

智慧高速公路 隧道运行管控系统建设 技术要求

Smart expressway—Technical requirements for the construction of tunnel
operation and control system

2023 - 12 - 15 发布

2024 - 01 - 15 实施

前 言

本标准按照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。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别专利的责任。

本标准由浙江省交通运输厅提出并组织实施。

本标准由浙江省公路工程标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：浙江数智交院科技股份有限公司、浙江公路水运工程咨询有限责任公司、交通运输部公路科学研究所。

本标准主要起草人：田旭、王锐、周义程、张静、宋向辉、丁剑超、孙垚、谈祥君、黄瑶佳、吴畏、毛思捷、俞佳成、文舜智、杜虎、蒯佳婷、洪盛、陈弘博、项寒冰、王东柱。

智慧高速公路 隧道运行管控系统建设技术要求

1 范围

本标准规定了智慧高速公路隧道运行管控系统建设的基本规定、系统构成、系统功能、系统性能、系统设施和系统安全。

本标准适用于新建、改扩建高速公路和既有高速公路智慧化改造的隧道运行管控系统建设。

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标准必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本标准；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

- GB/T 22239 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求
- GB/T 29101—2012 道路交通信息服务 数据服务质量规范
- GB/T 29639 生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则
- JTG D70/2 公路隧道设计规范 第二册交通工程与附属设施
- JTG H12 公路隧道养护技术规范

3 术语和定义

JTG D70/2界定的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

隧道运行管控系统 tunnel operation and control system

通过多维度监测隧道内交通流状态、环境状态和设施状态等，经过数据分析和研判，实现隧道运营管理控制的系统。

4 基本规定

- 4.1 智慧高速公路隧道运行管控系统建设应遵循“精准服务、主动响应、高效管理、绿色低碳”原则。
- 4.2 智慧高速公路隧道运行管控系统建设应与隧道机电系统融合设计，宜与外部系统进行数据对接。调研工作要求应符合附录 A 的规定。
- 4.3 智慧高速公路隧道运行管控系统设施符合 JTG D70/2 相关规定的隧道交通工程与附属设施要求，充分利用隧道机电设施，鼓励采用新技术、新材料、新工艺和新产品。

5 系统构成

- 5.1 智慧高速公路隧道运行管控系统由交通信息服务、自主式交通控制、隧道养护和能源综合管理等功能模块组成，实现相应智慧化场景。
- 5.2 智慧高速公路隧道运行管控系统总体架构由智慧化场景和新型隧道设施组成，并辅以系统安全管理要求，与隧道机电系统融合，总体架构见图 1。

5.3 新型隧道设施包括感知与监测设施、通信与定位设施、管理与服务设施、计算与处理设施和能源基础设施。

6 系统功能

6.1 交通信息服务

6.1.1 实时交通信息监测

6.1.1.1 智慧高速公路隧道应通过感知与监测实施，监测隧道实时交通信息，包括隧道运行状态信息、隧道突发事件信息、隧道环境信息。

6.1.1.2 隧道运行状态信息应主要包括以下内容：

- a) 隧道路段流量、运行车速和车辆间距；
- b) 隧道路段重点车辆在途数量、行驶速度；
- c) 隧道路段具有车载终端的普通车辆、智能网联汽车的行驶状态。

6.1.1.3 隧道突发事件信息应主要包括以下内容：

- a) 火灾；
- b) 异常停车；
- c) 车辆逆行；
- d) 车辆低速行驶、超速行驶；
- e) 行人、摩托车、非机动车行驶；
- f) 交通事故；
- g) 堵塞及其长度；
- h) 路面抛撒物；
- i) 施工、维修。

6.1.1.4 隧道环境信息应主要包括以下内容：

- a) 隧道内外光线视觉差信息；
- b) 隧道内外能见度和风速风向信息；
- c) 隧道内 CO、NO₂ 浓度；
- d) 隧道内外路面积水和结冰状况；
- e) 隧道内渗漏水状况。

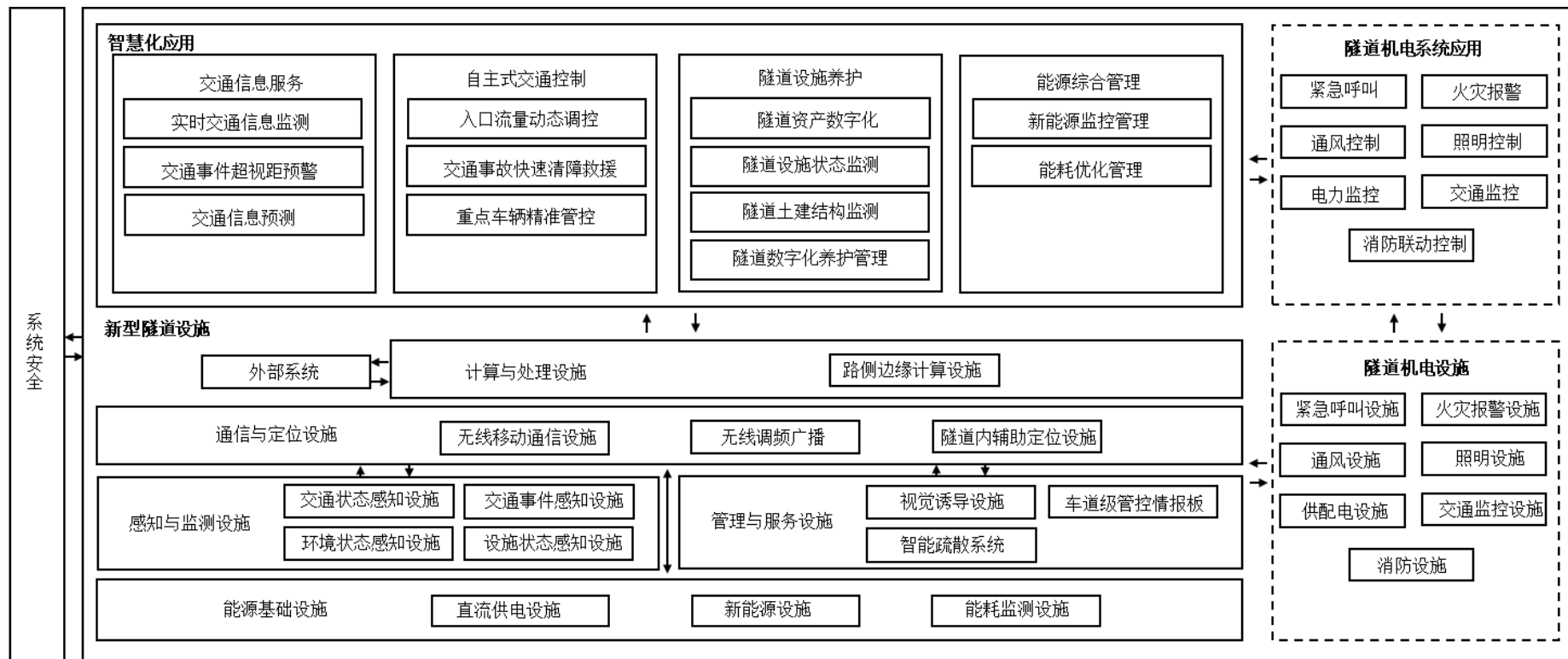


图 1 智慧高速公路隧道运行管控系统总体架构图

6.1.2 交通事件超视距预警

6.1.2.1 交通事件超视距预警信息宜包括隧道运行状态信息、隧道突发事件信息、隧道环境信息、隧道管控信息和辅助驾驶信息等内容。

6.1.2.2 交通事件超视距预警应利用隧道路段及上游路段实体（或虚拟）可变信息标志和可变限速标志发布。

6.1.3 交通信息预测

6.1.3.1 应预测 5 分钟、15 分钟、30 分钟等短时交通状态及交通流量。

6.1.3.2 应预测天、周、月、年等长时交通状态及交通流量。

6.1.3.3 宜通过预测交通流量，判断隧道未来的拥堵情况，支撑动态交通管理。

6.2 自主式交通控制

6.2.1 入口流量动态调控

6.2.1.1 隧道入口流量动态调控应根据现场交通状态、环境状况和交通事件的情况，发布警示和管控指令。

6.2.1.2 隧道入口流量动态调控应具备以下功能：

- a) 在隧道入口前的预警区间内持续发布预警信息；
- b) 封闭隧道入口应根据交通管理部门发出的指令进行管控。

6.2.2 交通事故快速清障救援

6.2.2.1 交通事故快速清障救援应具有救援预案管理、救援预案执行和应急疏散指示等功能。

6.2.2.2 隧道运营单位应制定符合 GB/T 29639 要求的救援预案，隧道运行管控系统的救援预案管理应符合以下要求：

- a) 救援预案的内容包括：应急组织机构及职责、应急处置物资和设备、预设的发布内容方式、预设外部救援请求内容、预设不同事件类型和级别情况下应急处置措施和流程等；
- b) 救援预案应根据应急处置复盘和总结的结果，不断优化和更新。

6.2.2.3 救援预案执行包括以下主要内容：

- a) 结合实时交通信息监测，根据事件类型和等级，自动匹配执行救援预案，并同步救援请求信息至相关部门；
- b) 采集隧道内人员信息，主要包括救援人员的实时位置、路径通行等；
- c) 自动记录应急响应处置过程，记录内容主要包括闭路电视录像、救援指挥指令发布内容、事件信息上报记录等；
- d) 事件完毕后，应对事件处置过程和救援综合效果进行评估。

6.2.2.4 应急疏散指示包括以下主要内容：

- a) 疏散诱导预案应满足不同应急事件情况下的控制需求，指引最合理的疏散路径；
- b) 根据火灾报警设施和其他设施发出的应急信号，自动控制疏散指示设施，并反馈各设施的运行状态。

6.2.3 重点车辆监测

6.2.3.1 重点车辆监测宜实时监测超限车辆、“两客一危”车辆和大件运输车辆等重点车辆的定位和异常行为。

6.2.3.2 重点车辆监测应具备查询功能，主要包括以下内容：

- a) 车辆行驶轨迹；
- b) 车辆装载物信息；
- c) 车辆装载危化物品泄露的处置方案。

6.3 隧道养护

6.3.1 隧道资产数字化

6.3.1.1 隧道资产数字化应将隧道资产基础数据基于 GIS 地图或 BIM 等形式呈现。

6.3.1.2 隧道资产基础数据应主要包括隧道土建设施和交通工程及附属设施数据。

6.3.2 隧道设施状态监测

6.3.2.1 隧道设施状态监测应监测隧道交通工程及附属设施状态。

6.3.2.2 隧道设施状态监测应具有在线监测，监测内容宜包含表 1 规定的内容；宜具有自动巡检功能，发现设施状态故障，对设施状态提出预警。

6.3.2.3 隧道设施状态监测应采集隧道机电设施状态信息和新型隧道设施状态信息。

表 1 智慧高速公路隧道设施状态监测内容

设施类型	设施名称	监测内容
隧道机电设施	通风设施	风机轴温、振动
		风机控制箱内温度、湿度
		风机运行噪音
	照明设施	单灯的开/关和调光
		配电箱和单灯的电流、电压
		机箱温度、湿度等环境信息
	交通监控设施	区域控制机箱内温度、湿度、电流、电压
		可变信息标志通信状态、电流、电压、箱内温度、湿度
		车辆检测器通信状态、电流、电压、箱内温度、湿度
	闭路电视设施	摄像机的电流、电压
		摄像机机箱内温度、湿度
		故障、清晰度、卡顿现象
新型隧道设施	感知与监测设施	交通状态感知设施通信状态、故障、电流、电压
		交通事件感知设施通信状态、故障、电流、电压
		环境状态感知设施通信状态、故障、箱内温度、湿度
	通信与定位设施	无线移动通信设施的信状态、故障
		无线调频广播通信状态、故障
		隧道内辅助定位设施通信状态、故障
	管理与服务设施	视觉诱导设施通信状态、电流、电压、
		车道级管控情报板通信状态、电流、电压
		智能疏散系统通信状态、故障
	计算与处理设施	路侧边缘计算设施通信状态、故障、电流、电压
	能源基础设施	直流供电设施温度、电流、电压、负载功率
		新能源设施温度、电流、电压、负载功率

6.3.3 隧道土建结构监测

隧道土建结构监测及相关环境监测应根据需要确定，主要包括以下内容：

- a) 结构应变监测；
- b) 隧道收敛监测；
- c) 水位监测；
- d) 沉降监测；
- e) 变形缝位移监测；
- f) 应变、沉降、变形超过阈值报警。

6.3.4 隧道数字化养护管理

6.3.4.1 数字化养护管理由养护巡查管理和养护决策辅助等模块组成。

6.3.4.2 养护巡查管理应结合隧道实际情况制定养护巡查计划，巡查内容应符合 JTG H12 要求，宜通过移动客户端记录巡查时间、巡查内容、巡查地点和巡查结果等信息。

6.3.4.3 养护决策辅助应根据资产基础数据、隧道设施状态监测数据和隧道土建结构监测数据等信息，按照 JTG H12 的要求制定相应养护方案。

6.4 能源综合管理

6.4.1 新能源监控管理

新能源监控管理应符合以下要求：

- a) 具备并网点、分布式发电、储能、负荷、无功补偿等量测数据采集与处理功能；
- b) 具备运行模式控制功能，支持并/离网切换；
- c) 具备顺序控制、功率控制等功能。

6.4.2 能耗优化管理

6.4.2.1 能耗优化管理应在能耗分析的基础上进行优化。

6.4.2.2 能耗分析应根据隧道机电设施和新型隧道设施的用能分项计量数据，分析能耗规律。

6.4.2.3 应根据配网系统和实时能源需求，结合新能源设施状态监测，进行能源最优调度管理。

7 系统设施

7.1 在符合 JTG D70/2 规定的隧道交通监控设施、火灾探测报警设施基础上，增加精准感知交通状态、交通事件、环境状况和设施状态的设施，宜增加以下感知与监测设施：

- a) 在隧道口和隧道内设置雷达或其他交通状态感知设施；
- b) 在隧道口和隧道内设置视频分析或雷视融合等其他交通事件感知设施；
- c) 在隧道口设置温湿度、能见度和雨量监测等环境状况感知设施；
- d) 在隧道机电设施和新型隧道设施设置状态监测设施。

7.2 在符合 JTG D70/2 规定的隧道紧急呼叫设施基础上，宜增加以下通信与定位设施：

- a) 无线移动通信设施；
- b) 无线调频广播；
- c) 隧道内辅助定位设施。

7.3 在符合 JTG D70/2 规定的消防设施基础上，宜增加以下管理与服务设施：

- a) 视觉诱导设施；

- b) 车道级管控情报板;
- c) 智能疏散系统。

7.4 在符合 JTG D70/2 规定的隧道中央控制系统基础上,宜增加路侧边缘计算设施。

7.5 在符合 JTG D70/2 规定的供配电系统基础上,宜增加以下能源基础设施:

- a) 直流供电设施;
- b) 新能源设施;
- c) 能耗监测设施。

8 系统性能

智慧高速公路隧道运行管控系统应符合以下要求:

- a) 保证 7×24h 不间断运行;
- b) 交通信息服务质量水平达到 GB/T 29101—2012 规定的四级服务质量;
- c) 交通运行状态信息及时性≤5 min;
- d) 交通突发事件信息及时性≤1 min;
- e) 预测交通信息的预测相对误差≤15%;
- f) 交通事故快速清障救援的外部信息共享及时性≤5 min;
- g) 隧道设施监测的预警准确率应不低于 85%。

9 系统安全

9.1 应充分考虑外场设备的物联网属性,配置安全保护措施。

9.2 新型隧道设施的安全通信网络、安全区域边界、安全计算环境、物联网安全扩展要求应符合 GB/T 22239 的规定。

附 录 A

(规范性)

隧道运行管控系统建设项目调研工作要求

A.1 隧道现状调研内容要求

既有隧道现状内容调研是对隧道内基本状况信息的全面摸排，应符合表A.1的规定。

表 A.1 隧道现状调研内容表

项目名称	调研内容
隧道主体结构要素	隧道结构形式、使用状态、缺损状态、渗漏水情况等
通风设施	风机运行状况、风机控制功能（手动、远程）、故障记录、维修记录
照明设施	路面亮度和均匀度、亮度计和照度仪的检测功能、灯具的开关功能（手动、远程）、故障记录、维修记录
闭路电视设施	外场摄像机的控制功能、图像质量清晰完成、视频保存时间、故障记录、维修记录
紧急呼叫设施	紧急电话和广播的功能、火灾报警功能、故障记录、维修记录
消防设施	高低位水池的蓄水位、灭火装置状况、水泵功能、防火门开启关闭功能、故障记录、维修记录
供配电设施	开关柜开合闸功能、变压器状况、电缆绝缘、应急电源切换和启动功能、故障记录、维修记录
交通监控设施	可变标志显示和发布功能、车检器数据采集、隧道管理所软件各项功能、故障记录、维修记录

A.2 运数据调研内容要求

既有隧道应至少收集5年营运数据（运营期不到5年的，应收集自开通运营以来的运营数据），调研内容应符合表A.2的规定。

表 A.2 隧道营运数据调研内容表

项目名称	调研内容
交通流量	隧道主线断面交通流量、高峰小时交通流量、节假日交通流量及分车型数据等
速度	隧道入口、隧道内、隧道出口的行驶速度
环境资料	对隧道交通造成影响的气象数据
交通事故资料	包括隧道内事故时间、事故位置、事故原因、事故人员伤亡和财产损失、事故处理、后期营运改善情况等相关记录
交通管制资料	包括交通管制时间、管制位置、管制原因、管制措施及其实施效果等
施工资料	包括隧道施工时间、施工位置、施工内容、施工封闭车道数等
运营管理制度	包括运营组织架构、管理办法、救援体系等

A.3 数据分析要求

既有隧道应对调研的情况进行整理分析，分析内容应符合表A.3的规定。

表 A.3 隧道数据分析工作表

项目名称	分析内容
交通流特征分析	包括交通流量时空分布、流量-速度关系等
事件特征分析	包括交通事故和火灾的时空分布、主要类型、成因分析等
环境特征分析	包括隧道内温度、湿度、一氧化碳浓度、能见度、风速、风向、照度和隧道外亮度等
能耗特征分析	包括隧道机电设施分回路能耗统计数据等