

文章编号: 1671-6612 (2021) 02-238-05

武汉某地铁站排热风机节能运行模式研究

陈三强¹ 车轮飞² 邓雷¹ 刘俊² 徐新华³ 沈国民³

(1. 武汉地铁集团有限公司 武汉 430030;

2. 中铁第四勘察设计院集团有限公司 武汉 430064;

3. 华中科技大学建筑环境与能源应用工程系 武汉 430074)

【摘要】 武汉地铁车站排热风机运行时间为每日4:00-24:00,运行时间久,能耗大。测试了某地铁站排热风机在现行运行模式下车站隧道轨行区的温湿度和CO₂浓度参数,测试结果均优于地铁设计规范要求,据此提出了排热风机两种节能运行模式,即模式一:列车正常运行时关闭车站一端的排热风机;模式二:列车正常运行时车站两端排热风机隔天运行。进一步对这两种节能运行模式进行了相应的测试,测试结果表明相关运行参数满足地铁设计规范要求。排热气机的这两种节能运行模式相对于现行运行模式,综合节能率为50%。

【关键词】 地铁;排热风机;隧道环境;节能运行

中图分类号 TU831.4 文献标识码 A

Study of the Energy-saving Operation Mode of Heat Extraction Fans in One Subway Station in Wuhan

Chen Sanqiang¹ Che Lunfei² Deng Lei¹ Liu Jun² Xu Xinhua³ Shen Guomin³

(1.Wuhan Metro Group Operation Co., Ltd, Wuhan, 430030;

2.China Railway Siyuan Survey and Design Group Co., Ltd, Wuhan, 430063;

3.Department of Building Environment and Energy Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, 430074)

【Abstract】 Heat extraction fans in subway stations in Wuhan runs daily for a long time from 4 o'clock to 24 o'clock resulting in high energy consumption. This paper tested the environment parameters including temperature, humidity and CO₂ concentration of the station tunnel track area of a station under the present operation mode of the heat extraction fan. The test results shows the measured environment is better than the requirement of the design specification. To reduce the energy consumption of the heat extraction fan, two energy-saving operation modes are proposed, i.e., mode 1 and mode 2. The energy-saving operation mode 1 is that the heat extraction fans at one end are off when the subway station is in normal operation, and the energy-saving operation mode 2 is that the heat extraction fans at both ends are on each other day when the subway station is in normal operation. The environment parameters under these two modes are also tested, and the results show they meet the requirement of the design specification. When compared with the present operation mode, both energy-saving operation modes can save energy consumption up to 50%.

【Keywords】 Subway station; Heat extraction; Tunnel environment; Energy-saving operation

作者简介: 陈三强 (1968.10-), 男, 学士, 高级工程师, 研究方向为地铁空调系统运营管理, E-mail: chensq@wuhanrt.com
通讯作者: 徐新华 (1972.01-), 男, 博士, 教授, 研究方向为建筑节能、建筑热湿过程、空调控制, E-mail: bexhxu@hust.edu.cn
收稿日期: 2020-12-28

0 引言

地铁由于具备高效、快捷、安全等特点, 成为

一种越来越受欢迎的公共交通方式^[1]。但是, 地铁车站大多建于地下, 空气环境闭塞, 列车进出站时与轨道之间产生的摩擦热及列车空调释放的冷凝热会大量进入车站隧道, 致使车站隧道空气环境恶化。因此, 需要借助排热系统排除热量。

文献[2]针对地铁轨行区不同的通风模式, 利用 SES 软件对某地铁进行模拟计算, 分别分析了正常工况下轨行区有、无轨道排热系统两种情况下的隧道空气温度分布情况, 结果表明无排热风机比有排热风机时隧道空气最高温度高 2.9℃。但文献[3]认为列车运行产生的活塞风足以带走列车在车站轨行区产生的热量, 不需要开启排热风机。文献[4]以实际车站苏州地铁 2 号线车站隧道气温进行测试, 分析了排热风机降温效果。结果表明: 排热风机实际运营只在夏季客流高峰运行时开启, 可分别降低隧道气温峰值 1.75℃和谷值 0.4℃, 并进一步指出排热风机可在地铁运营初期不开启。文献[5]基于 SES 软件对昆明地铁某区间隧道进行了模拟分析, 结果表明相同的排热风量下, 保留轨顶排热风道, 取消轨底排热风道, 隧道内温度仅比保留轨底排热风道时高 0.2~0.5℃。文献[6]等实测了某个经过节能改造后的地铁车站隧道温度, CO₂ 浓度等参数, 结果表明这些参数都满足设计要求, 且排热风机的能耗降低了 40%。从上述文献的研究来看, 虽然有个别研究认为可取消排热风机, 但对于开启排风风机能减低隧道的温度的看法是一致的。但对如何进行排热风机的开启运行模式实现节能则研究较少。

武汉地铁 2 号线是武汉市首条地下地铁线路, 全长 60.8km, 共设 38 座车站, 车站多为地下二层岛式建筑。2 号线于 2012 开通运营, 建成已达 7 年^[7]。本文基于 2 号线某车站隧道轨行区空气环境测试结果, 提出了两种节能运行策略, 为地铁车站排热风机节能运行提供参考。

1 现行运行模式下车站轨行区环境测试与分析

该车站设有两台排热风机, 分别位于车站的 A 端和 B 端, 风机额定风量为 50m³/s, 额定压力为 650Pa, 额定功率为 55kW。两台排热风机在现行运行模式下, 均采用连续性运行方式, 即: 每天从 4:00~24:00 连续运行 20 个小时, 运行频率为 20Hz。

为探求排热风机的运行控制策略, 对该车站轨行区的空气环境进行了测试, 主要包括温湿度与 CO₂ 浓度。

本次测试时间为 9 月下旬, 处于空调季, 测试期室外温度为 15~27℃。在车站隧道轨行区均匀布置 2 个温湿度测点, 采用温湿度记录仪连续测试两天, 测试车站隧道轨行区温湿度变化情况。温度和相对湿度变化情况如图 1、图 2 所示。

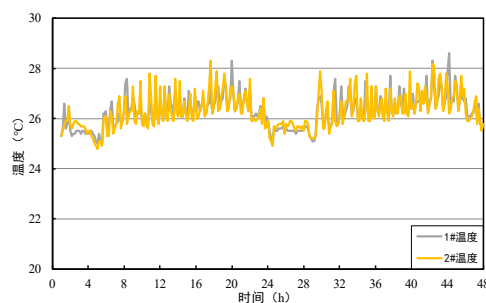


图 1 车站隧道轨行区温度随时间变化

Fig.1 The temperature profile in the track area of the station tunnel

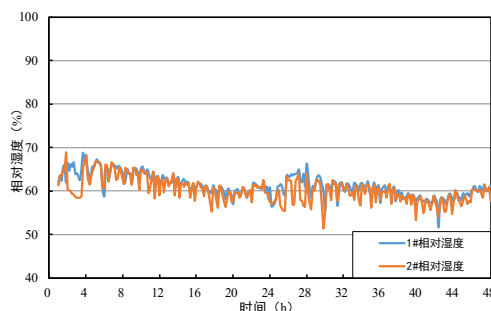


图 2 车站隧道轨行区相对湿度随时间变化

Fig.2 The relative humidity profile in the track area of the station tunnel

根据《地铁设计规范》(GB50157-2013)^[8]要求: 在夏季工况下, 列车车厢设置空调, 车站设置全封闭站台门时, 隧道内空气温度不得高于 40℃, 相对湿度无明确要求。在测试的 48 小时内, 轨行区温度在 24.7℃~28.2℃, 远低于 40℃的要求, 相对湿度为 51%~68%。

因受测试条件限制, 无法直接测试轨行区 CO₂ 浓度。在排热风机出口处设置一台 CO₂ 检测仪, 连续测试两天, 以此获得车站隧道轨行区 CO₂ 浓度变化情况。轨行区 CO₂ 浓度变化情况如图 3 所示。白天地铁运行期间 CO₂ 浓度高于夜间; 夜晚收车后 CO₂ 浓度维持在较低的水平, 基本维持在 400ppm

左右；一天中分别在早高峰 7:30 左右和晚高峰 17:30 左右 CO₂ 浓度达到最大值。测试的 48 小时内排热风机出口处 CO₂ 浓度整体维持在 383ppm~574ppm 之间。根据《地铁设计规范》(GB50157-2013)：区间隧道内的二氧化碳 (CO₂) 日平均浓度应小于 1.5% (1500ppm)，实测值远低于日平均浓度小于 1500ppm 的要求。

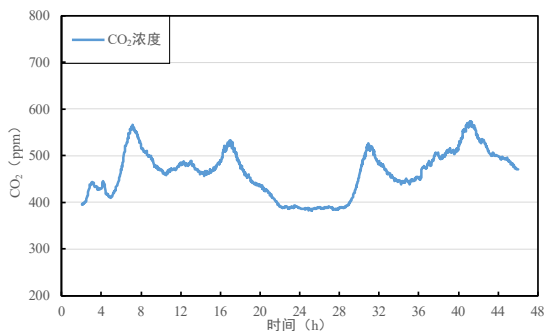


图3 排热风机出口处 CO₂ 浓度随时间变化

Fig.3 Variation of the CO₂ concentration at the outlet of the heat extraction fan

测试结果表明：排热风机在现行运行模式下，车站隧道轨行区温度、CO₂ 浓度均满足地铁规范要求，排热风机能够很好的完成排热和保证空气质量的任任务，且具有较大的节能潜力。

2 节能运行模式下车站轨行区环境测试与分析

根据对现行运行模式下车站隧道轨行区环境测试数据的分析，排热风机具有较大的节能空间，本文提出了排热风机两种节能运行模式，即节能运行模式一：列车正常运行时关闭车站一端的排热风机；节能运行模式二：列车正常运行时车站两端排热风机隔天运行。为了验证节能运行模式一车站隧道轨行区的环境变化，排热风机按照以下方式运行：运行频率为 20Hz，从凌晨 4:00-11:30，A、B 两端排热风机正常工作；11:30-24:00，关闭 A 端排热风机，B 端排热风机正常工作。为了验证节能运行模式二车站隧道轨行区的环境变化，排热风机按照以下方式运行：运行频率为 20Hz，从凌晨 4:00-8:30，A 端排热风机关闭，B 端排热风机正常工作；8:30-11:30，A、B 两端排热风机均关闭；11:30-夜间 24:00，A 端和 B 端排热风风机正常工作。

2.1 节能运行模式下温湿度特性

本次测试时间为隔年 6 月中旬，处于空调季，测试期室外温度维持在 21~29℃，测试当天有小雨。在车站隧道轨行区均匀布置 3 个温湿度测点，采用温湿度记录仪连续测试两天，测试车站隧道轨行区温湿度变化情况。温度和相对湿度变化情况如图 4、图 5 所示。

根据《地铁设计规范》(GB50157-2013)要求在夏季工况下，列车车厢设置空调，车站设置全封闭站台门时，隧道内空气温度不得高于 40℃，相对湿度无明确要求。A 端排热风机关闭和 A、B 两端风机均关闭工况下，轨行区温度均没有明显上升。测试的 48 小时 1#测点温度较 2#、3#测点低，2#测点温度与 3#测点温度相当。三个测点温度在 24.3~26.7℃，远低于 40℃的要求，相对湿度为 76.5%~94%。

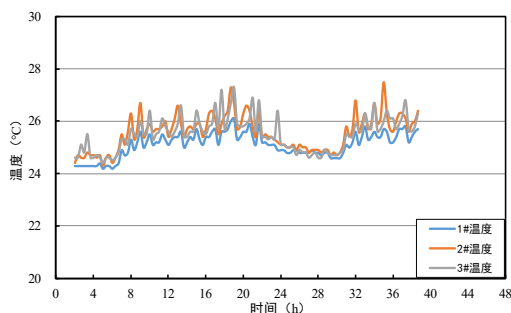


图4 车站隧道轨行区温度随时间变化

Fig.4 Variation of the temperature in the track area of the station tunnel

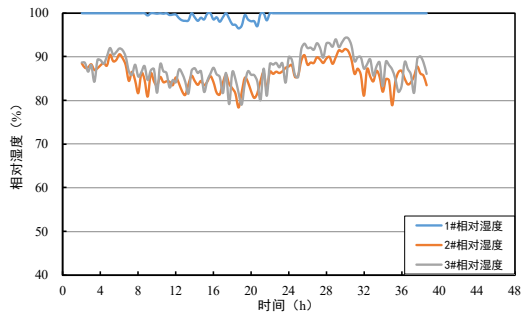


图5 车站隧道轨行区相对湿度随时间变化

Fig.5 Variation of the relative humidity variation in the track area of the station tunnel

2.2 节能运行模式下 CO₂ 浓度测试

在排热风机出口处放置一台 CO₂ 检测仪进行测试，连续测试两天，以此获得车站隧道轨行区 CO₂ 浓度情况。轨行区 CO₂ 浓度变化情况如图 6 所

示。

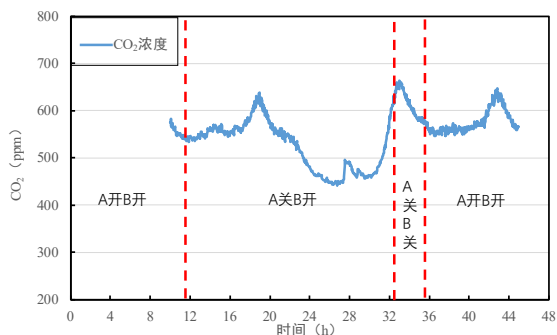


图 6 排热风机出口处 CO₂ 浓度随时间变化

Fig.6 Variation of the CO₂ concentration at the outlet of the heat extraction fan

从图中分析可知: 白天地铁运行期间 CO₂ 浓度高于夜间; 夜晚收车后 CO₂ 浓度维持在较低的水平,

表 1 车站排热风机年能耗统计表 (节能运行模式一)

Table 1 Annual energy consumption of the heat extraction fans (energy-saving operation mode I)

风机位置	功率 /kW	现行模式运行时长/h	节能模式运行时长/h	现行模式能耗 /kWh	节能模式能耗 /kWh	节能量 /kWh	节能率
车站 A 端	3.8	7300	7300	27740	27740	0	/
车站 B 端	3.8	7300	0	27740	0	27740	/
合计	/	/	7300	55480	27740	27740	50%

该车站排热风机在节能运行模式二下运行一年所需能耗如表 2 所示。当排热风机采用节能运行

表 2 车站排热风机年能耗统计表 (节能运行模式二)

Table 2 Annual energy consumption of the heat extraction fans (energy-saving operation mode II)

风机位置	功率 /kW	现行模式运行时长/h	节能模式运行时长/h	现行模式能耗 /kWh	节能模式能耗 /kWh	节能量 /kWh	节能率
车站 A 端	3.8	7300	3650	27740	13870	13870	50%
车站 B 端	3.8	7300	3650	27740	13870	13870	50%
合计	/	14600	7300	55480	27740	27740	50%

4 结论

本文测试了武汉某地铁站排热风机在现行运行模式和节能运行模式下车站隧道轨行区温湿度、CO₂ 浓度, 在测试数据的基础上, 可得出如下结论

(1) 现行运行模式下, 车站隧道轨行区温度 24.7°C~28.2°C, 远低于 40°C, CO₂ 浓度为 383ppm~574ppm, 远小于 1500ppm, 均满足地铁设计规范要求; (2) 节能运行模式下, 车站隧道轨行区温度为 24.3°C~26.7°C, CO₂ 浓度为 442ppm~

基本维持在 450ppm 左右; 一天中分别在早高峰 9:00 左右晚高峰 19:00 左右(这两天为节假日)CO₂ 浓度达到最大值。排热风机无论是开启还是关闭, 排风中 CO₂ 浓度均低于 650ppm。测试的 48 小时内排热风机出口处 CO₂ 浓度整体维持在 442ppm~663ppm 之间。

测试结果表明: 排热风机在节能运行模式下, 车站隧道轨行区温度、CO₂ 浓度均满足地铁规范要求。

3 排热风机节能运行模式能耗分析

该车站排热风机在节能运行模式一下运行一年所需能耗如表 1 所示。排热风机采用节能运行模式一, 一年可节省电量 27740kWh, 综合节能率达 50%, 节能效果明显。

模式二时, 一年可节省电量 27740kWh, 综合节能率达 50%, 节能效果明显。

663ppm, 均满足地铁设计规范要求; (3) 该车站排热风机在节能运行模式一和节能运行模式二下, 一年均可节省电量 27740kWh, 综合节能率达 50%。

参考文献:

- [1] 刘桂兰. 地铁环控系统的设计探讨[J]. 制冷与空调, 2012, 26(1): 36-39.
- [2] 华正博. 活塞效应效率对地铁轨道区排热的影响[J]. 制冷与空调, 2014, 28(2): 183-185.

-
- [3] 刘伊江.地铁车站段隧道(半)横向通风系统方案溯源及适用性研究[J].暖通空调,2017,47(1):28-34,58.
- [4] 李娟,房烁,徐清荣,等.地铁车站设置排热风机必要性研究[J].制冷与空调,2018,32(2):162-168.
- [5] 张雄.地铁车站排热系统取消轨底风道的可行性研究[J].暖通空调,2016,46(1):111-116.
- [6] 罗辉,王静伟,罗燕萍.地铁车站隧道排热系统节能模式探讨[J].暖通空调,2016,46(7):95-98.
- [7] 王海波.武汉地铁网络化发展历程及其运营现状研究[J].城市轨道交通研究,2018,21(S1):6-9,23.
- [8] GB 50157-2013,地铁设计规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2013.
-

(上接第237页)

- [5] 翟雁,郭晓波,张江.基于Flowmaster牵引电机冷却系统建模分析[J].机械设计与制造,2016,(8):256-260
- [6] 付敏,邹继斌,魏静薇.基于三维有限元法U型单相自
启动永磁同步电机涡流场与温度场的分析计算[J].上海交通大学学报,2006,40(4):572-576.
- [7] 王奇峰.增压中冷汽油机热管理系统试验与仿真分析[D].吉林:吉林大学,2013.