

团体标准

T/ITS 0200.2-2024

车路协同 路侧感知系统 第2部分：测试方法

Roadside sensing system for vehicle infrastructure cooperative system —
Part 1: Test methods

2024-10-9 发布

2024-10-9 实施

中国智能交通产业联盟 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 4

4 缩略语 5

5 测试系统 5

 5.1 系统组成 5

 5.2 真值系统 5

 5.3 测试数据系统 6

 5.4 评测系统 6

6 测试项目 6

7 系统测试 7

 7.1 路侧感知系统基础功能测试 7

 7.2 交通参与者感知测试 11

 7.3 交通事件感知定位测试 16

 7.4 交通运行状况测试 26

8 环境适应性测试 31

 8.1 电气安全性能试验 31

 8.2 电磁抗扰度测试 32

 8.3 气候环境适应性试验 33

 8.4 机械环境适应性试验 34

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。

T/ITS 0200《车路协同 路侧感知系统》系列标准分为以下2个部分：

- 第1部分：技术要求；
- 第2部分：测试方法。

本文件为T/ITS 0200《车路协同路侧感知系统》系列标准的第2部分。

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。

本文件由中国智能交通产业联盟（C-ITS）提出并归口。

本文件起草单位：北京百度网讯科技有限公司、中国信息通信研究院、交通运输部科学研究院、清华大学、华为技术有限公司、广州高新兴网联科技有限公司、中国信息通信科技集团有限公司、同济大学、上海机动车检测认证技术研究中心有限公司、北京航空航天大学、中国移动通信集团有限公司、北京万集科技股份有限公司、北京理工大学、中国市政工程西北设计研究院有限公司、腾讯云计算（北京）有限责任公司、中兴通讯股份有限公司、兆边（上海）科技有限公司、深圳市金溢科技股份有限公司、西南交通大学、云南交通运输职业学院、广州市德赛西威智慧交通技术有限公司、希迪智驾（湖南）股份有限公司、蘑菇车联信息科技有限公司、北京亮道智能汽车技术有限公司、中交投资有限公司、苏州艾氮英诺机器人科技有限公司、东软集团股份有限公司、成都通广网联科技有限公司、湖南湘江智能科技创新中心有限公司。

本文件主要起草人：李海峰、路宏、王鲲、林啸、张甲甲、杨凡、刘泽宇、时一峰、贾金让、龚正、邓静、杨健、郑义川、时也、武晓博、王枫、杨斐、曾少旭、李大成、王洪岳、鲍叙言、余冰雁、许庆、王震坡、刘鹏、刘偲、胡笛、敖婷、彭伟、胡健、陈晓、杨天、房家奕、韩松、王冰、刘增志、李晨毓、张学艳、王浩然、戴列峰、张平、雷艺学、孙湛博、嵇昂、王观、楼金彪、陈奔玮、张华伟、王佳、刘晓阳、张永合、杜水荣、张瑞芳、李文栋、李生鹏、张长隆、谢鹏程、程周、史立东、马伟、朱晓东、陈朋鑫、曾帅、王琦、张舒凯、陆丽蓉、陈娜、侯大卫、吴凡、石亦磊。

车路协同 路侧感知系统

第2部分：测试方法

1 范围

本文件规定了车路协同路侧感知系统的测试系统要求、测试项目、系统功能测试与性能测试方法。

本文件适用于指导和规范车路协同路侧感知系统的设计研发、测试验证及应用部署。

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 2423.1	电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温
GB/T 2423.2	电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温
GB/T 2423.3	环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验
GB/T 2423.5	环境试验 第2部分：试验方法 试验Ea和导则：冲击
GB/T 2423.10	环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：振动(正弦)
GB/T 15211	安全防范报警设备 环境适应性要求和试验方法
GB/T 17626.2	电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
GB/T 17626.4	电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
GB/T 17626.5	电磁兼容 试验和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度试验
GB/T 17626.11	电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验
GB/T 24726	交通信息采集. 视频车辆检测器
GB/T 28181	公共安全视频监控联网系统信息传输、交换、控制技术要求
GB/T 28649	机动车号牌自动识别系统
GB/T 29100	道路交通信息服务 交通事件分类与编码
GB/T 31024.1	合租式智能运输系统 专用短程通信 第1部分：总体技术要求
GB/T 33171	城市交通运行状况评价规范
GA 36	中华人民共和国机动车号牌
GA 802	道路交通管理 机动车类型
GA/T 833	机动车号牌图像自动识别技术规范
GA/T 1127	安全防范视频监控摄像机通用技术要求

3 术语和定义

T/ITS 0200.1界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

真值车 car with ground truth

安装了真值系统，能实时记录道路实际情况的测试车辆。

3.2

感知范围 sensing range

路侧感知系统能够检测出交通参与者、交通事件的距离范围。

3.3

最大感知目标数 maximum sensing target number

路侧感知系统在同一时刻能够稳定检测的交通参与者目标上限。

3.4

真正例 true positive; TP

被正确识别为正例的个数，即实际为正例且被检测为正例的实例数（样本数）。

3.5

假正例 false positive; FP

被错误识别为正例的个数，即实际为负例但被检测为正例的实例数（样本数）。

3.6

假反例 false negatives; FN

被错误识别为负例的个数，即实际为正例但被检测为负例的实例数（样本数）。

3.7

真反例 true negatives; TN

被正确识别为负例的个数，即实际为负例且被检测为负例的实例数（样本数）。

3.8

机动车号牌 vehicle license plate

按照机动车管理机关要求在机动车规定位置悬挂的号码牌。

[来源：GB/T 28649-2012，3.1]

3.9

端到端响应时间 end-to-end response time

真值车接收到路侧感知系统消息的整体时延，包括路侧感知系统感知时延和发送到车端接收后的时延。

4 缩略语

以下缩略语适用于本文件：

GNSS：全球定位系统(Global Navigation Satellite System)

IOU：交并比 (Intersection over Union)

ROI：感兴趣区域 (Region of Interest)

5 测试系统

5.1 系统组成

路侧感知测试系统由以下几个部分组成：

- 测试场景：根据测试项目，在封闭或开放道路环境构造的测试场景；
- 被测系统：路侧感知系统；
- 真值系统：路侧感知系统输出结果对应的第三方真值系统，比如车载真值系统或离线标注系统；
- 测试数据系统：负责收集记录路侧感知系统产生的数据；
- 评测系统：对测试数据系统收集的数据进行分析，输出评测报告。

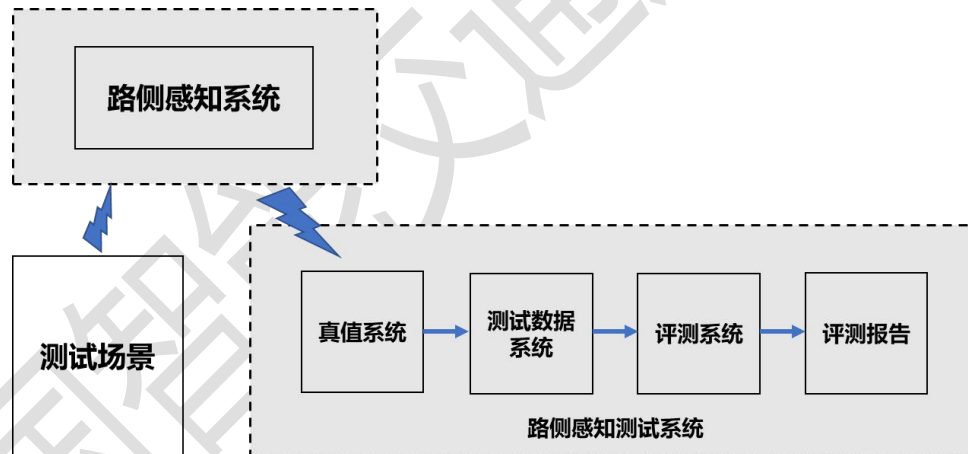


图1 测试系统组成架构图

5.2 真值系统

真值系统以车载真值系统为主，车载真值系统性能要求应高于路侧感知系统技术规格，包括时间精度、定位精度、速度和航向角等精度等，并满足以下基本要求：

- 测试车辆宜为小型机动车；
- 应具备无线通信能力，空旷、无遮挡、无干扰条件下通信距离不小于 300 m；
- V2X 消息的发送应符合 YD/T 3340、YD/T 3707、YD/T 3709 与 T/CSAE 53 等标准要求；

- d) 应支持从车辆数据总线或其他数据源获取数据，包括但不限于：车辆的本地时间、经纬度、速度、航向角等必要信息；
- e) 车辆数据输出信息的频率应不低于 10 Hz。

5.3 测试数据系统

测试数据系统用于实时收集记录路侧感知系统产生的数据，并对数据进行格式化输出，测试数据系统授时精度应不大于0.5 ms。

5.4 评测系统

根据不同的测试场景，利用真值系统和测试数据系统产生的数据，生成相关指标及趋势线，对路侧感知系统进行指标化度量，生成最终的评测报告。

6 测试项目

路侧感知系统的测试项目如下表1所示。

表 1 路侧感知系统测试项目

序号	测试内容		测试项目
1	系统测试	基础功能测试	最大感知范围
			最大感知目标数
			端到端响应时间
			感知消息输出频率
			定位精度
			速度检测精度
			航向角检测精度
		交通参与者感知定位测试	识别精确率
			识别召回率
			目标跟踪准确率
			机动车号牌识别精确率
			机动车号牌识别召回率
		交通事件检测测试	逆行事件
			超速事件
			停止事件
			交通事故
			拥堵事件
			道路施工事件
			行人事件
			骑行者事件
			异常低速事件
			机动车闯红灯事件
			不按导向行驶事件
			实线变道事件
			不礼让行人事件
			机动车占用骑行者道事件
			骑行者占用机动车道事件
			抛洒物事件

表 1（续）

序号	测试内容		测试项目
1	系统测试	交通运行状况检测测试	交通流量
			平均车速
			时间占有率
			排队长度
			排队车辆数
			车头时距
			排队溢出
2	环境适应性测试	电气性能试验	电源电压适应性
			绝缘测试
			耐压测试
			接地性能测试
			接触电阻测试
		电磁抗扰度试验	静电放电抗扰度测试
			电压短时中断抗扰度测试
			浪涌抗扰度测试
			电快速脉冲群抗扰度测试
		气候环境适应性试验	高温试验
			低温试验
			恒温恒湿
			雨淋试验
			粉尘试验
			盐雾试验
		机械环境适应性试验	振动试验
			冲击试验

7 系统测试

7.1 路侧感知系统基础功能测试

7.1.1 测试方法

路侧感知系统基础功能测试方法如下：

- 真值车行驶经过测试路口所有方向的各个车道确保无盲区，真值系统实时记录车的定位坐标信息、速度信息、朝向角信息和时间戳等；
- 真值车接收并记录路侧设备发送的感知数据，路侧感知数据应包含障碍物类型、障碍物在高精地图中的定位坐标信息、速度信息、朝向角信息以及当前帧的时间戳；
- 通过上述记录的真值系统数据和路侧感知系统数据，经评测系统计算出路侧感知系统基础功能指标。

7.1.2 最大感知范围

7.1.2.1 测试条件

真值车与被测点位运行正常。

7.1.2.2 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 真值车遍历被测试路口所有方向各个车道确保无盲区，真值车接收并实时记录路侧感知识别的障碍物位置信息，记录信息应包含路侧感知识别到的障碍物在高精地图中的坐标点和速度信息、障碍物在当前位置的时间戳及障碍物的类别；
- b) 选取并解析真值车遍历时间段的路侧感知识别的障碍物位置、速度信息，根据障碍物类别针对记录的每一帧数据进行分类，获取每类障碍物在高精地图的坐标点信息；
- c) 将步骤 b) 中的障碍物信息通过不同形式（不限于颜色、形状等）标记到测试路口的可视化底图上，每一帧数据生成一个映射到底图上的位置信息图层，标记出连续时间段所有帧的障碍物位置信息，通过多帧图层叠加生成一份感知覆盖图；
- d) 根据提前标注好的路口中心位置坐标，以路口中心点为圆心，在步骤 c) 中生成的感知图上依次绘制以 30 m 为间距的等距同心圆（具体以路口大小来决定），并在感知覆盖图中测绘从路口中心点到各类别障碍物各个方向的最远距离，以获取路侧感知系统的最大覆盖范围。

7.1.2.3 通过要求

输出的最大感知范围数值应符合具体路口传感器部署方案对感知能力的要求。

7.1.3 最大感知目标数

7.1.3.1 测试条件

真值车与被测系统运行正常。

7.1.3.2 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 真值车遍历被测试路口所有方向各个车道确保无盲区，收集路侧感知数据，包含路侧感知障碍物相关数据及路侧传感器生成数据时本地时间戳，并记录收集时刻的本地时间戳；
- b) 根据真值车存储的路侧感知数据，计算感知数据中附带的路侧传感器生成数据时间戳与真值车记录的时间戳差值，差值小于 100 ms 时为有效；
- c) 从有效数据中统计障碍物数量，每一帧中的感知数量计为单帧感知障碍物数目，求取一段时间内的感知障碍物数目的最大值，得到最大感知目标数。

7.1.3.3 通过要求

输出感知障碍物数量应符合相应路口传感器部署方案对感知能力的要求。

7.1.4 端到端响应时间

7.1.4.1 测试条件

真值车与被测系统运行正常。

7.1.4.2 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 真值车在测试区域进行测试，遍历路侧感知系统覆盖范围内的道路；
- b) 收集路侧感知数据，感知数据中应包含路侧传感器生成数据时的时间戳 t_1 ；
- c) 记录真值车接收到路侧消息时刻的时间戳 t_2 ；
- d) 分析计算路侧感知障碍物消息到真值车接收到障碍物信息时延，根据 t_1 和 t_2 的差值，分析每一帧数据的端到端时延；
- e) 汇总该时间段内所有帧的端到端时延值，从列表中选取升序 99 分位值，得出响应时间值。

7.1.4.3 通过要求

被测路口交通参与者的端到端响应时间应符合T/ITS 0200.1中表3感知时延的要求。

7.1.5 感知消息输出频率

7.1.5.1 测试条件

真值车与被测系统运行正常。

7.1.5.2 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 真值车在测试区域进行测试，遍历路侧感知系统覆盖范围内的道路；
- b) 记录真值车接收到路侧消息时刻的时间戳 t ；
- c) 通过时间戳 t 列表统计出测试时间段内真值车每秒收到的消息数量，将数量转换为频率，输出该时间段内的感知频率列表，从列表中选取降序 99 分位值作为感知信号频率。

7.1.5.3 通过要求

系统感知信号频率应符合T/ITS 0200.1中表3的要求。

7.1.6 定位精度

7.1.6.1 测试条件

真值车与被测系统运行正常。

7.1.6.2 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 真值车遍历车路协同路口各个车道，确保无盲区，并实时记录车的位置信息与路侧感知识别到障碍物的位置信息，记录信息应包含真值车在 UTM 坐标系下的坐标点及时间戳，路侧感知识别到障碍物在 UTM 坐标系下的坐标点及时间戳；
- b) 选取路口范围内一段连续时间的真值车及路侧感知识别障碍物的位置信息，配对真值车及路侧感知识别障碍物的位置信息，找到真值车位置信息列表中与路侧感知位置信息列表中时间点最近且时间差值小于 50 ms 的位置信息作为一帧对比数据，依次找出这段时间内符合时间差值要求的数据；
- c) 针对每一帧数据，从路侧感知障碍物中找到真值车并获取对应的位置信息，以真值车位置信息为基准，与路侧感知识别到的真值车位置进行对比，根据位置信息计算两者的位置误差（误差计算选取的是障碍物的 2D 形状的中心点）；
- d) 统计出的每一帧位置误差数据，将路口覆盖范围划分为若干个 30 cm×30 cm 的网格，计算真值车经过的每一个网格的位置误差均值，求出该路口内所有被覆盖到的网格的平均感知位置误差，即定位精度。

7.1.6.3 通过要求

被测路口感知定位精度应符合T/ITS 0200.1中表3的要求。

7.1.7 速度检测精度

7.1.7.1 测试条件

真值车与被测系统运行正常。

7.1.7.2 测试步骤

路侧感知系统测试步骤如下：

- a) 真值车遍历车路协同路口各个车道，确保无盲区，并实时记录真值车的速度信息与路侧感知识别到障碍物的速度信息，记录信息应包含真值车在UTM坐标系下的坐标点、速度信息及时间戳，路侧感知识别到障碍物在UTM坐标系下的坐标点、速度信息及时间戳；
- b) 选取路口范围内一段连续时间的真值车及路侧感知识别障碍物的位置、速度信息，配对真值车及路侧感知识别障碍物的速度信息，找到真值车位置信息列表中与路侧感知位置信息列表中时间点最近且时间差值小于50 ms的位置信息作为一帧对比数据，依次找出这段时间内符合时间差值要求的数据；
- c) 针对每一帧数据，从路侧感知障碍物中找到真值车并获取对应的位置、速度信息，以真值车速度信息为基准，与路侧感知识别到真值车速度进行对比，根据速度信息计算两者的速度误差；

d) 统计出的每一帧速度误差数据，将路口覆盖范围划分为若干个 $30\text{ cm} \times 30\text{ cm}$ 的网格，计算真值车经过的每一个网格的速度误差均值，求出该路口内所有被覆盖到的网格的平均速度误差，即速度检测精度。

7.1.7.3 通过要求

被测路口感知速度检测精度应符合T/ITS 0200.1中表3的要求。

7.1.8 航向角检测精度

7.1.8.1 测试条件

真值车与被测系统运行正常。

7.1.8.2 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 真值车遍历车路协同路口各个车道，确保无盲区，并实时记录真值车的航向角信息与路侧感知识别到障碍物的航向角信息，记录信息应包含真值车在UTM坐标系下的坐标点、航向角信息及时间戳，路侧感知识别到障碍物在高精地图中的坐标点、航向角信息及时间戳；
- b) 选取路口范围内一段连续时间的真值车及路侧感知识别障碍物的位置、航向角信息，配对真值车及路侧感知识别障碍物的航向角信息，找到真值车位置信息列表中与路侧感知位置信息列表中时间点最近且时间差值小于 50 ms 的位置信息作为一帧对比数据，依次找出这段时间内符合时间差值要求的数据；
- c) 针对每一帧数据，从路侧感知障碍物中找到真值车并获取对应的位置、航向角信息，以真值车航向角为基准，与路侧感知识别到真值车航向角进行对比，根据航向角信息计算两者的航向角误差；
- d) 统计出的每一帧航向角误差数据，将路口覆盖范围划分为若干个 $30\text{ cm} \times 30\text{ cm}$ 的网格，计算真值车经过的每一个网格的航向角误差均值，求出该路口内所有被覆盖到的网格的平均感知航向角误差，即航向角检测精度。

7.1.8.3 通过要求

被测路口航向角检测精度应符合T/ITS 0200.1中表3的要求。

7.2 交通参与者感知测试

7.2.1 测试方法

交通参与者感知测试包含全量障碍物感知测试和机动车号牌识别测试：

- a) 全量障碍物感知测试：在开放道路进行数据采集，采集数据经过筛选后，逐帧标注每一帧数据中所有障碍物的坐标、障碍物类别、遮挡情况和截断情况等真值，将标注后的真值数据与算法输出的障碍物数据进行比对，计算各个一级和二级类别障碍物类型进行障碍物识别精确率、障碍物识别召回率、障碍物识别平均精度、目标跟踪准确率等指标；
- b) 机动车号牌识别效果测试：在开放道路进行数据采集，采集数据经过筛选后，逐帧标注每一帧画面中所有机动车的车牌号码和车牌颜色等真值，将标注后的真值数据与算法输出的车牌数据进行比对，计算车牌识别精确率和车牌识别召回率等指标。

7.2.2 识别精确率

7.2.2.1 测试条件

测试条件应满足如下要求：

- a) 待测 RSCU 装有路侧感知系统；
- b) 待测 RSCU 驱动及感知程序正常运行，能够正常输出交通参与者结果；
- c) 依赖离线标注交通参与者真值，总帧数不少于 40000；
- d) 真值包含全部交通参与者类型且各类别数量不少于 1000，包含全部应用场景，覆盖不同距离维度。

7.2.2.2 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 准备多路口多场景下的相机离散图片、图片中交通参与者标注真值、不同路口对应的参数集；
- b) 使用不同路口下测试图片集作为输入，运行路侧感知模块，写入感知结果到文件中；
- c) 首先按照分类等级，分为全类别、一级类别和二级类别：
 - 1) 全类别：全部交通参与者；
 - 2) 一级类别：共 4 种；分为机动车、骑行者、行人、其他；
 - 3) 二级类别：共 12 种：
 - 机动车4种：轿车、卡车、大巴车（公交车）、货车；
 - 骑行者3种：自行车、摩托车、三轮车；
 - 行人；
 - 其他类别4种：可移动锥桶、固定锥桶、其他锥桶、三角牌；
- d) 依次对每个分类等级按照交通参与者类型进行分类；
- e) 逐帧匹配真值和感知结果，以单帧感知结果为准，依次匹配该类型所有障碍物的真值，真值标签默认签署为 0，计算二者障碍物框的 IOU；

- f) 找到全部匹配对里最大 IOU，当 IOU 大于或等于 0.5 时，计为该类型的 TP，匹配上的真值标签置为 1；若最大的 IOU 小于 0.5 时，计为该类型的 FP；
- g) 单帧感知结果全部完成匹配后，该帧标签为 0 的真值计为该类型 FN；
- h) 该类型所有评测帧匹配完成后，计算该类型的精确率；
- i) 完成全部类型交通参与者的匹配和指标计算；
- j) 重复测试 10 次，测试稳定性。

7.2.2.3 通过要求

识别精确率应符合 T/ITS 0200.1 中表 3 的相关要求。

7.2.3 识别召回率

7.2.3.1 测试条件

测试条件如下：

- a) 待测 RSCU 装有路侧感知系统；
- b) 待测 RSCU 驱动及感知程序正常运行，能够正常输出交通参与者结果；
- c) 依赖离线标注交通参与者真值，总帧数不少于 40000；
- d) 真值包含全部交通参与者类型且各类别数量不少于 1000，包含全部应用场景，覆盖不同距离维度。

7.2.3.2 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 准备多路口多场景下的相机离散图片、图片中交通参与者标注真值、不同路口对应的参数集；
- b) 使用不同路口下测试图片集作为输入，运行路侧感知模块，写入感知结果到文件中；
- c) 首先按照分类等级，分为全类别、一级类别和二级类别：
 - 1) 全类别：全部交通参与者；
 - 2) 一级类别：共 4 种；分为机动车、骑行者、行人、其他；
 - 3) 二级类别：共 12 种：
 - 机动车 4 种：轿车、卡车、大巴车（公交车）、货车；
 - 骑行者 3 种：自行车、摩托车、三轮车；
 - 行人；
 - 其他类别 4 种：可移动锥桶、固定锥桶、其他锥桶、三角牌；
- d) 依次对每个分类等级按照交通参与者类型进行分类；

- e) 逐帧匹配真值和感知结果，以单帧感知结果为准，依次匹配该类型所有障碍物的真值，真值标签默认签署为 0，计算二者障碍物框的 IOU；
- f) 找到全部匹配对里最大 IOU，当 IOU 大于或等于 0.5 时，计为该类型的 TP，匹配上的真值标签置为 1；若最大的 IOU 小于 0.5 时，计为该类型的 FP；
- g) 单帧感知结果全部完成匹配后，该帧标签为 0 的真值计为该类型的 FN；
- h) 该类型所有评测帧匹配完成后，计算该类型的召回率；
- i) 完成全部类型交通参与者的匹配和指标计算；
- j) 重复测试 10 次，测试稳定性。

7.2.3.3 通过要求

识别召回率应符合 T/ITS 0200.1 中表 3 的相关要求。

7.2.4 目标跟踪准确率

7.2.4.1 测试条件

测试条件如下：

- a) 待测 RSCU 装有路侧感知系统；
- b) 待测 RSCU 驱动及感知程序正常运行，能够正常输出障碍物结果；
- c) 依赖离线标注交通参与者真值，总帧数不少于 10000；
- d) 真值包含全部交通参与者类型且各类别数量不少于 1000，包含全部应用场景，覆盖不同距离维度。

7.2.4.2 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 准备多路口多场景下的相机离散图片、图片中交通参与者标注真值、不同路口对应的参数集；
- b) 使用不同路口下测试图片集作为输入，运行路侧感知模块，写入感知结果到文件中；
- c) 逐帧匹配真值和感知结果，以单帧感知结果为准，依次匹配该帧所有障碍物的真值，真值标签默认签署为 0，计算二者障碍物框的 IOU；
- d) 找到全部匹配对里最大 IOU，当 IOU 大于或等于 0.5 时，计为 TP，匹配上的真值标签置为 1，若真值和感知结果的追踪编号不一致，则计为目标跳变；若最大的 IOU 小于 0.5 时，计为 FP；
- e) 单帧感知结果全部完成匹配后，该帧标签为 0 的真值计为 FN；
- f) 所有评测帧匹配完成后，计算追踪精确度 MOTA；

$$\text{MOTA} = 1 - \frac{FN + FP + \phi}{T} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

T为帧数， ϕ 是所有帧目标跳变数， ϕ_i 为第i帧的目标跳变数，总共帧数为t，则 $\phi = \sum_t \phi_i$ ；

重复测试10次，测试稳定性。

7.2.4.3 通过要求

交通参与者目标跟踪精确率应符合T/ITS 0200.1中表3的相关要求。

7.2.5 机动车号牌识别精确率

7.2.5.1 测试条件

测试条件如下：

- a) 待测 RSCU 装有路侧感知系统；
- b) 待测 RSCU 驱动及感知程序正常运行，能够正常输出障碍物结果；
- c) 线上路口相机视频可以回放，支持车牌真值输出；
- d) 包含全部车牌类型、全部应用场景，总样本不少于 1000。

7.2.5.2 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 准备多路口多场景下的相机视频；
- b) 使用不同路口下相机视频作为输入，运行路侧感知模块，将车牌信息可视化打印在视频上；
- c) 检查经过路口的每一个机动车的号牌检测结果是否正确，正确计为 TP，错误记为 FP；
- d) 所有路口视频测试完成后，计算车牌的精确率 $P=TP/(TP+FP)$ ；
- e) 重复测试 10 次，测试稳定性。

7.2.5.3 通过要求

机动车号牌识别精确率应符合T/ITS 0200.1中表3的相关要求。

7.2.6 机动车号牌识别召回率

7.2.6.1 测试条件

测试条件如下：

- a) 待测 RSCU 装有路侧感知系统；
- b) 待测 RSCU 驱动及感知程序正常运行，能够正常输出障碍物结果；
- c) 线上路口相机视频可以回放，支持车牌真值输出；

- d) 包含全部车牌类型、全部应用场景，总样本不少于 1000。

7.2.6.2 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 准备多路口多场景下的相机视频；
- b) 使用不同路口下相机视频作为输入，运行路侧感知模块，将车牌信息可视化打印在视频上；
- c) 检查经过路口的每一个机动车的号牌检测结果是否正确，正确计为 TP，错误记为 FP，漏检的车牌计为 FN；
- d) 所有路口视频测试完成后，计算车牌的召回率=车牌框召回数量 $(TP+FP)$ / 真实存在的车牌总数 $(TP+FP+FN)$ ；
- e) 重复测试 10 次，测试稳定性。

7.2.6.3 通过要求

机动车号牌识别召回率应符合T/ITS 0200.1中表3的相关要求。

7.3 交通事件感知定位测试

7.3.1 测试方法

交通事件测试在封闭测试场或具备测试条件的开放道路进行测试，每个事件包含正向用例和负向用例共20例，其中正负向用例比例为1：3。正向用例为实际发生的交通事件，反向用例为未发生的交通事件。

若测试场地为十字路口，分别在四个方向距离路口中心85 m的直行车道，距离路口中心70 m的左转和右转车道，距离路口中心50 m的左转和右转车道进行交通事件构造。若测试场地为丁字路口，分别在三个方向的距离路口中心85 m、70 m、50 m的的左转和右转车道，以及路口中心和任选一个方向距离路口30 m的位置进行交通事件构造。

若测试场地为直行车道，如下图3所示，将检测范围划分为等比例区域，分别进行交通事件构造（如85 m、70 m、50 m、30 m、0 m），同一个位置需要不同的正负向交通事件，以记录的数据进行每个交通事件指标的计算。



图2 路侧感知检测范围

7.3.2 逆行事件

7.3.2.1 测试条件

测试条件如下：

- a) 路侧系统具备逆行事件检测和上报能力；
- b) 机动车一辆；
- c) 具备事件接收能力的交通事件展示平台。

7.3.2.2 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 车辆在允许速度内驶入感知 ROI 范围，且行驶方向与道路允许行驶方向相反；
- b) 查验交通事件展示平台是否接收到事件上报；
- c) 在感知覆盖范围均匀选择测试点位，重复步骤 a) 和步骤 b) 不少于 30 次；
- d) 计算：检测准确率、事件漏报率和事件虚报数；
- e) 功能稳定运行 24 h 以上，从交通事件展示平台统计事件虚报数。

7.3.2.3 通过要求

机动车逆行事件检测准确率、事件漏报率和事件虚报数应符合T/ITS 0200.1中6.3.2.3的要求。

7.3.3 超速事件

7.3.3.1 测试条件

测试条件如下：

- a) 路侧系统具备超速事件检测和上报能力；
- b) 机动车一辆；
- c) 具备事件接收能力的交通事件展示平台。

7.3.3.2 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 车辆驶入感知 ROI 范围内，且车速超过道路限速上限 20%，行驶方向与道路允许行驶方向相同，持续时间不低于 1 s；
- b) 查验交通事件展示平台是否接收到事件上报；
- c) 在感知覆盖范围均匀选择测试点位，重复步骤 a) 和步骤 b) 不少于 30 次；
- d) 计算：检测准确率、事件漏报率和事件虚报数；
- e) 功能稳定运行 24 h 以上，从交通事件展示平台统计事件虚报数。

7.3.3.3 通过要求

机动车超速事件检测准确率、事件漏报率和事件虚报数应符合T/ITS 0200.1中6.3.2.3的要求。

7.3.4 停止事件

7.3.4.1 测试条件

测试条件如下：

- a) 路侧系统具备异常停止事件检测和上报能力；
- b) 机动车一辆；
- c) 具备事件接收能力的交通事件展示平台。

7.3.4.2 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 车辆静止停留在感知 ROI 范围内，且静止时间不小于某一设定值；
- b) 查验交通事件展示平台是否接收到事件上报；
- c) 在感知覆盖范围均匀选择测试点位，重复步骤 a) 和步骤 b) 不少于 30 次；
- d) 计算：检测准确率、事件漏报率和事件虚报数；
- e) 功能稳定运行 24 h 以上，从交通事件展示平台统计事件虚报数。

7.3.4.3 通过要求

异常停止事件检测准确率、事件漏报率和事件虚报数应符合T/ITS 0200.1中6.3.2.3的要求。

7.3.5 交通事故

7.3.5.1 测试条件

测试条件如下：

- a) 路侧系统具备交通事故事件检测和上报能力；
- b) 机动车两辆；

- c) 具备事件接收能力的交通事件展示平台。

7.3.5.2 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 两辆车辆近距离静止停留在感知 ROI 范围内，时间 5 min 以上，周围有行人驻留；
- b) 查验交通事件展示平台是否接收到事件上报；
- c) 在感知覆盖范围均匀选择测试点位，重复步骤 a) 和步骤 b) 不少于 30 次；
- d) 计算：检测准确率、事件漏报率和事件虚报数；
- e) 功能稳定运行 24 h 以上，从交通事件展示平台统计事件虚报数。

7.3.5.3 通过要求

交通事故事件检测准确率、事件漏报率和事件虚报数应符合 T/ITS 0200.1 中 6.3.2.3 的要求。

7.3.6 拥堵事件

7.3.6.1 测试条件

测试条件如下：

- a) 路侧系统具备拥堵事件检测和上报能力；
- b) 机动车 3 辆及以上；
- c) 具备事件接收能力的交通事件展示平台。

7.3.6.2 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 将机动车静止停留在感知 ROI 范围内，需在同一机动车道内，车辆前后间距小于一倍车长；
查验交通事件展示平台是否接收到事件上报；
- b) 在感知覆盖范围均匀选择测试点位，重复步骤 a) 和步骤 b) 不少于 30 次；
- c) 计算：检测准确率、事件漏报率和事件虚报数；
- d) 功能稳定运行不少于 24 h，从交通事件展示平台统计事件虚报数。

7.3.6.3 通过要求

拥堵事件检测准确率、事件漏报率和事件虚报数应符合 T/ITS 0200.1 中 6.3.2.3 的要求。

7.3.7 道路施工事件

7.3.7.1 测试条件

测试条件如下：

- a) 路侧系统具备道路施工事件检测和上报能力；

- b) 锥筒 3 个以上;
- c) 具备事件接收能力的交通事件展示平台。

7.3.7.2 测试步骤

测试步骤如下:

- a) 在感知 ROI 范围内, 摆放 3 个以上锥筒, 锥筒围成面积应大于 1 m^2 ;
- b) 查验交通事件展示平台是否接收到事件上报;
- c) 在感知覆盖范围均匀选择测试点位, 重复步骤 a) 和步骤 b) 不少于 30 次;
- d) 计算: 检测准确率、事件漏报率和事件虚报数;
- e) 功能稳定运行 24 h 以上, 从交通事件展示平台统计事件虚报数。

7.3.7.3 通过要求

道路施工事件检测准确率、事件漏报率和事件虚报数应符合T/ITS 0200.1中6.3.2.3的要求。

7.3.8 行人闯入事件

7.3.8.1 测试条件

测试条件如下:

- a) 路侧系统具备行人闯入事件检测和上报能力;
- b) 测试假人 1 个;
- c) 具备事件接收能力的交通事件展示平台。

7.3.8.2 测试步骤

测试步骤如下:

- a) 在感知 ROI 范围内, 行人闯入路口内或者机动车道内;
- b) 查验交通事件展示平台是否接收到事件上报;
- c) 在感知覆盖范围均匀选择测试点位, 重复步骤 a) 和步骤 b) 不少于 30 次;
- d) 计算: 检测准确率、事件漏报率和事件虚报数;
- e) 功能稳定运行 24 h 以上, 从交通事件展示平台统计事件虚报数。

7.3.8.3 通过要求

行人事件检测准确率、事件漏报率和事件虚报数应符合T/ITS 0200.1中6.3.2.3的要求。

7.3.9 骑行者事件

7.3.9.1 测试条件

测试条件如下:

- a) 路侧系统具备骑行者闯入事件检测和上报能力;
- b) 骑行车 1 辆;
- c) 具备事件接收能力的交通事件展示平台。

7.3.9.2 测试步骤

测试步骤如下:

- a) 在感知 ROI 范围内,骑行者闯入路口内或者机动车道内;
- b) 查验交通事件展示平台是否接收到事件上报;
- c) 在感知覆盖范围均匀选择测试点位,重复步骤 a) 和步骤 b) 不少于 30 次;
- d) 计算:检测准确率、事件漏报率和事件虚报数;
- e) 功能稳定运行 24 h 以上,从交通事件展示平台统计事件虚报数。

7.3.9.3 通过要求

骑行者闯入事件检测准确率、事件漏报率和事件虚报数应符合T/ITS 0200.1中6.3.2.3的要求。

7.3.10 异常低速事件

7.3.10.1 测试条件

测试条件如下:

- a) 路侧系统具备低速事件检测和上报能力;
- b) 机动车 1 辆;
- c) 具备事件接收能力的交通事件展示平台。

7.3.10.2 测试步骤

测试步骤如下:

- a) 在路侧感知覆盖道路区域内,被测车辆沿车道行驶方向正向行驶,速度不大于车道限速下限的 80%;
- b) 查验交通事件展示平台是否接收到事件上报;
- c) 在感知覆盖范围均匀选择测试点位,重复步骤 a) 和步骤 b) 不少于 30 次;
- d) 计算:检测准确率、事件漏报率和事件虚报数;
- e) 功能稳定运行 24 h 以上,从交通事件展示平台统计事件虚报数。

7.3.10.3 通过要求

低速事件检测准确率、事件漏报率和事件虚报数应符合T/ITS 0200.1中6.3.2.3的要求。

7.3.11 机动车闯红灯事件

7.3.11.1 测试条件

测试条件如下：

- a) 路侧系统具备闯红灯事件检测和上报能力和红绿灯信号接收能力；
- b) 机动车 1 辆；
- c) 具备事件接收能力的交通事件展示平台。

7.3.11.2 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 在路侧感知覆盖路口对应行驶车道，车辆在红灯时段从机动车道越过停止线进入路口内，继续行驶通过并驶离路口，再次越过停止线进入机动车道内；
- b) 查验交通事件展示平台是否接收到事件上报；
- c) 在感知覆盖范围均匀选择测试点位，重复步骤 a) 和步骤 b) 不少于 30 次；
- d) 计算：检测准确率、事件漏报率和事件虚报数；
- e) 功能稳定运行 24 h 以上，从交通事件展示平台统计事件虚报数。

7.3.11.3 通过要求

机动车闯红灯事件检测准确率、事件漏报率和事件虚报数应符合T/ITS 0200.1中6.3.2.3的要求。

7.3.12 不按导向行驶事件

7.3.12.1 测试条件

测试条件如下：

- a) 路侧系统具备机动车不按导向行驶事件检测和上报能力和红绿灯信号接收能力；
- b) 机动车 1 辆；
- c) 具备事件接收能力的交通事件展示平台。

7.3.12.2 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 在路侧感知覆盖路口对应行驶车道，车辆不按照车道导向指示标记行驶，需有从机动车道内起步越过停止线并进入路口内的完整过程；
- b) 查验交通事件展示平台是否接收到事件上报；
- c) 在感知覆盖范围均匀选择测试点位，重复步骤 a) 和步骤 b) 不少于 30 次；
- d) 计算：检测准确率、事件漏报率和事件虚报数；
- e) 功能稳定运行不少于 24 h，从交通事件展示平台统计事件虚报数。

7.3.12.3 通过要求

机动车不按导向行驶事件检测准确率、事件漏报率和事件虚报数应符合T/ITS 0200.1中6.3.2.3的要求。

7.3.13 实线变道事件

7.3.13.1 测试条件

测试条件如下：

- a) 路侧系统具备机动车实线变道事件检测和上报能力；
- b) 机动车一辆；
- c) 具备事件接收能力的交通事件展示平台。

7.3.13.2 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 在路侧感知覆盖路口，测试车辆在行驶过程中车头和车尾都跨越实线，从一条车道进入到另外一条车道；
- b) 查验交通事件展示平台是否接收到事件上报；
- c) 在感知覆盖范围均匀选择测试点位，重复步骤 a) 和步骤 b) 不少于 20 次；
- d) 计算：检测准确率、事件漏报率和事件虚报数；
- e) 功能稳定运行 24 h 以上，从交通事件展示平台统计事件虚报数。

7.3.13.3 通过要求

实线变道事件检测准确率、事件漏报率和事件虚报数应符合T/ITS 0200.1中6.3.2.3的要求。

7.3.14 不礼让行人事件

7.3.14.1 测试条件

测试条件如下：

- a) 路侧系统具备不礼让行人事件检测和上报能力和红绿灯信号接收能力；
- b) 机动车 1 辆；
- c) 测试假人 1 个；
- d) 具备事件接收能力的交通事件展示平台。

7.3.14.2 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 在路侧感知覆盖路口内，行人不闯红灯情况下，机动车未对其进行礼让；
- b) 查验交通事件展示平台是否接收到事件上报；

- c) 在感知覆盖范围均匀选择测试点位，重复步骤 a) 和步骤 b) 不少于 30 次；
- d) 计算：检测准确率、事件漏报率和事件虚报数；
- e) 功能稳定运行 24 h 以上，从交通事件展示平台统计事件虚报数。

7.3.14.3 通过要求

不礼让行人事件检测准确率、事件漏报率和事件虚报数应符合T/ITS 0200.1中6.3.2.3的要求。

7.3.15 机动车占用骑行者道事件

7.3.15.1 测试条件

测试条件如下：

- a) 路侧系统具备机动车占用骑行者道事件检测和上报能力；
- b) 机动车 1 辆；
- c) 具备事件接收能力的交通事件展示平台。

7.3.15.2 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 在路侧感知覆盖路口内，机动车进入到骑行者道上，行驶时间大于 3 s 且行驶距离大于 5 m，然后驶出骑行者道；
- b) 查验交通事件展示平台是否接收到事件上报；
- c) 在感知覆盖范围均匀选择测试点位，重复步骤 a) 和步骤 b) 不少于 30 次；
- d) 计算：检测准确率、事件漏报率和事件虚报数；
- e) 功能稳定运行不少于 24 h，从交通事件展示平台统计事件虚报数。

7.3.15.3 通过要求

机动车占用骑行者道事件检测准确率、事件漏报率和事件虚报数应符合T/ITS 0200.1中6.3.2.3的要求。

7.3.16 骑行者占用机动车道事件

7.3.16.1 测试条件

测试条件如下：

- a) 路侧系统具备骑行者占用机动车道事件检测和上报能力；
- b) 机动车 1 辆；
- c) 骑行者 1 辆
- d) 具备事件接收能力的交通事件展示平台。

7.3.16.2 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 在路侧感知覆盖路口内，保持骑行者前方 8 m 的骑行者道上无阻碍，让骑行者在机动车道上行驶，行驶时间大于 2 s 且行驶距离大于 5 m，然后驶离机动车道；
- b) 在路侧感知覆盖路口内，将机动车停在骑行者前方 8 m 的骑行者道上，让骑行者在机动车道上行驶，行驶过被占用区域后，继续行驶距离大于 8 m，然后驶离机动车道；
- c) 查验交通事件展示平台是否接收到事件上报；
- d) 在感知覆盖范围均匀选择测试点位，分别重复步骤 a) 和步骤 b)，以及步骤 a)～步骤 c) 各不少于 30 次；
- e) 计算：检测准确率、事件漏报率和事件虚报数；
- f) 功能稳定运行不少于 24 h，从交通事件展示平台统计事件虚报数。

7.3.16.3 通过要求

骑行者占用机动车道事件检测准确率、事件漏报率和事件虚报数应符合 T/ITS 0200.1 中 6.3.2.3 的要求。

7.3.17 抛洒物事件

7.3.17.1 测试条件

测试条件如下：

- a) 路侧系统具备骑行者占用机动车道事件检测和上报能力；
- b) 机动车 1 辆；
- c) 测试假人 1 个；
- d) 包、水桶、箱子、木块、木板、衣服、遮货布、轮胎、大编织袋等杂物；
- e) 具备事件接收能力的交通事件展示平台。

7.3.17.2 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 在路侧感知覆盖路口内，机动车在车道行驶过程中往地面上抛洒杂物或行人往地面上抛洒一个杂物或多个杂物（不同抛洒物间隔 5 m 以上），抛洒物在地面停留时间不少于 30 s，停留 30 s 后将杂物移走；
- b) 查验交通事件展示平台是否接收到事件上报；
- c) 在感知覆盖范围均匀选择测试点位，重复步骤 a) 和步骤 b) 不少于 30 次；
- d) 计算：检测准确率、事件漏报率和事件虚报数；
- e) 功能稳定运行不少于 24 h，从交通事件展示平台统计事件虚报数。

7.3.17.3 通过要求

抛洒物事件检测准确率、事件漏报率和事件虚报数应符合T/ITS 0200.1中6.3.2.3的要求。

7.4 交通运行状况测试

7.4.1 测试方法

在封闭测试场或者具备测试条件的开放道路进行测试，通过录制视频等方式，借助测距仪、测速仪等专用设备，记录时间戳、车辆速度、车流量等数据，以该数据作为真值，与交通流展示平台输出的指标进行比对，进行交通流指标计算。

7.4.2 交通流量

7.4.2.1 测试条件

测试条件如下：

- a) 待测路段或路口装有路侧感知系统；
- b) 在路段或路口感知区域内划定一个能覆盖所有车道的断面；
- c) 待测路段或路口，能够稳定输出经过该断面各个车道车流量。

7.4.2.2 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 选定满足测试条件的路口；
- b) 录制该路段或路口各个车道 8:00-8:30、12:30-13:00、17:00-17:30 的路况视频；
- c) 将路况视频下载到本地，将视频与断面标注拟合；
- d) 导出该路段或路口对应时间段内的系统输出的车辆数及时间戳；
- e) 将时间周期设为 10 min，选取 6 个时间周期，周期内视频跟系统输出时间对应；
- f) 通过录制视频，统计在选定时间周期内，每条车道/某个流向通过断面的车辆数目；
- g) 通过系统输出文件，统计在选定时间周期内，每条车道/某个流向通过断面的交通流量；
- h) 以不同周期各个车道/某个流向内视频的统计结果为实际车辆数目，系统输出结果为检测车辆数目，计算交通流量相对误差， $\text{交通流量相对误差} = |\text{实际车辆数目} - \text{检测车辆数目}| / \text{实际车辆数目} \times 100\%$ ；
- i) 计算车流量准确率 = $100\% - \text{交通流量相对误差}$ 。

7.4.2.3 通过要求

车道准确率应符合T/ITS 0200.1中6.3.3.2的要求。

7.4.3 平均车速

7.4.3.1 测试条件

测试条件如下：

- a) 待测路段或路口装有路侧感知系统；
- b) 待测系统能够正常输出感知范围内的车辆速度、位置、时间；
- c) 准备 3 辆特征明显的且具备定速巡航功能的小汽车。

7.4.3.2 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 在感知范围内选定三个位置点，相邻位置点距离不低于 10 m；
- b) 选定一条车道，按顺序安排已知的三辆车以定速 20 km/h、40 km/h、60 km/h 的定速依次通过三个标记位置点；
- c) 记录每辆车经过每一个点位时间、速度；
- d) 根据记录的时间、位置、速度，在待测系统输出文件中，找出这三辆车在三个位置点对应速度，并求其平均速度（ $V_{\text{检测}}$ ）；
- e) 根据记录速度值，求出三辆车在三个位置点的平均速度（ $V_{\text{实际}}$ ）；
- f) 按下列公式计算出平均速度的相对误差：

$$P_{\text{平均速度}} = \frac{|V_{\text{实际}} - V_{\text{检测}}|}{V_{\text{实际}}} \times 100\% \quad (1)$$

- g) 计算平均车速准确率=100%-平均车速相对误差。

7.4.3.3 通过要求

平均车速的准确率应符合T/ITS 0200.1中6.3.3.2的要求。

7.4.4 时间占有率

7.4.4.1 测试条件

测试条件如下：

- a) 待测路段或路口装有路侧感知系统；
- b) 在路段或路口感知区域内划定一个区域；
- c) 待测路段或路口，能够稳定输出该区域各个车道的占有率；
- d) 选择封闭测试场或者封闭道路；
- e) 选择 5 辆特征明显的已知车辆。

7.4.4.2 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 选定满足测试条件的路段或路口；
- b) 选定 1 条车道，并选定时间周期；
- c) 在时间周期内，让 5 辆已知车辆依次通过该车道，记录车辆驶入和驶出划定区域的时间；
- d) 统计对应车道对应时间周期的车道占有率，车道实际占有率（ $O_{\text{实际}}$ ）=车道有车辆时间总和/时间周期；
- e) 导出系统在记录时间周期内，输出该车道的检测占有率（ $O_{\text{检测}}$ ）；
- f) 按下列公式计算出样本车道占有率的相对误差：

$$P_{\text{占有率}} = \frac{|O_{\text{实际}} - O_{\text{检测}}|}{O_{\text{实际}}} \times 100\% \quad (1)$$

- g) 计算车道占有率准确率=100%-车道占有率相对误差。

7.4.4.3 通过要求

车道时间占有率准确率不低于90%。

7.4.5 排队长度

7.4.5.1 测试条件

测试条件如下：

- a) 待测路段或路口装有路侧感知系统；
- b) 在路段或路口感知区域内划定一个区域；
- c) 待测路段或路口，能够稳定输出该区域各个车道的排队长度；
- d) 选择封闭测试场或者封闭道路；
- e) 选择 5 辆特征明显的已知车辆。

7.4.5.2 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 选定满足测试条件的路段或路口；
- b) 选定一条车道，选 5 辆长度已知的车辆，先后驶入该车道，并停在该车道上；
- c) 人工测量从第一辆车车头到最后一辆车车尾的距离；
- d) 记录时间及实际排队长度（ $Q_{\text{实际}}$ ）；
- e) 导出待测系统输出对应记录时间所有已知车辆停止后的排队长度（ $Q_{\text{检测}}$ ）；

按下列公式计算出排队长度的相对误差：

$$P_{\text{排队长度}} = \frac{|Q_{\text{实际}} - Q_{\text{检测}}|}{Q_{\text{实际}}} \times 100\% \quad (1)$$

f) 计算排队长度准确率=100%-排队长度相对误差。

7.4.5.3 通过要求

排队长度的准确率应符合T/ITS 0200.1中6.3.3.2的要求。

7.4.6 排队车辆数

7.4.6.1 测试条件

测试条件如下：

- a) 待测路口装有路侧感知系统；
- b) 对路口感知区域内停止线后的每一个车道进行标注；
- c) 待测路口，能够稳定输出各个车道排队的车辆数。

7.4.6.2 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 选定满足测试条件的路口；
- b) 录制该路段或路口各个车道 8:00-8:30、12:30-13:00、17:00-17:30 的路况视频；
- c) 将路况视频下载到本地，将视频与断面标注拟合；
- d) 导出该路段或路口对应时间段内的系统输出的车辆数及时间戳；
- e) 将时间周期设为 10 min，选取 6 个时间周期，周期内视频跟系统输出时间对应；
- f) 通过录制视频，统计在选定时间周期内，每条车道的排队车辆数目；
- g) 通过系统输出文件，统计在选定时间周期内，每条车道的排队车辆数目；
- h) 以不同周期各个车道视频的统计结果为实际车辆数目，系统输出结果为检测车辆数目，计算排队车辆数相对误差，排队车辆数相对误差=|实际车辆数目-检测车辆数目|/实际车辆数目 x100%；
- i) 计算排队车辆准确率=100%-排队车辆相对误差。

7.4.6.3 通过要求

排队车辆数准确率应符合T/ITS 0200.1中6.3.3.2的要求。

7.4.7 车头时距

7.4.7.1 测试条件

测试条件如下：

- a) 待测路段或路口装有路侧感知系统；
- b) 待测系统能够按规定时间正常输出感知范围内的平均车头时距；
- c) 安装一台能覆盖整个检测区域的高速相机，高速相机频率不低于 1000 Hz。

7.4.7.2 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 在检测区域内选择一个位置点，选定一个规定时间段；
- b) 高速相机抓拍并输出该时间段内所有车辆的车头通过该位置点的时间；
- c) 计算高速相机抓拍的平均车头时距（ $T_{\text{实际}}$ ）；
- d) 待测系统输出所有车道在该时间段的平均车头时距（ $T_{\text{检测}}$ ）；
- e) 按下列公式计算出平均车头时距的相对误差：

$$P_{\text{平均车头时距}} = \frac{|T_{\text{实际}} - T_{\text{检测}}|}{T_{\text{实际}}} \times 100\% \quad (1)$$

- f) 计算平均车头时距准确率=100%-平均车头时距相对误差。

7.4.7.3 通过要求

平均车头时距准确率应符合T/ITS 0200.1中6.3.3.2的要求。

7.4.8 排队溢出

7.4.8.1 测试条件

测试条件如下：

- a) 待测路口装有路侧感知系统；
- b) 将路口感知区域内出道口人行横道往下游 20 m~30 m 处范围划为待测区域；
- c) 待测路口，能够稳定输出该路口各个方向的溢出情况；
- d) 选择封闭测试场或者封闭路口；
- e) 选择 5 辆特征明显的已知车辆。

7.4.8.2 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 选定满足测试条件的路段或路口；
- b) 选 5 辆已知车辆，驶入并停放在待测区域，停满一个周期后驶出；
- c) 让该车道闲置一个周期；
- d) 记录时间及实际溢出情况 $O_{\text{实际}}$ ，用 0 或 1 表示，1 代表发生溢出，0 代表未发生；
- e) 重复步骤 a) ~ 步骤 d) 不少于 20 次；

- f) 导出待测系统输出对应记录时间所有周期的溢出系数 $O_{\text{检测}}$ ；
- g) 根据时间逐一对比 $O_{\text{实际}}$ 和 $O_{\text{检测}}$ ，根据对比结果计算 TP、FP、TN、FN 每个类别的总个数；
- h) 计算待测溢出指标的准确率和精确率。

7.4.8.3 通过要求

排队溢出的检测准确率和精确率应符合T/ITS 0200.1中6.3.3.2的要求。

8 环境适应性测试

8.1 电气安全性能试验

8.1.1 电源电压适应性

按表1设置系统电源电压值及工作时间，检查受试系统的电源电压适应性。

表2 电源适应性试验

序 号	供 电 电 源	工 作 时 间
1	264 V、48 Hz	1 h
2	264 V、52 Hz	1 h
3	176 V、48 Hz	1 h
4	176 V、52 Hz	1 h

8.1.2 绝缘测试

路侧感知系统相关设备不通电，开关置于接通位置。分别在电源电极或与电源电极相连的其他导电电路和安装机箱等易触及部件（不包括防雷器）之间及施加500 V直流试验电压，稳定1 min后，测量绝缘电阻。

8.1.3 耐压测试

路侧感知系统相关设备不通电，开关置于接通位置。分别在电源电极或与电源电极相连的其他导电电路和安装机箱等易触及部件（不包括防雷器）之间施加1500 V、50 Hz试验电压，试验电压应在5 s~10 s中逐渐上升到规定值，在规定的电压上保持1 min。

8.1.4 接触电阻测试

路侧感知系统相关设备不通电，开关置于接通位置。在接地端子（或接地触点）与安装机箱等易触及部件之间，施加空载电压不超过12 V产生的不少于10 A的电流，测量接触电阻。

8.1.5 接地性能测试

路侧感知系统相关设备不通电，开关置于接通位置。使用接地电阻测试仪（或等效测试方法）测量接地电阻。

8.2 电磁抗扰度测试

8.2.1 静电放电抗扰度测试

8.2.1.1 试验装置

试验用静电放电发生器应符合GB/T 17626.2要求。

8.2.1.2 试验方法

路侧感知系统通电正常工作，机壳按使用要求接地。试验配置应符合GB/T 17626.2要求，试验速率为2 s放电一次，每个放电点应对正极性和负极性各放电10次，试验等级为3级。

8.2.2 电快速瞬变脉冲群抗扰度测试

8.2.2.1 试验装置

试验用电快速瞬变脉冲群发生器应符合GB/T 17626.4要求。

8.2.2.2 试验方法

系统通电正常工作，机壳按使用要求接地。试验配置应符合GB/T 17626.4要求，试验电压选择正极性或负极性，试验持续时间为2 min，试验等级为3级。

8.2.3 浪涌抗扰度测试

8.2.3.1 试验装置

试验用雷击浪涌发生器和耦合及去耦网络均应符合GB/T 17626.5要求。

8.2.3.2 试验方法

路侧感知系统通电正常工作，机壳按使用要求接地。试验配置应符合GB/T 17626.5要求，试验时，正极性和负极性各加5次干扰，每次浪涌的重复时间间隔为30 s，试验等级为4级。

8.2.4 电压短时中断抗扰度测试

8.2.4.1 试验装置

试验用信号发生器应符合GB/T 17626.11要求。

8.2.4.2 试验方法

路侧感知系统通电正常工作，机壳按使用要求接地。试验配置应符合GB/T 17626.11要求，短时中断试验等级为0% U_T ，持续时间为20个电压周期，共进行5次试验，每次试验之间最小间隔为25 s。

8.3 气候环境适应性试验

8.3.1 高温试验

8.3.1.1 试验设备

试验设备应符合GB/T 2423.2的要求。

8.3.1.2 试验方法

将连接完毕的室外设备放入高温试验箱，在 $55\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度下连续放置24 h，其间试验设备连续通电工作。

8.3.2 低温试验

8.3.2.1 试验设备

试验设备应符合GB/T 2423.1的要求。

8.3.2.2 试验方法

将连接完毕的室外设备放入低温试验箱，在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度下连续放置24 h，其间试验设备连续通电工作。

8.3.3 恒定湿热试验

8.3.3.1 试验设备

试验设备应符合GB/T 2423.3的要求。

8.3.3.2 试验方法

将连接完毕的室外设备放入试验箱，在温度为 $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为90%~95%环境中保持24 h后，再接通电源工作24 h。试验后，进行绝缘电阻的测试。

8.3.3.3 雨淋试验

将未通电的室外设备按正常位置放置，雨淋试验喷水量为24.5 L/h，雨淋试验摆管以不小于120°的角度来回摆动，摆动周期为 $5 \pm 2\text{ s}$ ，持续时间为2 h。

8.3.4 粉尘试验

将未通电的室外设备放入粉尘试验箱，试验箱温度应保持在 $0\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度为45%~80%，试验箱中每立方米内应含保持滑石粉2 kg，每15 min扬尘5 s，持续2 h后取出。

8.3.5 盐雾试验

将室外设备以正常工作位置放入试验箱内。试验箱温度为 $35\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，盐雾溶液质量百分比浓度为 $5\%\pm 0.1\%$ ，盐雾沉降率为 $1.0\text{ ml}/(\text{h}\cdot 80\text{ cm}^2)\sim 2.0\text{ ml}/(\text{h}\cdot 80\text{ cm}^2)$ ，在48 h内每隔45 min喷雾15 min进行试验。试验后用流水清洗掉试样表面的沉积物，然后在室温中恢复放置1 h。

8.4 机械环境适应性试验

8.4.1 振动试验

8.4.1.1 试验设备

试验装置应符合GB/T 2423.10和GB/T 15211的要求。

8.4.1.2 试验方法

将连接完毕处于非工作状态的室外设备安装在振动试验台上，在上下方向进行定频振动试验，振动频率为33 Hz，频率误差不大于2%，振动加速度值 9.8 m/s^2 ，持续时间为1 h。

8.4.2 冲击试验

8.4.2.1 试验设备

试验装置应符合GB/T 2423.5的要求。

8.4.2.2 试验方法

将连接完毕并处于非工作状态的室外设备安装在试验台上，在上下方向分别进行峰值加速度为 98 m/s^2 ，脉冲持续时间为11 ms的半正弦波脉冲冲击3次。

中国智能交通产业联盟
标准

车路协同 路侧感知系统
第 2 部分：测试方法

T/ITS 0200.2-2024

北京市海淀区西土城路 8 号（100088）

中国智能交通产业联盟印刷

网址：<http://www.c-its.org.cn>

2024 年 10 月第一版 2024 年 10 月第一次印刷