



联 合 国



环 境 规 划 署

Distr.
LIMITED

UNEP/OzL.Pro/ExCom/36/34

7 February 2002

CHINESE

ORIGINAL: ENGLISH

执行蒙特利尔议定书

多边基金执行委员会

第三十六次会议

2002 年 3 月 20 日至 22 日，蒙特利尔

关于在硬质泡沫塑料应用中改用 氯氟化碳替代物的研究报告

* 请注意，译文仅包括报告的执行摘要部分。本文件还附上了报告的英文本全文。

关于在硬质泡沫塑料应用中改用氯氟 化碳替代物的研究报告

最后报告

为以下机构编写：

执行蒙特利尔议定书多边基金

秘书处

The Secretariat

Multilateral Fund for the Implementation of the Montreal Protocol

1800 McGill College Ave.

Montreal Trust Bldg., 27th Floor

Montreal, Quebec H3A 3J6

Canada

提交者：

Jamil M. Wakim

Wakim Consulting

Petrochemicals, Energy, Mining, & Solar

1082 Lancer Drive

San Jose, California 95129

2002 年 1 月

在研究硬质泡沫塑料应用中的氯氟 化碳替代物时所考虑的关键因素

1. 引言

Wakim 咨询公司（Wakim 公司）为执行蒙特利尔议定书多边基金（多边基金）进行了一次研究，课题是硬泡沫塑料应用中的氟氯化碳（CFC）替代物。附录 F 载有这次研究活动的任务规定。这次研究：

- 阐述了导致符合多边基金援助条件的各国（第 5 条国家）选用替代技术的主要因素；
- 列举了企业改用 CFC 替代物的经济后果；
- 阐明了第 5 条国家内的企业对改用各种替代物的经济后果的理解水平；
- 更为清晰地向执行委员会说明多边基金关于选用 CFC 替代物的政策是否产生任何影响以及影响的程度。

本次研究的调查结果和结论所依据的数据来自：

- 秘书处对项目档案和项目完成报告进行的审查；
- 对阿根廷、埃及和马来西亚进行的实地考察以及这三个国家内 47 个企业提供的投入；
- 7 个第 5 条国家内的 63 个企业对调查问卷作出的答复；
- 与聚氨酯配方原料、发泡剂和设备的供应厂商举行的讨论；
- 在实地考察期间与政府代表举行的讨论；
- 与开发计划署的代表举行的讨论
- Wakim 公司的信息系统以及同工业界的广泛接触。

我们在这次研究进行了很大努力，来确保使收集的数据反映生产企业一级的具体情况。我们必须这样做，以便能够实现透明和提供全面的信息，以供第 5 条国家的政府机构和企业用于评估改用 CFC 替代物时的经济影响。

2 执行摘要

为了达到这次研究的目的，Wakim 公司全面分析了与导致第 5 条国家在生产企业一级选用特定替代技术的各种因素有关的信息。本执行摘要总结了 Wakim 公司的调查结果和结论，首先是提出了对 CFC 技术和替代技术之间的费用差别进行理论计算的结果。具体而言，在一个案例中，对一个企业利用多边基金提供的经费改用环戊烷和改用氟氯烃化合物-141b（HCFC-141b）的总费用—即资本费用加经营费用—之间的差别进行了理论计算。

2.1 改用环戊烷和改用 HCFC-141b 的总费用之间的比较

改造项目的总费用包括为购买或改装设备所需要的资本费用、技术转让和培训费用以及增支经营费用。资本费用相对来说数额较大，是在改造过程开始时引起的。因此，资本费用的净现值等于实际引起的费用，这是因为，不需要为考虑资金的时间价值而进行任何折算。鉴于资本费用数额很高，一个企业需要在一定程度上有把握地认为，能够在项目寿命期内回收这些费用，而且资本投资将带来可以接受的回报。出于这些原因，那些自筹资本的企业在进行资本投资之前将对这些费用进行广泛的详细审查。

可以在项目开始时有把握地确定资本费用的数额，并能够在项目寿命期内按照固定的年增支费用对资本进行折旧，从而收回投资。然后将把年增支费用除以年生产台数，得出的数字则将成为每台产品的预测生产成本的一部分。

然而，资本投资的回报本身是不确定的。为了估算投资回报，需要对收入、固定成本、可变成本、工厂的纳税和保险费、其他工厂费用和行政费用以及公司所得税进行分析。因此，企业尽管可以在项目评价阶段估算出投资回报，但总是需要在工厂启用和产生了实际收入之后每年计算实际的回报。

在项目评价阶段，经营费用是不确定的。在通常情况下，企业将为每个具体项目预测出今后的原料、能源和劳动力价格以及其他经营费用。但是，这些预测的置信程度低于关于资本费用的预测。因此，企业将对照不确定的经营费用，进而对照今后的收入来对当前可以确定出数额的资本支出进行权衡。

就这次研究所针对的硬质泡沫塑料项目而言，有关的资本费用仅限于那些由企业直接支付的费用；Wakim 公司实地考察的企业均不从资本回收和投资回报的角度出发来进行经济评价，以便确定多边基金所支付的资本费用在经济上的可行性。实际上，实地考察的绝大部分企业均不进行任何评价，以便确定如果改用 CFC 替代物，将对本企业造成何种短期或长期经济影响。我们还发现，只有很少的企业支付了任何资本费用；那些支付了这种费用的企业也仅支付了其中很小的一个百分比。

由于只有很少的企业提供了资本费用，因此可以选用各种各样的办法来进行理论计算。出于举例说明的目的，我们采用了下文第 3.5 节中的例子，“替代技术经营费用的比较”（英文第 26—28 页）。我们进一步假设，企业可以选择的替代物仅限于 HCFC-141b、

氟烷（HFC）和环戊烷。下面以简化的方式地分析了一个企业可能进行的经济评价。

表 ES 1 开列了现金流动的净现值。资本支出的净现值是淘汰 CFC-11，改用 HCFC-141b 的资本费用与如果改用环戊烷所引起资本费用之间的差额。由于资本是在改造工作开始的时候用于投资，因此净现值等于实际支出的资金数额。

表 ES 1 还开列了企业如果采用环戊烷或 HCFC-141b 而可能引起的经营费用的净现值。为这两种替代物都开列了工厂寿命为 4 年和 10 年以及折算率为 8% 和 12% 的净现值。请注意，表 ES 1 没有开列企业所期望的投资回报的净现值，这是因为企业假设的年预期回报率作为资本费用的一个百分比，会随着最优惠贷款利率的波动而变化，并有 3%—50% 的升水。

表 ES 1
总改造费用的现金流净现值
(千美元)

	折算率					
	8%	8%	差额	12%	12%	差额
	HCFC-141b	环戊烷		HCFC-141b	环戊烷	
总资本费用的净现值	78	507	– 429	78	507	– 429
经营费用的净现值						
4 年	79	21	58	75	19	56
10 年	159	41	118	135	35	100
回收资本的百分比						
4 年内			13.5			13.1
10 年内			27.5			23.3

无论假设的工厂寿命和折算率如何，一个企业如果选用环戊烷，而不是 HCFC-141b，经营费用都比较低。如果把折算率定为 8%，企业收益的净现值在为期 4 年的项目寿命内是 58,000 美元，在为期 10 年的项目寿命内则为 118,000 美元。如果把折算率定为 12%，企业收益的净现值在为期 4 年的项目寿命内为 56,000 美元，在为期 10 年的项目寿命内为 100,000 美元。

企业如果把改造的总费用计算在内，就必须考虑到资本费用、经营费用和预期投资回报。鉴于在估算投资回报的时候可以采用许多排列办法，为了简化分析工作，本项分析所提出的数据仅包括资本费用和经营费用。我们还假设，总资本投资中不由多边基金提供的

那些费用将由企业支付（即使企业仅支付这些费用中的一部分，也可以使用表 ES 1 中的数据进行评估）。以下的分析仅使用总费用中的两个组成部分，提出了在企业改用环戊烷时可以实现潜在收益：

- 如果把折算率定为 8%，企业将在 4 年内回收 13.5% 的资本费用，在 10 年内回收 27.5% 的资本费用。
- 如果把折算率定为 12%，企业将在 4 年内回收 13.1% 的资本费用，在 10 年内回收 23.3% 的资本费用。

如果在计算中包括任何投资回报，都会减少企业在表 ES 1 开列的头两种情况下回收的资本百分比。

这个分析结果清楚地显示，无论任何与上述企业类似的企业，在面临环戊烷和 HCFC-141b 之间的选择时，如果全部费用都由自己支付，根据经济评价，都会选择 HCFC-141b。

表 ES 2 比较了马来西亚的一个项目在分两个阶段进行改造和进行一步到位改造时的现金流净现值。用 HCFC-141b 淘汰 CFC-11 的数据反映了多边基金向企业支付的实际增支资本费用和经营费用（多边基金将不支付在第二个阶段用 HFC-245fa 或任何其他发泡剂淘汰 HCFC-141b 的费用）。至于用环戊烷淘汰 CFC-11 的一步到位的改造项目，其数据是以执行机构同企业合作编制，并经秘书处和执行委员会审批的资料为基础。

由于在分为两个阶段的改造过程中，对于第二次改造的时间没有任何限制，我们采用了两个参数来为这次分析定出时限：

- 在第一次改造 5 年之后实现用 HFC-245fa 淘汰 HCFC-141b 的改造。
- 实际资本费用在减去多边基金为第一阶段的改造工作提供的赠款之后，其余部分由企业支付。
- 企业支付用 HFC-245fa 淘汰 HCFC-141b 的全部费用。
- 头 5 年的增支经营费用在减去多边基金支付的部分之后，其余部分由企业支付；多边基金支付的部分通常是头 2 年的这种费用。
- 企业支付从第 6 年到第 10 年的全部增支经营费用净现值。
- 净现值按 12% 的折算率计算。
- 从第一年开始，HFC-245fa 配方原料的费用比 HCFC-141b 配方原料高 15%。

表 ES 2
一步到位和分为两个阶段的改造费用的现金流净现值
(千美元)

	分为两个阶段的改造			一步到 位的改 造	
项目	改用 HCFC-141 b	改用 HFC-245f a	HCFC-141 b + HFC-245fa	环戊烷	分为两个阶段的 改造与一步到位 改造的费用比较
企业支付的资本费用	0	5	5	411	- 406
多边基金支付的资本费用	78	0	78	96	- 18
总资本费用	78	5	83	507	- 424
经营费用净现值					
企业支付的部分, 第 0—10 年	70	112	182	35	147
第 0—5 年	70	0	70	17	53
第 6—10 年	0	112	112	18	94
多边基金支付的部分	18	0	18	0	18
全部经营费用	88	112	200	35	165
企业支付的费用总额	70	117	187	446	- 259
多边基金支付的费用总额	96	0	96	96	0

数据显示, 在选用 HCFC-141b 淘汰 CFC-11, 再改用 HFC-245fa 的分两步走的改造项目中, 总增支资本费用相当于用环戊烷淘汰 CFC-11 的一步到位改造项目的大约 16%。总资本费用的大约 19% 将由多边基金支付。然而, 如果选择一步到位改用环戊烷, 与分为两个阶段的改造过程相比, 企业支付的费用将增加 406,000 美元。

多边基金将不支付企业在一步到位改造中引起的任何增支经营费用。因此, 企业在头 5 年支付的增支经营费用的净现值为 70,000 美元。此外, 由于在第 5 年结束的时候改用价格更高的 HFC-245fa, 企业在第 6—10 年还将再支付 112,000 美元, 从而使企业支付的经营费用总额达 182,000 美元。

无论企业是采用一步到位的办法还是采用分两步走的办法来淘汰 CFC-11, 多边基金为企业的总费用支付的数额都是相同的。然而, 与先改用 HCFC-141b, 再改用 HFC-245fa 的分两步走的改造办法相比, 如果一步到位改用环戊烷, 企业将多支付 259,000 美元。

2.2 选择替代技术方面的各种考虑因素

我们为了履行自己的任务规定，收集了全面的资料，以便了解第 5 条国家内的企业在选择 CFC-11 替代技术时的各种考虑因素。这些资料来自在实地考察期间举行的面谈，以及对调查问卷的答复。以下开列了部分考虑因素。

- **证明成功的技术：**企业倾向于选择那些已经在其他地方成功应用的技术。企业不愿花费所需要的时间和精力来开发新的技术，在很多情况下也没有为从事这种开发所必需的专业力量。
- **价格合理的替代物在本地的供应情况：**企业希望从本国市场现有的库存中购买替代物。由于市场因素，很多企业难以预测一段有限的时间以外的需求量，因此在很多情况下无法等待所需要的 3 至 4 个月来进口替代物。此外，本地价格受供应情况以及供需关系的影响，在向供应厂商发送替代物购买订单之前总是起着重要的作用。
- **配方原料供应厂商在本地提供的支持：**企业在很大程度上依靠配方原料供应厂商提供的支持。很多企业为了开展业务需要得到这种支持，以便补充自己的经常是有限的技术能力。而且，很多参加本次研究的企业都把开发计划署和工发组织提供的技术支助列为多边基金向它们提供的重要帮助之一。此外，所调查的大多数企业都购买预混配方原料，因此在这些原料的供应和技术支持上依赖于配方原料供应厂商。
- **保持泡沫塑料的性能：**企业希望选用那些将保持或改进硬质泡沫塑料性能的 CFC 替代物。然而，达到这个目的并不容易，原因是可以通过商业渠道获得的替代物或是降低了泡沫塑料的隔热性能，或是将改变其抗燃烧性能。
- **遵守地方和国家主管部门制定的法规：**很多企业表示，地方法规，特别是消防法规，使其无法采用戊烷和其他碳氢化合物作为替代物。而且，至少有两个企业为了能够使用戊烷，不得不花费大量的费用进行搬迁，购买新的土地，添置新的设备和修建新的工厂。
- **改用 CFC 替代物的成本效益：**绝大多数接受调查的企业都表示，它们并不分析改用 CFC 替代物的成本和收益。很多企业表示，他们没有进行这种分析的专业力量。其他企业则表示，这样的分析相当于一次学术研究，不会有助于它们作出选择。它们没有对原料和成品的需求及价格进行预测的专业力量。因此，这些企业无法估计将来的现金流动、财政收益和损失、或这种财政收益或损失的净现值。

这些地方市场现实情况对每个企业关于 CFC 替代物的选择产生重大影响，对于中小型企业尤其如此。例如，在考虑进行改造的时候，如果无法在本地市场获得某种替代物以及与这种替代物匹配的异氰酸盐和多元醇配方原料，企业将不选用该种替代物。此外，大多

数中小型企业均使用预混配方原料。因此，一个企业只有在本地供应厂商拥有所涉 CFC 替代物的配方原料库存，并提供必要技术支持的时候，才会选用该种替代物。我们的分析显示，从 1990 年代早期到晚期，若干与 CFC 替代物匹配的配方原料在欧洲、日本和北美有供应，但供应厂商没有在像阿根廷、埃及和马来西亚这样的第 5 条国家促销这些原料。

2.3 同企业举行的讨论

Wakim 公司访问了阿根廷、埃及和马来西亚的一些工厂或企业总部，与这些工厂和企业的代表讨论了调查问卷。各个企业提交的答复之间有着很多共同之处。以下总结了在实际调查期间发现的主要意见：

- 所有就这个问题发表评论的企业都表示，在了解多边基金的政策可能对其产生何种影响方面，各执行机构是唯一的信息来源。
- 大多数企业均在受到国家臭氧机构、执行机构或化学品供应厂商的鼓励之后开始考虑用替代物淘汰 CFC。
- 大多数企业没有专业力量来进行必要的分析，以便确定改用 CFC 替代物将对本企业产生的经济影响。此外，无论是国家联络点还是执行机构，都没有解释改造项目对企业产生的长期经济影响。
- 所有企业在作出选择之前都考虑了可以通过商业渠道获得的替代物。然而，作出的选择毫无例外是以执行机构提供的技术咨询为依据。
- 使用环戊烷作为发泡剂的聚氨酯配方直到 1990 年代后期才被引入国内市场。
- 大多数企业均购买预混配方原料；无法得到预混的环戊烷配方原料。
- 所有 CFC-11 消耗量不到 50 吨（吨/年）的企业都表示，它们的生产规模太小，因此没有理由进行必要的大量资本投资来采用碳氢化合物发泡剂，包括环戊烷。因此，这些企业决定在能够获得价格合理的氟烷（HFC）之前先选用 HCFC。
- 希望采用碳氢化合物的大型企业面临的主要障碍之一，是获得消防部门和本地主管部门的许可。

2.4 同技术供应厂商举行的讨论

由于执行委员会核准在大多数硬质泡沫塑料应用中使用高压发泡机，关于在用替代技术淘汰 CFC-11 的时候，究竟应该采用高压还是低压发泡机的讨论已经结束，至少对于由多边基金供资的项目来说是如此。在很多情况下，用高压机取代低压机意味着泡沫塑料生产设施的升级。对于用 HCFC-141b 淘汰 CFC-11 的项目来说尤其如此。在很多这样的情况中，企业只需对低压机进行改装，便能够采用替代技术。

另一个尚未解决的问题，是当企业用下一代的替代物淘汰 HCFC-141b 的时候，这些机器是否能够使用新的替代物。一些这样的企业在逐步淘汰 HCFC-141b 的时候，是否将不得不花费高昂的费用来对设备进行改装？《蒙特利尔议定书》采取的措施显示，第 5 条国家必须在 2016 年之前冻结各类 HCFC 的使用量，并在 2040 年之前全部淘汰这种物质（一些人认为，根据进入市场的机会作出的商业决定将导致改造日期的提前）。因此，受影响的企业有很长一段时间来作出决定。然而，当作出决定的时刻到来时，改装既可能很简单，不过是更换以下任何一种装置：泵、软管、搅拌头、仪表、温度控制装置或储料罐，也可能费用非常高昂，例如购置一台新的发泡机。改造工作的复杂性和费用将取决于发泡机在改造时的状况，以及所选择的替代发泡剂。以下简短地介绍了在改用各种发泡剂的时候需要进行的改造。

主要的 CFC-11 替代物包括各类 HCFC、各类戊烷（环戊烷、正戊烷和异戊烷）、水/二氧化碳（CO₂）和各类 HFC。其他正在出现的替代物包括 HFC-245fa、HFC-365mfc、HFC 的混合剂、2-氯丙烷和其他化学品。此外，还可以采用不需要化学发泡剂的物理发泡工艺，如真空发泡等；然而，物理工艺的应用迄今仍受到限制。表 ES 3 开列了所选择的各种发泡剂的部分特性。

表 ES 3
典型发泡剂的物理特性

发泡剂	消耗臭氧 潜能值	k 因数 气体	沸点 °C
CFC-11	1.00	0.06	+ 24
HCFC-141b	0.11	0.066	+ 32
HCFC-22	0.05	0.073	- 41
HCF-142b	0.065	0.080	- 9
HFC-134a	0	0.095	- 27
HFC-245fa	0	0.085	+ 15
HFC-365mfc	0	0.074	+ 40
正戊烷	0	0.104	+ 36
异戊烷	0	0.097	+ 28
环戊烷	0	0.083	+ 49
CO ₂	0	0.113	- 78

分析还显示，企业即使真心希望采用零消耗臭氧潜能值（零 ODP）的 CFC 替代物，也会现实地意识到，在可以通过商业渠道获得零 ODP 替代物之前，需要有一个过渡阶段。表 ES 4 开列了各个硬质泡沫塑料次级行业中的某些过渡性 CFC 替代物和潜在的最后替代物。在现阶段，人们提到最多的 HFC 是 HFC-245fa 和 HFC-365mfc；提到的其他替代物是 HFC 与戊烷和其他发泡剂的混合剂。

表 ES 4

硬质泡沫塑料次级行业与替代技术

次级行业	过渡性替代物	最后替代物
保温容器	HCFC-141b	HFC/水/CO ₂
管道隔温	HCFC-141b	HFC/戊烷
非连续式板材和块材	HCFC-141b	HFC/水/CO ₂
连续式板材	HCFC/戊烷	HFC/戊烷
家用冰箱和冰柜	HCFC/戊烷	HFC/戊烷
商用冰箱和冰柜	HCFC/戊烷	HFC/戊烷
连续式泡沫塑料板	HCFC/戊烷	HFC/戊烷
非连续式泡沫塑料板	HCFC/戊烷	HFC/戊烷
喷射泡沫塑料	HCFC	HFC

2.5 与政府官员举行的讨论

Wakim 公司访问了阿根廷、埃及和马来西亚的国家臭氧机构办公室，与这些国家臭氧机构的代表讨论了其本国政府关于在硬质泡沫塑料行业改用 CFC 替代物的看法。现将讨论中的要点总结如下：

- 这些国家的大多数硬质泡沫塑料项目均已经完成或已经结束。
- 这些国家的所有硬质泡沫塑料项目都是由开发计划署和工发组织执行；世界银行不是重要的参与者。
- 各国家臭氧机构希望执行机构在用替代技术淘汰 CFC 的改造过程中为各个企业的雇员提供更多的培训。
- 海关官员已经开始跟踪监测和向国家主管机构报告 CFC 的进口情况。
- 埃及和马来西亚的国家臭氧机构对来自印度、中国、意大利和法国的廉价（大约 1.20 美元/公斤）CFC 表示关注。低廉的价格鼓励了对 CFC 的非法使用。
- 各国家臭氧机构在发放进口许可之前要求进口商说明 CFC 的最后用途。
- 各国家臭氧机构认为，其本国的 CFC 消费量将低于《蒙特利尔议定书》所采取措施规定的上限。

2.6 对调查问卷所取得结果进行的分析

除了向阿根廷、埃及和马来西亚送交的调查问卷之外，在秘书处和有关执行机构的协助下，还向另外 22 个国家中的企业送交了 135 份调查问卷。Wakim 公司从 7 个第 5 条国家的企业收到了 63 份填写完毕的调查问卷；然而，其中 50 份问卷来自在墨西哥举办的总体项目下的大型以及中小型企业。现将其中的常见答复总结如下。

- 大多数企业表示，在了解多边基金的政策可能对其产生何种影响方面，各执行机构是唯一的信息来源。
- 大多数答复者表示，多边基金通过提供资本赠款和技术支持帮助它们进行了改用 CFC 替代物的改造。然而，答复者们并没有表示，这些政策影响了他们对任何具体的 CFC 替代物的选择。
- 大多数企业在用替代物淘汰 CFC 方面都得到了国家臭氧机构和执行机构的鼓励。
