

空气污染控制设备

[西德] H·布 拉 沃 尔 著
[印度] Y·B·G·瓦尔玛

机 械 工 业 出 版 社

空气污染控制设备

[西德] H·布 拉 沃 尔 著

[印度] Y·B·G· 瓦尔玛

赵汝林 刘 洛 范竹先 译

机械工业部
环境保护研究室 张传锋 丁崇高等 校



机械工业出版社

Air Pollution Control Equipment

H. Brauer · Y. B. G. Varma

Springer-Verlag

Berlin Heidelberg New York 1981

空气 污 染 控 制 设 备

[西德] H. 布 拉 沃 尔 著

[印度] Y. B. G. 瓦 尔 玛

赵汝林 刘 洛 范竹先 译

机 械 工 业 部 张传锋 丁崇高等 校
环境保护研究室

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南里一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号)

重庆印制一厂印刷

新华书店北京发行所发行 · 新华书店经售

开本 184×260 1/16 · 印张 17 · 字数 415 千字

1985年10月重庆第一版 · 1985年10月重庆第一次印刷

印数 0.001—4.700 · 定价 4.05 元

统一书号: 15033 · 8011

译者的话

由于缺乏对环境的必要认识，在近一个历史时期中，随着工业和科学技术的发展，人类生活环境中的空气、水和土壤也遭到了破坏和污染。我国和其他国家一样，环境污染的程度是严重的。

一九七三年全国第一次环保会议之后，我国的环保工作逐步取得了发展，特别是一九八一年实行排污收费立法之后，进展更加迅速。在机械工业部和冶金工业部等部门均建有环保设备专业生产厂，可生产旋风除尘器、电除尘器、布袋除尘器和湿法文氏除尘器等设备。

但是，我国的环保工作在科学水平和生产能力各方面与先进国家相比较，都还落后十年左右。全面系统论述环保工程的著作更是少见。因此，我们将这本《空气污染控制设备》译出，希望能对我国环保事业有所裨益。

本书由赵汝林、刘洛、范竹先三人合译。每人所译的章次以及校订人姓名均注于各章译文之末。有的章节曾蒙天津大学黄洪鼎副教授审核，仅此深表谢意。

本书承机械工业部环境保护研究室张传锋、丁崇高、任建中、邓锡全、马炳权、许居鹄等同志进行详尽校订，借此深致谢意。

由于译者水平所限，书中错误在所难免，敬希读者指正。

译者

1984年5月于天津大学

前 言

本书是以第一作者于柏林工业大学讲授的“空气和水污染控制”教材为基础而撰写的。该教材的摘要已在巴西、土耳其和印度发表过。就是在马德拉斯的印度工业学院，第一作者和瓦尔玛教授有了联系，证明他是一位富于建议和善于合作的共同作者。

本书主要是供从事空气污染控制设备设计和使用的化学、环境及机械工程师阅读，但它无疑也对面临解决环境问题的化学工作者和物理工作者都是有帮助的，而且本书还可作为环境保护工程课程的教科书。

本书的目的是介绍有关消除空气中有害排放物的设备设计和使用的知识。空气污染控制技术是比较年轻的学科，但由于近几十年以来在这方面的研究和发展工作，其成就已达到较高的水平。

开头两章讲的是环境保护工程。简要论述了过去两个世纪中德国在对环境的认识和采取法律行动方面的发展情况，最近的一次立法行动是在一九七四年完成的。近五十年内环境保护工程技术有了显著的发展，因此，当对有害排放物采取严格的立法限制时，就可得到大量的现成的合用的技术。

第三章对空气污染控制技术作了简要的综述。第四至第七章讨论了最重要的几类除尘设备的设计和使用，包括旋风除尘器、湿法除尘器、纤维过滤器以及电除尘器。然后专门一章讲除雾。除雾不仅和湿法除尘有关，而且当液体吸收剂散布到气体混合物中时也和气态污染物的吸收有关。在后面的第九至第十二章讨论了消除气态污染物的物理、生物和化学方法及有关设备。专门用于这方面的设备包括吸收器和吸附器以及生物和化学反应器。

(下 略)

H. 布拉沃尔

1980年12月 柏林

目 录

第一章	环境保护问题简介.....	1
第二章	环保技术措施综述.....	20
第三章	空气污染控制工艺过程和设备的综述及其基本原理.....	29
第四章	旋风除尘器的设计和运行.....	45
第五章	湿法除尘器的设计和运行.....	74
第六章	纤维过滤器的设计和运行.....	102
第七章	电除尘器的设计和运行.....	125
第八章	雾分离器的设计和运行.....	147
第九章	吸收设备的设计和运行.....	161
第十章	吸附设备的设计和运行.....	204
第十一章	废气的生物处理设备的设计和运行.....	222
第十二章	废气的化学处理设备的设计和运行.....	229
索引		253

第一章 环境保护问题简介

目 录

1. 环境——环境保护——环境工程.....	1	4.1 有关环境保护的法律、条例和标准.....	14
2. 污染物排放源.....	3	4.2 消除空气污染.....	15
3. 环境污染.....	6	4.2.1 减少粉尘排放.....	15
3.1 空气污染.....	6	4.2.2 减少有害气体排放.....	16
3.2 水污染.....	11	4.3 消除水污染.....	17
3.3 土壤污染.....	13	4.4 消除土壤污染.....	18
4. 反对环境污染所采取的行动和获得的成果.....	14	5. 参考文献.....	19

1. 环境——环境保护——环境工程

千百年来，连绵不断的艰难困苦和深深形成的忧虑以及对美好未来的希望都对人们产生深刻的影响。从而，决定了人们的行为以及他们的人生观和环境。饥饿、疾病、险恶的气候条件和自然界的破坏力量始终是人类的同伴。为了继续生存，并为了实现一个进一步摆脱贫困和恐惧的更加美好的未来，人们面对这些可怕的挑战，已经认识到唯一可能做出的反应就是按照人们自己的愿望去造就环境。他们正从事于对自然界和自然环境的似乎是无穷尽的斗争。

千百年来，人们经历了胜利带来的繁荣。无论是多么小的成就，都鼓舞着人们继续奋斗。但逐渐地也使人们慢慢地懂得，胜利不仅是繁荣，它同时也包含着破坏。最后，人们开始明白，他们所支配的具有破坏性的力量开始使他们的环境畸形到如此程度，以致危及到他们本身的生存和未来。这种创造性的斗争出了一些毛病。人类必须学会控制可被应用到建设性行为也可被应用于破坏性行为的创造能力。

用现代的语言来讲，人类已经在他们环境中的某些部分打乱了甚至破坏了自然界的生态平衡。如果这种状况象以往那样继续下去，人类将毁灭自然生态，从而毁灭自己生存和发展的基础。为了在必要的地方恢复生态平衡，并在一切环境中保护生态平衡，环境保护已经在人们的工作日程中获得了优先的地位。

科学是疑问的产物，因而人们要问，究竟什么是生态平衡？是整个地球上存在一个总的生态平衡，还是仅仅在它的有限部分有一个生态平衡？生态平衡是一个静止的系统，还是象人们假定的那样是一个动的系统？什么是生态中的自然进化作用？它背后的潜在力量又是什么？人类怎样支配影响进化的各种力量？人们是否能够对我们的生态系统所观察到的演变结果附以一个“好”或者“坏”的标准？我们怎样来评价中生代末期，也就是大约六千万年以前恐龙的消失？疟疾至今还导致成百万人的死亡，又如何估价当今世界上许多国家进行的消灭疟疾寄生虫的携带者——蚊子的成功的斗争？

有关生态以及它的自然平衡的问题非常多，简单的答案是不存在的。实际上，当我们现

在懊悔由于人类的活动给自然环境带来的变化时，似乎还处在说不清楚和不是没有疑问的状态。我们更不能肯定哲学和宗教是否能够给我们提供道德上的和切实可行的标准，来衡量和评价我们的活动对环境造成的影响。然而没有道德上的标准，人们将变得束手无策，并将在他们自己动手征服且按自己的意愿发展的世界中不知所措。

在环境及有关问题上有许多论据赞成有限制的观点。把人当作对环境最重要的和起决定支配作用的角色，人们自己建立判断他们自己事务的准则，这是可以接受的。它把环境问题限于某一局部，环境是人类生活的空间。就每个个体人来讲，环境可以解释为我们人类生活的世界。需要保护的就是这个世界，就是我们人类。用这种方式解释的环境保护包括了道德方面的内容。

“环境保护是人类的一个基本需要”

在人类发展了科学技术之后，给自然环境带来了强大的冲击，他们用科学技术建立了一个人为的和以人为中心的技术环境。技术环境处于与自然环境对立的状态，但也并不一定就是这样。但是技术环境和自然环境必须协调才会对人类自己最为有利。人们不仅必须用科学技术来创造一个技术环境，而且必须用它来保护自然环境。科学技术在环境保护中的应用产生了一个新的工程学科：环境保护工程。环境由三种占有空间的要素组成，这就是空气、水和土壤。环境保护工程必须保护空气、水和土壤，阻止它的自然平衡受到任何严重的破坏。科学技术提供了工具，但人类必须使用这些工具给他们的环境和未来带来益处。

涉及环境保护方面众多的工程问题，可以从梅度士（Meadows）所著的《增长的限度》^[1]一书中得到推论。这些问题不受用来说明世界上或其某一地区的文化、经济以及科学技术发展等模式的影响而广泛地继续保留下来。荷兰的一个科学家和工程师小组，已经对必须解决的一些环境问题做了详尽的分析和描述^[2]。

为得到一个环境保护的财政结果的印象，可以美国作为例子。这些数据摘自一九七〇年《美国新闻与世界报导》杂志。在这一年尼克松总统宣布“污染控制计划”，在以后的五年中，美国的环境保护预算大约需要七百亿美元。这个数字的：

72% 预计为推广和改进公共废水处理的需要。

14% 预计为工业部门环境保护的各个方面的耗费。

8.5% 用于减少汽车排放物。

这个百分比在所有工业化国家差不多是相同的。在所有情况下废水处理将占去费用的绝大部分。而空气污染控制只需要全部费用的相当小的部分。

环境保护问题只能通过各个工程与科学学科的努力来解决。包括物理、化学、医学、生物学、化学工程以及社会科学等等。依靠任何单一学科是不能解决这些问题的。许多科学与工程学科必须为这些问题的解决做出贡献。工程师们所起的作用将主要是研制、设计和运用为消除有害排放物所需的设备。本书的主要部分就是专门用于讨论有关污染控制的这一部分。

从下面几节中可以清楚地了解，环境污染主要仍是一个局部问题。因此，必须看到，对于环境污染控制，条件不同的地区，其问题不可能找到普遍适用的解决办法。本地区的条件必须加以认真分析，以便找到解决问题的最佳方案。

2. 污染物排放源

排放源排放的污染物用它们的下述特性来说明,

1. 大小,
2. 强度,
3. 污染物的种类。

简单地说, 污染物排放源可分为两大类,

1. 独立的单个排放源,
2. 排放源场。

第一类排放源是容易理解的, 而第二类排放源则需要解释一下。一个排放源场有时又称为分散源。当大量的一般强度较低的污染源与周围空间明显分开并组合成一个单位时, 这种排放单位就称为一个排放源场。就污染物在环境中的扩散和分布来说, 必须把整个单位而不是把各个单体作为一个排放源。包含在一个场内的排放源不能分开考虑, 这些污染源靠得很紧, 即令排放物仍在源场的空间范围之内, 它们也将互相混合。这两种排放源——单个源和场源都将详细讨论。

独立的单个排放源有三种类型:

1. 点排放源,
2. 线排放源,
3. 面排放源。

最熟悉的点排放源是高烟囱。不依靠看不看得见从烟囱里冒出来的烟缕, 人们就确信烟囱是很强的排放源。用排放面积, 即烟囱的出口面积, 除排放流量便得到排放通量。由于出口面积小, 烟囱的排放通量总是很大的。高烟囱的排放特性说明了独立的点源的排放特性:

1. 确定的排放地点,
2. 大的排放高度(m),
3. 排放的种类,
4. 大的排放流量强度(kg/s),
5. 大的排放通量强度(kg/s·m²)。

必须注意排放高度与点源周围的建筑物和工业装置等高度的比例。

独立的线排放源可以废水管道为例。而那些废水处理池、港口、河湾可用作面排放源的例子。图 1-1 表示联邦德国最大的废水处理场的景象^[1]。独立的线排放源和面排放源与周围环境之间的高度差, 在大多数情况下是不重要的。因为这两种排放源具有相当大的面积, 故排放通量较小, 而排放流量和对周围地区居民生活的妨害是很值得重视的。独立的线排放源和面排放源的排放特性如下:

1. 确定的排放地区,
2. 排放的最低地点的高度(m),
3. 排放的种类,
4. 排放流量强度(kg/s),
5. 排放通量强度(kg/ms·m²)。

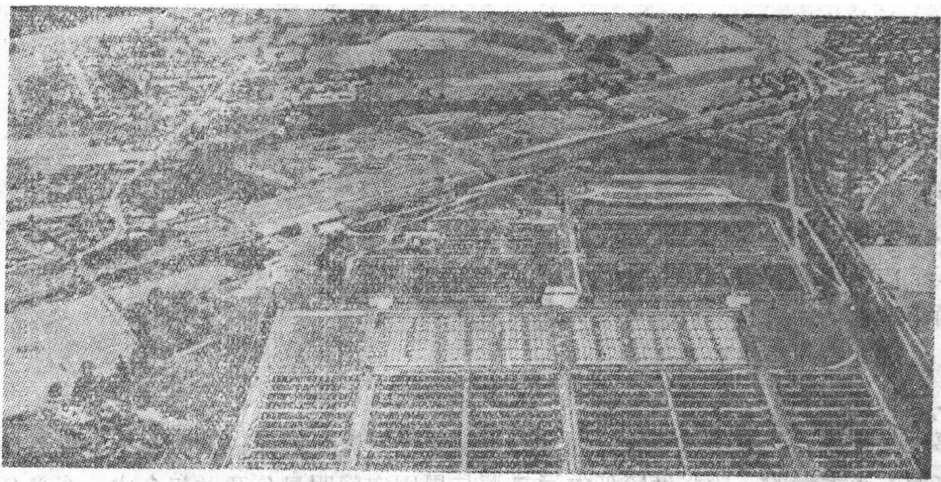


图 1-1 联邦德国最大的废水处理场——杜依斯堡附近的依姆斯切尔处理场

以上对排放源的分类是根据定位的源来划分的。此外，还可以根据在排放源下游进行观测的结果来分类。在很多工厂中，可能有几个高烟囱聚集在一起，如图 1-2 所示^[4]。一个观测者在图 1-3 的 B_1 点，可以很容易根据位置、高度、种类和强度来识别每个排放源。然而在 B_2 点进行观测，这些特性就再不能被测定。随着与排放源距离的增加，从不同排放源排放的污染物将在大气中扩散并相互混合。排放物与排放源失去了它们的本性，并随着其本性的丧失，也就失去了它们的重要性。对减少有害排放物所采取的一切技术措施，首先必须弄清排放源，并且必须尽可能准确地给出其性质。这证明在排放源的分类中采用与排放有关的观点是合理的。

上述与排放有关的考虑的另一优点是，造成排放或对排放负有责任的个人或公司常是所考虑的问题中心。需要考虑的与排放有关的问题总是定位的源。

与独立的单个排放源相反，排放源场包含有大量相互影响的排放源。在排放源场以外不

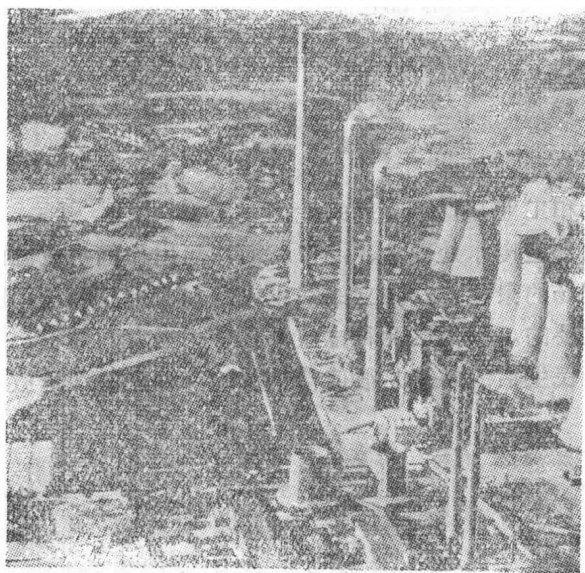


图 1-2 有若干高烟囱的工业联合企业

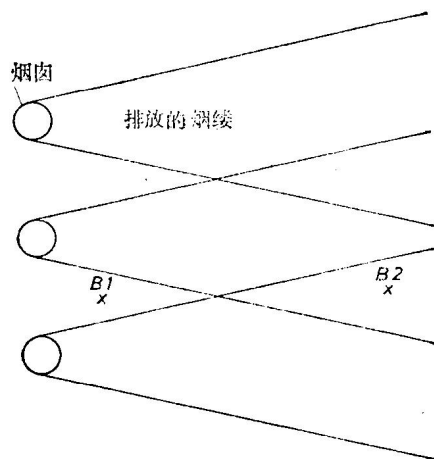


图 1-3 在大气低层一组高烟囱中
污染物扩散的示意图

能辨认出这些单个的排放源，一个单个的排放源只能在排放源场内辨认，每个单个的排放源的特性可说明如下：

1. 在排放源场内确定的排放地点，
2. 排放的种类，
3. 低的排放流量强度。

把这些性质与独立的单个排放源进行比较就会发现，除了排放强度以外，它们之间没有根本的区别。正是这个不同之处，决定了为减少污染物的排放所采取的技术措施。

排放源场可分为三类：

1. 一维排放源场，
2. 二维排放源场，
3. 三维排放源场。

例如把卡车或小汽车作为排放源的一条交通公路则是一维排放源场，城市的生活区属于二维排放源场，工厂则为三维排放源场。图 1-4 是一家化工厂的复制照片^[5]。象这样一个排放源场中的单个排放源是大量的法兰和阀门。排放源的种类和高度对环境的污染程度以及排放物对人、动物、植物和具体的物体的危害有明显的影。例如图 1-5 表示了联邦德国鲁尔区西部按所有排放源高度分类的粉尘排放情况^[6]。值得注意的是，占总量 50% 的粉尘是从 0~10m 的最低高度范围内排放的。在这一范围内主要是从三种排放源场以及独立的线和面排放源排放的。

正是这些低高度的排放物给一切生物和其它物体带来严重的危害。尽管无人否认污染对生物死亡率的影响，但要证实其确切的影响却是十分困难的。然而，证实污染对艺术品和建筑物的破坏作用则要容易得多。如世界闻名的科隆城哥德式大教堂、雅典的庙宇都是两千五百年前欧洲文化发展的古老遗迹，二氧化硫对它们的破坏作用可以作为例子^[7]。图 1-6 是雅典古希腊都城卫城上阿诺其顿少女门廊^[8]的照片，雕刻品已遭受排放到空气中的污染物

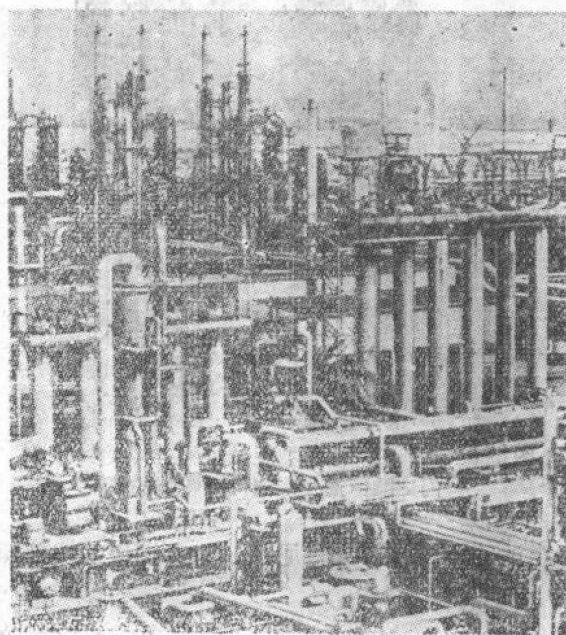


图 1-4 三维排放源场的化工厂实例

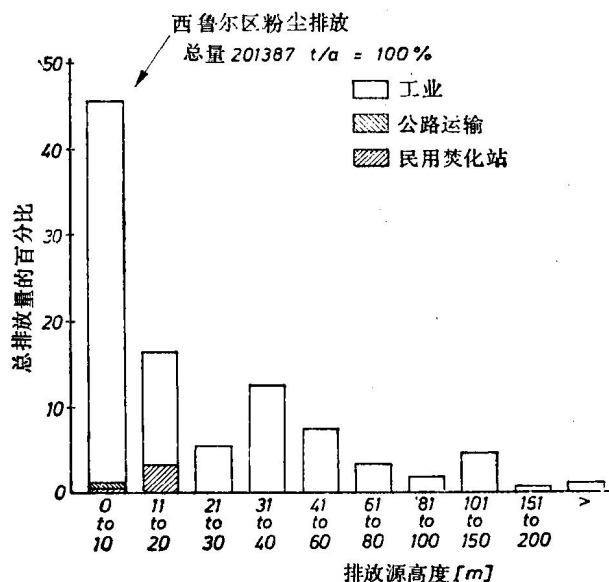


图 1-5 在联邦德国鲁尔区西部按排放源高度分类的粉尘排放情况



图 1-6 雅典古希腊都城卫城上阿诺其顿少女
门廊雕像遭受空气污染影响的情况



图 1-7 慕尼黑的青铜像头部遭受空
气污染影响的情况

的严重破坏。图1-7为慕尼黑一座青铜像的头部照片,是空气中污染物破坏作用的另一个例子。

3. 环境污染

前面在有关污染问题的简要讨论中已经提到,环境可以分为三个要素:空气、水和土壤。下面将讨论自然界和人的活动对每一要素的污染。

3.1 空气污染

空气污染是由于自然界的原因和人类活动的人为原因造成的。污染物可以是气体以及液体和固体颗粒物。它们对人、动物、植物以及世界上一切物体都是有害的。

联合国世界卫生组织对空气污染物解释如下:当在大气中有一种或数种污染物以某一浓度存在一定的时间,它们对人、动物、植物和材料性质是有害的,造成损害或降低了它们的良好状态,或明显地影响了它们的使用,这个空气就是被污染了。

用更简单的话讲,就是当空气的成分和“纯净空气”的成分不一样时,便可以说空气被污染了。由于不可能对“纯净空气”有一个定量的解释,就把海平面上通常条件下干燥空气的成分当作纯净空气的标准。其成分列于表 1-1 中。

空气中包含的某些成分如一氧化碳和氮的氧化物,当它们超过了规定的浓度(就是使成为污染物的浓度——剂量)时,便是危险的污染物。

十六世纪著名的医生帕拉塞尔士* (Paracelsus) 曾经阐述过,几乎所有的物质对人既可

* Philippus Theophrastus Bombastus Von Hohenheim, 1493~1541, 是著名的瑞士—德国医生和科学家。他后来名叫 Paracelsus, 他对实验研究的发展作出了重要贡献。

表 1-1 海平面上干燥空气的成分

成 分	浓度 ppm=cm ³ /m ³ 空气
氮	789900
氧	209400
氩	9300
一氧化碳	315
氟	18
氖	5.2
甲烷	1.0~1.2
氦	1.0
一氧化氮	0.5
氢	0.1~0.5
氙	0.08
二氧化氮	0.02
臭氧	0.01~0.04
氨	0.01

以是有利的，也可以是有害的，这取决于所用的数量和与其它物质结合的方式。

在空气中的一些重要污染物列在表1-2中。这些污染物可以是自然界的污染源排放的，或者是由于人类的活动引起的，即人为的污染源排放的。表 1-2 中的数据用图表表示在图 1-8 中。根据这些数据，把人为污染源的排放物与自然界污染源的排放物进行比较，人为污染源的排放物几乎可以忽略不计。然而，主要危害环境的是占总排放物的很小百分比的来自人为污染源的排放物。自然界污染源和人为污染源的排放物之间的差别以及它们之间的相对重要性，可由下式清楚地说明：

$$\dot{M}_B = \dot{m}_B A_B \quad (1-1)$$

表 1-2 全世界来自自然界和人为污染源的排放物^[10,11,12,13,14]

每年物质的总排放量， 单位为吨	排 放 物 的 百 分 比 和 污 染 源	
	自 然 界 污 染 源	人 为 的 污 染 源
1. 二氧化硫 SO ₂ 44×10 ⁹	90% { 有机物(H ₂ S)的分解 火山 海洋	20%* { 70% 能源 28% 工业
2. 一氧化碳 CO 3.5×10 ⁹	90% { 森林火灾 海洋 森林	10% { 75% 交通，汽车 15% 工业 10% 废物处理
3. 二氧化碳 CO ₂	—	主要来自焚烧过程
4. 氮氧化物 NO _x 0.82×10 ⁹	94% { 各种 NO 生成物 闪电等	6% { 55% 能源 40% 运输
5. 氨 2.5×10 ⁶	99% 分解过程	1% 化肥
6. 碳氢化合物	96% { 来自分解过程的甲烷 来自针叶树森林的萜烷	4% { 65% 运输，精炼厂 25% 工业
7. 粉尘与悬浮微粒	94% { 来自海洋的盐 风造成的粉尘 火山	6% { 40% 能源 60% 工业

* 应为10%——译者注

$\dot{M}_B$ (kg/s) 为排放的污染物的质量流量， $\dot{m}_B$ (kg/m²s) 为比质量流量，是排放的污染物每单位排放面积的质量流量，而 A_B 为排放面积。很多情况表明，自然界排放的特点是污染物的比质量流量非常小，而排放面积却非常大。这种情况的一个典型例子是有机物分解引起的碳氢化合物和二氧化硫的扩散。火山的爆发是一个例外，在这种情况下，单位排放量非常之大，而排放面积相当小，但即使在这种情况下，一般也没有多大关系，因为其排放的污染物相对来说是很少的，而且当排放的时候也是在一个相当大的高度上。

西西里岛的埃特纳火山每年估计放出一百万吨二氧化硫，大约为德意志联邦共和国高度

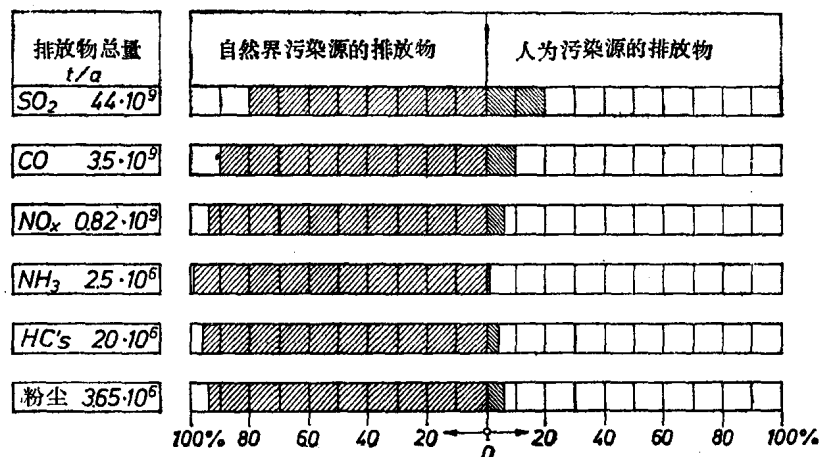


图 1-8 来自自然界和人为污染源的排放物总量

工业化的地区之一的鲁尔区排放量的一半。鲁尔区排放的 SO₂ 对于环境有重大的影响，而埃特纳火山的排放物对空气的污染不起严重的作用，因为它的污染物被排放到 3263m 的高空。在这样高度的排放物，可被稀释到无害的程度。然而在很多情况下，人为的排放具有相当大的污染物比流量和很小的排放面积的特点。

典型的人为排放的污染源是烟囱。工厂的烟囱一般都相当高，所以这些污染源的排放物对接近地球表面的生物圈的污染不很重要。然而，在居民区里，民用锅炉房的烟囱高度较低，这些污染源的排放物在生活区的污染中起着决定性的作用。

危害人和动物的生命以及植物生长的污染物的排放是人类自己造成的。几类排放部门的几种重要排放物列在表 1-3 中。这个表是从联邦德国政府的专家们在 1970 和 1971 年制定的一份报告中摘录的。这些专家是由工业、各种组织和一些政治团体提名的。在没有年排放数字的时候，专家们认为他们自己也无能为力；括弧中的数据是有点可疑的。箭头表示今后十年的估计发展趋势。箭头向上或向下表示所排放的污染物正在增加或正在减少。

表 1-3 重要的污染排放物(10³t/a)(1971)

排放的工业部门	污 染 物					
	SO ₂	CO	NO _x	碳氢化合物	氟化物	粉 尘
能量转换	3000 ↘	600 ↘	600 ↗	130 ↘	0.01	270 ↘
化学工业	60 ↘	50	25 ↘	100 ↘	0.20	10 ↘
交 通	80 ↗	3700 ↗	900 ↗	580 ↗		60 ↗
GCC	50 ↘		(100)		0.20	70 ↘
采矿与钢铁工业	200	330	(100)		0.20	180
	3390	4680	1725	810	2.41	590

注：能量转换：发电厂、工厂和私人住宅的所有锅炉房。

化学工业：以物质的化学转换为工业。

交 通：公路交通、铁路交通、航运、空运。

GCC：玻璃、陶瓷、水泥以及相近的工业，

方框中的数字表示某种污染物最重要的排放部门。表1-4再一次列出了这些数字。它们表明,当主要的排放部门能够减少排放时,可以大大减轻空气的污染程度。应特别提到,化学工业决不是污染物的主要排放者,这是由于这个工业部门非常重视研究工作,为了减少有害排放,已经恰当地利用了他们的研究优势。

表 1-4 有关表 1-3 所列污染物的主要排放部门

污 染 物	主要排放部门	所有各部门的排放量 (t,a)	主要排放部门所占百分比(%)
SO ₂	能 源	$3.39 \cdot 10^6$ *	88.5
CO	交 通	$4.68 \cdot 10^6$ *	79.1
NO _x	交 通	$1.725 \cdot 10^6$ *	52.2
碳氢化合物	交 通	$0.81 \cdot 10^6$ *	71.6
氟化物	采矿和钢铁工业	$2.41 \cdot 10^3$ *	83.0
粉尘	能 源	$0.59 \cdot 10^6$ *	45.8

* 原文数值有误, 现已改正——校者注

表1-5 各工业部门空气污染的关键问题

排 放 部 门	关 键 问 题
能 源	矿物燃料的脱硫: 煤、原油的脱硫, 烟道气的除尘
化学工业	除臭: 由于污染物浓度非常低, 而且多种物质混合在一起, 这是一个非常困难的问题
交 通	改善燃烧过程和燃烧室; 更换燃料; 发展新型发动机和新的运输系统, 以减少 NO _x 、CO 和碳氢化合物的排放
GCC (玻璃、陶瓷、水泥)	除了减少氟的排放外, 没有关键性问题
采矿和钢铁工业	大幅度减少氟、粉尘和二氧化硫的排放

从表1-4中可以分析出各个工业部门有关空气污染的主要问题。它们列在表1-5中。

需要指出,在表1-2和1-3中所给出的数据都不是十分可靠的。在大多数情况下,它们都是根据粗略的估计。但是,这些数据显然被证明有助于对空气污染的开始研究。这是第一期的污染资料。空气中许多污染物的含量如此之高,以至勿需确切的数字就可以使公众相信采取立法步骤来阻止空气污染是绝对必要的。

在此期间,工业化国家中情况已经发生很大的变化。空气污染的“定量方面”已经基本解决,或者求得这些结果的方法已经经过试验,并可在工业上应用。在第二期的污染资料中,要求更加可靠的数据。现已发现,这样的数据只能在一个较小的范围内来确定。即使在这样的条件下,这些数据不能仅根据测量来求得,也还要根据估计,不过估计的方法已经有所改进。表1-6搜集了联邦德国1975年某些污染物的排放量^[16]。根据这些数据,粉尘、SO₂以及NO_x的排放总量几乎与表1-3的数据相同,但排放部门类别的构成有某些不同。

表1-7和1-8列出了各种焚烧装置的排放系数^[16]。排放系数是每产生单位热量所排放的污染物的量。焚烧装置的排放系数取决于所用燃料的种类、所用焚烧炉的类型、所使用的减少排放的设备以及燃料中存在的污染物。焚烧过程所产生热量的单位为千兆焦耳 (GJ) =

表 1-6 联邦德国某些污染物的排放情况

污 染 物 来 源	粉 尘		二 氧 化 硫	
	1000(t/a)	(%)	1000(t/a)	(%)
焚烧装置	398	71.7	3391	93.2
发电站	172	30.7	1704	46.6
工业用装置	154	27.5	1214	33.4
家庭用装置	72	12.9	473	13.0
工业生产过程等	1435	25.6	159	4.4
交 通	18.3	3.3	80	2.2
总 量	560	100.0	3630	100.0
污 染 物 来 源	氮 氧 化 物		有 机 化 合 物	
	1000(t/a)	(%)	1000(t/a)	(%)
焚烧装置	1261	68.6	175	9.6
发电站	668	37.5	7	0.4
工业用装置	458	24.8	33	1.8
家庭用装置	115	6.3	135	7.4
工业生产过程等	24	1.3	873	48.3
交 通	555	30.1	762	42.0
总 量	1840	100.0	1810	100.0

表 1-7 有关工业焚烧装置的排放系数, 每 10^9 焦耳热量污染物的公斤数(kg/GJ)

燃 料	粉 尘			SO ₂	NO _x	CO	碳氢化合物
	1965	1970	1975	1965~75	1965~75	1965~75	1965~75
烟煤	800	400	250	890	220	170	14
焦炭	50	50	50	500	220	170	10
褐煤	800	400	250	785	240	170	3.4
重燃料油	34	34	34	910	170	10	27
轻燃料油	0.7	0.7	0.7	210	170	10	17
煤气	0.1	0.1	0.1	10	170	2	1.4
燃 料	HF	HCl	Hg	Cd	Zn	Pb	
	1965~75	1965~75	1965~75	1975	1975	1975	
烟煤	4.0	30	0.01	0.010	0.70	0.50	
褐煤	0.4	20	0.01	0.025	0.05	0.03	

10^9 焦耳。这些表中所列的数据为估计由于焚烧而排入大气中的排放物提供了充分的依据。污染物是所产生的热量的函数。

有关空气污染的更详细的情况, 由环境评价记录来提供, 至少在一个国家的污染严重地区要制定这种记录。在这些记录中收集了所研究的地区内每单位面积排放的污染物的数据, 另外在记录中包含有在地面以上大约1.5m处测得的空气中污染物浓度的数据。在专门的记

表 1-8 带焚烧炉的发电站排放系数, 每 10^9 焦耳的热量所排放污染物的公斤数(kg/GJ)

燃 料	粉 尘			SO ₂	NO _x	CO	碳氢化合物
	1965	1970	1975	1965~75	1965~75	1965~75	1965~75
烟煤	400	200	110	890	240	17	3.4
褐煤	270	110	80	785	290	3.4	3.4
重燃料油	34	34	34	910	240	3.4	6.8
煤气	0.1	0.1	0.1	10	170	1.0	0.45

燃 料	HF	HCl	Hg	Cd	Zn	Pb
	1965~75	1965~75	1965~75	1975	1975	1975
烟煤	0.4	30	0.01	0.004	0.300	0.20
褐煤	0.4	20	0.01	0.008	0.015	0.01

录中概括了空气污染对人、动物、植物以及材料性质的影响。空气污染与人的死亡率的关系是一个需要进行综合研究的问题^[16]。

有关评价环境的记录不仅适用于空气,而且也适用于水和土壤。

可得到的有关空气污染数据以及由所设置的测量系统连续提供的数据,对防止特别危险的情况如烟雾的发展,提供了采取行动的机会。甚至可以把气象广播与排放情况广播结合起来。

根据前面的资料可能形成这样的印象,即空气污染是一个单纯的定量问题。在某些情况下,这个印象是正确的,正如帕拉塞尔士(Paracelsus)所指出的,是由于物质的量使它成为污染物。然而,危险不仅仅与污染物的质量有关。例如,如果大质量的粉尘由直径约1mm的颗粒组成,而小质量的粉尘由直径仅为1 μ m的颗粒组成,则大质量粉尘的危害可能远远小于小质量的粉尘。由于小的粉尘颗粒将易于进入人的呼吸系统,并给人带来众所周知的健康问题。这个例子表明除了污染物的质量外,还必须给出进一步的定量特性。对于粉尘,除质量外,其化学种类、粒径分布、形状和结构、特别是孔隙度、最后还有颗粒的密度都必须知道。正是这些性质决定性地确定了粉尘是否有害。在考虑到这些性质的时候,空气污染的定量问题就变成定性问题了。在空气污染控制的第二阶段中,空气污染主要是一个定性问题。

在空气污染控制的第一阶段中,已经成功地解决了定量问题。例如,已有各式各样的设备可用于从气流中清除一定粉尘质量中的较大部分,但就是这少量非常细的粉尘不能用现有设备清除,而它正是有危险的部分。因而必须研制新的设备来减少仍存在于排放气体中细粉尘的数量。只有对污染物的定量方面有更进一步的了解,才有可能达到这个目的。

3.2 水污染

水是生存的前提之一。在联邦德国,人的活动中需要的水量大约为 $51 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{a}$,取自地表和地下水的水量为 $28 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{a}$,余下的 $23 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{a}$ 为再循环水。

由于从私人住宅、商业和工业来的水携带的废弃物增多,水就变成了废水。水和废物的混合物通常称为污水。污水的成分取决于它的来源。生活废水由用过的水组成,包括人的排泄物以及家庭活动和医院各种特有的物质。工业废水主要是来自屠宰厂、牛奶厂、制革厂、造纸厂、食品加工厂以及其它各种工业企业产生的用过的水、固体和液体废物组成。这些废