

团 体 标 准

T/TMAC ×××—202X

智能网联 高速公路及路侧基础设施一体化 规划与建设指南

Intelligent and connected—Guidelines for integrated
planning and construction of highways and
roadside infrastructure

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

已授权的专利证明材料为专利证书复印件或扉页，已公开但尚未授权的专利申
请证明材料为专利公开通知书复印件或扉页，未公开的专利申请的证明材料为专利
申请号和申请日期。

××××-××-××发布

××××-××-××实施

中国技术市场协会 发布

中国技术市场协会（TMAC）是科技领域内国家一级社团，以宣传和促进科技创新，推动科技成果转移转化，规范交易行为，维护技术市场运行秩序为使命。为满足市场需要，做大做强科技服务业，依据《中华人民共和国标准化法》《团体标准管理规定》，中国技术市场协会有序开展标准化工作。本团体成员和相关领域组织及个人，均可提出修订 TMAC 标准的建议并参与有关工作。TMAC 标准按《中国技术市场协会团体标准管理办法》《中国技术市场协会团体标准工作程序》制定和管理。TMAC 标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议多数专家、成员的同意，方可予以发布。

在本文件实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料反馈至中国技术市场协会，以便修订时参考。

本作品著作权归中国技术市场协会所有。除了用于国家法律或事先得到中国技术市场协会正式授权或许可外，不许以任何形式复制本文件。第三方机构依据本文件开展认证、评价业务，须向中国技术市场协会提出申请并取得授权。

中国技术市场协会地址：北京市海淀区复兴路甲 23 号城乡华懋大厦 12 层 1217。

邮政编码：100036 电话：010-68270447 传真：010-68270453

网址：www.ctm.org.cn 电子信箱：136162004@qq.com

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
4 总则	2
4.1 实施目标	2
4.2 实施原则	2
4.3 适用场景	3
5 总体架构	3
6 技术支撑层	3
6.1 数据感知融合技术	3
6.2 高精度定位与时间同步技术	4
6.3 边缘计算技术	4
6.4 大数据分析技术	4
7 基础设施层	4
7.1 感知设施建设	4
7.2 通信设施建设	5
7.3 计算设施建设	5
7.4 信息发布设施建设	6
7.5 供电照明设施建设	6
8 应用服务层	7
8.1 交通管控服务	7
8.2 出行服务	7
8.3 协同驾驶服务	7
8.4 应急保障服务	8
9 安全保障层	8
9.1 网络安全	8
9.2 数据安全	8
9.3 设备安全	9
10 规划要点	9
10.1 规划流程	9
10.2 设施布局规划	9
11 施工与验收	10
11.1 施工要点	10
11.2 验收要点	11
12 运维管理	11
12.1 日常运维管理	11
12.2 故障处置管理	12
12.3 应急管理	12

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专利的责任。

本文件由中国技术市场协会提出并归口。

本文件起草单位：云控智行科技有限公司、北京中研博采技术服务有限公司、北京六只猫创意科技有限公司、北京彬诚科技有限公司、北京俊宇汽车有限公司。

本文件主要起草人：宣智渊、乐志斌、夏卫彬、杨笛、朱军。

智能网联 高速公路及路侧基础设施一体化规划与建设指南

1 范围

本文件规定了智能网联高速公路及路侧基础设施一体化规划与建设的总则、总体架构、技术支撑层、基础设施层、应用服务层、安全保障层、规划要点、施工与验收、运维管理等内容。

本文件适用于新建、改、扩建智能网联高速公路及路侧基础设施的一体化规划、设计、施工、验收和运维管理，其他等级公路的智能网联化改造可参照本文件执行。

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 5768.2 道路交通标志和标线 第2部分：道路交通标志
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 51328 城市综合交通体系规划标准
JTG B01 公路工程技术标准

3 术语和定义

GB/T 51328中界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

智能网联高速公路 intelligent connected expressway

融合先进的感知、通信、计算、控制等技术，实现车辆与车辆（V2V）、车辆与路侧设施（V2I）、车辆与云端平台（V2C）信息交互，具备交通状态感知、智能调度管控、协同服务等功能的高速公路。

3.2

路侧基础设施 roadside infrastructure

部署于高速公路路侧，为智能网联功能实现提供支撑的各类设施，包括感知设施、通信设施、计算设施、供电照明设施、信息发布设施等。

3.3

路侧单元 roadside unit (RSU)

部署在路侧，具备与车载单元（OBU）、其他路侧设施及云端平台通信功能，可实现数据采集、信息转发、指令下发等功能的设备。

3.4

车载单元 on-board unit (OBU)

安装在车辆上，具备与路侧单元（RSU）、云端平台通信功能，可实现车辆状态采集、信息接收、指令执行等功能的设备。

3.5

边缘计算单元 multi-access edge computing unit (MECU)

部署在网络边缘侧，具备数据实时处理、计算资源调度、应用服务部署等功能，可降低数据传输延迟、提升服务响应速度的计算设施。

4 总则

4.1 实施目标

4.1.1 提升通行效率

通过智能调度管控和协同服务，减少交通拥堵，提高高速公路通行能力，提高路段平均通行速度，提升高峰时段通行效率。

4.1.2 保障交通安全

通过全方位交通状态感知和实时预警，降低交通事故发生率，缩短事故响应时间。

4.1.3 优化服务体验

为用户提供实时路况、智能导航、应急救援等个性化服务，提升出行便捷性和舒适性，提高用户满意度。

4.1.4 支撑产业发展

构建开放兼容的智能网联高速公路体系，为智能网联汽车测试、示范应用和商业化运营提供支撑，推动智能交通产业协同发展。

4.2 实施原则

4.2.1 统筹规划，分步实施

结合区域交通发展规划和智能网联技术发展趋势，统筹布局智能网联高速公路及路侧基础设施，分阶段、分区域推进建设工作。

4.2.2 技术先进，安全可靠

采用成熟、先进、适用的技术和产品，保障系统运行的稳定性和安全性，满足智能网联功能长期稳定运行需求。

4.2.3 标准统一，兼容互通

遵循国家和行业相关标准与规范，统一技术接口和数据格式，实现不同厂家设备、不同系统平台之间的兼容互通。

4.2.4 以人为本，绿色低碳

以提升用户出行体验为核心，优化设施布局和服务模式；推荐采用节能、环保的技术和材料，降低建设和运营能耗，减少对生态环境的影响。

4.2.5 因地制宜，经济合理

结合不同路段的交通流量、地形地貌、功能需求等实际情况，科学确定建设方案，合理控制建设和运营成本。

4.3 适用场景

4.3.1 新建高速道路

参考本文件相关内容进行一体化规划设计，同步建设智能网联相关设施，实现与道路工程同步施工、同步验收、同步运营。

4.3.2 改、扩建高速道路

可结合改造需求，对现有基础设施进行智能化升级改造，补充完善智能网联设施，实现新旧设施协同工作。

4.3.3 其他

对于交通流量较大、事故多发、服务需求高的路段，可优先开展智能网联化改造，逐步实现全路段智能网联覆盖。

5 总体架构

智能网联高速道路及路侧基础设施一体化建设总体架构可分为基础设施层、技术支撑层、应用服务层和安全保障层，各层之间通过数据接口实现信息交互和协同工作，总体架构如图1所示。

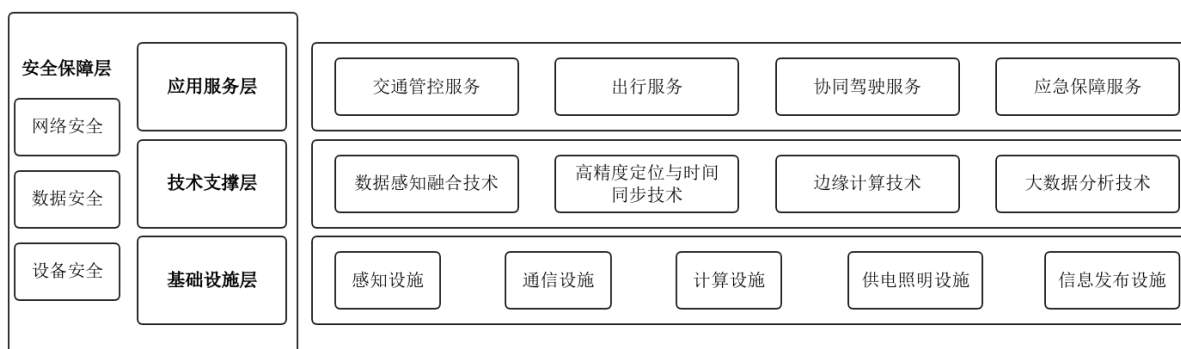


图1 智能网联高速道路及路侧基础设施一体化建设总体架构图

a) 基础设施层：为整个系统提供硬件支撑，是实现智能网联功能的基础，主要包括感知、通信、计算、供电照明、信息发布等设施。

b) 技术支撑层：为应用服务层提供技术保障，实现数据采集、融合、分析和处理，主要包括数据感知融合、高精度定位与时间同步、边缘计算、大数据分析等技术。

c) 应用服务层：基于基础设施层和技术支撑层，为交通管理部门、出行用户、智能网联汽车企业等提供各类服务，主要包括交通管控、出行服务、协同驾驶、应急保障等服务。

d) 安全保障层：保障整个系统的安全稳定运行，防止网络攻击、数据泄露、设备故障等安全风险，主要包括网络安全、数据安全、设备安全等保障措施。

6 技术支撑层

6.1 数据感知融合技术

6.1.1 数据采集规范

支持多类型感知设备的数据接入，包括高清摄像头、激光雷达、毫米波雷达、气象监测设备等，数据采集涵盖交通状态、道路设施状态、气象环境等多维度信息，采集频率满足实时性需求，交通流量、车速等关键数据采集频率不低于1次/秒。

6.1.2 数据融合处理

具备多源数据清洗、去重、补全、格式转换等预处理功能，推荐采用卡尔曼滤波、贝叶斯估计等算法实现多源数据的融合分析，提升数据准确性和完整性，融合后的数据误差控制在合理范围内，交通流量数据误差不超过 $\pm 5\%$ ，车速数据误差不超过 $\pm 3\text{km/h}$ 。

6.2 高精度定位与时间同步技术

6.2.1 高精度定位

支持北斗、GPS等多系统融合定位，定位精度满足智能网联应用需求，静态定位精度 $\leq 1\text{m}$ ，动态定位精度 $\leq 3\text{m}$ ，定位更新频率 $\geq 10\text{Hz}$ 。

6.2.2 时间同步

采用网络时间协议（NTP）、精确时间协议（PTP）等实现全系统时间同步，时间同步精度达到毫秒级，系统内各设备时间偏差不超过 $\pm 1\text{ms}$ ，确保数据采集、传输、处理的时间一致性。

6.3 边缘计算技术

6.3.1 实时数据处理

具备对路侧感知数据、车辆交互数据等的实时处理能力，数据处理延迟 $\leq 10\text{ms}$ ，支持对交通事件的快速识别和响应，如交通事故、道路拥堵等事件的识别时间不超过3秒。

6.3.2 资源调度管理

支持计算资源的动态分配和弹性扩展，根据业务负载自动调整资源分配策略，保障多用户、多应用同时运行的稳定性和可靠性，资源利用率不低于70%。

6.4 大数据分析技术

6.4.1 数据存储管理

支持海量结构化、半结构化和非结构化数据的存储，推荐采用分布式存储架构、分层存储，存储容量可根据实际需求扩展，满足至少10年以上历史数据存储需求，数据存储可靠性 $\geq 99.99\%$ 。

6.4.2 数据分析应用

宜具备交通流量预测、交通事件预警、通行效率评估等数据分析功能，采用机器学习、深度学习等算法构建分析模型，交通流量预测准确率 $\geq 85\%$ ，为交通管控决策和服务优化提供数据支撑。

7 基础设施层

7.1 感知设施建设

7.1.1 交通状态感知设施

主要包括：高清摄像头、激光雷达、毫米波雷达等设备，用于实现交通流量、车速、车道占有率、交通参与者（机动车、非机动车、行人）等交通状态信息的采集。交通流量信息采集涵盖断面交通量、单向交通量、不同车道交通量、路段交通量等；交通参与者感知包括类型、经纬度、海拔信息、几何尺寸、速度、加速度、航向角、车牌等属性信息，参考GB/T 28789的相关内容。

7.1.2 道路设施状态感知设施

主要包括：路面监测传感器、桥梁监测传感器、隧道监测传感器等设备，用于实现道路、桥梁、隧道等基础设施状态的实时监测。道路状态监测指标包括路面动荷载、路面病害（裂缝、坑槽、车辙、拥包等）、路基异常（边坡坍塌、路基沉降等）；桥梁状态监测指标包括结构应力、变形（水平位移、线性下挠、基础沉降等）、结构裂缝、环境腐蚀、交通荷载、结构温度等；隧道状态监测指标包括能见度、CO浓度、风速风向、亮度、火灾、交通事件和结构安全等。

7.1.3 气象环境感知设施

主要包括：能见度仪、风速风向传感器、降水量传感器、路面温度传感器、路面状况传感器等设备，用于实现能见度、风速、风向、降水量、路面温度、路面状况（干燥、潮湿、积水）等气象环境信息的监测，可监测GB/T 33697中规定的监测项目。气象环境感知设备的技术参数符合表1要求。

表1 气象环境感知设备技术参数

设备类型	测量范围	测量精度	响应时间
能见度仪	10m~20000m	±10% (≤1000m), ±20% (>1000m)	≤1s
风速风向传感器	风速: 0~60m/s, 风向: 0~360°	风速: ±0.1m/s, 风向: ±3	≤0.5s
降水量传感器	0~4mm/min (降雨), 0~10mm/min (降雪)	±2% (≥10mm)	≤0.5s
路面温度传感器	-40℃~80℃	±0.5℃	≤1s
路面状况传感器	干燥、潮湿、积水 (0~50mm)、结冰	积水厚度误差±1mm	≤2s

7.2 通信设施建设

7.2.1 路侧单元 (RSU) 建设

RSU支持LTE-V2X、5G-V2X等通信协议，具备与OBU、MEC、云端平台的通信功能。RSU的通信距离≥1000m，通信速率≥1Gbps，支持同时接入≥100个OBU设备。RSU推荐采用工业级设计，具备防尘、防水、防腐蚀、抗电磁干扰等功能，工作环境温度范围为-40℃~70℃，相对湿度范围为5%~95%。

7.2.2 通信网络建设

推荐构建5G核心网和接入网，实现全路段5G信号覆盖。5G基站布设间距可根据地形地貌、信号传播条件等因素确定，平原地区间距≤500m，山区、丘陵地区间距≤300m。通信网络支持网络切片、边缘计算等功能，满足不同业务场景的带宽、延迟、可靠性需求。同时，预留LTE-V2X、WiFi等通信接口，实现多网融合互通。

7.2.3 数据传输链路建设

推荐采用光纤传输作为主干链路，实现感知数据、控制指令等数据的高速、稳定传输。光纤链路带宽≥10Gbps，传输延迟≤5ms。对于偏远路段或光纤难以铺设的区域，可采用微波、卫星通信等方式作为备份传输链路，确保数据传输的连续性。

7.3 计算设施建设

7.3.1 边缘计算单元 (MECU) 建设

MECU部署在路侧机房或一体化机柜中，具备数据采集、实时处理、存储、转发等功能。MECU的硬件配置符合表2要求，软件支持容器化部署、虚拟化技术，具备灵活的资源调度和管理能力。

表2 边缘计算单元硬件配置

硬件组件	配置要求
CPU	≥16核32线程，主频≥2.5GHz

GPU	≥2块, 单块算力≥20TOPS
内存	≥128GB DDR4以上
存储	≥2TB SSD + 10TB HDD, 可采用多盘存储
网络接口	≥4个10GE光口, ≥2个1GE电口

7.3.2 云端平台建设

云端平台具备数据存储、数据分析、智能决策、远程管理等功能, 推荐采用分布式架构, 支持海量数据的高效处理和存储。云端平台的存储容量可根据实际需求确定, 至少支持10年以上历史数据存储。平台具备标准的API接口, 支持与交通管理部门、智能网联汽车企业、出行服务平台等第三方系统的数据交互和共享。

7.4 信息发布设施建设

7.4.1 可变情报板建设

可变情报板推荐采用高亮度LED显示屏, 具备白天和夜间清晰可见的显示效果。显示屏的像素间距 $\leq 2.5\text{mm}$, 亮度 $\geq 600\text{cd/m}^2$, 对比度 $\geq 3000:1$ 。可变情报板支持文字、图片、视频等多种信息格式的显示, 具备远程控制、实时更新功能, 按照GB 5768.2的相关要求。

7.4.2 可变限速标志建设

可变限速标志采用红圈白底黑字的显示形式, 具备清晰的视觉警示效果。限速值可在 20km/h - 120km/h 范围内无级调节, 调节精度为 5km/h 。可变限速标志具备与交通管控系统的联动功能, 根据交通流量、气象条件等实时调整限速值, 参考GB 5768.2的相关要求。

7.4.3 车载信息推送设备建设

通过RSU向OBU推送实时路况、交通事件、限速信息、应急预警等信息, 推送延迟 $\leq 500\text{ms}$ 。同时, 支持通过手机APP、导航软件等方式向用户推送出行信息。

7.5 供电照明设施建设

7.5.1 供电系统建设

推荐采用“市电为主, 备用电源为辅”的供电模式。新建高速道路同步建设专用供电线路, 保障智能网联设施的稳定供电。供电系统的电压支持使用AC 220V等常用电压, 电压波动范围 $\leq \pm 10\%$ 。

7.5.2 备用电源配置

在路侧机房、一体化机柜等关键位置配置UPS不间断电源和柴油发电机作为备用电源是十分必要的。UPS不间断电源的续航时间 $\geq 2\text{h}$, 柴油发电机的续航时间 $\geq 24\text{h}$, 确保在市电中断时, 智能网联设施能够正常运行。

7.5.3 节能供电措施

推荐采用节能型设备和技术, 降低供电能耗。例如, 选用低功耗传感器、LED照明设备, 采用太阳能供电系统为偏远路段的感知设施、信息发布设施等供电。

7.5.4 照明设施建设

在互通立交、服务区、隧道出入口、收费广场等区域布设LED照明设施。照明设施的亮度可参考JTG B01的相关建议, 主线照明亮度 $\geq 2\text{cd/m}^2$, 互通立交、收费广场照明亮度 $\geq 5\text{cd/m}^2$ 。

7.5.5 智能照明控制

推荐采用智能照明控制系统，根据交通流量、光照强度等实时调整照明亮度。例如，在交通流量较小的夜间，降低照明亮度；在车辆通过时，自动提升照明亮度，实现节能和智能控制的双重目标。

8 应用服务层

8.1 交通管控服务

8.1.1 交通流量管控

基于实时交通流量数据和预测结果，通过可变限速标志、车道控制等方式，对交通流量进行动态调控，减少交通拥堵，提高通行效率。当路段交通流量达到饱和流量的80%时，启动流量管控措施是至关重要的。

8.1.2 交通事件处置

实现对交通事故、道路施工、恶劣天气等交通事件的快速识别、定位和上报，自动生成处置方案并推送至相关部门和车辆，缩短事件响应和处置时间，交通事故响应时间 ≤ 5 分钟，一般交通事件处置时间 ≤ 30 分钟。

8.1.3 区域协同管控

建立区域交通协同管控机制，实现不同路段、不同区域之间的交通流协同调度，避免局部拥堵扩散，提升区域整体通行效率。

8.2 出行服务

8.2.1 实时路况查询

为用户提供全路段实时路况信息查询服务，包括交通流量、车速、拥堵情况等，信息更新频率 ≥ 1 次/分钟，确保用户及时掌握道路通行状况。

8.2.2 智能导航规划

结合实时路况和用户出行需求，为用户提供最优导航路线规划服务，支持躲避拥堵、最短时间、最短距离等多种导航模式选择，并根据路况变化实时调整导航路线。

8.2.3 个性化服务推送

基于用户出行习惯、车辆信息等，为用户推送个性化服务信息，如服务区位置及设施、充电设施位置、餐饮住宿推荐等，提升用户出行体验。

8.3 协同驾驶服务

8.3.1 车路协同预警

通过V2V、V2I通信，为车辆提供前车碰撞预警、车道偏离预警、交叉路口冲突预警等协同预警服务，预警信息推送延迟 ≤ 200 ms，提高行车安全性。

8.3.2 协同自适应巡航

支持车辆与路侧设施、前车之间的协同自适应巡航控制，实现车辆跟驰、加速、减速的协同操作，保持安全车距，提升驾驶舒适性和通行效率，协同控制响应时间 ≤ 500 ms。

8.3.3 路口协同通行

在互通立交、交叉路口等区域，实现车辆与路侧设施、其他车辆之间的协同通行控制，优化通行顺序，减少路口延误，提高路口通行能力。

8.4 应急保障服务

8.4.1 应急救援调度

建立应急救援调度体系，当发生交通事故、车辆故障等突发事件时，自动定位事件位置，快速调度就近的救援力量和资源，如救援车辆、医疗人员、维修人员等，应急救援力量响应时间 ≤ 15 分钟。

8.4.2 应急信息发布

及时向受突发事件影响的车辆和用户发布应急信息，包括事件情况、交通管制信息、绕行路线等，确保用户及时获取相关信息，避免二次事故发生。

8.4.3 应急资源管理

建立应急资源数据库，对救援车辆、设备、物资等应急资源进行统一管理和调度，实现应急资源的优化配置和高效利用。

9 安全保障层

9.1 网络安全

9.1.1 网络防护体系

构建多层次、全方位的网络安全防护体系是至关重要的，部署防火墙、入侵检测系统、入侵防御系统、网络隔离设备等安全防护设备，防止网络攻击、非法入侵等网络安全威胁。

9.1.2 通信安全保障

采用加密传输、身份认证、访问控制等技术，保障数据在网络传输过程中的安全性和完整性，防止数据被窃取、篡改或伪造。数据传输加密算法采用国家认可的加密标准，包括SM4、AES等。

9.1.3 网络安全监测与应急响应

建立网络安全监测机制，实时监测网络运行状态和安全事件，及时发现和处置网络安全隐患。制定网络安全应急预案，定期开展网络安全应急演练，提高网络安全应急处置能力，网络安全事件处置时间 ≤ 2 h。

9.2 数据安全

9.2.1 数据分类分级管理

建立数据分类分级管理制度是十分必要的，根据数据敏感性和重要性，将数据分为不同级别，采取相应的安全防护措施，加强对个人信息、敏感业务数据等重要数据的保护。

9.2.2 数据存储安全

采用加密存储、数据备份、容灾备份等技术，保障数据存储安全，防止数据丢失、泄露或损坏。数据备份频率根据数据重要性确定，重要数据实时备份，一般数据至少每日备份一次，容灾备份恢复时间 ≤ 4 h，并推荐遵循GB/T 42201规范。

9.2.3 数据访问控制

建立严格的数据访问控制机制，明确数据访问权限和审批流程，实现数据访问的可追溯、可审计，防止未授权人员访问和使用数据。数据访问日志至少保存6个月。

9.2.4 数据安全审计

定期开展数据安全审计，对数据采集、存储、传输、使用等环节进行安全检查和评估，及时发现和整改数据安全隐患，确保数据安全管理制度有效落实。

9.3 设备安全

9.3.1 设备选型与准入

选用符合国家相关标准和安全要求的设备，加强设备选型、采购、检测等环节的安全管理，确保设备本身具备足够的安全防护能力。建立设备准入制度，未经安全检测和认证的设备不得接入系统。

9.3.2 设备运行安全

定期对设备进行安全巡检、固件升级、漏洞修复等维护工作，及时发现和排除设备安全隐患，保障设备稳定、安全运行。设备安全巡检周期 ≤ 1 个月，固件升级和漏洞修复在发现问题后72h内完成。

9.3.3 设备物理安全

加强设备物理安全防护，在设备安装位置设置防护设施，防止设备遭到人为破坏、盗窃或非法篡改。重要设备安装防盗报警装置，机房、机柜等设备存放场所采取门禁、监控等安全防护措施。

10 规划要点

10.1 规划流程

智能网联高速道路及路侧基础设施一体化规划推荐遵循“需求分析→现状调研→方案设计→论证评估→审批实施”的流程。

10.1.1 需求分析

结合区域交通发展规划、智能网联汽车产业发展需求、用户出行需求等，明确智能网联高速道路的建设目标、功能定位和服务范围。

10.1.2 现状调研

对规划区域内现有高速公路的道路条件、交通流量、基础设施现状、技术水平等进行全面调研，识别存在的问题和不足。

10.1.3 方案设计

根据需求分析和现状调研结果，进行智能网联高速道路及路侧基础设施的布局规划、技术方案设计、设备选型等。

10.1.4 论证评估

组织专家对规划方案的技术可行性、经济合理性、安全可靠、环境影响等进行论证评估，提出修改完善意见。

10.1.5 审批实施

将修改完善后的规划方案按程序上报相关部门审批，审批通过后组织实施。

10.2 设施布局规划

10.2.1 感知设施布局

根据路段交通流量、地形地貌、事故多发点等情况，科学布设摄像头、激光雷达、毫米波雷达、气象监测设备等感知设施，确保实现全路段交通状态、气象环境、道路设施状态的全方位感知。感知设施布局规划可参考表3。

表3 感知设施布局

感知设施类型	布设路段	布设间距	备注
高清摄像头	主线、互通立交、服务区	主线间距 $\leq 500\text{m}$ ，互通立交、服务区出入口 $\leq 100\text{m}$	具备车牌识别、交通事故检测功能
激光雷达	主线、互通立交、隧道出入口	主线间距 $\leq 1000\text{m}$ ，互通立交、隧道出入口 $\leq 300\text{m}$	具备高精度目标探测功能
毫米波雷达	主线、互通立交、收费站	主线间距 $\leq 500\text{m}$ ，关键区域 $\leq 200\text{m}$	测速范围 $0\sim 250\text{km/h}$ ，测速精度 $\pm 1\text{km/h}$
气象监测设备	主线、山区路段、易结冰路段	间距 $\leq 5\text{km}$ ，易结冰路段 $\leq 2\text{km}$	符合GB/T 33697要求

10.2.2 通信设施布局

推荐构建以5G通信技术为主，LTE-V2X、WiFi等技术为辅的多网融合通信网络。RSU布设宜覆盖全路段，主线布设间距 $\leq 1500\text{m}$ ，互通立交、服务区、隧道出入口等关键区域加密布设，间距 $\leq 500\text{m}$ 。通信网络满足峰值速率 $\geq 10\text{Gbps}$ ，端到端传输延迟 $\leq 10\text{ms}$ ，可靠性 $\geq 99.99\%$ 的指标，这对保障信息传输质量是至关重要的。

10.2.3 计算设施布局

根据路段功能需求和数据处理量，合理布设MECU边缘计算单元是十分必要的。MECU布设宜靠近数据产生源头，主线每 $5\sim 10\text{km}$ 布设1个，互通立交、服务区等数据密集区域可单独布设。MECU具备 $\geq 100\text{TOPS}$ 的计算能力，支持多用户、多应用同时运行，充足的计算能力是保障数据实时处理的重要因素。

10.2.4 信息发布设施布局

在主线、互通立交、服务区、隧道出入口等区域布设可变情报板、可变限速标志、车载信息推送设备等信息发布设施，这对实现信息及时传递是重要的。可变情报板布设间距可参考JTG B01，主线间距 $\leq 3\text{km}$ ，互通立交、服务区出入口 $\leq 500\text{m}$ 。信息发布设施具备信息实时更新、多渠道推送功能。

11 施工与验收

11.1 施工要点

11.1.1 施工准备

施工前编制详细的施工方案，明确施工流程、技术要点、质量控制措施、安全保障措施等。对施工人员进行技术培训和交底，确保施工人员具备相应的施工能力和安全意识，充分的施工准备是保障施工顺利开展的重要前提。

11.1.2 施工工艺

推荐严格按照设计方案和相关技术标准进行施工。感知设施、通信设施、计算设施等的安装符合设备安装规范，确保设备安装牢固、位置准确、接线规范。道路工程与智能网联设施工程宜协同施工，避免相互干扰，协同施工是提升工程质量的重要因素。

11.1.3 质量控制

建立施工质量控制体系，加强对施工全过程的质量监督和检验，这对保障工程质量是至关重要的。对原材料、设备进行进场检验，合格后方可使用。对施工工序进行质量验收，上道工序验收合格后，方可进行下道工序施工。

11.1.4 安全施工

严格遵守道路施工安全管理规定，设置明显的施工警示标志，划定施工区域，保障施工人员和过往车辆的安全，施工安全是施工工作的首要前提。加强对施工机械设备的管理，确保设备正常运行。

11.2 验收要点

11.2.1 验收依据

验收依据本文件、相关国家标准、行业标准、设计文件、施工记录等资料进行。

11.2.2 验收内容

验收内容包括工程质量、设备性能、系统功能、安全保障、运维管理等方面。具体如下：

- a) 工程质量：检查道路工程、智能网联设施工程的施工质量，查看是否符合设计要求和相关标准。
- b) 设备性能：对感知设施、通信设施、计算设施、信息发布设施等设备的性能指标进行测试，查看是否符合本文件提出的技术要点。
- c) 系统功能：测试智能网联系统的交通状态感知、智能调度管控、协同服务、急保障等功能，查看系统功能是否能够正常实现。
- d) 安全保障：检查网络安全、数据安全、设备安全等保障措施落实情况，查看系统是否能够安全稳定运行。
- e) 运维管理：检查运维管理体系、运维监测平台、应急处置机制等的建立和完善情况，查看运维管理工作是否能够有序开展。

11.2.3 验收流程

验收可分为分项工程验收、分部工程验收、单位工程验收和竣工验收四个阶段。分项工程验收可由施工单位组织，监理单位参与；分部工程验收可由监理单位组织，施工单位、建设单位参与；单位工程验收可由建设单位组织，施工单位、监理单位、设计单位参与；竣工验收可由建设单位组织，相关行业主管部门、专家参与。验收合格后，出具验收报告；验收不合格的，提出整改意见，整改完成后重新组织验收。

12 运维管理

12.1 日常运维管理

12.1.1 设备巡检

运维人员按照运维保养计划对智能网联设施进行定期巡检，记录设备运行状态、参数指标等信息。对巡检中发现的问题，及时进行处理，并跟踪整改情况，定期巡检是及时发现的重要途径。

12.1.2 数据管理

建立数据管理台账，对感知数据、控制指令、设备运行数据等进行分类存储和管理，这对保障数据完整性和可用性是重要的。定期对数据进行备份和清理，确保数据的完整性和可用性。

12.1.3 系统优化

根据交通运行情况和用户需求，定期对智能网联系统进行优化升级，提升系统性能和服务质量，系统优化是提升服务水平的重要手段。优化升级前进行充分的测试验证，确保系统稳定运行。

12.2 故障处置管理

12.2.1 故障监测与报警

通过运维监测平台实时监测设备运行状态，当设备出现故障时，平台及时发出报警信号，通知运维人员进行处理，实时监测报警是快速响应故障的关键。

12.2.2 故障处置流程

运维人员接到故障报警后，赶赴现场进行故障排查和处理。故障处置流程包括故障确认、原因分析、故障修复、测试验证等环节。对于无法现场修复的故障，及时更换设备，确保系统尽快恢复正常运行。

12.2.3 故障记录与分析

对故障处置过程进行详细记录，包括故障发生时间、地点、设备名称、故障类型、处置措施、处置结果等信息。定期对故障记录进行分析，总结故障发生规律，提出预防措施，降低故障发生率，故障分析总结是减少故障的重要方法。

12.3 应急管理

12.3.1 应急预案制定

根据可能发生的突发事件（如设备大面积故障、网络攻击、自然灾害等），制定完善的应急预案，明确应急组织机构、应急响应流程、应急处置措施等。

12.3.2 应急演练

定期组织应急演练，提高运维管理人员的应急处置能力和协同配合能力，应急演练是提升应急能力的重要途径。应急演练包括演练准备、演练实施、演练总结等环节，演练结束后及时总结经验教训，完善应急预案。

12.3.3 应急物资储备

储备必要的应急物资，如备用设备、工具、通信设备、应急电源等，确保在突发事件发生时能够及时调配使用，应急物资储备是保障应急处置顺利开展的重要基础。
