

备案号：J XXXXX—20XX

浙江省工程建设标准

DBJ

DBJ 33/T 1XXX—20XX

城市地下道路消防安全技术标准

Technical standard for fire safety of urban underground road

(征求意见稿)

20XX—00—00 发布

20XX—00—01 施行

浙江省住房和城乡建设厅 发布

前言

根据浙江省住房和城乡建设厅《关于印发<2020年浙江省建筑节能与绿色建筑及相关工程建设标准编制计划>（第二批）的通知》（浙建设函〔2020〕443号）的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，结合浙江省的实际情况，参考有关国家标准、国内外先进经验，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准共分为10章和3个附录，主要内容包括：总则，术语，基本规定，建筑与结构防火，安全疏散与救援，通风和防排烟系统，消防给排水及灭火设施，火灾自动报警与消防联动，消防电气，消防安全管理。

本标准由浙江省住房和城乡建设厅负责管理，由浙江省消防救援总队负责具体技术内容的解释。在执行过程中如有意见和建议，请寄送浙江省消防救援总队（杭州市下城区文晖路319号，邮编：311105，邮箱：mingc@zju.edu.cn），以供修订时参考。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人：

主编单位：浙江省消防救援总队

浙江大学

浙江大学建筑设计研究院有限公司

参编单位：中国计量大学

浙江数智交院科技股份有限公司

中铁第四勘察设计院集团有限公司

华东勘测设计研究院有限公司

中国联合工程有限公司

浙江台谊消防股份有限公司

浙大启真未来城市科技(杭州)有限公司

杭州并坚科技有限公司

主要起草人： 吴 珂 严晓龙 黄亚东 朱 凯 王 健

主要审查人：

目次

1	总 则	1
2	术 语	2
3	基本规定	4
4	建筑与结构防火	7
4.1	一般规定	7
4.2	承重结构体耐火要求	7
4.3	建筑材料阻燃耐火要求	7
5	安全疏散与救援	9
5.1	一般规定	9
5.2	消防救援	9
5.3	疏散避难设施	9
6	通风和防排烟系统	13
6.1	一般规定	13
6.2	防烟系统	13
6.3	排烟系统	15
6.4	排烟设施	19
7	消防给排水及灭火设施	22
7.1	一般规定	22
7.2	消防给水	22
7.3	消防排水	23
7.4	灭火设施	24
8	火灾自动报警与消防联动	28
8.1	一般规定	28
8.2	火灾自动报警	28

8.3	防灾通信	30
8.4	消防联动控制	31
9	消防电气	34
9.1	一般规定	34
9.2	供配电与线缆	34
9.3	应急照明与疏散指示	36
9.4	电气火灾监控系统	38
9.5	消防电源监控系统	39
10	消防安全管理	41
10.1	一般规定	41
10.2	消防设施维护管理	41
10.3	应急预案	42
附录 A	承重结构体耐火极限试验升温曲线和相应的判定标准	44
附录 B	地下道路排烟风机动力设计计算	46
附录 C	地下道路纵向通风烟气控制临界速度计算	55
	本标准用词说明	58
	引用标准名录	59
附：	条文说明	61

Contents

1	General provisions	1
2	Terms.....	2
3	Basic requirements	4
4	Building and structure fire protection	7
4.1	General requirements	7
4.2	Fire resistance requirements of load-bearing structure.....	7
4.3	Fire retardant requirements of building material	7
5	Safe evacuation and rescue	9
5.1	General requirements	9
5.2	Fire rescue	9
5.3	Evacuation shelter facilities	9
6	Ventilating and smoke control system.....	13
6.1	General requirements	13
6.2	Smoke prevention system	13
6.3	Smoke exhaust system	15
6.4	Smoke exhaust facility	19
7	Fire water supply, drainage and fire fighting facilities	22
7.1	General requirements	22
7.2	Fire water supply.....	22
7.3	Fire water drainage.....	23
7.4	Fire fighting facilities.....	24
8	Automatic fire alarm and fire linkage	28
8.1	General requirements	28

8.2	Automatic fire alarm	28
8.3	Disaster prevention communications	30
8.4	Fire linkage control	31
9	Fire Electric	34
9.1	General requirements	34
9.2	Electricity supply and cables.....	34
9.3	Emergency lighting and evacuation instructions	36
9.4	Electric fire monitor system.....	38
9.5	Fire power monitoring system	39
10	Fire safety management	41
10.1	General requirements	41
10.2	Maintenance management of fire fighting device	41
10.3	Emergency response.....	42
Appendix A The temperature-rise curve for fire resistance rating and performance criteria of load-bearing structure.....		44
Appendix B Dynamic design calculation for exhaust fan in urban underground road		46
Appendix C Calculation of critical velocity for longitudinal ventilation flue gas control in urban underground road.....		55
Explanation of wording in this standard		58
List of quoted standards		59
Addition: Explanation of provisions		61

1 总 则

1.0.1 为预防城市地下道路火灾，减少火灾危害，保护人身和财产安全，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于浙江省新建、改建和扩建的城市地下道路工程及附属用房的消防设计和运维管理。

1.0.3 城市地下道路的消防安全除应符合本标准外，尚应符合国家和浙江省现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 城市地下道路 urban underground road

城市范围内地表以下供机动车或者兼有非机动车、行人通行的道路，简称地下道路。

2.0.2 匝道 ramp

地下道路与地面道路以及相邻其他道路的连接道，包括地下道路出入口匝道和地下道路连接匝道等。

2.0.3 地下车库联络道 underground parking link

用于连接各地块地下车库并直接与城市道路相衔接的地下车行道路。

2.0.4 疏散通道 evacuation walkway

地下道路内纵向并行分隔设置，供人员或车辆应急疏散至地下道路外的通道。

2.0.5 横通道 cross channel

相邻地下道路间横向设置的，用于人员、车辆安全疏散的联络通道。

2.0.6 附属用房 ancillary facility

为地下道路正常运营而设置的设备用房和管理用房。

2.0.7 纵向排烟 longitudinal smoke extraction

火灾时，通过地下道路内射流风机或其他射流装置、风井送排风设施等组织烟气沿地下道路纵向流动的排烟方式。

2.0.8 重点排烟 concentrated smoke extraction

在地下道路纵向设置专用排烟风道，并设置一定数量的排烟口（排烟阀）。火灾时，远程控制火源附近的排烟口（排烟阀）

开启,将烟气就近有效排出的排烟方式,是横向排烟的一种形式。

2.0.9 开孔率 hatch ratio

自然排烟竖井的有效开口面积占地下道路路面面积的比例。

2.0.10 临界风速 critical ventilation velocity

采用纵向排烟的地下道路,防止火灾时烟气回流的最小平均通风风速。

3 基本规定

3.0.1 地下道路的消防安全应综合考虑道路交通组成、道路的用途、环境条件、长度等因素。

3.0.2 地下道路消防安全应遵循“以人员逃生与自救为主，车辆疏散、财产保全、灭火和外部救援统筹兼顾”的总体原则，做到安全可靠、技术先进、经济合理、节能环保。

3.0.3 地下道路消防安全应积极稳妥地采用新理论、新技术、新材料、新设备。

3.0.4 地下道路在进行防火设计时，应根据主地下道路封闭段长度，按表3.0.4的规定划分为一、二、三、四共四类。

表3.0.4 地下道路分类

类别	一	二	三	四
主地下道路 封闭段长度 (m)	$L > 3000$	$3000 \geq L > 1500$	$1500 \geq L > 500$	$L \leq 500$

注：表中分类不包括通行危险化学品等机动车。

3.0.5 当地下道路具有下列结构特征或者交通情况之一时，应根据火灾危险性进行专项消防论证：

- 1 线形布局为环形、地下互通等特殊结构形式；
- 2 通行油罐车、液化石油气等危险化学品车辆；
- 3 通行重型货车等火灾危险性大的车辆；
- 4 封闭段长度超过 10000m。

3.0.6 专项消防论证应根据国家相关规定和程序进行，符合《建设工程消防设计审查验收管理暂行规定》第十七条情形的应开展特殊消防设计。

3.0.7 地下道路防火设计应按同一条地下道路同一时间内发生

一次火灾考虑；当多条地下道路采用地下立交方式进行互通时，互通匝道及其相连的一条地下道路应按同一时间发生一次火灾设计。

3.0.8 地下道路消防设施设备的设置不应低于表 3.0.8 的规定。

表3.0.8 地下道路消防设施设备设置标准

消防、应急设施与防火措施		地下道路防火类别				备注
		一类	二类	三类	四类	
火灾自动报警设备	手动报警按钮	●	●	●	—	—
	火灾探测器	●	●	●	—	—
	声光警报装置	●	●	●	—	—
灭火设备	灭火器	●	●	●	●	—
	室内消火栓	●	●	●		—
	室外消火栓	●	●	●	▲	—
	泡沫消火栓	●	●	▲	—	设置泡沫-水喷雾联用灭火系统的地下道路可不设置泡沫消火栓。设置水喷雾系统的水下地下道路、采用纵向疏散的盾构地下道路应设置泡沫消火栓。
自动灭火	水喷雾系统	●	▲	▲	—	水下地下道路、采用纵向疏散的盾构地下道路应设置自动灭火系统，具体要求详见相关章节要求
	泡沫-水喷雾联用灭火系统	●	▲	▲	—	
	细水雾灭火系统	宜在重要设备用房设置				
	气体灭火系统					
	超细干粉灭火系统					

续表 3.0.7

消防、应急设施与防火措施		地下道路防火类别				备注	
		一类	二类	三类	四类		
疏散避难救援设施	疏散标志	安全出口标志	在疏散通道的安全出口处设置				一、二类地下道路内疏散指示标志的连续供电时间不应小于 1.5h; 其它地下道路不应小于 1.0h。
		疏散指示标志	●	●	●	●	
		消防设备指示标志	●	●	●	●	
	横通道指示标志	在人行、车行横通道前设置					
	疏散避难救援设施	除地下道路出入口外, 应根据地下道路的建筑、交通、环境等特点设置不同的供人员、车辆疏散和救援的横通道、疏散通道、直通室外的疏散出口、独立的避难场所等疏散避难设施。					
防排烟设施	防烟设施	●	●	●	●	—	
	排烟设施	●	●	●	—	—	
其他设施	紧急电话	●	●	●	—	消防专用电话可与地下道路内设置的紧急电话合用, 且应为独立的网路。	
	消防应急广播	●	●	●	—	地下道路内消防应急广播可与地下道路内设置的紧急广播合用。	
	应急照明	●	●	●	●/▲	长度小于等于 200m 的地下道路宜设置应急照明。	

注: ●表示应设置, ▲表示宜设置。

4 建筑与结构防火

4.1 一般规定

4.1.1 地下道路横断面设计应满足排水、通风、照明、消防和监控等设施安装空间。

4.1.2 地下道路建筑限界应满足消防车通行要求。

4.2 承重结构体耐火要求

4.2.1 地下道路承重结构体耐火极限测定应符合本标准附录 A 的规定。一、二类地下道路火灾升温曲线应采用 RABT 标准升温曲线，耐火极限分别不应低于 2.00h 和 1.50h；三类地下道路应采用 HC 标准升温曲线，耐火极限不应低于 2.00h；四类地下道路的耐火极限不限。

4.2.2 地下道路内的变电站、管廊、专用疏散通道、通风机房及其他辅助用房等，应采取耐火极限不低于 2.00h 的防火隔墙和乙级防火门等分隔措施与车行地下道路分隔。

4.2.3 地下道路的地下设备用房、风井、出入口的耐火等级应为一级；地面设备用房、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。

4.3 建筑材料阻燃耐火要求

4.3.1 地下道路内衬应采用不燃材料，且符合本标准附录 A 耐火极限要求的规定。

4.3.2 地下道路装修应采用不燃材料。

4.3.3 地下道路及其横通道、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，排烟管道、支架、桥架、线槽、嵌缝材料燃烧性能不应低于 B1 级。材料耐火等级应按现行国家

标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624 进行划分。地下道路侧墙装修材料、防火内衬，燃烧性能等级应为 A 级。

4.3.4 一、二、三类地下道路宜进行路面沥青阻燃处理。阻燃沥青燃烧性能的指标要求应符合表 4.3.4 的规定。氧指数的检测方法应符合现行行业标准《沥青燃烧性能测定 氧指数法》NB/SH/T 0815 的规定；烟密度等级的检测方法应符合现行国家标准《建筑材料燃烧或分解的烟密度试验方法》GB/T 8627 的规定。

表 4.3.4 地下道路路面阻燃沥青燃烧性能要求

项目	单位	要求
氧指数(LOI)	%	≥23
烟密度等级(SDR)	—	≤75

4.3.5 地下道路路面采用阻燃沥青混凝土时，路用性能应符合现行国家标准《道路用阻燃沥青混凝土》GB/T 29051 的规定。

4.3.6 地下道路的下列部位及范围应设置防火保护内衬：

- 1 圆隧道拱顶（防撞墙或内衬墙以上）；
- 2 矩形隧道顶板以及与侧墙装饰搭接不小于 1.0m 内的侧墙部分（含加腋）；
- 3 沉管法地下道路管节、节段接头部位；
- 4 安装地下道路顶风机、基本照明与应急照明灯具的预埋件；
- 5 消防相关的照明、供电、通信、信号电缆。

4.3.7 地下道路防火内衬宜采用深色防火板或防火涂料，并采取防脱落措施，防火板和防火涂料应符合现行国家标准《隧道防火保护板》GB 28376 和《混凝土结构防火涂料》GB 28375 的规定。

4.3.8 地下道路侧墙装修材料、防火内衬，耐久（设计使用）年限应达到 25 年以上。

5 安全疏散与救援

5.1 一般规定

5.1.1 地下道路内的设施不应影响人员和车辆的安全疏散与救援。

5.1.2 地下道路内的检修道、人行道、非机动车道应兼作火灾时地下道路行车空间的人员疏散救援通道。

5.2 消防救援

5.2.1 地下道路内的消防车道可与行车道、超车道合用，火灾发生时，应保证消防车通行与停靠要求。

5.2.2 消防车道上方 4m 以内的净空范围不得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遮盖构件应能承受消防车满载时的轮压。

5.2.3 地下道路内应设置连通上下通道的消防救援爬梯作为救援设施，与消防救援爬梯相连接的路面消防救援口，其设置间隔不应大于 120m。

5.3 疏散避难设施

5.3.1 除地下道路出入口外，应根据地下道路的建筑、交通、环境等特点设置不同的供人员、车辆疏散和救援的横通道、疏散通道、直通室外的疏散出口、独立的避难场所等疏散避难设施。

5.3.2 一、二、三类单洞地下道路设置的直通室外的疏散出口或人行疏散通道应符合下列规定：

1 直通室外的疏散出口间距不宜大于 300m，通向人行疏散通道的安全口间距不宜大于 250m；

2 当直通室外的疏散出口或人行疏散通道设置困难时，可借用地下车库、地下道路匝道的出入口作为人员安全疏散途径，并应在地下车库出入口、地下道路连接匝道旁侧设置疏散防火隔间作为人员疏散出口，疏散防火隔间的设置应符合下列规定：

1) 疏散防火隔间的墙应为实体防火隔墙，门应为甲级防火门；

2) 疏散防火隔间面积不应小于 6m^2 ；

3) 疏散门净宽度不应小于 1.2m 。

3 设有水喷雾系统或泡沫-水喷雾联用灭火系统且距地下道路出口小于 250m 的匝道段，可不设人员疏散出口和人行疏散通道。

5.3.3 一、二、三类双洞地下道路应设置人行横通道或人行疏散通道，并应符合下列规定：

1 人行横通道的间隔和地下道路通向人行疏散通道入口的间隔，宜为 $250\text{m}\sim 300\text{m}$ ；

2 人行横通道或人行疏散通道的净高度不应小于 2.1m ，净宽度不应小于 1.2m ；

3 应根据疏散能力要求校核通道间距与宽度；

4 地下道路与人行横通道或人行疏散通道的连通处，应采取防火分隔措施，门应采用甲级防火门，并应向疏散方向开启；

5 坡度大于 20% 的人行横通道应设置踏步，且应在横通道边墙两侧设置扶手，扶手高度宜为 0.9m ；

6 人行横通道应沿垂直双洞地下道路长度方向布置，并应通向相邻地下道路。人行疏散通道应沿地下道路长度方向布置，并应直通地下道路外；

7 人行横通道应设置应急照明设施。

5.3.4 双洞地下道路之间应设置车行横通道或车行疏散通道，车行横通道或车行疏散通道的设置应符合下列规定：

1 车行横通道设置间距和地下道路通向车行疏散通道入口

的间距宜为 500m~1500m；当受施工工艺及环境条件限制，设置困难时，可经专项消防论证适当放宽间距，但应设有泡沫-水喷雾联用灭火系统；

2 车行横通道应沿垂直地下道路长度方向布置，并应通向相邻地下道路；车行疏散通道应沿地下道路长度方向布置在双洞中间，并应直通地下道路外；

3 车行横通道和车行疏散通道的净高度不应小于 4.5m，净宽度不应小于 4.0m，坡度不宜大于 5%，最大纵坡不应大于 10%；

4 地下道路与车行横通道或车行疏散通道的连通处，应采取防火分隔措施；

5 车行横通道兼做人行横通道时应单独设置甲级防火门。

5.3.5 单层地下道路可利用地下道路路面以下的富余空间作为人员安全疏散通道，可采用下滑式逃生口、楼梯作为疏散设施，并应符合下列规定：

1 路面下纵向疏散通道应在不同疏散方向上设置不少于 2 个直通地下道路外的安全出口；

2 连接通道入口设置在地面上时，严禁设置在行车道上。入口处应设置能承受行车荷载的常闭式防烟盖板，盖板耐火极限不应低于 1.00h，并应采取防止可燃液体流入的措施。盖板应能从内外手动开启，宜具有远程开启功能。

5.3.6 双层地下道路可利用上、下层地下道路互为安全疏散通道，并应符合下列规定：

1 上、下层地下道路应采用封闭楼梯间连通，封闭楼梯间与地下道路之间应采用耐火极限不低于 2.00h 的防火隔墙分隔；

2 通往封闭楼梯间的门均采用甲级防火门；

3 封闭楼梯间的出入口启闭设施可采用常闭式防烟盖板、常闭式甲级防火门等装置，且不应设置在地下道路车行通道界限内。

5.3.7 单层地下道路采用路面下纵向疏散通道，以及双层地下道

路上、下层疏散时，下滑式逃生口、疏散至上（下）通道的楼梯应符合下列规定：

1 下滑式逃生口的设置间隔不宜大于 80m，逃生口的长和宽不宜小于 1.5m 和 0.8m，滑梯宽度不宜小于 0.6m；

2 疏散至上（下）通道的楼梯，其设置间隔不宜大于 120m、楼梯坡度不宜大于 60°、宽度不宜小于 0.8m，其边缘处应设置 0.9m 高的扶手；

3 逃生口侧的墙壁上应设置应急照明灯具和指示标志，并应有打开逃生口盖板的指示标志；

4 下滑式逃生口及出入口采用盖板形式的楼梯，其盖板应能承受行车荷载并便于开启。

5.3.8 地下车库联络道人员安全疏散设计应符合下列规定：

与地下道路相连的地下车库联络道，应设置通往相邻车行通道的人行横通道或直通室外的人员疏散出口，疏散出口间距不应大于 300m。确有困难时，可利用与相邻地下空间之间连通口处的甲级防火门作为人员疏散出口。

5.3.9 地下道路内设备用房每个防火分区的最大允许建筑面积不应大于 1500m²，设备用房的安全出口设置应符合下列规定：

1 每个防火分区的安全出口数量不应少于 2 个，与车道或其他防火分区相通的出口可作为第二安全出口，但必须至少设置 1 个直通室外的安全出口；

2 当无人值守的设备用房设置 1 个直通室外的安全出口时，该设备用房的建筑面积不应大于 500m²；当该安全出口利用通向相邻防火分区的甲级防火门或利用地下道路中邻近的人员疏散通道或安全出口时，该设备用房的建筑面积不应大于 200m²；安全出口与地下道路洞口、邻近人行横通道或疏散通道入口距离不应大于 15m。

5.3.10 当受施工工艺及环境条件限制，不能设置以上疏散避难设施时，应采取其他经论证可行的措施保证人员安全。

6 通风和防排烟系统

6.1 一般规定

6.1.1 地下道路内设置防排烟设施应综合考虑火灾危险性、地下道路长度、地下道路结构及断面、平曲线半径、纵坡、交通量、交通组成、交通条件和人员逃生条件等因素，经技术经济比较后确定地下道路防烟排烟方式及运行模式。

6.1.2 地下道路火灾防排烟设计应结合疏散避难设施和通风控制统一考虑。

6.1.3 地下道路防排烟系统的设置应符合下列规定：

1 应有利于人员安全疏散，避免起火时烟气侵入相邻地下空间、相邻地下道路、横通道、疏散通道、避难间及前室、封闭楼梯间、防烟楼梯间及前室、有人值守的附属用房等疏散避难设施；

2 应能及时有效控制和排除烟气、减少烟气的影响范围；

3 应利于救援、灭火。

6.1.4 附属用房的防排烟设计应符合国家和浙江省现行有关标准的规定。

6.1.5 对于一类地下道路，为确保防排烟系统能满足实际需求，应对防排烟系统进行热烟试运转及调试。

6.2 防烟系统

6.2.1 发生火灾时，应启动防烟系统，以阻止火灾烟气侵入相邻地下空间、相邻地下道路、疏散避难设施等场所。地下道路的疏散通道、避难间及前室、防烟楼梯间及前室等疏散避难设施应设置防烟系统。

6.2.2 当横通道两端设置具有防火、防烟功能的隔断措施时，横通道可不设置其他的防烟设施。

6.2.3 避难间、防烟楼梯间等与地下道路之间的压差应为 40Pa~50Pa，前室与地下道路之间的压差应为 25Pa~30Pa。

6.2.4 疏散通道防烟设计应符合下列规定：

1 疏散通道的防烟设计应根据交通条件、排烟方式和系统负担长度、控制难度等因素进行综合分析，宜采用机械加压送风方式；

2 疏散通道采用机械加压送风时，负担长度不大于 3000m 的疏散通道可采用单端加压送风方式；负担长度大于 3000m 且不大于 5000m 的疏散通道宜采用双端加压送风方式；负担长度大于 5000m 的疏散通道宜采用分段加压送风，分段长度不宜大于 5000m；

3 疏散通道的机械加压送风量不应小于开启的疏散门达到规定风速值所需的送风量、未开启疏散门缝和风道漏风量总和。

6.2.5 机械加压送风系统的设计风量不应小于计算风量的 1.2 倍。

6.2.6 设置机械加压送风的疏散避难设施内，加压送风量计算应符合下列规定：

1 疏散通道、避难间的前室的疏散门洞开启时，加压送风量应满足门洞的断面风速不应小于 1.0m/s；

2 防烟楼梯间及前室的疏散门洞开启时，加压送风量应满足门洞的断面风速不应小于 0.7m/s；

3 疏散通道的疏散门洞开启数量宜按设计交通量下车辆总停车长度范围内的疏散口全部开启计算，且数量不应小于 3 个；

4 前室的疏散门洞开启数量应按直接开向前室的所有疏散门的数量计算；

5 防烟楼梯间的疏散门洞开启数量应按不少于 1 个计算；

6 避难间的加压送风量应按其净面积计算，满足每平方米

不小于 30m³/h;

6.2.7 机械加压送风系统的送风口风速不宜大于 7.0m/s，机械加压系统的取风应直接从室外引入，当从室外引入确有困难时，可从非事故地下道路或救援通道等位置取风。

6.3 排烟系统

6.3.1 一、二、三类地下道路应设置排烟设施。

6.3.2 地下道路排烟方式的选择应符合下列规定：

1 单洞单向地下道路，长度大于 500m 且小于 3000m 时可采用自然排烟或纵向排烟方式；长度大于 3000m 时应采用机械排烟方式，包括纵向分段排烟或重点排烟方式；当采用纵向分段排烟方式时，最大纵向排烟区段长度不宜大于 3000m；

2 单洞双向、人车混行或长距离且易发生交通阻塞的地下道路，宜采用重点排烟方式；当长度不大于 3000m 时可采用自然排烟方式；

3 地下道路成环状设计时，宜采用重点排烟方式；

4 长度大于 60m 且无自然排烟条件的地下车库联络道应设置机械排烟系统。

6.3.3 排烟系统与通风系统宜分开设置。合用时，合用的通风系统应具备在火灾时快速转换的功能，尚应符合排烟系统的要求。

6.3.4 地下道路火灾热释放率应根据其所处位置、通车种类、长度和交通量等因素综合确定，且热释放率不应低于表 6.3.4 规定。

表 6.3.4 地下道路火灾热释放率取值

地下道路类型	通车种类	地下道路长度和交通量乘积	火灾热释放率 (MW)
水下	仅限小客车通行	—	15
	中小型货车、大客车	—	30

续表 6.3.4

地下道路类型	通车种类	地下道路长度和交通量乘积	火灾热释放率 (MW)
水下	重型车（一般可燃物）	小于 $5.5 \times 10^6 \text{m} \cdot \text{veh/d}$	30
		不小于 $5.5 \times 10^6 \text{m} \cdot \text{veh/d}$	50
非水下	仅限小客车通行	不小于 $5.5 \times 10^6 \text{m} \cdot \text{veh/d}$	50
	中小型货车、大客车	—	20
	重型车（一般可燃物）	小于 $1.4 \times 10^7 \text{m} \cdot \text{veh/d}$	20
		不小于 $1.4 \times 10^7 \text{m} \cdot \text{veh/d}$	50

注：对于通行重型货车（装载易燃物）、危化品车的地下道路，火灾规模应通过专项消防论证确定。

6.3.5 采用自然排烟的大于 500m 的地下道路，排烟设计应符合下列规定：

- 1 自然排烟口间距不宜大于 150m；
- 2 当地下道路长度为 500m~1500m 时，开孔率不宜小于 3.5%；当地下道路长度为 1500m~3000m 时，开孔率不宜小于 4%；
- 3 在自然排烟口间断设置时，排烟口宜均匀布置；相邻地下道路自然排烟竖井宜交错设置；
- 4 自然排烟口间距、排烟面积因工程实际情况无法满足上述规定的，可通过开展专项消防论证，结合地下道路几何特征、交通量、火灾规模等因素，综合考虑并确定自然排烟设计方案。

6.3.6 采用纵向排烟的地下道路，排烟设计应符合下列规定：

- 1 火灾情况下，排烟系统应能迅速组织气流、有效排烟，烟雾应由地下道路出口或就近排烟口排出；
- 2 纵向排烟风速应根据最不利火灾热释放率确定，不应小

于火灾临界风速。火灾临界风速可根据本标准附录 C 计算，且不应小于表 6.3.6 的取值规定；

表 6.3.6 地下道路火灾临界风速取值

火灾热释放率 (MW)	10	15	20	30	50
临界风速(m/s)	2.0	2.3	2.5	3.0	3.5

3 当地下道路进出口相邻布置时，应采取可靠的防止火灾烟气回流措施，且应符合下列三者之一的条件要求：

1) 进出口错位布置时，车辆出洞口超出车辆进洞口的长度不宜小于 10m；

2) 进出口平行布置时，二者间应设分隔墙，墙体宜高出地下道路顶部不小于 1 倍地下道路净高，墙体长度不宜小于地下道路当量直径的 5 倍；

3) 应采取通风控制措施，保证非事故地下道路气流方向与火灾地下道路排烟方向一致；

4 当采用风井排烟时，风井内排烟量应大于火灾点临界风速对应的排烟量与排出风井下游的风量之和，排出下游的风量应根据地下道路长度、火灾点位置、气象条件等计算确定，且排出下游的风量对应断面风速不宜小于 1m/s；新风应由地下道路入口或风井引入，当采用风井送风时，送风口风速不宜大于 10m/s。

6.3.7 采用重点排烟的地下道路，排烟系统设计应符合下列规定：

1 火灾排烟量应按设计火灾释热率计算确定，并综合考虑新风混入、风道和排烟口（排烟阀）的漏风量等因素。火灾释热率对应的烟气生成量应按下列式计算：

$$\text{当 } z > z_1 \text{ 时, } \quad M_p = 0.071Q_c^{1/3}z^{5/3} + 0.0018Q_c \quad (6.3.7-1)$$

$$\text{当 } z \leq z_1 \text{ 时, } \quad M_p = 0.032Q_c^{5/3}z \quad (6.3.7-2)$$

$$Z_1 = 0.166 \times Q_c^{2/5} \quad (6.3.7-3)$$

式中： M_p ——烟羽流质量流量（kg/s）；
 Q_c ——火源的对流热释放速率（kW），一般取 $0.7Q$ ；
 Z_1 ——火焰极限高度（m）；
 Z ——燃料面到烟气层底部的高度（m）（取值应大于等于最小清晰高度与燃料面高度之差）；

$$\Delta T = \frac{KQ_c}{M_p C_p} \quad (6.3.7-4)$$

式中： ΔT ——烟层平均温度与环境温度的差（K）；
 C_p ——空气的定压比热，一般取 $C_p=1.01[\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{k})]$ ；
 K ——烟气中对流放热量因子，取 $K=1.0$ ；

$$V = \frac{M_p T}{\rho_0 T_0} \quad (6.3.7-5)$$

$$T = T_0 + \Delta T \quad (6.3.7-6)$$

式中： V ——火灾烟气生成率（m³/s）；
 ρ_0 ——环境温度下气体密度，一般取 $\rho_0=1.2\text{kg}/\text{m}^3$ ；
 T_0 ——环境的绝对温度，一般取 $T_0=293.15\text{K}$ ；
 T ——烟层的平均绝对温度（K）；

2 风道和排烟口（排烟阀）应采取密闭措施，漏风量应结合施工方式、排烟口（排烟阀）产品性能综合确定；

3 重点排烟系统火灾排烟量不应低于表 6.3.7 的规定；

表 6.3.7 火灾排烟量取值

火灾热释放率 (MW)	10	15	20	30	50
火灾排烟量(m ³ /s)	60	80	100	140	200

4 采用重点排烟方式的地下道路应通过主风道排烟，补风应直接从室外引入，可采用地下道路入口自然补风或送风井机械

补风方式；

5 每个排烟区段应设置排烟口（排烟阀），排烟区段划分、排烟口（排烟阀）设置间距、开启数量应结合地下道路长度、交通工况、火灾热释放率、排烟量、最大坡度等综合确定；

6 火灾烟气应通过沿地下道路纵向布置的排烟口（排烟阀）排出，且火灾烟气应控制在火源与开启的排烟口（排烟阀）范围以内；

7 担负长度大于 3000m 的重点排烟系统应考虑火灾初期地下道路内交通风的影响；

8 排烟口应设置在地下道路上部或侧壁上部，并采用常闭型，排烟口纵向间距不宜大于 60m；火灾时应联动开启着火区域的排烟口，连续打开的排烟口数量不宜少于 3 组。

6.3.8 采用重点排烟时，排烟道横截面积应根据火灾热释放率、烟道长度等计算确定，横截面积可按表 6.3.8 取值。

表 6.3.8 排烟道面积取值

火灾热释放率(MW)	排烟道长度(km)	排烟道面积(m ²)
10	<5	6
	>5	8
20~30	<5	8
	>5	12
50	<5	12
	>5	16

6.3.9 对于采用纵向排烟、纵向分段排烟等方式的一、二类地下道路，应按本标准附录 B 规定的方法进行风机动力与排烟阻力的平衡计算，全程校核排烟效果。

6.4 排烟设施

6.4.1 应根据火灾烟气预测温度，对火灾工况下运行的射流风机、排烟风机及烟气流经的风阀、消声器、管道等辅助设施进行

合理配置，其连续有效运行时间应大于人员疏散和应急救援时间，且在 280℃时连续有效工作时间不应小于 1.0h。

6.4.2 地下道路内用于火灾排烟的射流风机功能除应符合相关标准规定外，尚应符合下列规定：

- 1 火灾排烟的射流风机应至少有一组冗余；
- 2 采用射流风机纵向排烟时，射流风机不宜集中布置，应根据地下道路长度、排烟和配电等要求分散布置；
- 3 射流风机纵向间距及距地下道路洞口的距离不宜小于 60m，同组相邻两台射流风机中心间距不宜小于 2 倍风机直径；
- 4 火灾时运转的射流风机从静态转换为事故状态所需时间不应大于 30s，从运转状态转换为事故状态所需时间不应大于 60s；
- 5 可逆式风机应能在 90s 内完成反向运转。

6.4.3 地下道路内的大型排烟风机应符合下列规定：

- 1 大型排烟风机宜采用卧式轴流风机；
- 2 大型排烟风机并联台数不应超过 4 台；
- 3 大型排烟风机可不设备用风机；
- 4 大型排烟风机从静态转换为事故状态所需时间不应大于 30s，从运转状态转换为事故状态所需时间不应大于 60s；
- 5 大型排烟风机应设置在专用机房内，且机房应采取耐火极限不低于 2.00h 的防火隔墙和乙级防火门等分隔措施与车行区域分隔；当隔墙上设有风阀时，风阀耐火完整性不应低于隔墙的耐火极限。

6.4.4 地下道路内的排烟口（排烟阀）的设置应符合下列规定：

- 1 排烟口（排烟阀）宜布置在地下道路顶部；当布置于侧壁上部时，排烟口（排烟阀）的底面至路面高度不宜小于 2.5m（仅通行小客车的地下道路）或 3.5m（通行大客车、装载一般可燃物的重型车等的地下道路）；
- 2 排烟口（排烟阀）设计风速不宜大于 10m/s；

3 排烟口（排烟阀）的耐火极限不低于 2.00h。

6.4.5 地下道路排烟系统风道设计应符合下列规定：

- 1 排烟系统可采用金属风道或混凝土、砖砌风道等；
- 2 金属风道设计排烟风速不宜大于 20m/s，混凝土、砖砌风道等非金属风道设计排烟风速不宜大于 15m/s；
- 3 排烟风道耐火极限不应小于 2.00h；
- 4 排烟风道应具有良好的密闭性，允许的漏风量不应高于表 6.4.5 的规定。

表 6.4.5 允许的漏风量

设计工作压力(Pa)	1500	2000	2500	3000
允许的漏风量(m ³ /(m ² ·h))	1.36	1.64	1.89	2.13

6.4.6 地下道路排烟系统可不设置排烟防火阀，下列部位应设置电动风阀：

- 1 排烟机房、排烟风道与地下道路相接处；
- 2 排烟风机出口处。

对于穿越防火分隔处设置的电动风阀，风阀耐火完整性不应低于该防火分隔的耐火极限。

7 消防给排水及灭火设施

7.1 一般规定

7.1.1 在进行城市交通的规划和设计时，应同时设计消防给水系统。地下道路宜设置独立的消防给水系统。四类地下道路可不设置消防给水系统。

7.1.2 地下道路消防给水系统用水量应按地下道路全线同一时间发生一处火灾计算确定。地下道路内的消防用水量应按同时开启所有灭火设施的用水量之和计算。

7.1.3 消防给水系统应满足水消防系统在设计持续供水时间内所需水量、流量和水压的要求。

7.1.4 消防灭火设施应设置明显的标识。

7.2 消防给水

7.2.1 地下道路消防水源应符合国家现行有关标准的规定。消防系统宜设消防水池，当无法设置消防水池时，在市政给水管网水量满足消防水量条件下，经权属单位同意，消防水泵可从市政管网直接抽水。消防水泵抽水采用一路或两路水源应根据室内、室外消防流量确定。

7.2.2 消防水池的设置除应符合现行国家标准《消防给水和消火栓系统技术规范》GB 50974 的规定外，尚应符合下列规定：

1 多条地下道路共用消防水池时，消防用水量应按用水量最大的地下道路确定；

2 消防水池的给水管应根据其有效容积和补水时间确定，补水时间不应大于 48.0h。

7.2.3 当市政给水管网压力不能满足地下道路消防用水压力或流量要求时，应设置消防泵房，消防泵房设计应符合下列规定：

- 1 各类消防泵应设置备用泵，且不宜超过 3 台；
- 2 消防泵房不应设置在地下三层及以下。消防泵房的疏散门应直通室外或安全出口；
- 3 消防泵房的室内环境温度不应低于 5℃；
- 4 消防泵房应采取防水淹等措施。

7.2.4 地下道路消防给水管网除应符合国家现行有关标准的规定外，尚应符合下列规定：

1 消防配水管道宜采用热镀锌钢管，或符合国家现行标准规定的其他防腐钢管、铜管和不锈钢管，宜采用沟槽式连接或丝扣、法兰连接，并应设置固定设施；

2 地下道路消防给水管道应布置成环状。环状管网的进水管不应少于 2 根，当其中一根发生故障时，其余进水管应能保证消防用水量和水压的要求；

3 消防管道在穿越结构变形缝时，应设置补偿管道伸缩和剪切变形的装置，并应按要求设置支架、吊架；

4 应采取保温措施，沿海地区地下道路消防给水管应具有防盐雾腐蚀措施；

5 地下道路内的消防给水管网应设置抗震措施。

7.3 消防排水

7.3.1 地下道路内应设置排水设施，排水设施应考虑灭火时的消防用水量。

7.3.2 地下道路排水设施应采取防止事故时可燃液体或有害液体沿地下道路漫流的措施。

7.3.3 地下道路消防废水与引道段的雨水宜分类收集及排放。

7.3.4 地下道路内消防废水应分段设置横截沟收集，由地下道路工作井、最低处废水泵房将消防废水及时排出。

7.3.5 地下道路内废水排水泵应设置备用水泵，当备用泵可与其他水泵同时工作时，可计入排水流量。

7.4 灭火设施

7.4.1 地下道路灭火设施应根据防火类别综合选用灭火器、消火栓、泡沫消火栓、水喷雾系统、泡沫-水喷雾联用灭火系统、气体灭火系统等。

7.4.2 地下道路内应设置 ABC 类灭火器，并应符合下列规定：

1 一、二类地下道路和设置 3 条及以上车道的三类地下道路内，应在地下道路两侧设置 ABC 类灭火器，每个设置点不应少于 4 具，单侧灭火设置点的间距不应大于 50m，两侧交错布置；

2 三、四类地下道路内应在地下道路一侧设置 ABC 类灭火器，每个设置点不应少于 2 具，灭火设置点的间距不宜大于 50m；

3 灭火器应成组设置在灭火器箱内，当采用 ABC 干粉灭火器时，宜采用磷酸铵盐干粉充装总量不小于 5kg，且不大于 8kg 的灭火器。

7.4.3 消火栓系统布置应符合下列规定：

1 应在地下道路单侧设置室内消火栓箱，地下道路内消火栓的间距不应大于 50m，当为单洞双向通行或单洞单向通行但大于 3 车道时，应在地下道路两侧间隔设置；

2 消火栓箱内至少应配置 1 支喷嘴口径 19mm 的水枪、1 盘长 25m、直径 65mm 的水带，并宜配置消防软管卷盘。设置消防水泵供水设施的地下道路，应在消火栓箱内设置消防水泵启动按钮；

3 消火栓栓口离地面或操作基面高度为 1.1m，其出水方向宜与设置消火栓的墙面成 90° 角，栓口消防箱内边缘的距离不应影响消防水带的连接；

4 设有消防给水的地下道路，在地下道路洞口处应设置消防水泵接合器和室外消火栓，地下道路室外消火栓与地下道路洞口的距离不宜大于 40m，水泵接合器距室外消火栓的距离不宜小于 15m，并不宜大于 40m；

5 在地下道路洞口设置地上式室外消火栓，其数量应满足室外消火栓用水量要求；

6 地下道路内的消火栓用水量不应小于 20L/s，地下道路外的消火栓用水量不应小于 30L/s。对于长度小于 1000m 的三类地下道路，地下道路内、外的消火栓用水量可分别为 10L/s 和 20L/s；

7 一、二类地下道路的消火栓系统持续供水不应小于 3.0h；三类地下道路，不应小于 2.0h；

8 管道内的消防供水压力应保证用水量达到最大时，最低压力不应小于 0.30MPa，当消火栓栓口处的出水压力超过 0.50MPa 时，应设置减压设施；

9 当城市供水压力不能满足地下道路最不利点消火栓管网充水压力要求时，应采用稳压装置；

10 地下道路内消火栓给水管网应布置成环状，并用阀门分隔成相应的独立管段，阀门的布置应保证检修管道时关闭停用消火栓的数量不大于 5 处；

11 设有风井的地下道路，在联络风道口处宜设置能对火灾时产生的热空气进行降温的设施；

12 一类地下道路双向各设置一根独立供水空管，配备专门的水泵接合器，在消火栓箱内设置专门消火栓，作为固定消防供水设施失效后的紧急备用供水。

7.4.4 泡沫消火栓系统设计应符合下列规定：

1 地下道路泡沫消火栓的间距不应超过 50m；

2 泡沫消火栓箱内应设有软管卷盘、泡沫枪、比例混合器、泡沫液罐、导向架及管路组件等；

3 泡沫系统用水量可按 1L/s 设计，并应计入消火栓泵的额定流量内，最不利点泡沫消火栓的供水压力不应小于 0.35MPa；

4 泡沫消火栓箱内宜选用环保型 3% 型水成膜泡沫液，泡沫罐宜选用不锈钢材质罐体，容积宜为 30L；

5 系统应选用带开关的吸气型泡沫喷枪，泡沫混合液流量

不应小于 30L/min，连续供给时间不应小于 20min；

6 泡沫消火栓阀门应有明显启闭标志，泡沫罐上醒目位置应注明泡沫液有效使用期限。

7.4.5 水喷雾系统设计应符合下列规定：

1 喷雾强度大于等于 6.0L/(min·m²)，最不利点处喷头的工作压力不小于 0.2MPa，持续喷雾时间不应小于 4.0h；

2 系统的作用面积不宜大于 600m²，系统的设计流量应按下式计算：

$$Q_s = KQ_j \quad (7.4.5)$$

式中： Q_s ——系统的设计流量 (L/s)；

K ——安全系数，应取 1.05~1.10，地下道路防火类别越高的，宜选用高值；

Q_j ——计算流量 (L/s)；

3 水喷雾系统应设有水雾喷头、雨淋阀组、供水管道、供水设施等；

4 每个水喷雾系统保护区应与火灾报警系统探测报警区一一对应，消防时应开启任意相邻的保护区，单个保护区范围不宜小于 20m，同时启动的雨淋阀组数量宜为 2 个~3 个；

5 水喷雾系统用于防护冷却时，响应时间不应大于 300s。

7.4.6 泡沫-水喷雾联用灭火系统设计应符合下列规定：

1 泡沫混合液喷雾强度不应小于 6.5L/(min·m²)，最不利点处喷头的工作压力不应小于 0.35MPa；

2 泡沫混合液持续喷射时间不应小于 20min，泡沫水喷雾持续时间不应小于 60min；

3 泡沫-水喷雾联用灭火系统应设有泡沫-水雾两用喷头、雨淋阀组、比例混合器、电磁阀、供水管道、供水设施、泡沫液管道和泡沫液供给设施等；

4 宜按 20m~25m 设置一个灭火分区，发生火灾时灭火分区动作数量不宜少于两个；

5 当泡沫-水喷雾联用灭火系统用于灭火时，响应时间不应大于 60s；

6 系统的作用面积、流量计算、动作要求、喷头选用等应符合本标准第 7.4.5 条的规定。

7.4.7 地下道路配电房自动灭火系统宜采用气体灭火系统、超细干粉灭火系统或细水雾灭火系统。

7.4.8 地下道路内也可采用其他适用于地下道路的自动灭火系统，但应通过实体火灾模拟试验进行专项消防论证。

8 火灾自动报警与消防联动

8.1 一般规定

8.1.1 一、二类地下道路应设置火灾自动报警系统，三类地下道路宜设置火灾自动报警系统。

8.1.2 火灾自动报警系统的形式应根据地下道路的规模、联动需求和管理模式确定，设计应与供配电、交通监控、中央控制系统、自动灭火系统、机械防排烟系统等各系统协调配合。

8.1.3 火灾自动报警系统由地下道路运营管理中心和地下道路段的火灾报警控制设备组成局域网，系统应采用光纤环网结构。

8.1.4 火灾自动报警系统设备应具备与中央控制计算机、可编程逻辑控制器（PLC）系统或其他设备进行数据通讯与联动控制的能力，并应具有与城市远程监控系统的通讯接口。

8.1.5 火灾自动报警系统设备的防护等级应满足在设置场所环境条件下正常工作的要求。

8.2 火灾自动报警

8.2.1 地下道路火灾自动报警系统应符合下列规定：

1 系统应实时探测并输出报警信号，实时联动相关消防设备消灾；

2 系统应设有主电源和备用电源；

3 地下道路探测区域应按照火灾探测设备类型来确定；

4 地下道路内附属用房、电缆通道和管线通道的探测区域，应按照独立隔间划分；

5 地下道路的报警区域应根据排烟系统或灭火系统的联动需要确定，且不宜大于 150m；

6 地下道路现场火灾报警信号传输至运营管理中心的时间

应小于 60s。

8.2.2 地下道路内行车区域、地下道路用电缆通道、主要设备用房和运营管理中心应设置火灾探测报警装置。

8.2.3 火灾探测器的选择应符合下列规定：

1 一、二、三类地下道路应选用分布式光纤线型感温火灾探测器或光纤光栅线型感温火灾探测器，且应同时选用点型红外火焰探测器或图像型火灾探测器；

2 电缆通道、电缆竖井、电缆夹层等区域可选用线型感温电缆、线型光纤感温火灾探测器；

3 各种设备机房、变电所、配电室可选用感烟探测器或感烟探测器与其他类型探测器的组合；

4 火灾探测器的选择应满足设置场所火灾初期特征参数的探测报警要求。

8.2.4 火灾探测器应符合下列规定：

1 点型火焰探测器空间分布距离不宜大于 50m；图像型火灾探测器空间分布距离不宜大于 80m，报警响应时间不应大于 30s，与自动灭火段联动定位精度不应大于 25m；若图像型火灾探测器与地下道路内摄像机共用，则摄像机设置间距不宜大于 80m；

2 点型红外火焰探测器或图像型火灾探测器应设置在行车道侧面墙上距行车道地面高度 2.7m~3.5m，并应保证固定角度且无探测盲区；

3 线型光纤感温火灾探测器定位分区不应大于 25m，报警响应时间不应大于 60s；光纤光栅线型感温火灾探测器感温元件的间距不宜大于 6m；

4 线型光纤感温探测器应设置在地下道路上部距顶部 0.1m~0.2m 处，每根探测器可覆盖的车道数量不应超过 2 条，多根线型光纤感温火灾探测器宜在行车道总宽度内等间距并行敷设。

8.2.5 火灾声光警报装置、手动火灾报警按钮及火灾声光警报器应符合下列规定：

1 地下道路入口前方 50m~250m 内应设置指示地下道路内发生火灾声光警报装置；

2 地下道路出入口以及地下道路内每隔 50m 处应设置手动火灾报警按钮和闪烁红光的火灾声光警报器；

3 手动火灾报警按钮宜与消火栓箱体同址安装。手动火灾报警按钮底边离地高度宜为 1.3m~1.5m；

4 地下道路内声光警报器宜与手动火灾报警按钮同址安装。声光警报器底边离地高度不应小于 2.2m。

8.2.6 车行横通道的防火卷帘平时宜关闭。防火卷帘的开启、关闭和故障状态应反馈至消防联动控制器。

8.2.7 地下道路及其内部附属设施的火灾自动报警系统设计，除应符合本标准外，尚应符合现行国家标准《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116 的有关规定。

8.3 防灾通信

8.3.1 设置综合监控系统的地下道路应设置防灾通信系统。

8.3.2 地下道路内应设置公安、消防无线引入系统，并满足公安、消防统一调度要求，运营管理中心应设防灾无线通信调度台。

8.3.3 运营管理中心应设消防应急广播主控设备，设备应具有分组和全线播报的控制功能，应提供与运营管理中心计算机的信息接口，能实现紧急情况下的人员疏散、救援广播。

8.3.4 地下道路内消防应急广播可与地下道路内设置的紧急广播合用，其设置应符合下列规定：

1 地下道路出入口、地下道路及疏散通道内，应设置消防应急广播扬声器；

2 地下道路出入口及地下道路内设置的扬声器应采用强指向式扬声器且应朝向来车方向，设置间距不应大于 50m 且应能

避免混响；

3 疏散通道内设置的扬声器不应与地下道路内扬声器混合编组；

4 当在环境噪声大于 60dB 的场所设置扬声器时，其播放范围内最远点的播放声压级应高于背景噪声 15dB；

5 扬声器宜安装于地下道路顶部或侧墙离地高度应大于 2.2m；

6 地下道路内消防应急广播的音区划分应与地下道路防火管理分区相对应。确定火灾发生时，应能根据地下道路火情分区播报不同的消防指令；

7 地下道路消防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。

8.3.5 地下道路行车区域、人行横通道、消防控制室、消防值班室、消防泵房、防排烟机房、主要通风和空调机房、变配电室、气体灭火控制器旁、监控机房应设置消防专用电话。手动报警按钮和消火栓按钮处宜设置对讲电话插孔。

8.3.6 消防专用电话可与地下道路内设置的紧急电话合用，且应为独立的网路。

8.3.7 地下道路内紧急电话应符合下列规定：

1 紧急电话主控设备应能选呼、组呼相关分机，且能在主控设备上显示和查询详细呼叫记录；

2 紧急电话分机设置间距不应超过 150m，宜设置在行车方向右侧；

3 紧急电话分机应满足防潮、抗噪声要求。

8.3.8 消防控制室和消防值班室等处，应设置可直接报警的外线电话。

8.4 消防联动控制

8.4.1 封闭段长度超过 1000m 的地下道路宜设置消防控制室。消防控制室应符合现行国家标准《消防控制室通用技术要求》GB 25506 的有关规定。

8.4.2 消防控制室应设置消防联动控制系统，宜设置具备消防设备状态监测、火灾风险识别、早期预警、火灾场景感知、消防辅助决策等功能的辅助系统。

8.4.3 火灾工况下，地下道路通风及防烟和排烟控制系统应与火灾自动报警系统、闭路电视系统、交通监控系统联动，应符合现行国家标准《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116 和《建筑防烟排烟系统技术标准》GB 51251 的有关规定。

8.4.4 地下道路防排烟系统控制应符合下列规定：

- 1 根据火灾点位置，合理确定相应防排烟系统的控制模式；
- 2 控制系统应结合排烟区段，确定相应的分区控制模式；
- 3 采用纵向排烟的单向交通地下道路，火灾点上下游各 30m 范围内的射流风机宜停止运行；
- 4 采用重点排烟的地下道路，火灾时由火灾自动报警系统联动开启排烟区域的排烟口（排烟阀）。

8.4.5 火灾时，非事故地下道路宜进行交通管制，同时启动相应的通风系统。

8.4.6 防烟、排烟系统的启动和控制应符合下列规定：

- 1 具有现场手动启动、通过火灾自动报警系统联动启动和消控室手动启动等功能；
- 2 在火灾工况下，现场控制装置发出的控制指令优先级应高于其他控制指令。

8.4.7 消防控制室应显示防排烟系统的加压送风机、排烟风机、火灾时运转的射流风机、阀门等设施启闭状态。

8.4.8 在机械防烟、排烟系统中，加压送风机、排烟风机、火灾时运转的射流风机、常闭排烟阀或排烟口应具有火灾自动报警系统自动开启、消防控制室手动开启和现场手动开启功能，其开启

信号应与排烟风机联动。

8.4.9 地下道路的灭火设施控制应符合下列规定：

1 消防控制室（盘）应能显示水流指示器、压力开关、信号阀、消防水泵、消防水池及水箱水位、有压气体管道气压，以及电源和备用动力等是否处于正常状态的反馈信号，并应能控制消防水泵、电磁阀、电动阀等的操作；

2 火灾确认后或接收到消火栓按钮动作信号后，应立即启动消火栓系统消防水泵。消防水泵应能手动启停和自动启动。消防水泵不应设置自动停泵的控制功能，停泵应由具有管理权限的工作人员根据火灾扑救情况确定。消防水泵应确保从接到启泵信号到水泵正常运转的自动启动时间不应大于 **2min**；

3 泡沫-水喷雾联用等自动灭火系统的启停应同时具备自动、手动和应急机械手动启动功能。系统控制器应具有现场和远程控制方式，且应为现场手动优先。远程控制采用自动触发时，宜由来自地下道路同一或相邻探测区域的、两个独立的火灾报警信号，按与逻辑进行触发。系统自动或手动启动后，泡沫液供给控制装置应自动随消防供水系统的动作而动作或与之同时动作。机械应急启动时，应确保消防水泵在报警后 **5min** 内正常工作。系统宜增加水压力监测装置，实时监测泡沫-水喷雾系统的工作状态。

9 消防电气

9.1 一般规定

9.1.1 地下道路消防电气系统主要指供配电与线缆，应急照明与疏散指示系统，电气火灾监控系统，消防电源监控系统。

9.1.2 地下道路消防电气系统设计应根据地下道路的防火分类设置对应的消防电气系统。

9.1.3 消防配电干线宜按防火分区划分，消防配电支线不宜穿越防火分区。

9.1.4 消防配电线路的设计和敷设，应满足在地下道路的设计火灾延续时间内为消防用电设备连续供电的需要。

9.1.5 地下道路内的消防电气设备，外壳防护等级不应低于IP55。

9.2 供配电与线缆

9.2.1 地下道路消防设施设备的供配电应符合下列规定：

1 一、二类地下道路的消防用电应按一级负荷要求供电；三类地下道路的消防用电应按二级负荷要求供电；四类地下道路的消防用电宜按二级负荷要求供电；

2 一级电力负荷应由双重电源供电，设备的供电电源的切换时间，应满足设备允许中断供电的要求；二级负荷应由两回路供电；

3 消防用电设备应采用专用的供电回路，其配电设备应设置明显标志。按一、二级负荷供电的消防设备，其配电箱应独立设置。消防用电设备的两个供电回路，应由变电所或总配电室放射式供电；

4 消防控制室、消防水泵房的消防用电设备及消防电梯等的供电，应在其配电线路的最末一级配电箱处设置自动切换装置。防烟和排烟风机房的消防用电设备的供电，应在其配电线路的最末一级配电箱内或所在防火分区的配电箱内设置自动切换装置。防火卷帘、电动排烟窗，消防潜污泵、消防应急照明和疏散指示标志等的供电，应在所在防火分区的配电箱内设置自动切换装置；

5 一、二类地下道路内消防控制室设施、火灾报警设备、消防联动控制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不应小于3.0h；其他地下道路不应小于2.0h；

6 地下道路供配电线路应装设短路保护和过负荷保护；交流电动机应装设短路保护和接地故障的保护。

9.2.2 地下道路内消防配电线路应符合下列规定：

1 地下道路内消防用线缆的燃烧性能等级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；

2 消防设备供电、控制等的电线、电缆应采用铜导体；

3 消防配电线路宜与其他配电线路分开敷设在不同的电缆井、沟内；确有困难需敷设在同一电缆井、沟内时，应分别布置在电缆井、沟的两侧，中间设置防火隔板等其他防火措施，且消防配电线路应采用矿物绝缘类不燃性电缆；

4 在地下道路侧壁上预埋暗敷时，线缆应穿管道且不燃结构体保护层厚度不应小于30mm；明敷时，线缆应穿金属导管或采用封闭式金属槽盒保护，金属导管或封闭式金属槽盒应采取防火保护措施；当采用阻燃或耐火电缆并敷设在电缆井、沟内时，可不穿金属导管或采用封闭式金属槽盒保护；当采用矿物绝缘类不燃性电缆时，可直接明敷；当多排横向桥架并排敷设时，消防桥架宜在下侧；

5 除有特殊规定外，相同电压等级的双电源回路可在同一专用电缆桥架内敷设，当采用槽盒布线时，应采用金属隔板分隔；

6 地下道路行车道侧电缆沟应有防止路面流淌火侵入的措施；

7 桥架、支架、线槽、管道等地下道路用线缆敷设构件应采取防火保护措施。电缆沟、电缆夹层等和电缆槽盒、管道与变电所、控制室的孔洞处应按照相关标准规定进行防火封堵；

8 导管和电缆槽盒内配电电线的总截面面积不应超过导管或电缆槽盒内截面面积的 40%；电缆槽盒内控制线缆的总截面面积不应超过电缆槽盒内截面面积的 50%。

9.2.3 地下道路内借道敷设的电力电缆应符合下列规定：

1 地下道路内借道敷设的电力电缆应采用现行国家标准《电缆及光缆燃烧性能分级》GB 31247 规定的 B₁ 级及以上阻燃性能的无卤交联聚乙烯电力电缆；

2 当设置 10kV 及以上的高压电缆时，应采用耐火极限不低于 2.00h 的防火分隔体与其他区域分隔；若通过独立舱室容纳电力电缆，则电缆舱应每隔 200m 采用耐火极限不低于 3.00h 的不燃性墙体进行防火分隔，防火分隔处的门应采用阻火包等防火封堵措施进行严密封堵。若借道敷设的高压电缆超过 220kV，则需进行专项消防论证；

3 电缆借道敷设还应符合现行国家标准《电力工程电缆设计标准》GB 50217、《城市综合管廊工程技术规范》GB 50838 和现行行业标准《城市电力电缆线路设计技术规定》DL/T 5221 的相关规定。

9.2.4 地下道路消防电气装置应符合下列规定：

1 地下道路内消防电气装置应设置等电位联结；

2 地下道路消防电气设备的外露可导电部分应可靠接地。

9.3 应急照明与疏散指示

9.3.1 一、二类地下道路内疏散照明和疏散指示标志的连续供电时间不应小于 1.5h；其他地下道路不应小于 1.0h。

9.3.2 地下道路应急照明的设置应符合下列规定：

- 1 长度大于 200m 的地下道路应设置应急照明；
- 2 长度小于等于 200m 的地下道路宜设置应急照明。

9.3.3 地下道路设置的应急照明应符合下列规定：

1 地下道路设置的应急照明应包括备用照明和消防应急照明，并应能在正常照明失效时可靠启用。当合并设置时，应同时满足备用照明和消防应急照明的相关要求；

2 系统电源及其供电、配电线路等要求应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的规定；

3 地下道路两侧应设置应急照明灯具，单车道地下道路可单侧设置；

4 应急照明应保证照明中断时间不超过 0.25s；

5 地下道路备用照明亮度标准值不应小于中间段基本照明亮度的 10% 和 $0.2\text{cd}/\text{m}^2$ ；

6 车行横通道和车行疏散通道的地面最低水平照度不应低于 3.0lx ；

7 人行横通道和人行疏散通道的地面最低水平照度不应低于 3.0lx ；

8 人员专用疏散通道或独立避难所等避难设施、楼梯间的地面最低水平照度不应低于 10.0lx ；

9 消防控制室、消防水泵房、自备发电机房、配电室、通风与排烟机房以及在发生火灾时仍需正常工作的其他房间应设备用照明，其作业面的最低照度不应低于正常照明的照度；

10 应急照明控制器和应急照明电源应具有远程升级和远程管理功能。

9.3.4 疏散指示标志应采用电光标志，除应符合现行国家标准《消防应急照明和疏散指示系统》GB 17945 和《消防应急照明和疏散指示系统技术标准》GB 51309 的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 地下道路两侧、人行横通道和人行疏散通道上均应设置疏散指示标志,间距不应大于 50m,单车道地下道路可单侧设置,其设置上端距地高度不宜大于 1.3m;

2 疏散指示标志应带米标、疏散箭头且版面尺寸宜为 750mm×250mm;

3 地下道路应在疏散走道和主要疏散路径的地面上增设能保持视觉连续的灯光疏散指示标志;

4 地下道路内设置的各类消防设施均应采取与地下道路内环境条件相适应的保护措施,并应设置明显的发光指示标志。疏散指示标志外结构应采用耐腐蚀的不燃材料或难燃材料,套色图形标志的表面最小亮度不应小于 15cd/m²;

5 地下道路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地下道路出入口的间距。一类地下道路内疏散指示标志的指示方向宜可变可控;

6 地下道路地面出入口外交通干道上 50m 内应设置可变信息板或其他交通指示标志。当地下道路发生火灾时,严禁外部车辆驶入,并应对周围车辆和行人进行有效地疏导,便于地下道路内车辆及行人的顺利疏散。

9.4 电气火灾监控系统

9.4.1 一、二类地下道路的非消防负荷应设置电气火灾监控系统,其它地下道路的非消防负荷宜设置电气火灾监控系统;主要设备用房内的配电线路应设置电气火灾监控探测器。

9.4.2 电气火灾监控系统应由下列部分或全部设备组成:

- 1 电气火灾监控器、接口模块;
- 2 剩余电流式电气火灾探测器;
- 3 测温式电气火灾探测器;
- 4 故障电弧探测器。

9.4.3 地下道路设置电气火灾监控系统时，应符合下列规定：

1 电气火灾监控系统应独立设置，设有火灾自动报警系统的场所，电气火灾监控系统应作为其子系统；

2 电气火灾监控系统应根据配电线路的性质采用两种及以上的探测器组合；

3 电气火灾监控系统应具备图形显示装置接入功能，实时传送监控信息，显示监控数值和报警部位。

9.4.4 已设置直接及间接接触电击防护的剩余电流保护电器的配电回路，不应重复设置剩余电流式电气火灾探测器。

9.4.5 电气火灾监控系统应采用具备门槛电平连续可调的剩余电流动作报警器；测温式火灾探测器的动作报警值应具备0°C~150°C连续可调功能。

9.5 消防电源监控系统

9.5.1 一、二、三类地下道路应设置消防电源监控系统，其它地下道路宜设置电消防电源监控系统。

9.5.2 消防电源监控系统应由下列部分或全部设备组成：

1 消防设备电源状态监控器；

2 电压传感器；

3 电流传感器。

9.5.3 消防电源监控系统应对为各类消防设备供电的交流或直流电源，包括主电源和备用电源进行监视，监控消防设备电源工作状态，在电源发生过压、欠压、过流、缺相、中断供电等故障时发出声光报警并记录故障信息。消防电源监控器应实时显示电压、电流值及故障点位置。

9.5.4 地下道路设置消防电源监控系统时，应符合下列规定：

1 消防电源监控系统应独立设置，设有火灾自动报警系统的场所，消防电源监控系统应作为其子系统；

2 传感器的安装不得影响供电主回路的正常工作。

9.5.5 消防设备电源监控点宜设置在下列部位：

- 1** 变电所消防设备主电源、备用电源专用母排或消防电源柜内母排；
- 2** 为重要消防设备如消防控制室、消防泵、消防电梯、防排烟风机、非集中控制型应急照明、防火卷帘门等供电的双电源切换开关的出线端；
- 3** 无巡检功能的 EPS 应急电源装置的输出端；
- 4** 为无巡检功能的消防联动设备供电的直流 24V 电源的出线端。

10 消防安全管理

10.1 一般规定

10.1.1 地下道路运营单位是地下道路消防安全管理的主体，其主要负责人或法定代表人是消防安全责任人，负责实施所辖地下道路的防火、灭火及救援工作。

10.1.2 地下道路运营单位应根据地下道路设计交通流量、排烟设施和允许通行车辆类型等情况，配备相应规格型号的消防器材和装备。

10.1.3 地下道路运营单位应当每年至少组织开展一次灭火和应急疏散演练。

10.1.4 地下道路运营管理部门，根据所管理地下道路实际情况，防火分类为一类的、设置消防队的地下道路管理站应制定灭火救援预案明确火灾应急处置程序。

10.1.5 消防安全管理人员应当了解与本单位有关的消防规定、标准等知识，经过必要的消防安全培训。

10.1.6 地下道路运营单位应当按照消防安全标准实行规范化管理，除履行消防法规定的职责外，还应当履行下列消防安全职责：

- 1 落实岗位消防安全责任，定期开展防火检查；
- 2 将每日防火巡查记录存档，存档期限不得少于一年；
- 3 立即消除巡查、检查发现的火灾隐患；确实不能立即消除的，应当制定整改方案，明确整改时限和措施。

10.2 消防设施维护管理

10.2.1 应建立针对消防系统的全寿命、安全、可靠运行的保障措施。

10.2.2 应建立合适的管理机制，强化地下道路运营养护部门在地下道路设计、建造阶段的地位及作用，建立地下道路建设与运营养护部门间的沟通渠道。

10.2.3 宜根据地下道路内消防设施配置情况和地下道路火灾事故积累的运行经验，逐步挖掘及探索综合、有效的火灾预警、灭火及养护方法。

10.2.4 应根据地下道路实际状况，对消防设施的工作参数在积累及分析的基础上，进行科学、适时的调整。

10.2.5 在消防设施养护中应积极推进信息化、大数据技术的应用，实现预养护。

10.2.6 宜根据地下道路实际情况，建立地下道路消防设施信息化智慧化评估养护系统，实现消防设备实时动态的安全状态评估与检测及养护标准化、规范化。

10.3 应急预案

10.3.1 有下列之一紧急情况发生时，应按应急处置程序实施灭火救援预案：

- 1** 地下道路内发生火灾；
- 2** 地下道路内发生可能引发火灾的交通事故；
- 3** 可燃液体、可燃气体在地下道路内发生泄漏；
- 4** 其它可能引起地下道路火灾的紧急情况。

10.3.2 火灾应急处置程序的制定应符合下列规定：

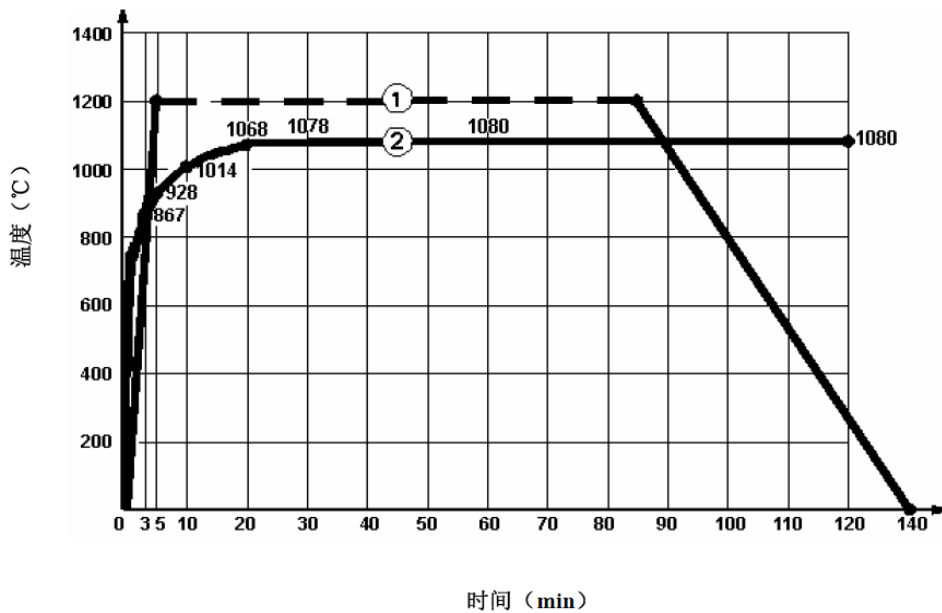
1 地下道路火灾探测器、手动报警按钮、紧急电话等发出火灾报警信号，或 VI、CO 等监控设备的监测值发生重大异常时，地下道路视频图像监控值班人员应利用视频、视窗界面进行火灾确认或迅速派人到达报警地点确认。经确认发生火灾的，地下道路监控人员应立即实施火灾应急处置程序，并向消防救援部门和本单位值班领导报警。经确认未发生火灾的，应查明火灾报警原因以及 VI、CO 等监控值出现重大异常的原因，并应采取相应措

施进行处理，且将火灾自动报警系统复位，进入正常运行控制程序；

2 确认发生火灾后，启动灭火救援预案，并按照灭火救援预案启动消防联动控制系统。值班人员应立即通知地下道路管理单位的消防人员进行现场处置，现场人员应向控制室反馈信息；并应根据火灾的情况，通知公安交通管理、医疗、水电等部门协助救援。

附录 A 承重结构体耐火极限试验升温曲线和相应的判定标准

A.0.1 RABT 标准升温曲线应符合图 A.0.1 的规定。



图A.0.1 RABT及HC标准升温曲线

①——RABT曲线；②——碳氢化合物曲线

A.0.2 HC 标准升温曲线应符合表 A.0.2 的规定。

表 A.0.2 碳氢化合物升温曲线表

时间 (min)	3	5	10	30
炉内温升 (°C)	887	948	982	1110
时间 (min)	60	90	120	120 以后
炉内温升 (°C)	1150	1150	1150	1150

A.0.3 耐火极限判定标准应符合下列规定：

1 当采用 HC 标准升温曲线测试时，其耐火极限的判定标准为：受火后，当距离混凝土底表面 25mm 处钢筋的温度超过 250°C，或者混凝土表面的温度超过 380°C时，则判定为达到耐

火极限。

2 当采用 RABT 标准升温曲线测试时，其耐火极限的判定标准为：受火后，当距离混凝土底表面 25mm 处钢筋的温度超过 300℃，或者混凝土表面的温度超过 380℃时，则判定为达到耐火极限。

附录 B 地下道路排烟风机动力设计计算

B.0.1 排烟设计中涉及排烟风机动力与排烟阻力的平衡计算，应按下列步骤实施：

1 根据地下道路的建筑、交通、自然环境等特点以及地下道路火灾危险性，选择与该地下道路相适应的机械排烟方式，并确定排烟系统是否与平时通风系统兼用；

2 针对若干典型火源位置，分别绘制出烟气与空气的路径图；

3 初步设定射流风机、排风（烟）机房、通风（排烟）井、排烟口与补风口的位置，其设定位置应满足若干典型火源位置的防排烟需求；

4 筛选出最不利工况的排烟与补风路径图，结合排烟方式，按照本标准 6.3 的规定确定设计排烟量；

5 按照设计目标规划各地下道路分支的烟气与空气流量分布；

6 按照规划的烟气与空气流量分布，确定排烟系统的阻力系数，计算出气流的通风阻力；

7 对于有烟气流经的具有纵坡的地下道路，计算其热压，并判断该热压为排烟动力或阻力；

8 建立排烟动力与排烟阻力的平衡关系式，获得满足条件的风机性能参数；

9 初步确定风机选型及风机布置情况；

10 当风机选型参数与实际计算所需参数相同时，直接进行第 11 步。当风机选型参数与实际计算所需参数不同时，需先从第 8 步进行校核，计算各分支地下道路的烟气与空气的流量，并由第 6 步重新计算阻力系数；若阻力系数发生较大变化，则用新

的阻力系数计算出阻抗，并用之前初步确定的风机进行阻力平衡计算，再推算出各分支地下道路的烟气与空气流量，并由第 6 步重新计算阻力系数；之后，与上一次计算的阻力系数进行对比，若其阻力系数仍有较大差异，则重复此循环；若阻力系数相近，则判断各分支地下道路的烟气与空气流量是否满足标准要求；若满足，则进行第 11 步的计算；若不满足，则调整烟气与空气流动路径或风机位置，并从第 2 步开始，重新进行计算；

11 针对最不利工况以外的所有典型火灾工况进行计算，判定已有设计方案是否能够满足标准相应要求；若满足，则结束设计流程，若不满足，则调整烟气与空气流动路径或风机位置，并从第 2 步开始，重新进行计算。

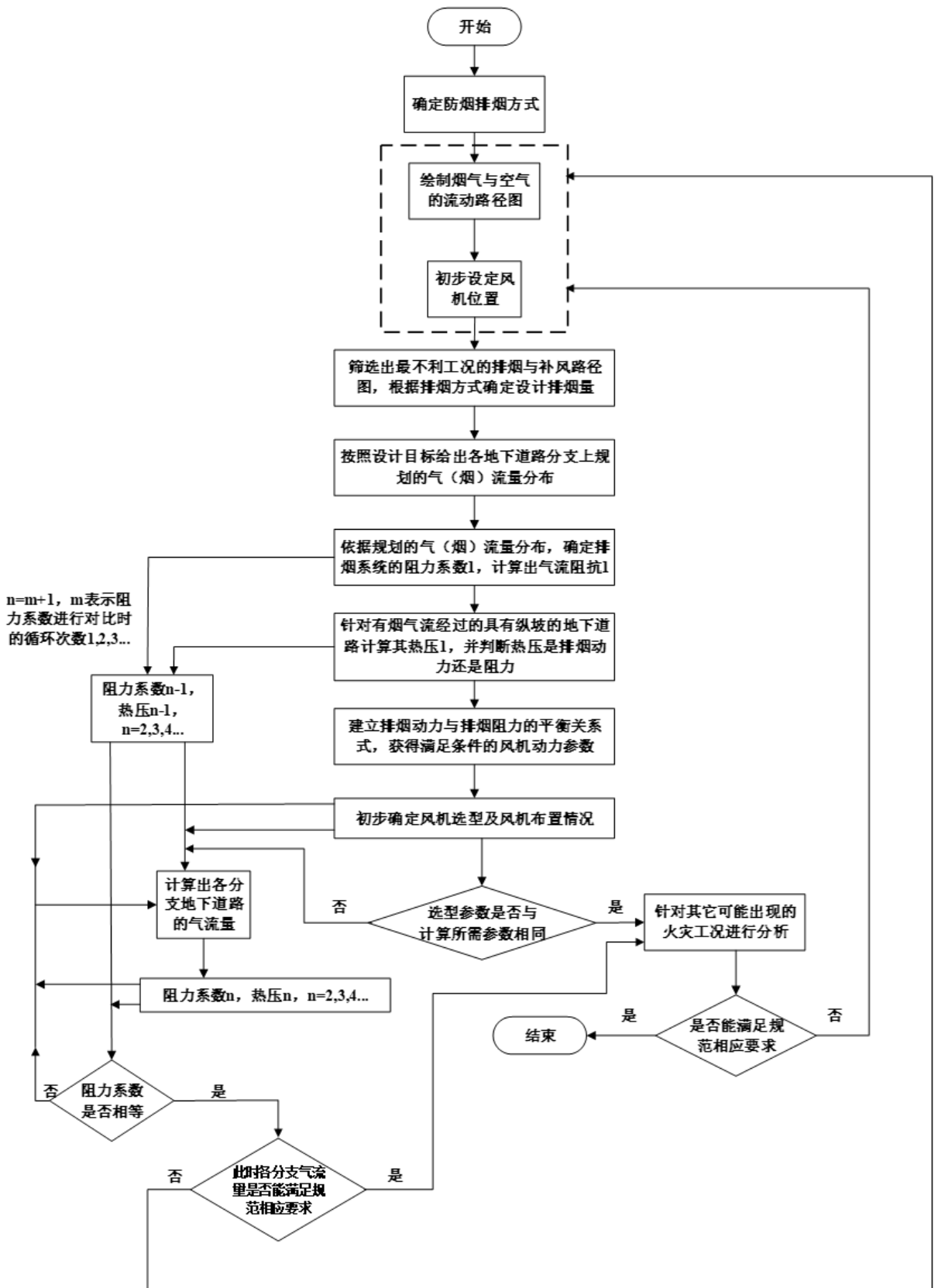


图 B.0.1 排烟设计流程

B.0.2 通风阻抗计算应符合下列规定：

1 地下道路分支 j 的通风阻抗力应按下列式计算：

$$\Delta P_j = \left(\lambda \frac{L_j}{D_j} + \sum \xi_j \right) \frac{\rho}{2} u_j^2 \quad (\text{B.0.2-1})$$

式中： ΔP_j ——地下道路分支 j 的通风阻抗力（Pa）；

λ ——地下道路壁面沿程阻力系数，可参照现行行业标准《公路隧道通风设计细则》JTG/T D70/2-02 的附录 A 取值；

L_j ——地下道路分支 j 长度（m）；

D_j ——地下道路分支 j 断面水力直径（m）；

ξ_j ——地下道路分支 j 内局部损失系数；

ρ ——地下道路分支内烟气或空气密度，取值为 1.2kg/m^3 ；

u_j ——地下道路分支 j 内通风风速（m/s）。

2 局部损失系数 ξ 可参照现行行业标准《公路隧道通风设计细则》JTG/T D70/2-02 的附录 B、C 取值；对于分岔地下道路分流局部损失系数可按下式进行计算：

$$\left\{ \begin{array}{l} \xi_{12} = \left(\frac{F_1}{F_2} \right)^2 (1-\beta)^2 + \left(\frac{F_1}{F_E \cos(20.3\beta - 10.2)} \right)^2 - \frac{2F_1^2 \cos(-41.3e^{-2.2\beta} + 11.4)}{F_2 F_E \cos(20.3\beta - 10.2)} (1-\beta) \\ \xi_{13} = \left(\frac{F_1}{F_3} \right)^2 \beta^2 - \frac{2F_1^2 \cos(1.4\theta - 37.3\beta^{1.8} - 5.3)}{F_3 F_E \cos(20.3\beta - 10.2)} \beta + \left(\frac{F_1}{F_E \cos(20.3\beta - 10.2)} \right)^2 \end{array} \right. \quad (\text{B.0.2-2})$$

式中： ξ_{12} ——主线分流局部损失系数；

ξ_{13} ——匝道分流局部损失系数；

β ——分流比，等于 Q_3/Q_1 ，其中 Q_3 为匝道风量， Q_1 为总风量；

F_1 ——分流前主线地下道路断面面积（ m^2 ）；

F_2 ——分流后主线地下道路断面面积 (m^2);

F_3 ——匝道断面面积 (m^2);

F_E ——地下道路渐扩段最大断面面积 (m^2);

θ ——匝道与主线夹角 ($^\circ$)。

3 分流局部损失对应的通风阻力应按下式计算:

$$\begin{cases} \Delta P_{r12} = \xi_{12} \cdot \frac{1}{2} \rho u_1^2 \\ \Delta P_{r13} = \xi_{13} \cdot \frac{1}{2} \rho u_1^2 \end{cases} \quad (\text{B.0.2-3})$$

式中: ΔP_{r12} ——主线分流局部损失产生的通风阻力 (Pa);

ΔP_{r13} ——匝道分流局部损失产生的通风阻力 (Pa);

u_1 ——分流前主线内通风风速 (m/s)。

4 合流局部损失系数可通过下式进行计算:

$$\begin{cases} \xi_{21} = \frac{2F_1}{F_1 + \frac{1}{2} \cos \theta F_3} \left[1 - (1 - \beta)^2 - \beta^2 \frac{F_1}{F_3} \cos \theta \right] + (1 - \beta)^2 - 1 \\ \xi_{31} = \frac{2F_1}{F_1 + \frac{1}{2} \cos \theta F_3} \left[1 - (1 - \beta)^2 - \beta^2 \frac{F_1}{F_3} \cos \theta \right] + \beta^2 \frac{F_1^2}{F_3^2} - 1 \end{cases} \quad (\text{B.0.2-4})$$

式中: ξ_{21} ——主线合流局部损失系数;

ξ_{31} ——匝道合流局部损失系数;

F_1 ——合流后主线地下道路断面面积 (m^2);

F_3 ——匝道断面面积 (m^2);

B ——分流比, 等于 Q_1/Q_3 , 其中 Q_3 为匝道风量, Q_1 为总风量 (m^3/s);

θ ——匝道与主线夹角 ($^\circ$)。

5 合流局部损失对应的通风阻力应按下式计算:

$$\begin{cases} \Delta P_{r21} = \xi_{21} \cdot \frac{1}{2} \rho u_3^2 \\ \Delta P_{r31} = \xi_{31} \cdot \frac{1}{2} \rho u_3^2 \end{cases} \quad (\text{B.0.2-5})$$

式中： ΔP_{r21} ——主线合流局部损失产生的通风阻力（Pa）；
 ΔP_{r31} ——匝道合流局部损失产生的通风阻力（Pa）；
 u_3 ——合流后主线内通风风速（m/s）。

B.0.3 当高温烟气流经有高差的地下道路分支时，应计算该地下道路分支上的火风压。根据烟气在具有纵坡的地下道路中流过的距离，计算出由于壁面传热导致的烟气热量损失，并计算出口处的烟气温度。根据烟气密度的沿程变化特性，计算该地下道路上烟气的热压。地下道路分支上的火风压计算应符合下列规定：

1 地下道路分支 j 的气流热平衡应按下列式计算：

$$C_p M_j (t_{\text{end},j} - t_{\text{sta},j}) = Q_{f,j} - Q_{w,j} \quad (\text{B.0.3-1})$$

式中： C_p ——空气的定压比热，取值为 1.01kJ/（kg·K）；
 M_j ——地下道路分支 j 的质量流量（kg/s）；
 $t_{\text{sta},j}$ ——地下道路分支 j 中烟气或空气位于起始端的温度（°C）；
 $t_{\text{end},j}$ ——地下道路分支 j 中烟气或空气位于末端的温度（°C）。
 $Q_{f,j}$ ——地下道路分支 j 上发生火灾时，通过对流部分进入到空气中的热量，取火源功率的 2/3；没有发生火灾时， $Q_{f,j}=0$ （kW）；
 $Q_{w,j}$ ——地下道路分支 j 上通过围护结构损失掉的热量（kW）。

2 火源下游的烟气温度衰可按下列公式计算：

$$\Delta T = \Delta T_{\text{max}} \cdot e^{-kx}, k = \frac{hP}{mC_p} \quad (\text{B.0.3-2})$$

式中： x ——下游某一横截面距火源位置的轴向距离（m）；
 ΔT ——在火源下游 x 处，烟气温度与环境温度差（°C）；
 ΔT_{max} ——火源位置烟气的最大温升（°C）；
 K ——火源下游烟气温度的衰减系数；

- P ——地下道路横截面的周长 (m);
- m ——烟气的质量流量 (kg/s);
- h ——烟气与壁面的换热系数, 可取值 20~40 (W/(m²·K));

3 火源位置烟气最大温升可按下式计算:

$$\Delta T_{\max} = \begin{cases} \frac{Q}{V b_{f0}^{1/3} H_{ef}^{5/3}}, V' > 0.19 \\ 17.5 \frac{Q^{2/3}}{H_{ef}^{5/3}}, V' \leq 0.19 \end{cases} \quad (\text{B.0.3-3})$$

$$V' = \frac{V}{\left(\frac{Q_c g}{b_{f0} \rho_0 C_p T_0} \right)^{1/3}} \quad (\text{B.0.3-4})$$

式中: Q ——火源功率 (kW);

V ——地下道路通风速度 (m/s);

b_{f0} ——火源半径, $b_{f0} = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$ (m);

A ——火源面积 (m²);

H_{ef} ——地下道路有效高度 (m);

V' ——无量纲通风速度;

Q_c ——对流放热率, 通常取 0.7 倍火源功率;

g ——重力加速度, 取 9.8m²/s;

ρ_0 ——外界空气密度, 取值为 1.2kg/m³;

T_0 ——外界空气温度, 通常取为 293.15K。

4 烟气质量流量可按下式计算:

$$m = \begin{cases} 0.3735 Q_c^{1/3} H^{5/3} V', V' > 0.19 \\ 0.071 Q_c^{1/3} H^{5/3}, V' \leq 0.19 \end{cases} \quad (\text{B.0.3-5})$$

式中: H ——地下道路高度 (m)。

5 根据本标准公式(B.0.3-2), 地下道路分支 j 的终点温度可

按下式计算：

$$t_{\text{end},j} = t_{\text{air}} + (t_{\text{sta},j} - t_{\text{air}}) e^{\frac{-hP_j L_j}{M_j C_p}} \quad (\text{B.0.3-6})$$

式中： t_{air} ——环境温度，通常取 20°C；

P_j ——地下道路分支 j 横截面的周长 (m)；

L_j ——地下道路分支 j 的长度 (m)。

6 对于未发生火灾的分支，通过围护结构损失的热量应按下式计算：

$$Q_{w,j} = C_p |M_j| (t_{\text{sta},j} - t_{\text{end},j}) \quad (\text{B.0.3-7})$$

7 距地下道路分支起点 l 处的烟气温度应按下式计算：

$$t_l = t_{\text{air}} + (t_{\text{sta},j} - t_{\text{air}}) e^{\frac{-hP_j l}{M_j C_p}} \quad (\text{B.0.3-8})$$

式中： t_l ——距地下道路分支起点 l 处的气体温度 (°C)；

l ——距地下道路分支起点的长度 (m)。

8 地下道路通风排烟时，气体遵循理想气体状态方程，应按下式计算：

$$\rho_0 T_0 = \rho_l T_l \quad (\text{B.0.3-9})$$

式中： ρ_l ——地下道路分支中距起点距离为 l 处的气体密度 (kg/m³)；

T_l ——地下道路分支中距起点距离为 l 处的气体温度 (K)。

9 由本标准公式(B.0.3-8)和(B.0.3-9)，距地下道路分支起点距离 l 处的烟气与环境空气密度差可按下式计算：

$$\Delta\rho_l = \rho_0 - \rho_l = \frac{\rho_0 (T_l - T_0)}{T_l} = \frac{\rho_0 (t_{\text{sta}} - t_{\text{air}}) e^{-kl}}{T_0 + (t_{\text{sta}} - t_{\text{air}}) e^{-kl}} \quad (\text{B.0.3-10})$$

10 在具有纵坡的地下道路分支上，热压可按下列公式进行积分计算：

$$P_b = \int_0^L g \Delta \rho_1 \sin \theta dl = \frac{-\rho_0 g \sin \theta}{k} \ln \frac{T_0 + (t_{\text{sta}} - t_{\text{air}}) e^{-kL}}{T_0 + (t_{\text{sta}} - t_{\text{air}})} \quad (\text{B.0.3-11})$$

$$\sin \theta = \frac{\Delta h}{L} \quad (\text{B.0.3-12})$$

式中： Δh ——分支中烟气实际流动方向的终点减去起点的高程差（m），当 Δh 取为正数时，热压为动力；当 Δh 取为负数时，热压为阻力。

B.0.4 射流风机的升压力计算应满足下列规定：

1 单台射流风机升压力可按下式计算：

$$\Delta P_j = \rho \cdot v_j^2 \cdot \frac{A_j}{A_r} \cdot \left(1 - \frac{u}{v_j}\right) \cdot \eta \quad (\text{B.0.4-1})$$

式中： ΔP_j ——单台射流风机的升压力（Pa）；

v_j ——射流风机出口速度（m/s）；

A_j ——射流风机出口面积（m²）；

A_r ——地下道路断面面积（m²）；

u ——地下道路内的通风速度（m/s）；

η ——射流风机位置摩阻损失折减系数，当地下道路同一断面布置一台射流风机时，可按现行行业标准《公路隧道通风设计细则》JTG/T D70/2-02表7.5.3取值；当地下道路同一断面布置2台及2台以上射流风机时，射流风机位置摩阻损失折减系数 η 可取0.7；

2 当地下道路断上安装 n 台射流风机时，总升压力为 n 台射流风机作用力之和，应按下式计算：

$$\sum \Delta P_{j_i} = \sum_{i=1}^{i=n} \Delta P_j \quad (\text{B.0.4-2})$$

附录 C 地下道路纵向通风烟气控制临界速度计算

C.0.1 对于纵向通风地下道路排烟，临界风速可按本标准 C.0.2 和 C.0.3 的方法计算确定。

C.0.2 纵向通风地下道路火灾临界风速可按下式(C.0.2-1)计算：

$$\frac{u}{\sqrt{gH}} = \begin{cases} 0.81K_1K_g \left(\frac{Q}{\rho_a C_p T_a g^{1/2} H^{5/2}} \right)^{1/3} \left(\frac{H}{W} \right)^{1/12} e^{\left(\frac{-L_b}{18.5H} \right)}, & \frac{Q}{\rho_a C_p T_a g^{1/2} H^{5/2}} \leq 0.17K_2 \left(\frac{H}{W} \right)^{-1/4} \\ 0.43K_g e^{\left(\frac{-L_b}{18.5H} \right)}, & \frac{Q}{\rho_a C_p T_a g^{1/2} H^{5/2}} > 0.17K_2 \left(\frac{H}{W} \right)^{-1/4} \end{cases} \quad (\text{C.0.2-1})$$

$$K_g = 1 + 0.0374i^{0.8} \quad (\text{C.0.2-2})$$

$$K_1 = \left[0.47(W/H)^{-2/3} + 0.53 \right]^{1/2} \times (H/W)^{-1/12} \quad (\text{C.0.2-3})$$

$$K_2 = \left[0.47(W/H)^{-2/3} + 0.53 \right]^{-3/2} \times (H/W)^{1/4} \quad (\text{C.0.2-4})$$

式中： ρ_a ——环境密度 (kg/m^3)；

C_p ——空气的定压比热容，取值为 $1.01\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ ；

g ——重力加速度，取值为 9.81m/s^2 ；

H ——地下道路高度 (m)；

L_b ——回流长度 (m)，其中，当 $L_b=0$ 时，纵向通风速度定义为临界风速（无烟气回流），当 $L_b>0$ ，纵向通风速度定义为限制风速；

T_a ——环境气体温度 (K)；

u ——纵向通风速度 (m/s)；

Q ——总热释放速率 (kW)；

- W ——地下道路宽度 (m);
- K_g ——坡度修正系数, 当 $i < 0$ 时, K_g 取 1;
- I ——地下道路纵坡 (%);
- K_1 ——宽高比修正系数;
- K_2 ——判定式修正系数。

临界风速计算示例 1:

对于一个高度 (H) 为 5m, 宽度 (W) 为 12m 的地下道路。计算总热释放速率为 30MW 时, 烟气恰好无回流 ($L_b=0m$) 的临界风速以及烟气回流 30m ($L_b=30m$) 所需的通风速度。环境值包括: $\rho_a=1.2kg/m^3$, $C_p=1kJ/kg \cdot K$, $g=9.81m/s^2$, $T_a=293K$, 地下道路坡度为 3%。

首先进行大小火的判定:

$$\text{即 } \frac{Q}{\rho_a C_p T_a g^{1/2} H^{5/2}} \leq 0.17 K_2 \left(\frac{H}{W}\right)^{-1/4} \text{ 或 } \frac{Q}{\rho_a C_p T_a g^{1/2} H^{5/2}} > 0.17 K_2 \left(\frac{H}{W}\right)^{-1/4}$$

$$\text{因为 } \frac{Q}{\rho_a C_p T_a g^{1/2} H^{5/2}} = 0.487, \text{ 大于 } 0.17 K_2 \left(\frac{H}{W}\right)^{-1/4} = 0.241, \text{ 故判定}$$

该场景为大火。

因此, 通过 $\frac{u}{\sqrt{gH}} = 0.43 K_g e^{\left(\frac{-L_b}{18.5H}\right)}$ 计算纵向通风速度, 取 $K_g = 1 + 0.0374 \times 3^{0.8} = 1.09$ 。当 $L_b=0m$ 时, $u=3.28m/s$; 对于 $L_b=30m$ 时, 对应的速度 $u=2.37m/s$ 。

C.0.3 纵向通风地下道路火灾临界风速可按下式(C.0.3-1)计算:

$$u_{cr} = K_3 K_g \left(\frac{gHQ}{\rho_0 c_p A T_f} \right)^{1/3} \quad (\text{C.0.3-1})$$

$$T_f = \frac{Q}{\rho_0 c_p A u_{cr}} + T_0 \quad (\text{C.0.3-2})$$

式中： u_{cr} ——临界风速（m/s）；
 K_3 ——无量纲系数，取值为 0.606；
 K_g ——坡度修正系数（无量纲），当 $i < 0$ 时， K_g 取 1；
 i ——地下道路坡度（%）；
 g ——重力加速度（m/s²）；
 H ——地下道路最大净宽高度（m）；
 Q ——火灾热释放速率（kW）；
 ρ_0 ——火场远区空气密度（kg/m³）；
 C_p ——空气的定压比热，取值为 1.01kJ/（kg·K）；
 A ——地下道路横断面积（m²）；
 T_f ——热空气温度（K）；
 T_0 ——火场远区空气温度（K）。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对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) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

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 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《建筑材料及制品燃烧性能分级》 GB 8624
- 《建筑构件耐火试验方法》 GB 9978
- 《通风管道耐火试验方法》 GB 17428
- 《消防应急照明和疏散指示系统》 GB 17945
- 《消防控制室通用技术要求》 GB 25506
- 《混凝土结构防火涂料》 GB 28375
- 《电缆及光缆燃烧性能分级》 GB 31247
- 《建筑设计防火规范》 GB 50016
- 《人民防空工程设计防火规范》 GB 50098
- 《火灾自动报警系统设计规范》 GB 50116
- 《建筑灭火器配置设计规范》 GB 50140
- 《泡沫灭火系统技术标准》 GB 50151
- 《电力工程电缆设计规范》 GB 50217
- 《水喷雾灭火系统技术规范》 GB 50219
- 《建筑内部装修设计防火规范》 GB 50222
- 《城市综合管廊工程技术规范》 GB 50838
- 《消防给水和消火栓系统技术规范》 GB 50974
- 《建筑防烟排烟系统技术标准》 GB 51251
- 《消防设施通用规范》 GB 55036
- 《建筑防火通用规范》 GB 55037
- 《道路用阻燃沥青混凝土》 GB/T 29051
- 《道路工程术语标准》 GBJ 124
- 《城市道路路线设计规范》 CJJ 193
- 《公路隧道通风设计细则》 JTG/T D70/2-02

《公路隧道交通工程设计规范》 JTG/T D71
《城市地下联系隧道防火设计规范》 DB11/T 1246
《雄安新区地下空间消防安全技术标准》 DB13(J) 8330
《城市道路隧道设计标准》 DB33/T 1256
《城市道路隧道防排烟设计规程》 DB42/T 2013
《高速公路隧道消防设计技术规范》 DB45/T 2120
《道路隧道设计标准》 DG/TJ08-2033

浙江省工程建设标准

城市地下道路消防安全技术标准

Technical standard for fire safety of urban underground road

DB33/T××××-20××

条文说明

(征求意见稿)

目 次

1	总 则	64
2	术 语	66
3	基本规定	68
4	建筑与结构防火	71
4.2	承重结构体耐火要求	71
4.3	建筑材料阻燃耐火要求	73
5	安全疏散与救援	74
5.3	疏散避难设施	74
6	通风和防排烟系统	86
6.1	一般规定	86
6.2	防烟系统	87
6.3	排烟系统	90
6.4	排烟设施	97
7	消防给排水及灭火设施	99
7.1	一般规定	99
7.2	消防给水	99
7.3	消防排水	99
7.4	灭火设施	99
8	火灾自动报警与消防联动	103
8.2	火灾自动报警	103
8.3	防灾通信	104
8.4	消防联动控制	104
9	消防电气	107

9.2	供配电与线缆.....	107
9.3	应急照明与疏散指示.....	108
9.4	电气火灾监控系统.....	110
9.5	消防电源监控系统.....	111
10	消防安全管理.....	112
10.1	一般规定.....	112
10.3	应急预案.....	112
附录 B	地下道路排烟风机动力设计计算.....	114

1 总 则

1.0.1 本条规定了制定本标准的目的。随着城市规模的不断扩大，城市地下道路的数量快速增长，地下道路线形、结构呈现超常规、多样化趋势，如设置多对匝道与地面连接的多点进出型城市地下道路、在核心区连接各地块地下车库的地下道路、采用超大断面的越江盾构地下道路等形式日益增多。这些新形式、新结构的地下道路，在功能定位、通风排烟、疏散救援设计等方面与以往单点进出的城市交通隧道都存在显著差异。此外，近些年住房和城乡建设部、交通运输部、公安部等政府部门陆续颁布了《关于加强城市地下市政基础设施建设的指导意见》、《数字交通发展规划概要》等多个文件强调智慧消防和智慧交通融合，对城市地下道路火灾防控智慧化技术提出了新的要求。不过，目前地下道路消防相关的国际标准、国家标准未涵盖近些年新增加的地下道路新形式、新结构、新技术。现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016第12章“城市交通隧道”条款过于笼统。地方标准存在不统一的问题，行业标准以公路隧道为主，无法完全适用于城市地下道路消防设计与运营管理。由于目前无专用标准作为依据，设计人员多是依靠经验选取相关标准和关键技术参数，关键标准和参数的选择尺度不一，且消防审查和验收中对部分标准和参数也存在一定的争议。

为更好地保障城市地下道路的安全通行，降低火灾频率，减少火灾危害，亟需对城市地下道路消防安全领域进行系统的标准建设。编制的《城市地下道路消防安全技术标准》，将指导城市地下道路相关从业人员更好地进行消防安全设计和运营，有利于

保护人民群众生命和财产安全，维护公共安全与稳定，促进区域经济高质量发展，助力平安浙江建设。

1.0.2 本条规定了本标准的适用范围。浙江省新建、改建和扩建的城市地下道路工程及附属用房的消防设计和运维管理都要符合本标准的规定。

1.0.3 作为地方标准，本标准属于推荐性标准，执行本标准的同时，尚应符合国家现行有关标准的规定，使用本标准不得违反国家强制性标准的相关规定。

2 术 语

2.0.1 将位于城市范围内地表以下、以机动车通行为主或兼顾行人或非机动车通行的道路定义为城市地下道路，而将人行、非机动车专用、轨道交通专用的地下通道，如过街通道、地铁隧道等不作为城市地下道路范畴。概念中的“地表以下”具体指交通的通行限界全部位于地表以下的情况。

本标准采用“城市地下道路”，而不是“城市隧道”，是基于二者概念的定义角度及内涵差异。现行国家标准《道路工程术语标准》GBJ 124-88及相关文献中对“隧道”的定义都是从建筑物或构造物、结构角度来定义和解释，即为从地层内部或水底通过而修筑的建筑物，主要由洞身和洞门组成。在理解上，可类比于城市桥梁，表示一种建筑物。根据现行国家标准《道路工程术语标准》GBJ 124-88及相关文献对“隧道”的定义，隧道主要是指穿越一条道路或铁路的节点型建筑物或是穿越江河、山岭等连接两端地面道路的连接型建筑。不过，近些年随着城市的快速发展，为了满足城市交通的多元化需求，逐渐出现了①设置多对匝道与地面连接，采用多点进出的系统性的长距离城市地下道路，如杭州秦望通道、文一路地下通道、上海北横通道等，以及②在核心区连接各地块地下车库的城市地下道路等，如杭州丽水路地下道路、重庆解放碑地下环道、北京通州新城地下环廊等。这些新出现的地下道路在功能定位、使用功能、通风、防灾救援设计等方面与以往单点进出的隧道都存在显著差异，无法用术语“隧道”来完全涵盖。此外，对于连接地下车库的城市地下道路，现行地方标准《城市地下联系隧道防火设计规范》DB11/T 1246-2015用“城市地下联系隧道”来表示，现行地方标准《雄安新区地下空间消防安全技术标准》DB13(J) 8330-2019用“地下

车行联络道”来表示，不同规范和标准之间存在着叫法不统一的问题。

因此，为了囊括新出现的地下道路类型以及消除不同标准规范之间术语说法的差异，本标准从交通功能及形式角度来定义一个新名词术语，涵盖上述各种类型，即“城市地下道路”（**urban underground road**），在概念内涵上比“隧道”更广，涵盖范围大。

3 基本规定

3.0.1 地下道路的交通组成及用途决定了地下道路可燃物数量与种类、火灾的可能规模及其增长过程和火灾延续时间，影响地下道路发生火灾时可能逃生的人员数量及其疏散设施的布置；地下道路的环境条件和地下道路长度等决定了消防救援和人员的逃生难易程度及地下道路的防烟、排烟和通风方案；地下道路的通风与排烟等因素又对地下道路中的人员逃生和灭火救援影响很大。因此，地下道路消防安全应综合考虑各种因素和条件后，合理确定防火要求。

3.0.4 地下道路的火灾危险性主要在于：①现代地下道路的长度日益增加，导致排烟和逃生、救援困难；②不仅车载量更大，而且需通行运输危险材料的车辆，导致火灾规模增大，对隧道结构的破坏作用大；③车流量日益增长，导致发生火灾的可能性增加。现行行业标准《公路隧道设计规范 第二册 交通工程与附属设施》JTG D70/2-2014、现行地方标准《高速公路隧道消防设计技术规范》DB45/T 2120-2020 中将影响隧道等级划分的因素确定为隧道单洞长度和设计年度预测隧道单洞年平均日交通量等，按图 3-1 划分为 A+、A、B、C、D 五个等级。但考虑到城市地下道路日常运营中交通量相比公路隧道更大，易发生交通拥堵，地下道路内拥堵车辆数与地下道路封闭段长度呈正相关的关系，不额外考虑交通量对地下道路防火分类的影响。因此，本标准在进行地下道路分类时，主要参照了现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016-2014（2018 年版）和现行地方标准《城市道路隧道设计标准》DB33/T 1256-2021 等规范标准，并适当做了简化，考虑的主要因素为主地下道路封闭段长度。值得注意的是，地下道路

防火分类时虽然主要考虑的是地下道路长度，但是特殊的地理条件和交通状况也会显著影响地下道路危险性，如受条件限制而修建水下地下道路或单洞双向行车地下道路等，因此本标准将酌情考虑上述除长度外的因素，在相关章节中规定了一些特殊的城市地下道路在防排烟、灭火设施等方面采取加强措施。

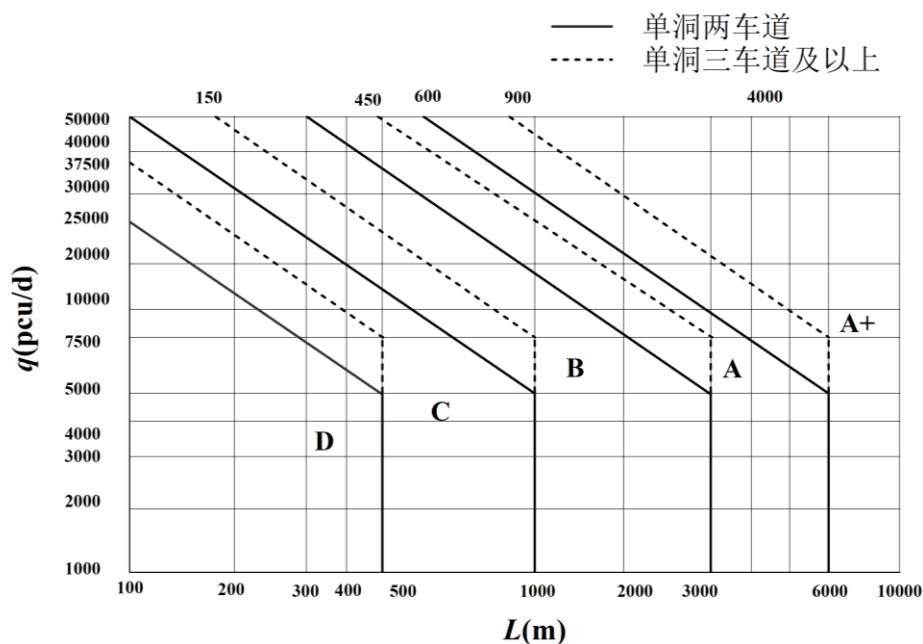


图 3-1 隧道等级分级图

3.0.5 由于城市交通量日益增大和地质条件限制，常规地下道路的结构形式已经不能满足相应要求，因而多分支、大坡度、高曲率、环隧、超长的地下道路逐渐增多，如杭州紫之隧道工程（南北4条匝道）、杭州秦望通道工程（最大纵坡4.5%）、杭州下沙隧道工程（连续两个半径610m的S形隧道）、杭州西站地下环隧工程（在建）、重庆解放碑地下环道工程（1环道+7联络通道+N地下车库）、北京通州北环环隧工程（22处进出口匝道）等。此外地下道路中常有通行油罐车、液化石油气车、重型货车等火灾危险性大车辆的情况。常规地下道路的消防技术标准不能完全适用于新形式、新结构的城市地下道路，因此当城市地下道路具有

本条文规定的结构特征或者交通情况时，应根据火灾危险性进行专项消防论证。

3.0.6 按照本标准和有关规定确实不能解决的，应针对具体消防技术问题开展专项研究，并进行专项消防论证。符合《建设工程消防设计审查验收管理暂行规定》（住房和城乡建设部令第58号）相关规定的，应开展特殊消防设计并作为消防设计、审查及验收的依据。

3.0.7 根据国内外火灾统计资料显示，到目前为止，还没有同一地下道路同一时间内发生两次火灾的记录。为此，本标准确定了同一条道路同一时间内发生一次火灾考虑。

3.0.8 对各防火分类的城市地下道路火灾自动报警设备、灭火设备、自动灭火设施、疏散避难救援设施、防排烟设施、紧急电话、有线广播、应急照明等消防配置进行规定。

4 建筑与结构防火

4.2 承重结构体耐火要求

4.2.1 地下道路结构一旦受到破坏，特别是发生坍塌时，其修复难度非常大，花费也大。同时，火灾条件下的地下道路结构安全，是保证火灾时灭火救援和火灾后地下道路尽快修复使用的重要条件。不同地下道路可能的火灾规模与持续时间有所差异。目前，各国以建筑构件为对象的标准耐火试验，均以现行国际标准《建筑构件耐火试验》ISO 834的标准升温曲线（纤维质类）为基础，如现行国际标准《建筑材料及构件耐火试验 第20部分 建筑构件耐火性能试验方法一般规定》BS 476: Part 20、《建筑材料及构件耐火性能》DIN 4102、《建筑材料及构件耐火试验方法》AS 1530和现行国家标准《建筑构件耐火试验方法》GB/T 9978.1-2008等。该标准升温曲线以常规工业与民用建筑物内可燃物的燃烧特性为基础，模拟了地面开放空间火灾的发展状况，但这一模型不适用于石油化工工程中的有些火灾，也不适用于常见的地下道路火灾。

地下道路火灾是以碳氢火灾为主的混合火灾。碳氢（HC）标准升温曲线的特点是所模拟的火灾在发展初期带有爆燃—热冲击现象，温度在最初5min之内可达到930℃左右，20min后稳定在1080℃左右。这种升温曲线模拟了火灾在特定环境或高潜热值燃料燃烧的发展过程，在国际石化工业领域和地下道路工程防火中得到了普遍应用。过去，国内外开展了大量研究来确定可能发生在地下道路以及其他地下建筑中的火灾类型，特别是1990年前后欧洲开展的Eureka研究计划。根据这些研究的成果，发展了一系列不同火灾类型的升温曲线。其中，法国提出了改进的碳氢标

准升温曲线、德国提出了RABT曲线、荷兰交通部与TNO实验室提出了RWS标准升温曲线，我国则以碳氢升温曲线为主。在RABT曲线中，温度在5min之内就能快速升高到1200℃，在1200℃处持续90min，随后的30min内温度快速下降。这种升温曲线能比较真实地模拟地下道路内大型车辆火灾的发展过程：在相对封闭的地下道路空间内因热量难以扩散而导致火灾初期升温快、有较强的热冲击，随后由于缺氧状态和灭火作用而快速降温。

此外，试验研究表明，混凝土结构受热后会由于内部产生高压水蒸气而导致表层受压，使混凝土发生爆裂。结构荷载压力和混凝土含水率越高，发生爆裂的可能性也越大。当混凝土的质量含水率大于3%时，受高温作用后肯定会发生爆裂现象。当充分干燥的混凝土长时间暴露在高温下时，混凝土内各种材料的结合水将会蒸发，从而使混凝土失去结合力而发生爆裂，最终会一层一层地穿透整个地下道路的混凝土拱顶结构。这种爆裂破坏会影响人员逃生，使增强钢筋因暴露于高温中失去强度而致结构破坏，甚至导致结构垮塌。

为满足地下道路防火设计需要，在本标准附录A中增加了有关地下道路结构耐火试验方法的有关要求。

4.2.2 地下道路内的变电站、管廊、专用疏散通道、通风机房等是保障地下道路日常运行和应急救援的重要设施，有的本身还具有一定的火灾危险性。因此，在设计中要采取一定的防火分隔措施与车行地下道路分隔。其分隔要求可参照现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016-2014（2018版）第6章有关建筑物内重要房间的分隔要求确定。

4.2.3 服务于地下道路的重要设备用房，主要包括通风与排烟机房、变电站、消防设备房。其他地面附属用房，主要包括收费站、道口检查亭、管理用房等。地下道路内及地面保障地下道路日常运行的各类设备用房、管理用房等基础设施以及消防救援专用

口、临时避难间，在火灾情况下担负着灭火救援的重要作用，需确保这些用房的防火安全。

4.3 建筑材料阻燃耐火要求

4.3.2 参照现行地方标准《城市道路隧道设计标准》DB33/T 1256-2021对地下道路内装修材料提出采用不燃材料的要求。

4.3.3 地下道路发生火灾时的烟气控制和减小火灾烟气对人的毒性作用是地下道路防火面临的主要问题，要严格控制装修材料的燃烧性能及其发烟量，特别是可能产生大量毒性气体的材料。本条是对地下道路及其横通道内衬砌表面装修材料、保温材料、排烟管道、支架、桥架、线槽、嵌缝材料、沥青路面进行了规定。隧道装修材料整体耐火等级应为A级。材料耐火等级根据现行国家标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624-2012进行划分。

4.3.4 地下道路路面沥青材料燃烧时将释放大量的热量与有毒烟气，威胁人员疏散安全。本标准规定三类以上地下道路宜进行路面沥青阻燃处理。参照现行国家标准《道路用阻燃沥青混凝土》GB/T 29051-2012，对地下道路路面阻燃沥青燃烧性能与测试方法提出了具体要求。

5 安全疏散与救援

5.3 疏散避难设施

5.3.1 在地下道路设计中，可以采用多种逃生形式，如横通道、疏散通道、直通室外的疏散出口、独立的避难场所等。其中，横通道包括供人员通行的人行横通道与供车辆通行的车行横通道。疏散通道包括双洞地下道路中间的通道（人行疏散通道/平行导洞等）与路面下的富余空间（通过下滑式逃生口或疏散楼梯连接的路面下纵向疏散通道、纵向管廊等）。当采用人行横通道或双洞地下道路中间通道进行疏散存在一定难度时，可以考虑其他形式的人员疏散或避难方式，如设置直通室外的疏散出口（竖井等）、独立的避难场所（避难间等），以及利用相邻地下空间，如上/下层地下道路间的防烟楼梯间、经甲级防火门联通的相邻地下停车设施进行疏散避难。其中，采用人行横通道和疏散通道进行疏散与逃生，是目前地下道路中应用较为普遍的形式。

5.3.3 一、双洞地下道路人行横通道的设置间距的确定

在许多长大道路隧道和铁路隧道中，两管地下道路之间等间距设有人行横通道，使地下道路在发生火灾等事故情况时，乘行人员可以通过人行横通道安全地疏散到另一管地下道路内，救援人员亦可通过人行横通道迅速进入事故现场。

在双洞地下道路之间设置人行横通道的工程实例很多，但各国对人行横通道设置间距的规定不一，且随地下道路功能的不同也有所差异，但大多在 250m~500m 之间。

1 人行横通道的作用：

人行横通道的主要功用是连接相邻两地下道路，以满足紧急情况下乘行人员向另一条无烟、安全地下道路撤离之需。

人行横通道内设有紧急照明和通信设施。紧急照明为常亮方式且与应急供电系统相连。人行横通道门是能方便开启、自动关闭的防火密闭门，以避免该门打开后地下道路内的烟雾随疏散人员一起进入另一洞地下道路内。在没有自然通风的条件下，往往安装 2 扇防火门，以确保其抵抗火灾的能力。

人行横通道通常以等间距进行布置。多数情况下，人行横通道的间距越小，地下道路的运营安全水平也越高，但是相应的施工风险和技术设备的费用也随之增加。故一般应在满足疏散、救援要求的情况下，适当增大人行横通道间距、控制通道数量。

2 国内外隧道人行横通道的设置情况：

(1) 国内外已建铁路隧道中人行横通道的设置间距，见表 5-1。

表 5-1 国内外已建铁路隧道中人行横通道的设置间距

隧道名称	隧道长度 (km)	国家	竣工时间	人行横通道间距(m)	备注
辛普朗隧道	20	瑞士	1906	500	人行横通道不等距布置
英法海峡隧道	50	英国 法国	1994	375	中间设服务隧道，纵向通风
丹麦海峡隧道	8	丹麦	1997	250	纵向通风
费尔艾拿隧道	19	瑞士	1999	—	单管隧道
菲伦佐拉隧道	14	意大利	2006	—	单管隧道
圣哥达基线隧道	57	瑞士	2016	325	两个救援站
洛茨堡山底隧道	35	瑞士	2007	333	一个救援站
乌鞘岭隧道	20.05	中国	2006	420	双洞单线隧道
太行山隧道	27.84	中国	2007	420	双洞单线隧道

目前在铁路隧道设计规范中，只有德国的 EBA 准则明确推荐：对于长度大于 1km 的隧道，两管隧道之间的人行横通道的间距应小于 1000m。

表 5-1 中辛普朗隧道，是早在 20 世纪初修建的隧道，两管隧道之间人行横通道间距为 500m，但这样考虑的初衷是为了满足施工期间通风系统的有效需求。从表中可以看出：对于长度大于 8km 的隧道，其人行横通道间距变化范围相对较小，多在 250m~400m 之间。

(2) 公路、城市道路隧道中人行横通道的设置：

1) 国内外已建公路、道路隧道中人行横通道的设置间距，见表 5-2。

表 5-2 国内外已建公路、道路隧道中人行横通道的设置间距

隧道名称	隧道长度 (km)	国家	竣工时间	人行横通道间距 (m)	备注
京士威隧道	2.2	英国	1971	约 335	—
东京湾隧道	9.5	日本	1997	—	车道板下每 300m 设有向下逃生口、逃生滑梯，车道板下设有纵向疏散、救援通道
H-3 隧道	—	美国	1997	150	—
西斯海尔德隧道	6.6	荷兰	2002	250	—
易北河第四隧道	4.4	德国	2003	1000	—
斯特伦格隧道	5.75	奥地利	2004	500	—
威悉河隧道	1.6	德国	2004	327	—
赫伦隧道	1.06	德国	2005	设两条人行横通道	—
复兴东路隧道	2.78	中国	2004	300	—
大连路隧道	2.5	中国	2003	400	每隔 30 米设置一个疏散滑梯
庆春路隧道	1.76	中国	2011	800	每隔 80 米设置一个疏散楼梯
钱江隧道	4.45	中国	2014	800	每隔 80 米设置一个疏散滑梯

2) 国内外人行横通道最大间距的设计标准：

对于道路隧道，一些国家在设计准则中明确给出了人行横通道的最大间距，见表 5-3。

表 5-3 国外设计准则中道路隧道人行横通道间距推荐值

国家	出版物/号	年份	人行横通道间距 (m)	备注
奥地利	RVS 9.281/9.282	1989	500	通道间距最大允许至 1km 未设火灾通风的隧道或隧道纵坡大于 3%的隧道内，通道间距 250m
德国	RABT	1984	350	根据最新的 RABT 曲线，通道间距将调整至 300m
挪威	Road Tunnels	—	250	—
瑞士	Tunnel Task Force	2000	300	—

我国现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016-2014（2018 年版）中对双洞隧道提出人行横通道间隔及地下道路通向人行疏散口的间隔宜为 250m~300m。

3) 本标准中人行横通道设置间距的规定：

根据荷兰及欧洲的一系列模拟实验，250m 为隧道内的人员在初期火灾烟雾浓度未造成更大影响情况下的最大逃生距离。现行行业标准《公路隧道设计规范》JTG D70-2004 规定了山岭公路隧道的人行横通道间隔：人行横通道的设置间距可取 250m，并不大于 500m。美国消防协会《公路隧道、桥梁及其他限行公路标准》NFPA502（2020 年版）规定：隧道应有应急出口，且间距不应大于 300m；当隧道采用耐火极限为 2.00h 以上的结构分隔，或隧道为双孔时，两孔间的横通道可以替代应急出口，且间距不应大于 200m。因此本标准结合上述分析，与现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016-2014（2018 年版）保持一致，规定双洞地下道路人行横通道的间隔和地下道路通向人行疏散通道入口的间隔，宜为 250m~300m。

二、人行横通道或人行疏散通道的尺寸要能保证人员的应急通行。

城市地下道路由于地质条件的复杂性和施工方法的多样性，相当多的地下道路采用盾构法施工，设置人行横通道时难度大、风险高。因此本标准结合我国人体特征，考虑了满足 2 股人流通行及消防员带装备通行的需求，参照现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016-2014（2018 年版），将人行横通道的净尺寸设置为净宽度不应小于 1.2m、净高度不应小于 2.1m。根据现行国家标准《消防安全工程 第 9 部分：人员疏散评估指南》GB/T 31593.9-2015 附录 H5，参照 Thompson 和 Marchant 对各研究通行速度的整理，得到通道设计通行能力在 1.25~1.82 人/（m·s）。通道间距及宽度的设计应满足地下道路实际疏散能力的需求。

三、地下道路与人行横通道或人行疏散通道的连通处所进行的防火分隔，应能防止火灾和烟气影响人员安全疏散。

目前较为普遍的做法是，在地下道路与人行横通道或人行疏散通道的连通处设置防火门。美国消防协会《公路隧道、桥梁及其他限行公路标准》NFPA502（2020 年版）规定，人行横通道与隧道连通处门的耐火极限应达到 1.50h，因此本标准规定在地下道路与人行横通道或人行疏散通道的连通处设置甲级防火门。

四、坡度大于 20% 的人行横通道应设置踏步。考虑到人员组成复杂，当坡度大于 10% 时也建议设置踏步。

5.3.4 本条主要规定了不同地下道路车行横通道或车行疏散通道的设置要求。

一、当地下道路发生火灾时，下风向的车辆可继续向前方出口行驶，上风向的车辆则需要利用地下道路辅助设施进行疏散。地下道路内的车辆疏散一般采用两种方式，一是在双洞地下道路之间设置车行横通道，另一种是在双洞中间设置专用车行疏散通道。前者工程量小、造价较低，在工程中得到普遍应用；后者可靠性更好、安全性高，但因造价高，在工程中应用不多。双洞地下道路之间的车行横通道、专用车行疏散通道不仅可用于地下道路内车辆疏散，还可用于巡查、维修、救援及车辆转换行驶方

向。

车行横通道间隔及地下道路通向车行疏散通道，当受施工工艺及环境条件限制，设置困难时，应经专项消防论证适当放宽间距。主要考虑到两方面因素：一方面，受地质条件多样性的影响，城市地下道路的施工方法较多，而穿越江、河、湖泊等水底地下道路常采用盾构法、沉管法施工，由于浙江省地层以软弱粘土为主，围岩强度较低，在地下道路两管间设置车行横通道的工程风险非常大，容易发生坍塌，可实施性不强；另一方面，城市地下道路灭火救援响应快、地下道路内消防设施齐全，而且越来越多的城市地下道路设计有多处进、出口匝道，事故时，车辆可利用匝道进行疏散。不过从安全性角度出发，并非所有地下道路都满足可经专项消防论证适当放宽间距的条件。在现行地方标准《道路隧道设计标准》DGTJ08-2033-2017 中规定双孔地下道路内车行横通道设置满足以下全部条件时，其间距可以不限：①单孔车道数不小于 3 条。②设有泡沫-水喷雾联用灭火系统。③设有重点排烟系统。因此本标准参照现行地方标准《道路隧道设计标准》DG/TJ08-2033-2017，规定了双洞地下道路可经专项消防论证适当放宽间距的条件。其中，单孔车道数不小于 3 条的规定主要是为了保证地下道路断面面积足够大，进而保证地下道路内蓄烟和疏散空间变大，但是同时也会导致地下道路内需要疏散的人数增多，最终的安全性难以直接判断，另外地下道路大断面也可通过车道数小于 3 条实现，所以综合考虑后本标准未将单孔车道数不小于 3 条的规定作为进行技术论证的前置性必要条件。此外，重点排烟系统可快速实现人烟分离，并将烟气控制在火源上下游一定范围内，且不受交通情况影响，可用疏散时间较长。但其排烟效果对施工、维护以及现场控制要求较高。已有研究表明，若重点排烟失效其可用安全疏散时间相比不设置排烟道的纵向排烟明显更短，且火源附近辐射更强，存在点燃周围车辆，或植筋胶失效的风险。此外，重点排烟需要设置排烟道，工程投资较大。

因此，本标准中未将设有重点排烟系统作为进行技术论证的前置性必要条件，在排烟设计中应结合工程特点参照表 5-4 进行分析比选。

表5-4 盾构段排烟方案对比

项目	重点排烟	分段纵向排烟
排烟效果	可快速实现人烟分离，并将烟气控制在火源上下游一定范围内	可有效防止上游烟气回流，但火源下游烟气蔓延范围较大，烟气充满整个断面
可用疏散时间	不受交通情况影响，可用疏散时间较长；但若排烟失效，由于储烟空间减小，可用疏散时间明显减小	交通拥堵时，下游可用疏散时间较纵向排烟更少
排烟控制	若施工及维护不到位，排烟效果相对较差	设备简单，排烟效果可靠，火灾烟气控制相对简单
工程投资与工期	需要设置排烟道，工程投资较大	工程投资相对较少，工期减短
行车舒适度	长距离净空较小，行车舒适度低	盾构段空间宽敞，行车舒适度高
运营维护难度	烟道空间狭小，维修困难，养护时间长，工作量大，运营维护成本高；维护对运营行车干扰较大	运行养护维修方便，工作量小，对运营行车干扰小，需要加强疏散设施

二、现行行业标准《公路隧道设计规范》JTG D70-2004 对山岭公路隧道车行横通道的断面建筑限界规定，如图 5-1 所示。城市地下道路对通行车辆种类有严格的规定，如有些地下道路只允许通行小型机动车、有些地下道路禁止通行大、中型货车、有些是客货混用地下道路。横通道的断面建筑限界应与地下道路通行车辆种类相适应，仅通行小型机动车或禁止通行大型货车的地下道路横通道的断面建筑限界可适当降低。

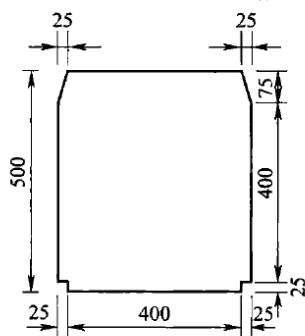


图 5-1 车行横通道的断面建筑限界 (cm)

三、地下道路与车行横通道或车行疏散通道的连通处采取防火分隔措施，是为防止火灾向相邻地下道路或车行疏散通道蔓延。防火分隔措施可采用耐火极限与相应结构耐火极限一致的防火门，防火门还要具有良好的密闭防烟性能。防火门开启容易造成左右洞烟气蔓延。因此，车行横通道兼做人行横通道时应单独设置甲级防火门。

5.3.5 单层地下道路由于结构安全需要，需采用路面下纵向疏散通道进行人员疏散时，需规定其设计方式、设置间距、逃生口和消防救援口尺寸、纵向疏散通道内的疏散标志、上下通道的防烟设计等。

疏散通道的下部逃生通道口应采用常闭式盖板，其耐火极限不应低于 1.00h。逃生口侧的墙壁上应设置应急照明灯具和指示标志，并有打开逃生口盖板的指示标志；且靠近逃生口和消防救援口的盖板处应设防止人员坠入的防护装置。路面下纵向疏散通道应设置正压送风、应急照明、应急广播及疏散指示标志等消防设施。

5.3.6 上、下行车的分层地下道路可采用上、下互为疏散方式进行人员安全疏散。封闭楼梯间的上、下开口应分别设置常闭式防烟盖板和常闭式甲级防火门。

5.3.7 目前在建的或已建的盾构法地下道路有两种断面型式，单层地下道路和双层地下道路。单层地下道路，疏散救援形式一般

采用横向或横纵结合的模式，以横纵结合的模式为主，即设置大间距的横通道，同时利用车道板下的纵向辅助疏散救援通道作为火灾工况下的人员疏散以及消防救援通道。路面下纵向疏散通道主要利用地下道路车道板下富余空间建造疏散救援通道，一般将地下道路上、下部空间或侧部的空间建成纵向疏散救援通道，每隔一定的距离设置逃生楼梯、逃生滑梯等和疏散救援通道连接。对于过江、过海的盾构法施工的地下道路，由于横通道存在较大的施工及运营风险，一般不设横通道，而是利用道路下面的空间作为疏散救援通道，在主地下道路和逃生地下道路之间设置逃生滑梯。在直径 11m 左右的单层地下道路中，车行道下部空间布置管廊和纵向辅助通道的空间利用较充分，而直径 14.5m 及以上的地下道路下层空间仅布置管廊和纵向辅助通道存在大量的闲置空间。另一种型式是双层地下道路，设置上下层互通的楼梯间，将另一层地下道路作为人员疏散以及消防救援通道。双层地下道路的疏散救援也具有横纵结合的特征。

一、对于地下道路疏散救援设计通行能力的设计，应综合考虑被困人员下车时间、地面行进时间、穿越盖板时间、穿越通道时间等因素。

从上海对虹梅南路隧道、长江西路隧道等开展的试验来看，楼滑梯及盖板体系的纵向疏散方案可解决长大隧道的人员疏散和消防救援问题，在同等工况条件下楼梯疏散效率高于滑梯疏散效率；盖板开启方便（试验开启时间小于 1s），盖板设计和开启对疏散人员造成的影响有限。但考虑到试验状态和真实状态的差异和人的逃生习惯等因素，应尽量减少逃生滑梯的使用。

二、通过采用 FDS+Evac 软件对三种工况不同人流密度下的疏散时间进行了比较分析。工况 A 为人行横通道和疏散楼滑梯同时疏散，工况 B 为仅采用疏散楼滑梯疏散，工况 C 为火灾发生在人行横通道附近，仅采用疏散楼滑梯疏散。密度分别为 M1（ $2\text{m}^2/\text{人}$ ）、M2（ $2.6\text{m}^2/\text{人}$ ）、M3（ $4\text{m}^2/\text{人}$ ）、M4（ $8\text{m}^2/\text{人}$ ）、

M5 (16m²/人)、M6 (32m²/人)、M7 (64m²/人)、M8 (120m²/人)。

表5-5 不同人员密度不同工况疏散时间表 (单位: s)

类别	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
工况 A	546	426	279	150	100	63	58	46
工况 B	572	454	307	162	117	66	58	46
工况 C	1012	795	521	270	138	96	96	95

人员密度分别为 M1、M2、M3、M4 时, 工况 A (有人行横通道) 的疏散时间值比工况 B 的疏散时间值小。当人员密度分别为 M5、M6、M7、M8 时, 工况 A 与工况 B 的总疏散时间趋势是一致的。可以得出以下结论: 在高密度堵塞交通状态下, 采用人行横通道疏散比只采用疏散楼滑梯时间要短, 但提高幅度有限, 约为 5%~8%; 中密度近乎堵塞交通状态下两者作用相当; 低密度流动状态和自由流动状态下疏散楼滑梯和人行横通道在疏散作用方面则是完全等效。

根据现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016-2014 (2018 版) 中对双洞隧道, 提出人行横通道的间隔, 宜为 250m~300m。根据荷兰及欧洲的一系列模拟实验, 250m 为隧道内的人员在初期火灾烟雾浓度未造成更大影响情况下的最大逃生距离。在实际工程应用中, 现有公路或城市道路盾构隧道中竖向疏散逃生口的间距通常为 60m、80m、100m 或 120m, 现行地方标准《道路隧道设计标准》DG/TJ08-2033-2017 第 17.3.6 条建议“下滑辅助逃生口的设置间隔不宜大于 120m”。根据现有资料, 我国高速公路火灾事故率为 0.04, 隧道内火灾发生的概率更低。鉴于隧道一般都有周密的救灾预案、可靠的安全运营设施、科学的云因管理体制, 再考虑到模拟试验中采用人行横通道疏散和只采用疏散楼滑梯疏散的效率, 以及考虑运营风险、施工风险的综合平衡后, 本标准中, 提出连通上下通道的逃生楼梯的设置间距不宜大于 120m。

此外, 本标准根据实际工程情况及现行地方标准《道路隧道

设计标准》DG/TJ08-2033-2017 第 17.3.2 条和第 17.3.6 条的建议“楼梯坡度不大于 60°”，本标准也提出了“设置连通上下通道的隧道逃生楼梯时，坡度不应大于 60°。”

三、日本东京湾隧道工程规划阶段，为了验证逃生滑梯在隧道中的实际使用效果，对其进行了 1:1 模拟试验，通过试验发现，人员使用逃生滑梯进行逃生的能力是一般横向通道的 1/2~1/3 左右。因此，为了达到相同的逃生能力，逃生滑梯的设置间距应当为横向通道间距的 1/2~1/3。同时，借鉴了国内已经建成的隧道的疏散通道设置情况（见表 5-6），本标准提出竖向逃生装置的设置间隔宜为 80m，对于有重型车（火灾热释放率 30MW~100MW）通行的隧道，间隔应进一步减小。

表5-6 国内部分已建隧道疏散通道的设置情况

隧道名称	长度	疏散通道	备注
上海翔殷路隧道	2600m	车道板下设紧急疏散安全通道，滑梯间距 80m；全线设置两条人行横通道，间距约 480m	—
杭州文一路地下通道	5800m	每隔 80m 设置逃生滑梯	无横通道
杭州香积寺路隧道	2293m	每隔 80m 设置逃生滑梯	无横通道
杭州艮山东路过江隧道	4575m	每隔 80m 在车道板上设置安全口和逃生滑道或楼梯与疏散通道连通	无横通道
南京长江隧道	3930m	每隔 80m 设置逃生滑梯	无横通道

人行横通道、滑梯、楼梯的通行能力归纳见表 5-7。

表5-7 国内部分已建隧道疏散通道的设置情况

形式	人/s	宽度
人行横通道	3.0	疏散门宽度不小于 1.2m
下滑式逃生口	0.3	滑梯不小于 0.6m
疏散至上（下）通道的楼梯	1.0	楼梯宽度不小于 0.8m

四、地下道路地面逃生口或消防救援口在纵向疏散通道内处所采取防火分隔，应能减少盖板开启后的疏散通道内风压损失，并防止火灾和烟气影响人员安全疏散。

五、地下道路工作井或埋深较深地下道路设置出地面疏散楼梯，确保疏散人员进入楼梯间后的安全，应采用封闭楼梯间或防烟楼梯间。

5.3.9 本条规定了地下设备用房的防火分区划分和安全出口设置要求。考虑到地下道路的一些专用设备，如风机房、风道等占地面积较大、安全出口难以开设，且机房无人值守，只有少数人员巡检的实际情况，规定了单个防火分区的最大允许建筑面积不大于 1500m²，以及无人值守的设备用房可设 1 个安全出口的条件。

对于分散布置且建筑面积不大于 200m²的设备用房，如地下道路的风机房、水泵房等考虑到其火灾危险性低、仅有巡检人员出入，当因平面布置原因难以设置直通室外的安全出口时，可结合用房埋深及邻近疏散设施的设置等情况，采取向相邻防火分区疏散或借用地下道路中附近的人员疏散通道或安全出口。

6 通风和防排烟系统

6.1 一般规定

6.1.1 地下道路火灾造成的损害和影响较大、救援困难。尤其是一、二类地下道路，火灾防烟与排烟是通风设计的重要组成部分。

地下道路越长、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；地下道路火灾荷载主要取决于车载可燃物类型及其数量。地下道路呈狭长形，地下道路越长越近似于封闭空间，火灾发生后，地下道路内烟雾发生量大，能见度低，散热慢，温度较高，安全疏散困难，容易造成交通堵塞和二次灾害。地下道路在交通高峰期时发生火灾，由于能见度低，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，地下道路内交通风急剧降低，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，在进行地下道路防烟与排烟设计时，应综合考虑火灾危险性、地下道路长度、地下道路结构及断面、平曲线半径、纵坡、交通量、交通组成、交通条件和人员逃生条件等因素。技术经济比较应综合考虑各种方式的技术难度、工程造价、运营维护和防排烟效果等因素。

6.1.2 防排烟系统和疏散救援设施的设置都是以保证人员安全、便于人员疏散逃生为原则进行设置，防排烟系统的规模与疏散避难设施相互关联。

6.1.3 相邻地下空间为与地下道路相连的车库联络通道及地下车库。相邻地下空间、相邻地下道路、疏散避难设施等是保证人员安全疏散和救援的场所，需在地下道路发生火灾时不被烟气侵

入，应进行防烟设计。

6.1.4 城地下道路相较于公路隧道存在显著差异。地下道路中附属用房（地下）人员往往通过直达地面的出口进行疏散，火灾时通过确保人员疏散走道和楼梯间的安全性来保证人员疏散安全，这与建筑中的人员疏散逻辑一致；公路隧道中附属用房人员（地下）一般需要通过隧道进行疏散，当隧道因为火灾烟气等特殊情况无法通行时，附属用房人员需要在附属用房内暂时躲避，因此公路隧道需要在有人值守的附属用房增设加压送风，以确保人员生命安全。因此本标准未针市地下道路的附属用房做额外规定，建议参照现行国家标准《建筑防火通用规范》GB55037-2022、《建筑设计防火规范》GB50016-2014（2018 年版）和《建筑防烟排烟系统技术标准》GB51251-2017 等进行设计。但应指出，对于地下道路中有人值守的附属用房（地下）不具备设置直达地面出口条件的，应当增设加压送风，确保人员的生命安全。

6.2 防烟系统

6.2.1 防烟设施和疏散救援设施的设置都是以保护人员安全、便于人员疏散逃生为原则进行设置，防烟设施的规模与疏散避难设施相互关联。为保障疏散通道、避难间及前室、防烟楼梯间及前室等的人员疏散和避难，应根据不同的使用性质和要求，按照现行有关国家工程建设消防技术标准确定地下道路中设置独立防烟设施的场所。对于地下道路内的疏散通道、避难间、防烟楼梯间等人员疏散设施，通常难以设置自然通风设施，因此多采用机械加压送风的方式。

6.2.2 横通道是火灾时人车临时避难、安全疏散的重要场所，横通道入口处的防火卷帘、防火门必须具有防火、防烟功能，以防止高温烟气流入横通道，影响安全疏散或引发新的事故或灾难。

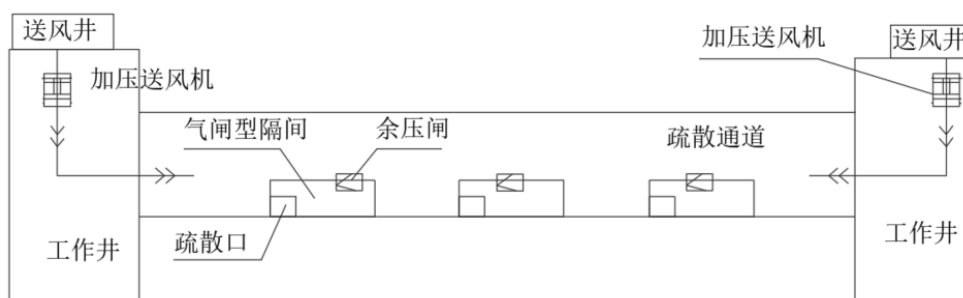
6.2.3 根据机械正压送风系统的特点和火灾时地下道路内相关场所的避难疏散要求，从系统设置、系统风量及其余压、送风口

和新鲜空气采气口设置、风机选用等规定了地下道路内疏散避难场所的机械正压送风系统的设计要求。本条提出的正压值及送风量主要参照现行国家标准《人民防空工程设计防火规范》GB50098-2009、《建筑设计防火规范》GB 50016-2014（2018年版）和《建筑防烟排烟系统技术标准》GB51251-2017 的相关要求。

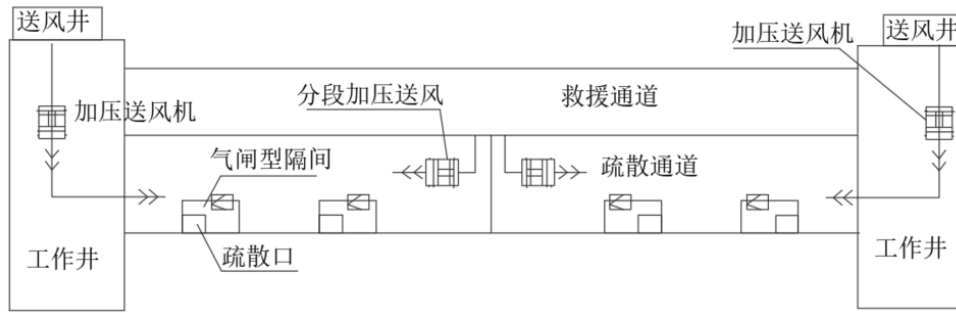
6.2.4 疏散通道根据与车行道的位置关系，可分为旁侧与下部两种形式。明挖隧道、沉管隧道通常将疏散通道设置在车行道侧部，人员通过横通道或防火门可直接进入疏散通道；路面下的专用疏散通道在双管盾构隧道中采用较多，利用车行道路面以下的空间设置纵向疏散通道，每隔一定间距设置滑梯或者下行楼梯，与路面下的专用疏散通道连通，并沿疏散通道进入工作井或由两端洞口逃生，为保证疏散通道安全，将车行道纵向疏散口与疏散通道之间采用封闭的滑梯间或楼梯间进行分隔，隔间利用疏散通道的泄压阀形成正压，以提高人员疏散的安全性。

为避免烟气进入疏散通道，需在疏散通道设置机械加压送风。疏散通道设置集中加压送风系统的方式具有风机数量少、控制简单的优点，工程中采用较多。

疏散通道越长，所需的加压送风量越大，断面风速和系统风量越大，且难以在疏散通道全长形成均匀的压力梯度，结合国内多条地下道路实测数据和研究成果，对疏散通道加压送风方式的选择作出了规定。



(a) 双端加压送风示意图



(b) 分段加压送风示意图

图 6-1 疏散通道加压送风方式示意图

6.2.6 主要参照现行国家标准《人民防空工程设计防火规范》GB 50098-2009、《建筑设计防火规范》GB 50016-2014（2018年版）和《建筑防烟排烟系统技术标准》GB51251-2017 的相关要求，并针对地下道路的工程特点进行了特殊规定。

疏散通道的加压送风量计算举例如下：

例：某地下道路长度为 $L=3500\text{m}$ ，道路等级为城市主干道，仅通行小客车，主线设计时速 $V_t=60\text{km/h}$ ，高峰小时交通量为 $N=3000\text{veh/h}$ 。地下道路设置有 3 条行车道，并采用路面下的专用疏散通道进行疏散，疏散通道由气闸型隔间（纵向楼梯间）与车行道连接，火灾时人员通过疏散口进入气闸型隔间，再由设在隔间上的防火门进入疏散通道，其中该处防火门面积为 $A_k=a \times b=0.8 \times 2.1\text{m}^2$ 。疏散口间距为 $\Delta x=80\text{m}$ ，共设有 $m=38$ 处疏散口。采用疏散通道机械加压送风，不考虑风道漏风时，计算疏散通道加压送风量。

时速越高，地下道路内同时行驶的车辆数越少，车辆停止时占用长度越短，对应疏散口开启数量越少，考虑一定的安全余量，按 $V_t=40\text{km/h}$ 时速计算，停车间距取 $\Delta L=2\text{m}$ ，小客车长度按 $\Delta L_t=4\text{m}$ ，每个疏散口处有 1 个防火门连通疏散通道与气闸型隔间，门洞风速按 1m/s 计算。

地下道路内车辆数为：

$$n = \frac{NL}{3600V_t} = \frac{3500 \times 3000}{3600 \times 11.1} = 262 \text{ 辆} \quad (6-1)$$

车辆总停车长度为：

$$L_t = n(\Delta L + \Delta L_t) / 3 = 262 \times 6 / 3 = 524 \text{ m} \quad (6-2)$$

$$m_1 = L_t / \Delta x = 7 \text{ 个} \quad (6-3)$$

计算疏散门开启所需送风量：

$$M_1 = m_1 A_k v = 7 \times 1.68 \times 1 = 11.8 \text{ m}^3 / \text{s} \quad (6-4)$$

计算关闭疏散门的漏风量：

$$M_2 = 0.827 \times (2a + 2b) \times 0.003 \times 1.25 \times (m - m_1) \times 12^{1/2} = 1.9 \text{ m}^3 / \text{s} \quad (6-5)$$

设计加压送风量：

$$M = 1.2 \times (M_1 + M_2) = 16.4 \text{ m}^3 / \text{s} \quad (6-6)$$

6.2.7 机械加压送风口风速主要参照现行国家标准《建筑防烟排烟系统技术标准》GB51251-2017 的规定。为保证取风质量，新风直接从室外大气引入。当由于条件限制，无法直接从室外取新风时，也可从其他区域取风，如非事故地下道路或救援通道（为救援人员设置的专用通道，通道与室外大气相通）等，但需保证取风质量。

6.3 排烟系统

6.3.2 本条参照现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016-2014（2018 年版）制定。近年来，长度大于 3000m 的地下道路越来越多，若整个地下道路长度不进行分段排烟，会造成火灾及高温烟气在地下道路中的影响范围加大，不利于消防救援及灾后的修复。因此对于长度大于 3000m 的地下道路需采用纵向分段排烟或重点排烟的方式控制烟气的影响范围，也可采用纵向排烟与重点排烟相结合的组合排烟方式，如地下道路中部或对安全性要求较高的重点防护区段以及易发生交通阻塞的个别区段采用重点排烟，其余区段采用纵向排烟的方式。

与机械排烟方式相比，自然排烟方式受室外气象、环境和地

形条件影响较大，对特长地下道路的影响更为显著，从排烟系统可靠性方面考虑，自然排烟适用长度不大于 3000m。

对于单洞双向地下道路，火源上下游人员均需要疏散，由于纵向排烟无法同时保证火源上下游人员的安全，因此建议采用重点排烟方式。

通过研究多个成环的单洞单向行驶的地下道路，当采用纵向排烟方式时，可能发生烟气转圈现象，导致火源点上游人员受到烟气影响，不利于烟气控制和人员疏散。而采用重点排烟方式可降低烟气控制难度，因此地下道路成环设计时宜采用重点排烟方式。当地下道路内交通流线复杂时，通风排烟组织困难，可开展专项消防论证，选择合适的通风排烟方式。

6.3.3 由于地下道路通风排烟设施的电力和土建规模大，从节省工程投资和避免设备闲置方面考虑，一般多采用运营通风与火灾排烟合用的方式。对于兼用的系统，需采取可靠措施确保在火灾工况下通风系统快速转换为火灾排烟系统，保证烟气的快速排出和人员的安全疏散，如避免火灾工况下气流方向的变换、风机运转方向的来回切换、联动关闭和开启的阀门数量过多等。

6.3.4 地下道路内火灾主要为车辆火灾，车辆分为传统内燃机汽车和新能源电动汽车。已有研究表明，电动汽车的峰值热释放速率与传统内燃机汽车接近，但电动汽车的火灾不易探测，且扑灭电动汽车火灾比传统燃油汽车火灾需要更多的水，存在电池可能重新复燃，易发生喷射火，火灾风险高。其火灾热释放率取决于车辆类别，世界各国对车辆火灾热释放率的相关规定和电动汽车全尺寸实验数据见表 6-1。

表 6-1 车辆火灾热释放率一览表

资料来源		《中国消防手册第三卷》 (2006 版)	《城市地下道路工程设计规范》 (2015 版)	世界道路协会 (PIARC 2019)	《美国公路隧道、桥梁和其他封闭式高速公路标准》NFPA 502 (2020 版)	电动汽车全尺寸实验
		热释放速率 (MW)				
车辆类别	小轿车	-	3~5	-	8	4.7
	1 辆小轿车	2.5	-	2.5	-	6
	1 辆大轿车	5	-	5	-	6.3
	2~3 辆轿车	8	-	8	15	-
	面包车 厢式货车	15	10~15	15	-	-
	巴士	20		20	30	-
	重型货车 (一般可燃物)	20~30	30~100	20~30	150	-
	危险品车&重型货车 (装载易燃物)	100~120	-	100~120	300	-

火灾热释放率取值决定了地下道路排烟系统的规模和设备配置。纵向排烟方式中，火灾热释放率、纵坡、地下道路断面等决定了临界风速大小，而临界风速决定了所需的排烟风机或射流风机的台数和风量配置；重点排烟方式中，火灾热释放率、断面等决定了火灾排烟量和风道大小、风机配置等。因此，地下道路火灾设计中，应结合工程具体情况合理选用火灾热释放率。本条文结合国内多条地下道路设计经验进行制定。

对于重型货车、危险化学品车辆等，需要综合论证分析火灾荷载的取值。国内外规范对于重型货车、危险化学品车辆火源功率取值的规定如表 6-1 所示，国内相关规范的规定情况如下：

针对公路隧道，现行行业标准《公路隧道通风设计细则》JTG/TD70/2-02-2014 中指出，对于通行特殊车辆的隧道火灾最大热释放率取值宜根据实际条件来确定；现行地方标准《公路隧道消防设计施工管理技术规程》DBJ 53-14-2005 指出，对于油罐车

取值为 50MW~100MW，同时规定以油罐车等易燃易爆危险物品运输为主，且交通得不到有效管制的隧道，其火灾临界风速宜采用 2 辆油罐车燃烧时的空气流动速度，并建议按照公式法计算临界风速；现行地方标准《高速公路隧道消防设计技术规范》DB45T 2120-2020 指出运煤专用通道、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，且宜按 50MW~100MW 取值，同时指出隧道的火灾排烟设计应考虑火风压影响；现行地方标准《公路隧道消防技术规范》DB 43 729-2012 中对于危化品车辆采用引导及夜间护卫等交通管制措施，通行油罐车、液化石油气等危化品车辆的隧道，隧道火灾规模可按 50MW 设计；在无法实现交通管制措施的情况下，通行油罐车、液化石油气等危化品车辆的隧道，应按危险化学品的种类及火灾危险性进行专项消防论证，确定火灾规模。

针对城市隧道，现行地方标准《城市道路隧道设计标准》DB33T 1256-2021 中明确指出对于通行危化品车辆的隧道，隧道分类应提高一级，并考虑重型车火灾荷载为 30MW~100MW，危化品车辆荷载更高，未做明确规定；现行地方标准《城市地下联系隧道防火设计规范》DB11T 1246-2015 指出规范适用于仅限通行非危险化学品机动车的新建、改建和扩建的城市地下联系隧道工程的防火设计，但认为公共汽车的火灾规模可以达到 25MW~34MW；现行地方标准《道路隧道设计标准》DG/TJ08-2033-2017 指出对于通行重型车的隧道火灾热释放率取值为 30MW~100MW，并注明对于进入隧道的重型车在有监护措施的情况下，火灾热释放率可按降低一档考虑；并指出设计中应根据隧道的具体情况慎重合理选用火灾热释放率。

综上，地下道路火灾最大热释放率应根据道路长度、交通量、行车方向、车道数量以及实际通行车辆的情况等综合确定。城市地下道路以通行客车为主，大货车等重型车的数量相对较少，因

此重型车发生火灾的概率也相对较低，若不区分地下道路长度和交通量，通行重型车的地下道路都按 50MW 的火灾热释放率进行取值，对于交通量较小或较短的地下道路势必会造成排烟系统的规模和设备配置较大，造成不必要的浪费。结合通车种类、隧道长度与日交通量的乘积给出了火灾热释放率的取值建议，具体见表 6.3.4。若通行危化品车或装载易燃物品的重型车辆，地下道路的火灾规模应通过专项消防论证进一步确定；临界风速设计时，应考虑火风压的影响。同时地下道路消防设施设备、耐火极限等因视火灾荷载进行相应的加强和提高。

6.3.5 当地下道路发生火灾时，火灾烟气通过烟囱效应从自然排烟口排出地下道路，如果左右线地下道路的自然排烟口相邻设置，火灾烟气很可能因为外界风等因素的干扰通过相邻自然排烟口进入非事故地下道路，从而影响非事故地下道路侧人员和车辆的通行。所以从火灾时排烟角度考虑，两相邻地下道路的自然排烟口需交错设置；有时为了节省地面风亭占地或简化结构设计等方面考虑，也可将左右线自然排烟口设于同一横断面上，但应满足左右线地下道路的自然排烟口水平距离不小于 10m 的规定。

竖井自然排烟口规定如图 6-2 所示，当采用单竖井排烟或竖井组排烟时，最近的两个竖井边到边的间距不宜大于 150m。

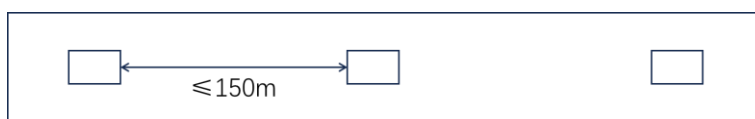


图 6-2 竖井排烟口间距规定示意图

6.3.6 火灾时，迫使地下道路内的烟气沿地下道路纵深方向流动的排烟形式为纵向排烟模式，是适用于单向交通地下道路的一种最常用烟气控制方式。该模式可通过悬挂在地下道路内的射流风机或其他射流装置、风井送排风设施等及其组合方式实现。纵向通风排烟，且气流方向与车行方向一致时，以火源点为界，火源点下游为烟气区、上游为非烟气区，人员往气流上游方向疏散。由于高温烟气沿坡度向上扩散速度很快，当在坡道上发生火灾，

并采用纵向排烟控制烟流，排烟气流逆坡向时，必须使纵向气流的流速高于临界风速。试验证明，纵向排烟控制烟气的效果较好。世界道路协会（PIARC）的相关报告以及美国纪念地下道路试验（1993年~1995年）均表明，对于火灾功率低于100MW的火灾、地下道路坡度不高于4%时，3m/s的气流速度可以控制烟气回流。

根据世界道路协会（PIARC）、日本、欧洲等国外相关技术资料，以及我国火灾科学国家重点实验室开展的相关研究，规定了地下道路火灾临界风速的取值。地下道路内发生火灾时，能阻止烟气发生逆流的最小风速称为临界风速。临界风速的确定已成为地下道路排烟系统设计的关键参数之一。世界道路协会 PIARC 1999年技术报告《Fire and Smoke Control in Road Tunnels》提出了防止烟气逆流所要求的地下道路临界风速计算公式，见本标准附录 C.0.3。

近年来，地下道路结构的形式越来越复杂，出现了以大断面、高坡度、多分支等为特征的复杂超常规地下道路；同时研究表明随着地下道路结构形式的改变，其断面临界风速也会随之改变，如断面宽高比的增加会导致临界风速减小。而 PIARC 提出的临界风速计算公式基于均匀混合假设，仅适用于宽高比为1~2常规地下道路，随着宽高比的进一步增加，其临界风速计算值会明显偏小。张天航等人在前人研究基础上，进一步考虑断面宽高比对于烟气层厚度的影响，提出了考虑宽高比修正的临界风速计算公式。新模型物理机制更为完备，试验条件及基础假设更为合理，详见本标准附录 C.0.2。因此对于断面宽高比较大的地下道路，仅采用 PIARC 作为临界风速的计算依据，可能会导致较大的误差，设计时因考虑宽高比对于临界风速的影响。

对于一、二类城市地下道路，临界风速设计应综合考虑式(C.0.2-1)与(C.0.3-1)的计算值与烟气回流长度。烟气回流长度可采用式(C.0.3-1)临界风速计算值带入式(C.0.2-1)计算。当回流长度大于两倍地下道路高度时，应采用式(C.0.2-1)设计火灾临界风

速；当回流长度小于两倍地下道路高度时，可采用式(C.0.3-1)设计火灾临界风速。对于三类及四类城市地下道路，可根据式(C.0.3-1)设计火灾临界风速。临界风速设计可参照上述方法且不小于表 6.3.6 的取值规定。

为减少用地，城市隧道进出口通常会相邻布置，为避免火灾烟气在地下道路进出口间发生回流，需采取相应的防回流措施。对于采用进出口错位布置方式时，可按图 6-3 的措施进行处理。

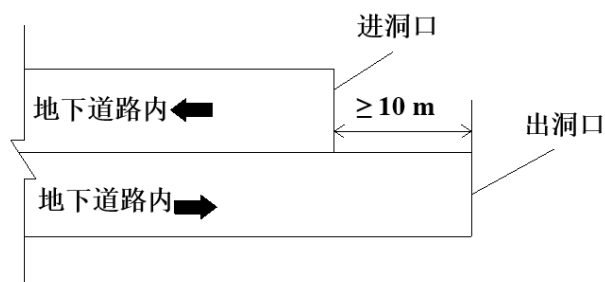


图 6-3 进出口错位布置示意图

对于风井排烟，需要在火灾点形成不小于临界风速的排烟量，同时应避免因风井排烟量的不足，导致火灾烟气越过风井蔓延至风井下游区段，因此风井排烟量应考虑风井排出下游新鲜空气量的影响，结合工程实际情况，本条给出了下游排出的新风量对应的断面风速不小于 1m/s。

6.3.7 根据世界道路协会 (PIARC)、欧洲等国外相关技术资料，重点排烟、半横向或全横向排烟的排烟量应根据火灾规模、地下道路空间形状等确定，火灾烟气理论生成率应根据热释放率的不同取值，排烟量不应小于火灾烟气生成量，可据烟气生成量计算方法或热释放率取值。采用重点排烟的地下道路，控制烟气蔓延的目的是使滞留人员的通行空间尽可能长时间地处于无烟侵害状态，烟气层的下部空间保留清洁和可呼吸的空气，上部分层的烟气通过位于顶部或顶部侧墙的排烟口排出。

采用重点排烟的地下道路火灾排烟量与烟气生成量、地下道路断面积、土建风道和排烟口（排烟阀）的漏风量等因素有关。排烟设计中应综合考虑以上因素的影响。烟气生成量参照现行国

家标准《建筑防烟排烟系统技术标准》GB51251-2017 中轴对称型羽流公式制定，排烟量由烟气生成量、卷吸的新鲜空气、系统漏风量等组成。参照国内多条地下道路设计案例，给出了不同火灾热释放率对应的排烟量参考值，避免因排烟量设计不足导致排烟系统无法满足要求。推荐的火灾排烟量主要针对常规的燃油车机动车，不适用于新能源机动车。

排烟区段划分与排烟口设置间距是重点排烟系统关键设计参数，对于易发生交通拥堵的地下道路，排烟口（排烟阀）需加密布置，排烟口间距取为 60m；对于地下道路出口洞外不易发生交通阻塞的特长地下道路，排烟口（排烟阀）布置间距可适当加大。

6.4 排烟设施

6.4.1 流经射流风机、排烟风机及风阀、消声器等辅助设施的烟气温度与火源距离和火灾热释放率有关，火源小、距离远，地下道路内结构和通风冷却作用大，烟气温度较低。本条规定火灾时使用的排烟设施要能耐受 280℃ 的高温条件。当火灾热释放率大、距离火源较近时，排烟设施的耐温设计需根据工程实际情况确定。排烟设施有效工作时间需大于人员疏散和应急救援时间，且不小于 1.0h。

6.4.2 射流风机为地下道路排烟中常用的设备，本条对射流风机的布置作出了规定。射流风机通常悬挂在车行道顶部，当射流风机与火源距离较近时，启动风机会导致烟气层紊乱，对人员疏散造成不利影响。因此采用射流风机排烟的地下道路，需考虑一定的冗余配置，射流风机应至少至有一组冗余。

6.4.3 大型排烟风机占地面积较大，考虑到城市地下道路用地条件受限的特点，因此排烟风机可不设置备用风机。

6.4.4 排烟口（排烟阀）设置在地下道路顶部时，可充分利用高温烟气热浮力，对排烟有利，当有条件时，排烟口（排烟阀）优

先设置在顶部；对于在地下道路中部设置共用排烟道或利用双层地下道路侧部空间设置排烟道的情况，受侧部烟道的客观条件限制，排烟口（排烟阀）难以设置在车行道顶部，为避免排烟口（排烟阀）设置高度过低，导致烟层高度下降或吸入较多的新鲜空气，影响系统排烟效率，结合通车类型，对排烟口（排烟阀）底部至路面的高度作出了规定。

6.4.5 对于排烟系统，排烟量一般都在 $60\text{m}^3/\text{s}$ 以上，采用金属风管的方式，施工和后期维护困难，密封性也难以保证，而目前地下道路中均采用混凝土或砖砌风道的方式，从已建成的地下道路来看，在设计措施和施工质量同时保证的情况下，混凝土和砖砌风道的漏风和阻力损失基本上能达到设计的要求。因此，对于排烟系统可采用混凝土或砖砌风道。排烟风道位于地下道路顶部或侧部，火灾时直接承受高温，结构易于变形、剥脱，从而导致漏风甚至坍塌等严重后果，风道及顶隔板一旦破损，其修补或更换将非常困难，故对风道的耐火极限作出了规定，不小于 2.0h 。

6.4.6 由于排烟系统风阀面积在 $10\text{m}^2\sim 50\text{m}^2$ ，普遍采用组合风阀的形式，而目前组合风阀不具备防火阀的功能和性能，并且在火灾时此类风阀往往需要开启进行排烟，烟气温度通常高于民用建筑中使用的排烟防火阀的熔断温度，若采用排烟防火阀，则无法起到有效排烟的作用，因此排烟系统不需设置排烟防火阀。为保证防火分隔的完整性，对穿越防火分隔处设置的电动风阀，电动风阀的耐火完整性不应低于该防火分隔的耐火极限。

7 消防给排水及灭火设施

7.1 一般规定

7.1.1 本条文参照现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016-2014（2018年版）的要求，规定了地下道路的消防给水系统的一般设计要求。四类地下道路通常长度较短或火灾危险性较小，可以利用城市公共消防系统或者灭火器进行灭火、控火，而不需单独设置室内和室外消防给水系统。

7.2 消防给水

7.2.4 为保证地下道路消防水系灭火系统的安全可靠性，要求地下道路消防给水管网布置成环状，以便在某段管网维修或发生故障时，仍能保证火场用水。

7.3 消防排水

7.3.1 参照现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016-2014（2018年版），地下道路排水设施应排除灭火过程中产生的大量积水，避免地下道路内因积聚灭火产生的废水而导致可燃液体流散、增加疏散与救援的困难。

7.3.2 参照现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016-2014（2018年版），地下道路排水设施应防止装载可燃液体或有害液体车辆逸漏但未燃烧的液体，因缺乏有组织的排水措施而漫流进入其他设备沟、疏散通道、重要设备房等区域内而引发火灾事故。

7.4 灭火设施

7.4.2 参照现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016-2014（2018年版）和现行地方标准《城市道路隧道设计标准》DB33T

1256-2021 对地下道路灭火器设计进行规定。

引发地下道路内火灾的主要部位有：行驶车辆的油箱、电池、驾驶室、行李或货物和客车的旅客座位等，火灾类型一般为 A、B 类混合，部分火灾可能因地下道路内的电器设备、配电线路引起，因此，在地下道路内要合理配置能扑灭 ABC 类火灾的灭火器。

本条有关数值的确定，参照了现行国家标准《建筑灭火器配置设计规范》GB 50140-2005、美国消防协会、日本建设省的有关标准和国外有关地下道路的研究报告。对于交通量大或者车道较多的地下道路，为保证人身安全和快速处置初起火，有必要在地下道路两侧设置灭火器。四类地下道路一般为火灾危险性较小或长度较短的地下道路，即使发生火灾，人员疏散和扑救也较容易。因此，消防设施的设置以配备适用的灭火器为主。

本条给出了适合于地下道路配置的 ABC 干粉灭火器充装量。

7.4.3 参照现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016-2014（2018 年版）、现行地方标准《城市道路隧道设计标准》DB33T 1256-2021 和《道路隧道设计标准》DG/TJ08-2033-2017 对地下道路消火栓系统设置进行规定。

在地下道路出入口附近设置的水泵接合器，对于城市隧道的灭火救援而言，十分重要。水泵接合器的设置位置，既要便于消防车向地下道路内的管网供水，还要不影响附近的其他救援行动。

各国规范对地下道路火灾延续时间的确定都不完全相同。美国、德国规定不低于 1.0h，日本规定不低于 40min；我国现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016-2014（2018 年版）中，根据地下道路类别分别确定为 3.0h、2.0h。本标准根据现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016-2014（2018 年版）消防用水量确定原则确定地下道路内、外消火栓用水量。

按现行国家标准《消防给水及消火栓系统技术规范》GB 50974-2014 要求，对消火栓栓口的动压作了规定，并要求验算消火栓系统的最大出口压力，当消火栓系统的出口压力大于 0.5MPa 时，宜采用减压孔板减压，当消火栓的出口压力大于 0.7MPa 时，宜采用减压稳压消火栓。

地下道路内消火栓给水管网应布置成环状，并用阀门分隔成相应的独立管段，阀门的布置应保证检修管道时关闭停用消火栓箱的数量不大于 5 处。

7.4.5 参照现行地方标准《道路隧道设计标准》DG/TJ08-2033-2017 对地下道路水喷雾系统设计进行规定。

特别重要的地下道路因结构保护等需要，建议设置泡沫-水喷雾灭火系统等自动灭火系统。

表 7-1 自动灭火系统案例

隧道名称	消防设施
南京长江隧道	消火栓+灭火器+泡沫-水喷雾联动系统
武汉长江隧道	泡沫消火栓系统+灭火器+水喷雾灭火系统
南京和燕路过江隧道	消火栓+灭火器+泡沫-水喷雾联动系统
武汉三阳路公铁隧道	消火栓+灭火器+泡沫-水喷雾联动系统
济南济洛路穿黄隧道	消火栓+灭火器+泡沫-水喷雾联动系统
上海外环越江隧道	消火栓系统+灭火器+水喷雾灭火系统

7.4.6 泡沫-水喷雾联用系统具有水喷雾与泡沫灭火双重优势，操作方便，安全可靠，可以很好地适应地下道路对系统控制的要求；当设置泡沫-水喷雾联用灭火系统时，可对人行疏散通道、车行横通道间距、人员必须安全疏散时间等的设计要求进行适当放宽；参照现行地方标准《城市道路隧道设计标准》DB33T 1256-2021 和《道路隧道设计标准》DG/TJ08-2033-2017 对地下道路泡沫-水喷雾联用灭火系统设计进行规定。

7.4.8 随着消防产品和消防科技的不断创新，新型灭火系统将不断被研制开发，对于新型灭火系统的使用，在没有国家、行业、地方标准的情况下，按照有关消防法规、规章的规定，必须组织专家进行专项消防论证后，才能确定是否适用于工程实际。

8 火灾自动报警与消防联动

8.2 火灾自动报警

8.2.3 火灾探测器大致可分为点型、线型和图像型三类。点型火灾探测器为点式分布，每个探测器以探测器为圆心，以一定的保护半径形成一个独立的保护区域，具有准确的独立的探测空间。目前主要有感烟、感温、火焰、可燃气体探测器等。线型火灾探测器是感知某一连续线路附近火灾特征参数的探测器。可以分感烟、感温或感光探测器。图像型火灾探测器属于成像型探测器，是使用摄像机和红外热成像器件等视频设备或它们的组合方式获取监控现场视频信息进行火灾探测的火灾探测器。近年来，国内外有关研究机构对地下道路用火灾探测器不同火灾情况的响应性能、虚假报警风险和环境适应性进行了大量实验。总体上表明对火灾防范要求高的高防火安全等级的地下道路，单一报警方式存在缺陷。感温探测、火焰辐射探测、火焰的图像探测、烟雾的图像探测的多种方式的复合更适用于地下道路。

8.2.4 为及时发现地下道路内汽车火灾并报警，克服行进中的汽车火灾（移动火源）的探测难度，以及地下道路环境风及车辆运行过程中形成的活塞风对火灾烟气的干扰，便于准确联动着火区域的排烟设施及消防灭火设施，对火灾自动报警系统的响应速度、测温精度及定位精度提出了设计要求。

8.2.5 火灾警报器、手动火灾报警等一系列操作按钮对于火灾的联动控制和救援十分重要，地下道路通常位于城市重要区域，若不进行交通诱导，容易导致地下道路内的车辆很难疏散至室外。因此规定地下道路地面出入口处应设置相应的报警装置，便于车辆快速集散。

8.3 防灾通信

8.3.2 地下道路内一般均具有一定的电磁屏蔽效应，可能导致通信中断或无法进行无线联络。为保障灭火救援的通信联络畅通，在可能出现屏蔽的地下道路内需采取措施使无线通信信号，特别是要保证城市消防救援机构的无线通信网络信号能进入地下道路。参照现行地方标准《道路隧道设计标准》DG/TJ08-2033-2017，给出相应的设计要求。

8.3.4 地下道路消防应急广播应支持平时与紧急情况时应用相结合，并遵从紧急情况优先且人工干预优先原则。根据地下道路场所的特点和地下道路消防应急的实际需求，地下道路消防应急广播应能够支持消防应急时依据火灾点相对于地下道路及内部设施的情况，分音区播报不同的疏导决策指示。该条文符合现行国家标准《火灾自动报警设计规范》GB 50116-2013 的原则性要求，同时结合地下道路的实际情况确定。

8.3.6 本条规定了地下道路内设置的消防专用电话与紧急电话合用时的设置要求。

8.3.7 紧急电话是地下道路内发生包括火灾在内的紧急情况时，现场人员向地下道路管理人员通报现场情况和接受应对指令的重要设施。因此参照现行地方标准《道路隧道设计标准》DG/TJ08-2033-2017，对紧急电话提出了相应的设计要求。

8.4 消防联动控制

8.4.1 为保证能及时处理火警，要求长地下道路均应设置消防控制室。消防控制室的设置可以与其他监控室合用，其他要求应符合现行国家标准《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116-2013 有关消防控制室的要求。地下道路内的火灾自动报警系统及其控制设备组成、功能、设备布置以及火灾探测器、应急广播、消防专用电话等的设计要求，均需符合现行国家标准《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116-2013 的规定。

8.4.2 随着人工智能、物联网、BIM 等技术的发展，给城市地下道路火灾防控提供了新的思路和方法。消防控制室除了应设置传统的消防联动控制系统，宜设置具备消防设备状态监测、火灾风险识别、早期预警、火灾场景感知、消防辅助决策等功能的辅助系统来更好保证地下道路的消防安全。城市地下道路火灾智慧辅助防控系统一般宜具备火灾风险智能感知、中心平台的融合计算处理和火灾应急动态智能化响应等功能。

1 城市地下道路火灾智能感知：通过建设智能感知系统，获取地下道路内交通流、温湿度、风速等数据，检测地下道路内消防设施的状态，动态评估地下道路火灾风险，结合火灾探测数据形成火场态势的实时全息感知能力。

2 中心平台的融合计算处理：通过建设数据处理中心，将地下道路的实时全息感知数据进行融合计算；对地下道路火灾的概率、严重程度等进行预测，形成地下道路火灾较超前预警、火场态势研判和消防辅助决策的能力。

3 应急响应系统智能化处理：通过建设智慧应急系统，利用中心平台处理计算得到的动态应急处置方案，联动隧道内外机电设备，实现隧道内的疏散救援协同控制与隧道外的二次事故预防，形成地下道路火灾智慧应急响应能力。

8.4.3 城市地下道路紧急情况下的控制是一套复杂的系统。火灾工况下的通风排烟控制不仅是如何启动风机进行有效排烟的问题，还应与城市地下道路火灾报警、闭路电视监视、交通监控等其他监控系统联合使用，形成综合可靠的系统方案。

8.4.6 火灾工况下，地下道路烟气控制最关键的问题是防排烟设施能否迅速、准确启动。就控制模式而言，现场控制比远程控制更易实现这一要求。应急救援人员对火灾情况、交通状况等现场实际情况的了解更直接、详细，所确定的通风控制方案也更切合实际，因此要求现场控制优先级高于远程控制。

8.4.7 防烟系统设施动作反馈信号至消防控制室是为了方便消

防值班人员准确掌握和控制设备运行情况。

9 消防电气

9.2 供配电与线缆

9.2.1 消防用电的可靠性是消防用电设施可靠运行的基本保证，消防用电设施主要包括监控系统(含火灾报警、广播)消防水泵、废水泵、防排烟风机及相关风阀、防火卷帘、应急照明、疏散指示标志等。本条根据不同城市地下道路火灾的扑救难度和发生火灾后可能的危害与损失、消防设施的用电情况，参照现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016-2014（2018年版）、《建筑防火通用规范》GB 55037-2022及现行防火设计指南《南京市城市交通隧道防火设计指南》按危险性等级进行用电负荷分类，确定了城市地下道路中消防用电的供电负荷要求。

地下道路中火灾的延续时间一般较长，火场环境条件恶劣、温度高，对消防用电设备、电源、供电、配电及其配电线路等的设计，要求较一般工业与民用建筑高。地下道路各类电力负荷应按照负荷性质、功能不同各自设置单独的配电回路。

由于城市地下道路及其附属用房供配电装置及线缆承载着电能的转换、分配和传输，供配电装置及线缆本身存在着电气火灾风险和诱发火灾危害扩大化的可能，为此必须对供配电系统本身进行电气火灾防控。

为确保地下道路疏散和灭火救援的顺利进行，一级电力负荷在火灾发生后一段时间内需持续供电，所以电连接线应采用耐火电缆。

由于紧急事件发生的不可预见性和随机性，作为常备状态，地下道路重要电力负荷中的一级负荷其过负载保护、接地故障保护应作用于信号而不应作用于切断电路，并应根据具体情况实施

切换供电回路或切断电路的人工控制，按照相对有利原则决策断电动作的时机和对象回路。

在设计中，对于重要负荷的供配电系统的过负荷保护问题，例如消防水泵、排烟风机之类的负荷供电回路只设置电磁脱扣器。需要故障报警应在电动机控制回路设置热继电器报警而不是切断电路。

9.2.2 城市地下道路内电缆的选择和敷设方式，要充分考虑到对地下道路火灾的耐受能力。暗敷时，现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016-2014（2018年版）、现行防火指南《南京市城市交通隧道防火设计指南》规定建筑中电缆不燃结构体保护层厚度不应小于 30mm，明敷时需要设置悬挂、支撑或固定，故需要防护结构为刚性。不燃刚性结构可采用金属管、PVC 或 PE 管等符合要求的结构件。有耐火要求时可对金属管或其内部线缆作耐火涂料、包带等防护，对 PVC 或 PE 管做混凝土包封，金属铠装线缆可采取耐火涂料、包带方式做耐火防护。我国城市地下道路中，一些地下道路的电缆沟毗邻行车道，设置镂空上盖板且高出行车道路面不超过 25mm，电缆沟上部兼作检修疏散通道。发生可燃性液体火灾时及在灭火时，易产生流淌火进入电缆沟，故要求做耐火防护。耐火电缆的敷设还应符合现行行业标准《阻燃及耐火电缆塑料绝缘阻燃及耐火电缆分级和要求 第 2 部分：耐火电缆》XF 306.2-2007 的相关规定。地下道路线缆敷设构件采取的防火保护措施应满足耐火极限要求。

9.2.3 考虑到城市空间资源紧张，少数情况下不可避免存在高压电缆敷设需搭载城市地下道路穿越江、河、湖泊等的情况，要求采取一定防火措施后允许借道敷设，以保障输电线路和地下道路的安全。

9.3 应急照明与疏散指示

9.3.3 在地下道路设置应急照明可以使人们在正常照明电源被

切断后，仍然以较快的速度逃生，是保证有效引导人员疏散的设施。本条参照现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016-2014（2018年版）对建筑内疏散照明地面的照明要求，采用地面最低水平照度作为地下道路内横通道、疏散通道、避难设施、楼梯间等建筑的照明指标。现行地方标准《城市地下联系隧道防火设计规范》DB11/T 1246-2015、现行地方标准《道路隧道设计标准》DG/TJ08-2033-2017对人员专用疏散通道、避难设施、楼梯间的地面最低水平照度均规定不低于 5.0lx，但现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016-2014（2018年版）指出适当提高疏散应急照明的照度值，可以大大提高人员的疏散速度和安全疏散条件，有效减少人员伤亡。地下道路避难设施、楼梯间等在疏散时会出现人员较为密集的情况，因此本标准将相应照度要求适当提高，将其地面最低水平照度参照现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016-2014（2018年版）第 10.3.2 条提高至 10.0lx，从而提高疏散的安全性。

机动车驾驶员在地下道路行车时，视觉感受到的是路面亮度，因此地下道路洞内应急照明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。

考虑到地下道路洞内应急照明采用亮度值作为标准为洞内应急照明灯具的设计带来不便，因此本标准提供地下道路路面照度与亮度的转换系数供应急照明灯具设计参考。地下道路内的应急照明应同时考虑车辆逃生和人员逃生两种场景。路面亮度随观察角增大会显著降低，车辆逃生时，驾驶人观察角约为 1° ，照度与亮度的转换可按照沥青路面 $15\text{lx}/(\text{cd}/\text{m}^2) \sim 22\text{lx}/(\text{cd}/\text{m}^2)$ 计算；人员逃生时，观察角大于 60° ，此时的照度与亮度的转换可按照沥青路面 $30\text{lx}/(\text{cd}/\text{m}^2) \sim 44\text{lx}/(\text{cd}/\text{m}^2)$ 计算。可见，在相同亮度标准下，人员逃生比车辆逃生对灯具照度要求更高，因此对地下道路洞内应急照明灯具进行设计应参照人员逃生时灯

具照度要求，确保洞内人员逃生安全。

城市地下道路对路面亮度、控制室、配电室、机房的具体照明要求可参照现行行业标准《公路隧道照明设计细则》JTG/T D70/2-01-2014 和现行国家标准《建筑照明设计标准》GB 50034-2013。

9.3.4 疏散指示标志的合理设置，能更好地帮助人员快速、安全地进行疏散。对于空间较大的地下道路，人们在火灾时依靠疏散照明的照度难以看清较大范围的情况，依靠行走路线上的疏散指示标志，可以及时识别疏散位置和方向，缩短到达安全出口的时间。该标志是辅助疏散指示标志，不能作为主要的疏散指示标志。

地下道路内的环境较恶劣，风速高、空气污染程度高，地下道路内所设置的相关消防设施要能耐受地下道路内的恶劣环境影响，防止发生霉变、腐蚀、短路、变质等情况，确保设施有效。此外，也要在消防设施上或旁边设置可发光的标志，便于人员在火灾条件下快速识别和寻找。

9.4 电气火灾监控系统

9.4.1 主要设备用房内设置的电气火灾监控探测器中的泄漏电流探测器用于电缆线路老化或破损探测，测温式探测器用于过载而导致电缆接头过热的温度探测。

9.4.2 电气火灾监控系统由①电气火灾监控器、接口模块；②剩余电流式电气火灾探测器；③测温式电气火灾探测器；④电弧故障探测器等部分或全部设备组成。工程中①是必选项，①+②+③可组合成一种测剩余电流+测温式电气火灾监控系统。也可由①+③+④组合成一种测电弧故障+测温式电气火灾监控系统。还可根据配电线路火灾危险性分别设置不同的电气火灾探测器，例如大型商场的照明配电线路可采用电弧故障探测器+测温式探测器，动力负荷的配电线路可采用剩余电流式探测器+测温式探测器组合混合式电气火灾监控系统。

9.4.4 人身安全防护高于电气火灾防护，用于人身安全保护的剩余电流保护装置可直接消除金属接地性及电弧性的电气火灾隐患，因此不需重复设置。

9.4.5 配电线路中都存在着自然漏流，其直接影响报警的准确性，因此应采取措施尽量抵消。方法一是将监测点设置在负荷侧，干线部分的自然漏流对测量没有影响。方法二是将监测点设置在电源侧，采用下限连续可调的剩余电流式电气火灾监控探测器抵消自然漏流的影响。

9.5 消防电源监控系统

9.5.1 根据要求，设置消防控制室的应设置消防电源监控系统，一、二、三类地下道路一般都设置了消防控制室，所以也应相应设置消防电源监控系统。

9.5.2 消防电源监控根据消防电源监控需要采取一种或者两种传感器的组合。

9.5.3 消防电源是保障整个消防系统工作可靠，包括主电源和备用电源。当发生故障时须及时报警，保障消防电源的不中断供电。

9.5.4 本条主要规定了消防电源监控系统与火灾自动报警系统的关系。

10 消防安全管理

10.1 一般规定

10.1.1 依据《中华人民共和国消防法》的有关规定，结合地下道路消防安全特点，本条确定了地下道路运营单位是地下道路消防安全管理主体，其主要负责人或法定代表人是消防安全责任人。

10.1.2 根据地下道路火灾危险性，地下道路运营管理机构应配置相应的消防车辆和个人防护装备，个人装备的配备标准根据地下道路的火灾特点和建筑特点确定，个人防护装备数量按人计算，基本配置应为每人一套隔热服和一具空气呼吸器。一类地下道路建议增加消防员空气呼吸器补气系统（FARS），便于消防员及时补气，延长工作时间。

10.3 应急预案

10.3.2 灭火救援预案内容包括：利用火灾事故广播或火灾声光警报器向地下道路内发出火灾信号，利用可变信息情报板向地下道路外发布火灾信息。开启应急照明及疏散诱导设施，引导人员、车辆进行安全疏散；按照预案设置的现场情况，及时启动防排烟设施，控制烟气分层或迅速将烟气排出地下道路；消防救援车辆和救援人员进入地下道路进行灭火救援，如地下道路内发生严重交通堵塞，应先清障、再疏散，同时进行灭火救援。

地下道路的防灾救灾预案，应该包含防灾和救灾两方面。针对地下道路的火灾特点，规定了制定火灾应急处置程序、安全疏散预案和灭火救援预案的要求，详细规定了处置程序和灭火疏散预案的内容、编制方法和标准。其中的编写内容和编写标准，参照了国内外灭火救援的通用标准和处置化学危险预案标准。在具体制定时，应该结合具体地下道路的实际情况，遵循科学、合理

可操作的原则。

附录 B 地下道路排烟风机动力设计计算

B.0.2 为连接固有路网、实现交通多级分流，地下道路往往在沿线设置进、出口匝道，形成分岔结构，因此对地下道路通风阻力进行计算时需要考虑分岔结构的局部损失。本条参照张欣发表在 *Journal of Zhejiang University-Science* 《Local loss model of dividing flow in a bifurcate tunnel with a small angle》中提出的公式确定了地下道路出口分岔处分流损失系数及对应通风阻力计算方法，参照吴珂在现代隧道技术发表的《分叉隧道合流段流动特征及局部损失特性研究》中提出的公式确定了地下道路入口分岔处合流损失系数及对应通风阻力计算方法。

B.0.3 火源下游烟气温度衰减的计算式中火源位置烟气的最大温升 ΔT_{\max} 、空气的质量流量 m 两个物理量在以往的规范和标准中未给出相应的计算方法。本条参照李颖臻在 *Fire Safety Journal* 提出的公式计算 ΔT_{\max} 和 m 。