



室内环境质量调查

——北京大学园区室内空气污染综合评价

白郁华 陈旦华 等 编著
原 子 能 出 版 社



室内环境质量调查

——北京大学园区室内空气 污染综合评价

白郁华 陈旦华 等 编著

原子能出版社
北 京

图书在版编目(CIP)数据

室内环境质量调查:北京大学园区室内空气污染综合评价/白郁华, 陈旦华著. -北京:原子能出版社, 1998. 3

ISBN 7-5022-1822-X

I. 室… II. ①白… ②陈… III. 空气污染-房间-评价-北京大学
N. X51

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 04373 号

©原子能出版社, 1998

原子能出版社出版 发行

责任编辑:谭 俊

社址:北京市海淀区阜成路 43 号 邮政编码:100037

中国文联印刷厂印刷 新华书店经销

开本:787×1092mm 1/32 印张:2.75 字数:60 千字

1998 年 5 月北京第 1 版 1998 年 8 月北京第 2 次印刷

印数:1001—2500

定价:5.50 元

内 容 简 介

人们大部分时间处于室内,室内环境质量直接影响人们的健康。室内环境质量,尤其室内空气质量是目前国内外高度关注的环境问题之一。本书以对一氧化碳、二氧化碳、甲醛、臭氧、氡、非甲烷烃类化合物、微生物以及可吸入颗粒物等项目的综合观测和调查资料为依据,用客观评价法对北京大学园区室内空气质量的现状和特征进行分析和评价。

本书对一般公众和环境质量调查、监测和科研人员都具有重要参考价值。

立 项:田德祥
项 目 负 责 人:白郁华 陈旦华
主要参加人员:姚荣奎 李孝珍 陈淑芬
张正国 张完白 李赛君
陈忠明 陆思华 曾立民
李金龙
配合工作人员:龚幸颐 张建斌 张化天
于良佐 李晓枫 娄东阳
虞江平 周莉红
组 织 协 调:唐适宜

前 言

室内空气质量是关系到人们身心健康的重要问题之一,已引起国内外有关方面的高度关注。

近年来,随着我国经济的发展,人民生活水平日益提高,高档家具,时髦装修,纷纷进入家庭和办公室,新兴建筑材料被广泛使用;香精、化妆品、防臭剂、防虫剂、杀虫剂、洗涤剂等也成了人们生活中必不可少的用品,这些因素都导致了室内空气有害物质无论是品种上或数量上不断增加。学校工作的性质又决定了广大师生员工每天有 80 %~90 % 的时间在室内活动,因此室内空气质量直接关系着他们的健康。

为了确保广大师生员工能健康、愉快地工作和生活,科学合理地营造生活环境,提高自我保护的环境意识,由北京大学环境保护办公室立项、组织,由技术物理系环境化学教研室实施,于 1997 年 3 月到 6 月,对北大园区室内空气质量进行了综合观测和调查,取得了一大批很有价值的数字,为评估北大园区室内空气质量提供了第一手资料。

当前对室内空气质量评价的方法分为客观评价和主观评价。客观评价是直接室内污染物指标来评价室内空气质量,这样可以有针对性地制定保护和改善室内空气质量措施;主观评价是人们利用自身的感觉器官进行评价和判别,从而确定空气质量的可接受程度。本工作主要采用室内空气质量的客观评价法。选用的评价室内空气质量的项目有:一氧化碳、二氧化碳、甲醛、可吸入颗粒物、氨、臭氧、非甲烷烃类化合物和微生物。鉴于国内至今还没有制定出系统的室内空气质量标准,故评价标准均参照国际标准化组织(ISO)或世界卫

生组织(WHO)颁布的有关国际标准,或国外相关标准,以及我国颁布的居住区大气卫生标准或其他有关标准^[1]。

本书以综合观测资料为依据,用客观评价法对北大园区室内空气质量的现状和特征进行分析和评价。

目 录

前言

一、室内空气质量的综合观测	(1)
(一)观测时间	(1)
(二)观测点的设置	(1)
(三)观测项目及频率	(3)
(四)样品采集方法	(4)
(五)分析方法	(5)
(六)质量控制	(6)
二、北大园区室内空气质量的评价——单项指标	(7)
(一)室内空气中的 CO 和 CO ₂	(7)
1. CO, CO ₂ 的危害、来源与空气质量标准	(7)
2. 园区室内 CO, CO ₂ 的污染现状与分布特征	(8)
(二)室内空气中的甲醛	(14)
1. 甲醛的危害、来源与空气质量标准	(14)
2. 园区室内甲醛浓度与分布特征	(15)
(三)室内空气中的颗粒物	(21)
1. 颗粒物的危害与空气质量标准	(21)
2. 园区室内颗粒物污染现状和污染特征	(22)
(四)室内空气中的氨	(35)
1. 氨与人体健康	(35)
2. 氨的评价标准	(36)
3. 园区室内氨的浓度与分布特征	(36)
(五)室内空气中的微生物	(39)
1. 空气微生物与人体健康	(39)

2. 空气微生物评价指标与标准	(40)
3. 园区室内细菌污染现状和特征	(41)
(六)室内空气中的臭氧	(47)
1. 臭氧的来源和空气质量标准	(47)
2. 园区室内臭氧水平	(47)
(七)室内空气中的有机蒸气	(50)
1. 有机蒸气的来源、危害和空气质量标准	(50)
2. 园区室内非甲烷烃类化合物和挥发性有机化合物的 浓度分布	(50)
(八)结论	(59)
三、北大园区室内空气质量综合评价	(62)
(一)室内空气质量综合评价方法与评价标准	(62)
1. 综合评价方法	(62)
2. 评价标准	(62)
(二)综合评价结果与讨论	(63)
1. 空气质量指数的区域特征	(67)
2. 空气质量指数的季节特征	(68)
四、保护和改善室内空气质量建议与措施	(71)
参考文献	(73)

一、室内空气质量的综合观测

(一)观测时间

北大园区室内空气质量的观测时间见表 1。

表 1 观测时间

季节	冬末	春	夏初
时间	3 月 11 日~3 月 13 日 (月、日) 3 月 19 日~3 月 21 日	4 月 14 日~4 月 18 日	5 月 12 日~5 月 16 日

为了进行系统研究,特选定冬、春、夏三个季节进行监测。其中 3 月 11 日~3 月 13 日和 3 月 19 日~3 月 21 日,在北京已是初春,但由于房屋门窗尚关闭,园区内取暖设备还在应用,故可作为冬末特征进行研究,而 5 月 12 日~5 月 16 日的测定可代表初夏特征。

(二)观测点的设置

根据北大园区的分布状况,我们确定以中关村园区(校内、中关园、燕东园、承泽园、燕北园)为主要调查区,兼顾西三旗园区。表 2,表 3 给出了北大园区室内空气质量监测点的分布。

观测点设置,住宅区涉及燕北园、燕东园、中关园、承泽园、畅春园、西三旗、学生宿舍各类典型居室;公共场所所有舞厅、食堂、图书馆、办公室、工厂。采样点分布面很广,所以采集的样品具有一定的代表性,能够反映北大园区室内空气质量

的特征,又在不同季节对相同的观测点进行系列采样,数据具有可比性。

表 2 北大园区住宅空气质量监测点的分布

类型	地址			特征
单元式三居室多层住宅	燕北园	301/305	卧室	中档装修,新建房
			厨房	中档装修,天然气
		304/314	卧室	中档装修,新建房
			厨房	中档装修,天然气
		408/314	卧室	豪华装修
			客厅	
		202/304	客厅	未装修,新房
			室外	对照观测
单元式二居室多层住宅	燕东园	412/39	卧室	中档装修,20 年房龄
			厨房	中档装修,天然气
	承泽园	103/122	卧室	简单装修,老房
			室外	对照观测
筒子楼多层住宅	畅春园	212/55	阳台	邻近早市
			卧室	未装修,老房
平房	中关村	268 号	客厅	未装修,老房
			厨房	未装修,煤炉
学生宿舍	校内	32 楼	324 室	未装修,老房,本科生 6 人居
			楼道	
		39 楼	117 室	未装修,老房,博士生 2 人居
			楼道	
		26 楼	楼道	集体宿舍,液化石油气
单元式高层塔楼	西三旗育新花园小区	302/17	卧室	中档装修,新房
		608/17	卧室	高档装修,新房
		1403/17	卧室	中档装修,新房
			厨房	中档装修,液化石油气
		2106/17	卧室	中档装修,新房
			厨房	液化石油气

表 3 北大园区公共场所空气质量监测点的分布

类型	位置	特征
图书馆	二楼书库	未装修,书流通量大
	一楼学生自习室	数百人,未装修
	201 阅览室	数十人,未装修
会议室、办公室	地学楼 3207 会议室	中档装修
	红一楼 106 老干部处	中档装修,有烟民
复印、印刷用房、 计算机房	一院数学系复印室	复印机开动频繁
	办公楼 113 打字室	未装修,有油印机、复印机、胶印机、打印机运行
	印刷厂三楼激光照排室	简单装修,有激光照排机运行
	印刷厂四楼方正计算机研究所文字处理室	中档装修,十余台电脑运行
地下室及老楼	新地学楼地下室标本库	有大量矿物标本
	新地学楼地下室乒乓球室	
	老图书馆 一楼库房, 二楼档案室	古建筑
	民主楼地下室出口	
公共设施	学三快餐厅	低档装修,数百人用餐
	二体舞厅	未装修,数百人跳舞
室外同步观测	图书馆外	
	新地学楼室外	
	办公楼室外	

(三)观测项目及频率

(1) 气态及蒸气态污染物:一氧化碳(CO)、二氧化碳

(CO₂)、甲醛(HCHO)、非甲烷烃类化合物(Non Methane Hydrocarbon Compounds, 简称为 NMHC)、挥发性有机化合物分类(Volatile Organic Compounds, 简称为 VOCs)、臭氧(O₃)的浓度。监测频次为 3 月份每天采样 3 次; 4、5 月份每天采样 2 次。

(2) 颗粒物: 总悬浮颗粒物(TSP)、可吸入粒子(IP)的质量浓度和元素组成。每天采样一次。

(3) 天然放射性气体: 氡及其子体的浓度。

(4) 空气微生物: 细菌总数。

(5) 室内微小气候: 气温、气压、相对湿度。

(四) 样品采集方法

(1) 甲醛: 溶液吸收法, 用水作吸收液, 一个样品收集时间为 100 min。

(2) 臭氧: 溶液吸收法, 用靛蓝二磺酸钠作吸收液, 一个样品收集时间为 60 min。

(4) 非甲烷烃类化合物: 用 30 mL 注射器抽取空气样品, 并密封带回实验室。

(4) 挥发性有机化合物分类: 用容积 3.5 L 抽至真空(负压 99.992~101.325 kPa)的不锈钢采样罐收集空气样品。采第一次样时, 打开气罐, 气体进入罐内达 101.325 kPa; 第二次采样时, 用隔膜真空泵向采样罐内充入采样点空气至表压 48.265~68.950 kPa。

(5) 颗粒物: 按照大气气溶胶采样规范, 用滤膜过滤法收集颗粒物样品。选用二段撞击式可吸入颗粒物采样器, 50 % 捕集效率的空气动力学直径为: 第一级 $d_{50} > 10 \mu\text{m}$, 第二级 $d_{50} \leq 10 \mu\text{m}$; 选用过氯乙烯膜作为收集膜, 以青岛崂山电子仪

器厂生产的 KB-120 型空气泵作为采样动力,流量控制在 100 L/min,一个样品的收集时间为 5~6 h,每个样品的空气总体积约为 30~36 m³。

(6)空气中细菌:采用沉降平板法采集空气中细菌。平板采样器由 $\phi 9$ cm 培养皿,普通营养琼脂培养基(蛋白胨 10 g,牛肉膏 3 g,NaCl 5 g,琼脂 12~15 g,蒸馏水 1000 mL)构成。每室每次采样 3~10 个不等,厨房、过道等小房间采样 3 个,卧室、客厅等采样 5 个,大房间如餐厅,自习室等采样 10 个。一个样品的收集时间为 10~20 min(自然沉降)。

(7)氡:采用两种无电源式被动型累积探测器,即固体核径迹探测器和活性炭探测器收集空气中的氡。活性炭探测器暴露采样 48 h,加盖密封,送回实验室分析;固体核径迹探测器暴露采样 68~83 d,密封带回实验室。

(五)分析方法

各类样品的分析方法详见表 4。

表 4 分析方法一览表

分析项目		分析方法	仪 器
气体	甲醛	乙醛-丙酮比色法	722 型分光光度计
	臭氧	靛蓝-二碘酸钠分光光度法	722 型分光光度计
	一氧化碳	非色散红外法	GXH-3011 型便携式红外线分析器
	二氧化碳	非色散红外法	GXH-3011 型便携式红外线分析器
	非甲烷烃类	气相色谱法	岛津 GC-7A 气相色谱法,火焰离子化检测器
	挥发性有机物	气相色谱法	3400 型气相色谱仪,氢火焰离子化检测器,Shimadzu R4 型数据处理机

续表

分析项目		分析方法	仪 器
颗粒物	IP 和 TSP	重量法测定浓度 混合酸(高氯酸-硝酸-硫酸)湿式消化法消解有机膜, 阳极溶出法测定元素组成	分析天平 384 型阳极溶出仪
微生物	细菌	菌落总数测定法 (37 °C 培养 48 h)	恒温培养箱, 灭菌箱, 菌落计数器
放射性 气体	氡及其子 体	(1)液闪法 (2)核径迹测定法	FG-351 型液闪计数器 显微镜(400 倍)

(六)质量控制

(1)各类被观测物质的采样与分析均按照国家环保局制定的环境监测技术有关规范进行。

(2)所用仪器、设备均经过有关部门的标准仪器校正。

(3)所用试剂、标准及试验用水均使用准确度相关等级。

(4)采集足够量样品以保证结果可靠性。

北大园区, 冬、春、夏三季, 观测期间, 观测项目及获得数据量见表 5。

表 5 北大园区室内空气质量监测情况一览表

日期	样品数				观测项目 (种)	数据数目
	气体与蒸气	颗粒物	氡	细菌		
1997 年 3 月~5 月	1112	64	74	685	10	6612

二、北大园区室内空气质量的评价

——单项指标

(一)室内空气中的 CO 和 CO₂

1. CO, CO₂ 的危害、来源与空气质量标准

CO, CO₂ 是造成室内空气质量下降的重要组成部分。

CO 是无色、无味、无臭气体,是一种侵害血液、神经的毒物。CO 由于能与血红蛋白、肌红蛋白等迅速结合而抑制它们的活性,长时间接触低浓度 CO 会造成慢性中毒,对心血管系统、神经系统等产生不良影响;而高浓度的 CO 可导致中毒死亡。

CO₂ 是一种无毒气体,但居室内 CO₂ 浓度增高,室内空气中的含氧量会相对降低,CO₂ 含量过高,会导致头痛、头晕、耳鸣、昏睡等症状。

燃料燃烧是室内 CO, CO₂ 的主要来源。人们日常生活中使用的煤、煤气、液化石油气及天然气等燃烧都产生 CO, CO₂; 室内人的活动、动植物的新陈代谢也排出 CO, CO₂; 室外汽车尾气是 CO 的另一重要来源。

目前我国尚无室内 CO, CO₂ 的质量标准。本工作以国家环境卫生标准委员会颁布的我国居住区大气卫生标准作为评价标准。即:

CO: 一次最高容许浓度, $3.00 \text{ mg/m}^3 (2.4 \times 10^{-6})$

日平均最高容许浓度, $1.00 \text{ mg/m}^3 (0.8 \times 10^{-6})$

厨房最高容许浓度, $15 \text{ mg/m}^3 (12.0 \times 10^{-6})$

CO₂: 居室最高容许浓度, 0.1% 或 1000×10^{-6}

公共场所最高容许浓度, 0.2 % 或 2000×10^{-6}

2. 园区室内 CO, CO₂ 的污染现状与分布特征

园区各观测点 CO, CO₂ 浓度的监测结果列于表 6(A), (B), (C)。表 7 给出了园区室内 CO, CO₂ 的污染状况。

表 6(A) 居民楼居室内 CO 和 CO₂ 的浓度

地点	采样 时间	CO 平均值 (10^{-6})			CO ₂ 平均值 (%)		
		冬	春	夏	冬	春	夏
燕北园 301/305	卧室 8:50	2.0	1.9	1.0	0.138	0.101	0.051
	10:30	0.9	5.9	1.0	0.231	0.120	0.054
	14:00	1.8	—	—	0.165	—	—
	厨房 9:20	2.2	0.8	1.0	0.146	0.098	0.059
	点火 10:30	9.2	9.8	27.9	0.398	0.107	0.266
	14:00	1.7	—	—	0.194	—	—
燕北园 室外	9:00	1.2	1.1	0.9	0.044	0.028	0.039
	11:00	1.4	0.6	0.4	0.043	0.031	0.042
	14:20	1.4	—	—	0.042	—	—
燕北园 408/314	卧室 9:45	1.8	1.0	0.5	0.105	0.070	0.052
	11:30	1.7	0.5	0.8	0.111	0.040	0.040
	15:00	0.8	—	—	0.104	—	—
	客厅 9:45	1.9	1.2	0.7	0.122	0.064	0.055
	11:30	1.6	0.7	0.6	0.114	0.038	0.041
	15:00	0.7	—	—	0.102	—	—
承泽园 103/122	客厅 8:00	3.7	1.4	0.6	0.108	0.052	0.062
	10:15	1.5	2.0	2.9	0.089	0.051	0.056
	14:10	1.8	—	—	0.101	—	—
	厨房 8:00	7.9	—	0.8	0.152	—	0.050
	10:00	1.8	—	4.3	0.094	—	0.049
	14:00	1.6	—	—	0.101	—	—
承泽园 室外	8:00	2.2	1.7	0.8	0.042	0.038	0.039
	10:15	1.9	1.8	0.8	0.047	0.034	0.043