

ICS 35.100

CCS L 79

团体标准

T/CSAE XXX-XXXX

汽车抗晕性能试验方法

Testing methods for motion sickness resistance of vehicles

2024-XX-XX 发布

2024-XX-XX 实施

中国汽车工程学会 发布

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

目次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语及定义 1

4 缩略语 2

5 试验条件 2

6 测试指标 3

7 测试方法 4

附录 A（规范性） 主观评价量表 7

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XXX提出。

本文件由中国汽车工程学会标准化工作委员会归口。

本文件起草单位：XXX

本文件主要起草人：XXX

汽车抗晕性能试验方法

1 范围

本文件规定了汽车抗晕性能试验方法的试验条件、评价指标框架体系、评分标准和评价方法等内容。

本文件适用于纯电动汽车 (Battery Electric Vehicles, BEV) 和插电式混合动力汽车 (Plug-in Hybrid Electric Vehicles, PHEV)。

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 5768-2022 道路交通标志和标线

GB 14886-2016 道路交通信号灯设置与安装规范

GB/T 18386.1-2021[S]. 2021. 电动汽车能量消耗量和续驶里程试验方法 第1部分：轻型汽车

GB/T 32694-2016[S]. 2016. 插电式混合动力电动乘用车技术条件：术语和定义

GB/T 12534-1990 汽车道路试验方法通则

GB/T 12543 汽车加速性能试验方法

GB/T 12549 汽车操纵稳定性术语及其定义

GB/T 28382-2012[S]. 纯电动乘用车技术条件

GB/T 30677 轻型汽车电子稳定性控制系统性能要求及试验方法

ISO3888-2 乘用车急剧变换车道操纵用试验车道第2部分：障碍物规避 (Passenger cars-Test track for a severe lane-change manoeuvre-Part2:Obstacle avoidance)

3 术语及定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电动汽车 electric vehicle

电动汽车是指在满足道路交通安全法规的前提下，由电动机驱动的车辆。

3.2

晕动症 motion sickness

晕动症是指乘坐交通工具时或由摇摆、颠簸、旋转、加速运动等各种因素，致内耳前庭平衡感受器受到过度运动刺激，而出现的出冷汗、恶心、呕吐、头晕等症状群。

3.3

汽车抗晕性 anti-Motion sickness performance of vehicle

汽车抗晕性能是指汽车在设计和制造过程中通过一系列技术和措施，减少乘客在乘坐过程中出现晕动症的性能。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

EDA: 皮电活动(Electrodermal Activity)

EOG: 眼电图(Electrooculography)

IMU: 惯性测量单元(Inertial Measurement Unit)

SOC: 电池的荷电状态(State of Charge)

MSSQ: 运动易感性量表((Motion Sickness Susceptibility Questionnaire)

MISC: 主观认知损害多维量表(Multidimensional Inventory of Subjective Cognitive Impairment)

5 试验条件

5.1 测试路线

- (1) 试验应在干燥、均匀、坚实的路面上进行，具有良好附着能力的混凝土或沥青路面；
- (2) 交通标志、标线应清晰可见，且符合 GB 5768-2022 的要求；
- (3) 基础设施符合 GB 14886-2022 要求。
- (4) 试验应在干燥、均匀、坚实的路面上进行。
- (5) 坡度小于 6%，曲率半径大于 50m，曲率变化率应不超过 $4 \times 10^{-5} \text{ m}^{-2}$ 。

5.2 测试环境

测试环境应满足以下要求：

- (1) 大气温度应在 $0 \sim 40^{\circ} \text{C}$ 范围内；
- (2) 风速不大于 5 m/s ；
- (3) 每次试验的气象情况均应在报告中注明。

5.3 测试设备

- (1) 测试设备应满足以下要求：
- (2) 测试设备包括 EDA 皮电仪，采样频率不小于 128Hz、EOG 眼动仪，采样频率不小于 56Hz、GNSS/IMU 惯性导航设备等；
- (3) 车辆运动状态参数采样频率不小于 100Hz；
- (4) 速度误差 $< 0.05 \text{ km/h}$ ；
- (5) 横向和纵向位置采集精度 $> 0.02 \text{ m}$ 。
- (6) IMU 加速度采集精度 $> 0.01 \text{ m/s}^2$ 。

5.4 测试车辆

(1) 测试车辆具有正规厂家出具出厂合格证, 总行驶里程在 3000km 以内, 且使用期间按照车辆使用手册的要求进行使用和维护。

(2) 轮胎气压应为车辆制造推荐的冷胎充气压力(参见车辆标牌或轮胎充气压力标识), 对于胎压小于等于 250kPa, 冷充气压力的误差为 ± 5 kPa; 胎压超过 250kPa 时, 误差不超过 2%。

(3) 试验时若换用新轮胎, 测试前应至少经过 200km 正常行驶的磨合; 若使用旧轮胎, 试验终了时残留花纹高度应不小于 1.5mm。试验前轮胎应标定动平衡, 轮胎气压应符合 GB/T 12534-1990 中 3.2 的规定。

(4) 在进行本规程测试评价项目时, 均应开启能量回收功能。

(5) 除子项有特殊说明外, 车辆在试验过程中统一选用“D”挡, 具有多种模式的车辆统一选用“标准模式”。

(6) 测试过程中不应调整测试车辆载荷并不进行系统软件版本和硬件配置的变更。

(7) 为避免试验过程中树荫、隧道进出口等光线突变造成被试人员瞳孔直径突变, 需要对车辆玻璃做暗光处理。

5.5 驾驶操作

(1) 驾驶员应持有相应准驾车型的有效机动车驾驶证, 且具有不少于三年相关车型的驾驶经验, 无严重交通违法记录。

(2) 试验当日驾驶员应处于良好生理与心理状态, 未服用影响认知或操作能力的药物, 无疲劳驾驶情形。

(3) 驾驶员应严格按照试验路线及操作指令进行驾驶, 保持驾驶动作的连续性与一致性, 避免随意变更路线或驾驶方式。

(4) 应根据试验方案规定的速度范围行驶, 使用定速巡航装置(如配置), 或手动保持稳定车速。试验期间车速波动不得超过标准允许的误差范围。

(5) 在加速、减速及转向操作过程中, 驾驶员应确保操作平稳、连贯, 不得出现急加速、急刹车、剧烈转向等影响乘员舒适性的行为, 除非试验要求特殊驾驶动作。

(6) 试验期间驾驶员应避免与试验乘员交流, 不得与试验过程无关的人员进行语言或肢体互动, 以确保试验环境客观中立。

5.6 被试人员

所有参与实验的被试应满足以下要求:

(1) 年龄 18~65 岁, 其中女性占比不小于 30%。

(2) 身体状况健康(无感冒、无前庭功能障碍、视力正常/矫正至正常, 无任何神经、精神和心理障碍相关疾病, 无脑部疾病史)。

(3) 所有被试在实验前 24 h 内正常作息, 未饮用酒精类饮品或进行剧烈运动, 保证在实验过程中处于良好的精神状态。

(4) 女性受试者未妊娠。

(5) 受试者之前未参加过类似实验, 对实验材料不具有先验知识。

(6) 受试者在实验前自愿签署由相关医院、研究所审查委员会批准的知情同意书。

6 测试指标

(1) 皮电信号:皮电信号 (Electrodermal Activity, EDA), 又称皮肤电反应, 是反映人体交感神经系统活动的一项重要生理指标。当人处于紧张、恐惧、恶心等不适状态时, 交感神经活跃, 出汗增加, 导致皮肤表面的电导率上升。晕动症作为一种典型的自主神经紊乱反应, 其症状 (如恶心、出冷汗、心率变化等) 与交感神经亢进密切相关。因此, EDA 信号能够实时、无创地捕捉晕动症发作时的生理变化, 是评估晕动症强度和发展过程的有效客观指标。

(2) 瞳孔直径: 瞳孔直径变化反映了自主神经系统中交感与副交感神经的平衡状态, 尤其对环境刺激与情绪应激高度敏感。晕动症发作过程中, 由于交感神经兴奋, 常伴随瞳孔扩张, 体现出人体在不适、紧张、恶心等状态下的生理应激反应。瞳孔变化与大脑皮层警觉度、注意力水平密切相关, 能够反映晕动症对乘客认知状态的影响。使用眼电图 (Electrooculography, EOG) 测量瞳孔直径, 具有非侵入性、实时性和高度敏感性的优点。因此, 将 EOG 监测下的瞳孔直径作为晕动症评价指标, 有助于从神经生理层面更准确地把握晕动症的诱因与发展过程。

(3) 晕车主观感受: 晕车主观感受是判断晕车严重程度的直接依据。当乘客在车辆行驶过程中出现头晕、恶心、呕吐等不适症状时, 这些主观感受可以初步划分晕车的轻重。例如, 轻微头晕可能属于轻度晕车, 而频繁恶心和呕吐则可能是重度晕车。这种初步判断对于后续测试和干预措施的制定非常关键。不同的人对晕车的耐受程度不同, 有些人可能在车辆轻微晃动时就会出现明显的不适, 而有些人则在较长时间的颠簸后才会有晕车反应。通过询问乘客的主观感受, 可以更好地了解个体差异, 为晕车测试提供个性化的基础信息。

(4) 车辆横向、纵向、垂向加速度及加加速度: 在晕动症测试中, 测试车辆的横向、纵向、垂向加速度及加加速度, 是因为这些参数直接关系到乘客的舒适性和晕动症的发生。加速度描述了车辆速度的变化率, 不同方向的加速度 (如纵向的加速和制动、横向的转弯、垂向的颠簸) 都会影响乘客的身体感受, 而加加速度 (即加速度的变化率) 则反映了加速度的突变程度, 这种突变更容易引发晕动症。通过测试这些参数, 可以构建晕动症评价模型, 实现对晕动症发生和严重程度的预测, 同时为车辆设计和控制策略提供理论支持, 以优化车辆的悬挂系统和动力系统, 减少晕动症的风险, 提升乘客的舒适性。

表1 测试项目

序号	测试大类	测试项目	备注
1	主观测试	晕车主观感受打分	——
2	客观生理信息测试	皮电和瞳孔直径参数,	——
3	车辆动力学参数测试	车辆横向、纵向、垂向加速度及加加速度	——

7 测试方法

7.1 主观测试

1) 测试方法

车辆搭载额定载质量, 电充满, 以固定驾驶员沿预定道路行驶, 直至完成所有测试项目结束试验。

2) 测试要求

- (1) 测试车辆信息: 测试前电量 100%,
- (2) 测试车速: 在人工操作模式下, 以社会交通流平均车速进行试验;
- (3) 负载模式: 使用空调, 后备箱空载;
- (4) 测试路线: 测试路线应包含弯道、坡道、拥堵、交叉路口汇流, 测试路段长度不低于 20km, 可以往复循环;
- (5) 允许间断: 若存在人员、车辆、红绿灯干扰的情况, 测试过程中累计停车时间不超过 30min;

- (6)测试时，待车辆 SOC 从 100%降到 15%后停止实验；
- (7)要求测试人员在正式实验前，对被试人员进行 MISC 量表指导；
- (8)乘坐位置：被试人员乘坐于副驾驶后排；
- (9)要求测试人员每过 30 秒，按照 MISC 量表对被试人员进行询问；
- (10)测试结束时，依据 MISC 量表询问一次被试人员的状态；
- (11)根据被试人员姓名与手机号进行数据保存。

7.2 客观生理信息测试

1) 测试方法

车辆搭载额定载质量，电充满，以固定驾驶员沿预定道路行驶，直至完成所有测试项目结束试验。

2) 测试要求

- (1)测试车辆信息：测试前电量 100%，
- (2)测试车速：在人工操作模式下，以社会交通流平均车速进行试验；
- (3)负载模式：使用空调，后备箱空载；
- (4)测试路线：测试路线应包含弯道、坡道、拥堵、交叉路口汇流，测试路段长度不低于 20km，可以往复循环；
- (5)允许间断：若存在人员、车辆、红绿灯干扰的情况，测试过程中累计停车时间不超过 30min；
- (6)测试时，待车辆 SOC 从 100%降到 15%后停止实验；
- (7)乘坐位置：被试人员乘坐于副驾驶后排；
- (8)生理设备配置：将 EOG 眼动仪装于副驾驶头枕处，摄像头对齐被试人员，检查设备是否成功采集被试人员瞳孔直径；
- (9)要求测试人员在正式实验前，对被试人员进行 MISC 量表指导；
- (10)佩戴设备：测试人员为受试人员正确佩戴 EDA 皮电仪；
- (11)设备时间对齐：在实验开始时，EDA 皮电仪、EOG 眼动仪同时打开，时间同步误差应小于 1 秒；
- (12)采集受试人员基准生理信号：采集两分钟的皮电信息与瞳孔直径信息作为受试人员的基准信号；
- (13)要求测试人员每过 30 秒，按照 MISC 量表对被试人员进行询问；
- (14)测试结束时，依据 MISC 量表询问一次被试人员的状态；
- (15)根据被试人员姓名与手机号进行生理信息与主观数据保存。

7.3 车辆动力学参数测试

1) 测试方法（测试布置，时间同步，问卷，数据保存，数据处理）

车辆搭载额定载质量，电充满，以固定驾驶员沿预定道路行驶，直至完成所有测试项目结束试验。

2) 测试要求

- (1)测试车辆信息：测试前电量 100%，
- (2)测试车速：在人工操作模式下，以社会交通流平均车速进行试验；
- (3)负载模式：使用空调，后备箱空载；
- (4)测试路线：测试路线应包含弯道、坡道、拥堵、交叉路口汇流，测试路段长度不低于 20km，可以往复循环；
- (5)允许间断：若存在人员、车辆、红绿灯干扰的情况，测试过程中累计停车时间不超过 30min；
- (6)测试时，待车辆 SOC 从 100%降到 15%后停止实验；
- (7)乘坐位置：被试人员乘坐于副驾驶后排；
- (8)生理设备配置：将 EOG 眼动仪装于副驾驶头枕处，摄像头对齐被试人员，检查设备是否成功采

集被试人员瞳孔直径；

- (9) 要求测试人员在正式实验前，对被试人员进行 MISC 量表指导；
 - (10) 安装 IMU 设备：安装于受试人员乘坐位置正下方，但应避免与受试人员产生干扰；
 - (11) 要求测试人员每过 30 秒，按照 MISC 量表对被试人员进行询问；
 - (12) 测试结束时，依据 MISC 量表询问一次被试人员的状态；
 - (13) 根据被试人员姓名与手机号进行车辆动力学参数数据与主观数据保存。
-

附录 A

(规范性)

主观评价量表

预测试中对招募到的被试进行MSSQ易感性量表调查，划分晕车程度。

图 A.1 MSSQ 易感性量表

场景	从未	很少	有时	经常	总是
小汽车					
公共汽车或长途汽车					
火车					
飞机					
小船					
轮船					
秋千					
旋转木马					
过山车，游乐场电动乘骑类运动					

评估电动车乘员实时主观晕车等级采用国际通用主观评价MISC量表。MISC量表将晕动症整个从轻到重的症状进行描述，把晕车程度划分为 11 级（0-10）。

图 A.2 MISC 量表(11 级)

症状	程度	MISC
没有任何不舒服	无	0
有些不舒服，但无特别症状	无	1
眩晕，变冷/热，头疼，胃/喉咙难受，出汗，实现模糊，打呵欠，打嗝，疲惫，分泌唾液增多，但不恶心	模糊	2
	轻微	3
	较明显	4
	严重	5
恶心	轻微	6
	较明显	7
	严重	8
	干呕	9
呕吐	无	10