

团 体 标 准

T/CAAMTB XXX—20XX

基于越野场景的越野车安全性能评价规范

Specification for Safety Performance Evaluation of Off-road Vehicles Based on
Off-road Scenarios

（征求意见稿）

20XX – XX – XX 发布

20XX – XX – XX 实施

中国汽车工业协会 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 评价体系总体架构 3

 4.1 场景分类原则 3

 4.2 评价维度 3

 4.3 结果分级规则 3

5 动态结构冲击类场景 3

 5.1 沙丘翻滚 3

 5.2 飞跳冲击 4

6 极端环境类场景 5

 6.1 极限低温 5

7 特殊地形/环境类场景 7

 7.1 夜间非铺装路面穿越 7

 7.2 强侧风稳定性 9

8 新能源安全专项场景 11

 8.1 高压互锁动力受限 11

 8.2 电池包底部冲击 12

附 录 A 15

参 考 文 献 错误！未定义书签。

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业协会提出并归口。

本文件起草单位：中国第一汽车集团有限公司、长春汽车检测中心有限责任公司、湖南大学、北京懂车族科技有限公司、重庆赛力斯凤凰智创科技有限公司、上海曼杰汽车精密零部件有限公司、江苏科曼赛特减振器有限公司、山河智能特种装备有限公司、长城汽车有限公司、江铃汽车股份有限公司、奥托立夫（上海）汽车安全系统研发有限公司、宁波联达绞盘有限公司、吉利汽车研究院（宁波）有限公司、悦野文化传播（北京）有限公司

本文件主要起草人：张德亮、路胜利、徐世伟、李健宇、郑岳琦、王喜春、东门健男、潘伟、唐如意、王旭飞、唐国武、姜太云、张权、张大庆、彭长锋、张宗斌、边远、关永学、徐莉、赵晓华、刘飞霞、崔晓君、吴靖、王鹏翔、朱烨、王士彬、刘占国、吴爱彬、孙雪梅、李锦隆

基于越野场景的越野车辆安全性能评价规范

1 范围

本文件规定了本标准规定了基于越野场景的车辆安全性能评价体系，涵盖车辆防翻滚保护、极限环境适应性、等关键技术要求，并明确了测试场景分类、试验方法、评价指标及结果分级规则。
本文件适用M1G类车辆安全等级评测。

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 20072-2006 乘用车后碰撞燃油系统安全要求
GB 11555—2025 汽车风窗玻璃除霜和除雾系统技术规范
GB/T 28046.1 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第1部分：一般规定
GB 12981-2012 机动车辆制动液
GB 4599-2024 汽车道路照明装置及系统
C-NCAP管理规则（2024年版）及附录M《整车灯光性能试验规程》
GB/T 12540-2023 汽车最小转弯直径测定方法
GB/T 43249-2023 汽车用被动红外探测系统
GB/T 43250-2023 汽车用主动红外探测系统
GB 4785-2019 汽车及挂车外部照明和光信号装置的安装规定
GB/T 35221~35237 《地面气象观测规范》系列17项标准
GB/T 41722-2022 道路车辆 侧风敏感性 风机输入开环试验方法
GB/T 6323-2014 汽车操纵稳定性试验方法
GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）
GB 18384-2020 电动汽车安全要求
GB/T 19596 电动汽车术语
GB/T 31467.3-2015 电动汽车用锂离子动力蓄电池包和系统 第3部分：安全性要求与测试方法
GB 38031-2020 电动汽车用动力蓄电池安全要求
GB/T 12673-2019 汽车主要尺寸测量方法
GB/T 31498-2021 电动汽车碰撞后安全要求
QC/T 413 汽车电气设备基本标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件

3.1

越野车安全性 off-road vehicle safety

车辆在越野场景（包括非铺装路面、动态结构冲击、极端环境及特殊地形）中，保障驾乘人员安全返回的能力。该能力涵盖以下维度：
被动安全性：抵御翻滚、托底等机械冲击的结构完整性。
主动安全性：在侧风、夜间等复杂工况下维持可控行驶的动态性能。
一般安全性：极限温湿度、海拔环境下保障功能可靠的系统适应性，以及确保驾驶员感知与操作的视野、人机工程等基础条件。
新能源安全性：电动化越野车辆在动力受限、高压故障等特殊风险下的应急保障能力。

3.2

自然沙丘合格区

经 6.1 条款勘测流程确认的测试区域。

3.3

有效翻滚圈数

在沙丘翻滚测试中，车辆绕纵轴线连续旋转 $\geq 360^\circ$ 计为 1 圈，通过录像或车载陀螺仪角速度积分确认。

3.4

离地俯仰角 launch pitch angle

在飞跳测试中，车辆后轮离开坡道瞬间绕 Y 轴的俯仰角度（单位： $^\circ$ ），反映初始飞行姿态。

3.5

俯仰角速度峰值 peak pitching angular velocity

在飞跳测试中，车辆触地后 200ms 内绕 Y 轴的最大角速度绝对值（单位： $^\circ/\text{s}$ ），测量点位于座椅导轨。

3.6

有效冲击加速度 effective impact acceleration

在飞跳测试中，乘员舱地板 Z 向加速度 3ms 区间平均值最大值（单位：g），测量点位于前排座椅安装点。

3.7

动态姿态稳定时间 dynamic attitude stabilization time

在飞跳测试中，末轮触地后至同时满足俯仰角速度 $\leq 5^\circ/\text{s}$ 且侧倾角速度 $\leq 5^\circ/\text{s}$ 的持续时间（单位：s）。

3.8

极限低温环境 extreme low-temperature environment

温度维持在 $-35^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 的环境条件。

3.9

冷启动成功率 cold-start success rate

车辆在 -35°C 浸车 24h 后，首次点火/上电至发动机或驱动系统稳定运行的概率。

3.10

功能可用性 functional availability

仪表、挡位控制器、雷达等关键零部件在低温下正常工作的能力。

3.11

动态除霜面积 dynamic defrosted area

除霜过程中允许使用雨刮器后的有效视野区域。

3.12

自适应功能 adaptive function

装置或系统在不同的使用条件下能够自动提供不同特征光束的功能。

3.13

半坡姿态角 ramp approach angle

车辆前轮驶上坡道、后轮仍在平道时，前后车轮中心连线与坡道线的夹角。

3.14

转向覆盖角 steering coverage angle

车辆在转向时，灯光在弯道外侧提供 $\geq 31\text{x}$ 照度的最大水平角度。

3.15

有效照明边界 effective illumination boundary

照度持续 $\geq 31\text{x}$ 区域与 $< 31\text{x}$ 区域的分界点。

3.16

悬架标准姿态 standard suspension posture

越野模式下悬架高度处于制造商标定中间位置的状态。

- 3.17 转向覆盖角 steering coverage angle
车辆在转向时，灯光在弯道外侧提供≥3lx 照度的最大水平角度。
- 3.18 强侧风稳定性 lateral wind stability
车辆在风速≥20 m/s 侧风环境下维持行驶路径的能力（见 7.3）。
- 3.19 安心感综合评价 comprehensive assessment of driving reassurance
通过横向位移、方向盘力矩等指标量化侧风工况下驾驶安全感的模型（见 7.3.4.1）。
- 3.20 高压互锁动力受限 HVIL-induced power limitation
高压系统互锁触发后动力输出降级或中断的状态（见 8.1）。

4 评价体系总体架构

4.1 场景分类原则

基于越野安全风险特征，将测试场景划分为四类。

- 4.1.1 动态结构冲击类：模拟沙丘翻滚、飞跳、托底等机械冲击场景。
- 4.1.2 极端环境类：验证高低温、高原缺氧等环境适应性。
- 4.1.3 特殊地形/环境类：评估夜间越野、强侧风等综合工况。
- 4.1.4 新能源安全专项类：针对电动化越野的特殊风险场景。

4.2 评价维度

- 4.2.1 结构完整性：车身、底盘、高压部件的抗冲击性能。
- 4.2.2 功能可靠性：动力、制动、照明等系统的功能稳定性。
- 4.2.3 环境适应性：极端温湿度、海拔下的系统表现。
- 4.2.4 安全冗余设计：故障状态下的应急脱困能力。

4.3 结果分级规则

采用四级评分机制，详见表1。

表1 越野场景安全性评价分级表

序号	评级	条件
1	优秀	≥90 分且无单项否决
2	良好	80~89 分
3	合格	60~79 分
4	不合格	<60 分或触发安全否决项（如起火、电解液泄漏）

5 动态结构冲击类场景

5.1 沙丘翻滚

5.1.1 场景描述

模拟车辆从沙丘侧坡失控后连续翻滚过程，最小翻滚圈数≥7圈。

5.1.2 测试条件

总坡长 40~60m；坡度 43°~47°（坡顶至坡脚）；沙层厚度 30~50cm

5.1.3 测试方法

沙丘勘测：激光三维扫描建立地形模型坡度合格区标记（连续长度≥50m）；沙层厚度检测点间距≤5m。

触发流程：车辆重心投影距坡顶1.5倍轮距，液压顶杆以5mm/s推至30°倾角释放。

终止条件：车辆静止，且翻滚圈数≥7圈。

5.1.4 评价指标

- a) 翻滚试验过程中,燃油供给系统不应发生液体泄漏。
- b) 翻滚试验后,如果燃油供给系统出现液体连续泄漏,在翻滚后前 5min 平均泄漏速度应不大于 30g/min;如果燃油供给系统泄漏的液体与其他系统泄漏的液体混合,且不同的液体无法分离和辨认,则应根据收集到的所有液体评价连续泄漏量。
- c) 翻滚试验过程中和翻滚试验后,低压辅助系统供电的蓄电池应保持在安装位置且电缆线保持连接和供电,其内部化学物质不应泄漏至乘员舱。
- d) 对于带有 B 级电压电路的纯电动汽车及混合动力汽车,翻滚试验后车辆包括 REESS 的动力用高压系统及其传导连接的高压部件应符合 GB/T31498—2021 中 4.2 防触电保护要求、4.3 电解液泄漏要求和 4.4 REESS 要求。关于 4.2 防触电保护要求中 4.2.1 总要求,具体要求为:每一条高压母线至少应满足 4.2.4 或 4.2.5 规定的两个条款中的一个。如果翻滚试验在车辆的 REESS 与电力系统负载人为断开的情况下进行,则车辆的电力系统负载应满足 4.2.4 或 4.2.5 规定的两个条款中的一个。REESS 和充电用高压母线应满足 4.2.4 或 4.2.5 规定的两个条款中的一个。
- e) 压系统及其传导连接的高压部件应符合 GB/T31498—2021 中 4.2 防触电保护要求、4.3 电解液泄漏要求和 4.4 REESS 要求。
- f) 翻滚试验过程中,车门不应开启。
- g) 翻滚试验后,车门应处于解锁状态。如果车辆装备了自动激活式车门锁止系统,车门应在翻滚前锁止,且在试验后处于解锁状态。
- h) 翻滚试验后,对于每排座位的车门(若有门),至少应有一个车门在不使用工具时能从外部打开,使乘员能正常进出;如果没有车门,在不使用工具移动座椅或改变座椅靠背位置的情况下,应使所有乘员能够撤离。
- i) 翻滚试验后,所有乘员舱内部构件不应有锋利的凸出物或锯齿边;座椅不应与车身结构分离,调节及锁止装置不应发生失效;在不增加乘员伤害风险的情况下,乘员舱内部构件准许出现因永久变形产生的脱落。
- j) 在翻滚试验过程中和翻滚试验后 30min 内,车辆不应起火(持续发生火焰的现象)。
- k) 翻滚试验后,车辆应自动开启危险警告信号灯。
- l) 翻滚试验后,A 柱、B 柱、C 柱、D 柱、门槛及顶棚横梁等车身关键承力部件不应产生威胁乘员生存空间的变形,如完全断裂、结构坍塌等。
- m) 车辆能够启动行驶(加分项)。

5.2 飞跳冲击

5.2.1 场景描述

车辆以较高速度通过凸起障碍(如沙丘、沥青路面凸起)后腾空落地。

5.2.2 测试条件

5.2.2.1 道路参数

设备类型、参数要求及测量对象,详见表2。

表2 飞跳冲击测试路面及要求

路种	区段	规格参数	技术要求
硬质路面	加速及起跳段	长20m×宽4m,高0.4m	坡度误差≤±1°
	腾空及落地段	长20m×宽8m	水平度≤3mm/m
沙地	加速及起跳段	30°迎沙坡,长15m×宽10m	坡度误差≤±1°
	腾空及落地段	长30m×宽10m	水平度≤5cm/5m

5.2.2.2 环境要求

- a) 风速≤3m/s

b) 环境温度：-10℃~+40℃

5.2.2.3 设备清单

设备类型、参数要求及测量对象，详见表3。

表3 飞跳冲击测试设备清单

设备类型	参数要求
高速摄像机	≥2000fps，时间戳精度±0.1m
惯性测量单元(IMU)	角速度量程±1000° /s，零偏≤0.5° /s
三向加速度传感器	量程±100g，频响0-1000Hz
RTK-GPS车速仪	速度精度±0.1km/h

5.2.3 测试方法

5.2.3.1 试验准备

- a) 车辆配重至整备质量+标准载荷（前排75kg，后排150kg）。
- b) 传感器安装：
 - i. IMU固定于驾驶座椅导轨。
 - ii. 加速度传感器安装在前排座椅安装点。
- c) 将驾驶模式设定为适合沙地或山地行驶的模式。

5.2.3.2 飞跳测试

- a) 在场地起点出发，延车道中心线行驶并在起跳线前5m加速至50km/h，之后维持车速在±0.5km/h（沙地测试车速控制精度放宽至±2.5km/h），直至车辆完成起跳动作。通过运动相机在正侧方记录起跳过程。
- b) 车辆落地后保持自由行驶，驾驶员不做额外操作，直至车辆俯仰角速度持续≤5° /s达到500ms，之后逐渐减速停车，结束测试。

5.2.3.3 车况检查

检查车门开关是否正常，转向系统是否卡滞，车辆是否可继续正常驾驶。并将车辆开至举升机，检查底盘主要结构部件是否有明显裂纹或断裂。

5.2.4 评价指标

5.2.4.1 姿态安全总分（ S_a ）

$$S_a=2.5 \times (1-\frac{\theta_0}{15}) + 2.5 \times (1-\frac{\omega_{y,max}}{60}) + 2.5 \times (1-\frac{a_{eff}}{30}) + 2.5 \times (1-\frac{T_{dyn}}{1.5})$$

θ_0 ，离地俯仰角。
 $\omega_{y,max}$ ，俯仰角速度峰值。
 a_{eff} ，有效冲击加速度。
 T_{dyn} ，动态姿态稳定时间。

5.2.4.2 否决项

- 出现以下任一情况即判定安全性不合格，记为0分：
- a) 结构断裂：悬架摆臂、转向节、车桥等承力件目视可见裂纹。
 - b) 功能失效：车门无法打开或转向系统卡滞。
 - c) 俯仰角速度峰值 $\omega_{y,max} > 30^\circ /s$ 。
 - d) 任何安全气囊（含侧气帘）起爆。

6 极端环境类场景

6.1 极限低温

6.1.1 场景描述

高寒地区低温环境下车辆静置、启动及行驶，验证电子系统与机械部件可靠性。

6.1.2 测试条件

环境温度： $-35^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$
浸车时间：24h（车辆熄火/下电状态）
车辆状态：
EV/PHEV动力电池SOC $\geq 80\%$ 并开启保温功能（若配置）
燃油车使用 -50°C 标号柴油或对应低温汽油
设备要求
低温试验舱：容积 $\geq$ 车辆投影面积 $\times 3\text{m}$ ，温控精度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，配备风速监控装置（水平风速 $\leq 2\text{m/s}$ ）
温度记录仪 精度 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，布置点：驾驶舱中部、发动机舱、高压电池包表面
电压监测仪 量程0-50V，实时记录启动过程蓄电池电压波动
除霜监测系统 红外热成像仪（分辨率 640×480 ）同步记录玻璃表面温度变化

6.1.3 测试方法

按先后顺序，依次完成以下各步试验。

6.1.3.1 低温冷启动

浸车处理：车辆在 -35°C 环境熄火/下电静置24h，期间舱门全闭
启动操作：
燃油车：点火至发动机稳定怠速（转速波动 $\leq \pm 10\%$ 持续10s）
EV/PHEV：上电至READY状态且无高压故障报警
记录参数：启动耗时、启动次数、最低电压值

6.1.3.2 功能可用性检查

在冷启动后5min内完成相关检查操作，参照表4。

表4 低温冷启动功能可用性检查清单

序号	检查项目	操作要求
1	仪表显示	车速表、电池电量、故障灯等无残影、闪烁或延迟（响应时间 $\leq 2\text{s}$ ）
2	挡位控制器	P/R/N/D挡位切换顺畅，无卡滞（切换时间 $\leq 1.5\text{s}$ ）
3	视野辅助系统	视野辅助图像显示正常，卡顿延迟不明显
4	雷达传感器	探测距离误差 $\leq 10\%$ （标准目标物距离2m）

6.1.3.3 除霜试验

在 $-35 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 下完成除霜试验，其他操作规程参照GB 11555-2025。
试验过程中允许使用雨刮。

6.1.3.4 二次功能而用性检查

重复6.1.3.2操作并记录数据。

6.1.4 评价指标

6.1.4.1 冷启动成功率

3次启动成功 ≥ 2 次（启动耗时 $\leq 40\text{s}$ ）。

6.1.4.2 功能可用性

关键零部件功能失效项 ≤ 1 项（失效定义：无法工作或性能衰减 $\geq 50\%$ ）。
二次检查时，不允许有功能失效项。

6.1.4.3 除霜性能

除霜性能应满足下表要求

表5 除霜测试要求

时间节点	A区除霜面积	B区除霜面积
30min	≥70%	—
45min	≥90%	≥80%

7 特殊地形/环境类场景

7.1 夜间非铺装路面穿越

7.1.1 场景描述

夜间非铺装路面行驶时，坡道、转弯场景高频且行驶方向地形未知，驾驶员对视野有更高的需求。

7.1.2 测试条件

7.1.2.1 半坡俯仰测试

- a) 道路几何
 - i. 直线干燥沥青或水泥路面，长度≥30m
 - ii. 坡度≥30%，不超过 40%
- b) 环境条件
 - i. 环境照度：≤0.1 lx （对于环境照度在 0.1~0.3lx 之间时也可进行试验，详见 7.1.3）
 - ii. 温度：0° C~40° C
 - iii. 湿度：
- c) 车辆准备
 - i. 基础整备，参照 C-NCAP 管理规则附录 M，M.1.1-M.1.6 执行（配重/胎压/电压）。
 - ii. 开启远光灯。
 - iii. 对于悬架可调车型，将悬架调节至标准姿态。
 - iv. 对于匹配灯光自适应功能车辆，将其调节至自动状态。对于灯光高度手动可调车型，将其设置为中间位置。
- d) 测试设备：
 - i. 移动照度计，参照 C-NCAP 管理规则附录 M 中，M1.8.2.2 要求
 - ii. 三坐标测量仪，空间定位精度±0.1mm
 - iii. 坡度测量仪，角度精度±0.1°

7.1.2.2 静态转向覆盖角测试

- a) 道路几何：
 - i. 6.5m 半径硬化弯道
 - ii. 坡度≤0.5%
- b) 环境条件，同 7.1.2.1
- c) 车辆准备：
 - i. 开启近光灯
 - ii. 其他内容同 7.1.2.1
- d) 测试设备，同 7.1.2.1

7.1.3 测试方法

7.1.3.1 半坡俯仰测试

- a) 车辆定位，驾驶车辆沿着坡道方向将前轮驶上坡道，监测半坡姿态角并前后调整车辆位置，使半坡姿态角达到 15°（±0.1°）。
- b) 光学中心标定，参照 C-NCAP 管理规则附录 M 测量前照灯光学中心位置。
- c) 测量背景照度，关闭远光灯，测量车辆正前方 30m、60m 位置处照度，并取均值作为背景照度。

- d) 测量照明边界，沿灯光主光轴移动照度计，记录首个持续 $\geq 31x$ 的点（有效照明起始点）并标记为 P1 点。继续向前移动照度计，记录首个持续 $< 31x$ 的点（有效照明终止点）并标记为 P2 点。
- e) 对于背景照度在 $0.1 \sim 0.31x$ 的情况，在上一步操作中，记录 P1、P2 点需考虑背景照度，即分别记录首个 $\geq (3 + \text{基础照度})$ 点记为 P1，继续向前移动记录首个 $< (3 + \text{基础照度})$ 点记为 P2。

7.1.3.2 静态转向覆盖角测试

- a) 将方向盘转至最大设计转角。
- b) 光学中心标定，参照 C-NCAP 管理规则附录 M 测量前照灯光学中心位置并标记 0 点。
- c) 测量背景照度，关闭远光灯，使用照度计测量车前 25m 处照度作为背景照度。
- d) 测量照明边界，以左侧前照灯光学中心为圆心，在车辆前方灯照区域地面绘制半径为 25m 的弧线，从弧线一侧开始移动照度计，记录首个持续 $\geq 31x$ 的点（有效照明起始点）并标记为 Q1 点。继续向弧线另一侧移动，记录首个持续 $< 31x$ 的点（有效照明终止点）并标记为 Q2 点。
- e) 按相同方式测量右侧转向覆盖角。
- f) 对于背景照度在 $0.1 \sim 0.31x$ 的情况，参照 7.1.3.1 执行。

7.1.3.3 夜视辅助功能评价（仅加分项）

对匹配被动或主动红外系统的车辆，如满足相应要求，可获得加分，具体规则参照 7.1.4.2.5。

7.1.4 评价指标

7.1.4.1 越野夜间视野综合评分 T_S

$$T_S = S_R + S_\theta + B_N$$

S_R ，半坡照明距离评分，具体定义参照 7.1.4.2

S_θ ，转向照明覆盖评分，具体定义参照 7.1.4.2

B_N ，夜间视野辅助加分，具体定义参照 7.1.4.2

7.1.4.2 客观指标及分值对应

7.1.4.2.1 半坡照明距离评分 S_R

车辆在 15° 半坡姿态下，远光灯主光轴方向首个 $\geq 31x$ 点（P₁）至首个持续 $< 31x$ 的点（P₂），按正态分布插值计算的得分，计算方式如下：

$$S_R = \begin{cases} 5.0 & , D_p \geq 35 \\ 5.0 \times \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_0^{D_p} e^{-\frac{(x-u)^2}{2\sigma^2}} dx / 0.9 & , D_p < 35 \end{cases}$$

D_p ，半坡照明距离，具体定义参照 7.1.4.2.2

7.1.4.2.2 半坡照明距离 D_p

在半坡俯仰测试中，车辆前方有效照度 $\geq 31x$ 区域的长度，标记点 P1 至标记点 P2 的直线距离。

7.1.4.2.3 转向照明覆盖评分 S_θ

方向盘最大转角时，25m 外有效照度 $\geq 31x$ 扇形区域对应的角度，按线性插值计算得分，具体如下：

$$S_\theta = \begin{cases} 0 & , \theta < 25 \\ 3.0 \times \frac{\theta - 25}{35 - 25} & , 25 \leq \theta < 35 \\ 3.0 & , \theta \geq 35 \end{cases}$$

7.1.4.2.4 转向覆盖角 θ

在转向覆盖角测试中, 25m外有效照度 $\geq 31x$ 扇形区域对应的角度, 标记点0-Q1与标记点0-Q2之间的夹角, 并对左右测试结果取均值, 即:

$$\theta = (\theta_L + \theta_R) / 2$$

θ_L , 左侧转向覆盖角。

θ_R , 右侧转向覆盖角。

7.1.4.2.5 夜间视野辅助加分 B_N

匹配被动红外系统的车辆, 提供GB/T 43249-2023 5.3合规报告可+1.0分。

匹配主动红外系统的车辆, 提供GB/T 43250-2023 5.3合规报告可+2.0分。

7.2 强侧风稳定性

7.2.1 场景描述

车辆在空旷地带的高速道路(标准车速 100km/h)上, 遭遇风速 ≥ 20 m/s 的突发性强侧风, 验证车辆维持行驶路径的能力及驾驶员通过方向盘进行路径修正的负担。

7.2.2 测试条件

7.2.2.1 环境要求

7.2.2.1.1 道路几何

- a) 直线干燥沥青路面, 长度 ≥ 225 m (含 100 m 预加速区+25 m 侧风区+100 m 减速区)
- b) 横向坡度 $\leq 2\%$
- c) 纵向坡度 $\leq 1\%$
- d) 车道宽度 ≥ 3.5 m
- e) 其它道路条件参照 GB/T 41722-2022

7.2.2.1.2 气候条件

- a) 环境风速: ≤ 3 m/s
- b) 温度: $0^\circ\text{C} \sim 40^\circ\text{C}$

7.2.2.2 车辆准备

7.2.2.2.1 载荷状态, 试验车辆加载至半载

7.2.2.2.2 轮胎气压, 按制造商标定值。

7.2.2.2.3 转向/悬挂系统无故障。

7.2.2.2.4 ESC 等稳定控制相关系统应处于激活状态。

7.2.2.3 测试设备

7.2.2.3.1 侧风发生装置, 参照 GB/T 41722-2022 中风机设备要求

7.2.2.3.2 运动测量系统

- a) 惯性导航系统 (INS):
 - i. 横向位移精度: ± 0.01 m (满足 ≤ 0.5 m 偏移监控)
 - ii. 横摆角分辨率: $\pm 0.1^\circ$
 - iii. 采样频率 ≥ 100 Hz
- b) 转向盘力矩传感器:
 - i. 量程: ± 50 N·m
 - ii. 精度: ± 1 N·m (参考 GB/T 6323 中转向盘力矩测试精度要求)
 - iii. 与 INS 时间同步误差 ≤ 10 ms

7.2.2.3.3 路径引导系统

- a) RTK-GPS 车道定位仪：实时显示横向偏差（HUD 界面）
- b) 激光车道标线投射器
 - i. 投射宽度 $3.5\text{ m} \pm 0.1\text{ m}$
 - ii. 波长 532 nm ，雨雾模式可见距离 $\geq 50\text{ m}$

7.2.3 测试方法

7.2.3.1 驾驶员操作规范

7.2.3.1.1 直线保持策略：驾驶员通过方向盘修正维持车辆在车道中心线 $\pm 0.3\text{ m}$ 内（支撑 $\leq 0.5\text{ m}$ 总偏移限值）

7.2.3.1.2 速度控制：以基准速度（ 80 km/h ） $\pm 1\text{ km/h}$ 匀速通过侧风区

7.2.3.1.3 操作优先级：方向盘力矩输入优于油门/制动控制，单次方向盘转角 $\leq 90^\circ$ （如产生 $> 90^\circ$ 操作，判定试验结果无效）

7.2.3.2 测试步骤

7.2.3.2.1 基线测试：无侧风条件下，车辆以目标速度直线行驶 10 s ，记录方向盘力矩基线值

7.2.3.2.2 侧风测试

- a) 车辆进入侧风区前车速维持在 100 km/h ，并保持匀速行驶 1 s 以上。
- b) 驶入侧风区后，驾驶员控制方向盘，维持车辆在基准行驶线上行驶，偏差不得超过 $\pm 0.5\text{ m}$ 。
- c) 车辆驶离侧风区后，驾驶员继续维持基准行驶线上行驶至少 2 s ，之后逐渐减速停车。
- d) 在车辆驶入侧风区前 5 m 开始记录数据，驶出侧风区 2 s 后结束记录数据。

7.2.3.2.3 重复性：有效测试 ≥ 5 次，间隔 $\geq 2\text{ min}$ ，以避免轮胎过热带来的附着下降

7.2.4 评价指标

7.2.4.1 侧风稳定安心感综合评价

通过安全、操纵负荷、人机工程舒适性三个维度，综合评价侧风场景下，车辆稳定性能：

$$\text{侧风稳定安心感指数} = 0.4 \times I_S + 0.4 \times I_L + 0.2 \times I_C$$

I_S ，安全性评价指标，具体定义参照 7.3.4.2

I_L ，操纵负荷性评价指标，具体定义参照 7.3.4.2

I_C ，舒适性评价指标，具体定义参照 7.3.4.2

7.2.4.2 指数定义

7.2.4.2.1 侧风安全性评价指标 I_S

$$I_S = 0.6 \times \left(1 - \frac{S_{Y,Max}}{0.5}\right) + 0.4 \times \left(1 - \frac{\psi_{RMS}}{3}\right)$$

$S_{Y,Max}$ ，最大横向偏移，具体定义参照 7.3.4.3.1

ψ_{RMS} ，横摆角速度均方根，具体定义参照 7.3.4.3.2

7.2.4.2.2 操纵负荷性评价指标

$$I_L = 0.5 \times \left(1 - \frac{T_{Max}}{15}\right) + 0.5 \times (1 - F_S)$$

T_{Max} ，转向盘峰值力矩，具体定义参照 7.3.4.3.3

F_S ，持续修正力占比，具体定义参照 7.3.4.3.4

7.2.4.2.3 舒适性评价指标

$$I_C = 1 - \frac{T_d}{10}$$

T_d , 转向盘力矩变化率, 具体定义参照 7.3.4.3.5

7.2.4.3 客观指标定义

7.2.4.3.1 最大横向偏移 $S_{Y,Max}$

车辆在侧风作用期间相对于车道中心线的侧向位移绝对值的最大值。记录侧风作用期间 Y 向位移 $S_Y(t)$:

$$S_{Y,Max} = \max(|S_Y(t)|)$$

当 $S_{Y,Max} > 0.5\text{m}$ 时数据无效。

7.2.4.3.2 横摆角速度均方根 ψ_{RMS}

侧风作用期间车辆横摆角速度的均方根值, 表征方向稳定性波动强度。记录侧风作用期间横摆角速度 $\psi(t)$:

$$\psi_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{t_{cw}} \int_{t_0}^{t_{cw}} \psi^2(t) dt}$$

t_0 , 进入侧风区域时刻

t_{cw} , 在侧风区域内总时长

$\psi_{RMS} > 3^\circ/\text{s}$ 时, 触发扣分。

7.2.4.3.3 转向盘峰值力矩 T_{Max}

侧风作用期间驾驶员施加在方向盘上的力矩绝对值的最大值。记录侧风作用期间转向盘力矩 $T(t)$:

$$T_{Max} = \max(|T(t)|)$$

7.2.4.3.4 持续修正力占比 F_S

方向盘力矩绝对值超过阈值 ($5 \text{ N} \cdot \text{m}$) 的时间占总作用时间的百分比。判断侧风作用期间转向盘力矩 $T(t)$ 是否超过阈值:

$$I(t) = f(x) = \begin{cases} 1, & |T(t)| > 5 \\ 0, & |T(t)| \leq 5 \end{cases}$$

计算超过阈值时间占比

$$F_S = \frac{1}{t_{cw}} \int_{t_0}^{t_{cw}} I(t) dt \times 100\%$$

7.2.4.3.5 转向盘力矩变化率 T_d

单位时间内力矩变化绝对值的最大值, 反映转向突变强度。对侧风作用期间转向盘力矩 $T(t)$ 使用中心差分法进行微分, 得到绝对值序列 $\left| \frac{dT}{dt} \right|$:

$$\frac{dT}{dt}(t_i) = \frac{T(t_{i+1}) - T(t_{i-1}))}{2\Delta t}$$

t_i , 在侧风区域转向盘力矩数据采样某时刻

Δt , 在侧风区域中转向盘力矩测量最小时间间隔

对绝对值序列 $\left| \frac{dT}{dt} \right|$ 取最大值, 得到转向盘力矩变化率:

$$T_d = \left| \frac{dT}{dt} \right|_{\max} = \max\left(\frac{dT}{dt}(t)\right)$$

$T_d > 10 \text{ N} \cdot \text{m/s}$ 时触发扣分。

8 新能源安全专项场景

8.1 高压互锁动力受限

8.1.1 场景描述

模拟越野场景中车辆涉水（如深水坑、河流）或碰撞后高压系统互锁（HVIL）触发，导致动力输出受限（如降功率或切断驱动），验证车辆在动力受限状态下的应急脱困能力。

8.1.2 测试条件

8.1.2.1 环境条件

- a) 标准水池：水深 $\geq$ 车辆涉水深度标称值的1.2倍，建议 $\geq 700\text{mm}$
- b) 水质：0.5% NaCl溶液模拟导电污水（电导率 $\approx 5000\ \mu\text{S}/\text{cm}$ ）
- c) 水流速：静水 + 动态横流（ $1.0 \pm 0.2\text{m/s}$ ）
- d) 水温： $25 \pm 5^\circ\text{C}$ （常温） & $5 \pm 2^\circ\text{C}$ （低温凝露测试）

8.1.2.2 车辆状态

- a) SOC窗口：
 - i. 低SOC（10-15%）：模拟电量限制下的扭矩输出。
 - ii. 高SOC（80-85%）：验证最大功率中断恢复。
- b) 动力模式：涉水模式（如有）+ 最强动能回收挡位。
- c) 负载：标准载荷 + 1.5倍最大牵引质量试验车辆加载至不低于整备质量加150kg。

8.1.3 测试方法

8.1.3.1 涉水工况

- a) 在标准水池中行驶，手动/模拟触发高压互锁后，记录车辆动力输出（如扭矩、速度）；
- b) 设置 10° 斜坡或泥泞路面，要求车辆在动力受限状态下脱困。按车辆制造商规定的涉水技术要求，检查调整车辆的技术状态。

8.1.3.2 碰撞工况

- a) 以15km/h速度侧向碰撞障碍物（如岩石、树桩），触发高压互锁后，测试车辆是否可以驶离危险区域（如爬出坑洼）。
- b) 车辆侧向碰撞后（等效CNCAP 50km/h），测试车辆能否以蠕行方式驶离危险区域。

8.1.4 评价指标

8.1.4.1 功能性

- a) 高压互锁识别及提示时间： $\leq 100\text{ms}$ 。
- b) 碰撞后高压断开时间： $\leq 100\text{ms}$ 。
- c) 动力受限后剩余动力占比： $\geq 30\%$ 标称动力，可持续10分钟。
- d) 脱困时间： ≤ 2 分钟完成指定路径。

8.1.4.2 安全性

- a) 涉水后绝缘电阻值： $\geq 500\ \Omega/\text{V}$ 。
- b) 水体带电电压： $\leq 30\text{V AC}/60\text{V DC}$ （GB/T 18384.）。。
- c) 碰撞后高压系统无漏电、无电弧（符合ISO 6469-3）。

8.2 电池包底部冲击

8.2.1 场景描述

验证模拟越野车在遭遇典型底部障碍物（如凸起石块、树桩）撞击电池包和连续崎岖路面托底工况时（如石块、树桩撞击电池包），评估其电池包壳体结构完整性、密封性和高压安全的防护能力，评估其结构强度、热管理系统稳定性及热失控蔓延风险，特别关注电池包底部及障碍物的重叠性对安全性的影响。

8.2.2 测试条件

8.2.2.1 环境条件

- a) 温度：25±5℃（模拟常温） & 45±2℃（高温）
- b) 湿度：≤70% RH
- c) 测试场地：刚性混凝土平台（地面刚度≥500MPa）

8.2.2.2 车辆状态：

- a) 电池 SOC：80±5%（兼顾能量密度与安全冗余）
- b) 悬架状态：空载（标准整备质量）+ 额外配重模拟满载（总质量=GVWR）

8.2.2.3 重叠量要求：

- a) 试验中必须清晰定义并测量电池包底部最低点与障碍物接触面之间的初始重叠量。
- b) 重叠量定义为障碍物顶点/最高点垂直投影到电池包底部平面时，该投影点距离电池包底部边缘最近点的水平距离。

8.2.3 测试方法：

8.2.3.1 楔形障碍物单次冲击试验

a) 障碍物

几何参数：参考GB/T 31467.3《电动汽车用锂离子动力蓄电池包和系统测试规程》

楔形角度：30±2°（参考岩石力学中的常见断裂面角度）；

楔形高度：100mm（与现有圆柱障碍物高度匹配）；

安装方式：纵向中心线对称，固定于测试场地，确保冲击时无位移。

重叠量要求：必须测试电池包在预期最小设计重叠量（例如：≤ 50mm）工况下的抗冲击性能。该最小重叠量需由整车通过性设计和电池包布局共同确定。

b) 实车测试

将障碍物固定于刚性平台，车辆以10±2km/h速度垂直驶过障碍物顶点。应选择电池包底部最薄弱区域（如模组间隙、冷却板、壳体接缝附件）且考虑最小有效重叠量工况进行冲击。至少进行3次试验。

c) 仿真测试

使用楔形障碍物以10J能量（参考 ECE R94/R95 中对低压电池的机械冲击要求，为行业对电池包底部轻微磕碰防护的普遍性最低要求）冲击电池包底部最薄弱点（如冷却管路区域），重复3次。

8.2.3.2 连续底部冲击试验（模拟重复磕碰）

a) 障碍物

同8.2.3.1

b) 试验工况

车辆以规定速度（10±2km/h）连续多次（10次）垂直驶过固定障碍物。每次冲击点应在电池包底部不同位置，特别关注重叠量小的区域。

8.2.3.3 碎石路连续托底试验（模拟在乱石路上行驶）

a) 障碍物

铺设固定、随机分布的刚性凸起石块，石块密度需保证车轮压过时，电池包底部有概率与石块发生接触和刮擦，石块高度应确保石块能与底部发生实质性的接触、挤压或刮擦。试验前需确认电池包底部在负载状态下的离地间隙及最小重叠区域。

b) 试验工况

车辆以20±2km/h速度通过碎石路，持续5分钟。

8.2.4 评价指标

8.2.4.1 结构安全：

- a) 壳体最大变形量： $\leq 3\text{mm}$ （严于圆柱障碍物的 5mm 要求）；
- b) 冷却液泄漏量： $\leq 5\text{ml/min}$ ；
- c) 底板损伤等级：无穿透性裂纹（参考军用防雷蜂窝结构标准）；
- d) 电池包固定点、吊耳、支架无可见裂纹或永久变形。
- e) 高压连接器、线束无损伤、无脱落；
- f) 电池包护板（如有）允许变形或破损，但不应导致其丧失对电池包主体的基本保护功能或产生尖锐碎片刺入风险。

8.2.4.2 密封性：

所有试验后，电池包满足IP或更高防护等级要求（按GB4208测试）。

8.2.4.3 热安全：

- a) 绝缘电阻： $\geq 500\ \Omega/V$ （涉水后需维持该值，严于GB 38031 要求 $\geq 100\ \Omega/V$ ）；
- b) 热失控风险：冲击后30分钟内无温度异常（温升速率 $\leq 0.5^\circ\text{C/min}$ ）。

附 录 A
(规范性)
高压互锁检查

A.1 高压互锁异常动力延迟中断需求检查表见表 A.1。

表 A.1 高压互锁异常动力延迟中断需求检查表

序号	检查项目	技术要求	检测方法	符合性 (是/否/不适用)
1	HVIL 回路完整性监测	系统应能实时监测所有高压连接器的互锁回路状态，任何异常断开应被检测到。	在诊断模式下触发各高压连接器断开，确认系统能准确报障并记录故障码。	
2	故障响应时间	检测到 HVIL 异常后，应在≤100ms 内启动高压断电流程。	使用示波器或专用诊断工具监测 HVIL 信号变化与主继电器断开动作的时间差。	
3	延迟中断策略	发生 HVIL 异常时，若非致命故障且车辆处于高风险工况（如高速行驶、陡坡攀爬），可根据风险评估延迟断电（如 2-3 秒），并向驾驶员发出紧急警示，预留操作时间。	注入故障模拟信号，验证控制系统是否按预设策略进行延迟判断及执行。	
4	驾驶员警示	HVIL 异常时，组合仪表应立即激活明确的高压故障警告灯和提示音。	实际触发故障，观察警示系统是否按标准要求工作。	
5	故障记录	所有 HVIL 异常事件应被记录，包括发生时间、类型和车辆状态。	通过诊断仪读取历史故障数据确认。	
6	自恢复与重启	断电后，若 HVIL 回路恢复正常，车辆不应自动重新上高压电，需经驾驶员手动重启并经过系统安全检查。	模拟故障发生及恢复过程，观察系统	

参 考 文 献

- [1] GB 20072-2006 乘用车后碰撞燃油系统安全要求
- [2] GB/T 31498-2021 电动汽车碰撞后安全要求
- [3] GB 11562-2014 汽车驾驶员前方视野要求及测量方法
- [4] GB 18352.6-2016 轻型汽车污染物排放限值及测量方法（中国第六阶段）
- [5] GB/T 28046.1-2011 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第1部分：一般规定
- [6] GB/T 28046.2-2019 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第2部分：电气负荷
- [7] GB/T 5699-2017 采光测量方法
- [8] GB 4599-2024 汽车道路照明装置及系统
- [9] C-NCAP管理规则（2024年版）
- [10] GB 4785-2019 汽车及挂车外部照明和光信号装置的安装规定
- [11] GB/T 12540-2024 汽车及汽车列车最小转弯直径、转弯通道圆和外摆值测量方法
- [12] SAE J2944 Operational Definitions of Driving Performance Measures and Statistics
- [13] GB/T 37133-2025 《电动汽车用高压连接系统》：规定了电动汽车高压系统的安全要求，包括绝缘电阻、电位均衡、断电保护等，是高压互锁设计的基础标准。
- [14] ISO 6722-1:2019 《道路车辆-60V至3000V电缆-第1部分：单芯无屏蔽电缆的尺寸、试验方法和要求》
- [15] IEC 60512-系列 《电子设备连接器-试验和测量》
- [16] GB/T 25085-201X 《道路车辆-汽车电缆-试验方法》
- [17] UL 2238 《电动车（EV）充电系统组件安全标准》
- [18] QC/T-1067 《汽车用高压连接器》
- [19] USCAR-2 《汽车电子连接系统性能标准》
- [20] ISO 16750-3:2012 《道路车辆-电气和电子设备的环境条件和试验-第3部分：机械负荷》
- [21] GB/T 3048.8-2007 《电线电缆电性能试验方法 第8部分：交流电压试验》
- [22] IEC 60068-2-14:2009 《环境试验-第2-14部分：试验-试验N：温度变化》
- [23] GB 38031-2020 《电动汽车用动力蓄电池安全要求》：明确了动力电池包的安全要求，包括机械冲击、挤压等测试项目，与底部防护密切相关。
- [24] SAE J2030:2018 《高压汽车电缆设计验证》
- [25] GB/T 37133-2018 《电动汽车高压系统技术要求》：规定了电动汽车高压系统的安全要求，包括绝缘电阻、电位均衡、断电保护等，是高压互锁设计的基础标准。
- [26] GB/T 18384.3-2015 《电动汽车安全要求 第3部分：人员触电防护》：明确了高压电安全防护要求，包括直接接触和间接接触防护，涉及高压连接器的互锁功能。
- [27] SAE J2344:2010 《电动汽车安全指南》：提供了电动汽车安全设计的系统性指导，包括高压系统互锁和碰撞后安全策略。
- [28] ISO 6469-3:2018 《Electrically propelled road vehicles — Safety specifications — Part 3: Electrical safety》：国际标准，规定了电动汽车电气安全的具体要求，包括高压连接器的安全设计与互锁功能。
- [29] T/CSAE 244-2021 《纯电动乘用车底部抗碰撞能力要求及试验方法》：由中国汽车工程学会发布，规定了纯电动乘用车底部抗碰撞的试验方法和要求，包括刮底和托底试验7。此标准已被IVISTA中国智能汽车指数2023版、C-NCAP中国新车评价规程2024版等借鉴引用1。
- [30] IVISTA中国智能汽车指数测评规程（2023版）：其智能安全分指数中首次引入电气安全测评规程，包含底部碰撞测评（整车刮底、整车托底、整车涉水），为评价新能源车型底部防护性能提供了参考。