

**DB11**

北 京 市 地 方 标 准

DB11/T 2422—2025

## 公路隧道空气净化系统设计规范

Specification for design of air cleaning system of highway tunnels

2025 - 06 - 24 发布

2025 - 10 - 01 实施

北京市市场监督管理局

发 布

目 次

前 言 ..... II

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 基本要求 ..... 2

5 净化风量计算 ..... 2

6 主要技术要求 ..... 6

7 机房设计 ..... 6

8 供配电设计 ..... 7

9 监控设计 ..... 7

参 考 文 献 ..... 8

# 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由北京市交通委员会提出并归口。

本文件由北京市交通委员会组织实施。

本文件起草单位：北京市市政工程设计研究总院有限公司，清华大学，北京科技大学，北京交通大学、北京工业大学。

本文件主要起草人：谢飞、刘子健、吴金刚、董启伟、常默宁、邱叶林、毕强、李先庭、邵晓亮、谭忠盛、刘峰、马凡、魏炜、任冬亮、李亮辉、李盼到、沈铮、赵强、刘明高、田皞、李建林、郝毅、林爽、周振梁、孙帆、陈明哲、田川、贺大朋、陈春羽、赵金鹏、何历超、张志、赵红征、田伟、张印冬、郭宇明、张凯、王义婷、李俊梅、苏枳赫、刘成涛、徐锡文、姚慧、郭文涛、于海利。

# 公路隧道空气净化系统设计规范

## 1 范围

本文件规定了公路隧道空气净化系统设计的基本要求、净化风量计算、主要技术要求、机房设计、供配电设计和监控设计。

本文件适用于公路隧道旁通式空气净化系统（以下简称“空气净化系统”）的设计。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 3095 环境空气质量标准

JTG/T D70/2—02 公路隧道通风设计细则

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**空气净化系统** air cleaning system

对空气中的颗粒物、NO<sub>2</sub> 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。

注：空气净化系统通常包括空气净化处理装置及辅助系统，空气净化处理装置一般包括初效过滤器、静电除尘器、活性炭吸附装置、风机，辅助系统一般包括供配电系统、自动清洗系统和废水处理系统等。

### 3.2

**净化风量** cleaning air volume

空气净化系统处理的风量。

### 3.3

**净化风量比** cleaning air volume ratio

净化风量与隧道需风量的比值。

### 3.4

**净化效率** cleaning efficiency

空气净化系统在额定风量下，空气净化系统入口、出口空气中污染物浓度之差与入口空气中污染物

浓度之比。

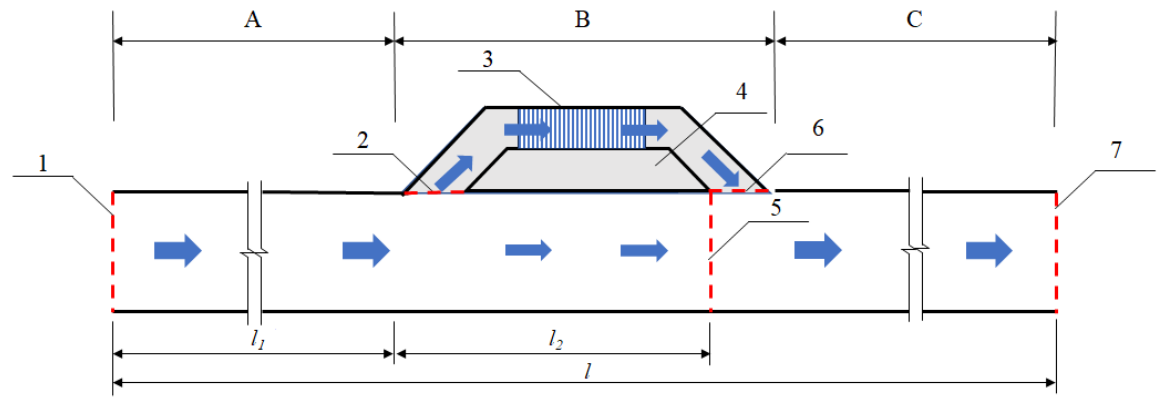
[来源：GB/T 34012-2017，3.6，有修改]

## 4 基本要求

- 4.1 设置空气净化系统的隧道，其空气质量应满足 GB 3095、JTG/T D70/2-02 的规定和隧道影响区域环保的要求。
- 4.2 空气净化系统的位置应根据地质条件、有害气体分布、环境保护及运行维护等因素，结合隧道通风设施统筹确定。
- 4.3 空气净化系统的构成应根据需去除的污染物类型选择。
- 4.4 空气净化系统根据安装方式可分为侧旁通式和顶旁通式，安装方式的选择应根据节能、环保、经济等因素确定。
- 4.5 空气净化系统设计应纳入隧道总体设计内容，并按下列步骤执行：
  - a) 收集隧道所在路段平面、纵断面，地形、地物、地质等路线资料；
  - b) 收集隧道所在路段的公路等级、隧道横断面、交通量、设计速度、所在区域的气象和环境条件，以及隧道区域的环保要求等技术资料；
  - c) 根据收集资料对隧道需风量进行初步计算及通风方案比选，当隧道区域对环保、景观要求高时，空气净化系统可根据造价因素、环保要求、景观要求等确定；
  - d) 根据比选确定的空气净化通风方案计算需风量、净化风量，并计算通风系统阻力；
  - e) 根据净化风量及空气净化需求进行空气净化系统选型及配置，根据通风系统阻力计算确定风机风压，进行风机选型及配置；
  - f) 净化设备、通风设备安装前，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。

## 5 净化风量计算

- 5.1 旁通式空气净化系统布置见图 1。隧道内纵向气流按污染物浓度变化情况可分为隧道入口段、功能段、隧道出口段。



标序引号说明：

A——隧道入口段；

B——功能段；

C——隧道出口段；

1——隧道入口；

2——空气净化系统入口；

3——空气净化处理装置；

4——辅助系统；

5——功能段主线出口前；

6——空气净化系统出口；

7——隧道出口；

$l_1$ ——隧道入口段长度；

$l_2$ ——隧道入口段至功能段主线出口前段长度；

$l$ ——隧道长度。

图1 旁通式空气净化系统布置示意图

5.2 净化风量计算可先对功能段主线出口前位置、隧道出口周边环境空气功能区的污染物浓度分别进行校核计算，取烟尘净化风量和  $\text{NO}_2$  净化风量较大者作为净化风量，并考虑通风与净化系统的成本与运行性能后综合确定。

5.3 烟尘净化风量校核计算如下：

a) 功能段主线出口前烟尘浓度按公式（1）计算：

$$K_{m(VI)} = K_{amb(VI)} + \frac{Q_{VII_1}}{Q_{req}} + \frac{Q_{VII_2}}{Q_{req}} \frac{1}{1-m_{VI}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：  $K_{m(VI)}$ ——功能段主线出口前烟尘浓度，单位为每米( $m^{-1}$ )；

$K_{amb(VI)}$ ——烟尘背景浓度，单位为每米( $m^{-1}$ )；

$Q_{VII_1}$ ——隧道入口段烟尘排放量，单位为平方米每秒( $m^2/s$ )；

$Q_{req}$ ——隧道需风量，按照 JTG/T D70/2-02 执行，单位为立方米每秒( $m^3/s$ )；

$Q_{VII_2}$ ——隧道入口段至功能段主线出口前段烟尘排放量，单位为平方米每秒( $m^2/s$ )；

$m_{VI}$ ——烟尘净化风量比，宜取 50%~75%。

b) 隧道出口烟尘浓度按公式 (2) 计算：

$$K_{out(VI)} = K_{amb(VI)}(1-m_{VI}\eta_{VI}) + \frac{Q_{VII}}{Q_{req}} - \frac{Q_{VII_1}}{Q_{req}} m_{VI}\eta_{VI} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：  $K_{out(VI)}$ ——隧道出口烟尘浓度，单位为每米( $m^{-1}$ )；

$K_{amb(VI)}$ ——烟尘背景浓度，单位为每米( $m^{-1}$ )；

$m_{VI}$ ——烟尘净化风量比，宜取 50%~75%；

$\eta_{VI}$ ——烟尘净化效率，按照 6.1 中  $PM_{10}$  和  $PM_{2.5}$  净化效率取值；

$Q_{VII}$ ——隧道内烟尘排放量，单位为平方米每秒( $m^2/s$ )；

$Q_{req}$ ——隧道需风量，按照 JTG/T D70/2-02 执行，单位为立方米每秒( $m^3/s$ )；

$Q_{VII_1}$ ——隧道入口段烟尘排放量，单位为平方米每秒( $m^2/s$ )。

c) 隧道出口  $PM_{2.5}$ 、 $PM_{10}$  浓度按公式 (3) 计算：

$$\mu = \frac{K_{out(VI)}}{f_{vis}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：  $\mu$ ——隧道出口  $PM_{2.5}$ 、 $PM_{10}$  浓度，单位为毫克每立方米( $mg/m^3$ )；

$K_{out(VI)}$ ——隧道出口烟尘浓度，单位为每米( $m^{-1}$ )；

$f_{vis}$ ——烟尘浓度与  $PM_{2.5}$ 、 $PM_{10}$  浓度间换算系数，单位为平方米每毫克( $m^2/mg$ )， $PM_{2.5}$  的换算系数宜为 0.0047， $PM_{10}$  的换算系数宜为 0.0033~0.0067。

d) 洞外环境空气功能区烟尘浓度通过现场实测或专业环评软件计算。

e) 烟尘净化风量按公式 (4) 计算：

$$Q_{JH(VI)} = m_{VI} Q_{req} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中： $Q_{\text{JH(VI)}}$ ——烟尘净化风量，单位为立方米每秒( $\text{m}^3/\text{s}$ )；

$m_{\text{VI}}$ ——烟尘净化风量比，宜取 50%~75%；

$Q_{\text{req}}$ ——隧道需风量，按照 JTG/T D70/2-02 执行，单位为立方米每秒( $\text{m}^3/\text{s}$ )。

#### 5.4 $\text{NO}_2$ 净化风量校核计算如下：

a) 功能段主线出口前  $\text{NO}_2$  浓度按公式 (5) 计算：

$$C_{m(\text{NO}_2)} = C_{\text{amb}(\text{NO}_2)} + \frac{\alpha G_{\text{tun}(\text{NOx})l_1}}{3.6\rho_{\text{NO}_2}Q_{\text{req}}} + \frac{\alpha G_{\text{tun}(\text{NOx})l_2}}{3.6\rho_{\text{NO}_2}Q_{\text{req}}} \frac{1}{1-m_{\text{NO}_2}} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中： $C_{m(\text{NO}_2)}$ ——功能段主线出口前  $\text{NO}_2$  浓度，单位为立方厘米每立方米( $\text{cm}^3/\text{m}^3$ )；

$C_{\text{amb}(\text{NO}_2)}$ —— $\text{NO}_2$  背景浓度，单位为立方厘米每立方米( $\text{cm}^3/\text{m}^3$ )；

$\alpha$ ——隧道中  $\text{NO}_2$  与  $\text{NO}_x$  比值，宜取 10%~20%；

$G_{\text{tun}(\text{NOx})l_1}$ ——隧道入口段  $\text{NO}_x$  排放量，单位为克每小时 ( $\text{g/h}$ )；

$\rho_{\text{NO}_2}$ —— $\text{NO}_2$  密度，单位千克每立方米( $\text{kg}/\text{m}^3$ )；

$Q_{\text{req}}$ ——隧道需风量，按照 JTG/T D70/2-02 执行，单位为立方米每秒( $\text{m}^3/\text{s}$ )；

$G_{\text{tun}(\text{NOx})l_2}$ ——隧道入口段至功能段主线出口前段  $\text{NO}_x$  排放量，单位为克每小时 ( $\text{g/h}$ )；

$m_{\text{NO}_2}$ —— $\text{NO}_2$  净化风量比，宜取 50%~75%。

b) 隧道出口  $\text{NO}_2$  浓度按公式 (6) 计算：

$$C_{\text{out}(\text{NO}_2)} = C_{\text{amb}(\text{NO}_2)} (1-m_{\text{NO}_2}\eta_{\text{NO}_2}) + \frac{\alpha G_{\text{tun}(\text{NOx})l}}{3.6\rho_{\text{NO}_2}Q_{\text{req}}} - \frac{\alpha G_{\text{tun}(\text{NOx})l_1}}{3.6\rho_{\text{NO}_2}Q_{\text{req}}} m_{\text{NO}_2}\eta_{\text{NO}_2} \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中： $C_{\text{out}(\text{NO}_2)}$ ——隧道出口  $\text{NO}_2$  浓度，单位为立方厘米每立方米( $\text{cm}^3/\text{m}^3$ )；

$C_{\text{amb}(\text{NO}_2)}$ —— $\text{NO}_2$  背景浓度，单位为立方厘米每立方米( $\text{cm}^3/\text{m}^3$ )；

$m_{\text{NO}_2}$ —— $\text{NO}_2$  净化风量比，宜取 50%~75%；

$\eta_{\text{NO}_2}$ —— $\text{NO}_2$  的净化效率，按照 6.1 取值；

$\alpha$ ——隧道中  $\text{NO}_2$  与  $\text{NO}_x$  比值，宜取 10%~20%；

$G_{\text{tun}(\text{NOx})l}$ ——隧道内  $\text{NO}_x$  排放量，单位为克每小时 ( $\text{g/h}$ )；

$\rho_{\text{NO}_2}$ —— $\text{NO}_2$  密度，单位千克每立方米( $\text{kg}/\text{m}^3$ )；

$Q_{\text{req}}$ ——隧道需风量，按照 JTG/T D70/2-02 执行，单位为立方米每秒( $\text{m}^3/\text{s}$ )；



$G_{\text{tun}(\text{NO}_x)_i}$ ——隧道入口段  $\text{NO}_x$  排放量，单位为克每小时 (g/h)。

c) 洞外环境空气功能区  $\text{NO}_2$  浓度通过现场实测或专业环评软件计算。

d)  $\text{NO}_2$  净化风量按公式 (7) 计算：

$$Q_{\text{JH}(\text{NO}_2)} = m_{\text{NO}_2} Q_{\text{req}} \dots\dots\dots (7)$$

式中： $Q_{\text{JH}(\text{NO}_2)}$ —— $\text{NO}_2$  净化风量，单位为立方米每秒 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )；

$m_{\text{NO}_2}$ —— $\text{NO}_2$  净化风量比，宜取 50%~75%；

$Q_{\text{req}}$ ——隧道需风量，按照 JTG/T D70/2-02 执行，单位为立方米每秒 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )。

## 6 主要技术要求

6.1 空气净化系统技术性能指标应符合下列规定：

- a)  $\text{PM}_{10}$  和  $\text{PM}_{2.5}$  的净化效率不小于 85%；
- b)  $\text{NO}_2$  的净化效率不小于 80%。

6.2 空气净化系统的设计应符合下列规定：

- a) 空气净化系统迎面风速不大于净化系统的额定风速；
- b) 空气净化系统设置故障报警措施和检修口。

6.3 除尘过滤器应能去除  $\text{PM}_{10}$  和  $\text{PM}_{2.5}$ ，并符合下列规定：

- a) 除尘过滤器宜由初效过滤器和静电除尘器组成；
- b) 通过除尘过滤器的风速不宜大于 9 m/s；
- c) 除尘过滤器应配备运行可靠的自动清洗系统和废水处理系统。

6.4 活性炭吸附装置应能去除  $\text{NO}_2$ ，并符合下列规定：

- a) 活性炭自燃点不应小于 250℃，水分含量宜小于 15%；
- b) 通过活性炭吸附装置的风速宜为 0.5 m/s ~1.0 m/s。

## 7 机房设计

7.1 空气净化机房设计应根据功能要求、位置选择、建设条件、环境保护、养护维修、运营管理及景观协调等因素确定。

7.2 空气净化机房应具有布置空气净化设备、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、工作通道和检修通道。

7.3 空气净化机房应具有通风、防水、防火、防尘设施，并应采取降噪措施。

## 8 供配电设计

- 8.1 供配电设计应根据空气净化系统设备特性、布置位置等确定，供电电压等级宜为 10kV 或 0.4kV。
- 8.2 空气净化系统用电负荷等级应为二级，宜由双回路供电。
- 8.3 电缆应采用低烟无卤耐火电缆。
- 8.4 供配电系统应设置断电保护装置。

## 9 监控设计

- 9.1 监控系统宜采用控制中心级、空气净化机房级和就地级三级控制。
- 9.2 控制中心级应具备正常工况及紧急工况下的启动、关闭等操作功能。
- 9.3 空气净化系统应设置无风断电保护，并向控制中心级发出报警信号。
- 9.4 发生火灾时，空气净化系统应连锁关闭净化风阀及风机。
- 9.5 监控系统应具备远程控制、监测和信息存储功能。

## 参 考 文 献

- [1] GB3095 环境空气质量标准
  - [2] GB/T 34012 通风系统用空气净化装置
  - [3] JTG/TD70/2-02 公路隧道通风设计细则
-