

· 争鸣与探索 ·

# 综合评价室内空气质量初探

邢核, 李国刚

(中国环境监测总站, 北京 100029)

**摘要:** 阐述了现行室内空气质量评价方法存在的不足, 通过分析比较, 确定了利用计权型多因子环境质量评价指数进行室内空气质量综合评价方法。根据当前由于室内装修引起的室内空气污染特点, 选择了甲醛、氨气、苯、甲苯、二甲苯和总挥发性有机物等 6 项指标作为评价因子, 各评价因子的权重系数用其危害等级计算得到。

**关键词:** 室内空气; 综合评价; 指数; 计权型

中图分类号: X820.2 文献标识码: C 文章编号: 1006-2009(2006)02-0035-03

## Discussion about Overall Evaluation Methods of Indoor Air Quality

XING He, LI Guo-gang

(China National Environmental Monitoring Center, Beijing 100029, China)

**Abstract** The shortcoming of evaluation method of indoor air quality was introduced. The weighted environmental quality evaluation index were studied for indoor air quality evaluation. According to the demands of people, formaldehyde, ammonia, benzene, toluene, dimethylbenzene and TVOC were used as evaluation factors. The weight coefficients of evaluation factors were accepted using hazard ranking.

**Key words** Indoor air; Overall evaluation; Index; Weighted

近年来,随着生活水平的不断提高,住宅室内装饰装修已成为人们改善生活条件、提高生活质量的重要组成部分,装饰装修引发的室内空气污染问题也相继产生,并日益受到人们的关注和重视<sup>[1]</sup>。大量研究表明,室内空气中已经监测到的有毒有害物质达数百种,常见的也有 10 种以上,其中绝大部分为有机物<sup>[2]</sup>。

为保护整体人群的身体健康,切实提高室内空气质量,2002 年 11 月 19 日国家质检总局、卫生部、国家环保总局联合发布了 GB/T 18883-2002《室内空气质量标准》并于 2003 年 3 月 1 日正式实施。该标准的出台,为室内空气质量的评价提供了科学依据,也有利于规范室内空气监测市场,并带动该行业的发展,为在我国开展大规模的室内空气质量监测,基本查明我国室内空气污染程度及变化规律提供了技术平台。但在标准执行过程中还存在一些问题,其中最为关心的问题就是室内空气污染对人体健康的危害究竟有多大,这是如何综合评价室内空气质量的问题。现尝试应用计权型多因子环境质量

评价指数法对室内空气质量进行评价。

### 1 现行室内空气质量评价方法

现行的室内空气质量评价方法是检测数据经处理成 1 次值和日平均值,给出 1 次值的范围、超标率、最大超标倍数,以及日均值的范围、超标率、最大超标倍数等。然后将各种污染物的 1 次值分别与标准值比较,只要有 1 项指标超过标准值,就认为室内空气质量不合格。这是一种单因子评价方法,是环境质量评价的最简单表达方式。单因子环境质量指数的表达式为:

$$I_k = \frac{C_k}{S_k}$$

式中:  $I_k$ ——第  $k$  种污染物的环境质量指数;

$C_k$ ——第  $k$  种污染物的环境浓度;

$S_k$ ——第  $k$  种污染物的环境质量评价标准。

收稿日期: 2005-05-08; 修订日期: 2005-12-23

作者简介: 邢核(1973-),男,甘肃天水人,工学博士,从事环境监测和检测技术研究。

单因子评价方法是无法完全满足人们对室内空气检测需求的, 因为每种指标对人体的影响是不一样的, 特别是总挥发性有机物, 包含着多种物质的指标, 即使检测出的总浓度值是一样的, 也并不意味它对人体健康的影响是相同的。因此, 需要在单因子评价方法的基础上, 建立能够反映多种因子影响的综合评价方法。

## 2 室内空气质量的综合评价方法

室内空气环境质量的综合评价方法常采用 3 种多因子评价指数, 即均值型多因子环境质量评价指数、计权型多因子环境质量评价指数和内梅罗多因子环境质量评价指数。

均值型多因子环境质量评价指数 (简称均值型指数) 的计算式为:

$$I = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n I_k$$

式中:  $n$ ——参与综合评价的环境要素数目。

计权型多因子环境质量评价指数 (简称计权型指数) 的计算式为:

$$I = \sum_{k=1}^n W_k I_k$$

式中:  $W_k$ ——对应于第  $k$  个因子的权系数。

内梅罗多因子环境质量评价指数 (简称内梅罗指数) 的计算式为:

$$I = \sqrt{\frac{(I_{k\max})^2 + (I_{ave})^2}{2}}$$

式中:  $I_{k\max}$ ——参与评价的最大单因子指数;

$I_{ave}$ ——参与评价的单因子指数均值。

上述 3 种多因子环境质量评价指数各有特点。均值型指数的基本出发点表明各种因子对室内空气质量的影响是等权的; 计权型指数的基础表明各种因子对室内空气质量的影响是不等权的, 它们的作用应计入各种因子影响的权值; 内梅罗指数是由内梅罗为评价河流水质提出的, 它是一种突出最大值型的环境质量指数, 特别考虑了污染最严重的因子, 实际上也是一种加权的计算形式。如果将指数的大小作为衡量室内空气污染物对人体健康影响程度的指标, 通过比较可以看出, 均值型指数不适合评价室内空气质量; 对于内梅罗指数来说, 由于污染最严重的因子并不一定对人体健康影响最大, 因而也不宜用来评价室内空气质量; 而计权型指数既可以反映污染物浓度对人体健康的影响, 又可以

通过权重系数反映不同污染物对人体健康的影响。显然采用计权型指数综合评价室内空气质量是合适的。

确定了评价方法后, 接着要确定的是评价因子的种类和数目。根据 GB/T 18883-2002《室内空气质量标准》(简称《标准值》) 中的规定, 需要控制的指标共有 19 项, 其中物理性指标 4 项, 化学性指标 13 项, 生物性指标 1 项, 放射性指标 1 项。表 1 是中国环境监测总站的室内空气质量检测数据统计结果。

表 1 室内空气质量检测数据统计结果

项目	检测点	检出率	超标率	最大测定值	《标准值》	
	个	%	%	$\rho/(mg \cdot m^{-3})$	$\rho/(mg \cdot m^{-3})$	
NH <sub>3</sub>	271	88.3	18.8	3.03	0.20	
甲醛	271	97.2	15.9	0.61	0.10	
CO	19	100	0	1.60	10.0	
苯系物	苯	266	85.8	14.6	165.2	0.11
	甲苯	262	97.9	33.5	9.61	0.20
	二甲苯	262	90.5	29.8	7.15	0.20
TVOC	265	98.4	46.1	49.7	0.60	
氡	9	100	0	137.3	400	

注: 氡的单位为 Bq/m<sup>3</sup>。

可以看出, 人们最为关心的化学性指标, 如氨气、甲醛、苯、甲苯、二甲苯, 以及总挥发性有机物等是广泛来源于装饰装修材料的有毒有害有机物。因此, 该评价方法选择这 6 项指标作为评价因子, 其中总挥发性有机物包含多种化合物。

计算计权型指数的关键是要科学、合理地确定各个环境因子权系数的值, 也就是说, 在室内空气质量综合评价中, 要有各种有毒有害污染物对人体健康影响程度的数据, 这些数据可以从美国 EPA 公布的 200 种潜在毒物的危害等级中获得, 表 2 列出了部分在室内空气检测过程中常见的污染物的危害等级<sup>[3]</sup>。

表 2 中的 RVd (Dose Rating Value) 为剂量额定值。潜在毒物在低剂量时产生效应有较高毒性, 为高定额; 反之, 在高剂量时产生效应有较低毒性, 为低定额。剂量额定值分为 10 级, 额定值高, 级数大。RVE (Effect Rating Value) 为效应额定值, 它与潜在毒物引起疾病的严重性有关, 按引起疾病的严重程度, 也分为 1~10 级, 10 是最严重的等级。CS (Composite Score) 为复合记分, 是慢性毒性指数, 它等于剂量额定值与效应额定值的乘积。

表 2 美国 EPA 公布的多种潜在毒物的危害等级

化合物名称	途径	剂量 / (mg·d <sup>-1</sup> )	效 应	RVd	RVe	CS
氨 Ammonia	吸入	42.5	肾上腺水肿, 肾小管水肿, 脾中含铁血黄素增加	3.1	5	15
苯 Benzene	吸入	345	减少存活, 对造血系统有显著影响	1.7	10	17
1,3-二氯苯 Benzene 1,3-dichloro	吸入	277	增加肝和肾的质量, 肝细胞浊肿	1.8	5	9
3,4-苯并芘 3,4-Benzopyrene	口入	0.6	非母体毒性引起的胎儿中毒	5.8	8	46
四氯化碳 Carbon tetrachloride	吸入	17.9	角膜的敏感性降低	3.6	7	25
1,2-二氯苯 Dichlorobenzene (1,2-)	口入	154	肝及肾质量增加	2.2	4	8
1,4-二氯苯 Dichlorobenzene (1,4-)	吸入	277	肝及肾质量增加, 肝细胞浊肿	1.8	5	9
1,2-二氯乙烷 1,2-Dichloroethane	吸入	145	肝及胆囊病	2.3	8	18
1,1-二氯乙烷 1,1-Dichloroethane	吸入	542	根据组织变化, 以及血尿增加表明有肾损害	1.4	7	9
二氯丙烷 - 二 Dichloropropane - dichlo	吸入	43.8	肾和肝质量增加	3.0	4	12
氯丙烯混合物 - propylene mixture						
二氯丙烯类 1,3-Dichloropropene	吸入	3.24	肾小管上皮轻微浊肿	4.7	5	24
1,1,1,2-四氯乙烷 1,1,1,2-tetrachloroethane	吸入	22	脂肪肝, 垂体中促皮质素上升	3.5	5	17
乙苯 Ethylbenzene	吸入	724	肾和肝质量轻度变化	1.2	4	4
甲醛 Formaldehyde	吸入	12.3	死亡率上升, 粘液脓性鼻炎, 鼻腔上皮发育不良及鳞屑组织变化	3.9	10	39
氯苯 Monochlorobenzene	口入	56	肝及肾质量增加	2.9	4	12
甲苯 Toluene	吸入	4036	中枢神经系统机能障碍	1.0	7	7
二甲苯 Dimethylbenzene	吸入	4021	中枢神经系统机能障碍	1.0	7	7
1,2,4-三氯苯 1,2,4-Trichlorobenzene	口入	37.3	肾腺质量增加	3.1	4	13
1,1,1-三氯乙烷 1,1,1-Trichloroethane	吸入	54592	肝细胞组织变化	1.0	6	6
三氯乙烯 Trichloroethene	口入	9.5	免疫反应降低	4.0	5	20

$$CS = RVd \times RVe$$

有了慢性毒性指数 (CS), 就可通过下式计算权重系数:

$$W_k = \frac{CS_k}{\sum_{i=1}^m CS_i}$$

式中:  $m$  —— 参与计权的污染物质的数目。

需要特别说明的是, 由于 TVOC 是一个包含多种化合物的综合指标, 不可能用一个 CS 值来表示其慢性毒性指数, 所以应根据分析测试结果, 将 TVOC 包含的所有化合物的 CS 值分别计算出来, 并按照氨气、甲醛等单因子的处理方式计算权重系数。室内空气质量加权型指数 ( $I$ ) 的分级表见表 3。

表 3 室内空气质量分级

$I$	< 0.5	≥ 0.5, < 1	= 1	> 1
室内空气质量分级	好	良好	中等	不健康

### 3 实例

室内空气质量检测及评价结果见表 4。

表 4 室内空气质量检测及评价结果  $mg \cdot m^{-3}$

检测因子	房间 A	房屋 B	标准值
氨气	0.04	0.19	0.20
甲醛	0.03	0.54	0.10
苯	0.039	0.45	0.11
甲苯	0.351	0.005	0.20
二甲苯	0.314	0.005	0.20
TVOC <sup>①</sup>			
苯	0.039	0.760	0.450
甲苯	0.351	0.005	0.60
二甲苯	0.314	0.005	
1,3-二氯苯	ND <sup>②</sup>	0.019	
3,4-苯并芘	0.012	ND	
四氯化碳	ND	0.019	
1,2-二氯苯	0.006	0.004	
1,4-二氯苯	0.006	0.004	
1,2-二氯乙烷	ND	0.013	
1,1-二氯乙烷	0.011	ND	
二氯丙烯类	ND	0.024	
1,1,1,2-四氯乙烷	0.008	ND	
乙苯	0.005	ND	
1,2,4-三氯苯	ND	0.014	
1,1,1-三氯乙烷	ND	0.007	
三氯乙烯	ND	0.003	
$I$	1.12	2.07	—

① TVOC 值含半定量检出物; ② ND 表示未检出。

(下转第 50 页)

# 安装石墨管的方法改进

顾咏红

(苏州新区环境监测站, 江苏 苏州 215000)

中图分类号: X 830

文献标识码: C

文章编号: 1006-2009(2006)02-0050-01

在石墨炉原子吸收光谱法测定过程, 由于石墨管使用寿命有限, 需要经常更换, 但安装时因为滑动, 不易将石墨管进样孔与石墨椎孔对准。以往是用手动微量注射器的塑料尖嘴从椎孔插入管孔固定才能装好, 但塑料尖嘴会将管内壁, 尤其是平台损坏。今改用一次性软木筷, 截取与椎孔直径相当的一段, 将下端约 2 mm 的周围削去, 留下直径刚好可插入管孔内, 再将整个上端切去 1/3 以便于观察管和椎的状况。使用制作的工具安装, 其好处在于每次更换石墨管时, 无需每次调节自动进样器的进样位置。自制石墨管安装工具的具体尺寸见图 1。

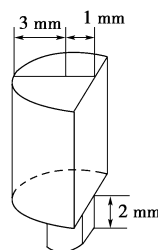


图 1 自制石墨管安装工具

收稿日期: 2004-11-24 修订日期: 2005-11-13

作者简介: 顾咏红 (1974-), 女, 江苏苏州人, 工程师, 学士, 从事环境监测与质量管理工作。

本栏目责任编辑 张启萍

(上接第 37 页)

表 4 可以看出, 房间 A 的甲苯、二甲苯、TVOC 浓度超过 GB/T 18883-2002《室内空气质量标准》的限值, 超标倍数分别为 0.75 倍、0.57 倍和 0.27 倍; 房间 B 的甲醛和苯超过标准限值, 超标倍数分别为 4.4 倍和 3.1 倍。利用计权型多因子环境质量评价法对房间 A 和房间 B 的计算结果为 1.12 和 2.07, 结果表明, 房间 B 的室内空气质量对人体健康的不良影响要比房间 A 的影响大。

## 4 结论与建议

利用计权型多因子环境质量评价指数评价室内空气质量是可行的, 而且可以较好地解决现行单因子评价方法存在的不足, 为科学客观地评价室内空气质量提供了一种新的思路。但该评价方法在实际应用中还存在一些问题:

(1) 目前的慢性毒性指数数据还无法完全覆盖室内空气检测出的有毒有害污染物;

(2) 由于分析手段的制约, 部分总挥发性有机物无法定性, 因而也无法进行毒性评价, 但这些因素都会给评价结果造成一定的偏差。因此, 在今后的工作中, 一方面要努力扩充慢性毒性指数数据库和提高分析测试手段, 另一方面要考虑修正目前的计算公式, 使结果能够尽可能准确地反映实际情况。此外, I 指数的分级标准还比较笼统, 不够明确, 需要在进一步研究污染物质与人体健康相互关系的基础上科学、细致地划分。

## [参考文献]

- [1] 周中平, 赵寿堂, 朱立, 等. 室内污染检测与控制 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
- [2] 朱天乐. 室内空气污染控制 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [3] 中国环境优先监测研究课题组. 环境优先污染物 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1989.