

室内霉菌的污染途径及其控制策略研究*

——以菲律宾某酒店为例

陈维田¹, 何 森²

(1. 香港理工大学屋宇设备工程学系, 香港九龙;

2. 中山大学生命科学学院, 广东 广州 510275)

摘 要: 在热带地区, 大多数的公共性建筑物室内拥有十分适宜于霉菌繁殖的环境条件。以在菲律宾某大型酒店的实地调查作为研究示例, 详细探讨了酒店内霉菌扩散的途径, 提出了一系列控制霉菌繁殖和发生的行之有效的控制策略、解决途径和实施办法。控制策略和方法的实施有效地改善了酒店内部的室内空气质量 (IAQ, Indoor Air Quality)。我国目前在 IAQ 领域的研究工作刚刚开始, 本研究对于如何在同类环境条件下的酒店和公共场合控制室内环境中霉菌的繁殖发生, 具有有益的示范和借鉴作用。

关键词: 室内空气质量; 室内霉菌; 控制策略

中图分类号: R1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2003) S1-0199-05

在空气湿度非常高的热带地区, 十分适宜于微生物的繁殖和发生。室内霉菌和室外飞散的霉菌含量非常高, 霉菌孢子一年四季均存在。有害的微生物在短时间内 (十几分钟至数小时) 可以快速繁殖多个世代, 大量的新个体、悬浮颗粒、孢子可以随着排风系统快速释放到室内的各个角落。

近年来研究表明, 世界范围的病菌感染类型和致病微生物种类有着明显变化, 原来对人类生命威胁最大的病菌正逐渐被非致病的弱毒菌和条件致病菌所取代。但是, 长时间待在受微生物污染的室内环境中, 人们会表现出不适感, 症状最多的是头痛、胸闷、鼻炎、咽头炎、易疲劳、烦躁、皮肤过敏反应等。微生物能够释放易挥发性有机物质 (Microbial Volatile Organic Compounds, mVOCs), 有刺激性气味、刺鼻、刺眼流泪, mVOCs 还会导致鼻出血、诱发气喘和严重的哮喘等。据研究在中国的南方地区春季及初夏处于梅雨季节, 湿度较高, 适于霉菌生长, 霉菌过敏者占哮喘病人的 21%^[1], 儿童为 12.0%^[2]。

在欧美等国家和地区, 室内微生物污染 (主要包括放线菌, 真菌, 细菌, 藻类, 病毒等) 已经愈来愈受到室内空气质量监测机构和研究人员的关注。酒店作为公共场所, 如何为消费者和住客提供一个健康和安全的居住活动空间, 保持良好的室内空气质量 (Indoor Air Quality, IAQ) 是经营者和消费者共同关注的一个问题。也是目前研究的一个新

兴热点领域。本文就如何在热带地区酒店内控制霉菌的生长, 提高室内空气质量, 开展探讨和研究。

1 调查方法

1999 年 12 月, 在菲律宾某大型酒店调查了客房地毯的霉菌污染状况。详细调查记录了酒店内部分具有代表性房间的内部布局, 风机盘管系统, 新风系统和排风系统。调查酒店的风机盘管系统、新风系统、排风系统, 了解酒店定期对风机盘管系统、新风系统过滤器清洁的时间间隔。与酒店管理人员和相关的技术人员交谈, 了解有关管理情况和技术问题。

2 调查结果与存在问题

2.1 存在的主要问题

酒店内被调查的所有客房均明显存在灰尘和霉菌的生长问题。通风口的空气携带了大量的灰尘。部分客房和公共空间的新风供应明显不足。地下室的新风供应不足。客房排出的空气被用做洗衣房的新风输入。抽排风系统失衡。被检查的客房均无抽排风的迹象。在酒店的客房中均存在有霉菌孢子。浴室的湿气沿着折回的空气循环传播, 随后被地毯吸收, 导致了霉菌的发生。客房的温度过低, 难以控制。羊毛地毯易助长霉菌。大楼管理系统存在管理缺陷——反应迟缓。清洁卫生不够彻底。

* 收稿日期: 2002-11-21

作者简介: 陈维田 (1951 年生), 男, 副教授; 通讯联系人: 何森; E-mail: ls24@zsu.edu.cn

2.2 发生原因调查

(1) 灰尘污染严重, 酒店位于市区最为繁华的几条马路交汇处。交通十分繁忙, 风速低, 因此自然因素的清洁作用小。该地汽车尾气污染的情况十分严重。酒店的通风口位于建筑的屋顶, 富含碳粒的空气穿过门开口和其它开口(例如, 门缝隙、防火信道门边缘, 天花板等), 通过新风系统进入酒店。灰尘随着空气通风对流和布朗运动悬浮的过程中, 它们会依照某种方式沉积在地板上。在一般的地面, 灰尘可以直接用吸尘器处理干净。但是, 在一些卫生死角, 灰尘十分容易聚积。

(2) 霉菌繁殖严重, 在热带、亚热带、温带地区, 特别是沿海地区, 容易滋生室内霉菌, 尤其是在浴室、地下室等潮湿区域, 霉菌生长非常迅速。在房间里, 沿着墙角可以找到严重的霉菌污染。事实上, 霉菌很容易在家具后的墙体或家具表面找到。鉴别的简单方法是用目测法看到一些圆形斑块。这些圆形斑块可以被认为霉菌定居形成的区域。圆斑中包含有大量的孢子。

霉菌仅能够在以下 4 种条件中生存: ① 有孢子的存在, 大气中存在有数百种的霉菌孢子, 霉菌孢子尤其容易存在于富含灰尘微粒的环境中; 霉菌孢子可以随气流飘荡, 或者粘附于飘浮的尘埃。霉菌孢子很容易通过各种途径进入酒店; 一旦霉菌孢子遇到适合的繁殖角落, 它们就成为了扩散到室内其它空间孢子的来源。② 湿度, 湿度是控制霉菌生长的最为重要的基本生存条件, 湿度在 20% 以上, 均适合于霉菌的生长; 在热带环境下, 湿度通常保持在 70% ~ 80%, 室内湿度多在 60% 左右。③ 营养条件, 地毯中棉花所含的碳水化合物可以为微生物提供合适的生存养分。④ 温度, 室内的正常温度适合于大多数的霉菌生长。

2.3 酒店布局整改

酒店针对以上问题曾经整改过房间布局, 更换了家具。客房布局有了两项重要的变化:

(1) 为了消除以上隐患, 将客房的浴缸位置做了调整。

(2) 浴室门开向客房走廊。采用了整改措施后, 酒店依然存在的严重霉菌问题, 重要的原因是, 由于没有有效的抽排风系统, 并且走廊上方格栅的抽气不足, 湿热的空气从浴室中出来, 同时客房中的冷气沿着走廊返回; 两股气流相遇时产生了凝聚现象。当空气遇到对面的墙壁时, 湿气易于凝聚在气流产生回旋的对角角落的地毯上。在空气中飘浮的孢子以某种方式附着于地毯, 地毯具有良好的温度和营养条件, 从而导致了霉菌的快速生长。

未抽干的剩余湿气同样会进入到客房。当客房中没有住客时, 风机盘管关闭, 同样能够产生凝聚, 在装置的四周可以找到孢子的存在。在这些位置, 孢子难以被清除干净。

2.4 客房案例研究

案例一, 检查 612 号客房, 利用相对湿度采集仪纪录了室内相对湿度变化。当客人在洗浴时, 相对湿度增加至 65% ~ 77% 之间, 如果客人使用热水洗浴, 相对湿度达到 80% ~ 90% 之间。假设与客房中观察的结果一致, 当睡房中风机盘管输送空气和返回空气均在该室内时, 不考虑返回空气位于浴室门前的走廊上方的情况。从洗浴间出来的热气流被吸收情况并不严重, 仅仅观察到少量的霉菌生长于地面的地毯和浴室门前的台面上。

案例二, 检查 515 房间时, 发现新风系统没有运作。酒店技术主管介绍, 当遇到以下两种情况时, 将会关闭系统。一是有房客抱怨太冷, 二是房间正在清理和服务。技师证实, 每天的晚间 10 点钟至第二天的上午 5 点钟期间关闭新风系统, 整栋大楼只有一台新风机提供服务。对于要维持最基本的室内空气质素, 关闭新风系统是不可接受的。夜间关闭新风系统, 由于缺乏空气交换, 可能是导致霉菌生长的原因之一。同时, 单机系统在操作、保养和节能策略等方面均缺乏灵活性。这种单风扇、多出口系统是一种不平衡系统。因而对每一个排风口的新风供应是完全不均衡的。

2.5 存在的其他问题

所有客房的浴室仅使用一个排气扇抽风。与新风系统一样它也存在操作、保养和管理等方面的潜在问题。正如前面提到, 原始设计的浴室上方的排气孔被移开了。只有浴室和厕所上方的换气格栅被保留下来。事实上, 在所有被检查的客房中, 没有检测到有空气的抽出迹象。在客房中, 尤其在走廊中, 湿气的聚集使得情况更加糟糕。

同时还发现工程部转移抽出的空气, 经过简单的过滤和冷却后, 回输供给到洗衣房。从卫生工程学的角度看, 洗衣房被置于高风险的室内空气质素环境中。供气系统易于滋生微生物, 并且会引发健康问题。即使某些情况得到了及时的追踪反馈, 酒店也可能因此需要承担相应的法律责任。而且, 洗净的衣服、浴巾、床单等有被污染的危险, 这些危险又会被带回到客房。

酒店地毯的清理存在有一个普遍性的问题。地毯的清洁过程某些区域缺乏适当的注意。

3 行动方案与管理对策

在世界范围内, 因为室内环境问题引发的人员

健康案例呈增长趋势。一旦发生房客抱怨室内环境条件恶劣的事件,将会导致酒店产生严重的损失,因此,酒店管理层面应充分考虑应对方案,采取相应的预防处理措施,以预防突发事件的产生。

3.1 新风系统行动方案与管理策略

新风是室内空气质量达标的最重要的保障。新风入口处的空气受汽车尾气污染的影响,空气中包含有大量的 VOCs, NO_2 和悬浮微粒。新风入口处位于屋顶有助于减少新风自身的前期污染。据观察,酒店中微粒的渗入十分严重,因此,采用以下预防性措施十分必要:

(1) 及时掌握专业部门发布的每日室外环境空气质量预报,判去除灰尘以外的其它可能的潜在影响室内空气质量的因素。可以借鉴香港的室外空气质量指南手册。

(2) 增加新风入口和风机盘管过滤器的清洗次数。

(3) 为进一步减低客房空气过滤的负荷,改进酒店空气的总体清洁度,可以考虑在新风入口处安装使用静电沉淀器。

(4) 改进酒店的空气封闭性。检查灰尘由缝隙和开口的渗透路径,可以简单的通过观察门边至楼梯处的灰尘轨迹找出症结所在。

(5) 制定一套严格规范的 PAU 操作程序和制度。

(6) PAU 系统的入风口位于屋顶,在其附近安装有一个大型的冷却塔。冷却塔保养良好,可以避免细菌尤其是军团菌的污染,需定期获得专家指导,尽可能避免军团菌和其它细菌的发生。

(7) 空气的压力化检查,在总体空间中,最好使得酒店室内空气保持轻微的正向压强,可以避免灰尘和污染物的渗透。应该彻底检查室内空气的气压平衡。这项工作有两方面的作用,即可以减少热和污染物难以控制的渗透。高污染扩散区域应该保持负向压强,可避免污染物的扩散。

(8) 新风平衡检查,酒店仅有一套 PAU 供应新风,由于取得平衡的困难,很难维持每一个区域获得期望的新风设计流量。距离 PAU 较远的空间,需要的管道较长,将获得较少的空气供应。流行的单 PAU 系统不能够满足客房数量增长的需要。过去,新风供应不足可以部分通过客房间新风相互渗透和交叉流动获得补偿。然而,随着室外空气污染条件的复杂化,这种做法变得愈来愈不可靠了。解决方案可以是,其一检查酒店每个区域的新风供给情况,检查在设计条件下读取到的资料与设计值的差异。并采取措施进行调整;其二长期的处理策略

是重新设计多 PAU 的新风系统,每个 PAU 担负一个区域的新风供给,这无疑能够获得较为有效的平衡。

(9) 新风系统的清洁,酒店雇用了一家承包商负责主要新风管道的周期性清洁。实际上,清洁工作应该可以扩展到其它的管道以及客房的吊顶压力通风系统。

(10) 重新设计风机盘管单元 (FAU) 的回风布置,目前的设计利用了天花板上部的空隙作为输入新风和回风的混合室。如果齷齪的室外空气和渗透风情况已经存在,建议在每一个 FAU 上增加回风管,以避免通气管道聚积灰尘。虽然,在视检多间客房时,吊顶压力通风系统的现状并不十分严重,但是,天花板上部空隙被真菌孢子和碳粉污染的危险性非常高,而且碳粉的污染十分难清除。易于保养的回风管更受欢迎。回风管决不能使用衬里。

(11) 定期评估新风系统的空气质量状况。

(12) 为地下室输送新风,目前地下室没有新风的供给,从影响健康的角度来说,这是绝对不能接受的。在这个地带,存在有成百上千种由各种材料和媒介散发出来的污染物,无法冲淡及难以排出。一旦这些空气排出后,如果未经预处理,将是污染物和气味的主要源头。品质低下的空气容易滋生细菌和真菌。污染物很容易通过空气的流动交换和洗净的客人衣物和亚麻物品回输到客房区域。因此,需要立即采取措施重新设计最封闭房间的供排风系统。注意通风干燥,并用漂白粉清洗容易滋生霉菌的位置。

3.2 排风系统行动方案与管理策略

(1) 酒店客房的排风系统行动策略。

浴室上方的排风系统处理方案:由于整个酒店只有一个排风系统,不可能调节和平衡排风量达到满意的水平。因此,浴室中的湿气得以通过走廊折回到风机盘管单元,并造成了所有的地毯霉菌问题。需要采取的行动是在浴室的浴盆上方增加一个有效的排风装置抽取水蒸气。淋浴间上的排风系统处理方案:定期检查,保证该处的排风系统可以正常地调节和平衡。

(2) 对于由客房排出的空气决不允许回输到洗衣房,除非空气质量能够得到有效的保障。

3.3 室内空气质量行动方案与管理策略

(1) 执行酒店室内空气质量稽查制度。

(2) 制定室内空气质量操作协议。室内空气质量策略的采用,需要考虑到相关系统的能耗问题。

3.4 预防酒店客房地毯霉菌的生长行动方案与管理策略

实施行动方案虽然无法从根本上清除霉菌的生长,但有助于抑制和减轻霉菌的生长和发生。

(1) 减少湿气,尽量排出浴室的水汽。保持室内的相对湿度在 50%~65% 之间。清除任何附着在管道上的水滴。查找可能增加相对湿度的因素,采取相应的补救措施。

在地毯的清洗中,应该利用真空干燥清洁器彻底烘干地毯,或者调节室内相对湿度至较为干燥的水平。清洁过地毯后,需要保持室内空气的流通。

(2) 减少真菌孢子,应该较为频繁地清洁集水盘、冷却管和风道。正常情况下附着在微小尘粒上的孢子可以被有效地过滤掉。保证室外清洁空气的充足供应可以减缓孢子的聚集。定期监测霉菌的生长条件,如果发现霉菌的生长情况十分严重,应该及时增加应对的手段。

这里不介绍任何生物防治手段,因为目前还没有较为安全的杀真菌药剂制品可以使用。实际上,可以请卫生学专家现场检查,鉴定真菌物种,确定该菌种是否对居住者的健康造成危害。

真菌孢子常留存在地毯下的地面上。在铺设新地毯之前应该彻底清洁地板。

(3) 室内温度的控制,酒店的正常室内温度十分适合霉菌的生长。调查时发现客房的室内温度过低,而且控制阀被锁死,房客无法调节室内的温度。不必要的低温度不仅浪费了制冷能量,而且营造了一个住客无法接受的环境,另外还会造成冷凝作用,使得地毯吸收了水分,为霉菌的生长提供了温床。建议应该允许住客在室内自行调节温度。

(4) 有效的空气过滤和良好的清洁作业会降低真菌生长的营养条件。

(5) 羊毛地毯易受霉菌的污染。因此可以考虑采用合成化纤地毯。地毯同样有污染物的挥发,如 VOCs 和甲醛等。地毯衬里所用的材料和胶水的类型同样影响室内空气质量。一项基本的控制措施是,检查供货商提交的材料安全性资料表(MSDS)。当然,也可以选择相应实验室测试地毯样本挥发的 VOC 等资料。

3.5 其它需注意的问题

(1) 壁柜前的地面,这部分地毯受霉菌和泥碳污染十分严重。而这部分地毯又常常用水浸洗,房间的这一部分空间通风不良。解决的策略是在这部分的地面铺设瓷砖,所选择的材料应该易于清洁、不会挥发出污染物。

(2) 清洁作业应该涵盖所有的区域,包括难以

触及的位置。清洗后应该将地毯彻底干燥。使用清洁剂后应使房间保持通风。使房间具有更好的空气密闭性。在 PAU 和 FCUs 中保持更高的过滤效果。

(3) 充分考虑室内热舒适性问题,制定热舒适性标准和策略。

4 讨 论

在研究地毯霉菌污染的问题同时,发现还存在有其它的一些室内环境管理和品质等方面的问题。因此,该酒店存在因室内环境问题被房客和职员投诉的风险。

本文中列举的控制策略和方法是在短期调查和与酒店工程技术组讨论后研究获得的行动方案。尚存在不足和遗漏。一旦所有的行动策略得到全面的贯彻和实施,酒店将会避免一般的室内环境质量问题的产生,并将保持一个良好的室内环境品质。

以上的讨论和研究主要依据于香港的实践经验,酒店在具体的实施过程中,还应该考虑到本地的法律、法规,和借鉴当地的商业操作规范。

参考文献:

- [1] 李云,胡葵玉,张宁. 190 例婴幼儿哮喘变应原皮试结果分析[J]. 临床儿科杂志, 1991, 9(1): 6-7.
- [2] 张怡,朱良英. 儿童哮喘 208 例吸入性过敏原调查分析[J]. 医学理论与实践, 1998, 11(8): 368-369.
- [3] American Society of Heating, Refrigerating and Airconditioning Engineers. Inc. 1999, Ventilation for acceptable indoor air quality. ASHRAE 62-1999.
- [4] Brown K S. Sick Days at Work[J]. Environmental Health Perspectives, 1996, 104: 1032-1035.
- [5] Burge H A K, Kreiss P R, Morey J, et al. Guidelines for Assessment and Sampling of Saprophytic Bioaerosols in the Indoor Environment[J]. Applied Industrial Hygiene, 1987, 2(5): R10-R16.
- [6] Department of Building Services Engineering Hong Kong Polytechnic University 2000, Good practice guide to indoor air quality for hotels in Hong Kong. Hong Kong Polytechnic University Press.
- [7] Fanger P O, Bluyssen P, Clausen G, et al. Air Pollution Sources in Offices and Assembly Halls[J]. Energy Buildings, 1988, 12: 7-19.
- [8] Greene R E, Casey J M, Williams P L. A Proactive Approach for Managing Indoor Air Quality[J]. J Environmental Health, 1997, 60(11): 15-21.
- [9] Hodgson M J, Frohlinger J, Karpf M, et al. Symptoms and Microenvironmental Measures in Nonproblem Buildings[J]. J Occupational Medicine, 1991, 33: 527-533.
- [10] Indoor Air Quality Management Group of the Government of

- HKSAR. Guidance notes on managing indoor air quality in air-conditioned buildings and public places. Hong Kong, 2000.
- [11] Mikatavage M A, Dillon K, Funkhouser E, et al. Beyond Air Quality – Factors That Affect Prevalence Estimates of Sick Building Syndrome [J]. American Industrial Hygiene Association Journal, 1995, 56:1141 – 1146.
- [12] National Air Duct Cleaners Association. Mechanical cleaning of non-porous air conveyance system components. NADCA, 1992.
- [13] Office of Research and Development and Office of Air and Radiation. A Standardized EPA Protocol for Characterizing Indoor Air Quality in Large Office Buildings [M]. Washington D C: EPA, 1994.
- [14] Reynolds S J, McJilton C E, Streifel A J. Elevated Airborne Concentrations of Fungi in Residential and Office Environments[J]. American Industrial Hygiene Association Journal, 1990, 51:601 – 604.
- [15] Sandra V M, Richard A K. Fungi & indoor air quality[J]. Health & Environment Digest, 1996, 10(2):9 – 12.

A Case Study of Control Strategies and Contamination Routes of Indoor Moulds for the Hotel of Philippines

Daniel W. T. Chan¹, HE Miao²

(1. Department of Building Services Engineering, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, China;

2. School of Life Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: Based on the observation of the walk through inspection and discussion with the engineering team of the hotel of Philippines, the sustained favorable conditions and the contamination routes of indoor moulds in Southeast Asia were discussed, furthermore, the control strategies and the action list for indoor moulds had been provided. By using the control strategies, the indoor air quality of the hotel was improved notably.

Key words: indoor air quality; indoor mould; control strategy