

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2012.06.005

地下KTV包间空气质量调查分析

崔术祥, 杨维, 李灿, 明锦, 李义, 李苗姝

(湖南工业大学 土木工程学院, 湖南 株洲 412007)

摘要: 研究了地下KTV包间这类公共娱乐场所的室内空气品质。在不同季节, 对某市3家地下KTV包间的温度、相对湿度、风速、CO₂体积分数、氡、可吸入颗粒物和菌落总数进行测试并开展了相关问卷调查。测试及问卷调查结果显示: 3家KTV包间室内空气品质均不乐观, 1#, 2#KTV包间的相对湿度、CO₂体积分数、可吸入颗粒物、菌落总数和3#KTV包间的温度、相对湿度、风速均超出相关标准。分析可知, 新风量是影响地下KTV包间空气质量的最重要因素。可从合理安排新风量、优化室内气流组织、有效调节室内相对湿度、提高空调系统的过滤性能、减少室内污染源等方面, 积极改善地下KTV包间的空气质量。

关键词: 地下KTV包间; 空气品质; 新风量

中图分类号: X820.2

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2012)06-0016-05

Investigation and Analysis of Air Quality in Underground KTV Rooms

Cui Shuxiang, Yang Wei, Li Can, Ming Jin, Li Yi, Li Miaoshu

(School of Civil Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: The air quality in public entertainment places such as underground KTV rooms was studied. Three KTV rooms in a city were tested about the indoor temperature, relative humidity, wind speed, CO₂ concentration, radon, inhalable particles and the total number of colonies in different seasons, and the relevant questionnaire survey was conducted. The results show that air quality of the three KTV rooms is not optimistic, the relative humidity, CO₂ concentration, inhalable particles and the total number of colonies of KTV room 1# and 2# as well as the temperature, relative humidity and wind speed of KTV room 3# are beyond the relevant standards. The analysis shows that the fresh air volume is the most important factor to affect the air quality in underground KTV rooms. The air quality can be improved by reasonably arranging fresh air volume, optimizing indoor airflow, regulating effectively indoor relative humidity, improving the filtration performance of air-conditioning system and reducing indoor air pollution sources, etc.

Keywords: underground KTV rooms; air quality; fresh air volume

0 引言

随着我国城市用地日益紧张, 地下建筑开发量

增长迅速。地下建筑开拓了新的城市生活领域, 对缓和城市用地矛盾、改善城市交通、扩大绿地面积、提高城市生活质量起到了积极作用^[1]。近年来, 我国

收稿日期: 2012-09-20

基金项目: 大学生研究性学习和创新性实验计划基金资助项目(湘教通[2011]123)

作者简介: 崔术祥(1989-), 男, 河南信阳人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为室内空气品质,

E-mail: cuishuxiangasd@126.com

通信作者: 李灿(1968-), 女, 湖南株洲人, 湖南工业大学教授, 博士, 主要从事室内空气品质及建筑节能技术方面的教学与研究, E-mail: lc19992@126.com

新开发的地下商业建筑规模不断扩大,越来越多的人以不同的方式生活在其中,地下建筑室内环境质量逐渐引起人们的关注。考虑到地下建筑空间封闭、热稳定性能好且噪声不易影响临近场所及附近居民,故将KTV包间一类的娱乐场所设在地下层不失为一种较好的选择,但因其属于人群密集、空间密闭的公共场所,且唱歌时人们的呼吸量比平时倍增,同样的污染物暴露量将导致更大的危害,因此,地下KTV包间的室内空气品质问题成为研究的重点。

本文选取3家营业期的地下KTV,于2011年11月至2012年8月期间,对其室内空气品质进行了测试分析及相关问卷调查,以期改善此类地下娱乐场所的室内空气品质提供数据参考。

1 测试场所、对象与方法

1.1 测试场所

选取3家位于某城市繁华地段的地下KTV包间,3家KTV编号为1#,2#,3#KTV,所选包间房间面积分别为17.1,21.6,15.2 m²,使用时间均达1 a以上,避免了新装修期间挥发性有机化合物(volatile organic compounds, VOC)散发导致的浓度超标。3家KTV均设有空调系统,其中1#KTV包间安装壁挂分体式空调,2#和3#KTV包间均为中央空调系统,但2#KTV包间调查时空调未开机。

1.2 测试对象

因前期测试结果显示甲醛、氨含量均未超标,故本次主要测试对象为:温度、相对湿度、风速、CO₂体积分数、氡、可吸入颗粒物和菌落总数。

同时,对热感觉、胸闷感、异味感等主观感受情况进行了问卷调查。

1.3 测试方法

1) 测点布置

根据房间面积大小,参照GB/T 18883—2002《室内空气质量标准》“室内空气监测技术导则”,将房间对角线三等分,以其中2个等分点作为测点,测点距地面高度为1.2 m,且距离墙壁和热源大于0.5 m。

2) 温度、相对湿度、风速测定

每隔5 min记录1次温度、相对湿度和风速数据,连续测量3 h。采用台湾泰仕电子工业股份有限公司生产的TES-1360A温湿度计测量温湿度,德国德图集团生产的TESTO 405-V1风速计测量风速。

3) CO₂体积分数测定

采用北京市华云分析仪器研究所有限公司生产的GXH-3011AE型便携式红外线分析器对CO₂体积分数进行连续测量。每隔10 min记录1次数据,连续测

量3 h。

4) 氡测量

采用美国Durrige公司生产的RAD-7电子氡气探测器对氡含量进行测量。每隔1 h自动记录1次数据,连续测量3 h。

5) 可吸入颗粒物测量

采用英国Turnkey仪器有限公司生产的Dustmate手持式环境粉尘检测仪对可吸入颗粒物进行测量,该检测仪有PM₁, PM_{2.5}, PM₁₀, TSP等4种粒径通道,能够同时检测上述4种颗粒物的浓度。每隔10 min记录1次数据,连续测量3 h。

6) 菌落总数测量

采用苏州伟拓净化设备技术有限公司生产的FSC-1型浮游细菌采样器对菌落总数进行测量。使用撞击法原理采样,采样时间为5 min,采样流量为50 L/min,每次测量0.25 m³空气中的菌落总数,连续采样6次。

2 测试参数及其对人体健康的影响

2.1 温湿度及风速

温湿度直接影响着人体与外界的热湿交换和人体自身的热湿平衡,对人体舒适度影响较大,是热舒适性的一个重要指标之一。同时,温湿度还会对室内污染物产生影响,如影响空气中微生物的存活、生长及繁殖等,间接影响人体健康。

室内风速的大小直接影响到人体与周围环境之间的换交热,风速过大,会产生吹风感,影响人体的热舒适感觉。

2.2 CO₂体积分数

作为室内空气品质评价的一个重要指标,CO₂体积分数的大小直接影响着人体健康。CO₂体积分数对人体健康的影响见表1^[2]。同时,室内CO₂体积分数还常用来表征室内新风量大小或通风程度的强弱,间接反映了室内可能存在的其他有毒有害污染物的聚集浓度^[3]。

表1 CO₂体积分数对人体健康的影响

Table 1 The effect of CO₂ volume fraction on human health

CO ₂ 体积分数 / %	人体感觉
>0.07	少数敏感的人感觉不舒服
>0.10	一般人有不舒服的感觉
>0.50	呼吸量稍有增加
>1.00	易疲劳,呼吸量增加50%

2.3 氡

氡是一种广泛存在于环境中的放射性气体,无色无味,数量微小,难以察觉。常温下,氡及其子

体形成放射性气溶胶,其衰变产生的辐射会对人体的造血器官、神经系统、生殖系统和消化系统造成损伤,甚至诱发肺的癌变。美国环保局在调查中发现,在肺癌的病因中,氡仅次于吸烟,位列第二^[4]。

另外,氡及其子体对人体的危害程度与受氡照射时间、吸入剂量成正比例。一般认为,氡致肺癌的危险度与室内氡浓度的大小、受氡照射时间的长短及初始受照射的年龄等因素有关。

2.4 可吸入颗粒物

室内颗粒物主要是指悬浮在室内空气中的固体与液体颗粒的混合物,其空气动力学直径范围为0.005~100 μm ,可作为多种物质的载体,并能较长时间悬浮于空气中,其中直径小于等于10 μm 的颗粒物称为可吸入颗粒物。

不同粒径的可吸入颗粒物在人体内的主要沉积部位见表2。由表2可知,可吸入颗粒物的粒径越小,进入人体呼吸系统的部位就越深,当粒径小于0.1 μm 时,颗粒物甚至能够穿透肺泡进入人体血液循环,影响心脏、大脑等重要器官。另外,颗粒物粒径越小,其比表面积就越大,表面吸附的重金属、酸性氧化物、有机污染物(如多环芳烃)等有毒化学组分、细菌、病毒和真菌就越多,对人体的危害程度就越大。

表2 不同粒径的可吸入颗粒物在人体内的主要沉积部位

Table 2 Depositing sites of different inhalable particles in human body

粒径 / μm	沉积部位
2.5~10.0	咽喉与气管等上呼吸系统
1.0~2.5	支气管等下呼吸系统
0.1~1.0	肺部
<0.1	血液循环系统

可吸入颗粒物进入人体后,可能引起哮喘、支气管炎、肺炎、发热、咳嗽、支气管收缩以及肺癌等呼吸系统疾病,还能造成眼和鼻的刺激或干涩以及其他过敏反应,增加呼吸系统疾病和心脏疾病等的死亡率。

2.5 空气中微生物

空气微生物是指能够在空气中进行繁殖与传播的细菌、病毒和真菌等有生命的活体,其主要危害及尺寸如表3^[5]所示。

表3 空气中微生物的危害与尺寸

Table 3 Air microbial hazards and dimensions

微生物	可能导致的疾病	尺寸/ μm
细菌	军团症、肝炎、流感、过敏症、肺炎、哮喘	1~10
病毒	各种传染病	0.02~0.40
真菌	哮喘、鼻炎、传染病、癌症	1~60

室内空气中微生物的来源主要有:

- 1) 随气流由室外进入室内的空气微生物;
- 2) 室内湿度较高处如空调冷凝器、加湿器、表冷器等地方滋生繁殖的微生物;
- 3) 室内人员讲话、打喷嚏、咳嗽等行为产生的微生物。

因为病毒测定的技术要求较高,一般试验室难以满足,所以通常空气微生物的测定是以细菌作为标准的,以菌落总数来表征。

3 结果分析

3.1 室内空气品质测试结果

3家地下KTV包间室内空气品质的测试结果如表4所示。

表4 3家KTV包间的室内空气品质测试结果

Table 4 The test results of air quality in 3 KTV rooms

测试参数	场所	实测平均值	标准1	对比结果	标准2	对比结果
温度/ $^{\circ}\text{C}$	1#KTV	26.2		未超标		未超标
	2#KTV	20.7	≤ 28	未超标	22~28	未超标
	3#KTV	29.5		超标5.4%		超标5.4%
相对湿度/ $\%$	1#KTV	83.0		超标27.7%		超标3.75%
	2#KTV	85.3	40~65	超标31.2%	40~80	超标6.6%
	3#KTV	82.0		超标26.2%		超标2.5%
风速/ $(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	1#KTV	0.19		未超标		未超标
	2#KTV	0.07	0.3	未超标	0.3	未超标
	3#KTV	0.36		超标20%		超标20%
CO_2 体积分数/ $\%$	1#KTV	0.255		超标70%		超标155%
	2#KTV	0.347	0.15	超标131%	0.1	超标247%
	3#KTV	0.080		未超标		未超标
氡/ $(\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3})$	1#KTV	21.2	-	-		未超标
	2#KTV	36.8	-	-	400	未超标
	3#KTV	11.3	-	-		未超标
可吸入颗粒物/ $(\text{mg}\cdot\text{m}^{-3})$	1#KTV	0.214		超标7%		超标42.7%
	2#KTV	0.339	0.2	超标69.5%	0.15	超标126%
	3#KTV	0.148		未超标		未超标
菌落总数/ $(\text{cpu}\cdot\text{m}^{-3})$	1#KTV	3 720		未超标		超标48.8%
	2#KTV	4 850	4 000	超标21.3%	2 500	超标94%
	3#KTV	1 750		未超标		未超标

注:标准1为GB 9664—1996《文化娱乐场所卫生标准》;标准2为GB/T 18883—2002《室内空气质量标准》。

由表4可知,3家KTV包间的室内空气品质均不乐观:1#和2#KTV的相对湿度、 CO_2 体积分数、可吸入颗粒物、菌落总数均严重超出GB/T 18883—2002相关标准,其中1#,2#KTV的 CO_2 体积分数、可吸入颗粒物和2#KTV的菌落总数甚至不满足GB 9664—1996的相关要求,3#KTV的温度、相对湿度和风速超标,可吸入颗粒物浓度接近上限。

1#和2#KTV包间出现上述测试参数超标的原因可能是:

1) 出于对隐私的保护, KTV包间的门窗经常关闭, 因而获得的新风量很少;

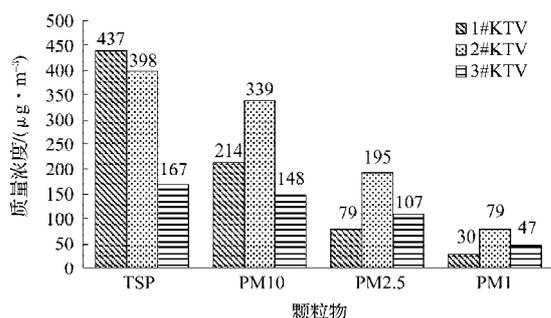
2) 包间内活动量较大, 直接或间接地导致了相对湿度、CO₂体积分数、可吸入颗粒物和菌落总数的增大;

3) 1#KTV包间安装的是分体式空调, 2#KTV未开启空调, 均无法通过空调系统获得室外新风。因此, 2家KTV包间室内新风量均不足, 上述污染物大量产生后得不到有效稀释和及时排除, 最终导致相关指标超标。

相对而言, 3#KTV包间因开启了中央空调, 通过空调系统获得了较多的室外新风, 因而CO₂体积分数、氡、可吸入颗粒物、菌落总数等指标均远远小于1#和2#KTV。

1#KTV包间的相对湿度、CO₂体积分数、氡、可吸入颗粒物和菌落总数的测试数值较2#KTV要小, 其原因为: 1#KTV包间离入口较近, 周围较为开阔, 2#KTV包间离入口较远, 位置偏僻, 室外空间狭窄。另外, 1#KTV包间因为开启了空调, 室内风速较大, 而2#KTV包间没有开启空调, 因此, 1#KTV包间较2#KTV包间室内和室外空气流通性要好, 通过门缝渗透和偶尔的外门开启获得的新风相对更多, 能更有效地稀释和排除室内污染物, 故其上述测试参数数值较小。

3家KTV包间室内颗粒物质量浓度测试结果如图1所示。



注: TSP为空气中总悬浮颗粒物; PM10, PM2.5, PM1分别指空气动力学直径小于等于10, 2.5, 1 μm的颗粒物。

图1 3家KTV包间室内颗粒物质量浓度测试结果

Fig. 1 The mass concentration of particulate matter in 3 KTV rooms

由图1可知, 1#和2#KTV包间空气中TSP和PM10的质量浓度均远高于3#KTV包间, 分析其原因, 可能是因为3#KTV包间相对于1#和2#KTV包间室内新风量大, 颗粒物得到一定的稀释和排除, 且3#KTV

包间为瓷砖地板, 而1#和2#KTV包间均铺有化纤地毯, 长时间未清洗, 积聚了大量颗粒污染物, 并通过人员走动产生扬尘。

2#和3#KTV包间的较细颗粒物(PM2.5和PM1)均大于1#KTV包间, 原因可能为: 2#KTV包间室内有吸烟现象且空气中微生物含量较大; 3#KTV包间紧靠马路, 车流量较大, 马路扬尘及机动车排放的尾气所含颗粒物较多。香烟和化石燃料燃烧产生的颗粒主要粒径范围分别为0.25~1.00 μm和0.1~10.0 μm, 微生物的主要粒径范围为2.0~8.2 μm^[6]。2#KTV包间室内颗粒物及微生物得不到室外新风的及时排除和稀释, 因而细颗粒物质量浓度较大; 3#KTV包间则由于中央空调未安装中效过滤器而不能有效过滤细颗粒物, 因而室外空气中的PM2.5及PM1进入室内, 引起室内较细颗粒物质量浓度偏高。

3家KTV包间室内温度较高, 而且相对湿度均在80%以上, 为空气中微生物的存活、生长和繁殖提供了较好的环境, 因而测试结果中1#和2#KTV包间的菌落总数分别超标48.8%和94%。此外, 空气中微生物能附着在可吸入颗粒物表面, 进入人体呼吸系统, 对人体健康造成伤害。

调查结果中, 空气中氡含量较小, 可能是由于3家KTV包间周围土壤层均较薄, 且土壤中基本不含花岗岩、页岩、石灰岩等易产生高浓度氡的岩石成分。另外, 3家KTV包间投入使用时间较长, 由建筑材料释放的氡已较少。

3.2 问卷调查结果

主观感受问卷调查的结果显示, 3家KTV包间的被调查人群90%以上都有潮湿感, 其中1#和2#KTV包间被调查人群还有较严重的胸闷及异味感, 且2#KTV包间参与调查人员中有2人出现头晕及呕吐现象, 3#KTV包间被调查人员主要出现燥热及较强的吹风感。

从相关测试和主观调查结果来看, 3家KTV包间的空气品质均不理想, 均需要采取一定的措施, 以提高其室内空气品质, 减少室内污染物对人体健康的危害。

4 改善地下KTV包间空气品质的建议

1) 增加新风量的引入

地下KTV等娱乐场所基本上没有外窗, 且私密性较高, 外门也经常处于关闭状态, 自然通风较困难, 因此, 应经济合理地采用机械通风, 加大新风量的引入, 使室内各污染物都能得到有效稀释和及

时排除。

2) 合理组织室内气流, 避免吹风感

地下KTV包间的新风量应充足, 但总送风量不宜过大。可采用辐射末端结合独立新风系统, 不仅降低了总送风量, 同时还能减少微生物在湿表面的生长繁殖。

3) 优化相对湿度的调节

设计时湿负荷估算不合理, 或温湿度联合处理时为满足温度而牺牲湿度参数要求等情况下, 室内相对湿度均可能超标。此时, 建议合理估算温湿度负荷, 必要时采用温湿度独立控制空调系统。

4) 及时清洗空调过滤装置、表冷器、冷凝器、加湿器及风管等设备。

5) 提高送风系统过滤装置的过滤等级, 及时更换过滤材料。

6) 做好防水防潮以及清洁工作, 保持室内干燥、卫生。

7) 定期采取紫外线照射、空气杀菌等灭菌措施。

8) 减少房间内的吸烟量。

参考文献:

- [1] 刘建龙, 杨景华, 谭鑫, 等. 城市边缘住宅区空气质量调查与评价[J]. 湖南工业大学学报, 2010, 24(6): 77-79.
Liu Jianlong, Yang Jinghua, Tan Xin, et al. Investigation and Assessment on Urban Fringe Environment Quality [J]. Journal of Hunan University of Technology, 2010, 24(6): 77-79.
- [2] 田涛, 庄智, 吴飞, 等. 大连市某地下商场室内空气品质调查分析[J]. 洁净与空调技术, 2004(2): 57-60.
Tian Tao, Zhuang Zhi, Wu Fei, et al. Investigation and Analysis of Indoor Air Quality at an Underground Emporium in Dalian[J]. Contamination Control & Air-Conditioning Technology, 2004(2): 57-60.
- [3] 杨晓燕, 翁俊. 城市地下空间CO₂浓度的测试研究[J]. 地下空间与工程学报, 2006, 2(2): 199-202, 207.
Yang Xiaoyan, Weng Jun. Investigation on CO₂ Concentration in Urban Underground Space[J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2006, 2(2): 199-202, 207.
- [4] 王卫星, 王雷明, 陆继根, 等. 城市地下构筑物中放射性氡的危害和防范[J]. 安全与环境学报, 2006, 6(增刊1): 160-163.
Wang Weixing, Wang Leiming, Lu Jigen, et al. Harm of Radon in Underground-Buildings of City and Its Protection [J]. Journal of Safety and Environment, 2006, 6(S1): 160-163.
- [5] 曹国庆, 张益昭. 通风与空气过滤对控制室内生物污染的影响研究[J]. 土木建筑与环境工程, 2009, 31(1): 130-135, 140.
Cao Guoqing, Zhang Yizhao. The Impact of Ventilation and Air Filtration in Controlling Indoor Airborne Microbes [J]. Journal of Civil, Architectural & Environmental Engineering, 2009, 31(1): 130-135, 140.
- [6] 刘敏, 亢燕铭, 翟志斐. 室内可吸入颗粒物来源、危害及数值模拟研究[J]. 洁净与空调技术, 2007(4): 8-10, 28.
Liu Min, Kang Yanming, Zhai Zhifei. Source, Effect and Numerical Simulation of Indoor Inhalable Particulate Matter [J]. Contamination Control & Air-Conditioning Technology, 2007(4): 8-10, 28.

(责任编辑: 徐海燕)