

# 多孔材料污染物散发 外部影响因素作用分析\*

湖南大学 余跃滨<sup>☆</sup> 张国强 余代红  
南通四建集团有限公司 严伟锋

**摘要** 基于所建的污染物散发模型,分析了室内温度、传质系数、换气次数对多孔材料污染物散发的影响。结果显示,室内温度对材料内污染物散发的影响非常明显,温度越高,污染物散发时间越短;提高传质系数不能显著加速污染物散发,而降低该值却可以抑制污染物的释放;换气次数对污染物散发影响很小,但可以通过改变换气次数来控制室内污染物浓度。

**关键词** 多孔材料 污染物散发 外部因素 室内温度 传质系数 换气次数

## External factors influencing contamination emission from porous materials

By Yu Yuebin<sup>★</sup>, Zhang Guoqiang, Yu Daihong and Yan Weifeng

**Abstract** Based on a contamination emission model, analyses the influences of indoor temperature, mass transfer coefficient and air changes on contamination emission from porous materials. The results show that the influence of indoor temperature is very obvious and the higher temperature is, the shorter emission time is; increasing mass transfer coefficient can not apparently accelerate contamination emission but reducing the coefficient can restrain contamination emission; the influence of air changes is obscure but indoor contamination concentration can be controlled by changing air changes.

**Keywords** porous material, contamination emission, external factor, indoor temperature, mass transfer coefficient, air changes

★ Hunan University, Changsha, China

①

### 0 引言

许多研究表明,现代建筑室内大量使用地毯类多孔材料,其散发的污染物以 VOC 为主,不仅散发时间长,而且能在室内大量积累,严重影响了室内空气质量和人们的健康,要改善室内空气质量,就应该首先对室内污染进行治理和控制<sup>[1]</sup>。

事实上,室内多孔材料的外部条件会因实际情况的不同而变化,这些因素可以影响和改变材料中污染物的散发。另外,在某种程度上,在材料选定条件下,可以通过主动调节和改变多孔干材料的外部条件,包括室内空气的物理条件来达到控制污染

物散发的目的。因此,有必要对这些外部因素的作用加以深入了解,以便于利用。

为更好地理解外部因素的作用规律,在设定多孔材料内部条件一致的前提下,通过改变室内参数,包括室内温度、湿度、风速、换气次数、空气中污染物浓度等,使用所建模型研究各自的作用规律和效用。其中湿度涉及到 VOC 与水分之间的相互作用,研究较复杂,本文不作过多探讨。

①<sup>☆</sup> 余跃滨,男,1977年3月生,工学硕士,硕士研究生  
200041 上海成都北路333号招商局广场东楼1401室妥思空  
调设备(苏州)有限公司

(0) 13816333286

E-mail: yuebinu@yahoo.com

收稿日期:2004-02-05

修回日期:2005-12-03

\* 国家自然科学基金资助项目(编号:50078020),国家十五科技攻关资助项目(编号:2002 BA 806 B02),国家教育部青年教师教学科研奖励计划资助项目(编号:教人司[2002]383号)

温度的改变影响材料内部扩散系数的大小;表面风速、空气流动状态的变化则是通过影响传质系数来发挥作用的;换气次数的不同会影响室内空气中污染物的浓度,从而对材料污染物释放产生作用。因此,本文研究对象集中为三个:温度、换气次数、传质系数。各可视化图形及计算均基于 MATLAB5.0 软件。

## 1 模型介绍

### 1.1 模型主要考虑因素

污染物散发源为室内干性多孔材料,包括地毯、聚乙烯地板、人造板等,散发出来的各类有机挥发性气体有苯系物、甲醛,还有酮类、胺类、烷类、烯类等,大量研究表明这些物质具有强毒性,甚至神经毒性。干性材料内部污染物的传递主要受质扩散控制,并且质扩散在材料污染物的整个释放过程中占主导地位,扩散阻力也主要由扩散系数决定<sup>[2-3]</sup>。

模型还作了以下基本假设:

- 1) 干性多孔材料内部材质均匀,污染物的初始浓度相同;
- 2) 材料内部污染物散发过程为纯物理现象,没有化学反应;
- 3) 材料内部污染物单一(包括 TVOC),或者至少扩散过程不相互干扰;
- 4) 材料内部扩散为一维扩散,传递动力为浓度差,并完全遵循 Fick 定律;
- 5) 污染物扩散系数、材料表面分隔系数不随浓度变化而变化,并可以真实反映材料整个散发过程;
- 6) 空气和材料交界面始终保持平衡状态,动态平衡很快建立;
- 7) 室内污染物分布均匀,或者很快达到均匀一致;
- 8) 污染物没有通过材料底表面扩散。

## 1.2 模型控制方程

### 1.2.1 控制方程

#### 1.2.1.1 污染源内部

对于干性多孔材料,同时满足上述假设条件,其控制方程为(Fick 定律)<sup>[4]</sup>

$$\frac{\partial C_{m,i}}{\partial \tau} = D_{m,i} \frac{\partial^2 C_{m,i}}{\partial y^2} \quad (1)$$

式中  $C_{m,i}$ ——材料  $i$  内部污染物质量浓度,  $\mu\text{g}/$

$\text{m}^3$ ;

$\tau$ ——时间变量,  $\text{s}$ ;

$D_{m,i}$ ——材料  $i$  内部污染物扩散系数,  $\text{m}^2/\text{s}$ ;

$y$ ——一维扩散方向上空间变量,  $\text{m}$ 。

#### 1.2.1.2 材料表面

在污染源材料表面,污染物的散发和吸附是同时存在的,并保持动态平衡,在常温常压条件下,符合 Langmuir 等温线,控制方程为<sup>[5]</sup>

$$C_m|_{y=b,i} = k_{ma,i} C_{as,i} \quad (2)$$

式中  $C_m|_{y=b,i}$ ——材料  $i$  表面(仍为固相)污染物质量浓度,  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;

$k_{ma,i}$ ——材料  $i$  表面分隔因数;

$C_{as,i}$ ——材料  $i$  表面空气中污染物质量浓度,  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

#### 1.2.1.3 边界层质扩散

在材料表面,存在一浓度边界层,其中的污染物传递过程同时受扩散和对流影响,气相传质速率为(Fick 第二定律)<sup>[6]</sup>

$$R_i = h_i(C_{as,i} - C_a) \quad (3)$$

式中  $R_i$ ——气相传质速率,  $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ;

$h_i$ ——传质系数,  $\text{m}/\text{s}$ ;

$C_a$ ——空气中污染物质量浓度,  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

#### 1.2.1.4 控制体内(房间)污染物质量平衡方程

$$\frac{\partial C_a}{\partial \tau} = NC_{in} - NC_a - \sum_i L_i D_{m,i} \frac{\partial C_{m,i}}{\partial y} \Big|_{y=b,i} \quad (4)$$

式中  $N$ ——换气次数,  $\text{s}^{-1}$ ;

$C_{in}$ ——进入室内的空气中污染物质量浓度,  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;

$L_i$ ——材料  $i$  特性面积,  $\text{m}^{-1}$ 。

### 1.2.2 初始及边界条件

#### 1.2.2.1 初始条件

污染源材料  $i$  内部:

$$\text{记 } C_{m,i}(y, \tau=0) = C_{0,i} \quad (5)$$

空气中污染物:

$$\text{记 } C_a(\tau=0) = C_{a0} \quad (6)$$

#### 1.2.2.2 边界条件

材料底部(固-固界面):

$$-D_{m,i} \frac{\partial C_{m,i}}{\partial y} \Big|_{y=0} = 0 \quad (7)$$

材料-空气界面:

$$-D_{m,i} \left. \frac{\partial C_m}{\partial y} \right|_{y=b} = h_i(C_{as,i} - C_a) \quad (8)$$

1.2.2.3 部分参数问题<sup>[4,6-7]</sup>

在现有传质理论中,已经对空气中污染物传质系数进行了较深入的研究,并得出以下关系式。

1) 层流状态下( $Re < 500\ 000$ )

$$Sh = 0.664Sc^{\frac{1}{3}}Re^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

2) 湍流状态下( $Re > 500\ 000$ )

$$Sh = 0.037Sc^{\frac{1}{3}}Re^{\frac{4}{5}} \quad (10)$$

3) 混合流状态下( $Re_{层流} < 10^7, Re_{湍流} = 500\ 000$ )

$$Sh = (0.037Re^{\frac{4}{5}} - 8\ 700)Sc^{\frac{1}{3}} \quad (11)$$

式(9)~(11)中  $Sh$ ——舍伍德数,  $Sh = hd/D_a$ ,

其中  $d$  为材料特征长度,  $m$ ,  $D_a$  为空气中污染物扩散系数,  $m^2/s$ ;

$Sc$ ——施密特数,  $Sc = \nu/D_a$ , 其中  $\nu$  为空气运动黏度,  $m^2/s$ ;

$Re$ ——材料表面雷诺数,  $Re = ud/\nu$ , 其中  $u$  为材料表面空气的平均流速,  $m/s$ 。

材料内部扩散系数  $D$  与温度的关系用下式表示<sup>[8]</sup>:

$$D = D_{ref} \exp \left[ -E \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{296} \right) \right] \quad (12)$$

空气中污染物扩散系数与温度的对应关系如下<sup>[9]</sup>:

$$D_a = 5.938 \times 10^{-6} \left( \frac{T}{296} \right)^{1.5} \quad (13)$$

式(12), (13)中  $D_{ref}$ ——23℃时材料内部污染物扩散系数,  $m^2/s$ ;

$E$ ——由实验确定的系数,  $K$ , 这里取 9 000  $K$ ;

$T$ ——热力学温度,  $K$ 。

2 外部因素分析

假设污染源为室内常见的单一污染源地毯, 不考虑墙体沉积, 并满足第 1 章所作的各假设条件。

其中, 污染源材料的物理参数设定如下:  $C_0 = 5.28 \times 10^7 \mu g/m^3$ ,  $D_m = 2.83 \times 10^{-11} m^2/s$ ,  $k_{ma} = 6\ 216$ ,  $\delta = 0.02 m$ ,  $L = 0.34 m$ 。

为了详细地分析外部因素对污染物散发的影

响, 我们研究了 8 种不同工况, 各工况的参数设定见表 1。

表 1 计算工况

		计算工况							
		1	2	3	4	5	6	7	8
室内温度/℃	23	✓			✓	✓	✓	✓	✓
	30		✓						
	40			✓					
传质系数/( $\mu g/(m^2 \cdot s)$ )	0.004 24				✓				
	0.000 424	✓	✓	✓			✓	✓	✓
	0.000 05					✓			
换气次数/ $h^{-1}$	1	✓	✓	✓	✓	✓			
	5						✓		
	10							✓	
	无穷大								✓

注: ✓ 表示包含该项; 工况 1 作为标准工况。

作为对比用的标准工况, 首先需要计算和了解工况 1 的污染物散发状况。通过程序计算得到, 工况 1 的散发时间(材料内部污染物浓度降低到 1/1 000 初始量所用的时间)大约为 9 297 h, 即大约 1 a 左右, 散发率降至 0.05  $\mu g/(m^2 \cdot s)$  需 1 801 h, 散发高速上升和下降阶段时间很短, 长时间处于散发稳定平缓阶段。对应的室内空气中质量浓度峰值为 1 550  $\mu g/m^3$ , 并迅速下降, 到第 5 天左右, 变化逐步减小, 开始长期处于 100~200  $\mu g/m^3$ ; 散发率峰值为 3.2  $\mu g/(m^2 \cdot s)$ 。其散发量和散发率变化情况如图 1, 2 所示。

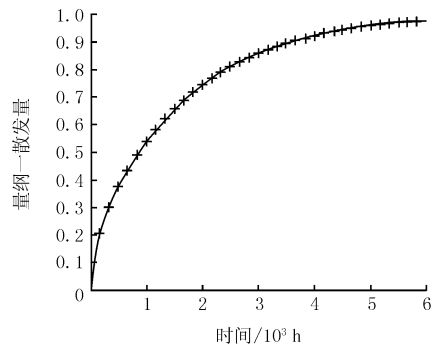


图 1 工况 1 量纲一散发量变化情况

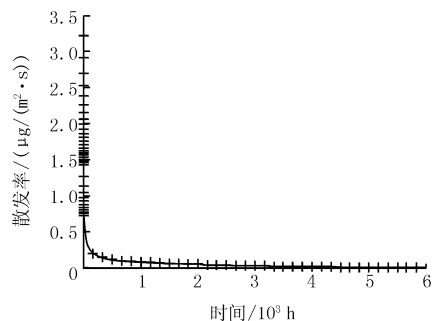


图 2 工况 1 散发率变化情况

作为分析比较,定义各工况下累计散发量和材料内污染物初始总量的比值为量纲一散发量;各工况散发率与对应时刻标准工况散发率的比值为量纲一散发率;各工况室内污染物浓度与对应时刻标准工况室内污染物浓度的比值为量纲一室内污染物浓度。

### 2.1 温度的影响(工况 1~3)

根据设定的温度,工况 1~3 对应的材料内部扩散系数分别为  $2.83 \times 10^{-11}$ ,  $5.7 \times 10^{-11}$ ,  $14.76 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ ,空气中扩散系数分别为  $5.938 \times 10^{-6}$ ,  $6.15 \times 10^{-6}$ ,  $6.457 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ 。

根据前面模型给出的计算式可知,空气中扩散系数的变化也会引起传质系数的变化,传质系数分别为 0.000 424, 0.000 445 和 0.000 464 m/s。

计算结果如图 3~7 所示。

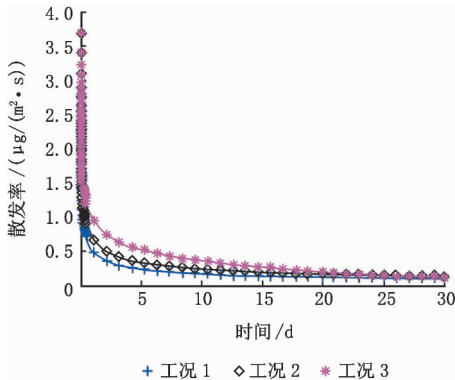


图 3 工况 1~3 散发率变化情况

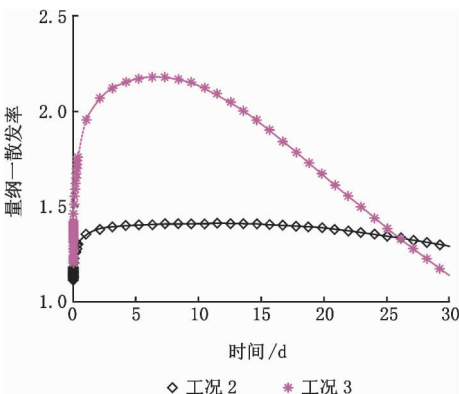
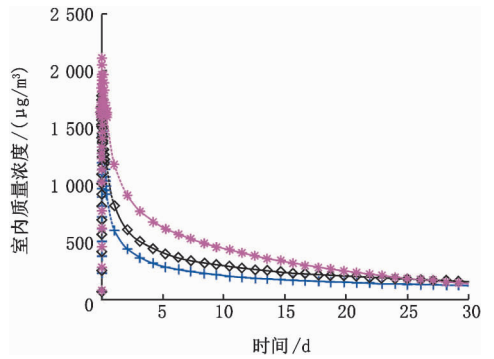


图 4 工况 2,3 量纲一散发率变化情况

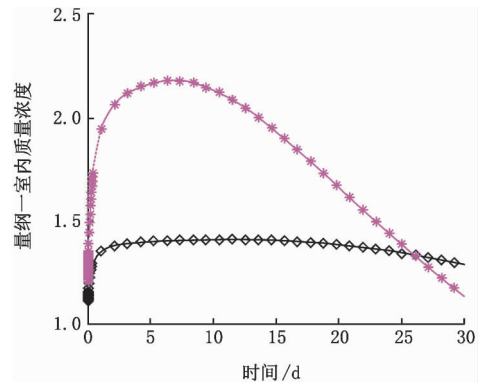
工况 2 散发时间为 4 917 h,散发率降至  $0.05 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  需 1 543 h;工况 3 散发时间为 2 260 h,散发率降至  $0.05 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  需 1 044 h。

从计算结果看,在给定的室内材料参数条件下,温度的变化对材料污染物散发的影响非常明



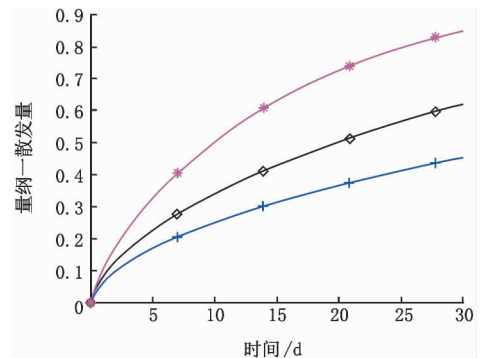
图例同图 3

图 5 工况 1~3 室内质量浓度变化情况



图例同图 4

图 6 工况 2,3 量纲一室内质量浓度变化情况



图例同图 3

图 7 工况 1~3 量纲一散发量变化情况

显,温度越高,污染物散发时间越短。作用如此明显,主要在于温度的变化对材料内部的扩散系数有很大影响,30 °C 和 40 °C 条件下分别是 23 °C 条件下的 2 倍和 5 倍左右。

工况 3 散发率峰值最大,在第 6 天以前,维持高速散发,从图 4 可以看出,其无因次散发率从 1.2 左右增大到 2.2 才开始下降,也就是说其散发率绝对值衰减速率非常大,到第 30 天左右散发率降低到标准工况水平,并持续下降,散发率最早降

低到  $0.05 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  水平。工况 2 表现出类似的特征,但总体上由于温度升高对污染物释放所产生的作用不是很明显。

图 6 的量纲一室内质量浓度值和图 4 的量纲一散发率表现一致,因为室内其他参数一致,室内浓度完全取决于污染源的散发率。工况 3 的室内浓度直到第 26 天仍然高于标准工况,而工况 2 则不同,室内污染物浓度基本长期高于标准工况,降低到标准工况水平在 1 251 h 以后,也就是 52 天左右,而同时其散发率也在 52 天以后开始低于标准工况。

结合图 7 看,温度高,确定时间内材料中污染物散发量大,速率也加快,但如果扩散系数标准值降低 1 或 2 个数量级,这种高浓度散发时间反而会延长许多,同时出现长时间高散发率情况,室内污染物浓度也相应提高,反而可能对控制污染不利。因此,温度的高低是否起到正面作用,或者说是否采用提高温度的手段来加快污染物的释放,取决于温度是否足够高,同时还与材料的标准扩散系数的数量级有很大关系。

### 2.2 传质系数的影响(工况 1,4,5)

传质系数  $h$  是表征污染物从固体界面向空气中传递能力的一个物理量。为研究该系数对材料污染物散发、室内空气污染物浓度等的影响,设定工况 1,4,5 该系数分别为  $0.000\ 424, 0.004\ 24, 0.000\ 05 \text{ m/s}$ 。计算结果如图 8~12 所示。

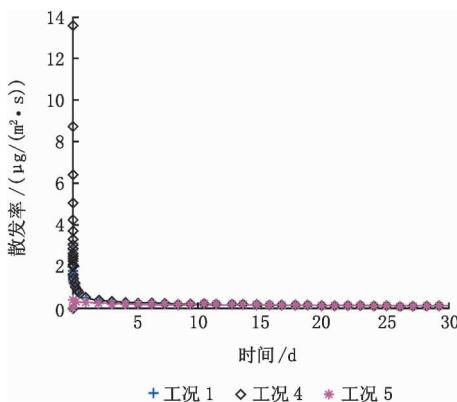


图 8 工况 1,4,5 散发率变化情况

工况 4 散发时间为 8 957 h,散发率降至  $0.05 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  需 1 771 h;工况 5 散发时间为 12 438 h,散发率降至  $0.05 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  需 1 950 h。

从结果看,工况 4 和工况 1 区别很小,尽管此时工况 4 传质系数比工况 1 高 1 个数量级。图 8, 9 显示,工况 4 在初始时刻的散发率比工况 1 高 4.5

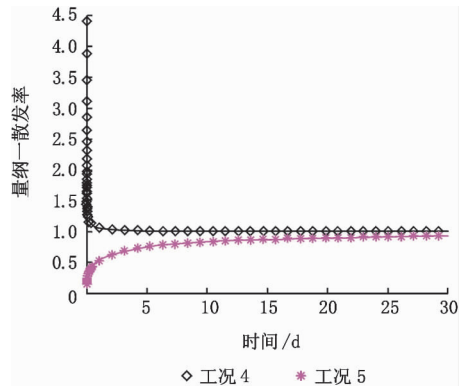
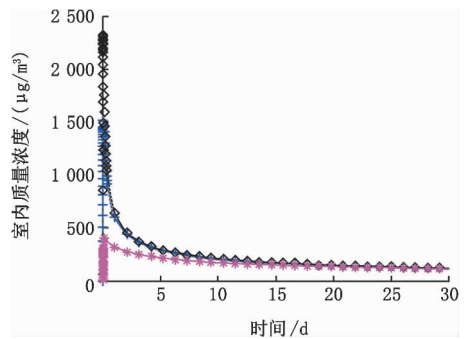
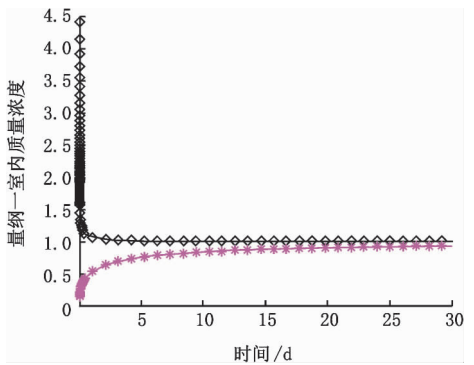


图 9 工况 4,5 量纲一散发率变化情况



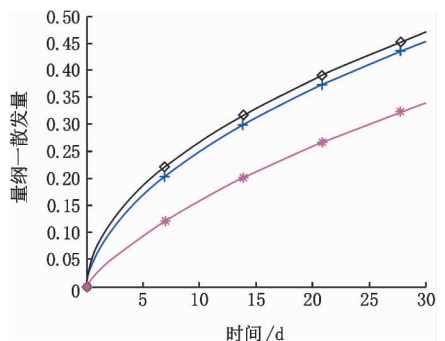
图例同图 8

图 10 工况 1,4,5 室内质量浓度变化情况



图例同图 9

图 11 工况 4,5 量纲一室内质量浓度变化情况



图例同图 8

图 12 工况 1,4,5 量纲一散发量变化情况

倍,然后急剧下降,初始的1~2天左右和工况1有较大差别,随后量纲一散发率维持在1左右。图11显示出量纲一室内质量浓度具有相同的变化趋势。图12也显示出两种工况的量纲一散发量区别很小。

工况5的传质系数的数量级为 $10^{-5}$ ,比工况1低1个数量级,但作用效果比工况4明显。图9显示,工况5的散发率低于工况1,图12表明工况5和工况1的量纲一散发量区别较大。从这一点看,传质系数对阻碍污染物散发所起的作用比加速污染物散发所起的作用大很多,究其原因,是因为污染物散发阻力主要来自材料内部,提高 $h$ 并不能显著加速污染物散发,而降低该值却可以明显加大污染物散发阻力,抑制污染物释放到空气中。

### 2.3 换气次数的影响(工况1,6~8)

为降低室内污染,通风换气是最常用也是最方便的手段之一。室内污染物浓度很大程度上也取决于室内通风状况。但是,室内换气效果的好坏对室内干性多孔材料污染物散发的时间和强度有何影响,是否也会阻碍和加快材料的污染物散发过程?本节讨论该问题,并设定 $1, 5, 10 \text{ h}^{-1}$ 及无穷大换气次数4个工况作比较。

需要指出,通风换气可能同时会对材料表面的传质系数有影响,换气次数越大,风速越大,传质系数也会越大。但通过上节的计算分析可以知道,加大传质系数对于加快多孔材料污染物散发的影响较小,因此可以忽略该参数的变化,仅讨论由于室内浓度的变化对多孔材料散发的影响。计算结果如图13~20所示。

工况6散发时间为 $9\ 150 \text{ h}$ ,散发率降至 $0.05 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 需 $1\ 788 \text{ h}$ ;工况7散发时间为 $9\ 129 \text{ h}$

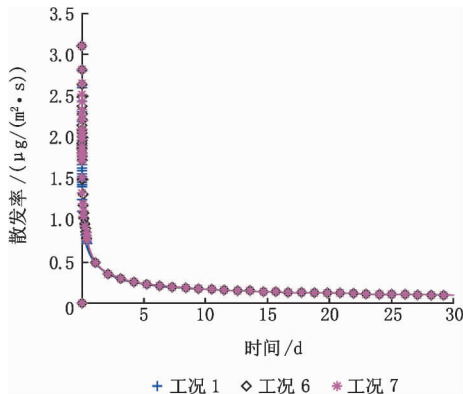


图13 工况1,6,7散发率变化情况

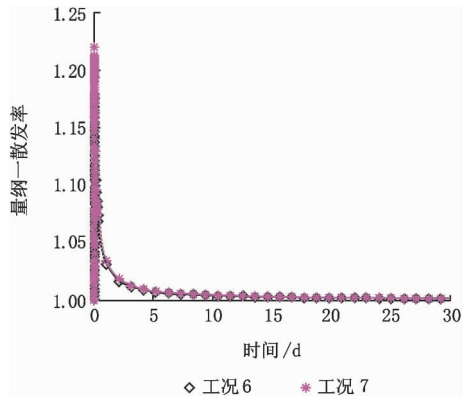
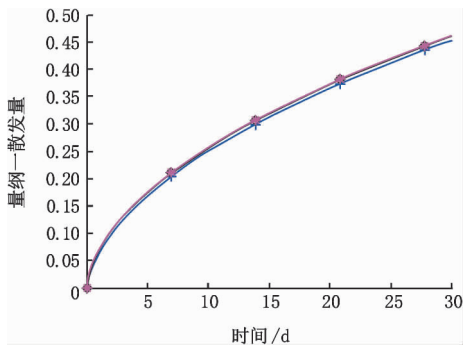
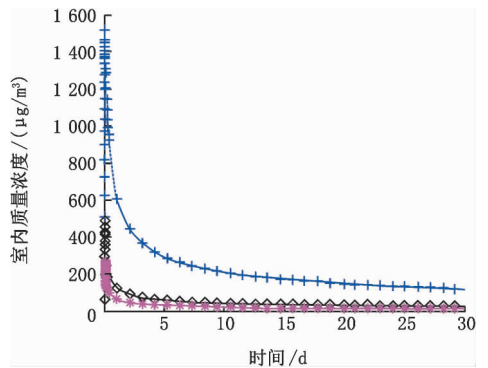


图14 工况6,7量纲一散发率变化情况



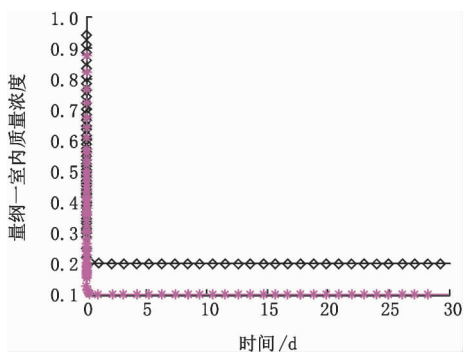
图例同图13

图15 工况1,6,7量纲一散发量变化情况



图例同图13

图16 工况1,6,7室内质量浓度变化情况



图例同图14

图17 工况6,7量纲一室内质量浓度变化情况

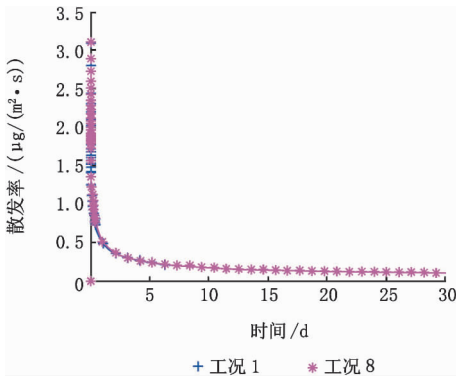


图 18 工况 1,8 散发率变化情况

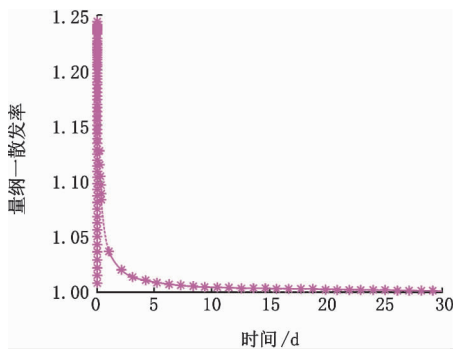
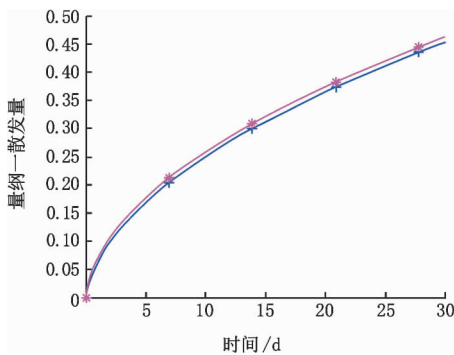


图 19 工况 8 量纲一散发率变化情况



图例同图 18

图 20 工况 1,8 量纲一散发量变化情况

h, 散发率降至  $0.05 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  需 1 786 h; 工况 8 散发时间为 9 108 h, 散发率降至  $0.05 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  需 1 784 h。

但从散发时间看,通风换气次数很难从根本上改变干性多孔材料的散发,相差不过 1~2 天。图 14 显示,尽管量纲一散发率从最初的 1 上升到 1.2 附近,然后迅速下降至 1 左右,而散发率图形却基本重合;图 15 显示,工况 6 和工况 1 的量纲一散发量曲线也基本重叠。

工况 7 和工况 6 的变化除个别点的小差别外也基本一致。工况 8 尽管为无穷大换气次数,但从

图 18~20 看,量纲一散发量、散发率变化规律也和工况 6,7 类似,量纲一散发率最大为 1.25 左右,在 5~10 天后该值近似为 1,说明加大换气作用的幅度和广度都非常有限,并没有很明显地加快材料中污染物散发,因此可以认为通风换气次数和室内污染物浓度对材料散发影响非常小,通过加大室内通风换气次数加快材料污染物散发是不可行的,散发阻力还是主要来自材料内部。

图 17 表明,工况 6 的量纲一室内质量浓度基本稳定在 0.2 左右,尽管前期很短一段时间该值变化较大,而工况 7 该值也基本稳定在 0.1 左右。也就是说,可以认为通风换气次数和室内污染物浓度呈正比关系,为了维持室内卫生条件,还是应该尽可能地加大室内通风。但是该措施对多孔材料内污染物的释放没有太大的影响,控制多孔材料内污染物的释放靠单一加大通风没有什么作用。

### 3 结论

通过使用本文所建污染物散发模型,并在一定的简化条件下,对室内干性多孔材料物理参数变化和材料污染物散发的关系和影响,以及室内空气条件的变化对材料污染物散发和室内污染物浓度的关系进行了比较系统的研究,总结如下。

室内温度、传质系数、换气次数对室内干材料内部污染物的散发均有影响。其中,室内温度对材料内部参数有影响,对材料污染物散发作用非常明显,温度越高,污染物散发时间越短。传质系数、换气次数对多孔干材料散发影响很小,但可以通过改变换气次数对室内污染物浓度进行控制,或者降低传质系数来抑制材料内污染物的释放。温度的改变是否能够对室内污染物控制起到积极作用与温度的高低及材料本身的特性有关。当材料扩散系数本身相当小时,提高温度只会加大室内污染;扩散系数较大时,可以考虑提高温度加速材料污染物散发,不过在短期内可能仍然无法达到目的,反而影响了室内空气质量。但同时也提供了这方面研究的可能性,比如采用提高室内温度的方法迅速降低材料内污染物的总量。

由于多孔材料散发的污染物种类繁多,性质各异,现有文献只能提供相当有限的实验数据。因此,本文只在上述影响因素中选出主要因素,并根据现有数据进行定性分析,还有待进一步研究,并

(下转第 79 页)

氨纶工程新增加两套空调系统,一套为生产环境服务,称为环境空调;一套为生产工艺服务,称为侧吹风空调。下面就环境空调和侧吹风空调分别作一介绍。

### 2.3.2 空调系统的服务范围及控制方法

环境空调的服务范围为:1 楼卷绕间和控制室,2 楼的纺丝间,4 楼的 MCC(电动机控制中心)室,总面积为 858 m<sup>2</sup>,送风量为 50 000 m<sup>3</sup>/h。参数要求:温度(25±1)°C,相对湿度(65±5)%(1 楼卷绕间)。空调机房在 4 楼,采用下送上回方式,总送风道在 4 楼的 MCC 室,设有两条支风道,其他的风口全部在 1 楼卷绕间;回风道在 4 楼的楼板下面,2 楼、3 楼的地板有相当部分采用钢格栅。

侧吹风空调的任务是给丝条冷却降温,要求的风量为 50 000 m<sup>3</sup>/h,温度(22±1)°C,相对湿度(65±5)%,压力(500±5)Pa,对 1 μm 粒子的过滤效率大于 99.5%,采用粗效和亚高效两级过滤,亚高效过滤器并联排列,可以实现手动/自动切换,在不停车的情况下可以更换过滤器。侧吹风空调的空气基本上是不流通的,只有纺丝甬道的下端与环境空调的空气在卷绕间相混合。风压的控制方法:采用送风压差控制风阀开度,对系统送风风压进行微调,当风道风压超出泄风阀开度的调整范围时,系统自动检测泄风阀开度的位置,并自动调整变频器的频率输出,对系统风压进行粗调节,使系统始终工作在最佳状态。

温湿度的控制:采用虚拟露点控制法,其控制理论基本与定露点温度控制相同。虚拟露点温度控制方案是在定露点温度控制方案基础上提出的控制方案,露点温度在纺丝空调的参数控制中起中间协调与控制的作用,它能协调送风温度与送风湿度的动态平衡,保证系统的送风温度与送风湿度都在控制要求内。在虚拟露点控制方案中,虚拟露点温度其实是由纺丝空调送风温度与送风湿度计算而得到,并不是在空调过程中真正的实测温度信号,而是一个虚拟量。它与实际的露点温度有偏差,但这种偏差是基本稳定,对控制的效果可以通过控制手段消除。而且,在控制过程中,虚拟露点温度对于实际露点温度来说,具有更高的相对稳定性。

环境空调和侧吹风空调首先通过控制新、回风阀的开度调节温湿度,在通过新、回风阀调节不能满足要求时,再开制

(上接第 19 页)

期结合试验,找到控制和治理室内污染的方法。

### 参考文献

- [1] 张国强,喻李葵. 室内装修——谨防室内人类健康杀手[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2003
- [2] 张国强,宋春玲,陈建隆,等. 挥发性有机物对室内空气质量影响研究进展[J]. 暖通空调,2001,31(6):25-31
- [3] 喻李葵,余跃滨,张国强. 室内建筑材料 VOC 散发模型及应用[J]. 暖通空调,2004,34(8):102-104
- [4] 王绍亭,陈涛. 动量、热量与质量传递[M]. 天津:天津科学技术出版社,1986

冷机进行降温,每年制冷机运行的时间为 5~6 个月。不管冬季还是夏季,送风中必须至少保证有 15% 的新风量。

### 2.3.3 冷水系统

根据德国公司提供的数据,生产车间散热量为 160 kW,加上平衡间、物检室、化验室、丝条冷却(侧吹风空调),所需冷量在 400 kW 左右。

根据氨纶生产所需冷量,并考虑到生产规模扩大的可能,购买了一台带微电脑控制的、型号为 W-LSLGF1000(II)的制冷机,制冷量为 945 kW,安装在原涤纶制冷站;冷却塔、冷水泵、冷却水泵与原涤纶厂的其他两台制冷机共用,在原来总送、回水管上分别开设三通,通过管路使冷水进入环境空调机组和侧吹风空调机组。

从生产车间经地下管道流回的冷水回水进入冷水池,经冷水泵加压后送入制冷机降温,降温后的冷水通过架空管网送至各空调用冷点。冷水系统采用闭式系统。

### 2.3.4 冷却水系统

#### 2.3.4.1 使用冷却水的设备及用水量

使用冷却水的设备为:5 台螺杆挤压机,总用水量 5 t/h;制氮机及纯化设备,总用水量 6 t/h;2 台水加热器,冷却水注满管路后,采用闭式循环,消耗量很小;空调补充水,用水量 1.5 t/h 左右;1 台螺杆制冷机,用水量 270 t/h;冷却水的总用水量小于 300 t/h。

#### 2.3.4.2 冷却水的循环方式

冷却水分两路。一路是:冷却水池→水泵→制冷机→冷却塔→冷却水池;另一路是:冷却水池→水泵→生产车间用水点(螺杆挤压机、制氮及纯化设备)→冷却水池。这两路的冷却水池是共用的,设在制冷站地下室,冷却塔供这两路循环水降温,两路循环水的水泵是各自独立的。

### 3 结语

为了确保系统设计的先进性,在确定公用工程系统方案时,设计人员要充分了解生产工艺流程,仔细研究运行过程中所需水、气的消耗量及参数特点,使系统在安全、稳定、经济、合理的状态下运行。

### 参考文献

- [1] 顾晓文. 氨纶工程动力站设计[J]. 暖通空调,2003,33(2):69-71
- [5] Axley J W. Adsorption modeling for building contaminant dispersal analysis[J]. Indoor Air, 1991, 1(2): 147-171
- [6] 江体乾. 近代传递过程原理[M]. 北京:化学工业出版社,2001
- [7] Treybal R E. Mass Transfer Operation[M]. New York: McGraw-Hill, 1968
- [8] Jost W. Diffusion in Solids, Liquids, Gases[M]. New York: Academic Press Inc, 1960
- [9] Skelland A H P. Diffusion Mass Transfer[M]. New York: John Wiley & Sons, 1974