

文章编号: 1671-6612 (2020) 03-369-05

风阀对地铁隧道压力的影响研究

张悦¹ 张强¹ 毕海权² 王君宜²

(1.广州地铁设计研究院股份有限公司 广州 510010;

2.西南交通大学机械工程学院 成都 610031)

【摘要】 随着地铁列车速度的提高,列车运行引起的空气动力学效应对站台屏蔽门、各类风井内风道等的安全影响越来越大。针对广州地铁多条线路,采用现场试验方法,对地铁风道不同位置的壁面压力进行了现场测试,得到了地铁车站站端及区间中间风井不同风阀前后测点的动态压力变化,并通过对比分析,研究了风阀对地铁风道内压力幅值的影响。现场测试结果表明:当列车速度为 80km/h 时,每道风阀的阻力作用会将风道内最大正压降低 10~40Pa,最大负压降低 10~60Pa;联通风阀开启会将轨行区和活塞风道内的最大正压降低 10~30Pa,最大负压降低 30~40Pa。

【关键词】 地铁;现场测试;风阀;风井;风道压力

中图分类号 U451 文献标识码 A

Effect of Air Valve on Pressure Change in Metro Tunnel

Zhang Yue¹ Zhang Qiang¹ Bi Haiquan² Wang Junyi²

(1.Guangzhou Metro Design & Research Institute Co., Ltd, Guangzhou, 510010;

2.School of Mechanical Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu, 610031)

【Abstract】 With the increasing speed of subway train, the aerodynamic effects caused by train operation have a greater and greater effect on the safety of platform screen doors and the air passage of the airshafts. For multiple lines of Guangzhou Metro, the dynamic pressure at different locations of the airshaft and tunnel is tested by field measurement. The pressure changes before and after the different valves at the airshaft of the station and the middle airshaft during two stations are obtained. The effect of air valve on pressure amplitude at the air passage of the airshafts was studied through comparative analysis. The field test results show that when the train speed is 80km/h, because of the resistance of every air valve, the maximum positive pressure and negative pressure at the air passage will be respectively reduced 10~40Pa and 10~60Pa. Moreover, the opening of the joint ventilation valve will reduce the maximum positive pressure of 10~30Pa and the maximum negative pressure of 30~40Pa for tunnel and the air passage of the airshafts.

【Keywords】 Subway; field test; air valve; airshaft; pressure

作者(通讯作者)简介:张悦(1979.10-),女,本科,高级工程师, E-mail: 31649391@qq.com

收稿日期: 2020-03-27

0 引言

地铁作为城市轨道交通线网体系中的重要组成部分,对改善城市交通环境、提高人们出行舒适

性具有重要作用。截至 2018 年底,共有 35 个城市开通城轨交通运营线路 185 条,运营线路总长度为 5761.4km^[1]。随着城市规模的扩大,多条 120km/h

及以上的城市轨道交通快线也已建成和开通^[2]。

然而，地铁隧道结构复杂，列车在车站及区间隧道运行过程中所产生的空气动力学效应将直接影响隧道及车内环境，特别是随着地铁列车速度的提高，空气动力学效应对站台屏蔽门、各类风井内风道等的安全影响越来越大，必须深入研究，以采取相应的减缓措施^[3,4]。

风阀，作为控制和调节地铁车站及隧道内空气流动的重要设施，一方面承受着隧道内空气动力学效应的作用，另一方面对隧道风道内压力变化具有重要影响。目前研究多针对列车内、隧道内和屏蔽门上的压力^[5-7]，而尚无针对风道内压力变化的研究。为了探究活塞风道和区间风井风阀对地铁风道压力的影响，本文采用现场试验方法，对广州地铁选定的地铁车站轨行区、活塞风道、区间风井进行了多次风压测试，并根据测试结果，研究了风道内压力的动态变化及风阀对地铁风道压力的影响，为地铁隧道设计提供参考依据。

1 地铁隧道风阀

隧道通风系统包括区间隧道通风系统和车站隧道通风系统两部分，它主要起到排除隧道内余热、余湿，满足隧道内通风换气及温度控制、阻塞情况下向阻塞区间送新风、火灾情况下排出隧道烟气的作用^[8]。隧道通风系统有单活塞风道和双活塞风道两种模式，单活塞风道通常只在车站出口端设置一个活塞风道；双活塞风道则是在车站的进口端和出口端分别设置活塞风道^[9,10]。同时，在同一区间隧道，如果出现两列车运行，则需设置区间风井，如图 1 所示^[11]。



图 1 区间中间风井示意图

Fig.1 Schematic diagram of the airshaft during two stations

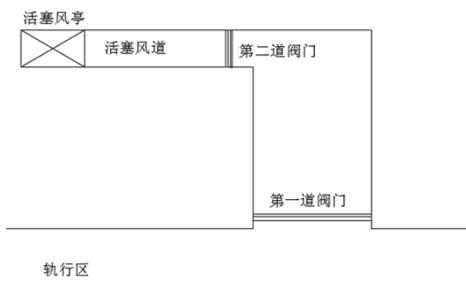


图 2 活塞风井结构示意图

Fig.2 Schematic diagram of piston air shaft

活塞风井系统由活塞风阀、活塞风道和连接室外的活塞风亭构成^[12]，如图 2 所示。风道内的风阀是控制和调节活塞风进入和离开隧道的关键部件。由于风阀的开启，列车在轨行区运行产生的压力波和活塞风会使活塞风道内的压力和风速产生几乎同步的动态变化。此外，有的风井系统为了便于控制空气的流动方向，将其引入其他风道，实现系统功能切换，会在风井内设置第二道阀门^[13]。

对于单活塞车站，为了便于泄压，在车站两条线路的入口处分别设置了联通风道，联通风道和另一线路出口处的活塞风井相连，联通风道内的风阀即为联通风阀，如图 3 所示。

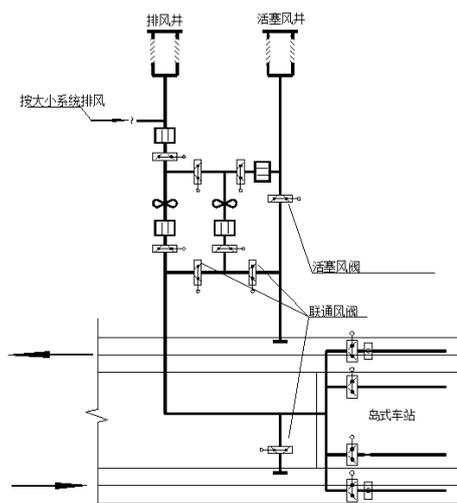


图 3 联通风阀示意图

Fig.3 Schematic diagram of unicom air valve

2 风道压力现场测试

2.1 测试方法

地铁风道压力测试通过在风道壁面上安装压

力传感器、通过信号调理及数据采集系统采集列车运行引起的压力变化,再利用数据采集软件和数据
分析处理软件分析试验结果。

2.2 工况设置

本测试包括风阀开启和关闭两种试验工况,工
况 1 为活塞风阀开启,工况 2 为活塞风阀关闭。试
验列车速度为 80km/h。

2.3 测试仪器

本测试选用 Endevco 压阻式绝压型压力传感
器 8515C-15 对隧道壁面压力进行测试,采用美国
DTS 的 SLICE 数据采集系统对传感器的压力数据
进行采集,通过系统接口为 SLICE 提供直流电源、
触发和信号通讯,采集数据并连接至计算机。测试
系统如图 4 所示。



(a) 整体连接图



(b) 压力传感器



(c) 数据采集器

图 4 测试系统

Fig.4 Test system

2.4 测点布置

(1) 双活塞车站测点布置

双活塞车站共布置 3 个测点,如图 5 所示。其
中测点 1 位于轨行区,测点 2 分别位于第一道风阀
后,测点 3 位于第二道风阀后。

(2) 单活塞车站测点布置

单活塞车站共布置两个测点,如图 6 所示,测
点 1 位于轨行区,测点 2 位于第一道风阀后。

(3) 区间中间风井测点布置

区间中间风井共布置 3 个测点,如图 7 所示。
测点 1 位于轨行区,测点 2 位于第一道风阀后,测
点 3 位于左线第二道风阀后。

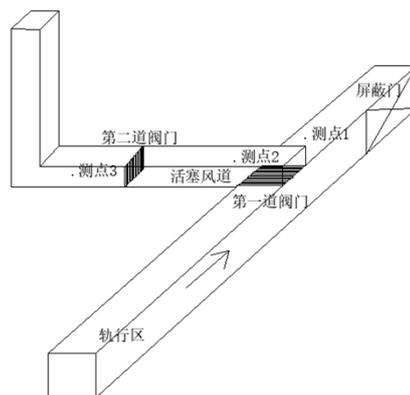


图 5 双活塞车站进站端测点布置示意图

Fig.5 Arrangement of measuring points at the entrance
of double piston station

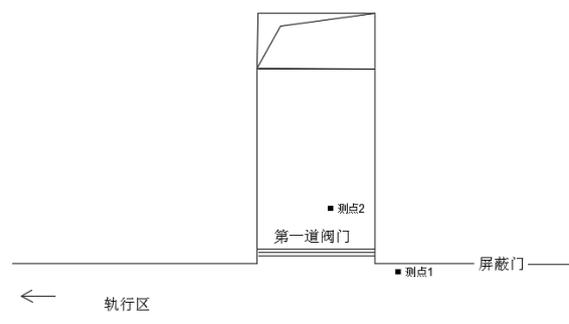


图 6 单活塞车站测点布置示意图

Fig.6 Arrangement of measuring points in single
piston station

2.4 测点布置

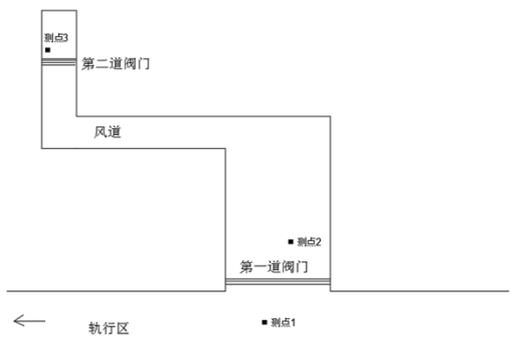


图7 区间隧道左线中间风井测点布置示意图（侧视）

Fig.7 Arrangement of measuring points on the airshaft during two stations (side view)

(4) 联通风阀测点布置

联通风阀测点布置如图8所示，共布置2个测点。测点1位于轨行区，测点2位于第一道风阀后。

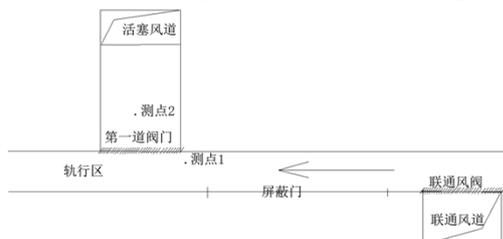


图8 联通风阀测点布置示意图

Fig.8 Arrangement of measuring points in unicom air valve

3 测试结果与分析

3.1 风阀对活塞风道及风井内压力变化的影响

3.1.1 双活塞车站

双活塞车站风道内各阀门前后压力测试结果如图9所示。由图9可以看出，轨行区和风道内各处的动态压力变化规律基本同步，且最大正压出现的时刻相同，但压力的最大幅值不同。由于风阀的阻力作用，轨行区测点、第一道风阀后及第二道风阀后测点的（见图5）最大压力幅值由102Pa分别降低至52Pa和43Pa。第一道风阀将最大正压和负压分别降低了50Pa；第二道风阀将最大正压降低了9Pa，最大负压降低了14Pa。

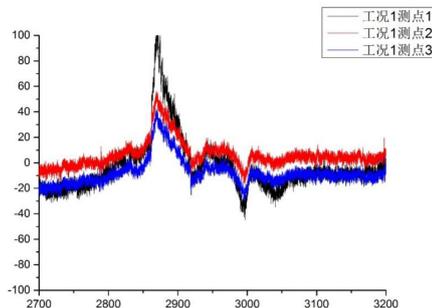


图9 双活塞车站进站端测点压力变化曲线

Fig.9 Pressure curve at the entrance of double piston station

3.1.2 单活塞车站

单活塞车站的阀门前后压力试验结果如图10所示。从图10中可以看出，与双活塞车站结论一致，轨行区和阀门后的压力变化规律同步，且最大正压出现的时刻相同，但压力的最大幅值不同，经过阀门后的最大正压和最大负压均降低。由于风阀的阻力作用，可以使竖井内风阀后端的正压幅值由44Pa降低至24Pa，负压幅值由-121Pa降低至-60Pa。

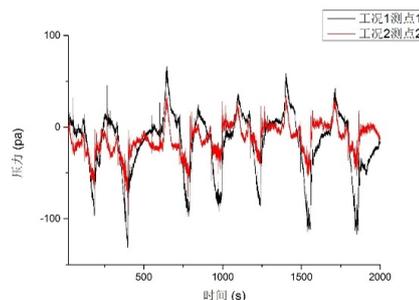


图10 单活塞车站测点压力变化曲线

Fig.10 Pressure curve in single piston station

3.1.3 区间中间风井

区间中间风机测试结果如图11所示。从图11中可以看出，轨行区及风井内各测点的压力变化规律一致，且峰值压力出现的时刻相同，测点1与测点2的最大正压差为28Pa，最大负压差为7Pa；测点2与测点3的最大正压差为28Pa，最大负压差为100Pa。由此可见，风阀可有效地减缓竖井内的压力。

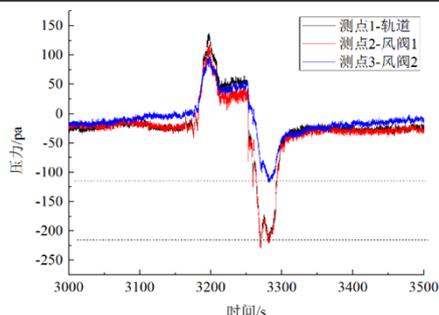
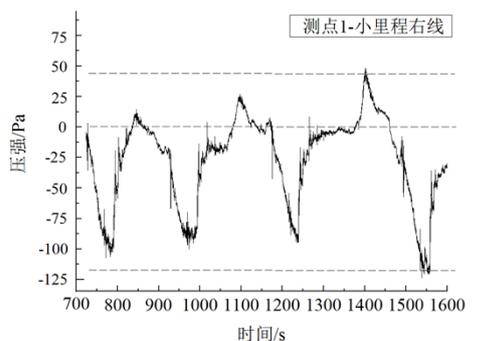


图 11 区间隧道左线中间风井测点压力变化曲线 (风阀开启)

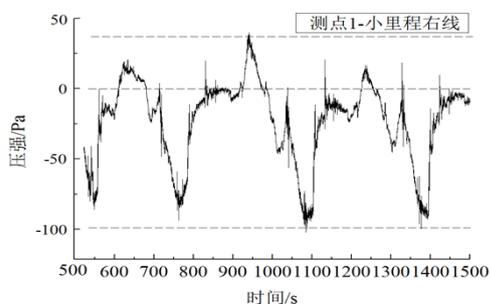
Fig.11 Pressure curve of air well on the left side of the interval tunnel (valve open)

3.2 联通风阀开启对风道压力的影响

联通风阀开启对风道压力影响的测试结果如图 12 所示。由图 12 可以看出, 开启联通风阀后, 轨行区最大正压由 44Pa 降低到 36Pa; 最大负压由 -121Pa 降低到 -100Pa。由图 13 可以看出, 活塞风道内最大正压由 56Pa 降低到 26Pa; 最大负压由 -80Pa, 降低到 -38Pa。由此可见: 在正常工况下打开联通风阀可以降低列车所在线路轨行区和活塞风道内的压力, 但不可避免地增加了另一条线路上隧道内的压力, 但对另一条线路上隧道内压力的影响需要依据该线路列车的运行情况进行讨论。联通风阀起到了与高速铁路隧道横通道相同的泄压作用。



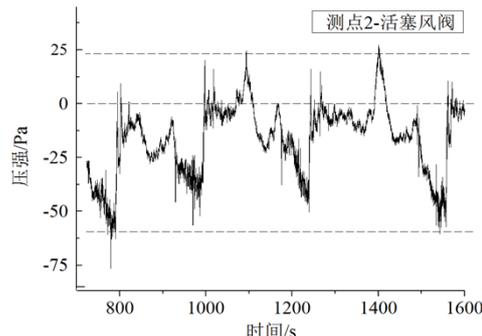
(a) 联通风阀关闭



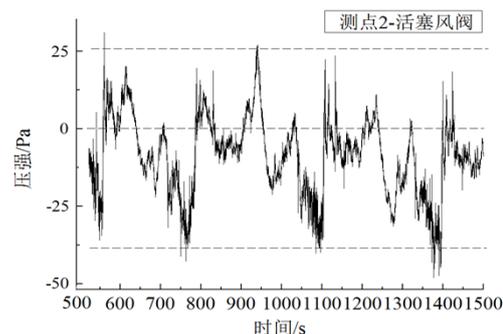
(b) 联通风阀开启

图 12 联通风阀开启对轨行区压力的影响

Fig.12 The influence of the opening of unicom air valve on rail area pressure



(a) 联通风阀关闭



(b) 联通风阀开启

图 13 联通风阀开启对活塞风道压力的影响

Fig.13 The influence of the opening of unicom air valve on piston duct pressure

4 结论

本文针对多条广州地铁线路, 采用现场测试的方法, 对比研究了风阀开启时地铁车站站端活塞风井及区间中间风井内的动态压力变化, 主要研究结论如下:

- (1) 风道内压力的动态变化规律与轨行区内的基本一致。
- (2) 当列车速度为 80km/h 时, 风阀的阻力作用可降低风道内的压力幅值, 每道风阀约能降低 10~40Pa 的最大正压, 10~60Pa 的最大负压。
- (3) 当列车速度为 80km/h 时, 联通风阀开启可对轨行区和活塞风道的压力进行有效地泄压。

参考文献:

[1] 中国城市轨道交通协会.城市轨道交通 2018 年度统计和分析报告[OL]. <http://www.camet.org.cn>, 2019.

[2] 段忠辉.高速地铁隧道空气动力学特性及控制技术研究[D].北京:北京交通大学,2019.

-
- [3] 廖斌,禹倩倩.压力波缓解措施在东莞地铁二号线的应
用[J].轨道交通装备与技术,2017,(5):24-27.
- [4] 杨宁.地铁快线隧道内空气压力波控制技术方案与效
果[J].城市轨道交通研究,2018,(7):54-57.
- [5] 周朝晖.复杂结构铁路隧道压力波效应数值模拟研究
[D].兰州:兰州交通大学,2016.
- [6] 冉腾飞,梁习锋,熊小慧.不同运行方式对高速地铁气动
效应的影响[J].铁道科学与工程学报,2019,16(4):
860-870.
- [7] 刘俊,车轮飞.高速模式下地铁隧道空气动力学效应断
面优化分析[J].暖通空调,2016,46(5):1-16.
- [8] 韩云.地铁风亭和风井形式对隧道通风效果影响的研
究[D].西安:西安建筑科技大学,2009.
- [9] 曾瑜,陈丽华.对广州地铁风亭设计的总结与思考[J].广
州建筑,2010,38(2):7-11.
- [10] 廖建科.广州某地铁通风空调设计[J].山西建筑,
2019,45(11):95-96.
- [11] GB 50157—2013,地铁设计规范[S].北京:中国建筑工业
出版社,2013.
- [12] 王丽慧,龚伟,宋洁,等.地铁水平活塞风阀速度场特性
实测研究[J].制冷学报,2012,33(5):54-59.
- [13] 闫家伟,杜霞.地铁通风系统组合风阀存在问题及建议
[J].消防科学与技术,2012,31(12):1298-1300.