中国长期管理氟氯烃(HCFCs)战略研究

北京大学环境学院

2006 年 12 月 12 日

本报告是在国家环保总局外经办的组织下由北京大学环境学院研究完成。

课题承担单位：

北京大学环境学院

报告编写人员：

北京大学：　胡建信　张剑波　李春梅　万丹　王维敬　王　益红

目录

第 1 章 导言 1
1.1 履约背景 1
1.2 《蒙特利尔议定书》要求和国际动向 3
1.3 HCFCs 基本情况 4
1.4 《控制 HCFCs 战略研究》的具体目标 6
1.5 战略研究报告的基本内容 6
1.6 编制过程 7
1.7 有关问题说明 7
第 2 章 HCFCs 生产和消费现状 8
2.1 HCFC-22 的生产和消费 8
2.1.1 HCFC-22 的生产 9
2.1.2 HCFC-22 的消费行业 11
2.2 HCFC-141b/142b 生产和消费 16
2.2.1 HCFC-141b 生产 16
2.2.2 HCFC-142b 生产 17
2.2.3 HCFC-141b/142b 的消费 17
2.3 其他 HCFCs 产品 18
2.4 企业对公约的了解和技术准备 19
2.5 我国 HCFCs 生产管理的法规 21
第 3 章 HCFCs 替代品分析评估 23
3.1 HCFC-22 可能的替代品 23
3.1.1 人工制品 23
3.1.2 天然工质 25
3.2 HCFC-141b 可能的替代品 27
3.2.1 HFC-245fa 27
3.2.2 HFC-365mfc 27
3.3 各行业替代品的选择及使用 27
3.3.1 房间空调行业 28
3.3.2 商业制冷 29
3.3.3 冷藏、冷冻加工 30
3.3.4 工业制冷 31
3.3.5 运输制冷 32
3.3.6 中央空调（工作温度接近室温） 33
3.3.7 XPS 板生产中 HCFC-22 和 HCFC-142b 的替代 34
3.3.8 清洗行业 35
3.3.9 泡沫行业 HCFC-141b 的替代 36
3.4 我国替代 HCFCs 所面临的障碍 36
3.5 替代品开发建议 37
第 4 章 未来 HCFCs 需求预测 40
4.1 预测的基本思路 40
4.2 房间空调行业 HCFC-22 消费量预测（ODS 消费） 40

4.2.1 房间空调行业的历史情况 41
4.2.2 房间空调行业的 HCFC-22 消费量预测 43
4.3 工商制冷行业 HCFC-22 消费量预测（ODS 消费） 45
4.3.1 工商制冷行业历史消费情况 45
4.3.2 工商制冷行业消费量预测 47
4.4 泡沫行业 HCFC-22 消费预测 48
4.5 其它行业 HCFC-22 消费量预测（ODS 消费） 49
4.6 PTFE 生产行业 HCFC-22 消费量预测（原料消费） 50
4.7 Halon-1211 生产行业 HCFC-22 消费量预测（原料消费） 51
4.8 未来十年 HCFC-22 生产量、消费量预测汇总 52
4.9 未来十年 HCFC-22 生产、消费造成的环境影响 54
4.10 HCFC-141b 需求预测 55
泡沫行业需求预测 55
清洗行业需求预测 55
4.11 小结 56
4.11.1 预测汇总 56
4.11.2 预测结果不足 57
第 5 章 控制情景分析 59
5.1 情景设计 59
5.1.1 2016 年前可能的控制 HCFCs 需求增长的情景 60
5.1.2 2016 年后逐步淘汰 HCFCs 情景 64
5.2 房间空调行业增加费用分析 65
5.2.1 增加费用定义及影响因素 65
5.2.2 增加费用计算的假设和依据 67
5.2.3 增加费用的计算 67
5.2.4 房间空调行业不同情景增加费用和节电费用（2016 年前） 72
5.3 房间空调行业不同淘汰情景的环境效益（额外减排量和能源节约） 73
5.3.1 ODP 和 GWP 减排 73
5.3.2 节电（2016 年前效益） 74
5.4 小结 74
第 6 章 HCFCs 长期控制战略建议 77
6.1 建议战略目标 78
6.1.1 总体目标 78
6.1.2 优先领域 79
6.1.3 具体目标 79
6.1.4 《控制 HCFCs 战略研究》与《京都议定书》的关系 80
6.2 实施措施 80
6.3 建议战略行动计划 82
6.3.1 加强机构及其能力建设 82
6.3.2 制定和完善有关的法律法规 83
6.3.3 制定和完善有关的标准体系 83
6.3.4 控制 HCFCs 生产能力建设、鼓励替代品和技术 84
6.3.5 建立和完善生产、消费、进出口和排放数据动态登记制度 84
6.3.6 研究、制定有关经济政策和环境保护投入机制 84

6.3.7 替代品和替代技术的研究、开发和推广 85
6.3.8 公众宣传、认识和教育 85
6.3.9 适时颁布禁令淘汰不同行业/产品 HCFCs 的使用 85
6.3.10 控制 HCFCs 排放/泄漏的措施 88
6.3.11 开展示范项目 88
6.3.12 制定 HCFCs 淘汰计划 89
第 7 章 附件 1 主要发达国家对 HCFCs 的管理 90
7.1 全球 HCFCs 生产和消费概貌 90
7.1.1 非第五条款国家的生产现状 90
7.1.2 其他国家及中国的消费现状 92
7.2 发达国家管理现状 93
7.3 未来十年全球 HCFC-22 的总消费量预测 98
7.3.1 全球 HCFC-22 作为 ODS 消费量预测 99
7.3.2 全球 HCFC-22 作为原料消费量预测 99
7.3.3 未来十年全球 HCFC-22 的总消费量预测 99
缩略语和化学符号 101
主要化学分子式和名称 101

表格和图目录

表 1-1 各修正案受控物质变化 3
表 1-2 中国 HCFCs 消费应用领域 5
表 2-1 中国 HCFCs 产量和销售（2004~2005 年） （吨） 8
表 2-2 中国 HCFC-22 生产和销售*（吨/年） 9
表 2-3 国内 HCFC-22 销售分布（吨/年） 11
表 2-4 某企业以 HCFC-22 为制冷剂的空调生产量及 HCFC-22 消费量 12
表 2-5 房间空调行业生产企业的生产标准和产品概况 13
表 2-6 工商行业企业产品状况 15
表 2-7 我国企业四氟乙烯产品生产状况 16
表 2-8 中国 HCFC-141b 生产和销售（吨/年） 16
表 2-9 中国 HCFC-142b 生产和销售（吨/年） 17
表 2-10 HCFC-141b/142b 的销售分布(吨/年) 17
表 2-11 HCFC-123 生产和销售分布 18
表 2-12 HCFC-124 生产和销售分布 19
表 2-13 各企业替代品开发能力和成效(修改，只讲产品，不提企业) 20
表 2-14 中国与 HCFCs 管理相关的政策法规 21
表 3-1 混合工质 R-407c、R-410a、R-404a 和 R-507a 的组成与性质 24
表 3-2 重要天然工质制冷剂的主要优点、问题及应用场合 25
表 3-3 按设备类型分类的 HCFC-22 的主要替代品 28
表 3-4 HCFC 发泡剂的主要替代品 34
表 3-5 不同化学品有效扩散系数 35
表 5-1 2016 年前 HCFCs 淘汰控制情景 61
表 5-2 不同情景下作为 ODS 的主要 HCFCs 需求预测（含国内消费和出口） . 63

表 5-3 计算房间空调行业增加费用的关键输入参数 71
表 5-4 房间空调行业不同控制情景下生产过程的增加费用需求 (2005 年价) ... 72
表 5-5 其他情景相对情景 A 由于减少的 HCFCs 需求累计减少排放的 ODP 和 GWP 74
表 6-1 HCFCs（作为 ODS 消费）的长期管理战略目标 86
表 6-2 HCFC-22 的管理控制措施 88
表 7-1 各主要 HCFCs 消费国的消费控制 94
表 7-2 主要 HCFCs 生产国的生产控制 96
表 7-3 氢氯氟碳化物（HCFCs） 101
表 7-4 氢氟碳化物（HFCs） 101
表 7-5 全氟化碳（PFCs） 102

图 1-1 《蒙特利尔议定书》规定的氟氯烃(附件 C/第一类)消费淘汰时间表 4
图 1-2 《蒙特利尔议定书》规定氟氯烃(附件 C/第一类)生产淘汰时间表 4
图 2-1 中国主要 HCFC-22 生产企业分布示意图 9
图 2-2 中国近年萤石和 HF 出口量 10
图 3-1 不同发泡剂的气相传导率 35
图 4-1 中国不同制冷剂房间空调供应和去向 41
图 4-2 中国房间空调生产量、出口量和保有量的历史情况（千台） 42
图 4-3 中国房间空调进口的历史情况 43
图 4-4 中国房间空调行业 HCFC-22 消费量预测值（千吨） 45
图 4-5 工商制冷行业 HCFC-22 消费量与批发、零售贸易餐饮业产值的相关性 46
图 4-6 中国工商制冷行业 HCFC-22 的消费量（含新设备灌装和维修） 48
图 4-7 预计 XPS 行业 HCFC-22 需求量 49
图 4-8 中国 PTFE 产量及用于生产 PTFE 的 HCFC-22 量(千吨) 51
图 4-9 中国 HCFC-22 的 ODS 消费量、原料消费量及消费总量（千吨） 53
图 4-10 预测 HCFC-22 不同子行业需求量 53
图 4-11 中国 HCFC-22 的出口量、消费量和生产量（千吨） 54
图 4-12 中国消费的 HCFC-22 产生的环境影响 55
图 4-13 未来 10 年 HCFC-141b 需求 56
图 4-14 未来 10 年中国 HCFC-22 和 HCFC-141b 的需求预测 57
图 5-1 不同情景下房间空调行业 HCFC-22 需求预测 63
图 5-2 各控制情景下，中国家用空调行业 HCFC-22 消费量 65
图 5-3 其他情景相对情景 A 由于减少的 HCFCs 需求每年减少排放的 ODP 和 GWP 73
图 7-1 主要 HCFCs 生产国的历史作为 ODS 的生产量 90
图 7-2 主要 HCFCs 生产国的历史作为 ODS 的消费量 91
图 7-3 AFEAS 统计的 HCFCs 及 HFC 生产量 91
图 7-4 AFEAS【不包含中国】及中国 HCFC-22 作为 ODS 的历史消费量【AFEAS 数据单位为 MT，中国消费数据单位为 ODP】 92
图 7-5 HCFC-22 的全球消费量汇总 98
图 7-6 全球 HCFC-22 消费量的各年预测值 100

第1章 导言

1.1 履约背景

中国政府1989年7月签署了《保护臭氧层维也纳公约》（以下简称《维也纳公约》），并于1991年5月签署和加入了《关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书》（以下简称《蒙特利尔议定书》或《议定书》）及其伦敦修正案，成为按《蒙特利尔议定书》第五款行事的缔约国。2003年4月全国人大常委会作出了批准加入《蒙特利尔议定书（哥本哈根修正案）》的决定，《蒙特利尔议定书（哥本哈根修正案）》对中国生效。

为了实施淘汰消耗臭氧层物质（ODS），1993年1月，中国政府编制了《中国逐步淘汰消耗臭氧层物质国家方案》（简称《国家方案》），并于1995年制定了主要ODS生产和消费行业的淘汰战略。1999年11月中国政府补充和修订了《国家方案》。

依照《国家方案》的要求，中国政府成立了由原国家环境保护局（现环境保护总局，以下简称环保总局）牵头负责臭氧层保护领导小组以及负责具体淘汰活动的项目办公室。臭氧层保护领导小组由环保总局任组长单位，成员包括外交部、发展和改革委员会（发展改革委，原计划委员会、原经济贸易委员会）、科学技术部（科技部）、公安部、财政部、信息产业部、农业部、商务部和海关总署等部门。负责审议国家ODS管理和控制的方针和政策，协调国家ODS管理和履约重大事项。臭氧层保护领导小组下设项目办公室（简称项目办公室），具体负责履约的日常事务。按照公约和议定书的要求，环保总局作为国家联络点负责中国与公约其它缔约方和秘书处的联络。

经过十余年的努力，中国政府先后颁布和实施了许多国家和行业政策，几项关键性政策法规包括：《大气污染防治法》，《关于禁止新建生产、使用消耗臭氧层物质生产设施的通知》（为控制新增生产能力），《关于发放 CFCs/哈龙生产配额许可证的通知》（为控制生产量），《消耗臭氧层物质进出口管理办法》（为控制进出口）等。通过实施这些政策法规，中国有效地控制了主要ODS生产和消费的增长，并与1999年和2005年实现了《蒙特利尔议定书》规定的氟氯化碳（以下简称CFCs）和哈龙生产和消费冻结和削减目标，保证了ODS淘汰基本有序地进行。2005年国务院发布了实施《促进产业结构调整暂行规定》的决定，依据上述决定，发展改革委发布了《产业结构调整指导目录(2005年本)》，其中淘汰类名录中与保护臭氧层相关的内容包括：

- **以氯氟烃（CFCs）作为膨胀剂的烟丝膨胀设备生产线 （根据国家履行国际公约总体计划要求进行淘汰）**
- **以氯氟烃（CFCs）为发泡剂的聚氨酯泡沫塑料产品、聚乙烯、聚苯乙烯挤出泡沫塑料生产工艺 (根据国家履行国际公约总体计划要求进行淘汰)**
- **以氯氟烃（CFCs）为发泡剂或制冷剂的冰箱、冰柜、汽车空调器、工业商业用冷藏、制冷设备生产线 (根据国家履行国际公约总体计划要求进行淘汰)**
- **四氯化碳（CTC）为清洗剂的生产工艺 （根据国家履行国际公约总体计划要求进行淘汰）**
- **CFC-113 为清洗剂的生产工艺 (根据国家履行国际公约总体计划要求进行淘汰)**
- **甲基氯仿为清洗剂的生产工艺 （根据国家履行国际公约总体计划要求进行淘汰）**
- **氯氟烃（CFCs）生产装置 （根据国家履行国际公约总体计划要求进行淘汰）**
- **主产四氯化碳（CTC）生产工艺（根据国家履行国际公约总体计划要求进行淘汰）**
- **四氯化碳（CTC）为加工助剂的所有产品的生产工艺（根据国家履行国际公约总体计划要求进行淘汰）**
- **CFC-113 为加工助剂的含氟聚合物生产工艺（根据国家履行国际公约总体计划要求进行淘汰）**
- **用于清洗的 1,1,1－三氯乙烷（甲基氯仿）生产装置（根据国家履行国际公约总体计划要求进行淘汰）**
- **甲基溴生产装置 （根据国家履行国际公约总体计划要求进行淘汰）**

此外，使用氯氟烃[1]（CFCs）作为气雾剂推进剂的医药用品生产项目作为“限制类”列入《产业结构调整指导目录(2005 年本)》。

3 目前政府正在组织编制《保护臭氧层条例》以全面落实公约和议定书的要求以及满足中国保护臭氧层、保护环境和人类健康的需求。

[1]《蒙特利尔议定书》称氟氯化碳，其分子式为 CxClyFz，x、y 大于或等于 1。

1.2 《蒙特利尔议定书》要求和国际动向

《蒙特利尔议定书》对 ODS 控制要求是一个动态变化的过程。《蒙特利尔议定书》各个修正案受控物质要求见表 1-1。

按照《蒙特利尔议定书（哥本哈根修正案）》要求，中国受控制 ODS 增加了氟氯烃（以下简称 HCFCs）[2]、氟溴烃和甲基溴。

表 1-1 各修正案受控物质变化

截至伦敦修正案的控制物质			*最终淘汰年限*
附件 A	**第一类**	**氟氯化碳（CFCs）**	**2010 年（生产和消费）**
	第二类	**哈龙**	**2010 年（生产和消费）**
附件 B	**第一类**	**其它全卤化氟氯化碳**	**2010 年（生产和消费）**
	第二类	**四氯化碳**	**2010 年（生产和消费）**
	第三类	**甲基氯仿**	**2015 年（生产和消费）**
截至哥本哈根修正案增加的控制物质			
附件 C	**第一类**	**氟氯烃（HCFCs）**	**2040 年（消费）**
	第二类	**氟溴烃**	**2016 年（冻结生产水平）**
附件 E		**甲基溴**	**2015 年（生产和消费）**
截至北京修正案增加的控制物质			
附件 C	**第三类**	**溴氯甲烷**	**2002 年（生产和消费）**

根据《蒙特利尔议定书（哥本哈根修正案）》，中国应在 2016 年应将 HCFCs 的消费冻结在 2015 年水平，2040 年完成 HCFCs 的淘汰（见以下图 1-1 和图 1-2）。

但值得注意的是，目前国际社会 HCFCs 类产品被替代的步伐正在加快。其中，HCFC-22 及 HCFC-141b 两个品种首当其冲。部分发达国家已经采取不同措施控制 HCFC-22 和 HCFC-141b 的使用，其总 HCFCs 的生产量和消费量已经下降，远快于《蒙特利尔议定书》的要求(见本文第第 7 章部分表 7-1)。

此外，2006 年 10 月缔约方大会期间，发达国家成立了有关组织，拟探讨提前淘汰 HCFCs 的可能性。保护臭氧层公约秘书处、多边基金秘书处以及欧盟也已经安排了 2007 年系列会议，探讨 HCFCs 的淘汰问题。

[2] 氟氯烃名称来源于《蒙特利尔议定书》，其分子式为 CnHmClxFy，n、m、x、y 大于或等于 1。

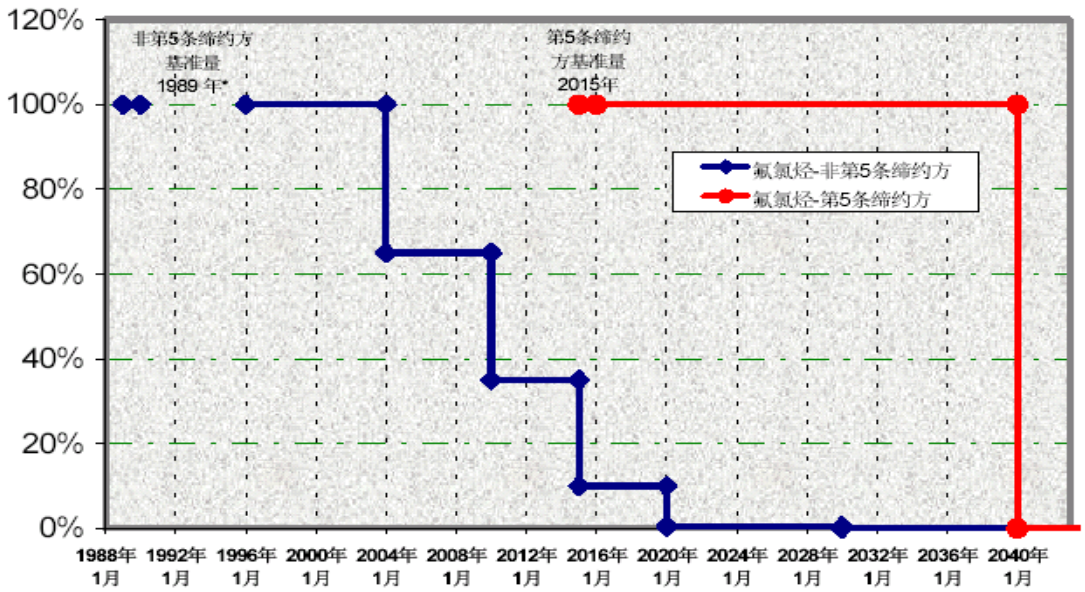

图 1-1 《蒙特利尔议定书》规定的氟氯烃(附件 C/第一类)消费淘汰时间表

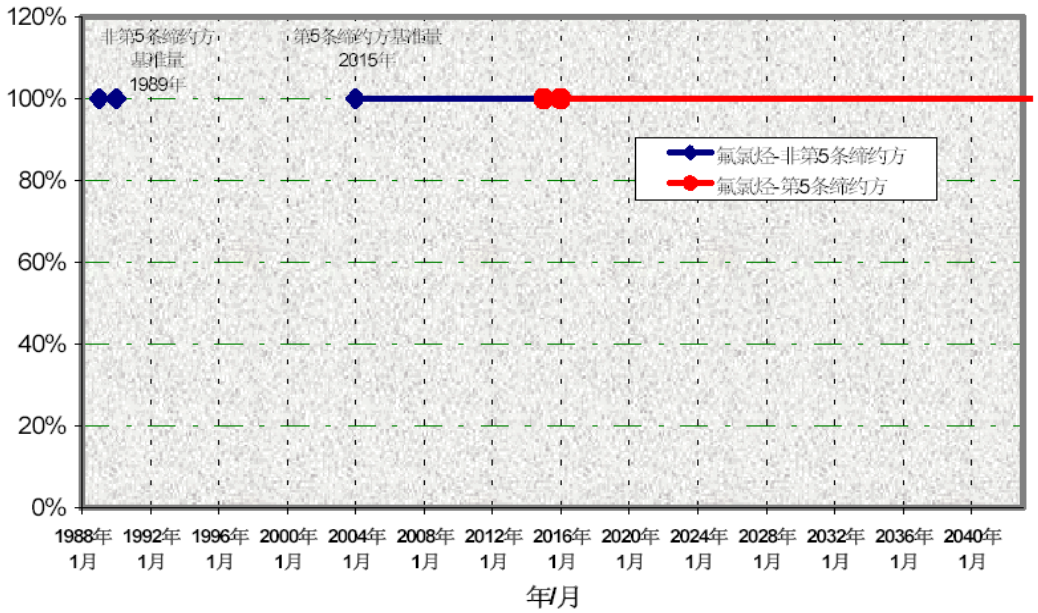

图 1-2 《蒙特利尔议定书》规定氟氯烃(附件 C/第一类)生产淘汰时间表

1.3 HCFCs 基本情况

HCFCs 类产品主要包括 HCFC-22，HCFC-123，HCFC-124，HCFC-141b，HCFC-142b，HCFC-225ca 等品种。在中国 HCFCs 类产品主要用于制冷剂，发泡剂、清洗剂和其他化工产品的原料。其中 HCFC-22 用于房间空调由来已久。中国在 CFCs 淘汰过程中，其中中央空调以 HCFC-123、HFC-134a 替代 CFC-11，CFC-12；冰箱和冷柜以 HC600a、HFC-134a 和少量 HFC-152a/HCFC-22 替代 CFC-12 作为制冷剂，以

环戊烷和 HCFC-141b 替代 CFC-11 作为发泡剂；小型冷冻设备以 HCFC-22、HCFC-22/HFC-143a 替代 R-502；在泡沫行业，以 CO_2 技术，碳氢化合物，HCFC-141b、HCFC-142b、HCFC-142b/HCFC-22 替代 CFC-11、CFC-12、CFC-114。在清洗行业，仪表清洗以 HCFC-141b 替代 CFC-113 和三氯乙烷。HCFCs 目前作为 CFCs 的过渡替代品使用，对尽快减少对臭氧层的损耗发挥了重要作用。

表 1-2 中国 HCFCs 消费应用领域

名称	*HCFC-22*	*HCFC-123*	*HCFC-124*	*HCFC-141b*	*HCFC-142b*
应用领域	房间空调的制冷剂	中央空调或大型离心式冷水机组的制冷剂	运输冷藏系统和家用、商用制冷设备等的制冷剂	硬聚亚安酯绝缘泡沫和自结皮泡沫的发泡剂	用作高温环境下制冷系统的制冷剂
	工商制冷设备的制冷剂	硬聚亚安酯绝缘泡沫和自结皮泡沫的发泡剂	灭火剂	清洗剂	生产氟树脂氟橡胶的原料
	冰箱、冷柜的制冷剂	灭火剂			挤出型 PE/PS 泡沫材料发泡剂
	XPS 板材	金属和电子元件的清洗剂			XPS 板材
	聚四氟乙烯等的生产原料				

2004 年，中国 HCFCs 生产量近 30 万吨，其中 HCFC-22 生产占总量 80%以上；HCFC-141b 占约 10%；其它近品种占约 10%。因此，依据本研究《工作大纲》和上述数据，针对 HCFCs 的控制核心是关于 HCFC-22 的控制问题。

《蒙特利尔议定书》将 HCFC-22 列为附件 C 第 1 类受控物质，HCFC-22 的臭氧耗损潜值 ODP 为 0.055；其在对流层中的寿命也较短，约为 12 年[3]；HCFC-22 也是温室气体，其 GWP 为 1,780 (WMO 2002)。但是由于目前中国 HCFCs 的生产总量已经是 CFCs 最大生产量[4]的数倍，而且由于 HCFC-22 生产过程与四氯化碳【CCl_4，以下简称 CTC (ODP＝1.1)】以及三氟甲烷【CHF_3，以下简称 HFC-23(GWP=11,700)】密切相关；因此，中国对 HCFC-22 的控制管理变得十分重要。

为有效减少和预防 HCFCs 对臭氧层的破坏以及控制与之生产和使用过程温室气

[3] 正在被淘汰 CFC-11、CFC-12 的 ODP 均为 1,大气寿命分别为 60 年、120 年。
[4] 中国 CFCs 生产量最高年为 1998 年，年产量约 58,000 吨。

体的排放，减少和避免未来淘汰 HCFCs 对中国社会、经济的影响，中国政府在德国 GTZ 资金支持下，组织开展了有关中国长期控制氟氯烃战略研究（简称《控制 HCFCs 战略研究》）。

1.4 《控制 HCFCs 战略研究》的具体目标

根据合同要求以及通过咨询和研究确定，研究控制 HCFCs 战略的总体目标是：识别满足公约和其他环境公约及其议定书的要求、控制和替代 HCFCs 的关键问题，提出履行《蒙特利尔议定书》的战略框架。

研究制定控制 HCFCs 战略的基本原则是：以促进可持续发展为宗旨，以保护人类健康和环境为根本出发点，以控制 HCFCs 生产、消费和排放为主线，优先削减和预防排放快、ODP 值高、替代技术成熟的生产和消费行业。结合考虑 HFCs 排放控制和国家十一五规划，制定和健全为履行国际环境公约所必需的政策法规，以强化执法监督、提高环境管理能力和建立适宜的资金机制为保障；基于中国的实际情况，建立政府主导，企业为主体和行业、公众参与的控制 HCFCs 机制，提出技术可行、经济有效的战略，保障中国安全履约。

《控制 HCFCs 战略研究》遵循并结合了《国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》（以下简称《国家十一五规划纲要》）、《国务院关于落实科学发展观加强环境保护的决定》（以下简称《国务院加强环境保护的决定》）和《国家环境保护“十一五”规划》的原则和计划。如：“推进工业结构优化升级”、“建设资源节约型、环境友好型社会”等篇章和“建立和完善环境保护的长效机制”等条目。

1.5 战略研究报告的基本内容

《控制 HCFCs 战略研究》分 6 章，其中第 1 章主要介绍中国签署《蒙特利尔议定书》的情况和公约及议定书的主要要求，研究《控制 HCFCs 战略研究》的目标和原则，研究控制 HCFCs 战略的机制，《控制 HCFCs 战略研究》中的不确定性和需要说明的问题。第 2 章描述了与 HCFCs 相关的基础背景信息，包括中国的 HCFCs 生产和消费情况。第 3 章描述了与 HCFCs 相关的替代品。第 4 章预测了中国未来 HCFCs 的生产和消费需求，第 5 章对不同控制情景进行分析；第 6 章明确中国履行《蒙特利尔议定书》的战略，包括总体目标、具体目标和行动计划。

1.6 编制过程

《控制 HCFCs 战略研究》的准备得到了国内外有关机构、组织的大力支持和积极参与。德国技术合作公司（GTZ）资助了研究《控制 HCFCs 战略研究》并提供了大量技术支持。在《控制 HCFCs 战略研究》编制领导小组主持下，环保总局组织北京大学环境学院等机构的专家联合开展编制工作，中国氟硅有机材料工业协会、中国石油和化学工业协会、中国家用电器协会、中国塑料加工工业协会、中国制冷协会等协助了数据调查和战略评估。《控制 HCFCs 战略研究》编写过程中先后召开多次研讨会，在《控制 HCFCs 战略研究》初稿形成之后，由环保总局外经办先后在 2005 年 6 月、9 月、2006 年 5 月和 11 月组织召开了系列国内研讨会和国际研讨会，参会人员包括国内各级政府官员，HCFCs 生产和使用企业，相关环境保护的非政府机构以及相关国际机构和政府的代表、专家。研讨会对《控制 HCFCs 战略研究（讨论稿）》进行了详细讨论并提出了口头和书面意见，本《控制 HCFCs 战略研究》基于上述研讨会提出的意见进行修改完成。

1.7 有关问题说明

依据香港和澳门特别行政区基本法，《蒙特利尔议定书（哥本哈根修正案）》对上述地区同时生效。但本报告不包含香港和澳门特区的有关 ODS 数据；故本研究不包含香港和澳门特区履行《蒙特利尔议定书》的战略计划研究。

第2章HCFCs 生产和消费现状

中国生产的 HCFCs 类产品包括 HCFC-22，HCFC-141b，HCFC-142b，HCFC-123，HCFC-124，HCFC-225 等，产品主要用作制冷剂，发泡剂，清洗剂和其他化工产品的原料。

中国是当前国际上最大的 HCFCs 物质生产者和消费者，截至到 2004 年底，全国 HCFC-22 年生产能力达到 373,500 吨/年，2004 年实际产量 261,751 吨，国内消费 192,150 吨，其中出口 68,902 吨。2004 年新增 HCFC-22 生产能力 145,500 吨，预计今后的 HCFC-22 生产量将进一步提高。此外全国共有 6 家企业生产 HCFC-141b，总的年生产能力 58,000 吨/年；2004 年年实际生产 41,213 吨，国内销售 24,799 吨，出口 14,323 吨；2004 年比 2003 年新增生产能力 6,700 吨。全国有 3 家企业生产 HCFC-142b，2004 年生产能力达到 11,000 吨，实际产量 4,750 吨，国内消费 4,103 吨，出口 498 吨。

最新的生产数据统计表明，HCFCs 的产量在 2005 年又有了增加（表 2-1），其中 HCFC-22 的产量已突破 30 万吨，其中国内原料用途占约 1/3。

表 2-1 中国 HCFCs 产量和销售（2004~2005 年） （吨）

品种	*HCFC-22*	*HCFC-141b*	*HCFC-142b*	*HCFC-123*	*HCFC-124*	*总计*
2004 年						
生产能力	373,500	58,000	11,000	3,000	1,500	447,000
产量	261,751	41,213	4,750	2,040	418	310,172
2005 年						
产量	311,641	43,507	11,143	2,550	856	369,697
国内销售	147,609	29,754	4,768	187	59	182,377
原料用途	94,219	0	5,510	1,434	488	101,651
出口	73,740	16,356	838	711	307	91,952

2.1 HCFC-22 的生产和消费

本研究调查发现，中国正在生产或曾经生产 HCFC-22 产品的企业共 21 家，其中 3 家已拆除生产设备。截至 2004 年，正常生产的企业 12 家，有生产线 23 条，总生产能力 373,500 吨/年；其中具有最高生产能力的 1 家为 100,000 吨/年，4 家生产能力为 30,000～40,000 吨/年，6 家生产能力为 10,000~30,000 吨/年，另外 1 家为 9,500 吨/年。除正常生产的 12 家企业；另外 9 家已停止生产 HCFC-22，它们的装置生产能力

不计算在内。调查结果反映出中国的 HCFC-22 生产能力迅速增长，并向大企业集中。

图 2-1 中国主要 HCFC-22 生产企业分布示意图

3 中国 HCFC-22 生产企业集中在江苏、浙江和山东等地，主要生产厂家分布见图 2-1。

2.1.1 HCFC-22 的生产

6 中国今年 HCFC-22 生产能力和产量变化见下表。

表 2-2 中国 HCFC-22 生产和销售*（吨/年）

年	*能力*	*生产量*	*企业内部消费*	*总销售*	*其中出口*	*国内销售*
2000	82,500	69,790	16,912	50,427	9,941	40,486
2001	163,500	95,444	25,905	68,843	16,727	52,115
2002	184,500	130,535	25,397	99,663	28,816	70,847
2003	213,000	185,670	32,818	153,085	50,520	102,565
2004	358,500	247,687	69,445	176,608	68,902	107,706

*包含截至 2004 年正常生产的企业，但不包括常熟阿托菲纳，据最新获得的信息显示，常熟阿托

菲纳 2004 年的生产量约 15,000 吨。

生产 HCFC-22 的主要原料为氢氟酸(AHF)、氯仿($HCCl_3$)、液碱、液氯和催化剂五氯化锑。近年来原料价格有大幅上涨。从企业提供的信息来看，2004 年的氯仿价格比 2002 年每吨上涨了 1,000～2,000 元，企业的产品单耗在 1.5 吨/吨左右；2004 年的氢氟酸价格比 2002 年也上涨在每吨 1,000～2,000 元，产品单耗在 0.5 左右；原料成本增加很大。

关于氯仿的价格：除国内氯仿需求量增长之外，原料价格大幅上涨的原因之一还包括反倾销导致国内供方不能够完全满足需求增长。

关于 HF 的价格：HF 的价格增长初步分析由两个原因造成：（1）国内 HF 需求量增加；（2）萤石被限制出口后，HF 出口量迅速增长，进一步导致 HF 短缺而价格增长。中国近年萤石和 HF 出口量见图 2-2。

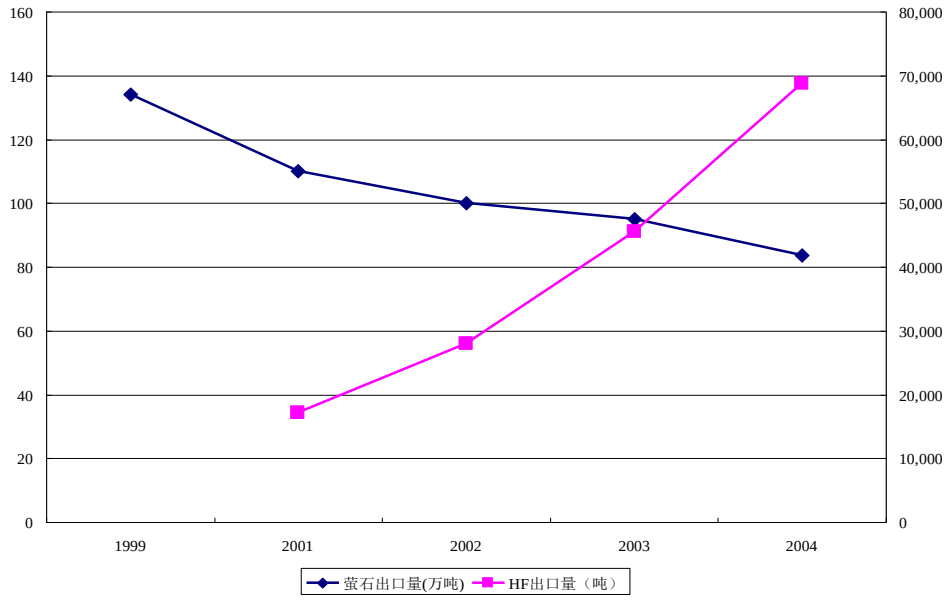

图 2-2 中国近年萤石和 HF 出口量

由于我国房间空调、工业商业制冷等行业的迅速发展及 PTFE 市场需求的不断增加和良好效益，致使国内企业在近几年内不断对 HCFC-22 进行扩产和投资新的生产装置。5 年来，HCFC-22 产量的年平均增长率高达 27%，造成了目前产品供大于求，价格下滑的现状。销售价最低时，跌至每吨不足 10,000 元，已接近生产成本甚至赔本。

我国 HCFC-22 产品质量稳定，不同企业根据产品不同用途采用不同的质量标准，主要采用的标准为国家标准 GB7373-87，GB9016-88；但也有企业为满足用户要求，

采用指标要求高于国家标准的企业标准。

2.1.2 HCFC-22 的消费行业

HCFC-22 因其优异的性能而大量用作制冷剂、发泡剂和多元混配工质，同时也用作生产 PTFE 的主要原料。在制冷行业其可应用于采用活塞式、螺杆式和离心式压缩机的制冷产品，包括空调、小型制冷设备等。我国的房间空调从最初生产开始就采用 HCFC-22 作为制冷剂，由于其生产迅速发展，使用日益普及，对 HCFC-22 的需求迅速增加，同时在小型制冷设备生产领域作为 CFCs 的替代品其用量也不断增加。近年来，随着有机氟高分子材料发展规模的扩大，作为原料的 HCFC-22 需求迅速扩大，此外，由于建筑行业对多孔聚苯乙烯（XPS）板材的需求迅速增长，HCFC-22 作为发泡剂的消费在 2005 年也达到了万立方米水平。

表 2-3 国内 HCFC-22 销售分布（吨/年）

	2000	2001	2002	2003	2004
Feedstock	18,119	22,662	29,332	50,344	
Refrigerants for Stationary air conditioning	9,826	13,126	15,882	16,788	
Refrigerants for comercial and industrial refrigerant	50	11,135	12,839	18,099	
Foaming agents	-	-	814	1,569	
dealers	28,084	32,610	43,814	51,747	
others	785	306	1,507	3,164	
total	56,863	79,839	104,189	141,711	177,150

在 2004 年生产 HCFC-22 企业中，有 8 家采用 HCFC-22 为原料进行深加工，其中自用量占全年产量近 50%的有 2 家，全部产量都用于自用的有 2 家。有 9 家企业的产品部分出口。其余的 HCFC-22 均作为制冷剂、发泡剂等在国内销售。

2.1.2.1 房间空调行业

我国的房间空调生产行业是从 1990 年代迅速发展起来的产业，也是目前我国 HCFC-22 最大的消费行业。调查结果显示 1991~1993 年期间，房间空调生产量的年均增长率高达 144%；1994~1998 年期间，房间空调生产量的年均增长率为 23%；1999~2004 年期间，房间空调生产量的年均增长率为 41%；2004 年房间空调的生产量达到 6,390 万台；但 2005 年房间空调的生产量为 6,764 万台，相比 2004 年增长 5%，大大低于前期增长率。该行业目前消费 HCFC-22 约 8 万吨（含新灌装和维修）。

中国房间空调出口起步于 1990 年代中期，此后一直保持迅猛的增长趋势。1995~2004 年间，出口空调年均增长率为 59%。目前，中国出口的房间空调主要使用 HCFC-22 作为制冷剂，只有少量使用非 ODS 制冷剂 R-407c 和 R-410a，以满足出口到欧盟、日本等国家和地区对产品在制冷剂、能效指标和安全指标等方面的要求。

对于房间空调产品，目前 HCFC-22 制冷剂最可能的替代选择是 HFCs(R-410a)和碳氢（HC，R-290），除可满足保护臭氧层的要求外，其产品在能效上的优势也较为突出。尽管由于 HCFC-22 和 R-410a 性能不同，不能直接替代，但为满足部分国家和地区的要求，我国部分制造商还是对生产设备进行了改造，可以生产不同制冷剂的产品，以满足出口需求。尽管 HC 在制造过程需要改造的部分不多，但面临生产、安装和维修等过程的安全问题。此外，HC 产品生产在中国只是刚刚起步，未知因素较多。

项目组实地走访了宁波某空调有限公司，山东某集团公司等房间空调生产企业。宁波某公司共有 7 条空调生产线，年生产能力 500 万台，2004 年生产 250 万台，其中 70％是以 HCFC-22 为制冷剂的产品，年消费 HCFC-22 约 2,400 吨；其部分生产线已经过改造，可以兼容生产 R-407c，R-410a 为制冷剂的产品，以满足生产出口产品的需要。国内销售的产品全都采用 HCFC-22 为制冷剂；在出口产品中有 50％为 R-407c 或 R-410a 产品。但在全国 50 多家生产企业中，宁波某空调有限公司，山东某集团公司按企业规模，技术条件等均在前几位，并不能代表我国的整体技术水平，多数企业，尤其是小企业还不具有采用替代品的条件。

表 2-4 统计了某企业近年来以 HCFC-22 为制冷剂的空调生产量及 HCFC-22 消费量。

表 2-4 某企业以 HCFC-22 为制冷剂的空调生产量及 HCFC-22 消费量

年份	*2001 年*	*2002 年*	*2003 年*	*2004 年*
产量（台）	487,500	780,000	1,520,000	1,880,000
HCFC-22 消费量（吨）	600	960	1920	2400
平均单耗(灌注量)(kg/台)	1.23	1.23	1.26	1.28

从对消费企业的调查数据分析，主要企业的 HCFC-22 用量得到了核实，数据与从 HCFC-22 生产企业所得数据吻合。房间空调产品的制冷剂平均单耗为 1.2~1.4kg/台。

房间空调行业生产企业的生产标准和产品概况列于表 2-5。2004 年 8 月 23 日我国颁布了《房间空气调节器能源效率限定值及能效等级》（GB12021.3-2004）标准，

并从 2005 年 3 月 1 日正式实施。该标准将推进产业的技术更新和技术进步，对新制冷剂的应用有推动作用。

表 2-5 房间空调行业生产企业的生产标准和产品概况

企业所采用的质量标准	*GB/T7725，GB 4706.32，GB4706.1*
对 HCFCs 的防漏检漏措施	氦检漏、卤素检漏等手段
对 HCFCs 回收再利用的措施	生产线上一般企业都有回收措施
产品预期寿命和影响因素	一般预期寿命 8～10 年，用户使用环境对寿命有影响
压缩机故障率和需打开制冷系统的维修率	压缩机故障率 0.3%以下，需打开制冷系统的维修率 0.3%以下
替代品或替代技术	可用 R-407c，R-410a 为制冷剂
替代技术来源和改造费用	自主开发替代技术，生产线改造费用 300 万/条
使用替代品后产品的成本增加率和市场的影响	成本比使用 HCFC-22 增加 30%，售后服务的难度增加

2.1.2.2 工商制冷行业

在过去 10 年，中国的制冷工业在企业改革、外资利用、技术引进、技术革新、提高产品质量和削减 ODS 消费等方面取得了重要进步。按照 1989~1999 年中国空调和制冷工业协会的年度报告，1989 年中国只有 217 家企业生产各类制冷设备和产品，年工业产值 65 亿元人民币[5]；而在 1998 年，各类制冷设备生产企业发展到 1,000 家，工业产值为 400 亿元人民币（不包括家用制冷行业），10 年间年增长率为 20%。与此同时，外资企业，包括合资公司和独资公司，从 1990 年的 6 家发展到 1998 年的 110 家。如今，中国的制冷工业是具有包括大中小各类制冷设备生产的完整工业体系，产品质量、技术工艺和技术标准不断提高，与发达国家之间的技术差距越来越小。中国已成为美国和日本后的世界第三大制冷设备生产国。对压缩机的需求和生产将随着经济的发展不断增长。

工商制冷设备包括广泛应用于工业和商业领域的制冷设备。按照不同的使用用途大体上可以分为五个部分：商业制冷、冷藏和冷冻加工、工业制冷、运输制冷和中央空调。

此行业生产的产品种类多，大小差别也很大。冷库、单元机、冷水机组，每种都有大小型号，小的需几公斤制冷剂，大的需上吨的制冷剂。而且一般是出厂不灌注，在用户安装完毕后才充注制冷剂；因此对该行业制冷剂的使用很难管理和准确统计。

[5] 工商制冷行业产量数据统计数据以产值来表示。

在对该行业进行调查中，中国制冷行业协会提出应加强对制冷设备的管理和登记。建议对每套空调装置建立档案，建立统计体系和制度。同时通过严格产品标准和改进技术，提高产品的密闭性，减少泄漏，加强对制冷剂的维修回收和废弃回收的监督和管理。对于中国工商制冷行业来说，现阶段和今后 10 年内，用于制冷产品的主要制冷剂仍将是 HCFC-22。

针对目前对空调装置的管理法规不健全，产品密封性不够，冷媒泄漏量大，维修操作不规范等存在的问题，行业协会提出了如下建议。首先加强对于 HCFCs 的管理，减少在制造、安装、运行、维修与报废过程的排放；应制订和颁布相关的法律与政策，明确规定任何制冷空调设备与系统必须不断提高密闭性，降低泄漏率，加强维修回收与报废回收，禁止任意排放；建立完整的管理体系与机构；实行回收，循环处理再利用，再生的 3R 维修培训与考核制度；编制有关技术标准；对于在离心式冷水机组中使用的 HCFC-123 制冷剂，鉴于这种制冷剂对于全球环境综合影响的 5 大优势，建议保留其长期使用。

对于工商制冷行业制冷剂替代品的选择，由于制冷设备制冷量的不同，HCFC-22 的替代品选择也会发生变化。在中型螺杆式压缩机冷水机组中，HFC-134a 成为主要的替代制冷剂，当然也有少量制造商使用 R-410a 或其它制冷剂。在离心式压缩机的超大型冷水机组中，大部分制造商已停止使用 HCFC-22，转而使用 HCFC-123 和 HFC-134a，相对而言，对 HCFC-123 的接受程度要高一些。

项目组先后走访了浙江春辉集团公司，浙江杭州商业机械厂，重庆通用机械厂，大连冰山集团等企业。浙江春辉集团主要制造容量为 50～60 m^3 的冷库，每座冷库的制冷剂需求量约为 70～80kg，目前使用 HCFC-22 作为制冷剂。浙江杭州商业机械厂主要生产制冷压缩机，制冷量在 3.5~30kW；生产能力 7,000 台/年，2004 年实际生产 3,000 台，平均每台 HCFC-22 灌装量为 40kg，考虑到不同用户的需求，其产品也可根据用户的要求采用 R-404a 或 R-407c 为制冷剂。重庆通用机械厂生产以 HCFC-123 为制冷剂的设备，2004 年生产 17 套，灌装 HCFC-123 共 13.6 吨。大连冰山集团 2004 年生产制冷压缩机 4,000 台，其中 50％灌装 HCFC-22，另外 50％灌装液氨。调查结果表明，HCFC-22 的替代品在该行业已有一定的使用，主要是根据客户的要求而决定。

表 2-6 给出了该行业产品的概况。2004 年 8 月 23 日我国颁布了《单元式空气调节机能源效率限定值及能效等级》（GB19576-2004）和《冷水机组能源效率限定值及能效等级》（GB19577-2004）标准，并从 2005 年 3 月 1 日正式实施。该标准将推进产业的技术更新和技术进步，对新制冷剂的应用有推动作用。

表 2-6 工商行业企业产品状况

企业所采用的质量标准	*JB/T3355-1988，GB/T19001-2000，GB/T10079-2001*
对制冷剂的防漏检漏措施	有
对 HCFCs 回收再利用的措施	一般企业都有
产品预期寿命和影响因素	一般预期寿命 8~15 年，用户使用环境对寿命有影响
压缩机故障率和需打开制冷系统的维修率	压缩机故障率 0.3%~2%以下，需打开制冷系统的维修率 0.7%~5%，最高为 20%
替代品或替代技术	可用 HFC-134a, R-404a, R-407c，R-410a 为制冷剂
替代技术来源和改造	压缩机可多介质通用，需调换冷冻油和制冷剂
使用替代品后产品的成本增加率和市场的影响	成本比使用 HCFC-22 增加 2,000 元/台或增加 10～15%，售后服务的难度增加

2.1.2.3 泡沫行业

在泡沫行业使用的 HCFCs 产品包括 HCFC-141b、HCFC-142b 和 HCFC-22 三种。HCFC-22 和 HCFC-142b 主要用于生产 XPS（Expanded Polystyrene 多孔聚苯乙烯）板材，作为建筑保温材料，该行业发展初期，更多的企业采用 HCFC-142b 或 HCFC-142b 和 HCFC-22 的混合物作为发泡剂，近年随着技术发展和 HCFC-22 价格降低，采用 HCFC-22 的比例越来越大。目前我国至少有 150 条 XPS 生产线，生产能力 1,000 万立方米/年，2005 年生产量为 100～300 万立方米，消费 HCFC-22 发泡剂 5,000～10,000 吨；产量年增长率大于 20%。由于我国对建筑物节能提出了新的标准，对这类保温材料的需求增长迅速。目前可用 HFC-134a、HFC-152a、CO_2、醇、醚等替代 HCFC-22 和 HCFC-142b 作为 XPS 发泡剂，但 HFC-134a 的使用由于其温室效应受到限制。

2.1.2.4 化工生产行业（原料消费）

HCFC-22 可以用作原料生产多种含氟精细化学品，包括四氟乙烯、六氟丙烯、四氟丙醇、八氟环丁烷、HFC-23、HFC-227ea 等，其中最主要的品种是聚四氟乙烯（PTFE）。由于 PTFE 比一般工程塑料具有更优良的性能，被广泛应用于石油化工、电子电器、航天航空、机械、生物医药、建筑、国防军工和尖端科学等领域，成为现代工业所不可缺少的新材料之一。我国的 PTFE 工业起步于 20 世纪 60 年代，发展于 20 世纪 90 年代，近十年来发展迅速。

以 HCFC-22 为原料生产化学品的企业，多以自产 HCFCs-22 为主，对其进行深加工。特别是近年来，市场上 HCFC-22 的价格下滑，企业为获得更多利润，这方面的趋势更加明显，多数 HCFCs-22 的生产企业都在以其为原料生产其他产品。原料消

耗占了国内 HCFC-22 消费量的约 40%。

上海三爱富新材料股份有限公司、泰州梅兰氟材料有限公司、山东东岳高分子材料有限公司、中昊晨光化工研究院、济南三爱富氟化工有限责任公司等企业四氟乙烯产品的生产状况如表 2-7，企业所采用的产品标准均为企业标准。

表 2-7 我国企业四氟乙烯产品生产状况

生产线（条）	生产能力（吨/年）	产量（吨）				产品吨耗（吨/吨）
		2001	2002	2003	2004	
10	33,200	9,372	12,200	18,639	29,125	1.95～2.30

2.2 HCFC-141b/142b 生产和消费

中国现有 HCFC-141b 生产企业 6 家，其中浙江省 4 家，江苏省 2 家，HCFC-142b 生产企业 4 家，其中浙江省 2 家，江苏省 1 家，四川 1 家。

此外，在浙江省还有 1 家企业生产 HCFC-123 和 HCFC-124。

2.2.1 HCFC-141b 生产

我国浙江三环化工有限公司，浙江杭州富时特化工有限公司等企业从 1990 年代初开始生产 HCFC-141b，2004 年全国总的年生产能力 58,000 吨，年实际产量 39,907 吨，其中国内销费 24,799 吨，其余出口国外。2004 年比 2003 年新增生产能力 6,700 吨。

表 2-8 中国 HCFC-141b 生产和销售（吨/年）

年	能力	生产量	企业内部消费	总销售	出口	国内销售
2000	12,500	7,682	0	8,059	3,120	4,939
2001	20,000	14,366	20	13,289	5,038	8,251
2002	30,000	23,353	68	23,761	10,475	13,286
2003	49,500	32,494	0	32,140	9,501	22,640
2004	58,000	39,907	179	38,943	14,323	24,620

对于 HCFC-141b 生产，可采用的原料包括偏氯乙烯，三氯乙烷，氯乙烯和氢氟酸(AHF)。企业生产 HCFC-141b 或采用国家标准 GB/T18827-2002，或采用企业标准，

主要是因为产品出口，对指标的要求高于国家标准。

2.2.2 HCFC-142b 生产

浙江三环化工有限公司等企业自 1990 年开始生产 HCFC-142b，作为 CFCs 的替代品，其可用作聚苯发泡剂生产建筑板材，也可用作制冷剂，或生产其它产品如偏氟乙烯的原料。全国目前有 4 家企业生产 HCFC-142b，2004 年生产能力达到 11,000 吨/年，实际产量 4,750 吨，国内消费 4,103 吨，出口 498 吨。2005 年以来，中国采用 HCFC-142b 发泡生产 XPS 板材的企业快速增长，需求量也相应增长很快。

表 2-9 中国 HCFC-142b 生产和销售（吨/年）

年	*能力*	*生产量*	*企业内部作为原料消费*	*总销售*	*出口*	*国内销售*
2000	2,000	505	-	470	-	470
2001	4,500	750	-	1,166	-	1,166
2002	5,000	2,082	171	2,059	282	1,777
2003	9,000	3,948	603	3,445	266	3,221
2004	11,000	5,481	663	3,939	498	3,441

对于 HCFC-142b 生产，可采用的原料包括偏氯乙烯和氢氟酸(AHF)，或采用 HFC-152a 和液氯。根据企业提供的信息，近年来 HCFC-142b 的销售价格在每吨 15,000 元左右，不同企业由于技术、管理等原因，生产效益存在较大差异。企业生产 HCFC-142b 全都采用企业标准。

2.2.3 HCFC-141b/142b 的消费

HCFC-141b 在泡沫塑料行业应用很广，由于其气相导热性较差，所以它是替代聚安酯硬泡（PU-R）发泡剂 CFC-11 的最好替代品。与 CFC-11 相比，HCFC-141b 对臭氧层的破坏力要低 10 倍，因此在快速淘汰 CFCs 的进程中，使用它作为过渡物质被认为是一种可行的解决方法。HCFC-141b 也可作为清洗剂替代 CFC-113。HCFC-142b 可用作大型空调设备的制冷剂，也可作为发泡剂使用，主要在 XPS 板材行业。

表 2-10 HCFC-141b/142b 的销售分布(吨/年)

国内需求	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年
HCFC-141b					
经销商销售	91	140	1,699	3,743	
发泡剂	4,638	7,748	10,669	18,271	
其他	210	363	918	626	
企业自用		20	68	0	
总计	4,939	8,271	13,354	22,640	
HCFC-142b					
经销商销售	470	1,166	1,777	3,221	3,757
其它					
企业自用			171	603	303
总计	470	1,166	1,948	3,825	4,060

目前 HCFC-141b 主要替代 CFC-11 用于 PU-R 产品，部分冰箱冰柜，冷藏冷冻设备的生产中，也采用 HCFC-141b 作为发泡剂生产隔热箱体等。如江苏某电器股份有限公司 2004 年生产冰柜 30 万台，消费 HCFC-141b 共 57 吨；黑龙江某有限公司 2004 年生产冰箱 136,255 台，消费 HCFC-141b 共 65 吨。但即使到现在 HCFC-141b 替代 CFC 在聚氨酯喷涂泡沫中的使用技术也没有真正解决，产品质量存在缺陷；行业方面有意愿直接开发使用 HFC-245fa 或 HFC-365mfc 技术，但专利问题和价格问题是最大障碍；呼吁国际组织促进开放专利，促进替代技术的应用；适当予以资金支持。

此外，还有部分 HCFC-141b 作为清洗剂使用。如四川某公司 2004 年生产压缩机 180 万台，在生产中使用 190 吨 HCFC-141b 作为清洗剂，该企业无 HCFCs 回收再利用措施；西安市某压缩机厂生产空调压缩机，2004 年共生产 211 万台压缩机，使用 17.25 吨 HCFC-141b 作为清洗剂，清洗设备有蒸馏回收装置。

2.3 其他 HCFCs 产品

浙江蓝天环保高科技股份有限公司开发生产 HCFC-123，并以 HCFC-123 为原料生产 HCFC-124。HCFC-123 可替代 CFC-11 和 CFC-113 作清洗剂，发泡剂，灭火剂和制冷剂；但由于其毒性一致受到关注，目前其主要应用领域是密封环境较好的制冷系统。HCFC-124 主要作为特殊冷冻系统中 CFC 制冷剂的替代品和灭火剂。现生产能力分别达到 3,000 吨/年和 1,500 吨/年，生产标准采用企业标准，经省局备案；质量达到国际标准要求。

表 2-11HCFC-123 生产和销售分布

年	能力	生产量	内部消费	总销售	其中出口	国内销售
2000	1,000					
2001	1,500			374		
2002	2,000	1,011	555	350	214	112
2003	3,000	1,758	1,019	436	238	184
2004	3,000	2,040	1,502	780	605	231

表 2-12　　HCFC-124 生产和销售分布

年	能力	生产量	内部消费	总销售	其中出口	国内销售
2000	100					
2001	500			12		
2002	800	153	6	41	36	5
2003	800	208	13	160	147	13
2004	1,500	418	243	257	151	106

HCFC-123 产品以三氯乙烯和氢氟酸为原料，近年来销售价格有所下降。

HCFC-124 的生产以 HCFC-123 和氢氟酸为原料，近年来生产成本有所降低，生产效益较好。

2.4　企业对公约的了解和技术准备

中国的 HCFCs 生产企业对公约大都有较深的了解，主要原因在于：

- 由于“中国逐步淘汰 ODS 国家方案”的执行，特别是“化工行业 CFC 生产淘汰计划”的实施，在化工行业开展了一系列宣传教育活动，使企业了解了《蒙特利尔议定书》和我国应承担的义务和淘汰目标。在 HCFCs 生产企业中，许多企业参与进行了 CFCs/哈龙生产淘汰。
- 中国政府近年来加强了保护臭氧层的宣传，并颁布了相关政策和法律法规，加强了监督。企业能够积极主动地学习和了解相关政策，为企业的长远发展早做规划。
- 企业为树立自身形象，积极参与环境保护活动的意识不断加强。
- 占领替代品市场，也是企业关心履约行动和政策的一个动因。企业主动了解履约目标和规划，主动投入替代品的开发和生产，以期能够占领替代品市场。
- 履约活动对企业的生产效益会产生一定影响，但调查表明，企业的抗风险能力也在不断加强，正在主动适应今后的履约要求，主要体现在：企业在向多品种产品的生产转变，积极开发替代品。企业规模扩大，生产向少数大企业集中，工艺和

技术水平不断提高，抗风险能力增加。

- 从企业效益分析看，HCFCs 产品效益并不高，以其为原料生产高端产品也是企业提高效益的重要途径；
- 企业希望在淘汰 HCFCs 过程中给予一定的资金支持和技术援助。
- HCFCs 生产企业大都关心和了解 HCFCs 相关用途的替代产品，积极准备或已经开始生产相关的替代品，包括制冷剂，发泡剂等。替代品的种类主要集中在 HFC 类产品，如 HFC-32, HFC-134a, HFC-143a, HFC-125, HFC-152a，HFC-245 等。技术主要是企业自主开发。

表 2-13　各企业替代品开发能力和成效(修改，只讲产品，不提企业)

企业编号	*现生产的替代品*	*计划生产替代品*	*产品用途*	*需求*
F-22-1 济南三爱富				含氟清洗剂、助剂的替代技术缺乏
F-22-2 梅兰	HFC-32 生产能力 5000 吨/年			
F-22-3 利民		生产 HFC 类产品		
F-22-4 东岳	清华绿色制冷剂，替代 HCFC-22。5000 吨/年生产规模，	今后将投资 3 亿元扩建绿色制冷剂，发展为 20000 吨/年的规模。		
F-22-5 巨圣			其产品作为 TFA 原料，不受影响	
F-22-6 衢化	HFC-32、HFC-143a	HFC-134a、HFC-32/HFC-143a、HFC-125、HFC-152a 等		
F-22-7 三美				其为新建企业，对替代品尚未考虑
F-22-8 中昊				其为新建企业，对替代品尚未考虑
F-22-11 莹光	R-407c, R-410a, R-404a HFC-32, HCFC-125	HFC-143		
F-22-12 鹰鹏	HCFC-125：年产 2000 吨 HFC-32：年产 5000 吨，自行研制开发。	计划将 HFC-32 扩大到 8000 吨/年		
F-22-13 晨光			其产品作为 TFA 原	

		料，不受影响	
F-141-1 康泰		暂无计划	
F-141-2 富巨		通过转产 HFC-245 来替代 HCFC-141b	
F-141-3 三环		计划生产 HFC-143a, HFC-245fa, HFC-365	
F-141-4 三美			其为新建企业，对替代品尚未考虑
F-141-5 常熟三爱富	HFC-134a 目前已有 1,000T/a 装置	计划生产 HFC-125	自主开发
F-141-6 富时特	HFC-152a		自主知识产权（专利技术）
F-142-1 三环		计划生产 HFC-143a，HFC-245fa, HFC-365	自主开发
F-142-2 中昊			其为新建企业，对替代品尚未考虑
F-142-3 蓝天环保	HFC-143a, HFC-227e	HFC-245fa, HFC-365 HFC-161	自主开发

2.5 我国 HCFCs 生产管理的法规

中国政府从 20 世纪 70 年代起开始加强环境立法，除在国家宪法中列入保护环境和自然资源的条款外，近年来相继颁布了《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》等一系列环境保护法律，与管理 HCFCs 生产有关的主要环境保护法规和规章如表 2-14 所示。其中《环境保护法》,《大气污染防治法》为制订 ODS 的管理规章提供了法律依据。在《大气污染防治法》的第 45 条规定："中国政府鼓励和支持 ODS 替代品的生产和消费，逐步减少 ODS 产量，最终停止 ODS 生产和消费。"第 59 条明确了对任何违背第 45 条规定的单位或个人进行处罚的详细规定。

环保总局，原国家经贸委和国家海关总署在 1999 年 12 月联合发布了关于 ODS 进出口管理办法。管理规定于 2000 年 4 月生效。管理规定要求所有 ODS 进出口活动必须登记。结合生产配额制度，ODS 进出口管理有效地控制了中国的 ODS 供应和需求。

表 2-14　　中国与 HCFCs 管理相关的政策法规

日期	*政策法规名称*	*发文单位*
进出口管理政策		

1999.12.3	关于印发《消耗臭氧层物质进出口管理办法》的通知（环发［1999］278 号）附件：消耗臭氧层物质进出口管理办法	环保总局、对外贸易经济合作部、海关总署
2000.1.19	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（环发［2000］10 号）附件：中国进出口受控消耗臭氧层物质名录(第一批)	环保总局、对外贸易经济合作部、海关总署
2000.4.13	关于印发《关于加强对消耗臭氧层物质进出口管理规定》的通知（环发［2000］85 号）附件：(关于加强对消耗臭氧层物质进出口管理的规定)	环保总局、对外贸易经济合作部、海关总署
2000.5.15	关于公布“回收的消耗臭氧层物质”标志的通知（环发［2000］102 号）	环保总局
2000.7.1	关于设立国家消耗臭氧层物质进出口管理办公室的批复（中编办字［2000］60 号）	中央机构编制委员会办公室
2001.1.18	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（环发［2001］6 号）	环保总局、对外贸易经济合作部、海关总署
2004.2.6.	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 （环发[2004]25 号）	国家环境保护总局、商务部、海关总署
监督与管理政策		
1995.1.12	关于蒙特利尔多边基金赠款项目环境影响评价工作有关问题的通知（环监［1995］019 号）	原国家环保局
1996.4.24	关于印发及试行《保护臭氧层多边基金项目实施指南（试行）》的通知（环经［1996］409 号）	原国家环保局
1997.2.24	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（环控［1997］115 号）	原国家环保局
1997.1.13	关于全面推行排污申报登记的通知（环控［1997］020 号）	原国家环保局
1997.7.22	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（环控发［1997］43 号）	原国家环保局

第3章HCFCs 替代品分析评估

中国 HCFCs 替代品的 选择应遵循下述原则。首先，替代品应该为非 ODS 化学品；其次，在技术可行、成本可承受的情况下，尽量选取非 GHG 化学品；第三，我国是一个发展中国家，生产工艺和技术相对落后，所以在选择替代品过程中，应该量力而行，不可盲目攀比国外先进替代品和提前淘汰的做法。

目前，我国在 ODS 替代品方面已具备了一定的开发和生产能力，并取得了较大进展，某些替代品的生产已具有了相当的规模，并成功地研究开发了若干种重要替代品的生产技术和工艺，如开发投产了 HFC-134a、HFC-152a、HFC-32、HC-600a（异丁烷）、环戊烷、ABC 干粉等国际上认同的主要的 ODS 替代品。但由于技术限制或部分替代品的需求量还不是很大，以致现有的一些替代品的装置能力较小；一些高科技含量的品种还处在起步阶段，没有形成规模；一些产品由于价格过高等原因，国内没有市场。在今后，随着淘汰活动的深入开展，对替代品的需求将迅速增长。此外，由于 ODS 替代品的应用技术日趋成熟，应用领域不断扩展，势必增加替代品的消费量；而且随着我国经济的持续快速增长和技术进步，ODS 替代品生产和相关应用行业的国际竞争力也将增强，将有越来越多的 ODS 替代品及含替代品的整机出口，这将促使替代品的出口量迅速增加。

在替代品的消费方面，有关企业积极探索应用替代品的工艺技术和设备改造问题，几个主要消费行业在替代品应用技术方面已取得了积极的进展。特别需要指出的是，随着科学技术的进步，人类对环境、健康安全的要求不断提高，技术指标不断更新，许多较为成熟的 ODS 替代品由于可能造成其它环境问题，如具有高温室效应值等，面临被控制甚至被淘汰的问题。由此对 ODS 替代品的选择和发展提出了更高的要求，同时也为 ODS 替代品的开发、为相关产业的发展带来了新的机遇。

3.1 HCFC-22 可能的替代品

3.1.1 人工制品

目前 HFCs 是 HCFC-22 主要的非 ODS 替代品。由于 HFCs 的 GWP 值较大，所以受到京都议定书的控制。尽管 HFCs 对 GHG 排放的实际贡献并不大，1997 年约占总排放量的 0.5%，预测到 2050 年占 2~4%，但由于 HFCs 被列为《京都议定书》的受控物质，很多国家对其应用已开始控制。欧洲许多国家已经提出淘汰 HFCs 的建议。

但在实际应用中，如果设备密封性好，工人操作技术标准、规范，使用 HFCs 类制冷剂对环境的影响极小。尤其是当考虑到不同制冷剂的能效系数（COP），HFCs 类制冷剂在设备运行中能够降低能源消耗，从而可以间接减少二氧化碳的排放。

目前在全球范围内常用的四种 HFCs 混合制冷剂为 R-407c、R-410a、R-404a 和 R-507a，具体的组成成分和性质见表 3-1 。

表 3-1 混合工质 R-407c、R-410a、R-404a 和 R-507a 的组成与性质

混合制冷剂	成分（质量百分比）	滑移温度	生产厂商	商品名
R-407c	HFC-32=23% HFC-125=25% HFC-134a=52%	非共沸混合物，滑移温度为 6K	DuPont ICI Americas	SUVA AC 9000 KLEA 407C (用过 KLEA 66)
R-410a	HFC-32=50% HFC-125=50%	近共沸混合物，滑移温度 OK	Allied signal DuPont	AZ-20 SUVA AC9100
R-404a	HFC-125＝44% HFC-143a＝52% HFC-134a＝4%	近共沸混合物，滑移温度 OK	DuPont Honeywell	R-404a
R-507a	HFC-125＝50% HFC-143a＝50%	共沸混合物，滑移温度 OK	DuPont Honeywell	AZ-50

我国自主开发的 HFCs 替代品包括清华大学开发的 R-425a，其 GWP 值较低（约为 960），无毒、不燃，相比 HCFC-22，压力增加 8.7%，制冷量增加 4.1%，充灌量减少 16.6%，可直接用于 HCFC-22 使用的压缩机和换热器，已在奥柯玛公司房间空调产品中投入批量生产。浙江蓝天环保公司开发的 ZCI-7 和 ZCI-8，GWP 值为 1220 和 1370，也具有很好的应用前景。

目前制冷行业普遍认为采用 HFC 类制冷剂来替代 HCFC-22 是当前一种现实可行的方案。1990 年代中期，R-407c 在房间空调和热泵上的应用在欧洲市场上取得了广泛的接纳；由于 R-407c 运行压力和温度与 HCFC-22 相当，因此只需对 HCFC-22 系统进行很小的改进就可以使用 R-407c；但其为非共沸制冷剂，温度漂移可达到 4~6 ℃，R-407c 系统运行效率偏低，且系统运行性能的稳定性难以得到保证，欧洲市场在使用数年后，现已开始逐步转向使用 R-410a。日本则是从一开始即选用 R-410a 做为 HCFC-22 的替代制冷剂，而在美国 R-407c 也未能取得制冷空调业界的青睐，取而代之的则是 R-410a。经过近几年的发展，我国空调和部件生产厂家已基本上掌握

了 R-410a 的相关技术，具备了生产 R-410a 制冷设备的能力，部分企业生产的产品已出口到欧盟、日本等地。

虽然 HCF 的使用由于其 GWP 值较高而受到《京都议定书》的限制，但研究发现，一台普通空调机在使用期间，发电厂为了产生电流驱动空调机而排放的二氧化碳远超出制冷剂泄漏对气候变暖所带来的影响。提高制冷设备的能效对减少温室气体排放有着重要的作用。一些研究者通过对比分别采用 R-410a 与 HCFC-22 制冷剂的房间空调样机的各类性能如制冷量和能效比、全年运行耗电量、环境性能以及生产成本等，进行分析比较，得到 R-410a 有利于减少空调换热器尺寸、提高系统运行效率、节约耗电和运行费用的结论；其还预计随着原材料价格的上升和 R-410a 压缩机生产能力的扩大 ，R-410a 与 HCFC-22 空调蒋具有相近的生产成本；同时，通过减小能源消费以及空调制冷剂充灌量和泄露量，R-410a 还会有利于降低空调的使用对气候变暖的影响。

3.1.2 天然工质

由于没有全球性环境危害、又能完成工业使命，天然工质受到了日益广泛的关注。然而天然制冷剂并不是完美的替代品，大量使用时存在安全隐患，如 NH_3 就具有毒性、可燃性等。所以天然工质在短时间内的应用仍带有局限性。表 3-2 列出了重要天然工质制冷剂的主要优缺点及其应用场合。

表 3-2 重要天然工质制冷剂的主要优点、问题及应用场合

天然工质	*优点*	*问题*	*应用场合*
HCs	COP 值与 CFC-12 或 HCFC-22 相当	强可燃	冰箱 自动售货机
NH3	COP 值比 HCFC-22 高 气化潜热大 热传递快	有毒，可燃 不能使用铜材 安全措施昂贵	商业制冷 工业用冷水机组
CO2	无毒，不燃 压力损失小 适用于升温器	COP 值较低 压力高（10MPa）	热水加热器 汽车空调 二次回路的制冷剂

HCs 类物质，如丙烷，环丙烷、丁烷（R-600），已丁烷（R600a）等，是良好的制冷剂，但可燃性阻碍了其推广使用。按照欧洲安全标准，其最大允许充灌量为 150g；按照美国安全标准，其最大充灌量为 50g。较小的允许充灌量导致该类制冷剂只能适用于家用冰箱。目前，在北欧、中国和日本的家用冰箱市场中，HCs 冰箱已经占据重

要地位（R-600 冰箱的产量已超过 5000 万台）。在 HCs 制冷剂中，丙烷的优点在于传热性能好、充灌量小、与矿物油能相互溶解，潜热也较大；其环境有害系数为零，对人体的毒性也接近于零，所以丙烷具备在房间空调中替代 HCFC-22 的基本条件。对于 HCs 类物质的可燃、易爆性，目前的解决方案是加入热工性能好的灭火剂，如 HFC-227ea, 从抑制可燃机理上找到突破口，选配适当的比例形成安全可靠、高效且低 GWP、能直接替换充灌的混合制冷剂。HCs 制冷剂在提高设备能效水平方面的作用也越来越受到重视。一些研究证明，由于 HCs 本身所特有的获益性热动力学传递性质，使用 HCs 作制冷剂的能效优于氟化物制冷剂。至于各系统部件的性能，采用 HCs 也同样意味着其具有超出使用 CFCs、HCFCs 和 HFCs 的性能。相对于 HCFC-22，HCs 具有更高蒸汽压，在蒸发器和冷凝器中均表现出良好的降低温度差异的性能，有利于降低压力损失和提高性能系数（COP）等。

CO_2 不燃、无毒、压缩比较小、单位容积制冷量大、可廉价获得，对常用材料没有腐蚀性，很可能成为天然工质中唯一能用于不同领域的制冷剂。与传统的制冷剂相比，其最大的差别是临界温度低（31.1℃）。这一特点导致 CO_2 制冷系统具有自己的特殊性，即许多情况下，系统在超临界压力条件下都是向外界放热。由于跨临界 CO_2 系统的高压取决于 CO_2 充注量，而与其饱和温度有关，所以在该系统设计过程中，必须考虑高压的压力设计以及零部件承受高压的能力。CO_2 可作为超市的低温制冷剂以及大型工业冷冻冷藏库的制冷剂。

NH_3 制冷效率高，是一种热力学性质很好的制冷剂。使用氨作制冷剂的历史悠久，因而对 NH3 制冷系统的设计、操作程序和安全措施都有很好的经验。它的优点在于 ODP 为零，GWP 接近零，易于获得，价格低廉；能效高、传热性好，具有较好的热力学性质和热物理性质，在常温和普通低温范围内压比适中，适应范围广，相变潜热大；易检漏。缺点是与润滑油不相溶，对铜及其合金有腐蚀性；排气压力较高；具有毒性和易燃性以及刺激性气味。综合以上情况，NH3 制冷的技术发展方向包括：（1）减少充注量，例如减小回路管径，强化传热，应用新的第二回路制冷剂等等；（2）减少泄漏，例如发展半封闭无罐式压缩机等等；（3）提高其 COP 值，例如采用板式换热器；（4）拓展其适用的温度范围。通过近年来的研发，新型 NH3 制冷系统已经有效地解决了其安全性问题。NH3 与 CO2 也可作为超市里的复叠式冷藏系统的制冷剂，在欧洲超市中已有应用。与其他制冷剂相比，NH_3 在大型制冷系统中具有明显的优势。

3.2 HCFC-141b 可能的替代品

3.2.1 HFC-245fa

HFC-245fa 的物理性质类似于 HCFC-141b，它的匹配性优于 HCFC-141b。在清洗行业，HFC-245 和醇类等组成的混合物可增加其清洗能力。在精密清洗领域，HFC-245fa 可用来清洗印刷线路板，磁头，继电器，各种通信、医疗设备，珠宝等。HFC-245fa 的主要优点是 ODP 为零，GWP 较低，使用它作为清洗剂对环境的影响小：其最大缺点是其沸点低，用其代替 HCFC-141b，清洗设备改动较大。

泡沫工业一直将 HFC-245fa 评价为取代 HCFC-141b 的首选替代品。使用由 HFC-245fa 发泡制成的冰箱与 HCFC-141b 制成的冰箱具有相同的能效。HFC-245fa 在各种硬聚亚安酯和聚异三氰酸酯泡沫绝缘材料的生产上都可替代 HCFC-141b，包括冰箱和冷藏柜的绝缘泡沫，建造屋顶和覆盖物的板状泡沫和用于建筑物的喷涂泡沫。

3.2.2 HFC-365mfc

HFC-365mfc 的物理性质类似于 HCFC-141b，其匹配性优于 HCFC-141b。HFC-365mfc 和醇类等组成的混合物可增加其清洗能力。在清洗行业，HFC-365mfc 在大多数场合可替代 HCFC-141b。

HFC-365mfc 可以替代 HCFC-141b 作为发泡剂和清洗剂。在所有的候选替代品中，HFC-365mfc 的气相导热性最差，只比 HCFC-141b 高 1 mW/m.K，这一性质已经在室温或高于室温的条件下，通过对泡沫导热性的对比测量得到证实。

3.3 各行业替代品的选择及使用

在 HCFC-22 用量最大的房间空调和热泵中，R-410a 是其首要替代品。尽管由于 HCFC-22 和 R-410a 性能不同，不能直接替代，大多数生产规模大的设备制造商还是生产出了通用规格的 R-410a 产品。目前，全球大约 10%的房间空调已经使用 R-410a，在美国这一比例还要高，有望在 2007 年底超过 80%、2009 年底完全替代。在改造的房间空调机、地热/水源型热泵和小型冷水机组中，R-410a 也是 HCFC-22 的首要替代品。

随着设备制冷量的增大，HCFC-22 的替代品选择也会发生变化。在中型螺杆式压缩机冷水机组中，HFC-134a 成为主要的替代制冷剂，当然也有少量制造商使用 R-410a 或其它制冷剂。在离心式压缩机超大型冷水机组中，大部分制造商都已经停止使用 HCFC-22，转而使用 HCFC-123 和 HFC-134a，相对而言，HCFC-123 的接受程度要高一些。作为 HCFCs 的一种，HCFC-123 的生产也要被淘汰，但由于其 ODP 值低，HCFC-123 的淘汰时间要比 HCFC-22 晚一些。

在中国使用 HCFC-22 作为制冷剂的制冷设备可以分为房间空调、户式空调和工商制冷设备。工商制冷设备按照不同的用途大体上可以分为五个部分：商业制冷、冷藏和冷冻加工、工业制冷、运输制冷和中央空调。

按照制冷设备类型，汇总了 HCFC-22 的主要替代品，如表 3-3 所示。由表可见，除了 NH_3 和 HCFC-123，HCFC-22 的主要替代品均为 HFCs 类物质。

表 3-3 按设备类型分类的 HCFC-22 的主要替代品

设备分类	*典型应用*	*主要替代物*
房间空调	家用	R-410a
户式空调,热泵(空气对空气)	家用，商用	R-410a
应用系统：地热、水源型热泵，	商业，机关	R-410a
应用系统：多联机	家用，商业，机关	R-401a, R-407c
大型空调装置	商业，机关	HFC-134a, R-410a
冷水机组		
风冷	中央系统	HFC-134a, R-410a, HCFC-123
水冷	中央系统	HCFC-123, HFC-134a
商业制冷	商业	HFC-134a, R-404a, R-410a, R-507a
工业制冷	工业	HFC-134a, NH3
运输制冷	运输	HFC-134a

3.3.1 房间空调行业

我国生产的房间空调从产品问世起即采用 HCFC-22 作为制冷剂，近年来用于国内销售的产品仍采用 HCFC-22，但是用于出口的产品则有一部分已经使用了替代品。2002 年使用 R-407c 的空调器约 10 万台，2003 年使用 R-407c 制冷剂的空调器增加了 9 倍，使用 R-410a 制冷剂的空调器约 50 万台。估计 2004 年使用替代品的空调器产量比 2003 年还要翻一番（中国家电协会咨询数据）。企业生产使用新制冷剂空调的目的是为了满足国际市场的相关要求，保持出口份额。

如表 3-1 所示，R-407c 是三元非共沸混合制冷剂，主要优点是能效比、压比接近 HCFC-22，可以直接充灌，主要缺点是非共沸，系统泄漏时成分会发生变化。因此无法应用于满液式蒸发器或低压贮液器中，但可以采用逆流热交换器以增加传热效率。目前，欧洲已在各式空调设备上大量使用 R-407c，主要搭配回转式、涡旋式及往复式压缩机。而 R-410a 是二元近共沸混合制冷剂，温度滑移小，但排气压力、容积制冷量等较 HCFC-22 大很多，其高压比 HCFC-22 高出约 50%，无法直接充灌，使用时需要重新设计压缩机及主要部件，所以一般看来，R-410a 只用于新设计的系统，而现有系统的改造中通常使用 R-407c。

由于 R-407c 和 R-410a 的物理性质不同于 HCFC-22，因此对压缩机有以下几个方面的考虑：

（1）由于 R-407c 和 R-410a 的工作压力较高，其轴承承受载荷增大，在设计时不仅要增加整个系统的强度，而且应对高速运动的压缩机进行优化设计。可以用降低气缸高度的方法来降低轴承负荷，以保证其可靠性。

（2）由于 R-407c 和 R-410a 制冷剂中不含氯原子，其润滑油不能用矿物油，应使用脂类油。选用合适的润滑油，可减少压缩机的功耗，提高可靠性和寿命。

（3）对电机线圈，因 R-407c 和 R-410a 击穿电压和介电常数较低，在设计电机时应注意电机的绝缘性及漆包线的选材。

（4）调整加工制造和安装间隙，合理设计消声装置，降低噪音。为了满足日益增加的舒适性要求，空调制造技术将不断向前发展，而高效节能、保护环境、无级调速、低噪声和全智能化控制是未来房间空调压缩机的发展方向。

由于 R-407c 和 R-410a 等替代品与 HCFC-22 物理性质的不同，需要对生产设备进行改造，对压缩机、润滑油、管路材料等也有特殊要求，由此带来了生产成本的增加。目前在我国除少数大型企业为满足欧洲、日本等市场的要求，对生产线进行了改造，可采用替代品外，多数企业缺少资金和技术投入，仍只能生产采用 HCFC-22 为制冷剂的产品。

3.3.2 商业制冷

商业制冷是指零售商用于新鲜食品、饮料等销售的倒式冷藏柜和展示柜，一般都有两个制冷温度，即冷藏温度和冷冻温度。不同国家和地区由于环境标准和习惯不同，而采用了不同的替代制冷剂。

在 2000 年以后，欧洲法规 2037/2000 禁止在新生产的制冷装置中充灌 HCFCs。目前，在大容量（如冷水机组或各种集中制冷设备）的低温、中温制冷设备中，欧洲主要是使用 R-404a 和 R-507a 作为制冷剂。而对于容量小的单机，制冷剂 HFC-134a 用于中温制冷；HFC-134a 和 R-404a 均可用于低温制冷。在过去五年里，欧洲的一些国家也分别使用了一些天然制冷剂，包括 HCs、NH_3 和 CO_2。

关于单机和冷凝机组中制冷剂替代有了一些新近展。一些设备齐全的饮料公司和冰激凌生产企业最近发表声明，如果替代制冷剂/替代技术的价格可以接受的话，这些公司在 2004 年以后就不再使用 HFCs。可口可乐公司已经开始着手考察 HCs、CO_2 和 stirling 冷却技术的制冷性能了。其中，冷藏销售机和小型商业制冷装置可以使用 HC-600a、HC-290 或者 HCs 的混合制冷剂，相关法规规定的这三种制冷剂的最大安全充灌量分别为 2.5kg、1.5kg 和 150g。但是由于密度小，HCs 的充灌量要比 HFCs 和 HCFCs 低 40%，所以这些充灌量限制并不会妨碍 HCs 制冷剂的使用。

关于集中制冷设备，有三种非 HFCs 制冷技术，包括 CO_2 直接膨胀制冷系统、NH_3 和 HCs 的非直接膨胀制冷系统、CO_2 在非直接膨胀制冷系统中作为传热液体。

3.3.3 冷藏、冷冻加工

在食品冷藏、冷冻加工业的制冷剂替代品包括人工 HFCs 制冷剂和天然制冷剂。

HFC-134a： 由于 HFC-134a 主要是用于替代制冷剂 CFC-12，而在食品冷藏、冷冻加工子行业中 CFC-12 的使用量非常少，所以 HFC-134a 在该子行业的消费量非常少。

R-404a 和 R-507a： 这两种混合制冷剂的组成成分和制冷性质都非常相近，也都是广泛应用于食品冷藏、冷冻加工子行业的制冷剂。他们的 COP 值与 R-502 差不多，但远远不如 NH_3 和 HCFC-22，冷凝温度越高，效果越差。而且在气冷设备中不能使用。

R-410a： 相对于其它制冷剂（CO_2 除外），R-410a 需要的压缩机体积较小，所以在食品冷藏、冷冻加工行业也将得到广泛应用。正是由于单位体积制冷能力高（比 HCFC-22 高 40%），R-410a 的压缩机效率要比 HCFC-22 的高。蒸发温度在-40℃以上的范围内，R-410a 的 COP 值与 NH_3、HCFC-22 的 COP 值差不多，但要比 R-404a、R-507a 的 COP 值略高。

除了上述人工制冷剂，食品冷藏、冷冻加工子行业的制冷剂替代品还包括天然制

冷剂 NH_3，HCs 和 CO_2。

NH_3： NH_3 是食品冷藏、冷冻加工子行业最主要的制冷剂。在很多北欧国家，NH_3 在这一子行业的制冷剂市场中占 80%。在美国，制冷量大于、等于 100kW 的食品加工装置中也有大约 90%使用 NH_3。由于使用了低温材料和更好的焊接工艺，NH_3 的设备系统质量有了新的提高。除非发生人为错误或是遇到直接的物理破损，否则这些装置是不会轻易破损或泄漏，并且通过使用板式热交换器或是直接膨胀的管壳式热交换器，使整个装置的耗电量有明显的减少。

HCs： 一些欧洲国家正逐步采用低充灌量的 HCs 的制冷装置，但由于其可燃性，目前市场份额还比较小。在食品冷藏、冷冻加工子行业使用的商业化 HCs 制冷剂包括 HC-290，HC-1270 及 HC-290 与 HC-600 的混合物。但是它的可燃性仍然是关注的焦点，无论是设计还是修理、维修都必须有相关的安全措施。欧洲已经设定了一些在工业领域使用 HCs 的标准和相应的安全细则。

CO_2： 由于 CO_2 的热物理性质非常好，其制冷技术很适合应用在食品冷藏等低温制冷装置中，尤其是多级制冷系统，CO_2 可用于低温阶段而 NH_3 用于高温阶段。CO_2 制冷技术的另一个优点是，其单位体积制冷能力比 R-410a 高 5 倍，比 NH_3 和其它制冷剂高 8 倍。据估计 CO_2 制冷技术在食品冷藏、冷冻储存方面会有更广泛的应用。

3.3.4 工业制冷

工业制冷包括专门用途的制冷系统和大型制冷系统。由于用途的特殊性，这些装置一般都是客户定制和现场建造的。工业制冷中蒸发温度 15 至-70℃，相应的这些装置的制冷/加热能力可以从 25kW 至 30MW（轴功率）。根据不同的制冷量和使用用途的需要，这些制冷系统的压缩机可选择往复式、螺杆式和离心式。

为了获得高的热能效率，通常使用泛滥式蒸发器，所以倾向使用单一制冷剂。由于工业制冷系统一般都位于工业区，属于公众接触较少的区域。在这些区域，由于工作人员非常清楚的了解、并能很好的处理氨气的毒性和可燃性，因而氨气可以广泛应用。在一些处理可燃性液体的过程中（如化学产品加工过程），碳氢化合物可以作为氨气的替代品。不同国家相关法规的规定不同，导致各国工业制冷的技术发展不同。在欧洲，只有在偶尔氨气和碳氢化合物不能满足制冷要求的情况下，才会使用 HFCs，但生产商并不愿意使用 HFCs 作为制冷剂，因为 HFCs 是温室气体，可能会受到京都议定书的控制。

3.3.5 运输制冷

运输制冷系统主要是用来运输冷藏和冷冻食品。通过保温层进入冷冻空间的热量和由冷冻食品产生的热量（如水果成熟过程），都会导致冷冻室升温，而运输制冷系统的作用就是保持冷冻室的温度不变。运输制冷系统的技术要求比其它制冷过程的技术要求更高。

集装箱运输制冷：不管采用何种运输方式，冷冻集装箱必须保证温度始终不变。冷冻集装箱主要分为两种：孔口集装箱和集成集装箱。孔口集装箱是老式的保温集装箱，里面并没安装制冷系统，而是前面有两个通气口，通过安装在船上的中央制冷系统或者一个专门的制冷系统进行制冷。孔口集装箱的使用数量正在逐渐下降。预计到2006 年，运输制冷系统将都转为使用集成集装箱。集成集装箱都有自己的制冷系统，制冷量大约为 5kW。集成集装箱的使用数量增加趋势明显。这些系统主要使用 HFC-134a、R-404a 和 HCFC-22 作为制冷剂，也有极少情况下使用 R-407c。

海上运输和渔业船只制冷：为了给船员和乘客提供冷藏食物，全世界有 35,000 艘商船配备了船上制冷系统，这类制冷系统大多数使用的制冷剂是 HCFC-22。使用周期大约为 30 年，但是年增加量很少。

公路运输制冷：除了冷冻集装箱，公路运输制冷包括那些安装在有篷货车、卡车（敞棚货车）、拖车上的制冷系统。这类制冷系统部分属于不连续类型，密闭系统使用低共熔片，开放系统使用液氮、液态二氧化碳或者固态二氧化碳。

1999 年，北美的在用制冷拖车估计有 300,000 台。2000 年，欧盟的 15 个国家估计有 120,000 台小型卡车、有篷货车和低共熔系统，平均制冷剂充灌量为 2kg；70,000 台中型卡车，平均制冷剂充灌量为 5kg；90,000 台拖车，平均制冷剂充灌量为 7.5kg。2002 年，全球有公路运输制冷系统有 1,200,000 台，30%是拖车，40%是独立卡车制冷系统，30%是小装置。每年维修量是充灌量的 20~25%。只需冷藏功能的系统选 HFC-134a 作为制冷剂，而 R-404a 和 R-410a 可以用于冷冻系统和其它常用的制冷装置。

铁路运输制冷：北美、欧洲、亚洲、澳大利亚和新西兰都有铁路运输制冷设备。铁路运输不连续制冷系统至今仍使用干冰和冰，而连续制冷系统使用过不同的制冷技术。亚洲现用的制冷系统主要使用 CFC-12 制冷剂，分为一级制冷（冷藏）和二级制冷（冷冻或混合使用）。而欧洲为了遵守废除 CFCs 的法律条款（EC No 2037/2000），这些制冷系统都转为使用 HFC-134a。北美现存的比较老的系统也转为使用

HFC-134a，而新生产的系统使用 HFC-134a 和 R-404a。

3.3.6 中央空调（工作温度接近室温）

大的商业中心一般都配备水冷式的中央空调。水冷中央空调包括蒸汽压缩中央空调和吸收式中央空调。蒸汽压缩中央空调根据所使用的压缩机类型，可分为离心式和容积式中央空调。

中国 1995 年以后生产的离心式中央空调中，30%使用 HCFC-123，70%使用 HFC-134a。大多数螺杆式和涡旋式中央空调使用 HCFC-22 作为制冷剂。

（1）蒸汽压缩式中央空调

离心式中央空调：美国、亚洲和欧洲都生产离心式中央空调。1993 年以前，这些中央空调主要是使用 CFC-11、CFC-12、R-500 和 HCFC-22 作为制冷剂。其中，大量使用的是 CFC-11。由于执行《蒙特利尔议定书》，1993 年基本上停止使用 CFCs 作为制冷剂，1990 年以后使用 HCFC-22 作为制冷剂的装置也很少。1993 年以后，主要使用的制冷剂替代品是 HCFC-123 和 HFC-134a。HCFC-123 对环境的影响相对小，而且可以用于改造后的原本使用 CFC-11 的中央空调。使用 HCFC-123 制冷剂的中央空调的最大 COP 值为 7.8（0.45kW/t）。使用 HFC-134a 作为制冷剂的系统的操作压力要比用 HCFC-123 的系统高。使用 HFC-134a 制冷剂的中央空调的最大 COP 值为 6.6（0.53kW/t）。离心式中央空调还可采用 HCs 和水作制冷剂。

HCs 可作为石油化工厂中的离心式中央空调的制冷剂，因为在这些化工厂里日常使用多种危险化学品，所以员工培养出很好的安全意识，而且一旦发生意外，也能及时处理好。但是到目前为止，由于 HCs 的可燃性，HCs 还不能用于其它地点使用的离心式中央空调。水作为制冷剂的中央空调较少。因为一台水作为制冷剂的中央空调的成本要比一台传统的中央空调高 50%。成本增加主要是由于水作制冷剂的中央空调体积特别庞大，而且压缩机技术非常复杂。

容积式中央空调：很多国家生产的容积式中央空调都使用螺杆式、涡旋式和往复式压缩机。

螺杆式中央空调在 1980 年代中期，基本上都采用 HCFC-22 作为制冷剂。在过去的几年里，一定数量的这类空调采用了 HFC-134a 作为制冷剂。最近引入了新的需要高操作压力的制冷剂 R-410a。北欧一些国家生产了少量的用氨气作为制冷剂的螺杆式中央空调，但必须关注氨气的刺激性气味、毒性、易燃等特点。

涡旋式中央空调使用的制冷剂有 HCFC-22、HFC-134a、R-410a 和 R-407c。

往复式中央空调包括水冷和气冷两种方式。在执行《蒙特利尔议定书》之前，一部分制冷量在 100kW 以下的小型往复式中央空调使用 CFC-12 作为制冷剂；大部分的小型往复式中央空调和几乎全部的大型往复式中央空调都使用 HCFC-22 作制冷剂。执行《蒙特利尔议定书》之后，新的往复式中央空调使用 HCFC-22 和 R-407c 作制冷剂，还有少量使用 HFC-134a。除了使用上述制冷剂，还有极少量水冷往复式中央空调使用氨气作为制冷剂。

（2）吸收式中央空调

由于吸收式中央空调比蒸汽压缩式中央空调体积大、价钱贵，在欧美国家很少使用，仅北美有少量生产。虽然吸收式系统比蒸汽压缩式系统的初次投资高，但它的优点也非常明显，耗电量小，操作费用低。所以在电价格比较高的亚洲国家使用较多，包括日本、中国和韩国，都是吸收式中央空调使用和生产的大国。

3.3.7 XPS 板生产中 HCFC-22 和 HCFC-142b 的替代

欧美部分发达国家已经开始限制甚至完全禁用 HCFC-22 和 HCFC-142b 发泡的 XPS 板材。选择发泡剂时，需要综合考虑性能、环境影响、成本等多方面要素，目前还没有可以完美替代原有 HCFC 发泡剂的物质出现。主要的替代发泡剂有 HFC-134a，HFC-152a，CO_2 以及一些混合发泡剂，其主要性质见下表。使用这些发泡剂的工艺基本与原有情况保持不变。

表 3-4 HCFC 发泡剂的主要替代品

	HCFC-22	*HFC-134a*	*HCF-152a*	*CO_2*
分子式	CHF_2Cl	CF_3CFH_2	CH_3CF_2H	CO_2
分子量（g/mol）	86.5	102.0	66.0	44.0
沸点(℃)	-40.8	-26.4	-24.7	--
Psat@25 ℃(bar)	10.4	6.6	6.1	64.3
λgas@25 ℃(mW/m.k)	11.0	13.6	13.4	16.6
燃烧限制浓度(%vol)	--	--	3.7-18.0	--
ODP	0.05	0	0	0
GWP100yr	1700	1300	140	1

XPS 板材主要用做内外墙、地面、冷库等的隔热材料，因此热传导率是最重要的参数。下图显示了替代发泡剂与传统发泡剂的比较。新发泡剂此项参数略大于原有发

泡剂，但是远小于空气，因此从热传导率来说，这几种发泡剂均可使用。

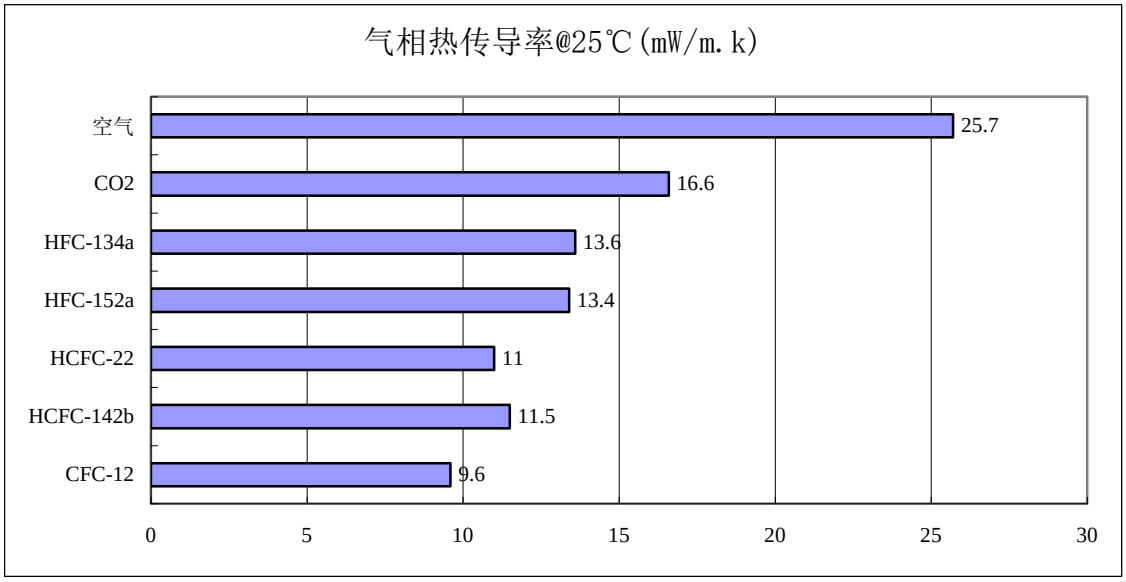

图 3-1 不同发泡剂的气相传导率

泡沫中的气相组成会随时间而改变，空气会扩散进入泡沫，发泡剂也会向外扩散，直到达成均衡状态，因此 XPS 板材的性能会在使用中发生变化。优良的发泡剂需要稳定、持续的保温能力。通常使用有效扩散系数来表示发泡剂的扩散性质。

表 3-5 不同化学品有效扩散系数

	HCFC-22	*HFC-152a*	*HFC-134a*	*CO2*
有效扩散系数（m2/s）	1.8*10-11	1.6*10-10	2.9*10-12	1*10-10
相对值	1	8.9	0.2	5.6

由上面两项参数可以看出，HFC-134a 是目前最有前途的替代品之一。它还具有塑化能力强，成核能力强,无毒,安全性高等优点。但是它的溶解性是它作为发泡剂的最大劣势，它的浓度只能达到 8wt%左右，限制了它的应用（如低密度 XPS 隔热板）。此外，它还有较高的 GWP 值，会对气候产生影响。

3.3.8 清洗行业

HFC-245fa 的物理性质类似于 HCFC-141b，它的匹配性优于 HCFC-141b。HFC-245 和醇类等组成的混合物可增加其清洗能力。在精密清洗领域，HFC-245fa 可用来清洗印刷线路板，磁头，继电器，各种通信、医疗设备，珠宝等。HFC-245fa 的主要优点

是 ODP 为零，GWP 较低，使用它作为清洗剂对环境的影响小。但是 HFC-245fa 的最大缺点是其沸点低，用其代替 HCFC-141b，清洗设备改动较大。此外，HFC-365mfc 和醇类等组成的混合物可增加其清洗能力。在清洗行业，HFC-365mfc 在大多数场合可替代 HCFC-141b。

3.3.9 泡沫行业 HCFC-141b 的替代

泡沫工业将 HFC-245fa 评价为取代 HCFC-141b 的首选替代品。对 HFC-245fa 已经进行了无数的评价，其中包括美国家电制造者协会(AHAM)进行的衬垫兼容性研究和食品运输研究。并且，每个主要的电器制造商和他们的原料供应商都在开展他们各自的评估。最近发表的数据表明：使用由 HFC-245fa 吹制成的泡沫的冰箱与 HCFC-141b 制成的具有相同的能效。

HFC-245fa 与目前同 HCFC-141b 一起使用的金属、塑料和人造橡胶相兼容。它在多羟基化合物总的溶解度从好到极好。HFC-245fa 与多羟基化合物的预混料存储稳定性与 HCFC-141b 体系相似。据报道，在某些情况下还有更好的 k-因子。用 HFC-245fa 吹制成的泡沫与 HCFC-141b 吹制成的泡沫相比，不仅有更好的 k-因子，而且综合强度和空间稳定性也有所提高。工业界的评价显示，HFC-245fa 吹制的泡沫与其它非臭氧消耗型的发泡剂替代品相比具有最好的绝热性能。HFC-245fa 在各种硬聚亚安酯和聚异三聚氰酸酯泡沫绝缘材料应用上都可替代 HCFC-141b，包括冰箱和冷藏柜的绝缘泡沫，建造屋顶和覆盖物的板状泡沫和同样用于建筑的喷涂泡沫。

除了安全和保护环境的优点外，HFC-245fa 提供的绝缘性能可与 HCFC-141b 媲美。HFC-245fa 的绝缘性能优于其他不消耗臭氧产品，比如碳氢化合物和 HFC-134a，HFC-245fa 对帮助全球消费者满足日益增长的能效标准需求起着重要作用。

HFC-365mfc 的气相导热性最差，只比 HCFC-141b 高 1 mW/m.K，这一性质已经在室温或高于室温的条件下，通过对泡沫导热性的对比测量得到证实。因而其在泡沫行业也是 HCFC-141b 可能的替代品。

3.4 我国替代 HCFCs 所面临的障碍

目前在我国，虽然多数企业已了解《议定书》对 HCFCs 的控制，一些企业为了满足国际市场的需求，保持出口份额，开发生产了以 R-407c 或 R-410a 为制冷剂的产品；但总体来讲，企业仍主要面对国内市场，并没有对淘汰 HCFC-22 做出整体规划，

对 HCFC-141b 等其他 HCFCs 也未作充分准备。

对 HCFC-22 生产企业来讲，目前 HCFC-22 的生产和投资都没有受到限制，其生产能力和实际生产量都处于上升趋势。虽然部分企业开发了 HFC 替代品种，但多数还不成规模，一方面由于技术不够成熟，成本较高，另一方面在于没有市场需求。

对 HCFC-22 的消费企业来讲，产品的市场竞争非常激烈，除非有政策的硬性规定，企业不会主动淘汰 HCFC-22 的使用。要开展控制和淘汰 HCFC-22 的活动，还需要政策、法规、技术和资金方面的支持。

从政策层面上讲，根据《议定书》的规定，中国使用 HCFC-22 的期限还有 30 多年的时间，只要市场允许，企业不愿过早淘汰而影响自身的发展。国内空调市场竞争激烈，利润水平非常低。新产品的价格哪怕是很少的提升，都很难打开市场。

虽然我国对电器产品制定了能效分级标准，但并不是上市的强制标准。R-410a 等替代制冷剂虽然在能效上有优势，但在目前的规定下还难以体现出来。

新型制冷剂和发泡剂还存在专利保护的问题。也导致替代品的价格较高，影响其推广和应用。

替代产品的生产需要技术投入，在没有政策压力和市场需求的情景下，企业不愿意主动进行这方面的投入，需要予以资金上的支持。

新制冷剂的应用和推广，在技术上也还存在一定的障碍。对于人工制冷剂替代品，如 R-407c 或 R-410a，空调产品的安装和维护有较高的技术要求，目前企业售后服务人员的技术水平还难以达到要求；对于天然制冷剂替代品，如 HCs 等，在空调产品的应用技术上还很不成熟，安全性是一个很大的问题，还不具备推广使用的条件。

3.5 替代品开发建议

目前在我国制冷行业对 HCFCs 的淘汰已有技术储备。在房间空调制造企业，有些企业的设备对替代品 R-407c 和 R-410a 是兼容的。在当前技术条件下，R-410a 作为 HCFC-22 的替代品被看好，其 ODP 值为零，虽然 GWP 值较高，但由于其产品有较高的能效比，可以在运行中由于节约能源而减少温室气体的排放。HCs 虽然有很好的应用前景，但由于安全的原因，其应用收到限制。在工商制冷行业，虽然 HCFC-22 的使用较为普遍，但不同类型的空调器，使用的制冷剂有所不同；替代品的品种也呈

多样化。

在泡沫行业即使到现在 HCFC-141b 替代 CFC 的使用问题也没有真正解决，行业方面有意愿直接开发使用 HFC-245fa 或 HFC-365mfc 技术，但在专利问题和价格方面遇到困难，因此企业呼吁国际组织应促进开放专利，支持替代；并适当予以资金支持。在 XPS 板的生产中，目前替代 HCFC-22 和 HCFC-142b 的较为可行的技术是使用 HFC-134a、CO2 等。

在清洗行业替代 HCFC-141b 的可能选择是 HFC-245fa 或 HFC-365mfc 技术，但目前还没有实际应用的案例。

在我国，在控制 HCFCs 问题上面临巨大的国际压力。为了促进对 HCFCs 生产和消费的控制，为履约奠定基础，我国应加大替代品和替代技术的开发力度，在现有基础上选择重点产品，优先进行开发和应用。我国在替代品的开发和生产中应坚持以下原则：

坚持 ODS 生产淘汰、消费淘汰和促进替代品开发生产三同步的方针。顺利淘汰 ODS 生产和消费的基本保证之一是市场具有适合的替代品供应。反之，ODS 的控制和淘汰，充分的市场需求，又能够为替代品的发展提供广阔的空间，而替代品的成熟发展，又会促进 ODS 淘汰目标的实现。因此，要大力加强替代品生产的能力建设，首先满足国内各行业 ODS 淘汰战略的需求，同时面向国际 ODS 替代品市场，坚持同步开展 ODS 生产淘汰、消费淘汰和促进替代品生产的方针。

全面考虑国内外环境保护的要求，选择高品质的替代品。随着淘汰活动的不断深入开展，对替代品的要求在品种、质量和数量等方面也不断提高。因而替代品的开发选择，不仅要满足相关行业发展对替代品的要求，适合我国现有的环境政策对产品开发的要求，还要充分考虑国际市场替代品生产和供应的变化以及国际社会对替代品的环保要求。对替代品的选择开发，除考虑技术和经济两个方面的因素外，应主要遵循以下原则：（1）尽可能采用低 GWP 值的替代品，或是综合温室效应低的替代品；（2）尽可能采用寿命短的化学品而非持久性有机化学品；（3）替代品应该是环境效益和生态安全效益好的产品。

注重替代品应用研究和市场推广。在替代品的开发过程中，要始终注重产品的应用研究和市场推广工作，使消费者了解替代品的用途、使用方法和优势。由于替代品的使用对消费行业的工艺设备和生产技术都会提出新的要求，因此要加大其应用研究的力度，适时开展应用示范活动，及时总结、宣传、推广已取得的经验。

充分发挥政策管理措施的作用。从国家政策的角度鼓励替代品的开发、生产和使用，为替代品的推广、使用提供政策上的保证。由于替代品在价格、技术成熟性等方面还不具有优势，需要政策上的扶植，包括产品标准、税收、市场准入等各方面的政策措施，为替代品的开发、生产和使用提供良好的政策环境。在履行蒙特利尔议定书的过程中，中国政府努力制定和实施了一系列政策法规并收到了预期的效果。中国现行的 ODS 政策体系基本上是完整的，但仍存在一些问题。一些具体的规章制度和政策缺乏明确的罚责方面的规定。伴随替代品/技术的开发、引进和应用，一些过去采用的相关技术标准和规范需要进行修订；并且需要建立一些新的标准和规范，以保证相关的政策和法规能够顺利实施。

新开发的替代品应尽可能以 CTC 为原料。在我国，CTC 主要作为 CFC 的生产原料。随着 CFC 生产淘汰，用作 CFC 原料的 CTC 从 1997 年的 65,000 吨减少到 2003 年的 36,218 吨，有意生产的 CTC 逐年减少。但由于对二氯甲烷和三氯甲烷（MC/CF）需求的不断增加，作为副产品的 CTC 产量近年来增加非常迅速。根据政策[6]规定，作为副产品的新 CTC 生产者必须防止 CTC 作为 CFC 原料或 ODS 使用；必须确保其生产的 CTC 只作为非 ODS 原料[7]使用或采用缔约方大会批准的技术予以销毁。因而在 ODS 替代品的研究开发中，应尽可能选择开发以 CTC 为原料的替代品；其不仅有稳定的来源，还可以节省销毁所需费用，并因此而减少焚烧带来的环境影响。

注重能源政策对替代品的开发和需求的影响。提高能源使用效率是我国的重要产业政策，包括建筑、制冷等行业都已颁布或将会颁布新的能耗标准和节能要求，其将涉及泡沫建材，制冷行业等对替代品的需求，包括对替代品性能的要求和数量的要求。在制定替代品发展战略时，对此应给予充分的考虑。

适当考虑《京都议定书》对选择替代品的影响。由于“减少对人体健康和环境的危害”是淘汰 ODS 的根本目的，因此在发展其替代品时，全球变暖潜势是应予考虑的重要因素。在某些领域，在别的替代品不能满足安全或者性能要求，或可能对人体带来严重的健康影响的情况下，则允许某些具有较高全球变暖潜势的物质作为替代品使用，但对其应用范围要加以限制。

[6] 2003 年 4 月 7 日国家环保总局发布《关于控制新建 CTC 生产装置的通知》。

[7] 使用 CTC 作为原料生产的化工产品包括 HFC-245fa, HFC-365fa, HFC-365mfc, CF4, HFE-347pcf, 苯乙烯酸, 联苯酮等。

第4章 未来 HCFCs 需求预测

HCFC-22 占 80％以上比例，HCFC-141b 占总的 HCFCs 生产和消费 10％；其中 HCFC-22 受到房间空调行业增长需求的影响而快速增长；HCFC-141 主要作为发泡剂和清洗剂，其未来生产和消费需求预计将接近于经济发展水平增长。以下简要预测中国未来十年 HCFC-22 和 HCFC-141b 的需求和生产发展趋势。考虑到 HCFC-22 和 HCFC-141b 生产技术在中国已经非常成熟，未来发展主要依靠市场需求，不受能力限制。预测采用了自下而上的方式。

HCFC-22 在中国的用途可以分为 ODS 消费和原料消费两部分。其中 ODS 消费包括：（1）房间空调行业的制冷剂；（2）工商制冷行业的制冷剂；（3）泡沫行业的混合发泡剂；（4）少量 HCFC-22 用于其它行业。其中原料消费包括：（1）大量用于生产 PTFE；（2）少量用于生产其它聚合物等产品。

HCFC-141b 主要用于发泡和清洗行业，未发现其它领域用途。其中发泡行业使用量占主导地位。

4.1 预测的基本思路

“按行业定用途，按用途定用量”，是本预测的基本思路。即首先确定某一行业中 HCFC-22 的用途，然后根据该用途的特点，分析该行业生产（或维修）某一单位产品所需的 HCFC-22 消费量，最后通过对此产品的生产量（或维修量）的预测来推算该行业 HCFC-22 的消费量。根据目前资料的可获得性和完备性，中国 2005~2015 年间的 HCFC-22 需求预测将利用现有所有的行业资料，详细分解各种消费用途；再在考虑各种消费用途的历史数据、增长速率及消费特点的基础上，确定每一用途在 2005~2015 年间所需 HCFC-22 的消费量，再将各行业、各用途消费量汇总，得出中国每年的总消费量。

HCFC-141b 的用途需求按照过去几年发泡和清洗两个行业的使用量（销售使用量）发展趋势，预测两个行业未来十年的需求量。

4.2 房间空调行业 HCFC-22 消费量预测（ODS 消费）

中国生产的房间空调可以分为两部分：一部分用于国内消费，目前几乎全部使用

HCFC-22 作为制冷剂；另一部分用于出口，目前主要是用 HCFC-22 作为制冷剂，小部分用 R-410a 和 R-407c 作制冷剂，随着非第五条款国家逐步实现《蒙特利尔议定书》的控制目标，使用 R-410a 和 R-407c 替代制冷剂空调器在出口空调中所占的比例将迅速增加。由于进口空调数量极小，本报告忽略其数据。整个行业的概况可用图 4-1 表示。

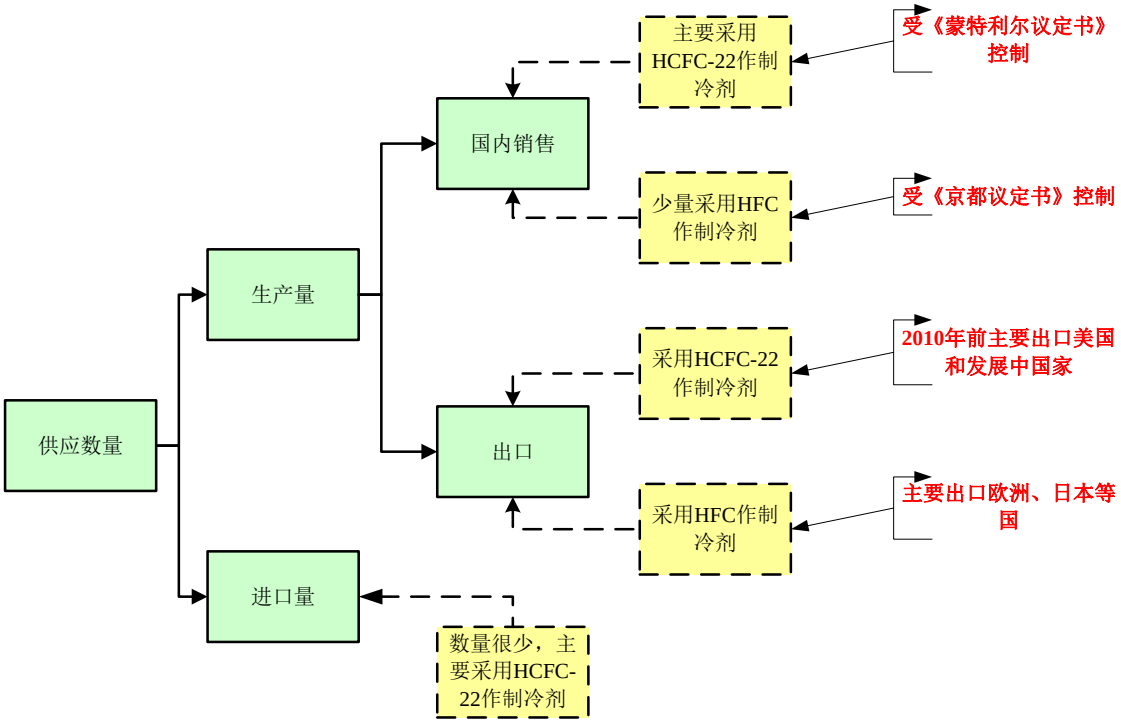

图 4-1 中国不同制冷剂房间空调供应和去向

4.2.1 房间空调行业的历史情况

*房间空调行业生产的历史情况：*房间空调行业是中国 HCFC-22 大的消费行业。根据《中国统计年鉴 2006》的数据，1991~1993 年期间，房间空调生产量的年均增长率高达 144%；1994~1998 年期间，房间空调生产量的年均增长率为 23%；1999~2004 年期间，房间空调生产量的年均增长率为 41%；2005 年中国房间空调的生产量为 6,765 万台，增长速度大大低于其前五年。汇总 1995~2004 年间中国空调的年产量数据，如图 4-2 蓝色柱形系列图所示。

*房间空调行业出口的历史情况：*中国房间空调出口起步于 1990 年代中期，此后一直保持迅猛的增长趋势。1995~2004 年间，出口空调年均增长率为 59%，每年的出口量数据见图 4-2 红色柱形系列。根据《中国统计年鉴》及中国家电网提供的数

据，中国 2002 年、2003 年、2004 年出口空调数量分别为 807 万台、1,644 万台、2,334 万台，主要的出口国家和地区见 **Error! Reference source not found.**所示。这些出口空调，主要是使用 HCFC-22 作为制冷剂，也有少量使用替代制冷剂 R-407c、R-410a。随着 HCFC-22 的淘汰，替代制冷剂空调占出口总数量的比例会不断上升。R-407c 和 R-410a 的空调器主要出口到欧洲和日本；出口非 HCFC-22 空调器总量逐年增加。

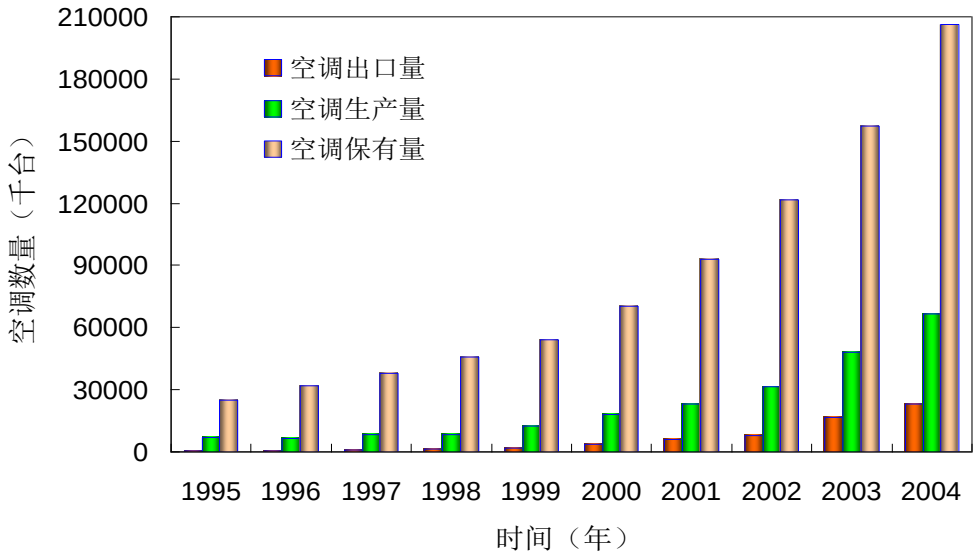

图 4-2 中国房间空调生产量、出口量和保有量的历史情况（千台）

R-407c 和 R-410a 均为混合制冷剂，其组分均为 HFCs 类物质，因而 ODP 值为 0，但 GWP 值较高，受到《京都议定书》的控制。《京都议定书》生效后，R-407c、R-410a 的生产和消费受到限制。由于 R-407c 为非共沸混合物，有 6K 的滑移温度，所以制冷性质不如 R-410a（共沸混合物）稳定，加之 R-410a 能效相对较高，2005 年出口的 HFCs 空调器，R-410a 占绝大多数。

房间空调进口的历史情况：汇总的《中国对外经济贸易年鉴》数据显示：一方面，中国进口的空调数量一直不大，如图 4-3 中的柱形系列图所示；另一方面，进口空调占国内空调的消费量比例也很小，1995~2004 年间这一比例的平均值为 0.32%，并且随着时间的推移这一比例呈现明显的下降趋势，如图 4-3 中的趋势线所示。因而本研究在计算房间空调保有量、维修量等数值时，均忽略了这一部分数据。

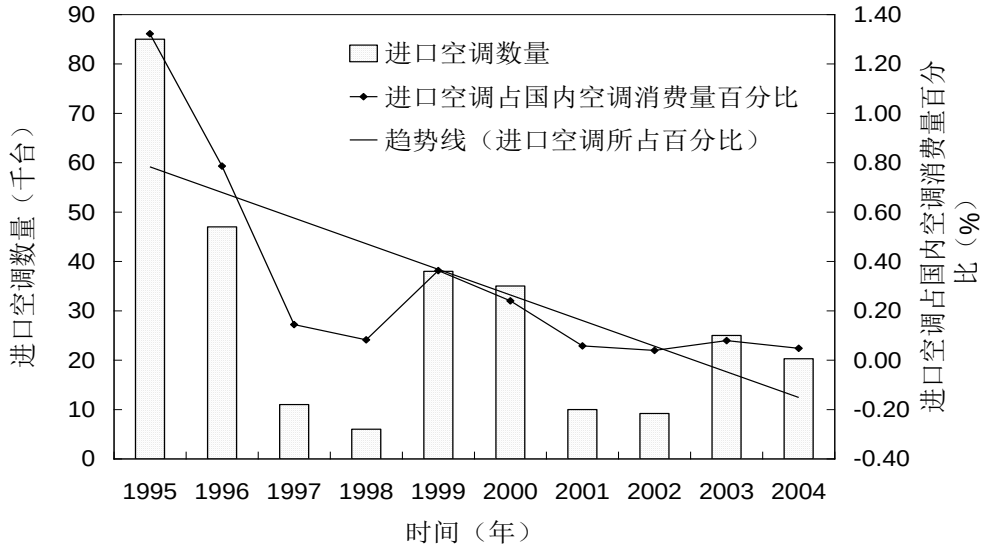

图 4-3 中国房间空调进口的历史情况

房间空调保有量的历史情况：由于中小家电的报废年限为 8~12 年（中国家电协会咨询数据），本研究取一个平均值，假定房间空调的平均使用年限为 10 年，每年都存在一定的报废比例。每年年末报废以后，所有的在用空调总和为本年的房间空调保有量。1995~2004 年间，中国每年房间空调的保有量如绿色柱形系列图见图 4-2 所示。

4.2.2 房间空调行业的 HCFC-22 消费量预测

HCFC-22 空调国内消费量预测：1999~2004 年间，国内空调消费量的增长率平均值为 35%。这种高增长率说明中国房间空调正处于快速上升阶段，而不是一个长期的发展状况。本研究假设 2005~2007 年间，国内空调消费量的增长率（10%）；2011~2015 年，由于国内空调市场逐渐饱和，增长率按 GDP 的平均增长率（7%）计算；2008~2010 年间的增长率为上述两个阶段增长率的平均值（8.5%）。

HCFC-22 空调出口量预测：根据《蒙特利尔议定书》对非第五条款国家 HCFC-22 消费量控制目标，各非第五条款国家均根据本国国情制定了相关的 HCFC-22 空调的控制政策。欧盟将于 2002 年 7 月 1 日起，禁止 HCFCs 在 2002 年 6 月 30 日以后生产的、制冷量小于 100kW 的固定空调中使用。由于房间空调的制冷量一般在 3kW 左右，属于制冷量小于 100kW 的固定空调，因而欧盟将从 2002 年 7 月 1 日起，禁止进口、使用新生产的 HCFC-22 房间空调。2010 年 1 月 1 日，美国、加拿大、日本均将禁止在新生产的制冷设备中使用 HCFC-22，所以这三个国家

都不能进口含 HCFC-22 的设备。（各国具体控制条例见表 7-1）。中国空调器出口的主要国家和地区为欧盟、日本、美国、加拿大等非第五条款国家，但是近年出口发展中国家数量增长较快；所以可以预见，2010 年 1 月 1 日中国 HCFC-22 的空调出口数量出口发达国家将迅速下降，但发展中国家将持续增长。由历史调查数据可知，1995~2003 年间，中国 HCFC-22 空调出口量的平均年增长率为 50%；又由于主要出口国家的政策可知，2010~2015 年间 HCFC-22 空调年出口量、年增长率均为 0；假设 2004~2007 增长率为 14%，2008~2011 增长率为 7%。

其它相关参数：根据中国家电协会提供的数据，其它参数包括：假设每台新生产的空调器灌注 HCFC-22 的平均量为 1.35 千克；每台房间空调维修一次需要充灌 1 千克的 HCFC-22；空调平均使用年限为 10 年，每年存在一定的报废比率，其中前两年的报废率设为 0。

空调行业 HCFC-22 消费量的计算公式：

（1）新生产空调消费量计算公式：

某年新生产空调消费 HCFC-22 的量 =（当年国内空调消费量 + 当年 HCFC-22 空调出口量）* 每个空调所需要的 HCFC-22 灌装量

（2）维修消费量计算公式：

某年维修需要 HCFC-22 的量 = 每个空调维修使用 HCFC-22 的灌装量

$$*\sum_{i=1}^{10}\text{每年空调国内消费量}*(1-\text{累计使用年数报废率})*\text{该使用年的维修率}$$

（某年维修需要 HCFC-22 的量与该年房间空调的保有量关系密切。）

（3）消费总量的计算公式：

某年房间空调行业 HCFC-22 的消费量 = 新生产房间空调 HCFC-22 的年消费量 + 该年维修房间空调需要的 HCFC-22 量

根据以上三个公式及本节介绍的其它相关参数，可以预测出 2005~2015 年间，房间空调行业消费制冷剂 HCFC-22 的量，如图 4-4 所示。由该图可以发现，新生产房间空调充灌 HCFC-22 的量在 2010 年有一个突然下降的趋势，同时这一下降也导致了房间空调行业 HCFC-22 消费总量在 2010 年产生了下降趋势。（面积图的总面积即为房间空调行业消费 HCFC-22 的总量。）但之后将持续增长。

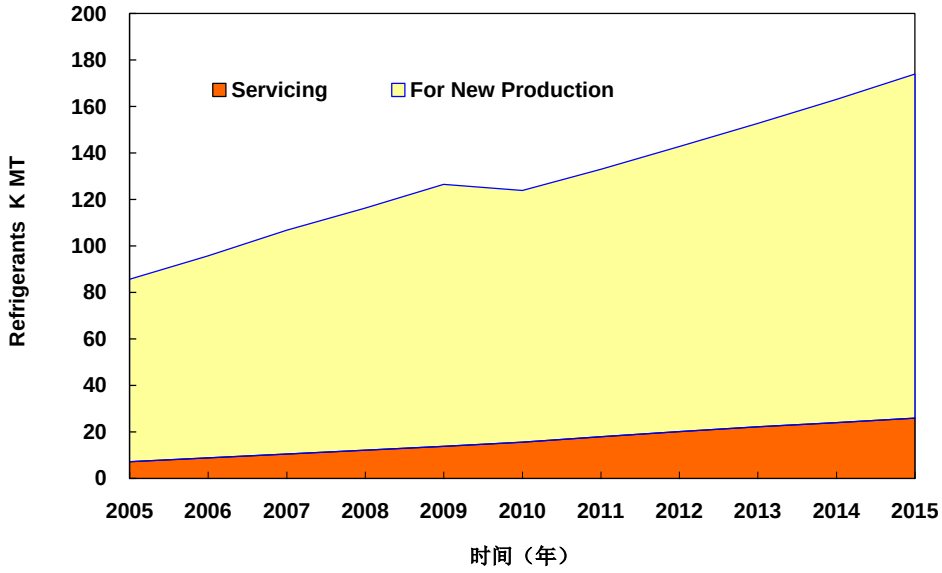

图 4-4 中国房间空调行业 HCFC-22 消费量预测值（千吨）

4.3 工商制冷行业 HCFC-22 消费量预测（ODS 消费）

在中国 ODS 淘汰过程中，工商制冷设备指广泛应用于工业和商业领域的制冷设备：容量在 500 升以上的食品冷冻、冷藏设备，包括商用冷库、食品展示柜、冷饮机、棒冰机、冷藏列车、冷饮机等；制冷量在 25kW 以上的中央空调系统或冷水机组；制冷量在 7kW 以上的单元式空调。

4.3.1 工商制冷行业历史消费情况

由于工商制冷设备应用非常广泛，所以该行业设备的分类和统计工作都非常复杂和困难。按照不同的使用用途大体上可以分为五个部分：商业制冷、冷藏和冷冻加工、工业制冷、运输制冷和中央空调。

商业制冷：商业制冷指零售商用于新鲜食品、饮料冷藏的冷藏柜和展示柜；一般有两个制冷温度，冷藏温度和冷冻温度。可以通过调查独立的冷冻、冷藏装置（封闭式）台数、平均制冷量、平均制冷剂灌装量，小商业冷冻、冷藏装置（开启式，包括一个或者两个压缩机，通常放在销售区外面）台数、平均制冷量、平均制冷剂灌装量，中央集中制冷设备台数、平均制冷量、平均制冷剂灌装量，将这些参数汇总得到总的商业制冷使用 HCFC-22 情况。但是这种直接调查方法非常复杂，不利于操作。所以本研究尝试建立一个整体调查法：调查超级市场数目、超市里

总的新鲜和冷冻食品的销售面积、制冷系统的大体类型及每一类型制冷设备的平均制冷剂充灌量。该整体调查法尝试建立商业制冷 HCFC-22 消费量与超市销售面积之间的关系，但由于受到可获得数据的限制，本研究用整个工商制冷行业 HCFC-22 消费量代替商业制冷 HCFC-22 消费量，用批发和零售贸易餐饮业产值代替超市销售面积。图 4-5 给出了工商制冷行业 HCFC-22 消费量与批发、零售贸易餐饮业产值的相关性。尽管数据上存在偏差，但该图仍然显示了一定的规律性。这说明在能够大量获得调查数据的前提下，该整体调查方法是可行的。

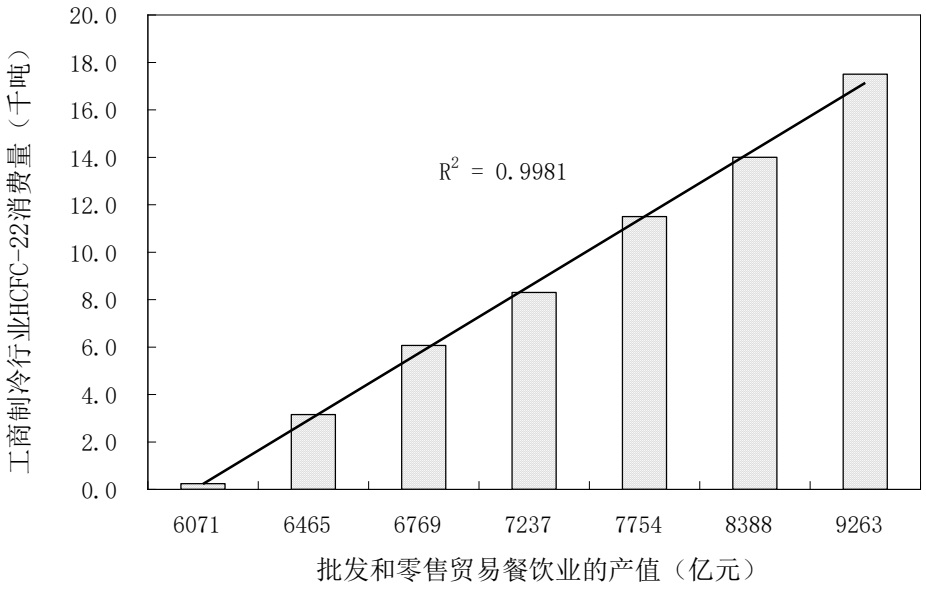

图 4-5 工商制冷行业 HCFC-22 消费量与批发、零售贸易餐饮业产值的相关性

冷藏、冷冻加工：冷冻库在中国主要用于食品的冷藏、冷冻加工。与商业制冷一样，本研究也尝试建立一个整体调查法：调查中国冷冻食品的年消费量、冷藏食品的年消费量和单位冷冻、冷藏食品与 HCFC-22 消费量之间的关系。

工业制冷：工业制冷包括专门用途的制冷系统和大型制冷系统。由于用途的特殊性，这些装置一般都是客户定制以后，在使用现场安装起来的。工业制冷中蒸发温度为 15 至-70℃，相应的这些装置的制冷/加热能力可以从 25kW 至 30MW（轴功率）。根据不同的制冷量和使用用途的需要，这些制冷系统的压缩机可选择往复式、螺杆式和离心式。不同国家相关法规的规定不同，导致各国工业制冷的技术发展不同。欧洲于 2001 年 1 月 1 日，禁止在新设备中使用 HCFC-22 和 HCFC-22 的混合物作为制冷剂。

运输制冷：运输制冷系统主要是用来运输冷藏和冷冻食品。运输制冷方式包括集装箱运输制冷、海上运输和渔业船只制冷、公路运输制冷、铁路运输制冷、航空运输

制冷。相对于其它制冷过程的技术水平，运输制冷系统的技术要求要略高。因为运输过程中，制冷环境状况相对恶劣，颠簸厉害，容易泄漏。集装箱制冷是运输制冷中最重要的子行业。集成集装箱的使用数量增加趋势明显。这些系统主要使用 HFC-134a、R-404a 和 HCFC-22 作为制冷剂，也有极少情况下使用 R-407c。

中央空调（工作温度接近室温）:大的商业中心一般都配备水冷式中央空调。水冷中央空调包括蒸汽压缩式中央空调和吸收式中央空调。根据使用的压缩机类型不同，蒸汽压缩式中央空调可分为离心式和容积式中央空调，容积式空调又包括螺杆式中央空调、涡旋式中央空调、往复式中央空调。

中国中央空调的国内需求、生产能力和出口潜力都增长迅速。1990 年代，离心式中央空调使用量显著上升。离心式中央空调：1995 年以前，主要依靠进口；1995 年以后主要是国内生产，其中 30%使用 HCFC-123 作为制冷剂，70%使用 HFC-134a。而大多数螺杆和涡旋式中央空调使用 HCFC-22 作为制冷剂。从 1999 年中国放开了对商业用电的限制以后，吸收式中央空调的使用量呈现了下降趋势。目前，配备风扇散热器的中央空调，在中国住宅供热领域有较大市场。

4.3.2 工商制冷行业消费量预测

“中国工商制冷行业整体淘汰 CFC-11 和 CFC-12 计划”报告中，中国政府已经承诺按照 1995 年提出的行业战略，工商制冷行业分两阶段完成 ODS 淘汰，第一阶段完成向 HCFC-22 制冷剂的转换（24 个项目中的 21 个）。因为在中国还不能工业生产 HFC-134a 及其专用润滑油和维修水平尚差的情况下，HCFC-22 技术是当前最适宜的选择。在适宜的非 ODS 技术成熟的条件下，中国政府将自行投资，完成下一阶段由 HCFC-22 向非 ODS 技术的转换。

HCFC-22 在该行业的主要用途与房间空调行业一样，可分为两种：用于新生产制冷设备的制冷剂灌装；用于制冷设备维修时的制冷剂灌装。在王世国预测的数据基础上，本研究预测了 2005~2015 年间，中国工商制冷行业 HCFC-22 的消费量，如图 4-6 所示。

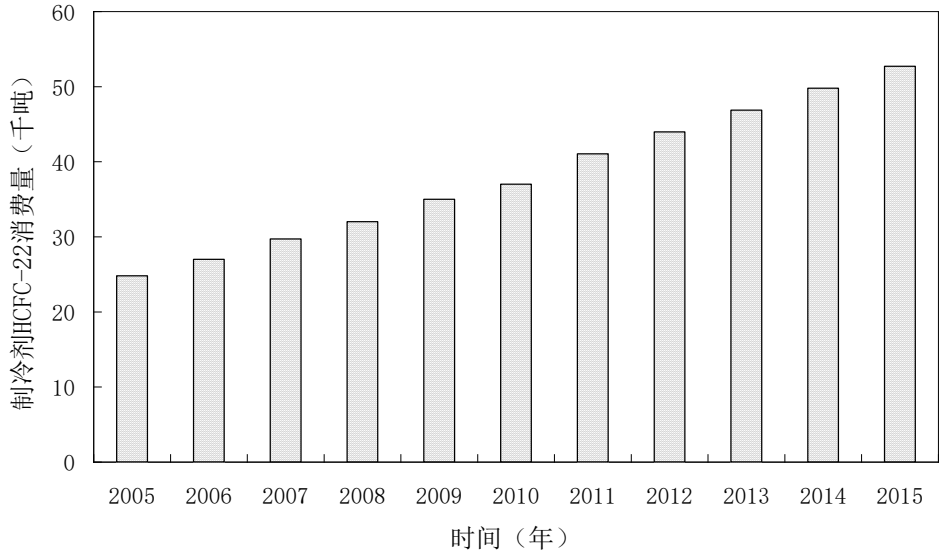

图 4-6 中国工商制冷行业 HCFC-22 的消费量（含新设备灌装和维修）

4.4 泡沫行业 HCFC-22 消费预测

HCFC-22 主要用于生产 XPS（Expanded Polystyrene 多孔聚苯乙烯）板材，由于我国对建筑物节能提出了新的标准，对这类保温材料的需求增长迅速。初步调查目前我国有 150 条生产线，生产能力 1,000 万立方米/年，2005 年生产量为 100～300 万立方米，消费 HCFC-22 发泡剂 5,000～10,000 吨；产量年增长率大于 20％。

挤塑聚苯乙烯泡沫塑料（XPS）是以聚苯乙烯树脂或其共聚物为主要成份，添加少量添加剂，通过加热挤塑而制得的具有闭孔结构的硬质泡沫塑料。它的开发时间大约在二十世纪五、六十年代。它具有优异的和持久的绝热功能、独特的抗蒸汽渗透性、极高的抗压强度，易于加工安装，所以在世界上得到了广泛的使用。欧文斯康宁公司在我国南京市投资建立的年产十万立方米的生产线投产后迅速打开了市场，产品的市场认可度很高，取得了很好的投资效益，现在该公司的第二条生产线马上将投入生产。除此之外，台湾的几家公司也在我国的江苏、北京等地建立了生产基地，其产品已开始进入市场。

在 XPS 产品问世后的几十年间，XPS 已经在各种建筑结构中得到了应用，并积累了成熟的经验。在居住建筑中作为绝热材料，特别是屋面绝热材料应用得十分广泛，同时在商业和工业中也不乏成功的范例。比如：日本的大阪机场、美国的麦当劳公司总部大楼、佛罗里达州的海洋世界、弗吉尼亚州的诺福克市中心隧道、缅因州的牛顿机场跑道、马萨诸塞州的马瑞特大型冷库等。在我国的新型建筑中，如北京的中国银

行大楼、东方广场、上海的可口可乐工厂、广州的雀巢冰淇淋厂都使用了 XPS 作保温材料。

XPS 自 2000 年我国境内第一条生产线投产以来，由于其独特的绝热性能、低吸水率、和较高的生产效率，市场占有率快速上升，并据有一定的开发潜能。

由于该行业处于发展阶段，只能进行简单预测。假设 2006-2010 年年增长率为 9%，2011-2015 年年增长率为 7%。

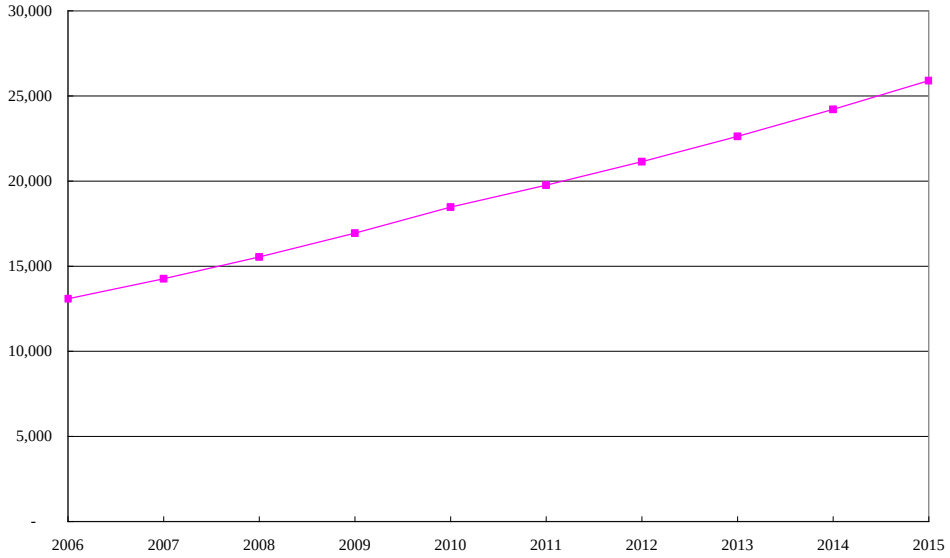

图 4-7 预计 XPS 行业 HCFC-22 需求量

4.5 其它行业 HCFC-22 消费量预测（ODS 消费）

CFCs 发泡剂最主要的过渡性替代品是 HCFC-141b，但也有少量 HCFC-22 可作为泡沫行业过渡性混合发泡剂的成分。但由于 HCFC-22 沸点明显地比 CFC-11（最主要的 CFCs 发泡剂）低，因此要实现从 CFC-11 到 HCFC-22 的转换需要在技术和设备改造上进行很大的投资，所以到目前为止还没有得到广泛应用。目前在第五条款国家中，除了拉丁美洲在生产硬泡沫（主要是用来做家用冰箱、冰柜、空调等设备保温材料）的过程中，大量使用 HCFC-22 和 HCFC-141b 作为发泡剂以外，其它国家用作发泡剂的 HCFC-22 用量基本上都可以忽略。总的来说，这一部分消费量在中国是非常少的，所以本研究忽略了这部分数据。

HCFC-22 还在消防等其它行业有极少量消费，本研究在计算过程中均忽略。

4.6 PTFE 生产行业 HCFC-22 消费量预测（原料消费）

HCFC-22 可以用作原料生产多种含氟精细化学品，其中最主要的品种是 PTFE。由于 PTFE 比一般工程塑料具有更优良的性能，被广泛应用于石油化工、电子电器、航天航空、机械、生物医药、建筑、国防军工和尖端科学等领域，成为现代工业所不可缺少的新材料之一。PTFE 作为含氟聚合物中的大品种，是高科技含量、高附加值的产品，至今世界上只有美国、日本和欧洲等少数发达国家能进行生产，无论从规模、品种和销售而言，美国均处于领先地位。而中国的 PTFE 工业起步于 1960 年代，发展于 1990 年代，近十年来发展迅速。2004 年，中国又有一套 1 万~1.5 万吨/年新装置投产。但是由于氟石资源分布不均的原因，中国 80%以上的氟化工产值集中在浙江、江苏、上海、辽宁四个省市。目前来看，中国生产的 PTFE 主要用于国内消费，也有部分出口。国内消费量的增长趋势主要受到国内市场的影响，而出口量的增长趋势则受到国际市场的制约。

国际市场情况：美国德威特咨询公司指出，聚合物部门正经历一个为期 5 年的循环期，2007 年或 2008 年将是这一周期的峰顶，并由此开始走下坡路。但是，中东地区能否保持经济、政治的稳定及中国是否有能力实施全部生产计划可能会对聚合物市场产生一定影响。由于 PTFE 的优良性能和较低的价格，PTFE 产品始终统领聚合物市场，占世界含氟聚合物总产能的 50~60%，但 PTFE 的许多终端市场已趋于饱和，世界总需求量将以年均 3~4%的速度增长。今后 3~5 年内，亚洲 PTFE 需求年均增长率有望达到 5~10%，成为需求增长最快的地区。据此，本研究假设中国 PTFE 的出口增长率与世界总需求增长率一致，为 4%。

国内市场情况：PTFE 消费量在国内含氟聚合物中比例最高，占 90%以上。但是由于生产技术水平低，检测手段落后，尚未达到工艺和产品质量可控的要求，国产的 PTFE 制品主要用于化工防腐和机械领域，用作设备和管道衬里和推挤管的很少，用于电气电子领域更少（大部分依赖于进口）。可见由于 PTFE 产品层次、用途不同，中国聚四氟乙烯大量出口的同时，又大量进口。所以本研究采用表观国内需求量的概念，即国内生产量与净进口量之和，根据国内市场增长率来预测未来中国 PTFE 的需求量。朱顺根根据中国 PTFE 市场的历史情况及发展趋势，预测中国未来几年 PTFE 的年均增长率为 10%。

聚四氟乙烯生产过程及原料 HCFC-22 的转化比例：PTFE 是由 TFE 聚合而成（反应

过程中没有物料变化），TFE 的生产过程如下：

$$2CHClF_2 \longrightarrow \underset{(TFE)}{C_2F_4} + 2HCl$$

按照上述反应式，四氟乙烯的理论转化比例应为：生产 1 吨 TFE 需要 1.73 吨的 HCFC-22。但由于该生产过程中还生成大量其它副产品，包括：CHF_3、$CClF_3$、C_3F_6、C_4F_8 等，所以目前中国生产的 PTFE 转化比例为 2.0~2.1，而美国杜邦公司的转化比例可达 1.8。本研究选取中国转化比例的平均值，生产 1 吨 TFE 需要 2.05 吨的 HCFC-22。

综上所述，可预测出 2005~2015 年间，中国 PTFE 的产量及用于生产 PTFE 的 HCFC-22 的消费量，如图 4-8 所示。

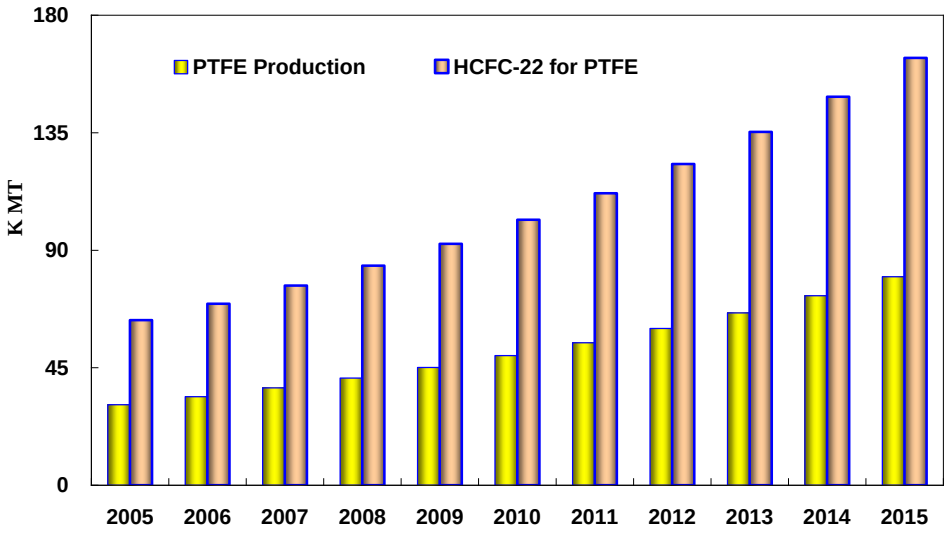

图 4-8 中国 PTFE 产量及用于生产 PTFE 的 HCFC-22 量(千吨)

4.7 Halon-1211 生产行业 HCFC-22 消费量预测（原料消费）

Halon-1211，是 HCFC-22 合成的产品之一，主要用于消防行业。Halon-1211 的特殊性就在于它本身是《蒙特利尔议定书》附件 A 受控物质。根据 1997 年修订的《中国消防行业哈龙淘汰战略》报告，在多边基金的资助按期提供的前提下，中国政府承诺淘汰哈龙的使用。哈龙淘汰计划的重要手段是执行许可证和可交易的生产配额制度，这些可以减少中国实施哈龙淘汰战略的不确定性。配额制度将在资金支持的配合

下，鼓励企业通过招标机制实施淘汰。该行动计划分为三个阶段：

第一阶段，从多边基金执委会批准资金后开始到 2000 年为止。在本阶段内，Halon-1211 的年生产量将从 9,950 吨削减到 3,980 吨；

第二阶段，从 2001 年到 2005 年。本阶段 Halon-1211 的年生产量将继续削减到 1,990 吨；

第三阶段，从 2006 年到 2010 年。上阶段剩余的 1,990 吨 Halon-1211 将被淘汰。

根据上述《中国消防行业哈龙淘汰战略》报告：2005 年，中国 Halon-1211 的生产量将为 1,990 吨，相应地作为这部分原料的 HCFC-22 的量[8]将为 1,194 吨；2006 年 1 月 1 日以后，中国将没有 Halon-1211 的生产，也就没有 HCFC-22 作为原料的消耗。

4.8 未来十年 HCFC-22 生产量、消费量预测汇总

综上所述，对中国未来十年 HCFC-22 的 ODS 消费量、原料消费量及总消费量进行汇总如下图显示，在中国现有的社会、经济发展水平和既有政策情况下，除去由于中国制冷设备的主要出口国在 2010 年禁止 HCFC-22 制冷机的进口，导致该年制冷设备产量、HCFC-22 消费量下降以外，2015 年以前 HCFC-22 的年 ODS 消费量、原料消费量、总消费量将持续上涨。可见未来十年，中国将成为最重要的 HCFC-22 的消费国和生产国之一，因而其管理控制情况举足轻重。

[8]根据 Halon-1211 和 HCFC-22 分子式，可以计算出，理论上生产 1 吨的 Halon-1211 需要 0.52 吨的 HCFC-22，同时考虑运输、反应过程中等的损失，本研究假定这一参数为 0.60。（与 95 年国家环保局调查数据相符和）

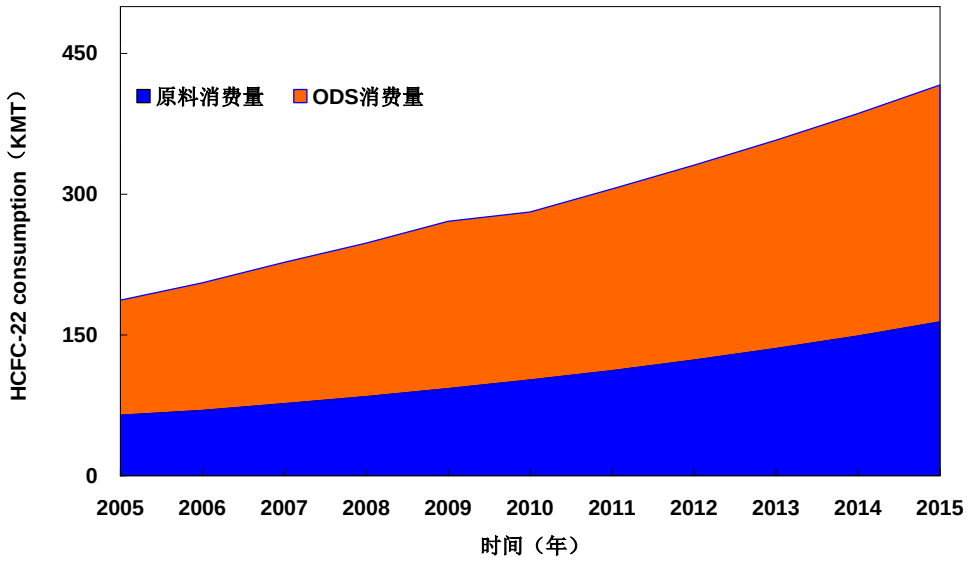

图 4-9 中国 HCFC-22 的 ODS 消费量、原料消费量及消费总量（千吨）

注：面积图的总和即为中国 HCFC-22 的消费总量。

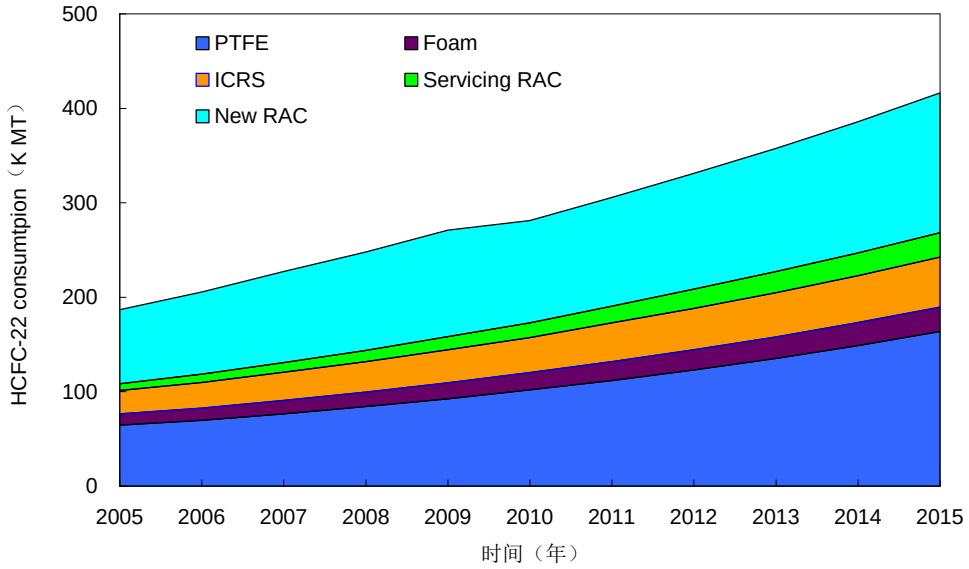

图 4-10 预测 HCFC-22 不同子行业需求量

将 HCFC-22 的消费量、出口量及生产量汇总，如图 4-11 所示。该图数据显示，中国 HCFC-22 出口量的增长速度缓慢，主要出口给美国、韩国等国家用作生产原料；2004~2015 年间 HCFC-22 生产量的年均增长率高达 10.2%。由于中国 HCFC-22 几乎没有进口，所以生产量为出口量与消费量的和，由中的面积图总和表示。

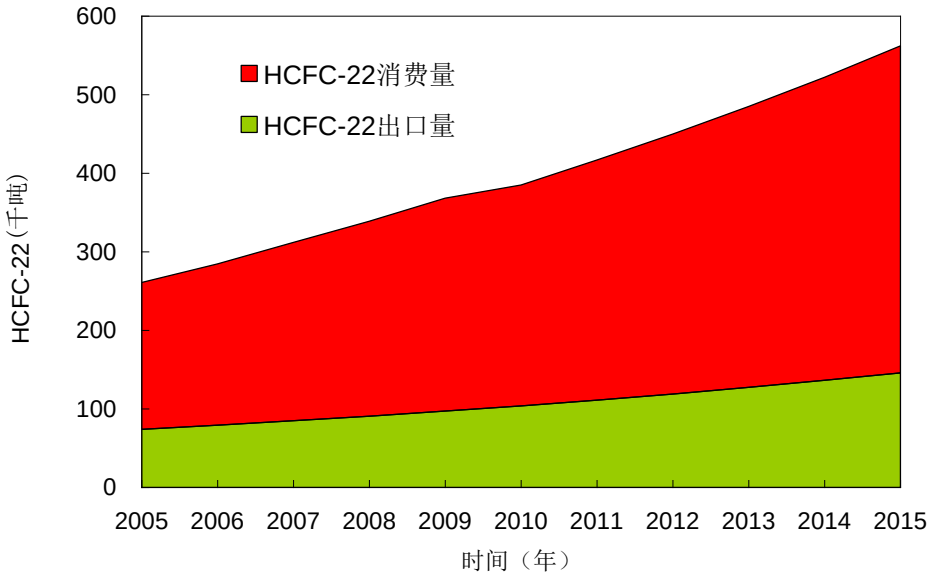

图 4-11 中国 HCFC-22 的出口量、消费量和生产量（千吨）

4.9 未来十年 HCFC-22 生产、消费造成的环境影响

由于 HCFC-22 既是 ODS，又是温室气体(以下简称 GHG)，而且它的副产品 HFC-23 也是 GHG，因此这两种物质排放到大气中以后，都会对环境造成严重的影响。为量化该影响，首先通过公式计算出 HCFC-22 和 HFC-23 的排放量；并计算出 HCFC-22 和 HFC-23 的 ODP 值和 GWP 值，此处计算的 ODP 值和 GWP 值均指当年实际排放到大气中的 HCFC-22 和 HFC-23 产生的环境影响。在计算 HCFC-22 排放量过程中，没有计算原料泄漏量，主要有以下两个原因：一是由于《蒙特利尔议定书》还没有对原料泄漏提出具体的控制目标和控制措施，二是由于缺乏调查数据。在 HFC-23 排放量的计算中，参数 1.5%是根据 CDM 项目方法论 AM0001 得出的，（该方法论规定凡是缺乏监测数据的生产厂，排放率值均取 1.5%）；IPCC 报告指出，在没有减排措施的前提下，HFC-23 的排放率为 3~4%，又根据“中意合作-HFC-23CDM 项目国际研讨会”上，各生产厂代表反应的数据，可以确认中国 HCFC-22 生产厂的实际 HFC-23 排放率平均值为 3%，所以本研究取 1.5~3%这个范围。

按照上述方法，获得 HCFC-22 生产、消费造成的环境影响，如所示。由该图可以明显看出 2005~2015 年间，中国 HCFC-22 的生产、消费对全球环境的影响日益增强。2015 年，相关排放的 GWP 值高达 4.09 亿吨标 CO_2。

HCFC-22排放量=制冷行业维修量＋泡沫行业泄漏量＋原料等生产运输过程泄漏量

HFC-23排放量＝HCFC-22生产量×1.5~3% － CDM项目处置量

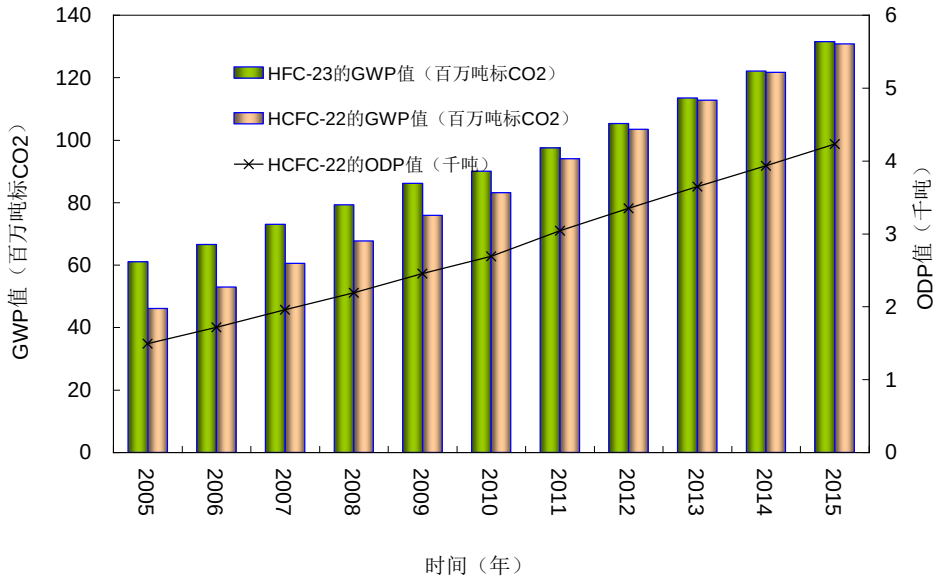

图 4-12　　中国消费的 HCFC-22 产生的环境影响

4.10 HCFC-141b 需求预测

泡沫行业需求预测

以及生产企业销售数据调查，泡沫行业采样 HCFC-141b 作为发泡剂的量从 200 年的 4,638 吨，2001 年的 7,748 吨，2002 年的 10,669 吨，增长到 2003 年 18,271 吨。从 2005 和 2006 年的初步调查数据来看，上述（销售）使用量持续上升，但速度有所减缓。由于行业没有充分数据支持预测，本研究中简单采样国家 GDP 预计增长水平估算该行业发展。采样 2006－2010 年年均 8%，2011－2015 年年均 6%增长率预测 HCFC-141b 的需求。

清洗行业需求预测

HCFC-141b 作为清洗剂在中国市场占有较低。2000-2003 年数据显示，HCFC-141b 的使用量不超过 1,000 吨，采用上述相同参数计算。

上述两个行业需求预测汇总如下图。

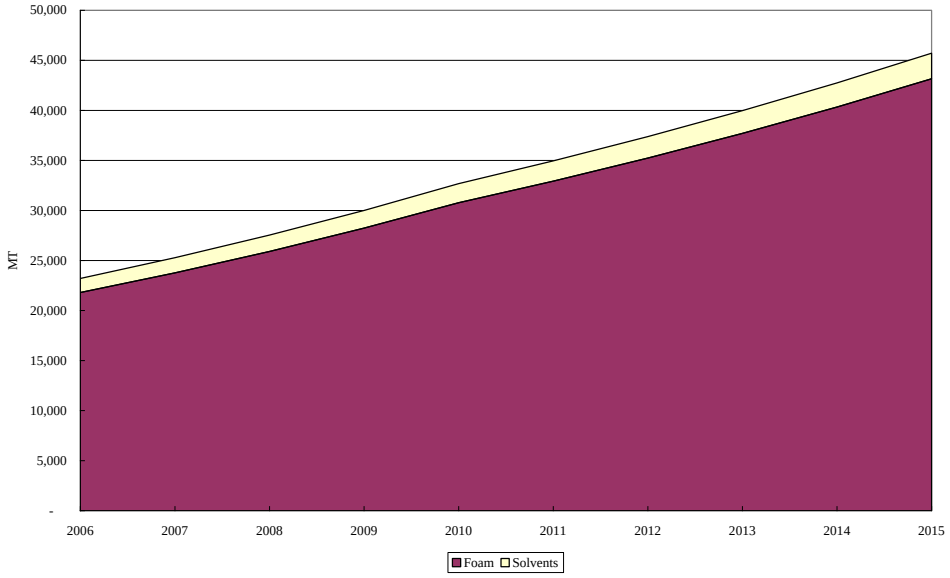

图 4-13　　未来 10 年 HCFC-141b 需求

4.11 小结

4.11.1 预测汇总

在目前公约要求的前提下，未来 10 年中国 HCFC-22 和 HCFC-141b 的需求预测如下图。

从图可知，中国目前 HCFCs 的消费水平近 14 万吨（约合 8,900 吨 ODP），预计 2010 年增长到 21 万吨（约合 1.3 万吨 ODP）；2015 年增长到 30 万吨（约合 1.8 万吨 ODP），其中房间空调的消费量约占 58％。

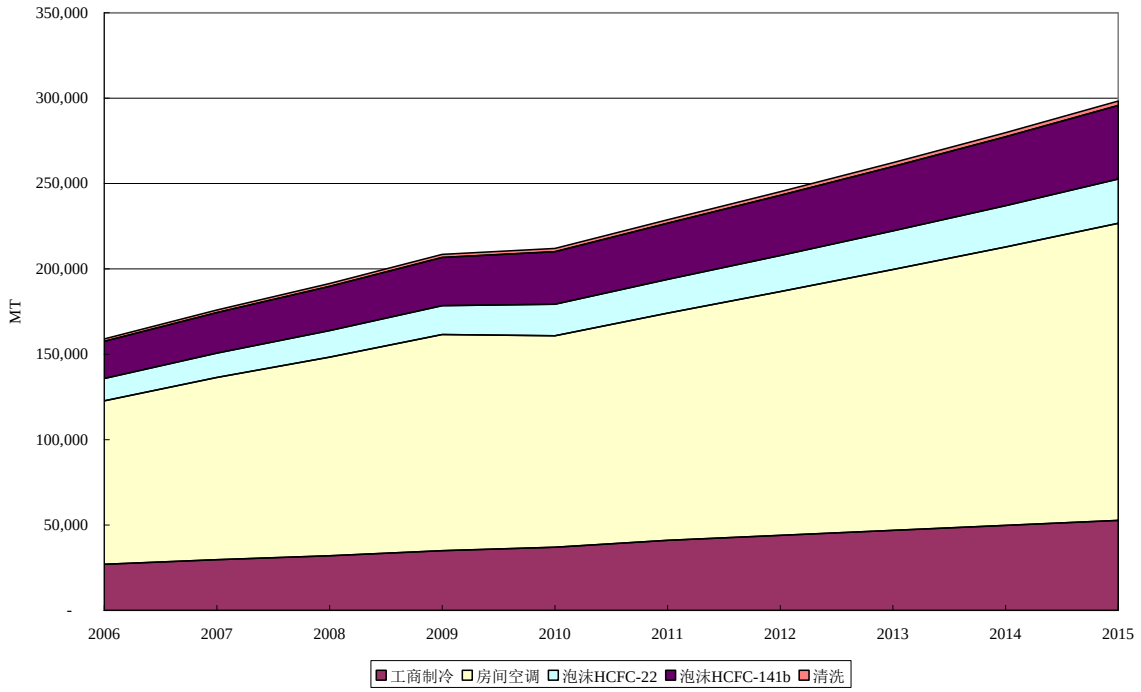

图 4-14　未来 10 年中国 HCFC-22 和 HCFC-141b 的需求预测

4.11.2 预测结果不足

中国 2005~2015 年间的 HCFCs 生产量和消费量很可能会比本研究中的预测值低，因为以下五点因素都可能导致第五条款国家的 HCFCs 生产量和消费量比《蒙特利尔议定书》的规定要少。《蒙特利尔议定书》对第五条款国家 2015 年的规定是“在不受任何限制的情况下，达到最大生产量和消费量”；但事实上，《蒙特利尔议定书》对非第五条款国家的控制必然会间接影响到第五条款国家的 HCFCs 生产量和消费量。

（1）未来几年来，不管有没有多边基金的支持，一些第五条款国家的生产商，尤其是跨国公司可能会减少 HCFCs 的生产量，甚至关闭相关的生产装置。

（2）随着淘汰行动的逐步深入，非第五条款国家将禁止进口含 HCFCs 的设备。那么出口这些设备的第五条款国家，如中国、印度等，为了保住自己的出口市场份额，就不得不转向使用非 HCFCs 技术，进而也会逐步带动国内消费空调快速转向非 HCFCs 技术。

（3）非第五条款国家的 HCFCs 需求量的迅速下降，将会导致生产合理化，即只有少数生产商拥有 HCFCs 生产设备。这一现象会导致 HCFCs 价格上涨，而任何价格的上长都只会加速第五条款国家转向使用非 HCFCs 技术；当然，如果第五条款国家自己组织大规模的 HCFCs 生产，就不会受到非第五条款国家需求量下降的影响。目

前，中国已经具备了强大的生产能力，2004 年的生产能力高达 319,500 吨，所以说这一点对中国的 HCFCs 生产和消费影响不会很大。

（4）北京修正案禁止缔约国与非缔约国之间进行 HCFCs 贸易。有 HCFCs 消费但没有通过哥本哈根修正案，或者有生产但没有通过北京修正案中的议定书缔约国，都是贸易受禁的“非缔约国”。截至 2005 年 3 月，批准《蒙特利尔议定书》的 189 个国家里，有 23 个国家还没通过哥本哈根修正案，有 98 个国家还没有通过北京修正案。目前，生产量和消费量较大的国家和地区，包括美国、欧盟、日本等都已经先后批准了这两个修正案，中国通过了哥本哈根修正案、未通过北京修正案。中国 2002 年出口 HCFC-22 超过 4 万吨，HCFC-141b 约 13,000 吨，其中出口韩国和泰国等北京修正案非缔约国占 72％，仅出口韩国就达 27％。美国和日本等缔约国 28％。出口到美国的 HCFC-22 主要是用作原料消费。

（5）此外，一些第五条款国家并不会按照哥本哈根修正案规定的消费控制目标行事，而会提前建立一些国内控制方案，或者限制本国对过渡性制冷剂的依赖，或者在 2016~2040 年间采用多级淘汰方式。

第5章 控制情景分析

针对上述 HCFCs 需求预测，本章将采用情景分析的方法，主要讨论在保证相关行业正常发展的前提下，如何在 2016 年前控制和减少 HCFCs 需求，并简单探讨了2016 年后可能的逐步淘汰的情景。

由于《蒙特利尔议定书》的控制对象是 HCFCs 的 ODS 消费用途，因此本研究中控制战略涉及的行业主要针对房间空调、工商制冷、泡沫和清洗等四个行业。由于房间空调行业占约 60％的 ODS 消费量，本部分控制情景费用和环境效益计算主要针对房间空调行业。只选择房间空调行业为例进行分析的原因包括：工商制冷行业设备分类复杂，基础数据缺乏，而且压缩机等主要依赖进口、替代时间受到国外制冷剂替代时间表的制约，很难准确预测；尽管 HCFC-141b 用于泡沫行业具有较长的历史，但规模一直较小，HCFC-22 和 HCFC-142b 应用于泡沫行业是近五年才发展起来的行业，其只是处于起步阶段。而 HCFC-141b 用于清洗行业总量几千吨，相比规模太小。

此外，按照排放特性以及欧美经验，房间空调行业的 HCFC-22 消费量通常是最后淘汰，因此本研究以房间空调行业的作为淘汰中国 HCFC-22 的基础，有利于中国履约的安全性考虑。

5.1 情景设计

本报告第 4 章中消费和生产预测的前提是假设中国没有采取额外行动来控制 HCFCs 增长，仅仅依据目前《蒙特利尔议定书》要求来考虑。但实际上，中国可以采取不同的行政措施和技术政策控制 HCFCs 的生产和使用的增长趋势。可以采样的行政措施和技术政策主要包括：

- 鼓励或强制在不同行业采用替代技术；
- 鼓励或强制实施能源效率等相关技术政策以限制 HCFCs 产品需求；
- 限制作为 ODS 用途的 HCFCs 生产能力建设和产量；
- 颁布和实施相关技术规范要求减少 HCFCs 泄漏以减少 HCFCs 需求；
- 要求回收、循环再利用 HCFCs；等。

为采用和实施上述行政措施和技术政策，中国应在各方面支持配合下开展相应的前期准备工作，如：

- 制定国家方案或计划；
- 开展替代示范项目；
- 制定相关行业的淘汰计划
- 开展回收、循环再利用示范工作；
- 开展相应的宣传、培训等活动；
- 研究制定相关的政策、法规等。

5.1.1 2016 年前可能的控制 HCFCs 需求增长的情景

根据目前可获得信息，可以设立以下情景：

表 5-1 2016 年前 HCFCs 淘汰控制情景

情景	化学品生产管理	制造业生产管理	进出口管理	开展替代	回收、循环再利用
A（本报告第 4 章预测情景，BAU）	仅登记管理，到 2016 年依据《议定书》冻结生产水平，依据生产配额制度进行管理	目前无要求，到 2016 年依据《议定书》冻结消费水平，对消费进行管理	依据公约进行许可证管理	目前无要求	目前无要求
B（限制发展情景，控制 HCFC 消费行业需求增长率，降低冻结生产和消费水平，到 2016 年依据《议定书》冻结生产和消费水平）	**目标：**（1）在 2012 年开始限制作为 ODS 用途的新建生产能力；（2）到 2016 年依据《议定书》冻结生产水平，并依据生产配额制度进行管理。 **活动需要**：（1）研究开发替代品；（2）管理 HCFC 生产；（3）研究制定管理政策。	**目标**：（1）在 2012 年开始限制个别消费行业作为 ODS 用途的新建生产能力；（2）到 2016 年依据《议定书》冻结消费水平，对消费进行管理；（3）按照能效、泄漏率等指标限制部分产品生产。 **活动需要**：（1）研究开发替代产品；（2）研究制订有关能效、泄漏率的技术法规；（3）选择行业颁布禁令；（4）研究制定管理政策；宣传、培训等活动。	依据公约进行许可证管	**目标：**推广应用替代技术，以满足淘汰需求，保证 HCFC 生产和消费的顺利淘汰。 **活动需要**：（1）开展部分行业替代示范项目，如房间空调行业、泡沫行业、清洗行业。（2）编制行业淘汰计划以实现冻结；（3）宣传、培训等活动。	**目标：**减少 HCFC 需求，减少排放，节约资源。 **活动需要**：（1）开展回收、循环再利用示范工作；（2）制订回收、循环再利用等技术规范；（3）宣传、培训等活动。
C（严格控制发展情景，最大限度控制 HCFC 消费行业需求增长率，降低冻结生产和消费水平）	**目标：**（1）在 2010 年开始限制作为 ODS 用途的新建生产能力；（2）到 2016 年依据《议定书》冻结生产水平，并依据生产配额制度进行管理。 **活动需要**：（1）研究开发替代品；（2）研究制定管理政策；管理 HCFC 生产。	**目标：**（1）在 2012 年开始，限制大部分消费行业作为 ODS 用途的新建生产能力；（2）到 2016 年依据《议定书》冻结消费水平，对消费进行管理；（3）按照更严格的能效、泄漏率等指标限制部分产品生产；（4）2016 年前个别替代技术成熟的子行业提前淘汰。 **活动需要**：（1）研究开发替代产品；（2）研究制订有关能效、泄漏率的技	依据公约进行许可证管	**目标：**全面推广应用替代技术，保证 HCFC 生产和消费的顺利淘汰。 **活动需要**：（1）开展全部行业替代示范项目。（2）编制实施行业淘汰计划以实现削减，降低	**目标：**减少 HCFC 需求，节约资源 **活动需要**：（1）开展回收、循环再利用示范工作；（2）制订回收、循环再利用等规范；（3）要求部分行业开展回收、循环再利用；（4）宣传、培

情景	化学品生产管理	制造业生产管理	进出口管理	开展替代	回收、循环再利用
		术法规；（3）开展替代活动，选择行业颁布禁令；（4）研究制定管理政策；宣传、培训等活动。		冻结水平；（3）宣传、培训等活动。	训等活动。
D（提前冻结HCFCs消费并加速淘汰情景，在2013年冻结生产和消费在2012年水平，并保持其后生产和消费水平逐步下降）	**目标：**（1）在2009年开始限制作为ODS用途的新建生产能力；（2）到2013年冻结生产水平，并依据生产配额制度进行管理。 **活动需要**：（1）研究开发替代品；（2）研究制定相关政策，管理HCFC生产。	**目标：**（1）在2010年开始，限制全部消费行业作为ODS用途的新建生产能力；（2）到2013年冻结消费水平，对消费进行管理；（3）按照更严格的能效、泄漏率等指标限制部分产品生产。 **活动需求：**除情景C的活动外，还将尽快：（1）开展替代活动，并逐步停止含HCFC开启、半开启压缩机等制冷设备生产和销售；（2）开展替代活动，逐步停止HCFC-22和HCFC-141b作为发泡剂和清洗剂的使用；（3）发展高效产品，限制低能效HCFC-22空调生产和销售。	**目标：**（1）依据公约进行许可证管；（2）减少出口以限制HCFC对生产需求。 **活动需求：**分产品分区域逐步减少出口额度	**目标：**尽快全面推广应用替代技术，保证HCFC生产和消费的顺利淘汰。 **活动需要**：（1）开展全部行业替代示范项目。（2）编制实施行业更大力度淘汰计划以实现削减，降低冻结水平；（3）宣传、培训等活动。	**目标：**减少HCFC需求，节约资源 **活动需要**：（1）开展回收、循环再利用示范工作；（2）制订回收、循环再利用等规范；（3）要求部分行业开展回收、循环再利用；（4）宣传、培训等活动。

依照上述假设情景，预计 HCFCs 的需求如下：

表 5-2 不同情景下作为 ODS 的主要 HCFCs 需求预测（含国内消费和出口）

情景	2005	2010	2015
A（本报告第 4 章预测情景）			
HCFC-22(吨)	122,000	179,000	252,000
HCFC-141b(吨)	21,000	33,000	46,000
ODP(吨)	9,020	13,475	18,920
B（限制发展情景）			
HCFC-22(吨)	122,000	165,000	210,000
HCFC-141b(吨)	21,000	30,000	38,000
ODP(吨)	9,020	12,375	15,730
C（严格控制发展情景）			
HCFC-22(吨)	122,000	158,000	186,000
HCFC-141b(吨)	21,000	30,000	31,000
ODP(吨)	9,020	11,990	13,640
D（提前冻结 HCFCs 消费并加速淘汰情景）			
HCFC-22(吨)	122,000	158,000	158,000
HCFC-141b(吨)	21,000	30,000	30,000
ODP(吨)	9,020	11,990	11,990

3

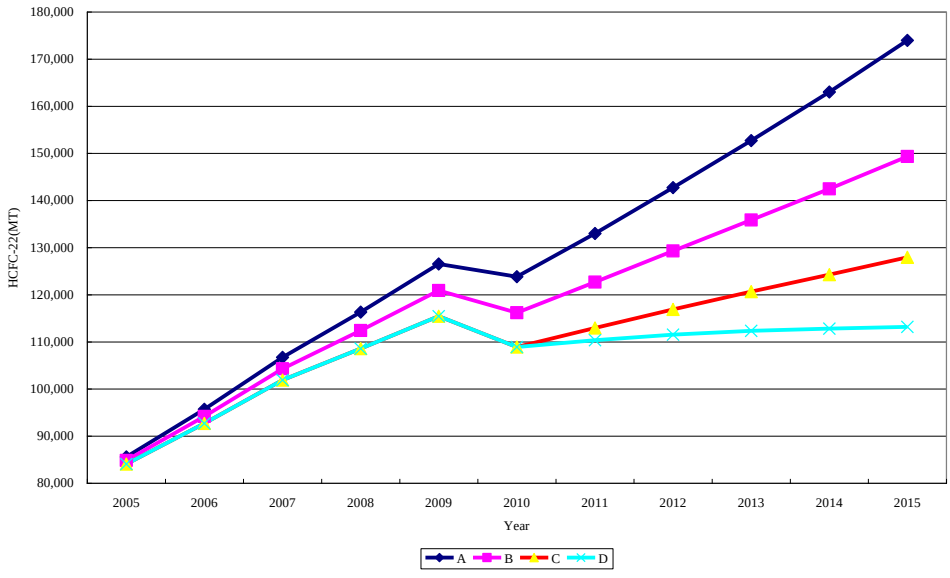

图 5-1 不同情景下房间空调行业 HCFC-22 需求预测

5.1.2 2016 年后逐步淘汰 HCFCs 情景

严格按照《蒙特利尔议定书》的规定（图 1-1），是第五条款国家的氟氯烃消费量的最慢边界情景。而从减小环境影响的角度来说，ODS 的淘汰速度越快越好。其它设定情景与基线情景相比，就是在不同程度和时间上，加快淘汰 HCFCs。

基线情景 A，（Baseline，承接上述控制情景 A，以下简称“情景 A”）：严格按照《蒙特利尔议定书》的要求，中国控制 HCFCs 的最慢淘汰情形。（边界情景）

2016 年：冻结在 2015 年 BAU 预测的情景。

2016~2039 年：整个家用空调行业的 HCFC-22 消费量一直保持 2015 年的水平不变。

2040 年 1 月 1 日：削减 100%的 HCFCs 消费。

慢速情景 B，（慢速淘汰，承接上述控制情景 B，以下简称“情景 B”）：按照上述情景 B 的控制趋势，逐步限制消费水平。

2016 年：冻结在 2015 年。

2016~2039 年：按照函数 y=a1x2+b1x+c1 递减，相对于直线等比削减情形，该情形的特点是削减速度先慢后快，而且整体削减速度相对慢。

2040 年 1 月 1 日：削减 100%的 HCFCs 消费。

快速情景 C，（快速淘汰，承接上述控制 情景 C，以下简称“情景 C”）：按照上述情景 C 的严格控制趋势，逐步严格限制消费水平。

2016 年 1 月 1 日：冻结。

2016~2039 年：直线等比削减情景。

2040 年 1 月 1 日：削减 100%的 HCFCs 消费。

情景 D，（提前淘汰，承接上述控制情景 D，以下简称“情景 D”）：按照上述情景 D 提前冻结，在 2035 年前逐步完全淘汰 HCFCs 消费。

2014 年 1 月 1 日：冻结在 2013 年的水平。

2016~2035 年：按照函数 $y=a_2x^2+b_2x+c_2$ 递减，相对于直线等比削减情形，整体削减速度相对快。

2035 年 1 月 1 日：削减 100%的 HCFCs 消费。

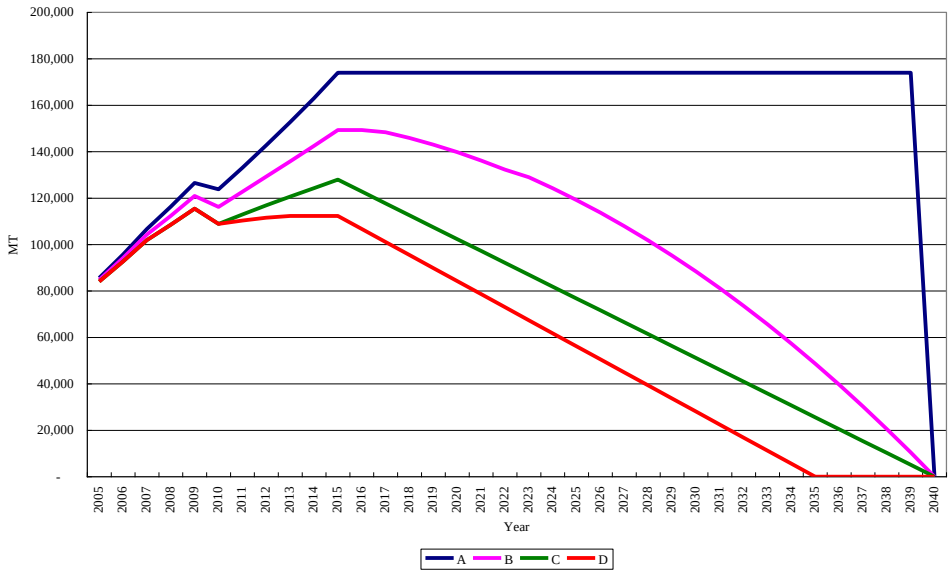

图 5-2 各控制情景下，中国家用空调行业 HCFC-22 消费量

(其他行业的 HCFCs 累计水平与上图相当)

5.2 房间空调行业增加费用分析

房间空调行业、工商制冷行业、泡沫行业和清洗行业等的替代将导致额外成本。考虑数据可获得性，本文对房间空调行业替代费用需求进行了分析。

5.2.1 增加费用定义及影响因素

通常环境公约对增加费用的定义为：“相关的成本是‘额外’的而不是总成本。应将淘汰（履约）项目的成本与其所替代或使之成为多余的项目的成本进行比较。两种成本的差额——公约所支持活动的支出减去被其替代或因而成为多余活动的节约的支出——是增加费用。它是对一个国家由于选择超出了国家利益的履约支持活动而在未来将要承担的经济负担的度量。”根据此定义，本研究考虑的增加费用主要是指中国房间空调行业的制冷剂由 HCFCs 改为非 ODS 物质过程中，中国房间空调的最终消费者需额外承担的成本。

参考关于增加费用的指南，考虑到中国实施 HCFC 替代活动的主要原因是履行公约，实施公约的增加费用也就是实施整个淘汰活动的费用，因此初步确定相关增加费用为 HCFCs 替代使用过程中的增加费用，主要包括替代品/替代技术引进费用、替代设备改造和运行费用及宣传培训费用等。

增加费用分析是基于现有替代技术和基础设施来进行估算。其影响因素很多，包括房间空调行业现有 HCFC-22 及其替代品的消费情况、房间空调行业 HCFC-22 消费量历史变化情况、房间空调维修情况、HCFC-22 回收再利用情况、公众参与等因素。各因素的具体分析见下文。

HCFC-22 历史消费量及不受控情形下消费量增长趋势：房间空调行业是中国 HCFC-22 作为 ODS 消费的大户。如前所述，1994~1998 年期间，房间空调生产量的年均增长率为 23%；1999~2004 年期间，房间空调生产量的年均增长率为 41%；2004 年中国房间空调的生产量为 6,646 万台。由于房间空调行业 HCFC-22 的消费量与空调台数有很强正相关性，所以可以推断在不受控情形下，HCFC-22 的消费量及其增长趋势将相当惊人。显然，在淘汰过程中，房间空调行业对 HCFC-22 需求将由替代品来补充，该行业需求 HCFC-22 量的增长率越大，对替代品的需求也将越大，实施淘汰的难度和力度也将越大，实施淘汰的增加费用也将不同。

控制和淘汰日程表：淘汰进度是影响增加费用的最重要的因素之一。淘汰进度在两方面影响淘汰增加费用。第一方面是改用其它替代制冷剂的时间越早，改线技术需求的增加费用越高，而且技术不够成熟；改线时间越晚，改线技术越成熟，增加的费用越低。第二方面的影响是替代品的需求，替代品的需求与淘汰速度直接相关，替代品生产的发展是淘汰 HCFC-22 的保证。只有发展了替代技术和充足的替代品生产能力才能实施 HCFC-22 消费、生产的淘汰，否则将不能满足市场的需求而导致产品短缺。淘汰越快，发展替代技术和替代品生产能力投入越大，从而增加费用越大；淘汰越慢，发展替代技术和替代品生产能力投入相对较小，增加费用也相对越小。但是淘汰速度对环境和健康的效益是明显的，淘汰速度越快，环境和健康的效益则越大。

替代技术：替代技术是影响淘汰增加费用的另一个重要因素之一。针对用于房间空调制冷剂消费的 HCFC-22 生产，其替代技术有人工制品 HFCs、天然工质 HCs、NH_3、CO_2 等；对于不同的替代技术将需要不同的淘汰增加费用；因此，社会对不同替代技术的需求，选择不同的替代技术，将会影响增加费用的需求。

政策：政策是影响淘汰增加费用的重要因素之一。政策可以影响 HCFC-22 及其替代品的生产，也可以影响 HCFC-22 和替代品的市场。如对 HCFC-22 替代品实施减免税，对 HCFC-22 的消费、生产进行限制等。

5.2.2 增加费用计算的假设和依据

在计算每台 R-410a/R-407c 房间空调比 HCFC-22 空调增加费用的过程中，本研究考虑了下列 5 个因素：

（1）假设生产商在更换制冷剂的过程中单个空调利润不变，每台 R-410a/R-407c 空调生产过程中增加的成本都由最终消费者支出；

（2）空调消费量与空调价格无关，只与消费需求有关，即消费群体不会因为空调价格上长就少买空调；

（3）假设制冷剂价格不变，即 HCFC-22 及其非 ODS 替代品的价格不变；

（4）HCFC-22 房间空调设备大部分都可以直接用于 R-410a/R-407c 空调生产线，所以生产线改造设备不是很多，只是增加一些设备，如制冷剂充灌机等；

（5）选取 2005 年为基准年。

目前采用 R-290(正丙烷)作为房间空调行业的替代品也在大力开发。相比 R-410a/R-407c 而言，R-290 在压缩机系统制造过程改造方面要求很少，但是由于 R-290 的制冷能力不及 HCFC-22，达到相同制冷量其压缩机要大 20%，约合每台 100 元人民币。此外，目前中国 R-290 价格合 200 元/千克。采用 R-290 将可能比 R-410a 更节约能源，但目前研究工作组未得到有关节能数据。现有可获得数据显示两种替代技术成本接近。考虑到中国已经有大量 R-410a/R-407c 生产实践，而市场尚没有分体房间空调产品，故本文计算费用采用 R-410a/R-407c 技术。

5.2.3 增加费用的计算

一方面，房间空调行业的制冷剂由 HCFC-22 变为 R-410a/R-407c 的过程中，空调整机生产商需要引进技术，更换生产线（包括更换新的制冷剂充灌机等设备），更换润滑剂，购买能承受更高压力的新型压缩机，以及更换塑胶管等。这些增加费用表面上是由空调生产厂商支出，但由于 R-410a/R-407c 空调的价格普遍要比 HCFC-22 空调高出 30%（宁波奥克斯空调厂咨询数据），所以实际上生产商是将这部分增加费用转嫁给了最终的空调消费者，而生产商的单个空调利润并没有太大变化，它所支付的只是财务成本，而不是经济成本。所以本研究将在假设生产商在更换制冷剂的过程中单个空调利润不变的前提下，计算出生产商每生产一台 R-410a/R-407c 空调比生产一台

HCFC-22 空调增加的成本，作为最终的空调消费者多支付的成本。

另一方面，消费者购买了制冷剂为 R-410a/R-407c 的房间空调以后，每次维修充灌制冷剂都要多支付 R-410a/R-407c 与 HCFC-22 的差价。

综上所述，每台 R-410a/R-407c 空调增加的成本即为上述两部分增加费用之和，该增加费用再与国内消费的该制冷剂空调总量的乘积，即为中国房间空调最终消费者为淘汰 HCFC-22 支付的总增加费用。

5.2.3.1 空调生产商增加的财务成本计算公式

理论上，空调生产商生产一台房间空调的总财务增加费用计算方法如公式 5-1 所示。其中 IC^1 为空调生产商 HCFC-22 的总增加替代成本，单位为“元”，包含四部分内容：

$$IC^1 = \sum_{i=1}^{t} \frac{IC_{1i} + IC_{2i} + IC_{3i}}{(1+r)^i} + \sum_{i=1}^{t} \frac{IC_{4i} + IC_{5i}}{(1+r)^i} + \sum_{i=1}^{t} \frac{IC_{6i} + IC_{7i} + IC_{8i}}{(1+r)^i} + \sum_{i=1}^{t} \frac{IC_{9i}}{(1+r)^i} \quad \textbf{(5-1)}$$

第一部分，房间空调企业使用替代品过程中，增加的一次性投资费用，其中：

IC_{1i}：第 i 年，空调生产商技术引进费用，单位为元；

IC_{2i}：第 i 年，空调生产商生产设备改造费用，单位为元；

IC_{3i}：第 i 年，空调生产厂家培训工人使用新制冷剂技术的培训费用，单位为元；

第二部分，房间空调企业使用替代品过程中，增加的运行费用，其中：

IC_{4i}：第 i 年，空调生产过程中增加（或节约）的水电费用，单位为元；

IC_{5i}：第 i 年，空调生产过程中增加（或节约）的人工费用，单位为元；

第三部分，房间空调企业使用替代品过程中，原材料增加费用，其中：

IC_{6i}：第 i 年，房间空调灌装替代制冷剂后增加的总成本，值为每台空调增加费用与空调台数的乘积，其中每台空调增加费用的计算方法如公式 5-2 所示；

IC_{7i}：第 i 年，使用新的润滑剂的增加费用，单位为元；

IC_{8i}：第 i 年，使用高强度钢板等导致压缩机的增加费用及其它原材料增加费用，单位为元；

第四部分，宣传推广使用新制冷剂空调的费用，其中：

IC_{9i}：第 i 年，宣传推广使用新制冷剂空调的费用，单位为元。

由于数据的可获得性，以及根据对整台房间空调增加费用贡献的重要性，在每台空调灌装替代制冷剂（首次充灌）造成的增加费用的计算过程中，本研究只包括了以下三个量，即一次性投资费用、一台房间空调更换新充灌制冷剂增加的费用、一台使用 R-407c/R-410a 的压缩机比 HCFC-22 压缩机增加的成本。计算方法见公式 5-2。

$$IC_{6i} = n_{1i}(m_1 p_1 - m_0 p_0) + n_{2i}(m_2 p_2 - m_0 p_0) \quad (5\text{-}2)$$

n_{1i}：第 i 年，R-407c 房间空调的产量，单位为台；

m_1：每台新生产空调灌装 R-407c 的量，单位为千克；

p_1：R-407c 的单价，单位为元/千克；

m_0：每台新生产空调灌装 HCFC-22 的量，单位为千克；

p_0：HCFC-22 的单价，单位为元/千克；

n_{2i}：第 i 年，R-410a 房间空调的产量，单位为台；

m_2：每台新生产空调灌装 R-410a 的量，单位为千克；

p_2：R-410a 的单价，单位为元/千克。

5.2.3.2 维修过程因采用替代品而开展的相关培训活动

培训中心的一套培训设备要花费 45,000 元。设备包括真空泵、多支管和测量表、软管、便携式泄漏检测器、充灌制冷剂的钢瓶和回收再充注装置。建议在每个培训中心配备两套培训设备，估计每位参加者的直接培训费用将会接近 1,000 元，其中包括三天的食宿费和每位学员的其他直接费用（消费品、评估和操作认证）。

除了培训的直接费用，还有一些与培训活动相关的间接费用。由于 20 个培训中心分布在全国各地，因此有必要建立一个中心协调机构来计划和检查各个中心培训目标的准备情况，并在培训的计划和进行过程中提供指导和支持，协助提供培训材料，通过国家培训中心对培训教师师进行培训安排等。每位培训学员的培训管理费用估计为 400 元，如果有额外花费的话，由参与合作的空调制造商支付。

对培训教师的培训（ToT）费用预计为 160,000 元。建立国家培训中心的费用是按照国家培训中心有 5 套设备、每套设备的标准费用为 45,000 元来进行估计。其他

有关培训部分的内容是编写培训材料，包括对现有培训材料的改编及将这些材料翻译成中文。这两部分中，每一部分都需花费约 160,000 元。

SEPA 目前正在开发针对地方官员进行臭氧层保护政策培训的网络系统。这个系统将进一步扩展，以提供空调维修技术培训。培训材料编写出来以后，会被上传到目前的网站上，供地方官员网上培训使用。这将为年轻的维修技术人员上网学习维修技术提供机会。设计网络培训的额外费用估计为 160,000 元。

加强国内职业学校培训的费用是基于直接向他们提供培训设备，这个费用与提供给新建培训中心的设备费用相当。另外，更新现有培训课程的费用估计为 160,000 元。

每份小册子或海报的设计、准备、制作和分发等需 15 元，光盘的准备和大量分发需 20 元。为提高公众意识而召开的研讨会估计需要 800,000 元。

开发和宣传良好维修操作标准

各项活动的设计和评估费用（邀请专家、召开国际研讨会并打印大量材料）已列在增加费用的表中，不需加以说明。

管理信息系统包括：跟踪记录各项培训活动和改善公众意识的宣传活动，收集培训学员和符合设备支持条件的受益维修企业信息的数据库建立和维护，监督回收和再利用的实施情况，对从报废设备中回收和再生的 HCFC 的数据库进行维护，储存和积累有关资料等。整个 MIS 的费用为 3,000,000 元，其中包括硬件、软件、建立数据库和运行、维护系统的费用。为了对包括培训活动和提高公众意识在内的各个活动进行监督，如果需要的话，还应该有一些固定的专家来源。如果按照严格的方式对这些活动进行监督，估计费用为 16,000 元。估计 800～1,000 个培训教程中有 50 个要进行严格的监督。

5.2.3.3 房间空调消费者增加的维修成本

房间空调消费者购买空调以后，每次制冷剂维修都要支付替代制冷剂与原制冷剂的差价，即为房间空调消费者增加的维修成本，具体算法见公式 5-3。

$$IC^2 = \sum_{i=1}^{t} \frac{N_1(M_1 p_1 - M_0 p_0) + N_2(M_2 p_2 - M_0 p_0)}{(1+r)^i} \qquad \textbf{(5-3)}$$

IC^2：房间空调消费者增加的维修成本，单位为元；

N_1：第 i 年，需要维修的 R-407c 房间空调数量，单位为台；

M_1：维修一台空调充灌 R-407c 的量，单位为千克；

M_0：维修一台空调充灌 HCFC-22 的量，单位为千克；

N_2：第 i 年，需要维修的 R-410a 房间空调数量，单位为台；

M_2：维修一台空调充灌 R-410a 的量，单位为千克。

其它参数含义同公式 5-1 和公式 5-2。

因上述费用主要发生在 2011 年之后，本文暂时忽略其计算。

5.2.3.4 总增加费用的计算公式

总增加费用为空调生产商增加的财务成本与空调消费者增加的维修费用之和。在假设空调生产商利润不变的前提上，费用均由空调的终端消费者承担。公式 5-4 的计算结果为总增加费用。

$$IC^{*} = \sum_{i} IC^{i} \qquad \textbf{(5-4)}$$

IC^{*}：中国房间空调最终消费者为淘汰 HCFC-22 支付的总增加成本

5.2.3.5 关键模式输入参数

表 5-3 计算房间空调行业增加费用的关键输入参数

内容				
情景	A	B	C	D
2010 年，中国 HCFC-22 房间空调生产量（千台）	80,000	75,000	70,000	70,000
2010 年，中国房间空调行业 HCFC-22 消费量（千吨）	123	116	109	109
2015 年，中国 HCFC-22 房间空调生产量（千台）	110,000	94,000	80,000	70,000
2015 年，中国房间空调行业新产品灌装 HCFC-22 消费量（千吨）	174	149	128	113
其它参数				

转产一条产能为 500 千台的生产线增加费用（千元）	750			
HCFC-22 的单价（元/千克）	10			
R-407c 的单价（元/千克）	78			
R-410a 的单价（元/千克）	100			
HCFC-22 压缩机平均单价（元/台）	400			
R-407c/R-410a 压缩机平均额外单价(元/台)	200			
假设每台 R-410a 空调每年节电[9]	55kw/hr			
每度电费	0.6 元			

关于为提高维修水平产生的增加费用计算参数见 5.3.3.3 章节。

5.2.4 房间空调行业不同情景增加费用和节电费用（2016 年前）

生产设备改造：假设到 2015 年中国现有生产房间空调企业 HCFC-22 生产线改造情景 B 改造 1/4，情景 C 改造 1/3，情景 D 改造 1/2。则累计费用分别未 45,000,000 元、60,000,000 元和 90,000,000 元。

培训和宣传：开展不同层次的培训和宣传，情景 B、C 和 D 的费用需求分别是：3,185,000 、8,275,000 和 15,590,000 元。

依照上述情景和参数计算，房间空调行业不同控制情景 B、C 和 D 生产过程的增加费用如下表。

表 5-4 房间空调行业不同控制情景下生产过程的增加费用需求 (2005 年价)

额外 R-410a 空调需要(千台)				压缩机额外花费（千元）			制冷剂额外花费(千元)		
情景	B	C	D	B	C	D	B	C	D
2007	1,551	3,074	3,074	310,206	614,773	614,773	139,593	276,648	276,648
2008	2,520	4,965	4,965	504,095	992,934	992,934	226,843	446,820	446,820
2009	3,631	7,106	7,106	726,190	1,421,163	1,421,163	326,786	639,523	639,523
2010	4,899	9,524	9,524	979,711	1,904,702	1,904,702	440,870	857,116	857,116
2011	6,610	12,741	14,655	1,321,918	2,548,285	2,930,976	594,863	1,146,728	1,318,939
2012	8,509	16,261	20,145	1,701,761	3,252,228	4,029,090	765,792	1,463,502	1,813,091
2013	10,613	20,106	26,020	2,122,558	4,021,213	5,204,072	955,151	1,809,546	2,341,833
2014	12,939	24,301	32,307	2,587,895	4,860,267	6,461,303	1,164,553	2,187,120	2,907,586

[9] Wu Chen, Mark W. Spatz，Honeywell，R410A 与 R22 在家用空调中的应用比较

2015	15,508	28,874	39,033	3,101,643	5,774,782	7,806,540	1,395,739	2,598,652	3,512,943
合计	66,780	126,952	156,828	13,355,979	25,390,345	31,365,553	6,010,190	11,425,655	14,114,499

相比房间空调行业生产过程的增加费用需求，生产设备改造、培训和宣传的费用需求不及其 1%。

5.3 房间空调行业不同淘汰情景的环境效益（额外减排量和能源节约）

5.3.1 ODP 和 GWP 减排

假设情景 A 为基线情景，情景 B、C 和 D 相对情景 A 而言存在 4 个方面的环境效益，其中 3 个方面为额外减排量，即①HCFCs 需求减少；②因 HCFC-22 需求减少而导致 $CHCl_3$ 需求减少，作为副产物的 CTC 产量减少；③因 HCFC-22 需求减少而导致生产减少，生产过程排放的 HFC-23 减少。另外的环境效益为采用替代工质后制冷设备运行效率提高，节约能源产生的环境效益。

假设生产 1 吨 HCFC-22 需要 1.5 吨 $CHCl_3$，生产 13 吨 $CHCl_3$ 产生 1 吨 CTC。减少 HCFC-22 生产导致减排的 GWP 总量是指减少的副产品 HFC-23 的 GWP 值，假设生产每 100 吨 HCFC-22 产生 3 吨 HFC-23。

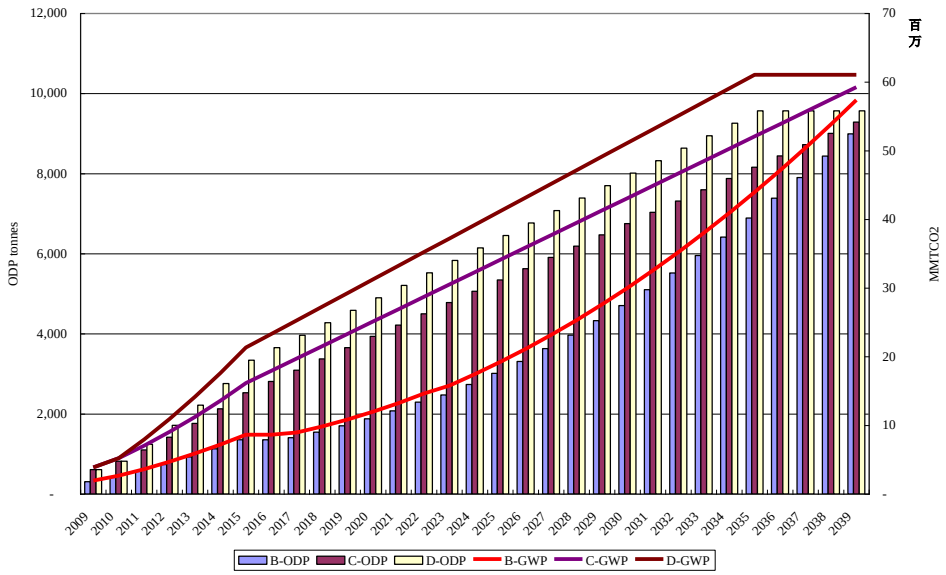

图 5-3 其他情景相对情景 A 由于减少的 HCFCs 需求每年减少排放的 ODP 和 GWP

上述减排的累计（2007－2040 年）数据见下表。

表 5-5 其他情景相对情景 A 由于减少的 HCFCs 需求累计减少排放的 ODP 和 GWP

	B	*C*	*D*
HCFC-22(MT)	1,972,733	2,828,971	3,331,590
HCFC-22(ODP tonnes)	108,500	155,593	183,237
CTC (MT)	226,864	325,332	383,133
HFC-23(MT)	59,182	84,869	99,948
HFC-23(GWP tones)	692,429,330	992,968,791	1,169,388,094

5.3.2 节电（2016 年前效益）

由于额外使用的 R-410a 房间空调器，不同情景下的节电费用减下表。

累计额外 R-410a 空调（千台）				每台空调每年节电（千元）		
情景	B	C	D	B	C	D
2007	2,495	4,954	4,954	82,346	163,477	163,477
2008	5,016	9,919	9,919	165,522	327,311	327,311
2009	8,647	17,024	17,024	285,343	561,803	561,803
2010	13,545	26,548	26,548	446,996	876,079	876,079
2011	20,155	39,289	41,203	665,112	1,296,546	1,359,690
2012	28,664	55,550	61,348	945,903	1,833,163	2,024,490
2013	39,277	75,656	87,369	1,296,125	2,496,664	2,883,162
2014	52,216	99,958	119,675	1,723,127	3,298,608	3,949,277
2015	67,724	128,832	158,708	2,234,899	4,251,447	5,237,356
Total	237,739	457,730	526,747	7,845,372	15,105,097	17,382,644

5.4 小结

采用控制情景 B、C 和 D，仅仅在 2016 年前房间空调行业将在分别累计减少 HCFC-22 需求量 11 万吨（6 千吨 ODP）、21 万吨（1.1 万吨 ODP）和 25 万吨（1.4 万吨 ODP）。其中控制情景 B 导致的制造增加费用（压缩机系统和制冷剂）为 144 亿元(2005 年价)，替代带来的节电费用为 56 亿元(2005 年价)，减少了 HFC-23 排放约 38 百万吨 GWP；控制情景 C 导致的制造增加费用（压缩机系统和制冷剂）为 275 亿元(2005 年价)，替代带来的节电费用为 108 亿元(2005 年价)；减少了 HFC-23 排放约 72 百万吨 GWP；控制情景 D 导致的制造增加费用（压缩机系统和制冷剂）为 334 亿元(2005 年价)，替代带来的节电费用为 124 亿元(2005 年价)；减少了 HFC-23 排放约 87 百万吨 GWP。

无论哪种控制情景，相比基线情景产生额外的控制成本是显而易见的，但是任何形式的控制、或加速控制 HCFCs 的需求都将产生三个方面的效益：第一，减少 HCFCs 排放和无意的四氯化碳排放以保护臭氧层；第二，减少温室气体排放，包括 HFC-23，HCFCs 等；第三，通过提高能源效率减少能源资源需求。

上述 4 种情景中，情景 A 完全按照目前《议定书》要求，尽管其直接控制成本可能是最低的，但其存在的问题包括：（1）无论是 ODS 还是 GHG 其排放量将都是惊人的，不能满足当前国内外对环境保护的要求；（2）对 HCFC 技术的改造和升级缺少动力，不利于满足国家有关十一五规划要求，如“推进工业结构优化升级”、“建设资源节约型、环境友好型社会”等篇章。（3）？？。情景 D 是最积极和有利于环境保护的情景，报告中还没有包含减少排放 HCFC-22 的温室效益，但仅仅减少 HFC-23 的温室气体排放量也是非常巨大的。如果考虑保护臭氧层和减缓气候变暖双重效益，情景 D 无疑是一个非常积极的情景；但其存在的问题包括：（1）替代技术准备不足，至今尚没有开展国家层次的技术开发研究、示范项目等活动；（2）相关 HCFCs 化学品生产行业和使用行业正在快速增长，在很短时间控制其增长乃至削减十分困难。

相比情景 A 和 D，情景 B 和 C 相对能够满足各方面要求，但考虑情景 C 的资金要求、资金可获得性、执法力度、替代技术、尤其对化工企业生产的影响，按照情景 B 控制 HCFCs 更为稳妥。实现情景 B 的条件包括：

政府层面：

- 尽快修订《国家方案》，落实国家 HCFCs 淘汰计划；
- 在 2012 年前限制新的 ODS 生产能力建设；
- 尽快组织开展示范项目，逐步在部分行业开展全行业淘汰活动；
- 尽快推动替代品和替代技术研究、开发和应用；
- 研究制订有关能效、泄漏率、回收、在利用等的技术法规；
- 研究制定其他管理政策；制订行业淘汰计划，选择行业颁布禁令；
- 开展宣传、培训等活动。

行业层面：

- 广泛开展宣传、研讨活动；
- 协助组织开展替代工作；
- 协助政府开展相关研究，制订有关管理政策和技术政策；
- 组织企业开展自愿活动限制或减少 HCFCs 的生产和使用。

企业层面：

- 积极开发替代品和替代技术产品；
- 通过各种努力减少 HCFCs 的生产、使用以及生产和使用各个环境的泄漏；
- 积极开展替代活动，逐步减少 HCFCs 的生产和使用。

《蒙特利尔议定书》等国际层面：

- 提供充分的资金开展示范活动；
- 协助技术转让，最大程度减小替代技术障碍；
- 提高资金和专家开展技术援助活动。

第6章HCFCs 长期控制战略建议

分析中国 HCFCs 长期控制战略，将面临以下几个方面的挑战：

（1）中国已成为世界上最大的 ODS 生产和消费国，未来的 ODS 淘汰工作十分艰巨。发达国家继 1995 年全面淘汰主要的 ODS 哈龙和 CFCs 之后，已经开始了 HCFCs 淘汰。目前不论按照消耗臭氧层潜值（ODP）计算还是按照实际物质计算，我国已经成为全球最大的 ODS 生产和消费国，尤其是 HCFCs 作为 ODS 的生产和使用水平占全球相当大的比例，为国际社会所关注。

（2）与 HCFCs 淘汰相关的行业相当广泛。其中与生产有关的行业包括氯碱生产、甲烷氯化物生产、以及聚四氟乙烯生产等行业；与消费相关的行业仅家用空调行业就涉及生产量达 6,000 万台/年，年产值约 900 亿元。未来中国经济仍将保持较高的增长势头（约 7.5%），这样的增长趋势，一方面，会使得中国对 HCFCs 相关制品的需求继续急剧增加，增加了淘汰 ODS 的压力。另一方面，如何在淘汰 ODS 生产和消费的同时，保证相关行业的正常发展也是我国能否安全履约的关键。因此，ODS 淘汰行动将会对中国的宏观经济运行、经济增长速度、生产和消费方式、就业等问题产生重大影响。

（3）国际环境协议之间存在密切关系。一方面生产 HCFC-22 排放大量 HFC-23，其温室效应已经超过所有有意生产的 HFCs 所产生的影响，受到国际社会的关注。另外一方面，部分较为理想的 ODS 替代品又同时具有温室气体特征并被列为《京都议定书》的受控物质，中国如何有效和安全地履行《议定书》、在保护臭氧层的同时又不大量增加温室气体排放，并避免因为重复淘汰所可能带来的巨大经济损失和社会影响，是一个需要迫切解决的问题。因此必须从国家利益角度出发综合考虑《蒙特利尔议定书》和《京都议定书》的联合履行问题。

（4）中国替代品/技术开发和应用严重滞后，同时某些替代品面临二次淘汰问题。为淘汰 ODS 的生产和消费，发达国家分别推出了 HFC-134a、HFC-152a、HFC-143a、HFC-125、HFC-225ea、HFC-227、HCFC-22、HCFC-123、HCFC-124、HCFC-141b、HCFC-142b、环戊烷和全氟碳等几十种 ODS 替代品和替代技术，并垄断了当前市场，而新的替代品和技术正在研究和推广。尽管我国近年某些替代品如 HFC-134a 得到发展，但总体严重依赖于国外产品和技术的局面并没有改变，由于专利保护等原因，目前主要 HCFC 替代品价格依然过高。此外，由于 2005 年 2 月 16 日《京都议定书》的生效，HFCs 的使用又开始在发达国家受到控制，而我国替代 HFCs 产品的技术研究

和应用则还没有启动。

（5）虽然中国开始控制 HCFCs 的时间表开始于 2016 年，但是由于大量 HCFCs 用于制冷行业，其未来维修用量的需求不容小视，如果处理不当，2040 年前中国需存储大量 HCFC-22 来满足维修需求；这将导致大量管理成本和资金需求。

（6）由于臭氧层耗损继续扩大的趋势以及部分 ODS 和替代品对全球变暖的影响，很可能会导致 HCFCs 的淘汰目标提前。

（7）由于对 HCFCs 淘汰的宣传活动不到位，绝大部分企业远远不了解对 HCFC 淘汰的要求，在技术和资金方面没有任何准备，这将给淘汰活动带来阻力。

（8）为实现 CFC 和哈龙等 ODS 淘汰，政府投入了大量的人力进行管理，但在管理方面依然处于被动地位，往往只是针对履约的近期目标而开展工作。因此，政府对 HCFC 的管理准备不足，急需从能力建设、制度完善、计划设定等各个方面开展工作。

综合上述因素，结合第五章情景分析，我们建议国家应采取上述情景 B 以控制 HCFCs 的生产和使用。即在一定程度上控制 2016 年前对 HCFCs 产品的增长需求，降低 2016 年的冻结水平，在 2016 年后，平稳逐步削减 HCFCs 作为 ODS 的生产和消费。

建议的 HCFCs 控制战略如下：

6.1 建议战略目标

6.1.1 总体目标

臭氧层耗损是当前重要的全球环境问题之一。有效履行《蒙特利尔议定书》将有助于保护臭氧层，减少温室气体排放预防气候变暖，促进可持续发展。

中国政府郑重承诺履行《维也纳公约》和《蒙特利尔议定书》规定的相关责任，在《蒙特利尔议定书》资金和技术转让机制支持下，将履约要求和行动纳入国家相关规划，完善相应的管理制度，制定和实施相关政策以及必要的措施，实现《蒙特利尔议定书》要求的控制目标，即：

- 努力控制 HCFC 需求增长，在 2016 年冻结 HCFCs 的消费并逐步淘汰 ODS 用途的 HCFCs。

中国将结合履约活动推动清洁生产和产业与产品结构调整，促使有效利用资源、发展循环经济，寻求理想替代品和技术，培育新的经济增长点和增加就业机会，提高全社会的环境意识和公众参与、促进向可持续发展模式的转变。

中国将分化学物质、分行业、分阶段逐步控制和淘汰 HCFCs，即优先控制高 ODP 值、高排放率、易替代的 ODS 用途，协同考虑温室气体排放控制，制定适合国情的战略。

6.1.2 优先领域

《控制 HCFCs 战略研究》核心目标是 2016 年实现冻结 HCFCs 的消费，相应的优先领域包括如下方面：

- 制定和完善《蒙特利尔议定书》要求的政策法规、加强机构能力建设；
- 促进替代品和替代技术研究、开发和应用；
- 开展示范项目并逐步建立资金机制推动 HCFCs 淘汰；
- 开展回收、循环、再利用；
- 加强国际合作开展替代示范、能力建设；
- 能力建设以保障战略的实施；
- 长期履约政策框架和长效控制机制建设。

6.1.3 具体目标

为安全履行《蒙特利尔议定书》并有效控制 HCFCs 作为 ODS 的生产、消费和排放，依据《蒙特利尔议定书》的控制要求、现有技术、经济和管理可行性，确定《控制 HCFCs 战略研究》的具体目标分两个阶段，近期具体目标是为实现 2016 年冻结，长期目标是实现 2040 年的 HCFCs 淘汰。

近期目标：

- 在 2008 年前实施生产、消费、进出口和排放数据动态登记制度；
- 逐步实施产业结构目录调整以淘汰落后产品、工艺和技术鼓励新的产品、工艺和

技术；

- 推动替代品和替代技术引进、研究、开发和应用；
- 2010 年前，逐步建立报废含 HCFCs 设备回收制度；
- 2010 年前，逐步建立大型含 HCFCs 设备环境标识制度，登记、跟踪设备管理情况；
- 2010 年前，通过示范、再评估，确定各个子行业淘汰时间表；
- 2012 年前控制新建、扩建和改建涉及 HCFCs 的生产能力建设；
- 在 2015 年前，实施清洁生产审核，控制 HCFCs 排放；
- 2015 年前，逐步建立和完善 HCFCs 回收制度，部分重点行业推行强制性回收制度；

长期目标：

- 2020 年前，禁止 HCFCs 作为任何用途清洗剂；
- 2020 年前，禁止 HCFC-141b 作为发泡剂的用途；
- 2020 年前，逐步禁止开启式、半开启式等相对中期排放制冷设备的生产；
- 2030 年前，逐步禁止任何采用 HCFCs 作为制冷设备的生产；
- 2040 年，禁止 HCFCs 作为 ODS 的消费。

6.1.4 《控制 HCFCs 战略研究》与《京都议定书》的关系

《控制 HCFCs 战略研究》实施与《京都议定书》要求开展的部分活动密切相关，因此本战略中部分设计活动将结合《京都议定书》要求的活动展开。此外，《国家十一五规划纲要》明确指出，中国将“推进工业结构优化升级”和“建设资源节约型、环境友好型社会”；这将有利于中国削减和控制 HCFCs。

6.2 实施措施

为实现控制 HCFCs 的战略目标，中国政府将严格执行有关政策法规，充分发挥现行环境保护管理体系的作用，把控制和淘汰 HCFCs 的行动目标与《国家十一五规划纲要》“推进工业结构优化升级”和“建设资源节约型、环境友好型社会”的目标相结合；充分发挥政府主导和市场推进两个方面的作用；进一步完善环境保护的政策法规，强化预防优先的原则，加大执法力度；鼓励控制 HCFCs 排放与推进企业清洁生产相结合，与资源的充分利用相结合；积极吸收国际先进技术和经验，鼓励自主创

新；运用环境标准、技术标准等手段促进替代品/替代技术的开发和应用，促进产业的结构调整。

在履约活动中要充分发挥中央、地方和企业的积极性，健全和加强履约管理机构，提供必要的资金支持，提高其履行公约的能力。加强履约的决策支持体系，包括已经设立的“国家保护臭氧层领导组”和“履约项目管理办公室”；建立技术支持和科学决策机制，针对政策法规、环境影响评价、清洁生产技术导则、替代技术评估、排放标准和技术导则等方面开展技术咨询并编写相应的评估报告。

建立健全政策法规体系，将逐步控制和淘汰 HCFCs 纳入相关的政策和法律体系，加强执法力度和执法队伍的建设。积极采用适合市场经济体制的经济手段促进控制、减少和淘汰 HCFCs 的生产、使用和排放，强化对控制 HCFCs 的政策引导和法规控制，坚持预防优先的原则；持续开展宣传、教育和培训活动，提高全社会的环境意识和行为规范。

努力保证履行公约的社会投入，通过整合资金、优化技术、完善管理和开拓市场，以逐步控制和淘汰 HCFCs 为切入点，促进履约相关领域的经济结构调整和增长方式转变，带动相关产业发展。

对于 HCFCs 的生产，将通过建立技术准入制度，环境影响评价制度，清洁生产审核，制定 HCFCs 排放控制标准，生产配额制度以及产品质量标准等手段，控制其生产规模，提高行业的技术水平，避免生产规模的盲目扩大，减少生产过程中的 HCFCs 排放；减少对今后实现履约目标带来的困难。

对于 HCFCs 相关的消费行业，要通过产品质量标准、技术标准等手段，控制和减少 HCFCs 的泄漏和排放；分化学物质分行业分产品逐步限制 HCFCs 的使用，优先控制 HCFC-22、HCFC-141b 等在泡沫、清洗等高排放行业的使用；在制冷行业推广使用高密封性、防泄漏技术；从源头削减和控制 HCFCs 排放。积极推行清洁生产，结合《国家十一五规划纲要》中对节约能源、推广循环经济发展模式等要求，排放高的旧工艺和产品实施强制性淘汰制度；通过环境影响评价制度、清洁生产技术规范、清洁生产审核和排放标准控制 HCFCs 的排放。

对于大型在用含 HCFCs 制冷设备，要加强监管，建立登记制度，加强对维修和制冷剂更换的规范管理，建立制冷剂回收制度，减少排放。

对于 HCFCs 的替代品/替代技术的开发，应尽量立足于国内技术的发展，引进吸收先进技术，鼓励自主创新。并且，HCFCs 的逐步控制和淘汰要与替代品/替代技术

的开发建设同步进行，以满足国内需求，从根本上保证履约活动的顺利实施。

中国将积极争取国际支持，并通过政府的国家财政安排和企业的资金投入，保障履约的国内资金需求。为提高资金利用效率，减少履约风险，国家将通过示范项目开展控制 HCFCs 排放的活动。

为保障履约工作的顺利进行，在 2007 年实现 CFC 和哈龙的淘汰目标后全面规划今后的 ODS 淘汰活动，适时修订《中国逐步淘汰臭氧层消耗物质国家方案》，并将根据各有关行业的具体情况，制定控制 HCFCs 的行业计划或方案。

保护臭氧层领导小组负责领导和协调中国控制 HCFCs 长期战略的实施，环保总局负责战略的具体规划，相关部委负责相关行业具体活动的落实。

6.3 建议战略行动计划

6.3.1 加强机构及其能力建设

战略行动1 领导小组成员单位能力建设

明确和落实履行公约和议定书各个成员单位的职责；加强部门以及下属直接技术支持机构政策法规制定与协调、数据调研、信息交换和交流以及监督管理能力，针对履约要求，培训各个部门以及下属直接技术支持机构相关人员。

战略行动2 项目办公室能力建设

理顺和完善项目办公室的职能和职责；落实人员编制；对工作人员实施必要的培训；针对履约的信息、政策法规、替代技术、项目准备、实施和管理以及其他技术援助等方面，加强项目办公室基础设施建设；在现有履约所需要的管理信息系统的基础上，完善 ODS 管理信息系统，促进长期有效的管理模式的建立和运行。

战略行动3 加强地方、行业部门和协会相关机构的能力建设

针对履约过程的职责，加强地方基础数据调研、信息管理、政策法规制定、规划制定、以及相关监督管理能力建设，培训相关人员。

针对控制排放控制的优先性，结合《国家十一五规划纲要》有关“推进工业结构

优化升级”要求，分行业加强其数据调研、信息管理、技术评估、行业自律标准和规范、规划制定、宣传培训的能力建设，培训相关人员。

6.3.2 制定和完善有关的法律法规

战略行动1 将履约要求纳入计划制定或修订的相关法律法规中

结合国家“十一五”立法规划，逐步制定、修改与 ODS 管理有关的法律法规，规范环境行为，强化管理优先、预防优先、节约资源的法律法规。对 HCFCs 生产、使用、进出口、回收、排放和生产、产品标准等方面做出相应规定。

6.3.3 制定和完善有关的标准体系

通过建立和完善标准体系，制定、修改和完善有关 HCFCs 管理的技术规范，落实对 HCFCs 的管理，逐步限制 HCFCs 的生产、使用和排放。

战略行动1 修订或制定重点行业或产品 HCFCs 排放/泄漏标准

针对重点行业或产品，评估国内外不同技术/产品 HCFCs 排放情况，修订或制定重点行业或产品 HCFCs 排放标准。

战略行动2 将有关 HCFCs 生产行业纳入清洁生产审核体系

结合清洁生产审核制度修订，将有关 HCFCs 生产行业纳入清洁生产审核体系，如重点企业清洁生产审核程序的规定、需重点审核的有毒有害物质名录。

战略行动3 制定有关行业的清洁生产标准、技术政策或技术要求

在 2010 年前针对与有关行业，制定清洁生产标准、环评技术指南、其他技术政策或技术要求。

战略行动4 制定有关行业的回收技术要求

在 2010 年前，针对有关行业，制定回收 HCFCs 的技术标准和导则。

6.3.4 控制 HCFCs 生产能力建设、鼓励替代品和技术

战略行动1 修订《产业结构调整指导目录》

依据时间表，将落后工艺和产品、替代技术和替代品、替代技术列入《产业结构调整指导目录》的“淘汰类”和“鼓励类”，促进产业结构调整。

战略行动2 控制新建、扩建和改建涉及 HCFCs 的生产能力建设

利用环境影响评价制度（环境影响评价技术指南）和产业结构指导目录，控制新建、扩建和改建涉及 HCFCs 的生产能力建设。

6.3.5 建立和完善生产、消费、进出口和排放数据动态登记制度

战略行动1 建立数据动态登记制度

在 2008 年前建立和完善 HCFCs 生产和消费配额管理制度，管理 HCFCs 的生产和消费，建立和完善生产、消费、进出口和排放数据动态登记制度。以满足缔约方数据报告要求。

战略行动2 逐步建立大型含 HCFCs 设备环境标识制度，登记、跟踪设备管理情况

在 2010 年前逐步标识、登记大型含 HCFCs 设备，跟踪设备管理情况。

6.3.6 研究、制定有关经济政策和环境保护投入机制

战略行动1 经济政策研究

依据《国务院加强环境保护的决定》，研究和评估控制 HCFCs 带来的社会经济影响，研究制定有利于控制 HCFCs 的价格、税收、贸易、奖励、绿色采购等政策，以促进履约工作的费用有效性。

战略行动2 市场机制推进替代品、替代技术政策研究

分析评估国际先进经验，研究、建立和完善鼓励自主创新，促进替代品、替代技

术的研发和应用的政策，包括运用环境标识、政府绿色采购、激励、宣传及能力建设等手段拉动替代品、替代技术的有效需求，以促进相关环保产业化和相关产业结构的调整以及产品的国际市场竞争力。

战略行动3 环境保护投入机制研究

结合《京都议定书》的实施，研究控制 HCFCs 和 HFCs 带来的社会、技术和经济影响，估算履约的资金需求，研究、制定和完善政府、企业、国内和国际社会多元化环保投融资机制。

战略行动4 含 HCFCs 退役设备回收制度研究

结合循环经济计划以及已经开展的家电回收工作，研究回收含 HCFCs 退役设备制度。

6.3.7 替代品和替代技术的研究、开发和推广

建立替代品和替代技术的评价方法，鼓励研究、开发经济适用的替代品和技术。

6.3.8 公众宣传、认识和教育

结合《全国环境宣传教育行动纲要》制定宣传、教育和培训方案；编辑、出版一些适合大众阅读的科普读物，向公众传播有关保护臭氧层的知识；利用网络平台，以及通过电视、报纸、或其它传播媒介，广泛宣传臭氧层保护、环境友好的替代品和技术和政策法规等方面的知识；继续开展表彰活动，设立相关贡献奖，表彰作出贡献的先进组织和个人。

6.3.9 适时颁布禁令淘汰不同行业/产品 HCFCs 的使用

依据化学物质、行业、阶段逐步控制和淘汰 HCFCs，优先控制高 ODP 值、高排放率、易替代的 ODS 用途，协同考虑温室气体排放控制，见表 6-1。

表 6-1 HCFCs（作为 ODS 消费）的长期管理战略目标

控制措施	消费管理	生产管理	进出口管理	备注
2004.1.1			每一缔约方应禁止从非本议定书缔约方的任何国家进口 HCFCs。	
2012.1.1	限制房间空调、工商制冷行业新增 HCFCs 生产能力。	限制新增 HCFCs 生产能力。		2015 年房间空调行业 HCFCS 消费量是影响后期减排增加费用的关键因素。
2014.1.1	标识大型含 HCFCs 的制冷设备。			为了 2016 年 1 月 1 日以后中国能够有效淘汰 HCFCS，必须对相关制冷设备进行标识、登记，以便跟踪管理。
2015.12.31	基准数量	基准数量		《蒙特利尔议定书》消费控制：第五条款缔约国应确保，在 2016 年 1 月 1 日起的十二个月期间内，及其后每十二个月期间，其 HCFCs 的消费计算数量每年不超过其 2015 年消费计算数量；生产控制：自 2016 年 1 月 1 日起第五条款缔约国应使用 2015 年生产和消费计算数量的平均数作为生产控制的基础。
2016.1.1	工商制冷消费控制：部分能效低的大型制冷设备、清洗行业的 HCFCs 消费。	冻结生产水平		
2020.1.1	房间空调消费控制：淘汰 50%的 HCFCs 消费量。 工商制冷消费控制：淘汰			工商制冷行业基本上都使用开启/半开启压缩机，制冷剂属于中期排放；而房间空调均使用密闭压缩机，制冷剂属于短期排放。因此工商制冷行业的制冷剂泄漏率高，

控制措施	消费管理	生产管理	进出口管理	备注
	50%的 HCFCs 消费量。 泡沫行业：所有 HCFC-141b 消费。			淘汰时间表相应提前。
2030.1.1	房间空调消费控制：淘汰 100%的 HCFCs 消费量。 工商制冷消费控制：淘汰 100%的 HCFCs 消费量。 泡沫行业消费控制：100%的 HCFCs 消费量。			为满足消费需要，生产淘汰应该慢于消费淘汰。
2040.1.1	禁止设备在维修过程中使用新生产 HCFCs。 100％削减 HCFCS 消费。	100％削减 HCFCS 生产。		《蒙特利尔议定书》：第五条款缔约方应确保2040年1月1日起的十二个月期间，及其后每十二个月期间，其HCFCs的消费计算数量不超过零。

表 6-2 HCFC-22 的管理控制措施

<table>
<tr><td>减少制冷剂排放量的控制措施</td><td rowspan="5">减少原料排放量的控制措施

在 HCFC-22 的运输、装、卸载等过程中会有一定的泄漏，因此建议以 HCFC-22 为原料进行生产的厂商进行封闭式管理。该管理方式既能减少 HCFC-22 的排放量，客观上又起到将原料消费向少数大生产商集中的作用，便于长期追踪监测、管理。</td></tr>
<tr><td>采用替代制冷剂：提高非 HCFC-22 的制冷剂的比例，是迅速并彻底减少 HCFC-22 消费量的唯一途径。</td></tr>
<tr><td>熟练操作：随着维修工人技能的提高，工人的熟练操作可以减少 HCFC-22 的维修量，也减少了 HCFC-22 的排放量。</td></tr>
<tr><td>技术进步：减少制冷设备中制冷剂的充灌量，并提高压缩机密闭性、减少制冷剂的泄漏量，相应的 HCFC-22 的消费量和排放量均将减少。</td></tr>
<tr><td>管理 HCFC-22 排放的政府政策：为了保护环境，政府将颁布相应法规，要求回收、再生、再利用用过的 HCFC-22，那么 HCFC-22 的消费量和排放量均将减少。</td></tr>
</table>

6.3.10 控制 HCFCs 排放/泄漏的措施

战略行动1 培训相关人员

结合制定清洁生产技术导则和维修导则要求，分地区和行业培训相关人员。

战略行动2 控制生产过程 HCFCs 排放/泄漏的措施

按照《清洁生产审核办法》和《重点企业清洁生产审核程序的规定》的规定，对重点行业生产企业实施强制清洁生产审核，控制 HCFCs 在生产和加工过程的排放/泄漏。

战略行动3 控制维修过程 HCFCs 排放的措施

依据制定的有关行业的回收技术要求，控制维修过程 HCFCs 的排放，实施回收、再用、和销毁等措施以减少 HCFCs 排放。

6.3.11 开展示范项目

战略行动1 开展清洁生产示范

结合清洁生产技术导则要求以及国家关于循环经济、资源节约项目计划，适

时开展清洁生产示范。

战略行动2 评估替代品和替代技术

结合《京都议定书》的要求，定期评估替代品和替代技术，发布评估报告。

战略行动3 按照优先控制的次序，分行业开展示范替代

依据泡沫、清洗、工业制冷、商业制冷等行业，分别开展示范替代活动，为最终淘汰 HCFCs 积累经验。

6.3.12 制定 HCFCs 淘汰计划

战略行动1 评估和更新战略

2010 年前，评估战略实施效果效果；结合国际经验，对战略进行调整和改进，使其更能适应行业发展和技术进步的实际情况。

战略行动2 制定 HCFCs 淘汰计划

2015 年前，重新评估 HCFCs 替代品和替代技术；评估中国政策管理效果；总结国外经验；分析 HFCs 控制的影响；分析控制 HCFCs 对中国社会经济的影响，尤其是 2016 年控制 HCFC 生产的影响；制定中国 HCFCs 淘汰计划。

第7章 附件 1　主要发达国家对 HCFCs 的管理

7.1　全球 HCFCs 生产和消费概貌

7.1.1　非第五条款国家的生产现状

根据 UNEP 臭氧秘书处公布的数据，主要发达国家 HCFCs 的生产量和消费量（作为 ODS）如图 7-1 和图 7-2 所示。图 7-3 展示了 AFEAS 公布的发达国家主要公司生产的 ODS 数据。

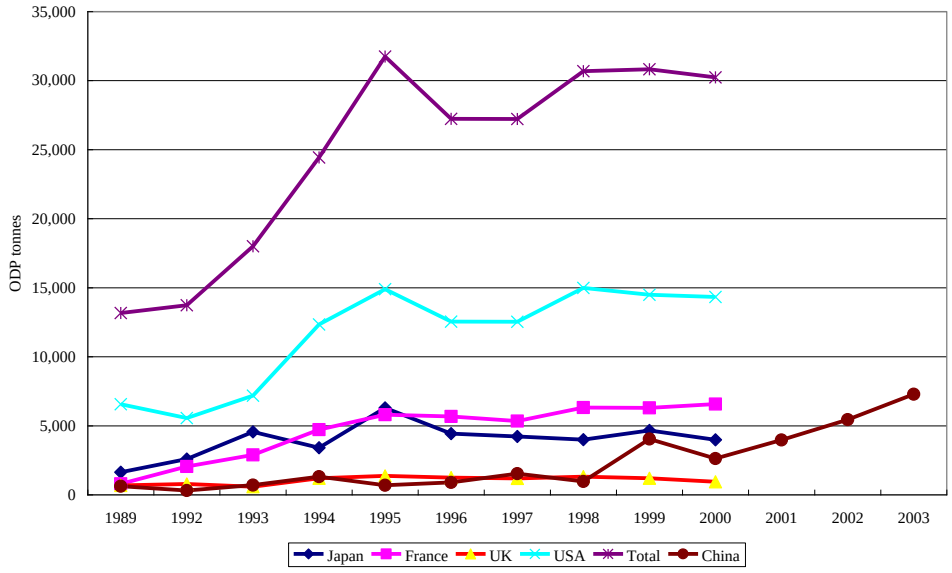

图 7-1 主要 HCFCs 生产国的历史作为 ODS 的生产量

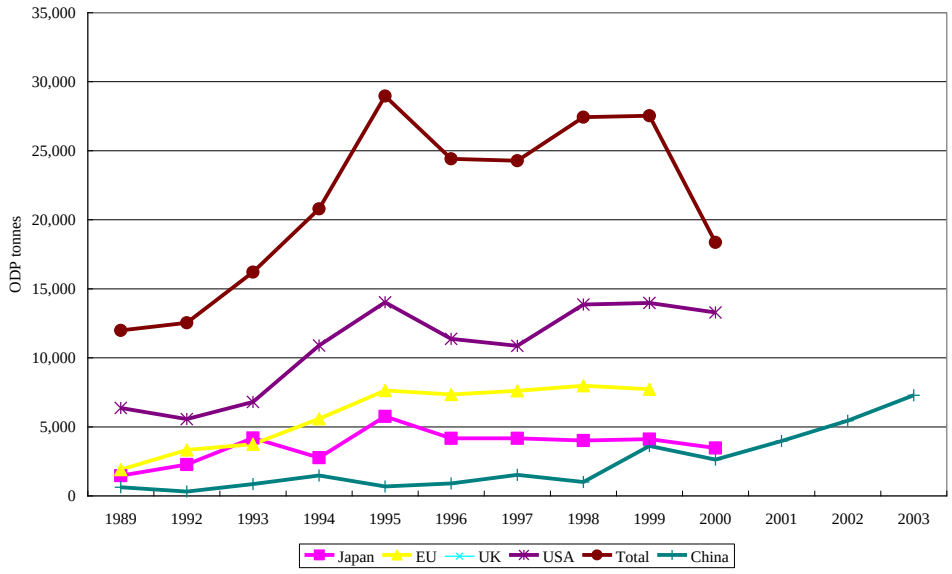

图 7-2 主要 HCFCs 生产国的历史作为 ODS 的消费量

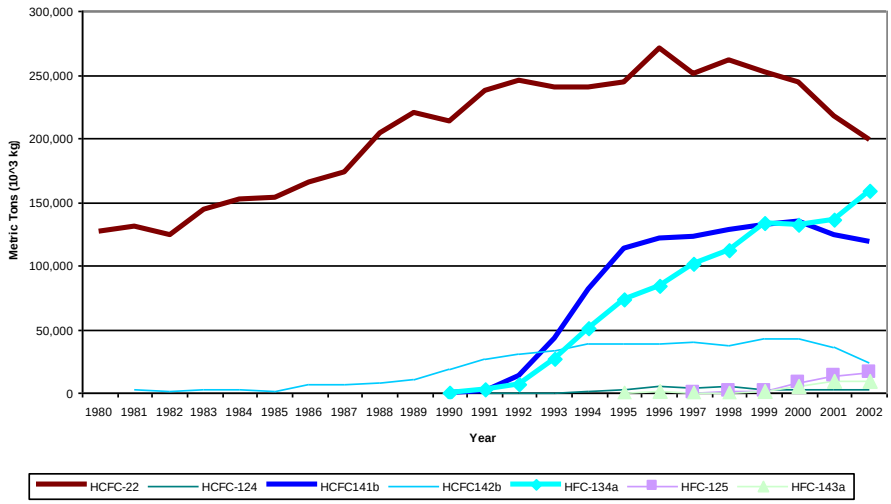

图 7-3 AFEAS 统计的 HCFCs 及 HFC 生产量

国际上 HCFC-22 生产情况如下（依据 IPCC/TEAP 报告）：

美国：三家生产企业，产量约为非第五条款国家总产量的一半。美国生产的 HCFC-22 中，有 65%用作制冷剂，35%用作原料生产氟聚合物。在过去十年里，美国 HCFC-22 作为制冷剂的年增长率约为 3%。但由于这一用途受到《蒙特利尔议定书》的限制，其增长逐步减缓，现已停止增长。美国生产的 HCFC-22 用作制备氟聚合物的原料，市场需求的年增长率约为 4%。由于氟聚合物可用来生产高性能的电缆和电线的绝缘材料，其需求将会稳定增长。由此可见，在 2010 年后，如不开辟新的用途，美国国内对 HCFC-22 的需求将要下降。

欧盟：十家生产企业，生产能力约为 184,000 吨/年，2000 年报道实际产量与之接近。这十家企业中，有六家 HCFC-22 的生产企业已经在 2000 年安装了副产品 HFC-23 的焚烧装置，这六家企业的产量占欧洲产量的 80%。但剩下的四家企业没装焚烧装置。1995 年，欧洲 HFC-23 的排放量为 3,150 吨，并预计 2000 年的排放量为 7,340 吨，然而由于安装了减排装置，2000 年的实际排放量为 2,025 吨。

日本：也是 HCFC-22 的生产大国。据报道 2001 年的产量为 88,000 吨。

7.1.2 其他国家及中国的消费现状

本报告中使用的 AFEAS 的数据代表主要发达国家 HCFC-22 生产、消费的数据。因为 AFEAS 统计的 HCFCs 数据能够较科学的反映全球的相应数据，例如 2002 年 AFEAS 调查的作为 ODS 消费的 HCFCs 数据占全球相应数据的 73%。本报告使用的中国 HCFC-22 生产和消费数据，是按不同 ODS 使用用途调查、统计的数据。即根据 HCFC-22 在中国的各用途行业的消费量，获得中国总的 HCFC-22 消费量。

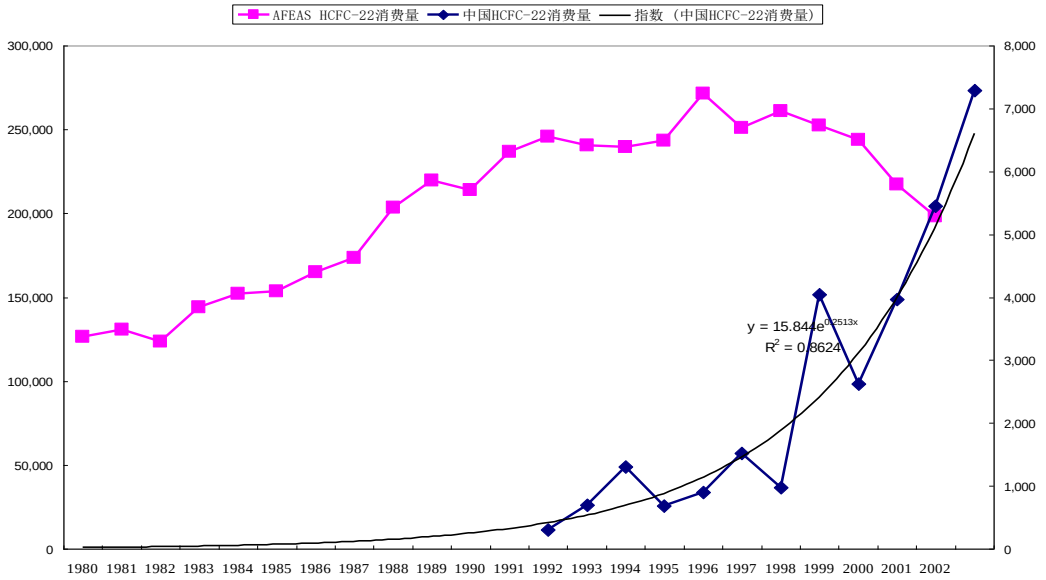

图 7-4 AFEAS【不包含中国】及中国 HCFC-22 作为 ODS 的历史消费量【AFEAS 数据单位为 MT，中国消费数据单位为 ODP】

由图 7-4 可以很明显的看出来，AFEAS 统计的 HCFC-22 的消费量开始增长较快，而自 1996 年以后有明显的下降。因为在 HCFCs 刚开始进行替代 CFCs 期间，其消费量增长很快；但随着产品的成熟，其增长趋势有所缓和；HCFCs 被列为《蒙特利尔议定书（哥本哈根修正案）》的附件 C 类受控物质以后，要求非第五条款国家的 HCFCs（主要是 HCFC-22）的消费量在 1996 年冻结，所以才会出现图 7-4 中的全球 HCFC-22

消费量下降趋势。

同样，由图 7-4 也可以看出，中国 HCFC-22 消费量变化趋势与全球情况不一致，有滞后趋势——起步晚，到目前为止 HCFC-22 的消费量仍然保持上升的趋势。主要是因为中国的 HCFC-22 的产品（如房间空调）起步较晚，伴随经济发展和中国生活质量的提高，在过去几年房间空调发展迅速；此外由于技术落后（不具备条件大量开发使用 HFCs 类制冷剂的产品），以及《蒙特利尔议定书》对第五条款国家淘汰 HCFCs 时间表的相对宽松，导致了中国 HCFC-22 的消费量仍然处于上升趋势。其他国家 HCFC-22 作为 ODS 消费量从 1996 年的峰值 271,000 吨，降到 2002 年的 198,000 吨，下降量为 73,000 吨。

其他 HCFC-22 消费量包括两部分：除了图 7-4 描述的受到《蒙特利尔议定书》控制的 ODS 的消费量；还包括用于生产聚四氟乙烯、哈龙等的原料部分。

7.2 发达国家管理现状

《蒙特利尔议定书》（北京修正案）的控制要求，是所有缔约国出台本国控制要求和控制政策的基础。目前，大部分非第五条款国家缔约国出台的国内控制政策，都是一定程度上提前 HCFCs 消费的淘汰，而真正选择彻底提前淘汰 HCFCs 消费、采用其它非 ODS 替代品的只有欧盟。其它国家中，即使在美国，HCFC-22 也可以使用到 2006~2008 年，主要用在固定空调和商业空调，甚至是新生产的装置中都可以使用。

欧盟、美国、加拿大、日本各国出台的 HCFCs 消费量控制政策见表 7-1，而生产量的控制政策见表 7-2。表 7-2 显示，所有非第五条款国家和地区中只有欧盟提出了完整的 HCFCs 生产控制政策。欧盟规定，2000 年 1 月 1 日，HCFCs 生产量冻结在 1997 年的水平；2008 年 1 月 1 日淘汰 65%；2014 年 1 月 1 日淘汰 80%；2020 年 1 月 1 日淘汰 85%；2026 年 1 月 1 日 100%淘汰 HCFCs 的生产。同时这一快速减少生产量的政策将导致欧盟 HCFCs 出口量迅速降低。

由于在全球的 HCFCs 消费中，用作制冷剂的主要是 HCFC-22，HCFC-123，HCFC-124，其中 HCFC-22 占 95%，所以表 7-1 中列出的各国对 HCFCs 制冷剂消费的管理政策，基本上即为对 HCFC-22 的管理政策。

另外表 7-1 和表 7-2 中《蒙特利尔议定书》的控制要求包括其对第五条款国家及非第五条款国家的要求，分别有具体标识；美国的控制要求来源于美国《清洁空气法》法规；欧盟的控制要求来自于针对 ODS 的法规 2037/2000。

表 7-1 各主要 HCFCs 消费国的消费控制

时间	蒙特利尔议定书	欧盟	美国	加拿大	日本
1996.1.1	最大消费量，冻结在 1989 年 CFCs 和 HCFCs 消费量之和的 2.8%。	禁止 HCFCs 作为 1995.12.31 以后生产的开启式直接蒸发系统的制冷设备中的制冷剂；禁止它作冰箱和冰柜的制冷剂；禁止它作机动车或者拖车空调的制冷剂（除了军事用车可使用 HCFCs 至 2008.1.1）；禁止它作为公路公共运输中空调的制冷剂。			
1998.1.1		禁止 HCFCs 作为 1997.12.31 以后生产的铁路运输制冷设备的制冷剂。			
1999.1.1		最大消费量，冻结在 1989 年 CFCs 和 HCFCs 消费总量的 2.6%。			
2000.1.1		禁止 HCFCs 作为 1999.12.31 以后生产的公共零售机、冷藏库和大仓库的制冷剂；禁止其作为所有轴输入功率大于等于 150kW 的制冷设备的制冷剂。			
2001.1.1		消费量冻结在 1989 年 CFCs 和 HCFCs 消费总量的 2%。禁止 HCFCs 作为所有 2001.1.1 及以后生产的制冷设备和空调器中的制冷剂，但下面的制冷设备除外：制冷量 [1] 小于			

时间	蒙特利尔议定书	欧盟	美国	加拿大	日本
		100kW 的固定空调（2002 年禁止消费）和可转换的空调/热泵系统（2004 年禁止消费）。			
2002.1.1		淘汰 15%的 HCFCs 消费量。			
2002.4.1					标识使用 HCFCs 的商业制冷设备。
2002.7.1		消费控制：禁止 HCFCs 在 2002.6.30 以后生产的制冷量小于 100kW 的固定空调中使用。（包括所有的房间空调）			
2003.1.1		淘汰 55%的 HCFCs 消费量。			
2004.1.1	淘汰 35%的消费量。	淘汰 70%的 HCFCs 消费量。禁止 HCFCs 在 2003.12.31 以后生产的可转换的空调/热泵系统中使用。		淘汰 35%的消费量。	
2008.1.1		淘汰 HCFCs 消费量的 75%。禁止 HCFCs 作为公路运输用制冷设备和军用空调中的制冷剂。			
2010.1.1	淘汰 65%的消费量。	100%削减 HCFCs 消费。禁止在制冷设备和空调的维护和维修中使用新生产的 HCFCs。该消费控制也适	禁止 HCFC-22、HCFC-142b 在新生产的设备中使用，但可用于 2010.1.1 之前生产的	除了出口或者用作制冷剂，禁止生产、使用、销售、供应或者	禁止在新生产的设备中使用

时间	蒙特利尔议定书	欧盟	美国	加拿大	日本
		用于出口设备的生产管理。	设备的维修（所以不能生产或进口含这两种制冷剂的新设备）。	进口 HCFC-141b/142b、HCFC-22。同时，禁止生产或者进口使用了或者将会使用 HCFC-141b/142b、HCFC-22 的设备。	HCFC-22 作为制冷剂。
2015.1.1	淘汰 90%的消费量。	禁止在制冷设备和空调的维护和维修中使用回收的 HCFCs。	除了用于 2020.1.1 之前生产的制冷设备的维修，禁止在国内消费 HCFCs；并且在 2015.1.1 之前，标识所有的含 HCFCs 产品。	2020.1.1 以前，除用作出口或制冷剂，禁止生产、使用、销售、供应或进口 HCFCs。（除了 HCFC-123）	淘汰 90%的消费量。
2020.1.1	淘汰 99.5%的消费量。剩下的消费仅可用于在用制冷设备和空调的维修。		禁止 HCFC-142b 和 HCFC-22 的国内消费（除少量用于维修）。	淘汰 99.5%的消费量。（除 HCFC-123，其它 HCFCs 淘汰率为 100%。	禁止在制冷设备维修过程中，使用 HCFC-22。
2030.1.1	100%淘汰消费量。		100%淘汰消费量。	100%淘汰消费量。	100%淘汰消费量。

注 1：制冷量是空调器最重要的性能指标之一。所谓制冷量是指空调器在进行制冷运行时，单位时间内从封闭空间、房间或区域内吸取并除去的热量值。与输入功率含义不同，输入功率是指空调器工作时从电源取用的功率。一般用空调器的性能系数（能效比）来表示，又可称为单位功率的制冷量。一般用名义工况下实测制冷量与输入功率之比，常用 Ke 表示，一般有 2<Ke<3.5(瓦/瓦)。当然 Ke 值越大，说明此空调器的经济性能越好。

表 7-2 主要 HCFCs 生产国的生产控制

时间	蒙特利尔议定书	欧盟	美国	加拿大	日本
2004.1.1	生产量冻结水平：生产和消费的平均量＋第五条款国家国内基本需求量的15％。				
2008.1.1		以 1997 年为基准，淘汰 HCFCs 生产量的 65%。			
2010.1.1					
2014.1.1		以 1997 年为基准，淘汰 HCFCs 生产量的 80%。		除了出口或者用作制冷剂，禁止生产 HCFC-141b/142b、HCFC-22。	
2015.1.1				2020.1.1 以前，除了用于出口或者用作制冷剂，禁止生产 HCFCs。（HCFC-123 除外）	
2020.1.1		以 1997 年为基准，淘汰 HCFCs 生产量的 85%。			
2026.1.1		100%淘汰生产量。			
2030.1.1	100%淘汰生产量。		100%淘汰生产量。	100%淘汰生产量。	100%淘汰生产量。

7.3 未来十年全球 HCFC-22 的总消费量预测

“BAU 情景”是指假设生产技术、维修技术、法规等都与现在的规定保持一致的情形，是一种保守估计的情形，因为实际情况是生产技术一定会进步，维修技术也会提高，制冷剂、发泡剂等的消费量也一定会比现有的充灌量少。本节中的 BAU 情景是指各缔约国均遵守《蒙特利尔议定书》的规定，而不考虑非第五条款国家已经出台的提前淘汰政策。事实上，这些提前淘汰政策不会对全球 HCFC-22 生产量、消费量产生明显的影响，因为非第五条款国家的提前控制，必然会刺激第五条款国家加大生产力度。

本节的主要预测思想和内容均来自 2005 年 IPCC/TEAP 的报告。引用本节内容是为了和本研究第 4 章的预测结果作一比较，但是由于该预测过程中缺乏大多数第五条款国家的数据，使用的中国数据与中国公布的官方数据差距较大，而且预测方法也不同，所以最后比较结果不是很客观。尽管如此，这一对比还是能反映出中国 HCFC-22 生产、消费和淘汰工作在全球生产、消费和淘汰工作的重要性。凡是在该预测过程中，有关中国数据有不准确的地方，本研究都一一指明并予以纠正。

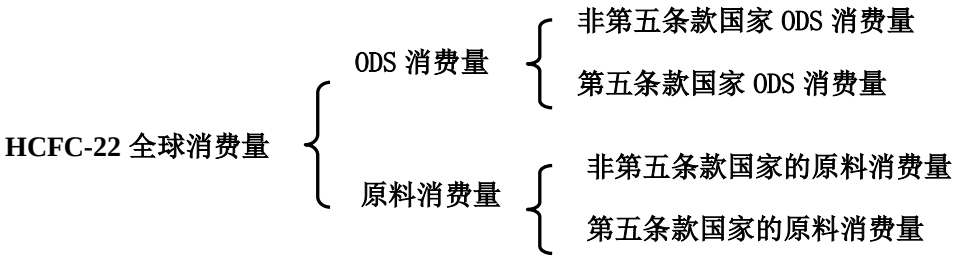

图 7-5 HCFC-22 的全球消费量汇总

HCFC-22 的全球消费量与生产量在数值上完全一致（忽略库存量）。由于非缔约国 HCFC-22 消费量微不足道，所以本预测只考虑了缔约国的消费量，主要包括以下四部分：第一部分，非第五条款国家的 ODS 消费量，由于受到《蒙特利尔议定书》的控制，这一部分消费量正在下降；第二部分，第五条款国家的 ODS 消费量，这一部分消费量处于上升趋势（中国 HCFC-22 的 ODS 消费量增长趋势，是第五条款国家 ODS 消费的典型情况）；第三部分，非第五条款国家用于生产的原料消费量（主要用于生产 PTFE，其它的忽略），这一部分消费量也处于显著上升阶段；第四部分，第五条款国家用于生产的原料消费量，趋势同第三部分。

7.3.1 全球 HCFC-22 作为 ODS 消费量预测

*非第五条款国家：*BAU 情景，即在严格遵守蒙特利尔议定书的控制目标前提下（不考虑提前淘汰措施），非第五条款国家未来的控制情形是固定的，即 2015 年以前必须淘汰 90%的 HCFCs 的 ODS 消费量。按照这个情形可以预测，截至 2015 年，非第五条款国家的 HCFC-22 消费量将比 2000~2003 年的水平下降 10%。

*第五条款国家：*1998~2001 年，第五条款国家及经济转型性国家的 ODS 消费量以 20,000 吨/年的速度线性增长。1998~2001 年，中国 HCFC-22 的 ODS 消费量以 18,100 吨/年的速度线性增长；或者以 2000 年其 ODS 消费量作为基准，并以每年 26%的速度线性增长。（此处高估了中国数据，本研究根据官方制冷设备数据，计算出来的 1998~2001 年中国 HCFC-22 的 ODS 消费量以 7,368 吨/年的速度线性增长。）

7.3.2 全球 HCFC-22 作为原料消费量预测

*非第五条款国家：*从 1990 年代开始，HCFC-22 原料消费量以 5,800 吨/年的速度线性增长（具体增长速度：美国 2,200 吨/年，日本 1,600 吨/年，欧盟 2,000 吨/年）；或者是以 2000 年 HCFC-22 原料消费量作为基准，以 3%的年增长率线性增长。按照这个趋势，在不受其他条件的影响下，截至 2015 年，非第五条款国家 HCFC-22 的原料消费量将增长一倍。

*第五条款国家：*三个主要消费国家是中国、印度、韩国。由于其它国家缺乏数据，这里计算的仅指中国的数据，所以预测结果肯定比实际值低。1997~2001 年间，中国 HCFC-22 的原料消费量以 4,100 吨/年的速度线性增长，其中 2001 年的 HCFC-22 原料消费量为 20,300 吨。（此处与中国官方数据不一致，1999~2003 年间，中国 HCFC-22 的原料消费量以 3,289 吨/年的速度线性增长，其中 2001 年的 HCFC-22 原料消费量为 28,780 吨。）

7.3.3 未来十年全球 HCFC-22 的总消费量预测

按照上述的 HCFC-22 消费量作为基础，预测 2015 年全球的 HCFC-22 消费量将为 70.7 万吨/年（2000 年的需求量为 49.0 万吨/年），其中的 40%将作为原料。将各年的消费量预测值绘成图 7-6。

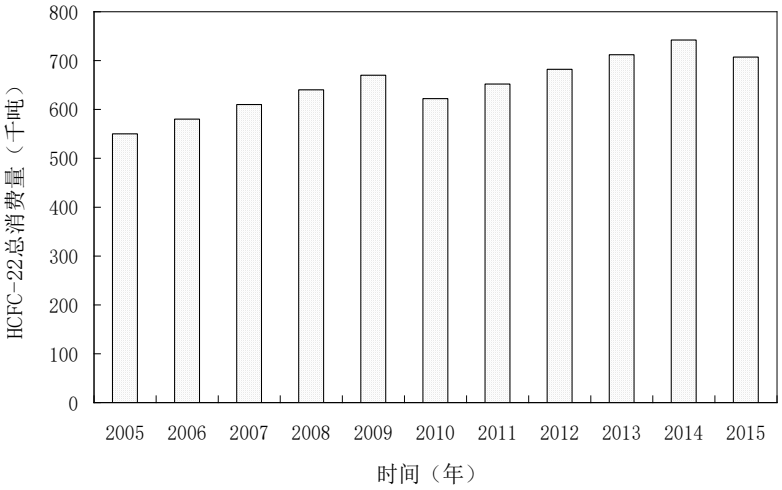

图 7-6 全球 HCFC-22 消费量的各年预测值

由图可知，2005~2015 年间，全球 HCFC-22 的消费量总体呈上升趋势，但在 2010 年有一个突然的下降趋势，然后继续上涨，继而在 2015 年又出现下降趋势。总体呈上升趋势的原因很明显，尽管 2005 年以后非第五条款国家对 HCFCs 的控制将更加严格，但这一行为必然在客观上促进第五条款国家投资生产 HCFCs 的规模，因而 2005 年以后，全球 HCFCs 总生产量的增长趋势不会由于非第五条款国家的严格限制而发生明显的变化。2010 年的下降，主要是受到蒙特利尔议定书对非第五条款国家的控制目标的影响，即非第五条款国家在该年必须淘汰最大消费量的 65%；相应地，美国、日本等多个非第五条款国家规定 2010 年 1 月 1 日起禁止进口 HCFC-22 制冷设备，导致出口 HCFC-22 空调的第五条款国家减小该种空调的产量和制冷剂 HCFC-22 的总充灌量，从而导致全球 HCFC-22 的消费量有一个显著的下降。同样 2015 年的下降，也是受到蒙特利尔议定书的控制目标的影响，即非第五条款国家必须在该年淘汰最大消费量的 90%，而第五条款国家则在该年达到最大生产量和消费量。

缩略语和化学符号

3 主要化学分子式和名称

表 7-3 氢氯氟碳化物（HCFCs）

HCFC-21	$CHCl_2F$	二氯氟乙烷
HCFC-22	$CHClF_2$	氯二氟乙烷
HCFC-123 [3]	$C_2HCl_2F_3$	二氯三氟乙烷
HCFC-123	$CHCl_2CF_3$	2,2- 二氯 -1,1,1- 三氟乙烷
HCFC-123a	$C_2HCl_2F_3$	1,2- 二氯 -1,1,2- 三氟乙烷
HCFC-123b	$C_2HCl_2F_3$	1,1- 二氯 -1,2,2- 三氟乙烷
HCFC-124 [2]		氯四氟乙烷
HCFC-124	$CHClFCF_3$	2- 氯 -1,1,1,2- 四氟乙烷
HCFC-124a	C_2HClF_4	1- 氯 -1,1,2,2- 四氟乙烷
HCFC-141b	CH_3CCl_2F	1,1- 二氯 -1- 氟乙烷
HCFC-142b	CH_3CClF_2	1- 氯 -1,1- 二氟乙烷
HCFC-225ca	$CHCl_2CF_2CF_3$	3,3- 二氯 -1,1,1,2,2- 五氟丙烷
HCFC-225cb	$CHClFCF_2CClF_2$	1,3- 二氯 -1,1,2,2,3- 五氟丙烷

6

表 7-4 氢氟碳化物（HFCs）

HFC-23	CHF_3	三氟甲烷
HFC-32	CH_2F_2	二氟甲烷
HFC-41	CH_3F	氟甲烷（甲基氟）
HFC-125	CHF_2CF_3	五氟乙烷
HFC-134 [2] HFC-134 HFC-134a	$C_2H_2F_4$ CHF_2CHF_2 CH_2FCF_3	四氟乙烷 1,1,2,2-四氟乙烷 1,1,1,2- 四氟乙烷
HFC-143 [2] HFC-143 HFC-143a	$C_2H_3F_3$ CH_2FCHF_2 CH_3CF_3	三氟乙烷 1,1,2-三氟乙烷 1,1,1- 三氟乙烷
HFC-152 [2] HFC-152 HFC-152a	$C_2H_4F_2$ CH_2FCH_2F CHF_2CH_3	二氟乙烷 1,2-二氟乙烷 1,1- 二氟乙烷
HFC-161	CH_3CH_2F	氟乙烷
HFC-227 [2] HFC-227ca HFC-227ea	C_3HF_7 $CF_3CF_2CHF_2$ CF_3CHFCF_3	七氟丙烷 1,1,1,2,2,3,3-七氟丙烷 1,1,1,2,3,3,3-七氟丙烷
HFC-236 [4] HFC-236ca HFC-236cb HFC-236ea HFC-236fa	C_3H2F_6 $CHF_2CF_2CHF_2$ $CH_2FCF_2CF_3$ CHF_2CHFCF_3 $CF_3CH_2CF_3$	六氟丙烷 1,1,2,2,3,3-六氟丙烷 1,1,1,2,2,3-六氟丙烷 1,1,1,2,3,3-六氟丙烷 1,1,1,3,3,3- 六氟丙烷
HFC-245 [5] 如HFC-245ca HFC-245fa	$C_3H_3F_5$ $CH_2FCF_2CHF_2$ $CHF_2CH_2CF_3$	五氟丙烷 1,1,2,2,3-五氟丙烷 1,1,1,3,3- 五氟丙烷
HFC-365mfc	$CH_3CF_2CH_2CF_3$	1,1,1,3,3- 五氟丁烷
HFC-43-10mee	$CF_3CHFCHFCF_2CF_3$	1,1,1,2,2,3,4,5,5,5- 十氟戊烷 (2H,3H- 全氟戊烷)
HFC-c-447ef	c-$C_5H_3F_7$	七氟环戊烷

表 7-5 全氟化碳（PFCs）

全氟化碳（PFCs）		
PFC-14	CF_4	四氟甲烷（四氟化碳）
PFC-116	$C_2F_6(CF_3CF_3)$	全氟乙烷（六氟乙烷）
PFC-218	$C_3F_8(CF_3CF_2CF_3)$	全氟丙烷（八氟乙烷）
PFC-318 or PFC-c318	c-C_4F_8(-(CF2)4-)	全氟环丁烷（八氟环丁烷）
PFC-3-1-10	C_4F_{10}	全氟丁烷
PFC-5-1-14	C_6F_{14}	全氟环己烷
PFC-6-1-16	C_7F_{16}	全氟庚烷
PFC-7-1-18	C_8F_{18}	全氟辛烷

3