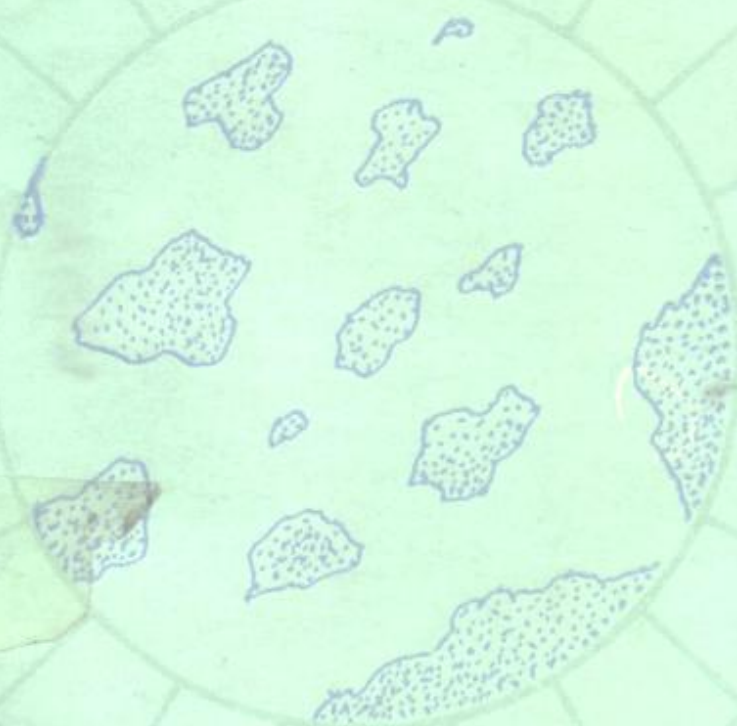


臭氧层空洞的报告

曹凤中 编著



中国环境科学出版社

見解與中國的報告

—— 關於 ——

中國

的

報告

—— 關於 ——

P421.33
CFZ

臭氧层空洞的报告

曹凤中 编著

中国环境科学出版社

1990

内 容 简 介

臭氧层破坏是当前重要的全球环境问题。本书主要是根据英国南极臭氧层考察组第二次考察报告编写的。本书详细地介绍了南极臭氧层减弱的原因和推论, 臭氧减弱趋势和模型。书中所介绍的一些数据, 有些是首次公诸于世。

本书可供科研人员、大专院校师生、环境科学工作者参考。

臭氧层空洞的报告

曹凤中 编著

*

责任编辑 刘大澍

中国环境科学出版社出版

北京崇文区东兴隆街69号

北京三环印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行 各地新华书店经售

*

1990年7月 第 一 版 开本 787×1092 1/32

1990年7月 第一次印刷 印张 4 1/8 插页: 4

印数 1—1 500 字数 96千字

ISBN 7-80010-641-1/X · 335

定价: 2.40元

编者的话

第二次世界大战后，人口增长与人类经济活动增长之快是史无前例的。世界人口翻了一番，已经超过50亿，预计到2000年还将增加10亿左右。随着人口和经济的发展，环境污染日益加重，自然资源的匮乏日益加剧。

全球重要的环境问题之一是臭氧的耗竭。

臭氧对人类和地球环境既有害又有益，这取决于它在大气层中存在的位置。接近地表时，臭氧和其它氧化剂一起，损害人类的健康，破坏花草树木，使农作物减产；位于10~15km高度时，臭氧层起着温室气体的作用；而平流层中的臭氧却起着有益的作用，它过滤有害的紫外线辐射，环绕地球形成一个防护罩。这一屏蔽层的削弱将导致更多的皮肤癌病和眼疾病患者，降低人类的免疫功能，危及植物和动物的生存。

1985年10月，英国科学家发现南极洲上空出现一个巨大的“空洞”，1988年科学家们确认这个“空洞”是由于各种氟氯烃化合物排放积聚所致。在北半球上空也发现臭氧的含量普遍降低了3%左右。臭氧层耗减速度如此之快，以致于不能满足大自然的要求，将给人类带来巨大的灾难。

在联合国环境规划署的倡导下，于1987年11月许多国家的政府就共同制止臭氧层的耗竭，草签了蒙特利尔条约。根据这一条约，到1999年工业发达国家对氟氯烃化合物的使用量将减少一半。就近期臭氧层损坏的事实来看，1987年11月

的蒙特利尔条约已经普遍地被认为难以有效地保护臭氧层免遭破坏。各国政府应该支持重新协商蒙特利尔条约。到2000年，力求彻底地完成全球性逐步消除各种氟氯烃化合物的任务。

1989年3月2日，欧洲共同体在布鲁塞尔开会，决定把氟氯烃的生产减少85%，并在本世纪末完全禁止生产这种化学品。1989年3月5日，全世界120多个国家在英国共同研究联合拯救臭氧层。1989年5月4日，在赫尔辛基又召开了保护臭氧层国际会议。

1988年，由英国环境部和气象局联合组成了英国平流层臭氧考察小组，对南极臭氧情况进行第二次探索，得出了很重要的结论。这些结论和研究方法，对我国开展研究平流层中臭氧均有极大的帮助。

编者主要根据英国平流层臭氧考察小组的研究报告，再加上当前国外研究臭氧层的情况编写了这本书，除第一章和第六章外，其余各章基本保留了原报告的内容和风格。

人们对臭氧层的理解正在深入，在某些方面还有欠缺。因此，人类活动对臭氧层威胁的评价还有许多不确定性，进一步的研究将加强我们的理解。

这本书由于时间紧，编者水平有限，因此在编写过程中肯定会有一些疏漏和错误之处，谨请读者批评指正。

编 者

1989年4月12日

目 录

第一章 概论	(1)
引言.....	(1)
一、臭氧的变化过程.....	(3)
二、紫外辐射及对生物的影响.....	(5)
三、南极臭氧层空洞.....	(7)
四、臭氧层空洞形成原因的争论.....	(8)
五、防治臭氧层破坏的对策.....	(9)
六、英国臭氧层考察小组的说明.....	(13)
第二章 南极臭氧减弱的原因和推论	(18)
一、引言.....	(19)
二、1987年南极臭氧洞观察结果.....	(19)
1. 臭氧通量的卫星测量结果.....	(20)
2. 臭氧分布测量结果.....	(22)
3. 臭氧及其它气体的航空测量结果.....	(25)
4. 极地平流层云的测探结果.....	(27)
三、南极洲臭氧洞产生的机理.....	(27)
1. 南极洲极向涡流的特殊气象性质.....	(29)
2. 南极涡流的特殊化学性质.....	(29)
3. 氯从储能分子到活性原子团的转化过程.....	(32)
4. 化学扰动区域内臭氧的破坏.....	(34)
5. 溴在臭氧减弱中的作用.....	(35)
6. 臭氧减弱程度的理论解释.....	(37)
7. 1979~1987年间臭氧层的变化.....	(37)
四、臭氧洞进一步的发展和推论.....	(38)

1. 臭氧洞的上边界.....	(40)
2. 臭氧洞的下边界.....	(40)
3. 臭氧洞的较低纬度极限.....	(40)
4. 臭氧洞的持续时间.....	(42)
5. 化学扰动区中的变化过程对其它纬度臭氧的影响.....	(42)
6. 南极臭氧减弱对大气温度和循环的影响.....	(43)
7. 动力学过程的影响.....	(44)
8. 南极的异常化学过程能在北极发生吗?	(45)
9. 全球范围内的臭氧的影响.....	(46)
第三章 平流层臭氧趋势	(48)
一、引言.....	(48)
二、测量臭氧趋势的仪器.....	(49)
三、用TOMS和SBUV数据确定趋势的误差.....	(50)
四、臭氧通量测量.....	(52)
1. 使用地面仪器监视卫星仪器的操作.....	(53)
2. 利用卫星数据监视观察站的操作.....	(53)
3. 自然效应引起的臭氧变化.....	(54)
4. 从Dobson网络获得的臭氧通量长期趋势.....	(56)
5. 从卫星数据中获得的臭氧短期趋势.....	(56)
6. 观察到的趋势与模型计算的比较.....	(57)
五、臭氧的垂直分布趋势.....	(60)
1. Umkehr地面站测量的趋势.....	(60)
2. 从SAGE I 和SAGE II 中获得的趋势	(60)
六、温度变化.....	(62)
第四章 全球变化的模型预测	(65)
一、引言.....	(66)
二、未来变化的预测.....	(67)
1. 二维模型.....	(67)
2. 平流层中的氯.....	(69)

3. 全球臭氧通量变化·····	(72)
4. 纬度和季节带来的差别·····	(74)
5. 臭氧在不同高度和纬度的变化·····	(76)
三、平流层中温度的感应变化·····	(80)
四、较低平流层·····	(82)
五、评价模型的地位·····	(84)
第五章 源气体 ·····	(84)
一、引言·····	(86)
二、含氯和溴的源气体·····	(87)
1. 化学性质·····	(87)
2. 使用和排放·····	(89)
3. 大气层浓度的趋势·····	(90)
4. 大气的反应能力和寿命·····	(92)
三、臭氧破坏潜能·····	(94)
四、建议的排放削减对大气浓度的影响·····	(95)
五、高ODPs值气体的替代和选择·····	(99)
六、CFCs及其替代物质的温室效应·····	(101)
七、其它源气体·····	(101)
第六章 对今后研究的建议 ·····	(104)
一、引言·····	(104)
二、英国科学家对“臭氧层破坏”问题的研究·····	(105)
1. 实地研究·····	(105)
2. 实验室研究·····	(107)
3. 理论和数学模型研究·····	(108)
4. 研究资金·····	(109)
5. 研究活动和资金的协调·····	(110)
三、对中国研究“臭氧层破坏”问题的建议·····	(111)
1. 对臭氧层破坏机理研究暂不进行·····	(112)

2.积极参与国际合作..... (112)

3.积极对氟氯烃类替代物进行研究..... (112)

4.强化环境管理，制定有关法规..... (113)

5 臭氧层破坏引起的环境问题等研究项目可适当安排
..... (114)

附录A

附录B

第一章 概 论

引 言

在科学技术不断推动经济飞速发展的同时，地球环境却受到了严重的破坏，例如温室效应、海洋污染、酸雨、土壤沙漠化、臭氧层破坏等都已成为不可忽视的全球性的环境问题。因此，人们开始大声疾呼：救救人类赖以生存的环境。特别是近几年来，全球性的环境问题越来越严重，并已开始威胁到人类的生存。一些政府首脑，如美国总统布什和英国首相撒切尔夫人，对全球环境问题也特别关注。

1974年美国学者首先提出：人类广泛使用的氟里昂进入大气层后，在对流层几乎未分解就进入同温层，在同温层分解后将会使臭氧层遭到破坏。这一点已被后来的研究和我们面临的事实所证明，人们已经开始认识到破坏臭氧层的罪魁祸首还在于人类本身——大量使用氟里昂。

氟里昂（CFCs）又称为氟氯烃化合物，广泛应用于制冷系统、发泡剂、洗净剂等。CFC₁₁、CFC₁₂以及N₂O等微量气体可在高空分解产生Cl原子，一个Cl原子可以破坏1万个臭氧分子，从而造成大气层中臭氧浓度的大幅度下降。CFC₁₁、CFC₁₂在大气中的寿命是80年左右。表1-1列出了1985年统计的世界CFC生产量（千吨）。

联合国臭氧问题调解委员会对因CFCs造成的臭氧浓度的变化进行了模拟预测，表明若考虑CH₄、N₂O及CO₂的

表1-1 世界CFC生产量(1985年)

(千吨)

	CFC ₁₁	CFC ₁₂	合 计	CFC ₁₁₃ *
美 国	95.7	152.2	248.9	50
欧洲共同体	131.6	111.9	243.5	50
其 它	157.6	225.6	383.2	
日 本	28.9	37.7	66.6	50
合 计	384.9	490.7	875.6	160

* 为估计值

影响,并假设CH₄、N₂O以及CO₂产量年增长率为1%、0.25%及0.5%,则CFC₁₁、CFC₁₂的排放量为:

若按1980年的年排放量继续下去,则臭氧总量不会有明显变化,只是在高度分布上有变化:

若自1980年后年排放量增长率为1.5%,则70年后,臭氧总量减少不到3%;

若自1980年后年排放量增长率为3%,则70年后臭氧总量减少10%,而后减少速率急剧增大。

据统计,目前全世界氟里昂年排放量增长率为3%左右。

除了氟里昂对臭氧层可以造成破坏外,科学研究证明甲烷、四氯化碳、三氯甲烷以及溴的排放也可以引起臭氧层的变化。最近两位美国大气化学家发现,人口增长可能是臭氧层变薄的另一个主要原因。他们认为人口增长与甲烷含量增加有关。甲烷多数来源于有机物质的细菌分解,其中大部分产生于被水淹没的稻田底下、沼泽和各种农作物害虫的内脏以及牲畜等。目前亚洲人口增长很快,种植的稻田数量也增加了,由于同样的原因,非洲、南美、北美的家畜头数也不

断增加。在世界的大部分地区，这样产生的甲烷占全世界甲烷总产量的20%。

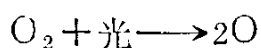
南极臭氧层“空洞”是英国南极考察队1985年首次发现的，这一发现立即引起了全世界的广泛关注。观测数据表明，自50年代至70年代中期，这种臭氧浓度降低的现象一直在出现，臭氧浓度降低最明显的区域是南纬45~70度。

南极臭氧的减少到底是今后全球臭氧量发生变化的先兆，还是由于南极地区本身的地理条件造成的，现在尚难确定。另一个问题是，这种现象是否与人类活动有关，还是一种人类尚不知道的自然问题。虽然许多科学家众说纷纭，但经过一些国家和组织的考察初步认为确实是由于人类活动造成的。

一、臭氧的变化过程

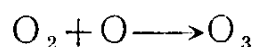
臭氧在地表空气中是微乎其微的，但在海拔10~60km的同温层中聚结了一个臭氧层。

在大气层的上层，氧分子不断受到太阳光紫外线的辐射。当氧分子(O_2)吸收了波长短于242nm的光子时就会分解成两个氧原子(O)：



所以在海拔400km或更高的地方，99%的氧是处于原子状态；在高度低于400km的地方，由于能促使 O_3 分解的短波辐射已被吸收， O_2 的数量远胜于O；而在130km左右的地方， O_2 和O的浓度相当。

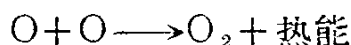
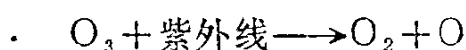
当氧原子和氧分子碰撞时，就产生臭氧：



值得注意的是，上述化学反应的进行还需要一个双原子物质，如 N_2 或 O_2 ，以吸收过剩的能量。形成臭氧的这个过程在大约海拔30km的同温层达到了最高点。高于这个高度，由于氧分子的数量太少，形成臭氧的成功率就比较低。而低于此高度，则由于能够分解氧分子的射线已被大量吸收，故只有少量的氧原子，因此臭氧的形成率也不高。根据这个道理，臭氧层指的是海拔10~60km地带，在这里臭氧的浓度达到十万分之一，其中又以同温层中的25~30km高度最为浓聚。

臭氧能够强烈地吸收波长220~330nm的紫外线辐射。如果这些紫外线不是被臭氧吸收，则对地面上的生物将造成严重的伤害。

臭氧吸收紫外线过程如下：

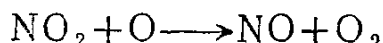
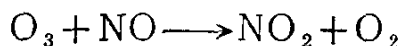


换句话说，太阳光里的紫外线被臭氧转化成热能，这就是为什么在大约海拔50km的地区其温度最高的原因。最高温区比臭氧最浓聚的地方稍高。因为臭氧吸收紫外线辐射的效率极高，所以在臭氧浓度较高处的地方，几乎是所有的紫外线都已经被吸取而转化成热能了，只有少量的紫外线能成功地抵达离地面较低的地方，所以这些地区的温度较低。

因此，臭氧层起着保护生物的作用，使我们不受太阳光紫外线辐射的伤害。我们知道，这些紫外线辐射能引起皮肤癌、白内障及其它眼睛疾病。此外，紫外线辐射量增加亦会使农作物减产，使海洋生物遭受到破坏，加速“温室效应”。

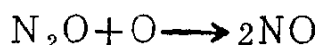
“温室效应”会引起全球性气候变化，包括广泛性的旱灾以及海洋水平面的上升。

地球上的臭氧数量，据估计在过去几十年里降低了3~7%。臭氧的耗损归因于人类的一些活动。首先是在空中航行的飞机排出的烟气和光化学烟雾产生的一氧化氮。一氧化氮和臭氧作用产生二氧化氮和氧分子。而二氧化氮又和氧原子作用而还原为一氧化氮及氧分子：

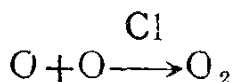
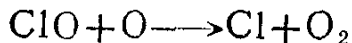
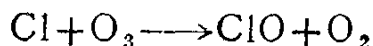
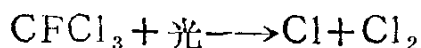


也就是说，NO象催化剂一样把臭氧分解了。

在自然界中，一氧化氮的存在，主要是一氧化二氮和游离的氧原子作用的结果：



一氧化二氮主要来自自然界中的脱氮作用，而游离态氧原子则来自光化作用：



在海拔25~45km的地带，已经探测到氧化氮和氯原子的存在，这证实了它们在耗损臭氧中所扮演的角色。一年里，全世界的CFC化合物的生产量是100万吨，由此看来，这些化合物所引起的臭氧层耗损对我们的环境是一个相当严重的威胁。

二、紫外辐射及对生物的影响

众所周知，紫外辐射会给人类及动植物造成损害。紫外

线对活细胞和生物体的效应取决于辐射波的波长。按照波长的顺序，通常将电磁波的紫外线分为紫外线A、紫外线B和紫外线C三部分。这种分类方法是以紫外线对人体的效应为依据的，因而是人为的。紫外线A的波长是320~400nm；紫外线B为290~320nm；紫外线C为190~290nm。

短波紫外线的单位照射剂量造成的损害比长波紫外线更强，即紫外线C和B的损害大于紫外线A。晒斑即是紫外线对人体损害的表现之一。紫外线还可能影响培养细胞的新陈代谢，杀死细胞或导致其突变，对人与动物是一种致癌剂。

臭氧层可吸收紫外线中最有害的波长部分，使生物免受袭击。紫外线C的辐射基本上被平流层中的臭氧完全吸收，不能到达地面。即使平流层中的臭氧浓度大为降低（百分之几十），紫外线C也几乎不能到达地面。臭氧含量与其对紫外线B的吸收量关系密切。因此，无论是自然因素还是人为因素造成的臭氧浓度降低，都会使达到地面的紫外线B的量增加，紫外线的损害作用也随之加强。到达地面的紫外线A的量与臭氧浓度变化的关系不大。

氟氯烃的释放和其它人类活动造成的臭氧耗竭还会延续很长一段时间，或许数十年。可能有很多繁殖周期短的生物，在生物量上能适应紫外线平均强度的慢慢增长。因为紫外线强度到达新的稳定状态需要一定的时间，这些生物在此段时间内可能会繁殖许多代。然而人类却不能很快适应这种变化。而且，紫外线的增强还能导致皮肤癌发病率上升，癌症发病率的升高也不会在紫外线增加后的若干年内都被检测出来。因此，氟氯烃的继续释放将会导致平流层中臭氧进一步减少，从而使人类癌症发病率继续上升。最值得关注的是，人类活动引起的平流层中臭氧减少所导致的长期影响是

不可逆转的。后面将论述阳光中的紫外线的变化可能引起的生物效应。尽管在基础知识方面已经取得了实质性的进展，但在认识领域中还有许多未知数。这些进展也不能解答所有的重要问题。为了预测紫外线增强对生物系统的影响，还需对遗留的关键问题的研究进行长期不懈地努力。

三、 南极臭氧层空洞

外层大气层中的臭氧起着保护地球免受太阳的紫外线照射的作用。过量紫外线会引起皮肤癌，损害眼睛和免疫系统，并会扼杀幼小植物和动物。大气层中的臭氧含量每下降1%，会使辐射到地球上的紫外线增加2~3%。

臭氧层耗损所带来的问题一向没有引起大家的关注。一直到1985年，英国科学家约瑟·法曼（Joseph·Farman）发现南极洲上空的臭氧层有一个空洞。这个洞并不小，足足有美国领土那样大。空洞的原因，是由于臭氧的数量降低了50%左右的缘故。这个空洞在九月上旬出现，而到11月便会消失，使臭氧层恢复常态。

这个南极洲臭氧层空洞已经引起了广泛的关注。一支由克罗夫顿·法默率领的科学家队伍已经在南极洲设立了一个研究中心，以研究臭氧层的损耗。法默在1987年的报告书中指出，根据所收集的资料来看，CFC是造成南极上空出现臭氧层空洞的罪魁祸首。他发现，每年空洞出现的时候正是氟氯烃化合物排放最旺盛之际。他的解释是，在冬季时CFC化合物凝在冰的结晶体上，每当9月上旬春天来临时，这些化合物会被汽化而散发出能分解臭氧的氯原子。也就是说，这些氯化物是人造的，而非来自火山和其它自然现象。法默的