

· 大气污染防治 ·

典型室内公共场所中CO₂的污染特征分析

Pollution Characteristics Analysis of Carbon Dioxide in Typical Indoor Public Places

庄晓虹, 纪 庆

(辽宁大学环境学院, 辽宁 沈阳 110036)

摘 要: 选取典型的室内公共场所, 按照室内空气检测标准进行布点采样, 检测这些场所的 CO₂ 浓度及采样时的温度、湿度及空气流速。结果发现, 商场内 CO₂ 浓度基本都在标准限值内, 超市内 CO₂ 浓度超标严重, 且 CO₂ 分布与超市内采样层区之间无明显的相关性。其它类型场所 CO₂ 分布各有差异, 但浓度值基本在标准限度值上下浮动。统计结果: 公共场所内影响 CO₂ 浓度的主要原因是空气流速与人群密度的大小, 空气流速越快, CO₂ 浓度越低; 人群密度越大, CO₂ 浓度越高。此外, 根据 James L Repace 理论进行分析发现, 各类公共场所空气交换状况均较差, 存在威胁人们健康的风险。

关键词: 环境科学; 室内空气; 二氧化碳; 浓度分布; 空气交换状况

中图分类号: X51

文献标识码: A

Abstract : Typical indoor public places were selected to detect the concentrations of CO₂ and the temperature, humidity and air velocity when sampling, according to the detection standard of indoor air quality. It found that the concentrations of CO₂ inside the shops were almost below the standard, but those in supermarkets exceeded the standard seriously, and there was no obvious correlation between the concentrations of CO₂ and sampling areas. The concentration distribution of CO₂ in other places were different from each other, but these concentrations floated up and down around the standard limit. Through statistical analysis, it concluded that the air flow rate and population density in the public places were main factors that affecting CO₂ concentrations. The faster the air flowed, the lower the concentration of CO₂ was; the bigger the population density was, the higher the concentration of CO₂ was. In addition, according to James L Repace's theory, it proved that air exchange conditions were very poor in all kinds of public places, and there was a threat to people's health.

Key words : Environmental Science; Indoor Air; CO₂; Concentration Distribution; Status of Air Exchange

CLC number : X51

目前室内空气污染现象比较普遍, 其中以甲醛、苯系物等挥发性有机物的污染为主^[1], 但是 CO₂ 等无机污染物的危害也不容忽视, 它们浓度过高也会严重危害人体健康。在人体内, 二氧化碳还起着调节呼吸的作用, 正常情况下, 氧对呼吸运动影响不大, 而血液中二氧化碳的含量却对呼吸的调节起着特别明显的作用。因为, 呼吸中枢对二氧化碳浓度的改变很敏感, 当血液中二氧化碳分压稍高时, 呼吸即加深加快, 通气量增加; 稍低时则变浅变慢, 通气量减少。当然, 若血液

中二氧化碳太多时, 对中枢神经系统就会产生毒性作用。在新鲜空气中二氧化碳的浓度, 乡村约为0.03%, 城市约为0.04%。而实验研究证明^[2]: 当二氧化碳含量达0.07%时, 有少数对气体敏感的人就感觉有不良气味和不适感觉; 达0.1%时, 空气中氨类化合物明显增加, 人们普遍有不适感觉; 达3%时, 肺的呼吸量虽正常, 但呼吸深度增加; 达4%时, 头痛、耳鸣、脉搏滞缓、血压上升; 达8~10%时, 呼吸明显困难, 意识陷入不清, 以致呼吸停止; 达30%时, 致死。世界卫生组织

收稿日期: 2012-02-14

基金项目: 2010年辽宁大学青年基金项目资助 (2010LDQN08)

作者简介: 庄晓虹 (1971-) 女, 副教授。研究方向: 室内外空气污染研究。

(WHO)、美国加热、制冷及空调工程师协会(ASHREA)等国际权威机构^[4-6]推荐二氧化碳浓度 $1\ 800\text{ mg/m}^3$ 作为室内人体长期接触的理想浓度或可接受浓度,并被世界多数国家采纳为室内空气质量标准浓度限值。综上所述,对典型室内公共场所内 CO_2 进行污染状况分析,为今后防治室内空气污染提供科学依据。

1 实验仪器及方法

空气中的二氧化碳用袖珍式红外线二氧化碳分析仪测定,空气流速、温度和相对湿度用N9629袖珍式风速、温、湿度仪测定。

选取有代表性的大型和超大型室内公共场所6类共18家,公共场所类型为商场、超市、家居城、图书城、影剧院、火车站候车室,分别在不同区域或楼层布点采样,检测这些场所的 CO_2 浓度及采样时的温度、湿度、空气流速,从而分析它们的浓度分布规律及污染特征。

2 结果与讨论

较高的室内二氧化碳会对人体健康产生危害,通常情况下人们更多的是把其作为空气污染“指示剂”看待的。在室内人数一定时,室内二氧化碳浓度可以反映室内通风情况,从而可以粗略估计室内其他有害物质的污染程度。

2.1 商场内 CO_2 的浓度分布及解析

通过对各商场布点、采样,将结果绘制,见图1。

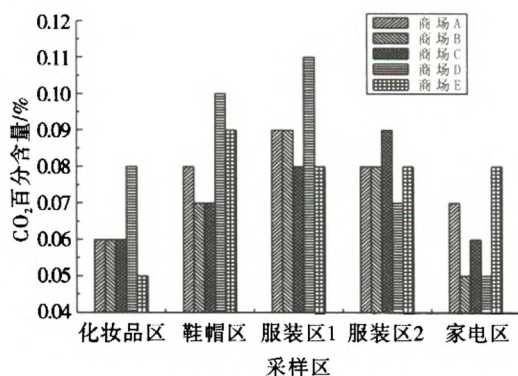


图1 沈阳市典型商场各层区 CO_2 浓度分布

图1可知, CO_2 在各商场的不同功能区中浓度有所区别,但不同商场的同种功能区之间还是呈

现出一定共性。各商场 CO_2 分布总体上都存在这样一个趋势,即家电区<化妆品区<鞋帽区<服装区,分析原因,化妆品区通常都位于通风效果较好的一楼,且商场普遍有多个出入口,在出入口处多安装空气调节装置,所以商场1楼空气交换率高, CO_2 浓度较低;家电区通常占地面积大,人流量小, CO_2 释放少,所以 CO_2 分布也较少。服装区、鞋帽区通常都是人群密集的地方,是顾客主要的消费区域, CO_2 释放较多,导致区域内 CO_2 浓度高。从整体看,商场内空气质量较好, CO_2 超标率仅为4%。通过数据分析可以证明,释放源的强度即人群密度的大小与空气流速是 CO_2 浓度的决定性因素。

运用Spss13.0软件进行空气流速、温度、相对湿度与 CO_2 含量间的spearman相关性分析,得出空气流速与 CO_2 百分含量间的相关系数为-0.818,二者在0.01显著性水平呈负相关。这与分析结果吻合,而温度、相对湿度与 CO_2 含量无相关性。

2.2 超市内 CO_2 的浓度分布及解析

通过对各超市布点、采样,将结果绘制,见图2。

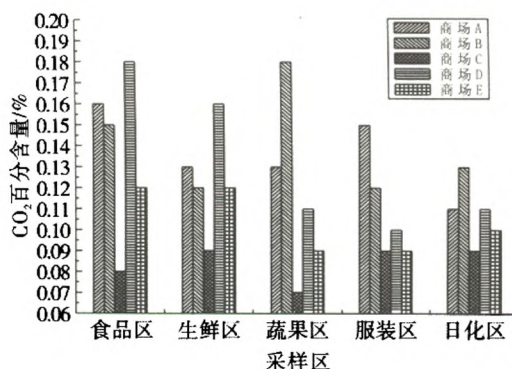


图2 沈阳市典型超市各层区 CO_2 浓度分布

图2可知,由于超市购物与人们日常生活密不可分,因此日均人流量非常大。超市中 CO_2 超标现象严重,超标率达64%,5家超市25个采样点中,16个点超标,且部分点值接近0.2%,对人体健康可造成一定危害。其余9个采样点值也接近标准限值,因此超市内空气质量不容乐观。超市之间相关性不大,检测结果显示超市C中5个采样点均未超标,且超市C中空气流速与其

它超市比没有显著不同，也就是空气交换作用并不突出，但由于这家超市地理位置较差，顾客较少，因此CO₂排放量也较少。从中可见释放源的强度是室内空气中CO₂分布的决定性因素。从图2中还可看出超市各功能区CO₂分布有规律性，即总体上呈食品>生鲜>蔬果>日化>服装。这是因为，每天人们在超市中大量购买的主要是日消耗量非常大的食品类物质，因此食品、生鲜、蔬果区是人们最常光顾的区域，这些区域人群密度相对较大；服装区并不是人们超市购物的主导区域，日化区也存在着占地面积大、人群密度低的特点，因此这两个区域释放源弱，CO₂含量较低。

同2.1中方法进行统计分析，得出空气流速与CO₂百分含量间相关系数为-0.901，二者在0.01水平呈显著性负相关，温度、相对湿度对CO₂的排放无显著影响。

2.3 其它典型公共场所内CO₂的浓度分布及解析

通过对其它典型公共场所进行布点、采样，将所有分析结果绘制，见图3。

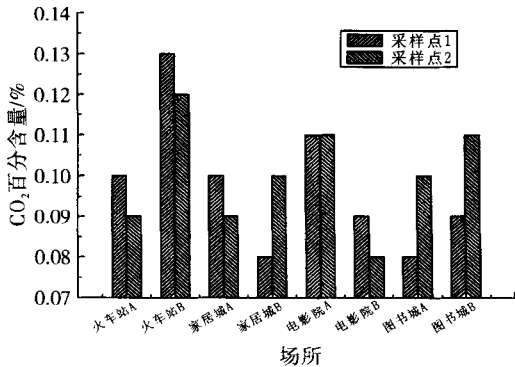


图3 沈阳市其它典型公共场所CO₂浓度分布

图3可知，其它类型的公共场所内CO₂分布情况各有特点，且同类型不同场所之间CO₂分布差别很大。火车站A的两个采样点分别为软席厅和

一候车室，由于线路票价较高，乘坐率较低，所以候车人也相对较少，因而排放CO₂相对较少；火车站B的两个采样点为一候车室与二候车室，各种价格线路均有，乘坐率较高，因而候车人多，人群密集，且通风情况不好，空气流速低，所以CO₂含量均超标。电影院A、B两场所内空气流速差别不大，A影院环境较好，上座率较高，所以人群密度大，CO₂浓度较高，出现超标现象；B影院硬件条件差些，导致上座率低些，则CO₂浓度较低。家居城、图书城等场所内人群比较分散，人群密度较低，CO₂基本均未超标。从这些场所的数据中再次得出结论，人群密度与空气流速是CO₂分布的决定性因素，与其它因素关系不大。

用2.1中的方法进行统计分析，得出2.1、2.2中相同的结论。

2.4 各类场所空气交换状况评估

根据James L Repace^[7]的理论，运用CO₂的浓度来评价各类场所空气交换状况的好坏。

依据公式^[8]: $C_s = \frac{N}{V_0} + C_0$ (1)

C_s—某处CO₂浓度（以mg/m³计）；N—CO₂产生率/人（N=5 mg/s，以办公室工作状态计）；V₀—室外空气流量（L/s）；C₀—室外空气中CO₂浓度（mg/m³）

通过公式1，N取5 mg/s，V₀取15 L/s(美国制冷与空调工程师协会ASHRAE推荐值)，这样计算出N/V₀的值约为350左右，也就是CO₂浓度超过背景值350 mg/m³时空气交换比较理想，根据ASHRAE标准62，CO₂浓度最好不要超过背景值850 mg/m³，若超过背景值1 000 mg/m³就视为空气交换状况较差。

据此，分别对商场、超市及其它公共场所进行计算，二氧化碳浓度之间换算关系为1 964.3 mg/m³与0.1%/8 h相当，结果分别见表1~表3。

表1 不同商场各层区CO₂超出背景值浓度情况

地点	商场 A		商场 B		商场 C		商场D		商场 E	
	CO ₂ 浓度	N/V ₀	CO ₂ 浓度	N/V ₀	CO ₂ 浓度	N/V ₀	CO ₂ 浓度	N/V ₀	CO ₂ 浓度	N/V ₀
化妆品	1179	692	1179	657	1179	662	1571	1087	982	478
鞋帽区	1571	1084	1375	853	1375	858	1964	1480	1768	1264
服装区	1768	1281	1768	1246	1571	1054	2161	1677	1571	1067
服装区	1571	1084	1571	1049	1768	1251	1375	891	1571	1067
家电区	1375	888	982	460	1179	662	982	498	1571	1067

注：商场 A、B、C、D、E 室外 CO₂ 浓度分别为：487、522、517、484、504 mg · m⁻³；表中浓度单位均为mg · m⁻³

表2 不同超市各层区CO₂超出背景值浓度情况

地点	超市 A		超市 B		超市 C		超市 D		超市 E	
	CO ₂ 浓度	N/V ₀	CO ₂ 浓度	N/V ₀	CO ₂ 浓度	N/V ₀	CO ₂ 浓度	N/V ₀	CO ₂ 浓度	N/V ₀
食品区	3143	2621	2946	2389	1571	1046	3536	2972	2357	1801
生鲜区	2554	2032	2357	1800	1768	1243	3143	2579	2357	1801
蔬果区	2554	2032	3536	2979	1375	850	2161	1597	1768	1212
服装区	2946	2424	2357	1800	1768	1243	1964	1400	1768	1212
日化区	2161	1639	2554	1997	1768	1243	2161	1597	1964	1408

注：超市 A、B、C、D、E 室外 CO₂ 浓度分别为：522、557、525、564、556 mg · m⁻³；表中浓度单位均为 mg · m⁻³

表3 其它典型公共场所CO₂超出背景值浓度

地点	室外	采样点 A		采样点 B	
	CO ₂ 浓度	CO ₂ 浓度	N/V ₀	CO ₂ 浓度	N/V ₀
火车站 A	612	1964	1352	1768	1156
火车站 B	589	2554	1965	2357	1768
家具城 A	579	1964	1385	1768	1189
家具城 B	577	1571	994	1964	1387
电影院 A	582	2161	1579	2161	1579
电影院 B	582	1768	1186	1571	989
图书城 A	589	1571	982	1964	1375
图书城 B	593	1768	1175	2161	1568

注：表中浓度单位均为 mg · m⁻³

从表1、表2和表3中的数据可以看出，商场、超市及其它公共场所的空气交换状况都很不理想。商场有个别点如化妆品区N/V₀值较低，这与它们所处位置有关，采样时这些区处于商场1楼，有顾客不断出入，加速了空气流动，所以使得空气交换较好，但不属于商场主体调控，并不说明这些商场的换气设施效果良好。各大超市的空气交换状况相当恶劣，CO₂浓度均远远超出背景值，说明超市的通风换气装置运行较差。家居城、火车站等公共场所也经常汇聚大量人流，从数据来看，换气状况也较差，都未给顾客提供良好的环境，因此，通过上述数据分析可以看出，大型公共场所室内空气状况不容乐观，这些场所内通常人数较多，空气较污浊，气体中各类有害气体成分的累积与超标，因此长期处于这样的场所会给人类身体健康带来威胁，甚至危害人们的生命^[9,10]。

3 结论

对各类场所内CO₂含量的图示与统计分析，得出结论：商场内CO₂浓度普遍达标，超市内浓度超标严重，超标率达64%，其它类型场所CO₂分布各有差异，CO₂浓度与场所类型无明显的相关性。场所内空气流速与人群密度主要影响着CO₂浓度的大小，CO₂浓度随空气流速的增大而减小，随人群密度的增大而增大。此外，通过James L Repace理论运用CO₂浓度进行评价分析，发现商场、超市及其它公共场所空气交换状况均较差，未能按要求为人们提供安全的空气质量，存在威胁人们健康的风险。

参考文献

- [1] 庄晓虹, 胡筱敏, 卢晓军, 等. 室内空气中甲醛、苯系物的污染特征分析[J]. 中国安全科学学报, 2008, 18(5): 97-101.
- [2] 庄晓虹, 胡筱敏, 周松颖. 沈阳市室内公共场所苯并[a]芘污染特征及分析[J]. 中国安全科学学报, 2008, 18(3): 108-113.
- [3] 尹先仁, 秦钰慧主编. 环境卫生国家标准应用手册[M]. 北京: 中国标准出版社, 2000: 9-11.
- [4] Air Quality Guidelines for Europe[R]. WHO Regional office for Europe, Copenhagen, 1987.
- [5] BSR/ASHREA Standard 62-1989R [S]. Ventilation for acceptable indoor air quality, 1989.
- [6] Levy LS. Regulatory approaches to indoor air quality—an update of the European position. In: Lester JN, Perry R, Reynolds CL, editors. Quality of indoor air environment[M]. London: Selper Ltd, 1992: 23-40.
- [7] James L Repace, James N Hyde, Doug Brugge. Air pollution in Boston bars before and after a smoking ban[J]. BMC public health, 2006, 6: 266-281.
- [8] American society of heating refrigerating and air conditioning engineers: Ventilation for acceptable indoor air quality[S]. ASHRAE Standard 62-1989, Atlanta, GA 1989.
- [9] 黄虹, 李顺诚, 曹军骥, 等. 广州市夏、冬季室内外PM_{2.5}质量浓度的特征[J]. 环境污染与防治, 2006, 28(12): 954-958.
- [10] 刘建龙, 张国强, 郝俊红, 等. 长沙市住宅室内环境污染状况及其控制对策[J]. 环境污染与防治, 2004, 26(2): 159-159.