

国外名校名著

Mc
Graw
Hill

Education

大气污染控制工程

Air Pollution Control Engineering

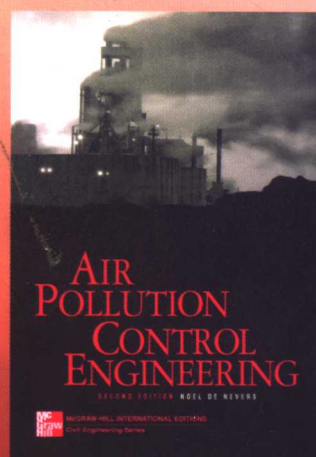
(原著第二版)

Second Edition

[美]诺埃尔·德·内韦尔 著

Noel de Nevers

胡敏 谢绍东 等译



Mc
Graw
Hill



化学工业出版社

国外名校名著

大气污染控制工程

(原著第二版)

[美] 诺埃尔·德·内韦尔 著
胡敏 谢绍东 等译



化学工业出版社

· 北京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

大气污染控制工程/[美]内韦尔 (Nevers, N.) 著; 胡敏, 谢绍东等译. —北京: 化学工业出版社, 2005. 5

(国外名校名著)

书名原文: Air Pollution Control Engineering, Second Edition

ISBN 7-5025-6545-0

I. 大… II. ①内…②胡…③谢… III. 空气污染控制 IV. X510.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 046030 号

Air Pollution Control Engineering, Second Edition/by Noel de Nevers

ISBN 0-07-039367-2

Copyright ©2000, 1995 by The McGraw-Hill Companies, Inc.

Original language published by the McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or distributed in any form or by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

Simplified Chinese translation edition jointly published by Chemical Industry Press and McGraw-Hill Education (Asia) Co.

本书中文简体字翻译版由化学工业出版社和美国麦格劳-希尔教育 (亚洲) 出版公司合作出版。未经出版者预先书面许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

本书封面贴有 McGraw-Hill 公司防伪标签, 无标签者不得销售。

北京市版权局著作权合同登记号: 01-2002-0171

国外名校名著
大气污染控制工程

(原著第二版)

[美] 诺埃尔·德·内韦尔 著

胡敏 谢绍东 等译

责任编辑: 徐世峰 满悦芝

文字编辑: 荣世芳

责任校对: 蒋宇

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社出版发行

(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

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 26¼ 字数 645 千字

2005 年 7 月第 1 版 2005 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6545-0/G·1671

定 价: 49.00 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

译者的话

资源与环境是人类赖以生存、繁衍和发展的基本条件，地球是人类共同家园。而资源短缺、环境污染和生态恶化，已经成为人类普遍关注的全球性问题。随着现代工业生产的迅速发展，对环境污染的有效控制已经越来越重要和紧迫了。保护人类生存环境，实施可持续发展战略，是 21 世纪国际社会“环境与发展”和“和平与发展”两个同等重要的主题内容之一。近几十年来，世界环境科学发展十分迅速，环境保护的国际合作和协同行动日益加强。随着我国经济的高速发展，我国的环境保护事业也得到了长足发展，从事环境保护的队伍也与日俱增，同时，对我国的环境教育事业也提出了更高的要求。

与国外合作，积极引进国外优秀教材是缩小我国高等教育事业与国际前沿差距的有效途径之一。为了适应我国环境保护事业的发展和环境保护教学的需要，全面推进素质教育，化学工业出版社积极探索，提出我国环境教育要与世界先进国家接轨的新思路。为此，他们及时启动了引进国外名校名著教材的工程。

化学工业出版社通过国外出版研究机构调查研究了国外著名的高等学校，搜集了一批适合我国教学课程设置的国外优秀经典教材。他们还组织国内各个重点院校的专家学者评审拟定的国外教材，然后决定是否引进，本书即是“国外名校名著”环境科学与工程系列教材之一。本书内容深入浅出，注重大气污染控制的基本概念和原理，并配有大量习题，是一本非常有价值的参考书。原著采用了过去习惯使用的或专业性强的非 SI 单位以及美国通用单位，考虑原著需要和使用上的方便，译本未按中华人民共和国法定计量单位统一。

参加本书翻译的人员有胡敏、谢绍东、朱先磊、梁宝生、刘兆荣、王雪松、刘玲莉、吴志军、马奇菊、赵云良、田旭东、张静、齐丽、侯敏等。限于译者专业水平，加之时间仓促，译文中错误和不足之处在所难免，恳请同行大力斧正！

译者

2005 年 3 月 于燕园

作者简介

Noel de Nevers (诺埃尔·德·内韦尔), 1954年在斯坦福大学获学士学位, 于1956年和1959年在密歇根大学获硕士和博士学位, 所学专业均为化学工程。

1958~1963年, 他在现在叫做Chevron石油公司的研究机构工作, 从事化学工艺开发、化学和精炼工艺设计及石油的二次利用等方面的研究。1963年至今, 他一直在犹他大学化学与燃料工程系任教。

他还曾在爱达荷州 (Idaho) 爱达荷福尔斯市 (Idaho Falls) 的国家反应测试站做原子能方面的工作; 在华盛顿特区美国军事哈里钻石实验室 (U. S. Army Harry Diamond Laboratory) 进行过关于武器的研究; 也曾在北卡罗来纳州达拉默市 (Durham, NC) 美国国家环保局大气项目办公室从事大气污染方面的研究工作。

他于1954~1955年获得富布莱特基金资助, 在德国卡尔斯鲁厄工业大学的化学工程系学习; 1974年夏天在哥伦比亚的Universidad del Valle做富布莱特基金大气污染方面的讲师。1996年秋天他在乌拉圭Universidad de la República和阿根廷的Universidad Nacional Mar del Plata讲授大气污染课程。

1972~1984年, Noel de Nevers为犹他州大气保护委员会 (州立大气污染控制委员会) 的成员, 并在1982~1984年间担任该委员会主席。1986年他在犹他州政府能见度保护市民咨询特别小组工作, 1988年在犹他州立法机构危险废物的特别小组工作, 1989~1990年在犹他州政府清洁空气委员会和西部州政府大峡谷能见度变化委员会市民咨询部工作。

他的研究领域和发表文章的范围主要是流体力学、热动力学、大气污染、科技和社会、能源和能源政策以及爆炸和火灾。大气污染、爆破和火灾问题是他的主要研究领域。

1991年他编写的教科书《化学工程师的流体力学》第2版由McGraw-Hill出版社出版。

1993年, 他在《化学工程教育》上发表的“*Product in the Way*” Processes一文获得美国工程师教育协会化学工程方向最佳论文Corcoran奖。

此外, 他有三条认真工作的“de Nevers's 法则”被收录在最新编辑的“墨菲法则”中, 并且在1983年盐湖城年度果冻-O色拉 (Jell-o Salad) 节上赢得了果冻-O色拉诗人桂冠 (Poet Laureate of Jell-O Salad) 的称号。

前 言

本书是为全面了解大气污染控制工程的高年级本科生和研究生编写的，对于从事大气污染控制的专业工程师来说也是一本有价值的参考书（也许他们会认为本书中的处理方法与他们个人的经验相比过于简单、不够详尽。不过，他们同样也会在本书中找到一些对他们有用的知识）。

书中约一半的内容是关于控制装置、控制理论和实践的。另一半选择一些主题介绍与这些装置有关的背景知识，如大气污染的影响、美国《大气污染法》的构架、大气模型等。这些主题与装置的选择和设计密切相关，这是它们被纳入本书的原因。

我试图使这本书简单明了，这样，有经验的工程师不需要任何帮助就能读懂本书的各章节；我也试图在化学计量学、热力学、流体力学、热传递、质量传递和反应动力学等基础化学工程原理方面介绍得尽可能完善，这样，化学工程专业高年级学生可以将已经学到的知识应用到该领域中。我也尽可能使得感兴趣的化学工程专业教师不必咨询有大气污染控制工程背景的老师就可以用本书（和解答手册）讲授高年级的课程。书中化学知识相当于大学化学一年级的水平，与听我讲课的机械和土木工程专业的学生的化学背景相当。

我遵从于两条教师的格言：“讲课的三个规律——从不知到知^①，从简到繁，一次一步”和“如果你不明白某件事至少两个方法，你就真的没有弄清楚。”与大多数作者相比，我用更多的篇幅和精力确定相关量化的数值。我相信学生应该加强对多大、多快、多热、多少等量的概念的理解。

书中许多地方提到的处理都很简单，复杂处理的概述或讨论放在问题中，鼓励学生至少阅读所有的问题，了解有关更复杂和完整处理的描述或出处。书中的许多地方也扩展了大气污染以外的应用和大气污染以外的问题，如一些不是直接应用于大气污染控制的技术是为了增添技术问题的趣味性。我这样做的原因是因为我相信它可以帮助学生架起与他们个人经验相通的桥梁。通过这种沟通方式，学生将从本书中学到的新信息融会到他已有的知识越多，他们越能够掌握并应用这些知识。

我将非常感谢读者帮助我指出印刷错误、不正确的公式编号、不正确的图例编号或任何简单的错误。这些错误将在后续的编辑或印刷中纠正。在第二版我曾试图更新随时间变化了的部分（如法规、大气变化趋势、控制技术 etc），为此，加入更多的例子和问题，为回应读者的建议，我对一些主题也做了重新组织。我感谢指出第一版中存在的错误或解释不清等问题的学生、教师及所有的人。那些在私下委婉批评你的人才是你的朋友。

Noel de Nevers

① 此处译为“从不知到知”，但原著为“from the known to the unknown”。——编者注

目 录

第 1 章 大气污染控制简介	1
1.1 美国的部分大气污染控制史	1
1.2 为什么在 1969~1970 年间人们对大气污染的兴趣突然增加.....	2
1.3 污浊空气去除或排放控制	3
1.4 一个问题还是一类问题	3
1.5 污染物排放、传输、受体	4
1.6 单位和标准	6
1.7 本书的计划	7
1.8 小结	7
习题.....	8
参考文献.....	8
第 2 章 大气污染的影响	9
2.1 大气污染对人体健康的影响	9
2.1.1 动物试验.....	11
2.1.2 人类志愿者的短期暴露.....	13
2.1.3 流行病学.....	13
2.1.4 保护人们健康的法规.....	16
2.2 大气污染对财产的影响.....	17
2.3 大气污染对能见度的影响.....	19
2.4 小结.....	23
习题	23
参考文献	25
第 3 章 大气污染控制法律、法规以及大气污染控制原则	27
3.1 美国大气污染法律和法规.....	27
3.2 大气污染控制理论.....	28
3.3 四种理论.....	29
3.3.1 排放标准原则.....	29
3.3.2 大气质量标准原理.....	33
3.3.3 排污税收理论.....	35
3.3.4 费用-效益原则	37
3.4 市场调节和排放权.....	39
3.5 主要的美国大气污染法.....	39
3.6 小结.....	40
习题	40
参考文献	40

第 4 章 大气污染物的测量方法和排放估计	42
4.1 一个典型例子	42
4.2 提供给检测器有代表性的样品	45
4.3 浓度测定	45
4.4 平均值	45
4.5 标准分析方法	47
4.6 污染物流速的测量	48
4.7 等速采样法	48
4.8 排放因子	49
4.9 可见的排放	51
4.10 小结	52
习题	52
参考文献	54
第 5 章 大气污染控制气象学	56
5.1 大气层	56
5.2 大气的水平运动	56
5.2.1 赤道加热与极地冷却	56
5.2.2 地球自转的作用	58
5.2.3 陆地和海洋的影响	60
5.3 大气的垂直运动	61
5.3.1 大气密度随温度和湿度的变化	61
5.3.2 大气密度随压力的变化	61
5.3.3 大气稳定度	63
5.3.4 混合层高度	67
5.3.5 水蒸气	68
5.4 风	70
5.4.1 风速	70
5.4.2 风向	71
5.5 逆温	74
5.6 熏烟、滞留	75
5.7 气象预测	76
5.8 小结	76
习题	77
参考文献	79
第 6 章 大气污染物浓度模式	80
6.1 引言	80
6.2 固定盒子模式	80
6.3 扩散模型	84
6.3.1 高斯烟羽模式	84
6.3.2 高斯烟羽模式的推导	85

6.3.3 高斯烟羽基本方程的修订	91
6.4 烟羽抬升	96
6.5 高斯烟羽模式在计算长期平均值中的应用	96
6.6 污染物在大气中的产生和衰减	97
6.7 多元模型	98
6.8 受体模型和源模型	99
6.9 其他	100
6.9.1 建筑尾流	100
6.9.2 下降气流的空气动力学	101
6.9.3 传输距离	101
6.9.4 初始扩散	101
6.9.5 EPA 推荐模式	101
6.10 小结	102
习题	102
参考文献	106
第7章 大气污染控制中的普通思想	107
7.1 可供选择的方法	107
7.1.1 促进扩散	107
7.1.2 通过改变生产过程降低排放、防止污染	110
7.1.3 应用下游污染控制设备	111
7.2 资源再生	111
7.3 污染物的最终归宿	112
7.4 大气污染控制系统和设备的设计	112
7.4.1 大气污染控制设备的成本	113
7.5 大气污染控制设备中的流体流速	113
7.6 体积流速和压降最小化	114
7.7 效率、穿透率、模九	115
7.8 均相污染物和非均相污染物	116
7.9 基于惰性气体流速的计算	118
7.10 燃烧	118
7.10.1 燃烧质	119
7.10.2 燃烧热	119
7.10.3 爆炸或燃烧极限	120
7.10.4 燃烧反应的平衡	120
7.10.5 燃烧动力学, 燃烧率	121
7.10.6 燃烧反应中的混合	122
7.10.7 火焰温度	122
7.10.8 燃烧时间	125
7.10.9 燃烧产物的体积和组分	127
7.11 改变体积流量	129

7.12 酸露点	131
7.13 大气污染控制的催化剂	133
7.14 小结	135
习题	135
参考文献	138
第8章 颗粒污染物的性质	139
8.1 一次颗粒物与二次颗粒物	139
8.2 沉降速度和阻力	143
8.2.1 斯托克斯定律	144
8.2.2 不适用于斯托克斯定律的大粒径颗粒物	145
8.2.3 不适用于斯托克斯定律的小粒径颗粒物	147
8.2.4 斯托克斯停止距离	150
8.2.5 颗粒物空气动力学直径	150
8.2.6 颗粒物扩散	150
8.3 颗粒物粒径分布函数	151
8.3.1 一个非常简单的例子：美国人口	151
8.3.2 高斯分布或正态分布	154
8.3.3 对数正态分布	156
8.3.4 质量分布和数分布	158
8.4 颗粒物在大气中的行为	159
8.5 小结	161
习题	161
参考文献	165
第9章 一次颗粒物控制	166
9.1 壁收集设备	166
9.1.1 重力沉降室	166
9.1.2 离心分离器	169
9.1.3 静电除尘器	177
9.2 分级收集装置	187
9.2.1 表面滤膜	187
9.2.2 深度过滤器	193
9.2.3 过滤介质	197
9.2.4 用于颗粒物控制的湿式除尘器	198
9.3 除尘器的选择	207
9.4 小结	208
习题	208
参考文献	216
第10章 挥发性有机化合物的控制	218
10.1 蒸气压、平衡蒸气的含量和挥发	218
10.2 挥发性有机化合物	222

10.3 通过预防控制 VOCs	223
10.3.1 使用替代品	223
10.3.2 过程改进	224
10.3.3 渗漏控制	224
10.4 通过浓缩与回收控制	232
10.4.1 冷凝	232
10.4.2 吸附	234
10.4.3 吸收 (洗涤)	240
10.5 氧化控制	246
10.5.1 燃烧 (焚烧)	246
10.5.2 生物氧化 (生物过滤)	253
10.6 流动源问题	253
10.7 选择控制技术	254
10.8 小结	254
习题	254
参考文献	261
第 11 章 硫氧化物的控制	263
11.1 硫与氮的基本氧化-还原化学	263
11.2 硫问题纵览	264
11.3 石油和天然气中还原态硫化物的去除	266
11.3.1 大气污染控制吸收器和汽提器的用途与局限性	268
11.3.2 碳氢化合物中硫的去除	268
11.4 大量废气中二氧化硫的去除	269
11.5 贫废气中二氧化硫的去除	271
11.5.1 强制氧化石灰石湿式洗涤器	275
11.5.2 其他方法	279
11.6 可取代“燃烧然后净化”方法的其他方法	285
11.6.1 向低硫燃料转变	285
11.6.2 从燃料中脱硫	285
11.6.3 改变燃烧过程	285
11.6.4 不完全燃烧	286
11.7 小结	287
习题	287
参考文献	292
第 12 章 氮氧化物的控制	294
12.1 氮氧化物问题总论	294
12.1.1 氮、硫氧化物的比较	294
12.1.2 氮氧化物和硫氧化物在大气中的反应	296
12.1.3 NO 和 NO ₂ 的平衡	296
12.1.4 热力型、瞬间型和燃料型 NO _x	298

12.2	热力型 NO	299
12.2.1	热力型 NO 产生机理 (泽利多维奇动力学)	299
12.2.2	加热和冷却时间	302
12.3	瞬间形成 NO	305
12.4	燃料型 NO	305
12.5	氮氧化物的非燃烧源	306
12.6	氮氧化物排放的控制	306
12.6.1	通过调整燃烧源控制氮氧化物排放	306
12.6.2	通过火焰后处理控制氮氧化物	308
12.7	氮氧化物控制中的单位与标准	308
12.8	小结	310
	习题	310
	参考文献	313
第 13 章	机动车问题	314
13.1	机动车带来的大气污染问题概述	314
13.1.1	排放	314
13.1.2	机动车大气污染控制的法规史	314
13.2	内燃机	315
13.2.1	四冲程内燃汽油发动机	316
13.2.2	污染物的形成	316
13.3	曲柄轴箱和挥发性排放	325
13.4	排气管排放	327
13.4.1	贫燃操作	327
13.4.2	废气循环	327
13.4.3	减少火焰淬火	328
13.4.4	加速升温	329
13.4.5	催化处理燃烧产物	329
13.4.6	改变燃料	331
13.4.7	计算机控制	333
13.4.8	贫燃燃烧	333
13.5	篡改和排放检测	333
13.6	储存和运输排放	334
13.7	可选择动力装置	334
13.7.1	柴油发动机	334
13.7.2	汽油动力二冲程发动机	335
13.7.3	汽轮发动机	335
13.7.4	电动汽车	335
13.7.5	复合机动车	336
13.7.6	其他选择	336
13.8	减少人们对机动车辆的依赖	337

13.9 小结	337
习题	337
参考文献	339
第 14 章 大气污染物和全球气候	341
14.1 全球变暖	341
14.1.1 二氧化碳	346
14.1.2 其他温室气体、气溶胶	349
14.2 平流层臭氧损耗和氯氟烃	349
14.3 酸雨	351
14.4 管理状况	353
14.5 我们有多大把握	353
14.6 小结	354
习题	354
参考文献	356
第 15 章 其他专题	357
15.1 一氧化碳	357
15.2 铅	359
15.3 危险大气污染物、HAP (大气毒物)	359
15.4 室内空气污染	361
15.4.1 室内和室外浓度	361
15.4.2 模式	362
15.4.3 室内空气质量控制	364
15.5 氮的问题	366
15.6 小结	367
习题	368
参考文献	370
附录 A 本书量和符号说明	372
A.1 符号及注释	372
A.2 换算因子	377
A.3 习题和例题中的常用单位和系数	378
附录 B 有用的常数	380
B.1 通用气体常数值	380
B.2 气压方程	380
附录 C 缩略语表	382
附录 D 燃料	383
D.1 燃料的来源和燃烧	383
D.2 天然气	383
D.3 液化石油气, 丙烷, 丁烷	384
D.4 液体燃料	385
D.5 固体燃料	386

D.6 对比燃料价格和排放	387
附录 E 臭氧生成的基础化学	389
参考文献	390
附录 F 吸收器穿透时间	391
习题	393
参考文献	393
附录 G 部分问题的答案	394
索引	396

第1章 大气污染控制简介

大气污染是指不受欢迎的物质存在于大气中，其量达到造成危害的水平。尽管人们通常只讨论人为污染，但该定义并不仅限于此。不受欢迎的物质可以危害到人体健康、植被、人类财产或全球环境，另外呈棕色或阴霾的空气以及难闻的味道也会损害人们的审美。人们熟知的污染物就是指上述物质。许多有害物质通过目前人们无法控制的渠道进入大气，然而，在全球人口密集的地方，尤其是工业发达国家，这些污染物的主要来源是人类活动。这些活动与人们的物质生活水平密切相关。减少这些活动将导致生活水平的急剧下降，因此，人们很少这样去做。在大多数工业化国家采取的补偿做法是继续这些人类活动，而控制活动中产生的污染物的排放。

1.1 美国的部分大气污染控制史

大气污染控制行动至少可以追溯到13世纪^[1]，但是大量的工作主要是在1945年以后进行的。在此之前人们更注重社会中其他的事情（今天在发展中国家仍是这样），20世纪30年代和40年代工厂烟囱中冒出的浓烟被视做繁荣的象征，一些政府部门还将其作为官方的标志。

1945年以前工业大气污染控制主要是控制与周围居民发生冲突的大型工厂排放的污染物。政府很少参与污染控制，更多的是回应污染造成的损害或者存在危险的诉讼。

1945~1969年间，随着人们对大气污染问题意识的逐渐增强，一些有影响的大气污染控制工作开始进行，其中以匹兹堡、洛杉矶、圣路易斯最为突出。1963~1969年间联邦政府开始检查和协调各地方和各州间的大气污染控制工作。

1969~1970年美国经历了重大环境觉醒。今天的学生可能很难意识到这是怎样一种快速或戏剧性的变化。比较一些主要的报纸1968年和1970年所刊登的内容，你会发现1968年的报纸很少谈及环境问题，可是同一报纸1970年却每天都有环境故事。这期间颁布了《国家环境政策法》和1970年的《清洁空气法》，这两部法案有着广泛的效应，而且极大地改变了人们对待大气污染的方式。在工业界也发生了类似的变化，起到了同样的效果。

1970年《清洁空气法》导致的《大气污染法》的迅速和广泛的变化，让美国大多数主要工业措手不及。起初古老“烟囱”工业（炼钢厂、炼铜厂和一些发电厂）的领导在法院、新闻界和工会与这一新的法案抗争。25年后，他们的继承人大多认为既然已有了有关大气污染的法规，他们的目标应该是影响立法过程，使得法规尽可能清楚和容易操作，然后以尽可能有效又经济的方法遵守法规。最好的工业界领导常常关注下一个法规的出台，这样一旦法规被颁布，他们就已为此做好准备，而不必改变他们为现行法规所做的一切。大多数主要的工业部门试图在立法的过程中就与其他参与者一样，至少被告之（如果可能的话，已很好地了解）与空气污染相关的技术内容。

20世纪80年代后期一个新的主题进入了大气污染领域：全球大气污染（global air pollution）。直到1980年大多数大气污染问题都被认为是局地的问题，人们关注的污染物在大气中的寿命很短，或污染物排放量很少，在排放源以外的区域不会造成危害。这样就很合适

辑地由地方或州政府来处理这些问题（例如，一个发臭味的工厂可以提供就业机会，但是工厂有经济效益与难闻的臭味触犯法律之间的矛盾是通过当地选举解决的）。20 世纪 80 年代，长寿命的污染物经长距离传输造成三种污染问题：酸雨、氟氯烃对臭氧层的破坏和大气中二氧化碳的增加。在 20 世纪 70 年代建立的处理局部大气污染问题的法律和管理体制已不适用于这些国际或全球问题。在第 14 章还会谈及此三种环境问题。其他国家大气污染的发展历史与美国类似，工业化国家几乎与美国同时以同样的方式做出反应。发展中国家比美国的反应略迟些，结合美国和世界卫生组织的观点，采用略微不同的方法寻求相似的目标。

1.2 为什么在 1969~1970 年间人们对大气污染的兴趣突然增加

为什么在 1969~1970 年间人们对大气污染的关注迅速增加？尽管对于这个问题一直存在着争论，但其中的一些原因是很明显的。在此期间，很多反对越战的人把兴趣转向了环境领域；并且由于媒体的迅速发展以及圣塔芭芭拉（Santa Barbara）石油喷射事件的发生，显现出可见的环境污染问题，引起了人们的广泛关注，当然其中也有其他方面的原因。

对环境的关注经常被人们认为是一件奢侈的事情，只有像美国这样富有的国家才能负担得起，对于那些还在考虑吃饭、住房和医疗保健的人来说，大气污染并不是什么重要的事情，但是对于一个物质需要已经得到满足的人来说，大气污染可能被作为一项更重要的事情来考虑。当然在参加环境觉醒运动的人群中，大部分是中上层阶级，也包括许多大学生，很少有穷人和经历了 19 世纪 30 年代经济大萧条时期的人参加。

而且，当死亡主要是由传染病如流感、肺结核和伤寒等引起时，人们很容易忽视大气污染对健康的影响。因为大气污染对人体健康的影响是缓慢的，很难被人们观察到。当人们学会预防和治疗这些疾病时，人们可以使慢性病如动脉硬化、心脏病、肺气肿和癌症的患者在患病期间的平均寿命延长一倍，这些疾病和包括大气污染在内的环境因素有关。同样道理，在人们学会预防和治疗这些病以前，抽烟对人们寿命可能没有多大的影响。既然现在造成死亡的其他原因已经排除，人们可以发现抽烟对人们的寿命的确有影响，同样大气污染^①也存在影响。

将人们近来才开始关注的大气污染问题和人们已经关注了一个多世纪的水污染问题进行比较很有意义。最糟糕的水污染问题是由生活污水污染了饮用水造成的，随后致使霍乱、伤寒和阿米巴性痢疾迅速传播。这些疾病的引发都是突发性的并且可能迅速致死。因为这类事情和水污染的关系很容易得到验证，所以人们对水污染问题的反应比人们对大气污染的反应要更早、更强烈。

与水污染对健康的影响相比，大气污染对健康的影响（见第 2 章）似乎不那么显而易见。人们可以指着一堆尸体说：“这是水污染引起霍乱发作带来的灾难，但是大气污染造成的损伤就没有这样强烈的戏剧效果。”大气污染对健康的影响更类似于抽烟造成的影响；几乎没有人说：“某人死于抽烟。”但很多人知道吸烟确实降低了吸烟者和被动吸烟人的寿命，并且增加一些疾病的发病率；但是包括受过高等教育的人在内，很多人都抽烟。用来证明抽

① 尽管环境运动多数是上中产阶级的事情，但是穷人比富人暴露在更恶劣的大气污染中（或其他环境污染物中）。大气污染的高浓度出现在穷人居住的市中心，而不是富人居住的郊区。洛杉矶市住房的价格与当地大气污染的浓度有关，在海岸边或山顶上大气污染浓度很低的地方，常常是房价很高。这种规律也适应于工业暴露区，只有穷人暴露在可能有害的环境下；同样有害的设施，如屠宰场、填埋厂和焚烧厂很少建在富人区。

烟有害健康的事例并不像人们看到由于水污染引起疾病传播导致死亡那样有说服力，许多人并没有对由于大气污染造成的生命和健康损失采取严肃的态度，他们认为这类事情只是统计学上的结果。

大气污染和抽烟对人体健康有着类似的影响。许多生活在有严重污染的大气环境中的人，可能有非常健康的肺和心脏，同样大家也知道一个天天都抽香烟或雪茄的人也可能健康地活到 95 岁，这样的例子是有的。然而相反的例子也是存在的，有许多的年轻人都是死于因大气污染或吸烟而引起或者加剧的疾病。

公众对大气污染认识的发展阶段是大气污染在很多方面都没有以前严重的时期。在美国许多大城市引入天然气作为主要燃料以前，冬季大气由于煤烟灰污染比现在脏得多。同样在 20 世纪早期，很多城市如塔科马 (Tacoma)、盐湖城，El Paso 和 Anaconda 的炼铜厂排放的 SO_2 都要比现在多得多。当时公众已经对大气污染的来源表示不满，但还是比不上过去几年人们对环境空气质量的要求。

正如前面所说，人们对环境污染认识的提高部分是由于国家财富的增加。人们曾一度认为这些污染是经济繁荣必需的伴随物，但现在人们知道情况并非如此。同样，人们也曾认为人们将无法解决污染问题，但是人们已经学会解读基因密码，并把人类送上月球，所以很难说今后没有办法控制污染，人们可以做到。本书将介绍一些基本的技术和具体的做法。

1.3 污浊空气去除或排放控制

例题 1.1 洛杉矶盆地的面积是 4038mile^2 ，假设严重污染空气层的平均厚度为 2000ft，解决洛杉矶污染问题的一种方案是抽走污染的空气。假设我们每天都能抽尽洛杉矶盆地所有的污染大气，且这些污染大气都被输送到 50mile 外的靠近 Palm Springs 的沙漠地区。假定 Palm Springs 的居民不提出抗议。另外，假定污染空气在管中的平均流速为 40ft/s。计算所需管径。

所需流速为：

$$Q = \frac{AH}{\Delta t} = \frac{4083\text{mile}^2 \times 2000\text{ft}}{24\text{h}} \times \frac{(5280\text{ft}/\text{mile})^2}{3600\text{s}/\text{h}} = 2.63 \times 10^9 \text{ft}^3/\text{s} = 7.47 \times 10^7 \text{m}^3/\text{s}$$

所需管径为：

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} = \sqrt{\frac{4 \times 2.63 \times 10^9 \text{ft}^3/\text{s}}{\pi \times 40\text{ft}/\text{s}}} = 9158\text{ft} = 2791\text{m}$$

这个高度大约是最高人造建筑高度的 6 倍，远远超过了现在施工能力所能达到的高度。类似的计算 [本章习题 (1)] 也得出，这种去除空气污染的方式所需能量超过了 Los Angeles 盆地所能产生的能量。虽然人们常常提及上面的方法，人们不可能采用这方法去除大气中的污染物。取而代之，人们必须通过减少排放来解决这些问题，这是本书下面部分的主要论题。

1.4 一个问题还是一类问题

表 1.1 列出了 1997 年美国主要人为源的排放评估数据，从这个表可以得出下列结论。

① 表中列出了 6 种美国控制的主要污染物。还有很多污染物的排放量较少，美国采取了不同的控制方法（见第 3 章和第 15 章）。