4 093	4 096	4	匀速	58.7	58.7
4 096	4 104	4	加速	58.7	65.9
4 104	4 118	4	匀速	65.9	65.9
4 118	4 122	4	减速	65.9	53.7
4 122	4 136	4	匀速	53.7	53.7
4 136	4 137	4	加速	53.7	54.9
4 137	4 147	4	匀速	54.9	54.9
4 147	4 157	4	减速	54.9	0.0
4 157	4 164	4	停止	0.0	0.0

表 A.1 WLTP 制动循环（续）

开始时间 s	结束时间 s	阶段号	事件类型	初速度 km/h	末速度 km/h
4 164	4 196	4	加速	0.0	90.6
4 196	4 551	4	匀速	90.6	90.6
4 551	4 566	4	减速	90.6	0.0
4 566	4 570	4	停止	0.0	0.0
4 570	4 578	4	加速	0.0	33.0
4 578	4 586	4	匀速	33.0	33.0
4 586	4 601	4	加速	33.0	75.0
4 601	4 612	4	匀速	75.0	75.0
4 612	4 619	4	加速	75.0	80.3
4 619	4 635	4	匀速	80.3	80.3
4 635	4 653	4	加速	80.3	95.6
4 653	4 668	4	匀速	95.6	95.6
4 668	4 683	4	减速	95.6	25.5
4 683	4 688	4	匀速	25.5	25.5
4 688	4 714	4	加速	25.5	98.4
4 714	5 004	4	匀速	98.4	98.4
5 004	5 019	4	减速	98.4	0.0
5 019	5 022	4	停止	0.0	0.0
5 022	5 060	4	加速	0.0	82.8
5 060	5 071	4	匀速	82.8	82.8
5 071	5 076	4	减速	82.8	69.4
5 076	5 135	4	匀速	69.4	69.4
5 135	5 149	4	减速	69.4	10.1
5 149	5 152	4	匀速	10.1	10.1
5 152	5 170	4	加速	10.1	69.0
5 170	5 190	4	匀速	69.0	69.0
5 190	5 193	4	减速	69.0	61.7
5 193	5 290	4	匀速	61.7	61.7
5 290	5 293	4	加速	61.7	64.7
5 293	5 297	4	匀速	64.7	64.7

表 A.1 WLTP 制动循环（续）

开始时间 s	结束时间 s	阶段号	事件类型	初速度 km/h	末速度 km/h
5 297	5 300	4	减速	64.7	57.8
5 300	5 314	4	匀速	57.8	57.8
5 314	5 326	4	减速	57.8	0.0
5 326	5 336	4	停止	0.0	0.0
5 336	5 342	4	加速	0.0	20.7
5 342	5 350	4	匀速	20.7	20.7
5 350	5 356	4	减速	20.7	0.0
5 356	5 359	4	停止	0.0	0.0
5 359	5 378	4	加速	0.0	23.1
5 378	5 390	4	匀速	23.1	23.1
5 390	5 397	4	减速	23.1	5.6
5 397	5 400	4	匀速	5.6	5.6
5 400	5 409	4	加速	5.6	15.4
5 409	5 417	4	匀速	15.4	15.4
5 417	5 421	4	减速	15.4	4.4
5 421	5 424	4	匀速	4.4	4.4
5 424	5 432	4	加速	4.4	25.7
5 432	5 435	4	匀速	25.7	25.7
5 435	5 441	4	减速	25.7	7.2
5 441	5 444	4	匀速	7.2	7.2
5 444	5 454	4	加速	7.2	24.8
5 454	5 461	4	匀速	24.8	24.8
5 461	5 464	4	减速	24.8	16.7
5 464	5 467	4	匀速	16.7	16.7
5 467	5 469	4	加速	16.7	18.7
5 469	5 472	4	匀速	18.7	18.7
5 472	5 480	4	减速	18.7	0.0
5 480	5 484	4	停止	0.0	0.0
5 484	5 488	5	停止	0.0	0.0
5 488	5 496	5	加速	0.0	41.8

表 A.1 WLTP 制动循环（续）

开始时间 s	结束时间 s	阶段号	事件类型	初速度 km/h	末速度 km/h
5 496	5 514	5	匀速	41.8	41.8
5 514	5 524	5	减速	41.8	0.0
5 524	5 527	5	停止	0.0	0.0
5 527	5 542	5	加速	0.0	34.6
5 542	5 554	5	匀速	34.6	34.6
5 554	5 557	5	减速	34.6	27.3
5 557	5 560	5	匀速	27.3	27.3
5 560	5 568	5	加速	27.3	43.5
5 568	5 571	5	匀速	43.5	43.5
5 571	5 581	5	减速	43.5	0.0
5 581	5 587	5	停止	0.0	0.0
5 587	5 601	5	加速	0.0	30.0
5 601	5 624	5	匀速	30.0	30.0
5 624	5 629	5	减速	30.0	13.6
5 629	5 632	5	匀速	13.6	13.6
5 632	5 639	5	加速	13.6	37.0
5 639	5 647	5	匀速	37.0	37.0
5 647	5 656	5	减速	37.0	0.0
5 656	5 713	5	停止	0.0	0.0
5 713	5 734	5	加速	0.0	41.2
5 734	5 749	5	匀速	41.2	41.2
5 749	5 753	5	减速	41.2	29.5
5 753	5 789	5	匀速	29.5	29.5
5 789	5 792	5	减速	29.5	18.0
5 792	5 795	5	匀速	18.0	18.0
5 795	5 800	5	减速	18.0	0.0
5 800	5 803	5	停止	0.0	0.0
5 803	5 811	5	加速	0.0	29.5
5 811	5 814	5	匀速	29.5	29.5
5 814	5 817	5	减速	29.5	22.1

表 A.1 WLTP 制动循环（续）

开始时间 s	结束时间 s	阶段号	事件类型	初速度 km/h	末速度 km/h
5 817	5 820	5	匀速	22.1	22.1
5 820	5 824	5	减速	22.1	8.1
5 824	5 827	5	匀速	8.1	8.1
5 827	5 832	5	加速	8.1	16.9
5 832	5 844	5	匀速	16.9	16.9
5 844	5 849	5	减速	16.9	0.0
5 849	5 952	5	停止	0.0	0.0
5 952	5 958	5	加速	0.0	14.4
5 958	5 965	5	匀速	14.4	14.4
5 965	5 968	5	减速	14.4	3.5
5 968	5 971	5	匀速	3.5	3.5
5 971	6 010	5	加速	3.5	56.4
6 010	6 074	5	匀速	56.4	56.4
6 074	6 078	5	减速	56.4	41.2
6 078	6 081	5	匀速	41.2	41.2
6 081	6 088	5	减速	41.2	13.9
6 088	6 091	5	匀速	13.9	13.9
6 091	6 111	5	加速	13.9	56.4
6 111	6 175	5	匀速	56.4	56.4
6 175	6 180	5	减速	56.4	41.3
6 180	6 183	5	匀速	41.3	41.3
6 183	6 200	5	加速	41.3	58.0
6 200	6 208	5	匀速	58.0	58.0
6 208	6 213	5	减速	58.0	39.6
6 213	6 248	5	匀速	39.6	39.6
6 248	6 252	5	减速	39.6	22.3
6 252	6 255	5	匀速	22.3	22.3
6 255	6 258	5	加速	22.3	26.7
6 258	6 320	5	匀速	26.7	26.7
6 320	6 330	5	减速	26.7	0.0



表 A.1 WLTP 制动循环（续）

开始时间 s	结束时间 s	阶段号	事件类型	初速度 km/h	末速度 km/h
6 330	6 339	5	停止	0.0	0.0
6 339	6 425	5	加速	0.0	105.2
6 425	6 872	5	匀速	105.2	105.2
6 872	6 876	5	减速	105.2	90.4
6 876	6 884	5	匀速	90.4	90.4
6 884	6 893	5	加速	90.4	102.2
6 893	6 898	5	匀速	102.2	102.2
6 898	6 901	5	减速	102.2	91.6
6 901	6 923	5	匀速	91.6	91.6
6 923	6 926	5	加速	91.6	94.6
6 926	6 930	5	匀速	94.6	94.6
6 930	6 932	5	减速	94.6	87.2
6 932	6 953	5	匀速	87.2	87.2
6 953	6 957	5	减速	87.2	72.3
6 957	6 960	5	匀速	72.3	72.3
6 960	6 973	5	加速	72.3	84.8
6 973	6 977	5	匀速	84.8	84.8
6 977	6 981	5	减速	84.8	73.8
6 981	6 985	5	匀速	73.8	73.8
6 985	6 995	5	加速	73.8	87.8
6 995	6 999	5	匀速	87.8	87.8
6 999	7 005	5	减速	87.8	69.0
7 005	7 069	5	匀速	69.0	69.0
7 069	7 074	5	减速	69.0	50.2
7 074	7 090	5	匀速	50.2	50.2
7 090	7 104	5	加速	50.2	83.5
7 104	7 114	5	匀速	83.5	83.5
7 114	7 117	5	减速	83.5	71.3
7 117	7 177	5	匀速	71.3	71.3
7 177	7 182	5	减速	71.3	53.5

表 A.1 WLTP 制动循环（续）

开始时间 s	结束时间 s	阶段号	事件类型	初速度 km/h	末速度 km/h
7 182	7 185	5	匀速	53.5	53.5
7 185	7 198	5	加速	53.5	80.0
7 198	7 201	5	匀速	80.0	80.0
7 201	7 205	5	减速	80.0	66.0
7 205	7 346	5	匀速	66.0	66.0
7 346	7 349	5	减速	66.0	56.7
7 349	7 354	5	匀速	56.7	56.7
7 354	7 368	5	加速	56.7	83.9
7 368	7 381	5	匀速	83.9	83.9
7 381	7 388	5	减速	83.9	42.5
7 388	7 400	5	匀速	42.5	42.5
7 400	7 414	5	加速	42.5	73.8
7 414	7 442	5	匀速	73.8	73.8
7 442	7 455	5	减速	73.8	24.4
7 455	7 490	5	匀速	24.4	24.4
7 490	7 496	5	减速	24.4	0.0
7 496	7 503	5	停止	0.0	0.0
7 503	7 509	5	加速	0.0	22.9
7 509	7 518	5	匀速	22.9	22.9
7 518	7 522	5	减速	22.9	13.5
7 522	7 525	5	匀速	13.5	13.5
7 525	7 531	5	加速	13.5	23.0
7 531	7 534	5	匀速	23.0	23.0
7 534	7 537	5	减速	23.0	15.4
7 537	7 540	5	匀速	15.4	15.4
7 540	7 545	5	加速	15.4	19.0
7 545	7 548	5	匀速	19.0	19.0
7 548	7 551	5	减速	19.0	12.2
7 551	7 554	5	匀速	12.2	12.2
7 554	7 558	5	加速	12.2	18.8

表 A.1 WLTP 制动循环（续）

开始时间 s	结束时间 s	阶段号	事件类型	初速度 km/h	末速度 km/h
7 558	7 561	5	匀速	18.8	18.8
7 561	7 567	5	减速	18.8	0.0
7 567	7 688	5	停止	0.0	0.0
7 688	7 699	5	加速	0.0	37.9
7 699	7 704	5	匀速	37.9	37.9
7 704	7 709	5	减速	37.9	24.4
7 709	7 748	5	匀速	24.4	24.4
7 748	7 752	5	减速	24.4	14.9
7 752	7 755	5	匀速	14.9	14.9
7 755	7 764	5	加速	14.9	45.3
7 764	7 769	5	匀速	45.3	45.3
7 769	7 774	5	减速	45.3	25.9
7 774	7 777	5	匀速	25.9	25.9
7 777	7 787	5	加速	25.9	40.6
7 787	7 795	5	匀速	40.6	40.6
7 795	7 800	5	减速	40.6	25.4
7 800	7 803	5	匀速	25.4	25.4
7 803	7 814	5	加速	25.4	37.2
7 814	7 817	5	匀速	37.2	37.2
7 817	7 822	5	减速	37.2	20.8
7 822	7 825	5	匀速	20.8	20.8
7 825	7 829	5	加速	20.8	26.3
7 829	7 883	5	匀速	26.3	26.3
7 883	7 889	5	减速	26.3	0.0
7 889	7 892	5	停止	0.0	0.0
7 892	7 904	5	加速	0.0	53.4
7 904	7 907	5	匀速	53.4	53.4
7 907	7 913	5	减速	53.4	28.2
7 913	7 916	5	匀速	28.2	28.2
7 916	7 926	5	加速	28.2	42.6

表 A.1 WLTP 制动循环（续）

开始时间 s	结束时间 s	阶段号	事件类型	初速度 km/h	末速度 km/h
7 926	7 941	5	匀速	42.6	42.6
7 941	7 947	5	减速	42.6	19.0
7 947	7 950	5	匀速	19.0	19.0
7 950	7 962	5	加速	19.0	57.1
7 962	7 973	5	匀速	57.1	57.1
7 973	7 979	5	减速	57.1	31.8
7 979	7 982	5	匀速	31.8	31.8
7 982	7 988	5	加速	31.8	50.0
7 988	8 064	5	匀速	50.0	50.0
8 064	8 069	5	减速	50.0	24.4
8 069	8 072	5	匀速	24.4	24.4
8 072	8 078	5	加速	24.4	58.2
8 078	8 081	5	匀速	58.2	58.2
8 081	8 088	5	减速	58.2	29.9
8 088	8 120	5	匀速	29.9	29.9
8 120	8 123	5	减速	29.9	21.2
8 123	8 126	5	匀速	21.2	21.2
8 126	8 129	5	加速	21.2	25.0
8 129	8 162	5	匀速	25.0	25.0
8 162	8 165	5	加速	25.0	32.6
8 165	8 168	5	匀速	32.6	32.6
8 168	8 174	5	减速	32.6	0.0
8 174	8 175	5	停止	0.0	0.0
8 175	8 177	6	停止	0.0	0.0
8 177	8 189	6	加速	0.0	21.2
8 189	8 413	6	匀速	21.2	21.2
8 413	8 418	6	减速	21.2	9.5
8 418	8 421	6	匀速	9.5	9.5
8 421	8 425	6	减速	9.5	0.0
8 425	8 483	6	停止	0.0	0.0

表 A.1 WLTP 制动循环（续）

开始时间 s	结束时间 s	阶段号	事件类型	初速度 km/h	末速度 km/h
8 483	8 540	7	停止	0.0	0.0
8 540	8 547	7	加速	0.0	35.1
8 547	8 552	7	匀速	35.1	35.1
8 552	8 560	7	减速	35.1	5.5
8 560	8 563	7	匀速	5.5	5.5
8 563	8 577	7	加速	5.5	16.5
8 577	8 609	7	匀速	16.5	16.5
8 609	8 614	7	减速	16.5	0.0
8 614	8 625	7	停止	0.0	0.0
8 625	8 670	7	加速	0.0	96.9
8 670	9 081	7	匀速	96.9	96.9
9 081	9 089	7	减速	96.9	73.3
9 089	9 117	7	匀速	73.3	73.3
9 117	9 127	7	减速	73.3	20.1
9 127	9 130	7	匀速	20.1	20.1
9 130	9 143	7	加速	20.1	62.2
9 143	9 146	7	匀速	62.2	62.2
9 146	9 155	7	减速	62.2	6.6
9 155	9 158	7	匀速	6.6	6.6
9 158	9 171	7	加速	6.6	53.2
9 171	9 174	7	匀速	53.2	53.2
9 174	9 187	7	减速	53.2	0.0
9 187	9 188	7	停止	0.0	0.0
9 188	9 190	8	停止	0.0	0.0
9 190	9 238	8	加速	0.0	83.6
9 238	9 264	8	匀速	83.6	83.6
9 264	9 279	8	减速	83.6	0.0
9 279	9 366	8	停止	0.0	0.0
9 366	9 372	8	加速	0.0	23.9
9 372	9 375	8	匀速	23.9	23.9

表 A.1 WLTP 制动循环（续）

开始时间 s	结束时间 s	阶段号	事件类型	初速度 km/h	末速度 km/h
9 375	9 382	8	减速	23.9	0.0
9 382	9 386	8	停止	0.0	0.0
9 386	9 402	8	加速	0.0	65.3
9 402	9 427	8	匀速	65.3	65.3
9 427	9 439	8	减速	65.3	0.0
9 439	9 443	8	停止	0.0	0.0
9 443	9 453	8	加速	0.0	40.5
9 453	9 489	8	匀速	40.5	40.5
9 489	9 493	8	减速	40.5	29.3
9 493	9 496	8	匀速	29.3	29.3
9 496	9 516	8	加速	29.3	63.0
9 516	9 812	8	匀速	63.0	63.0
9 812	9 815	8	减速	63.0	52.2
9 815	9 845	8	匀速	52.2	52.2
9 845	9 848	8	减速	52.2	44.6
9 848	9 851	8	匀速	44.6	44.6
9 851	9 859	8	加速	44.6	59.2
9 859	9 864	8	匀速	59.2	59.2
9 864	9 869	8	减速	59.2	45.2
9 869	9 872	8	匀速	45.2	45.2
9 872	9 876	8	加速	45.2	53.9
9 876	9 888	8	匀速	53.9	53.9
9 888	9 898	8	减速	53.9	0.0
9 898	9 899	8	停止	0.0	0.0
9 899	9 901	9	停止	0.0	0.0
9 901	9 909	9	加速	0.0	19.1
9 909	10 036	9	匀速	19.1	19.1
10 036	10 041	9	减速	19.1	6.4
10 041	10 044	9	匀速	6.4	6.4
10 044	10 046	9	加速	6.4	10.5

表 A.1 WLTP 制动循环（续）

开始时间 s	结束时间 s	阶段号	事件类型	初速度 km/h	末速度 km/h
10 046	10 049	9	匀速	10.5	10.5
10 049	10 054	9	减速	10.5	0.0
10 054	10 056	9	停止	0.0	0.0
10 056	10 066	9	加速	0.0	29.6
10 066	10 273	9	匀速	29.6	29.6
10 273	10 280	9	减速	29.6	0.0
10 280	10 284	9	停止	0.0	0.0
10 284	10 294	9	加速	0.0	24.3
10 294	10 453	9	匀速	24.3	24.3
10 453	10 458	9	减速	24.3	4.5
10 458	10 461	9	匀速	4.5	4.5
10 461	10 469	9	加速	4.5	27.8
10 469	10 475	9	匀速	27.8	27.8
10 475	10 479	9	减速	27.8	17.3
10 479	10 482	9	匀速	17.3	17.3
10 482	10 486	9	减速	17.3	6.5
10 486	10 489	9	匀速	6.5	6.5
10 489	10 496	9	加速	6.5	26.8
10 496	10 507	9	匀速	26.8	26.8
10 507	10 514	9	减速	26.8	0.0
10 514	10 554	9	停止	0.0	0.0
10 554	10 626	10	停止	0.0	0.0
10 626	10 632	10	加速	0.0	27.5
10 632	10 638	10	匀速	27.5	27.5
10 638	10 647	10	减速	27.5	0.0
10 647	10 650	10	停止	0.0	0.0
10 650	10 663	10	加速	0.0	39.0
10 663	10 696	10	匀速	39.0	39.0
10 696	10 700	10	减速	39.0	29.0
10 700	10 707	10	匀速	29.0	29.0

表 A.1 WLTP 制动循环（续）

开始时间 s	结束时间 s	阶段号	事件类型	初速度 km/h	末速度 km/h
10 707	10 712	10	加速	29.0	35.1
10 712	10 721	10	匀速	35.1	35.1
10 721	10 725	10	减速	35.1	24.5
10 725	10 728	10	匀速	24.5	24.5
10 728	10 737	10	加速	24.5	41.9
10 737	10 758	10	匀速	41.9	41.9
10 758	10 761	10	减速	41.9	34.1
10 761	10 764	10	匀速	34.1	34.1
10 764	10 768	10	加速	34.1	39.4
10 768	10 792	10	匀速	39.4	39.4
10 792	10 797	10	减速	39.4	24.9
10 797	10 800	10	匀速	24.9	24.9
10 800	10 808	10	加速	24.9	36.4
10 808	10 811	10	匀速	36.4	36.4
10 811	10 822	10	减速	36.4	0.0
10 822	10 825	10	停止	0.0	0.0
10 825	10 838	10	加速	0.0	55.7
10 838	10 868	10	匀速	55.7	55.7
10 868	10 879	10	减速	55.7	0.0
10 879	10 888	10	停止	0.0	0.0
10 888	10 901	10	加速	0.0	56.2
10 901	11 088	10	匀速	56.2	56.2
11 088	11 101	10	减速	56.2	0.0
11 101	11 104	10	停止	0.0	0.0
11 104	11 114	10	加速	0.0	43.6
11 114	11 117	10	匀速	43.6	43.6
11 117	11 126	10	减速	43.6	0.0
11 126	11 238	10	停止	0.0	0.0
11 238	11 242	10	加速	0.0	11.2
11 242	11 245	10	匀速	11.2	11.2

表 A.1 WLTP 制动循环（续）

开始时间 s	结束时间 s	阶段号	事件类型	初速度 km/h	末速度 km/h
11 245	11 249	10	减速	11.2	4.1
11 249	11 252	10	匀速	4.1	4.1
11 252	11 258	10	加速	4.1	15.0
11 258	11 261	10	匀速	15.0	15.0
11 261	11 265	10	减速	15.0	6.2
11 265	11 268	10	匀速	6.2	6.2
11 268	11 273	10	加速	6.2	10.1
11 273	11 276	10	匀速	10.1	10.1
11 276	11 281	10	减速	10.1	0.0
11 281	11 284	10	停止	0.0	0.0
11 284	11 293	10	加速	0.0	31.3
11 293	11 313	10	匀速	31.3	31.3
11 313	11 316	10	减速	31.3	23.8
11 316	11 348	10	匀速	23.8	23.8
11 348	11 351	10	减速	23.8	16.9
11 351	11 354	10	匀速	16.9	16.9
11 354	11 361	10	减速	16.9	0.0
11 361	11 364	10	停止	0.0	0.0
11 364	11 373	10	加速	0.0	40.0
11 373	11 512	10	匀速	40.0	40.0
11 512	11 519	10	减速	40.0	10.6
11 519	11 522	10	匀速	10.6	10.6
11 522	11 528	10	加速	10.6	15.6
11 528	11 541	10	匀速	15.6	15.6
11 541	11 545	10	减速	15.6	6.3
11 545	11 548	10	匀速	6.3	6.3
11 548	11 552	10	加速	6.3	15.6
11 552	11 557	10	匀速	15.6	15.6
11 557	11 560	10	减速	15.6	8.8
11 560	11 563	10	匀速	8.8	8.8

表 A.1 WLTP 制动循环（续）

开始时间 s	结束时间 s	阶段号	事件类型	初速度 km/h	末速度 km/h
11 563	11 567	10	加速	8.8	13.1
11 567	11 574	10	匀速	13.1	13.1
11 574	11 579	10	减速	13.1	0.0
11 579	11 646	10	停止	0.0	0.0
11 646	11 652	10	加速	0.0	23.1
11 652	11 659	10	匀速	23.1	23.1
11 659	11 662	10	减速	23.1	15.0
11 662	11 665	10	匀速	15.0	15.0
11 665	11 666	10	加速	15.0	18.1
11 666	11 669	10	匀速	18.1	18.1
11 669	11 671	10	减速	18.1	13.6
11 671	11 674	10	匀速	13.6	13.6
11 674	11 680	10	加速	13.6	19.4
11 680	11 684	10	匀速	19.4	19.4
11 684	11 687	10	减速	19.4	11.5
11 687	11 690	10	匀速	11.5	11.5
11 690	11 694	10	减速	11.5	0.0
11 694	11 830	10	停止	0.0	0.0
11 830	11 842	10	加速	0.0	34.9
11 842	11 845	10	匀速	34.9	34.9
11 845	11 848	10	减速	34.9	27.9
11 848	11 851	10	匀速	27.9	27.9
11 851	11 858	10	加速	27.9	43.7
11 858	11 861	10	匀速	43.7	43.7
11 861	11 865	10	减速	43.7	32.1
11 865	11 868	10	匀速	32.1	32.1
11 868	11 873	10	减速	32.1	12.4
11 873	11 880	10	匀速	12.4	12.4
11 880	11 884	10	减速	12.4	0.0
11 884	12 054	10	停止	0.0	0.0

表 A.1 WLTP 制动循环（续）

开始时间 s	结束时间 s	阶段号	事件类型	初速度 km/h	末速度 km/h
12 054	12 064	10	加速	0.0	14.7
12 064	12 067	10	匀速	14.7	14.7
12 067	12 072	10	减速	14.7	0.0
12 072	12 075	10	停止	0.0	0.0
12 075	12 079	10	加速	0.0	13.8
12 079	12 082	10	匀速	13.8	13.8
12 082	12 086	10	减速	13.8	0.0
12 086	12 096	10	停止	0.0	0.0
12 096	12 100	10	加速	0.0	12.4
12 100	12 103	10	匀速	12.4	12.4
12 103	12 106	10	减速	12.4	0.0
12 106	12 124	10	停止	0.0	0.0
12 124	12 129	10	加速	0.0	18.7
12 129	12 132	10	匀速	18.7	18.7
12 132	12 140	10	减速	18.7	0.0
12 140	12 173	10	停止	0.0	0.0
12 173	12 178	10	加速	0.0	18.4
12 178	12 181	10	匀速	18.4	18.4
12 181	12 187	10	减速	18.4	0.0
12 187	12 188	10	停止	0.0	0.0
12 188	12 197	10	加速	0.0	41.2
12 197	12 198	10	匀速	41.2	41.2
12 198	12 202	10	减速	41.2	30.4
12 202	12 208	10	匀速	30.4	30.4
12 208	12 213	10	减速	30.4	14.8
12 213	12 216	10	匀速	14.8	14.8
12 216	12 231	10	加速	14.8	50.5
12 231	12 267	10	匀速	50.5	50.5
12 267	12 272	10	减速	50.5	30.8
12 272	12 276	10	匀速	30.8	30.8

表 A.1 WLTP 制动循环（续）

开始时间 s	结束时间 s	阶段号	事件类型	初速度 km/h	末速度 km/h
12 276	12 284	10	减速	30.8	0.0
12 284	12 328	10	停止	0.0	0.0
12 328	12 333	10	加速	0.0	12.4
12 333	12 336	10	匀速	12.4	12.4
12 336	12 340	10	减速	12.4	0.0
12 340	12 356	10	停止	0.0	0.0
12 356	12 361	10	加速	0.0	14.7
12 361	12 364	10	匀速	14.7	14.7
12 364	12 368	10	减速	14.7	0.0
12 368	12 371	10	停止	0.0	0.0
12 371	12 376	10	加速	0.0	18.7
12 376	12 461	10	匀速	18.7	18.7
12 461	12 469	10	减速	18.7	0.0
12 469	12 478	10	停止	0.0	0.0
12 478	12 484	10	加速	0.0	18.4
12 484	12 487	10	匀速	18.4	18.4
12 487	12 493	10	减速	18.4	0.0
12 493	12 503	10	停止	0.0	0.0
12 503	12 507	10	加速	0.0	13.8
12 507	12 510	10	匀速	13.8	13.8
12 510	12 514	10	减速	13.8	0.0
12 514	12 517	10	停止	0.0	0.0
12 517	12 521	10	加速	0.0	12.4
12 521	12 524	10	匀速	12.4	12.4
12 524	12 528	10	减速	12.4	0.0
12 528	12 544	10	停止	0.0	0.0
12 544	12 549	10	加速	0.0	14.7
12 549	12 552	10	匀速	14.7	14.7
12 552	12 556	10	减速	14.7	0.0
12 556	12 559	10	停止	0.0	0.0

表 A.1 WLTP 制动循环（续）

开始时间 s	结束时间 s	阶段号	事件类型	初速度 km/h	末速度 km/h
12 559	12 602	10	加速	0.0	105.0
12 602	12 614	10	匀速	105.0	105.0
12 614	12 617	10	减速	105.0	95.4
12 617	12 622	10	匀速	95.4	95.4
12 622	12 626	10	减速	95.4	82.4
12 626	12 629	10	匀速	82.4	82.4
12 629	12 639	10	加速	82.4	97.4
12 639	12 642	10	匀速	97.4	97.4
12 642	12 646	10	减速	97.4	82.7
12 646	12 651	10	匀速	82.7	82.7
12 651	12 654	10	减速	82.7	74.5
12 654	12 658	10	匀速	74.5	74.5
12 658	12 668	10	减速	74.5	38.7
12 668	12 671	10	匀速	38.7	38.7
12 671	12 679	10	加速	38.7	64.0
12 679	12 695	10	匀速	64.0	64.0
12 695	12 702	10	减速	64.0	25.9
12 702	12 705	10	匀速	25.9	25.9
12 705	12 711	10	加速	25.9	47.8
12 711	12 714	10	匀速	47.8	47.8
12 714	12 718	10	减速	47.8	36.0
12 718	12 721	10	匀速	36.0	36.0
12 721	12 728	10	加速	36.0	60.3
12 728	12 790	10	匀速	60.3	60.3
12 790	12 796	10	减速	60.3	36.4
12 796	12 799	10	匀速	36.4	36.4
12 799	12 806	10	加速	36.4	49.0
12 806	12 854	10	匀速	49.0	49.0
12 854	12 858	10	减速	49.0	37.0
12 858	12 861	10	匀速	37.0	37.0



表 A.1 WLTP 制动循环（续）

开始时间 s	结束时间 s	阶段号	事件类型	初速度 km/h	末速度 km/h
12 861	12 877	10	加速	37.0	61.0
12 877	12 926	10	匀速	61.0	61.0
12 926	12 932	10	减速	61.0	28.0
12 932	12 938	10	匀速	28.0	28.0
12 938	12 944	10	加速	28.0	43.2
12 944	12 959	10	匀速	43.2	43.2
12 959	12 965	10	减速	43.2	25.0
12 965	12 968	10	匀速	25.0	25.0
12 968	12 974	10	加速	25.0	46.7
12 974	12 977	10	匀速	46.7	46.7
12 977	12 980	10	减速	46.7	37.9
12 980	12 983	10	匀速	37.9	37.9
12 983	12 997	10	加速	37.9	54.9
12 997	13 053	10	匀速	54.9	54.9
13 053	13 060	10	减速	54.9	22.4
13 060	13 063	10	匀速	22.4	22.4
13 063	13 067	10	加速	22.4	26.2
13 067	13 072	10	匀速	26.2	26.2
13 072	13 075	10	减速	26.2	18.6
13 075	13 078	10	匀速	18.6	18.6
13 078	13 080	10	加速	18.6	20.1
13 080	13 084	10	匀速	20.1	20.1
13 084	13 090	10	减速	20.1	7.0
13 090	13 093	10	匀速	7.0	7.0
13 093	13 097	10	减速	7.0	0.0
13 097	13 100	10	停止	0.0	0.0
13 100	13 112	10	加速	0.0	28.0
13 112	13 175	10	匀速	28.0	28.0
13 175	13 179	10	减速	28.0	16.3
13 179	13 182	10	匀速	16.3	16.3



表 A.1 WLTP 制动循环（续）

开始时间 s	结束时间 s	阶段号	事件类型	初速度 km/h	末速度 km/h
13 182	13 185	10	加速	16.3	18.6
13 185	13 188	10	匀速	18.6	18.6
13 188	13 192	10	减速	18.6	7.6
13 192	13 195	10	匀速	7.6	7.6
13 195	13 207	10	加速	7.6	28.7
13 207	13 273	10	匀速	28.7	28.7
13 273	13 278	10	减速	28.7	14.6
13 278	13 281	10	匀速	14.6	14.6
13 281	13 286	10	加速	14.6	22.9
13 286	13 290	10	匀速	22.9	22.9
13 290	13 294	10	减速	22.9	12.0
13 294	13 297	10	匀速	12.0	12.0
13 297	13 314	10	加速	12.0	46.0
13 314	13 334	10	匀速	46.0	46.0
13 334	13 344	10	减速	46.0	0.0
13 344	13 347	10	停止	0.0	0.0
13 347	13 364	10	加速	0.0	46.2
13 364	13 379	10	匀速	46.2	46.2
13 379	13 384	10	减速	46.2	32.1
13 384	13 408	10	匀速	32.1	32.1
13 408	13 412	10	减速	32.1	20.8
13 412	13 442	10	匀速	20.8	20.8
13 442	13 445	10	减速	20.8	12.4
13 445	13 448	10	匀速	12.4	12.4
13 448	13 460	10	加速	12.4	42.5
13 460	13 482	10	匀速	42.5	42.5
13 482	13 488	10	减速	42.5	17.8
13 488	13 491	10	匀速	17.8	17.8
13 491	13 495	10	加速	17.8	22.7
13 495	13 498	10	匀速	22.7	22.7

表 A.1 WLTP 制动循环（续）


开始时间 s	结束时间 s	阶段号	事件类型	初速度 km/h	末速度 km/h
13 498	13 506	10	减速	22.7	0.0
13 506	13 509	10	停止	0.0	0.0
13 509	13 518	10	加速	0.0	25.0
13 518	13 521	10	匀速	25.0	25.0
13 521	13 524	10	减速	25.0	17.2
13 524	13 527	10	匀速	17.2	17.2
13 527	13 532	10	加速	17.2	30.9
13 532	13 535	10	匀速	30.9	30.9
13 535	13 539	10	减速	30.9	16.7
13 539	13 542	10	匀速	16.7	16.7
13 542	13 548	10	加速	16.7	43.0
13 548	13 578	10	匀速	43.0	43.0
13 578	13 583	10	减速	43.0	29.8
13 583	13 586	10	匀速	29.8	29.8
13 586	13 598	10	加速	29.8	58.8
13 598	13 633	10	匀速	58.8	58.8
13 633	13 636	10	减速	58.8	48.7
13 636	13 639	10	匀速	48.7	48.7
13 639	13 645	10	减速	48.7	23.8
13 645	13 648	10	匀速	23.8	23.8
13 648	13 654	 10	加速	23.8	44.3
13 654	13 676	10	匀速	44.3	44.3
13 676	13 681	10	减速	44.3	30.3
13 681	13 684	10	匀速	30.3	30.3
13 684	13 689	10	加速	30.3	41.4
13 689	13 716	10	匀速	41.4	41.4
13 716	13 720	10	减速	41.4	28.4
13 720	13 723	10	匀速	28.4	28.4
13 723	13 730	10	加速	28.4	51.4
13 730	13 739	10	匀速	51.4	51.4

表 A.1 WLTP 制动循环（续）

开始时间 s	结束时间 s	阶段号	事件类型	初速度 km/h	末速度 km/h
13 739	13 745	10	减速	51.4	32.0
13 745	13 748	10	匀速	32.0	32.0
13 748	13 754	10	减速	32.0	10.0
13 754	13 760	10	匀速	10.0	10.0
13 760	13 765	10	减速	10.0	0.0
13 765	13 768	10	停止	0.0	0.0
13 768	13 772	10	加速	0.0	16.3
13 772	13 775	10	匀速	16.3	16.3
13 775	13 780	10	减速	16.3	0.0
13 780	13 783	10	停止	0.0	0.0
13 783	13 796	10	加速	0.0	45.8
13 796	13 817	10	匀速	45.8	45.8
13 817	13 822	10	减速	45.8	28.6
13 822	13 825	10	匀速	28.6	28.6
13 825	13 833	10	加速	28.6	40.9
13 833	13 836	10	匀速	40.9	40.9
13 836	13 841	10	减速	40.9	25.4
13 841	13 844	10	匀速	25.4	25.4
13 844	13 850	10	加速	25.4	41.1
13 850	13 853	10	匀速	41.1	41.1
13 853	13 856	10	减速	41.1	30.7
13 856	13 862	10	匀速	30.7	30.7
13 862	13 865	10	减速	30.7	22.1
13 865	13 868	10	匀速	22.1	22.1
13 868	13 873	10	加速	22.1	28.2
13 873	13 878	10	匀速	28.2	28.2
13 878	13 881	10	减速	28.2	21.2
13 881	13 947	10	匀速	21.2	21.2
13 947	13 953	10	加速	21.2	37.6
13 953	13 956	10	匀速	37.6	37.6

表 A.1 WLTP 制动循环（续）

开始时间 s	结束时间 s	阶段号	事件类型	初速度 km/h	末速度 km/h
13 956	13 959	10	减速	37.6	29.8
13 959	13 962	10	匀速	29.8	29.8
13 962	13 972	10	加速	29.8	42.8
13 972	13 975	10	匀速	42.8	42.8
13 975	13 978	10	减速	42.8	34.5
13 978	13 981	10	匀速	34.5	34.5
13 981	13 988	10	加速	34.5	50.6
13 988	13 994	10	匀速	50.6	50.6
13 994	14 001	10	减速	50.6	21.2
14 001	14 004	10	匀速	21.2	21.2
14 004	14 016	10	加速	21.2	49.9
14 016	14 019	10	匀速	49.9	49.9
14 019	14 025	10	减速	49.9	25.2
14 025	14 028	10	匀速	25.2	25.2
14 028	14 031	10	加速	25.2	38.8
14 031	14 034	10	匀速	38.8	38.8
14 034	14 040	10	减速	38.8	19.6
14 040	14 113	10	匀速	19.6	19.6
14 113	14 118	10	加速	19.6	30.8
14 118	14 121	10	匀速	30.8	30.8
14 121	14 127	10	减速	30.8	10.2
14 127	14 130	10	匀速	10.2	10.2
14 130	14 135	10	加速	10.2	26.3
14 135	14 138	10	匀速	26.3	26.3
14 138	14 142	10	减速	26.3	16.5
14 142	14 145	10	匀速	16.5	16.5
14 145	14 147	10	加速	16.5	19.0
14 147	14 150	10	匀速	19.0	19.0
14 150	14 154	10	减速	19.0	7.6
14 154	14 157	10	匀速	7.6	7.6

表 A.1 WLTP 制动循环（续）

开始时间 s	结束时间 s	阶段号	事件类型	初速度 km/h	末速度 km/h
14 157	14 161	10	减速	7.6	0.0
14 161	14 164	10	停止	0.0	0.0
14 164	14 172	10	加速	0.0	32.2
14 172	14 175	10	匀速	32.2	32.2
14 175	14 180	10	减速	32.2	13.6
14 180	14 189	10	匀速	13.6	13.6
14 189	14 195	10	减速	13.6	0.0
14 195	14 257	10	停止	0.0	0.0
14 257	14 263	10	加速	0.0	24.9
14 263	14 266	10	匀速	24.9	24.9
14 266	14 270	10	减速	24.9	10.9
14 270	14 277	10	匀速	10.9	10.9
14 277	14 281	10	减速	10.9	0.0
14 281	14 284	10	停止	0.0	0.0
14 284	14 287	10	加速	0.0	11.0
14 287	14 290	10	匀速	11.0	11.0
14 290	14 294	10	减速	11.0	0.0
14 294	14 296	10	停止	0.0	0.0
14 296	14 310	10	加速	0.0	64.9
14 310	14 325	10	匀速	64.9	64.9
14 325	14 333	10	减速	64.9	25.5
14 333	14 336	10	匀速	25.5	25.5
14 336	14 360	10	加速	25.5	112.0
14 360	14 992	10	匀速	112.0	112.0
14 992	15 001	10	减速	112.0	56.1
15 001	15 004	10	匀速	56.1	56.1
15 004	15 010	10	加速	56.1	68.2
15 010	15 013	10	匀速	68.2	68.2
15 013	15 021	10	减速	68.2	12.0
15 021	15 024	10	匀速	12.0	12.0



表 A.1 WLTP 制动循环（续）

开始时间 s	结束时间 s	阶段号	事件类型	初速度 km/h	末速度 km/h
15 024	15 045	10	加速	12.0	80.9
15 045	15 048	10	匀速	80.9	80.9
15 048	15 057	10	减速	80.9	35.3
15 057	15 060	10	匀速	35.3	35.3
15 060	15 073	10	加速	35.3	73.4
15 073	15 076	10	匀速	73.4	73.4
15 076	15 083	10	减速	73.4	39.3
15 083	15 086	10	匀速	39.3	39.3
15 086	15 098	10	减速	39.3	0.0
15 098	15 102	10	停止	0.0	0.0
15 102	15 148	10	加速	0.0	132.5
15 148	15 457	10	匀速	132.5	132.5
15 457	15 472	10	减速	132.5	34.0
15 472	15 475	10	匀速	34.0	34.0
15 475	15 479	10	加速	34.0	41.6
15 479	15 482	10	匀速	41.6	41.6
15 482	15 491	10	减速	41.6	0.0
15 491	15 542	10	停止	0.0	0.0
15 542	15 557	10	加速	0.0	33.1
15 557	15 584	10	匀速	33.1	33.1
15 584	15 590	10	减速	33.1	6.3
15 590	15 593	10	匀速	6.3	6.3
15 593	15 605	10	加速	6.3	37.6
15 605	15 625	10	匀速	37.6	37.6
15 625	15 636	10	减速	37.6	0.0
15 636	15 639	10	停止	0.0	0.0
15 639	15 654	10	加速	0.0	52.0
15 654	15 664	10	匀速	52.0	52.0
15 664	15 675	10	减速	52.0	0.0
15 675	15 676	10	停止	0.0	0.0

表 A.1 WLTP 制动循环（续）

开始时间 s	结束时间 s	阶段号	事件类型	初速度 km/h	末速度 km/h
15 676	15 690	10	加速	0.0	50.6
15 690	15 717	10	匀速	50.6	50.6
15 717	15 724	10	减速	50.6	22.9
15 724	15 727	10	匀速	22.9	22.9
15 727	15 738	10	加速	22.9	47.7
15 738	15 742	10	匀速	47.7	47.7
15 742	15 749	10	减速	47.7	23.4
15 749	15 752	10	匀速	23.4	23.4
15 752	15 769	10	加速	23.4	45.9
15 769	15 791	10	匀速	45.9	45.9
15 791	15 797	10	减速	45.9	23.6
15 797	15 802	10	匀速	23.6	23.6
15 802	15 808	10	加速	23.6	37.6
15 808	15 815	10	匀速	37.6	37.6
15 815	15 822	10	减速	37.6	0.0
15 822	15 826	10	停止	0.0	0.0

附 录 B
(规范性)

WLTP 制动循环中的制动事件

WLTP 制动循环中的制动事件见表 B.1。

表 B.1 WLTP 制动循环中的制动事件

阶段	制动事件	制动初 始时间 s	制动结 束时间 s	制动事件 持续时间 s	初始速度 设定值 km/h	结束速度 设定值 km/h	减速度 m/s ²	制动距离 m	比摩擦功 J/kg
1	1	18	24	6.0	20.7	0.0	0.958	17.24	16.52
1	2	58	65	7.0	23.1	5.6	0.695	27.88	19.39
1	3	85	89	4.0	15.4	4.4	0.760	11.01	8.37
1	4	103	109	6.0	25.7	7.2	0.857	27.47	23.55
1	5	129	132	3.0	24.8	16.7	0.748	17.28	12.92
1	6	140	149	9.0	18.7	0.0	0.577	23.36	13.48
1	7	177	183	6.0	32.5	0.0	1.506	27.11	40.83
1	8	298	303	5.0	27.5	11.8	0.872	27.31	23.82
1	9	314	320	6.0	29.4	9.7	0.915	32.59	29.83
1	10	341	347	6.0	31.9	9.5	1.037	34.47	35.74
1	11	361	366	5.0	14.7	0.0	0.814	10.18	8.29
1	12	384	388	4.0	59.5	47.6	0.820	59.50	48.79
1	13	402	406	4.0	47.6	36.2	0.793	46.59	36.95
1	14	486	490	4.0	38.2	25.5	0.881	35.42	31.19
1	15	493	496	3.0	25.5	18.4	0.659	18.32	12.08
1	16	499	505	6.0	18.4	0.0	0.853	15.35	13.09
1	17	543	552	9.0	42.3	0.0	1.306	52.88	69.03
1	18	566	576	10.0	42.1	0.0	1.170	58.48	68.38
1	19	592	595	3.0	31.3	12.5	1.746	18.25	31.87
1	20	600	605	5.0	12.5	0.0	0.693	8.66	6.00
1	21	647	657	10.0	45.3	0.0	1.258	62.88	79.07
1	22	673	683	10.0	45.5	0.0	1.265	63.25	80.01
1	23	726	733	7.0	40.7	12.8	1.109	52.03	57.70
1	24	747	751	4.0	59.6	46.7	0.893	59.04	52.72
1	25	768	777	9.0	48.6	0.0	1.500	60.77	91.16

表 B.1 WLTP 制动循环中的制动事件（续）

阶段	制动事件	制动初始时间 s	制动结束时间 s	制动事件持续时间 s	初始速度 设定值 km/h	结束速度 设定值 km/h	减速度 m/s ²	制动距离 m	比摩擦功 J/kg
1	26	941	945	4.0	23.7	9.8	0.969	18.60	18.03
1	27	974	983	9.0	37.5	0.0	1.157	46.86	54.22
1	28	996	1 005	9.0	37.7	0.0	1.164	47.14	54.86
1	29	1 016	1 021	5.0	18.6	0.0	1.036	12.95	13.40
2	30	1 122	1 126	4.0	13.8	0.0	0.960	7.68	7.38
2	31	1 147	1 151	4.0	34.2	18.9	1.059	29.52	31.26
2	32	1 174	1 178	4.0	32.9	23.3	0.664	31.19	20.71
2	33	1 188	1 191	3.0	25.6	18.5	0.653	18.37	11.99
2	34	1 209	1 217	8.0	38.7	0.0	1.343	42.98	57.72
2	35	1 253	1 256	3.0	48.4	40.6	0.728	37.09	26.99
2	36	1 282	1 286	4.0	42.4	30.3	0.840	40.41	33.96
2	37	1 290	1 295	5.0	30.3	13.7	0.921	30.60	28.18
2	38	1 319	1 325	6.0	40.0	20.0	0.929	49.98	46.44
2	39	1 334	1 338	4.0	29.7	18.9	0.747	26.98	20.16
2	40	1 448	1 451	3.0	24.5	17.5	0.643	17.51	11.25
2	41	1 482	1 491	9.0	42.0	0.0	1.296	52.49	68.02
2	42	1 515	1 519	4.0	22.0	11.8	0.704	18.77	13.21
2	43	1 539	1 547	8.0	32.4	6.1	0.915	42.81	39.17
2	44	1 597	1 605	8.0	34.8	0.0	1.208	38.66	46.70
2	45	1 662	1 675	13.0	76.1	0.0	1.626	137.41	223.43
2	46	1 689	1 694	5.0	22.8	0.0	1.269	15.86	20.13
2	47	1 753	1 757	4.0	41.6	27.2	0.995	38.23	38.04
2	48	1 804	1 807	3.0	47.9	35.2	1.177	34.59	40.70
2	49	1 823	1 828	5.0	35.2	20.1	0.836	38.37	32.08
2	50	1 870	1 873	3.0	59.2	49.5	0.904	45.29	40.92
2	51	1 895	1 898	3.0	72.9	62.0	1.010	56.23	56.80
2	52	1 907	1 910	3.0	66.4	57.4	0.828	51.58	42.69
2	53	1 918	1 921	3.0	60.0	52.1	0.727	46.71	33.95
2	54	1 951	1 954	3.0	79.7	72.1	0.697	63.26	44.10

表 B.1 WLTP 制动循环中的制动事件 (续)

阶段	制动事件	制动初始时间 s	制动结束时间 s	制动事件持续时间 s	初始速度 设定值 km/h	结束速度 设定值 km/h	减速度 m/s^2	制动距离 m	比摩擦功 J/kg
2	55	1 972	1 978	6.0	74.0	52.4	0.999	105.35	105.20
2	56	2 062	2 074	12.0	52.4	0.0	1.213	87.37	106.01
2	57	2 123	2 133	10.0	60.3	0.0	1.676	83.80	140.42
2	58	2 187	2 195	8.0	62.9	0.0	2.183	69.86	152.49
2	59	2 218	2 229	11.0	60.1	15.2	1.133	115.11	130.45
2	60	2 250	2 261	11.0	53.3	0.0	1.345	81.39	109.48
2	61	2 520	2 526	6.0	20.7	0.0	0.958	17.24	16.52
2	62	2 560	2 567	7.0	23.1	5.6	0.695	27.88	19.39
2	63	2 587	2 591	4.0	15.4	4.4	0.760	11.01	8.37
2	64	2 605	2 611	6.0	25.7	7.2	0.857	27.47	23.55
2	65	2 631	2 634	3.0	24.8	16.7	0.748	17.28	12.92
2	66	2 642	2 650	8.0	18.7	0.0	0.649	20.77	13.48
2	67	2 672	2 677	5.0	46.6	9.4	2.070	38.89	80.50
2	68	2 698	2 701	3.0	52.0	41.5	0.970	38.99	37.83
2	69	2 714	2 719	5.0	49.9	34.0	0.884	58.20	51.44
2	70	2 738	2 745	7.0	49.0	23.8	0.998	70.76	70.59
2	71	2 759	2 767	8.0	41.6	0.0	1.446	46.26	66.86
3	72	2 897	2 903	6.0	32.1	5.5	1.232	31.37	38.63
3	73	2 946	2 949	3.0	50.5	42.8	0.714	38.91	27.77
3	74	2 958	2 963	5.0	45.0	29.8	0.843	51.91	43.77
3	75	2 966	2 971	5.0	29.8	0.0	1.655	20.68	34.21
3	76	3 006	3 011	5.0	49.2	33.1	0.893	57.16	51.06
3	77	3 032	3 036	4.0	56.2	44.0	0.841	55.66	46.81
3	78	3 053	3 056	3.0	59.0	51.2	0.722	45.95	33.19
3	79	3 078	3 081	3.0	55.0	47.5	0.692	42.72	29.55
3	80	3 096	3 101	5.0	59.5	39.9	1.085	69.02	74.89
3	81	3 159	3 165	6.0	39.9	14.2	1.189	45.14	53.69
3	82	3 195	3 201	6.0	58.3	34.8	1.086	77.60	84.28
3	83	3 268	3 271	3.0	39.5	30.0	0.882	28.98	25.57

表 B.1 WLTP 制动循环中的制动事件（续）

阶段	制动事件	制动初始时间 s	制动结束时间 s	制动事件持续时间 s	初始速度 设定值 km/h	结束速度 设定值 km/h	减速度 m/s ²	制动距离 m	比摩擦功 J/kg
3	84	3 308	3 311	3.0	56.2	46.0	0.943	42.56	40.12
3	85	3 418	3 422	4.0	54.4	40.4	0.974	52.67	51.32
3	86	3 441	3 445	4.0	53.5	40.8	0.885	52.37	46.33
3	87	3 480	3 483	3.0	40.8	32.0	0.815	30.30	24.69
3	88	3 492	3 495	3.0	34.7	26.4	0.776	25.45	19.75
3	89	3 557	3 561	4.0	50.6	37.6	0.900	48.97	44.07
3	90	3 621	3 626	5.0	37.6	22.4	0.842	41.68	35.10
3	91	3 647	3 651	4.0	36.8	22.9	0.964	33.20	32.00
3	92	3 684	3 688	4.0	55.3	39.5	1.099	52.67	57.90
3	93	3 692	3 698	6.0	39.5	15.5	1.111	45.82	50.91
3	94	3 729	3 732	3.0	44.3	36.6	0.710	33.68	23.92
3	95	3 773	3 778	5.0	36.6	20.8	0.879	39.82	35.00
3	96	3 849	3 852	3.0	32.0	24.8	0.662	23.67	15.67
3	97	3 879	3 883	4.0	51.6	39.3	0.858	50.49	43.34
3	98	3 895	3 898	3.0	39.3	32.4	0.634	29.86	18.94
3	99	3 939	3 946	7.0	32.4	0.0	1.286	31.51	40.53
4	100	4 001	4 005	4.0	75.8	63.9	0.832	77.61	64.57
4	101	4 089	4 093	4.0	72.4	58.7	0.958	72.83	69.74
4	102	4 118	4 122	4.0	65.9	53.7	0.849	66.48	56.46
4	103	4 147	4 157	10.0	54.9	0.0	1.524	76.18	116.07
4	104	4 551	4 566	15.0	90.6	0.0	1.677	188.65	316.33
4	105	4 668	4 683	15.0	95.6	25.5	1.299	252.30	327.79
4	106	5 004	5 019	15.0	98.4	0.0	1.822	204.95	373.33
4	107	5 071	5 076	5.0	82.8	69.4	0.748	105.67	79.02
4	108	5 135	5 149	14.0	69.4	10.1	1.176	154.45	181.63
4	109	5 190	5 193	3.0	69.0	61.7	0.673	54.48	36.67
4	110	5 297	5 300	3.0	64.7	57.8	0.641	51.07	32.72
4	111	5 314	5 326	12.0	57.8	0.0	1.338	96.37	128.98
4	112	5 350	5 356	6.0	20.7	0.0	0.958	17.24	16.52

表 B.1 WLTP 制动循环中的制动事件 (续)

阶段	制动事件	制动初始时间 s	制动结束时间 s	制动事件持续时间 s	初始速度 设定值 km/h	结束速度 设定值 km/h	减速度 m/s^2	制动距离 m	比摩擦功 J/kg
4	113	5 390	5 397	7.0	23.1	5.6	0.695	27.88	19.39
4	114	5 417	5 421	4.0	15.4	4.4	0.760	11.01	8.37
4	115	5 435	5 441	6.0	25.7	7.2	0.857	27.47	23.55
4	116	5 461	5 464	3.0	24.8	16.7	0.748	17.28	12.92
4	117	5 472	5 480	8.0	18.7	0.0	0.649	20.77	13.48
5	118	5 514	5 524	10.0	41.8	0.0	1.160	57.99	67.25
5	119	5 554	5 557	3.0	34.6	27.3	0.680	25.79	17.53
5	120	5 571	5 581	10.0	43.5	0.0	1.207	60.36	72.87
5	121	5 624	5 629	5.0	30.0	13.6	0.913	30.29	27.67
5	122	5 647	5 656	9.0	37.0	0.0	1.140	46.19	52.67
5	123	5 749	5 753	4.0	41.2	29.5	0.812	39.29	31.89
5	124	5 789	5 792	3.0	29.5	18.0	1.066	19.80	21.10
5	125	5 795	5 800	5.0	18.0	0.0	1.000	12.50	12.50
5	126	5 814	5 817	3.0	29.5	22.1	0.677	21.50	14.55
5	127	5 820	5 824	4.0	22.1	8.1	0.974	16.81	16.37
5	128	5 844	5 849	5.0	16.9	0.0	0.939	11.74	11.03
5	129	5 965	5 968	3.0	14.4	3.5	1.007	7.44	7.49
5	130	6 074	6 078	4.0	56.4	41.2	1.061	54.21	57.52
5	131	6 081	6 088	7.0	41.2	13.9	1.083	53.47	57.93
5	132	6 175	6 180	5.0	56.4	41.3	0.835	67.83	56.64
5	133	6 208	6 213	5.0	58.0	39.6	1.020	67.74	69.09
5	134	6 248	6 252	4.0	39.6	22.3	1.199	34.40	41.23
5	135	6 320	6 330	10.0	26.7	0.0	0.741	37.06	27.46
5	136	6 872	6 876	4.0	105.2	90.4	1.028	108.66	111.67
5	137	6 898	6 901	3.0	102.2	91.6	0.977	80.77	78.89
5	138	6 930	6 932	2.0	94.6	87.2	1.039	50.50	52.46
5	139	6 953	6 957	4.0	87.2	72.3	1.031	88.60	91.36
5	140	6 977	6 981	4.0	84.8	73.8	0.766	88.11	67.49
5	141	6 999	7 005	6.0	87.8	69.0	0.871	130.61	113.79

表 B.1 WLTP 制动循环中的制动事件（续）

阶段	制动事件	制动初始时间 s	制动结束时间 s	制动事件持续时间 s	初始速度 设定值 km/h	结束速度 设定值 km/h	减速度 m/s ²	制动距离 m	比摩擦功 J/kg
5	142	7 069	7 074	5.0	69.0	50.2	1.039	82.77	86.04
5	143	7 114	7 117	3.0	83.5	71.3	1.128	64.49	72.72
5	144	7 177	7 182	5.0	71.3	53.5	0.991	86.64	85.81
5	145	7 201	7 205	4.0	80.0	66.0	0.974	81.14	78.99
5	146	7 346	7 349	3.0	66.0	56.7	0.859	51.14	43.94
5	147	7 381	7 388	7.0	83.9	42.5	1.642	122.89	201.73
5	148	7 442	7 455	13.0	73.8	24.4	1.056	177.40	187.36
5	149	7 490	7 496	6.0	24.4	0.0	1.130	20.34	22.99
5	150	7 518	7 522	4.0	22.9	13.5	0.651	20.19	13.15
5	151	7 534	7 537	3.0	23.0	15.4	0.702	16.02	11.24
5	152	7 548	7 551	3.0	19.0	12.2	0.631	12.99	8.19
5	153	7 561	7 567	6.0	18.8	0.0	0.869	15.65	13.61
5	154	7 704	7 709	5.0	37.9	24.4	0.750	43.29	32.47
5	155	7 748	7 752	4.0	24.4	14.9	0.661	21.85	14.44
5	156	7 769	7 774	5.0	45.3	25.9	1.075	49.44	53.15
5	157	7 795	7 800	5.0	40.6	25.4	0.849	45.84	38.91
5	158	7 817	7 822	5.0	37.2	20.8	0.913	40.30	36.78
5	159	7 883	7 889	6.0	26.3	0.0	1.215	21.88	26.58
5	160	7 907	7 913	6.0	53.4	28.2	1.167	67.98	79.34
5	161	7 941	7 947	6.0	42.6	19.0	1.093	51.27	56.01
5	162	7 973	7 979	6.0	57.1	31.8	1.170	74.11	86.70
5	163	8 064	8 069	5.0	50.0	24.4	1.422	51.67	73.48
5	164	8 081	8 088	7.0	58.2	29.9	1.123	85.65	96.14
5	165	8 120	8 123	3.0	29.9	21.2	0.803	21.31	17.10
5	166	8 168	8 174	6.0	32.6	0.0	1.507	27.13	40.88
6	167	8 413	8 418	5.0	21.2	9.5	0.653	21.29	13.91
6	168	8 421	8 425	4.0	9.5	0.0	0.656	5.25	3.45
7	169	8 552	8 560	8.0	35.1	5.5	1.028	45.06	46.32
7	170	8 609	8 614	5.0	16.5	0.0	0.915	11.44	10.47

表 B.1 WLTP 制动循环中的制动事件 (续)

阶段	制动事件	制动初始时间 s	制动结束时间 s	制动事件持续时间 s	初始速度 设定值 km/h	结束速度 设定值 km/h	减速度 m/s^2	制动距离 m	比摩擦功 J/kg
7	171	9 081	9 089	8.0	96.9	73.3	0.821	189.13	155.30
7	172	9 117	9 127	10.0	73.3	20.1	1.477	129.73	191.56
7	173	9 146	9 155	9.0	62.2	6.6	1.716	86.05	147.67
7	174	9 174	9 187	13.0	53.2	0.0	1.137	96.11	109.31
8	175	9 264	9 279	15.0	83.6	0.0	1.549	174.24	269.83
8	176	9 375	9 382	7.0	23.9	0.0	0.946	23.19	21.95
8	177	9 427	9 439	12.0	65.3	0.0	1.512	108.86	164.56
8	178	9 489	9 493	4.0	40.5	29.3	0.783	38.78	30.38
8	179	9 812	9 815	3.0	63.0	52.2	1.006	48.01	48.28
8	180	9 845	9 848	3.0	52.2	44.6	0.701	40.33	28.27
8	181	9 864	9 869	5.0	59.2	45.2	0.777	72.49	56.30
8	182	9 888	9 898	10.0	53.9	0.0	1.497	74.85	112.04
9	183	10 036	10 041	5.0	19.1	6.4	0.704	17.66	12.43
9	184	10 049	10 054	5.0	10.5	0.0	0.582	7.27	4.23
9	185	10 273	10 280	7.0	29.6	0.0	1.175	28.79	33.83
9	186	10 453	10 458	5.0	24.3	4.5	1.101	19.98	21.99
9	187	10 475	10 479	4.0	27.8	17.3	0.734	25.05	18.39
9	188	10 482	10 486	4.0	17.3	6.5	0.747	13.20	9.86
9	189	10 507	10 514	7.0	26.8	0.0	1.062	26.02	27.63
10	190	10 638	10 647	9.0	27.5	0.0	0.849	34.38	29.18
10	191	10 696	10 700	4.0	39.0	29.0	0.689	37.77	26.02
10	192	10 721	10 725	4.0	35.1	24.5	0.740	33.12	24.49
10	193	10 758	10 761	3.0	41.9	34.1	0.720	31.66	22.81
10	194	10 792	10 797	5.0	39.4	24.9	0.807	44.68	36.04
10	195	10 811	10 822	11.0	36.4	0.0	0.920	55.67	51.23
10	196	10 868	10 879	11.0	55.7	0.0	1.407	85.10	119.69
10	197	11 088	11 101	13.0	56.2	0.0	1.201	101.50	121.90
10	198	11 117	11 126	9.0	43.6	0.0	1.347	54.55	73.47
10	199	11 245	11 249	4.0	11.2	4.1	0.494	8.54	4.22

表 B.1 WLTP 制动循环中的制动事件（续）

阶段	制动事件	制动初始时间 s	制动结束时间 s	制动事件持续时间 s	初始速度 设定值 km/h	结束速度 设定值 km/h	减速度 m/s ²	制动距离 m	比摩擦功 J/kg
10	200	11 261	11 265	4.0	15.0	6.2	0.611	11.80	7.21
10	201	11 276	11 281	5.0	10.1	0.0	0.561	7.01	3.94
10	202	11 313	11 316	3.0	31.3	23.8	0.694	22.92	15.91
10	203	11 348	11 351	3.0	23.8	16.9	0.636	16.93	10.77
10	204	11 354	11 361	7.0	16.9	0.0	0.670	16.41	10.99
10	205	11 512	11 519	7.0	40.0	10.6	1.166	49.23	57.37
10	206	11 541	11 545	4.0	15.6	6.3	0.651	12.16	7.92
10	207	11 557	11 560	3.0	15.6	8.8	0.637	10.16	6.47
10	208	11 574	11 579	5.0	13.1	0.0	0.729	9.12	6.65
10	209	11 659	11 662	3.0	23.1	15.0	0.753	15.89	11.96
10	210	11 669	11 671	2.0	18.1	13.6	0.625	8.82	5.51
10	211	11 684	11 687	3.0	19.4	11.5	0.730	12.87	9.39
10	212	11 690	11 694	4.0	11.5	0.0	0.799	6.39	5.10
10	213	11 845	11 848	3.0	34.9	27.9	0.652	26.18	17.06
10	214	11 861	11 865	4.0	43.7	32.1	0.802	42.12	33.78
10	215	11 868	11 873	5.0	32.1	12.4	1.097	30.91	33.91
10	216	11 880	11 884	4.0	12.4	0.0	0.860	6.88	5.91
10	217	12 067	12 072	5.0	14.7	0.0	0.814	10.18	8.29
10	218	12 082	12 086	4.0	13.8	0.0	0.960	7.68	7.38
10	219	12 103	12 106	3.0	12.4	0.0	1.145	5.15	5.89
10	220	12 132	12 140	8.0	18.7	0.0	0.649	20.77	13.48
10	221	12 181	12 187	6.0	18.4	0.0	0.853	15.35	13.09
10	222	12 198	12 202	4.0	41.2	30.4	0.748	39.74	29.72
10	223	12 208	12 213	5.0	30.4	14.8	0.863	31.40	27.11
10	224	12 267	12 272	5.0	50.5	30.8	1.092	56.43	61.63
10	225	12 276	12 284	8.0	30.8	0.0	1.069	34.22	36.60
10	226	12 336	12 340	4.0	12.4	0.0	0.860	6.88	5.91
10	227	12 364	12 368	4.0	14.7	0.0	1.018	8.14	8.29
10	228	12 461	12 469	8.0	18.7	0.0	0.649	20.77	13.48

表 B.1 WLTP 制动循环中的制动事件（续）

阶段	制动事件	制动初始时间 s	制动结束时间 s	制动事件持续时间 s	初始速度 设定值 km/h	结束速度 设定值 km/h	减速度 m/s^2	制动距离 m	比摩擦功 J/kg
10	229	12 487	12 493	6.0	18.4	0.0	0.853	15.35	13.09
10	230	12 510	12 514	4.0	13.8	0.0	0.960	7.68	7.38
10	231	12 524	12 528	4.0	12.4	0.0	0.860	6.88	5.91
10	232	12 552	12 556	4.0	14.7	0.0	1.018	8.14	8.29
10	233	12 614	12 617	3.0	105.0	95.4	0.888	83.49	74.13
10	234	12 622	12 626	4.0	95.4	82.4	0.901	98.78	89.04
10	235	12 642	12 646	4.0	97.4	82.7	1.025	100.07	102.57
10	236	12 651	12 654	3.0	82.7	74.5	0.756	65.50	49.49
10	237	12 658	12 668	10.0	74.5	38.7	0.994	157.30	156.37
10	238	12 695	12 702	7.0	64.0	25.9	1.512	87.35	132.06
10	239	12 714	12 718	4.0	47.8	36.0	0.822	46.56	38.28
10	240	12 790	12 796	6.0	60.3	36.4	1.108	80.57	89.29
10	241	12 854	12 858	4.0	49.0	37.0	0.829	47.77	39.58
10	242	12 926	12 932	6.0	61.0	28.0	1.529	74.17	113.38
10	243	12 959	12 965	6.0	43.2	25.0	0.843	56.75	47.82
10	244	12 977	12 980	3.0	46.7	37.9	0.815	35.24	28.71
10	245	13 053	13 060	7.0	54.9	22.4	1.289	75.09	96.75
10	246	13 072	13 075	3.0	26.2	18.6	0.704	18.67	13.14
10	247	13 084	13 090	6.0	20.1	7.0	0.603	22.57	13.60
10	248	13 093	13 097	4.0	7.0	0.0	0.488	3.91	1.91
10	249	13 175	13 179	4.0	28.0	16.3	0.808	24.62	19.88
10	250	13 188	13 192	4.0	18.6	7.6	0.761	14.55	11.07
10	251	13 273	13 278	5.0	28.7	14.6	0.783	30.06	23.54
10	252	13 290	13 294	4.0	22.9	12.0	0.760	19.40	14.75
10	253	13 334	13 344	10.0	46.0	0.0	1.279	63.95	81.78
10	254	13 379	13 384	5.0	46.2	32.1	0.779	54.38	42.39
10	255	13 408	13 412	4.0	32.1	20.8	0.791	29.38	23.24
10	256	13 442	13 445	3.0	20.8	12.4	0.777	13.80	10.72
10	257	13 482	13 488	6.0	42.5	17.8	1.146	50.21	57.53

表 B.1 WLTP 制动循环中的制动事件（续）

阶段	制动事件	制动初始时间 s	制动结束时间 s	制动事件持续时间 s	初始速度 设定值 km/h	结束速度 设定值 km/h	减速度 m/s ²	制动距离 m	比摩擦功 J/kg
10	258	13 498	13 506	8.0	22.7	0.0	0.787	25.19	19.83
10	259	13 521	13 524	3.0	25.0	17.2	0.721	17.55	12.66
10	260	13 535	13 539	4.0	30.9	16.7	0.983	26.43	25.97
10	261	13 578	13 583	5.0	43.0	29.8	0.734	50.52	37.10
10	262	13 633	13 636	3.0	58.8	48.7	0.942	44.80	42.18
10	263	13 639	13 645	6.0	48.7	23.8	1.151	60.40	69.52
10	264	13 676	13 681	5.0	44.3	30.3	0.775	51.77	40.12
10	265	13 716	13 720	4.0	41.4	28.4	0.905	38.75	35.06
10	266	13 739	13 745	6.0	51.4	32.0	0.898	69.57	62.48
10	267	13 748	13 754	6.0	32.0	10.0	1.020	35.04	35.75
10	268	13 760	13 765	5.0	10.0	0.0	0.556	6.94	3.86
10	269	13 775	13 780	5.0	16.3	0.0	0.906	11.33	10.26
10	270	13 817	13 822	5.0	45.8	28.6	0.955	51.70	49.37
10	271	13 836	13 841	5.0	40.9	25.4	0.856	46.04	39.41
10	272	13 853	13 856	3.0	41.1	30.7	0.956	29.91	28.58
10	273	13 862	13 865	3.0	30.7	22.1	0.800	22.01	17.61
10	274	13 878	13 881	3.0	28.2	21.2	0.646	20.55	13.28
10	275	13 956	13 959	3.0	37.6	29.8	0.724	28.08	20.33
10	276	13 975	13 978	3.0	42.8	34.5	0.761	32.20	24.51
10	277	13 994	14 001	7.0	50.6	21.2	1.166	69.82	81.42
10	278	14 019	14 025	6.0	49.9	25.2	1.145	62.60	71.64
10	279	14 034	14 040	6.0	38.8	19.6	0.888	48.66	43.18
10	280	14 121	14 127	6.0	30.8	10.2	0.954	34.14	32.58
10	281	14 138	14 142	4.0	26.3	16.5	0.680	23.75	16.15
10	282	14 150	14 154	4.0	19.0	7.6	0.794	14.78	11.74
10	283	14 157	14 161	4.0	7.6	0.0	0.526	4.21	2.22
10	284	14 175	14 180	5.0	32.2	13.6	1.036	31.83	32.97
10	285	14 189	14 195	6.0	13.6	0.0	0.630	11.33	7.14
10	286	14 266	14 270	4.0	24.9	10.9	0.977	19.90	19.44

表 B.1 WLTP 制动循环中的制动事件（续）

阶段	制动事件	制动初始时间 s	制动结束时间 s	制动事件持续时间 s	初始速度 设定值 km/h	结束速度 设定值 km/h	减速度 m/s ²	制动距离 m	比摩擦功 J/kg
10	287	14 277	14 281	4.0	10.9	0.0	0.755	6.04	4.56
10	288	14 290	14 294	4.0	11.0	0.0	0.766	6.13	4.69
10	289	14 325	14 333	8.0	64.9	25.5	1.367	100.49	137.40
10	290	14 992	15 001	9.0	112.0	56.1	1.724	210.12	362.31
10	291	15 013	15 021	8.0	68.2	12.0	1.949	89.14	173.75
10	292	15 048	15 057	9.0	80.9	35.3	1.407	145.18	204.23
10	293	15 076	15 083	7.0	73.4	39.3	1.356	109.57	148.61
10	294	15 086	15 098	12.0	39.3	0.0	0.909	65.44	59.47
10	295	15 457	15 472	15.0	132.5	34.0	1.824	346.87	632.62
10	296	15 482	15 491	9.0	41.6	0.0	1.283	51.98	66.70
10	297	15 584	15 590	6.0	33.1	6.3	1.239	32.84	40.70
10	298	15 625	15 636	11.0	37.6	0.0	0.948	57.37	54.40
10	299	15 664	15 675	11.0	52.0	0.0	1.313	79.42	104.24
10	300	15 717	15 724	7.0	50.6	22.9	1.102	71.46	78.77
10	301	15 742	15 749	7.0	47.7	23.4	0.964	69.13	66.66
10	302	15 791	15 797	6.0	45.9	23.6	1.032	57.87	59.74
10	303	15 815	15 822	7.0	37.6	0.0	1.491	36.53	54.46

