

环境监测新技术

齐文启 孙宗光 边归国 编著



化学工业出版社

环境科学与工程出版中心

环 境 监 测 新 技 术

齐文启 孙宗光 边归国 编著

化 学 工 业 出 版 社

环境科学与工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

环境监测新技术/齐文启, 孙宗光, 边归国编著.
北京: 化学工业出版社, 2003. 9
ISBN 7-5025-4787-8

I. 环… II. ①齐…②孙…③边… III. 环境监
测 IV. X83

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 085498 号

环境监测新技术

齐文启 孙宗光 边归国 编著
责任编辑: 刘俊之 徐 娟 邹 宁
责任校对: 陈 静
封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社 出版发行
环境科学与工程出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
发行电话: (010) 64982530
<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京市昌平振南印刷厂印刷
三河市前程装订厂装订
开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 49 $\frac{3}{4}$ 字数 1248 千字
2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5025-4787-8/X·333
定 价: 108.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换
京工商广临字 2003—013 号

编写人员名单

齐文启
孙 杰
王 光
陈达平

孙宗光
陈 光
颜宇春
程 洁

边归国
王 强
刘勇建
赵淑莉

牟世芬
宗惠娟
席俊清

石金宝
汪志国
俞新华

前 言

环境监测是把握环境质量状况、预测污染发展趋势的重要手段，也是为各级政府管理部门和民众提供环境信息的主要依据。

随着全球工业化进程的飞速发展和全球人口的急剧增加，全球环境的日益恶化引起了世界各国的高度重视。虽然我国是发展中国家，但各级政府对环境保护方面的科学研究、治理工程和环境监测的投入逐年增加。环境监测与分析化学有本质的不同，是一个比较新的研究和应用领域，关于监测数据的代表性、准确性和精密性等质量问题仍需进一步研究，许多新型环境监测方法和手段有待进一步探讨。例如本书论述的PM₁₀、PM_{2.5}的测定方法中，振荡天平法、 β 射线法、光散法和光吸收法之间监测数据的相关性、对数据的影响因素及仪器的动态和静态校正等一系列问题，都应在相关环境监测站引起足够重视，本书对这些问题都做了详细论述。

在全球范围内，环境监测仪器与监测技术发展迅猛，我国也引进了许多新的监测手段，如水质和空气、废气自动在线监测系统，但使用效果尚不尽如人意，ICP-MS、XRF、LC-MS等大型设备的利用率尚不够高。作者应广大技术人员的要求特编写此书。全书包括全球重大环境问题及相关监测技术、烟气固定源监测与常规大气监测、放射性核素污染及监测、水质监测、水质和空气的自动在线监测等内容，在新型监测仪器与多种仪器联用一章中，重点介绍了目前在国内外环境监测中使用的ICP-MS、GC-MS、LC-MS、FTIR、XRF、IC、AAS、TLC、PAS及分子吸收法、超临界色谱、荧光和磷光等内容。应读者要求还增加了危险废物焚烧处理技术及相关标准。为满足管理者的需求，本书还介绍了欧洲和北美的水环境管理战略及日本国立环境研究所的重要研究领域。在本书的编写过程中得到了日本国立环境研究所所长合志阳一院士（原东京大学工学院院长、主笔者的恩师）、西川雅高博士的指导和帮助，在此深表谢意。

本书是在《最新国外环境监测技术发展综述》（内部出版资料）的基础上做了大量的修改和补充。该资料的编译人员有齐文启、白大森、刘玉凤、芮葵生、董旭辉、陈亚蕾等同志，在此一并表示感谢。

由于业务水平有限，编写中难免有些错误和不足之处，恳请读者提出批评、指正。

编著者

2003年8月

内 容 提 要

本书共分8章，分别介绍了全球重大环境问题及相关监测技术。烟气固定源监测与常规大气监测、放射性核素污染及监测、水质监测、自动在线监测系统、新型监测仪器及多种仪器联用、环境管理与研究、危险废物的焚烧处理与相关标准。在新型监测仪器与多种仪器联用一章中，重点介绍了目前国内外环境监测中普遍使用的 ICP-MS、GC-MS、LS-MS、FT-IR、XRF、IC、AAS、TLC、PAS 及分子吸收法、超临界色谱、荧光和磷光等内容。

本书内容全面，技术性强，所参考资料多为近年来国际上环境监测方面的研究成果，这些国内外最新的环境监测技术对国内从事环境监测的专业人士和从事污染物控制监测的工程技术人员具有很大的价值。

目 录

第 1 章 全球重大环境问题及相关监测技术	1
1.1 概述	1
1.2 消耗臭氧层物质控制对策研究	1
1.2.1 臭氧层破坏及其危害	1
1.2.2 关于《消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书》	3
1.2.3 世界各国对《议定书》的态度	4
1.2.4 氟氯烷烃和氟溴烷烃生产现状及其对策	5
1.2.5 日本对对流层臭氧长期变化的监测状况	5
1.2.6 氟氯烷烃的测定	6
1.2.7 臭氧的测定	10
1.2.8 遥感监测技术	12
1.3 温室效应气体	15
1.3.1 温室效应气体分布及其发生源	15
1.3.2 温室效应气体造成气候变化的内阁会议	16
1.3.3 一氧化二氮的测定	17
1.3.4 二氧化碳的测定	19
1.3.5 甲烷的测定	22
1.4 酸雨	26
1.4.1 概述	26
1.4.2 采样	27
1.4.3 化学成分的测定	31
1.4.4 雨水中低沸点有机氯化化合物的分析	31
1.4.5 酸雨自动化监测存在的问题	32
1.4.6 酸雨研究的现状和发展趋势	33
1.5 大气颗粒物的污染现状和监测分析	40
1.5.1 概述	40
1.5.2 大气颗粒物的性状及发生源特征	40
1.5.3 监测分析中的采样和质量浓度、粒度分布测定	44
1.5.4 元素分析	45
1.5.5 各成分的状态分析	47
1.5.6 单个粒子的分析	48
1.5.7 大气颗粒物对人体健康和大气环境的影响	49
1.5.8 制定 PM _{2.5} 环境质量标准的意义及存在的问题	53
1.6 大气颗粒物的“源解析”	54
1.6.1 背景	54

1.6.2	关于气溶胶和空气中的粒子	54
1.6.3	国外对 PM10 和 PM2.5 的研究现状	55
1.6.4	关于沙尘暴和 TSP 及扬尘的来源解析	57
1.6.5	大气颗粒物发生源的调查 (一次粒子)	59
1.6.6	关于二次粒子的研究	61
1.6.7	气溶胶	67
1.6.8	大气颗粒物“源解析”的评价方法	70
1.7	环境激素物质的监测分析	72
1.7.1	概述	72
1.7.2	环境激素物质的致毒机理	72
1.7.3	环境激素物质	72
1.7.4	监测分析与发展	73
1.7.5	永久性有机污染物	75
1.7.6	酶联免疫吸附测定法和生物芯片技术	78
	参考文献	82
第2章	烟气固定源监测与常规大气监测	86
2.1	烟气固定污染源监测技术	86
2.1.1	污染源烟气便携式监测仪器	86
2.1.2	污染源连续监测技术	89
2.2	常规大气监测项目	124
2.2.1	概述	124
2.2.2	常规大气监测项目的现状和发展趋势	125
2.3	有害有机污染物的测定	139
2.3.1	空气中挥发性有机污染物的测定	140
2.3.2	大气粉尘中苯并[a]芘的测定	180
2.3.3	气态有机氯化物分析	181
2.3.4	邻苯二甲酸酯测定	183
2.3.5	多氯联苯 (PCB) 的测定	184
2.3.6	大气中多环芳烃的测定	185
2.3.7	大气粉尘中及柴油发动机排气中硝基多环芳烃的分析	186
2.4	大气颗粒物中多环芳烃的测定方法	189
2.4.1	适用范围	190
2.4.2	试剂与仪器	190
2.4.3	采样方法	190
2.4.4	测定	190
2.4.5	准确度及精密度	191
2.5	废气中二噁英类的测定方法	192
2.5.1	适用范围	192
2.5.2	采样	193
2.5.3	样品预处理	198

2.5.4	二噁英类的测定	203
2.5.5	结果的表示和报告	211
2.5.6	浓度单位	212
2.5.7	质量保证	212
2.6	大气中二噁英的测定	217
2.7	大气中甲基汞的测定	218
2.8	农药分析	220
2.9	大气中砷化合物的状态分析	220
2.9.1	试样的前处理	221
2.9.2	分析方法	221
2.10	恶臭的测定	222
2.10.1	恶臭物质	223
2.10.2	恶臭物质分析程序	224
2.10.3	恶臭成分分析的准备	225
2.10.4	恶臭成分的浓缩	225
2.10.5	恶臭成分的仪器分析	227
2.11	室内空气污染及监测	232
2.11.1	空气中有机化合物的分类	232
2.11.2	室内有机污染物的来源	232
2.11.3	室内有机污染物的监测分析	235
2.11.4	室内有机污染物污染现状	237
2.11.5	室内有机污染物对人体健康的影响	239
	参考文献	240
第3章	放射性核素污染及监测	243
3.1	概述	243
3.2	切尔诺贝利核电站的污染事故	243
3.2.1	对 Pripyat 河的污染	243
3.2.2	半衰期长的 ¹³⁷ Cs 和 ⁹⁰ Sr 对水系的污染	244
3.2.3	距核电站较远水系的污染程度	244
3.2.4	核燃料粒子和放射性污染	245
3.2.5	放射性核素和水中溶解性有机物	245
3.3	放射性核素从大气向陆地及水环境迁移	246
3.3.1	湿沉降和干沉降	246
3.3.2	放射性核素在湖水中的迁移转化	247
3.3.3	放射性核素在湖底质中的分布及生物浓缩	247
3.4	日本关于放射性核素的监测	248
3.4.1	监测体制	248
3.4.2	上水中 ⁹⁰ Sr 和 ¹³⁷ Cs 的浓度调查	249
3.5	海洋中的放射性核素	250
3.5.1	海洋放射性核素的测定	250

3.5.2 海洋的放射性核素污染	251
3.6 核电站周边的水环境监测	251
3.6.1 监测对象及监测方法	252
3.6.2 放射性废物排放量及核素沉降	253
3.6.3 核设施事故的监测结果	254
参考文献	256
第4章 水质监测	258
4.1 概述	258
4.2 水环境分析技术及其展望	260
4.2.1 概述	260
4.2.2 金属分析	260
4.2.3 有机污染物	262
4.3 农药和除草剂的测定	273
4.3.1 农药分析的研究新方向	274
4.3.2 美国和日本已标准化的农药分析方法	275
4.3.3 GC-MS 的应用	281
4.4 有机污染物的测定	282
4.4.1 试样提取、净化和方法选择	285
4.4.2 自来水中三卤甲烷的测定 (GC 法)	289
4.4.3 多环芳烃的测定 (HPLC 法)	293
4.4.4 有机物的测定 (GC-MS 法)	294
4.4.5 水中腐殖质等有机物的测定	302
4.5 形态分析	304
4.5.1 汞的形态分析	304
4.5.2 砷的形态分析	307
4.5.3 Cr(Ⅲ)和 Cr(Ⅵ)的分别测定	311
4.5.4 氢化物发生法在形态分析中的应用	311
4.5.5 有机铅的形态分析	313
4.5.6 硒的形态分析	315
4.5.7 锡的形态分析	316
4.5.8 河水中铁、铜的形态分析	323
4.5.9 天然水中钴的测定	324
4.5.10 天然水中不同形态磷的研究	325
4.6 无机监测的进展	325
4.6.1 日本和欧美国家的水质监测方法	325
4.6.2 原子光谱的进展	325
4.6.3 浓缩技术	336
4.6.4 分光光度法	340
4.6.5 无机非金属元素的测定	343
4.7 流动注射分析的应用	344

4.7.1	FIA 的检测方法	345
4.7.2	FIA 的应用	346
4.7.3	流动注射在无机分析中的新进展	361
4.7.4	流动注射在有机成分分析中的应用	370
4.7.5	流动注射-化学发光法	376
	参考文献	379
第 5 章	自动在线监测系统	383
5.1	环境空气质量自动监测系统	383
5.1.1	概述	383
5.1.2	系统监测布点和监测项目选取	384
5.1.3	子站和中心站建设要求	385
5.1.4	监测仪器设备配置和技术要求	391
5.1.5	中心站和子站计算机	410
5.1.6	系统操作程序	413
5.1.7	质量保证	417
5.1.8	数据处理	430
5.2	水质自动在线监测系统	431
5.2.1	概述	431
5.2.2	水质自动监测方法体系	432
5.2.3	地表水水质自动在线监测	443
5.2.4	污水自动监测系统	456
5.2.5	质量控制和质量保证	460
5.2.6	地表水在线自动监测技术要求	460
5.2.7	发展方向	462
第 6 章	新型监测仪器及多种仪器联用	464
6.1	电感耦合等离子发射光谱-质谱法及其在环境监测分析中的应用	464
6.1.1	电感耦合等离子发射光谱-质谱仪器	464
6.1.2	电感耦合等离子发射光谱-质谱分析法的特征	466
6.1.3	电感耦合等离子发射光谱-质谱分析法的最新发展	469
6.1.4	电感耦合等离子发射光谱-质谱分析法的应用	469
6.1.5	气相色谱-电感耦合等离子发射光谱-质谱分析法	477
6.2	气相色谱-质谱分析法及其在环境分析中的应用	481
6.2.1	概述	481
6.2.2	气相色谱-质谱分析法的仪器与发展	484
6.2.3	气相色谱-质谱分析法在环境分析中的应用	485
6.3	液相色谱-质谱分析法及其应用	507
6.3.1	液相色谱-质谱连接中应满足的几个条件	507
6.3.2	各种液相色谱-质谱系统的现状	507
6.3.3	液相色谱-质谱分析法在环境监测分析中的应用	514
6.4	傅里叶变换红外光谱分析法在环境监测和研究中的应用	519

6.4.1	傅里叶变换红外光谱分析法的基本原理	519
6.4.2	傅里叶变换红外光谱仪的结构	521
6.4.3	傅里叶变换红外光谱仪的特点	525
6.4.4	样品的制备	529
6.4.5	傅里叶变换红外光谱仪在环境科学中的应用	530
6.4.6	傅里叶变换红外光谱仪的进展	551
6.5	X 射线荧光分析法及其在环境监测分析中的应用	552
6.5.1	概述	552
6.5.2	X 射线荧光分析法的原理	552
6.5.3	X 射线荧光分析法的特点	553
6.5.4	X 射线荧光分析的灵敏度和污染物质的测定	555
6.5.5	X 射线荧光分析法的应用	555
6.5.6	X 射线荧光分析的试样制备和测定方法	556
6.5.7	定量分析	558
6.5.8	用能量色散 X 射线荧光法对大气气溶胶中各种粒子的元素分析	559
6.5.9	用质子荧光法进行气溶胶的元素分析	561
6.6	离子色谱的基本原理及其在环境分析中的应用	566
6.6.1	离子色谱的基本原理	566
6.6.2	离子色谱在环境分析中的应用	592
6.7	原子吸收分光光度法在环境分析领域中的应用	632
6.7.1	概述	632
6.7.2	原子吸收分光光度法的标准方法系列	632
6.7.3	原子吸收分光光度法在环境分析中的应用	634
6.7.4	原子吸收分光光度法在形态分析中的应用	635
6.7.5	氢化物发生原子吸收法	638
6.7.6	在阴离子及 Al、V 测定中的应用	639
6.8	气相分子吸收光谱法	640
6.8.1	气相分子吸收光谱法的测定原理和特点	640
6.8.2	气相分子吸收光谱法的发展和应用现状	641
6.8.3	关于气相分子吸收光谱法的专用仪器	645
6.8.4	气相分子吸收法的适用部门及测定项目	647
6.9	超临界色谱	647
6.9.1	超临界色谱的特征	647
6.9.2	超临界色谱法的流动相	647
6.9.3	超临界色谱法的固定相	648
6.9.4	超临界色谱法的检测器	648
6.9.5	超临界流体萃取法	649
6.9.6	超临界色谱法的应用	649
6.10	光声光谱	652
6.10.1	光声光谱法应用于大气污染物的高灵敏度分析	653

6.10.2 光声光谱法在水质监测中的应用·····	654
6.11 荧光和磷光·····	656
6.11.1 分子荧光·····	656
6.11.2 荧光测定装置·····	656
6.11.3 荧光测定法的应用·····	656
6.11.4 磷光的应用·····	657
6.12 薄层色谱·····	659
6.12.1 薄层色谱法的特征·····	659
6.12.2 薄层色谱法的分类·····	659
6.12.3 定量方法·····	659
6.12.4 薄层色谱法的应用·····	660
参考文献·····	666
第7章 环境管理与研究 ·····	679
7.1 欧洲与北美的水环境管理战略·····	679
7.1.1 欧洲的水环境管理战略·····	679
7.1.2 欧洲优先控制污染物目录·····	681
7.1.3 德国水环境法中的生物测定·····	685
7.1.4 内分泌干扰物及其试验、评价方法开发·····	686
7.1.5 北美的水环境管理战略·····	689
7.1.6 加拿大的有毒有害排水管理·····	692
7.2 日本国立环境研究所·····	694
7.2.1 基本情况·····	694
7.2.2 向21世纪存在的众多环境问题宣战·····	699
7.2.3 国立研究所的研究领域·····	699
参考文献·····	716
第8章 危险废物的焚烧处理与相关标准 ·····	717
8.1 概述·····	717
8.2 国内外危险废物焚烧处理技术现状与发展趋势·····	717
8.2.1 焚烧技术发展简况·····	717
8.2.2 焚烧技术所处的地位·····	718
8.2.3 我国焚烧处理的现状·····	719
8.3 危险废物的定义、分类及适于焚烧的危险废物·····	720
8.3.1 危险废物的定义·····	720
8.3.2 分类·····	722
8.3.3 适于焚烧的危险废物·····	722
8.4 危险废物焚烧前的预处理技术·····	723
8.4.1 危险废物的初步特性鉴别·····	723
8.4.2 危险废物焚烧时废物流的化学相容性·····	725
8.5 危险废物的收集、贮存、运输和事故的应急计划·····	727
8.5.1 危险废物收集和储运管理·····	727

8.5.2	危险废物运输管理	728
8.5.3	危险废物的卸车和贮存	728
8.5.4	危险废物泄漏事故的应急计划	729
8.6	危险废物的焚烧技术和设备	730
8.6.1	选择焚烧技术的基本原则	730
8.6.2	液体喷注焚烧技术	732
8.6.3	回转窑焚烧技术	734
8.6.4	流化床焚烧技术	735
8.6.5	循环床焚烧技术	737
8.7	危险废物焚烧处理过程中可能产生的二次污染物及控制措施	739
8.7.1	影响焚烧效果的因素	739
8.7.2	最优焚烧条件	739
8.7.3	焚烧炉可能产生的二次污染物及产生的原因	739
8.7.4	二次污染的控制技术	741
8.8	国内外危险废物焚烧处理设施污染物排放控制标准	742
8.8.1	国外有关废物焚烧大气污染物排放(控制)标准	742
8.8.2	国内危险废物焚烧污染控制标准和大气污染物排放标准	747
8.8.3	我国台湾省的有关标准	748
8.9	国内外焚烧残余固体废物浸出毒性标准	749
8.9.1	美国和日本的浸出毒性限制标准	749
8.9.2	我国的浸出毒性鉴别标准	751
8.9.3	国内外浸出毒性试验方法	751
附录 1	大气中 PM₁₀ 自动监测仪(日本 B 7954—1988)	752
1.1	监测仪的种类及测量范围	752
1.2	自动监测仪的性能要求	752
1.3	检测器	752
1.4	检测自动监测仪性能的使用条件	755
1.5	等价输入	755
附录 2	日本 PM_{2.5} 质量浓度测定方法	756
2.1	小流量采样称重的标准方法	756
2.2	自动监测方法	760
附录 3	美国 EPA 和日本对 PM_{2.5} 和 PM₁₀ 测定的相关规定	768
3.1	日本测定方法	768
3.2	PM ₁₀ 和 PM _{2.5} 的采样记录内容	769
3.3	美国测定 PM _{2.5} 的仪器	769
3.4	PM ₁₀ 和 PM _{2.5} 的比较及相关性	769
3.5	几种 PM _{2.5} 测定方法的比较	771
附录 4	关于二次粒子的调查	773
4.1	调查时间与期间	773
4.2	调查区域及地点	773

4.3	测定项目的时间分辨率	773
4.4	测定项目	773
4.5	粒子、气体成分分析的试样采集	774
4.6	粒子及气态污染物的测定方法	774
4.7	气态成分的分析测定	775
附录 5	大气颗粒物的成分分布和来源解析	776

第 1 章 全球重大环境问题及相关监测技术

1.1 概述

近几十年来,世界性环境问题日益严重,直接威胁着世界各国的经济与社会发展,1984年10月世界环境与发展委员会在日内瓦正式成立,该委员会由世界五大洲21个国家的22名政治与科学家组成。1987年10月在美国纽约召开的联合国第42届会议上通过题为《我们共同的未来》的报告,报告不仅指出了环境问题的严重性,而且指出:世界环境问题并非孤立存在,它们互为因果,密切相关,环境问题已不再局限在一个地区、一个国家或一个大洲,很多问题已遍及全球。欧洲的酸雨洒向了全世界,美洲的核尘埃飘向五大洲。全球天气变暖、臭氧的减少、物种的消失,已经威胁到地球上的每一个人。世界环境与发展委员会运用科学的方法预测2000年和2000年以后的环境前景,随着大气“温室效应”的加剧,今后45年内,地球表面平均温度将上升 $1.5\sim 4.5^{\circ}\text{C}$,海平面将上升 $25\sim 140\text{cm}$,因而有淹没大片沿海地区及河流三角洲的后果。委员会认为:地球是一个大的世界,各种危机是全球性的危机,人类活动的范围和影响越来越联合成为一个整体。面对共同的危机和挑战,人类必须联合起来,通过共同努力,建设共同的未来。

1970年4月22日,美国一些环境保护者和社会名流,首次在国内发起了“地球日”活动。全美国有2000多万人参加了这一人类有史以来第一次规模宏大的群众性环境保护运动。从此,每年的这一天,世界各地都要开展形式多样的活动,以推动世界环境保护事业的发展。

据报道,新中国成立以来,国家在植树造林、绿化荒山、固定流沙、保持水土、防止土壤侵蚀等方面做了很多工作。1971年后,我国又相继在中央及各省市成立了环境保护机构,确定环境保护为基本国策,并相应颁布了环境法、森林法、水法及自然保护大纲,这些都为全球环境的改善做出了贡献。

1990年4月21日中国环境科学学会举办的“纪念地球日20周年报告会”上,我国著名环境学家马世骏、陈昌笃、王献溥等发出“挽救地球,人人有责”的呼吁,得到了与会者和广大环境科学工作者的热烈响应。

1.2 消耗臭氧层物质控制对策研究

联合国环境规划署执行主任托尔巴博士1982年5月在内罗毕人类环境特别会议的报告中指出:如果不发生自然灾害,斯德哥尔摩会议可能会有普遍意义。人们已经看出,世界对维持生命的发展而提供的基本资源是有一定限度的。环境污染状况正在加剧,自然资源消耗也在猛增,而且污染是以指数在增长,而自然资源却是以指数在消耗,将导致不可避免的生态破坏。

1.2.1 臭氧层破坏及其危害

自从1958年以来,人们对臭氧层观测研究发现臭氧浓度有减少趋势,20世纪70年代后,这种减少趋势更为明显。从臭氧减少的可能性问题来看,起初学者说法不一,有学者认

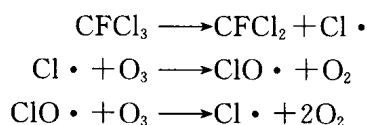
为高空飞机散发的尾气可能引起臭氧减少，但实际情况如何呢？这种飞机并没有像预料的那么多。新的数学模型对这种飞机可能造成的影响已得出了不同的结论。1974年，美国加利福尼亚大学罗兰特教授和莫伦博士发表论文《环境中的氟氯烃》，首次提出了氟氯烃（CFCs）逸散到大气中可能引起臭氧减少的新问题。

人类广泛使用于冰箱和空调制冷、泡沫塑料发泡、电子器件清洗的氟氯烃（CFCs）以及用于特殊场合灭火的氟溴烷烃（Halon）排入大气，进入平流层，使平流层中的臭氧浓度减少，导致透过平流层对生命有损害作用的太阳紫外线辐射量增加，危及人类与生态环境。

太阳辐射分为三段光谱带，即可见光谱（400~800nm）、紫外光谱（100~400nm）和红外光谱（0.8~1μm）。来自太阳的辐射通过大气层时，由于空气分子的吸收和散射作用而有很大的变化。波长愈短，减弱的即愈多，占到达地球的太阳总辐射能的7%。在距地面25~40km高的同温层中，臭氧浓度最大。由光化学反应生成的臭氧层可以阻止大量的波长在280nm以下的短波紫外线（UV-C）到达地球表面，使紫外线不能穿透臭氧层，从而保护了地球。臭氧层破坏就是指平流层中的臭氧含量减少，臭氧层含量越小，紫外线穿过的部分越多；而紫外线波长越短，对生物体伤害越大。

从人类起源和发展的角度来看，今后由于人类受臭氧层破坏的影响，会使皮肤癌发病率上升，这一观点已获得广泛证实。虽然人类对同温层的复杂化学反应至今尚未完全弄清楚，但人工合成的氟氯烷烃，已经证实是一种使臭氧减少的化学物质。臭氧含量每减少1%，皮肤癌发病率就会上升20%。

研究表明，氟氯烷烃化学性质比较稳定，在大气对流层中不易分解，寿命可长达几十年甚至上百年。但是当它进入平流层后，受到强烈的紫外线照射，就会分解产生氯游离基Cl·。其主要反应如下。



氯游离基可与臭氧分子作用生成氧化氯游离基和氧分子，从而消耗掉臭氧O₃。氧化氯游离基又能进一步与臭氧分子作用生成氯游离基。由于后两式表示的链增长步骤使氯游离基不断产生，又不断地与臭氧分子作用，即一个氟氯烷烃分子可以消耗成千上万个臭氧分子。氟溴烷烃也以相似的反应机理产生溴游离基而消耗臭氧。

1985年，英国南极考察队在南极（南纬60°）观测站发现臭氧“空洞”并被雨云7号卫星观测证实，引起世界各国极大关注。国际臭氧趋势观察小组提供的1978~1987年高空飞行观测数据表明，已出现全球性平流层臭氧含量下降，南纬60°~39°臭氧减少5%~10%，南纬19°~北纬19°近赤道区减少1.6%~2.1%，北纬40°~64°减少1.2%~1.4%。同一来源的数据表明，中国境内华南地区减少3.1%，华东、华北地区减少1.7%，东北地区减少3.0%。

多年来的研究表明，平流层臭氧含量减少1%，紫外线对地球表面辐射量将增加2%。人类和其他生物有机体在长期演化中，已适应在正常臭氧层保护下的紫外线辐照量，而臭氧层不断遭破坏导致紫外线对地球表面辐射量的持续增加，势必对生态环境产生破坏作用。据美国环保署预测，如对氟氯烷烃和氟溴烷烃的消费量不加限制，到2075年，平流层臭氧含量将比1985年减少40%；届时全世界皮肤癌患者可达1.5亿人，白内障患者可达1800万