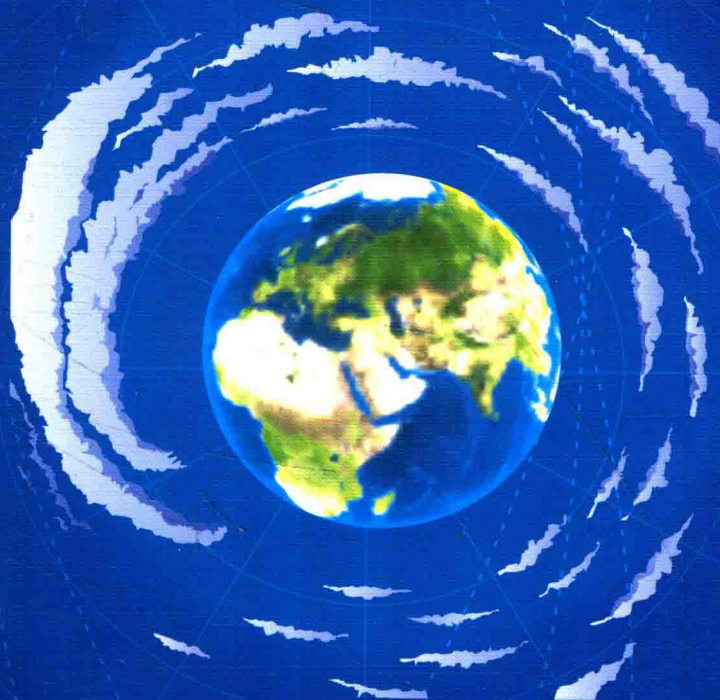


Study on Air Pollution Control and
Air Quality Management in World Cities

世界城市空气污染治理 与空气质量管理研究

刘春兰 关婧 李铮 王海华 编著



化学工业出版社

Study on Air Pollution Control and
Air Quality Management in World Cities

世界城市空气污染治理 与空气质量管理研究

刘春兰 关 婧 李 铮 王海华 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

《世界城市空气污染治理与空气质量管理研究》系统剖析了世界主要城市（伦敦、巴黎、米兰、纽约、洛杉矶、东京、首尔）的空气质量现状、过去几十年空气质量发展变化、空气污染治理历程、主要政策（措施）及效果，总结归纳了世界各国城市空气污染发展演变的普遍历程与规律，分析了世界各国城市空气质量管理的成功经验与做法，可以为目前中国乃至发展中国家空气污染治理和空气质量管理提供借鉴和参考。

《世界城市空气污染治理与空气质量管理研究》适合环境科学、环境管理、环境工程等专业的科研和教学人员阅读，可作为高等院校和科研院所相关专业的教学和科研参考，也可用作政府决策支持和公众科普。

图书在版编目（CIP）数据

世界城市空气污染治理与空气质量管理研究 / 刘春兰
等编著. —北京：化学工业出版社，2016.6

ISBN 978-7-122-26712-2

I. ①世… II. ①刘… III. ①城市空气污染—空气污
染控制—研究—世界 IV. ①X51

中国版本图书馆CIP数据核字（2016）第070780号

责任编辑：宋湘玲 王淑燕

装帧设计：王晓宇

责任校对：边涛

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011）

印 装：北京缤索印刷有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张10¼ 字数228千字 2016年7月北京第1版第1次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686）

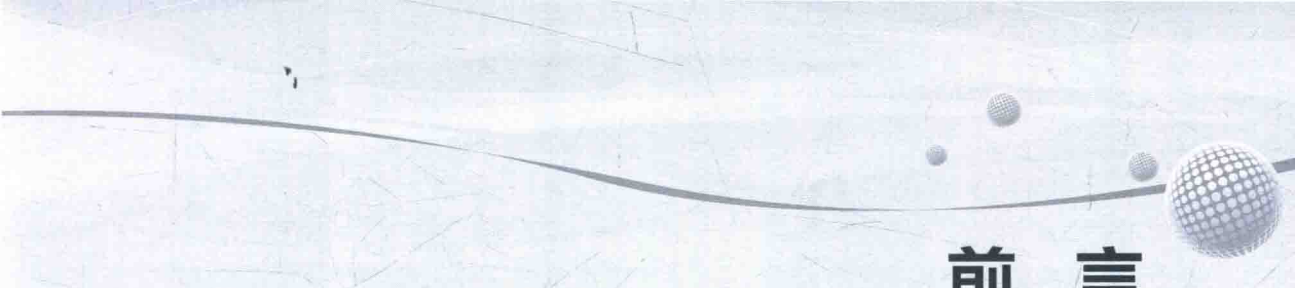
售后服务：010-64518899

网 址：<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：68.00元

版权所有 违者必究



前言

FOREWORD

2011年10月份,中国北京等大城市连续一个多月出现雾霾严重污染,空气污染问题引起国内外广泛关注,希望政府加强空气污染监测与治理成为社会舆论的焦点。2012年北京市人大十三届五次会议期间,由197位市人大代表联名提出了9件有关“治理空气污染,改善首都空气质量”的议案,治理空气污染成为重要的民生工程。刚刚过去的2015年11至12月两个月期间,中国大部分地区频繁出现严重雾霾天气,在此情况下,许多大城市空气重污染预警启动。空气污染成为影响中国环境可持续发展的主要问题。

然而,从全球范围来看,中国并不是唯一遭遇空气污染困扰的国家。世界空气污染发展演变历程与人类活动(特别是化石燃料燃烧)关系密切,与工业化、城市化进程同步发生和发展。伴随着人类不断对新的清洁能源的需求、探索和使用,空气污染的种类、形式也在不断发展和演变。世界空气污染的发展历程相近,经历了煤烟型、石油型(机动车污染)、区域复合型污染几个阶段。

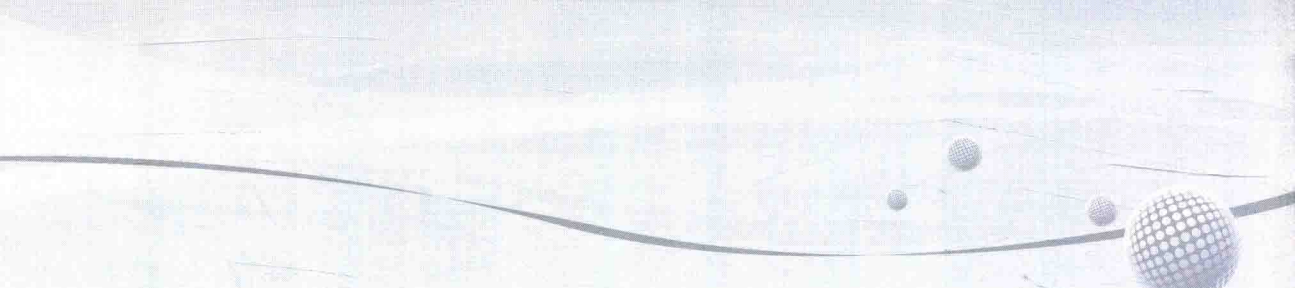
大城市空气污染防治是一个世界性的难题。世界大城市,特别是发达国家大城市从20世纪30年代开始经历空气污染到现在,经历了先污染、后治理,先破坏、后恢复的过程,付出了惨痛的代价。过去几十年来,世界各国大城市普遍针对空气污染开展了治理工作,治理重点从工业污染源等固定源逐步过渡到交通源等流动污染源,空气质量管理的手段由简单限制措施、末端污染治理过渡到空气质量目标管理和风险控制阶段。世界各国大城市空气污染治理在经历了一个漫长艰苦历程后,取得了一定的治理效果。

与国外城市相比,中国大城市面临的局面要更加复杂,庞大的人口数量、快速的城市化进程、复杂的燃料结构以及高密度的产业集聚,产生了更为复杂的污染物与更为严重的空气污染,给空气污染治理工作提出了巨大的挑战。

本书写作的出发点是梳理世界空气污染发展演变的普遍历程与规律,分析各国大城市空气污染治理过程,期望通过总结归纳典型世界城市空气污染治理和空气质量管理的成功经验,为中国乃至发展中国家大城市空气污染治理与空气质量管理提供一定的借鉴和参考。

本书编写团队由奋斗在环境保护一线的北京市环境保护科学研究院、科技部国家城市环境污染控制工程技术研究中心的科研骨干组成,在长期科研工作过程中,我们与国际环保组织、世界主要大城市环保部门建立了良好的沟通渠道,开展了多个空气质量管理相关的合作项目,为本书的撰写奠定了坚实的基础。但由于时间紧迫以及水平有限,故难免有不妥之处,祈望读者不吝珠玉,慷慨赐教。

编著者
2016年6月



目 录

CONTENTS

第1章 绪论	1
1.1 基本概念	1
1.1.1 空气污染	1
1.1.2 空气污染源	2
1.1.3 空气污染评价指标	2
1.1.4 空气污染的危害	3
1.2 本书主要内容与研究方法	4
第2章 世界主要大城市空气污染发展演变的历程与规律	7
2.1 第一阶段：“煤烟型”污染阶段	7
2.2 第二阶段：“石油型”污染（或机动车污染）阶段	7
2.3 第三阶段：区域性、复合污染阶段	8
第3章 世界各国大城市空气污染治理历程	9
3.1 世界各国大城市空气污染治理历程	9
3.1.1 限制阶段	9
3.1.2 技术进步、能源结构转化以及末端污染治理阶段	9
3.1.3 立法加速治理空气污染的各项计划阶段	10
3.1.4 空气质量目标管理阶段	11
3.2 典型国家和地区空气质量管理相关政策、法规和标准	11
3.2.1 欧盟	11
3.2.2 美国	15
3.2.3 亚洲	22
3.3 典型国家和地区空气质量标准及其演变	25
3.3.1 美国空气质量标准及其演变	25

3.3.2 世界不同国家、地区和组织颗粒物标准和过渡期行动目标	26
---------------------------------------	----

第4章 典型国家和地区空气质量监测站点的布设和数量	29
---------------------------	----

4.1 欧盟	29
4.1.1 布设位置要求	29
4.1.2 最低监测站布设数量	30
4.1.3 伦敦空气质量监测站点分布	31
4.1.4 巴黎空气质量监测站点分布	34
4.1.5 米兰空气质量监测站点分布	36
4.2 美国	37
4.2.1 布设位置要求	37
4.2.2 最低监测站布设数量	38
4.2.3 纽约空气质量监测站点分布	39
4.2.4 洛杉矶空气质量监测站点分布	42

第5章 世界主要大城市空气质量变化趋势	44
---------------------	----

5.1 数据采集与分析说明	44
5.2 欧盟典型城市	45
5.2.1 伦敦	45
5.2.2 巴黎	56
5.2.3 米兰	67
5.3 美国典型城市	80
5.3.1 纽约	80
5.3.2 洛杉矶	95
5.4 亚洲典型城市	109
5.4.1 东京	109
5.4.2 首尔	119
5.5 世界城市空气质量对比	128
5.5.1 城市基本情况对比	128
5.5.2 排放源构成对比	133
5.5.3 空气质量对比	136

第6章 发达国家大城市空气污染治理与空气质量管理先进经验分析	140
--------------------------------	-----

6.1 制定中长期治理规划, 指引空气污染防治工作	140
6.1.1 前瞻性: 在长期发展的大背景下确定空气污染治理中长期目标 ..	141

6.1.2	操作性：将空气污染治理总体目标逐步分解，措施具体、明确 …	141
6.1.3	灵活性：定期推出规划实施情况报告，并不断修订 ……	141
6.2	利用法律和经济双重手段，控制空气污染 ……	142
6.2.1	完善的法律法规、标准体系以及地方性与全国性法规紧密结合 …	142
6.2.2	注重引入市场机制约束排污行为 ……	142
6.3	转变发展方式，实现经济发展和环境保护的双赢 ……	143
6.3.1	优化产业结构和布局 ……	143
6.3.2	改变能源消耗结构，加大清洁能源的使用力度 ……	143
6.3.3	提高建筑物能效水平 ……	143
6.3.4	发展公交导向型城市交通，降低燃油消耗和减少汽车尾气排放 …	144
6.4	制定区域污染联防联控政策，实现全区域综合治理 ……	144
6.5	注重科学研究，为空气污染综合治理策略的制定奠定科学基础 ……	145
6.6	提高城市绿化率，强化生态改善空气质量的功能 ……	146
6.7	加强宣传教育，引导全社会力量参与空气污染治理 ……	147

图目录

CONTENTS

图1-1	本书分析的主要城市分布图	5
图1-2	世界各国大城市空气污染治理与空气质量管理研究技术路线图	6
图4-1	欧盟高、低评估限值确定方法	30
图4-2	欧盟最低污染物监测站布设数量	31
图4-3	伦敦空气质量监测站布设情况	32
图4-4	伦敦NO ₂ 监测站布设情况	32
图4-5	伦敦PM ₁₀ 监测站布设情况	32
图4-6	伦敦PM _{2.5} 监测站布设情况	33
图4-7	伦敦O ₃ 监测站布设情况	33
图4-8	伦敦SO ₂ 监测站布设情况	33
图4-9	伦敦PM _{2.5} 不同类型监测站分布情况	34
图4-10	美国PM _{2.5} 监测点布设情况	39
图4-11	纽约市纽约郡空气质量监测站点布设位置图	39
图4-12	纽约市布朗克斯郡空气质量监测站点布设位置图	40
图4-13	纽约市国王郡空气质量监测站点布设位置图	40
图4-14	纽约市皇后郡空气质量监测站点布设位置图	41
图4-15	纽约市里奇蒙郡空气质量监测站点布设位置图	41
图4-16	纽约市手动PM _{2.5} 监测站布设位置图	42
图5-1	1997~2008年伦敦市人口变化趋势图	46
图5-2	伦敦市1997~2008年人均城市生产总值变化趋势图	46
图5-3	伦敦市2000年和2008年能源消费结构对比图	46
图5-4	2008年伦敦市分部门能源消费比重图	47
图5-5	2003年伦敦市NO _x 、PM ₁₀ 、VOC和SO ₂ 排放源构成图	48

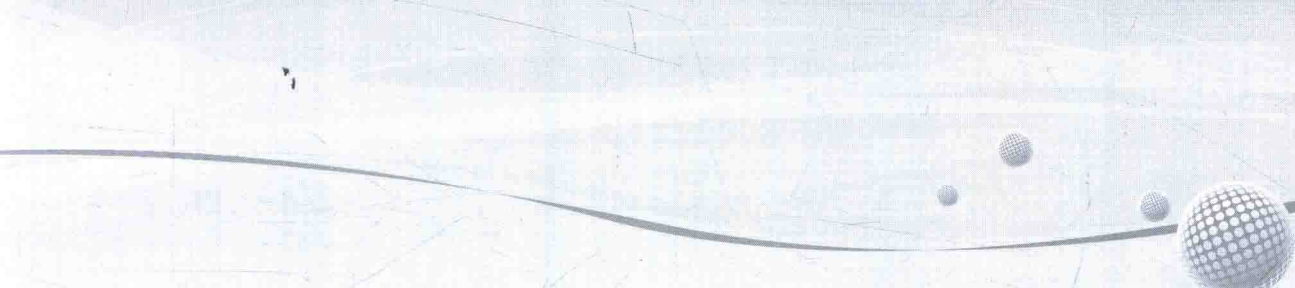
图5-6	伦敦市1997年和2008年出行方式构成图	48
图5-7	伦敦市日出行量变化趋势图	49
图5-8	伦敦市1997~2008年期间不同阶段所采取环境保护措施、效果以及NO _x 浓度 变化趋势图	50
图5-9	伦敦市1997~2008年期间不同阶段所采取环境保护措施、效果以及NO ₂ 浓度 变化趋势图	51
图5-10	伦敦市1997~2008年期间不同阶段所采取环境保护措施、效果以及PM ₁₀ 浓度 变化趋势图	52
图5-11	伦敦市1997~2008年期间采取环境保护措施、效果以及SO ₂ 浓度 变化趋势图	53
图5-12	伦敦市1997~2008年期间采取环境保护措施、效果以及O ₃ 浓度变化趋势图 ..	54
图5-13	伦敦市1950~2000年能源消耗变化图	55
图5-14	伦敦市烟尘和二氧化硫平均浓度变化图	55
图5-15	巴黎和法兰西岛人口变化趋势图	57
图5-16	巴黎和法兰西岛人均城市生产总值变化趋势图	57
图5-17	巴黎1990年和2009年能源消费结构对比图	57
图5-18	1990年和2009年巴黎分部门能源消费比重图	58
图5-19	2008年法兰西岛NO _x 排放源构成图	58
图5-20	2008年法兰西岛PM ₁₀ 排放源构成图	59
图5-21	2008年法兰西岛PM _{2.5} 排放源构成图	59
图5-22	2008年法兰西岛SO ₂ 排放源构成图	59
图5-23	2008年法兰西岛VOC排放源构成图	60
图5-24	巴黎中心区2001年和2008年出行方式构成图	60
图5-25	巴黎市郊区2001年和2008年出行方式构成图	61
图5-26	法兰西岛年出行量变化趋势图	61
图5-27	巴黎机动车注册量变化趋势图	62
图5-28	巴黎机动车使用燃料变化图	62
图5-29	巴黎市1992~2010年期间不同阶段所采取环境保护措施、效果以及NO ₂ 浓度 变化趋势图	63
图5-30	巴黎市2000~2010年期间采取环境保护措施、效果以及PM ₁₀ 和PM _{2.5} 浓度变 化趋势图	64
图5-31	巴黎市1992~2010年期间采取环境保护措施、效果以及SO ₂ 浓度变化趋势图	65

图5-32	巴黎市1993~2010年期间不同阶段采取环境保护措施、效果以及O ₃ 浓度变化趋势图	66
图5-33	米兰人口变化趋势图	68
图5-34	米兰1995~2007年人均城市生产总值变化趋势图	68
图5-35	米兰2005年能源消费结构和分部门能源消费比重图	69
图5-36	米兰集中供暖区域图	69
图5-37	2003年和2007年米兰NO _x 排放源构成图	70
图5-38	2003年和2007年米兰VOC排放源构成图	70
图5-39	2003年和2007年米兰PM ₁₀ 排放源构成图	71
图5-40	2003年和2007年米兰SO ₂ 排放源构成图	71
图5-41	米兰私家车数量变化趋势图	72
图5-42	米兰每人每年公交出行距离变化趋势图	72
图5-43	米兰公共交通网络比重变化图	72
图5-44	米兰公交密度变化趋势图	73
图5-45	米兰地铁密度变化趋势图	73
图5-46	米兰市1988~2006年期间不同阶段所采取环境保护措施、效果以及NO _x 浓度变化趋势图	74
图5-47	米兰市1988~2007年期间不同阶段所采取环境保护措施、效果以及NO ₂ 浓度变化趋势图	75
图5-48	米兰市1989~2010年期间不同阶段所采取环境保护措施、效果以及TSP和PM ₁₀ 浓度变化趋势图	76
图5-49	米兰市1988~2007年期间不同阶段所采取环境保护措施、效果以及SO ₂ 浓度变化趋势图	77
图5-50	米兰市1988~2008年期间不同阶段所采取环境保护措施、效果以及O ₃ 浓度变化趋势图	78
图5-51	米兰市1997~2006年期间O ₃ 浓度超标天数变化趋势图	79
图5-52	纽约市人口变化趋势图	81
图5-53	纽约市人均城市生产总值变化趋势图	81
图5-54	纽约市1990年和2010年能源消费结构对比图	82
图5-55	2008年纽约市分部门能源消费比重图	82
图5-56	2008年纽约市NO _x 、SO ₂ 、PM ₁₀ 、PM _{2.5} 和VOC排放源构成图	83
图5-57	纽约市交通容量及日均乘客量变化趋势图	84

图5-58	纽约市2009年交通出行方式构成图	84
图5-59	纽约市1990~2008年期间自行车使用量变化图	84
图5-60	纽约市2009年各区上班族交通构成图	86
图5-61	纽约市1988~2010年期间不同阶段所采取环境保护措施、效果以及NO _x 浓度 变化趋势图	87
图5-62	纽约市1990~2010年期间采取环境保护措施、效果以及NO ₂ 浓度 变化趋势图	88
图5-63	纽约市1990~2010年期间采取环境保护措施、效果以及纽约—新泽西— 宾夕法尼亚的PM ₁₀ 年第二大24小时平均浓度变化趋势图	89
图5-64	纽约市1999~2010年期间采取环境保护措施、效果以及纽约—新泽西— 宾夕法尼亚的PM _{2.5} 每季度测量年平均浓度变化趋势图	90
图5-65	纽约市1990~2007年期间不同阶段所采取环境保护措施、效果以及SO ₂ 浓度 变化趋势图	91
图5-66	纽约市1990~2010年期间所采取环境保护措施、效果以及纽约—新泽西— 宾夕法尼亚SO ₂ 的1小时平均浓度变化趋势图	92
图5-67	纽约市1990~2010年期间所采取环境保护措施、效果以及臭氧年第四大 8小时平均浓度变化趋势图	93
图5-68	纽约市1990~2010年臭氧浓度影响因素及纽约—新泽西—宾夕法尼亚臭氧 年第四大8小时平均浓度变化趋势图	94
图5-69	洛杉矶市人口变化趋势图	96
图5-70	洛杉矶市人均城市生产总值变化趋势图	96
图5-71	1990年和2010年加利福尼亚能源消费构成图	97
图5-72	2008年洛杉矶市NO _x 、SO ₂ 、PM ₁₀ 、PM _{2.5} 和VOC排放源构成图	98
图5-73	2009年洛杉矶市出行方式构成图	99
图5-74	2009~2012年洛杉矶日公共交通工具乘客数变化趋势图	99
图5-75	1989~2009年洛杉矶城市快轨长度变化趋势图	100
图5-76	洛杉矶市1990~2010年期间不同阶段所采取环境保护措施、效果以及NO _x 浓度变化趋势图	101
图5-77	洛杉矶市1990~2010年期间采取环境保护措施的效果以及洛杉矶—长滩— 圣安娜NO ₂ 浓度变化趋势图	102
图5-78	洛杉矶市1990~2010年期间采取环境保护措施的效果以及洛杉矶—长滩— 圣安娜PM ₁₀ 浓度变化趋势图	103

图5-79	洛杉矶市1990~2010年期间采取环境保护措施的效果以及洛杉矶—长滩—圣安娜PM _{2.5} 浓度变化趋势图	104
图5-80	洛杉矶市1990~2010年期间采取环境保护措施的效果以及SO ₂ 浓度变化趋势图	105
图5-81	洛杉矶市1990~2010年期间采取环境保护措施的效果以及洛杉矶—长滩—圣安娜1小时平均SO ₂ 浓度变化趋势图	106
图5-82	洛杉矶市1990~2010年期间采取环境保护措施的效果以及洛杉矶—长滩—圣安娜O ₃ 年第四大8小时平均值变化趋势图	107
图5-83	洛杉矶市1990~2010年臭氧浓度影响因素及洛杉矶—长滩—圣安娜O ₃ 年第四大8小时平均值和NO ₂ 年平均浓度和温度变化趋势图	108
图5-84	东京都人口变化趋势图	110
图5-85	东京都城市生产总值变化趋势图	110
图5-86	东京1990年和2005年能源消费结构对比	111
图5-87	1990年和2005年东京分部门能源消费比重图	111
图5-88	2000年和2005年东京NO _x 排放源构成图	112
图5-89	2000年和2005年东京PM ₁₀ 排放源构成图	112
图5-90	1998年和2008年东京的交通方式构成图	113
图5-91	1960~2005年东京私家车数量变化趋势图	113
图5-92	东京每千居民汽车拥有量变化趋势图	113
图5-93	东京市1978~2008年期间不同阶段所采取环境保护措施、效果以及NO _x 浓度变化趋势图	114
图5-94	东京市1966~2009年期间不同阶段所采取环境保护措施、效果以及TSP浓度变化趋势图	115
图5-95	东京市1966~2009年期间不同阶段所采取环境保护措施、效果以及SO ₂ 浓度变化趋势图	116
图5-96	东京市1998~2009年臭氧浓度影响因素及O ₃ 浓度变化趋势图	117
图5-97	东京市1977~2007年期间O ₃ 浓度超标天数变化趋势图	118
图5-98	1997~2008年首尔人口变化趋势图	120
图5-99	1985~2009年首尔城市生产总值变化趋势图	120
图5-100	首尔能源消费量变化趋势图	121
图5-101	首尔2009年能源消费结构和能源消费部门构成图	121
图5-102	首尔机动车和私家车数量变化趋势图	121

图5-103	首尔地铁里程数变化趋势图	122
图5-104	2005年首尔交通出行构成图	122
图5-105	东京市1993~2009年期间不同阶段所采取环境保护措施、效果以及NO ₂ 浓度变化趋势图	123
图5-106	首尔市1996~2009年期间不同阶段所采取环境保护措施、效果以及PM ₁₀ 浓度变化趋势图	124
图5-107	首尔市1993~2009年期间不同阶段所采取环境保护措施、效果以及SO ₂ 浓度变化趋势图	125
图5-108	首尔市1993~2009年臭氧浓度影响因素及O ₃ 和NO ₂ 年平均浓度和温度变化趋势图	126
图5-109	首尔O ₃ 浓度平均值和最大值年趋势图	127
图5-110	首尔O ₃ 浓度年最大浓度和平均温度趋势图	127
图5-111	主要世界城市图例	128
图5-112	世界城市人口图	129
图5-113	世界城市人口密度图	129
图5-114	世界城市人均生产总值图	130
图5-115	世界城市人均机动车数量图	130
图5-116	世界城市私人交通使用图	131
图5-117	世界城市车辆密度图	131
图5-118	世界城市能源消费构成	132
图5-119	世界城市NO _x 排放构成图	134
图5-120	世界城市TSP/PM ₁₀ 排放源构成图	134
图5-121	世界城市PM _{2.5} 排放源构成图	134
图5-122	世界城市SO ₂ 排放源构成图	135
图5-123	世界城市CO排放源构成图	135
图5-124	世界城市VOC排放源构成图	135
图5-125	世界城市NO ₂ 年均浓度趋势图	136
图5-126	世界城市PM ₁₀ 年均浓度趋势图	137
图5-127	世界城市PM _{2.5} 年均浓度趋势图	138
图5-128	世界城市SO ₂ 年均浓度趋势图	139
图5-129	世界城市O ₃ 年均浓度趋势图	139



表目录

CONTENTS

表3-1	欧盟机动车排放标准	12
表3-2	低排放机动车排放标准	18
表3-3	不同等级低排放车辆的排放新标准	18
表3-4	韩国机动车尾气排放标准	23
表3-5	美国环境空气质量标准演变	25
表3-6	WHO关于PM ₁₀ (PM _{2.5}) 的目标值和指导值	27
表3-7	欧盟现行颗粒物大气环境质量标准	27
表3-8	中国现行颗粒物环境空气质量标准	28
表3-9	不同国家、地区和组织PM _{2.5} 的标准或行动值对比	28
表4-1	欧盟不同区域常设监测站类型	29
表4-2	欧盟对PM最低监测站布设数量要求	31
表4-3	法兰西岛空气质量监测站信息	34
表4-4	米兰省及米兰市空气质量监测站信息	36
表4-5	美国空气质量监测中不同污染物监测站布局的空间尺度	38
表4-6	美国PM ₁₀ 最少监测站布设数量	38
表4-7	美国PM _{2.5} 最少监测站布设数量	38
表4-8	纽约市手动PM _{2.5} 监测站具体信息	42
表4-9	大都市统计区 (MSA) 监测站要求布设数量及实际布设数量	43
表4-10	洛杉矶污染物监测站信息	43
表5-1	东京地铁建设历程	112
表5-2	世界城市空气污染治理主要政策和行动	132

第1章

绪论

1.1 基本概念

1.1.1 空气污染

空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组成的混合物。标准状态下干燥空气的成分（按体积计算）：氮气占 78.08%，氧气占 20.94%，稀有气体占 0.93%，二氧化碳占 0.03%，其他气体及杂质约占 0.02%。

引起大气成分变化的因素有自然因素和人为因素。火山爆发时有大量的粉尘和二氧化碳等气体喷射到大气中，造成该地区烟雾弥漫，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等。一般来说，这些自然因素是局部的，短时间的。人为因素（工业废气、生活燃煤、汽车尾气、核爆炸等）被认为是导致大气成分变化的主要因素，尤其是工业生产和交通运输。

空气污染过程由污染源排放、大气传播、人与物受害这三个环节所构成。影响空气污染范围和强度的因素有污染物的性质（物理的和化学的），污染源的性质（源强、源高、源内温度、排气速率等），气象条件（风向、风速、温度层结等）和地表性质（地形起伏、粗糙度、地面覆盖物等）。随着现代工业和交通运输的发展，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的变化。当大气正常成分之外的物质达到对人类健康、动植物生长以及气象气候产生危害的时候，就说明大气受到了污染。

按照国际标准化组织（ISO）的定义，空气污染（又称为大气污染）通常是指由于人类活动或自然过程引起某些物质进入大气中，呈现出足够的浓度，达到足够的时间，并因此危害了人类的舒适、健康和福利或环境的现象。换言之，只要是某一种物质其存在的量、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；而其存在造成之现象，就是空气污染。

1.1.2 空气污染源

如前文所述,导致空气污染的源有自然源和人为源。火山爆发、雷电等自然源往往局部的、短时间的,而且是难以人为控制的。人为源被认为是导致空气污染的主要因素,也是空气污染治理的重点。

人为空气污染源主要有以下几个方面。

(1) 工业

工业生产是空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、硫氧化物、氮氧化物、有机化合物、卤化物、碳化合物等。

(2) 生活炉灶与采暖锅炉

大量民用生活炉灶和采暖锅炉需要消耗大量煤炭,煤炭在燃烧过程中会释放大量的灰尘、二氧化硫、一氧化碳等有害物质污染大气。特别是在冬季采暖季,生活炉灶与采暖锅炉是最主要的空气污染源。

(3) 交通运输

汽车、火车、飞机、轮船是当代的主要运输工具,它们以煤或石油为燃料,产生的废气也是重要的污染物。特别是城市中的机动车,量大而集中,是大城市空气的主要污染源之一。机动车排放的尾气主要有一氧化碳、二氧化硫、氮氧化物和碳氢化合物等。

1.1.3 空气污染评价指标

到目前为止,已知的空气污染物约有 100 多种。基于对人体健康的关注,世界卫生组织(WHO)1987 年首次提出了针对欧洲的《空气质量准则》,随后经过修订,于 2005 年发布了全球适用的《世界卫生组织空气质量准则》。根据目前可以获得的有关这些污染物影响健康的新证据以及他们在 WHO 各个区域目前和今后空气污染对健康的影响方面的相对重要性,《世界卫生组织空气质量准则》对空气污染评价的主要污染物包括颗粒物(PM)、臭氧(O_3)、二氧化氮(NO_2)和二氧化硫(SO_2)四项主要指标。本书中对世界城市空气质量现状及发展演变的调研也围绕这四项指标展开。

颗粒物(PM):颗粒物是悬浮在空气中,以凝聚相(液体或固体)形式存在的离散粒子。颗粒物的粒径分布跨越 5 个数量级,其范围从 $0.001\mu m$ (微米)到 $100\mu m$,即从 $1nm$ 到 $0.1mm$ 。世界卫生组织的研究结果表明:颗粒物健康危害效应主要是由于可吸入颗粒物(PM_{10})引起。因此,许多流行病学研究采用 PM_{10} 作为人群暴露的指示性颗粒物。 PM_{10} 代表了可进入人体呼吸道的颗粒物,包括两种粒径,即粗颗粒物(粒径在 $2.5 \sim 10\mu m$)和细颗粒物(粒径小于 $2.5\mu m$, $PM_{2.5}$)。前者主要产生于机械过程,如建筑活动,道路扬尘和风;后者主要来源于燃料燃烧。

世界卫生组织的研究结果表明:颗粒物对健康的影响是多方面的,但主要影响呼吸系统和心血管系统。

臭氧 (O_3): 臭氧是氧的同素异形体, 在常温下, 是一种有特殊臭味的蓝色气体, 微溶于水, 易溶于四氯化碳或碳氟化合物。与高层大气臭氧层不同的是, 地面的臭氧是光化学烟雾的一个主要组成部分, 是由诸如车辆和工业释放出的氮氧化物 (NO_x) 等污染物以及由机动车、溶剂和工业释放的挥发性有机化合物 (VOCs) 与阳光反应而形成。

世界卫生组织的研究报告表明: 高浓度的臭氧暴露可导致呼吸系统问题引发哮喘、降低肺功能引起肺部疾病。

二氧化氮 (NO_2): 二氧化氮是一种棕红色、高度活性的气态物质, 密度 1.491kg/m^3 , 熔点 -9.3°C , 能溶于水, 是一种强氧化剂。二氧化氮在臭氧的形成过程中起着重要作用。人为释放二氧化氮的主要来源是燃烧过程 (供热、发电以及机动车和船舶的发动机), 大气核试验也是二氧化氮的一个来源。

二氧化氮的危害主要是损害呼吸系统。世界卫生组织的研究报告表明: 动物和人体短期暴露在 NO_2 浓度超过 $200\mu\text{g/m}^3$ 时, 会产生急性健康效应 (哮喘患者支气管反应性增加); 长期暴露高于室外浓度的 NO_2 时也会引起健康危害 (支气管相关症状及影响肺功能)。

二氧化硫 (SO_2): 二氧化硫是一种无色气体, 带有刺鼻的气味。它源自矿物燃料 (煤和石油) 的燃烧以及对含硫黄矿物的冶炼。人为释放二氧化硫的主要来源为家庭取暖、发电和机动车燃烧含有硫黄的矿物燃料。

二氧化硫易溶于人体的体液和其他黏液中, 长期作用会导致多种疾病, 如上呼吸道感染、慢性支气管炎、肺气肿等, 危害人体健康。世界卫生组织的研究报告表明: SO_2 短期暴露会诱发一定程度的肺功能和呼吸道症状的改变。长期暴露 (大于 24 小时) 会导致死亡率、发病率升高以及肺功能改变。

1.1.4 空气污染的危害

空气污染的危害主要有以下几个方面。

(1) 危害人体健康

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。空气污染物对人体的危害是多方面的, 主要表现是造成呼吸道疾病与生理机能障碍, 以及使眼鼻等黏膜组织受到刺激而患病。

空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。即使大气中污染物浓度不高, 但人体成年累月呼吸污染了的空气, 也会引起慢性支气管炎、支气管哮喘、肺气肿及肺癌等疾病。

(2) 危害植物生长

空气中的污染物, 尤其是二氧化硫、氟化物等污染物浓度很高时, 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。