

中华人民共和国国家标准

GB/T 4970—2009
代替 GB/T 5902—1986, GB/T 4970—1996

汽车平顺性试验方法

Method of running test—Automotive ride comfort

(ISO 2631-1:1997, Mechanical vibration and shock—
Evaluation of human exposure to whole-body vibration—
Part 1: General requirements, NEQ)

2009-10-30 发布

2010-07-01 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

前 言

本标准对应于 ISO 2631-1:1997《机械振动与冲击 人体暴露于整体振动的评价 第 1 部分:总要求》,与 ISO 2631-1:1997 的一致性程度为非等效。

本标准代替 GB/T 5902—1986《汽车平顺性脉冲输入行驶试验方法》和 GB/T 4970—1996《汽车平顺性随机输入行驶试验方法》。

本标准与 GB/T 5902—1986 和 GB/T 4970—1996 相比主要差异如下:

- 标准名称变化,本标准名称为《汽车平顺性试验方法》;
- 重新定义车辆类型(见第 1 章);
- 重新定义试验路面长度(见第 3 章);
- 增加了试验仪器(见第 3 章);
- 删除了长坡形凸块(见第 4 章);
- 增加了加速度传感器的测量位置(见第 5 章);
- 增加了辅助评价方法,引入峰值系数和振动剂量值概念(见第 6 章);
- 增加了振动对人体舒适性感觉影响的评价,1/3 倍频带中心频率由原来的 0.9 Hz~80 Hz 调整为 0.5 Hz~80 Hz,同时重新定义了 1/3 倍频带的主要加权系数,增加了不同研究情况下采用的频率加权函数和轴加权系数表,给出了主、客观评价对应表;
- 在加权加速度均方根值计算里面去掉了直接用功率谱密度计算加权加速度均方根值的方法(见第 6 章)。

本标准的附录 A 为规范性附录,附录 B 为资料性附录。

本标准由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归口。

本标准起草单位:中国第一汽车集团公司技术中心。

本标准主要起草人:秦民、刘明辉、应国增、刘春雁。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

- GB 4970—1985、GB/T 4970—1996;
- GB/T 5902—1986。

汽车平顺性试验方法

1 范围

本标准规定了汽车在脉冲输入行驶和随机输入行驶工况下的平顺性试验方法。

本标准适用于 M 类、N 类车辆。

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

GB/T 4971 汽车平顺性术语和定义

GB/T 7031—2005 机械振动 道路路面谱测量数据报告(ISO 8608:1995, IDT)

GB/T 12534—1990 汽车道路试验方法通则

GB/T 13441.1—2007 机械振动与冲击 人体暴露于全身振动的评价 第 1 部分:一般要求(ISO 2631-1:1997, IDT)

GB/T 15089—2001 机动车辆及挂车分类

3 试验条件

3.1 道路

试验道路应平直,纵坡不大于 1%,路面干燥,不平度应均匀无突变,累计的试验路面总长度不应小于试验样本个数要求的最短路面长度,并且两端应有 30 m~50 m 的稳速段。

脉冲输入行驶的试验道路为沥青路面或水泥路面,路面等级按照 GB/T 7031—2005 规定的 A 级路面。随机输入行驶的试验道路为沥青路面或水泥路面,具体试验路面等级根据需要确定。

3.2 风速

风速不大于 5 m/s。

3.3 汽车技术状况

3.3.1 汽车各总成、部件、附件及附属装置(包括随车工具与备胎)应按规定装备齐全,并装在规定的位置上。调整状况应符合该车设计技术条件的规定。

3.3.2 轮胎充气压力应符合汽车设计技术条件的规定,误差不超过规定充气压力的 $\pm 3\%$ 。

3.4 汽车的载荷

汽车的载荷为额定最大装载质量,根据需要可增做其他载荷工况的试验。载荷物均匀分布且固定牢靠,试验过程中不应晃动和颠离,亦不应因潮湿、散失等情况而改变质量。

3.5 人-椅系统的载荷

3.5.1 测试部位的载荷应为身高 $1.70\text{ m} \pm 0.05\text{ m}$ 、体重为 $65\text{ kg} \pm 5\text{ kg}$ 的真人。

3.5.2 非测试部位的载荷应符合 GB/T 12534—1990 中表 1 的有关规定。

3.6 人的坐姿

测试部位的乘员应全身放松,佩戴安全带,双手自然地放在大腿上,其中驾驶员的双手自然地置于转向盘上,在试验过程中应保持坐姿不变。一般情况下,乘员应自然地靠在靠背上,否则应注明。

3.7 试验车速

3.7.1 试验车速应由车速仪监控,试验时,应根据车速选用适当的挡位,车速偏差为试验车速的 $\pm 4\%$ 。

3.7.2 脉冲输入行驶:试验车速为 10 km/h、20 km/h、30 km/h、40 km/h、50 km/h、60 km/h。

3.7.3 随机输入行驶:针对特定车的设计原则确定试验用良好路面或一般路面。

——良好路面试验车速:40 km/h~最高设计车速(不应超过试验路面要求的最高车速),每隔 10 km/h或 20 km/h 选取一种车速为试验车速。

——一般路面试验车速:

- 1) M类车辆:40 km/h、50 km/h、60 km/h、70 km/h;
- 2) N类车辆:30 km/h、40 km/h、50 km/h、60 km/h。

4 试验仪器和装置

4.1 试验仪器

平顺性试验仪器系统应包括加速度传感器、放大器、数据采集仪、车速仪、滤波器等。由试验仪器构成的测试系统应适宜于冲击测量,其性能应稳定、可靠。

4.2 脉冲试验用凸块

脉冲输入应采用图 1 所示三角形状的单凸块。根据试验条件不同,脉冲输入也可用其他高度的凸块或减速带。



图中: $h=40$ mm;

B ——按需要而定,但必须大于轮宽。

图 1 三角形凸块

5 试验方法

5.1 加速度传感器安装在下列位置:

- a) M类车辆:驾驶员及同侧最后排座椅椅垫上方、座椅靠背、脚部地板上;
- b) N类车辆:驾驶员座椅椅垫上方、座椅靠背、脚部地板、车厢地板中心以及与驾驶员同侧距车厢边板、车厢后板各 300 mm 处的车厢地板上。

座椅椅垫上方、座椅靠背、脚部地板上需测量三个方向的振动,加速度时间历程包括垂直(Z 轴向)振动、横向(Y 轴向)振动和纵向(X 轴向)振动。车厢地板处的加速度传感器只需测量垂直振动。

座椅靠背上的传感器布置参见图 2;脚部地板上的传感器布置在驾驶员(或乘员)两脚中间位置。安装在座椅座垫上方、座椅靠背上的传感器应与人体紧密接触,座椅座垫上方传感器结构见图 B. 1、座椅靠背传感器结构见图 B. 2。

可根据需要适当增加测点。

5.2 脉冲输入行驶试验方法

5.2.1 将凸块放置在试验道路中间,并按汽车轮距调整好两个凸块间的距离。为保证汽车左右车轮同时驶过凸块,应将两个凸块放在与汽车行驶方向垂直的一条直线上。

5.2.2 试验时,汽车以规定的车速匀速驶过凸块。在汽车通过凸块前 50 m 应稳住车速。当汽车前轮接近凸块时开始记录,待汽车驶过凸块且冲击响应消失后,停止记录。

5.2.3 每种车速的有效试验次数应不少于 5 次。

单位为毫米

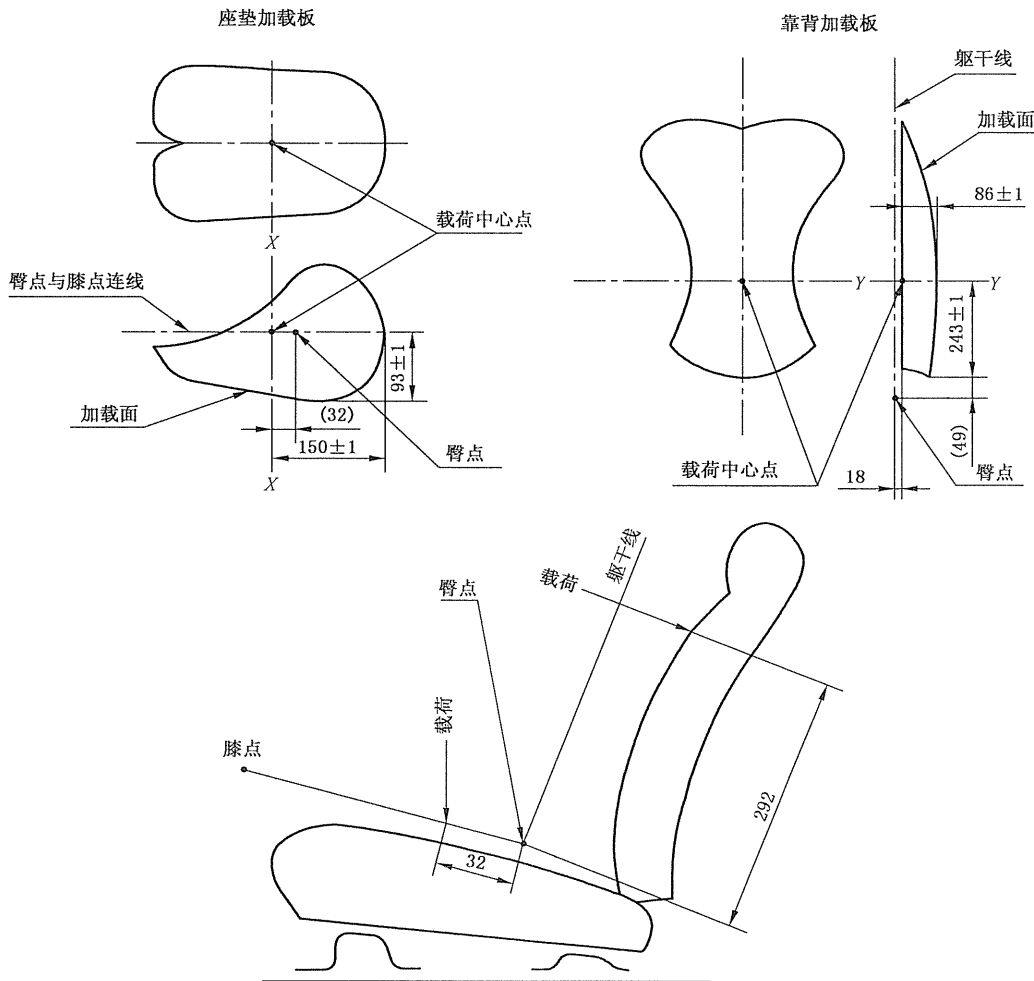


图2 座椅传感器布置

5.3 随机输入行驶试验方法

5.3.1 试验时,汽车应在稳速段内稳住车速,然后以规定的车速匀速驶过试验路段,测量各测试部位的加速度时间历程。

5.3.2 样本记录长度应满足数据处理的最少数据量要求。

6 平顺性评价

6.1 脉冲输入行驶评价方法

6.1.1 基本评价方法

当振动波形峰值系数(见附录 A)小于9时,脉冲输入行驶试验用座椅座垫上方、座椅靠背、乘员(或驾驶员)脚部地板和车厢地板最大(绝对值)加速度响应 \ddot{Z}_{\max} 与车速 v 的关系评价。

6.1.2 辅助评价方法

当峰值系数大于9时,用基本评价方法不能完全描述振动对人体的影响,还应采用辅助评价方法即振动剂量值来评价(见附录 A)。

脉冲输入行驶试验基本评价方法和辅助评价方法的评价指标意义与计算见附录 A。

6.2 随机输入行驶评价方法

对乘员(或驾驶员)人体及脚部地板处的振动用加权加速度均方根值 \bar{a}_w 评价,并分别用 \bar{a}_{wx} , \bar{a}_{wy} , \bar{a}_{wz}

表示前后方向、左右方向和垂直方向振动的加权加速度均方根值。人体及脚部地板处振动也可用综合总加权加速度均方根值 \bar{a}_v 来表示。货车车厢的振动用加速度均方根值评价。

随机输入行驶试验的评价指标的意义与计算见附录 A。

汽车随机输入行驶平顺性以评价指标与车速的关系曲线作为基本评价方法。

根据需要,随机输入行驶平顺性亦可只用常用车速的评价指标来评价。

7 数据采集以及处理

分段数据采集过程中应采用抗混叠滤波器,如需要在数据处理过程中计算功率谱密度则必须采用窗函数。数据处理中涉及的采样时间间隔、频率分辨率和独立样本个数等需在满足采样定理并考虑实际抗混叠滤波器性能指标以及实际工程需要的基础上确定。

数据采集以及数据处理建议采用下列参数:

- a) 截止频率: $f_c \geq 90$ Hz;
- b) 频率分辨率 Δf 和独立样本个数 q : $\Delta f \leq 0.2$ Hz, 对于随机输入行驶独立样本数 $q \geq 25$;
- c) 功率谱密度计算过程中采用 Hanning 窗函数;
- d) 采样时间间隔在满足截至频率的基础上根据数据采集过程中采用的抗混叠滤波器性能指标确定。

8 试验报告

试验报告应包括下述内容:

——汽车型号、发动机号、底盘号、制造厂;

——试验日期;

——汽车参数:

- 1) 最大设计总质量;
- 2) 轮胎型号和各轴轴荷;
- 3) 轮胎充气压力;
- 4) 轴距;
- 5) 悬架型式;
- 6) 座椅型式;

——人体参数:

- 1) 性别;
- 2) 体重;
- 3) 身高;

——测试仪器型号及性能指标;

——频率分辨率与采样时间间隔;

——试验场地及路面、气候条件描述;

——试验结果及分析;

——试验参加者及报告人;

——报告日期。

附 录 A
(规范性附录)
平顺性评价指标的意义与计算

A.1 脉冲输入行驶评价指标的计算

A.1.1 最大(绝对值)加速度响应 \ddot{Z}_{\max} 的计算

最大(绝对值)加速度响应 \ddot{Z}_{\max} 按式(A.1)计算:

$$\ddot{Z}_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \ddot{Z}_{\max j} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

n ——脉冲试验有效试验次数, $n \geq 5$;

\ddot{Z}_{\max} ——最大(绝对值)加速度响应,单位为米每二次方秒(m/s^2);

$\ddot{Z}_{\max j}$ ——第 j 次试验结果的最大(绝对值)加速度响应,单位为米每二次方秒(m/s^2)。

将计算结果列入试验结果记录表,见表 A.1。

表 A.1 试验结果记录表

	测量位置	车速/(km/h)					
		10	20	30	40	50	60
$\ddot{Z}_{\max}/(\text{m/s}^2)$	驾驶员座椅座垫上方						
	驾驶员座椅靠背						
	驾驶员座椅底部地板						
	与驾驶员同侧最后一排座椅座垫上方						
	与驾驶员同侧最后一排座椅靠背						
	与驾驶员同侧最后一排座椅底部地板						
	车厢地板中心						
	距车厢边板、车厢后板各 300 mm 的车厢地板						

作 $\ddot{Z}_{\max}-v$ 曲线图,见图 A.1

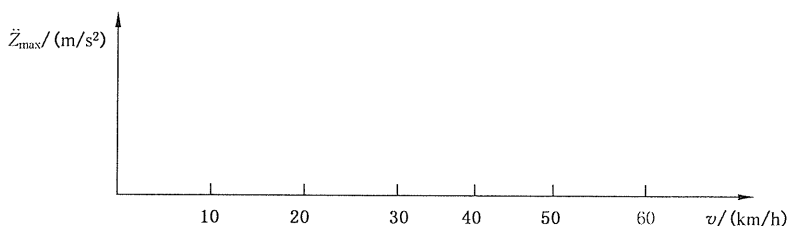


图 A.1 加速度响应与车速的关系特性

A.1.2 峰值系数及振动剂量值的计算

峰值系数是加权加速度时间历程 $a_w(t)$ 的峰值(绝对值最大)与加权加速度均方根值 \bar{a}_w 比值的绝对值。

振动剂量值 VDV(单位 $\text{m/s}^{1.75}$)按式(A. 2)计算:

$$\text{VDV} = \left[\int_0^T a_w^4(t) dt \right]^{\frac{1}{4}} \dots\dots\dots(\text{A. 2})$$

式中:

$a_w(t)$ ——加权加速度时间历程,单位为米每二次方秒(m/s^2);

T ——作用时间(从汽车前轮接触凸块到汽车驶过凸块且冲击响应消失时间段),单位为秒(s)。

A. 2 随机输入行驶评价指标的计算

A. 2.1 加权加速度均方根值

加权加速度均方根值是按振动方向并根据人体对振动频率的敏感程度而进行加权计算的,是人体振动评价指标。

A. 2.1.1 单轴向加权加速度均方根值 \bar{a}_w 的计算

- a) 由等带宽频率分析得到的加速度自功率谱密度函数 $G_a(f)$ 计算 \bar{a}_w 。先按式(A. 3)计算 1/3 倍频带加速度均方根值:

$$\bar{a}_j = \left[\int_{f_{wj}}^{f_{ij}} G_a(f) df \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(\text{A. 3})$$

式中:

\bar{a}_j ——中心频率为 f_j 的第 j ($j=1, 2, 3 \dots\dots 23$) 个 1/3 倍频带加速度均方根值,单位为米每二次方秒(m/s^2);

f_{ij}, f_{wj} ——分别是 1/3 倍频带的中心频率为 f_j 的上、下限频率(见表 A. 2),单位为赫兹(Hz);

$G_a(f)$ ——加速度自功率谱密度函数,单位为平方米每三次方秒(m^2/s^3)。

然后,再按式(A. 4)计算 \bar{a}_w :

$$\bar{a}_w = \left[\sum_{j=1}^{23} (\omega_j \cdot a_j)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(\text{A. 4})$$

式中:

\bar{a}_w ——单轴向加权加速度均方根值,单位为米每二次方秒(m/s^2);

ω_j ——第 j 个 1/3 倍频带的加权系数,根据测点的位置和方向不同分别取 $\omega_k, \omega_d, \omega_c$,见表 A. 3。

$\omega_k, \omega_d, \omega_c$ 的具体取值见表 A. 4。

- b) 对于记录的加速度时间历程,通过符合表 A. 4 规定的频率加权滤波网络得到加权加速度时间历程 $a_w(t)$,按式(A. 5)计算:

$$\bar{a}_w = \left[\frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(\text{A. 5})$$

式中:

$a_w(t)$ ——加权加速度时间历程,单位为米每二次方秒(m/s^2);

T ——作用时间,单位为秒(s)。

表 A. 2 1/3 倍频带中心频率上、下限频率

1/3 倍频带中心频率 f_j/Hz	f_j 的下限频率 f_{ij}/Hz	f_j 的上限频率 f_{wj}/Hz
0.50	0.45	0.57
0.63	0.57	0.71
0.80	0.71	0.9

表 A.2 (续)

1/3 倍频带中心频率 f_j/Hz	f_j 的下限频率 f_{ij}/Hz	f_j 的上限频率 f_{uj}/Hz
1.0	0.9	1.12
1.25	1.12	1.4
1.6	1.4	1.8
2.0	1.8	2.24
2.5	2.24	2.8
3.15	2.8	3.55
4.0	3.55	4.5
5.0	4.5	5.6
6.3	5.6	7.1
8.0	7.1	9
10.0	9	11.2
12.5	11.2	14
16.0	14	18
20.0	18	22.4
25.0	22.4	28
31.5	28	35.5
40.0	35.5	45
50.0	45	56
63.0	56	71
80.0	71	90

表 A.3 不同测点、方向的倍频带的加权系数

位置	坐标轴名称	频率加权函数 w_j
座椅座垫上方	纵向	w_d
	横向	w_d
	垂向	w_k
靠背	纵向	w_c
	横向	w_d
	垂向	w_d
脚	纵向	w_k
	横向	w_k
	垂向	w_k

表 A.4 1/3 倍频带的主要加权系数

频率带数 <i>x</i>	频率 <i>f</i> / Hz	ω_k		ω_d		ω_c	
		频率加权系数 ×1 000	dB	频率加权系数 ×1 000	dB	频率加权系数 ×1 000	dB
1	0.5	418	-7.57	853	-1.38	843	-1.48
2	0.63	459	-6.77	944	-0.50	929	-0.64
3	0.8	477	-6.43	992	-0.07	972	-0.24
4	1	482	-6.33	1 011	0.1	991	-0.08
5	1.25	484	-6.29	1 008	0.07	1 000	0.00
6	1.6	494	-6.12	968	-0.28	1 007	0.06
7	2	531	-5.49	890	-1.01	1 012	0.10
8	2.5	631	-4.01	776	-2.20	1 017	0.15
9	3.15	804	-1.90	642	-3.85	1 022	0.19
10	4	967	-0.29	512	-5.82	1 024	0.20
11	5	1 039	0.33	409	-7.76	1 013	0.11
12	6.3	1 054	0.46	323	-9.81	974	-0.23
13	8	1 036	0.31	253	-11.93	891	-1.00
14	10	988	-0.1	212	-13.91	776	-2.20
15	12.5	902	-0.89	161	-15.87	647	-3.79
16	16	768	-2.28	125	-18.03	512	-5.82
17	20	636	-3.93	100	-19.99	409	-7.77
18	25	513	-5.80	80.0	-21.94	325	-9.76
19	31.5	405	-7.86	63.2	-23.98	256	-11.84
20	40	314	-10.05	49.4	-26.13	199	-14.02
21	50	246	-12.19	38.8	-28.22	156	-16.13
22	63	186	-14.61	29.5	-30.60	118	-18.53
23	80	132	-17.56	21.1	-33.53	84.4	-21.47

A.2.1.2 总加权加速度均方根值 \bar{a}_v ：

a) 座椅座垫上方、座椅靠背及驾驶室地板处各点的总加权加速度均方根值按式(A.6)计算：

$$\bar{a}_{vj} = (k_x^2 \bar{a}_{wx}^2 + k_y^2 \bar{a}_{wy}^2 + k_z^2 \bar{a}_{wz}^2)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (A.6)$$

式中：

\bar{a}_{wx} ——前后方向(即 *x* 轴向)加权加速度均方根值,单位为米每二次方秒(m/s²)；

\bar{a}_{wy} ——左右方向(即 *y* 轴向)加权加速度均方根值,单位为米每二次方秒(m/s²)；

\bar{a}_{wz} ——垂直方向(即 *z* 轴向)加权加速度均方根值,单位为米每二次方秒(m/s²)；

k_x 、 k_y 、 k_z 为各轴轴加权系数；

j=1、2、3 分别代表座椅座垫上方、座椅靠背及驾驶室地板三个位置；

\bar{a}_{vj} ——某点总加权加速度均方根值,单位为米每二次方秒(m/s²)。

b) 综合总加权加速度均方根值 \bar{a}_v 的计算参照表 A.5。

表 A.5 不同研究情况采用的频率加权函数和轴加权系数

位置	坐标轴名称	轴加权系数
座椅座垫上方	纵向	$k_x = 1.00$
	横向	$k_y = 1.00$
	垂向	$k_z = 1.00$
靠背	纵向	$k_x = 0.80$
	横向	$k_y = 0.50$
	垂向	$k_z = 0.40$
脚	纵向	$k_x = 0.25$
	横向	$k_y = 0.25$
	垂向	$k_z = 0.40$
$\bar{a}_v = (\sum \bar{a}_{vj}^2)^{\frac{1}{2}}$		

研究振动对人体舒适性感觉的影响时,建议用座椅座垫上方、座椅靠背处和脚支撑面处综合总加权加速度均方根值来评价。

A.2.2 总加权加速度均方根值 \bar{a}_v 与人的主观感觉之间的关系见表 A.6。

表 A.6 总加权加速度均方根值与人的主观感觉之间的关系

总加权加速度均方根值 $\bar{a}_v/(m/s^2)$	人的主观感觉
小于 0.315	没有不舒服
0.315~0.63	有些不舒服
0.5~1	比较不舒服
0.8~1.6	不舒服
1.25~2.5	很不舒服
大于 2	极不舒服

附录 B

(资料性附录)

人-椅系统安装传感器用的垫盘结构图

B.1 人-椅系统座椅座垫处安装传感器用的垫盘结构图, 见图 B.1

单位为毫米

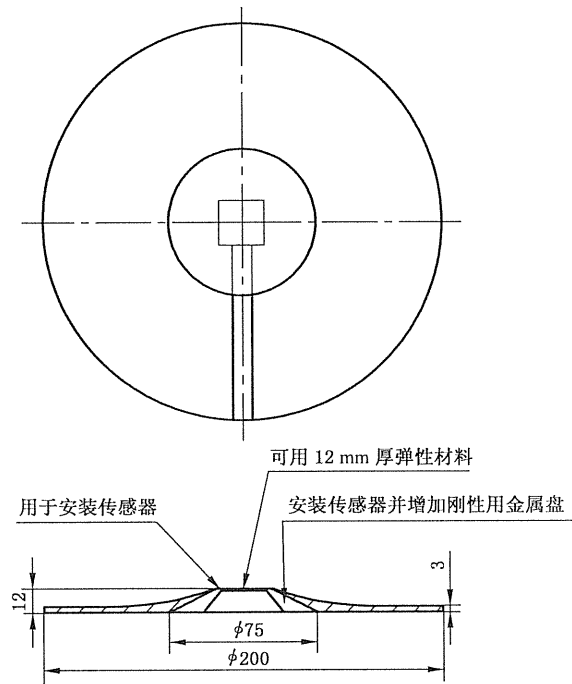


图 B.1 座椅座垫处垫盘结构图

B.2 人-椅系统座椅靠背处安装传感器用的垫盘结构图, 见图 B.2

单位为毫米

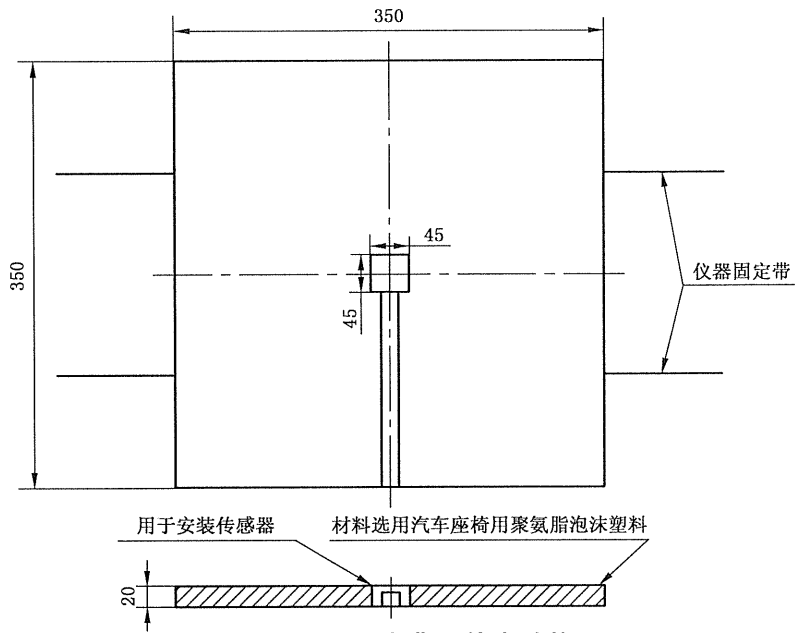


图 B.2 座椅靠背处垫盘结构图

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
汽车平顺性试验方法

GB/T 4970—2009

*

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

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

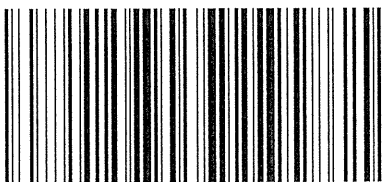
*

开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 22 千字

2010年1月第一版 2010年1月第一次印刷

*

书号: 155066·1-39685



GB/T 4970-2009

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