

ICS 32.020

CCS T40

团体标准

T/CITSA 80-2025

自动驾驶系统仿真测试边缘场景定义及 要求

Definition and Requirements for Automated Driving System Simulation
Test Corner Scenario

2026-01-28 发布

2026-02-28 实施

中国智能交通协会 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 总体要求	2
4.1 场景选择	2
4.2 场景要素	2
4.3 仿真测试场景描述	2
5 边缘场景要求	2
5.1 边缘场景定义	3
5.2 边缘场景要素属性	3
6 仿真测试边缘场景界定	3
6.1 仿真测试场景内容	3
6.2 要素发生概率计算	3
6.3 安全风险指标计算	4
6.4 边缘场景界定	5

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。

本文件由武汉理工大学提出。

本文件由中国智能交通协会归口。

本文件起草单位：武汉理工大学、吉林大学、同济大学、清华大学、中汽数据（天津）有限公司、重庆懂车帝科技有限公司、西安交通大学、东风汽车集团股份有限公司、北京地平线机器人技术研发有限公司、宁波吉利汽车研究开发有限公司、东软睿驰汽车技术（沈阳）有限公司、招商局检测车辆技术研究院有限公司、湖北国际物流机场有限公司、武汉港迪智能技术有限公司。

本文件主要起草人：胡钊政、赵健、孟杰、陈虹、李升波、黄岩军、吴超仲、张骁、桂保、蒋才桂、张元建、褚端峰、詹仙园、刘志峰、梁军、张骞、陈勇、刘威、谢蓉、杨敬淳、张佳楠、肖汉彪、冯锋、许聪、李文旭、刘彦辰、吴超、柯馨沁、占毅、张书浩、张涛、石先城。

自动驾驶系统仿真测试边缘场景定义及要求

1 范围

本文件规定了自动驾驶系统仿真测试中边缘场景的总体要求、边缘场景要求及仿真测试场景界定。本文件适用于GB/T 40429-2021定义的L3级及以上自动驾驶系统仿真测试的边缘场景设计、测试及验证。

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

GB/T 43267-2023 道路车辆 预期功能安全

GB/T 44373-2024 智能网联汽车 术语和定义

GB/T 46896-2025 道路车辆 自动驾驶系统测试场景 术语

ISO 34505 Road vehicles — Test scenarios for automated driving systems — Scenario evaluation and test case generation

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

自动驾驶系统 automated driving system

由实现自动驾驶功能的硬件和软件所共同组成的系统。

[GB/T 44373-2024, 定义5.3]

3.2

动态驾驶任务 dynamic driving task

在交通中车辆运行所需要的实时感知、决策、控制等功能。

[GB/T 43267-2023, 定义3.4, 有修改]

3.3

设计运行范围 operational design domain

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。[GB/T 40429-2021, 定义2.11]

3.4

场景 scenario

对自动驾驶系统(3.1)及其在执行动态驾驶任务(3.2)过程中相互作用的场景快照的时间关系的描述。

[GB/T 43267-2023, 定义3.26, 有修改]

3.5

边缘场景 corner scenario

边缘场景是一类特殊的场景(3.4),指自动驾驶系统(3.1)执行动态驾驶任务(3.2)时遇到的符合低概率、高风险的复杂异常场景集合。

3.6

实体 entity

场景(3.4)中的相关要素,包括静态实体和动态实体。

[GB/T 46896-2025, 定义3.7, 有修改]

3.7

属性 attribute

特质或特点，被视为自动驾驶系统（3.1）、设计运行范围（3.3）、场景（3.4）、实体（3.6）等的特征或固有部分。

[GB/T 46896-2025, 定义3.19, 有修改]

3.8

事件 event

场景（3.4）中实体（3.7）的相关状态变化。

[GB/T 46896-2025, 定义3.13]

3.9

风险 risk

伤害发生的概率及其严重度的组合。

[GB/T 43267-2023, 定义3.23]

3.10

目标物 object

除自车外的场景（3.4）中的交通要素，包括静态目标物和动态目标物。

4 总体要求

4.1 场景选择

边缘场景应综合反映自动驾驶系统在特定时空范围内所面临的典型挑战,包括但不限于系统自身状态、驾驶环境中各实体及其相互关系。边缘场景的选择应遵循以下基本原则:

- a) 全面性: 覆盖不同交通场景类型、道路环境、天气条件及交通参与者行为;
- b) 风险导向性: 优先选取可能导致系统失效或引发安全事故的高风险场景;
- c) 可重复性: 确保场景可在仿真环境中稳定复现, 便于多次测试与结果比对;
- d) 法规符合性: 符合国家相关法律法规、技术标准及行业规范的要求。

4.2 场景要素

边缘场景的要素包括但不限于:

- a) 动态实体: 机动车辆、非机动车辆、行人、障碍物等在场景中的目标物;
- b) 静态实体: 道路基础设施包括车道数、路面状况、交通信号等影响驾驶决策的静态环境因素;
- c) 环境条件: 光照、天气(如雨、雾)、气温、道路状况等可能影响传感器性能及车辆控制的外部因素;
- d) 交通状态信息: 如交通信号状态、交通流状态包括速度、流量、车流量结构以及导航数据、地图数据、服务站点信息等。

注: 交通信号包括交通信号灯、交通标志、交通标线和交通警察的指挥。

上述场景要素应以结构化、参数化的方式进行建模与描述, 确保其在仿真平台中的可配置性与一致性。

4.3 仿真测试场景描述

边缘场景的构建与测试应按照系统化流程进行, 主要包括以下几个关键步骤:

- a) 基于真实场景数据、专家知识等构建仿真场景;
- b) 将动态实体、静态实体及环境条件、交通状态信息等要素整合为高保真虚拟环境, 并数字化;
- c) 计算各要素的发生概率, 并将其融入场景参数;
- d) 将场景要素的发生概率和安全风险计算结果映射至概率-风险空间, 进一步评估场景的风险水平。

5 边缘场景要求

5.1 边缘场景定义

边缘场景是一类特殊的场景，指自动驾驶系统执行动态驾驶任务时遇到的符合低概率、高风险的复杂异常场景集合。边缘场景要素包括动态实体、静态实体、环境条件、交通状态信息，其中至少有一个要素发生概率较低，并且一旦发生，可能会带来严重的安全风险，如图1所示。

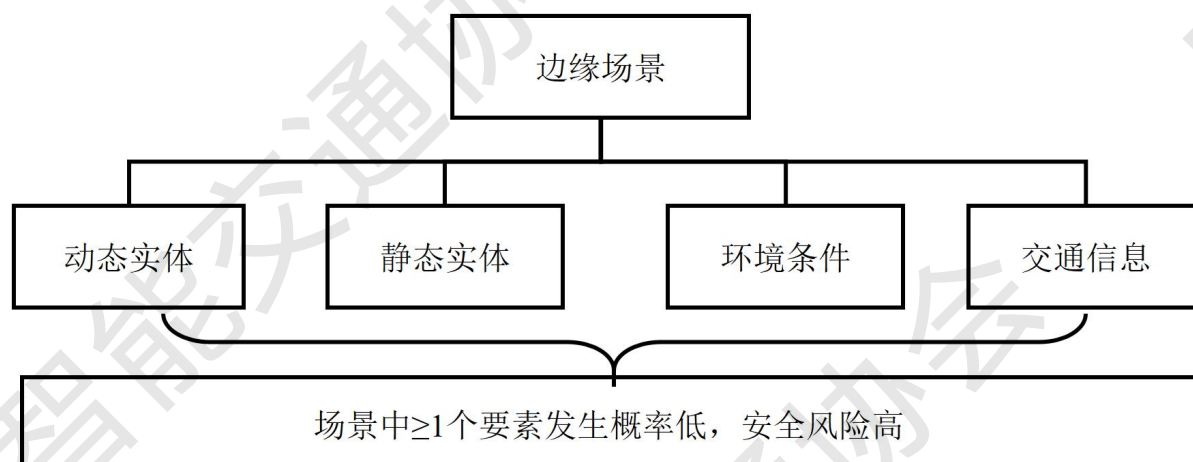


图1 边缘场景定义

5.2 边缘场景要素属性

1) 低概率属性

低概率是指场景在实际驾驶环境中不常见或不典型，其要素发生概率相较于其他常规事件显著降低，通常低于某一设定阈值。应通过专家经验法、基于历史数据的统计方法或基于模拟与仿真的测试方法进行量化建模。

2) 高风险属性

高风险是指在边缘场景下，自动驾驶系统无法按照预期安全运行，导致自车或目标物伤害的概率或伤害的程度大大增加。边缘场景通常超出了自动驾驶系统的设计运行范围，包括超出了设计运行范围的环境、设计运行范围边界或者是设计运行范围外的特殊事件，超出了系统在特定环境和条件下被设计和验证的能力，使得系统的行为和响应具有较高的不确定性。高风险的判定可依据交通安全风险指标进行界定。

6 仿真测试边缘场景界定

6.1 仿真测试场景内容

测试场景应通过合理的方式进行描述，自动驾驶仿真测试边缘场景描述的信息包括场景名称、场景描述。边缘场景的场景描述时应从动态实体、静态实体、环境条件和交通信息等要素出发，并确定要素的参数信息。

边缘场景描述用于描述自动驾驶系统执行动态驾驶任务时测试场景的执行过程。边缘场景描述包括了动态实体、静态实体和环境条件等要素的属性和参数信息，未对参数进行赋值之前，场景只描述了场景参与者动作执行的顺序关系以及其它要素的相关信息，场景并不具备可执行性。不同类型的边缘场景具有其独特的特点，这要求场景的描述时突出该异常要素，对该要素的发生概率和对行车安全/交通安全风险进行计算。

6.2 要素发生概率计算

在自动驾驶仿真测试中，边缘场景的要素参数至少应包含一个符合“低概率”要求，应采用量化计算方法，如图2所示。

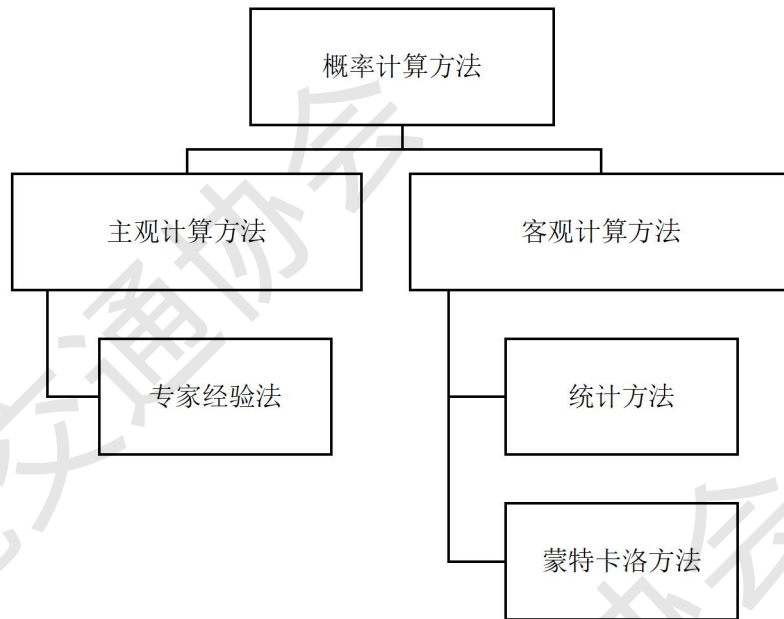


图2 要素发生概率计算方法

客观计算方法应基于历史数据的统计分析以及模拟仿真测试数据；主观计算方法应依据专家经验判断。可采用客观与主观相结合的方法，或根据实际应用需求单独采用其中一种方法。

1) 统计方法

通过对历史交通数据的分析，包括交通事故报告、自动驾驶测试数据以及各种交通流量数据，可以判断特定场景的发生频率。

2) 蒙特卡洛方法

通过自动驾驶建模与仿真平台模拟不同场景，并统计某要素的出现频率，从而得出其发生概率。

3) 专家经验法

专家经验和行业调查对于识别某些特定场景的发生概率具有重要作用，特别是对于那些缺乏详细数据或无法通过历史数据直接评估的情境。专家的判断可以弥补数据不足，并提供对低概率事件更准确的预判。

在判断某一要素是否满足“低概率”要求时，应根据要素特性确定相应的概率阈值。当要素的发生概率低于设定阈值时，应将其认定为边缘场景要素，并在边缘场景描述中明确标识。

单个样本定义为在固定时间窗口内按规定频率采集的完整轨迹数据集。计算低概率事件时，样本总量应满足统计显著性要求。低概率阈值的确定宜参考统计学中的 3σ 原则作为基准值，即要素发生概率小于0.27%时可初步认定为低概率事件。最终阈值应综合考虑以下因素确定：测试目的、系统安全等级要求、道路类型及数据分布特征。

6.3 安全风险指标计算

在自动驾驶测试中，安全风险通常使用以下冲突指标进行计算：预计碰撞时间、后侵入时间、车头时距、安全裕度等，如图3所示，除了这些常见的指标外，还可以根据具体的场景、任务和应用需求选择其他反映安全风险的指标。根据具体情况，指标可以结合使用，或单独使用。

在判断某场景是否满足“高风险”要求时，应建立相应的安全阈值。当风险计算指标超过设定阈值时，应将其识别为边缘场景的关键要素，并应在边缘场景的描述中予以突出说明。本标准提供了推荐阈值范围，实施时可根据具体应用场景和驾驶员特征等进行适当调整。



图3 安全风险计算指标

1) 预计碰撞时间 (Time to Collision)

TTC是指从当前时刻起，如果两个动态实体沿直线以恒定速度运动发生碰撞所需的时间。通常用于量化与前方动态实体发生碰撞的时间。

计算方法：

$$TTC = \frac{d}{v_{rear} - v_{front}}$$

式中， d 是两动态实体之间的纵向距离， v_{rear} 是后方动态实体的速度， v_{front} 是前方动态实体的速度。

建议阈值：TTC < 2.5秒被广泛认为是紧急制动的临界值，安全风险很高

2) 后侵入时间 (Post Encroachment Time, PET)

PET是指一个动态实体离开冲突区域与另一个动态实体进入该冲突区域之间的时间间隔。该指标用于评估两个动态实体在某一冲突区域内潜在碰撞风险的时间裕度。PET值越小，表示两者之间的冲突可能性越高。

计算方法：

$$PET = |t_{entry}(A_1) - t_{exit}(A_2)|$$

式中， $t_{entry}(A_1)$ 是 A_1 进入冲突区域的时刻； $t_{exit}(A_2)$ 是 A_2 离开冲突区域的时刻。

PET < 1.5秒表示两个动态实体在冲突区域内的时间间隔极短，安全风险很高。

3) 车头时距 (Time Headway, THW)

THW是指前后两动态实体相继通过道路某一点，车头之间的时间间隔。通常用来衡量跟车的安全性。THW越小，说明后方动态实体接近前方动态实体的速度越快，潜在的风险越高。

计算方法：

$$THW = \frac{d}{v_{rear}}$$

式中， d 是两动态实体之间的纵向距离， v_{rear} 是后方动态实体的速度。

建议阈值：THW < 2.0秒表示两动态实体的跟车状态未达到安全跟车距离标准，安全风险很高。

4) 安全裕度 (Safety Margin, SM)

SM起到保护驾驶员免受危险的阈值作用，通常用于量化在跟车过程中的风险水平。

计算方法：

$$SM = 1.0 - \left[\frac{0.15v_{rear}}{d} + \frac{(v_{rear} + v_{front})(v_{rear} - v_{front})}{1.5g \cdot d} \right]$$

式中， d 是两动态实体之间的纵向距离， v_{rear} 是后方动态实体的速度， v_{front} 是前方动态实体的速度， g 是重力加速度常数（通常取9.8 m/s²）。

建议阈值：SM ≤ 0.77 表示后方动态实体进入危险区域，如果前方动态实体突然制动，后方动态实体可能无法在安全距离内停车，安全风险很高。

6.4 边缘场景界定

在完成要素发生概率与安全风险计算后，将结果映射至二维坐标系，横轴为风险，纵轴为发生概率。设定相应的阈值，划分出低概率-高风险区域，如图4所示。

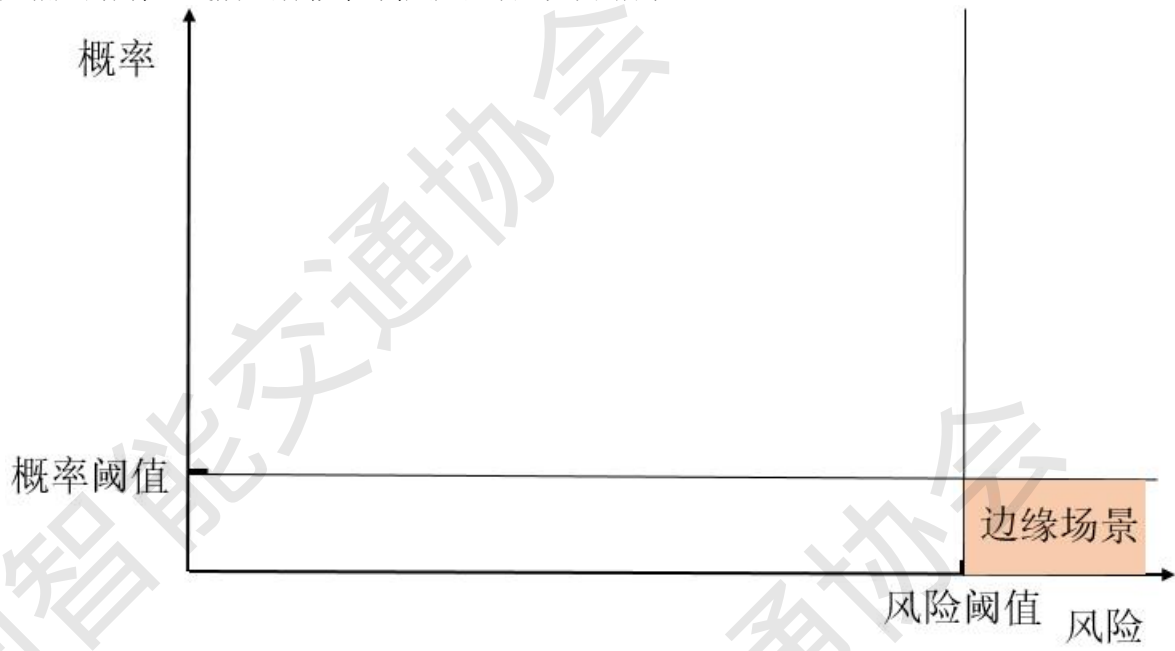


图4 边缘场景的界定