



拯救臭氧层

中国环境科学出版社

拯救臭氧层

——一项全球性的任务

安尼卡·尼尔松 著
瑞典通辞有限公司 译
夏堃堡 校

中国环境科学出版社

1991

内 容 简 介

本书力图以通俗的形式来介绍一个极其复杂的问题。即，由于人类的活动正在威胁着同温层的臭氧层，臭氧层的破坏，将导致紫外线辐射的增加，从而加剧传染病和皮肤癌的流行，影响全球粮食的生产。所提供的最新信息，是国家政策研究、环境保护、化工、卫生、农林、消防等部门的管理干部、科研人员重要的参考资料。

SAVING THE OZONE LAYER

A GLOBAL TASK

Annika Nilsson

拯 救 臭 氧 层

——一项全球性的任务

中国环境科学出版社出版

北京崇文区北岗子街8号

航空工业出版社印刷厂 印刷

新华书店总店科技发行所发行 各地新华书店经售

*

1991年4月 第 一 版 开本 787×1092 1/20

1991年4月 第一次印刷 印张 12/5

印数 1—4 000 字数 31千字

ISBN 7-80010-825-2/X·457

定价: 1.40 元

拯救臭氧层

一项全球性的任务 (1990 年 1 月)

项目合作单位:

瑞典自然保护学会

瑞典工会联合会

瑞典工业联合会

瑞典研究规划和协调理事会

瑞典环境保护局

瑞典国际开发局

瑞典皇家科学院

撰稿: 安尼卡·尼尔松

翻译: 瑞典通辞有限公司

图片: 玛茨·弗施玛克

封面设计: 莱克拉姆斯图登

制作: 瑞典工业联合会出版部

版权: 瑞典自然保护学会和安尼卡·尼尔松

本文用英文、法文、西班牙文、葡萄牙文、俄文、中文、泰文和朝鲜文出版, 由瑞典自然保护学会免费提供, 联系地址: 瑞典斯德哥尔摩 S-10265, 4510 号信箱, 电话: +46-8-7020210。

目 录

前 言	1
一颗脆弱的星球	2
天空中的空洞	3
什么是氯氟碳	5
未来的前景	6
臭氧减少意味着什么	7
谁生产氯氟碳	12
谁使用氯氟碳	12
新兴技术	14
喷雾剂	16
冷 冻	17
泡沫塑料	18
溶 剂	19
灭火器	20
几点忠告	21
大气层的政治	21
蒙特利尔议定书	22

前 言

许多情况表明，氯氟碳及一系列其他有机化合物的排放对大气臭氧层，进而对地球上的生命构成威胁。

这本小册子是瑞典自然保护学会倡导编写的，参加编写工作的还有瑞典的其他组织。

这份报告力图以通俗的形式来介绍一个极其复杂的问题，我们并不认为这是一份科学报告。这份报告旨在一般地介绍这个领域里的现有知识，以求反映现今科学界的态度。

我们认为，重要的是要扩大我们的知识，加强科研活动，开发和使用各种不同用途的氯氟碳代用品。替代氯氟碳的前景是非常光明的，这一点可从这本小册子中介绍的情况中清楚地看到。在未来的几年里，肯定会有更多资料公布于众，因为这个领域发展异常迅速。

最近几年，国际上对人类活动如何威胁大气臭氧层很表关切，并产生了大量新资料。科学家们了解到更多的原因，包括氯氟碳和含氯有机化合物的作用；工程师们已开始开发破坏性较小的工艺及产品。本书的目的在于以实用方便的形式总结一些有关的资料。我们的希望是，本书将为政府及工业界的决策者提供一些初步的依据，以便选择不依赖于氯氟碳的发展方向，同时也给他们提供一条途径，以使获取执行这些决策时所需的技术资料。

瑞典自然保护学会

瑞典工会联合会

瑞典工业联合会

瑞典皇家工程科学院

瑞典皇家科学院

瑞典研究规划和协调理事会

瑞典环境保护局

瑞典国际开发局

1990年1月

一颗脆弱的星球

由于大气的结构，地球上的生命得以生存。上层大气中的臭氧保护我们免受紫外线辐射的伤害，而同时让可见光通过，支持各种植物的生长，构成食物链的基础。其他微量气体起着调节气温的作用，使得冷热的极限保持在可以忍受的局限范围之内，使人类可以生活在地球上。

人类的活动正在威胁着这一大气层。臭氧的破坏将导致紫外线辐射地增加，从而加剧传染病和皮肤癌的流行。温室效应气体的产生，将使全球变暖，使各地的气候发生变化，海平面也会上升。紫外线辐射和气温的增加均会影响粮食生产。

人造化学品氯氟碳 (CFCs) 在这两种过程中都起着重大作用。人类活动是氯氟碳进入大气层的原因。现在多数国家都认识到，在改变这种发展进程方面，政治决策是至关重要的。国际上，《耗竭臭氧层物质蒙特利尔议定书》缔约国对此表示了关注，该议定书为减少和消除氯氟碳的排放奠定了法律基础。



南极上空臭氧层被严重消耗的情况，每年春天反复出现。1989年10月5日，7号大型气象卫星上安装的臭氧总量扫描分光仪对臭氧进行了测量，本图1是根据这次测量结果绘制的。位于中心的最低臭氧含量在125多布森单位以下（资料来源：美国国家航空和航天管理局及《化学和工程新闻》）

图 1

各国应该打破国界，共同合作探索 and 了解全球性环境的变化。目前，若干国际性的科研项目也反应出这种需要。另外，共同分享已有的或正在迅速开发的许多代用技术的知识和经验，也是同样重要的。在联合国环境规划署的支持下进行的这方面的努力，积累了大量信息和资料，这本小册子的目的就是要总结这方面的资料。

在选择不依赖氯氟碳技术的发展方向时，我们希望，这本小册子将给政府部门和实业界的决策者提供一个初步基础，同时也给他们提供一条收集资料的途径，以便实施他们所作的决策。

天空中的空洞

臭氧是具有三个氧原子的氧，而不是具有两个氧原子的氧。臭氧是当气态氧在大气上层被紫外光照射而分裂时形成的，臭氧形成一个脆弱的保护层。如果将其压缩到海平面之大气压力，这一保护层只有数毫米厚。但它极其重要，因为它阻挡有害的紫外光到达地球的表面。

在 20 世纪 70 年代初出期，科学家们发出警告，臭氧层可能受到危害。起初，人们关心的是超音速飞机里排出的氧化氮。1974 年，人们的注意力转向了叫作氯氟碳的人造化学制品。

虽然一些国家宣布在喷雾罐里使用氯氟碳为非法，但是，由于没有就氯氟碳是否真正破坏臭氧层达成一致意见，大部分业务还是照常进行，氯氟碳仍然找到新的用途和新的用户，大气层里氯氟碳的含量还在稳定上升。当时的科学模型预计，对紫外光有屏蔽作用的臭氧层虽正继续遭到破坏，然而似乎还要经过一段时间，才会出现剧变。

然而，变化来得很快，而且比人们预料的要剧烈得多。1985 年英国的研究人员公布的测量结果表明，在南极，臭氧浓度大大减少了。自那时以来，南极上空的空洞，在南极每年春天都重复出现，而且越来越大，越来越深。1987 年，一半臭氧消失了数月。

现在科学家们一致认为，造成南极上空臭氧空洞的主要原因，是人造含氯和溴的化合物，其中最为显著的是氯氟碳和哈龙。看起来，臭氧的消耗始于本世纪 70 年代。当时大气中的氯含量为 2 ppbv (按容积算为十亿分之二，即十亿个空气分子中有两个氯原子)。目前，氯含量大约为 3 ppbv。根据联合国环境规划署的科学评估报告，即使所有国家都按照旧蒙特利尔议定书的规定减少排放量 50%，在未来的数十年里，大气中的

氯含量也会增加一倍以上，因此，南极上空的臭氧空洞将永远保持下去。

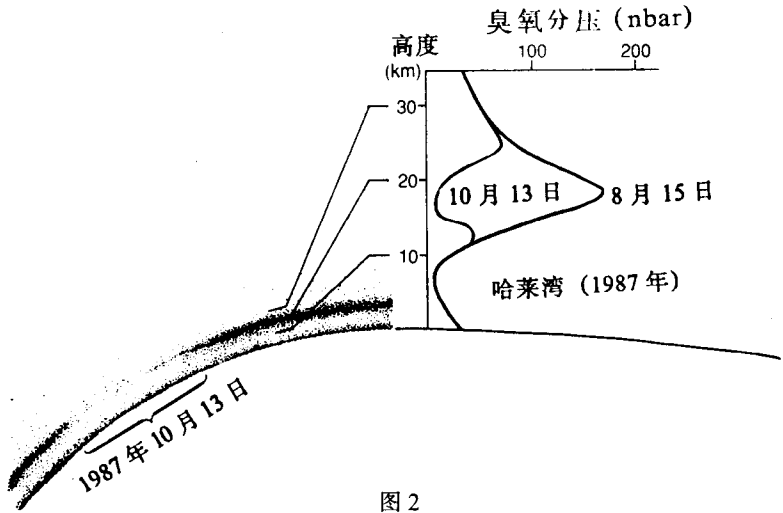


图 2

臭氧层是指同温层臭氧含量最大处的一个术语。在破坏紫外光方面，它起着有效屏障的作用。1987 年 8 月中旬至 10 月中旬期间，南极哈莱湾上空的臭氧值几乎减少了 95%，在臭氧层里形成一个“空洞”（资料来源：英国同温层臭氧考察小组，1988 年）

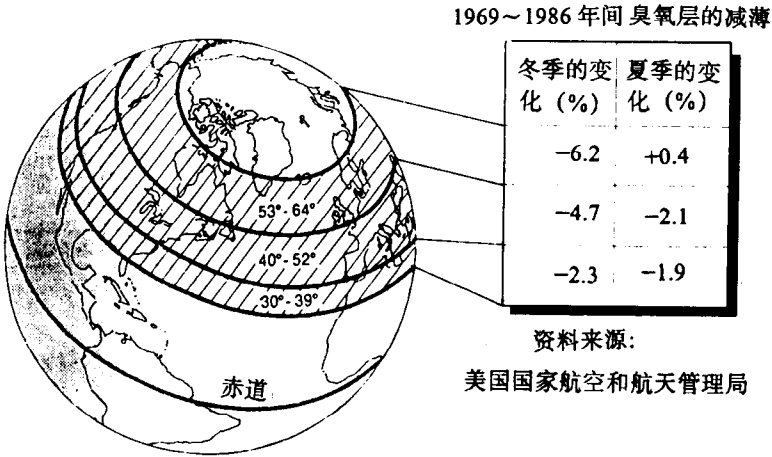


图 3

1969 年至 1986 年期间，北半球的臭氧大幅度下降。南半球也可能发生类似的变化，但是由于缺乏数据，不能计算出发展趋势（资料来源：美国国家航空和航天管理局）

科学家们指出，在 1989 年的头几个月里，北极大气层的化学状况类似于南极上空大气层。这意味着，虽然在北极上空至今只有有限的减薄得到记录，仍存在着臭氧遭受重大破坏的危险。随着每年冬天的气候状况以及未来大气中的氯含量的多少，臭氧的损失很可能每年都不尽相同。由于北极的气候比南极更加多变，形成巨大而持久空洞的可能性不是那么大，尤其若大气中的氯含量不进一步增加的话。

臭氧层的减薄不仅仅局限于南北极地区。在北半球(30~64N)，在过去的 20 年里，每年冬季的几个月中臭氧降低了 3~5%，类似的变化可能正在南半球发生。但是测量数据太少，所以无法确定发展趋势。

什么是氯氟碳

氯氟碳 (CFC) 是本世纪 30 年代发明的一族人造化学制品。它们的性能极其稳定，一般情况下不燃烧。人们一直认为它们是无毒的，所以不会对人体造成伤害。这种性能使其成为许多工业用途的理想材料。另一方面，极高的稳定性，使这种材料的寿命极长，可被带到大气上层的同温层里。在同温层里，未经过滤的紫外辐射将其化学键分开，释放出氯。氯原子具有极高的活性，很快被变成“臭氧杀手”。在这种反应中，氯原子没有被破坏，消耗臭氧的工作可以反复进行。所以，一个氯原子可以破坏数以千计的臭氧分子。

在南极大气层特异的气候条件下，同温云层里的冰晶体加速了这一过程。这就解释了一个事实，即尽管氯氟碳在地球上的分布是均匀的，但臭氧的消耗在南极却异常明显。

氯氟碳不是破坏臭氧层的唯一化合物。其他含氯化学品，如甲基氯仿(1,1,1-三氯乙烷)和四氯化碳(四氯乙烷)都会增加大气中的氯含量。HCFC(增加一个氢后的氯氟碳)，按分子进行比较，消耗臭氧的可能性相对地要小一些，因此有人建议用它取代氯氟碳。但是，如果容许排放物增加并不予控制，它们将会大幅度增加大气中的氯含量。火山爆发和大海浪花产生的天然氯也会进入大气层，但它们对臭氧的破坏是有限的。如果按分子进行比较，主要用于消防的含溴聚四氟乙烯比氯氟碳对臭氧的破坏作用还要大。

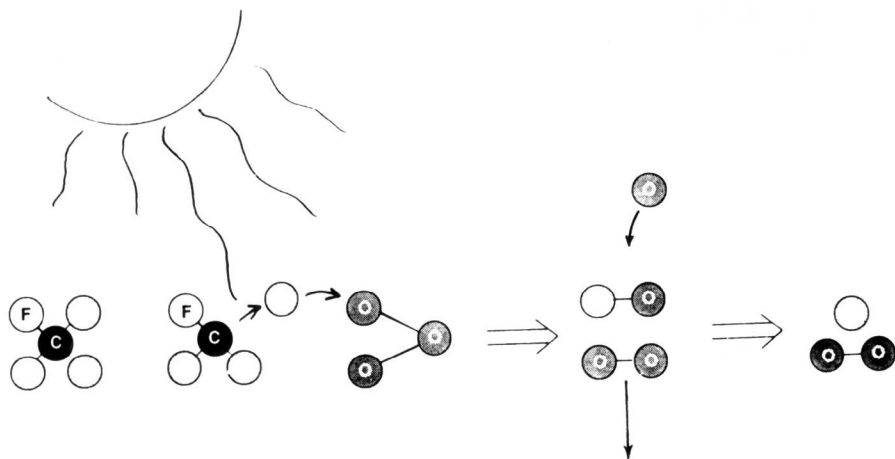


图 4

氯氟碳分子被带到同温层里。在同温层里，来自太阳的紫外照射极强，使氯原子从氯氟碳分子里分离出来。

游离氯原子与臭氧分子作用，一个氧原子分离出来，与氯结合，生成一氧化氯。剩余的臭氧分子被作为一个普通的氧留下来。

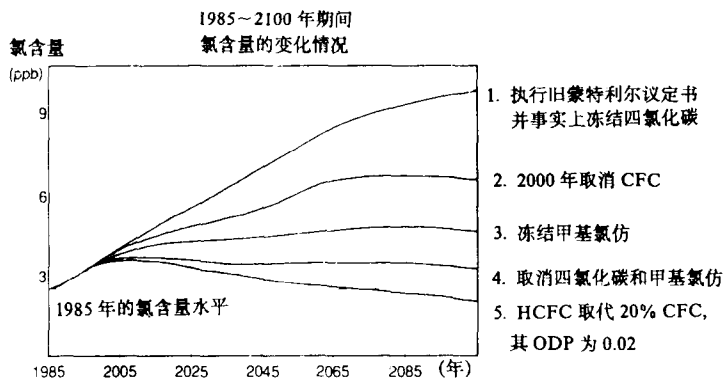
但是，一氧化氯并不稳定，一个游离氧会窃走它的氧原子，于是剩下的氯原子又可以再向另一个臭氧分子进攻。每个氯原子可以破坏高达 10 万个臭氧分子。

许多对臭氧有破坏作用的化合物，同时也是产生温室效应的气体，它们对地球的变暖也起作用。因此就有双重的理由阻止它们排放到大气中。

未来的前景

现有的大气化学模型，未能全面解释在南极上空发展极为迅速的对臭氧的破坏情况。所以，未来的前景可能比预测的更糟。但是，我们确实知道，氯氟碳是极其稳定的，它们在大气中的寿命长达几十年，甚至几百年之久。

我们现在所看到的，是在过去排放量较低的情况下造成的恶果。也就是说，在情况有所改善之前，将会出现更加严重的恶果。科学家们预言，到 2050 年时，即使不考虑在南北极上空的特殊云层化学，在高纬度地区，臭氧的消耗将是 4~12%，在热带地区这个数字将是 0~4%。



假设：

- 2000 年取消完全卤化的 CFCs（除曲线 1）。
- HCFCs 占领无立法状况下 50% 的 CFCs 的市场（除曲线 1）；假定 1986~2050 年间完全卤化的 CFCs、HCFC-22（非替代物）和甲基氯仿的年平均增长量约为 3%，假定 2050 年以后它们的使用量稳定下来。
- 替代物的 ODP（臭氧消耗潜能）平均值为 0.05（除曲线 5）。
- 全球参加。

图 5

使大气中氯含量水平恢复到 1985 年的数值，要求淘汰氯氟碳、四氯化碳和甲基氯仿的全部排放物，要求含氢氯氟碳能取代 20% 的氯氟碳市场，而且要求那些含氢氯氟碳比今天的代用品具有更低的臭氧消耗能力（资料来源：《同温层臭氧的科学评估》）

这就是说，停止使用氯氟碳和其他危害臭氧层的化合物的行动刻不容缓。在敦促人们对臭氧层提高警觉方面，国际协议起了很大的作用。在迅速减少排放物方面，在生产和使用氯氟碳方面，国家采取严厉政策也是非常重要的。界限分明的政策，会鼓励人们发展对环境有利的各种技术，帮助人们更好地选择长远投资。

臭氧减少意味着什么

光对于地球上的生命是很重要的，但有些类型的光是有害的，这与波长有关。大气吸收多数高能紫外光，但让一些紫外线-B（UV-B）范围内的对生物有害的光通过。多数生命形式，都已发展出某种办法，使自己免受紫外照射的伤害。但是，由于臭氧减少而引起的光谱及其强度的变化

还是有害的。

1. 人类的健康

紫外线-B 的照射，对人体有许多影响，有的是积极的，如在人体皮肤内形成维生素 D。但紫外线-B 也是造成晒斑、白内障、皮肤老化和皮肤癌等的原因。

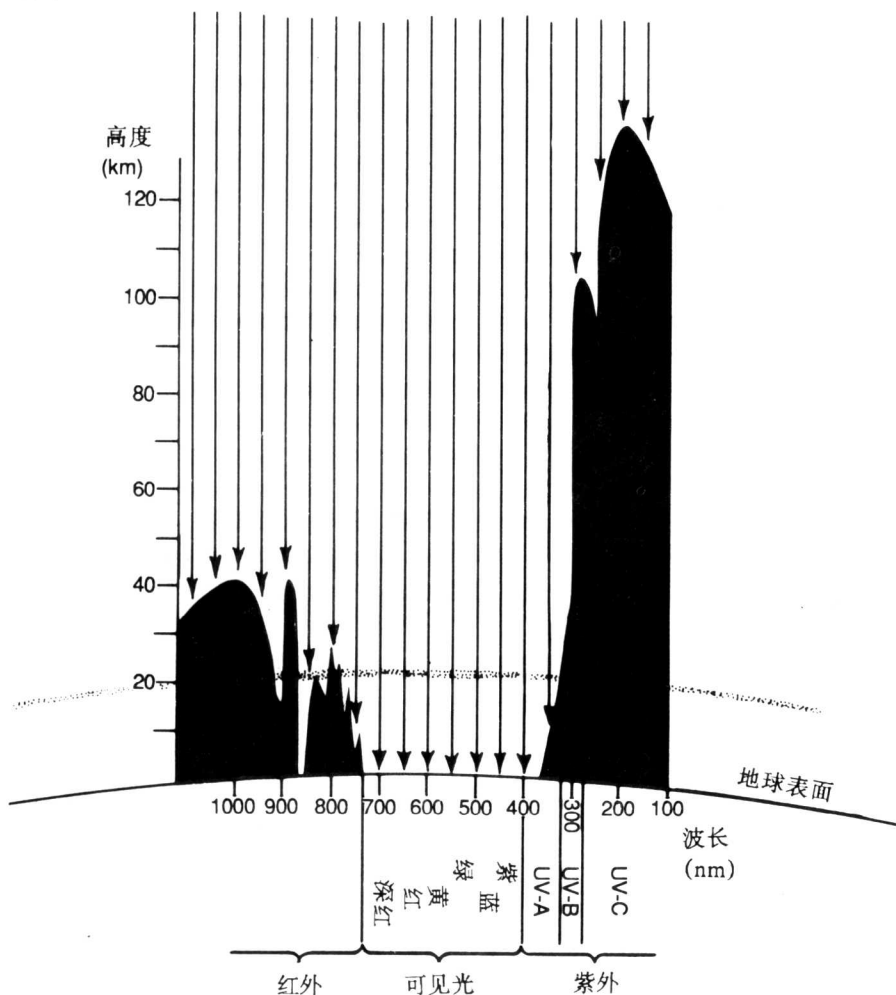


图 6

太阳辐射各种波长的光。其中，只有一些是可见光。紫外光比可见光具有更高的能量强度。B 型紫外光的照射，对地球上的生命具有破坏作用，极易被臭氧层吸收。能量最强的紫外光是 C 型紫外光，它可以被大气完全吸收。而 A 型紫外光抵达地球时的情况，几乎与可见光是一样的。

紫外线-B 影响免疫系统，会抑制对皮肤诱发肿瘤的免疫功能。有证

据表明，它会抑制皮肤、乃至全身对某些感染的抵抗力。对免疫系统的影响看来与肤色无关。由于紫外线辐射的增加，大量疾病的发病率及严重程度都大大增加了。这些疾病包括麻疹、水痘、疱疹、其他引起皮疹的病毒性疾病、通过皮肤传染的寄生虫病（如疟疾和利什曼病）、细菌感染（如肺结核和麻疯病）和真菌感染等。

暴露于紫外线辐射，可以诱发多种眼病。最严重的损害是白内障（晶体混浊）。在许多国家里，这是造成失明的主要原因。美国环境保护局的一项研究指出，同温层的臭氧每减少 1%，白内障的发病率将增加 0.3~0.6%。



图 7

B 型紫外光对植物有破坏作用。右图中的甜菜生长于瑞典南部，其所承受的紫外照射相当于臭氧减少 20% 的情况。左图为受控情况，没有受到 B 型紫外照射（图片由瑞典隆德大学生理植物系 L.O. 毕昂提供）

每个细胞里的遗传物质（脱氧核糖核酸）都对紫外光敏感。对脱氧核糖核酸的损伤会杀死细胞或将其变成癌细胞。白色皮肤的人对太阳缺乏自然保护，他们更容易患皮肤癌。据计算，臭氧每减少 1%，非黑色素瘤皮肤癌就增加 3%。不太常见然而却更具危险的黑色素瘤也与紫外光辐射有关，其机制尚知之甚少。

美国环境保护局曾根据臭氧消耗的不同情况，对癌症病例进行过计算。据其估算，臭氧即使只减少 1%，按美国当今在世人口计算，良性黑色素瘤的病例将增加 45 万例，恶性黑色素瘤的病例将增加 1000 例。未来数代的人口受害将更严重，因为他们将更长时间地暴露于紫外光的照射下。

2. 陆地上的粮食减产

臭氧的减少，对植物和动物生活的影响，人们了解还不很多，比之其对人体的影响了解更少。已作过的一些研究尚难作出合理的解释，但它们

总还是给我们描绘出了未来可能的图景。

对某些农作物的研究表明，紫外线-B (UV-B) 辐射，影响农作物在光合作用中捕获光能的能力。植物的营养成分会减少，生长速度会减慢。已研究过的植物中的一半，紫外光对其影响都是消极的，特别是象豆科、瓜科、卷心菜一类的植物更是如此。但是，不同的种类和品种，其影响的程度大有差异。一项研究表明，如果臭氧减少 25%，则大豆的产量会下降 20~25%，大豆的蛋白质含量和含油量也会降低。

森林看起来也极容易受到影响。对 10 个种类的针叶树幼苗进行了研究，其中三个品种受紫外线-B (UV-B) 的影响是不好的，而其所受影响的程度也与预测方案相吻合。

3. 海洋提供的食物将减少

伴随紫外辐射的增加，海洋生命也将会受到危害。即使在目前的水平上，浮游植物和浮游动物已经受到紫外辐射损害。根据对浮游生物的一项研究，人们估计，如果臭氧减少 25%，在整个有阳光照射的、温暖的和生物丰富的海洋上层，初级生产量将减少 10%，而在水面附近将减少 35%。对于植物，某些种类比其他种类会更敏感一些。浮游动物可能在生命周期的某个关键阶段对紫外光更敏感，照射的变化，可能将其繁殖期缩短到不能容许的程度。

由于浮游生物是构成海洋食物链的基础，其数量和物种构成的减少，会影响世界性的鱼类和贝壳类动物的产量。一份试验报告预言，臭氧减少 16%，将使凤尾鱼减少 6~9%。臭氧即使只减少很少一点，虾的繁殖也会受到严重影响。这些方面的损失将直接影响食物的供应。

4. 气候

氯氟碳的排放，从两个不同的途径，在使地球变暖方面起作用。首先，氯氟碳是产生温室效应的气体，象二氧化碳一样，它会捕获热量，它使平均气温升高，改变地区性的气候。氯氟碳 11 和 12 的每个分子，在捕获热量方面的效率，是二氧化碳的 1 万倍。在目前估计的气温变暖因素中，10~25% 是氯氟碳作用的结果。其次，由于臭氧被破坏，更多的阳光进入下层大气并使其加热，热量在大气上层和下层间进行重新分布，也可能会降低同温层的温度，这就给云雾的形成创造出有利的条件，因而加速对臭氧的破坏。

即使平均气温发生小的变化，全球变暖的后果还是相当严重的。由于地球变暖，海洋里的水量会增加，从而增加了低洼地区洪涝灾害的危险。在孟加拉和马尔代夫这样的一些国家里，这将是灾难性的。如果极地周围的冰山开始融化，海平面上升将加剧。气候的变化将加剧冷热悬殊，在许

多地方干旱变得更加频繁，人民勉强能解决温饱问题，甚或连温饱问题也解决不了。另外一些地方将会有更多的雨水，洪涝灾害的危险将更大。

5. 空气污染

地球表面紫外光的增加，使得光化学烟雾问题日趋严重。紫外光与车辆和工业排放物相互作用，产生活性极强的化学变化，使臭氧因之形成。在地球表面臭氧是一种毒性气体，对植物和人类都有害。这种臭氧不会被带到同温层，虽然它能吸收紫外光，但也不能认为它能替代被破坏了的臭氧层。

6. 建筑材料

紫外光使得用于建筑物、油漆、包装和其他许多地方的聚合物产生降解作用。在温度高和阳光充足的地方，造成的损失尤为严重，这使得许多发展中国家特别容易受到伤害。

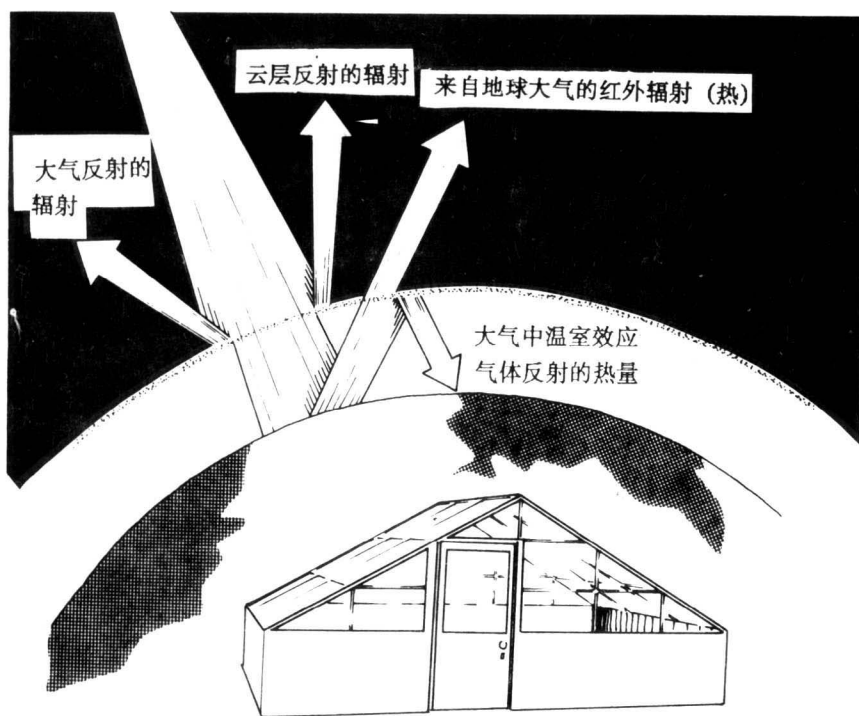


图 8

大气层相当于地球的温室，让入射光进入地球，而将热量留下来。某些气体含量的增加（如二氧化碳、氯氟碳、水气、甲烷、氧化氮），增加了大气层存储热量的能力，因而造成气温的升高和气候的变化

谁生产氯氟碳

在 1986 年，蒙特利尔议定书列述的氯氟碳的产量是 110 万吨。氯氟碳行业的特点，是地理位置和财政上都相对集中在具备生产力的 25 个左右的国家中，其中五个国家的产量占世界总产量的 75%。多数公司集中在北部。美国是主要的生产国，其次是英国。最近在东亚出现了新的生产中心，主要生产用于电子工业的 CFC-113。

因为关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书规定开始限制签字国的生产，一些公司可能设法将生产转移到协定书非签字国。分析家们警告，当协议签字国限制进口氯氟碳的货物时，第三世界的小型生产厂和潜在生产厂家可能会受到引诱，转而专门生产这些注定要被淘汰的产品。

谁使用氯氟碳

迄今为止，西欧和北美是氯氟碳的主要用户。氯氟碳之所以被大规模使用，是因为人们一直认为它是安全而廉价的，这种看法是过时的看法。各国承担义务在 2000 年以前淘汰氯氟碳，这种允诺正在促使人们少用氯氟碳以及努力开发其他代用技术。

各国使用氯氟碳的情况差别很大，这取决于该国的工业结构以及先前禁止使用氯氟碳喷雾剂的情况。在美国最广泛使用氯氟碳的是汽车空调器；而在日本，主要消耗这种材料的是电子工业。就世界范围而言，喷雾剂、冷冻和泡沫塑料的生产厂家是氯氟碳的最大用户。

许多发展中国家目前使用的氯氟碳还为数甚微。这些国家完全可以选择不同的发展道路，以其已有的知识和传统为根据作出抉择，而不重复别人犯过的错误。另外，由于限制氯氟碳的使用，刺激了许多技术方案的产生。在制订新的投资计划时，发展中国家可以利用这些技术方案。从一开始就选择对臭氧亲和的技术，可以避免将来再付出昂贵的代价改用无氯氟碳的技术，这一点正是许多发达国家必须解决的问题。