

知识介绍

大气臭氧层和南极臭氧洞

汪晨熙 蔡继业

(中国科学院安徽光机研究所)

1985年5月英国南极考察队成员乔·法曼(Joe, C. Farman)及其同事第一次指出^[1],在南极上空大约12—20公里高处,每年春季(九、十月份)大气臭氧层中的臭氧含量明显减少,大气臭氧层变得稀薄,好象形成了一个洞。从十一月开始臭氧浓度又逐渐回升,这个洞逐渐消失。这种现象自八十年代以来在南极地区年复一年,日趋严重。现在,南极十月份臭氧总含量只有在1950—1973年期间所观察到的十月份臭氧含量的一半左右^[1,2]。自乔·法曼披露这一事实后,南极臭氧洞便赫然出现在人们面前,引起了世界人民的普遍关注,并吸引着各有关领域的科学家研究这个问题,提出了南极臭氧洞形成原因的各种假说。许多国家的政府和联合国有关组织也为保护大气臭氧层采取了一系列措施。

那么,什么是大气臭氧层?什么是南极臭氧洞?南极臭氧洞的出现为什么会引起人类这么大的关注?它对人类的生存发展有何影响?科学家们怎样分析其形成原因?怎样才能限制它的发展?这些就是本文要回答的问题。

一、大气臭氧层

地球表面的大气随着温度和高度变化,分成不同的层次,如图1所示。地面附近随着高度的增加而温度下降的区域称为对流层,它的顶部称为对流层顶,温度达极小值。对流层大约从地面起到15公里高处,顶温度约为210°K,其厚度因纬度、季节和其他条件不同而异,在赤道地区对流层厚约18公里,而两极地区仅8公里。对流层的上面是平流层,其范围从对流层顶到距地面50公里之间,温度逐渐上升,顶温度约为270°K。平流层向上为中层,温度又逐渐下降,范围大约从距地面50公里到80公里,中层顶温度约为130—190°K。高度再增加导致整个区域温度迅速升高,称为热层,它扩展到远超过150公里的高处^[3]。

平流层顶部的氧分子吸收太阳紫外线的辐射而被光分解成氧原子,这些被分裂出的氧原子又附着

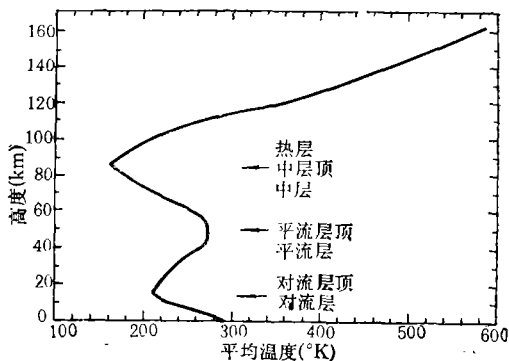
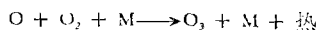
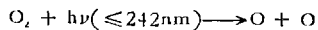


图1 平均温度随高度的分布

在其余的氧分子上,形成臭氧(O_3),化学反应式如下:



这些臭氧分子聚集在一起,在大气平流层中构成一个独特的层,叫做大气臭氧层。一般来说,臭氧层的高度位于10—50公里之间,在25公里附近浓度最大。当然,这也随纬度的不同而变化,在南北两极,臭氧高浓度区在12—20公里处。

臭氧层与地球上的生命密切相关。如果没有臭氧层,地球上就没有生命。臭氧层的最大作用是保护地球表面不受来自太阳紫外线的有害辐射。紫外线辐射可分解生物细胞核的染色体,阻止细胞分裂。这种效应在255—265毫微米波段最为明显。当波长大于290毫微米时,此效应显著减弱。大气臭氧层几乎可以全部吸收波长为295毫微米以下的紫外线,绝大部份吸收295—320毫微米范围内的紫外线。因此,只有大于320毫微米的紫外线才能到达地面。这对生物的危害就小得多了。

二、南极臭氧洞和全球大气层臭氧含量的改变

英国国家环境研究委员会南极考察队的科学家

乔·法曼等人根据三十年来在南极海利湾 (Hally Bay) 地面观察站(南纬 76 度, 西经 27 度) 观察大气平流层臭氧总浓度的记录指出: 1980—1984 年, 南极上空每年十月份臭氧含量大大小于三月份臭氧含量。这个现象在 1957—1973 年间没有出现。同时八十年代在另一观察点阿根廷岛 (65°S, 64°W) 也没有出现过(图 2)。洞在南极的深冬初春 9—10 月份开始形成, 大约在 11 月份, 当太阳在南极地平线上升高到足以产生大量的紫外线透过气层而产生臭氧以后, 洞开始消失。与此同时, 他发现南半球 F-11(CFCl₃) 和 F-12(CF₂Cl₂) 的增加与臭氧的消耗有明显的关系(图 3)。

这件事引起了美国国家航空和航天管理局 (NASA) 理查德·斯多拉斯基 (Richard·Stolarski) 等人的兴趣。他们搜集了设置在极轨道卫星 Nimbus 7 上臭氧总含量分布光谱仪 (Total Ozone Mapping Spectrometer) 所采集的全部数据, 确认了以上的事实^[4]。该洞在南极的正上空, 主要局限在 12—20 公里范围内, 大小相当于美国大陆。洞的周围被高浓

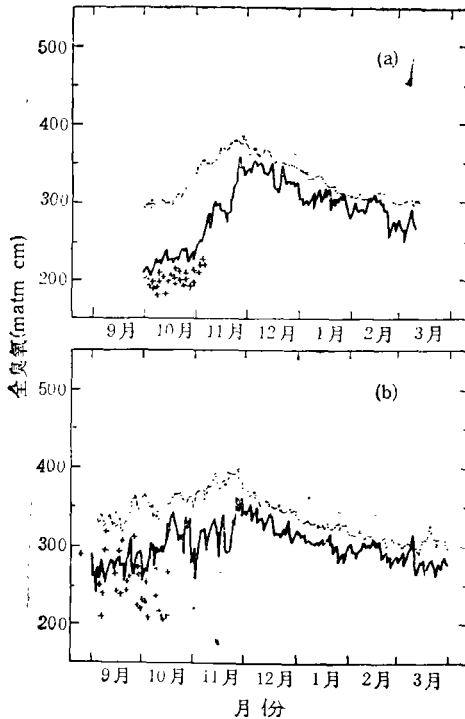


图 2 O₃ 总含量的日平均值

..... 1957—73 年的日平均值

—— 1980—84 年的日平均值

(a) 海利湾: 10 月 1 日—3 月 13 日观测

(b) 阿根廷岛: 9 月 1 日—3 月 31 日观测

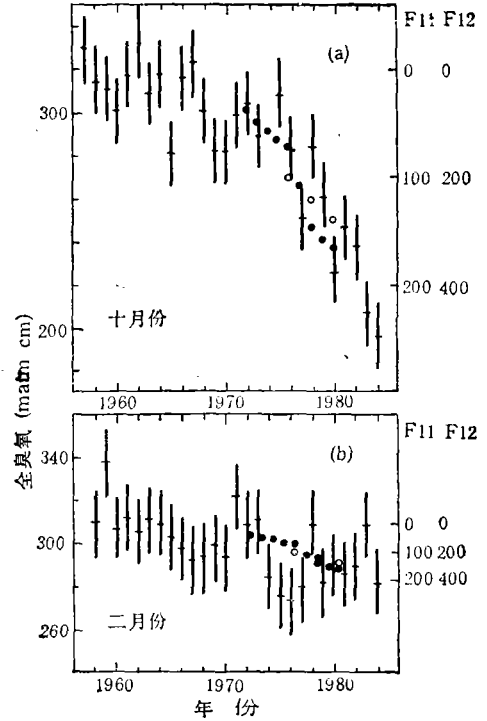


图 3 海利湾上空臭氧总含量的月平均值
和南半球监测的 F-11 和 F-12

● CFCl₃ (p. p. t. v.) ○ CF₂Cl₂ (p. p. t. v.)

(a) 1957—1984 年 10 月

(b) 1958—1984 年 2 月

注意: F-11 和 F-12 间下为增大。

度臭氧的极气旋包围(图 4)。进一步的观察表明, 臭氧洞有分层现象, 这些层大约几公里厚, 有些层臭氧含量消耗极大, 有时甚至可达 90% 以上 (总的积分

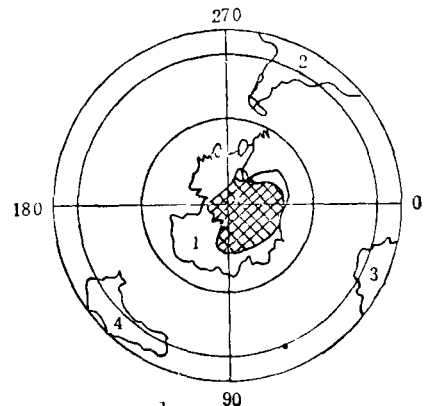


图 4 卫星拍摄的南极臭氧洞简图

1. 南极洲 2. 南美洲 3. 澳洲 4. 非洲
臭氧洞围绕南极旋转, 旋转周期为一星期

柱消耗为 50%)，有些层臭氧消耗较少。

不仅如此，据 NASA 的大气科学家唐纳德·希思 (Donald F. Heath) 对卫星 Nimbus 4 和 Nimbus 7 数据的分析，全球臭氧含量正在下降，下降的速率在高纬度区和极区最大。从 1970—1981 年，全球臭氧浓度每年平均下降约 0.15%，而从 1978—1981 年的数据组看，全球臭氧浓度平均下降 0.5%^[1]。

1974 年美国加利福尼亚大学化学系的弗·罗兰 (F. S. Rowland) 和米·莫林纳 (Mario J. Molina) 考虑了氟里昂 (FCFs) 释放到空中与臭氧消耗之间的关系，曾经预言：若氟里昂的生产以每年 22% 的速度增长，并释放到大气中，那么到 1984 年全球臭氧含量将下降 5%。现在卫星第一次提供了足够精确的数据说明，科学家们预言的情况确实发生了，而且比预料的更严重^[2]。但理查德·斯多拉斯基也注意到，卫星数据并不完全与地面测量一致。一些地面测量数据表明，从七十年代起到现在，没有明显的臭氧统计改变。

唐·希思还说，在距北极约 1126 公里的挪威四次卑尔根上空，发现了臭氧层的另一个“洞”。这个洞相当于南极“洞”的 1/3 大小，臭氧含量的最低值发生在每年的二月份，臭氧每年的损耗大约是 2.6%。与南极臭氧洞不同的还有北极附近的臭氧洞处于北极附近的高压区，周围不是含高浓度臭氧的极旋风，而是从低纬区移向极地的气流。北极附近的高浓度臭氧区在阿拉斯加上空的低压区^[3]。

与此同时，科学家们还发现，大气中 CCl_3F ， CCl_2F_2 ， CCl_4 ， CHCl_3 ， CH_4 ， N_2O 等六种微量气体的含量都增加了。在 1975—1985 年的十年内，根据每年一月份在南极和北半球大西洋西北处的测量，尽管由于美国在七十年代末宣布禁止使用非基本用途的氟利昂，从而使 1980—1985 年的增长速度低于 1975—1980 年，但 CCl_3F ， CCl_2F_2 和 CHCl_3 的浓度在两个半球都比十年前增加了一倍多。大气中这些微量气体含量的持续增长，不仅会消耗平流层的臭氧，而且也象二氧化碳一样，会提高地球的温度，从而造成全球性气候的改变^[4]。

三、全球臭氧含量减少及南极臭氧洞的出现对人类的影响

1. 皮肤癌增加

大气层臭氧浓度降低可使那些高能的紫外线得以到达地面。紫外辐射对人的危害主要是毁坏去氧核糖核酸 (DNA)，而 DNA 的损伤可能引起癌症。人类皮肤对到达地面的日光反应最灵敏的波段是 280—315 毫微米，生物学上称作辐射“作用光

谱”。最通常的效应就是晒斑——一种光线引起的皮炎。很多医生都认为，晒斑是引起皮肤癌的主要原因。皮肤肿瘤有两种。最普通的一种是黑色皮肤肿瘤，很少致人死亡；另一种是恶性黑色素瘤，比较不常见，可致三分之一的患者死亡。这些肿瘤发生在身体暴露在日光下的部位。美国国家科学院对 1975 年的资料进行分析，得出的结论是：平流层臭氧每减少 10%，可增加 20% 的黑色瘤死亡率，并有可能增加 30% 的各种各样的皮肤癌的发生率。据美国环保局估计，全球的臭氧量下降 1%，可使美国每年增加二万名皮肤癌患者^[5]。

2. 地面上臭氧烟雾的增加

地面附近的大气中若含有过量的臭氧，对人的呼吸系统会有严重的破坏作用。卫生学家研究的结果表明，当空气中的臭氧浓度达到 0.1×10^{-6} 时，人的呼吸道就会发炎。如果浓度增加到 5×10^{-6} 时，人的生命就会发生危险。在地面附近，燃烧污染物如碳氢化物和氮的氧化物 (NO_x) 等发生反应生成臭氧烟雾。当大气平流层臭氧减少时，更多的紫外线透过对流层到达地面，增加了臭氧形成的速率。根据美国科学家的研究，每天地面附近臭氧烟雾峰值的形成一般在早晨到下午两、三点之前。因此相对较多的人暴露在这种严重的臭氧烟雾的污染之中。根据加利福尼亚系统应用公司模拟对流层化学变化及对人类环境的影响的计算机模型的计算，平流层臭氧浓度每减少 1%，地面的臭氧烟雾就增加 2%^[10]。

3. 促进酸雨的生成

臭氧烟雾的另一潜在的严重影响是极大地增加了过氧化氢 H_2O_2 的生成。过氧化氢是形成酸雨的关键物质，它与云层中的 SO_2 作用生成酸雨。当燃烧产物的碳氢化合物和 NO_x 在紫外线的照射下生成臭氧之后，碳氢化合物的衍生物和 NO_x 在紫外线照射下继续作用生成过氧化氢。后一反应只在前一反应完成之后才能发生。因此，如果地面附近的臭氧过程在中午结束，那么整个下午都可用来生成过氧化氢。根据对 Nashville 空气污染观察数据的初步分析，平流层臭氧减少 1%，相应地在地面附近增加过氧化氢 80%^[10]。

4. 对农作物和森林的影响

地面附近臭氧烟雾对植物的影响不是一些可以直接目见的征象，如植株矮小，缺少枝叶等。所能见到的征象只是农作物或树木似乎明显地变得衰弱，以至没有足够的能量抵御病害等。因此它对农作物和森林生态系统的破坏，比人们从可见症状而

想象到的危害更大。根据美国农业部谷物损耗估计网的估计,由于臭氧烟雾影响,已经造成美国农业每年减少价值二十亿美元的谷物产量^[10]。

5. 对全球气候的影响

伴随着大气层臭氧的消耗,更多的紫外线到达地面,将使全球气候变暖,海平面明显提高。同时由于 CFCs 的增加,大气中微量元素的增加,也可以产生类似二氧化碳作用的温室效应,使全球气候变暖。

四、人类对南极臭氧洞的研究及为制止臭氧层的进一步破坏所采取的措施

自 1985 年第一次发现南极臭氧洞以来,越来越多的科学家把他们的注意力集中到这个题目上来,进行了大量的观察和研究,开展国际合作,共同探讨南极臭氧洞形成的原因,并提出了各种不同的假说。1987 年 6 月美国和苏联达成协议合作研究南极臭氧洞问题。依此协议美国将提供五十箱臭氧监测仪和高空气球,供苏联在南极地区印度洋一侧的观察站使用。苏联将用这些设备测得的数据与美国用卫星测量的每日臭氧分布数据交换^[11]。同年八、九月份,来自世界各地的一百多名科学家聚集在南美洲最南端的 Punta Arenas,参加由 NASA 组织的一次实验。他们分成十个小组,每个组都配有 ER-2 和 DC-8 型飞机。ER-2 可飞至 20 公里高空,即臭氧消耗最大处,到那里采集空气样品,直接测量温度和大气化学成份。DC-8 则带着包括必要的设备和飞行实验室,依据卫星测得的臭氧分布,在臭氧消耗最大区域的下方飞行,探测臭氧洞的下沿(12 公里),并直接飞越某些地面上空,以便将高空与地面数据进行直接比较^[12]。

尽管化学家们与空气动力学家们在南极臭氧洞的成因上有不同的见解,但他们都一致认为,氟里昂释放到空中,消耗大气层的臭氧,因此同意限制及逐步禁止氟里昂的使用。

从 1978 年以来,美国已经下了禁令,除了在食品添加剂、医药、化妆品、电冰箱等一些设备上使用氟氯烃类化合物外,其它方面开始禁止使用。自南极臭氧洞的事实披露以后,限制氟里昂使用的呼声越来越高,并变成世界范围内的共同行动。自 1986 年以来,联合国环境保护署多次组织国际会议协商,为保护臭氧层所采取的措施。

1987 年 9 月来自 23 个国家的代表在蒙特利尔签定了一项协议,要求立即将损害性最大的 CFCs 的使用冻结在 1986 年的水平上。到 1994 年,缔约国必须把 CFCs 的消耗量降低 20%,到 1999 年,他们必须把 CFCs 的使用量削减到 1986 年的一半。协议还鼓励缔约国不从非缔约国输入 CFCs^[13]。这是第一次世界各国在一起,为控制化学物质的潜在危险,在没看到其实际损害证据之前而采取的一致行动^[14]。

参 考 文 献

- [1] Farman, J. C., Gardiner, B. G & Shanklin, J. D., *Nature*, **315**, 207—210 (1985).
- [2] Solomon, S., Garcia, R. R., Rowland, F. S., & Wuebbles, D. J., *Nature*, **321**, 755—758 (1986).
- [3] J. 海克伦, 大气化学, 科学出版社, 1983 年。
- [4] Weisburd, S., *Science News*, **129**, 133 (1986).
- [5] Weisburd, S., *Science News* **130**, 404 (1986).
- [6] Johnston, K., *Nature*, **326**, 321 (1987).
- [7] Weisburd, S., *Science News*, **129**, 215 (1986).
- [8] Rasmussen, R. A., & Khalil, M. A. K., *Science*, **232**(4758), 1623(1986).
- [9] 志民, 环境保护, **111**, 22—23, (1987).
- [10] Raloff, J., *Science News*, **130**, 362—363 (1985).
- [11] Monastersky, R., *Science News*, **131**, 408, (1987).
- [12] *Science News*, **132**, 95, (1987).
- [13] Monastersky, R., *Science News* **132**, 196 (1987).
- [14] Weisburd, S., *Science News*, **131**, 295 (1987).

(收稿日期: 1988 年 4 月 1 日)

微生物可降解的聚合物

叶 永 成

(中国科学院长春应用化学研究所)

以往,合成聚合物的用量不大,研究聚合物稳定与降解的主要目的是如何延长使用寿命,即所谓稳

定化。六十年代后期以来,合成制品日益增多,特别是大量塑料农用薄膜以及包装材料用后任意抛弃,