

中国制冷空调工业协会专业技术丛书



CFCs 制冷剂的回收与再利用

俞炳丰 彭伯彦 编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

中国制冷空调工业协会专业技术丛书

CFCs 制冷剂的回收与再利用

俞炳丰 彭伯彦 编



机械工业出版社

我国将在 2007 年 7 月 1 日前停止除必要用途之外的 CFCs 的生产和消费,随之要求在制冷空调设备与系统的维修和报废过程中,必须对 CFCs 进行回收及循环利用,要对从事这项工作的技术人员和管理人员进行技术培训,以获得资格认证。本书在借鉴美国、日本 CFCs 回收及循环利用技术的基础上,介绍了制冷剂及其对人类生态环境的影响,说明了减少制冷剂的释放、节省及保存制冷剂等的相关法规及措施,着重阐述了目前制冷剂回收、再循环、再生及销毁的方法与技术。

本书可供从事 CFCs、HCFCs 回收及循环利用作业和研发的技术人员、研究人员和管理人员使用,也可供大专院校相关专业师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

CFCs 制冷剂的回收与再利用/俞炳丰, 彭伯彦编. —北京: 机械工业出版社, 2007. 4

(中国制冷空调工业协会专业技术丛书)

ISBN 978-7-111-21247-8

I. C… II. ①俞…②彭… III. ①制冷剂-回收②制冷剂-综合利用 IV. TB64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 043524 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 蒋有彩 版式设计: 霍永明 责任校对: 李秋荣

封面设计: 陈 沛 责任印制: 杨 曦

北京机工印刷厂印刷

2007 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 7.25 印张 · 281 千字

0 001—4 500 册

标准书号: ISBN 978-7-111-21247-8

定价: 25.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 68351729

封面无防伪标均为盗版

序

我国承诺将在 2007 年 7 月 1 日前停止除必要用途之外的 CFCs 的生产和消费，比“蒙特利尔议定书”规定的时间提前两年半实现淘汰 CFCs 的目标。随之要求在制冷空调设备与系统维修与报废过程中，必须对 CFCs 进行回收及循环利用，并要求对从事 CFCs 回收及循环利用的技术人员和管理人员进行技术培训，获得认证资格。在此情况下，国家环保总局要求编写一本 CFCs 制冷剂的回收及循环利用的教材，供技术培训及资格认证之用；另外，广大从事 CFCs 回收及循环利用的技术人员和管理人员，迫切需要了解和掌握 CFCs 制冷剂回收及循环利用方面的相关知识。本书便是为适应这些要求而编写的。

本书是在参考美国、日本的 CFCs 回收及循环利用技术的培训教材和相关资料的基础上编写而成的。全书分为五章，介绍了制冷剂及其对人类生态环境影响的基本知识；说明了减少制冷空调设备与系统制冷剂的释放、制冷剂的节省及保存等的相关法规及措施；着重阐述了目前制冷剂回收、再循环、再生及销毁的方法与技术。

本书是由西安交通大学能源与动力工程学院俞炳丰教授和中国制冷空调工业协会彭伯彦高级工程师（教授级）共同编写。其中，第 1 章至第 4 章由俞炳丰编写，第 5 章由彭伯彦与俞炳丰共同编写，全书由俞炳丰审定定稿。

本书的立项和编写工作得到了国家环保总局李红兵处长、杨晓华女士和中国制冷空调工业协会杨炎如常务副理事长、张朝晖秘书长的支持和关心。清华大学朱明善教授、北京大学张剑波教授、合肥通用机械研究院任金禄高工（教授级）、中国制冷空调工业协会技术顾问汪训昌研究员、特灵空调邝本强先生与张志邦先生、江森自控李泉龙先生等，对本书的初稿提出了许多有益的修改意见。叶春峰研究员和习亚萍女士参与了本书编写的一些具体工作。西安交通大学博士生刘敏在文字、插图的录入和处理方面花费了大量的时间。对于上述所有人士对本书编写作出的贡献和支持在此深表谢意。在本书第 5 章“CFCs 制冷剂的回收、再循环及再生”中，引用了日本 JRAIA 制冷剂回收及技术促进中心（RRC）出版的《制冷剂回收处理技术》一书中的部分图和表，特此说明并谨表感谢。

IV

本书可供从事 CFCs、HCFCs 回收及循环利用作业和研发的技术人员、研究人员和管理人员使用，也可供高等院校相关专业师生学习和阅读。

由于编者水平有限，书中错误及疏漏之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

2007 年 3 月

目 录

序

第1章 臭氧消耗和全球变暖	1
1.1 臭氧层及臭氧损耗	1
1.2 臭氧损耗潜能 (ODP)	4
1.3 蒙特利尔议定书	6
1.4 中国逐步淘汰消耗臭氧层物质国家方案概述	9
1.5 美国洁净空气法修正案	12
1.5.1 当前的法规对制冷剂产量的限制	14
1.5.2 关于排放的禁令	15
1.5.3 抽空要求 (不包括小型制冷空调设备)	17
1.5.4 小型制冷空调设备的抽空要求	17
1.5.5 抽空要求的例外	17
1.5.6 记录要求	18
1.5.7 再生	18
1.5.8 设备认证	19
1.5.9 设备的不追溯条款	19
1.5.10 技工认证	19
1.5.11 技术认证的不追溯条款	20
1.5.12 制冷剂再生承包人的认证	20
1.5.13 安全处置要求	21
1.5.14 危险废物的处置	21
1.5.15 CFCs 制冷剂消费税	21
1.5.16 实施	22
1.6 温室效应与全球变暖	22
1.7 全球变暖潜能 (GWP) 与总当量变暖效应 (TEWI)	23
1.8 寿命期气候性能 (LCCP)	26
第2章 制冷剂	31
2.1 术语介绍	31
2.2 制冷剂发展历史	32
2.3 制冷剂的种类及符号表示	33
2.4 选择制冷剂的原则	34
2.5 健康和安全考虑	36
2.6 制冷剂的安全充装量	43

2.7 制冷剂替代	47
2.7.1 背景介绍	47
2.7.2 冷水机组中的替代制冷剂	50
2.8 制冷剂钢瓶	54
2.8.1 一次性制冷剂钢瓶	54
2.8.2 可重复利用的制冷剂钢瓶	56
2.8.3 可重复充装的制冷剂钢瓶	56
2.9 制冷压缩机润滑油	60
第3章 减少制冷空调设备与系统制冷剂的释放	62
3.1 术语介绍	62
3.2 设计、研发、制造、安装中减少制冷剂释放的方法与操作	63
3.2.1 设计中减少制冷剂释放的方法	63
3.2.2 产品开发中减少制冷剂释放的方法	70
3.2.3 制造中减少制冷剂释放的方法	71
3.2.4 安装中减少制冷剂释放的方法	72
3.3 维修、运行、废弃中减少制冷剂释放的方法与操作	75
3.3.1 维修	75
3.3.2 在机械事故、污染或电动机烧坏之后清洗压缩机系统	76
3.3.3 系统运行与保养	76
3.3.4 系统监测	77
3.3.5 小型设备的一些特殊问题	79
3.3.6 大型设备的一些特殊问题	79
3.4 制冷剂回收、再使用及销毁中减少制冷剂释放的方法与操作	81
3.4.1 概述	81
3.4.2 制冷剂的转移、运输与贮存	82
3.4.3 销毁	83
3.4.4 一些专用设备问题	83
3.5 制冷剂的处理与贮存中减少制冷剂释放的方法与操作	83
3.5.1 系统连接	83
3.5.2 贮存	83
3.5.3 充装	84
3.5.4 回收设备	85
第4章 制冷剂的节省与保存	86
4.1 节省与保存制冷剂的原因	86
4.2 维修工作	87
4.2.1 尽量减少制冷剂的浪费	87
4.2.2 保持系统密封	87
4.2.3 检漏技术	88

4.2.4	去除水分	91
4.2.5	抽空方法	92
4.2.6	高真空度	93
4.2.7	蒸气压缩式制冷的基本原理	93
4.2.8	设备维护方法	96
4.2.9	燃烧性危险	97
4.2.10	铜焊技术简介	97
第5章	CFCs 制冷剂的回收、再循环及再生	99
5.1	定义	99
5.2	制冷剂的处理方案	100
5.2.1	回收与销毁	100
5.2.2	回收与不经处理的再使用	101
5.2.3	回收与再循环	101
5.2.4	再生	103
5.3	制冷剂规范	105
5.4	制冷剂回收方法	107
5.5	氟利昂制冷剂气体的回收设备	112
5.5.1	氟利昂制冷剂气体回收设备的构成与形式	112
5.5.2	回收设备的其他说明	116
5.5.3	氟利昂制冷剂气体回收设备的功能与简易再生功能	117
5.5.4	氟利昂制冷剂气体回收设备的维护	121
5.6	氟利昂制冷剂回收设备的使用	121
5.6.1	回收作业的准备	122
5.6.2	回收作业的操作程序	127
5.6.3	制冷空调设备与回收设备的连接举例	141
5.7	回收制冷剂的再利用	161
5.7.1	再生方法	161
5.7.2	再生制冷剂品质标准	168
5.8	氟利昂制冷剂的销毁	168
5.8.1	等离子体法	169
5.8.2	燃烧法	169
5.8.3	水泥窑法	170
5.8.4	高温水蒸气热分解法	171
5.8.5	过热蒸汽反应法	172
5.8.6	液体中燃烧法	172
5.9	安全措施	173
5.9.1	常规安全措施	173
5.9.2	充装钢瓶的守则	174

5.9.3 钢瓶的检查	174
5.9.4 装运方法	175
附录	176
附录 A 制冷剂的热力性质表	176
附录 B 制冷剂的压焓图	207
参考文献	223

第 1 章 臭氧消耗和全球变暖

1.1 臭氧层及臭氧损耗

臭氧层存在于地球表面上空 10 ~ 50km 的区域见图 1-1 所示。大气的总臭氧层量包括平流层臭氧及对流层臭氧两大部分，它们对人类的影响并不相同。离地 10km 以上的臭氧量即平流层臭氧量约占垂直空气中总臭氧量的 80%，能吸收大部分太阳辐射紫外线，避免其危害地表生物。此层臭氧常被称为臭氧层，其浓度最大值出现在 20 ~ 30km 高空。平流层臭氧的减少是造成南极臭氧空洞与全球总臭氧减少的主要原因。近地面 10km 以内的对流层臭氧量约占总臭氧量的 15%。对流层臭氧持续增加，将会增强大气温室效应，加速全球变暖。

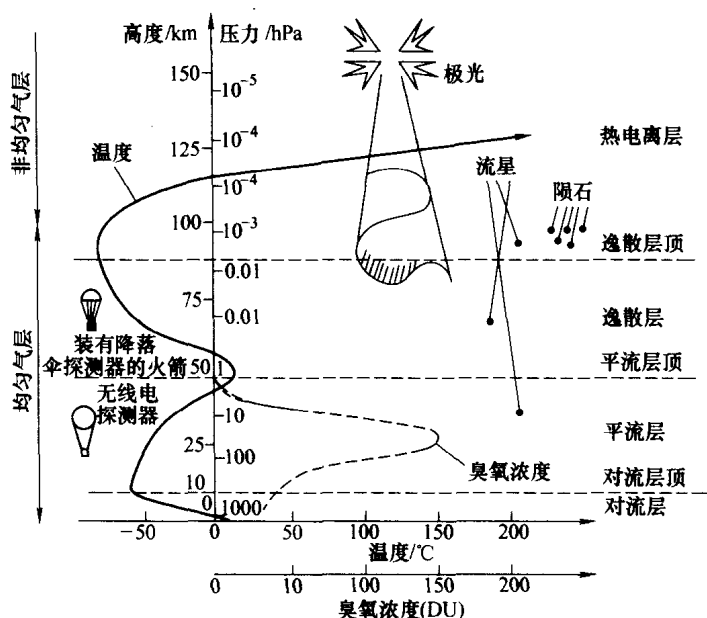


图 1-1 地球大气的组成^[1]

大气的总臭氧量可以用臭氧分光仪、臭氧探空或人造卫星来观测。臭氧浓度用多布森单位 (Dobson Unit, 简称为 DU) 表示。假定垂直空气柱的臭氧全部集中起来，成为一个纯臭氧层，此臭氧层在 0℃、1atm (1atm = 101325Pa) 的标

准状态下的厚度代表臭氧总含量，厚度为千分之一厘米时，被定义为一个多布森单位（1DU）。总臭氧量随时空不同而改变，一般而言，全球大气的平均臭氧量在 300DU 左右。所谓“南极臭氧空洞”，并不表示该地区总臭氧量为零或真正有个空洞，而是指南极春天总臭氧量低于 200DU 的区域。

臭氧层是地球的保护伞，它对波长为 280 ~ 315nm 的太阳辐射 B 种紫外线（UV—B）有很强的吸收能力，起到过滤的作用。若臭氧层浓度的减少使到达地表的 UV—B 增加，则会对我们产生下列不利影响：

（1）免疫系统受到破坏及皮肤癌罹患率增加 UV—B 会抑制皮肤中抗体生成细胞的活力，长时间暴晒下人体免疫系统受到破坏，使人体易感染疾病，会导致皮肤癌，皮肤免疫反应受到破坏的结果，也会使免疫系统无法抑制肿瘤的生长。美国环保局（EPA）的调研结果显示，臭氧层的臭氧浓度每减少 1%，到达地面的 UV—B 增加 1.3% ~ 1.8%，皮肤癌患者就上升 2%，且死于皮肤癌的人数会增加 0.2% ~ 0.3%。

（2）白内障罹患率增加 UV—B 会伤害眼角膜、水晶体及视网膜，进而造成白内障，甚至导致失明。

（3）海洋食物网会受到严重干扰 海洋中的浮游生物及其他微小生物是其他生物的基本食物来源，然而它们缺乏外层保护，对 UV—B 非常敏感。鱼类和其他海洋生物也会受到 UV—B 的伤害，进而影响捕鱼量。

（4）干扰陆地生态系统 例如，UV—B 会降低微生物的固氮能力，影响稻米生长。

（5）加剧空气污染 UV—B 的增加，促进氮氧化物浓度较高地区的化学反应而产生地表臭氧及其他空气污染物质，使该地区空气品质恶化，并且造成酸雨问题。

（6）加速户外塑胶材料的老化 紫外线增加，会导致户外塑胶材质的建材及物品加速分解而缩短使用寿命。

舍伍德·罗兰（S. Rowland）和马里奥·莫利纳（M. Molina）于 1974 年提出：包括常用的 CFCs 制冷剂在内的许多人工合成的含氯物质可以与臭氧反应，使之变成氧分子（O₂），导致臭氧层浓度降低，即臭氧层损耗。臭氧层损耗使过多的 UV—B 穿过大气层到达地球表面。

一些制冷剂非常稳定，在对流层中不易分解，它们通过大气环流最终扩散到平流层。在平流层里，强烈的太阳紫外线促使这些制冷剂化学分子破裂，释放出氯原子。这些氯原子与臭氧发生化学反应，生成氧分子。在化学反应中，氯原子只起催化剂的作用，本身并没有消耗。因此，一个氯原子可以通过成千上万次的上述化学反应，把臭氧转变成氧分子。需要指出的是，臭氧本身在自然界可以被太阳紫外线破坏并产生氧，但是这个过程和与之相反的反应（从氧

到臭氧) 在地球的整个历史中一直同时存在的, 并处于平衡状态。所以在人工合成的化学品出现前, 大气中的臭氧量一直保持相对不变。图 1-2 为 CFCs 等损耗臭氧层的示意图。

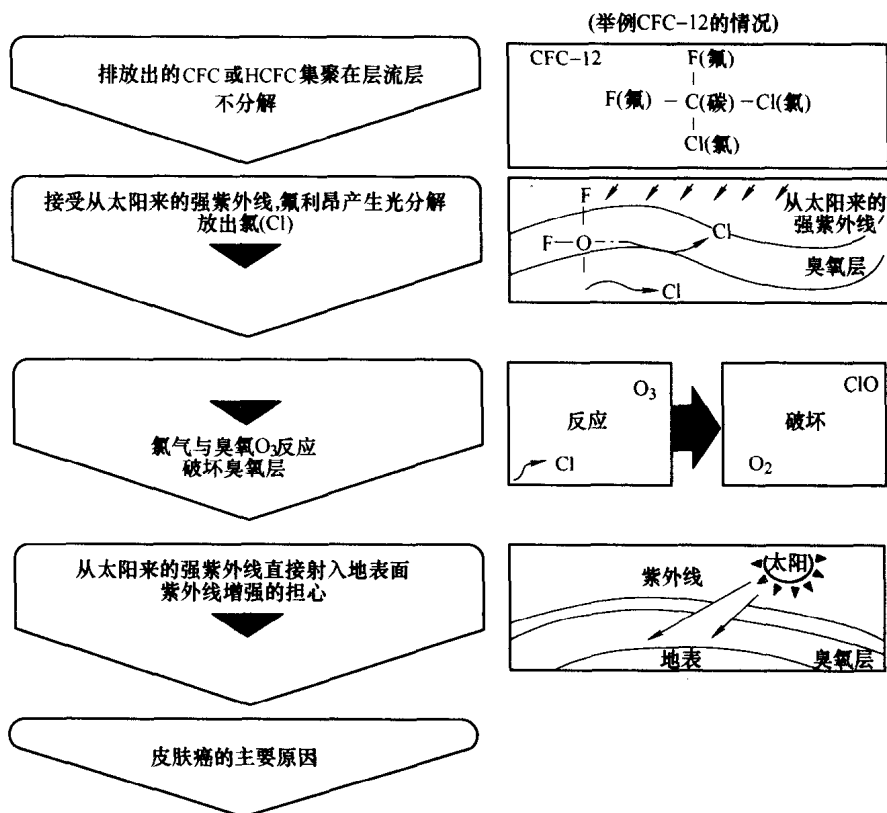


图 1-2 CFCs 等损耗臭氧层的示意图^[2]

世界气象组织(WMO)自20世纪70年代起,对南极上空的总臭氧量进行了测量。测量结果表明,一年中的某些月份里平流层内的臭氧量减少。例如,1992年10月,南极上空臭氧空洞的面积达到北美大陆面积的大小,是1991年同期的1.15倍,其臭氧层损耗接近80%。1995年7月底至9月初,南极上空臭氧空洞的面积达1000万 km^2 ,与欧洲面积一样大,在此期间,其臭氧量小于200DU。1999年9月,南极上空臭氧空洞达2500万 km^2 ,其臭氧量小于180DU。1960年以来,大气中氯已上升500%,现已达到2000万t。1986~1989年期间,仅CFCs就散发出100万t氯。显然,一些长寿命的含氯化合物对臭氧层损耗负有责任。这些化合物被用作制冷剂、发泡剂、清洗剂和气溶胶推进剂等。长寿命的含溴化合物,如哈龙,也有损耗臭氧层的作用。

1.2 臭氧损耗潜能 (ODP)

表 1-1 给出了一些典型制冷剂的 ODP 值及其大气寿命。表 1-2 给出了一些新替代制冷剂的 ODP 值及其大气寿命, 还给出了它们的一些其他参数值。由于两表的来源不同, 所以同一制冷剂的一些参数值有些差别。

表 1-1 一些典型制冷剂的 ODP、GWP 及大气寿命

制冷剂	大气寿命 /a	ODP	GWP ^① (按 100 年计)
CFC—11	50 ± 5	1.0	4000
CFC—12	102	1.0	8500
CFC—113	85	0.8	5000
CFC—114	300	1.0	9300
CFC—115	1700	0.6	9300
HCFC—22	13.3	0.055	1700
HCFC—123	1.4	0.02	93
HCFC—124	5.9	0.022	480
HCFC—141b	9.4	0.11	630
HCFC—142b	19.5	0.065	2000
HCFC—225ca	2.5	0.025	170
HFC—23	264	0	11700
HFC—32	5.6	0	650
HFC—125	32.6	0	2800
HFC—134a	14.6	0	1300
HFC—143a	48.3	0	3800
HFC—152a	1.5	0	140
HC—170	—	0	11
HC—290	—	0	11
HC—3110	—	0	11

① ODP 为臭氧损耗潜能; GWP 为全球变暖潜能。

溴元素对臭氧破坏的能力比氯更强, 因此含有溴的氢溴氟烃 (HBFCs) 和哈龙是强有力的消耗臭氧层的化合物。然而, 氢氟烃 (HFCs) 不含溴或氯, 其 ODP 值为 0。

臭氧损耗潜能 (ODP) 是用来评价化合物破坏臭氧层能力的指标。对于某一给定的化合物, 其 ODP 值是 1kg 该化合物释放到大气中损耗臭氧的程度。但该值是在相对的基础上计算得到的, 即将 CFC—11 的 ODP 值定为 1, 所有其他化合物的 ODP 值都是相对于 CFC—11 定出的。

表 1-2 制冷剂有关数据汇总

分类	制冷剂编号 R	分子式或组成 (质量分数, %)	相对分子质量	标准沸点 /°C	临界点		TLV ^② -TWA ($\times 10^{-6}$)	LFL ^③ (%)	HOC ^④ / (MJ/kg)	安全类别 ^⑤	大气中寿命 /a	ODP	GWP (按 100 年计)
					T _c /°C	P _c /MPa							
HCFC	22	CHClF ₂	86.47	-40.8	96.2	4.99	1000	无	2.2	A1	11.9	0.004	1700
	123	CHCl ₂ CF ₃	152.93	27.8	183.8	3.66	50	无	2.1	B1	1.4	0.012	120
	141b	CH ₃ CCl ₂ F	116.95	32.0	204.2	4.25	500	5.8	8.6	—	9.3	0.086	700
	411A	R1270/R22/R152a (1.5/87.5/11.0)	82.36	-39.7	99.1	4.95	1000	无	—	A1/A2	—	0.30	1500
	411B	(3.0/94.0/3.0)	83.07	-41.6	96.0	4.95	1000	无	6.5	A1/A2	—	0.32	1600
HFC	411C	(3.0/95.5/1.5)	83.44	-41.8	95.5	4.95	—	无	—	A1	—	0.032	1600
	—	R22/R152a (52.0/48.0)-THR01	75.30	-32.2	108.0	4.82	1000	12.4	9.7	—	—	0.018	940
	134a	CH ₂ FCF ₃	102.03	-26.1	101.1	4.06	1000	无	4.2	A1	13.8	0	1300
	404A	R125/143a/134a (44.0/52.0/4.0)	97.6	-46.6	72.1	3.74	无	无	-6.6	A1/A1	—	0	3800
	407C	R-32/125/134a (23.0/25.0/52.0)	86.2	-43.8	87.3	4.63	无	无	-4.9	A1/A1	—	0	1700
天然制冷剂	410A	R-32/125 (50.0/50.0)	72.58	—	72.5	4.95	无	无	-4.4	A1/A1	—	0	2000
	507A	R-125/143a(50.0/50.0)	98.86	-47.1	70.9	3.79	无	无	-5.5	A1	—	0	3900
	290	CH ₃ CH ₂ CH ₃	44.10	-42.2	96.7	4.25	2500	2.1	50.3	A3	—	0	3
	600	C ₄ H ₁₀	58.12	-0.5	152.0	3.80	800	1.5	49.5	A3	—	0	3
	600a	CH(CH ₃) ₃	58.12	-11.7	134.7	3.64	800	1.7	49.4	A3	—	0	3
制冷剂	4(11)O	CH ₂ (CH ₂) ₃ CH ₃	73.14	49.3	—	—	—	1.4	—	A3	—	0	11
	717	NH ₃	17.03	-33.3	132.3	11.3	25	15.0	22.5	B2	—	0	<1

① 标准沸点中混合物则存在温度滑移。

② TLV-TWA—最高允许含量时间加权平均值。

③ LFL—燃烧最小含量值。

④ HOC—燃烧热。

⑤ 安全类别：根据 GB/T 7778—2001 和 ASHRAE34—1997 分类。

1.3 蒙特利尔议定书

保护臭氧层的全球合作始于 1985 年保护臭氧层维也纳公约的协商与缔结。在联合国环境规划署 (UNEP) 的倡议下, 1987 年 9 月, 签署了关于损耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书, 该议定书于 1989 年 1 月 1 日起生效。蒙特利尔议定书规定: 从 1990 年起, 至少每四年, 各缔约国应根据已获得的科学、环境、技术和经济资料, 对规定的控制措施进行评估。

1990 年 6 月, 蒙特利尔议定书的缔约国在伦敦举行会议, 针对臭氧层损耗要比预期的更快的事实, 同意进一步限制消耗臭氧层物质的生产和消费。蒙特利尔议定书伦敦修正案规定, 到 2000 年, 停止所有 CFCs 和哈龙的生产, 并对其他化学品进行了新的限制。1992 年 11 月, 蒙特利尔缔约国再次在哥本哈根召开会议, 会议决定加快受控物质 (CFCs、哈龙、四氯化碳、甲基氯仿、HCFCs、HBFCs 及甲基溴化物) 的淘汰进程, 并规定了 HCFCs 的淘汰期限。表 1-3 列出了原蒙特利尔议定书、伦敦修正案、哥本哈根修正案、美国洁净空气法修正案及欧盟淘汰 CFCs 的时间表。该时间表是针对发达国家的; 对于发展中国家, 则给予 10 年宽限期。

随着保护臭氧层日益紧迫的要求, 蒙特利尔议定书缔约方大会又通过了蒙特利尔修正案 (1997) 和北京修正案 (1999), 对所控物质的种类、消费量基准和禁用时间又作了进一步的规定。发达国家已从 1996 年 1 月 1 日起百分之百禁止生产和使用 CFCs。按照“发展中国家缔约国受控物质控制进程”要求, 发展中国家应从 1999 年 7 月 1 日起, 将 CFC—11、CFC—12、CFC—113、CFC—114 和 CFC—115 的消费量冻结在 1995 ~ 1997 年的年平均数或按年人均 0.3 kg 的水平 (取其数值较低者作为控制基准), 并于 2005 年 1 月 1 日起年生产量和消费量不超过控制基准的 50%, 2007 年 1 月 1 日起年生产量和消费量不超过控制基准的 15%, 2010 年停止生产和消费, 见表 1-5。

世界各国的共同努力和紧密合作, 已使全球 CFCs 和其他损耗臭氧层物质的削减与淘汰取得可喜的成绩。UNEP 指出, 到 1996 年全世界 CFCs 总生产量已由 1986 年的一百多万 ODP 吨降低到 16 万 ODP 吨; 发达国家的 CFCs 消费量由 1986 年的 946 500 ODP 吨减少到 1996 年的 24 000 ODP 吨; 其中 16 000 ODP 吨主要是经济转型国家 (CEIT) 的消费量, 8000 ODP 吨则用于一些发展中国家的基本需求。同期中发展中国家的 CFCs 消费量却从 135 000 ODP 吨上升到 144 000 ODP 吨。到 1996 年, 85.8% 的 CFCs 总消费量属于发展中国家。

表 1-4 是发达国家的 HCFCs 禁用时间表。对于发展中国家, 要求在 2016 年起, 将 HCFCs 生产量和消费量冻结在 2015 年的消费水平上, 到 2040 年全部淘汰 HCFCs, 见表 1-5。

表 1-3 发达国家淘汰 CFCs 的时间表 (允许生产和消费量) (%)

年份	1987 蒙特利尔 议定书	1990 蒙特利尔 议定书伦敦修正案	1992 蒙特利尔议定 书哥本哈根修正案	1990 美国洁净 空气法修正案	1994 欧盟计划
1990	100				
1991	100	100	85		
1992	100	100	80		
1993	80	80	75	50	
1994	80	80	25	25	15
1995	80	50	25	25	0
1996	80	50	0	0	
1997	80	15			
1998	80	15			
1999	50	15			
2000	50	0			

注：表中数值是允许生产和消费量占基准值百分比。

表 1-4 HCFCs 禁用时间表 (发达国家)

1. 蒙特利尔议定 书缔约国	1996.1.1: 以 1989 年的 HCFCs 消费量加 2.8% CFCs 消费量的总和 (折合成 ODP 吨) 作为基准加以冻结 2004.1.1: 削减 35% 2010.1.1: 削减 65% 2015.1.1: 削减 95% 2020.1.1: 削减 99.5% (0.5% 仅用于现有设备的维修) 2030.1.1: 削减 100%
2. 美国	2003.1.1: 禁止 HCFC—141b 用于发泡剂 2010.1.1: 冻结 HCFC—22 和 HCFC—142b 的生产; 不再制造使用 HCFC—22 的新设备 2015.1.1: 冻结 HCFC—123 和 HCFC—124 的生产 2020.1.1: 禁用 HCFC—22 和 HCFC—141b; 不再制造使用 HCFC—123 和 HCFC—124 的新设备 2030.1.1: 禁用 HCFC—123 和 HCFC—124
3. 欧共体国家	2000.1.1: 削减 50% 2004.1.1: 削减 75% 2007.1.1: 削减 90% 2015.1.1: 削减 100%
4. 瑞士、意大利	2000.1.1: 禁用 HCFCs
5. 德国	2000.1.1: 禁用 HCFC—22
6. 瑞典、加拿大	2010.1.1: 禁用 HCFCs

1999 年北京修正案决定：2004 年，发达国家将其 HCFCs 生产，冻结在 1989 年生产和消费水平上，并在以后可以生产不超过其冻结水平的 15% 来满足国内基本需求；2016 年，发展中国家将其 HCFCs 生产，冻结在其 2015 年生产和消费水平上，并在以后可以生产不超过其冻结水平的 15% 来满足国内基本需求。

表 1-5 《蒙特利尔议定书》发展中国家淘汰时间表

ODS ^① 名称		期限	目标
附件 A	CFCs 生产量和消费量	1999. 7. 1	冻结在 1995 ~ 1997 年平均水平上
		2005. 1. 1	削减冻结水平的 50%
		2007. 1. 1	削减冻结水平的 85%
		2010. 1. 1	削减冻结水平的 100%
附件 C	HCFCs 只限于消费	2016. 1. 1	冻结在 2015 年的水平上
		2040. 1. 1	削减冻结水平的 100%

① ODS 为消耗臭氧层物质的简称。

值得注意的是，欧盟国家在保护全球环境方面一直扮演着先锋的角色。为了加快淘汰 ODS，保护臭氧层，欧盟国家从 2001 年 1 月 1 日开始实施新的、更加严格的限制生产、使用和进出口氯氟烃类制冷剂（包括 CFCs 和 HCFCs）及其产品的政策。该政策严格禁止欧盟国家使用已经禁用的 CFCs，而对作为替代 CFCs 的过渡性替代品 HCFCs，提出了新的淘汰时间表，该淘汰时间表比蒙特利尔议定书规定的淘汰时间表还要早。新政策的内容包括对 CFCs 供应和 CFCs 制冷设备的限制，对新生产的 HCFCs 制冷设备的限制，对在用 HCFCs 制冷设备的限制，ODS 的回收和销毁，防止 ODS 制冷剂的泄漏，对进出口贸易的限制。

例如，对新生产的 HCFCs 制冷设备的限制方面，欧盟在过去的有关政策中，已对 HCFCs 的使用作出了限制，如严禁在新生产的家用冰箱和冷柜、汽车空调系统、公路公交车，以及铁路运输空调系统、冷库设备等产品中使用 HCFCs。新政策则进一步要求从 2001 年 1 月 1 日开始，严禁在所有新生产的制冷和空调产品中使用 HCFCs，仅有以下两种情况例外：①对于制冷量小于 100kW 的固定式空调设备，可以宽限到 2002 年 7 月 1 日；②对于可转换的空调热泵设备，可以宽限到 2004 年 1 月 1 日。对在用 HCFCs 制冷设备的限制方面，从 2010 年 1 月 1 日开始，严禁在维修过程中使用新生产的 HCFCs，但允许使用回收的 HCFCs。从 2015 年开始，严禁使用所有的 HCFCs，包括回收的 HCFCs。对进出口贸易的限制方面，新政策的实施对含 ODS 制冷设备和空调产品的进出口带来许多限制，包括：①严禁进口和向市场投放含 CFCs 制冷剂的制冷设备和产品，除非这些设备和产品是在新政策生效以前生产的；②在有关 HCFCs 政策生效之前，允许进口含 HCFCs 的设备和产品，但生效之后，严禁进口含 HCFCs 的设备和产品，除非这些设备和产品是在有关政策生效日之前生产的；③严禁进出口