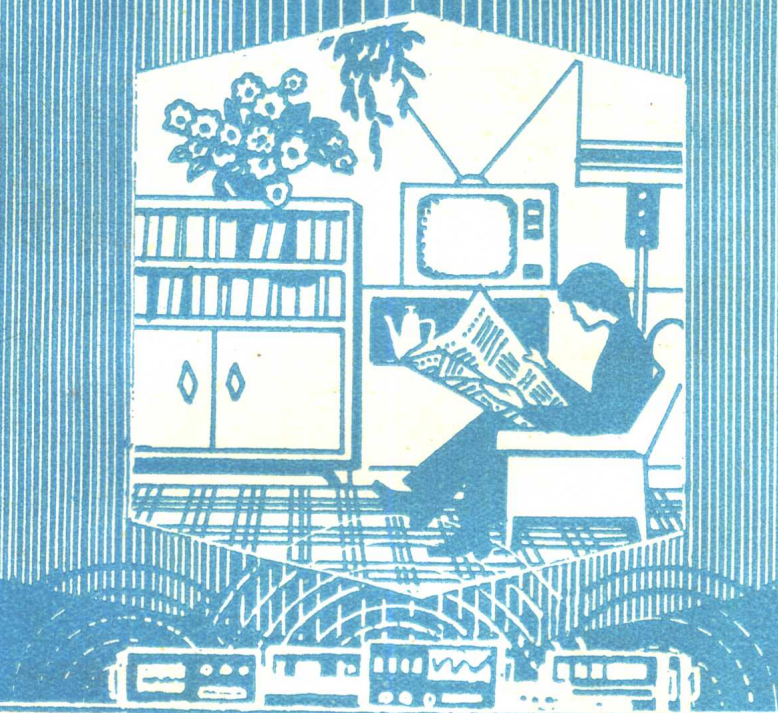


室内空气污染与测定方法

曹 守 仁 主 编



中国环境科学出版社

室内空气污染与测定方法

曹守仁 主编

中国环境科学出版社

1988

内 容 简 介

本书广泛参考最近国内外出版的有关室内空气质量方面的图书、资料以及国内外行之有效的监测方法编写而成。内容包括室内空气污染源、影响室内空气质量的因素、室内主要空气污染物对人体健康的影响、各种污染物的理化测定方法、生物材料测定方法及卫生标准、室内空气质量评价方法等。

本书所述方法详尽充实，希望能对国内开展室内空气质量调查研究有所贡献。

本书可供研究空气污染与监测的有关技术人员及大专院校师生参考。

室内空气污染与测定方法

曹守仁 主编
责任编辑 王燕清

中国环境科学出版社出版

北京崇文区东兴隆街69号

北京昌平兴华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1988年8月第 一 版 开本 787×1092 1/32

1988年8月第一次印刷 印张 11 1/4

印数1—5000 字数 262千字

ISBN7-80010-149-5/X·124

定价：3.00元

编写说明

“室内”包括居室、办公室、医院、旅馆、浴室、理发店、候车室（飞机、火车、汽车、电车、地下铁道）以及影剧院、音乐厅、舞厅、健身房、游泳池、比赛厅、体育馆等室内文娱、体育活动的公共场所。室内空气质量是关系到人们健康愉快生活的重要问题之一，已引起国内外有关方面的关注。从许多科学家所进行的一系列小规模研究来看，室内空气污染物是可以出现高浓度的，而且也是人们对空气污染物总接触量的重要来源。我国是发展中国家，居民居住条件差别很大，城市已有现代化建筑群，而边远地区的农村居民住房却很简陋，而且有些地方多为人畜共居，故急需开展室内空气质量的调查研究。但是，由于缺乏统一可靠的监测手段、调查方法及对健康效应的估计方法，因此对室内空气质量的了解尚不全面。有些单位应用现有条件虽开展了一些调查，但可比性较差。

我们参考了国内外最近出版的有关室内空气质量方面的图书、资料、室内空气污染培训班讲义以及国内外行之有效的监测方法，编写了这本“室内空气污染与测定方法”一书。内容主要包括：室内空气污染源、影响室内空气质量的因素、室内主要空气污染物对人体健康的影响、各种污染物的理化测定方法、生物材料测定方法及卫生标准、室内空气质量评价方法等。

本书编委虽然都具有一定的实践经验，但由于水平有限，难免有不足之处。另外，方法本身也需要在实践中不断

改进，为此希望国内同行在工作中不断总结经验，提出改进意见，使本书逐步完善，以期对国内开展室内空气质量调查研究有所贡献。本书编写人员除编委会外，尚有关迺源，梁超轲，王俊起，姚汝琳，曲建超，林莲卿，吴才刚等分别参加了部分章节的编写。并由徐方审核，修改了部分稿件。在编写过程中，还得到了中国预防医学科学院汪梅先副院长的大力支持，在此表示衷心的感谢。

编 者

1987年4月

前 言

局部空气污染已有几千年的历史，在12世纪初，随着人们以烧煤代替烧柴之后，煤烟造成的空气污染也就给人们带来了新的危害，这种危害英国早有记载。18世纪中叶美国钻探石油成功，开始利用石油作燃料。这不仅改变了人类工业生产和生活过程中燃料燃烧方式，而且也使交通运输方式发生了极大的变化。但是，石油的污染又成了某些国家和地区空气污染突出的问题。现在原子能的大量利用，也同样会给空气污染带来新的问题。

空气污染作为问题提出来，还是近30年的事。1952年12月5日—9日，英国伦敦上空大雾弥漫，出现逆温现象。逆温层在60—150m的低空，从家庭和工厂排出的煤烟被逆温层封盖而停滞在下层，悬浮颗粒物及二氧化硫出现高浓度。在雾期一周内，伦敦市区死亡人数从945人激增至2484人，伦敦地区死亡人数从2062人激增至4703人，与历年同期相比，多死亡3500—4000人。这就是最著名的空气污染事件之一即：“伦敦烟雾事件”。因为此事件是由于燃煤排放出大量的 SO_2 及煤烟（悬浮颗粒物）所造成的，故科学家们把它称之为“煤烟型”空气污染。

60年代发达国家石油成为城市重要能源，汽车的数量急剧增长，排出的大量废气中含有高浓度的碳氢化合物。在空气中经日光照射与氧化剂（ NO_2 , O_3 ）作用，发生了一系列的光化学反应，形成光化学烟雾，其中含有过氧化乙酰基硝酸酯（PAN）和醛类等强氧化剂，它对人体粘膜具有强刺

激作用。美国洛杉矶市背山面水，市内汽车成灾，在阳光照射下，形成典型的光化学烟雾，导致居民“红眼病”的高发，这就是著名的“光化学烟雾事件”。科学家们称之为“光化学烟雾型”空气污染。

人对空气污染物接触量的研究表明：对空气污染接触量的估计，取决于污染物在时间和空间上的分配。例如：在居室内、商业建筑物内以及交通工具内，人对污染物的接触量可能是总量的重要组成部分。目前，许多建筑物为密闭型，室内的舒适条件用空调机维持，为了节能而降低风量，这些办法都导致了室内污染物浓度的升高，从而增加了接触量。随着经济的发展，人民生活水平的日益提高，生活方式的改变，道克里(Dockery)及斯彼恩格(Spengler)等人(1981年)报道，北美及欧洲人每天约90—90%的时间是在室内渡过的。王菊凝、曹守仁等1984年在北京系统地调查了有代表性的，中国预防医学科学院环境卫生与卫生工程研究所的职工居住区室内外空气污染对健康的影响，所获得的资料说明，该所职工每天在室内活动的时间为90%左右。随着目前建筑物结构上的较大的变化，新兴建筑材料被广泛应用，生活上各种香味剂、化妆品、除臭剂、品种繁多的洗涤剂也进入家庭，这些因素都导致了室内空气中有毒物质无论在品种上或数量上的不断增加，因而防止室内空气的污染就成为环境保护的重要内容。很明显，评价空气污染对健康的影响，仅靠室外大气监测所获得的污染物的浓度资料是远远不够的，因此空气污染防治的研究将以室内空气质量为重点。

综上所述，从空气污染的阶段划分来看，“煤烟型”可视为第一个时期，“光化学烟雾型”为第二个时期，目前空气污染已进入了第三个时期，即“室内空气污染”。

目前，对室内空气质量尚缺乏系统研究，尽管通过国内

外的一系列小规模（试点）研究，得到了一些有用的资料，但仍不足以说明多种污染物、室内环境和居住条件的特征。因而急需积极开展调查研究，获得有关基础材料，为采取防治措施、制定法规、保护人民健康提供依据。保证居民室内良好的空气质量是个复杂的社会问题，不是单靠政府或某一部门所能解决的，它涉及建筑设计、建筑材料、能源政策、管理水平、国家经济水平、居民生活习惯、文教卫生水平以及城乡规划等很多方面。因此，室内空气质量的改善问题，需由政府各部门、居民、建筑设计师、工业家、卫生学家、科学家共同奋斗，逐步求得解决。

本书编写人员

主 编：曹守仁

编 委：蔡祖根 李宝成 周继光
赵炳成 张巨锁 张根发
朱秀清

目 录

第一篇 概论	(1)
第一章 室内空气污染源	(1)
第一节 燃料	(1)
第二节 人的活动	(6)
第三节 建筑材料	(10)
第四节 来自室外的污染物	(14)
参考文献	(17)
第二章 影响室内空气质量的因素	(19)
第一节 影响室内污染物浓度的因素	(19)
第二节 建筑设计对室内空气质量的影响	(26)
参考文献	(38)
第三章 室内空气质量对人体健康的影响	(39)
第一节 室内空气污染对人体健康的影响	(39)
第二节 空气离子化对人体健康的影响	(56)
参考文献	(58)
第二篇 采样	
第四章 基本知识	(59)
第一节 采样人员注意事项	(59)
第二节 室内空气污染监测的种类	(61)
第三节 采样仪器	(63)
第四节 个体采样器	(73)
参考文献	(79)
第五章 布点	(80)
第一节 布点原则	(80)
第二节 布点方法	(81)

第三节	采样时间与频率	(82)
第六章	采样方法	(84)
第一节	气态污染物采样	(84)
第二节	颗粒物的采样	(90)
第七章	采样中的质量保证	(95)
第一节	器材的选择与要求	(95)
第二节	流量计的标定	(98)
第三节	采样系统的流量恒定与校准	(102)
第四节	样品的保存与输送	(106)
参考文献		(107)
第八章	空气中污染物浓度表示方法	(109)
第一节	污染物在空气中存在的状态	(109)
第二节	空气中污染物浓度的表示方法	(111)
参考文献		(113)
第三篇	测定方法	(141)
第九章	颗粒物的测定方法	(114)
第一节	可吸入颗粒物	(114)
第二节	铅及其无机化合物	(129)
第三节	砷化物	(136)
第四节	汞蒸气	(142)
第五节	镉	(146)
第六节	镍	(149)
第七节	氟化物	(154)
第八节	硫酸盐	(156)
第九节	硝酸盐	(162)
第十节	多环芳烃	(166)
第十一节	石棉	(180)
第十二节	颗粒物致癌性的测定方法	(184)
参考文献		(196)
第十章	气态、蒸气态污染物测定方法	(198)

第一节	一氧化碳 (CO)	(198)
第二节	二氧化碳 (CO ₂)	(206)
第三节	二氧化硫 (SO ₂)	(212)
第四节	二氧化氮 (NO ₂)	(222)
第五节	氨 (NH ₃)	(230)
第六节	硫化氢 (H ₂ S)	(235)
第七节	尼古丁 (C ₁₀ H ₁₄ N ₂)	(244)
第八节	甲醛 (HCHO)	(247)
第九节	乙醛、丙烯醛	(252)
第十节	苯 (C ₆ H ₆)	(257)
第十一节	苯酚 (C ₆ H ₅ OH)	(260)
第十二节	乙烯、丙烯、丁二烯	(263)
第十三节	氰及其子体	(268)
第十四节	3-甲基吡啶 (C ₉ H ₉ N)	(274)
参考文献		(277)
第十一章	生物材料测定法	(278)
第一节	血中碳氧血红蛋白的测定	(280)
第二节	血中铅的测定法	(286)
第三节	尿中铅的测定法	(289)
第四节	红细胞游离原卟啉 (FEP) 测定法	(292)
第五节	头发中总汞的测定法	(295)
第六节	头发中砷化物测定法	(297)
第七节	头发中铅的测定法	(300)
第八节	微生物的测定	(303)
参考文献		(312)
第四篇	室内空气质量评价	(313)
第十二章	概述	(313)
第一节	室内空气质量评价的目的	(313)
第二节	室内空气质量评价的有关问题	(313)
第十三章	室内空气质量标准	(316)

第一节	燃烧产物·····	(316)
第二节	二氧化碳·····	(317)
第三节	空气微生物·····	(318)
第四节	建筑材料释放物·····	(320)
第五节	臭氧·····	(322)
第十四章	室内空气质量评价方法·····	(323)
第一节	单项指标·····	(323)
第二节	室内空气质量综合评价·····	(325)
第三节	接触量评价·····	(326)
第四节	人体生物材料污染物含量的评价·····	(327)
	参考文献·····	(330)
第十五章	数据处理与质量控制·····	(331)
第一节	实验数据统计方法·····	(331)
第二节	实验室质量控制·····	(339)
	参考文献·····	(345)

第一篇 概 论

第一章 室内空气污染源

许多研究报告指出，人们在室内能接触高浓度的污染物，而这些污染物的来源又与人们生活习惯、房屋建筑形式、经济和文化水平甚至居住地区密切相关。在发达国家的城市中、现代化建筑物的房间多是密闭式的，用空调设备及空气净化装置保持室内舒适条件（温度、湿度），室内人口密度较小，做饭多用污染较小的电、煤气、液化石油气、天然气等。但是在发展中国家或落后地区，房屋矮小、简陋，通风不良，甚至人畜共居。居民取暖、做饭多采用劣质煤（烟煤、无烟煤）、柴（木材、庄稼秸秆）、牛和羊的粪便以及沼气等做燃料，所用炉灶原始，又无排烟设备，燃烧极不完全，做饭时室内浓烟滚滚，室内人口密度大，又有在室内吸烟、随地吐痰等不良卫生习惯，导致空气质量极差。由于情况不同，致使室内污染物及它们的来源也有很大差别，室内空气污染物的来源可分为，燃料、人的活动（吸烟，呼出气），建筑材料、以及室外等四大类，分述如下。

第一节 燃 料

居民做饭、取暖所用燃料的燃烧产物是室内空气污染的重要来源之一。全世界95%以上的能源来自矿物燃料（煤、

石油、天然气)。居民生活用燃料，全世界按人口估算，使用商品性燃料（煤、天然气、煤气、电）占47%，而用生物性燃料（木柴、畜粪、庄稼秸秆）占53%，其中经济发达国家几乎全部用商品性燃料，而发展中国家有73%用生物性燃料，如图1-1。

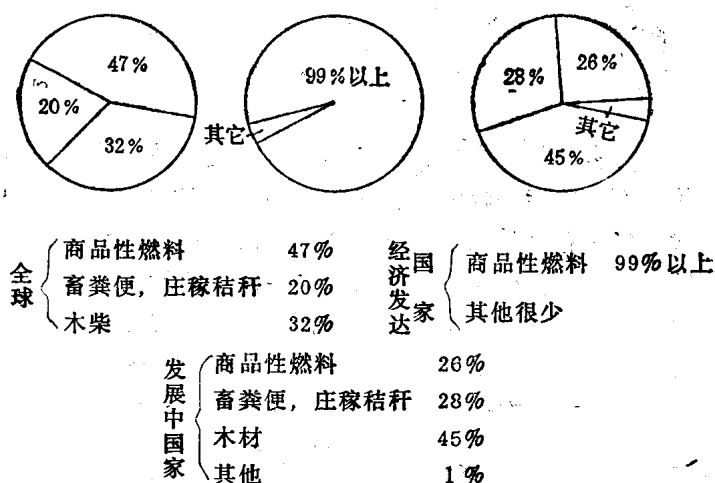


图1-1 居民做饭所用燃料构成（按人口估计）

一、矿物燃料（煤）

在民用燃料中煤占很大比例，据1982年统计，我国燃煤占总能源74%。其中民用煤占很大比例，且质量较差，硫份、灰份均高，硫份有时高达5%。尤其是一些边远农村，农民自己挖掘浅层煤，其中有质地疏松的石墨煤（俗称油烟煤）、褐煤、高氟高硫煤以及石煤等，这些煤的质量则更差。煤主要是以碳、氢两种元素组成，其中尚含有不同量的硫、氮、氟以及砷、镍、铁、钙等无机元素。当燃烧完全时（高温氧化）生成二氧化碳、水蒸气并释放出大量的热，而

燃烧反应的性质和速度受温度、压力、催化、供氧、煤质等物理、化学因素的影响，以至很多情况下燃烧不完全而产生大量的煤烟（以碳粒为主）及二氧化硫。在一定条件下烃类的分解与聚合可产生醛、酮、酸等多种含氧烃，烷烃、烯烃等脂肪烃，芳香烃，多环芳烃以及各种杂环化合物等。煤中各种杂质在燃烧过程中也随之进行氧化还原反应，生成氮氧化物、硫氧化物、氟化物、硅氟酸盐以及各种微量金属元素及其氧化物、有机金属化合物、硫化氢等。这些不完全燃烧产物排放于室内空气中会危害人体健康。不同类型的煤，单位能量所生成的污染物排放量不同，见表1-1。

表1-1 单位能所生成的污染物排放量 (kg/10³J)

燃 料	颗粒物	SO ₂	NO _x	CH	CO
无烟煤	46	200	250	100	1000
烟 煤	550	1100	270	530	5300
馏出油	11	1170	71	4	20
天然气	7	—	38	4	10

从表 1-1 看出，烟煤和无烟煤单位能可产生大量污染物，在室内可形成很高的浓度，成为某些呼吸系统疾病的高发原因。

二、生物燃料

占世界一半人口的发展中国家的农民，是使用生物性燃料取暖、做饭的。这些燃料中含有复杂的有机化合物，如植物蛋白和碳水化合物以及微量的氮、氢、氧、无机元素等。用生物性燃料做饭的农户常常是开放性的燃烧，灶具原始，多是在居室内地上挖一坑，坑边放三块石头或砖以支撑饭锅，热能利用率只有10—15%。特别是当燃烧效率很低时，能产

生大量的颗粒物及气相污染物。悬浮颗粒物粒径一般均小于 $3\mu\text{m}$ ，可吸入并沉积在肺中。它们的组份是以碳粒、杂酚油、焦油以及致癌性物质为主。气相组份多是些刺激性很强的含氧烃类，如甲醛、乙醛、有机酸等。当然， CO 、 CO_2 、水蒸气的浓度也很高。1968年WHO西太区办事处对新几内亚高原农民茅屋内空气污染物进行了测定，结果表明：甲醛浓度平均为 1.2ppm ，最高值 3.8ppm ； CO 均值为 30.5ppm ，最高值达 350ppm 。我国云南宣威烧柴农户室内颗粒物均值为 $257\mu\text{g}/\text{m}^3$ ， CO 均值为 86ppm 。主要有害物质见表1-2。

表1-2 柴烟中的空气污染物

污 染 物	致 癌 性	排 放 系 数 (g/kg)		
		炉 (1)	炉子周围 (2)	比率 (1)/(2)
苯并(a)芘		0.064	0.010	6.4
氟		0.020	0.0047	4.3
蒽/菲		0.096	0.0088	10.9
酚		0.1	0.02	5.0
荧蒽		0.022	0.0016	13.7
芘		0.019	0.0016	11.9
苯并(b)芘	+	0.0177	0.0019	9.3
蒽	+	0.0135	0.0019	7.11
苯并(a)荧蒽				
苯并(b)荧蒽	++			
苯并(j)荧蒽	++	0.009	0.0015	6.0
苯并(k)荧蒽				
苯并(a)芘	+++	0.0025	0.00073	3.4
茚并(1,2,3-cd)芘	+			
苯并(ghi)芘		0.0059	0.0014	4.2
二苯并(a,h)芘		0.0010	0.00018	5.6