

ICS 32.020

CCS T40

团体标准

T/CITSA XX-2025

自动驾驶系统仿真测试边缘场景

定义及要求

Definition and Requirements for Autonomous Driving System

Simulation Test Corner Scenario

(征求意见稿)

2025-XX-XX 发布

2025-XX-XX 实施

中国智能交通协会 发布

目 次

前言	II
1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	3
4 总体要求	4
4.1 定义原则	4
4.2 描述要求	4
4.3 描述方法	4
5 边缘场景定义及属性	4
5.1 边缘场景定义	4
5.2 边缘场景属性	5
6 仿真测试边缘场景要求	5
6.1 整体要求	5
6.2 场景要素概率计算	5
6.3 场景危险计算	6
6.4 边缘场景分布要求	7

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这些专利的责任。

本文件由中国智能交通协会提出并归口。

本文件起草单位：武汉理工大学、吉林大学、中汽数据（天津）有限公司、同济大学、清华大学、西安交通大学、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、东风汽车集团股份有限公司。

本文件主要起草人：胡钊政、赵健、孟杰、陈虹、李升波、黄岩军、蒋才桂、赵帅、张骁、张元建、褚端峰、詹仙园、刘志峰、张骞、余锋、刘威、谢蓉、杨敬淳、张佳楠、肖汉彪、冯锋、许聪、李文旭。

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定义要求，包括动态实体、静态实体、环境条件等要素的参数化要求和小概率、高危险性判定方法。

本文件适用于GB/T 40429-2021定义的L3级及以上自动驾驶系统的仿真测试场景设计、测试方案制定及安全性验证。

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

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 autonomous 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。

[来源：GB/T 43267-2023, 定义3.4, 有修改]

3.3

操作设计域 operational design domain

对于给定的自动驾驶系统，在设计时确定的功能运行的特定条件。它限制了自动驾驶系统可使用的环境、路况和速度条件等。

[GB/T 43267-2023, 定义3.21, 有修改]

3.4

场景 scenario

对自车的自动驾驶系统及其在执行动态驾驶任务过程中相互作用的场景快照的时间关系的描述。

[来源：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，是自动驾驶系统执行动态驾驶任务时遇到的符合小概率、高危险的场景。

3.6

实体 entity

场景中感兴趣的要素，包括静态实体和动态实体。

3.7

属性 attribute

自动驾驶系统、操作设计域、场景、实体等的特征或固有部分的特性。

3.8

事件 event

场景中实体的相关状态变化。

3.9

安全 safety

没有不合理的风险。

[来源：GB/T 43267-2023, 定义3.132]

3.10

目标物 object

除自车外的场景中的交通要素，包括静态目标物和动态目标物。

4 总体要求

自动驾驶系统仿真测试中的边缘场景是指在特定驾驶情境下，低概率、高风险的复杂异常场景集合。这些场景综合反映了自动驾驶系统在一定时间和空间范围内，自身表征、驾驶环境中的实体以及实体之间关系的挑战。边缘场景的定义、描述及测试要求应科学、系统，并符合国家标准的要求。

4.1 定义原则

边缘场景的定义应基于全面性、风险导向、可重复性和法规符合性，确保场景能够反映自动驾驶运行中的关键挑战，涵盖动态实体、静态实体及环境条件的复杂交互。

4.2 描述要求

边缘场景描述应符合场景的描述要求，以参数化、可重复的方式呈现，全面覆盖驾驶环境中的核心要素，包括但不限于：

动态实体：其他车辆、行人、障碍物等在场景中的目标物及其行为；

静态实体：道路标志、车道线、交通设施、交叉口等影响驾驶决策的静态环境因素；

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；

数字信息：交通信号、导航数据等与系统交互的数字化输入。

4.3 描述方法

边缘场景的描述是一个系统化的过程，主要包括以下步骤：

- 基于真实场景数据、专家知识等构建仿真场景；
- 将动态实体、静态实体及环境条件等要素整合为高保真虚拟环境；
- 计算要素概率，并将其融入场景参数；
- 将场景要素的概率和危险性计算结果映射至概率-危险空间。

5 边缘场景定义及属性

5.1 边缘场景定义

边缘场景是一类特殊的场景，是自动驾驶系统执行动态驾驶任务时遇到的具有小概率、高危险属性的特殊场景。尽管发生概率较低，但一旦发生，会带来严重的安全风险或系统故障，如图1所示。

在自动驾驶系统的验证和测试中，边缘场景指的是自动驾驶系统所处的特定驾驶情境，是在一定时间和空间范围内自车的自我表征、驾驶环境中的实体以及实体之间的关系。驾驶环境包含道路、交通基础设施及目标物（如果适用，静态的、动态的、运动的、交互、动作）、环境要素（状态、时间、天气、照明和其他周边条件）及数字信息等。这些要素共同构成测试场景，为仿真测试提供支持。

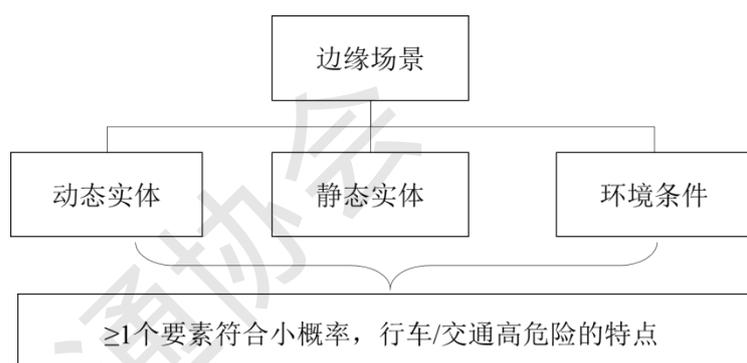


图1 边缘场景定义

5.2 边缘场景属性

利用仿真手段进行自动驾驶系统测试时，仿真测试中边缘场景生成要求：

5.2.1 小概率

小概率通常为不常见或不典型的场景，其发生概率相较于其他事件显著降低，其计算方式可能基于历史数据、模型预测或理论分析。

5.2.2 高危险

高危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操作设计域的范围，可能是超出了操作设计域的环境、操作设计域边界或者是操作设计域外的特殊事件，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。

6 仿真测试边缘场景要求

6.1 整体要求

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、静态实体和环境条件三类要素出发，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的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，对该要素的概率和对行车安全/交通安全进行计算。

6.2 场景要素概率计算

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“小概率”要求的要素。为判断这一小概率事件，可以采用不同的计算方法，如图3所示。

具体来说，客观计算方法包括基于历史数据的统计分析和通过模拟与仿真测试获得的数据等；而主观计算方法则依赖于专家的经验判断等。这两种方法可以结合使用，也可以单独采用，具体方式根据实际情况而定。

在判断某一要素是否满足“小概率”要求时，可根据不同的要素设定相应的概率阈值。当该要素的概率低于阈值时，可认为它是边缘场景要素，并应在边缘场景的描述中予以突出说明。

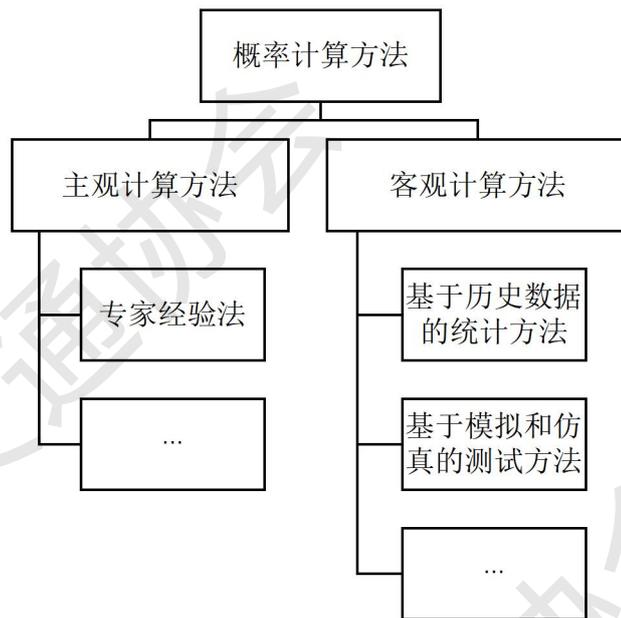


图2 概率计算方法

6.2.1 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。

6.2.2 模拟仿真方法

使用自动驾驶仿真平台，可以模拟不同场景并统计某要素的频率，从而得出小概率的结论。

6.2.3 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，并提供对小概率事件更准确的预判。

6.3 场景危险计算

在自动驾驶测试中，危险计算通常使用以下指标进行计算：碰撞时间、后侵入时间、车头时距、车头间距等，如图4所示。这些参数可以用于量化测试场景中的安全，从而更好地评估行车安全/交通安全的潜在危险。根据具体情况，指标可以结合使用，或单独使用，如图3所示。

在判断某一要素是否满足“高危险”要求时，可根据不同的要素设定相应的安全阈值。当该要素的危险程度低于阈值时，可认为它是边缘场景要素，并应在边缘场景的描述中予以突出说明。



图3 安全计算指标

6.3.1 碰撞时间 (Collision Time)

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：

$$TTC = \frac{d_{rel}}{v_{rel}}$$

式中， d_{rel} 是当前动态实体与前方动态实体的距离， v_{rel} 是两动态实体之间的相对速度。

6.3.2 后侵入时间 (Times to Collision)

PET是指当前动态实体与后方动态实体的接近时间，通常用于评估后方动态实体是否会侵入前方动态实体所在的车道。它计算的是后方车辆在达到前车所在位置之前的时间。

计算方法：

$$PET = \frac{d_{rel}}{v_{rear} - v_{front}}$$

式中， v_{rear} 是后方动态实体的速度， v_{front} 是前方动态实体的速度。

6.3.3 车头时距 (Time Headway, THW)

THW是指当前动态实体与前方动态实体之间的时间间隔，通常用来衡量车辆跟车的安全性。表示当前动态实体与前方动态实体之间的距离在当前车速下需要多少时间才能缩小到零。

计算方法：

$$THW = \frac{d_{rel}}{v_b}$$

式中， v_b 是当前动态实体的速度。

6.3.4 车头间距 (Distance, D)

D是指当前车辆与前车之间的距离，通常用于评估两车之间的空间关系。

计算方法：

$$D = X_{front} - X_{rear}$$

式中， X_{front} 是前方动态实体位置， X_{rear} 是后方动态实体位置。

6.4 边缘场景分布要求

在计算场景要素的概率和危险性后，将结果映射至以概率为纵轴、危险性为横轴构成二维坐标系，通过设定概率阈值和危险阈值划分不同区域。边缘场景分布于该空间的低概率-高危险区域，如图4所示。



图4 边缘场景的分布

中国智能交通协会团体标准
《自动驾驶系统仿真测试边缘场景定义及要求》
编制说明

标准编制组

2025年5月

目 录

一、工作简况	1
二、编制原则	6
三、标准内容的起草	7
四、主要试验验证结果及分析	8
五、标准水平分析	15
六、采标情况	16
七、与我国现行法律法规和有关强制性标准的关系	16
八、标准性质的建议	17
九、贯彻标准的要求和建议	17
十、废止、替代现行有关标准的建议	18
十一、其他应予以说明的事项	18

一、工作简况

1. 任务来源

《自动驾驶系统仿真测试边缘场景定义及要求》标准源于中国智能交通协会下达的 2024 年度团体标准制修订计划。

本标准起草单位为武汉理工大学，参与起草单位有吉林大学、中汽数据（天津）有限公司、同济大学、清华大学、西安交通大学、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、东风汽车集团股份有限公司。

2. 起草单位情况

2024 年 7 月，武汉理工大学智能交通系统研究中心接到标准制定任务后，成立了标准编制组，成员单位有武汉理工大学、吉林大学、中汽数据（天津）有限公司、同济大学、清华大学、西安交通大学、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、东风汽车集团股份有限公司。标准编制组开展了前期调研工作，阅读了国内外自动驾驶场景与边缘场景、驾驶自动化以及自动驾驶测试的相关标准、法规及技术资料，对目前国内外边缘场景进行了总结分析，提出了本标准的制定大纲和工作计划，并进行了分工。

2024 年 8 月-9 月，标准编制组对长春市、武汉市、咸宁市等多种道路场景进行了驾驶数据的采集。

2024 年 10 月，标准编制组在武汉理工大学召开研讨会，并对标

准的修改稿进行了深入讨论，针对各部分内容达成一致，将此标准向中国智能交通协会申报并经过协会专家函审后立项。

2024年10月，标准编制组根据立项审查意见调整和完善了标准内容架构。

2024年11月-2025年2月，标准编制组完成了标准的相关验证工作，对试验数据进行了分析整理。

2025年3月，标准编制组根据意见稿进行修改并提交协会。

2025年5月，标准编制组确认标准征求意见稿并提交协会。

3. 主要起草人及其所做的工作

介绍本标准的主要起草人、工作单位及主要工作，可以表格形式展示。

起草人	工作单位	职务	主要工作领域
胡钊政	武汉理工大学	中国人工智能学会智能交通专业委员会副秘书长、研究员	自动驾驶与智能交通
赵健	吉林大学	吉林大学智能网联汽车创新中心副主任、教授	自动驾驶系统
孟杰	武汉理工大学	副研究员	自动驾驶与机

			器人
陈虹	同济大学	中国自动化学 会会士、同济大 学电子与信息 工程学院院长、 教授	汽车控制与自 动驾驶
李升波	清华大学	清华大学车辆 与运载学院副 院长、教授	自动驾驶与智 能汽车
黄岩军	同济大学	教育部科技领 军人才团队负 责人、教授	自动驾驶决策 控制、自动驾驶 数据闭环
蒋才桂	西安交通大学	教授	智能车与机器 人
赵帅	中汽数据（天 津）有限公司	业务部部长	智能网联汽车
张元建	同济大学	教授	自动驾驶与人 工智能
褚端峰	武汉理工大学	研究员	自动驾驶车辆 控制
詹仙园	清华大学	副研究员	智能交通
刘志峰	东风汽车集团	智能化技术副	智能车辆

	股份有限公司	总工程师	
张骞	北京地平线机器人技术研发有限公司	基础算法总监	自动驾驶算法开发
余锋	宁波吉利汽车研究开发有限公司	高级算法工程师、高级工程师	车辆智能化
刘威	东软睿驰汽车技术（沈阳）有限公司	副总经理	智能车与大数据
谢蓉	中汽数据（天津）有限公司	中级工程师	智能车仿真与测试
杨敬淳	中汽数据（天津）有限公司	无	智能车仿真与测试
张佳楠	武汉理工大学	无	车路协同与智能交通
肖汉彪	武汉理工大学	无	机器人与自动驾驶
冯锋	武汉理工大学	无	自动驾驶与机器人
许聪	武汉理工大学	无	自动驾驶
李文旭	吉林大学	无	智能车辆与控

			制
--	--	--	---

表 1

4. 主要工作过程

标准编制组通过多次会议研讨、邮件交流、独立以及集中修改等方式，共同开展《自动驾驶系统仿真测试边缘场景定义及要求》的编制工作。标准编制组开展的各个阶段主要工作如下：

选题阶段：2024 年 7 月，经对现在自动驾驶边缘场景发展现状及发展需求进行调研分析，主要起草人之间经过措辞研讨，最终确定了自动驾驶系统仿真测试边缘场景定义及要求分级指南申报选题。

立项申报阶段：2024 年 10 月，修改完善团标申报材料。标准编制组对最新草案整体内容进行逐条研讨，最终各部分内容达成一致，统一向中国智能交通协会申报此团体标准，经过协会专家函审，通过立项。

立项审查阶段：2024 年 11 月，中国智能交通协会召开了标准立项审查会，会上专家肯定了标准立项的前期准备工作，一致认为自动驾驶系统仿真测试边缘场景定义及要求的研制具有必要性、可行性，虽然研制存在难度，但可从指南性标准入手。2024 年 12 月，根据立项审查意见，标准编制组调整和完善了标准内容架构，经审查后正式立项开展标准编制工作。

起草阶段：2024 年 12 月到 2025 年 2 月，针对前期草案修改并完善，形成征求意见稿。该阶段，标准编制组进行了多次会议研讨，

会议情况如下：

- 1) 2024年12月3日，由武汉理工大学智能交通系统研究中心主持召开现场研讨会议，与会人员就自动驾驶汽车仿真测试的现状 & 产业实践案例、边缘场景的研究现状、自动驾驶数据闭环在交通行业的应用场景、本标准的规范对象及适用范围、标准撰写思路等方面的问题进行交流与探讨，进一步完善标准的初步内容。
- 2) 2025年1月21日，由武汉理工大学智能交通系统研究中心主持召开网络会议，与会专家对标准初步内容、标准分级思路、结合测评需要考虑的标准条款以及后续工作计划等问题进行讨论。
- 3) 2025年2月10日，由武汉理工大学智能交通系统研究中心主持召开了标准征求意见稿(初稿)讨论会等。
- 4) 2025年3月5日，标准编制组采用线上线下结合方式组织召开了讨论会，最终确认征求意见稿提交至协会。

二、编制原则

本标准的格式、内容及表述方法参照了GB/T1.1-2009《标准化工作导则 第一部分：标准的结构和编写》，主要要求、实验方法参照了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》等。

目前自动驾驶系统仿真测试边缘场景的标准还未出现，但是有相

关的自动驾驶系统仿真测试、自动驾驶系统场景的相关标准，本标准的制定，解决了自动驾驶系统仿真测试边缘场景中无标准的问题，并能够与我国现行的标准体系相衔接。

三、标准内容的起草

1. 主要技术内容的确定和依据

(1) 边缘场景的定义原则与依据

参考《GB/T 40429 汽车驾驶自动化分级》和《ISO 34501 Road vehicles — Test scenarios for automated driving systems — Vocabulary》，自动驾驶系统的运行涉及多维度要素（自车、道路、环境等）的动态交互。边缘场景需全面反映这些要素的异常组合，以验证系统在极端条件下的表现。

依据《GB/T 43267 道路车辆 预期功能安全》，边缘场景聚焦低概率、高风险事件，确保测试覆盖可能导致严重后果的场景，如传感器失效或极端天气下的决策失误。

参考《ASAM OpenSCENARIO》标准，场景需以参数化形式定义，支持仿真环境中的重复验证，确保测试结果一致性和可追溯性。

结合《GB/T 44373-2024 智能网联汽车 术语和定义》和国家智能网联汽车发展要求，边缘场景定义需与国内法规框架一致，支持技术标准落地。

2) 边缘场景的描述要求与方法

依据《ASAM OpenSCENARIO》的场景描述规范，参数化建模可确

保场景要素（如速度、距离、天气参数）的精确定义，支持仿真测试的可执行性与一致性。

参考《ISO 34504 Road vehicles — Test scenarios for automated driving systems — Scenario categorization》，场景描述需包含动态、静态及环境要素，以全面模拟自动驾驶运行设计域（ODD）内的挑战。

基于国内外仿真测试实践，利用真实场景数据（如交通事故数据库）和专家知识构建虚拟环境，确保场景逼真度。参数化建模则参考《ISO 34501》的时空特性定义方法。

概率-安全（P-S）空间的概念源于风险评估理论，结合《GB/T 43267》的预期功能安全要求，通过量化指标（如碰撞时间TTC、车头时距THW）计算安全性，并以统计或仿真方法评估概率，科学划分边缘场景区域。

2. 标准中英文内容的汉译英情况

本标准中标题、术语和定义的英文由标准编制组翻译。经过武汉理工大学孟杰研究员的核对，认为汉译英内容能准确表达原条款的真实意思，翻译语句通顺，符合英文习惯。

四、主要试验验证结果及分析

当前标准中的主要内容以文献调研、产品调研为主来确定，对部分条款要求进行了产品实测分析。进行过试验的部分整体情况如下文所述：

1. 试验概况

本试验旨在研究自动驾驶系统在动态驾驶任务中可能遇到的边缘场景（Corner Scenarios），并通过定义、分类和数据采集的方式构建一个规范化的边缘场景数据库，以支持自动驾驶技术的测试与验证。边缘场景被定义为一类特殊的场景，具有小概率发生和低安全属性的特点，通常在自动驾驶系统运行时可能导致潜在风险。通过参考国际标准（如ISO 34501、ISO 34502、ISO 34503）中关于场景及场景要素的定义，并结合国内外相关文献的调研，实验提出了统一且规范化的边缘场景定义：边缘场景是自动驾驶系统在执行动态驾驶任务时，遇到的具有小概率、低安全属性的场景。这一定义不仅为后续研究奠定了理论基础，也为边缘场景的分类和数据采集提供了明确的方向。

试验的边缘场景分类方法以主车行驶任务与交通场景要素相结合的方式展开，采用多层次递进的分类框架。第一层级以主车行驶任务为核心，包括跟驰、环岛、自由行驶等典型任务；第二层级结合道路类型（如高速公路、环岛、乡村道路、城市道路、交叉路口等）和环境条件（如晴天、雨天、雾天、雪天、强炫光、黑夜等）；第三层级则进一步细化为正常行为和稀有行为。这种分类方式充分考虑了自动驾驶系统的操作设计域（ODD, Operational Design Domain）及场景组成要素，能够覆盖绝大部分边缘场景类型，为后续的数据采集和场景分析提供了结构化的依据。

在数据采集方面，实验通过多种来源获取边缘场景数据，包括无

人机航拍视角自然驾驶数据、车端视角自然驾驶数据，以及中汽数据提供的CIDAS事故场景数据，共计收集并分类出25类边缘场景数据。此外，实验还结合公开影像事故数据集，提取语义要素，并依据PEGASUS提出的六层场景要素结构模型对不同层次的场景要素进行分析。实验的目标之一是评估场景库中自然驾驶样本片段的数量是否达到 ≥ 0.4 万个，并通过参数形式（数值化描述，如车辆轨迹）和语义形式（图像帧描述，如行人外观）两种表达方式对样本进行统计。这一目标反映了实验对数据规模和多样性的重视，为边缘场景的全面评估提供了坚实的数据支持。

2. 试验概况

2.1 边缘场景分类方法

边缘场景的分类基于主车行驶任务与交通场景要素的结合，采用三层递进式结构，如图1所示。第一层级以主车任务划分，如跟驰、环岛、自由行驶等，反映了自动驾驶系统的核心功能场景。第二层级结合道路类型和环境条件，例如高速公路在晴天、城市道路在雨天等，涵盖了多样化的外部影响因素。第三层级则聚焦于行为特征，将场景分为正常行为和稀有行为，进一步突出边缘场景的特殊性。这种分类方法不仅逻辑清晰，而且能够全面覆盖自动驾驶系统的ODD范围，确保分类结果的普适性和实用性。

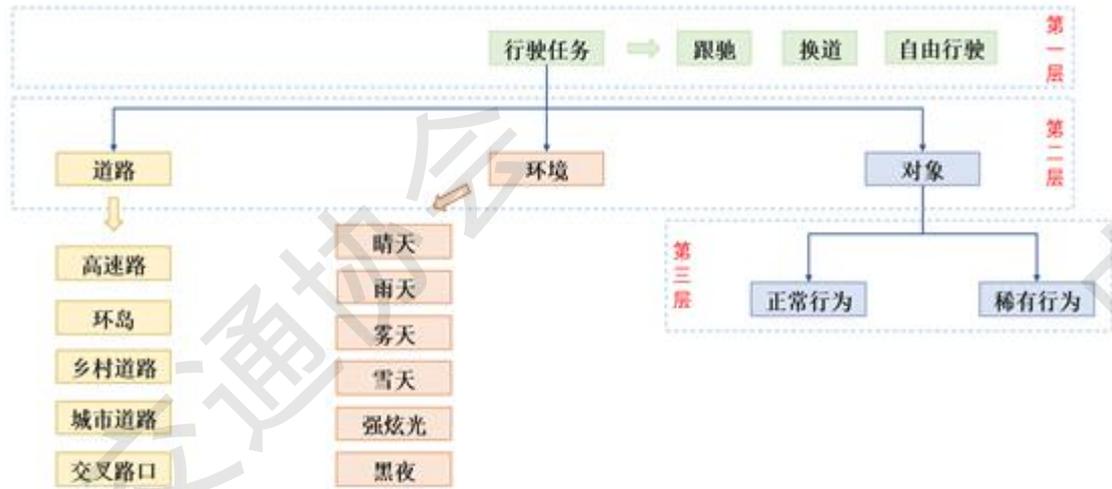


图1 边缘场景分类方式

2.2 边缘场景数据采集流程

实验通过多种数据采集平台获取边缘场景数据，确保数据的多样性和代表性。具体方法如下：

1) 无人机自然驾驶数据采集平台

使用大疆M30T无人机构建航拍视角的数据采集系统，对长春市内的多种道路场景进行交通流视频录制。采集完成后，利用四点法旋转目标标注格式对视频进行裁剪，抽取关键帧进行标注。采用YOLOV5网络训练并推理，结合DeepSORT算法实现车辆目标跟踪，拟合车辆的横纵向轨迹，最终以结构化参数形式存储为csv文件。这一流程充分利用了无人机的高空视角优势，提供了俯瞰交通流的独特数据，是多源自然驾驶数据的重要组成部分。

2) 车端视角自然驾驶数据采集平台

以红旗HS-9车辆为基础，结合环视摄像头、speedgoat和RT底盘信息系统套件，构建基于地平线J3的车端数据采集平台。该平台通过车辆内嵌系统实时检测周围目标物的ID及其运动信息，累计采集长春

市不同路段约30km的自然驾驶数据。数据以pack文件形式存储，通过解析可提取场景环视图片和周边车辆轨迹信息。这一方法从车辆自身的视角出发，补充了无人机数据无法覆盖的细节，成为多源数据的重要补充。

实验采集的数据及处理流程如图2所示。



图2 边缘场景数据采集流程

2.3 公开数据集处理流程

中汽数据提供的中国交通事故深度调查（CIDAS）数据集是边缘场景的重要来源之一。以一个具体事故为例：7月19日，在路口处，乘用车A由东向西直线行驶（城市道路，行驶方向2条机动车道，1条非机动车道，车辆处在从右侧计数第1条机动车道，速度约为60km/h），行人B由北向南直线行走（城市道路，行驶方向为横穿马路，速度约为8km/h），由于行人横穿马路，乘用车A前部与行人B接触，造成人员损伤、车辆损坏。同时，CIDAS场景数据中包括了描述道路网络的OpenDRIVE格式文件以及描述场景动态内容的OpenSCENARIO文件，能够实现对事故场景的完整表达，CIDAS数据描述示意图及现场照片分别如图3及图4所示。



图3 CIDAS数据现场照片

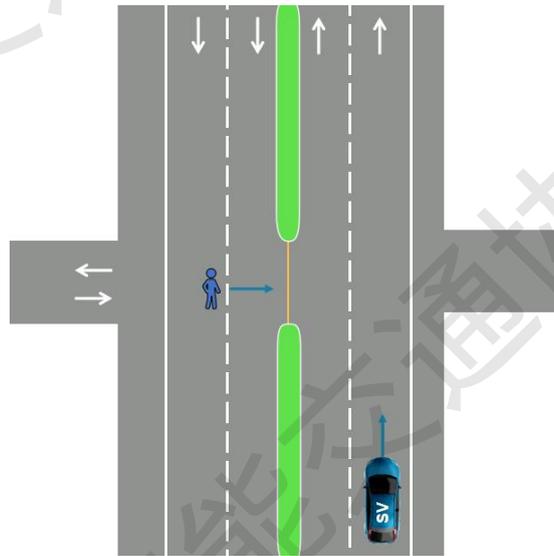


图4 CIDAS数据描述示意图

2.4 边缘场景的量化计算

边缘场景的量化计算是自动驾驶系统测试与验证中的关键环节，其目的是识别那些既罕见又具有潜在危险性的驾驶场景，从而为系统优化和安全性提升提供数据支持。本试验通过综合分析场景要素和车辆驾驶行为的稀有程度以及场景的危险程度，提出了一个系统化的边缘性评估方法。这种方法不仅能够量化场景的特性，还能为自动驾驶系统的鲁棒性测试提供理论依据。以下将详细介绍场景安全和场景概率的计算方法及其具体应用。

1) 场景安全性计算

场景安全性是衡量驾驶场景潜在风险的核心指标。本方法采用最小碰撞时间（TTCmin, Time to Collision）作为评估场景危险性的主要参数。TTCmin是指在当前车辆运动状态和环境中，若不采取任何规避措施，车辆与潜在障碍物（例如其他车辆、行人或固定物体）发生碰撞所需的最短时间。显然，TTCmin越小，意味着碰撞发生的可能性越高，场景的危险性也随之增加。这种基于时间的指标能够直观反映出驾驶场景的安全裕度。

2) 场景概率

场景概率则从统计学的角度评估场景的出现频率，旨在识别那些在日常驾驶中不常见的特殊情况。计算的基础是自然驾驶数据中车辆行为和场景要素的先验概率分布。这些数据通常来源于大规模的真实驾驶记录，包括道路类型、天气条件、交通流量、驾驶行为（如急刹车、变道）等。通过对这些数据的统计分析，可以得到各类场景要素的出现概率。

3. 试验总结分析

试验通过定义、分类和数据采集，成功构建了一个规范化的边缘场景研究框架，并初步验证了其可行性。分类方法以主车任务、道路环境和行为特征为依据，覆盖了自动驾驶系统可能遇到的绝大部分边缘场景类型，具有较强的系统性和扩展性。数据采集方面，实验整合了无人机、车端和CIDAS等多源数据，获取了25类边缘场景数据，数据来源丰富且互补，确保了场景库的多样性和真实性。

3. 试验总结分析

(1) 验证试验中，根据研究组讨论情况，选择了满足边缘场景研究基本要求的实验方案进行验证。实验通过定义、分类和数据采集，成功构建了一个规范化的边缘场景研究框架，并初步验证了其可行性。分类方法以主车任务、道路环境和行为特征为依据，覆盖了自动驾驶系统可能遇到的绝大部分边缘场景类型，具有较强的系统性和扩展性。数据采集方面，实验整合了无人机、车端和CIDAS等多源数据，获取了25类边缘场景数据，数据来源丰富且互补，确保了场景库的多样性和真实性。

(2) 通过试验验证，确认本研究框架的主要技术要求能够落地实施，不存在显著技术壁垒。在量化评价中，场景边缘性的计算方法综合考虑了稀有性和危险性，通过TTCmin、先验概率分布等指标实现了边缘场景的客观识别，设定阈值 $S=0.7$ 为筛选提供了明确标准，具有科学性和可操作性。无人机和车端平台的结合有效提升了数据采集的视角多样性，而CIDAS数据的引入增强了边缘场景的危险性表征能力。这些技术手段的实施表明，当前方案在理论构建和数据采集上具备较强的实用性，技术实现上没有明显障碍。

(3) 通过试验验证，确认本标准的试验方法均可实际操作。

五、标准水平分析

当前边缘场景的定义和测试要求缺乏统一的标准指导，导致测试结果的可靠性和一致性不足。本标准的制定，解决了自动驾驶系统仿真测试中边缘场景定义与要求不明确的问题，将能为边缘场景的规范

化测试提供技术依据。对自动驾驶技术的发展起引导作用，达到了规范行业技术评估的要求，对智能交通系统的可持续发展和自动驾驶行业的安全提升具有更加良好的支撑作用。

六、采标情况

本标准在制定过程中，广泛参考了国际标准和国外先进标准的相关内容，并结合国内自动驾驶技术的现状和发展需求进行修订和优化。具体来说：

本标准在部分内容上采用了国际和国家标准的术语及场景的定义，如ISO 34504 Road vehicles — Test scenarios for automated driving systems — Scenario categorization、GB/T 40429 汽车驾驶自动化分级、GB/T 43267 道路车辆 预期功能安全等。通过引入这些先进标准，确保了标准在全球范围内的可比性和适应性。

七、与我国现行法律法规和有关强制性标准的关系

本标准团体推荐性标准，标准内容适合国内自动驾驶系统测试发展现状，可指导自动驾驶车辆安全可靠性的提升。与现行相关法律、法规、规章及标准相互协调、没有冲突。

国内暂未颁布自动驾驶边缘场景相关的标准，但是与自动驾驶测试场景相关的标准仍具有参考意义。《道路车辆 — 自动驾驶系统测试场景 — 词汇（ISO 34501）》定义了自动驾驶系统测试中的常用场景词汇，包含了常见场景的术语和定义，可为本标准提供指导性参考；

《道路车辆 — 自动驾驶系统测试场景 — 场景分类》（ISO 34504）规定了提供了更细致的测试场景分类方法，适用于自动驾驶系统的安全评估。该标准使用标签来定义场景，并依据这些标签对场景进行分类。这些场景分类不仅仅限于常规交通环境，还包括一些关键场景，本标准中对边缘场景的定义是基于关键场景的定义进行延伸的；《自动驾驶仿真测试场景集要求》（T/CMAA 21002-2020）规定了自动驾驶仿真测试场景描述要求、自动驾驶仿真测试场景集要求和自动驾驶仿真测试场景数字格式要求，可为本标准制定提供参考。，最后通过《GB/T 40429 汽车驾驶自动化分级》、《GB/T 43267 道路车辆 预期功能安全》以及《GB/T 44373-2024 智能网联汽车 术语和定义》这些标准为参考，编写了散货船清舱系统智能化等级划分的相关内容。

八、标准性质的建议

根据《标准化法》，参考本标准的制定目的、适用范围、主要技术内容等方面的特点，确定本标准的性质。例如，本标准是国家标准、行业标准、地方标准、企业标准等。介绍本标准的性质所具有的主要特点和优势，包括对标准实施对象的指导作用、对标准实施过程的规范作用、对标准实施结果的保障作用等方面的内容。根据制定本标准的实际需要，对本标准的性质提出相应的建议。在建议中，应说明建议的依据和理由，包括本标准的实际情况和需要、相关法律法规和政策文件的规定、标准制定程序的要求等方面的内容。

九、贯彻标准的意见和建议

本标准主要规定了自动驾驶系统仿真测试中边缘场景的定义及相关要求，适用于自动驾驶系统仿真测试的项目需求、项目开展、测试验证和评估。边缘场景通常指自动驾驶系统在极端、罕见或复杂条件下可能面临的测试场景，旨在提升系统的安全性和可靠性。本标准为自动驾驶仿真测试提供了统一的技术规范和评判依据，涵盖场景分类、参数要求、测试方法等内容。

建议相关单位能够积极主动地学习本标准及相关资料，结合实际业务需求组织学习研究标准，贯彻实施标准。特别是自动驾驶研发企业、测试机构及相关监管部门，应深入理解边缘场景的定义与测试要求，将其融入系统开发与验证流程中。标准实施后，建议标准编制组组织标准宣贯，通过培训、研讨会等形式向行业普及标准内容，并开展自动驾驶系统仿真测试边缘场景的测评工作。在行业内部甚至对外的有关信息上，建议公开宣传标准及测评工作，例如通过行业会议、技术白皮书或媒体发布测评结果，展示标准实施的成效。这不仅有助于提升行业对边缘场景测试的重视程度，还能推动自动驾驶系统仿真测试技术的规范化与智能化发展，促进行业整体技术水平的提高和市场应用的加速落地。

十、废止、替代现行有关标准的建议

本标准为新立项制定的标准，不影响现行有关标准。

十一、其他应予以说明的事项

无