

文章编号: 0451-0712(2005)02-0179-04

中图分类号: U453.5

文献标识码: B

# 隧道通风用射流风机的高风速化

郭建文 编译

(铁道第二勘测设计院 成都市 610031)

摘要: 为了减少射流风机的设置数量,有效降低工程成本和维护管理费用,日本在国道150线Ⅱ期工程新日本坂隧道,就高风速型射流风机的有效性、安全性与标准型射流风机进行了对比试验。试验结果表明与标准型射流风机相比,高风速型升压力提高30%,并且对走行车辆不产生其他影响。

关键词: 隧道; 风机; 风速

### 1 工程概况

新日本坂隧道位于静冈市小坂~烧津市野秋之间(全长3 104 m,断面47.3 m<sup>2</sup>),采用纵向通风方式进行隧道通风排烟。隧道中部竖井设轴流风机,竖井两侧的隧道顶部设射流风机以调节竖井两侧的风量,工程情况见图1所示。

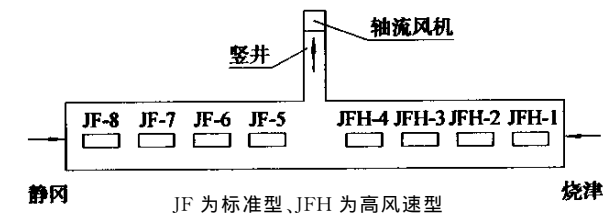


图1 工程简图

### 2 设备配置

新日本坂隧道通风机械设备配置情况见表1。

### 3 试验情况

由于在公路隧道首次采用高风速型射流风机,为检验其有效性和安全性,进行了高风速型射流风机的单机性能试验和隧道中的工况试验。

隧道中的工况试验包括:

- (1) 风速分布测定: 扩散距离,对走行车辆的影响;
- (2) 升压力、升压系数和升压距离;
- (3) 逆风起动时风速的过渡现象。

#### 3.1 工厂内单机试验

表1 新日本坂隧道通风机械设备配置

序号	设备名称	型号及规格	数量/台	单位功率/kw	附 注
1	轴流风机	φ3 550 mm,278 m <sup>3</sup> /s 以上	2	305	
2	高风速型射流风机	JFH1 000,φ1 300 mm,35 m/s	4	30	全长4 250 mm
3	标准型射流风机	JF1 000,φ1 300 mm,30 m/s	4	30	全长4 900 mm

在工厂进行了性能试验、噪音测定、起动电流测定。性能试验按标准JISB8330进行,噪音测定按标准JISB8346即距风机进口1.03 m,风机侧1.0 m进行。

### 3.2 隧道内试验

#### 3.2.1 试验项目

在隧道内进行了断面风速测定和压差测定。试

验情况与检验项目见表2和表3。

#### 3.2.2 试验条件

(1) 试验对象。

表4列出了试验风机的主要规格和工厂检验数据。本文射流风机的出口平均风速采用了工厂检验数据。

(2) 射流风机的设置。

表 2 测定情况与试验概要

测定情况	类型	隧道平均风速/(m/s)	运转状态	测定项目		概    要
				风速	压差	
Case A	高风速型	+4.0	顺风	○	○	测定顺风时的风速分布和升压力
	标准型	+4.0	顺风			
Case B	高风速型	+3.3	逆风	○	○	测定逆风时的风速分布和升压力
	标准型	-2.6	逆风			
Case C	高风速型	+3.8	逆风	○		测定逆风起动时断面的风速
	标准型	-3.7	逆风			

注:1 “+”为烧津→静冈,“-”为静冈→烧津。  
2 射流风机的吹出方向与隧道平均风速方向相同时为顺风,相反时为逆风。

表 3 研究项目与测定情况

序号	研    究    项    目	Case A	Case B	Case C
1	顺风时的升压力、升压系数及升压完了距离	○		
2	逆风时的升压力、升压系数及升压完了距离		○	
3	由于高风速化对走行安全性的评价	○	○	○
4	逆风起动时风速过渡现象			○

本隧道高风速型及标准型射流风机基本设置间隔均为140 m,与隧道壁的距离分别为110 mm(高风速型)和130 mm(标准型)。

3.2.3 测定方法

(1)断面风速测定。

将1个隧道断面分为13个测点同时测定,以确定断面风速分布的变化情况。如图2所示,用红外线风速计把探头固定在专用支架上,并在一定范围内

表 4 试验风机的主要技术规格和工厂检验数据

名    称		高风速型		标准型		
		JFH—1	JFH—2	JF—5	JF—6	
规格	直径/mm	1 030		1 030		
	出口平均风速/(m/s)	34.5 以上		30 以上		
	全长/mm	4 288		4 250		
	外形/mm	1 200		1 200		
	风量	28.5		25		
工程检查时出口 平均风速/(m/s)		正转	34.6	34.5	30.7	30.5
		反转	34.6	34.6	30.7	30.5
悬挂方式		倒置悬挂方式		螺栓拉杆方式		

移动进行测定,并同时测出温度和湿度。

(2)压差测定。

将2个皮托管用软管分别与压差计相连,一个皮托管固定,移动另一个皮托管进行压差测定。

(3)稳定时间。

风速计的位置变化后设置了3 min 的稳定时间,运转状态变化后设置了10 min 的稳定时间。

3.2.4 测定结果的整理方法

(1)隧道内平均风速的计算方法。

隧道内平均风速为射流风机射流充分扩散后断面中13个点的平均值,即

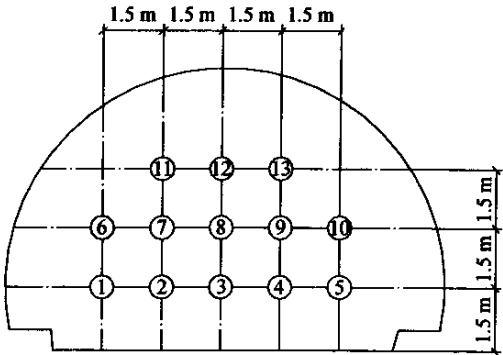


图 2 测定探头配置

式中: $V_r$  为隧道内平均风速,m/s; $V_i$  为断面内各测点的风速值,m/s; $N$  为断面内的风速测点数。

$$V_r = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N V_i$$

方数据

(1)

(2)空气密度的整理方法。  
空气密度由各种情况下测定的静压平均值计算得出:

$$\rho=\left[\frac{1.293\times P}{(1+0.003\ 67t)\times 760}\right]\times (1-0.378\times \phi\times e\times P)$$

式中: $P$  为静压,mmHg (760 mmHg=101 325 Pa); $t$  为温度,℃; $\phi$  为相对湿度; $e$  为饱和蒸气压,mmHg。

饱和蒸气压由下式计称:

$$\lg e=-7.902\ 98(T_s/T-1)+5.028\ 08\lg(T_s/T)-1.381\ 6\times 10^{-7}\times [10^{11.344(1-T/T_s)}-1]+8.132\ 8\times 10^{-3}\times [10^{-3.491\ 49(T_s/T-1)}-1]+\lg e_{ws}\tag{3}$$

式中: $e$  为饱和蒸气压,hPa ( $h=10^2$ ); $e_{ws}=1\ 013.246$  hPa ( $h=10^2$ ); $T$  为温度,K, ( $T=t+273.16$ ); $T_s=373.16$ ,K。

(3)射流风机的升压力和升压系数的计算。  
升压力 $\Delta P_j$  由式(4)算出,升压系数 $K_j$  为实际升压力与理论升压力的比值,由式(5)求得,理论升压力 $\Delta P'_j$  由式(6)求得。

$$\Delta P_j=\Delta P_s+\lambda\times \frac{L}{D_r}\times \frac{\rho}{2}\times V_r^2\tag{4}$$

式中: $\Delta P_j$  为实验升压力,Pa; $\Delta P_s$  为实测的压差,Pa; $\lambda$  为隧道壁摩擦损失系数(通过试验  $\lambda=$

0.018); $L$  为测点  $P_n$  与测点  $P_1$  之间的距离,m; $D_r$  为隧道计算直径, $D_r=7.021\ 7$  m; $\rho$  为密度,kg/m<sup>3</sup>; $V_r$  为隧道平均速度,m/s。

$$K_j=\Delta P_j/\Delta P'_j\tag{5}$$
$$\Delta P'_j=K_j\times \sum_{i=1}^n\frac{1}{2}\rho V_{ji}^2\times \frac{\phi_i\times (1-\Psi_i)}{(1-\phi_i)^2}\times (2-3\times \phi_i+\phi_i\times \Psi_i)\tag{6}$$

式中: $\Delta P'_j$  为射流风机的理论升压力,Pa; $\Delta P_j$  为射流风机的实验升压力,Pa; $n$  为射流风机的台数; $A_j$  为射流风机的吹出面积,m<sup>2</sup>; $V_j$  为射流风机的吹出风速,m/s; $\phi=A_j/A_r$ , $\Psi=V_r/V_j$ , $A_r$  为隧道断面积,m<sup>2</sup>; $V_r$  为隧道内风速,m/s; $\rho$  为空气密度,kg/m<sup>3</sup>; $K_j$  为升压系数。

### 3.3 测定结果与分析

#### 3.3.1 工厂内单机试验结果

表5 列出了工厂内单机试验结果,其结果完全符合说明书的技术规格。

表5 工厂内单机试验结果(JFH-1号风机)					
项目	平均风速	轴功率	效率	起动电流	噪音
额定值	34.5 m/s 以上	30 kW 以下	75%以上	230A 以下	90dB(A)以下
试验值	34.6 m/s	29.47 kW	75.3%	222A	89dB(A)

#### 3.3.2 风速分布测定结果

现场风速分布测定结果见表6。

表6 风速分布测定结果								
Case No.	吹出方向	型 式	隧道平均风速/(m/s)	扩散结束距离/m	$V_1$ /(m/s)	$V_2$ /(m/s)	$\frac{V_1-V_2}{(m/s)}$	$V_1$ 与 $V_2$ 差最大时距风机距离/m
Case A	顺风	高速型	4.00	100	2.00	4.00	2.00	40
		标准型	4.06	100	1.86	4.10	2.24	40
Case B	逆风	高速型	4.03	30	7.84	6.41	1.43	20
		标准型	3.94	30	7.41	5.83	1.58	20

注:(1)射流风机的吹出方向与隧道平均风速相同时定义为顺风,相反时定义为逆风;  
(2)扩散结束距离是指从射流风机吹出位置至距路面1.5 m、3 m、4.5 m 高度处风速相等时的距离;  
(3) $V_1$  为距路面1.5 m 处的平均风速, $V_2$  为距路面3 m 处的平均风速。

因为要考虑对走行车辆的影响,表中列出了同一断面内距路面1.5 m 与3 m 处的速度变化情况,其速度差最大时距风机的距离以及速度差。  
从这些图表中(本译文将图省略)得到以下的结论。  
(1)高速型与标准型的扩散结束距离相同,高风速度不影响射流风机的设置间隔。

(2)高速型射流风机附近不同高度的风速变化量与标准型相同,风速差以及风速差最大时的位置距风机的距离也相同。所以,高风速度没有增加对走行车辆的影响。  
(3)逆风运转时对射流风机进口处的风速分布有影响(轴流风机运转而射流风机处于制动运转状态时)。

(4)本隧道未设步行道,但对于有步行道的隧道,当风机以隧道内 4 m/s 左右顺风进行运转时,高风速型与标准型几乎没有区别,所以带步行道的隧

道也能采用高风速型射流风机。  
3.3.3 升压力、升压系数等测定结果  
升压力测定结果见表 7。

表 7 升压力测定结果

Case No.	吹出方向	型 式	隧道平均风速 m/s	理论升压力 Pa	实测升压力 Pa	升压系数	升压完了距离 m
Case A	顺风	高风速型	4.00	23.8	20.3	0.85	80
		标准型	4.06	18.0	15.9	0.88	100
Case B	逆风	高风速型	4.03	30.1	25.8	0.86	30
		标准型	3.94	23.3	20.0	0.86	30

注:射流风机的吹出方向与隧道平均风速相同时定义为顺风,相反时定义为逆风。

由以上图表中可得出以下结论:  
(1)顺风时,升压力因高风速化上升了近 30%,并且升压完了距离较标准型变短了;  
(2)高风速型与标准型射流风机距隧道壁面的距离分别为 110 mm、130 mm(为试验另一种安装方式的需要),由于间隙较小,所以较小的差别(20 mm)就使得标准型的射流风机升压系数略高一些。

3.3.4 过渡现象测定结果

通过射流风机逆风运转时风速变化情况的测定结果可以看出:高风速型与标准型对走行车辆的影响基本相同。

3.4 试验结果

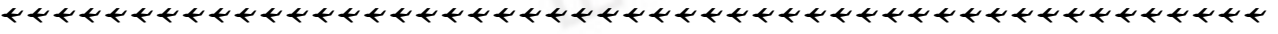
通过本次在新日本坂隧道进行的风速和压差测定试验,就高风速型射流风机升压力及对走行车辆的影响与标准型进行了比较验证,其结果如下:

(1)由于高风速化升压力提高 30%;

(2)高风速型与标准型的扩散结束距离基本相同,设置射流风机处的速度分布也没有区别,高风速化对走行车辆的影响极小;  
(3)在射流风机的设置高度上(建筑限界上部),高风速型的风速变化较大,但在车辆通行范围内与标准型的风速及变化情况相同,高风速化对走行车辆不产生影响。

4 结语

本次试验验证了采用高风速型射流风机的有效性和安全性。采用高风速型能适当减少射流风机的设置数量,与采用特殊的安装方式等一道可有效降低工程成本和维护管理费用。本试验为今后隧道通风设计提供了有益的启示。  
—译自日本トンネル技術協会誌《トンネルと地下》2003 年(平成 15 年)11 月刊。



中尼直通车拟于 5 月 1 日开通

去年以来,西藏交通部门受交通部委托,与尼泊尔交通代表团就开通中尼直通车事宜进行了谈判,形成了备忘录。目前,双方已经初步商定于 2005 年 5 月 1 日开通中尼直通车。  
中尼公路是我国与尼泊尔友好往来的桥梁,是西藏地区唯一的国际公路通道。自 1965 年正式通车以来,为联系拉萨、日喀则、樟木口岸等地物资运输和经济交流作出了不可取代的贡献。传统的中尼公路北起拉萨市当雄县的羊八井,经日喀则、拉孜、定日、聂拉木,到樟木口岸过友谊桥进入尼泊尔,终点为尼泊尔首都加德满都。1990 年起,中尼公路改行爲现在的自由曲水县沿雅鲁藏布江北岸往西到日喀则,再接上原中尼公路。这条新线的开辟不仅缩短了里程,也不必翻山越岭,更加活络了拉萨与日喀则两地间的交流。  
一直以来,为维护这条国际通道、西藏经济发展线,西藏自治区交通厅把中尼公路维修改建工程作为重点项目,加强投资、加强管理,于前年启动了中尼公路曲水到大竹卡段整治改建工程,并于去年提前完成该项目年度计划。今年,又如期开工中尼公路日喀则到拉孜段整治项目,预计今年 7 月全部完工通车。