

# 室内空气甲醛污染调查与研究

陈 炎 黄鸿恩 孙东红

(河南省环境保护科研所, 郑州 450004)

**摘要** 本文分两季调查了郑州市室内空气甲醛污染现状。调查场所包括居室、办公室、商场、宾馆及其它公共设施共 11 种类型 106 个地点。结果表明该市室内空气甲醛浓度在 0.002—0.595 ppm 范围, 各场所平均值范围为 0.012—0.147 ppm。根据国外室内空气标准和发达国家污染情况, 对郑州市污染现状进行了分析、评价, 并提出建议。同时初步考查了木柜内甲醛污染情况及室内甲醛污染规律。

**关键词** 室内空气, 甲醛, 环境调查。

近年来室内装饰的兴起及各类现代化生活用品的引入使室内空气污染, 尤其是甲醛污染变得较为注目。甲醛在室内的污染源主要为家俱、壁纸、地毯、化纤衣服、书籍、香烟烟雾等。甲醛能引起头痛、失眠、咳嗽、流泪、皮肤肿胀及溃烂。动物试验已证明甲醛有致癌作用<sup>[1]</sup>。目前我国多种场所室内甲醛污染情况尚未见报道。笔者在郑州市选择了有代表性的生活及工作场所 11 种类型 106 个地点进行室内空气甲醛污染现状调查。初步考察了污染规律及扩散因素, 对目前污染现状进行了分析、评价并提出了建议。

## 一、调查方法

### (一) 调查地点

主要是人们经常停留或明显有甲醛污染源的室内环境。选择部分室外环境测定, 作为对照。同时对不同柜龄的木柜内空气也进行了调查。

### (二) 样品采集时间

调查在 1989 年 5 月和 9 月进行。重要样点连续采样 2—3 天。调查期间室温 5 月为 19—22℃, 9 月 22—26℃。室内通风按原有习惯。

### (三) 测定方法与仪器

以乙酰丙酮荧光分光光度法测定。实验仪器为 KB-6A 大气采样器和 RF-540 岛津荧光分光光度计。

## 二、结果与讨论

### (一) 不同场所空气中甲醛浓度调查

#### 1. 室外环境

测点有环境清洁的花草区、街头、交通要道以及明显接近室内污染源的外环境。结果见表 1。

由表 1 看出, 9 月份甲醛浓度均高于 5 月。这是因 9 月份阳光较 5 月强烈, 光化反应稍强所致。与文献 [2] 报道一致。交通要道与清洁环境甲醛浓度基本

表 1 室外环境甲醛浓度 (ppm)

| 编号 | 采样地点               | 甲醛平均浓度 |       |
|----|--------------------|--------|-------|
|    |                    | 5 月份   | 9 月份  |
| 1  | 清洁环境花草区            | 0.002  | 0.006 |
| 2  | 清洁环境花草区            | 0.002  | 0.008 |
| 3  | 街边                 | 0.004  | —     |
| 4  | 交通要道               | 0.002  | 0.006 |
| 5  | 车辆检验所院内            | 0.017  | —     |
| 6  | 某高级宾馆窗外            | 0.006  | 0.014 |
|    | 总平均值 <sup>1)</sup> | 0.003  | 0.007 |

1) 见文中说明。

无差别, 但在车辆排气集中的车检所院内及室内有豪华装饰的宾馆阳台, 甲醛浓度较清洁环境稍高。将明显有人为释放源的车检所及宾馆阳台甲醛浓度值除外, 其它点的平均值为外环境背景值, 5 月和 9 月分别为 0.003 和 0.007 ppm。

#### 2. 居室

表 2 列出对 15 户住室与客厅的调查结果。调查户分三种类型。I 室内有柜龄一年以内的组合柜及其它新家俱。II 使用地板革、地毯、地板涂料在一年左右, 家俱龄至少在二年以上。III 家俱龄至少在五年以上, 房间未加装饰。

由表 2 看出, II、III 类居室季节差别无明显规律, 但 I 类 5 月浓度一般均高于 9 月浓度。其原因是室内通风 9 月较 5 月充分, 尽管气温升高利于甲醛挥发, 但由于室外甲醛浓度低, 空气流通较温度会产生更大的影响。

通风对居室甲醛浓度的影响还可由 I 类二户居室在居住期和非居住期浓度变化看出。一户长期未居住和居住时分别为 0.064 和 0.020 ppm; 另一居室二天

收稿日期: 1991 年 2 月 5 日

表 2 居室甲醛浓度 (ppm)

| 类型  | 样点数 | 浓度范围        |             | 平均值   |       |
|-----|-----|-------------|-------------|-------|-------|
|     |     | 5 月份        | 9 月份        | 5 月份  | 9 月份  |
| I   | 6   | 0.017—0.067 | 0.005—0.024 | 0.035 | 0.016 |
| II  | 6   | 0.010—0.017 | 0.008—0.022 | 0.014 | 0.012 |
| III | 3   | 0.007—0.015 | 0.002—0.018 | 0.010 | 0.010 |
| 总均值 |     |             |             | 0.021 | 0.013 |

未居住,浓度为 0.049ppm,居住时为 0.026ppm。

对室内甲醛浓度为 0.171 和 0.126ppm 的房间进行二小时自然通风后,浓度分别降至 0.032 和 0.047 ppm,约降低 60—80%。

由 III 类居室甲醛平均浓度看出,5 月份 I 类居室明显高于 II、III 类居室,II、III 类居室平均浓度略高于外环境。9 月份 III 类间差别不大,结果说明新家具类对居室内甲醛污染影响较大,而目前使用的地面装饰物对污染的影响不太明显。

### 3. 厨房

对 7 户厨房采样测定,采样在非做饭时间进行,由结果可知,以天然气为燃料的 4 户 5 月和 9 月平均浓度分别为 0.015 和 0.009ppm。以煤为燃料的 9 月份平均值为 0.006ppm。

### 4. 办公场所

调查办公场所分为如下几种类型: I. 地面、墙壁多有装饰,整体封闭良好的精密仪器室; II. 家具或书籍集中的会议室、资料室; III. 未加任何装饰的办公

室、复印室等。结果见表 3。

表 3 办公场所甲醛浓度 (ppm)

| 类型  | 样点数 | 浓度范围         |             | 平均值   |       |
|-----|-----|--------------|-------------|-------|-------|
|     |     | 5 月份         | 9 月份        | 5 月份  | 9 月份  |
| I   | 2   | 0.026—0.027  | 0.032       | 0.027 | 0.032 |
| II  | 3   | 0.026—0.202* | 0.017—0.087 | 0.044 | 0.053 |
| III | 5   | 0.009—0.020  | 0.002—0.022 | 0.014 | 0.013 |

\* 最高值 0.202ppm 为新换了三合板桌面的会议室浓度值,计算类型平均值时予以剔除。

由表 3 看出,三种类型中资料室、会议室甲醛浓度最高,5 月与 9 月的平均值分别为 0.044 和 0.053ppm。其中书库 9 月份达到 0.087ppm,新修过桌面的会议室高达 0.202ppm。其次是仪器室。普通办公室内甲醛平均浓度略高于外环境。

### 5. 商场

按经营品种分为三类: I 家具, II. 服装、布匹, III. 食品、百货、家电及其它。结果列于表 4。

表 4 中 1 号、8 号点为三十年前的老建筑,近年重新修整。2—7 号均为豪华型商场,多贴有壁纸和其它装饰性材料,其中 7 号为九年前开业,其余在近一、二年内开业。

由表 4 看出,同时经营 I、II、III 类商品的商场中,如 2、3、5 号点,空气中甲醛浓度依次为 I>II>III。结果受两种因素的影响,即经营商品的影响与建筑物本身的影响。从 1、8 号可看出 III 类商品对甲醛浓度

表 4 商场及商店内甲醛浓度 (ppm)

| 编号 | 采样地点 | 甲 醛 浓 度 |       |                            |       |       |                            |
|----|------|---------|-------|----------------------------|-------|-------|----------------------------|
|    |      | I       |       | II                         |       | III   |                            |
|    |      | 5 月份    | 9 月份  | 5 月份                       | 9 月份  | 5 月份  | 9 月份                       |
| 1  | 楼型商场 | —       | —     | 0.016                      | 0.029 | 0.015 | 0.012                      |
| 2  | 楼型商场 | 0.595   | 0.139 | 0.122                      | 0.038 | 0.055 | 0.038                      |
| 3  | 楼型商场 | —       | 0.096 | —                          | 0.044 | —     | 0.040                      |
| 4  | 楼型商场 | —       | —     | —                          | 0.446 | —     | 0.037                      |
| 5  | 楼型商场 | —       | —     | 0.519(0.173) <sup>1)</sup> | 0.446 | —     | (0.043, 0.045)             |
| 6  | 楼型商场 | 0.180   | 0.144 | —                          | —     | —     | 0.099(0.019) <sup>2)</sup> |
| 7  | 楼型商场 | 0.044   | 0.029 | 0.036                      | 0.023 | —     | —                          |
| 8  | 单层商场 | —       | —     | 0.018                      | 0.011 | 0.012 | 0.021(0.028)               |
| 9  | 家俱店  | —       | 0.198 | —                          | —     | —     | 0.012                      |
| 10 | 胶合板店 | 0.553   | 0.039 | —                          | —     | —     | —                          |
| 11 | 家俱店  | —       | 0.099 | —                          | —     | —     | —                          |
| 12 | 家俱店  | 0.081   | 0.028 | —                          | —     | —     | —                          |
| 13 | 书店   | —       | —     | —                          | —     | 0.037 | 0.032                      |
|    | 平均值  | 0.291   | 0.097 | 0.147                      | 0.148 | 0.030 | 0.037                      |

1) 括号内为不同部位的浓度值。

2) 入门处值。

表 5 其它公共设施内甲醛浓度 (ppm)

| 地 点    | 样点数 | 浓度范围        |             | 平均值   |       | 室内污染特征                           |
|--------|-----|-------------|-------------|-------|-------|----------------------------------|
|        |     | 5月份         | 9月份         | 5月份   | 9月份   |                                  |
| 宾馆高级客房 | 8   | 0.008—0.042 | 0.016—0.088 | 0.024 | 0.052 | 一般均有壁纸、地毯、新家俱,使用期在二年以内。<br>未加装饰。 |
| 招待所普通房 | 1   |             |             | 0.012 | 0.008 |                                  |
| 医院     | 6   | 0.005—0.010 | 0.005—0.010 | 0.007 | 0.008 | 壁纸、家俱已使用 5—7 年。                  |
| 饭店     | 4   | 0.010—0.014 | 0.014—0.034 | 0.012 | 0.021 | 一年内开张的街头豪华饭店。                    |
| 电影院    | 2   | —           | 0.002—0.015 | —     | 0.009 | 分别为普通型和豪华型。                      |
| 幼儿园    | 1   |             |             | 0.002 | 0.007 | 未加装饰。                            |

的贡献较小,为 0.012—0.015ppm,因此可以认为经营 III 类商品点的甲醛浓度基本代表了建筑物的本底浓度。由表 4 还可看出,豪华商场的本底浓度一般在 0.037~0.055 ppm,而开业时间 9 年的 7 号本底浓度为 0.021 ppm,已有所降低。5 号商场本底浓度高达 0.099ppm,该商场 II 类商品经营处也比其它商场相应地点高得多,为 0.446—0.519ppm。结果说明该商场建筑物本身甲醛释放量较大,且通风条件不好。豪华商场 II 类商品处,甲醛浓度一般为 0.038—0.122ppm,普通商场一般为 0.011—0.036ppm。经营 I 类商品处一般浓度均在 0.1ppm 左右,空气流通的地方相对低一些,但有些商品集中且通风不良的经营处,浓度高达 0.595ppm。

#### 6. 其它公共设施

由表 5 看出,使用壁纸、地毯、新家俱、空调在两年以内的数家宾馆高级客房,5 月及 9 月甲醛浓度平均值分别为 0.024 和 0.052ppm。使用壁纸 5—7 年的两所医院,甲醛平均浓度已降至 0.007—0.008 ppm,与外界水平基本相同。一些新开张的街头豪华饭店,明显低于同类装饰水平的高级客房,一般在 0.010—0.015 ppm,因该类饭店门面浅,空气易流通。如某饭店外间屋浓度 0.014ppm,里间屋浓度 0.034 ppm,显然是空气交换程度的不同造成了浓度差别。某电影院虽装饰豪华,但空间大且有两台大型通风机,因此甲醛浓度明显低于同类装饰水平的场所。宾馆高级客房甲醛浓度 9 月高于 5 月的原因是由于气温高,房内使用空调,通风有限所致。

#### 7. 木柜内空气

针对不同类型、不同柜龄的家俱,选择十个木柜对其内部空气进行采样测定。根据目前常用家俱,将柜子分二类: I. 木材与胶合板组成; II. 全部由人造板及胶合面组成。结果列于表 6。

由表 6 看出, I 类柜 1—3 号柜龄 2 年以内,甲醛浓度为 0.200—0.456 ppm; 4—9 年柜龄的下降至 0.062—0.066ppm。II 类柜初做好后就有很大差别,如

表 6 木柜内甲醛浓度 (ppm)

| 类型 | 木柜编号 | 5月份   | 柜龄(年) | 9月份   | 柜龄(年) |
|----|------|-------|-------|-------|-------|
| I  | 1    | —     | 3/12  | 0.358 | 1/12  |
|    | 2    | 0.200 |       | 0.282 | 7/12  |
|    | 3    | —     |       | 0.456 | 10/12 |
|    | 4    | —     |       | 0.066 | 4     |
|    | 5    | —     |       | 0.062 | 9     |
| II | 6    | 0.369 | 1/12  | —     | 1/12  |
|    | 7    | —     |       | 0.372 |       |
|    | 8    | —     | 30/12 | 1.777 | 1/12  |
|    | 9    | 0.269 |       | 0.166 | 34/12 |
|    | 10   | —     |       | 1.678 | 7     |

6、7 号为同厂产品,浓度为 0.369—0.372ppm,与 I 类柜结果相差不大,但另两家产品却大不相同。8 号初做好时即为 1.777ppm。10 号柜不常开,使用已 7 年,柜内浓度仍为 1.678ppm。II 类柜使用二年后,有的已降至 0.166—0.359ppm。

#### (二) 室内空气甲醛污染状况分析与评价

##### 1. 室内空气标准

目前国际上没有统一的室内空气甲醛标准。西德等欧洲几个国的标准为 0.1ppm。我国尚无标准,因此这里采用 0.1ppm 的国外标准评价。

本次所调查的居室、办公室、宾馆、饭店和公共设施等,均未达到该标准。但个别豪华商场及家具商店却有超标,个别值竟超标 4~5 倍,达到相当严重的程度。

##### 2. 与国外污染水平相比较

美国对 315 户居民室内空气甲醛测定结果的浓度范围为 0.019—0.072ppm,平均值 0.049ppm<sup>[4]</sup>。日本一般新建房屋室内甲醛浓度在 0.2ppm 以上<sup>[3,6]</sup>,一年后为 0.1ppm 左右。一般房屋浓度范围 0.020—0.058 ppm,平均值 0.041ppm。经营各类商品的商场及公共设施浓度范围 0.002—0.089ppm。

(下转第 83 页)

备用。

## 2. 土壤

称取 10g 土壤样品于 100ml 烧杯中, 加入 35ml 1:1  $H_2SO_4$  和 25ml 浓  $HNO_3$ , 在通风柜中加热至沸并蒸发至杯中溶液为 15—20ml; 冷却后用 20ml 蒸馏水冲洗杯壁并过滤, 滤液酸度调至  $pH = 5$ ; 其余操作同废水的处理。滤液定容至 100ml。取上述溶液各 2.5ml 和标准水样 1.0ml, 按文中方法和文献方法<sup>[1]</sup>测定钒含量, 结果列于表 1 中。

由表 1 结果可见, 本法的精密度和准确度尚可, 样品加入回收率亦较高, 能满足要求, 是一种可供选择的方法。

## 四、结 论

1. 以  $V(IV)$ - $Cr(VI)$  反应对  $Cr(VI)$ -I-淀粉反应体系的诱导作用为依据, 提出了一种

(上接第 91 页)

由本次调查结果看, 目前郑州市居室甲醛污染较轻, 一般接近室外空气水平, 部分受到污染的居室也低于国外居室平均污染水平。新近装饰的豪华宾馆、商场非释放甲醛商品经营处、浓度接近国外平均污染水平 0.04ppm。豪华商场释放甲醛商品经营处及家俱店污染水平较高, 在 22 个测定数据中超过 0.1ppm 的有 11 个, 占 50%。

该市新装修房间初始甲醛浓度范围 0.037—0.099 ppm, 比日本新房屋 0.2ppm 相差还较远。

### 3. 减轻甲醛污染与危害的建议

(1) 室外清洁空气甲醛浓度很低, 良好的通风对即时甲醛浓度降低很有效果。家俱、服装最好在空气流通的地方经营。

(2) 全部由人造板制成的新家俱内有较高的甲醛浓度。建议这些柜中不要放食品及婴幼儿贴身衣物。

(3) 我国目前已出现室内空气甲醛污染, 并有加重趋势。因此应尽快全面系统地开展研究及控制工作。

## 三、结 论

1. 该市室内空气已出现甲醛污染, 但污染较重的

测定微量钒的动力学新方法, 本法对  $V(IV)$  具有较好的选择性。

2. 在最佳实验条件下, 线性范围为 0—6.6  $\mu g V(IV) \cdot ml^{-1}$ , 方法检测限为 0.02  $\mu g V(IV) \cdot ml^{-1}$ 。实际样品测定表明本法的准确度和精密度均可, 标准加入回收率为 95.1—98.3%。

## 参 考 文 献

- 1 Morales A et al. *Chem. Analyst*, 1967, 5:89
- 2 Jackson K W et al. *Anal. Chem.*, 1973, 45:240
- 3 杨念琴, 林小洁. 化学试剂, 1990, 12(3): 190
- 4 Fukasawa T et al. *Anal. Chem. Acta*, 1986, 183: 269
- 5 Amberson J A et al. *Anal. Chem. Acta*, 1986, 185: 201
- 6 何秉恒, 王建华. 烟台师范学院学报, 1991, 7(1): 42
- 7 陈国珍等. 海水微量元素分析, 北京, 海洋出版社, 1987: 第 24 章
- 8 夏道沛. 分析化学, 1983, 11: 845

面积尚小。所调查的居室、办公室、宾馆、公共设施等均未达到国外常用标准 0.1ppm。所调查地点中豪华商场释放甲醛商品经营处及家俱店超过标准的约占 50%。一般情况各类场所甲醛浓度平均值范围 0.012—0.147ppm。

2. 室内甲醛污染的主要来源为室内装饰材料, 新家俱加上不良的通风。

3. 新木柜内甲醛浓度为 0.358—0.456ppm, 4—7 年后降为 0.06ppm, 某些全人造板新柜浓度为 1.777 ppm, 使用 7 年后仍达 1.678ppm。

## 参 考 文 献

- 1 Pickard, A D et al. *Talanta*, (1984) 31 (IOA), 763
- 2 松村年郎, 村守学, *PPM*, (1982)(3), 2
- 3 土屋博信, 公害と対策, (1985)(9), 42
- 4 Sexton, K et al. *Journal of the Air Pollution Control Association* (1986) 36(6), 698
- 5 Shah, J J et al. *Environ. Sci. Technol.*, (1983) 22(12), 1381
- 6 松村年郎. *PPM*, (1983)(11), 5

vels in groundwater.

**Key Words:** liquid scintillation,  $^{222}\text{Rn}$ , groundwater.

**Determination of Trace Amount of Vanadium in Environmental Samples with a Kinetic Spectrophotometric Method.** Wang Jianhua, Zhou Quanfa, Ruan Wenjiu (Department of Chemistry, Yantai Normal College): *Chin. J. Environ. Sci.*, 13(2), 1992, pp 80—83

A novel kinetic spectrophotometric method for the determination of trace amount of vanadium was proposed based on the inductive effect of  $\text{V(IV)}$  on  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ -I $^-$ -starch redox reaction. The optimal conditions for the determination were established as:  $8.4 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$  I $^-$ , pH = 2.1 and the determination should be carried out at a wavelength of 585nm. The calibration graph was linear for vanadium (IV) concentration ranging from 0 to  $6.6 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$  under optimal conditions mentioned above, and the detection limit was determined to be  $0.02 \mu\text{gV(IV)} \cdot \text{mL}^{-1}$ . The procedure is highly selective for  $\text{V(IV)}$  since most coexisted foreign ions have no interference on the determination except for  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$  and  $\text{Ti}^{3+}$ . Trace amount of vanadium waste in water and soil was determined and satisfactory were obtained. the recovery was observed to be 95.1—98.3%.

**Key Words:** vanadium, kinetic spectrophotometry.

**Environmental Organisms Investigation and Environmental quality Assessment of Changjiang Water Intakes, the Second Water Source of Shanghai—Benthos, Fish and Residual Toxicity in Organisms.** Zhao Lihua, Yao Gendi, Guo Luji, Sun Zhenzhong, Zheng Liexun, Jiang Xinpo, Zhang min (Shanghai Fisheries Research Institute), Yang Hequan (Shanghai Fisheries University): *Chin. J.*

*Environ. Sci.*, 13(2), 1992, pp.84—88

The environmental quality of two water intakes in the Changjiang River, the second water source of Shanghai, was assessed by applying the phase-dividing method of saprobic system of benthos and fishes and measuring the remnant toxin contents of the system. Two sampling stations, Liuhe and Langgang, both located on the southern shore of Changjiang Estuary, were selected for study. Benthos investigations were conducted at the sections of the stations in low water (Feb. to March) and high water (July) periods of 1989. From April to July, species and quantity of fishes were sampled twice a month and study on index species was conducted. In addition, total concentrations of Hg, Cu, Zn, Cd, Pb, 666(BHC) and DDT in four benthos, i.e. *Cladophora* sp., *Spirogyra* sp., *Corbicula jluminea* and *Sesarma deheni* were determined. Results of synthetic assessment showed that the two intakes under study could be classified as  $\beta$ -mesosaprobic Zone, within the area of clean zone. However, the environmental quality of the two water intakes indicated the complexity of the estuary environment.

**Key Words:** Changjiang water intake, environmental organism, assessment of water quality.

**Formaldehyde Level of Indoor Air and Its Evaluation.** Chen Yan, Huang Hongen, Sun Donghong (Henan Provincial Institute of Environmental Protection, Zhengzhou): *Chin. J. Environ. Sci.* 13(2), 1992, pp.89—91

During 1989, formaldehyde concentrations in indoor air were measured in apartments, offices, department stores, hotels and in wardrobes across the city of Zhengzhou. The results show that formaldehyde level of indoor air varied from 0.002 to 0.595 ppm with the mean values ranging from 0.012 to 0.147 ppm. Formaldehyde concentrations in wardrobes varied from 0.066 to 1.77 ppm changing with the age and type of wardrobes.

**Key Words:** indoor air pollution, formaldehyde.

## 最新成果重要资料

### 欢迎订购“中国卫星影像图”

中国科学院遥感应用研究所科技人员选用 584 幅美国陆地卫星多光谱扫描图像,经光学合成假彩色像片,以等角圆锥投影为控制基础,镶嵌编制成“中国彩色卫星影像图”。原图编稿比例尺为 1:100 万。

“中国卫星影像图”以清晰的地物影像,综合的地理信息,协调的色彩,丰富的层次,生动形象地展现出中国地理环境的概貌和特征,反映出中国地理景观的复杂性和资源环境的多样性。因此,它不仅可为我国地质工作者宏观分析中国地表形态、结构和规律,进行资源环境动态的研究提供丰富的影像信息,还可为广大地质、地理、农村、水利、国土等专业部门的生产、科研、教学以及各级领导部门进行区域规划、宏观管理和

决策提供服务。

为适应各方面的需要,该图现分为 1:600 万(1 全张)、1:400 万(2 全张)、1:250 万(6 全张)和 1:150 万(15 全张)四种比例尺,由科学出版社出版,香港制版印刷。

另外,为满足某些专业的特殊需要,我们还可提供多种规格的全国或局部地区卫星影像图复制稿,投影仪用彩色片和幻灯片。欲购者可直接与中科院遥感所影像图编制组石军梅联系。地址:北京安定门外大屯路 917 大楼遥感所。邮政编码:100101。联系电话:4919944—663