



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 25979—2010/ISO 14791:2000

---

## 道路车辆 重型商用汽车列车和铰接客车 横向稳定性试验方法

Road vehicles—  
Heavy commercial vehicle combinations and articulated buses—  
Lateral stability test methods

(ISO 14791:2000, IDT)

2011-01-10 发布

2011-05-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会

发布

## 目 次

前言 .....	Ⅲ
引言 .....	Ⅳ
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 试验目的 .....	2
5 仪器设备 .....	3
6 试验条件 .....	5
7 试验方法 .....	5
8 数据分析及表述 .....	9
附录 A (规范性附录) 基本参数表 .....	12
附录 B (规范性附录) 试验结果的表述 .....	15
附录 C (资料性附录) 轨迹跟踪的技术及校对 .....	18
附录 D (资料性附录) 后部放大系数置信区间的计算 .....	21

## 前 言

本标准等同采用 ISO 14791:2000《道路车辆 重型商用汽车列车和铰接客车 横向稳定性试验方法》(英文版)。

本标准等同翻译 ISO 14791:2000。

为了便于使用,本标准做了下列编辑性修改:

- a) “本国际标准”一词改为“本标准”;
- b) 用小数点“.”代替国际标准中作为小数点的逗号“,”;
- c) 删除了国际标准的前言;
- d) 删除了目次第 5 章、第 6 章、第 7 章、第 8 章中的下一级目录;
- e) 部分规范性引用的标准: ISO 3833:1977、EC Council Directive No. 92/53/EEC. Annex II, Definition of vehicle categories and vehicle types. 修改为国家标准 GB/T 3730.1—2001、GB/T 15089—2001, 引用内容与国际标准无差异;
- f) 对本标准中公式的格式进行了调整。

本标准附录 A、附录 B 为规范性附录,附录 C、附录 D 为资料性附录。

本标准由中华人民共和国国家发展和改革委员会提出。

本标准由全国汽车标准化技术委员会(SAC/TC 114)归口。

本标准主要起草单位:中国公路车辆机械有限公司、交通部公路科学研究院、北京航空航天大学、吉林大学交通学院、常熟华东汽车有限公司。

本标准主要起草人:史书义、赵侃、刘献栋、裴志浩、王维、张红卫、李永福、董金松、宋尚斌、金明新、马知才。

## 引 言

重型商用汽车列车和铰接客车的行驶稳定性是汽车主动安全中非常重要的一部分。任一重型商用汽车列车、驾驶员以及主要环境因素组成的闭环系统都是唯一的。由于驾驶员、汽车、挂车和道路因素间的复杂相互作用,以及各因素自身的复杂性,因此评价重型商用汽车列车的行驶稳定性非常困难。对重型汽车列车行驶特性完整准确的描述必须包含由大量不同类型试验所得到的信息。

由于本标准只对汽车操控性领域中的小部分内容进行了量化,因此本标准规定的试验结果只对重型商用汽车列车和铰接客车的操控性能的一小部分有意义。

另外,试验结果仅适用于同一型式车辆单元组成的列车,而不能用以描述各车辆单元的行驶特性。

最后,由于重型货车列车的变型数量很大,任一货车列车都是唯一的,因此试验结果仅对试验车辆或列车有效,不能将其转移到类似的汽车列车上,特别是重型货车列车。



# 道路车辆

## 重型商用汽车列车和铰接客车

### 横向稳定性试验方法

#### 1 范围

本标准规定了重型商用汽车列车、货车与中置轴挂车组成的列车以及铰接客车的横向稳定性试验方法。本标准适用于总质量超过 3.5 t 的货车和挂车,以及总质量超过 5 t 的铰接客车,即依据 GB/T 15089 划分的  $N_2$ 、 $N_3$ 、 $O_3$ 、 $O_4$  和  $M_3$  类汽车。

试验方法中规定的驾驶操作不完全代表真实的行驶状况,但有助于评定重型汽车列车的横向稳定性。

#### 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 3730.1—2001 汽车和挂车类型的术语和定义(ISO/WD 3833:1999,MOD)

GB/T 3730.2—1996 道路车辆 质量 词汇和代码(idt ISO 1176:1990)

GB/T 15089—2001 机动车辆及挂车分类

ISO 8855:1991 道路车辆 汽车动力学和行驶稳定性 词汇

ISO 9815:1992 乘用车列车 横向稳定性试验

#### 3 术语和定义

ISO 8855、GB/T 3730.1 中确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

##### 3.1

**车辆单元 vehicle unit**

单独运行的刚性(非铰接)车辆元素,或刚性(非铰接)车辆元素与一辆或多辆刚性元素铰接的组合。例如牵引车、半挂车、半挂车联接架等。

##### 3.2

**后部放大系数 rearward amplification**

在规定的驾驶操作过程中,随动车辆单元运动变量的峰值与第一车辆单元运动变量的峰值之比。

##### 3.3

**轨迹偏移量 offtracking**

车辆前轴中线点轨迹与车辆其他部分中线点轨迹间的横向偏移量。

注 1: 见 8.3 中关于轨迹偏移量的确定方法。

注 2: 在单车道变换驾驶操作过程中,车辆部分结构的轨迹与车辆原预定轨迹的偏移量大于前轴轨迹与原预定轨迹的偏移量时,则称“在该点,车辆部分结构的轨迹‘过冲’前轴轨迹”;反之,则称“在该点,车辆部分结构的轨迹‘欠冲’前轴轨迹”。

##### 3.4

**零阻尼车速 zero-damping speed**

汽车列车自由横摆运动阻尼系数为零时的速度。

3.5

参考阻尼车速 reference-damping speed

汽车列车自由横摆运动阻尼系数为 0.05 时的速度。

3.6

中线点 centreline point

水平面与研究对象 X-Z 对称平面交线上的点,该点垂直位于研究对象的纵向参考位置下方。

注:对于车轴,纵向参考位置为车轮的旋转轴线。其他研究对象,应说明纵向参考位置。

3.7

横摆铰接角 yaw-articulation angle

在随动车辆单元坐标系中,前部车辆单元坐标系中 X 轴的横摆角,即两车辆单元坐标系中 X 轴间具有极性的夹角,其极性取决于在随动车辆单元坐标系中前部车辆单元的旋转方向。

注:横摆铰接角通常为相邻车辆单元间的夹角,但也可为不相邻车辆单元间的夹角。

4 试验目的

试验的主要目的是测定重型商用汽车列车和铰接客车的横向稳定性。

横向稳定性的特征参数为:

- 侧向加速度后部放大系数和横摆角速度后部放大系数;
- 动态轨迹偏移量;
- 零阻尼车速;
- 横摆阻尼,包括模态信息。

以上 4 个参数中,2 个后部放大系数和动态轨迹偏移量与受迫响应特性相关;零阻尼车速和横摆阻尼,与自由响应特性相关。

试验应测量的参数包括:

- 转向盘转角;
- 纵向车速;
- 第一车辆单元的横摆角速度和最后车辆单元的横摆角速度;
- 位于或低于前轮中心高度处的第一车辆单元前轴的侧向加速度,最后车辆单元质心处的侧向加速度;
- 车辆单元间的铰接角度或铰接角速度;
- 汽车列车轨迹偏移最大的车轴的轨迹偏移量。

为了深入理解汽车列车的行驶特性,还希望测量如下参数:

- 各车辆单元质心处的侧向加速度;
- 各车辆单元的横摆角速度;
- 各车辆单元的侧倾角,尤其是最后轴上方的侧倾角;
- 各车辆单元最后轴的侧向速度或侧偏角;
- 各车辆单元的动态轮荷;
- 汽车列车各轴的侧向速度;
- 汽车列车轨迹偏移最大点(车轴除外)的轨迹偏移量;

汽车列车的横向稳定性特征参数依据以下试验方法测定:

- 伪随机输入;
- 单车道变换;
- 脉冲输入。

伪随机输入试验用以测定最大后部放大系数,该试验方法可以测定基于频率的后部放大系数的完

整信息。

通过单车道变换试验可以确定在规定的驾驶操作条件下的后部放大系数和动态轨迹偏移量。单车道变换可以通过单一正弦转向盘转角输入或沿特定线路(该路线可以产生单一正弦侧向加速度输入)行驶实现。

注：通过伪随机输入方法和单车道变换方法测得的后部放大系数是不同的，两种测量方法有本质的区别。伪随机输入方法旨在得到频域范围内系统增益的全部表现，而单车道变换方法仅测定试验中由特定车道变换产生的分布频率造成的系统复合增益。

而且，两种车道变换方法所测得的结果应有所不同，因为两种情况下转向输入的频率内容不同。对于转向盘转角输入车道变换方法，转向角输入是确定的；而对于路线跟踪变换车道方法，侧向加速度输入是确定的。第一种方法中，侧向加速度取决于汽车列车的动态特性和转向系统特性，例如甩尾和随动性；第二种方法中，转向盘转角同样也取决于汽车列车的动态特性和转向系统特性。这样导致两种方法测得的系统复合增益是不同的。

脉冲输入试验用以测定零阻尼车速、横摆阻尼、横摆角速度比。

伪随机输入试验数据分析应在频域内进行，其他所有数据分析应在时域内进行。

选取的试验方法应在基本参数表(见附录 A)和试验结果的表述(见附录 B)中注明。

## 5 仪器设备

### 5.1 概述

采用适合的传感器对第 4 章中所列变量进行测量，并采用具有时基的多通道数据记录设备记录测量数据。表 1 列出了传感器和记录设备的典型工作范围和推荐的最大误差。

表 1 测量变量、典型工作范围和推荐的最大误差

变 量	典型工作范围	推荐的系统最大误差
转向盘转角	±180°	±2°
纵向车速	0~35 m/s	±0.3 m/s
侧向加速度	±15 m/s <sup>2</sup>	±0.15 m/s <sup>2</sup>
车辆单元间的铰接角	±30°	±0.3°
铰接角速度	±50°/s	±0.5°/s
横摆角速度	±50°/s	±0.5°/s
相对前轴中线点轨迹的各车轴中线点的侧向位移	±10 m	±0.05 m
轮荷	0 至额定轴荷	总量程值的±2%
侧倾角	±15°	±0.2°
侧向速度	±10 m/s	±0.2 m/s
侧偏角	±10°	±0.5°

表 1 中所列的某些测量变量的传感器既不易获得又不常用，许多试验设备需要使用者自己开发。对于开发的非标仪器，如果系统误差超过了推荐的最大值，则实际情况和系统误差应在基本参数表中注明。

### 5.2 传感器的安装

试验所需变量即可直接测量也可间接测量。若传感器不能直接测量所需变量，可对传感器信号进行适当的线位移和角位移修正以达到所需的精度水平。

测量侧向加速度的传感器应安装在簧载质量上。

此外，若第一车辆单元的前轴是实心轴，则测量该轴侧向加速度的传感器可安装在此轴上。在这种情况下，传感器将被安装在位于或低于车轮中心的位置，并且对于该传感器发出的信号不需修正与侧倾相关的误差。

5.3 信号处理

5.3.1 概述

试验相关的频率范围为:0 Hz 至最大使用频率  $f_{max}$  Hz ( $f_{max} = 2$  Hz)。依据所选择的信号处理方法,即模拟或数字处理,信号处理应符合以下要求。

5.3.2 模拟信号处理

由全部传感器和记录设备组成的系统带宽应不小于 8 Hz。

为了进行必要的信号滤波,应使用 4 阶或以上的低通滤波器。通带宽( $f_0$  处为 -3 dB)应不小于 8 Hz。0 Hz~2 Hz 频率范围内的幅值误差应小于  $\pm 0.5\%$ 。所有模拟信号应经滤波器处理,滤波器应具有足够相似的相位特性,确保在时间测量时由滤波器造成的延时差异在精度范围内。

注:不同频率内容的模拟信号在滤波时可能引起相移,因此适宜采用 5.3.2 所述的信号处理方法。

5.3.3 数字信号处理

5.3.3.1 模拟信号预处理

为了避免混淆,模拟信号数字化之前应进行滤波。因此采用 4 阶或以上低通滤波器进行滤波。通带宽( $f_0$  处为 -3 dB)应满足: $f_0 > 5f_{max}$ 。

抗混滤波器在使用频率 0 Hz 至  $f_{max}$  Hz 范围内的幅值误差应不大于  $\pm 0.5\%$ 。全部模拟信号应采用具有足够相似相位特性的抗混滤波器进行处理,确保在时间测量时由滤波器造成的延时差异在精度范围内。

在数据采集系统中应避免使用附加的滤波器。

信号的幅值与其数字化处理有关,幅值误差应小于 0.2%。

5.3.3.2 数字化

采样频率  $f_s$  应满足:在所有大于  $f_s - f_{max}$  的频率范围内,抗混滤波器的衰减应至少为 60 dB。

为了在相关 0 Hz 至  $f_{max}$  Hz 频率范围内不超过 0.5% 的幅值误差,采样频率  $f_s$  应至少为  $30f_{max}$ 。

5.3.3.3 数字滤波

为了对采样后的信号进行滤波,应采用无相移(零相位移)并符合以下特性要求(见图 1)的数字滤波器:

- 通带宽范围为 0 Hz~2 Hz;
- 阻带起始频率小于 6 Hz;
- 在通带上的滤波增益为  $1 \pm 0.005$  ( $100\% \pm 0.5\%$ );
- 在阻带上的滤波增益应小于 0.01 ( $< 1\%$ );
- 在通带和阻带间的滤波增益应尽可能快速降低。

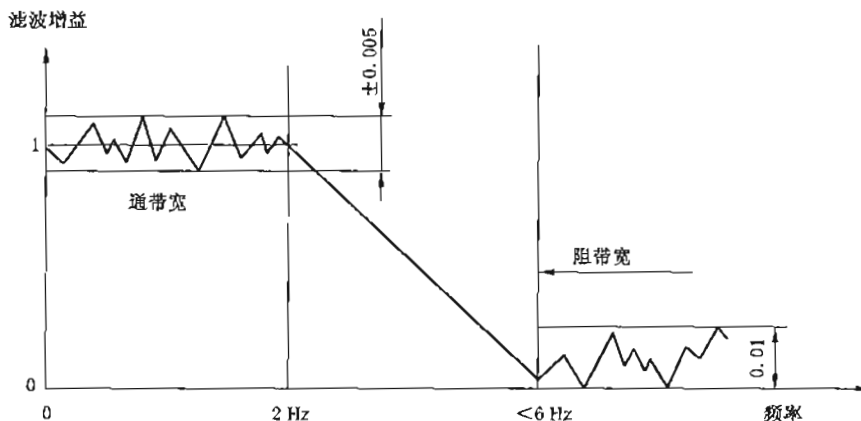


图 1 数字滤波器特性



## 6 试验条件

### 6.1 试验道路

所有的试验都应在统一的硬路面上进行,路面应干净整洁,且在任意方向 5 m 以内或大于 5 m 以内的坡度不超过 2%,车辆行驶轨迹方向 25 m 以内或大于 25 m 以内的坡度不超过 1%。作为标准试验条件,推荐采用平整干燥的沥青路面、水泥混凝土路面或高摩擦系数路面。

风速不超过 5 m/s,记录风速和风向。

试验路面宽度应不小于 8 m。在伪随机输入试验中,道路长度应满足能以试验车速行驶至少 30 s,试验道路还应包括加速和停车所需路段。

汽车列车的横摆阻尼对试验路面的纵向坡度敏感。当路面坡度达到最大允许值(1%)时,推荐试验在往返两方向进行,试验结果应按 8.4.2 中所述方法取平均值。

### 6.2 轮胎

作为标准试验条件,试验车辆的轮胎应至少磨合行驶 200 km,而且整个轮胎宽度上圆周面的轮胎花纹深度不应小于初始值的 90%。轮胎要按照生产企业的要求存储,且轮胎生产日期距试验时间应不超过两年。试验报告中应注明所有轮胎的生产日期。

试验过程中,任一轮胎花纹深度磨损量应不大于 2 mm,花纹深度和磨损情况应在试验报告中注明。

轮胎气压应符合生产企业按照试验车辆配置和环境温度所规定的气压值。冷态气压值允许误差范围不超过规定值的 2%。

由于轮胎花纹深度对试验结果有明显影响,故在进行车辆对比或轮胎对比试验时,应充分考虑轮胎花纹深度的影响。

### 6.3 车辆运行系统部件

检查所有可能影响到试验结果的车辆运行系统部件(如减震器、弹簧以及悬架)是否符合车辆使用说明书的要求,并进行正确调整和紧固。记录检查结果,尤其是与车辆使用说明书存在偏差的数据应记录在基本参数表中。

### 6.4 载荷

#### 6.4.1 一般要求

试验车辆载荷不允许超过车辆生产企业的最大设计总质量和最大设计轴荷。

车辆的轴荷、质心高度、总质量以及横摆转动惯量都影响试验结果。所有的这些参数都应在试验报告中说明。

试验时的车辆质心位置和转动惯量应尽可能代表车辆正常使用时的载荷条件。

#### 6.4.2 最大载荷

最大载荷质量由车辆整车整备质量加上其最大装载质量组成,载荷分配应保证任一轴荷不超过其最大允许值。装载载荷的质心高度和载荷分布应能反映所研究车辆的使用状况,且记录并确定质心位置三维坐标及横摆转动惯量。最大载荷是标准试验条件。

#### 6.4.3 最小载荷

最小载荷质量由各车辆单元整车整备质量加上仪器设备的质量组成。第一车辆单元质量还应包括驾驶员质量、仪器操作员和观测员的质量。最小载荷是可选试验条件。

#### 6.4.4 其他载荷

鼓励采用代表特殊运输条件下的其他载荷。

## 7 试验方法

### 7.1 预热

试验前试验车辆应以试验车速预热行驶至少 10 km。

## 7.2 试验车速

除了7.6中的脉冲输入外,根据车辆的用途,全部试验都应在80 km/h、90 km/h或100 km/h车速下进行,对最高车速低于80 km/h的车辆以最高车速作为试验车速。鼓励在更高车速下进行试验。

每次试验时,试验车辆的平均车速相对于目标车速的误差为 $\pm 2$  km/h,瞬时车速相对于目标车速的误差为 $\pm 3$  km/h。

## 7.3 侧向加速度

在所有试验驾驶操作中,推荐第一车辆单元侧向加速度的最大值为 $2 \text{ m/s}^2$ ,但为了防止最后车辆单元的响应不超过估计倾翻极限的75%,以及不超过轮胎摩擦极限的75%,可以适当降低该侧向加速度值。对于伪随机输入试验,为了确保所有车辆单元的响应为线性模式,可进一步降低该值。

推荐逐渐增加侧向加速度,并且在最后车辆单元安装支架以防止侧翻。

## 7.4 伪随机输入

以试验车速驾驶试验车辆,并对转向盘施加连续转角输入,直至预先确定的转向盘转角限值。此限值由侧向加速度决定,在该侧向加速度范围内汽车列车各单元具有线性特性。

转角输入时,不允许使用任何转向盘转角机械限位装置,因为这会影响转角输入的谐波。转角输入的连续性也很重要,否则转角输入的相对静态时段会严重降低信噪比。

转角输入的频率范围应从0.1 Hz到实际可行的较高频率(至少应达到1.0 Hz)。为了确保输入信号包含足够的高频成分,转角输入应剧烈。输入频率和振幅应随机多样。

为了确保采集足够多的试验数据,数据采集应至少在12 min以上(置信区间明显需要较长或较短数据采集时间的情况除外)。理想条件下,试验应连续进行,但考虑到两个实际原因难以实现该操作:首先,试验道路长度不允许连续行驶;第二,用来分析数据的计算机存储容量不足,难以一次处理全部数据,因此允许采用一系列较短数据采集时间(至少30 s)进行试验。

## 7.5 单车道变换

### 7.5.1 概述

在进行车道变换前,试验车辆以试验车速直线行驶,横摆角速度应在 $0 \pm 0.5^\circ/\text{s}$ 范围内。

试验应在最少三个频率下进行,最大频率间隔为0.1 Hz,试验频率的选择应满足:任一频率下的后部放大系数均未达到最大值。

在任一车速和频率组合条件下,应至少进行三组有效试验。根据需要可进行附加试验。

推荐左转、右转都进行试验。

### 7.5.2 单一正弦转角输入

以预先确定的转向盘转角幅值,对试验车辆施加一个完整的转向盘转角正弦输入,然后保持转向盘在中间位置5秒。允许幅值误差为标准正弦波第一波峰值的5%。为了得到准确和重复性好的试验结果,推荐使用转向机器人,并应高度注意试验安全。

### 7.5.3 单一正弦侧向加速度输入

试验车辆跟踪标记好的试验路线行驶,确保前轴所选参考点与试验路线所确定的行驶轨迹的偏移量不超过 $\pm 0.15 \text{ m}$ 。第一车辆单元前轴侧向加速度平均峰值的样本标准偏差应不大于 $0.2 \text{ m/s}^2$ ,且峰值偏差应不超过目标侧向加速度值的10%。

试验路线由以下部分组成:预备直线路段、初始直线路段、试验路段以及驶出路段,如图2所示。试验路面上应标记出预定的试验路线以便进行路线跟踪和轨迹偏移量的测量。路线跟踪的驾驶技术和路线跟踪的校对方法以及轨迹偏移量的测量方法见附录C。

在 $x-y$ 坐标系(单位:m)中,试验路段所确定的最大侧向加速度 $a_y$ (单位: $\text{m/s}^2$ )、试验车速 $v$ (单位:m/s)以及频率 $f$ (单位:Hz)的关系如以下公式所示:

$$y = \frac{a_y}{(2\pi f)^2} \left[ 2\pi f \frac{x}{v} - \sin\left(2\pi f \frac{x}{v}\right) \right]$$

注：与目标轨迹的偏差可能导致试验结果与理想轨迹试验结果有很大不同，尤其在高频条件下。因此，如果使用转向机器人，单车道变换试验推荐采用单一正弦转角输入。

单位为米

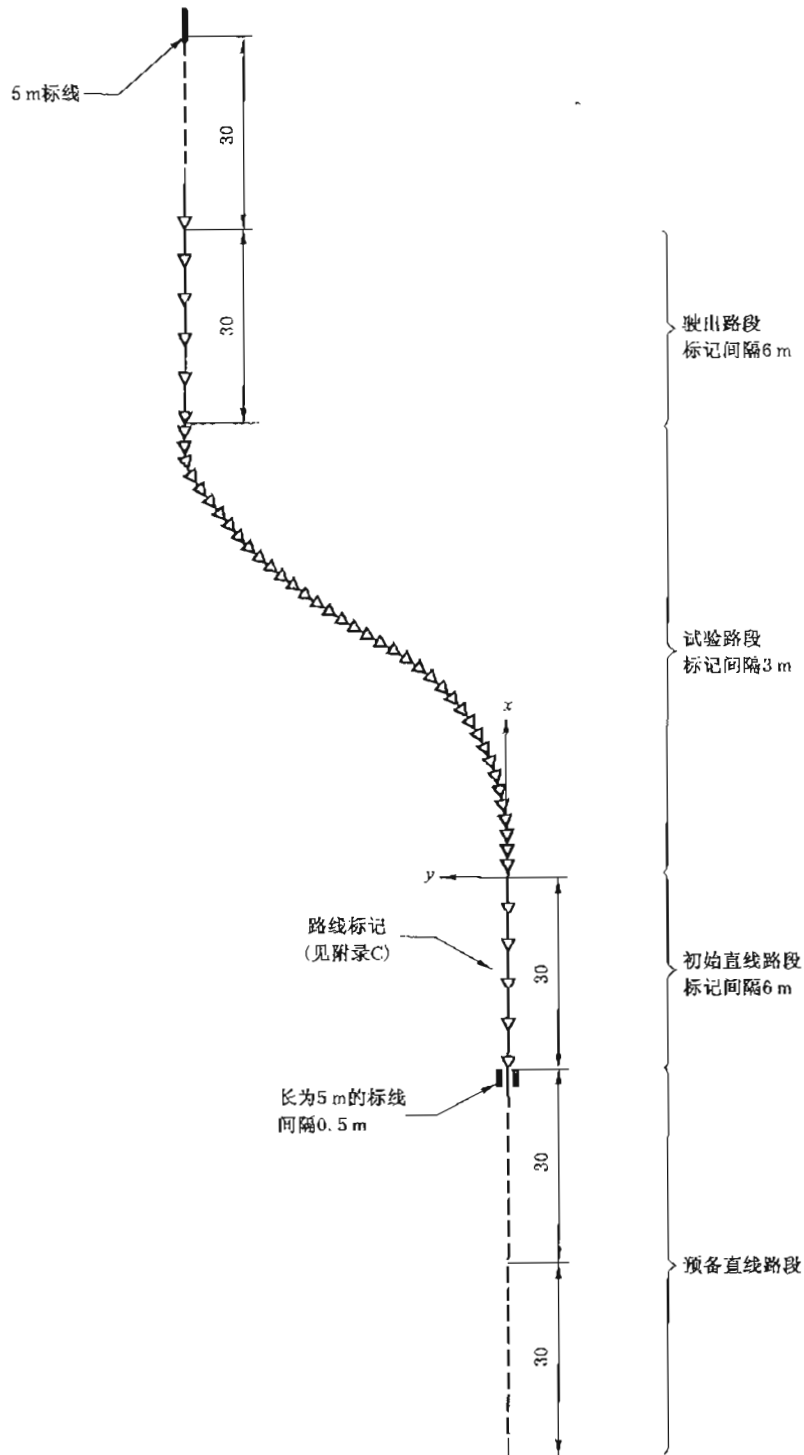
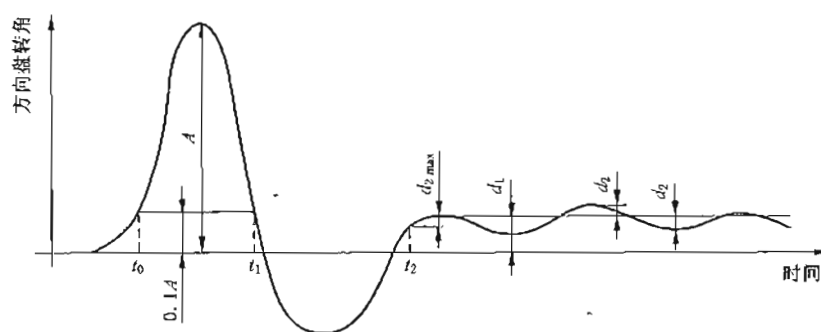


图 2 试验路线示意图





b) 带修正的转向盘转角-时间曲线

图 3 (续)

$t_2$  时刻的确定:  $t_2$  时刻后, 转向盘转角保持在允许限值范围(即  $\pm d_{2\max}$ ) 之内。

$t_2$  时刻后, 转向盘转角与向前直线行驶位置的平均偏差  $d_1$  不超过初始脉冲转角幅值的 10%,  $d_2$  不超过初始脉冲转角幅值的 5%。

## 8 数据分析及表述

### 8.1 初步分析

显示并检查所记录的时域信号。剔除不满足纵向车速、侧向加速度或认为不具有代表性的数据。因为数据的零点偏差难以剔除, 故应仔细选取信号的零值。

### 8.2 后部放大系数

#### 8.2.1 概述

在标准试验条件下, 确定第一车辆单元与最后车辆单元间侧向加速度和横摆角速度的后部放大系数。伪随机输入试验和单车道变换方法得到试验结果会存在差异。两种单车道变换方法得到的结果之间也会存在差异。

#### 8.2.2 伪随机输入

对转向盘转角时间历程进行频谱分析。频率成分应足够多。频谱中最大转向盘转角与最小转向盘转角的比值推荐应不大于 4:1。

建立相干函数。如果汽车列车在某一范围内运行, 在该范围内车辆表现出线性特性并且信号中无外部噪声出现, 则说明相干系数近似等于 1。如果在最大后部放大系数附近频率下的相干系数大于等于 0.95, 则试验结果可以接受。

计算最后车辆单元与第一车辆单元信号间的频率响应函数的增益。如果用一系列较短时间试验代替长时间行驶试验, 则计算结果取平均值。

最大后部放大系数是最大增益, 并确定最大增益发生时的频率。

绘制增益、相干系数、转向盘的振幅与频率的关系曲线。在报告中应注明频率分辨率  $B_c$ 、测量时间  $t_{01}$  和记录长度, 见附录 B。

#### 8.2.3 单车道变换

采用符合 5.3.3.3 特性要求的数字滤波器对采样后的信号进行滤波。

在信号的时间历程中确定信号的最大值。每一车辆单元的最大值是峰值绝对值的最大值。

后部放大系数是最后车辆单元与第一车辆单元最大值的比值。每次可接受的试验都应计算和存储后部放大系数。分别对每一试验车速和频率组合的后部放大系数确定置信度为 95% 的置信区间。结果按以下形式。

$$RA_{f,v} = \overline{RA}_{f,v} \pm HI(\overline{RA}_{f,v}) \text{ (95\% 置信度)}$$

式中:

$RA_{f,v}$ ——特定速度( $v$ )和频率( $f$ )组合下的后部放大系数;

$\overline{RA_{f,v}}$ ——特定车速和频率组合下每次试验的后部放大系数的平均值;

$HI(\overline{RA_{f,v}})$ ——该平均值置信度为 95% 的置信区间半宽(见附录 D)。

特定车速下的最大后部放大系数  $RA_{\max,v}$ , 为相应的置信区间内  $\overline{RA_{f,v}}$  的最大值, 由该车速下所有频率试验结果确定。

确定所有试验速度下的最大后部放大系数、相应的置信区间以及相关参数时间历程, 并在报告中注明(见附录 B)。

### 8.3 轨迹偏移

在单车道变换试验中, 测定前轴中线点轨迹与最后车辆单元轨迹偏移最大的车轴中线点轨迹间的侧向位移( $y_E$  方向), 用以确定瞬时轨迹偏移量和最大轨迹偏移量。若最后车辆单元轨迹未“过冲”第一车辆单元轨迹, 则记录最大“欠冲”量。

### 8.4 零阻尼车速和横摆阻尼

#### 8.4.1 铰接角振动阻尼

采用符合 5.3.3.3 特性要求的数字滤波器对采样后的信号进行滤波。

在铰接角或铰接角速度时间历程中确定第三个(包括第三个)振幅以后的所有振幅(见图 4), 如果第三个振幅前的过零点出现在  $t_2$ (见 7.6.5)时刻以前, 则取下一峰值为  $A_1$ 。

应用下式分别计算每一铰接点的振幅比平均值  $r$ :

$$r = \frac{1}{n-2} \left( \frac{A_1 + A_2}{A_2 + A_3} + \frac{A_2 + A_3}{A_3 + A_4} + \frac{A_3 + A_4}{A_4 + A_5} + \dots + \frac{A_{n-2} + A_{n-1}}{A_{n-1} + A_n} \right)$$

$A_{n-1} + A_n$  值至少为  $A_1 + A_2$  值的 10%。

$r$  值的计算应根据至少 7 个振幅, 但在第 7 个振幅之前达到 10% 的限值要求的情况除外。

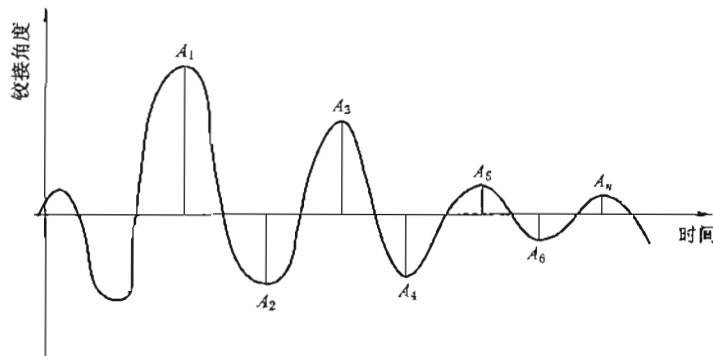


图 4 幅值的确定

通过下式计算阻尼系数  $D$ :

$$D = \frac{\ln(r)}{\sqrt{\pi^2 + [\ln(r)]^2}}$$

绘制阻尼系数与车速的函数关系曲线, 见附录 B。

汽车列车的阻尼系数取各铰接点阻尼系数的最小值。

#### 8.4.2 零阻尼车速

零阻尼车速  $v_{d0}$  可由阻尼系数与试验车速线性拟合曲线确定, 线性拟合公式如下:

$$D = C_1 + C_2 v_{d0} = 0$$

式中:

$v_{d0}$ ——零阻尼车速, 单位为千米每小时(km/h);

$C_1, C_2$ ——拟合系数。

则零阻尼车速  $v_{zd}$  按下式计算:

$$v_{zd} = -\frac{C_1}{C_2}$$

应以曲线拟合所得零阻尼车速的 90% 的速度至少进行三次试验(见 7.6.4)。如果不满足条件或由于安全原因,以 90% 零阻尼车速行驶是不可行的,则在试验结果的表述中不应出现零阻尼车速。

如果由于试验道路纵向坡度的影响,试验在两个方向上进行,则取两个方向阻尼系数的平均值进行线性曲线拟合。

#### 8.4.3 参考阻尼车速

参考阻尼车速为横摆阻尼系数等于 0.05 时的车速,参照零阻尼车速的确定方法,按下式计算:

$$v_{0.05} = \frac{0.05 - C_1}{C_2}$$

#### 8.4.4 参考车速阻尼

参考车速阻尼为车速为 80 km/h 时的阻尼系数。按下式计算:

$$D_{80} = C_1 + 80C_2$$

#### 8.5 横摆角速度比

测量汽车列车各单元的横摆角速度,按下式计算车辆单元间的横摆角速度比:

$$R_{i/k} = \frac{1}{n-1} \left( \frac{\Psi_{k,1} + \Psi_{k,2}}{\Psi_{i,1} + \Psi_{i,2}} + \frac{\Psi_{k,2} + \Psi_{k,3}}{\Psi_{i,2} + \Psi_{i,3}} + \dots + \frac{\Psi_{k,n} + \Psi_{k,n}}{\Psi_{i,n} + \Psi_{i,n}} \right)$$

式中:

$R_{i/k}$ ——第  $i$  车辆单元与第  $k$  车辆单元间的横摆角速度比;

$\Psi_k$ ——第  $k$  车辆单元的横摆角速度;

$\Psi_i$ ——第  $i$  车辆单元的横摆角速度。

横摆角速度振幅的确定参见 8.4.1 和图 4。

附录 A  
(规范性附录)  
基本参数表

汽车列车类型: \_\_\_\_\_

车辆单元编号: \_\_\_\_\_

汽车类型: \_\_\_\_\_

车辆识别代码: \_\_\_\_\_

生产企业、年份、车型、类型: \_\_\_\_\_

里程表读数: \_\_\_\_\_

1 轴 (前轴):

悬架类型: \_\_\_\_\_

轮胎:

生产企业: \_\_\_\_\_

生产日期: \_\_\_\_\_

尺寸: \_\_\_\_\_

花纹深度: \_\_\_\_\_

初始花纹深度: \_\_\_\_\_

车轮数量: \_\_\_\_\_

轮距: \_\_\_\_\_ m

轮辋尺寸: \_\_\_\_\_

转向类型(传动比): \_\_\_\_\_

驱动类型: \_\_\_\_\_

$n$  轴:

悬架类型: \_\_\_\_\_

轮胎:

生产企业: \_\_\_\_\_

生产日期: \_\_\_\_\_

尺寸: \_\_\_\_\_

花纹深度: \_\_\_\_\_

初始花纹深度: \_\_\_\_\_

车轮数量: \_\_\_\_\_

轮距: \_\_\_\_\_ m

轮辋尺寸: \_\_\_\_\_

转向类型(传动比): \_\_\_\_\_

驱动类型: \_\_\_\_\_

轮胎充气压力(kPa):



冷态	1 轴:	$n$ 轴:
热态, 预热后	1 轴:	$n$ 轴:
热态, 试验后	1 轴:	$n$ 轴:

轴距:

1 轴—2 轴: \_\_\_\_\_ m

( $n-1$ ) 轴— $n$  轴: \_\_\_\_\_ m

1 轴至后部连接装置的距离: \_\_\_\_\_ m

1 轴至前部连接装置的距离: \_\_\_\_\_ m

连接装置离地高度 (装载状态下): \_\_\_\_\_ m

其他参数 (尤其与悬架相关参数): \_\_\_\_\_

车辆载荷:

整备质量:

1 轴: 左轮: \_\_\_\_\_ kg 右轮: \_\_\_\_\_ kg

$n$  轴: 左轮: \_\_\_\_\_ kg 右轮: \_\_\_\_\_ kg

试验时质量:

1 轴: 左轮: \_\_\_\_\_ kg 右轮: \_\_\_\_\_ kg

$n$  轴: 左轮: \_\_\_\_\_ kg 右轮: \_\_\_\_\_ kg

前部连接装置静态载荷: \_\_\_\_\_ N

后部连接装置静态载荷: \_\_\_\_\_ N

质心离地高度: \_\_\_\_\_ m

横摆转动惯量: \_\_\_\_\_  $\text{kg} \cdot \text{m}^2$

侧向加速计安装位置:

高度: \_\_\_\_\_ m

1 轴以下的距离/与前部连接装置的距离: \_\_\_\_\_ m

装载载荷的描述: \_\_\_\_\_

试验条件:

试验道路: \_\_\_\_\_

路面描述: \_\_\_\_\_

横向坡度: \_\_\_\_\_ %

纵向坡度: \_\_\_\_\_ %

天气条件:

温度: \_\_\_\_\_  $^{\circ}\text{C}$

风速: \_\_\_\_\_ m/s

风向 (与试验车辆行驶方向夹角): \_\_\_\_\_  $^{\circ}$

侧偏角和侧向车速的参考点: \_\_\_\_\_

试验方法:

时域: \_\_\_\_\_

频域: \_\_\_\_\_

试验人员：

驾驶员： \_\_\_\_\_

观察员： \_\_\_\_\_

数据分析员： \_\_\_\_\_

备注： \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

附录 B  
 (规范性附录)  
 试验结果的表述

B.1 后部放大系数

B.1.1 伪随机输入

纵向车速 = \_\_\_\_\_ km/h

分辨率带宽 = \_\_\_\_\_ Hz

总测量时间 = \_\_\_\_\_ s      记录长度 = \_\_\_\_\_ s

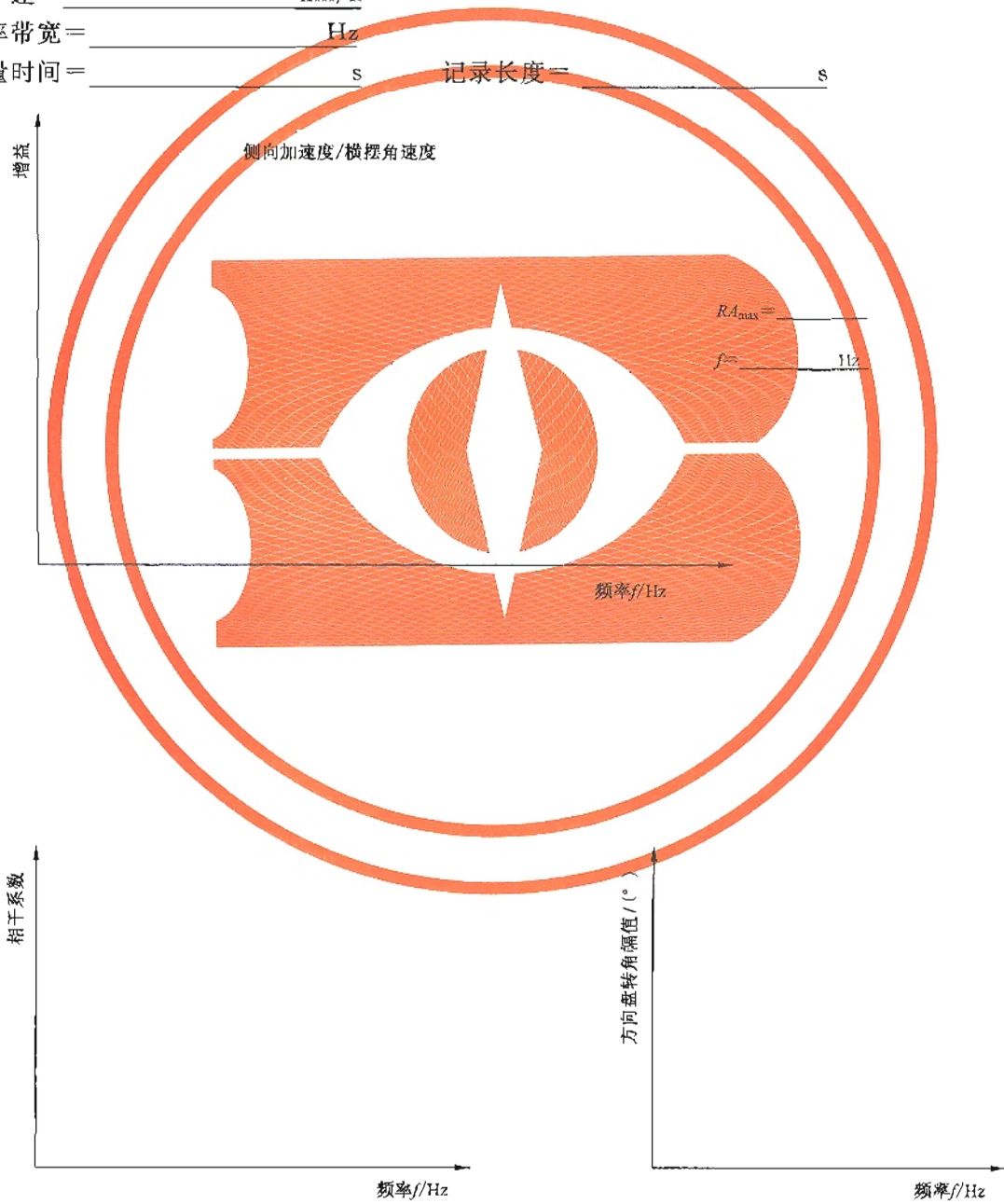


图 B.1

B.1.2 单车道变换

单一正弦转角输入/轨迹跟踪侧向加速度输入

纵向车速 = \_\_\_\_\_ km/h

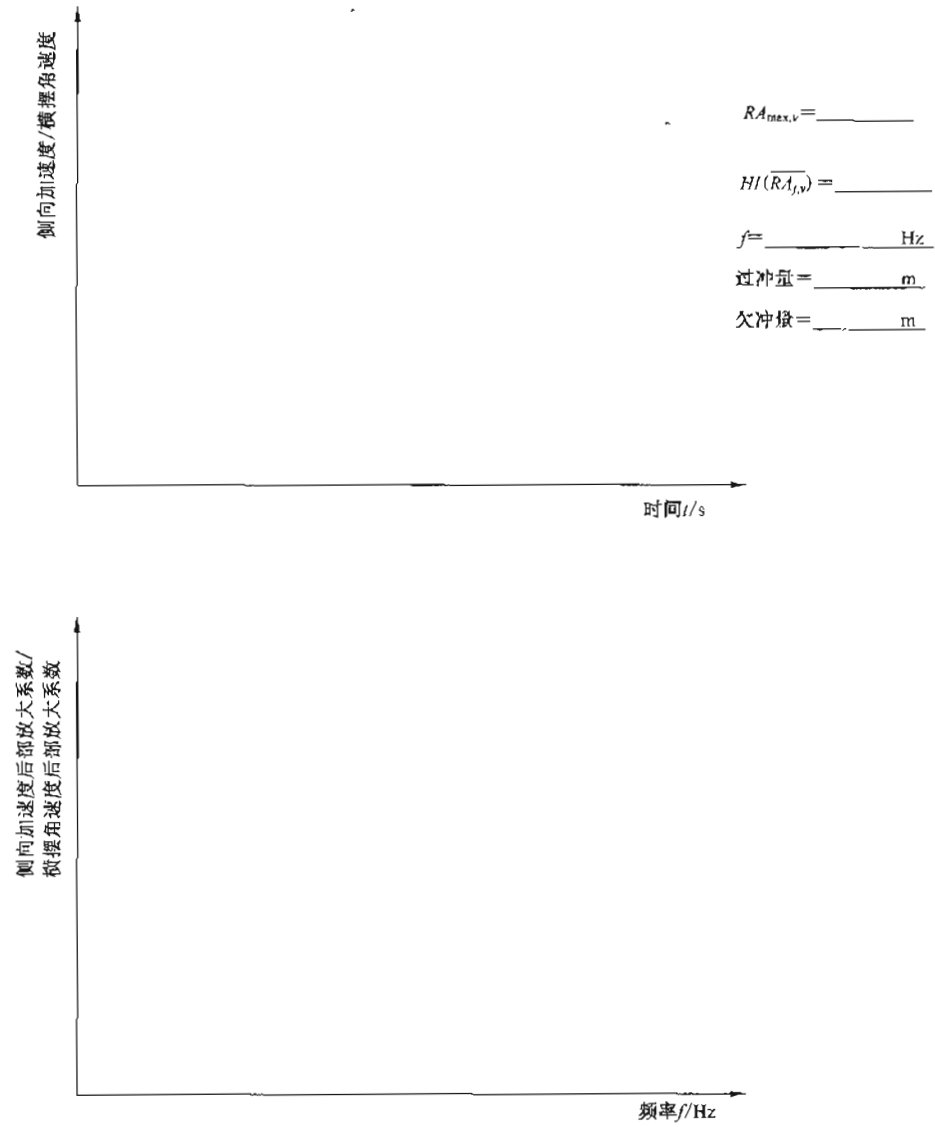


图 B.2

铰接角阻尼/铰接角速度阻尼

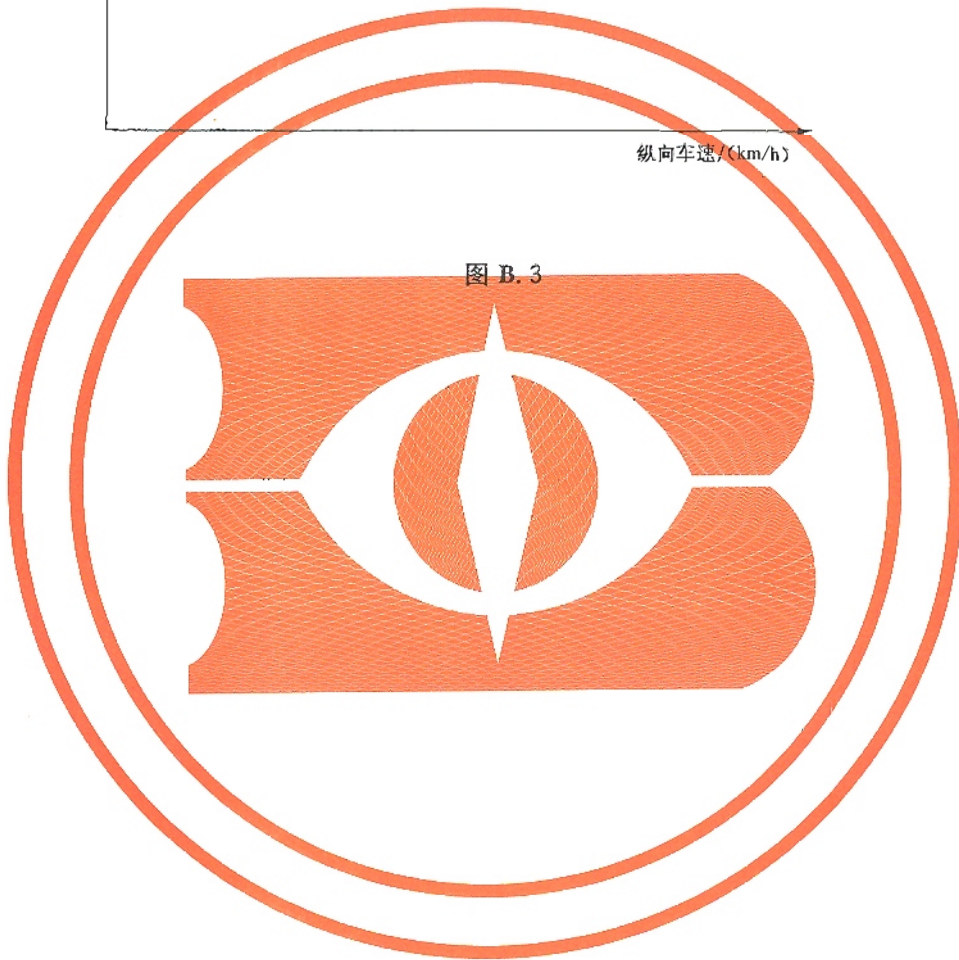
$v_{zd} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ km/h}$

$v_{b.05} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ km/h}$

$D_{80} = \underline{\hspace{2cm}}$

纵向车速/(km/h)

图 B.3



附 录 C  
(资料性附录)  
轨迹跟踪的技术及校对

### C.1 概述

本附录介绍了一种简单的轨迹跟踪方法和设备,该方法可用于:

- a) 辅助驾驶员跟踪单车道变换试验所要求的路线;
- b) 校对前轴的实际轨迹,使之符合试验要求。

该系统还可用于测量车辆后轴相对于前轴的最大轨迹偏移量。

### C.2 驾驶技术

本标准 7.5.3 给出了试验路线的定义。试验路线可以采用图 C.1 所示薄板进行标记。标记形成的线形可辅助驾驶员保持按规定试验路线驾驶试验车辆时的侧向位移误差在限值范围内。标记的侧向尺寸等于试验车辆第一轴所允许的侧向位移误差。

驾驶员可以在挡风玻璃或其他位置设置标记(例如胶带),辅助驾驶员将试验车辆与规定的试验线路始终对准。驾驶员可在试验道路上进行必要的练习,熟练掌握路线跟踪驾驶技能。

### C.3 校对

试验过程中,采用简单的喷水系统标记出车辆第一轴和最后一轴的运行轨迹。该系统通过安装在车轴上的喷嘴直接将水柱喷射到试验路面上,并可在路面上留下标明车轴运行轨迹的清晰的水印。通过安装在第一轴和最后一轴的喷嘴,可以确定第一轴运动轨迹以及最后一轴相对第一轴的轨迹偏差。该系统的喷水量可调,保证水印持续足够长的时间以便进行测量,但水印也应能迅速蒸发,以便重复使用相同试验路线时不与先前的水印混淆。

### C.4 系统硬件

系统在一个车轴上布置的示意图如图 C.2 所示,系统基于便携式手动气泵喷水装置的硬件改装而成。

喷水装置的储液筒经改装后在水面上部设置压缩空气的入口和安全泄压阀,调压后的压力由入口输入。

输出管路可以设置电磁阀,在驾驶室里通过开关按钮控制安装在前、后轴输出管路中的电磁阀。

### C.5 前轴喷水系统的校正

在试验路面上按直线布置一系列的路线标记。驾驶员以较低车速驾驶试验车辆在标记上方直线行驶,驾驶员感觉车辆完全对准路线标记后在某一标记垂直上方停车,调整喷嘴的侧向位置使之对准该标记的中心位置。

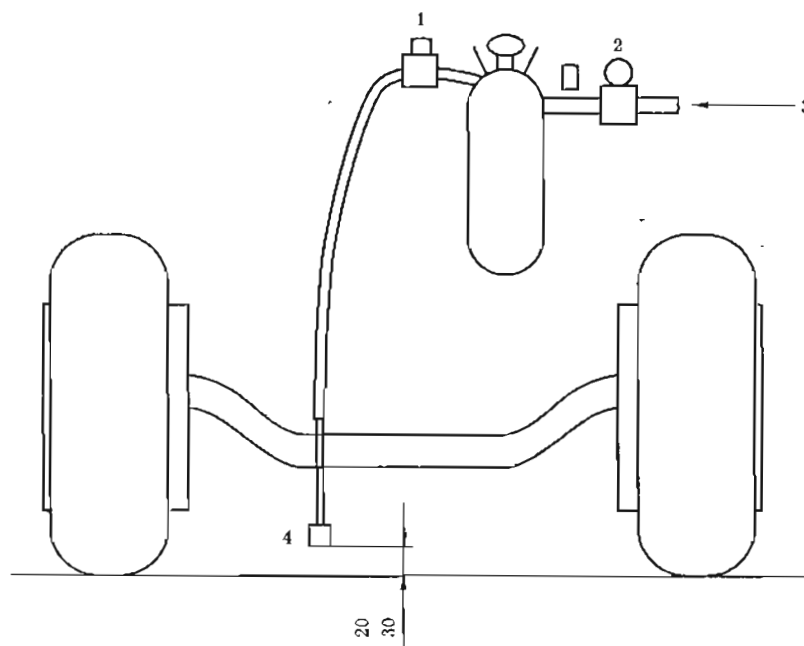
然后,试验车辆以试验车速在标记好的路线上直线行驶,同时开启喷水装置。如果需要,可调整喷嘴的侧向位置使水印的位置在路线标记的中心。

校正完毕后,如果前轴水印通过每个试验路线标记的一部分则认为试验是有效的。

### C.6 后轴喷水系统的校正

在车辆直线行驶时,确定第一轴水印与最后一轴水印间的偏移量,目的并不是要求两水印完全重

单位为毫米



- 1—电磁阀；
- 2—调压器及安全泄压阀；
- 3—压缩空气；
- 4—喷嘴。

图 C.2 车轴轨迹标记系统

附录 D

(资料性附录)

后部放大系数置信区间的计算

特定车速和频率组合下的后部放大系数的平均值按式(D.1)计算:

$$\overline{RA}_{f,v} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n RA_{f,v,i} \dots\dots\dots (D.1)$$

标准差由式(D.2)计算:

$$S_{f,v} = \left[ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (RA_{f,v,i} - \overline{RA}_{f,v})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (D.2)$$

平均值置信度为 95% 的置信区间的半宽由式(D.3)计算:

$$HI(\overline{RA}_{f,v}) = t_{95} \cdot S_{f,v} \dots\dots\dots (D.3)$$

式中:

- $n$ ——特定速度  $v$  和频率  $f$  下的试验次数;
- $RA_{f,v,i}$ ——速度  $v$  和频率  $f$  下第  $i$  次试验得到的后部放大系数;
- $t_{95}$ —— $n$  由 3 到 10 所对应的  $t_{95}$  值如表 D.1 所示;

表 D.1

$n$	3	4	5	6	7	8	9	10
$t_{95}$	4.303	3.182	2.776	2.571	2.477	2.365	2.306	2.262



中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准  
道 路 车 辆

重 型 商 用 汽 车 列 车 和 铰 接 客 车  
横 向 稳 定 性 试 验 方 法

GB/T 25979—2010/ISO 14791:2000

\*

中 国 标 准 出 版 社 出 版 发 行  
北 京 复 兴 门 外 三 里 河 北 街 16 号  
邮 政 编 码 : 100045

网 址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)

电 话 : 68523946 68517548

中 国 标 准 出 版 社 秦 皇 岛 印 刷 厂 印 刷  
各 地 新 华 书 店 经 销

\*

开 本 880×1230 1/16 印 张 1.75 字 数 38 千 字

2011 年 4 月 第 一 版 2011 年 4 月 第 一 次 印 刷

\*

书 号 : 155066 · 1-41991 定 价 27.00 元

如 有 印 装 差 错 由 本 社 发 行 中 心 调 换  
版 权 专 有 侵 权 必 究

举 报 电 话 : (010)68533533



GB/T 25979-2010