



T/CECS G XXXX: 2025

中国工程建设标准化协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction
Standardization

高速公路隧道数字化管控系统技术规程
(征求意见稿)

Technical Regulations for Digital Control System
of Expressway Tunnels
(Draft)

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

高速公路隧道数字化管控系统技术规程

Technical Regulations for Digital Control System of Expressway Tunnels

T/CECS G: XXX-XX-2024

主编单位：山东高速集团有限公司高速公路运营公司

批准部门：中国工程建设标准化协会

实施日期：2025 年 XX 月 XX 日

人民交通出版社股份有限公司

北 京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2022 年第二批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字〔2022〕40 号）的要求，由山东高速集团有限公司高速公路运营公司承担《高速公路隧道数字化管控系统技术规程》（以下简称“本规程”）的制订工作。

编制组经过深入调查研究，认真总结实践经验，参考了国内外相关技术标准，进行了必要的理论研究，并在广泛征求意见的基础上，完成了本规程的编写工作。

本规程共分为 7 章，主要技术内容包括：总则、术语、系统架构、数字化管控硬件设施技术要求、数字化管控软件系统技术要求、数字化管控场景技术要求、系统安全要求。

请注意本规程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。

本规程基于通用的工程建设理论及原则编制，适用于本规程提出的应用条件。对于某些特定专项应用条件，使用本规程相关条文时，应对适用性及有效性进行验证。

本规程由中国工程建设标准化协会公路分会负责归口管理，由山东高速集团有限公司高速公路运营公司负责具体技术内容的解释，在执行过程中如有意见或建议，请函告本规程日常管理组，中国工程建设标准化协会公路分会（地址：北京市海淀区西土城路 8 号；邮编：100088；电话：010-62079839；传真：010-62079983；电子邮箱：shc@rioh.cn），或于香玉（地址：山东省济南市历城区旅游路 11777 号智能交通产业园；邮编：250102；传真：0531-xxxxxxx；电子邮箱：22986966@qq.com），以便修订时研用。

主 编 单 位：山东高速集团有限公司高速公路运营公司

参 编 单 位：招商局重庆交通科研设计院有限公司

主 编：景 峻

主要参编人员：

主 审：

参与审查人员：

参 加 人 员：

目 次

前言	I
目 次	II
1 总 则	1
2 术 语	2
3 系统架构	4
3.1 一般规定	4
3.2 总体架构	4
3.3 管理架构	5
3.4 数据流转	6
4 数字化管控硬件设施技术要求	7
4.1 一般规定	7
4.2 外场设施	7
4.3 监控中心设施	14
5 数字化管控场景技术要求	16
5.1 一般规定	16
5.2 隧道运行服务场景技术要求	16
5.3 隧道突发事件应急管控场景技术要求	18
5.4 隧道运维管理数字化场景技术要求	19
6 数字化管控系统功能技术要求	20
6.1 一般规定	20
6.2 隧道综合监控	20
6.3 隧道专项管控	23
6.4 应急指挥调度	24
6.5 机电设备养护	25
6.6 隧道数据分析	25
6.7 系统后台管理	26
6.8 系统接口	27
6.9 系统软件	28
6.10 系统性能	29
7 系统安全要求	29
7.1 一般规定	29
7.1 系统软硬件安全要求	29
7.3 系统网络安全要求	30

1 总 则

1.0.1 为规范高速公路隧道数字化管控系统技术内容及要求，指导高速公路隧道运行管控，符合科学合理、经济安全、高效利用的原则，为系统建设提供依据，制定本规程。

1.0.2 本规程明确了高速公路隧道数字化管控系统建设的基本要求，包括系统构成、数字化硬件设施、数字化管控场景、数字化管控系统、系统安全等内容。

1.0.3 本规程适用于高速公路隧道（群）数字化系统升级改造以及提质升级，其它等级公路隧道、城市道路隧道可参考执行。

1.0.4 高速公路隧道数字化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。

1.0.5 高速公路隧道数字化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。

1.0.6 高速公路隧道数字化管控系统建设除应符合本规程的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定，应积极稳妥地采用新理论、新技术、新材料、新设备。

1.0.7 与传统机电系统的关系

1 高速公路隧道数字化管控系统建设是在原有隧道机电设施设备基础上，符合智慧高速公路总体目标的提升和补充。

2 综合监控应在原隧道通风照明控制系统、交通监控系统、供配电系统及中央控制管理系统的所有功能，进一步提升交通与环境状况的感知能力，并构建多源数据融合的综合分析能力。

3 应急联动应在原有隧道紧急呼叫系统、火灾报警系统、消防系统具备的所有功能基础上，完善应急通讯与供电保障，完善智能化应急预案制定和协同联动、处置措施前置等建设。

4 运行服务应在包含原有隧道机电系统应发布的信息内容基础上，增加交通流量预测、运行状况分析、多渠道信息服务等要求。

5 养护管理应在原有隧道机电设施设备具备的所有功能基础上，通过物联网、大数据等技术手段，建立资产数字化管理、养护数字化管理功能。

2 术 语

本章主要对规程中有特定含义的且相关标准未定义或定义有差别的专业词汇，从本规程的角度赋予其含义，同时还分别给出相应的推荐性英文术语。

2.0.1 高速公路隧道数字化管控系统 highway tunnel digital control system

具备高速公路隧道运行状态监测、研判分析、事件预警、应急联动机电设备控制的数字化管理系统。

2.02 物联网 the internet of things

通过射频识别、红外感应、全球定位等信息传感设备，按规定的协议，把任何物体与因特网连接起来，进行信息交换和通信，以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络。

2.0.3 联动控制 linkage control

针对不同隧道运行管理场景，隧道内设备设施通过数字化管控系统实现相互协作和衔接的控制方式。

2.0.4 重点车辆监控 Key Vehicle Monitoring

针对隧道通行的超限、“两客一危”和大件运输车辆等重点车辆的定位和异

常行为的实时监测。

2.0.5 雷视融合感知设施 Radar-Vision Fusion Perception Facility

通过雷达与视频融合的技术手段实时监测车辆速度、位置、流量的数据。

2.0.6 洞口柔性阻拦设施 Tunnel Entrance Flexible Blocking Facility

部署在隧道入口前方,通过技术手段在视觉上有效的提示驾驶员前方隧道封闭,非物理阻拦车辆驶入隧道。

2.0.7 边缘计算设施 Edge Computing Device

部署在道路沿线,完成交通数据汇集、分析与处理的装置。

3 系统架构

3.1 一般规定

3.1.1 高速公路隧道数字化管控系统建设应满足“安全、高效、绿色、智能”的目标。

3.1.2 高速公路隧道数字化管控系统建设应全面采用主动式、预防式管理，最大程度消除隧道安全隐患；进行主动安全预警管控，最大程度消除隧道内事故“黑点”；降低高速公路隧道事故发生数量、事故发生率；降低高速公路隧道事故严重程度，实现安全管控。

3.1.3 高速公路隧道数字化管控系统建设应提高隧道通行效率，提升隧道交通状态预测能力，提前采取管控措施确保隧道通行效率；加强实时信息发布能力，进行交通诱导及主动管控，实现高效管控。

3.1.4 高速公路隧道数字化管控系统建设应加强隧道运营精细化管理，提升隧道照明灯具的智能调控效能，在保障运行安全的情况下实现按时按需照明、绿色管控。

3.1.5 高速公路隧道数字化管控系统建设应充分利用新一代信息技术，形成人、车、路、隧道协同的智能化通行环境；提升隧道运行状态监测、运行控制、应急处置智能化水平，实现智能管控。

3.2 总体架构

3.2.1 高速公路隧道数字化管控系统总体架构由感知层、支撑层、与应用层构成，总体架构如图 3.2.1-1 所示。

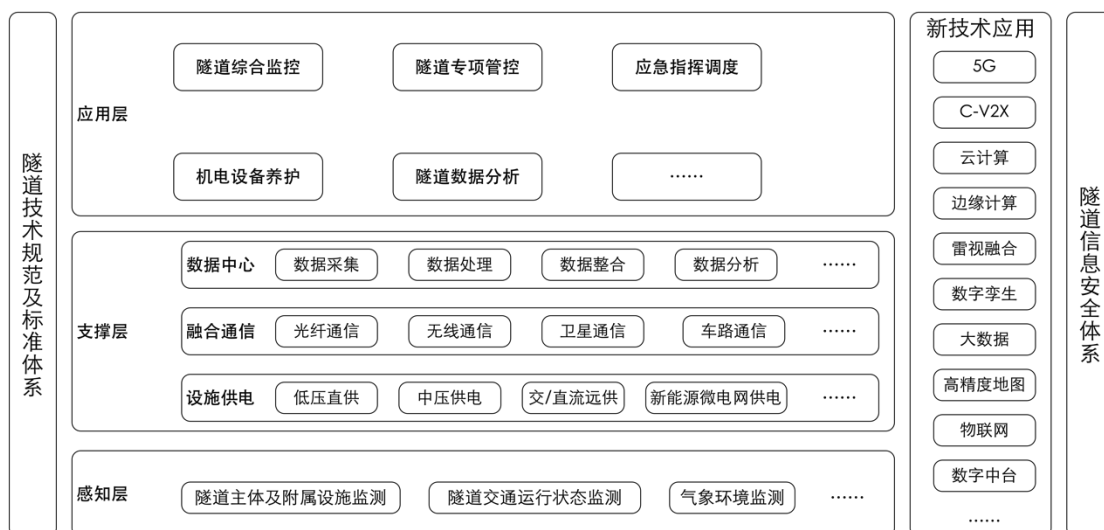


图 3.2.1-1 高速公路隧道数字化管控系统总体架构

3.2.2 高速公路隧道运营单位应综合考虑投入成本、运营管理需求、运行服务要求等因素建设数字化管控系统，根据实际条件积极而慎重地开展新技术应用。

3.3 管理架构

3.3.1 高速公路隧道运营单位综合考虑隧道管理机构的功能、设置位置、设施配置、人员配置，隧道管理体制应与所在路段的管理体制相适应。

3.3.2 高速公路隧道数字化管控控制系统宜分为路段级、隧道管理站级 2 级。

1 路段级隧道数字化管控控制系统汇集各外场设备或基层监控单元上传的数据信息，用于全路段隧道交通监测、视频管理、信息发布、应急处置和协调管理。

2 隧道管理站隧道数字管理控制系统汇集各外场设备实时采集外场设备数据信息，用于区段内隧道交通监测、视频管理、事件检测、设备管理、信息发布、应急处置。

3.4 数据流转

3.4.1 高速公路隧道数字化管控系统数据流转应考虑“实时性、准确性、完整性及标准化”，宜具备良好的扩展性，以便未来继承新技术和新设备。

3.4.2 在关键数据流转路径上宜采用冗余设计，确保在部分系统发生故障时，数据流转不受影响。

3.4.3 在数据流转过程中，应采取措施保护数据不被未经授权访问或篡改，保障数据的安全性和隧道的运行安全。

3.4.4 前端设备数据采集包括功能数据、工作状态数据、故障数据等，数据采集应通过分布式控制器或数据采集器进行就近接入采集，尤其是模拟量数据。

3.4.5 数据传输除了传统光缆传输，还可考虑物联网无线传输，对于关键数据宜采用光缆+物联网双冗余传输模式。

3.4.6 数据存储宜采用两层存储模式，隧道本地（配电房）存储原始数据，监控中心存储统计汇总数据。

3.4.7 报警数据实时上传监控中心，其他数据按需上传。报警数据由监控中心人工干预处理，其他数据配电房本地处理。

3.4.8 手动控制指令应立即下发执行，自动指令按触发条件下发执行。

3.4.9 报警类反馈数据实时上传监控中心，控制指令下发后，相关反馈数据立即上传，其他数据按采集时间间隔上传。

3.4.10 系统宜采用验证算法，通过数据比对实现控制指令与反馈数据的验证，对于其他数据采用数据准确度验证。

4 数字化管控硬件设施技术要求

4.1 一般规定

4.1.1 高速公路隧道数字化管控系统的建设,应在符合 JTG D70/2 规定的高速公路隧道原有设施设备基础上,对隧道机电设施进行重组及再造。

4.1.2 尽可能利用隧道原有设施的前提下,鼓励采用新技术、新材料、新工艺、新产品,并做好技术预留。

4.2 外场设施

4.2.1 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:

1 在隧道口和隧道内设置雷达或其他交通状态感知设施,并符合 GB/T 20609、GB/T 24726 的技术指标要求前提下,应能对隧道路段的交通量、车辆占有率、车辆速度、平均运行速度、重点车辆运行情况进行高精度感知。

2 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,应能对停车、交通堵塞、车辆慢行、行人、车辆逆行、路面抛洒物、火灾、施工或维修等交通事件进行高精度感知。

3 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,应能对隧道前后气象情况、雾区位置、恶劣气候分布区域等气象条件进行感知,同时能对隧道外亮度、隧道内照度、隧道内外温湿度、能见度、CO 和 NO₂ 浓度、风速风向、路面积水状况、路面结冰状况等环境状况进行高精度感知。

4 在隧道机电设施和新型隧道设施设置状态监测设施,应能对结构应变、隧道收敛、水位、沉降、变形缝位移等隧道结构进行高精度感知。

4.2.2 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：

1 无线移动通信设施

(1) 应实现隧道内手机信号的无间断覆盖，特别是在紧急情况下能够插播紧急通知；

(2) 应具有良好的兼容性，在各种工作环境下都能正常通信；

(3) 应具备抗强电磁干扰能力，在复杂环境中能够稳定运行。

2 无线调频广播

隧道无线调频广播系统应满足表 4.2.2-1 的要求，确保信息传播的准确性与覆盖范围。

表 4.2.2-1 无线调频广播主要技术要求

序号	广播类型	技术要求
1	固定广播	(1)声压宜满足：I 级隧道单个定向喇叭 10 米处峰值声压级应 $\geq 126\text{dB}$ ，II 级、II 级隧道单个定向喇叭 10 米处峰值声压级应 $\geq 121\text{dB}$ ； (2)单个定向喇叭频率响应宜满足 500Hz--5000Hz； (3)最大单边声束角描述的系统指向性宜为 $\leq \pm 20^\circ$ 。
2	移动应急强声广播	(1)应具备内置警报信号，宜具有录音及回放功能； (2)峰值声压宜满足 10 米处峰值声压级应 $\geq 116\text{dB}$ ； (3)喇叭频率响应宜满足 500Hz-10000Hz； (4)最大单边声束角描述的系统指向性宜为 $\leq \pm 30^\circ$ ； (5)设备单体重量宜 $\leq 8\text{KG}$ 。

3 隧道内辅助定位设施

(1) 支持车辆位置信息服务时相对定位精度宜达到亚米级。

(2) 可采用无线通信或路侧特征标识物识别等技术实现辅助定位。

4.2.3 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：

1 视觉诱导设施

视觉诱导设施包括被动发光型轮廓带、轮廓标、突起路标、线形诱导标、立面标记等设施，应满足表 4.2.3-1 的要求：

表 4.2.3-1 视觉诱导设施主要技术要求

序号	设施名称	技术要求
1	被动发光型轮廓带	(1) 行车方向纵断面外形不得有刀片状和尖锐棱角； (2) 反光膜采用拼接时，重叠部分不应小于 5mm；当采用平接时，其间隙不应超过 1mm； (3) 被动发光型轮廓带在车灯照射下应清晰明亮，颜色均匀，不应出现明暗不均的现象。
2	轮廓标	(1) 应符合《轮廓标》(GB/T 24970) 的规定； (2) 轮廓标表面应平整光滑，无明显凹痕或变形； (3) 不应有明显的划伤、裂纹、损边、掉角等缺陷。
3	突起路标	(1) 应符合《突起路标》(GB/T 24725)、《太阳能突起路标》(GB/T 19813) 的规定； (2) 尺寸符合有关规范要求，表面光滑，不得有尖角、毛刺存在，表面无明显的划伤、裂纹。
4	线形诱导标	(1) 应符合《道路交通标志和标线》(GB 5768) 和《道路交通标志板及支撑件》(GB/T 23827) 的规定。 (2) 在车灯照射下，线形诱导标应清晰明亮，颜色均匀。
5	立面标记	(1) 反光膜应符合《道路交通反光膜》(GB/T 18833) 的规定； (2) 颜色、形式位置等应符合现行《道路交通标志和标线》(GB 5768) 的规定并满足设计要求； (3) 表面应平整光滑，无明显凹痕或变形； (4) 不应有明显的划伤、裂纹、损边、掉角等缺陷。

2 洞口柔性阻拦设施

洞口柔性阻拦设施应能实现对后续车辆信息提示及有效阻拦等功能，并宜满足表 4.2.3-2 的要求：

表 4.2.3-2 洞口柔性阻拦设施主要技术要求

序号	指标名称	技术要求
1	响应时间	≤15s
2	连续工作时长	≥2h
3	能见度	白天≥120m，夜间≥500m
4	功能兼容性	应具备设备现场控制、远程控制及联动控制。
5	防护等级	IP65
6	工作温度	-20℃-60℃

3 车道级管控情报板

(1) 应采用高亮度、高清晰度的 LED 显示屏，确保信息清晰可见，以适应隧道内的光线环境和驾驶者的视觉需求；

(2) 应具备防水、防尘、防腐蚀等特性，以确保设备在恶劣环境下仍能稳定运行；

(3) 应配备数字化控制系统，能够根据实时交通数据自动调整信息内容，实现智能化管理。

4 智能疏散系统

(1) 应具备多种疏散诱导预设方案，以应对不同工况下的控制需求；

(2) 应能接收其他各系统及火灾报警系统发出的应急信号，按预设的逻辑方案对疏散指示设施设备进行智能控制，并实时反馈各设施设备的工作状态；

(3) 应具备明确告知出行者疏散相关信息的能力，包括但不限于事件简要信息、救援情况、当前所处位置、是否需要离开车辆疏散、附近存在风险（是否存在危险废气或危化品车辆）、疏散路线建议等；

(4) 应具备火灾工况下与隧道火灾报警系统联动的能力，为逃生人员指引最合理的疏散路径。

5 智能机器人

(1) 智慧巡检功能。智能机器人应能对高速公路隧道内的主要设备、路面事件等进行实时智能监测，辅助人工完成日常巡检任务，巡检应符合表 4.2.3-3 与表 4.2.3-4 的要求；

表 4.2.3-3 智能巡检模式主要技术要求

序号	模式	技术要求
1	自主巡检	根据设定好的巡检路径和巡检目标点进行自动巡检。
2		根据设定好的时间段自动开始巡检。
3		根据具体的检测需求，安排专项巡检。
4	遥控巡检	通过人工遥控的方式使智能机器人进行远程遥控巡检。

表 4.2.3-4 智能机器人主要技术要求

序号	模块	技术要求
1	视频监控功能	运行到隧道内任一位置,通过转动云台全方位多角度能对隧道内路面情况和设备进行实时监控。
2	红外测温功能	可准确检测隧道内部的运行设备以及路面行驶车辆的表面温度。
3	环境监测功能	能对隧道内温湿度、空气环境以及烟雾浓度进行检测分析及报警。
4	火灾检测与报警	隧道应急巡检机器人能通过多种方式对隧道内部火灾进行检测和预警。
5	视觉识别功能	结合不同的算法,能对巡检过程中的设备、路面情况、隧道结构、异常事件进行视觉图像识别。
6	双向语音对讲功能	隧道应急巡检机器人搭载有双向语音对讲系统,能实现现场人员和监控中心人员的即时交互。
7	应急处理功能	检测到隧道内环境数据异常,设备发生故障、路面情况异常时,能快速反应并执行应急预案,并以应急工况速度 8.5~10m/s 的速度快速赶往事件现场,并提出告警信息。
8	自主充电功能	宜采取锂电池供电,并配有充电站,能满足隧道机器人的自主充电需求。
9	防撞避障功能	能探测机器人工作区域内的障碍物和隧道内的工作人员,当检测到障碍物时能自动停止行驶并报警。
10	事件检测功能	具备算法识别功能,满足隧道内自动巡检识别要求,机器人宜支持但不限于停车事件检测、逆行事件检测、行人闯入事件检测、抛洒物检测、烟雾火灾事件检测、消防栓门状态检测、灭火器状态检测、卷帘门状态检测。
11	机器人管理软件	应能收集机器人在巡检过程中捕获的各种数据,同时具备告警功能,当机器人检测到异常情况时,如火灾、烟雾或其他预设事件,软件应能及时通知管理人员,并触发应急预案。

(2) 应急指挥联动功能。机器人宜支持定向广播,满足隧道内应急需要的语音距离以及项目融合通讯指挥系统的兼容性,具体功能包括:1) 应能根据事件定位信息快速到达现场,进行视频回传和双向通话;2) 应具备警示灯指引、语音广播、双向通话和应急照明等应急功能。

4.2.4 在符合 JTJ 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:

- 1 宜能接入交通流、车辆状态、交通事件等数据;
- 2 宜支持针对某一目标事件或目标物,将多个不同来源且面向同一个对象的数据进行识别与融合处理,宜具备高精度地图静态数据的远程调用和本地存储

功能，并支持地图数据与其他接入该设备的路侧感知数据的融合处理；

3 宜支持输出车道级交通流诱导指令、车道级异常交通事件预警信息，可根据实际情况增加对其他路侧设施的控制与管理功能；

4 当所辖路侧设施的计算、存储、网络等资源异常时应进行告警；

5 应支持时钟同步功能；

6 以太网接口的通信速率宜不低于 1000Mbps，计算能力宜不低于 32TOPS。

4.2.5 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：

1 直流供电设施

直流供电设施应包含整流装置、监控装置和配套设施等。

(1) 整流装置

1) 整流装置的额定容量应不小于计算负荷容量的 1.2 倍，同时应满足负载中最大单台设备启动电流的需求。整流装置的容量应留有负荷发展裕度。

2) 整流装置输入电流总谐波失真度应满足表 4.2.5-1 的要求。

表 4.2.5-1 输入电流总谐波失真度

输入电流总谐波失真度	技术要求
100%负载率时输入电流总谐波失真度	$\leq 8\%$
50%负载率时输入电流总谐波失真度	$\leq 10\%$
30%负载率时输入电流总谐波失真度	$\leq 15\%$

3) 整流装置必须具备有功率因素校正装置，输入功率因数应满足表 4.2.5-2 的要求。

表 4.2.5-2 整流装置输入功率因数要求

输入功率因数	技术要求
100%负载率时输入功率因数	≥ 0.99
50%负载率时输入功率因数	≥ 0.98
30%负载率时输入功率因数	≥ 0.95

4) 整流装置系统效率应满足表 4.2.5-3 的要求。

表 4.2.5-3 整流装置系统效率要求

系统效率	技术要求
100%负载率时系统效率	$\geq 93\%$
50%负载率时系统效率	$\geq 92\%$
30%负载率时系统效率	$\geq 92\%$

5) 整流装置直流输出端在 0MHz~20MHz 频带内的峰-峰值杂音电压应不大于输出电压标称值的 0.5%。

(2) 监控装置

1) 监控装置应具有外部数据接口，支持软件升级和历史数据下载。

2) 监控装置应具有告警记录存储功能，告警信息记录不低于 500 条，断电后告警信息应可以继续保存，保存时间不应低于 90 天。

3) 绝缘监测装置应具备通信功能。系统发生接地故障或绝缘电阻下降到设定值，应能显示接地极性并及时、可靠地发出报警信息。绝缘状况测量周期不大于 2s。

4) 绝缘监测报警范围宜满足表 4.2.5-4 的要求。绝缘电阻预警值宜选择报警值的 2 倍。

表 4.2.5-4 绝缘监测报警范围表

直流系统标称电压 (V)	绝缘电阻报警范围(k Ω)
110	10~30
220	15~40
240	15~40
336	20~60
400	25~75
440	25~75
600	30~90
750	40~120
1000	50~150
1500	75~220

5) 绝缘监测装置在预警范围内的监测精度应高于 $\pm 5\%$ ，其它范围精度应不

低于±20%。

(3) 配套设施

- 1) 所采用的防雷器、断路器额定电压必须与直流系统标称电压相适应；
- 2) 配电装置应具有过电流保护功能；
- 3) 直流断路器应选择同时切断回路的正、负极；
- 4) 当熔断器和直流断路器构成上下级保护时，熔断器宜装设在直流断路器上一级，其额定电流应不小于直流断路器额定电流的 3 倍或 3 倍以上；
- 5) 防雷器的设置应符合《GB50057 建筑物防雷设计规范》、《GB50343 建筑物电子信息系统防雷技术规范》的要求；
- 6) 直流母线排或电缆正极应采用棕色或红色，负极应采用蓝色或黑色，中线采用紫色。

2 新能源设施

新能源设施宜包括风能、太阳能、氢能等发电设施、储充设施等新型多能源融合供给设施。

3 能耗监测设施

能耗监测设施应具备对用能环节、用能系统、能耗类型与数量、用能设备进行监测，对能耗监测数据进行分析与应用等功能。

4.3 监控中心设施

4.3.1 计算机系统应至少包括工作站、服务器、磁盘阵列、网络交换机、外设等。

- 1 工作站的 CPU、主频、内存、硬盘技术指标应满足系统技术要求。
- 2 服务器应具有网络管理、数据信息存储等功能，宜采用专用服务器，主服务器应采用具有热备份功能的企业级设备。
- 3 磁盘阵列应配置保存 3 年以上数据容量。
- 4 监控中心计算机系统应采用星型百兆级以上规模网络结构。
- 5 监控中心设备与隧道现场设备间宜建立以光纤通信为主的通信网络，宜采用光纤工业以太网，利用两条光缆构成自愈保护环；对于单洞双向通行隧道，也可利用一条光缆的不同纤芯构成自愈保护环。数据、图像/视频、语音宜由各自

独立的传输通道进行信息交换。

6 计算机系统外设应根据系统和用户需求合理配置。

4.3.2 视频监控系统应由视频传输、视频存储、视频显示及配套设施构成。

- 1 视频监控图像宜对应显示在视频显示系统上。
- 2 视频存储应配置保存不少 30 天视频的存储容量。

4.3.3 视频显示系统应由显示单元、多屏拼接控制等构成。

- 1 显示单元总面积应控制在合理范围之内。
- 2 多屏拼接控制器视频输入/输出数量不应少于拼接屏幕数量。
- 3 视频显示系统应能显示高速公路隧道数字化管控系统主要工作站的显示器信号。

4.3.4 附属设施应由 UPS 电源系统、防雷接地系统、综合控制台等构成。

- 1 UPS 后备时间应不小于 60 分钟。
- 2 监控中心应实施防雷接地系统。
- 3 综合控制台正面与墙的净距不应小于 1.2m，侧面与墙或其他设备的净距在主要通道不应小于 1.5m，在次要通道不应小于 0.8m。
- 4 视频显示系统中监视器墙的观看距离不应小于 3m，监视器背面和侧面与墙的净距不应小于 1m。

4.3.5 网络安全系统应满足以下要求：

- 1 高速公路隧道数字化管控系统所在管理机房的网络安全保护等级应满足信息系统安全保护等级第二级要求。
- 2 高速公路隧道数字化管控系统与公用互联网互通时，网络安全保护等级应满足信息系统安全保护等级第三级要求。

5 数字化管控场景技术要求

5.1 一般规定

5.1.1 高速公路隧道数字化管控应包括运行服务、突发事件应急管控和运维管理数字化场景。

5.1.2 应通过隧道外场、隧道内设备、导航软件、交通广播、车路协同等方式，将隧道交通信息及时、准确向出行者发布，并利用信息化手段，提高公众出行服务水平。

5.1.3 应遵循“主动响应，精准管控”的原则，应在 JTG D70/2 基础上，根据感知生成预案实施管控，通过积极的、动态的隧道路段控制技术，从而达到平抑交通流、减少交通事件、交通事故的目的。

5.1.4 隧道运维管理数字化应重点关注机电设备运维数字化、隧道资产数字化和碳排放数字化。

5.2 隧道运行服务场景技术要求

5.2.1 隧道正常工况数字化管控

- 1 应实时采集交通监控设施的功能、工作状态、故障等数据。
- 2 应实时采集环境监测设施的功能、工作状态、故障等数据，并通过数字化管控软件系统对通风、照明、消防等设施一键下发联动控制预案或指令。

5.2.2 隧道养护工况数字化管控

- 1 应包括对隧道内设备的供电状态、通信状态、设备运行指标的在线监测、智能巡检，采用大数据技术对设备状态数据进行分析，对设备状态提出预警，及时发现设备状态故障等功能。

2 监测的范围应包括但不限于以下内容：

（1）风机启停（正转、反转），轴温、振动，电流电压，控制箱内温度、湿度等通风设施信息；

（2）单灯的开/关和调光，配电箱和单灯的电流、电压，机箱温度、湿度等照明设施信息；

（3）区域控制机箱电流、电压，区域控制机箱内温度、湿度等交通监控设施信息；

（4）摄像机的电流、电压，摄像机机箱内温度、湿度等闭路电视设施信息；

（5）火灾报警状态信息，火灾报警器电流、电压等火灾报警设施信息；

（6）高、低位水池水位，消防水泵电流电压，消防管道（泡沫喷淋）阀门水压等消防设施信息；

（7）卷帘门开关状态，控制箱电流电压，控制箱内温度、湿度等汽通门信息；

（8）UPS（EPS）电池电压、运行状态，发电机电池电压、运行状态，供电设备电压、电流等供配电设施信息。

3 应采用全寿命周期养护概念，利用隧道结构检测系统、设备健康状态监测系统、隧道数字地图、隧道交通监控等系统，完成数据存储，应覆盖隧道土建结构、机电设施、交安设施、房建设施等。

4 应建立隧道养护技术电子档案，具有预防性养护分析决策、养护策略制订，对养护工程进行管理，对养护工作进行考核评价等功能。

5 隧道结构监测应具备三维建模、大数据应用、自动报警等功能。

6 设备健康状态监测应具备数据采集、数据永久储存、状态报警、健康分析等功能。

7 数字化预防性养护管理，应具有基础数据管理、养护巡查管理、养护决策辅助、养护工程管理、可视化辅助等功能。

5.3 隧道突发事件应急管控场景技术要求

5.3.1 隧道交通事件数字化管控

1 应根据交通异常工况下交通态势变化情况，及时调整交通控制方案。需采取封闭隧道交通时，应及时通过数字化管控软件一键下发联动控制预案，宜将交通管控措施前置至隧道入口前。

2 发生交通阻滞、事故等情况时，应通过数字化管控软件控制风机运转，保证隧道内温湿度在可接受范围内，烟尘、CO、异味等满足安全、卫生和基本空气环境质量要求。

3 隧道内所有照明灯具宜通过数字化管控软件一键调节至最大亮度。

5.3.2 隧道火灾事件数字化管控

1 应通过数字化管控软件集成交通监控设施、紧急呼叫设施、火灾探测报警设施等，及时探测、接收、显示、记录和传递火灾报警等信息，监测消防供水量及水压。

2 隧道内发生火灾事故时，应立即封闭事故隧道及对向隧道。宜视隧道火灾事故发展情况确定是否开放对向隧道交通。应及时通过数字化管控软件一键下发联动控制预案，宜将交通管控措施前置至隧道入口前。

3 应通过数字化管控软件对疏散阶段通风防排烟进行控制，避免火灾事故隧道烟气侵入横通道、相邻隧道和避难间，保障疏散安全。

4 隧道内所有照明灯具宜通过数字化管控软件一键调节至最大亮度，根据现场实际情况，若火灾影响到供电线路，应开启照明应急回路，断开其它照明回路。

5 应通过数字化管控软件联动广播进行疏散与救援指导，通知隧道内人员立即弃车逃生，指示逃生人员迅速进入安全疏散通道。

5.3.3 隧道入口数字化管控

1 针对需要封闭隧道的突发事件，应结合隧道入口前 1km 的基础设施，建

设隧道入口管控设施，实现交通管控前置。

2 宜结合可变信息标志、声光报警器在隧道入口前路段提前发布诱导、警示信息。

3 宜在隧道洞口建设柔性阻拦设施。

4 宜利用交通监控设施，实时统计交通管控信息发布后，仍驶入隧道车辆的数量、洞口阻拦车辆数量、涉事车辆数量。

5.4 隧道运维管理数字化场景技术要求

5.4.1 机电设备运维数字化管理

1 设备运维宜根据运营管理要求对隧道内机电设备建立设备数字化档案，对设备全生命周期进行管理。

(1) 机电设备运维应提供设备动态变更记录，宜对访问人员做授权管理并支持报表功能。

(2) 应能根据机电设备目前已在役使用的时间及机电设备档案信息，预测统计出某年（如下一年度）、某季度、某月机电设备的使用到期、报废情况。

2 应提供机电日常巡检管理功能，包括不限于跟踪设备运行状态等。

(1) 日常设备运维宜根据巡检周期、设备检测内容等制定标准的巡查、检修计划。

(2) 日常机电设备巡检就提供完善的巡检记录，并提供设备巡检照片。

(3) 宜对巡检形成记录由业主签字确认。

3 故障维护时宜对故障受理到故障修复整个流程提供维修记录。

5.4.2 隧道资产数字化管理

1 应利用 GIS 地图的以下功能为典型场景应用提供技术支持：

(1) 基础地图服务，包括地图基础操作、查询、空间数据显示；

(2) 编辑功能，即标注的任意添加以及线、多边形面的绘制功能；

(3) 测量功能，包括对距离、面积、高程等的测量；

(4) 空间分析功能，包括邻近红线区域分析、水文、太阳辐射分析、度量

地理分析等。

2 资产数字化基础数据库应包括隧道主体结构、路面、交安标志、机电设备、消防设施、建筑设施等；应不断根据隧道发生的巡查、检测、养护、改扩建，更新隧道资产数字化基础数据库。

5.4.3 碳排放数字化管理

1 应在 JTG/T 2340 基础上，通过大数据分析，辅助用电决策，加强评价考核，从而达到提高隧道能耗效率的目的。

2 应具备能耗监测、能耗分析、用电质量分析、设备能效分析等功能。

6 数字化管控系统功能技术要求

6.1 一般规定

6.1.1 高速公路隧道数字化管控系统应由隧道综合监控、隧道专项管控、应急指挥调度、隧道数据分析、系统后台管理组成。

6.1.2 数字化管控系统应在传统高速公路隧道机电系统基础上，进行升级、整合、重塑，加强感知能力、汇聚各子系统数据、提升数据分析能力，实现提高管控效率、提升服务水平、降低运维成本。

6.1.3 根据技术发展和实际应用环境，可对隧道综合监控、隧道专项管控以及应急指挥调度内容及功能模进行适度扩展与变更。

6.2 隧道综合监控

6.2.1 机电设备状态监测应具备以下功能：

1 采集监控中心及管理范围内的所有机电设施主要包括通风、照明、交通监控、紧急呼叫、火灾探测报警、消防、供配电等设施的工作状态信息及控制反

馈信息。

- 3 定时检测各设备的工作状态。
- 4 根据需要向监控中心显示设备发送显示信息。
- 5 将各系统采集和分析所得数据以图形和数字相结合的方式实时、动态地显示在显示设备上。
- 6 显示各监控设施位置及其状态、异常报警信息，根据需要自动切换各视频图像。

6.2.2 机电设备运行控制应具备以下功能：

- 1 对监控中心及管理范围内的所有机电设施主要包括通风、照明、交通监控、紧急呼叫、火灾探测报警、消防、供配电等设施进行管理和控制。
- 2 实现单一机电设备运行的联控，同类机电设备运行的群控。
- 3 实时获取机电设备运行控制的反馈信息。

6.2.3 隧道运营环境监测应具备以下功能：

- 1 采集和处理隧道内外环境信息，包括但不限于 CO 浓度、NO₂ 浓度、能见度、风速风向、光亮度等。
- 2 根据需要向监控中心显示设备发送显示信息。

6.2.4 隧道交通运行监测应具备以下功能：

- 1 采集和处理交通基本信息，包括交通量、车速、占有率等。
- 2 根据需要向监控中心显示设备发送显示信息。

6.2.5 隧道视频监控应具备以下功能：

- 1 对接入的视频图像进行切换、控制、显示、存储。
- 2 访问管辖范围内存储的所有视频图像。
- 3 实时轮流显示各路视频图像。
- 4 对发生特殊情况所区域的视频图像进行切换显示。

6.2.6 隧道视频事件检测应具备以下功能：

- 1 采集视和处理频事件检测器的检测数据信息。
- 2 根据需要向监控中心显示设备提供设施状态和报警地址、时间信息，并能对报警的优先级进行分级。
- 3 与其他管理系统进行通信，共同完成异常事件和交通控制措施的联动运行。

6.2.7 紧急呼叫设施管控应具备以下功能：

- 1 采集紧急电话的呼叫信息。
- 2 通过隧道广播设施发布语音信息。
- 3 根据需要向监控中心显示设备发送设施状态和报警地址、时间信息。

6.2.8 隧道火灾报警检测应具备以下功能：

- 1 采集和处理火灾报警设施提供的数据信息。
- 2 根据需要向监控中心显示设备发送设施状态和报警地址、时间信息。
- 3 与其他系统进行通信，共同完成火灾报警事件和交通控制措施的联动运行。

6.2.9 隧道结构健康监测应具备以下功能：

- 1 采集和处理隧道结构健康监测，包括结构应变、隧道收敛、沉降、变形缝位移等。
- 2 根据需要向监控中心显示设备发送显示信息。

6.2.10 隧道电力数据监测应具备以下功能：

- 1 采集和处理供配电信息，包括系统电压、电流、功率、用电量等。
- 2 根据需要向监控中心显示设备发送显示信息。

6.3 隧道专项管控

6.3.1 隧道通风专项管控应具备以下功能：

- 1 显示 CO 浓度、NO₂ 浓度、能见度、风速风向等通风相关数据信息。
- 2 向通风控制单元发送控制信息。
- 3 具备日常通风控制、火灾通风控制、单风机控制功能。
- 4 具备手动控制和自动控制模式切换功能。
- 5 实时获取通风控制的反馈信息。
- 6 根据需要向监控中心显示设备发送显示信息。

6.3.2 隧道照明专项管控应具备以下功能：

- 1 显示洞内外亮度等照明相关数据信息。
- 2 向照明控制单元发送控制信息。
- 3 照明控制功能包括：正常照明控制、特殊照明控制、单一回路控制功能。
- 4 具备手动控制和自动控制模式切换功能。
- 5 实时获取照明控制的反馈信息。
- 6 根据需要向监控中心显示设备发送显示信息。

6.3.3 隧道消防专项管控应具备以下功能：

- 1 显示监测消防设施水压、水池液位、水泵状态等消防相关数据信息。
- 2 向消防水泵控制单元发送控制信息。
- 3 实时获取消防控制的反馈信息。
- 4 根据需要向监控中心显示设备发送显示信息。

6.3.4 道路诱导专项管控应具备以下功能：

- 1 向外场诱导设施主要包括可变信息标志、可变限速标志等设施发送控制与诱导信息。
- 2 实时获取诱导控制的反馈信息。

- 3 向监控中心的显示设备发送显示信息。

6.3.5 机电设备联动控制应具备以下功能：

- 1 采集和处理隧道各类事件报警信息。
- 2 根据隧道应急事件类型、发生的位置，选择机电设备联动控制预案，下发联动控制指令。
- 3 实时获取联动控制的反馈信息。
- 4 向监控中心的显示设备发送显示信息。

6.3.6 重点车辆监控专项应具备以下功能：

重点车辆监控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包括：

- 1 车辆行驶轨迹；
- 2 车辆装载物信息；
- 3 车辆装载危化物品泄露的处置方案。

6.4 应急指挥调度

6.4.1 联动控制预案管理应具备以下功能：

- 1 应急事件联动控制预案的编辑、维护。
- 2 联动控制预案编辑应包括事件类型、事件位置、机电设备控制指令等信息。

6.4.2 专项预案管理应具备以下功能：

- 1 专项预案的编辑、维护。
- 2 专项预案编辑应包括预案相关管理人员、外联单位、应急设施等信息。

6.4.3 应急指挥调度驾驶舱应具备以下功能：

- 1 在隧道应急事件确认发生后，显示事件发生位置及其上游洞口、上游路段、下游洞口监控视频图像。
- 2 显示辖区路网的外场诱导设施发布内容。
- 3 显示应急事件对应联动控制预案、专项预案信息。
- 2 宜在监控中心大屏幕显示系统应用。

6.5 机电设备养护

6.5.1 机电设备养护任务管理应具备以下功能：

- 1 隧道机电设备养护任务主要包括日常巡查、经常性检修、定期检修等的录入、维护与统计。
- 2 隧道机电设备养护任务应包括隧道、养护机构、检查人、记录人、巡检时间等信息。

6.5.2 机电设施故障管理应具备以下功能：

- 1 机电设施故障信息的采集、录入、维护、统计。
- 2 机电设施主要包括通风、照明、交通监控、紧急呼叫、火灾探测报警、消防、供配电等设施故障信息。

6.6 隧道数据分析

6.6.1 运营数据统计分析应具备以下功能：

- 1 采集和处理运营数据主要包括 CO 浓度、能见度风速风向、洞内外亮度、电力等数据信息。
- 2 图表的形式展示分析结果，可导出数据分析表格。

6.6.2 交通数据统计分析应具备以下功能：

- 1 采集和处理交通数据主要包括交通量、车速、占有率等数据信息。
- 2 图表的形式展示分析结果，可导出数据分析表格。

6.6.3 设备数据统计分析应具备以下功能：

- 1 采集和处理设备数据主要包括设备的在线率、完好率、故障率等数据信息。
- 2 图表的形式展示分析结果，可导出数据分析表格。

6.6.4 事故数据统计分析应具备以下功能：

- 1 隧道事故黑点分析，可导出数据分析表格。
- 2 隧道事故影响范围分析，可导出数据分析表格。
- 3 隧道事故涉事车辆统计分析，可导出数据分析表格。

6.6.5 运营数据驾驶舱应具备以下功能：

- 1 显示隧道运营管理相关数据主要包括通风、照明、交通、报警、电力、设备等数据。
- 2 宜在监控中心大屏幕显示系统应用。

6.7 系统后台管理

6.7.1 基础数据管理应具备以下功能：

- 1 系统基础数据的采集、录入、维护、统计等数据管理功能
- 2 系统基础数据主要包括隧道、组织架构、机电设施、应急设施管理、外联单位等数据
- 3 自动地完成数据备份、文档存储。

6.7.2 用户管理应具备以下功能：

- 1 应能对用户、用户所属角色及角色权限进行管理。
- 2 应能对用户身份进行合法性认证，身份认证可采用静态口令、动态口令、数字证书认证等模式。

6.7.3 日志管理应能高速公路隧道数字化管控系统功能运行和用户操作等日志，并对日志信息进行查询和统计。

6.7.4 数据传输交互

- 1 应能实现各级数字管控控制系统间以及数字管控控制系统与所属公路其他管理系统间的数据传输。
- 2 应能实现与外系统的数据传输。

6.8 系统接口

6.8.1 高速公路隧道数字化管控系统接口总体要求如下：

- 1 系统对外提供接口的实现应与实现技术无关，接口内部实现技术变更不应导致服务接口变化；
- 2 系统接口应符合统一的数据格式与交互参数，同时应提供防错、容错、合法性校验等机制；
- 3 系统接口服务端应对客户端做身份认证，应对敏感数据做加密；
- 4 系统对外提供接口必须通过系统安全机制；
- 5 系统接口访问操作应有记录日志，日志内容应符合审计要求。

6.8.2 高速公路隧道数字化管控系统软件接口类型应包括硬件说明、接口功能说明、接口信息说明、接口处理方法、接口控制方式、接口时间特性、硬件编码规则、硬件部署图例、连接方式图例、存储资源分配和程序编制要求等。

6.8.3 高速公路隧道数字化管控系统软件接口内容应包括接口功能说明、接口约定、数据特性、数据处理方法、接口程序运行控制、接口时间特性、接口传输频率、接口数据样例、接口地址说明、接口版本说明、存储资源分配和程序编制要求等。

6.8.4 高速公路隧道数字化管控系统通信接口内容应包括包括硬件描述、接口功能说明、通信协议、报文处理、存储资源分配、程序接口设计和程序编制要求等。

6.9 系统软件

6.9.1 高速公路隧道数字化管控系统软件应按下列原则选择：

- 1 应综合考虑其功能、性能、可靠性、安全性、可扩展性、系统管理能力、成功应用案例、维护、服务和费用等因素。
- 2 应与所采用的系统硬件相适应。

6.9.2 高速公路隧道数字化管控系统软件应能够满足自动化、智能化管理需求，对可能发生的特殊交通安全或紧急事件，拟定应急处置方案，经确认后迅速执行有关操作。软件应急处理方案应与管理单位备案的应急预案一致。

6.9.3 高速公路隧道数字化管控系统软件设计应符合下列规定：

- 1 应与管理要求相适应，应具有隧道综合监控、隧道专项管控、应急指挥调度、机电设备养护、隧道数据分析、系统后台管理、数据传输交互等功能。
- 2 宜采用模块化结构。
- 3 应有容错功能、分级保密功能和安全措施。
- 4 应易于操作、维护。

6.9.4 原始数据保存时间不应少于 1 年，统计数据保存时间不应少于 1 年，视频数据保存时间不应少于 30 天。

6.9.5 高速公路隧道数字化管控系统软件应采取密码设置、防火墙设置、病毒防护、访问控制、数据备份等措施，保障网络安全。

6.10 系统性能

6.10.1 高速公路隧道数字化管控系统应保证 7×24h 不间断运行。

6.10.2 高速公路隧道数字化管控系统分析数据输出结果事件 $\leq 2s$;

6.10.3 高速公路隧道数字化管控系统信息经人工审核确认后发布延迟时间 $\leq 5s$;

6.10.4 高速公路隧道数字化管控系统突发事件应急响应时间 $\leq 2min$ 。

7 系统安全要求

7.1 一般规定

7.1.1 高速公路隧道数字化管控系统的建设和运营应遵守《中华人民共和国网络安全法》及相关法律法规，确保网络和信息安全。

7.1.2 高速公路隧道数字化管控系统密码应用应符合 GB/T 39786、GB/T 43207 的有关规定，密码应用测评应符合 GB/T 43206 的有关规定。

7.1 系统软硬件安全要求

7.2.1 应充分考虑外场设备的物联网属性，配置安全保护措施。

7.2.2 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/T22239 的规定。

7.2.3 应采取密码设置、防火墙设置、病毒防护、访问控制、数据备份等措施，保障网络安全。

7.3 系统网络安全要求

7.3.1 高速公路隧道数字化管控系统所在管理机房的网络安全保护等级应满足信息系统安全保护等级第二级要求。

7.3.2 高速公路隧道数字化管控系统与公用互联网互通时，网络安全保护等级应满足信息系统安全保护等级第三级要求。