



中国工程建设标准化协会标准
Standard of China Association for Engineering Construction
Standardization

智慧公路车辆运行路侧感知设施布设技
术规程

Technical specification for the deployment of roadside
perception facilities for intelligent highway vehicle operations

(征求意见稿)

中国工程建设标准化协会 发布
Issued by China Association for Engineering Construction
Standardization

中国工程建设标准化协会标准
Standard of China Association for Engineering Construction
Standardization

智慧公路车辆运行路侧感知设施布设技术规程

Technical specification for the deployment of roadside
perception facilities for intelligent highway vehicle operations

主编单位：同济大学

批准部门：中国工程建设标准化协会

实施日期：XX年XX月XX日

XX 北京

前 言

根据中国工程建设标准化协会要求，由同济大学承担《智慧公路车辆运行路侧感知设施布设技术规程》（以下简称“本规程”）的制定工作。

本规程包括6章。主要内容包括：1 总则，2 术语和定义，3 路侧感知设施布设原则与目标，4 路侧感知设施数据采集要求，5 路侧感知设施传感器基础性能参数，6 路侧感知设施布设方案。

本规程是基于通用的工程建设理论及原则编制，适用于本规程提出的应用条件。对于某些特定专项应用条件，使用本规程相关条文时，应对适用性及有效性进行验证。

本规程由中国工程建设标准化协会公路分会负责归口管理，由同济大学负责具体技术内容的解释，在执行过程中如有意见或建议，请函告本规程日常管理组，中国工程建设标准化协会公路分会（地址：北京市海淀区西土城路8号；邮编：100088；联系电话：010-62079839；传真：010-62079983；电子邮箱：shc@rioh.cn），或同济大学（上海市嘉定区曹安公路4800号，邮编201804，电子邮箱：jcao@tongji.edu.cn）。以便修订时参考。

主 编 单 位： 同济大学

参 编 单 位： 上海国际港务（集团）股份有限公司
上海城投公路投资（集团）有限公司
上海电科智能系统股份有限公司
同济大学建筑设计研究院（集团）有限公司

主 编： 杜豫川

主要参编人员： 赵 聪、曹 静、暨育雄、蒋盛川、王凤淇、师钰鹏、陈 锟、罗文斌、
沈汝超、徐爱峰、卢 见、杨媛媛、邢 毅、苏贵民、季添翼

主 审： 王 辉

参与审查人员： 侯德藻、王金权、黄 晨、许宏科、崔优凯、谢耀华

征求意见稿

目次

1	总则	1
2	术语和定义	2
3	路侧感知设施布设原则与目标	4
3.1	布设原则	4
3.2	布设目标	4
4	路侧感知设施数据采集要求	6
4.1	车辆运行感知	6
4.2	交通状态感知	7
4.3	交通事件感知	8
4.4	验收标准	8
5	路侧感知设施传感器基础性能参数	9
5.1	传感器组合方案	9
5.2	传感器基础性能评价	10
6	路侧感知设施布设方案	13
6.1	一般规定	13
6.2	感知设备选型原则	13
6.3	布设参数设置原则	13
6.4	基本路段布设方案	14
6.5	特殊路段布设方案	15

征求意见稿

征求意见稿

1 总则

1.0.1 本文件对智慧公路车辆运行路侧感知系统设施布设方案与流程进行规范，包括对总体布设原则、感知系统数据采集要求、感知设备布设方案提供建设指导与技术规范流程。

1.0.2 本文件适用于新建、改扩建智慧高速公路及一、二等级公路项目和路侧感知系统智慧化提升项目建设。

1.0.3 本文件涉及到的路侧智能感知设施布设技术方案，除应符合本规范技术要求外，还应符合相关法律法规、国家和行业现行有关强制性标准的规定。

征求意见稿

2 术语和定义

2.1 智慧公路 smart road

基于人-车-路-环境全息精准感知，通过云计算、大数据、“互联网+”、物联网、人工智能、5G 通信等新兴技术与公路管理的深度融合，围绕智慧设施、智慧管控、智慧服务、智慧决策等系统功能，实现运行更高效、管理更智能、出行更便捷、服务更优质的公路。

2.2 路侧感知系统 roadside perception system

由视频检测器、雷达检测器和其他检测设备等多种感知设备组成，能实时获取当前道路交通参与者、路况、环境、治安等信息的系统。

2.3 车路协同 cooperative vehicle-infrastructure system

采用先进的无线通信和新一代互联网等技术，全方位实施车车、车路动态实时信息交互，并在全时空动态交通信息采集与融合的基础上开展车辆主动安全控制和道路协同管理，建立安全、高效和环保的道路交通系统。

2.4 视频监控设备 video monitoring equipment

用于实时监测道路交通流运行及路况等的设备。

2.5 点云数据 point cloud data

以点的形式记录被扫描的物体形成的数据集合，每个点包含 X, Y, Z 三维坐标，也可能包含颜色信息、灰度值、反射强度信息、分割结果等。

2.6 设备布设 equipment placement

基于建设区域内的道路交通状态、设备参数以及感知系统数据要求，确定系统内设备类型及安装方案。

2.7 边缘计算平台 edge computing platform

靠近路侧由路侧计算单元组成，具备网络、计算、存储等核心能力，能就近提供低延迟、高可用性、高灵活性服务的一体化开放平台。

2.8 高精度地图 high precision digital map

位置准确且语义丰富的车道级道路电子地图，具有高精度、高丰富度、高鲜度的特点，能满足车路协同、智能驾驶、车道级导航、交通精细化管理等应

用需求。

征求意见稿

3 路侧感知设施布置原则与目标

3.1 布置原则

3.1.1 路侧感知系统设施布置应遵循系统性、实用性、安全性、先进性、经济性、可扩展性原则。

3.1.2 在满足本标准的规定外，尚应符合国家、行业颁布的现行相关标准、规范、规程的规定。

3.2 布置目标

本文件面向智慧公路路侧车辆运行感知设施布置需求。对路侧感知设施布置的感知能力进行分级，并给出不同感知等级下的布置目标。针对智慧公路车辆运行路侧感知系统中的设备硬件参数、感知系统数据采集要求进行规范。针对不同公路交通场景进行布置方案规范化与程序标准化。实现智慧公路交通安全、效率和服务提升的目标。

为了使路侧感知设施更好地服务于不同的应用场景，路侧感知设施感知要求可分为三个等级，即 SL1~SL3。不同感知等级下路侧感知设备布置目标如下：

1 感知等级 1 (SL1)：面向平台数据类应用的感知数据质量等级，符合该等级的车辆运行路侧感知设施布置方案应确保感知数据基本信息完整，目标追踪基本准确连续，可支撑相应的交通数据统计、交通事件分析及相关的交通管控类应用；主要采集交通状态数据以及交通事件数据；

2 感知等级 2 (SL2)：面向辅助驾驶类应用的感知数据质量等级，符合该等级的车辆运行路侧感知设施布置方案应确保感知数据保持较高准确性与完整性，可支撑向驾驶员提供实时道路信息、风险预警信息等，辅助驾驶员进行现场决断类的应用；需要采集一定车辆运行数据；

3 感知等级 3 (SL3)：面向车路协同自动驾驶类应用的感知数据质量等级，符合该等级的车辆运行路侧感知设施布置方案应为自动驾驶系统提供精确、实时、完整车辆运动信息，实现车外超视距感知功能，支撑车辆自动驾驶系统进行决策类的应用；需要采集高精度车辆运行数据。

不同感知等级下路侧设施采集数据需求如表 3.2.1。

表 3.2.1 路侧设施采集数据清单

采集数据类型	采集数据内容	路侧设施感知等级		
		SL1	SL2	SL3
车辆运行	牌照	●	●	●
	车型	●	●	●
	位置	○	●	●
	车速	○	●	●
	姿态	○	○	●
交通状态	流量	●	●	●
	速度	●	●	●
	占用率	●	●	●
	排队长度	○	●	●
	行程时间	○	●	●
交通事件	拥堵	●	●	●
	事故	○	●	●
	潜在风险	○	●	●
	违法行为	○	○	●
	抛洒物	○	○	●

注：“●”表示应具备功能，“○”表示宜具备功能

4 路侧感知设施数据采集要求

本部分对智慧公路路侧感知系统采集数据的内容及精度进行规范。

4.1 车辆运行感知

4.1.1 内容要求

各感知等级下智慧公路路侧感知设施采集的交通状态感知数据内容应符合如下要求：

1 SL1：路侧感知设施应能获取基本动态信息，包括检测车流量、平均车速、时间占有率等信息，满足交通主动管理与控制的基本需求；

2 SL2：路侧感知设施在满足 SL1 感知等级的基础上，应能实现车道级别的交通流量、多车交互、车辆集群、排队信息等信息感知，服务于交通流智能协同管控；

3 SL3：路侧感知设施在满足 SL2 感知等级的基础上，应能实现对路网的交通运行状态进行精确感知，服务于不同路段、不同层级的交通运行系统精准决策和管控。应能实现获取不同路段、不同层级的交通路网系统中实时路况、行程时间、备选线路、枢纽位置、服务区位置、收费站位置等信息。

4.1.2 精度要求

各感知等级下智慧公路路侧感知设施采集的交通状态感知数据精度应符合表 4.2.1 要求。

表 4.2.1 交通状态数据采集要求

指标	路侧设施感知等级		
	SL1	SL2	SL3
数据采集上传周期	宜在 10 s~600 s 范围内可调		
断面流量检测误差	不大于 10%		不大于 5%
断面速度检测误差	不大于 1.0 m/s		不大于 0.8 m/s
车道流量检测精度	/	不低于 90%	不低于 95%
车道平均车速检测精度	不低于 92%	不低于 95%	不低于 97%

排队长度检测精度	/	不低于 90%	不低于 95%
----------	---	---------	---------

4.2 交通状态感知

4.2.1 内容要求

各感知等级下智慧公路路侧感知设施采集的交通状态感知数据内容应符合如下要求：

1 SL1：路侧感知设施应能获取基本动态信息，包括检测车流量、平均车速、时间占有率等信息，满足交通主动管理与控制的基本需求；

2 SL2：路侧感知设施在满足 SL1 感知等级的基础上，应能实现车道级别的交通流量、多车交互、车辆集群、排队信息等信息感知，服务于交通流智能协同管控；

3 SL3：路侧感知设施在满足 SL2 感知等级的基础上，应能实现对路网的交通运行状态进行精确感知，服务于不同路段、不同层级的交通运行系统精准决策和管控。应能实现获取不同路段、不同层级的交通路网系统中实时路况、行程时间、备选线路、枢纽位置、服务区位置、收费站位置等信息。

4.1.2 精度要求

各感知等级下智慧公路路侧感知设施采集的交通状态感知数据精度应符合表 4.2.1 要求。

表 4.2.1 交通状态数据采集要求

指标	路侧设施感知等级		
	SL1	SL2	SL3
数据采集上传周期	宜在 10 s~600 s 范围内可调		
断面流量检测误差	不大于 10%		不大于 5%
断面速度检测误差	不大于 1.0 m/s		不大于 0.8 m/s
车道流量检测精度	/	不低于 90%	不低于 95%
车道平均车速检测精度	不低于 92%	不低于 95%	不低于 97%
排队长度检测精度	/	不低于 90%	不低于 95%

4.3 交通事件感知

4.3.1 内容要求

各感知等级下智慧公路路侧感知设施采集的交通事件感知数据内容应符合如下要求：

1 SL1：路侧感知设施应能检测交通拥堵的发生；

2 SL2：路侧感知设施应能检测交通拥堵、事故。在满足初级智慧化的基础上，应能实现对潜在交通风险进行识别；

3 SL3：路侧感知设施在满足 SL2 感知等级的基础上，应能对交通环境中的各类事件进行全方位的感知，包括但不限于道路施工、恶劣天气等，同时能识别道路中的异常障碍物，实现基于协同式感知的异常、违法驾驶行为的识别。

4.3.2 精度要求

各感知等级下智慧公路路侧感知设施采集的交通事件信息精度要求应满足表 4.3.1 要求。

表 4.3.1 交通事件数据采集要求

指标	路侧设施感知等级		
	SL1	SL2	SL3
数据采集上传周期	宜在 10~600 s 范围内可调		
交通事件检测率	不低于 92%	不低于 95%	不低于 97%
交通事件漏报率	不大于 7%	不大于 5%	不大于 2%
交通事件位置及范围检测误差	横向不大于 2.0m 纵向不大于 4.0m	横向不大于 1.5m 纵向不大于 3.5m	横向不大于 1.2m 纵向不大于 3.0m
交通事件所在车道准确率	不低于 92%	不低于 95%	不低于 97%

4.4 验收标准

以功能应用为基本单位对上述数据类别和数据采集质量进行规范验收。

5 路侧感知设施传感器基础性能参数

本部分对智慧公路路侧感知系统中，各感知等级下传感器的组合方案以及基础性能测试评价进行规范。

5.1 传感器组合方案

5.1.1 不同感知等级下，路侧感知数据内容应满足本规程表 3.2.1，对不同感知等级下路侧设施采集数据需求的规定。

5.1.2 不同路侧感知信息获取的传感器组合方案，应至少满足表 5.1.1 要求。若采用融合传感器，也应至少满足表 5.1.1 要求。

表 5.1.1 路侧感知信息获取传感器组合方案

感知数据类型	路侧感知信息	路侧设施感知传感器类型		
		视频摄像机	毫米波雷达	激光雷达
车辆运行	牌照	●	○	○
	车型	○	○	●
	位置	○	○	●
	车速	○	●	○
	姿态	○	○	●
交通状态	流量	●	○	○
	速度	○	●	○
	占用率	○	●	○
	排队长度	○	●	○
	行程时间	●	○	○
交通事件	拥堵	●	○	○
	事故	●	○	○
	潜在风险	●	○	○
	违法行为	●	○	○

	抛洒物	●	○	○
注：“●”表示应具备功能，“○”表示宜具备功能				

5.2 传感器基础性能评价

传感器基础性能评价针对不同型号、不同类型的路侧感知传感器，通过规范化的流程对传感器的感知精度进行统一评价，绘制传感器性能变化曲线，获取目标感知等级下传感器布设间距。

5.2.1 评价道路要求

传感器基础性能评价道路应满足以下条件：

- 1 道路应笔直平整，路面状况良好，双向车道至少为双车道；
- 2 路面应由沥青或混凝土制成，平坦无明显颠簸，无坑洞、凸起和裂缝，道路路面应满足 JTG/T F20 的有关要求；
- 3 车道线的设置应满足 GB 5768.3 的有关要求，颜色应为白色或黄色，线型应为实线或虚线，车道线应清晰完整，不存在破损、遮蔽等缺陷；
- 4 道路高峰与平峰时的交通流量应变化较大，道路可感知数据内容应满足表 3.2.1 中对 SL3 感知等级的规定。

5.2.2 评价环境要求

传感器基础性能评价环境应满足以下条件：

- 1 检评环境温度 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 25%~75%；
- 2 检评环境无降雪、冰雹、扬尘等恶劣天气情况，水平能见度应大于 500m；
- 3 检评环境空旷且无障碍物遮挡，满足车辆高精度定位要求；
- 4 检评环境保证无线信号覆盖，没有对通信有强干扰的信号，满足正常的无线通信与数据传输要求；

5.2.3 评价布设要求

传感器基础性能评价场景的设备布设要求应满足以下条件：

- 1 传感器基础性能评价场景应选取智慧公路基本路段，总长度不小于 2km。
- 2 传感器布设点位于路侧立杆或路中龙门架；

- 3 传感器单点布设 1 台，每台应能覆盖 2-4 条车道；
- 4 传感器安装高度 6 米；
- 5 传感去应单向等间距布设，指向车头方向。

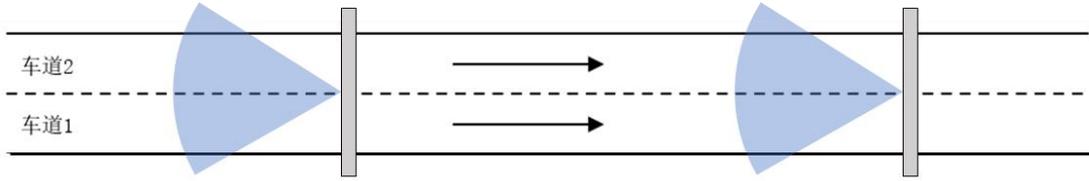


图 5.2.3-1 路中龙门架布设示意图

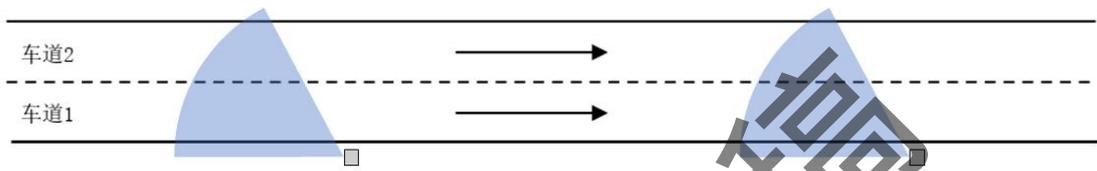


图 5.2.3-2 路侧立杆布设示意图

5.2.4 评价流程

传感器基础性能评价过程中，分别在布设间距为 200 米、300 米、500 米的测试场景下进行评价。传感器基础性能评价步骤如下：

- 1 依据本规程表 3.2.1 的要求，确定目标感知等级下，传感器需满足的感知内容要求，作为传感器基础性能评价过程中的目标感知数据。

- 2 利用被测传感器分别在高峰时段和平峰时段对目标感知数据进行 3 次数数据集采集，每次采集持续 30 分钟，将被测传感器采集数据进行记录保存。

- 3 依据本规程第 4 章中的数据采集精度要求计算各项感知数据的精度评价指标并对各次数据采集结果取平均值。

- 4 分别在布设间距为 200 米、300 米、500 米的测试场景下重复步骤 1-3，依据评价结果对各精度指标分别绘制关于布设间距的传感器性能变化曲线，如图 5.2.4 所示。

- 5 依据传感器各精度指标的性能变化曲线，确定目标感知等级下，使得各精度指标满足本规程第 4 章要求的最小布设间距。一般情况下，布设间距取值宜选择 50 的倍数。

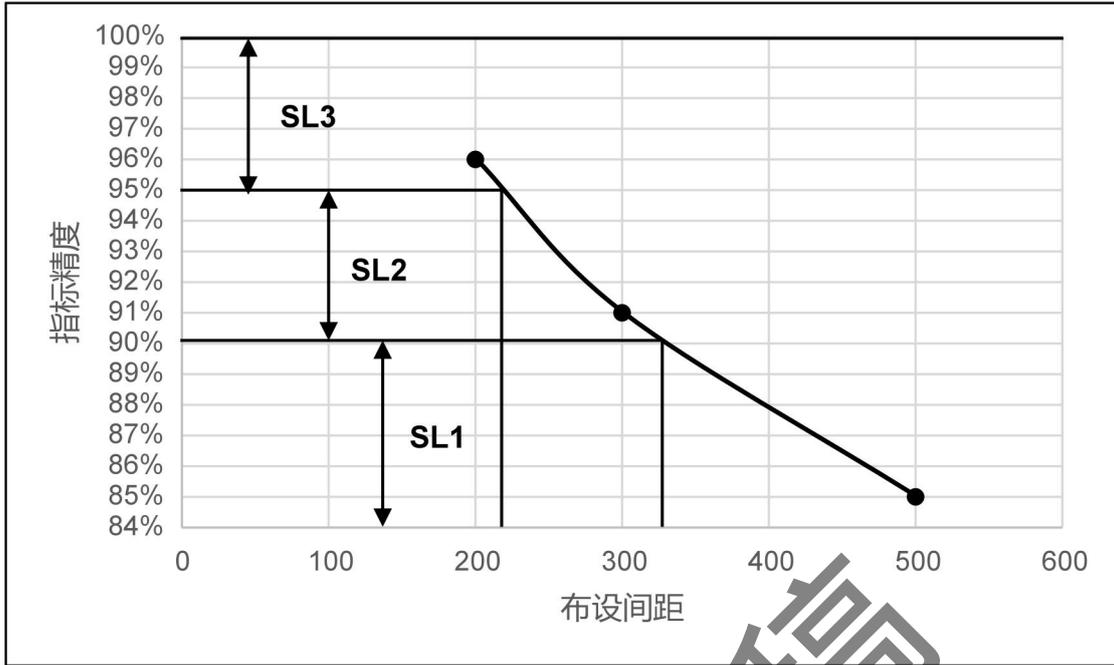


图 5.2.4 传感器性能变化曲线

征求意见稿

6 路侧感知设施布设方案

6.1 一般规定

6.1.1 路侧感知设施布设方案的传感器组合应根据本规程 5.1 节确定，传感器的布设间距应根据本规程 5.2 节确定。

6.1.2 本规程服务于各类融合传感器布设，对视频摄像机、毫米波雷达、激光雷达三类基础传感器的路侧布设参数分别进行规定。融合传感器应同时满足多类传感器的布设要求。

6.1.3 本规程服务于智慧公路全场景的路侧感知设施布设，对智慧公路中的基本路段和特殊路段分别给出布设方案要求。特殊路段也应满足基本路段布设要求。

6.2 感知设备选型原则

6.2.1 不同感知等级路侧感知设施布设方案不要求视频摄像机、毫米波雷达以及激光雷达同时选用。设备选用应依据目标感知等级下的感知数据需求，参考本规程第 5 章中表 5.1.1 的要求。

6.2.2 对于夜间交通量较大的智慧公路，宜布设毫米波雷达或激光雷达以保障夜间数据可用性。

6.2.3 对于雨雾频发的智慧化公路，宜布设毫米波雷达或组合布设多类传感器以保障恶劣气象条件下的数据可用性。

6.2.4 对于融合传感器，可将其视为不同基础传感器的组合。其布设方案应同时满足对应类型传感器的布设要求。

6.3 布设参数设置原则

6.3.1 路侧感知设施布设对以下参数进行要求：

1 布设点位；2 单点布设台数；3 覆盖车道范围；4 安装高度；5 安装角度；6 布设间距；7 布设朝向；8 布设方式

6.3.2 感知设施的布设间距应根据第 5 章传感器基础性能评价结果，确定

当前目标感知等级下的取值。

6.3.4 本规程的布设方案是基于单向两车道的场景设计的，对于更多车道场景，可按照单台感知设备的车道覆盖要求，在垂直于道路方向增加传感器的数量。

6.3.2 智慧公路中基本路段的路侧感知设施布设参数应满足本规程 6.4 条的规定。

6.3.3 智慧公路中弯道、交织区、匝道-主线连接处、桥梁与隧道等特殊路段的路侧感知设施布设参数，在满足基本路段布设要求的基础上还需满足本规程 6.5 中对应路段的布设要求。

6.4 基本路段布设方案

不同感知等级下，智慧公路基本路段路侧感知设施布设方案中，感知设施的布设间距应根据第 5 章中的传感器基础性能评价结果，确定当前目标感知等级下的取值。布设方案的其他参数设置应满足如下要求：

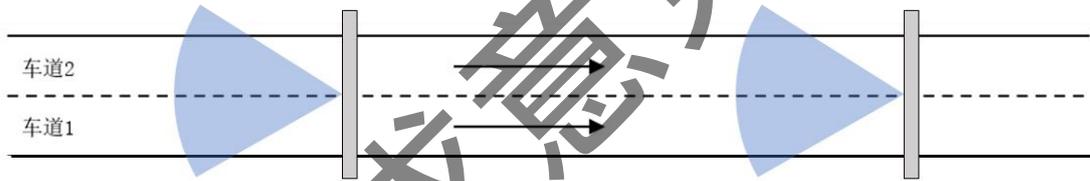


图 6.2.1 路中龙门架布设示意图

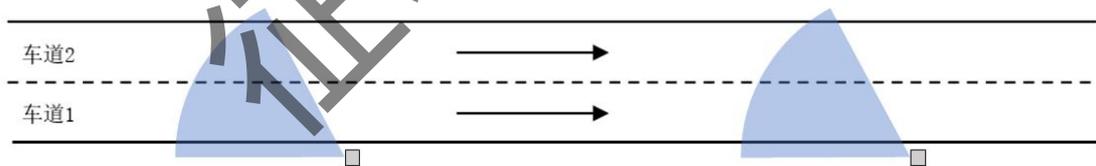


图 6.2.2 路侧立杆布设示意图

1 视频摄像机：布设点位于路侧立杆或路中龙门架；单点布设 1 台，覆盖 2-4 条车道；安装高度不大于 6 米；单向等间距布设，指向车头方向；

2 毫米波雷达：布设点位于路侧立杆或路中龙门架，与视频摄像机临近；单点布设 1 台，覆盖范围 4-8 车道；安装高度不大于 6 米；安装俯角 $5^{\circ} \sim 7^{\circ}$ ；单向等间距布设，覆盖单向车道，双向车道交替位置布设，指向车头方向；

3 激光雷达：布设点位于路中龙门架；单点布设 1 台，覆盖 2-4 条车道；

安装高度不大于 5~6 米；安装俯角 $5^{\circ} \sim 7^{\circ}$ ；单向等间距布设，指向车头方向。

6.5 特殊路段布设方案

智慧公路中弯道、交织区、匝道-主线连接处、桥梁与隧道等特殊路段，在满足基本路段布设要求的基础上还需满足以下对应路段的布设要求。

6.5.1 弯道

各感知等级智慧公路弯道路侧基础传感器布设方案应满足如下要求。

1 视频摄像机：布设点位于路侧立杆或路中龙门架；单点布设 1 台，覆盖 2~4 条车道；安装高度不大于 6m；布设间距不大于 50~100m，依据弯道视距条件应适当增加传感器数量减小盲区，弯道开始与结束位置额外布设 1 台视频摄像机，指向车头方向；

2 毫米波雷达：布设点位于路侧立杆或路中龙门架，与视频摄像机临近；单点布设 1 台；安装高度不大于 6m；安装俯角 $5^{\circ} \sim 7^{\circ}$ ；布设间距 100~200m；依据弯道视距条件应适当增加传感器数量减小盲区，弯道开始与结束位置额外布设 1 台毫米波雷达，指向车头方向；

3 激光雷达：布设点位于道路外侧立杆或路中龙门架；单点布设 2 台，同向安装，指向车头方向；1号激光雷达：覆盖 2~4 条车道；安装高度 5~6m；安装俯角 $5^{\circ} \sim 7^{\circ}$ ；布设间距 50~100m；依据弯道视距条件应适当增加传感器数量，用于远距离检测；2号激光雷达：覆盖 2~4 条车道；安装高度 5~6m；安装俯角 $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ ；布设间距 50~100m；用于填补近距离盲区。

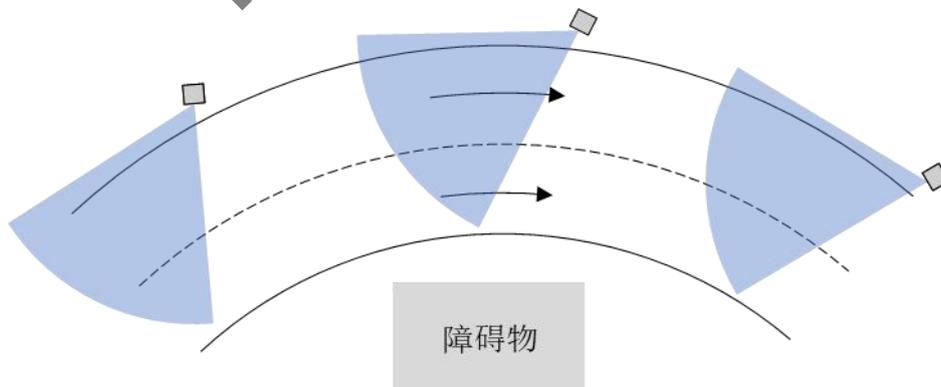


图 6.3.1 视距受限的弯道场景

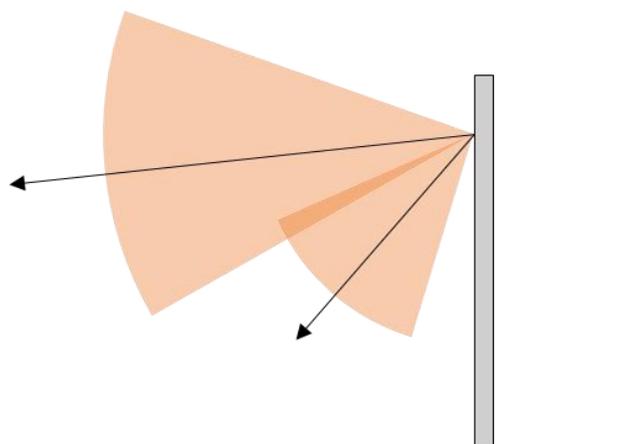


图 6.3.2 激光雷达组合布设立面示意图

6.5.2 交织区

各感知等级智慧公路交织区路侧基础传感器布设方案应满足如下要求。

1 视频摄像机：布设点位于路侧立杆或路中龙门架；单点布设 2 台，分别指向车头与车尾方向，覆盖 2~4 条车道；安装高度不大于 6m；布设间距不大于 100m；双向等间距布设。

2 毫米波雷达：布设点位于路侧立杆或路中龙门架，与视频摄像机临近；单点布设 1 台；安装高度不大于 6m；安装俯角 5~7°；布设间距不大于 100m；单向等间距布设，覆盖单向车道，双向车道交替位置布设。

3 激光雷达：布设点位于道路外侧立杆或路中龙门架；单点布设 2 台，同向安装；交织区开始与结束位置额外增加 1 台传感器；1 号激光雷达：覆盖 2~4 条车道；安装高度 5~6m；安装俯角 5~7°；布设间距 50~100m；2 号激光雷达：覆盖 2~4 条车道；安装高度 5~6m；安装俯角 30~40°；布设间距 50~100m；用于填补近距离盲区。

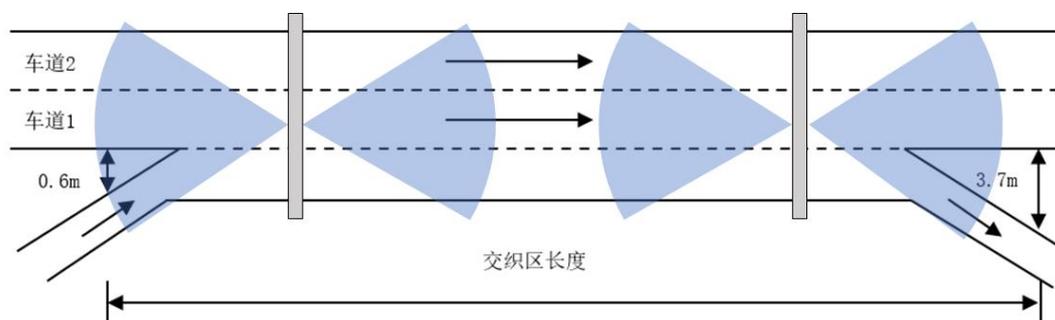


图 6.4.1 交织区感知设施布设方案示意图

6.5.3 匝道-主线连接处

各感知等级智慧公路匝道-主线连接处路侧基础传感器布设方案应满足如下要求。

1 视频摄像机：布设点位于路侧立杆或路中龙门架；单点布设 2 台，分别指向车头与车尾方向，覆盖 2~4 条车道；安装高度不大于 6m；布设间距不大于 100m；双向等间距布设。

2 毫米波雷达：布设点位于路侧立杆或路中龙门架，与视频摄像机临近；单点布设 1 台；安装高度不大于 6m；安装俯角 5~7°；布设间距不大于 100m；单向等间距布设，覆盖单向车道，双向车道交替位置布设，指向车头方向。

3 激光雷达：布设点位于道路外侧立杆或路中龙门架；单点布设 2 台，同向安装，指向车头方向；1 号激光雷达：覆盖 2~4 条车道，安装高度 5~6m；安装俯角 5~7°；布设间距 50~100m；2 号激光雷达：覆盖 2~4 条车道；安装高度 5~6m；安装俯角 30~40°；布设间距 50~100m；用于填补近距离盲区。

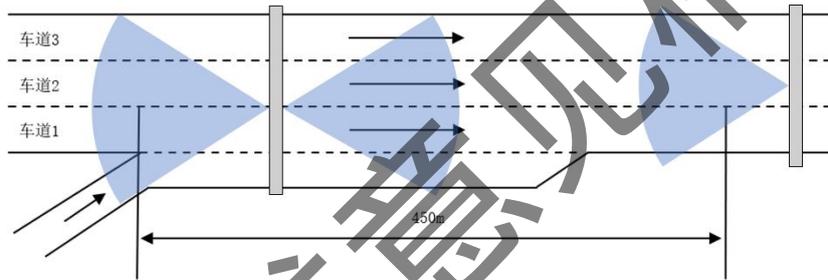


图 6.5.1 入口匝道布设示意图

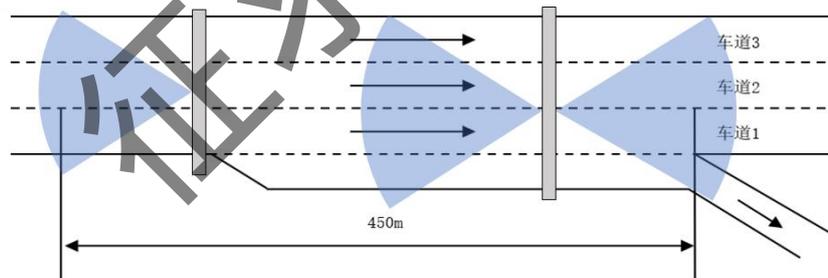


图 6.5.2 出口匝道布设示意图

6.5.4 桥梁

各感知等级智慧公路桥梁路侧基础传感器布设方案应满足如下要求。

1 视频摄像机：布设点位于路侧立杆或路中龙门架；单点布设 1 台，覆盖 2~4 条车道；安装高度不大于 6m；布设间距不大于 200m；开始与结束位置额外布设 1 台视频摄像机，单向等间距布设，指向车头方向。

2 毫米波雷达：布设点位于路侧立杆或路中龙门架，与视频摄像机临近；单点布设 1 台，桥梁开始与结束位置额外布设 1 台视频摄像机，指向车头方向安装高度不大于 6m；安装俯角 $5\sim 7^\circ$ ；布设间距不大于 200m；单向等间距布设，覆盖单向车道，双向车道交替位置布设。

3 激光雷达：布设点位于道路外侧立杆或路中龙门架；单点布设 2 台，同向安装，指向车头方向；1 号激光雷达：安装高度 5~6m；安装俯角 $5\sim 7^\circ$ ；布设间距 50~100m；2 号激光雷达：安装高度 5~6m；安装俯角 $30\sim 40^\circ$ ；布设间距 50~100m；用于填补近距离盲区。

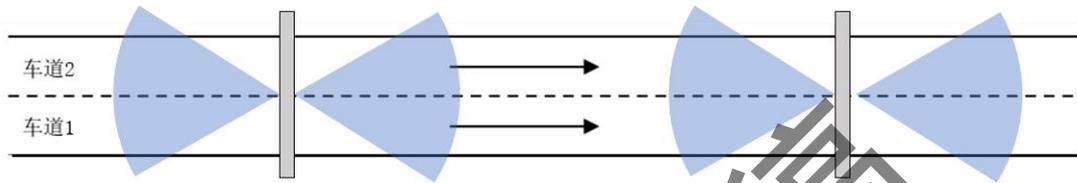


图 6.6.1 桥梁路侧感知设施布设示意图

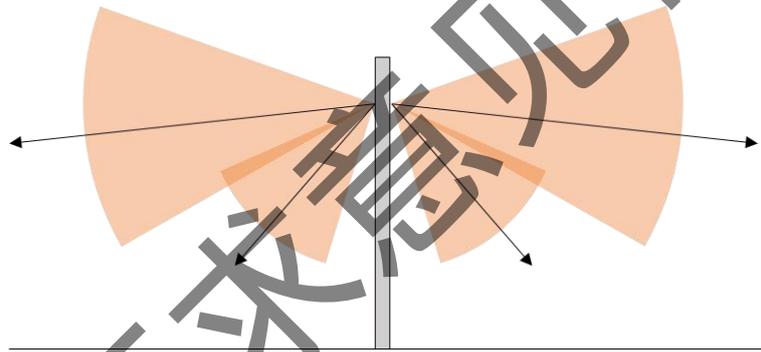


图 6.6.2 激光雷达组合布设立面示意图

6.5.5 隧道

各感知等级智慧公路隧道路侧基础传感器布设方案应满足如下要求。

1 视频摄像机：布设点位于隧道顶端或隧道侧壁；单点布设 2 台，分别指向车头与车尾方向，覆盖 2~4 条车道；安装高度 3.5~6m；布设间距不大于 100m；双向等间距布设，开始与结束位置额外布设 2 台视频摄像机，分别指向车头与车尾方向。

2 毫米波雷达：布设点位于隧道顶端或隧道侧壁，与视频摄像机临近；单点布设 1 台；安装高度 3.5~6m；安装俯角 $5\sim 7^\circ$ ，应注意信号发射角度与隧道内壁不产生影响接受的反射现象；布设间距不大于 100m；单向等间距布设；

3 激光雷达：布设点位于隧道顶端或隧道侧壁；单点布设 4 台；1~2 号激

光雷达，安装高度 3.5~6m，安装俯角 5~7°；布设间距 50~100m；分别朝向车头与车尾方向；3~4 号激光雷达：分别与 1~2 号同点位安装，安装高度 5~6m，安装俯角 30~40°；布设间距 50~100m，用于填补近距离盲区。

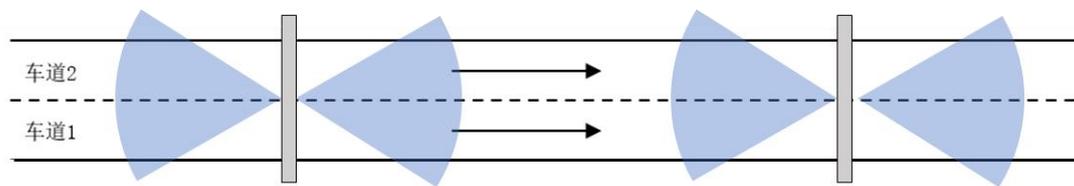


图 6.7.1 隧道路侧感知设施布设示意图

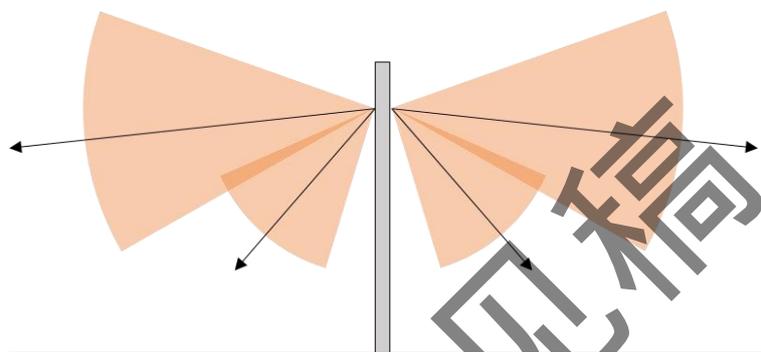


图 6.7.2 激光雷达组合布设立面示意图

征求意见稿