

公路隧道的通风设计与节能

朱旭^{*1} 杨广雨²

1. 河南省交通规划设计研究院股份有限公司 河南 郑州 465250

2. 河南交投固淮高速公路有限公司 河南 郑州 465250

摘要: 通风方案对隧道工程的运营环境具有显著影响, 确保隧道内的空气质量是公路隧道通风设计中的重点内容。为维护汽车行驶的安全性和舒适性, 就需以通风来确保隧道内污染物及有害气体浓度处于合理范围。该过程中的通风消耗巨大, 所以应在节能的基础上注重空气质量, 在不同条件下维持隧道的通风效果。

关键词: 通风设计; 气流组织优化; 风机优化配置

DOI: <https://doi.org/10.37155/2717-5316-0209-13>

引言

公路隧道作为基础交通设施的重要组成部分, 可用于克服地形和高程障碍、改善线型、提高车速、缩短里程、保护生态环境, 还可用于防止落石、塌方、雪崩等危害。但隧道作为一种狭长的结构, 空间相对密闭, 通行车辆产生的汽车尾气(主要成分为CO和烟颗粒)容易积聚, 导致空气质量变差, 影响行车安全。机械通风会使隧道运营成本增加, 因此, 在满足隧道运营安全条件的基础上可对通风设计进行优化, 以降低运营成本和减少资源消耗。

1 设计遵循原则

公路隧道通风设计方案的最终确定, 除要对指导思想、设计方法及参数选择予以综合考虑外, 还要遵循一定的原则要求, 如此才能保证设计的合理性与可行性。

1.1 标准性

公路隧道通风设计和节能中, 应按照现有规范要求对设计方案的规划和处理, 科学规划通风系统结构, 合理选择通风设备, 并对隧道内车辆行驶情况展开调查分析, 确保通风性能的合理性, 减少危险的发生。为此, 在设计中必须坚持标准性原则, 对通风设计、隧道内部结构、系统运行要求等展开综合考虑和分析, 尤其要做好变频控制和动力调控的监管工作^[1]。

1.2 安全性

安全性原则要求在设计过程中, 设计人员能够从安全角度出发, 对设备、系统结构进行分析和检查, 合理选择通风形式, 做好设备运行中的科学管控, 从而降低安全事故的发生率。目前公路隧道通风设计采用的方式以集中送风、竖井排除、静电除尘这三种为主, 且不同方式应用条件不同, 需结合现场实况科学选择, 必要时可采取融合通风方式, 以维护隧道的内部安全。

1.3 经济性

为遵守经济性原则, 就需要在设计过程中充分考虑到能源、资源、资金的科学配置和应用, 合理规划内部系统结构, 注重方案设计的合理性, 减少隧道通风系统运行中能源的过度消耗。同时经济性也是实行成本把控的关键, 要在保证设计水平的基础上做到全过程管控, 这对于企业的最终效益的提升具有积极作用。

2 隧道通风设计过程

本文的高速公路隧道通风系统设计参照《隧道通风设计细则》的相关规定及计算过程。

2.1 初步判定

根据隧道《公路隧道通风设计细则》的规定: 单向交通隧道, 当符合式 $L \cdot N \geq 2 \times 10^6$ 时, 可设置机械通风; 双向交通隧道, 当符合式 $L \cdot N \geq 6 \times 10^5$ 时, 可设置机械通风。制定隧道火灾防烟和排烟的设计原则: 不同隧道长度

***通讯作者:** 朱旭, 1995年, 汉族, 男, 河南省正阳县, 河南省交通规划设计研究院股份有限公司, 助理工程师, 本科, 研究方向: 隧道及地下工程。

(如: $L \leq 1000\text{m}$ 、 $1000\text{m} < L \leq 5000\text{m}$ 、 $L > 5000\text{m}$) 的高速公路隧道分别采用火灾防烟和排烟方式。

2.2 通风方式的确定

公路隧道通风可按照风动力分为自然通风和机械通风两种形式,前者是借助气压和温度变化加快风流动速度,实现隧道通风效果。不过在设计过程中,经常会因为隧道所在区域的环境变化、结构特征及施工方法的影响,而导致通风质量出现变化。后者是利用专业设备完成隧道通风的一种方式,一般分为纵向、半横向、横向通风这三种形式^[2]。

3 积极采用互补式通风

3.1 研究过程

互补式通风是根据“双洞互补”原理,充分利用单向坡长大隧道上下行洞需风量存在较大差异的情况,取消或减少长大公路隧道通风竖(斜)井土建规模和通风机电工程投资,降低运营能耗打造绿色低碳交通的一种通风方式。这种通风方式是从2009年开始研究的,当时湖北省交通运输厅联合中交第二公路勘察设计研究院有限公司、长安大学等单位,依托麻武高速公路大别山隧道开展特长公路隧道双洞互补式网络通风研究,经过四年理论分析数值仿真、模型实验、现场试验和多项工程验证,在互补式通风理念、设计理论和设计方法等方面取得重大突破,开创并完善了双洞互补式通风技术。2012年,我国知名隧道专家、中国工程院王梦恕院士为首的专家组,对该研究进行鉴定、验收,认为项目总体达到国际先进水平,其中公路隧道互补式网络通风方式及理论达到国际领先水平,应加强成果的推广应用。

3.2 基本原理

隧道双洞互补式通风基本原理:在保证两条隧道需风量都不大于其最大允许需风量的前提下,以纵向通风方式辅以一个双向换气系统将两条隧道通风联系起来,构成一个既有内部相互通风换气又有内外部换气的通风系统,用下坡隧道内污染物远未达标的富裕新风量去弥补上坡隧道内的新风量不足问题,使得两条隧道内空气质量均能满足通风要求。具体做法:在隧道适当位置开通两条联系左右洞的通风横通道,将左右两洞联系起来,构成双洞互补式通风系统。由于下坡隧道稀释污染物需风量小于其最大需风量(换气),可在下坡隧道内安装一定多余风机产生富裕新风量,下坡隧道内部分低污染浓度气流从2号通风横洞进人上坡隧道,与上坡隧道高污染浓度气流混合后降低上坡隧道内污染物浓度,在不增大左右洞隧道总需风量的前提下,保证上坡隧道内污染物浓度不超过限制值。1号通风横洞与2号通风横洞功能类似,但气流方向相反,即上坡隧道内部分高污染浓度气流从1号通风横洞进人下坡隧道,与下坡隧道低污染浓度气流混合后提高了下坡隧道内污染物浓度但不超过限值^[3]。

3.3 排烟风道用射流式替代轴流风机通风

射流风机和轴流风机在公路隧道营运通风中都得到了十分广泛应用,公路隧道内射流风机通风原理是通过风机出口高速气流束对周围低速空气吸卷作用,将高速气流束动能传递给隧道内空气,带动隧道内空气向前移动。射流风机通风具有设备成本低、能源消耗低、效率高、安装维护方便、气流控制简单不占用交通面积和无需额外修建风道等优点,使其成为我国公路隧道采用的一种主要通风方式,也是一种比较经济的隧道通风方式。轴流风机通风般是在隧道设置通风井时采用,利用地:下(面)风机房内的轴流风机强大推力实现对隧道送人新风或排除污风,达到净化隧道内空气目的。相对于隧道射流风机通风,轴流风机体积和质量较大,安装维护困难,且需要单独设置(地面或地下)轴流风机房来满足其安装、运营和维修,设置轴流风机房后还要考虑风机房内必不可少的“风、水、电”等附属工程。因此隧道采用轴流风机通风,通风系统土建工程和相应配套工程投资、营运维护成本将会大增,与目前公路工程建设倡导的“节能环保、低碳经济”理念有一定差距^[4]。

3.4 合理选择及布置风机

射流风机无需投入较高的成本,具有良好的指向性和灵活性,能够适应隧道当中车流量变化,也可结合实际调整开启的数量。不过射流风机引导的通风系统由于运行效率不高,对隧道通风带来了一些不良影响。射流风机在应用中会因为性能曲线等的变化,使其出现升压现象。为解决这一问题,除了要合理选择风机规格和种类外,还需对射流风机与顶板的安装间距加以科学控制,改变射流运行轨迹,控制升压现象。

射流风机安装中,为使射流涉及到所有的断面,顺利地 将推力传送至隧道空间,射流风机安装中,需要对间距实行科学把控,以免风机间相互影响,致使射流扩散速度减弱。

随着发动机技术进步和新能源车越来越广泛使用,车辆排污越来越少,正常营运条件下公路隧道所需风量越来

越小,采用全射流纵向式通风的隧道长度越来越长,目前部分隧道已达8 km,不远将来可能达到10 km以上,但规范要求公路隧道内发生火灾后的排烟长度不宜大于5km,因此每隔一定距离需设置通向地面的风道用于排烟。

受隧道射流风机通风应用启示,在排烟风道内设多台射流风机组成一组,安装在同一断面上(增大风机出口面积和风道面积比值),代替轴流风机,通过射流风机群提供的强大升压力来实现隧道排烟功能,简化风机安装,降低运营维护成本,省去投资较大的风机房建设,带来的经济效益十分明显^[5]。

4 结束语

综上所述,隧道通风系统为隧道运营安全和行车舒适提供有效保障。所以要梳理隧道通风节能计算的相关思路,采用科学的隧道通风控制策略,提高隧道行车环境的安全性和舒适性,降低隧道通风系统的运营成本,从而起到节能减排的效果。

参考文献:

- [1]周莹,付润运.公路隧道通风设计问题[J].交通世界,2018,25(9):109-110.
- [2]张涛.公路隧道通风设计优化[J].内蒙古煤炭经济,2020,38(11):142-143.
- [3]王鑫森,张淑梅.高速公路隧道通风系统节能设计分析[J].交通世界,2019,26(11):79-80.
- [4]王坚,刘晓娜,孟引鹏.基于大数据的隧道通风智能控制系统[J].科技风,2018,31(25):113-114.
- [5]高军.考虑自然风与交通风影响下的公路隧道通风需求分析[J].科技经济导刊,2018,26(21):122-123.