

团体标准

T/ITS 0200.1-2024

车路协同 路侧感知系统 第1部分：技术要求

Roadside sensing system for vehicle infrastructure cooperative system —
Part 1: Technical requirements

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 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

 3.1 基础定义 2

 3.2 指标参数 2

 3.3 交通事件 4

 3.4 交通运行 6

4 缩略语 7

5 总体要求 8

 5.1 总体架构 8

 5.2 系统组成 9

 5.3 应用场景 9

6 感知系统技术要求 10

 6.1 系统分级 10

 6.2 通用要求 10

 6.3 功能与性能要求 11

7 设备设施技术要求 14

 7.1 路侧感知设施 14

 7.2 路侧计算单元 17

 7.3 路侧通信设施 19

附录 A（资料性） 融合感知定位框架 20

附录 B（规范性） 车路协同自动驾驶应用场景 21

附录 C（规范性） 路侧感知系统服务与车载自动驾驶能力对照 22

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1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、北京理工大学、同济大学、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、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、上海机动车检测认证技术研究中心有限公司、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、苏州艾氩英诺机器人科技有限公司、东软集团股份有限公司、中交投资有限公司、湖南湘江智能科技创新中心有限公司、成都通广网联科技有限公司。

本文件主要起草人：杨凡、刘泽宇、王鲲、路宏、龚正、王洪岳、沙杰峰、胡茂洋、杨斐、鲍叙言、曾少旭、余冰雁、邓静、王震坡、刘鹏、刘偲、许庆、胡笳、王浩然、孙湛博、嵇昂、时也、杨天、敖婷、袁亮、雷艺学、王枫、武晓博、陈晓、马天斌、房家奕、张学艳、吴冬升、宋书青、宋健、徐运、凤鸾、彭伟、王雷、王飞、时一峰、曹获、韩松、王冰、刘增志、陈奔玮、周浩、杜水荣、张瑞芳、张华伟、王佳、李晨毓、程周、刘晓阳、张永合、张长隆、谢鹏程、戴列峰、张平、王观、楼金彪、王琦、张舒凯、陆丽蓉、陈娜、陈朋鑫、张磊、刘凯、孟潮、朱晓东、侯大卫、史立东、陶琪琛。

车路协同 路侧感知系统

第1部分：技术要求

1 范围

本文件规定了车路协同路侧感知系统的总体架构、应用场景、系统功能要求和性能指标，以及相关设备设施的技术要求。

本文件适用于城市道路、公路和封闭园区等场景下车路协同系统中路侧感知系统的设计、开发、运行和维护。

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 24726	交通信息采集 视频交通流检测器
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/T 1127	安全防范视频监控摄像机通用技术要求
YD/T 3340	基于LTE的车联网无线通信技术 空中接口技术
YD/T 3707	基于LTE的车联网无线通信技术网络层技术要求
YD/T 3709	基于LTE的车联网无线通信技术 消息层技术要求
YD/T 3755	基于LTE的车联网无线通信技术 支持直连通信的路侧设备技术要求
T/CSAE 53	合作式智能运输系统 车用通信系统 应用层及应用数据交互标准（第一阶段）
T/CSAE 156	自主代客泊车系统总体技术要求
T/CSAE 157	合作式智能运输系统 车用通信系统应用层及应用数据交互标准（第二阶段）
T/CSAE 158	基于车路协同的高等级自动驾驶数据交互内容
T/CSAE 159	基于LTE的车联网无线通信技术 直连通信系统路侧单元技术要求
T/CSAE 185	智能网联汽车 自动驾驶地图采集要素模型与交换格式

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 基础定义

3.1.1

车路协同系统 vehicle-infrastructure cooperative system

由车载子系统、路侧子系统和中心子系统组成的，是基于无线通信、传感探测等技术，通过车-路、车-车通信进行信息交互和共享，实现车辆和道路基础设施之间智能协同与配合，达到优化利用系统资源，提高道路交通安全，缓解交通拥堵的道路交通系统。

[来源：GB/T 29108—2021，8.4]

3.1.2

路侧感知系统 roadside sensing system

部署在路侧的由计算设施、感知设备及相关附属设备（如气象监测设备）所组成的用于对道路交通参与者、交通事件和交通运行状况、气象环境等进行实时监测、识别和定位的系统。

3.1.3

路侧计算单元 road side computing unit; RSCU

部署在城市道路、公路沿线或者场端，配合其他设施或系统完成交通信息汇聚、处理与决策的计算模块、设备或设施。

3.1.4

路侧单元 road side unit; RSU

安装在路边的可实现V2X通信，支持V2X应用的软硬件单元。

3.1.5

云控平台 cloud control platform

服务于车路协同场景应用的平台系统，具有实时信息融合与共享、实时计算编排、智能应用编排、大数据分析、信息安全等基础服务能力，可为智能网联汽车、管理及服务机构、终端用户提供辅助驾驶、自动驾驶、交通运输安全、交通管理等协同应用和数据服务。

3.2 指标参数

3.2.1

感知时延 sensing delay

某交通参与者出现在某一空间位置或某事件发生时刻的实际时间，与路侧感知系统感知到该目标后发送该信息的实际时间之间的时间差。

3.2.2

感知消息输出频率 sensing message output frequency

路侧感知系统以特定周期向系统外发送消息在特定采样时间内的消息数量除以采样时间的长度。

[来源: TD/T 4770, 3.2.9, 有修改]

3.2.3

识别精确率 detection precision rate

即识别精度，在以一定距离阈值为关联条件下系统正确识别到的目标数或事件数（即真阳性数）与识别到的正样本总数之比，即： $P=TP/(TP+FP)$

式中：

TP——真阳性数，即正确检测数； FP——假阳性数，即误检数。

[来源: TD/T 4770, 3.3.8]

3.2.4

识别召回率 detection recall rate

在以一定距离阈值为关联条件下系统正确识别到的目标数或事件数（即真阳性数）与实际正样本总数之比，即： $R=TP/(TP+FN)$

式中：

TP——真阳性数，即正确检测数；

FN——假阴性数，即漏检数。

[来源: TD/T 4770, 3.3.7]

3.2.5

目标跟踪准确率 multi object tracking accuracy; MOTA

用于衡量跟踪任务在特定的路侧感知范围和时间的跟踪性能，可以描述目标丢失、误检、不匹配等错误的对跟踪带来的影响。其计算公式如下：

$$MOTA = \frac{\sum_t (FN_t + FP_t + IDSW_t)}{\sum_t GT_t}$$

式中：

GT_t表示第t帧中Groundtruth的个数；

FN_t表示第t帧中漏检的个数；

FP_t表示第t帧中虚检的个数；

IDSW_t表示第t帧中轨迹的id号发生转变的个数。

3.2.6

事件检测准确率 rate of accurate detecting

正确识别的事件数与应被正确识别的事件总数的百分比。

[来源: GA/T 1399.2-2017, 3.1.4]

3.2.7

事件漏报率 rate of failed alarm

系统在正常工作状态中，交通事件发生但未能检测并报警的次数占实际发生交通事件总次数的比率。

[来源：GB/T 28789-2012, 3.10]

3.2.8

事件虚报数 quantity of false alarm

系统在正常工作状态中，统计时间内并无交通事件发生，而系统出现虚报警的次数。

[来源：GB/T 28789-2012, 3.11]

3.2.9

交通参与者尺寸 the scale of traffic participant

能够完整包络交通参与者主体的最小立方体的长度、宽度和高度，其中长度是指分别过交通参与者前后最外端点且垂直于X平面的两平面间的距离，宽度是指分别过交通参与者两侧固定突出部位最外侧点且垂直于X平面的两平面间的距离，高度是指交通参与者最高点至X平面的距离。

3.2.10

交通参与者中心点 the geometry center of traffic participant

交通参与者尺寸的几何中心点，即为立方体的几何中心点。

3.2.11

尺寸检测精度 the detecting precision of scalability

路侧感知系统对交通参与者的尺寸检测值与实际值的误差平均值。

3.2.12

定位精度 positioning precision

路侧感知系统对交通参与者的位置检测值（经纬度）与实际位置的欧氏距离。

3.2.13

速度检测精度 the detecting precision of velocity

路侧感知系统对交通参与者的速度检测值与实际值的误差平均值。

3.2.14

航向角检测精度 detecting precision of heading angle

在感知范围内与特定时间内，路侧感知系统对所感知到的交通参与者的航向角（即为交通参与者运动方向与正北方向的顺时针夹角）检测值与实际值的平均绝对误差平均值。

3.3 交通事件

3.3.1

交通事件 traffic incident

道路上发生的，影响车辆通行及交通安全的异常交通状况行为，主要指停止事件、逆行事件、行人事件、抛洒物事件、拥堵事件、机动车驶离事件、低速/超速行驶等典型事件种类。

[来源：GB/T 28789—2012，3.1，有修改]

3.3.2

逆行事件 reverse traffic incident

车辆在道路上的行驶方向与规定方向相反，且行驶距离不小于某一设定值的交通事件。

[来源：GB/T 28789-2012，3.4]

3.3.3

超速事件 speeding incident

车辆在道路行驶过程中，行驶速度超过了法律、法规所规定速度限制的交通事件。

3.3.4

停止事件 stop incident

车辆在道路上由行驶状态改变为静止状态，且静止时间不小于某一设定值的交通事件。

[来源：GB/T 28789-2012，3.3]

3.3.5

交通事故 traffic accident

车辆在道路上因过错或意外造成的人身伤亡或财产损失的交通事件。

3.3.6

拥堵事件 jam incident

道路上出现单车道或多车道拥堵状况，影响道路畅通的交通事件。

[来源：GB/T 28789-2012，3.7]

3.3.7

道路施工事件 road work incident

道路上出现单车道或多车道施工状况，影响道路畅通的交通事件。

3.3.8

行人闯入事件 pedestrian entry incident

行人进入机动车道或其他禁止进入的区域，且行走时间或行走距离不小于某一设定值的交通事件。

[来源：GB/T 28789-2012，3.5]

3.3.9

异常低速事件 abnormal low speed incident

车辆沿车道行驶方向正向行驶，速度低于车道限速下限一定比例的交通事件。

3.3.10

机动车闯红灯事件 motor vehicle run red light incident

机动车违反交通信号红灯亮时禁止通行的规定，越过停止线并继续行驶的行为。

[来源：GA/T 496-2014，3.1，有修改]

3.3.11

不按导向行驶事件 drive without guidance incident

车辆在行驶过程中不按照对应车道所给定的导向行驶的交通事件。

3.3.12

实线变道事件 solid lane change incident

车辆在行驶过程中跨越实线，从一条车道进入另外一条车道的交通事件。

3.3.13

不礼让行人事件 vehicle running the pedestrian crosswalk incident

机动车行经人行横道，车身任何部位没有进入人行横道区域，遇已进入人行横道且未闯红灯的行人即将通过机动车前方时，未停车让行的交通事件。

[来源：GA/T 1244-2015，3.1，有修改]

3.3.14

机动车占用骑行者道事件 motor vehicle occupy non-motor vehicle lane incident

机动车在骑行者道上行驶，且行驶时间或行驶距离不小于某一设定值的交通事件。

3.3.15

骑行者占用机动车道事件 non-motor vehicle occupy motor vehicle lane incident

骑行者在机动车道上行驶，且行驶时间或行驶距离不小于某一设定值的交通事件。

3.3.16

抛洒物事件 loss incident

车道上物体从行驶车辆上遗落，干扰车道通行，且持续状态时间不小于某一设定值的交通事件。

[来源：GB/T 28789-2012，3.6]

3.4 交通运行

3.4.1

交通运行状况 traffic performance

道路或道路网交通运行的畅通与拥堵状态。

[来源：GB/T 33171-2016，3.1]

3.4.2

平均车速 average speed

单位时间内，通过道路上检测断面全部车辆车速的算数平均值。

[来源: GB/T 24726-2021, 3.8, 有修改]

3.4.3

时间占有率 time occupation ratio

在某一段时间间隔内, 单车道上检测断面被车辆占有的时间与该时间间隔百分比。

[来源: GB/T 24726-2021, 3.8]

3.4.4

排队长度 queue length

车辆排队队列从交叉口停止线或排队起点至队列末尾之间的长度。

[来源: GA/T 115-2020, 3.5]

3.4.5

排队车辆数 queue number

车辆排队队列从交叉口停止线或排队起点至队列末尾之间的车辆自然数。

3.4.6

平均车头时距 average time headway

统计周期内, 在逐一采集机动车车头时间间距数据的基础上, 计算该车道内机动车车头时间间距的算术平均值, 单位 s。

[来源: GB/T 24726-2021, 3.6, 有修改]

3.4.7

排队溢出 queue spillback

下游交叉口车辆排队蔓延至上游交叉口的交通现象。

[来源: GA/T 115-2020, 3.8]

3.4.8

交通流量 traffic volume

单位时间内通过道路某一地点、某一断面或某一车道的交通实体数。

[来源: GB/T 29107-2012, 3.2, 有修改]

4 缩略语

以下缩略语适用于本文件:

CGCS2000: 2000国家大地坐标系 (China Geodetic Coordinate System 2000)

GNSS: 全球导航卫星系统 (Global Navigation Satellite System)

GPS: 全球定位系统 (Global Positioning System)

ISAPI: 服务应用程序接口 (Internet Server Application Programming Interface)

MQTT: 消息队列遥测传输 (Message Queuing Telemetry Transport)

MTBF：平均无故障工作时间（Mean Time Between Failure）

NTP：网络时间协议（Network Time Protocol）

OBU：车载单元（Onboard Unit）

PTP：高精度时间同步协议（Precise Time Protocol）

TCP：传输控制协议（Transmission Control Protocol）

UDP：用户数据报协议（User Datagram Protocol）

UTC：协调世界时（Coordinated Universal Time）

UTM：通用横轴墨卡托投影（Universal Transverse Mercator）

V2I：车载单元与路侧单元通讯（Vehicle to Infrastructure）

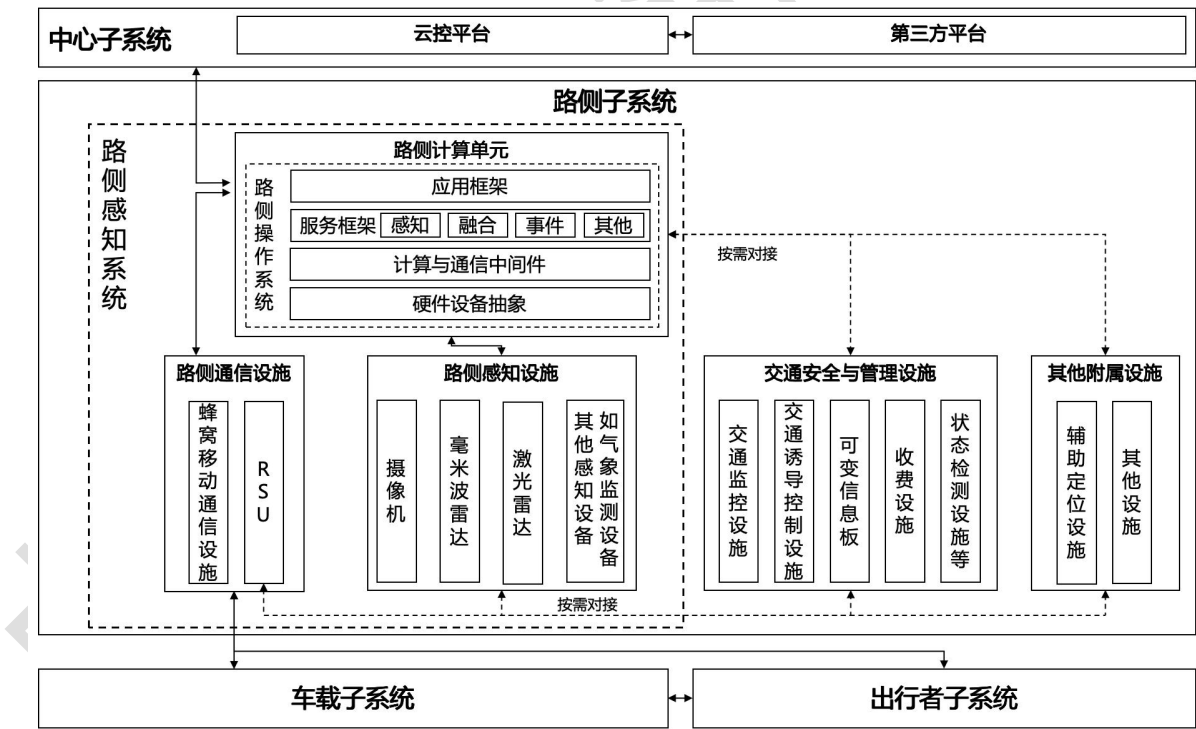
V2P：车载单元与行人通讯（Vehicle to Pedestrian）

V2V：车载单元之间通讯（Vehicle to Vehicle）

V2X：车载单元与其他设备通讯（Vehicle to Everything）

5 总体要求

5.1 总体架构



注1：本架构为逻辑架构，不代表实际的部署架构；

注2：与车路协同应用无直接关联的连接，本架构中未予以体现，如交通安全与管理设施与第三方平台等。

图1 车路协同总体架构图

车路协同系统总体架构见图1，由以下四个主要部分构成：

- a) 出行者子系统：由出行者所携带的各类信息终端或其它信息处理设备构成；
- b) 车载子系统：包括 OBU 或其他车载智能终端，也可以包括车载计算控制模块、车载网关、路由器等；
- c) 路侧子系统：以路侧计算单元、路侧通信设施、路侧感知设施等为核心，也可包括交通安全与管理设施或其他附属设施等；
- d) 中心子系统：包括云控平台和相关第三方平台，提供设备接入管理、数据汇聚共享、业务支撑和相关服务。

5.2 系统组成

5.2.1 路侧感知系统属于路侧子系统的一部分，包含路侧感知设施、路侧计算单元、路侧通信设施等。路侧计算单元作为承载智能化的计算模块，可以与路侧通信设施或路侧感知设施做一体化设计。

5.2.2 路侧感知设施包括各类感知设备，如摄像机、毫米波雷达、激光雷达等，路侧感知设施技术要求见 7.1 节。

5.2.3 路侧计算单元负责对接入设备的各类数据进行汇聚和融合处理分析，并支撑开展各类车路协同应用，路侧计算单元技术要求见 7.2 节。路侧计算单元通过路侧操作系统实现分层解耦和开放性，见 7.2.4。

5.2.4 路侧计算单元需要对路口或路段的多个传感器数据进行实时融合处理分析，得到全量、较高精度的感知定位结果。路侧计算单元融合感知定位的总体框架与流程见附录 A。

5.2.5 路侧通信设施技术要求见 7.3 节。

5.3 应用场景

5.3.1 辅助驾驶及自动驾驶类应用场景

路侧感知系统可广泛应用于车路协同辅助驾驶及自动驾驶的各类应用场景，包括但不限于附录B中的相关内容，详情可参照T/CSAE 53、T/CSAE 156、T/CSAE 157和T/CSAE 158的要求。

5.3.2 其他应用场景

路侧感知系统除了服务于自动驾驶外，还可为交通安全管理、交通管理、出行服务等行业应用提供支撑，包括但不限于：

- a) 交通安全管理：如紧急事件通告、紧急车辆调度与优先通行、运输车辆及驾驶员的安全监控、超载超限管理、弱势交通群体安全保护等；
- b) 交通运行监管：交通法规告知、交通信号动态优化、交通流量监控等；
- c) 公众出行服务：实时指引与导航，施工、交通事件、交通信号灯等信息提醒，以及建议行程、兴趣点通知等。

6 感知系统技术要求

6.1 系统分级

根据感知融合能力与应用服务对象不同，可将路侧感知系统分为以下三种级别，路侧感知系统各级别提供的服务与车载自动驾驶能力对照见附录C：

- a) SL1 级：面向平台数据类应用的感知能力等级，符合该等级的路侧感知系统指标应可支撑相应的数据统计与平台管控类应用；
- b) SL2 级：面向辅助驾驶类应用的感知能力等级，符合该等级的路侧感知系统指标应可支撑向驾驶员提供实时道路信息、辅助驾驶员进行现场决断类的应用；
- c) SL3 级：面向自动驾驶类应用的感知能力等级，符合该等级的路侧感知系统指标应可作为车外传感器，为自动驾驶系统提供有价值的实时道路信息，支撑自动驾驶系统进行决策类的应用。

6.2 通用要求

6.2.1 时空参照系

路侧感知系统空间应支持CGCS2000坐标系转换功能，系统时间坐标系宜采用UTC，空间投影宜采用UTM。

6.2.2 授时要求

系统内相关设备应具备标准时钟源同步功能，宜支持GNSS授时、NTP或PTP等时钟同步协议，授时精度应优于0.5 ms。

6.2.3 高精度地图要求

路侧感知系统建设及后期运营过程中所使用的高精度地图及服务宜满足如下要求：

- a) 高精地图采集、制作与应用等符合现行相关规范的要求；
- b) 绝对精度不低于 50 cm；
- c) 每 100 m 相对误差不超过 20 cm；
- d) 可提供面向平台的地图查询、地图匹配、车路协同应用、可视化等功能标准 API 服务和面向车辆应用的地图查询服务；
- e) 覆盖道路、车道且应包含骑行者道信息及路侧设施，如有特殊场景应用需包含园区、地上等；
- f) 根据应用需求可支持 MIF、SHP、NDS、Opendrive、OSM 数据格式等。

6.2.4 数据时间戳同步要求

接入到同一RSCU的同类感知设备输出的帧率应保持一致，不同感知设备检测的时间戳误差不大于100 ms。

6.2.5 网络传输要求

各传感器与RSCU之间通过光纤或网络交换机进行网络通信和数据交互，交换机的单向带宽宜不小于100 Mbps，RSCU到机房的传输带宽宜不小于100 Mbps。

6.3 功能与性能要求

6.3.1 交通参与者感知定位

6.3.1.1 交通参与者类型识别

系统应具备交通参与者类型识别能力，可识别的交通参与者类型参见表1。

表1 交通参与者类型识别要求

序号	可识别类型		SL1	SL2	SL3
1	车辆	轿车	●	●	●
2		卡车、货车	●	●	●
3		大巴车、公交车等	●	●	●
4		紧急或特殊车辆等（救护车、消防车、渣土车等）	●	●	●
5	骑行者	自行车、摩托车、三轮车等	●	●	●
6	行人		●	●	●
7	特殊目标：如锥筒、三角警示牌、遗撒或低矮障碍物等		●	●	●
注：“●”表示应具备功能，“○”表示宜具备功能。					

6.3.1.2 特征识别

系统应具备交通参与者静态或动态特征识别能力，可识别的交通参与者特征信息参见表2。

表2 交通参与者特征识别要求

序号	可识别特征		SL1	SL2	SL3
1	静态特征信息	尺寸	○	●	●
2		机动车号牌	○	○	○
3		颜色	○	○	○
4		品牌	○	○	○
5		驾驶员或乘客信息等	○	○	○
6	动态特征信息	位置	●	●	●
7		速度	●	●	●
8		加速度	○	○	●
9		航向角	●	●	●
10		历史轨迹	○	○	●
11		轨迹预测	○	○	●
注：“●”表示应具备功能，“○”表示宜具备功能。					

6.3.1.3 性能要求

系统对交通参与者识别与定位性能要求见表3。

表 3 交通参与者感知定位性能要求

性能指标		系统类别		
		SL1	SL2	SL3
类型识别	机动车	精确率≥90% 召回率≥95%	精确率≥90% 召回率≥95%	精确率≥95% 召回率≥99%
	骑行者	精确率≥80% 召回率≥85%	精确率≥85% 召回率≥85%	精确率≥90% 召回率≥99%
	行人	精确率≥80% 召回率≥85%	精确率≥85% 召回率≥85%	精确率≥90% 召回率≥99%
	其他障碍物、特殊目标	精确率≥80% 召回率≥85%	精确率≥80% 召回率≥85%	精确率≥90% 召回率≥99%
目标跟踪	目标跟踪精确率	30%(车辆)	60%(车辆) 40%(骑行者) 40%(行人)	80%(车辆) 50%(骑行者) 50%(行人)
静态特征识别	轮廓尺寸检测误差	≤2m	≤1.5m	≤0.5 m
	机动车号牌识别	精确率≥95% 召回率≥95%	精确率≥95% 召回率≥95%	精确率≥95% 召回率≥95%
动态特征识别	速度检测精度	机动车 ≤5 km/h	机动车≤2.5 km/h 骑行者≤3.6 km/h 行人≤3.6 km/h	机动车≤1 km/h 骑行者≤1.8 km/h 行人≤1.8 km/h
	定位精度	≤2m	≤1.5m	≤0.5 m
	航向角检测精度	机动车≤5°	机动车≤5°	全类别≤ 2.5°
感知时延		≤ 500 ms	≤ 200 ms	≤ 100 ms
感知消息输出频率		≥1 Hz	≥5 Hz	≥10 Hz (99分位)
注1：“—”表示不适用, 指标未标注99分位则默认为均值。				

6.3.2 交通事件感知定位

6.3.2.1 事件类型识别

系统应具备交通事件识别能力，可识别的交通事件类型应满足GB/T 28789、GB/T 29100的要求，交通事件类型识别要求见表4。

表 4 交通事件类型识别要求

序号	可识别事件类型	SL1	SL2	SL3
1	交通事故	●	●	●
2	道路施工	●	●	●
3	拥堵事件	●	●	●
4	停止事件	○	○	●
5	逆行事件	○	○	●
6	异常低速/超速事件	○	○	●
7	行人闯入事件	○	○	●
8	抛洒物事件	○	○	●
9	机动车驶离	○	○	●
10	骑行者闯入	○	○	○
11	机动车闯红灯	○	○	○
12	机动车不按导向行驶	○	○	○

表 4（续）

序号	可识别事件类型	SL1	SL2	SL3
13	实线变道	○	○	○
14	不礼让行人	○	○	○
15	机动车占用骑行者道行驶	○	○	○
16	骑行者占用机动车道行驶	○	○	○
17	其他自定义事件	○	○	○
注：“●”表示应具备功能，“○”表示宜具备功能。				

6.3.2.2 事件特征信息识别

系统应输出交通事件感知定位结果信息见表5。

表 5 交通事件特征信息识别要求

序号	可识别事件的特征信息	SL1	SL2	SL3
1	交通事件类型	●	●	●
2	事件位置	●	●	●
3	事件所在车道	○	●	●
4	事件影响区域	○	●	●
5	事件持续时间	○	●	●
6	事件涉及的交通参与者信息	○	○	○
注：“●”表示应具备功能，“○”表示宜具备功能。				

6.3.2.3 性能要求

交通事件检测性能宜满足：交通事件识别检出率大于等于96%；系统在正常工作状态中，24h内并无交通事件发生而系统出现交通事件识别虚警数小于等于1次。

[来源：GB/T 28789-2021 5.4.2，有修改]

6.3.3 交通运行状况感知

6.3.3.1 类型识别

系统应具备交通运行状况感知计算能力，具体指标类型要求见表6。

表 6 交通运行状况指标类型要求

序号	指标类型	系统级别		
		SL1	SL2	SL3
1	交通流量	○	○	●
2	平均车速	○	○	●
3	时间占有率	○	○	○
4	排队长度	○	○	●
5	排队车辆数	○	○	○
6	车头时距	○	○	○
7	排队溢出	○	○	●
注：“●”表示应具备功能，“○”表示宜具备功能。				

6.3.3.2 性能要求

系统对交通运行状况检测性能宜符合GB/T 24726-2021 4.3.1节中的指标要求。

7 设备设施技术要求

7.1 路侧感知设施

7.1.1 感知摄像机

7.1.1.1 通用要求

感知摄像机通用要求如下：

- a) 可根据需要选配枪式摄像机、球形摄像机或鱼眼摄像机等；
- b) 具备交通事件检测功能的感知摄像机应满足 GB/T 28789 的要求；
- c) 具备监控执法功能的感知摄像机应满足 GB/T 28181 和 GA/T 1127 的要求；
- d) 具备交通运行监测功能的感知摄像机应满足 GB/T 24726 和 GB/T 33171 的要求。

7.1.1.2 功能要求

感知摄像机功能要求如下：

- a) 交通现场、场端连续视频监控；
- b) 多码流视频录像；
- c) 可具备自诊断和报警功能；
- d) 支持 GNSS、NTP 或 PTP 时钟同步，宜输出毫秒级时间戳。

7.1.1.3 性能要求

感知摄像机宜满足以下性能要求：

- a) 支持输出可配置的 H.265 或 H.264 码流，码流支持可定义，同时支持 MJPEG 编码，抓拍图片采用 JPEG 编码及 Smart JPEG 压缩，图片质量可设置；
- b) 支持抓拍图片断网续传；
- c) 不低于 400 万像素。

7.1.1.4 接口要求

感知摄像机满足以下接口要求：

- a) 应至少具备 1 个 RJ45 千兆自适应以太网口；
- b) 应支持 ISAPI、GB/T 28181 协议，宜支持 SDK 二次开发；
- c) 宜支持 RTSP 及 GB/T 28181 标准中规定的视频协议输出视频流。

7.1.1.5 设备可靠性要求

感知摄像机宜满足如下可靠性要求：

- a) 工作环境温度：-40℃～70℃；
- b) 工作环境湿度：5%～95%，无凝结；
- c) 防护等级：不低于 IP65；
- d) 设备 MTBF 时间不小于 30000 h；
- e) 光学窗口具备防尘防水等功能。

7.1.1.6 安装要求

路侧感知摄像机部署安装要求如下：

- a) 优先考虑部署在电警杆或监控杆的横臂上，安装位置宜靠近车道中央位置；
- b) 安装高度宜为 6 m～8 m；
- c) 感知区域内应尽量避免树木等遮挡，以免影响感知设备的感知效果；
- d) 设备安装应牢固，必要时可安装支护结构以保证稳定性。

7.1.2 毫米波雷达

7.1.2.1 功能要求

部署在路侧的毫米波雷达功能要求如下：

- a) 可对 8 车道（含正向车道和反向车道）范围内的不少于 256 个检测目标进行检测，并可对检测目标进行轨迹跟踪监测；
- b) 宜支持 GNSS、NTP 或 PTP 授时，可输出毫秒级时间戳；
- c) 宜具备防同频干扰能力；
- d) 宜支持同时对多个服务端传输数据。

7.1.2.2 性能要求

路侧毫米波雷达宜满足以下性能要求：

- a) 最长探测距离：纵向不低于 250 m；
- b) 交通流量检测精度：≥95%；
- c) 占有率检测精度：≥95%；
- d) 排队长度检测精度：≥95%；
- e) 测速范围：0～220 km/h；
- f) 速度检测分辨率：0.6 km/h；
- g) 速度检测精度：0.2 km/h；
- h) 距离检测分辨率：近程 0.5 m，远程 2 m；

注：雷达探测近程为100 m以内，远程为100 m及以上。

- i) 距离检测精度：近程 0.1 m，远程 0.5 m；
- j) 雷达角度分辨率不大于 2° ，测角精度不大于 0.25° ；
- k) 雷达帧率：不小于 10 Hz。

7.1.2.3 接口要求

路侧毫米波雷达宜满足以下接口要求：

- a) 支持 1 个 RJ45 千兆自适应以太网口；
- b) 支持通过 TCP/UDP 方式连接其他设备。

7.1.2.4 设备可靠性要求

路侧毫米波雷达宜满足以下可靠性要求：

- a) 工作环境温度： $-40^\circ\text{C} \sim 70^\circ\text{C}$ ；
- b) 工作环境湿度：0~95%，无凝结；
- c) 防护等级：不低于 IP67；
- d) MTBF ≥ 30000 h；
- e) 具有电压过载保护，浪涌保护，设备防雷屏蔽；
- f) 可在全气候环境下稳定工作，包括雨、雾、雪、大风、冰、灰尘等。

7.1.2.5 安装要求

安装部署应符合 7.1.1.6 的要求。

7.1.3 激光雷达

7.1.3.1 功能要求

部署在路侧的激光雷达满足以下功能要求：

- a) 应支持 GNSS、NTP 或 PTP 校时，输出毫秒级时间戳；
- b) 应支持点云输出和目标输出；
- c) 宜支持多种回波检测方式设定；
- d) 宜支持主动防串扰/干扰功能。

7.1.3.2 性能要求

路侧激光雷达宜满足以下性能要求：

- a) 测距：不小于 200 m@10% 漫反射板，探测准确率不低于 95%；
- b) 距离精度： ≤ 3 cm；
- c) 垂直角度分辨率：不大于 0.2° ；
- d) 水平角度分辨率：不大于 0.2° ；

- e) 帧率：不低于 10 Hz；
- f) 防护等级：生物安全 1 级或者豁免等级。

7.1.3.3 接口要求

路侧激光雷达宜满足如下接口要求：

- a) 支持 1 个 RJ45 千兆自适应以太网口；
- b) 支持 UDP/TCP 通讯协议；
- c) 应用层支持 MQTT 协议或 protobuf 协议。

7.1.3.4 设备可靠性要求

路侧激光雷达宜满足以下可靠性要求：

- a) 工作环境温度：-40 °C~70 °C；
- b) 工作环境湿度：0~95%，无凝结；
- c) 防护等级：不低于 IP67；
- d) MTBF 时间 \geq 30000 h。

7.1.3.5 安装要求

安装部署应符合 7.1.1.6 的要求。

7.2 路侧计算单元

7.2.1 功能要求

路侧计算单元应具备以下功能：

- a) 支持摄像机、毫米波雷达、激光雷达等设备接入；
- b) 支持从摄像机获取视频流并进行视频解码、目标检测、目标跟踪、目标定位等功能，从毫米波雷达获取结构化数据，从激光雷达获取点云数据或结构化数据，并进行目标融合定位、跟踪等功能；
- c) 可根据车路协同应用需求，提供 V2X 应用服务，包括报文的制作、收发、解析和处理等；
- d) 支持对系统和接入设备进行管理，包括参数配置、OTA 升级、设备运维管理、远程开关机/重启、日志管理、高精度时钟同步等；
- e) 与云控平台断网状态下，仍支持不间断提供相关业务服务。

7.2.2 性能要求

路侧计算单元应满足以下性能要求：

- a) 支持不同的设备选型和配置方案，算力支持不少于 4 路摄像头、4 路毫米波雷达及 1 路激光雷达同时接入；

- b) 路侧计算设备对交通参与者、交通事件等融合感知识别的能力应满足 6.2 节要求；
- c) 感知的结构化数据输出频率应满足不同场景的应用需求。

7.2.3 接口要求

路侧计算单元接口要求如下：

- a) 路侧计算单元应支持 1 个 RJ45 千兆自适应以太网口；
- b) 应支持接入到云控平台，将路侧感知定位结果信息发送到云控平台，开展更多车路协同应用服务，支持 1000 Mbps 以上网络传输；也可选配 4G/5G/WiFi 等接入模块，支持无线回传；
- c) 支持摄像头设备接入，可采用以太网接口方式，支持 SDK、GB/T 28281、RTSP 等协议；
- d) 支持雷达设备接入，可采用以太网等接口方式，支持二进制、十六进制、JSON 等格式数据传输；
- e) 支持 RSU 设备接入，可采用以太网或 4G/5G 等接口方式，支持 ASN.1、JSON 格式数据传输；
- f) 可支持其他交通安全设施或交通管理设施接入，可以采用以太网、4G、5G 等接口方式，数据交互内容和格式应符合道路交通管理部门发布的标准规范。

7.2.4 开放性要求

路侧计算操作系统应采用分层解耦架构设计，通过开放的 API 设计实现不同分层之间的数据互通，支撑不同应用场景的开发需求，宜满足以下要求：

- a) 内核层：操作系统内核支持进程和线程管理、内存管理、文件系统、网络栈、设备驱动，支持实时特性，以及 POSIX (Portable Operating System Interface for UNIX) 兼容性等关键要素，满足面向车路协同场景的高实时性、并发性、可靠性要求；
- b) 硬件抽象层：路侧智能网联设备应具有一套规范的硬件接口，实现跨平台、跨厂商的设备兼容；
- c) 计算和通信中间件：由通信和调度中间件、AI 计算框架、服务框架以及核心库构成，可为上层车路协同服务和应用提供运行与开发环境；
- d) 服务框架层：基于服务框架实现标准的组件能力，应保证功能组件的可重用性和互操作性；
- e) 应用框架层：应满足开发者基于系统框架和场景需求自定义实现应用功能。

7.2.5 可靠性要求

路侧计算单元应满足以下可靠性要求：

- a) MTBF：不小于 30000 h；
- b) 工作温度：-40 °C~70 °C；
- c) 设备具备防浪涌，防静电，高抗震等特性；
- d) 工作湿度：5%~95%，无冷凝；
- e) 防水防尘等级：核心部件不低于 IP65。

7.2.6 安装要求

路侧计算单元部署要求如下：

- a) 宜与配电箱一起安装在杆上；
- b) 安装高度应保证安全，且便于管理维护，由工程设计确定；
- c) 可优先考虑部署在电警杆或监控杆的立臂上；
- d) 可部署在路侧落地机柜内或其它适宜的位置。

7.3 路侧通信设施

7.3.1 总体要求

路侧通信设施包括基于直连无线通信的路侧单元RSU、基于蜂窝移动通信的4G/5G设施和其他路侧通信设备。

路侧单元RSU由通信模块、数据处理模块、定位模块、加密模块和天线等部分构成：

- a) 通信模块：接收和发送有线/无线信号，用于与其他系统等进行通信；
- b) 定位模块：支持定位和授时；
- c) 数据处理模块：运行程序生成需要发送的数据，处理接收到的数据集；
- d) 加密模块：实现安全存储与加解密预算；
- e) 天线：向空间辐射或从空间接收无线电波。

7.3.2 RSU 技术要求

RSU应满足YD/T 3755 的要求。

附录 A

(资料性)

融合感知定位框架

RSCU需要对路口或路段的多个传感器数据进行实时融合处理分析，得到全量、较高精度的感知定位结果。RSCU融合感知定位的总体框架与流程见图A. 1：

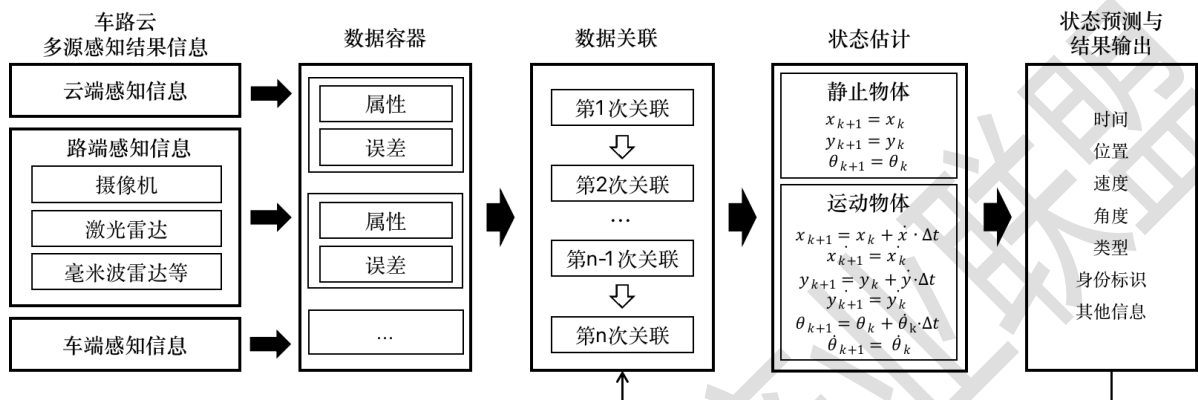


图 A. 1 路侧融合感知定位总体框架与流程

- a) 多个信息采集传感器同时对交通参与者、交通事件、交通运行状况等进行检测识别与定位，并将原始信息或结果信息发送到 RSCU；
- b) 路侧计算单元对车路云多源感知信息汇聚处理，车端、路端和云端的感知信息汇聚到 RSCU 的数据容器，通过内置的参数和地图将所有信息转化成统一的消息格式，并向下游输出；
- c) 数据关联：对数据容器中的所有进行采样处理，并按照触发时间对数据进行关联排序，将混乱的位置变成时序状态估计。在每一次关联前，都会根据各个数据的属性及其误差计算协方差，作为匹配边距离，经过若干次关联匹配后，将结果分组打包传递给状态估计模块；
- d) RSCU 状态估计模块对每组消息进行时序相关处理，再分别送给针对静止和运动物体建立的不同卡尔曼滤波器；
- e) 卡尔曼滤波器的预测状态经过地图和模型的处理后，生成短时间的预测消息输出，输出信息包含交通参与者多维属性信息，包括时间、位置、速度、角速度、身份表示等；
- f) 输出的预测结果信息同时也可回送到数据关联模块，与下一轮的传感器结果进行关联，形成时序的跟踪。

附 录 B

(规范性)

车路协同自动驾驶应用场景

路侧感知系统可辅助实现的车路协同自动驾驶应用场景见表B. 1。

表 B. 1 路侧感知系统可辅助实现的车路协同自动驾驶应用场景

序号	场景来源	应用场景	通信方式
1	T/CSAE 53	交叉路口碰撞预警	V2V/V2I
2		左转辅助	V2V/V2I
3		盲区预警/变道辅助	V2V/V2I
4		异常车辆提醒	V2V/V2I
5		道路危险状况提示	V2I
6		闯红灯预警	V2I
7		弱势交通参与者碰撞预警	V2V/V2I
8		绿波车速引导	V2I
9		车内标牌	V2I
10		前方拥堵提醒	V2I
11	T/CSAE 157	感知数据共享	V2V/V2I
12		协作式变道	V2V/V2I
13		协作式车辆汇入	V2I
14		协作式交叉口通行	V2I
15		动态车道管理	V2I
16		协作式车辆优先通行	V2I
17		场站路径引导服务	V2I
18		浮动车数据采集	V2I
19	T/CSAE 158	弱势交通参与者安全通行	V2P
20		协同式感知	V2I/I2V
21		基于路侧协同的无信号灯交叉口通行	V2I/I2V
22		基于路侧协同的自动驾驶车辆“脱困”	V2I/I2V
23		高精地图版本对齐及动态更新	V2I
24		自主泊车	V2I/I2V
25		基于路侧感知的“僵尸车”识别	V2I/I2V
26		基于路侧感知的交通状况识别	V2I/I2V
27	T/CSAE 156	基于协同式感知的异常驾驶行为识别	V2I/I2V
28		自主泊车中的车位规划与车位引导	V2I
		自主泊车中的场端辅助泊车入位	V2I

附录 C

(规范性)

路侧感知系统服务与车载自动驾驶能力对照

路侧感知系统服务与车载自动驾驶能力对照见表C.1，对于自动驾驶能力不同层次的需求，存在路侧感知系统服务分类，综合成本、基础设施复用、大规模部署条件等综合因素，宜参考路侧感知系统主传感器选型建议，在系统等级的基础上提供系统能力类别的服务。

表 C.1 路侧感知系统服务与车载自动驾驶能力对照表

自动驾驶能力等级说明		路侧感知系统等级说明					
能力等级	自动驾驶能力定义	路侧服务分类建议	系统等级		主传感器选型建议	系统能力类别	
L0	应急辅助	协同管理	SL1	面向平台数据类应用的感知能力等级，符合该等级的路侧感知系统指标应可支撑相应的数据统计与平台管控类应用	视觉为主	SL1	支撑相应的数据统计、安全预警及平台管控类应用
L1	部分驾驶辅助	协同信息	SL2	面向辅助驾驶类应用的感知能力等级，符合该等级的路侧感知系统指标应可支撑向驾驶员提供实时道路信息、辅助驾驶员进行现场决断类的应用	视觉为主	SL2	支撑向驾驶员提供实时道路信息、辅助驾驶员进行决断类的应用
L2	组合驾驶辅助						
L3	有条件自动驾驶	协同感知 协同决策	SL3	面向自动驾驶类应用的感知能力等级，符合该等级的路侧感知系统指标应可作为车外传感器，为自动驾驶系统提供有价值的实时道路信息，支撑自动驾驶系统进行决策类的应用	视觉为主	SL3-1	可为自动驾驶系统提供有价值的实时道路感知信息、预警信息，支撑自动驾驶系统进行预警决策类的应用
L4	高度自动驾驶				激光雷达与视觉融合	SL3-2	
L5	完全自动驾驶	协同决策 协同控制			激光雷达与视觉融合	SL3-3	可完全替代车端传感器，支撑自动驾驶系统在限定环境下，进行控制类的应用

面向自动驾驶类应用的感知能力等级，根据系统协同感知、协同控制服务和主传感器选型的视觉为主、激光雷达与视觉融合分类，SL3的平均水平细化为SL3-1、SL3-2 和SL3-3分类，各服务分类的交通参与者和交通事件性能要求参见表C.2和表C.3。

表 C.2 自动驾驶服务交通参与者感知定位性能要求

性能指标		SL3-1	SL3-2	SL3-3
类型识别	机动车	精确率≥95% 召回率≥95%	精确率≥95% 召回率≥99%	精确率≥95% 召回率≥99%
	骑行者	精确率≥95% 召回率≥95%	精确率≥90% 召回率≥99%	精确率≥95% 召回率≥99%
	行人	精确率≥90% 召回率≥90%	精确率≥90% 召回率≥99%	精确率≥90% 召回率≥99%
	其他障碍物、特殊目标	精确率≥85% 召回率≥85%	精确率≥90% 召回率≥99%	精确率≥90% 召回率≥99%
目标跟踪	目标跟踪精确率	80%(车辆) 50%(骑行者) 50%(行人)	80%(车辆) 50%(骑行者) 50%(行人)	80%(车辆) 50%(骑行者) 50%(行人)
静态特征识别	轮廓尺寸检测误差	≤1 m	≤0.5 m	≤0.5 m
	机动车号牌识别	精确率≥95% 召回率≥95%	精确率≥95% 召回率≥95%	精确率≥99% 召回率≥99%
动态特征识别	速度检测精度	机动车≤2.5 km/h 骑行者≤3.6 km/h 行人≤3.6 km/h	机动车≤1 km/h 骑行者≤1.8 km/h 行人≤1.8 km/h	机动车≤1 km/h 骑行者≤1.8 km/h 行人≤1.8 km/h
	定位精度	≤1 m	≤0.5 m	≤0.3 m
	航向角检测精度	全类别≤ 2.5°	全类别≤ 2.5°	全类别≤ 2.5°
感知时延		≤ 200 ms	≤ 100 ms	≤ 100 ms
感知消息输出频率		≥10 Hz (99分位)	≥10 Hz (99分位)	≥10 Hz (99分位)
注1：“—”表示不适用，指标未标注99分位则默认为均值。				

表 C.3 自动驾驶服务交通事件感知定位性能要求

性能指标		SL3-1	SL3-2	SL3-3
事件识别	检测准确率（检测率）	90%	≥95%	≥95%
	事件漏报率	—	—	≤1%
事件特征识别	定位精度	≤1 m	≤0.5 m	≤0.3 m
	所在车道准确率	≥99%	≥99%	≥99%
事件中涉及的交通参与者感知定位		同表 D.1		
感知消息输出频率		≥10 Hz (99分位)	≥10 Hz (99分位)	≥10 Hz (99分位)
注1：“—”表示不适用，指标未标注99分位则默认为均值。				

中国智能交通产业联盟
标准

车路协同 路侧感知系统

第 1 部分：技术要求

T/ITS 0200.1-2024

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