

# 高层建筑“走廊—前室缓冲区”防火效果的数值分析

何嘉鹏<sup>a,b</sup>, 李静娴<sup>a,b</sup>, 周 汝<sup>a,b</sup>, 许晓磊<sup>a,b</sup>

(南京工业大学 a. 城市建设与安全工程学院; b. 江苏省城市与工业安全重点实验室, 南京 210009)

**摘要:**在高层建筑火灾研究中,随着前室正压送风研究的深入,发现其存在着一些缺陷。于是提出在走廊段设置“走廊—前室缓冲区”的方式来改善传统正压送风模式。采用 Fire Dynamic Simulation(FDS)场模拟软件模拟长廊型高层建筑模型。设置 8 组工况进行分析,比较各种工况下烟气的温度分布,浓度分布,并通过模拟设计出最佳的参数值。结果显示,在一定范围内,当排烟量为定值,空气幕射流速越低且正压送风越高时越好;当空气幕为定值,缓冲区机械排烟口排烟量越低越好。比较发现工况 4 参数最佳,其机械效率也是最高为 74.06%。从而说明前室加压送风,缓冲区防烟空气幕与机械排烟组合的搭配能够较好的体现出“走廊—前室缓冲区”思想,能够更好的便于火灾时人员疏散,并且提供较高的排烟效率,保证走廊内烟气的及时排出。

**关键词:**高层建筑;烟气控制;数值模拟;缓冲区

**中图分类号:**X924.4   **文献标志码:**A   **文章编号:**1674-4764(2011)01-0098-07

## Simulation of Evacuating Buffer in High-rise Building Fires

He Jia-peng<sup>a,b</sup>, Li Jing-xian<sup>a,b</sup>, Zhou Ru<sup>a,b</sup>, Xu Xiao-lei<sup>a,b</sup>

(a. School of Urban Construction and Safety Engineering; b. Jiangsu Key Laboratory of Urban and Industrial Safety, Nanjing University of Technology, Nanjing 210009, P. R. China)

**Abstract:** Buffer zone set between aisle and anteroom is proposed to improve the traditional mode of pressurizes mechanic smoke extraction. Fire Dynamic Simulation is used to simulate the model of high-rise fire. Eight models are set and analyzed, in which the smoke temperature distribution and concentration distribution are compared, and the best parameters is worked out. The result shows, when exhaust smoke volume is constant, the velocity of air curtain is as low as possible; when the volume of air curtain is constant, the smoke volume is as low as better. Based on the comparison, it is found that the smoke removal efficiency of mode 4 is the best one, which is about 74.06%. The evacuating buffer not only can let smoke out timely, but also can guarantee safe personnel evacuation.

**Key words:** high-rise building; smoke control; numerical simulation; evacuating buffer

随着国民经济的迅速发展,高层建筑如雨后春笋般崛起,一旦发生火灾就给消防工作带来极大的困扰和危机,也将给人们的生命安全和财产带来巨大损失。从 2005 至 2007 年,中国高层建筑的火灾就发生约 37 725 起,死亡人数约为 1 195 人,直接经济损失高达约 41 464.8 万元<sup>[1]</sup>。其中多数是由于窒息、吸入烟尘、一氧化碳中毒而死亡。因此,具有

高效防火效果的防排烟措施是研究的重要课题之一。近几年来,机械加压送风技术已广泛应用在高层建筑防烟方面,在保证楼梯和前室的疏散安全上,该系统具有一定优势。该系统是由送风机所产主的气体流动和压力差来控制烟气的流动,即要求烟气不侵入的地区增加该地区的压力,一般与走廊机械排烟系统配合使用<sup>[2]</sup>。

收稿日期:2010-06-20

基金项目:江苏省自然科学基金(BK2008369);江苏省博士后科研资助计划(100201PC)

作者简介:何嘉鹏(1957-),男,教授,主要从事建筑防火与防烟技术研究,(E-mail)hjphlyll@njut.edu.cn。

近来,许多专家和工程设计人员对加压送风系统设计数据的可靠性,加压送风系统的实际运行效果,防排烟系统设计、运行和管理中存在的问题以及它们所产生的后果,提出了质疑<sup>[3]</sup>。特别在实际火灾中,其存在着明显的缺陷:火场中,烟气常在前室前聚积,影响人员疏散时的能见度;若前室门是闭合的,弱势群体疏散时不易推开门逃生;此外,由前室送入的新鲜空气如果扩散至走廊,会影响走廊段的排烟效率,笔者针对这 3 个问题提出在走廊段设置“走廊-前室缓冲区”来改善传统的前室正压送风防排烟方式。

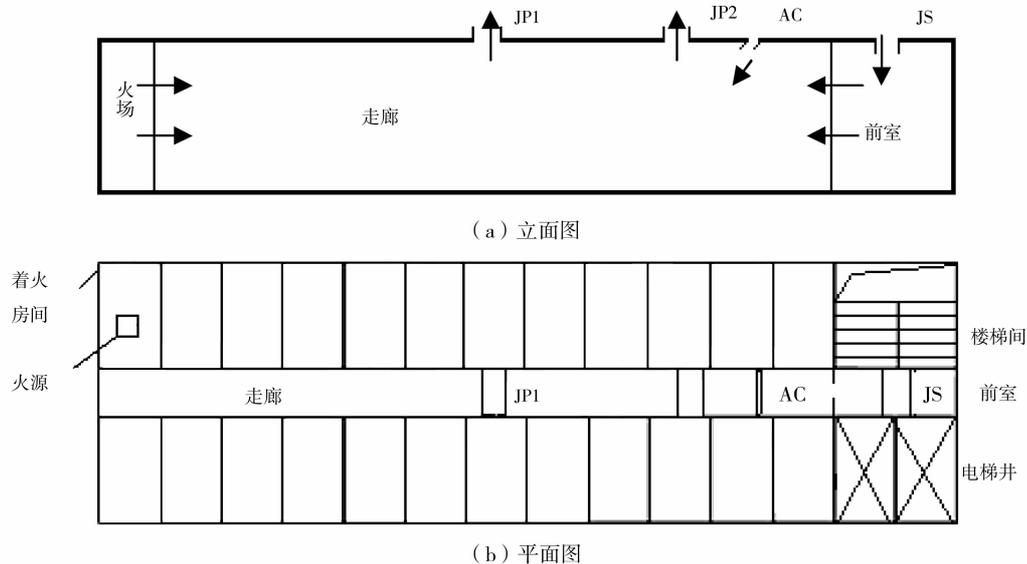
论文利用火灾动力学程序 Fire Dynamic Simulation(FDS)场模拟软件<sup>[4]</sup>对长廊型建筑模型进行研究,其前室进行正压送风,对比走廊段是否设

置缓冲区的工况,提出最佳参数设置的结果。

## 1 物理模型和工况设置

### 1.1 物理模型

根据高规<sup>[5]</sup>要求建立某高层建筑模型,长、宽、高分别为 33 m、8.8 m 和 54 m 的 11 层高层建筑,每标准层建筑高 3 m,疏散通道长、宽、高分别为 30 m、1.6 m、2.5 m,单室进深为 3.6 m,如图 1 所示。着火楼层选取第 3 层,环境温度为 293 K<sup>[6-7]</sup>。楼层地面和墙壁材料为混凝土,热边界条件为热厚层,热物性可以从 FDS 数据中获得。假定逃生最不利房间为着火房间,内置 841 mm×595 mm 的油盘,燃料为甲醇,火源功率约为 338 kW<sup>[8]</sup>。



注:JP1 为排烟风机;JP2 为排气风机;AC 为防烟空气幕;JS 为前室正压送风风机。

图 1 着火层建筑图

### 1.2 工况设置

前室采用加压防烟,流速法<sup>[9]</sup>计算出总送风量为 7 689 m<sup>3</sup>/h。考虑到走廊段自身的排烟需要,设置一个机械排烟风机 JP<sub>1</sub>,距火源 14 m 处,排烟量按高规<sup>[5]</sup>要求计算为 3 240 m<sup>3</sup>/h,风速 1.9 m/s。再缓冲区外设置排烟风机 JP<sub>2</sub>,用来排出前室多余新鲜空气。因为火灾发生时人员逃生前室常处于敞开

状态<sup>[10]</sup>。论文假设其状态为常开,更符合火灾实际状况,而实际设计时设有乙级防火门。由于开门状态会对火场产生的影响,考虑使用防烟空气幕作为隔断分区,将垂向气流代替走廊与前室之间的横向气流。文中的防烟空气幕宽为 0.07 m<sup>[11]</sup>的,其倾角均为 30 度<sup>[12]</sup>。其它工况主要针对缓冲区数值模拟而设计,具体工况及参数数据如表 1。

表 1 防排烟工况表

防排烟设置	排烟口 JP <sub>1</sub> 排烟量/ (m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )	排气口 JP <sub>2</sub> 排烟量/ (m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )	总排烟 量 Q <sub>1</sub> / (m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )	空气幕 AC 送风量/ (m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )	正压防烟 JS 送风量/ (m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )	总送风 量 Q <sub>2</sub> / (m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )	气幕与排 气口距离/ m	气幕与前 室距离/ m	着火位置
工况 1:正压防烟	3 240	—	3 240	—	7 689	7 689	—	/	离前室最远房间
工况 2:正向和垂向空气幕共作用	3 240	—	3 240	5 126	2 563	7 689	—	2	离前室最远房间

续表 1

防排烟设置	排烟口 JP <sub>1</sub>	排气口 JP <sub>2</sub>	总排烟	空气幕 AC	正压防烟	总送风	气幕与排	气幕与前	着火位置	
	排烟量/ (m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )	排烟量/ (m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )	量 Q <sub>1</sub> / (m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )	送风量/ (m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )	JS 送风量/ (m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )	量 Q <sub>2</sub> / (m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )	气口距离/ m	室距离/ m		
缓冲区防烟及其影响因素	工况 3:缓冲区防烟	3 240	1 281	4 521	5 126	2 563	7 689	2	2	离前室最远房间
	工况 4:正压送风量影响	3 240	1 281	4 521	2 563	5 126	7 689	2	2	离前室最远房间
	工况 5:气幕与排烟口距离影响	3 240	1 281	4 521	2 563	5 126	7 689	1	2	离前室最远房间
	工况 6:气幕与前室距离影响	3 240	1 281	4 521	2 563	5 126	7 689	2	1	离前室最远房间
	工况 7:排烟量影响	3 240	2 563	5 803	2 563	5 126	7 689	2	2	离前室最远房间
	工况 8:不同着火房间影响	3 240	1 281	4 521	2 563	5 126	7 689	2	2	缓冲区内房间

注:JP<sub>1</sub>为排烟风机;JP<sub>2</sub>为排气风机;AC为防烟空气幕;JS为前室正压送风风机。

## 2 数值模拟

论文采用美国国家标准技术研究院 National Institute of Standards and Technology(NIST)开发的场模拟程序 FDS<sup>[4]</sup>。FDS 是一种火焰驱动流体流动的计算流体力学(CFD)模型。采用数值方法求解一组描述热驱动的低速流动的 Navier-Stokes 方程(粘性流体方程),重点是计算火灾中的烟气流动和热传递过程。该软件把设定空间分成多个小的三维矩形控制体或计算单元,计算每个单元内气体密度、速度、温度、压力和组分浓度用质量守恒、动量守恒和能量守恒的偏微分方程来近似有限差分,通过对同一网格使用有限体积技术来计算热辐射、流体流动中存在湍流现象,追踪预测火灾气体的产生和移动,并结合家具、墙壁、地板和顶棚的材料特性来计算火灾的增长和蔓延。模拟求解后可获得相关测量点处温度、CO 浓度、CO<sub>2</sub> 浓度、O<sub>2</sub> 浓度、能见度等一系列数据。

模拟计算使用的 FDS 版本为 FDS4。对走廊空间实验台的模型进行对比模拟。并且使用大涡模拟(LES)方法处理湍流流动<sup>[13]</sup>。模型简化的基本方程见式(1)、(2)。

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot \rho u = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho Y_l) + \nabla \cdot \rho Y_l u = -\rho Y_l \nabla \cdot u + \nabla \cdot \rho D_l \nabla Y_l + W_l'' \quad (2)$$

其中, $\rho$ 为烟气密度; $u$ 为速度矢量; $Y_l$ 为组分 $l$ 的质量分数; $D_l$ 为组分 $l$ 的传质系数; $W_l''$ 为组分 $l$ 的生成速率。

FDS 模拟时,对着火楼层这个计算空间进行网格加密<sup>[14]</sup>,其计算基本单位尺寸为 $0.1 \times 0.1 \times 0.1$ 。初始温度设置为 293 K,并且在走廊地面的中心线上,每隔 2 m 设置一个热电偶树,每个热电偶树上布

置 15 个热电偶,用来观察烟气层温度和浓度在垂直方向随时间的变化。各工况的模拟时间均为 400 s。实验时的烟气迁移处于稳定平衡状态。

## 3 模拟结果分析

### 3.1 数值模拟判据

**3.1.1 时间判据** 根据性能化防火设计的思路,保证建筑物内人员安全疏散,人员疏散所需时间必须小于火灾发展到危险状态的时间,即必须安全疏散时间小于可用安全疏散时间。

火灾发生后,房间内客人只能通过前室进入楼梯间,建筑内安装火灾报警装置,火灾发生后 60 s 报警,人员在房间内行走速度为 1.0 m/s,在走廊内行走速度为 0.5 m/s,确认反应时间为 120 s<sup>[15]</sup>,计算得到该楼层最大所需安全疏散时间为 242 s(离前室最远的房间所需要的安全疏散时间),取 240 s 为判定依据。

**3.1.2 温度判据** 大量的研究表明:人体对高温烟气的忍耐是有限的。在 65℃ 时,可短时忍受;在 120℃ 时,15 min 内就将产生不可恢复的损伤;在 140℃ 时约 5 min,170℃ 时约 1 min。结合烟层高于人眼特征高度时(通常 1.2~1.8 m),若上部烟气的热辐射强度已对人产生危害就认为到了危险状态,文献[7]表明此值为 180℃ 时便构成了危险,即 453 K,文中取 1.6 m 处分析比较不同烟气状态。

**3.1.3 浓度判据** 烟气中的有毒有害气体是对人员最直接的伤害,当室内 CO<sub>2</sub> 浓度高于 5 000 ppm,就容易造成窒息死亡;火灾时 CO 的疏散条件浓度为 2 000 ppm,低于此浓度就可能造成中毒。因此本文取 CO<sub>2</sub> 浓度为 5 000 ppm,CO 浓度为 2 500 ppm 作为人员逃生危险判据。

**3.1.4 排烟效率计算** 机械排烟效率被定义为机械排烟量与烟气生成量的比值<sup>[8]</sup>,如下式所示:

$$\eta = \frac{m_e}{m_p} \times 100\% \quad (3)$$

其中,机械排烟风机的排烟速率  $\dot{m}_e$  可以通过下式来进行计算:

$$\dot{m}_e = \rho_s \dot{V}_e = \frac{1.29 \times 273}{T_s + 273} v A_e \quad (4)$$

进入烟气层的羽流质量卷吸速率功  $\dot{m}_p$ , 一般可以表示为烟气层高度  $Z$  和火源功率  $\dot{Q}$  的函数:

$$m_p = f(Z, \dot{Q}) \quad (5)$$

### 3.2 防烟空气幕设置

考虑前室门在文中为常开状态,火灾发生60 s后,仅采用正压防烟的工况1中,烟气已经扩散到前室,如图2(a)所示,而设置防烟空气幕的工况2,保

证前室在短时间内无烟气流入;工况1在43 s时,仅前室处温度已经达320 K,300 s内最高达到405 K。而工况2在前室处始终保持室温,保证前室的疏散安全。说明使用防烟空气幕效果明显,能够在短时间阻止烟气侵入前室,给人员疏散提供较充足的时间。但是同时发现工况2的走廊段的平均温度高于工况1,其排烟效率大大降低。因此,仅设置防烟空气幕作为前室和走廊的隔断是不够的。完整的“前室-走廊缓冲区”的设置,一方面希望前室门前的能见度提高,方便人员疏散,一方面希望改善走廊段的平均温度,提高走廊内的排烟机的机械效率。

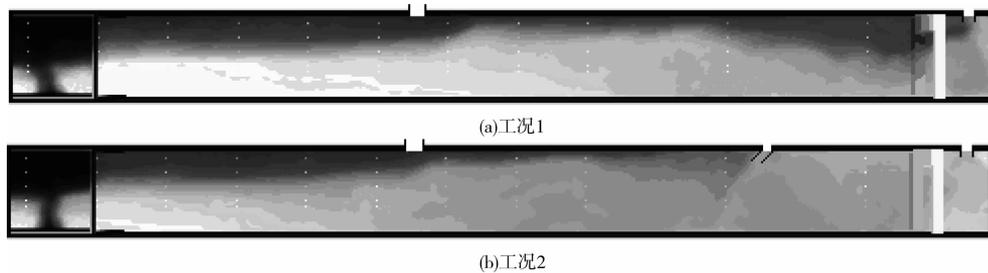


图2 工况1和工况2在60 s时烟气扩散图

### 3.3 缓冲区设置

**3.3.1 “前室-走廊缓冲区”的设置** “前室-走廊缓冲区”的完整设想是在前室前设置一段无烟区,通过防烟空气幕作为隔断划分缓冲段和走廊段,并且在气幕前设置排烟口,排出多余的新鲜空气,以免影响火场机械排烟效率。其设置图如图1(a)。将其与无排气口状态下的缓冲区比较,如图3。

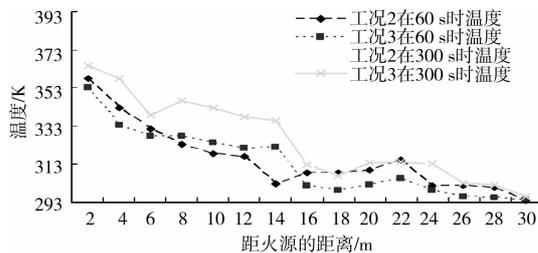


图3 工况2和工况3在1.6 m处温度分布

图3讨论的是2种烟气控制模式组合下的缓冲区,在1.6 m高处60 s和300 s时温度的分布。工况3为机械排烟与防烟空气幕组合下的缓冲区,其走廊段60 s的平均温度为313 K,240 s的平均温度为321 K,分别比不设机械排烟的缓冲区的工况2低16 K和21 K。工况3在排烟口和缓冲区后温度都明显降低。在排烟口前后温差较大,主要是由于大量高温热烟气通过排烟口排出,且走廊内的烟气

量和排烟量相差较小,使得排烟口前后烟气浓度相差加大,形成分界点;烟气通过缓冲区时,由于空气幕射流速度较快,使得烟气卷吸较为充分,因此温度下降较快。同样,当烟气通过前室时,和前室正压空气相混合卷吸,因此温度继续下降。从而形成二级降温过程。

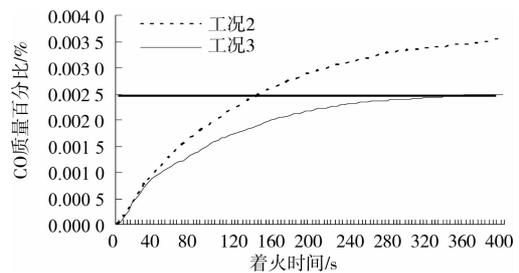


图4 工况2和3在走廊内CO质量浓度

图4讨论的是2种缓冲区基本烟气控制模式下CO的质量浓度。随着时间的变化,CO浓度不断增加。其中,工况2的走廊内烟气含CO质量远高于工况3,以CO浓度判据2 500 PPM为界,工况3在300 s内始终处于满足人员逃生的条件,而工况2在160 s左右,已经处于中毒危险环境。这都反映了机械排烟与防烟空气幕组合下的缓冲区设置能够控制有毒气体质量浓度,对人员生命安全起到一定的保障作用。

此外,通过计算可以求得机械排烟的排烟效率,工况 3 比工况 2 提高 3%,这主要是由于以下 2 点原因:首先,在缓冲区前的排烟口排出了一部分前室送来的新鲜空气,减少了走廊段烟气与新鲜空气的混合,从而提高了走廊内排烟口的排烟效率;其次,缓冲区的排烟口不仅仅排出空气,当烟气蔓延到缓冲区时,也能参与烟气排出,从而保护缓冲区的安全。

**3.3.2 缓冲区中各参数的最佳设置值** “前室—走廊缓冲区”作为前室正压送风的补充,为了使其有效的运行,还需要设置最佳的参数来满足较佳的排烟效果。图 5、6 反映的是 5 种参数不同工况下的  $\text{CO}_2$  质量浓度分布和温度分布,对工况进行分析,寻找最佳设置值。

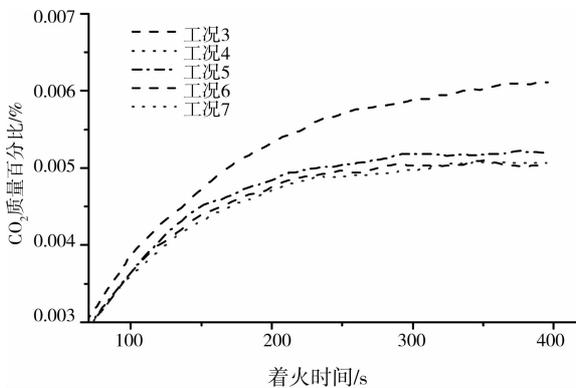


图 5 各工况  $\text{CO}_2$  质量浓度

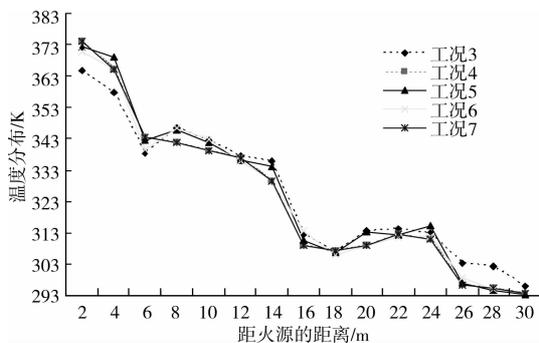


图 6 各工况在 300 s 时的温度分布

在缓冲区设置中,前室正压送风量和缓冲区气幕送风量之和应该满足高规所要求的正压防烟总送风量,即  $7\ 689\ \text{m}^3/\text{h}$ 。模拟时,分别取总风量的  $1/3$  和  $2/3$  来设置前室正压送风量,分别为工况 3 和工况 4。在缓冲区机械排烟量相同时,增加前室送风量后,即空气幕射流速度降低, $\text{CO}_2$  质量浓度明显降低,并且低于浓度判据  $5\ 000\ \text{ppm}$  以下,见图 5。说明,在一定时间内,正压送风量和气幕速度之间的量的关系影响着有毒有害气体浓度,并与其成反比。主要因为新鲜空气的送入,稀释烟气,使有毒有害气体所占的质量浓度减少。而图 6 中反映了前室正压

送风量的增加也影响着走廊内的温度分布,工况 4 的平均温度为  $313\ \text{K}$ ,低于工况 3 约  $4\ \text{K}$ ;其机械排烟为  $74.06\%$ ,高于工况 3 约  $1\%$ 。所以前室正压送风量取  $2/3$ ,气幕速度取  $8\ \text{m/s}$  较好。

根据缓冲区内排气口和空气幕位置的不同,分别设置 3 组工况讨论。当空气幕与前室的位置一定时,调节气幕与排气口的距离,工况 4 为  $2\ \text{m}$ ,工况 5 为  $1\ \text{m}$ 。模拟发现,随着两者间距的减少,空气幕前的温度,特别是近地面温度,工况 5 大于工况 4。由于气幕射流出的气体大量的被机械排烟的抽吸作用给排出室外,使其不能有效的起到挡烟作用,与热烟气积聚在空气幕前,温度升高;当空气幕与排气口位置一定时,调节气幕与前室的距离,工况 4 为  $2\ \text{m}$ ,工况 6 为  $1\ \text{m}$ 。模拟发现,随着两者间距的减少,气幕周围气流复杂,涡流现象明显。为了保证整个楼层内人员的安全疏散,仅设置  $1\ \text{m}$  的缓冲区不能满足需要。所以,工况 4 的位置设置较好,空气幕距前室  $2\ \text{m}$ ,距排烟口  $2\ \text{m}$ 。

当走廊内的送风量维持稳定时,调节缓冲区的机械排烟量,分别取总送风量的  $1/3$  和  $1/6$ ,设置工况 4 和 7。上图中反映,两者之间  $\text{CO}_2$  质量浓度差距较小,温度变化也不大,说明排烟量变化对浓度和温度的影响不显著。因为,走廊段的机械排烟承担了大部分的排烟左右,只要缓冲区提供一定的排烟量保证多余空气能够排出室外,就不会对走廊段有所影响。基于节能考虑,选择较小的排烟量,即工况 4 较好。

比较  $120\ \text{s}$  和  $240\ \text{s}$  时,各工况的浓度等值云图,见图 7 和图 8。同一时间,虽然缓冲区内各参数

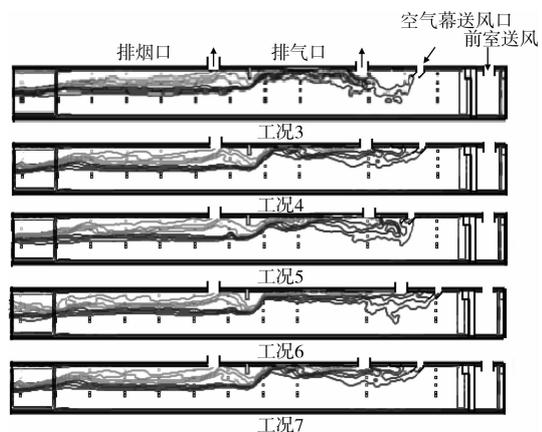


图 7 各工况在  $120\ \text{s}$  时  $2\ 500\ \text{ppm}$  浓度等值云图

的设置不一样,但是  $\text{CO}$  的摩尔浓度在水平方向的走向是大致相同的。在靠近火源处,有烟气大量聚集,距离越远, $\text{CO}$  的摩尔浓度越低。由于缓冲区内

排气口加防烟空气幕的组合,使有毒气体在 24 m 处浓度骤降,缓冲区 CO 的摩尔浓度维持在 0.18% 以下,满足火灾疏散条件浓度。由于前室正压送风与防烟空气幕的双重保护,使有毒气体不易扩散到前室。这样在整个走廊内形成二级浓度降低过程,给人员疏散提供更有利的保护。其中,工况 4 的走廊段,缓冲区及前室这 3 个区域内,CO 浓度都低于同区域其他工况,更有利于于火场逃生。

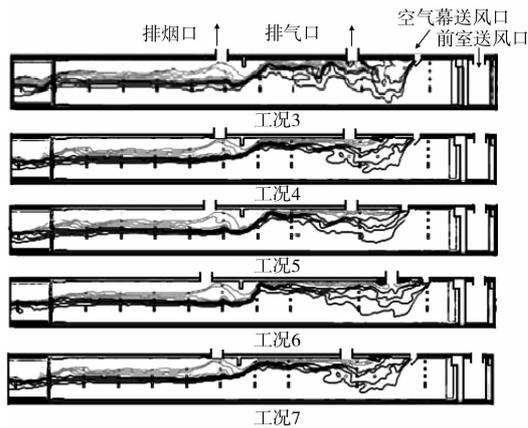


图 8 各工况在 240 s 时 2 500 ppm 浓度等值云图

通过计算公式(3)得出各工况的排烟效率也显示,工况 4 比其他工况要至少高 0.5%。有较好的排烟表现。比较图 9(a)和图 9(b)发现,即工况 1 和 4。正压送风和防烟空气幕的组合使前室和缓冲段内形成无烟区域,人员疏散至此有较好的视野,可以迅速识别前室方位,顺利逃生;气幕前的排气口在火灾初期能够排出气幕产生的多余空气,随着火势的蔓延,烟气的扩散,同时也承担了走廊段的排烟任务。综上,通过 5 组模拟发现,工况 4 为模拟的最优结果,其参数设置为最佳参数值,即缓冲区排烟量为  $854 \text{ m}^3/\text{s}$ ,空气幕射流速度为  $8 \text{ m/s}$  时,位置设置距前室 2 m,距排烟口 2 m。

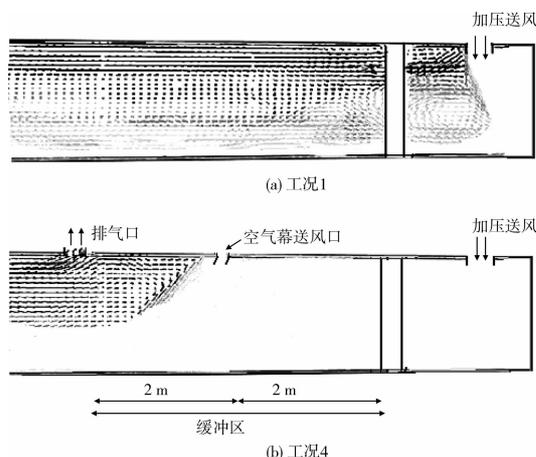


图 9 工况 1 和工况 4 的 240 s 时烟气速度矢量图

**3.3.3 缓冲区最佳设置的应用** 由于“走廊-前室缓冲区”的设置占据部分走廊段,所以对条形走廊内火灾分析时,最不利着火房间除了考虑离前室最远房间,还考虑缓冲区内的房间。并将传统机械加压送风与增设前述最佳缓冲区的情况相比较,见图 8。

当着火房间在缓冲区内时,由于距离前室较近,烟气更容易大量聚集在前室门口。其次,由于排烟风机设在走廊中央,致使烟气扩散方向和人员逃生方向相反,对人员逃生也有所影响。比较 120 s 和 300 s 时有无缓冲区的烟气浓度情况,如图 10,无缓冲区的情况正如上述。而设置了缓冲区的走廊,在着火初期,缓冲区内的排气口能够及时的排出烟气,避免烟气积压前室;随着火灾的发展,烟气也没有蔓延到前室,保证了前室前无烟区要求,而走廊段排烟风机也起到相应的作用,承担了走廊排烟,延长了人员逃生时间。

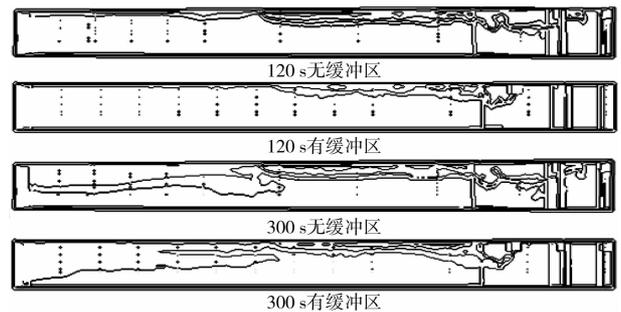


图 10 条形走廊内 2 500 ppm 浓度等值云图

## 4 结论

通过模拟可以得到以下结果:

1)前室部分仅设置正压送风的防排烟模式在前室门开启状态下,不利于人员疏散;在前室门前再设置一个防烟空气幕的隔断的缓冲区理论,能够避免烟气在门开启时迅速扩散至前室的危险,保证了前室的低温无烟状态。

2)“前室-走廊缓冲区”的完整设想是在前室前设置一段无烟区,通过防烟空气幕作为隔断划分缓冲段和走廊段,并且在气幕前设置排气口,排出多余的新鲜空气,以免影响火场机械排烟效率。这样,走廊段的排烟效率通过计算得出,能够提高 3%。

3)通过改变各防排烟措施的数值和位置寻求缓冲区的最佳参数值。在一定范围内,当排烟量为定值,由于新鲜空气的送入,稀释烟气,正压送风量越高,走廊内浓度与温度越低;当空气幕为定值,基于节能考虑,缓冲区内机械排烟选择较小的排烟量。

比较发现工况4参数最佳,其机械效率也是最高为74.06%。即缓冲区排烟量为1281 m<sup>3</sup>/h,负责排出多余的送风风量,占总送风量的1/6,空气幕射流速度为8 m<sup>3</sup>/s,前室正压送风5126 m<sup>3</sup>/h,其位置设置距前室2 m,距排气口2 m。

4)最佳缓冲区的设置能够满足走廊内任何部分的着火时的防火需要,具有普遍适用性。

#### 参考文献:

- [1] 公安部消防局. 中国消防年鉴[Z]. 北京: 中国人事出版社, 2005-2007.
- [2] 张靖岩, 霍然, 王浩波, 等. 高层建筑安全核区域防排烟技术探讨[J]. 中国安全生产科学技术, 2006, 2(1): 10-15.  
ZHANG JING-YAN, HUO RAN, WANG HAO-BO. Study on the technology of smoke control in safe core of high-rise buildings [J]. Journal of Safety Science and Technology, 2006, 2(1): 10-15.
- [3] 郑文国. 加压送风系统设计问题探讨[J]. 暖通空调, 2008, 38(7): 63-64.  
ZHENG WEN-GUO. Discussion on positive pressure air supply design[J]. HV&AC, 2008, 38(7): 63-64.
- [4] KEVIN MC GRATTAN, GLENN FORNEY. Fire Dynamics Simulator (Version 4) User's Guide[R]. U. S. Government Printing Office, 2006: 1-31.
- [5] GB 50045-95 高层民用建筑设计防火规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2001.
- [6] 李静娴, 何嘉鹏, 周汝. 长廊型高层建筑火灾烟气控制模式的效果比较[J]. 消防科学与技术, 2010, 1(1): 33-36.  
LI JING-XIAN, HE JIA-PENG, ZHOU RU. Effect comparison of smoke control model in high-rise building aisle [J]. Fire Science and Technology, 2010, 1(1): 33-36.
- [7] 周汝, 何嘉鹏, 蒋军成, 等. 高层建筑火灾时烟气在横向疏散通道内的扩散研究[J]. 南京航空航天大学学报, 2007, 39(3): 412-416.  
ZHOU RU, HE JIA-PENG, JIANG JUN-CHENG, et al. The study of high-rise building fire evacuation of smoke in the horizontal spread of the channel [J]. Nanjing University of Aeronautics and Astronautics Newspaper, 2007, 39(3): 412-416.
- [8] 张吉光, 史自强, 崔红社. 高层建筑和地下建筑通风与防排烟[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005: 8-91.
- [9] GB 50019-2003 采暖通风设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2003.
- [10] LI JING-XIAN, HE JIA-PENG, JING CHENG-YIN, et al. Smoke-Control Effects in the Horizontal Aisle of a High-rise Building [C]//The 6th International Symposium on Heating, Ventilating and Air Conditioning, 2009, 2: 1330-1336.
- [11] 何嘉鹏, 王东方, 韩丽艳, 等. 防烟空气幕二维数学模型[J]. 土木工程学报, 2003, 36(2): 104-107.  
HE JIA-PENG, WANG DONG-FANG, HAN LI-YAN, et al. Two-dimensional mathematical model for smoke-prevention air curtain [J]. China Civil Engineering Journal, 2003, 36(2): 104-107.
- [12] GUO CHUN-ME, ZHANG YU-FENG, CHANG RU, et al. Numerical simulation and experimental research on indoor environment separated with down-feed air curtain [J]. Tianjin University and Spreinger-Verlag, 2009(15), 65-68.
- [13] G HADJISOPHOCLEOUS, Q JIA. Comparison of FDS prediction of smoke movement in a 10-Storey building with experimental data [J]. Fire Technology, 2009, 45(2): 163-177.
- [14] NFPA 92B(2005) smoke management systems in malls, atria and large areas, 2000 edition[S]. Publication No. 92B, National Fire Protection Association, Quincy, MA, USA.
- [15] 靖成银, 何嘉鹏, 周汝. 高层建筑横向走道防排烟方式对烟气控制效果的模拟[J]. 建筑科学, 2008, 24(11): 49-53.  
JING CHENG-YIN, HE JIA-PENG, ZHOU RU. Transverse aisle smoke mode in high-rise buildings on the smoke control simulation [J]. Building Science, 2008, 24(11): 49-53.

(编辑 王秀玲)