

中梁山公路隧道通风效果测试分析

刘 宏¹, 王晓雯², 陈建忠³

(1. 重庆交通大学 土木建筑学院, 重庆 400074 2 重庆交通大学 交通运输学院, 重庆 400074

3 招商局重庆交通科研设计院有限公司, 重庆 400067)

摘要: 中梁山隧道是在 20 世纪 80 年代中后期开始设计修建的我国第 1 条特长公路隧道, 已开通营运 15 a。研究了该隧道原有通风系统运行状况。对洞内 CO 浓度、烟雾能见度和风速等现场测试数据的分析表明, 右线隧道现有通风模式能满足现在交通的需求; 左线隧道在现有通风模式下, 烟雾能见度大大超出规范规定, 营运环境极差, 已不能满足现在交通的需求, 需进行改造。并提出了改善营运条件的技术建议。

关键词: 公路隧道; 营运环境; 烟雾能见度; 隧道通风

中图分类号: U 457⁺. 4

文献标志码: A

文章编号: 1674-0696(2010)04-0529-04

Test and Analysis of Ventilation of Zhongliangshan Road Tunnel

LIU Hong¹, WANG Xiaowen², CHEN Jianzhong³

(1. School of Civil Engineering & Architecture, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China

2. School of Traffic Engineering, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China

3. China Merchants Chongqing Communications Research & Design Institute Co., Ltd., Chongqing 400067, China)

Abstract Zhongliangshan Tunnel designed in the 1980s and the first extraordinarily long road tunnel in China has been running for more than fifteen years. At present, the amount of traffic which passed the tunnel was two times of the designed one. Therefore whether the ventilation system became outdated with the aging of the tunnel needs investigating. Based on test of the amount of carbon monoxide, smoke visibility and wind velocity, and analysis of the data, it was concluded that the right tunnel ventilation mode could meet the current demand for transport, while the left tunnel needed improving due to its unqualified smoke visibility and poor operation environment. Technical suggestions for better operation of tunnels were made.

Key words road tunnel; operation environment; smoke visibility; ventilation of tunnel

随着我国高速公路的快速发展, 特长隧道的增多, 隧道通风等方面的设计及管理越来越突显其规范化, 隧道营运管理与营运安全日益成为关注的重点。位于成渝高速公路上的中梁山隧道是国内第一座长度超过 3 000 m 的特长公路隧道, 该隧道的通风系统为右线采取射流风机纵向通风方式, 左线采取竖井吸出式加射流风机组合纵向通风方式^[1-4]。该隧道已开通营运 15 a。由于当时我国公路隧道尚属于起步阶段技术不够成熟, 而目前隧道的实际交通量已大大超过原设计水平, 原有通风设备老化、磨损、风机效率低, 甚至部分风机设备已经不能启动, 造成了中梁山隧道空气质量差、环境污染严重, 影响了隧道的营运效率和安全。为此, 有必要对隧道内营运环境和通风系统做全面的测试分析。

1 隧道营运状况

中梁山隧道左线全长 3 165 m, 坡度为 + 3%, 右线全长 3 103 m, 坡度为 - 1. 18%, 左、右线隧道的成都端洞口段均有 860 m 在半径 2 000 m 的曲线上, 左线隧道的重庆端有 152 m 在半径为 1 500 m 的曲线上, 其余为直线段; 进出口海拔高程为 328 ~ 368 m^[5]。

1.1 原隧道设计指标^[5-6]

公路等级为一级公路; 隧道内的行车速度为 60 km/h; 行车方式为单向双洞; 隧道断面积 $A_r = 51.7 \text{ m}^2$; 隧道断面尺寸: 宽为 9.5 m, 高为 6.55 m, 行车道宽为 7.5 m; 左线隧道分段长 $L_1 = 2 217 \text{ m}$, $L_2 = 948 \text{ m}$, 竖井深 227.07 m, 竖井直径 6.5 m。主要设计指标见表 1。

表 1 原隧道主要设计指标

Tab 1 Main design specifications of the original tunnel		
指标	正常	阻滞
$\delta_{CO} / 10^{-6}$	150	250
K / m^{-1}	0.007 5	0.009 0
洞内最大允许风速 $V / (m \cdot s^{-1})$	≤ 8	

1.2 现规范设计指标^[7]

1)以 1995 年为起点,CO 基准排放量为 0.01 m³/(veh·km),烟雾基准排放量为 2.5 m²/(veh·km),按每年 2%的递减率计算获得的排放量,作为设计年限的基准排放量。

2)交通管制工况烟雾浓度 $K \leq 0.012 m^{-1}$;隧道内进行养护维修工况烟雾浓度 $K \leq 0.003 5 m^{-1}$ 。

3)阻滞工况定义为在 1 km 长的距离骑车行驶速度为 20 km/h,其它路段的速度为 40 km/h,当汽车的行驶速度低于 20 km/h 时要实行交通管制。

4)单向交通的隧道设计风速不宜大于 10 m/s,特殊情况可取 12 m/s。

1.3 隧道营运状况

中梁山隧道在 2005 年的年平均日交通量达 16 700 veh/d,已经超过设计日交通量 (10 011 veh/d),高峰小时交通量已达到 1 500 veh/h^[4]。2010 年 1 月 1 日开始,重庆主城区扩大,“内环外移”,中梁山隧道由高速公路隧道转变为城市快速通道隧道,根据隧道管理站控制室的监控记录,一周内的日平均交通量,左洞为 22 458 veh/d,右洞为 22 414 veh/d,高峰小时交通量,左洞为 1 877 veh/h,右洞为 1 909 veh/h,比原设计年平均日交通量 (10 011 veh/d)翻了一番多。更为严重的是,据管理站统计,目前中梁山隧道平均每天堵车 6~8 次,隧道内空气质量差,污染极为严重,严重影响正常的交通行驶。笔者 2010 年 2 月现场观测交通流组成,统计的高峰小时车型比例见表 2。

表 2 中梁山隧道高峰小时车型比例统计

Tab 2 Vehicle proportion statistics of the peak hours in the Zhongliangshan Tunnel				
车型	右线隧道		左线隧道	
	高峰交通量 / (veh·h ⁻¹)	比例 / %	高峰交通量 / (veh·h ⁻¹)	比例 / %
客 大型客车	161	7	150	6
车 小型客车	1 562	68	1 600	69
货 大型货车	257	11	240	10
车 中型货车	273	12	290	12
小型货车	48	2	60	3
总 计	2 301	100	2 340	100

表 2 表明目前中梁山隧道交通车型中,客车占了 79%,是一条以客运为主的快速通道隧道,大型货车虽只占 11%,但数量很大,所产生的烟雾量巨大。

2 隧道通风系统测试

2.1 现场测试概况

笔者现场测试内容包括:左右洞口、洞内全长不同位置处的风速 V、CO 浓度 δ_{CO} 、烟雾能见度。

为了不影响正常的交通秩序,根据隧道内现状和管理站 10 多年营运管理的经验及《公路隧道养护技术规范》^[8]相关规定,通风测试方案如下:隧道通风系统测试的测点横断面布置见图 1,测点设在行车方向右侧边缘,高 2 m 处。测点平面布置见图 2,其中右洞 1 个测点设在紧急停车带 6,编号为 ①;左洞 3 个测点分别设在紧急停车带 4、5、6,编号分别为 ②、③、④。图 1 和图 2 中实心圆圈为测点位置。

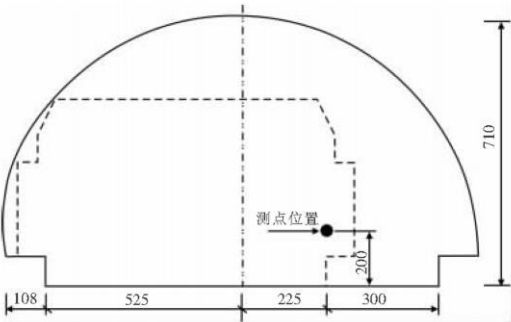


图 1 隧道通风测点横断面示意

Fig 1 Cross section of ventilation test points in tunnel

中梁山隧道通风系统测试工况见表 3、表 4。其中左洞进口端有 1 组风机不能启动,出口端有 3 组风机不能启动。

表 3 中梁山隧道右洞通风系统测试工况

Tab 3 Ventilation system test mode of the Zhongliangshan Right Tunnel			
风机开启状况	正常交通	交通阻滞	备注
不开启射流风机	工况 R1	—	测试测点: ① 风机数量单位:组
开启部分射流风机	工况 R2(6+6) 工况 R3(12+12)	—	
开启全部射流风机	—	工况 R4(20+24)	

表 4 中梁山隧道左洞通风测试工况

Tab 4 Ventilation system test mode of the Zhongliangshan Left Tunnel			
风机开启状况	正常交通	交通阻滞	备注
开启全部射流风机	工况 L1(16+18)	工况 L2(16+18)	测试测点 ②、④
开启 1 台	工况 L3(0+18)	—	
开启 2 台	工况 L4(16+18)	—	
部分开启 2 台	工况 L5(16+18)	工况 L7(16+18)	测试测点 ②、③、④
射流风机	工况 L6(0+18)	—	
开启 3 台	工况 L8(0+0)	—	

在表 3、表 4 中:

1)括号内数字为射流风机开启数量,其中加号前的数字表示行车进口端开启射流风机的数量,加号后的数字表示行车出口端开启射流风机的数量。

2)交通阻滞指隧道内各车道均以怠速行驶,平均车速不大于 30 km/h,阻滞段位于隧道出口端且长度不超过 1 000 m。

3)单台射流风机功率为 13 kW,直径 900 mm,射流风机设置间距 75 m;竖井单台轴流风机功率为 355 kW。

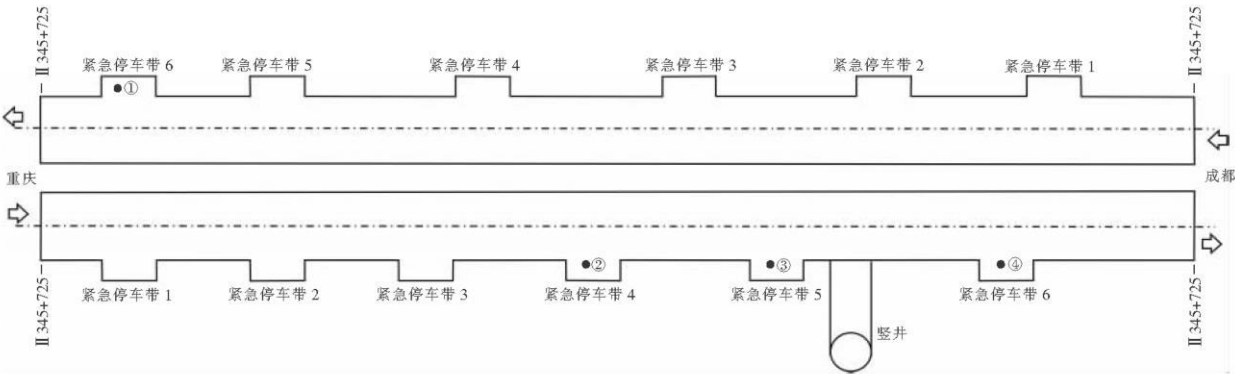


图 2 中梁山隧道通风测点平面示意

Fig 2 Plan of ventilation test points in the Zhongliangshan Tunnel

2.2 测试结果处理及分析

现场测试每个工况在不同时段(每隔 5 min)进行 3 次读数,各测点的 CO 浓度 δ_{CO} 结果见图 3。根据重庆交通科研设计院隧道所多年隧道通风测试的经验参数,把烟雾能见度换算成烟雾浓度 K ,各测点 K 结果见图 4。各测点的风速 V 结果见图 5。

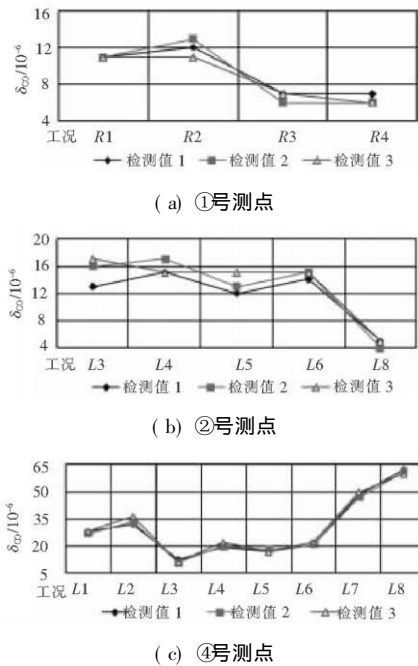
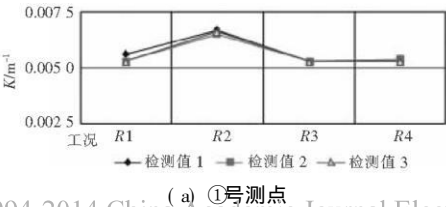
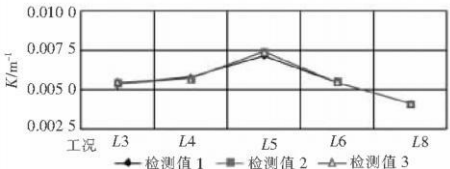


图 3 中梁山隧道 CO 浓度测试结果

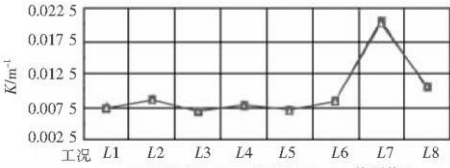
Fig 3 Test of amount of carbon monoxide in the Zhongliangshan Tunnel



(a) ①号测点



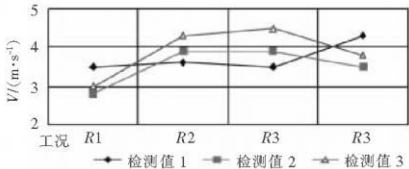
(b) ②号测点



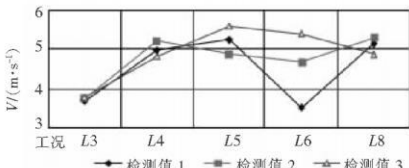
(c) ④号测点

图 4 中梁山隧道烟雾浓度 K 结果

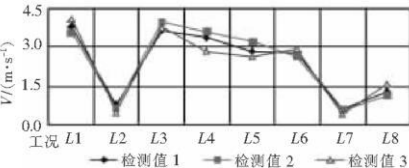
Fig 4 Test of smoke density in the Zhongliangshan Tunnel



(a) ①号测点



(b) ②号测点



(c) ④号测点

图 5 中梁山隧道风速 V 测试结果

Fig 5 Test of wind velocity V in the Zhongliangshan Tunnel

从测试结果可以看出,右洞①号测点的 CO 浓度 δ_{CO} 、烟雾浓度 K 、洞内风速 V 在 4 种工况下的测试值,均没有超出现行规范设计规定,表明右洞纵向全射流通风可以满足当前交通的需求;左洞②号测点 CO 浓度值最高 17,烟雾浓度 K 最大值 0.007 4,最大风速 5.4 m/s,虽均没有超出现行规范设计规定,但在工况 L5 时是基本满足需求,达到饱和状态。左洞④号测点 CO 浓度值最高 62,烟雾浓度 K 最大值 0.020 6(是《规范》^[7]设计值 2.74 倍),最大风速 4.11 m/s,CO 浓度和风速虽没有超出现行规范设计规定,烟雾浓度 K 值除工况 L3、L5 基本满足目前交通的需求,达到饱和状态,但是在其他工况下,都大大超出规范设计规定,空气质量极差,能见度极低,行车环境极差,严重影响正常的车辆通行,表明左洞的通风模式已不能满足当前的交通需求,需进行改造。

3 结 论

1)从测试结果得知,左、右洞在各工况下 CO 浓度都没有超过现行规范规定,是因为随着汽车工业水平的提高,汽车 CO 排放量逐年递减,现在 CO 指标已经不是公路隧道通风的主要设计控制指标。

2)右洞全射流纵向通风还能满足目前的交通需求,建议正常营运可按工况 R2、R3 开启风机营运。左洞通风模式已不能满足当前的交通需求,如不改变现有通风系统设备的条件下,建议正常营运可按工况 L5 开启风机营运。

3)现行规范射流风机纵向最小间距参考值为 120 m,中梁山隧道射流风机间距为 75 m,没有能够

发挥出射流风机的最大效率。改造建议 1:左洞可以改为全射流纵向通风,取消单竖井吸出式通风,射流风机由原来 68 台 13 kW、900 mm 型,换为 34 台 22 kW、900 mm 型的射流风机,间距按现行规范取值设置,充分发挥出射流风机的效率;建议 2:左洞原有射流风机设置不变,竖井一分为二,改为现在效率最好的送排式通风模式。

4)通风系统技术方面改造的同时,管理必须跟上,一是加强对驾驶员相关规定的教育宣传工作;二是加强隧道机电设施的维护、保养工作。只有技术和管理紧密结合起来,才能提高隧道的营运效率,降低营运成本,实现低碳节能的目标。

参考文献:

- [1] 杨秀军,王晓雯,陈建忠.公路隧道通风中射流风机纵向最小间距研究[J].重庆交通大学学报:自然科学版,2008,27(1): 40-43.
- [2] 胡百万,魏清华,刘丽.羊角特长隧道营运通风系数研究[J].重庆交通大学学报:自然科学版,2008,27(3): 392-395.
- [3] 张惠玲,王晓雯,杨秀军,等.中梁山公路隧道污染治理改造方案研究[J].地下空间与工程学报,2009,5(2): 325-328.
- [4] 刘成伟,郭佳奇.终南山公路隧道通风效果现场测试与分析[J].隧道建设,2009,29(1): 28-32.
- [5] 莫文卿.成渝高速公路中梁山隧道和缙云山隧道的设计[J].世界隧道,1999(5): 13-18.
- [6] 王晓雯,陈建忠,邹景用,等.中梁山公路隧道营运环境的调查与分析[J].地下空间与工程学报,2006,2(3): 438-443.
- [7] JTJ 026.1-1999 公路隧道通风照明设计规范[S].北京:人民交通出版社,2000.
- [8] JTG H 12-2003 公路隧道养护技术规范[S].北京:人民交通出版社,2003.