

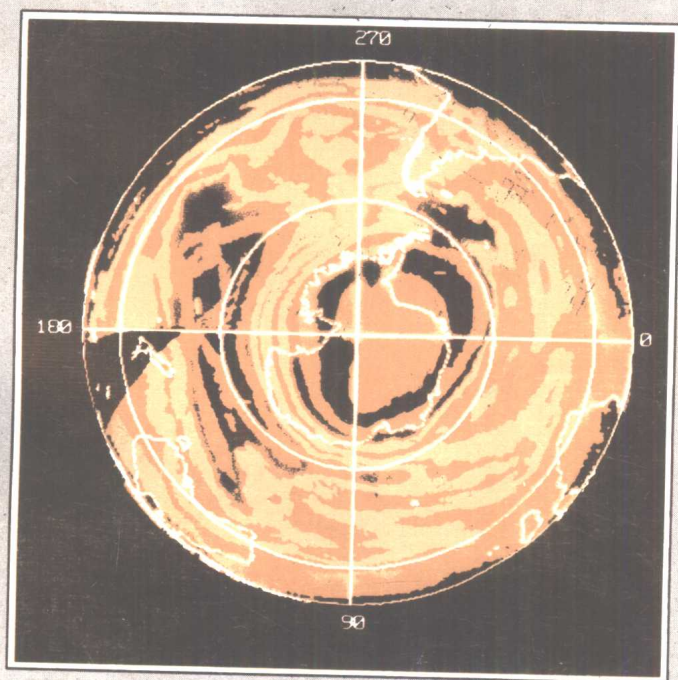
保护臭氧层的战略

艾伦·米勒

〔美〕

编

欧文·明特



中国环境科学出版社

保护臭氧层的 战 略

[美] 艾伦·米勒 欧文·明特 编

刘秀茹 邹 源 译

王之佳 校

中国环境科学出版社

1989

内 容 简 介

本书是世界资源研究所政策研究中心 1986 年 11 月份的研究报告, 旨在全世界范围内达成一个协议, 保护宝贵的臭氧层。

书中分五个部分介绍了臭氧层的科学; 氟氯烃的用途、控制及替代品; 法规政策问题和结论。书后附录介绍了大气中的化学反应和臭氧浓度。它是一本较为系统、详细介绍保护臭氧层战略的书藉。

可供环境保护、化工、气象、卫生等部门的领导、科研人员使用, 亦可供大专院校有关师生参考。

Alan S. Miller
Irving M. Mintzer

THE SKY IS THE LIMIT: STRATEGIES FOR PROTECTING THE OZONE LAYER

保护臭氧层的战略

[美] 艾伦·米勒 欧文·明特 编

刘秀茹 邹源 译

王之佳 校

责任编辑 吴淑岱

*

中国环境科学出版社出版

北京崇文区东兴隆街 69 号

冶金工业出版社印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行 各地新华书店经售

*

1989 年 5 月第 一 版 开本 787×1092 1/32

1989 年 5 月第一次印刷 印张 2 1/8

印数 1—3 000 字数 40 千字

ISBN 7-80010-495-8/X·272

定价: 1.20 元

前 言

很少有一个课题象 1985~1986 年同温层内臭氧层的命运那样,在如此短的时间里戏剧性地改变其内容、紧迫性及各方面政策。

自从 1974 年首次由 Molina 及 Rowland 假设氟氯烃(CFC_s)的作用是破坏遮挡射向地球紫外线保护层的臭氧层以来,其反应已经模拟并讨论过。该论题的紧迫性已经广泛动摇了臭氧消失率的科学评估及新的假设、猜测与模拟的高潮,没有人能肯定地说出 5 年以后,我们不会回顾此期间,把它视为另一次的临时性关切高潮。不过,过去 18 个月的许多事情说明,该问题已经深深的并永久性的改变了。

这些事件之一是签署了保护臭氧层的维也纳公约,首次建立起全球合作控制污染协议的体制,而且这是一个试验预测、阻止,而不是清除出现的问题。在这两方面,维也纳公约建立起一种国际的先例。如果明年的协商能在该体制中加上管理手段,则公约还能冲破一层重要的心理障碍——人们将看清什么是国际合作的限度。

1985 年传来了惊人的宣称,在臭氧层里发现了一个“洞”,一个象美国大陆那样大小的洞。虽然它的起因及影响尚未弄清楚,但南极“洞”已经戏剧性的改变了政策景观,它强调了对大规模的不可预测的大气变化的可能性,强调了不

是缓慢不断地发生变化而是突然加强影响的可能性，以及强调了在人类生存的地球上的未计划好的全球实验的风险程度。

同样在该期间，预期的温室效应暖和率在加速。这是由于叫做非 CO_2 温室效应气体在起作用，这些气体中有 CFC_s 及对流层的臭氧。科学家们对此已经比较清楚，已预测到 2030 年， CO_2 总量比现在增加一倍，会使气温变何等温暖。温室效应问题已由纯研究领域转变成政策分析方面：从将发生什么并且为什么的问题转变为应当如何去做的的问题。科学家们同时对已经很复杂的问题加进了一个新的方面，坚持其两者间存在的许多联系——化学的重叠及反馈环，气候变化及同温层臭氧的消失必须视为一种单一的、综合的现象来处理。

1986 年秋季产生了第四个主要里程碑。这就是美国及欧洲用户与 CFC_s 生产者认可要限制 CFC 产量。杜邦公司不在其内，而它是最大的单一 CFC 生产者。工业界立场的转变，尤其是在存在着大量科学上的不明因素的情况下，仍认可必须采取行动，标志着前进了一步。

不过，臭氧层的命运远未确定。 CFC 排放量应当如何控制，如何加强这方面的国际行动，这些负担应当如何在发达国家与发展中国家之间分摊？现代科学确证的限制水平是什么？以及何种规定会使经济费用减至最少程度并诱发技术改造更新，以生产更安全的替代品，所有这些是未解答的问题。

这些问题是本书特别及时报告的主题，它分析了各种不

同的可能性——技术上的和机制性的，正在改变的政策的前景。在分析他们最新的发现与发展基础上，作者们提出了一个大胆的，但是基础非常好的限制计划的建议，可以作为我们面临大气挑战的一种成功的全球响应的基础。

世界资源研究所副主席及研究主任
杰西卡·马休斯 (Jessica T·Mathews)

目 录

一、 引言	(1)
二、 臭氧层的科学	(3)
(一)人类活动释放改变臭氧的主要物质	(4)
(二)CFC _s 是什么	(10)
(三)臭氧紊乱的影响	(15)
三、 CFC _s 的用途、控制及替代品	(19)
(一)提高效率与降低操作损失	(24)
(二)回收与再循环	(25)
(三)“安全的 CFC _s ”(用含氢或无氯气制成)	(26)
(四)非 CFC 产品的替代品	(28)
(五)小结	(30)
四、 法规政策问题	(33)
(一)政府在过去所采取的保护臭氧层的行动	(33)
(二)目前的政策问题	(36)
(三)限制 CFC 生产和使用	(49)
(四)分配容许产量	(51)
(五)执行全球限额的国家政策	(53)
五、 结论	(54)
附录	(56)

一、引言

世界各国的政府将会很快做出是否采用那些决定臭氧层命运的政策。臭氧层是防止有害紫外线辐射地球的遮盖，1985年3月22日签署的保护臭氧层的维也纳公约创立了一种科学合作的体制，并开始了一个两年的研讨会与情报交流计划，形成了限制危害臭氧层物质的议定书的基础⁽¹⁾。到了1986年中期，已有28个国家签署了公约，包括那些主要的氟氯烃(CFCs)的生产者及用户们，CFC是最重要的有疑问的化学物质。美国参议院于1986年7月批准了该公约。

美国还审议了进一步采取国内管理行动的必要性。清洁空气法要求控制所有美国环保局(EPA)确定要控制的物质：“有理由预期其可能影响同温层，以及……危及公众健康或幸福”⁽²⁾。当一个环保组织（自然资源保护委员会）提出控告后，EPA宣布将在1987年11月确定美国各种规定的要求与形式——这一日期的选择与公约程序同步，并使国内的行动与国际协商联系起来⁽³⁾。

近期的科学发展加强了政府考虑的紧迫感。在1985年，英国的科学家们已提出报告，发现在南极的春天，臭氧损失比现在大气模拟能解释的远为多⁽⁴⁾。国家宇航局(NASA)卫星测量曾证实了这些臭氧值，是地球上曾被记录

到的最低值。1986年6月，EPA与联合国环境规划署(UNEP)联合召开了为期一周的关于臭氧耗竭与气候变化的会议，注意力集中于这些变化对人类健康及给环境带来的广泛危害⁽⁵⁾。总结了大气科学的现状，NASA提交给国会的一份1986年报告中作出结论说：“社会正在做一个全球规模的巨大实验，不断增加痕量气体而不知其对环境的后果”⁽⁶⁾。

政府对有关臭氧耗竭的各种决定也极大地影响“温室”问题。这是由于大气中积累起来的各种气体造成热封闭，使地球最终逐渐变暖。CFC_s影响着温室效应，臭氧分布的预期改变也会影响后者。除了这种直接影响温室变暖率之外，公约还应作为一种模式，供今后制订控制温室效应气体的国际战略用。

本报告回顾了科学家们对臭氧变化危害的现时了解，论述了CFC_s排放的减少或消除技术，并提出了摆在美国与其它国家面前的一些关键政策性课题：臭氧耗竭问题的严重性，考虑到了各种气体可能的增长以抵销影响；政府各种行动的恰当时机；假设广泛认可的模拟表明在20年或更长时间内，现有CFC排放水平对全球的臭氧无甚改变，以及最有效与可行的国内及国际的政府行动的方式。最后，建议应采取的特殊国家与国际的政府行动。

二、臭氧层的科学

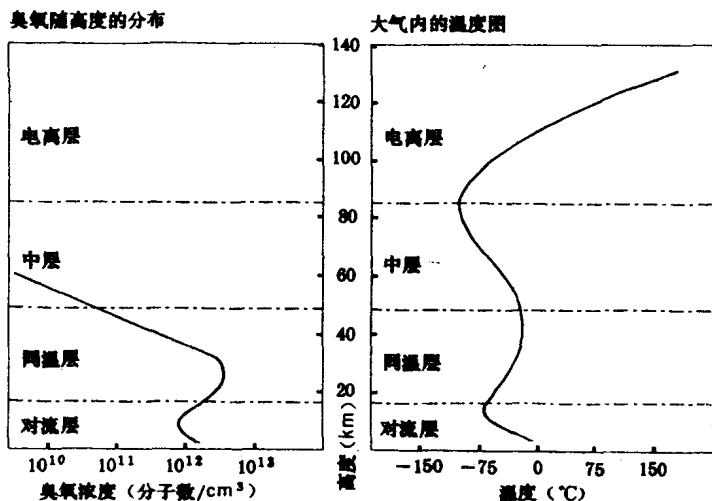


图 1：大气内温度与臭氧分布图

资料来源：国家宇航局的一份 1986 年评估报告，“上层大气情况了解”。

大气中含有少量的臭氧(O_3)对地球上的生命平衡是至关重要的，臭氧的浓度随高度而变化。大气里大多数的臭氧处在离地球表面 6~30 英里范围内，尽管离地表比较近的地方较少的数量是与污染问题有关系（参看图 1）。臭氧吸收掉太阳放射出的大量的对人类、动物及植物有害波长的紫外线

辐射 (240~329nm——涉及到称作“UV-B”波长的光谱)。臭氧浓度在不同的高度还影响着温度、空气的运动及红外线的向下辐射。反过来又影响辐射与气象过程,对确定气候有关⁽⁷⁾。因而,如果臭氧的数量或垂直方向的分布有显著变化的话,将会造成主要的环境后果——由于温室效应而改变气候。

当紫外线(UV)离解两原子的氧(O_2)时,在同温层内就形成臭氧。一旦离解,两个氧原子与两个氧分子结合而形成臭氧(O_3)分子。臭氧分子反过来被 UV 离解而形成 O_2 与 O 。这种可逆过程在同温层内平衡着 O 、 O_2 及 O_3 。但是,臭氧分子与氯氧化物、氮、溴及其它各种元素的作用会破坏这种化学平衡,并减少 O_3 的数量。作为催化剂,单个氯分子或氮分子的反作用就能破坏成千个臭氧分子(参看图 2 及附录)。

(一) 人类活动释放改变臭氧的主要物质

1974 年马里奥·莫利纳(Mario Molino)与舍伍德·罗兰(Sherwood Rowland)博士假设对称作氟氯烃(CFC_s)族的化学化合物不断增长的使用会造成特殊麻烦⁽⁸⁾〔见本节(二)〕。 CFC_s 是非常不活泼的化学物质,它在许多应用场合是安全与有用的——气溶胶喷雾、制冷、发泡、溶剂及其它。然而大多数化学物质在大气中的停留时间是以数星期或数月计的,而 CFC_s 的影响将持续一个世纪或更长的时间。由于其非同寻常的化学稳定性,使它们能达到同温层。在地

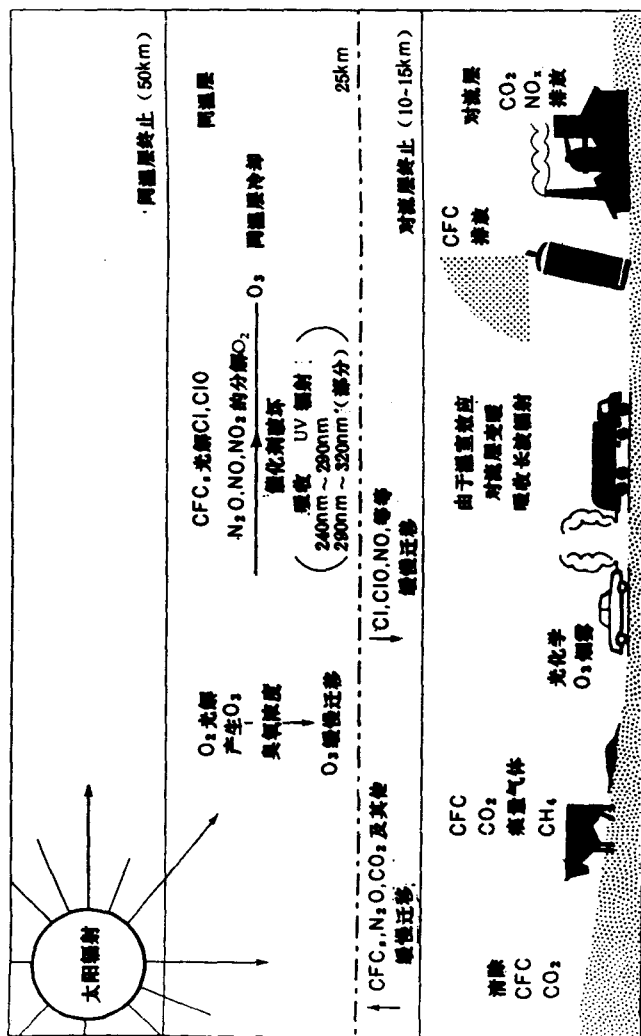


图2 影响臭氧浓度及气候过程选择的物理与化学过程

球表面上 15~50km, 强大的紫外线辐射引起它们离解而放出氯 (称为光解作用)。于是氯与氧、氮及氢氧化物起作用, 其结果是臭氧浓度降低而氯继续存在。

化学物	来源
CFC - 11 (CFCl_3)	用于火箭的燃料气溶胶、制冷、发泡及制冷剂
CFC - 12 (CF_2Cl_2)	
CFC - 22 (CHClF_2)	
CFC - 113 ($\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$)	
甲基氯仿 (CH_3CCl_3)	溶剂
四氯化碳 (CCl_4)	生产 CFC 及粮食熏烟处理
聚四氟乙稀 1301 (CBrF_3)	灭火器
聚四氟乙稀 1211 (CF_2ClBr)	
氧化氮 (NO_x)	工业活动副产品
二氧化碳 (CO_2)	化石性燃料燃烧副产品
甲烷 (CH_4)	农业工业及采矿活动的副产品

某些其它的人造化学物质, 包括甲基氯仿(CH_3CCl_3)与四氯化碳(CCl_4)——除 CFC_s 外也有害于臭氧层。这些物质大都数量微小, 作为制造其它化学物质的中间产物, 或者比主要的 CFC_s 在大气中消失得要快, 这样就减少一些威胁。聚四氟乙烯(halons)可能是一个例外 (灭火器里的化学物

质)。现在这些化学物的产量相对地较少,但它们含有溴(它可能是比氯更能影响臭氧耗竭的物质),其使用量正在迅速增长,而且在大气中的寿命可能与 CFC_s 一样长(见图 3a~b)。另一个主要的耗竭源是 N₂O,这是一个是否要大量使用超音速飞机的关切问题。

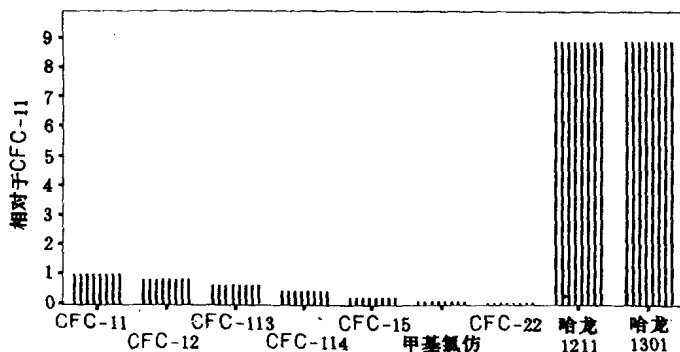


图 3a 每克分子臭氧耗竭量

资料来源: 1986 年 10 月美国环保局空气及辐射办公室的初步估价。

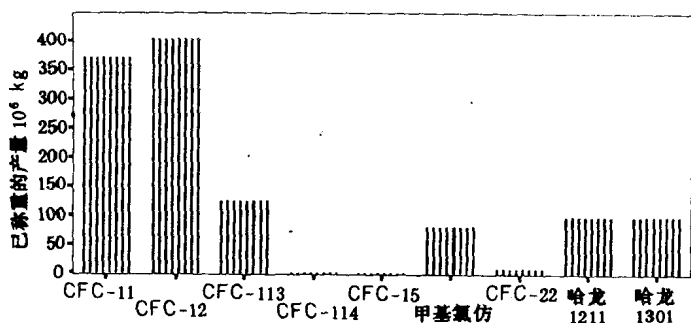


图 3b 臭氧耗竭量估价

资料来源: 1986 年 10 月美国环保局空气及辐射办公室的初步估价。

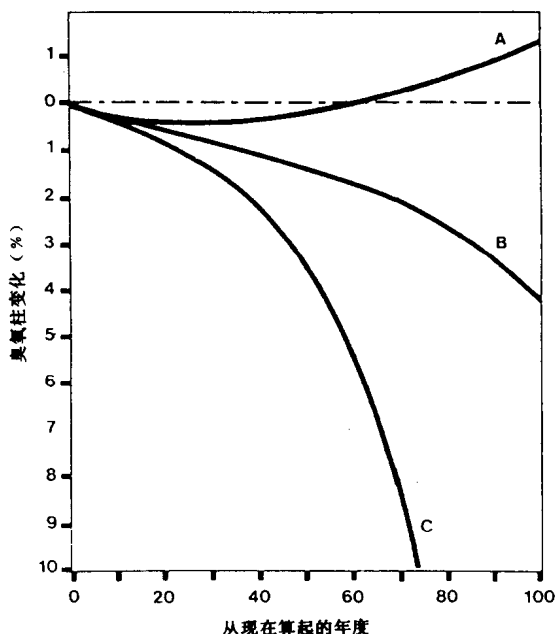


图 4 不同的 CFC 增长率对臭氧削减量的估价

注：采用有温度反馈的 LLNL1-D 模式计算与时间有关的总大气臭氧变化情况。

A——CFC 流量维持 1980 年水平，每年甲烷增加 1%， N_2O 增加 0.25%， CO_2 增加 0.5%；B——CFC 排放量开始以 1980 年的速率，并且每年增加 1.5%，其它痕量气体的变化与 A 相同；C——除了 CFC 的排放量每年增加 3% 外，其余的与 B 相同。

资料来源：NASA，1986 年上层大气现状的了解报告。

何时、何地，是否发生耗竭现象取决于许多假设，所采用模拟型式的灵敏度，不同化学物质的相对增长率，以及当大气发生化学变化时将会出现什么情况。尽管十年来同温层光化学的基本概念变化很小，但是臭氧“图景”的描述已经更新^[9]。由于人类活动释放出的一些化学物质，特别是二氧化碳(CO₂)及甲烷(CH₄)，使臭氧增加，大大地抵消了CFC_s的耗竭影响。从亚音速飞机排放到对流层的NO及化石性燃料燃烧都会增加臭氧。CFC排放量增长越快，则臭氧耗竭现象也越快地出现。然而这些其它化学物质的影响是朝反方向发展的（见图4）。在NASA 1986年的报告中提出了一系列的估价值，反映了这些化学物质不同的潜在增长率（见图5）。

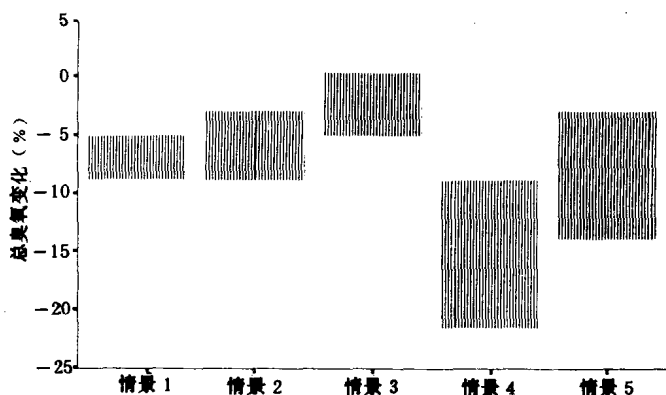


图5 为说明情景对五种代表性模式估价总臭氧的变化范围

情景 1: CFC 的浓度与 1980 年水平平衡;

情景 2: 大气氯浓度为 8ppbv;

情景 3: 氯浓度 8ppbv, 甲烷浓度两倍于现有水平, 氧化氮 1.2 倍于现有水平, 二氧化碳两倍于现有水平;

情景 4: 大气氯浓度 15ppbV;

情景 5: 大气氯浓度 15ppbV, 其它气体如情景 3.

采用 LLNL(Wuebbles), Harvard (Prather), AER(Sze), Dupont (Owens), IAS (Brasseur)及 MPC (Bruehl)模型.

更进一步假定的氯背景浓度是 1.3ppbV, 背景里无 CFC.

资料来源: NASA, “1986 年上层大气现状的了解。”

(二) CFC_s 是什么

尽管 CFC_s 通常是群集性的被涉及, 有些不同合成成品是投入商业生产的, 而有些是从实验室发展的.

主要的 CFC_s 是:

CFC-11—CCl₃F: 甲基氟三氯;

CFC-12—CCl₂F₂: 甲基二氟二氯;

CFC-22—CHClF₂: 甲基二氟氯;

CFC-113—C₂Cl₃F₃: 甲基三氟三氯.

标数系统是由杜邦公司首创的, 而之后被世界各地广泛采用, 以区别氟的碳氢物. 现将上述所列的形式说明如下:

从右边数第一位数是化合物是氟(F)的原子数目, 第二位数是氢(H)原子数加 1, 第三位数是碳(C)原子数减 1; 如果是零, 这个数就可以省略.

CFC_s 是如何形成的, 决定了它们对臭氧层的危害程