

前 言

根据《山东省住房和城乡建设厅、山东省市场监督管理局<关于印发2021年山东省工程建设标准制修订计划>的通知》(鲁建标字(2021)19号)的要求,编制组经深入调查研究,认真总结近年来城市道路隧道工程的建设经验,参考国内外有关标准,并在广泛征求意见的基础上,制定本标准。

本标准的主要技术内容为:1.总则;2.术语;3.基本规定;4.隧道建设条件调查;5.总体设计;6.结构计算;7.结构设计;8.防排水设计;9.附属工程设计;10.辅助工程措施;11.施工方案设计;12.路基与路面;13.照明设施;14.通风与防排烟设施;15.消防给水与灭火设施;16.供配电设施;17.综合监控;18.交通安全设施;19.装修与景观。

本标准由山东省住房和城乡建设厅负责管理,由山东省交通规划设计院集团有限公司负责具体技术内容解释。在执行过程中如有意见和建议,请反馈至山东省交通规划设计院集团有限公司(地址:济南市高新区天辰路2177号联合财富广场#5;邮政编码:250101,电话:0531—68939881,邮箱:tunnel@sdcpd.com)。

主 编 单 位: 山东省交通规划设计院集团有限公司
济南城建集团有限公司

参 编 单 位: 济南市市政工程设计研究院(集团)有限责任公司
中铁二十局集团第四工程有限公司
招远市政府投资工程建设服务中心
中交一公局集团有限公司
威海市环翠区城市发展投资有限公司

青岛市市政工程设计研究院有限责任公司

主要起草人员：万 利 张长安 孙 杰 郑召怡 吴 涛
王仁伟 滕方勇 陈光勇 沈佳佳 胡瑶瑶
田桂珍 陆建群 董宗岭 宋彦平 张利军
冯荣海 孙昌海 邵 行 宋 京 徐 磊
陶楚青 周逸凯 张欣欣 张 艳 张青青
林国伟 杨 力 屈加林 王云博 于 涛
陈兆慧 刘爱敏 袁 迪 王 鑫 文 鹏
赵艳萍

主要审查人员：郭小红 刘俊岩 褚为耕 李君强 林定权
程海涛 高国忠 陈玉远 鹿 江

目 次

1	总 则	1
2	术 语	2
3	基本规定	6
4	隧道建设条件调查	8
4.1	一般规定	8
4.2	资料搜集与地形测绘	8
4.3	岩土工程勘察与围岩分级	9
4.4	工程环境调查	11
5	总体设计	12
5.1	一般规定	12
5.2	平面线形设计	13
5.3	纵断面设计	14
5.4	横断面设计	15
5.5	横通道及附属工程设计	16
6	结构计算	19
6.1	一般规定	19
6.2	荷载分类和效应组合	19
6.3	暗挖隧道结构	22
6.4	明挖隧道结构	25
6.5	基坑围护结构	26
7	结构设计	30

7.1	一般规定.....	30
7.2	复合式衬砌.....	30
7.3	明挖结构.....	33
7.4	基坑围护结构.....	35
8	防排水设计.....	38
8.1	一般规定.....	38
8.2	复合式衬砌防排水.....	39
8.3	明挖结构防排水.....	40
9	附属工程设计.....	41
9.1	一般规定.....	41
9.2	斜井与竖井.....	42
9.3	风道及地下附属用房.....	43
9.4	横通道及疏散通道.....	44
10	辅助工程措施.....	45
11	施工方案设计.....	47
11.1	一般规定.....	47
11.2	暗挖法.....	48
11.3	明挖法.....	54
12	路基与路面.....	55
12.1	一般规定.....	55
12.2	路基.....	55
12.3	路面.....	55
13	照明设施.....	57

13.1	一般规定.....	57
13.2	入口段照明.....	58
13.3	过渡段照明.....	60
13.4	中间段照明.....	61
13.5	出口段照明.....	61
13.6	特殊段照明.....	61
13.7	洞外引道照明.....	62
13.8	洞内装饰照明.....	62
13.9	光源和灯具.....	63
13.10	照明节能与控制.....	63
13.11	应急照明.....	64
14	通风与防排烟设施.....	66
14.1	一般规定.....	66
14.2	隧道运营通风.....	66
14.3	隧道防排烟.....	69
14.4	风机选型与安装.....	71
14.5	隧道通风控制.....	72
15	消防给水与灭火设施.....	75
15.1	一般规定.....	75
15.2	消防给水系统.....	75
15.3	灭火设施.....	78
15.4	消防控制.....	80
16	供配电设施.....	82

16.1	一般规定.....	82
16.2	负荷分级及供电要求.....	82
16.3	变配电所及发电机房.....	83
16.4	配电设施.....	85
16.5	电力监控与保护.....	86
16.6	线缆及敷设.....	87
16.7	接地和防雷.....	87
17	综合监控.....	89
17.1	一般规定.....	89
17.2	中央监控管理系统.....	90
17.3	环境及设备监控系统.....	91
17.4	交通控制诱导系统.....	91
17.5	视频监控系统.....	92
17.6	火灾自动报警及消防联动系统.....	93
17.7	紧急电话与有线广播系统.....	94
17.8	无线通信系统.....	94
17.9	监控中心.....	95
18	交通安全设施.....	96
18.1	一般规定.....	96
18.2	标志.....	96
18.3	标线.....	98
18.4	轮廓标.....	99
19	装修与景观.....	100

19.1	一般规定.....	100
19.2	洞内装修.....	100
19.3	装修材料.....	101
19.4	洞口景观.....	101
	本标准用词说明.....	103
	引用标准名录	104
	附：条文说明	107

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms	2
3	Basic Requirements	6
4	Investigation of Tunnel Construction Conditions	8
4.1	General Requirement	8
4.2	Data Collection and Topographic Mapping	8
4.3	Geotechnical Investigation and Surrounding Rock Classification	9
4.4	Engineering Environment Survey	11
5	Overall Design	12
5.1	General Requirement	12
5.2	Design of Horizontal Alignment	13
5.3	Design of Vertical Alignment	14
5.4	Cross Section Design	15
5.5	Cross Passage and Ancillary Engineering Design	16
6	Structural Calculation	19
6.1	General Requirement	19
6.2	Load Classification and Effect Combination	19
6.3	Covered-excavation Tunnel Structure	22
6.4	Cut and Cover Tunnel Structure	25
6.5	Supporting Structure of Foundation Pit	26
7	Structure Design	30
7.1	General Requirement	30
7.2	Composite Lining	30

7.3	Open-cut Structure	33
7.4	Supporting Structure of Foundation Pit	35
8	Waterproof and Drainage Design	38
8.1	General Requirement	38
8.2	Waterproof and Drainage Design of the Composite Lining	39
8.3	Waterproof and Drainage Design of Cut and Cover Structure	40
9	Ancillary Engineering Design	41
9.1	General Requirement	41
9.2	Inclined and Vertical Shafts	42
9.3	Air Duct and Underground Ancillary Rooms	43
9.4	Cross Passage and Evacuation Passage	44
10	Auxiliary Engineering Measures	45
11	Civil Construction Scheme Design	47
11.1	General Requirement	47
11.2	Covered-excavation Tunnel	48
11.3	Open-cut method	54
12	Subgrade and Ravement	55
12.1	General requirement.....	55
12.2	Subgrade	55
12.3	Pavement	55
13	Lighting Facilities	57
13.1	General Requirement	57
13.2	Threshold zone Lighting	58
13.3	Transition zone Lighting	60

13.4	Interior zone Lighting	61
13.5	Exit zone Lighting	61
13.6	Special zone Lighting	61
13.7	Exterior approach Lighting	62
13.8	Decorative Lighting in the Cave	62
13.9	Light Sources and Luminaires	63
13.10	Lighting Energy Saving and Control	63
13.11	Emergency Lighting	64
14	Ventilation and Smoke Control Facilities	66
14.1	General Requirement	66
14.2	Tunnel Operation Ventilation	66
14.3	Tunnel Smoke Prevention and Exhaust	69
14.4	Selection and Installation of Fan.....	71
14.5	Tunnel Ventilation Control	72
15	Fire Water-supply and Fire Extinguishing facilities.....	75
15.1	General Requirement	75
15.2	Fire Water-supply System	75
15.3	Fire Extinguishing Facilities	78
15.4	Fire Control	80
16	Power Supply and Distribution facilities	82
16.1	General Requirement	82
16.2	Power Load Classification and Power Supply Requirement	82
16.3	Distribution substation and generator room	83
16.4	Power Distribution Facilities.....	85

16.5	Power Monitoring and Protection	86
16.6	Cables and Laying	87
16.7	Grounding and Surge Protection	87
17	Comprehensive Monitoring	89
17.1	General Requirement	89
17.2	Central Monitoring and Management System	90
17.3	Environment and Equipment Monitoring System.....	91
17.4	Traffic Monitoring and Guidance System	91
17.5	Video Surveillance System	92
17.6	Automatic Fire Alarm and Fire Linkage System	93
17.7	Emergency Telephone and Public Address System	94
17.8	Wireless Communication System	94
17.9	Monitoring Center.....	95
18	Traffic safety facilities	96
18.1	General Requirement	96
18.2	Traffic Signs	96
18.3	Traffic Markings	98
18.4	Contour Markings	99
19	Decoration and Landscape	100
19.1	General Requirement	100
19.2	Interior Decoration Design of Cave	100
19.3	Decoration Materials	101
19.4	Landscape Design of Entrance	101
	Explanation of Wording in This Specification	103

List of Quoted Standards	104
Addition: Explanation of Provisions.....	107

1 总 则

1.0.1 为规范山东省城市道路隧道设计，做到安全可靠、功能合理、技术先进、经济适用、节能环保，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于采用暗挖法、明挖法为主要开挖手段的新建城市道路隧道。

1.0.3 山东省城市道路隧道设计除应符合本标准外，尚应符合现行国家和山东省有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 城市道路隧道 urban road tunnel

城市范围内供机动车通行或兼顾非机动车、行人通行的隧道。不含各地块、地下车库间的连通道。

2.0.2 城市山岭隧道 mining-method tunnel

穿越城区山体的隧道。

2.0.3 城市下沉隧道 mining-method tunnel

修筑于城区地面以下、洞身低于洞口标高的隧道。

2.0.4 明挖法隧道 cut and cover tunnel

在基坑中修筑隧道结构并回填形成的隧道。

2.0.5 暗挖法隧道 covered-excavation tunnel

在地面下封闭环境内采用爆破或掘进机等简易机械开挖形成的隧道。

2.0.6 锁脚微型桩 feet -lock micropile

隧道采用先拱后墙的方式开挖时，在进行下一步开挖前，采用机械设备在拱架下端按照一定角度植入围岩并与拱架形成一体，防止初期支护整体变形的钢管桩。

2.0.7 中壁台阶法 center diagram bench cut method

将设计开挖断面分成上下两个台阶，每个台阶分左、右两个断面，开挖上台阶先行断面后，施工中壁竖向支撑，开挖后行断面；上台阶开挖完成后，按左右两个断面开挖下台阶，先行断面开挖后拆除中壁支撑，再开挖后行断面的施工方法（图2.0.7）。

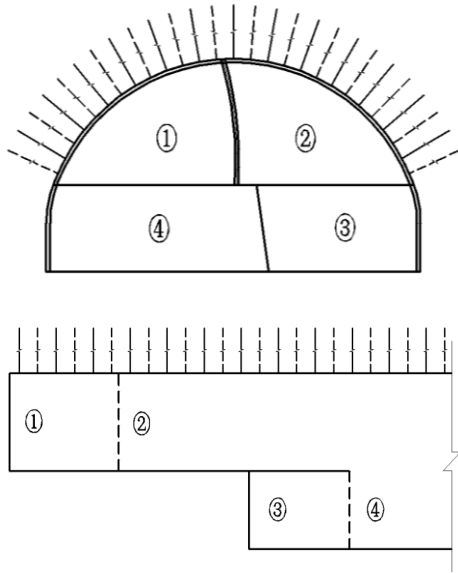


图2.0.7 中壁台阶法示意图

2.0.8 钢架岩墙组合支撑法 steel frame-rock wall combined support method

将设计开挖断面分成上下两个台阶，开挖上台阶先行断面后，施工中壁竖向钢架，开挖后行断面；上台阶开挖完成后，先行开挖下台阶两端围岩，保留中壁竖向钢架下的岩体作为岩墙，初支稳定后拆撑并开挖剩余部分岩体的施工方法（图2.0.8）。

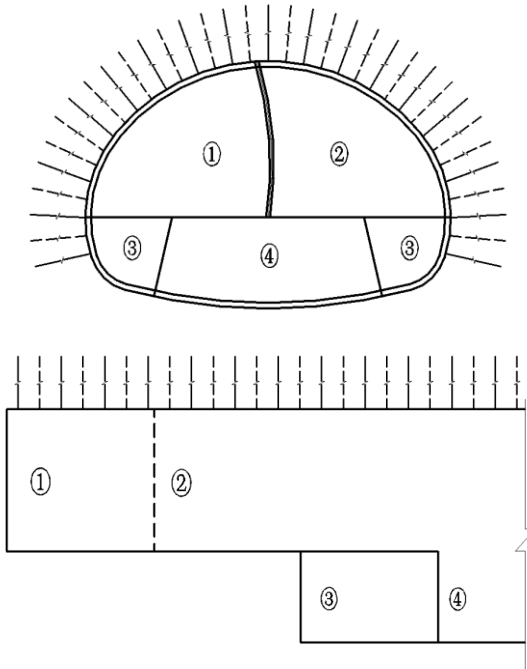


图2.0.8 钢架岩墙组合支撑法示意图

2.0.9 应急照明 emergency lighting

因正常照明的电源失效而启用的照明，供人员疏散、保障安全的照明。

2.0.10 需风量 designed wind speed

按保证隧道安全运营要求的环境指标，根据隧道条件计算确定需要的新鲜空气量。

2.0.11 消防水源 fire water

向水灭火设施、车载或手抬等移动消防水泵、固定消防水泵等提供消防用水的水源，包括市政给水、消防水池、高位消防水池和天然水源等。

2.0.12 常高压消防给水系统 constant high pressure fire protection water

supply system

能始终保持满足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。

2.0.13 稳高压消防给水系统 stable high pressure fireprotection water supply system

消防给水管网中平时由稳压设施保持系统中最不利点的水压以满足灭火时所需的工作压力，但不能满足系统中流量的要求；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。

2.0.14 监控中心 supervisory Center

以单条隧道或一定区域内的多条隧道为管控对象，具备对管控范围内所有设备信息采集、远程监测与控制及在紧急状况下的综合联动等功能；具备对隧道运行基础数据的收集、存储、统计、分析等功能。

2.0.15 区域控制器 local controller

设置在隧道现场或隧道附属建筑内，对一定范围内的外场设备进行集中控制和管理的设备。

3 基本规定

3.0.1 城市道路隧道设计应贯彻生态文明和绿色发展理念,推广先进的勘察设计理念、方法和手段,采用适用、安全、经济、可靠的新技术。

3.0.2 城市道路隧道设计应满足城市道路功能要求,遵循“安全、耐久、经济、节能、环保”的基本原则。

3.0.3 城市道路隧道设计应因地制宜,结合工程所在的地域特点,策划工程项目全生命周期绿色建造。

3.0.4 城市道路隧道土建工程应制定超前地质预报、现场精细化围岩分级和监控量测的总体方案,及时调整支护参数和施工方案。

3.0.5 城市道路隧道按道路主线封闭段长度可按表 3.0.5-1 的要求进行分类,跨度可按表 3.0.5-2 的要求进行分类。

表 3.0.5-1 隧道分类

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

注: L 为主线封闭段长度。

表 3.0.5-2 隧道分类

按跨度分类	开挖宽度 B (m)	备注
小跨度隧道	$B < 9$	平行导洞、服务隧道 车行、人行横洞、风道及施工通道
一般跨度隧道	$9 \leq B < 14$	单洞两车道隧道
中等跨度隧道	$14 \leq B < 18$	单洞三车道隧道 单洞两车道+紧急停车带隧道

大跨度隧道	$B \geq 18$	单洞四车道隧道、单洞三车道+紧急停车带隧道、其他跨度大于或等于18m的隧道
-------	-------------	---------------------------------------

3.0.6 城市道路隧道应根据隧道的交通组成、隧道用途、自然条件和长度等因素，并根据隧道防火分类进行防火设计。

3.0.7 城市道路隧道穿越铁路、城市轨道交通、引蓄水工程、供水工程、重要管线等地下障碍物或者江河湖海时，结构净距应满足相应的安全保护距离和规定。

3.0.8 基坑工程设计应根据地下水保护要求，采用抽水、截水、回灌等地下水控制措施。基坑降水宜按需动态控制，保护地下水资源。

3.0.9 当同孔内需要设置非机动车道或人行道时，应设安全隔离设施。

3.0.10 城市道路隧道工程的通风、照明、供配电、消防、交通监控等附属设施设计应与隧道土建工程设计、所处路段的交通工程及沿线设施设计相协调。

3.0.11 城市道路隧道应进行专项景观设计，隧道洞口、洞内装饰以及风亭（塔）等景观艺术设计应与周围城市环境相协调，宜充分展现城市文化风貌。

3.0.12 明挖法施工的隧道可采用装配式结构。

3.0.13 城市超小净距隧道设计应符合现行山东省工程建设标准《城市超小净距浅埋暗挖隧道施工技术标准》DB37/T 5152 的有关规定。

3.0.14 城市道路隧道设计宜推广 BIM 技术，并符合下列规定：

1 采用 BIM 正向设计时，宜支撑不同专业间以及设计与生产、施工的数据交换和信息共享；

2 宜对 BIM、地理信息系统（GIS）、三维测量等信息技术及模拟分析软件进行集成应用。

4 隧道建设条件调查

4.1 一般规定

4.1.1 工程建设条件调查时应根据隧道不同设计阶段的任务、目的和要求，针对城市道路的等级、隧道特点和规模，确定搜集调查的内容和范围，进行收集、调查、测绘、勘探和试验。调查资料应齐全、准确，满足设计要求。

4.1.2 隧道勘察应按重要性等级一级的要求，依据基本建设程序提出资料完整、评价正确的勘察报告，提供设计与施工所需要的岩土参数及有关结论和建议。

4.1.3 隧道工程附近存在重要结构物或存在对设计和施工方案有重大影响的岩土工程问题时应进行专项勘察。

4.2 资料搜集与地形测绘

4.2.1 工程建设条件调查应搜集隧址区以下资料：

- 1 地形、地貌以及地物的测量资料；
- 2 区域地质资料，沿线的工程地质、水文地质以及不良地质分布等资料；
- 3 区域地震历史、抗震设防烈度、地震动峰值加速度等资料；
- 4 沿线重要构筑物、桥涵、隧道、管廊、地下管线、文物等的分布及其基础形式资料；
- 5 沿线道路规划、交通现状、电力分布以及给排水等条件；
- 6 沿线古城址及地裂缝、河、湖、塘、沟、泉、坑、巷道等的历史

分布及变迁情况；

7 相关邻近的既有或规划隧道、城市轨道交通等地下工程的资料。

4.2.2 区域气象资料搜集应包括隧址区的气温、气压、风速、风向、降雨量、积雪量、湿度、雾日、冻结深度及以上历史气象灾害情况等。其中，气温、风速、降水量、积雪应调查其极端值。

4.2.3 地形测绘应满足下列要求：

1 按设计阶段的要求，搜集或测绘地形图、线路横断面和纵断面图等；

2 按规定设置测绘的平面及高程控制点；

3 地形测绘的范围一般应包括隧道轴线外侧不少于 50m~200m 范围，如设计有特殊要求或环境条件复杂时，可调整测绘范围。根据不同设计阶段的要求宜包含 1:500、1:1000 或 1:2000 比例尺地形图。

4.3 岩土工程勘察与围岩分级

4.3.1 隧道勘察进度应与项目建设阶段相适应，分为初步勘察和详细勘察两个阶段，并宜符合下列规定：

1 当工程难度较大时，可开展可研阶段地质勘察；

2 遇特殊岩土工程问题时宜进行专项勘察；

3 施工过程中遇异常情况时可进行施工勘察。

4.3.2 各勘察阶段的目的是、方法及范围应符合表 4.3.2 的规定。

表 4.3.2 各勘察阶段的目的是、方法及范围

建设阶段	勘察阶段	勘察目的	勘察方法	勘察范围
初步	初步	查明隧址区工程地质和水文地质	收集分析既有资料	拟定路线

设计	勘察	质条件，分析评价隧道建设的适宜性，预测可能出现的岩土工程问题，提供初步设计所需的岩土参数，提出复杂或特殊地段岩土治理的初步建议。	料，配合必要的地调、物探、钻探等工作，对影响方案比选的重点单项可开展专门的岩土工程论证工作	线及比选方案范围
施工图设计	详细勘察	查明隧址区的工程地质和水文地质条件，分析评价地基、围岩及边坡稳定性，预测可能出现的岩土工程问题，提出地基基础、围岩加固与支护、边坡治理、地下水控制、周边环境保护方案建议，提供设计、施工所需的岩土参数。	充分利用沿线已有资料，综合地调、钻探、物探以及原位测试等勘测手段；对重点单项宜开展专门的岩土工程研究	隧道路线两侧及周边施工影响范围内

4.3.3 城市道路隧道各阶段勘察内容及要求应符合国家现行标准《岩土工程勘察规范》GB 50021、《市政工程勘察规范》CJJ 56、《公路工程地质勘察规范》JTG C20 的有关规定。

4.3.4 隧道围岩分级应采用定性和定量相结合的方法判定，定量指标应按现行行业标准《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》JTG 3370.1 的规定，依据岩体修正质量指标[BQ]确定。

4.3.5 隧道开挖过程中，应根据超前地质预报、掌子面的围岩特征、监控量测数据对围岩级别进行动态调整。

4.4 工程环境调查

4.4.1 工程建设环境调查应包括下列内容：

1 场区及邻近地区的土地使用现状和规划、建筑物、各类市政、公用设施、文物遗迹和地下、地表水分布等；

2 场区周边的供电、生产生活用水、道路类别和交通状况；

3 现场施工条件。

4.4.2 根据建设环境现状，对施工、运营期间可能产生的环境影响进行必要的评估；对需要保护的重要地物应评估隧道建设可能造成的影响并提出保护措施。

5 总体设计

5.1 一般规定

5.1.1 城市道路隧道设计应符合城市总体规划、综合交通规划和地下空间规划的规定，并与城市历史风貌、城市空间环境、市政管线、轨道交通、综合管廊及其他地下基础设施相协调，集约化利用地下空间。

5.1.2 城市道路隧道的道路等级、设计速度应与所属道路一致。

5.1.3 隧道线位确定时，应根据规划线路走向，在工程条件、社会人文和环保条件调查的基础上，综合比选隧道轴线位置、平纵线形、洞口位置、进出口端路网连接、交通集散条件、交通功能发挥等综合因素，提出推荐方案。

5.1.4 当隧道建设对相邻建（构）筑物有影响时，应在设计与施工中采取必要的环境保护与风险控制措施。

5.1.5 隧道主体结构设计应满足使用年限 100 年的要求。建筑抗震设防类别可按照现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223 执行。抗震设防烈度不应低于 7 度，设防措施可按照国家现行标准《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002、《公路隧道抗震设计规范》JTG 2232 执行。

5.1.6 城市道路隧道出入口和通风口的设施设计应满足国家相关的环保要求，并应与周边环境景观相协调，且不应影响行车安全。

5.1.7 城市道路隧道应根据隧道防火分类配置相应的工程安全和运营管理设施。

5.2 平面线形设计

5.2.1 城市道路隧道平面线形布置应根据城市总体规划及路网规划要求，综合两端衔接的地面道路、地形地物、地质条件、隧道通风、管网等设施布置、障碍物特点及施工方法等确定。

5.2.2 城市道路隧道应充分考虑隧道进出口的线形条件要求，除应符合洞口内外 3s 设计速度行程长度范围内线形一致的要求外，还宜考虑隧道扩能提速的可实施性，同时洞口位置线形一致段可考虑遮光棚增设和防洞口边坡坍塌影响，预留加长明洞的可实施性。

5.2.3 城市道路隧道的直线、平曲线、缓和曲线、超高、加宽等平面设计应符合现行行业标准《城市道路路线设计规范》CJJ 193 的规定。

5.2.4 城市道路隧道内圆曲线半径小于或等于 250m 时，应在圆曲线内侧加宽，并应设置加宽缓和段。

5.2.5 城市道路隧道停车视距不应小于表 5.2.5 的规定。

表 5.2.5 城市道路隧道停车视距

设计速度 (km/h)	100	80	60	50	40	30	20
停车视距 (m)	160	110	70 (75)	60	40	30	20

注：括号内的数字适用于城市快速路隧道。

5.2.6 城市道路隧道出入口的位置、间距及形式等，应符合现行行业标准《城市地下道路工程设计规范》CJJ 221 的规定。

5.2.7 隧道两端不宜设置平面交叉口，确需设置时，隧道出口或地下道路出口接地点处与下游地面道路平面交叉口的距离，应符合现行行业标准《城市地下道路工程设计规范》CJJ 221 的规定。

5.2.8 隧道段不应进入城市地面道路交叉口渠化展宽范围。

5.3 纵断面设计

5.3.1 城市道路隧道纵断面线形布置应根据路网规划控制高程、道路净高、地形地物、地质条件、管网等设施布置、道路排水、覆土厚度等要求，综合交通安全、施工工艺、建设期间工程费用与运营期间的经济效益以及节能环保等因素合理确定。

5.3.2 城市道路隧道纵坡应设置平缓坡，但最小纵坡不应小于 0.3%，最大纵坡应符合表 5.3.2 的规定。

表 5.3.2 城市道路隧道机动车道最大纵坡

设计速度 (km/h)	80	60	50	40	30	20
一般值 (%)	3	4	4.5	5	7	8
最大值 (%)	5		6		8	

注：1 当条件受限，纵坡小于0.3%时，应采取排水措施；

2 除快速路等级外，受地形条件或其他特殊情况限制，经技术经济论证后，最大纵坡最大值可增加1%；

3 特长、长隧道，最大纵坡宜在上表基础上分别减小1%、0.5%。

5.3.3 城市快速路隧道最小纵坡不应小于 0.5%，困难地段不应小于 0.3%；最大纵坡应小于或等于表 5.3.3 的规定。

表 5.3.3 城市快速路隧道机动车道最大纵坡

设计速度 (km/h)	100	80	60
最大纵坡度 (推荐值) (%)	3	4	5
极限最大纵坡度 (限制值) (%)	4	5	6

注：1 积雪和冰冻地区洞口敞开段最大纵坡不应大于3.5%；

2 当快速路隧道长度需要采取机械通风时，纵坡度不应大于3%，短于500m的隧道纵坡可采用4%。

5.3.4 长度小于 100m 的城市道路隧道纵坡可与洞外道路设计相同。

5.3.5 城市道路隧道内竖曲线最小半径和最小长度、最大纵坡坡长应满足现行行业标准《城市道路路线设计规范》CJJ 193 和《城市快速路设计规程》CJJ 129 的规定。

5.3.6 城市道路隧道内设置非机动车道的，非机动车道的坡度和坡长应满足现行行业标准《城市道路路线设计规范》CJJ 193 的相关规定。

5.3.7 隧道出洞口段位于凸形竖曲线顶部时，应避免在洞口设置小半径平曲线出洞。

5.3.8 城市道路隧道洞口外宜设置反坡形成驼峰，驼峰高度应根据排水设计具体确定；当设置驼峰困难时，应采取截水沟等有效排水措施。

5.4 横断面设计

5.4.1 城市道路隧道建筑横断面设计应在满足建筑限界的前提下，为机电、交通及防灾设施提供安装空间和检修空间，并应预留结构变形、施工误差、后期加固维修等余量。

5.4.2 城市道路隧道横断面宽度宜与相连地面道路宽度一致，当条件受限无法一致时，应设置距洞口不小于 3s 设计速度的行程长度，且不应小于 50m 的过渡段。

5.4.3 城市道路隧道按道路用地和交通运行特征可选用单层式横断面或双层式横断面。

5.4.4 城市道路隧道不宜在同一通行孔布置双向交通。

5.4.5 城市道路隧道建筑限界应满足现行行业标准《城市地下道路工程

设计规范》CJJ 221 的规定。

5.4.6 城市快速路隧道内严禁同孔设置慢行系统,当其他等级道路同孔设置非机动车道或人行道时,应在机动车道外侧设置隔离护栏。

5.4.7 城市道路隧道内慢行系统或检修车道路缘石高度宜为 250mm~400mm,并满足各种管线、检修设备等布置空间。

5.4.8 城市道路隧道宜设置双侧检修道,当条件受限不设检修道时,应对逃生、救援等做专项论证。

5.4.9 城市道路隧道连续式紧急停车带的设置应符合下列规定:

1 单向单车道隧道应设置连续式紧急停车带;

2 长或特长单向 2 车道城市道路隧道宜在行车方向的右侧设置连续式紧急停车带;

3 单向 2 车道的城市快速路隧道应在行车方向的右侧设置连续式紧急停车带;

4 连续式紧急停车带宽度:大型车或混行车道不宜小于 3m,最小值不应小于 2m;小型车专用车道不宜小于 2.5m,最小值不应小于 1.5m。

5.4.10 当设置连续式紧急停车带困难时,应设置停车港湾,并符合现行行业标准《城市地下道路工程设计规范》CJJ 221 的规定。

5.5 横通道及附属工程设计

5.5.1 长度大于 500m 的单孔隧道宜设置直通室外的人员疏散出口或独立避难所,设置间距不宜大于 300m。

5.5.2 双孔隧道应设置人行横通道或人行疏散通道,并符合下列规定:

1 人行横通道的间隔和隧道通向人行疏散通道入口的间隔宜为 250m~300m;

2 人行横通道应沿垂直双孔隧道长度方向布置, 并应通向相邻隧道; 人行疏散通道应沿隧道长度方向布置在双孔中间, 并应直通隧道外;

3 人行横通道利用车行横通道时, 应设置单独的防火门;

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

5 隧道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, 门应采用乙级防火门。

5.5.3 双孔隧道车行横通道或车行疏散通道应符合下列规定:

1 城市道路隧道应设置车行横通道或车行疏散通道; 车行横通道的间隔和隧道通向车行疏散通道入口的间隔不宜大于 750m, 当受施工工艺及环境条件限制设置困难时, 经技术经济论证后可适当加大;

2 车行横通道应沿垂直隧道长度方向布置, 并应通向相邻隧道; 车行疏散通道应沿隧道长度方向布置在双孔中间, 并应直通隧道外;

3 车行横通道和车行疏散通道的净宽度不应小于 4.0m, 净高度不应小于 4.5m;

4 隧道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。

5.5.4 在隧道洞口的外侧宜根据洞口环境的亮度条件、景观要求, 结合照明、景观设计等合理设置遮光棚。

5.5.5 通风机房应根据通风工艺的要求布置, 宜临近主体隧道。

5.5.6 地面风亭应根据通风工艺及城市景观的要求合理设置, 风亭高度应满足环境保护要求。

5.5.7 变配电所应根据工艺要求选址, 变电所建筑设计应满足国家现行有关标准的规定。

5.5.8 消防泵房、雨水泵房、废水泵房应根据工艺要求选址，建筑设计应满足国家现行有关标准的规定。

5.5.9 隧道监控中心应符合日常维护管理及应急处置的要求，建筑设计应满足国家现行有关标准的规定。

6 结构计算

6.1 一般规定

6.1.1 城市道路隧道衬砌结构设计时，应进行强度、变形、抗裂、稳定性等验算。

6.1.2 城市道路隧道衬砌结构设计计算方法的选择应符合下列规定：

1 根据施工方法、结构或构件类型、地质条件、周边建筑物等因素选择合适的计算方法；

2 采用暗挖法施工的城市道路隧道整体式衬砌、复合式衬砌的二次衬砌、明洞衬砌应按照破损阶段法进行设计计算；

3 采用明挖法施工的衬砌结构应按照概率极限状态法进行设计计算。

6.1.3 城市道路隧道结构计算应符合下列规定：

1 对施工或使用期间永久荷载、可变荷载和偶然荷载，应按满足承载能力和正常使用的要求分别进行组合，并按最不利荷载进行选取；

2 隧道结构和构件按承载能力要求设计时，应进行承载能力计算和整体稳定性（倾覆、滑移、漂浮）计算；

3 隧道结构和构件按正常使用要求设计，应进行变形和裂缝宽度计算。

6.2 荷载分类和效应组合

6.2.1 隧道结构荷载分类应符合表 6.2.1 的规定。

表 6.2.1 荷载分类

编号	荷载分类		荷载名称
1	永久荷载		围岩压力
2			土压力
3			结构自重
4			结构附加恒载
5			混凝土收缩和徐变的影响力
6			水压力
7	可变荷载	基本可变荷载	地面车辆荷载，人群荷载
8			地面车辆荷载及其所产生的冲击力、土压力
9			隧道内部车辆荷载
10			水压力变化
11		其他可变荷载	温度变化的影响力
12			施工荷载
13			水流力
14			冻胀力
15	偶然荷载		人防荷载
16			地震荷载
17			落石冲击力
18			火灾影响力

6.2.2 荷载应根据隧道所处的地形、地质条件、埋置深度、支护条件、施工方法、相邻隧道间距等因素，按有关公式或按工程类比确定。围岩压力可按释放荷载或松散荷载计算。在施工和实地量测中发现其与实际不符时，应及时修正。

6.2.3 永久荷载标准值计算应符合下列规定：

1 隧道结构自重可按照结构设计尺寸及材料的标准重度计算，结构附加恒载可根据实际情况计算；

2 隧道预埋件的附加荷载应根据预埋件自重及作用于预埋件的荷载确定；

3 隧道竖向地层压力应按计算截面全部上覆土压力考虑，深埋隧道竖向压力可根据地质条件、隧道跨度按卸载拱理论计算。

6.2.4 可变荷载标准值计算应符合下列规定：

1 根据下穿道路等级，汽车荷载及其动力作用应按照现行行业标准《城市桥梁设计规范》CJJ 11、《公路桥涵设计通用规范》JTG D60 相关规定计算；

2 地面超载一般可按 20kPa 考虑，对于大型施工机械作业区、施工堆载或其他特定情况，应根据实际情况计算后选取；

3 隧道冻胀力可根据隧址区自然条件、围岩冬季含水率、冻结深度及排水条件等确定。

6.2.5 受温度影响显著或截面厚度大的超静定结构应考虑温度变化和混凝土收缩的影响。隧道各部构件受温度变化影响产生的变形值，应根据当地气温情况与施工条件所确定的温度变化值等按下式计算：

$$\Delta l = l \Delta t \alpha \quad (6.2.5)$$

式中：

Δl ——温度变化引起的变形值（m）；

l ——构件的计算长度（m）；

Δt ——温度变化值（℃）；

α ——材料的线膨胀系数，钢筋混凝土和混凝土的线膨胀系数采用 1.0×10^{-5} 。

6.2.6 偶然荷载标准值计算应符合下列规定：

1 地震荷载计算应符合国家现行标准《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002、《地下结构抗震设计标准》GB/T 51336、《公路隧道抗震设计规范》JTG 2232 的相关规定；

2 人防荷载计算应符合现行国家标准《人民防空工程设计规范》GB 50225 相关规定。

6.2.7 对结构上可能同时出现的荷载，应进行荷载组合，按最不利荷载进行结构计算与结构设计。

6.2.8 对于采用破损阶段法设计计算的结构与构件，应按照现行行业标准《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》JTG 3370.1 的规定，采用荷载标准值进行组合；对于采用概率极限状态设计计算的结构与构件，应按照现行国家标准《工程结构通用规范》GB 55001、《钢结构通用规范》GB 55006、《混凝土结构通用规范》GB 55008、《混凝土结构设计规范》GB 50010、《钢结构设计标准》GB 50017、《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068 的规定，采用荷载效应值进行组合。

6.3 暗挖隧道结构

6.3.1 暗挖隧道结构计算方法主要分为荷载-结构法与地层-结构法，计算时应根据结构受力特点、围岩条件、回填情况等综合选取。

6.3.2 浅埋隧道中的整体式或复合式衬砌的二次衬砌及明洞衬砌等应采用荷载-结构法计算。深埋隧道中复合式衬砌的二次衬砌也可采用荷载-结构法计算。

6.3.3 采用荷载-结构法计算时，应考虑围岩对隧道衬砌的约束作用，此作用可视为围岩对衬砌的弹性抗力，弹性抗力的分布与大小，可根据

衬砌结构形式、回填情况和围岩的变形性质采用局部变形理论确定。

6.3.4 隧道复合式衬砌的初期支护宜结合工程类比和结构计算综合确定，其中IV级围岩较差、V级围岩段初期支护参数宜通过地层-结构法进行计算验证。

6.3.5 采用地层-结构法计算时，应选用与围岩地层及支护结构材料的受力变形特征相适应的本构模型。

6.3.6 采用地层-结构法计算隧道初期支护时，应考虑施工工法影响，通过分析完整施工过程中永久支护和临时支护结构的内力、变形与围岩塑性区分布等对支护参数进行验证。

6.3.7 验算复合式衬砌初期支护的承载能力时，其允许洞周水平相对收敛值应根据围岩地质条件分析确定，资料缺乏时可按表 6.3.7 选用。

表 6.3.7 允许洞周水平相对收敛值

围岩级别	埋深/m		
	<50	50~300	>300
III	0.15%~0.4%	0.2%~0.5%	0.4%~0.6%
IV	0.2%~0.6%	0.5%~1%	0.8%~1%
V	0.25%~0.9%	0.7%~1.2%	1.2%~1.6%

注：1 水平相对收敛值系指收敛位移计算值与两测点间距离之比；

2 硬质围岩隧道取表中较小值，软质围岩隧道取表中较大值；

3 拱顶下沉允许值一般可按本表数值的0.5倍~1.0倍采用。

6.3.8 衬砌结构计算，应确保结构变形后仍能满足隧道净空要求。

6.3.9 暗挖隧道围岩稳定性可采用极限分析法验算，初期支护后安全系数不宜小于 1.20，二次衬砌后安全系数不宜小于 1.35。

6.3.10 暗挖隧道衬砌结构应按破损阶段法进行设计，安全系数取值应符合现行行业标准《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》JTG 3370.1

中的相关规定。

6.3.11 钢筋混凝土衬砌结构，考虑长期荷载作用的影响进行计算时，最大计算表面裂缝宽度不应大于 0.2mm，特殊环境条件下应符合现行行业标准《公路工程混凝土结构耐久性设计规范》JTG/T 3310 的有关规定。

6.3.12 计算明洞顶回填土压力，有落石危害需要验算冲击力时，可只计洞顶实际填土重力和落石冲击力的影响，不计塌方堆积土石重力。

6.3.13 明洞或浅埋段上方与公路、城市道路或铁路立交时，应考虑车辆荷载。车辆荷载计算应符合现行行业标准《公路工程技术标准》JTG B01、《公路桥涵设计通用规范》JTG D60、《城市桥梁设计规范》CJJ 11 和《铁路桥涵设计规范》TB 10002 的有关规定。

6.3.14 暗挖隧道衬砌上的外水压力可按照下列规定计算：

- 1 隧址区有条件排水，设计为排水型隧道，衬砌可不考虑外水压力；
- 2 隧址区有水环境保护要求，设计为防水型隧道，当初始水压力小于 0.5MPa 时，衬砌外水压力可按全水头计算；当初始水压力大于等于 0.5MPa 时，应考虑注浆堵水措施和相应的压力折减。

6.3.15 作用在隧道结构上的水压力可按照下列规定计算：

- 1 水压力应根据围岩的渗透性确定；黏性土地层施工阶段可按水土合算，使用阶段应采用水土分算的方法确定；砂性土地层可按水土分算的方法确定；岩石地层可按水土分算、水土合算的不利情况确定。

- 2 水压力应根据设防水位、施工和使用阶段可能发生的地下水位最不利情况，按静水压力计算。

6.3.16 隧道结构应分别验算隧道施工阶段和使用阶段引起的周边环境变形量，其变形量不应超过周边环境建（构）筑物的最大允许值。

6.3.17 隧道结构除进行横断面方向的受力计算外，当遇下列情况时，尚应进行纵向强度和变形计算：

- 1 覆土、荷载、结构刚度沿其纵向有较大变化时；
- 2 结构直接承受建（构）筑物等较大局部荷载时；
- 3 地基或基础有显著差异，沿纵向产生不均匀沉降时；
- 4 地震作用下的小曲线半径隧道、刚度突变的隧道及液化对稳定有影响的隧道。

6.4 明挖隧道结构

6.4.1 明挖隧道结构设计应按现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153 的规定计算。结构应采用以概率理论为基础的极限状态设计方法，以可靠指标度量结构构件的可靠度，采用分项系数的设计表达式进行设计。主体结构安全等级为一级、设计工作年限为 100 年。明挖结构计算、验算应符合下列规定：

- 1 按承载能力极限状态应进行结构构件的承载力计算和整体稳定性（倾覆、滑移、抗浮）等验算，并应进行结构构件抗震承载力验算；
- 2 按正常使用极限状态应进行结构构件的变形、裂缝宽度等验算；
- 3 明挖法隧道结构应按概率极限状态法设计，当进行稳定性验算时，应采用综合安全系数法。

6.4.2 明挖隧道结构构件的截面承载力应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《钢结构设计标准》GB 50017 的规定计算。

6.4.3 钢筋混凝土结构构件的最大裂缝宽度限值应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476 的规定以及本标准耐久性的要求。

6.4.4 明挖隧道结构应分别验算隧道施工阶段和使用阶段引起的周边环境变形量，其变形量不应超过周边环境建（构）筑物的最大允许值。

6.4.5 明挖隧道结构应进行横断面方向的受力计算，当遇下列情况时，尚应进行纵向强度和变形计算：

- 1 覆土、荷载、结构刚度沿其纵向有较大变化时；
- 2 结构直接承受建（构）筑物等较大局部荷载时；
- 3 地基或基础有显著差异，沿纵向产生不均匀沉降时；
- 4 地震作用下的小曲线半径隧道、刚度突变的隧道及液化对稳定有影响的隧道。

6.4.6 明挖隧道结构的计算模型应根据地层特性、施工阶段、结构构造特点及施工工艺等确定，宜反映实际工作条件以及土体与结构的相互作用。当结构建造及运营过程中受力体系和荷载形式等有较大变化时，应根据构件的施做顺序及受力条件，按结构的受力过程及结构体系变形的连续性进行结构分析。

6.4.7 明挖隧道结构设计应按施工和使用阶段分别进行最不利情况下的抗浮稳定性验算。运营阶段抗浮验算应考虑地下水位变化及地震液化对结构抗浮的影响。需采取抗浮措施时，应符合现行行业标准《建筑工程抗浮技术标准》JGJ 476 的相关规定。

6.5 基坑围护结构

6.5.1 基坑支护结构设计应根据表 6.5.1 选用相应的侧壁安全等级及重要性系数：

表 6.5.1 基坑侧壁安全等级及重要性系数

安全等级	破坏后果	重要性系数 γ
------	------	----------------

一级	支护结构破坏或土体失稳或过大变形对基坑周边环境 and 工程施工影响很严重	1.1
二级	支护结构破坏或土体失稳或过大变形对基坑周边环境影响一般，但对地下结构施工影响严重	1.0
三级	支护结构破坏或土体失稳或过大变形对基坑周边环境及地下结构施工影响不严重	0.9

6.5.2 基坑支护结构应采用以分项系数表示的极限状态设计表达式进行设计。基坑支护结构极限状态可分为下列两类：

1 承载能力极限状态：对应于支护结构达到最大承载能力或土体失稳、管涌导致支护结构和周边环境破坏；

2 正常使用极限状态：对应于支护结构的变形已妨碍地下结构施工或影响周边环境的正常使用。

6.5.3 基坑工程在开挖深、面积大、环境保护要求高或工程有特殊的工期要求等情况下可采用支护结构与主体结构相结合的方案。方案确定前宜进行充分的技术经济分析。采用支护结构与主体结构相结合的基坑工程设计时应符合下列规定：

1 支护结构在基坑开挖阶段应根据有关规定进行设计计算和验算，在永久使用阶段应根据相关标准满足主体结构的设计计算要求；

2 基坑开挖阶段坑外土压力应采用主动土压力，永久使用阶段坑外土压力应采用静止土压力；

3 支护结构相关构件的节点连接、变形协调与防水构造尚应满足主体工程的设计要求。

6.5.4 根据承载能力极限状态和正常使用极限状态的设计要求，基坑支护应按下列规定进行计算和验算：

1 基坑支护结构均应进行承载能力极限状态的计算，计算应包括下列内容：

- 1) 根据基坑支护形式及其受力特点进行土体稳定性计算；
- 2) 基坑支护结构的受压、受弯、受剪承载力计算；
- 3) 当有锚杆或支撑时，应对其进行承载力计算和稳定性验算。

2 对于安全等级为一级及对支护结构变形有限定的二级建筑基坑侧壁，尚应对基坑周边环境及支护结构变形进行验算；

3 地下水控制计算和验算应包括下列内容：

- 1) 抗渗透稳定性验算；
- 2) 基坑底突涌稳定性验算；
- 3) 根据支护结构设计要求进行地下水位控制计算。

6.5.5 基坑支护结构应进行抗滑移和倾覆的整体稳定性、基坑底部土体抗隆起和抗渗流稳定性及抗坑底以下承压水稳定性验算。基坑的稳定性应采用最危险圆弧滑动面验算，其危险滑弧应满足下式要求：

$$\gamma_0 M_S \leq \frac{M_R}{\gamma_R} \quad (6.5.5)$$

式中：

M_S ， M_R ——作用于危险滑弧面上的总滑动力矩设计值（ $\text{kN} \cdot \text{m}$ ）和抗滑力矩标准值（ $\text{kN} \cdot \text{m}$ ）。

6.5.6 当基坑支护结构按临时构件进行设计时，可仅按荷载效应的基本组合进行承载能力计算，结构构件的重要性系数根据结构安全等级确定，并可考虑耐久性设计要求。当基坑支护结构作为永久构件时，应符合相关设计要求。

6.5.7 板式支护结构的设计计算应根据设定的开挖工况和施工顺序按

竖向弹性地基梁模型分阶段计算其内力及变形。当计入支撑作用时，应考虑每层支撑设置时墙体已有的位移和支撑的弹性变形。

6.5.8 应结合围护墙的平面形状、支撑方式、受力条件及基坑变形控制要求等因素确定计算土压力。

6.5.9 在软土地层中，水平基床系数的取值宜考虑挖土方式、时限、支撑架设顺序及时间的影响。

7 结构设计

7.1 一般规定

7.1.1 采用钻爆法施工的城市道路隧道结构应采用复合式衬砌。复合式衬砌设计应综合考虑围岩地质条件、断面形状、施工条件等，充分利用围岩的自承能力。

7.1.2 复合式衬砌支护参数应根据使用要求、工程地质和水文地质条件、隧道埋置深度、结构受力特点，并结合周边工程环境、支护手段、施工方法等，通过工程类比和结构计算综合分析确定。在施工阶段，尚应根据现场监控量测结果调整支护参数，进行动态设计，必要时可通过试验分析确定。

7.1.3 明挖法施工的隧道结构，应根据使用要求、工程地质和水文地质条件、隧道埋置深度、结构受力特点等，通过结构计算分析确定。

7.1.4 城市道路隧道结构材料、构造等均应根据使用环境类别，按设计工作年限为 100 年的要求进行耐久性设计。

7.2 复合式衬砌

7.2.1 城市山岭隧道复合式衬砌设计应符合下列规定：

- 1** 衬砌断面宜采用曲边墙拱形断面。
- 2** 复合式衬砌结构由初期支护、二次衬砌及中间夹防水层组成。
- 3** 初期支护应按永久支护结构设计，宜采用喷射混凝土、锚杆、钢筋网和钢架等支护单独或组合使用，并应符合现行行业标准的相关规定。
- 4** 二次衬砌应采用模筑混凝土或模筑钢筋混凝土结构，并应符合现

行行业标准的相关规定。

5 确定开挖断面时，除应满足隧道净空和结构尺寸外，尚应考虑围岩及初期支护的变形，预留适当的变形量。预留变形量大小应根据围岩级别、断面大小、埋置深度、施工方法和支护情况等，通过计算分析或工程类比预测，预测值可按照现行行业标准选用。施工过程中，预留变形量可根据现场监控量测结果进行调整。

6 围岩较差、侧压力较大、地下水丰富的地段可设仰拱，仰拱曲率半径应根据地质条件、地下水、隧道断面形状、隧道宽度等条件确定。路面与仰拱之间可采用混凝土或片石混凝土填充。隧底围岩较好、边墙基底承载力和稳定性满足要求时，可不设仰拱。

7 洞口段应设加强衬砌，加强衬砌段长度应根据地形、地质和环境条件确定，两车道隧道不应小于 10m，三车道隧道不应小于 15m，四车道不应小于 20m。

8 围岩较差地段衬砌应向围岩较好地段延伸 5m~10m。隧道抗震设防范围延伸段长度尚应满足现行行业标准《公路隧道抗震设计规范》JTG 2232 的相关规定。

9 偏压衬砌段应向一般衬砌段延伸，延伸长度应根据偏压情况确定，不宜小于 10m。

10 净宽大于 3.0m 的横通道与主洞的交叉段，主洞与横通道衬砌均应加强，加强段衬砌应向各交叉洞延伸，主洞延伸长度不应小于 5.0m，横通道延伸长度不应小于 3.0m，延伸长度范围内不宜设变形缝。

11 两车道、三车道隧道复合式衬砌支护参数可按现行行业标准选用，四车道隧道支护参数可按照山东省地方标准《公路双向八车道大跨度隧道技术规范》DB37/T 4507 选取；施工过程中应根据超前地质预报

及现场围岩监控量测结果对设计支护参数进行必要的调整。

12 隧道拱顶应进行充填注浆以保证初期支护和二衬密贴。

13 围岩较差或隧道跨度较大、需采用分部开挖施工时，应明确各部开挖顺序和临时支护措施。

14 对于软弱流变围岩、膨胀性围岩，高地应力条件下的特殊围岩，隧道支护参数应通过现场试验确定，并考虑围岩形变压力继续增长的作用。

15 作为永久建筑物设计的运营辅助通道，宜采用复合式衬砌，并应满足施工、运营期间的围岩稳定和衬砌结构安全的要求，支护参数可根据工程类比法或按照现行行业标准选用。

7.2.2 城市下沉式隧道结构设计除满足山岭隧道的相关规定外，尚应符合下列规定：

1 下沉式隧道衬砌结构设计应对隧道开挖过程中可能引起的周围建（构）筑物和地下管线产生的变形、沉降等危害进行计算评估，并依据不同建（构）筑物的变形、沉降允许值提出具体工程措施；

2 下沉式隧道衬砌结构设计应充分考虑地面动载、临近建构筑物荷载、地下管道渗漏水等的影响；

3 下沉式隧道衬砌结构设计应加强超前支护和超前预加固设计；

4 下沉式隧道工法设计应充分考虑对周边环境的影响，控制指标可按照现行国家标准《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497 的相关规定执行；

5 下沉式隧道采用爆破开挖时，应严格控制爆破振动对周边环境的影响，对于临近城市轨道交通结构、房屋建筑等敏感建（构）筑物的隧道，应明确爆破振速控制标准，并满足现行国家标准《爆破安全规程》

GB 6722 的相关规定；

6 下沉式隧道系统锚杆的长度和打设角度设计，应充分考虑隧道周边建（构）筑物及管线的影响；

7 下沉式隧道二次衬砌应根据工程地质和水文地质条件、埋深和耐久性要求，考虑施工过程、施工后荷载的变化情况等因素进行设计，并符合下列规定：

1) 土质地层等软弱围岩中的浅埋隧道结构，初期支护应具有较大的刚度和强度，宜尽早封闭初期支护、施作二次衬砌，由初期支护和二次衬砌共同承受外部荷载；

2) 二次衬砌宜按承担全部荷载设计。

7.3 明挖结构

7.3.1 隧道明洞及明挖段结构断面形状，应根据地形、地质、埋深、施工工法，并考虑结构安全、经济实用、美观等因素综合确定，并应符合下列规定：

1 城市山岭隧道明挖段及下沉式隧道明洞洞顶回填层较厚、运营期存在荷载大幅增加风险或需要克服来自仰坡方向滑坡推力时，宜采用拱形明洞；高度受限地段，可采用矩形框架结构。

2 采用明挖法施工的下沉式隧道，敞口段宜采用整体式 U 型槽钢钢筋混凝土结构，明挖暗埋段宜采用整体式矩形钢筋混凝土框架结构。

3 采用地下连续墙作围护结构时，地下连续墙可与内衬墙组成叠合墙或复合墙结构，成为永久结构的一部分。

4 明洞及明挖段衬砌均应采用钢筋混凝土结构。

7.3.2 明洞及明挖段衬砌结构构造应符合下列规定：

1 衬砌结构中，混凝土最低强度等级、钢筋的混凝土保护层最小厚度应根据结构类型、环境类别、设计使用年限等确定，且应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 及《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476 的相关要求；

2 衬砌结构受力钢筋应根据计算配置，直径不应小于 16mm，钢筋间距不宜大于 250mm；衬砌结构分布钢筋配筋率宜大于 0.2%，直径不宜小于 6mm，间距不宜大于 250mm；

3 变形缝的间距可根据地质条件、所处环境，按工程类比法确定；

4 暗埋段与敞口段的接口处应设置变形缝；

5 变形缝两边的结构应采取可靠措施，避免产生影响行车安全和正常使用的差异沉降；

6 施工缝位置及间距应根据结构形式、受力要求、施工方法、气象条件及变形缝的间距等因素，按类似工程的经验确定；

7 明洞及明挖段衬砌的抗震构造措施应满足国家现行标准《地下结构抗震设计标准》GB/T 51336、《公路隧道抗震设计规范》JTG 2232 的相关规定。

7.3.3 明洞及明挖段结构应按施工和使用阶段分别按最不利工况进行抗浮稳定性验算，抗浮稳定安全系数应符合现行行业标准《建筑工程抗浮技术标准》JGJ 476 的相关规定，当结构自身不能满足抗浮要求时，应采取抗浮墙趾、抗拔桩、压顶梁等措施。

7.3.4 明挖衬砌结构上方回填后，应根据后期运营功能及周边环境等因素，制定明洞衬砌结构保护措施。

7.4 基坑围护结构

7.4.1 基坑支护应综合工程地质与水文地质条件、基坑开挖深度、降排水条件、周边环境对基坑侧壁位移的要求、基坑周边荷载、施工季节、支护结构使用期限等因素设计。

7.4.2 基坑支护设计应根据场地地质条件和临近环境条件,按施工过程的实际工况进行,并应包括下列内容:

- 1 基坑支护形式的选择;
- 2 基坑内外土体的稳定性验算;
- 3 支护结构的强度和变形计算;
- 4 地下水控制及防渗设计;
- 5 环境影响分析与保护技术要求;
- 6 施工开挖工序技术要求;
- 7 施工过程中的监测项目及要求。

7.4.3 应结合地质条件、周边环境、结构形式及基坑规模,合理选择基坑支护形式。

7.4.4 基坑的安全等级、地面允许最大沉降量、围护墙的水平位移等控制要求,应根据工程特点和工程环境保护要求等确定。

7.4.5 应根据地质及水文地质条件、基坑深度、沉降和变形控制要求通过技术经济比较选择地下水处理方法和基坑保护措施等。

7.4.6 桩墙式支护结构的设计应符合下列规定:

- 1 桩墙式支护结构的顶部应设置圈梁,其宽度不应小于桩、墙的厚度,高度不应小于 500mm。桩、墙顶嵌入圈梁的深度不应小于 50mm;墙内向钢筋锚入圈梁内的长度应按受拉锚固要求确定。

2 内支撑可选择钢支撑、混凝土支撑或预应力锚杆（索），支撑系统应采用稳定的结构体系和连接构造，其刚度应满足变形和稳定性要求。支撑选择应进行技术、经济方案论证。

3 当支撑系统采用锚杆（索）时，应考虑隧道主体结构与附属结构的相互影响，当进入建设用地或邻近管线时，还应考虑与外部设施的影响。

4 支撑或锚杆（索）对桩墙施加的预应力值宜根据支撑类型及所在部位、温度变化对支撑的影响程度等因素确定。

5 钢筋混凝土支撑和腰梁的纵向钢筋直径不宜小于 16mm；箍筋直径不应小于 10mm。

7.4.7 当采用地下连续墙作围护结构时，地下连续墙可与内衬墙组成叠合墙或复合墙结构，成为永久结构的一部分。

7.4.8 基坑开挖深度范围内存在饱和软土、含水层及坑底以下存在承压含水层时，可采用集水明排、基坑降水、隔水以及地下水回灌等形式单独或组合使用控制地下水，并应符合下列规定：

1 基坑开挖及隧道结构施工期间，应进行地下水位控制计算，设计降水深度不宜小于基坑底面以下 0.5m；

2 应保证降水期间周边建筑物的安全。

7.4.9 基坑开挖受地下水影响时应进行专项降水设计，并应符合下列规定：

1 应根据基坑支护形式、地质特点、周边环境合理确定降水井类型；

2 降水系统设计应包括：降水井数、井深、井距、井径、过滤管、人工滤层、单井出水量、水位与地面沉降的监测、回灌系统等；

3 降水效果预测应包括：基坑内、外典型部位的最终稳定水位及水

位降深随时间的变化、降水引起的沉降及对周边环境的影响；

4 因降水而危及基坑及周边环境安全时，宜采用隔水或地下水回灌的方法。隔水后基坑中的水位较高时，宜采用基坑内降水。

7.4.10 基坑开挖工序应综合考虑场地水文地质条件、环境保护要求、施工场地条件基坑平面形状及开挖深度、地下水处置要求等因素，并应符合下列规定：

1 基坑开挖应遵循分层、分段、分块、对称、平衡、限时的原则确定开挖顺序，有内支撑的基坑开挖尚应满足先撑后挖、限时支撑、严禁超挖的原则；

2 施工道路布置、材料堆放、开挖顺序、挖土方法等应减少对周边环境、支护结构、降水设施、监测设施、工程桩的不利影响；

3 场地条件允许并经验算能保证边坡稳定时，可采用放坡开挖。

7.4.11 在基坑及隧道施工的全过程中，应对基坑支护及周边环境进行监测，并为施工提供指导。

7.4.12 监测项目和监测点布置应根据基坑安全等级、临近环境条件等级、基坑支护的类型、基坑形状以及基坑施工方案等因素确定。监测点的布置应符合下列规定：

1 不同监测项目的监测点宜布置在同一断面上；

2 地下管线宜布设直接监测点，条件不允许时可布置间接监测点；

3 基坑支护结构受力和变形较大及周边环境保护要求较高时，应加密监测点；

4 监测点布置应考虑现场监测工作的可实施性，不应妨碍监测对象的正常工作，监测过程应减少对施工作业的影响。

8 防排水设计

8.1 一般规定

8.1.1 城市道路隧道防排水设计应妥善处理地面水、地下水，洞内外防排水系统应完整通畅。

8.1.2 隧道防排水应根据环境条件、环境影响程度、设计使用年限、结构特点、施工方法等因素进行设计，满足结构的安全、耐久性和使用要求。

8.1.3 隧道防水应按结构自防水为根本、接缝防水为重点、多道设防的原则进行设计。

8.1.4 隧道防水等级应根据工程的重要性和使用中对防水的要求，按现行国家标准《建筑与市政工程防水通用规范》GB 55030、《地下工程防水技术规范》GB 50108 确定，不宜低于二级。

8.1.5 濒临河、湖或低洼积水区域的隧道，其洞口路肩设计高程应高出计算洪水位（含浪高和壅水高）0.5m 以上。长期浸泡造成岸坡坍塌对隧道稳定有不利影响时，应采取相应的工程措施。有雨水或者地表水汇入风险的长、特长隧道不宜设置“V”型纵坡。

8.1.6 隧道洞内、外排水连通应排水通畅、检修方便、避免对洞外环境造成污染。

8.1.7 隧道防水采用的防水混凝土、水泥砂浆防水层、涂料防水层、卷材防水层、塑料防水层、金属防水板、螺孔橡胶圈、橡胶止水带等材料特性应符合现行国家标准《建筑与市政工程防水通用规范》GB 55030、《地下工程防水技术规范》GB 50108 和《地下防水工程质量验收规范》

GB 50208 的规定。

8.1.8 当隧道渗漏水可能引起地下水减少、影响居民生产及生活时，应采用限制或限量排放的衬砌结构。

8.1.9 隧道地下风机房、变电所等机电设备集中区段的防水等级应为一级；隧道主体及横通道等附属的隧道结构防排水等级应满足现行国家标准《建筑与市政工程防水通用规范》GB 55030 的要求。

8.2 复合式衬砌防排水

8.2.1 复合式衬砌在初期支护与二次衬砌之间应设置防水层。

8.2.2 二次衬砌模筑混凝土抗渗等级不应低于 P8；当地下水位较高时，应适当提高衬砌结构的防渗等级。

8.2.3 隧道各向排水管的布置间距、管径等应根据隧道跨度及透水量等合理确定。

8.2.4 隧道排水系统的选择应符合下列规定：

1 排水系统的选择应根据污、废水的性质，并结合市政排水体系确定；

2 隧道冲洗废水、结构渗漏水、消防废水及引道段的雨水应分类集中，雨水就近排入市政雨水管网，废水应排入污水管网。

8.2.5 隧道内排水收集系统的布置应符合下列规定：

1 隧道敞开段雨水和隧道内渗漏水、冲洗废水及消防废水口可采用边沟、横截沟或管道收集；

2 隧道洞口拦截雨水的横截沟不宜少于 2 道，且与路侧城市雨水管网连通；

3 设置在车道上的排水横截沟盖板应考虑防跳起构造设计，宜采用

盖板和盖座整体浇筑的一体化结构排水沟；

4 隧道敞口段排水泵房宜靠近洞口设置；

5 隧道洞身排水泵房应设置在线路实际坡度最低点附近，当排水量过大时，宜设置辅助泵站。

8.3 明挖结构防排水

8.3.1 明挖法现浇结构变形缝和施工缝防水应满足下列要求：

1 应根据设计的防水等级、最大水压、预计变形量大小确定变形缝和施工缝的防水方式及防水材料选型；

2 明挖结构与明暗挖交界处或附属工程存在变形缝的，应预设预埋式注浆管与遇水膨胀橡胶条。

8.3.2 腐蚀环境中的隧道混凝土外防水层的选用与设置应符合下列规定：

1 在迎水面设置全包柔性外防水层，并根据顶、底板防水层的特性考虑保护措施；

2 当耐久性设计中考虑设置防腐蚀层时，外防水层的设计应与防腐蚀层相结合。

8.3.3 叠合结构中地下连续墙防水应符合下列规定：

1 混凝土的抗渗等级不应小于 P8，最小强度等级为 C35；

2 墙体及接头的渗漏水宜根据水量的大小，对需要渗漏点进行提前处理。

9 附属工程设计

9.1 一般规定

9.1.1 为满足隧道运营通风、防灾救援逃生或加快施工进度等需要，可设置辅助通道。

9.1.2 城市道路隧道辅助通道的选址应考虑地形、地质条件和施工、运营需要，还应综合考虑周边环境、交通疏散、地下管线等因素的影响。

9.1.3 辅助通道的形式、规模和数量应根据隧道长度、埋深、地形、地质、水文等条件，结合通风、防灾救援、排水、施工进出渣、工期和周边环境的影响等要求，通过技术经济比较确定。

9.1.4 运营辅助通道净空断面应根据地质条件、使用功能和施工条件确定；施工辅助通道净空断面应根据地质条件、施工机械设备、服务主隧道的施工长度、施工通风排水及工作环境等要求确定。两者相结合时应综合考虑。

9.1.5 城市道路隧道辅助通道的设置宜近、远期相结合设计。

9.1.6 辅助通道洞（井）口位置选择、场地布置应符合城市环保要求，减少对周边居民的生活影响，并应具备交通疏散和管线迁改条件。洞（井）口宜高出地坪 0.5m 以上，且应有防止地表水流入洞内和城市防洪的措施。

9.1.7 辅助通道与隧道主洞的交叉口应避开地质不良地段，并根据需要设置变形缝。

9.2 斜井与竖井

9.2.1 特长隧道或洞口施工条件受限制的隧道可设置工作井以增加作业工作面。工作井可根据场地周边条件采用竖井或斜井的形式，宜布置在隧道两侧。

9.2.2 工作井井口场地应满足施工机械和其他建筑物的布置，且利于通风和进料、出渣。

9.2.3 工作井的支护参数可根据工程类比法确定或按照现行行业标准《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》JTG 3370.1 进行设计。

9.2.4 竖井断面形状和尺寸应满足使用功能要求，并考虑施工设备和施工作业所需要的空间，有通风需要的竖井宜采用圆形断面；仅用于施工的竖井，其断面形状可根据施工需要确定。

9.2.5 竖井井口应设置混凝土或钢筋混凝土锁口圈，锁口圈底部宜采用钢筋混凝土扩大基础，并与锁口圈连成整体。

9.2.6 竖井井身衬砌结构宜采用复合式衬砌，初期支护应作为主要的承载结构，二次衬砌可作为安全储备。

9.2.7 竖井较深或井身需要承受上方较大荷载时应设置壁座，壁座可设置于井口段、地质条件较差的井身段及马头门的上方。

9.2.8 竖井底部马头门处宜加强支护。

9.2.9 斜井宜采用马蹄形断面，断面内一侧应设宽度不小于 0.75m 的人行道，另一侧应设宽度不小于 0.25m 间隙。

9.2.10 斜井运输提升方式应根据提升量、斜井长度及井口周边环境条件选择，各种提升方式的斜井坡度宜符合下列规定：

- 1 有轨箕斗提升时，不宜大于 70%；

- 2 轨道矿车提升时，不宜大于 45%；
- 3 胶带运输机提升时，不宜大于 25%；
- 4 无轨运输时，不宜大于 12%。

9.2.11 倾角大于 30° 的斜井，衬砌基础应做成台阶状或设置基座。

9.2.12 斜井井底与主隧道之间的距离应根据使用功能确定，斜井与隧道中线连接处的平面交角不宜小于 40° 。

9.3 风道及地下附属用房

9.3.1 风道内壁表面应平整；在弯曲、变径、分岔等断面变化处宜采用连续变断面曲线连接，当采用不同断面突变连接时应设过渡墙；风道隔板宜采用混凝土结构，且与衬砌整体连接。

9.3.2 风道支护参数可根据工程类比法确定或按照现行行业标准《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》JTG 3370.1 进行设计。

9.3.3 地下风机房等附属用房设计应满足下列要求：

- 1 在满足围岩和衬砌结构稳定的条件下宜靠近隧道布置；
- 2 应满足设备布置、吊装、搬运及工作通道所需空间；
- 3 设有吊装行车时，洞室纵坡宜采用平坡；
- 4 风机分期安装时，应预留设备分期安装空间。

9.3.4 地下附属用房衬砌结构设计应根据地质条件、规模等因素，采用工程类比法或计算分析确定。当有吊装设备时，二次衬砌结构应考虑设备吊装荷载。设备安装有特殊要求时，应做特殊设计。

9.3.5 地下附属用房可根据其使用要求，采用相应的防水等级，且不应低于隧道主体结构的防水等级。

9.3.6 地下风机房应考虑排水要求，排水坡度不应小于 0.3%。

9.4 横通道及疏散通道

9.4.1 根据隧道施工和运营需要可设横通道与疏散通道。

9.4.2 车行横通道的设置应符合下列规定：

- 1 车行横通道宜设置于地质条件较好的地段；
- 2 车行横通道应设置一定的纵坡，以利于排水，但纵坡不宜大于 5%，最大纵坡不应大于 10%；
- 3 车行横通道的衬砌应具有完善的防排水措施；
- 4 车行横通道与主洞连接处的结构应进行加强设计。

9.4.3 人行横通道的设置应符合下列规定：

- 1 人行横通道应具有完善的防排水措施，路面应干燥并具有较好的防滑性能。
- 2 人行横通道应设置一定的纵坡，以利于排水，纵坡不宜过大。当纵坡大于 15%时，宜设置踏步台阶，边墙两侧宜设置扶手；设置扶手后人行横通道净宽应符合相关标准的规定。
- 3 人行横通道内应设置疏散指示标志，间距不应大于 20m。
- 4 人行横通道与主洞的连接处的结构宜进行加强设计。

9.4.4 沿河、傍山或隧道一侧有沟谷、低洼地形可利用时，可设主洞与洞外直接连接的横通道。横通道通向地面为上坡时，应有可靠的截水和抽、排水措施。

9.4.5 横通道的位置宜避免穿越断层、破碎带等不良地质地段，不应顺断层、破碎带布设。

9.4.6 在城市浅埋隧道中，可结合施工斜井或竖井设置通向地面的疏散通道。

10 辅助工程措施

10.0.1 城市道路隧道施工应根据建设条件、隧道断面大小及施工工期相关控制指标,按照有效、可靠、经济和符合现场实际的原则采用相应的辅助工程措施。

10.0.2 涌水处理措施可按照现行行业标准《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》JTG 3370.1 执行,并符合下列规定:

1 制定降水影响范围工程涌水处理措施时,应对涌水地段相邻区域泉水衰减、地面结构物沉降、地表塌陷等预防及施工期监测进行专项设计;需要采取回灌等方式恢复地下水位时,回灌水质不应低于原地层地下水水质;

2 城市道路隧道下穿既有道路,下穿或近邻既有建筑,通过浅埋段、严重偏压段、自稳性能差的软弱地层、破碎带以及大面积淋水或涌水地段时,可采取冻结法、管幕法等辅助工程措施,需进行专项设计,并应符合下列规定。

1) 冻结法设计应避免冻结对周边环境、地下管网和建(构)筑物造成损伤,地下水流速大于 5m/d 且有集中水流或地下水位有明显波动(大于 2m/d)时应进行特殊设计并采取针对性措施;

2) 管幕法施工应满足现行行业标准《管幕预筑法施工技术规范》JGJ/T 375 的规定。

10.0.3 支护稳定措施可按照现行行业标准《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》JTG 3370.1 执行,并符合下列规定:

1 当地质条件较差时,宜采用锁脚微型桩或扩大拱脚等方式增加初期支护的稳定性;

2 锁脚微型桩宜采用 $\phi 108\text{mm}\sim\phi 300\text{mm}$ 无缝钢管，每处设置不宜少于 2 根，打设角度宜与拱架轴线成 45° 左右；

3 扩大拱脚可采用扩大混凝土基础、拼接型钢拱架+钢垫板等形式；水平收敛变形控制要求较高时，“扩大拱脚”基础底部宜增加抗滑措施。

10.0.4 隧道竖斜井、拱顶地表注浆及中岩柱加固、洞内超前管棚、小导管、锚杆、隧道掌子面玻璃纤维锚杆预加固等辅助施工措施应符合现行山东省工程建设标准《城市超小净距浅埋暗挖隧道施工技术标准》DB37/T 5152 的有关规定。

11 施工方案设计

11.1 一般规定

11.1.1 隧道施工方案设计应根据施工条件、环境条件、地质条件、隧道长度、隧道横断面、结构形式、埋置深度、工期要求、环境保护资源配置等因素综合选定。施工工法应通过技术经济、功能效果、环境和社会效益的综合评价进行合理选择。

11.1.2 隧道施工工法设计应充分利用隧道的横向宽度，并考虑工法间的安全转换。

11.1.3 地质情况复杂的暗挖隧道应进行超前地质预报。预报结果作为工法动态调整的重要依据。

11.1.4 隧道施工过程中，应根据围岩实际情况和监控量测结果并结合施工技术条件等进行施工工法的动态调整。

11.1.5 城市道路隧道爆破施工应符合下列规定：

1 隧道爆破应采用光面爆破技术，周边眼宜采用导爆索同时起爆，掏槽眼、辅助眼结合毫秒雷管微差起爆；

2 城市超小净距浅埋暗挖隧道可采用微震爆破，不宜采用钻爆法施工；

3 当确需采用钻爆法时，应通过专家专项论证后方可实施。

11.1.6 当隧道位于城市道路下方时，应对管线采取保护措施或进行迁移，并应对地表水进行控制。

11.2 暗挖法

11.2.1 暗挖隧道常用开挖方法应根据地质条件、隧道断面大小及周边建设条件选择施工工法。

11.2.2 暗挖隧道开挖方法宜按表 11.2.2 的规定进行选择。

表 11.2.2 不同条件下隧道施工工法

序号	施工工法	隧道断面大小及围岩级别及周边建设条件			
		山岭隧道		下沉式隧道	
		单洞 车道数量	围岩级别	单洞 车道数量	围岩级别
1	全断面法	两车道	I ~ III	两车道	I ~ II
		三车道	I ~ II		
2	台阶法	两车道	IV ~ V	两车道	III
		三车道	III ~ IV	三车道	I ~ II
		四车道	I ~ III	四车道	I ~ II
3	中壁台阶法	三车道	IV	三车道	III
		四车道	III	四车道	III
4	钢架岩墙组合支撑法	四车道	IV	四车道	III
5	CD 法、CRD 法、双侧预留核心土台阶法、双侧壁导坑法	两车道	V	两车道	IV ~ V
		三车道	V	三车道	IV ~ V
		四车道	IV ~ V	四车道	IV ~ V

注：1 选择台阶法作为建议性开挖方法时，台阶数量及高度等应根据地质情况分析确定；

2 施工过程中，应根据监控量测结果动态调整施工工法。

11.2.3 山岭隧道单洞两车道 I 级~III级围岩，单洞三车道 I 级~II级围岩，下沉式隧道单洞两车道 I 级~II级围岩，可选择全断面法。

11.2.4 山岭隧道单洞两车道IV~V围岩、三车道III~IV级围岩、单洞四车道 I 级~III级围岩，下沉式隧道单洞两车道III级围岩、单洞三车道及四车道 I 级~II级围岩，可选择台阶法（图 11.2.4）。

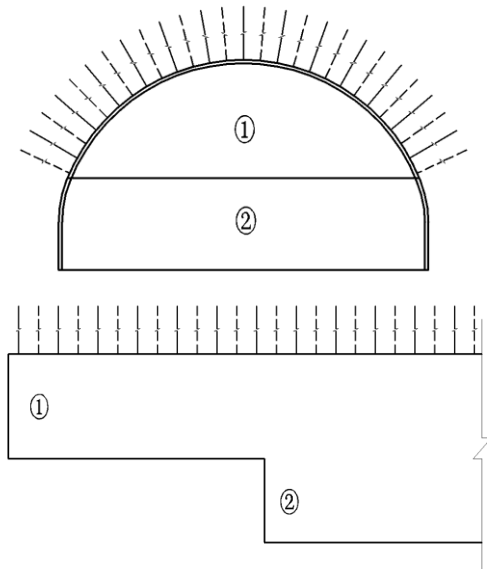


图11.2.4 上下台阶法示意图

11.2.5 山岭隧道单洞三车道IV级围岩、单洞四车道III级围岩，下沉式隧道单洞三车道及四车道III级围岩，可选择台中壁台阶法（图 11.2.5）。

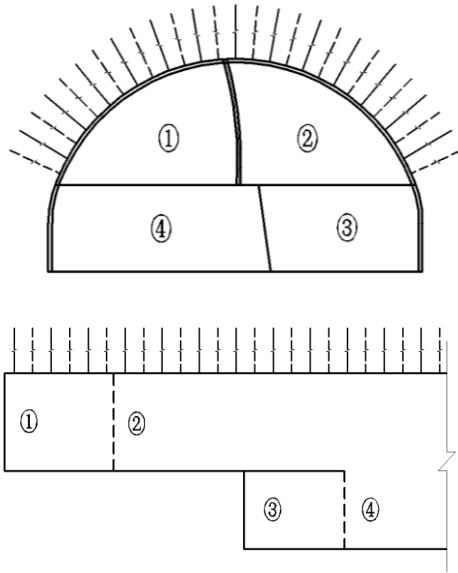


图11.2.5 中壁台阶法示意图

11.2.6 山岭隧道单洞四车道IV级围岩，下沉式隧道单洞四车道III级围岩可选择钢架岩墙组合支撑法，适应于下部围岩承载力较高的大跨度城市道路隧道开挖（图 11.2.6-1）。下部承载力相对较差的段落宜采用 CD 法开挖（图 11.2.6-2）；周边收敛速率较大时，应增设临时仰拱。

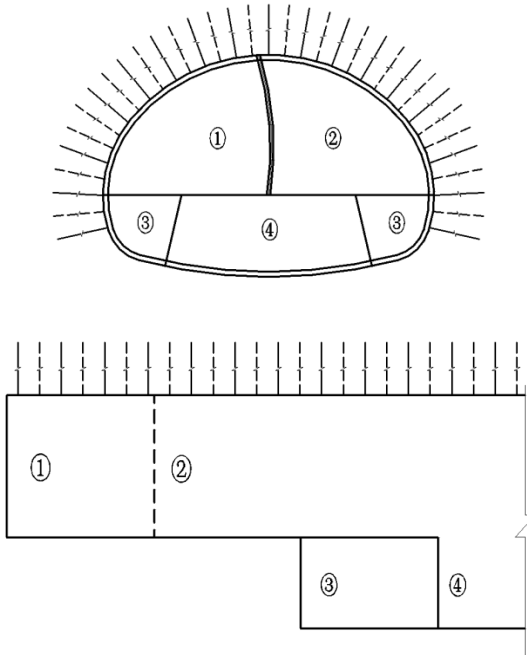


图11. 2. 6-1 钢架岩墙组合支撑法示意图

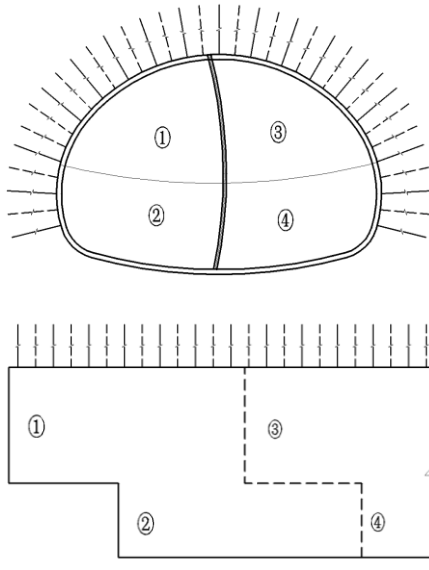


图11.2.6-2 CD法示意图

11.2.7 V级围岩深埋段（稳定性相对较好的段落）可采用 CRD 法开挖，施工步序按图 11.2.7-1 规定执行。V级围岩浅埋段、洞口段可采用设中支撑的双侧预留核心土台阶法（图 11.2.7-2）或双侧壁导坑法开挖（图 11.2.7-3）。

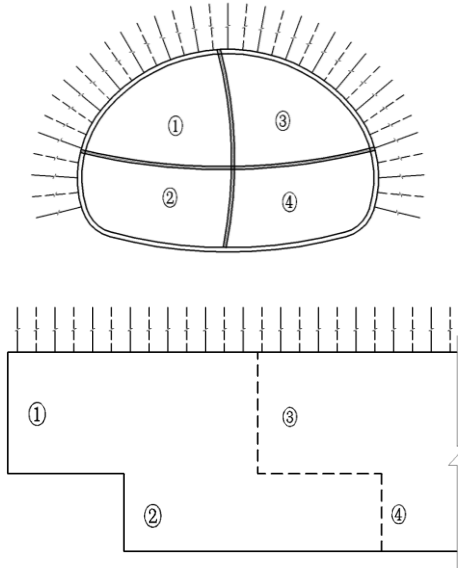


图11.2.7-1 CRD法开挖

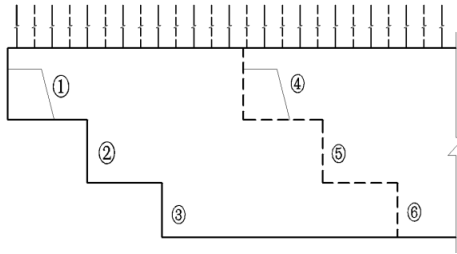
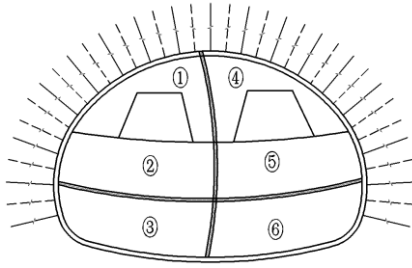


图11.2.7-2 双侧预留核心土台阶法

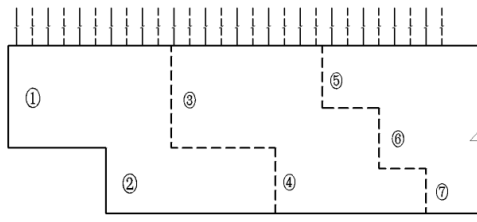
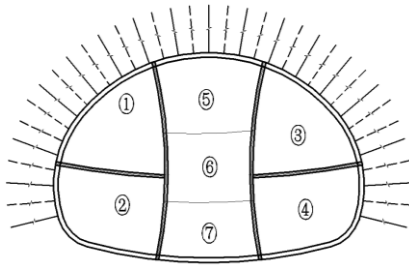


图11.2.7-3 双侧壁导坑法

11.2.8 隧道采用分步或分块开挖时，划分不宜过小，并配备功能相匹

配的机械化隧道施工装备。

11.3 明挖法

11.3.1 城市道路隧道采用明挖法施工时，应根据交通条件、场地环境等因素论证明挖法对城市交通和周边环境的影响。

11.3.2 基坑工程的支护、地下和地表水控制设计，应综合考虑地质条件、基坑周边环境要求、隧道结构要求、施工季节变化及支护结构使用期等因素，做到因地制宜、合理选型、优化设计、严格监控。

11.3.3 基坑开挖前地下水应降至基坑底 0.5m 以下。

12 路基与路面

12.1 一般规定

- 12.1.1 隧道路基应稳定、密实、匀质，为路面结构提供均匀的支撑。
- 12.1.2 隧道路面应具有平整、耐久、抗滑、耐磨等性能和足够的强度。
- 12.1.3 隧道路面应采用沥青混合料上面层与混凝土下面层组成的复合式路面。

12.2 路基

- 12.2.1 钻爆法施工隧道不设仰拱时，路基应置于完整或较完整的坚硬岩石地基上；设置仰拱时，仰拱填充应采用强度等级不低于 C20 的混凝土或片石混凝土。
- 12.2.2 钻爆法施工隧道内路基应设置完整的排水系统，其排水系统应能有效地收集、引排路面水以及路基渗、涌水。

12.3 路面

- 12.3.1 沥青混凝土面层应具有与基层粘结牢固、防水渗入、抗滑耐磨、低温抗开裂、高温抗车辙、抗剥离、低噪阻燃等良好性能，且宜采用温拌沥青混凝土。
- 12.3.2 沥青混合料配合比设计、高低温性能、水稳性及粘结层等应符合现行行业标准《城镇道路路面设计规范》CJJ 169、《公路沥青路面设计规范》JTG D50 的有关规定。
- 12.3.3 隧道内沥青混合料施工应采用温拌施工，工艺应符合现行国家

标准《温拌沥青混凝土》GB/T 30596 的规定。

13 照明设施

13.1 一般规定

13.1.1 城市道路隧道照明设计应坚持绿色节能、低碳环保的原则，并满足路面平均亮度、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。

13.1.2 各类城市道路隧道照明设置条件应符合下列规定：

1 长度 L 大于 50m 的城市道路隧道应设置日间照明，长度 L 不大于 50m 的城市道路隧道可不设置日间照明；

2 有人行需求的隧道，应根据隧道长度和环境条件设置满足行人通行需求的照明设施，不设置照明的隧道应设置视线诱导设施。

13.1.3 城市道路隧道照明设计应充分收集和了解隧道土建工程及交通工程设计相关资料进行统筹设计，并应符合下列规定：

1 调查洞口朝向及洞外环境；

2 初步判定或现场测定洞外亮度，按需制定洞外减光方案；

3 根据交通量变化分别确定设计年限入口段、过渡段、中间段和出口段的亮度指标；

4 选择节能光源和高效灯具，根据隧道断面形式和灯具类型等确定灯具安装方式及安装位置；

5 根据路面材料与灯具光强分布表，计算各段灯具布置间距、路面亮度及均匀度等；

6 洞口土建工程完工后，宜对洞外亮度进行现场实测检验。

13.1.4 城市道路隧道照明设计小时交通量，应根据隧道所在路段设计

年份平均日交通量（AADT）进行换算，并宜符合以下要求：

1 设计小时交通量系数宜采用项目可行性研究报告提供的数据，项目可行性研究报告没有明确提出该数据时，可取 9%；

2 单向交通隧道方向分布系数宜采用项目可行性研究报告提供的数据，项目可行性研究报告没有明确提出该数据时，方向分布系数可取 55%。

13.1.5 单向交通隧道照明可划分为入口段照明、过渡段照明、中间段照明、出口段照明以及洞外引道照明；双向交通隧道无出口段照明。

13.1.6 隧道入口段、过渡段、出口段照明应由基本照明和加强照明组成，基本照明应与中间段照明一致。

13.1.7 隧道两侧墙面 2m 高范围内的平均亮度，不宜低于路面平均亮度的 60%。

13.1.8 平均亮度与平均照度之间的换算系数宜实测取得；无实测条件时，黑色沥青路面可取 $15lx(cd/m^2)$ ，水泥混凝土路面可取 $10lx(cd/m^2)$ 。

13.1.9 隧道灯具养护系数宜取 0.7。

13.1.10 入口段和出口段的加强照明灯具宜自隧道洞口顶部以内 10m 处开始布设。

13.2 入口段照明

13.2.1 入口段的设计亮度标准值 L_{th} 可按下式计算：

$$L_{th} = k \cdot L_{20}(S) \quad (13.2.1)$$

式中：

L_{th} ——入口段亮度（ cd/m^2 ）

$L_{20}(S)$ ——洞外亮度（ cd/m^2 ）

k ——入口段亮度折减系数，可根据隧道设计时速按表 13.2.1 取值。

表 13.2.1 入口段亮度折减系数

设计时速	入口段亮度折减系数 k
100	0.045/0.035
80	0.035/0.025
60	0.022/0.015
40	0.012/0.01

注：当隧道交通控制系统和道路分隔设施完善时，入口段亮度折减系数 k 宜选择表中的低档值，反之宜选择高档值。

13.2.2 城市道路隧道照明设计的洞外亮度 $L_{20}(S)$ 可按表 13.2.2 取值。

表 13.2.2 洞外亮度取值表

天空面积百分比 (%)	洞口朝向或洞外环境	设计车速 (km/h)			
		100	80	60	40
35~50	南洞口	4500	4000	-	-
	北洞口	6000	5500	-	-
15~35	南洞口	4500	4000	3500	3000
	北洞口	5500	5000	4000	3500
5~15	亮环境	3500	3000	2500	2000
	暗环境	4500	4000	3500	3000
0~5	亮环境	3000	2000	1500	1000
	暗环境	3500	3000	3000	2500

注：1 天空面积百分比指 20° 视场中天空面积百分比；

2 南洞口指北行车辆驶入洞口，北洞口指南行车辆驶入洞口；

3 东洞口与西洞口取南洞口与北洞口中间值；

4 暗环境指洞外景物反射比低的环境，亮环境指洞外景物反射比高的环境。

13.2.3 洞口土建工程完工后的洞外亮度实测值与设计取值的误差超出 25% 时，应调整照明系统的设计。

13.2.4 入口段长度不应小于 1 倍的停车视距，停车视距取值可按表 13.2.4 确定。

表 13.2.4 停车视距取值表

设计时速 (km/h)	坡度 (%)								
	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
100	179	173	168	163	158	154	149	145	142
80	112	110	106	103	100	98	95	93	90
60	62	60	58	57	56	55	54	53	52
40	29	28	27	27	26	26	25	25	25

13.3 过渡段照明

13.3.1 过渡段宜按渐变递减原则划分为过渡段 1 (TR_1)、过渡段 2 (TR_2)、过渡段 3 (TR_3) 三个照明段，与之对应的亮度 L_{tr1} 、 L_{tr2} 、 L_{tr3} 应按表 13.3.1 计算。

表 13.3.1 过渡段亮度标准值

照明段	TR_1	TR_2	TR_3
亮度标准值 (cd/m ²)	$L_{tr1} = 0.3L_{th}$	$L_{tr2} = 0.1L_{th}$	$L_{tr3} = 0.035L_{th}$

13.3.2 当过渡段亮度低于中间段亮度设计标准值时，宜按中间段亮度设计；当在过渡段 TR_1 能完全看到隧道出口时，可不设置过渡段 TR_2 、 TR_3 的加强照明； TR_3 的亮度不大于中间段亮度 L 的 2 倍时，可不设置过渡段 TR_3 。

13.3.3 过渡段长度应按表 13.3.3 取值：

表 13.3.3 过渡段长度取值表

设计时速 (km/h)	长度 (m)		
	TR_1	TR_2	TR_3
100	106	111	167

80	72	89	133
60	44	67	100
40	26	44	67

13.4 中间段照明

13.4.1 隧道所连接道路为主干道时，中间段亮度设计标准值宜为 $6.0\text{cd}/\text{m}^2$ 。

隧道所连接道路为次干道时，中间段亮度设计标准值宜为 $3.0\text{cd}/\text{m}^2$ 。

13.4.2 当隧道内按设计速度行车时间超过 20s 时，中间段照明灯具布置间距应满足闪烁频率低于 2.5Hz 或高于 15Hz。

13.4.3 路面亮度总均匀度应符合表 13.4.3 规定：

表 13.4.3 路面亮度均匀度表

设计时速 (km/h)	路面亮度总均匀度 U_0	路面亮度纵向均匀度 U_1
100	≥ 0.4	≥ 0.7
80		
60		≥ 0.6
40		

13.5 出口段照明

13.5.1 单向通行隧道应设置出口段照明，长度宜取 60m，其设计亮度标准值宜为中间段设计亮度标准值的 5 倍。

13.5.2 双向通行隧道两端都应按照入口段照明设计。

13.6 特殊段照明

13.6.1 隧道内交通分合流段的亮度不宜低于中间段亮度的 1.5 倍~2 倍。

13.6.2 紧急停车带照明宜采用显色指数高的光源，其亮度不应低于 4.0cd/m^2 。

13.6.3 横通道亮度不应低于 1.5cd/m^2 。

13.7 洞外引道照明

13.7.1 以下路段宜设置洞外引道照明：

- 1 隧道外引道曲线半径小于一般值的路段；
- 2 隧道设夜间照明且处于无照明路段的洞外引道；
- 3 隧道与桥梁连接处、连续隧道间的路段。

13.7.2 洞外引道照明设置长度不宜低于表 13.7.2 所示值。

表 13.7.2 洞外引道设置亮度与长度

设计速度 (km/h)	亮度 (cd/m^2)	长度 (m)
100	2	180
80	1	130
60	0.5	95
40	0.5	60

13.7.3 连续隧道间洞外路段长度小于规定值时，可按实际洞外路段长度设置引道照明。

13.7.4 当隧道口设置道路照明时，洞外引道照明灯具布置宜按道路照明进行设计。

13.8 洞内装饰照明

13.8.1 装饰照明供电应独立于隧道照明系统，并能实现单独控制。

13.8.2 装饰照明应控制外溢光、杂散光，不应影响驾驶员对安全警示标识的辨识。

13.9 光源和灯具

13.9.1 隧道照明宜选用光效高、使用寿命长、显色性好、瞬时启动迅速、适应工作环境温度的光源。LED 光源使用寿命不宜小于 50000h，其他光源使用寿命不宜小于 10000h。

13.9.2 隧道基本照明宜选用 LED 灯或荧光灯；加强照明、引道照明可選用 LED 灯或高压钠灯。

13.9.3 照明灯具应满足以下要求：

- 1 灯具防护等级不应低于 IP65；
- 2 具有适合城市道路隧道特点的防眩装置；
- 3 光源与配件便于拆卸更换；
- 4 灯具零部件具有良好的防腐性能；
- 5 灯具配光满足使用要求；
- 6 灯具内电器配件性能可靠，满足环境温度要求；
- 7 LED 隧道灯具功率因数不应小于 0.95。

13.10 照明节能与控制

13.10.1 隧道照明节能设计宜采取下列措施：

- 1 合理选择隧道照明设计参数，并进行多方案比选和综合技术经济分析论证，确定经济合理、运营节能的照明方案；
- 2 隧道入口段、过渡段、出口段照明宜采用自动调光方式；
- 3 中间段照明宜根据运营时间、交通量等条件进行智能调光。

13.10.2 隧道照明控制系统应具有下列功能：

- 1 能够以自动、远控和手动的方式执行命令；

2 能够根据时间、亮度设定的多种模式进行调试和控制，内置时控和光控模式参数配置可由具有操作权限的操作员重新设置；

3 能够灵活地以数据或图形等方式显示隧道内照明系统的运行情况、控制模式等；

4 照明控制器输出的调光等级不应低于 24 级；

5 隧道照明灯具与现场调光控制器失去通信时，应自动调到 100% 光输出；

6 照明控制系统应能接收火灾报警系统信号，当发生报警时，开启全部照明灯具；

7 系统应具备故障自诊断和故障报警功能；

8 系统宜具有自动巡检功能，巡检实时状态信息包含各个隧道照明灯具或群组灯具的亮度等级以及隧道照明灯具和控制装置的故障信息等。

13.11 应急照明

13.11.1 根据现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的隧道分类，三类及以上隧道应设应急照明；三类以下且供非机动车道、行人通行的隧道宜设应急照明。

13.11.2 应急照明设计应符合下列规定：

1 启用应急照明时，洞内亮度不应小于中间段正常亮度的 10% 和 $0.2\text{cd}/\text{m}^2$ ；

2 应急照明灯具可利用部分基本照明灯具；

3 配电室、消防水泵房、防排烟机房以及在发生火灾时仍需工作的房间，其应急照明照度应与正常照明照度值一致。

13.11.3 应急照明宜采用 EPS 集中供电, 切换时间不应大于 0.2s。防火分类为一类、二类隧道连续供电时间不宜少于 1.5h; 三类隧道连续供电时间不应少于 1h。

13.11.4 当处于应急照明状况时, 宜及时发布洞内照明状况信息, 有条件时可采用可变情报板发布信息。

13.11.5 城市道路隧道设置的消防应急照明灯具应符合现行国家标准《消防应急照明和疏散指示系统技术标准》GB 51309 的规定。

14 通风与防排烟设施

14.1 一般规定

14.1.1 隧道通风设计应根据道路等级、隧道长度、设计车速、设计交通量、平纵线形、地形地质、道路海拔高程、环境保护、烟气控制和运营维护等因素，进行技术经济综合比较，确定合理的通风方案。

14.1.2 隧道通风设计应分别针对正常交通、交通阻塞及火灾工况等进行系统设计，并提出相应的通风设施运行方案。

14.1.3 隧道通风系统设计应符合下列规定：

1 正常运行及交通阻塞时，隧道内 CO、烟尘等污染物浓度应符合本标准第 14.2 节的规定；

2 发生火灾时，应能有效控制烟气、排除烟气，以利于人员安全疏散，避免烟气侵入人行与车行横车道、相邻隧道及附属用房等。

14.2 隧道运营通风

14.2.1 隧道通风分为自然通风和机械通风，通风设计应考虑自然风利用。

14.2.2 隧道机械通风方式可按下列条件初步判定：

1 双向交通隧道，当符合下式的条件时，可设置机械通风。

$$LN \geq 6 \times 10^5 \quad (14.2.2-1)$$

2 单向交通隧道，当符合下式的条件时，可设置机械通风。

$$LN \geq 2 \times 10^6 \quad (14.2.2-2)$$

式中：

L——隧道长度（m）；

N——设计小时交通量（veh/h）。

14.2.3 机械通风量可按照现行行业标准《公路隧道通风设计细则》JTG/T D70/2-02 中的相关规定计算。

14.2.4 CO、NO₂ 设计浓度应符合下列规定：

1 正常交通时，CO 设计浓度取值应符合表 14.2.4 的规定；

表 14.2.4 CO 设计浓度 δ_{CO}

隧道长度	$\leq 1000\text{m}$	$> 3000\text{m}$
δ_{CO} (ppm)	150	100

注：隧道长度为 $1000\text{m} < L \leq 3000\text{m}$ 时，可按线性内插值法取值。

2 交通阻滞时，阻滞段平均 CO 设计浓度 δ_{CO} 可取 150ppm，同时经历时间不宜超过 20min；人车混合通行的隧道，隧道内 CO 设计浓度不应大于 70 ppm；

3 隧道内 20min 内的平均 NO₂ 设计浓度可取 1.0 ppm；人车混合通行的隧道，隧道内 60min 内 NO₂ 设计浓度不应大于 0.2 ppm；

4 依据国家环境保护总局相关文件规定，隧道内养护维修时，隧道作业段空气的 CO 允许浓度不应大于 30 ppm，NO₂ 允许浓度不应大于 0.12 ppm。

14.2.5 烟尘设计浓度应符合下列规定：

1 采用显色指数 33~60、相关色温 2000K~3000K 的钠光源时，烟尘设计浓度 K 取值应符合表 14.2.5-1 的规定；

表 14.2.5-1 烟尘设计浓度 K（钠光源）

设计速度 v_t (km/h)	$v_t \geq 90$	$60 \leq v_t < 90$	$50 \leq v_t < 60$	$30 \leq v_t < 50$	$v_t \leq 30$
----------------------	---------------	--------------------	--------------------	--------------------	---------------

烟尘设计浓度 K (m^{-1})	0.0065	0.0070	0.0075	0.0090	0.0120
-------------------------	--------	--------	--------	--------	--------

2 采用显色指数 R_a 不小于 65、相关色温 3300~6000K 的荧光灯、LED 灯等光源时，烟尘设计浓度 K 取值应符合表 14.2.5-2 的规定；

表 14.2.5-2 烟尘设计浓度 K （荧光灯、LED 灯等光源）

设计速度 v_t (km/h)	$v_t \geq 90$	$60 \leq v_t < 90$	$50 \leq v_t < 60$	$30 \leq v_t < 50$	$v_t \leq 30$
烟尘设计浓度 K (m^{-1})	0.0050	0.0065	0.0070	0.0075	0.0120

3 隧道内养护维修时，隧道作业段空气的烟尘允许浓度不应大于 $0.0030m^{-1}$ 。

14.2.6 城市道路隧道内最小换气频率不应低于每小时 3 次，采用纵向通风的隧道，洞内换气风速不应低于 1.5m/s。

14.2.7 自然通风应符合下列规定：

1 不加辅助风机时，竖井间距不得大于 240m，且相邻隧道竖井宜交错设置；竖井当量直径与高度之比 (D_e/L_s) 宜取 0.2~0.6；

2 若单个竖井开孔面积较大，无法满足第 14.2.7.1 条取值范围时，竖井应进行分隔，且宜分隔为 3 份~5 份，每份面积不宜小于 $3m^2$ ；

3 不加辅助风机时，隧道内连续 500m 隧道段的开孔率应满足表 14.2.7 的要求；

表 14.2.7 开孔率

隧道长度 (m)	500~1500	1500~3000
开孔率 (%)	≥ 3.0	≥ 4.0

注：开孔率为自然通风竖井的有效开口面积占隧道暗埋段垂直投影面积的比例。

4 竖井内壁面应平滑，减少气流流动的摩擦阻力；

5 竖井顶部宜设置风帽，风帽孔口应设置安全措施和警示标志。

不设风帽的竖井顶部应设网状安全防护井盖，并设置警示标志，井盖的单个网孔面积不大于 0.09 m^2 ，镂空面积不小于井盖面积的 95%。当井口距离地面小于 1m 时，井盖应能承受 1000N 的重量。

14.2.8 通风风速应符合下列规定：

1 隧道内采用纵向通风时，单向交通道路设计风速不宜大于 10m/s，特殊情况时不应大于 12m/s；双向交通道路设计风速不应大于 8m/s；人车混合通行道路设计风速不应大于 7m/s；

2 采用通风塔通风时，进风塔的进风风速不宜大于 8.0m/s，排风塔的排风风速不宜大于 15.0m/s；

3 排风口宜设置于隧道侧墙，其底面与隧道检修道高度一致；排风口设计风速不宜大于 8.0 m/s；排风口应设置防护网，并应进行防锈处理；

4 送风口宜设置于隧道拱部，送风口设计风速宜取 25.0m/s ~30.0m/s，送风方向应与隧道轴向一致。

14.3 隧道防排烟

14.3.1 根据现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 隧道分类，通行机动车的一、二、三类隧道应设排烟设施。

14.3.2 隧道排烟方式分为自然排烟和机械排烟，并应符合下列规定：

1 自然排烟：隧道按照本标准第 14.2.7 条中自然通风竖井要求设置通风竖井后，隧道内可不设置机械排烟系统；

2 机械排烟：长度大于 3000m 的隧道，宜采用纵向分段排烟方式或重点排烟方式；长度不大于 3000m 的单洞单向交通隧道，宜采用纵向排烟方式；单洞双向交通隧道，宜采用重点排烟方式。

14.3.3 纵向排烟应符合下列规定：

- 1 隧道内纵向气流的速度不应小于 2m/s，并应大于临界风速；
- 2 纵向排烟时，火灾排烟需风量可按下式计算：

$$Q_{req(f)} = A_r v_c \quad (14.3.3)$$

式中：

$Q_{req(f)}$ ——隧道火灾排烟需风量 (m³/s)

A_r ——隧道净空断面 (m²)

v_c ——隧道火灾临界风速 (m/s)

- 3 纵向排烟的隧道，火灾临界风速取值宜符合表 14.3.3-1 的规定：

表 14.3.3-1 火灾临界风速 v_c

热释放速率 (MW)	20	30	50
火灾临界风速 v_c (m/s)	2.0~3.0	3.0~4.0	4.0~5.0

- 4 城市道路隧道火灾最大热释放速率可按表 14.3.3-2 确定。

表 14.3.3-2 最大火灾热释放功率

车辆类型	小轿车	货车	集装箱车、长途汽车、公共汽车	重型车
火灾热释放功率 (MW)	3~5	10~15	20~30	30~100

注：本表火灾最大热释放速率摘自现行行业标准《城市地下道路工程设计规范》CJJ 221。

- 14.3.4 重点排烟时，排烟量应根据火灾规模及考虑系统的漏风量计算确定，并应符合下列规定：

- 1 排烟口应设置在隧道顶部或侧壁上部，纵向间距不宜小于 60m；
- 2 排烟分区长度不应大于 1000m，烟气在隧道内蔓延长度不宜大

于 300m;

3 纵向设计风速不宜大于 2m/s;

4 火灾时应联动开启火灾附近的排烟口, 开启数量应根据控烟要求确定;

5 排烟道内设计风速不宜大于 15.0m/s, 排烟口设计风速不宜大于 10.0m/s。

14.3.5 城市道路隧道应在以下场所设置机械加压送风防烟设施:

1 专用避难疏散通道及其前室, 平行导洞;

2 独立避难所(洞室);

3 火灾时暂时不能撤离的附属机房。

14.3.6 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。

14.3.7 专用避难疏散通道、独立避难所的前室加压送风量, 应按其入口门洞风速不小于 1.2m/s 计算确定。专用避难疏散通道、独立避难所的加压送风量, 应按地面面积每平方米不小于 30m³/h 计算。

14.3.8 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。

14.4 风机选型与安装

14.4.1 火灾时运行的射流风机、轴流风机、排烟风机及烟气流经的风阀、消声器、软接等辅助设备, 连续有效运行时间应高于隧道疏散和救援时间, 且应满足 250℃时连续有效工作时间不小于 1h 的要求, 可逆式风机应能在 90s 内完成反向逆转。

14.4.2 射流风机选型与布置应满足下列要求:

1 射流风机应选用具有消声装置的公路隧道专用风机，同一隧道的风机型号宜相同；

2 双向可逆射流风机反转时的风量和推力不宜低于正转的 98%，反向运行的单向射流风机，其反向风量宜为正向风量的 50%~70%；

3 射流风机边缘线与隧道建筑限界的净距不宜小于 150mm；

4 同一断面布置 2 台及以上射流风机时，相邻两风机的净距不宜小于 1 倍风机叶轮直径，且该断面风机型号应完全相同；

5 口径不大于 1000mm 的射流风机间距宜小于 120m，口径大于 1000mm 的射流风机间距宜大于 150m；

6 支承风机的结构承载力不应小于风机实际静荷载的 15 倍，风机安装前应做支承结构的荷载试验；

7 曲线处射流风机宜加密布置；

8 用于火灾排烟的射流风机应至少备用一组，备用射流风机宜采用同型号风机成组备用。

14.4.3 隧道轴流风机设置和选型应满足以下要求：

1 每一通风系统送（排）风台数宜为 2 台~3 台；

2 宜选用大风量、低风压、静叶可调的轴流风机；

3 火灾排烟轴流风机的绝缘等级不应低于 F 级，其他轴流风机的绝缘等级不应低于 H 级；轴流风机的防护等级不应低于 IP54。

14.5 隧道通风控制

14.5.1 隧道通风控制应符合下列要求：

1 采用机械通风的隧道，风机均应具备手动控制功能，防火分类为一类、二类、三类隧道宜以自动控制为主，四类隧道可采用自动控制

方式。

2 隧道通风系统控制方案应根据采用的通风方式，分别针对正常运营工况、火灾及交通阻滞等异常工况、养护维修工况等通风需求制定。

3 通风控制系统应与照明控制系统、火灾报警与消防系统、交通监控系统、中央控制系统等实现联动控制。

4 风机控制应设定相应于隧道运营需求的风量级档。风量级档划分不宜过细，并应充分考虑运营动力消耗与风机运行时间。当隧道通风系统中有轴流送风机、轴流排风机与射流风机时，应针对各种风机确定合理的组合风量级档。

5 风机控制应满足下列要求：

1) 当每日交通量分布较为固定或柴油车混入率变化较小时，宜采用程序控制方式；

2) 电机的启停不宜过于频繁；

3) 每台风机应间隔启动，启动时间间隔不宜小于 30s；

4) 风机控制周期不宜小于 10min，应首先启动累计运行时间最短的风机。

14.5.2 隧道火灾工况下的防烟与排烟控制应符合下列规定：

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

2 隧道防烟与排烟监控系统应满足下列要求：

1) 应具有风速、风向和火灾监控功能；

2) 应具有安全疏散、灭火救援等不同阶段、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) 应能根据起火点位置，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。

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。

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 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。

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。

15 消防给水与灭火设施

15.1 一般规定

15.1.1 在进行城市道路隧道的规划和设计时，应同时设计消防给水系统。四类隧道和仅限行人或通行非机动车辆的三类隧道，可不设置消防给水系统。

15.1.2 隧道消防给水系统应根据隧道等级、水源条件、地理条件等因素综合确定其可靠性和供水方式，并满足供水系统所需的流量和压力要求。

15.1.3 隧道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。

15.1.4 隧道消防宜采用市政给水管网供应，当市政给水能力不足时，应设置消防水池。

15.1.5 当市政管网能满足隧道消防给水设计流量，且市政允许消防水泵直接吸水时，消防给水系统的消防泵可直接从市政管网吸水，但其给水设计流量应大于隧道内外消防给水设计流量之和。

15.1.6 消防水泵应按一级负荷要求供电，当不能满足一级负荷要求供电时，应采用柴油发电机组作为备用动力。

15.1.7 设有消防给水系统的隧道应设置消防排水措施。

15.2 消防给水系统

15.2.1 消防水源应符合下列规定：

- 1 水质应满足水基消防设施的功能要求；

2 水量应满足水基消防设施在设计持续供水时间内的最大用水量要求；

3 供消防车取水的消防水池和用作消防水源的天然水体、水井或人工水池、水塔等，应采取保证消防车安全取水与通行的技术措施，消防车取水的最大吸水高度应满足消防车可靠吸水的要求。

15.2.2 隧道消防用水量应按照隧道内、外消防用水量之和进行计算。隧道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，且不应小于表 15.2.2 的规定值。

表 15. 2. 2 隧道消防用水量计算

隧道防火类别	隧道内用水量 (L/s)	隧道外用水量 (L/s)	火灾延续时间 (h)
一类	20	30	3
二类	20	30	3
三类	10	20	2

15.2.3 隧道消防供水方式宜采用高位消防水池供水的常高压供水系统，当无条件设置高位水池时，可采用稳高压供水系统。

15.2.4 隧道消防水泵房、消防水池宜设置在隧道设计标高高端侧。

15.2.5 符合下列条件时，消防给水系统应分区供水：

- 1** 系统工作压力大于 2.40 MPa；
- 2** 消火栓栓口处静压大于 1.0 MPa；
- 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。

15.2.6 消防水池的设置应符合下列规定：

- 1** 当市政给水管网能保证室外消防给水设计流量时，消防水池的

有效容积应满足在火灾延续时间内隧道内消防用水量的要求；当市政给水管网不能保证室外消防给水设计流量时，消防水池的有效容积应满足火灾延续时间隧道内消防用水量和隧道外消防用水量不足部分之和的要求。

2 若消防用水与其他用水共用消防水池时，应采取确保至少一次消防用水量不作他用的技术措施。

3 消防水池应设置就地水位显示装置，并在消防控制室或隧道管理站等地点显示消防水池水位，同时应有最高和最低水位、溢流水位等报警装置。

4 消防水池应设置溢流管和排水设施，并应采用间接排水。

5 消防水池的出水管应保证消防水池有效容积内的水能被全部利用，水池的最低有效水位或消防水泵吸水口的淹没深度应满足消防水泵在最低水位运行安全和实现设计出水量的要求。

6 寒冷地区的消防水池应具备防冻保温措施。

15.2.7 隧道内宜设置独立的消防给水系统。严寒和寒冷地区的消防给水管道及室外消火栓应采取防冻保温措施。

15.2.8 消防水泵应符合下列规定：

1 消防水泵应确保在火灾时能及时启动；停泵应有人工控制，不应自动停泵；

2 消防水泵的性能应满足隧道消防给水系统所需流量和压力的要求；

3 消防水泵应采取自灌式吸水。从市政管给水网直接吸水的消防水泵，在其出水管上应设置有空气隔断的倒流防止器；

4 消防水泵应设置备用泵，其性能应与工作泵一致；

- 5 一组消防水泵应在消防水泵房内设置流量和压力测试装置；
- 6 稳压泵的设计压力应满足系统自动启动和管网充满水的要求。

15.2.9 消防水泵房的设置应符合下列规定：

- 1 独立建造的消防水泵房，其耐火等级不应低于二级；
- 2 消防水泵房应设置直通安全出口的的门，且为甲级防火门；
- 3 消防水泵房中的控制柜等设备应采取安全保护措施；
- 4 消防水泵房应有防水淹的技术措施。

15.2.10 隧道消防给水管道应成环状布置。环状管网的进水管不应少于 2 根，当其中 1 根出现故障时，其余进水管应能保证消防用水量和水压的要求。

15.2.11 隧道消防给水干管的管径应根据系统设计流量、流速和压力要求经计算确定。

15.2.12 隧道消防给水干管应采用阀门分成若干独立段，每段内的消火栓数量不宜超过 5 个。

15.2.13 隧道消防给水管道应在最高处设置自动排气阀，应在进水管处设置管道过滤器。

15.2.14 隧道消防给水管应采用内外壁热镀锌钢管、无缝钢管或内外涂塑钢管，管道连接宜采用沟槽式连接或螺纹法兰连接。

15.2.15 消防给水管穿越路面时，应采取保护措施。

15.2.16 隧道消防给水系统宜设置给水试验装置。

15.3 灭火设施

15.3.1 消火栓设计应符合下列规定：

- 1 隧道内宜采用减压稳压型消火栓；

2 消火栓箱应安装在隧道侧壁上，消火栓的栓口距地面高度宜为 1.1m；

3 管道内的消防供水压力应保证用水量达到最大时，消火栓的水枪充实水柱不小于 10.0m；消火栓栓口处的出水压力大于 0.5MPa 时，应设置减压设施；

4 消火栓间距不应大于 50m，单洞双向通行或单向通行且大于 3 车道时，应在隧道两侧间隔设置消火栓；

5 隧道长度超过 3000m，宜配置水雾或者泡沫消防水枪；

6 隧道内消火栓应采用统一型号规格，消火栓栓口直径应为 65mm，水枪喷嘴口径不应小于 19mm，消防水带长度不应超过 30m；

7 采用稳高压供水系统的隧道，应在消火栓箱内设置消防水泵启动按钮。

15.3.2 隧道内应配置能够扑灭 A、B、C 类火灾的灭火器，灭火器设计应符合下列规定：

1 通行机动车并设置 3 条及以上车道的隧道，应在隧道两侧设置灭火器，每个设置点不应少于 4 具；

2 隧道内灭火器的单侧设置间距不应大于 50m；

3 灭火器应成组设置在灭火器箱内，安装在隧道侧壁箱体内部，并应设置明显的指示标志。

15.3.3 隧道附属用房内的灭火器配置应符合现行国家标准《建筑灭火器配置设计规范》GB 50140 相关规定。

15.3.4 设置水消防的隧道内宜设置水成膜泡沫灭火装置，水成膜泡沫灭火装置应符合下列规定：

1 水成膜泡沫灭火装置的设计应符合现行国家标准《泡沫灭火系

统技术标准》GB 50151 的规定；

2 水成膜泡沫灭火装置应安装在隧道侧壁箱体內，其箱体安装高度应与消火栓箱协调，可与消火栓箱同处一室；

3 水成膜泡沫灭火装置的设置间距不应大于 50m，应设在行车方向右侧，并应设置明显的指示标志。

15.3.5 隧道出入口应设置室外消火栓，且宜采用地上式；当采用地下消火栓时，应有明显的标志。

15.3.6 隧道出入口应设置水泵接合器，且符合下列规定：

1 水泵接合器应设置在隧道外便于消防车使用的地点，且距离室外消火栓或消防水池的距离不宜小于 15m，并不宜大于 40m；

2 水泵接合器处应设置永久性标志铭牌，并应标明供水系统、供水范围和额定压力。

15.4 消防控制

15.4.1 消防水泵控制柜应设置在消防水泵房或专用消防水泵控制室内。

15.4.2 消防水泵控制柜在平时应使消防水泵处于自动启泵状态。

15.4.3 消防水泵应能手动启停和自动启动，其启停信号应能反馈到消防控制室。

15.4.4 消防水泵应由消防水泵出水干管上设置的压力开关、高位消防水箱出水管上的流量开关，或报警阀压力开关等开关信号直接自动启动。消防水泵房内的压力开关宜引入消防水泵控制柜內。

15.4.5 压力开关和流量开关应具有锁定启泵参数的功能，宜具有远程监控其实时数据的功能。

15.4.6 消防给水系统中的稳压泵组不得与消防给水设备共用一组压力

开关或压力变送器。

15.4.7 消防水泵控制柜位于消防水泵控制室内，其防护等级不应低于 IP30；位于消防水泵房内时，其防护等级不应低于 IP55。

15.4.8 消防水泵控制柜应具有机械应急启泵功能，且机械应急启动时，消防水泵应能在接受火警后 5min 内进入正常运行状态。

15.4.9 消防水泵控制柜应具有接收及向消防控制室传输消防给水系统各种信息以及故障信号、报警信号等功能，消防给水信息应包含以下内容：

- 1 消防水池、高位消防水箱等水源的高水位、低水位报警信号以及正常水位信息；
- 2 压力开关、流量开关等各种启泵信号；
- 3 消防系统故障信号、报警信号及可靠性等有效信息。

15.4.10 雨污水水泵的控制应符合下列规定：

1 雨污水水泵的启闭，应设置自动控制装置。多台水泵可并联交替或分段投入运行；

2 雨污水泵应采用水位自动控制、就地手动和中控室遥控，中控室内应能显示水泵的运行、手/自动、故障等状态及液位信息。

15.4.11 水泵设备控制箱的设备接口规格、通信规约应与综合监控系统接口要求相互匹配。

16 供配电设施

16.1 一般规定

16.1.1 供配电设施应根据城市道路隧道的类别和所带负载设计。

16.1.2 供配电设施设计应遵循下列原则：

- 1 系统构成应简单明确、电能损失小，便于管理和维护；
- 2 应根据工程特点、规模和发展规划，做到近远期结合；
- 3 应采用符合国家现行有关标准的先进、环保、可靠的电气产品。

16.1.3 供配电设施设计应采用下列节能措施：

- 1 应选用低能耗电气设备；
- 2 应合理设置配电级数，减少电能损失，配变电点宜靠近负荷中心；
- 3 应合理补偿无功功率，功率因数应达到 90%以上；
- 4 应合理选择配电变压器的负载率，正常工况负载率宜取 70%~85%；
- 5 应合理选择线缆截面，降低电能线路损失；
- 6 技术经济比较可行时，宜选用太阳能、风能等新能源。

16.2 负荷分级及供电要求

16.2.1 城市道路隧道的电力负荷应根据供电可靠性和中断供电对人身生命、生产安全造成的危害及对经济影响的程度确定负荷等级。城市道路隧道的电力负荷的分级应符合表 16.2.1 的规定。

表 16.2.1 城市道路隧道重要电力负荷分级

序号	电力负荷名称	负荷等级
1	应急照明、电光标志、交通监控设施、环境检测及设备 监控设施、通信设施、有线广播设施、视频监控设施、 火灾自动报警及消防联动设施、中央控制设施	一级负荷*
2	道路基本照明、消防水泵、排烟风机、雨（废）水泵、 变电所自用电设施	一级负荷
3	重要设备机房内的照明、隧道通风风机、电梯等负荷	二级负荷
4	停电后不影响隧道正常运行的负荷，包括空调设备、检 修电源、景观照明等	三级负荷

注：*该一级负荷为特别重要负荷。

16.2.2 隧道供电设计应满足下列要求：

- 1 一级负荷应由双重电源供电，当一个电源发生故障时，另一个电源不应同时受到损坏；
- 2 一级负荷中的特别重要负荷供电除双重电源供电外，尚应增设不间断电源装置（UPS）或应急电源装置（EPS）作为应急电源；
- 3 二级负荷供电系统宜由双回路电源线路供电；
- 4 三级负荷供电系统可由单回路电源线路供电。

16.2.3 供电电压应根据用电容量、供电距离、地区公共电网现状等因素，经技术经济综合比较后确定。

16.3 变配电所及发电机房

16.3.1 变电所的所址应根据下列要求，经技术经济等因素综合分析和比较后确定：

- 1 宜接近负荷中心，接近电源侧；

2 应方便进出线及设备运输；

3 不应设在经常有积水场所的正下方处，也不宜设在与其相贴邻的地方。当贴邻时，相邻的隔墙应做无渗漏、无结露的防水处理；

4 独立设置时，应避开地势低洼和可能积水的场所；

5 室内不应有无关的管道和线路通过。

16.3.2 变电所宜装设两台及以上变压器，当任意一台变压器断开时，其余变压器的容量应能满足全部的一、二级负荷的供电要求。

16.3.3 发电机房位置的选择及配置应符合下列规定：

1 发电机机房宜在建筑的首层，靠建筑外墙布置，且具备通风、防潮、机组的排烟、消声和减振等措施并满足环保要求。当地下室为二层及以上时，不宜设置在最底层，并靠近变电所设置；

2 发电机机房宜设有发电机间、控制室及配电室、储油间、备品备件储藏间等。当发电机组单机容量不大于 1000kW 时，发电机间、控制室及配电室可合并设置在同一房间；

3 发电机间、控制室及配电室不应设在经常有积水场所的正下方或贴邻；

4 柴油发电机房的通风换气能力应与柴油发电机功率相匹配。

16.3.4 柴油发电机组的选择应符合下列规定：

1 柴油发电机组容量与台数应根据应急负荷大小以及单台电动机最大启动容量等综合因素确定；

2 柴油发电机组容量宜按下列方法计算的最大容量确定：

1) 按需要供电的稳定负荷来计算发电机容量；

2) 按最大的单台电动机或成组电动机启动的需要，计算发电机容量；

3) 按启动电动机时，发电机母线允许电压降计算发电机容量。

3 当发电机房设置不能满足周边环境噪声要求时，宜选择自带消声处理装置的发电机组。

16.4 配电设施

16.4.1 隧道配电系统应按负荷分级的原则进行配电，动力、照明、消防及防灾用电负荷应自变电所低压柜出线起分开供电，自成配电系统。

16.4.2 低压配电应采用交流 220V/380V 系统，三相负荷宜平衡。

16.4.3 隧道用电设备受电端的电压偏差允许值：动力设备不宜超过额定电压的 $\pm 5\%$ ，照明设备不宜超过额定电压的 $+5\%$ 、 -10% 。

16.4.4 隧道内宜设置用于维护、检修的维修电源箱，出线回路末端应设置漏电保护装置，容量不应小于 15kW，间距不宜大于 200m，配电回路宜单独设置。

16.4.5 电气设备防护等级应适应城市道路隧道的使用要求，防护等级不应低于 IP55。

16.4.6 当隧道内基本照明、隧道监控等采取自动切断非消防电源方式会造成较大损失或社会影响时，可采用手动切断。

16.4.7 配电系统中的谐波电压和在公共连接点注入的谐波电流允许限值，应符合现行国家标准《电能质量 公用电网谐波》GB/T 14549 的规定。

16.4.8 采用集中报警系统或控制中心报警系统的隧道应设置消防电源监控系统。

16.5 电力监控与保护

16.5.1 防火分类为三类及以上城市道路隧道应设置电力监控系统。

16.5.2 城市道路隧道电力监控系统应能满足城市道路隧道电气设备和线路的继电保护及电气测量要求,应具备电气设备的监视、测量、保护、控制、管理功能。

16.5.3 隧道电力监控系统宜采用分层分布式系统结构。

16.5.4 隧道电力监控系统继电保护和自动装置设计应符合现行国家标准《电力装置的继电保护和自动装置设计规范》GB/T 50062 的规定,其保护装置可按表 16.5.4 配置。

表 16.5.4 隧道电力监控系统保护装置配置

名称		保护装置配置
10kV 配电线路		电流速断、过电流、低电压
10/0.4kV 配电变压器	干式变压器	电流速断、过电流、过负荷、温度、零序过流、单相接地
	油浸式变压器	电流速断、过电流、过负荷、温度、瓦斯
低压配电线路		短路、过负荷、电流速断

16.5.5 防火分类为三类及以上城市道路隧道宜设置电气火灾监控系统,且应满足下列要求:

1 电气火灾监控系统应由下列部分或全部设备组成:电气火灾监控器;剩余电流式电气火灾监控探测器;测温式电气火灾监控探测器;

2 在设置消防控制室的场所,电气火灾监控器的报警信息和故障信息应在消防控制室图形显示装置或起集中控制功能的火灾报警控制

器上显示，但该类信息与火灾报警信息的显示应有区别；

3 电气火灾监控系统的设置不应影响供电系统的正常工作，不宜自动切断供电电源；

4 电气火灾监控器应设置在消防控制室内或保护区域附近；设置在保护区域附近时，应将报警信息和故障信息传入消防控制室。

16.6 线缆及敷设

16.6.1 隧道内桥架上敷设的火灾探测报警设施、监控设施、应急疏散照明、电光标志回路所用的电缆应选用耐火电缆，桥架上敷设的其他线缆宜选用阻燃电缆。

16.6.2 隧道内外电缆敷设路由应遵循强电电缆与弱电电缆分离的原则，合理布置电缆分层及交叉位置。

16.6.3 电线、电缆的选型及敷设的其他要求应按照相关现行国家标准《电力工程电缆设计标准》GB 50217、《建筑设计防火规范》GB 50016等的有关规定执行。

16.7 接地和防雷

16.7.1 低压配电系统的带电导体形式宜采用三相五线制，接地形式宜为 TN-S 制。

16.7.2 低压配电系统宜采用联合接地，接地电阻不应大于 1Ω 。

16.7.3 隧道内的金属构件、电缆金属套、金属管道以及电气设备金属外壳均应与接地装置可靠连接，并形成电气连通。

16.7.4 洞口外、地上建（构）筑物部分的防雷应符合现行国家标准《建

筑物防雷设计规范》GB 50057 的有关规定。洞内可不设置直击雷防护措施，但应在配电系统中设置防雷电感应过电压的保护装置，并应在城市道路隧道内设置等电位联结系统。

17 综合监控

17.1 一般规定

17.1.1 综合监控系统的设计应包括中央监控管理系统、环境及设备监控系统、交通监控诱导系统、视频监控系统、火灾自动报警系统、紧急电话与有线广播系统、无线通信系统等,并应满足城市道路隧道的监控、防灾和管理要求。

17.1.2 综合监控系统应为供配电、消防、通风、照明、给排水等机电系统提供监测、控制接口;同时为交通管理、救援部门提供数据传输接口。

17.1.3 隧道综合监控系统设计宜与相邻道路监控系统联动,宜结合交警等城市交通管理部门的运营需求设计。隧道外机电设施外观应兼顾城市道路景观风格。

17.1.4 防火分类为一类、二类的隧道宜在洞口附近设置监控中心,其余隧道可根据现场情况设置监控中心,或将监控信息上传至其他具有监控中心功能的场所。

17.1.5 隧道管理机构的功能、设置位置、设施配置、人员配置,应根据隧道规模、交通量、隧道集中程度、隧道所处位置及运营管理成本等因素综合考虑设计。

17.1.6 户外安装的机电设备、信号传输线路和供电线路穿越防雷分区时应设置防雷保护装置。

17.1.7 城市道路隧道监控设施信息安全保护应按照现行国家标准《信息安全技术 网络安全等级保护基本要求》GB/T 22239 相关规定执行。

17.2 中央监控管理系统

17.2.1 中央监控管理系统主要由计算机网络系统和综合管理软件等组成。计算机网络系统主要由网络设备、各子系统管理工作站、服务器和大屏幕显示系统等组成。

17.2.2 中央监控管理系统应具备下列功能：

1 监测和控制隧道的运行状况及各种设备的运行和故障处理，协调各系统之间的工作；

2 收集、分析、处理隧道的各种状态数据和运行数据，包括分类、汇总、存储、查询、统计、趋势、报表，以及设备的运行记录、维修记录等，进行各系统的运行模拟和仿真，提供优化运行方案，达到节能和提高运行效率的目的；

3 提供在事故、火灾等紧急情况下的救援指挥和针对突发事件的应急预案。

17.2.3 综合管理软件应支持隧道内各类机电设施及控制设备的通信协议接入，具备良好的兼容性、安全性、可靠性。

17.2.4 综合管理软件宜采用友好的人机界面，宜采用图形化模型的操作方式。

17.2.5 综合管理软件应包括信息采集模块、信息上传模块、信息发布模块、视频控制模块、本地控制模块、隧道通行控制模块、紧急电话系统控制模块、广播系统控制模块、无线通信模块、火灾检测模块、通风控制模块、照明控制模块、图形展示模块、系统联动模块、应急预案模块、应急事件处置模块、日志数据模块等。

17.3 环境及设备监控系统

17.3.1 环境及设备监控系统应由区域控制器、远端输入输出模块、环境监测装置以及网络交换设备等组成。

17.3.2 隧道环境监测项目应包括一氧化碳(CO)浓度、能见度(VI)、风速、风向、洞外亮度等。

17.3.3 环境质量监测仪表应根据通风、照明系统的要求设置在检测环境质量有代表性的断面处。

17.3.4 机电设备监控的主要对象应包括风机、水泵、防火卷帘、照明控制箱等。

17.3.5 机电设备监控的主要信号应包括设备的运行/停止信号、故障信号、就地/远控信号和设备的启停命令。

17.3.6 区域控制器应通过网络交换设备组成光纤环网，传送至中央控制系统，由中央控制系统统一进行管理。

17.4 交通控制诱导系统

17.4.1 交通控制诱导系统应包括车辆检测设备、超高检测装置、车道控制设备、信息诱导设备、区域控制器等。

17.4.2 交通控制诱导系统的主要功能应包括隧道的交通协调和运营管理，采集隧道内车流的平均车速、车流量、车型、道路占有率等交通参数；其目标是保障隧道行车安全，提高通行效率，有效管理交通，避免交通事故的发生。

17.4.3 区域控制器应收集各交通控制设备的检测信息，并对其进行分析处理和存储后上传至中央控制管理系统；区域控制器接收中央控制系

统的控制指令并对交通控制及诱导设备进行控制。

17.4.4 交通控制诱导系统、环境与设备监控系统可合用区域控制器以节省造价。

17.4.5 系统宜采用多源数据融合方式检测交通状况，并实时发布预警信息。

17.4.6 系统宜通过第三方地图实时显示隧道交通状况信息，进行伴随式信息发布。

17.5 视频监控系统

17.5.1 视频监控系统应具备以下功能：

- 1 隧道外摄像机用于全方位监视洞口交通运行状况；
- 2 隧道内摄像机用于连续监视隧道内车辆运行情况和报警救援位置；
- 3 重要设备用房内的摄像机用于监视人员的出入状况。

17.5.2 视频监控系统应包括前端摄像机、传输设备、后端视频处理、视频事件检测及显示设备等。

17.5.3 隧道内直线段固定式摄像机设置间距不应超过 140m，曲线段布置密度应适当增加，以实现视频全覆盖；车行横通道、人行横通道、紧急停车带、分合流点处应设置云台型摄像机，以便通过云台控制捕捉所需的影像。

17.5.4 视频事件检测器应对隧道洞口、紧急停车带、横通道等区域进行重点检测。应能检测但不限于下列事件：停车、交通堵塞、车辆行驶速度低于允许最低行驶速度、行人、车辆逆行、火灾、车辆掉物、车辆抛洒物。

17.6 火灾自动报警及消防联动系统

17.6.1 防火分类为一、二类隧道应设置火灾自动报警系统，通行机动车的三类隧道宜设置火灾自动报警系统。隧道监控中心和各类设备机房、管理用房应设置火灾自动探测报警装置。

17.6.2 城市道路隧道应同时采用线型感温火灾探测器和点型红外火焰探测器（或图像型火灾探测器），各种设备机房、管理用房、变电所、配电室可选用点式感温、感烟探测器或早期火灾探测器。

17.6.3 单洞车行道少于四车道时，点型火焰探测器和图像型火焰探测器宜单侧设置；单洞车行道为四车道时，点型火焰探测器应双侧交错设置，图像型火焰探测器宜设置在隧道中线上方。线型感温火灾探测器保护车道的数量不宜超过两条，宜设置在所保护车道的中线上方。

17.6.4 火灾探测器设备应符合国家有关制度的要求，响应时间不应大于 60s。

17.6.5 消防控制室可与监控中心合并设置，具备远程启动消防水泵、防火卷帘、防烟和排烟风机的功能。

17.6.6 隧道中设置的火灾报警系统宜联动隧道中设置的视频监控系统确认火灾。

17.6.7 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。

17.6.8 消防专用电话可与隧道内设置的紧急电话合用，且应为独立的网络。消防控制室应设置可直接报警的外线电话。

17.6.9 系统应设有主电源和备用电源。备用电源宜采用火灾报警控制器的专用蓄电池或集中设置的蓄电池。

17.6.10 系统设计的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 的相关规定。

17.7 紧急电话与有线广播系统

17.7.1 防火分类为一、二类隧道应设置紧急电话系统与有线广播系统，通行机动车的三类隧道宜设置紧急电话与有线广播系统。

17.7.2 隧道监控中心应设紧急电话总机和广播控制台，各相关区域应设紧急电话分机和广播设施。

17.7.3 有线广播系统应具备下列功能：

1 隧道内发生火灾或交通事故等时，向隧道内车辆进行喊话，传递信息、进行避难指向；

2 正常运营状态下，灵活传递前方车道养护施工状态和交通信息。

17.7.4 紧急电话与有线广播系统的设置应符合下列规定：

1 隧道内紧急电话分级设置间距宜为 100m~150m；

2 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。

17.7.5 系统设计的其他要求应按国家现行标准《建筑设计防火规范》GB 50016、《公路隧道设计规范 第二册 交通工程与附属设施》JTG D70/2 执行。

17.8 无线通信系统

17.8.1 对于可能产生屏蔽的隧道，应设置无线通信系统，并应满足公安、消防统一调度要求，监控中心应设防灾无线通信调度台。

17.8.2 隧道无线通信系统应包含公安、消防无线通信系统、调频广播系统、集成调度无线对讲系统等。

17.8.3 应根据隧道长度和设备性价比、施工维护方案等确定组网方式。

17.9 监控中心

17.9.1 隧道监控中心用房应包括监控大厅、电源室、通信机房。

17.9.2 隧道监控中心监控大厅面积不宜小于 80m^2 ；电源室面积不宜小于 18m^2 ；通信机房面积不宜小于 18m^2 。

17.9.3 隧道监控中心监控大厅净空高度不宜小于 3.6m 。

17.9.4 电源室楼板荷载不应小于 10kN/m^2 ，其他机房楼板荷载不应小于 6kN/m^2 。

17.9.5 吊顶宜选用不起尘的吸声材料，应安装烟雾探测报警器。

17.9.6 监控中心应设置通风换气、排烟及消防设施。

17.9.7 监控中心内应铺设防静电地板。

17.9.8 监控大厅监视墙后面宜预留 $1.0\text{m}\sim 2.0\text{m}$ 的操作空间；监控大厅如设置大屏幕拼接系统，则综合控制台与监视墙间距不宜小于 3.0m 。

17.9.9 机柜宜统一设置在通信机房，两相对机柜正面距离不应小于 1.5m ；机柜侧面距墙不应小于 0.5m ；机柜开门面距墙不应小于 1.2m 。

18 交通安全设施

18.1 一般规定

18.1.1 隧道交通安全设施的设计内容应包括交通标志、标线、轮廓标等。

18.1.2 隧道内交通安全设施的设计应与城市规划和交通管理相协调，与接线道路的设施相匹配，确保交通有序、安全、畅通。

18.1.3 隧道的交通标志、标线设计除应遵守本标准外，还应符合现行国家标准《道路交通标志和标线 第2部分：道路交通标志》GB 5768.2、《道路交通标志和标线 第3部分：道路交通标线》GB 5768.3 和《城市道路交通标志和标线设置规范》GB 51038 的有关规定。

18.1.4 城市道路隧道的交通标志宜采用主动发光或照明式标志，可采用单面发光或双面发光、主动发光和被动反光相结合方式。

18.1.5 隧道交通标志布设不得侵入隧道建筑限界内，在满足现行相关标准的情况下，尺寸可适当调整。

18.1.6 隧道标志版面样式可按照现行行业标准《公路隧道设计规范 第二册 交通工程与附属设施》JTG D70/2 相关要求执行。

18.1.7 城市道路隧道应设置反光交通标线，且标线表面抗滑性能不应低于所在路段路面。

18.2 标志

18.2.1 长度大于 500m 的隧道宜设置隧道信息标志。

18.2.2 隧道入口前应设置开车灯标志。设置有隧道信息标志的，隧道

开车灯标志与隧道信息标志宜合并设置。

18.2.3 隧道入口处可根据城市路网总体交通组织情况设置隧道限高标志及限宽标志。

18.2.4 隧道入口处宜设置限速标志，限速值可根据隧道行车条件及城市路网总体交通组织情况确定。

18.2.5 隧道入口处应根据隧道管理的要求，对限制通行的交通设置禁止通行标志。

18.2.6 紧急电话指示标志应设置于紧急电话上方，底部与检修道高差不应大于 2.5m，标志版面尺寸宜为 250mm×400mm，可根据隧道设计净空调整。

18.2.7 消防设备指示标志应设置于消防设备箱上方，底部与检修道高差不应大于 2.5m，标志版面尺寸宜为 250mm×400mm，可根据隧道设计净空调整。

18.2.8 人行横通道指示标志应设置于人行横通道顶部，底部与检修道高差不应大于 2.5m，标志版面尺寸宜为 500mm×800mm，可根据隧道设计净空调整。

18.2.9 车行横通道指示标志应设置于车行横通道行车方向左侧，底部与检修道高差不应小于 2.5m，标志版面尺寸宜为 500mm×800mm，可根据隧道设计净空调整。

18.2.10 疏散指示标志应设置于隧道两侧墙上，底部与检修道高差不应大于 1.3m，间距不应大于 50m。其他技术指标应符合现行国家标准《消防应急照明和疏散指示系统技术标准》GB 51309 的要求。

18.2.11 紧急停车带标志应设置于紧急停车带入口前 5m 左右，底部与路面边缘高差不应小于 2.5m。标志版面尺寸宜为 500mm×800mm，可

根据隧道设计净空调整。

18.2.12 长度超过 5km 的特长隧道内，从距离隧道出口 3km 处起，可设置 3km、2km、1km 的隧道出口距离标志。

18.2.13 平曲线半径小于一般最小半径的曲线隧道，应设置线形诱导标。线形诱导标应设于隧道侧壁，设置间距可为 1/3 停车视距，并应保证驾驶员在曲线范围内能同时看到不少于 3 块线形诱导标。诱导标底部与路面边缘高差应为 1.2m~1.5m。

18.2.14 当隧道出口与前方交叉口或快速路出口之间的距离较短时，可在隧道内设置指路标志。隧道内指路标志可设置在隧道紧急停车带迎车面的端部或隧道顶部。

18.3 标线

18.3.1 隧道道路标线设计应按照现行国家标准《道路交通标志和标线 第 3 部分：道路交通标线》GB 5768.3 执行。标线应根据相应道路等级设置车行道分界线、车行道边缘线、出入口标线、导流线等。

18.3.2 隧道内的车行道边缘线、车行道分界线可采用振荡标线。单洞双向交通隧道的车行道分界线宜采用振荡标线。

18.3.3 隧道出入口的洞口内及洞外 50m~100m 范围内宜设置实线车道分界线。

18.3.4 隧道内连续弯道、视距不良等危险路段宜设置实线车道分界线。

18.3.5 设置交通信号灯的隧道，入口前应设置停止线。

18.3.6 标线涂料宜采用环保、防滑的反光涂料。

18.3.7 隧道洞门、洞内紧急停车带的迎车面端部宜设置立面标记。

18.4 轮廓标

18.4.1 隧道侧壁应设置双向轮廓标。隧道内设有高出路面的检修道时，在检修道顶部靠近车行道方向的端部或检修道侧壁应增设轮廓标。

18.4.2 轮廓标的设置间距宜为 6m~15m，宜与突起路标设置于相同横断面。设置在隧道侧壁上的轮廓标，安装中心位置与路面边缘高差宜为 700mm。

18.4.3 轮廓标宜选取主动发光型。

19 装修与景观

19.1 一般规定

19.1.1 隧道装修与景观设计应以安全性和功能要求为前提，以缓解洞内行车的封闭感和压抑感为目的。

19.1.2 隧道装修应在洞内无衬砌裂损、渗漏水等病害的条件下实施。

19.1.3 隧道装修与洞口景观设计应相协调，宜结合所在地自然环境、区域文化特点、标志性建（构）筑物等因素。

19.2 洞内装修

19.2.1 隧道洞内装修不应影响隧道内机电设备及交通设施的正常使用及维护。

19.2.2 隧道侧壁装修宜选择浅色为基本色调，装修颜色种类不宜超过3种，宜采用蓝色等冷色调，不宜采用红色及高饱和颜色，特长隧道墙面色彩可分段变化。

19.2.3 隧道顶部及顶部明露管线、设备宜统一喷涂为深色。

19.2.4 隧道装修图案设计应考虑驾驶员在高速移动下的视觉动态特性，宜采用流线性图案，也可在长区段内渐变以避免单调，若采用间隔设置图案的方式，应考虑图案间距大小对驾驶员速度感知的影响。

19.2.5 特长隧道以及有特殊景观要求的隧道，宜开展洞内景观专项设计。

19.2.6 隧道洞内景观可通过灯光投影、LED（点、线）光源、彩色涂装、仿生植物等手段实现。

19.2.7 隧道洞内景观宜在驾驶员平视 120°角范围内的视觉集中区呈现核心内容。

19.2.8 隧道洞内景观图案、侧壁装修图案在清晰可辨的同时不宜凸显过多细节，不宜采用变化速度较快的动态景观。

19.3 装修材料

19.3.1 隧道内装修材料应具有良好的耐火、耐老化、耐潮、抗腐蚀、抗冲击、抗静电性能，并具有良好的加工性能和安装性能，材料燃烧性能应达到 A 级。

19.3.2 隧道侧壁装修材料内表面应平整、光滑、不易沾污、易清洁、耐刷洗，并具有良好的漫反射性能，反射系数应大于 70%，且不得产生眩光。

19.3.3 隧道装修材料在日常使用及火灾高温下不得产生有毒有害气体。

19.3.4 隧道装修宜采用具有吸音、降噪功能的装修材料。

19.3.5 在满足防火要求的基础上，隧道侧壁装修材料可采用搪瓷钢板、钢钙板、纤维水泥装修板、防火涂料、瓷砖等。

19.3.6 隧道顶部装修材料应采用防火隔热涂料或防火板。

19.3.7 隧道装修材料及其结构固定构配件应具有足够的强度及刚度，在日常风压和机械清洗压力下不产生变形或脱落。

19.4 洞口景观

19.4.1 隧道洞口可设置光过渡建筑，未设置光过渡建筑的洞口，景观设计宜考虑减光功能。

- 19.4.2** 隧道洞口景观设计应简洁大方，形式和色彩不宜过分突出。
- 19.4.3** 隧道洞门结构可采用特殊造型、装修涂料等手段进行景观设计。
- 19.4.4** 风塔、变电所、管理中心等附属建筑宜结合周边环境设置，并不得影响道路视线。
- 19.4.5** 洞口绿化布置宜体现道路绿化的特点，以常绿、耐污染灌木为主。

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

- 1 《道路交通标志和标线 第2部分：道路交通标志》GB 5768.2
- 2 《道路交通标志和标线 第2部分：道路交通标志》GB 5768.3
- 3 《爆破安全规程》GB 6722
- 4 《消防安全标志》GB 13495
- 5 《消防应急照明和疏散指示系统》GB 17945
- 6 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 7 《建筑设计防火规范》GB 50016
- 8 《钢结构设计标准》GB 50017
- 9 《建筑物防雷设计规范》GB 50057
- 10 《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068
- 11 《地下工程防水技术规范》GB 50108
- 12 《地下防水工程质量验收规范》GB 50208
- 13 《电力工程电缆设计标准》GB 50217
- 14 《人民防空工程设计规范》GB 50225
- 15 《管井技术规范》GB 50296
- 16 《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497
- 17 《混凝土结构工程施工规范》GB 50666
- 18 《城市道路交通设施设计规范》GB 50688
- 19 《城市道路交通标志和标线设置规范》GB 51038
- 20 《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002
- 21 《钢结构通用规范》GB 55006
- 22 《混凝土结构通用规范》GB 55008
- 23 《城市道路交通工程项目规范》GB 55011

- 24 《建筑与市政工程防水通用规范》 GB 55030
- 25 《电力装置的继电保护和自动装置设计规范》 GB/T 50062
- 26 《混凝土结构耐久性设计标准》 GB/T 50476
- 27 《地下结构抗震设计标准》 GB/T 51336
- 28 《城市快速路设计规程》 CJJ 129
- 29 《城市道路交叉口设计规程》 CJJ 152
- 30 《城镇道路路面设计规范》 CJJ 169
- 31 《城市道路路线设计规范》 CJJ 193
- 32 《城市地下道路工程设计规范》 CJJ 221
- 33 《建筑与市政工程地下水控制技术规范》 JGJ 111
- 34 《建筑基坑支护技术规程》 JGJ 120
- 35 《湿陷性黄土地区建筑基坑工程安全技术规程》 JGJ 167
- 36 《建筑工程抗浮技术标准》 JGJ 476
- 37 《型钢水泥土搅拌墙技术规程》 JGJ/T 199
- 38 《高压喷射扩大头锚杆技术规程》 JGJ/T 282
- 39 《渠式切割水泥土连续墙技术规程》 JGJ/T 303
- 40 《地下工程盖挖法施工规程》 JGJ/T 364
- 41 《管幕预筑法施工技术规范》 JGJ/T 375
- 42 《公路隧道抗震设计规范》 JTG 2232
- 43 《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》 JTG 3370.1
- 44 《公路工程技术标准》 JTG B01
- 45 《公路沥青路面设计规范》 JTG D50
- 46 《公路桥涵设计通用规范》 JTG D60
- 47 《公路工程混凝土结构耐久性设计规范》 JTG/T 3310
- 48 《铁路桥涵设计规范》 TB 10002

- 49 《公路双向八车道大跨度隧道技术规范》 DB 37/T 4507
- 50 《城市超小净距浅埋暗挖隧道施工技术标准》 DB 37/T 5152

山东省工程建设标准

城市道路隧道工程设计标准

Standard for design of urban road tunnel engineering

DB37/T XXX—202X

附：条文说明

制 定 说 明

《城市道路隧道工程设计标准》DB 37/T XXXX—XXXX，经山东省住房和城乡建设厅、山东省市场监督管理局 2023 年 XX 月 XX 日以鲁建标字〔20XX〕XX 号通知批准、发布。

本标准主编单位是山东省交通规划设计院集团有限公司、济南城建集团有限公司，参编单位是济南市市政工程设计研究院（集团）有限责任公司、中铁二十局集团第四工程有限公司、招远市政府投资工程建设服务中心、中交一公局集团有限公司、威海市环翠区城市发展投资有限公司、青岛市市政工程设计研究院有限责任公司，主要起草人是万利、张长安、孙杰、郑召怡、吴涛、王仁伟、滕方勇、陈光勇、沈佳佳、胡瑶瑶、田桂珍、陆建群、董宗岭、宋彦平、张利军、冯荣海、孙昌海、邵行、宋京、徐磊、陶楚青、周逸凯、张欣欣、张艳、张青青、林国伟、杨力、屈加林、王云博、于涛、陈兆慧、刘爱敏、袁迪、王鑫、文鹏、赵艳萍。本标准制定过程中，编制组进行了广泛和深入的调查研究，总结了近年来城市道路隧道工程的建设经验，同时参考了国内外先进技术标准。

为便于广大设计、施工、监理、项目管理、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与

标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

1 总 则

1.0.1 随着国民经济的快速发展和城市化进程的不断推进，城市发展空间不断拓展，居民对交通基础设施建设提出了更高的要求。隧道因其具有的改善线形、缩短里程、节约占地、保护环境等优势，在山东省城市道路建设中被越来越多地采用，并且呈现出断面超大、埋深超浅、净距超小、环境复杂、功能多样等特点。

现行行业标准《城市地下道路工程设计规范》CJJ 221适用于地下通道、地下立交、越江（河）通道、山岭隧道等多种地下道路类型，对于指导城市地下道路工程的设计发挥了重要的作用。因其涵盖范围广，受篇幅所限难以面面俱到，对以钻爆法为主要开挖手段的城市道路隧道设计缺乏针对性指导。设计人员往往参照现行行业标准《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》JTG 3370.1相关条文执行，而城市道路隧道与公路隧道由于建设环境不同，完全参照显然不合适，导致目前城市道路隧道设计成果差异较大。

因此，编制符合我省实际的《城市道路隧道工程设计标准》，可规范城市道路隧道的设计，指导城市道路隧道的施工，形成相对统一的设计成果和指标，有效控制工程造价，确保我省城市道路隧道的高标准设计、高质量施工、高品质运营，提升我省城市道路隧道工程的整体建设水平。标准对提升我省城市道路隧道工程的整体建设水平，促进我省市政工程建设快速发展，完善地下空间专业领域工程建设标准体系，具有巨大的社会和经济效益。

1.0.2 本条规定了标准的适用范围。从功能上适用于山东省域范围内新建的仅限通行非危险化学品机动车辆的道路隧道，主要针对机动车

辆专用通道，也包含部分等级功能较低、长度较短、机动车兼有非机动车和人行通行的道路隧道。不适用于通行危险化学品车辆的城市道路隧道及仅供人行和非机动车通行的专用隧道。

从城市道路隧道类型上适用于采用暗挖法、明挖法为主要开挖手段的新建城市道路隧道。该处暗挖法主要指采用爆破或悬臂掘进机等简易机械开挖形成的城市道路隧道，采用其他开挖方式的地下通道、地下立交、越江（河）通道、山岭隧道等均不在本标准规定范围内。

1.0.5 本标准编制目的是制定符合山东省城市道路隧道特点的技术标准，并完善山东省工程建设标准体系中的城市道路隧道建设标准体系。城市道路隧道设计系统性强，涉及总体、结构、防排水、施工、照明与供配电、通风与消防、监控与交通安全等多专业，本标准阐明了城市道路隧道的设计要点及相关技术指标，设计过程中应与国家、行业和山东省现行有关标准配合使用。

2 术 语

2.0.3 在既有道路下方或地表以下采用下沉式隧道结构形式修建隧道，形成地上、地下相结合的交通体系，解决城市交通拥堵问题的同时节约了城市空间，达到了城市美观的目的，在城市道路中得到愈来愈多的应用。本标准中下沉式隧道是指采用明挖法、暗挖法（采用爆破或悬臂掘进机等相关简易配套机械开挖）或两者相结合的方法施工的隧道，是城市道路隧道主要的一种结构形式。

2.0.6 采用微型桩对隧道初期支护进行锁脚，可充分发挥初期支护的承载作用，有效改善软弱围岩和支护结构的应力状态，解决软弱围岩隧道施工过程中存在的支护变形、围岩坍塌等问题。

3 基本规定

3.0.5 城市道路隧道防火分类应根据其封闭段长度 L 和交通情况分为一、二、三、四类，并应符合表 3.0.5 的规定。

表 3.0.5 城市道路隧道防火分类

用途	一类	二类	三类	四类
	隧道封闭段长度 L (m)			
可通行非危险化学品等机动车	$L > 1500$	$500 < L \leq 1500$	$L \leq 500$	-
仅限通行非危险化学品等机动车	$L > 3000$	$1500 < L \leq 3000$	$500 < L \leq 1500$	$L \leq 500$
仅限人行或通行非机动车	-	-	$L > 1500$	$L \leq 1500$

3.0.8 城市快速路具有中央分隔、分向行驶、控制出入、交通连续、快速通行等特点，横断面可分为主、辅路，主路供机动车行驶，辅路供慢速机动车、非机动车和行人通行，主、辅路间必须设置隔离设施并控制开口。因此，应禁止在城市快速路隧道同孔设置非机动车道或人行道。

对于其他等级的道路隧道，当长度大于 1000m 时，隧道内车辆尾气排放对通风、排烟要求较高，目前技术条件下，慢行交通同孔通行存在较大的安全隐患，因此禁止将非机动车道和人行道与机动车道同孔设置；当长度小于 1000m 时，机动车道与非机动车道、人行道同孔设置时，要求必须设置护栏进行隔离，以确保通行安全。

4 隧道建设条件调查

4.1 一般规定

4.1.2 由于隧道工程的特殊性,参考现行行业标准《市政工程勘察规范》CJJ 56 的规定,隧道工程重要性等级划分按照一级执行。

5 总体设计

5.1 一般规定

5.1.1 城市道路隧道是城市道路的组成部分，应符合城市规划。城市地下空间资源宝贵，开发具有不可逆性，需要与轨道交通、综合管廊及其他地下基础设施统筹考虑和统一规划。

5.1.2 短隧道应采用与两端衔接的地面道路一致的设计速度，否则需要车辆在短距离范围内改变运行速度，不利于行车安全；同时考虑到隧道建成后后续改扩建难度大，不宜采用较低的设计时速。过高的设计时速直接关系到隧道的断面大小、平纵线形指标、结构安全和机电设备配置要求，同时将加大运营成本和运营风险。中、长隧道建设条件受限时，从工程建设及运营经济性和行车安全考虑，设计速度可降低一个等级。

5.1.4 近年来，国家对环保和节能愈加重视，陆续制定和修订了多项节能和环保的政策和法律法规，如《中华人民共和国节约能源法》《中华人民共和国环境保护法》，均对工程建设的节能和环保要求作出了规定，城市道路隧道设计应在满足安全、经济、可靠的原则下，体现节能环保，宜选用高效、低能耗的设备系统，对通风、照明等能耗较大的设备应采取全面的节能设计。

5.2 平面线形设计

5.2.1 城市道路隧道的平面线形布置除了受城市道路网布局、地区控制性详细规划、道路规划红线宽度等影响外，还受既有地下管线设施、

建筑物基础等影响,因此,平面线形布置时,指标选取应综合考虑确定。

对于上下行交通分离的独立双洞,在平面线形布置时应保证两洞的最小净距,避免净距过小导致两洞结构彼此产生相互不利影响,或导致地面较大沉降和结构较大变形等。最小净距一定程度上影响道路平面线形的整体布置形式,最小净距应根据围岩条件、断面形状和尺寸、施工方法等因素综合确定。

5.2.4 汽车在曲线上行驶时所占的车道宽度,比直线段的大。现行行业标准《城市道路工程设计规范》CJJ 37 第 6.2.6 条规定,当圆曲线半径小于或等于 250m 时,应在圆曲线内侧加宽,并应设置加宽缓和段。城市道路隧道内不宜采用小于 250m 的圆曲线,否则需要在圆曲线、缓和曲线过渡段位置加大隧道断面,从而增加建设成本,且不利于行车安全。

5.4 横断面设计

5.4.1 隧道横断面设计与隧道施工方法密切相关,从减少建设成本及施工风险角度,横断面不宜过大,但应满足通风、给水与排水、供电与照明、综合监控设施、交通设施、防灾设施的安装要求,并应考虑一定的结构变形与施工误差。特别指出的是,隧道侧墙装修面与建筑限界间应为火灾探测器和报警器等非完全嵌入式设备预留足够的安装空间;隧道顶部建筑限界上方除考虑风机、车道指示器和情报板等大尺寸设备外,在竖曲线变坡点两侧应考虑一定的车辆挑高空间。

5.4.4 为保障城市道路隧道的运营安全,不宜在同一孔内布置双向交通,应尽可能分孔隔离,从而减小城市道路隧道的结构跨度,断面更为经济,通风排烟可利用活塞风,降低运营成本和风险。

当受道路红线或障碍物控制导致断面分孔隔离布置确实受限时,对

于设计速度大于或等于 50km/h 的短隧道，可在同一通行孔内布置双向交通，但必需采用中央防撞设施进行安全隔离，对于中、长隧道考虑到运营安全和成本，仍应采用分孔隔离双向交通；对于设计速度小于 50km/h 的中低速城市道路隧道，条件困难时可采用包括隔离反光柱、双黄线等中央安全隔离措施进行隔离。当在同一通行孔内布置竖向交通时，必须充分考虑运营管理的安全可靠，以及通风、消防逃生等特殊要求。

5.4.8 城市道路隧道与公路隧道不同，隧道可以进行封闭养护，养护人员不需要通过检修道对隧道运营情况进行检修。但当城市道路隧道内发生交通事故时，驾驶员只能在行车道内等待救援；火灾工况下，后方车辆内驾驶员也只能在行车道内逃生，存在安全隐患。城市道路隧道应设置双侧检修道，当条件受限不设置检修道时，应对逃生、救援等进行专项论证。

5.4.10 城市道路隧道受建设环境、工程投资等限制，经常出现无法设置连续式紧急停车带情况，此时，可设置应急停车港湾。应急停车港湾的设置位置及间距应因地制宜，可根据隧道等级、交通流特点和建设条件等因素综合确定，也可以利用匝道进出变数车道两端或其它结构转换节点扩挖区设置。当施工工法或实施环境受限时，进行经济技术比较后可适当增大设置间距。

7 结构设计

7.2 复合式衬砌

7.2.1 城市山岭隧道复合式衬砌设计应符合下列规定：

11 两车道、三车道隧道复合式衬砌支护参数可按照现行行业标准《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》JTG 3370.1 选用，四车道隧道支护参数可按照现行山东省地方标准《公路双向八车道大跨度隧道技术规范》DB37/T 4507 选取。施工过程中应根据超前地质预报及现场围岩监控量测结果对设计支护参数进行必要的调整。

现行行业标准《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》JTG 3370.1 仅对两车道、三车道隧道复合式衬砌的支护参数做了规定，而未涉及四车道隧道。由于四车道隧道大跨、扁平，洞室开挖后围岩应力场演化规律及隧道结构受力特征与常规的两车道、三车道隧道情况存在明显不同，设计人员往往对四车道隧道支护设计认识不一致，导致设计成果差异大。本标准编写过程中充分吸收济南市东南二环延长线、滨莱高速公路淄博西至莱芜段改扩建、广州华南快速路石门堂山隧道等多单洞四车道隧道群工程建设经验，结合“复杂城区环境大跨度隧道群建设关键技术”“超大跨度公路隧道设计与施工综合技术研究”“超大跨度公路隧道绿色建造关键技术研究”等多项课题研究成果，提出四车道隧道支护参数可按现行山东省地方标准《公路双向八车道大跨度隧道技术规范》DB37/T 4507 选取。

8 防排水设计

8.1 一般规定

8.1.8 为了避免或减弱地下水对隧道结构的作用,保证隧道主体结构安全,山岭隧道大多按照“以排为主”的原则设计,衬砌一般采用“半包”(仅拱、墙铺设防水板)防水的措施。下沉式隧道由于埋深较小、水位不高,为避免地下水流失对城市环境产生负面影响,宜对地下水采用限流排放措施,通过衬砌结构“全包”(拱、墙、仰拱铺设防水板)等措施实现。

8.2 复合式衬砌防排水

8.2.5 3 隧道洞口为防止洞外路面水流向隧道洞内,一般在洞口设置排水横截沟进行拦截。传统横截沟采用盖板和盖座分离形式,如铸铁篦子置于混凝土沟壁上,导致车辆行驶碾压盖板产生跳起,增加车辆事故发生的隐患,也不利于行车舒适。为此,本标准提出宜采用盖板和盖座整体浇铸的一体化横截沟。

9 附属结构

9.1 一般规定

9.1.5 近期作为施工通道增加工作面,后期作为具有使用功能的永久结构。临时辅助通道可采用喷锚衬砌,施工完成后应进行回填处理;永久结构辅助通道应采用复合式衬砌,且按与隧道主洞相同标准设计完善的防排水设施。

10 辅助工程措施

10.3 为解决软弱围岩等地质条件较差区域隧道施工过程中存在的支护变形、围岩坍塌等问题，宜采用锁脚微型桩方式对初期支护拱架进行锁脚，依靠锁脚微型桩的承载和注浆加固作用，改善软弱围岩和支护结构的应力状态，充分发挥初期支护的承载作用，以抑制隧道的变形并防止围岩坍塌。

11 施工方案设计

11.1 一般规定

11.1.2 城市道路隧道具有跨度大、结构扁平、地质条件复杂、周边环境影响因素多等特点，隧道施工时面临多次工法转换等问题。因此，本标准提出充分利用大跨隧道的横向宽度，制定合理的施工工法，以确保安全、快速施工。但由于不同围岩级别采用的施工方法不同，涉及不同工法之间的转换问题，导致工法转换中支护结构应力调整复杂并产生应力集中现象，易发生支护结构应力超限破坏现象，因此有必要考虑不同工法间的安全转换措施。

11.2 暗挖法

11.2.5 中壁台阶法适用依据不仅仅是隧道围岩等级，其主要适用于“上软下硬”地层情况，施工工法选用时应考虑全面。

11.2.6 借鉴济南市东南二环延长线、滨莱高速公路淄博西至莱芜段改扩建、广州华南快速路石门堂山隧道等单洞四车道隧道群建设经验和研究成果，本标准提出了两种适用于大跨隧道下半断面岩石承载力较高工况下的大跨度城市道路隧道开挖工法——中壁台阶法和钢架岩墙组合支撑法。两个工法充分利用了城市大跨隧道的横向宽度，将传统的 CD 工法中壁钢支撑下半部分用承载力较好的岩石替代，较传统的 CD 工法可有效减少临时支撑、喷射砼用量，缩短钢支撑拆撑时间，提高月开挖进尺，有效加快了施工进度。

11.3 明挖法

11.3.1 明挖法对城市环境干扰较大，其应用受到交通条件、场地环境等因素限制，应充分论证明挖法对城市环境、周边建(构)筑物的影响。

12 路基与路面

12.2 路基

12.2.2 隧道路面下完善的排水系统可减少病害，大幅提高路面结构的使用寿命。特别是沥青面层对水敏感、水稳定差，保证无水环境至关重要。

12.3 路面

12.3.3 隧道内沥青混合料施工采用温拌施工工艺，主要是为了改善隧道密闭空间施工的作业环境，但应注意选择不影响混凝土路用性能的温拌外加剂。

13 照明设施

13.1 一般规定

13.1.1 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）和世界大多数国家均以亮度指标为依据制定隧道照明标准。

照明系统闪烁频率与照明亮度、灯具布置和行车速度等因素有关，合理确定闪烁频率可避免视觉上的不舒适与心理干扰，以达到行车安全的目的。

诱导性是指照明设施的诱导性，即给机动车驾驶员提供有关道路前方走向、线形、坡度等视觉诱导。

13.1.9 隧道运营中照明系统灯具的管理及定期养护至关重要。细致、完善的养护管理可使照明系统维持所需的照明亮度水平、延长光源及灯具寿命且降低运营成本，使隧道照明系统经济、节能运行。

养护系数的取值影响因素众多，包括光源的光通量衰减、光源和灯具上尘埃等污染物质的长期侵蚀引起灯具灯罩和反射器效率的下降、隧道墙面反射率的降低以及灯具附件的损坏等，养护系数反映了上述因素的综合影响。鉴于各隧道的纵坡条件、大型车比例、运营管理方式等大不相同，对灯具、光源等设施的养护管理要求不尽相同，故作出本条规定。

13.9 光源和灯具

13.9.3 IP65 的含义是：防尘达到 6 级，无尘埃进入；防水达到 5 级，

任何方向喷水无有害影响。

14 通风与防排烟设施

14.1 一般规定

14.1.1 隧道纵断面设置会影响隧道需风量大小、通风系统设置规模，因此隧道通风应考虑隧道长度及纵断面形式。

14.2 隧道运营通风

14.2.4 对于长度 L 小于等于 1000m 的隧道可不考虑交通阻滞；对于长度 L 大于 1000m 的隧道，阻滞段宜按长度为 1000m 计算，其中，城市快速路隧道内各车道平均行车速度不大于 20km/h；其他城市道路隧道内各车道平均行车速度不大于 10km/h 均视为交通阻滞。

14.2.7 通过模拟实验得到，当隧道长度为 500m~1500m 时，隧道内任何长度为 500m 隧道段的开孔率只要不小于 2.6%，竖井自然通风将能够满足隧道的营运通风和火灾时的防排烟要求；当隧道长度为 1500m~3000 m 时，隧道内任何长度为 500m 隧道段的开孔率只要不小于 3.2%，竖井自然通风将能够满足隧道的通风和火灾时的防排烟要求。

14.4 风机的选型、安装

14.4.2 用于火灾排烟的射流风机应至少备用一组，备用射流风机宜采用同型号风机成组备用。计算所需射流风机台数为 1~6 时，可备用 1 组；计算所需射流风机台数大于 6 组时，可考虑所需台数 15% 的备用量。

15 消防给水与灭火设施

15.2 消防给水系统

15.2.2 隧道的水系灭火系统有：室内外消火栓系统、泡沫灭火装置、附属用房中的水喷雾灭火系统等。可能同时开启灭火的系统中，用水量最大的一般应为室内外消火栓系统。一般情况下，隧道消防用水量应按照室内外消火栓用水量之和计算。现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016“12 城市交通隧道”中规定，城市道路隧道消防用水量包括隧道内用水量和隧道洞外用水量，根据隧道类别分别为 20L/s、30L/s 和 10L/s、20L/s。本规程借鉴城市道路隧道消防用水量确定原则，确定了隧道内、外消火栓用水量。

15.2.3 当地形可利用时，将消防水池设于高处，利用重力流供水，供水较为可靠，且与用泵加压相比，运行费用及维护工作量均较低。

15.2.10 为保证隧道消防水系灭火系统的安全可靠性，要求隧道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。常高压给水系统从高位消防水池至环状管网的引入管和稳高压给水系统从消防水泵房至环状管网的引入管均不应少于 2 根。

15.2.12 为确保隧道环状管网在任何情况下，都能满足火场用水的需要，有必要使用阀门将环状管网分成若干独立段，以便于管道局部损坏或检修时，关闭损坏或检修段管网两端的阀门，其他管段的消火栓仍能够正常使用。隧道环状管网上的阀门应处于常开状态。

15.2.14 为延长管道使用寿命，隧道消防给水管网采用内外镀锌钢管较为合适。隧道火灾初期，管道压力急剧上升，为确保管道供水的可靠性，

管道连接应首先考虑选用沟槽式连接件（卡箍）连接，这种连接方式承压大，安装方便。

15.2.17 给水试验装置用来测试消防管网的压力和流量，监测给水系统的正常运行。

15.3 灭火设施

15.3.2 引发隧道内火灾的主要部位有：行驶车辆所使用的燃料和运载货物等，火灾类型一般为 A、B 类混合。部分火灾可能因隧道内的电气设备、配电线路引起。因此，在隧道内要合理配置能扑灭 ABC 类火灾的灭火器。根据现行国家标准《建筑灭火器配置设计规范》GB 50140 对灭火器配置场所的火灾种类的划分，A 类火灾：固体物质火灾；B 类火灾：液体火灾或可熔化固体物质火灾；C 类火灾：气体火灾；D 类火灾：金属火灾；E 类火灾：带电火灾物体带电燃烧的火灾。

16 供电设施

16.2 负荷分级及供电要求

16.2.1 电力负荷分级原则是根据供电可靠性及中断供电在安全、经济上所造成的损失或影响程度进行。

一级负荷中特别重要负荷：指火灾时须继续维持供电的设备。

一级负荷：中断供电将造成人身伤亡、中断供电将造成重大政治影响、中断供电将造成重大经济损失、中断供电将造成公共场所秩序严重混乱的电力负荷。

二级负荷：中断供电将造成较大经济损失、中断供电将造成公共场所秩序混乱、中断供电造成较大政治影响的电力负荷。

三级负荷：不属于一级和二级的其他电力负荷。

16.2.2 隧道供电系统中，两个电源可一用一备，还可同时工作，各供一部分负荷。同时供电的双重电源供配电系统中，其中一个回路中断供电时，其余线路应能满足全部一级负荷及二级负荷的供电要求。

柴油发电机组可以作为双重电源的第二电源。因地区大电力网在电网电压上部是并网的，所以用电部门无论从电网取几回电源进线，也很难得到严格意义上的两个独立电源，因此选用柴油发电机作为第二备用电源，也有其特有的优势。

16.3 变配电所及发电机房

16.3.4 柴油发电机组容量不宜小于或一级、二级负荷容量之和。

发电机母线电压不应低于额定电压的 75%。当条件允许时，电动机

可采用降压启动方式。

17 综合监控

17.1 一般规定

17.1.2 视频监控系统应预留千兆及以上接口，以便与交警和公安部门的视频监控网络平台连接，实现实时互联互通，信息共享和联动，满足路网统一管理的需求。

17.1.4 隧道监控中心宜按照区域统筹设置，或与城市道路监控中心合并设置，可管理多个隧道。确保将火灾报警及紧急电话等救援信息实时上传至有人值守点，对交通实时管控。

17.2 中央监控管理系统

17.2.1 中央监控管理系统是以保障隧道管理服务水平为原则，并与所在路段管理体制相适应，其系统设计应结合管理体制，对系统功能、控制方式等提出要求。

17.2.5 软件模块应根据硬件的设置进行相关配置。预案应包含隧道灾害工况下的应急预案及日常处置方案。

17.3 环境及设备监控系统

17.3.1 设备监控系统是设置各类监控设备和智能仪表对隧道内安装的机电设备的运行状态进行采集、显示、故障信号报警以及设备的启停控制，达到对所有机电设备实现远程遥信、遥测、遥控自动化的目的。

17.3.2 下沉式隧道内宜设置液位传感器，和隧道交通控制系统联动，当水位超过报警水位时封闭交通。

17.4 交通控制诱导系统

17.4.5 可采用雷达、视频融合技术进行事件检测，信息诱导系统宜考虑对网联车辆的交通管控。

17.5 视频监控系统

17.5.1 重要设备用房（包括变电所、泵房）内应设置网络摄像机；摄像机宜设置在顶部或墙角，以能看清人员进出机房内主要区域为原则。

17.5.3 隧道内摄像机具体间距根据线型、车道数量、隧道宽度综合确定。

17.6 火灾自动报警系统

17.6.1 监控中心的监控大厅、控制室及各类设备机房应设置火灾自动探测报警装置。

17.6.5 隧道监控中心是隧道监控和管理的核心，它兼有信息中心、控制中心、日常运行管理中心的作用，同时也是应急事故处理的指挥中心。各监控子系统在事故时须跨系统联动、协同工作。通常消防控制室与监控中心合建在一起，形成综合的集成系统，更便于管理和节省人力、设备资源。

监控中心平台软件应能显示消防水池等水源的水位信号以及环境监测信号，并能远程启动消防水泵、防火卷帘、防烟和排烟风机。

17.6.6 消控室的值班人员可以根据监控图像，核实火灾报警的准确性。

17.7 紧急电话及有线广播系统

17.7.2 有线电话主要是为隧道内及隧道口部的驾乘人员提供紧急呼叫之用，当隧道内发生交通事故或意外情况时，驾乘人员只要拿起有线电话便可以 and 隧道监控中心紧急电话话务台进行通话，报告事故情况，值班人员确认后，组织调度救护车、清障车和相关排障人员前往隧道现场进行救援、排障、疏通道路交通，减少事故损失和影响。当隧道采用无人值守模式时，紧急电话应具备向上级话务转接功能。

17.7.3 隧道有线广播主要是在隧道内阻塞、交通事故、发生火灾等情况下使用。当在隧道内由于火灾或交通事故而发生阻塞，隧道监控中心组织灭火、指挥疏导车辆、治理混乱、抢救受伤人员时，值班人员可通过有线广播向隧道内车辆驾乘人员喊话、传递信息、疏散和处理事故人员和车辆。因此，隧道有线广播系统是处理火灾等重大事故的重要手段。平时也能利用此系统灵活地播送交通信息或道路养护等语音信息。

17.9 监控中心

17.9.2 根据隧道监控大厅、电源室、通信机房内设备布局，推荐长×宽分别为 10m×8m、3.6m×5.4m、3.6m×5.4m。

18 交通安全设施

18.1 一般规定

18.1.4 由于隧道空间相对封闭，传统的靠反光交通标志在隧道内部使用时间较长后会因空气油污，而失去反光效果。因此，隧道宜采用照明式和主动发光式标志，增加交通标志的可识别性。

18.1.5 设计中可参考现行国家标准《城市道路交通标志和标线设置规范》GB 51038，对隧道内或桥下因建筑限界、结构承载能力限制等特殊情况，需缩小标志版面尺寸时，可适当减小文字高度，最小高度不应小于一般值的 0.8 倍，或采用高宽比为 1 : 0.75 的窄字体，但不得改变版面各要素之间的相互关系。

18.2 标志

18.2.1 隧道信息标志和隧道开车灯标志可合并设置，距离洞口的距离通常参考下表：

表 18.2.1 隧道信息标志设置距离

设计速度 (km/h)	100-120	80	≤60
设置距离 (m)	100-250	50-120	30-80

18.2.5 隧道内的行驶环境与一般路段行驶环境有较大差异，主要是光线、通风、视野等，为确保隧道内的通行安全，需要对某些交通进行必要的限制，为配合隧道管理，在隧道入口处必须对限制通行的交通（如：行人、自行车、摩托车、拖拉机、畜力车及危险品运输车等）设置禁止标志。

18.2.10 疏散指示标志的表面最小亮度不应小于 $5\text{cd}/\text{m}^2$ ，最大亮度不应大于 $300\text{cd}/\text{m}^2$ ，白色、绿色本身最大亮度物少亮度比值不应大于 10，白色与相邻绿色交界两边对应点的亮度比不应小于量不应大于 15。

18.2.12 本条参考现行国家标准《道路交通标志和标线 第 2 部分：道路交通标志》GB 5768.2 中第 8.6.3 条隧道出口距离标志的要求。

18.3 标线

18.3.3 隧道进出洞口、急弯等路段通常是事故多发路段，因此，规定在这些路段范围设置实线车道分界线，禁止变换车道和超车。

18.4 轮廓标

18.4.3 轮廓标技术要求可参照现行国家标准《轮廓标》GB/T 24970 的规定。

19 装修与景观

19.3 装修材料

19.3.6 隧道顶部设置防火隔热涂料或防火板，其主要目的是火灾工况时确保隧道主体结构满足耐火极限要求。

19.4 洞口景观

19.4.1 隧道洞口内外明暗突变引起的“黑白洞效应”及洞口日照炫光引起的视觉干扰，导致机动车驾驶人进出隧道时眼睛不适甚至短暂“失明”，易引发交通事故。本标准设置光过渡建筑，目的就是为了缓解洞口内外光线骤变，使驾驶人对明暗适应过程变得平缓；抑制日照炫光对驾驶人的视觉干扰，消除由此引起的交通事故安全隐患。

19.4.4 城市中心区修建高风塔对周边环境影响较大，宜与管理中心或其他建筑结合考虑，做到与周边环境协调统一。