

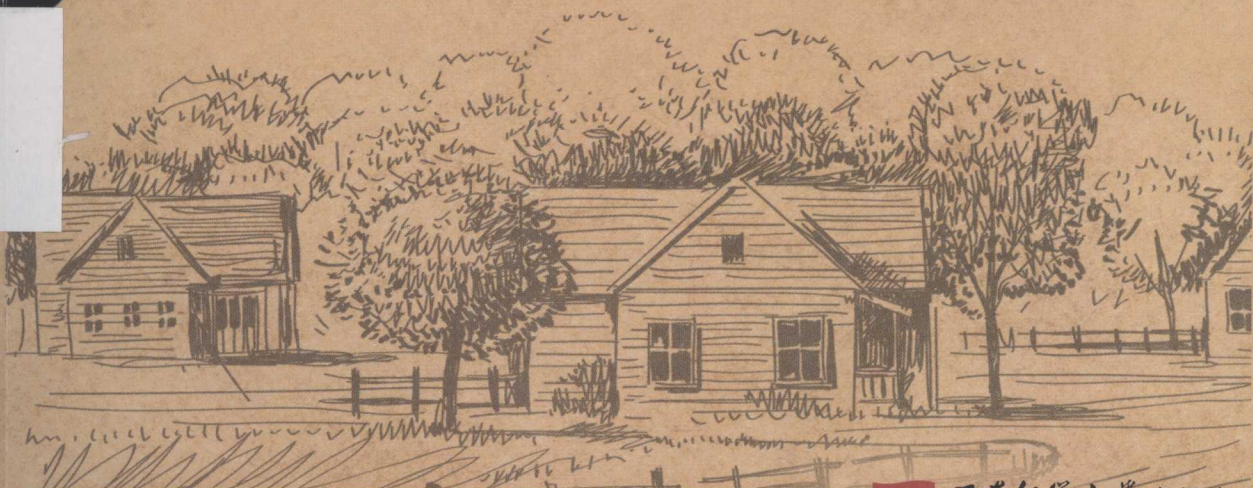
环境空气自动 监测技术

HUANJIANG KONGQI
ZIDONG JIANCE JISHU

环境空气自动监测技术是以自动监测分析仪器为核心，运用现代传感器技术、自动测量技术、计算机应用技术以及相关的专业分析软件和通信网络组成的综合性自动监测体系。

主编 翟崇治 鲍雷

副主编 余家燕



西南师范大学出版社
国家一级出版社 全国百佳图书出版单位

014003429

X831
11



环境空气自动 监测技术

HUANJING KONGQI
ZIDONG JIANCE JISHU

主 编 翟崇治 鲍 雷 副主编 余家燕
编 者 翟崇治 鲍 雷 余家燕 黄 伟 李 礼 杨 灿 刘 萍
李大年 张维宾 刘 伟 唐 晓 向 洪 刘 敏 黄晓东

 西南师范大学出版社
国家一级出版社 全国百佳图书出版单位



北航

C1691307

X831
11

图书在版编目(CIP)数据

环境空气自动监测技术 / 翟崇治, 鲍雷主编. —重庆: 西南师范大学出版社, 2013. 6
ISBN 978-7-5621-6252-0

I. ①环… II. ①翟… ②鲍… III. ①空气污染监测—自动监测 IV. ①X831

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 142427 号

环境空气自动监测技术

翟崇治 鲍雷 主编

责任编辑: 廖小兰

书籍设计:  尚品视觉 周娟 钟琛
East design@163.com

排版制作: 陈智慧

出版、发行: 西南师范大学出版社

(重庆·北碚 邮编: 400715)

网址: www.xscbs.com

印 刷: 重庆紫石东南印务有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 23

字 数: 504 千字

版 次: 2013 年 7 月第 1 版

印 次: 2013 年 7 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5621-6252-0

定 价: 45.00 元

前言

环境监测技术是随着环境科学的形成和发展而产生,在环境分析的基础上发展起来的。随着环境监测概念不断深化,监测范围不断扩大,早期理解的环境监测——环境分析,是在实验室内以化学分析为主要手段,建立在对测定对象间断、定时、定点局部的分析结果,已不能适应及时、准确、全面地反映环境质量动态和污染源动态变化的要求,尤其是对现场追踪监测,更是无法实现。随着科学技术的进步,环境监测技术迅速发展,仪器分析、计算机控制等现代化手段在环境监测中得到了广泛应用,自动监测系统已经成为环境监测的主要监测手段和力量。环境空气自动监测技术就是以自动监测分析仪器为核心,运用现代传感器技术、自动测量技术、计算机应用技术以及相关的专业分析软件和通信网络组成的综合性自动监测体系。

当前大气环境问题日趋复杂,区域性灰霾、酸雨和以臭氧为主的光化学污染问题已成为大气环境保护领域关注的重点、热点问题。伴随着我国各城市社会经济的飞速发展,发达国家上百年工业化过程中发生的大气环境问题在我国近20年内集中出现,环境污染问题呈现出结构型、复合型、压缩型特征。随着近年来城市群区域大气复合污染呈现显著恶化和蔓延趋势,遏制大气复合污染蔓延亟需建立功能先进的区域立体环境空气质量自动监测体系。

重庆自20世纪80年代初就开展环境空气质量自动监测工作,最早使用的是国产的点式自动监测仪器,到90年代末更新为美国的点式监测仪,2003年后通过世界银行(简称世行)项目,对整个监测系统进行了改造升级。随着环境管理需求的不断增强以及应对新形势下的复合污染问题,“十一五”期间,在重庆市环境保护局领导特别是主管领导黄红局长的大力支持和指导下,构建了覆盖全市、类别齐全的区县城市(镇)监测系统以及交通干道、农村地区的环境空气质量自动监测网络体系,建成了城市大气环境综合观测与污染防控重点实验室。

我们在环境空气质量自动监测网络体系的建设、运行和管理过程中遇到和解决了许多问题,积累了一定的工作经验,并在城市灰霾(细粒子污染)、温室气体、挥发性有机物、臭氧光化学污染、遥感监测等研究型监测中做了一些有益的探索。本书是对过去工作的系统归纳和总结,特别对当前比较热点的复合污染监测技术进行了较为全面的介绍,希望能为大气自动监测系统的规范化、标准化、科学化建

设起到积极的作用。全书共分为十二章,第一章介绍了空气污染及空气质量监测技术发展进程;第二章介绍空气自动监测网络体系设计和建设;第三章介绍整个空气质量自动监测系统;第四章至第九章分别对常规监测项目二氧化硫、氮氧化物、臭氧、一氧化碳以及颗粒物(PM_{10} 、 $PM_{2.5}$)等监测技术、方法、仪器维护维修和质控做了详细的介绍和总结;第十章重点介绍目前较为前沿的灰霾、光化污染、温室气体、挥发性有机物、遥感等大气复合污染立体监测技术,并介绍了重庆市大气超级站监测系统的配置与集成;第十一章从日常运行实践中对空气自动监测系统运行管理及操作程序进行了梳理和总结;第十二章介绍了空气自动监测系统质量保证和控制技术以及其管理程序。

本书由重庆市城市大气环境综合观测与污染防控重点实验室资助。谨以此书献给从事大气自动监测的同行,希望能对大家的工作有所帮助。由于大气自动监测技术处于快速发展过程中,限于编者的学识和水平,书中疏漏和不当之处在所难免,尚祈广大读者与同仁批评指正。

编 者

2012年10月

目录

第一章 空气污染及空气质量监测	001
第一节 概述	001
第二节 空气污染及危害	002
第三节 我国空气质量监测发展与进程	008
第二章 空气质量监测网络设计	016
第一节 空气质量监测网络	016
第二节 环境空气质量监测网络设计	022
第三节 环境空气质量监测网络点位布设与优化	026
第三章 空气质量自动监测系统	034
第一节 概述	034
第二节 环境空气质量自动监测系统的建设	034
第三节 数据采集及通讯系统	046
第四章 二氧化硫监测	068
第一节 二氧化硫的来源及危害	068
第二节 二氧化硫监测方法	069
第三节 二氧化硫分析仪构造及性能指标	073
第四节 二氧化硫分析仪日常维护及仪器检修	077
第五节 二氧化硫分析仪校准	080
第五章 氮氧化物监测	087
第一节 氮氧化物的来源及危害	087
第二节 氮氧化物监测方法	088
第三节 氮氧化物仪器构造及性能指标	090

第四节	氮氧化物分析仪日常维护及仪器检修	094
第五节	氮氧化物分析仪校准	096
第六章	臭氧监测	102
第一节	臭氧的来源及危害	102
第二节	臭氧监测方法	103
第三节	臭氧自动监测仪器构造及性能指标	105
第四节	臭氧分析仪日常维护及仪器检修	107
第五节	臭氧分析仪校准	110
第七章	一氧化碳监测	114
第一节	一氧化碳的来源及危害	114
第二节	一氧化碳监测方法	115
第三节	一氧化碳自动监测仪器构造及性能指标	117
第四节	一氧化碳分析仪日常维护及仪器检修	119
第五节	一氧化碳分析仪校准	121
第八章	差分光学吸收光谱 DOAS 自动监测	124
第一节	差分光学吸收光谱 DOAS 自动监测方法	124
第二节	DOAS 自动监测仪器构造及性能指标	132
第三节	DOAS 分析仪日常维护及校准	138
第四节	DOAS 分析仪质控操作规程	143
第九章	颗粒物监测	154
第一节	颗粒物来源及危害	154
第二节	颗粒物的监测方法	157
第三节	β 射线法颗粒物监测仪器构造及性能指标	162
第四节	β 射线法颗粒物分析仪日常维护及检修	167
第五节	β 射线法颗粒物分析仪的质量控制	170
第六节	振荡天平法颗粒分析仪构造与性能指标	180
第七节	振荡天平法颗粒物分析仪周期维护及校准	184
第八节	振荡天平法颗粒物分析仪的质量控制	186
第九节	光散射法颗粒物数浓度监测	199

第十章	大气复合污染的趋势及监测要点	206
第一节	概述	206
第二节	灰霾观测技术	210
第三节	温室气体监测技术	219
第四节	总挥发性有机物(VOC _s)自动监测技术	240
第五节	气象自动观测技术	263
第六节	遥感监测技术	273
第七节	大气超级监测站	280
第十一章	空气自动监测系统运行管理	312
第一节	总则	312
第二节	维护管理细则	314
第三节	自动监测系统的一般操作程序	320
第四节	日常运行维护记录	325
第十二章	空气自动监测系统质量保证和控制	327
第一节	概述	327
第二节	量值溯源	328
第三节	监测仪器运行的质量控制	338
第四节	环境空气自动监测系统质量管理	350
第五节	自动监测数据质量管理制度	353
	参考文献	358



第一章 空气污染及空气质量监测

DIYIZHANG KONGQI WURAN JI KONGQI ZHILIANG JIANCE

第一节 概述

空气是地球大气层中的气体混合物。它是由主要由氮气、氧气、稀有气体和漂浮在其中的一些固态、液态物质颗粒等杂质组成的混合物。空气成分主要有氮、氧、氩、二氧化碳、水汽、臭氧、氢、氦、氟、氖、氙等。颗粒物(气溶胶粒子)有尘埃、烟雾、水珠、冰晶、花粉等。空气特别是洁净的空气,对于动植物的生长和人类的生存有着十分关键的作用。通常,将不含水汽和气溶胶粒子的纯净空气称为洁净空气。洁净空气的主要成分如表 1-1 所示。

表 1-1 洁净空气成分

气体名称		浓 度	
		体积分数 (%)	质量分数 (%)
常定成分	氮气	78.084	75.52
	氧气	20.948	23.15
	氩气	0.934	1.28
可变成分	二氧化碳	0.034	0.05

在人类活动的范围内,干洁空气的组成和物理性质基本相同,主要含有氮气、氧气、氩气和一定量的二氧化碳气体,占全部干洁空气的 99.996%,氦、氖、氦、甲烷等气体次要成分只占 0.004% 左右。干洁空气的平均相对分子质量为 28.996,101.325 kPa 时的密度为 1.293 kg/m³,可近似地看作理想气体。空气含水量随时间、地点、气象条件等不同而有较大变化,变化范围可达 0.02%~6%。空气中的水分对气象、气候的影响很大,导致的云、雾、雨、雪、霜、露等天气现象不仅引起空气中湿度的变化,而且还引起热量的转化。同时水汽具有很强的吸收长波辐射能力,对地面的保温起着重要的作用。悬浮微粒主要是大气尘埃和悬浮在空气中的其他物质积水变成的水滴、冰晶。悬浮微粒对大气中的各种物理现象和过程有着重要的影响,如削弱太阳辐射,在大气中形成各种光学现象,影响大气能见度等。

空气具有全球流动的特点,加上动、植物代谢等的气体循环作用,所以空气的基本组成成分是稳定和均匀的。即使天空晴朗时,我们周围的空气也并非如表面所见的明净。空气里充满了看不见的固体、液体和气体等不同形态的物质,如花粉、细菌、烟尘、湿气

等。通常我们所谓的“空气污染物”，如二氧化氮、臭氧、二氧化硫、一氧化碳等物质，在干净空气中的含量均极微少，但在受到污染的情形下，这些特定物质中的某些种类会大量增加。换言之，某些物质在空气中不正常的增量就会产生空气污染。

第二节 空气污染及危害

空气污染即空气中含有的一种或多种污染物，其存在的量、性质及时间会伤害到人类、植物及动物的生命，损害财物或干扰舒适的生活环境。换言之，只要是某一种物质存在的量、性质及时间足够对人类或其他生物、财物产生影响，我们就可以称其为空气污染物；而其存在造成的现象，就是空气污染。

一、空气污染

由前面概述可以得出，大气是由一定比例的氮气、氧气、二氧化碳、水蒸气和固体杂质微粒等组成的混合物，各种自然变化发生时往往会引起大气成分的变化。例如，火山喷发时有大量的粉尘和二氧化碳等气体喷射到大气中，造成火山喷发地区烟雾弥漫，毒气熏人；雷电等自然原因引起的森林大面积火灾也会增加二氧化碳和烟粒的含量；岩石和土壤风化及动植物尸体的腐烂等一系列自然过程将一定程度上引发某些物质进入空气中，呈现出足够的浓度、持续足够的时间并因此危害了人体的舒适、健康或危害了环境。但一般来说，这种自然变化是局部、短时间的，并且自然过程的空气污染往往不会超过自然的承受容量。而人类活动，例如工业废气、生活燃煤、汽车尾气、核爆炸等来自生产、运输过程以及为人们的生产、生活、娱乐等提供能量的能源使用全过程，将向环境空气中排放大量的污染物质并引起一系列环境污染问题。而纵观人类活动引发空气污染活动，其中燃烧产能过程是造成空气污染的最主要的原因。同时，随着经济社会的不断发展，城市化建设的积极扩大，现代工业和交通运输的大力发展，空气污染不断加剧升级，向大气中持续排放的物质数量越来越多，种类越来越复杂，引起大气成分发生急剧变化，空气污染贯穿我们全部的现代生活始终。

当大气正常成分之外的物质(大气污染物)浓度达到对人类健康、动植物生长以及气象气候产生危害程度的时候，超过了环境质量标准，破坏生态系统和人类正常生活条件，对人和物造成危害的现象，我们就说大气受了污染。目前我们所关注的空气污染问题主要是由人类活动所形成的。

当然空气是具有良好的流动性和相当大的稀释容量的，因此与受到边界条件约束的水体和固体污染相比，其污染特性也就表现出局地的严重性和全球性的特点。局地的严重性是指一般情况下空气污染严重的区域往往出现在污染源的附近，污染的急性效应往往随扩散距离而迅速衰减。同时局地的污染状况与地形、地理位置、气象条件等密切相关。空气污染的全球性体现在空气无国界，对于那些在空气中具有较长停留时间的污染



物可扩散传播到全球各地,在迁移转化的过程中产生出影响全球气候、生态系统等的慢性效应。

我们每一个地球人都生活在大气环境中,而环境大气质量的变化,生态环境的变化,人类生活环境的变化,形成了一个整体形态的循环系统,对于空气污染问题研究有着至关重要的作用。

二、空气污染物

空气污染物是指由于人类活动或是自然过程直接排入大气或在大气中新转化生成对人或环境产生有害影响的物质。迄今为止,从环境空气中已发现的人为空气污染物超过 2800 种,其中 90% 以上为有机化合物(包括金属有机物),而无机污染物不到 10%,多由自然因素(如森林火灾、火山爆发等)和人为因素(如工业废气、生活燃煤、汽车尾气、核爆炸等)造成,且以后者为主,尤其是工业生产和交通运输所造成的。其主要过程由污染源排放、大气传播、人与物受害这三个环节所构成。燃料燃烧污染源,尤其是机动车,排放出大约 500 种组分的污染物。然而,目前仅对一部分空气污染物进行了测定,即大约 200 种污染物的健康和生态效应数据。

(一)大气污染物的来源

1. 工业:工业生产是大气污染的一个重要来源。工业生产排放到大气中的污染物种类繁多,有烟尘、硫的氧化物、氮的氧化物、有机化合物、卤化物、碳化合物等。其中有的是烟尘,有的是气体。

2. 生活炉灶与采暖锅炉:城市中大量民用生活炉灶和采暖锅炉需要消耗大量煤炭,煤炭在燃烧过程中要释放大量的灰尘、二氧化硫、一氧化碳等有害物质污染大气。特别是在冬季采暖时,往往使污染地区烟雾弥漫,呛得人咳嗽,这也是一种不容忽视的污染源。

3. 交通运输:汽车、火车、飞机、轮船是当代的主要运输工具,它们烧煤或石油产生的废气也是重要的污染物。特别是城市中的汽车,量大而集中,排放的污染物能直接侵袭人的呼吸器官,对城市的空气污染很严重,成为大城市空气的主要污染源之一。汽车排放的废气主要有一氧化碳、二氧化硫、氮氧化物和碳氢化合物等,前三种物质危害性很大。

4. 森林火灾产生的烟雾等。

针对性地开展监测城市中影响健康的主要空气污染物为:二氧化硫(进一步氧化产物 SO_3 、硫酸盐)、悬浮颗粒物(烟雾、灰尘、 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、 $\text{PM}_{1.0}$)、氮氧化物、一氧化碳、挥发性有机化合物(碳氢化合物和氧化物)、臭氧、铅、汞、苯并芘(BaP)等等。

(二)污染物类型

按污染物存在的形态可分为颗粒态污染物和气体状态污染物。

颗粒污染物是指分散在气体中的固态或液态微粒,其余载气构成非均相体系。按来源和物理性质可将其分为:

1. 粉尘(dust) 固体颗粒能重力沉降,但能在某段时间保持悬浮。由物理破碎、风化等形成。粒子直径范围 $1\sim 200\ \mu\text{m}$ 。

2. 烟(fume) 指冶金过程形成的固体离子气溶胶,为熔融物质挥发后的冷凝物,往往为氧化产物。烟的粒子尺寸很小,一般为 $0.01\sim 1\ \mu\text{m}$ 。

3. 飞灰(fly ash)系指随燃烧过程产生烟气飞出的分散得较细的灰分。

4. 黑烟(smoke)一般系指由燃料燃烧过程产生的可见气溶胶,我国将冶金和化学过程形成的固体粒子气溶胶称为烟尘,燃烧过程的飞灰和黑烟也称为烟尘,而其他情况泛指小固体粒子时则统称粉尘。

5. 雾(fog) 是气体中液体悬浮物的总称。

6. 烟雾(smog)是固液混合态气溶胶。当烟和雾同时形成时就构成了烟雾。

按空气中粉尘(或烟尘)颗粒的大小将其分为总悬浮颗粒(TSP)、降尘、飘尘、 PM_{10} 和 $\text{PM}_{2.5}$ 。通常认为,总悬浮颗粒系指大气中空气动力学直径小于 $100\ \mu\text{m}$ 的所有颗粒物;降尘是空气中空气动力学直径小于 $10\ \mu\text{m}$ 的固体颗粒;飘尘,又称为可吸入尘; PM_{10} 是指空气中空气动力学直径小于 $10\ \mu\text{m}$ 的悬浮颗粒; $\text{PM}_{2.5}$ 指空气中空气动力学直径小于 $2.5\ \mu\text{m}$ 的悬浮颗粒。但由于采样方法等不同,对于可吸入颗粒物(Inhalable Particulates, IP)、 PM_{10} 和 $\text{PM}_{2.5}$ 等的定义还有歧义。

气态污染物是指在空气中以分子状态存在的污染物,其与载气构成均相体系。气态污染物的种类很多,常见有以 SO_2 为主的含硫化合物,以 NO 和 NO_2 为主的含氮化合物,碳氧化物,碳氢化合物及卤素化合物和臭氧等。

按污染物的形成过程又可分为一次污染物和二次污染物。一次污染物是指由污染源直接排入空气环境中且在空气中物理和化学性质均未发生变化的污染物,又称为原发性污染物,如 SO_2 、 CO 、 NO 和 VOC_s 等。二次污染物是指由一次污染物与空气中已有成分或几种污染物之间经过一系列的化学或光化学反应而生成的与一次污染物性质不同的新污染物,又称为继发性污染物。如一次污染物 SO_2 在环境中氧化生成的硫酸盐气溶胶,氮氧化物(NO_x)、碳氢化合物(HC)等在日光紫外线辐射下生成的臭氧、过氧化硝酸乙酯、醛等。通常二次污染物对环境和人体的危害比一次污染物严重得多。

目前颗粒污染物中的 PM_{10} 或 $\text{PM}_{2.5}$ 、硫氧化物中的 SO_2 、氮氧化物中的 NO_2 及 CO 、铅和臭氧等被划分为标准污染物,世界各国都对其制定了相应的空气质量标准。世界卫生组织(WHO)也提出了包括以上物质在内的共计 28 种污染物的空气质量指导值。我国 1996 年的空气质量标准及其 2000 年修订版中共提出了 10 种物质的空气质量标准。美国的国家环境空气质量标准中对 6 种污染物质制定了标准,同时美国国家环保局(EPA)还将一些已知的对人体或环境有害的有机污染物划分为有毒有害污染物,共 189 种。同时对气态的石棉、苯、炼焦排气、无机砷、汞、放射性核素和氯乙烯制定了标准,其



他物质的控制标准正在制定当中。

三、空气污染的灾害

(一)对人体健康的影响

人需要呼吸空气以维持生命。一个成年人每天呼吸大约 2 万多次,吸入空气达 $15 \sim 20 \text{ m}^3$ 。因此,被污染了的空气对人体健康有直接的影响。大气污染物对人体的危害是多方面的,主要表现是呼吸道疾病与生理机能障碍,以及眼鼻等黏膜组织受到刺激而患病。

1. 煤烟型污染的危害

伦敦烟雾污染公害事件,史称这个灾难的烟雾为“杀人的烟雾”事件,就是由于煤烟污染在稳定的天气条件下形成的,致使 4000 人死亡。据分析,在 1952 年 12 月 5 日至 8 日,那几天伦敦无风有雾,上空大雾弥漫,并出现逆温,逆温发生在 $40 \sim 150 \text{ m}$ 低空领域,工厂烟卤和居民取暖排出的废气烟尘弥漫在伦敦市区经久不散,燃煤排放的烟尘、 SO_2 等酸性物积聚在近地面,像一个锅盖一样笼罩在城市上空很难扩散出去。烟尘最高浓度达 4.46 mg/m^3 ,二氧化硫的日平均浓度竟达到 3.83 mg/m^3 。二氧化硫经过某种化学反应,生成硫酸液沫附着在烟尘上或凝聚在雾滴上,随呼吸进入器官,使人发病或加速慢性病患者的死亡。伦敦市区在烟雾笼罩的一周内死亡人数剧增。死亡人员中多数是老人和婴幼儿,以慢性支气管炎、哮喘、肺炎和心脏病患者死亡率最高。1962 年 12 月 3 日至 7 日伦敦又发生一次烟雾事件,烟尘和 SO_2 虽有所下降,但污染仍处于非常高的水平。

在烟雾过去之后,日死亡率虽有下降,但仍然相当高,这主要是因为污染对人的危害有一个持续的过程。与伦敦烟雾事件类似的大气污染还在苏格兰的格拉斯哥、爱尔兰的都柏林和美国的匹兹堡发生过。这类污染事件多发生在冬季,天气稳定并形成逆温,同时产生大雾的气象条件下,由于排放出大量的烟雾、 SO_2 等酸性物质无法扩散开而造成污染地区死亡人数成倍增加。

此外,煤烟型 SO_2 、烟尘污染会影响到人体呼吸系统的健康,如人们哮喘发病率随空气中 SO_2 浓度的增加呈显著性增加。

2. 光化学烟雾污染的危害

美国洛杉矶市依山临海,分布在狭长 50 km 的盆地内,空气污染物不易扩散。在 1943 年该市拥有 250 多万辆汽车,每天耗油量大,排放出大量碳氢化合物、 CO 和氮氧化物 NO_x ,在夏天强烈紫外光照射下发生一系列光化学反应,形成臭氧、甲醛、过氧乙酰硝酸酯(PAN)。这些反应产物随着光化学反应不断积累,其浓度不断升高,至中午时分, O_3 浓度高达 $2000 \mu\text{g/m}^3$ 。在低空可见到一层淡紫色的烟雾,这就是著名的洛杉矶烟雾。到 1988 年洛杉矶机动车已达 900 万辆,一年中有 225 天超过政府规定的空气质量标准(其中有 165 天是由于 O_3 超标造成的)。这些污染会造成健康人眼睛刺痛、流鼻涕、咳嗽、头痛、胸痛、恶心和气促。臭氧浓度高时哮喘病人可能会出现严重的呼吸问题,长期接触高

浓度臭氧可能会损伤人的免疫系统。

光化学烟雾污染在美国许多城市都发生过。另外,1970年东京的光化学烟雾污染持续一个夏季,使2万人患眼病。澳大利亚的悉尼、意大利的热那亚、印度的孟买也出现过这类烟雾事件。光化学烟雾污染源是机动车燃油排放大量的挥发性有机物、CO、NO_x,在夏季中午前后的强阳光照射下,使二次污染物 O₃、NO₂、甲醛、PAN 浓度不断积累,迅速增加而形成的。

3. 颗粒物污染的危害

空气中颗粒物污染被称为人类的第一杀手,原因是颗粒物上聚集了大量有害重金属、酸性氧化物、有害有机物、细菌、病毒等,通过呼吸作用而进入人体的上下呼吸道。不同粒径的颗粒物可沉积在不同呼吸道部位,10~100 μm 的颗粒物被阻挡在鼻腔外,2.5~10 μm 颗粒物大部分被鼻咽区截留,0.01~2.5 μm 颗粒物主要沉积在支气管和肺部,特别是 0.1 μm 左右的颗粒沉积在肺部,甚至可穿过肺泡进入血液之中,对人体健康危害最大。空气中 PM₁₀ 携带着重金属、酸性氧化物、多环芳烃等有毒有害的污染物,对人体呼吸健康有显著影响。PM₁₀ 浓度每增加 10 μg/m³,死亡率、去医院就诊看病、哮喘病加重以及呼吸病症发生率均有增加的趋势,同时肺功能有所降低。

吸附在细粒子上的多环芳烃污染是肺癌的重要致癌因子之一。长期研究结果显示,云南宣威地区的农民家庭烧烟煤,造成居室内 TSP、有机物和多环芳烃,特别是苯并芘的严重污染,导致肺癌死亡率比对照区高 60 余倍。烧烟煤致肺癌的风险因子高达 26.5。

另据报道,上海市解放后随着工业的不断发展,在近 20 年中肺癌死亡率约增加了 5.8 倍,也是全国肺癌平均死亡率的 7 倍多。儿童正处于生长发育期,对外界空气污染最为敏感,受到的影响和危害也较大。

4. 其他污染物质的危害

其他污染物种类很多,其危害作用不仅取决于污染物的物理、化学性质及生物毒性,而且还取决于人们暴露的剂量和暴露的时间。

大气中污染物的浓度很高时,会造成急性污染中毒,或使病状恶化,甚至在几天内夺去几千人的生命。其实,即使大气中污染物浓度不高,但人体成年累月呼吸这种污染的空气,也会引起慢性支气管炎、支气管哮喘、肺气肿及肺癌等疾病。

(二)对动植物的影响

1. 对动物的危害

空气污染对动物的危害和影响与对人的情况相似。凡是对人造成了危害的空气污染物,都同时对动物产生一定的危害和影响,使不少动物患病或死亡。既有急性中毒,也有慢性中毒;既有直接摄入空气污染物引起的,也有通过食物链间接摄入引起的。美国蒙大拿州某铜冶炼厂排放出大量 SO₂、As₂O₃ 污染了周围的牧草,草中含砷量高达 400 mg/kg,使 24 km² 范围内 3500 只羊中毒,死亡 625 只。蒙大拿州一磷肥厂,排放出大量氟化氢,严重污染了周围环境,牧草饲料中氟含量高达 1000 mg/kg,致使牛患氟骨病,产奶减少,



生殖率降低。

我国内蒙古包头钢铁厂,所用矿石含氟量很高,排放大量含氟烟气,污染了空气和牧草及水源,致使牛、羊、马等牲畜骨骼变形及骨折等。在兰州、抚顺及其他一些地方的电解铝厂因排放出高浓度的氟化氢,使食草牲畜中毒,对动物的生殖、发育均有不利影响。

2. 对植物的危害

大气污染物,尤其是二氧化硫、氟化物等对植物的危害是十分严重的。当污染物浓度很高时,会对植物产生急性危害,使植物叶表面产生伤斑,或者直接使叶枯萎脱落;当污染物浓度不高时,会对植物产生慢性危害,使植物叶片褪绿,或者表面上看不见什么危害症状,但植物的生理机能已受到了影响,造成植物产量下降,品质变坏。

污染物对植物的危害可分为急性、慢性和不可见三种。急性危害是在污染物浓度很高的情况下,短时间内所造成的危害。例如在铜冶炼厂周围,在水稻扬花和灌浆季节,由于高浓度 SO_2 污染使水稻不能授粉和灌浆,可使水稻绝收。因此,在这个期间铜冶炼厂要停产检修以减少农业损失。又如美国田纳西州戈斯特在几十年前有一家工厂排放高浓度 SO_2 ,将附近的树木和植物全部“烧死”。也有一些地方由于 SO_3 污染、 Cl_2 泄露将附近树木烧死的报导,这些均是急性中毒危害。慢性危害是指植物在低浓度污染物的长期暴露下所造成的危害,可影响植物的生长、发育。例如一些砖瓦厂燃煤烟气中含硫、氟高而污染环境,影响果树挂果,使产量明显降低。美国加利福尼亚州由于空气污染使葡萄减产超过 60%。洛杉矶的光化学烟雾,使该州 1970 年农作物损失 2500 万美元。我国西南、华中、华南、华东地区由于酸雨污染,有局部地区的降水, pH 值低至 4.0~4.5,对森林生态系统和水生生态系统有不良影响,危害某些物种的生存。不可见危害只造成植物生理障碍,在某种程度上抑制了植物的生长,但在外观上不易看出。

(三)对天气和气候的影响

大气污染物对天气和气候的影响是十分显著的,突出表现在以下几个方面:

1. 减少到达地面的太阳辐射量:从工厂、发电站、汽车、家庭取暖设备向大气中排放的大量烟尘微粒,使空气变得非常浑浊,遮挡了阳光,使得到达地面的太阳辐射量减少。据观测统计,在大工业城市烟雾不散的日子里,太阳光直接照射到地面的量比没有烟雾的日子减少近 40%。大气污染严重的城市,天天如此,就会导致人和动植物因缺乏阳光而生长发育不好。

2. 增加大气降水量:从大工业城市排放出来的微粒,其中有很多具有水汽凝结的作用。因此,当大气中有其他一些降水条件与之配合的时候,就会出现降水天气。在大工业城市的下风地区,降水量更多。

3. 下酸雨:有时候,从天空落下的雨水中含有硫酸。这种酸雨是大气中的污染物二氧化硫经过氧化形成硫酸,随自然界的降水下落形成的。酸雨能使大片森林和农作物毁坏,能使纸品、纺织品、皮革制品等腐蚀破碎,能使金属的防锈涂料变质而降低保护作用,还会腐蚀、污染建筑物。

4. 增高大气温度:在大工业城市上空,由于有大量废热排放到空中,因此,近地面空气的温度比四周郊区要高一些。这种现象在气象学中称作“热岛效应”。

5. 影响全球气候:近年来,人们逐渐注意到大气污染对全球气候变化的影响问题。经过研究,人们认为在有可能引起气候变化的各种大气污染物质中,二氧化碳具有重大的作用。从地球上无数烟囱和其他种种废气管道排放到大气中的大量二氧化碳,约有50%留在大气里。二氧化碳能吸收来自地面的长波辐射,使近地面层空气温度增高,这叫作“温室效应”。经粗略估算,如果大气中二氧化碳含量增加25%,近地面气温可以增加 $0.5^{\circ}\text{C}\sim 2^{\circ}\text{C}$ 。如果增加100%,近地面温度可以增高 $1.5^{\circ}\text{C}\sim 6^{\circ}\text{C}$ 。有的专家认为,大气中的二氧化碳含量照现在的速度增加下去,若干年后会使得南北极的冰融化,导致全球的气候异常。

(四)对建筑物和文物古迹的影响

空气中的一次污染物如 SO_2 、 NO ,二次污染物如 SO_3 、 NO_2 、自由基、过氧化物(如 H_2O_2)、 O_3 等对金属制品、建筑物、桥梁等有氧化腐蚀作用,减少这些物品的使用寿命。此外,这些污染物也使车辆、衣物、家具等受到腐蚀损害。许多珍贵的古建筑、历史文化遗产被煤烟熏黑,使之面目全非。一些大理石的雕像,由于酸性污染及酸雨的侵蚀而出现千疮百孔,造成严重损失。一些碑刻受到腐蚀后,已难于辨认。因此,各国都面临空气污染而需要对文物古迹进行抢救性的保护。

第三节 我国空气质量监测发展与进程

一、空气质量监测的目的和意义

空气质量的好坏反映了空气污染程度,它是依据空气中污染物浓度的高低来判断的。空气污染是一个复杂的现象,在特定时间和地点空气污染物浓度受到许多因素影响。城市的发展密度、地形地貌和气象等是影响空气质量的重要因素,而来自固定和流动污染源的人为污染物排放大小更是影响空气质量的最主要因素之一,其中包括车辆、船舶、飞机的尾气、工业企业生产排放、居民生活和取暖、垃圾焚烧等。城市的发展密度、地形地貌和气象等也是影响空气质量的重要因素。随着工业及交通运输业的不断发展,大量的有害物质被排放到空气中,改变了空气的正常组成,使空气质量变坏。我们生活在受到污染的空气之中健康就会受到影响。

大气环境监测是对大气环境中污染物的浓度进行观察、分析其变化和对环境影响的测定过程。同时通过测定大气中污染物的种类及其浓度,观察其时空分布和变化规律。环境空气质量监测工作是所有环境大气科研工作的基础。

开展大气环境质量的监测的目的是监视和评价环境质量的状况和变化趋势,为政府和环境管理部门的环境决策和环境管理提供技术支持和依据,为社会与经济发展提供信息



服务,为人民群众的生活和身体健康提供服务。因此,积极开展好环境空气质量监测工作,意义深远,主要表现在以下几点:

1. 判断污染源造成的污染影响,确定控制和防治对策,评价防治措施的效果;
2. 判断空气质量是否符合国家制定的环境质量标准及了解当前的污染状况;
3. 对排放量大、危害影响严重的污染源进行控制监测,尤其在扩散不利的季节,防止污染事故的发生,为保证执行环保法,起着监督作用;
4. 收集环境空气背景及其趋势数据,由所积累的长期监测数据,结合流行病学调查,为保护人类健康、生态平衡,制定和修改环境标准提供可靠的科学依据;
5. 研究环境空气中污染物扩散的条件和传输规律,判断新污染源对环境空气质量的影响,为相应的主管部门提供决策参考,并为污染危险天气以及空气污染短期、长期预报,提供信息资料。

二、空气质量监测的发展和现状

1. 连续自动监测在常规监测中占主导地位

空气自动监测系统在国外城市空气污染的监测中十分普及,以物理和物理化学为原理的气相测量技术(干法)成为自动监测技术的主导方向。

长光程开放光路监测实用化程度提高,20世纪90年代中,美国EPA已将DOAS原理(长光程开放光路差分吸收光谱法)的监测仪器与在用的自动监测系统(干法)进行现场对比实验研究。欧洲也对有关生产商的DOAS测定系统进行操作性能测试,并与先用的常规监测方法进行对比研究。已有欧洲国家的城市将其用于空气例行监测,与我们通常所谓的干法在同一城市的监测网络中并存。其主要应用有:

- (1)背景监测:低污染水平的区域背景状况;
- (2)环境监督监测:城市区域长期趋势分析;
- (3)道路监测:快速测量交通污染;
- (4)机场监测:快速监测飞机引擎排放及其对环境的影响。

DOAS原理监测技术用于有毒物质的监测、交通环境空气污染及尾气排放的监测研究和应用实例已比较多。

无动力被动式采样技术简单、费用低。在有关国家和国际组织的相关技术文件和推荐方法中无动力被动式采样技术均占有重要地位。近几年来,扩散管式被动采样方法,技术越来越成熟,结果精密度高,受气象条件影响较低,应用越来越广泛。

2. 建立空气质量动态监测系统,信息交换网络化、自动化,开展空气污染实时控制

建立完善的运行良好的空气监测系统,发布空气污染警报,并进行污染预报是空气污染防治的要求,也是建立高效能空气监测网络的根本目的。美国、日本及欧洲等发达国家利用先进的监测手段和计算机网络交换数据,实时动态监测,开展污染预报,协调国家和地方环境主管部门采取措施削减、控制排放,防止、减少污染事件的发生。