

# nature

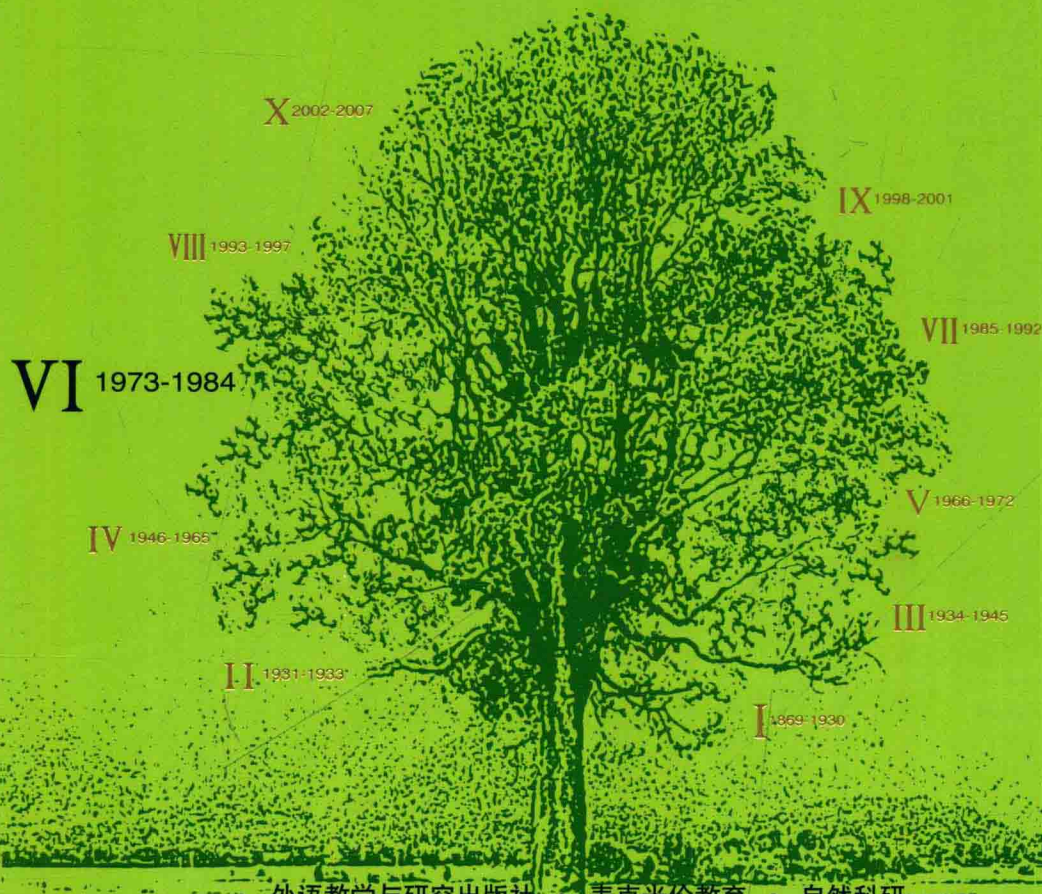
## The Living Record of Science 《自然》百年科学经典

英汉对照版 (平装本)

### 第六卷 (下)

总顾问: 李政道 (Tsung-Dao Lee)

英方主编: Sir John Maddox      中方主编: 路甬祥  
Sir Philip Campbell



X 2002-2007

IX 1998-2001

VIII 1993-1997

VII 1985-1992

VI 1973-1984

V 1966-1972

IV 1946-1965

III 1934-1945

II 1931-1933

I 1869-1930

外语教学与研究出版社 · 麦克米伦教育 · 自然科研

FOREIGN LANGUAGE TEACHING AND RESEARCH PRESS · MACMILLAN EDUCATION · NATURE/RESEARCH

# nature

The Living Record of Science

《自然》百年科学经典



英汉对照版 (平装本)

第六卷 (下)

总顾问: 李政道 (Tsung-Dao Lee)

英方主编: Sir John Maddox      中方主编: 路甬祥  
Sir Philip Campbell



1973-1984

外语教学与研究出版社 · 麦克米伦教育 · 自然科研

FOREIGN LANGUAGE TEACHING AND RESEARCH PRESS · MACMILLAN EDUCATION · NATURE RESEARCH

北京 BEIJING

Original English Text © Macmillan Publishers Limited  
Chinese Translation © Foreign Language Teaching and Research Press

This edition is published under arrangement with Macmillan Publishers (China) Limited. It is for sale in the People's Republic of China only, excluding Hong Kong SAR, Macao SAR and Taiwan Province, and may not be bought for export therefrom.

### 图书在版编目(CIP)数据

《自然》百年科学经典. 第六卷. 下, 1973-1984; 英汉对照 / (英) 约翰·马多克斯 (Sir John Maddox), (英) 菲利普·坎贝尔 (Sir Philip Campbell), 路甬祥主编. — 北京: 外语教学与研究出版社, 2017.8

ISBN 978-7-5135-9427-1

I. ①自… II. ①约… ②菲… ③路… III. ①自然科学—文集—英、汉 IV. ①N53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 217344 号

出版人 蔡剑峰  
项目统筹 章思英 Charlotte Liu (加拿大)  
项目负责 刘晓楠 黄小斌 Chris Balderston (美)  
责任编辑 黄小斌 蔡迪  
执行编辑 王丽霞  
装帧设计 彩奇风  
出版发行 外语教学与研究出版社  
社址 北京市西三环北路 19 号 (100089)  
网址 <http://www.fltrp.com>  
印刷 北京华联印刷有限公司  
开本 787 × 1092 1/16  
印张 39  
版次 2017 年 10 月第 1 版 2017 年 10 月第 1 次印刷  
书号 ISBN 978-7-5135-9427-1  
定价 168.00 元

购书咨询: (010) 88819926 电子邮箱: [club@fltrp.com](mailto:club@fltrp.com)

外研书店: <https://waiyants.tmall.com>

凡印刷、装订质量问题, 请联系我社印制部

联系电话: (010) 61207896 电子邮箱: [zhijian@fltrp.com](mailto:zhijian@fltrp.com)

凡侵权、盗版书籍线索, 请联系我社法律事务部

举报电话: (010) 88817519 电子邮箱: [banquan@fltrp.com](mailto:banquan@fltrp.com)

法律顾问: 立方律师事务所 刘旭东律师

中咨律师事务所 殷斌律师

物料号: 294270001

# 《自然》百年科学经典（英汉对照版）

总顾问：李政道（Tsung-Dao Lee）

英方主编：Sir John Maddox

中方主编：路甬祥

Sir Philip Campbell

## 编审委员会

英方编委：

Philip Ball

Vikram Savkar

David Swinbanks

中方编委（以姓氏笔画为序）：

许智宏

赵忠贤

滕吉文

## 本卷审稿专家（以姓氏笔画为序）

丁梅	于天源	马宇蓓	王崑	王敏康	王鹏云	冯兴无
邢松	同号文	刘武	刘京国	刘朝阳	安俊岭	许冰
李三忠	李芝芬	李典谟	李素霞	肖伟科	吴庆举	吴学兵
吴新智	何香涛	沈杰	沈志侠	宋心琦	张忠杰	张健旭
陈方	陈尔强	陈继征	陈新文	林圣龙	昌增益	周筠梅
周新华	孟庆任	赵俊猛	赵凌霞	郝伟	胡卓伟	秦志海
顾孝诚	徐义刚	徐仁新	黄晓航	曹文广	崔巍	崔娅铭
梁前进	彭小忠	董为	曾少举	曾长青		

## 编译委员会

### 本卷翻译工作组稿人 (以姓氏笔画为序)

王晓蕾	王耀杨	刘明	刘晓楠	关秀清	李琦	何铭
沈乃徵	郭红锋	蔡迪	蔡则怡			

### 本卷翻译人员 (以姓氏笔画为序)

王耀杨	毛晨晖	邓铭瑞	田晓阳	冯翀	吕静	刘霞
刘振明	刘皓芳	齐红艳	阮玉辉	孙惠南	李响	李梅
李任伟	肖莉	吴彦	沈乃徵	张玉光	张效良	张锦彬
周志华	周旻辰	郑建全	荆玉祥	姜薇	钱磊	高如丽
董培智						

### 本卷校对人员 (以姓氏笔画为序)

于萌	于平蓉	马荣	马晨晨	王可	王羽	王敏
王帅帅	王向东	王志云	王杰琼	王珊珊	王晓敏	王海纳
王德孚	云欢	毛俊捷	公晗	史骁	巩克瑞	吕秋莎
乔萌萌	任奕	任峻铭	刘伟	刘佩	刘婷	刘子怡
刘良子	刘若青	闫妍	许长虹	许梅梅	孙瑶	李四
李芳	李娟	李景	李静	李盎然	邱彩玉	攸乔
邹伯夏	宋乔	张炜	张越	张世馥	张向东	张宜嘉
张瑞玉	张颖之	陈云	陈思婧	陈露芸	范艳璇	周少贞
周玉凤	周晓明	郑娇娇	宗伟凯	赵广宇	侯彦婕	施家靖
郭晓博	黄欢	黄榕	黄璞	黄元耕	黄晓东	崔天明
第文龙	葛越	焦晓林	曾芃斐	谢周丽	蔡军茹	熊华晖
潮兴娟	潘卫东					

Eric Leher (澳)

Joanna Pierce (爱尔兰)

# Contents

## 目录

Monitoring Underground Explosions .....	2
监控地下爆炸 .....	3
DNA Replication Sites within Nuclei of Mammalian Cells .....	32
哺乳动物细胞核内的 DNA 复制位点 .....	33
Response of a General Circulation Model of the Atmosphere to Removal of the Arctic Ice-cap .....	52
大气环流模式对北极冰盖消融的响应 .....	53
Deep-sea Sediment Source Areas: Implications of Variable Rates of Movement between California and the Pacific Plate .....	58
来自深海沉积物源区的启示: 加利福尼亚板块与太平洋板块之间相对运动 速率的变化 .....	59
<i>In vitro</i> Fertilization of Rat Eggs .....	66
大鼠卵细胞的体外受精 .....	67
Earth-Moon Mass Ratio from Mariner 9 Radio Tracking Data .....	74
由水手9号射电跟踪数据得到的地月质量比 .....	75
Do Honey Bees Have a Language? .....	82
蜜蜂有语言吗? .....	83
The Search for Signals from Extraterrestrial Civilizations .....	110
地外文明信号搜寻 .....	111
On the Origin of Deuterium .....	122
氘的起源 .....	123
Afar Mantle Plume: Rare Earth Evidence .....	138
阿法尔地幔柱: 稀土元素证据 .....	139
T and B Lymphocytes and Immune Responses .....	158
T 淋巴细胞、B 淋巴细胞与免疫应答 .....	159

Cometary Collisions and Geological Periods .....	182
彗星碰撞与地质年代 .....	183
On Estimating Functional Gene Number in Eukaryotes .....	190
真核生物功能基因数的估计 .....	191
Descent of Lithosphere beneath New Hebrides, Tonga-Fiji and New Zealand: Evidence for Detached Slabs .....	204
新赫布里底群岛、汤加-斐济及新西兰地区岩石圈的下降: 拆沉板片的证据 .....	205
Fusion of Rat and Mouse Morulae and Formation of Chimaeric Blastocysts .....	222
大鼠与小鼠桑葚胚的融合以及嵌合囊胚的形成 .....	223
Linkage Analysis in Man by Somatic Cell Genetics .....	232
人类体细胞遗传学连锁分析 .....	233
Non-equilibrium Isotopic Fractionation between Seawater and Planktonic Foraminiferal Tests .....	256
海水与浮游有孔虫壳体间的非平衡同位素分馏 .....	257
Image Formation by Induced Local Interactions: Examples Employing Nuclear Magnetic Resonance .....	270
诱导局域相互作用成像: 核磁共振应用实例 .....	271
Isolation of the Islets of Langerhans for Transplantation .....	278
用于移植的朗格汉斯岛(胰岛)的分离 .....	279
Seismic Travel Time Evidence for Lateral Inhomogeneity in the Deep Mantle .....	286
深地幔横向非均匀性的地震波走时证据 .....	287
Evidence for an Advanced Plio-Pleistocene Hominid from East Rudolf, Kenya .....	306
来自肯尼亚鲁道夫湖以东的一个高级上新世-更新世人科动物证据 .....	307
Practical Application of Acupuncture Analgesia .....	322
针刺镇痛的实际应用 .....	323
Experiments on Polishing of Diamond .....	332
金刚石抛光实验 .....	333
Tectono-eustatic Changes in Sea Level and Seafloor Spreading .....	352
构造-海平面变化和海底扩张 .....	353



Resonance Raman Spectroscopy of the Photoreceptor-like Pigment of <i>Halobacterium halobium</i> .....	368
盐生盐杆菌中类感光色素的共振拉曼光谱 .....	369
Discontinuous Change in Earth's Spin Rate following Great Solar Storm of August 1972 .....	382
1972年8月强太阳风暴过后地球自转速度的不连续变化 .....	383
Removal of Xenon and Radon from Contaminated Atmospheres with Dioxygenyl Hexafluoroantimonate, O <sub>2</sub> SbF <sub>6</sub> .....	390
六氟合锑酸(V)双氧盐(O <sub>2</sub> SbF <sub>6</sub> )去除污染大气中的氙和氡 .....	391
Cores of the Terrestrial Planets .....	400
类地行星的核 .....	401
Physical State of the Earth's Core .....	412
地核的物理状态 .....	413
Formation of the Earth's Core .....	420
地核的形成 .....	421
Properties of Ultra-high Modulus Linear Polyethylenes .....	428
超高模量线型聚乙烯的性质 .....	429
Double Helix at Atomic Resolution .....	434
原子分辨率的双螺旋 .....	435
Eukaryotes-Prokaryotes Divergence Estimated by 5S Ribosomal RNA Sequences .....	452
通过5S核糖体RNA序列估计真核生物-原核生物分化 .....	453
Isolation and Genetic Localization of Three $\phi$ X174 Promoter Regions .....	460
三个 $\phi$ X174启动子区的分离和基因定位 .....	461
Tree-ring Calibration of Radiocarbon Dates and the Chronology of Ancient Egypt .....	474
放射性碳年代的树轮校正及古埃及年表 .....	475
Redshift of OQ 172 .....	496
类星体OQ172的红移 .....	497



Depression of Freezing Point by Glycoproteins from an Antarctic Fish .....	502
一种南极鱼类的糖蛋白具有降低凝固点的作用 .....	503
Muscular Contraction and Cell Motility .....	510
肌肉收缩与细胞运动 .....	511
Effect of Low-level Radioactive Silver on Photographic Emulsions .....	534
低放射水平的银对感光乳剂的影响 .....	535
Effect of Lithium on Brain Dopamine .....	538
锂对于大脑中多巴胺的作用 .....	539
L-Glutamic Acid Decarboxylase in Parkinson's Disease: Effect of L-Dopa Therapy .....	544
帕金森氏症中的L-谷氨酸脱羧酶: L-多巴的治疗效果 .....	545
Neutral Mutations .....	554
中性突变 .....	555
Relative and Latitudinal Motion of Atlantic Hot Spots .....	558
大西洋热点的相对运动和纬向运动 .....	559
Black Hole Explosions? .....	578
黑洞爆炸? .....	579
Further Evidence of Lower Pleistocene Hominids from East Rudolf, North Kenya, 1973 .....	586
1973年在肯尼亚北部鲁道夫湖以东下更新统发现更多人科动物证据 .....	587
Stratospheric Sink for Chlorofluoromethanes: Chlorine Atom-Catalysed Destruction of Ozone .....	602
氟氯甲烷的平流层汇: 氯原子催化破坏臭氧过程 .....	603
Kinky Helix .....	614
有扭结的螺旋 .....	615
Continuous Cultures of Fused Cells Secreting Antibody of Predefined Specificity .....	630
可分泌特异性抗体的融合细胞的连续培养 .....	631

Plio-Pleistocene Hominid Discoveries in Hadar, Ethiopia .....	646
在埃塞俄比亚哈达尔发现的上新世 – 更新世时期的人科动物 .....	647
Single-Channel Currents Recorded from Membrane of Denervated Frog Muscle Fibres .....	670
切除神经的青蛙肌纤维膜上的单通道电流 .....	671
Simple Mathematical Models with Very Complicated Dynamics .....	682
具有极复杂动力学行为的简单数学模型 .....	683
<i>Australopithecus</i> , <i>Homo erectus</i> and the Single Species Hypothesis .....	728
南方古猿、直立人及单物种假说 .....	729
Fossil Hominids from the Laetolil Beds .....	738
在莱托利尔层发现的人科动物化石 .....	739
Nucleotide Sequence of Bacteriophage $\phi$ X174 DNA .....	768
噬菌体 $\phi$ X174 的 DNA 核苷酸序列 .....	769
Radio Sources with Superluminal Velocities .....	800
超光速射电源 .....	801
New Hominoid Primates from the Siwaliks of Pakistan and their Bearing on Hominoid Evolution .....	822
巴基斯坦西瓦利克新发现的人猿超科灵长类动物及其在人猿超科进化上的 意义 .....	823
Pliocene Footprints in the Laetolil Beds at Laetoli, Northern Tanzania .....	856
坦桑尼亚北部莱托利尔层中的上新世足迹 .....	857
0957+561 A,B: Twin Quasistellar Objects or Gravitational Lens ? .....	886
0957+561 A,B: 双类星体还是引力透镜? .....	887
Single Strands Induce recA Protein to Unwind Duplex DNA for Homologous Pairing .....	904
单链 DNA 诱导 recA 蛋白解旋 DNA 以利于同源配对 .....	905
Selfish Genes, the Phenotype Paradigm and Genome Evolution .....	922
自私的基因, 表型模式和基因组进化 .....	923

Selfish DNA: the Ultimate Parasite .....	938
自私的DNA: 最终的寄生物 .....	939
Selfish DNA .....	960
自私的DNA .....	961
Modes of Genome Evolution.....	970
基因组的进化模式 .....	971
Mutations Affecting Segment Number and Polarity in <i>Drosophila</i> .....	978
影响果蝇体节数量和极性的突变 .....	979
Establishment in Culture of Pluripotential Cells from Mouse Embryos.....	1002
小鼠胚胎多能细胞培养体系的建立 .....	1003
Test-tube Babies, 1981 .....	1014
试管婴儿, 1981 .....	1015
Enzymatic Replication of <i>E. coli</i> Chromosomal Origin is Bidirectional.....	1036
大肠杆菌染色体起始位点的酶促复制是双向进行的 .....	1037
Temperature Control of Oxygen-Isotope Fractionation of Cultured Planktonic Foraminifera .....	1054
培养条件下温度对浮游有孔虫中氧同位素分馏的控制.....	1055
Human EJ Bladder Carcinoma Oncogene is Homologue of Harvey Sarcoma Virus <i>ras</i> Gene .....	1062
人类EJ膀胱癌基因是哈维肉瘤病毒 <i>ras</i> 基因的同源基因 .....	1063
Neurone Differentiation in Cell Lineage Mutants of <i>Caenorhabditis elegans</i> .....	1084
秀丽隐杆线虫细胞谱系突变体的神经元分化 .....	1085
A Millisecond Pulsar .....	1098
一颗毫秒脉冲星 .....	1099
Evidence on Human Origins from Haemoglobins of African Apes .....	1114
来自非洲猿血红蛋白的人类起源证据 .....	1115
Constraints on Evolution of Earth's Mantle from Rare Gas Systematics .....	1128
稀有气体系统对地幔演化的制约 .....	1129

<b>A Conserved DNA Sequence in Homoeotic Genes of the <i>Drosophila</i></b>	
<b>Antennapedia and Bithorax Complexes.....</b>	<b>1150</b>
果蝇触角足和双胸基因复合体同源异型基因中的保守DNA序列.....	1151
<b>Evidence from Crater Ages for Periodic Impacts on the Earth .....</b>	<b>1176</b>
来自陨石坑年龄的地球周期性受碰撞的证据 .....	1177
<b>“Melting Ice” I at 77 K and 10 kbar: a New Method of Making Amorphous</b>	
<b>Solids.....</b>	<b>1192</b>
77 K和10 kbar条件下的“熔融冰” I: 制取无定形固体的一种新方法 .....	1193
<b>Appendix: Index by Subject</b>	
附录: 学科分类目录 .....	1207

**Volume VI**  
**(1973-1984)**

# Stratospheric Sink for Chlorofluoromethanes: Chlorine Atom-Catalysed Destruction of Ozone

M. J. Molina and F. S. Rowland

## Editor's Note

In this paper, one of the most prescient and important *Nature* has published, Mario Molina and F. Sherwood Rowland point out that chlorofluorocarbons (CFCs), widely used as refrigerants and aerosol propellant, will accumulate in the atmosphere because of their chemical inertness. But when they reach the upper atmosphere, the researchers say, ultraviolet sunlight may photochemically split the compounds to create highly reactive free radicals. These may then react with and destroy stratospheric ozone, which acts as a partial barrier to the penetration of harmful UV rays to the Earth's surface. This prediction was verified 11 years later, leading to an international phase-out of CFCs. The work earned Molina and Rowland the 1995 Nobel Prize in Chemistry.

---

Chlorofluoromethanes are being added to the environment in steadily increasing amounts. These compounds are chemically inert and may remain in the atmosphere for 40-150 years, and concentrations can be expected to reach 10 to 30 times present levels. Photodissociation of the chlorofluoromethanes in the stratosphere produces significant amounts of chlorine atoms, and leads to the destruction of atmospheric ozone.

---

**H**ALOGENATED aliphatic hydrocarbons have been added to the natural environment in steadily increasing amounts over several decades as a consequence of their growing use, chiefly as aerosol propellants and as refrigerants<sup>1,2</sup>. Two chlorofluoromethanes, CF<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> and CFCl<sub>3</sub>, have been detected throughout the troposphere in amounts (about 10 and 6 parts per 10<sup>11</sup> by volume, respectively) roughly corresponding to the integrated world industrial production to date<sup>3-5,31</sup>. The chemical inertness and high volatility which make these materials suitable for technological use also mean that they remain in the atmosphere for a long time. There are no obvious rapid sinks for their removal, and they may be useful as inert tracers of atmospheric motions<sup>4,6</sup>. We have attempted to calculate the probable sinks and lifetimes for these molecules. The most important sink for atmospheric CFCl<sub>3</sub> and CF<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> seems to be stratospheric photolytic dissociation to CFCl<sub>2</sub>+Cl and to CF<sub>2</sub>Cl+Cl, respectively, at altitudes of 20-40 km. Each of the reactions creates two odd-electron species—one Cl atom and one free radical. The dissociated chlorofluoromethanes can be traced to their ultimate sinks. An extensive catalytic chain reaction leading to the net destruction of O<sub>3</sub> and O occurs in the stratosphere:

# 氟氯甲烷的平流层汇：氯原子 催化破坏臭氧过程

莫利纳，罗兰

## 编者按

本文是《自然》发表的最有预见性、最具影响力的文章之一，马里奥·莫利纳和舍伍德·罗兰指出，广泛应用于制冷剂和喷雾推进剂的氟氯烃（CFCs），由于其化学惰性会在大气中积累。研究表明，当到达大气层上层时，紫外线可能会使此化合物发生光化学裂解，生成高活性的自由基。这些自由基会与平流层臭氧发生反应，使之发生破坏，而臭氧层恰恰担当着保护地球表面免受有害紫外线照射的部分屏障作用。这个预言在11年后被证实，并且引领了一场逐步淘汰氟氯烃的全球化变革。这项研究也使得莫利纳和罗兰获得1995年的诺贝尔化学奖。

---

氟氯甲烷正以稳定增长的量被排放到环境中。这些化合物具有化学惰性，可以在大气中停留40~150年，预计其浓度能够达到目前水平的10~30倍。平流层中氟氯甲烷的光解可以产生大量氯原子，并会导致大气中臭氧的破坏。

---

在过去的几十年中，卤代脂肪烃的应用日益广泛，主要是作为喷雾推进剂和制冷剂，并以稳定增长的数量被排放到自然环境中<sup>[1,2]</sup>。目前已检测到两种氟氯甲烷（ $\text{CF}_2\text{Cl}_2$  和  $\text{CFCl}_3$ ）分布在整個对流层中（体积分数分别为  $10/10^{11}$  和  $6/10^{11}$ ），数量上大致相当于迄今为止全世界工业的总产量<sup>[3-5,31]</sup>。这些物质所具有的化学惰性和高挥发性使其可应用于各种技术，但也意味着它们会在大气中停留很长时间。由于没有什么显著快速清除过程除去它们，因而可以用作大气运动的惰性示踪剂<sup>[4-6]</sup>。我们曾试图计算这些分子可能的汇及其寿命。对于大气中的  $\text{CFCl}_3$  和  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$  来说，最重要的汇看来就是发生在海拔20~40 km的平流层中的光解离反应，产物分别是  $\text{CFCl}_2 + \text{Cl}$  和  $\text{CF}_2\text{Cl} + \text{Cl}$ 。每个反应都会产生两种奇电子物质——Cl原子和自由基。离解的氟氯甲烷可以示踪其最终汇。广泛的催化链反应导致平流层中发生着  $\text{O}_3$  与  $\text{O}$  的净损失：





This has important chemical consequences. Under most conditions in the Earth's atmospheric ozone layer, (2) is the slower of the reactions because there is a much lower concentration of O than of O<sub>3</sub>. The odd chlorine chain (Cl, ClO) can be compared with the odd nitrogen chain (NO, NO<sub>2</sub>) which is believed to be intimately involved in the regulation of the present level of O<sub>3</sub> in the atmosphere<sup>7-10</sup>. At stratospheric temperatures, ClO reacts with O six times faster than NO<sub>2</sub> reacts with O (refs 11, 12). Consequently, the Cl-ClO chain can be considerably more efficient than the NO-NO<sub>2</sub> chain in the catalytic conversion of O<sub>3</sub> + O → 2O<sub>2</sub> per unit time per reacting chain<sup>13</sup>.

### Photolytic Sink

Both CFCl<sub>3</sub> and CF<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> absorb radiation in the far ultraviolet<sup>14</sup>, and stratospheric photolysis will occur mainly in the "window" at 1,750-2,200 Å between the more intense absorptions of the Schumann-Runge regions of O<sub>2</sub> and the Hartley bands of O<sub>3</sub>. We have extended measurements of absorption coefficients for the chlorofluoromethanes to cover the range 2,000-2,270 Å. Calculations of the rate of photolysis of molecules at a given altitude at these wavelengths is complicated by the intense narrow band structure in the Schumann-Runge region, and the effective rates of vertical diffusion of molecules at these altitudes are also subject to substantial uncertainties. Vertical mixing is frequently modelled through the use of "eddy" diffusion coefficients<sup>10,15-18</sup>, which are presumably relatively insensitive to the molecular weight of the diffusing species. Calculated using a time independent one-dimensional vertical diffusion model with eddy diffusion coefficients of magnitude  $K \sim (3 \times 10^3) - 10^4 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$  at altitudes 20-40 km (refs 10, 15-18), the atmospheric lifetimes of CFCl<sub>3</sub> and CF<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> fall into the range of 40-150 yr. The time required for approach toward a steady state is thus measured in decades, and the concentrations of chlorofluoromethanes in the atmosphere can be expected to reach saturation values of 10-30 times the present levels, assuming constant injection at current rates, and no other major sinks. (The atmospheric content is now equivalent to about five years world production at current rates.) Lifetimes in excess of > 10 and > 30 yr can already be estimated from the known industrial production rates and atmospheric concentrations<sup>3,5</sup>, and so the stratospheric photochemical sink will be important even if other sinks are discovered.

Our calculation of photodissociation rates is modelled after those of Kockarts<sup>19</sup> and Brinkmann<sup>20</sup>, and is globally averaged for diurnal and zenith angle effects. The photodissociation rates at an altitude of 30 km are estimated to be  $3 \times 10^{-7} \text{ s}^{-1}$  for CFCl<sub>3</sub> and  $3 \times 10^{-8} \text{ s}^{-1}$  for CF<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, decreasing for each by about a factor of 10<sup>-2</sup> at 20 km. The appropriate solar ultraviolet intensities at an altitude of 30 km may be uncertain by a factor of 2 or 3 (ref. 21) and we have therefore calculated lifetimes for photodissociation rates differing from the above by factors of 3 or more. The competition between photodissociation and upward diffusion reduces the relative concentration of chlorofluoromethane at higher altitudes and the concentrations should be very low above



它具有重要的化学结果。在地球大气臭氧层中的大多数条件下 (2) 是较慢的反应，因为 O 的浓度比 O<sub>3</sub> 低得多。奇氯链 (Cl 和 ClO) 作用可与奇氮链 (NO 和 NO<sub>2</sub>) 相当，后者被确信与调控当前大气 O<sub>3</sub> 含量密切相关<sup>[7-10]</sup>。在平流层温度下，ClO 与 O 的反应比 NO<sub>2</sub> 与 O 的反应快 6 倍 (参考文献 11 和 12)。因此，在 O<sub>3</sub> + O → 2O<sub>2</sub> 的催化转变过程中，单位时间内每个反应链中 Cl-ClO 链比 NO-NO<sub>2</sub> 链更为高效<sup>[13]</sup>。

## 光解汇

CFCl<sub>3</sub> 和 CF<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> 都能吸收远紫外辐射<sup>[14]</sup>，平流层光解主要发生在波长为 1,750~2,200 Å 的“窗口”区域，即吸收更为强烈的 O<sub>2</sub> 的舒曼-龙格区与 O<sub>3</sub> 的哈特利带之间。我们把对氟氯甲烷吸收系数的测量推广到覆盖 2,000~2,270 Å 区域。舒曼-龙格区域中的强窄带结构使计算分子在特定高度、这段波长下的光解反应速率变得复杂，分子在这些高度发生垂直扩散的有效速率往往也有很大的不确定性。常常利用假定对于扩散物种分子质量相对不敏感的“湍流”扩散系数为垂直混合建模<sup>[10,15-18]</sup>。应用一个与时间无关的一维垂直扩散模型进行计算，取高度 20~40 km 处湍流扩散系数  $K$  约为  $(3 \times 10^3) \sim 10^4 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  (参考文献 10、15~18)，得到 CFCl<sub>3</sub> 和 CF<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> 在大气中的寿命范围处于 40~150 年。由此测得要达到稳态所需的时间是几十年，假设以目前速率持续向大气中排入氟氯甲烷，并且没有其他重要汇的话，那么可以预期，大气中氟氯甲烷的浓度将可以达到的饱和值是目前水平的 10~30 倍 (现在，大气中的含量已相当于目前生产速率下全世界 5 年的总产量)。利用已知的工业生产率和大气浓度可以估算出寿命超过 10 年和 30 年的氟氯甲烷量<sup>[3,5]</sup>，因此，即使是发现了其他汇，平流层光化学清除过程也仍将是重要的。

我们计算光解离反应速率时仿照了科卡茨<sup>[19]</sup> 和布林克曼<sup>[20]</sup> 的计算，并且做了天顶角效应和每天的全球平均计算。在 30 km 高度，估算出 CFCl<sub>3</sub> 的光解离反应速率为  $3 \times 10^{-7} \text{ s}^{-1}$ ，CF<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> 则是  $3 \times 10^{-8} \text{ s}^{-1}$ ，在 20 km 处，它们都下降到原来的 1/100 左右。在 30 km 处适宜太阳紫外强度可能具有 2 或 3 倍的不确定性 (参考文献 21)，我们由此计算出与上部光解离反应速率不同 (3 倍或者更大) 时的寿命。光解离反应与向上扩散之间的竞争减少了氟氯甲烷在较高海拔处的相对浓度，因而在 50 km 以上的浓度应该是非常低的。破坏的峰值与 Cl 原子形成出现在 25~35 km 处，