

文章编号: 1671-6612 (2020) 02-238-05

深埋车站防排烟方案研究

张悦

(广州地铁设计研究院股份有限公司 广州 510010)

【摘要】 随着中国地铁工程建设的铺开, 车站形式越来越复杂, 出现了很多埋深较深的车站。以某站为例, 通过软件模拟和分析, 提出深埋车站防排烟方案的设计关键点和具体方案。对于深埋车站, 站厅层火灾、站台层火灾, 只要排烟风机压头足够, 采用出入口进行补风, 都可以满足防排烟要求。站台层排烟时, 如开启站厅层公共区通风空调系统进行加压送风, 或者把轨道排风口直接设置在站台层公共区都可以起到更好的排烟效果。车站隧道火灾时, 开启区间隧道通风系统进行辅助排烟, 可以满足防排烟要求。如开启站厅层公共区通风空调系统进行加压送风, 可以起到更好的防排烟效果。

【关键词】 地铁; 深埋车站; 防排烟方案; 软件模拟; 分析

中图分类号 U451 文献标识码 A

Deep-buried Metro Station's Smoke Control Analyze

Zhang Yue

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

【Abstract】 With more and more subway projects being built, the form of the stations are becoming more and more complicated, such as deep-buried stations. This article gives some reasonable suggestions of smoke control by the simulation and analyze for the fire station in deep-buried metro station. The results show that the smoke control requirements can be met in deep-buried station, Station Hall Fire and platform fire, as long as the exhaust fan pressure is enough and the inlet and outlet air supply is used. When smoke is discharged from the platform floor, it is better to open the ventilation and air conditioning system of the common area of the platform floor for pressurizing air supply, or to set the track air outlet directly in the common area of the platform floor for smoke extraction. When the station tunnel is in fire, the auxiliary smoke exhaust can be achieved by opening the ventilation system of the interval tunnel. If the ventilation and air-conditioning system of the public area on the floor of the station hall is opened for pressurization, the effect of smoke control and exhaust can be better.

【Keywords】 Subway; deep-buried metro station; smoke control; simulation; analyze

0 引言

随着地铁工程在全国范围内遍地开花, 地铁车站的形式也越来越复杂, 出现了越来越多的埋深较深的车站, 对地铁这种大客流的轨道交通运输体系, 消防疏散方案和车站防排烟设计都提出

了更高的要求。

1 基本工程概况

车站总长 184.7m, 车站暗挖标准段宽 40.4m, 车站采用明暗挖结合的方式。车站为地下五层车

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: 2020-03-10

站,地下一~三层未明挖设备层,地下四层为明挖站厅层,地下五层为暗挖站台层。车站埋深较深,站厅层位于地下4层,站台层位于地下5层,站厅到站台的电扶梯提升高度约为26.5m,站厅到地面的提升高度约24m。站厅层公共区面积为1520m²,站台层公共区面积为1186m²。车站共有4个出入口,其中3个口经由同一处连接主体建筑,长度超过60m。受车站外界条件限制,该站小里程端采用双活塞通风系统,大里程端采用单活塞通风系统,隧道风机风量为60m³/s,900Pa;轨道排风机风量为40m³/s,600Pa。站厅分为2个防烟分区,长出入口通道划分为一个防烟分区,站台划分为2个防烟分区。

从上述情况可见,设备区层数较多,但是对于每层设备房其防排烟设计均可以参照《地铁设计规范》^[1]的相关内容。公共区的烟控策略方案是本次设计的重点和难点。

2 工况模拟与分析

在地铁设计中,一般都是将站厅、站台相连设计,其间设置楼扶梯相连;除少数车站外,站厅与站台一般设在不同楼层内,将站厅和站台作为一个防火分区处理。如站厅发生火灾,只对站厅进行排烟,站台火灾时,只对站台进行排烟,并保证楼扶梯口具备不小于1.5m/s的向下风速^[1]。本文中提到的某站的建筑特点是,站厅采用明挖工法,站台采用暗挖工法,站厅到站台设置扶梯。站厅到地面的提升高度较高,达到约24m,站厅到站台的提升高度较高,达到约26m。提升高度高,疏散距离长,这些都是本站对于防排烟不利的因素^[9]。如何克服这些不利因素,确保火灾时,将烟气有效控制在一定区域,不向相邻区域蔓延,乘客能在烟气发展到人体耐受极限条件之前安全疏散到安全区域就是本站防排烟的重点任务。

考虑某站埋深较深,会导致排烟阻力增大,考虑主要通过两方面途径解决,一方面加大排风机压头,另一方面减少火灾时的补风阻力。本站设计考虑了2个方案解决上述问题。下面对两个方案进行比较分析。

方案1:公共区排风机根据一个防烟分区的建筑面积按60m³/(h·m²)计算,当排烟设备需要同时排除两个或两个以上防烟分区的烟量时,其设备能力按排除所负责的防烟分区中最大的两个防烟分区的烟量配置。排烟风机的压头按克服整个排烟风路进行设计,并考虑1.2倍的安全系数^[1]。站厅或站台火灾均考虑利用出入口自然补风。站台火灾时,同时开启着火侧站台的一侧站台门首尾两道滑动门,利用区间隧道通风系统和车站隧道通风系统进行辅助排烟,确保站厅到站台的楼扶梯口的风速不低于1.5m/s^[1]。车站隧道火灾考虑开启车站隧道风机进行排烟,并开启区间隧道风机进行辅助排烟。新风井、出入口与排风井及活塞风井间距按不小于10m控制^[1]。

方案2:在方案1的基础上,采取一定的加强措施。车站站台排烟时,开启站厅送风系统,减少火灾时的补风阻力^[8]。为减少车站隧道排风系统阻力,考虑轨道排风系统直接在公共区开设排烟风口。新风井、出入口与排风井及活塞风井间距按不小于20m控制,且排风口和活塞风口处于常年主导风向的下风向,防止串烟。

根据国外经验,选择以下的火灾环境判定标准为人员生命安全指标:

(1)如果热烟层距地板高度大于2m,则热烟层的温度不超过180℃;

(2)如果热烟层距地板高度小于2m,则热烟层的温度不超过60℃,且能见度不小于10m;

(3)如果热烟层距地板高度小于2m,CO₂浓度不得超过1%(体积百分比)。CO浓度不超过500ppm^[2]。

地铁车站内一般可燃物较少,装饰材料和电子设备一般都是采用不燃材料制作,固定的可燃物较少。公共区域发生火灾一般考虑乘客行李起火。本模拟中选取公共区行李火灾1.5MW的火灾规模,车站隧道火灾选取7.5MW的火灾规模进行模拟计算^[3-7]。根据疏散计算结果,乘客从站厅疏散到地面按139s计算,从站台到站厅的疏散时间按354s计算,模拟时间为1800s。选取多组火灾场景进行模拟。火灾场景统计如下。

表 1 火灾场景统计表
Table 1 Statistics of fire scenes

场景	火源位置	火灾增长速率 (kW/s ²)	火灾规模 (MW)	排烟系统				备注
				站厅排烟	站台排烟	隧道及轨顶排烟	补风系统	
A1	A 火源位于站台公共区域		1.5	开启	关闭	关闭	自然补风	方案 1
B1					开启	开启	自然补风	方案 1
B2	B 火源位于站台公共区域	0.0469	1.5		开启	开启	站厅送风 + 自然补风	方案 2
B3				关闭	开启	开启, 站台层直接设置轨系统烟口	站厅送风 + 自然补风	方案 2
C1	C 火源位于车站					开启	自然补风	方案 1
C2	隧道区域		7.5		联动开启	开启	站厅送风 + 自然补风	方案 2

计算采用 CFD 软件进行模拟分析, 计算模型视图如计算模型网格图 1 所示。

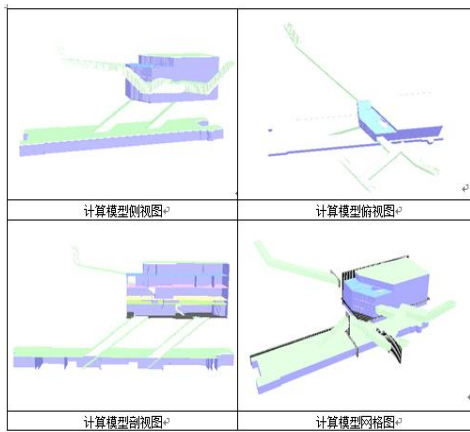


图 1 计算模型网格图

Fig.1 Computational model network diagram

根据计算模型对各火灾场景进行模拟分析。火灾场景 A1 模拟分析结果如图 2~7 所示。

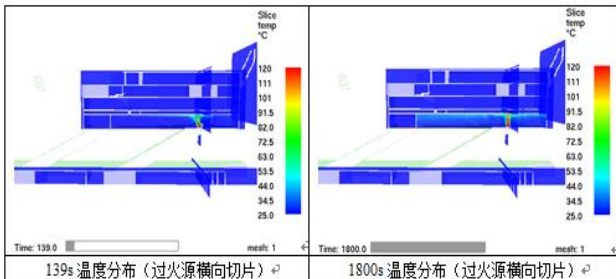


图 2 烟气温度分布图

Fig.2 Smoke temperature distribution map

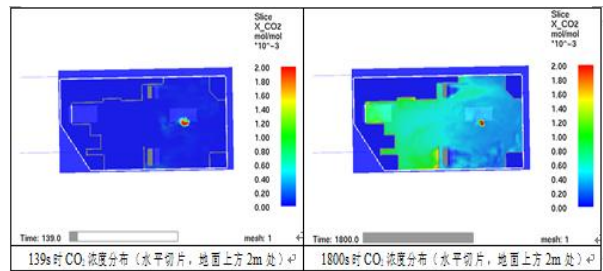


图 3 CO₂ 的浓度分布图

Fig.3 Carbon dioxide concentration profile

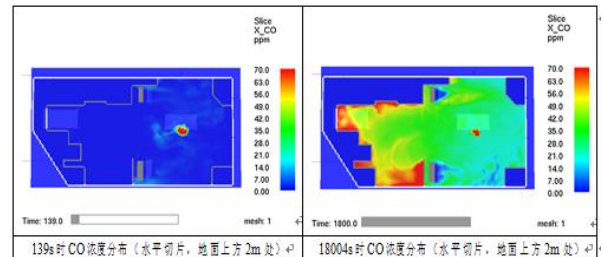


图 4 CO 的浓度分布图

Fig.4 Carbon monoxide concentration profile

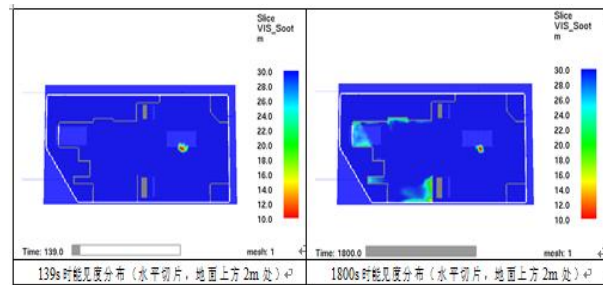


图 5 能见度分布图

Fig.5 Visibility map

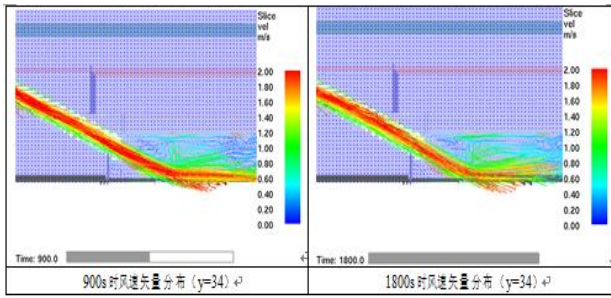


图 6 风速矢量分布图

Fig.6 Wind speed vector distribution map

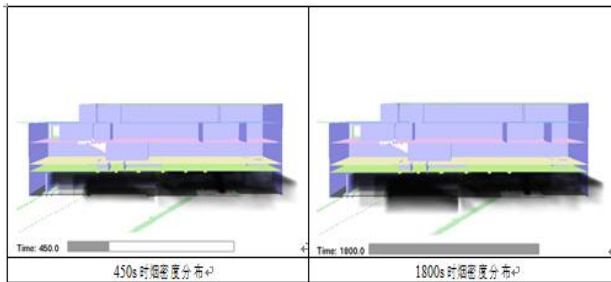


图 7 烟密度分布图

Fig.7 Smoke density distribution map

烟气温度的模拟结果：模拟结束 1800s 时，站厅层的上层烟气温度达到 53℃左右，下层烟气温度达到 31℃左右。

CO₂ 浓度的模拟结果：模拟结束 1800s 时，站厅层距离地面上方 2m 处的 CO₂ 浓度为 0.12%。

CO 浓度的模拟结果：模拟结束 1800s 时，站厅层距离地面上方 2m 处的 CO 浓度为 70ppm。

能见度的模拟结果：模拟结束 1800s 时，站厅层距离地面上方 2m 处的能见度降至 25m。

风速矢量的模拟结果：模拟结束 1800s 时，站厅层的两处楼扶梯通道的风速分别为 1.5m/s，2.0m/s。

烟气蔓延情况：在开启站厅公共区的排烟系统，通过通往地面的出入口进行补风的情况下，烟气能够控制在起火站厅公共区，没有向下蔓延至站台公共区，站厅层的两处楼扶梯通道形成的下行风速，能够阻止烟气通过楼扶梯通道蔓延。

按以上分析方法，对各场景进行模拟分析与对比，结果如表 2、表 3 所示。

表 2 站台层火灾场景模拟结果

Table 2 Simulation result of fire scene on platform floor

1800s 结束时模拟结果		B1 场景	B2 场景	B3 场景
烟气温度 (°C)	上层	46	47	54
	下层	40	42	32
CO ₂ 浓度	站厅	无明显变化	无明显变化	无明显变化
	站台层距离地面	0.20%	0.20%	0.20%
CO 浓度	上方 2m 处站厅	无明显变化	无明显变化	无明显变化
	站台层距离地面	140ppm	140ppm	140ppm
能见度	上方 2m 处站厅	无明显变化	无明显变化	无明显变化
	站台层距离地面上方 2m 处	13m	13m	24m
风速矢量	站台层的楼扶梯通道	3m/s	3.4m/s	2.5m/s
烟气蔓延情况		没有蔓延至站厅公共区，楼扶梯通道形成的下行风速，能够阻止烟所占通过楼扶梯通道蔓延	没有蔓延至站厅公共区，楼扶梯通道形成的下行风速，能够阻止烟所占通过楼扶梯通道蔓延	没有蔓延至站厅公共区，楼扶梯通道形成的下行风速，能够阻止烟所占通过楼扶梯通道蔓延

表 3 车站隧道火灾场景模拟结果

Table 3 Simulation result of fire scene on station tunnel

1800s 结束时模拟结果		C1 场景	C2 场景
烟气温度 (°C)	站厅/站台	无明显变化	无明显变化
CO ₂ 浓度	站厅/站台	无明显变化	无明显变化

续表 3 车站隧道火灾场景模拟结果

1800s 结束时模拟结果		C1 场景	C2 场景
CO 浓度	站厅/站台	无明显变化	无明显变化
能见度	站厅/站台	无明显变化	无明显变化
风速矢量	站台层的楼扶梯通道	2.9m/s	3.2m/s
烟气蔓延情况		烟气能够控制在起火站台公共区，没有蔓延至站厅公共区。下行风速，能够阻止烟所占通过楼扶梯通道蔓延	烟气能够控制在起火站台公共区，没有蔓延至站厅公共区。下行风速，能够阻止烟所占通过楼扶梯通道蔓延

从以上分析结果可以看出，方案 1 和方案 2 防排烟系统设计均能够满足消防烟控要求，即：控制站台层（或站厅层）火灾的烟气不会蔓延到站厅层（或站台层）；疏散楼扶梯和出入口不受烟气侵袭，且下行风速不低于 1.50m/s。

站厅层采用机械送风与自然进风相结合的措施后，可有效加强楼扶梯口处的向下风速。站台层火灾时，为提高轨顶排烟系统作为有效的辅助排烟措施，轨顶排烟系统增设排烟支管通向站台公共区后，可有效降低 2m 以下的烟气温度的，降低 CO 浓度，显著提高能见度，可有效降低火灾烟气对乘客的影响。

3 结论与建议

虽然方案 1 可以满足防排烟的需求，考虑深埋车站的特殊性，建议采取方案 2 的措施对防排烟系统进行加强。针对深埋车站防排烟的主要结论如下：

(1) 车站站厅层火灾时，针对站厅层进行排烟，出入口自然补风；

(2) 车站站台层火灾时，针对站台层进行排烟，站厅层加压送风，出入口自然补风，轨排风和区间隧道通风系统开启辅助排烟，有条件的情况下，直接在站台层设置轨排风的风口，加速排烟；

(3) 车站隧道发生火灾时，针对车站隧道进行排烟，区间隧道通风系统开启辅助排烟，站厅层加压送风，出入口自然补风；

(4) 对于车站新、排风井的间距，及出入口与排风井的间距建议不小于 20m，防止窜烟。

参考文献：

- [1] GB50157-2013,地铁设计规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2013.
- [2] 李国辉.澳大利亚性能化设计评估方法[J].消防科学与技术,2016,35(6):747.
- [3] 史聪灵,钟茂华,涂旭炜,等.深埋地铁岛式站点火灾时烟气蔓延数值分析[J].中国安全科学学报,2006,16(3):17-22.
- [4] 史聪灵,钟茂华,涂旭炜,等.深埋地铁岛式站点火灾模型实验研究(3)-站台火灾[J].中国安全生产科学技术,2006,2(3):33-38.
- [5] 史聪灵,钟茂华,涂旭炜,等.深埋地铁岛式站点火灾模型实验研究(2)-列车火灾[J].中国安全生产科学技术,2006,2(2):14-18.
- [6] 史聪灵,钟茂华,涂旭炜,等.深埋地铁岛式站点火灾模型实验研究(1)-实验设计[J].中国安全生产科学技术,2006,2(1):3-10.
- [7] 高俊霞,史聪灵,钟茂华.深埋地铁防排烟设计研究[J].中国安全生产科学技术,2006,2(6):39-44.
- [8] 梁强,魏东.正压送风防烟在地铁车站应用的模拟分析[J].安全与环境学报,2011,11(4):226-230.
- [9] 周敏,熊木衡,等.南宁市轨道交通 3 号线工程(科园大道-平乐大道)可行性研究报告[R].北京城建设计发展集团股份有限公司,2014.