

室内空气质量

——有机污染物

欧洲地区报告和研究



世界卫生组织
欧洲地区办事处

人民卫生出版社



室内空气质量

——有机污染物

欧洲地区办事处 编

刘 向 新 译

陆 如 山 审

欧洲地区报告和研究111



世界卫生组织 人民卫生出版社



室内空气质量
——有机污染物

刘 向 新 译

人 民 卫 生 出 版 社 出 版
(北京市崇文区天坛西里10号)

人 民 卫 生 出 版 社 印 刷 厂 印 刷
新 华 书 店 北 京 发 行 所 发 行

787×1092 毫米 32 开本 20 印张 44 千字
1991年8月第1版 1991年8月第1版第1次印刷
印数: 00,001—2 000
ISBN 7-117-01620-5/R·1621 定价: 1.40元

引言	1
1. 室内有机污染物的化学特性	3
2. 人群暴露量分布的估计	6
3. 健康影响的特征	15
4. 感觉效应	17
4.1 检定	26
4.2 剂量-效应信息	27
4.3 影响	27
4.4 诱发效应	28
4.5 时间变化	28
5. 混合物的感觉效应	29
5.1 气味	29
5.2 刺激	30
6. 各系统的毒性影响	30
6.1 血液学毒性	31
6.2 神经毒性	31
6.3 肝脏和肾脏的毒性	32
6.4 粘膜刺激和其它发病率	32
7. 基因毒性和致癌性	34
8. 其它的潜在危害	41
8.1 杀虫剂	41
8.2 亚硝酸胺类	42
8.3 氯乙烯	42
8.4 多环芳烃类	43
8.5 建筑材料、家用产品和消费品中产生的空气传	

播的有机化合物	43
9. 维持和改善室内空气质量	44
10. 结论和建议	45
10.1 结论	45
10.2 建议	46
参考文献	48
附录 1. 有关室内空气质量知识水平的评估	52
附录 2. 分组	59
附录 3. 与会人员	61

引 言

有机化合物在室内空气中作为一类污染物是极其复杂的；近10年来，对上百种的这类化学物质进行了鉴别。尽管大多数以极低的浓度存在，但他们对人体健康的影响仍为人们所关心的问题。有些化合物具有基因毒性，而且许多化合物则表现出毒性，刺激性和/或具有特殊气味。

曾参与室内空气污染物对公共卫生影响研究工作的世界卫生组织（WHO）工作组^(1~4)，和其他的检查机构，如美国国家科学院/国家研究理事会（NAS/NRC）的室内污染物委员会⁽⁵⁾一直强调挥发性有机化合物（VOC）是一类重要的室内空气污染物。在这些评价中，大部分都例举了这类污染物的来源及他们可能对健康产生的影响，但却没有详细评估室内有机污染物对公共卫生的总的的影响。由于公布的化学物质的种类极多，然而对他们的浓度以及在大部分室内空间人们所暴露的分布情况却缺乏系统的研究，所以，人们不愿进行这类评估是可以理解的。此外，这样大量的化合物对暴露人群的健康产生不良影响的有关知识也是很有限的。

同时，新闻媒介加强了对一般有机污染物，特别是对室内污染的关注，因而使公众和政府对这一问题更加重视。为了回答日益增多的人们提出的这种合理质疑，很有必要征集环境化学家们对这些化学物质的种类，浓度和浓度分布的知识和见解。同样，也需要利用毒理学家，实验心理学家及环境与职业病、流行病学家的智慧并结合化学家们的意见，以便对公共卫生的影响作出全面的评估。由于公共卫生的影响

是由暴露分布、暴露-效应关系和受暴露的人数所组成，因此，需要所有的相关学科对它进行统一而协调的评估。

虽然尚不具备一切要求或需要的数据，但1987年8月23~27日在柏林（西德）召开了“室内空气质量的工作小组：有机污染物”会议，紧接着又召开了“第4届国际室内空气质量和气候”的国际会议。该会是与柏林参议院（西德）合作并在WHO空气质量管理与空气污染控制合作中心的帮助下在“饮水、土壤和空气卫生研究所”举行。会上由来自7个国家的13名临时顾问及一名来自欧共体委员会的代表参加。D. J. Moschandreas博士当选为主席，J. A. J. Stolwijk博士为起草报告的人，M. J. Suess博士当选为科学秘书。

工作组的目的是进行一次当前室内环境中有机污染物的暴露水平对公共卫生影响的多学科评估。为此，有必要从几项较大的研究中归纳出获得的浓度分布数据，在研究中对许多住宅空间中的VOC进行了系统地计算。在联邦德国⁽⁶⁾，意大利⁽⁷⁾，荷兰⁽⁸⁾及美国⁽⁹⁾进行了这些研究，尽管各国工作的目的和设计方案有所不同，但其结果相当一致。因而，工作组中的环境化学家们提供了一份系统而综合性的暴露数据供整个小组参考。

同时毒理学家、医生以及环境与职业病流行病学家查阅了在更大规模的调查中有机化合物对健康影响的数据，并向工作组提交了他们的查阅结果。从事感觉作用研究的心理学家也同样重温了这些化合物对感觉作用的现有知识，并向小组报告了他们的发现。这种同时进行和协调的回顾对全面影响有了更深入的了解，同时找出了哪些领域最缺少重要和必需的信息。

1. 室内有机污染物的化学特性

从一系列早期的小规模研究中^(10~12)得出的结论，认为室内空气中许多有机化合物的浓度高于室外。然而，这些数据都不足以对人群的暴露水平做一全面的评价。1986年由各国学者们收集和汇编出版了一本从室内空气中鉴别出307种VOC的资料⁽¹³⁾。

最近几年，在不同国家进行了许多研究，因此对室内存在的有机物有了进一步的了解。在联邦德国^(6,14)，意大利⁽⁷⁾，荷兰⁽⁸⁾，及美国⁽⁹⁾的大量民房里所进行的研究中，获得了许多不同种类VOC的室内浓度资料，这些数据可作为估计人群暴露量的依据。

在确定室内有机污染物的浓度频率分布或人群暴露量而进行的现场调查中，通常不考虑全部室内有机污染物，而只考虑其中某些部分，如“挥发性”或“半挥发性”的有机化合物。由于缺少这些部分污染物的书面资料，因此，工作组把所有室内污染物分成4类（见表1）。

虽然这4类之间没有明显的界线，他们仍可按沸点的范围确定分组或分类。这是因为在实际工作中，类别是通过使用不同的方法从空气中收集有机污染物来进行确定或限定的。表1列举了每类化合物在现场调查中最常用的方法。

这些最常用的方法都是靠吸附材料来获取有机化合物，如多孔多聚体，木炭，碳分子黑或聚氨酯泡沫。有机化合物的挥发性和沸点密切相关，它是使用某一吸附剂以确定化合物范围的最重要因素。样品的体积（可能随着实验要求或所

表 1 室内有机污染物的分类

类别	状 态	缩 写	沸点范围 (°C) ^a	用于现场研究的典型的 取样方法
1	极易挥发性 (气态)有机物	VVOC	<0 至 50~ 100	一组样品, 炭的吸附作用
2	挥发性有机物	VOC	50~100 至 240~260	Tenax, 碳分子黑, 或炭 吸附法
3	半挥发有机物	SVOC	240~260 至 380~400	聚乙烯泡沫塑料或 XAD-2 的吸附作用
4	与颗粒物或 颗粒有机物有 关的有机物	POM	>380	由过滤器收集

^a 极性化合物出现在范围的更高一端

用的分析敏感性而变化)和化合物的极性影响着污染物样品的范围。因而不能单以沸点来区分化合物。表1资料表明,VOC分类的沸点范围,以50℃~100℃为低限,240℃~260℃为高限,这里较高值表示极性化合物。这类化合物是由碳分子黑,木炭或多孔多聚体 Tenax 所吸附的典型样品。

取样方法随所需仪器,体积,重量和费用而异。所以,在大规模调查中应根据各种方法的不同限度以及不同污染物的类别选用所需方法。最终,室内的有机污染物的浓度和暴露数据得以分类。目前只有足够的 VOC 数据用以评估它对人群暂定的危害性。

据分析,有些有机化合物不能包括在以上的分类表中。这是由于这些化合物(例如甲醛和丙烯醛)的反应性或耐热的不稳定性不易从吸附剂上回收或由气象层析法进行分析。如有条件,特别设计的取样和分析方法可以用来检验和测定,例如为羰基化合物而使用的2,4-二硝基苯肼试剂(2,4-DNPH)法。

表2汇总了现有的大量 VOC 现场调查的结果,如表2所示,取样期限是影响测量浓度的最重要因素之一。作为一般规律,可以认为,由于整个过程是一个平衡过程,所以取样时间拖得越久,得到的浓度范围就越小。

尽管表2介绍的4组研究有不同的取样时间,但仍然可以从这些研究中得到每种成份的一组数据,它们代表了平均住房中的水平。这组包含个别化合物浓度分布百分比的数据是从以下方法中得到的。在联邦德国⁽⁶⁾的研究中,涉及住房和化合物的数量最多,这组数据可作为基础,交叉核对其它三组的研究数据,以取得统一的数据。由于该统一数据只能作为一种估计值,因此,一般采用了一位有效数。4组研究的

交叉核对得出了一个结论，即这些数字的可靠性约为 50%。尽管如此，鉴于这些研究是在完全不同的条件下进行的（不同的国家和取样时间，代表着所研究住房设施的差异），这些数据仍可接受。统一数据主要用于评估危险度，这类评估在相当大的程度上是不肯定的。

根据上述程序得到的数据见表 3。除了列出平均值（如果可以合理地计算出这些数值）和百分位数，此表还显示了室外浓度水平以及在不同国家中的来源。

应当指出表 3 的数据是在“正常”情况下得到的。在特定建筑物的内部或其附近或是存在着永久性的污染源时，浓度会更高一些。许多公布的化合物，特别是烷类和芳香族化合物，会以它们最重要的混合物形式散发，因此很少对它们进行单独的不涉及相关化合物的论述。

2. 人群暴露量分布的估计

对人群暴露量分布进行直接测量的花费是很昂贵的，因为它要求对大范围的具有代表性的空间进行监测。这类测量构成了一个既体现跨越时间也体现跨越空间的浓度分布的样本。通常人群暴露量分布的评估要有一定数量的监测信息。下面介绍进行这类项目的系统方法。以这种方法进行的大规模调查可作为部分合作 (TEAM) 内容⁽⁹⁾，并已在联邦德国^(6,12)和荷兰⁽⁸⁾实施。苯和三氯乙烯的浓度分布分别要高于公布的 5 个和 4 个分布的平均值，表 4 分别表示分布的均值。

如果百分位数分布转换为百分位数之间人群暴露部分的

表 2 居住环境中 VOC 现场调查的特点

研究	取样 时间	住房 数量	报道的VOC 数 量	取样方式	分析方法*
东德	14 天	500	57	木炭被动剂量剂 (CS ₂ 解吸作用)	GC/FID-ECD
意大利	4~7 天	15	35	Tenax(热解吸作用)(为 羰基化合物而使用的 2,4- 二硝基苯肼试剂)	GC/FID-ECD由GC/ MS法确定羰基化合物 的高效液体色谱
荷兰	7 天	300	45	木炭试管 (CS ₂ 解吸作用)	GC/FID由GC/MS法 确定
美国	2~12 小时	355	20	Tenax(热解吸作用)	GC/MS

*GC=气相色谱法; MS=质谱仪; FID=火焰电离检测器
ECD=电子俘获检测器; HPLC=高效液体色谱

表 3 室内有机化合物的浓度和分布

污 染 物	类 别	浓 度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				均 值	来 源
		百 分 位 数					
		第10	第50	第90	第98		
脂 族 烃							
正己烷	2	4	10	20		10	溶剂, 可燃成份
正庚烷	2	3	5	15	60	10	溶剂, 可燃成份
正辛烷	2	2	5	10		5	溶剂, 可燃成份
正壬烷	2	2	5	20		10	溶剂, 可燃成份
正癸烷	2	3	10	50	90	20	溶剂, 可燃成份
十一烷	2	3	5	25		10	溶剂, 可燃成份
十二烷	2	2	5	10		5	溶剂, 可燃成份
十三烷	2	2	5	10		10	溶剂, 可燃成份
十四烷	2	2	2	10		2	溶剂, 可燃成份
十五烷	2-3	1	5			1	溶剂, 可燃成份
十六烷	2-3	1	5			1	溶剂, 可燃成份
3-甲基戊烷	2	5	80			5	溶剂, 可燃成份
2-甲基己烷	2	5	100			5	溶剂, 可燃成份
3-甲基己烷	2	2	100			2	溶剂, 可燃成份

表 3 (续)

污 染 物	类 别	浓 度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				来 源
		百 分 位 数			、均 值	
		第10	第50	第90		
环烷类						
环己烷	2	2	10	100	1	胶液, 溶剂
甲基环己烷	2	2	10	100	1	胶液, 溶剂
二甲基环戊烷	2	1	3	10	<0.3	胶液, 溶剂
萘烯类						
萘烯	2	2	15	70	30	气味, 洗涤剂
α -萘烯	2	2	10	20	10	蜡, 木制品
β -萘烯	2	<1	<1	5	1	蜡, 木制品
α -萘品烯	2	1	5	10	5	蜡, 木制品
芳烃类						
苯	2	2	10	20	30	可燃成份, 烟草
甲苯	2	30	65	150	250	可燃成份, 溶剂
间, 对二甲苯	2	10	20	40	20	可燃成份, 溶剂
邻二甲苯	2	3	5	10	10	可燃成份, 溶剂
乙苯	2	4	10	20	10	可燃成份, 溶剂

表 3 (续)

污 染 物	类 别	浓 度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					来 源	
		百 分 位 数				均 值		室 外*
		第10	第50	第90	第98			
丙 苯	2	<1	2	6	3	<0.3	可燃成份, 溶剂	
异丙基苯	2		1	3	1	<0.3	可燃成份, 溶剂	
邻甲基乙基苯	2		2	5	5	<0.3	可燃成份, 溶剂	
1,2,3-三甲基苯	2		2	5	2	<0.3	可燃成份, 溶剂	
1,2,4-三甲基苯	2		5	20	10	1	可燃成份, 溶剂	
1,2,5-三甲基苯	2		2	5	5	<0.3	可燃成份, 溶剂	
丁基苯	2		1	10		<0.3	可燃成份, 溶剂	
对-甲基异丙基苯	2		1	10		<0.3	可燃成份, 溶剂	
二乙基苯	2					<0.3	可燃成份, 溶剂	
苯乙烯	2	<1	1	5	10		可燃成份, 溶剂	
氯碳水化合物								
氯仿	1-2		3	15			饮水	
二氯甲烷	2		<10	<10	600		气溶胶, 脱漆剂	
四氯代甲烷	2		1	20			工业溶剂	
溴仿	2						饮水	

表 3 (续)

污 染 物	类 别	浓 度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				均 值	室 外 ^a	来 源
		百 分 位 数						
		第10	第50	第90	第98			
1,2-二氯乙烷	2							清洁剂, 器加剂
1,1,1-三氯乙烷	2	2	5	20		10		干洗剂, 溶剂
三氯乙烷	2	1	5	20	30		<2	溶剂, 除斑剂
四氯乙烷	2	2	5	20	70			干洗剂, 溶剂
氯苯	2		<0.5	10		1		溶剂, 纺织品器加剂
间二氯苯	2		<0.5	5			<0.5	除臭剂, 卫生球
对二氯苯	2	1	5	20				除臭剂, 卫生球
1,2,3-三氯苯	2		1	10			<1	染料, 杀虫剂
1,2,4-三氯苯	2		1	15			<1	染料, 杀虫剂
1,3,5-三氯苯	2		<0.5	5			<1	染料, 杀虫剂
乙醇								
乙醇	1							溶剂, 酒精饮料, 燃料
丙醇	1-2							溶剂
丁醇	2	<1	<1	3		1		溶剂

表 3 (续)

污 染 物	类 别	浓 度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				均 值	来 源
		第10	第50	第90	第98	室 外 ^a	
异丁醇	2	<1	1	5		2	溶剂
戊醇	2						溶剂, 增塑剂
己醇	2						溶剂, 增塑剂
2-乙基己醇	2	<1	1	5		2	溶剂, 增塑剂
酯类和醇类							
丙酮	2						溶剂
丁酮	2						溶剂
乙基甲基酮	2	<2	5	10		1	溶剂
4-甲基-2-戊酮	2		2			1	溶剂
醛类							
甲醛	-b		25	60		40	聚甲醛绝缘泡沫
乙醛	-b		10	30			香烟中的烟雾
丙醛	-b						香烟中的烟雾
丁醛	-b		1	5		1	香烟中的烟雾
己醛	2	<1	1	5			纸