

# 山西省高速公路隧道工程 消防设计指南

山西省住房和城乡建设厅

2023 年 3 月



# 目 次

前 言	1
1 总则	1
2 术语和符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	4
3 总体要求	5
3.1 一般规定	5
3.2 隧道交通工程与附属设施配置等级	5
3.3 隧道耐火等级	6
3.4 隧道平面布局	7
3.5 隧道安全疏散	8
3.6 隧道防火分隔	8
3.7 消防车道	9
4 消防给水及灭火设施	10
4.1 一般规定	10
4.2 补水水源	10
4.3 给水形式	11
4.4 供水设施	11
4.5 消火栓和固定式水成膜泡沫灭火装置	12
4.6 管网	13
4.7 灭火器	14
4.8 控制与操作	15
5 隧道防烟排烟设施	16
5.1 一般规定	16
5.2 隧道火灾排烟	16
5.3 隧道排烟风机	17
5.4 逃生通道、避难所的防烟	18
5.5 隧道内附属用房的防烟与排烟	18
5.6 排烟风机辅助设备	18
5.7 隧道火灾工况下的防烟与排烟控制	18
6 交通监控与诱导	20
6.1 一般规定	20
6.2 交通监视	20
6.3 控制与诱导	20
6.4 隧道控制与管理系统	20

7	应急照明与疏散指示标志·····	22
7.1	应急照明·····	22
7.2	疏散指示标志·····	22
8	火灾自动报警系统·····	23
8.1	一般规定·····	23
8.2	报警区域和探测区域的划分·····	23
8.3	火灾探测器·····	23
8.4	手动报警按钮和火灾声光警报器·····	24
8.5	火灾报警控制器·····	24
8.6	紧急呼叫设施·····	25
8.7	消防联动控制设计·····	26
9	消防供电与线缆·····	27
9.1	供配电设施·····	27
9.2	隧道内电气线缆·····	27
9.3	防雷与接地·····	28
附录 A	火灾报警、建筑消防设施运行状态信息·····	29
	本指南用词说明·····	30
	引用标准名录·····	31
附件 1	山西省高速公路隧道工程消防设计指南条文说明·····	32
附件 2	隧道消防设计应急救援控制流程·····	47



## 前 言

为了规范和指导我省高速公路隧道消防设计和审查工作,确保高速公路隧道消防设计质量,根据《中华人民共和国建筑法》《中华人民共和国消防法》《建设工程质量管理条例》等法律法规,《建设工程消防设计审查验收管理暂行规定》《建设工程消防设计审查验收工作细则》《山西省建设工程消防设计审查验收工作实施细则(试行)》等部门规章,《建筑设计防火规范》等国家标准,《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》《公路隧道设计规范 第二册 交通工程与附属设施》等行业标准,《公路隧道消防给水系统设计细则》等地方标准的有关规定,结合高速公路隧道工程的特点和山西省实际,编制了本指南。

本指南的主要内容是:1.总则;2.术语和符号;3.总体要求;4.消防给水及灭火设施;5.隧道防烟排烟设施;6.交通监控与诱导;7.应急照明与疏散指示标志;8.火灾自动报警系统;9.消防供电与线缆。

主 编 单 位 : 山西交通科学研究院集团有限公司

山西省交通规划勘察设计院有限公司

主要起草人员: 闫光明 李志鹏 燕海兵 杨 涛 郭婷婷 孙伟翎

张晨铃 王相国 任卫英 武瑞兵 朱彦姣 贾 鹏

常馨方 程义芳 薄秀丽 江海波 杨宇峰 程耀煊

赵 森 徐 超

主要审查人员: 张海亮 李 宁 杨秀军 王恩师 黄 红 关志华 霍尚斌

张耀泽 姜 宁 朱宝仁 徐用生

# 1 总 则

**1.0.1** 为统一山西省高速公路隧道消防设计技术标准，保障公路隧道运营安全，保证服务水平，指导工程建设，制定本指南。

**1.0.2** 本指南适用于山西省境内新建、改建和扩建高速公路的隧道消防设计。

**1.0.3** 高速公路隧道消防设施工程应与隧道其它工程设施同步设计、同步施工，与隧道同时验收、使用。

**1.0.4** 高速公路隧道消防设计应遵循国家的有关方针政策，结合工程特点，采取有效的技术措施，做到安全可靠、经济适用、技术先进、节能环保。

**1.0.5** 高速公路隧道消防设计除应符合本指南的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

**1.0.6** 公路隧道可按其长度划分为四类，划分标准应符合表 1.0.6 的规定。

表 1.0.6 公路隧道按长度分类

分类	特长隧道	长隧道	中隧道	短隧道
长度（m）	$L > 3000$	$3000 \geq L > 1000$	$1000 \geq L > 500$	$L \leq 500$

注：隧道长度系指两端洞口初砌端与隧道轴线在路面顶交点间的距离。

## 2 术语和符号

### 2.1 术 语

#### 2.1.1 年平均日交通量 annual average daily traffic volume

全年的日交通量观测结果的平均值。

#### 2.1.2 隧道单洞设计年平均日交通量 annual average daily traffic volume of tunnel single hole in design years

根据设计年限交通量预测所选定的作为隧道设计标准的单洞年平均日交通量。

#### 2.1.3 单向交通隧道 oneway traffic tunnel

只有一个交通流向的单洞隧道。

#### 2.1.4 横通道 cross channel

连接两隧道或洞室间或隧道连接地面的、近水平的横向联络通道。

#### 2.1.5 人行横通道 cross channel

紧急情况下，供人员疏散的横通道。

#### 2.1.6 车行横通道 cross channel

紧急情况下，供车辆通行的横通道。

#### 2.1.7 隧道附属用房 ancillary facility

为保障隧道正常运营而设置的管理和设备用房。

#### 2.1.8 消防水源 fire water

公路隧道交通工程与附属设施中的消防水源，特指高位消防水池或低位消防水池中的储水。

#### 2.1.9 补水水源 fire water supply source

补水水源指向消防水池供水的水源，包括蓄水池、市政水、深井、大口井、渗渠、山区浅水河流、隧道涌水、公路沿线场区（路段管理中心、服务区、养护工区、收费站、隧道管理站）的生活水池或补水水车等。

#### 2.1.10 常高压消防给水系统 constant high pressure fire protection water supply system

能始终重力供应水灭火设施所需的工作压力和流量，火灾时无须消防水泵直接加压的供水系统。

#### 2.1.11 稳高压消防给水系统 stable high pressure fire protection water supply system

平时由稳压设施维持水灭火设施的工作压力和充水，火灾时能自动启动消防水泵以满足水灭火设施所需的工作压力和流量的供水系统。

#### 2.1.12 临时高压消防给水系统 temporary high pressure fire water supply system

能重力供应初期火灾水灭火设施所需的工作压力和流量，火灾时能自动启动消防水泵以满足水灭火设施所需的工作压力和流量的供水系统。

#### 2.1.13 高位消防水池 gravity fire reservoir

设置在高处，可直接向水灭火设施重力供水的储水设施。

#### **2.1.14 低位消防水池 low fire reservoir**

设置在公路路侧，为固定或移动消防水泵吸水的储水设施。

#### **2.1.15 纵向排烟 longitudinal smoke extraction**

使通风气流在行车空间沿隧道纵轴线方向流动的排烟方式。

#### **2.1.16 全横向排烟 transverse smoke extraction**

通风气流在行车空间沿垂直于隧道轴线方向（横向）流动的排烟方式。

#### **2.1.17 半横向排烟 semi-transverse smoke extraction**

排出气流在行车空间沿垂直于隧道纵轴线方向进入（或排出）、沿隧道轴线方向排出（或进入）的流动。

#### **2.1.18 临界风速 critical velocity**

采用纵向通风的隧道防止（抑制）火灾时烟气回流的隧道断面最小通风风速。

## **2.2 符 号**

L—— 隧道长度；

q—— 隧道单洞设计年平均日交通量；

UPS—— 不间断电源装置。

### 3 总体要求

#### 3.1 一般规定

3.1.1 高速公路隧道消防防火设计应符合下列规定：

- 1 以人员逃生为主，车辆疏散、财产保全、灭火为辅；
- 2 火灾探测报警设备、紧急广播、紧急电话的设计年度取值不应低于隧道计划通车年后第 5 年；
- 3 消防灭火设施设计年度取值不应低于隧道计划通车年后第 10 年。

#### 3.2 隧道交通工程与附属设施配置等级

3.2.1 高速公路隧道交通工程与附属设施配置等级应根据隧道单洞长度和设计年度预测隧道单洞年平均日交通量两个因素，按图 3.2.1 划分为 A+、A、B、C、D 五个等级。

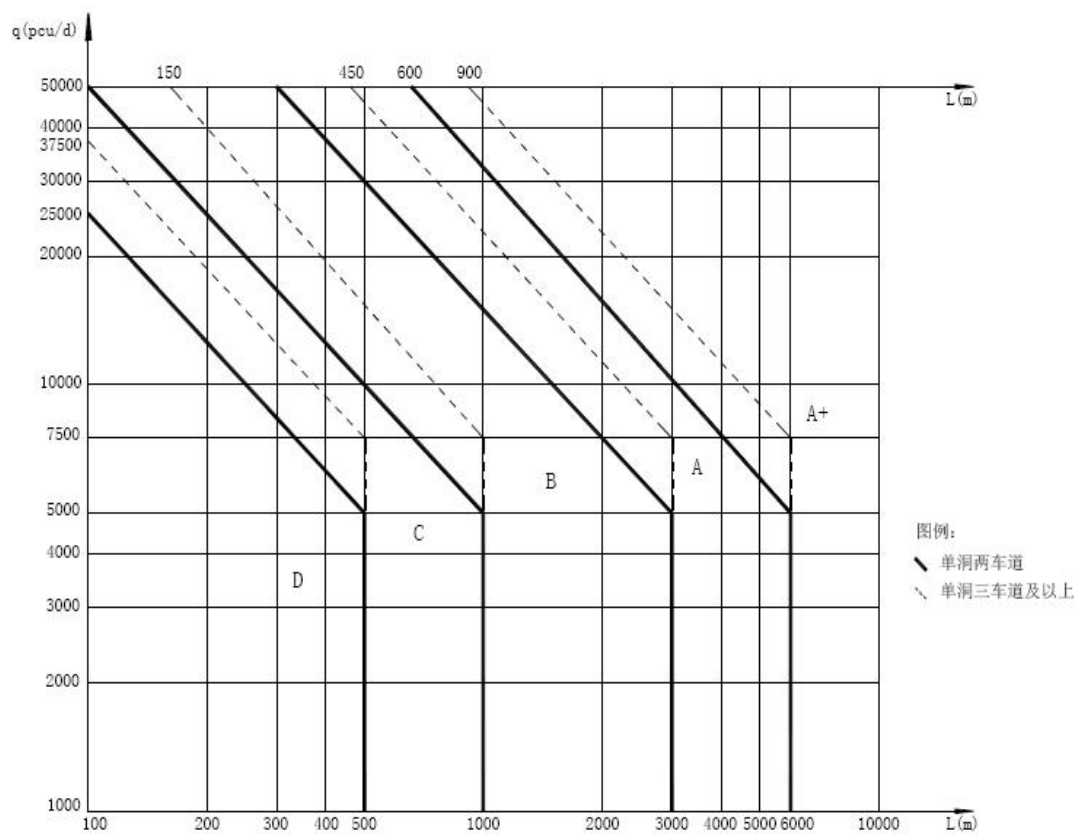


图 3.2.1 隧道交通工程与附属设施分级图

q——隧道单洞设计年平均日交通量（折合小客车）；L——隧道单洞长度

3.2.2 高速公路隧道消防设施配置标准应满足表 3.2.2 的要求。

表 3.2.2 高速公路隧道消防设施配置表

设施名称		隧道交通工程与附属设施配置等级				
		A+	A	B	C	D
火灾探测报警设施	火灾探测器	●	●	●	—	—
	手动报警按钮	●	●	●	—	—
	火灾声光警报器	●	●	●	—	—
灭火设施	灭火器	●	●	●	●	●
	消火栓	●	●	●	—	—
	固定式水成膜泡沫灭火装置	●	●	●	—	—
疏散、救援设施	消防设备指示标志	●	●	●	●	●
	疏散指示标志	长度大于 500m 的公路隧道应设置疏散指示标志；				
	横通道指示标志	●	●	●	●	●
火灾防烟排烟设施	机械排烟设施	●	●	■	—	—
	机械加压送风防烟设施	火灾时暂时不能撤离人员的附属用房应设置；				
其他设施	隧道广播设施	●	●	●	■	—
	隧道紧急电话	●	●	●	■	—
	应急照明	设置照明的隧道及其横通道应设置应急照明；隧道附属用房及其安全疏散通道应设置消防应急照明。				

- 注：1 “●”：必须设；“■”：宜设；“—”：不作要求。
- 2 长度小于 500m 的高速公路隧道，可不设消火栓系统及固定式水成膜泡沫灭火装置。
- 3 长度小于 200m 的高速公路隧道，且不设置照明的隧道可不设电光标志（电光标志：又叫隧道电光标志，主要用在隧道内，指示隧道安全的一种交通安全设施。是一种在光线较暗时能够清楚辨认的带有一定图形、符号的发光标志）。
- 4 长度大于 1000m 的高速公路隧道，应设置火灾机械防烟与排烟系统。

3.3 隧道耐火等级

3.3.1 隧道主体结构采用防火保护措施后，综合耐火极限应符合表 3.3.1 的要求。

表 3.3.1 综合耐火极限要求

消防安全等级	一级	二级	三级	四级
耐火极限（h）	2.00	2.00	1.50	1.00

3.3.2 隧道采用排烟道集中排烟模式，其顶隔板耐火极限不应低于表 3.3.2 的要求。

**表 3.3.2 顶隔板耐火极限要求**

消防安全等级	一级	二级	三级	四级
耐火极限（h）	2.00	1.50	1.00	—

**3.3.3** 隧道内建筑材料的燃烧性能应符合下列要求：

**1** 隧道及其横通道、专用疏散通道等的建筑内部装修材料、保温材料燃烧性能应为 A 级，嵌缝材料燃烧性能不应低于 B1 级。

**2** 通风管道、排烟管道、支架、顶隔板、电缆桥架等，其材料的燃烧性能应为 A 级。

**3** 隧道内路面上采用沥青材料时，应进行阻燃处理。

**3.3.4** 隧道内的附属设备用房、风井和消防救援出入口的耐火等级应为一级，地面的重要设备用房、运营管理中心及其他地面附属用房的耐火等级不应低于二级。

## 3.4 隧道平面布局

**3.4.1** 应合理确定隧道和附属用房的位置、防火间距、消防车道、消防水源以及隧道外消防设施。

**3.4.2** 隧道外附属用房宜就近设置在隧道出入口附近，并符合《建筑设计防火规范》GB50016 相关内容要求。

**3.4.3** 控制室宜与有人值守的隧道监控室合并设置，控制室的分级设置应与隧道监控站的分级设置一致。

**3.4.4** 柴油发电机房设置储油间时，应独立设置，并应采用耐火极限不低于 3.00h 的防火隔墙和能自行关闭的甲级防火门与发电机房和其它房间分隔，每个储油间的储油量不应超过 1.00m<sup>3</sup>。

**3.4.5** 柴油发电机房应配置适当规模的灭火设施。

**3.4.6** 柴油发电机间的门应向外开启，柴油发电机房与配电室之间的门应开向发电机间。

**3.4.7** 柴油发电机组应与隧道外部的公用电网供电系统自动切换，不得与其并列运行。当公用供电中断时，柴油发电机组自动运行；当外部公用供电系统恢复时，柴油发电机组应能自动退出工作，并延时停机。

## 3.5 隧道安全疏散

**3.5.1** 高速公路隧道，其车行横通道除应满足《公路隧道设计规范 第二册 交通工程与附属设施》JTG D70/2 的相关要求，尚应按下列规定设置：

**1** 长、特长隧道应设置车行横通道，设置间距宜为 750m，且不应大于 1000m；

**2** 车行横通道限界宽度不得小于 4.50m；限界高度应与主洞限界高度一致；

**3** 隧道与车行横通道的连通处，应采取防火分隔措施；

**4** 利用车行横通道兼作人行横通道时，防火分隔设施应同时具备紧急情况下车行与人行疏散的功能。

**3.5.2** 高速公路隧道，其人行横通道除应满足《公路隧道设计规范 第二册 交通工程与附属设施》JTG D70/2 的相关要求，尚应按下列规定设置：

- 1** 中、长、特长隧道应设置人行横通道，设置间距宜为 250m，并不应大于 350m；车行横通道可兼人行横通道使用；
- 2** 人行横通道限界宽度不得小于 2.00m，限界高度不得小于 2.50m；
- 3** 隧道与人行横通道连通处，应采取防火分隔措施。

## **3.6 隧道防火分隔**

### **3.6.1 防火卷帘设置应符合下列规定：**

- 1** 车行横通道、地下设备用房、运输通道预留位置处应分别设置耐火极限不低于 2h 的防火卷帘；隧道长度不小于 3000m 时，防火卷帘耐火极限不应小于 3h；
- 2** 防火卷帘平时应处于关闭状态，防火卷帘应设置现场手动、远程控制功能；火灾发生后，应能按照程序自动联动启闭；防火卷帘应采用钢质防火、防烟卷帘，卷帘材料及零部件应环保、耐腐蚀；其各项性能应符合《防火卷帘》GB14102、《防火卷帘、防火门、防火窗施工及验收规范》GB50877 的相关规定。

### **3.6.2 防火门设置应符合下列规定：**

- 1** 人行横通道两端均应设防火门；
  - 2** 防火门正常情况应关闭，开启方向应为疏散方向，应能在门两侧开启，且应有自动关闭功能；
  - 3** 防火门的各项性能指标应符合《防火门》GB 12955 的相关规定；
  - 4** 防火门应采用钢制 A 类隔热防火门；
  - 5** 隧道长度小于 3000m 时，防火门耐火隔热性、耐火完整性不应小于 2h；隧道长度不小于 3000m 时，耐火隔热性、耐火完整性不应小于 3h；
- 3.6.3** 当电缆沟跨越防火分区时，应在穿越防火分区处进行防火封堵，其建筑构件耐火极限不应小于 3.00h。

## **3.7 消防车道**

### **3.7.1 消防车道可与行车道合用。**

**3.7.2** 长、特长双洞隧道，应在洞外适当位置设置联络通道，转弯半径不宜小于 15m，条件受限时可适当调整转弯半径，但不应小于 12m，有条件的隧道，可设置灭火救援场地。

**3.7.3** 消防车道上方 4.50m 以内的净空范围不应设置妨碍灭火救援的架空管线和设施、设备；消防车道下的管道和暗沟应能承受重型消防车的压力。



## 4 消防给水及灭火设施

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 消防给水系统应根据隧道的地质、地形、气象、水文、地震等自然条件，结合隧道外相关桥涵、边坡、相邻隧道间距等土建情况综合确定。

**4.1.2** 消火栓的设置、消防给水系统的用水量和火灾延续时间应按照《公路隧道设计规范 第二册 交通工程与附属设施》JTG D70/2 和《公路隧道消防给水系统设计细则》DB14/T 2319 的有关规定执行。

**4.1.3** 消防给水总用水量应按需要同时使用的消火栓、水成膜系统用水量之和计算。

**4.1.4** 如相邻隧道均应设消火栓且有合并设置消防给水系统的条件时，应符合下列规定：

- 1 相邻隧道洞口间距小于 6s 设计速度行程长度时，宜按一座整体隧道计算用水量；
- 2 相邻隧道洞口间距大于或等于 6s 设计速度行程长度时，宜取两座相邻隧道中用水量较大值。

**4.1.5** 消防给水管道的的设计流速不宜大于 2.5m/s。

**4.1.6** 水力计算可参照《消防给水及消火栓系统技术规范》GB 50974 第 10 章。

**4.1.7** 工程中采用的消防给水及消火栓系统的组件和设备等应为符合国家现行有关标准和准入制度要求的产品。

**4.1.8** 在地震、湿陷性黄土以及其他地质特殊地区设计时，消防给水系统尚应按现行的有关规范或规定执行。

### 4.2 补水水源

**4.2.1** 水质应满足水灭火设施的功能要求。

**4.2.2** 补水水源应优先利用公路沿线设施已有或规划中的水源。

**4.2.3** 消防水池的补水时间不宜超过 48h。

**4.2.4** 消防水池的容积除应能容纳隧道内一次消防用水量外，尚应能容纳隧道内冲洗所需的调节容量。

**4.2.5** 消防水池应有一次消防用水不被其他用途占用的措施。

**4.2.6** 补水水源不能满足 48h 补满消防水池时，应在隧道口设置不小于消防水池有效容积的蓄水池。

**4.2.7** 采用水车补水时，应做好停车时的安全保障，必要时可为水池设置专用补水口。

**4.2.8** 采用大口井、渗渠、山区浅水河流取水构筑物或隧道涌水作为补水水源时，应符合现行《室外给水设计标准》GB 50013 的规定，并应考虑地表水防冻的设计。

**4.2.9** 应采取防止冰凌、漂浮物、悬浮物等物质堵塞补水泵的技术措施，并应采取确保安全取水的措施。

### 4.3 给水形式

**4.3.1** 单一隧道的消防给水系统符合下列条件之一时，应分区供水：

- 1 系统工作压力大于 2.40MPa；
  - 2 消火栓栓口处静压大于 1.0MPa；
  - 3 自动水灭火系统报警阀处的工作压力大于 1.60MPa 或喷头处的工作压力大于 1.20MPa。
- 4.3.2 分区供水形式应根据系统压力和隧道特征，经技术经济和安全可靠性等综合因素确定，可采用减压阀减压、减压水箱和消防水泵转输水箱串联供水的形式。

## 4.4 供水设施

- 4.4.1 单一隧道或相邻隧道合并消防给水系统时，应优先采用常高压消防给水系统。当隧道外山地条件仅允许设置高位消防水箱时，宜采用临时高压消防给水系统；当隧道外无设置高位水箱的山地条件时，可采用稳高压消防给水系统。
- 4.4.2 采用常高压给水系统时，应符合下列规定：
- 1 设置高位消防水池，消防水池的有效容积应满足火灾延续时间内所需消防用水量；
  - 2 消防水池最低有效水位应满足水灭火设施最不利点处的静水压力和动水压力；
  - 3 消防水池出水管管径应满足消防给水设计流量和出水要求，且不应小于 DN100；
  - 4 消防水池进水管的管径应满足 48h 充满水的要求，且不应小于 DN100。
- 4.4.3 采用临时高压给水系统时，除应符合《消防给水及消火栓系统技术规范》GB 50974 中第 5.1 和 5.5 节的规定外，还应符合下列规定：
- 1 设置高位消防水箱和低位消防水池；
  - 2 高位消防水箱的设置位置和出水管管径应符合本文件第 4.4.2 条 2 和 3 的规定；
  - 3 高位消防水箱进水管的管径应满足 8h 充满水的要求，但管径不应小于 DN32；
  - 4 高位消防水箱严禁与其他用水共用；
  - 5 高位消防水箱的有效容积应大于下表规定值；

表 4.4.3 临时高压给水系统的高位消防水箱有效容积

隧道长度 L（m）	< 1000	1000≤L< 3000	L > 3000
用水量（m <sup>3</sup> ）	12	18	18

- 6 低位消防水池的有效容积应满足火灾延续时间内所需消防用水量；
  - 7 低位消防水池进水管的管径应满足 48h 充满水的要求，且不应小于 DN100。
- 4.4.4 采用稳高压给水系统时，应符合下列规定：
- 1 设置低位消防水池，低位消防水池的有效容积和进水管管径应符合本文件第 4.4.3 条 6 和 7 的规定；
  - 2 消防水泵、稳压泵、消防水泵房应符合《消防给水及消火栓系统技术规范》GB 50974 中 5.1、5.3 和 5.5 节的规定；
  - 3 稳压泵的设计流量宜按消防给水设计流量的 1%～3%计，且不宜小于 2.5L/s；
  - 4 应设置防止稳压泵频繁启停的技术措施，当采用气压水罐时，其调节容积应根据稳压泵启泵次数不大于 15 次/h 计算确定，但调节容积不宜小于 300L。

## 4.5 消火栓和固定式水成膜泡沫灭火装置

**4.5.1** 隧道内消火栓和固定式水成膜泡沫灭火装置的设置应符合《公路隧道设计规范 第二册 交通工程与附属设施》JTG D70/2 第 10.2.3 和 10.2.4 条的有关规定；隧道内消火栓的设置应符合《消防给水及消火栓系统技术规范》的要求。

**4.5.2** 消火栓可采用单立管双出口消火栓，立管管径不应小于 DN80。

**4.5.3** 隧道内水力最不利处和靠近洞口的消火栓应采用带有压力表的试验消火栓。

**4.5.4** 固定式水成膜泡沫灭火装置包括压力表、过滤器、进水球阀、导向架、放水阀、出液闸、比例混合器、吸液管路、泡沫罐、泡沫罐液位计、泡沫喷枪、消防卷盘等配件。

**4.5.5** 设有消防给水系统的隧道，在洞口附近应设置室外消火栓和消防水泵接合器，其数量应根据隧道消防用水量计算确定；每个室外消火栓、消防水泵接合器流量均应按  $10 \sim 15\text{L/s}$  计算，且应符合下列规定：

- 1 室外消火栓和隧道内消火栓应合用消防给水系统；
- 2 隧道消防水池有效容积计算时可不考虑室外消火栓用水量；
- 3 室外消火栓与隧道内第一个消火栓间距不应大于 40 米。

## 4.6 管 网

**4.6.1** 消防给水系统中采用的设备、器材、管材管件、阀门和配件等系统组件的产品工作压力等级，应大于消防给水系统的系统工作压力，且应保证系统在可能最大运行压力时安全可靠。

**4.6.2** 补水水源至蓄水池之间的补水管道应符合下列规定：

- 1 采用室外架空明管或埋深不满足防冻要求时，应有冬季排空补水管道的有关措施或有对管道进行冬季保温的措施；
- 2 采用深埋时，全段落管道最小管顶覆土应在冰冻线以下 0.30m；
- 3 与蓄水池连接的输水干管至少有 1 条。

**4.6.3** 消防水泵房、补水泵房、蓄水池、低位消防水池、高位消防水池（箱）之间的连接管道，与隧道消防管网室外架空部分连接的连接管道应符合下列规定：

- 1 宜采用埋地敷设，当条件困难时可采用架空敷设；
- 2 埋地敷设时全段落管道最小管顶覆土应至少在冰冻线以下 0.30m；
- 3 架空管道应有冬季防冻保温、防腐蚀和防破坏措施；
- 4 消防给水管道不宜穿越公路或建筑基础，当必须穿越时，应采取防护套管等保护措施；
- 5 隧道主干消防管道室外架空部分与直埋管道之间的竖管，应安装在直埋过渡井内，竖管上应设柔性接头。

**4.6.4** 双洞隧道的消防给水应采用环状供水，并应符合下列规定：

- 1 应设隧道外横向连通管道。相邻隧道合并设置给水系统时，如相邻隧道最短间距小于或等于 50m，可只设一处隧道外横向连通管道；
- 2 双洞隧道内的横向联通管道宜设置在人行横洞专用管道沟中，设置间距不宜大于 1000m；

- 3 横向连通管道通过路面应设防护套管，套管两端设阀门井；
  - 4 横向连通管道过路面段落应在过路管道两侧设柔性接头；
  - 5 横向连通管道处上、下游主干消防管道上和横向连通管道上均应设检修阀；
  - 6 横向连通管道的管径宜与主管道一致。
- 4.6.5** 进入隧道内主干消防管道前应设 Y 型过滤器和应急旁通管。
- 4.6.6** 进入隧道内主干消防管道前的最高点应设排气阀，其他洞内排气阀、相邻隧道间的排气阀应布置在横向连通管道的来水方向。
- 4.6.7** 进入隧道内主干消防管道前的相对最低点、相邻隧道间横向连通管道处、消防管网末端的隧道外最低点应设排泥阀。
- 4.6.8** 隧道外阀门井应符合下列规定：
- 1 各类阀门可共用阀门井；
  - 2 阀门井宜采用钢筋混凝土结构；
  - 3 井口应高出地面 50mm，设于野外时应视情况加高；
  - 4 应做保温井口或采取其他保温防冻措施；
  - 5 应采用红色井盖并设置永久性固定标识。

## 4.7 灭火器

- 4.7.1** 隧道附属用房内的灭火器配置应符合《建筑灭火器配置设计规范》GB 50140 的相关规定。
- 4.7.2** 隧道内应配置 ABC 类灭火器，灭火器宜与消火栓箱集中布置，并应符合下列规定：
- 1 隧道内灭火器宜选用磷酸铵盐干粉手提式灭火器，灭火剂充装量不应小于 5kg 且不应大于 8kg；
  - 2 单洞双车道隧道应在隧道一侧设置灭火器，设置点的间距不应大于 50m；单洞三车道及以上车道的隧道应在隧道两侧设置灭火器，单侧设置点的间距不应大于 40m；
  - 3 灭火器应成组设置在灭火器箱内，一个计算单元内配置的灭火器数量不得少 2 具，每个设置点的灭火器数量不宜多于 5 具。灭火器箱门上应注明“灭火器”字样。

## 4.8 控制与操作

- 4.8.1** 控制与操作应符合《消防给水及消火栓系统技术规范》GB 50974-2014 中第 11 章的有关要求。
- 4.8.2** 补水泵控制柜应符合下列规定：
- 1 宜具备自动和手动启停功能；
  - 2 宜具备自动巡检功能；
  - 3 控制柜设置在专用水泵控制室时，其防护等级不应低于 IP30；与水泵设置在同一空间时，其防护等级不应低于 IP55；
  - 4 控制柜应采取防止被水淹没的措施，在高温潮湿环境下，水泵控制柜内应设置自动防潮除湿装置。

**4.8.3** 隧道管理站中央控制管理系统应能显示各类水池（箱）的高水位、低水位报警信号，以及正常水位。

**4.8.4** 隧道管理站中央控制管理系统应能对所有接入消防控制柜、补水泵控制柜、排污泵控制柜的各类信号进行实时显示和远程控制。

**4.8.5** 试验消火栓处压力表、减压阀前后压力表、减压阀安全阀、横向连通管道处的阀门应具有远传功能，隧道管理站中央控制管理系统可实时显示其信息状态。

**4.8.6** 消防水泵房宜设置夜间补偿辅助光源的摄像机，补水泵房可设置摄像机。

# 5 隧道防烟排烟设施

## 5.1 一般规定

- 5.1.1** 长度  $L > 1000\text{m}$  的高速公路隧道应设置火灾机械防烟与排烟系统。
- 5.1.2** 公路隧道防烟与排烟应结合隧道长度、交通量、交通组成、断面大小、平曲线半径、纵坡、交通条件、人员逃生条件、自然条件和火灾危险性等因素进行设计。
- 5.1.3** 公路隧道火灾防烟与排烟设计应遵循下列原则：
- 1** 公路隧道火灾防烟与排烟系统宜与日常运营通风系统合用。
  - 2** 应利于人员安全疏散，避免火灾隧道的烟气侵入人行与车行横通道、相邻隧道或平行导洞以及附属用房等。
  - 3** 公路隧道火灾排烟设计应结合逃生避难设施和通风控制统一考虑。
  - 4** 隧道机械排烟系统按照隧道全线同一时间发生一次火灾进行设计。
  - 5** 有人值守的地下附属用房应设排烟系统和补风系统。
- 5.1.4** 有人值守的隧道附属用房应设置机械排烟系统。
- 5.1.5** 隧道横通道门应具有防火、防烟功能，并应具有耐风压性能。

## 5.2 隧道火灾排烟

- 5.2.1** 公路隧道火灾最大热释放率应按表 5.2.1 确定。

表 5.2.1 隧道火灾最大热释放率

通行方式	隧道长度 $L$ (m)	火灾最大热释放率 (MW)
单向交通	$L > 5000$	30
	$500 < L \leq 5000$	20

注：运煤专用通道、客车专用通道及通行危险品车辆的隧道火灾最大热释放率应按运输物品的种类、交通量大小、公路等级、隧道长度、通风模式、车辆疏散方式及火灾危险性等因素确定。

- 5.2.2** 采用全横向、半横向及集中排烟的公路隧道，火灾烟雾生成率可按表 5.2.2 取值。

表 5.2.2 全横向、半横向及集中排烟的隧道火灾烟雾生成率

火灾热释放率 (MW)	20	30	50
烟雾生成率 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	50 ~ 60	60 ~ 80	80 ~ 100

- 5.2.3** 采用纵向排烟的隧道，火灾临界风速可按表 5.2.3 取值。

表 5.2.3 火灾临界风速

火灾热释放率 (MW)	20	30	50
火灾临界风速 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	2.0 ~ 3.0	3.0 ~ 4.0	4.0 ~ 5.0

**5.2.4** 采用纵向排烟的单向交通隧道，火灾排烟设计应遵循下列原则：

- 1 隧道内排烟方向应与隧道行车方向相同，烟雾应由隧道出口或就近排烟口排出。
- 2 火灾烟雾在隧道内的最大行程不宜大于 5000m。
- 3 纵向排烟风速不应小于火灾临界风速。
- 4 起火点下风方向的横通道防火卷帘和防火门应关闭。

**5.2.5** 采用排烟道集中排烟的公路隧道，火灾排烟设计应遵循下列原则：

- 1 隧道内纵向风速不宜大于 2.0m/s；排烟分区内不应出现烟气回流。
- 2 排烟分区可按隧道通风区段划分，且每个排烟分区的长度不应大于 1000m。
- 3 采用横向和半横向通风方式的隧道应通过主风道排烟；烟气在隧道内蔓延长度不宜大于 300m。
- 4 每个排烟区段内应设置排烟口，排烟口纵向间距不宜小于 60m。
- 5 隧道内烟雾应通过沿隧道纵向布置的排烟口排出。排烟口应设置在隧道顶部或侧壁上部，排烟口可独立设置或与排风口合并设置。
- 6 全横向通风系统转换为排烟系统时，起火点附近应停止送入新鲜空气；隧道送风型半横向系统应转换为排风型半横向系统进行排烟。

- 7 集中排烟模式下风阀应在 280℃环境条件下正常工作时间不应小于 60min。

**5.2.6** 排烟道内的设计风速不宜大于 15.0m/s，排烟口的设计风速不宜大于 10.0m/s。

## 5.3 隧道排烟风机

**5.3.1** 隧道排烟风机应符合下列规定：

- 1 隧道排烟风机在 250℃环境条件下连续正常运行时间不应小于 60min；排烟风机消声器应在 250℃的烟气中保持性能稳定。
- 2 隧道排烟风机应设置备用风机。
- 3 可逆式风机应能在 90s 内完成反向运转。
- 4 射流风机不应侵入隧道建筑限界，射流风机的边沿与隧道建筑限界的净距不宜小于 15cm。

## 5.4 逃生通道、避难所的防烟

**5.4.1** 专用避难疏散通道、独立避难所的前室余压值不应小于 30Pa，专用避难疏散通道、独立避难所的余压值不应小于 50Pa。

**5.4.2** 专用避难疏散通道的防烟设计应根据其长度和净空，选择合理适用的机械正压送风方式；其前室加压送风量和送风口尺寸，应按其入口门洞风速不小于 1.2m/s 计算确定。

**5.4.3** 独立避难所防烟设计的加压送风量应按地面面积每平方米不小于 30m<sup>3</sup>/h 计算，新鲜空气供气

时间不应小于火灾延续时间。

**5.4.4** 机械加压送风防烟系统送风口应靠近或正对避难疏散通道和避难所入口设置,其风速不宜大于 7.0m/s。

## **5.5 隧道内附属用房的防烟与排烟**

**5.5.1** 地下风机房应设置独立的机械防烟与排烟系统。

**5.5.2** 隧道内附属用房设置的机械排烟系统与通风、空气调节系统宜分别设置;当合用时,通风与空调系统应采取可靠的防火安全措施,并应具备事故工况下的快速转换功能。

## **5.6 排烟风机辅助设备**

**5.6.1** 烟气流经的消音器、软接、风阀等辅助设备,应能承受设计的隧道火灾烟气排放温度,并应能在 250℃下连续正常运行不小于 1.0h。

## **5.7 隧道火灾工况下的防烟与排烟控制**

**5.7.1** 火灾工况下的防烟与排烟控制应与隧道火灾报警、闭路电视监视、交通监控等隧道其他监控系统联合使用。

**5.7.2** 防烟与排烟监控系统应满足下列求:

- 1** 应具有风速、风向和火灾监控功能。
  - 2** 应具有安全疏散、火灾救援等不同阶段、不同排烟方式的防烟与排烟、逃生诱导、救援指挥等控制和运行模式。
  - 3** 应根据起火点位置,合理确定相应系统的排烟量与风速控制模式。
  - 4** 应具备根据火灾现场的实际情况和要求,适时调整防烟排烟系统的控制功能。
- 5.7.3** 防烟与排烟系统应设置自动控制和手动控制装置,应具有现场控制、远程控制和联动控制功能。火灾工况下,现场控制装置发出的控制指令应优于其他控制指令。
- 5.7.4** 手动控制装置应设置在安全且便于操作的地方,并应有明显的标志和保护措施,其操作按钮距地面的高度不宜超过 1.5m。
- 5.7.5** 排烟风机的电机启动器、驱动装置、断开装置及其控制装置应与风机气流隔离。
- 5.7.6** 当双洞单向交通隧道其中一洞发生火灾需进行通风排烟和救援时,双洞均应进行交通管制,同时启动相应的通风排烟系统。



## 6 交通监控与诱导

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 隧道交通监控与诱导设施，应满足隧道火灾初期阶段对行车控制和隧道内车辆疏导的要求。

### 6.2 交通监视

**6.2.1** 闭路电视（CCTV）监控系统主控设备应设置在隧道管理站；系统应能根据火灾报警信息自动切换至报警部位的监视画面，并对隧道火灾进行人工确认。

**6.2.2** 隧道管理站监控室、通讯机房、变配电间、发电机房、消防水泵房等火灾时需坚持工作的附属用房应设置 CCTV 摄像机。

**6.2.3** 隧道洞口处应设置监视洞口外区域的遥控摄像机。隧道区间摄像机的设置应实现全区间监视覆盖，设置间距宜为 100m~150m。

**6.2.4** 当采用图像型火灾探测器时，闭路电视监控系统宜与图像型火灾报警系统合并设计且应满足火灾报警的要求。

### 6.3 控制与诱导

**6.3.1** 确定发生隧道火灾时，应双向关闭隧道，禁止隧道外车辆进入并进行隧道内交通诱导。

**6.3.2** 启用车行横通道连通的相邻隧道作为疏散通道时，相邻隧道内横通道侧的车道应被控制为疏散车道。

### 6.4 隧道控制与管理系统

**6.4.1** 隧道控制管理系统应具有下列功能：

- 1 接收各类设施送来的各种信息，包括数据信息、视频信息及语音信息；
- 2 对各类设施送来的各种信息进行综合处理，并协调各类设施的控制；
- 3 以自动或手动方式执行预制在计算机内的控制方案；
- 4 以数据、图形、图像等方式显示隧道内外的交通情况及设备的运行情况；
- 5 自动完成数据备份、文档存储；
- 6 方便地进行查询、统计和形成报表；

**7** 定时检测各设备的工作状态。

#### **6.4.2** 消防控制室主要设施功能要求：

**1** 交通监控计算机应具有下列功能：采集和处理交通基本信息，包括交通量、车速、占有率等；采集交通监控设施的工作状态信息及控制反馈信息；向可变信息标志、可变限速标志、控制室显示设备发送显示信息；向交通控制与诱导设施发送控制与诱导信息。

**2** 火灾报警及消防控制计算机应具有下列功能：采集和处理火灾报警设施提供的数据信息；采集火灾报警及消防设施的状态信息并发送控制信息；根据需要向中央控制室显示设备发送设施状态和报警地址、时间信息。

**3** 紧急呼叫计算机应具有下列功能：采集紧急电话设施的呼叫信息和状态信息、隧道广播设施的状态信息；通过隧道广播设施发布语音信息；根据需要向中央控制室显示设备发送设施状态和报警地址、时间信息。

**4** 通风、照明控制计算机应具有下列功能：采集和处理隧道内外环境信息，包括 CO 浓度、能见度、风速风向、光亮度等，以及有关设备的状态信息；采集通风及照明控制设施的状态信息；根据需要向中央控制室显示设备发送显示信息；向通风及照明控制单元发送控制信息。

#### **6.4.3** 隧道控制管理软件：

**1** 系统软件应按下列原则选择：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；应与所采用的硬件平台相适应。

**2** 应用软件设计应符合下列规定：应与管理要求相适应，应具有信息采集功能、数据处理功能、控制方案执行功能、信息显示功能、统计查询和报表生成功能、数据档案存储功能、设备监测功能等；宜采用模块化结构；应有容错功能、分级保密功能和安全措施；应易于操作、维护。

**3** 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。

## 7 应急照明与疏散指示标志

### 7.1 应急照明

**7.1.1** 应急照明可与隧道照明兼用。

**7.1.2** 横通道、隧道内附属用房连通道、专用及兼用疏散通道及其连通道的应急照明，其地面最低亮度在正常供电时不应低于  $1\text{cd}/\text{m}^2$ ，应急电源供电时不应低于  $0.2\text{cd}/\text{m}^2$ 。应急电源供电时隧道内应急照明的地面最低亮度，不应低于正常供电时隧道中间段照明亮度的 10%且不应低于  $0.2\text{cd}/\text{m}^2$ 。

### 7.2 疏散指示标志

**7.2.1** 疏散指示标志应采用电光标志。

**7.2.2** 疏散指示标志，外结构应采用耐腐蚀的不燃材料。

**7.2.3** 隧道内两侧壁设置的双向疏散指示标志，应标示出设置部位距离两个方向上的邻近人行横通道出入口、专用及兼用疏散通道的连通道出入口或隧道入口、隧道出口的间距。

**7.2.4** 专用及兼用疏散通道的出入口处设置的双向疏散指示标志，应标示出设置部位与两个方向上疏散通道端口的距离。

表 7.2.4 疏散标志的显示及安装要求

标志名称	显示方式	设置部位	距检修道安装净高度	安装方式
车行横通道标志	双面	车行横通道出入口	宜不小于 2.5m	支架安装
人行横通道标志和疏散通道标志	双面	人行横通道出入口、专用及兼用疏散通道的连通道出入口	宜不小于 2.5m	支架安装
双向疏散指示标志	单面	隧道两侧壁、专用及兼用疏散通道单侧壁，间距不应大于 50m。	应不小于 0.5m 且不大于 1.3m	墙面固定

## 8 火灾自动报警系统

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 隧道交通工程及附属设施等级为 B 级及以上的隧道，隧道内应设置火灾自动报警系统。火灾自动报警系统可由设在隧道管理站、隧道内的火灾探测、报警、控制设备组成。

**8.1.2** 隧道火灾自动报警系统设计应符合《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116 的规定，合理选择采用区域报警系统、集中报警系统或控制中心报警系统。系统设计宜优先采用控制中心报警系统，火灾自动报警系统应将火灾报警信号传输给隧道中央控制管理设备。

**8.1.3** 在需要区域报警时，系统应采用光纤环网结构，区域报警主机应负责相关区域的自动/手动报警、联动和火情显示等工作。

**8.1.4** 系统总线上应设置总线短路隔离器，每只总线短路隔离器保护的火灾探测器、手动火灾报警按钮和模块等消防设备的总数不应超过 32 点；总线穿越防火分区时，应在穿越处设置总线短路隔离器。

**8.1.5** 隧道火灾报警、建筑消防设施运行状态信息应满足附录 A 要求。

### 8.2 报警区域和探测区域的划分

**8.2.1** 火灾自动报警系统需联动消防设施时，隧道火灾自动报警系统报警区域长度不宜大于 150m。

**8.2.2** 隧道运营管理附属建筑报警区域应按《火灾自动报警系统设计规范》GB-50116 确定。

**8.2.3** 隧道附属建（构）筑物的探测区域，应按照独立隔间划分。

### 8.3 火灾探测器

**8.3.1** 火灾探测器应能自动探测隧道、隧道运营管理附属建筑等的火灾初期情况，探测范围应覆盖所有报警区域，无探测盲区。

**8.3.2** 隧道内火灾探测器宜选用线型光纤感温火灾探测器、图像型火焰探测器或点型火焰探测器。

**8.3.3** 线型光纤感温火灾探测器应符合下列规定：

1 每条线型光纤感温火灾探测器探测保护车道的数量不宜超过 2 条；

2 探测器宜从隧道洞口顶部以内 10m 处开始沿隧道连续设置；应设置在车道顶部，距隧道顶棚距离宜为 0.15m ~ 0.20m。

**8.3.4** 图像型火灾探测器应符合下列规定：

1 单洞车行道少于四车道时，探测器宜单侧设置，并设置在隧道侧壁，底部距路面高差不应小于 4.50m；

2 探测器宜从隧道洞口顶部以内 10m 处开始设置。

#### **8.3.5 点型火焰探测器应符合下列规定：**

1 单洞车行道少于四车道时，探测器宜单侧设置；单洞车行道为四车道时，探测器应双侧交错设置；

2 探测器宜从隧道洞口顶部以内 10m 处开始设置；应设置在隧道侧壁，底部距检修道高差宜为 2.50m ~ 3.50m。

### **8.4 手动报警按钮和火灾声光警报器**

**8.4.1** 隧道内手动报警按钮设置间距不应大于 50m，宜与消火栓等灭火设施同址设置，距检修道高差应为 1.30m ~ 1.50m。手动报警按钮防护等级不低于 IP65。

**8.4.2** 隧道运营管理附属建筑的手动报警按钮应按现行《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116 设置。

**8.4.3** 隧道入口、隧道内紧急停车带、横通道出入口、专用及兼用疏散通道的连通道出入口、隧道内附属用房和隧道内两侧壁应设置闪烁红光的火灾声光警报器。隧道火灾声光警报器宜与可变信息情报板、交通信号灯或交通标志等设施同址设置。设置高度不宜小于 2.5m。环境噪声大于 60dB 的场所设置火灾声光警报器时，其声光警报器的声压级应比背景噪声至少高 15dB，其他技术指标应符合《火灾声和/或光警报器》GB 26851 的规定。火灾声光警报器设置带有语音提示功能时，应同时设置语音同步器。

### **8.5 火灾报警控制器**

**8.5.1** 火灾报警控制器应能接收、显示、记录和传递火灾报警等信息，并有控制自动消防装置的功能。

**8.5.2** 火灾报警控制器的设置符合《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116 的要求。

**8.5.3** 设置在隧道内的火灾报警控制器应设有可靠的保护措施和明显标志。

### **8.6 紧急呼叫设施**

#### **8.6.1 一般规定**

1 紧急呼叫设施设计内容应包括紧急电话设施和隧道广播设施的设计。

2 紧急呼叫设施应为隧道管理提供快捷的紧急呼叫功能。

#### **8.6.2 紧急电话设施**

##### **8.6.2.1 紧急电话设施宜按下原则设置：**

1 紧急电话主控设备宜设置在中央控制室。

2 隧道内紧急电话分机设置间距不宜大于 200m。

3 紧急电话分机宜设置于隧道入口、隧道出口、隧道内紧急停车带、人行横通道处。

4 隧道内自入口起 200m 范围之内不应设置紧急电话分机。

**8.6.2.2** 隧道内紧急电话分机宜设置在可容人的预留洞室，预留洞室宜配隔声门并设置照明；紧急停车带处的紧急电话分机可设置在电话亭内。

**8.6.2.3** 紧急电话主控设备应具有下列功能：

- 1 汇接各紧急电话分机传输线路，控制各紧急电话分机的呼叫业务。
- 2 紧急电话主控设备和紧急电话分机之间应能全双工通话。
- 3 允许两处及两处以上紧急电话分机同时排队报警，并具有接警信息输出接口。
- 4 具有自动检测功能，可检测系统的正常和故障状态。
- 5 具有自动录音及回放功能。
- 6 具有查询统计及打印功能。

**8.6.3** 隧道广播设施

- 1 隧道广播可采用有线广播方式或无线广播方式。
- 2 隧道内设置的消防应急广播可与隧道内设置的有线广播合用，其设置应参照《公路隧道设计规范 第二册 交通工程与附属设施》JTG D70/2 相关规定要求。
- 3 隧道应急广播主控设备应设置在控制室，应具有单点、分组和全线播报的控制功能，应提供与控制室计算机的信息接口。
- 4 隧道应急广播应能自动循环播报警示语音，确定火灾发生时应能自动切换至疏导语音播报且人工播报插入优先。
- 5 隧道内应急广播的音区划分应与隧道防火管理分区相对应。确定火灾发生时，应能根据隧道火情分区播报不同的消防指令。

## 8.7 消防联动控制设计

**8.7.1** 火灾报警控制器发出火灾信号后，消防联动控制装置和控制管理系统应具有下列联动功能：

- 1 视频监控系统应能自动切换，监视和显示隧道内火灾报警部位；
- 2 消防水泵应能手动、自动联动启动；
- 3 横通道防火卷帘应按照防火要求手动、自动联动开启或关闭；
- 4 应能联动启动火灾交通控制模式，应能联动启动火灾防烟排烟控制模式；
- 5 消防联动预案执行前宜由值班操作人员确认。

**8.7.2** 确认发生隧道火灾时，同一路段内的可变信息情报板，应根据隧道火情，显示针对当前本部位的警示和疏导信息。

**8.7.3** 隧道火灾自动报警系统尚可利用隧道 VI 检测器、CO 检测器及视频监控系统等辅助功能。视频监控系统应能辅助确认火灾并对火情持续监视和记录，由图像型火灾探测器兼用时，不应影响其火灾探测性能。

**8.7.4** 各受控设备接口的特性参数应与消防联动控制器发出的联动控制信号相匹配。

**8.7.5** 需要火灾自动报警系统联动控制的消防设备，其联动触发信号应采用两个独立的报警触发装置报警信号的“与”逻辑组合。

**8.7.6** 消防水泵、防烟和排烟风机的控制设备，除应采用联动控制方式外，还应在隧道控制室设置手动直接控制装置。

**8.7.7** 火灾自动报警系统应能同时启动和停止所有火灾声光警报器工作。在确认火灾后应启动隧道内的所有火灾声光警报器。

**8.7.8** 消防联动控制设计，除应满足附录 A 中联动触发信号、联动控制信号及联动反馈信号表的对应要求，尚应符合《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116 的规定。

## 9 消防供电与线缆

### 9.1 供配电设施

**9.1.1** 控制室设施、火灾报警设备、消防联动控制设备、消防应急照明及疏散指示标志等应为一级负荷中特别重要负荷。消防水泵（加压水泵）、防烟排烟风机、自动灭火系统、电动防火卷帘（门）等设备应为一级负荷。

**9.1.2** 自备电源作为隧道消防设施的第二电源时，自备电源的供电启动时间均不应大于 30s，持续供电时间不应小于 30min。

**9.1.3** 火灾报警设备的应急电源应选用不间断供电装置，在发生火灾时的持续供电时间均不应小于 3h。

**9.1.4** 隧道和横通道内以及疏散通道内消防应急照明及疏散指示标志的应急电源应选用应急供电装置，照明中断时间应不大于 0.3s，持续供电时间按照疏散通道长度计算均不应低于 20min/km 且不低于 30min。

**9.1.5** 消防水泵（加压水泵）、防烟排烟风机、自动灭火系统、电动防火卷帘（门）等设备（一级负荷）宜设置应急电源，允许供电中断时间均不应大于 30s，在发生火灾时的持续供电时间均不应小于 30min。

**9.1.6** 消防用电设备应采用专用的供电回路，其配电设备应有明显标志。

**9.1.7** 隧道供配电系统应设置短路、过流、过热、漏电等的电气火灾监测或保护装置。隧道一级负荷及特别重要负荷的过负载保护、剩余电流接地故障保护不应自动切断线路。

### 9.2 隧道内电气线缆

**9.2.1** 隧道内线缆的燃烧性能不应低于现行国家标准《电缆及光缆燃烧性能分级》GB 31247 规定的 B1 级。

**9.2.2** 隧道内电气线缆严禁架空设置，不宜直接明敷。

**9.2.3** 在隧道侧壁上暗敷时，线缆应穿金属管且不燃结构体保护层厚度不应小于 30mm；一级负荷及特别重要负荷用线缆宜采用耐火线缆。

**9.2.4** 在有流淌火侵入风险的隧道电缆沟内敷设时，线缆应穿 C15 混凝土包封的金属管保护且一级负荷及特别重要负荷用线缆宜采用耐火线缆，直接敷设时应采用 IA 级线缆。

**9.2.5** 一级负荷及特别重要负荷应采用耐火线缆，并穿封闭式金属槽盒、金属管或可挠金属管敷设且电缆敷设构件应作耐火防护。采用 IA 级矿物绝缘类不燃性线缆时可直接明敷。

**9.2.6** 电缆隧道、沟、夹层、竖（斜）井及电缆槽盒、管线等应按照相关标准规定进行防火分隔。



## 9.3 防雷与接地

**9.3.1** 隧道内消防电气装置的接地电阻不应大于  $1\Omega$ 。

**9.3.2** 在隧道两端洞口附近应各设置一组接地装置。有监控设施的隧道，洞口接地装置接地电阻不应大于  $1\Omega$ ；无监控设施的隧道，洞口接地装置接地电阻不应大于  $4\Omega$ ，该接地装置应与隧道洞内的接地干线可靠连接。

**9.3.3** 消防设施设备外露的非带电可导电部分及工程使用的非埋地金属构件、金属管件、金属槽盒、线缆金属铠装层或外屏蔽层等应可靠接入隧道的等电位连接网络。

## 附录 A 火灾报警、建筑消防设施运行状态信息

表 A 火灾报警、建筑消防设施运行状态信息

设施名称		内容
火灾探测报警系统		火灾报警信息、可燃气体探测报警信息、电气火灾监控报警信息、屏蔽信息、故障信息
消防 联动 控制 系统	消防联动控制器	动作状态、屏蔽信息、故障信息
	消火栓系统	消防水泵电源的工作状态、消防水泵的启、停状态和故障状态，消防水箱（池）水位、管网压力报警信息及消火栓按钮的报警信息
	气体灭火系统	系统的手动、自动工作状态及故障状态，阀驱动装置的正常工作状态和动作状态，防护区域中的防火门（窗）、防火阀、通风空调等设备的正常工作状态和动作状态，系统的启、停信息，紧急停止信号和管网压力信号
	防烟排烟系统	系统的手动、自动工作状态，防烟排烟风机电源的工作状态，风机、电动防火阀、电动排烟防火阀、排烟阀（口）的正常工作状态和动作状态
	防火门及卷帘系统	防火卷帘控制器、防火门监控器的工作状态和故障状态；防火卷帘的工作状态，具有反馈信息的各类防火门、疏散门的工作状态和故障状态等动态信息
	消防应急广播	消防应急广播的启动、停止和故障状态
	消防应急照明和疏散指示系统	消防应急照明和疏散指示系统的故障状态和应急工作状态信息
	消防电源	系统内各消防用电设备的供电电源和备用电源工作状态和欠压报警信息

## 本指南用词说明

1 为便于在执行本文件时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

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：

正面词采用“应”

反面词采用“不应”或“不得”

3) 表示允许选择，在条件许可时，首先应这样做的：

正面词采用“宜”或“可”

反面词采用“不宜”

## 引用标准名录

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- 《建筑设计防火规范》GB50016
- 《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》JTG 3370.1
- 《公路隧道设计规范第二册交通工程与附属设施》JTG D70/2
- 《公路隧道照明设计细则》JTG/T D70/2-01
- 《公路隧道通风设计细则》JTG/T D70/2-02
- 《消防给水及消火栓系统技术规范》GB50974
- 《公路隧道消防给水系统设计细则》DB14/T 2319
- 《建筑防烟排烟系统技术标准》GB51275
- 《建筑电气与智能化通用规范》GB55024
- 《火灾自动报警系统设计规范》GB50116
- 《室外给水设计标准》GB50013
- 《室内消火栓》GB3445
- 《建筑灭火器配置设计规范》GB50140
- 《泡沫灭火系统设计规范》GB50151
- 《防火卷帘、防火门、防火窗施工及验收规范》GB50877
- 《高速公路有线紧急电话系统》GB/T19516
- 《高速公路交通工程及沿线设施设计通用规范》JTG D80

## 附件 **1** 山西省高速公路隧道工程消防设计指南条文说明

### 山西省高速公路隧道工程消防设计指南条文说明

## 编制说明

《山西省高速公路隧道工程消防设计指南》的编制参考了国内相关技术标准，并广泛听取了设计、审查、生产、检测、评估、科研等单位的意见。本指南条文也与其他现行国家标准相协调。

本指南的主要技术内容为：总体要求、消防给水及灭火设施、隧道防烟排烟设施、交通监控与诱导、应急照明与疏散指示标志、火灾自动报警系统、消防供电与线缆。

为便于设计、施工、验收和监督等部门的有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，本指南按章、节、条顺序编制了条文说明，对条文规定的目的、依据及执行中需要注意的有关事项进行了说明，供使用者作为理解和把握指南的参考。

# 目 次

1	总则	36
1.0.1	本条规定了本指南的编制目的	36
1.0.2	本条规定了本指南的适用范围	36
3	总体要求	37
3.2	隧道交通工程与附属设施配置等级	37
3.4	隧道平面布局	37
4	消防给水及灭火设施	38
4.1	一般规定	38
4.2	补水水源	38
4.3	给水形式	38
4.5	消火栓和固定式水成膜泡沫灭火装置	39
5	隧道防烟排烟设施	40
5.1	一般规定	40
5.2	隧道火灾排烟	41
5.3	隧道排烟风机	42
5.4	逃生通道、避难所的防烟	42
5.5	隧道内附属用房的防烟与排烟	42
6	交通监控与诱导	43
6.2	交通监视	43
6.4	隧道控制与管理系统	43
7	应急照明与疏散指示标志	44
7.1	应急照明	44
8	火灾自动报警系统	45
8.4	手动报警按钮和火灾声光警报器	45
8.5	火灾报警控制器	45
9	消防供电与线缆	46
9.1	供配电设施	46
附件 2	隧道消防设计应急救援控制流程	47
1	隧道交通控制预案	48
2	隧道通风控制预案	54
2.1	CO、VI 联动控制方案	55
2.2	时间分段控制方案	56
3	隧道照明控制预案	58

4	隧道火灾应急联动控制预案·····	59
5	隧道火灾应急救援具体案例·····	61
5.1	案例一：隧道中央区域发生火灾（按所处不同通风区段划分）·····	61
5.2	案例二：隧道洞口区域发生火灾（按所处通风区段不同划分）·····	66



# 1 总 则

## 1.0.1 本条规定了本指南的编制目的

快速的工业化和城市化使我国工程建设有了巨大地发展,高速公路隧道消防系统伴随着工程建设的大规模开展也快速发展,与此同时与国际交流更加频繁,使我们更加认识到高速公路隧道消防系统在工程建设中的重要性,以及安全可靠性与经济性的关系,首先是安全可靠,其次是经济合理性。

## 1.0.2 本条规定了本指南的适用范围

本指南适用于新建和改扩建的高速公路隧道建设工程的消防系统工程。新建高速公路隧道是指从无到有的全新建筑,改扩建是指变更使用功能和用途,或全面改造。

## 3 总体要求

### 3.2 隧道交通工程与附属设施配置等级

**3.2.1** 隧道交通工程与附属设施的主要设置目的是保障隧道交通安全,特别是在隧道内发生交通事故或火灾等紧急事件时提高救助效率,因此隧道交通工程与附属设施分级依据隧道内的年事故概率来划分。概率越大,分级越高;概率越小,分级越低。

事故概率计算值与隧道长度和交通量的乘积成线性相关,本指南根据隧道长度和交通量将隧道交通工程与附属设施划分为 A+、A、B、C、D 五级。图 3.2.1 中,斜线上各点值可依据隧道长度与交通量的乘积为常数进行计算。

**3.2.2** 稳高压水消防系统中设置室内消火栓的位置宜设置消火栓按钮,消火栓按钮的工作电压应采用不大于 36 V 的安全电压,消火栓按钮应具有向消火栓水泵控制器或消防联动控制器发送启动控制信号。

### 3.4 隧道平面布局

**3.4.3** 高速公路隧道管理站、管理分中心一般设置有监控室,监控设备与消防控制设备的软硬件存在共用的特点,因此消防控制室可与监控室合并设置。

## 4 消防给水及灭火设施

### 4.1 一般规定

**4.1.4** 设计时首先按《公路隧道设计规范 第二册 交通工程与附属设施》JTG D70/2 确定每一座隧道是否需设置消火栓，如相邻隧道均需设置，则要分情况考虑合并设置消防给水系统时的用水总量。

**4.1.6** 计算时须综合考虑隧道的纵坡、隧道内外供水管道的长度、消防泵零流量时系统管网的最大静压、稳压系统维持压力对水力计算的影响，要对整个系统最大静水压力和最大动水压力分别进行校核。计算可参照《消防给水及消火栓系统技术规范》GB 50974 第 10 章。

### 4.2 补水水源

**4.2.2** 公路隧道一般均在远离城镇的山岭区，取水条件差，水源质量低。设计时要统筹公路沿线设施中永久性用水点的水源规划，尽量集中隧道消防给水系统的补水水源，以便降低取水难度，减小取水成本。设计时优先考虑利用距离隧道较近的沿线公路场区（路段管理中心、服务区、养护工区、收费站、隧道管理站）中已有水源。

**4.2.3 ~ 4.2.7** 通常隧道附近的深井、大口井、渗渠、山区浅水河流、隧道涌水、沿线公路场区（路段管理中心、服务区、养护工区、收费站、隧道管理站）的生活水池均是补水水车的取水点，设计时要充分考虑取水距离、水车容积和水车数量对补水时间的影响。

### 4.3 给水形式

**4.3.2** 对于单一大纵坡公路隧道，因消防管道供水距离远，充水管道静水压力大，当隧道内采用减压阀分区供水时，长期静压下易出现减压阀失效问题，导致管道超压漏水或爆管。因此，如采用减压阀减压，管材选择时要按减压阀失效后系统最大静水压力和动水压力分别对管材的承压性能进行校核。

如隧道内有便于设置减压水箱的土建高差条件时，建议优先采用。如无土建高差条件时，设置消防专用地下横洞泵房，采用消防水泵转输水箱串联供水方案亦能实现分区减压。

### 4.5 消火栓和固定式水成膜泡沫灭火装置

**4.5.2** 《消防给水及消火栓系统技术规范》GB 50974 第 7.4.6 条提出“建筑高度小于或等于 24.0m 且体积小于或等于 5000m<sup>3</sup> 的多层仓库可采用 1 支消防水枪的 1 股充实水柱到达室内任何部位”；第

7.4.10.2 条提出“消火栓按 1 支消防水枪的 1 股充实水柱布置的建筑物，消火栓的布置间距不应大于 50.0m”；第 7.4.16.4 条提出“城市交通隧道室内消火栓间距不应大于 50m”，因此认为城市交通隧道对用水量的要求类似建筑高度小于或等于 24.0m 且体积小于或等于 5000m<sup>3</sup> 的多层仓库类。公路隧道特点与城市交通隧道相似，公路行业规范亦要求隧道内消火栓间距不大于 50m，因此参考借鉴《消防给水及消火栓系统技术规范》GB 50974 有关要求，认为采用 1 支消防水枪的 1 股充实水柱到达室内任何部位即可满足灭火基本要求。

为提高灭火控制率，建议公路隧道采用在单立管上设双出口消火栓，间接实现 2 股充实水柱。但为保证流量充足，提出立管管径不应小于 DN80 的要求。

**4.5.5** 公路隧道室外消火栓实际是隧道内消火栓在隧道外的延续，两者共用消防给水系统，按直线距离计算其布置间距。隧道内、室外消火栓应统一按照《公路隧道设计规范第二册交通工程与附属设施》JTG D70/2 中规定的消火栓间距布置。

## 5 隧道防烟排烟设施

### 5.1 一般规定

**5.1.2** 公路隧道火灾造成的损害和影响较大、救援困难。尤其是长隧道和特长隧道，火灾防烟与排烟是通风设计的重要组成部分。

隧道越长、交通量越大，火灾发生的概率越大；纵坡和交通条件影响通风系统的规模，也影响排烟通风的组织；隧道火灾荷载主要取决于车载可燃物类型及其数量。因此，在进行公路隧道防烟与排烟设计时，需考虑隧道长度、交通量、交通组成、断面大小、平曲线半径、纵坡和交通条件等因素。

隧道呈狭长形，隧道越长越近似于封闭空间，火灾发生后，隧道内烟雾发生量大，能见度低，散热慢，温度较高。隧道火灾发生后，安全疏散困难，容易造成交通堵塞和二次灾害。双向交通隧道、单向交通隧道、车流量大或处于交通高峰期的隧道发生火灾时，由于隧道内能见度低，疏散通道有限，加之驾驶员对烟火的恐惧，更容易出现慌不择路而造成交通堵塞或出现新的交通事故，期间发生二次灾害的概率更大。火灾发生后，隧道洞内通风急剧降低，除火灾产生的热压外，自然风对洞内通风排烟影响较大。因此，在进行公路隧道防烟与排烟设计时，需考虑人员逃生条件、自然条件和火灾危险性等因素。

**5.1.3** 同一座隧道火灾通风排烟按同一时间只发生一次火灾考虑，是根据我国公路隧道建设与运营经验，并参照我国建筑、地铁及国外相关标准的要求确定的。如《建筑设计防火规范》（GB50016-2006）中有“消防用水量应按其火灾延续时间和隧道全线同一时间内发生一次火灾，经计算确定...”的类似规定。

本着安全适用和经济合理的原则，通常将通风系统设计为正常情况下通风换气与火灾情况下排烟的合用系统。排烟系统的设置与公路隧道选用的排烟方式、日常运营通风方式密切相关。例如，采用全射流纵向式通风及排烟的公路隧道，其系统合并设置方式为共用风道（即行车道空间）与风机。

人行与车行横通道、相邻隧道或平行导洞和隧道内有人值守的附属用房等是保证人员安全疏散和救援的场所，需在隧道发生火灾时不被烟气侵入，应进行防烟设计。

### 5.2 隧道火灾排烟

**5.2.1** 本指南结合国内公路隧道安全隐患严重的实际情况，参考了 PIARC 2007 年技术报告引用的文献，并考虑了道路等级、隧道长度、交通方式（单向还是双向）、隧道位置（山岭还是水下）等主要因素，提出了表 5.2.1 的规定值。由于交通量与公路等级密切相关，因此这里没有再单独列出交通量的指标。

**5.2.2** 采用全横向、半横向及集中排烟的隧道火灾排烟需风量与烟雾生成率、隧道断面积、纵向风速等因素有关。本条烟雾生成率的取值参照了世界道路协会（PIARC）、欧洲等国外相关技术资料。

**5.2.3** 隧道火灾排烟系统以控制洞内火灾烟雾流向并将之有效排出洞外为主要目的。采用纵向排烟的

隧道，当洞内发生火灾时，烟雾通过隧道出口或就近排烟口排出。

纵向排烟的隧道排烟时洞内风速会造成烟雾紊乱，影响火灾下游烟雾分层，风速越大，紊乱现象越明显；另外，烟雾分层也会因隧道的纵向坡度和车辆而被扰乱。采用临界风速控制烟气的流动，既能防止烟雾回流危害火灾上游阻塞的车辆和滞留人员，又能延长烟雾在隧道顶壁的贴附时间，避免烟雾在下游扩散，从而增加人员的逃生时间。临界风速取决于火灾热释放率、隧道断面积和隧道净空高度。

**5.2.4** 单向交通隧道发生火灾时，隧道的纵向排烟风速以控制烟气不发生回流为原则，以保证起火点上游区域无火灾烟雾，利于隧道内人员通过横通道及隧道行车进口疏散逃生，起火点下游区域的机动车可安全驶离隧道。因此，起火隧道内的排烟方向应与隧道交通流方向相同。

根据隧道火灾试验结论，火灾发生后的 8~10min 以内，火场纵向气流上、下风方向 700m 范围内形成明显的烟气—空气分层结构，高温烟气流集中在拱顶。为保证安全疏散阶段内不破坏烟气—空气分层结构，起火点附近的气流流动速度不宜过大。因此，安全疏散阶段，排烟速度不应大于 0.5m/s。

当隧道内风速大于火灾临界风速时，烟气沿隧道纵向呈单向流动，烟气流向下风方向的温度远远高于上风方向的温度。因此，在灭火救援阶段，为使消防队员能安全地从隧道烟气流向的上风方向一侧抵达火场进行灭火救援，纵向排烟风速不应小于火灾临界风速。

**5.2.5** 采用排烟道集中排烟的公路隧道，火灾烟雾通过位于隧道顶部或侧壁上部的排烟口排出隧道，可使滞留人员处于无烟环境。

**5.2.6** 根据国内外有关资料，提出了排烟口及排烟道内的设计风速要求。

## 5.3 隧道排烟风机

**5.3.1** 本条对与高温烟气有直接接触的风机电机的耐高温要求，引用《消防排烟风机耐高温试验方法》（GA211-2009）提出的“应能满足在 250℃的烟气中正常工作不少于 60min”的要求。

为确保风机消声器在火灾高温作用下能正常使用，提出了其耐高温的要求。

## 5.4 逃生通道、避难所的防烟

**5.4.1~5.4.4** 独立避难所机械加压送风系统保持避难空间内一定的正压值，以止高温烟气侵入，并为避难人员提供呼吸所需的新鲜空气。参照《建筑设计防火规范》（GB50016）、《建筑防烟排烟系统技术标准》（GB51251）、《采暖通风与空气调节设计规范》（GB50019）等提出了独立避难所机械加压送风量、新鲜空气供气时间和排风设施的设计规定。

## 5.5 隧道内附属用房的防烟与排烟

**5.5.2** 隧道附属用房包括隧道运营管理中心（站）、中心控制室（站）、风机房、洞内外变电所（站）、水泵房等。隧道附属用房的防烟与排烟设计，主要归属于建筑设计范畴，可参照现行《建筑设计防火规范》（GB50016）执行。

## 6 交通监控与诱导

### 6.2 交通监视

**6.2.1** 当系统接收到报警后，如果是系统的火灾报警设施（手动报警按钮、火灾自动探测器）发出的报警信号，监控中心的控制工作站应立即进行声光报警提示，系统对报警设施相应位置的监控摄像机视频自动进行录像，并将其监视画面自动切换输出至监视墙，供监控员查看。

### 6.4 隧道控制与管理系统

**6.4.1** 隧道消防设计国家及行业标准更多的关注主体结构设计、消防灭火系统和应急救援设施方面，交通控制及诱导归入隧道监控系统，本指南将视频监控、信号控制及诱导疏散作为消防设计的规范要求。

## 7 应急照明与疏散指示标志

### 7.1 应急照明

**7.1.1** 根据《公路隧道照明设计细则》（JTG/TD 70/2-01-2014）第 8 章应急照明与洞外引道照明

8.1.1 长度  $L > 500\text{m}$  的高速公路隧道应设置应急照明系统，并应采用不间断供电系统；8.1.2 应急照明灯具可利用部分基本照明灯具；应急照明供电电源维持时间不应少于 30min。

**7.1.2** 根据《公路隧道照明设计细则》（JTG/TD 70/2-01-2014）第 3 章一般规定 3.0.1 公路隧道照明设计应满足路面平均亮度、路面亮度总均匀度、路面中线亮度纵向均匀度、闪烁和诱导性要求。机动车驾驶员行车时，视觉感受到的是路面亮度，因此以路面亮度作为照明指标较为科学合理。目前国际照明委员会（CIE）和世界上多数国家均以亮度指标为依据制定隧道照明标准。



## 8 火灾自动报警系统

### 8.4 手动报警按钮和火灾声光警报器

**8.4.3** 根据《公路隧道设计规范 第二册 交通工程与附属设施》JTG D70/2 第 9 章第 9.6 火灾声光警报器要求,设置火灾探测器且未设置有线广播的隧道应设置火灾声光警报器;同时设置火灾探测器和有线广播的隧道宜设置火灾声光警报器。火灾声光警报器应设置于隧道中央控制室、隧道入口前方 100~150m 处、隧道内各报警区域,设置高度不宜小于 2.5m。环境噪声大于 60dB 的场所设置火灾声光警报器时,其声光警报器的声压级应比背景噪声至少高 15dB,其他技术指标应符合现行《火灾声和/或光警报器》GB26851 的规定。

### 8.5 火灾报警控制器

**8.5.1** 高速公路隧道消防控制室一般设置在隧道管理站,并于隧道监控中心合建,属于有人值班的场所,隧道口配电房、预留洞室属于无人值班的场所。

## 9 消防供电与线缆

### 9.1 供配电设施

#### 9.1.5 1 不间断电源装置（UPS）设计应符合下列规定：

（1）当隧道用电负荷不允许中断供电或允许中断供电时间为毫秒级时，应采用在线式 UPS 供电，UPS 维持供电时间不应小于 30min。

（2）对计算机供电时，UPS 的额定输出功率不应小于计算机各设备额定功率总和的 1.2 倍；对其他用电设备供电时，其额定输出功率不应小于最大计算负荷的 1.3 倍。

（3）UPS 应具有手动、自动旁路装置。

（4）UPS 应具有对电池组进行测量及显示的功能。

#### 2 应急电源装置（EPS）设计应符合下列规定：

（1）隧道应急照明宜采用 EPS 供电，EPS 维持供电时间不应小于 30min。

（2）EPS 的额定输出功率不应小于应急照明额定功率总和的 1.3 倍。

（3）EPS 用于照明电源装置时，切换时间不应大于 0.3s。

（4）EPS 应具有对电池组进行测量及显示的功能。

## 附件 2 隧道消防设计应急救援控制流程

隧道作为特殊的交通环境存在着比其它路段更多的安全隐患,一起比较小的隧道意外事件很可能在短时间内引发或演变为一场非常严重的灾害性事故。由于隧道的封闭性,紧急事件发生后现场人员逃生困难,必须依靠及时有效的外部救援。因此,除加强日常运营管理外,还需要制定事故发生后所应采取的紧急措施和采用的应急方法,即应急预案。制订事前计划及应急预案,便于在事故发生后充分利用一切可能的条件,迅速控制事故发展并尽可能排除事故,保护现场人员和场外人员的安全,将事故对人员、财产和环境造成的损失降低至最低程度。

隧道事件的起因和种类是比较多的,而且在大多数情况下,事件发生后会引起不同程度的交通阻塞、延误或更大的事故。隧道应急救援系统的首要任务就是要能自动、及时地检测到事件信息,快速地反应、判断和处理事件。为此,首先要对交通事件进行分析,了解和掌握事件的起因、种类、影响的区域等各种相关情况,为判断和处理事件做好准备。隧道应急救援涉及到隧道监控、通风、供配电、照明、消防等各个方面。当进行应急救助时,各系统需协调工作,联合控制,共同完成救援工作。

# 1 隧道交通控制预案

隧道交通监控设施主要包括：可变信息标志、交通信号灯、车道指示标志、可变限速标志、监控摄像机、车辆检测器等。

对于长隧道、特长隧道的监控，系统应配有交通控制预案。以防在隧道内发生交通拥堵、交通事故、火灾等异常状况下，监控员可迅速做出反应，通过视频摄像机监视隧道的交通运行状况和事故现场，并且能够根据采集到的隧道实时交通数据、事故类型、事故特点等信息，监控员需及时启动相应的交通控制预案，对隧道进行交通诱导控制。

交通控制预案应包括：隧道单向行车方案、隧道封闭行车方案、隧道单车道阻塞行车方案、隧道双车道阻塞（完全阻塞）行车方案、隧道双向行车方案等。在正常情况下，隧道是处于交通流稳定、车辆行驶畅通的状态，此时的隧道交通控制预案应为“隧道单向行车方案”。在非正常情况下，当隧道有事故发生、火灾等异常状况时，应按需启用其它的交通控制预案。各种交通控制预案的控制流程如图所示。

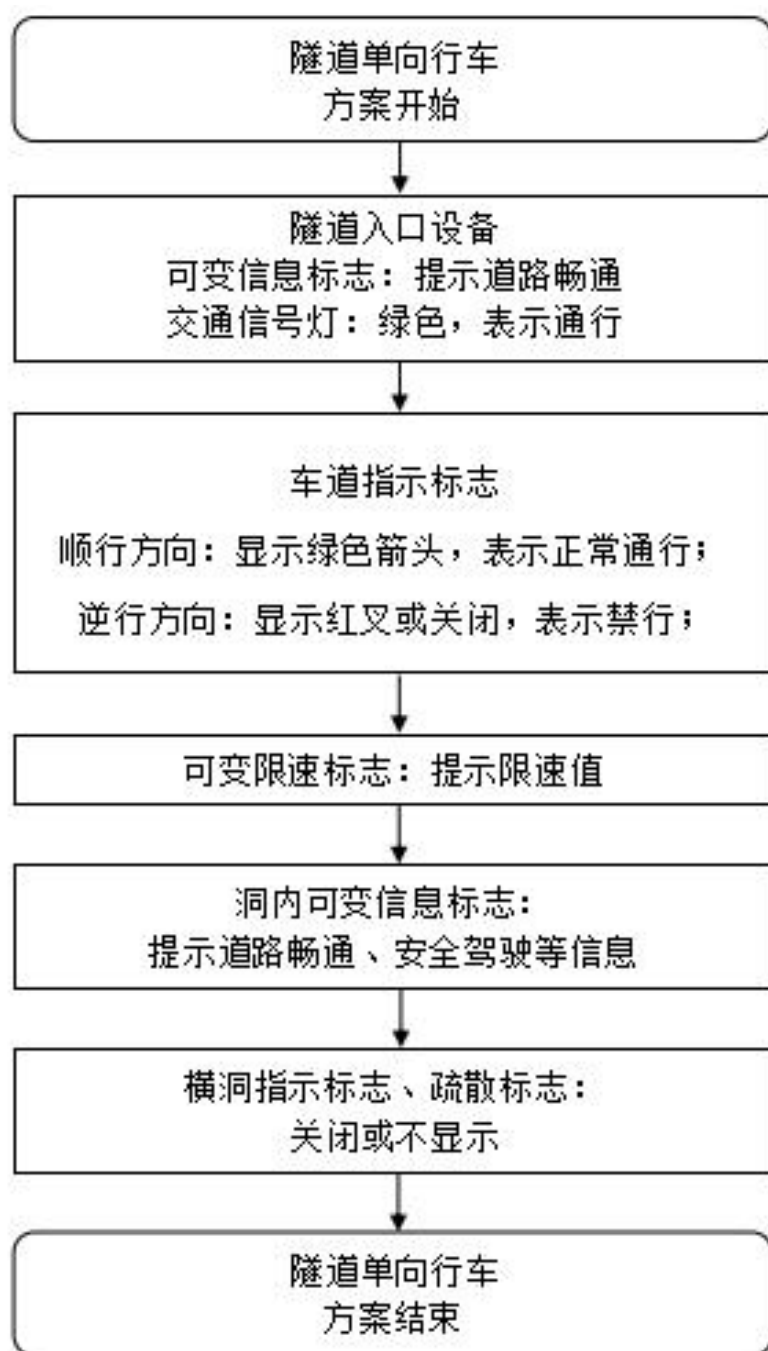


图 1 隧道单向行车方案流程图

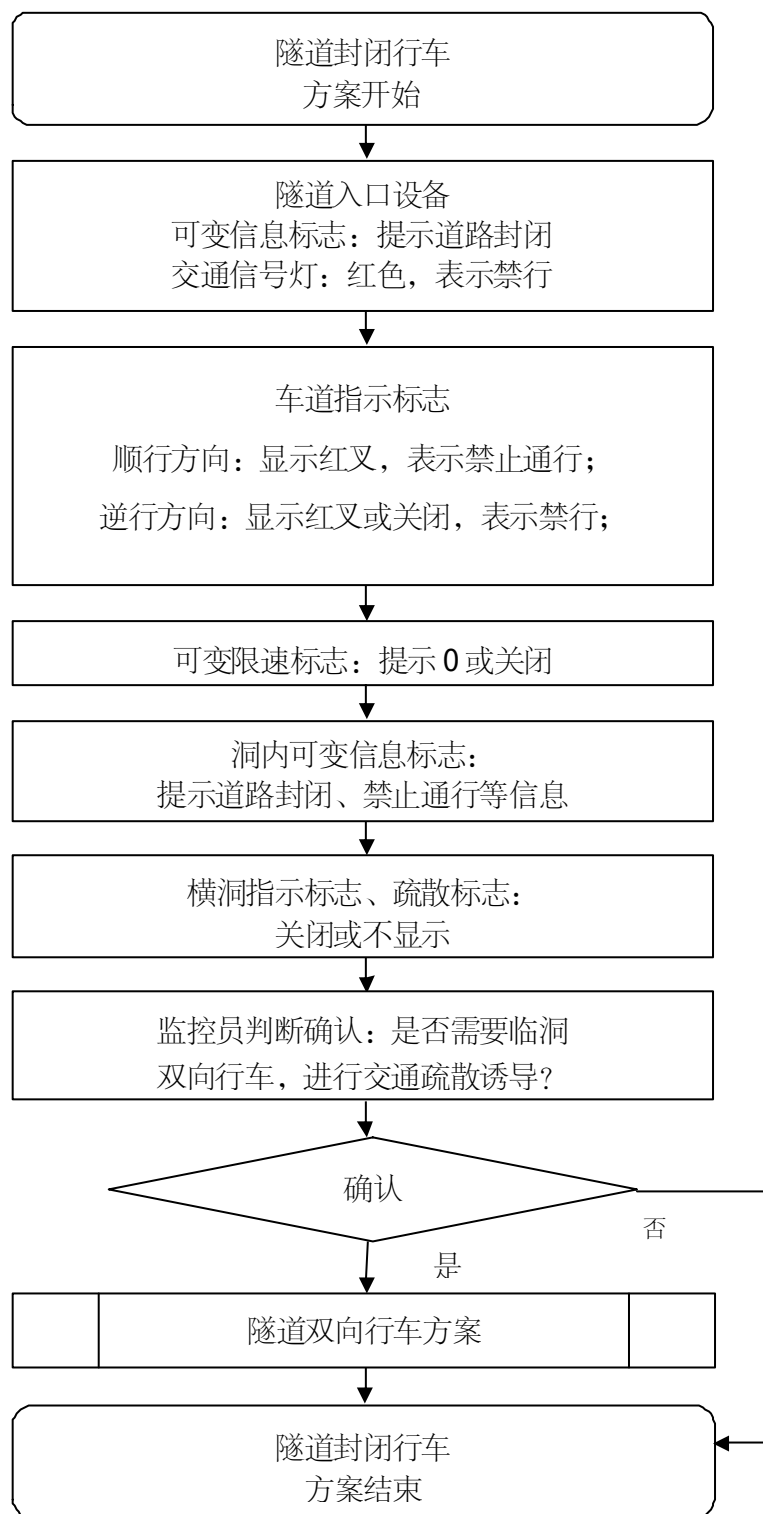


图 2 隧道封闭行车方案流程图

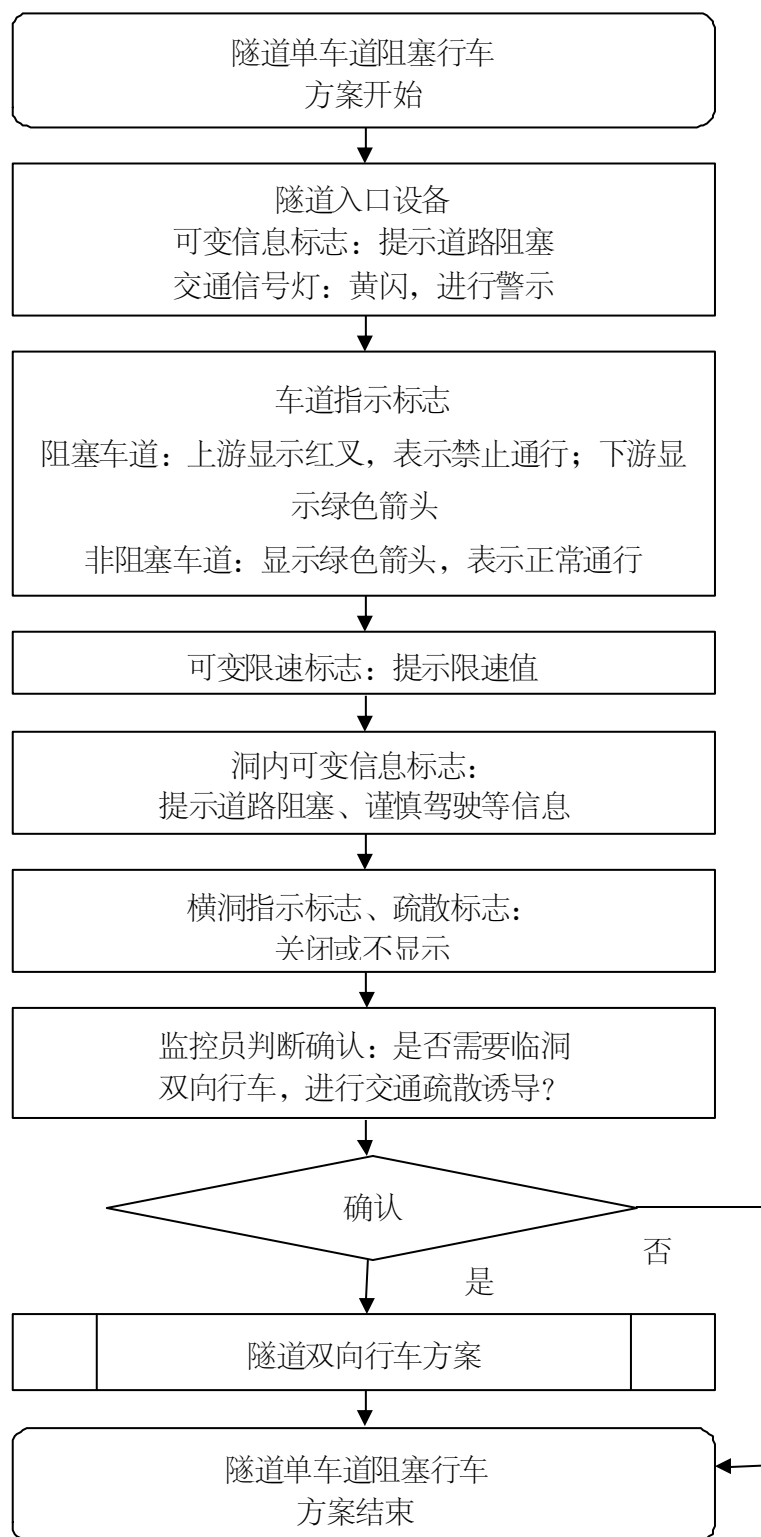


图 3 隧道单车道阻塞行车方案流程图

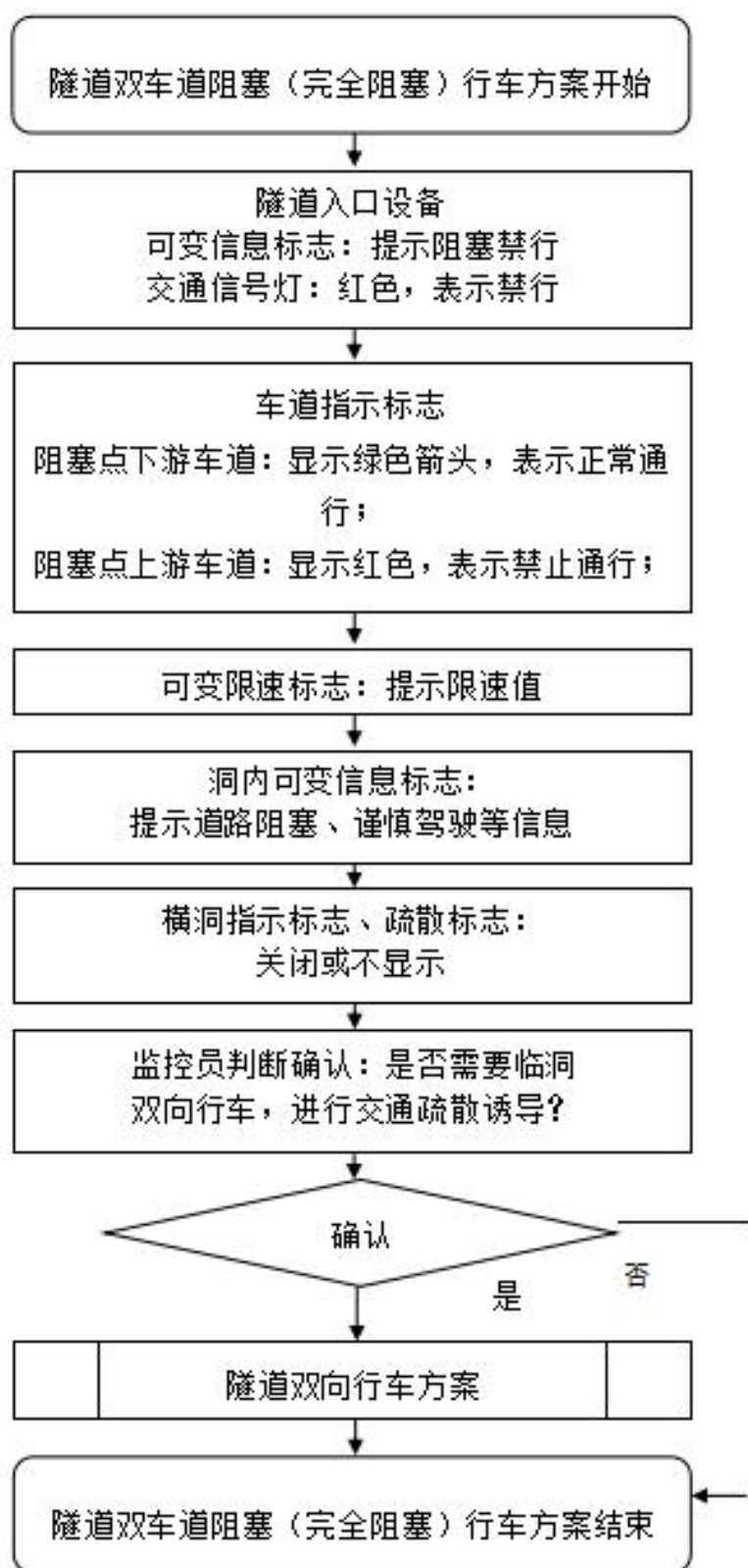


图 4 隧道双车道阻塞行车方案流程图



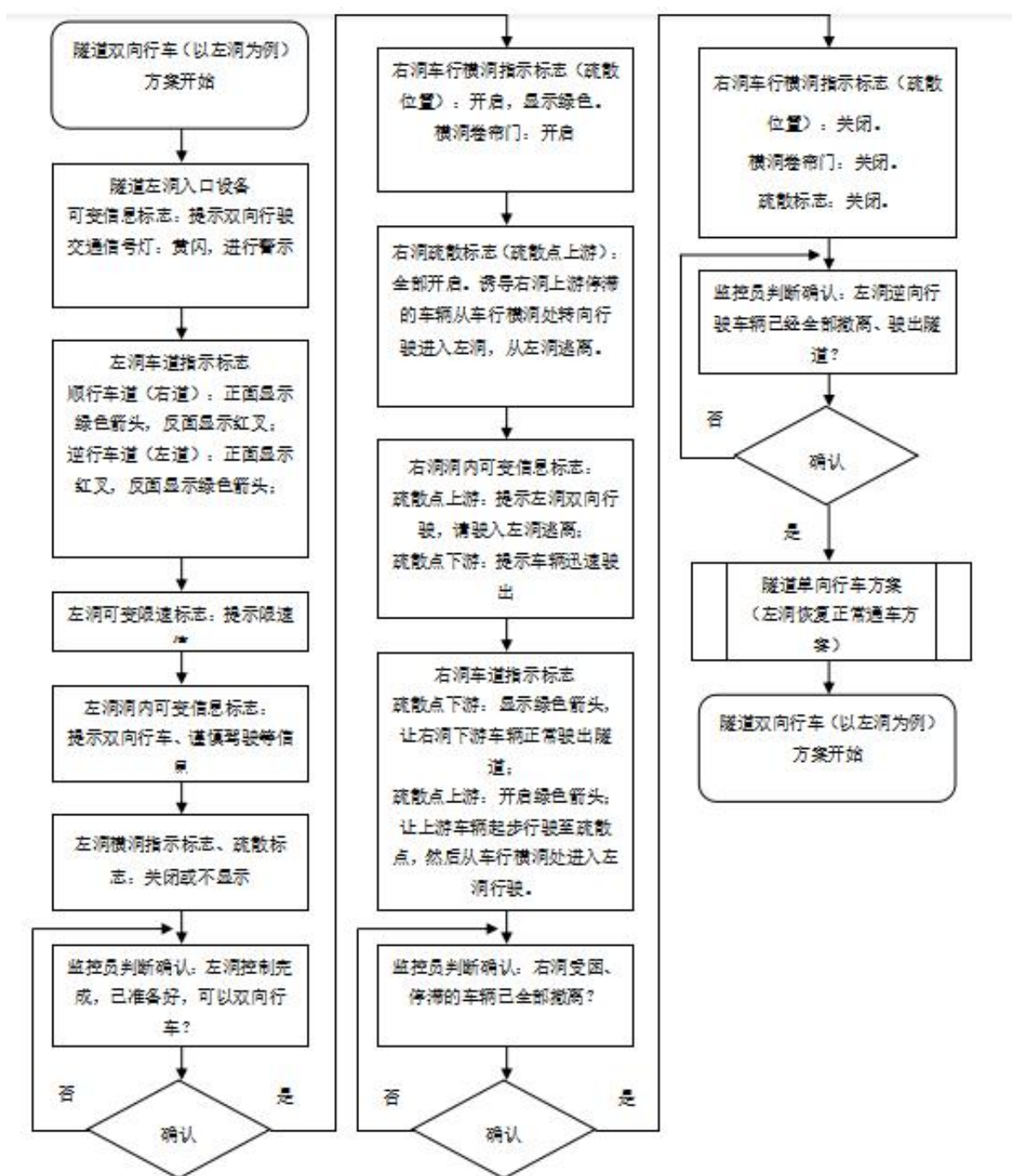


图 5 隧道双向行车方案流程图

## 2 隧道通风控制预案

隧道通风控制设施主要包括：风速风向检测器、CO 检测器、VI检测器、风机等。隧道通风监控主要是对隧道的通风状况和风机的运行状态进行检测，具备对数据采集处理功能、风机控制功能和运转状态反馈功能及全部信息的记录功能。并能够根据隧道内的风速、风向、CO、VI 的检测数据信息以及风机转向制定出合理的控制方案，对隧道风机的开启、停止、正反转工作状态进行控制。系统应具备正常工况条件下的通风控制功能和发生火灾条件下的通风控制功能。

隧道通风的本地控制由通风专业完成，隧道监控专业应能够实现隧道通风的远程自动控制功能，并可以针对不同工况提供相应的通风控制预案。

隧道通风控制预案应包括：CO/VI 联动控制方案、风机时间分段控制方案、火灾通风控制方案等。

### 2.1 CO、VI 联动控制方案

即系统能够根据隧道内 CO 检测器、VI检测器、风速风向检测器等检测设备采集到的隧道内通风运营环境的实时参数信息，与系统预设的 CO 浓度控制阈值、VI 烟雾浓度控制阈值、排烟风速控制阈值进行比对和分析，以此判断隧道当时的通风运营环境状况。

系统将 CO、VI 和风速风向的检测值与控制阈值进行比较、计算处理后，自动提出风机的控制预案，给出控制信号，执行对风机的控制指令（正转、反转、停止、开启等），给隧道送风或排风，供给必要的新鲜风量，稀释烟雾浓度 VI 和 CO 浓度，以维持隧道良好的通风环境，达到设计要求的洞内卫生与安全标准。

系统控制阈值的取值应通过工程调试不断地完善，阈值范围应适当，不宜过大、过小。

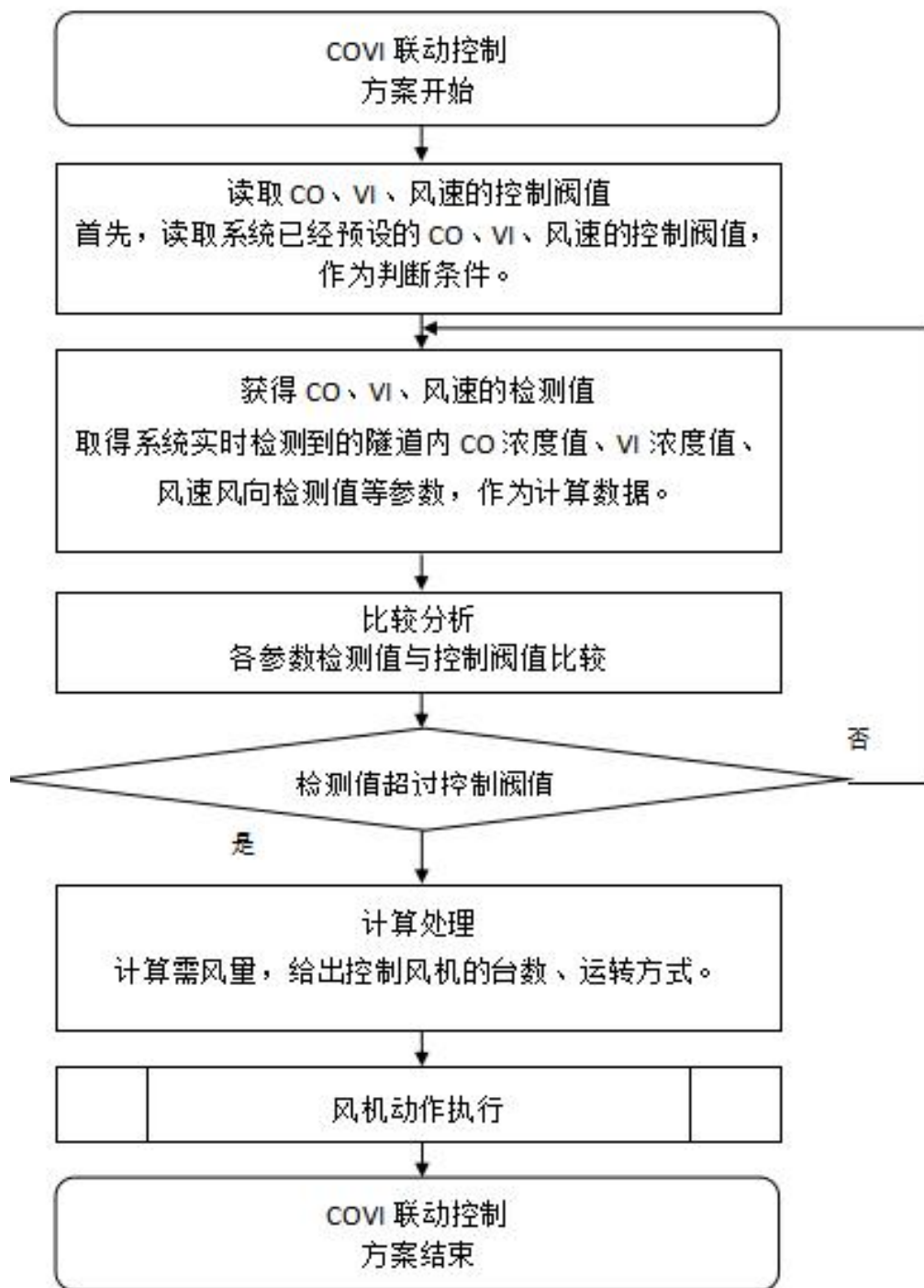


图 6 COVI 联动控制方案流程图

## 2.2 时间分段控制方案

即系统以时间为基准原则，按照一定的时间区间进行划分，分成不同的时间段（如早晨、中午、下午、傍晚、夜间；或周末、节假日、平时等），系统针对不同的时间区间或时间段，都预先编制好相应的风机控制运转方式，供监控员选择执行。

本方案需要根据隧道交通流随时间的变化趋势、日常运营特点等多方面因素，逐步的积累和工程调试，获得隧道通风环境状况变化趋势，明确区分时间段，进而为其制定合理有效的控制风机办法。

## **2.3 火灾通风控制方案**

在火灾发生的情况下，通风控制应根据火灾发生地点进行有针对性的分区控制方式。即火灾排烟应按隧道长度分区，首先合理进行火灾区段划分，然后按区段设置火灾发生时的人员撤离路线及控制风机运转方案。

### 3 隧道照明控制预案

在隧道内发生火灾、异常事故等紧急情况下，应开启所有照明回路，打开所有照明灯具，为司乘人员逃生提供最大的亮度营造逃生最好条件配合抢险和司乘人员逃生。

## 4 隧道火灾应急联动控制预案

隧道火灾报警设施主要包括：手动报警按钮、火灾自动探测器以及火灾报警控制器等。当隧道发生火灾时，火灾报警方式有多种，如司乘人员可以通过隧道内的手动报警按钮、紧急电话进行报警；系统可以通过火灾自动探测器的检测功能进行自动报警；隧道运营管理员及维护人员可以在日常巡逻、清洗维护的工作过程中发现火灾并报警；监控员可以通过视频摄像机监视隧道状况时发现火灾并确认报警。

当系统接收到报警后，如果是系统的火灾报警设施（手动报警按钮、火灾自动探测器）发出的报警信号，监控中心的控制工作站应立即进行声光报警提示，系统对报警设施相应位置的监控摄像机视频自动进行录像，并将其监视画面自动切换输出至监视墙，供监控员查看。

当监控员确认发生火灾后，应马上启动火灾应急联动控制预案。监控员需立即向领导及相关部门汇报（如隧道消防队、养护部门、交警、路政、医院等），同时要采取相应的交通控制预案和救援措施，通过隧道广播系统进行火灾紧急疏散广播，引导隧道内的车辆、人员逃生，组织、指导相关人员采取应急办法，进行灭火。应急预案中各个子系统的控制，应严格按照预案流程快速、准确地进行响应，确保联动控制各个环节有效衔接。

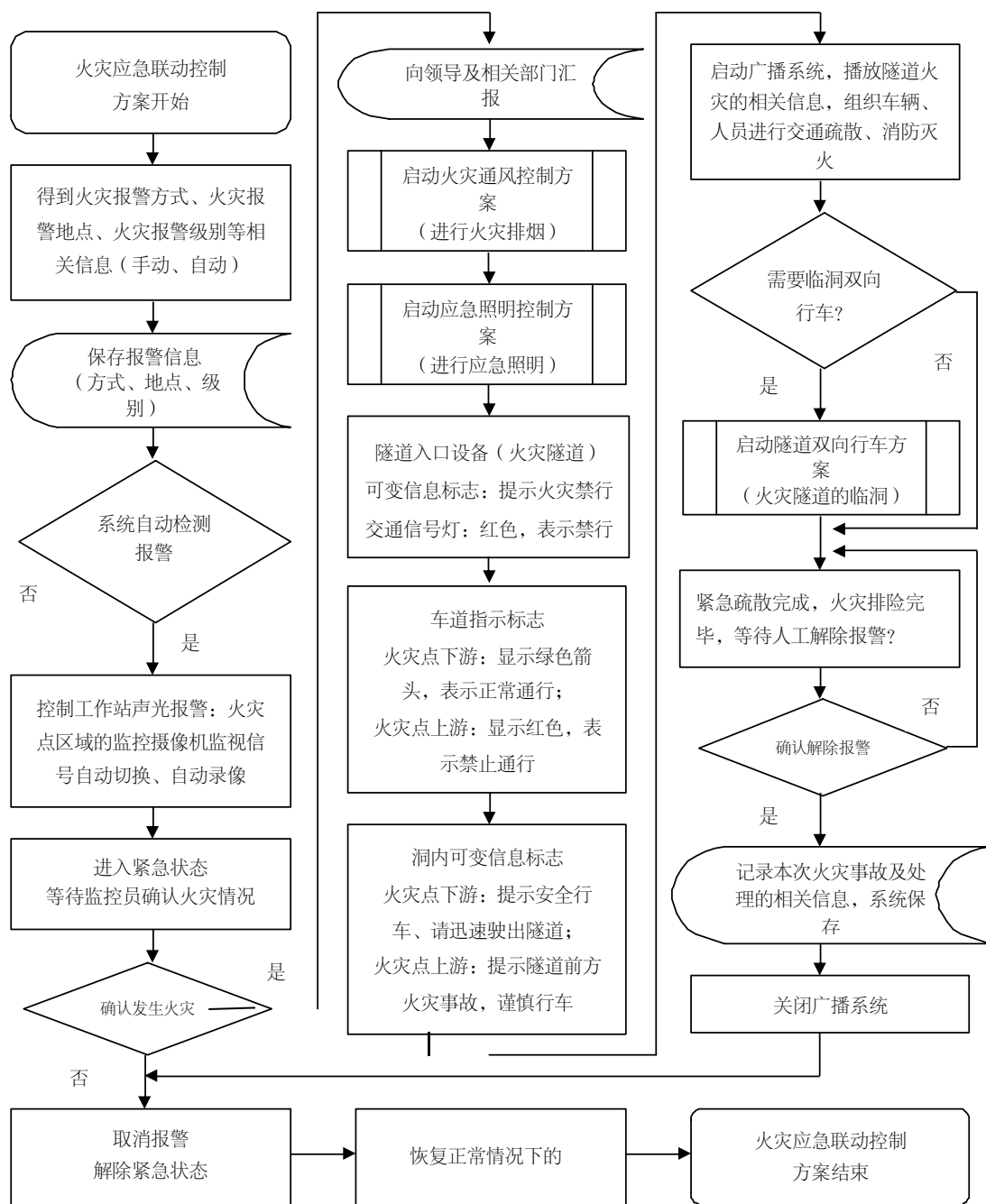


图 8 火灾应急联动控制方案流程图

## 5 隧道火灾应急救援具体案例

### 5.1 案例一：隧道中央区域发生火灾（按所处不同通风区段划分）

某隧道长 11km，洞口设置了隧道管理站和消防救援站，隧道按照规范设置了完备的机电设施，通风、排烟系统采用通风井分 3 段纵向通风、排烟方式，假设隧道右洞中央区域（洞内第二区段）处发生火灾，应急处理流程如下所述：

#### 1 火灾接警

当隧道发生火灾时，火灾报警方式主要可区分为人工手动报警、自动报警。

——人工手动报警方式的接警：

如司乘人员可以通过隧道内的手动报警按钮、紧急电话进行报警；隧道运营管理人员及维护人员可以在日常巡逻、清洗维护的工作过程中发现火灾并报警；监控员可以通过视频摄像机监视隧道状况时发现火灾。

当监控中心的“监控值班人员”接到报警后，应立即将监控画面切换至隧道内的火灾报警地点，通过观察此区域的监控摄像机视频，进而对火灾的发生地点、等级进行确认。

——自动报警方式的接警：

如系统通过设置在隧道内的火灾自动探测器的自动检测功能进行报警。

当报警是火灾自动报警系统检测上报时，监控系统则应自动响应，及时在监控中心的工作站上进行声光报警提示，并自动对事故报警地点进行视频录像。同时，将火灾事故区段的监控摄像机的视频自动切换显示在监视画面上，供“监控值班人员”进行火灾确认。

#### 2 火灾确认、应急反应

无论哪种报警方式，当“监控值班人员”接到报警后，都应立即切换显示火灾事故区段的监控视频，通过直观的视频观察，对火灾报警进行确认，判断火灾等级。当确认火灾地点和等级后，“监控值班人员”要立即启动相应的控制预案，隧道由正常运行模式转入到相应的火灾控制模式。

a) 立即电话通知领导以及相关部门（交警、路政、隧道消防队、养护部门、地方消防部队、医院）等单位，向其通报火灾事故情况、准备灭火。

b) 启动应急照明控制方案。

——开启隧道内所有照明回路，打开所有照明灯具，为司乘人员逃生提供最大的亮度，营造逃生最好条件。

c) 启动火灾通风控制方案。

——保持通风井机房内第二区段轴流排风机的正常排风（烟），若该风机为静止，应立即启动至少 2 台轴流风机；

——关闭隧道右洞第一、三区段的送、排风系统；

——反转第三区段的全部（部分）射流风机；



——尽量保持洞内风速为（2~3）m/s。

d) 封闭隧道入口，禁止道路主线上的车辆驶入隧道。

——火灾事故隧道入口前方的可变信息标志显示“隧道发生火灾、封道禁行”等交通强制信息，洞口的交通信号灯显示“红色”，表示禁行。

——另一侧隧道入口（非事故隧道）前方的可变信息标志显示“禁止车辆驶入、临侧隧道洞内发生火灾”等交通提示信息，洞口的交通信号灯显示“红色”，表示禁行。

e) 控制隧道内的车道指示标志动作。

——火灾事故隧道下游正常通行、上游禁行。

即火灾事故点下游的车道标志显示“绿色箭头”，让下游车辆正常通行，迅速驶离隧道，待下游的所有车辆全部驶离隧道后，再将隧道下游的车道标志陆续置为“红叉”，表示禁行。同时，控制火灾事故点（右洞 YKXX+XXX）上游的车道指示标志全部显示“红叉”，进行交通警示，防止上游车辆接近事故点。

——另一侧隧道（非事故隧道、左洞）单车道行驶、为救援车辆让出一条车道。即左洞正常行车道（外侧车道）的车道指示标志显示“绿色箭头”，让车辆正常通行；而左洞的超车道（内侧车道）的车道指示标志显示“红叉”，不允许客户车辆行驶，而是留出此车道专供救援车辆使用。

f) 控制隧道内的可变信息标志动作。

——火灾事故隧道的火灾事故点（右洞 YKXX+XXX）下游的可变信息标志显示“请保持车距、安全行车、迅速驶离”等提示信息。同时，控制火灾事故点（右洞 YKXX+XXX）上游的可变信息标志显示“前方发生火灾事故禁止通行、请尽快逃离”等警示信息。

——另一侧隧道（非事故隧道、左洞）的可变信息标志显示“请走正常行车道、超车道禁行、临侧隧道洞内发生火灾、请谨慎驾驶、注意避让”等提示信息。

g) 启动隧道广播系统，播报隧道火灾的相关信息。

——火灾事故隧道（右洞）：通告发生火灾、指导应急消防灭火、引导隧道受困人员疏散、弃车逃生、迅速撤离。

——另一侧隧道（非事故隧道、左洞）：提示临侧隧道发生火灾，要求左洞客户车辆走正常行车道（外侧车道），将超车道（内侧车道）让出来，以供救援车辆使用，请谨慎驾驶、注意避让。

### 3 火灾处理、人员及车辆疏散

相关救援部门赶往事故现场后，由现场处理人员进场开展灭火救灾、抢救、排障等操作。

#### （一）第一阶段：人员疏散

首先到达的现场处理人员应立刻组织人员疏散工作，尽快将火灾事故点（右洞 YKXX+XXX）的受困人员疏散至临近的安全通道区域（最近人行横洞），进而再由救援队引导受困人员逃出隧道，根据实际情况将受困者转移至隧道洞外的救援现场（隧道救援站或隧道救援站）。

相关人员可以就近使用隧道行车方向右侧的消防设备进行灭火，即可以使用此着火点前后的消防洞室内设施，每处含：磷酸铵盐干粉灭火器 4 具、30m 长 DN65 胶里水龙带 2 条，直径 19mm 水枪 2 支，PMZ-30 水成膜泡沫灭火装置一套。其中 1000 立方的常高压消防水池供水满足火灾延续时间 6 小时以上，每处 30L 泡沫原液可满足水成膜泡沫灭火装置使用 30 分钟。

另外，在隧道口的隧道救援站中的消防车以及相关人员可以根据实际情况，采用就近原则先后进入现场，其路线可以有以下几种（不限于此）：

（1）小桩号侧消防车从左线洞口进入，消防车辆可以根据火情选择离着火点前最近的车行横洞进

入着火点附近；随车部分消防人员可以在从附近人行横洞到达着火点的小桩号侧。

(2) 小桩号侧消防车从右线洞口直接进入到达着火点的小桩号侧。

(3) 大桩号侧消防车从左线洞口进入，消防车辆可以根据火情选择离着火点后最近的车行横洞进入着火点附近；随车部分消防人员可以从附近人行横洞到达着火点的大桩号侧。

(4) 大桩号侧消防车从右线洞口直接进入到达着火点的大桩号侧。

a) 交警人员到达现场后，进行交通管制，设置救援警戒线，开展疏散工作。

b) 路政人员到达现场后，协助交警进行人员疏散，及时清除故障车辆和物品、保证救援路线畅通。

c) 消防人员到达现场后，立即进行灭火工作、救助受困人员。

d) 养护人员到达现场后，配合监控中心的交通控制，操作隧道内相关设备，辅助清障、救援人员的工作。

e) 医院人员到达现场后，立即对受伤人员进行紧急救护、治疗，必要时马上送往医院。

f) 监控中心需保持对火灾现场的实时监视，与现场处理人员的实时联系，并要根据火灾处理现场的实际情况进行交通控制，及时调整救援方案，有效地配合疏散和救援工作。

g) 当事故隧道的火灾被有效控制住、扑灭后，应立即开展车辆疏散工作。

## (二) 第二阶段：车辆疏散

### 步骤一：左洞双向行车控制、车辆疏散工作准备

a) 如果发生事故的隧道内事故点（右洞 YKXX+XXX）上游停滞车辆多，需要开通另一侧隧道（左洞）协助疏散诱导的话，此时，“监控值班人员”则应启动另一侧隧道（左洞）的双向行车控制方案。

b) 首先，控制另一侧隧道（左洞）的入口设备动作。左洞入口前的可变信息标志显示“前方隧道双向行驶、请注意安全”，“请走行车道、超车道禁止通行”，“注意保持车距、请谨慎驾驶”，以及限速值等信息。左洞入口前的交通信号灯“黄色闪动”，进行警示。

c) 其次，控制另一侧隧道（左洞）的车道指示标志动作。正常行车道（外侧车道）的车道指示标志正面显示“绿色箭头”、反面显示“红叉”，即保持左洞正常行车道的稳定行驶；左洞超车道（内侧车道）的车道指示标志正面显示“红叉”、反面显示“绿色箭头”，即左洞超车道的交通标志转换显示、将超车道变成逆向行驶模式，提供给事故隧道（右洞）的受困车辆使用，辅助车辆的紧急疏散。

d) 同时，控制另一侧隧道（左洞）的可变限速标志，提示“限速值”；控制左洞的可变信息标志显示“隧道双向行车、请谨慎驾驶，保持车距、注意安全”等信息。

e) 接着，“监控值班人员”对左洞的双向行车准备工作进行确认，如果左洞已经准备好，则继续下一步动作。

### 步骤二：车辆疏散工作开始

a) 根据火灾事故隧道（右洞）的实时状况、以及现场处理人员的指示，确定合适的车辆疏散位置（火灾事故点上游的车行横洞，使用着火点前车行横洞），进入紧急疏散模式。

b) 开启疏散位置车行横洞的卷帘门，组织、引导右洞事故点上游停滞的车辆从车行横洞转向行驶进入左洞的超车道，从左洞驶出、撤离。

c) 控制火灾事故隧道（右洞）洞内的可变信息标志动作。疏散点上游的可变信息标志提示“车辆紧急疏散、左洞双向行驶，请驶入左洞撤离”。

d) 控制火灾事故隧道（右洞）的车道指示标志动作。疏散点上游的车道指示标志开启显示“绿色箭头”，让上游行驶受阻的车辆重新起步。

e) 启动隧道广播系统, 播报车辆紧急疏散的相关信息。

——火灾事故隧道(右洞): 通报火灾已被扑灭, 现开始进行车辆的紧急疏散, 让上游行驶受阻的车辆起步, 引导其行驶至疏散点的车行横洞处, 然后进入左洞驶出撤离。

——另一侧隧道(非事故隧道、左洞): 提示左洞双向行车, 请谨慎驾驶、注意避让; 正在配合事故隧道(右洞)的车辆疏散工作, 要求左洞客户车辆走正常行车道(外侧车道), 将超车道(内侧车道)让出来, 以供疏散车辆使用。

f) 在此过程中, “监控值班人员”需对隧道的交通状况进行实时监视, 并做出判断, 需要确认右洞受困、停滞的车辆是否已经全部撤离出右洞?

g) 当右洞受困车辆全部撤离完毕, 右洞已经没有受困车辆后, 关闭疏散点的车行横洞卷帘门。

h) 接着, “监控值班人员”需要再次做出判断, 确认从右洞疏散至左洞、在左洞超车道逆向行驶的受困车辆已经驶出隧道, 左洞超车道已经没有受困车辆。

i) 当左洞超车道(内侧车道)上的疏散车辆全部驶离左洞后, 表明车辆疏散工作完成, 此时应立刻结束左洞的双向行车方案、结束右洞的紧急疏散模式。

#### 4、火灾解除、事故处理完毕、恢复交通

当紧急疏散完成、火灾排险完毕、抢救工作结束, 现场抢救人员、车辆及设备全部撤离后, “监控值班人员”解除应急报警状态。

a) 首先, 恢复非事故隧道(左洞)的交通控制, 启动左洞的正常行车方案, 左洞所有监控设备的信号指示恢复到正常运行状态。

b) 其次, 隧道维护人员立刻对事故隧道(右洞)的设施及相关设备进行排查, 检查设备的损害程度、数量等, 并及时进行修复、补充。

e) 当事故隧道(右洞)的设施及相关设备可满足正常、安全通车的需要, 符合恢复交通运行的条件时, 则启动右洞的正常行车方案, 恢复隧道右洞正常情况下的交通、通风、照明控制方案。

备注: 隧道左洞发生事故时的处理流程与本次案例类似, 此处不再复述。

## 5.2 案例二: 隧道洞口区域发生火灾(按所处通风区段不同划分)

某隧道长 11km, 洞口设置了隧道管理站和消防救援站, 隧道按照规范设置了完备的机电设施, 通风、排烟系统采用通风井分 3 段纵向通风、排烟方式, 假设隧道右洞洞口区域(洞内第一区段)处发生火灾, 应急处理流程如下所述:

### 1 火灾接警

当隧道发生火灾时, 火灾报警方式主要可区分为人工手动报警、自动报警。

——人工手动报警方式的接警:

如司乘人员可以通过隧道内的手动报警按钮、紧急电话进行报警; 隧道运营管理人员及维护人员可以在日常巡逻、清洗维护的工作过程中发现火灾并报警; 监控员可以通过视频摄像机监视隧道状况时发现火灾。

当监控中心的“监控值班人员”接到报警后, 应即将监控画面切换至隧道内的火灾报警地点, 通过观察此区域的监控摄像机视频, 进而对火灾的发生地点、等级进行确认。

——自动报警方式的接警:

如系统通过设置在隧道内的火灾自动探测器的自动检测功能进行报警。

当报警是火灾自动报警系统检测上报时，监控系统则应自动响应，及时在监控中心的工作站上进行声光报警提示，并自动对事故报警地点进行视频录像。同时，将火灾事故区段的监控摄像机的视频自动切换显示在监视画面上，供“监控值班人员”进行火灾确认。

## **2 火灾确认、应急反应**

无论哪种报警方式，当“监控值班人员”接到报警后，都应立即切换显示火灾事故区段的监控视频，通过直观的视频观察，对火灾报警进行确认，判断火灾等级。当确认火灾地点和等级后，“监控值班人员”要立即启动相应的控制预案，隧道由正常运行模式转入到相应的火灾控制模式。

a) 立即电话通知领导以及相关部门（交警、路政、隧道消防队、养护部门、地方消防部队、医院）等单位，向其通报火灾事故情况、准备灭火。

b) 启动应急照明控制方案。

——开启隧道内所有照明回路，打开所有照明灯具，为司乘人员逃生提供最大的亮度，营造逃生最好条件。

c) 启动火灾通风控制方案。

——保持通风井机房内第一区段轴流排风机的正常排风（烟），若该风机为静止，应立即启动至少2台轴流风机；

——关闭隧道右洞第二、三区段的送、排风系统；

——反转第二、三区段的全部（部分）射流风机；

——尽量保持洞内风速为（2~3）m/s。封闭隧道入口，禁止道路主线上的车辆驶入隧道。

——火灾事故隧道入口前方的可变信息标志显示“隧道发生火灾、封道禁行”等交通强制信息，洞口的交通信号灯显示“红色”，表示禁行。

——另一侧隧道入口（非事故隧道）前方的可变信息标志显示“禁止车辆驶入、临侧隧道洞内发生火灾”等交通提示信息，洞口的交通信号灯显示“红色”，表示禁行。

d) 控制隧道内的车道指示标志动作。

——火灾事故隧道下游正常通行、上游禁行。

即火灾事故点下游的车道标志显示“绿色箭头”，让下游车辆正常通行，迅速驶离隧道，待下游的所有车辆全部驶离隧道后，再将隧道下游的车道标志陆续置为“红叉”，表示禁行。同时，控制火灾事故点上游的车道指示标志全部显示“红叉”，进行交通警示，防止上游车辆接近事故点。

——另一侧隧道（非事故隧道、左洞）单车道行驶、为救援车辆让出一条车道。即左洞正常行车道（外侧车道）的车道指示标志显示“绿色箭头”，让车辆正常通行；而左洞的超车道（内侧车道）的车道指示标志显示“红叉”，不允许客户车辆行驶，而是留出此车道专供救援车辆使用。

e) 控制隧道内的可变信息标志动作。

——火灾事故隧道的火灾事故点下游的可变信息标志显示“请保持车距、安全行车、迅速驶离”等提示信息。同时，控制火灾事故点上游的可变信息标志显示“前方发生火灾事故禁止通行、请尽快逃离”等警示信息。

——另一侧隧道（非事故隧道、左洞）的可变信息标志显示“请走正常行车道、超车道禁行、临侧隧道洞内发生火灾、请谨慎驾驶、注意避让”等提示信息。

f) 启动隧道广播系统，播报隧道火灾的相关信息。

——火灾事故隧道（右洞）：通告发生火灾、指导应急消防灭火、引导隧道受困人员疏散、弃车逃生、迅速撤离。

——另一侧隧道（非事故隧道、左洞）：提示临侧隧道发生火灾，要求左洞客户车辆走正常行车道（外侧车道），将超车道（内侧车道）让出来，以供救援车辆使用，请谨慎驾驶、注意避让。

### 3 火灾处理、人员及车辆疏散

相关救援部门赶往事故现场后，由现场处理人员进场开展灭火救灾、抢救、排障等操作。

#### （一）第一阶段：人员疏散

首先到达的现场处理人员应立刻组织人员疏散工作，尽快将火灾事故点的受困人员疏散至临近的安全通道区域（着火点前人行横洞），进而再由救援队引导受困人员逃出隧道，根据实际情况将受困者转移至隧道洞外的救援现场（隧道救援站或隧道管理站）。

相关人员可以就近使用隧道行车方向右侧的消防设备进行灭火，即可以使用此着火点前后的消防洞室内设施，每处含：磷酸铵盐干粉灭火器 4 具、30m 长 DN65 胶里水龙带 2 条，直径 19mm 水枪 2 支，PMZ-30 水成膜泡沫灭火装置一套。其中 1000 立方的常高压消防水池供水满足火灾延续时间 6 小时以上，每处 30L 泡沫原液可满足水成膜泡沫灭火装置使用 30 分钟。

另外，在隧道两侧的隧道救援站中的消防车以及相关人员可以根据实际情况，采用就近原则先后进入现场，其路线可以有以下几种（不限于此）：

（1）小桩号侧消防车从左线洞口进入，消防车辆可以根据火情选择在着火点桩号前的车行横洞到达着火点的小桩号侧，随车部分消防人员可以在从就近的人行横洞到达着火点的小桩号侧。

（2）小桩号侧消防车从右线洞口直接进入到达着火点的小桩号侧。

（3）大桩号侧消防车从左线洞口进入，消防车辆可以根据火情选择在火点桩号后的车行横洞到达着火点的小桩号侧，随车部分消防人员可以在从就近的人行横洞到达着火点的大桩号侧。

（4）大桩号侧消防车从右线洞口直接进入到达着火点的大桩号侧。

a) 交警人员到达现场后，进行交通管制，设置救援警戒线，开展疏散工作。

b) 路政人员到达现场后，协助交通进行人员疏散，及时清除故障车辆和物品、保证救援路线畅通。

c) 消防人员到达现场后，立即进行灭火工作、救助受困人员。

d) 养护人员到达现场后，配合监控中心的交通控制，操作隧道内相关设备，辅助清障、救援人员的工作。

e) 医院人员到达现场后，立即对受伤人员进行紧急救护、治疗，必要时马上送往医院。

f) 监控中心需保持对火灾现场的实时监控，与现场处理人员的实时联系，并要根据火灾处理现场的实际情况进行交通控制，及时调整救援方案，有效地配合疏散和救援工作。

g) 当事故隧道的火灾被有效控制住、扑灭后，应立即开展车辆疏散工作。

#### （二）第二阶段：车辆疏散

步骤一：左洞双向行车控制、车辆疏散工作准备

a) 如果发生事故的隧道内事故点上游停滞车辆多，需要开通另一侧隧道（左洞）协助疏散诱导的话，此时，“监控值班人员”则应启动另一侧隧道（左洞）的双向行车控制方案。

b) 首先，控制另一侧隧道（左洞）的入口设备动作。左洞入口前的可变信息标志显示“前方隧道双向行驶、请注意安全”，“请走行车道、超车道禁止通行”，“注意保持车距、请谨慎驾驶”，以及限速值等信息。左洞入口前的交通信号灯“黄色闪动”，进行警示。

c) 其次，控制另一侧隧道（左洞）的车道指示标志动作。正常行车道（外侧车道）的车道指示标志正面显示“绿色箭头”、反面显示“红叉”，即保持左洞正常行车道的稳定行驶；左洞超车道（内侧车道）的车道指示标志正面显示“红叉”、反面显示“绿色箭头”，即左洞超车道的交通标志转换显示、将超车道变成逆向行驶模式，提供给事故隧道（右洞）的受困车辆使用，辅助车辆的紧急疏散。

d) 同时，控制另一侧隧道（左洞）的可变限速标志，提示“限速值”；控制左洞的可变信息标志显示“隧道双向行车、请谨慎驾驶，保持车距、注意安全”等信息。

e) 接着，“监控值班人员”对左洞的双行行车准备工作进行确认，如果左洞已经准备好，则继续下一步动作。

#### 步骤二：车辆疏散工作开始

a) 根据火灾事故隧道（右洞）的实时状况、以及现场处理人员的指示，确定合适的车辆疏散位置（火灾事故点上游的车行横洞），进入紧急疏散模式。

b) 开启疏散位置车行横洞的卷帘门，组织、引导右洞事故点上游停滞的车辆从车行横洞转向行驶进入左洞的超车道，从左洞驶出、撤离。

c) 控制火灾事故隧道（右洞）洞内的可变信息标志动作。疏散点上游的可变信息标志提示“车辆紧急疏散、左洞双向行驶，请驶入左洞撤离”。

d) 控制火灾事故隧道（右洞）的车道指示标志动作。疏散点上游的车道指示标志开启显示“绿色箭头”，让上游行驶受阻的车辆重新起步。

e) 启动隧道广播系统，播报车辆紧急疏散的相关信息。

——火灾事故隧道（右洞）：通报火灾已被扑灭，现开始进行车辆的紧急疏散，让上游行驶受阻的车辆起步，引导其行驶至疏散点的车行横洞处，然后进入左洞驶出撤离。

——另一侧隧道（非事故隧道、左洞）：提示左洞双向行车，请谨慎驾驶、注意避让；正在配合事故隧道（右洞）的车辆疏散工作，要求左洞客户车辆走正常行车道（外侧车道），将超车道（内侧车道）让出来，以供疏散车辆使用。

f) 在此过程中，“监控值班人员”需对隧道的交通状况进行实时监视，并做出判断，需要确认右洞受困、停滞的车辆是否已经全部撤离出右洞。

g) 当右洞受困车辆全部撤离完毕，右洞已经没有受困车辆后，关闭疏散点的车行横洞卷帘门。

h) 接着，“监控值班人员”需要再次做出判断，确认从右洞疏散至左洞、在左洞超车道逆向行驶的受困车辆已经驶出隧道，左洞超车道已经没有受困车辆。

i) 当左洞超车道（内侧车道）上的疏散车辆全部驶离左洞后，表明车辆疏散工作完成，此时应立刻结束左洞的双向行车方案、结束右洞的紧急疏散模式。

#### 4 火灾解除、事故处理完毕、恢复交通

当紧急疏散完成、火灾排险完毕、抢救工作结束，现场抢救人员、车辆及设备全部撤离后，“监控值班人员”解除应急报警状态。

a) 首先，恢复非事故隧道（左洞）的交通控制，启动左洞的正常行车方案，左洞所有监控设备的信号指示恢复到正常运行状态。

b) 其次，隧道维护人员立刻对事故隧道（右洞）的设施及相关设备进行排查，检查设备的损害程度、数量等，并及时进行修复、补充。

c) 当事故隧道（右洞）的设施及相关设备可满足正常、安全通车的需要，符合恢复交通运行的条

件时，则启动右洞的正常行车方案，恢复隧道右洞正常情况下的交通、通风、照明控制方案。

备注：隧道左洞发生事故时的处理流程与本次案例类似，此处不再复述。