

文章编号:1007-6735(2013)06-0577-04

地铁站轨行区烟控策略研究

徐洪涛¹, 刘坤鹏¹, 杨 茉¹, 严祯荣²

(1. 上海理工大学 能源与动力工程学院, 上海 200093; 2. 上海市特种设备监督检验技术研究院, 上海 200062)

摘要: 针对目前地铁上排热风道普遍采用混凝土风道设计, 漏风的情况比较普遍, 上排热风道进行烟气控制存在一定隐患的问题, 提出了地铁轨行区发生火灾时两种不同的烟气控制策略, 即纵向排烟和横向排烟策略. 利用计算流体力学 CFD 技术辅助进行轨行区的烟气控制策略分析. 提出其对系统设计及乘客安全疏散策略的不同要求, 可为城市地铁的防灾减灾设计提供参考.

关键词: 轨行区; 火灾; 烟控策略; CFD

中图分类号: TK 124 **文献标志码:** A

Study of Smoke Control Strategies at the Track Area in a Subway Station

XU Hong-tao¹, LIU Kun-peng¹, YANG Mo¹, YAN Zhen-rong²(1. School of Energy and Power Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China;
(2. Shanghai Institute of Special Equipment Inspection & Technical Research, Shanghai 200062, China)

Abstract: The OTE(over tunnel exhaust) duct is normally applied to control smoke at the track area in a subway station when the train catches fire. Concrete is widely adopted as the material for the construction of OTE duct and the wind leakage in the OTE duct usually appears. So, utilizing the OTE duct to control smoke makes a hidden danger. Two different smoke control modes, i. e., longitudinal and transverse smoke control strategies, were introduced when there is a fire at the track area of subway station. The system design requirements for the two different smoke control modes and the safe evacuation strategies were proposed. Besides, the analysis of smoke control strategies in the light of computational fluid dynamics (CFD) was also briefly presented. The current research can provide theoretical support for the anti-disaster design of a subway station.

Key words: track area; fire; smoke control strategy; CFD

地铁站轨行区隧道是一个狭长的管状空间, 一旦列车发生火灾, 火灾区域会迅速充满浓烟, 在高温热气压的作用下, 烟气一方面从隧道两侧向外扩散,

另一方面又向地铁车站内部空间扩散. 由于地铁车站出入口少, 客流量大, 内部通道狭长, 近似处于密闭空间, 因此火灾产生的烟气扩散快且毒性大, 使得

收稿日期: 2013-06-19

基金项目: 上海市科委自然科学基金资助项目(12ZR1420900); 上海市质量技术监督局公益科研项目(2012-12)

第一作者: 徐洪涛(1976-), 男, 讲师. 研究方向: 传热传质及数值模拟技术. E-mail: htxu@usst.edu.cn

地铁内乘客疏散和营救难度增大. 1995年阿塞拜疆巴库一地铁着火, 火灾造成558人死亡, 269人受伤^[1]. 2003年韩国大邱市地铁发生的火灾, 导致198人死亡和147人受伤^[2]. 在火灾中, 烟气是导致死亡的主要原因之一. 因此, 地铁站轨行区烟控的基本策略非常重要.

随着计算机技术不断成熟, 计算流体力学CFD技术越来越多地应用于地铁火灾和隧道火灾的模拟分析中. Chen等^[3]以台北一地铁站为模型, 模拟分析不同着火位置下该地铁站已有的机械排烟系统的排烟效果. Zhong等^[4]研究地铁站厅发生火灾时, 通风口高度和防火分区间隔距离对火灾蔓延的影响. 阎丽萍等^[5]利用CFD方法, 对采用不同楼梯结构的站台层内车厢中央位置着火时的烟气扩散进行数值模拟, 比较楼梯结构对防排烟模式的影响. Roh等^[6]模拟研究地铁站台屏蔽门对地铁轨行区火灾烟气传播的作用. 樊洪明等^[7]从烟气流动控制微分方程出发, 利用量纲分析导出建立地铁实验系统的相似准则数, 给出建立模型实验的相似律, 据此建立几何比例为1:8的地铁区间与车站多功能模型实验平台. Tsukahara等^[8]分析讨论在大空间的地铁站内, 当B3层发生火灾时向B4层疏散逃生路径的效果. 梁平等^[9]针对设置有顶棚烟道和未设置顶棚烟道的公路隧道, 在发生火灾时的温度场和CO的分布进行模拟研究. Caliendo等^[10]利用CFD模拟方法分析在弯曲双向隧道内不同工况下重载重物的火势. 主要考虑不同着火点、隧道几何尺寸、射流风机位置以及交通拥挤状况的影响. Ji等^[11]利用大涡模拟分析公路隧道内自然排烟下不同竖井横截面积纵横比的影响.

地铁站轨行区烟气控制通常利用轨顶上排热风道进行, 目前地铁上排热风道普遍采用混凝土风道设计, 漏风的情况比较普遍, 因此利用上排热风道进行烟气控制存在一定的隐患. 本文研究了两种地铁轨行区烟气控制策略, 提出其对系统设计及乘客安全疏散策略的不同要求. 同时以某地铁站轨行区的实际尺寸建立物理模型, 利用计算流体力学CFD技术来分析烟气控制策略. 本文内容可为地铁的防火减灾设计提供理论参考.

1 不同的轨行区烟控策略

根据国内外地铁系统防灾模式, 列车在运行过程中发生火灾时应尽量驶向前方车站, 在前方车站

组织疏散乘客、排除烟气及灭火. 此时站台屏蔽门打开, 活塞风道风阀关闭, 通过开启车站两端配置的隧道通风设备对轨行区烟控, 新风由车站出入口通道和站厅及两端区间补充.

1.1 纵向排烟策略

纵向排烟策略如图1(a)所示. 当驶入车站的列车着火时, 在上排热风道不起作用的情况下, 关闭活塞风道风阀, 运行车站两端配置的隧道风机对车站轨行区进行推拉式排烟. 通风机在隧道一侧送风, 在隧道另一侧排风, 使得热烟气聚集到火灾一侧, 同时通过开启无烟区的屏蔽门, 乘客可从没有烟气聚集的一侧安全逃生.

1.2 横向排烟策略

横向排烟策略如图1(b)所示. 当驶入车站的列车着火时, 通过利用轨行区两端的隧道通风机同时进行排烟, 使得热烟气都聚集到隧道上方, 维持站台起2 m高度以下空间没有烟气, 满足可维生环境的要求^[12]. 屏蔽门开启之后, 乘客就可以从各个屏蔽门安全疏散至站台区.

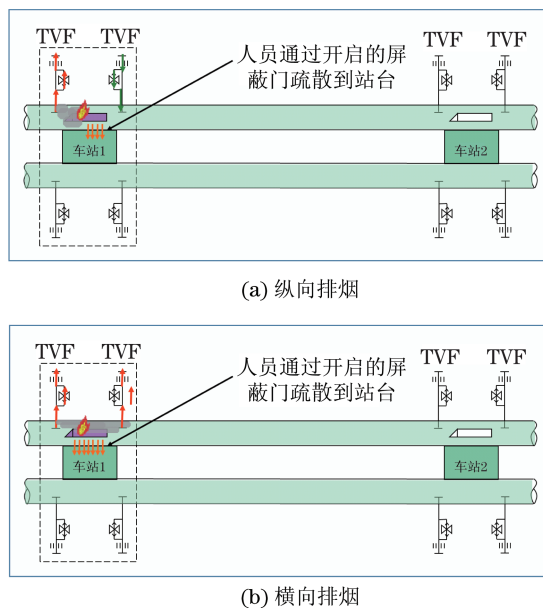


图1 两种不同排烟策略图

Fig.1 Diagrams of two different smoke extraction strategies

1.3 两种烟控策略的比较

纵向排烟策略和横向排烟策略对消防安全要求、乘客疏散要求和屏蔽门要求不尽相同, 其定性比较结果如表1所示.

2 数值计算分析

采用纵向烟控策略时, 风机提供的纵向风速与

表 1 两种烟控策略的比较
Tab.1 Comparison of two smoke control strategies

烟控策略	纵向排烟	横向排烟
示意图		
消防安全要求	纵向风速须不小于临界风速	单侧排风量须满足烟气清晰高度要求
乘客疏散要求	乘客从无烟区屏蔽门逃生	乘客从各个屏蔽门均可逃生
屏蔽门要求	开启无烟气侧屏蔽门,关闭烟气侧屏蔽门	开启全部屏蔽门

临界风速的大小关系决定着烟气的流动方向.采用横向排烟策略时,风机排风需使得站台起 2 m 高度以下的空间满足可维生环境要求^[12],从而能保证乘客安全疏散.图 2 为根据某地铁站轨行区的实际尺寸建立的物理模型.利用数值计算方法分析了当地铁站轨行区发生火灾时,采用不同排烟策略的可维生环境.

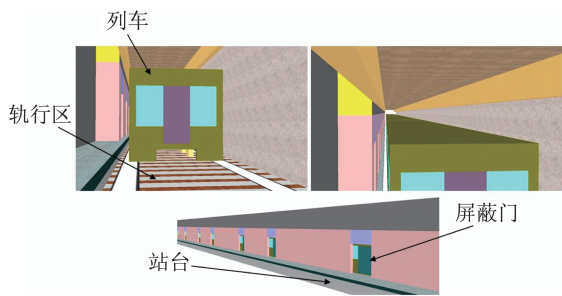


图 2 CFD 模拟物理模型
Fig.2 Physical model for the CFD simulation
烟气模拟结果如图3所示,通过模拟分析可知

当纵向风速为 2.8 m/s 时,烟气能完全控制在火场右侧,乘客可以从左侧无烟区逃生,这与文献[13]中计算得到的临界风速 2.8 m/s 相吻合.图 4 为模拟时间为 600 s 时,在纵向风速为 2.8 m/s 下中间截面的温度场与能见度 V_{is} 模拟结果.由于此时热烟气聚集在火场的右侧,导致这一侧的温度远远高于没有烟气一侧的温度.同时,大量聚集的烟气也使得火灾右侧的能见度降低,火场左侧没有烟气,因此能见度很高,乘客可以看清送风方向路线,逆向逃生.

当采用横向排烟策略时,也对单侧风机排风量进行了模拟分析,以便找出合适的风量达到排烟效果,使得站台起 2 m 高度以下的可维生环境满足安全疏散要求.图 5(见下页)为单侧风机排风量为 5, 10 和 15 m³/s 时的烟气模拟结果.当单侧风机排风量为 5 m³/s 时,大量烟气还聚集在隧道下方,并不能满足要求.当单侧风机排风量为 10 m³/s 时,烟气还是不能完全控制在火场的上方,站台起 2 m

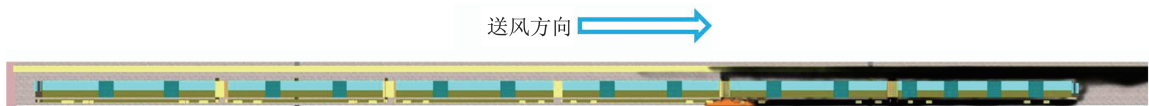


图 3 纵向风速为 2.8 m/s 的烟气模拟结果
Fig.3 Smoke movement at longitudinal velocity of 2.8 m/s

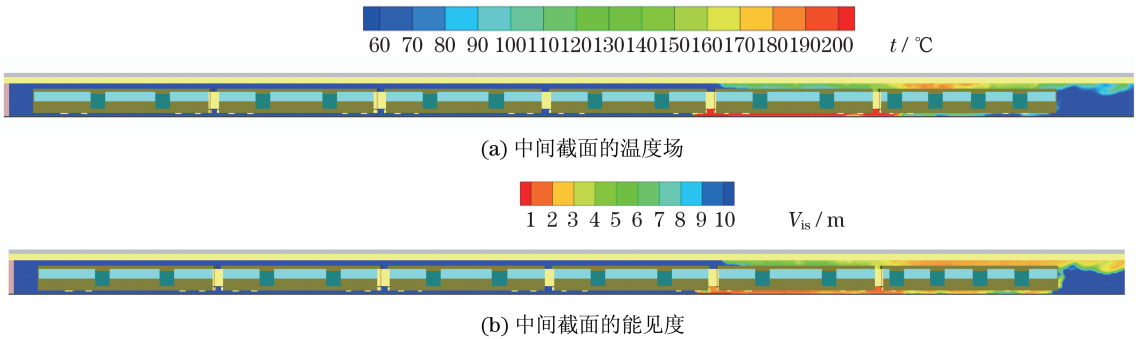


图 4 中间截面的温度场和能见度的模拟结果
Fig.4 Simulation results of temperature field and visibility at middle section

高度仍聚集着大量烟气。当单侧排风量为 $15 \text{ m}^3/\text{s}$ 时,烟气可以完全控制在站台起 2 m 高度以上,人员可以看清逃生线路从而安全逃生。

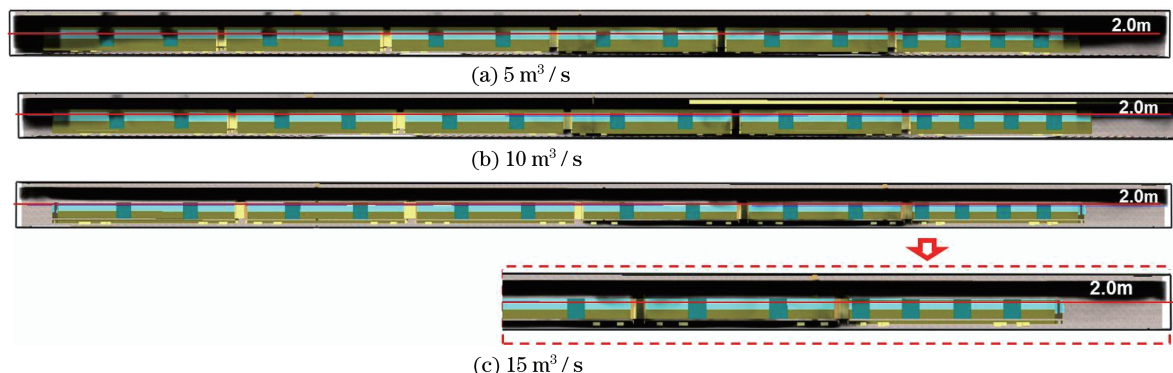


图5 不同单侧风机排风量的烟气模拟结果

Fig.5 Smoke simulation results at different exhaust capacity

3 结 论

地铁站轨行区烟气控制通常利用轨顶上排热风道进行,目前地铁上排热风道普遍采用混凝土风道设计,漏风的情况比较普遍,因此利用上排热风道进行烟气控制存在一定的隐患。

本文研究了地铁轨行区火灾时两种不同的烟气控制策略:纵向通风与横向通风。两种不同通风方式对消防安全要求、乘客疏散要求和屏蔽门要求也不尽相同。此外,利用计算流体力学数值模拟技术,分析烟气控制策略的方法,通过分析可维生环境参数,来确保轨行区烟气能被控制,从而保证乘客能安全疏散。

参考文献:

- [1] Cavallini M, Papagni M F, Preis F W B. Fire disasters in the twentieth century[J]. Annals of Durns and Fire Disasters, 2007, 20(2): 101-103.
- [2] Barillo D J, Wolf S. Planning for burn disasters: lessons learned from one hundred years of history[J]. Journal of Burn Care & Research, 2006, 27(5): 622-634.
- [3] Chen F, Guo S C, Chuay H Y, et al. Smoke control of fires in subway stations [J]. Theoretical and Computational Fluid Dynamics, 2003, 16(5): 349-368.
- [4] Zhong W, Wang H B, Peng W. A Study of optimal arrange of vent in a subway station [C] // Building Simulation, Beijing, 2007: 1262-1264.
- [5] 阎丽萍, 施明恒. 地铁站台层楼梯结构对不同排烟模

式下排烟效率的影响研究[J]. 建筑科学, 2009, 25(11): 126-131.

- [6] Roh J S, Ryou H S, Yoon S W. The effect of PSD on life safety in subway station fire [J]. Journal of Mechanical Science and Technology, 2010, 24(4): 937-942.
- [7] 樊洪明, 赵耀华, 张丹. 地铁区间与车站火灾多功能模型实验平台的研究[J]. 铁道学报, 2010, 32(5): 88-92.
- [8] Tsukahara M, Koshiba Y, Ohtani H. Effectiveness of downward evacuation in a large-scale subway fire using fire dynamics simulator [J]. Tunnelling and Underground Space Technology, 2011, 26(4): 573-581.
- [9] 梁平, 韦良义, 龙新峰. 基于 FDS 的隧道火灾中烟道作用的数值模拟[J]. 交通科学与工程, 2010, 26(1): 53-58.
- [10] Caliendo C, Ciambelli P, De Guglielmo M L, et al. Numerical simulation of different HGV fire scenarios in curved bi-directional road tunnels and safety evaluation [J]. Tunnelling and Underground Space Technology, 2012, 31: 33-50.
- [11] Ji J, Han J Y, Fan C G, et al. Influence of cross-sectional area and aspect ratio of shaft on natural ventilation in urban road tunnel [J]. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2013, 67: 420-431.
- [12] National Fire Protection Association. NFPA 130: standard for fixed guideway transit and passenger rail systems[M]. Englewood: IHS, 2010.
- [13] 沈哲强. 地铁隧道火灾工况下气流临界速度的推导及应用[J]. 地下工程与隧道, 2003(1): 43-45.

(编辑: 金虹)