

# 中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

## 乘用车自由转向特性转向脉冲开环试验方法

Passenger cars free-steer behaviour —Steering-pulse open-loop test method

(征求意见稿)

(本稿完成日期：201912)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

国家市场监督管理总局  
中国国家标准化管理委员会

发布

## 目 次

前言 .....	II
乘用车自由转向特性 转向脉冲开环试验方法 .....	1
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 通则 .....	1
4 测量变量 .....	1
5 仪器设备 .....	1
6 试验条件 .....	2
7 试验流程 .....	2
8 数据分析 .....	3
9 试验报告 .....	11
附 录 A（规范性附录） 试验报告——基本信息 .....	12
附 录 B（规范性附录） 试验报告——试验条件 .....	15

## 前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009和GB/T 20001.4-2015给出的规则起草。

本标准采用重新起草法，非等效采用ISO 17288-2-2011《乘用车-自由转向特性-第2部分：转向脉冲开环试验方法》。

本标准对ISO 17288-2-2011《乘用车-自由转向特性-第2部分：转向脉冲开环试验方法》的内容按照统一格式进行了编排，对其中部分试验方法进行了修改，与原标准相比主要变化如下：

——规范性引用文件由国际标准修改为对应的国标。

——试验条件中增加推荐试验载荷为车辆整备质量外加1名驾驶员、1名试验员及必要的试验设备。增加了大气温度在0℃~40℃。增加关于对试验轮胎的生产日期及花纹深度的要求。

——在试验流程中增加对热车的具体要求。

——对试验车速的误差要求由原标准的2%，更改为±2km/h。

——对原标准中脉冲输入的初始侧向加速度幅值由 $1 \pm 0.2 \text{ m/s}^2$ 修改为 $2 \pm 0.2 \text{ m/s}^2$ 。

——对于数据的后处理部分，本标准中新增 $q_D$ 、 $q_{T0.1}$ 、 $m_D$ 、 $m_{T0.1}$ 的描述，对原中 $q$ 和 $m$ 的笼统说法进行了具体细化，并将相关的图表和公式进行了对应的修改。

——增加了试验报告的相关要求。

——对于附录A及附录B的部分内容进行了增加及修改。

本标准由全国汽车标准化技术委员会(SAC/TC 114)归口。

本标准负责起草单位：中汽研汽车检验中心(天津)有限公司。

本标准参与起草单位：泛亚汽车技术中心有限公司、吉林大学汽车仿真与控制国家重点实验室、南京汽车集团有限公司汽车工程研究院、国家汽车质量监督检验中心(襄阳)。

本标准主要起草人：梁荣亮、沙雷、梁东、郭润清、郭瑞玲、王志军、杨万安、管欣、詹军、张丙军、王朝斌、吴旭。

# 乘用车自由转向特性 转向脉冲开环试验方法

## 1 范围

本标准规定了乘用车自由转向特性：转向脉冲开环试验方法。  
本标准适用于M1类车辆，其他类型车辆可参照执行。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 3730.1 汽车和挂车的术语和定义 车辆类型
- GB/T 3730.2 汽车和挂车的术语和定义 车辆质量
- GB/T 12549 汽车操纵稳定性术语及其定义
- GB/T 12534 汽车道路试验方法通则
- GB/T 15089 机动车辆及挂车分类

## 3 通则

本标准的目的是考察和评价车辆在稳态直线行驶时，转向盘转角脉冲输入结束后车辆回归直线路径的能力。脉冲输入后转向盘自由释放，记录车辆振荡过程中的转向盘转角和车辆响应，并计算获得车辆自由转向特性。

## 4 测量变量

试验中需要测量以下变量：

- a) 纵向车速
- b) 侧向加速度
- c) 横摆角速度
- d) 转向盘转角

## 5 仪器设备

各变量用测量仪器的测量范围及最大误差应满足表1的要求。

表1 测试仪器测量范围及最大误差

测量变量	测量范围	测量仪器及记录系统的最大误差
纵向车速	0 m/s ~50 m/s	±0.3 m/s
侧向加速度	±15 m/s <sup>2</sup>	±0.1 m/s <sup>2</sup>

表1 (续)

测量变量	测量范围	测量仪器及记录系统的最大误差
横摆角速度	$\pm 50^\circ/\text{s}$	$\pm 0.3^\circ/\text{s}$
转向盘转角	$\pm 360^\circ$	$\pm 2^\circ$

## 6 试验条件

### 6.1 道路条件

试验场地应为干燥、平坦而清洁的，用水泥混凝土或沥青均匀铺设的道路，其任意方向的坡度不大于2%，试验场地的长度和宽度应能满足本试验要求。

### 6.2 试验环境条件

试验环境风速不大于5 m/s。

大气温度在0℃~40℃。

### 6.3 车辆条件

#### 6.3.1 车辆检查

试验前，测定汽车四轮定位参数。对转向系、悬架系进行检查、调整和紧固，并按规定进行润滑。只有认定试验汽车已符合厂方规定的技术条件，方可进行试验。测定和检查的有关参数的数值，记录在附录A中。

#### 6.3.2 试验载荷

试验车辆载荷为车辆整备质量加驾驶员及不超过150kg的仪器设备至车辆最大允许总质量，同时不超过车辆最大允许轴荷。推荐试验质量为车辆整备质量加1名驾驶员、1名试验员及必要的仪器设备。

#### 6.3.3 试验轮胎

若采用新轮胎试验，试验前应至少经过200km正常行驶的磨合；若用旧轮胎，建议轮胎生产日期不超过12个月，试验结束时轮胎主花纹沟槽深度不小于1.6mm。轮胎气压应符合汽车出厂技术要求，具体信息记录在附录B中。

## 7 试验流程

### 7.1 热车

试验前，以试验车速直线行驶10km，或以侧向加速度为 $3\text{m/s}^2$ 的相应车速行驶500m(左转与右转各进行一次)，使轮胎升温。

### 7.2 试验车速

试验车速标准值为100km/h，至少进行三种车速的试验，其它车速参照标准车速以±20km/h间隔变化确定，试验时，车辆以试验车速直线行驶，手动变速器车辆采用最高挡位，自动变速器车辆使用D挡。试验初始车速的误差保持在±2km/h以内，试验过程中保持油门踏板位置不变。

### 7.3 试验方法

每种试验车速下，驾驶员给转向盘一个转向脉冲输入，使其达到预先设定的转向盘角度后，立刻释放转向盘，使车辆自由行驶。期间油门位置保持不变。

脉冲输入的幅值应足以使车辆产生 $2 \pm 0.2 \text{ m/s}^2$ 的初始侧向加速度，逐渐增加脉冲输入的转角幅值 $\delta_{Hp}$ 重复测试，保证以不超过 $0.5 \text{ m/s}^2$ 的间隔增加侧向加速度，直至侧向加速度达到 $5 \text{ m/s}^2$ 以上。示意图见图1和图2。

图1为转向盘转角的时间历程曲线， $t_0$ 时刻为转向盘转角首次超过它的最大幅值 $\delta_{Hp}$ 的10%， $t_p$ 是转向盘转角达到最大幅值的时刻，也是转向盘被释放的时刻。 $t_p \sim t_0$ 的增长时间应在 $0.2 \pm 0.05 \text{ s}$ 范围内。试验数据采集从 $t_{ss}-0.5 \text{ s}$ 时刻开始，终止时刻为以下两种情况耗时较短者：

- 1) 转向震荡完全衰减；
- 2)  $t_0+5 \text{ s}$ 时刻。

如果条件允许，建议左右方向都应进行试验。

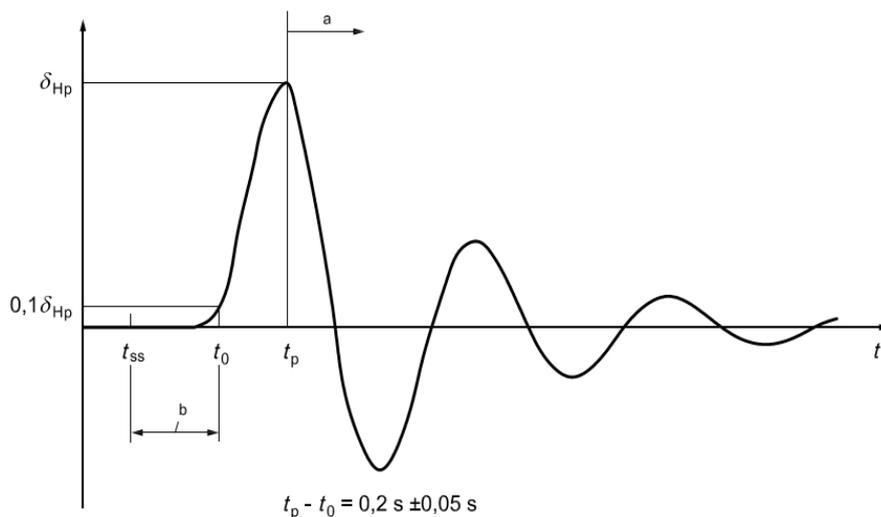


图1 转向盘转角输入

其中：

$t$ ：时间，s；

$\delta_{Hp}$ ：转向盘转角的最大幅值，(°)；

$t_p$ ：转向盘转角最大幅值的时刻(转向盘释放时刻)，s；

$t_{ss}$ ：推荐的稳态直线行驶时刻，s；

$a$ ：转向盘释放后转向系统自由转向状态；

$b$ ：从测试准备执行时刻至转向盘输入完成至10%转向盘幅值时刻的时间历程，控制在0.5至0.8秒内。

## 8 数据分析

### 8.1 总则

应在附录A和附录B中记录试验常规数据。

记录以下变量的时间历程数据，并挑选有效数据。

- a) 横摆角速度；
- b) 转向盘转角；
- c) 侧偏角速度。

通常按公式(1)计算侧偏角速度：

$$\dot{\beta}(t) = \frac{a_Y(t) \times 180}{v_X(t) \times \pi} - \dot{\psi}(t) \quad (1)$$

式中：

$v_X$ ：车辆的纵向速度，m/s；

$\dot{\psi}$ ：车辆的横摆角速度，(°)/s；

$a_Y$ ：车辆的侧向加速度，m/s<sup>2</sup>；

$t$ ：时间，s。

## 8.2 横摆角速度的阻尼和阻尼时间

在图 2 横摆角速度的时间历程曲线中， $\dot{\psi}_n$  为转向盘释放后车辆横摆角速度各峰值的绝对值，振幅比的平均值  $\bar{r}$  如公式(2)所示：

$$\bar{r} = \frac{1}{n-2} \left\{ \frac{\dot{\psi}_1 + \dot{\psi}_2}{\dot{\psi}_2 + \dot{\psi}_3} + \frac{\dot{\psi}_2 + \dot{\psi}_3}{\dot{\psi}_3 + \dot{\psi}_4} + \frac{\dot{\psi}_3 + \dot{\psi}_4}{\dot{\psi}_4 + \dot{\psi}_5} + \dots + \frac{\dot{\psi}_{n-2} + \dot{\psi}_{n-1}}{\dot{\psi}_{n-1} + \dot{\psi}_n} \right\} \quad (2)$$

式中： $\dot{\psi}_{n-1} + \dot{\psi}_n$  应至少达到  $\dot{\psi}_1 + \dot{\psi}_2$  的 10% 或  $\dot{\psi}_n$  是记录时间 5s 内的最后一个横摆角速度幅值。

当第三个峰值的振幅  $\dot{\psi}_3$  太小不能清晰地测定或  $\dot{\psi}_2$  小于  $\dot{\psi}_1$  的 10% 时，使用公式(3)计算振幅比的平均值  $\bar{r}$ ：

$$\bar{r} = \frac{\dot{\psi}_1}{\dot{\psi}_2} \quad (3)$$

横摆角速度的阻尼  $D$  如公式(4)所示：

$$D = \frac{\ln \bar{r}}{\sqrt{\pi^2 + (\ln \bar{r})^2}} \quad (4)$$

使用公式(5)计算横摆角速度的阻尼时间  $T_{0.1}$ ，其代表了横摆角速度的震荡持续时间(即横摆角速度衰减到第一个幅值  $\dot{\psi}_1$  的 10% 所需的时间)：

$$T_{0.1} = \frac{\ln 10}{D \times \omega} \quad (5)$$

其中：

$$\omega = \frac{\pi(n-1)}{(t_n - t_1)\sqrt{1-D^2}} \quad (6)$$

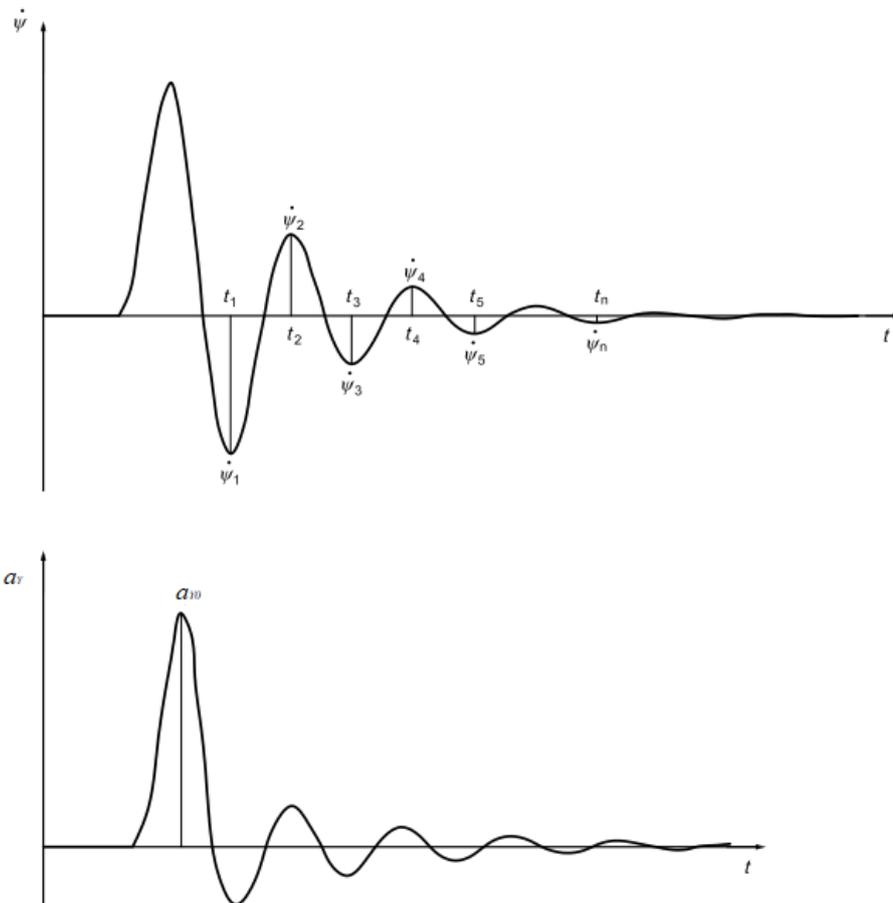


图2 振幅的确定

其中:

$t$ : 时间, s;

$\dot{\psi}$ : 横摆角速度,  $(^\circ)/s$ ;

$a_y$ : 侧向加速度,  $m/s^2$ 。

对于每次试验的横摆角速度阻尼和横摆角速度阻尼时间:

- a) 在每个侧向加速度  $a_y$  下, 确定评价函数  $f(a_y)=D$  和  $f(a_y)=T_{0.1}$ ;
- b) 分别绘制函数  $D$  与  $a_y$ 、 $T_{0.1}$  与  $a_y$  的关系曲线;
- c)  $q_D$ : 对侧向加速度  $a_y$  在  $3m/s^2$  到  $5m/s^2$  之间的  $D$  与  $a_y$  数据进行线性拟合(图3所示), 计算的  $a_y$  为  $4m/s^2$  时的横摆角速度阻尼;
- d)  $q_{T_{0.1}}$ : 对侧向加速度  $a_y$  在  $3m/s^2$  到  $5m/s^2$  之间的  $T_{0.1}$  与  $a_y$  数据进行线性拟合(图4所示), 计算的  $a_y$  为  $4m/s^2$  的横摆角速度阻尼时间, 单位为 s;
- e) 横摆角速度阻尼梯度  $m_D$ : 图3中  $a_y$  在  $3m/s^2$  到  $5m/s^2$  之间的斜率, 单位为  $1/(m/s^2)$ ;
- f) 横摆角速度阻尼时间梯度  $m_{T_{0.1}}$ : 图4中  $a_y$  在  $3m/s^2$  到  $5m/s^2$  之间的斜率, 单位为  $s/(m/s^2)$ ;
- g) 分别绘制  $q_D$  与  $v_X$ 、 $q_{T_{0.1}}$  与  $v_X$ 、 $m_D$  与  $v_X$ 、 $m_{T_{0.1}}$  与  $v_X$  的关系曲线(见图5-8)。

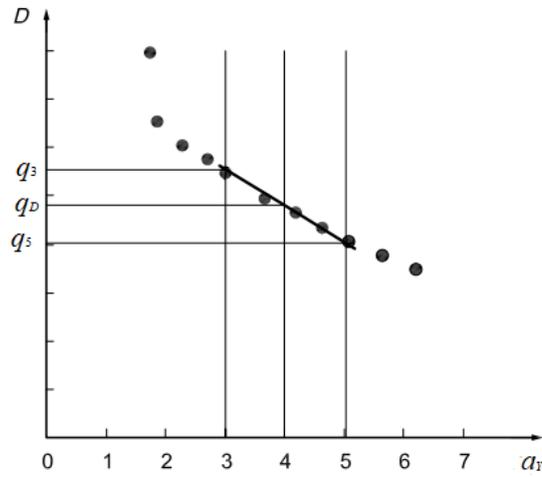


图3 横摆角速度阻尼  $D$  与侧向加速度  $a_y$  的典型趋势

其中：

$a_y$ ：侧向加速度， $m/s^2$ ；

$D$ ：横摆角速度的阻尼；

$q_0$ ：计算的  $a_y$  为  $4m/s^2$  时的横摆角速度阻尼。

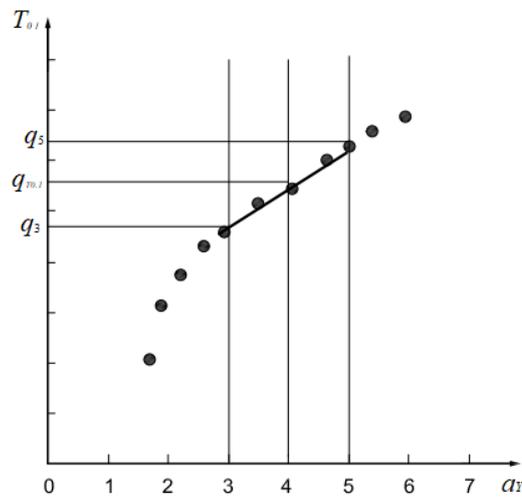


图4 横摆角速度阻尼时间  $T_{0.1}$  与侧向加速度  $a_y$  的典型趋势

其中：

$a_y$ ：横向加速度， $m/s^2$ ；

$T_{0.1}$ ：横摆角速度的阻尼时间， $s$ ；

$q_{T_{0.1}}$ ：计算的  $a_y$  为  $4m/s^2$  时的横摆角速度阻尼时间， $s$ 。

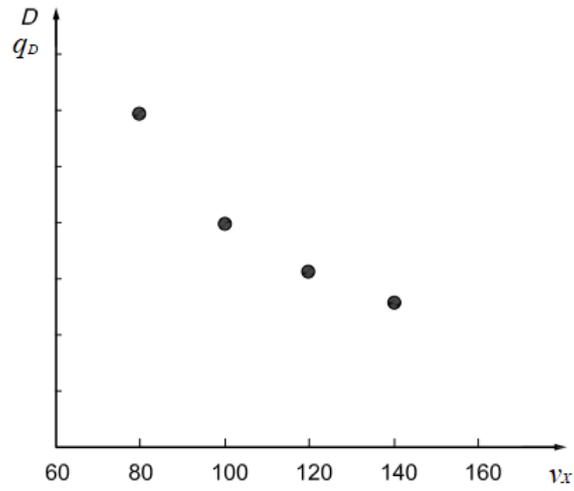


图5 横摆角速度阻尼  $q_D$  与纵向车速  $v_x$  关系曲线

其中：

$v_x$ ：纵向车速，km/h；

$D$ ：横摆角速度的阻尼；

$q_D$ ：计算的  $a_y$  为  $4\text{m/s}^2$  时的横摆角速度阻尼。

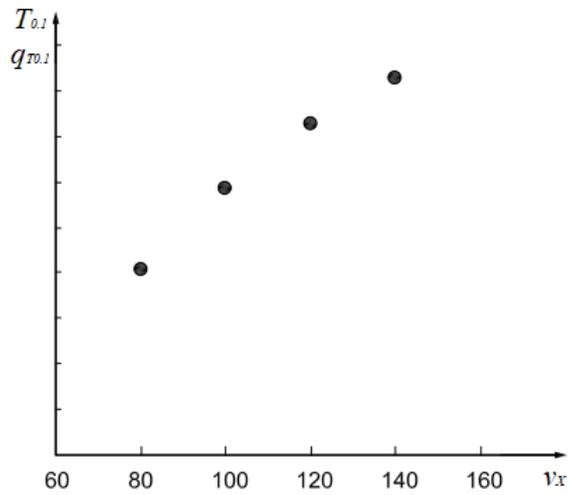


图6 横摆角速度阻尼时间  $q_{T_{0.1}}$  与纵向车速  $v_x$  关系曲线

其中：

$v_x$ ：纵向车速，km/h；

$T_{0.1}$ ：横摆角速度的阻尼时间，s；

$q_{T_{0.1}}$ ：计算的  $a_y$  为  $4\text{m/s}^2$  时的横摆角速度阻尼时间，s。

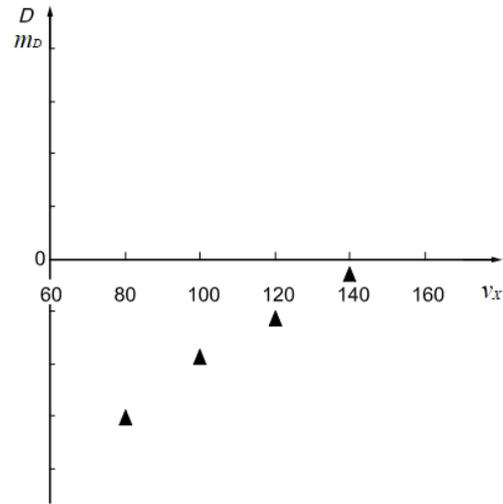


图7 横摆角速度阻尼斜率  $m_D$  与纵向车速  $v_X$  关系曲线

其中：

$v_X$ ：纵向车速，km/h；

$D$ ：横摆角速度的阻尼；

$m_D$ ：横摆角速度阻尼梯度， $1/(m/s^2)$ 。

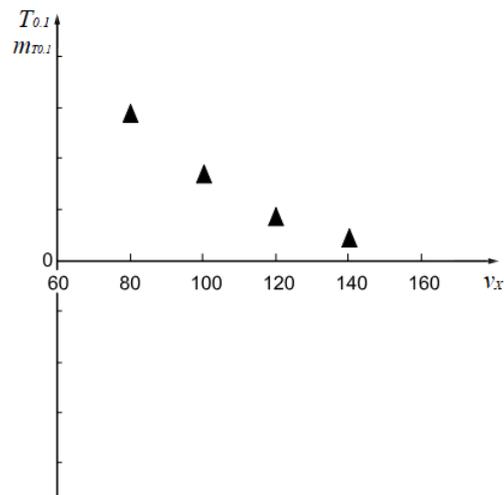


图8 横摆角速度阻尼时间梯度  $m_{T_{0.1}}$  与纵向车速  $v_X$  关系曲线

其中：

$v_X$ ：纵向车速，km/h；

$T_{0.1}$ ：横摆角速度的阻尼时间，s；

$m_{T_{0.1}}$ ：横摆角速度阻尼时间梯度， $s/(m/s^2)$ 。

### 8.3 转向盘释放后变量的第二峰值与第一峰值比

当试验的自由转向特性振荡幅度不足以计算阻尼时可以使用该数据分析方法，例如低速试验。

每次执行测试时对应的横摆角速度、转向盘转角的时间历程曲线如图9所示，侧偏角速度时间历程

曲线如图 10 所示，对横摆角速度、转向盘转角及侧偏角速度等变量分析如下：

- 在每个侧向加速度  $a_y$  下，确定函数  $f(a_y)$ =峰值 2/峰值 1；
- 绘制函数  $f(a_y)$  与侧向加速度  $a_y$  的关系曲线；
- 对侧向加速度在  $3\text{m/s}^2$  到  $5\text{m/s}^2$  之间的  $f(a_y)$  与  $a_y$  数据进行线性拟合(见图 11)，计算  $a_y$  为  $4\text{m/s}^2$  时的峰值比，记为  $q$ ；
- 计算图 11 中在  $3\text{m/s}^2$  到  $5\text{m/s}^2$  之间的斜率，记为  $m$ ，单位为  $1/(\text{m/s}^2)$ ；
- 分别绘制  $q$  与  $v_x$  和  $m$  与  $v_x$  的关系曲线(见图 12 和图 13)。

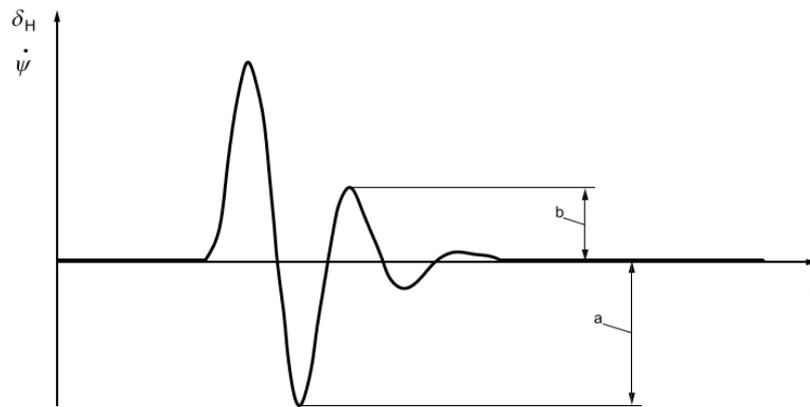


图 9 转向盘释放后转向盘转角和横摆角速度的峰值

其中：

$t$ ：时间，s；

$\dot{\psi}$ ：横摆角速度，( $^\circ$ )/s；

$\delta_H$ ：转向盘转角，( $^\circ$ )

a：峰值 1；

b：峰值 2。

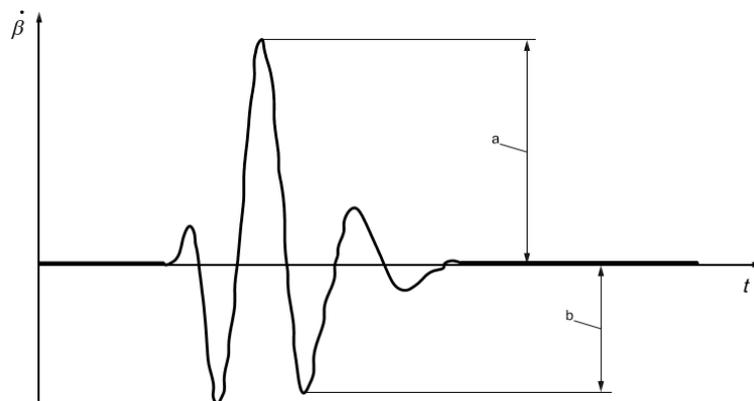


图 10 转向盘释放后侧偏角速度的峰值

其中：

$t$ : 时间, s;

$\dot{\beta}$ : 侧偏角速度, ( $^{\circ}$ )/s;

a: 峰值 1;

b: 峰值 2。

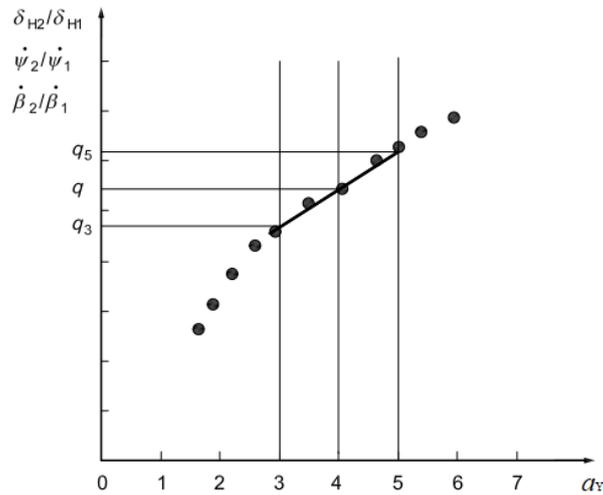


图 11 转向盘转角、横摆角速度和侧偏角速度峰值比与侧向加速度  $a_y$  的典型趋势

其中:

$a_y$ : 侧向加速度,  $m/s^2$ ;

$\delta_H$ : 转向盘转角, ( $^{\circ}$ );

$\dot{\psi}$ : 横摆角速度, ( $^{\circ}$ )/s;

$\dot{\beta}$ : 侧偏角速度, ( $^{\circ}$ )/s。

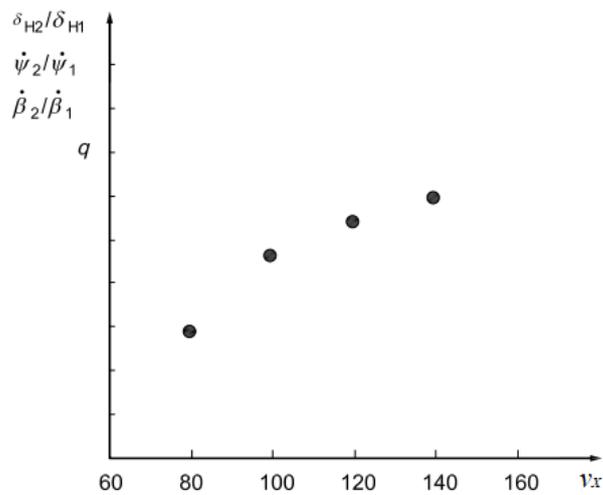


图 12 转向盘转角、横摆角速度和侧偏角速度峰值比的  $q$  值与纵向车速  $v_x$  关系曲线

其中:

$v_X$  : 纵向速度, km/h;

$\dot{\beta}$  : 侧偏角速度, ( $^\circ$ )/s;

$\delta_H$  : 转向盘转角, ( $^\circ$ );

$\dot{\psi}$  : 横摆角速度, ( $^\circ$ )/s;

$q$ :  $a_y$  为  $4\text{m/s}^2$  的转向盘转角、横摆角速度和侧偏角速度峰值比的值。

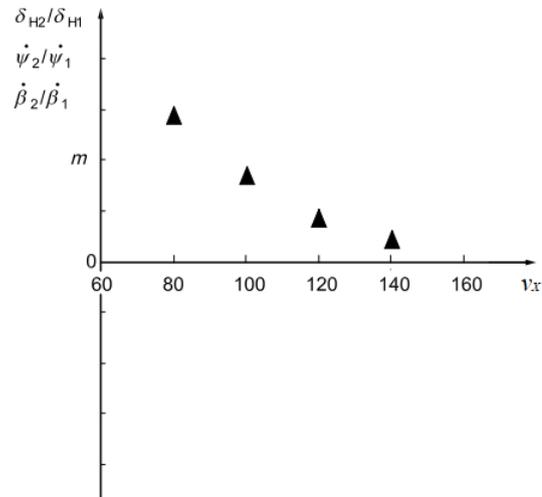


图 13 转向盘转角、横摆角速度和侧偏角速度的峰值比的  $m$  值与纵向车速  $v_X$  关系曲线

其中:

$v_X$  : 纵向速度, km/h;

$\dot{\beta}$  : 侧偏角速度, ( $^\circ$ )/s;

$\delta_H$  : 转向盘转角, ( $^\circ$ );

$\dot{\psi}$  : 横摆角速度, ( $^\circ$ )/s;

$m$ : 转向盘转角、横摆角速度和侧偏角速度峰值比梯度的值,  $1/(\text{m/s}^2)$ 。

## 9 试验报告

试验报告的内容根据需要可包括下列全部或部分內容:

- a) 试验依据、目的、要求;
- b) 试验条件;
- c) 试验项目、方法;
- d) 试验结果;
- e) 附录 A 和附录 B 的全部或部分內容;
- f) 试验日期;
- g) 试验执行单位和参试人员。

附 录 A  
(规范性附录)  
试验报告——基本信息

车辆识别 VIN 码: \_\_\_\_\_

车辆类型: \_\_\_\_\_

厂家: \_\_\_\_\_

型号: \_\_\_\_\_

型号年份/注册日期: \_\_\_\_\_

驱动轮:  前轴  后轴

四轮驱动类型: \_\_\_\_\_

特殊功能: \_\_\_\_\_

动力系统识别号: \_\_\_\_\_

动力类型:  汽油机  柴油机  纯电动  混合动力

油气混合控制:  多点电喷  缸内直喷

增压系统:  涡轮增压  机械增压

点火时刻控制:  机械控制  电子控制

断油开关:  有  无

气缸排量 (ml) 和数量 (个): \_\_\_\_\_

动力系统布置类型: \_\_\_\_\_

电机数量 (个): \_\_\_\_\_

最大功率 (kW) 及转速 (r/min): \_\_\_\_\_

最大扭矩 (Nm) 及转速 (r/min): \_\_\_\_\_

变速器变速箱型号: \_\_\_\_\_

类 型 / 前 进 挡 数 :  手 动  
挡

自动 \_\_\_\_\_ 挡

无级变速

速比： 1 挡： \_\_\_\_\_： 1； 2 挡： \_\_\_\_\_： 1；

3 挡： \_\_\_\_\_： 1； 4 挡： \_\_\_\_\_： 1；

5 挡： \_\_\_\_\_： 1； 6 挡： \_\_\_\_\_： 1。

主减速比： \_\_\_\_\_： 1

后轴类型： \_\_\_\_\_

悬架/阻尼： \_\_\_\_\_

平衡杆/侧倾稳定杆：  有  无

前轴类型： \_\_\_\_\_

悬架/阻尼： \_\_\_\_\_

平衡杆/侧倾稳定杆：  有  无

转向轴：  前轴  后轴

助力：  有  无

前轴总传动比： \_\_\_\_\_

转向盘直径(mm)： \_\_\_\_\_

制动助力：  有  无

ABS 系统：  有  无

ABS 类型： \_\_\_\_\_

前轴制动器：  鼓  盘

后轴制动器：  鼓  盘

车轮轮缘尺寸： 前轮： \_\_\_\_\_ 后轮： \_\_\_\_\_

轮胎尺寸： 前轮： \_\_\_\_\_ 后轮： \_\_\_\_\_

胎面花纹深度(mm)： 前轮： \_\_\_\_\_ 后轮： \_\_\_\_\_

胎压(kPa)：

整备质量状态： 前轮： \_\_\_\_\_ 后轮： \_\_\_\_\_

最大总质量状态： 前轮： \_\_\_\_\_ 后轮： \_\_\_\_\_

整备质量(kg)： \_\_\_\_\_

最大允许总质量(kg)： \_\_\_\_\_

最大允许轴荷(kg)： 前轴： \_\_\_\_\_ 后轴： \_\_\_\_\_

试验载荷(kg)： 右前： \_\_\_\_\_ 左前： \_\_\_\_\_

右后：\_\_\_\_\_ 左后：\_\_\_\_\_

#### 车轮定位参数

主销内倾( $^{\circ}$ )：右前：\_\_\_\_\_ 左前：\_\_\_\_\_

主销后倾( $^{\circ}$ )：右前：\_\_\_\_\_ 左前：\_\_\_\_\_

车轮外倾( $^{\circ}$ )：右前：\_\_\_\_\_ 左前：\_\_\_\_\_

右后：\_\_\_\_\_ 左后：\_\_\_\_\_

车轮前束( $^{\circ}$ )：右前：\_\_\_\_\_ 左前：\_\_\_\_\_

右后：\_\_\_\_\_ 左后：\_\_\_\_\_

车长 (mm)：\_\_\_\_\_

车宽 (mm)：\_\_\_\_\_

试验质量下车高 (mm)：\_\_\_\_\_

轴距 (mm)：\_\_\_\_\_

悬距 (mm)：前悬：\_\_\_\_\_ 后悬：\_\_\_\_\_

整备质量质心高度 (mm)：\_\_\_\_\_

质心坐标 (mm) (参考点)

$X_v$  (纵向距前轴中心) \_\_\_\_\_  $Y_v$  (横向距纵切面) \_\_\_\_\_  $Z_v$  (垂向距地) \_\_\_\_\_

附 录 B  
(规范性附录)  
试验报告——试验条件

试验场地点： \_\_\_\_\_

路径半径： \_\_\_\_\_

环境条件路面：类型： \_\_\_\_\_

条件： \_\_\_\_\_

路面温度（℃）： \_\_\_\_\_

轮胎-路面峰值摩擦系数： \_\_\_\_\_

摩擦系数测量方法： \_\_\_\_\_

气候：空气温度（℃）： \_\_\_\_\_

相对湿度（%）： \_\_\_\_\_

风速（m/s）： \_\_\_\_\_

风向： \_\_\_\_\_

轮胎生产日期：前轮： \_\_\_\_\_ 后轮： \_\_\_\_\_

花纹深度（mm）：左前轮： \_\_\_\_\_ 右前轮： \_\_\_\_\_

左后轮： \_\_\_\_\_ 右后轮： \_\_\_\_\_

胎压（kPa）：左前轮： \_\_\_\_\_ 右前轮： \_\_\_\_\_

左后轮： \_\_\_\_\_ 右后轮： \_\_\_\_\_

手动变速器：使用挡位： \_\_\_\_\_

自动变速器：使用挡位： \_\_\_\_\_

驾驶员： \_\_\_\_\_

目击员： \_\_\_\_\_

数据分析员： \_\_\_\_\_