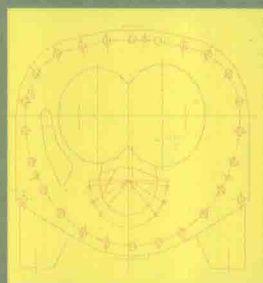


● 中国制冷空调工业协会技术丛书

工商业用制冷空调设备 维护维修技术

张朝晖 解国珍 / 主 编
彭伯彦 / 副主编



GONGSHANGYE YONG
ZHILENG KONGTIAO SHEBEI
WEIHU WEIXIU JISHU



中国纺织出版社

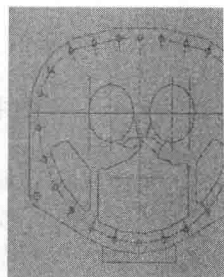
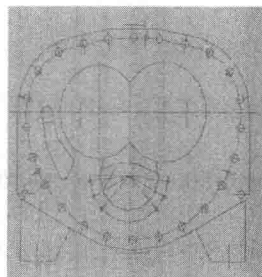
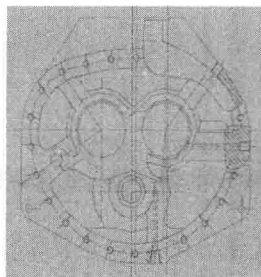
● 中国制冷空调工业协会技术丛书

工商业用制冷空调设备

维护维修技术

张朝晖 解国珍 / 主 编

彭伯彦 / 副主编



GONGSHANGYE YONG
ZHILENG KONGTIAO SHEBEI
WEIHU WEIXIU JISHU

 中国纺织出版社

内 容 提 要

我国制冷空调生产领域在完成 CFCs 制冷剂替代后,在制冷空调设备维修领域需扩大从事制冷和空调设备运行与维修工程师的培训范围,提高他们的专业知识和操作技能,本书正是为适应这一需求而编写的,目的是规范制冷空调设备维修和操作方法,加强相关人员对制冷剂负责任使用的意识,减少制冷剂向大气中的排放。

本书介绍了中国淘汰消耗臭氧层物质的政策法规,并从制冷原理和制冷剂入手介绍了相关基础知识,详细描述了制冷空调设备的维护与维修、安全知识以及制冷剂回收再利用。

本书在写作上力求概念准确、内容丰富,叙述深入浅出、语言通俗易懂,内容图文并茂、详略得当。可作为从事制冷空调设备运行和维修的工程师的参考书籍及职业技术学院制冷空调专业的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

工商业用制冷空调设备维护维修技术/张朝晖,解国珍主编. —北京:中国纺织出版社,2014.6
(中国制冷空调工业协会技术丛书)
ISBN 978-7-5180-0601-4

I. ①工… II. ①张… ②解… III. ①制冷装置—空气调节器—维修 IV. ①TB657.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 077928 号

策划编辑:秦丹红 责任编辑:范雨昕 责任校对:楼旭红
责任设计:何建 责任印制:何艳

中国纺织出版社出版发行
地址:北京市朝阳区百子湾东里 A407 号楼 邮政编码:100124
销售电话:010—87155894 传真:010—87155801
<http://www.c-textilep.com>
E-mail:faxing@c-textilep.com
官方微博 <http://weibo.com/2119887771>
三河市宏盛印务有限公司印刷 各地新华书店经销
2014 年 6 月第 1 版第 1 次印刷
开本:787×1092 1/16 印张:26.25
字数:478 千字 定价:65.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社图书营销中心调换

编委会

主 编

张朝晖(合肥通用机械研究院/中国制冷空调工业协会)

解国珍(北京建筑大学)

副主编

彭伯彦(中国制冷空调工业协会)

编 委

(按姓氏笔画排序)

刘兆峰(冰山集团大连冷冻机股份有限公司)

刘昌丰(烟台冰轮股份有限公司)

何亚峰(合肥通用机械研究院)

吴静涛[大金(中国)投资有限公司]

宋 凯[特灵空调系统(中国)有限公司]

张志邦[特灵空调系统(中国)有限公司]

李文江(冰山集团大连冷冻机股份有限公司)

杨晓华(环境保护部环境保护对外合作中心)

陈敬良(中国制冷空调工业协会)

钟志锋(环境保护部环境保护对外合作中心)

徐 峰(开利公司)

崔 兵(约克公司)

谭维元[重庆通用工业(集团)有限责任公司]

前言

我国于2007年7月1日实现停止了非必要用途的氯氟烃(CFCs)物质的使用和消费,提前两年半圆满完成了《蒙特利尔议定书》规定的淘汰任务。在完成消耗臭氧层物质(ODS)淘汰的第一阶段履约目标后,摆在我国面前的挑战是:在工商制冷空调领域全面禁止生产使用CFCs的设备,并在加速淘汰含氢氯氟烃(HCFCs)制冷剂消费的同时,对市场中仍在使用、并在运行生命周期内的CFCs制冷剂的制冷和空调设备,必须在维护维修过程中进行规范操作,对CFCs制冷剂有效回收,以减少CFCs向大气中的排放,有效地实现对大气臭氧层的保护。为满足市场需求,加强相关人员对制冷空调领域中制冷剂负责任使用的意识,目前在行业内急需一本针对相应的工业商业领域多类制冷空调设备维修和操作规范的书籍,本书便是围绕这一目标编写而成的。

本书是为了配合我国制冷空调生产领域在后CFCs时代,在制冷空调设备维修领域扩大从事制冷和空调装置运行与维修的工程师的培训范围,提高他们的专业知识和操作技能而编写的。本书内容包括:国际和国内有关淘汰消耗臭氧层物质的政策法规,制冷原理与制冷剂,各种应用CFCs制冷剂的制冷和空调设备的结构、原理和故障诊断、设备维护维修以及制冷剂回收的安全操作规程和注意事项等。本书在写作上力求概念准确、内容丰富,叙述深入浅出、语言通俗易懂,内容做到图文并茂、详略得当。本书可作为制冷空调工程师、设备维修技师的参考书籍,也可作为职业技术学院的制冷空调专业教材。

本书共分为七章,由张朝晖、解国珍和彭伯彦负责本书的编制规划和起草编写提纲,并递交编委会讨论通过。第一章由张朝晖、杨晓华和钟志锋编写;第二章由解国珍、彭伯彦、陈敬良和

何亚峰编写；第三章由张志邦、宋凯和解国珍编写；第四章由崔兵、张志邦、宋凯、徐峰、谭维元、吴静涛、刘兆峰、李文江和刘昌丰编写；第五章由宋凯、张志邦、徐峰、崔兵和吴静涛编写；第六章由刘兆峰、李文江和刘昌丰编写；第七章由徐峰、张志邦、宋凯和彭伯彦编写。全书由解国珍、彭伯彦统稿，由张朝晖、彭伯彦和解国珍修正定稿。

本书在编写过程中得到了国家环境保护部环境保护对外合作中心领导的关心和支持，从编写、出版到发行给予了多方面的指导和帮助，在此，编委会向环境保护部环境保护对外合作中心及李红兵处长、杨礼荣处长、周晓芳处长等一并表示衷心的感谢。同时，冰山集团大连冷冻机股份有限公司、烟台冰轮股份有限公司、重庆通用工业（集团）有限责任公司、开利公司、约克公司、大金（中国）投资有限公司、特灵空调系统（中国）有限公司还指派专人参加编写工作，并为本书提供了大量的专业材料和维修实例，丰富了本书的内容，在此，对这些企业的无私奉献深表谢意。本书在编写过程中参考了国家环境保护部、联合国环境规划署、日本冷冻空调工业协会、合肥通用机械研究所等机构的相关文献和资料，在此也致以衷心的感谢！

本书涉及内容较广，由于编者水平有限，书中难免存在不妥及疏漏之处，恳请读者予以批评指正。

编者

2014年4月

目录

第一章 绪论	1
一、大气臭氧层及其被 ODS 破坏现象	2
二、保护大气臭氧层的国际公约与议定书	2
三、我国淘汰消费臭氧层物质的相关政策	5
第二章 制冷原理与制冷剂	8
第一节 基本知识	8
一、基本热力学参数	8
二、基本概念	9
三、各种热物理参数间的单位换算	10
第二节 制冷原理	11
一、制冷循环	11
二、制冷循环性能系数	12
三、单级蒸气压缩式制冷理论循环	14
四、单级蒸气压缩式制冷实际循环	17
五、单级蒸气压缩式制冷机变工况特性分析	20
六、单级蒸气压缩式混合工质制冷循环	21
七、热泵	24
八、多级蒸气压缩式制冷循环	26
九、复叠式蒸气压缩式制冷循环	31
十、制冷系统的热交换设备	33
十一、制冷系统的节流装置	48
十二、制冷系统的安全控制	58
第三节 制冷剂	62
一、制冷剂的主要特性	62
二、制冷剂的种类及命名	63
三、制冷剂的使用及选择原则	64
四、对制冷剂影响环境的限制	69
五、CFCs 替代物性质	71
第四节 制冷机用润滑油	75



一、制冷机用润滑油的作用	75
二、制冷机用润滑油的特性	76
三、制冷机用润滑油的种类	78
四、制冷机用润滑油的使用注意事项	79
第三章 制冷压缩机	80
第一节 概述	80
一、制冷压缩机的技术特点	80
二、制冷压缩机的种类	81
第二节 活塞式制冷压缩机	82
一、开启式活塞压缩机	83
二、半封闭式活塞压缩机	101
第三节 螺杆式制冷压缩机	106
一、单螺杆式压缩机	106
二、双螺杆式压缩机	112
第四节 离心式制冷压缩机	131
一、单级离心式压缩机	131
二、多级离心式压缩机	135
第四章 制冷空调设备维护维修安全知识	140
第一节 制冷剂的安全特性及其相关安全知识	140
一、制冷剂安全特性及相关急救措施	140
二、制冷剂安全标志及表示符号	141
三、制冷剂泄漏与监测	141
四、制冷剂泄漏应急处理措施	143
五、制冷剂消防知识	144
第二节 制冷空调设备维护维修安全操作	144
一、不同工作阶段的安全注意事项	144
二、接触制冷剂时人体安全防护器具	145
三、制冷剂安全防护设备与设施	147
第五章 空调用冷水（热泵）机组的维护维修	152
第一节 离心式冷水（热泵）机组的维护维修	152
一、正压型离心式冷水（热泵）机组的维护维修	152
二、负压型离心式冷水（热泵）机组的维护维修	161



第二节 螺杆式冷水（热泵）机组的维护维修	180
一、螺杆式冷水（热泵）机组的结构、工作原理及特性	180
二、螺杆式冷水（热泵）机组维护维修基础	183
三、螺杆式冷水（热泵）机组电气控制系统维护维修基础	190
四、螺杆式冷水（热泵）机组的维护	192
五、螺杆式冷水（热泵）机组的常见故障与处理	195
第三节 活塞式冷水（热泵）机组的维护维修	200
一、活塞式冷水（热泵）机组的结构、工作原理与特性	200
二、活塞式冷水（热泵）机组维护维修基础	201
三、活塞式冷水（热泵）机组电气控制系统维护维修基础	204
四、活塞式冷水（热泵）机组的维护	205
五、活塞式冷水（热泵）机组的常见故障与处理	206
 第六章 冷冻冷藏装置的维护维修	 209
第一节 制冷系统维护维修基础知识	210
一、制冷系统的安全维护	210
二、制冷系统中的异物处理	211
三、制冷设备的常规维护	212
四、制冷设备的维修	214
第二节 制冷系统的故障分析和处理	217
一、制冷系统正常运转的标志	217
二、制冷系统的常见故障及排除	218
三、控制部分的常见故障及排除	225
四、冷却水系统的常见故障及排除	226
第三节 商业用组合冷藏库的维护维修	228
一、压缩机的监控	228
二、制冷系统的检修与维护	229
三、商业用组合冷藏库的故障分析和处理	230
第四节 冷藏柜的维护维修	234
一、冷藏柜的常规维护	234
二、冷藏柜的日、周、月定期维护	235
三、冷藏柜的常见故障与处理	236
 第七章 制冷剂的回收	 240
第一节 制冷剂的回收方法与原理	241



一、回收的术语与概念	241
二、制冷剂的回收方法	241
三、制冷剂回收装置的综合功能	247
第二节 制冷剂回收装置的结构和回收过程	249
一、制冷剂回收装置的结构	250
二、制冷剂回收过程	252
第三节 制冷剂回收装置的种类与辅助设备	252
一、移动式制冷剂回收装置	252
二、便携式制冷剂回收装置	254
三、车载式制冷剂回收装置	254
四、制冷剂回收装置举例	255
五、适用不同制冷剂的回收装置	257
六、回收装置的使用注意事项	258
七、制冷剂回收容器	258
八、制冷剂回收装置的防过量充装机构	260
九、制冷剂回收的辅助部件	260
第四节 制冷剂回收装置的维护	261
一、回收装置的维护	261
二、回收污染制冷剂的处理	261
第五节 制冷剂回收过程的安全事项及操作程序	262
一、制冷剂回收过程的安全事项	262
二、制冷剂回收的操作程序	265
第六节 制冷设备现场回收实例	268
一、正压型制冷设备现场回收实例	268
二、负压型制冷设备现场回收实例	272
参考文献	277
附录	278
附录一 制冷剂热力学特性附表	278
附表 1-1 制冷剂的标准符号表示	278
附表 1-2 R11 饱和热物理性质表	279
附表 1-3 R12 饱和热物理性质表	282
附表 1-4 R22 饱和热物理性质表	285
附表 1-5 R123 饱和热物理性质表	288
附表 1-6 R134a 饱和热物理性质表	291

附表 1-7 R407C 饱和热物理性质表	294
附表 1-8 R410A 饱和热物理性质表	297
附表 1-9 R744 (CO ₂) 饱和热物理性质表	300
附表 1-10 R717 (氨) 饱和热物理性质表	303
附录二 保护臭氧层的国际公约	306
一、保护臭氧层维也纳公约	306
二、关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书	317
附录三 消耗臭氧层物质管理条例	340
附录四 工业商业制冷工业 CFCs 物质逐步淘汰战略研究 (摘录)	347
附录五 规章制度	358
一、进出口管理	358
关于印发《消耗臭氧层物质进出口管理办法》的通知	358
关于发布《中国进出口受控消耗臭氧层物质名录 (第一批)》	
的通知	360
关于印发《关于加强对消耗臭氧层物质进出口管理的规定》	
的通知	361
关于发布《中国进出口受控消耗臭氧层物质名录 (第二批)》	
的通知	370
关于控制进口以 CFC-12 为空调制冷工质的汽车及其汽车空调	
压缩机的有关事项	371
关于发布《中国进出口受控消耗臭氧层物质名录 (第三批)》	
的通知	372
关于禁止进出口以氯氟烃为制冷剂的工业、商业用压缩机的公告 ...	374
关于发布《中国进出口受控消耗臭氧层物质名录 (第四批)》	
的通知	375
二、禁令	376
关于中国汽车行业新车生产停止使用氟利昂物质 (CFCs)	
的通知	376
关于中国汽车行业新车生产限期停止使用 CFC-12 汽车空调器	
的通知	377
关于禁止生产、销售以全氯氟烃为制冷剂的工商制冷用压缩机	
及其相关产品的公告	378
关于禁止生产全氯氟烃 (CFCs) 的公告	379
关于禁止生产、销售、进出口以氯氟烃 (CFCs) 物质为制冷剂、	
发泡剂的家用电器产品的公告	381



关于禁止使用氯氟烃（CFCs）物质作为发泡剂的公告	384
三、替代品管理	385
关于发布《消耗臭氧层物质（ODS）替代品推荐目录（修订）》 的公告	385
关于汽车空调系统计划换用 R134a 的通知	389
关于发布《中国受控消耗臭氧层物质清单》的公告	390
四、监督管理	396
关于加强地方环保部门在保护臭氧层工作中监督管理职能 的通知	396
关于使用消耗臭氧层物质申报登记数据库管理系统的通知	398
关于进一步加大查处非法生产销售消耗臭氧层物质的通知	400
关于加强消耗臭氧层物质淘汰管理工作的通知	402
关于严格控制新建、改建、扩建含氢氯氟烃生产项目的通知	405
关于严格控制新建使用含氢氯氟烃生产设施的通知	408

第一章 绪论

随着技术的进步，特别是电子技术和计算机技术的飞速发展，人类不断开发出提高自己生活质量的工、农业产品和日常生活用品，使人类衣食住行的条件有了极大的改善。但是，在这些产品的制造过程中，常排放出对人类居住的地球产生不利影响，甚至破坏生态平衡的物质，例如矿山的开采和森林的大量砍伐，造成土壤的沙漠化；工业生产带来的有害物质排放污染了水源和空气；温室气体的排放造成全球气候变暖等，因此，如何在创造人类美好生活的同时，消除由此而产生的消极和不利影响，保护人类家园的生态平衡是21世纪人类面临的重要任务和严峻挑战。

一百多年前，人们为了延长食物保存的时间和新鲜度，为了创造恒温恒湿的生产条件和舒适的居住环境，发明了现代制冷技术。多年来，随着技术的发展，人们先后开发出了蒸气压缩式制冷、热电制冷、吸收式制冷、吸附式制冷、热声制冷等多种制冷方式。传统制冷循环的主要特点是消耗能量和利用某一种媒介传递和转移热量，而制冷循环对能源的消耗带来了其对大气温室效应的间接影响，即 CO_2 的排放量。另一方面，在20世纪70年代，科学家们又发现应用蒸气压缩式制冷循环的各类制冷设备中所使用的含氯氟烃化学合成制冷剂对大气臭氧层具有损耗和破坏作用，给地球的生态环境带来严重影响和不良后果。因此，用环境更加友好的新型制冷剂来替代消耗大气臭氧层和产生温室效应的各种含氯氟烃类制冷剂是制冷空调行业近几十年来的重要义务和责任。

蒸气压缩制冷循环中使用的制冷剂通常用字母“R”和其他阿拉伯数字或加英文字母组合来表示。常用制冷剂按化学成分区分，主要有无机物、碳氢化合物和卤代烃等。无机物制冷剂，如氨（R717）、二氧化碳（R744）、水（R718）；碳氢化合物制冷剂，如异丁烷（R600a）、丙烷（R290）等；卤代烃类制冷剂，如R12、R11、R113、R502、R22、R134a、R410A、R404A、R407C等。卤代烃类制冷剂是近几十年来，使用最广泛、用量最大、热力性能较好、为广大制冷工作者所熟悉的制冷剂。

对于卤代烃类制冷剂，为了直观地表明氟、氯、溴、碳、氢等元素在制冷剂中的构成，用大写的英文字母来表示各种卤代烃的名称。从符号上显示制冷剂的构成元素，即用字母“C”表示碳或氯元素；字母“B”、“F”表示溴和氟元素；字母“H”表示氢元素。例如，CFC称为氯、氟、碳的完全卤代烃，如R12表示为CFC-12；HCFC称为含有氢、氯、氟、碳的不完全卤代烃，如R22表示为HCFC-22；HFC表示含有氢、氟、碳的无氯卤代烃，如R134a表示为HFC-134a。



一、大气臭氧层及其被 ODS 破坏现象

众所周知，地球外表面环包着厚厚的大气层。在自然状态下，大气主要由氮气和氧气组成，除此之外还包括少量的稀有气体、 CO_2 、水气、杂质、臭氧等物质。90% 的臭氧分布在距地面 15 ~ 25km 高度的大气层中，该区域称为臭氧层。如果将臭氧压缩至 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ (1 个大气压)，其厚度仅有 3mm 左右，但是就这薄薄的 3mm 臭氧层保护了地球上的生命。臭氧层对紫外线具有很强的吸收能力，起到过滤紫外线的作用。臭氧浓度减小，会使到达地球表面的紫外线大量增加，对人类产生下列不良影响：

- (1) 人体的免疫系统受到破坏。
- (2) 人们得皮肤癌和白内障的患病率增加。
- (3) 海洋食物网链会受到严重干扰，影响捕鱼量。
- (4) 陆地生态系统受到干扰，影响农作物的生长。
- (5) 加剧大气空气污染，使空气质量恶化，容易形成酸雨。
- (6) 加速户外塑胶材料的老化，促进其分解而缩短使用寿命。

20 世纪 70 年代以来，以世界各地地面观察站对大气臭氧总量的观测记录发现，全球大气臭氧总量有逐渐减少的趋势。一些环境科学家认为，某些人类活动所散发出的一些物质进入大气臭氧层后，参与了消耗臭氧的化学反应，破坏了臭氧层的自然动态平衡，因此出现了大气臭氧层稀薄（空洞）的现象。

1974 年，美国加利福尼亚大学教授罗兰和莫利纳首先提出，世界上当时大量生产和使用的 CFCs 化学性能稳定，不易在对流层内分解而扩散进入大气臭氧层。当受到强烈的太阳紫外线 UV - C 的照射，分解出 Cl 自由基和 Br 自由基，这些自由基很快地与大气中的臭氧进行连锁反应，每一个自由基可以摧毁 10 万个臭氧分子。人们把这些破坏大气臭氧层、危害人类生存环境的物质称为“消耗臭氧层物质”，简称 ODS (Ozone Depletion Substances)。目前的 ODS 包括：CFCs、哈龙 (Halon)、四氯化碳、甲基氯仿、溴甲烷以及 HCFCs、HBFCs 等。

20 世纪 70 年代以前，人类在使用 CFCs 时，因为没有认识到其对大气臭氧层的消耗作用，因此人们对其在化工、制冷、消防、清洗等行业的使用量没有加以控制，维修和保养其应用机械装置时随意向大气中排放，致使大气的臭氧浓度降低，从而对人类生存的环境、生态系统产生破坏性影响。为此，相关科学家呼吁国际社会尽快采取必要的措施和行动，减少消耗臭氧层物质的使用和排放，共同保护我们人类赖以生存的大气臭氧层。正是在这种形势下，国际社会制定了一系列的保护臭氧层、维护全球生态平衡的条约、公约和相关政策法规。

二、保护大气臭氧层的国际公约与议定书

1. 《保护臭氧层的维也纳公约》 1976 年 4 月，联合国环境规划署 (UNEP) 理事会



第一次讨论了臭氧层破坏问题，并决定召开一次评价整个臭氧层的国际会议，在 UNEP 和世界气象组织（WMO）设立臭氧层协调委员会（CCOL）定期评价臭氧层的破坏情况。1980 年 11 月，协调委员会经过调研和评价，认为臭氧层耗损的确威胁人类健康和地球的生态系统，但在国际间采取协调控制措施比较困难，UNEP 理事会决定建立一个特设工作组来制定保护臭氧层的全球性公约。1985 年 3 月，UNEP 在奥地利首都维也纳组织召开了有 21 个国家的政府代表参加的“保护臭氧层外交大会”。会上通过了《保护臭氧层的维也纳公约》（以下简称《公约》），标志着保护臭氧层国际统一行动的开始。

《公约》的宗旨是为了保护人类健康和环境，各缔约方应采取适当措施，控制足以改变或可能改变臭氧层的人类活动，以免受到由此造成的或可能造成的不利影响。

《公约》本身并没有制定具体的对 CFCs 的排放指标，但《公约》的诞生，使人类在对臭氧层消耗及其威胁人类生存环境的严重性、倡导保护臭氧层等问题上达成了共识，也为进一步制定量化地控制 CFCs 的排放量的条约做好了准备，《公约》于 1985 年 3 月 22 日获得参会代表的一致通过，并于 1989 年 9 月生效。

改革开放以来，我国政府以积极负责任的态度参与各种国际事务，包括参与制定有利于和平事业、有利于人类生活环境的国际条约，我国政府于 1989 年 9 月 11 日正式提出加入《公约》，并于 1989 年 12 月 10 日开始执行。

2. 《关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书》 《公约》签署两个月后，英国南极探险队队长 J. Farman 宣布，自从 1977 年开始观察南极上空以来，每年都在 9~11 月发现南极上空有“臭氧空洞”。这个发现引起举世震惊。1985 年 9 月，为制定实质性控制措施的议定书，UNEP 组织召开了专题讨论会。同年 10 月，决定成立保护臭氧层工作组，从事制定议定书的工作。

1987 年 9 月，由 UNEP 组织的“保护臭氧层公约关于含氯氟烃议定书全权代表大会”在加拿大蒙特利尔市召开。出席会议的有 36 个国家、10 个国际组织的 140 名代表和观察员，中国政府也派代表参加了会议。

9 月 16 日，24 个国家签署了《关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书》（以下简称《议定书》）。中国政府认为这个《议定书》没有体现出发达国家是排放 CFCs 造成臭氧层消耗的主要责任者，对发展中国家提出的要求不公平，所以当时没有在《议定书》上签字。

由于保护臭氧层形势发展的需要，加上《议定书》制定时未能充分反映发展中国家的意见，在 1989 年 5 月赫尔辛基缔约方第一次会议之后，开始了对《议定书》的修正工作。

1990 年 6 月，在伦敦召开缔约方第二次会议，通过了《议定书》的修正案。由于修正案基本上反映了发展中国家的意愿，许多发展中国家都纷纷表示将加入修正后的《议定书》。1991 年 6 月 14 日，中国政府驻联合国代表团将加入修正后《议定书》的文件交给联合国秘书长。在缔约方第三次会议上，中国政府代表团宣布了中国政府正式加入修正后



《议定书》的决定。

《议定书》的主要内容包括：

(1) 规定了受控消耗臭氧层物质的种类。《议定书》最初规定的受控消耗臭氧层物质种类较少，如表 1-1 所示，有两类共 8 种，第一类为 5 种 CFCs，其中包括作为制冷剂用的 CFC-11、CFC-12、CFC-114、CFC-115，第二类为 3 种哈龙（灭火剂用）。

表 1-1 《议定书》最初规定的控制物质

类别	物质		消耗臭氧潜能值
第一类	CFCl_3	(CFC-11)	1.0
	CF_2Cl_2	(CFC-12)	1.0
	$\text{C}_2\text{F}_3\text{Cl}_3$	(CFC-113)	0.8
	$\text{C}_2\text{F}_4\text{Cl}_2$	(CFC-114)	1.0
	$\text{C}_2\text{F}_5\text{Cl}$	(CFC-115)	0.6
第二类	CF_2BrCl	(哈龙-1211)	3.0
	CF_3Br	(哈龙-1301)	10.0
	$\text{C}_2\text{F}_4\text{Br}_2$	(哈龙-2402)	6.0

注 消耗臭氧潜能值是当时现有知识的估计数，后来将其进行了审查和修改。

《议定书》还规定缔约方可以协商调整受控物质的种类，经过缔约方会议的多次调整和修正，扩大了受控物质的范围，加快了淘汰进程，1990 年缔约方大会通过的《议定书》伦敦修正案中规定的受控物质为五类 20 种 [34 种 HCFCs 类物质为过渡性物质，到 1999 年缔约方大会通过的《议定书》北京修正案中受控物质已达八类 96 种（见附录二）]。

(2) 规定了控制消耗臭氧层物质限额的基准。消耗臭氧层物质受控的内容包括其生产量和消耗量，其中消耗量是按生产量加进口量并减去出口量计算的。《议定书》规定的 CFCs 物质生产量和消耗量的起始控制限额的基准是：发达国家生产量与消耗量的起始控制限额都以 1986 年的实际发生数为基准；发展中国家（即所谓的第五条第一款国家，1986 年人均消耗量小于 0.3kg 的国家）都以 1995 ~ 1997 年实际发生的三年平均数或每年人均 0.3kg，取其低者为基准。

(3) 规定了消耗臭氧层物质的淘汰时间表。《议定书》（伦敦修正案）“考虑到技术和经济方面，并铭记发展中国家的发展需要”，因此要求发达国家和发展中国家淘汰 ODS 物质的时间有所不同。对第五条第一款国家（指发展中国家缔约方）来说，在必须实施淘汰时间表之前有一个宽限期，这反映出发达国家认识到他们对排放到大气中的大量 ODS 物质负有主要责任，他们对使用替代品的发展中国家应该给予经济和技术上的支持。

《议定书》伦敦修正案规定的消耗臭氧层物质的淘汰时间表见表 1-2。

表 1-2 发达国家和发展中国家对 CFCs 和 HCFCs 的淘汰时间表

国家分类	ODS 名称	控制时间
发达国家	CFCs	1996 年 1 月 1 日起完全停止生产和消费
	HCFCs	2030 年 1 月 1 日起完全停止消费
发展中国家 (第五条第一款国家)	CFCs	2010 年 1 月 1 日起完全停止生产和消费
	HCFCs	2040 年 1 月 1 日起完全停止消费

(4) 确定了评估机制。《议定书》规定从 1990 年起，其后至少每四年内，各缔约方应根据可以取得的科学、环境、技术和经济资料，对规定的控制措施进行一次评估。

中国作为《议定书》第五条第一款国家，按规定应该从 2010 年 1 月 1 日起完全停止 CFCs 的生产和消费。作为一个负责任的大国，中国一直在积极履行所承担的国际义务和责任，在国家环保部及各有关部委的领导下，在全国行业企业的共同努力下，通过积极开发应用替代工质，并组织实施相关的生产转换改造行动，自 2007 年 7 月 1 日起，我国已完全停止生产以 CFCs 为制冷剂的制冷空调设备，比《议定书》规定的时间要求提前两年半完成淘汰任务。

而于 2007 年 9 月召开的《议定书》第 19 次缔约方大会上，各缔约方达成了加速淘汰 HCFCs 的调整案，对于第五条第一款国家，要求其消费量和生产量分别选择 2009 年与 2010 年的平均水平作为基准，在 2013 年将生产量和消费量冻结在此基准线上，到 2015 年削减 10%，到 2020 年削减 35%，到 2025 年削减 67.5%，在 2030 年前提前完成生产量与消费量的淘汰，但是在 2030~2040 年期间允许有平均每年 2.5% 的数量供维修使用。按照该规定，对包括中国在内的发展中国家，需要比此前的规定提前 10 年实现停止 HCFCs 的生产和消费。

中国作为目前全球最大的 HCFCs 生产国、使用国和出口国，中国的 HCFCs 淘汰行动对《议定书》的成功实施发挥着至关重要的作用。中国现在也是全球最大的制冷空调设备制造国和全球最大的 HCFCs 制冷剂消费国，巨大的生产和消费规模使得中国制冷空调行业在应对加速淘汰 HCFCs 的行动中面临巨大的压力和挑战，国家环境保护部环境保护对外合作中心正在带领中国制冷空调工业协会和相关单位一道开展合作，编制国家 HCFCs 的淘汰计划，制定替代发展战略，组织开展相关的淘汰转换行动，完成中国承担的国际义务。

三、我国淘汰消费臭氧层物质的相关政策

1. 《中国逐步淘汰消费臭氧层物质国家方案》 经国务院正式批准，我国分别于 1991 年、2003 年、2010 年加入了《议定书》伦敦修正案、哥本哈根修正案、北京修正案。《议定书》是国际社会需共同遵守的国际法，也是国内相关立法的依据。在国内，《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国大气污染防治法》、《消耗臭氧层物质管理条例》等是中国 ODS 淘汰行动所遵循的基本的国内法律法规。