

682739

大气污染控制工程

童志权 陈昭琼 编

中南工业大学出版社

大气污染控制工程

童志权 陈昭琼 编

中南工业大学出版社
一九八七年十月·长沙

大气污染控制工程

童志权 陈昭琼 编

*

中南工业大学出版社出版发行
湘潭大学印刷厂印装

开本：787×1092 1/16 印张：25.5 字数：605千字

1987年10月第1版 1987年10月第1次印刷

印数：0001—10000

*

ISBN 7-81020-108-5/X·002

统一书号：15442·039 定价：5.95元

前 言

本书是根据全国高等工业学校环境工程专业教材编审委员会制定的《大气污染控制工程》课程教学基本要求编写的教材，可供高校环境工程专业 80~120 学时教学使用（学时较少时，打※号的内容可选择讲授），也可供环保科技人员和高校其他有关专业师生参考。

本书系统地介绍了大气污染控制的基本概念、基本理论、基本方法及各种控制方法的过程分析和典型控制设备的工艺设计或选型设计，力求理论联系实际，培养学生分析和解决大气污染控制工程问题的能力。

本书内容按大气污染控制工程的基本程序编写。第一章介绍了大气污染控制的有关基本概念、大气污染综合防治基本知识和大气污染概况之后，首先在第二章论述了能源及燃烧与大气污染的关系，燃烧过程中各种污染物的生成机理及减少其生成量的控制方法；接着在第三至七章和八至十二章分别阐述了粉尘污染物控制和气态污染物控制的原理、方法、典型设备及其设计计算以及 SO_2 、 NO_x 、氟化物等主要气态污染物的治理方法和工艺；最后，在第十三至十五章论述了影响污染物在大气中稀释扩散的气象因素、大气扩散的基本理论、大气污染浓度估算及烟囱高度设计、城市规划原则等。附录包括大气污染控制的测试技术和部分实验内容。

大气污染控制工程涉及的内容十分广泛，由于时间仓促，资料不多，加之编者水平有限，书中错误及不妥之处难免，希读者批评指正。宋学义教授曾对全书书稿进行了审阅，并提出了许多宝贵意见，在此表示衷心的感谢！

编者

1987.9.9

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 大气污染、污染物和污染源	1
一、大气污染的定义及分类.....	1
二、大气污染物.....	2
三、大气污染源.....	3
四、大气污染概况.....	3
第二节 大气污染综合防治	6
一、综合防治的基本概念.....	6
二、大气污染综合防治措施.....	7
第三节 大气环境标准	8
一、大气环境质量标准.....	9
二、废气排放标准.....	11
第四节 大气污染控制工程系统	11
第二章 大气污染物的生成控制	14
第一节 燃烧与大气污染	14
一、能源与大气污染.....	14
二、燃烧与大气污染.....	15
第二节 烟尘的生成机理及控制	17
一、烟尘的分类及其生成机理.....	17
二、影响烟尘产生的因素.....	19
三、烟尘生成量的控制.....	20
第三节 燃烧过程含硫污染物的生成控制	21
一、燃料中的硫.....	21
二、燃烧过程含硫污染物的生成.....	22
三、燃烧过程SO ₂ 的控制.....	23
第四节 燃烧过程NO_x的生成控制	28
一、燃烧过程NO _x 的生成机理.....	29
二、低NO _x 燃烧技术.....	33
第五节 燃烧计算	35
一、气体燃料的燃烧计算.....	36
二、液体和固体燃料的燃烧计算.....	39
第六节 工业生产过程污染物生成量的控制	41

第三章 气溶胶知识和除尘器性能	42
第一节 气溶胶颗粒的物理性质	42
一、密度.....	42
二、比表面积.....	43
三、润湿性.....	43
四、荷电性与导电性.....	43
五、粘附性.....	44
六、爆炸性.....	45
七、粒径和粒径分布.....	45
第二节 微粒的流体阻力	53
一、微粒在流体中的运动阻力.....	53
二、阻力系数.....	54
第三节 微粒的机械运动	55
一、微粒的重力沉降.....	55
二、微粒在离心力场中的沉降.....	56
三、微粒的扩散.....	57
第四节 除尘器的性能	59
一、除尘器的分类.....	59
二、除尘器的性能指标.....	60
三、除尘器的压力损失.....	60
四、除尘器的除尘效率.....	60
第四章 机械式除尘器	65
第一节 重力沉降室	65
第二节 惯性除尘器	66
第三节 旋风除尘器的流场分析	67
一、流体力学的几个基本概念.....	67
二、旋风除尘器流场分析.....	68
第四节 旋风除尘器的性能分析	70
一、旋风除尘器的除尘效率.....	70
二、旋风除尘器的压力损失.....	73
第五节 旋风除尘器的结构型式和选型设计	75
一、旋风除尘器的种类.....	75
二、旋风除尘器各部分尺寸比例.....	76
三、几种常用旋风除尘器的结构特点.....	77
四、旋风除尘器的选型设计.....	78
第五章 电力除尘器	80
第一节 概述	80
一、电除尘器的除尘过程.....	80
二、电除尘器分类.....	80

三、电除尘器的特点	82
第二节 电晕的发生	82
一、气体的导电	82
二、电晕的形成	83
三、离子迁移率	84
四、起晕电压和伏安特性	84
五、影响电晕放电的因素	87
第三节 粒子荷电	88
一、电场荷电	88
二、扩散荷电	89
第四节 粒子的捕集	91
一、捕集效率方程(多依奇方程)	91
二、粒子驱进速度	92
三、影响捕集效率的因素	93
第五节 电除尘器的基本结构和选择设计	95
一、电除尘器的基本结构	95
二、电除尘器的选择设计	97
第六章 过滤式除尘器与湿式洗涤器	100
※ 第一节 液滴和纤维的捕尘机理	100
一、孤立捕集物的捕尘效率	100
二、多重捕集物的捕集效率	106
第二节 袋式过滤器的除尘过程与性能分析	106
一、袋式除尘器的除尘过程	106
二、影响过滤效率的主要因素	107
三、袋式除尘器的压力损失	108
第三节 袋式过滤器的结构型式、选型与应用	110
一、滤料	110
二、袋式除尘器的结构型式	111
三、常用的几种袋式除尘器	113
四、袋式除尘器的选型	115
五、袋式除尘器的应用	115
第四节 颗粒层过滤器	116
第五节 湿式除尘器的分类与性能	117
一、湿式除尘器的分类	117
二、洗涤器的一般性能及特点	117
第六节 重力喷雾塔与离心式洗涤器	119
一、重力喷雾塔	119
二、离心式洗涤器	120
第七节 自激式洗涤器与文丘里洗涤器	123

一、自激喷雾洗涤器	123
二、文丘里洗涤器	124
第七章 除尘系统的设计	129
第一节 除尘装置的选择	129
第二节 除尘系统的构成	136
一、除尘器的组合与除尘系统的设备布置	136
二、除尘系统形式的选定	137
第三节 排气罩	137
一、排气罩的基本形式	138
二、排气罩的设计	140
第四节 管道系统的设计	141
一、管道布置的一般原则	141
二、管道系统的设计计算	142
第八章 气态污染物的吸收净化法	150
第一节 化学吸收气液平衡	150
一、相平衡与化学平衡的关联	151
二、溶液中气体溶解度系数的估算	153
第二节 化学吸收宏观动力学	155
一、吸收基本理论简述	155
二、各类化学吸收速率式	159
第三节 化学吸收设备选择与强化	168
第四节 填料塔的计算	169
第五节 废气吸收净化工艺	176
一、吸收剂的选择与再生	176
二、吸收净化法工艺配置	178
第九章 气态污染物的吸附净化法	179
第一节 吸附现象和吸附剂	179
一、吸附现象	179
二、吸附剂及其选择	181
第二节 吸附理论	184
一、吸附平衡	184
二、吸附速率	188
第三节 固定床吸附过程计算	190
一、吸附负荷曲线与透过曲线	191
二、透过曲线的计算	194
三、等温固定床吸附器的计算	196
第四节 吸附剂的再生	204
一、再生方法	204
二、吸附剂的劣化现象及残余吸附量	205

第五节 吸附浸渍	207
第十章 催化净化法	208
第一节 催化作用与催化剂	208
一、催化作用	208
二、催化剂	209
第二节 气固相催化反应宏观动力学	210
一、化学动力学基础	210
二、气固相催化反应宏观动力学	213
第三节 气固催化反应器计算	216
一、反应器型式	216
二、流体通过固定床层的压力降	217
三、气固催化反应器计算	219
第四节 催化净化法工艺	224
一、催化净化法用催化剂	224
二、催化净化法工艺	225
第十一章 气态污染物的其他净化方法	228
第一节 燃烧法	228
一、燃烧基本原理	229
二、直接燃烧	233
三、热力燃烧	234
四、燃烧净化法的热量回收及安全	239
第二节 冷凝法	240
一、冷凝设备	241
二、冷凝原理及污染物热力学性质	241
三、冷凝计算	242
※ 第三节 膜分离法	248
一、气体分离膜的特性参数	249
二、气体膜分离机理	252
三、Prism分离器回收合成氨弛放气中的氢	254
第十二章 几种气态污染物的净化与利用	256
第一节 低浓度二氧化硫废气的净化与利用	256
一、大气中SO ₂ 的来源、危害及烟气脱硫现状	256
二、常见的几种废气脱硫流程	258
第二节 含氮氧化物废气的净化与利用	268
一、大气中NO _x 的来源、危害及NO _x 废气治理现状	268
二、含NO _x 废气的几种净化方法	270
第三节 含氟废气的净化与利用	278
一、液体吸收法净化含氟废气	279
二、干法吸附含氟废气	281

第十三章 影响大气扩散的主要气象因素	284
第一节 大气概述.....	284
一、大气的垂直分层.....	284
二、大气的成分.....	285
第二节 主要气象要素.....	285
第三节 大气的热力过程.....	287
一、低层大气的增热与冷却.....	287
二、气温的绝热变化.....	288
三、大气稳定度.....	290
四、逆温.....	291
五、大气稳定度和烟流扩散的关系.....	292
第四节 大气的水平运动.....	293
一、水平方向作用于空气的力.....	293
二、边界层内风随高度的变化——爱克曼螺线.....	294
三、近地层风速廓线模式.....	295
第五节 大气的湍流运动.....	296
一、大气湍流对污染物的扩散作用.....	296
二、大气湍流运动的判据.....	297
三、大气湍流运动的描述.....	298
四、大气混合层.....	299
第六节 下垫面的影响.....	299
一、城市气象特征.....	300
二、山区气象特征.....	301
三、水陆交界处的影响.....	302
第十四章 大气扩散浓度估算	305
※ 第一节 湍流扩散的基本理论.....	305
一、湍流扩散的梯度理论.....	305
二、湍流扩散的统计理论.....	308
第二节 大气扩散模式.....	310
一、有界条件下的基本扩散模式.....	310
二、几种常用的大气扩散模式.....	311
第三节 大气污染浓度估算方法.....	313
一、有效烟囱高度的计算.....	313
二、P—G 扩散曲线法.....	316
三、平均浓度的时间修正.....	322
第四节 恶劣气象条件下的扩散.....	323
一、封闭型扩散.....	223
二、重烟型扩散.....	326
三、微风下的扩散.....	328

四、危险风速下的污染物浓度	330
第五节 城市和山区的扩散	332
一、城市及工业区的扩散	332
二、山区扩散估算	334
第六节 长期平均浓度估算	336
一、大气污染分析中常用的气候资料	336
二、长期平均浓度的估算	337
第十五章 烟囱高度计算、城市规划与城市大气污染控制	339
第一节 烟囱高度计算	339
一、烟囱高度计算方法	339
二、烟囱设计中应考虑的几个问题	341
第二节 城市规划	342
第三节 城市与工业区大气污染控制	344
一、环境容量与污染物总量控制	344
二、P 值法控制	345
附录 测试与实验	352
附录一 烟(废)气采样位置和采样点	352
一、采样位置	352
二、采样孔和采样点	352
附录二 烟(废)气状态参数和流速、流量测量	353
一、烟气温度的测量	353
二、烟气含湿量的测定	354
三、压力的测量	358
四、烟气流速测量和流量计算	359
附录三 尘粒与气体采样方法和污染物浓度计算	361
一、尘粒采样方法	361
二、气体采样方法	363
三、污染物浓度和排放量的计算	365
附录四 粉尘真密度、分散度和比电阻的测定	366
一、粉尘真密度的测定方法	366
二、粉尘分散度的测定方法	367
三、粉尘比电阻的测定	380
附录五 烟(废)气净化装置性能的测定	382
一、处理气体流量	382
二、压力损失的测定	383
三、净化效率	383
附录六 照相法测定扩散参数	384
一、原理	384
二、现场操作	385

三、资料 and 数据处理.....	386
附录七 NO _x 氨选择性催化还原实验.....	388
一、实验目的和原理.....	388
二、实验准备.....	388
三、催化还原实验.....	389
四、NH ₃ 及NO _x 浓度分析方法.....	390

第一章 绪 论

第一节 大气污染、污染物和污染源

一、大气污染的定义及分类

按照国际标准化组织 (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些物质进入大气中,呈现出足够的浓度,达到了足够的时间,并因此而危害了人体的舒适、健康和福利或危害了环境。”所谓人体的舒适、健康的危害,包括对人体正常生理机能的影响,引起急性病,慢性病甚至死亡等;而所谓福利,则包括与人类协调并共存的生物、自然资源以及财产、器物等。自然过程包括火山活动、森林火灾、海啸、土壤和岩石的风化、雷电、动植物尸体的腐烂及大气圈空气的运动等。但是,由自然过程引起的空气污染,由于自然环境的自净化能力(如稀释、沉降、雨水冲洗、地面吸附、植物吸收等物理、化学及生物机能),一般经过一段时间后会自动消除,能维持生态系统的平衡。因而,大气污染主要是由于在人类的生产活动与生活活动中,向大气排放的污染物质,在大气中积累,超过了环境的自净能力而造成的。

按污染所涉及的范围,大气污染大体可以分为四类:

- (1) 局部地区污染 由某个污染源造成的较小范围的污染。
- (2) 地区性污染 涉及一个地区——工矿区及其附近地区或整个城市的大气污染。
- (3) 广域污染 超过行政区划的广大地域的大气污染,涉及的地区更加广泛。
- (4) 全球性污染或国际性污染 高烟囱排放的 SO_2 经大气输送后造成的酸雨污染已成为国际性污染,大气中二氧化碳和飘尘的增加,已成为全球性的大气污染问题。

按能源性质和污染物的种类,可将大气污染划分为煤炭型、石油型、混合型和特殊型四类:

(1) 煤炭型 煤炭型污染物是由煤炭燃烧时放出的烟气、粉尘、二氧化硫等以及由这些污染物发生化学反应而生成硫酸及其盐类所构成的气溶胶。早期(十八世纪末到二十世纪中)的大气污染和目前仍以煤炭作为主要能源的国家和地区造成的大气污染属于煤炭型。

(2) 石油型 来自石油开采、炼制和石油化工厂的排气以及汽车尾气的碳氢化合物、二氧化氮等造成的污染,以及这些物质经过光化学反应形成的光化学烟雾污染。

(3) 混合型 具有煤炭型和石油型的污染特点。

(4) 特殊型 由工厂排放某些特定的污染物所造成的局部污染或地区性污染,其污染特征由所排污染物决定。

二、大气污染物

按照ISO定义，“空气污染物，系指由于人类活动或自然过程排入大气的并对人或环境产生有害影响的那些物质”。

随着城市人口的集中和现代工业的发展，排入大气的污染物种类愈来愈多，据不完全统计，目前已达100种以上。根据大气污染物的存在状态，可将其概括地分为两大类：气溶胶态污染物和气态污染物。

1. 气溶胶态污染物

气溶胶是指悬浮在气体介质中的固态或液态颗粒所组成的气体分散体系。从大气污染控制的角度，按照气溶胶颗粒的物理性质，可将其分为粉尘、**臭**、飞灰、烟、雾等。

(1) 粉尘 (dust)——指固体物质的破碎、分级、研磨等机械过程或土壤、岩石风化等形成的悬浮小固体粒子。在国际标准组织 (ISO) 的定义中，将粒径小于 $75\mu\text{m}$ 的固体粒子的悬浮体称为粉尘，而将在空气或烟道中能迅速沉降的固体粒子 (在英国指大于 $75\mu\text{m}$ 的粒子) 称为粗尘 (grit)。此外，小于 $1\mu\text{m}$ 的粉尘颗粒又称为亚微粉尘 (sub micron dust)。

(2) 臭 (fume)——熔融物质经高温挥发并伴随一些化学反应而生成的气态物质经冷却凝结而成的固体粒子，粒径一般小于 $1\mu\text{m}$ 。

(3) 飞灰 (fly ash)——指由固体燃料燃烧产生的烟气带走的灰分中较细的粒子。

(4) 烟 (smoke)——通常指燃烧过程产生的不完全燃烧产物，又称炭黑，粒径一般为 $0.01\sim 1.0\mu\text{m}$ 。

(5) 雾 (fog)——在工程中雾泛指小液滴的悬浮体，是由液体蒸汽凝结、液体雾化和化学反应等过程形成的，如水雾、酸雾、碱雾等。

(6) 化学烟雾 (smog)——如硫酸烟雾、光化学烟雾等。

此外，在环保工作中，还常使用降尘、飘尘和总悬浮微粒 (T.S.P) 的概念。降尘是指空气中粒径大于 $10\mu\text{m}$ 的固体粒子，靠重力作用能在较短时间内沉降到地面。由于粒径小于 $10\mu\text{m}$ 的固体粒子，不易沉降而能长期飘浮在空气中，故称飘尘。总悬浮物 (T.S.P) 系指空气中粒径小于 $100\mu\text{m}$ 的固体粒子。

在实际工作中，以及国内外一些文献资料中，常常未对“粉尘”，“飞灰”，“烟”，“雾”等名词作严格区分，多统称为“粉尘”或“烟尘”。本书中，对除尘对象的气溶胶颗粒，常以“粉尘”称之，在述及燃料燃烧产生的固体粒子时，常用“烟尘”一词。

2. 气态污染物

气态污染物包括无机物和有机物两类。

无机气态污染物有硫化物 (SO_2 、 SO_3 、 H_2S 等)、含氮化合物 (NO 、 NO_2 、 NH_3 等) 卤化物 (Cl_2 、 HCl 、 HF 、 SiF_4 等)、碳的氧化物 (CO 、 CO_2) 以及臭氧、过氧化物等。

有机气态污染物则有碳氢化合物 (烃、芳烃、稠环芳烃等)，含氧有机物 (醛、酮、酚等)，含氮有机物 (芳香胺类化合物、腈等)，含硫有机物 (硫醇、噻吩、二硫化碳等)，含氯有机物 (氯化烃、氯醇、有机氯农药等) 等。

直接从污染源排出的污染物称为一次污染物；一次污染物与空气中原有成分或几种污染物之间发生一系列化学或光学反应而生成的一次污染物性质不同的新污染物，称

为二次污染物。在大气污染中受到普遍重视的二次污染物主要有硫酸烟雾 (Sulfurous smog)、光化学烟雾 (Photochemical smog) 和酸雨。

硫酸烟雾是空气中的二氧化硫等含硫化合物在有雾、重金属飘尘或氮氧化物存在时, 发生一系列化学反应而生成的硫酸雾和硫酸盐气溶胶。光化学烟雾则是在太阳光照射下, 空气中的氮氧化物、碳氢化合物和氧化剂之间发生一系列光化学反应而生成的淡蓝色烟雾, 其主要成分是臭氧、过氧乙酰基硝酸酯 (PAN)、醛类及酮类等。

大量SO₂和NO_x排入大气后进一步氧化, 又成为酸性降雨返回地球, 称为酸雨。酸雨目前已经酿成国际公害。

各地实测数据表明, 在我国大气环境中, 影响普遍的广域污染物为悬浮微粒、二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳、总氧化剂 (O₃) 和铅等。

大气中污染物的浓度通常以单位体积空气中所含的污染物质量表示, 如 g/m³, mg/m³, μg/m³等; 或者以污染物气体的体积占整个空气容积的成数表示, 如百万分之一 (parts per million, 简称为ppm), 一亿分之一 (parts per hundred million, 简称为pphm), 十亿分之一 (parts per billion, 简称为ppb) 等。1ppm = 0.0001%。

在1.0133 × 10⁵ Pa 和298k下, 某物质 i 的浓度单位 ppm和mg/m³之间的换算关系为

$$C_i[\text{mg}/\text{m}^3] = \frac{\varphi_i[\text{ppm}] \times \text{分子量} M_i}{24.5} \quad (1-1)$$

三、大气污染源

空气中几种主要气态污染物的来源、年发生量、本底浓度和主要反应列于表1-1。另据有关资料介绍, 粉尘的人工世界年排放量约1 × 10⁸t。根据对主要大气污染物来源的分类统计表明, 人类活动中大气污染物主要来自三大方面: (1) 燃料燃烧; (2) 工业生产过程; (3) 交通运输。前两者称为固定源, 后者 (如汽车、火车、飞机等) 则称为流动源。此外, 在污染源的调查与评价中, 还常按污染物的来源分为工业污染源、农业污染源和生活污染源三类。

根据大气污染源的几何形状和排放方式, 污染源可分为点源、线源、面源; 按它离地面的高度可分为地面源和高架源; 按施放污染物的持续时间可分瞬时源、间断源和连续源。还可分为稳定源和可变源, 冷源和热源等。通常将工厂烟囱的排放当作高架连续点源; 将成直线排列的烟囱、飞机沿直线飞行喷洒农药、汽车流量较大的高速公路等作为线源。将稠密居民区中家庭的炉灶和大楼的取暖排放当作面源。大城市或工业区各种不同类型的污染源都有, 则称为复合源。污染源的这种划分都是相对于扩散的空间和时间的尺度而言的。例如, 在研究城市污染时, 一个工厂的烟囱可视为点源, 将城市视为各种类型源的复合源。但当研究一个大的区域或全球污染时, 却又把一个城市当作点源。

污染源排放污染物的速率称为“源强”。点源以单位时间排放污染物的质量 (t/h, kg/h) 或体积 (m³/h) 表示; 线源则以单位时间、单位长度排放污染物的质量或体积表示; 瞬时点源则以一次施放的总量表示。

四、大气污染概况

各发达工业国家的大气污染, 经历了一个发生、发展以及逐渐得到控制的过程。20世纪前, 大气污染随工业发展而日益发展, 却未得到控制与治理, 以至在本世纪50~

表 1-1 主要污染物的发生源及数量、背景浓度、主要的反应 (地球大气) ①

污染物	人工发生源	自然发生源	发生量合计 (t/a)		大气背景值	大气中滞留期	消除反应和衰减	其他
			人工源	自然源				
SO ₂	煤、石油的燃烧	火山活动	146×10 ⁶		0.2ppb	4日	光化学反应氧化为气溶胶, 在地表呼吸的光化学氧化可能收、吸着、降水等。加快SO ₂ →SO ₄ ²⁻	含有NO ₂ , HC
H ₂ S	化学反应过程, 废水处理	火山活动、沼泽中的生物作用	3×10 ⁶	100×10 ⁶	0.2ppb	2日	氧化成SO ₂	
CO	汽车或其他燃烧过程	森林火灾、海洋、福炼反应	304×10 ⁶	33×10 ⁶	0.1ppm	<3年	和土壤生物的OH反应	估计海洋产生的很少
NO, NO ₂	燃烧过程	土壤中的细菌作用	53×10 ⁶	NO: 430×10 ⁶ NO ₂ : 658×10 ⁶	NO: 0.2~2ppb NO ₂ : 0.5~4ppb	5日	氧化成硝酸盐, 和过氧化氢发生光化学反应	关于自然界的研
NH ₃	废弃物处理	有机物腐解	4×10 ⁶	1160×10 ⁶	6~20ppb	7日	和H ₂ SO ₄ 生成(NH ₄) ₂ SO ₄ , 氧化成硝酸盐	生成铵盐是主要
N ₂ O		土壤中的细菌作用	无	590×10 ⁶	0.25ppm	4年	平流层中的光分解, 土壤生物作用	由植物的吸收可生成NO
碳化氢	燃烧排气, 化工过程	生物活动	88×10 ⁶	CH ₄ : 1.6×10 ⁹ 萜烯: 200×10 ⁶	CH ₄ : 1.5ppm 非CH ₄ : <1ppb	4年 (CH ₄)	和NO, NO ₂ 发生光化学反应	人工产生的活性 碳化氢 27×10 ⁴ t
CO ₂	燃烧过程	生物分解、海洋释放	1.4×10 ¹⁰	10 ¹²	320ppm	2~4年	生物吸收, 光合作用 海洋吸收	大气中浓度的增加0.7ppm/年

① 引自参考文献(6)。

60年代达到了最严重的程度，美国、日本、英国等国家在这一时期都发生了一系列大气污染事件。60年代后期以来，各国政府和企业采取了某些措施，一些主要工业国家的大气污染情况有了明显的改善。世界气象组织和联合国环境规划署对城市大气监测的第一批结果表明，布鲁塞尔、加尔各答、伦敦、马德里、布拉格、东京、萨格布拉七座城市中，悬浮颗粒物和SO₂的浓度在1973~1977年间主要呈下降趋势。1977年，经济合作与发展组织公布了24个地方（大多数是城市）在1970~1976年间SO₂的可比数据，结果表明，在蒙特利尔、多伦多、东京、大阪、名古屋，浓度下降一半以上，只有三个地方情况恶化。图1-1表示日本近年来几种主要大气污染物浓度的变化情况。图中表明，近年来，日本大气中CO、SO₂污染有明显好转，但NO₂污染仍有上升趋势。

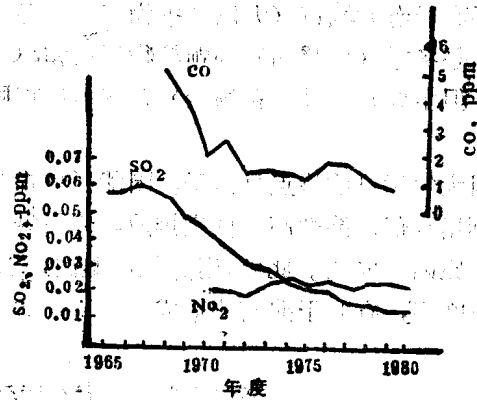


图1-1 日本近年主要大气污染物的变化
(日本环境厅调查, NO_x转化系数=0.84)

据报导^①，我国的大气污染是比较严重的，甚至还有继续发展的趋势。1981年全国76个城市大气污染的监测结果（表1-2）表明：降尘量南北方76个城市全部超标；

总悬浮微粒北方城市（秦岭、淮河以北）日平均浓度为0.93mg/m³，100%城市超过二级标准，大多数城市超过三级标准（0.5mg/m³），南方城市平均为0.41mg/m³，71.4%的城市超过二级标准；SO₂日平均浓度，北方城市为0.12mg/m³，30%城市超标，南方城市为0.11mg/m³，19.2%的城市超标。SO₂污染以烧高硫煤的地区（如重

表1-2 1981年我国部分城市大气监测结果

污染物	南北方城市	年日(月)平均浓度(量)	浓度范围	超标城市百分率%	污染最重城市及超标倍数	国家二级标准
总悬浮微粒 (mg/m ³)	北方 南方	0.93 0.41	0.37~2.47 0.16~0.85	100 71.4	吉林 8.2 黄石 1.8	0.30
SO ₂ (mg/m ³)	北方 南方	0.12 0.11	0.02~0.38 0.02~0.45	30.0 19.2	太原 1.5 贵阳 2.0	0.15
NO _x (mg/m ³)	北方 南方	0.06 0.04	0.02~0.09 0.01~0.08	0 0	— —	0.10
降尘 (吨/公里 ² ·月)	北方 南方	150.67 18.76	21.42~103.75 10.79~46.5	100 100	包头、唐山等 黄石	

注：降尘标准是在清洁区数据基础上增加3~5吨/公里·月。

① 全国环境科技规划组，环境问题与科学技术（二），海洋出版社，1984。