T/CECS G XXXX：202X

中国工程建设标准化协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction Standardization

智慧道路建设与运维体系架构标准

Standard of Smart Road Construction and Maintenance System Framework

（征求意见稿）

征求意见稿

中国工程建设标准化协会　　发布

Issued by China Association for Engineering Construction Standardization

中 国 工 程 建 设 标 准 化 协 会 标 准

Standard of China Association for Engineering Construction Standardization

智慧道路建设与运维体系架构标准

Standard of Smart Road Construction and Maintenance System Framework

征求意见稿

T/CECS G：XXXX-202X

主编单位：中交第一公路勘察设计研究院有限公司

西南交通大学

批准部门：中国工程建设标准化协会

施行日期：202X 年 XX 月 XX 日

XXX 出版社

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于开展2025年第二批工程建设标准化协会标准(CECS G)制修订项目编制工作的通知》（中建标公路〔2025〕310号）要求。由中交第一公路勘察设计研究院有限公司和西南交通大学共同承担《智慧道路建设与运维体系架构标准》（以下简称本标准）的制定工作。

本标准共分5章，主要内容包括：总则、术语和符号、基本规定、总体架构、技术要求。

本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国工程建设标准化协会公路分会归口管理，由中交第一公路勘察设计研究院有限公司、西南交通大学负责具体技术内容的解释。在执行过程中如有意见或建议，请寄送中交第一公路勘察设计研究院有限公司（地址：陕西省西安市高新区科技四路205号，邮编：710075）。

主编单位：中交第一公路勘察设计研究院有限公司

西南交通大学

参编单位：

主要起草人：

主要审查人：

征求意见稿

目 次

1 总则 1
2 术语和符号 2
2.1 术语 2
2.2 符号及代号 3
3 基本规定 4
3.1 建设目标 4
3.2 建设原则 4
3.3 智慧公路等级 5
4 总体架构 7
4.1 总体架构 7
4.2 功能架构 7
4.3 物理架构 9
4.4 逻辑架构 10
5 技术要求 13
5.1 多源感知设施 13
5.2 信息交互 14
5.3 数据诊断与评估 15
5.4 智慧决策与服务 17
本标准用词用语说明 19

征求意见稿

Contents

1 General Provisions 1
2 Terms and Symbols 2
2.1 Terms 2
2.2 Symbols and Codes 3
3 Basic Requirements 4
3.1 Construction Objectives 4
3.2 Construction Principles 4
3.3 Smart Highway Levels 5
4 Overall Framework 7
4.1 Overall Framework 7
4.2 Functional Framework 8
4.3 Physical Framework 9
4.4 Logical Framework 11
5 Technical Requirements 13
5.1 Multi-source Sensing Facilities 13
5.2 Information Interaction 14
5.3 Data Assessments and Evaluation 16
5.4 Smart Decision-making and Services 17
Explanation of Terms and Phrases Used in This Standard 19

征求意见稿

1 总则

1.0.1 为智慧道路建设与运维体系架构建设，统一技术标准，将以公路本体为核心的内嵌感知集成机制与总体架构应用于智慧公路建设与运维阶段，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于基于内嵌感知单元的新建、改扩建智慧公路建设，其他等级公路的智慧化建设可参照使用。

1.0.3 本标准提出的内嵌感知系统智慧公路总体架构具有兼容性和可扩展性，未来应可与“车-路-云”一体化系统，低空智联网系统架构等互联互通、协同运行，助力构建立体化的智能综合交通体系。

1.0.4 智慧道路建设与运维体系架构建设除应符合本规程外，尚应符合国家及行业现行相关标准的规定。

规范性引用文件：

现行《道路交通标志和标线》（GB 5768）

现行《智能运输系统 体系结构 服务》（GB/T 20607）

现行《智能运输系统 通用术语》（GB/T 20839）

现行《信息安全技术 网络安全等级保护基本要求》（GB/T 22239）

现行《公路工程技术标准》（JTG B01）

现行《高速公路交通工程及沿线设施设计通用规范》（JTG D80）

现行《公路交通安全设施设计规范》（JTG D81）

现行《智慧高速公路建设指南》（DB 13/T 5677）

现行《高速公路运行监测智慧化技术规范》（DB 14/T 3326）

现行《智慧高速公路建设技术指南》（DB 22/T 3428）

现行《智慧高速公路建设技术规范》（DB 31/T 1618）

现行《智慧高速公路 等级划分规范》（DB 33/T 1307）

现行《智慧高速公路 总体技术要求》（DB 33/T 1340）

现行《智慧高速公路建设指南》（DB37/T 4541）

现行《高速公路智慧化设计指南》（DB42/T 2463）

征求意见稿

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 智慧公路 Smart highway

智慧公路是一种以公路交通基础设施为智慧本体，深度集成“多源感知-R2X 交互-智慧大脑”协同运行的功能与物理架构，通过内嵌长寿命感知单元、多源数据低时延交互融合、性态在线精准诊评等关键技术，实现全时全域服役状态自主感知、数据高效融合、养护智能决策管控与全息服务的智能化公路系统。

2.1.2 内嵌感知单元 embedded sensing unit

在公路建设和养护过程中，采用光栅阵列、光纤传感等新一代传感技术，以公路主体结构为载体，在路面、路基和边坡等结构表面或内部植入的传感元件。

2.1.3 内嵌感知系统 embedded sensing system

以公路基础设施结构为载体，由布设于路面、路基和边坡结构表面或内部的内嵌感知单元组成，用于感知公路结构性态与公路功能性态的系统。

2.1.4 道路对外界的信息交换 road to everything

道路对外界的信息交换是一种以公路基础设施为主体，基于无线通信、多源感知与信息处理等技术，实现道路与车辆、行人及其他交通参与要素之间的信息获取、交互与共享，从而支撑交通系统的协同感知、协同决策与协同管控的技术体系。

2.1.5 智慧集群大脑 swarm intelligence brain

部署于云端及边缘计算节点，由多个智能计算单元协同组成，具备多源数据融合处理、知识图谱推理、交通态势分析、自主决策和持续学习能力的核心智能系统。

2.1.6 主线路段 highway mainline section

公路中不包括隧道段、特大桥段、互通式立交匝道段、服务区内部道路段以及其它非主线通行功能的路段（爬坡车道、避险车道等）。在本标准中，主线路段为内嵌感知单元布设的基本区域。

条文说明

2.1.1~2.1.6 本规程采用的术语及其定义，是根据以下原则确定的：

1 凡现行工程建设国家标准已做出规定的，一律加以引用，不再另行给出命名和定义；

2 凡现行工程建设国家标准尚未规定的，由本规程参照国家标准和国外先进标准给出命名和定义；若国际标准和国外先进标准尚无这方面术语，则由本规程自行命名和定义。

3 当现行工程建设国家标准虽已有该术语，但定义不准确或概括的内容不全时，由本规程完善其定义

2.2 符号及代号

本标准各种符号、代号及其意义详见表 2.1。

表 2.1 符号及代号

编号	全称	简称	意义
1	Vehicle to Everything	V2X	车对外界的信息交换
2	Cellular-Vehicle to Everything	C-V2X	蜂窝车联网
3	Road to Everything	R2X	道路对外界的信息交换
4	Dedicated Short Range Communication	DSRC	专用短程通信
5	Electronic Toll Collection	ETC	电子不停车收费
6	Global Navigation Satellite System	GNSS	全球导航卫星系统
7	On Board Unit	OBU	车载单元
8	Road-side Unit	RSU	路侧单元

3 基本规定

3.1 建设目标

3.1.1 构建多维一体的公路基础设施感知体系。通过在路基、路面和边坡结构表面或内部嵌入感知单元，形成覆盖公路结构性态、交通运行状态及气象环境状态的多维一体感知体系，实现对公路运行状态的连续、稳定、精准获取。

3.1.2 支撑全寿命周期的数字化管理与科学决策。依托内嵌感知系统，贯通建设、运营与养护阶段的数据采集与积累，构建基础设施数字化档案，支撑结构性能评估、病害演化分析及养护决策，实现由经验驱动向数据驱动转变。

3.1.3 提升公路运行安全与公路正常化运行保障能力。通过高精度感知与数据融合分析，提高对异常事件、结构风险及不利环境影响的识别与预警能力，支撑公路结构性态监测与主动管控，降低异常事件风险，提升公路运行稳定性。

3.1.4 构建标准统一、协同高效的感知数据与系统能力。建立统一的数据采集、传输与接口体系，推动多源感知数据融合共享；通过边缘与云端协同处理，提升数据处理与响应效率，并为系统扩展升级及多场景应用提供支撑。

条文说明

内嵌感知系统智慧公路建设是以形成覆盖公路结构状态、交通运行和气象环境的多维一体感知体系为主线，通过将感知数据应用于公路全寿命周期管理、安全预警与交通管控，满足建设过程中对感知数据的连续性、可靠性以及相关业务的需求。

3.2 建设原则

3.2.1 统筹规划、深度融合。内嵌感知系统智慧公路建设应与公路主体工程及交通工程系统进行一体化统筹，贯穿规划、设计、施工、验收全过程，实现感知设施与路基、路面、结构物等的深度融合，避免后期附加式建设。

3.2.2 需求导向、因地制宜。应结合道路功能定位、交通运行特征、结构类型及沿线环境条件，以业务需求为导向，合理确定感知系统建设内容与等级，针对关键路段、重点结构和高风险区域实施差异化布设。

3.2.3 数据驱动、标准统一。应以数据为核心，确保感知数据规范性、一致性与

可共享性，支撑跨系统协同应用及业务融合。

3.2.4 安全可靠、全程防护。应构建覆盖感知、传输、存储与应用全过程的安全保障体系，确保系统运行稳定可靠及数据安全。

3.2.5 经济合理、绿色低碳。应综合考虑建设与运维成本，优化技术路线与设备选型，提高投入产出效益；推动节能环保设计，促进资源节约与绿色低碳发展。

条文说明

3.2.2 需求导向、因地制宜。在不同路域环境进行内嵌感知系统智慧公路建设不宜采用完全相同的感知设备和布设密度，应结合各路段的交通功能定位、运行特征、气候环境条件及风险分布等因素，差异化确定感知设备的类型组合、性能等级与布设间距。

3.3 智慧公路等级

3.3.1 等级划分

1 智慧公路由低到高划分为 S1、S2、S3、S4 四个等级。

2 高等级智慧公路应兼容低等级智慧公路的全部功能和性能要求。

3.3.2 等级特征

智慧公路各等级特征应符合表 3.1 的规定。

表 3.1 智慧公路等级特征

等级	名称	主要特征	管控方式
S1	初级智慧	重点路段具备内嵌感知能力，全路段具备视频感知能力；具备预案化的信息发布能力；可视化管理	人工为主智慧为辅
S2	中级智慧	路段具备内嵌感知连续覆盖；重要设施全寿命资产管理和健康监测；动态速度管控；交通运行态势评估；数字化管理	人工与智慧相结合
S3	高级智慧	全天候全要素实时连续感知；交通安全风险辨识；分车道交通管控；准全天候通行；车与路协同感知；数字孪生	智慧为主人工为辅
S4	自主智慧	全要素全域全时感知；车与路协同决策；全天候通行；车路云网一体化；基础设施状态自主诊断与智能辅助修复决策	智慧高度自主

征求意见稿

3.3.3 适用条件

1 公路智慧化建设或改造项目中，对于暂不具备整体智慧化建设或改造条件的路段，可先按 S1 等级要求进行建设，后续逐步升级。

2 公路主线路段宜不低于 S2 等级要求进行建设。

3 长大下坡等事故多发路段、不利天气频发路段、交通拥堵常发路段应按照不低于 S3 等级要求进行建设。

4 互通式立交、服务区和停车区主线路段宜不低于 S3 等级要求进行建设。

5 具有车路协同、自动驾驶支持需求的路段应按照 S4 等级要求进行建设。

条文说明

S1、S2、S3、S4 等级旨在反映智慧公路能力由基础感知和可视化管理，逐步向连续感知、主动管控和自主决策演进。等级划分主要用于内嵌感知系统智慧公路建设总体资源配置，不要求所有路段采用完全相同的技术路线，各路段可结合交通功能定位、运行特征、风险条件以及资金配置进行差异化确定；后续路段进行智慧化升级建设宜充分利用既有感知、通信和计算资源，避免重复建设。

征求意见稿

4 总体架构

4.1 总体架构

4.1.1 内嵌感知系统智慧公路总体架构基于道路本体内嵌感知智慧集成机制，由功能架构、物理架构、逻辑架构组成，如图 4.1。三类架构分别从系统功能、物理组成及信息处理逻辑描述整体构成，并通过道路本体实现多源感知、数据交互、智能决策和服务协同。

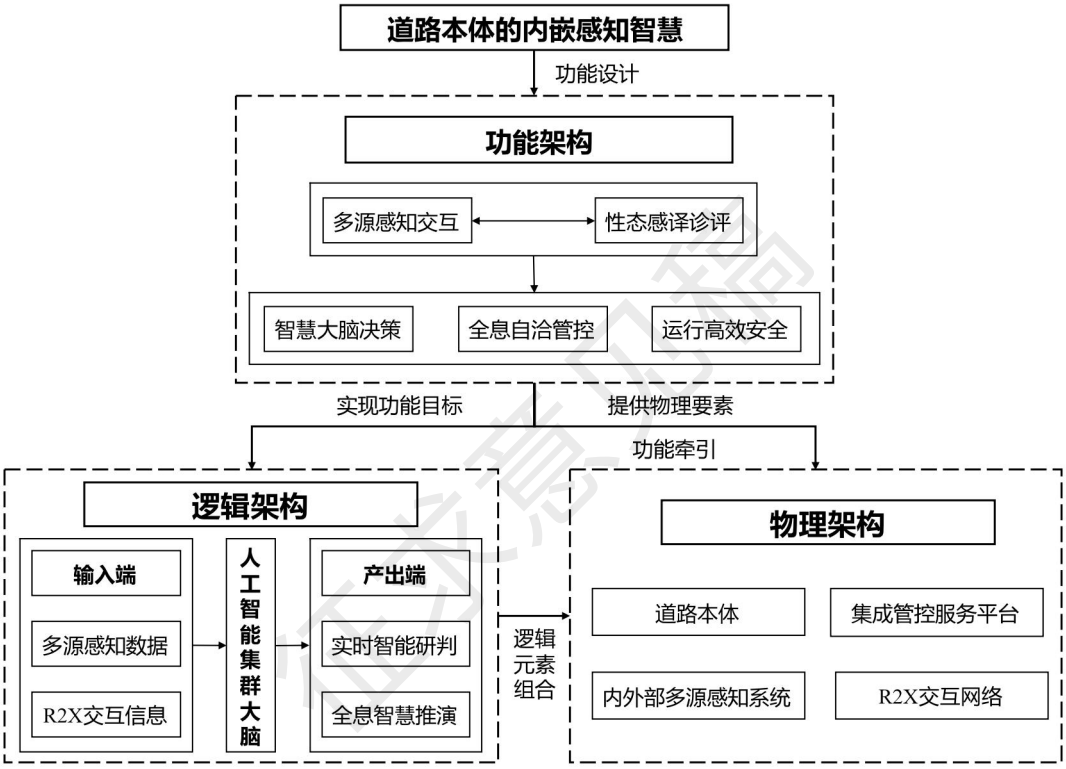


图 4.1 内嵌感知系统智慧公路总体架构

条文说明

内嵌感知系统智慧公路总体架构由功能架构、物理架构和逻辑架构组成，分别从“做什么”、“由什么构成”与“信息如何处理”三个维度描述内嵌感知系统智慧公路。功能架构、物理架构和逻辑架构不是相互独立的三套架构，而是对内嵌感知系统智慧公路不同层面的描述，三者共同构成内嵌感知系统智慧公路的顶层设计。

4.2 功能架构

4.2.1 功能架构由自主感知、智能诊断、自我认知、自洽管控和全息服务五个模块组成，形成“感知-诊断-认知-管控-服务”的功能链条，如图 4.2。

4.2.2 自主感知模块应实现道路结构、道路功能、交通运行和气象环境等状态信息的实时获取，并具备必要的数据预处理能力。对于不同来源、不同采样频率的数据，应支持统一时空基准下的数据组织和初步质量判断。

4.2.3 智能诊断模块应基于多源感知数据，对道路结构、道路功能、交通运行和气象环境状态进行识别、评价和预测，形成状态诊断与风险信息。诊断结果应具有可追溯的数据依据，并宜支持历史状态对比和趋势分析。

4.2.4 自我认知模块应基于历史数据和运行数据持续优化诊断模型、知识及管控策略，提高状态评估和预测能力。模型更新应进行版本管理和效果评价，避免因无效或异常数据导致能力退化。

4.2.5 自洽管控模块应根据状态诊断、风险评估及决策结果形成并执行交通管控和基础设施维护策略，实现策略动态调整。涉及交通安全的控制措施应具备人工干预和状态反馈机制。

4.2.6 全息服务模块应面向司乘端、车辆端和管理端提供设施状态更新、风险预警、出行诱导、应急处置和养护决策等服务，并宜根据用户对象提供差异化服务内容和权限。

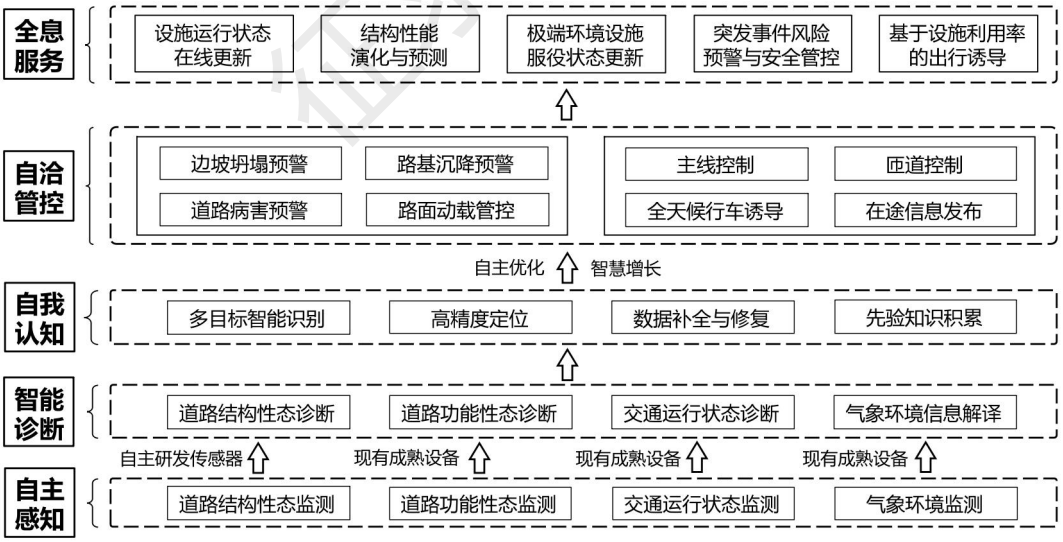


图 4.2 内嵌感知系统智慧公路功能架构

条文说明

“感知-诊断-认知-管控-服务”是功能架构的核心逻辑，形成从状态获取、状态判断、先验

知识与模型更新，到决策执行和服务输出的功能链条。

4.3 物理架构

4.3.1 物理架构由数据类型、数据采集、网络通信、决策处理、服务提供五个模块组成，形成“感知采集-计算决策-服务输出”的连续链路，如图 4.3。

4.3.2 数据类型宜包括内嵌于公路的感知单元的感知数值等结构化数据以及日志文件等半结构化数据。

4.3.3 数据采集模块

1 数据采集模块由布设于路面、路基和边坡结构表面或内部的内嵌感知单元构成，宜主要包括：光纤/光栅传感器、应变传感器、振动传感器、温度传感器等；

2 内嵌感知单元应在公路建设或养护期间同步布设。

3 各类物理感知设备应具备授时与定位功能，能够确保数据采集的时空一致性。

4.3.4 网络通信模块

网络通信模块应实现数据的安全、可靠、低时延传输，应包括有线通信与无线通信两部分：

1 有线通信：宜主要包括光纤通信与电缆通信，应实现连接内嵌感知单元、边缘计算设备与云控平台等；

2 无线通信：宜主要包括 LTE/5G，应实现路侧设施与车辆、车辆与车辆之间的信息交互等。

4.3.5 决策处理模块

1 决策处理模块是物理架构的数据计算与分析模块，应由边缘服务器和智慧大脑两部分组成，二者通过专用宽带网络相连。

2 边缘处理器部署于路侧，宜主要包括硬件设施和软件系统：

1) 硬件设施：路侧单元、智慧灯杆等；

2) 软件系统：数据仓库、解译系统、预警模型等。

3 智慧大脑部署于云端，宜主要包括硬件设施和软件系统：

1) 硬件设施：本地工作站、Web 云服务器等；

2) 软件系统：多目标智能识别算法、高精度定位算法、轻量化巡检算法等。

4 决策处理模块宜通过 5G+MEC、LTE、DSRC、NR-V2X 与专用宽带的信息传

征求意见稿

输方式，将决策结果传输至服务提供模块。

4.3.6 服务提供模块

服务提供模块是物理架构的服务输出端，宜通过数据标准化封装、协议适配与服务化接口的方式将决策处理结果转化为具体的应用服务，提供给路域内的司乘端、车辆端与管理端。宜主要包括：

1 信息发布设备：手机、广播、车载单元、情报板、RSU 等；

2 管控执行系统：监控中心、云中心、区域中心等；

3 数据服务平台：通过服务化接口向第三方应用提供标准化数据服务。

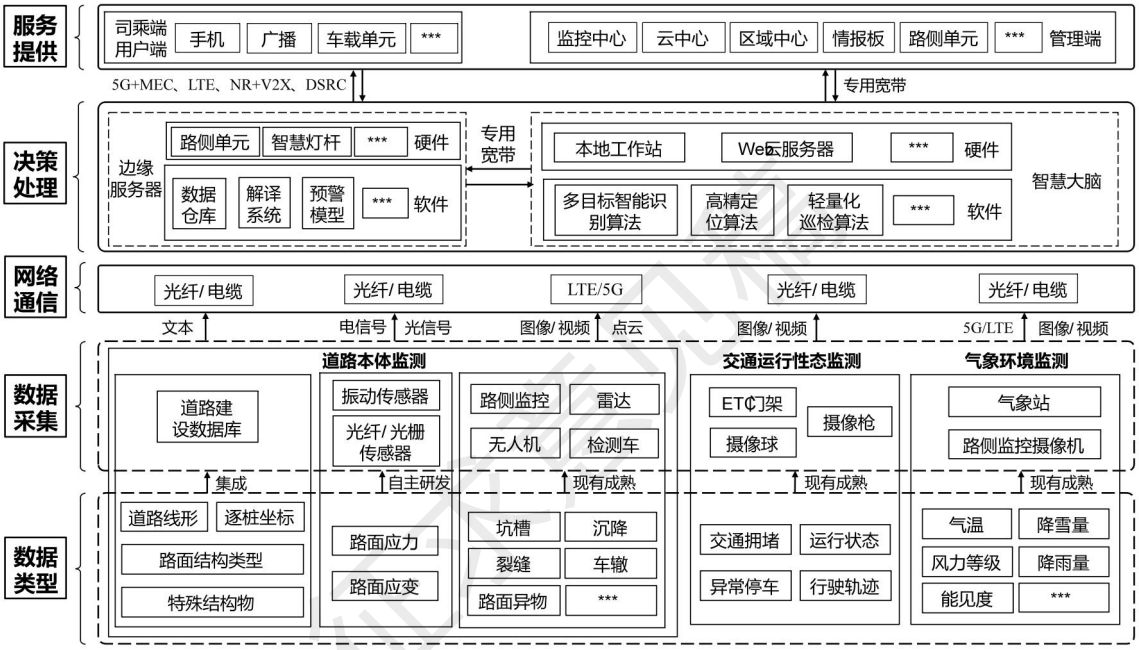


图 4.3 内嵌感知系统智慧公路物理架构

条文说明

“感知采集-计算决策-服务输出”是物理架构的核心逻辑。内嵌感知设备、外部感知设备和车辆信息采集设备获取路域内各类数据信息；边缘计算设备主要满足对数据的实时处理需求，云端计算设备主要满足对跨区域的数据进行分析以及综合决策。在内嵌感知系统智慧公路工程建设时宜根据业务需求与架构层级关系采用不同设备组合。

4.4 逻辑架构

4.4.1 内嵌感知系统智慧公路逻辑架构基于道路本体内嵌感知智慧集成机制，由输入端模块、知识图谱模型、输出端三个模块组成，如图 4.4。

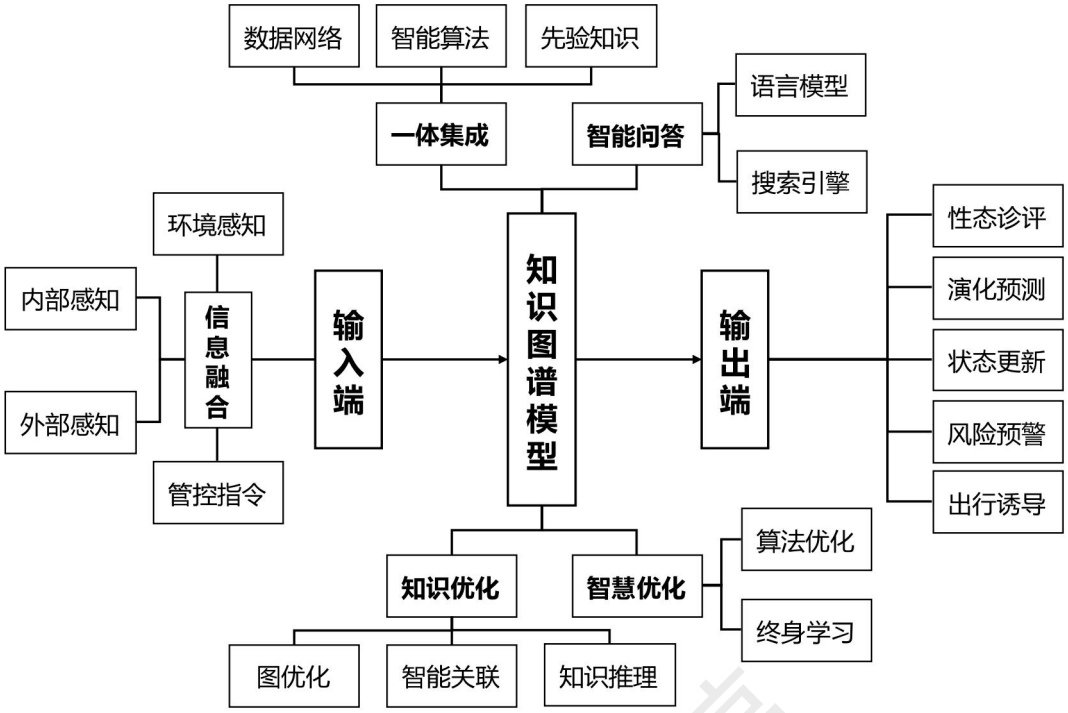


图 4.4 内嵌感知系统智慧公路逻辑架构

4.4.2 输入端模块

1 输入端模块应通过信息融合的方式对包括环境感知、内部感知、外部感知的多源感知数据与管控指令的数据输入。

2 输入端模块应通过数据时空对齐，将不同来源、不同采样频率的数据统一到相同的时间和空间维度下。

3 输入端模块应具备对数据质量的评估功能，能够实现对数据完整性、准确性和时效性的评估与标记。

4.4.3 知识图谱模型模块

1 知识图谱模型模块宜通过语义网络构建，能够将公路领域的实体、实体间的关系以及实体的属性进行形式化描述和关联，形成结构化的知识库。

2 知识图谱模型模块宜融合多源感知数据、行业标准、历史案例和领域先验知识，能够实现知识推理、关联分析和智能决策。

3 知识图谱模型模块应具备持续学习与动态更新能力，能够从新的数据中提取知识，实现知识图谱的完善和扩充。

4.4.4 输出端模块

1 输出端模块应通过标准化数据接口与标准化封装方式，将知识图谱模型模块

的推理与决策结果经编辑后输出至路域内的用户与相关管理部门。

2 输出端模块的输出形式宜主要包括但不限于：

1) 可视化展示：路网态势图、道路结构健康监测面板、预警信息列表等；

2) 控制指令：动态限速值、车道开关状态、诱导屏显示内容等；

3) 数据服务：推送至第三方平台的拥堵预测、风险预警信息等；

4) 决策建议：推荐的最佳养护方案、最优应急调度路径等。

条文说明

逻辑架构的输入端完成数据融合、时空对齐和质量评估；知识图谱模型以语义网络融合感知数据、标准、案例和先验知识，支持推理、关联分析和智能决策，并持续学习更新；输出端经标准化接口输出公路性态诊评信息、公路结构演化预测信息、路域风险预警信息、出行诱导信息，形式包括可视化指示、数据服务和决策建议。

征求意见稿

5 技术要求

5.1 多源感知设施

5.1.1 公路结构性态感知

1 公路结构性态感知应根据公路结构类型、服役特征和风险因素，合理选择感知参数和感知方式，实现关键结构状态的连续监测。

2 路面及路基宜感知应变、应力、温度、湿度、位移、沉降和振动等参数；边坡宜感知位移、裂缝、地下水及支护结构状态。

3 感知单元应布设于结构响应敏感、风险集中及关键控制部位，并应满足结构安全、耐久性和运维要求。

条文说明

1 公路结构性态感知参数应根据结构类型和主要失效模式确定。路基路面关注应变、应力、温湿度、位移、沉降和振动等，边坡应结合变形、裂缝、渗漏、地下水和支护状态配置。

3 感知单元应优先布设在结构响应敏感、风险集中和具有代表性的关键位置。布设时既要考虑传感器对目标响应的可观测性，也要考虑施工工艺、保护措施、长期耐久性和后期检修条件，不能因追求感知密度而降低结构安全。

感知设施布设应综合智慧公路等级、结构类型、交通特征、环境和风险等级。对于同一对象采用多种感知方式时，应进行覆盖范围和采样频率统筹。内嵌设备安装不得削弱公路结构的承载、耐久和防水等性能。

5.1.2 交通运行状态感知

1 交通运行状态感知应基于本标准提出的总体架构层级体系，作为内嵌感知系统智慧公路的拓展感知内容，应根据交通运行管理与安全保障需求配置感知设备，并宜与内嵌感知系统协同应用。

2 交通运行状态感知应实现断面及车道级交通流量、平均速度、时间占有率等基本参数的实时采集，并宜支持车辆轨迹、车型及异常事件等信息感知。

3 互通立交出入口、服务区及停车区出入口、超限检测站及收费站前及交通事故多发路段等重点位置应结合需求加强交通状态感知。

5.1.3 气象环境状态感知

征求意见稿

1 气象环境状态感知应基于本标准提出的总体架构层级体系，作为内嵌感知系统智慧公路的拓展感知内容，应结合公路运行环境及交通运行安全需求配置感知设备，并宜与内嵌感知系统协同应用。

2 气象环境状态感知应覆盖路面干燥、湿滑、积水、积雪、结冰等影响交通安全的因素，宜同时获取路面及环境温度、降雨、能见度和风力等级等信息。

5.2 信息交互

5.2.1 边缘数据设备

1 边缘数据设备应支持内嵌感知数据接入、时空对齐、特征提取、数据融合和结果分发，并可接入外部感知和车载感知数据进行补充处理。边缘设备应支持本地及远程配置、软件升级和故障诊断。

2 边缘设备宜结合路侧既有设施集约化部署，并靠近感知数据汇聚点。S2 级宜在重点区段部署，S3 级应在重点区段部署并宜向其他区域扩展，S4 级宜全线部署。

3 边缘设备在云控平台通信中断时，应保持必要的本地业务处理能力，通信恢复后应实现数据与状态同步。

4 边缘侧处理的数据和模型应具有版本标识、运行状态和异常告警信息；边缘节点之间宜支持状态和任务协同。

条文说明

边缘数据设备是连接前端感知与云控平台的关键节点，应承担数据接入、时空对齐、特征提取和融合等基础处理任务。不同智慧公路等级宜采用差异化部署边缘数据设备。通信中断时边缘数据设备应保持必要的本地数据处理能力。

5.2.2 多源融合通信

1 有线通信应以光纤通信为主，并根据业务需要采用工业以太网等接入方式。主干通信网络带宽不应低于 10 Gbps，路段级接入网带宽不应低于 1 Gbps，并应为业务扩展预留容量。

2 关键通信设备及传输链路应采用冗余配置。无线通信宜支持 4G/5G 及车路协同通信方式，并根据业务需求配置低功耗通信。

3 涉及公路安全的信息传输时延不宜大于 10 ms，预警类服务信息不宜大于 20 ms，常规交通信息不宜大于 100 ms。

条文说明

多源融合通信宜采用光纤为主、有线与无线协同通信的方式。关键链路应采用冗余配置。不同业务对时延的敏感程度不同，应分别提出针对安全信息、预警信息和常规交通信息的信息传输时延要求。工程设计时应考虑信息从端到端的业务时延，不应仅考虑某一通信设备或某一网络链路的单段时延。

5.2.3 信息校准

1 内嵌感知单元应进行标定和校准，多源感知设备应实现时间和空间同步。边缘设备间时间同步误差不宜大于 5 ms，边缘设备与云平台间不宜大于 10 ms。

2 当感知数据出现连续缺失、突变或明显异常时，应进行标记和隔离，并宜采用冗余数据、邻近数据或历史数据进行合理校核；未经校核的数据不宜直接作为风险决策的唯一依据。

5.2.4 数据编码及信息安全

1 感知数据编码应至少包含数据来源、数据类型、时间信息、空间位置信息和数据体，并应为感知单元、边缘设备及通信设备配置唯一标识。

2 数据接口应采用标准化数据交换格式和通信协议，并应满足系统间互操作要求。

3 感知数据应按重要性和敏感性进行分类分级管理；涉及个人隐私的车辆和人员信息应进行脱敏处理。

4 感知数据传输和存储应实施身份认证、访问控制及必要的密码防护，网络与数据安全应符合现行相关标准要求。

条文说明

数据编码及信息安全要求与跨系统共享和安全管理需求相对应。数据编码包含来源、类型、时间、空间和数据体，可保证数据在采集、传输、存储和应用过程中的可追溯性。对于涉及车辆和人员的信息，应依据相关法律法规和网络安全、数据安全要求实施分类分级、访问控制和必要的脱敏处理。

5.3 数据诊断与评估

5.3.1 数据诊断

1 数据诊断应面向内嵌感知数据开展异常识别与合理性检查，重点识别数据缺

失、异常突变、漂移、重复、超出合理范围及关联数据不一致等情况；必要时可结合交通运行、气象环境等相关信息进行辅助核查。

2 数据诊断宜综合考虑数据来源、感知对象、时间和空间基准等信息，对连续监测数据的变化特征及多源关联数据的一致性进行分析。具体诊断方法宜根据数据类型、感知对象和业务应用需求确定。

3 数据诊断结果应形成异常标识及必要的关联信息，为后续数据评估、状态分析和风险识别提供依据；对诊断结论尚不明确的数据，应予以标注，不宜未经核验直接作为状态评估或风险预警的唯一依据。

条文说明

数据诊断应关注内嵌感知数据中的异常情况及关联数据之间的一致性。由于不同感知对象的数据特征、采样频率和时空基准可能存在差异，开展连续监测数据分析及多源数据关联核查时，宜结合感知对象和数据来源综合判断。对诊断结论尚不明确的数据，应保留相应异常标识，避免未经核验直接用于状态判断或风险识别。

5.3.2 数据评估

1 数据评估应面向后续业务应用需求，对感知数据的完整性、准确性、一致性和时效性等质量特征进行综合评价，并宜形成能够表征数据质量状况的评估结果或等级标识。

2 数据评估的评价维度、指标及判定要求宜根据感知数据类型、采集要求、应用场景和业务需求确定；

3 数据评估结果应能够关联相应的数据来源及评估信息，并支持查询和追溯。对于质量不满足应用要求或质量状态存疑的数据，应形成相应标识，并为后续数据处理与业务应用提供必要的质量提示。

4 数据评估结果宜用于感知数据接入、结构性态评估和风险预警等环节，为判断数据可用性提供依据；数据质量发生变化时，宜相应更新评估结果。

条文说明

数据评估应结合感知数据类型、采集要求和后续应用需求，综合考虑数据完整性、准确性、一致性和时效性等质量特征。不同类型数据的评价维度和判定要求可根据其采集特征及应用场景确定。评估结果宜关联数据来源及必要的评估信息，为判断感知数据接入、结构性态评估和风险

征求意见稿

预警等的数据可用性提供依据；当数据质量发生变化时，应及时更新相关评估信息。

5.4 智慧决策与服务

5.4.1 云控平台

1 云控平台应形成路网级与区域级/路段级的分层架构，具备多源数据汇聚、数据治理、分析计算、预测预警和协同控制能力。

2 路网级、区域级及路段级平台之间应支持数据共享和业务协同，并可按需接入公安、应急、气象、车辆平台等外部信息源。外部系统数据用于拓展内嵌感知系统智慧公路的信息范围，不作为本标准内嵌感知体系的主体组成。

3 云控平台应支持计算和存储资源扩展，并根据业务需求配置数据治理、空间信息、视频及通用计算服务。平台应支持对感知数据、诊断结果、预警信息及控制指令进行统一管理。

5.4.2 边缘计算设备

1 边缘计算设备应支持对前端感知数据的本地分析和基本自主决策，并将处理结果上传云控平台。

2 不同等级智慧公路边缘设备算力可按建设需求分级配置：S1 不低于 32 TOPS、S2 不低于 64 TOPS、S3 不低于 128 TOPS、S4 不低于 256 TOPS。数据融合结果输出频率不宜低于 10 Hz。

5.4.3 结构性态评估

1 应基于内嵌感知数据开展道路结构状态评估、性能演化分析和趋势预测，形成可量化的状态评价结果。

2 对桥梁、隧道、边坡等重点结构应结合结构类型及风险等级进行分级评估和预警，并为养护管理提供依据。

条文说明

公路结构性态评估应以连续监测数据为基础，并结合结构类型、设计资料、历史检测和养护记录开展综合分析。评价结果宜形成可量化的状态指标，并通过趋势分析识别性能演化方向。重点结构应根据风险等级实施分级评估和预警。

5.4.4 交通事件预测

1 应基于内嵌感知形成的交通运行数据开展短时交通流量及拥堵预测，并可结合外部感知和车载感知信息对预测结果进行补充和校核，开展交通事件影响范围和影响时间分析。

2 应以内嵌感知获取的基础设施和交通运行状态为基础，结合气象环境及必要的外部、车载感知信息，对公路交通安全风险进行综合评估，识别潜在高风险路段和事件。

5.4.5 突发风险预警

1 突发风险预警应覆盖基础设施、交通运行、气象环境和自然灾害等风险类型，并应形成风险分级结果。

2 预警结果应关联相应的管控或处置措施，并通过相应服务渠道及时发布。预警信息应明确事件位置、时间、类型、等级和必要的处置建议。

3 预警状态发生变化时，应及时更新或解除；预警全过程宜形成可追溯记录，用于事件复盘、模型优化和系统运维。

条文说明

突发风险预警覆盖基础设施、交通运行和自然灾害等类型。风险预警不应只输出“有或无风险”结论，还应明确事件位置、时间、类型和等级，并关联可执行的管控或处置措施。预警状态发生变化后应及时更新或解除，完整记录可用于事后复盘、模型优化和系统运维。

5.4.6 出行诱导管控

1 应根据交通运行态势和风险评估结果实施动态限速、车道控制、匝道控制、入口流量控制等主动管控措施。

2 应通过可变信息标志、车载终端、互联网等渠道向出行者提供位置相关的交通、风险、气象和养护信息，多渠道发布内容应保持一致。

3 应建立突发事件应急指挥调度机制，实现事件发现、研判、预警、指挥和协同处置的闭环。

征求意见稿

本标准用词用语说明

1 本标准执行严格程度的用词，采用下列写法:

1)表示很严格，非这样做不可的用词，正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”;

2)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”；

3)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”；

4)表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 引用标准的用语采用下列写法:

1)在标准总则中表述与相关标准的关系时，采用“除应符合本标准的规定外，尚应符合国家、行业和中国工程建设标准化协会标准现行有关标准的规定”；

2)在标准条文及其他规定中，当引用的标准为国家标准和行业标准时，表述为“应符合《×××××》(×××)的有关规定”；

3)当引用本标准中的其他规定时，表述为“应符合本标准第×章的有关规定”、“应符合本标准第×.×节的有关规定”、“应符合本标准第×.×.×条的有关规定”或“应按第×.×.×条的有关规定执行”。

征求意见稿