

团体标准

T/ITS XXXX-2025

智能网联汽车 人机交互安全设计规范

Intelligent and connected vehicle-Safety Design Specification for Human-Machine
Interaction

2025-10-X 发布

2025-10-X 实施

中国智能交通产业联盟 发布

目 次

目 次..... I

前 言..... II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 缩略语..... 4

5 安全设计要求..... 4

 5.1 总则..... 4

 5.2 设计原则..... 4

 5.3 通用要求..... 5

 5.4 视觉设计要求..... 6

 5.5 关键驾驶功能操控的安全设计要求..... 8

6 安全技术要求..... 11

 6.1 驾驶员注意力监测系统技术要求..... 11

 6.2 关键驾驶功能安全技术要求..... 12

7 试验方法..... 16

 7.1 驾驶员注意力监测试验方法..... 16

 7.2 关键驾驶功能操控的安全设计要求..... 16

参 考 文 献..... 24

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。

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。

本文件由中国智能交通产业联盟（C-ITS）提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

智能网联汽车 人机交互安全设计规范

1 范围

本文件规定了智能网联汽车人机交互系统的安全设计要求、设计原则、视觉设计要求、关键驾驶功能安全技术要求及试验方法。

本文件适用于指导整车厂、零部件供应商、软件开发商等在从事汽车人机交互系统的设计开发、运行和服务等过程中满足基本的安全设计规范和技术要求。

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 39263—2020 道路车辆先进驾驶辅助系统(ADAS)术语及定义
- GB/T 40429—2021 汽车驾驶自动化分级
- GB/T 41798—2022 智能网联汽车自动驾驶功能场地试验方法及要求
- GB/T 43119—2023 自动驾驶封闭测试场地建设技术要求
- GB/T 43267—2023 道路车辆 预期功能安全
- GB/T 43766—2024 智能网联汽车运行安全测试技术要求
- GB/T 44298—2024 智能网联汽车 操纵件、指示器及信号装置的标志
- GB/T 44850—2024 智能网联汽车 运行安全测试项目和方法
- GB/T 45312—2025 智能网联汽车 自动驾驶系统设计运行条件
- YD/T 4775—2024 车载移动应用人机交互安全体验要求和测试方法

3 术语和定义

GB/T 39263—2020、GB/T 40429—2021、GB/T 43267—2023、GB/T 44298—2024界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

智能网联汽车 intelligent and connected vehicle; ICV

具备环境感知、智能决策和自动控制，或与外界信息交互，乃至协同控制功能的汽车。

[来源: GB/T 44373—2024,3.1]

3.2

风险 risk

伤害发生的概率及其严重度的组合。

3.3

介入请求 request to intervene

辅助驾驶系统请求动态驾驶任务后援用户执行接管的通知。

[来源: GB/T 40429—2021,2.13,有修改]

3.4

接管 take over

动态驾驶任务后援用户响应介入请求,从辅助驾驶系统获得车辆驾驶权的行为。

[来源: GB/T 40429—2021,2.14,有修改]

3.5

认知负荷 Cognitive Load

驾驶员在执行驾驶任务时,其工作记忆为处理与驾驶相关的信息(如道路状况、交通信号、车辆状态)及非驾驶相关的信息(如操作信息娱乐系统、接听电话)所承受的脑力需求总量。

注1: 认知负荷反映了驾驶员信息处理能力的占用程度。过高的认知负荷会分散驾驶员对主要驾驶任务的注意力,延长其反应时间,增加决策失误的风险,从而对驾驶安全构成威胁。在人机交互设计中,应通过直观的信息呈现、简化的操作逻辑和合理的信息优先级管理,致力于将驾驶员的认知负荷降至最低。

注2: 认知负荷主要来源于三个方面:

——内在认知负荷: 由驾驶任务本身的复杂性决定(如在复杂路口导航)。

——外在认知负荷: 由人机交互界面设计不佳引起(如混乱的菜单布局、难以理解的图标)。

——关联认知负荷: 指驾驶员用于处理信息和构建思维模式的脑力资源(如图标设计的直观性会影响此项负荷)。

3.6

驾驶员 driver

对于某个具体的车辆,实时执行部分或全部动态驾驶任务和/或接管的用户。

[来源: GB/T 40429—2021,2.17]

3.7

驾驶员注意力监测系统 driver attention monitoring system; DAMS

实时监测驾驶员状态并在确认其注意力分散时发出提示信息的系统

[来源: GB/T 41797-2022, 3.1]

3.8

注意力分散 distraction

驾驶员在驾驶车辆时因疲劳驾驶,受外界环境干扰或做出与驾驶无关的动作,导致其无法专注执行驾驶任务的状态。

[来源: GB/T 41797-2022, 3.2]

3.9

头部姿态异常 abnormal head pose

驾驶员抬头、低头或左右摆头时,头部前后倾斜角度和水平旋转角度超过正常范围的行为。

[来源: GB/T 41797-2022, 3.3]

3.10

预期功能安全 safety of the intended functionality; SOTIF

不存在因预期功能或其实现的功能不足引起的危害而导致不合理的风险。

[来源: GB/T 43267—2023,3.25]

3.11

先进驾驶辅助系统 advanced driver assistance systems; ADAS

利用安装在车辆上的传感、通信、决策及执行等装置,实时监测驾驶员、车辆及其行驶环境,并通过信息和/或运动控制等方式辅助驾驶员执行驾驶任务或主动避免/减轻碰撞危害的各类系统的总称。

[来源:GB/T 39263—2020,2.1.1]

3.12

误用 misuse

以制造商或服务提供商不期望的方式使用。

[来源: GB/T 43267—2023,3.17]

3.13

设计运行条件 operational design condition; ODC

辅助驾驶系统设计时确定的适用于其功能运行的各类条件的总称,包括设计运行范围、车辆状态、驾乘人员状态及其他必要条件。

[来源: GB/T 44850—2024,3.3,有修改]

3.14

设计运行范围 operational design domain; ODD

辅助驾驶系统设计时确定的适用于其功能运行的外部环境条件。

注: 典型的外部环境条件有道路、交通、天气、光照等。

[来源: GB/T 45312—2025,3.3,有修改]

3.15

性能局限 performance insufficiency

技术能力局限,其在一个或多个触发条件触发下,促成危害行为或无法防止、探测及减轻合理预见的间接误用。

[来源: GB/T 43267—2023,3.22]

3.16

自适应巡航控制 adaptive cruise control; ACC

实时监测车辆前方行驶环境，在设定的速度范围内自动调整行驶速度，以适应前方车辆和/或道路条件等引起的驾驶环境变化。

[来源: GB/T 39263—2020,2.3.10]

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

DDT: 动态驾驶任务 (Dynamic Driving Task)

ODC: 设计运行条件 (Operational Design Condition)

ODD: 设计运行范围 (Operational Design Domain)

ACC: 自适应巡航控制 (Adaptive Cruise Control)

LKA: 车道保持辅助 (Lane Keeping Assist)

LDP: 车道偏离抑制 (lane Departure Prevention)

AES: 自动紧急转向 (Automatic Emergency Steering)

EBA: 紧急制动辅助 (Emergency Braking Assist)

FDM: 前向车距监测 (Forward Distance Monitoring)

FCW: 前向碰撞预警 (Forward Collision Warning)

LDW: 车道偏离预警 (Lane Departure Warning)

LCW: 变道碰撞预警 (Lane Changing Warning)

EPS: 电动助力转向系统 (Electric Power Steering)

5 安全设计要求

5.1 总则

智能网联汽车人机交互界面的设计，应始终将驾驶安全置于首位。所有交互活动不得显著引起驾驶员对主要驾驶任务的注意力分散，不得增加驾驶员的认知负荷，并应能有效防止人员误用，车辆应在给定的ODC和ODD运行，保障车辆预期功能安全，确保驾驶员在任何情况下都能高效、准确、可控地与车辆进行交互。

5.2 设计原则

5.2.1 驾驶员注意力优先原则

人机交互系统应确保驾驶员视觉焦点集中于前方道路，任何需要驾驶员长时间注视或复杂思维的交互任务都应被限制或重新设计。

注：遵循“一看即懂”的设计理念，将单次连续视觉交互时间控制在安全范围内（建议不超过2秒），减少视线偏离道路的总时间和频率。

5.2.2 认知负荷最小化原则

信息呈现和交互逻辑应直观、简洁，避免不必要的复杂性，确保驾驶员能够快速理解信息含义和操作反馈，无需进行深度思考或记忆。

注：使用符合用户心智模型的图标和术语；减少层级菜单；避免在驾驶过程中显示冗长、复杂的文本或抽象图形。

5.2.3 可控性与可预测性原则

驾驶员应具备对交互系统的主导权，系统行为操作应符合驾驶员的预期，避免出现令人困惑或不受控的状态，驾驶员应根据交互系统提供的介入请求或出现非预期驾驶行为时，接管驾驶权。

注：提供清晰、即时的操作反馈；允许驾驶员取消或撤销非关键操作；系统模式的切换应有明确提示。

5.2.4 容错性原则

交互设计应能够容许驾驶员的无心之失，通过设计手段防止人员误用的发生，并在驾驶员误操作可能引发严重后果时，提供确认或恢复机制。

注：关键操作（如换挡、驻车）需采用防误触设计（如长按、二次确认），危险操作应提供撤销宽限期。

5.2.5 多通道协调原则

充分利用驾驶员的视觉、听觉和触觉通道，进行信息的冗余呈现和任务的合理分配，以弥补单一通道（尤其是视觉通道）的预警信息不足。

注：重要警告信息应同时使用视觉（图标闪烁）、听觉（警报音）和触觉（方向盘或座椅振动）提示；状态信息可优先使用非视觉通道传递。

5.2.6 适应性原则

交互系统应能适应不同的驾驶场景、用户特性及环境变化，动态调整交互策略，以保持最优的安全性。

注：在高速行驶时自动简化界面，为有特殊需求的用户提供字体大小、音量等调节选项，根据环境光线自动切换日/夜模式。

5.3 通用要求

5.3.1 信息呈现要求

人机交互系统信息显示方面应满足以下要求：

- a) 优先级：信息应根据其对驾驶安全的重要性进行严格分级（如安全关键、操作关键、辅助信息），并据此决定其呈现的优先级、位置和持久性；
- b) 易读性：所有视觉信息（文本、图标、图形）应具备足够的尺寸、对比度和清晰度，确保在各类光照条件和驾驶姿态下可被快速、准确地识别；
- c) 一致性：在整个交互系统内，相同的术语、图标、颜色和交互逻辑应代表相同的含义和行为，以降低学习成本和误读风险。

5.3.2 交互操作要求

在驾驶员与人机交互系统进行交互操作时，应满足如下要求：

- a) 可达性与布局：高频和关键功能的控件应布局在驾驶员易于触及和操作的位置，尽可能减少操作所需的肢体移动幅度；
- b) 操作效率：常用功能应尽可能通过一步操作完成，减少操作步骤和层级跳转；
- c) 反馈及时性：任何用户操作都必须在100毫秒内提供系统已接收到的感知反馈（视觉、听觉或触觉）。

5.3.3 系统状态可见性要求

系统提供可见性的状态信息应至少包括以下内容：

- a) 驾驶自动化系统状态：当前是否激活；若激活，所处的具体自动化等级（如：ACC、LKA、LDP、AES、EBA、FDM、FCW、LDW、LCW激活或退出等）；
- b) 系统控制权状态：明确指示系统在控制纵向/横向运动，还是驾驶员在控制；
- c) 系统功能限制与降级：当系统因传感器受限（如摄像头眩光、雷达污损）、外部条件不满足（如车道线不清）或系统故障而性能降级或退出时，必须明确提示原因；
- d) 驾驶任务接管请求：当系统要求驾驶员接管车辆控制时，必须清晰提示接管的紧迫性；
- e) 安全关键报警状态：如前方碰撞预警、车道偏离预警、盲区监测报警等功能的激活状态。

5.4 视觉设计要求

5.4.1 总则

在驾驶员操作车辆交互过程中，应保证所有信息和要素清晰可见、交互对象易于操作，保证用户可快速提取信息，最大限度减少次要任务对驾驶任务的负面影响，保证驾驶安全性。

5.4.2 用户界面

人机交互用户界面设计应满足如下要求：

- a) 界面元素应清晰一致，以提升用户了解屏幕选项的效率；
- b) 应使用一致的图标、字符描述和交互方式；
- c) 应明显区分可操作区和不可操作区域，以提高操作准确性和效率。

5.4.3 文本信息

5.4.3.1 一般要求

文本信息设计应以确保驾驶员在驾驶任务中能够快速、准确、无需费力地识读为首要原则。文本的呈现不应导致驾驶员长时间偏离前方道路，或产生认知负担。

5.4.3.2 字体大小

5.4.3.2.1 基本要求

在标准驾驶姿势和光照条件下，所有面向驾驶员、需要其在驾驶过程中识读的文本，其最小视觉字号在显示屏上的物理高度不应低于4.0mm。推荐的最小视觉字号为4.5mm至5.0mm。

5.4.3.2.2 相对高度要求

为适应不同尺寸和分辨率的屏幕，字体大小也可采用视角来定义。关键安全相关文本的视觉高度应至少对应22弧分（arc minutes）的视角。非关键信息文本的视觉高度应至少对应16弧分的视角。

注：视角计算考虑了观看距离。通常假设驾驶员眼点至屏幕中心的典型距离为500mm至700mm。

5.4.3.2.3 层级化要求：

应根据信息的重要性和使用场景，对字体大小进行层级化设计：

- a) 一级信息（关键安全信息）：如碰撞警告、系统故障、导航指令（如转弯箭头和距离），字体大小应在本条款规定的最小值基础上适当增大，以确保瞬时警觉和识读；
- b) 二级信息（主要交互信息）：如菜单标题、主要按钮标签、歌曲名称、联系人姓名等，字体大小应不低于本标准规定的最小值；
- c) 三级信息（辅助/说明信息）：如正文说明、次要参数、状态提示等，在保证可读性的前提下，其大小可略小于最小值，但应确保在驾驶员短暂一瞥下仍可辨识，且不应用于需要快速响应的交互控件。

5.4.3.3 字体样式与排版

5.4.3.3.1 字体

应优先选用无衬线体（Sans-serif），无衬线体结构简洁，在像素化的屏幕上显示更清晰，易于快速识别。

5.4.3.3.2 字重与对比度

字重与对比度的设计要求满足如下条件：

- a) 正文文本应使用常规或中等字重，避免使用过细的字体；
- b) 文本与背景的颜色对比度（亮度对比率）应不低于 4.5:1（AA级标准），对于重要信息推荐达到 7:1（AAA级标准）；

注：AA、AAA级标准参考WCAG（网络内容无障碍指南）。

- c) 禁止使用低对比度的文字设计（如浅灰色文字置于白色背景上）。

5.4.3.3.3 排版与间距

排版与间距的要求如下：

- a) 正文行间距应至少为字体大小的1.3倍至1.5倍，应使用默认或稍宽的字符间距，避免字符拥挤；
- b) 段落文本推荐使用左对齐或两端对齐，避免使用居中对齐；
- c) 单行文本不宜过长，在保证信息完整的前提下应力求简洁，避免使用连续的大写字母。

5.4.3.4 动态与环境适应性

5.4.3.4.1 自适应调节

系统宜提供允许用户在一定范围内手动调节系统字体大小的选项。在检测到环境光线剧烈变化（如进入隧道、夜间驾驶）时，系统应自动切换至预设的高可读性模式（如深色模式/浅色模式），并确保字体在任何模式下均满足本规范的对比度要求。

5.4.3.4.2 动态内容

对于滚动、闪烁或动态变化的文本信息（如新闻提要），其显示速度和方式不应引起驾驶员分心或视觉疲劳，应提供选项允许用户暂停或关闭此类动态效果。

5.5 关键驾驶功能操控的安全设计要求

5.5.1 总则

涉及车辆纵向、横向运动控制以及直接影响行车安全的功能操控，其交互设计应以物理操控为主，触控操作为辅。当采用触控或其它非物理方式时，必须通过交互逻辑、感官反馈和系统保护等多重措施，将误操作风险降至最低。所有操作必须提供即时、明确的多通道反馈。

5.5.2 通用安全要求

5.5.2.1 防误触设计

人机交互界面触控防误触设计应满足以下条件：

- a) 激活区域：触控激活区域的有效面积不应小于 15mm x 15mm，控件之间的中心间距不应小于 10mm；
- b) 隔离区：关键功能控件周边应设置足够的非激活隔离区，或通过界面布局将其与高频操作、娱乐信息等区域物理分离；

- c) 操作逻辑：可引入长按（持续时间不少于500ms）、双击、或“拖动”等操作方式，避免因轻点而触发。

5.5.2.2 多通道反馈

关键控制功能的预警或提示应提供多种反馈机制。

- a) 视觉反馈：操作生效后，控件本身必须有明显的状态变化（如颜色、亮度、图标形态改变），并在屏幕固定位置（如状态栏）提供持久的状态指示。
- b) 听觉反馈：必须提供清晰、独特的非语言听觉反馈（如不同的音效用于“操作接收”和“操作生效”）。
- c) 触觉反馈：应通过振动提供触觉反馈，模拟物理按键“点击感”，告知用户操作已被系统接收。

5.5.2.3 状态可见性

关键功能的当前状态必须在驾驶员正常视野内（如仪表盘或车机屏顶部状态栏）进行持续、清晰、无遮挡的显示。

5.5.3 交互控制类型优先级

5.5.3.1 强优先使用物理控件

对于引擎开关、换挡、驻车、危险警告灯、前照灯、雨刷开关等关键的驾驶功能，应优先采用具有明确物理行程、位置或形状的专用控件（如旋钮、拨杆、实体按钮）。

5.5.3.2 触控控件限制

若上述功能必须整合于触控屏或触控面板，需满足本章所有安全要求，并应通过系统逻辑（如二次确认、防误触）进行加固。

5.5.4 特定功能的安全设计要求

5.5.4.1 引擎启动/停止

通过人机交互界面实现引擎启动和停止，需要满足：

- a) 应采用长按操作（2秒以上）或复合操作（如同时踩下刹车并触控）；
- b) 操作后应有明确的延迟（如1-2秒）和声学提示（如引擎启动声），防止瞬时触发；
- c) 在车辆非静止状态下，应禁用引擎停止功能，或触发严格的二次确认。

5.5.4.2 换挡控制

不应在触控屏上实现主要换挡功能（P/R/N/D），换挡控制的设计应满足：

- a) 设计专用的、背景常驻的虚拟换挡区域，界面布局需模拟物理挡杆的序列逻辑；

- b) 换挡操作应为连续的滑动手势（如从R滑至D），而非离散的点击；
- c) 任何挡位切换应提供强烈的触觉和/或听觉反馈；
- d) 系统应进行合理性校验（如车速过高时禁止换入倒挡R或驻车挡P）。

5.5.4.3 驻车制动

驻车制动功能应满足：

- a) 触控控件应设计为长按或拉动式手势；
- b) 激活后，应有明确的视觉警告（如红色警示图标）和听觉警告；
- c) 释放驻车制动时，可根据情况（如检测到驾驶员踩下油门）要求二次确认。

5.5.4.4 先进驾驶辅助系统功能

通过ADAS实现的辅助驾驶功能如ACC等，应满足：

- a) 开启/关闭：可设置为长按或双击；
- b) 设置车速/车距：应提供虚拟滚轮或滑块控件，并伴有精确的触感；
- c) 状态显示：ACC的开启、设置速度、跟车目标等状态信息，必须优先投影至仪表盘或抬头显示上，确保驾驶员视线偏离最小。

5.5.4.5 雨刷器控制

雨刷器控制设计要求应满足：

- a) 应保留物理拨杆；
- b) 若集成于触控，应提供一键直达的快捷入口，避免多层菜单查找；
- c) 雨刷速度/间隔调节应采用粗粒度的滑块或大按钮，便于快速调整。

5.5.5 系统级安全保护

5.5.5.1 冗余设计

对于换挡、驻车等最高风险的功能，应保留物理冗余控制方式（如在中控台或方向盘下保留实体P挡按钮或电子手刹开关）。

5.5.5.2 情景感知设计

系统应根据车辆状态（如车速、加速度）动态调整触控灵敏度或触发严格的操作确认。

5.5.5.3 模式隔离设计

在非驾驶模式（如车辆静止、P挡状态下），可解锁更复杂的触控设置；一旦进入行驶状态，界面应自动切换至简化、安全的驾驶模式。

6 安全技术要求

6.1 驾驶员注意力监测系统技术要求

6.1.1 功能要求

系统应能实时、连续地监测驾驶员状态，并至少具备以下核心功能：

- a) 疲劳特征识别：准确识别与驾驶员头部姿态异常相关的典型生理及行为特征；
- b) 疲劳等级评估：基于识别出的特征，综合计算并输出当前驾驶员的疲劳等级；
- c) 分级预警：根据疲劳等级，向驾驶员发出由低到高的分级预警信号；
- d) 系统自检与故障提示：在系统启动时及运行中进行自检，并在发生故障时向驾驶员明确提示。

6.1.2 性能要求

6.1.2.1 驾驶员识别能力要求

驾驶员注意力监测系统应能够识别驾驶员分心行为，如打哈欠、抽烟、打电话等，并能够发出提示信息。

驾驶员分心行为及提示信息条件参考表 1 实行。

表 1 系统监测内容及提示信息条件

序号	行为	内容	提示信息条件
1	闭眼	眼睛完全闭合	闭眼持续时间 $\geq 2s$
2	头部姿态异常	头部偏转角度左偏或右偏 $\geq 45^\circ$	头部姿态异常持续时间 $> 3s$
		抬头或低头 $\geq 30^\circ$	
3	接打手持电话	手持电话任意点与面部的距离 $< 5cm$	接打手持电话持续时间 $> 3s$
4	打哈欠	张嘴高宽比(上下嘴唇内缘的最小竖直高度与嘴角水平宽度的比值) > 0.6	打哈欠持续时间 $> 3s$
5	抽烟	手持香烟与嘴唇最小距离不应大于 $2cm$	抽烟持续时间 $\geq 2s$

6.1.2.2 检出率及准确率要求

系统应在驾驶员打哈欠或抽烟时准确发出提示信息,其检出率应满足表 2 技术要求。

表 2 系统监测检出率及误报率要求

监测内容	检出率最低要求 ^b	误报率最高要求 ^c
眼睛闭合 ($\geq 1.5s$)	$\geq 98\%$	$\leq 2\%$
PERCLOS ^a $> 30\%$	$\geq 95\%$	$\leq 3\%$

频繁点头 ($\geq 3s$)	$\geq 90\%$	$\leq 5\%$
打哈欠 (如支持)	$\geq 85\%$	$\leq 8\%$
a. PERCLOS (Percentage of Eyelid Closure over the Pupil over Time): 在特定时间窗口内, 眼睛闭合度超过一定比例的时间所占的百分比。 b. 检出率定义: (系统正确报警的次数/实际应报警的总次数) $\times 100\%$ 。 c. 误报率定义: (系统错误报警次数/总报警次数) $\times 100\%$ 。		

6.1.2.3 预警与交互要求

6.1.2.3.1 疲劳等级判定与分级预警

系统应根据监测参数的融合分析, 将驾驶员状态划分为不同等级, 并触发相应预警。

- 一级/提示级 (轻度疲劳): 当监测到短暂分神或疲劳早期迹象 (如PERCLOS在20%-30%)。应提供温和的视觉提示 (如仪表盘显示灰色咖啡杯图标)。
- 二级/警告级 (中度疲劳): 当监测到持续疲劳状态 (如PERCLOS $>30\%$, 或频繁点头)。应触发多通道警告, 如视觉 (图标变为黄色并闪烁)、听觉 (间歇性提示音)。
- 三级/紧急干预级 (重度疲劳): 当监测到可能立即危及安全的状态 (如闭眼 $>2s$, 头部持续下垂)。应触发强烈警报, 如视觉 (红色全屏或大面积警告)、听觉 (急促、高音量警报声)、触觉 (必须包含方向盘或座椅振动)。

6.1.2.3.2 数据记录与接口

系统应记录相关数据进行, 并提供标准化数据接口, 用于车辆状态、事故分析等。

- 数据记录: 系统应能记录疲劳预警事件发生前、后各一段时间 (如至少30秒) 的相关数据, 包括但不限于时间戳、疲劳等级、主要的监测参数值 (如PERCLOS值、闭眼时长)。
- 数据接口: 系统宜提供标准化的数据导出接口 (如CAN总线指定报文), 用于传输提示信息内容和事件记录。所有记录数据应严格限定于车辆安全状态分析、系统优化及事故调查之用, 不得用于其他无关目的。

6.2 关键驾驶功能安全技术要求

6.2.1 分心加速场景下安全技术要求

通常, 仅依赖车辆自身感知系统做出决策会引起性能局限。人机交互系统应能实时融合驾驶员状态监测系统的输出 (如视线偏离前方道路的持续时间超过设定阈值) 与车辆环境感知系统的数据 (如前方存在慢速目标车辆、弯道或其它潜在风险, 且本车车速较高), 综合判断是否存在因驾驶员分心导致的非理性加速风险。

6.2.1.1 分级预警

人机交互系统应能对分心加速场景提供分级预警。

- a) 一级提示：当系统识别到分心加速风险时，应首先通过视觉（如仪表盘图标警示）或温和的听觉提示，向驾驶员传递风险信息。
- b) 二级干预：若一级提示后驾驶员状态未改善（如视线仍未回归），系统应采取限制性措施，包括但不限于限制加速踏板的响应速率，使车辆加速趋于平缓，同时结合更强烈的触觉（如油门踏板振动）或听觉警告。

6.2.1.2 干预机制

若预警提示未能引起驾驶员恢复注意力关注，系统应提供及时的干预响应。一旦系统检测到驾驶员恢复对前方道路的有效关注，所有限制与警告应立即平滑退出。

6.2.2 误踩加速踏板场景下安全技术要求

驾驶员因紧张、操作慌乱或判断失误，产生严重的踏板操作混淆，将加速踏板误当作制动踏板踩下。这种非预期的大功率加速指令会瞬间增大车辆与周边障碍物（如墙壁、车辆、行人）的碰撞风险，系统需能识别此类异常操作特征并立即干预，以规避或减轻事故后果。

系统应能实时监测加速踏板的踩下动态，识别其特征与正常驾驶意图的差异。判定条件应至少包括：

- 加速踏板的瞬时踩下速率异常高，超过正常驾驶的统计阈值；
- 传感器探测到车辆近距离内存在固定或移动障碍物。

6.2.2.1 分级预警

人机交互系统应能对误踩加速踏板场景提供分级预警。

- a) 一级预警（即时状态提示）：系统识别出加速踏板被异常急促踩下，并初步判断存在误踩风险，但尚未达到执行全力干预的阈值。触发一声短促而响亮的警示音，与车辆其他提示音区分开，以引起驾驶员警觉。在仪表盘上瞬时显示一个醒目的警告图标。
- b) 二级预警（紧急干预伴随警告）：系统综合判定满足误踩加速踏板的全部条件，并启动主动干预策略。在保持视觉警告图标的同时，触发连续、急促的听觉警报，方向盘或座椅可产生短促振动，强化警告效果。

6.2.2.2 干预策略

系统的核心在于快速、准确地识别并及时干预，其策略遵循最高安全优先级。

- a) 若驾驶员在干预过程中立即完全松开加速踏板并转换为踩下制动踏板，系统应视作驾驶员已意识到错误并恢复正确操作，可立即退出干预，将控制权完全交还驾驶员。
- b) 若驾驶员持续误踩加速踏板，干预措施应持续至车辆完全停止或风险解除。

6.2.3 制动力不足场景下系统安全技术要求

在动态驾驶任务DDT中，尤其是前车减速或前方出现静止/移动障碍物时，驾驶员虽能意识到碰撞风险并采取制动措施，但由于判断经验不足、对车辆制动效能信心不够或对风险严重性估计不准，导致其施加的制动力度不足以避免碰撞。该系统旨在通过实时风险评估，在驾驶员制动力不足时提供辅助，弥补驾驶员操作的不足，从而降低追尾等碰撞风险。

6.2.3.1 分级预警

系统应基于实时计算的碰撞风险，启动由低到高的分级预警，以提醒驾驶员主动增加制动力。

- a) 一级预警：在组合仪表或平视显示器上，以醒目的颜色（如琥珀色）显示前方碰撞风险图标，并可辅以文字提示。
- b) 二级预警：在保持视觉提示的基础上，增加间歇性听觉警告，警告频率随风险升高而加快，制动踏板可产生轻微振动，提示驾驶员需要加大踩踏力度。

6.2.3.2 干预策略

当预警无效，碰撞风险进一步加剧时，系统应自动介入，提供制动辅助。

- a) 若系统检测到驾驶员突然深踩制动踏板或猛打方向盘，系统应立即减弱或退出辅助制动，优先响应驾驶员的紧急操作。
- b) 一旦系统判断碰撞风险已解除，辅助制动应平稳退出，并关闭相关警告提示。

6.2.4 无意识转动方向盘场景下安全技术要求

驾驶员因疲劳、注意力分散、短暂分神（如操作车载信息娱乐系统）或身体不适等原因，导致其对方向盘的掌控力度减弱或消失。驾驶员可能因身体的不自觉动作（如点头、肌肉松弛）或无意识的轻微手臂移动，对方向盘施加一个小幅、无目的、非典型的转向输入。这种输入并非基于道路环境或驾驶意图，极易导致车辆缓慢偏离当前车道，与邻车或路边障碍物发生刮蹭、碰撞，引发严重事故。

6.2.4.1 分级预警

系统应基于对异常转向输入的识别，启动分级预警机制，旨在通过感官提示唤醒驾驶员的注意力，使其主动恢复对车辆的控制。

- a) 一级预警：系统识别到方向盘出现小幅（如转角 $<5^\circ$ ）、低频、且与当前道路曲率或驾驶员正常校正行为模式不符的转向输入，且车辆处于高速状态。通过电动助力转向系统，向方向盘施加一个轻微、短暂的反向力矩或高频微振。此力矩的核心目的是作为一种“触觉询问”，模拟压过路面震动带的感觉，以提醒驾驶员其手部可能发生了无意识动作，而非强行纠正方向。
- b) 二级预警：在一级触觉提示后，系统在短时间内（如3秒内）再次检测到持续或重复的无意识转向输入，或驾驶员未对触觉提示做出任何修正反应，且车辆横向偏移趋势加剧。在仪表盘上

显示车道偏离警示图标，提示驾驶员车辆正在非预期地偏离路径，并触发一次或多次清晰的提示音，与触觉警告形成多感官协同提示。

6.2.4.2 干预策略

当预警机制未能有效促使驾驶员接管，车辆偏离风险进一步升级时，系统应启动自动纠偏干预。

- a) 主动转向辅助纠偏：在二级预警后，驾驶员仍未施加有效的反向转向力矩，且系统预测车辆将在一定时间内跨越车道线。系统通过EPS施加一个平滑、持续且力度适中的反向恢复力矩，主动将车辆引导回原车道中心区域附近。该力矩应足以抵消无意识转向并完成纠偏，但又不宜过于剧烈，以免引起驾驶员对抗性操作。在整个主动纠偏过程中，系统应通过仪表盘提供明确的状态提示（如显示“转向辅助激活”）。
- b) 驾驶员接管：在任何阶段，只要系统检测到驾驶员施加了明确、有意识的转向力矩（其幅度和方向足以覆盖系统的辅助力矩），系统应立即判定为驾驶员已接管，并瞬间退出所有干预和预警，将控制权完全交还驾驶员。
- c) 系统复位：当车辆轨迹恢复稳定且系统持续检测到驾驶员的主动操控信号后，系统应自动复位，恢复正常监测状态。

6.2.5 变道后系统未接管场景下安全技术要求

当驾驶辅助系统（如ACC、LCC）处于激活状态时，驾驶员主动发起变道操作（如手动打转向灯），导致系统退出横向控制（LCC功能暂时禁用）。变道完成后，驾驶员产生认知误区，误认为系统仍全面掌控车辆，未能及时重新接管方向盘控制权。此时车辆虽可能保持直线行驶，但处于横向失控状态，对前方曲率变化、相邻车道车辆切入等风险无自动应对能力，存在严重的碰撞及偏离道路风险。

6.2.5.1 分级预警

系统应在横向控制退出后，依据驾驶员接管状态启动分级预警，确保驾驶员清晰认知系统状态变化。

- a) 一级预警：驾驶员主动操作导致车道居中辅助等横向控制功能退出时。组合仪表及平视显示器上的车道线图标立即由绿色/蓝色变为灰色或消失，同时显示明确的文本提示（如“横向控制已退出”）。并发出一次清晰的提示音，与视觉变化同步，宣告系统状态变更。
- b) 二级预警：变道动作完成后，系统持续检测到驾驶员未施加有效的转向扭矩（手未接触方向盘或力矩过小）。仪表盘显示闪烁的方向盘图标，并出现文本提醒（如“请立即接管方向盘”）。并发出间歇性警示音，提醒频率逐步加快。
- c) 三级预警：二级预警持续一段时间后驾驶员仍无响应，或系统监测到车辆开始出现无意识车道偏离趋势。警告图标转为红色并全屏闪烁，触发连续急促的警报声，并且方向盘产生强烈振动。

6.2.5.2 干预策略

当分级预警无效，系统需采取主动措施控制风险，确保车辆安全。

- a) 纵向速度控制：三级预警结束后驾驶员仍未接管，系统控制车辆平缓减速，同时自动激活危险警告灯，警示后方车辆。减速过程应保持线性可控，避免急刹造成追尾风险。
- b) 驾驶员接管：在任何阶段，只要系统检测到驾驶员有效的方向盘操作或制动踏板动作，所有预警和干预立即终止，系统恢复正常状态。
- c) 功能恢复：驾驶员接管后，系统应通过界面提示允许驾驶员重新激活驾驶辅助功能。

7 试验方法

7.1 驾驶员注意力监测试验方法

驾驶员注意力监测系统测试方法参考GB/T 41797-2022执行。

7.2 关键驾驶功能操控的安全设计要求

7.2.1 通用试验条件

试验测试通用条件如下：

- a) 车辆状态：试验车辆应为M和N类车辆，轮胎气压应符合厂家推荐值；
- b) 系统状态：被测系统应处于默认激活状态，所有参数设置为出厂默认值或测试指定值；
- c) 数据记录：试验车辆应配备能够同步记录时间、车速、加速度、方向盘转角、踏板位置、系统状态及预警/干预信号的高精度数据采集系统。

7.2.2 试验环境条件

试验应在无雨、无雾、无雪的晴朗天气下进行，平均风速不大于3 m/s，环境光照强度应大于800 lux，避免强逆光或极端阴影干扰视觉系统，试验路面应为平坦、干燥、清洁的沥青或混凝土铺装路面，能见度不小于1公里。

7.2.3 试验流程

试验流程如图 1所示，在严格定义的试验与环境条件下，通过标准化的设备与流程执行特定场景测试，并采集关键数据以验证系统功能是否满足预设的技术指标，最终基于量化结果形成明确的合格性判定，从而确保所有测试活动均指向对技术要求的有效验证与闭环。具体步骤：

- 1) 测试单位进行测试场景选定、测试需求沟通，确定具体的测试场景与需求；
- 2) 测试单位根据测试需求制定相应的测试方案和测试规范；
- 3) 测试单位组织相关测试工程师进行技术评审；
- 4) 评审通过后，测试单位进行测试环境、测试设备配置和确认工作；

- 5) 测试环境和测试设备确认后，测试单位开始实施具体测试工作，并负责测试结果的确认工作，测试结束后，与预期效果进行初步对比；
- 6) 测试结果与预期效果存在偏差时，如果累计试验超过5次，则停止试验，进行原因分析后，重新实施测试；
- 7) 测试单位将测试汇总，形成测试结果初报告；
- 8) 测试单位组织相关技术人员对测试结果初报告进行审核，出现错误要求测试工程师进行重测或补测；
- 9) 通过内部审核后，形成最终报告，提交测试专家组审核；
- 10) 测试专家组审核批准后，测试单位出具并提交专题最终测试报告。

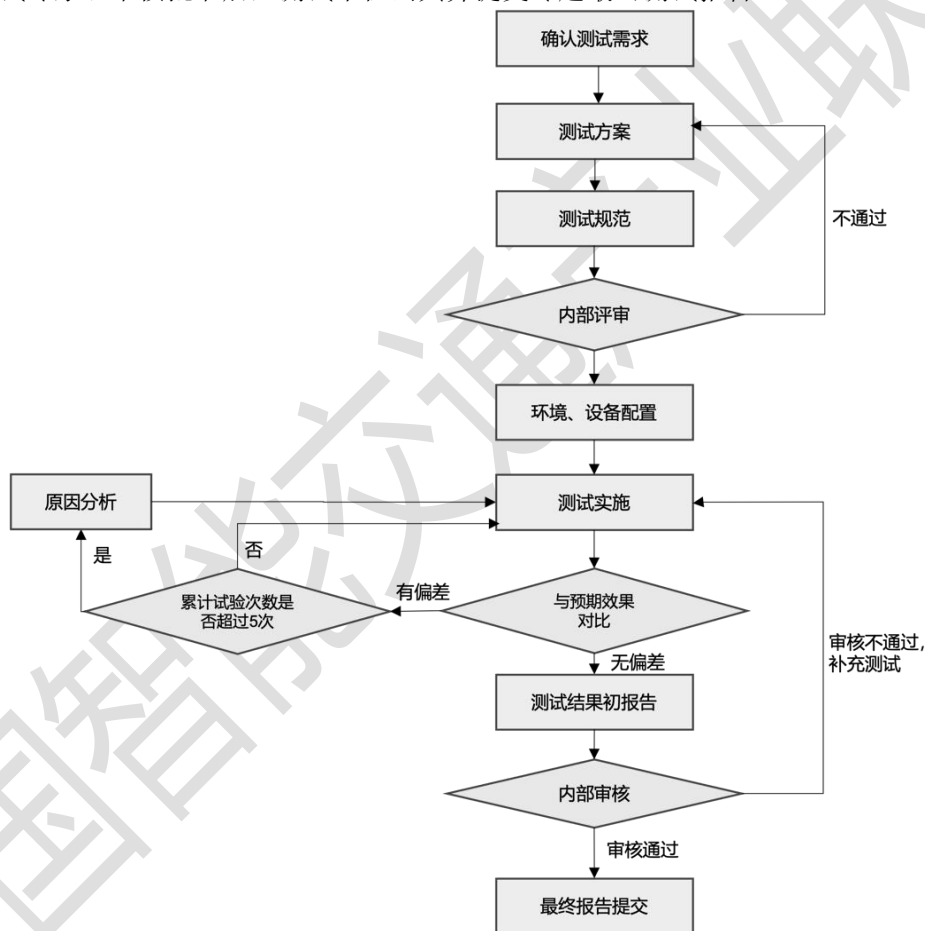


图 1 试验流程图

7.2.4 分心加速测试

7.2.4.1 测试场景

在T0时刻，驾驶员开启辅助驾驶功能，保持恒定速度行驶在高速路直道上，自车前方存在一前车，同样以恒定速度行驶，两车保持安全跟车距离。在T1时刻，自车驾驶员认为当前系统限速在较低速度，

因此通过踩踏加速踏板，来使车辆持续加速达到其预期速度，此时辅助驾驶功能纵向控制受到抑制。在T2时刻，前车减速，此时自车驾驶员处于分心状态，并未观察到前车减速现象，自车仍然在持续加速，由于此时辅助驾驶功能纵向控制受到抑制，因此并未向车辆发送制动指令。在T3时刻自车驾驶员由分心状态回归，观察到即将发生碰撞，并踩踏制动踏板。在T4时刻，由于驾驶员分心而导致接管时间较晚，最终与前车发生碰撞。过程如下图所示，图中ego代表自车，RU代表其他交通参与车辆。

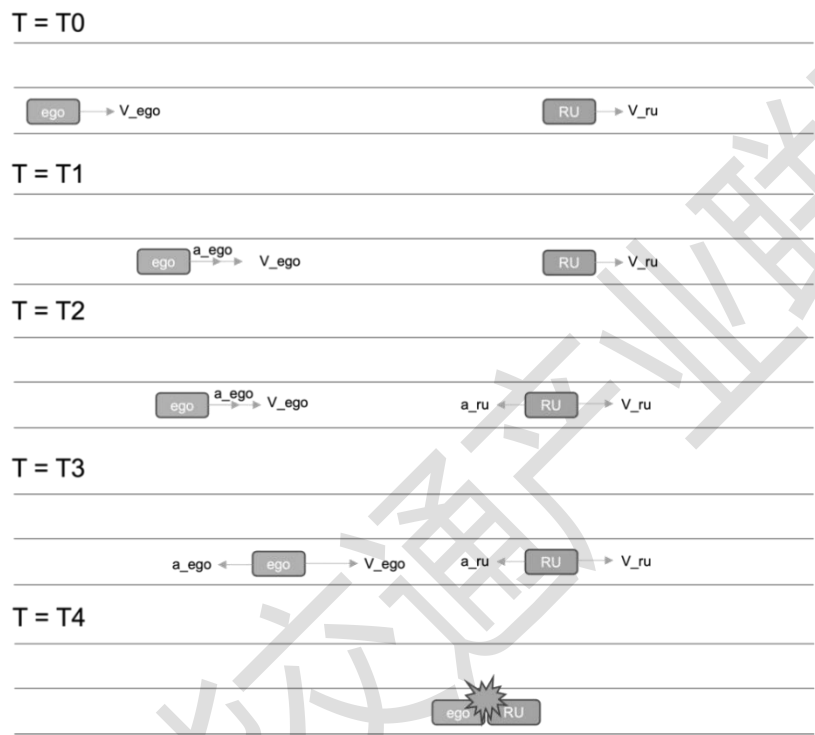


图 2 驾驶员分心加速风险场景

7.2.4.2 测试方法

驾驶员分心加速风险场景下测试方法如下：

- 功能开启时的被测车辆初始速度为45km/h，前车维持30km/h的速度匀速行驶，两车相距大于50m；
- 驾驶员在分心状态下持续轻踩加速踏板接近前车；
- 观察被测车辆是否会触发碰撞警告，向驾驶员发出提醒；
- 与前车距离小于5m 时，被测车辆驾驶员介入避免碰撞（可根据实际情况进行调整）。

7.2.4.3 通过要求

记录加速踏板开度、制动踏板开度、被测车辆速度、被测车辆加速度、驾驶员状态、警告信号报警信息，在驾驶员分心的情况下，能够向驾驶员提供碰撞风险预警。

7.2.5 误踩加速踏板测试

7.2.5.1 测试场景

在T0时刻，驾驶员开启辅助驾驶功能，保持恒定速度行驶在高速路直道上，自车前方存在一前车，同样以恒定速度行驶，两车保持安全跟车距离。在T1时刻，前车因前方障碍物进行了急刹车。在T2时刻，自车传感器探测到前车的急刹车情况后，辅助驾驶系统发出制动指令。在T3时刻，自车驾驶员感知到自车与前车存在碰撞的可能，企图接管车辆，但在慌乱之下误踩了加速踏板。在T4时刻，由于驾驶员误踩了加速踏板，导致最终与前车发生碰撞，过程如下图所示，图中ego代表自车，RU代表其他交通参与车辆，红色三角形代表前方障碍物。

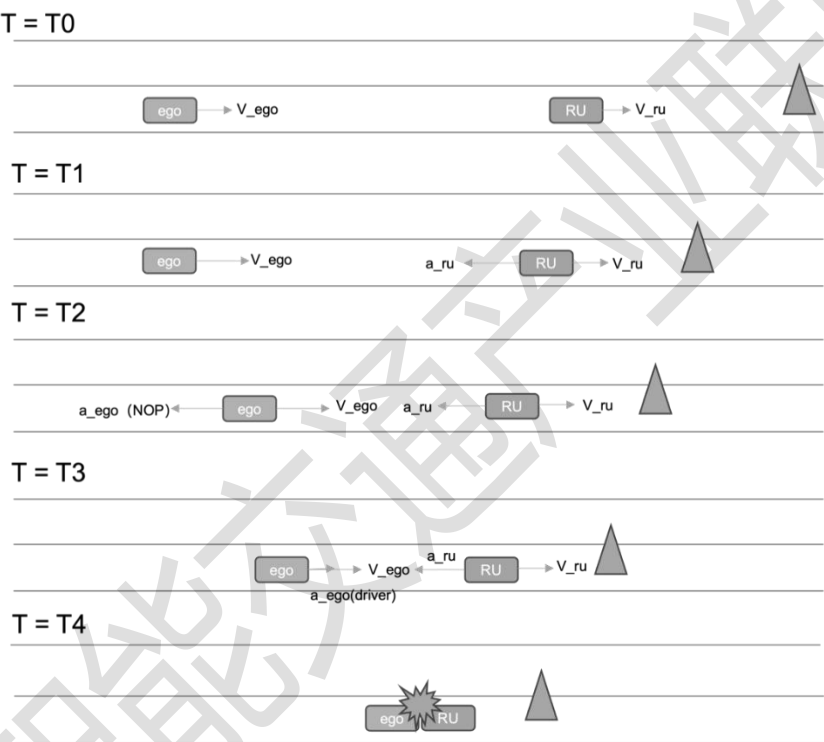


图 3 驾驶员误踩加速踏板风险场景

7.2.5.2 测试方法

驾驶员误踩加速踏板风险场景测试方法如下：

- a) 被测车辆初始速度为70km/h，前车初始速度60km/h，两车相距50m；
- b) 设置被测车辆与前车的跟车时距为2.2s；
- c) 达到跟车距离后，前车减速，加速度为-3m/s²；
- d) 被测车辆驾驶员模拟误踩加速踏板；
- e) 观察被测车辆是否会触发碰撞警告，向驾驶员发出提醒；
- f) 与前车距离小于5m 时，被测车辆驾驶员介入避免碰撞（可根据实际情况进行调整）。

7.2.5.3 通过要求

记录加速踏板开度、制动踏板开度、被测车辆速度、被测车辆加速度、警告信号报警信息等。当前方存在碰撞风险，且驾驶员误踩加速踏板时，系统向驾驶员提供碰撞风险预警。

7.2.6 制动力不足测试

7.2.6.1 测试场景

在T0时刻，驾驶员开启辅助驾驶功能，保持恒定速度行驶在高速路直道上，自车前方存在一前车，同样以恒定速度行驶，两车保持安全跟车距离。在T1时刻，前车因前方障碍物进行了急刹车。在T2时刻，自车传感器探测到前车的急刹车情况后，辅助驾驶系统发出制动指令。在T3时刻，自车驾驶员感知到自车与前车存在碰撞的可能，由于驾驶员更偏向于相信自己的操控，因此故意的接管车辆，自行减速。在T4时刻，在驾驶员通过踩制动接管车辆后，由于驾驶员的制动力不足，最终与前车发生碰撞，过程如下图所示，图中ego代表自车，RU代表其他交通参与车辆，红色三角形代表前方障碍物。

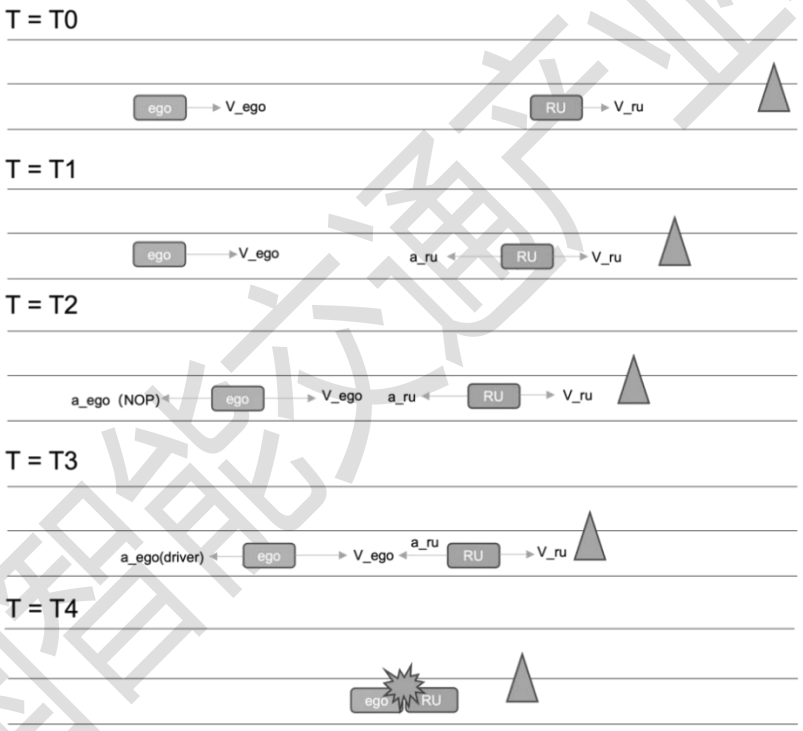


图 4 驾驶员制动力不足风险场景

7.2.6.2 测试方法

驾驶员制动力不足风险场景测试方法：

- a) 被测车辆初始速度为50km/h，前车初始速度40km/h，两车相距50m；
- b) 设置被测车辆与前车的跟车时距为2.2s；
- c) 达到跟车距离后，前车减速，加速度为-5m/s²；
- d) 被测车辆开始减速后，驾驶员轻点制动；

- e) 观察被测车辆是否未退出辅助驾驶功能并持续施加制动力矩；
- f) 与前车距离小于5 m 时，被测车辆驾驶员介入避免碰撞（可根据实际情况进行调整）。

7.2.6.3 通过方法

记录制动踏板开度、被测车辆速度、被测车辆加速度和警告信号报警信息等。当驾驶员制动力小于系统制动力时，辅助驾驶系统未退出，系统应持续施加制动力避免前方碰撞。

7.2.7 无意识转动方向盘测试

7.2.7.1 测试场景

在T0时刻，驾驶员开启辅助驾驶功能，保持恒定速度行驶在高速路直道上，自车左侧车道存在一车，同样以恒定速度行驶，两车保持正常间隔。在T1时刻，自车驾驶员因疲劳而睡着，不再对车辆及道路环境进行监控。在T2时刻，驾驶员在分心状态下，误打了方向盘。在T3时刻，车辆接收到来自驾驶员的转向指令，开始向左侧道路偏移。在T4时刻，自车跨越当前车道，与左侧车道旁车发生碰撞。过程如下图所示，图中ego代表自车，RU代表其他交通参与车辆。

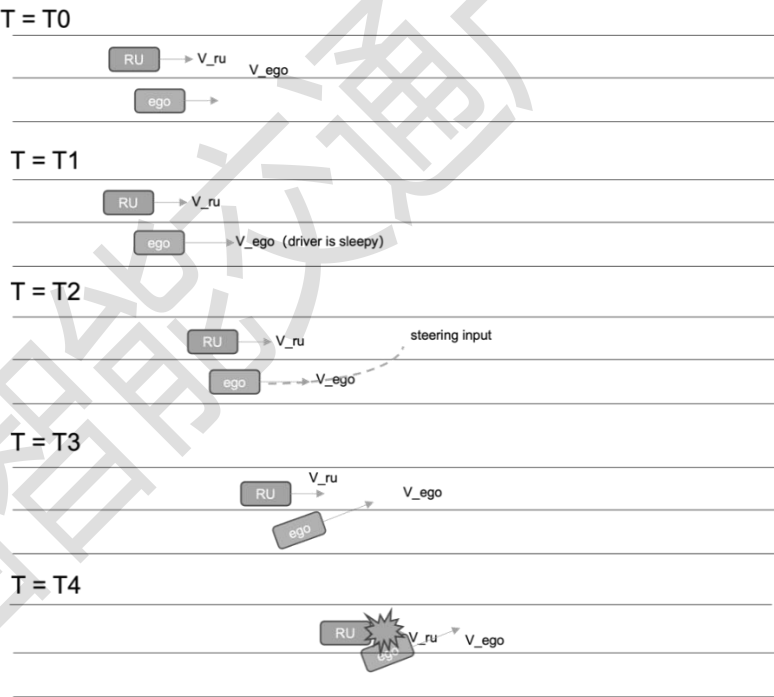


图 5 驾驶员无意识转动方向盘风险场景

7.2.7.2 测试方法

驾驶员无意识转动方向盘风险场景测试方法：

- a) 被测车辆以初始速度为50km/h匀速直线行驶；

- b) 驾驶员模拟低头打瞌睡状态，并对转向盘输入一个较小且短暂的转向输入；
- c) 观察车辆是否对驾驶员的转向输入进行响应；
- d) 被测车辆驾驶员在输入误转向后，需关注道路环境，并在确认车辆对误转向输入的反应后及时介入，避免碰撞（可根据实际情况进行调整）。

7.2.7.3 通过方法

记录驾驶员状态、被测车辆速度、被测车辆转向盘角度、被测车辆转向盘手力矩、辅助驾驶系统转向控制角度和警告信号报警信息等。当周围不存在需要通过转向避免的风险时，系统对驾驶员短暂或较小的方向盘输入不予响应。当周围存在需要通过转向避免的风险时，系统应提供明确的警示信息。

7.2.8 变道后系统未接管测试

7.2.8.1 测试场景

在T0时刻，驾驶员开启辅助驾驶功能，保持恒定速度在直道上行驶。在T1时刻，驾驶员控制车辆向左侧车道进行变道，由于驾驶员的介入，辅助驾驶功能横向控制能力受到抑制。在T2时刻，驾驶员控制车辆变道结束后，沿着左侧车道进行直线行驶，此时驾驶员认为辅助驾驶功能会继续对车辆进行控制，因此未对车辆进行持续的方向控制，车辆保持直线行驶。在T3时刻，驾驶员处于分心状态，此时车辆进入弯道，由于驾驶员处于分心状态且未对车辆进行控制，车辆未随着道路曲率转弯，而是仍保持直行，最终导致车辆与路沿发生碰撞。过程如下图所示，图中ego代表自车，RU代表其他交通参与车辆。

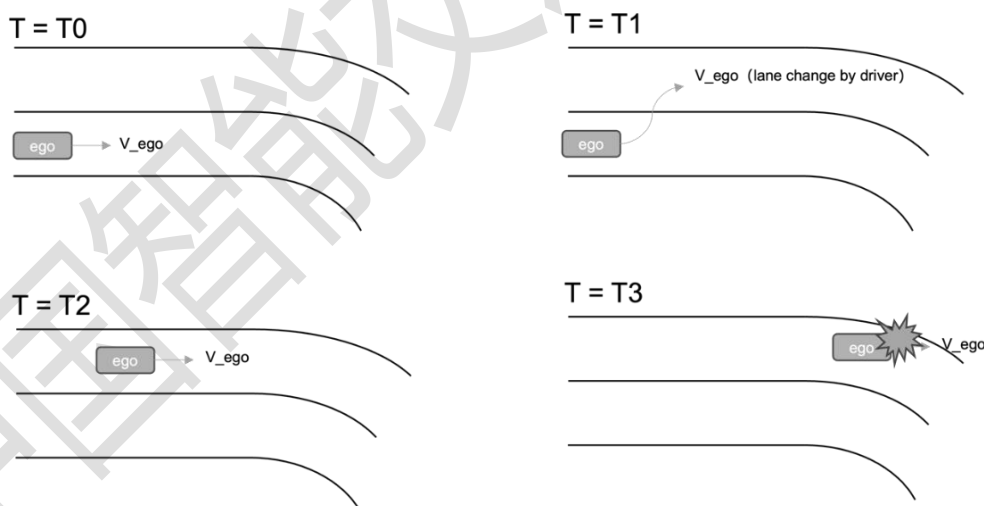


图 6 变道后系统未接管的风险场景

7.2.8.2 测试方法

变道后系统未接管的风险场景测试方法：

- a) 被测车辆以初始速度为50km/h匀速直线行驶；

- b) 驾驶员在正常专注状态，转动方向盘进行变道；
- c) 观察辅助驾驶系统是否向驾驶员发送转向控制受限/功能退出的提醒；
- d) 被测车辆驾驶员在确认车辆对驾驶员转向输入的反应后，将被测车辆驶回测试原点。

7.2.8.3 通过方法

记录驾驶员状态、被测车辆速度、被测车辆转向盘角度、被测车辆转向盘手力矩、辅助驾驶系统转向控制角度和警告信号报警信息等。当驾驶员主动转动方向盘进行变道时，系统应向驾驶员提供明确有效的横向控制受限或辅助驾驶功能退出提醒。

参 考 文 献

- [1] 李骏, 王长君, 程洪. 智能网联汽车预期功能安全测试评价关键技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2022.
- [2] 全国汽车标准化技术委员会道路车辆功能安全标准研究制定工作组. 预期功能安全国际标准 ISO 21448 及中国实践白皮书[R]. 2020.