



教育部高职高专规划教材

空气环境监测

梁晓星 主 编

陈汉军 冯雨峰 副主编



化学工业出版社
教材出版中心

教育部高职高专规划教材

空气环境监测

梁晓星 主编

陈汉军 冯雨峰 副主编



化学工业出版社
教材出版中心

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

空气环境监测/梁晓星主编. —北京:化学工业出版社, 2005.4

教育部高职高专规划教材

ISBN 7-5025-6958-8

I. 空… II. 梁… III. 空气污染监测-高等教育: 技术学院-教材 IV. X831

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 032402 号

教育部高职高专规划教材

空气环境监测

梁晓星 主编

陈汉军 冯雨峰 副主编

责任编辑: 王文峡

文字编辑: 刘莉珺

责任校对: 战河红

封面设计: 尹琳琳

*

化学工业出版社 出版发行

教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印装

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 7 3/4 字数 203 千字

2005 年 6 月第 1 版 2005 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6958-8

定 价: 14.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论课与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分吸取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教

材的有无问题；然后再用2~3年的时间，在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上，通过研究、改革和建设，推出一大批教育部高职高专规划教材，从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材，并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作，不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

前 言

随着我国社会主义建设的飞速发展，环境保护工作在社会主义建设事业中占据越来越重要的位置，各行各业都需要环境保护的技术人才。环境教育就显得日趋重要。为了适应社会对环保人才的需要，为了适应现代环保技术的要求。为此，我们编写了本教材。

环境监测是环境保护的基础，是环境科研和环境管理的重要手段，是为环境影响评价、环境污染仲裁、环境排污收费、环境污染治理、环境监督监理提供必不可少的依据，而空气监测又在环境监测中占有非常重要的位置。人类的生存离不开阳光、空气和水，一个人几天不喝水，生命尚可存在，但一个人只要几分钟不呼吸新鲜清洁的空气，生命就会死亡。可见空气对生命的重要性。现在，由于自然和人为的许多原因，人类赖以生存的空气中含有大量的有毒有害的污染物，导致空气污染，使人们感到不舒服，甚至致病。进行空气监测，就是了解空气中各种污染物的浓度及分布状况，提出各种防治措施，改善空气质量，保护环境，造福人类。

本教材包括了空气污染的形成、空气污染与大气扩散、空气监测网络设计和采样技术、空气室内监测技术、空气自动监测系统、空气污染源监测、空气污染指数和空气中常见的污染物分析方法等内容。全书共六章，其中第一章、第三章、第五章、第六章由长沙环境保护职业技术学院梁晓星编写，第二章由中国环境管理干部学院陈汉军编写，第四章由中国环境管理干部学院冯雨峰编写。长沙环境保护职业技术学院的张绍波、夏华刚协助做了大量的工作。

在编写此教材的过程中，得到了长沙环境保护职业技术学院的李倦生院长和王红云副院长的大力支持和悉心指导，在此衷心地向

他们表示感谢。

环境科学突飞猛进地发展，环境监测技术和方法日新月异地进步，在编写该教材的时候，由于时间仓促，收集的信息资料有限，如有不当之处，诚望各位读者不吝赐教。

编 者

2005 年 1 月

内 容 提 要

本书从空气监测的基本概念入手，主要介绍了空气污染监测方案的制订、空气污染物的测定、室内空气污染监测、空气污染源监测及空气自动连续监测技术和生物监测方法等内容。

本书主要适用于高职高专环境监测专业及环境类其他各专业使用；同时，也可作为大中专院校、环境监测部门的培训教材。

目 录

第一章 绪论	1
第一节 大气和空气污染的基本概念	1
一、大气	1
二、空气污染	2
三、空气监测的目的和任务	2
第二节 空气污染物的种类和存在状态	5
一、空气污染物的种类和存在状态	5
二、空气污染源和污染物种类	7
三、空气污染物浓度表示方法	9
技能训练 大气采样及气象参数的测定	10
本章考核要求	13
第二章 空气污染监测方案的制订	14
第一节 空气污染监测方案	14
一、监测目的	14
二、有关资料的收集	14
三、监测项目	15
四、监测网点的布设	16
第二节 空气样品的采样方法和技术	19
一、直接采样法	19
二、浓缩采样法	21
三、采样仪器简介	28
四、标准气的配制	36
五、采样效率	43
技能训练一 二氧化硫的测定——甲醛缓冲溶液吸收-盐酸副玫瑰 苯胺分光光度法	46
技能训练二 总悬浮微粒测定——重量法	52
技能训练三 氮氧化物的测定——盐酸萘乙二胺分光光度法	55
本章考核要求	59

第三章 空气污染物的测定	61
第一节 气态污染物测定方法	61
一、一氧化碳的测定	61
二、光化学氧化剂和臭氧的测定	62
三、氟化物的测定	63
四、二氧化硫的测定	65
五、二氧化氮的测定	67
六、硫酸盐化速率的测定	69
第二节 颗粒物的测定方法	70
一、总悬浮微粒测定——重量法	70
二、可吸入颗粒物的测定	72
三、灰尘自然沉降量的测定	73
第三节 酸雨普查监测基本技术要求	76
一、监测目的任务	76
二、酸雨监测项目	76
三、监测点位设置	76
四、采样时间	77
五、降水样品的处理和保存	77
六、降水样品测定	79
七、监测结果数据处理	80
第四节 空气质量标准和空气污染指数	81
一、空气质量标准及执行原则	81
二、空气污染指数计算方法	82
技能训练一 硫酸盐化速率的测定——碱片-重量法	85
技能训练二 酸雨中阴离子测定的离子色谱法 (F^- 、 Cl^- 、 Br^- 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 PO_4^{3-})	89
本章考核要求	92
第四章 室内空气污染监测	94
第一节 室内监测的目的、内容	94
一、室内污染物产生原因及种类	95
二、室内污染物对人体的危害	97
三、室内空气质量标准	100
第二节 室内空气中主要污染物的测定方法	102

一、现场采样技术要求	102
二、甲醛的测定	104
三、氨的测定	105
四、苯的测定	107
五、总挥发性有机化合物 (TVOC) 的测定	110
六、氡的测定	111
第三节 室内污染物的防范及措施	114
一、污染源的控制	114
二、室内通风换气	117
三、合理使用空调	117
四、室内污染的治理技术	118
五、植物净化	120
六、优化设计	121
七、合理装修	122
技能训练一 甲醛的测定——酚试剂比色法	122
技能训练二 苯的测定	126
本章考核要求	130
第五章 空气自动连续监测技术及生物监测方法	131
第一节 空气污染自动监测系统	131
一、空气自动监测的布点方法及站点类型	131
二、空气自动监测系统的组成与仪器	132
三、空气自动监测系统仪器管理与技术要求	139
四、空气监测自动化系统应用实例	141
第二节 空气污染的生物学监测方法	154
一、植物的受害过程和植物监测的依据	155
二、大气污染物的生物监测方法	156
技能训练 植物样品中总硫量的氧燃烧比浊测定	157
本章考核要求	160
第六章 空气污染源监测	162
第一节 烟道气测试技术	162
一、监测的目的、要求和内容	162
二、采样位置和采样点的确定	164
三、烟气状态参数的测定	166

四、尘粒采样方法及浓度和排放量的计算	176
五、气体采样方法及 SO_2 浓度和排放量的计算	180
第二节 现场快速监测技术	185
第三节 汽车尾气的监测	189
一、汽车尾气的监测	190
二、汽车排放污染的生成机理	190
三、汽车尾气污染物采集及监测	192
第四节 烟气的扩散规律及浓度估算的高斯模式	194
一、气象因素及下垫面对空气污染物扩散的影响	194
二、烟气扩散浓度估算的高斯模式	205
三、几个参数的计算	209
四、高斯模式的应用实例	221
技能训练 烟道尘的测定	226
本章考核要求	229
综合技能训练 校园周边的空气环境监测	230
参考文献	233

第一章 绪 论

学习指南：本章重点介绍了大气及其组成，空气污染、空气监测的基本概念。了解空气污染源的种类及主要污染物；并学习对空气中污染物浓度和采样体积的计算方法。

第一节 大气和空气污染的基本概念

一、大气

空气监测是环境监测的重要组成部分之一，通过空气监测，了解空气质量，了解空气中各种污染物的来源及排放量，为环境规划、环境管理和环境科研服务，以保护人类生存、生活的良好环境。

空气是指包围在地球外围的厚厚的大气层，是人类和动物摄取氧气的源泉，是植物所需的二氧化碳的贮存库，是环境介质的组成部分之一，也是环境能量流传的重要环节。

空气层又称大气层，一般指由地表至 1000km 左右的高空所围绕的一层空气。它是由干洁空气、水蒸气和各种固体杂质三部分组成的混合物。干洁空气的组成是基本不变的。见表 1-1。

表 1-1 海平面上干洁空气的组成

成 分	相对分子质量	体积分数/%	成 分	相对分子质量	体积分数/%
氮(N ₂)	28.01	78.09	氪(Kr)	83.80	1×10^{-4}
氧(O ₂)	32.00	20.94	氢(H ₂)	2.02	0.5×10^{-4}
氩(Ar)	39.94	0.934	一氧化二氮(N ₂ O)	44.02	0.25×10^{-4}
二氧化碳(CO ₂)	44.01	0.032	一氧化碳(CO)	28.01	0.1×10^{-4}
氖(Ne)	20.18	18×10^{-4}	氙(Xe)	131.30	0.08×10^{-4}
氦(He)	4.003	5.2×10^{-4}	臭氧(O ₃)	48.00	0.02×10^{-4}
甲烷(CH ₄)	16.04	1.5×10^{-4}	氨(NH ₃)	17.30	0.01×10^{-4}

水蒸气含量因时因地而变化，在干旱地区可低至 0.02%，而在南方温暖湿润气候下可高达 6%。各种杂质（如粉尘、烟、有害气体等），则因自然活动或人类活动的影响，无论种类还是含量，变动都很大，甚至导致空气污染。但对空气污染来说，指的是发生在离地面约 10km 之内占空气总量 95% 左右的对流层里。特别是指离地面 1km 内的大气圈里，即边界层里。

二、空气污染

随着工农业及交通运输业的不断发展，产生了大量的有害物质逸散到空气中，使空气增加了多种新的成分。当其达到一定程度并保持一定时间时，则破坏了空气正常组成的物理化学和生态平衡体系，从而影响工农业生产，对人体、生物体以及物品、材料等产生不良影响和危害，即造成空气污染。

根据国际标准组织（ISO）的定义：空气污染通常系指由于人类活动和自然过程引起某种物质进入空气中，呈现出足够的浓度，达到足够的时间，并因此而危害了人体健康、舒适感和环境。引起空气污染的物质叫空气污染物。

空气污染监测是环境保护工作的耳目和基础。它可以发现有害物质的来源、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。

空气监测，就是用科学的布点、采样和分析测量方法等对空气污染物或空气环境行为进行长时间定期或连续测定，以获取能反映空气质量的代表性数据的过程。

目前，空气监测的主要对象是空气中有害有毒的物质及有关的气象因素。

三、空气监测的目的和任务

空气监测的结果是通过数据表现出来的，监测数据就是空气监测的产品，要求它能够代表环境质量的真实情况。

（一）空气监测的目的

1. 贯彻执行环境保护法

检查工业污染物排放浓度或排放量是否符合国家排放标准，空

气质量是否符合国家的空气质量标准，为各项环境保护工作提供数据。

2. 加强企业环保管理

评价“废气”净化装置性能，加强日常维护使用和科学的管理，为新的净化装置设计提供依据。

3. 开展环境监测科学研究

为污染源和环境影响评价提供必要数据，为探索污染物质的迁移、转化、扩散、稀释的规律，为防治环境污染、为环境管理法规、标准的制定以及为城市或企业的合理规划布局提供有力的依据。

(二) 空气监测的主要工作任务

1. 空气污染源监测

如对烟囱、汽车尾气的监测。目的是了解这些污染源所排出的有害物质是否符合现行的国家规定的排放标准，分析它们对空气污染的影响，以便对其加以限制。同时，还对现有净化装置性能进行评价，确定在排放时失散的原材料或产品所造成的经济损失。

2. 空气环境污染监测

监测对象不是污染源而是整个空气中的污染物质。目的是了解和掌握环境污染的状况，对空气环境质量进行评价，划分空气质量级别，并提出警戒限值。通过长期监测，为制订和修订空气环境质量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，研究有害物质在空气中的变化，如二次污染物的形成（光化学反应等）以及某些空气污染的理论，制定城市规划、防护距离等，均需要以监测资料为依据。

3. 特定目的监测

为了某一目的进行特定指标的监测。它要求选定某一种或多种污染物进行特定目的的监测，例如研究空气污染物对人体健康的影响、调查燃煤火力发电厂排放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二氧化硫、硫酸雾、飘尘等作为监测指标，再选定一定数量的人群进行监

测。由于监测目的是研究污染物对人体健康的影响，所以，测定每人每日对污染物的接受量，以及污染物在一天或一段时间内的浓度变化是这种监测的主要特点。

本教材着重讨论对污染源和空气环境污染的监测原理、方法和技术。

在进行空气污染各项监测时，一个重要的问题是：如何取得能反映实际情况并有代表性的测定结果。因此，需要对采样点的布设、采样时间和频度、气象观测、地理特点、工业布局采样方法、测试方法和仪器等进行综合考虑。可见空气环境污染监测工作是一项科学性很强的工作，必须事先进行周密的调查，综合各因素方能制定出比较完善、科学、切合实际的监测方案，以满足各监测目的的要求。然而，本教材限于篇幅和学时，对气象观测、地理特点、工业布局等内容不予讨论，可参阅选修课程的有关章节。

空气监测固然可以得到大量的监测数据，然而，重要的是如何运用这些监测数据去描述和表征空气环境质量的状况、趋势动态，并预测环境质量的变化趋势。

空气污染是由污染源、大气作用（如受风速、风向、气压温度等作用）和承受体（人体、动植物、物品）三个环节组成，称之为空气污染三要素，缺一不可，否则，都不会构成空气污染。那么，空气监测对全过程的环境因素都要进行监测，这是一项综合性很强的工作，人们通过监测主要用来达到如下目的：①查明污染物来源；②查明污染物在空气中的行为；③查明污染物着地的浓度水平和分布状况及对环境和人体的危害。

因为影响空气环境质量的因素很多，除污染源排出的污染物种类不同、强度有异外，能否造成空气污染，就决定于不同地区的各种气象条件，这是空气监测工作的特点。这样，空气监测工作就要大范围内长时间地收集气象资料，才能真实地反映当地空气环境质量。因此，不仅在采样方法、分析测量方法等技术方面需要保证数据的准确可靠，还要保证在时间、空间分布方面的数据具有代表性。

另外化学物质也是影响空气污染的重要因素，所以，要重点讨论各种主要空气污染物质的性质、浓度分布和浓度水平。

随着科学技术的发展，连续自动监测技术已应用于空气监测，它能更有效地反映空气环境质量的动态变化。根据我国现阶段实际情况，尚不能普遍实现连续自动监测，因此，本教材仍着重讨论定时定点的采样、实验室分析测定的原理、方法和技术，而对连续自动监测作一些简单介绍。

思考与练习

1. 什么是空气污染和空气监测？
2. 空气监测的目的和任务是什么？
3. 空气主要由哪几种气体组成？

第二节 空气污染物的种类和存在状态

一、空气污染物的种类和存在状态

污染物在空气中的存在状态，直接关系到监测项目、采样手段、采样仪器以及分析方法的选择。由于各种污染物的物理和化学性质不同，生产工艺过程不同，它们进入空气中存在的状态也不同。一般地，存在于空气中的污染物大致可分为气态和气溶胶两大类。

1. 气态和蒸气态

气态，是指某些污染物质，在常温常压下以气体形式分散于大气中。常见的气态污染物有：二氧化硫、一氧化碳、氮氧化物、氯气、氟化氢、臭氧等。

蒸气态，是指某些污染物质，在常温常压下是液体或固体（如苯、丙烯、醛、汞是液体，酚是固体），只是由于它们的沸点或熔点较低，较易挥发，因而以蒸气态挥发到空气中。

显然，气态和蒸气态没有本质的区别。气态或蒸气态分子，是以单个分子存在于容器中，体积小、质量轻，运动速度都较大，扩散性强，能在空气中均匀分布，且扩散情况与其相对密度有关，相