

文章编号: 1671-6612 (2019) 03-228-04

不同轨排风量 对深埋地铁隧道通风热环境的影响研究

卢昌宪 冯 炼 袁中原

(西南交通大学机械工程学院 成都 610031)

【摘要】 重庆地铁由于山城地势起伏高差较大, 线路埋深较大, 其隧道通风系统有其自身特点, 以重庆六号线为研究对象, 研究深埋地铁在不同运行时期隧道热环境, 并对不同轨排风量对深埋地铁隧道热环境的影响进行研究, 对不同运行时期, 合理控制轨排风量的大小, 在满足地铁通风空调功能要求的基础上, 达到节能的目的。

【关键词】 深埋地铁; 隧道通风; 轨排风量

中图分类号 U298.4 文献标识码 A

Study on the Effect of Different Rail Drainage Volume on the Ventilation and Thermal Environment of Deep Underground Tunnel

Lu Changxian Feng Lian Yuan Zhongyuan

(School of Mechanical Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu, 610031)

【Abstract】 Because of the relatively deep underground subway tunnels in China, only Chongqing has a large fluctuation and height difference, and the line is buried deep. This article takes Chongqing Line 6 as the research object to study the deep buried subway tunnel thermal environment during different operating periods. The influence of different rail exhaust volume on the deep buried subway tunnel thermal environment is studied, and the reasonable control of the rail exhaust volume during different operation periods is achieved to achieve the purpose of energy conservation on the basis of satisfying the requirements of the ventilation and air-conditioning function of the subway.

【Keywords】 deep underground tunnel; tunnel ventilation; tunnel exhaust

0 引言

随着地铁建设的迅速发展, 地铁环境控制问题愈来愈引起人们的关注。地铁通风空调系统的任务是控制和调节地铁内环境, 保证地铁内空气的温湿度等在一个合理的范围内, 满足人员的舒适性和设备的安全运行要求。通风空调的能耗占总能耗相当大的比例 (已经达到 50%左右^[1]), 严重影响着地铁运营的经济性。因此通风空调系统的节能具有重要意义。

目前, 由于国内的深埋地铁隧道比较罕见, 只有重庆山城, 地势起伏高差交大, 线路埋深大, 风井设置困难^[2], 研究地铁隧道通风的很多, 但都是针对埋深较浅, 没有研究过深埋地铁隧道通风效果。本文以重庆六号线为基础, 由于重庆六号线为深埋地铁隧道, 对于深埋地铁隧道, 由于活塞风井较长, 研究深埋地铁对隧道内空气温度的影响, 本文通过建立六号线地铁系统模型, 研究了六号线在不同运行时期的隧道热环境, 对不同时期不同轨排

作者简介: 卢昌宪 (1993-), 男, 在读硕士研究生, E-mail: 740852515@qq.com

通讯作者: 冯 炼 (1964-), 女, 博士, 教授, E-mail: lancyfeng90@163.com

收稿日期: 2018-06-28

风量对隧道热环境的影响进行研究,通过对轨排风量对隧道热环境影响的研究,得到不同运行时期,合理控制轨排风量的大小,在满足地铁通风空调功能要求的基础上,达到节能的目的,成为必须研究的课题。

1 工程概况

重庆轨道交通六号线全长 72.26km,有目前我国埋深最深的暗挖红土地车站,另外光电园、黄泥磅站、金山寺站以及北碚站埋深均超过 40m,车站均采用站台设置屏蔽门的通风空调系统,区间隧道通风系统采用单活塞和双活塞隧道通风模式结合使用,轨行区排热系统采用轨顶风道和轨底风道共同排热的形式。

2 计算模型

模拟六号线轨道交通九站十区间的隧道空气温度分布,全长 13821m,每个车站均设屏蔽门,依次为江北城站,五里店站,红土地站,黄泥磅站,红旗河沟站,花卉园站,大龙山站,冉家坝站,光电园站等。其中江北城站,五里店站,红旗河沟站均为单活塞风井,红土地站,光电园站为双活塞风井,其余车站均为单双活塞共用的车站。其中,红土地站为深埋站,埋深 53m,活塞风井长度 63m,下行线出站端设有停车线。九站十区间的通风网络节点图如图 1 所示。

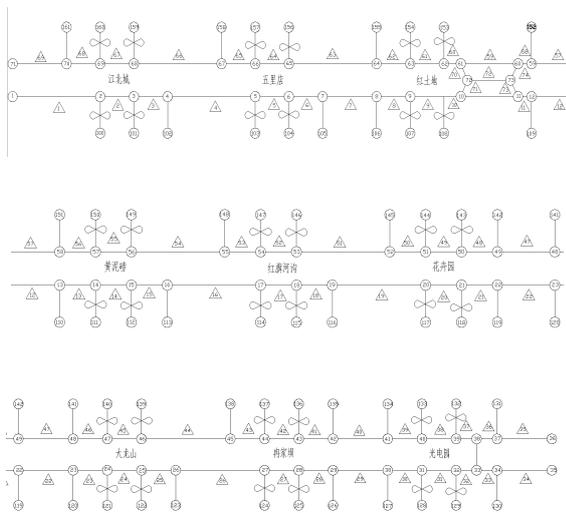


图 1 地铁隧道通风网络节点图

Fig.1 Ventilation Network Node of Metro Tunnel

3 数值模拟计算

3.1 不同轨排风量对隧道热环境的影响

在正常运行工况下,地铁隧道的最高温度应该出现在晚高峰时段,因为晚高峰时段室外温度较高,客流量较大,而隧道内空气初始温度因为地铁运行时间长也相对较高,所以选取夏季晚高峰时段进行模拟,模拟不同轨排风量初期、近期和远期三个不同时期隧道热环境的影响,其中,初期运行发车对数为 15 对/h,轨排风量为 20m³/s,近期运行发车对数为 20 对/h,轨排风量为 30m³/s,远期运行发车对数为 30 对/h,轨排风量为 40m³/s,如图 2、图 3 和图 4 为初期、近期和远期不同运行时期夏季晚高峰隧道空气平均温度分布。

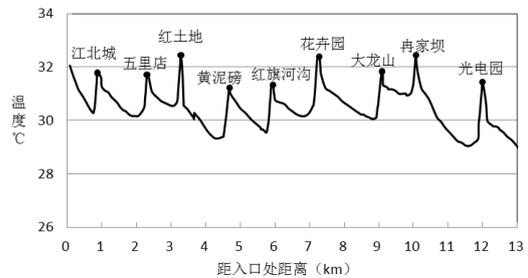


图 2 初期夏季晚高峰时段隧道温度分布

Fig.2 Tunnel temperature distribution during early summer evening peak hours

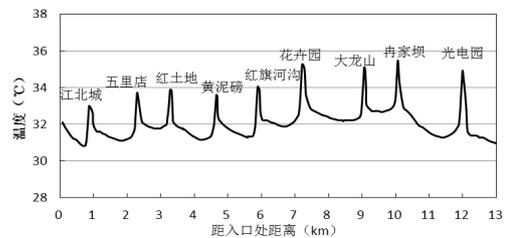


图 3 近期夏季晚高峰时段隧道温度分布

Fig.3 Tunnel temperature distribution during recent summer evening peak hours

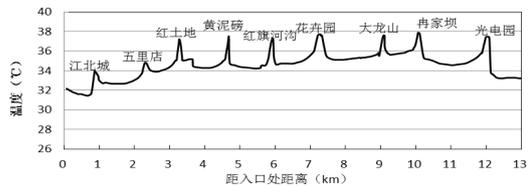


图 4 远期夏季晚高峰时段隧道温度分布

Fig.4 Tunnel temperature distribution during future summer evening peak hours

由图 2、图 3 和图 4 可以看出,隧道内空气的平均温度,在每个车站的进站端突然上升,主要是

因为列车在车站处制动产生大量的热，使车站轨行区的温度急剧上升，在列车运行的初期，列车的发车间隔较大，因此列车在隧道内产生的热量也较小，土壤和围岩与隧道内空气的换热较充分，因此，隧道内的整体空气温度沿着列车运行有缓慢的下降趋势，在列车运行的远期，发车对数较大，列车在隧道内产生更多的热量，隧道内的空气流向跟列车运行的方向相同，因此，隧道内的整体空气温度沿着列车运行方向有缓慢的上升。在列车运行的初期，整个隧道的最高温度为 32.4℃，出现在红土地站的轨行区部分，近期运行最高温度出现在冉家坝站轨行区部分，最高温度为 35.4℃，远期运行的最高温度也出现在冉家坝站轨行区部分，最高温度为 37.9℃，在列车运行的初、近和远期，隧道内的空气温度均低于 40℃，满足隧道环境控制要求^[3]。

3.2 不同轨排风量对隧道热环境的影响

在列车运行的初、近和远期，隧道内的空气温度均满足隧道环境控制要求，在不同运行时期，由于客流量是相对不变的，发车对数不变，因此，在满足隧道环境控制要求的同时，可以考虑通过减小轨排风量的大小达到节能的目的。模拟地铁不同运行时期，发车对数不变，不同轨排风量隧道内空气平均温度分布如图 4、图 5 和图 6 所示。

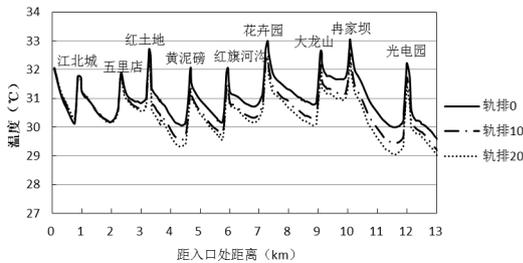


图 5 初期不同轨排风量隧道空气平均温度分布

Fig.5 Average air temperature distribution of tunnel with different wind discharge in early stage

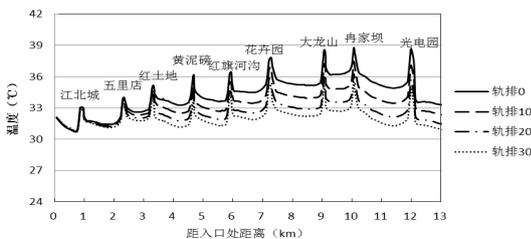


图 6 近期不同轨排风量隧道空气平均温度分布

Fig.6 Average air temperature distribution of tunnel with different wind discharge in recent years

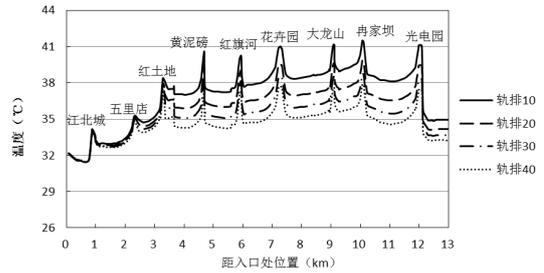


图 7 远期不同轨排风量隧道空气平均温度分布

Fig.7 Average air temperature distribution of tunnel with different wind discharge in long term

由图 5、图 6 和图 7 可以看出，在列车运行的初期，关闭轨排风机，隧道内的最高温度为 33.1℃，出现在冉家坝站轨行区部分，在列车运行的近期，关闭轨排风机，隧道内最高温度为 38.7℃，因此，在列车运行的初期和近期，关闭车站轨排风机，隧道内空气温度低于 40℃，满足隧道环境控制要求，在列车运行的远期，轨排风量为 10m³/s 时，隧道内空气最高温度为 41.5℃，轨排风量为 20m³/s，隧道内空气最高温度为 39.5℃，满足隧道环境控制要求，在同一段区间隧道，轨排风量越大，区间隧道的空气平均温度越低，主要是因为轨排风量越大，排出系统中的热量也越大，同时轨排风量对活塞风井的进排风量也有影响，为了研究不同轨排风量对活塞风井进排风量的影响，以标准站黄泥磅站作为研究对象，由于列车运行远期，客流量较大，列车运行，设备运转及人员等散发出大量的热^[4]，所以，对于远期诸多不利因素应该对远期重点分析，模拟在列车运行远期，不同轨排风量，下行线区间隧道和活塞风井的风量情况，模拟结果如图 7、图 8、图 9 和图 10 所示。

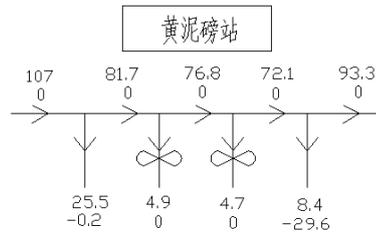
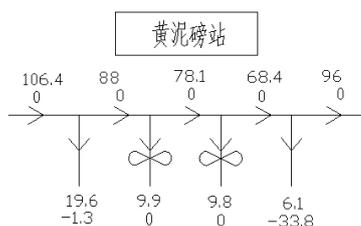
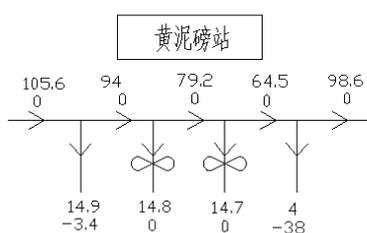
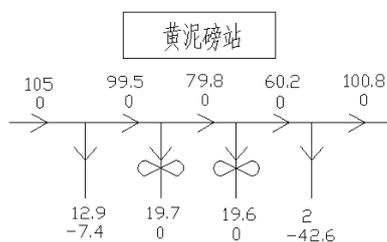


图 8 远期轨排风量为 10m³/s 时模拟结果 (单位 m³/s)

Fig.8 Simulation results when the long-term rail exhaust is 10 m³/s

图 9 远期轨排风量为 $20\text{m}^3/\text{s}$ 时模拟结果 (单位 m^3/s)Fig.9 Simulation results when the long-term rail exhaust is $20\text{m}^3/\text{s}$ 图 10 远期轨排风量为 $30\text{m}^3/\text{s}$ 时模拟结果 (单位 m^3/s)Fig.10 Simulation results when the long-term rail exhaust is $30\text{m}^3/\text{s}$ 图 11 远期轨排风量为 $40\text{m}^3/\text{s}$ 时模拟结果 (单位 m^3/s)Fig.11 Simulation results when the long-term rail exhaust is $40\text{m}^3/\text{s}$

如图 8~11 所示, 为列车运行远期夏季晚高峰时段, 车站轨排风量为 10、20、30 和 $40\text{m}^3/\text{s}$ 四种不同的工况黄泥磅站区间隧道和活塞风井风量情况, 由图可见, 不管是进站端活塞风井还是出站端

活塞风井, 活塞风井的进风量均随轨排风量的增加而变大, 活塞风井的排风量均随轨排风量的增加而减小^[5], 隧道内的空气流动方向与列车运行的方向一样, 因此, 轨排风量越大, 通过活塞风井进入隧道的室外新风量也越大, 对隧道内空气有很好的降温效果。

4 结论

本文根据重庆轨道交通六号线特长隧道区间设计方案, 利用 SES 软件, 建立深埋地铁隧道通风热环境数值计算模型, 对地铁不同运行时期隧道内的热环境进行了模拟分析, 可以得到以下结论:

(1) 在列车运行的初、近和远期夏季晚高峰正常工况下, 隧道内的空气平均温度均低于 40°C , 满足隧道环境控制要求。

(2) 在列车运行的初期和近期, 关闭轨排风机, 隧道内的空气温度可以满足隧道环境控制要求, 在列车运行的远期, 轨排风量为 $20\text{m}^3/\text{s}$ 时, 隧道内的空气温度可以满足隧道环境控制要求。

(3) 车站轨排风量越大, 活塞风井的进风量和排风量越大, 隧道内的空气平均温度也越低。

参考文献:

- [1] 李国庆.城市轨道交通通风空调多功能设备集成系统[J].暖通空调,2009,39(5):31-32,141.
- [2] 谢宣.地铁深埋长隧道火灾通风数值模拟研究[D].成都:西南交大硕士学位论文,2013.
- [3] GB 50157—2013,地铁设计规范[S].北京:中国计划出版社,2003.
- [4] 华正博.屏蔽门制式地铁轨行区通风模式研究[D].成都:西南交通大学,2012.
- [5] 闫春丽.屏蔽门系统双活塞风井通风换热特性研究[D].成都:西南交通大学,2017.