杭绍甬高速路侧感知设备体系建设指南

（封面）

# 前 言

近年来，随着汽车保有量的迅速增加，高速公路交通拥挤、交通安全和环境污染及能源消耗等问题逐渐凸显。交通事件是造成出行时间无法预测、运行成本增加、事故率提高、能源浪费和环境污染加剧等的主要原因之一。及时检测交通事件，就能够降低事件造成的损失。基于此我们提出了智慧高速的理念通过车路协同来了实现智慧高速的目标与预期功能，车路协同的关键就在与路侧感知设备来实现。路侧设备的设备类型种类繁多，以此用来实现全面实时的感知功能，针对如此种类繁多的路侧设备，它们的布设问题就成了我们需要解决的一大难题。

# 总则

# 编制依据

## 标准规范

GB/T 20839-2007 智能运输系统 通用术语

GB/T 22239 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求

GB/T 22240 信息安全技术网络安全等级保护定级指南

GB/T 28789 视频交通事件检测器

GB/T 33697 公路交通气象监测设施技术要求

GB/T 34599 匝道控制系统设置要求

GB/T 37378 交通运输信息安全规范

GB/T 29108-2012 道路交通信息服务 术语

GA/T 994 道路交通信息发布规范

GB/T 33697 公路交通气象监测设施技术要求

GB 50982 建筑与桥梁结构监测技术规范

JTG B01-2014 公路工程技术标准

JTG D80 高速公路交通工程及沿线设施设计通用规范

JTG D70/2 公路隧道设计规范 第二册 交通工程与附属设施

JT/T1037 公路桥梁结构安全监测系统技术规程

JTG/T L80 高速公路改扩建交通工程及沿线设施设计细则

交通运输部2012年第3号公告 高速公路监控技术要求

交通运输部2012年第3号公告 高速公路通信技术要求

交办公路〔2019〕28号 公路隧道提质升级行动技术指南

DB33/T 2003 高速公路项目建设管理规范

国家车联网产业标准体系建设指南（总体要求）（工业和信息化部，2012年）

国家车联网产业标准体系建设指南（信息通信）（工业和信息化部，2012年）

国家车联网产业标准体系建设指南（电子产品与服务）（工业和信息化部，2012年）

## 规范性文件

中发〔2019〕39号 中共中央 国务院关于印发《交通强国建设纲要》的通知

中发〔2019〕21号 中共中央 国务院关于印发《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》的通知

交办规划函〔2017〕1084号 交通运输部办公厅关于开展智慧公路与新一代国家交通控制网和智慧公路试点（第一批）工作

交办规划函〔2018〕265号 交通运输部办公厅关于加快推进新一代国家交通控制网和智慧公路试点的通知

浙公路〔2018〕127号 关于完善高速公路服务区视频监控设施的通知

浙交〔2018〕221号 关于推进全省智慧高速公路建设的通知

浙交〔2018公路信息化技术规范（征求意见稿）

公路网运行监测技术规范（征求意见稿）〕159号 浙江省自动驾驶汽车道路测试管理办法（试行）

公路信息化技术规范（征求意见稿）

公路网运行监测技术规范（征求意见稿）

# 术语和定义、缩略语

## 术语和定义

**3.1.1**

**智慧高速公路 smart expressway**

对通信技术、控制技术和信息技术等在公路系统中集成应用的通称，包括智能设施、智能决策、智能服务和智能管控等，从而形成的具备信息化、智能化、社会化的交通运输综合管理、运营服务和控制系统。

**3.1.2**

**服务水平 level of service**

驾驶员感受公路交通流运行状况的质量指标，通常用平均行驶速度、行驶时间、驾驶自由度和交通延误等指标表征。

**3.1.3**

**车路协同 vehicle-infrastructure coordination**

采用先进的无线通信和新一代互联网等技术，在全时空动态交通信息采集与融合的基础上，全方位实现车-车、车-路动态实时数据交互及车辆主动安全控制和道路协同管理，提升交通安全，提高通行效率。

**3.1.4**

**智能网联Intelligent Connection**

融合应用现代信息技术，实现人、车、路、环境、中心等交通要素充分交互与协同运行的新型交通体系。

**3.1.5**

**云控平台 cloud control platform**

以云计算、物联网技术为手段，以网络化控制、信息物理系统、复杂大系统等理论为依托，实现大规模和扁平化接入的、具有高度自主和高度智能控制功能的控制平台。

**3.1.6**

**车道级交通控制 lane traffic control**

利用计算机技术、通信技术、传感器技术、数据管理和融合技术，通过对道路交通设施及其运行状况的监测，掌握高速公路各个车道交通流的状况，按照车道交通运行状况和特殊需求，生成分车道的交通管理及控制方案，通过信号系统、可变信息标志、交通广播等相应的发布设备进行车道交通流管理、调节和诱导。

**3.1.7**

**智能网联汽车 intelligent connected vehicle**

智能网联汽车是指车联网与智能车的有机联合，是搭载先进的车载传感器、控制器、执行器等装置，并融合现代通信与网络技术，实现车与人、车、路、后台等智能信息交换共享，实现安全、舒适、节能、高效行驶，并最终可替代人来操作的新一代汽车。

**3.1.8**

**路侧计算设施/边缘计算设备Roadside Computing Facility/Edge Computing Device**

部署在道路沿线，完成交通信息汇集与分析处理的装置。

## 缩略语

ETC 电子不停车收费系统（Electronic Toll Collection）

RSU 路侧单元（Road-Side Unit）

OBU 车载单元（On-Board Unit）

ADAS 高级驾驶员辅助系统（Advanced Driving Assistance System）

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

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）

# 总体思路

## 建设原则

## 建设目标

## 建设内容

# 杭绍甬智慧高速感知系统需求分析

目前，“智慧高速”概念和内涵尚没有统一的定义，综合国内外在智慧公路建设发展方面的探索，从服务功能上是基本一致的，即:智慧公路是为充分发挥高速公路的功能属性，集成应用先进的感知技术、传输技术、信息处理技术、控制技术等，形成开放共用的基础平台;它以安全、高效、便捷、绿色为目标，结合多样、开放的运营管理与服务模式，为人和货物的快速运输提供可靠的网络化通行服务，为车车/ 车路交互提供自由的通信管道服务，为应急事件提供全时可响应的应急服务，为出行者提供精细化、自主化的出行服务。针对已有的经验我们总结出了“智慧高速”针对不同路段下的需要满足的场景分析，如下表所示：

表1-1 智慧高速应用场景需求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 序号 | 智慧高速公路应用场景需求 |
| 直线路段 | 1 | 高速公路异常事件  包括：碰撞、抛洒物、车辆故障、交通事故、维修施工等造成交通流瓶颈的事件感知。 |
| 2 | 高速公路缓行与拥堵 |
| 3 | 交通运行参数感知 |
| 4 | 前向碰撞预警 |
| 5 | 侧向碰撞预警 |
| 6 | 后方碰撞预警 |
| 7 | 逆向超车碰撞预警 |
| 8 | 逆向行驶预警 |
| 9 | 紧急制动预警 |
| 10 | 异常车辆提醒 |
| 11 | 车辆失控预警 |
| 12 | 限速预警 |
| 13 | 道路危险状况提示 |
| 14 | 错误行驶预警 |
| 15 | 前方静止/慢速车辆告警 |
| 16 | 驾驶员疲劳预警 |
| 17 | 事故精确定位 |
| 18 | 拥堵预测 |
| 19 | 单车/队列跟驰控制 |
| 20 | 车道保持控制 |
| 21 | 变道与超车控制 |
| 22 | 高优先级车辆让行 |
| 23 | 自适应巡航控制（ACC） |
| 24 | 协作式自适应巡航控制（CACC） |
| 25 | 专用道汇入与汇出控制 |
| 26 | 路径规划 |
| 27 | 轨迹规划 |
| 28 | 交通状态预测 |
| 29 | 速度规划 |
| 30 | 加速度规划 |
| 31 | 动态潮汐车道行驶 |
| 32 | 自动驾驶专用道管理 |
| 33 | 可变限速控制 |
| 34 | 实时路径规划 |
| 35 | 实时地图更新 |
| 36 | 混合交通管理 |
| 37 | 限行管理 |
| 38 | 交通服务设施信息 |
| 39 | 前方拥堵提醒 |
| 40 | 路面湿滑程度 |
| 41 | 天气状况提醒 |
| 42 | 停车限制提醒 |
| 43 | 车辆远程诊断 |
| 44 | V2X数据传输 |
| 45 | 高精度定位 |
| 弯道路段 | 46 | 盲区预警 |
| 47 | 障碍物检测与预警 |
| 48 | 车辆失控预警 |
| 49 | 道路危险状况提示 |
| 50 | 左转辅助 |
| 51 | 换道辅助 |
| 52 | 车辆导航 |
| 53 | 转向控制 |
| 54 | 弯道限速提醒 |
| 55 | 转向限制提醒 |
| 匝道 | 56 | 匝道车辆汇入预警 |
| 57 | 匝道车辆汇出预警 |
| 58 | 匝道控制 |
| 59 | 车道汇合提醒 |
| 60 | 前方车道变窄提醒 |
| 61 | 高速出入口信息 |
| 隧道 | 62 | 慢速行驶要求提示 |
| 63 | 异常换道占道危险行为检测及预警 |
| 64 | 火灾监测及预警 |
| 桥梁 |  | 桥内行人检测 |
| 65 | 桥梁安全监测与预警 |
| 66 | 超载汽车上桥检测与警告 |
| 收费站 | 67 | 汽车荷载检测 |
| 68 | 车辆识别 |
| 69 | 智能汽车近场支付 |
| 70 | 智能汽车远程支付 |
| 71 | 本地电子支付 |
| 服务区 | 72 | 异常及危险车辆检测 |
| 73 | 服务区自动泊车 |
| 74 | 服务信息公告 |

## 典型智慧高速感知需求

从上诉所有列举中的场景中我们进一步归纳总结出了智慧高速典型的需要被检测感知出来的典型场景，这些场景具有各自的检测需求。这些典型的场景以及其场景检测需求如下文所示。

### 高速公路异常事件

当车辆在高速公路上行驶时，明确要求车辆是不得在高速公路主线路段任意位置停车，当车辆出现问题时，应及时停靠在应急车道上避免发生意外。然而许多时候由于高速公路上出现异常事件：包括**碰撞（前后高速行驶车辆之间由于车距过近，导致车辆发生碰撞追尾事故）、抛洒物（车辆由于各种原因遗留的抛洒物造成后续车辆无法正常行驶）、车辆故障、交通事故、维修施工**等造成交通流瓶颈的事件。这些异常事件造成车辆无法继续正常行驶并且无法及时停靠在应急车道，在高速公路主线路段异常停车。由于高速公路的特性，当有车辆异常停车时，后方车辆在接近事故车辆后无法短距离制动从而导致事件的发生甚至累积发生。因此针对这个事件，在智慧高速的建设中，我们需要通过路侧设备及时检测出该事件的发生，并将该信息迅速上传给交管部门，由交管部门对附近车辆做出提醒以避免严重事故的发生，这就需要布设的路侧设备能够迅速检测出事件的发生以及确定事件发生的地点时间等关键信息。

### 高速公路缓行与拥堵

当高速公路一定路段出现由于各类违法行为或其他意外原因发生的单方或多车碰撞事故导致事故车辆占据高速公路大幅路面或整幅路面，导致后车只能减速通过甚至无法通过异常路段这就造成了交通流的缓行，当缓行速度减少一定程度达到交通瓶颈，后方车辆形成严重拥堵。高速公路上形成缓行与拥堵事件会存在极大的安全隐患，需要对此事件进行及时检测，然后上报交管部门以做出交通管控以防止大型事故的发生。其中高速公路缓行与拥堵事件的定量化指标按照公路服务水平分级，采用v/C值来衡量拥挤程度，作为评价服务水平的主要指标，同时采用小客车实际行驶速度与自由流速度之差作为次要评价指标，将服务水平分为六级，分别代表一定运行条件下驾驶员的感受。具体的服务水平划分如下表所示：

表1-2 高速公路服务水平等级

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **服务水平等级** | **v/C值** | **设计速度（km/h）** | | |
| 120 | 100 | 80 |
| **最大服务交通量**  **[pcu/(h\*ln)]** | **最大服务交通量**  **[pcu/(h\*ln)]** | **最大服务交通量**  **[pcu/(h\*ln)]** |
| 一 | v/C≤0.35 | 750 | 730 | 700 |
| 二 | 0.35<v/C≤0.55 | 1200 | 1150 | 1100 |
| 三 | 0.55<v/C≤0.75 | 1650 | 1600 | 1500 |
| 四 | 0.75<v/C≤0.90 | 1980 | 1850 | 1800 |
| 五 | 0.90<v/C≤1.00 | 2200 | 2100 | 2000 |
| 六 | v/C>1.00 | 0-2200 | 0-2100 | 0-2000 |

注：v/C是在基准条件下，最大服务交通量与基准通行能力之比。基准通行能力是五级服务水平下对应的最大小时交通量。

根据交通流状态，各级服务水平分定性描述如下：

1、一级服务水平，交通流处于完全自由流状态。交通量小，速度高，行车密度小，驾驶员能自由地按照自己的意愿选择所需速度，行驶车辆不受或基本不受交通流中其他车辆的影响。在交通流内驾驶的自由度很大，为驾驶员、乘客或行人提供的舒适度和方便性非常优越。较小的交通事故或行车障碍的影响容易消除，在事故路段不会产生停滞排队现象，很快就能恢复到一级服务水平。

2、二级服务水平，交通流状态处于相对自由流的状态，驾驶员基本上可按照自己的意愿选择行驶速度，但是开始要注意到交通流内有其他使用者，驾驶人员身心舒适水平很高，较小交通事故或行车障碍的影响容易消除，在事故路段的运行服务情况比一级差些。

3、三级服务水平，交通流处于稳定流的上半段，车辆间的相互影响变大，选择速度受到其他车辆的影响，变换车道时驾驶员要格外小心，较小交通事故仍能消除，但事故发生路段的服务质量大大降低，严重的阻塞后面形成排队车流，驾驶员心情紧张。

4、四级服务水平，交通流处于稳定流范围下限，但是车辆运行明显地受到交通流内其他车辆的相互影响，速度和驾驶的自由度受到明显限制。交通量稍有增加就会导致服务水平的显著降低，驾驶人员身心舒适水平降低，即使较小的交通事故也难以消除，会形成很长的排队车流。

5、五级服务水平，为交通流拥堵的上半段，其下是达到最大通行能力时的运行状态。对于交通流的任何干扰，例如车流从匝道驶入或车辆变换车道，都会在交通流中产生一个干扰波，交通流不能消除它，任何交通事故都会形成长长的排队车流，车流行驶灵活性极端受限，驾驶员身心舒适水平很差。

6、六级服务水平，是拥堵流的下半段，是通常意义上的强制流或阻塞流。这一服务水平下，交通设施的交通需求超过其允许的通过量，车流排队行驶，队列中的车辆出现停停走走现象，运行状态极不稳定，可能在不同交通流状态间发生突变。

通过检测器检测出的交通参数，按照上述的服务等级分类指标来对路段状态进行判断。

### 交通流参数感知

交通运行参数感知主要利用设置在前端的交通流检测设备，对高速公路上车辆断面交通量、速度、行程时间等信息进行监测和研判，为交通态势分析、交通决策制定提供基本依据。

目前常用的交通流感知设备包括视频检测器、毫米波雷达、微波车辆检测器和激光雷达等几类，各类检测设备的对比如表1-3所示。

表1-3 交通流参数检测对比表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **参数** | **视频检测** | **微波车辆检测器** | **毫米波雷达** | **激光雷达** |
| **成像原理** | 光学成像 | 回波成像 | 回波成像 | 回波成像 |
| **检测方位** | 迎车方向 | 断面侧装 | 迎车方向 | 迎车方向 |
| **监测宽度** | 三车道 | 双向10车道 | 单向8车道或双向12车道 | 单向8车道或双向12车道 |
| **受雨雾天气影响** | 无法检测 | 基本不受影响 | 基本不受影响 | 检测精度大幅降低 |
| **受光线影响** | 无法检测 | 基本不受影响 | 基本不受影响 | 不受光线影响 |
| **交通量检测** | 93% | 95% | 95% | 96% |
| **车速区间** | 0~200Km | 20~200Km | 10~250Km | 0~280Km |
| **车速准确率** | 87% | 90% | 95% | 97% |
| **车型准确率** | 93% | 70% | 93% | 95% |
| **轨迹跟踪** | 可 | 否 | 可 | 可 |

从表中可以看出，各类感知设备的特性不同，进而应用场景、效果均有所不同，其中视频检测器可以监测车辆运行的过程，成像稳定，便于核查，但该方式目前依赖于天气、能见度等环境条件，可靠性不高，会存在较大程度的漏检与误检；激光雷达定位精度高，不受光线影响，但易受天气的影响，例如雾和雨会影响其测距；微波车辆检测器具有很强的抗干扰能力，基本不受外界天气条件影响，交通流检测精度较高，但车型检测准确率低且无法跟踪车辆轨迹；毫米波雷达交通流检测精度≥97%，且具有不受任何气候和光线的影响，在眩光、全黑、雨雪、烟雾等恶劣天气环境中，可实现精确监测车速、车型，并对车辆进行轨迹跟踪。

### 匝道车驶入主路管控

高速公路匝道与主路的连接路段，当匝道上有车辆又匝道行驶上主线路段时，有时候会与主路上正要通过该连接路段的车辆发生冲突，由于高速公路行驶车辆速度较快的特点，当驾驶员没有及时做出变道让道措施时，存在发生车辆碰撞事故的潜在可能性。为了避免这个事故的发生，或当发生这个事故后为了不对后续车辆造成太大影响，我们需要对这个事件在一定时间内进行感知并采取措施进行处理解决。这就需要我们在智慧高速的建设中，通过在路侧布设相关检测设备，检测出相关车辆的行驶状态。尽可能避免主线与匝道的冲突发生，当存在冲突风险时，对车辆进行预警。

### 桥隧内重点车辆跟踪

当车辆在高速公路上行驶时，经过隧道路段时，由于隧道内环境的特殊性，隧道内发生事故，往往会造成及其严重的后果。由于隧道的局限性在隧道中禁止车辆变道，变道存在极大的碰撞危险。发生事故后，由于隧道内空气不流通很容易引发火灾，导致严重事故。因此我们需要在隧道里布设检测设备，检测车辆是否存在违规换道或其他存在安全隐患行为。当隧道内有事故发生时，快速检测，马上组织人员进行事故处理。

对驶入桥梁的车辆进行分类识别，对于大货车进行跟踪，判断是否存在违章超载上桥行为，对两客一危车辆进行重点跟踪以防这些车辆出现事故。

## 智慧高速感知系统级别定义

智慧高速概念的提出旨在发展车路协同自动驾驶系统通过先进的车、路感知设备（如视频摄像头、毫米波雷达等）对道路交通环境进行实时高精度感知，按照约定的通信协议和数据交互标准，实现车与车、车与人以及车与道路交通设施间不同程度的信息交互和共享（网络互联化），并涵盖不同程度的车辆自动化驾驶阶段（车辆自动化），以及考虑车辆与道路供需间不同程度的分配协同优化（系统集成化），从车辆自动化，网络互联化和系统集成化三个维度构建车路协同自动驾驶系统，进而高效和协同地执行车辆和道路的感知、预测、决策和控制功能，最终形成一个能够整合、协调、控制、管理和优化所有车辆、信息服务、设施设备、智能化交通管理的以车路协同自动驾驶为核心的新一代智能交通系统。

### 自动驾驶汽车分级

按照自动驾驶技术让汽车达到自动驾驶的智能程度，国际汽车工程师协会（SAE）和美国道路安全管理局（NHTSA）分别将自动驾驶的级别划分为6个等级和5个等级 [1]。SAE和NHTSA划分的原则也基本相同，都是从完全人工驾驶到完全自动驾驶见下表。

表1-4 自动驾驶汽车分级

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **NHTSA** | **SAE** | **自动化程度** | **具体定义** | **驾驶操作** | **周边监控** | **接管** | **应用场景** |
| 0 | 0 | 人工驾驶 | 由人类驾驶员负责驾驶车辆 | 人类驾驶员 | 人类驾驶员 | 人类驾驶员 | 无 |
| 1 | 1 | 辅助驾驶 | 车辆对方向盘和加减速中的一项操作提供驾驶，人类驾驶员负责其余的驾驶动作 | 人类驾驶员和车辆 | 人类驾驶员 | 人类驾驶员 | 限定场景 |
| 2 | 2 | 部分自动驾驶 | 车辆对方向盘和加减速中的多项操作提供驾驶支持，人类驾驶员负责其余驾驶操作 | 车辆 | 人类驾驶员 | 人类驾驶员 |
| 3 | 3 | 条件自动驾驶 | 车辆完成绝大部分驾驶操作，人类驾驶员需要在适当的时候提供应答 | 车辆 | 车辆 | 人类驾驶员 |
| 4 | 4 | 高度自动驾驶 | 由车辆完成所有驾驶操作，人类驾驶员无需对所有的系统请求做出应答，但限定道路和环境条件 | 车辆 | 车辆 | 车辆 |
| 5 | 完全自动驾驶 | 由车辆完成所有驾驶操作，人类驾驶员无需保持注意力 | 车辆 | 车辆 | 车辆 | 所有场景 |

第一层次：人工驾驶（Level 0）

车辆完全由驾驶员控制，包括制动、转向、启动加速及减速停车。

第二层次：辅助驾驶（Level 1）

车辆主要通过ADAS功能提供**预警提示**防止交通事故的发生，如：**车道偏离预警（LDW）**，前向碰撞预警（FCW），盲点检测（BSD）。

第三层次：部分自动驾驶（Level 2）

车辆具有至少两种控制功能融合在一起的控制系统，为多项操作提供驾驶支持，如：**自主巡航系统（ACC）**、紧急自动刹车系统（AEB）和车道保持辅助系统（LKA）等。

第四层次：条件自动驾驶（Level 3）

车辆能够在**某个特定的交通环境下**实现自动驾驶，并可以自动检测交通环境的变化以判断是否返回驾驶员驾驶模式。

第五层次：高度自动驾驶（Level 4）

驾驶操作和环境观察仍然由系统完成，不需要对所有的系统要求进行应答。只有在某些复杂地形或者天气恶劣的情况时，才需要驾驶员对系统请求做出决策。

第六层次：完全自动驾驶（Level 5）

无须驾驶员和方向盘，在任何环境下都能完全自动控制车辆。只需提供目的地或者输入导航信息，就能够实现所有路况的自动驾驶，到达目的地。全工况无人驾驶阶段可称之为“完全自动驾驶阶段”或者“无人驾驶阶段”。

### 科罗拉多州运输部（CDOT）智能道路分级

针对上面的智能车分级，科罗拉多州运输部（CDOT）结合车与路的关系提出了一个智能道路分类系统，该系统也有六个级别 [2]，与道路支持网联车辆（CVs）和自动驾驶车辆（AVs）的能力相关:

表1-5 CDOT智能道路分级表

|  |  |
| --- | --- |
| **Level** | **相应等级智慧高速描述** |
| 1 | 未配备任何智能化基础设施，仅需达到国家标准的安全性和移动性水平 |
| 2 | 符合AASHTO, MUTCD指南/标准，道路上并未安装任何智能交通设备和基础设施来收集CV的数据。移动通信网络可以选择性开启提供智能化交通服务 |
| 3 | 具有良好的智能交通设备（视频摄像头、毫米波雷达、微波检测等），由交通管控中心（TOC）管理智能化设备所采集的信息，并单向分发给道路用户 |
| 4 | 设有自动驾驶专用车道，并只面向L3和L4级自动驾驶车辆开放；公路或专用车道设置智能交通设施（智能信号灯、智能路灯等）；交通管控中心和道路用户之间双向分享数据 |
| 5 | 设有自动驾驶专用车道，并只面向L4级自动驾驶车辆开放；提供无线充电、高级数据共享等附加服务；道路信息直接有车载单元接收，无需交通标志 |
| 6 | 道路上的所有车道都是专为4级车辆系统设计的，不需要交通信号以及标志、标线 |

CDOT道路分级基本上是对标自动驾驶汽车分级。CDOT-L1级路段是指目前符合国家标志的普通公路，无任何信息化设备；CDOT-L2级路段包含基本的智能交通设备，如视频摄像头；CDOT-L3级路段需建设成熟的智能交通系统，并与智能设备相互连接，提供多种交通管控手段；CDOT-L4级路段具有DSRC或C-V2X连接，从而提供V2I应用服务。

其中，CDOT-L1级路段要求提供道路改造升级的基础设施；**CDOT-L2和L3为当前交通管控需求提供切实、有效地支持；**CDOT-L4则是面向2023年以后的未来市场需求；

### 我国的道路智能化分级

2019年，中国公路学会自动驾驶工作委员会、自动驾驶标准化工作委员会发布了《智能网联道路系统分级定义与解读报告》（征求意见稿），将交通基础设施系统分为 6 级。



L0级路段（无信息化/无智能化/无自动化）为传统道路信息管理方式，即交通基础设施与单个车辆系统之间无信息交互。主要特征为交通基础设施无检测和传感功能，由驾驶员全程控制车辆完成驾驶任务和处理特殊情况。

L1级路段（初步数字化/初步智能化/初步自动化）仍为传统道路信息管理方式。主要特征有：道路系统能够采集数字化交通基础设施静态数据并进行更新和储存，交通基础设施感知设备能实时获取连续空间的车辆和环境等动态数据，自动**处理非结构化数据**，并结合历史数据**实现车辆行驶的短时、微观预测**；各种类型数据之间**无法有效融合**，信息采集、处理和传输的**时延明显**；交通基础设施感知信息和预测结果可实时提供给车辆，辅助车辆自动驾驶如提供信息服务和主动交通管理服务；交通基础设施向车辆系统进行**单项传感**。

L2级路段（部分网联化/部分智能化/部分自动化）为交通基础设施具备复杂传感和深度预测功能，通过与车辆系统进行信息交互（包括 I2X），可以支持较高空间和时间解析度的自动化驾驶辅助和交通管理。除L1中提供的功能外，可以实现基础实施等静态数据在时空上的连续监测和更新；具备更高精度的车辆和环境等动态**非结构化数据的检测传感功能**；**实现数据高度融合**，信息采集、处理和传输的**时延低**；**支持部分数据**在车与车之间、车与基础设施之间的**实时共享**，提供深度分析和长期预测；**有限场景内可以实现对自动驾驶车辆的接管和控制**，实现限定场景的自动化驾驶和决策优化。**其局限为：**遇到特殊情况，需要驾驶员接管自动驾驶车辆进行控制；无法从系统层面进行全局优化；主要实现驾驶辅助，需在有限场景内完成自动驾驶。

L3级路段（基于交通基础设施的有条件自动驾驶/高度网联化）定义为高度网联化的交通基础设施可以在数毫秒内为单个自动驾驶车辆（自动化等级大于1.5及以上）提供周围车辆的动态信息和控制指令，可以在包括专用车道的主要道路上实现有条件的自动化驾驶。**主要特征有：**交通基础设施具备**高度的网联化**和有条件的智能化；在交通基础设施覆盖的道路上可以支持单个自动驾驶车辆的部分自动化驾驶功能；交通基础设施系统可实现对自动驾驶车辆的横向和纵向控制；可运行在包括具有**专用车道等的主要道路的限定场景**；遇到特殊情况，需要驾驶员接管。

L4级路段（基于交通基础设施的高度自动驾驶）交通基础设施为自动驾驶车辆（自动化等级大于 1.5）提供了详细的驾驶指令，**可以在特定场景/区域（如预先设定的时空域）实现高度自动化驾驶**。遇到特殊情况，**由交通基础设施系统进行控制，不需要驾驶员接管**。**主要特征有：具备高度的信息化和智能化**；可为单个自动驾驶车辆提供周围车辆的动态信息和纵横向控制指令；可对自动驾驶车辆（自动化等级 1.5 或以上）进行横向和纵向的控制；交通控制中心可更优调配所覆盖的车辆，达到全局最优化；在特定场景/区域混合交通场景下可实现高度自动化驾驶；遇到特殊情况，由交通基础设施系统实施控制，不需要驾驶员接管。但是仍局限于试验场和园区，自动泊车停车场等封闭区域；高速公路、城市快速路；部分城市主干网络和公交专线。

L5级路段（基于交通基础设施的完全自动驾驶）为交通基础设施可以满足所有单个自动驾驶车辆（自动化等级大于 1.5 及以上）在所有场景下完全感知、预测、决策、控制、通讯等功能，并优化部署整个交通基础设施网络，实现完全自动驾驶。完全自动驾驶所需的子系统无需在自动驾驶车辆设置备份系统。提供全主动安全功能。遇到特殊情况，由交通基础设施系统进行控制，不需要驾驶员参与。

### 杭绍甬高速智能感知系统分级定义

指南通过考虑道路感知系统的感知水平、所能支持的管控能力和应对异常天气的能力，对杭绍甬高速感知系统划分为六个级别。并对相应等级分配设备类型和边缘计算能力，规定应用场景。六个感知级别之间是层层递进的关系，高一级的感知需基于下一层次感知级别的支持，如表1-？所示。

杭绍甬高速智能感知系统分级表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 感知水平 | 管控能力 | 异常天气应对能力 | 边缘计算能力 | 应用场景 | 设备类型 |
| L0 | 无 | 被动管控 | 无 | 无 | 无 | 视频监控 |
| L1 | 宏观交通流感知 | 路网级主动管控 | 仅能应对较小的雨、雪、雾、霾天气 | 后台配备视频检测服务器 | 所有路段的基本视频监控和主要卡口处异常事件检测 | 视频检测器 |
| L2 | 车道级感知 | 车道级主动管控 | 可应对中等雨、雪、雾、霾天气 | 路侧设置边缘服务器 | 桥梁、收费站、服务区的交通状态和事件感知 | 视频检测器、定向毫米波雷达 |
| L3 | 微观单车感知 | 单车轨迹跟踪 | 可应对中等雨、雪、雾、霾天气 | 路侧设置边缘服务器 | 隧道内、隧道出入口、交通枢纽（匝道出入口）、长直下坡、弯道以及其他事故多发区段的交通状态和事件感知 | 视频检测器、（定向+全向）毫米波雷达、卡口相机 |
| L4 |  | 单车轨迹预测 | 可应对较大雨、雪、雾、霾天气 |  | 自动驾驶专用车道 | 视频检测器、毫米波雷达、卡口相机、激光雷达 |
| L5 |  | 多车轨迹协同 | 任何极端天气 |  | 车路协同式自动驾驶场景 | 视频检测器、毫米波雷达、卡口相机、激光雷达 |

L0级感知路段为目前符合国家标志的高速公路，无任何感知设备，属传统被动管控方式，只配备普通视频监控设备；但需为L1-L5级感知预留道路改造升级的基础设施。

L1级路段具有基本的宏观交通流感知能力，可进行路网级主动管控，配备视频检测器，在后台配备视频检测服务器，可应对较小的雨、雪、雾、霾天气，可提供对所有路段的基本视频监控和主要卡口处的异常事件检测。

L2级路段具有车道级感知能力，可进行车道级主动管控，配备视频检测器和定向毫米波雷达，在路侧设置边缘服务器，可应对中等的雨、雪、雾、霾天气，可对桥梁、收费站、服务区等提供交通状态和异常事件感知 。

L3级路段具有微观交通流感知能力，可跟踪单车的运行轨迹进行单车精准管控，配备视频检测器、定向和/或全向毫米波雷达、卡口相机，在路侧设置边缘服务器，可应对中等雨、雪、雾、霾天气，可对隧道内、隧道出入口、交通枢纽（匝道出入口）、长直下坡、弯道以及其他事故多发区段提供交通状态和异常事件感知。

L4：支持自动驾驶专用车道

L5：支持车路协同式自动驾驶

## 杭绍甬高速感知系统定位与建设等级

杭绍甬基本路段提升到L2，局部路段到L3，不考虑L4、L5。

L1感知断面流量，L2每个车道断面的流量

500-600百万一公里

杭绍甬智慧高速公路立足于“新”，以高标准、高要求建设打造，引领带动全省及至全国智慧高速公路的发展方向。项目路线全长约53公里，采用双向六车道高速公路标准建设。起点位于杭州市萧山区南阳街道，在红山村附近接拟建的杭州中环（国道104线）和红十五线。路线采用隧道形式穿越拟扩建的萧山机场北侧后，以“高架高速公路+地面辅道”形式建设，向东经杭州萧山区、钱塘新区和绍兴柯桥区、滨海新区、上虞区，止于上虞与余姚交界处，接拟建的[杭绍甬高速](http://www.eepw.com.cn/news/listbylabel/label/杭绍甬高速)公路宁波段二期工程。

整个项目突出智慧化建设导向，旨在打造一条涵盖“客货运输网”、“传感通信控制网”和“绿色能源网”三网合一的智慧高速公路基础设施和智慧云控平台在内的新型高速公路，支撑安全预警、实时诱导、专用车道、编队行驶、自由流收费、全天候通行、精准管控调度等创新服务，预计近期通行能力提升20%～30%。

按照“端-边-云”的整体协同架构，利用车路通信、高精地图、高度定位及视频传感器等感知系统，建设支持车路协同的边缘计算和云控平台。

近期，可为现有社会存量车辆提供精准信息服务和安全提醒，为具备驾驶辅助车辆提供安全预警辅助和决策辅助。

中远期，可为高等级自动驾驶车辆提供车路协同式自动驾驶体验。

项目建成后，将充分发挥交通战略先导优势，促进杭州湾产业带进一步发展，有力推动浙江省“大湾区”建设，强力支撑“长三角区域一体化”、“长江经济带”和“一带一路”倡议实施。

## 杭绍甬高速感知级别参数设定

**说明相关参数设定均按照相关标准和现有感知系统仿真进行设定。**

参照上面智慧高速的分级，我们为了在杭绍甬道路上实现一定的智慧高速的分级，需要通过布设一定的路侧设备来实现对应的智慧高速的级别要求的感知功能，我们结合了各种资料，以及不同设备的功能，最终得到了下表所示的达到不同智慧高速感知级别的参数定义：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **感知级别** | | **L1** | **L2** | **L3** |
| **感知项** | | **相应要求**（数据需来自仿真测试） | | |
| 交通流参数 | 时间颗粒度 | 2分钟 [3]  注：数据上传频率 | < 1分钟 | < 30秒 |
| 空间颗粒度 | 200米 - 1 公里 [4]  注：根据路侧基站管理的检测截面数而定 |  |  |
| 检测精度 | 85% - 90% [4] | 95% | 95% |
| 交通事件 | 时间颗粒度 | 1分钟 - 2分钟  注：事件检测时间颗粒度 = 参数上传周期 \* （非事件检测范围 / 监控范围）+ 0\*(事件检测范围 / 监控范围) |  |  |
| 空间颗粒度 | 50 - 150 米  注：事件检测空间颗粒度 = 检测间隙 \* （非事件检测范围 / 监控范围）+ 0\*(事件检测范围 / 监控范围) |  |  |
| 检测精度 | 90% | 95% | 95% |
| 行驶轨迹跟踪 | | 否 | 可 | 可 |
| 车辆微观行为 | | 否 | 可 | 可 |
| 最低预算成本 | |  |  |  |

**建设等级根据实际各路段管控需求进行建设**

**参考文献：**

**[1]** **车路协同自动驾驶发展报告1.0版 中国公路学会自动驾驶工作委员会**

**[2]** **NCHRP 20-24(112) CONNECTED ROADWAY CLASSIFICATION SYSTEM DEVELOPMENT**

**[3] 浙江省智慧公路建设指南（暂行）2020-01**

**[4] 视频交通事件检测器国家标准**

# 行业内感知设备性能参数调研

## 视频监控摄像机选型

高速公路视频监控系统主要负责视频、路况等信息的采集、处理和存储，提供交通信息资源，为高速公路快速、安全、舒适、高效提供了保障。道路监控系统主要是对高速公路干线、互通立交、隧道等高速公路重点路段进行监视，掌握高速公路交通状况，及时发现交通阻塞路段、违章车辆，及时给予引导，保证高速公路的安全通畅。

针对高速公路主动安全管控对视频监控系统的需求，报告通过广泛调研、分析，现推荐使用以下四种类型的视频监控设备，以满足杭绍甬高速路侧感知设备测试需求。类型一为200万像素摄像机，配置红外补光灯，可以完成基本监控功能；类型二为400万像素摄像机，其具有变焦功能和多显示模式，而且具有视频结构化功能（视频结构化通过对原始视频进行智能分析，提取出关键信息，能够支持机动车、非机动车、人员等目标的抓拍和属性识别）；类型三为800万像素摄像机，同样具有变焦功能、多显示模式和结构化功能，且像素更加清晰、算法识别精度更高；以上三个类型设备均为枪机，类型四推荐设备是枪球一体机。其为枪机和球机的组合，可使监控视角更加灵活。

建议设备类型功能对比以及参考技术指标如表2-1、2-2所示。

表2-1 建议设备功能对比表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **200万像素摄像机** | **400万像素摄像机** | **800万像素摄像机** | **枪球一体机** |
| **视频监控** | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 |
| **存储功能** | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 |
| **车身颜色识别** | 不支持 | 支持 | 支持 | 可选 |
| **车辆类型识别** | 不支持 | 支持 | 支持 | 可选 |
| **车牌识别** | 不支持 | 支持 | 支持 | 可选 |
| **交通事件检测** | 不支持 | 部分支持 | 支持 | 可选 |
| **流量检测** | 不支持 | 不支持 | 不支持 | 不支持 |

表2-2 建议设备类型技术指标

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **200万像素摄像机** | **400万像素摄像机** | **800万像素摄像机（低速，城市，小区）** | **枪球一体机** |
| **分辨率** | 200万 | 400万 | 800万 | 【全景】400万  【细节】400万 |
| **检测车道数** | 1车道 | 1-2车道 | 3-4车道 | 全景监控 |
| **检测精度** |  |  |  |  |
| **检测距离** | 150m（红外） | 120m（混光模式视频监控距离）  35m（人脸检测距离）  65m（暖光模式视频监控距离） | 150m（混光模式视频监控距离）  85m（人脸检测距离）  150m（白光模式视频监控距离） | 250m（红外）  30m（白光照射） |
| **最低照度** | 0.002Lux（彩色模式）；  0.0002Lux（黑白模式）；  0Lux（补光灯开启） | 0.001Lux（彩色模式）；  0.0001Lux（黑白模式）；  0Lux（补光灯开启） | 0.001Lux(彩色模式)；  0.0001Lux(黑白模式)；  0Lux(补光灯开启) | 【全景】彩色 0.0005Lux @  【细节】彩色 0.0005Lux @ 0Lux with IR |
| **镜头焦距** | 5-60mm | 8-32mm | 8-56mm | 【全景】2.8-12mm  【细节】55.7-210mm |
| **视场角** | 水平：58.5°~6°；垂直：36.5°~3.3°；对角：66°~6.8° | 水平：43°~15° 垂直：23°~8° 对角：50°~17° | 细节： 水平：42°(W)~10°(T) 垂直：24°(W)~5.5°(T) 对角：47.5°(W)~11.5°(T) 全景： 水平：40°(W)~15°(T) 垂直：23°(W)~9°(T) 对角：46°(W)~18°(T) | 水平范围:【全景】0-90°；【细节】0-360°  垂直范围:【全景】-5-30°；【细节】-20-90° |

表2-3对四种建议设备的优缺点进行了对比。

表2-3 建议设备优缺点

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **200万像素摄像机** | **400万像素摄像机** | **800万像素摄像机** | **枪球一体机** |
| **优点** | 可变焦  价格经济 | 可变焦  性价比较高  可提供结构化数据 | 可变焦  清晰度高，画质细腻  可提供结构化数据  人脸检测精度较高 | 可变焦  兼顾全景与细节  可进行目标跟踪 |
| **缺点** | 清晰度相对较低，功能较少 |  | 价格相对较高 | 价格相对较高 |

经过选型调研分析后，这里我们选用800万像素的视频摄像机作为路侧布设设备。

## 毫米波雷达设备选型

毫米波雷达是工作在毫米波波段（30～300GHz）的检测雷达，其波长介于微波和厘米波之间，因此毫米波雷达兼有微波雷达和光电传感器的一些优点。与视频监控系统相比，其具有检测距离远、空间分辨率高、不受各种环境干扰和光线干扰等特点，从而可支持实现多维交通运行数字化感知、全天候通行、主动安全管控等关键需求。因此，毫米波雷达越来越多地被应用于智慧高速路侧感知系统当中，与视频监控系统一起形成路侧感知系统的两大解决方案。

毫米波雷达在一些特殊场景具有得天独厚的优势。例如在雨、雪、雾、霾天气，视频监控系统会受到严重的干扰，导致检测精度降低；而毫米波雷达凭借其探测距离远，受复杂天气影响较小，能够全天候、全天时工作，因此，毫米波雷达可与视频监控系统进行融合，进而可以很大程度地提升路侧感知系统的性能。

目前市场上主要有两个频段的毫米波雷达，即，24GHz和77GHz。24GHz毫米波雷达探测距离短，探测角度大，在中短距离有明显优势，多用于车载雷达；77GHz毫米波雷达，具有波长短，分辨率高，检测目标能力强等特点。同比与其他频段的毫米波雷达，其更适合于智慧高速的路侧感知需求，可实现跟踪定位检测并及判断车辆运动状态和位置信息，具有全天候（暴雨天除外）全天侯感知能力，对雾、烟、灰尘的穿透能力强。

经过广泛调研和深入分析，报告建议两种类型的77GHz毫米波雷达。类型一为77GHz定向检测雷达；类型二为77GHz全向跟踪雷达。下面对这两种进行对比分析

表2-4雷达功能对比表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **功能对比** | | | |
| **编号** | **功能指标** | **全向雷达** | **定向雷达** |
| 1 | 拥堵事件检测功能 | 支持 | 支持 |
| 2 | 慢行车辆事件检测功能 | 支持 | 支持 |
| 3 | 停车事件检测功能 | 支持 | 支持 |
| 4 | 行人事件检测功能 | 支持 | 支持 |
| 5 | 逆行事件检测功能 | 支持 | 支持 |
| 6 | 抛洒物体事件检测功能 | 支持 | 不支持 |
| 7 | 山体滑坡 | 支持 | 不支持 |
| 8 | 异常行为分析，能够对即将发生的隐藏的事件进行预警 | 支持 | 需定制开发 |
| 9 | 系统能够在多个连续布设的雷达中能够对同一个目标进行持续跟踪 | 支持 | 需定制开发 |
| 10 | 可实现对“两客一危”车辆、特殊车辆（黑名单或白名单车辆）、以及车队的持续跟踪定位与管理 | 支持 | 需定制开发 |
| 11 | 与摄像机联动实现对同一目标物体进行持续追踪定位 | 支持 | 需定制开发 |
| 12 | 与车牌抓拍摄像机联动完成目标车辆信息全面融合，实现特殊车辆车辆全线追踪定位 | 支持 | 需定制开发 |
| 13 | 将道路上所有的车辆特征数据与车辆实时动态数据融合后发送给第三方平台实现，精准路况信息发布和实景导航 | 支持 | 需定制开发 |
| 14 | 系统能够以图形的形式现实被跟踪的目标物体并加以区别包括行人、小型车辆、大型车辆、抛洒物体 | 支持 | 需定制开发 |
| 15 | 路界范围内有人员或动物入侵报警检测功能 | 支持 | 支持 |
| 16 | 系统检测到异常事件时，能够对在GIS地图上精准定位，并进行持续追踪告警直到目标物体离开雷达检测的范围 | 支持 | 需定制开发 |
| 17 | 系统可以与雾区诱导系统结合实现雾区主动诱导 | 支持 | 需定制开发 |
| 18 | 系统能够提供几公里范围内或整条道路的俯视查看方式，可对道路上实时车辆分布情况、所在位置、交通状况、事件事故所在位置进行分析汇总 | 支持 | 支持 |
| 19 | 内嵌高精度GIS地图 | 支持 | 需定制开发 |
| 20 | 提供车道级高精度地图，支持车路协同与自动驾驶 | 支持 | 支持 |
| 21 | 全方位雷达设备为车路协同系统提供动态、全面、高效、实时的路况感知信息，对主要区域范围内的车辆、行人、交通状况的实时感知并可发出预警信息、并给出每个目标物体的精准的位置信息（经纬度信息）即时速度信息、区域内分布信息。 | 支持 | 需定制开发 |

表2-5雷达技术指标对比表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **技术指标对比** | | | |
| **编号** | **技术指标** | **全向毫米波雷达** | **定向毫米波雷达** |
| 1 | 雷达扫描方式 | 360°全向扫描 | 24°-110°定向 |
| 2 | 工作频率 | 77GHz | 24.25GHz, 77GHz |
| 3 | 雷达波束角 | 方位角：1.8°，仰角：1.8° | 方位角：-15°~15°，仰角：-4.5°~4.5° |
| 4 | 目标定位精度 | ＜18厘米 | ±1米 |
| 5 | 有效检测范围 | 1000米 | 40米~250米 |
| 6 | 最远检测距离 | 车道数不限最远1000米 | 单向4车道200米（其中有30-40米的盲区） |
| 7 | 车辆最远跟踪距离 | 1000米 | 200米 |
| 8 | 行人最远跟踪距离 | 700米 | 60米或无法跟踪 |
| 9 | 同时跟踪目标数量 | 不少于600个 | 256个 |
| 10 | 产品安装位置 | 道路中央正上方或路侧立杆处均可 | 道路中央正上方，否则需增加一套设备 |
| 11 | 检测方向 | 全向检测多角度、多方向、交叉检测 | 单向平行于道路 |
| 12 | 车道覆盖数量 | 1公里范围内所有车道 | 单向/双向4车道 |
| 13 | 每个目标信息数据内容 | 经纬度、运动方向、即时速度、ID编号、目标类型（大车、小车、中型车、行人、抛洒物）、目标尺寸、yx轴信息等 | 运动方向、即时速度、yx轴信息 |
| 14 | 防护等级 | IP67 | IP67 |
| 15 | 通信方式 | 1000以太网接口 | Rs485/CAN/100以太网接口 |
| 16 | 安装高度 | 4-6米 | 5-10米 |
| 17 | 功率 | 15W | 14W |
| 18 | 工作电压 | 24V | 13-32V |

表2-6两类设备优缺点对比

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **全向跟踪雷达** | **定向检测雷达** |
| **优点** | 可用于隧道内高精度检测  检测距离远（1000米）  目标分辨率高（<18厘米）  跟踪目标数量多（>600）  安装位置对设备性能影响小 | 单机成本较低 |
| **缺点** | 单机成本较高 | 无法部署在隧道中  检测距离相对较近（250米）  目标分辨率相对较低（±1米）  跟踪目标数量相对较少（256）  最好安装在道路中央上方 |

## 雷视一体机设备选型

雷视一体机的视频设备采取的同上面介绍的400视频摄像头参数一样，在这里我们不再进行介绍。而雷视一体机采取的雷达为定向跟踪毫米波雷达。定向检测雷达的工作频率为77GHz，具有波长短，分辨率高，检测目标能力强，天线体积小，安装方便，实用性强等优点，**可在固定方向上**对车道中车辆，行人、动物、抛洒物体等进行检测。其功能包括：通用交通行为分析、流量检测、道路预警等。采用正向或者道路侧向安装方式，连续发射低功率的连续调频微波，覆盖路口、路段上大区域范围内、单/双向多条车道，同时检测可达4车道，最远约250米范围内，多达256个目标的交通信息。

## 激光雷达设备选型

路侧部署激光雷达，在高速公路段，可以将激光雷达布设在高速公路出入口处及高速公路事故多发地段，可以形成对周边区域200 m半径范围内的交通信息全天候采集（包括出现的行人、机动车、非机动车等）。特别是当出入口处出现车辆异常行驶状态的时候，例如，车辆错过高速公路出口，司机采用倒车，以实线并线或者直接掉头的方式试图从已经错过的出口驶离高速，属于高危驾驶行为，通过激光雷达的特征提取，将该车的轨迹（车道级识别）和移动信息实时发送到后方1 km之内所有安装有V2X OBU的信息终端，对后方驾驶员进行提示。

在路侧激光雷达的设备选择中，我们主要推荐两类设备。其一是**32线激光雷达**，其二是**单线激光雷达**。目前主流应用于智慧高速公路路基激光雷达的主要设备类型为32线激光雷达，选择性使用单线激光雷达。

32线激光雷达：32线激光雷达是无人驾驶、智能车路协同系统中较为强大的路基传感器之一，路基感知系统的眼睛。凭借其厘米级的高精远距离测距性能，在无人驾驶、智能车路协同系统中具有重要作用。

单线激光雷达：主要应用于交通情况，也就是对车辆的检测。采用激光扫描技术，能精确获得车辆的三维轮廓，在检测精度以及抗干扰方面具有优异的性能，具有可靠的全天候工作稳定性。

将两款推荐设备的技术指标进行对比，如表2-7所示。

表2-7两类激光雷达的对比分析表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **单线激光雷达** | **32线激光雷达** |
| **线数** | 1 | 32 |
| **激光波长** | 905nm | 905nm |
| **测距能力** | 0.5米~30米（10%反射率物体） | 100m（@10%反射率）200m（@40%反射率） |
| **尺寸** | 120×130×221mm | 154×135（直径×高 in mm） |
| **测距精度** | ≤3CM | ±6cm |
| **水平扫描视场** | 180° | 360° |
| **水平扫描分辨率** | 0.25° | 0.1°/ 0.2°/ 0.3°/ 0.4° |
| **扫描频率** | 50Hz | 5Hz/10Hz/15Hz/20Hz |
| **人眼安全等级** | Class 1（人眼安全） | Class 1（人眼安全） |
| **工作电压** | 24V±4DVC | 24±4V |
| **防护等级** | IP68 | IP67 |
| **净重** | 3.4Kg | 2Kg |
| **工作温度** | -40℃ -80℃ | -40℃ ~ +80℃ |
| **存储温度** | -40℃ -80℃ | -50℃ ~ +85℃ |

两类设备优缺点如下表所示：

表2-8两类设备优缺点

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **32线激光雷达** | **单线激光雷达** |
| **优点** | 测距能力较好  扫描范围较广泛  极端温度适应能力较强 | 测距精度较精准  防护等级较高  成本较低 |
| **缺点** | 成本较高  功耗较大  安装步骤较复杂 | 扫描范围较为有限 |

毫米波雷达指工作在毫米波波段的雷达。通常毫米波是指30～300GHz频域(波长为1～10mm)的电磁波，毫米波的波长介于厘米波和光波之间，因此毫米波兼有微波制导和光电制导的优点。毫米波雷达与激光雷达是智慧高速建设中的主要雷达设备，两者有相同的地方，也有不同，共同组成感知功能。激光雷达与毫米波雷达的对比表如表2-9所示。

表2-9激光雷达与毫米波雷达的对比分析表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **激光雷达** | **毫米波雷达** |
| **最大作用距离（m）** | 300 | 1000 |
| **速度范围（km/h）** | 300 |  |
| **径向运动** | 好 | 好 |
| **切向运动** | 差 | 差 |
| **静止测距** | 简单 | 复杂 |
| **角度测量能力** | 很好 | 较好 |
| **环境限制因素** | 雨天 | 全天候、不易受环境影响 |
| **成本** | 高 | 中 |
| **穿透性** | 较差 | 好 |
| **优点** | 测距精度高，方向性强，响应时间快，不受地面杂波干扰。 | 不受天气情况和夜间的影响，探测距离远。 |
| **缺点** | 成本很高，不能全天候工作，遇浓雾、雨、雪天气无法工作。 | 成本较高，目标识别难度较大，可与摄像头互补使用。 |

## ETC门架设备选型

ETC门架指的是ETC门架系统。ETC门架系统是收费站实现电子不停车收费的重要设施，具备对通行车辆进行多路径识别、自动计费等功能。 每个门架上都安装的有摄像头、补光灯以及信号接收装置，摄像头可捕获车辆信息，同向的两个互通之间安装两个门架且距离在500米以上，所有的ETC门架系统就互联成为一个网络，通过安装在车辆挡风玻璃上的车载电子标签与在收费站ETC车道ETC门架系统通讯，就可以实现不停车收费。

1. RSU天线：主要应用于门架自由流收费，采用的RSU天线，具有对车载电子标签进行定位和轨迹跟踪功能，利用接收与发送完全分离技术，能够同时对多目标OBU车辆进行准确地定位及解调。考虑到交通端面的全覆盖，系统按车道数配置RSU天线，对交通道路车辆密集行驶条件下的OBU交易及OBU的准确定位，有效避免由于信号碰撞造成的OBU的交易失败。该设备通过顶挂的方式安装在龙门架上。
2. 相控阵+DBF：结合相控阵+DBF 两种技术而设计的新一代 RSU，既具有相控阵实时跟踪扫描的优点，又具有 DBF 高分辨率、高精度定位的能力。它的安装位置较为受限，可安装在龙门架或路侧杆。它可以接受的工作温度在-20℃～+70℃，同时具备气体放电管、瞬变二极管、温度保险管和压敏电阻组成的三级防雷电路。
3. 微波读写天线：它是专门针对全国ETC联网运行后ETC车道高兼容性需求而设计。照ETC国家标准研发设计，采用独创的信号纠错、还原、再生处理算法和信号分集接收技术，有效识别低质量微弱信号，全面兼容各厂家OBU，充分保障交易。它的通信区域为宽度0~3m，长度0~15m，该设备可以根据具体需求，改变通信区域的宽度和长度。平均无故障时间为70000h，平均寿命在15年。

## 卡口相机选型

卡口相机主要是用于城市道路或高速公路出入口、收费站等重点治安监控地段的全天候实时检测与记录收费站、交通或治安检查站等地点。经调研，常用的卡口设备有电警抓拍相机、卡口抓拍相机和环保卡口抓拍相机三类。而300万像素覆盖范围小，只能覆盖单车道，因此推荐900万像素的卡口设备，覆盖范围大，可覆盖三车道。

这三款设备的技术指标对比如下表所示。

表2-10技术指标

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **项 目** | **电警抓拍相机** | **卡口抓拍相机** | **环保卡口抓拍单元** |
| **传感器类型** | 1英寸全局曝光CMOS | 1英寸全局曝光CMOS | 1英寸全局曝光CMOS（\*2） |
| **分辨率** | 4096(H)×2160(V) | 4096(H)×2160(V) | 4096(H)×2160(V) |
| **帧率** | 25fps | 25fps | ≤25fps |
| **码流** | 32 Kbps~16 Mbps | 32 Kbps~16 Mbps | 32 Kbps~16 Mbps |
| **内部组件** | 防尘、防水面板，LED补光灯 | 防尘、防水面板，LED补光灯 | LED补光灯 |
| **摄像机参数配置功能** | 曝光速度、AGC控制、白平衡方式控制等 | 曝光快门、AGC控制、白平衡方式控制等 | 曝光速度、AGC控制、白平衡方式控制等 |
| **视频压缩标准** | H.264/H.265/MJPEG | H.264/H.265/MJPEG | H.264/H.265/MJPEG |
| **输出图片格式** | JPEG | JPEG | JPEG |
| **接口** | 3个RS-485接口,1个RS-232接口；2个RJ45 10M/100M/1000M自适应以太网口 | 3个RS-485接口,1个RS-232接口；2个RJ45 10M/100M/1000M自适应以太网口 | 4个RS-485接口,1个RS-232接口；2个RJ45 10M/100M/1000M自适应以太网口 |
| **触发输入** | 1个触发/报警输入 | 1个触发/报警输入 |  |
| **触发输出** | 7路F+F-输出接口,可作为补光灯同步输出控制 | 7路F+F-输出接口,可作为补光灯同步输出控制 | 7路（光耦隔离2500VAC/5V TTL电平量），作为补光灯同步输出控制；一路继电器输出口 |
| **同步输入** | SYNC信号灯电源同步输入 | SYNC信号灯电源同步输入 |  |
| **远程数据上传** | 支持，可将抓拍的图片上传给终端服务器、FTP服务器或者后端平台等。 | 支持，可将抓拍的图片上传给终端服务器、FTP服务器或者后端平台等。 | 支持，可将抓拍的图片上传给终端服务器、FTP服务器或者后端平台等。 |
| **终端接入** | 支持接入终端服务器 | 支持接入终端服务器 | 支持接入终端服务器 |
| **电压** | 100VAC～240VAC；频率：48Hz～52Hz | 100VAC～240VAC；频率：48Hz～52Hz | 100VAC～240VAC；频率：48Hz～52Hz |
| **功耗** | 20W MAX | 20W MAX | ＜20W |
| **工作环境温度** | -30℃～+60℃ | -30℃～+60℃ | -30℃～+70℃ |
| **工作环境湿度** | 5%~95%@40℃，无凝结 | 5%~95%@40℃，无凝结 | 5%~95%@40℃，无凝结； |
| **防尘、防水、网络防雷、防浪涌** | 支持 | 支持 | 支持 |
| **防护等级** | IP65 | IP65 | IP65 |
| **外形尺寸（不含支架）** | 180mm(W)×152.7mm(H)×636mm(D) | 180mm(W)×152.7mm(H)×636mm(D) | 180mm(W)×152.7mm(H)×636mm(D) |

表2-11检测功能对比

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **电警抓拍相机** | **卡口抓拍相机** | **环保卡口抓拍单元** |
| **检测功能** |  **目标检测：**机动车抓拍，车辆捕获率≥99%（线圈），车辆捕获率≥99%（视频）。   **违章检测**：压线、逆行、闯红灯、不按导向行驶、违法变道、路口停止、绿灯停车、斑马线掉头、左转不让直行、右转不让左转、掉头不让直行、大弯小转、机占非、闯禁令（禁左、禁右、禁止大车、公交专用道）、不礼让行人、闯绿灯。   **车辆特征检测：**车牌识别、车型识别、车身颜色识别(环境光有要求)、车辆品牌、车辆子品牌等特征检测。  **车牌识别**：民用车牌（除5小车辆），警用车牌，2012式新军用车牌，2012式武警车牌，新能源车牌。  **车身颜色识别：**支持9种常见颜色（白、灰、黄、红、紫、绿、蓝、棕、黑）识别。  **车型识别：**可以识别8种车型：大客车、小客车、大货车、小货车、面包车、皮卡、小轿车及SUV。 | **目标检测：**机动车抓拍，车辆捕获率≥99%（线圈）车辆捕获率≥95%（视频），非机动抓拍，行人抓拍   **违章检测**：超速、压线、逆行、禁止大货车等违法行为   **车辆特征检测：**支持违章检测、车牌、车型、车身颜色（环境光有要求）、车标及车辆子品牌、挂坠、安全带、遮阳板等信息识别  **车牌识别：**民用车牌，警用车牌，2012式新军用车牌，2012式武警车牌，新能源车牌。  **车身颜色识别：**支持9种常见颜色（白、灰、黄、红、紫、绿、蓝、棕、黑）识别。  **车型识别：**可以识别8种车型：大客车、小客车、大货车、小货车、面包车、皮卡、小轿车及SUV/MPV。 | **目标检测：**机动车抓拍，车辆捕获率≥99%（线圈）车辆捕获率≥95%（视频），全天平均车牌识别准确率≥95%，非机动抓拍，行人抓拍   **违章检测：**超速、压线、逆行、禁止大货车等违法行为   **车辆特征检测：**支持违章检测、车牌、车型、车身颜色（环境光有要求）、车标及车辆子品牌、挂坠、安全带、遮阳板等信息识别  **车牌识别：**民用车牌（除5小车辆），警用车牌，2012式新军用车牌，2012式武警车牌，新能源车牌。  **车身颜色识别：**6种常见颜色（白、黄、红、绿、蓝、黑）车辆的识别率（白天≥90%，夜晚≥80%）。  **车型识别：**可以识别7种车型：大客车、中型客车、大货车、小货车、面包车、小轿车及SUV。 |

# 感知设备选型及布设方案

随着交通量的增加，路段车辆间相互影响在不断增大，车辆随意变道、抢道、客货混行严重等因素导致交通事故的发生。基于此，我们应通过全面泛在感知体系构建，实时获取道路交通运行和事件数据，加强对车辆行为状态分析和判别，大幅度提高事故报警及时性，为车道级交通态势评估与研判、动态调控与诱导、准确分析与决策提供支撑。针对我们总结的智慧高速感知建设级别分级，我们拟定了从L1-L3级，三个不同的感知级别下的设备布设方案。

52公里，五公里一个互通，交通枢纽前后一公里做L3

五年更换一次

国家强制要求必须安装的设备，把这个基础先写出来。

技术路线：为什么使用哪一个设备？

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 路段感知等级 | 具体路段（场景） | 服务水平 |
| L1 | 基础路段（路况好，不经常出事故）  按照国家标准 | 二级及以上 |
| L2 | 桥梁、隧道内、收费站、服务区 | 三级-二级 |
| L3 | 隧道出入口、交通枢纽（匝道出入口）、长直上下坡、弯道以及其他事故多发区段 | 三级及以下 |

## L1级路段感知系统建设方案

为了达到L1级别的智慧高速感知级别，我们借鉴已有经验，对比不同事件检测技术的优缺点，最终决定选用纯视频检测器的布设方案以此实现相应的功能需求。L1感知级别的道路一般路况比较良好，不经常发生事故，发生事故的频率和概率基于以往数据都非常低且事故的复杂性严重性较低。针对这个特性我们采用视频事件检测。在道路两侧以一定间距设置摄像机，进行事件检测。当突发事件发生在视频检测器的事件检测区域内，可以立即识别。

经过对视频监控摄像机进行选型对比后，我们选取了天阙800w像素摄像机（800w细节+400w全景）作为L1感知级别纯视频方案的支撑设备。天阙摄像机侧装可以覆盖单向三车道，满足杭绍甬的道路状况。其中天阙相机的事件检测区域为20-80米，在事件监测区域内，可以直接进行停车检测、行人检测、拥堵检测、违章变道检测、压黄线行驶检测、逆行检测、抛撒物检测、烟雾检测、火焰检测、超速检测、低速检测这些检测功能。监控范围为5-150米，其中5-80米为800w像素的细节监控，5-150米的400w像素的全景监控。布设情境图如下图所示。

400w，只做交通流参数检测



为了实现全覆盖视频方案检测功能，两个视频检测器之间的布设间隔应该不大于145米，这样才能互相消除视频检测器的检测盲区范围。当选择全覆盖布设方案布设后，安装视频摄像机以及所需配套设备如下：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 设备名称 | 单位 | 数量 | 备注 |
| 1 | 摄像机 | 台 | 7台/1km |  |
| 2 | 8路视频事件检测服务器 | 台 | 1台/1km |  |
| 3 | 视频存储服务器 | 套 |  | 在数据中心设置 |
| 4 | 立柱及基础 | 套 | 7套/1km |  |
| 5 | 设备机箱 | 套 | 7套/1km |  |
| 6 | 室外配电箱 | 套 | 2套/1km |  |
| 7 | 手孔 | 个 | 7个/km |  |
| 8 | 24芯光缆 | 米 |  |  |
| 9 | YJV22-0.6/1KV-4×10mm2 | 米 |  |  |

当纯视频方案没有进行全覆盖布设后，当突发事件发生在视频监测不到的区域内我们可以通过检测到的交通流参数的变化程度来进行事件发生的判断与识别。根据相应的交通管控需求规定的事件检出时间等各项指标来选取最符合的布设间距，这样可以在很大程度上在满足检测要求的同时节约成本。下表是我们通过SUMO + OMNET++仿真软件，仿真模拟一段5km的高速公路在总的车流量为4000veh/h的情况下，通过模拟布置了80m检测范围的视频检测器来检测异常事件发生的情况下，不同间距检测出事件发生的结果。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 交通状态时间颗粒度 （分钟） | 交通状态空间颗粒度（米） | 交通事件时间颗粒度（分钟） | 交通事件空间颗粒度（米） |
| 布设间隔150米 | 2 | 150 | 1 | 26 |
| 布设间隔210米 | 2 | 210 | 3.5 | 40 |
| 布设间隔300米 | 2 | 300 | 5 | 94 |

因此我们可以根据实验结果，在满足相应的交通检测管控需求的前提下，选择一定的布设间隔使得效益最好。

## L2级路段感知系统建设方案

为了达到L2级别的智慧高速感知级别，基于L2感知级别在L1感知级别的感知功能上的提升，根据更好的检测器参数功能系统的对比后，最终决定选用雷视一体机的以此实现相应的L2感知级别的功能需求。采用雷视一体机，设备采取路侧两边立杆上布设的方式，一个立杆上部署一组设备（每组设备包括：一个雷视一体机以及配套的其他设施），对布设所对方向的高速公路以一定的间距进行检测。其中定向毫米波雷达负责车辆检测、事件检测及车辆轨迹跟踪；摄像机做目标检测、事件检测、视频录像；采取雷视一体化的技术将检测到的雷达与视频分析的数据进行融合，以提高目标跟踪精度以及事件检测精度。

经过对雷视一体机进行选型对比后，我们选取了中文大华哨兵系列雷达视频一体机（DH-CP435-SU1F-GQE）作为L2感知级别雷视一体机方案的支撑设备。该设备内置专业AI智能算法，支持车牌、车型、车身颜色、车系、车标等智能识别，支持交叉路口、急转弯、陡破路段等道路安全预警，有效避免道路事故发生，内置流量统计功能，可实现流量统计，平均速度统计，车头时距和间距统计，时间占有率和空间占有率统计，交通拥堵上报，道路状态监测；可实现路口和路段的交通测序，支持行人、逆行、交通拥堵、停车、飙车、未保持车距、道路预警等交通事件事故检测上报。其中定向毫米波雷达的检测距离为40m-250m；视频检测器的检测距离为18m-60m。其布设情境图如下图所下所示：



为了实现全覆盖雷视一体机布设方案使其实现无间隙感知，两个雷视一体机之间的布设间隔应该不大于230米，这样才能互相消除定向毫米波的检测盲区范围。当选择全覆盖布设方案布设后，安装雷视一体机以及所需配套设备如下：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 设备名称 | 单位 | 数量 | 备注 |
| 1 | 定向毫米波雷达 | 套 | 5套/1km |  |
| 2 | 视频事件检测一体机 | 台 | 5台/1km |  |
| 3 | 边缘计算服务器 | 套 |  |  |
| 4 | 视频存储服务器 | 套 |  |  |
| 5 | 边缘计算路由器 | 台 |  |  |
| 6 | 雷达立柱及基础 | 套 | 5套/1km |  |
| 7 | 设备机箱 | 套 | 5套/1km |  |
| 8 | 室外配电箱 | 套 | 2套/1km |  |
| 9 | 手孔 | 个 | 5个/1km |  |
| 10 | 4芯尾缆 | 米 |  |  |
| 11 | YJV22-0.6/1KV-4×10mm2 | 米 |  |  |

## L3级路段感知系统建设方案

400米铺设一个全向雷达

为了达到L3级别的智慧高速感知级别，我们借鉴已有经验，对比不同事件检测技术的优缺点，最终决定选用全向激光雷达+卡口+视频的布设方案以此实现相应的功能需求。其中卡口负责车辆信息的识别，全向雷达负责交通事件的监测和车辆微观行为的监测，摄像机负责在异常事件发生时进行联动记录，并将相应画面切换至大屏显示系统。具体布设如下：（1）全向雷达：主线及匝道按一定间距设置。其中主线段安装在中央分隔带，匝道设置在路侧；（2）卡口摄像机：主线在进入雷达探测区域处设置卡口摄像机（通过一台900万卡口摄像机覆盖3+1条车道），门架式安装，并接入交警卡口获取的车牌数据；每4-5km处加密一处卡口进行车牌信息复验；匝道处利用收费站入口车道摄像机采集车牌数据，不再额外新增设备。



|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 设备名称 | 单位 | 数量 | 备注 |
| 1 | 全向毫米波雷达 | 套 |  |  |
| 2 | 高清卡口 | 套 |  |  |
| 3 | 遥控摄像机 | 台 |  |  |
| 4 | 边缘计算服务器 | 套 |  |  |
| 5 | 视频存储服务器 | 套 |  |  |
| 6 | 边缘计算路由器 | 台 |  |  |
| 7 | 雷达立柱及基础 | 套 |  |  |
| 8 | 卡口安装立柱及基础 | 套 |  |  |
| 9 | 设备机箱 | 套 |  |  |
| 10 | 室外配电箱 | 套 |  |  |
| 11 | 手孔 | 个 |  |  |
| 12 | 4芯尾缆 | 米 |  |  |
| 13 | YJV22-0.6/1KV-4×10mm2 | 米 |  |  |

**后续优化方案等全部试验完成后 将这章进行修改与补充。**

# 设备安装建议

根据各设备商建设方案进行提炼