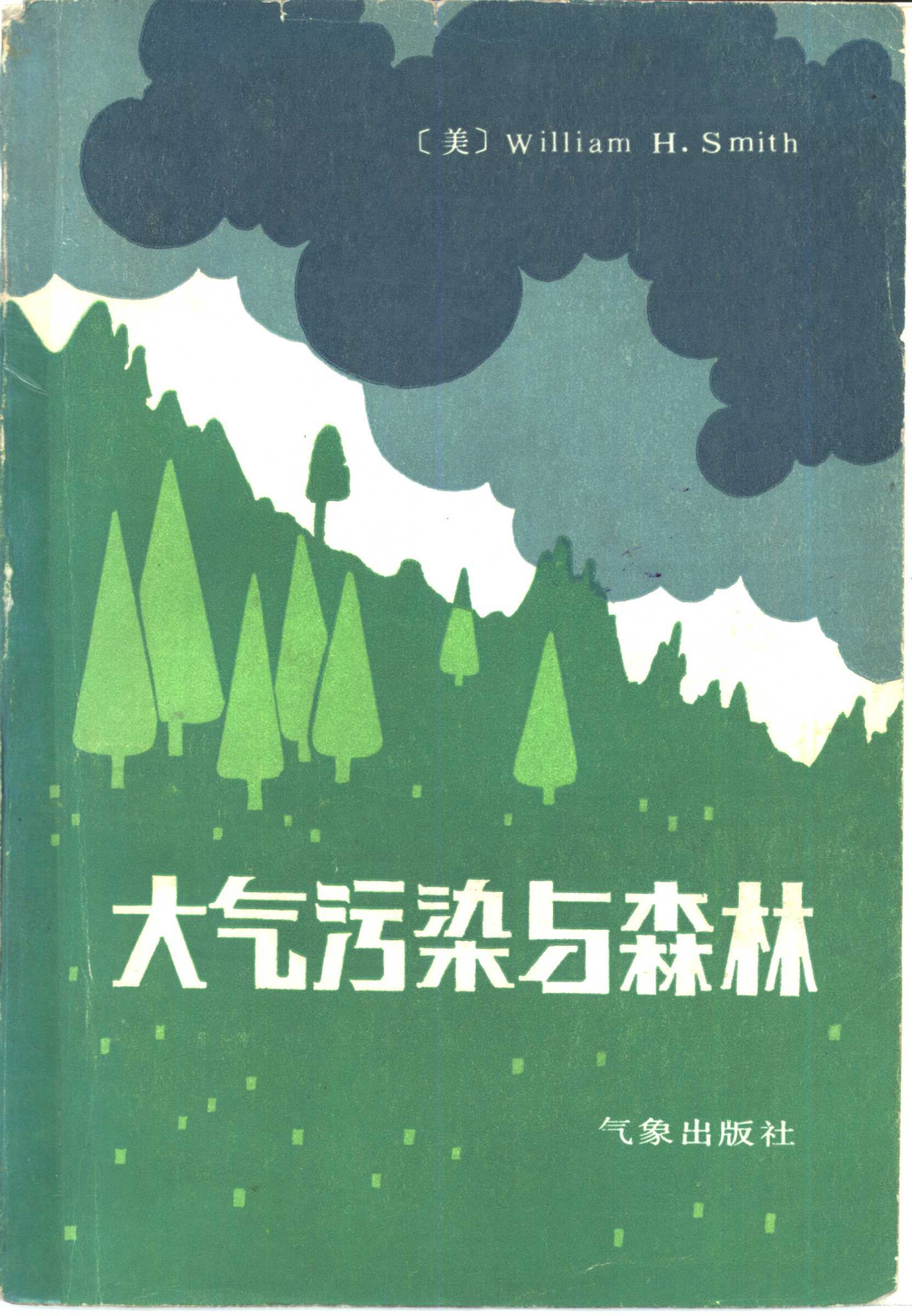




〔美〕 William H. Smith

大气污染与森林

气象出版社

大气污染与森林

〔美〕 William H. Smith

汪嘉熙 译
盛诚桂 校

气象出版社

1986

内 容 简 介

本书系根据美国耶鲁大学著名森林学家William H. Smith的专著译出。全书共17章，分三个部分，系统地阐述了大气污染在低、中和高剂量条件下，对森林生态系统的影响和相互关系。主要内容包括森林发生污染物，森林和土壤吸收、蓄积污染物，以及大气污染对森林的各种慢性和急性影响等。本书资料丰富，观点新颖，深入浅出，是一本受到好评的专著。可供林业、农业、园林绿化、气象、植物、生态、土壤、植物保护和环境保护等方面的科技人员、大专院校师生和专业工作者参考。

William H. Smith **Air Pollution and Forests**

Interaction between Air Contaminants and Forest Ecosystems

Springer-Verlag New York Inc

1981

大 气 污 染 与 森 林

〔美〕威廉 H. 史密斯

汪嘉熙译 盛诚桂校

责任编辑 张国秀

* * *

商务出版社出版

(北京西郊白石桥路46号)

北京印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行 全国各地新华书店经售

* * *

开本：850 × 1168 1/32 印张：12.5 字数：326千字

1986年8月第一版 1986年8月第一次印刷

印数：1—4000

统一书号：13194.0319 定价：3.50元

译 者 的 话

本书为美国耶鲁大学史密斯教授所著。全书系统地阐述了大气污染与森林在三个等级上的相互关系：Ⅰ级关系即在低剂量污染条件下，森林生态系统中的植物与土壤可以成为大气污染物的“发生源”和“蓄积库”；Ⅱ级关系即在中等剂量的污染情况下，森林生态系统发生各种细微的有害变化，如生产力及生物量减退、种类成分及群落结构改变、病虫害流行、产生直接伤害等等；Ⅲ级关系即在高剂量污染条件下，森林生态系统受到急性危害，如树木死亡、种类减少、植被破坏、导致水土流失、小气候恶化等等。这些观点比较新颖合理，颇有独到之处。本书出版于八十年代初期，总结了近年特别是七十年代发表的大量文献，资料丰富，是一本比较好的专著，对林业、农业、园林绿化、植物、生态、土壤、气象、环保等方面的科技人员、大专院校师生和专业工作者均有较大的参考价值。

我国目前也存在大气污染问题。在大气污染与森林的关系方面已开展了一些研究工作，翻译出版这本书，对我国有关的科研、教学 and 实际工作将起一定的促进作用。

本书中专业名词的翻译基本上参照已出版的各种英汉名词或词汇，包括环境科学、林业、植物学、土壤学、农业、植物生理学、生态学、昆虫学、真菌学、细菌学等，有些名词由译者译名的，均注明原文。

书后附有植物中名与拉丁学名对照，为了专业人员使用方便，译者按拉丁学名字母顺序排列。文中植物名称便不再一一注明学名或英名。

少数生物（包括植物、动物和微生物）名称因无法查到中文名称，仍在文中保留原文未译。

全部译稿经盛诚桂教授审校。并由张宇和教授提供多处重要修正意见，特此致谢。

由于译者水平有限，错误在所难免，希读者批评指正。

作 者 序

由于大量科学家进行了研究工作，才使本书得以完成。他们的研究成果和发表的文献使作者能完成此项评述。本书概述了森林与大气污染在低、中和高剂量条件下的最重要的关系。在低剂量条件下，森林生态系统的植物和土壤起着大气污染的重要发生源和蓄积库的作用。当暴露于中等剂量时，个别树种或特定种类的个别成员可能因营养胁迫、代谢损伤、易感染病虫害或直接诱发伤害而受到细微的不利影响。暴露于高剂量下能导致特定树木的急性伤害和死亡。

在生态系统水平上，这些多种多样的相互关系的影响是很不相同的。在低剂量关系下，污染物在大气区、可利用营养区、其他土壤区和生物区系的各种成分之间进行交换。根据污染物的性质，这种转移对森林可能是无害的，也可能有促进作用。森林暴露于中等剂量条件下可能导致有害的影响。对生态系统的这种影响可能包括降低生产力和生物量、改变种类组成或群落结构、增加虫害蔓延或微生物病害的流行，以及增加树木的伤害。在高剂量和大量死亡的情况下，对生态系统的影响可能包括整个系统明显的简化、损害能量流动和生物地球化学循环、水文变化和土壤侵蚀、改变气候、对有关生态系统的严重冲击，以及森林毁坏。

作者希望本书能为森林生态系统和大气污染物之间的复杂关系提供一个综合性导论的纲要。了解这种关系，对保护我们的森林资源并进行明智的经营管理是很重要的。

康涅狄格州

纽黑文 耶鲁大学

威廉 H. 史密斯

目 录

译者的话

作者序

第一章 绪言 (1)

A. 大气污染 (1)

B. 森林生态系统 (4)

C. 大气污染与森林生态系统的相互关系 (7)

第一部分 森林作为大气污染物的发生源与蓄积库

—— I 级相互关系 (9)

第二章 森林在主要元素碳、硫和氮循环中的作用 (9)

A. 碳污染物 (9)

B. 硫污染物 (16)

C. 氮污染物 (21)

D. 小结 (26)

第三章 森林作为碳氢化合物、颗粒物和其他污染

物的发生源 (30)

A. 挥发性碳氢化合物 (31)

B. 颗粒物 (36)

C. 林火 (44)

D. 小结 (51)

第四章 森林作为大气污染物的蓄积库：土壤部分 (57)

A. 森林土壤作为颗粒物的蓄积库 (59)

B. 森林土壤作为大气中气体的蓄积库 (73)

C. 小结 (84)

第五章 森林作为大气污染物的蓄积库：植物部分 (88)

A. 森林植被作为颗粒态污染物的蓄积库 (88)

B. 森林植被作为气态污染物的蓄积库 (101)



C. 小结.....	(113)
第六章 I 级小结: 森林发生源和蓄积库强度的相 对重要性和这些功能的某些潜在意义.....	(124)
A. 森林作为大气污染物的发生源.....	(124)
B. 森林作为大气污染物的蓄积库.....	(134)
第二部分 森林受大气污染物的细微影响——II 级相 互关系.....	(147)
第七章 森林树木的繁殖: 大气污染物的影响.....	(147)
A. 花粉的生产和作用.....	(148)
B. 花、球果和种子的生产.....	(151)
C. 幼苗发育.....	(154)
D. 小结.....	(155)
第八章 森林营养循环: 痕量金属污染物的影响.....	(159)
A. 分解过程中涉及的生物.....	(162)
B. 有机质分解速率及微生物生物量的测定.....	(165)
C. 痕量金属对枯枝落叶分解的影响.....	(166)
D. 痕量金属对土壤中各种过程的冲击.....	(171)
E. 痕量金属对土壤酶的影响.....	(175)
F. 小结.....	(179)
第九章 森林营养循环: 酸雨的影响.....	(185)
A. 酸雨和植物淋失.....	(186)
B. 酸雨和土壤淋失.....	(190)
C. 酸雨和土壤风化.....	(194)
D. 小结.....	(195)
第十章 森林营养循环: 大气污染物对共生微生物 的影响.....	(200)
A. 真菌共生生物.....	(201)
B. 细菌共生体.....	(204)
C. 其他固氮生物.....	(207)
D. 小结.....	(207)

第十一章 森林代谢：大气污染物对光合作用和呼吸作用的影响	(210)
A. 对光合作用的抑制因素	(212)
B. 光合作用的受抑：非木本植物的种类	(213)
C. 光合作用的受抑：森林树木的幼苗	(216)
D. 光合作用的受抑：森林树木的幼树	(221)
E. 光合作用的受抑：森林的大树	(226)
F. 对大气污染物的光合作用反应：抑制的机理	(228)
G. 小结	(229)
第十二章 森林逆境：大气污染物对植食性森林昆虫的影响	(237)
A. 二氧化硫	(239)
B. 臭氧	(240)
C. 氟化物	(243)
D. 痕量金属	(246)
E. 其他大气污染物	(246)
F. 小结	(247)
第十三章 森林逆境：大气污染物对微生物病原体引起的病害的影响	(251)
A. 二氧化硫	(254)
B. 臭氧	(259)
C. 氟化物	(263)
D. 颗粒物	(263)
E. 其他大气污染物	(272)
F. 小结	(274)
第十四章 森林逆境：大气污染物引起叶子损害的症状	(280)
A. 关于大气污染物对树木直接影响的一般性结论的局限性	(280)
B. 二氧化硫	(287)

C. 氮氧化物	(291)
D. 臭氧	(293)
E. 过氧乙酰硝酸酯	(296)
F. 氟化物	(298)
G. 痕量金属	(299)
H. 其他大气污染物	(303)
I. 小结	(305)

第十五章 II级小结: 改变森林生长、生物量、种

类组成和病虫害流行的各种反应	(312)
A. 大气污染引起的森林生长的减少	(313)
B. 改变演替和种类组成	(331)
C. 改变森林病虫害的影响	(340)
D. 研究实例: 一个森林生态系统对大气污染的反应	(341)
E. 小结	(345)

第三部分 森林生态系统受大气污染物的剧烈影响——

III级相互关系 (352)

第十六章 森林生态系统的破坏: 对过度大气污染

的局地性反应	(352)
A. 二氧化硫	(353)
B. 氟化物	(359)
C. 其他污染物	(361)
D. 小结	(363)

第十七章 概要和展望 (368)

A. 一些特定污染物对森林生态系统的相对重要性	(370)
B. 大气污染物对各个特定森林区的相对重要性:	
美国实例小结	(374)
C. 需要研究的课题	(379)
D. 结论	(381)

附录 关于本书木本植物的中名与拉丁学名对照 (383)

第一章 绪 言

世界上的森林在提供木材、蓄积水分、保护野生生物、旅游娱乐、保留自然风貌、美学和精神价值等方面，对人类具有极大的重要性。今后几十年内，随着对森林了解的深入，自然风貌的开拓保护，天然森林养护的改进以及集约经营的人工林面积的扩大，上述各种价值还将大大提高。但不幸的是，在同一时期内，其他人类活动将给森林生态系统带来种种胁迫。具有普遍意义的最重要的胁迫之一，就是大气污染。本书对大气污染与温带森林生态系统之间的各种相互作用作一探讨。

A. 大气污染

地球的大气约有95%存在于地球表面8—12公里（5—7英里¹⁾）范围内，称为“对流层”。根据本书的观点，对大气污染物质下了确切的定义：“存在于对流层中的物质，其数量超过了正常的水平”。这些物质在性质上可以是固体、液体或气体，它们既可以产生于自然过程，也可以产生于人类活动的（人为的）过程。天然源的大气污染是多种多样的，包括火山及其他地热喷发、林火、植被散发的气体、风刮沙土以及其他岩屑、花粉、孢子和海洋散发的颗粒物等。人为源的大气污染也是形形色色的，而不幸的是，它们往往非常集中，包括各种燃烧和工业活动。污染对流层的特定物质因污染源不同而异，同时根据它们影响自然过程或生物和人类健康与活动能力的不同，其重要性也不同。具有特殊重要性的大气污染物质列于表1-1。

几千年来人类一直在污染大气，因此已不可能知道对流层中物质的正常浓度范围。但从概念上讲，未污染的对流层空气中含有各种天然发生的颗粒物和气体，其大致浓度列于表1-2。

1) 1英里=1.609公里，下同——译者注。

表 1-1 污染对流层的重要物质¹⁾

I. 颗粒态污染物	i 碳*
A. 原生物质	ii 硫*
1. 无机物	iii 氮*
a. 可变的(灰尘、石棉、土壤、盐分)	b. 卤素
b. 氯化物	i 氯化物
c. 氟化物*	ii 氟化物*
d. 痕量金属*	c. 其他
2. 有机物	i 氨气
a. 孢子*	ii 硫化氢
b. 花粉*	2. 有机物
B. 次生物质	a. 碳氢化合物*
1. 无机物	b. 酮
a. 硫酸盐*	c. 硫醇
b. 硝酸盐*	d. 亚硫酸盐
2. 有机物	e. 卤化碳
a. 碳氢化合物*	B. 次生物质
b. 脂肪族硝酸盐	1. 无机物
c. 羧酸	a. 臭氧*
d. 二羧酸	2. 有机物
II. 气态污染物	a. 醛
A. 原生物质	b. 过氧乙酰硝酸酯及其同系物
1. 无机物	c. 正—亚硝基化合物
a. 氧化物	

1) 直接释放到大气中的物质称为原生物质,而在大气中合成的物质称为次生物质。有*号者为与森林生态系统有重要关系的物质。

表1-2 中的气体浓度及本书中所有气体和颗粒物浓度,一般都以微克/立方米空气来表示(对气体来说,是假定在25℃和760毫米汞柱¹⁾的标准状态下)。而要精确了解未污染空气中的微量气体的浓度是不可能的。因此,对流层中的不同部分可分别以“相对清洁区”和“相对污染区”来表示。空气环境中这两部分的微量气体浓度比较列于表1-3。美国于1966—1967年采集的对流层空气样品中,悬浮颗粒物的浓度在城市中平均为102微克/立方米,在非城市中分别为:近郊45微克/立方米,较远处40微克/立

1) 1毫米汞柱=133.322帕——译者注。

表 1-2 对流层未污染空气中的大致气体
成分 (潮湿空气)

气 体	微克/立方米
氮	9×10^8
氧	3×10^8
水	2×10^7
氩	1×10^7
二氧化碳	5×10^5
氟	1×10^4
氦	8×10^2
甲烷	$6-8 \times 10^2$
氖	3×10^3
氧化亚氮	9×10^2
氫	4×10^2
氢	4×10^1

表 1-3 相对“清洁区”及相对“污染区”大气的
微量气体浓度

气 体	微克/立方米	
	清 洁 空 气	污 染 空 气
二氧化碳	57.6×10^4	72.0×10^4
一氧化碳	115	$46-80.5 \times 10^3$
甲 烷	920	1,533
氧化亚氮	450	?
二氧化氮	1.9	376
臭 氧	39	980
二氧化硫	0.5	524
氨 气	7.0	14.0

资料来源: Urone (1976)。

方米, 最远处21微克/立方米(Corn, 1976)。

由于对大气污染的恶化情况日益关注, 地处温带的许多国家颁布了空气质量标准。在美国, 根据1970年颁布的“清洁空气法”, 环境保护局制订了空气质量标准, 包括颗粒物、二氧化硫、二氧化氮、一氧化碳、碳氢化合物及臭氧。1978年又增加了铅的标准。

并分别制订了一级标准和二级标准。一级标准适用于保护人体健康，而二级标准适用于保护公共福利，包括对大气污染影响植物健康、材料风化及能见度的考虑。美国1979年2月修订的“全国大气质量标准”列于表1-4。将本书中综述的各种剂量-反应关系，与大气质量测定和标准进行比较，常常是很有意思的。根据大气污染调查监测及不同时间长度的大气污染物平均浓度，可以看出在平均时间（监测时间的长短）与最大平均大气浓度之间具有一种基本的关系（表1-5）。

表 1-4 美国全国大气质量标准（1979年2月修订）¹⁾

污 染 物	标准（微克/立方米）	
	一 级	二 级
颗粒物（总悬浮量）		
全 年	75	60
24小时	260	150
二氧化硫		
全 年	80	
24小时	365	
3 小时		1,300
二氧化氮		
全 年	100	100
一氧化碳		
8 小时	10,000	10,000
1 小时	40,000	40,000
碳氢化合物		
3 小时	160	160
臭氧		
1 小时	240	240
铅		
3 个月	1.5	

1) 短期标准（24小时及以下）是指一年中不得超过一次。长期标准是指不得超过的最大允许浓度。

B. 森林生态系统

森林将大气污染物输入对流层，同时又从对流层除去大气污染物。森林发育既能被大气污染促进，又能被大气污染抑制。为

了获得森林与大气污染之间各种相互关系的综合印象，应该先对生态系统作一剖析。

表 1-5 大气中平均监测时间与相对最大
平均浓度之间的关系

平 均 时 间	大气中的相对最大浓度 (平均)
1 个月	0.5
24小时	1.0
8 小时	1.2
2 小时	1.8
1 小时	2.2
30分钟	2.4
15分钟	2.7
单项测定*	3.3

资料来源: Stern (1964)。

* 测定时间可达10分钟。

生态系统是一个自然单位。其中一定面积上的所有生物与非生物环境相互作用，产生能量流动，从而导致营养结构、生物多样性及这一单位中生物部分与非生物部分之间的物质交换。某些成分和过程是一切生态系统所特有的。成分包括无机物质、有机化合物、生产者、大型消费者、小型消费者以及气候。过程包括能流、食物链、多样型、生物地球化学循环、发育、进化及控制 (Odum, 1971)。图1-1表示了一个陆地生态系统中的生物与非生物成分之间的主要相互关系的图式。对生态系统结构与功能的全面解释不属本书范围。读者如对生态系统概念的更完整的讨论有兴趣，可参阅Cox与Atkins(1979)所著的十分简明易读的《农业生态学》(《Agricultural Ecology》)第二章。

地球为各种交错相嵌的生态系统所覆盖。这些生态系统以各种方式互相联系和互相影响。温带森林生态系统在所有生态系统中占有优势地位。在面积上温带森林系统(18亿公顷)仅次于热带森林系统(20亿公顷)。在生物量上温带森林系统(200—400吨/公顷)仅次于雨林生态系统(400—500吨/公顷)。在初级生产力

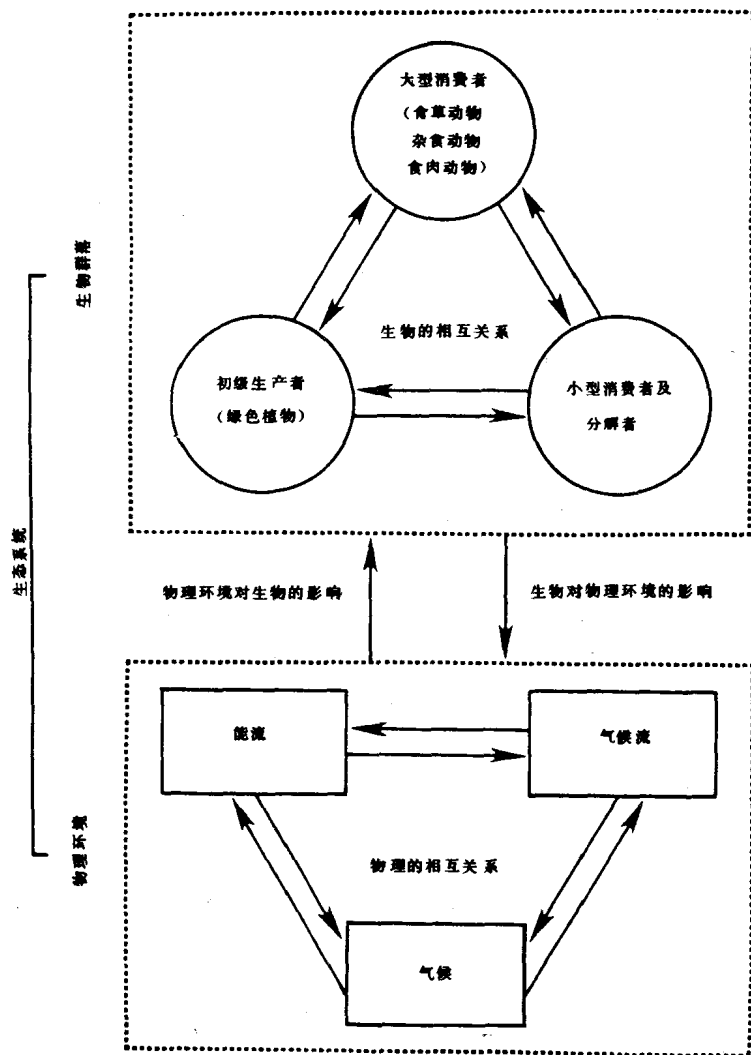


图 1-1 一个典型的陆地生态系统中生物与非生物成分之间的主要相互关系 (引自Cox与Atkins, 1979)

上, 温带森林生态系统[5—20吨/(公顷·年)], 仅次于潮汐带[20—40吨/(公顷·年)]及雨林[10—30吨/(公顷·年)]生态系统而占第三位。不幸的是, 温带森林生态系统多半位于大气污染最严重的地区, 因为它们广泛分布于地球上最早城市化和工业化的地区。

C. 大气污染与森林生态系统的相互关系

我们只有了解了各种大气污染物对森林的许多成分和过程的影响, 才能完全懂得大气污染与森林生态系统之间的相互关系。在过去几十年中, 我们对这个复杂而重要的课题的认识已经有了很大的增长。本书试图在我们开始进入二十世纪八十年代之际, 概括一下我们在这方面的知识。

1972年, 作者应邀参加美国科学进展协会(American Association for the Advancement of Science)年会, 作了关于大气污染与森林之间关系的评述。我对这个难题的处理办法是将大气污染物与森林生态系统之间的相互关系分为三个等级(Smith, 1974)。在低剂量情况下(I级关系), 森林生态系统中的植物和土壤可成为大气污染物的发生源(Source)和蓄积库(Sink)。如暴露于中等剂量下(II级关系), 个别树种或一定种类的个别成员可能会受到营养不足、代谢减退、易感染病虫害或直接引起病害等轻度有害影响。如暴露于高剂量下(III级关系), 可能会引起某些树木的急性伤害或死亡。在生态系统水平上, 这些不同的相互关系的发生是可变的。在I级关系中, 污染物质可以在大气区、可利用营养区、其他土壤区以及生物群的不同元素之间交换。根据污染物的性质, 这种交换转移可能是不易发觉的(无害影响), 或是促进的(肥料效应)。如果大气污染剂量对生物群落的某些成分的影响是有害的, 则II级关系得以建立。在这种情况下, 生态系统受到的冲击可能包括生产力或生物量减少、种类成分或群落结构改变、虫害蔓延或微生物病害流行以及伤害增加等。在高剂量即III级关系的情况下, 生态系统受到的冲击可能包括整个系统简化, 能流及生物地球化学循环减少、水文及侵蚀发生变化、气候

改变以及一些与生态系统有关的主要冲击。这些相互关系的等级是概念化和人为的，而并不是在时间和空间上必须分离的实体。我认为，这样分等级在教学上是有用的，同时对我和同事们在组织和确定研究课题计划上也是有用的。

本书所评述的资料涉及的范围是，北半球的温带纬度，主要是北纬40—60°地区。因为，人为的大气污染物质主要排放于这个地区，因此对其影响的研究集中在这个地区。所评述的资料主要来自北美洲。这反映了这些文献对作者的可利用性及易理解性。文献评述完成于1980年1月，本书涉及的文献只有一小部分发表于1980年1月以后。但作者希望，本书所提供的资料能够有助于读者了解大气污染物与森林生态系统之间的非常复杂的关系。

参 考 文 献

- Corn, M. 1976. Aerosols and the primary pollutants—nonviable particles. Their occurrence, properties, and effects. *In*: A. C. Stern (Ed.), *Air Pollution*. Vol. 1. Academic Press, New York, pp. 77-168.
- Cox, G. W., and M. D. Atkins. 1979. *Agricultural Ecology*. Freeman, San Francisco, California, 721 pp.
- Odum, J. A. 1971. Ecosystem structure and function. *In*: J. A. Wiens (Ed.), *Proc. 31st Annual Biol. Colloquium*, Oregon State Univ. Press, Corvallis, Oregon, pp. 11-24.
- Smith, W. H. 1974. Air pollution—Effects on the structure and function of the temperate forest ecosystem. *Environ. Pollut.* 6:111-129.
- Smith, W. H., and L. S. Dochinger. 1975. *Air Pollution and Metropolitan Woody Vegetation*. U.S.D.A. Forest Service. PIEFR-PA-1. Northeastern For. Exp. Sta., Upper Darby, Pennsylvania, 74 pp.
- Stern, A. C. 1964. Summary of existing air pollution standards. *J. Air Pollut. Control Assoc.* 14:5-15.
- Urone, P. 1976. The primary air pollutants—gaseous. Their occurrence, sources, and effects. *In*: A. C. Stern (Ed.), *Air Pollution*, Vol. 1. Academic Press, New York, pp. 23-75.