

ICS 号  
CCS 号

# 团体标准

T/CHTS XXXXX-XXXX

## 公路隧道空气净化系统设计指南

Design Guidelines for Air Purification Systems in Road Tunnel  
(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国公路学会 发布

作为国家标准委、中国科学技术协会团体标准双试点单位，中国公路学会积极贯彻国务院《深化标准化工作改革方案》(国发〔2015〕13号)的要求，立足交通运输行业公路交通领域，于2015年6月份正式启动团体标准工作。同时，中国公路学会标准工作得到了交通运输部的大力支持，并正式写入交通运输部《交通运输标准化“十三五”发展规划》。

中国公路学会严格按照学会标准管理办法及团体标准良好行为指南要求对标准化工作进行管理，遵循开放、公平、透明、协商一致的原则，突出团体标准贴近实际、注重实用的特点，充分发挥密切跟踪行业科技创新进程、及时了解市场技术发展需求的优势，为交通运输行业公路交通领域提供优质的标准，促进行业技术进步，并打造中国公路学会标准品牌。

获取更多学会标准资讯请关注“中国公路学会标准”微信公众号(微信号: CHTS-standard)。

本标准版权为中国公路学会所有。除用于国家法律法规规定用途，或事先得到中国公路学会文字上的许可，不得以任何形式擅自复制、改编、汇编、翻译、发行或传播本标准。

中国公路学会地址：北京市朝阳区安华路 17 号

电话：010-64288712

网址：<http://www.chts.cn/>

电子信箱：[CHTS-S@qq.com](mailto:CHTS-S@qq.com)

团体标准

公路隧道空气净化系统设计指南

Design Guidelines for Air Purification Systems in Road Tunnel

T/CHTS XXXXX-202X

主编单位：江苏省交通工程建设局

发布单位：中国公路学会

实施日期：××××年××月××日

××××××(出版单位)

# 中国公路学会文件

×××× (文号)

## 中国公路学会关于发布《公路隧道空气净化系统设计指南》的公告

现发布中国公路学会标准《公路隧道空气净化系统设计指南》(T/CHTS ×××××—×××××), 自××××年××月××日起实施。

《公路隧道空气净化系统设计指南》(T/CHTS ×××××—×××××) 的版权和解释权归中国公路学会所有, 并委托主编单位江苏省交通工程建设局负责日常解释和管理工作。

中国公路学会

××××年××月××日

# 前 言

本指南是在系统总结我国公路隧道空气净化系统研究成果和工程实践经验的基础上编制的。

本指南按照《中国公路学会标准编写规则》(T/CHTS 10001)编写,共分为7章,主要内容包括:总则、术语和符号、基本规定、基础资料收集、设计指标、空气净化布设及设备技术参数、控制系统要求等。

本指南由中国公路学会提出并归口管理。

实施过程中,由江苏省交通工程建设局(主编单位)负责日常管理。请将发现的问题和对标准的意见建议反馈至江苏省交通工程建设局(主编单位)(地址:江苏省南京市秦淮区石鼓路69号,联系电话:18202766127,电子邮箱:18202766127@163.com),供修订时参考。

**主编单位:** 江苏省交通工程建设局

**参编单位:** 中铁十四局集团有限公司、江苏中路工程技术研究院有限公司

**主要起草人:** 王峻、崔佳、舒晓峰、余雪娟、吴东阳、方若全、赵合全、宋欢、游少强、刘强、陈翔宇、李娜

**主要审查人:**

# 目 次

1 总则 .....	1
2 术语和符号 .....	4
2.1 术语 .....	4
2.2 符号 .....	4
3 基本规定 .....	5
3.1 设计原则 .....	5
3.2 设计流程 .....	5
4 基础资料收集 .....	6
4.1 空气污染物浓度分布相关资料收集 .....	6
4.2 周边环境资料收集 .....	8
5 设计指标 .....	9
5.1 空气污染物浓度分布情况计算 .....	9
5.2 隧道空气质量控制阈值 .....	12
5.3 有效净化风量计算 .....	14
6 空气净化布设及设备技术参数 .....	17
6.1 空气净化系统布设 .....	17
6.2 空气净化系统设备参数 .....	18
6.3 空气净化系统设备布设安全要求 .....	20
6.4 空气净化设备保障要求 .....	21
7 控制系统要求 .....	22
7.1 空气净化设备控制要求 .....	22
7.2 空气环境监测要求 .....	24
7.3 隧道通风净化信息化平台 .....	25
用词说明 .....	26

## 1 总则

1.0.1 为贯彻国家绿色低碳发展理念，统一公路隧道空间空气净化设计标准，指导公路隧道空间空气净化设计符合科学合理、经济安全、利用高效的原则，为隧道运营提供空气净化技术依据，制定本标准。

### 条文说明

近年来，国内超长隧道建设越来越多，且隧道交通量越来越大，导致隧道内容易出现空气污染物的积累，而通过隧道通风对污染物进行稀释虽然可以降低隧道内空气污染物浓度，但会造成巨大的通风能耗且无法降低对外污染，需通过空气净化方式减少空气污染物浓度及通风能耗，而目前我国隧道有部分隧道建设空气净化系统，但暂无隧道空气净化相关标准，各隧道空气净化系统的净化方式和实现的净化目标都存在较大差异。因此需制定本标准为公路隧道建设空气净化提供指导。

1.0.2 本标准适用于新建、改建的采用纵向通风的公路隧道的空气净化系统建设。

### 条文说明

本标准主要依托采用纵向通风的水下盾构隧道进行编制。通过对不同通风方式下隧道污染物分布情况进行测算，横向通风方式一般可以均匀地降低隧道内空气污染物浓度，且一般应用于较短的隧道，不易造成污染物浓度超标，而近年来新建的长大隧道多采用纵向通风方式，易造成隧道后端空气污染物浓度超标，因此本标准主要针对纵向通风方式的隧道。

1.0.3 公路隧道的空气净化应纳入隧道的总体设计，并在隧道通风设计之前完成隧道空气净化的设计或与隧道通风设计同时进行。

### 条文说明

公路隧道的空气净化系统涉及到隧道内的预埋，且进行空气净化后会直接影响隧道通风稀释空气污染物浓度的需求，因此，需要提前完成空气净化系统的设计，用于支撑隧道内相关预埋的设计，并基于空气净化系统的预期效果，对隧道通风进行设计，从而实现降低通风风机需求的目标。如不进行空气净化设计，在后期难以加装；同时，设计隧道通风净化可在一定程度减少隧道通风需求，如空气净化设计在通风设计完成之后，可能会造成风机设计的冗余。

1.0.4 空气净化系统设计应根据公路等级、隧道长度、设计速度、设计交通量、车道数、平纵线形、地形地质、隧道海拔高程、隧址区域自然条件等因素，进行技术经济综合比较，确定合理的空气净化方案。

### 条文说明

由于隧道各系统是一个整体，在进行空气净化设计时，除了根据本标准对隧道空气净化设备需求进行

分析，还需要考虑隧道空气净化系统是否会对其他系统产生影响，造成其他系统的成本增加或风险增加，应综合考虑隧道多个方面，在保证隧道空气净化需求的情况下，以总体的成本最低、总体风险最小化作为优化目标，从而确定最终的空气净化方案。

1.0.5 空气净化系统设计应充分考虑后续的运行成本及运维方式，基于全寿命周期的成本最低、运维最便捷的目标，对不同的空气净化方案进行比选。

#### 条文说明

由于空气净化设备存在一定的寿命，且在过程中可能需要定期检修、更换耗材，因此，过程中的运营、维护也是重点需要考虑的问题，需综合考虑所有成本确定最优的方案。

1.0.6 空气净化系统设计应统筹规划，充分考虑未来所有特征年设计高峰小时交通量、最不利通风扩散条件下的空气净化需求，对空气净化系统进行设计，确保空气净化系统可满足未来所有特征年的空气净化需求。

#### 条文说明

由于隧道内交通量、通风情况都会影响隧道内空气污染物浓度分布情况，导致不同工况下的空气净化总需求量、需净化位置都会存在差异；同时，由于空气净化设备安装时需要预埋，如前期设计时空气净化能力不足，后期难以加装。因此，需要考虑未来历年最不利的工况下的空气净化需求，对空气净化系统进行设计。

1.0.7 当隧道所在地生态环境主管部门或隧道建设单位、运营单位对隧道洞口、排风井口、隧道内部有特殊环境保护要求时，应确保经过空气净化后的空气污染物浓度满足相应要求。

#### 条文说明

在对空气净化系统进行设计时，空气净化需求除了需要考虑隧道内空气污染物浓度分布，还需要考虑隧道内外的空气污染物浓度控制要求。本标准制定时考虑了最基本的空气污染物浓度要求，如有更高要求，应按更高要求执行。

1.0.8 空气净化系统设计应提出不同交通状态、不同运营工况下的空气净化设备、通风设备的控制方案。

#### 条文说明

由于隧道内空气污染物浓度分布情况随隧道内交通量、隧道通风情况实时变化，在交通高峰期、常态通行情况都会有较大差异，如隧道内空气净化设备和通风设备一直按最大效率运行，会造成运营成本的浪费，因此，需要提出控制方案，对设备进行自动控制。

1.0.9 公路道空气净化设计应积极稳妥地采用新理论、新技术、新材料、新设备。

#### 条文说明

空气净化技术近年来也在迅速发展，可能会出现本标准推荐的空气净化技术以外的新技术，可减少设备用能或在同样用能情况下实现提高空气净化效率、节约投资及运营成本的目标，因此应积极推广新技术；同时，在应用新技术时，应充分进行净化效率、设备稳定性、安全性等的相关论证，确保新技术可行可靠。

1.0.10 空气净化系统设计除应符合本指南的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

中国公路学会标准征求意见稿

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 公路隧道空气净化系统 air purification systems in road tunnel

对公路隧道内空气中的颗粒物、气态污染物等一种或多种污染物具有一定去除能力的系统，是与公路隧道通风系统是相互独立的。

#### 2.1.2 颗粒物浓度 particle concentration

隧道单位体积被污染空气中含有颗粒物的质量，用质量浓度计量。

#### 2.1.3 NO<sub>2</sub> 浓度 nitrogen dioxide concentration

隧道单位体积被污染空气中含有 NO<sub>2</sub> 的质量，用质量浓度计量。

#### 2.1.4 CO 浓度 carbon monoxide concentration

隧道单位体积被污染空气中含有 CO 的质量，用质量浓度计量。

#### 2.1.5 自然通风风速 natural ventilation wind speed

因隧道外大气流动产生压差带动隧道内空气流动产生的风速。

#### 2.1.6 活塞风风速 piston wind speed

因隧道内车辆行驶带动隧道内空气流动产生的风速。

#### 2.1.7 有效净化风量 effective purification of air volume

空气净化设备实际净化的风量，等于空气净化设备总风量乘以净化效率。

### 2.2 符号

$T_{内}$ ——隧道内空气污染物浓度控制阈值

$T_{出口}$ ——隧道出口空气污染物浓度控制阈值

$T_{排风井}$ ——隧道排风口空气污染物浓度控制阈值

$Q$ ——隧道横断面通风量

$L_{排风井}$ ——排风井与隧道入口距离 (m)。

$C'_{i,前}(x)$ ——净化后与隧道入口处  $x$  处的污染物  $i$  的浓度,  $mg/m^3$

### 3 基本规定

#### 3.1 设计原则

3.1.1 当隧道长度较长，仅依靠隧道通风无法满足隧道内外空气质量中颗粒物、NO<sub>2</sub>、CO 浓度控制相关规定要求，或仅依靠隧道通风满足隧道内外空气质量中颗粒物、NO<sub>2</sub>、CO 浓度控制相关规定要求能耗或成本过高时，可设置空气净化系统。

3.1.2 公路隧道空气净化系统设计应与通风系统设计同步设计、统筹规划，在隧道通风系统满足公路隧道最低换气需求、最低通风风速需求、稀释富余热量以及火灾情况下排烟需求的基础上，如仅依靠隧道通风无法将空气污染物浓度降低至限值以下，宜优先采用空气净化系统对隧道内空气污染物进行净化。同时，在隧道洞口、风塔出口空气污染物排放速率可能出现超标时，应采用空气净化系统对隧道内空气污染物进行净化。

#### 条文说明

为确保公路隧道内空气污染物浓度不超过限值要求，一般可通过增大隧道内通风、或者布设空气净化系统两种方式来实现该目标，两种方法在降低隧道内空气污染物浓度方面存在一定的可替代性，在隧道通风设计已较大的情况下，隧道空气净化系统在降低空气污染物浓度方面更具经济性和环保性。而隧道通风设计除了降低隧道内空气污染物浓度，还需要实现引入新鲜空气确保满足公路隧道内含氧量的需求、释富余热量、以及发生火灾时的排烟需求，空气污染物稀释只是公路隧道通风实际的影响因素之一；同时，空气净化系统除了降低隧道内空气污染物浓度，还具有降低隧道洞口、风塔出口处空气污染物排放速率的功能。

3.1.3 公路隧道空气净化系统设计时，应以隧道通风系统设计中满足最低换气需求、最低通风风速需求、稀释富余热量以及火灾情况下排烟需求对应需风量的通风条件作为空气净化系统设计的依据。

3.1.4 公路隧道空气净化系统应由空气净化设备、隧道空气环境监测传感器、空气净化控制系统三部分组成。其中，空气净化设备应至少包括初效滤网、静电除尘模块、风道、配套风机、安装支架，当空气净化设备用于净化 NO<sub>2</sub>、CO 等气体污染物时，空气净化设备可增加活性炭吸附模块；当空气净化设备安装位置不方便频繁人工清理时，空气净化设备宜配备自动清洗系统。

#### 3.2 设计流程

3.2.1 隧道空气净化设计应按下列步骤实施：

- 1、收集隧道所在路段平面、纵断面，隧道地形、地物、地质等路线资料

2、收集隧道所在路段的道路等级、隧道断面、交通量，所在区域的气象和环境条件等可能影响隧道内空气污染物浓度分布情况的相关资料

3、收集隧道所在区域的环保要求等技术资料。

4、根据收集的资料对隧道不同未来特征年、不同工况下的各类空气污染物浓度分布情况进行计算，并与空气污染物浓度控制阈值进行对比，进行隧道稀释通风需风量的初步计算及通风方案比选。

5、当稀释隧道内空气污染物的需风量超过最低换气需求、最低通风风速需求、稀释富余热量以及火灾情况下排烟需求对应需风量时，以及当隧道洞口、风塔出口空气污染物排放速率出现超标时，宜考虑设计空气净化系统；综合考虑造价因素、环保要求等确定是否设计空气净化系统。

6、根据隧道通风设计中的设计需风量，对隧道不同未来特征年、不同工况下的各类空气污染物的有效净化风量进行计算。

7、在确定的有效净化风量基础上，结合隧道空间结构限制、消防限制等要求，对隧道空气净化设备的布局及选型进行计算。

8、净化设备、通风设备安装前，应针对隧道土建施工、净化设备及通风设备参数变更情况复核通风系统是否满足隧道运营需求。

## 4 基础资料收集

### 4.1 空气污染物浓度分布相关资料收集

4.1.1 空气净化系统设计前期调查应包括以下内容：交通调查、隧道线形调查。

#### 条文说明

影响隧道污染物浓度分布情况主要由污染物生成以及污染物扩散两方面组成。空气污染物生成方面，主要包括车辆尾气排放以及车辆轮胎、刹车片、轮胎磨损带来的颗粒物排放，受交通流以及车辆行驶是的工作有关，影响车辆行驶工况的主要因素为隧道内的道路线性；同时，隧道外的空气污染物也会随通风一同进入隧道内影响空气污染物浓度。空气污染物扩散方面，由于隧道内为半封闭空间，隧道内的通风情况也会直接影响隧道内空气污染物的移动与扩散，受隧道出入口风速、隧道内交通流引起的活塞风影响。通过对以上两方面进行分析，可以发现隧道内空气污染物浓度分布情况最终取决于隧道内交通其情况、隧道线形、隧道所在地环境。

4.1.2 公路隧道交通调查应包括以下内容：高峰小时交通量、不同类型车辆占比、不

同能源及排放等级车辆占比、隧道设计车速。相关信息可参照项目工程可行性研究报告。如工程可行性报告中高峰小时交通量参数缺失，可根据日交通量及方向不平衡系数计算高峰小时交通量。可按式（4.1.2-1）计算：

$$DDHV = AADT * K * D \quad (4.1.2-1)$$

其中：

$DDHV$ 为单向设计小时交通量，当设计小时交通量大于隧道所在路段的最大服务交通量时，宜采用最大服务交通量换算的设计小时交通量；

$AADT$ 为年均日交通量；

$K$ 为设计小时交通量系数，设计小时交通量系数，设计高峰小时交通量与年平均日交通量的比值，当不能取得年平均日交通量时，可用代表性的平均日交通量代替；新建道路可参照性质相近的同类型道路的数值选用。；

$D$ 为方向分布不均匀系数，当项目可行性研究报告没有明确提出该值时可取 55%，双向通道行车上坡较长方向的方向分布系数可取 60%；

如设计文件中不同能源及排放等级车辆占比缺失，可根据我国车辆不同排放等级执行时间及历年销量、新能源汽车产业发展规划、项目所在区域车辆排放等级及新能源推广情况统计报告相关材料等综合确定。

#### 条文说明

隧道内空气污染物主要由车辆尾气与车辆行驶中各类磨损产生，这些都与隧道内实际通行车辆、车辆实际通行状态有关。在确定基础信息时，可暂不考虑实际通行状态，仅考虑交通信息。需明确设计隧道空气净化时的交通流情况。项目工程可行性研究中一般会给出不同特征年的交通量预测情况、不同车型的比例情况，可根据该数值进行计算，但车辆尾气污染除了与交通量总量、车型比例有关，还在很大程度上受车辆排放等级影响，因此，应对不同排放等级车辆分别进行考虑。同时，本条款中交通量计算方法主要参考《公路工程技术标准（JTG B01-2014）》

**4.1.3 隧道线形调查应包括以下内容：隧道长度、隧道坡度。该部分仅考虑有遮挡部分，不考虑敞开段。相关信息可参照项目工程可行性研究报告。**

#### 条文说明

由于车辆在隧道内行驶时，即使车速不变，当坡度不同时，车辆尾气排放也会存在差异；同时，隧道内空气污染物浓度会随沿车辆前进方向不断累计，隧道长度直接影响隧道后方和隧道出口处的空气污染物浓度。因此，应将隧道坡度和长度作为主要的影响因素进行调查。当隧道内存在变坡段时，可忽略变坡的影响，直接将变坡段分为两部分，分别按前后的坡度进行考虑。

## 4.2 周边环境资料收集

4.2.1 对隧道空气净化进行设计前，应对隧道所在地环境调查应包括以下内容：隧道出入口空气污染物浓度、隧道出口及排风井周边大气环境敏感性、所在区域主导风向及风速。

4.2.2 隧道出入口空气污染物浓度调查应覆盖隧道两端，应尽可能采用实测法进行调研，应至少在施工前 1 年内安装风速风向在线监测设备对其进行监测，或及时定期监测，如采用定期监测应至少每月一次，每次至少 1 昼夜。如不具备实测法调研条件，可通过查询项目所在地生态环境主管部门发布的过去一年中空气污染物浓度平均值作为代替。

### 条文说明

隧道入口处空气污染物浓度会影响进入隧道内空气的污染情况，从而影响全隧道的空气污染物浓度、隧道出口及排风井周边大气环境敏感区直接影响适用的标准。

4.2.3 隧道出口及排风井周边大气环境敏感性调查应至少覆盖出口及排风井周边 500m 范围，如范围内存在生态空间管控区、居民区等大气环境敏感点，应对其规模、与隧道出口/风塔的相对位置进行统计。

### 条文说明

隧道入口处空气污染物浓度会影响进入隧道内空气的污染情况，从而影响全隧道的空气污染物浓度、隧道出口及排风井周边大气环境敏感区直接影响适用的标准。

4.2.4 隧道所在区域的常年主导风向、平均风速进行调研应尽可能采用实测法，应尽可能采用实测法进行调研，应至少在施工前 1 年内安装风速风向在线监测设备对其进行监测，或及时定期监测，如采用定期监测应至少每月一次，每次至少 1 昼夜。如不具备实测法调研条件，可通过查询项目所在地气象部门发布的过去一年中主导风向及平均风速作为代替。

### 条文说明

隧道所在地的空气流动情况一方面影响隧道内空气应外部空气流动引起的压力变化而产生的自然通风，还影响隧道对外排放空气污染物的扩散方向及范围。

## 5 设计指标

### 5.1 空气污染物浓度分布情况计算

5.1.1 在对隧道空气净化进行设计时，应首先针对各工况下的隧道空气污染物浓度分布情况进行测算，可按式 (5.1.1-1) 计算：

$$C_i(x) = C_i(x_0) + \int_{x_0}^x \frac{q_i(x)}{v_r} dx \quad (5.1.1-1)$$

假设隧道截面积不变，则机动车排放源强可按式 (4.1.1-2) 计算：

$$q_i = \frac{1}{A_r} \sum_{j=1}^n \lambda_{ij} A_j \quad (5.1.1-2)$$

其中：

$x$ —隧道内某点距离隧道口的距离，m。

$C_i(x_0)$ —隧道入口处污染物  $i$  的浓度， $mg/m^3$ 。

$v_r$ —隧道内风速，m/s。

$q_i$ —车辆排放污染物  $i$  的源强。

$A_r$ —隧道截面积

$\lambda_{ij}$ — $j$ 类车辆排放污染物  $i$  的单车排放因子， $mg/(m \cdot \text{辆})$ ，与车辆的排放等级、行驶速度、坡度等因素有关。

$A_j$ — $j$ 类车辆的车流量，辆/s，计算时应将各类车的数量折算为标准车当量数进行计算。

### 5.1.2 空气污染物浓度分布情况计算参数

1、我国不同排放等级车辆的排放限值如表 (5.1.2-1~5.1.2-5) 所示。其中，尾气排放的颗粒物基本为  $PM_{2.5}$ 。

表 5.1.2-1 国三车辆尾气排放因子

车型	质量 (kg)	排放因子 (g/km)					
		CO		NO <sub>x</sub>		PM	
类别		点燃式	压燃式	点燃式	压燃式	点燃式	压燃式
第一类车	全部	2.3	0.64	0.15	0.5		0.05

车型	质量 (kg)	排放因子 (g/km)					
		CO		NO <sub>x</sub>		PM	
类别		点燃式	压燃式	点燃式	压燃式	点燃式	压燃式
第二类车	<1305	2.3	0.64	0.15	0.5		0.05
	1305-1770	4.17	0.8	0.18	0.65		0.07
	>1760	5.22	0.95	0.21	0.78		0.1

表 5.1.2-2 国四车辆尾气排放因子

车型	质量 (kg)	排放因子 (g/km)					
		CO		NO <sub>x</sub>		PM	
类别		点燃式	压燃式	点燃式	压燃式	点燃式	压燃式
第一类车	全部	1	0.5	0.08	0.25	0.3	0.025
第二类车	<1305	1	0.5	0.08	0.25	0.3	0.025
	1305-1770	1.81	0.63	0.1	0.33	0.3	0.04
	>1760	2.27	0.74	0.11	0.39	0.46	0.06

表 5.1.2-3 国五车辆尾气排放因子

车型	质量 (kg)	排放因子 (g/km)					
		CO		NO <sub>x</sub>		PM	
类别		点燃式	压燃式	点燃式	压燃式	点燃式	压燃式
第一类车	全部	1.00	0.50	0.060	0.180	0.0045	0.0045
第二类车	<1305	1.00	0.50	0.060	0.180	0.0045	0.0045
	1305-1770	1.81	0.63	0.075	0.235	0.0045	0.0045
	>1760	2.77	0.74	0.082	0.280	0.0045	0.0045

表 5.1.2-4 国六 a 车辆尾气排放因子

车型	质量 (kg)	排放因子 (g/km)		
		CO	NO <sub>x</sub>	PM
第一类车	全部	0.70	0.060	0.0045
第二类车	<1305	0.70	0.060	0.0045
	1305-1770	0.88	0.075	0.0045
	>1760	1.00	0.082	0.0045

表 5.1.2-5 国六 b 车辆尾气排放因子

车型	质量 (kg)	排放因子 (g/km)		
		CO	NO <sub>x</sub>	PM
第一类车	全部	0.50	0.035	0.003
第二类车	<1305	0.50	0.035	0.003
	1305-1770	0.63	0.045	0.003
	>1760	0.74	0.050	0.003

注：第一类车指包括驾驶员座位在内，座位数不超过六座，且最大总质量不超过 2500kg 的 M1 类汽车。第二类车指本标准适用范围内除第一类车以外的其他所有轻型汽车。

## 2、非尾气颗粒物排放因子

车辆的非尾气排放包括因刹车、轮胎、路面磨损产生的颗粒物排放，基本为 PM<sub>2.5-10</sub>。

表 5.1.2-6 非尾气颗粒物排放因子

车辆类型	轻型车、中型车	重型柴油车
非尾气颗粒物排放因子 (g/km)	0.014	0.094

3、隧道内仅依靠自然通风及车辆行驶活塞风时的风速 $v_r$ 可按式 (4.1.1-3) 计算：

$$\frac{A_m \rho}{A_r} n (v_t - v_r)^2 = (1 + \xi_e + \lambda_r \frac{L}{D_r}) \frac{\rho}{2} v_r^2 \quad (4.1.2-3)$$

其中

$A_r$ —隧道净空断面积 (m<sup>2</sup>)；

$A_m$ —汽车等效阻抗面积 (m<sup>2</sup>)；

$\rho$ —空气密度 (kg/m<sup>3</sup>)，常温常压下空气密度为 1.29 kg/m<sup>3</sup>；

$v_t$ —为与车行方向同向的各工况车速 (m/s)

$v_r$ —隧道内实际风速 (m/s)；

$n$ —隧道内与  $v_r$  同向的车辆数， $n=NL/3600 v_t$ 。

$\xi_e$ —隧道入口损失系数；

$\lambda_r$ —隧道壁面摩阻损失系数；

$L$ —隧道长度 (m)；

$D_r$ —隧道断面当量直径 (m)。

#### 条文说明

不同排放等级车辆的尾气排放污染物限值主要参考《轻型汽车污染物排放限值及测量方法》(GB18352.5) 中的相关规定。车辆的非尾气排放的排放因子主要参考 PIARC (2019) 中的相关排放因子。计算时, 应将其他车型的数量折算成标准车当量数进行计算。

5.1.3 计算隧道空气污染物浓度分布情况时, 应针对不同坡度、不同通风情况的路段分别进行考虑, 相邻路段相接处的空气污染物浓度、空气污染物总量、风速保持一致。

#### 条文说明

隧道内车辆在行驶过不同坡度路段时, 发动机负载存在差异, 会造成不同坡度路段的空气污染物排放源强度存在差异, 因此不同坡度的路段应分别进行考虑; 同时, 在隧道通风井前后会存在因引入洞外新鲜空气或通过通风井将洞内空气直接排出洞外, 造成通风井前后风速不同, 导致前后空气污染物扩散规律村庄差异, 因此不同通风情况的路段也需要分别进行考虑。

## 5.2 隧道空气质量控制阈值

5.2.1 隧道空气质量控制阈值需充分考虑国家最新法律法规、标准、地方政策文件要求、以及项目建设定位要求等。

5.2.2 地方政策要求包括交通主管部门、生态环境主管部门要求, 可通过查阅对应部门官网政策公示、前往相关部门现场咨询的方式获知最新的隧道内空气污染物浓度要求、隧道出口/排风口处空气污染物浓度、排放速率要求。公路隧道空气质量要求需包含隧道内空气污染物浓度要求、隧道出口/排风口处空气污染物浓度、排放速率要求。如所在地无特别要求, 可按以下要求执行。

表 5.2.2-1 隧道空气污染物基础控制阈值

污染物	污染物类型	浓度限值 (mg/m <sup>3</sup> )	排放速率限值 (kg/h)
隧道内部	颗粒物	正常通行: 1.06 交通拥堵: 1.49	/
	NO <sub>2</sub>	2.05	/
	CO	87.5	/
隧道洞口、风塔出口	颗粒物	/	1
	NO <sub>2</sub>	/	0.47
	CO	/	24

#### 条文说明

隧道内部的污染物浓度限值主要参考《公路隧道通风设计细则》(JTG/T D70/2-02-2014)中的相关要求,其中,为确保隧道内外颗粒物浓度控制指标统一、具有可比性,采用世界道路协会 PIARC (2019)中给出的烟尘浓度(即不透光度)与颗粒物浓度的折算关系  $1\text{g}/\text{m}^3=4.7\text{m}^{-1}$ ,将标准《公路隧道通风设计细则》(JTG/T D70/2-02-2014)的烟尘浓度设计值转化为质量浓度限值。隧道洞口、风塔出口的污染物排放速率限值主要参考江苏省《大气污染物综合排放标准》(DB32/4041-2021)中的相关要求。

中国公路学会标准征求意见稿

## 5.3 有效净化风量计算

### 5.3.1 有效净化风量计算基准场景

在对隧道空气净化进行设计时，需首先根据隧道设计中所有未来特征年、不同平均车速下的隧道空气污染物分布情况进行计算，按空气污染最为严重的情况对隧道空气净化进行设计。

#### 条文说明

未来隧道内空气污染物产生情况受交通量、车辆排放等级的影响，会出现变化，而隧道空气净化设备由于安装一般需要进行预埋，在过程中增补难度较大，因此，在隧道空气净化设计时，应充分考虑未来的变化情况，以最不利的年份作为设计基准。一般情况下，隧道内颗粒物污染物很大一部分来自道路、轮胎磨损等非尾气排放，单位交通量的排放随排放等级提高以及新能源车辆推广变化较小，未来一般随交通量增大而增大，应以远期的颗粒物排放情况作为设计基准；而隧道内  $\text{NO}_2$  等气体污染物均为尾气排放，单位交通量的排放随排放等级提高以及新能源车辆推广而下降，应以近期期的气体污染物排放情况作为设计基准。

另一方面，隧道内空气污染物分布情况还取决于隧道内实际通风情况，在没有启用射流风机，仅依赖隧道自然通风和车辆行驶活塞风的情况下，同一位置污染物浓度会随车速增加而下降，但空气净化设备的总体净化效果也会随通风量的增大而出现下降的情况。同时，道路拥堵、道路畅通时的空气污染物浓度控制阈值存在差异导致空气净化需求不同。因此，需要针对不同车速下的空气净化需求进行分别设计，取其中最大值，确保可以满足所有工况。

### 5.3.2 效净化风量计算污染类型控制原则

在对隧道空气净化进行设计时，应针对各类污染物确定净化需求，分别进行布置，针对可以布设于同一位置的布设空气净化设备，宜布设于同一位置，便于空气净化设备安装、运维。

#### 条文说明

未来隧道内空气污染物产生情况受交通量、车辆排放等级的影响，会出现变化，而隧道空气净化设备由于安装一般需要进行预埋，在过程中增补难度较大，因此，在隧道空气净化设计时，应充分考虑未来的变化情况，以最不利的年份作为设计基准。一般情况下，隧道内颗粒物污染物很大一部分来自道路、轮胎磨损等非尾气排放，单位交通量的排放随排放等级提高以及新能源车辆推广变化较小，未来一般随交通量增大而增大，应以远期的颗粒物排放情况作为设计基准；而隧道内  $\text{NO}_2$  等气体污染物均为尾气排放，单位交通量的排放随排放等级提高以及新能源车辆推广而下降，应以近期期的气体污染物排放情况作为设计基准。

### 5.3.3 有效净化风量计算污染位置控制原则

计算隧道有效净化风量需求时，应首先考虑隧道内空气污染物净化需求，再考虑隧道排风井处的空气净化需求。

#### 条文说明

由于隧道内的空气净化既可以降低隧道内空气污染物浓度，也可以降低隧道对外空气污染物排放总量；隧道排风井处的空气净化仅可以降低隧道对外空气污染物排放总量。因此，需针对仅可以依靠隧道内空气净化的隧道内浓度应进行优先考虑，在确保隧道内空气污染物浓度达标情况下，再考虑此时的排风井空气污染物是否会超标。

### 5.3.4 隧道内有效净化风量计算

1、当隧道内通风风量足够高，可以使无净化时最高浓度不超过隧道内控制阈值、隧道出口浓度低于出口控制阈值时（即 $C(L) < T_{\text{出口}} \leq T_{\text{内}}$ ），无需空气净化。

2、当隧道内通风风量可以使无净化时最高浓度不超过隧道内控制阈值、隧道出口浓度高于出口控制阈值时（即 $T_{\text{出口}} < C(L) \leq T_{\text{内}}$ ），仅需在隧道出口前方设置空气净化，此时，出口前方净化设备的有效净化风量最小值为 $Q \frac{C(L) - T_{\text{出口}}}{C(L)}$ 。应按该情况下隧道通风最低的情况确定最小有效净化风量。

3、当隧道无净化时内最高浓度高于隧道内控制阈值时（即 $T_{\text{出口}} \leq T_{\text{内}} < C(L)$ ），隧道内需要在首次出现超标的位置就开始设置分散式空气净化，此时，总有效净化风量最小值为 $Q \frac{C(L) - T_{\text{出口}}}{T_{\text{内}}}$ 。应按该情况下隧道通风最低的情况确定最小有效净化风量。

4、存在排风井/送风井时，可将每处排风井/送风井前后进行分段考虑，将排风井作为出口对前方空气净化需求进行计算，按前方已将风塔处污染物浓度控制在隧道内控制阈值、风塔处污染物浓度控制在出口处控制阈值进行计算。

#### 条文说明

由于隧道内不同通风风量对应的空气净化需求不同，因此，在计算隧道内有效净化风量时，应按照仅依靠通行车辆行驶产生的活塞风、或活塞风无法满足隧道最低换气需求时开启通风系统的最低风速时的污染物浓度分布情况，对隧道空气净化系统进行设计。

### 5.3.5 排风井处有效净化风量计算

1、当排风井下方空气污染物浓度不超过排风井出口空气污染物控制阈值时，即 $C'_{\text{前}}(L_{\text{排风井}}) \leq K_{\text{排风井}}$ 时，可不对排风井内空气进行净化。

2、当排风井下方空气污染物浓度超过排风井出口空气污染物控制阈值时，排风井处竖

井式空气净化站有效空气净化风量最小为 $Q_{\text{排风井}} \left(1 - \frac{K_{\text{排风井}}}{C'_{i, \text{前}}(L_{\text{排风井}})}\right)$ 。

#### 条文说明

由于隧道内的空气净化既可以降低隧道内空气污染物浓度，也可以降低隧道对外空气污染物排放总量；隧道排风井处的空气净化仅可以降低隧道对外空气污染物排放总量。因此，需针对仅可以依靠隧道内空气净化的隧道内浓度应进行优先考虑，在确保隧道内空气污染物浓度达标情况下，再考虑此时的排风井空气污染物是否会超标。

中国公路学会标准征求意见稿

## 6 空气净化布设及设备技术参数

### 6.1 空气净化系统布设

6.1.1 空气净化系统布设应综合考虑功能要求、建设条件、环境保护、养护维修、运营管理等因素。

6.1.2 在确定隧道内最优的空气净化设备单台净化风量、空气净化设备数量、每台的布设位置时，单台空气净化设备应尽可能大，根据隧道空间允许安装的最大值确定单台空气净化设备规格。

#### 条文说明

在选择隧道内空气净化设备规格时，虽然只要所有设备的总有效净化风量满足本指南 5.3.4 节中要求的有效净化风量，即可满足隧道内所有位置空气污染物浓度不超过预制的限值，但还需考虑空气净化设备规格对于隧道内平均污染物浓度的影响，以及空气净化设备成本与运维成本的影响。由于安装空气净化设备后隧道内空气污染物浓度在空气净化设备处呈阶梯式下降趋势，满足总有效净化风量的前提下，单个断面的空气净化设备越大，其后方空气净化后污染物浓度下降幅度越大，影响距离越长，可以使隧道内平均污染物浓度越小；同时，选择单台规格较大的设备更方便厂商生产、设备安装，并减少后期运维数量，可有效控制空气净化设备总成本。因此，在隧道空间允许的前提下，单台空气净化设备应选择尽可能大的规格。

6.1.3 在进行隧道空气净化设计时，应针对隧道内空气污染物浓度超标的路段进行空气净化，在空气污染物最开始出现超标的位置即需要布设空气净化设备。

6.1.4 在确定隧道内空气净化系统布置方案时，应从隧道前方向后方进行布置，在隧道内空气污染物首次达到控制阈值的位置布设第一台空气净化设备，之后在第一台空气净化设备净化后隧道内空气污染物浓度再次爬升至控制阈值的位置布设第二台空气净化设备，以此类推，直到布设的设备总有效净化风量达到标准值。可按式 (6.1.4-1~6.1.4-4) 计算所有空气净化设备的最佳位置  $X_i$ ：

$$C'_{前}(X_1) = C(X_1) = T_{内} \quad (6.1.4-1)$$

$$C'_{前}(X_2) = C'_{前}(X_1) \times (1 - \frac{P_1}{Q}) + C(X_2) - C(X_1) = T_{内} \quad (6.1.4-2)$$

$$C'_{前}(X_3) = C'_{前}(X_2) \times (1 - \frac{P_2}{Q}) + C(X_3) - C(X_2) = T_{内} \quad (6.1.4-3)$$

.....

$$C'_{前}(X_{i+1}) = C'_{前}(X_i) \times (1 - \frac{P_i}{Q}) + C(X_{i+1}) - C(X_i) = T_{内} \quad (6.1.4-4)$$

## 条文说明

采用纵向通风的隧道内部污染物浓度随距离入口距离增加而增大，如需将隧道内的污染物浓度始终控制在限值以下，需要在最早出现污染物浓度超标处即开始空气净化，后续在该处净化后再次出现超标的位置布置下一处空气净化。

6.1.5 在确定隧道内空气净化系统布置方案时，宜针对不同污染物指标独立计算对应的空气净化设备位置。当针对不同污染物独立计算的空气净化设备位置极为接近时，可考虑在该位置将多种空气净化设备集中布设。

## 条文说明

公路隧道内不同污染物的生成和扩散规律存在差异，且不同污染物指标的控制限值不同，因此不同污染物指标出现超标的位置可能存在差异，如确定空气净化设备时综合考虑所有污染物类型，可能会导致空气净化设备的过量设计，且计算出的针对单独污染物的空气净化设备位置不在最佳净化位置。

6.1.6 在确定排风井处空气净化布置方案时，如排风井底部的空气污染物浓度或空气污染物排放速率超标，应在排风井底部或隧道内排风井前方布设空气净化设备。

6.1.7 若采用的空气净化设备为吊顶式分散空气净化设备，且计算得出的静电除尘设备位置在隧道原有射流风机前 10m、后 50m 范围内，由于射流风机前方容易受负压影响导致风速过快、后方容易因正压影响出现涡流，都会影响吊顶式静电除尘的净化效果，因此，此时应将空气净化设备位置移动至射流风机前方 10m 以上，或移动射流风机位置。

## 6.2 空气净化系统设备参数

6.2.1 针对颗粒物浓度超标的路段，宜采用静电除尘设备对其进行净化；针对  $\text{NO}_2$  浓度超标的路段，宜采用活性炭吸附的方式对其进行净化；针对 CO 浓度超标的路段，宜采用活性炭吸附的方式对其进行净化。针对隧道内空气污染物进行净化，宜采用吊顶式静电除尘设备、旁通式/吊顶式集中空气净化站；针对排风井对外空气污染物排放进行净化，宜采用竖井式集中空气净化站。空气净化站宜采用静电除尘+活性炭吸附技术；针对隧道出口处对外空气污染物排放进行净化，宜采用旁通式/吊顶式集中空气净化站。

## 条文说明

通过调研已配备空气净化设备的隧道，目前主流空气净化技术基本都是静电除尘技术、活性炭吸附技术，静电除尘技术用于净化颗粒物，在隧道内、排风井内均可进行布设；活性炭吸附技术用于净化  $\text{NO}_2$ 、CO 等气体污染物，由于隧道内消防限值，目前活性炭吸附技术主要布设在具有相对独立空间的空气净化站中。

6.2.2 吊顶式分散空气净化设备应满足以下要求：

1、分散空气净化设备组成主要包括初效滤网、静电除尘模块、自动清洗系统、风道、配套风机、安装支架、前后风速传感器、前后颗粒物浓度传感器、控制柜及线路、集水盘。其中，控制柜、清洗系统中的清洗水箱可安装于隧道侧壁，其余部分需吊装在隧道顶部。

2、分散空气净化设备采用的静电除尘模块本身，应至少保证通过风速不低于 8m/s 时，效率均也可达到 80%。

3、分散空气净化设备中，静电除尘模块、配套风机、自动水洗系统、控制柜本身均需用电，以上设备用电应集中到一处取电，采用三相五线制 380V/50z 的电源。单位有效净化风量的用电功率不超过  $1\text{kW}/(\text{m}^3/\text{s})$ 。

4、分散空气净化设备需具备远程控制设备开关、是否启动水洗的功能，并具备反馈中央控制系统净化设备处实时空气污染物浓度及风速、设备是否故障及故障信息的功能。设备应采用有线控制。

5、空气净化站设计使用年限不低于 10 年。

#### 条文说明

本指南中针对吊顶式分散空气净化设备的技术参数要求，主要参考《通风系统用空气净化装置》(GB / T 34012)、《空气过滤器》(GB / T 14295) 中的相关要求，以及目前我国主要隧道空气净化设备厂家既有空气净化设备产品参数。

#### 6.2.3 旁通式/吊顶式/竖井式集中空气净化站应满足以下要求：

1、空气净化站组成主要包括：进气风道、初效滤网、静电除尘墙、自动清洗系统、污水处理循环系统、活性炭吸附墙、轴流风机、排气风道、前后风速传感器、前后颗粒物浓度传感器、控制室。

2、空气净化站的最大尺寸受限于工作井内空间结构，应贴合作业井/预留空间进行布设，静电除尘墙、活性炭墙应布满对应横截面，如净化风量不足以使用全部的空间，应对静电除尘墙、活性炭墙于空间边界的空隙搭建墙壁进行填补。

3、风道在前后方向上应尽可能地长，风道于隧道行车方向的角度应尽可能地小，以避免净化后的清洁空气在排出撞向对边隧道侧壁后部分空气回到进风道，导致整体净化效率降低

4、空气净化站用的静电除尘模块本身，应至少保证通过风速不低于 8m/s 时，效率均也可达到 80%。

5、活性炭吸附模采用 W 形布置，整体应保证整体结构风速不低于 8m/s 时，效率均也可达到 80%。单个活性炭箱在风速不低于 0.5m/s 时，效率均也可达到 80%。活性炭模

块需保证单次持续时间不低于 1 年。

6、空气净化站中，静电除尘模块、配套风机、自动水洗系统、控制柜本身均需要用电，以上设备用电应集中到一处取电，从工作井内变电站处取电，宜采用三相五线制 380V/50z 的电源。单位有效净化风量的用电功率不超过  $2\text{kW}/(\text{m}^3/\text{s})$ 。

7、空气净化站设计使用年限不低于 10 年。

8、空气净化站与隧道行车空间之间宜设置风阀隔开。

9、空气净化站的设计除应符合本细则的规定外，尚应满足现行《公路隧道设计规范》(JTG D70)中隧道结构设计的要求。

#### 条文说明

由于隧道内空气净化设备安装位置特殊，难以通过人工对设备进行清理，因此，建议通过自动水洗方式对设备进行定期清理，避免静电除尘设备堵塞。同时，由于空气通过净化设备时存在压损，尤其是活性炭吸附部分压损较大，需配备风机用于克服压力损失，保证通过空气净化设备的风量。

### 6.3 空气净化系统设备布设安全要求

6.3.1 空气净化系统设备布设时，承载空气净化设备的预埋件承载力应不小于空气净化设备静荷载的 1.5 倍。安装前应对预埋件进行拉拔试验，确保预埋件受力满足要求。

6.3.2 空气净化设备的安装连接件宜选用钢构件，其表面应做防腐处理；滨海附近的隧道或洞内污染腐蚀严重的隧道，宜做好防盐雾腐蚀等处理。

6.3.3 空气净化设备安装连接件与空气净化设备支承结构预埋件之间可采用焊接，也可采用螺栓连接，空气净化设备连接件与空气净化设备之间或与空气净化设备支承结构预埋件之间应考虑减振措施

6.3.4 吊顶式空气净化设备应安装安全吊链，并保持适当的松弛度，当安全吊链受力时，应能够承担吊顶式空气净化设备及其安装支架的静荷载。

6.3.5 吊顶式空气净化设备安装连接件与空气净化设备支承结构可采用加装应力传感器、倾斜传感器或其他方式以保证空气净化设备装连接件与空气净化设备支承结构的稳定性

6.3.6 空气净化设备中所有电缆应采用低烟无卤阻燃、耐火电缆，符合国家相关防火规范要求。

6.3.7 空气净化设备应按国家标准要求进行接地系统设计、防雷击设计，空气净化设备外壳和接地端子应可靠接地。

6.3.8 空气净化系统供电系统应设置断电保护，保证在打开装置进行维修或维护时，其内部装置能够断电。

6.3.9 空气净化系统需满足消防安全相关标准要求。

6.3.10 空气净化系统中自动清洗系统应采取防渗漏措施。

6.3.11 空气净化站内应采取防排水措施。

6.3.12 空气净化系统设备布设时，除了需要满足本标准要求，还要符合隧道内相关安全要求。

#### 6.4 空气净化设备保障要求

6.4.1 吊顶式分散空气净化设备安装需在隧道拱顶或烟道板下方设置预埋件，预埋件宜采用钢板，钢板与隧道拱顶或烟道板内的钢筋连接，预埋件下边缘露出，可用于焊接或直接预留安装孔位。旁通式/吊顶式集中空气净化站安装时无需预埋，直接在预留空间内落地安装，安装前需对地面进行找平。

6.4.2 空气净化设备用电宜从就近的配电箱/变电所中引出。在距离设备安装位置 10m 范围内预留安装的电缆接口，从电缆接口处接入空气净化设备，电缆接口应采用三相五线制 380V/50z 的电源标准接口。在配电箱/变电所增加相应的用电容量，用电容量不低于设备最大功率的 150%。

6.4.3 空气净化设备宜采用双路供电或双电源供电、配备不间断电源（UPS）、应急电源（EPS）等措施，保证空气净化设备的供电稳定。

6.4.4 空气净化站应具有布置静电除尘墙、活性炭吸附墙、轴流风机、电气设备、控制设备、其他辅助设备的空间及预留设备检修空间，并应设置大型设备搬运通道和工作通道等。

6.4.5 空气净化系统布设时，隧道主体应在空气净化设备处预留供电接口，供电线路可从隧道内变电站引出，宜采用三相五线制 380V/50z 的电源。供电接口预留功率不低于空气净化设备峰值功率。

6.4.6 空气净化系统布设时，隧道主体应在空气净化设备处预留供水接口，供水水管粗细宜不低于 DN25，供水水压宜不低于 0.1MPa。

6.4.7 空气净化系统布设时，隧道主体应在空气净化设备处预留通讯接口。

## 7 控制系统要求

### 7.1 空气净化设备控制要求

7.1.1 空气净化设备应设置自动控制和手动控制装置，应具有手动控制、远程控制和自动控制功能。日常工况下，空气净化设备控制宜采用自动控制方式为主。火灾工况等紧急情况下，现场控制装置发出的控制指令应优于其他控制指令。

#### 条文说明

空气净化系统控制的目的是以公路隧道交通安全为前提，通过及时对隧道内空气中污染物浓度、风速、风向等环境参数进行实时监测，根据需要控制空气净化设备。同时，空气净化设备控制是实现隧道通风净化节能运行的重要措施，通过实时控制空气净化设备的运行时间及数量，达到节能目的。实现该目的需要保证空气净化设备控制的时效性，因此建议空气净化设备控制宜采用自动控制方式为主。火灾等紧急情况下，现场人员对火灾情况、交通状况等现场实际情况的了解，比远端监控更直接、详细，所确定的空气净化控制要求更切合实际，因此要求现场控制优于远程控制。

7.1.2 空气净化设备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。

#### 条文说明

为保证隧道内空气净化设备手动控制装置能安全、及时、准确启用，隧道内的空气净化设备手动控制装置要设置在安全、便于操作的地方，通常还有不受火灾、烟气威胁的保护措施。

7.1.3 隧道内信号较差，为保证旁通式空气净化站控制的稳定性，应采用有线控制，设备需具备有线通讯的接口。

7.1.4 空气净化设备应采用中央控制+本地控制的控制模式，中央控制系统用于控制旁通式/吊顶式集中空气净化站的开关、是否水洗，设备运行过程中，高压放电模块电压、低压吸附模块电压、配套风机运行功率等需要设备处的控制柜本地控制。在自动水洗过程中，每次的清洗时间、清洗时的水流量、清洗剂混合等也应由设备处的控制柜本地控制。

7.1.5 空气净化系统控制方案应根据隧道采用的通风方式、配备的空气净化设备类型、数量及规格，分别针对正常运营工况、火灾及交通阻滞等异常工况的空气净化需求制订，确定不同工况所需的空气净化设备数量、运行方式。

#### 条文说明

设计阶段，空气净化系统设计人员需要根据不同工况所需开启的空气净化设备数量、位置、运行方式

等提出空气净化系统的控制方案及策略，以便于监控系统设计人员按空气净化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控制标准，并实现经济运行。

7.1.6 空气净化系统宜与通风控制系统、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。

#### 条文说明

空气净化系统与通风控制系统、照明控制系统、火灾报警与消防系统、交通监控系统、中央控制系统等联合使用，形成有效、可靠、及时的控制系统，满足隧道在各种情况，尤其是交通堵塞工况、火灾工况等紧急情况空气净化设备控制要求等。

7.1.7 空气净化系统控制应满足下列要求：

- 1、当每日交通量分布变化规律较为固定时，宜采用程序自动控制方式
- 2、空气净化设备的启停不宜过于频繁
- 3、每台空气净化设备应间隔启动，时间间隔应不小于 30s。如控制空气净化设备启动的同时，隧道需控制风机等其他几点设备启动，宜调整空气净化设备启动时间间隔避免同时启动。

7.1.8 空气净化系统控制时，应根据隧道内空气污染物监测情况及通风系统开启情况自动控制空气净化设备。

1、当隧道处于非高峰拥堵时间，宜优先考虑利用车辆行驶活塞风稀释空气污染物、以及满足隧道最低换气需求及通风风速需求。

2、当隧道处于非高峰拥堵时间，如仅依靠活塞风可满足隧道最低换气需求及通风风速需求，但存在空气污染物浓度出现超标，宜优先开启超标污染物类型对应的空气净化设备，空气净化设备最低开启台数按开启后可在活塞风风速下保证全部位置达标进行计算。

3、当隧道处于非高峰拥堵时间，如仅依靠活塞风无法满足隧道最低换气需求及通风风速需求，应开启最低限度的风机数量保证隧道最低换气需求及通风风速需求，之后再开启超标污染物类型对应的空气净化设备。空气净化设备最低开启台数按开启后可在最低换气需求及通风风速下保证全部位置达标进行计算。

4、当隧道处于高峰拥堵时间，宜优先开启超标污染物类型对应的空气净化设备对隧道内空气污染物进行净化，空气净化设备最低开启台数按开启后可在最低换气需求及通风风速下保证全部位置达标进行计算。

#### 条文说明

增大隧道内通风、开启隧道内空气净化设备两种方法均可降低隧道内空气污染物浓度，但利用空气净化设备降低空气污染物浓度方面更具经济性和环保性。因此，在隧道通风满足最低换气需求及通风风速需求时，宜优先开启超标污染物类型对应的空气净化设备对隧道内空气污染物进行净化。

## 7.2 空气环境监测要求

7.2.1 为支撑隧道空间空气净化系统自动控制，应对隧道空间交通流、隧道空间空气质量、隧道空间空气流动情况、净化设备运行状态情况开展自动监测。交通情况监测指标包括隧道内的交通量、平均车速、各类车型占有率等。隧道空间空气质量监测主要包括隧道内不同位置的各类空气污染物浓度。隧道空间空气流动情况监测指标包括隧道内外不同路段以及风塔内的风向、风速。隧道空间净化设备运行状态监测主要包括净化设备净化前后污染物浓度、净化设备实际通过风量。

### 条文说明

为支撑空气净化控制的监测内容可与隧道通风通风系统、隧道照明系统等其他系统的自动控制设备共用同样监测内容的监测设备。

7.2.2 针对隧道的交通流监测，可采用视频检测设备对隧道内监控摄像头的视频信号进行数据分析，能够对每个车道的流量、车速、各类车型占有率等实时交通数据进行测量。监测点需至少覆盖隧道入口、隧道出口两处，用于互相校验。

7.2.3 针对隧道内空气质量监测，应至少在以下位置配置空气质量监测设备：隧道入口、隧道出口、隧道风塔底部、风塔出口处、全部分散空气净化设备的最前方和最后方（位于隧道内）、旁通式空气净化站前方和后方（位于隧道内）、竖井式空气净化站前方和后方。位于隧道内的监测点监测时应尽可能排除隧道外部因素干扰、空气净化设备干扰，应在车辆尾气与隧道内空气充分混合、空气净化设备排出的洁净空气与隧道内空气充分融合的位置开展监测，监测设备可安装于隧道侧壁装饰板，监测点距离隧道出入口、风塔底部、空气净化设备处应至少保持 50m 距离，隧道空间空气质量监测指标应包括：TSP、PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>、NO<sub>2</sub>、CO、VI。

7.2.4 针对隧道内部空气流动情况监测，应至少在以下位置配置风速风向监测仪开展在线监测：风塔前、风塔后、风塔内部。为避免外部因素对其进行干扰，监测点距隧道入口、出口应距离 50m 以上、距离风塔底部距离 50m 以上。

7.2.5 针对隧道内空气净化设备的运行状态监测，应至少在空气净化设备净化前后配置空气质量监测设备、风速风向监测设备。分散空气净化设备的污染物浓度监测仪可直接安装在空气净化设备上，位于进风口前方以及静电除尘模块和风机之间的风道内部，监测指标为 TSP、PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>、NO<sub>2</sub>，风速监测仪安装于静电除尘模块和风机之间的风道内部。

旁通式空气净化站/竖井式空气净化站的污染物浓度监测仪直接安装净化站内部，位于进风口末端的静电除尘模块前端、静电除尘模块和活性炭吸附模块之间、碳排放吸附模块和风机之间，监测指标为 TSP、PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>、NO<sub>2</sub>，风速监测仪安装于进风口末端的静电除尘模块前端。

### 7.3 隧道通风净化信息化平台

7.3.1 投入运营前，应建设隧道通风净化信息化平台对隧道内各类监测数据进行处理，对隧道内空气净化系统进行控制，该平台可单独建设也可内嵌在隧道总体的中央控制系统中。

7.3.2 隧道通风净化信息化平台具体应包括至少以下功能模块：隧道监测监控信息展示模块、隧道内通风净化设备实时运行情况展示、隧道内空气净化效果分析、隧道监控信息、隧道告警信息、隧道内通风净化设备控制、空气净化设备管理。

7.3.3 隧道监测监控信息展示模块应具备以下功能：在平台中展示隧道中各个空气质量监测点位监测得到的污染物浓度实时数据、隧道内风速实时数据，并根据监测数据生成隧道内空气污染物浓度分布图和风速分布图，方便直观地了解隧道内空气污染情况。

7.3.4 隧道内通风净化设备实时运行情况展示模块应具备以下功能：针对隧道内射流风机、轴流风机、各类风阀、空气净化设备的实时开启/关闭情况、当前运行功率、当前净化效率、预计检修时间进行展示。

7.3.5 隧道内空气净化效果分析模块应具备以下功能：通过对比空气净化设备前后方的污染物浓度数据，智能分析空气净化设备的综合净化效率、对隧道内空气污染物浓度的影响水平。

7.3.6 隧道监控信息模块应具备以下功能：展示隧道内各个视屏监控点位的实时监控视屏，协助隧道运营人员在发生突发事件时尽快结合视屏监控找到问题源头。

7.3.7 隧道告警信息模块应具备以下功能：当隧道内出现污染物浓度超过设定阈值时，或当隧道内通风净化设备出现故障时，触发告警信息，提醒隧道运营人员检查实际情况。

7.3.8 隧道内通风净化设备控制模块应具备以下功能：可以用于调整隧道通风净化设备的整体运行逻辑，也可在隧道通风净化设备自动运行情况无法满足要求时人为介入，控制通风净化设备的开启/关闭、运行功率。

7.3.9 空气净化设备管理模块应具备以下功能：查看空气净化设备技术参数、相关检测报告，录入并查看空气净化设备运维记录、耗材更换记录、有效性评估记录。

## 用词说明

1 本指南执行严格程度的用词，采用下列写法：

1) 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”。

2) 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”，反面词采用“不宜”。

3) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 引用标准的用语采用下列写法：

1) 在标准条文及其他规定中，当引用的标准为国家标准或行业标准时，应表述为“应符合《×××××》(×××)的有关规定”。

2) 当引用标准中的其他规定时，应表述为“应符合本指南第×章的有关规定”、“应符合本指南第×.×节的有关规定”、“应按本指南第×.×.×条的有关规定执行。”