

# 广东省室内空气污染现状及特征分析\*

张淑娟, 苏志锋, 林泽健, 许培源, 黄耀棠, 谢子钊  
(中山大学环境科学与工程学院, 广东 广州 510275)

**摘要:** 为了解室内空气污染现状, 依据《室内空气质量国家标准》(GB/T 18883-2002), 对广东省具有代表性的427个单位的室内空气进行了采样分析。结果表明各项目平均浓度为: 甲醛 $0.15 \text{ mg/m}^3$ , 苯、甲苯、二甲苯、TVOC分别为 $32.09$ 、 $227.79$ 、 $134.72$ 和 $769.66 \mu\text{g/m}^3$ , 氡为 $74.38 \text{ Bq/m}^3$ , 氨为 $0.10 \text{ mg/m}^3$ , 超标率分别为 $43.83\%$ 、 $3.35\%$ 、 $31.51\%$ 、 $19.18\%$ 、 $43.59\%$ 、 $0.57\%$ 、 $0$ 。因此, 认为广东室内空气污染以有机物污染为主, VOCs污染严重且组成复杂, 二甲苯与其他苯系物之间的相关性系数达到 $0.60$ 以上, 较苯与其他苯系物之间的相关系数( $<0.30$ )大。

**关键词:** 室内空气; 污染特征; 相关性; 广东省

**中图分类号:** X821; X822 **文献标志码:** A **文章编号:** 0529-6579(2011)02-0139-04

## Research of Actuality and Characters of Indoor Air Pollution in Guangdong Province

ZHANG Shujuan, SU Zhifeng, LIN Zejian, XU Peiyuan, HUANG Yaotang, XIE Zizhao

(School of Environmental Science and Engineering, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

**Abstract:** In order to study indoor air pollution, eight air pollutants-formaldehyde, benzene, methylbenzene, ethylbenzene, dimethylbenzen, TVOC, Rn and NH<sub>3</sub> collected from 427 apartments in Guangdong Province were tested according to the indoor air quality standards (GB/T 18883-2002). The results indicate that concentrations of formaldehyde, benzene, methylbenzene, TVOC, Rn and NH<sub>3</sub> exceed  $43.83\%$ ,  $3.35\%$ ,  $31.51\%$ ,  $19.18\%$ ,  $43.59\%$ , and  $0.57\%$  of the standards, respectively. Indoor air is mainly polluted by organic pollutants. VOCs contain many complex components. Correlation coefficient between dimethylbenzen and other benzene series is above  $0.60$ , much higher than that between benzene and other benzene series ( $<0.30$ ).

**Key words:** indoor air; pollution character; correlation; Guangdong province

室内环境是与人类关系最密切的外环境, 大多数入每天 $60\% \sim 90\%$ 的时间是在室内度过的<sup>[1]</sup>。伴随着人们生活水平的提高, 对室内的装修业更加豪华, 而自从全球能源危机后, 建筑物也趋向更加密闭化, 室内装修装饰材料释放的大量有害物质不能够得到有效的稀释, 严重影响室内空气质量, 对人们的健康构成巨大威胁。《2002年世界卫生报告》表明<sup>[2]</sup>, 全球近一半的人处于室内空气污染

中, 室内环境污染已引起 $35.7\%$ 的呼吸道疾病、 $22\%$ 的慢性肺炎和 $15\%$ 的气管炎、支气管炎和肺癌。因此, 对室内空气污染的关注不容忽视。

室内空气污染的现状及程度的调查是改善室内环境的基础及前提。室内的范围很广, 包括住宅公寓、学校、招待所、超市、博物馆、地下铁等, 室内空气的主要代表性污染物有: 甲醛、苯系物、

\* 收稿日期: 2010-04-26

基金项目: 广东省自然科学基金资助项目(990238), 广东省科技计划基金资助项目(2002C31625), 佛山市科技发展专项资金资助项目(佛科[2007]25号)

作者简介: 张淑娟(1952年生), 女, 副教授; E-mail: eeszs@ mail. sysu. edu. cn

氨、氮及  $PM_{10}$  等。国内外均对各室内场所的各种污染物做过调查<sup>[3-12]</sup>, 广东省各市也对室内空气进行过一定的研究<sup>[13-16]</sup>。但由于试验条件等原因, 大多数调查只针对造成室内空气污染的某一种污染物或少数几种污染物。而实际上影响室内空气质量的污染物很多, 因此必须选择有代表性的特征污染物, 并且有足够的监测数据才能使研究具有代表性和现实意义。

为了解近年来广东省室内空气污染现状及程度, 作者于 2005 年 8-12 月份对广东省(深圳、广州、佛山、东莞)具有代表性的 427 个单位的室内空气进行了采样分析及数据处理, 探讨污染物之间的关联。希望本调查能对室内空气质量问题提供建设性的思考, 为政府有关部门在进行环境决策、制定相关法律法规时提供重要的参考和依据。

## 1 检测依据及方法

### 1.1 检测依据

《室内空气质量国家标准》(GB/T 18883-2002)<sup>[17]</sup>。检测项目: 甲醛、苯、甲苯、TVOC、氨、氮。

### 1.2 调查对象

选择具有代表性的 427 个单位, 其中深圳 56 个、佛山 24 个, 东莞 3 个, 其余皆来自广州市。监测对象以居室为主, 有 356 个, 占 83.37%; 办公室 35 个, 占 8.20%; 9 个车内空气样, 占 2.10%; 其他公共场所(例如: 停车场、图书馆、少年宫等) 27 个, 占 6.32%。

### 1.3 样品采集及测定

采样及监测工作具体集中在 10-11 月。

根据现场实际情况, 选择有代表性的房间(面积  $< 50 m^2$ ) 布点采样, 采样前关闭门窗等通风设施 12 h。在房间对角线的交叉点处布 1 个采样点, 采样高度为 1.5 m, 采样时避开通风口, 离墙壁距离大于 0.5 m。一般每个采样点至少采集 2 个平行样。

采样点以居室为主, 共采集居室空气样本 711 件, 其中卧室 443 件, 书房 72 件, 客厅 126 件, 厨房 70 件。

样品测定的方法、监测时长及室内环境(温度、湿度、风速)均满足《HJ/T 167-2004 室内环境空气质量监测技术规范》要求。

### 1.4 检测方法

1) 苯、甲苯、二甲苯的测定按《室内空气质量

量标准》(GB/T18883-2002) 附录 B 进行检测;

2) TVOC 的测定按《室内空气质量标准》(GB/T18883-2002) 附录 C 进行检测;

3) 甲醛的测定按《空气质量甲醛的测定》(GB/T15516-1995) 进行检测<sup>[18]</sup>;

4) 氨浓度的测定按《环境空气中氨的标准测量方法》(GB/T14582-1993) 附录 C 进行检测<sup>[19]</sup>;

5) 氮的测定按《空气质量氮的测定》(GB/T 14679-93) 进行检测<sup>[20]</sup>。

### 1.5 监测仪器

1) 室内苯系物及 TVOC 均采用苏马罐现场采样, 样本采用 GC/MSD (美国产) 进行分析。

2) 甲醛分析仪器为 FORMALDEMETER Z-300 甲醛分析仪。

3) 氨及其子体的分析仪器为 Professional Continuous 1027 氨测定仪(美国产)。

### 1.6 采样及监测数据的质量保证

在进行现场采样时, 一批应至少留有两个采样管不采样, 并同其他样品管一样对待, 作为采样过程中的现场空白, 采样结束后和其他吸收管一并送交实验室。样品分析时测定现场空白值, 并与标准曲线的零浓度值进行比较。若空白检验超过控制范围, 则这批样品作废。

每批采样中平行样数量不得低于 10%。每次平行采样, 测定值之差与平均值比较的相对偏差不得超过 20%。所有仪器在测定前均进行校准以及化学分析方法验证。

## 2 结果

### 2.1 总体监测结果

室内空气污染物含量监测的总体结果如表 1 所示。

此次调查总共采集室内空气中甲醛 762 件, 苯 269 件, 甲苯、二甲苯各 146 件, 乙苯 143 件, TVOC 273 件, 超标率分别为甲醛 43.83%, 苯 3.35%, 甲苯 31.51%, 二甲苯 19.18%, TVOC 43.59%, 氨 0.57%, 氮 0.00%。甲醛平均浓度  $0.15 mg/m^3$ , 超过了国标  $0.10 mg/m^3$ ; 甲苯平均值为  $227.79 \mu g/m^3$ , 超过了国标  $200 \mu g/m^3$ ; TVOC 平均值为  $769.66 \mu g/m^3$ , 超过了国标  $600 \mu g/m^3$ 。甲醛最高值  $1.88 mg/m^3$ , 超标 17.8 倍; 甲苯  $2509.17 \mu g/m^3$ , 超标约 11.5 倍; 二甲苯  $1077.3817 \mu g/m^3$ , 超标约 4.4 倍; TVOC 最高值  $6032.8817 \mu g/m^3$ , 超标约 9 倍。

表 1 室内空气污染物测定结果分析<sup>1)</sup>  
Table 1 Measured indoor air pollutant concentrations

污染物	样品数	超标数	超标率/%	均值	最高值	国家标准值
甲醛/( $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ )	762	334	43.83	0.15	1.88	$\leq 0.10$
苯/( $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ )	269	9	3.25	32.09	914	$\leq 110$
甲苯/( $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ )	146	46	31.51	227.79	2 509.17	$\leq 200$
乙苯/( $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ )	143	-	-	70.92	751.06	-
二甲苯/( $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ )	146	28	19.18	134.72	1 077.38	$\leq 200$
TVOC/( $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ )	273	119	43.59	769.66	6 032.88	$\leq 600$
氡/( $\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ )	348	2	0.57	74.38	430.7	$\leq 400$
氨/( $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ )	223	0	0	0.10	0.20	$\leq 0.20$

1) 统一采用室内空气质量国家标准 GB/T18883 - 2002

## 2.2 居室不同功能区空气中甲醛浓度监测结果比较

本次调查主要以居室室内空气污染为主, 居室内各区空气中甲醛浓度的监测结果及分析如表 2。

表 2 居室不同功能区空气中甲醛浓度的比较分析

Table 2 Comparison of formaldehyde concentration in the air between different function sections in dwelling houses

居室功能区	样品数 件	超标数 件	超标率 %	平均值 ( $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ )	最大值
卧室	443	193	43.57	0.14	1.21
书房	72	47	65.28	0.21	1.40
客厅	126	47	37.30	0.14	1.33
厨房	70	36	51.43	0.19	1.88

从表 2 可以看出, 居室中各功能区甲醛的平均值都超过了国标  $0.1 \text{ mg}/\text{m}^3$ , 其中书房超标率最高, 达到了 65.28%, 平均值也最高, 达到了  $0.21 \text{ mg}/\text{m}^3$ , 这可能是因为书房空间小、使用各种板材、胶粘剂、油漆多, 通风较少导致; 而客厅因与厨房相连, 空间比较大, 通风的时间也相对较长, 因此其超标率 (37.30%) 为最低。

## 3 讨论与结论

由表 1 和 2 可以看出, 当前广东室内空气污染具有如下特征:

1) 以有机物污染为主。在所监测的 5 类污染物中, 甲醛、苯系物、TVOC、氡均有超标, 其中以甲醛和 TVOC 的超标最严重, 超标率分别达到 42.71%、43.59%; 氡超标率仅 0.57%, 本次采集的样本中氡的超标率更是为 0。可见, 甲醛、苯系物、TVOC 是首要的室内空气污染物。

2) TVOC 污染较为严重, 组成比较复杂。此次采集的 273 件样本中, TVOC 的超标率达到了 43.59%。在 119 件 TVOC 超标的样本中, 有 70 份

也同时检测了苯、甲苯、乙苯、二甲苯。在这 70 件样本中, 甲苯超标的有 35 份, 二甲苯超标的有 22 份, 甲苯与二甲苯同时超标的有 19 份。因此, 可以看出, 除了苯系物之外, 还有其他不明成分 VOC 对 TVOC 的污染有贡献。这反映了室内空气中 VOC 成分较为复杂的特征。

3) 苯与其他苯系物之间的相关性较小, 二甲苯与其他苯系物之间的相关性则较大。根据监测数据发现, 室内空气中二甲苯与乙苯浓度的相关系数较大, 也就是说当室内空气中二甲苯含量高时, 乙苯的含量通常也较高。而甲苯与二甲苯也有较大的相关性, 根据统计, 在 28 件二甲苯超标的样本中, 有 25 件甲苯也是超标的。而苯与其他苯系物之间的相关性则较小。各种苯系物相关性如图 1 所示。

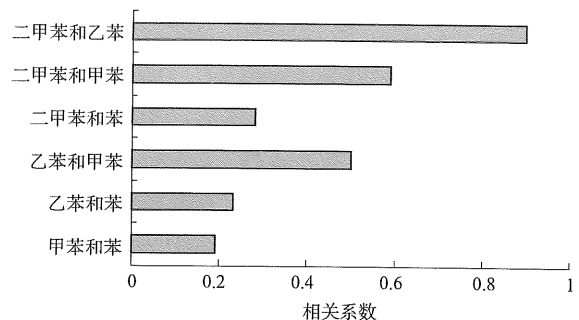


图 1 苯系物的相关性关系

Fig. 1 Correlation between benzene series of indoor air

4) 居室内空气甲醛、VOC 污染均高于办公室。本次调查 VOC 检测办公室内空气样品采集 28 件, 居室内采集 221 件; 甲醛检测办公室内采集 30 件, 居室内采集 711 件。对这两类污染物的检测结果比较见表 3。

由表 3 可以看出, 居室中不论甲醛还是 TVOC 的超标情况都比办公室严重, 平均浓度也比办公室内的要高。居室内甲醛的平均浓度超过国标

( $0.10 \text{ mg/m}^3$ ), 而办公室内甲醛平均浓度为  $0.05 \text{ mg/m}^3$ , 并未超过国标; 居室内 TVOC 的平均浓度 ( $600 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ), 而办公室中 TVOC 的平均浓度则低于国标。这可能是由于居室内的装修材料较多样, 使用各种板材、粘胶剂、油漆多, 而导致居室内的污染物释放源较办公室多的缘故。

由本次调查可以看到, 广东省(深圳、广州、

佛山、东莞) 室内空气污染尤以甲醛、VOC 等有机物为主, 且 TVOC 污染组成复杂, 苯与其他苯系物之间的相关性较小, 二甲苯与其他苯系物之间的相关性则较大。而在受调查居室的不同功能区中, 书房的污染情况最为严重, 且居室中的甲醛、VOC 的污染较办公室严重。

表3 居室与办公室内空气中甲醛、TVOC 比较分析

Table 3 Comparison of the concentrations of formaldehyde and TVOC between dwelling houses and offices

项目	甲醛				TVOC			
	样品数	超标数	超标率/%	平均值/( $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ )	样品数	超标数	超标率/%	平均值/( $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ )
居室	711	323	45.43	0.15	225	115	51.11	843.04
办公室	30	4	13.33	0.05	28	3	10.71	433.12

致谢: 感谢广东省环境杂志社发起了广东省首次室内空气质量调查活动; 同时要感谢参予这次活动的广东的几家室内环境监测技术公司提供了宝贵的监测数据及意见。

#### 参考文献:

- [1] WANG J N, CAO S R, LI Z, et al. Human exposure to carbon monoxide and inhalable particulate in Beijing[J]. China Biomed Environ Sci, 1998, 1(1): 5-12.
- [2] World Health Organization. The World Health Report [R]. Geneva: WHO, 2002.
- [3] 安藤正典. 室内空气中存在的化学物质一览[J]. 资源环境政策, 1997, 33(8): 53-61.
- [4] BROOKS B O, UTTER G M, DEBROY J A, et al. Indoor air pollution: an edifice complex [J]. Clinical Toxicology, 1991, 29(3): 315-374.
- [5] NAEHER L P, SMITH K R, LEADERER B P, et al. Indoor and outdoor PM<sub>2.5</sub> and CO in high- and low-density Guatemalan villages [J]. Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology, 2000, 10: 544-551.
- [6] 罗达玲, 杨健明, 余君岳. 香港地区室内氡及环境  $\gamma$  辐射水平[J]. 中山大学学报论丛, 1992(2): 40-46.
- [7] 陈维田, 何淼. 室内霉菌的污染途径及其控制策略研究[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2003, 42: 199-203.
- [8] 冯大卫, 王尚军, 雷艳秋. 办公室装修室内空气质量监测分析[J]. 环境科学与管理, 2006, 13(7): 166-167, 170.
- [9] 张锐, 李心意, 陶晶, 等. 北京市部分室内游泳场所空气中氯的调查[J]. 环境与健康杂志, 2007, 24(2): 92.
- [10] 刘铁顺, 雷艳秋. 大庆市室内空气污染状况调查与防范治理分析[J]. 环境研究与监测, 2008, 21(1): 56-58.
- [11] 李静, 刘翔翊, 甘平胜, 等. 广州地铁3、4号线首通段室内空气氨和苯浓度监测分析[J]. 现代预防医学, 2007, 34(2): 292-293, 296.
- [12] 何爱桃, 杨胜园, 李程等. 株洲市室内空气甲醛污染调查及防治措施[J]. 实用预防医学, 2009, 16(1): 140-141.
- [13] 彭燕, 张琦, 陈迪云, 等. 广州大学城部分室内空气中甲醛浓度的调查[J]. 环境与健康杂志, 2008, 25(10): 910.
- [14] 陈炳耀, 李涛, 辜少虹, 等. 广州市部分公共场所室内空气甲醛污染调查分析[J]. 华南预防医学, 2004, 30(4): 63.
- [15] 陈梅秀, 王志诚. 梅州市新装修建筑物室内空气污染状况调查[J]. 职业与健康, 2006, 22(5): 368-369.
- [16] 梁雄宇, 黄义活, 麦浪, 等. 阳江市装修后室内空气质量调查与研究[J]. 中国卫生检验杂志, 2009, 19(5): 1140-1142.
- [17] 中国疾病预防控制中心辐射防护安全所, 北京大学环境学院. GB/T18883 室内空气质量标准[S]. 北京: 中国标准出版社: 2002.
- [18] 上海市环境监测中心. GB/T15516 空气质量甲醛的测定[S]. 中国标准出版社, 1995.
- [19] 中国辐射防护研究院. GB/T14582 环境空气中氡的标准测量方法[S]. 中国标准出版社, 1993.
- [20] 沈阳环境科学研究所. GB/T14679 空气质量氨的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 1993.