

undp

联合国开发计划署



国家环境保护总局 合作项目



联合国教科文组织

HUAN JING JIAO YU

环境教育 教师手册

主编 郭怀成 廖 红



高等教育出版社

J33.335

环境教育教师手册

主编 郭怀成 廖红

高等教育出版社

内容提要

本书是互动式环境教育读本系列的环境教育教师手册,由上、下两篇组成。手册的上篇是环境监测与方法部分,对环境监测的原理和大气环境、水环境、环境噪声、微生物指标监测方法以及常用仪器设备作了深入浅出的介绍;手册的下篇是环境科学词条部分,涉及环境工程学、生态学、环境化学、环境生物学、环境地学、环境规划学、环境管理学、环境经济学、环境医学、环境法学以及可持续发展理论等相关内容。

图书在版编目(CIP)数据

环境教育教师手册/郭怀成,廖红主编. —北京:高等教育出版社,2001

ISBN 7-04-009113-5

I. 环… II. ①郭… ②廖… III. 环境教育-教学参考资料 IV. X-42

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 47683 号

责任编辑	王永竑	封面设计	王凌波	责任绘图	郝琳
版式设计	马静如	责任校对	王雨	责任印制	陈伟光

环境教育教师手册
主编 郭怀成 廖红

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号
电 话 010-64054588
网 址 <http://www.hep.edu.cn>

邮政编码 100009
传 真 010-64014048

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 北京外文印刷厂

开 本 850×1168 1/16
印 张 22
字 数 550 000

版 次 2001 年 1 月第 1 版
印 次 2001 年 1 月第 1 次印刷
定 价 29.70 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

项目主任:张坤民 王玉庆

项目办公室

主任:王耀先 商慧

副主任:林福智 任耐安 林又楦 王伟黎 宋海泉

秘书:段红霞 白全胜

教材编写专家组

顾问:唐孝炎(中国工程院院士,北京大学环境科学系教授)

戴树桂(南开大学环境科学与工程系教授)

专家:许欧泳(南京大学环境科学系教授)

陆根法(南京大学环境科学系教授)

朱 坦(南开大学环境科学与工程系教授)

许嘉琳(北京师范大学环境科学研究所教授)

胡汉明(长沙环保学校校长)

张明顺(秦皇岛环境管理学院副教授)

王美文(北京师大二附中特级教师)

曹保义(北京师大二附中副校长)

互动式教学方法咨询专家:斯廷森博士(香港大学)

托尼博士(美国哈姆莱因大学)

缪勒博士(澳大利亚格瑞弗斯大学)

审评咨询协调人:徐云麟教授(北京大学)

审评咨询专家

中学卷:斯廷森博士(香港大学)

徐云麟教授(北京大学)

小学卷:李子建博士(香港中文大学)

王 民博士(北京师范大学)

手册卷:迪伦博士(伦敦大学)

贺湘善教授(首都师范大学)

林培英博士(首都师范大学)

陈红月工程师(水科院泥沙所)

序 一

这套环境教育教材包括3本小学教材、2本中学教材和与这些教材相应的教学指南,以及1本包含环境科学词汇及环境监测实验的环境教育教师手册。联合国开发计划署(UNDP)为能支持这套既具创新性的、又能引人入胜的教材的编写与出版而感到高兴。

中国的环境管理机构充分认识到,提高环境意识是加强环境守法和减少实施强制性措施所需费用的一种最有效途径。作为第一步,环境管理机构极力鼓励中国的媒体报道环境方面的违法活动,并且为公众报道这类事情提供开放的渠道。结果使报刊和电视上关于环境的新闻备受欢迎。

作为第二步,为了在全国范围内提高环境意识,中国政府希望与下一代(2.5亿在校的中小学生)直接沟通,他们会向家庭中各代成员传播环境意识、环境价值观和对待环境的正确态度。

1996年12月,中国国家环境保护局、中共中央宣传部、国家教育委员会联合公布了《全国环境宣传教育行动纲要》。行动纲要的主要目标是:到2000年,使包括广大青少年和儿童的人民群众掌握保护环境的基本知识,到2010年,全国环境教育制度达到规范化和法制化。

环境教育同以发展人们的专业技能为目的的传统教育有着显著区别。环境教育的特定与明确的目的在于:影响人们对于广泛的环境问题的价值观、态度和行为。因为环境问题是 由非常复杂的社会与环境间的交互作用产生的,仅仅对孩子们描述这些问题是不够的。主动参与是增进对环境理解的最好方法。这些课本的长处在于“互动式”的学习法,促进学生在课堂上进行分析、监测、实验、讨论和实施角色扮演。这些课本还着重于中国重要的资源减少和沉重的人口压力等 主要问题。联合国开发计划署真诚地希望这些教材能在中国国内广泛采用,在教师和学生中形成有趣且具有启发性的教学。联合国开发计划署也相信:由于环境教育手册将使教师获知最新的科学研究结果和数据,起到了填补研究领域与中小学间的信息差距的作用。

联合国开发计划署非常感谢中国国家环境保护总局为完成本项目集中了许多专家的知识和专门技术,中国国际经济技术交流中心的协调工作,联合国教科文组织所提供的专门知识与经验,以及中国教育部对这些教材的实质性改进的极有价值的支持。联合国开发计划署也对致力于完成这套综合性的、符合当今要求的出版物的作者们表达深深的谢意。

联合国开发计划署

2000.10

序 二

在世纪之交,我们看到世界社会经济正以史无前例的速度和水平增长。快速的工业化以及信息与通讯技术的重要进展,使我们的生活更加方便和舒适。然而,人类如此迅速的进步,是付出了相当的代价的。人类在过去几十年间对自然过程的强烈干预已经引发了重大的环境问题和全球生态问题,并引起人们的关注。臭氧层损耗、砍伐森林、土壤侵蚀以及一些自然灾害(像干旱、洪水和滑坡等),只是我们日常听到的、不断增加的对环境和生态担忧中的一部分。

造成环境和生态破坏的原因常常是由于人们缺乏敏感、知识贫乏和缺乏环境意识,或是不不知道如何与环境和谐地生活。因此,联合国教科文组织极力强调‘教育’的重要性,特别是在校内外普及环境教育,以促进成员国的可持续发展。

考虑到联合国教科文组织在从事环境教育中长期的、多方面的经验,1997年联合国教科文组织应邀与国家环境保护总局、中国国际经济技术交流中心共同实施由联合国开发计划署资助的在中国编写互动式环境教育教学资料的项目(CPR/96/310)。联合国教科文组织主要负责提供技术上的建议和邀请国内和国际专家来编写教学资料。

本套丛书实际上是四个机构(国家环境保护总局、中国国际经济技术交流中心、联合国计划开发署和联合国教科文组织),与许多院、所、学校和国内外专家共同的成果。经过三年多艰辛、持续的工作,才使教学资料成为现在的版本。参与合作的主要专家中有:北京大学徐云麟教授、首都师范大学贺湘善教授、北京师范大学王民博士和南开大学廖红女士;我们很荣幸能够与香港中文大学的李子建博士合作,能够与香港大学的 Philip Stimpson 博士、伦敦大学英王学院的 Justin Dillion 博士一起工作。我们也不会忘记每本书的主要作者。

我们和这个项目的合作者们可以自豪地说:这套丛书实际上是在中国为中小学教师和学生编写的第一套最为综合的互动式教学资料。所谓互动式,是指教学过程以学生为中心,鼓励学生的主动性,教师不再是教学的主导,而是起促进者的作用,并且要把学生带出课堂,让学生通过触摸、感觉和欣赏他们生活的环境来进行学习,亲历社会实践和科学试验。这是联合国教科文组织倡导的教育和获取知识的高质量的途径。

互动式教学实际上在中国大陆依然是相对较新的概念和做法。因此,本套丛书借鉴了一定的国际经验和香港特别行政区的经验,特别是澳大利亚、英国的经验,较清晰地展示了实施互动式教学的途径。本套丛书除了5本学生用书外,还有3本与之配套的教师指南和1本教师手册,从而为教师教学提供有力帮助和指导。我们希望本套丛书的出版也能促进在其他教学领域里采用互动式教学法。

我们再一次向北京大学徐云麟教授表示衷心的感谢,他对本套丛书高度的责任心和奉献精神值得钦佩。我们也要感谢两位项目协调人,北京师范大学第二附属中学的宋海泉老师和国家环境保护总局的林又樵处长,感谢他们三年来和我们紧密合作。我们也很荣幸地得到教育部对本项目的支持,并且得到教育部课程和教材发展中心对丛书的正式评估。他们的评估无疑提高了整套丛

书的可信度。

最后,也是很重要的,我们愿借此机会向国家环境保护总局和中国国际经济技术交流中心的项目小组表示衷心祝贺,向所有成功地完成该丛书的作者们表示衷心祝贺,对联合国开发计划署邀请联合国教科文组织参与本项目表示衷心感谢。我们希望这套丛书能被人们认识和接受,并在各个学校中广泛传播和应用,这是我们为建造一个可持续未来所做的微小但重要的贡献。

联合国教科文组织北京代表处代表

野口 升

2000.8

前言

互动式环境教育丛书是“通过互动式教学资料的开发加强中小学环境教育能力建设”项目的组成部分,它包括《互动式环境教育教学指南》、《互动式环境教育读本》及《环境教育教师手册》。该项目由联合国开发计划署(UNDP)资助,联合国教科文组织(UNESCO)协作,中国国际经济技术交流中心执行,国家环境保护总局实施,并得到教育部的支持和指导。参加编写的单位有:北京师范大学环境科学研究所、北京师范大学第二附属中学、湖南长沙环保学校、北京大学环境科学中心、南开大学环境科学与工程学院。

《互动式环境教育教学指南》的导言部分在概述环境教育的目的、内容和方法的基础上,重点阐明互动式环境教育的实质、特点与作用;其模块部分则以重要的环境问题为主线编排,运用多元化互动式教学方法,力图体现以学生为主体的学习过程,加强青少年素质教育,并培养其创新精神与实践能力。

为了提高互动式环境教育丛书的适用性、可操作性和科学性,1998—1999年由国家环境保护总局组织举办了十四期“全国互动式环境教育培训班”。全国各地中小学校长、教导主任、各科教师、中等师范学校教师等700余人参加。培训过程中,在帮助老师们学习互动式环境教育理论与方法的同时,听取了他们对互动式环境教育丛书的建议。

为了提高互动式环境教育丛书的质量,丛书由专家们组成的评审组进行了评审。聘请了英国专家 Philip Stimpson 博士、北京大学环境科学中心徐云麟教授、香港中文大学李子建博士、北京师范大学资源与环境科学系王民博士、英国伦敦大学 Justin Dillen 博士、首都师范大学贺湘善教授、林培英教授、南开大学廖红博士、水利科学院泥沙研究所陈月红工程师参加了评审。书中部分模块在北京、天津、河南、湖南、湖北、上海等地的中小学进行了试验,取得了良好效果。本丛书由徐云麟教授进行了全面审定。

《环境教育教师手册》由北京大学环境科学中心郭怀成教授和南开大学环境科学与工程学院廖红博士主持编写。鞠美庭、崔泉是上篇环境监测与方法的副主编;下篇由郭怀成、陈冰、孙海林、陈雪霞、邹锐、张振兴、于湧、胡治飞、屈广义编写。

本书编写过程中,得到南京大学环境科学与工程学院、北京大学环境科学中心、南开大学环境科学与工程学院、北京师范大学环境科学研究所各位领导和专家的支持与帮助。澳大利亚专家 Muller 博士也对本书的编写给与了帮助。担任本书责任编辑的王永竑副编审,为本书的编写和出版付出了辛勤的劳动。在此一并表示衷心的感谢。

由于我们水平有限,经验不足,缺点和错误在所难免,敬请广大读者批评指正。

作者

2000年8月

目 录

上篇 环境监测与方法

§ 1 大气监测	(1)	§ 2.2.3 嗅和味	(32)
§ 1.1 引言	(1)	§ 2.2.4 浊度	(32)
§ 1.1.1 大气污染监测概述	(1)	§ 2.2.5 残渣	(33)
§ 1.1.2 大气污染物采样方法	(2)	§ 2.2.6 电导率	(35)
§ 1.2 典型污染物的监测概述	(5)	§ 2.3 水样中部分污染物的定性	
§ 1.2.1 含硫的无机化合物	(5)	分析	(37)
§ 1.2.2 CO 和 CO ₂	(6)	§ 2.3.1 Hg ²⁺ 的鉴定	(37)
§ 1.2.3 无机含氮化合物	(6)	§ 2.3.2 Pb ²⁺ 的鉴定	(37)
§ 1.2.4 总悬浮颗粒物(TSP)	(7)	§ 2.3.3 As(Ⅲ)的鉴定	(38)
§ 1.2.5 可吸入颗粒物(PM ₁₀)	(8)	§ 2.3.4 Cd ²⁺ 的鉴定	(39)
§ 1.2.6 降尘	(9)	§ 2.3.5 Cr ³⁺ 的鉴定	(39)
§ 1.2.7 臭氧和总氧化剂	(9)	§ 2.3.6 Cl ⁻ 的鉴定	(40)
§ 1.2.8 苯并(α)芘	(10)	§ 2.3.7 NO ₂ ⁻ 的鉴定	(41)
§ 1.2.9 酚	(11)	§ 2.3.8 PO ₄ ³⁻ 的鉴定	(41)
§ 1.2.10 甲醛	(11)	§ 2.3.9 S ²⁻ 的鉴定	(42)
§ 1.2.11 甲醇	(12)	§ 2.4 部分水质污染指标的定量	
§ 1.2.12 挥发性有机化合物(VOC)	(12)	监测	(43)
§ 1.3 典型污染物定量监测方法	(13)	§ 2.4.1 pH	(43)
§ 1.3.1 总悬浮颗粒物(TSP)	(13)	§ 2.4.2 磷酸根离子	(44)
§ 1.3.2 二氧化硫(SO ₂)	(15)	§ 2.4.3 硝酸根离子	(45)
§ 1.3.3 氮氧化物(NO _x)	(19)	§ 2.4.4 硬度	(46)
§ 1.3.4 一氧化碳(CO)	(21)	§ 2.4.5 氯化物	(48)
§ 1.4 自动监测技术	(23)	§ 2.4.6 余氯	(49)
§ 1.4.1 自动监测技术概述	(23)	§ 2.4.7 氨氮	(49)
§ 1.4.2 自动监测仪器的特点和类型	(23)	§ 2.4.8 铬	(52)
§ 2 水质监测	(25)	§ 2.4.9 砷	(53)
§ 2.1 引言	(25)	§ 2.4.10 硫化物	(55)
§ 2.1.1 水质监测概述	(25)	§ 2.4.11 生化需氧量(BOD ₅)	(56)
§ 2.1.2 水质监测常用的分析方法简介	(28)	§ 2.4.12 化学需氧量(COD)	(59)
§ 2.2 水样的物理性质的测定	(31)	§ 2.4.13 溶解氧(DO)	(63)
§ 2.2.1 温度	(31)	§ 3 噪声监测	(65)
§ 2.2.2 色度	(31)	§ 3.1 引言	(65)

§ 3.1.1 声音和噪声	(65)	§ 4.2.1 水体中细菌总数检测	(75)
§ 3.1.2 声音的物理特性	(65)	§ 4.2.2 水体中总大肠菌群的检测	(75)
§ 3.1.3 噪声的物理量和主观听觉的 关系	(67)	§ 4.2.3 致突变物与致癌物的微生物 检测	(75)
§ 3.2 噪声测量仪器	(69)	§ 4.2.4 空气中微生物的检测	(76)
§ 3.3 噪声监测方法	(70)	§ 4.3 生物性水质指标定量监测	(77)
§ 3.3.1 城市环境噪声监测方法	(70)	§ 4.3.1 细菌总数的检测	(77)
§ 3.3.2 工业企业及机动车辆噪声监测 方法	(73)	§ 4.3.2 大肠菌数的检测	(79)
§ 4 微生物学指标监测	(74)	附:环境监测中常规仪器性能比较 及图片资料	(86)
§ 4.1 引言	(74)	参考文献	(92)
§ 4.2 常见微生物监测方法	(75)		

下篇 环境科学词条部分

环境科学词条索引	(324)	参考文献	(338)
----------------	-------	------------	-------

上篇 环境监测与方法

§ 1 大气监测

§ 1.1 引言

§ 1.1.1 大气污染监测概述

大气污染监测是环境保护工作的眼睛。它可以侦察有害物质的来源、分布、数量、动向、转化及消长规律等,为消除危害,改善环境,保护人民健康提供资料。

大气污染监测工作一般可分为三类。一是污染源的监测,如烟囱、汽车排出口的检测。目的是了解这些污染源所排出的有害物质是否符合现行排放标准的规定,分析它们对大气污染的影响,以便对其加以限制。排放口的监测还应对现有的净化装置的性能进行评价,确定在排放时失散的材料或产品所造成的经济损失。当然通过长时间地定期监测积累数据,也可为进一步修订和充实排放标准及制定环境保护法规提供科学依据。二是环境污染监测,监测对象不是污染源而是某一范围内的大气。目的是了解和掌握环境污染的情况,进行大气质量评价,并提出警戒限度。通过长期监测,为修订或制定国家卫生标准及其他环境保护法规积累资料,为预测预报创造条件。另外研究有害物质在大气中的变化,如二次污染物的形成(光化学反应等),以及某些大气污染的理论,制定城市规划,防护距离等,均需要以监测资料为依据。除了定点定期地进行大气一般污染状况的监测外,还要有为了某一目的进行特定指标的监测,即第三类(特定目的)的监测。它要求选定某一种或多种污染物进行特定目的的监测。例如,研究大气污染物对人体健康的影响,调查燃煤火力发电厂排出的污染物对周围居民呼吸道的危害等。进行这种监测时,首先应选定对上呼吸道有刺激作用的污染物 SO_2 、 H_2SO_4 雾,悬浮颗粒物等做监测指标,再对所选定的一定数量的人群进行监测。人们每天活动绝大部分时间(约占 80%~90%)是在室内(如在家里、办公室和各种公共场所)度过,吸入的主要是室内空气,因此对室内空气质量进行监测更为重要。由于监测目的是污染物对人体健康的影响,所以测定每人每日对污染物接触量,以及污染物在一天或一段时间内浓度变化,就是这种监测的特点。为了达到此目的,除对室内外环境空气质量进行定点监测外,还必须采用一种特制的个体采样器(根据选用的监测指标而异),由选定的人群携带、调节成与人的呼吸线速度相似的

流量并随人的活动来采集空气样品,即在规定的时间内(一天、几天或一段时间),根据要求进行连续或间断采样。所采的样品不是某一采样点的浓度,而是一个人在规定时间内的接触量,包括劳动、休息、吃饭、走路等在室内外一切活动时的接触量,也可以是一个人在一段时间内的接触量。所采集的样品按选定的指标进行分析化验。这种监测,不但可以得到每天个体接触污染物的量及平均浓度,还可以得到每段时间内的量及平均浓度,基本满足了最近一些卫生学家所强调的“时间加权平均浓度”的要求。用这些结果来评定污染物对居民呼吸道危害情况时,还必须进行大量的人体健康检查,找出污染物与疾病之间的关系,而监测是研究这种问题的主要环节。

在进行大气污染各项监测时,必须提出的一个重要问题,就是如何取得能反映实际情况并有代表性的测定结果。这就需要采样点、采样时间、采样频率、气象条件、地理特点、工业布局以及采样方法、监测方法、监测仪器等进行综合考虑。故监测工作是一项科学性很强的工作,必须事前进行周密的调查,制定出比较完善的监测方案。

§ 1.1.2 大气污染物采样方法

一、气体污染物采样方法

采集空气样品是测定大气中污染物的第一步,它直接关系到测定结果的可靠性。经验证明,如果采样方法不正确,即使分析方法再精确,操作者再细心,也不会得出准确的测定结果。

根据被测污染物在空气中存在状态和浓度,以及所用的分析方法,可用不同原理的采样方法和仪器。本手册按气体、气溶胶和两种状态共存的污染物分别介绍采样方法。

(一) 直接取样法

当大气中被测组分浓度较高,或者所用分析方法很灵敏时,直接采取少量样品就可满足分析需要。如用氢火焰离子化检测器分析大气中苯,直接注入 1~2 mL 空气样,就可测到卫生标准所规定的最高容许浓度。一些简便快速测定方法和自动分析仪器,也是直接取样进行分析的。如库仑法二氧化硫分析器是以 250 mL/min 的流量连续抽取空气样品,能直接测定 0.025 mg/m^3 的二氧化硫浓度的变化。用这类采样方法测得的结果是瞬时或者短时间内的平均浓度,而且可以比较快的得到分析结果。直接取样法常用的取样容器有注射器、塑料袋和一些固定容器等。

1. 注射器取样

在现场直接用 100 mL 注射器连接一个三通活塞,抽取空气样品,密封进样口,带回实验室进行分析,这是气相色谱法常用的取样方法。所用注射器要做磨口密封性的检查,挑选其密封性好的做采样用。有时需要对注射器的刻度进行校准。采样时,先用现场空气抽洗 3~5 次,然后抽样,密封进气口,将注射器进气口朝下,垂直放置,使注射器内压力略大于大气压。此外,要注意样品存放时间不宜太长,一般要于当天分析完。

2. 塑料袋取样

用一种与所采集的污染物既不起化学反应,也不吸附、不渗漏的塑料袋,长 170 mm,宽 110 mm 充气容积 500 mL,不漏气。使用前要做气密性检查,充足气后密封进气口,将其置于水中不应冒气泡。使用时,用现场空气冲洗 3~5 次后,再充进现场空气,夹封袋口,带回实验室分析。这种采样方法和注射器采样一样具有经济和轻便的特点。用塑料袋采样,事先要对塑料袋进行样品稳定性

实验,挑选那些对被测组分有足够的稳定时间的塑料袋,否则会引起较大的误差。常用于采样的有聚氯乙烯袋、聚乙烯袋、聚四氟乙烯袋等。有些用金属薄膜衬里(如衬铝)的袋子采样,对样品的稳定性有好处。如聚氯乙烯袋,对一氧化碳和非甲烷碳氢化物样品,只能放置 10~15 h,而用铝膜衬里的聚酯袋可保存 100 h 而无损失。

用塑料袋取气可用 100 mL 注射器,或者用二联球充气比较方便。二联球是把橡皮制握球和空气贮球连接起来的两个橡皮球,贮球一端接橡皮管,握球有一个只能进气不能出气的活动阀膜。它适用于采集少量气体样品(100~150 mL),如用塑料袋采一氧化碳的空气样品时,可用二联球充气采样。但是一些对橡皮有腐蚀的活泼性气体,不能用二联球采样。

3. 固定容器法

用固定容器也是采集小量空气样品的方法。取样仪器有两种。一种是用耐压的玻璃或不锈钢制成的真空采气瓶(500~1 000 mL),外面套有安全保护套,抽真空至 133 Pa 左右,如果瓶中事先装好吸收液,可抽至溶液冒泡为止。将真空采气瓶携带至现场,打开瓶塞,被测空气即充进瓶中,然后关闭瓶塞,带回实验室分析。采样体积即为真空采气瓶的体积。真空采气瓶需要进行严格的漏气检查。

(二) 有动力采样法

大气中污染物的浓度一般是很低的($\mu\text{g}/\text{m}^3 \sim \text{mg}/\text{m}^3$),国家卫生标准规定的最高容许浓度也比较严。虽然目前的测试技术有很大的改进,出现了许多高灵敏度的自动测定仪器,但是对很多污染物来说,直接取样还远不能满足分析的要求,需要采用一定的方法,将大量的空气样品进行浓缩,使之满足分析方法灵敏度的要求。

有动力浓缩采样方法是用一个抽气泵,将空气样品通过收集器中的吸收介质,使气体污染物浓缩在吸收介质中,而达到浓缩采样的目的。吸收介质是液体的,用吸收管做收集器;吸收介质是颗粒状或多孔的固体,用填充小柱做收集器。用液体吸收管的有动力空气采样装置,主要由吸收管、流量计和抽气泵所组成。

有动力浓缩采样法,有溶液吸收法、填充柱采样法、低温冷凝法等多种。在实际应用时,可以根据污染物的理化性质和其在空气中存在状态,以及所用分析方法进行选择。

(三) 被动式采样法

被动式个体采样器(passive personal sampler)是基于气体分子扩散或渗透原理采集空气中气态或蒸气态污染物的一种采样方法。由于它不用任何电源和抽气动力,所以又称无泵采样器。这种采样器体积小,非常轻便,像普通钢笔或徽章大小,可以佩戴在上衣口袋处,跟踪人们活动,走到哪里采到哪里,用作个体接触量评价的监测;也可放在欲测场所,连续采样,作为对环境空气质量评价的监测。另外,它的操作简便,不用电源,不用特别维护,安全可靠,价格极为便宜,为人们所乐意接受,特别适用于大面积卫生调查和监测。被动式采样器自 20 世纪 70 年代后,发展非常迅速。

二、气溶胶采样方法

气溶胶采样方法很多,最基本的方法是沉降法和滤料法。

(一) 沉降法

沉降法包括自然沉降和静电沉降两种原理的采样方法。

1. 自然沉降法

自然沉降法是利用颗粒物受重力场作用,沉降在一个敞开的容器中,采集的是较大粒径(大于 $30\text{ }\mu\text{m}$)的颗粒物,测定大气中降尘用这种方法。用内径 15 cm ,高 30 cm 的圆筒形平底玻璃缸,内装 $60\sim 80\text{ mL}$ 乙二醇和 $40\sim 100\text{ mL}$ 水(视当地的气候而定),放在高度 $5\sim 8\text{ m}$ 的周围敞开的地方,采集空气中降尘,每月定期更换。容器内加乙二醇水溶液,主要防冰冻和保持缸底润湿,以免样品再飞扬损失,并抑制微生物生长。采样后,用重量法测定降尘量,用化学分析法测定降尘中的组分含量。结果用单位面积、单位时间内从大气中自然沉降的颗粒物质量[吨/(千米²·月)]表示。这种方法虽然比较简便,但受环境气象条件(如风速)影响,误差较大。

2. 静电沉降法

空气样品通过 $12\ 000\sim 20\ 000\text{ V}$ 电场时,由电晕放电产生的离子附着在气溶胶的颗粒上,使颗粒带电。带电粒子在电场作用下,沉降在极性相反的收集极上,此方法收集效率高,无阻力。

(二) 滤料法

将滤料(滤纸或滤膜)放在采样夹上,用抽气泵通过滤料抽入空气,空气中的悬浮颗粒物就被阻留在滤料上,然后分析滤料上被浓缩的污染物的含量,再除以采样体积,即可计算出空气中污染物浓度。这种方法称为滤料采样法。它主要用于采集大气中气溶胶。用滤料采集空气中颗粒物,不仅靠直接阻挡作用,还有惯性沉降、扩散沉降、静电吸引等作用。在采样过程中,这些作用所产生的影响与采样流速、滤料性质和气溶胶的性质有着密切关系。

三、综合采样方法

严格地说来,空气中污染物并不是单一状态存在,往往以多种状态(如气态和气溶胶)共存于空气中,情况比较复杂。所谓综合采样方法就是针对这种情况提出来的,用一种方法将两种状态的污染物同时采集下来。一种最简单的方法是在滤料采样夹后接上液体吸收管或填充柱采样管,颗粒物收集在滤料上,而气体污染物收集在后面的吸收管或填充柱中。但是这种简单的组合存在主要问题是,采样流量受到后面的液体吸收管或填充柱的制约,不能太大,而颗粒物需要一定的速度才能采集下来。由于流量匹配问题,致使颗粒物采样受到限制。目前常用浸渍试剂滤料、泡沫塑料、多层滤料以及环形扩散管与滤料组合的采样方法。

四、主要分析测定方法

主要分析测定方法有:气相色谱法(GC)、原子光谱法(ICP 及 AAS)、高效液相色谱法(HPLC)、离子色谱法(IC)、电化学分析法等。部分仪器请参见所附彩图。

§ 1.2 典型污染物的监测概述

§ 1.2.1 含硫的无机化合物

大气中的硫化合物有二氧化硫、三氧化硫、硫酸及硫酸盐(如硫酸铵、硫酸钠)、硫化氢、二硫化碳等。在监测硫的氧化物中二氧化硫具有广泛的代表性,其主要污染源多来自燃料燃烧时硫的氧化作用。

硫化氢也易氧化,先被氧化为二氧化硫,然后再形成硫酸盐。其他的硫化物,如二硫化碳随着石油化学工业,农业杀虫、除草剂,人造纤维、橡胶及造纸工业废料的排出,在一定场合也常会出现。

二氧化硫(SO_2)又名亚硫酸酐,相对分子质量为 64.06,为无色而有很强刺激性的气体,沸点 -10°C ;熔点 -76.1°C ;对空气的相对密度为 2.26。极易溶于水,在 0°C 时,1 L 水可溶解 79.8 L, 20°C 时可溶解 39.4 L。也溶于乙醇和乙醚。二氧化硫是一种还原剂,与氧化剂作用生成三氧化硫或硫酸。二氧化硫是大气中最常见的,而且是最重要的污染物。地球上有 57% 的二氧化硫是来自自然界,例如沼泽、洼地、大陆架等处所排放的硫化氢,进入大气后,经氧化而生成二氧化硫。火山爆发时也有二氧化硫喷出。43% 是来自工业等人造的污染源。城镇二氧化硫的污染,主要是由家庭和工业用煤及燃料油中含硫物燃烧所造成的。在大气对流层中,二氧化硫的平均浓度约为 0.0006 mg/m^3 而受污染的城市年平均浓度已高达 $0.29\sim 0.43\text{ mg/m}^3$ 。在大气中二氧化硫可与水分和尘粒结合形成气溶胶,并逐渐氧化成硫酸或硫酸盐。

二氧化硫对结膜和上呼吸道粘膜具有强烈辛辣刺激性,其浓度在 0.9 mg/m^3 或大于此浓度就能被大多数人嗅觉到。吸入后主要对呼吸器官引起损伤,可致支气管炎、肺炎,严重者可致肺水肿和呼吸麻痹。大气中二氧化硫形成的酸性气溶胶,能够进入呼吸器官内部,对人的健康影响更为严重。

测定二氧化硫最常用的化学方法是盐酸副玫瑰苯胺比色法,吸收液是四氯汞钠(钾)溶液,与二氧化硫形成稳定的络合物,是《我国居民居住区大气中二氧化硫卫生检验标准方法》(GB 8913—88)。为避免汞的污染,近年用甲醛溶液代替汞盐作吸收液,方法成熟可靠,已作为国家《居住区大气卫生检验标准方法》。

二氧化硫自动监测仪器类型很多,有用火焰光度法测定总流量,再加上色谱柱,并配上合适的选择性过滤器,可对二氧化硫、硫化氢、硫醇和硫醚等分别进行测定。这种仪器最大的优点是选择性好,检出限量可达 0.014 mg/m^3 ,缺点是需要氢气源,需增加安全措施。根据电导原理和库仑滴定的原理而制成的二氧化硫测定仪器,现在已被广泛使用,这两种类型仪器,结构简单,使用方便,但是在抗干扰方面不及火焰光度法。紫外荧光法二氧化硫分析仪有很多独特的优点,有些国家用它取代库仑法和电导法二氧化硫分析仪。对于室内二氧化硫和个体接触量监测,可用扩散法被动式 SO_2 个体监测器进行监测。

§ 1.2.2 CO 和 CO₂

一氧化碳和二氧化碳是室内外普遍存在的气体污染物,与人体健康关系非常密切,它是衡量空气质量的重要指标。

一氧化碳(CO)为无色,无味气体,相对分子质量为 28.0,对空气相对密度为 0.967,在标准状况下 1 L 气体质量为 1.25 g,100 mL 水中可溶解 0.024 9 mg(20℃)。燃烧时为淡蓝色火焰。

一氧化碳为炼焦、炼钢、炼铁、炼油、汽车尾气及家庭用煤的不完全燃烧产物。更引起人们关切的是城市交通车辆增多,汽油在汽车发动机中燃烧时排放出大量的一氧化碳,空档排气时废气中一氧化碳高达 12%。因之在交通路口车辆较多场所,空气中一氧化碳有时高达 62.5 mg/m³。大气中本底一氧化碳含量为 0.1 mg/m³。一氧化碳是有毒气体,对人体有强烈的毒害作用,一氧化碳中毒时,使红细胞的血红蛋白不能与氧结合,妨碍了机体各组织的输氧功能,造成缺氧症。当一氧化碳浓度为 125 mg/m³ 时,无自觉症状,500 mg/m³ 时会出现头痛,疲倦,恶心,头晕等感觉,750 mg/m³ 时发生心悸亢进,并伴随有虚脱危险,1 250 mg/m³ 出现昏睡,痉挛而造成死亡。

一氧化碳含量是大气污染监测最常见的监控指标之一,测定空气中一氧化碳主要是用仪器测量方法,有红外线气体分析法、气相色谱法、电位法、汞置换法等。前三种方法应用比较普遍,汞置换法具有灵敏度高,响应时间快等特点,适用于大气中低浓度一氧化碳的测定。

二氧化碳(CO₂)为无色无臭的气体,相对分子质量 44.01,沸点 -78.5℃(升华),固体二氧化碳称干冰;相对密度为 1.524,标准状况下 1 L 纯二氧化碳质量为 1.977 g。城市边远郊区、山村、原野的洁净空气中含有 0.03%~0.04%(按体积比)二氧化碳,人呼出气中二氧化碳含量达 5%,煤、柴、油、气体燃料燃烧时产生二氧化碳。植物光合作用会吸收二氧化碳,因此大自然中的二氧化碳浓度基本保持平衡。近来,由于生态环境的恶化,二氧化碳浓度有缓慢上升趋势。室内空气中二氧化碳的来源主要是人呼出气和燃料燃烧产生的。二氧化碳易溶于水,0℃时,1 体积水能溶解 1.7 体积二氧化碳;20℃时,1 体积水溶解 0.9 体积二氧化碳,60℃时 1 体积水溶解 0.36 体积二氧化碳。它也极易被碱吸收。

二氧化碳是评价室内和公共场所环境空气卫生质量的一项重要指标。测定低浓度二氧化碳(体积分数为 0.03%~0.5%)的方法,有红外线吸收气体分析器法、气相色谱法、容量法、检气管法等。准确度高、使用方便的红外线吸收气体分析器已广泛用于公共场所监测。

§ 1.2.3 无机含氮化合物

无机含氮化合物在大气污染监测项目中,主要有氮氧化物(NO_x)。氰化氢(HCN)、氨(NH₃)及以臭氧为代表的总氧化剂。含氮的氧化物有 NO、NO₂、N₂O、N₂O₃、N₂O₄、N₂O₅ 等。其中污染大气主要的为二氧化氮(NO₂)和一氧化氮(NO)。

氧化氮通指为一氧化氮和二氧化氮的混合物(NO_x)。一氧化氮(NO)是无色、无臭气体,相对分子质量 30.01;对空气的相对密度为 1.036 7,熔点 -163.6℃,沸点 -151.8℃,稍溶于水,在 20℃ 时 100 mL 水中溶解 4.7 mL NO。在标准状况下 1 L 质量为 1.340 3 g。二氧化氮是红褐色有特殊刺激性臭味的气体,相对分子质量为 46.01;对空气的相对密度为 1.58,在标准状况下 1 L 质量为

2.056 5 g;熔点 -10.8°C ,沸点 21.2°C 。气态时以二氧化氮形式存在(红褐色),固态时以四氧化二氮形式存在(白色),并具有腐蚀性和较强的氧化性,易溶于水。

大气中含氮的氧化物甚多,如亚硝酸、硝酸、一氧化二氮、一氧化氮、二氧化氮、三氧化二氮、四氧化二氮、五氧化二氮等,其中占主要成分的为一氧化氮和二氧化氮。一氧化氮在大气中逐渐氧化成二氧化氮。大气中二氧化氮被水雾吸收,会形成气溶胶状的硝酸和亚硝酸的酸性雾滴。这些含氮的氧化物系由有机氮化物燃烧所生成,或是在高温下,由空气中的氮和氧化合而成。大气污染主要是由硝酸和硫酸制造工业、氮肥工厂、硝化工艺、硝酸处理或溶解金属、硝酸盐的熔炼等工艺过程中的烟囱和城市汽车排气、石油化工的各种烧油装置燃烧所造成。还应指出,大量的一氧化氮还来自于汽油和柴油发动机。当机器燃烧完全,并处于高速运转时,废气中含有高达 $5\ 360\ \text{mg}/\text{m}^3$ 的一氧化氮。燃煤的热电站、大型燃气锅炉、重油锅炉的废气中也能形成有害的氮氧化物。

当氮氧化物与碳氢化物共存于大气中时,经阳光紫外线照射,由于发生光化学反应,而产生一种光化学烟雾,这是一种含有臭氧、醛类、过氧乙酰基硝酸脂(PAN)等所谓强氧化剂的二次污染物。

二氧化氮比一氧化氮的毒性高 4 倍。它对深部呼吸道具有强烈的刺激作用,可引起肺损害甚至造成肺水肿。慢性中毒可致气管、肺病变。一氧化氮毒性作用的研究较二氧化氮为少,当吸入一氧化氮后,可引起变性血红蛋白的形成以及对中枢神经系统的影响等。

测定 NO_2 的一般方法是基于 NO_2 与芳香族胺反应生成偶氮染料。此法早期所使用的重氮化试剂主要是 α -萘胺和对氨基苯磺酸(即格-依氏试剂)。后来广泛采用格里斯-萨尔茨曼(Griess-Saltzman)法,是用盐酸萘乙二胺和对氨基苯磺酸溶液作吸收显色剂, NO_2 与其反应生成玫瑰红色偶氮化合物,比色定量。由于此方法灵敏、准确、操作简便、呈色稳定,故为国内外普遍采用,已被推荐为《居住区大气中二氧化氮卫生检验标准方法》(GB 12372-90)。

用于二氧化氮自动监测仪器有两种类型:一是采用原电池库仑法,仪器结构简单,测量范围 $0\sim 4\ \text{mg}/\text{m}^3$,灵敏度可检出 $0.03\ \text{mg}/\text{m}^3$ 。库仑监测仪易受大气中常见共存物 SO_2 、 H_2S 、 O_3 、 Cl_2 等的干扰,使用时必需选用前置过滤器滤去干扰组分。二是应用化学发光原理制成的氧化氮分析仪器。这种分析仪器具有反应速度快,灵敏度高,最小检出量为几个 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,稳定性及选择性都很好,已被很多国家和世界卫生组织全球监测系统作为标准方法。对于室内 NO_2 污染和个体接触量监测,可用扩散法被动式个体监测器的方法。

§ 1.2.4 总悬浮颗粒物(TSP)

大气中悬浮颗粒物(SP)有固体和液体两种形态,直径范围从几十纳米(nm)至几百微米(μm)。大于 $30\ \mu\text{m}$ 的颗粒能够依其自身重力作用降落到地面,称为降尘。降尘颗粒性质与固体物质相近,很少聚积或凝聚。小于 $20\ \mu\text{m}$ 的颗粒,在空气中可较长时间飘游。

颗粒物来源于一次污染物和二次污染物。一次污染物是直接进入大气中的颗粒,粒径大小一般在 $1\sim 20\ \mu\text{m}$ 范围内,大部分大于 $2.5\ \mu\text{m}$ 。其来源有被风吹起的土壤尘粒、地面灰尘、由工厂散发出来的尘粒及燃烧散发出来的烟尘,以及自然污染源,如火山爆发、森林着火散发的尘粒。

二次污染物颗粒较小,其大小在 $0.01\sim 1.0\ \mu\text{m}$ 范围内,大气中的 SO_2 、 NO_x 、 O_2 、 N_2O_3 、 N_2O 及碳氢化合物等在大气中进行化学反应的结果,可生成硫酸盐、硝酸盐及光化学烟雾,这些反应可以