

ICS 01.120

R 00

团体标准

T/CHTS XXXXX-XXXX

智慧高速公路系统“端-边-云”

一体化架构技术指南

Technical Guidelines for "Terminal-Roadside-Cloud"

Integrated Architecture of Smart Highway System

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国公路学会 发布

作为国家标准委、中国科学技术协会团体标准双试点单位，中国公路学会积极贯彻国务院《深化标准化工作改革方案》（国发〔2015〕13号）的要求，立足交通运输行业公路交通领域，于2015年6月份正式启动团体标准工作。同时，中国公路学会标准工作得到了交通运输部的大力支持，并正式写入交通运输部《交通运输标准化“十三五”发展规划》。

中国公路学会严格按照学会标准管理办法及团体标准良好行为指南要求对标准化工作进行管理，遵循开放、公平、透明、协商一致的原则，突出团体标准贴近实际、注重实用的特点，充分发挥密切跟踪行业科技创新进程、及时了解市场技术发展需求的优势，为交通运输行业公路交通领域提供优质的标准，促进行业技术进步，并打造中国公路学会标准品牌。

获取更多学会标准资讯请关注“中国公路学会标准”微信公众号（微信号：CHTS-standard）。

本标准版权为中国公路学会所有。除用于国家法律法规规定用途，或事先得到中国公路学会文字上的许可，不得以任何形式擅自复制、改编、汇编、翻译、发行或传播本标准。

中国公路学会地址：北京市朝阳区安华路 17 号

电话：010-64288712

网址：<http://www.chts.cn/>

电子信箱：CHTS-S@qq.com

团体标准

智慧高速公路系统“端-边-云”一体化架构技术指南

Technical Guidelines for "Terminal-Roadside-Cloud"

Integrated Architecture of Smart Highway System

T/CHTS xxxxx-xxxx

主编单位：中国公路学会

发布单位：中国公路学会

实施日期：2024 年××月××日

× × × × (出版单位)

中国公路学会文件

××××（文号）

中国公路学会关于发布《智慧高速公路系统“端-边-云”一体化架构技术指南》的公告

现发布中国公路学会标准《智慧高速公路系统“端-边-云”一体化架构技术指南》（T/CHTS XXXXX-XXXX），自××××年××月××日起实施。

《智慧高速公路系统“端-边-云”一体化架构技术指南》（T/CHTS XXXXX-XXXX）的版权和解释权归中国公路学会所有。

中国公路学会

××××年××月××日

前 言

本指南是在系统总结我国高速公路智慧化信息系统建设研究成果和工程实践经验的基础上编制的。

本指南按照《中国公路学会标准编写规则》（T/CHTS 10001）编写，共分为 5 章、1 个附录，主要包括：总则、术语和缩略语、构建原则、总体架构、技术要求、附录。

本指南由长安大学提出，并受中国公路学会委托，负责具体解释工作。请有关单位将实施中发现的问题与建议，反馈至长安大学（地址：西安市未央区尚苑路长安大学渭水校区信息工程学院，联系电话：029-62630047，电子邮箱：GCZX@chd.edu.cn），供修订时参考。

主编单位：长安大学

参编单位：山东高速集团有限公司、山东高速集团有限公司创新研究院、中移（上海）信息通信科技有限公司、山东省智慧交通重点实验室、山东高速信息集团有限公司

主要起草人：赵祥模、徐志刚、王孜健、陈婷、田彬、朱宇、王川、栗剑、么新鹏、荣文、敖婷、张青山、孟祥龙、张涵、李一鸣、范颂华、闵海根、李杰、童星、迟猛、曹正彬、刘成林、杨兴杰

主要审查人：

目 次

1	总则.....	1
2	术语和缩略语.....	2
2.1	术语.....	2
2.2	缩略语.....	2
3	构建原则.....	4
3.1	系统构成.....	4
3.2	设计目标.....	4
3.3	实施方法.....	4
4	总体架构.....	6
4.1	逻辑分层.....	6
4.2	各层功能.....	7
5	技术要求.....	10
5.1	“端”侧子系统.....	10
5.2	“边”侧子系统.....	12
5.3	“云”侧子系统.....	13
5.4	智能分级.....	15
附录 A	各级智慧高速公路系统参考模型	20
	用词说明.....	25

1 总则

1.0.1 为进一步提升高速公路智慧化建设或改造水平，将“端-边-云”一体化架构技术及智能分级方法应用于高速公路信息物理系统的设计实施中，提出一种智慧高速公路系统，特编制本指南。

1.0.2 本指南依据信息物理系统七项指标量化模型，将智慧高速公路系统按照智能化程度从低智能度到高智能度分为 5 个等级，分别是 H1、H2、H3、H4、H5，高智能度智慧高速公路系统功能兼容低智能度智慧高速公路系统功能。

1.0.3 本指南适用于新建、改（扩）建高速公路的智慧高速公路系统设计与实施。

1.0.4 本指南提出的智慧高速公路系统“端-边-云”一体化架构具有扩展性和兼容性，未来应可与高速公路低空智联系统架构互通互融、协同工作，助力低空经济下的智能综合交通体系构建。

1.0.5 智慧高速公路系统设计与实施除应符合本指南规定外，还应符合国家、行业 and 各省现行有关标准及文件的规定。

2 术语和缩略语

2.1 术语

2.1.1 智慧高速公路系统 Smart Highway System

智慧高速公路系统是一种适用于高速公路的典型多智能体耦合的信息物理系统,由“端”侧子系统、“边”侧子系统、“云”侧子系统通过多模式的通信技术实现互联互通、信息共享和系统控制。

2.1.2 智能体 Intelligent Agent

在智慧高速公路系统中,智能体应为“端”侧子系统、“边”侧子系统、“云”侧系统中的各种设备、软件模块或者它们的组合。这些智能体能够通过多模式的通信技术实现互联互通、信息共享和系统控制,具备感知、计算、数据处理、信息发布等能力,并且可以依据指令或设定的规则对交通系统中的各种情况做出响应,以实现智慧高速公路系统的各项功能。

2.1.3 伴随式出行信息服务 Accompanying Travel Information Service

利用手机终端、车载终端等多种服务载体,为高速公路使用者提供基于当前所在位置的出行全过程、全时空、交互式信息服务。

2.1.4 主动交通管理 Active Traffic Management

通过对交通流数据分析及预测,预知交通拥堵及交通流发展趋势,以速度和谐为核心,采取动态车道管理、临时开放硬路肩、动态货车管控、匝道控制、动态路径诱导等措施,优化交通流,减少或延迟拥堵的发生,降低事故率,提升公路基础设施承载能力、安全和服务水平。

2.1.5 货车编队行驶 Truck Platooning

指多辆车辆在协调的纵向和可能的横向控制下行驶。编队是具有通用编队序列和参与者序列的车辆编队。

2.1.6 信息物理系统 Cyber Physical Systems

信息物理系统通过集成先进的感知、计算、通信、控制等信息技术和自动控制技术,构建了物理空间与信息空间中人、机、物、环境、信息等要素相互映射、适时交互、高效协同的复杂系统,实现系统内资源配置和运行的按需响应、快速迭代、动态优化。

2.2 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)

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

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

FM 频率调制 (Frequency Modulation)

GSM 全球移动通信系统 (Global System for Mobile Communications)

3 构建原则

3.1 系统构成

3.1.1 智慧高速公路系统作为适用于高速公路场景的典型多智能体耦合信息物理系统，应由“端”侧子系统、“边”侧子系统和“云”侧子系统凭借多模式通信手段，实现互联互通、信息共享及系统控制。智慧高速公路系统架构可遵循自下而上的层级布局，依次为感知层、通信层、计算层、数据层、服务与应用层和展示层，各层级协调运作，驱动智慧高速公路系统各项功能落地实现。

3.1.2 智慧高速公路系统依据智能程度可划分为 H1 至 H5 五个等级，在实际建设应用过程中，具备兼容性和可扩展性。一方面，可基于高速公路既有基础设施条件、交通场景需求、运营管理现状等实际情况，从 H1 至 H5 等级中筛选与之适配的智慧等级系统进行针对性建设，确保系统建设与高速公路现实状况深度契合，实现资源的优化配置与高效利用；另一方面，对于已建成的智慧高速公路系统，可依据当下及未来发展需求，基于现有智慧等级增加新的功能模块，从而实现智慧等级提升，达成智慧化建设水平的进阶，以持续满足日益增长的交通管理与出行服务需求。

3.1.3 智慧高速公路系统建设应以高速公路行业管理者、所有者、运营者和使用者的需求为基础，遵循“统筹布局、因路制宜、分级建设、先进适用、分步实施”的设计原则，实现高速公路信息系统的“全体系智能分级、全过程安全畅通、全方位优质体验”。

3.2 设计目标

3.2.1 智慧高速公路系统应按照智能程度分级设计实施，适用于典型高速公路交通运输场景，并明确系统功能要求与分级之间的对应关系。

3.2.2 智慧高速公路系统的实施应有助于建立准全天候通行、全路段感知、全过程管控的交通感知网，降低施工、事故、恶劣天气等因素对高速公路通行的潜在影响，降低路网运行负荷，提高路段通行能力。

3.2.3 智慧高速公路系统的实施应有助于拓展绿色节能技术应用，提高全程陪伴和服务区服务体验，提升公众出行获得感、幸福感和安全感。

3.3 实施方法

3.3.1 智慧高速公路系统设计与实施应统筹全网调控和路段业务需要，进行整体布局，并与主体工程、交通工程等紧密结合。

3.3.2 智慧高速公路系统设计应根据新建、改扩建、运营高速公路工程实际需求，并结合工程建设阶段、工程特征、服务水平、运营特征和交通特性，确定具体路段的实施内容。

3.3.3 智慧高速公路系统应依据合理的智能等级进行设计，通过明确各智能分级中“端”侧子系统、“边”侧子系统、“云”侧子系统各功能模块的协作关系，实现系统性能、系统功能和设计成本的优化匹配，为高速公路智慧信息系统智能分级设计与逐级提升改造提供有效指引。

3.3.4 智慧高速公路系统设计与实施应结合技术发展趋势评估投入、产出效益，指导实施过程中新方案、新产品的选型，可在典型示范工程中适度实施创新型应用。

3.3.5 智慧高速公路系统设计与实施应统筹应用场景、设计内容和实施时序，实现技术研发、测试验证、试点示范、推广应用迭代演进的正向闭环，稳步推进项目实施。

4 总体架构

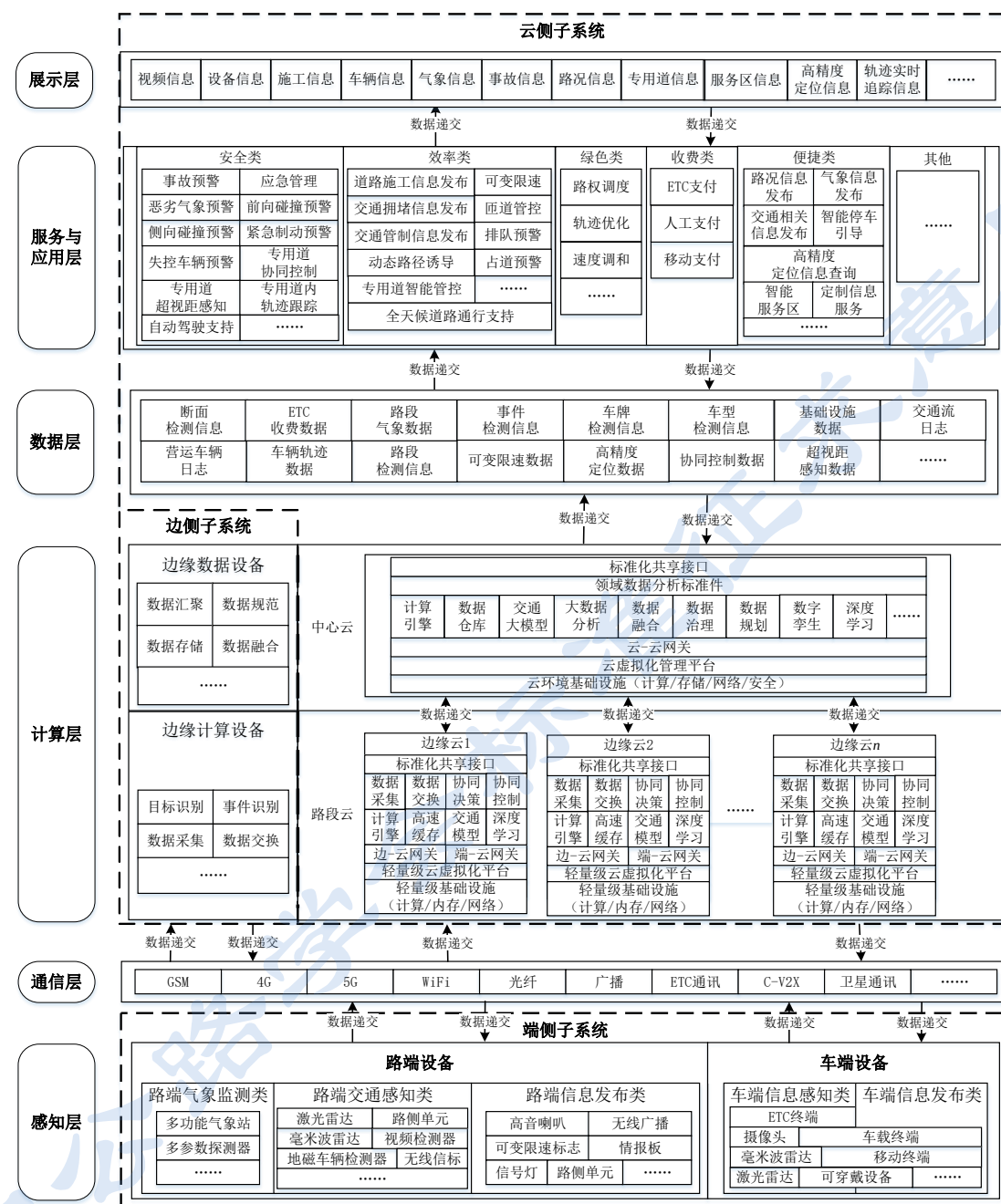


图 4.1.1 智慧高速公路系统“端-边-云”一体化架构

4.1 逻辑分层

4.1.1 智慧高速公路系统逻辑架构如图 4.1.1 所示，应是一种由“端”侧子系统、“边”侧子系统、“云”侧子系统各设备协同运作，通过融合 GSM、4G、5G、WiFi、光纤、广播、ETC 通讯、C-V2X 等技术的一体化基础网络实现互联互通，形成一个具有自下而上逐级数据

处理、管控指令双向传递、基于用户级别和场景需求进行定制化信息服务、根据事件驱动进行自主管控的分层次、变耦合、模块化、可扩展的架构，可共同实现智慧高速公路系统的各项功能。

4.1.2 智慧高速公路系统逻辑架构由“端”侧子系统、“边”侧子系统、“云”侧子系统组成，基本要求如下：

1 “端”侧子系统应通过路端和车端设备采集各类信息，并通过通信层将信息传输至“边”侧和“云”侧子系统，同时接收来自“云”侧子系统的服务数据向用户提供服务。

2 “边”侧子系统应与“端”侧设备紧密相连，接收“端”侧信息进行处理和分析，并与“云”侧设备交互数据，协同完成数据融合、目标识别等功能。

3 “云”侧子系统应是基于边缘云和中心云聚合的平台设备，通过与“端”侧、“边”侧子系统进行数据交互，实现对整个智慧高速公路系统的多维跨领域数据协同，为各类交通应用场景提供技术支撑和服务。

4.1.3 智慧高速公路系统逻辑架构自底向上可分为：感知层、通信层、计算层、数据层、服务与应用层和展示层 6 个层次。

4.2 各层功能

4.2.1 感知层是“端-边-云”一体化智慧高速公路系统的基础。感知层应综合运用路端设备与车端设备对人、车、路、事件等信息予以感知，以此获取高速公路智能应用场景内所有移动目标的运动状态，并将所获信息经通信层向上层传输，为上层决策与服务提供原始数据。上层可对原始数据进行分析处理，为人驾车辆与自动驾驶车辆提供各类交通信息服务与应用，进而提升车辆于高速公路行驶的安全性、高效性、绿色性、舒适性与便捷性。

4.2.2 通信层应是融合了 GSM、4G、5G、WiFi、光纤、广播、ETC 通讯、C-V2X 等技术的一体化基础网络，以保障数据、语音、图像、视频等信息的传输。通信层应为智慧高速公路系统提供网络通信及数据传输服务，可实现感知层与计算层之间的双向数据精准、实时传输，边侧子系统与云侧子系统之间的高速、稳定数据传输，边侧子系统与感知层之间高效的总线数据通信以及可靠的无线通信。

4.2.3 计算层应由边缘计算设备、边缘数据设备、边缘云以及中心云等算力资源共同组成，应具备以下关键功能：

1 基于边缘云和中心云所提供的算力与数据资源，针对路端交通感知类设备、路端气象监测类设备以及车端信息感知类设备所获取的原始数据，应开展采集、融合以及深入分析工作，依据事件驱动原理与具体应用场景的实际需求，为车辆提供精准的交通信息服务以及

辅助决策依据。

2 应负责对路端设备和车端设备的运行状态进行实时监测,同时实施有效的通信控制,并完成相应的任务调度。

3 应将感知、计算、通信等环节紧密融合为一体,采用多级存储机制,把输入与输出数据合理存储于本地、边缘云以及中心云,既能有效降低计算层内部数据传输对系统整体通信带宽造成的占用压力,又可避免因多层级数据传输所引发的通信延时对本地计算实时性产生的负面影响。

4.2.4 数据层应承担对智慧高速公路系统运行过程中所产生的多元数据及模型参数进行存储、管理、统计以及深度分析的职责,以此全方位赋能系统运行,基本要求如下:

1 产生的交通数据应涵盖各类动态运行信息,包括但不限于断面检测信息、ETC 收费数据、路段气象信息、事件检测信息、车牌检测信息、车型检测信息、交通流日志、营运车辆日志、车辆轨迹数据、路段检测信息、可变限速数据、协同控制数据以及超视距感知数据等,这些交通数据能够实时呈现高速公路交通流状态与运行态势。

2 产生的关键基础数据应用以反映基础设施本身属性,包括但不限于基础设施数据、高精度定位数据等,从静态角度勾勒出高速公路物理架构特性,为系统精准识别高速公路道路本体提供支撑。

3 产生的模型参数包括但不限于服务于路段云与中心云运行控制的数学模型参数、人工智能参数等,应作为系统决策、调控所依赖的关键规则依据。

4 数据层应依据上层反馈向感知层下达调整采集频率、优化采集区域等指令,接收感知层通过路端设备和车端设备采集的数据并存储;为计算层提供历史、实时数据及模型参数,以供计算层凭借边缘计算、边缘数据、边缘云及中心云等算力资源开展采集、融合、分析工作,再接收计算层产出的交通流态势预测、事件风险评估等成果回存;应作为服务与应用层的坚实支撑,为其提供精准实时数据基础,满足该层各类场景应用对各类交通数据的需求。

4.2.5 服务与应用层应实现智慧高速公路系统内各元素之间的信息共享,为智慧高速各类场景应用提供技术支撑,为各类用户提供面向安全、高效、绿色、便捷、收费目标的各类服务与应用,包括但不限于:

1 安全保障方面,可实现事故预警、应急管理、恶劣气象预警、前向碰撞预警、侧向碰撞预警、紧急制动预警、失控车辆预警。

2 车道管控方面,可实现专用道协同控制、专用道超视距感知、专用道内轨迹跟踪、专用道智能管控。

3 施工、拥堵及管制场景方面，可实现道路施工信息发布、交通拥堵信息发布、交通管制信息发布。

4 交通流调控方面，可实现可变限速、匝道管控、排队预警、动态路径诱导、占道预警。

5 出行体验优化方面，可实现智能停车引导、高精度定位信息查询、智能服务区、定制信息服务。

6 支付与信息发布方面，可实现 ETC 支付、移动支付、路况信息发布、气象信息发布、交通相关信息发布。

7 亦可支持全天候道路通行、路权调度、轨迹优化、速度调和等，以适配其他智慧高速公路运营及用户出行需求。

4.2.6 展示层应对高速公路运行状态信息以及历史统计数据等进行展示，基本要求如下：

1 展示内容包含但不限于：视频信息、设备信息、施工信息、车辆信息、气象信息、事故信息、路况信息、专用道信息、服务区信息、高精度定位信息、轨迹实时追踪信息等。

2 展示形式包含但不限于：视频、图表、图文等。

3 展示层基于服务与应用层的数据输入，以直观的可视化形式，为运营管理部门提供决策依据，方便其及时调整管理策略，确保道路运行顺畅。

4 展示层应为用户出行提供清晰指引，使其能够实时了解路况，合理规划行程，提升出行体验。

5 展示层可依据用户在可视化界面上的操作反馈，如切换查看不同路段信息、聚焦特定场景等需求，及时向服务与应用层传递，促使服务与应用层优化数据推送策略，进一步提升交互效果。

5 技术要求

5.1 “端”侧子系统

5.1.1 “端”侧子系统应包括路端设备和车端设备。路端设备包括路端气象监测类设备、路端交通感知类设备、路端基础设施监测类设备和路端信息发布类设备。车端设备包含车端信息采集类设备和车端信息发布类设备。

5.1.2 智慧高速公路系统可通过路端气象监测类设备对路域气象环境进行监测，通过路端交通感知类设备对路域目标车辆运行状态进行监测，通过路端基础设施监测类设备对路域道路环境进行监测，通过车端信息采集类设备获取车辆运行数据，为“边”侧和“云”侧提供车、路、环境等要素信息。

5.1.3 智慧高速公路系统可通过路端信息发布类设备和车端信息发布类设备，以视听方式向车辆传递安全、效率、绿色、便捷、收费及其它各类服务。

5.1.4 “端”侧子系统提供的信息应通过通信层汇聚至“边”侧和“云”侧，完成对感知数据的采集、存储、交换、汇聚、融合、规范、实现目标检测、目标跟踪、事件识别、场景识别、轨迹提取、微观交通状态提取、宏观交通态势推演等，实现断面-路段-区域多级宏、微观交通状态提取。

5.1.5 “云”侧子系统提供的安全、效率等交通信息类服务数据，应通过通信层下发至“端”侧子系统，向高速公路用户提供服务。

5.1.6 路端气象监测类设备可有多功能气象站、多参数探测器等，基本要求如下：

1 监测内容包含但不限于：温度、湿度、降水量（降雨、降雪）、能见度（雾、霾）、路面状况（积水、积雪、结冰）、风速、风向、气压等。

2 应重点部署于隧道进出口及隧道内、桥梁、上下坡、弯道、雨雾凝冰多发路段。

3 可为恶劣天气预警、安全信息提示等智慧高速应用服务提供数据支持。

5.1.7 路端交通感知类设备可有激光雷达、路侧单元、毫米波雷达、视频检测器、地磁车辆检测器、无线信标等，基本要求如下：

1 感知内容包含但不限于：高速公路交通量、平均速度、流密度、车道占有率、排队长度等宏观交通流数据，以及目标车辆位置、目标车辆类型、目标车辆航向、目标车辆行驶速度等微观交通目标数据。

2 可采用断面部署、路段区间部署或区域内全域部署，通过路侧立杆挂载或龙门架挂

载，实现多车道断面级、路段级、区域级交通感知，其设备类型、挂载高度、部署间隔和覆盖范围由智慧高速公路系统智能等级、传感性能以及部署区域道路环境等多种因素决定。

3 可提供高速公路出入口匝道、高速公路特大桥、特长隧道及隧道群、互通式立交、收费站、服务区、长大纵坡、避险车道、雨雾凝冰及地质灾害易发多发路段、大交通流路段、常发性拥堵路段、交通事故易发路段的高清视频监控。

5.1.8 路端基础设施监测类设备可有桥梁结构健康监测设备、隧道结构健康监测设备、边坡安全监测设备、涵洞结构监测设备、道路状态监测设备、基础设施运行状态监测设备等，监测内容包含但不限于：

1 桥梁的交通荷载、结构应力、结构变形（水平位移、线性下挠和基础沉降）、结构动力及特性响应、结构裂缝、环境腐蚀。

2 隧道的结构变形、衬砌裂缝及剥落、渗漏水、轴向拉压变形、竖向错位变形、水平错台变形、水平收敛、沉降变形、重点断面结构应力等。

3 土质边坡表面及内部位移、应力应变、倾斜度、土压力和孔隙水压力等，感知石质边坡节理裂隙、块体位移、风化剥落、崩塌落石隐患及整体稳定性等。

4 涵洞结构的洞身裂缝、进出口沉降、涵顶荷载、洞内水流及周边土体稳定性等；感知道路的路面荷载、路面病害和路基异常。

5 数字化基础设施设备的工作状态、供电状态、通信状态、机箱温湿度等。重点部署于桥梁、隧道、路基挖方高边坡、高填方路基路段、特殊地基路段、大交通流路段、高货车比例路段处。

5.1.9 路端信息发布类设备可有 FM 广播、无线信标、可变限速标志、可变交通标志、信号灯、可变情报板、高音喇叭等，基本要求如下：

1 发布内容包含但不限于：交通信息发布、主动交通管控、恶劣气象条件下的行车引导。

2 FM 广播应实现高速公路全域覆盖，其他路端信息发布设备可重点部署于高速公路隧道、桥梁、上下匝道、收费站外广场前、服务区入口前、易拥堵路段前、交通事故多发路段前、恶劣气象易发路段前。其中，无线信标可嵌入路面或固定于路侧护栏，可变限速标志、可变交通标志、信号灯及可变情报板可采用路侧立杆挂载或龙门架挂载。

3 交通信息发布可通过 FM 广播、可变情报板实施，具体可实现事件信息发布、预警信息发布、交通状态信息发布、服务区信息发布、交通路线诱导等。

4 主动交通管控可通过 FM 广播、可变限速标志、可变交通标志、信号灯、可变情报

板、高音喇叭实施，具体可实现行车道/应急车道开启/关闭、速度引导、匝道汇入主线控制、陡坡/隧道/桥梁/危险路段管控等。

5 恶劣气象条件下的行车引导可通过无线信标实施，无线信标重点部署于桥梁、隧道等低照度路段、线形不良路段及恶劣气象多发路段，应与路端气象监测类设备联动，在夜晚、降水、雾霾等低能见度条件下自动开启。

5.1.10 车端信息采集类设备可有车载高精度定位设备、ETC 终端、接入车辆总线信息的车载终端及车载摄像头、毫米波雷达、激光雷达等。采集内容包含但不限于：车辆身份信息、车辆轨迹、车辆运行状态、交通感知数据等。

5.1.11 车端信息发布类设备可有 FM 调频广播、车载终端、移动终端等。发布内容包含但不限于：路况信息、动态路径引导信息、气象信息、智能服务区信息、收费信息等。

5.2 “边”侧子系统

5.2.1 “边”侧子系统应包括边缘计算设备、边缘数据设备。边缘计算设备和边缘数据设备均包含数据处理与控制单元、数据存储单元、通信接口等。“边”侧设备应具备设备状态自检、设备状态监测、设备故障告警等远程运维管控能力。

5.2.2 边缘计算设备应部署于“端”侧设备附近或通信网络汇聚节点处。部署在“端”侧设备附近时，要考虑分布密度、数据传输需求与周边物理环境；依据密集程度规划放置位置，保证高效收集数据、避免传输延迟；关注温湿度、电磁干扰等，选好安装场地确保稳定运行。部署于通信网络汇聚节点处，宜在路侧有线通信网络节点或汇聚路由器后端，便于与“端”侧设备交互；在路侧节点可借助基础设施实时获取处理车辆、设施等“端”侧信息，及时反馈指令提升交通智能化；在路由器后端能利用汇聚功能整合数据、优化流向、提高计算效率。

5.2.3 边缘数据设备应部署于边缘计算设备附近或“云”侧设备附近，且需做好温湿度控制、防尘防水措施及数据备份，以防数据丢失。部署于边缘计算设备附近时，要依据其工作负载、数据交互频率与协同时效性需求安排位置。部署于“云”侧设备附近时，应统一管理，借助统一平台监控运行状态、处理问题、优化配置，在“云”侧算力支持下应对突发情况，提升数据安全性与系统韧性。

5.2.4 边缘计算设备与边缘数据设备、“端”侧设备、“云”侧设备协同工作，可处理“端”侧提供的人、车、路、环境等要素信息，实现普通环境、低照度环境、遮挡环境等多种环境下的数据融合、目标识别、目标跟踪、事件识别、轨迹提取等。

5.2.5 数据融合是指边缘计算设备应具备对摄像机、毫米波雷达、激光雷达等“端”

侧设备所获信息进行数据处理或对 2 种及以上“端”侧设备所获信息进行数据融合的能力；目标识别是指边缘计算设备应具备对车辆、异常抛洒物、闯入行人/动物/非机动车等目标进行识别的能力；目标跟踪是指边缘计算设备应具备对车辆进行全域连续跟踪的能力；事件识别是指边缘计算设备应具备对车辆违停、车辆逆行、车辆超速、车辆慢行、行人/动物/非机动车闯入、碰撞、抛洒物、临时道路施工等事件进行识别的能力；轨迹提取是指边缘计算设备应具备对全域多车轨迹进行连续提取的能力。

5.2.6 边缘数据设备接收边缘计算设备处理后的数据，进一步完成高精度地图、交通事件、交通流量、车辆轨迹、天气等信息的数据汇聚、规范化、存储并递交至“云”侧设备，同时，接收“云”侧设备发送的交互信息，完成交互信息数据的规范化、存储并递交至“端”侧设备。

5.2.7 边缘数据设备应同时具备本地和远程数据存储、检索功能，支持多种硬盘配置方案，拥有可扩展的存储容量空间，支持多种主流通信网络及通信接口。

5.3 “云”侧子系统

5.3.1 “云”侧子系统应包括逻辑协同、物理分散的平台设备分别聚合的边缘云和中心云，采用标准统一、开放共享的数据交互形态，完成各类交通信息的采集与处理，同时与其他行业服务与管理平台进行数据交互，从而实现对智慧高速公路系统多维跨领域的数据协同。

5.3.2 “云”侧子系统可为用户提供以安全、高效、绿色、便捷、收费等为目标各类服务和应用。安全服务与应用包含但不限于事件预警、全天候通行、应急管理、自动驾驶支持；绿色服务与应用包含但不限于路权调度、轨迹优化；效率服务与应用包含但不限于速度调和、主动管理、车辆编队；便捷服务与应用包含但不限于定制信息服务、智能服务区；收费服务与应用包含但不限于自由行、移动支付。

5.3.3 “云”侧平台设备包含但不限于数据挖掘平台、大数据发布平台、数据存储平台、数据共享平台和数据可视化平台等，可对智慧高速公路系统运行过程中生成的交通大数据和模型参数进行存储、管理、统计和分析。交通大数据包含但不限于高精度地图数据、车辆轨迹数据、ETC 收费数据、基础设施数据、应急资源数据与预案、营运车辆数据、交通流数据、机电设备运行数据、交通事件数据、建管养运设施数据等；模型参数包含各种用于本地和中心运行控制的数学模型参数和人工智能参数等。

5.3.4 “云”侧算力资源应由中心云和路段云提供，其中，中心云包含行业中心云和区域中心云，路段云由区域路段公路里程内部署的若干个边缘云构成。通过与对“端”侧、“边”侧感知的数据进行处理、融合、分析及共享，可为智慧高速的各类服务与应用场景提

供技术支撑。

5.3.5 边缘云应部署于“端”侧设备和“边”侧设备附近。通常需要根据区域公路的里程部署若干个边缘云，每个边缘云负责相应里程内道路上的动态交通数据采集与计算。边缘云包含但不限于轻量级基础设施和虚拟化管理平台、边缘云接入网关、计算引擎和高速缓存、边缘云领域特定标准件和标准化分级共享接口。

5.3.6 区域中心云可为区域级交通监管、交通执法、域内车辆等提供各类服务与应用，是多个边缘云的汇聚点。对于小型城市或者大型城市的各条高速公路，应部署一个区域中心云，由其负责区域高速公路“端侧”和“边侧”的数据处理，实现对区域宏观交通与微观交通状态的整体把握，为交通运输和交通管理部门提供弱实时性或非实时性交通监管、执法等云控应用基础服务。区域中心云包含但不限于基础设施和虚拟化管理平台、区域云接入网关、计算引擎、大数据存储、大数据分析引擎、区域云领域特定标准件和标准化分级共享接口。

5.3.7 行业中心云面向国家与行业管理部门、车辆设计与生产企业、交通相关企业及科研单位，基于多个中心云数据的汇聚，为其提供多维度宏观交通数据分析的基础数据与数据增值服务。各省可统一部署一个行业中心云，以整体把握全省各个城市的高速公路交通实时状态并形成数据积累；亦可部署全国统一的行业中心云，以整体把握全国的整体业务状态，从而为行业相关政策的制定与实施、为全国性的系统性业务与服务等实际应用需求提供全面的数据支撑。行业中心云的组成结构包含但不限于基础设施和虚拟化管理平台、中心云接入网关、计算引擎、数据仓库、大数据分析引擎、中心云领域特定标准件和标准化分级共享接口。

5.4 智能分级

5.4.1 基于信息物理系统七项指标量化模型，可将智慧高速公路系统按照智能化程度分为 H1 级、H2 级、H3 级、H4 级、H5 级。从 H1 级到 H5 级，智慧高速公路系统智能化程度逐级提升，可实现用户需求与现有技术成熟度之间的最佳匹配，有利于其子系统及相关组件的模块化、标准化、批量化生产，加速落地化进程。表 5.4.1 为智慧高速公路系统智能化程度分级表。

表 5.4.1 智慧高速公路系统智能化程度分级表

级别	交互信息的丰富性	交互信息的准确性	交互信息的实时性	交互信息的可靠性	交互信息的利用率	执行器的敏捷程度	系统耦合度	适用场景
H1	低	高	中	中	低	低	低	广播式交通信息发布
H2	低	中	中	高	中	低	中	主动交通管理
H3	高	高	高	高	中	中	较高	伴随式出行信息服务
H4	非常高	非常高	非常高	非常高	高	高	高	自动驾驶汽车专用道服务
H5	非常高	非常高	非常高	非常高	高	非常高	非常高	多车协同群体控制

5.4.2 智慧高速公路系统七项指标分别是交互信息的丰富性、交互信息的准确性、交互信息的实时性、交互信息的可靠性、交互信息的利用率、执行器的敏捷程度、系统耦合度。交互信息的丰富性包括低、高、非常高，交互信息的准确性包括中、高、非常高，交互信息的实时性包括中、高、非常高，交互信息的可靠性包括中、高、非常高，交互信息的利用率包括低、中、高；执行器的敏捷程度包括低、中、高、非常高，系统耦合度包括低、中、较高、高、非常高。

5.4.3 交互信息的丰富性体现为智慧高速公路系统涵盖信息种类的多样性以及描述的精细程度，涵盖种类广泛且描述精细度越高，则丰富性越高。交互信息的准确性反映交互信息与真实状况的吻合程度以及受噪声干扰的状况，与真实情况契合度越高且受噪声影响越小则准确性越高。交互信息的实时性以信息交互过程中的发送或接收频率为衡量标准，频率越高则实时性越高。交互信息的可靠性通过数据在交互时成功发送或接收的概率予以表征，概率越高则可靠性越高。交互信息的利用率指收到信息后对其有效利用的程度，信息处理速度与信息交互速度越契合，则利用率越高。执行器的敏捷程度则表示收到信息后执行相关动作

时其状态更新的速率，更新速率快意味着执行器敏捷程度高。

5.4.4 H1 级系统应为具备广播式交通信息发布功能的智慧高速公路系统，适用场景为广播式交通信息发布，其服务包含但不限于：路况信息发布、气象信息发布、交通事故信息发布、交通效率信息发布、交通管制信息发布、道路施工信息发布、ETC 支付、人工支付等。

5.4.5 H2 级系统应为具备主动交通管理功能的智慧高速公路系统，适用场景为主动交通管理，其服务包含但不限于：异常天气预警、异常事件预警、可变限速控制、应急车道管控、匝道管控、动态路径诱导、道路障碍物预警等。

5.4.6 H3 级系统应为具备伴随式出行信息服务的智慧高速公路系统，适用场景为伴随式出行信息服务，其服务包含但不限于：盲区预警、超速预警、变道预警、碰撞预警、碰撞预警、碰撞预警、紧急制动预警、车辆姿态预警、失控车辆预警、智能停车引导、智能订餐服务等。

5.4.7 H4 级系统应为自动驾驶汽车专用道智慧高速公路系统，适用场景为自动驾驶汽车专用道服务，其服务包含但不限于：专用车道超视距感知、专用车道内可变限速、专用车道内轨迹跟踪、专用车道协同控制、专用车道高精度定位等。

5.4.8 H5 级系统应为多车协同群体控制智慧高速公路系统，适用场景为多车协同群体控制，其服务包含但不限于：自动驾驶车辆编队跟驰、自动驾驶车辆编队拆分、自动驾驶车辆编队重组、自动驾驶车辆编队换道、自动驾驶车辆队列上匝道、自动驾驶车辆队列下匝道、高速公路交织区协同通行、施工区协同快速通行、事故点协同快速通行等。

5.4.9 H1 级系统基本要求：

1 H1 级系统功能应兼容普通高速公路系统功能。

2 利用现有普通高速公路路端设备和交通管理中心交通服务数据即可开展 H1 级服务，服务对象为驾驶员。

3 H1 级系统的“端”侧子系统与“云”侧子系统之间采用开环松耦合方式进行信息交互。

4 H1 级交通信息应通过“端”侧子系统的设备进行发布，特别是在部分高速公路信息化关键路段，可通过情报板和可变限速标志进行发布。

5 H1 级系统适用于路况较好的高速公路路段，交通流处于完全自由流状态或自由流相对时间占比较大的情况，发生事故的频率和概率均较低。

6 H1 级系统路端设备应具备路网级宏观交通流参数感知和采集能力，即“流（量）、密（度）、速（度）”及其衍生变量的实时采集，数据上传周期应小于 2 分钟，检测器间隔

应小于 1 公里；交通事件检测的时间分辨率应小于 2 分钟，纵向空间分辨率应小于 500 米；事件检出率应大于或等于 90%，漏报率应小于或等于 2%；每路视频 24 小时误报次数应不超过 1 次。

5.4.10 H2 级系统基本要求：

- 1 H2 级系统功能应兼容 H1 级系统功能。
- 2 H2 级系统在 H1 级系统基础上增加了主动交通管理功能，服务对象为驾驶员和车辆。
- 3 H2 级系统利用端侧设备感知并采集路段级宏观交通流参数，利用边侧设备实现较准确的异常交通事件识别。与 H1 级系统相比，H2 级系统的“端”侧子系统、“边”侧子系统、“云”侧子系统之间的信息耦合更为紧密，“边”侧子系统可通过采集的信息对“端”侧车辆进行路段级主动管控，形成一种简单闭环的松耦合信息交互方式。

- 4 H2 级系统可通过“端”侧设备下达交通管控信息和交通服务信息。

5 H2 级系统适用于高速主干道、高架、枢纽、桥梁、收费站、服务区等，其交通状况比 H1 级路况更复杂，交通流处于稳定流或拥堵状态时间占比较长，车辆运行明显地受到交通流内其他车辆的相互影响。

6 H2 级系统应具备路段级交通流量、占有率和截面瞬时速度的连续检测能力，数据上传周期应小于 1 分钟，检测器间隔应小于 200 米；事件检测的时间分辨率应小于 1 分钟，纵向空间分辨率应小于 10 米；事件检出率应大于或等于 90%，漏报率应小于或等于 2%，每路视频 24 小时误报次数应不超过 1 次。

5.4.11 H3 级系统基本要求：

- 1 H3 级系统功能应兼容 H2 级系统功能。
- 2 H3 级系统在 H2 级系统基础上增加了伴随式出行信息服务功能，服务对象为驾驶员和车辆。
- 3 H3 级系统应具备车道级交通流参数感知和采集能力，且具备精准的异常交通事件识别能力。与 H2 级系统相比，H3 级系统的“端”侧子系统、“边”侧子系统、“云”侧子系统之间的信息耦合应更为紧密，“边”侧子系统可通过采集的信息对“端”侧车辆进行车道级主动管控，形成一种闭环的紧耦合信息交互方式。

4 H3 级系统可基于全时空、高精度车辆定位技术，根据用户制定的个性化需求，提供全程伴随式出行信息服务和车道级管控。

- 5 H3 级系统适用于高速主干道、高架、枢纽、桥梁、隧道、收费站、服务区、互通、

长直下坡路段、大曲率弯道以及其他事故多发或气象条件更加复杂的路段，车辆运行明显受特殊道路、恶劣气象以及交通流内其他车辆影响，速度和驾驶的自由度受到明显限制，致使任何交通事故都会造成交通阻塞或缓行，恢复自由流或稳定流的时间更长。

6 H3 级系统感知分辨率应进一步升级，主要检测对象为车道级交通流参数、异常事件检测和车辆轨迹检测，具备车道级交通流参数和异常事件的连续检测能力，数据上传周期应小于 10 秒钟，检测器应实现事件连续检测；事件检测的时间分辨率应小于 10 秒钟，横向和纵向空间分辨率应小于 1 米；事件检出率应大于等于 95%，漏报率应小于等于 2%，每路视频 24 小时误报次数应不超过 1 次。

5.4.12 H4 级系统基本要求：

1 H4 级系统功能应兼容 H3 级系统功能。

2 H4 级系统在 H3 级系统基础上增加了自动驾驶汽车专用道服务功能，服务对象为驾驶员和车辆，可专门针对高速公路自动驾驶货运与物流行业提供有偿服务。

3 H4 级系统应具备车辆轨迹跟踪能力，可实时采集专用车道内自动驾驶汽车的微观运动状态。与 H3 级系统相比，H4 级系统的“端”侧子系统、“边”侧子系统、“云”侧子系统之间的信息耦合更为紧密，利用“端”子设备采集的交通信息可对自动驾驶汽车进行单车与队列主动管控，形成一种实时闭环的紧耦合信息交互方式。

4 H4 级系统可实现单车微观行为感知与协同管控，功能上实现单车轨迹预测，为交通管控提供大量的数据基础以实现高效协同管控，同时，可对单个车辆提供完善的道路基础以及一定的伴随式出行信息服务。

5 H4 级系统适用于专为自动驾驶车辆设计的道路或专用车道，可将自动驾驶车辆与非自动驾驶车辆进行物理隔离，更好地管理混行情况下的交通流，减少无人车和有人车之间的冲突，减少拥堵和事故；自动驾驶车辆可以在专用道上高速行驶并保持较短车间距，从而提升道路的总体通行能力。

6 H4 级系统功能应适于在自动驾驶汽车渗透率超过 20%的情况下开启，从而有助于提升智慧高速整体通行效率。为应对自动驾驶汽车专用道的交通流行为特征，H4 级系统主要检测对象为专用道内车辆轨迹跟踪，可对闯入专用道无关车辆进行警告，应具对备车辆瞬时位置和瞬时速度进行连续检测的能力，数据上传周期应小于 1 秒钟；事件检测应持续进行，且车辆瞬时速度、位置检测精度 $\geq 95\%$ ；事件检测的时间分辨率应小于 1 秒钟，横向和纵向空间分辨率应小于 0.5 米；事件检出率应大于等于 98%，漏报率应小于等于 2%，每路视频 24 小时误报次数应不超过 1 次。

5.4.13 H5 级系统基本要求：

1 H5 级系统功能应兼容 H4 级系统功能。

2 H5 级系统在 H4 级系统基础上，将自动驾驶汽车专用道服务功能扩展至全路段，服务对象为车辆。

3 H5 级系统应具备单车级实时轨迹跟踪功能，并可对其进行实时管控。与 H4 级系统相比，H5 级系统的“端”侧子系统、“边”侧子系统、“云”侧子系统之间的信息耦合程度更紧密、耦合范围更为广，可对自动驾驶群体车辆提供全方位的协同调度与控制。

4 H5 级系统对自动驾驶以及普通车流在实现协同驾驶的前提下进行车辆群体协同控制，功能上可实现多车协同感知与主动管控，在任何极端天气状况下对协同车辆进行单体轨迹跟踪以及预测，并通过一定的方法最终实现多车轨迹协同以及主动交通管控。

5 H5 级智慧高速公路系统的一个显著特征就是协同式自动驾驶，无论何种级别的自动驾驶车辆都可以得到道路的服务，自动驾驶车辆可以在任何车道上高速行驶并保持较短车间距，从而大幅提升道路的总体通行能力；亦可控制车辆按照提前计算好的优化轨迹进行快速通行且不发生碰撞，实现道路空间与时间资源的高效利用，从而最大程度地利用道路通行能力。

6 H5 级系统感知分辨率以及功能应进一步升级，主要检测对象为单车的微观行为，检测单车轨迹并进行轨迹预测，实现多车协同驾驶状态下的主动交通管控。H5 级系统对车辆的瞬时位置和瞬时速度进行连续检测，数据上传周期应小于 0.1 秒钟，检测器应实现事件连续检测；其中车辆瞬时速度、位置检测精度 $\geq 98\%$ 。事件检测的时间分辨率应小于 0.1 秒钟，横向和纵向空间分辨率应小于 0.1 米；事件检出率应大于等于 98%，漏报率应小于等于 1%，每路视频 24 小时误报次数应不超过 1 次。

5.4.14 智慧高速系统是一个复杂大系统，在相关技术还未完全成熟的情况下，大规模实施 H4 级、H5 级系统存在一定风险。因此，在资金有限、技术受限情况下，可依据相关智能交通应用的紧迫性，基于智能化程度按照不同级别分步骤进行阶段性智慧高速公路系统实现。若需要增加现有系统智能化程度级别，只需在已有系统基础上添加新的模块，即可实现高一级别所需要的功能。

附录 A 各级智慧高速公路系统参考模型

A.1 H1 级系统参考模型

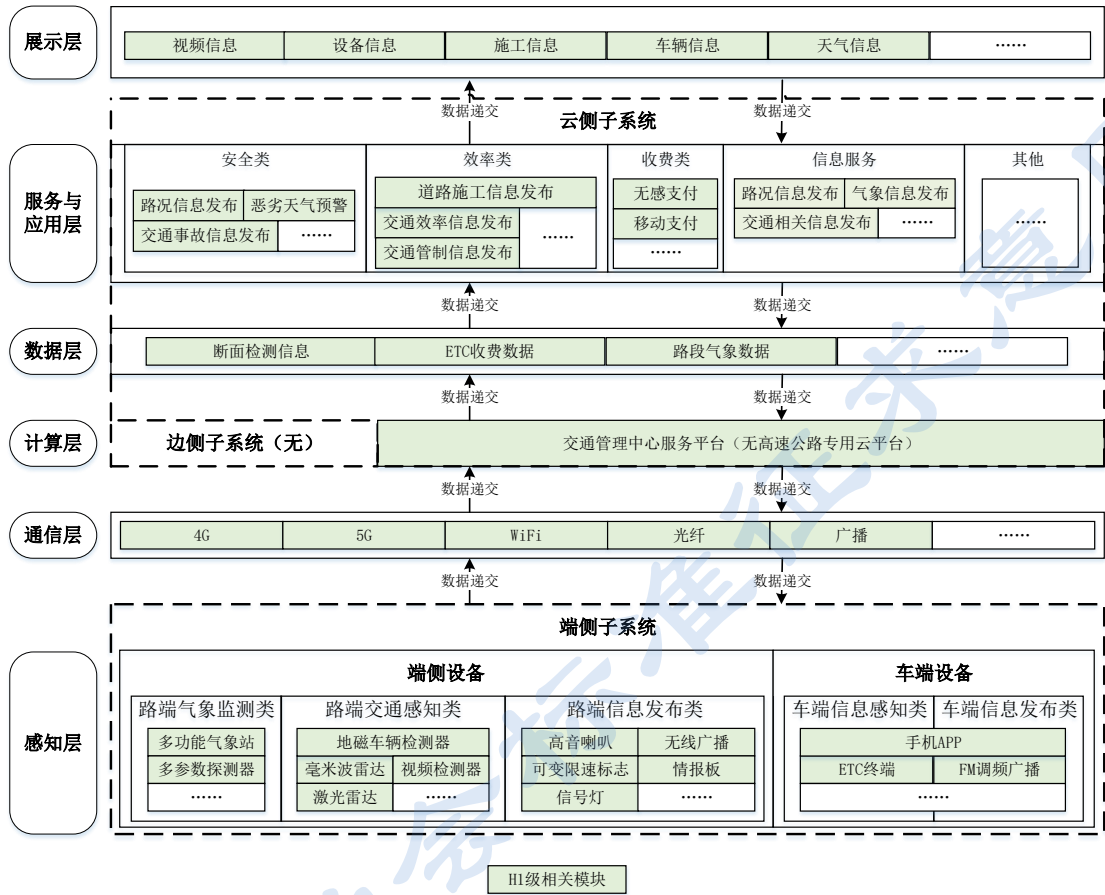


图 A.1 H1 级系统参考模型

A.2 H2 级系统参考模型

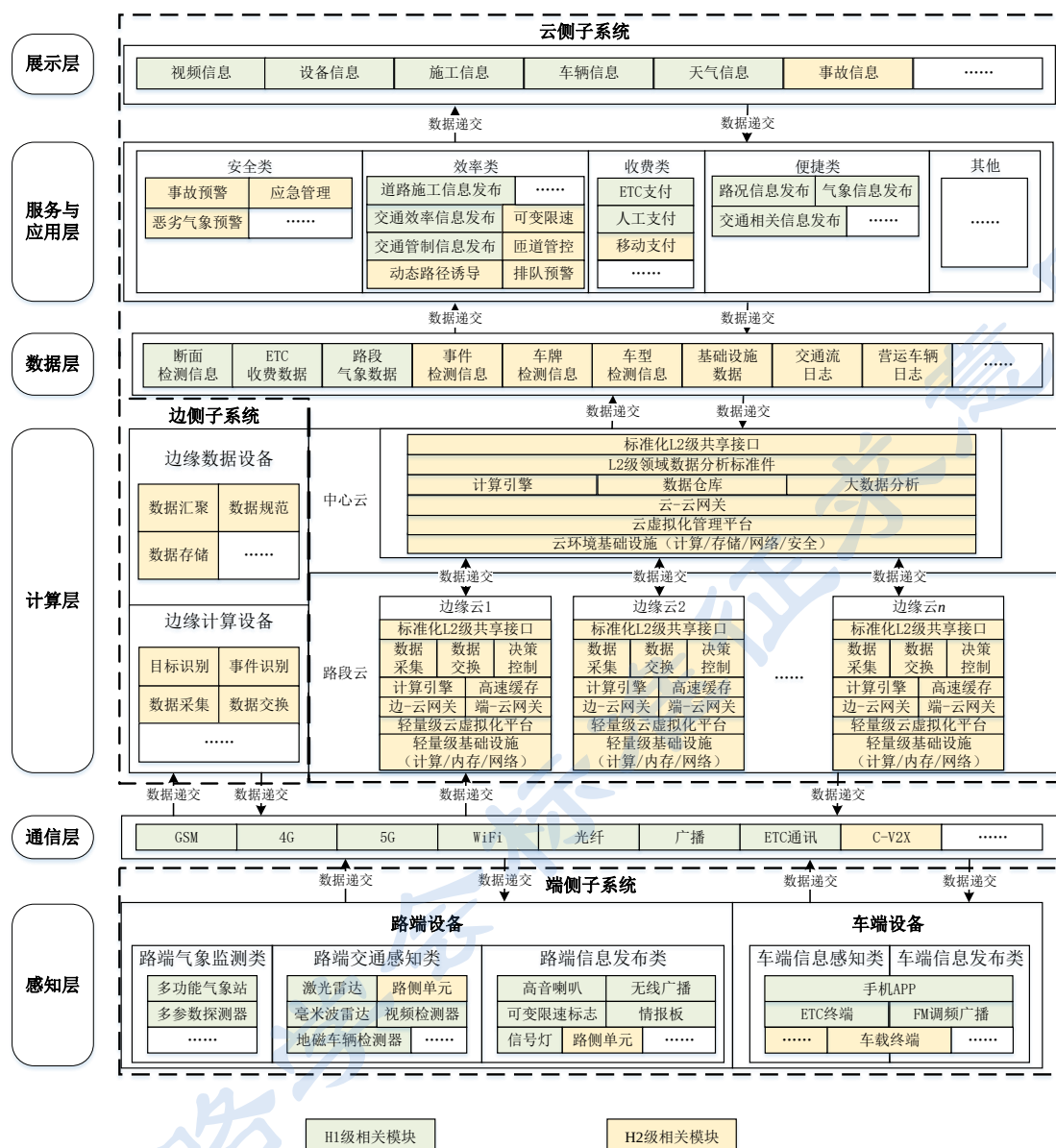


图 A.2 H2 级系统参考模型

A.3 H3 级系统参考模型

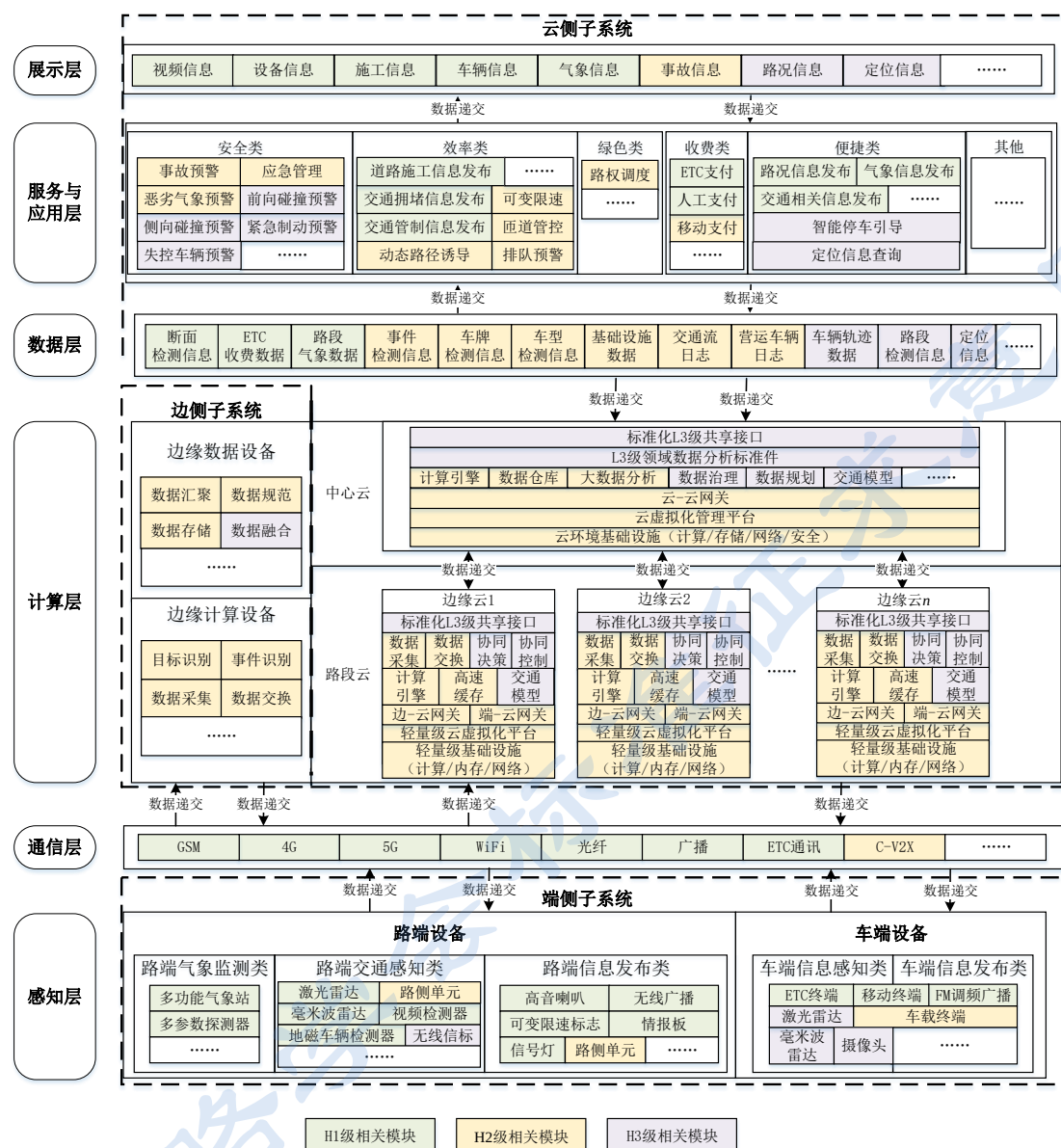


图 A.3 H3 级系统参考模型

A.4 H4 级系统参考模型



图 A.4 H4 级系统参考模型

A.5 H5 级系统参考模型

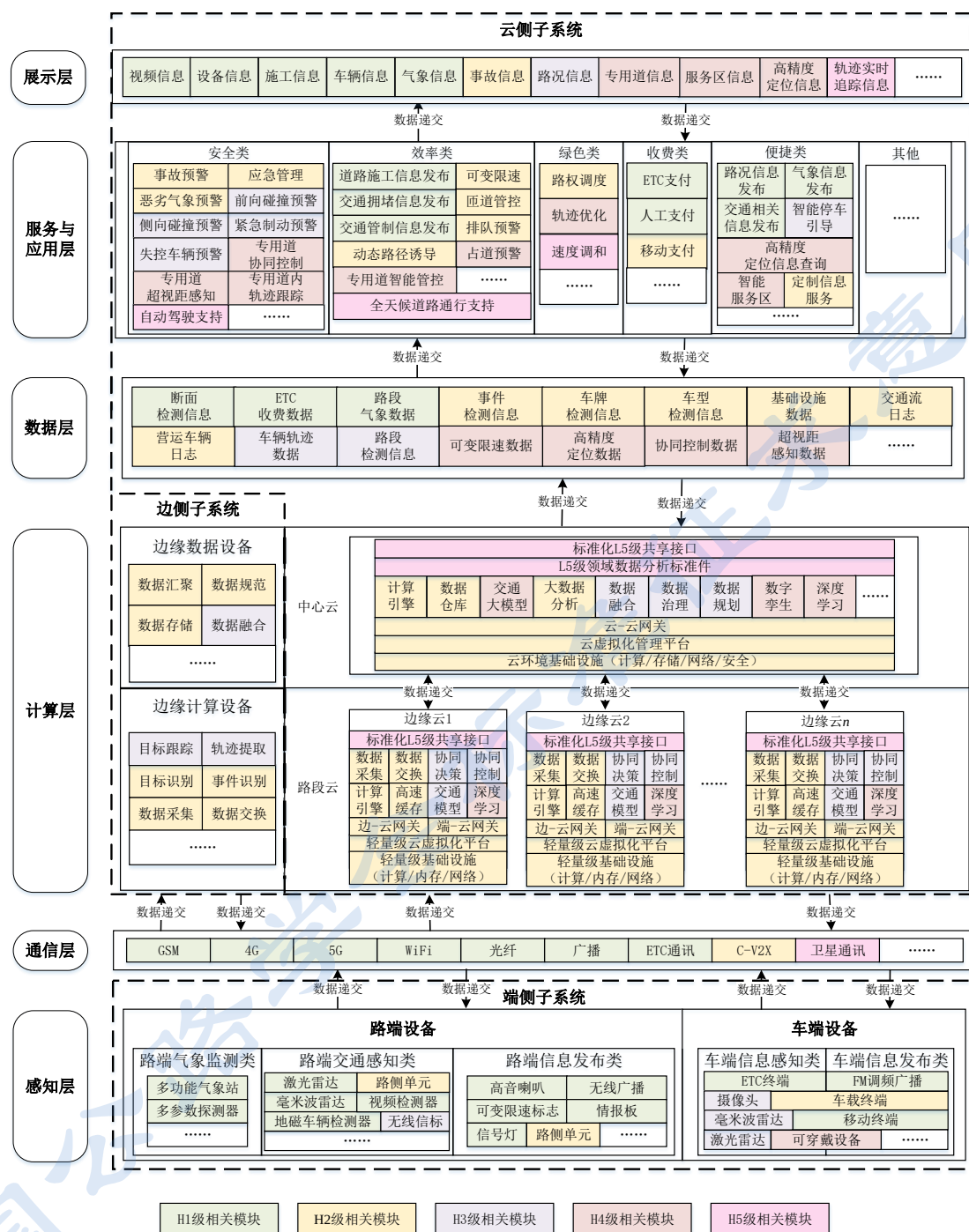


图 A.5 H5 级系统参考模型

用词说明

1 本指南执行严格程度的用词，采用下列写法：

- 1) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词，正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。
- 2) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词，正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。
- 3) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 引用标准的用语采用下列写法：

- 1) 当引用的标准为国家标准或行业标准时，表述为“应符合《×××××》(×××)的有关规定”。
- 2) 当引用本指南中的其他规定时，表述为“应符合本指南第×章的有关规定”“应符合本指南第×.×节的有关规定”“应按本指南第×.×.×条的有关规定执行。”