

团 体 标 准

T/CSAE 140—2023

道路车辆悬架运动学特性与弹性变形特性 试验方法

Test method for kinematic and
compliance characteristics of road
vehicle suspension

(报批稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中国汽车工程学会 发布

目 次

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 试验样车准备 2

5 试验方法 2

6 试验数据处理 10

7 车辆卸载 10

附录 A（规范性） 试验记录表 11

附录 B （规范性） K&C 试验工况 13

附录 C （资料性） K&C 试验输出指标 14

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。

本文件由中国汽车工程学会测试技术委员会提出。

本文件由中国汽车工程学会归口。

本文件起草单位：东风汽车集团股份有限公司、襄阳达安汽车检测中心有限公司、招商局检测车辆技术研究院有限公司、长安汽车股份有限公司、比亚迪汽车工业有限公司、广州汽车集团股份有限公司、东风汽车股份有限公司、上海机动车检测认证技术研究中心有限公司、中国第一汽车集团有限公司、上海理想汽车科技有限公司、一汽解放汽车有限公司、一汽奔腾汽车股份有限公司、武汉理工大学、江苏悦达起亚汽车有限公司、北汽福田汽车股份有限公司、上海汇众汽车制造有限公司、中汽零部件技术(天津)有限公司、北京汽车研究总院有限公司、东风柳州汽车有限公司、东风商用车有限公司、重庆睿蓝汽车研究院有限公司、上海优跑科技有限公司、中国汽车工程研究院股份有限公司、长春孔辉汽车悬架系统有限公司、上汽通用五菱汽车股份有限公司、雷达新能源汽车(浙江)有限公司、东风汽车有限公司东风日产乘用车公司、吉利汽车研究院(宁波)有限公司、湖南大学、福建理工大学、东风本田汽车有限公司。

本文件主要起草人：郭孔辉、谷军庆、李衡、许克峰、宾仕博、苏振兴、张旒、费上宝、聂子睿、汤鑫、夏小均、胡斌、周力、杨林玲、何晓进、章翔、温常磊、梁天键、林泛业、杜玮珂、马雷廷、马乃骥、黄迪青、徐霖、冯勇、马立发、程超、厉智勇、杜常清、何耀华、魏树生、魏文学、陈世栋、马亚华、邱海漩、李军、林阳、李卓、季小伟、王伟、李世强、杜喜阳、刘建伟、辛庆锋、姜军平、徐忠诚、曾志华、尹潇琳、赵鹏、李海龙、王杨、周澄靖、胡波、吴华频、张伦维、何超、丁飞、查云飞、唐晋武。

道路车辆悬架运动学特性与弹性变形特性试验方法

1 范围

本文件描述了道路车辆悬架运动学特性与悬架弹性变形特性（以下简称 K&C 特性）的术语定义、试验样车准备、试验方法、试验数据处理、车辆卸载相关要求。

本文件适用于 M1 和 N1 类车辆准静态 K&C 特性试验，其他类汽车的 K&C 特性试验参照执行。

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 12549 汽车操纵稳定性术语及其定义

3 术语和定义

GB/T 12549中界定的及下列术语和定义适用于本文件。

3.1 车轮平台 wheel platform

K&C 试验台架上独立运行的平台，用于相对车轮施加垂向、纵向、侧向载荷以及回正力矩，并测量车轮接地点的力、位移和转角。

3.2 车轮平台位移和力坐标系 wheel platform displacement and force coordinate system

以轮胎接地中心为原点的右手直角坐标系，X 轴为过接地中心点且平行于车辆纵向中心平面的直线，车辆的后退方向为 X 轴正方向，车辆侧方向为 Y 轴方向，车辆的竖直方向为 Z 轴方向，绕 Z 轴旋转方向简称 Delta。除车辆外倾角和前束角外，其余角度和转矩的正方向遵循右手定则。前束角定义为向内为正，外倾角定义为向外为正（见图 1）。

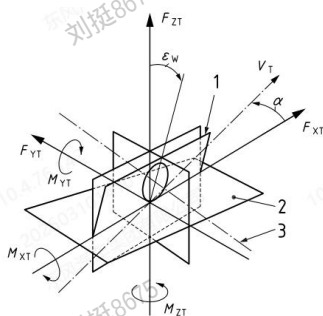


图 1 车轮平台位移和力坐标系

3.3 车轮轮心位移测量系统 wheel center displacement measuring system

测量车辆轮心位移及角度变化的设备。

3.5 车轮轮心坐标系 wheel center displacement coordinate system

以车轮轮心为原点的右手直角坐标系，定义见 ISO8855。

3.6 转向机器人 steering robot

测量车辆方向盘的转向力矩和转角，并驱动转向盘的设备。

3.5 制动动作器 brake actuator

用于对车辆制动踏板施加制动力的装置。

3.6 车身裙边 overlap welding between the side panel of the vehicle and the floor

车辆每侧前后轮之间，车身底板靠近门边位置因车身侧围与地板搭接焊接时钣金件翻边处理而产生的狭窄长条形凸状折起结构。在 K&C 试验中裙边是夹钳夹持的主要部件。

3.7 加载G值 load G value

车辆在设计载荷下，G值等于其所在轴的左右轮荷的平均值。即G值为车辆被测轮所在轴的轴荷的1/2。在K&C试验中对某单个轮施加的力值限制一般是G值的倍数。

4 试验样车准备

4.1 车辆应进行清洁并干燥。

4.2 按照附录 A 中的内容对车辆进行参数确认，并将确认后的结果记录在表 A.1 中。

4.3 对转向系统、悬架系统、轮胎花纹进行检查，并按规定进行调整、紧固和润滑。确认试验样车符合规定的技术条件后，方可进行试验。试验车辆应满足 A.2 中各项要求。

4.4 校准轮胎气压，保证实际胎压与要求胎压的差值在 $\pm 10\text{kPa}$ 内。并将结果记录在表 A.1 中。

4.5 将车辆的轴荷调整为设计值或厂家要求的状态，配载误差按表 1 执行，并将结果记录在表 A.1 中。

4.6 按厂家要求的载荷状态进行车辆的四轮定位参数测量并进行适当的调整，使其在厂家要求的范围内，并将调整前后的数值记录在表 A.1 中。

表 1 车辆配载误差

类别	M1	N1
整车配载误差	$\leq 0.5\%$ 或 $\leq 40\text{kg}$ ，取小值	$\leq 0.5\%$ 或不超过 40kg ，取小值
轴荷载误差	$\leq 0.5\%$ 或 $\leq 20\text{kg}$ ，取小值	$\leq 0.5\%$ 或不超过 20kg ，取小值
轮荷载误差	$\leq 0.5\%$ 或 $\leq 10\text{kg}$ ，取小值	$\leq 0.5\%$ 或不超过 10kg ，取小值
同轴左右轮荷差值	$\leq 10\text{kg}$ （建议值）	$\leq 10\text{kg}$ （建议值）

4.7 对于可调悬架，将车辆静置在水平地面后，将悬架姿态切换为设计值或厂家要求的状态，等待调整完成后关闭高度调整功能。

5 试验步骤

5.1 车辆 K、C 特性测量前车辆加载及台架准备工作

5.1.1 试验台架在启动前应按表 A.3 规定确认并记录台架状态信息。

5.1.2 试验台架在上车前应确认台架车轮平台的所有方向的力值绝对值不大于 10N，所有力矩绝对值不大于 2Nm。

5.1.3 将车辆车轮移动至加载平台中心上，车辆应尽量对准平台中心，并通过多次修正前进方向，保证轮胎接地点与车轮平台中心位置的左右和前后偏差小于 5mm。

5.1.4 记录并保存台架获取的轮荷、轴荷参数信息。

5.1.5 通过制动动作器对车辆施加行车制动及驻车制动。

5.1.6 将车辆夹持。测试过程中，被测车辆车身或车架应与台架夹紧固定，保证车轮在加载装置作用下与车身相对运动时车身不产生滑动或移位。

承载式车身夹持应按如下要求执行。

1) 夹持方法：对于承载式车身，可使用夹持车身裙边的方式，将车身与台架自反力平台固定。

2) 夹持位置要求：被夹持的裙边部分应平直光滑，无障碍物遮挡。长度 $\geq 150\text{mm}$ ，高度 $\geq 16\text{mm}$ 范围内应无突起或折边，厚度应 $\geq 2.5\text{mm}$ ，被夹持位置 Y 向应尽量靠近外侧，X 向应尽可能靠近车轮。若车身裙边刚度不满足夹持需求，应考虑加工辅助夹具或焊接延长板用于夹持，延长板或辅助夹具设计时应进行计算校核，保证加载至极限载荷时不发生脱开或断裂失效。

非承载式车身夹持应按如下要求执行。

1) 夹持方法：对于非承载式车身结构车型，前端可使用夹持装置将防撞梁或车架第一横梁与支撑平台固定，后端可使用龙门架将车架与台架自反力平台固定。

2) 支撑平台、龙门架要求：支撑平台位于测试台架前部，该平台应与试验室地基生根固定，并通过夹持装置夹持车架第一横梁或前防撞梁，将车架前部直接与支撑平台夹持固定。平台安装强度应满足测试台架最大载荷需求。龙门架位于测试台架中后部，与试验室地基或台架自反力平台连接固定。装夹时后部车架应拆卸上装，直接使用连接装置将车架与龙门架横梁固定，进而将车架与台架反力平台夹持固定。龙门架强度应满足台架最大载荷需求。

3) 夹持位置要求：被测车辆需拆除前保险杠总成，露出前防撞梁或第一横梁，并拆除可能影响前端夹持装置安装贴合的螺栓、支架、管线等部件。被测车辆后部车架应裸露，无货箱等遮挡，选定区域车架上下翼面应平整光滑，无支架、阀、螺栓等凸起部件，方便后部龙门架连接装置固定。

5.1.7 对系统进行极限保护设置，以防止位移、力和力矩超量程，对测量系统或车辆造成损伤。

5.1.8 通过转向机器人对转向零位进行寻找。

5.1.9 输入车轮轮心位移测量系统安装平面到车轮轮心平面的偏置距离。

5.2 车辆 K 特性测量方法

5.2.1 垂直同向轮跳试验

5.2.1.1 状态：分为连接和断开稳定杆两种状态进行试验。

5.2.1.2 试验描述：

1) 对于车身不动，路面运动试验设备：在行车制动锁死（释放）、方向盘中间位置固定的状态下，通过左、右车轮平台施加同向的垂向力（水平方向力和力矩保持为零），进行车轮垂直方向上运动特性的测量，试验示意如图 2。

2) 对于车身运动，路面不动试验设备：在行车制动锁死（释放）、方向盘中间位置固定的状态下，约束车身在侧倾、俯仰、横摆、侧向以及纵向的自由度，释放四个车轮平台在 X、Y、Delta 方向上的自由度，使车身在垂向以三角波的形式进行运动，运动周期应不小于 60s，推荐 120s，试验示意如图 3。

5.2.1.3 加载工况：测试加载前应进行暖机循环，暖机循环次数为 1、测试循环次数为 2。暖机循环数据

不记录，对测试循环2次的数据进行记录，后续数据处理对2次数据取平均值。力模式下单个车轮平台垂直力加载G值极限，不同车型参考值不同，乘用车参考值2.5G（此处G，指Load G value），商用车1.5G。为了研究悬架系统的摩擦力，可以在位移控制模式下将上下跳动极限设置为20mm，测量悬架系统的摩擦力。

5.2.1.4 推荐测量指标见表2。

表2 垂直同向轮跳试验测量指标

试验内容	输出参数	单位	建议单位	数据计算依据
垂直同向轮跳试验 (连接和断开稳定杆) vertical Bounce Test	悬架刚度（无轮胎）Wheel Rate	N/mm	N/mm	垂向力与轮心垂向位移
	悬架刚度（含轮胎）Ride Rate	N/mm	N/mm	垂向力与轮胎接地点垂向位移
	轮胎径向刚度 Tire Radial Rate	N/mm	N/mm	垂向力与轮胎径向变形
	前束变化 Toe Angle Change	deg/mm	deg/1000mm	车轮转角（前束角）与轮胎中心垂向位移
	外倾角变化 Camber Angle Change	deg/mm	deg/1000mm	车轮外倾角与轮胎中心垂向位移
	滚动角变化 Spin Angle Change	deg/mm	deg/1000mm	车轮滚动角与轮胎中心垂向位移
	轮心侧向位移变化 Lateral Wheel Centre Displacement	deg/mm	deg/1000mm	轮距与轮胎接地点垂向位移
	轮心纵向位移变化 Wheel Recession	deg/mm	deg/1000mm	轴距与轮胎接地点垂向位移
	轴距变化 Wheel Base change	mm/mm	mm/1000mm	轴距与轮胎接地点垂向位移
	轮距变化 Wheel Trackwidth change	mm/mm	mm/1000mm	轮距与轮胎接地点垂向位移
	摩擦力（无轮胎）Friction(wheel center)	N	N	垂向力与轮胎中心垂向位移
	摩擦力（含轮胎）Friction (tire patch)	N	N	垂向力与轮胎接地点垂向位移
	侧倾中心高度 Kinematic Roll Center Height	mm	mm	0° 侧倾角中心高度
	抗抬头角 Kinematic Anti-Dive Angle	deg/mm	deg/mm	垂向位移与抗抬头角
	抗点头角 Kinematic Anti-Squat Angle	deg/mm	deg/mm	垂向位移与抗点头角

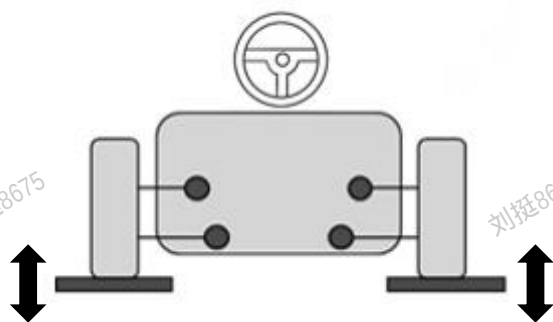


图2 垂直同向轮跳试验（路面运动）

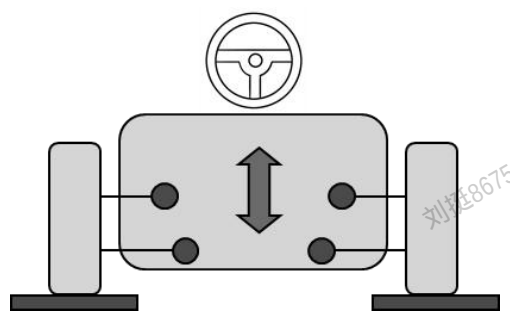


图3 垂直同向轮跳试验（路面不动）

5.2.2 侧倾运动试验

5.2.2.1 车辆状态：为了研究横向稳定杆对侧倾角刚度的贡献量，可按照横向稳定杆工作和不工作两种状态进行试验。

5.2.2.2 试验描述：

1) 对于车身不动，路面运动试验设备：在行车制动锁死、方向盘固定的状态下，左右两侧平台对车轮施加反向的垂直力，且左右侧的车轮平台保持侧倾角相同；垂直方向上保持轴荷不变，水平方向上保持所有的力和力矩为零。试验示意图如图4。

2) 对于车身运动，路面不动试验设备：方向盘固定在中间位置，踩下制动踏板，释放车身俯仰和垂向的自由度，约束车身横摆、侧向以及纵向的自由度，释放车轮平台在X、Y、Delta（坐标系定义）方向上的自由度，使车身在侧倾方向上以三角波的形式进行运动，同时确保前后轴荷保持不变，运动周期应不小于60s，推荐120s，试验示意图如图5。

5.2.2.3 加载工况：测试加载前应进行暖机循环，暖机循环次数为1、测试循环次数为2。前后轴的侧倾角极限为 $\pm 5^\circ$ ，或某轮荷值降为0为止，以先到者为准。

5.2.2.4 推荐测量指标见表3。

表3 侧倾运动试验测量指标

试验内容	输出参数	单位	建议单位	数据计算依据
侧倾运动试验 (连接和断开稳定杆) Roll Test	侧倾刚度（带稳定杆）Roll Moment (with rollbar)	Nm/deg	Nm/deg	侧倾力矩与车辆侧倾角
	侧倾刚度（不带稳定杆）Roll Moment (without rollbar)	Nm/deg	Nm/deg	侧倾力矩与车辆侧倾角
	侧倾中心高度 Roll center height	mm	mm	0° 侧倾角中心高度
	前束变化 Toe Angle Change	deg /deg	deg /100deg	车轮转角（前束角）与车辆侧倾角
	外倾角变化 Camber Angle Change	deg /deg	deg /100deg	车轮外倾角与车辆侧倾角
	轮心侧向位移变化 Lateral Wheel Centre Displacement	deg/mm	deg/1000mm	轴距与轮胎接地点垂向位移
	轮心纵向位移变化 Wheel Recession	deg/mm	deg/1000mm	轮距与轮胎接地点垂向位移
	滚动角变化 Spin Angle Change	deg /deg	deg /100deg	车轮滚动角与车辆侧倾角
	车轮垂向轮荷变化率 Wheel Vertical Loads v Roll Angle	N/deg	N/deg	车轮载荷与车辆侧倾角
	轮距变化 Track change	mm/mm	mm/1000mm	轮距与轮胎接地点垂向位移

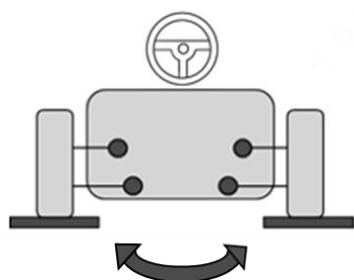


图4 侧倾运动试验（路面运动）

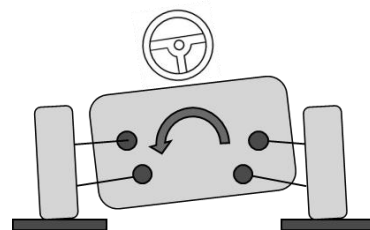


图5 侧倾运动试验（路面不动）

5.2.3 转向运动试验

5.2.3.1 车辆状态：分为转向助力工作和不工作两种状态进行试验。

5.2.3.2 试验描述：在行车制动锁死的状态下，垂直方向上保持垂直位置或者垂直载荷不变，水平方向上保持所有的力和力矩为零。由转向电机转动方向盘，使方向盘以正弦波的形式进行运动，运动周期应不小于60s，推荐120s，试验示意如图6。

5.2.3.3 加载工况：测试加载前应进行暖机循环，暖机循环次数为1、测试循环次数为2。在转向助力工作状态下，方向盘转动的角度应达到左右限位或方向盘受到的力矩达到10Nm，以先到者为准。在转向助力不工作状态下，方向盘转动的角度应达到左右限位或方向盘受到的力矩达到40Nm，以先到者为准。

5.2.3.4 推荐测量指标见表4。

表4 转向运动测量测试指标

试验内容	输出参数	单位	建议单位	数据计算依据
转向运动试验(开、关 转向助力) Steer Test (power steering On and Off)	阿克曼转角 (Ackermann Curves)	deg/deg	deg/deg	右前轮转角与左前轮转角
	阿克曼百分比 (Percentage Ackermann)	%	%	前轮转角与阿克曼百分比
	转向传动比 Steer Ratio	--	--	方向盘转角与车轮转角
	转向摩擦力 Steer Friction (+/-180 deg)	N	N	转向摩擦力
	外倾角变化 Camber Angle Change(deg/N)	deg/deg	deg/deg	车轮外倾角与方向盘转角
	转向速比 (+/-360 deg) Overall Steer Rate (+/-360 deg)	deg/deg	deg/deg	车轮转角与方向盘转角
	转向速比 (+/-20 deg) On center Steer Rate (+/-20 deg)	deg/deg	deg/deg	车轮转角与方向盘转角
	轮心到主销侧向距离 Kingpin Wheel Centre Y Offset	mm	mm	轮心到主销侧向位移
	轮心到主销纵向距离 Kingpin Wheel Centre X Offset	mm	mm	轮心到主销纵向位移
	磨损半径 Scrub Radius (at SWA=0deg)	mm	mm	主销偏置半径
	主销拖距 Caster Trail (as SWA=0deg)	mm	mm	主销拖距

表4 转向运动测量测试指标（续）

试验内容	输出参数	单位	建议单位	数据计算依据
	主销偏置距 Kingpin offset(at SWA=0deg)	mm	mm	主销偏距

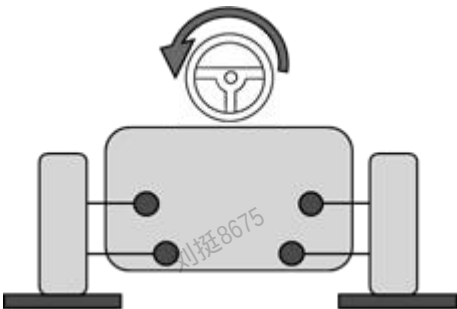


图6 转向运动试验

5.3 车辆 C 特性测量方法

5.3.1 纵向力柔度试验

- 5.3.1.1 车辆状态：分为转向助力工作和不工作两种状态进行试验
- 5.3.1.2 试验描述：在行车制动锁死、方向盘固定在零位的状态下，左右平台侧向力和绕 Z 向的力矩保持为零，左右平台垂直位置和角度保持不变。约束车身所有自由度，释放车轮平台在 Y、Delta 方向上的自由度，在车轮平台的 X 方向上以正弦波的形式施加力，周期应不小于 60s，推荐 120s，试验示意如图 7。
- 5.3.1.3 加载工况：测试加载前应进行暖机循环，暖机循环次数为1、测试循环次数为2（取两次平均值）。纵向力加载G值极限为0.4G~0.6G（如车轮发生滑移/滑转，则取车轮不发生滑移/滑转时的最大纵向力为极限）。
- 5.3.1.4 转向助力工作时施加的纵向力分为同向和反向，转向助力不工作时施加的纵向力为反向。
- 5.3.1.5 推荐测量指标见表5。

表5 纵向力柔度测量指标

试验内容	输出参数	单位	建议单位	数据计算依据
纵向力柔度试验(同向和反向) Longitudinal Compliance Test (in phase and anti-phase)	纵向刚度（无轮胎）Longitudinal stiff-wheel center	N/mm	N/mm	纵向力与轮心纵向位移
	纵向刚度（含轮胎）Longitudinal stiff-tire patch	N/mm	N/mm	纵向力与轮心纵向位移
	前束变化 Longitudinal Toe Compliance	deg/N	deg/N	纵向力与车轮前束角
	外倾角变化 Camber Angle Change	deg/N	deg/1000N	纵向力与车轮外倾角
	滚动角变化 Spin Angle Change	deg/N	deg/1000N	纵向力与车轮滚动角

表5 纵向力柔度测量指标（续）

试验内容	输出参数	单位	建议单位	数据计算依据
	抗抬头点头曲线 Anti-Dive/Squat Curve Fits	N/N	N/N	纵向力与垂向力
	抗抬头点头角 Force Anti-Dive Angles	deg/N	deg/N	纵向力与抗抬头点头角

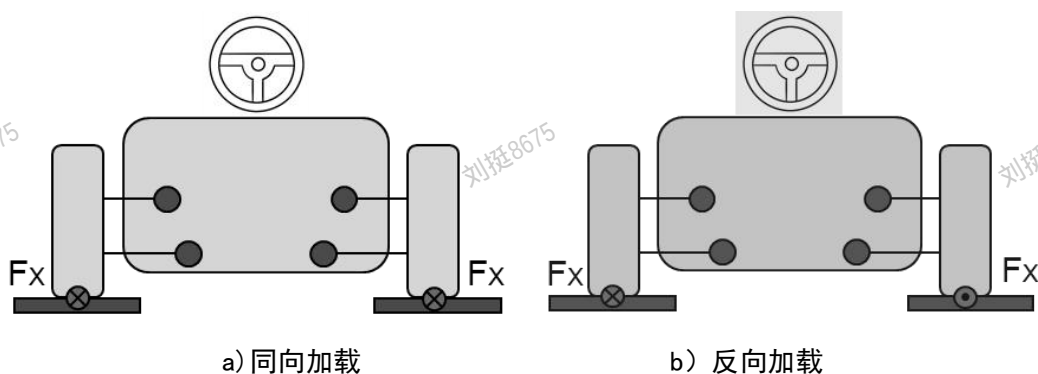


图7 纵向力柔度试验

5.3.2 侧向力柔度试验

5.3.2.1 车辆状态：分为转向助力工作和不工作两种状态进行试验。

5.3.2.2 试验描述：在行车制动锁死、方向盘固定在零位的状态下，左右平台纵向力和绕Z向的力矩保持为零，左右平台垂直位置和侧倾角保持不变。约束车身所有自由度，释放车轮平台在X、Delta方向上的自由度，在车轮平台的Y方向上以正弦波的形式施加力，周期应不小于60s，推荐120s，试验示意图如8。

5.3.2.3 加载工况：测试加载前应进行暖机循环，暖机循环次数为1、测试循环次数为2。侧向力加载G值极限为0.4G~0.6G（如车轮发生滑移，则取车轮不发生滑移时的最大纵向力为极限）。

5.3.2.4 转向助力工作时施加的侧向力分为同向和反向，转向助力不工作时施加的侧向力为同向。为了模拟轮胎拖距，进行转向助力工作且同向力加载试验时，作用点包含轮胎接地点以及轮胎接地点后方20mm~30mm两种。

5.3.2.5 推荐测量指标见表6。

表6 侧向力柔度测量指标

试验内容	输出参数	单位	建议单位	数据计算依据
侧向力柔度试验(同向和反向) Lateral Compliance Test (in phase and anti-phase)	侧向刚度（无轮胎）Lateral stiff-wheel center	N/mm	N/mm	侧向力与轮心侧向位移
	侧向刚度（含轮胎）Lateral stiff-tire patch	N/mm	N/mm	侧向力与轮胎接地点侧向位移

表6 侧向力柔度测量指标（续）

试验内容	输出参数	单位	建议单位	数据计算依据
侧向力柔度试验(同向和反向) Lateral Compliance Test(in phase and anti-phase)	前束变化 Lateral Toe Compliance	deg/N	deg/1000N	侧向力与车轮前束角
	外倾角变化 Camber Angle Change	deg/N	deg/1000N	侧向力与车轮外倾角
	滚动角变化 Spin Angle Change	deg/N	deg/1000N	侧向力与车轮滚动角
	侧倾中心曲线 Roll Centre Curve Fits	N/N	N/N	侧向力与垂向力
	侧倾中心高度 Force Roll Centre Height	mm/N	mm/N	侧向力与侧倾中心高度

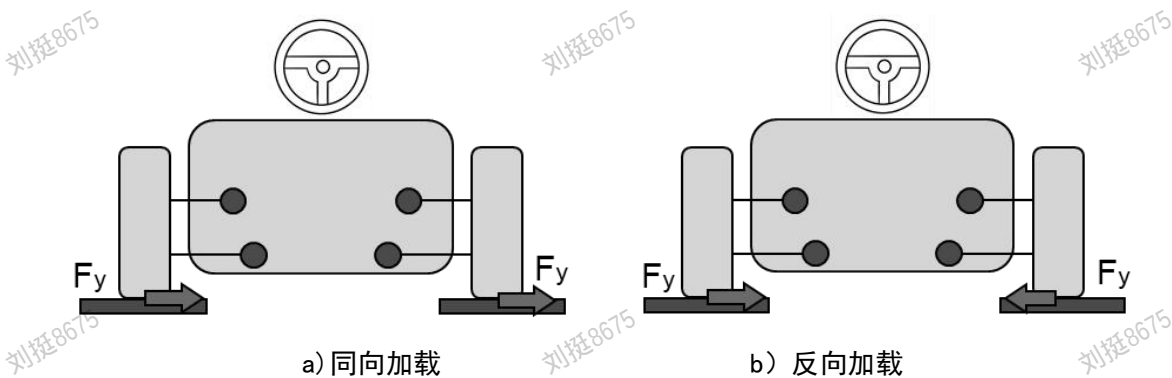


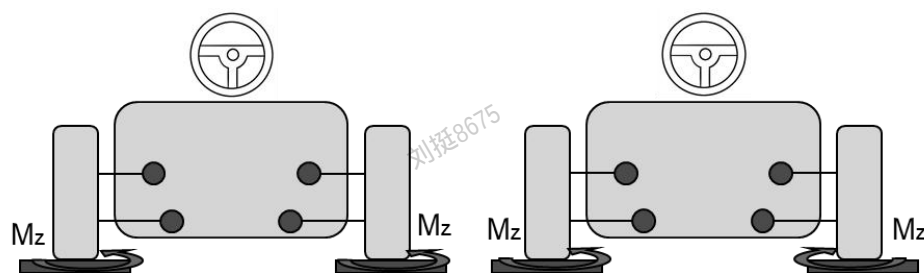
图 8 侧向力柔度试验

5.3.3 回正力矩柔度试验

- 5.3.3.1 车辆状态：分为转向助力工作和不工作两种状态进行试验。
- 5.3.3.2 试验描述：在行车制动锁死、方向盘固定在零位的状态下，左右平台施加同向或反向回正力矩，左右平台沿 X、Y 轴向的力保持为零，左右平台垂直位置和侧倾角保持不变。约束车身所有自由度，释放车轮平台在 X、Y 方向上的自由度，在车轮平台的 Delta 方向上以正弦波的形式施加力矩，周期应不小于 60s，推荐 120s，试验示意如图 9。
- 5.3.3.3 加载工况：测试加载前应进行暖机循环，暖机循环次数为 1、测试循环次数为 2。回正力矩加载 G 值极限为 0.035G（输入的力的幅值应到达 150 Nm，如车轮发生滑移，则取车轮不发生滑移时的最大纵向力为极限）。
- 5.3.3.4 转向助力工作时施加的回正力矩分为同向和反向，转向助力不工作时施加的回正力矩为同向。
- 5.3.3.5 推荐测量指标见表7。

表7 回正力矩柔度测量指标

试验内容	输出参数	单位	建议单位	数据计算依据
回正力矩柔度试验(同向和反向) Toe Compliance Test (in phase and anti-phase)	轴转向 Axle Steer	deg/Nm	deg/1000Nm	回正力矩与轴转向
	前束变化 Aligning Toe Compliance	deg/Nm	deg/1000Nm	回正力矩与车轮前束角
	外倾角变化 Camber Angle Change	deg/Nm	deg/1000Nm	回正力矩与车轮外倾角



a) 同向加载

b) 反向加载

图9 回正力矩试验

6 试验数据处理

- 6.1 按照表 B.1 中的试验工况核对已完成试验工况数据数量，确保无重复无漏做，及时拷出并备份。
- 6.2 按照表 B.1 中的试验顺序进行数据处理，对测试结果两次数据进行平均处理，各工况需要输出的指标详见表 C.1。
- 6.3 为方便测试人员及数据使用人员对数据坐标的理解，出具试验数据处理报告时，应附上测量设备的车轮轮心坐标系、车轮平台位移和力坐标系。试验数据中的坐标系与车轮轮心坐标系、车轮平台位移和力坐标系一致。需要对试验报告更改或变换试验数据坐标系时，参照车轮平台位移和力坐标系进行变换。

7 车辆卸载

车辆卸载步骤如下：

- a) 拆下的稳定杆重新安装好。
- b) 卸载转向机器人设备。
- c) 卸载制动动作动器。
- d) 卸载车轮轮心位移测量系统。
- e) 车辆从试验台架上卸载。
- f) 辅助工装拆除。拆除如夹具、供夹持的延长板等辅助工装。
- g) 如果试验前拆除了车辆的裙边包围、安全气囊等，应进行车辆复原。
- h) 卸载配载假人。
- i) 清点车辆上的工具以及专用工装。

附录 A
(规范性)
试验记录表

A.1 表A.1规定了K&C试验应收集的样车参数信息。

表A.1 样车参数表

样车名称				
品 牌				
生产单位				
委托单位				
样车数量				
试验者				
试验日期				
整车型号				
VIN				
最大允许总质量 (kg)				
轴距 (mm)				
轮距 (前/后) (mm)				
驱动型式				
车身结构型式				
前悬架型式				
后悬架型式				
转向助力型式				
轮胎规格 (前/后)				
胎压信息 (前/后) (kPa)				
配载	配载状态	整备状态	半载状态	满载状态
		设计值/实测值	设计值/实测值	设计值/实测值
	轮荷 (kg) 左前			
	轮荷 (kg) 右前			
	轮荷 (kg) 左后			
	轮荷 (kg) 右后			
四轮定位	前轴	(整备、半载、满载) 设计值	(整备、半载、满载) 调整前实测值	(整备、半载、满载) 调整后实测值
	前轮外倾			
	主销后倾			
	主销内倾			

表A.1 样车参数表（续）

四轮定位	前轮前束			
	后轴	（整备、半载、满载）设计值	（整备、半载、满载）调整前实测值	（整备、半载、满载）调整后实测值
	后轮外倾			
	后轮前束			

A.2 表A.2规定了样车进行K&C试验需要记录检查的车辆状态信息。

表A.2 车辆状态信息检查表

*车辆状态	能正常行驶	
	转向系统正常	
	动力系统正常	
	车辆的清洁：对车辆的底盘、轮胎进行清洗。防止在进行K&C测量时沙粒掉落在导轨上，损坏导轨，影响系统性能。	
	各系统无漏油现象	
*空载离地间隙（是否满足现有台架夹持高度要求）		
样车裙边护板已拆除，长度>150mm，高度>16mm 范围内无突起或折边，厚度应>2.5mm，且平整		
燃油箱已加满油\电量大于 30%		
*方向盘上的安全气囊高度不高于方向盘平面，否则拆除安全气囊或者制作过渡夹具		
*样车悬架系统完成基本磨合		
*试验人员委托单位确认样车悬架各部件为试验状态（竞品车除外）		
*对于可调悬架增加姿态确认		
车辆温度与室温一致，在 23 摄氏度~29 摄氏度之间		
注：以上所有*项目必须全部满足，且提供准确的参数		

A.3 表A.3规定了K&C试验应记录确认的台架状态信息。

表A.3 台架状态确认表

序号	项目	确认
1	测量系统正常工作	是□ 否□
2	检查通道力和力矩值在合理范围内	是□ 否□
3	完成样车参数输入	是□ 否□

附录 B
(规范性)
K&C 试验工况

表B. 1为进行K&C试验的推荐工况。

表B. 1 K&C试验工况

序号	试验工况	同/反向	转向助力系统状态	稳定杆状态
1	垂直同向轮跳试验（全行程）	——	☒ On ☒ Off	☒ On ☐ Off
2	垂直同向轮跳试验（全行程）	——	☒ On ☒ Off	☐ On ☒ Off
3	垂直同向轮跳试验（20mm）	——	☒ On ☐ Off	☒ On ☐ Off
4	侧倾运动试验	——	☒ On ☐ Off	☒ On ☐ Off
5	侧倾运动试验	——	☐ On ☒ Off	☐ On ☒ Off
6	转向运动试验	——	☒ On ☐ Off	☒ On ☐ Off
7	转向运动试验	——	☐ On ☒ Off	☒ On ☐ Off
8	纵向力柔度试验	☒ 同向 ☐ 反向	☒ On ☐ Off	☒ On ☐ Off
9	纵向力柔度试验	☐ 同向 ☒ 反向	☒ On ☐ Off	☒ On ☐ Off
10	纵向力柔度试验	☐ 同向 ☒ 反向	☐ On ☒ Off	☒ On ☐ Off
11	侧向力柔度试验（X=0mm）	☒ 同向 ☐ 反向	☒ On ☐ Off	☒ On ☐ Off
12	侧向力柔度试验（X=0mm）	☐ 同向 ☒ 反向	☒ On ☐ Off	☒ On ☐ Off
13	侧向力柔度试验（X=0mm）	☒ 同向 ☐ 反向	☐ On ☒ Off	☒ On ☐ Off
14	侧向力柔度试验（X=30mm，推荐值）	☒ 同向 ☐ 反向	☒ On ☐ Off	☒ On ☐ Off
15	回正力矩柔度试验	☒ 同向 ☐ 反向	☒ On ☐ Off	☒ On ☐ Off
16	回正力矩柔度试验	☐ 同向 ☒ 反向	☒ On ☐ Off	☒ On ☐ Off
17	回正力矩柔度试验	☒ 同向 ☐ 反向	☐ On ☒ Off	☒ On ☐ Off

附录 C
(资料性)
K&C 试验输出指标

表C. 1列出了K&C试验各工况需要输出的指标。

表C. 1 K&C试验输出指标

序号	试验工况	测量指标	单位	建议单位	数据计算依据
1	垂向运动试验 Vertical Bounce Test	悬架刚度（无轮胎）Wheel Rate	N/mm	N/mm	垂向力与轮心垂向位移
		悬架刚度（含轮胎）Ride Rate	N/mm	N/mm	垂向力与轮胎接地点垂向位移
		轮胎径向刚度 Tire Radial Rate	N/mm	N/mm	垂向力与轮胎径向变形
		前束变化 Toe Angle Change	deg/mm	deg/1000mm	车轮转角（前束角）与轮胎中心垂向位移
		外倾角变化 Camber Angle Change	deg/mm	deg/1000mm	车轮外倾角与轮胎中心垂向位移
		滚动角变化 Spin Angle Change	deg/mm	deg/1000mm	车轮滚动角与轮胎中心垂向位移
		轮心侧向位移变化 Lateral Wheel Centre Displacement	deg/mm	deg/1000mm	轮距与轮胎接地点垂向位移
		轮心纵向位移变化 Wheel Recession	deg/mm	deg/1000mm	轴距与轮胎接地点垂向位移
		轴距变化 Wheel Base change	mm/mm	mm/1000mm	轴距与轮胎接地点垂向位移
		轮距变化 Wheel Trackwidth change	mm/mm	mm/1000mm	轮距与轮胎接地点垂向位移
		摩擦力（无轮胎）Friction(wheel center)	N	N	垂向力与轮胎中心垂向位移
		摩擦力（含轮胎）Friction (tire patch)	N	N	垂向力与轮胎接地点垂向位移
		侧倾中心高度 Kinematic Roll Center Height	mm	mm	0° 侧倾角中心高度
		抗抬头角 Kinematic Anti-Dive Angle	deg/mm	deg/mm	垂向位移与抗抬头角
		抗点头角 Kinematic Anti-Squat Angle	deg/mm	deg/mm	垂向位移与抗点头角

表C.1 K&C试验输出指标（续）

序号	试验工况	测量指标	单位	建议单位	数据计算依据
2	侧倾运动试验 Roll Test at constant Axle Load	侧倾刚度(带稳定杆) Roll Moment(with rollbar)	Nm/deg	Nm/deg	侧倾力矩与车辆侧倾角
		侧倾刚度(不带稳定杆) Roll Moment (without rollbar)	Nm/deg	Nm/deg	侧倾力矩与车辆侧倾角
		侧倾中心高度 Roll center height	mm	mm	0° 侧倾角中心高度
		前束变化 Toe Angle Change	deg/deg	deg/100deg	车轮转角(前束角)与车辆侧倾角
		外倾角变化 Camber Angle Change	deg/deg	deg/100deg	车轮外倾角与车辆侧倾角
		轮心侧向位移变化 Lateral Wheel Centre Displacement	deg/mm	deg/1000mm	轴距与轮胎接地点垂向位移
		轮心纵向位移变化 Wheel Recession	deg/mm	deg/1000mm	轮距与轮胎接地点垂向位移
		滚动角变化 Spin Angle Change	deg/deg	deg/100deg	车轮滚动角与车辆侧倾角
		车轮垂向轮荷变化率 Wheel Vertical Loads v Roll Angle	N/deg	N/deg	车轮载荷与车辆侧倾角
		轮距变化 Track change	mm/mm	mm/1000mm	轮距与轮胎接地点垂向位移
3	转向运动试验 Steering Geometry test	阿克曼转角(Ackermann Curves)	deg/deg	deg/deg	右前轮转角与左前轮转角
		阿克曼百分比(Percentage Ackermann)	%	%	前轮转角与阿克曼百分比
		转向传动比 Steer Ratio	--	--	方向盘转角与车轮转角
		转向摩擦力 Steer Friction (+/-180deg)	N	N	转向摩擦力
		外倾角变化 Camber Angle Change(deg/N)	deg/deg	deg/deg	车轮外倾角与方向盘转角
		转向速比(+/-360 deg) Overall Steer Rate(+/-360 deg)	deg/deg	deg/deg	车轮转角与方向盘转角
		转向速比(+/-20 deg) On center Steer Rate(+/-20 deg)	deg/deg	deg/deg	车轮转角与方向盘转角
		轮心到主销侧向距离 Kingpin Wheel Centre Y Offset	mm	mm	轮心到主销侧向位移
		轮心到主销纵向距离 Kingpin Wheel Centre X Offset	mm	mm	轮心到主销纵向位移
		磨损半径 Scrub Radius(at SWA=0deg)	mm	mm	主销偏置半径
		主销拖距 Caser Trail(as SWA=0deg)	mm	mm	主销拖距

表C.1 K&C试验输出指标（续）

序号	试验工况	测量指标	单位	建议单位	数据计算依据
3	转向运动试验 Steering Geometry test	主销偏置距 Kingpin offset (at SWA=0deg)	mm	mm	主销偏距
4	纵向柔度试验 Longitudinal compliance	纵向刚度（无轮胎）Longitudinal stiff-wheel center	N/mm	N/mm	纵向力与轮心纵向位移
		纵向刚度（含轮胎）Longitudinal stiff-tire patch	N/mm	N/mm	纵向力与轮心纵向位移
		前束变化 Longitudinal Toe Compliance	deg/N	deg/N	纵向力与车轮前束角
		外倾角变化 Camber Angle Change	deg/N	deg/1000N	纵向力与车轮外倾角
		滚动角变化 Spin Angle Change	deg/N	deg/1000N	纵向力与车轮滚动角
		抗抬头点头曲线 Anti-Dive/Squat Curve Fits	N/N	N/N	纵向力与垂向力
		抗抬头点头角 Force Anti-Dive Angles	deg/N	deg/N	纵向力与抗抬头点头角
5	侧向柔度试验 Lateral compliance	侧向刚度（无轮胎）Lateral stiff-wheel center	N/mm	N/mm	侧向力与轮心侧向位移
		侧向刚度（含轮胎）Lateral stiff-tire patch	N/mm	N/mm	侧向力与轮胎接地点侧 向位移
		前束变化 Lateral Toe Compliance	deg/N	deg/1000N	侧向力与车轮前束角
		外倾角变化 Camber Angle Change	deg/N	deg/1000N	侧向力与车轮外倾角
		滚动角变化 Spin Angle Change	deg/N	deg/1000N	侧向力与车轮滚动角
		侧倾中心曲线 Roll Centre Curve Fits	N/N	N/N	侧向力与垂向力
		侧倾中心高度 Force Roll Centre Height	mm/N	mm/N	侧向力与侧倾中心高度
6	回正力矩柔度试 验 Aligning Torque compliance	轴转向 Axle Steer	deg/Nm	deg/1000Nm	回正力矩与轴转向
		前束变化 Aligning Toe Compliance	deg/Nm	deg/1000Nm	回正力矩与车轮前束角
		外倾角变化 Camber Angle Change	deg/Nm	deg/1000Nm	回正力矩与车轮外倾角