

doi: 10.3969/j.issn.1672-6073.2018.S.032

武汉轨道交通8号线 越江区间通风系统研究

李香凡

(中铁第四勘察设计院集团有限公司, 武汉 430000)

摘要: 介绍武汉轨道交通8号线大直径盾构越江区间隧道的通风设计方案, 特别对火灾工况, 从排烟模式、风道漏风、风机配置等方面, 比较分段纵向通风和半横向通风两种方式的优缺点, 最终选定分段纵向排烟方案。在火灾规模取值10.5 MW条件下, 利用SES软件对区间内典型火灾工况进行模拟计算分析, 结果表明: 通过区间两端风机联合动作, 采用集中设置排烟口的分段纵向排烟方案, 可满足越江区间内火灾排烟临界风速及人员疏散要求。

关键词: 轨道交通隧道; 大直径盾构隧道; 运营通风; 分段纵向排烟; 火灾工况

中图分类号: U231.5

文献标志码: A

文章编号: 1672-6073(2018)S-0177-05

Research on Ventilation of the Crossing-river Section of Wuhan Rail Transit Line 8

LI Xiangfan

(China Railway Siyuan Survey and Design Group Co., Ltd., Wuhan 430000)

Abstract: The ventilation design scheme of the largediameter shield tunnel in Wuhan Rail Transit Line 8 is introduced. In particular, the advantages and disadvantages of two modes of sectional longitudinal ventilation and semi-horizontal ventilation are compared in terms of smoke exhaust mode, air duct leakage, and fan configuration. Finally, the subsection longitudinal smoke exhaust scheme is selected. Under the condition of a fire scale of 10.5 MW, the typical fire conditions in the interval are simulated and analyzed using SES software. The results show that through the joint action of the fans at the two ends of the interval, a sectional longitudinal smoke exhaust scheme that concentrates on the exhaust port can be used to meet the critical wind speed and evacuation requirements of a fire disaster in the cross-river section.

Keywords: rail transit tunnel; large-diameter shield tunnel; operation ventilation; smoke exhaust scheme; fire condition

1 工程概况

武汉市轨道交通8号线工程连接汉口和武昌中心城区并穿越长江, 在长江两岸设黄埔路站和徐家棚车站, 2个车站均为地下3层侧式车站, 两站区间(以下简称“越江区间”)隧道长度3 200 m。车辆采用A型车8辆编组(远期), 接触轨供电, 最高行驶速度为80 km/h, 列车追踪间隔为2 min。

越江区间采用大盾构法施工, 隧道内径10.5 m, 在中部设置隔墙, 顶部设置排烟道, 排烟道面积14.7 m²。越江区间隧道横断面如图1所示^[1]。

2 通风系统

区间两侧分别为黄埔路站和徐家棚站, 2个车站均采用双活塞通风模式。正常行车工况时, 区间两端车站隧道风机停止运行, 通过列车运行产生的活塞作用, 利用黄埔路站和徐家棚站的活塞风井对越江区间进行通风换气, 保证区间隧道温度、乘客新风量和区间换气次数的要求。

收稿日期: 2018-04-25 修回日期: 2018-07-04

作者简介: 李香凡, 男, 工程硕士, 高级工程师, 从事轨道交通工程设计与技术研究, 754719734@qq.com

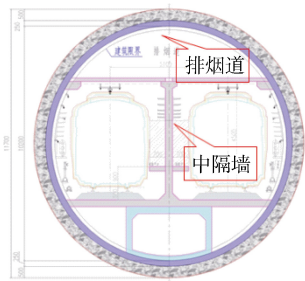


图 1 越江区间隧道横断面

Fig. 1 Transect of the crossing-river tunnel

采用 SES4.1 模拟软件,对隧道正常运营时的温度和新风量进行了计算,结果如表 1 所示,区间温度分布如图 2 所示^[2]。

表 1 越江区间温度、新风量计算结果
Tab. 1 Calculation results of temperature and fresh air in the crossing river tunnel

序号	区间	换气频率/(次/h)			人均新风量/(m³/(h·人))		
		初期	近期	远期	初期	近期	远期
1	左线隧道	3.9	4.3	4.5	409	334	292
2	右线隧道	4	3.4	4.1	415	330	314

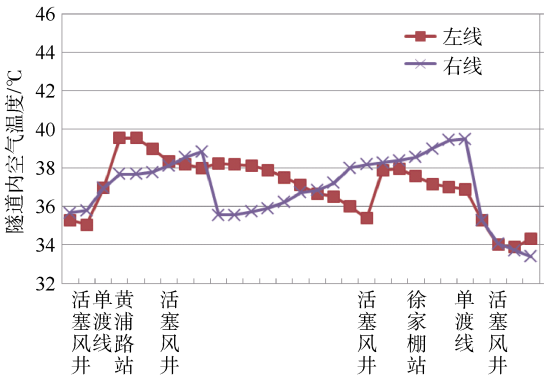


图 2 区间温度分布

Fig. 2 Section temperature distribution

可以看出,越江区间隧道最高温度低于 40℃,换气频率大于 3 次/h,新风量大于 30 m³/(h·人),均满足规范要求^[3-6]。

3 排烟系统

3.1 排烟方案

越江区间隧道长度 3 200 m,远期 2042 年高峰时段列车行车间隔为 2 min,根据行车专业牵引计算结果,越江区间内存在两列车同向运行的可能。在江面上没有条件设置中间风井,参考国内相关城市越江(海)

工程实例^[7-9],利用隧道大盾构顶部富裕空间设置土建排烟道,将列车火灾烟气通过排烟道由黄浦路站大里程端和徐家棚站小里程端的隧道风机排出,排烟道面积 14.7 m²,为此提出了两种排烟方案。

方案 1: 区间中部集中设置排烟口的分段纵向排烟方案(见图 3)。

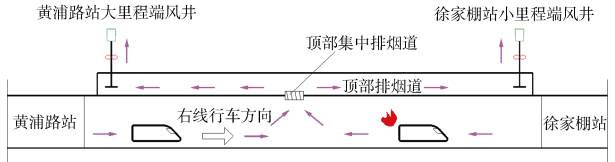


图 3 方案 1: 分段纵向排烟

Fig. 3 Plan 1: subsection longitudinal smoke exhaust

该方案是在排烟道中部对应左右线各设一集中排烟口,排烟口尺寸 20 m²,通过排烟口将左右线区间分为两个通风区段,每个区段长度 1 600 m,小于列车追踪距离 2 000 m,可以保证每个区段内同向只有一列车运行,排烟道分别与黄浦路站大里程端和徐家棚站小里程端隧道风机相连。

列车火灾时采用纵向排烟方式,根据火灾列车位置,通过集中排烟口或黄浦路与徐家棚站隧道风机将烟气排出,可以控制烟气使非火灾列车处于无烟区域,确保人员的安全疏散。

方案 2: 区间均匀分布设置排烟口的半横向排烟方案(见图 4)。

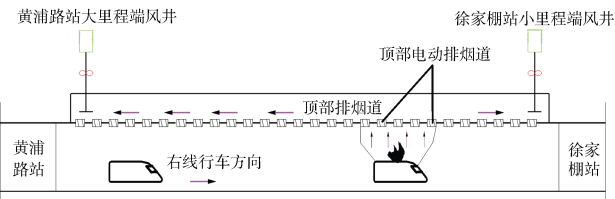


图 4 方案 2: 半横向排烟

Fig. 4 Plan 2: semi horizontal smoke exhaust

该方案是在排烟道内每隔 60 m 设 1 个电动排烟口,单个排烟口尺寸 5 m×1 m,区间列车停在任意位置时,其顶部有 4~5 个排烟口,火灾情况下利用排烟风机产生的吸力,开启 5 个排烟口,全部覆在列车上方,直接排烟,可将火灾列车产生的烟气直接由列车顶部的排烟口经排烟道排出隧道。排烟口均为常闭式的,这种情况下无需知道列车车身何处着火,只要事故列车的停车位置精确,即可就近开启其顶部的 5 个排烟口,同时开启另一侧事故风机送风,把烟气控制在 5 个排烟口之间(180~240 m 范围),以保证人员顺

利向两边疏散。烟方式控制复杂，模式较多，漏风量大，因此推荐采用方案 1。

表 2 为方案综合比选结果。可以看出，半横向排

表 2 方案综合比选结果
Tab. 2 Comprehensive comparison of plans

项 目	方案 1(分段纵向排烟)	方案 2(半横向排烟)
黄浦路大里程、徐家棚小里程隧道风机配置	4(80 m³/s, 1 200 Pa, 160 kW)	4(95 m³/s, 1 200 Pa, 200 kW)
区间排烟道排烟口数量/个	2	108
同时开启排烟口数/个	1	5
排烟口漏风量/(m³/s)	1	26
排烟道漏风量/(m³/s)	44	44
迎面风速/(m/s)	2.5~3.0(满足防灾要求)	2.5~3.0(满足防灾要求)
疏散方向	单方向	双方向
区间隧道火灾模式数量/个	8	100
优点	控制点较少，模式简单，漏风量小	人员可双向疏散
缺点	人员单向疏散	控制点较多，需准确判断列车火灾位置，准确开启火灾上方电动排烟口，漏风量较大，维护工作量大，对风阀安装要求较高，风机风量、功率大

注：风阀漏风量按采用密闭性能优良的风阀考虑，漏风标准为 50 L/m²·s(压差为 1 400 Pa)。

3.2 模拟计算

通过设置集中排烟口，将越江区间分成了 2 个排烟区段，根据行车核算，越江区间内最多只有 2 辆车同向运行，该种设置方式可以保证 2 个区段内只有 1 列车同向运行。采用 SES4.1 模拟软件，对越江区间典型火灾工况(黄浦路站—徐家棚站区间右线火灾)进行了模拟计算。8 号线越江隧道断面积 21.3 m²，周长 17.9 m，隧道净高 4.5 m；黄浦路站—中部排烟口最大纵坡为 2‰，中部排烟口—徐家棚站最大纵坡为 2.74‰；火灾规模 10.5 MW。由公式^[10]计算所得的黄浦路站—中部排烟口区间的临界风速为 2.15 m/s，中部排烟口—徐家棚站区间的临界风速为 2.19 m/s。对典型的火灾工况模拟计算，计算时分别考虑区段一辆列车车尾、车头发生火灾的情况。

3.2.1 火灾工况 1

一辆列车阻塞于中部排烟口—徐家棚站右线区间，另一辆列车停在黄浦路站—中部排烟口右线区间中部。车头发生火灾时，关闭黄浦路站和徐家棚站的排热风机，开启黄浦路站小里程端两台隧道风机对右线进行送风，开启徐家棚站大里程端 1 台隧道风机对右线进行送风，并开启黄浦路站大里程端与徐家棚站小里程端各 1 台隧道风机通过顶部排烟道和中部排烟口对右线进行排烟。火灾列车乘客迎新风方向往黄浦路站疏散，部分乘客可通过联络通道疏散至相邻区间并向车站疏散。火灾区域可以形成 3.19 m/s 的断面风速，大于阻挡烟气回流的临界风速 2.15 m/s；阻塞处风速为 3.60 m/s、温度为 40.3℃，满足设计要求。模拟结果如图 5 所示。

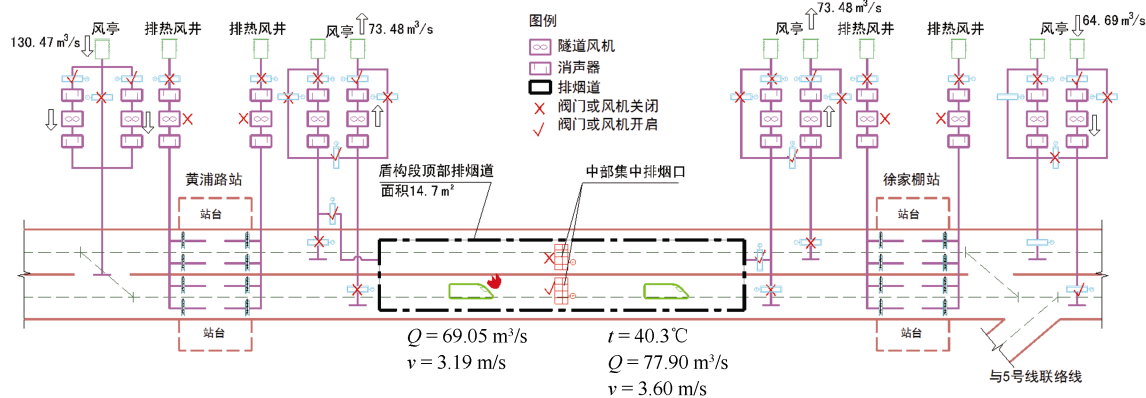


图 5 汉口侧一车车头火灾，武昌侧另一车阻塞
Fig. 5 A headstock fire on the side of Hankou, and train block on the side of Wuchang

当车尾发生火灾时,保持黄浦路站车站排热风机运行,开启该站小里程端1台隧道风机对右线进行排风,开启该站大里程端2台隧道风机对右线进行排烟,同时关闭徐家棚站的排热风机,开启小里程端2台隧道风机对右线送风,开启大里程端1台隧道风机对右线送

风。火灾列车乘客迎新风方向往徐家棚站疏散,部分乘客可通过联络通道疏散至相邻区间并向车站疏散。火灾区域可以形成2.77 m/s的断面风速,大于阻挡烟气回流的临界风速2.15 m/s;阻塞处风速为2.77 m/s、温度为41.1℃,满足设计要求。模拟结果如图6所示。

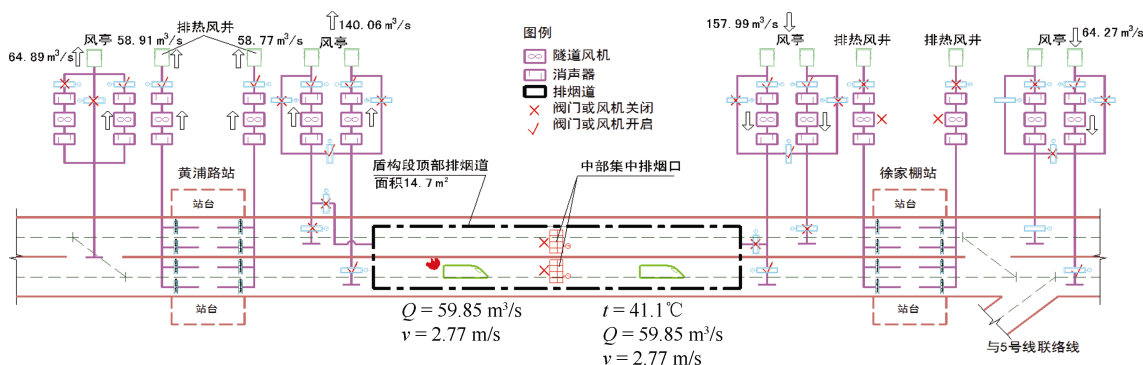


图6 汉口侧一车车尾火灾,武昌侧另一车阻塞

Fig. 6 A tailstock fire on the side of Hankou, and train block on the side of Wuchang

3.2.2 火灾工况2

一辆列车阻塞于黄浦路站—中部排烟口右线区间,另一辆列车停在中部排烟口—徐家棚站右线区间中部。车头发生火灾时,保持徐家棚站车站排热风机运行,并开启该站小里程端2台隧道风机对右线进行排烟,开启该站大里程端1台隧道风机对右线进行排风。同时,关闭黄浦路站的排热风机,开启黄浦路站

小里程端1台隧道风机对右线进行送风,并开启黄浦路站大里程端2台隧道风机对右线进行送风。火灾列车乘客迎新风方向往黄浦路站疏散,部分乘客可通过联络通道疏散至相邻区间并向车站疏散。火灾区域可以形成2.58 m/s的断面风速,大于阻挡烟气回流的临界风速2.19 m/s;阻塞处风速为2.58 m/s、温度为38.7℃,满足设计要求。模拟结果如图7所示。

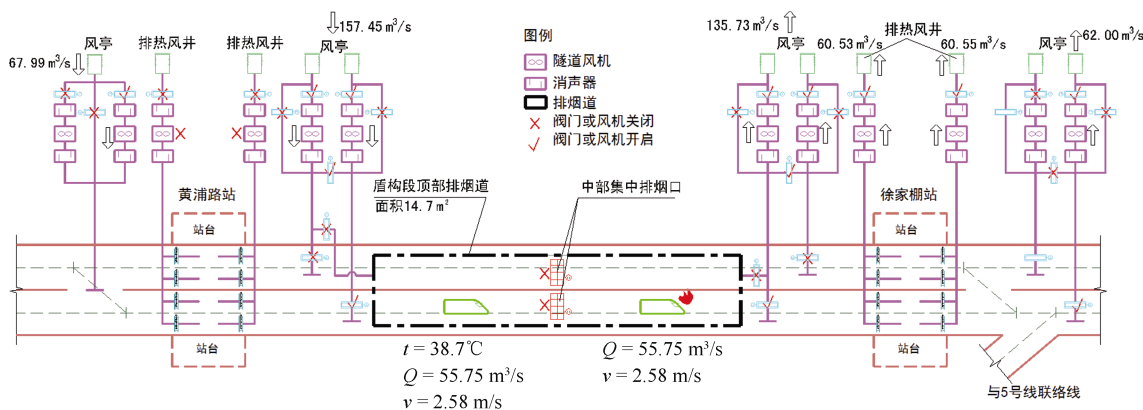


图7 武昌侧另一车车头火灾,汉口侧一车阻塞

Fig. 7 A headstock fire on the side of Wuchang, and train block on the side of Hankou

当车尾发生火灾时,关闭黄浦路站和徐家棚站的排热风机,开启黄浦路站小里程端1台隧道风机对右线进行送风,开启徐家棚站大里程端2台隧道风机对右线进行送风,并开启黄浦路站大里程端与徐家棚站小里程端各1台隧道风机,通过顶部排烟道和中部排烟口对右线

进行排烟。火灾列车乘客迎新风方向往徐家棚站疏散,部分乘客可通过联络通道疏散至相邻区间并向车站疏散。火灾区域可以形成3.18 m/s的断面风速,大于阻挡烟气回流的临界风速2.19 m/s;阻塞处风速为3.66 m/s、温度为38.3℃,均满足设计要求。模拟结果如图8所示。

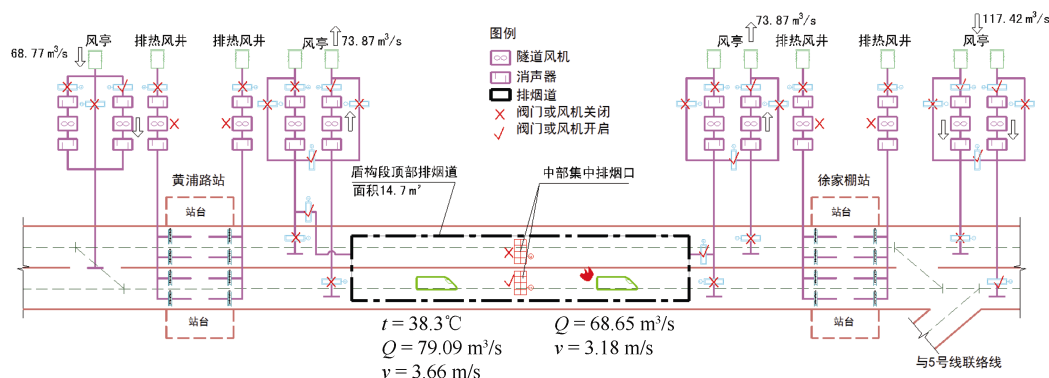


图8 武昌侧另一车车尾火灾, 汉口侧一车阻塞

Fig. 8 A tailstock fire on the side of Wuchang, and train block on the side of Hankou

4 结论

1) 对于大直径盾构越江区间, 在无法设置中间风井的情况下, 可利用顶部富余空间作为专用排烟风道进行排烟。

2) 对越江区间两种典型排烟方案进行了比选, 集中设置排烟口的分段纵向排烟方式具有控制点较少、模式简单、漏风量小等优点, 故推荐采用。

3) 对越江区间典型火灾工况进行了模拟计算, 表明通过风机联合动作, 均可满足火灾排烟风速及人员疏散要求。

参考文献

- [1] 中铁第四勘察设计院集团有限公司. 武汉市轨道交通8号线工程施工图设计[A]. 武汉, 2016.
China Railway Siyuan Survey and Design Group Co., Ltd.. Construction design of Wuhan metro line8[A]. Wuhan, 2016.
- [2] 中铁第四勘察设计院集团有限公司. 武汉轨道交通8号线工程越江隧道专题研究[R]. 武汉, 2013.
China Railway Siyuan Survey and Design Group Co., Ltd.. Research report of cross-river section of Wuhan Metro Line 8[R]. Wuhan, 2013.
- [3] 地铁设计规范: GB 50157—2013[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2014.
Code for design of metro: GB 50157—2013[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2014.
- [4] 城市轨道交通技术规范: GB 50490—2009[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.
Technical code of urban rail transit: GB 50490—2009[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2014.

- [5] 地铁设计防火规范: GB 51298—2018[S]. 北京: 中国计划出版社, 2018.

Code for fire protection design of metro: GB 51298—2018[S]. Beijing: China Plan Press, 2018.

- [6] 城市轨道交通工程设计规范: DB 11/995—2013[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2014.

Code for design of urban rail transit: DB 11/995—2013[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2014.

- [7] 王静伟, 罗辉, 罗燕萍. 地铁隧道早晚通风模式优化研究[J]. 都市快轨交通, 2015, 28(2): 38-40.

WANG Jingwei, LUO Hui, LUO Yanping. Optimieization of ventilation models of subway tunnels in morning and evening time[J]. Urban rapid rail transit, 2015, 28(2): 38-40.

- [8] 张之启. 南京地铁过江隧道通风系统方案研究[J]. 铁道工程学报, 2012, 29(4): 104-107.

ZHANG Zhiqi. Research on ventilation system scheme for river-crossing tunnel of Nanjing Subway[J]. Journal of railway engineering society, 2012, 29(4): 104-107.

- [9] 曹树勇. 青岛地铁2号线过海隧道通风及防排烟设计初步方案[J]. 铁道标准设计, 2010, 30(S2): 56-59.

CAO Shuyong. An approach to the prevention and discharge of smoke for the subsea tunnel in Line 2 in Qingdao[J]. Railway standard design, 2010, 30(S2): 56-59.

- [10] 田峰, 王海桥, 朱祝龙. 单洞特长铁路隧道防灾通风研究[J]. 地下空间与工程学报, 2012, 8(21): 1550-1552.

TIAN Feng, WANG Haiqiao, ZHU Zhulong. Research on fire ventilation of extra-long one-tube railway tunnel[J]. Chinese journal of underground space and engineering, 2012, 8(21): 1550-1552.

(编辑: 王艳菊)