

ICS XX.XX.XX

J XX

团 体 标 准

T/CAMETA XXXXX-20XX

低速无人驾驶车辆安全技术要求

The Safety requirements of low-speed autonomous driving vehicles

(征求意见稿)

20XX-XX-XX发布

20XX-XX-XX实施

中 国 机 电 一 体 化 技 术 应 用 协 会 发 布

目 录

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语与定义	1
4 技术要求	2
5 试验方法	4

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2020给出的规则起草。

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这些专利的责任。

本标准由中国机电一体化技术应用协会提出。

本标准由中国机电一体化技术应用协会归口。

本标准起草单位：中机寰宇（江苏）智能制造认证检测有限公司、六安智梭无人车科技有限公司、中汽认证中心有限公司、京东鲲鹏（江苏）有限公司、襄阳达安汽车检测中心有限公司、厦门理工学院、厦门威迪思汽车设计服务有限公司。

本标准主要起草人：张海潮、凌玺炯、陈晓东、张辉、吕平、张雪飞、于峰、王磊、郭敏、周清、张鹏程、郎栋、高海龙、彭倩、韩锋钢、卢光华。

低速无人驾驶车辆安全技术要求

1 范围

本标准规定了低速无人驾驶车辆的车型终端安全、生产下线安全验证、以及运营安全监管等方面的要求及试验方法。

本标准适用于不在机动车道路上行驶的低速无人驾驶车辆。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本文件的引用而成为本文件的条款。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，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文件，凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本文件。

GB 7258-2017 机动车运行安全技术条件

GB 18320-2008 三轮汽车和低速货车安全技术要求

GB/T 24935-2010 全地形车最大侧倾稳定角试验方法

GB 17799.4-2012 电磁兼容 通用标准 工业环境中的发射

GB/T 17799.2-2003 电磁兼容 通用标准 工业环境中的抗扰度试验的要求

GB/T 35349-2017 汽车驻车制动性能试验方法

GB/T 36986-2018 汽车制动性能动态检测方法

3 术语与定义

下列术语与定义适用于本文件。

3.1

低速无人驾驶车辆 Low-speed autonomous driving vehicle

装备有感知、决策、执行系统，以轮式移动为特征，设计最高车速不超过 25km/h，能够按照指令规划行驶路径，完成驾驶任务的车辆。

3.2

设计最高车速 Designed maximum speed

制造商声明的系统在最佳条件下运行时所能达到的最高速度。

3.3

最高运行速度 Maximum operation speed

系统选择的速度，指在当前运行道路要求和条件下，系统可以运行到的最高速度。

3.4

设计运行域 Operational design domain, DDT

在本标准确定的范围内定义的运行条件（例如，环境，地理，时段，交通，基础设施，速度范围，天气和其他条件）在这种情况下，车辆可无外在人员和系统干预的情况下运行。

3.5

动态驾驶任务 Dynamic Driving Task, DDT

完成车辆驾驶所需的感知、决策和执行等行为，包括但不限于：车辆横向运动控制、车辆纵向运动控制、目标和事件探测与响应、驾驶决策、车辆照明及信号装置控制。

3.6

电子控制系统 Electronic control system

电子单元的组合,旨在通过电子数据处理来配合整车完成无人驾驶功能。通常由软件控制的此类系统由离散的功能组件(例如传感器,电子控制单元和执行器)构建,并通过传输链接进行连接,它们可以包括机械的,电动的或气动的元件。

3.7

无人驾驶数据存储系统 Data storage system for automated driving, DSSAD

无人驾驶数据存储系统指的是具有监测、采集并能够记录无人驾驶过程中时间序列数据的装置或系统。

4 技术要求

4.1 一般要求

低速无人驾驶车辆的设计、制造应保证车辆安全运行。在按制造厂产品使用说明书正常操作和维护保养时不应存在不合理的危险。低速无人驾驶车辆的一般要求包括以下几点:

(a) 低速无人驾驶车辆的设计最高车速不应超过 25km/h,并能够根据道路限速要求及交通情况自动调整车速的限值。

(b) 在满载、静态状态下,向左侧和右侧倾斜最大侧倾稳定角应不小于 25°。

(c) 在空载状态下,车辆按照 GB/T 18385 规定的试验方法,测量车辆最大爬坡度,最大爬坡度应不低于 20%。

(d) 在空载状态下,按照 GB/T 35349-2017 规定的试验方法,驻车制动装置应能使低速无人驾驶车辆在坡度为 20%、轮胎与路面间的附着系数不小于 0.7 的坡道上正、反两个方向保持固定不动,其时间不少于 5min。

(e) 在制动初速度为 20km/h 的情况下,按照 GB/T 36986-2018 规定的试验方法,空载状态下制动距离应小于 5m,满载状态下制动距离应小于 8m。

(f) 低速无人驾驶车辆应具有危险警告信号装置,其操纵装置应不受灯光总开关的控制。

(g) 对于仅用于维护或紧急情况的手动控制,在不降低安全的前提下,应提供防止未经授权使用的措施。

(h) 低速无人驾驶车辆应设置紧急停止装置,紧急停止装置的执行器应置于车辆外部可见、可识别、可接近的位置。

(i) 低速无人驾驶车辆应根据其运行环境,满足 GB 17799.4-2012 电磁兼容 通用标准 工业环境中的发射;GB/T 17799.2-2003 电磁兼容 通用标准 工业环境中的抗扰度试验的要求

4.2 系统安全

低速无人驾驶车辆应在制造商规定的设计运行域(ODD)内,具有可靠的感知、决策、执行能力,车辆具有数据存储功能和网络安全防护能力。以保证车辆无人驾驶系统安全。低速无人驾驶车辆的一般要求包括以下几点:

(a) 制造商应提供详细的低速无人驾驶车辆设计运行域(ODD)说明,规定其运行范围及条件。在设计运行域内,车辆的系统应执行 DDT,应对包括故障在内的所有情况,并且对车辆外部任何其他道路使用者不构成不合理的风险。车辆不得造成任何可预见和可预防的碰撞。

(b) 车辆行驶应遵守操作所在国家/地区与 DDT 相关的交通规则。

(c) 如果车辆遇到系统无法完成的情况,则系统应进行最小风险的操纵。在最小风险操作期间,系统应将车辆外部其他道路使用者的安全风险降至最低。

(d) 车辆应具备自检功能,以始终能够检测到故障的发生并确认系统性能。

- (e) 车辆功能的有效性不应受到磁场或电场的不良影响。
- (f) 车辆运行时应使车速适应基础设施和环境条件（例如弯道半径，恶劣天气）。
- (g) 车辆运行时应具备避免碰撞的能力，满足附件中规定的测试场景。

4.3 无人驾驶数据存储

4.3.1 数据内容

每辆车辆应配备无人驾驶数据存储系统 DSSAD，采样频率不小于 1Hz，在启动后应至少记录以下各项的条目：

- (a) 车辆标识（车架号等）；
- (b) 车辆的控制模式，自动驾驶系统的激活状态；
- (c) 车辆的位置；
- (d) 车辆速度、加速度、行驶方向等运动状态；
- (e) 环境感知与响应状态；
- (f) 车辆灯光、信号实时状态；
- (g) 车辆外部 360 度视频监控情况；
- (h) 车辆接收的远程控制指令（如有）；
- (i) 由于以下原因停用了系统：
 - 1) 人员使用外部急停按钮使车辆停止；
 - 2) 障碍物触发紧急停止开关使车辆停止。
- (j) 由于以下原因，系统的人工接管需求：
 - 1) 计划中的事件；
 - 2) 计划外事件；
 - 3) 系统故障；
- (k) 检测到的碰撞事故；
- (l) 车辆故障。

4.3.2 数据可用性

在发生事故或故障后，制造商应能提供可靠方法从车辆读取存储数据以供分析，数据的读取应满足以下要求：

- a) DSSAD 数据的存储及使用应符合国家和地区法律的要求。
- b) 一旦达到 DSSAD 的存储限制，就应遵循先进的先出程序，并遵循尊重数据可用性相关要求的原则，覆盖现有数据。车辆制造商应提供有关存储容量的书面证据，确保数据存储时间不少于 1 个月。
- c) 即使车辆受到严重损坏，也应可检索这些数据。如没有车载主电源，则仍然可以取回记录在车辆上的所有数据。
- d) 应可以通过标准通信接口，以标准化方式读取存储在 DSSAD 中的数据。
- e) 应提供制造商有关如何访问数据的说明。
- f) 应确保有足够的保护措施来防止对存储数据的操纵（例如数据擦除），例如防篡改设计。

4.4 网络安全和软件更新

车辆系统的有效性不应受到网络攻击，网络威胁和漏洞的不利影响。如果系统允许软件更新，则应证明软件更新程序和过程的有效性。

4.5 低速无人驾驶场景测试要求

低速无人驾驶车辆应能够在运行过程中应能确保在其行驶路径上检测到目标物并采取相应的措施避免碰撞的发生。根据车辆制造商定义的设计运行域 ODD，车辆应该能够通过其在 ODD 范围内涉及到的表 1 所示的场景测试。

表 1 低速无人驾驶性能场景测试项目表

	测试场景	目标物	场景数
1	直行接近静止车辆	M1 乘用车或模拟目标车	3
2	交叉路口通行	M1 乘用车或模拟目标车，两轮车或模拟两轮车	6
3	儿童横向穿行	模拟儿童行人目标物	3
4	前方行人直行	模拟成年行人目标物	3
5	多人围堵测试	模拟行人目标物	2
6	弯道静止障碍物识别及响应	M1 乘用车或警示锥形桶	2
7	小型动物窜出紧急停止	模拟动物	1

5 试验方法

5.1 试验条件

5.1.1 试验样品要求

为确保测试的结果的可靠性和一致性，应在车辆测试前确认车辆状态，包括：

- a) 车辆应装备齐全，并按制造商规定充满电；
- b) 车辆系统应按制造商规定的要求组装好，所需的设备安装、调试完毕，试验应在携带测试设备与最大载重状态进行。
- c) 若需要在试验车辆上安装测试仪器，应尽量减少对低速无人驾驶车辆的影响。

5.1.2 试验环境要求

车辆相关安全功能验证中，道路应路面平整，标线清晰。

5.2 试验环境要求

5.2.1 测量系统的精度要求

在测试过程中，测试方应保证测试设备、仪器的精度满足以下要求，并具有相应参数的标定报告。

- a) 距离测量精度应符合下列要求：
 - 距离小于 2m 时，测量精度应小于或等于 0.1m
 - 距离大于或等于 2m 且小于等于 10m 时，测量精度应小于或等于测量距离的 5%
 - 距离大于 10m 时，测量精度应小于或等于 0.5m
- b) 时间测量精度应符合下列要求：
 - 时间小于 200ms 时，测量精度应小于或等于 20ms
 - 时间大于或等于 200ms 且小于等于 1s 时，测量精度应小于或等于测量距离的 10%
 - 时间大于 1s 时，测量精度应小于或等于 100ms

5.3 无人驾驶安全性能测试场景

5.3.1 直行接近静止车辆

测试场景描述：被测低速无人驾驶车辆接近在其行驶路径前方的静止目标车辆,场景示意图如图 1 所示。

测试速度：被测低速无人车最高设计车速

横向偏置率 $y_{0Target}$: 100%, 0%, 50%

目标车辆: M1 乘用车或模拟目标车

测试方法: 由低速无人车制造商设定被测车辆行驶路径, 并向测试机构提供到达并维持最高设计车速的位置范围 (不应小于 30m), 由测试机构在该范围内任意位置放置静止目标车辆

测试结果判定: 被测低速无人车应能识别前方静止车辆, 并根据周围道路环境自动执行停车或绕行操作, 其中绕行操作应不违反交通法规 (如压线, 逆行等)

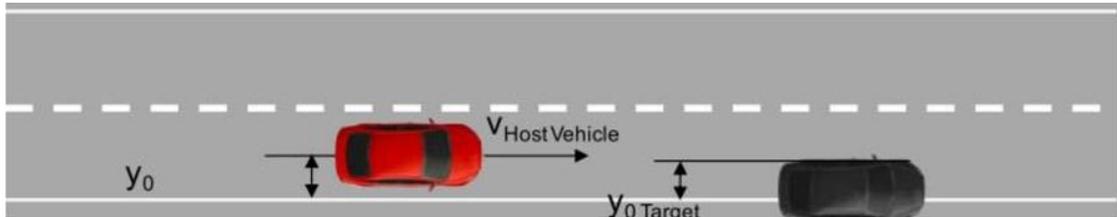


图 1 直行接近静止车辆

5.3.2 交叉路口通行

测试场景描述: 被测低速无人驾驶车辆通过交叉路口, 场景示意图如图 2 所示

测试速度: 被测低速无人车最高设计通过路口车速

目标车车速 V_{Target} : 25km/h

目标车车辆: M1 类模拟目标物, 模拟两轮车

测试方法: 由低速无人车制造商设定被测车辆自动行驶路径, 并向测试机构提供通过交叉路口路径, 由测试机构设置目标车辆分别在距离规划行驶路径 30m, 10m, 0m 位置时速度应达到 25km/h 并保持该车速直至测试结束。

测试结果判定: 被测低速无人车应能识别接近车辆并执行停车、减速或正常行驶操作避免与目标车发生碰撞, 且被测低速无人车在目标车接近过程中无自动加速操作。

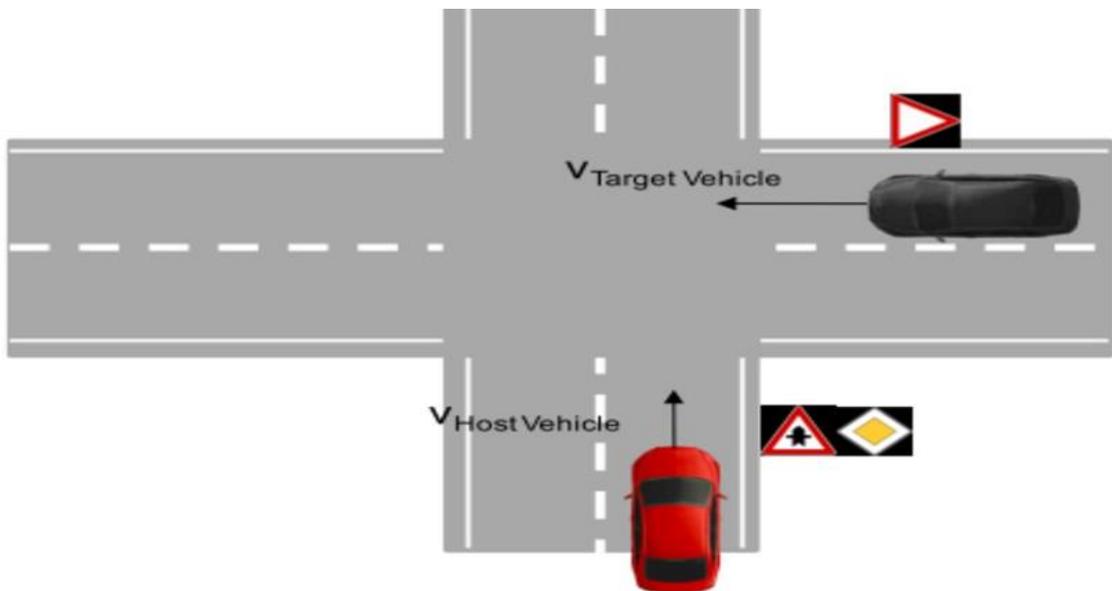


图 2 交叉路口通行

5.3.3 儿童横向穿行测试

测试场景描述: 被测低速无人驾驶车辆前进路径中有儿童横向快速窜出, 场景示意图如图 3 所示。

测试速度：被测低速无人车最高设计车速

模拟儿童行人目标物 V_{child} ：5km/h

静止目标车辆（Target vehicle）：M1 乘用车

儿童行人距离静止目标车距离 X_0 ：1m

测试方法：由低速无人车制造商设定被测车辆自动行驶路径，并向测试机构提供通过路径，由测试机构设置儿童行人模拟目标物和静止目标车辆，并使模拟儿童行人目标物在被测车辆分别于模拟儿童行人目标物行驶路线距离为 D_0 ， D_0+2 ， D_0-2 m 位置时速度应达到 5m/h 并保持该速度直至测试结束。

其中： $D_0 = V_{HostVehicle} \times Y_0 / V_{child}$

测试结果判定：被测低速无人车应能识别接近的儿童行人并自动执行减速、停车或正常行驶操作避免与儿童行人发生碰撞，且被测低速无人车能够在儿童行人通过后正常行驶。

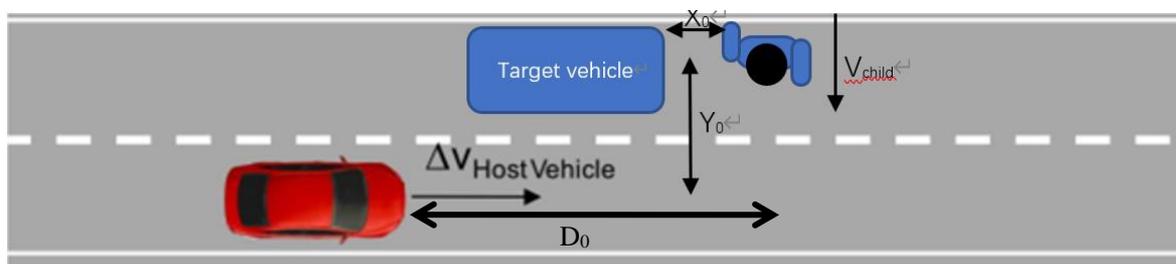


图3 儿童横向穿行测试

5.3.4 前方行人直行测试

测试场景描述：被测低速无人驾驶车辆直行接近行走中的行人，场景示意图如图4所示

测试速度：被测低速无人车最高设计车速

被测车辆距离行人起始距离 X_0 ：30m

模拟行人目标物的速度 V_{Target} ：5km/h

横向偏置率 Y_0 ：0%，25%，50%

测试方法：由低速无人车制造商设定被测车辆行驶路径，并向测试机构提供车辆达到最高设计车速的位置及匀速距离，由测试机构设置行人在车辆匀速行驶区间内超过到达最高设计车速位置 30m 处，行人保持 5km/h 的速度行走。模拟行人目标物与车辆中心的靠近路边一侧的横向偏置率 Y_0 分别为车身宽度的 0%，25%，50%

测试结果判定：被测低速无人车应能识别前方行人，并根据前方行人相对于车辆中心的偏置情况，减速跟随或者减速绕行通过。

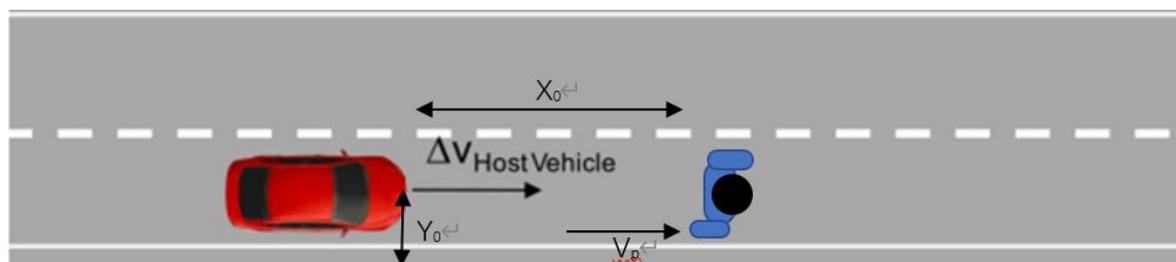


图4 前方行人直行测试

5.3.5 多人围堵测试

测试场景描述：被测低速无人驾驶车辆停车后，多个行人将车围住，行人离开后车辆自动通行，场景示意图如图5所示。

测试速度：被测低速无人车设计运行车速

行人速度 V_{Target} ： 2km/h

行人数量：被测车辆两侧各四个

测试方法：由低速无人车制造商设定被测车辆行驶路径，并向测试机构提供车辆达到设计运行车速的位置及匀速距离，由测试机构设置停车点，并在被测车辆在停车点停车后，行人围至车辆周围，行人离开后，车辆自动继续按照规划路线行驶

测试结果判定：被测低速无人车应能在指定位置停车，停车后如没有行人阻挡行驶位置，被测车辆应能够自动继续行驶；当有行人围至车辆周围时，车辆应能保持停止状态直至行人离开后，被测车辆自动启动后沿规划路线继续行驶。

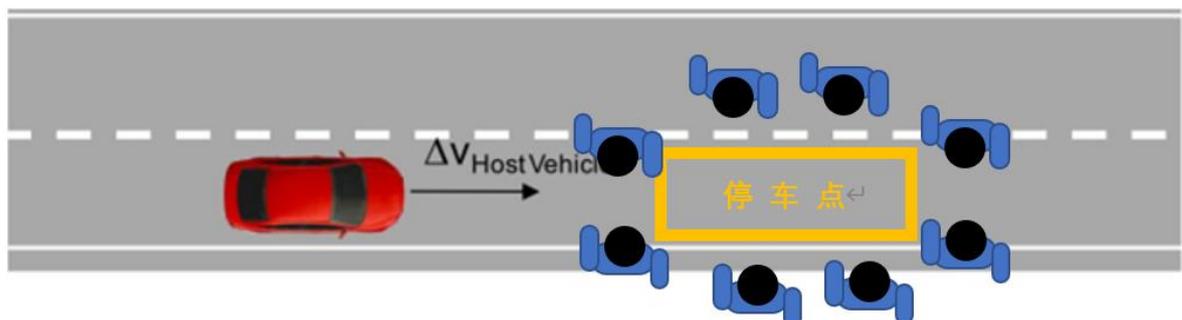


图 5 多人围堵测试

5.3.6 弯道静止障碍物识别及响应

测试场景描述：被测低速无人驾驶车辆接近在弯道中的静止目标物，场景示意图如图 6 所示。

测试速度：被测低速无人车最高设计车速

静止目标物：M1 乘用车或模拟目标物，警示锥形桶

测试方法：由低速无人车制造商设定被测车辆行驶路径，并向测试机构提供到达并维持最高设计车速的位置范围（不应小于 30m），由测试机构在该范围内任意位置放置静止目标车辆、警示锥形桶。

测试结果判定：被测低速无人车应能识别前方静止目标物，并根据周围道路环境自动执行停车或绕行操作，其中绕行操作应不违反交通法规（如压线，逆行等）

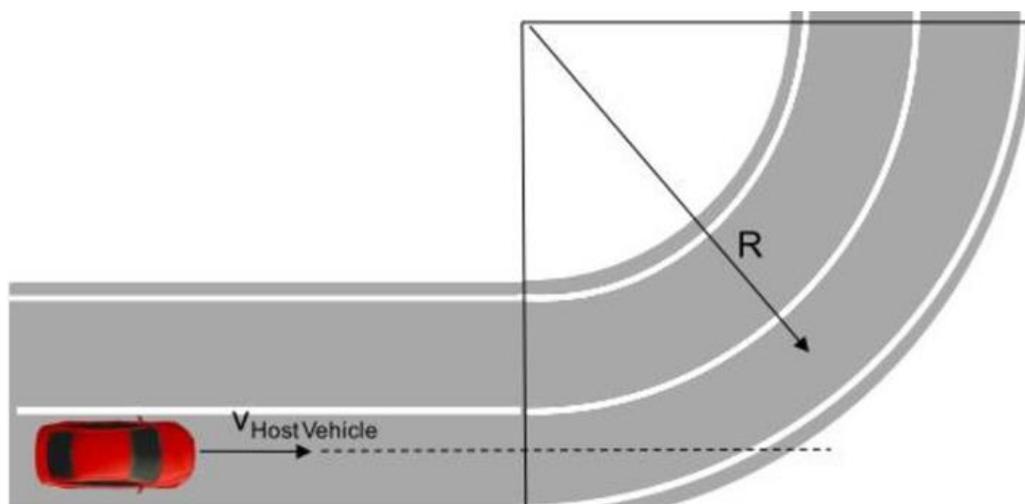


图 6 弯道静止障碍物识别及响应

5.3.7 小型动物窜出紧急停止测试

测试场景描述：被测低速无人驾驶车辆正常行驶过程中，小型动物突然窜出正面撞击被测车辆前部，场景示意图如图 7 所示。

测试速度：被测低速无人车最高设计车速

小型动物目标物：模拟小狗

目标物速度 V_{animal} ：5km/h

测试方法：由低速无人车制造商设定被测车辆行驶路径，并向测试机构提供到达并维持最高设计车速的位置范围（不应小于 30m），由测试机构在该范围内任意位置设置模拟小狗窜出撞击过被测车辆前部。

测试结果判定：被测低速无人车应能在撞击发生时紧急停止。

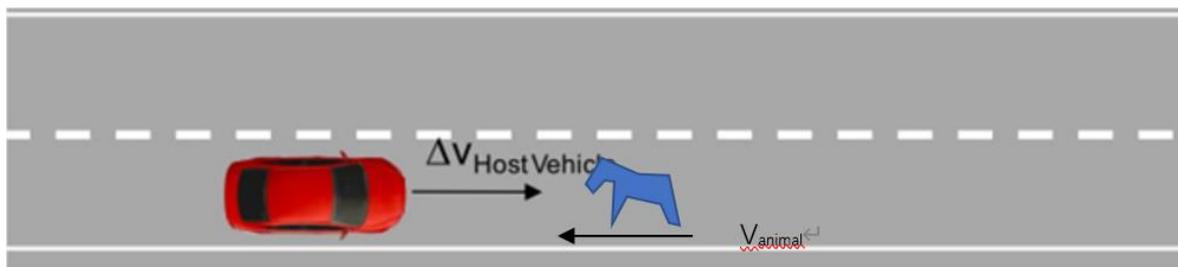


图 7 小型动物窜出紧急停止测试

参考文献

- [1] GB 7258-2017 机动车运行安全技术条件
 - [2] GB 18320-2008 三轮汽车和低速货车安全技术要求
 - [3] GB/T 24935-2010 全地形车最大侧倾稳定角试验方法
 - [4] GB 17799 电磁兼容 通用标准
 - [5] SAE J3016 Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles
-