

DB4403

深 圳 市 地 方 标 准

DB4403/T XXX—XXXX

智能网联汽车自动驾驶系统技术要求 第1部分：高速公路及快速路自动驾驶

Intelligent and connected vehicles—Technical requirements for
automated driving system—Highway and expressway automated driving

(送审稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

深圳市市场监督管理 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 符号和缩略..... 5

5 总体要求..... 5

6 动态驾驶任务执行..... 7

7 动态驾驶任务后援..... 7

8 人机交互..... 9

9 说明书..... 11

附录 A（规范性） 适用于 ADS 的安全性的特殊要求..... 13

附录 B（规范性） 自动驾驶功能仿真试验方法及要求..... 17

附录 C（规范性） 自动驾驶功能场地试验方法及要求..... 21

附录 D（规范性） 自动驾驶功能道路试验方法及要求..... 37

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。

本文件以 GB/T《智能网联汽车 自动驾驶系统通用技术要求》（计划号：20213608—T—339）、GB/T 41798—2022《智能网联汽车 自动驾驶功能封闭场地试验方法及要求》、GB/T《智能网联汽车 自动驾驶功能道路试验方法及要求》（计划号：20213609—T—339）为基础制定，主要用于支持深圳市智能网联汽车准入管理工作的实施。

本文件由深圳市工业和信息化局提出并归口。

本文件起草单位：深圳市工业和信息化局。

智能网联汽车自动驾驶系统技术要求

第 1 部分：高速公路及快速路自动驾驶

1 范围

本文件规定了高速公路及快速路自动驾驶系统的总体要求、动态驾驶任务执行要求、动态驾驶任务后援要求、人机交互要求。

本文件适用于装备自动驾驶系统的 M 类、N 类汽车。

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 40429—2021 汽车驾驶自动化分级
- DB XXXXX—XXXX 智能网联汽车 自动驾驶系统设计运行条件
- DB XXXXX—XXXX 智能网联汽车 整车信息安全技术要求
- DB XXXXX—XXXX 智能网联汽车 自动驾驶数据记录系统技术要求
- DB XXXXX—XXXX 智能网联汽车 软件升级技术要求
- 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 34590.3—2017 道路车辆 功能安全 第 3 部分：概念阶段
- GB 5768（所有部分） 道路交通标志和标线
- GB/T 24720 交通锥
- GB/T 24973 收费用电动栏杆
- GB/T 12534 汽车道路试验方法通则
- GA/T 115—2020 道路交通拥堵度评价方法
- ISO 21448 道路车辆—预期功能安全(Road vehicles—Safety of the intended functionality)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

自动驾驶功能 automated driving feature

驾驶自动化系统在特定的设计运行条件下代替驾驶员持续自动地执行全部动态驾驶任务的功能。

3.2

自动驾驶系统 automated driving system; ADS

实现自动驾驶功能的硬件和软件所共同组成的系统。

3.3

设计运行范围 operational design domain; ODD

驾驶自动化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。

3.4

设计运行条件 operational design condition; ODC

驾驶自动化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。

3.5

动态驾驶任务 dynamic driving task; DDT

除策略性功能外的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。

注：策略性功能如导航、行程规划、目的地和路径的选择等。

3.6

目标和事件探测与响应 object and event detection and response; OEDR

对目标和事件进行探测，并进行适当的响应。

3.7

最小风险状态 minimal risk condition; MRC

车辆事故风险可接受的状态。

[来源：GB/T 40429—2021, 2.8]

3.8

最小风险策略 minimal risk maneuver; MRM

驾驶自动化系统无法继续执行动态驾驶任务时，所采取的使车辆达到最小风险状态的措施。

3.9

动态驾驶任务后援 dynamic driving task fallback

当发生即将超出设计运行范围、驾驶自动化系统失效或车辆其他系统失效等不满足设计运行条件的情况时，由用户接管或由驾驶自动化系统执行最小风险策略的后备支援行为。

3.10

介入请求 request to intervene

驾驶自动化系统请求动态驾驶任务后援用户执行接管的通知。

3.11

接管 take over

动态驾驶任务后援用户响应介入请求，从驾驶自动化系统获得车辆驾驶权的行为。

3.12

用户 user

与驾驶自动化相关的人类角色的统称。

注：用户的角色可以在特定的条件下进行转换。

3.13

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。

3.14

自动驾驶数据记录系统 data storage system for automated driving; DSSAD

装备在具备自动驾驶功能的车辆上、在自动驾驶系统激活期间具备监测、采集、记录和存储数据功能并支持读取记录数据的系统。

3.15

数据记录系统辅助存储设备 data storage system secondary storage device

为应对 DSSAD 存储能力或空间不足而接入的用于独立存储数据的设备。

3.16

未激活状态 deactive state

ADS 未执行车辆横向运动控制或车辆纵向运动控制的状态。

3.17

未就绪状态 not ready state

ADS 不可被激活的未激活状态。

3.18

就绪状态 ready state

ADS 可被激活的未被激活状态。

3.19

激活状态 active state

ADS 执行车辆横向运动控制和车辆纵向运动控制的状态。

3.20

ADS 严重失效 severe ADS failure

针对 ADS 必要部件的一种发生概率非常低但影响 ADS 安全运行的失效。

注：单个传感器失效，只有当影响系统安全运行时，才会被视为严重失效。

3.21

车辆严重失效 severe vehicle failure

任何影响 ADS 执行 DDT 能力且影响车辆手动操作的车辆失效。

示例：电源掉电、制动系统失效、胎压突然下降。

3.22

计划接管事件 planned takeover event

ADS 预先知晓并需要发出介入请求的事件。

3.23

非计划接管事件 unplanned takeover event

ADS 非预先知晓但假设极有可能发生，并需要发出介入请求的事件。

示例：道路施工、车道标线消失等。

3.24

干预 intervene

用户主动通过系统已明确的有效方式影响驾驶自动化系统执行动态驾驶任务的行为。

3.25

安全目标 safety goal

由整车层面危害分析和风险评估得出的最高层面的安全要求。

3.26

安全措施 safety measures

用以避免或控制系统性失效、探测随机硬件失效，控制随机硬件失效或减轻它们的有害影响的 活动或技术解决方案。

3.27

接受准则 **accepted criteria**

代表不存在不合理的安全风险的准则。

3.28

控制策略 **control strategy**

针对一组特定的环境和/或运行条件，确保系统各种功能健壮、安全运行的策略。可包括自动关闭功能，或者暂时的性能限制。

3.29

试验车辆 **vehicle under test; VUT**

进行自动驾驶功能试验的车辆。

3.30

目标物 **object target**

用于构建试验场景的交通参与者及障碍物。

3.31

目标车辆 **vehicle target; VT**

用于构建试验场景的量产乘用车。

3.32

自动驾驶模式 **automated driving mode**

由自动驾驶系统执行全部动态驾驶任务的模式。

3.33

试验场景 **testing scenario**

车辆试验过程中所处道路、交通标志标线及目标物等要素及其状态的集合。

3.34

预计碰撞时间 **pre-collision time**

试验车辆在预设行驶轨迹中保持当前行驶速度到达与目标物的预碰撞点所需要的时间。

3.35

最高设计运行速度 **maximum design operational speed**

试验车辆在其设计运行条件下自动驾驶模式可运行的最高速度。

3.36

试验过程 **testing process**

试验车辆自第一个试验项目开始至选取试验项目全部完成。

3.37

引导车 **leading vehicle**

在试验车辆前方，与其处于同一车道，用于满足试验车辆自动驾驶模式激活条件的车辆。

3.38

稳定跟随 **stable following**

前后车辆速度差在 ± 2 km/h 以内并保持 3 s 以上。

3.39

起动 **start moving**

试验车辆行驶速度由 0 km/h 加速至 2 km/h 的行驶过程。

3.40

换道 **lane changing**

车辆车轮首次触碰车道边线到车辆全部车轮进入相邻车道。

3.41

有效试验时长总和 total effective test duration

在自动驾驶功能处于激活状态下针对某种特定道路类型进行试验的总时长。

3.42

单次连续试验 single continuous test

试验车辆在特定时间段内不间断进行的一次试验。

3.43

试验人员 test staff

参与场地或道路试验的人员，包括试验操作人员和随车试验人员。

3.43.1

试验操作人员 test operation staff

试验过程中，为配合试验进行，执行必要的动态驾驶任务和/或动态驾驶任务接管的人员。

3.43.2

随车试验人员 on-board test staff

试验过程中，记录试验数据和事件的人员。

3.44

I型道路 road type I

高速公路以及快速路的集合。

注：在不引起混淆的情况下，本文件中的“I型道路”简称为“I型”。

3.45

自动驾驶系统标志灯（以下简称“ADS 标志灯”） autonomous driving system marker lamp

向其他道路使用者表明自动驾驶系统正在控制车辆运行的灯具。

4 符号和缩略

下列符号适用于本文件。

V_{max} 最高设计运行速度，单位为 km/h。

5 总体要求

5.1 企业应通过合理方式证明 ADS 符合本文件要求，包括但不限于仿真试验、场地试验和道路试验，尤其是附录 C 和附录 D 未测试的内容，其中附录 C 和附录 D 由第三方检测机构开展，企业应在此基础上增加试验场景，充分证明 ADS 符合本文件要求。企业应基于附录 A 要求进行系统功能安全和预期功能安全评估并输出评估报告，并出具仿真试验报告、场地试验报告以及道路试验报告，供审核。其中，仿真试验，应按照附录 B 对仿真工具链和模型进行可信度评估。

5.2 ADS 应具有明确的设计运行条件，设计运行条件可参考 DB XXXX—XXXX《智能网联汽车 自动驾驶系统设计运行条件》。

5.3 ADS 应仅允许在其设计运行条件下被激活。

5.4 ADS 应及时响应用户的有效操作，若用户的操作将导致紧迫的碰撞风险，ADS 可根据企业声明的方式暂缓响应用户的操作。

5.5 若 ADS 具备暂缓响应功能，应具有明确的暂缓响应的条件。

5.6 ADS 应采取适当的控制策略处理合理可预见的用户误用。

- 5.7 ADS 应持续执行自检，以检测 ADS 失效并确认系统可执行全部 DDT。
- 5.8 ADS 在激活状态下，应执行全部 DDT，且不应造成不合理的安全风险。
- 5.9 ADS 在激活状态下，执行 DDT 应符合道路交通规定。
- 5.10 ADS 在激活状态下，执行 DDT 应符合其他道路使用者的预期。
- 5.11 ADS 在激活状态下，应确认支持驾驶员恢复人工驾驶所需的装置或系统处于适当状态。
- 5.12 所需的装置或系统如除雾装置、挡风玻璃雨刷器、照明装置。
- 5.13 ADS 在激活状态下，针对可合理预见且可预防的场景，应避免导致碰撞事故。
- 5.14 ADS 在激活状态下，当碰撞事故不可避免时，ADS 应采取合理策略降低事故伤害或损失。
- 5.15 ADS 在激活状态下，当 ADS 检测到车辆发生碰撞事故后，除企业声明的情况外，应使车辆静止，且至少应通过企业声明的方式进行安全检测，才允许再次被激活。
- 5.16 ADS 在激活状态下，当设计运行条件即将不满足或已经不满足时，ADS 应执行合理的策略。
- 5.17 ADS 在激活状态下，ADS 应与道路使用者道路使用者进行有效的信息交互。
- 5.18 信息交互方式如转向信号灯、制动灯等。
- 5.19 ADS 在激活状态下，ADS 应避免扰乱正常的交通流而导致整体通行效率下降。
- 5.20 装备 ADS 的车辆应具备自动驾驶数据记录系统，自动驾驶数据记录系统应符合 DB XXX—XXX 《智能网联汽车 自动驾驶数据记录系统技术要求》。
- 5.21 车辆应记录和存储发生碰撞事故前 90 s 的位置、运行状态、驾驶模式和车内外监控视频数据，且该数据至少应存储 30 日不被删除或覆盖。
注：运行状态信息包括DB XXXX—XXX 《智能网联汽车 自动驾驶数据记录系统技术要求》4.4.2章节表2的数据。
- 5.22 自动驾驶数据记录系统若能满足 5.19 条要求，则车辆不需要增加其它辅助存储设备。若车辆自动驾驶数据记录系统系统不能满足 5.19 条要求，则应增加辅助存储设备记录 5.19 条要求的数据，辅助存储设备数据记录格式和精度要求应符合 DB XXXX—XXX 《智能网联汽车 自动驾驶数据记录系统技术要求》4.4 小节要求。数据读取方式应符合 DB XXXX—XXX 《智能网联汽车 自动驾驶数据记录系统技术要求》4.6 小节要求，实施日期符合 DB XXXX—XXX 《智能网联汽车 自动驾驶数据记录系统技术要求》第 8 章节要求。
- 5.23 装备 ADS 系统的车辆应符合 DB XXXX—XXX 《智能网联汽车 整车信息安全技术要求》。
- 5.24 若 ADS 具备软件升级功能，装备 ADS 系统的车辆应符合 DB XXXX—XXX 《智能网联汽车 软件升级技术要求》。
- 5.25 ADS 应不存在由于功能异常表现引起的危害而导致的不合理风险，应符合附录 A。
- 5.26 ADS 应不存在由预期功能不足和合理误用引起的危害而导致的不合理的风险，应符合附录 A。
- 5.27 ADS 在激活状态下，自车应开启外部 ADS 标志灯，向道路上的其他道路使用者发出明显的安全提示。ADS 退出后，应关闭 ADS 指示灯。用于道路运输经营活动的自动驾驶车辆，应以显著的车身标识进行安全提示。用于公交客运的自动驾驶车辆，应在车内播放语音提示。车辆应至少安装 1 只或 2 只朝前、1 只或 2 只朝后的 ADS 标志灯，颜色为蓝绿色，色度应符合下表 1 的要求；在基准轴线方向上的视表面面积应不小于 12.5 cm²（不包括任何不透光的回复反射器发光面）。

表 1 ADS 标志灯的色度

颜色	色度区域边界	边界交点		
		x	y	
蓝绿色	T12 趋绿极限: $y=0.500$	T1	0.012	0.494
	T23 趋白极限: $x=0.200$	T2	0.200	0.400
	T34 趋蓝极限: $y=0.320$	T3	0.200	0.320
	T41 光谱轨迹	T4	0.040	0.320

6 动态驾驶任务执行

- 6.1 ADS 应具备充分的 OEDR 能力，支持其安全且合理地执行全部 DDT。
- 6.2 ADS 的感知能力应覆盖足够的范围和距离。
- 6.3 ADS 应能持续识别 ODC 是否满足。
- 6.4 ADS 应以合理的控制策略应对传感系统的性能衰退。
- 6.5 ADS 至少应能确定自车位置、探测周围环境中的目标和事件，例如：
 - a) 道路，含道路类型、道路表面条件、道路几何、车道特征、道路边缘等；
 - b) 道路设施，含交通标志、交通信号灯等；
 - c) 目标物，含机动车、非机动车、行人、障碍物等；
 - d) 天气环境，含天气、光照条件等；
 - e) 数字信息环境，含无线通信、位置信号等。
- 6.6 ADS 应能探测目标的位置以及动态目标的移动速度。
- 6.7 ADS 应以合理的控制策略应对探测到但无法识别类型的目标物。
- 6.8 ADS 应以合理的控制策略应对无法探测区域内存在的安全风险。

注：无法探测区域如传感器布置及感知范围造成的盲区、由其他交通参与者或障碍物遮挡造成的盲区、道路拓扑或形状造成的盲区等。
- 6.9 ADS 应合理规划和控制车辆行驶路径与行驶速度，以适应道路、道路设施、目标物、天气环境、数字信息环境等。
- 6.10 ADS 应以合理控制策略应对静止的其他道路使用者。
- 6.11 ADS 应避免与车辆前方无遮挡的行人发生碰撞，若因行人行为导致无法避免碰撞，ADS 应尽可能减缓碰撞。
- 6.12 ADS 应至少探测由于前方车辆减速、车辆切入或突然出现的障碍物而导致碰撞的风险，并应自动执行适当的策略以最大限度地减少对车辆驾乘人员和其他交通使用者的安全风险。
- 6.13 ADS 应控制车辆与其他道路使用者保持足够的安全距离，若其他道路使用者的行为导致当前距离无法满足安全距离要求，则应执行适当的控制策略以降低安全风险，在后续合适时机调整保持安全距离。
- 6.14 ADS 不应导致车辆失去控制出现倾覆等。
- 6.15 ADS 应合理控制车辆的照明和信号装置，包括但不限于转向信号灯、危险警告信号、制动灯。

7 动态驾驶任务后援

7.1 驾驶员接管能力监测系统

7.1.1 一般要求

- 7.1.1.1 对于需要驾驶员执行接管的 ADS，应具备驾驶员执行接管监测系统。
- 7.1.1.2 驾驶员接管能力监测系统至少应具备在位监测和执行 DDT 能力监测。

7.1.2 驾驶员在位监测

ADS 在激活状态下，系统应通过以下 a) 或 b) 方式进行驾驶员在位监测，并在满足条件时，ADS 应按照 7.2 发出介入请求：

- a) 驾驶员不在驾驶位超过 1 s；
- b) 驾驶员未系安全带。

7.1.3 驾驶员执行 DDT 能力监测

7.1.3.1 驾驶员接管能力监测系统应至少通过 3 种不同的指标（例如特定的人机交互动作、眨眼、闭眼、有意识的头部或身体运动等）对驾驶员状态进行监测和判定。

7.1.3.2 驾驶员接管能力监测系统判定驾驶员是否具备执行 DDT 能力的周期应不超过 30 s。

7.1.3.3 当 ADS 处于激活状态，若驾驶员被判定为不具备执行 DDT 的能力时，驾驶员执行 DDT 能力监测系统应立即发出明确的接管能力不足提示信号，每次发出的能力不足提示信号应在满足以下任一条件时关闭：

- a) 监测到驾驶员恢复接管能力；
- b) ADS 发出介入请求；
- c) ADS 执行 MRM；
- d) ADS 退出。

7.1.3.4 接管能力不足提示信号应明显区别于车辆其他提示信号。

7.1.3.5 接管能力不足提示信号发出 15 s 内，ADS 应按照 7.2 发出介入请求。

7.2 接管

7.2.1 一般要求

对于需要驾驶员执行接管的 ADS，应具备安全、可靠、有效的接管策略，并应能够检测驾驶员是否在执行接管操作。

7.2.2 发出介入请求

7.2.2.1 对于需要驾驶员执行接管的 ADS，应具备明确的介入请求触发条件，且 ADS 应能识别需要发出介入请求的所有情况，当不满足 8.1.2.1 中任一条件时，除本文件规定的特殊条款，ADS 应发出介入请求。

7.2.2.2 介入请求的发出时机应保证驾驶员有足够的时间安全接管车辆，至少应满足以下要求：

- a) 对于计划接管事件，ADS 应在适当的时刻发出介入请求，以确保即使驾驶员未接管，最小风险策略仍能使车辆在计划接管事件发生前停止；
- b) 对于非计划接管事件，ADS 应在检测到该事件时及时发出介入请求；
- c) 对于影响 ADS 运行的失效，ADS 应在检测到该失效时立即发出介入请求。若该失效为 ADS 严重失效或车辆严重失效，则 ADS 可不发出介入请求，直接执行 MRM。

7.2.3 介入请求阶段

7.2.3.1 在介入请求发出过程中，ADS 应持续执行全部 DDT。

7.2.3.2 在介入请求发出过程中，除企业声明的特殊情况下，ADS 不应使车辆静止。若因特殊情况使车辆达到静止，应在静止 5 s 内激活危险警告信号。

7.2.4 终止介入请求

7.2.4.1 仅当 ADS 被用户退出或执行 MRM，才能终止介入请求。

7.2.4.2 介入请求从发出到因执行 MRM 而终止的时间应至少保持 10 s，以确保驾驶员有充足的时间接管车辆。若无法保障驾驶员有充足的时间接管车辆，可立即执行 MRM。

7.3 最小风险策略

7.3.1 执行 MRM

- 7.3.1.1 ADS 应有明确的执行 MRM 的条件，且 ADS 应能识别需要执行 MRM 的所有情况，至少应包括：
- 对于需要驾驶员执行接管的 ADS，驾驶员未在企业声明的时间内响应介入请求，所声明时间应不小于 10 s。
 - 对于不需要驾驶员执行接管的 ADS，当 ODC 即将不再满足，ADS 及时执行 MRM 并确保车辆在满足 ODC 之前达到静止。
 - 对于不需要驾驶员执行接管的 ADS，当 ODC 已经不再满足，ADS 立即执行 MRM 并确保车辆达到静止。
- 7.3.1.2 当 ADS 执行 MRM 时，ADS 应将用户和其他道路使用者的安全风险降至最低。
注：在执行 MRM 期间，ADS 可能不再有能力满足本文件第 5 和 6 章的要求，但其目标是使安全风险降至最低。
- 7.3.1.3 当 ADS 执行 MRM 时，ADS 应开启并保持危险警告信号，在车辆换道期间应暂停危险警告信号。
- 7.3.1.4 除非 ADS 在执行 MRM 期间被退出，否则 MRM 应使车辆停止。
- 7.3.2 终止 MRM
- 7.3.2.1 仅当 ADS 被用户退出或 ADS 使车辆停止后，才应终止 MRM。
- 7.3.2.2 当终止 MRM 后，ADS 应退出。
- 7.3.2.3 当因车辆静止而终止 MRM 后，不应因 ADS 退出导致关闭危险警告信号。

8 人机交互

8.1 激活和退出

8.1.1 一般要求

- 8.1.1.1 ADS 应配备供用户激活和退出 ADS 的专用操纵方式，该方式应防止用户可合理预见的误用。
- 8.1.1.2 当 ADS 处于激活状态时，至少一种退出 ADS 的操纵方式对用户应总是可见的。
- 8.1.1.3 车辆每次点火（上电）后，ADS 应处于未激活状态。
注1：专用操纵方式如专用的操纵件或对操纵件的专用操纵方式等。
注2：车辆每次点火不包括发动机自动启停。

8.1.2 激活

- 8.1.2.1 对于需要驾驶员执行接管的 ADS，仅当驾驶员执行激活操作且满足以下所有条件时，ADS 才应被激活：
- 驾驶员坐在驾驶位置上，且系好安全带；
 - 驾驶员具备执行 DDT 能力；
 - ADS 通过自检确认，且不存在影响 ADS 运行的失效；
 - DSSAD 处于工作状态；
 - 车辆未执行影响 ADS 运行的软件升级；
 - 企业声明的其他设计运行条件。
- 8.1.2.2 对于不需要驾驶员执行接管的 ADS，仅当用户执行激活操作且满足以下所有条件时，ADS 才应被激活：
- ADS 通过自检确认，且不存在影响 ADS 运行的失效；
 - DSSAD 处于工作状态；
 - 车辆未执行影响 ADS 运行的软件升级；

d) 企业声明的其他设计运行条件。

8.1.3 退出

8.1.3.1 当用户通过专用操纵方式退出 ADS 时, ADS 应及时退出。仅当用户执行的退出操纵将产生碰撞风险时, 系统可暂缓退出。

8.1.3.2 除 8.1.3.1 外, 至少满足如下任一条件时, ADS 才应退出:

- a) 驾驶员按照 8.2.2 干预横向控制;
- b) 驾驶员按照 8.2.3.1 干预纵向控制, 且车辆横向运动被驾驶员控制;
- c) 在介入请求发出或执行 MRM 过程中, 驾驶员手握转向盘, 且 ADS 确认驾驶员专注于 DDT;
- d) 终止 MRM。

8.1.3.3 在发生车辆严重失效或 ADS 严重失效的情况下, ADS 可采用企业声明的其他安全退出策略。

8.1.3.4 ADS 的退出不应导致:

- a) 任何应急辅助功能自动关闭;
- b) 任何部分驾驶辅助功能或组合驾驶辅助功能自动激活。

8.2 干预

8.2.1 一般要求

ADS 应具备安全、可靠、有效的干预策略, 并能检测驾驶员是否在执行干预操作。

8.2.2 横向控制干预

8.2.2.1 当驾驶员对转向控制的干预超过为防止误用而设计的合理阈值且确认驾驶员专注于 DDT 时, 车辆应执行驾驶员输入的横向控制。

8.2.3 纵向控制干预

8.2.3.1 当驾驶员对制动控制的干预产生比 ADS 引起的减速度更大, 或通过任何制动系统使车辆保持静止时, 车辆应执行驾驶员输入的制动控制。

注: 驾驶员对加速控制的输入也可能干预 ADS 的纵向控制。

8.2.3.2 对于需要驾驶员执行接管的 ADS, 当驾驶员对制动或加速控制的干预超过为防止误用而设计的合理阈值时, ADS 应发出介入请求或执行 MRM。

8.2.3.3 对于不需要驾驶员执行接管的 ADS, 若车辆具备驾驶员可控制的制动或加速装置, 当驾驶员对制动或加速控制的干预超过为防止误用而设计的合理阈值时, ADS 应具备合理的控制策略。

8.2.4 干预抑制

若驾驶员的干预将导致紧迫的碰撞风险, ADS 可根据企业声明的方式减弱或抑制驾驶员的干预对任何控制的影响。

8.2.5 其他干预策略

8.2.5.1 在发生车辆严重失效或 ADS 严重失效的情况下, ADS 可采用企业声明的其他安全干预策略。

8.2.5.2 若驾驶员操纵车辆其他干预装置, ADS 应对驾驶员进行提示, 并按照企业声明的策略执行。

注: 其他干预装置如急停装置。

8.3 系统状态提示

8.3.1 一般要求

ADS 应持续向用户提示明确、充分的 ADS 状态信息，不对用户造成干扰。当 ADS 状态发生变化时，ADS 应及时向用户提供必要的提示信息。

8.3.2 未就绪状态提示

若由于 ADS 未就绪而导致用户激活系统失败，则应向用户直观地提示。

8.3.3 就绪状态提示

当 ADS 处于就绪状态时，应至少通过光学信号向用户提示系统可被激活。

8.3.4 激活状态提示

8.3.4.1 ADS 由未激活状态进入激活状态时，应通过专用的光学信号向用户提示 ADS 已激活。

8.3.4.2 ADS 处于激活状态时，应通过光学信号向用户进行持续提示。

8.3.5 退出提示

8.3.5.1 ADS 由激活状态退出至未激活状态时，应通过两种以上的方式向用户提示 ADS 已退出，至少包括光学信号。由于驾驶员接管导致 ADS 退出，可仅用光学信号提示。

8.3.6 介入请求

8.3.6.1 介入请求应至少包含光学和声学提示信号。

8.3.6.2 介入请求的光学提示信号应直观和明确地提示驾驶员介入请求的响应方式，应至少包括手和方向盘的信息，应至少包括表示手部和方向盘的基本构成要素。

8.3.6.3 在介入请求发出过程中，介入请求应在发出 4 s 内升级并保持升级状态至介入请求结束，升级的介入请求应增加持续或间歇性的触觉提示。

8.3.7 MRM 提示

8.3.7.1 在 ADS 执行 MRM 过程中，应对用户给出明显提示，提示方式应至少包括光学信号，并附加声学或触觉信号。

8.3.7.2 ADS 处于 MRC 时，应至少以光学、声学或触觉中的两种信号提示用户直至 ADS 退出。

8.3.7.3 对于需要接管的 ADS，MRM 的提示信号应与介入请求不同。

8.3.8 失效提示

在 ADS 激活状态下，若检测到 ADS 失效，应对用户给出明显提示，应至少包括光学提示信号。

9 说明书

对于装备 ADS 的车辆，其产品说明书应包含以下说明：

- a) “本车具备 ADS” 等内容的说明；
- b) ADS 允许被激活的设计运行条件的说明；
- c) 激活 ADS 的方法及条件的说明；
- d) ADS 就绪状态提示信号的说明；
- e) ADS 激活状态提示信号的说明；

- f) ADS 是否需要接管的说明；
- g) 若 ADS 需要接管，“本车 ADS 在特定条件下需要被驾驶员接管”等内容的说明；
- h) 若 ADS 需要接管，介入请求的说明；
- i) 若 ADS 需要接管，接管 ADS 的方法；
- j) 驾驶员接管能力不足提示信号的说明；
- k) 干预 ADS 的方法及结果的说明；
- l) ADS 执行 MRM 的条件的说明；
- m) ADS 执行 MRM 期间的提示信号的说明；
- n) ADS 执行 MRM 的状态及结果的说明；
- o) 退出 ADS 的方法及条件的说明；
- p) 发生碰撞事故后，对用户的建议。

附 录 A
(规范性)
适用于 ADS 的安全性的特殊要求

A.1 总则

本附录旨在确保企业在自动驾驶系统设计和开发过程中对功能安全和预期功能安全进行了充分的考虑，并贯穿整个车辆的生命周期过程（设计、开发、生产、在用、报废），以避免因自动驾驶系统故障、预期功能不足以及合理误用导致的对驾驶员、乘客和其他道路使用者造成不合理的风险，确保自动驾驶系统的运行安全。

A.1.1 本附录规定了自动驾驶系统在功能安全和预期功能安全方面的特殊要求。

A.1.2 本附录不针对自动驾驶系统的标称性能，也不作为自动驾驶系统功能安全和预期功能安全开发的具体指导，而是规定自动驾驶系统设计、验证和确认过程中应遵循的方法和应具备的信息，作为满足功能安全和预期功能安全的依据。

A.2 文档

A.2.1 总体要求

A.2.1.1 企业应建立覆盖车辆全生命周期的功能安全和预期功能安全流程。

注：功能安全流程与预期功能安全流程可合一。

A.2.1.2 企业应具有相应的文档以证明自动驾驶系统在声明的 ODC 内（包括边界）不会对驾驶员、乘客和其他道路使用者造成不合理的风险。

A.2.1.3 企业应确保文档和分析数据在该车型确定停产后的 10 年内保持可用。

A.2.2 系统功能描述

A.2.2.1 企业应具有相应的文档，用来对自动驾驶系统的功能（包括其对应的驾驶控制策略）进行描述。

A.2.2.2 企业应具有相应的文档，用来对在设计运行条件内执行动态驾驶任务所采取的方法以及对应的系统设计运行条件进行描述。

A.2.2.3 企业应具有相应的文档，用来对自动驾驶系统与驾驶员、乘员和其他道路使用者预期的交互以及人机界面进行描述，包括当达到系统运行边界时的人机交互（HMI）和系统向驾驶员发出接管请求的各种情况。

A.2.2.4 企业应具有相应的文档，用来对系统激活、干预（包括干预的阈值，例如力矩、角度、持续时间）、最小风险策略和系统退出进行描述，包括如何防止非预期的系统退出策略。此外，如适用，还包括系统如何确认驾驶员状态（例如，是否具备动态驾驶任务接管能力）的相关说明。

A.2.2.5 企业应具有相应的文档，用来对感知系统的输入、输出，以及感知系统正常工作范围（包括应对传感器的衰退）以及感知系统对 ADS 行为的影响进行描述。

A.2.2.6 企业应具有相应的文档，用来对决策系统的输出，以及对车辆运动控制的影响进行描述。

A.2.2.7 如果包含连续学习算法，企业应具有相应的文档，用来对数据处理过程进行描述。

A.2.3 系统布局和原理图

A.2.3.1 系统组件清单

A. 2. 3. 1. 1 企业应具有组件清单，该清单应包含自动驾驶系统的所有单元，同时也应列出为实现相关自动驾驶功能所需的车辆其它系统。

A. 2. 3. 1. 2 企业应具有自动驾驶系统布局及原理图，该图应能够清晰地展示组件分布和相互连接。

A. 2. 3. 1. 3 布局及原理图应包括：

- a) 感知系统（包含地图和定位系统，如适用）；
- b) 决策系统；
- c) 由远程后台提供的远程监管或远程监控（如果适用）。

A. 2. 3. 2 单元功能

企业应具有相应的文档，用来概述系统各单元的功能，并展示该单元与其它单元或车辆其它系统间的连接。可使用带标记的框图或其它示意图说明。

A. 2. 3. 3 单元的认识

A. 2. 3. 3. 1 企业应具有相应的文档，文档中应能清晰明确地识别每个单元（例如，硬件单元、软件单元）并提供相应的说明。

A. 2. 3. 3. 2 企业应明确标识硬件和软件的版本。

A. 2. 3. 4 感知系统组件的安装说明

企业应具有相应的文档，用来说明感知系统中单个组件的安装信息。这些信息应包括但不限于：

- a) 部件在车辆上的位置；
- b) 部件外表面的材料；
- c) 部件外表面的尺寸和形状；
- d) 部件外表面的光洁度；
- e) 对 ADS 性能影响大的安装规范。

A. 2. 4 危害分析和风险评估

A. 2. 4. 1 企业应根据系统控制下的车辆目标使用场景及目标用户，在整车层面开展面向功能安全的危害分析和风险评估，并定义相应的汽车安全完整性等级(ASIL)和安全目标，符合 GB/T 34590. 3—2017 第 6 章的要求。

A. 2. 4. 2 企业应根据系统控制下的车辆目标使用场景及目标用户，在整车层面开展面向预期功能安全的危害分析和风险评估，并确定风险接受准则，符合 ISO 21448 第 6 章的要求。

A. 2. 5 面向功能安全的安全概念

A. 2. 5. 1 企业应至少在系统层面进行面向功能安全的安全概念活动，以保障系统在故障条件下，对驾驶员、乘客和其他道路使用者不存在不合理的风险。

注：安全概念包括功能安全概念和技术安全概念。

A. 2. 5. 2 企业应进行安全分析活动，并制订对应的安全措施，以说明系统一旦发生失效该系统如何避免或减轻可能对驾驶员、乘客和其他道路使用者的安全产生影响的危害。安全分析至少包括：

- a) 系统层面的安全分析，可采用潜在失效模式与影响分析(FMEA)、故障树分析(FTA)、系统理论过程分析(STPA)或任何适合系统安全分析的其他类似过程；
- b) 应至少考虑如下因素可能导致的危害以开展安全分析：
 - 1) 感知系统故障；
 - 2) 决策系统故障；

3) 应描述对应的安全措施，确保功能安全需求和目标的达成。

A. 2. 5. 3 企业应具备文档，用来对 ADS 的提示信号优先级以及在典型故障情况下向驾驶员提供警告信号进行描述。

A. 2. 5. 4 企业应进行安全措施制订，以确保安全概念实现。系统可采取如下安全策略：

a) 使用部分系统维持运行。在某些故障条件下维持部分性能的运行模式，应说明这些故障条件并确定其效果；

示例1：故障条件为探测相邻车道的传感器故障；

示例2：维持部分性能为维持在本车道，不支持换道。

b) 切换到备用系统。如选择备用系统实现动态驾驶任务，应对切换机制的原理、冗余的逻辑和层级、备用系统的状态检查机制进行说明并界定备用系统的效果；

c) 退出自动驾驶功能。如果选择退出，过程应符合本文件要求。

A. 2. 6 面向预期功能安全的安全措施制定

A. 2. 6. 1 企业应制定面向预期功能安全的安全措施，以保障对于功能不足和合理误用，系统不会对驾驶员、乘客和其他道路使用者造成不合理的风险。

A. 2. 6. 2 企业应进行安全分析活动，以挖掘系统潜在功能不足和潜在触发条件，并制订对应的安全措施，以说明在对应的场景下，该系统如何避免或减轻可能对驾驶员、乘客和其他道路使用者的安全产生影响的危害。安全分析至少包括：

a) 系统层面的安全分析，可参考 ISO 21448 《Road vehicles—Safety of the intended functionality》表 4 和附录 B. 3，或任何适合系统安全分析的其他类似过程。

b) 应至少考虑如下因素可能导致的危害以开展安全分析：

- 1) 感知系统和决策系统常见功能不足；
- 2) 未能充分考虑或未遵守交通规则；
- 3) 驾驶员可合理预见的误用；
- 4) ODC 边界场景识别不足。

c) 应描述对应的安全措施，确保预期功能安全风险可接受。

A. 2. 6. 3 企业应制订面向预期功能安全的安全策略。系统可采取如下安全策略：限制系统激活、向驾驶员发出警告、请求驾驶员接管、降级或降速运行、最小风险策略等。

A. 3 验证和确认

A. 3. 1 功能安全验证和确认

A. 3. 1. 1 企业应执行验证和确认活动，并对验证/确认计划和结果进行检查，以证明满足面向功能安全的安全概念。验证和确认应基于仿真测试、场地测试、道路测试或其它适当的方法。

A. 3. 1. 2 企业应通过向自动驾驶系统相关的电子电气组件施加相应的输入，来模拟组件内部典型故障的影响，以检查系统组件发生失效的情况。

A. 3. 2 预期功能安全的验证和确认

A. 3. 2. 1 企业应执行验证和确认活动，并对验证/确认计划和结果进行检查，以证明满足面向预期功能安全的接受准则。验证和确认应基于仿真测试、场地测试、道路测试或其它适当的方法。

a) 企业应检查在关键典型场景下系统的目标与事件探测和响应（OEDR）、系统决策和人机交互（HMI）等是否符合本文件的要求；

- b) 企业应对自动驾驶系统 ODC 内典型的可合理预见场景进行充分确认，包括难于利用场地测试和实际道路测试的场景。

注：面向功能安全的验证和确认与面向预期功能安全的验证和确认可能是同时进行的。

A.4 系统评估报告

企业应基于附录 A 要求进行系统评估并输出评估报告。评估报告应具有可追溯性。

附录 B (规范性) 自动驾驶功能仿真试验方法及要求

B.1 总则

本附录规定了智能网联汽车自动驾驶功能仿真试验方法以及仿真试验可信度评估要求。

B.2 仿真试验方法

B.2.1 仿真试验的场景应充分覆盖自动驾驶系统的设计运行条件，至少应包括《附录 C 智能网联汽车 自动驾驶功能场地试验方法及要求》的所有项目。

B.2.2 仿真试验场景的设计可基于如下因素：

- a) 分析自然驾驶数据，包括驾驶员行为、自动驾驶系统传感器收集的数据、专门配置的测量设备收集的各种交通数据；
- b) 分析碰撞事故数据，如执法机构和保险公司的碰撞事故数据库；
- c) 分析特定设计运行范围内的交通特点；
- d) 自动驾驶系统开发过程中的经验；
- e) 关键参数变化综合生成的场景；
- f) 基于功能安全需求和预期功能安全设计的场景；
- g) 在合理可预见的情况下，其他道路使用者的不安全行为

示例：不安全行为为在错误车道上行驶、突然横穿。

B.2.3 仿真试验结果应具备可信度，通过仿真试验和实车对比试验结果验证，应按照第 B3~B8 章开展仿真试验可信度评估。

B.2.4 应按照第 B3~B8 章开展仿真试验可信度评估。

B.3 仿真试验可信度评估框架

仿真试验的可信度评估框架与流程如图 B.1 所示，由管理、分析、验证与确认四大因素组成。

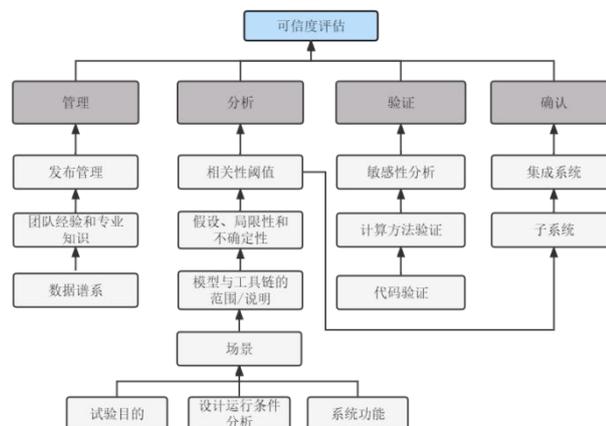


图 B.1 可信度评估框架与流程

B.4 管理

B.4.1 总则

企业应对仿真试验建立管理流程，对模型与仿真工具链的发布内容进行监控与记录，管理流程应包括：

- a) 监控与记录模型与仿真工具链的每个发布版本的修改情况；
- b) 确定仿真工具链的相应软件和硬件配置；
- c) 记录批准新发布内容的内部审查过程。

B.4.2 数据/输入谱系

B.4.2.1 企业应记录用于确认模型与仿真工具链的输入数据，并确保其可追溯性。

B.4.2.2 企业应提供文件，证明用于确认或建立模型的数据与模型的预期使用相匹配。

B.4.2.3 企业应记录用于将仿真模型参数与输入数据拟合的校准程序。

B.4.2.4 模型参数的估算和校准应充分考虑开发模型的数据质量的影响（如数据覆盖率、信噪比和传感器不确定性/偏差/采样率）。

B.4.3 数据/输出谱系

B.4.3.1 企业应记录确认模型与仿真工具链过程中生成的数据和场景信息，并确保其可追溯性。

B.4.3.2 企业应记录仿真试验输出数据及其相应仿真配置。

B.4.3.3 数据质量对仿真工具链可信度的影响，主要包括：

- a) 输出数据的范围应足够广，应充分考虑并覆盖自动驾驶系统的设计运行范围；
- b) 输出数据应支持对仿真模型进行一致性检查。

B.4.4 团队经验和专业知识

B.4.4.1 企业应至少建立以下团队：

- a) 进行仿真工具链确认的团队；
- b) 运用经确认的仿真工具链开展自动驾驶系统仿真试验的团队。

B.4.4.2 团队的经验和专业知识包括两个层面：

- a) 组织层面，自动驾驶企业应建立、维护并记录以下过程：
 - 1) 个人能力和技能的识别与评估过程；
 - 2) 履行仿真试验相关职责人员的培训过程。
- b) 团队层面，自动驾驶企业应提供以下资质说明：
 - 1) 针对进行仿真工具链确认的个人/团队的经验和专业知识，提供能力资质说明；
 - 2) 针对开展自动驾驶系统仿真试验的个人/团队的经验和专业知识，提供能力资质说明。

B.4.4.3 若企业的仿真工具链包含或依赖企业自有团队之外的其他组织或产品时，应对防止其他组织或产品对仿真工具链可信度评估产生影响所采取的措施进行说明。

B.4.5 发布管理

B.4.5.1 企业应保存模型与仿真工具链的所有发布版本，并应记录构成仿真工具链的仿真模型及其确认方法和接受阈值。企业应确保可将生成的数据追溯到相应仿真工具链版本。

B.4.5.2 企业应检查仿真输入和输出数据的质量，在仿真工具链的整个发布过程和生命周期中，应确保数据完整性、准确性和一致性。

B.5 分析

B.5.1 通则

- B.5.1.1 企业应提供关于试验目的、自动驾驶系统功能及设计运行条件的明确说明。
- B.5.1.2 仿真试验分析应定义整个仿真试验的过程，包括模型和仿真工具链的范围和局限性，以及可能影响建模与仿真结果的不确定性来源，并通过仿真试验评估不确定性来源的参数范围。
- B.5.1.3 企业应提供完整仿真工具链的说明，以及如何利用仿真数据支持自动驾驶系统验证和确认方案的说明；

B.5.2 模型与仿真工具链的范围/说明

- B.5.2.1 企业应给出模型的使用范围。
- B.5.2.2 成熟的仿真试验应实现物理现象的虚拟化，企业应证明仿真准确度与所需的真实度水平相匹配。
- B.5.2.3 仿真模型应通过专用场景和指标进行确认。用于确认仿真模型的场景应数量充足，以确保在这些场景之外的场景中，仿真工具链仍能以相同方式起作用。
- B.5.2.4 企业应提供一份用于确认仿真模型及仿真工具链的场景清单以及相应参数限值。
- B.5.2.5 模型的使用范围、真实度水平、确认场景和指标应与自动驾驶系统的设计运行条件相匹配。

B.5.3 假设、局限性和不确定性

- B.5.3.1 企业应使用合理的建模假设并提供关于以下各项的证据：
 - a) 建模假设说明；
 - b) 建模假设对仿真工具链局限性的缓解作用；
 - c) 仿真模型所需保真度。
- B.5.3.2 企业应说明模型中不确定性来源的相关信息，以及所用不同来源的不确定性会如何影响模型输出。

B.5.4 相关性阈值

企业应确定仿真试验结果与实车试验结果的相关性阈值。

B.6 验证

B.6.1 总则

企业应分析构成仿真试验仿真工具链和模型是否得到正确的运用，确保仿真试验流程中的输入值与对应的输出结果是符合现实情况的，至少应对敏感性进行验证。

B.6.2 敏感性分析

- B.6.2.1 对模型和仿真工具链的敏感性开展分析时：
 - a) 应量化模型输出值如何受到模型输入值变化的影响；
 - b) 确定对仿真模型结果具有最大影响的参数。
- B.6.2.2 企业应证明，已经通过敏感性分析方法（如扰乱应用模型参数）确定了影响仿真输出结果的关键参数。
- B.6.2.3 企业应证明，为提高所开发仿真工具链的可信度，在识别和校准关键参数时采用了鲁棒校准程序。

B.7 确认

B.7.1 确认范围

企业应对仿真试验用到的所有仿真工具链及其相关模型进行确认，包括以下一项或多项内容：

a) 确认子系统模型，例如环境模型、传感器模型、车辆模型；

示例 1：环境模型为道路、道路设施、天气环境、目标物等。

示例 2：传感器模型为超声波雷达、毫米波雷达、激光雷达、摄像头。

示例 3：车辆模型为转向、制动、动力系统。

b) 确认车辆系统（车辆动力学模型和环境模型）；

c) 确认传感器系统（传感器模型和环境模型）；

d) 确认集成系统（传感器模型、环境模型和车辆模型）。

B.7.2 确认方法

企业应指定用于确认仿真试验仿真工具链的逻辑场景。逻辑场景应能最大限度地覆盖自动驾驶系统确认所需仿真试验的设计运行条件。

B.7.3 不确定性表征

B.7.3.1 评估仿真工具链结果的不确定性应包括两个步骤并证明：

a) 使用 B.4.2 以及 B.5 章节所述的信息表征输入数据、模型参数和建模结构中的不确定性；

b) 通过仿真工具链量化模型输出的不确定性。

B.7.3.2 根据模型输出的不确定性，企业在执行自动驾驶系统确认的仿真试验时，应引入适当裕度。

B.7.4 性能指标

企业应确定能用于比较仿真试验工具的输出结果和真实世界的性能指标，如探测率、位置、速度、加速度、碰撞时间等。

B.7.5 相关性验证

企业应证明对于试验目的来说，仿真试验结果与实车试验结果中性能指标的相关性是达到阈值的。

B.8 评估要求

B.8.1 企业应提交仿真试验全生命周期的文件，内容至少应包括：

a) 试验场景清单及其通过条件与结果；

b) B.4~B.7 章节中提到的仿真试验可信度要求及其证据；

c) 仿真工具链和模型的相应发布版本以及相关生成数据；

d) 文件与仿真工具链、模型和数据之间的溯源关系。

B.8.2 评估人员可以通过评估企业的文件和/或进行测试，对企业进行审核。

附 录 C
(规范性)
自动驾驶功能场地试验方法及要求

C.1 总则

本附录规定了智能网联汽车自动驾驶功能场地试验的一般要求、试验项目和通过要求。

C.2 一般要求

C.2.1 试验场地及试验环境

C.2.1.1 试验场地应满足以下条件：

- a) 试验场地具有良好附着能力的混凝土或沥青路面；
- b) 交通标志和标线清晰可见，并符合 GB 5768 要求；
- c) 道路及基础设施符合 GB 14886、GB 14887、GB/T 24973 要求；
- d) 试验道路限速大于等于 60 km/h 时，车道宽度不小于 3.5 m 且不大于 3.75 m；
- e) 具备试验车辆自动驾驶模式正常激活的必要数据和设施条件。

C.2.1.2 试验环境应天气良好且光照正常环境下进行。

若试验车辆需要在夜晚环境进行试验，根据其设计运行条件选取表 C.1 对应光照强度，进行 C.3.1.1 所选取的全部试验项目并满足通过要求。

表 C.1 夜间路面光照强度分级表

单位为勒克司

有路侧照明装置		无路侧照明装置	
最暗处	最亮处	最暗处	最亮处
≥ 5	≤ 50	≥ 0	≤ 5

若试验车辆需要进行特殊天气（雨、雪、雾等）试验，在对应的天气环境下，进行 C.3.1.1 所对应的全部试验项目并满足通过要求。

C.2.2 试验设备及数据采集

C.2.2.1 目标物

目标车辆和摩托车应为大批量生产的乘用车和两轮普通摩托车，或表面特征参数能够代表上述车辆且适应传感器系统的柔性目标。其中，目标车辆速度控制准确度应为 ± 2 km/h。交通锥高度应大于 90 cm 且符合 GB/T 24720。

注：两轮普通摩托车指车辆纵向中心平面上装有两个车轮的普通摩托车，其尺寸为长小于等于 2.5 m，宽小于等于 1.0 m，高小于等于 1.4 m。

C.2.2.2 试验设备要求

试验设备应满足以下要求：

- a) 车内外视频采集设备分辨率不小于(1920×1080)像素点;
- b) 运动状态采样和存储的频率不少于 50 Hz;
- c) 速度采集精度不大于 0.1 km/h;
- d) 横向和纵向位置采集精度不大于 0.1 m;
- e) 加速度采集精度不大于 0.1 m/s²;

C.2.2.3 试验记录内容

试验过程记录应包含以下内容:

- a) 试验车辆自动驾驶系统软、硬件版本信息;
- b) 试验车辆控制模式;
- c) 试验车辆运动状态参数:
 - 1) 车辆几何或质量中心点位置信息;
 - 2) 车辆纵向速度;
 - 3) 车辆横向速度;
 - 4) 车辆纵向加速度;
 - 5) 车辆横向加速度。
- d) 试验车辆灯光和相关提示信息状态;
- e) 反映驾驶员及人机交互状态的车内视频及语音监控情况;
- f) 反映试验车辆行驶状态的视频信息;
- g) 目标物的位置及运动数据。

C.2.3 试验车辆要求

C.2.3.1 试验车辆应满足以下人机交互要求:

- a) 具备便于人工激活和关闭自动驾驶模式的操作方式;
- b) 系统状态及人机转换过程提示信息清晰可见。

C.2.3.2 试验车辆应满足以下载荷要求:

- a) M₁类车辆(以下简称“乘用车”): 试验车辆质量处于整车整备质量加上驾驶员和试验设备的总质量与最大允许总质量之间; 试验开始后不改变试验车辆载荷状态;
- b) M₂类、M₃类、N类车辆(以下简称“商用车”): 试验车辆在整车整备质量加上驾驶员及试验设备的总质量和最大允许总质量状态下分别进行试验, 试验开始后不改变试验车辆载荷状态。

C.3 试验过程及通过条件

C.3.1 过程管理

C.3.1.1 试验车辆应按照本附录第 C4 章完成试验项目。

C.3.1.2 若试验车辆需要引导车作为自动驾驶模式正常激活的条件, 试验过程应设置引导车并按照本附录 C.2.2.3 记录引导车数据, 引导车不应对试验结果产生影响。

C.3.1.3 试验道路限速设置应满足试验项目试验目的。

C.3.1.4 试验过程中应满足如下要求:

- a) 各试验项目均在自动驾驶模式下完成;
- b) 不进行自动驾驶系统软件版本及硬件配置变更。

C.3.2 试验通过条件

C.3.2.1 按要求完成本附录第 C.4 章试验项目，且各试验项目应按照规定的方法进行三次试验且三次均符合其设计运行条件的通过要求。

注：试验过程中试验车辆采取相应措施不与目标物发生碰撞，措施可包含但不限于减速、绕行等方式，本文件中不限定实现避免碰撞的方式。

C.3.2.2 试验过程中试验车辆出现以下任一事件，试验过程应视为不满足通过要求：

- a) 骑轧车道实线；
- b) 不按路段规定行驶速度行驶；
- c) 违反车道导向标线行驶；
- d) 未按规定使用灯光；
- e) 与道路基础设施发生碰撞。

C.4 试验方法

C.4.1 交通信号识别及响应

C.4.1.1 试验项目通过要求

试验应证明 ADS 能够识别及响应交通信号，并做出合理的控制策略。

C.4.1.2 试验场景元素

该试验应至少包含以下元素：

- a) 试验车辆车速应覆盖 ADS 的整个速度范围内；
- b) 在 ADS 运行区域范围的交通信号，包含但不限于限速标志、车道信号灯；
- c) 应包含直路及不同曲率弯道，道路曲率应符合高速公路及快速路建设规范。

C.4.1.3 试验场景

第三方检测机构应至少测试以下试验场景，并可基于自动驾驶功能、设计运行条件以及 C.4.1.2 试验场景元素基础上增加试验场景，通过要求参考 C.4.1.1。

C.4.1.3.1 限速标志

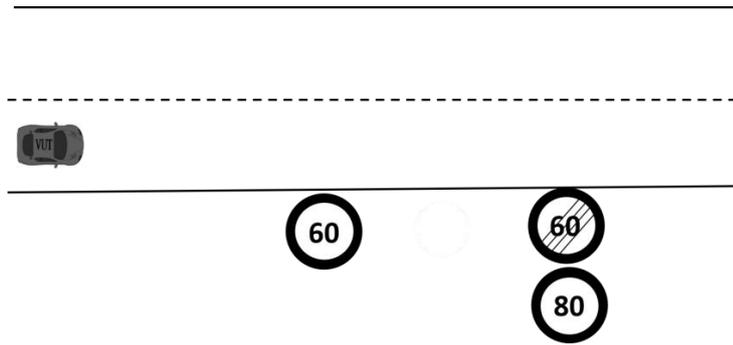
C.4.1.3.1.1 试验场景

试验道路为至少包含一条车道的长直道，根据 V_{max} 在表 C.1 中选取相对应的任一组试验参数，标志牌之间距离至少为 100 m，其中，解除限速标志和恢复限速标志在同一平面。如图 C.1 所示。

表 C.1 限速标志选取参照表

单位为 km/h

V_{max}	初始道路限速	限速标志数值	解除限速标志	恢复限速标志
$V_{max} \geq 80$	80	60	60	80
$60 \leq V_{max} < 80$	60	40	40	60
$40 \leq V_{max} < 60$	40	30	-	-
$V_{max} < 40$	40	$V_{max} - 10$	-	-



注：图中标志牌数值仅为示例。

图 C.1 限速标志试验场景示意图

C.4.1.3.1.2 试验方法

系统激活后，试验车辆以不低于初始道路限速数值 0.75 倍的速度在长直道内驶向限速标志。

C.4.1.3.1.3 通过要求

试验车辆应满足以下要求：

- 试验车辆最前端越过限速标志所在平面时，速度不高于限速标志数值；
- 在限速标志牌间行驶时，试验车辆的行驶速度不低于当前限速标志数值的 0.75 倍；
- 若存在解除限速标志，通过解除限速标志牌后 200 m 处，试验车辆行驶速度不低于当前限速标志数值的 0.75 倍。

C.4.1.3.2 弯道

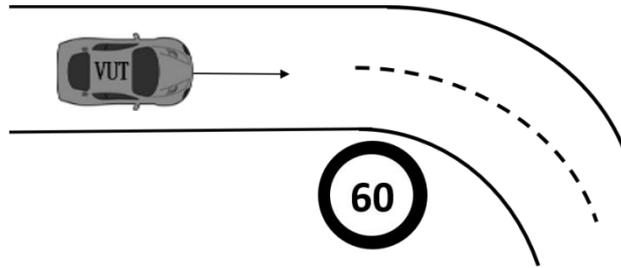
C.4.1.3.2.1 试验场景

试验道路为长直道和弯道的组合道路，弯道长度应保证试验车辆在弯道内至少行驶 5 s。根据 V_{max} 在表 C.2 中选取对应的任一组试验参数，并设置相对应的限速标志牌。如图 C.2 所示。

注：最小弯道半径值为弯道中心到弯道上任一点距离的最小值

表 C.1 弯道最小曲率半径对照表

V_{max} km/h	最小弯道半径值 m	限速要求 km/h
$V_{max} \geq 100$	650	100
	400	80
	250	60
$60 \leq V_{max} < 100$	400	80
	250	60
$V_{max} < 60$	250	60



注：图中标志牌数值仅为示例。

图 C. 2 弯道试验场景示意图

C. 4. 1. 3. 2. 2 试验方法

根据所选定的最小弯道半径进行试验。系统激活后，试验车辆由长直道驶入并驶出弯道。

C. 4. 1. 3. 2. 3 通过要求

试验车辆应满足以下要求：

- a) 若试验车辆为乘用车，弯道内全程车速不低于 0.75 倍限速值；
- b) 若试验车辆为商用车，弯道内全程车速不低于 0.5 倍限速值。

C. 4. 2 道路交通基础设施与障碍物识别及响应

C. 4. 2. 1 试验项目通过要求

试验应证明 ADS 能够通过不同交通基础设施，ADS 应保持车辆在本车道内以稳定状态行驶。同时应证明 ADS 能够对交通基础设施和障碍物进行识别，并做出合理的控制策略响应，避免于道路交通基础设施或障碍物发生碰撞。

C. 4. 2. 2 试验场景元素

该试验应至少包含以下元素：

- a) 试验车辆车速应覆盖 ADS 的整个速度范围；
- b) 在 ADS 运行区域范围的不同道路交通基础设施；
- c) 在 ADS 运行区域内的不同障碍物。

C. 4. 2. 3 试验场景

第三方检测机构应至少测试以下试验场景，并可基于 C. 4. 2. 2 试验场景元素基础上增加试验场景，通过要求参考 4. 2. 1。

C. 4. 2. 3. 1 隧道

C. 4. 2. 3. 1. 1 试验场景

试验道路为至少包含长度不小于 100 m 隧道的单向两车道。如图 C. 3 所示。



图 C.3 隧道试验场景示意图

C.4.2.3.1.2 试验方法

试验车辆在车道内驶向隧道。

C.4.2.3.1.3 通过要求

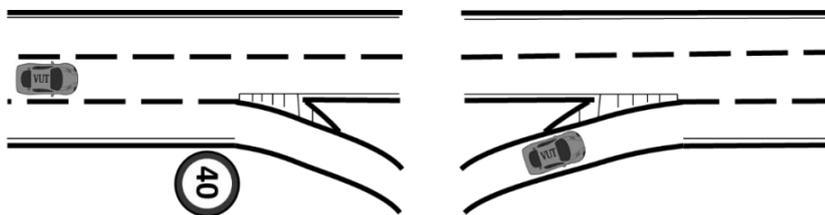
试验车辆应满足以下要求：

- a) 若不具备隧道通行功能，试验车辆应在进入隧道前发出超出设计运行范围的提示信息且不进入隧道区域；
- b) 若具备隧道通行功能，试验车辆应保持相同车道驶入并驶出隧道。

C.4.2.3.2 匝道

C.4.2.3.2.1 试验场景

试验道路为由一条不少于 100 m 的匝道连接的两条长直道（长直道 1 和长直道 2），道路均应至少为单向双车道。匝道入口处设置限速 40 km/h 的标志牌。如图 C.4 所示。



注：左边为长直道1，右边为长直道2。

图 C.4 匝道试验场景示意图

C.4.2.3.2.2 试验方法

试验车辆根据路径设定并入最右侧车道后由长直道 1 行驶入匝道，通过并驶出匝道并入长直道 2。试验车辆若不具备匝道行驶功能，则无需进行本场景试验。

C.4.2.3.2.3 通过要求

试验车辆应满足以下要求：

- a) 在匝道车道内驶入、驶出匝道并进入长直道 2 对应车道；
- b) 若试验车辆为乘用车，匝道内行驶全程速度不低于 15 km/h。

C.4.2.3.3 收费站

C.4.2.3.3.1 试验场景

试验道路为至少包含一条车道并设置有收费站的长直道，收费站前设置收费站标志、减速带等。如图 C.5 所示。

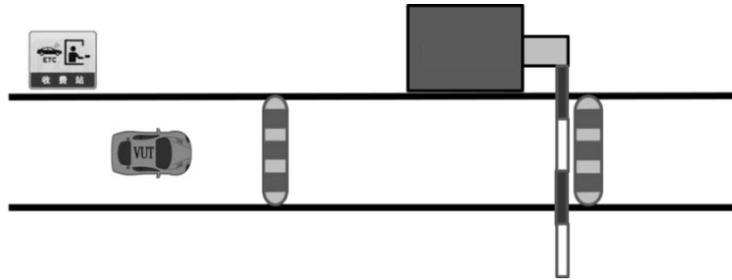


图 C.5 收费站试验场景示意图

C.4.2.3.3.2 试验方法

试验车辆沿试验道路驶向收费站。当试验车辆最前端与收费站升降栏最小距离为 20 m~30 m 时，升降栏下降并于试验车辆速度降为 0 km/h 后升起。

C.4.2.3.3.3 通过要求

试验车辆应满足以下要求：

- 若不具备收费站通行功能，试验车辆应在到达收费站前发出超出设计运行范围的提示信息；
- 若具备收费站通行功能，试验车辆应在升降栏完全升起后 5 s 内起动。

C.4.2.3.4 施工车道

C.4.2.3.4.1 试验场景

试验道路至少为具备单向双车道的长直道，中间车道线为白色虚线。外侧车道依据道路施工长期作业区的交通控制要求摆放交通锥及交通标志等。如图 C.6 所示。

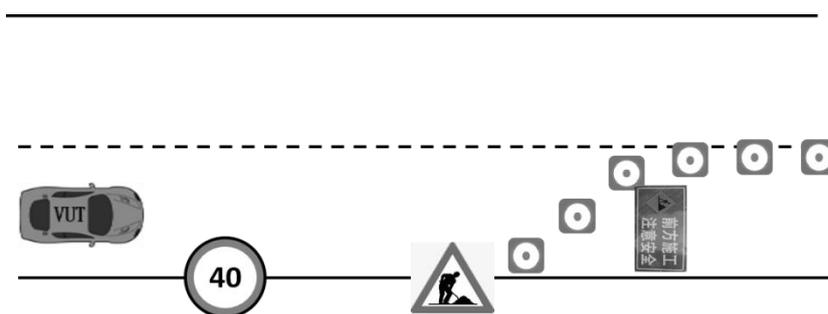


图 C.6 施工车道场景示意图

C.4.2.3.4.2 试验方法

试验车辆在施工车道内驶向前方障碍物。

C.4.2.3.4.3 通过要求

试验车辆应满足以下要求：

- a) 若不具备换道行驶功能，试验车辆应在行驶过程中或在车辆静止后发出超出设计运行范围提示信息，停止于本车道内且不与障碍物发生碰撞；
- b) 若具备换道行驶功能，试验车辆应采用变更车道绕行障碍物。

C.4.2.3.5 交通事故

C.4.2.3.5.1 试验场景

测试道路为至少包含两条车道的长直道，试验车辆驶向前方事故区域，事故区域包括静止行人及乘用车，行人距离目标车辆后端 1 m，如图 C.7 所示。

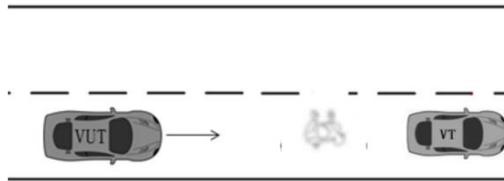


图 C.7 交通事故场景示意图

C.4.2.3.5.2 试验方法

试验车辆沿试验道路驶向目标车辆。

C.4.2.3.5.3 通过要求

试验车辆应满足以下要求：

- a) 若不具备换道行驶功能，试验车辆应在行驶过程中或在车辆静止后发出超出设计运行范围提示信息，停止于本车道内且不与行人和静止车辆发生碰撞；
- b) 若具备换道行驶功能，试验车辆应采用变更车道避开行人和静止车辆。

C.4.3 周边车辆行驶状态识别及响应

C.4.3.1 试验项目要求

试验应证明自动驾驶系统在定义的速度范围内可正确识别车辆周围的静止车辆、行驶车辆、切入、切出车辆、道路使用者或完全或部分堵塞的车道等，并能够及时响应，保持与前方车辆所需的安全距离，避免发生碰撞。

C.4.3.2 试验场景元素

该项试验应至少考虑以下元素或包含以下场景条件：

- a) 有静止或行驶的乘用车目标；
- b) 静止或行驶固定式两轮机动车目标；
- c) 目标车辆部分位于车道内；
- d) 多个连续目标车辆阻塞车道（例如，按以下顺序：自动驾驶车辆—两轮车—乘用车）；
- e) 不同半径的弯道；
- f) 目标车辆在车道中的不同横向位置；
- g) 前方目标车辆以不同减速度减速至静止；
- h) 周围车辆以不同的 TTC、相对速度和换道时间切入本车道；

i) 目标车换道后本车道前方出现的静止二轮车、乘用车、行人等目标物。

C.4.3.3 试验场景

第三方检测机构应至少测试以下试验场景，并可基于 C.4.3.2 试验场景元素基础上增加试验场景，通过要求参考 C.4.3.1。

C.4.3.3.1 静止车辆占用部分车道

C.4.3.3.1.1 试验场景

试验道路至少为具备单向双车道的长直道，中间车道线为白色虚线，最左侧车道线为双黄实线。目标车辆占用试验车辆行驶车道横向距离 1 m~1.2 m 静止停放且纵向轴线与中间车道线夹角不大于 30° 。如图 C.8 所示。

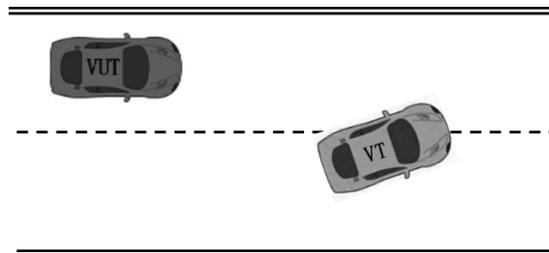


图 C.8 静止车辆占用部分车道场景示意图

C.4.3.3.1.2 试验方法

试验车辆沿试验道路驶向目标车辆。

C.4.3.3.1.3 通过要求

试验车辆不应与目标车辆发生碰撞。若试验车辆停止于本车道内，应在车辆行驶过程中或在车辆静止后发出超出设计运行范围的提示信息。

C.4.3.3.2 前方车辆切入

C.4.3.3.2.1 试验场景

试验道路为至少包含单向双车道的长直道，中间车道线为白色虚线。目标车辆以预设速度匀速行驶。如图 C.9 所示。

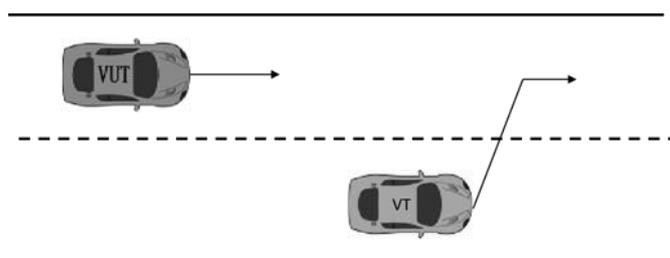


图 C.9 前方车辆切入试验场景示意图

C.4.3.3.2.2 试验方法

试验车辆于内侧车道行驶。当试验车辆达到 V_{max} 的 85 % 以上且两车预碰撞时间首次达到预设时间区间，目标车辆由外侧车道开始切入内侧车道并完成换道，完成换道时间不大于 3 s，且目标车辆在切入过程中和切入完成后其纵向速度均等于预设速度。预设速度和预设时间区间如表 C.3 所示。

表 C.2 切入预设速度/时间区间对照表

V_{max} km/h	预设速度 km/h	预设时间区间 s
$V_{max} > 100$	50	[5, 6]
$80 < V_{max} \leq 100$	40	[4, 5]
$60 < V_{max} \leq 80$	30	[3, 4]
$V_{max} \leq 60$	$V_{max}/2$	[3, 4]

C.4.3.3.2.3 通过要求

试验车辆不应与目标车辆发生碰撞。

C.4.3.3.3 前方车辆切出

C.4.3.3.3.1 试验场景

试验道路为至少包含单向双车道的长直道，试验车辆前方存在目标车辆 (VT_1)，相邻车道存在目标车辆 (VT_2)， VT_1 以 V_{max} 的 50 % 速度匀速行驶，试验路段限速大于目标车辆行驶速度。如图 C.10 所示。

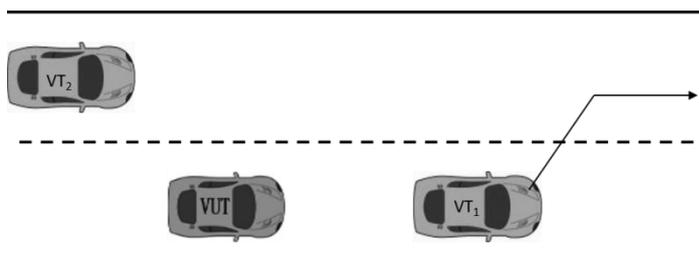


图 C.10 前方车辆切出试验场景示意图

C.4.3.3.3.2 试验方法

试验车辆在外侧车道驶向 VT_1 。当试验车辆稳定跟随 VT_1 后， VT_1 开始换道并入相邻车道，完成换道时间不大于 3 s。 VT_2 最前端在 VT_1 换道开始前保持在与试验车辆最后端 3 m 以内行驶。

C.4.3.3.3.3 通过要求

试验车辆不应与目标车辆发生碰撞；当目标车辆切出后，试验车辆应执行加速动作。

C.4.3.3.4 目标车辆停一走

C.4.3.3.4.1 试验场景

试验道路为至少包含单向双车道的长直道，中间车道线为白色虚线；外侧车道内存在以 V_{max} 的 75 % 匀速行驶的目标车辆。如图 C.11 所示。

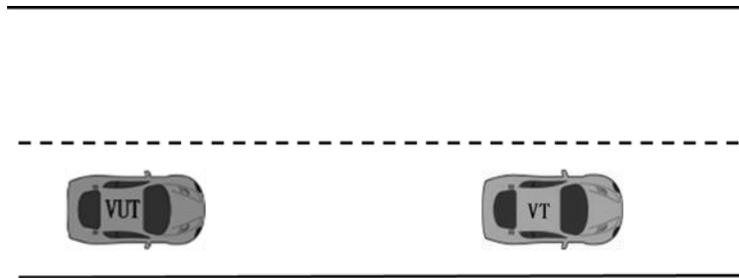


图 C.11 目标车辆停—走试验场景示意图

C.4.3.3.4.2 试验方法

试验车辆稳定跟随目标车辆行驶后，目标车辆以 $2\text{ m/s}^2 \sim 3\text{ m/s}^2$ 减速度减速直至停止；若试验车辆保持跟随状态，当试验车辆车速降为 0 km/h 后，目标车辆保持原车道起步并于 2 s 内达到 10 km/h 行驶。

C.4.3.3.4.3 通过要求

试验车辆应满足以下要求：

- 若具备换道行驶功能，目标车辆减速至停止过程中，试验车辆应完成换道并超越目标车辆且不与目标车辆发生碰撞；试验车辆为乘用车时，完成换道时间不应大于 5 s ；
- 若不具备换道行驶功能，试验车辆应跟随目标车辆行驶且不与目标车辆发生碰撞；试验车辆为乘用车时，起动时间不应大于 3 s ，试验车辆为商用车时，起动时间不应大于 5 s 。

C.4.3.3.5 目标车辆切出后存在静止车辆

C.4.3.3.5.1 试验场景

试验道路为至少包含单向双车道的长直道，中间车道线为白色虚线。外侧车道内存在两辆目标车辆 (VT_1 和 VT_2)，其中 VT_1 以预设速度驶向静止状态 VT_2 ，两辆目标车辆的中心线偏差不超过 0.5 m 。如图 C.12 所示。

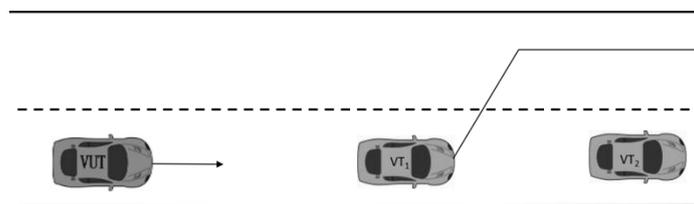


图 C.12 目标车辆切出后存在静止车辆场景示意图

C.4.3.3.5.2 试验方法

试验车辆稳定跟随 VT_1 在相同车道内行驶，当 VT_1 距离 VT_2 预碰撞时间首次到达预设区间内时执行换道动作驶入相邻车道，完成换道时间不大于 3 s 。预设速度及预设时间区间如表 C.4 所示。

表 C.3 切出预设速度/时间对照表

V_{max} km/h	预设速度 km/h	预设时间区间 s
$V_{max} > 100$	80	[4, 5]
$80 < V_{max} \leq 100$	60	[3, 4]
$60 < V_{max} \leq 80$	40	[3, 4]
$V_{max} \leq 60$	$V_{max} - 20$	[3, 4]

C.4.3.3.5.3 通过要求

试验车辆不应与目标车辆发生碰撞。

C.4.3.3.6 前方车辆紧急制动

C.4.3.3.6.1 试验场景

试验道路为仅有一条车道的长直道且两侧车道线为实线；车道内存在以 V_{max} 的 75 % 匀速行驶的目标车辆。如图 C.13 所示。

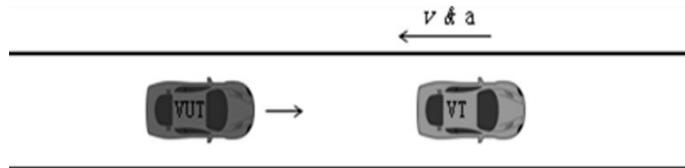


图 C.13 前方车辆紧急制动场景示意图

C.4.3.3.6.2 试验方法

试验车辆稳定跟随前方行驶的目标车辆。目标车辆 1 s 内达到减速度 6 m/s^2 并减速至停止。

C.4.3.3.6.3 通过要求

试验车辆不应与目标车辆发生碰撞。

C.4.3.3.7 摩托车同车道行驶

C.4.3.3.7.1 试验场景

试验道路为至少包含单向双车道的长直道，中间车道线为白色虚线。摩托车以 $20 \text{ km/h} \sim 30 \text{ km/h}$ 速度于距离本车道右侧车道线内侧 $1 \text{ m} \sim 2.5 \text{ m}$ 范围内沿外侧车道行驶。如图 C.14 所示。

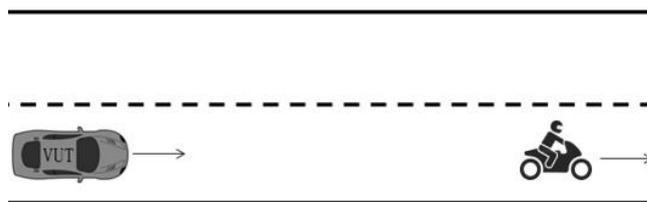


图 C.14 摩托车同车道行驶场景示意图

C.4.3.3.7.2 试验方法

试验车辆于外侧车道驶向摩托车。若跟随摩托车行驶，当试验车辆速度不大于 30 km/h 时，且持续时间超过 5 s 后，摩托车从车道右侧离开当前车道。

C.4.3.3.7.3 通过要求

试验车辆应采用绕行或跟随方式通过该场景且不与摩托车发生碰撞。若采用跟随方式通过该场景，试验车辆应在摩托车离开本车道后加速行驶。

C.4.3.3.8 直道前车缓行

C.4.3.3.8.1 试验场景

测试道路为至少包含两条车道的长直道，试验车辆驶向前方压线缓慢行驶的目标车辆 VT，如图 C.15 所示。

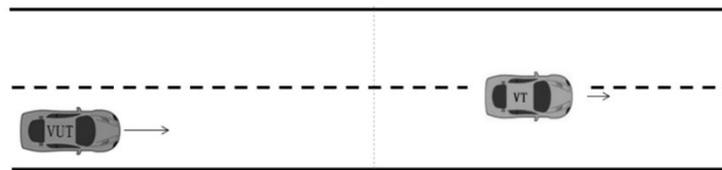


图 C.15 直道前车缓行场景示意图

C.4.3.3.8.2 试验方法

系统激活后，试验车辆以稳定状态驶向前方缓慢行驶的目标车辆 VT，VT 速度为试验车辆 V_{max} -40km/h，且试验车辆所在车道左侧车道线中心线与目标车辆 VT 车身宽度 20 %处重合。

C.4.3.3.8.3 通过要求

试验车辆应采用绕行或跟随方式通过该场景且不与前方车辆发生碰撞。

C.4.3.3.9 弯道前车缓行

C.4.3.3.9.1 试验场景

测试道路为至少包含两条车道的长直道与弯道的组合，弯道半径范围为 250 m~650 m，试验车辆驶向前方压线缓慢行驶的目标车辆 VT，如图 C.16 所示。

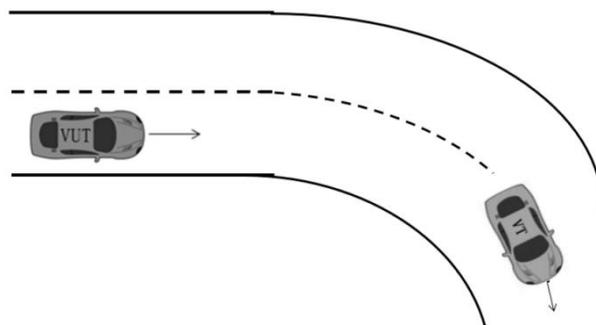


图 C.16 弯道前车缓行场景示意图

C.4.3.3.9.2 试验方法

系统激活后，试验车辆以稳定状态驶向前方缓慢行驶的目标车辆 VT，VT 速度为试验车辆 $V_{max}-40$ km/h，且试验车辆所在车道左侧车道线中心线与目标车辆 VT 车身宽度 20%处重合。

C.4.3.3.9.3 通过要求

试验车辆应采用绕行或跟随方式通过该场景且不与前方车辆发生碰撞。

C.4.4 行人识别及响应

C.4.4.1 试验项目要求

试验应证明 ADS 能够识别行人，并做出合适的控制策略响应，防止与行人发生碰撞。

C.4.4.2 试验场景元素

该试验应至少包含以下元素：

- a) 在 ADS 的整个速度范围内；
- b) 在 ADS 运行区域范围的不同行人的速度；
- c) 在 ADS 运行区域内的不同行人行走的方向。

C.4.4.3 试验场景

第三方检测机构应至少测试以下试验场景，并可基于 C.4.4.2 试验场景元素基础上增加试验场景，通过要求参考 C.4.4.1。

C.4.4.3.1 行人横穿

C.4.4.3.1.1 试验场景

试验道路为至少包含单向双车道的长直道，中间车道线为白色虚线。若 V_{max} 大于等于 60 km/h，该路段限速 60 km/h；若 V_{max} 小于 60 km/h，该路段限速 40 km/h。道路存在行人横穿道路行为。如图 C.17 所示。

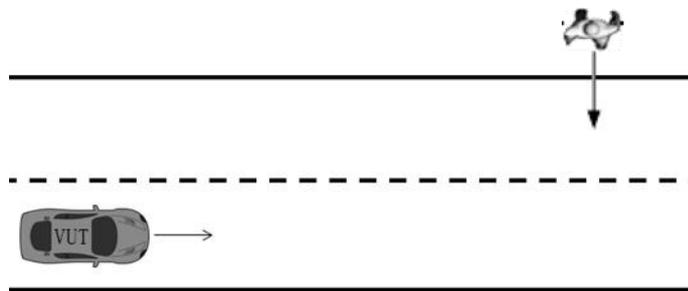


图 C.17 行人横穿道路试验场景示意图

C.4.4.3.1.2 试验方法

试验车辆在最右侧车道内行驶。当预碰撞时间首次到达 3.5 s~4.5 s 时间区间时，行人于试验车辆左侧以 5 km/h~6.5 km/h 的速度横穿道路动作，并通过试验车辆所在车道的最右侧车道线。

根据 C.4.2.1 要求，3 次通过本场景的过程中，目标行人应包括成年假人和儿童假人。

C.4.4.3.1.3 通过要求

试验车辆不应与行人发生碰撞。

C.4.5 动态驾驶任务干预及接管

C.4.5.1 试验项目要求

试验应证明自动驾驶系统在驾驶员根据试验车辆可实现自动驾驶模式退出的方式执行干预操作时退出对车辆的控制，并不自主恢复自动驾驶模式。

C.4.5.2 试验场景元素

该项试验应至少考虑以下元素或包含以下场景条件：

- d) 在不同曲率的道路路段上；
- e) 不同的动态驾驶任务干预模式；
- f) 其他危险场景下执行动态驾驶任务干预。

C.4.5.3 试验场景

第三方检测机构应至少测试以下试验场景，并可基于 C.4.5.2 试验场景元素基础上增加试验场景，通过要求参考 C.4.5.1。

C.4.5.3.1 试验场景

试验道路为至少包含单向双车道的长直道，中间车道线为白色虚线，如图 C.18 所示。

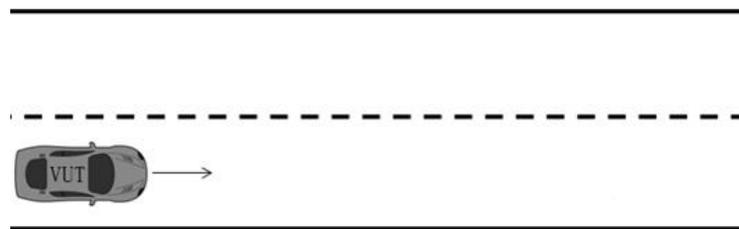


图 C.18 动态驾驶任务干预及接管场景示意图

C.4.5.3.2 试验方法

试验车辆以自动驾驶模式于长直道内行驶，驾驶员根据试验车辆可实现自动驾驶模式退出的方式执行干预操作。

C.4.5.3.3 通过要求

试验车辆应向驾驶员交出动态驾驶任务执行权限。交出权限后，自动驾驶系统不应自主恢复自动驾驶模式。

C.4.6 最小风险策略

C.4.6.1 试验方法

在 C.4.2.3.1、C.4.2.3.2、C.4.2.3.4、C.4.3.3.1 试验过程中，若试验车辆发出超出设计运行范围提示信息，驾驶员均不对试验车辆行驶状态进行人为干预。

若试验车辆进行上述所有试验项目过程中，均未发出超出设计运行范围提示信息，则进行补充试验用例。

C.4.6.2 通过要求

C.4.6.3 补充试验

C.4.6.3.1 试验场景

试验道路为至少包含一条车道的长直道，在各车道内均垂直于道路行驶方向均匀放置至少 3 个交通锥，该路段道路限速 60 km/h。如图 C.19 所示。

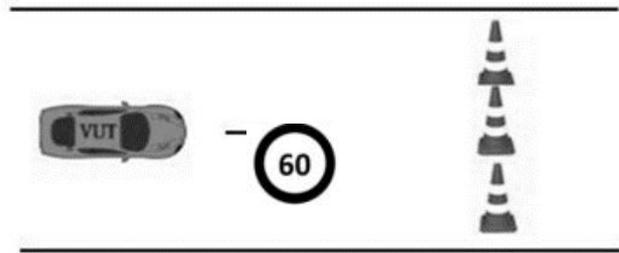


图 C.19 风险减缓策略补充试验场景

C.4.6.3.2 试验方法

试验车辆驶向前方交通锥，行驶过程无人为干预。

C.4.6.3.3 通过要求

试验车辆应避免与交通锥发生碰撞。在行驶过程至障碍物前静止后发出超出设计运行范围提示信息。

C.4.7 数据记录系统辅助存储设备数据记录试验

C.4.7.1 试验方法

该试验参考 DB XXXXX—XXXX《智能网联汽车 自动驾驶数据记录系统技术要求》中 6.1.2.1 章节试验方法进行。

C.4.7.2 通过条件

数据记录系统辅助存储设备所记录的数据符合本标准 5.19 章节要求。

附 录 D
(规范性)
自动驾驶功能道路试验方法及要求

D.1 范围

本附录规定了智能网联汽车自动驾驶功能的道路试验条件、试验方法及要求。

D.2 试验条件

D.2.1 试验道路

试验道路应连续，且应符合下表 D.1 的要求。

表 D.1 试验道路要素要求

一级要素	二级要素	三级要素	四级要素	要素要求	I 型
道路	道路几何	平面	弯道半径	大于 400 m, 且不大于 650 m	√
				大于 60 m, 且不大于 400 m	-
				60 m~400 m	-
		横断面	分隔(中央)	-	√
				非机动车道	-
				路侧隔离	√
		纵断面	坡度	3%-6%	√
				大于 6%	-
			不同材质的路面	-	-
	道路交叉	立体交叉	互通式立交	-	√
		匝道	入口匝道	-	√
			出口匝道	-	√
		平面交叉	有信号灯控制的交叉路口	-	-
			无信号灯控制的交叉路口	-	-
			集市功能的交叉路口	-	-
环状路口		具有信号装置的环形路口	-	-	
	无信号装置的环形路口	-	-		
道路	车道特征	道路标线	标线质量	车道标线清晰	√
				车道标线不清晰	-
			无车道标线	-	-

表 D.1 试验道路要素要求（续）

一级要素	二级要素	三级要素	四级要素	要素要求	I 型
道路	车道特征	道路标线	标线类型	虚线	√
				实线	√
				虚实线	√
				人行横道	-
				网状线	-
				可变导向车道线	-
				潮汐车道线	-
				道路出入口标线	√
				停止线	-
		车道类型	客车道	-	√
	混行车道		-	√	
	机动车道		-	-	
	非机动车道		-	-	
	机非混行车道		-	-	
	右转专用道		-	-	
	公交专用车道		-	-	
	车道数	左转待转区	-	-	
		同向双车道	-	√	
		同向多车道	-	√	
		双向双车道	-	-	
双向多车道		-	-		
单向单行道		-	-		
道路类型	停车区域	双向单车道	-	-	
		服务区/停车区	-	√	
		公交车站	-	-	
		路边停车区	-	-	
道路设施	交通控制设施	交通标志	永久性标志	限速	√
			解除限速	√	
		可变信息标志	-	-	√
	交通信号灯	车道信号灯	-	√	
	特殊设施	涵洞	-	-	-
		桥梁	-	-	√
			单行桥梁	-	-

表 D.1 试验道路要素要求（续）

一级要素	二级要素	三级要素	四级要素	要素要求	I 型
道路设施	特殊设施	隧道	最小长度	100 m	√
		井盖/减速带	-	-	-
		限高设施	-	-	-
		限宽设施	-	-	-
		视距遮挡物	-	-	-
		龙门架	-	-	√
		防眩设施	-	-	√
		抓拍装置	-	-	√
		视线诱导设施	-	-	√
	收费站	-	-	√	
	道路临时设施	锥形桶/警示标志	-	-	√
交通运行状态	区间路段交通拥堵度	区间路段畅通	-	区间路段交通拥堵度应按照 GA/T 115-2020 第 6 章描述的方法进行评价	√
		区间路段轻度拥堵			√
		区间路段中度拥堵			√
		区间路段严重拥堵			√
	行人流量	高密度	-	-	
目标物	机动车	汽车	M 类	-	√
			N 类	-	
			O 类	-	
		摩托车	-	-	
	非机动车	人力车	自行车	-	-
	行人	-	-	-	-
动物	-	-	-	-	
天气环境	自然光源	光照度	差	小于 50 lux	√
		光照方向	逆光	-	√
	人工光源	路灯	-	-	√
		无路灯	-	-	√
		对向车灯	-	-	√
数字信息	位置信号	-	-	-	√
	无线通信	蜂窝网络信号	-	-	√
		V2X ^a	-	-	√

注：对拟进行道路试验的道路环境要素进行采集，记录静态要素及辅助要素的状态信息，以及动态要素全天 24 h 内不同时段的状态信息。视频采集设备分辨率不小于 (1920×1080) 像素。

D.2.2 试验车辆

D.2.2.1 试验车辆应满足如下载荷要求：

- a) 对于 M_1 类汽车，试验车辆质量为整车整备质量加上试验人员和试验设备质量，该质量不大于最大允许总质量；
- b) 对于商用车辆，除特殊规定外， M_2 、 M_3 类城市客车为装载质量的 65 %；其他车辆为满载，乘员质量及其装载要求符合 GB/T 12534 的规定；
- c) 试验过程中不调整试验车辆载荷。

D.2.2.2 试验过程中不应变更自动驾驶功能相关的软件及硬件。

D.2.3 试验人员及设备

D.2.3.1 试验人员

D.2.3.1.1 试验过程中，试验人员避免因个人行为导致系统发出介入请求。

D.2.3.1.2 试验过程中，试验操作人员对试验车辆进行安全监控，并在系统发出介入请求时或执行最小风险策略时立即干预车辆行驶。

D.2.3.1.3 试验过程中，随车试验人员依据试验情况记录车辆是否满足试验要求，并通过试验设备记录试验车辆不满足本附录 3.2 相关要求的时刻。

D.2.3.2 试验设备

D.2.3.2.1 事件时间记录

试验设备应支持试验人员记录试验人员干预、试验车辆发出介入请求、最小风险策略状态显示以及试验车辆未满足试验要求的时间。

D.2.3.2.2 试验记录内容

试验过程中应至少记录以下内容：

- a) 试验车辆的控制模式，例如手动控制模式、自动驾驶系统控制模式等；
- b) 试验车辆周边的交通状态视频信息；
- c) 试验车辆运动状态参数；
- d) 试验时间轴；
- e) 试验车辆位置信息；
- f) 试验车辆纵向速度；
- g) 试验车辆横向速度；
- h) 试验车辆纵向加速度；
- i) 试验车辆横向加速度；
- j) 试验车辆横摆角速度；
- k) 试验操作人员及人机交互状态（试验人员面部、仪表盘、方向盘、中控屏、踏板等）的视频及语音监控信息；
- l) 试验里程及时长；
- m) 记录试验车辆在不同道路类型的试验里程；
- n) 记录试验车辆在不同道路类型的试验时长。

D.2.3.2.3 试验设备精度

试验设备应满足如下要求：

- a) 运动状态采集和存储的频率至少为 50 Hz；
- b) 视频采集设备分辨率不小于 (1920×1080) 像素，视频采样帧率至少为 30 fps；
- c) 试验车辆速度采集精度至少为 0.1 km/h；
- d) 试验车辆距离采集精度至少为 0.1 m；
- e) 试验车辆加速度采集精度至少为 0.1 m/s^2 。

D.2.3.2.4 试验设备安装及运行

试验设备的安装、运行不应影响试验车辆及其自动驾驶功能的正常运行。

D.2.4 试验周期

D.2.4.1 应分别在试验车辆自动驾驶功能可被激活的全部类型道路进行试验，不同类型道路间的有效试验时长总和应独立进行记录。

D.2.4.2 若试验车辆自动驾驶功能可在光照度低于 50 lux 的条件下被激活，则应进行夜间试验。

注：白天试验时段为日出时间点到日落时间点之间的时段，夜间试验时段为日落时间点至第二天日出时间点之间的时段。日出时间点与日落时间点以当地气象局发布信息为准。

D.2.4.3 经过若干次单次连续试验累计的有效试验时长总和至少应为 72 h，且应满足以下条件之一：

- 若试验车辆自动驾驶功能可在白天和夜间被激活，则白天时段有效试验时长总和不少于 48 h，夜间时段有效试验时长总和不少于 24 h；
- 若试验车辆自动驾驶功能仅可在白天或夜间被激活，则仅在自动驾驶功能可被激活的时段进行试验。

D.2.4.4 如表 D.2 所示，单次连续试验应至少覆盖表 1 中单次连续试验应覆盖时段的其中一项，若试验车辆自动驾驶功能仅可在白天被激活，则同一自然日内的试验累计应覆盖该自然日内的 t_{d1} 和 t_{d2} ；若试验车辆自动驾驶功能仅可在夜间被激活，则同一自然日内的试验累计应覆盖该自然日内的 t_{n1} 和 t_{n2} ；若试验车辆自动驾驶功能可在白天和夜间被激活，则同一自然日内的试验累计应覆盖该自然日内的 t_{d1} 、 t_{d2} 、 t_{n1} 及 t_{n2} 。

表 D.2 时段覆盖要求

序号	试验车辆自动驾驶功能可被激活时段	单次连续试验应覆盖时段
1	仅可在白天被激活	t_{d1} 、 t_{d2}
2	仅可在夜间被激活	t_{n1} 、 t_{n2}
3	可在白天与夜间被激活	t_{d1} 、 t_{d2} 、 t_{n1} 、 t_{n2}

说明：

t_{d1} 试验道路在白天处于表 D.1 所示的拥堵时段；

t_{n1} 试验道路在夜间处于表 D.1 所示的拥堵时段，若未出现拥堵时段，则交通运行状态下调一个车流量级别；

t_{d2} 试验道路在白天处于表 D.1 所示的低密度时段；

t_{n2} 试验道路在夜间处于表 D.1 所示的低密度时段。

示例：若试验当天的 t_{d1} 对应时段为 7:00~8:10， t_{d2} 对应时段为 14:00~15:25， t_{n1} 对应时段为 17:00~18:30， t_{n2} 对应时段为 1:00~2:50，则 6:00~10:00 可为覆盖 t_{d1} 的单次连续试验时间，13:00~17:00 可为覆盖 t_{d2} 的单次连续试验时间，17:00~21:00 可为覆盖 t_{n1} 的单次连续试验时间，0:00~4:00 可为覆盖 t_{n2} 的单次连续试验时间。

D.3 试验方法及要求

D.3.1 试验方法

在单次连续试验过程中，试验车辆进入试验道路且试验人员通过专用操纵方式激活自动驾驶功能时，该单次连续试验开始；试验车辆沿试验道路行驶，在完成单次连续试验设定计划后，该单次连续试验结束。

D.3.2 试验通过要求

D.3.2.1 功能激活

D.3.2.1.1 除发生发动机自动启停情况外，车辆点火（上电）后试验车辆应满足以下要求之一：

- 自动驾驶功能处于未激活状态；
- 符合其自动驾驶功能说明材料的条件下，自动驾驶功能处于就绪状态。

D.3.2.1.2 试验车辆应具备激活自动驾驶功能的专用操纵方式；当试验人员通过专用操纵方式激活自动驾驶功能时，试验车辆应满足以下要求：

- 当自动驾驶功能处于就绪状态时，自动驾驶功能被激活；
- 当自动驾驶功能处于未就绪状态时，自动驾驶功能不被激活。

D.3.2.2 执行动态驾驶任务

D.3.2.2.1 试验车辆自动驾驶功能处于激活状态下，执行动态驾驶任务时不应主动导致交通事故。

D.3.2.2.2 试验车辆自动驾驶功能处于激活状态下，执行动态驾驶任务时应满足以下要求：

- a) 不导致试验人员执行非策略性干预；
- b) 除换道情况外不骑、轧车行道分界线及车行道边缘线；
- c) 遇停止信号时，试验车辆轮廓不超越停止线停车；
- d) 车速不超过限制速度；
- e) 除紧急情况下，不占用应急车道行驶及停车；
- f) 不以危险的方式超车及掉头；
- g) 不违反交通信号灯指示信号行驶；
- h) 不违反道路交通标志和标线行驶；
- i) 避让行人；
- j) 正确使用包括但不限于近光灯、转向信号灯、制动灯、危险警告信号等照明及信号装置以及喇叭；
- k) 其他道路交通安全规则要求。

注：策略性干预是指由于行程规划、目的地选择等原因导致的试验人员干预试验车辆行驶。

D.3.2.2.3 对试验过程中试验车辆整体功能表现进行综合评价，试验车辆自动驾驶功能处于激活状态时应满足以下要求：

- a) 适应周边道路使用者的行驶状态，避免过长时间停车等待；
- b) 避免扰乱周边道路使用者的正常行驶，导致整体通行效率下降；
- c) 及时响应试验车辆周边道路障碍物或者相关交通设施；
- d) 及时响应可对本车行驶产生影响的其他道路使用者；
- e) 除与周边道路使用者、障碍物或者相关交通设施无法保持安全距离以及换道情况下，试验车辆稳定行驶于车道内；
- f) 不无故执行紧急制动或紧急转向措施。

D.3.2.3 动态驾驶任务后援

D.3.2.3.1 试验车辆自动驾驶功能处于激活状态下，应提前识别并响应导致介入请求的计划事件，试验车辆的响应方式应符合其自动驾驶功能说明材料。

D.3.2.3.2 若试验车辆发出介入请求，在此期间试验车辆应满足以下要求：

- a) 持续执行动态驾驶任务，不主动导致交通事故；
- b) 在试验人员接管试验车辆前或试验车辆执行最小风险策略前，持续发出介入请求信号；
- c) 允许试验操作人员通过符合其自动驾驶功能说明材料的方式进行接管，被接管后发出试验车辆不再处于自动驾驶模式的提示。

D.3.2.3.3 若试验车辆执行最小风险策略，在此期间试验车辆应满足以下要求：

- a) 持续执行动态驾驶任务，不主动导致交通事故；
- b) 允许试验操作人员通过符合其自动驾驶功能说明材料的方式进行接管，被接管后发出试验车辆不再处于自动驾驶模式的提示。

D.3.2.4 状态提示

试验车辆在发出自动驾驶功能状态提示时，应符合以下要求：

- a) 自动驾驶功能处于就绪状态时，发出光学提示信号，该信号目视可见；
 - b) 自动驾驶功能处于激活状态时，发出光学提示信号，该信号目视可见；
 - c) 自动驾驶功能由未激活状态转换为激活状态时，发出明显的提示信号；
 - d) 自动驾驶功能由激活状态转换为未激活状态时，发出明显的提示信号；
 - e) 自动驾驶功能处于激活状态时发生失效，发出明显的提示信号；
 - f) 发出介入请求信号时，发出明显的提示信号，该提示信号明显区分于其他提示信号；
 - g) 执行最小风险策略时，发出明显的提示信号，该提示信号明显区分于其他提示。
-