



T/CECS G XXXX: 2023

中国工程建设协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction
Standardization

公路水下隧道交通工程及附属
设施设计标准

Technical Standards for Traffic Engineering and Affiliated Facilities
Design of Highway Underwater Tunnel

中国工程建设标准化协会 发布

Issued by China Association for Engineering Construction Standardization

(空白)

征求意见稿

中国工程建设协会标准

公路水下隧道交通工程及附属设施 设计标准

Technical Standards for Traffic Engineering and Affiliated Facilities
Design of Highway Underwater Tunnel

T/CECS G: D31-02-2020

主编单位：北京交科公路勘察设计研究院有限公司

批准部门：中国工程建设标准化协会

实施日期：2023年XX月XX日

人民交通出版社股份有限公司

前 言

根据中国工程建设标准化协会“关于开展 2020 年第二批中国工程建设标准化协会标准（CECS G）制修订项目编制工作的通知（中建标公路【2020】150 号）的要求，由北京交科公路勘察设计研究院有限公司承担《公路水下隧道交通工程及附属设施设计标准》（以下简称“本标准”）的制订工作。

编写组在总结公路水下隧道交通工程及附属设施十余年来工程经验和相关科研成果的基础上，规范和总结公路水下隧道交通工程与附属设施的技术成果，制订我国公路水下隧道交通工程与附属设施的设计标准及原则。

本标准分为 14 章，主要内容包括总则、术语、一般规定、交通安全设施、通风设施、交通监控设施、火灾报警设施、消防设施、隧道供配电设施、排水设施、综合管线、预留预埋、系统集成。

请注意本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

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

本标准由中国工程建设标准化协会公路分会负责归口管理，由北京交科公路勘察设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释，在执行过程中如有意见或建议，请函告本标准日常管理组，中国工程建设标准化协会公路分会（地址：北京市海淀区西土城路 8 号；邮编：100088；电话：010-62079839；传真：010-62079983；电子邮箱：shc@rioh.cn），或杨秀军（地址：北京市海淀区花园东路 15 号旷怡大厦 14 层；邮编：100191；传真：010-82010990；电子邮箱：314618450@qq.com），以便修订时研用。

主 编 单 位：北京交科公路勘察设计研究院有限公司

参 编 单 位：深中通道管理中心

港珠澳大桥管理局

清华大学

招商局重庆交通科研设计院有限公司

西南交通大学

妥思空调设备（苏州）有限公司

中铁十二局集团有限公司

主 编:

主要参编人员:

主 审:

参与审查人员:

参 加 人 员:

征求意见稿

目 录

1、	总则.....	2
2、	术语.....	2
3、	一般规定	2
4、	交通安全设施	3
	4.1 一般规定	3
	4.2 交通标志	3
	4.3 交通标线	4
	4.4 护栏	4
	4.5 缓冲设施	4
	4.6 限高设施	4
5	通风设施.....	4
	5.1 一般规定	4
	5.2 技术标准	6
	5.3 隧道需风量	6
	5.4 设计风速	6
	5.5 防排烟设计	6
	5.6 主要设备	8
	5.7 通风控制	9
6、	照明设施.....	9
	6.1 一般规定	9
	6.2 技术标准	10
	6.3 照明灯具	11
	6.4 照明节能措施	11
	6.5 照明控制	12
7、	交通监控设施	12

7.1 一般规定	12
7.2 交通及环境监测设施	13
7.3 交通控制及诱导设施	19
8. 火灾报警设施	27
8.1 一般规定	27
8.2 设施设置及技术要求	28
9 消防设施	28
9.1 一般规定	28
9.2 系统配置	28
9.3 消防用水	29
9.4 消防灭火设施	30
9.5 供水设施	33
9.6 防火分隔设施	34
9.7 监测与控制	35
10、隧道供配电设施	35
10.1 一般规定	35
10.2 供电设施	36
10.2.1 隧道电力负荷分级	36
10.2.2 隧道供电要求	37
10.2.3 隧道供电电源和变配电所	37
10.2.4 配电变压器选择	38
10.2.5 柴油发电机	39
10.3 配电设施	39
10.3.1 隧道配电回路	39
10.3.2 隧道配电线路	39
10.3.3 应急电源	39

10.3.4 电力监控系统.....	40
11、排水设施.....	41
11.1 一般规定.....	41
11.2 洞内排水泵房.....	41
11.3 洞口雨水泵房.....	42
12 综合管线.....	42
12.1 一般规定.....	42
12.2 管线布置.....	42
12.3 安装要求.....	43
12.4 防腐要求.....	43
13 预留预埋.....	44
13.1 一般规定.....	44
13.2 预埋预埋要求.....	44
13.3 设备安装要求.....	45
14、系统集成.....	46
14.1 一般规定.....	46
14.2 管理体制.....	46
14.3 系统功能.....	46
14.4 系统架构.....	47
14.5 系统集成软件.....	48
14.6 系统安全.....	49

1、 总则

1.0.1 为规范和指导公路水下隧道交通工程与附属设施的设计，制订本标准。

1.0.2 本标准适应于各等级公路新建公路水下隧道。

1.0.3 公路水下隧道交通工程与附属设施设计内容应包括交通安全设施、通风设施、照明设施、交通监控设施、火灾报警设施、消防设施、供配电设施、排水设施、综合管线及预留预埋、系统集成设计。

1.0.4 公路水下隧道交通工程与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相协调。

1.0.5 公路水下隧道交通工程与附属设施设计应积极而谨慎地采用新理论、新技术、新材料、新设备。

1.0.6 公路水下隧道交通工程与附属设施设计除应符合本标准的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

2、 术语

2.1.1 公路水下隧道

下穿河流、湖泊、海湾或海峡等水域的隧道。

2.1.2 重点排烟 concentrated smoke extraction

在隧道纵向设置专用排烟道，并设置一定数量的排烟口。火灾时，远程控制火源附近的排烟口开启，将烟气快速有效的排出行车空间。

3、 一般规定

3.0.1 公路水下隧道应根据交通工程分级配置相应的设备，具体参照《公路水下隧道设计规范》的相关要求。

3.0.2 公路水下隧道宜积极采用数字化、智能化等新技术，提升运营管理和养护管理水平。

3.0.3 公路水下隧道交通工程及沿线设施在设计时应考虑温度、湿度、盐雾、台风等环境的不利影响。

4、 交通安全设施

4.1 一般规定

4.1.1 公路水下隧道应根据交通工程分级、交通量特性、平纵线形、出入口布置等因素，设置完善的标志、标线、防撞垫、视线诱导标等交通安全设施。

4.1.2 公路水下隧道内交通安全设施设计应做到简明清晰、有效引导、适度防护。

4.1.3 公路水下隧道指示标志宜采用自发光标志。

4.2 交通标志

4.2.1 公路水下隧道应设置隧道信息、开车灯、紧急电话、消防设备、横通道、疏散、紧急停车带等指示标志。

4.2.2 长度大于 500m 的公路水下隧道内应设置出口距离预告标志。

4.2.3 公路水下隧道内有出入口信息指引需求，可在隧道紧急停车带迎车面的端部或隧道顶部设置指路标志，标志设置在隧道顶部时，宜采用预留预埋形式固定。

4.2.4 平曲线半径小于最小半径一般值的曲线隧道，应设置线形诱导标。

4.2.5 隧道内标志结构宜符合如下规定：

- 1 选用结构强度高、耐腐蚀的材料和轻量化的结构方案。
- 2 后锚固需结合隧道结构进行确定。

4.3 交通标线

4.3.1 公路水下隧道内应设置路面标线、突起路标、立面标记以及轮廓标。

4.3.2 隧道内设置出入口时，车行道分界线经论证后可设置部分虚线。

4.4 护栏

4.4.1 隧道洞口及其敞开段，应该按照《公路交通安全设计规范》（JTG D81）的要求设置护栏。

4.4.2 隧道及其敞开段路侧或中央分隔带内有构成障碍的固定构造物时，应设置护栏进行防护。

4.4.3 隧道内紧急停车带、车行横通道、人行横通道等开口位置不宜设置护栏。

4.4.4 隧道洞口外有转向车道的，应设置具备相应防护等级的开口活动护栏。

4.5 缓冲设施

4.5.1 隧道内的主线分流端端部应设置缓冲设施。

4.5.1 隧道内紧急停车带、车行横通道、人行横通道等开口位置可设置缓冲设施，缓冲设施的设置不应影响洞内设施的功能。

4.5.1 隧道洞口位置宜设置缓冲设施。

4.6 限高设施

进入公路水下隧道前应连续设置不少于 2 道限高门架标志，临近洞口段采用硬杆型防撞门架。各限高标志之间应保持一段距离，并能够保证超高车辆及时分流，门架前应设置分流超高车辆的通道。

5 通风设施

5.1 一般规定

5.1.1 公路水下隧道通风系统设计应纳入隧道总体设计。

5.1.2 公路水下隧道通风系统设计应分别针对正常交通工况、火灾工况进行设计。

5.1.3 射流风机预埋件数量需要考虑远期需求及 20% 以上的富裕量。

5.1.4 沉管隧道射流风机预埋件应结合沉管的节段设计，采用标准化制作布置方案。

5.1.5 通风设计中应考虑污染空气扩散、噪音、振动等对周边环境的影响。

条文说明

对于有环境敏感点的区域，隧道污染气体直接从洞口及风塔排出会导致隧址区的空气质量不满足环境要求，需要在设计时进行考虑。另外，大型轴流风机运行时的噪音值及振动也会对环境产生影响，在设计时需要进行评估，并采取一些减震等措施。

5.1.6 通风设备应适应隧址区的环境，并具有良好的节能、环保特性。

条文说明

水下隧道往往面临湿度高、盐雾等不良环境的考验，在设备选用时需要考虑防腐、防盐雾及高湿度下设备的可靠性。。

5.1.7 通风方案应结合隧道长度、设计交通量、气象条件、洞外环境情况等因素进行确定。

5.1.8 隧道长度大于 1000m 的公路水下隧道应设置机械防烟与排烟。长度大于 3000m 的隧道宜采用重点排烟方式。

5.1.9 正常运营通风工况下,通风控制推荐采用智能化通风控制系统。

5.2 技术标准

5.2.1 通风设计标准应满足《公路水下隧道设计规范》的相关要求。

5.2.2 洞口环境质量、防噪技术标准

1 通风系统通过洞口或通风井传至隧道外的噪声应满足环境评价的相关要求。

2 隧道洞口环境空气质量应按 GB3095《环境空气质量标准》二级标准。

5.3 隧道需风量

5.3.1 应满足正常通行、交通阻滞、换气和火灾工况的通风需求。

5.3.2 需风量计算应按 10km/h 为一档的工况分别进行计算。

5.3.3 阻滞工况平均车速为 10km/h 的计算长度可按不小于 2km, 其余路段车速可按照 30km/h 及以上车速分别进行计算。

5.4 设计风速

5.4.1 设计风速不宜大于 10m/s。

5.4.2 排风道内设计风速不宜大于 18m/s; 排风口设计风速不宜大于 10m/s。

5.4.3 排烟道内设计风速不宜大于 15m/s; 排烟口设计风速不宜大于 10m/s。

5.5 防排烟设计

5.5.1 应根据公路水下隧道功能、预测交通量、交通组成情况,

参照表 5-3 确定最大火灾热释放率。应根据火灾当量及发生位置确定临界风速。

表 5-3 公路水下隧道火灾最大热释放率 (MW)

隧道长度	公路等级及功能		
	高速公路	一级公路	通行车辆主要为客车
$L > 3000\text{m}$	50	50	30
$1000\text{m} < L \leq 3000\text{m}$	30	30	20

5.5.2 独立排烟系统宜遵循下列原则：

- 1 排烟口应设置在隧道顶部或侧壁上部，火灾工况下通过远程开启排烟风机及电动排烟口实现集中排烟。
- 2 隧道排烟量计算可采用轴对称型烟羽流模型，具体计算方法可参考《建筑防烟排烟系统技术标准》。
- 3 排烟风机设计排烟量应考虑烟雾排出量之外还需考虑沿程设施的漏风量。
- 4 侧部集中排烟计算中需考虑新风汇入率的影响。
- 5 排烟口设置间距不应小于 60m。
- 6 长边垂直与行车方向的长方形排烟口排烟效率更高。

条文说明

根据国际道路协会等相关文献及港珠澳大桥沉管隧道和深中通道沉管隧道排烟的相关成果，侧向集中排烟模式下新风汇入率较顶部集中排烟的要提升 10%~20%，在进行通风计算时需要考虑该部分的影响。

5.5.3 采用纵向排烟时，隧道内纵向气流的速度不应小于 2m/s，

并应大于临界风速。

5.5.4 隧道的避难设施内应设置独立的机械加压送风系统，其送风的余压值应为 30Pa~50Pa。

5.5.5 安全通道通风系统在事故工况下应保持正压，加压送风口风速不宜大于 7m/s。

5.6 主要设备

5.6.1 射流风机设置方案应符合以下规定：

1 公路水下隧道设置方案应根据隧道断面设置形式，确定风机横断面设置方案和风机型号。

2 射流风机射程范围内气流应尽量避免大型设备（如情报板、指示牌、照明灯具等）的遮挡。

3 射流风机预埋件宜考虑 20% 以上的富余量。

4 射流风机宜选择双向可逆式，反转时的风量和推力不应低于正转的 98%。

5.6.2 轴流风机方案应符合以下规定：

1 应结合建筑特点和检修需求确定布置方案；风道突变处应设置导流叶片或圆弧过渡等措施来减少局部阻力系数。

2 送、排风机宜并联布置，且型号和性能参数应完全一致。

3 风机全压效率不低于 80%。

4 轴流风机需进行减振处理，通过设置弹簧阻尼系统降低风机对地面的振动频率以及振动速度。

5.6.2 电动排烟口应符合以下规定：

1 4000pa 压差下，漏风系数不大于 $100\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$

2 含执行器等相关部件，耐高温指标不小于 250°C ，2h。

3 海洋环境下宜采用不锈钢材质保证设备的耐久性。

5.6.3 通风设备应适应海洋性环境的影响,可采用镀锌处理加舰船用防腐漆方案。

5.6.5 对于测算远期隧道内环境温度高的情形,可预留高压细水雾降温系统的后期安装条件。

5.6.6 隧道内可预留静电集尘设备及脱硝装置安装条件,待条件成熟时进行实施。

5.7 通风控制

5.7.1 公路水下隧道通风系统应根据交通组成、污染物浓度等因素制定运营管理控制方案,在满足隧道交通安全的前提下实现节能减排的目的。

5.7.2 隧道正常运营通风应满足以下要求:

- 1 正常运营工况下,采用自动控制方式为主,手动控制方式为辅。
- 2 通风系统控制方案应明确不同工况下风机控制具体要求。
- 3 应结合通风系统设备配置和营运条件进行适当的风量级档控制。轴流风机可采用变频器对风机进行控制,以满足实际运营需求。
- 4 宜采用智能化通风控制系统。

5.7.3 隧道火灾工况下紧急通风控制应满足以下要求:

隧道风机均应具备手动控制功能,其装置应设置在安全且便于操作的地方,同时应有明显的标志和保护措施。

6、照明设施

6.1 一般规定

6.1.1 公路水下隧道照明设计应纳入隧道总体设计。

6.1.2 公路水下隧道照明设计应采用一次设计,分期实施的原则。

6.1.3 设备选型应符合海洋性环境及湿度与酸碱性要求，并具备良好的节能环保特性。

6.1.4 照明设计应考虑坡度、线性、洞门型式及入口天空占比对照明视觉的影响。

6.1.5 宜积极采用新型高效节能装备与技术。

6.1.6 照明应结合洞口减光设施进行设计。

6.1.7 公路水下照明系统宜在满足安全的前提下采用高效节能控制系统。

6.2 技术标准

6.2.1 照明设计各区段划分应满足《公路隧道照明设计细则》的相关要求。

6.2.2 入口段照明设计的洞外亮度取值宜进行现场实测。在不具备测试条件时，应根据表6.2.2-1进行取值设计，并在满足测试条件时进行设计值与实测值比对，当差值超过20%时应根据实测值进行修正。

表 6.2.2-1 洞外亮度 L_{20} (S) (cd/m^2)

天空面积百分比	洞口朝向或洞外环境	设计速度 v_t (km/h)			
		60	80	100	120
35%~50%	南洞口	4000	4500	5000	5500
	北洞口	5500	6000	6500	7000
25%	南洞口	4000	4500	5000	5500
	北洞口	4500	5500	6000	6500
10%	暗环境	3000	3500	4000	4500
	亮环境	4000	4500	5000	5500
0%	暗环境	2500	3000	3500	4000
	亮环境	3000	3500	4000	4500

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的洞口，北洞口指南行车辆驶入的洞口；

3 东洞口与西洞口取用南洞口与北洞口之中间值；

4 暗环境指洞外景物（包括洞门建筑）反射率低的环境；亮环境指洞外景物（包括洞门建筑）反射率高的环境。

5 当天空面积百分比处于表中两档之间时，按线性内插取值。

6.2.3 公路水下隧道各区段亮度标准取值应满足《公路隧道照明设计细则》的相关要求。

6.2.4 公路水下隧道入口可采用遮光棚作减光措施，入口照明亮度设计宜结合遮光棚的型式进行统一设计。

6.2.5 公路水下隧道出口宜设置防眩措施。

6.3 照明灯具

6.3.1 灯具选型

1 宜采用高显色的高压钠灯或 LED 灯或陶瓷金属卤化物灯等光源。

2 照明入口段灯具宜采用低色温灯具，色温范围宜为 2700K~3500K。

3 照明灯具防护系数宜为 IP66。

4 照明应满足眩光限制要求，阈值增量最大值应不大于 15%。

6.3.2 布灯设计

1 宜采用双侧对称布灯设计。

2 照明布灯应具备良好的线性引导性

6.4 照明节能措施

6.4.1 应优先使用高效节能、绿色环保产品，灯具光效不应低于 100lm/w，能效等级应不低于二级要求。

6.4.2 应根据灯具配光进行节能化布灯设计。

6.4.3 节能控制应采用时序控制、智能控制等节能控制方式。智能控制宜采用洞内外亮度、交通量、车速等多元参数进行控制。

6.4.4 低交通量时段宜采用智能控制模式时，在无车通行状态下，照明亮度不应小于基本照明亮度的 10%，且不应低于 0.2cd/m²。

6.4.5 公路水下隧道照明宜采用自然光在隧道内照明。

6.5 照明控制

6.5.1 应采用连续调光智能控制系统，可设置智慧照明管控平台，可根据照明运营工况进行远程控制。

6.5.2 采用 LED 照明时，加强照明智能控制系统调光级数应不少于 64 级，基本照明智能控制系统调光级数应不少于 16 级，开启后灯具亮度可在 10~100% 之间任意调节。

6.5.3 照明控制系统应具有可视化功能，可实时显示隧道内各区段照明系统的运营参数和控制模式。

6.5.4 照明控制系统应包含隧道主洞基本照明、加强照明、应急照明和洞外引道照明的控制。

6.5.5 照明控制系统应具备与其他系统适配的接口及协议。

6.5.6 具有联动功能的公路水下隧道照明智能控制系统联动响应时间应不大于 10s。

6.5.7 照明智能控制系统应具备全天不间断运行要求，平均无故障时间应不小于 20000h。

7、交通监控设施

7.1 一般规定

7.1.1 交通监控设施应具备对隧道交通运行状态、环境状态、交通监控设备状态等进行监测和分析功能，还应具备对交通流进行调节和控制的能力。

7.1.2 交通监控设施应由隧道管理站监控系统和现场交通监控设备等构成。

7.1.3 交通监控设施宜采用隧道管理站-现场交通监控设备的管理模式。

7.1.4 隧道内设备的布置应考虑隧道坡度、净空、设备遮挡等问题，合理选择设备位置。

7.2 交通及环境监测设施

7.2.1 车辆检测器应符合下列规定：

1 宜采用视频车辆检测器。

2 车辆检测器布设应符合下列要求：

1) 车辆检测器宜设置在隧道入口前30~300m处；隧道入口有回转车道时，可设置在回转车道前；

2) 隧道出口车辆检测器宜设置在出口后30~300m处；

3) 隧道内入口侧第一个车辆检测器离洞口不宜小于200m；

4) 隧道内采用感应(环形)线圈检测器时，布置间距宜为300~750m；

5) 隧道内采用视频车辆检测器时，视频车辆检测器应与隧道内视频监控共用固定摄像机；隧道内视频车辆检测器布置间距一般以2~4个固定摄像机的布设长度为宜。

3 设备应符合下列技术要求：

1) 速度测量范围:0~200km/h；

2) 交通量准确度不低于 95%；

3) 车辆速度准确度不低于 95%；

4) 占有率准确度不低于 95%。

7.2.2 亮度检测器应符合下列规定：

1 亮度检测器布设应符合下列要求：

1) 洞外亮度检测器 (L0) 宜采用立柱方式安装在离洞口一个停车视距位置路侧，高度宜为 2.5m，检测器探头方向指向洞口中心；

2) 洞内亮度检测器 (L1) 宜安装在离洞门一倍隧道净高的沉管隧道侧壁支架上，高度宜为 2.5m，检测器探头方向应指向行车前进方向离检测器一个停车视距位置路面中心处。

2 设备应符合下列技术要求：

1) 亮度检测器探头镜头立体视角应为 20° ；

2) 洞外型亮度检测器测量范围应为 $1\sim 7000\text{cd}/\text{m}^2$ ，最大允许误差应为 $\pm 3\%$ 示值；

3) 洞内型亮度检测器测量范围应为 $1\sim 500\text{cd}/\text{m}^2$ ，最大允许误差应为 $\pm 3\%$ 示值；

4) 洞外亮度检测器宜配备带雨刷的防护罩。

7.2.3 沉管环境检测设施应符合下列规定：

1 沉管隧道环境检测设施布设应符合下列要求：

1) 一氧化碳检测器、能见度检测器、风速风向检测器、二氧化氮检测器宜安装在沉管隧道侧壁距检修道 2.5~3m 高的支架上；

2) 采用射流风机纵向通风的隧道在中部、弯道处及距出口 100~150m 处设置一氧化碳检测器、能见度检测器、风速风向检测器、二氧化氮检测器；

3) 有横向通风的隧道在排风口前 30m 外设置一氧化碳检测器、能见度检测器、风速风向检测器、二氧化氮检测器；

4) 距射流风机 30m 的范围内不宜设置一氧化碳检测器、能见度检测器、风速风向检测器、二氧化氮检测器；

5) 车行横洞、人行横洞、紧急停车带处不宜设置一氧化碳检测器、能见度检测器、风速风向检测器、二氧化氮检测器；

6) 每个通风区段的一氧化碳检测器、能见度检测器、风速风向检测器、二氧化氮检测器的数量按照《公路隧道设计规范 第二册 交通工程与附属设施》(JTG D70/2) 要求配置。

2 设备应符合下列技术要求：

1) 一氧化碳检测器测量范围宜为 $0\sim 300\text{cm}^3/\text{m}^3$ ，允许最大误差为 $\pm 2\text{cm}^3/\text{m}^3$ ；

2) 能见度检测器测量范围宜为 $25\sim 1000\text{m}$ ，允许最大误差为 $\pm 10\%$ 示值；

3) 风速风向检测器测量范围宜为 $0\sim 30\text{m/s}$ ，允许最大误差为 $\pm 5\%$ 示值；

4) 二氧化氮检测器测量范围宜为 $0\sim 10\text{cm}^3/\text{m}^3$ ，允许最大误差为 $\pm 10\%$ 示值。

条文说明

隧道环境检测设施主要包括一氧化碳检测器、能见度检测器、风速风向检测器、二氧化氮检测器。本标准对上述设备分别规定了配置要求，由于这些设备的设置主要原则基本一致，因此本条中对各设备

的设置进行统一规定。

7.2.4 摄像机应符合下列规定：

1 摄像机布设应符合下列要求：

1) 隧道外遥控摄像机宜设置在距隧道洞口 100~400m 处, 应能清楚监视隧道洞口区域全貌；

2) 隧道内固定摄像机宜从距入口(以隧道洞口顶部为基准) 2~5m 处开始布设, 实现无盲区监视。车道数不超过 3 条时, 摄像机间距不宜大于 150m; 车道数超过 3 条时, 摄像机间距不宜大于 120m;

3) 隧道设置中央管廊时, 固定摄像机布设间距不宜大于 150m;

4) 隧道风机房、配电房应设置摄像机;

5) 隧道内靠近出口处的最后一个摄像机可逆向安装。

2 隧道外遥控摄像机应符合下列技术要求：

1) 摄像机采用自动光圈、电动变焦、自动聚焦镜头;

2) 像素不小于 400 万;

3) 成像器件不小于 1/3 英寸;

4) 不小于 30 倍光学变倍;

5) 具备彩色/黑白、昼/夜自动转换功能;

6) 具备低照度、宽动态、背光补偿、强光抑制功能;

7) 具备全天候防护罩;

8) 具备水平 0~350°, 垂直 15°~-90° 旋转功能;

9) 具备预置位及预置位信息反馈功能;

10) 具备摄像机位置角度信息反馈功能;

3 隧道内固定摄像机应符合下列技术要求:

1) 摄像机采用固定焦距、自动光圈镜头, 焦距的大小应根据摄像机设置间距确定, 宜选用 8~50mm 段;

2) 像素不小于 400 万;

3) 成像器件不小于 1/3 英寸;

4) 具备彩色/黑白自动转换功能;

5) 具备低照度、宽动态、背光补偿、强光抑制功能;

6) 具备防护罩。

4 隧道内遥控摄像机应符合下列技术要求:

1) 摄像机采用自动光圈、电动变焦、自动聚焦镜头;

2) 像素不小于 400 万;

3) 成像器件不小于 1/4 英寸;

4) 不小于 20 倍光学变倍;

5) 具备彩色/黑白自动转换功能;

6) 具备低照度、宽动态、背光补偿、强光抑制功能;

7) 具备防护罩;

8) 具备水平 0~360°, 垂直 90°~-90° 旋转功能。

5 沉管隧道风机房、配电房摄像机应符合下列技术要求:

- 1) 摄像机采用自动光圈、定焦镜头;
- 2) 像素不小于 400 万;
- 3) 成像器件不小于 1/4 英寸;
- 4) 具备彩色/黑白自动转换功能;
- 5) 具备低照度、宽动态功能;
- 6) 具备防护罩;
- 7) 具备目标移动报警功能。

条文说明

隧道路段摄像机主要包括遥控摄像机、固定摄像机等。遥控摄像机主要应用在沉管隧道洞口外, 监视沉管隧道洞口的情况。隧道固定摄像机主要负责全程监视隧道内的各种情况。考虑配电房、风机房处外部人员非法闯入等情况, 在配电房、风机房设置的摄像机应具备目标移动报警功能。

7.2.5 事件检测器应符合下列规定:

- 1 事件检测器布设应符合下列要求:
 - 1) 事件检测器应在沉管隧道洞口内、外布设;
 - 2) 事件检测器宜在沉管隧道内人行横洞(或安全门)处设置;
 - 3) 事件检测器布置间距以 2~4 个固定摄像机的布设长度为宜, 交通量大、货车比例高的沉管隧道其布置间距宜缩短;
 - 4) 宜采用视频检测方式, 与沉管隧道监视共用监控摄像机, 也可采用其它满足检测要求的设备。

2 设备应符合下列技术要求：

1) 事件检测器应至少能检测车辆逆行、停车、拥堵功能，可具备检测行人、抛洒物、车辆驶离等功能；

2) 白天或有道路照明条件下，车辆逆行、停车、拥堵的检测准确度不低于 90%，行人、抛洒物等的检测准确度不低于 85%；检测误报率不高于 5%；采用视频检测器时，各项指标应符合现行《视频交通事件检测器》（GB/T 28789）的要求；

3) 应能保存事件过程及事件前后 15min（事件前 5min，事件后 10min）录像。

7.3 交通控制及诱导设施

7.3.1 可变信息标志应符合下列布设要求：

1) 可变信息标志宜置在沉管隧道回转车道前，且距隧道入口不宜小于 250m；

2) 特长沉管隧道、长沉管隧道内可设置可变信息标志，沉管隧道内可变信息标志间距宜为 1000~3000m；

3) 严禁可变信息标志与车道控制标志、交通安全标志牌等其他信息显示相互遮挡；

2 隧道外可变信息标志应符合下列技术要求：

1) 悬臂式可变信息标志显示尺寸可选择 3.2m×1.6m、1.92m×3.2m、2m×4m 等，像素点间距宜小于 31.25mm；

2) 门架式可变信息标志显示尺寸与车道对应关系宜符合表 7.3.1 要求；

表 7.3.1 门架式可变信息标志显示尺寸与车道对应关系

序号	车道数量(单向)	显示单元尺寸	显示单元数量	像素点间距
1	2	不宜小于 1.0m×1.0m	10~11	不宜大于 31.25mm
2	3	不宜小于 1.0m×1.0m	12~14	不宜大于 31.25mm
		不宜小于 1.2m×1.2m	10~12	不宜大于 25mm
3	4	不宜小于 1.2m×1.2m	12~14	不宜大于 25mm
4	5	不宜小于 1.2m×1.2m	15~17	不宜大于 25mm

4) 分车道可变信息标志显示尺寸宜大于 1.2m×1.2m/车道, 像素点间距宜小于 25mm;

5) 仅具备通行、禁止和换道指示的分车道可变信息标志每个车道控制标志应具备两个显示模块, 每个模块有效显示尺寸可宜大于 600mm×600mm 尺寸;

6) 可变信息标志应采用节能型设备。门架式可变信息标志、车道可变信息标志、悬臂式可变信息标志、立柱式可变信息标志宜采用双基色模块, 每个像素点宜由 2 红 1 绿或 4 红 2 绿 LED 组成, 全屏点亮功耗不高于 150w/m²、亮度不低于 8000cd/m²; 应具备至少十六级亮度自动调节功能;

7) 可变信息标志的动态可视距离应不低于 210m;

8) 采用门架式或悬臂式安装的可变信息标志安装结构底部距路面净空高度应不小于 5.5m。

3 隧道内可变信息标志应符合下列技术要求:

1) 显示尺寸可选择 1.2m×2.4m、1.6m×3.2m, 可根据隧道宽度增加显示尺寸长度; 像素点间距不宜大于 25mm;

2) 应采用节能型设备。可变信息标志宜采用双基色模块, 每个像素点由 2 红 1 绿或 1 红 1 绿 LED 组成, 全屏点亮功耗不高于 150w/m²、

亮度不低于 3500cd/m²;

3) 应具备至少十六级亮度自动调节功能;

4) 动态可视距离应不低于 210m;

5) 宜采用悬挂方式吊装在隧道上部, 可变信息标志底部不得侵入隧道建筑限界内。

5 可变信息标志可配置国密算法安全模块。

条文说明

可变信息标志有多种型式, 主要包括门架式可变信息标志、悬臂式可变信息标志、立柱式可变信息标志。本标准第 7.3.1 条对可变信息标志按类型规定了配置要求, 由于各类型的可变信息标志设置主要原则基本一致, 因此本条中对各类可变信息标志设置进行统一规定。

7.3.2 车道控制标志应符合下列规范:

1 车道控制标志布设应符合下列要求:

1) 隧道洞内距入口、出口 3~7m 处应设置车道控制标志;

2) 隧道内宜 300~500m 间距无盲区设置, 在弯道处可适当加密设置;

3) 严禁车道控制标志与沉管隧道内其他信息显示设备相互遮挡。

2 车道控制标志应符合下列技术要求:

1) 车道控制标志每个车道应具备一个显示模块, 可显示允许通行或禁止通行指示信号;

2) 车道控制标志显示板应具有双面显示功能, 动态视距不小于

210m;

3) 车道控制标志有效显示尺寸不宜小于 600mm×600mm;

4) 宜采用悬挂方式吊装在隧道上部, 垂直于路面车道中心线, 车道控制标志底部不得侵入隧道建筑界限以内。

7.3.4 交通信号灯应符合下列规定:

1 交通信号灯布设应符合下列要求:

1) 交通信号灯应设置在隧道转向车道前 20~50m 处;

2) 隧道入口如无回转车道时, 交通信号灯应设置在距离隧道入口一个停车视距处。

2 设备应符合要求技术要求:

1) 隧道回转车道前设置的交通信号灯应由红、黄、绿和左转箭头组成; 无回转车道时, 不设置左转箭头;

2) 交通信号灯宜采用 LED 光源;

3) 每个信号灯的直径宜为 300mm;

4) 动态可视距离不小于 210m。

7.3.5 电光诱导标志应符合下列规定:

1 电光诱导标志布设应符合下列要求:

1) 隧道内入、出口 150m 范围内两侧间隔 10~15m 宜各设置 1 个电光诱导标志;

2) 隧道人行横洞洞门(安全门)两侧宜以不高于 0.5m 间距高度设置电光诱导标志;

3) 隧道内其他路段可设置电光诱导标志, 其布设间距不宜超过30m;

4) 隧道内行车道两侧电光诱导标志宜安装在隧道电缆沟侧壁或靠近电缆沟的路面边缘。

2 电光诱导标志应符合下列技术要求:

1) 电光诱导标志宜采用两面显示, 宜采用 LED 光源;

2) 电光诱导标志具备常亮、闪烁等工作模式, 可调节发光亮度和闪烁频率;

3) 隧道内电光诱导标志车行方向左侧为黄色(背面白色)、右侧为白色(背面黄色), 人行横洞洞门(安全门)处的电光诱导标志宜为绿色。

7.3.6 本地控制器应符合下列规定:

1 本地控制器布设应符合下列要求:

1) 本地控制器应在沉管隧道内, 距出入口 20~50m 处开始设置, 布设间距宜为 500~800m;

2) 隧道配电房宜设置本地控制器;

3) 隧道风机房宜设置本地控制器。

2 设备应符合要求技术要求:

1) 本地控制器应由 CPU 模块、电源模块、输入模块、输出模块、通信模块、底板等组成;

2) 隧道洞口配电房内的本地控制器宜设置成主本地控制器, 并

应配置触摸屏；主本地控制器应采用双电源双 CPU 冗余结构，其他本地控制器宜采用双电源结构。

3 本地控制器宜采用通过工业以太网组成光纤自愈环网的结构进行通信。

4 本地控制器可采用集成工业以太网交换机功能的智能一体化设备。

条文说明

隧道本地控制器通常采用可编程逻辑控制器(PLC)，其数据传输采用工业以太网实现。沉管隧道本地控制器负责实现隧道区段的各种设备与管理机构内设备之间的数据通信。一般经由单模(或多模)光纤和光端机或工业以太网交换机来实现，传输的网络结构形式分为星形、总线形、环形和混合形，考虑传输通道的保护，宜采用环网形式。

随着技术发展，近几年集成工业以太网、处理器以及各种接口模块的智能一体化设备也有应用，代替本地控制器和工业以太网设备，在设计中能够采用。

7.3.7 紧急电话应符合下更规定

1 紧急电话布设应符合下列要求：

1) 洞口紧急电话分机在隧道洞外距入、出洞口约 10 米处各设置 1 台；

2) 洞内紧急电话分机在洞内从入口 30~50 米处开始应以约 200 米间隔设置，宜与摄像机等间距设置，且宜设置于人、车行横洞前侧。

2 设备应符合要求技术要求：

1) 紧急电话分机与紧急电话主控设备可实现全双工通话, 分机与分机之间不做转接。

2) 紧急电话分机应适应背景噪声大、湿度大、油烟大、污染严重的特点, 具有防腐、防水、防尘、防盗等功能, 防护等级应不低于 IP65。

3) 紧急电话分机应有明显反光标志, 标志的图案和颜色应符合 GB 5768 的要求。

4) 紧急电话分机在隧道洞内和隧道洞口处采用 220V 供电方式。

5) 隧道内紧急电话分机宜设置在可容人的预留洞室。预留洞室应配置隔声门, 室内应配置照明, 送话器高度宜距车道面 1.2m~1.5m。在隧道侧壁紧急电话洞室上方应安装内部照明方式电光标志, 标志板面尺寸宜为 25cm×40cm, 电光标志亮度应大于 15cd/m²~300cd/m², 箱体防护等级不小于 IP65。

6) 紧急电话设施宜采用光缆传输。

7) 数据接口: RJ45。

8) 隧道内紧急电话分机前方 40 厘米处测得的额定声能级不低于 95dB(A)。

9) 平均无故障工作时间应不小于 100000 小时(电池除外)。

10) 紧急电话分机应装有避雷元件, 接地电阻 $\leq 10\Omega$ 。

7.3.8 有线广播系统应符合下列规定

1 有线广播布设应符合下列要求:

1) 洞内有线广播应由功放设备、扬声器等组成。

2) 隧道洞内有线广播扬声器设置在隧道洞外入、出口, 洞内宜每隔 50m 设置一台, 遇车行横洞、人行横洞与紧急停车带时应适当加

密，隧道内风机房、配电房等宜设置扬声器。

3) 功放设备宜与紧急电话分机同址设置。

2 设备应符合要求技术要求：

1) 语音频带下限不高于 300Hz，上限不低于 3400Hz；

2) 非线性失真 $\leq 5\%$ ；

3) 控制台信号发送电平 $\geq 0\text{dB}$ ；

4) 广播模块信号接受灵敏度 $\leq -38\text{dB}$ ；

5) 声音清晰，无混响；

6) 最大允许线路衰耗应不高于 30dB(3000Hz)；

7) 录音存储时间 ≥ 500 小时；

8) 平均无故障工作时间(MTBF) ≥ 100000 小时；

9) 防护等级应不低于 IP65。

7.3.9 隧道调频广播系统应符合下列规定

1 隧道调频广播系统应符合下列要求：

1) 隧道洞内调频广播系统包括隧道广播信号覆盖系统和广播数据传输系统组成。

2) 正常交通条件下，隧道全频段调频广播系统应具备转播当地多套调频广播节目，实现隧道内调频广播信号覆盖等基本功能。

3) 应急事件状态下，系统应具有紧急插播、FM 广播群载波全频段覆盖功能，插播音频及信息应具备安全加密功能。

7.3.10 隧道无线通信系统应符合下列规定

1 隧道无线通信系统应符合下列要求：

1) 隧道洞内无线通信系统应由中心基站、无线中继、天馈设备和数据传输线缆组成。

2) 无线对讲指挥设施应满足日常管理、交通指挥、应急抢险的需要。

3) 应采用无线、有线相结合的传输方式连接中心基站、无线中继和天馈设备。

4) 应实现全隧道无线信号覆盖。

7.3.11 隧道卫星定位系统宜符合下列规定

1 隧道卫星定位系统宜符合下列要求：

1) 隧道洞内卫星定位系统应由接收天线、基站管理中心站、卫星基站及发射天线、数据传输系统组成。

2) 应支持北斗/GPS 多模多频卫星定位功能，定位精度不低于 15 米。

3) 应实现全隧道内伪卫星信号全覆盖。

4) 应能够实现普通车辆隧道内的无缝定位及导航服务。

5) 应能够实现重点营运车辆的无缝定位与监管。

6) 应能够实现对具备北斗/GPS 信号接收功能设备的定位。

8. 火灾报警设施

8.1 一般规定

8.1.1 火灾报警设施应包含火灾报警控制器、火灾探测器、火灾报警按钮、声光报警器级配套供电设备和缆线等。

8.1.2 公路水下隧道应设置不少于两种不同类型的火灾检测报警设施，两种火灾报警应能共用火灾报警控制器。

8.1.3 公路水下隧道火灾探测器可选用点型火焰探测器、图像型火灾探测器和线性感温火灾探测器。

8.2 设施设置及技术要求

8.2.1 火灾探测器探测范围应能够覆盖公路水下隧道全程。

8.2.2 火灾探测器探测区域的划分应能满足消防设备联动需求。

8.3.3 火灾报警控制器、火灾探测器、火灾报警按钮、声光报警器的设置和技术要求应符合现行《公路隧道设计规范 第二册 交通工程及沿线设施》（JTG D70/2）的有关规定。

9 消防设施

9.1 一般规定

9.1.1 水下隧道消防设施的设计应遵照国家有关防火安全的方针政策，满足消防灭火、防火分隔和防护冷却的实际需要，根据隧道建设规模、工程重要性以及可能造成的社会经济影响等，合理配置消防设施。

9.1.2 水下消防设施应针对各类水下隧道结构特征、服务功能、隧道等级、交通组成、隧道长度等进行综合设计。

9.2 系统配置

9.2.1 水下隧道消防设施的配置规模应根据隧道等级进行选择。

9.2.2 水下隧道分级应参照《公路水下隧道设计规范》（JTGT 3371—2022）中相关规定，如隧道允许通行危险化学品车辆，宜将隧道分级提高一级。

9.2.3 水下隧道消防设施的配置应参照《公路隧道设计规范 第二册 交通工程与附属设施》JTG D70 2-2014中相关规定。允许通行危险化学品车辆的隧道、采用集中排烟方式的隧道、发生火灾或事故后消防救援困难，以及可能造成严重社会影响及较大经济损失的隧道，宜根据需要配置自动灭火系统或防护冷却系统等。A+级水下隧道的管理站或运营管理中心处宜配置消防车或消防摩托。

9.2.4 重要的水下隧道内部，相对封闭的变配电室、重要的设备机房等处可根据需要配置泡沫喷雾、高压细水雾或气体灭火设施。

9.2.5 水下隧道消火栓宜采用稳压泵稳压的临时高压消防给水系统。隧道洞内消防给水系统与室外消防给水系统宜合用。

9.2.6 在满足系统设计需求的条件下，水下隧道内的自动灭火系统、泡沫灭火系统宜与消防给水系统合用水池、水泵房及供水管网。当水下隧道内设有覆盖隧道全程的自动灭火系统、泡沫灭火系统时，该系统应设置独立的水泵及管道系统。

9.3 消防用水

9.3.1 消防用水量应满足隧道全部区域内，一次火灾延续时间内，需要同时启动的全部灭火系统用水量总和。

9.3.2 隧道内有多个防护对象或防护分区的消防系统，需要以各防护对象或防护分区为单位分别计算用水量，取其中最大者为一次消防用水量，并与其他类型消防系统用水量叠加。

9.3.3 消火栓给水系统火灾延续时间应满足《公路隧道设计规范 第二册 交通工程与附属设施》JTG D70 2-2014中相关规定。自动喷水系统、泡沫灭火系统、水喷雾灭火系统的火灾延续时间应分别按照现行国家标准执行。

9.3.4 水下隧道消防用水应结合隧道周边环境条件，选择水量充足、水质良好、可靠性高、便于取用的水源。市政给水、天然水源、消防蓄水池宜作为隧道消防水源。

9.3.5 水下隧道消防水源水质应满足相应的国家有关部门现行标准要求。

条文说明

隧道直接取用地下水作为消防水源时，应满足《地下水质量标准》GB/T14848-2017中Ⅲ类及以上标准；直接取用地表水为消防水源时，应满足《地表水环境质量标准》GB3838-2002中Ⅴ类及以上标准；采用市政供给的再生水作为消防水源时，应满足《城市污水再生利用 城市杂用水水质》GB/T18920-2022中消防用水的标准；避免采用海水等含有特殊化学成分的水源，如必须采用应采取必要的防腐、防污染措施。

9.4 消防灭火设施

9.4.1 水下隧道消防灭火设施的设计标准应满足《公路水下隧道设计规范》的相关要求。

9.4.2 水下隧道洞内消火栓应安装在消防箱内，消防箱应沿隧道行车方向右侧布置，间距不宜大于40米；沉管隧道可结合管节长度适当放大布置间距，但不宜大于45米；采用单向双车道横断面的隧道，间距不宜大于50米。

9.4.3 水下隧道应配置灭火器。灭火器应成组布置在灭火器箱内或消防箱内。每组配置应包含磷酸铵盐干粉灭火器和泡沫灭火器两类，每种不少于2具。

9.4.4 水下隧道内部各变配电室、监控室、各类设备机房、逃生通道、工作井、楼梯间等处应设置灭火器设施。灭火器配置应参照《建筑灭火器配置设计规范》GB50140-2005。

9.4.5 水下隧道应设置固定式水成膜泡沫灭火装置，宜与消火栓箱同址。当水下隧道设置泡沫喷雾灭火系统时，宜选择抗溶水成膜或抗溶氟蛋白泡沫液。当采用海水作为水源时，必须选择适用于海水的泡沫液。

9.4.6 水下隧道设置自动喷水灭火系统时，火灾危险等级参照《自动喷水灭火系统设计规范》，宜按照中危险Ⅱ级设计，允许通行危险化学品车辆的水下隧道宜按照严重危险Ⅱ级设计。

9.4.7 气体灭火系统可用于扑救水下隧道内局部的电气火灾、固体表面火灾、液体火灾。水下隧道内配置气体灭火设施时，宜采用七氟丙烷灭火系统。

9.4.8 水下隧道气体灭火系统设计应根据防护区类型采用相应的灭火设计浓度；允许通行危险化学品车辆的水下隧道气体灭火系统设计应根据防护区类型采用相应的惰化设计浓度。

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

9.4.13 水下隧道采用以稳压泵稳压的临时高压消防给水系统时，消防供水管道的系统工作压力，应能满足消防水泵零流量时的压力、消防水泵吸水口最大静压二者之和与稳压泵维持系统压力时两者其中的较大者。

9.4.14 水下隧道消防给水管道宜在隧道行车孔内的检修道内或管线管廊内敷设。管道室外埋地敷设时应采取有效的防腐措施。

9.4.15 水下隧道消防供水管道宜采用热浸镀锌无缝钢管或内外环氧涂塑钢管。

9.4.16 水下隧道消防给水管道的阀门宜采用蝶阀、明杆闸阀或带启闭刻度的暗杆闸阀。由市政管网或隧道周边生活、生产给水系统管网供水的隧道消防给水系统，应在引入管处设置倒流防止器，当采用有空气隔断的倒流防止器时，该倒流防止器应设置在隧道洞外、清洁卫生、不会被水淹没的场所。

9.5 供水设施

9.5.1 水下隧道消防水池的容积应满足隧道在一次火灾延续时间内，同时运行的全部灭火系统所需的用水量之和。

9.5.2 水下隧道的消火栓给水系统、设置独立管网的自动喷水灭火系统、水喷雾灭火系统、泡沫灭火系统等水灭火系统，均应设置各自的消防水泵接合器。

9.5.3 水下隧道消防水泵机组应由水泵、驱动器和专用控制柜组成，水泵应包含工作泵和备用泵。

9.5.4 水下隧道消防水泵机组宜设置泵组流量和压力测试装置。

9.5.5 水下隧道内独立设置的自动喷水灭火系统、水喷雾灭火系统、泡沫灭火系统应设置独立的消防水泵机组。当与消火栓系统合用消防水泵时，系统管道应在报警阀前分开。

9.5.6 水下隧道消防系统的稳压泵宜采用单吸单级或单吸多级离心泵。泵外壳和叶轮等主要部件宜采用不锈钢材质。

9.5.7 水下隧道临时高压消防给水系统采用气压水罐时，调节容积应根据稳压泵启泵次数不大于15次/h计算确定，且有效储水容积不宜小于150L。

9.5.8 水下隧道消防水泵房宜独立设置，并应采取防水淹没的技术措施。如受条件限制需要与其他建筑合建，应有独立的设备间、控制室及疏散通道。

9.5.9 水下隧道的消防水泵房应按二级负荷供电，其中消防水泵应具备双路电源，自动切换时间不应大于2s。

9.5.10 水下隧道消防水泵房宜采用有人值守管理模式，如存在困难，应设置相应的远程监控设施，并具备自动巡检功能。

9.6 防火分隔设施

9.6.1 水下隧道内部，供人员通过或逃生的各类专用通道的两端应设置平推式防火门分隔。

9.6.2 沉管隧道中隔墙处的人行通道宜设置一道平推式防火门。

9.6.3 水下隧道防火门应采用钢制（A类）隔热防火门，耐火隔热性、耐火完整性应不小于3.0h。其各项性能参数应符合现行《防火门》（GB12955）中的相关规定。

9.6.4 水下隧道内部供车辆通过的或疏散的各类通道的两端应设置防火卷帘门，隧道内部的变电所或配电横洞出入口处应设置防火卷帘。

9.6.5 水下隧道应采用钢制防火、防烟卷帘，耐火极限不应小于3.0小时。其各项性能参数应符合现行《防火卷帘》（GB14102）中的相关规定。

9.6.6 水下隧道的行车孔检修道内、电缆沟内、管线管廊内间隔一定距离以及各类有强弱电电缆穿过的出入口处，应设置防火封堵设施，

9.6.7 防火封堵设施应根据线缆通道的结构、长度、布置形式合理设置，宜采用安全、环保、耐久性良好的材料，间距宜为100~200m。

9.7 监测与控制

9.7.1 水下隧道消防水泵应具备手动启停、自动启动功能，且不应设置自动停泵功能。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大于2min。

9.7.2 水下隧道消防水泵、稳压泵应在水泵房内设置就地强制启停泵按钮，并有保护措施。

9.7.3 水下隧道消防箱处应设置消防水泵启动按钮，按钮的启动信号或隧道监控系统火灾报警按钮的报警信号可作为隧道内的火灾报警信号，不宜作为直接启动消防水泵的开关。

9.7.4 水下隧道防火卷帘应具备现场手动及远程控制开闭功能。车行通道、逃生通道内防火卷帘的开启宜与通道照明设施联动。

9.7.5 水下隧道消防水池应设置就地水位显示装置，并具备远传功能。消防控制室、隧道管理站或路段监控中心处应能实现消防水池水位信息的检测、显示、报警功能，并宜纳入水下隧道综合管理系统中。

10、隧道供配电设施

10.1 一般规定

10.1.1 公路水下隧道供配电设施系统构成应简单明确，便于管理和维护；

10.1.2 公路水下隧道供配电设施应根据工程特点、负荷变化、发展规划，做好近远期结合；隧道外电报批、房建面积应按照隧道永久负荷规划，隧道供配电设计宜按照近期负荷来考虑；

10.1.3 公路水下隧道供配电设施应结合用电容量和供电距离合理选取供电电压等级；

10.1.4 公路水下隧道供配电设施应积极稳妥采用符合国家现行标准的新技术、新产品、新材料；

10.1.5 技术经济比较可行时，可选用新能源产品；

10.2 供电设施

10.2.1 隧道电力负荷分级

1 公路水下隧道电力负荷根据用电设备对供电可靠性的要求，分为一级负荷、二级负荷和三级负荷。

表 10.2.1 公路水下隧道用电负荷分类表

序号	负荷名称	负荷等级	备注
1	隧道轴流风机	一级	
2	隧道射流风机	一级	
3	加压风机	一级	
4	风机风阀	一级	
5	隧道检修插座	三级	
6	隧道引道照明	三级	
7	隧道应急照明	一级	一级负荷中特别重要负荷
8	隧道加强照明	二级	
9	隧道安全通道照明	一级	
10	隧道安全通道应急照明	一级	一级负荷中特别重要负荷
11	隧道安全通道监控设备	一级	一级负荷中特别重要负荷
12	隧道监控设备	一级	一级负荷中特别重要负荷
13	火灾报警系统	一级	一级负荷中特别重要负荷

序号	负荷名称	负荷等级	备注
14	消防水泵	一级	一级负荷中特别重要负荷
15	雨水泵房	一级	
16	废水泵房	一级	
17	越浪泵房	一级	
18	排水泵房	一级	一级负荷中特别重要负荷

10.2.2 隧道供电要求

1 一级负荷应由两个电源供电，当一个电源发生故障时，另一个电源应不受影响，且当一个电源中断供电时，另一个电源应能承担全部一级负荷设备的供电。

2 二级负荷宜由两回路电源线路供电，当地区供电条件困难时，可采用一路外供电和柴油发电机相结合的供电方式。

3 三级负荷可采用单电源单回路供电。

4 一级负荷中特别重要负荷应设置应急电源。

5 特长公路水下隧道一级负荷除两路电源供电外，宜增设柴油发电机。

【条文说明】考虑到公路水下隧道工程所处位置的特殊性，除两路外供电，建议为一级负荷增设柴油发电机，当发生极端恶劣自然灾害时（如地震、海啸），由柴油发电机保证一级负荷的供电。

10.2.3 隧道供电电源和变配电所

1 公路水下隧道供电电压等级的选择应根据工程负荷容量、当地电网现状及其发展规划等因素，经技术经济比较后确定。

2 应根据隧道的长度、负荷等级、负荷大小、负荷分布、地形地貌等情况，以全寿命周期内综合费用最低为原则，确定隧道配变电所的规模、形式及设置位置。

3 同时供电的两路及以上供配电线路中，其中一路中断供电时，其余线路应能满足全部一级负荷及二级负荷的供电要求。

4宜采用分布式中压供电方式，采用分布式中压供电时，隧道应按左幅、右幅分开设置变压器，根据低压供电范围，变压器的设置间距宜取1200米。

5采用分布式中压供电时，隧道左右幅变压器宜分别采用不同的10kV电缆供电。

【条文说明】隧道长度 $L \leq 1200$ 米，宜在隧道一侧设置一处变电所。隧道长度 $1200 < L \leq 3000$ 米，宜在隧道两侧分别设置变电所。隧道长度 $L > 3000$ 米，宜采用分布式中压供电方式。

隧道左、右幅分开设置变压器，一级负荷如监控设备、应急照明、消防设备、电梯等可以在末端实现双路切换，而且当一台变压器发生故障时，另一台变压器可以保证隧道一级负荷的正常供电。

隧道左、右幅变压器分别采用不同10kV电缆供电，当一路10kV电缆发生故障时，另一幅变压器可以保证隧道一级负荷的正常供电。

10.2.4 配电变压器选择

- 1 变压器宜选用低损耗、低噪声的节能型变压器。
- 2 采用分布式供电时，宜选用干式变压器。
- 3 隧道照明和风机宜分别设置变压器，变压器容量应统一。

【条文说明】隧道内环境封闭，埋地式变压器属于油浸式变压器，在隧道内安装需配套相应的灭火措施，因此，在隧道内建议采用干式变压器。

隧道照明和风机分开设置变压器，任一台变压器发生故障时，由另一台变压器保证隧道一级负荷的正常供电。

10.2.5 柴油发电机

- 1 柴油发电机容量应能满足隧道一级负荷的供电要求；
- 2 隧道长度小于等于3000米，宜设置低压柴油发电机；隧道长度大于3000米，宜设置高压柴油发电机。

10.3 配电设施

10.3.1 隧道配电回路

- 1 隧道内配电箱、柜的防护等级应达到IP55。
- 2 隧道内维修和养护作业用的配电回路应设置漏电保护装置。
- 3 隧道内各类电力负荷应根据性质、功能的不同，设置单独的配电回路。

10.3.2 隧道配电线路

- 1 应根据供电设备的负荷等级合理选取电力电缆。
- 2 根据电缆载流量选取电缆时，应考虑环境温度、电缆多根并列敷设的影响。
- 3 隧道照明、监控设备电压偏差允许值宜小于5%，隧道风机、消防水泵电压偏差允许值可小于10%。

【条文说明】用电负荷的重要性也决定了其对电力电缆的耐火性要求不同，隧道三级负荷供电的电力电缆宜选用低烟交联无卤电力电缆。隧道二级负荷供电的电力电缆宜选用低烟交联阻燃无卤电力电缆。隧道一级负荷和一级负荷中特别重要的负荷供电的电力电缆宜选用低烟交联耐火无卤电力电缆。

10.3.3 应急电源

1 应急电源后备时间应不小于60分钟。

2 EPS的额定输出功率不应小于所连接的负荷总容量的1.3倍。

3 UPS给计算机等监控设备供电时，单台UPS的输出功率应大于计算机等监控设备额定功率总和的1.5倍，对其他用电设备供电时，UPS的额定输出功率不应小于所连接负荷的总容量的1.3倍。

4 直接启动水泵时，EPS的容量应为同时工作的水泵容量的5倍以上。当水泵为变频启动时，则EPS的容量为同时工作的电机总容量的1.1倍。当水泵采用星-三角降压启动时，则EPS的容量为同时工作的水泵总容量的3倍以上。

5 应急电源宜设置蓄电池监测系统。

10.3.4 电力监控系统

1 所有变电站均应设置电力监控系统。

2 电力监控系统应能满足电气设备继电保护及电气测量要求，应具备电气设备的监视、测量、控制、保护和管理功能。

3 在管理中心应设置电力监控平台，所有变电站的电力监控数据均应实时传送到监控中心。

4 所有断路器均应配置电动操作机构或在相应的配电回路上增加接触器。

5 变电站应考虑温度、湿度等环境的检测。

6 电力监控设备宜设置应急电源。

11、排水设施

11.1 一般规定

11.1.1 公路水下隧道应根据工程实际情况配备相应的排水设施，包括废水泵房、排水管道以及隧道洞口雨水泵房等。

11.1.2 公路水下隧道内各类污、废水及雨水的排放应符合国家现行有关排水标准和排水体制的规定。

11.1.3 隧道内长距离压力排水管道宜采用沿程阻力系数小、具有良好的耐腐蚀性能的材料。

11.2 洞内排水泵房

11.2.1 公路水下隧道宜根据隧道纵坡形式综合考虑，在隧道纵断面低点处、工作井和通风井的布置处设置废水泵房将废水收集并提升排放。

11.2.2 公路水下隧道洞内排水设计流量宜结合隧道结构形式和施工工法，遵循“经济合理”的原则，确保排水泵房能够快速排除隧道内的积水。

11.2.3 水泵的选型应根据设计流量和所需扬程确定，并应符合下列规定：

1 水泵台数不应小于 2 台，且不宜大于 8 台。当水量变化很大时，可配置不同规格的水泵，但不宜超过两种。

2 应设置备用泵。

10.2.4 公路水下隧道洞内排水泵房的集水池容积不应小于 5 ~ 10min 的雨水设计流量。

11.3 洞口雨水泵房

11.3.1 公路水下隧道宜在敞开段接近洞口位置设置 2~3 处排水横截沟用来拦截雨水，并通过与其相连的雨水泵房集水池内的排水泵将雨水提升排放。

11.3.2 隧道洞口的雨水设计流量宜按当地 100 年一遇暴雨强度进行计算，暴雨强度应采用当地暴雨公式及计算参数。

11.3.3 洞口雨水泵房的排水能力宜在雨水设计流量基础上留有一定冗余，可按照雨水设计流量的 1.2 倍考虑。

11.3.4 洞口雨水集水池的有效容积不应小于 5~10min 的雨水设计流量。

11.3.5 洞口雨水泵房集水池应在进水口处设置格栅过滤等拦污设施。

12 综合管线

12.1 一般规定

12.1.1 水下隧道内综合管线应包含通信管线、电力管线、给排水管道和消防管道等。

12.1.2 全线的综合管线布置应做到可到达可维护。

12.2 管线布置

12.2.1 强电电缆应与通信（光）电缆、消防管道和给排水管道分仓设置。

12.2.2 隧道综合管沟应设置可开启盖板，检修通道宽度应满足管

线检修和更换要求。

12.2.3 综合管沟内管线布置要求和检修通道宽度宜满足 GB 50838《城市综合管廊工程技术规范》要求。

12.2.4 管道在综合管沟内敷设时,应考虑管道的排气阀、排水阀、伸缩补偿器、阀门等配件安装、维护的作业空间。

12.2.5 消防管道在综合管沟内敷设时,应考虑连通管道的安装空间。

12.2.6 隧道洞口应对各种管道进行综合考虑,减少交叉。

12.2.7 管线在废水泵房、管线等上翻区位置应进行管线综合布置,减少管线交叉及上翻区管线对检修通道的遮挡。

12.3 安装要求

12.3.1 沉管隧道行车孔内照明桥架应兼顾照明灯具的安装要求。

12.3.2 隧道中央管沟内桥架宜采用梯式桥架,桥架在支架拖臂上可灵活左右调整。

12.3.3 隧道综合管沟内支架应具备上下可调整功能,支架间距应满足 GB50217《电力工程电缆设计标准》。

12.3.4 水下隧道交通工程管线宜设置抗震支架,并在伸缩缝、沉降缝两侧增设双向抗震支架。抗震支架设置间距宜满足 GB 50981《建筑机电工程抗震设计规范》相关要求。

12.3.5 水下隧道分支管线宜贴隧道壁安装,做到隐蔽美观。

12.3.6 管线在进入隧道的孔洞均应做好密封处理。

12.4 防腐要求

12.4.1 水下隧道钢构件、紧固件表面防腐应满足 GB / T 18226 《公路交通工程钢构件防腐蚀技术条件》要求，并宜在钢构件表面增设防腐涂层。

12.4.2 焊接后造成的局部镀锌层破损位置，应进行修补。

13 预留预埋

13.1 一般规定

13.1.1 预留洞室、孔洞、预埋件尺寸均应由交通工程设计单位提出，隧道结构设计单位负责相关结构补强。

13.1.2 水下隧道内布线应尽量共用路由，减少分支。

13.1.3 水下隧道设备及管线预埋件应尽量采用便于螺栓连接形式。

13.2 预埋预埋要求

13.2.1 构筑物内预埋管道可选用刚性塑料管道或钢管，预埋刚性塑料管应采用中型及以上管材，钢管壁厚不应小于 2.5mm。

13.2.2 预埋管道与隧道表面距离不宜小于 30mm。一般情况下，管道可预埋在构筑物表面第一层钢筋网内。

13.2.3 预埋管道均应设置牵引线，线缆敷设后管口应做密封处理。

13.2.4 预埋在构筑物内的管道弯曲半径，当管径不大于 50mm 时，不应小于管外径的 6 倍；当管径大于 50mm 时，不应小于管外径的 10 倍。

13.2.5 隧道内预埋管道管口宜与洞室内表面齐平。

13.2.6 隧道行车道管沟在安全门踏步处应预留消防管道套管。

13.2.7 隧道行车道管沟、综合管沟及行车孔内应预留接地端子。

13.2.8 隧道在端封墙处应预留消防、强弱电线电缆管道，并设置设备搬运通道。

13.2.9 沉管隧道中隔墙穿线预留管高度应与避免与装饰板高度冲突。

13.2.10 沉管隧道中隔墙的消防套管应明确定位措施，避免套管错位。

13.2.11 沉管隧道中隔墙排烟口处应预留电动排烟阀的安装条件。

13.2.12 沉管隧道应纵向排烟道风机预留设备运输条件。

13.2.13 隧道内外的连通管道应采用防水套管，穿缆前进行严密封堵。

13.3 设备安装要求

13.3.1 安装在行车孔内安装的安全设施、风机、情报板、烟道等设施应采用预埋件形式。

13.3.2 检修通道内设备宜靠一侧布置。

13.3.3 架设在管沟上方的变压器、机柜等应结合管沟结构预留安装条件，设备安装后应减少对盖板开启影响。

13.3.4 水下隧道泵房内应预留水泵、管道及附件安装用吊钩、拉环或吊车梁。

14、系统集成

14.1 一般规定

14.1.1 公路水下隧道交通工程应开展系统集成设计，独立或依托路段管理系统平台建立隧道系统集成管控平台，实现对隧道的集成管理和各系统的协调联动，提高隧道运行的安全、效率和节能水平。

14.1.2 系统集成设计应包括管理体制、系统功能、系统架构、系统软件、系统安全的设计。

14.2 管理体制

14.2.1 隧道的管理体制应根据所属路段管理体制、隧道等级、建设条件进行设计。

14.2.2 特长公路水下隧道宜就近设置隧道管理所，对隧道进行直接管理，并接受路段管理中心的管理。

14.3 系统功能

14.3.1 系统集成管控平台应具备以下功能：

- 1 各系统、设备运行状态的实时监测。
- 2 全线道路交通状况的实时监测与管控诱导。
- 3 影响隧道运营与通行的各类环境参数的实时监测。
- 4 监测到的数据触发设定的条件时发出预警。
- 5 各系统设备的运行状态进行控制、调整。
- 6 控制预案的数字化管理与编辑，并以自动或手动方式执行预案，对各类设备、设施进行联动控制。
- 7 取其他监测系统的信息。
- 8 利用情报板、隧道广播发布信息。

9 与上级管理中心、相邻路段管理中心、外联单位等进行信息互联互通与管控措施协调。

14.3.2 系统集成管控平台宜具备以下功能：

- 1 对设备设施的电子化巡检养护管理；
- 2 利用调频广播、网站、微信、APP 等进行多种形式的信息发布；
- 3 对交通状态、设备状态、环境状态的发展趋势进行分析研判，并对劣化趋势发出告警提示信息。

14.4 系统架构

14.4.1 系统总体架构

- 1 系统集成设计应综合隧道各类设施，建立层次化的系统集成体系架构。
- 2 系统集成管控平台设计宜采用层次化、模块化的应用软件架构，具备平滑升级与扩展能力。

条文说明

系统总体结构整体可划分为感知层、通信层、管理层、应用层四层结构，分别完成状态参数与信息采集、信息数据传输、数据整合与管理，以及系统各项应用与管理功能

14.4.2 计算资源平台

- 1 隧道监控所或路段管理中心应设置主要由服务器、管理计算机及网络交换机组成的计算资源平台，为系统集成软件的部署和运行提供足够的计算、存储和网络资源。
- 2 计算资源平台设计应将各类设备组成配置均衡的计算机网络系统，避免出现性能瓶颈。

3 应具备对平台资源的配置管理能力，宜建立统一资源管理平台进行系统配置管理和状态监测。

4 计算资源平台应具备一定的升级扩展能力。

5 可应用虚拟化技术建立统一的资源池，按需分配资源。

14.5 系统集成软件

14.5.1 系统集成软件设计包括系统软件和应用软件。

14.5.2 系统软件

1 系统软件应与计算机、服务器等系统平台硬件设备相兼容。

2 系统软件应选用成熟可靠、稳定性强、应用广泛、可提供完善的升级维护服务的商业软件。

14.5.3 应用软件

1 应用软件应汇总水下隧道运营管理的功能需求，建立起统一的系统功能平台，合理划分功能模块，具备功能扩展能力。

2 应用软件的功能模块可分为基础功能模块和扩展功能模块。

3 基础功能模块应能够实现对水下隧道的日常基本控制管理功能，宜设置设备集控模块、系统互联模块、告警管理模块、GIS地图模块、统计报表模块、用户管理模块等。

4 扩展功能模块实现应急管控、智能管控、特殊管控等功能，宜设置应急预案管理模块、设备维护管理模块、交通智能管控模块，可设置高精地图、数字孪生模块、大数据分析应用模块等。

5 应用软件设计可采用 B/S 或 C/S 模式或混合模式。

6 应用软件应同时提供对桌面端、移动端的应用支持，并针对移动端管理和操作要求进行功能设计。

7 对隧道内及隧道洞口附近的实时交通状态、设备状态、环境状态进行三维仿真展示。

14.6 系统安全

14.6.1 系统集成管控平台应按不低于路段管理中心的信息系统安全保护等级进行安全设计。

14.6.2 系统安全设计的内容应包括安全物理环境、安全通信网络、安全区域边界、安全计算环境和安全管理中心等的设计，应符合现行《GBT22239 信息安全技术网络安全等级保护基本要求》的规定。

14.6.3 与外网及外部单位管理系统的联接应采用安全通信网络，并部署综合安全网关、防病毒系统、入侵识别等边界安全防护设施。隧道监控所与路段管理中心的联接可设置安全通信网络设施及边界安全防护设施。

14.6.4 安全管理中心应部署在独立的安全管理区域，并部署态势感知平台对安全相关信息进行统一收集分析及对网络安全设备进行集中管理，核心交换机处应采用旁路部署的方式设置流量探针。路段管理中心已有安全管理中心的，隧道管理所可不设置。

14.6.5 云计算平台的安全设计应符合现行《GBT22239 信息安全技术网络安全等级保护基本要求》的规定，云计算管理平台应提供相应等级的安全保护能力，主机层虚拟机应部署无代理防病毒系统。