UDC

中国土木工程学会标准

P T/CCES XX－202X

绿色隧道设计技术标准

Technical standard for green tunnel design

（征求意见稿）

202X–XX–XX 发布 202X–XX–XX 实施

中国土木工程学会 发布

**中国土木工程学会标准**

绿色隧道设计技术标准

Technical standard for green tunnel design

**T/CCES XX－202X**

批准单位：中国土木工程学会

施行日期：20XX年X月X日

202X 北 京

前 言

本标准是根据中国土木工程学会《关于发布<2020年中国土木工程学会标准计划>的通知》（学标委〔2020〕31号）的要求，由苏交科集团股份有限公司会同有关单位编制完成。

在本标准编制过程中，编制组广泛调查研究和总结了城市隧道以及公路隧道设计经验，参考了国内外有关标准，并在广泛征求意见基础上，对具体内容进行了反复讨论、协调和修改，最后经审查定稿。

本标准的主要技术内容是：总则，术语、符号及参考标准，绿色隧道策划与设计文件要求，总体设计，结构设计，电气设计，通风设计，给水排水设计，噪声控制设计，监控系统设计，可再生能源利用。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国土木工程学会学术与标准工作委员会负责管理，由苏交科集团股份有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有修改意见或建议，请寄送苏交科集团股份有限公司（地址：江苏省南京市建邺区富春江东街8号；邮政编码：210019；电子邮箱：[dss969@jsti.com](mailto:dss969@jsti.com)）。

本标准主编单位：

本标准参编单位：

本标准主要起草人员：

本标准主要审查人员：

签 发：（此处不需要编制组填写）

目 次

[1 总 则 1](#_Toc110583780)

[2 术语、符号及参考标准 2](#_Toc110583781)

[2.1 术 语 2](#_Toc110583782)

[2.2 符 号 4](#_Toc110583783)

[2.3 参考标准 5](#_Toc110583784)

[3 绿色隧道策划与设计文件要求 7](#_Toc110583785)

[3.1 绿色隧道策划 7](#_Toc110583786)

[3.2 设计文件要求 7](#_Toc110583787)

[4 总体设计 8](#_Toc110583788)

[5 结构设计 9](#_Toc110583789)

[5.1 一般规定 9](#_Toc110583790)

[5.2 材料选用 9](#_Toc110583791)

[5.3 结构构造 10](#_Toc110583792)

[5.4 防水设计 10](#_Toc110583793)

[6 电气设计 12](#_Toc110583794)

[6.1 一般规定 12](#_Toc110583795)

[6.2 照明系统设计 12](#_Toc110583796)

[6.3 供配电系统设计 14](#_Toc110583797)

[7 通风设计 16](#_Toc110583798)

[7.1 一般规定 16](#_Toc110583799)

[7.2 通风方式 16](#_Toc110583800)

[7.3 风机选型与布置 17](#_Toc110583801)

[7.4 污染物处理 18](#_Toc110583802)

[8 给水排水设计 20](#_Toc110583803)

[8.1 一般规定 20](#_Toc110583804)

[8.2 给水设计 20](#_Toc110583805)

[8.3 排水设计 21](#_Toc110583806)

[9 噪声控制设计 23](#_Toc110583807)

[9.1 一般规定 23](#_Toc110583808)

[9.2 噪声评价 23](#_Toc110583809)

[9.3 吸声设计 24](#_Toc110583810)

[9.4 隔声设计 25](#_Toc110583811)

[10 监控系统设计 26](#_Toc110583812)

[10.1 一般规定 26](#_Toc110583813)

[10.2 中央控制系统设计 26](#_Toc110583814)

[10.3 交通监控与环境监测 27](#_Toc110583815)

[10.4 照明控制 28](#_Toc110583816)

[10.5 通风控制 28](#_Toc110583817)

[10.6 排水控制 29](#_Toc110583818)

[11 可再生能源利用 30](#_Toc110583819)

[11.1 一般规定 30](#_Toc110583820)

[11.2 浅层地热能利用 30](#_Toc110583821)

[11.3 太阳能利用 31](#_Toc110583822)

[附录A 道路交通运输噪声预测 32](#_Toc110583823)

[本标准用词说明 34](#_Toc110583824)

Contents

[1 General provisions 1](#_Toc95211939)

[2 Terms, symbols and referenced standards 2](#_Toc95211940)

[2.1 Terms 2](#_Toc95211941)

[2.2 Symbols 4](#_Toc95211942)

[2.3 Referenced standards 5](#_Toc95211942)

[3 Green tunnel planning and green design documents 7](#_Toc95211944)

[4.1 Green tunnel planning 7](#_Toc95211945)

[4.2 Document of green tunnel design 7](#_Toc95211946)

[4 Overall design 8](#_Toc95211944)

[5 Structral design 9](#_Toc95211947)

[5.1 General provisions 9](#_Toc95211948)

[5.3 Material selection 9](#_Toc95211950)

[5.4 Construction of structure 10](#_Toc95211951)

[5.5 Waterproof design 10](#_Toc95211952)

[6 Electrical design 12](#_Toc95211953)

[6.1 General provisions 12](#_Toc95211954)

[6.2 Lighting System design 12](#_Toc95211955)

[6.3 Design of power supply system 14](#_Toc95211956)

[7 Ventilation design 16](#_Toc95211957)

[7.1 General provisions 16](#_Toc95211958)

[7.2 Ventilation pattern 16](#_Toc95211959)

[7.3 Fan selection and layout 17](#_Toc95211960)

[7.4 Pollutant disposal 18](#_Toc95211961)

[8 Water supply and drainage design 20](#_Toc95211962)

[8.1 General provisions 20](#_Toc95211963)

[8.2 Water supply design 20](#_Toc95211964)

[8.3 Drainage design 21](#_Toc95211964)

[9 Design of noise control 23](#_Toc95211965)

[9.1 General provisions 23](#_Toc95211966)

[9.2 Noise evaluation 23](#_Toc95211967)

[9.4 Sound absorption design 24](#_Toc95211969)

[9.5 Sound insulation design 25](#_Toc95211970)

[10 Monitoring and control system 26](#_Toc95211971)

[11.1 General provisions 26](#_Toc95211972)

[11.2 Central control system design 26](#_Toc95211973)

[11.3 Traffic monitoring and environmental monitoring 27](#_Toc95211974)

[11.4 Lighting control 28](#_Toc95211975)

[11.5 Ventilating control 28](#_Toc95211976)

[11.6 Drainage control 29](#_Toc95211977)

[11 Renewable energy utilization 30](#_Toc95211978)

[12.1 General provisions 30](#_Toc95211979)

[12.2 Utilization of shallow geothermal energy 30](#_Toc95211980)

[12.3 Utilization of solar energy 31](#_Toc95211981)

[Appendix A Traffic and transportation noise prediction 32](#_Toc95211983)

[Explanation for wording in the specification 34](#_Toc95211984)

[List of referenced standards 35](#_Toc95211985)

[Explanation of provisions 36](#_Toc95211986)

# 1 总 则

**1.0.1** 为贯彻执行节约资源和保护环境的国家技术经济政策，指导绿色隧道设计，推广绿色隧道建设，制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于新建与改建城市机动车专用道路隧道的绿色设计，公路隧道、铁路隧道与城市轨道交通隧道可参照执行。

**1.0.3** 绿色隧道设计应遵循因地制宜的原则，结合当地气候、资源、生态环境、经济、人文等特点。

**1.0.4** 绿色隧道设计应综合隧道全寿命期的技术与经济特性，采用有利于可持续发展的技术、设备和材料。

**1.0.5** 绿色隧道设计在综合分析适宜性的基础上，宜优先选用“四新”技术和产品，促进设计技术、建筑产品等的技术进步。

**1.0.6** 绿色隧道设计除应符合本标准的规定外，应符合国家现行有关标准的规定。

**2 术语、符号及参考标准**

**2.1 术 语**

**2.1.1 绿色隧道 green tunnel**

“绿色隧道”是在全寿命周期内，有效节约资源、合理保护环境、减少可控污染，为人们提供畅通、高效、便捷、舒适的出行环境，与自然和城市和谐共生的隧道。

**2.1.2 RJP工法 rodin jet pile**

RJP(Rodin Jet Pile)工法是利用超高压喷流体破坏地层土体、并与硬化材料混合搅拌，从而形成大直径桩体的一种工法。

**2.1.3 钢支撑轴力伺服系统 steel support axial force servo system**

钢支撑轴力伺服系统由中央控制系统、液压系统、电源系统、无线传输系统和终端控制系统五大部分组成。

**2.1.4 基本照明 basic lighting**

为保证隧道内车辆正常通行所需24小时常亮的照明。

**2.1.5 绿色雨水基础设施 green stormwater infrastructure**

一种由诸如林荫街道、湿地、公园、林地、自然植被区等开放空间和自然区域组成的相互联系的系统。能够以自然的方式控制城市雨水经流，减少城市洪涝灾害，控制经流污染，保护水环境。

**2.1.6 平直式隧道 tunnel without open section**

无敞开段，均为暗埋段（含明洞）的隧道。

**2.1.7 下沉式隧道 tunnel with open section**

在结构上包含暗埋段和敞开段的隧道。

**2.1.8 降噪量 noise reduction value**

采取噪声控制技术前后噪声变化量，单位：dB(A)。

**2.1.9** **噪声敏感目标 noise sensitive target**

医院、学校、机关、科研单位、住宅、自然保护区等对噪声敏感的建筑物或区域。

**2.1.10 云平台架构 cloud platform architecture**

云平台可以将物理资源虚拟化为虚拟机资源池，灵活调用软硬件资源，实现对用户的按需访问。而且在运行过程中根据用户并发量不同，实时迁移虚拟机资源，一方面保证提供高质量服务，另一方面最小化资源成本，提高CPU、内存等利用率。

**2.1.11 虚拟化技术 cloud platform architecture**

虚拟化是一种逻辑角度出发的资源配置技术，是物理实际的逻辑抽象

**2.1.12 隧道浅层地热能利用 tunnel shallow geothermal energy utilization**

在隧道桩基础、隧道地下连续墙、盾构隧道衬砌或隧道内其他部位以各种方式埋设热交换管路，与隧道围岩进行热交换，利用热交换管内的传热循环工质与围岩之间的温差提取隧道围岩中的地热能，同时具有结构和换热双重功能的隧道。

**2.1.13 能源桩 geothermal pile**

在建筑物的桩基中埋设闭合换热管路，与岩土体进行热交换，同时具有承载结构和换热双重功能的桩。

**2.1.14 能源地下连续墙 geothermal diaphragm wall**

在隧道明挖段地下连续墙中埋设闭合换热管路，与岩土体进行热交换，同时具有结构和换热双重功能的地下连续墙。

**2.1.15 能源隧道衬砌 geothermal diaphragm wall**

在盾构隧道管片内埋设热交换管，通过管内的传热循环介质与围岩之间的温差提取隧道围岩浅层地热能的隧道衬砌结构。

**2.1.16 A声级 A-weighted sound pressure level**

用A计权网络测得的声压级，用*LA*表示，单位dB(A)。

**2.1.17 声环境功能区 environmental noise functional area**

根据《声环境质量标准》（GB 3096）、《声环境功能区划分技术规范》（GB/T 15190）所划定的各类声环境质量标准适用区域。

**2.1.18 平均吸声系数（） average sound absorption coefficient**

单位长度范围内各表面材料（侧墙、顶板、路面等）吸声系数对面积的加权平均值，用表示，对应频率*f*的平均吸声系数采用表示。

**2.1.19 突发噪声 burst noise**

指突然发生，持续时间较短，强度较高的噪声，如汽车鸣笛等。

**2.2 符 号**

**2.2.1 几何尺寸**

C——隧道横断面周长；

S——隧道横断面面积；

——预测点到有限长路段两端的张角；

m——道路中心线到测点的距离；

d——隧道外噪声计算点位置到隧道分界面处横断面中心点的距离；

**2.2.2 噪声量**

——等效连续A计权声级，dB(A)；

D——指向性因数修正量，dB(A)；

——敞开段引起的洞口噪声衰减量，dB(A)；

——隧道暗埋段以外噪声级，dB(A)；

——道路交通噪声级，dB(A)；

——隧道洞口辐射噪声级，dB(A)；

——平直式隧道洞口辐射噪声级，dB(A)；

——下沉式隧道洞口辐射噪声级，dB(A)；

——隧道引起的敏感目标噪声级增量，dB(A)；

——隧道外敏感目标户外环境噪声级，dB(A)；

——道路交通引起的敏感目标户外环境噪声级，dB(A)；

——噪声敏感目标夜间所受突发噪声级最大值，dB(A)；

——声功能区环境噪声限值，根据《声环境质量标准》（GB3096）确定，dB(A)；

——噪声敏感目标降噪量，dB(A)；

——第i类车的小时等效声级，dB(A)；

——第i类车速度为Vi，km/h，水平距离为7.5m处的能量平均A声级，dB(A)；

、、——大、中、小型车的等效声级。

**2.2.3 热负荷、功率、热量**

——埋管换热系统取热量(kW)；

——设计热负荷，或由埋管热泵系统承担的热负荷(kW)；

——水源热泵机组消耗功率(kW)；

——埋管系统循环水泵轴功率(kW)；

——埋管换热系统释热量(kW)；

——设计冷负荷，或由埋管热泵系统承担的冷负荷(kW)；

**2.2.4 计算系数**

——平均吸声系数；

N——菲涅耳数；

——水源热泵机组制热性能系数。

——水源热泵机组制冷性能系数。

**2.2.5 其他**

*Ni*——昼间、夜间通过某个预测点的第i类车平均小时车流量，辆/h；

*Vi*——第i类车的平均车速，km/h；

*T*——计算等效声级的时间，1h。

**2.3 参考标准**

1 《绿色工业建筑评价标准》GB/T50878-2013

2 《绿色建筑评价标准》GB/T50378-2014

4 《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153-2008

5 《地下工程防水技术规范》GB 50108-2008

6 《公共建筑节能设计标准》GB50189-2015

8 《建筑照明设计标准》GB 50034-2013

9 《民用建筑电气设计标准》GB 51348-2019

13 《环境空气质量标准》GB 3095-2012

15 《工作场所空气中有害物质监测的采样规范》GBZ 159-2004

16 《清水离心泵能效限定值及节能评价值》GB 19762-2007

17 《建筑设计防火规范(2018年版)》GB 50016-2014

22 《地源热泵系统工程技术规范（2009版）》GB 50366-2005

20 《城市道路交通设施设计规范(2019年版)》GB 50688-2011

3 《民用建筑绿色设计规范》JGJ229-2010

7 《公路隧道照明设计细则》JTG/T D70/2-01-2014

10 《公路隧道交通工程设计规范》JTG/T D71-2004

11 《公路隧道设计规范 第二册 交通工程与附属设施》JTGD70/2-2014

12 《公路隧道通风设计细则》JTGT D70／2-02-2014

19 《城市地下道路工程设计规范》CJJ 221-2015

21 《桩基地热能利用技术标准》JGJ/T 438-2018

14 《环境空气质量手工监测技术规范》HJ/T 194-2017

18 《声屏障声学设计和测量规范》HJ/T 90-2004

**3 绿色隧道策划与设计文件要求**

**3.1 绿色隧道策划**

**3.1.1** 绿色隧道设计应在可行性研究阶段进行绿色隧道策划，并编制绿色隧道策划书。策划书应结合当地区域规划要求，明确绿色隧道设计目标，确定绿色隧道结构、电气、通风、给排水、噪声控制、监控系统、可再生能源利用等专业实施策略。

**3.1.2** 绿色隧道策划书应包括以下内容：

**1** 前期调研。

**2** 项目定位与项目目标。

**3** 各专业绿色隧道设计实施策略制定、评价、分析。

**4** “四新”技术使用情况及技术经济可行性分析。

**3.2 设计文件要求**

**3.2.1** 项目建议书应包含绿色设计内容，编制应结合当地区域规划要求，提出需达到的绿色隧道设计目标要求，并将实施绿色隧道的增量成本列入投资估算。

**3.2.2** 项目可行性研究报告应设绿色设计说明，编制应结合当地区域规划要求和项目建议书确定的绿色隧道设计目标，依据本标准提出的要求，对绿色设计实施的可行性进行全面的分析论证，确定项目绿色设计实施策略。

**3.2.3** 初步设计应根据规划行政主管部门对可行性研究报告绿色设计的审查意见进行设计。初步设计说明中应设绿色设计专篇

**3.2.4**  施工图设计说明中应包含绿色设计专篇，可按专业进行分项设计和说明。

**4 总体设计**

**4.0.1** 绿色隧道设计应包含结构、电气、通风、给排水、噪声控制、监控系统、可再生能源利用等专业设计。且各专业应紧密配合，协同工作。

**4.0.2** 隧道车道数和车道宽度应根据道路功能、技术等级、设计交通量、地形地质条件、服务功能和服务水平等综合确定

**4.0.3** 特长隧道选址应综合考虑地形、地貌、地质、水文、施工条件等因素，科学选定隧址。

**4.0.4** 隧道最大纵坡的取值不应完全局限于最大纵坡3%的规定，而应从隧道交通流大小、车型比例、综合造价、交通安全等方面科学系统地分析后确定

**4.0.5** 中长隧道宜考虑在隧道内设置自然通风通风井，通风井的位置、数量和尺寸应进行计算或专项论证确定

**4.0.6** 隧道应处理好与市政管线、轨道交通、综合管廊、地下综合体等其他地下设施的关系，集约利用地下空间，宜考虑对隧道结构空腔的利用。

**4.0.7** 隧道建设时序与施工工序应合理安排，减少环境污染与资源浪费，宜充分利用隧道挖方。

**4.0.8** 隧道洞渣应最大限度资源化利用，符合要求的洞渣可用于路基填筑，质量好、强度高的隧道洞渣可加工成碎石或机制砂，用于混凝土和砂浆拌制。

**4.0.9** 隧道建设应加强地下水的保护，降低对区域水环境的影响，必要时应开展隧道建设对地下水影响的专题研究。

**4.0.10** 隧道横断面设计应结合运营期管理和养护的安全性、经济性及便利性要求，充分考虑机电系统和附属工程的布置。

**4.0.11** 隧道洞口应进行景观设计，洞口装饰应与周边环境协调。

**4.0.12** 隧道装饰装修设计应综合考虑装饰装修材料的绿色环保性能、对行车视觉疲劳的影响以及火灾情况下对结构的保护效果。

**4.0.13** 隧道机电系统设计应基于安全、经济、可靠的原则，选用高效、低能耗的设备，对通风、照明等能耗较大的系统进行全面节能设计。

**5 结构设计**

**5.1 一般规定**

**5.1.1** 结构设计应根据隧道结构的类型，施工工法进行对比分析，宜充分考虑安全耐久、环境保护、施工便捷等因素，选择环境影响小、资源消耗少的结构类型。

**5.1.2** 不得采用国家和地方禁止和限制使用的建筑材料及制品，设计应明确所采用的主要建筑材料并应在设计说明中明确。

**5.1.3** 结构形式应采用低碳环保的新技术，新工艺。

**5.1.4** 结构设计应适当提高结构的安全度、耐久性能。结构重要性系数γ0不应低于1.1。

**5.1.5** 抗震性能化设计应满足不同地震动水准的预期损坏状态和使用功能要求，并应选定分别提高结构或其关键部位的抗震承载力、变形能力或同时提高抗震承载力和变形能力的具体指标。

**5.1.6** 结构设计应遵循标准化、模块化原则，并应符合下列规定:

**1** 应采用将隧道全寿命期的绿色目标与预制装配式结构体系相结合的一体化设计技术。

**2** 应运用集成化的设计理念，合理采用具有节材效果明显、工业化生产水平高的预制装配式结构构件。

**5.1.7** 长隧道及特长隧道宜采用装配式结构，并合理选用预制装配混凝土结构、钢结构、混合结构等适宜工业化生产的结构构件。

**5.2 材料选用**

**5.2.1** 建筑材料的选用应遵循适用、安全经济、节能环保的原则。

**1** 应优先选用本地建材，宜采用高性能、高强度材料，严禁采用高耗能、污染超标的材料。

**2** 应选择资源消耗少、可集约化生产、碳排放量低、环境影响小的材料，且优先采用可再循环、可再利用材料，并提高材料的使用效率。

**5.2.2** 混凝土宜采用高性能混凝土并掺加高效外加剂与掺合料，同时应适当提高隧道养护方案标准。

**5.2.3** 现浇混凝土应采用预拌混凝土。

**5.2.4** 工程用砂浆70%及以上应采用预拌砂浆。

**5.2.5** 钢材宜采用高强钢材，钢筋宜采用高强钢筋。

**5.3 结构构造**

**5.3.1** 支护结构型式应根据基坑深度、工程地质与水文地质、周边环境保护要求和施工条件等确定，优先选择钢板桩，预制桩等可回收利用以及SMW工法及TRD等水泥土搅拌墙等基坑支护形式。

**5.3.2** 在满足基坑安全性和施工便利的条件下，宜优先使用钢支撑等可回收利用支撑结构形式。

**5.3.3** 当采用地下连续墙作围护结构时，地下连续墙宜与内衬墙组成叠合墙或复合墙结构，成为永久性结构的一部分。

**5.3.4** 围护结构可采用RJP工法，钢支撑轴力伺服系统等先进技术。

**5.3.5** 在满足工程使用、结构受力、防水和耐久性等要求的前提下，宜优先选用单层装配式钢筋混凝土结构。

**5.3.6** 装配式混凝土结构应根据结构设计方案和传力途径确定预制构件的布置及连接方式，进行整体结构分析和设计，并应符合下列规定:

**1** 结构宜采用装配整体式结构，当节点的连接方式及构造措施满足现行有关标准的规定时，可采用等同的现浇计算模型进行设计；

**2** 预制管节之间以及预制管节与现浇及后浇混凝土之间接缝处的承载力应符合现行有关标准的规定。

**5.4 防水设计**

**5.4.1**  隧道的防水设计，应考虑不同地区的地下水位高低、降水量、设计使用年限、建筑结构特点、施工方法等因素，并满足结构的安全、耐久性和使用要求。

**5.4.2**  隧道防水设计宜适当提高防水等级，在满足防水要求的条件下，可适当减少防水设置道数。

**5.4.3** 防水卷材及其胶粘剂应采用具有良好的耐水性、耐久性、耐刺穿性、耐腐蚀性的高性能绿色环保材料。

**5.4.4** 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。

**5.4.5** 迎水面主体结构应采用防水混凝土，混凝土抗渗等级宜适当提高，混凝土强度等级不应低于C40，并添加高效抗渗剂，所用抗渗剂的技术性能应符合国家现行有关标准的质量要求。

**5.4.6** 结构的变形缝、施工缝、后浇带﹑穿墙管(盒)﹑预埋件﹑预留通道接头﹑桩头等细部构造应加强防水措施。

**5.4.7** 隧道主体结构的外包防水应根据使用功能、使用年限、水文地质、结构形式、施工方法及材料性能等因素采用防水卷材，防水涂料，塑料防水板，防水砂浆，金属防水板等形式。

**6 电气设计**

**6.1 一般规定**

**6.1.1** 电气设计应在满足设计标准和使用功能的前提下，确保整个系统安全可靠、经济合理、绿色环保、高效节能。

**6.1.2**  照明绿色设计应采用基本照明的照明功率密度值（LPD)作为评价指标。

**6.1.3** 照明设计选用的光源、镇流器的能效不宜低于相应能效标准的节能评价值

**6.1.4** 隧道供配电系统设计应选用低能耗电气设备，使三相负荷平衡，合理选择线缆截面，降低损耗等节能措施。

**6.2 照明系统设计**

**6.2.1** 隧道照明设计时，应符合下列规定：

**1** 设计亮度不应低于照明标准值，且不宜超过照明标准值的10%。

**2** 基本照明功率密度值应符合《隧道照明用led灯具性能要求》GBT 32481的有关规定。

**6.2.2** 当两座隧道间的行驶时间按标准设计速度计算小于15s时，且通过前一座隧道的行驶时间大于30s时，后续隧道入口段亮度应进行折减，亮度折减率可按表6.2.2取值。

**表6.2.2 后续隧道入口段亮度折减率**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 两隧道之间行驶时间t（s） | t＜2 | 2≤t＜5 | 5≤t＜10 | 10≤t＜15 |
| 后续隧道入口段亮度折减率（%） | 50 | 30 | 25 | 20 |

**6.2.3** 当选择光源时，应满足显色性、启动时间等要求，并应根据光源、灯具及镇流器等的效率或效能、寿命等进行综合技术经济分析比较后确定。并应符合下列规定：

**1** 宜选用发光效率高的光源，光源的使用寿命不应小于30000h。

**2** 以稀释烟尘作为隧道通风控制工况的隧道，宜选择透雾性能较好的光源；不以稀释烟尘作为隧道通风控制工况的隧道，基本照明宜选用显色性好的光源。

**3** 紧急停车带、横通道宜选用显色性较好的光源。

**4** 隧道基本照明宜选用LED光源，并宜采用调光控制。

**6.2.4** 灯具的选择应符合下列规定：

**1** 使用电感镇流器的气体放电灯应采用单灯补偿方式，其照明配电功率因数不应低于0.9。

**2** 灯具自带的单灯控制装置宜预留与照明控制系统的接口。

**3** LED灯具的效能不应低于表6.2.4的规定。

**表6.2.4 LED灯具的效能(lm/w)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 色温/K | 2700/3000 | 3500/4000 | 5000 |
| 灯具效能 | 90 | 95 | 100 |

**6.2.5**  隧道照明采用中线或者中线侧偏布置形式时，基本照明宜选用逆光型灯具；隧道照明采用两侧交错或者两侧对称布置形式时，宜选用宽光带对称型照明灯具。

**6.2.6** 灯具的镇流器的宜选择电子镇流器或节能电感镇流器。

**6.2.7**  隧道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。

**6.2.8**  隧道接近段可采用下列减光措施：

**1** 隧道接近段宜根据工程现状，设置遮阳棚、遮光棚。

**2** 洞口采用端墙形式时，墙面可采用暗色调，其装饰材料的反射率应小于0.17。

**3** 隧道洞外侧墙可进行暗化处理。

**4** 洞口外至少一个照明停车视距长度的路面可采用黑色路面。

**5** 利用植被实现遮光、减光。

**6.2.9** 设置遮光棚的隧道，减光段亮度和长度满足隧道入口段和出口段加强照明要求时，可不设置入口段和出口段加强照明。

**6.2.10** 隧道加强照明可采用导光管系统，其设计应根据隧道类型、使用要求、光气候和安装条件等因素综合确定。并应满足下列要求：

**1** 导光管采光系统主体结构使用寿命不应少于20年。

**2** 导光管采光设计应满足加强照明亮度要求。

**3** 导光管采光系统的管径不宜小于650mm。

**6.3 供配电系统设计**

**6.3.1** 隧道内变配电所的位置应根据隧道长度、负荷等级、负荷大小、负荷分布、地形地貌等特点，合理确定隧道变电所的规模、形式及位置选择，且应符合下列规定：

**1** 应尽量设置在负荷中心，且靠近大功率用电设备。

**2** 应考虑进出线是否合理，及设备运输与安装问题。

**3** 宜选择在通风、散热条件较好的场所。

**4** 不应设在地势低洼和可能积水的场所。

**6.3.2**  隧道内低压配电供电半径宜结合设备功率合理选择

**6.3.3** 电气系统的设计应根据供电条件，合理确定供电电压等级，且应符合下列规定：

**1** 电动机容量小于350kW时，应采用低压供电。

**2** 电动机容量在350kW～550kW时，宜采用中压供电。

**3** 电动机容量大于550kW时，应采用中压供电。

**6.3.4** 隧道内配电变压器的选择应符合下列要求：

**1** 宜选用低损耗、低噪声、接线组别为D,ynl1的环保节能型变压器。经技术经济比较合理时，可选用非晶合金等节能型变压器。所选节能型变压器应达到现行国家标准《三相配电变压器能效限定值及节能评价值》GB 20052中规定的目标能效限定值及节能评价值的要求。

**2** 长期工作负载率不宜大于 85% 。

**3** 隧道的动力和照明共用变压器对照明质量及光源寿命有不利影响时，可设照明专用变压器。

**4** 变压器低压侧电压为 0.4kV时，干式变压器单台变压器容量不宜大于1250kVA ，箱式变电站变压器单台容量不宜大于 800kVA。

**6.3.5** 隧道内风机和水泵电动机应采用高效节能产品，其能效应符合《中小型三相异步电动机能效限定值及能效等级》GB 18613节能评价的规定。大功率电动机宜采用软启动或其它降低启动电流控制措施，改善启动特性。

**6.3.6** 隧道内供配电系统应设置无功补偿措施，且应符合下列规定：

**1** 采用低压供电的隧道项目，任一路进线大于100kW时，补偿后进线处功率因数不应小于0.90；采用高压供电的项目，应在隧道内变电所变压器低压侧集中设置无功补偿，补偿后进线处功率因数不应小于0.95；容量较大且经常使用的用电设备宜采用就地无功补偿。

**2** 低压无功补偿应采用分相补偿或混合补偿，采用混合补偿时其分补容量不应小于总容量的40%；

**3** 无功补偿装置应具有过零自动投切的功能，并应设置抑制谐波和涌流的措施，无功补偿宜采用智能型免维护成套自动补偿装置。

**4** 低压并联电容器装置的安装地点和装设容量应满足《并联电容器装置设计规范》GB 50227中有关要求。

**7 通风设计**

**7.1 一般规定**

**7.1.1** 隧道通风设计应综合考虑隧道断面形式、交通量及组成、车辆污染物排放标准、防灾救援与运营管理等多方面因素，合理规划通风方案和技术指标，减少运营阶段的能耗。

**7.1.2** 通风系统宜结合隧道内环境指标，采用节能环保的运行控制策略。

**7.1.3** 通风规划应符合下列规定：

**1** 应考虑到车辆生产技术升级，新能源车的应用和占比等情况。

**2** 应对隧道周边环境、气候、交通状况进行全面调研，并应按照近、远期进行合理规划。

**7.1.4** 隧道通风系统配置规模应与通风智慧控制系统相匹配，并综合考虑经济性。

**7.2**  **通风方式**

**7.2.1** 通风方式应结合路线平面、纵断面、隧道断面形式、工程分期建设情况、防灾救援与运营管理、交通量、气象条件、地貌、经济性等因素进行整体规划，应根据隧道长度、断面大小、结构形式、交通状况、机械设备、气象条件、地质条件等，选择经济有效的通风方式。且应符合下列规定：

**1** 隧道是否需要机械通风的初步判定条件可参考现行国家标准《公路隧道通风设计细则》JTGT D70／2-02-2014的相关规定执行。

**2** 单向交通且长度L≤5000m和双向交通且长度L≤3000m的隧道可采用全射流纵向通风方案。

**3** 单向交通隧道的设计风速不宜大于 10.0m/s，特殊情况不应大于12.0m/s；双向交通隧道的设计风速不应大于8.0m/s；设有专用人行道的隧道设计风速不应大于7.0m/s。

**4** 通风井送排式纵向通风方式的通风井数量和隧道分段长度应根据隧道长度、防灾排烟需求、通风井设置条件、建设与运营费用等综合考虑。

**5** 根据隧道条件，可以采用一种或多种通风方式组合构成更合理的通风方式，减少能耗和运营费用。

**7.2.2** 对于改扩建隧道，应按当前实际交通量和交通组成评估通风系统的合理性。

**7.2.3** 双向交通隧道设计风向宜与行车上坡较长方向一致并充分考虑车流的潮汐，洞内通风气流组织方向不宜频繁变化。

**7.2.4** 城市连拱或小净距隧道的左右洞相邻洞口间宜采取措施避免污染空气窜流；当不可避免污染空气窜流时，通风设计应考虑窜流带来的影响。

**7.2.5**  自然通风方式应根据外界环境主导风向，进行自然通风优化设计。

**7.2.6** 纵向通风方式应符合以下规定：

**1** 送风口喷流方向宜与隧道轴向一致。

**2** 风道弯道部位宜设置导流装置。

**3** 城市多匝道隧道内气流场受隧道外自然风、交通量、匝道数量等影响，宜充分利用进出主线隧道的匝道作为隧道自然送排风道，降低隧道通风运营能耗。

**4** 埋深较浅的城市隧道更适合设置竖井型自然通风孔，结合隧道纵坡设计、位置条件，通过在隧道顶部设自然通风孔，使隧道内污染气体以自然扩散方式排出隧道。

**7.3 风机选型与布置**

**7.3.1** 射流风机选型应满足下列要求：

**1** 射流风机应选用具有消声装置的风机。

**2** 射流风机应结合不同类型射流风机的直径、单台射流风机的电机配置功率、隧道总装机功率、长期运营费用等进行选型。

**3** 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%。

**7.3.2** 轴流风机的选型应满足下列要求：

**1** 应根据设计要求确定风机特性，并应根据隧址环境选择轴流风机。

**2** 宜选用大风量、低风压、静叶可调的轴流风机；应结合隧道设计风量、风压、功率及效率选择风机型号；轴流风机在稳定工作区内最高通风机效率应不小于表7.3.2的规定。

**表7.3.2 轴流通风机能效等级**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 轮毂比γ | 效率*ηr /* % | | | | | |
| No5≤机号＜No10 | | | 机号≥No10 | | |
| 3级 | 2级 | 1级 | 3级 | 2级 | 1级 |
| γ＜0.3 | 58 | 69 | 72 | 60 | 73 | 77 |
| 0.3≤γ＜0.4 | 61 | 71 | 74 | 63 | 75 | 79 |
| 0.4≤γ＜0.55 | 64 | 73 | 76 | 66 | 77 | 81 |
| 0.55≤γ＜0.75 | 67 | 75 | 78 | 69 | 79 | 83 |

**3** 在通风系统土建工程施工完毕、轴流风机安装之前，应结合土建施工情况、轴流风机性能，根据通风系统摩擦阻力和风机全压效率等对轴流风机配备参数进行验算。

**4** 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。

**7.3.3**  轴流风机的设置应满足下列要求：

**1** 宜选择卧式安装的轴流风机。

**2** 轴流风机宜2~3台并联设置；采用4台并联运行时，应事先根据风机的规格和性能参数，进行必要的技术论证。并联运行的各风机型号和性能参数应完全一致。

**3** 并联的各轴流风机宜设置防喘振装置。

**4** 同一送风系统或排风系统可考虑1台同型号备用轴流风机。

**7.3.4** 轴流风机的风量调节宜选用转速控制法和台数控制法相结合的方法，并应充分考虑风机的动力消耗。隧道通风的风量分档应根据交通量随时间的变化确定，宜按有级分档划分。

**7.3.5** 轴流风机宜在风机的两端或一端配置主动式消声器进行消声。

**7.3.6** 轴流风机配备电机应根据各电压等级的适用条件选择经济的电压等级。

**7.3.7** 当主风流的风量不能满足隧道通风要求时，应设置局部通风系统。

**7.4 污染物处理**

**7.4.1** 隧道出口污染物浓度排放质量要求，应按《环境空气质量标准》GB 3095-2012执行；污染物浓度检测方法中的采样环境、采样高度及采样频率等要求，应按《环境空气质量手工监测技术规范》HJ/T 194-2017执行。

**7.4.2**  隧道洞口集中排放不满足环保要求，可采用高风塔集中排放或除尘技术。高风塔集中排放量不宜小于隧道废气总量的70%，净化设备的净化率不宜低于70%。并符合下列规定：

**1** 采用地表风机房时，宜通过通风塔将新风送人通风井或将隧道内污染风排出；通风塔宜设置在通风井口附近。

**2** 通风塔的进风口宜设置于上风方向，排风口宜设置于下风方向；风口宜朝开阔方向。

**3** 通风塔的排风口高程应大于进风口高程，其高差不应小于5m；进风口与排风口之间的平面间距不应小于5m；进风口与排风口不应同方向布置，防止窜流。

**4** 进风口底部距地面的高度不宜小于2m；当进风口布置在绿化较好区域时，进风口距地面距离可适当降低，但不应低于1m。

**5** 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。

**7.4.3** 隧道洞口集中排放不满足环保要求，可采用多点分散排放，排风口处污染物浓度应按《环境空气质量标准》GB 3095-2012执行。

**7.4.4**  静电除尘方式应符合下列规定：

**1** 城市隧道在无条件设置高空排放情况下，需采用静电除尘技术，使污染气体经净化后处理。

**2** 选用静电除尘装置应综合考虑粉尘和有害气体的排放量及隧道内、除尘通道内的风速，从而选择除尘效率高的装置。

**3** 除尘应与隧道其他监测系统联合使用，及时有效进行除尘工作。

**4** 吸尘装置滤除的粉尘宜作固化处理，并妥善弃放。

**5** 应检测粉尘的浓度，测定方法应符合现行《工作场所空气中有害物质监测的采样规范(GBZ159）》规定。

**6** 特长隧道内部可加侧向通道时，可在侧向通道内加装除尘装置。

**8 给水排水设计**

**8.1 一般规定**

**8.1.1** 隧道给排水系统设置应合理、完善、安全。

**8.1.2** 隧道使用非传统水源时应采取供水安全保障措施。

**8.1.3** 隧道给水排水应采取有效措施，避免管道、阀门和设备的漏水、渗水或结露。

**8.1.4** 给排水设备的选型应遵循技术先进、工艺成熟、安全可靠、经济适用的原则，规格宜统一。设计中应为施工安装、操作管理、维修检测及安全养护等提供便利条件。

**8.1.5** 给水排水系统的器材、设备应采用低阻力、低水耗产品。

**8.2 给水设计**

**8.2.1**  隧道给水方式应充分利用市政给水管网水压。

**8.2.2** 隧道给水系统的选择应符合下列规定：

**1** 给水水源应采用城市给水管网供水，不设备用水源。

**2** 应采用生产、生活和消防分开的给水系统。

**3** 给水系统应满足各项用水对水量、水质、水压的要求。

**8.2.3** 隧道给水系统的布置应符合下列规定：

**1** 隧道生产给水管宜从消防引人管的水表井前接出，并独立设置水表井后引人隧道。

**2** 应在隧道两端或运营管理中心的室外设置加水栓，供隧道专用冲洗车加水。

**3** 隧道内冲洗水量宜按隧道专用冲洗车1车~2车水量计，每天约为4 m³~8 m³。

**4** 隧道内有排水条件的设备用房宜设置生产给水设施。

**5** 隧道内的给水管道应设支架固定，并应设置补偿管道伸缩和剪切变形的装置。

**6** 隧道给水管道应设检修闸阀，在穿越人防门的防护区内侧应设置防护闸阀。

**7** 生产给水管管道宜采用钢塑复合管。

**8.2.4** 应采取防止系统超压出流和用水点水压控制措施。

**8.2.5** 隧道绿化、道路浇洒等宜采用雨水回用。雨水回用系统方案及设计规模宜通过水量平衡和技术经济比较后确定。

**8.2.6** 隧道绿化应采用喷灌、微灌等高效节水浇灌方式，并应符合下列规定：

**1** 绿化浇灌宜采用土壤湿度感应器、雨天关闭装置等节水控制措施。

**2** 采用微灌方式时，应在供水管路的入口处设过滤装置

**8.2.7** 应采用高节水效率等级的节水器具。

**8.2.8** 给水系统采用的离心泵应满足《清水离心泵能效限定值及节能评价值》GB19762的要求，变频调速泵组应根据用水量和用水均匀性等因素合理选择搭配水泵及调节设施，并按供水需求自动控制水泵启动的台数。

**8.3 排水设计**

**8.3.1** 隧道排水系统的选择应符合下列规定：

**1** 排水设计应分类集中，采用高水高排、低水低排且互不连通的系统就近排放；

**2** 排水系统的选择应根据污、废水的性质，并结合室外市政排水体制确定；

**3** 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或合流管网，废水应排入污水管网或合流管网；

**4** 排水系统宜采用强排措施，并宜在管道出口采取防倒灌措施。

**8.3.2** 应结合本地降雨特性，充分利用场地空间，合理设置绿色雨水基础设施。

**8.3.3** 隧道洞口的雨水泵站、排水沟及排水管渠的排水能力，应按当地50年一遇的暴雨强度计算，设计降雨历时应按计算确定。

**8.3.4** 隧道排水管材的选型应符合下列规定：

**1** 重力流排水管宜采用阻燃型硬聚氯乙烯排水管及管件，或柔性接口机制排水铸铁管及管件。

**2** 隧道内压力排水管宜采用球墨铸铁管、热镀锌钢管或钢塑复合管。

**3** 虹吸压力流排水管宜采用承压塑料管或不锈钢管。

**4** 室外埋地排水管宜采用埋地塑料管。

**8.3.5** 隧道内排水管道布置应符合下列规定：

**1** 隧道内雨水、废水压力排水管应设置固定支架 。

**2** 隧道内雨、废水由泵提升后就近排出隧道，必须经地面压力睿井后再纳人市政排水管道。

**8.3.6** 隧道内排水收集系统的布置应符合下列规定：

**1** 隧道与地面道路交接处应设置高出周边路面不小于300mm的驼峰；隧道与高架道路交接处应设置截水设施。

**2** 隧道敞开段雨水和隧道内渗漏水、冲洗废水及消防废水可采用边沟、横截沟或管道收集。

**3** 隧道洞口拦截雨水的横截沟不宜少于2道，且在路侧位置宜互相连通。

**4** 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铸的一体化结构排水沟。

**5** 隧道路面应设纵向排水边沟，排水边沟的坡度应与道路路面纵坡一致。

**8.3.7** 隧道排水系统应与隧道主体工程和交通安全设施紧密结合，根据地质条件、地下水发育及补给情况，合理确定排水设施设置位置和各部位尺寸。应避免地下水过分排放对环境的影响。

**9 噪声控制设计**

**9.1 一般规定**

**9.1.1** 隧道进行新建或改扩建设计时，应结合预测交通量、隧道周边环境及声环境质量要求进行噪声控制设计。

**9.1.2**  新建隧道应进行周边声环境预测， 噪声预测应采用理论公式计算或声学软件数值模拟，复杂项目应采用声学软件数值模拟。

**9.1.3**  既有隧道噪声治理时，应进行噪声实测及声环境质量评价。

**9.1.4**  隧道周边声环境应根据声环境质量、敏感目标噪声级增量进行分类。

**9.1.5**  隧道噪声控制设计应以噪声预测或实测结果为基础，根据隧道周边声环境及隧道内声环境确定降噪量。

**9.1.6** 隧道噪声控制选用的材料（结构）应满足相关的质量标准和技术要求。

**9.2 噪声评价**

**9.2.1** 城市隧道降噪量应根据下列公式确定：

(9.2.1-1)

式中：

——噪声敏感目标噪声降噪量，dB(A)；

——隧道外敏感目标户外环境噪声级，dB(A)；

——声功能区环境噪声限值，根据《声环境质量标准》（GB3096）确定，dB(A)；

——噪声控制安全值，取2dB(A)。

**9.2.2** 噪声敏感目标由隧道引起的噪声级增量按下式计算：

(9.2.2-1)

式中：——隧道引起的敏感目标户外环境噪声级增量，dB(A)；

——隧道外敏感目标户外环境噪声级，根据《城市隧道噪声控制技术规程》DGJ32/TJ 216第3.1.3节方法计算，dB(A)；

——道路交通引起的敏感目标户外环境噪声级，根据《城市隧道噪声控制技术规程》DGJ32/TJ 216附录A计算，取m为敏感目标户外1m至道路中心线处的距离。

**9.2.3**  隧道周边声环境根据声环境质量标准及隧道运营引起的敏感目标噪声级增量按表9.2.3分类。

**表9.2.3 城市隧道周边声环境分类**

|  |  |
| --- | --- |
| **隧道噪声分类** | **隧道周边声环境[dB(A)]** |
| **A1类** | **且** |
| **A2类** | **且** |
| **A3类** |  |

**9.2.4** A类隧道应根据分类采取相应的噪声控制措施，并应符合下列规定：

**1** A1类隧道应对全隧道进行噪声控制；

**2** A2类隧道应对隧道洞口段进行噪声控制，宜对隧道暗埋段进行噪声控制；

**3** A3类隧道可不进行隧道噪声控制。

**9.3 吸声设计**

**9.3.1** 吸声材料的选择应综合权衡材料厚度、密度、流阻、孔隙率、结构因子、材料背后空气层厚度、材料表面的装饰处理、安装和布设方式以及现场温度、湿度等外部条件对降噪效果的影响。

**9.3.2** 吸声材料（结构）的吸声特性应与噪声源的频率特性相对应。

**9.3.3** 吸声材料宜选用具有适当孔径、孔隙率且孔洞开放、相互连通的多孔和纤维类吸声材料，且应满足《建筑设计防火规范》（GB 50016）。

**9.3.4** 吸声结构宜采用共振类吸声结构、复合吸声结构、空间吸声体等。

**9.3.5** 隧道吸声结构（材料）的布置方案应根据隧道噪声预测与实测结果确定，尚应满足下列要求：

**1** A1类隧道应在隧道顶板及侧墙布置吸声材料（结构），吸声材料（结构）的布置应自洞口向隧道内延伸且长度不小于70m，下沉式隧道应在敞开段全范围设置吸声材料（结构）。

**2** A2类隧道宜在隧道顶板或侧墙布置吸声材料（结构），吸声材料（结构）的布置应自洞口向隧道内延伸且长度不小于50m，下沉式隧道应在敞开段设置吸声材料（结构）。

**3** A3类隧道可不进行隧道洞口吸声处理。

**4** 吸声材料宜选用宽频吸声材料（结构）和中低频范围吸声性能突出的材料（结构）。

**9.3.6** 圆形横断面隧道侧墙装饰宜采用平板结构，顶部装饰宜采用平板结构或空间吸声体结构。

**9.3.7** 隧道噪声控制应使用低噪声路面，宜选用沥青玛蹄脂碎石混合料（SMA）、大空隙开级配排水式沥青磨耗层（OGFC）等。

**9.3.8** 隧道风机应配置隔声罩与消声器，并优先选用低噪声风机。

**9.3.9** 隧道风塔、风井、开孔等对周边环境存在影响时，宜采用消声通风复合技术。

**9.4 隔声设计**

**9.4.1** 隧道口隔声设计应根据交通噪声的频谱特征、传播形式及其与噪声敏感点的位置关系确定，可采用声屏障、隔声墙、绿化带、景观堆坡、全封闭式声屏障等。

**9.4.2** 声屏障、隔声墙及全封闭式声屏障的设计应符合《声屏障声学设计和测量规范》（HJ/T 90），并满足以下要求：

**1** 应考虑声屏障主体结构对隧道行车安全、结构安全的影响。

**2** 双向行车的隧道出入口，宜在中央隔离带设双侧吸声式声屏障。

**3** 隧道噪声影响对象为高层噪声敏感建筑物时，可结合光过渡要求设置全封闭式声屏障。

**4** 声屏障应与周边环境、景观设计等相协调，并易于维护。

**9.4.3** 绿化带种类应根据当地气候环境和地理环境进行选取，以多叶常青中小乔木为宜，有条件的情况下可设置多层绿化带。

**10 监控系统设计**

**10.1 一般规定**

**10.1.1** 隧道监控系统主要包括中央控制系统、交通监控系统、环境与设备控制系统。系统应具备信息采集、分析处理、信息发布、交通控制、设备控制以及与其他信息系统的信息交换和资源共享等全部或部分功能。

**10.1.2** 隧道监控系统设计应重视对节能环保的考虑，设备控制宜具备智能控制功能。

**10.1.3** 隧道通风和照明系统节能控制应结合设计方案进行论证。

**10.1.4** 通风控制系统、照明控制系统、交通监控系统、中央控制系统等系统应能实现联动控制。

**10.1.5** 当多座隧道位置比较接近时，可以对隧道进行集中布置运营管理中心，实现隧道管理用房、运营设备、管理人员、维修应急车辆等要素的优化资源配置。

**10.2 中央控制系统设计**

**10.2.1** 中央控制系统设计宜采用云平台架构、虚拟化技术，灵活调度软硬件资源，实现按需分配，最小化资源成本，提高CPU、内存等利用率。

**10.2.2** 中央控制管理系统设计包括管理机构设置、系统功能与控制方式、中心控制室设施及软件的设计。

**10.2.3** 中央控制管理系统功能和控制应具有下列功能：

**1** 接收各类设施传输的各种信息，包括数据信息、视频信息和语音信息；

**2** 对各类设施传输的各种信息进行综合处理，并协调各类设施的控制；

**3** 与自动或手动控制方式执行预置在计算机内的控制方案；

**4** 以数据、图形、图像等方式显示隧道内外的交通情况及设备运行情况；

**5** 自动地完成数据备份、文档存储；

**6** 方便地进行查询、统计和形成报表；

**7** 定时检测各设备的工作状态；

**8** 可采用多级控制方式或集中控制方式。

**10.2.4** 中央控制管理系统设计应符合下列规定：

**1** 系统整体软件架构宜支持系统后续实现功能扩展；

**2** 应采用冗余、自诊断等技术提高系统可用性，可用性指标应不低于99.99%，并便于维护、升级和扩容；

**3** 服务器宜采用容错技术；

**4** 系统应用软件数据库应采用主流商用数据库平台，可提供标准数据接口，便于软件集成和开发；

**5** 系统应用软件应具备跨子系统联动功能，联动方案应易于编辑。

**10.2.5** 系统应用软件设计应符合下列规定：

**1** 应与管理要求相适应，应具有信息采集功能、数据处理功能、控制方案执行功能、信息显示功能、统计查询和报表生成功能、数据档案存储功能、设备监测功能等。

**2** 宜采用模块化结构。

**3** 应有容错功能、分级保密功能和安全措施。

**4** 应易于操作、维护。

**10.2.6** 系统原始数据保存时间不应少于1年，统计数据保存时间不应少于1年，视频数据保存时间不应少于30d。

**10.3 交通监控与环境监测**

**10.3.1** 隧道交通监控设施一般应包括监测设施、控制和诱导设施。监测设施一般应由车辆检测设施、环境检测设施、视频监视设施和报警设施组成。控制和诱导设施应包括紧急呼叫设施、信息发布及控制设施和本地控制设施等。

**10.3.2** 交通监控设施应具备监测隧道内交通信息、车辆运行状况，监视隧道交通运营状态的功能。

**10.3.4** 隧道应设置可变信息标志、可变限速标志等信息发布设施。交通信号灯、车道信号灯、匝道开放/关闭可变信息标志等设施。有特别需要可增设交通违法事件检测记录设备。

**10.3.5** 隧道应根据是否有加强照明调节需求，设置光强检测器。

**10.3.6** 隧道应使用一氧化碳(CO)/能见度(VI)一体化检测设备。

**10.3.7** 设置机械通风的隧道应设置风速风向检测器。

**10.3.8** 隧道内宜采用感应(环形)线圈车辆栓测器或视频车辆检测器进行车辆检测。

**10.3.9** 隧道宜采用自动超高险测器进行超高检测。

**10.3.10** 隧道可在入口及设备房设置车温探测器、危险品探测器。

**10.4 照明控制**

**10.4.1**  隧道内照明亮度宜由监控系统根据时段、交通量自动调节，出入口加强照明宜根据洞外亮度进行自动调节。

**10.4.2** 当隧道长度大于等于3000m时，不宜采用实时的交通量进行调光。

**10.4.3** 对于车道数在二车道及以下的隧道，具有通行车辆少，间隔时间大且受季节性影响较大的交通工况时，宜采用随车调光照明系统。

**10.4.4** 当照明控制采用分级控制方式时，应符合下列规定：

**1** 加强照明应根据洞外亮度和交通量变化，进行入口段、过渡段和出口段的调光；

**2** 基本照明应根据交通量变化调光。

**10.4.5** 当照明控制采用无极控制方式，应符合下列规定：

**1** 无级调光照明系统应具有手动调节功能。

**2** 隧道照明调光系统宜采用独立的控制系统，并接受上级计算机管理。

**10.4.6** 隧道救援通道或电缆廊道的照明应采取节能控制措施、可采用感应延时、区域控制、远程集中控制等方式

**10.4.7** 运营管理中心的公共区域照明应采取节能控制措施，可采取感应延时、光控延时、声控延时或定时控制等一种或多种集成的控制方式，或采用智能灯光控制系统。

**10.4.8** 运营管理中心的办公区域宜按照最小功能区域划分照明配电分支回路，以便根据实际使用情况合理控制照明装置，节约能源，并宜采用智能灯光控制系统。

**10.5 通风控制**

**10.5.1** 通风系统宜结合隧道内环境指标、交通量进行运营通风控制。

**10.5.2** 采用机械通风的隧道风机均应具备手动和自动控制功能，宜以自动控制为主。

**10.5.3** 运营通风控制方案应根据采用的通风方式，分别针对正常运营工况、交通阻滞工况、养护维修工况等通风需求制订。

**10.5.4** 隧道运营通风时风机的启动应根据VI、CO和风速、风向检测仪等提供的数据进行台数控制，在夜间或交通低峰等车流量稀少的情况下，可以部分启动或者全部停止运行。

**10.5.5** 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。

**10.5.6** 轴流送排风机宜能做到叶片停机可调，或进行变频控制。

**10.6 排水控制**

**10.6.1** 应采取防止系统超压出流和用水点水压控制措施。

**10.6.2** 宜设置智能液位监控系统进行水位监测。

**10.6.3** 排水泵控制应符合下列规定：

**1** 排水泵宜设计为自灌式。

**2** 雨、废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。

**3** 小型废水泵应采用水位自动控制和就地手动，中控室应能显示其工作状态。

**4** 设备控制箱和设备接口规格、通信规约应与综合监控系统接口要求相互匹配。

**11 可再生能源利用**

**11.1 一般规定**

**11.1.1** 在有条件的前提下，可考虑在城市隧道中进行可再生能源的利用，主要包括隧道浅层地热能利用、太阳能光伏发电、太阳能热水。

**11.1.2** 可再生能源利用的系统设计不得影响隧道结构安全和正常使用，且不得对场地生态环境造成不利影响。

**11.1.3**  在项目可行性研究阶段应先确定隧道可再生能源的利用目的，同时分析其利用的可行性。

**11.2 浅层地热能利用**

**11.2.1**  隧道浅层地热能可应用于隧道配电房与设备房温控、隧道管理用房温控、严寒地区的隧道洞口保温及敞开段路面融雪防结冰，在冷热源条件富裕的条件下也可应用于隧道周围公共建筑的制冷与供热。

**11.2.2** 利用隧道结构提取浅层地热的主要形式包括能源桩、能源地下连续墙、能源隧道衬砌，在系统设计前应结合隧道的结构与工程特点、隧道冷热负荷中心、场地水文地质工程地质条件等方面确定利用形式及布管区段。

**11.2.3** 对于用于提取浅层地热能的隧道结构，应进行结构安全性设计计算。

**11.2.4** 隧道浅层地热能利用换热系统设计应进行供能建筑物及隧道本身的全年动态负荷分析，并对土壤热平衡进行分析计算，优化设计与运行模式，实现地下岩土热平衡。

**11.2.5** 隧道浅层地热能利用设备用房的位置应综合考虑隧道配电房位置、隧道冷热负荷中心等因素综合考虑。

**11.2.6** 隧道结构埋管换热系统应根据换热效率等因素确定埋管型式。

**11.2.7**  埋管换热器管内流体应保持紊流流态，根据结构换热能力和系统运行能耗综合考虑管内流速控制。

**11.3 太阳能利用**

**11.3.1** 隧道太阳能利用系统可考虑采取太阳能光伏发电和太阳能热水两种利用形式。

**11.3.2** 太阳能光伏发电宜应用于隧道加强段照明，也可应用于隧道洞口路面的融雪防结冰

**11.3.3** 太阳能光伏发电系统光伏板宜结合应用目的与隧道洞口环境条件进行布设。

**11.3.4** 太阳能热水系统宜应用于隧道洞口管道的防冻保温。

**附录A 道路交通运输噪声预测**

**A.0.1** 车型分类（大、中、小型车）方法见表A.0.1。

**表A.0.1 车型分类表**

|  |  |
| --- | --- |
| 车型 | 总质量(GVM) |
| 小 | ≤3.5t，M1，M2，N1 |
| 中 | 3.5t-12t，M2，M3，N2 |
| 大 | ＞12t，N3 |

**A.0.2** 第i类车的小时等效声级按下式计算：

(A.0.2)

式中：——第i类车的小时等效声级，dB(A)；

——第i类车速度为Vi，km/h，水平距离为7.5m处的能量平均A声级，dB(A)，可参照《汽车驾驶行驶车外噪声限值及测量方法》（GB1495）中规定的上限值进行计算；

Ni——昼间、夜间通过某个预测点的第i类车平均小时车流量，辆/h；

m——道路中心线到测点的距离，m；

Vi——第i类车的平均车速，km/h；

T——计算等效声级的时间，1h；

*Ψ*1*、Ψ*2——预测点到有限长路段两端的张角，弧度，见图A.0.1所示，AB为道路位置，P为预测点位置；

B测点P

A

P

**图A.0.1** 与示意图

△L —由其他因素引起的修正量，dB(A)，在隧道噪声预测中仅需要考虑路面材料修正即可，路面材料修正见表A.0.2。

**表A.0.2 常见路面噪声修正量**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 路面类型 | 不同行驶速度修正量（dB(A)） | | |
| 30 km/h | 40 km/h | ≥50 km/h |
| 沥青混凝土 | 0 | 0 | 0 |
| 水泥混凝土 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |

注：表中修正量为在沥青混凝土路面测得结果的修正

**A.0.3** 道路交通噪声级根据下式计算：

(A.0.3)

式中：——道路交通噪声级，根据声源与隧道暗埋段的位置关系，分为及，dB(A)；

、、——大、中、小型车的等效声级，根据公式A.0.2计算。

**A.0.4** 车辆分类及噪声限值见表A.0.4。

**A.0.4 车辆分类与噪声限值**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 汽车分类 | 噪声限值dB (A) | |
| 第一阶段 | 第二阶段 |
| 2002.11.1～2004.12.30期间生产的汽车 | 2006.1.1以后生产的汽车 |
| M1 | 77 | 74 |
| M2(GVM≤3.5t)，或N1(GVM≤3.5t)： GVM≤2t  2t＜GVM≤3.5t | 78 79 | 76 77 |
| M2(3.5t＜GVM≤5t)，或M3(GVM＞5t)： P＜150kW P≥150kW | 82 85 | 80 83 |
| N2(3.5t＜GVM≤12t)，或N3(GVM＞12t)： P＜75kW 75kW≤P＜150kW P≥150kW | 83 86 88 | 81 83 84 |

注：1 M1，M2(GVM≤3.5t)和N1类汽车装用直喷式柴油机时，其限值增加1dB(A)。

2 对于越野汽车，其GVM＞2t时：

如果P＜150 kw，其限值增加1dB(A)；

如果P≥150 kW，其限值增加2dB(A)。

3 M1类汽车，若其变速器前进档多于四个，P＞140 kW，P/GVM之比大于75 kW/t，并且用第三档测试时其尾端出线的速度大于61km/h，则其阻值增加1dB(A)。

# 本标准用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1） 表示很严格，非这样做不可的用词：

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用词：

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用词：

正面词采用“宜”或“可”；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 标准中指明应按其它有关标准执行时的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

**中国土木工程学会标准**

**绿色隧道设计技术标准**

T/CCES XX－202X

# 条 文 说 明

**制订（或修订）说明**

《绿色隧道设计技术标准》T/CCES XXX-20XX，经中国土木工程学会2020年十一月十六日以31号函文批准发布。

本标准制订过程中，编制组进行了公路与城市隧道装配式建造、照明、通风等方面的调查研究，总结了我国绿色隧道领域的实践经验，同时参考了相关先进技术法规、技术标准，通过随着城市隧道噪声现场实测、光环境变化率对人眼视觉的影响实验以及装配式钢-混式隧道衬砌足尺构件试验取得了绿色隧道相关重要技术参数。

为便于广大检测、设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，本标准编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。需要注意的是，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。

**目 次**

[1 总 则 38](#_Toc110358110)

[3 绿色隧道策划与设计文件要求 39](#_Toc110358111)

[3.1 绿色隧道策划 39](#_Toc110358112)

[3.2 绿色设计文件要求 39](#_Toc110358113)

[4 总体设计 40](#_Toc110358114)

[5 结构设计 41](#_Toc110358115)

[5.1 一般规定 41](#_Toc110358116)

[5.2 材料选用 41](#_Toc110358117)

[5.3 结构构造 42](#_Toc110358118)

[5.4 防水设计 42](#_Toc110358119)

[6 电气设计 43](#_Toc110358120)

[6.1 一般规定 43](#_Toc110358121)

[6.2 照明系统设计 43](#_Toc110358122)

[6.3 供配电系统设计 45](#_Toc110358123)

[7 通风设计 47](#_Toc110358124)

[7.1 一般规定 47](#_Toc110358125)

[7.2 通风方式 47](#_Toc110358126)

[7.3 风机选型与布置 48](#_Toc110358127)

[7.4 污染物处理 48](#_Toc110358128)

[8 给水排水设计 49](#_Toc110358129)

[8.1 一般规定 49](#_Toc110358130)

[8.2 给水设计 49](#_Toc110358131)

[8.3 排水设计 49](#_Toc110358132)

[9 噪声控制设计 50](#_Toc110358133)

[9.1 一般规定 50](#_Toc110358134)

[9.2 噪声评价 50](#_Toc110358135)

[9.3 吸声设计 53](#_Toc110358136)

[9.4 隔声设计 55](#_Toc110358137)

[10 监控系统设计 56](#_Toc110358138)

[10.1 一般规定 56](#_Toc110358139)

[10.2 中央控制系统设计 56](#_Toc110358140)

[10.3 交通监控与环境监测 58](#_Toc110358141)

[10.4 照明控制 58](#_Toc110358142)

[10.5 通风控制 59](#_Toc110358143)

[10.6 排水控制 59](#_Toc110358144)

[11 可再生能源利用 60](#_Toc110358145)

[11.1 一般规定 60](#_Toc110358146)

[11.2 浅层地热能利用 60](#_Toc110358147)

[11.3 太阳能利用 61](#_Toc110358148)

# 1 总 则

**1.0.1** “绿色隧道”是在全寿命周期内，有效节约资源、合理保护环境、减少可控污染，为人们提供畅通、高效、便捷、舒适的出行环境，与自然和城市和谐共生的隧道。

**1.0.3** 绿色隧道重点关注隧道行为对资源和环境的影响，因此绿色设计应注重地域性特点，因地制宜、实事求是，充分分析隧道所在地域的气候、资源、自然环境、经济、人文等特点，考虑各类技术的适用性，特别是技术的本土适宜性。设计时应因地制宜、因势利导地控制各类不利因素，以实现具地域特色的绿色隧道设计。

**1.0.4** 绿色隧道设计应追求在建筑全寿命期内，技术经济的合理和效益的最大化。为此，需要从综合考虑安全、耐久、经济、美观、健康等因素，比较、选择最适宜的建筑形式、技术、设备和材料，应避免过度追求奢华的形式或配置。

# 3 绿色隧道策划与设计文件要求

**3.1 绿色隧道策划**

**3.1.1** 绿色隧道策划的目的是指明绿色设计的方向，针对不同的项目，因地制宜地提出绿色设计目标，制定绿色隧道实施的技术路线，将适宜的绿色隧道技术运用到项目全寿命期内，通过成本与效益对比分析，以求达到预期的目标。

**3.2 绿色设计文件要求**

**3.2.3** 在初步设计中，各专业应根据绿色隧道设计方案文件及政府主管部门批复文件要求，落实相关绿色技术措施，并且做到定性、定量分析，撰写各专业绿色设计专篇。

**3.2.4** 各专业应根据初步设计阶段绿色建筑设计文件的要求，全面落实绿色隧道技术措施在各专业的应用。在施工图设计说明中，应编制绿色隧道设计专篇（涵盖以往节能与环保专篇的内容）。专篇中应对各专业的绿色设计内容有综合论述和提出定性、定量的要求，便于业主、施工单位、执行落实及审图机构、质检部门对绿色技术审查和验收。

# 4 总体设计

**4.0.1** 交通运输部印发的《关于实施绿色公路建设的指导意见》，明确了绿色公路的发展思路和建设目标，提出了五大建设任务，决定开展五个专项行动，推动公路建设发展转型升级。《意见》中明确提出了加强隧道等设施节能设计，推进节能通风与采光等技术应用。推广应用供配电系统节能技术、LED节能灯具、照明智能控制系统、温拌沥青技术和冷补养护技术等新技术与新设备。加快淘汰高能耗、高排放的老旧工程机械。因地制宜推广太阳能、风能、地热能、天然气等清洁能源应用。

**4.0.4** 以服务小型车辆为主的城市快速路隧道由于其动力性能和制动性能较好，其最大纵坡的取值不应完全局限于最大纵坡 3%的规定，而是应该从隧道交通流大小、车型比例、综合造价、交通安全等方面科学系统地分析后确定。

**4.0.5** 在隧道中设置通风井，可利用隧道内外压差进行自然通风排烟，但是自然通风排烟的路径以及影响范围与隧道纵断面线性特点、通风井的位置、通风井的尺寸等都有密切的关系。

**4.0.6** 城市隧道（尤其是地下互通立交）在设计中为了满足结构受力需求有可能会产生一些闲置空间，目前该类空间基本上是处于闲置不用的状态。这样的处理一方面导致了地下空间的浪费，另一方面为今后的地下空间综合开发造成一定的困难。

# 5 结构设计

**5.1 一般规定**

**5.1.1** 结构设计应根据隧道结构的类型，施工工法等采用受力合理、抗震性能良好的断面类型，能够以较少的材料、较小的环境影响代价满足功能要求，并对因地制宜、节约材料、施工便捷、安全环保等方面进行论证。

**5.1.2** 为落实国家节能、节地、保护环境的基本国策，随着材料新技术、新产品的不断涌现和工程应用中出现的新问题，国家适时地向社会公布“推广应用新技术和限制、禁止使用落后技术目录”及“产业结构调整指导目录”。绿色隧道设计不应选用“目录”中限制和禁止使用的落后技术及建筑材料和制品。

**5.1.3** 现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153，根据结构的重要性对其结构设计使用年限作了相应规定。这个规定是最低标准，结构设计不能低于此标准。

**5.1.5** 抗震性能化设计相关要求可参照《建筑抗震设计规范》和《高层建筑混凝土结构技术规程》。

**5.1.6** 模块化是标准化的基础，标准化是工业化的根本。标准化应该满足社会化大生产的要求，满足不同设计单位、生产厂家、建设单位能在统一平台上共同完成工业化建造。适宜工业化建造技术的结构体系主要包括钢结构、装配整体式混凝土结构、混合结构等。工业化生产应选用工厂化预制生产的构件、配件。采用工业化体系不仅可以保证工程质量，提高施工精度，缩短工期，提高材料的使用效率，降低施工能耗，而且减少了建造过程中产生的垃圾和减轻对环境的污染。

**5.2 材料选用**

**5.2.1** 为了促进资源节约和环境保护，推广应用符合国家和地方标准要求的材料，强制淘汰不符合节能、节地、节水、节材和环保要求的材料。

**5.2.3~5.2.4** 预拌混凝土产品性能稳定，能够保证工程质量，且采用预拌混凝土能够减少现场噪声和粉尘污染，节约能源。工程用砂浆70%及以上应采用预拌砂浆参考《山东省DB37T 5043-2015绿色建筑设计规范》

**5.3 结构构造**

**5.3.1** 不同的基坑深度、工程地质、周边环境保护要求和施工条件等对基坑支护的类型有较大的影响。优先选择钢板桩，预制桩等基坑支护形式可以提高材料的利用率达到绿色环保的效益。

**5.3.2** 基坑支撑主要有混凝土支撑和钢支撑两种形式，钢支撑具有拆撑施工方便且可回收重复利用的优点。

**5.3.3** 地下连续墙作为围护结构时，可以利用其做为主体结构的一部分，从而达到缩短施工周期，节约材料的目的。

**5.3.4** 由于桩径、垂直度及施工深度等的限制，地下连续墙接缝、深基坑坑底加固、加深或新增隔水帷幕等采用普通高压旋喷桩工艺已不能满足工程质量要求，迫切需要采用新的施工工艺来满足工程需要，RJP工法可以很好的解决上述问题。以往基坑工程中，钢支撑多采用楔形块锁定，在实际应用中容易产生支撑轴力松弛的问题，且轴力复加困难。同时，由于支撑需附设轴力传感器方可量测荷载，不利于安全，使钢支撑的应用受到了限制。钢支撑轴力伺服系统采用钢支撑轴力自补偿系统，在钢支撑头上增加液压补偿体系，综合控制位移与压力，稳定控制基坑钢管轴向支撑力，以达到设计预加轴力的要求，从而控制围护变形。

**5.3.5** 单层装配式钢筋混凝土结构与双层装配式钢筋混凝土结构相比具有明显的节约材料，减少耗能的特点，固在满足结构受力、工程使用、防水和耐久性等条件下，宜优先采用单层装配式钢筋混凝土结构。

**5.4 防水设计**

**5.4.1** 隧道工程因其周围环境，施工工法，地下水位高低等不同对防水有不同的要求。为避免过分要求高指标或片面降低防水标准，造成工程造价高或维修使用困难，因此隧道防水应做到定级准确、方案可靠、经济合理。

**5.4.3** 防水卷材种类繁多，有的防水卷材在制造过程中增加了增塑剂、抗老化剂等一些有毒辅助材料来增强其耐热性，韧性，延展性等。故应选择高性能绿色环保防水材料。

# 6 电气设计

**6.1 一般规定**

**6.1.2** 目前美国、日本、俄罗斯等国家均采用照明功率密度(LPD)作为建筑照明节能评价指标，其单位为W/m2，本标准也采用此评价指标。不应使用照明.功率密度限值作为设计计算照度的依据。设计中应采用平均照度、点照度等计算方法，先计算照度，在满足照度标准值的前提下计算所用的灯具数量及照明负荷(包括光源、镇流器或变压器.等灯的附属用电设备)，再用LPD值作校验和评价。

**6.1.3** 到目前为止，我国已正式发布的照明产品能效标准如表7-1所示。为推进照明节能，设计中应选用符合这些标准的“节能评价值”的产品。

表6-1 照明产品性能标准和能效标准

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 标准编号 | 标准名称 |
| 1 | GB17896 | 管形荧光灯镇流器能效限定值及能效等级 |
| 2 | GB19403 | 普通照明用双端荧光灯能效限定值及能效等级 |
| 3 | GB 19044 | 普通照明用自镇流荧光灯能效限定值及能效等级 |
| 4 | GB 19415 | 单端荧光灯能效限定值及节能评价值 |
| 5 | GB 19573 | 高压钠灯能效限定值及能效等级 |
| 6 | GB 19574 | 高压钠灯用镇流器能效限定值及节能评价值 |
| 7 | GB/T 24908 | 普通照明用非定向自镇流LED灯性能要求 |
| 8 | GB/T 24907 | 道路照明用LED灯性能要求 |
| 9 | GBT 32481 | 隧道照明用led灯具性能要求 |

**6.2 照明系统设计**

**6.2.1** 设计亮度与照明标准值的偏差参考《建筑照明设计标准》（GB50034-2013）第3.1.7条。考虑到照明设计时布灯的需要和光源功率及光通量的变化不是连续的这一实际情况，根据我国国情，规定了设计照度值与照度标值比较，偏差不宜超过+10%。功率密度限值考虑到不同道路级别做出了最大值的限制。

**6.2.3** 在选择光源时，不单是比较光源价格，更应进行全寿命期的综合经济分析比较，因为一些高效、长寿命光源，虽价格较高，但使用数量减少，运行维护费用降低，经济上和技术上是合理的。隧道照明光源目前光效高、透雾性能较好的多采用高压钠灯，对显色性要求较高的隧道和特殊地段较多采用荧光灯。

**6.2.4** 本条说明如下：

**1** 当灯具功率因数低于0.85时，均应采取灯内单灯补偿方式。

**2** 本条规定了荧光灯灯具、高强度气体放电灯和发光二极管灯灯具的最低效率或效能值，以利于节能，这些规定仅是最低允许值。传统的荧光灯灯具、高强度气体放电灯能够单独检测出光源和整个灯具所发出的总光通量，这样可以计算出灯具的效率;但发光二极管灯不能单独检测出发光体发出的光通量，只能计算出整个灯具所发出的总光通量，因此总光通量除以系统消耗的功率就得到了效能。这些值是根据我国现有灯具效率或效能水平制定的。

**6.2.7** 由于洞外自然光的投射进入，洞口以内一定范围内有较高亮度，研究结果表明这种自然光可利用作为入口段加强照明的组成部分，故作出本条规定。英国、日本等国家和CIE、CEN 等国际组织在其相应的标准和技术文件中也有相同的考虑和规定。

**6.2.8** 洞外亮度L20（S）对隧道加强照明规模的影响极大，若对洞门作明亮装饰会使洞外亮度值增大，加剧“黑洞效应”，导致照明能耗增加。在隧道减光段采取洞外减光措施，可以降低隧道洞外亮度，达到节能目的。

上述提出的洞外减光措施为常用办法，也可根据洞外现场情况采用其他减光措施，如洞口种植常青树。此外，隧道洞口设计遵循“早进晚出”原则，采取前置洞口工法，实现零仰坡开挖以及大面积绿化洞口等，尽量降低隧道洞外亮度。

采用削竹式洞口时，其洞外亮度低于端墙式洞口，即使隧道洞口处于微丘地段即20º视场范围内天空面积百分比较高也是如此，因此从降低洞外亮度考虑，推荐削竹式洞口。洞口（门）形式对洞外亮度的影响情况如图所示。



a) 削竹式洞门 b) 明亮装饰性洞门

图6-1 洞口（门）形式对洞外亮度的影响

**6.2.10** 加强照明是为了解决驾驶员白天驶入驶出隧道时适应洞内外亮度反差的措施，减少黑洞效应和白洞效应的措施，导光管采光系统将天然光引入洞内，洞内亮度将随着天然光的光通量变化而变化，不但解决了黑白洞效应，保证了车辆行驶的安全性，且导光管系统在寿命周期内无电能消耗，符合节能需要。

导光管采光系统设计时应进行采光计算，计算方法参照《照明设计手册》（第三版）导光管采光照度计算章节。

导光管采光系统设计还应符合《导光管采光系统技术规程》（JGJ/T374）和《建筑采光设计标准》（GB50033）。

**6.3 供配电系统设计**

**6.3.1** 本条说明如下：

1 变压器靠近负荷、减小供电线路的长度不仅能较少线损，且减少了线路的投资。合理的变压器配置可避免浪费。

3 变配电所宜设置在良好的空气流通环境中,这是由于变配电所若设在隧道行车出口处或两座间距较近且空气流通状况不良的连续隧道间隔路段旁时,汽车尾气形成的大量的烟雾将笼罩在变配电所周围,直接危害变配电所值班人员的身体健康并使所内变配电设备受到腐蚀,使用寿命短缩,并可能产生误动作；

4 变电所也不宜设在积水场所的正上方，如避不开，变电所应采取防水防潮措施。

**6.3.2** 低压最大供电半径是指变压器低压侧母线至最末端配电（电控）箱的距离，一般情况下不应超过200米。

**6.3.3** 本条主要是考虑减小线路电流，以降低线路的电能损耗。隧道内500 kW及以上的用电设备主要是排烟轴流风机等，根据产品提供的技术要求，可采用中压或低压供电，从节能的角度出发，当供电电压等级与使用电压等级相一致时，建议采用中压供电。

**6.3.4** 本条说明如下：

**1** 非晶合金变压器在减少空载损耗方面有其特殊的优越性。非晶合金铁芯变压器比硅钢片铁芯变压器的空载损耗下降70%~80%，空载电流可下降80%。不仅使用过程节能，整个产品加工过程也能大量节约能源，其节能、环保优势明显。

D,yn11接线组别，其三次及以上高次谐波激磁电流可在原边环流，限制了三次及以上高次谐波,降低了零序阻抗，有利于单向短路故障的切除，方便了变压器低压侧总开关的选择、整定，提高了供电可靠性。另外，当接单相不平衡负荷时，Y, Yno接线变压器要求中性线电流不超过低压绕阻额定电流的25%，严重限制了接用单相负荷的容量，势必影响变压器设备能力的充分利用。因而在TN及TT系统接地形式的低压电网中，宜采用D,yn11接线组别的三相配电变压器。

**2** 虽然变压器采取了强冷措施后可允许适当过载运行，但变压器在此情况下运行是不经济的。长期工作负载率应考虑经济运行，不宜大于85%。

**3** 隧道主要的电力负荷为照明及通风机，当隧道长，通风机台数较多、容量接近或超过照明负荷容量时，为了避免通风机启动时对照明系统的冲击，保证照明系统供电电压的稳定，延长灯泡使用寿命，可设照明专用变压器。

**4** 单台容量大于1250 kVA的配电变压器，供电半径大，电能损耗大，一般不推荐使用。户外箱式变电站体积小，散热难，单台变压器容量过大不利于设备寿命和系统可靠性，所以规定不宜大于800kVA。

# 7 通风设计

**7.1 一般规定**

**7.1.1** 隧道正常运营交通状况下，通风以稀释机动车尾排污染物为主，随着汽车技术的进步和排放法规的完善，我国机动车污染物排放量已大幅减少，每次实施新的机动车尾气限排标准，单车污染物排放量随之减少，通风系统规模也随之变化，随着技术经济水平的发展，对隧道洞内外空气质量要求也不断提高。隧道断面形式、交通量及其组成、车辆污染物排放标准会影响隧道需风量的大小、通风方式、通风阻力的大小、通风系统设置规模，因此隧道通风设计应考虑隧道断面形式、交通量及其组成、车辆污染物排放标准。

**7.1.2** 通风系统是隧道火灾防烟与排烟的主要设施，发生火灾时，通过控制洞内风速及烟雾流向，并提供相应的新风，可以为驾乘和救援人员提供有利的逃生与救援环境条件。隧道运营管理模式、防灾救援方案与通风方案的选择密切相关，因此，在通风设计阶段需规划三者之间的衔接与协调。工程实践中尽可能将日常运营风机兼作防灾风机，达到降低通风系统装机功率的目的，并保证防灾风机有效、可靠运转。当隧道日常运营采用纵向通风，但由于排烟长度等原因不满足防灾排烟要求时，也可设置独立的排烟系统，兼顾运营的经济性和防灾的安全性。

**7.1.3** 随着汽车工业技术进步以及社会对节能减排、环境保护需求的增加，新型环保车的应用随之增长。因此，通风设计宜考虑有采用新型环保车及其占总交通量的比例、有害气体排放情况等。

**7.2 通风方式**

**7.2.1** 对于单向交通且长度L>5000m的隧道和双向交通且长度L>3000m的隧道，理论计算可采用全射流纵向通风方式时，需结合隧道可能的交通状态、隧道所具备的综合火灾排烟能力、隧道管理机构能力等技术论证的情况，慎重选择是否采用全射流纵向通风方式。全射流纵向通风是由射流风机群升压的接力诱导通风方式，单组风机升压力较小，当火灾的火风压和自然风压大于单组射流风机升压力后，单组射流风机的射流段发生卷吸作用，使通风系统效率降低、通风能力不足，并造成烟气流动混乱，存在较大安全隐患。对于采用纵向排烟的双向和单向交通隧道，火灾烟雾在隧道内的最大行程分别不宜大于3000m、5000m。

**7.2.3** 为更好地利用洞内交通通风力与惯性风，洞内气流的组织方向不宜频繁变化。射流风机运转的正向与主流交通方向一致的单洞双向交通隧道，当主流交通方向发生变化时，为更好地利用交通通风力，运营通风气流的组织方向随之变化。而且，为避免引起通风压力模式的不断改变，不宜频繁逆转射流风机的喷流方向。双向交通时，自然风向也可能在不断变化，如果频繁逆转风机喷流方向，使得压力模式不断改变，将使通风系统复杂化；同时考虑到空气流动的惯性，经常使其转向会造成较大的能量损失和气流紊乱。

**7.2.4** 当上、下游隧道洞口纵向间距较小时，上游隧道行车出口集中排放的部分污染空气往往被交通流带入下游隧道，增加了下游隧道洞口空气的污染物背景浓度，给下游隧道带来二次污染；连拱或小净距的隧道，左右洞两相邻洞口间污染空气窜流会影响洞内通风效果，因此为避免污染空气窜流宜采取相应措施。例如，可在两洞口间设置隔离墙或种植高大乔木，左右洞两洞口之间的纵向距离不小于10m。

**7.3 风机选型与布置**

**7.3.1**  在相同条件下，单向风机比双向风机具有更高的通风效率；对于单向交通隧道，无论是日常运营还是火灾工况的防灾排烟，一般均要求风机运行方向与交通方向一致。因此，单向交通隧道宜选择单向风机。由于单向风机也可反转，所以在极少数情况下需要通风系统反转运行时，射流风机也可提供一定的风量和升压力。对于双向交通隧道，洞内通风方向可能会随交通状态的变化而调整，因此，双向交通隧道选择双向风机。为便于工程建设和长期运营管理，一般情况下，同一隧道宜选择同一型号的射流风机。

**7.3.2**  轴流风机的技术参数包括风量、全压、全压效率、电机功率、转速、电压等级、噪

声、直径、质量限制等规格。

**7.3.3**  公路隧道轴流风机一般由叶轮、机壳、集流器、流线罩、叶片、扩散器、软连接、风阀等组成，有的也可增加导流器。轴流风机的构造形式有卧式和立式，国外两种形式均有采用，目前我国多采用卧式风机。

**7.4 污染物处理**

**7.4.4** 对于吸尘机滤除的粉尘，一般将该粉尘作固化处理，以便储藏或弃放，并可作为与其他物质的混合剂加以积极利用。

# 8 给水排水设计

**8.1 一般规定**

**8.1.5** 隧道给水排水系统的器材、设备应选用符合现行国家标准《节水型产品通用技术条件》GB/T 18870要求的产品。

**8.2 给水设计**

**8.2.8** 变频调速泵组由2台以上水泵组成比较合理，可以根据建 筑物的用水量，用水的均匀性合理选择大泵、小泵搭配，泵组宜配置气压罐,供小流量用水,可以避免水泵频繁启动，以降低能耗。

**8.3 排水设计**

**8.3.5** 当隧道废水无法排人市政污水管网或合流管网，而只能进人市政雨水管网或附近河道时，隧道内泡沫灭火系统采用的泡沫原液必须为环保型、经稀释后允许排人河道的液剂。

**8.3.6** 本条说明如下：

**1** 在隧道与地面或高架道路连接处应设置"驼峰,拦截雨水,以确保洞口雨水泵房收水范围以外的雨水不进人隧道内部

**2** 隧道内的边沟、横截沟及管道等收水设施应根据雨、废水水量确定其尺寸(管径),确保能充分拦截排除雨、废水,不得出现雨、废水溢流、漫流的现象。

**9 噪声控制设计**

**9.1 一般规定**

**9.1.1** 新建隧道当隧道洞口一定范围内存在噪声敏感目标时，需对隧道周边声环境进行预测。

**9.1.2** 噪声预测可采用理论公式计算或声学软件数值模拟。目前，在建筑声学设计中，声学软件（如soundplan、Cadna/A等）的应用已比较成熟，所得到的数据也较为可信。当隧道存在开孔等特殊断面时，理论公式的计算结果将存在较大误差，应采用声学软件数值模拟。

**9.1.3** 随着交通流量的增长，部分早期建成的隧道存在较为严重的噪声污染，由于隧道洞口噪声辐射的增加，给周边居民生活带来较大影响。隧道如开展噪声治理，为保证噪声控制措施具有针对性，应进行噪声实测。

**9.1.4** 隧道周边声环境的分类考虑了声环境质量及敏感目标噪声级增量，一方面隧道作为交通设施的一部分应满足环保部门关于声环境功能区划分的要求；另一方面体现了隧道辐射噪声对环境噪声的贡献。

**9.1.5** 由于城市隧道噪声控制研究尚处于起步阶段，考虑到隧道、周边环境、隧道结构断面等条件差别较大，采用统一的参数进行描述较为困难，因此隧道噪声控制应以预测或实测数据为基础。

**9.1.6** 隧道噪声控制选用的材料（结构）应满足以下要求：

**1** 通风、照明、装饰及耐久性要求。

**2** 防火、防水、防霉、防潮、防蛀、防腐、防烟雾、防尘、防紫外线等隧道环境使用要求。

**3** 无二次污染且对人和动物无害。

**4** 其他相关的质量标准和技术要求。

**9.2 噪声评价**

**9.2.1** 隧道暗埋段以外噪声预测按下列公式计算：

(9.2.1-1)

(9.2.1-2)

(9.2.1-3)

(9.2.1-4)

(9.2.1-5)

式中：——隧道暗埋段以外噪声级，[dB(A)]；

m——道路中心线到测点的距离，(m)；

C——隧道横断面周长，(m)；

——平均吸声系数。

——隧道洞口辐射噪声级，对应于平直式隧道、下沉式隧道分别为、，[dB(A)]；

——平直式隧道洞口辐射噪声级，[dB(A)]；

——下沉式隧道洞口辐射噪声级，[dB(A)]；

——道路交通噪声级，根据附录A计算；

S——隧道横断面面积，(m2)；

d ——隧道外噪声计算点位置到隧道分界面处横断面中心点的距离，(m)；

D——指向性因数修正量，[dB(A)]，

（9.2.1-6）

——测点P到隧道洞内外分界面中心点连线与隧道中线间的夹角(°)，如图9.1.1-1所示，且；

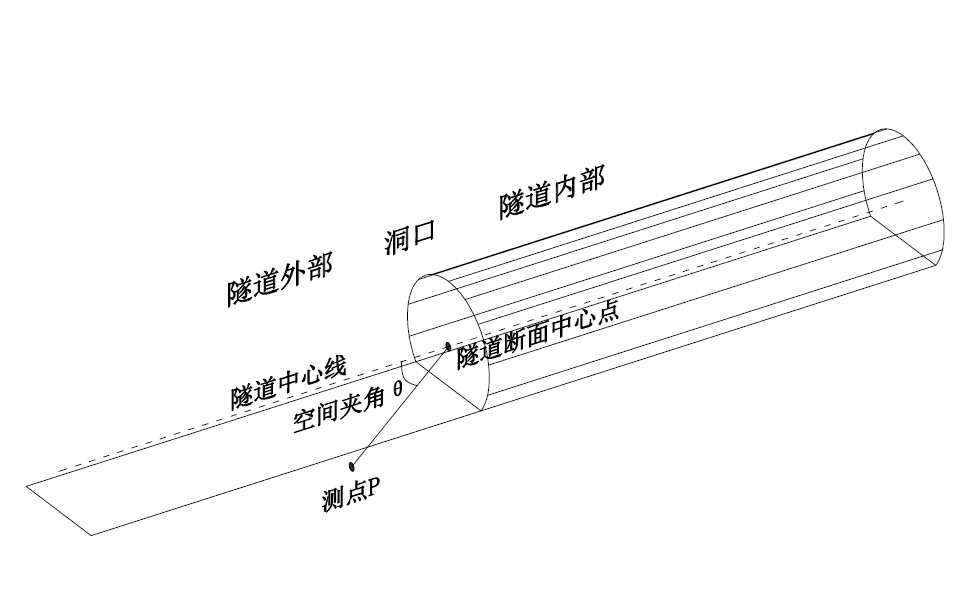


图9-1 变量示意(为空间角)

——敞开段引起的洞口噪声衰减量，[dB(A)]；

*N*——菲涅耳数，其中*N*＞0，表示接收点处于声影区；*N*＜0，表示接收点处于声亮区；

*A、B——*菲涅耳数计算参数，见图9.1.1-2；

——声波波长*，*(m)*，*取0.34m*。*

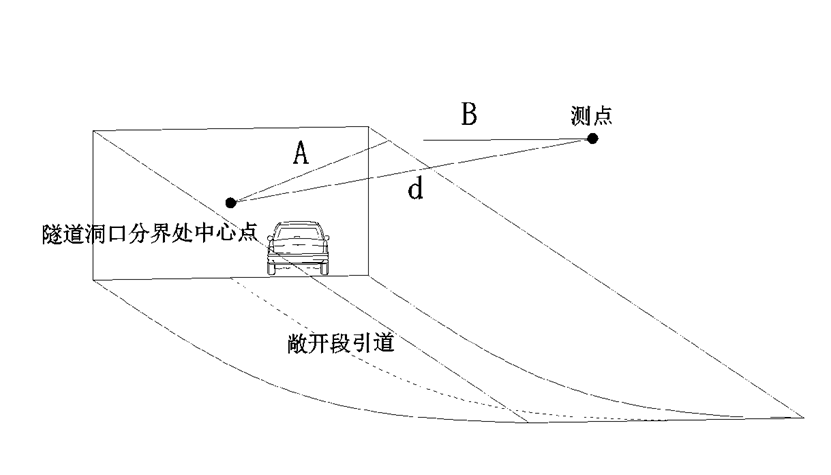


图9-2 隧道洞口敞开段引道降噪量计算参数

**9.2.2** 噪声敏感目标由隧道引起的噪声级增量按下式计算：

(9.2.2)

式中：——隧道引起的敏感目标户外环境噪声级增量，[dB(A)]；

——隧道外敏感目标户外环境噪声级，根据式(9.1.1-1)计算，[dB(A)]；

——道路交通引起的敏感目标户外环境噪声级，根据附录A计算，取m为敏感目标户外1m至道路中心线处的距离。

**9.2.3** A类隧道以隧道对周边环境的影响作为分类依据。

**1** 综合两个方面进行判断**：**

1）隧道外敏感目标户外噪声级与声功能区噪声限值的关系；

2）由隧道引起的敏感目标噪声级增量。

**2** 隧道周边敏感建筑物噪声值根据《声环境质量标准》（GB3096）确定。根据该标准，隧道周边敏感目标噪声超标时，应进行噪声治理。

**3** 为查明噪声来源，分析隧道对噪声敏感目标的影响，引入了隧道引起的敏感目标噪声级增量指标。根据声学软件模拟结果，当隧道暗埋段平均吸声系数从0.1提高到0.4时：

1）时，敏感建筑物噪声降低2.3dB；

2）时，敏感建筑物噪声降低1.3dB。

因此认为，当时，仅在隧道范围（以暗埋段为主）进行噪声治理的效果不佳，此时应考虑以暗埋段外道路交通噪声为主要治理对象，采取针对性的噪声控制措施。

**9.2.4** 当时，仅在隧道范围（以暗埋段为主）进行噪声治理的效果不佳，此时应考虑在暗埋段外道路交通噪声为主要治理对象，采取相应的噪声控制措施。因此，A1类隧道应进行暗埋段噪声控制，可显著的降低隧道对噪声敏感目标的影响；A2类隧道在经济较充裕的条件下可进行暗埋段噪声控制。

**9.3 吸声设计**

**9.3.1** 本条提出的吸声材料是指本身具有吸声性能的材料，其吸声原理是通过阻尼消耗声能。

**9.3.2** 吸声材料的吸声性能具备频谱特性，因此，根据交通噪声的频谱特性选择适当的吸声材料是必要的。

**9.3.4** 吸声结构指穿孔板、微穿孔板、空间吸声体及各类复合吸声结构。吸声结构并不一定采用本身具有吸声性能材料，但通过一定的结构调整（如增加背腔、材料复合等），其吸声性能发生显著变化，具有较好的吸声效果。

**9.3.5** 吸声材料的设置范围引用了新加坡国立大学的关于隧道内吸声材料的研究成果(Guan, P. H，PREDICTION OF SOUND ATTENUATION IN THE TUNNELS USING SOUND ABSORBER，Doctoral dissertation，National University of Singapore，2005)，该文献显示，隧道洞口设置长度为70m的吸声材料效果最佳，见图9-3。

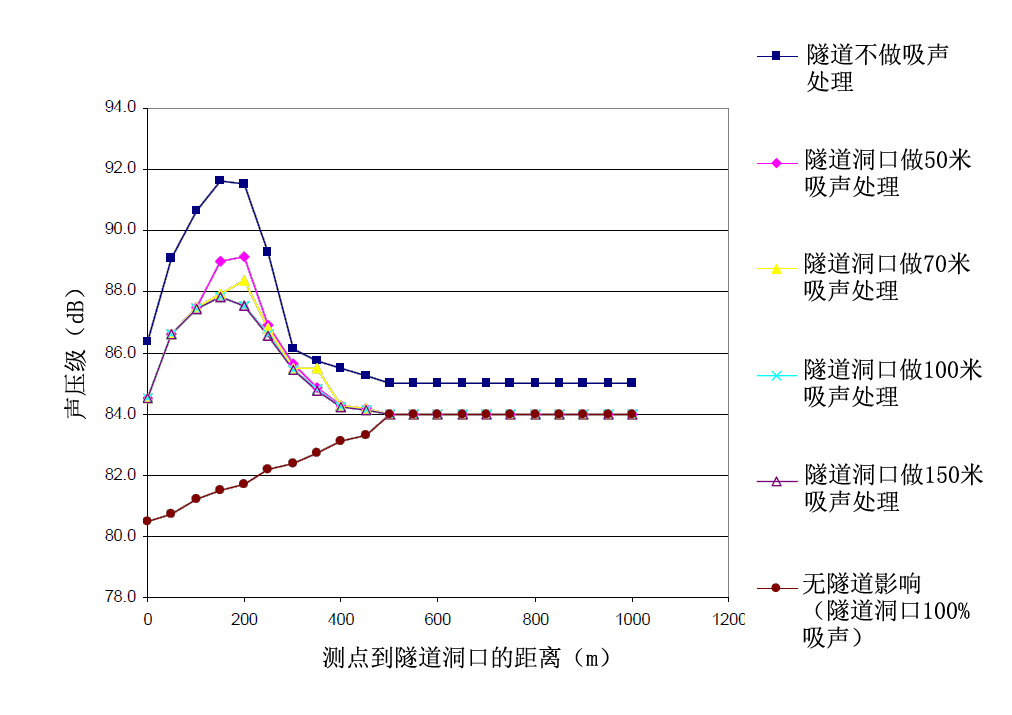


图9-3 隧道洞口外接收点声压级与吸声长度关系

**9.3.6** 圆形横断面的隧道，一般在路面附近会出现声聚焦点。为避免声聚焦对人体的影响，圆形横断面隧道宜使用直板作为装饰面，改造横断面形状。

**9.3.7** 汽车行驶时，由于轮胎与路面间的相互作用产生轮胎路面噪声。该噪声主要存在以下来源：

1）泵气噪声

轮胎在路面上滚动时，轮胎上的纹路与路面接触，纹路内的空气被挤压排出，形成局部不稳定的气流。同时，当轮胎压过路面的孔洞时，空气也会被挤压出孔洞。而当轮胎与路面分离时，空气又回到纹路与孔洞中。这种空气的往返运动形成点噪声源。

2）振动噪声

轮胎与路面接触区产生切向力，部分切向力导致轮胎在路面上滑动。引起轮胎的振动，从而产生可听噪声。该噪声主要是由轮胎胎面和胎侧振动引起的噪声。

3）空气动力噪声

轮胎旋转导致其周边空气压力变动而产生湍流，湍流（空气振动）进而引起空气动力噪声。

目前常用的橡胶沥青路面、多孔性沥青路面、超薄沥青混凝土路面及多孔弹性路面等均可有效降低交通噪声。从低噪声路面的既有使用情况上看，低噪声路面具有行车舒适、噪声低等优点，但存在耐久性不易保证，孔隙易堵塞等问题。低噪声路面降噪机理主要有以下几点：

1）多孔性材料吸声原理。低噪声路面具有较大的孔隙率（一般为15%~25%，个别案例高达30%），类似于多孔材料，通过吸声降低噪声辐射量。

2）降低泵气噪声。低噪声路面具有较大的孔隙率，轮胎与路面接触时，接触面积减小，表面纹路与空隙间的空气相连通，减小了泵气噪声影响。

3）降低振动噪声。沥青类材料路面具有更大的阻尼，具有更佳的吸收、减小轮胎振动和冲击的效果，进而降低轮胎与路面振动噪声。

多孔隙沥青混凝土与普通路面相比，具有较好的噪声控制效果。根据国外成熟的案例，在日本，对于小汽车可降低5dB(A)～8dB(A)，对于载重汽车可降低3dB(A)，而且即使载重车在停车空运转时也有2dB(A)的降噪效果；在法国，对于小汽车可降低4dB(A)，对于重型汽车则可降低7dB(A)。在英国，在粗糙度相同的情况下噪声可降低4dB(A)～5.5dB(A)。在比利时，多空隙沥青混凝土与刻槽水泥路面相比．可降低噪声6dB(A)～8dB(A)。

**9.3.8** 本条提出的隧道风机主要指隧道内部的常开风机，仅在紧急情况下启用的风机，从经济性上考虑，可不进行噪声控制。

**9.4 隔声设计**

**9.4.1~9.4.2** 由于城市隧道发展迅速，隧道洞口周边存在住宅、医院等噪声敏感目标的情况逐渐增多。为降低噪声影响，较为有效的是采用声屏障、全封闭声屏障等隔声结构。

**9.4.3** 声屏障的设计已较为成熟，具体设计细节应符合《声屏障声学设计和测量规范》（HJ/T 90）。

# 10 监控系统设计

**10.1 一般规定**

**10.1.2** 隧道通车运营后需要长期开启照明、通风、监控等大量附属设施设备来保障正常运营，因此，隧道总体设计应重视对节能环保的考虑，优先选用高效、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节能设计。照明控制宜采用可根据交通流量情况调整的节

能控制方式。城市地下道路的给水设计应符合综合利用、节约用水要求。各类水泵宜具备智能控制功能，可根据条件变化自动启停水泵，降低能耗。城市地下道路在设计、施工过程中对废气、噪声、污水以及固体废弃物等应采取全面污染防治设计。废气、噪声、污水以及固体废弃物处置，应符合环境保护要求。

**10.1.3** 据相关统计，城市隧道的主要耗电量在于通风设施和照明社会，约占80%左右，因此隧道节能的重点在于改进与优化通风、照明设施。因此，有必要对当前国内典型城市隧道进行通风与照明能耗调研，通过调研数据对我国城市隧道做出节能绩效评价，分析其节能潜力，为我国城市隧道照明、通风节能改造提供可行性依据和动力。

**10.2 中央控制系统设计**

**10.2.5** 应用软件是专为隧道监控系统研制的专用软件，借助于该软件可以完成特定的监控功能，如交通数据采集及处理等。一般来说，中央控制室应用软件具有的各主要功能如下:

（1）信息采集

系统接收隧道检测设施送来的检测数据（交通量、速度、CO浓度值、NO,浓度值、能见度值、亮度值等）以及电视监视系统、彩色图形显示器、火灾报警装置、紧急电话系统等传来的信息，通过用户接口将事故情报输人计算机。事故输入可分为以下几类:

①重大灾害性事件:如火灾、塌方、人员伤亡的交通事故;

②一般事件:一般交通事故、交通阻滞等;

③日常事件:道路维修、设备维护等。

（2）数据处理

①执行火灾报警信号的数据处理（信息由中央控制室火灾报警计算机输人);

②执行CO浓度、NO。浓度、能见度、风速风向检测数据的处理，并进行检测数据的越限报警;

③执行光强检测数据的处理;

④执行车辆检测器检测信号的处理，比如在交通量较大的隧道，通过软件自动判别交通异常;

⑤执行报警信号的数据处理。

（3）控制方案执行

系统一般有自动控制和人工干预控制两种方式。正常情况下，系统处于自动控制状态。在紧急情况下，中央控制室计算机可一方面向值班操作人员报警，一方面迅速中断正常程序，进入紧急处理程序，准备好相应的控制指令，待值班操作人员综合电视监视信息、紧急电话信息、巡逻车等报警信息确认后执行，从而完成实时控制。在多级控制系统中，中央控制室计算机首先向区域控制器发布命令，使其执行预先存储在机内的有关控制方案，来完成有关控制。在此要特别指出，控制方案是综合方案，每一个控制方案不是单一的一个子系统的动作，要全面考虑隧道内交通、火警、环境监测值等各种情况后形成几个子系统的联合协调动作，即通信、照明、交通监控与诱导等几个子系统同时根据现场情况一起做出反应动作，以保证最佳效果。

（4）信息显示

软件控制设在中央控制室的地图板、电视监视器、彩色图形显示器实时显示隧道内外交通运行情况、交通事故、火灾现场等各种监控信息、图表及设备的工作状态，进行图像监视。

（5）统计查询和报表生成

软件能进行统计、查询，并能打印出所需各类报表和资料，报表以中文制成。制成的报表应包括下列内容:

①交通流信息报表，1min、15min、1h、日、周、月、年的交通量、车速、占有率、车行方向及日期;

②通风控制方案及操作方式报表，CO浓度、NO,浓度、能见度、风速曲线等;

③各种事故、事件、火灾信息报表;

④操作命令;

⑤设备工作状态。

（6）数据档案存储

软件完成系统每日的备份及重要文件的存档（使用硬盘、光盘或数据流带)，包括重要事件、操作、设备状态变化等的记录，并带有时间标记，以便在需要时可以复制每日的数据或调出历史数据进行各种分析工作。

每一事件的详细情况，如时间、地点、气象条件、事故类型、持续时间、值班人员姓名均需记录在案，所采取的措施、处理方法也同时输入计算机。

（7）设备监测

中央管理系统不间断地定时检测系统内各设备的工作状态（包括中央控制室设备以及外场各终端设备）发现非正常运行时，设备监测程序通过用户接口向操作员发出信息。常见故障和异常有:非正常数据（所传数据大大偏离正常值)、执行单元不显示、无确认信号、通信故障等。

**10.2.6** 原始数据包括：

（1）信息采集模块采集的检测数据，如交通量、速度、CO浓度值、NO,浓度值、能见度值和光强值等数据;

（2）火灾报警设施。紧急电话设施等传来的数据信息、报警记录信息、处理记录;

（3）重大灾害性事件，如火灾、塌方、人员伤亡的交通事故;

（4）一般事件，如一般交通事故、交通阻滞等;

（5）日常事件，如道路维修、设备维护等。

统计数据指在运行管理工作中产生的各种统计报表，如班次报表、日报表、旬报表、月报表和年报表等。

**10.3 交通监控与环境监测**

**10.3.2** 监控设备应可以帮助管理者及时掌握交通信息，有效的管理交通。

**10.3.5** 设置了加强照明的隧道，设置光强检测器传感器，根据洞内外光照强度，按照实际需要动态控制加强照明灯，达到节能的目的。

**10.3.6** 设置CO/VI检测设备，可以检测出隧道内的空气质量，可以反馈给风机控制端，按需动态启动风机改善隧道内的空气质量，达到节能目的。

**10.3.7** 风速风向检测器可以联动风机控制端，优化控制风机的转向和转速，达到节能目的。

**10.4 照明控制**

**10.4.2** 这主要考虑到短时间的交通量不能反映特长隧道各个区间的交通量。

**10.4.7** 公共建筑公共场所的照明节能在设计中应该予以考虑。公共建筑的公共区域元人开灯的浪费现象普遍，设计应根据不同建筑运营业态，对不同部位的公共区域照明进行节能控制，为运行后的行为节能提供方便。

**10.4.8** 本条强调的是强电的末端照明配电设计应按照使用运行实际进行，分组控制的目的是工作小组一般工作时间是一致的，按照小组进行照明分组配电是为了能够根据小组的工作情况控制该小组的照明。其次应考虑节能控制措施，可以就地设置晓板开关，有条件时可以采取定时、人体或光线感应等节能控制措施，为今后行为节能创造条件。

**10.5 通风控制**

**10.5.1** 启动风气通风可以有效改善隧道内空气质量，但风机的耗电量是很高的，所以应按需开启，在隧道内空气质量差、车流量大的时候开启风机。

**10.5.3** 设计阶段，通风系统设计人员应根据不同工况所需的风机数量、运行方式等提出通风系统的控制方案及策略，包括各工况下的风机数量、风机组合方式、风机的正转或反转，以及火灾工况下的排烟、救援方案等，以便于监控系统设计人员按通风系统的运营要求设置相应的设施及编制控制软件等，从而满足隧道内污染空气的通风标准，并实现经济运行。

**10.5.5** 隧道的通行情况应该是有规律的，根据隧道运营情况，制定风量控制计划，在通行量大的时间段启动高风量档级保证隧道环境质量，在通行量低的时候调低风量档级降低能耗。

**10.6 排水控制**

**10.6.2** 智能液位监控系统主要由智能监控主机、液位传感器和执行机构组成，通常在水池、水箱、水库中安装液位传感器，实现远程实时液位监测。智能液位监控按需求实时监测不同场景下的液位信息，根据预先设定的报警阈值，当液位到达超过阈值范围后通过手机短信、通知等方式及时向相关人员告警，或当液位出现异常波动状况时进行智能告警，并且通过对大量的监测数据进行汇总分析，为以后的决策提供更好的科学依据。

**10.6.3** 排水泵控制：隧道内小型废水泵指设置在局部泵坑内，将少量积水提升纳入排水泵房的集水池内的排水泵。

# 11 可再生能源利用

**11.1 一般规定**

**11.1.2** 可再生能源在利用过程中，根据利用形式及目的的不同，可能会引起场地岩土体以及隧道结构温度的周期性变化，这种温度的周期性变化会引起场地岩土体和埋管结构的热胀冷缩变形，可能会对隧道的安全性造成影响，因此可再生能源利用系统的设计需要考虑温度变化造成的影响，以保证隧道的运行安全。同时，对于浅层地热能利用系统，在系统运行期间，如果长期提取和注入的热量不平衡，将会导致隧道地热能利用系统所在区域地温的持续升高(降低)，会改变原生态土壤的温度分布，从而影响当地地表生态系统

**11.2 浅层地热能利用**

**11.2.3** 埋管桩基除了承受上部建筑荷载外，温度变化还可能会对埋管桩基的结构性能带来影响。 埋管桩基的结构设计，应保证在给定的结构和温度影响下仍能满足《建筑桩基技术规范》 (JGJ94)规定的承载力极限状态和正常使用极限状态设计要求。地源热泵系统换热对埋管桩基承载力及沉降性能的温度效应，国内外对此的研究认识尚不统一，为考虑桩基结构安全，应考虑荷载-温度的耦合效应

**11.2.4** 浅层地热能源换热系统所需的取热/放热量分别按以下方式计算。按冬季设计热负荷确定的埋管换热系统取热量可按式(11.2.4-1)计算。

(11.2.4-1)

式中：--埋管换热系统取热量(kW)；--设计热负荷，或由埋管热泵系统承担的热负荷(kW)；--水源热泵机组消耗功率(kW)；--埋管系统循环水泵轴功率(kW)；

若忽略循环水泵轴功率，则可按式(11.2.4-2)计算

） (11.2.4-2)

式中，-水源热泵机组制热性能系数。

按夏季设计冷负荷确定的桩基埋管换热系统释热量可应按式(11.2.4-3)计算。

） (11.2.4-3)

式中，-埋管换热系统释热量(kW)；-设计冷负荷，或由埋管热泵系统承担的冷负荷(kW)；-水源热泵机组制冷性能系数。

**11.2.5** 隧道配电房位置影响了设备用房的供电，冷热负荷中心影响了换热器的布置位置，进而影响了设备用房位置的选择。

**11.2.7** 目的为确保系统的加强换热。参考《地源热泵系统工程技术规范》GB50366的相关规定，双U型埋管不宜小于0.4 m/s，单U型埋管不宜小于0.6 m/s

**11.3 太阳能利用**

**11.3.2** 考虑到城市隧道结构的特点，太阳能光伏发电的设备主要布置在隧道洞口附近，因此考虑到利用成本，太阳能光伏发电宜结合隧道洞口的需求。对于隧道洞口，可以利用电能的情况有隧道加强段照明和隧道洞口路面的融雪防结冰。