

# 特长隧道施工通风技术

何金龙

四川蜀铁投物资有限公司

**摘要:** 为了确保运营隧道内的温度和含尘浓度等达到要求,以及在阻塞与火灾等工况下隧道的舒适安全,隧道通风具有非常重要的作用,而特长隧道内通风困难,使得隧道通风问题成为特长公路隧道建设所面临的主要问题之一。目前国内特长公路隧道通风设计仍存在不足。基于此,文章在概述国内特长公路隧道通风设计的基础上,依据国内特长隧道通风设计规范,探究我国特长隧道通风设计存在的问题,并提出相应的解决措施。

**关键词:** 隧道通风; 在线监测; 技术研究; 解决措施

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-6288.2022.04.071

## 引言

近年来,随着我国公路交通事业的不断发展和公路建设标准的提高,公路隧道数量急剧增加,特别是山区公路的建设,出现大量特长甚至超长隧道。特长隧道内空气稀释困难,使得隧道通风设计成了特长隧道总体设计的重要组成部分,与路线、结构和地质等专业一起成了确定隧道方案的主要因素。隧道通风设计的优劣势事关隧道工程造价和运营效益,尤其是复杂的特长隧道,不仅工程造价极高,而且运营费用超高。隧道通风系统所需的风道、通风井、通风塔、机房及通风设备,不但本身造价极高,而且通风设备功率大,造成通风运营费用高。在国家大力倡导建设资源节约型社会和提出“双碳”目标的时代背景下,做好特长公路隧道通风设计,降低项目初始投资,减少运营费用意义重大。据此,该文对国内特长隧道通风设计进行概述,并探究我国特长隧道通风设计存在的问题,提出相应的解决措施。

## 一、特长公路隧道通风设计概述

### (一) 特长隧道通风目的

特长公路隧道在运营过程中,车辆会排放大量的废气,其中有害物质很多,包括CO、NO<sub>2</sub>、Pb、CO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、HCHO和烟尘等。车辆在运营过程中同时会散发大量的热量。而特长隧道由于长度长,与室外隔绝,无法形成有效的自然通风,隧道内循环差,无法稀释有害气体,无法排除热量,导致隧道内存在的有害气体降低了隧道舒适性,甚至给人们的生命安全造成严重威胁,无法满足人民对美好出行的向往。为此,通过设置隧道通风系统,对隧道内有害气体进行稀释,排除余热,确保在正常交通、交通阻滞和运营维护等各种工况下隧道内洁净度和温度都能达到卫生标准,为司乘人员、工作人员提供一个较为舒适的环境。同时,在特长隧道发生火灾时,还应及时地排出烟气,创造一个安全的疏散环境,挽救人员生命。隧道通风系统一般还兼用作火灾时的防排烟系统,具有火灾排烟的功能。

## (二) 通风设计与通风方法

### 1. 通风设计标准

根据我国现行《公路隧道通风设计细则》,通风设计标准主要分为三个层面。一是安全标准,以稀释机动车排放的烟尘为主,必要时可考虑隧道内机动车带来的粉尘污染。二是卫生标准,以稀释机动车排放的一氧化碳(CO)为主,必要时可考虑稀释二氧化氮(NO<sub>2</sub>)。三是舒适性标准,以稀释机动车带来的异味为主,必要时可考虑稀释富余热量。该规范对烟尘设计浓度、一氧化碳(CO)和二氧化氮(NO<sub>2</sub>)设计浓度及换气要求等作出了详细规定。实际设计过程中一般均根据预测交通量按上述标准计算需风量。

### 2. 通风方案的确定

隧道通风一般应结合路线平面、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进行总体规划。根据隧道所在路段的公路等级、路线平纵、隧道地形、隧道地质、隧道断面和交通量,以及所在区域的气象环境与环境条件,进行隧道需风量的计算及通风方案的选择。当因路线方案使各通风方案均不满足运营安全、经济和环保要求时,则重新论证路线方案、隧道长度和路线平纵等。根据确定的通风方案详细计算需风量,确定设计风量,并详细计算系统阻力。根据通风系统设计风量、阻力等因素,计算通风设备的风压、风量、功率等,并进行相关设备的配置。同时与隧道专业确定风道、通风井、通风塔、机房等的设置。

### 3. 通风方式的选择

隧道通风一般包括纵向通风方式、半横向通风方式、全横向通风方式和组合通风方式。纵向通风方式包括全射流、集中送入式、通风井送排式、通风井排入式、吸尘式等。半横向通风包括送风式、排风式、平导压入式等。全横向通风包括顶送顶排式、底送顶排式、顶送底排式、侧送侧排式等。组合通风包括纵向组合式、纵向+半横向组合式、纵向+集中排烟组合式等。每

个隧道根据隧道长度、平纵指标、交通量、气象条件、地质条件、地貌、建设周期、经济性等进行选择。

### 二、特长隧道通风设计存在的问题

#### (一) 隧道通风设计人员介入时机

隧道所在路段的道路等级、路线平面、纵断面、隧道断面形式、工程分期建设情况、隧道地形、隧道地质等是隧道通风设计的关键影响因素，而实际过程中这些关键点均由土建人员确定。土建设计人员在设计过程中未考虑通风因素，当隧道通风设计人员介入时是在成型隧道的基础上进行设计，导致了整个隧道设计得不合理。

#### (二) 交通量

交通量作为隧道通风的关键参数，会影响到整个系统的设计风量，但设计过程中均采用预测交通量。预测交通量都为远期交通量，一方面，通风系统均按远期最不利设置，这就存在着在近期交通量低的情况下通风系统不能很好匹配的问题，造成一定的浪费。另一方面，随着经济的快速发展，远期交通量往往超过预测交通量，导致通风系统无法满足使用要求。再一方面，作为控制公路规模等级的重要因素，交通量的确定是一个非常复杂的过程，但在实际工作过程中，由于受到各种主观因素的影响，导致交通量的预测不准确，导致了通风系统的设置不合理。

#### (三) 需风量与车型的关系

现行公路隧道通风设计的小时交通量采用的是混合车型设计高峰小时交通量，但该混合车型设计高峰小时交通量主要根据燃料分为汽油车、柴油车，根据发动机类型分为重型车、大型车和小型车。但随着我国新能源车的迅猛发展，加之道路沿线配套的充换电站的持续建设，越来越多的新能源车加入道路运行。新能源车无尾气排放，而混合车型设计高峰小时交通量未充分考虑新能源车的比例，导致以其为标准计算的排风量及需风量数据有误，导致了隧道通风系统的错配。

#### (四) 设计标准的不合理

目前，隧道通风设计标准主要以稀释汽车所排放的烟尘、一氧化碳(CO)和二氧化氮(NO<sub>2</sub>)为主，而对汽车排出的热量未进行考虑。随着人民生活水平的不断提高，汽车空调的使用越来越普遍，导致实际运行中隧道内的余热越来越大，让隧道环境急剧恶化。因此，设计过程中应充分考虑隧道余热的排除。

#### (五) 交通量与行车速度关系

按照规定，隧道通风设计的小时交通量采用的是混合车型设计高峰小时交通量，车速则为洞内线形行车速度。但在实际中，很多隧道通风设计，都是直接按给出

的交通量、行车速度取值的，这种做法是不恰当的。按照交通工程学的相关知识，车流密度、交通量和实际行车速度是一一对应的关系。车流密度和交通量小时，所对应的车速比较；当车流密度和交通量逐渐增大时，车速随之减小，直到达到合理车速，交通量最大；随着车流密度的不断增加，交通量反而降低，导致车速也降低，甚至形成堵车。而规范中的交通量是指混合车高峰小时交通量，为此，计算通风量时，也应该按照交通量科学地计算实际车速。

#### (六) 确定车辆汽油柴油比

计算隧道通风时，交通组成直接影响空气需求，尤其是车辆汽油柴油比是重要指数。目前，流量的组成是在工程可行性研究报告中，但在工作中常常缺少发动机燃料和柴油比。在特定的计算中，普遍的做法是指目前市场上各种模型的近似发动机与柴油比。这样的话，不考虑交通流量组成的特征和特定路线的长期发展趋势，结果肯定与实际情况有所不同。因此，建议进行工程可行性研究前，我们应该研究，分析和预测各种模型的发动机与柴油机比。

#### (七) 烟雾纵坡——车速系数

按照规范，车速为80km/h、纵坡1%以上及其车速在50~80km/h、纵坡2%以上这个区间，对应的烟雾纵坡——车速系数缺失，但在实际情况中，此工况是非常常见的。遇到此种工况，一般采用外插法来推算车速系数，有人采用线性推导，有人采用多项式推算，有人按照抛物线推导，其计算的结果也相差甚远，依据上述车速系数再来推算需风量，势必会影响最终的需风量。

#### (八) 未充分考虑分期实施

隧道通风是根据预测远期最不利的工况进行设计的，但实际运行过程中，近期、中期和远期情况不同，前期交通量达不到预测情况，但隧道通风系统往往一次性安装到位，造成了前期设备的闲置，增加了初投资。同时，设备长期闲置容易出现故障，缺少检查，容易导致到使用时无法使用。因此，应根据近、中、远期统一规划分期实施，既减少了初投资，又保证了运行的可靠性。

### 三、特长公路隧道通风设计优化措施

#### (一) 前期介入

如前所述，隧道所在路段的道路等级、路线平面、纵断面、隧道断面形式、工程分期建设情况、隧道地形、隧道地质以及所在区域的气象环境和环境条件，对隧道通风的设计是决定性因素。隧道通风设计人员应在项目前期参与总体设计，与相关专业人员对整个隧道的方案进行讨论，而不是待前期路线和隧道专业将隧道定

型后进行被动设计,导致整个隧道工程的设计不合理。

## (二) 设计标准的确定

应充分考虑余热的排除,隧道温度上升,一方面,由于温度过高降低了隧道的舒适性,另一方面,由于隧道温度的升高导致烟尘、尾气等加速流动,使烟尘中一氧化碳(CO)和二氧化氮(NO<sub>2</sub>)的浓度升高,导致隧道通风量不满足原设计要求。再一方面,由于隧道温度的升高导致了隧道周围土壤温度的升高,改变了环境。因此,设计过程中应充分考虑隧道排热。

## (三) 降温系统的运用

如前所述,应充分考虑隧道的排热。一是采用通风的方式降温,二是制冷降温,三是采用水喷雾系统进行降温。采用制冷降温比较常见,但由于特长隧道工程量大,制冷降温投资巨大。同时,隧道通风量大,隧道内洁净度差,选择合理的末端设备也是一个难题。因此,采用水喷雾降温是比较可行的。水喷雾系统既可以降温,同时可以降尘和吸收尾气,减小通风系统的风量,减小风道、风井、机房等的配置,减小通风设备的配置,既节约初投资又节省运营费用。由于隧道内干球温度高、相对湿度低,具备良好的水喷雾降温条件。水的汽化潜热大,约2.40kJ/g,在隧道内进行水喷雾,在其完全蒸发后将带走大量的热,降温效果将非常明显。同时,采用水喷雾而不是洒水的方式,对车辆的通行无干扰。

## (四) 增强通风系统的柔性

传统的隧道通风系统设备均采用射流风机、轴流风机等大型设备,其风量、压头、功率、噪声均较大,无法根据实际情况无级调节系统通风量,且其风速较大对舒适性及行车均有一定影响。且其安装占用的空间也很大,增大了隧道、风道等的尺寸。可考虑采用小型诱导风机多点布置的方式来进行通风,可根据检测的交通量、隧道内温度、烟尘浓度、一氧化碳(CO)和二氧化氮(NO<sub>2</sub>)浓度灵活调整诱导风机的运行,尽可能地根据实际需风量来调整设备投入,最大限度地节约运行费用,实现节能环保目的。

## (五) 静电除尘器的应用

传统隧道除尘主要靠通风系统进行通风来稀释,但隧道断面尺寸大,隧道长度长,导致除尘需风量特别大。在通风方案设计过程中,可以综合考虑静电除尘器的应用,以此减小机械通风系统风量,减小风道、竖井、通风设备等,降低初投资及运行费用。

## (六) 隧道尺寸的节约

传统的隧道断面形状、尺寸全隧道一致,射流风机一般直接吊装于隧道上部或侧面。在考虑隧道尺寸的时

候要考虑射流风机所占用的空间,导致整个隧道尺寸扩大。实际设计过程中可与隧道相关专业进行密切配合,将隧道形状设置成渐变型,在需要安装射流风机的位置局部扩大,在常规隧道区域与射流风机安装区域之间流线过渡,保证气流的顺畅,这样既减小了隧道尺寸,又满足了通风需求,大大降低工程投资。

## (七) 检测控制系统的完善

如前所述,隧道运行情况根据近远期、季节、时段、节假日的不同,工况有正常工况、阻滞工况、运营检修等多种工况,气象参数随季节和时段不停变换。这就导致了运行状况千差万别,如果通风系统没有完善的检测、控制系统,系统就无法根据实际情况进行调整运营。而且由于公路隧道的特点,运营管理人员无法随时到现场进行调节,这也要求有完善的检测控制系统,根据实际情况调整运行。

## (八) 新技术的运用

随着科学技术的突飞猛进,各种新设备新工艺层出不穷,隧道通风设计人员应紧跟时代步伐,积极采用新技术进行隧道内环境控制,尽可能在满足隧道使用功能及舒适性的前提下节约初投资及运行费用。

## 结语

随着我国交通运输业的不断发展,公路建设不断向山区道路延伸,桥隧比重加大,特长甚至超长公路隧道越来越多,如何以最小的代价使隧道内环境舒适和安全,是隧道通风设计人员不懈追求的目标。为此,需要不断进行隧道内环境控制研究,提升隧道通风技术,不断创新,注重相关人员的培养,对于新技术和新方法,要勇于挑战。与此同时,要以安全为首,确保隧道建设的安全、经济和舒适。

## 参考文献

- [1] 贾佳欣,曾柯华.某超特长公路隧道通风方案优选设计探讨[J].工程建设与设计,2021(6):58-60.
- [2] 张华,陈浩.特长公路隧道施工过程通风设计、实施与检测[J].筑路机械与施工机械化,2019(12):96-101.
- [3] 王永东,化思豪,何志伟,等.特长公路隧道横通道结合单风井混合式通风设计体系[J].交通运输工程学报,2020(6):161-170.
- [4] 张华,陈浩.特长公路隧道施工过程通风设计、实施与检测[J].筑路机械与施工机械化,2019(12):96-101.
- [5] 姜同虎,沈洪波,汪光裕.新场特长公路隧道双洞互补式通风方案设计[J].隧道建设(中英文),2019(S1):334-339.