

# 严寒地区居民建筑室内微生物 滋生状况研究分析

于水<sup>1</sup>, 王伟<sup>1</sup>, 郑淑<sup>2</sup>, 公辉<sup>1</sup>, 冯国会<sup>1</sup>

(1. 沈阳建筑大学市政与环境工程学院, 辽宁 沈阳 110168; 2. 大连理工大学土木工程学院, 辽宁 大连 116024)

**摘要** 目的 研究严寒地区民用建筑室内微生物的种类, 分析建筑墙体发霉的原因, 以寻求室内微生物的控制方法. 方法 在以沈阳地区为代表的严寒地区, 对有微生物滋生的民用建筑室内进行霉菌样本的采集并进行培养, 通过显微镜观察分析民用建筑室内微生物的类型; 采用 CHAMPS 软件和 WUFI-BIO 软件分析室内发霉的原因和微生物的生长对人体的危害程度, 提出可行的控制方法. 结果 通过微生物的培养得知: 民用建筑室内微生物的类型主要为酵母菌和黑曲霉菌, 如果此霉菌长期存在于室内会对人体有一定的危害. 经过模拟分析得知: 在室外天气较冷的冬季, 室内外温差导致热桥部位容易结露, 会促进霉菌的萌发. 如果不进行处理, 霉菌的生长指数在 1 年后可以达到 2.5 以上. 结论 严寒地区民用建筑室内由于通风少室内外温差较大, 容易产生冷桥以及热桥, 出现结露现象, 导致微生物滋生, 人们应在生活中注意防治霉菌等微生物的生长, 降低其对人体产生危害.

**关键词** 霉菌危害; 霉菌种类; 产生原因; 霉菌防治

中图分类号 TU119+.5; X51 文献标志码 A

## Experimental Analysis Based on the Mold Harming in Northeast Residential Building

YU Shui<sup>1</sup>, WANG Wei<sup>1</sup>, ZHENG Shu<sup>2</sup>, GONG Hui<sup>1</sup>, FENG Guohui<sup>1</sup>

(1. School of Municipal and Environmental Engineering, Shenyang Jianzhu University, Shenyang, China, 110168;  
2. School of Civil Engineering, Dalian University of Technology, Dalian, China, 116024)

**Abstract:** The main content of this paper is to study the species, the causes and control methods of civil construction mold in cold areas. We collected and cultivated microbes which breed in the civil buildings indoors in Shenyang area. The type of mold can be observed by microscopy. The type of mold can be obtained by the culture results by microscopy. We derived the control method through CHAMPS and WUFI-BIO which can analyze the causes and the harm to the human body. Through

收稿日期: 2016-10-19

基金项目: 国家自然科学基金项目(51308353); 沈阳建筑大学科学研究项目(2017020); 辽宁省自然科学基金项目(20170540760); 中国博士后基金项目(2015M581362)

作者简介: 于水(1983—), 女, 副教授, 博士, 主要从事建筑节能和室内空气质量保障技术研究.

the culture results, it can be seen that the types of indoor microbes in civil buildings are mainly yeast and aspergillusniger. They will pose a threat to human health if they exist for a long time. The simulation results show: The weather of winter will promote mold growth because the indoor and outdoor temperature difference will lead to thermal bridge condensation. If people do not handle, mold growth index can reach more than 2.5 in a year. Civil buildings are prone to mold problems due to weather and lack of ventilation in cold areas. So people should pay attention to control the growth of mold and other microorganisms in life.

**Key words:** harm of mold; mold's species; cause of mold; prevention of mold

严寒地区冬季室外温度较低,采暖期长,采暖期要求室内温度保持在 $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右。由于室内外温差较大,容易形成热桥或是冷桥,使热气在墙面形成水分,房屋在这些部位易潮湿,产生霉变现象。霉菌的产生不仅会对室内人员的生产和生活产生一定的影响,而且容易形成菌斑,影响建筑墙体的美观。当霉菌的浓度达到一定程度时,会对人体健康产生危害,如果摄入霉菌毒素污染的食物会引起霉菌毒素中毒症。有研究表明,吸入室内空气中的霉菌毒素也会致病,而且霉菌的产生会缩短墙体建筑的使用年限。由于霉菌孢子可以通过室外空气传至室内,因此,在室内经常可以检测到霉菌孢子的存在,某些建筑环境会使细菌在短时间内大量生长<sup>[1]</sup>。

国内外学者在霉菌方面进行了大量研究:CROOK B<sup>[2]</sup>等指出室内霉菌与病态建筑综合症有关;JOHANSSON P<sup>[3]</sup>等测试了建筑材料霉菌滋生的临界湿度,并对预防霉菌提出了一些建议;Klůšeiko P<sup>[4]</sup>等证实了高湿环境会导致墙体内部间隙结露,基层墙体和保温层之间温湿度的增加会进一步促进霉菌的生长;Dos SANTOS G H<sup>[5]</sup>等指出除了温度的影响,当室内外温差较大时,可能会发生冷凝现象,这种冷凝会提高墙体表面孢子萌发和生长的可能性,另外,在天气较热时,墙体角落的湿度及温度值都会高于室内空气的温湿度,霉菌的生长会受到角落淤塞的空气的影响。由于设计施工人员在处理墙体的保温过程中经验的不足,导致设计与施工脱节,致使一些控制项没有达到预期的标准,从

而导致墙体局部达不到保温效果,产生结露,造成墙体湿度变大,容易产生霉菌。邓永强<sup>[6]</sup>等指出围护结构内的湿积累是霉菌生长的重要原因,并针对不同材料进行了热积累和湿积累实验,指出了容易产生霉菌滋生问题的墙体结构;苏泽斌<sup>[7]</sup>指出墙面霉菌不仅影响居室的美观,也给人们的身心健康带来极大的危害,从霉菌的生长繁殖条件、墙面发霉的原因、位置及对策等几方面进行了研究分析。

由于国内研究只是局限于模拟和理论分析,没有具体实验支持结论,不能客观反应严寒地区霉菌生长的现状以及种类。基于此,笔者以严寒地区典型城市沈阳市为例,对市内一有霉菌生长的居民建筑的霉菌进行实验分析,采用CHAMPS软件对墙体内部的热湿进行模拟,得出墙体内部的温度以及湿度的分布;利用WUFI-BIO软件,得出该状态下霉菌生长的程度,判断其对人体的危害程度;通过实验对霉菌进行采集与培养,确定了严寒地区墙体霉菌的种类以及生长状态,为预防霉菌滋生提供基础数据和理论支撑。

## 1 霉菌生长的原因

霉菌在自然界中广泛存在,墙体中有适宜霉菌生长的条件时,霉菌孢子经过一定时间就会萌发,生成霉菌。霉菌的生命周期一般分为四个阶段<sup>[8]</sup>:芽孢的产生、萌芽期、菌丝长成期、繁殖期。其中,孢子的萌芽期是霉菌生长的关键时期,也是控制霉菌生长的最佳时期。霉菌生长的主要影响因素<sup>[9]</sup>:温度、相

对湿度(水分活性)、营养物质和暴露时间等因素对霉菌生长的影响较大;pH值、氧气、光线、表面粗糙度、生物体的相互作用等因素影响相对较小.霉菌生长的多少取决于营养物质的多少,同时对湿度和温度的要求也较高.民用建筑室内的热桥部位大多集中在墙角,墙角的温度和湿度较高,所以更加适宜霉菌的生长,而且墙角空气不流通,易导致霉菌孢子的聚集,使霉菌孢子更容易附着在墙体上,产生发霉现象.总之,墙角的温湿度和压力比建筑其他部位要高,满足霉菌生长的要求,更容易产生霉菌.

墙体的冷热桥部位由于其导热系数与周围墙体部位不一致,使得其与室内的空气温

度也有较大差距,易于产生结露现象,进一步增加墙体的湿度,带来有利于霉菌生长的环境,导致墙体表面发霉.在供热工况下,室内温度和相对湿度长期处于较高的水平,墙体内部湿积累现象严重,导致霉菌孢子萌发的时间范围扩大;而在空调工况下,虽然能控制室内高温高湿,但是在低温高湿状态下,墙体内部仍然有大范围霉菌孢子萌发的可能<sup>[10]</sup>.

## 2 霉菌的采集与培养

为了确定室内生长的霉菌种类,对沈阳市某民用建筑室内的霉菌进行采集培养,具体采集与培养过程如图1所示.

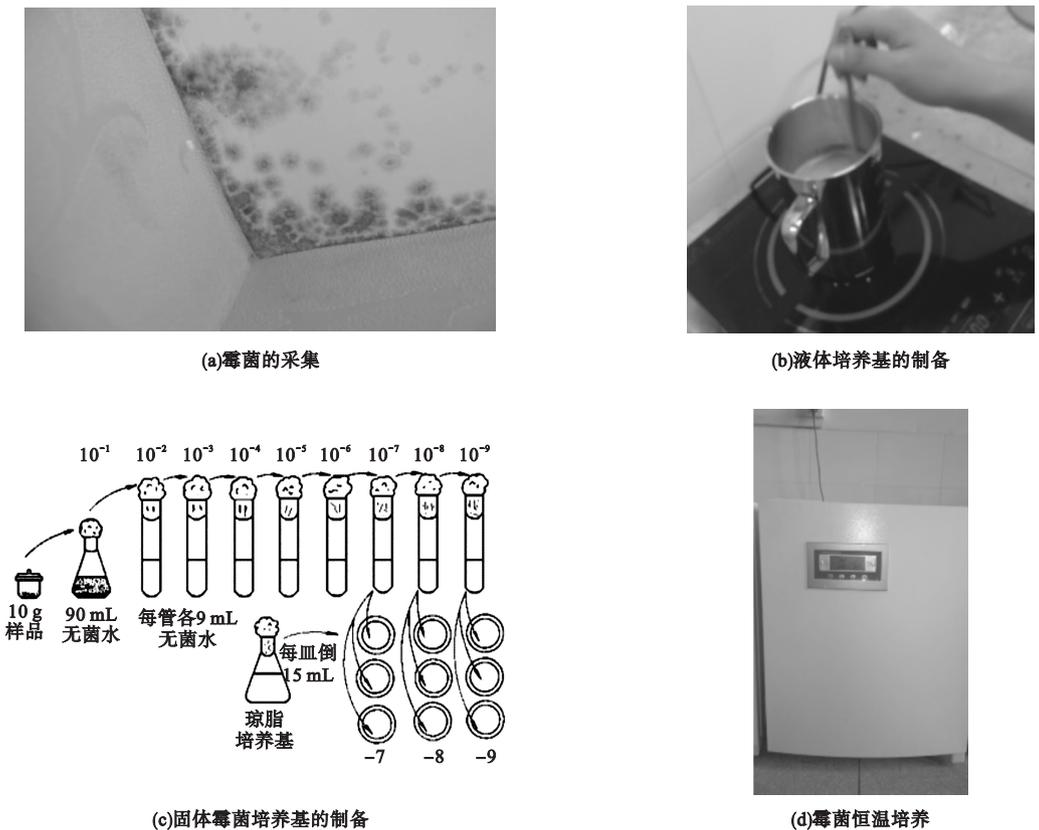


图1 霉菌实验过程

Fig. 1 Mold experiment process

霉菌的培养主要可以分为六步,主要为:

(1) 霉菌的采集.采集的霉菌为沈阳市某居民住户墙体角落的霉菌,将其在低温状态下带回实验室.

(2) 制备霉菌的液体培养基.液体培养基经过高温高压消毒,液体培养基可以使带回的霉菌继续在培养基中继续生长,使霉菌充满液体培养基,制备足够的霉菌为后续的

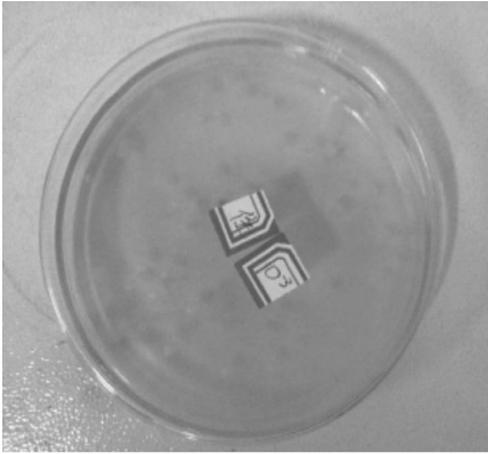
实验做准备。

(3) 固体培养基的制备. 将原菌液分别稀释  $10$ ,  $10^2$ ,  $10^3$ ,  $10^4$  倍, 装入有标记的试管中, 分别将稀释的原菌液接种至制备的固体培养基内. 在不同质量浓度下进行培养, 找出

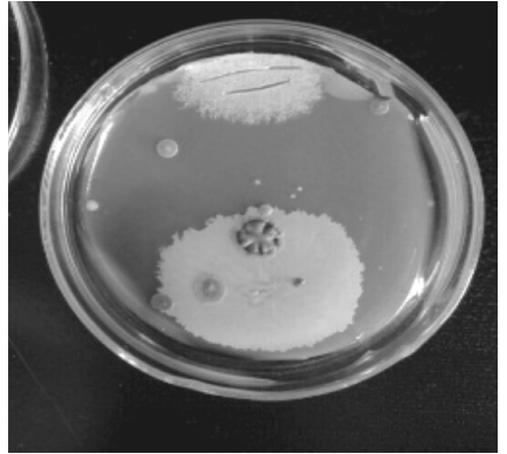
培养结果最好的菌落进行观察。

(4) 霉菌的恒温培养. 在最适合霉菌生长的温度下进行培养, 让其较快地生长。

(5) 观察与记录霉菌生长. 培养结果如图 2 所示。



(a) 48 h 后培养结果



(b) 最终培养结果

图 2 室内霉菌培养结果

Fig. 2 Indoor mold culture results

图 2(a) 为经过 48h 的培养结果, 可以看出培养基上有白色的菌点, 经过进一步的培养得到图 2(b) 所示的霉菌, 此时菌落发展较大, 可以看出经过一段时间的培养后, 菌落发展为白色菌落和黑色菌落, 有少量的橘色或是红色菌落, 其中白色菌落较大. 经过菌落对比分析初步可以知道白色菌落可能为酵母菌, 菌落表面光滑、湿润、黏稠, 容易挑起, 菌落质地均匀, 正反面和边缘、中央部位的颜色都很均匀, 菌落多为乳白色, 黑色菌落可能为曲霉菌, 菌落圆形紧密, 绒毛状, 颜色有数环, 分生孢子头的顶囊近球形, 小梗双层, 第一层长, 第二层短, 呈放射状排列。

(6) 培养结果分析. 通过显微镜观察可以得出两种菌落: 一种为单个细胞的形态为椭圆型, 确定所培养的细胞为酵母菌<sup>[11]</sup>; 另一种为呈散射型, 分生孢子梗细长, 分生孢子较短的曲霉菌<sup>[12]</sup>。

### 3 模拟分析

为验证严寒地区的霉菌的生长情况, 对

霉菌的生长程度进行评价, 指出其对人体的危害程度, 笔者采用 CHAMPS 软件模拟计算墙体的角落及冷热桥部位内部的热湿传递, 得出 1 年内墙体表面温度及湿度, 将温湿度值导入 WUFI - BIO 软件, 根据模拟结果可以判断霉菌的危害程度。

#### 3.1 CHAMPS 建模与结果分析

##### 3.1.1 墙体条件设定

以沈阳市某居民小区的霉菌易发地点为模拟对象, 如墙体的角落或墙体的冷热桥部位. 本软件需要设置参数主要有外部气象参数、墙体边界条件、墙体初始温湿度值. 外部气象参数采用沈阳市 1 年的温湿度值. 建立墙体结构网格划分如图 3 所示, 除左右外侧部分为室内空气, 墙体厚度为 300 mm, 由左至右, 由墙体内部至外部分别由保温板, 混凝土和石灰泥组成, 左侧为室内墙体, 右侧为室外墙体, 由于靠近室内外空气的墙面温湿度变化大, 对其划分网格比较精密。

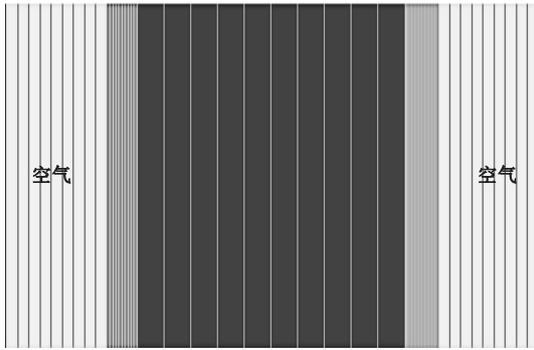


图3 墙体结构的网格划分

Fig. 3 Grid the wall structure

### 3.1.2 室内外温度设定

由于室外温度有一定的波动,不能采用定值进行设定,所以室外温湿度的设定根据沈阳市实际天气情况进行设定<sup>[13-15]</sup>,如图4所示。

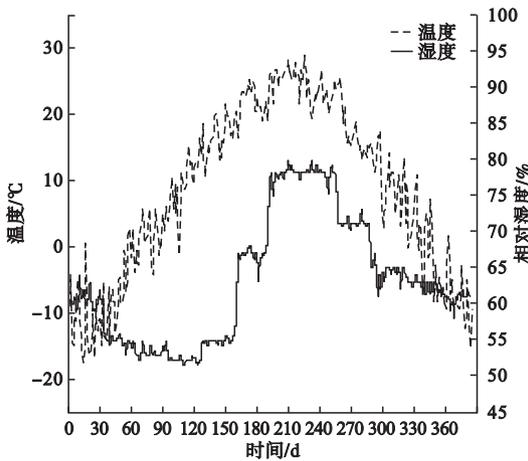


图4 沈阳市1年内温湿度

Fig. 4 Shenyang temperature and humidity changes within a year

室内温湿度的值相对比较稳定,根据沈阳地区冬季供暖习惯、夏季空调房间特性等因素综合考虑,将墙角处空气的温湿度的设定如表1所示。

表1 室内温湿度参数

Table 1 Indoor temperature and relative humidity

月份	温度/°C	相对湿度/%	月份	温度/°C	相对湿度/%
1	20	45	7	26	60
2	20	45	8	26	60
3	18	50	9	18	50
4	18	50	10	18	50
5	18	50	11	18	50
6	26	60	12	20	45

### 3.1.3 模拟结果

基于能量平衡和湿度平衡基本理论,采用CHAMPS模拟计算得到墙体内表面温湿度情况,模拟结果如图5所示。由图5可以看出:夏季和冬季时室内温湿度都较高,秋季和春季时室内温湿度都比较低。笔者的试验模拟开始于2014-01-01,冬季室内温度设定为20°C。模拟开始一段时间后,墙体表面温度降低,室内墙体表面与室内空气的温度差距较大,可能是因为冬季室内外的温差较大导致的。夏季室内温度设定为26°C,夏季室内外温差较小时,室内湿度的变化较小。将模拟结果导入WUFI-Bio软件,得出在此温度及湿度下墙体是否会产生霉菌以及霉菌产生的程度。

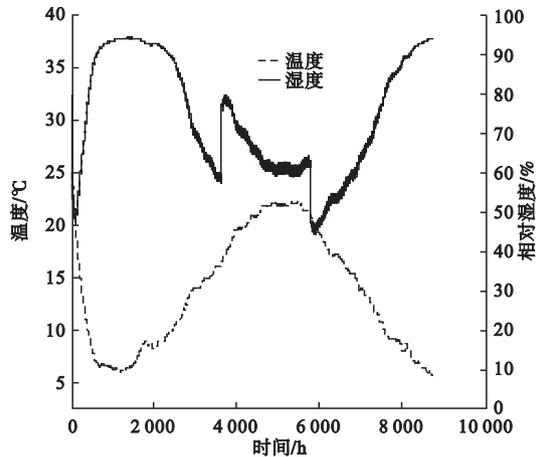


图5 墙体表面温湿度

Fig. 5 CHAMPS software simulation of the wall surface temperature and humidity

### 3.2 WUFI-Bio的模拟与结果分析

由于WUFI-Bio是以瞬态生物热湿模型(见图6)进行模拟的,瞬态生物热湿模型建立在霉菌孢子内部具有一定的渗透势能,能够从环境中吸收水分的基础上。孢子吸收水分是以扩散方式通过孢子壁进入孢子内部。孢子壁的扩散阻力( $S_d$ )是随着孢子内部含水量变化而变化,扩散阻力够延迟孢子内与外界环境水分的交换<sup>[16]</sup>。

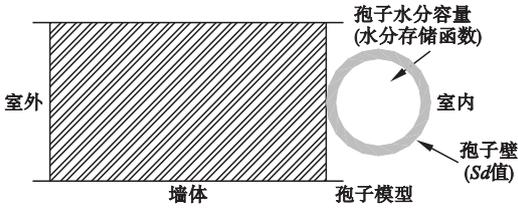


图6 孢子在墙面上示意图

Fig. 6 Spores schematic diagram on the wall

考虑到瞬时温湿度对霉菌生长的影响,进行模拟时输入的时间步长以 h 为单位. 为防止霉菌的增长需要考虑每小时的湿热条件,影响霉菌生长最重要的因素是温度、相对湿度和基底培养基的质量(营养物质的含量). 为了评估在瞬变环境条件下霉菌增长的风险,瞬态生物热湿生长模型基于建筑物模型开发了瞬态环境霉菌实际生长情况与所需的条件进行比较,通过模拟比较霉菌孢子的含水率与使孢子发芽的临界含水量判断孢子是否萌发. 一旦霉菌开始萌发,基于测量或计算的气候条件,后续的生长曲线可以评估霉菌增长的风险.

### 3.2.1 模拟条件设定

此次模拟的建筑为沈阳市某居民建筑,墙体表面使用的建筑材料为石膏,将墙体材料设定为 ClassI,材料特点为 Bio - utilizable 基质,如墙纸,石膏. 建筑产品的生物降解材料,较容易受污染的墙体表面. 墙体材料特性墙体内部的水分含量随空气湿度的变化和墙体内部霉菌的增长长度与霉菌指数的关系如图 7 所示.

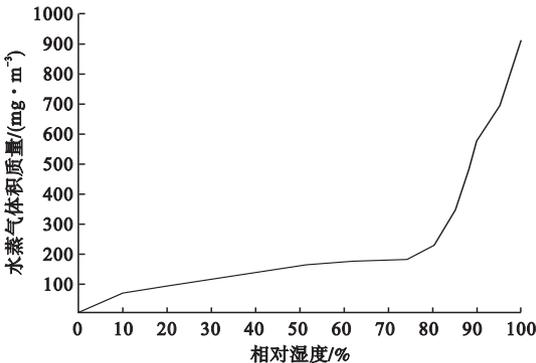


图7 墙体特性

Fig. 7 Wall characteristics

由图 7 可以看出,墙体内部的相对湿度在达到 80% 之前,墙体内部水蒸气含量增长的较慢,当相对湿度超过 80% 左右时,墙体内部水蒸气含量增长迅速.

### 3.2.2 模拟结果分析

WUFI - BIO 软件模拟结果如图 8 所示.

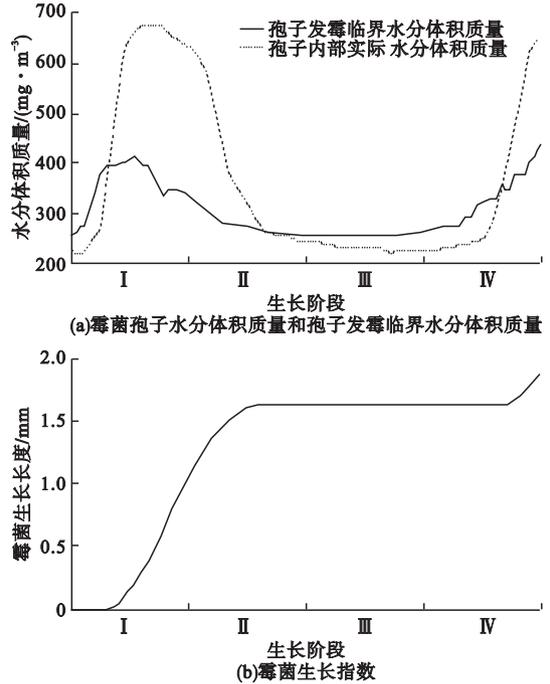


图8 WUFI - BIO 软件模拟结果

Fig. 8 WUFI-BIO software simulation results

由图 8(a) 可以看出冬季霉菌孢子的实际临界含水量比孢子萌发的临界含水量要高,孢子比较容易萌发,容易产生霉菌. 霉菌萌发的主要季节为室外天气较冷的时候,由于室内外温差较大,容易形成结露,增加墙体表面湿度,促进霉菌的萌发.

由模拟结果可知沈阳市某居民建筑有霉菌生长的风险,在冬季开始萌发以后,霉菌持续生长,由于在春季墙体内部还有余湿余热存在,霉菌继续生长. 在夏季实际含水量要低于霉菌的萌发临界含水量,所以霉菌停止生长. 从图 8(b) 可以看出如果长时间不处理霉菌滋生问题,霉菌将会有一段快速增长期,随着季节的变化又逐渐进入潜伏期,整个过程中霉菌生长指数在 1 年时间内可以达到 2.5 以

上.如果长时间处在这种环境下,霉菌不仅会对人体造成一定的危害,也会影响建筑物的使用寿命.

## 4 建筑室内霉菌滋生控制策略

霉菌的治理和控制方法很多,首先可以采用保温技术,如采用外保温技术或者采用保温砂浆等,增加墙体热阻,尤其对建筑冷热桥部位进行加强处理,避免冷桥和热桥的产生,避免墙体处于高湿状态或者存在结露现象.其次可以优化建筑室内气流组织,避免建筑内存在死角,降低死角处相对湿度,如加强建筑内通风或者合理安排家具位置.最后当墙体出现霉菌时应当及时进行处理,减少霉菌孢子的产生.对于墙壁上霉菌,要把感染部分的墙壁处理到基础墙壁部位,再喷洒杀菌剂对墙壁及四周进行灭菌,待被处理的地方干燥后,重新进行修复<sup>[17-18]</sup>.

## 5 模拟结果分析

生长于室内的霉菌种类一般为白色曲霉、黑色曲霉、散囊菌和拟青霉菌.由培养结果可知:沈阳地区居民家庭中生长的主要霉菌为酵母菌和黑色曲霉,其余菌种可能由于比例较小,在培养中没有显现.采集时可以看出墙体表面是由黑色的菌斑组成,可能形成的原因是前期为酵母菌生长,后期黑曲霉菌逐渐生长,导致墙体发黑.居民家中所使用的涂料为内墙干粉腻子,其主要成分有一类是无机材料,如白色硅酸盐水泥、熟石灰;还有一是有机材料,一般都是一些可以快速水溶的胶粉、改性淀粉等材料<sup>[19]</sup>,其中有机材料给霉菌的生长提供了生长所需的营养物质.据模拟结果分析得出,严寒地区室内墙体的角落及冷热桥区域的霉菌滋生现象,如果在1年内没有进行有效处理,霉菌指数会一直增加,1年后霉菌指数会达到2.5左右,即墙体角落和热桥部位霉菌的覆盖率可以达到10%以上,霉菌可以在室内稳定生长,在显微

镜下可以观察到,生长长度可以达到2 mm左右,这种结果是人体所不能接受的.霉菌生长过程中会产生微生物有机挥发物<sup>[20]</sup>,很有可能危害人们的身体健康.并引起呼吸道疾病,对抵抗力较弱的老人和儿童的影响力会更大.

## 6 结论

(1)由于室内外温差大会导致建筑冷热桥等部位结露,所以霉菌滋生主要发生在冬季;在夏季,由于建筑墙体含水量低于霉菌萌发临界含水量,霉菌则会停止生长.

(2)沈阳地区民用建筑室内滋生霉菌的主要类型为酵母菌和黑色曲霉.

(3)在建筑设计过程中,可以对墙角、窗框等建筑冷热桥部位进行墙体保温处理,可以明显抑制霉菌的滋生.

(4)霉菌滋生问题需要得到一定重视,如果不及时处理,霉菌生长指数会持续增加,霉菌稳定生长可达到2 mm左右,会严重影响室内空气质量,导致病态建筑综合症等疾病的发生.

## 参考文献

- [1] HAAS D, HABIB J, GALLER H, et al. Assessment of indoor air in Austrian apartments with and without visible mold growth [J]. Atmospheric environment, 2007, 41 (25): 5192 - 5201.
- [2] CROOK B, BURTON N C. Indoor moulds, sick building syndrome and building related illness [J]. Fungal biology reviews, 2010, 24 (3): 106 - 113.
- [3] JOHANSSON P, EKSTRAND - TOBIN A, SVENSSON T, et al. Laboratory study to determine the critical moisture level for mould growth on building materials [J]. International biodeterioration & biodegradation, 2016, 73 (9): 23 - 32.
- [4] KLÖŠEIKO P, ARUMÄGI E, KALAMEES T. Hygrothermal performance of internally insulated brick wall in cold climate: a case study in a historical school building [J]. Journal of building physics, 2015, 38(5): 444 - 464.

- [5] DOS SANTOS G H, MENDES N, PHILIPPI P C. A building corner model for hygrothermal performance and mould growth risk analyses [J]. *International journal of heat and mass transfer*, 2009, 52(21): 4862 - 4872.
- [6] 邓永强. 湿热气候建筑外墙热湿耦合迁移特性研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2009. (DENG Yongqiang. Research on coupled heat and moisture transfer characteristics of external walls in hot and humid climate [D]. Changsha: Hunan University, 2009.)
- [7] 苏泽斌. 墙面发霉的原因及对策[J]. *山西建筑*, 2010, 36(19): 144 - 145. (SU Zebin. The reason and countermeasure of wall moldy [J]. *Shanxi architecture*, 2010, 36(19): 144 - 145.)
- [8] MOON H J. Assessing mold risks in buildings under uncertainty [D]. Atlanta: Georgia Institute of Technology, 2005.
- [9] KLAUS S. Prediction of mould fungus formation on the surface of and inside building components [D]. Holzkirchen: Fraunhofer Institute for Building Physics, 2001.
- [10] 李炳华. 多层组合墙体内部热湿环境对霉菌生长的影响分析[D]. 长沙: 湖南大学, 2011. (LI Binghua. Analysis about the influence of thermal and humidity environment on mold growth in multi-layer wall [D]. Changsha: Hunan University, 2011.)
- [11] 杨清香, 王哲. 酵母菌在自然界中的生态分布及功能[J]. *环境科学与技术*, 2009, 32(4): 86 - 91. (YANG Qingxiang, WANG Zhe. Distribution and function of yeast in eco-environments [J]. *Environmental science & technology*, 2009, 32(4): 86 - 91.)
- [12] 贺运春, 张仙红. 山西虫生真菌[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2006. (HE Yunchun, ZHANG Xianhong. *Entomogenous fungi in Shanxi province* [M]. Beijing: China's Agricultural Science and Technology Press, 2006.)
- [13] 王磊. 寒冷地区不同年代住宅建筑室内热环境调查研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2015. (WANG Lei. Study on the indoor thermal environment in the cold zone [D]. Xi'an: Xi'an University of Architecture and Technology, 2015.)
- [14] 杨真. 严寒地区农村住宅室内空气状况改善与通风策略研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2010. (YANG Zhen. Research on the improvement of indoor air quality and strategies of ventilation for rural houses in cold region [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2010.)
- [15] 赵温江, 李百战, 丁勇. 沈阳冬季办公室室内热湿环境调研与分析[J]. *建筑热能通风空调*, 2009(4): 83 - 86 + 90. (ZHAO Wenjiang, LI Baizhan, DING Yong. Investigation on indoor thermal and humidity environment questionnaire in office building of Shenyang in winter [J]. *Building energy & environment*, 2009(4): 83 - 86 + 90.)
- [16] 李念平, 李炳华, 胡锦涛. 建筑墙体霉菌生长特性模拟分析[J]. *科技导报*, 2010(15): 41 - 44. (LI Nianping, LI Binghua, HU Jinhua. Simulation of mold growth on building walls [J]. *Science & technology review*, 2010(15): 41 - 44.)
- [17] 白立新. 浅谈工程保修中治理室内墙体透寒长毛的新技术应用[J]. *中国科技财富*, 2012(3): 118 - 119. (BAI Lixin. Application of new technology for indoor wall treatment in engineering guarantee [J]. *Fortune world*, 2012(3): 118 - 119.)
- [18] 郑忠宝. 墙体渗水及室内发霉长毛的原因及处理方案[J]. *黑龙江科技信息*, 2014(17): 179. (ZHENG Zhongbao. Reasons and solutions of wall water seepage and indoor mildew [J]. *Heilongjiang science and technology information*, 2014(17): 179.)
- [19] 张振和. 人员对室内微生物(沉降菌)的影响及杀菌办法[J]. *广西纺织科技*, 2009, 38(3): 36 - 37. (ZHANG Zhenhe. Influence of personnel on indoor microorganisms (bacteria settling bacteria) and sterilization methods [J]. *Guangxi textile science & technology*, 2009, 38(3): 36 - 37.)
- [20] 张玉波, 凌琪, 陶勇, 等. 墙体霉变的成因及应对措施[J]. *安徽建筑工业学院学报(自然科学版)*, 2012(1): 75 - 77. (ZHANG Yubo, LING Qi, TAO Yong, et al. Causes and countermeasures of the wall mold [J]. *Journal of Anhui institute of architecture (natural science)*, 2012(1): 75 - 77.)