

云南省智慧高速公路建设指南（试行）

（2022年版）

目 录

前言.....	1
1 总 则.....	2
2 编制依据.....	3
2.1 标准规范.....	3
2.2 指导性文件.....	4
3 术语和定义、缩略语.....	6
3.1 术语和定义.....	6
3.2 缩略语.....	8
4 基本规定.....	10
4.1 建设原则.....	10
4.2 建设目标.....	10
4.3 建设内容.....	11
4.4 建设要求.....	12
4.5 建设流程.....	14
5 智慧高速公路总体框架.....	16
5.1 一般规定.....	16
5.2 智慧高速公路行业管理体系.....	16
5.3 智慧高速公路企业运营体系.....	17
5.4 智慧高速公路建设技术体系.....	18
5.5 交互机制.....	20
5.6 信息安全保障.....	21
6 高速公路智慧化等级及应用配置.....	23
7 支撑型应用建设要求.....	26
7.1 高速公路专用通信网.....	26
7.2 多网融合通信系统.....	27
7.3 电子地图.....	29
7.4 公路数字孪生系统.....	30
7.5 定位系统.....	30
7.6 关键结构物监测系统.....	31

7.7	设备设施监测系统.....	33
7.8	交通运行状态监测系统.....	34
7.9	气象环境监测系统.....	35
8	业务型应用建设要求.....	37
8.1	云控平台.....	37
8.2	智慧建设管理系统.....	39
8.3	智慧收费运营系统.....	40
8.4	大件运输管控平台.....	41
8.5	特殊车辆管控系统.....	42
8.6	灾害预警及应急救援系统.....	43
8.7	车道级交通管控系统.....	44
8.8	数字化智能养护系统.....	45
8.9	伴随式信息服务系统.....	46
8.10	服务区智能化系统.....	47
9	创新型应用建设要求.....	50
9.1	交旅融合服务系统.....	50
9.2	准全天候通行.....	50
9.3	全生命周期智慧化综合应用.....	51
9.4	车路协同应用.....	52
9.5	自动驾驶支持.....	54
9.6	自由流收费系统.....	55

前言

《交通强国建设纲要》、《国家综合立体交通规划纲要》、《数字交通发展规划纲要》、《关于加强推进新一代国家交通控制网和智慧公路试点的通知》、《关于推动交通运输领域新型基础设施建设的指导文件》等国家、省部文件对智慧高速的建设提出了明确要求。为指导智慧高速的建设和推广，避免盲目建设和资源浪费，云南省交通运输厅组织编制了云南省智慧高速公路建设指南。

本指南编制过程中，编制组对国内外智慧高速建设情况进行了深入调研，在学习上位指导、符合本省现状、集成先进技术，参考浙江省、江苏省、山东省智慧高速建设指南基础上，完成了本指南的编制。

本指南指导全省智慧高速公路建设。

本指南为推荐性文件，不涉及专利，将根据技术发展、实际需求等动态修编。

本指南由云南省交通运输厅提出并归口。

指南编制单位：云南省交通规划设计研究院有限公司。

技术支持单位：云南省交通投资建设集团有限公司大数据服务中心、北京诚达交通科技有限公司、清华大学合肥公共安全研究院、中国交通信息科技集团有限公司、中国电信股份有限公司云南分公司、华为技术有限公司。

主要参编人员：马晓军 杨泽龙 鲍学俊 李浩 张伟 王安民 陈志涛 孙秀珍 邹岩鹏 孙涛 张杰 仲崇波 姜浩 李舒 赖嘉盛 陆艳铭 刘红建 李孜 周洋 胡皓 韩凯旋 彭维圆

1 总 则

1.1 为指导和规范智慧高速公路建设，编制《云南省智慧高速公路建设指南(试行)》。

1.2 本指南共分 9 章，分别为 1 总则、2 编制依据、3 术语和定义、缩略语、4 基本规定、5 智慧高速公路总体框架、6 高速公路智慧化等级及应用配置、7 支撑型应用建设要求、8 业务型应用建设要求、9 创新型应用建设要求。

1.3 本指南适用于新建、改(扩)建智慧高速公路建设，以及运营高速公路智慧化提升改造建设。

1.4 智慧高速公路建设除执行本指南外，尚应执行现行国家、行业和本省的相关法律、规章、规范、标准等规定。

2 编制依据

2.1 标准规范

GB/T 20839-2007 智能运输系统通用术语

GB/T 22239-2019 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求

GB/T 39786-2021 信息安全技术 信息系统密码应用基本要求

GB/T 27967 公路交通气象预报格式

GB/T 29099 道路交通信息服务 浮动车历史数据交换存储格式

GB/T 29101 道路交通信息服务 数据服务质量规范

GB/T 29108-2012 道路交通信息服务术语

GB/T 29111 道路交通信息服务 通过蜂窝网络发布的交通信息

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

BD 110001-2015 北斗卫星导航术语

BD 440013 北斗地基增强系统基准站建设技术规范

JT/T 1182 基于手机信令的路网运行状态监测数据采集与交换服务

JTG B01-2014 公路工程技术标准

JTG D70/2 公路隧道设计规范 第二册 交通工程与附属设施

JTG 2082-2020 公路工程质量检验评定标准 第二册 机电工程

JTG/T L11 高速公路改扩建设计细则

JTG/T L80 高速公路改扩建交通工程及沿线设施设计细则

JTG/T 2420-2021 公路工程信息模型应用统一标准

JTG/T 2421-2021 公路工程设计信息模型应用标准

JTG/T 2422-2021 公路工程施工信息模型应用标准

JTG H10-2018 公路养护技术标准（征求意见稿）

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

ZJ/ZN 2020-01 智慧高速公路建设指南（暂行）

JSITS/T 0001-2020 江苏省智慧高速公路建设技术指南

SDITS/GL 2021-01 智慧高速公路建设指南（试行）

2.2 指导性文件

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〔2021〕5 号 中共中央 国务院关于印发《国家综合立体交通网规划纲要》的通知

国令第 745 号 国务院 关键信息基础设施安全保护条例

交规划发〔2019〕89 号 交通运输部关于印发《数字交通发展规划纲要》的通知

交规划发〔2020〕75 号 交通运输部关于推动交通运输领域新型基础设施建设的指导意见

交规划函〔2020〕790 号 交通运输部关于云南省开展大滇西环线交旅融合发展等交通强国建设试点工作的意见

交公路函〔2021〕228 号 交通运输部 国家发展改革委 财政部关于印发《全面推广高速公路差异化收费实施方案》的通知

交通运输部令〔2021〕11号 交通运输部关于修改《公路建设监督管理办法》的决定（中华人民共和国交通运输部令2021年第11号）

云发〔2020〕5号 中共云南省委 云南省人民政府关于贯彻落实《交通强国建设纲要》的实施意见

云发〔2020〕12号 中共云南省委 云南省人民政府印发《云南省推进新型基础设施建设实施方案（2020—2022年）》

云政办函〔2020〕48号 云南省人民政府办公厅关于印发云南省数字交通总体方案的通知

云南省交通运输厅印发《云南省智慧交通行动计划（2021—2022年）》

3 术语和定义、缩略语

下列术语和定义、缩略语适用于本文件。

3.1 术语和定义

3.1.1 智慧高速公路 smart expressway

智慧高速公路是指在高速公路沿线布设相应设施设备并建有交通运行控制中心，集成应用传感、通信、信息、云计算、大数据、人工智能和绿色能源等先进技术，实现汽车更加安全、快速和绿色行驶的高速公路。

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 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。

3.1.4 手机信令 mobile signaling

移动通信系统中，用来传输用户信息和保证正常通信所需要的设备与网络之间的协议控制信号。

3.1.5 伴随式信息服务 location based services

也称为基于位置的服务。利用各种定位技术来获取具备定位功能的设备当前的所在位置，按照用户个性化信息需求，主动通过无线通信或无线互联网向该设备提供信息资源和基础服务。

3.1.6 一路各方 joint highway management departments

高速公路经营管理单位、公安交警、交通运输综合执法、公路管理等部门的统称。

3.1.7 车道级交通管控 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情况，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。

3.1.8 大件 abnormal indivisible load

具有不可解体且超过公路运输规定尺寸或重量限制的货物。

3.1.9 大件运输 abnormal indivisible load transportation

采用特定的运输方式和运输工具将大件从一地移动到另一地的运输活动。

3.1.10 特殊车辆 special vehicle

特殊车辆指营运类的中型以上货车、客车，危化品运输车等。

3.1.11 准全天候通行 almost all-weather running

自动收集道路天气数据并使用该数据制定可提供给驾驶者短期警告或建议，提高雾天、冰雪等特定恶劣气象条件下通行安全性。

3.1.12 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。

3.1.13 车路协同 vehicle-infrastructure cooperation

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，提升交通安全与通行效率。

3.1.14 高精度地图 high precision map

相对于一般电子地图，精度更高、更新频率更快的电子地图，包含交通基础设施建设规范所定义的车道、道路交叉、交通安全设施、管理设施、服务设施等关键要素，一般情况下，绝对误差不超过 1.5m，每 100m 的平面相对误差不超过 20cm。

3.1.15 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。

3.2 缩略语

4G 第四代移动通信技术 (the 4th Generation Mobile Communication Technology)

5G 第五代移动通信技术 (the 5th Generation Mobile Communication Technology)

BIM 建筑信息模型 (Building Information Modeling)

SD-WAN 广域软件定义网络 (Software Defined Wide Area network)

C-V2X 蜂窝车联网 (Cellular Vehicle-to-everything)

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

RSU 路侧单元 (Road-Side Unit)

RFID 射频识别 (Radio Frequency Identification)

GIS 地理信息系统 (Geographic Information System)

OBU 车载单元 (On-Board Unit)

RTK 载波相位差分技术 (Real - time Kinematic)

APP 应用软件 (Application)

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

NB-IOT 窄带物联网 (Narrow Band Internet of Things)

DSRC 专用短程通信 (Dedicated Short Range Communication)

OTN 光传送网 (Optical Transport Network)

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)

4 基本规定

4.1 建设原则

4.1.1 智慧高速公路建设应贯彻国家相关政策，响应总体规划，以公路建设期及运营期各参与方需求为导向，结合地方经济、路网特征、工程特点，按照因路制宜、适度超前、远近结合、快速迭代、生态友好的原则建设。

4.1.2 智慧高速公路建设应以技术创新为驱动，以数字化、网络化、智能化为主线，以促进交通运输提效能、扩功能、增动能为导向，在公路基础设施规划、设计、建造、养护、运营管理中落实公路数字化、管理智能化、服务智慧化的要求。

4.1.3 智慧高速公路建设应鼓励采用新技术、新材料、新工艺、新产品。

4.2 建设目标

4.2.1 智慧高速公路建设的总体目标是推动高速公路数字转型、智能升级，建设安全可靠、便捷顺畅、经济高效、绿色集约、智能先进的智慧高速公路，具体如下：

- a) 安全可靠，降低高速公路事故发生数量、事故发生率、事故规模，提高高速公路行车安全；
- b) 便捷顺畅，提高高速公路科学有序的管理与控制水平，通过提高服务质量、服务水平提升公众出行的获得感和幸福感；
- c) 经济高效，成本投入与效益产出整体目标最优化，业务效率有效提升；
- d) 绿色集约，减少能源和材料的消耗，降低拥堵导致的碳排放；
- e) 智能先进，利用信息化、智能化技术，使高速公路智能化水平得到有效提升。

4.3 建设内容

4.3.1 智慧高速公路建设内容应符合整体规划，以需求分析及技术分析为基础，开展支撑型应用、业务型应用、创新型应用建设。

4.3.2 支撑型应用建设主要内容应包括但不限于：

- a) 高速公路专用通信网；
- b) 多网融合通信系统；
- c) 电子地图；
- d) 公路数字孪生系统；
- e) 定位系统；
- f) 关键结构物监测系统；
- g) 设备设施监测系统；
- h) 交通运行状态监测系统；
- i) 气象环境监测系统。

4.3.3 业务型应用建设主要内容应包括但不限于：

- a) 云控平台；
- b) 智慧建设管理系统；
- c) 智慧收费运营系统；
- d) 大件运输管控平台；
- e) 特殊车辆管控系统；
- f) 灾害预警及应急救援系统。
- g) 车道级交通管控系统；
- h) 数字化智能养护系统；
- i) 伴随式信息服务系统；

j) 服务区智能化系统。

4.3.4 创新型应用建设主要内容应包括但不限于：

- a) 交旅融合服务系统；
- b) 准全天候通行；
- c) 全生命周期智慧化综合应用；
- d) 车路协同应用；
- e) 自动驾驶支持；
- f) 自由流收费系统。

4.3.5 应积极探索智慧交通技术、数据资源融合、北斗导航系统应用等方面关键技术。

4.3.6 涉及高速公路车辆行驶安全的创新应用及本指南未涉及的智慧化应用应经充分论证后方可纳入设计。

4.4 建设要求

4.4.1 智慧高速公路建设应由交通运输主管部门引导，公路建设运营企业主导，鼓励产业链上下游企业积极参与，具体要求如下：

- a) 交通运输主管部门要发挥统筹协调、支持引导作用，营造良好的发展环境；
- b) 公路建设运营企业要充分发挥主体作用，统筹规划、设计、建设、运营、服务的需求，注重集约建设、资源共享、增强发展动能；
- c) 产业链上下游企业要结合自身技术特长，赋能业务，合作共赢。

4.4.2 智慧高速公路建设应以发展需求预测及技术分析为基础，开展支撑型应用的建设，结合项目特点设计业务型应用的建设，根据发展趋势适度开展创新型应

用的建设。

4.4.3 运营高速公路的智慧化建设应作为专项工程列入提升改造项目。

4.4.4 处于工程可行性研究阶段的新建或改（扩）建高速公路建设项目应将智慧化建设纳入工程可行性研究报告一并报批；处于初步设计和施工图设计阶段的新建或改（扩）建高速公路建设项目应编制智慧化建设专项方案，经厅信息化技术管理部门组织专家评审后，按照工程管理程序报批，纳入项目建设。

4.4.5 新建、改扩建高速公路项目中，用于养护运营阶段的基础设施监测设备设施宜与公路主体工程同步设计、同步施工、同步验收。

4.4.6 建设单位应根据智慧高速公路的建设原则、目标，结合项目特点制定专项工作计划，明确关键节点并组织实施，确保建设目标如期实现。

4.4.7 建设单位应充分发挥市场主体作用，打造开放的创新平台，吸引有影响力的社会力量，参与智慧化设施与技术的研制、研发和相关系统集成，共享资源与服务。

4.4.8 建设单位应在项目交工阶段，完成智慧高速建设内容的数据及业务同行业主管单位数据中心接入工作。

4.4.9 智慧高速应开展网络、数据安全及配套的信息安全建设工作，信息安全建设应符合《信息安全技术 网络安全等级保护基本要求》、《信息安全技术 信息系统密码应用基本要求》、《关键信息基础设施安全保护条例》、《数据安全法》等国家有关法律法规及国家标准，以满足信息系统安全保护需求。信息系统规划、设计、建设和维护应当同步落实相应安全措施，根据实际需求，积极推进自身安全监测预警处置体系、数据安全管控体系及密码应用体系的建立，宜建立与云南省交通运输厅信息安全联动协同的管理机制。

4.5 建设流程

4.5.1 智慧高速公路建设管理应符合《公路建设监督管理办法》相关要求，纳入公路工程基本建设流程，视项目具体情况，按要求报请对应行政管理部门，履行审批程序（国高网以国家有关部门批复为准），具体要求如下：

- a) 规划可研阶段。在规划和项目可行性研究中，应包含智慧高速公路的相关内容，在投资估算中计列专项费用；
- b) 初步设计阶段。根据批准的计划任务书，开展智慧化建设需求调研和方案设计，编制专项初步设计文件和概算文件；
- c) 施工图设计阶段。根据批准的初步设计，开展智慧化建设实施方案设计，编制专项施工图设计文件和预算文件；
- d) 施工阶段。应开展由建设单位组织的，设计单位、施工单位及运营单位参与的智慧化专项设计技术交底。施工过程需严格执行有关施工的规程和规定，坚持正常施工秩序，做好施工记录，建立技术档案；
- e) 竣（交）工阶段。依据《公路工程竣（交）工验收办法》相关规定准备相关资料，履行相关审批程序。

4.5.2 设计单位开展智慧高速公路需求调研工作，应根据不同项目特点选取调研方式，具体要求如下：

- a) 新建高速公路项目，应充分调研“一路多方”管理、出行服务等需求，收集交通量预测资料，分析形成建设需求。在建设需求基础上开展技术调研工作，评估支撑技术成熟度及实施可行性；
- b) 运营高速公路项目应在上述建设需求调研、技术调研等工作基础上，增加运营业务数据的收集、既有设施的现场调查、“一路多方”既有管理模式的调研、业务痛点问题的收集，以及传统交通工程机电系统应用情

况的调查，汇总分析，确定提升改造策略，制定设施方案；

- c) 改（扩）建高速公路项目应综合新建和运营高速公路项目的智慧化需求调研方法开展工作。

4.5.3 建设过程中涉及安全及无线电频率使用等按相关规定进行报备。

4.5.4 智慧高速建设的设计阶段划分由业主单位及行政主管单位依据国家相关规定确定。

5 智慧高速公路总体框架

5.1 一般规定

5.1.1 智慧高速公路总体框架由行业管理体系、企业运营体系、建设技术体系、交互机制及信息安全保障构成。

5.1.2 智慧高速公路行业管理体系是以交通运输行业主管部门为主体，为更好发挥智慧高速公路建设的统筹协调、支撑引导作用，以行业数据为支撑，以科学决策为目的，组织建立涵盖机构设置、职能划分及运行协同机制的管理体系。

5.1.3 智慧高速公路企业运营体系是以公路运营企业为主体，以精细化管理、降本增效、优质服务为目标，依托数字化、多网融合、智能化应用等手段，组织建立的涵盖机构设置、业务划分及运行协同机制的运营体系。

5.1.4 智慧高速公路建设技术体系是为实现智慧高速公路建设目标，面向全要素感知、全方位服务、全业务管理、支撑及保障、创新应用技术等方向，约定的技术体系架构，形成的智慧高速建设技术体系。

5.1.5 智慧高速建设交互机制是约定高速公路以公路行业数据中心为平台与铁路、水路、民航、邮政等行业的数据与业务交互机制，与“一路多方”的数据与业务交互机制，以及行业主管部门与运营企业之间的数据与业务交互机制。

5.2 智慧高速公路行业管理体系

5.2.1 智慧高速公路行业管理体系机构设置包含省、州（市）两级机构。

5.2.2 省级机构职能包括但不限于：

- a) 建立省级公路行业数据中心，实现公路行业的数据汇入、数据清洗、数据存储、数据共享、数据分析等功能；

b) 依托数据分析为高速公路智慧化的规划、建设、管理、运营提供科学建议或要求；

c) 指导州（市）级机构完成辖区内智慧高速建设。

5.2.3 省级机构运行协同机制包括但不限于：

a) 与州（市）级机构实现数据交互及业务对接。

5.2.4 州（市）级机构职能包括但不限于：

a) 建立州（市）级公路行业数据中心，实现公路行业的数据汇入，数据清洗、数据存储、数据共享、数据分析等功能；

b) 依托数据分析为辖区内高速公路智慧化的规划、建设、管理、运营提供科学建议或要求；

c) 落实省级机构的智慧高速建设要求。

5.2.5 州（市）级机构运行协同机制包括但不限于：

a) 配合省级机构实现数据交互及业务对接。

5.3 智慧高速公路企业运营体系

5.3.1 智慧高速公路企业运营体系机构根据运营需求按企业级、区域级、路段级三级设置或企业级、路段级两级设置。

5.3.2 企业级机构职能包括但不限于：

a) 落实交通主管部门的智慧高速建设要求；

b) 牵头本企业建设、运营路段的智慧高速业务开展工作；

c) 建立企业级云控平台，集成运行监测、应急指挥、养护管理、收费管理、决策支撑各项功能，实现“可视、可测、可控、可服务”；

d) 配合完成智慧高速建设需求调研工作。

5.3.3 区域级机构职能包括但不限于：

- a) 落实交通主管部门的智慧高速建设要求；
- b) 负责辖区内智慧高速相关任务；
- c) 建立区域级云控平台，集成运行监测、应急指挥、养护管理、收费管理、决策支撑各项功能，实现“可视、可测、可控、可服务”；
- d) 积极配合智慧高速建设需求调研工作。

5.3.4 路段级机构职能包括但不限于：

- a) 落实企业智慧高速相关任务；
- b) 配合智慧高速建设需求调研工作；
- c) 利用智慧高速建设成果优化日常业务，反馈智慧化需求。

5.3.5 运营企业各级机构运行协同机制应实现内部层级间数据及业务交互。

5.4 智慧高速公路建设技术体系

5.4.1 技术体系架构可分为全要素感知、全方位服务、全业务管理、创新应用、支撑与保障、新技术应用 6 部分内容，其中新技术应用服务于其他各项建设内容，各部分内容组成关系如图 1。

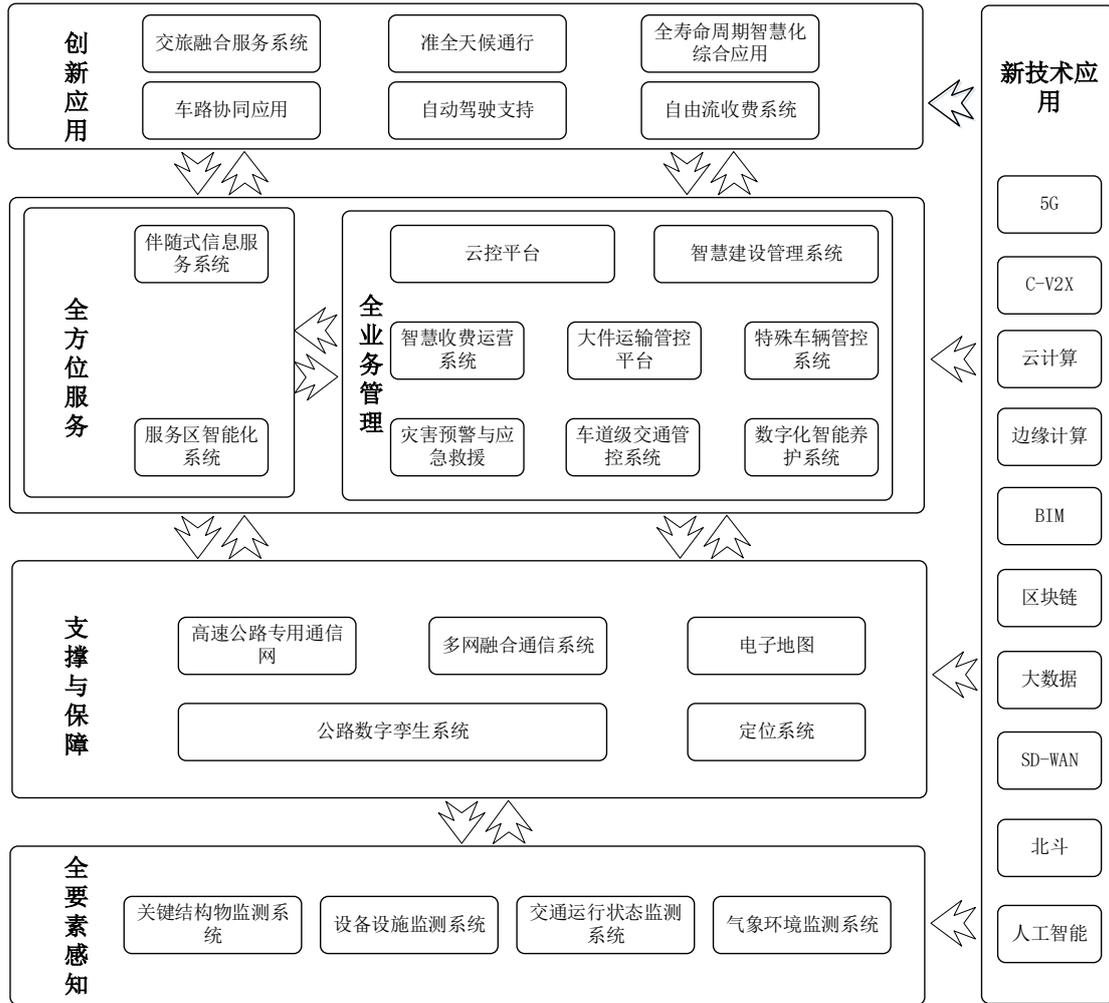


图 1 智慧高速公路建设技术体系

5.4.2 全要素感知包含关键结构物监测系统、设备设施监测系统、交通运行状态监测系统、气象环境监测系统，主要是融合应用多种监测设备实现人、车、路、环境的状态感知，为全方位服务、全业务管理、创新应用提供数据支撑。

5.4.3 全方位服务包含伴随式信息服务系统和服务区智能化系统，主要面向驾乘人员，实现出行即服务。

5.4.4 全业务管理包含运营管理（云控平台、智慧建设管理系统、智慧收费运营系统、大件运输管控平台、特殊车辆管控系统、车道级交通管控系统）、养护管理（数字化智能养护系统）、应急管理（灾害预警和应急救援系统），主要面向管理人员，实现管理提质增效。

5.4.5 支撑与保障包含高速公路专用通信网、多网融合通信、电子地图、公路数字孪生系统、定位系统，确保各类数据有效传输和高效处理，为业务应用提供支撑。

5.4.6 创新应用是根据项目特点及自身业务需求，结合相关科技水平及行业发展趋势，形成具有探索性、示范性的智慧化应用。如：文旅融合服务系统、准全天候通行系统、全生命周期智慧化综合应用、车路协同应用、自动驾驶支持、自由流收费系统。

5.4.7 新技术应用主要实现 5G、C-V2X、云计算、边缘计算、BIM、区块链、数字孪生、高精度地图、大数据、SD-WAN、物联网、北斗、高分遥感、人工智能等技术在全要素感知、全方位服务、全业务管理、支撑及保障中的融合应用，支撑高速公路新型基础设施建设与运营。

5.5 交互机制

5.5.1 省级公路行业数据中心应接入省级综合交通大数据中心，实现与铁路、水路、民航、邮政数据中心的数据及业务交互。

5.5.2 省级公路行业数据中心依托省级综合交通大数据中心，实现与公安、市场监管、应急、生态环境、自然资源、发展改革委等部门的数据共享，做好数据规模体量、类型多样性、实时性、准确性等的量化评价和监控管理。

5.5.3 运营企业数据中心应接入省级公路行业数据中心，实现企业所辖高速公路的建设、运营及服务等相关业务交互及数据共享。

5.5.4 州（市）级公路行业数据中心应接入州（市）级综合交通大数据中心，实现与行业内其他数据中心的数据及业务交互。

5.5.5 州（市）级公路行业数据中心依托州（市）级综合交通大数据中心，实现

与公安、市场监管、应急、生态环境、自然资源、发展改革委等部门的数据共享，做好数据规模体量、类型多样性、实时性、准确性等的量化评价和监控管理。

5.5.6 运营企业区域中心(或路段分中心)应接入州(市)级公路行业数据中心，实现辖区内(或路段)高速公路的建设、运营及服务等相关业务交互及数据共享。

5.5.7 高速公路建设涉及的控制系统与信息系统应提供完备的数据接口及必要的控制协议、控制权限。

5.5.8 高速公路行业数据交互及应用过程中，依据“谁生产，谁拥有”、“谁应用，谁负责”的原则界定权责。

5.5.9 交通行业与相关单位、商业化实体进行数据共享及交互过程中，应论证数据对于国家安全、信息安全的影响，进行必要的脱敏处理。

5.6 信息安全保障

5.6.1 按照《网络安全法》要求，信息安全建设应考虑网络安全、数据安全及密码安全。

5.6.2 各支撑型、业务型及创新型应用应遵循“同步规划、同步建设、同步使用”的网络安全“三同步”原则。

5.6.3 在数据横向交互与纵向交互时，宜采用国密加密算法进行数据安全交互，为密码应用安全性评估工作做好准备。

5.6.4 宜建立数据安全监控体系，各支撑型应用、业务型应用与创新型应用所产生的数据应进行分类分级，涉及关键信息基础设施数据的应用系统应进行数据外流控制与数据流向监控，以满足《中华人民共和国数据安全法》的基本要求。

5.6.5 宜建立以云南省交通运输厅为中心的信息安全管理体系，依托省级安全运营平台，实现全省统一、上下联动，建立以制度合规、威胁感知、风险监测、预

警通报、安全协同为核心的安全运营体系。

5.6.6 宜建立以云南省交通运输厅为中心的省级行业数字认证体系，作为可信基础设施为全省智慧高速业务型应用用户及设备提供身份认证、鉴权、数字签名等服务。

5.6.7 智慧高速公路宜采用行业数字认证中心相关服务，数字认证与电子签章系统需采用行业数字认证中心统一的根证书，并遵照行业数字认证中心相关管理规定进行数字证书的认证和管理。

6 高速公路智慧化等级及应用配置

6.0.1 高速公路智慧化等级及应用配置应根据国家政策、工程特点、运管需求及下列要求等综合定级。

- a) 地方高速公路网、国家高速公路网末端可按 C 级及以上智慧化等级及应用配置，国家高速公路网主通道、地方高速公路网中由省会昆明直接连接州市府城市的干线通道可按 A 级及以上智慧化等级及应用配置；
- b) 经过人口规模 30 万以上城市的高速公路，可按 C 级及以上智慧化等级及应用配置；通往口岸型综合交通枢纽的高速公路，可按 B 级及以上智慧化等级及应用配置；经过全国性综合交通枢纽城市的高速公路，可按 A 级及以上智慧化等级及应用配置；
- c) 高速公路沿线旅游区（点）最高级为 AAA 级时，可按 C 级智慧化等级及应用配置；高速公路沿线旅游区（点）最高级为 AAAA 级时，可按 B 级智慧化等级及应用配置；高速公路沿线旅游区（点）最高级为 AAAAA 级或知名度较高、对交通流的吸引力较大或通往主要旅游目的地的高速公路，可按 A 级及以上智慧化等级及应用配置；
- d) 交通量不均匀系数较高时，可按 A 级或 A+级智慧化等级及应用配置；
- e) 桥隧比高、集中升降坡路段里程长、气象地质灾害风险高、交通网复杂度高、生态环境敏感因素多，以上四个因素存在 1 个时，可按 C 级智慧化等级及应用配置；存在 2 个时，可按 B 级智慧化等级及应用配置；存在 3 个及以上时，可按 A 级或 A+级智慧化等级及应用配置；
- f) 针对改扩建高速公路，综合观测现状通道容量，运营服务水平为一级时，可按 C 级及以上智慧化等级及应用配置；运营服务水平为二级时，可按 B 级及以上智慧化等级及应用配置；运营服务水平为三级及以下时，可按 A 级及以上智慧化等级及应用配置。

6.0.2 工程验收阶段应开展高速公路智慧化等级符合性评价，运营期间定期开展高速公路智慧化服务水平评价。

6.0.3 新建、改扩建、运营高速公路智慧化建设应满足表 6.0.3-1 的要求。

表 6.0.3-1 高速公路智慧化应用配置表

应用范围	应用内容		智慧化等级及应用配置				备注
			A+	A	B	C	
支撑应用	高速公路专用通信网		■	▲	▲	—	
	多网融合通信系统		■	▲	▲	—	
	电子地图	高精度地图	■	▲	▲	—	高精度地图按工程需求开展建设
		普通精度地图	★	★	★	★	
	公路数字孪生系统	仿真模拟预测	★	■	▲	—	自下而上共4级，上级建设内容应涵盖下级建设内容
		具备工程信息	★	★	■	▲	
		具备建造信息	★	★	★	■	
		具备几何信息	★	★	★	★	
	定位系统	高精度定位	■	▲	▲	—	高精度定位按工程需求开展建设
		辅助定位	★	★	■	▲	
	关键结构物监测系统	智能决策	★	■	▲	—	
		数据汇聚分析	★	★	★	★	
	设备设施监测系统	智能决策	★	■	▲	—	
		数据汇聚分析	★	★	★	★	
	交通运行状态监测	智能决策	★	■	▲	—	
		数据汇聚分析	★	★	★	★	
气象环境监测系统	智能决策	★	■	▲	—		
	数据汇聚分析	★	★	★	★		
业务应用	云控平台	智能决策控制	★	■	▲	—	
		数据汇聚分析	★	★	★	★	
	智慧建设管理系统		★	■	▲	▲	仅适用于新建及改扩建工程
	智慧收费运营系统		★	■	▲	▲	
	大件运输管控平台		★	■	▲	—	
	特殊车辆管控系统		★	■	▲	—	
	灾害预警及应急救援系统		★	■	■	▲	
	车道级交通管控系统		■	■	▲	—	

续表 6.0.3-1

应用范围	应用内容	智慧化等级及应用配置				备注
		A+	A	B	C	
业务应用	数字化智能养护系统	★	■	■	▲	
	伴随式信息服务系统	★	■	▲	—	
	服务区智能化系统	★	■	■	▲	
创新应用	交旅融合服务系统	■	■	▲	—	
	准全天候通行	■	▲	—	—	
	全寿命周期智慧化综合应用	■	▲	▲	—	
	车路协同应用	▲	▲	—	—	
	自动驾驶支持	▲	—	—	—	
	自由流收费系统	▲	▲	▲	—	

注：1. “★”：应设；“■”：宜设；“▲”：可设；“—”：不作要求。

2. 具备工程信息：数字孪生虚拟实体涵盖建造信息，尚应满足《公路工程信息模型应用统一标准》（JTG/T 2420-2021）中 7.0.3 条要求。

3. 具备建造信息：数字孪生虚拟实体涵盖几何信息，尚应涵盖隐蔽工程及材料数量等信息。

4. 具备几何信息：数字孪生虚拟实体涵盖外形、尺寸及位置坐标等信息。

7 支撑型应用建设要求

7.0.1 支撑型应用不直接处理具体业务，但为业务型、创新型应用提供数据、网络等支撑与保障。

7.1 高速公路专用通信网

一般规定

7.1.1 高速公路通信设施主要包含传输网系统、业务网系统、支撑网系统、通信光缆线路、通信电源系统、通信及电力管道等。

7.1.2 高速公路通信传输网系统应由干线传输网与接入网构成。在省级通信中心和通信（分）中心之间应设立干线传输网。在通信（分）中心与基层通信站之间应设立接入网。

7.1.3 业务网系统按照业务类型宜分为语音业务网、数据传输网、视频传输网、会议电视系统、呼叫服务系统、紧急电话系统、有线广播系统、隧道调频广播系统等。

7.1.4 通信支撑网系统包括时钟同步网、信令网、网络管理网。

7.1.5 光缆线路由光缆、光纤连接及分歧设备构成，分为主干光缆和辅助光缆。电缆线路主要指通信系统终端设备之间的连接电缆。

7.1.6 通信电源由交流供电系统、直流供电系统、电源监控系统等构成。

7.1.7 通信及电力管道主要由管道、管箱和人（手）孔等组成。

建设要求

7.1.8 通信传输网系统的传输速率应根据网络结构、站点数量、业务需求及网络冗余的需要进行确定。

7.1.9 高速公路专用通信网络应结合现有联网收费网络，满足下一步智慧高速、

联网云收费和视频上云的网络需要，构建地（州）市干线层核心节点，具备为省级交通运输主管部门与地（州）市交通运输主管部门之间提供信息传输通道的能力。邻近省级通信中心周边传输路由及通道带宽应满足汇聚需求。

7.1.10 干线传输网应结合全省路网通信架构现状统筹考虑，宜采用光传送网（OTN）系统组建。接入网宜采用分组传送网（PTN）系统或光传送网（OTN）技术组建。

7.1.11 干线传输网宜采用环型拓扑结构。省级通信中心及周边的骨干节点可采用网状拓扑结构组网。

7.1.12 通信传输网系统应结合现有联网收费、运行监测、协同办公等业务发展，满足近 10 年智慧高速、联网云收费和视频上云的网络需要。

7.2 多网融合通信系统

一般规定

7.2.1 多网融合通信系统建设应充分考虑高速公路通信网络与 4G/5G、物联网、车联网、DSRC、卫星通信网络等深度融合，实现广覆盖、低时延、高可靠、大带宽的网络通信服务。

7.2.2 高速公路主干光缆芯数、通信管道容量应充分考虑智慧高速公路业务需求以及远期备用等因素。

技术要求

7.2.3 高速公路有线通信网络应具备根据数据传输实际需要提供信息交换通路、与交通专网、互联网等网络交换信息的能力，业务接口要求、数据接口带宽要求、稳定性等应符合《高速公路通信技术要求》（交通运输部 2012 年第 3 号公告）的相关规定。

7.2.4 无线宽带通信网络应提供高速移动状态下的交通应用通信可靠接入，支撑交通对象及要素全 IP 化、主动信息推送和双向信息交互的能力；通信标准和协议应优先采用国家标准、行业标准和国际标准，无标准的可采用发达国家的工业标准，近期建设可采用但不限于中国 DSRC、C-V2X、5G 等。

7.2.5 紧急制动预警的车路协同应用场景采用 V2V 通信方式，定位精度 ≤ 1.5 米。

7.2.6 紧急车辆优先的车路协同应用场景采用 V2V 通信方式，定位精度 ≤ 5 米。

7.2.7 路面异常预警、车速引导的车路协同应用场景采用 V2I 通信方式，定位精度 ≤ 5 米。

7.2.8 合流点碰撞预警、合流点碰撞预警的车路协同应用场景采用 V2I、V2V 通信方式，定位精度 ≤ 5 米。

建设要求

7.2.9 高速公路融合通信主要分为路-路通信、车-车通信、车-路通信、路-中心通信、车-中心通信等。

7.2.10 路-路通信主要用于路侧设备、站端设备之间的通信，宜采用光纤、NB-IOT、Zigbee 等通信技术。

7.2.11 车-车通信、车-路通信主要用于车载设备、路侧设备之间的通信，宜采用 RFID、DSRC 以及 C-V2X 等通信技术。对于自动驾驶与车路协同，推荐采用 C-V2X 技术。

7.2.12 路-中心通信宜采用光纤、OTN、SD-WAN 等通信技术，其中 OTN 主要用于联网收费，实现联网收费中心至各路段中心的通信，SD-WAN 主要实现云管边缘通信，用于对安全性要求较高的业务，如移动支付、ETC 门架数据传输等。

7.2.13 车-中心通信宜采用 4G/5G 和 C-V2X 等通信技术。

7.2.14 应急自组网 MESH 不依赖于既有通信保障措施，主要用于应急救援场景，当由于地震、台风、洪水、火灾等原因导致通信条件中断时，可提供持续语音、

图像传输。

7.3 电子地图

一般规定

7.3.1 电子地图由静态数据和动态数据构成，并应根据业务需求划分图层，制作规范应满足电子地图国家及行业相关标准的要求。

7.3.2 在车道级管控、自动驾驶等应用场景下应采用高精度地图。

技术要求

7.3.3 高精度地图静态数据应包括路线数据、车道数据、交通安全及附属设施数据。

7.3.4 高精度地图动态数据应包括交通流状态、交通事件、路域气象环境、设施状态等信息数据，应接入交通管控信息与预警信息等信息数据。

7.3.5 高精度地图的精度宜达到厘米级，可支持车辆、路侧设施以及各类交通动态信息的精准标定与显示；可通过地图数据与实际行车环境感知数据、车辆定位数据的匹配，实现车辆的精准定位、路径规划等应用；可通过地物匹配推算，精确校准车辆位置信息；可结合高精度定位系统，可支持自动驾驶车辆防避碰、换道、跟车等精准控制。

7.3.6 普通精度地图可升级为高精度地图。

建设要求

7.3.7 电子地图宜部署于运营企业数据中心，并于交通行政主管部门数据中心建立电子数据同步机制，维持数据一致性。

7.3.8 智慧高速公路应开展电子地图建设，宜依据工程测绘等资料自建，亦可采用第三方商业化地图服务。

7.3.9 电子地图建设应根据使用场景、精度及服务对象不同，满足相应的审批流程及信息安全保障等级。

7.4 公路数字孪生系统

一般规定

7.4.1 数字孪生是以数字化方式创建物理实体的虚拟实体，借助历史数据、实时数据以及算法模型等，模拟、验证、预测、控制物理实体全生命期过程的技术手段。

功能要求

7.4.2 数字孪生系统宜具备数据汇聚与管理功能，汇聚 GIS 数据、BIM 数据、运营管养数据等。

7.4.3 数字孪生系统应符合《CH/T 9015 三维地理信息模型数据产品规范》等标准。

7.4.4 公路工程信息模型精度应符合《公路工程信息模型应用统一标准》《公路工程设计信息模型应用标准》、《公路工程施工信息模型应用标准》相关要求。

7.4.5 公路数字孪生系统应具备支持智慧化应用的数据共享传递标准，提供开发接口或工具包。

7.4.6 公路数字孪生系统应具备可视化及分析模拟等功能。

7.5 定位系统

一般规定

7.5.1 定位系统可分为高精度定位和辅助定位两类。

7.5.2 结合具体应用场景，宜开展基于手机信令数据、基于高速公路收费数据、

雷达主动探测、基于人工智能的视频图像分析技术等辅助定位技术。

技术要求

7.5.3 高精度定位设施由基准站系统、数据传输与综合处理系统、服务数据播发系统构成。

7.5.4 高精度定位设施应能够基于北斗等全球卫星导航系统发射的导航信号进行卫星导航增强信息(以下简称“增强信息”)的生成与播发。

7.5.5 高精度定位服务平台应具备高精度地图提供、差分解算、数据管理、数据计算等功能,为用户提供地图浏览、规划路线显示、数据监控和管理、安全辅助驾驶位置信息服务等。

7.5.6 高速公路辅助定位系统宜具备手机信令辅助定位功能,根据手机信令等信息,实现行车定位及信息交互,提升驾乘服务体验。具体手机信令数据采集及交换服务参考《基于手机信令的路网运行状态监测数据采集及交换服务》(JT/T1182.1-2018)要求。

7.5.7 高速公路辅助定位系统宜具备收费设施辅助定位功能,根据收费设施与车辆交互数据,可确定车辆当前所在行车道,进而实现车道级管理。

7.5.8 高速公路辅助定位系统宜具备雷达辅助定位功能,在极端天气情况下,可实现车道级管控,提升管理水平。

7.5.9 高速公路辅助定位系统宜具备视频辅助定位功能,根据视频图像融合智能算法,实现车辆全程监控,位置实时判断。

7.6 关键结构物监测系统

一般规定

7.6.1 关键结构物主要指路面、路基/边坡、桥梁和隧道。

7.6.2 关键结构物监测目的是指减少结构安全风险，提前安全预警，结构风险快速报警，快速恢复正常交通秩序，提高道路交通安全。

7.6.3 结构物安全应分级预警。

技术要求

7.6.4 路面监测包含路面动荷载和路面病害等，路面病害分为路面裂缝、坑槽、车辙、拥包等。

7.6.5 路基/边坡监测以路基沉降、边坡变形等位移监测为主。

7.6.6 桥梁监测通过在桥梁及其周边安装感知设备，对桥梁结构性能参数、桥梁所受荷载、交通气象环境以及车辆、船舶撞击风险等进行长期综合采集、数据预处理、风险识别、安全预警和状态评估等。

7.6.7 隧道监测包含结构监测和环境检测，主要通过各类传感器和平台数据集成的方式进行在线监测。

建设要求

7.6.8 路面动荷载监测设备主要布设在重载交通流量大的路段。路面病害监测精度宜达到厘米级，可基于机器视觉技术，综合运用无人机、巡检车等装备实现“快检+精检”。

7.6.9 路基沉降监测设备主要布设在高填方路基和特殊地基。路基监测精度宜达到厘米级。

7.6.10 边坡监测设备主要布设在路基挖方高边坡和不良地质、特殊岩土地段的挖方边坡处。

7.6.11 桥梁监测设备应根据桥梁的具体结构形式，结合现场勘察情况及养护经验布置。

7.6.12 桥梁监测宜涵盖结构响应类监测和环境及效应类监测。结构响应类监测指标如：位移、转角、应变、索力、振动等；环境及效应类监测指标如：温湿度、

风荷载、车辆荷载、地震作用等。

7.6.13 隧道监测宜涵盖衬砌表面、衬砌内部、支护系统、围岩、环境、洞口边仰坡。衬砌表面监测指标如：表面应力、拱顶下沉、周边位移、裂缝宽度；衬砌内部监测指标如：衬砌内应力、两层支护间压力、围岩压力；支护系统监测指标如：锚杆轴力；围岩监测指标如：围岩内部位移、孔隙水压力；环境监测指标如：水流量、有害气体、洞外雨量；洞口边仰坡监测指标如：表面位移、深层位移、含水率、裂缝。

7.7 设备设施监测系统

一般规定

7.7.1 设备设施监测包含交通安全设施状态、服务与管理设施中的机电设备运行状态的监测。

技术要求

7.7.2 设备设施监测指标包含但不限于：供电状态、通信状态、工作状态、防雷器状态、机箱环境状态等。

7.7.3 可基于物联网、机器视觉等技术，监测交通安全设施状态。

7.7.4 机电设备运行状态监测功能应包含实时监测、远程监测、故障定位及报警、风险预警与智能运维等。

7.7.5 设备设施监测系统宜结合 GIS 地理信息系统、BIM 基础数据模型等进行可视化在线监测与养护运维。

建设要求

7.7.6 建设范围及规模的确定，宜结合设备设施对运营业务的关键性及健康状况对业务的影响程度确定。

7.8 交通运行状态监测系统

一般规定

7.8.1 交通运行状态监测应包括交通流监测、视频监控、交通事件监测、车辆运行监测。综合应用感知信息进行交通运行态势监测、拥堵监测等。

7.8.2 可利用无人机、移动巡查终端等移动监测设施，提升监测覆盖范围。监测设施配置可综合考虑移动设施的配置。

技术要求

7.8.3 交通流监测主要指标项包含交通量、速度、占有率、车辆类型、车辆长度等，支持按车道统计交通参数信息。

7.8.4 全景视频监控系统宜实现 180 度大范围全景视频监控、支持监测范围内多目标跟踪，具备透雾功能，满足低能见度下的应用需求。

7.8.5 交通事件检测主要指标项宜包含交通拥堵、异常停车、违法变道、路面污染、抛洒物等。

7.8.6 交通事件检测宜支持边缘计算及人工智能等技术，提升交通事件检测能力。

7.8.7 交通事件检测宜综合采用视频、基于毫米波雷达的交通事件检测技术，提升全天候工作能力。

7.8.8 车辆运行监测的主要指标项包含车辆身份信息、实时定位信息、运行状态信息、行驶轨迹信息等。

7.8.9 可通过人工智能、图像识别、北斗和基于 ETC 门架及路侧 RSU 的专用短程通信等技术实现车辆运行监测。

7.8.10 针对特殊车辆、公路巡检车辆、清扫车辆等，宜实现连续的行驶轨迹监测。

7.8.11 应积极开展与相关单位、商业实体的数据共享及业务交互，以提升交通

运行状态监测能力。

建设要求

7.8.12 交通流监测设备宜在交通流量大、事故发生率高的重要路段，以及互通式立体交叉、枢纽、服务区和停车区等关键节点加密布设。

7.8.13 全景视频监控宜在互通式立体交叉、枢纽、收费广场、服务区和停车区等关键节点设置。

7.8.14 高清视频监控应根据《全国高速公路视频联网监测工作实施方案》进行布设，每2公里设置一对高清视频监控设备，重要路段节点可加密布设，视频监控应覆盖全路段。

7.8.15 交通事件检测设备宜在交通流量大、事故发生率高的重要路段，以及互通式立体交叉、枢纽、服务区和停车区等关键节点加密布设。

7.8.16 宜在服务区出入口设置车牌识别设备。

7.9 气象环境监测系统

一般规定

7.9.1 公路气象环境监测的主要指标项包含能见度、路面温度、路面状态(干燥、潮湿、积水、结冰、积雪)、风速、风向等。

7.9.2 特殊地形地物、大型桥梁结构物、恶劣气象条件频发路段等位置宜布设具有针对性传感器的气象监测设备，在易发生团雾的路段宜布设能见度监测设备，在冬季易发生积水结冰的路段宜布设路面温、湿度监测设备。

建设要求

7.9.3 在路网相对密集地区应对区域路网沿线的气象监测设备进行统筹建设与综合利用。

7.9.4 智慧高速公路应开展气象环境监测系统建设。系统数据采集宜采用自建设备与第三方数据结合的形式，气象环境条件较好的项目，可以第三方气象环境数据为主。

8 业务型应用建设要求

8.0.1 业务型应用面向行业管理、企业运营、公众服务等方向提供智能化应用。

8.1 云控平台

一般规定

8.1.1 云控平台应采用自建或共建方式，实现行业内部业务系统数据融合及跨机构平台数据共享，提升通行效率、运行效率、管理效率、处置效率、公众获得感，降低事故发生率。

8.1.2 在行业智慧高速公路管理体系中，应建立省级云控平台，州（市）级云控平台。

8.1.3 在企业智慧高速运营体系中，云控平台宜采用“云-边-端”协同控制的逻辑架构，由企业级云控平台、路段/区域级云控平台、网络安全设施等组成，共同构成云控平台体系。具体要求如下：

- a) 企业级云控平台应负责汇聚路段/区域级云控平台中的所有信息，具备直接对任一终端进行数据获取、特殊情况下对任一路段进行控制与管理功能，应实现跨路段、跨区域的数据汇总分析、预警预测、协调控制；
- b) 路段/区域级云控平台应通过与上级云控平台的数据共享，获取相邻路段、相邻省份、关联区域的路况查询、拥堵预判等服务，实现路段/区域实时交通控制策略的制定；
- c) 网络安全设施应根据系统部署、应用情况及实际需求，确保系统信息安全；
- d) 企业级云控平台应同省级云控平台实现数据共享及业务协同。

8.1.4 云控平台建设应采用一套交换架构、一套安全机制、一套质量管控、一套

处理模型、一套数据标准及一套指标体系，可根据数据中心相关标准要求，对数据字典、数据库表结构、数据库内容等与标准的符合程度进行检测。

功能要求

8.1.5 云控平台应提供智慧高速公路管理服务通用应用：

- a) 交通专用模块，如：交通专用地图、车辆实时信息查询、行业外信息协同、跨区域管理协同等；
- b) 路网动态预警，如：高流量预警、重点运营车辆预警、超载车辆预警等；
- c) 综合运行监测，如：设施设备监测、交通流检测、重点运营车辆监测、交通事件检测等；
- d) “一路多方”应急救援模块，如：内部实现路段、区域、企业数据中心业务联动，企业级云控平台与综合执法系统、治超系统及“两客一危”系统业务协同；外部实现与交警、消防、医院等相关方联动；
- e) 城际综合交通协同管控模块；
- f) 信息共享模块。

8.1.6 云控平台的数据采集、数据处理、数据聚合、数据分析等功能可采用数据中台实现。

8.1.7 数据采集的内容包括但不限于：公路及沿线设施设备数据、交通运行状态数据、视频监控数据、气象环境数据、养护业务数据、路网业务数据、联网收费数据、与相关行业或专业的共享数据。

8.1.8 数据处理应具备数据清洗、转换、分类、存储等功能，保证数据的完整性、准确性、唯一性。

8.1.9 数据聚合可实现多源异构数据融合，根据业务领域建立主题数据库及数据目录，提升数据的共享与赋能。

8.1.10 数据分析应结合业务个性化需求，建立算法模型，实现实时数据在线处

理及历史数据的价值挖掘。

8.1.11 数据分析可对差异化收费中的分路段、分车型（类）、分时段、分出入口、分方向、分支付方式等形式给与支撑。

8.1.12 数据分析可对综合交通指挥调度、决策分析、信息服务给与支撑。

8.1.13 高速公路全线能耗数据可接入云控平台，通过数据分析给与决策支撑。

8.1.14 网络安全设施应根据业务应用的信息安全要求等级设置。

8.2 智慧建设管理系统

一般规定

8.2.1 建设方应协调监理、施工、检测等参建方，构建一体化的建设管理平台，实现建设全过程、各阶段、各环节有效衔接，提升投资管理、进度管控、质量监管、安全管控、环境监测、廉政监管等工程建设管理各环节数字化和智能化水平。

功能要求

8.2.2 投资管理宜采用自动化计量、BIM、图像识别等技术，实现数据自动采集、工序自动报验、过程资料自动生成和归档。

8.2.3 进度管控宜结合现场每日进度填报，实现进度自动汇总统计、偏差分析及预警、偏差纠正和进度可视化展示等。

8.2.4 质量监管应实现工程质量全过程管控，确保工程质量可跟踪、可反馈、可追溯。

8.2.5 安全管控应实现对人的不安全行为和物的不安全状态的实时动态感知预警。

8.2.6 环境监测应实现对工地扬尘、环境噪声、水质、土壤等的实时动态监测预

警。

8.2.7 廉政监管应推进工程建设关键环节数字管控，与区块链+阳光工程·廉通道高速公路建设监督平台进行数据对接并上链，实现全周期实现自纠自查、监督检查、取证溯源等功能。

8.2.8 建设项目全过程资料宜采用基于行业数字认证和电子签名体系形成的可信电子文件，同步形成工程电子档案，与工程档案管理平台对接实现工程档案移交。

8.3 智慧收费运营系统

一般规定

8.3.1 智慧收费运营系统应满足国家对于联网收费的相关要求，分为省级联网收费系统及企业级收费运营系统。

8.3.2 省级联网收费系统由全省统一的联网收费数据中心建设，满足全省高速公路收费业务运营管理需求。

8.3.3 企业级收费运营系统由企业级数据中心建设，满足企业级、路段级收费业务运营管理需求。

8.3.4 收费设施涵盖车道设备、称重检测、ETC 门架、收费服务器等设备与车道收费软件等内容。

功能要求

8.3.5 智慧收费运营系统应具备收费设施健康状态及数据链路畅通监测功能，保障收费设施稳定可靠。

8.3.6 智慧收费运营系统应具备收费数据、车流数据、收费员收费情况等数据采集功能。

8.3.7 智慧收费运营系统应具备收费站交易信息查询、收费统计报表、稽查管理等收费业务管理功能。

8.3.8 智慧收费运营系统应具备涵盖路网基础信息、费率、车道明细管理等路网基础信息管理功能。

8.3.9 智慧收费运营系统应具备涵盖超限超载分析、路网交通分析、路网车流运行监控等运营分析功能。

8.3.10 智慧收费运营系统应具备拆分前后收费情况、车流情况等收费运营分析功能。

8.3.11 智慧收费运营系统应具备涵盖通行记录查询、车辆特征查询、黑灰名单管理、收费视频录像稽查等收费稽查功能。

8.3.12 智慧收费运营系统应具备按照时间、数量、类型、原因、过程等多个维度，导出收费相关报表功能，为收费营运管理提供决策支撑。

8.4 大件运输管控平台

一般规定

8.4.1 大件运输管控平台是为实现大件运输通行沿线关键结构物的快速验算、安全评价、运输路线优化等功能的信息化管理服务平台。

功能要求

8.4.2 大件运输管控平台应具备专业的安全性评估能力，并形成可选路径安全性评估报告。

8.4.3 大件运输管控平台应考虑时间成本与运输成本，按照大件运输项目的起点、终点、必经点，采用合适的算法生成最优全局解，并按照时间最短或费用最低分别计算最优路径。

8.4.4 大件运输管控平台应考虑大件运输的直接费用、交通影响费用、排障费与其他费用。

8.4.5 大件运输管控平台应具有数据输入、数据存储、安全评价、路径决策、数据查询统计、实时监控等功能。

建设要求

8.4.6 大件运输管控平台应部署于交通运输行业主管部门及运营企业，实现管控信息与技术数据的互联互通。

8.5 特殊车辆管控系统

一般规定

8.5.1 特殊车辆管控系统为降低特殊车辆发生的交通事故率及事故规模而建立的管控系统。

8.5.2 因运营条件而具备特殊车辆管控需求的运营企业，应建立特殊车辆管控系统，并与云南省道路运输管理局建立的“‘两客一危’车辆卫星定位系统平台”数据与业务互联互通。

功能要求

8.5.3 利用收费站、ETC 门架、视频监控、路侧单元等对特殊车辆行驶路径进行监测。

8.5.4 应在雨雾路段、长下坡路段、特长隧道、隧道群及特大桥等重点路段对特殊车辆的行驶轨迹及驾驶行为重点监控，并利用信息发布系统对特殊车辆进行危险预警与行为管控。

建设要求

8.5.5 存在不良气象、长下坡、特长隧道、隧道群及特大桥等重点路段，且特殊

车辆占比较高的高速公路，宜开展智慧高速公路特殊车辆管控系统建设。

8.6 灾害预警及应急救援系统

一般规定

8.6.1 灾害预警及应急救援系统应符合高速公路应急救援体制，实现事前及时预警、事中科学救援、事后智能评估的全过程管理。

8.6.2 一路各方应制定高速公路灾害预警及应急响应办法。

功能要求

8.6.2 应具备基于关键结构物监测、设备设施监测、交通运行状态监测、气象环境监测、互联网平台等手段实现异常事件快速预警、精准定位等功能。

8.6.3 应在高速公路应急事件分类管控的基础上实现事件处置管理功能。

8.6.4 应具备应急预案自动匹配功能，实时发布控制策略和调度指令，有效调度应急资源。

8.6.5 应具备高效指挥调度功能实现现场数据与调度数据相互融合，一路各方联勤联动，科学救援。

8.6.6 应针对事件预警、预案匹配、指挥调度、联勤联动等方面进行多要素、多形式的全过程记录，实现灾害预警与应急救援的全流程可追溯。

8.6.7 应具备事件智能评估功能，对整个应急过程溯源并分析，优化预案的准确性，改善预警、指挥、联动效率，提升应急人员科学处治能力。

建设要求

8.6.8 行业内部应实现路网级联动，一路各方宜实现与交警、路政、应急、医疗等各相关方的联动。

8.7 车道级交通管控系统

一般规定

8.7.1 车道级管控可根据交通流量及管控需求，实现含应急车道在内的单个或多个车道开启/关闭功能、车道车型允许/限制、以及分车道可变限速功能，其中管控需求应考虑交通事故、养护施工、应急事件、极端天气等因素。

8.7.2 应根据具体交通管控需求，组合实施匝道控制策略，实现匝道关闭/调节功能，优化车道级管控效果。

8.7.3 车道级交通管控系统由外场数据采集、管控信息发布、控制系统构成。

8.7.4 外场数据采集可通过视频、雷达、交调站、气象站、出入口收费站与 ETC 门架等获取。

8.7.5 管控信息发布应通过沿线布设的车道控制信息标志及其他公路专用信息发布设施发布，并借助 FM 广播、车载终端、第三方出行服务平台等方式丰富伴随式信息服务，实现交通流精细化管控，提高安全性及整体通行效率。

8.7.6 控制系统应能实时处理、分析交通数据并存储，判断交通运行状态、选择合适的主线控制策略，生成控制指令并发送至外场的主线控制器，远程监控主线控制器等外场设备的运行状态，并实现与相关系统的信息共享。

功能要求

8.7.7 车道控制信息标志应覆盖所有车道（含应急车道），具备接受并执行控制系统指令的功能，按车道发布允许通行的车型、限速、车道开放等信息，宜优先选择与 ETC 门架合建或升级既有门架式可变情报板。

8.7.8 第三方出行服务平台如手机应用软件/小程序、微信公众号等，通过控制系统获取车道管控信息，发布各车道允许通行的车型、限速、车道开放等信息。

8.7.9 车载终端应通过车路间数据通信交互方式，宜充分利用现有 ETC 终端、运

输车辆卫星定位系统车载终端等设备，通信标准和协议应优先采用国家标准、行业标准和国际标准，提供精细化的速度和行驶车道引导。

建设要求

8.7.10 一路各方应结合路段的区域特征、交通流量、运营模式等，制定正常运营工况、交通阻塞工况、突发事件工况、施工养护工况、恶劣气象环境工况、应急车辆优先工况等车道级交通控制策略。

8.7.11 匝道分合流区宜设置主动发光式交通诱导装置，具备道路轮廓强化显示模式和行车主动诱导模式，并具备接收控制系统指令动态调整工作模式的功能，优化车道级管控。

8.8 数字化智能养护系统

一般规定

8.8.1 数字化智能养护系统宜采用关键结构物及设备设施监测、公路数字孪生、智能分析等技术，提供智能分析及预防性养护等功能，降低养护成本，延长使用寿命。

8.8.2 数字化智能养护系统应覆盖设施基础信息、管理、监测、巡查、检查、养护维修信息及养护成本分析等信息。

8.8.3 系统应遵循开放、兼容、可互联的原则，方便与其它信息系统关联对接，共享数据。

功能要求

8.8.4 数字化智能养护系统宜与关键结构物监测系统、设备设施监测系统实现数据互通，根据监测数据分析结构物、设施衰变情况，并自动触发养护业务流程。

8.8.5 数字化智能养护系统宜具备日常巡查管理、经常检查管理、定期检查管理、

专项检查管理、技术状况评定计算等功能，提高巡查效率，及时掌握所辖路段的整体健康状况。

8.8.6 数字化智能养护系统宜采用数字孪生技术，在完成公路结构物、设施的数字化基础上，通过监测数据、养护数据、智能决策数据实现物理实体与虚拟实体的联动，在虚拟实体上的预测、仿真、分析等，提高物理实体的养护能力。

8.8.7 数字化智能养护系统应建立唯一身份标签，对关键结构物及设备设施进行身份识别、信息溯源。

8.8.8 数字化智能养护系统宜具备结构物及设备的服役性能与灾变衍化表达与预测功能。

8.8.9 数字化智能养护系统宜具备养护问题在线咨询功能、故障应对策略库，便于养护问题及时解决，提升养护人员能力。

8.8.10 数字化智能养护系统宜具备智能巡检功能，并自动生成巡检报告。

8.9 伴随式信息服务系统

一般规定

8.9.1 伴随式信息服务应通过沿线布设的车道控制信息标志及其他公路专用信息发布设施实现信息发布，并借助 FM 广播、车载终端、第三方出行服务平台等方式，提升发布的覆盖面和及时性，以提高通行效率，确保交通安全。

8.9.2 伴随式信息服务系统为驾乘人员及社会公众提供“出行前”、“出行中”及“出行后”等不同阶段的信息服务。

8.9.3 伴随式信息服务发布应综合考虑建设成本、用户覆盖范围、服务连续性等因素，整合信息发布资源，构建高速公路出行服务信息对外统一服务接口，由云控平台统一规划，全程、实时发布各类信息。

功能要求

8.9.4 伴随式信息服务系统信息发布内容应包括公路基础设施信息、服务设施状态信息、交通管控信息、出行规划信息、交通运行状态信息、交通突发事件信息、公路施工养护信息、路域旅游信息、公路气象环境信息、高速服务区状态信息、应急救援信息、安全辅助驾驶信息及其他信息等。

8.9.5 第三方出行服务平台包括服务出行网站、交通服务热线、广播、手机短信、手机应用软件/小程序、微信公众号、车载终端等，以文字、图形、语音、视频图像等多种方式提供广播式信息服务。

8.9.6 在运营道路的重点、易拥堵、易肇事路段宜增设广播系统。

8.10 服务区智能化系统

一般规定

8.10.1 服务区智能化系统建设应在传统服务需求的基础上，充分考虑新型服务需求，运用新一代信息技术，结合所在路段的交通区位、交通流量、场地特征、环境影响、服务区间距离及相关基础设施条件等因素，总体统筹规划、多专业协同建设。

8.10.2 服务区智能化系统建设面向服务、管理、经营三个主要业务，内容包括基础设施建设、通信系统建设、数据工程建设及应用系统建设等。

功能要求

8.10.3 服务业务应建设智慧服务平台，对WIFI系统、信息发布、停车诱导、智慧公厕、多功能自主终端、新能源汽车补给设施、满意度评价系统等进行数据汇聚、业务管理、统一交互。分项具体要求如下：

- a) 信息发布利用服务区的终端设备、第三方出行服务平台等手段提供服务

区、路域等出行相关信息；

- b) 停车诱导需智能识别车流、车型、停车位等情况，并根据不同车型进行分类诱导；
- c) 智慧公厕主要功能包括厕位监测、厕位引导等；
- d) 多功能自动终端应包括服务区导览、自助信息查询等功能；
- e) 新能源汽车补给设施应包括专用充电及普通充电方式；
- f) 满意度评价系统通过终端设备及第三方出行服务平台建立服务区质量评价体系，反馈服务质量和品质。

8.10.4 管理业务应建设智慧管理平台，主要面向安全防护、智慧楼宇、智慧办公、数据分析等子项进行数据汇集及业务管理，具体要求如下：

- a) 安全防护包括越界识别、场区内事故识别、车辆违规停车识别、危化品（车辆）管控等功能；
- b) 智慧楼宇对用电、用水、燃气等能源使用情况进行监控及分析，实现对能源的统一管理；
- c) 智慧办公具备流程管理、人员管理、后勤管理、会议室管理、协同作业等功能；
- d) 数据分析具备数据统计、数据分析、决策建议等功能。

8.10.5 经营业务应建设智慧经营平台，面向服务、精准营销、数据分析等子项进行数据汇集及业务管理。具体要求如下：

- a) 经营服务实现商品采购、入库到零售全过程信息化管理，提高经营管理者的经营效率；
- b) 精准营销包括合理安排促销活动时间，提高销售额，指导经营调整，优化库存结构；
- c) 基于经营数据进行智能分析，为用户提供业态调整、商品促销、库存优

化等决策依据；

d) 宜实现完善的线上购物及相关电子商务功能。

建设要求

8.10.6 服务区室外主要区域应实现视频监控全覆盖（包括：服务区入口、出口、广场、停车区、加油站等），按照《云南省交通视频联网监测工作实施方案》要求接入省级视频云平台。

8.10.7 建设内容及规模，宜根据服务区路网位置，对出行服务、经营等业务的影响等因素按需配置、综合确定。

9 创新型应用建设要求

9.0.1 创新型应用为现阶段不具备大规模推广的应用，可结合自身需求、工程特点开展示范性建设。

9.1 交旅融合服务系统

一般规定

9.1.1 为服务于旅游业发展，高速公路交旅融合服务系统依托服务区、停车区、收费站、观景台等“窗口”，为高速公路旅游出行者提供的路域旅游资源信息发布、交旅衔接、电子商务、出行规划等服务。

功能要求

9.1.2 交旅融合服务系统宜与高速公路已有的系统实现数据互通。

9.1.3 交旅融合服务平台宜具备电子商务功能。

建设要求

9.1.4 高速公路运营单位应结合云南省旅游发展定位提供交旅融合公益性服务，宜根据旅游产业具体需求拓展交旅融合商业性服务。

9.1.5 交旅融合服务宜复用高速公路已有的软硬件设施实现。

9.2 准全天候通行

一般规定

9.2.1 准全天候通行宜采用智能车载终端、交通信息监测、车路协同、高精定位、边缘计算、智能消冰除雪、雾天行车诱导等技术和管理办法，通过车路协同预警、诱导服务，实现特定恶劣气象条件下车辆的安全通行。

9.2.2 一路各方应制定高速公路准全天候通行联合管理办法。

应用要点

9.2.3 车辆应安装具有实时车路通信、高精定位信息接收、语音、字符显示等功能的智能车载终端。

9.2.4 车辆应部署高精度地图，高精度地图绝对精度要求 $\leq 20\text{cm}$ ，相对精度要求 $\leq 10\text{cm}$ ，以获取车道级的信息数据，包括车道线、道路边缘线等数据。

9.2.5 路侧应部署交通信息监测设施，应至少包括交通流检测器、交通事件检测器、路面状态检测器、气象传感器等。

9.2.6 路侧部署能提供低延时、高可靠、全覆盖的新一代多模宽带无线通信网络。

9.2.7 道路路侧应部署高精度定位系统，为用户提供稳定、可靠的厘米级定位服务，结合高精度地图数据，能够准确识别车辆所在的车道。

9.2.8 路侧应部署边缘计算设施，提供监测信息分析及环境动态预测的计算能力。

9.2.9 路侧及中央分隔带应设置智能行车诱导装置，诱导装置闪烁状态应根据现场能见度和雨雪等气象环境条件确定，工作模式包括道路轮廓强化模式、行车主动诱导模式、防止追尾警示模式、关闭模式等。

9.2.10 易结冰路段宜采用智能消冰除雪技术，主动感知路面状态，结合气象环境，自动消冰除雪。

9.2.11 道路沿线应布设信息发布设施，为人工驾驶车辆提供前方道路风险预警。

9.3 全寿命周期智慧化综合应用

一般规定

9.3.1 全寿命周期智慧化综合应用基于BIM技术实现，达到协同管理、减少错误、节约成本、提高效益和质量的目标。

9.3.2 一路各方应制定全寿命周期智慧化综合应用管理办法。

应用要点

9.3.3 全寿命周期智慧化综合应用主要应用的阶段及功能包含但不限于以下：

- a) 方案设计阶段：宜具备场地分析、工程性能模拟分析、设计方案比选、虚拟仿真漫游等功能；
- b) 初步设计阶段：宜具备工程、结构专业模型构建、工程结构平面、立面、剖面检查、面积明细表统计、机电设施模型构建等功能；
- c) 施工图设计阶段：宜具备各个专业模型构建、碰撞检测及三维管线综合、净空优化、二维制图表达等功能；
- d) 施工准备阶段：宜具备施工深化设计、施工场地规划、施工方案模拟、构件预制加工等功能；
- e) 施工实施阶段：宜具备虚拟进度和实际进度对比、设备与材料管理、质量与安全管理、竣工模型构建等功能；
- f) 运维阶段：宜具备运维管理方案策划、运维模型构建、空间管理、资产管理、设施设备管理、应急管理、能源管理等功能；
- g) 工程量计算：宜具备设计概算工程量计算、施工图预算与招投标清单工程量计算、施工过程造价管理工程量计算、竣工结算工程量计算；
- h) 预制装配式混凝土工程：宜具备预制构件深化设计、预制构件碰撞检测、预制构件生产加工、施工模拟、施工进度管理；
- i) 协同管理：宜具备业主协同管理、设计协同管理、施工协同管理、咨询顾问协同管理。

9.4 车路协同应用

应用要点

9.4.1 车路协同应用可支撑安全辅助驾驶，主要场景包含但不限于以下：

- a) 盲区预警/变道辅助：可避免车辆变道时，与相邻车道上的车辆发生侧向碰撞，提升变道安全；
- b) 紧急制动预警：可辅助驾驶员避免或减轻车辆追尾碰撞，提高道路行驶安全；
- c) 异常车辆预警（车辆停止、逆行、超速、低速、连续变道等）：基于通信终端及时对外广播，便于周边车辆迅速采取避让措施，避免由于车辆失控导致与周边车辆碰撞事故发生；
- d) 车辆失控预警：将道路危险状况及时通知周围车辆；
- e) 道路危险状况提示：提示信息含交通事故、路段施工、恶劣天气、路面异常等；
- f) 限速预警：用于辅助车辆按合理的速度行驶；
- g) 车内标牌：主要将道路数据以及交通标牌信息提示给驾驶员；
- h) 前方拥堵提醒：提醒主要将前方路段拥堵信息发送给驾驶员，指导驾驶员合理制定行车路线，提高通行效率；
- i) 紧急车辆提醒：主要实现在途车辆对消防车、救护车、警车或其它紧急车辆的让行；
- j) 交通信号提醒：主要实现车辆对主线管控及匝道管控信号的接收；
- k) 服务区信息提醒：主要将服务区剩余车位、剩余充电桩等动态信息提示给驾驶员。

9.4.2 车路协同系统主要由 RSU、OBU、信息发布终端组成，根据场景复杂性，可选配路侧计算设施/边缘计算设备、高精度地图、高精度定位系统、以及车路协同云端管理平台，系统应实现车辆身份认证以及信息加密。

9.4.3 RSU 应支持移动蜂窝通信网络，支持 C-V2X 通信协议，具备 PC5 接口，支

持北斗定位，通信距离 $>300\text{m}$ 。

9.4.4 OBU 应支持移动蜂窝通信网络，支持 C-V2X 通信协议，具备 PC5 接口，支持北斗定位，支持 RTK 定位，可与信息发布终端有效连接，宜与汽车总线连接。

9.4.5 信息发布终端可采用抬头显示设备、手机、平板电脑等，基于 APP 发布车路协同信息，宜与互联网导航软件合作发布信息。

9.4.6 路侧计算设施/边缘计算设备应具备数据存储和计算能力，需能接入至少 2 种以上感知设备，算力应满足数据融合、数据更新和系统延迟等需求。

9.4.7 高精度地图建设按本指南 7.3 要求建设。

9.4.8 高精度定位建设按本指南 7.5 要求建设。

9.4.9 车路协同云端管理平台应具备车路协同外场设备运行监测、信息采集分析、信息处理下发、日常运行维护、大数据挖掘等功能，可整合至云控平台中一并建设。

9.4.10 可在有车路协同应用需求的关键路段每间隔 200-300m 部署一个 RSU，在高压输配电线路及雷达基站附近根据通信网络实际测试情况调整布设间距，支持公路双向车道的应用，RSU 安装高度宜为 5~6m，可共用其它设备杆件。

9.5 自动驾驶支持

一般规定

9.5.1 自动驾驶支持宜采用先进的传感技术、网络技术、计算技术及控制技术，对道路和交通环境进行全面感知，并考虑不同的车辆自动化程度和不同的交通系统集成阶段，高效实现感知、预测、决策和控制。

9.5.2 自动驾驶支持应具备以下功能：

- a) 为智能网联汽车提供物理基础设施支持；

- b) 为智能网联汽车提供数字化地图和静态道路标识信息；
- c) 为智能网联汽车提供道路拥堵情况、施工情况、交通事故、交通管制、天气情况等实时交通动态信息；
- d) 为智能网联汽车提供实时车辆行驶速度、车辆间距、车道选择等引导信息。

9.5.3 一路各方应制定高速公路自动驾驶支持联合管理办法。

应用要点

9.5.4 自动驾驶车辆应搭载先进的车载传感器、控制器、执行器等装置，具备环境感知、智能化决策与控制功能，自动驾驶级别应不低于L3级。

9.5.5 自动驾驶宜由高精度地图、高精度定位、路侧感知设施、通信设施、车路协同云端管理平台等共同提供支撑。

9.5.6 车辆可按照较小的固定间距进行编队行驶，通过V2X与ADAS即时交换车辆、环境信息，实现编队车辆加减速、转向及制动的协同工作，提升道路通行能力。

9.6 自由流收费系统

一般规定

9.6.1 自由流收费系统可采用ETC、电子车牌、北斗高精度定位等多种技术实现，对多条车道上自由行驶的车辆进行收费，提高道路通行效率。

应用要点

9.6.2 采用ETC技术，自由流收费系统由收费管理与计算平台、收费站车道系统、ETC门架系统等组成。

9.6.3 在满足ETC门架功能要求前提下，综合考虑供电、安装、通信等因素，选

择最优的安装位置。

9.6.4 采用电子车牌技术，可通过机器视觉技术实现车牌识别，结合移动支付手段，实现先通行，后收费的模式。

9.6.5 采用电子车牌技术，高速公路行业应与交警、路政数据共享，可有效识别套牌车辆。

9.6.6 采用电子车牌技术，可利用沿线门架设备识别车牌，标记位置，还原行驶轨迹。

9.6.7 采用北斗高精度定位技术，自由流收费系统由卫星导航系统、车载终端系统、收费平台系统、收费稽查系统构成。

9.6.8 采用北斗高精度定位技术，应综合考虑信号覆盖范围、造价等因素，选择北斗地基增强基准站最优布设方案。