

# 情况通报

**INFCIRC/640**

Date: 30 March 2005

**General Distribution**

Chinese

Original: English

## 核燃料循环多边方案

### 专家组向国际原子能机构总干事提交的报告

#### 概 要

本文件全文复载总干事任命的独立专家组关于核燃料循环多边方案的报告，以通报全体会员国。

# 核燃料循环多边方案

专家组向国际原子能机构总干事提交的报告



2005年2月22日

## 目 录

<b>正文概要</b> .....	<b>5</b>
方案概述.....	6
总体问题.....	9
多边核方案：前景.....	13
五个建议方案.....	14
<b>第一章 序言</b> .....	<b>15</b>
背景.....	15
任务.....	16
初步考虑因素.....	17
<b>第二章 当前的政治情况</b> .....	<b>19</b>
<b>第三章 历史回顾</b> .....	<b>22</b>
<b>第四章 交叉因素</b> .....	<b>25</b>
4.1 核技术的发展.....	25
4.2 经济性.....	27
4.3 供应保证.....	28
4.4 法律和制度问题.....	31
4.5 防扩散和保安因素.....	34
<b>第五章 多边技术方案</b> .....	<b>37</b>
5.1 评估要素.....	38
关键要素.....	38
其他要素.....	39
5.2 铀浓缩.....	41
技术.....	41
历史背景.....	43
现状.....	44
经济性.....	46
服务保证.....	46
法律和制度问题.....	46
防扩散和保安.....	48
多边浓缩方案的选择.....	49
5.3 乏燃料后处理.....	54
技术.....	54
历史背景.....	55
现状.....	56
经济性.....	58
服务保证.....	59
法律和制度问题.....	59
防扩散和保安.....	60
多边后处理方案的选择.....	61

5.4 乏燃料处置库（最终处置） .....	66
技术 .....	66
历史背景 .....	66
现状 .....	67
经济性 .....	68
服务保证 .....	70
法律和制度问题 .....	70
防扩散和保安 .....	71
乏燃料最终处置库方案 .....	72
5.5 乏燃料贮存（中间贮存） .....	77
技术 .....	77
历史背景 .....	77
现状 .....	77
经济性 .....	78
服务保证 .....	79
法律和制度问题 .....	79
防扩散和保安 .....	80
多边乏燃料贮存方案 .....	80
5.6 方案概述 .....	86
铀浓缩 .....	86
后处理 .....	87
乏燃料处置 .....	87
燃料贮存 .....	88
组合方案：燃料租借/燃料收回 .....	89
其他方案 .....	89
<b>第六章 总体问题 .....</b>	<b>90</b>
《不扩散核武器条约》的相关规定 .....	90
保障和出口控制 .....	91
自愿参加多边核方案与有约束力的规范 .....	92
有核武器国家和《不扩散核武器条约》非缔约国 .....	93
“逃脱”问题和其他风险 .....	93
执法 .....	94
<b>第七章 多边核方案：前景 .....</b>	<b>95</b>
五个建议方案 .....	96
<b>附件1 总干事的信函 .....</b>	<b>97</b>
<b>附件2 参加人员和参与起草人员 .....</b>	<b>99</b>
专家组成员 .....	99
顾问 .....	102
国际原子能机构支助 .....	102
外部支助 .....	102
<b>附件3 简称表 .....</b>	<b>103</b>

# 多边核方案



## 正文概要

2005年2月22日

1. 全球防止核扩散制度虽然没有完全防止核武器的进一步扩散，但在遏制核武器进一步扩散方面已经取得了成功。绝大多数国家已在法律上保证放弃制造和获取核武器，并且已经遵守了这一承诺。然而，过去的几年却经历了一段纷乱和困难的时期。
2. 长达几十年的防止核扩散的努力正在受到来自以下方面的威胁：地区军备竞赛；发现某些无核武器国家采取的行动从根本上违反或不遵守其保障协定，并且尚未采取充分的纠正措施；《不扩散核武器条约》所要求的出口控制没有得到全面实施；正在萌生令人震惊的组织上健全的核供应网；以及恐怖分子和其他非国家实体获取核材料或其他放射性物质的危险日增。
3. 一个不同的重要因素是，民用核工业的扩展似乎正在世界范围内蓄势待发。全球电力需求迅速增长、天然气供应和价格的不确定性、石油价格暴涨、对空气污染的关注以及减少温室气体排放的巨大挑战都在促使重新审视核电。随着核安全技术和组织基础的改进，对核电厂安全的信心与日俱增。鉴于世界许多地区对核电表现出的现有、新的和重新焕发的兴趣，存在大规模兴建新核电站的现实前景。更多的国家将考虑发展其本国燃料循环设施和核专门能力，并将寻求材料、服务和技术的供应保证。
4. 为了响应对开展国际合作以解决防扩散和安全关切的日益重视，国际原子能机构（原子能机构）总干事穆罕默德·埃尔巴拉迪在2004年6月任命了一个国际专家组（以其个人身份参加），以考虑可能的民用核燃料循环多边方案。

5. 该专家组有三项任务：

- 确定并分析核燃料循环前端和后端多边方案相关问题和选择方案；
- 概述开展核燃料循环前端和后端多边合作安排所面临的政策、法律、保安、经济、制度和技术方面的促进因素和阻碍因素；
- 简要评价对专家组工作有现实意义的燃料循环多边安排的历史和当前的经验与分析。

6. 两个主要决定因素，即“**防扩散保证**”和“**供应和服务保证**”贯穿多边核方案的所有评估。这两个决定因素被认为是各国政府和《不扩散核武器条约》社会的总体目标。实际上，这两个目标中的每一个目标都很难单独充分实现。历史表明，能够同时获得满足这两个目标的最佳安排是更加困难的。事实上，多边方案可以作为满足这两个目标的一种方法。

7. 多边安排的防扩散价值可以通过与国家或多边核设施有关的各种扩散危险加以衡量。这些危险包括从多边核方案中转用材料（通过派驻多国小组减少这种危险）；盗窃易裂变材料；从多边核方案中向未经授权的实体扩散被禁或敏感技术；发展秘密的并行计划以及制订“逃脱”假想方案。后者涉及东道国的“逃脱”情况，例如驱逐多国人员；退出《不扩散核武器条约》（从而终止其保障协定）；以及在不受国际控制的情况下运行多边设施。

8. 多边安排的“供应保证”价值可通过相关的促进因素加以衡量，例如供应方、政府和国际组织提供的保证；参加多边安排的国家将获得的经济利益以及这类核项目将得到的更多政治上的认可和公众接受。最重要的步骤之一是设计在商业上有竞争力、非垄断性和无政治上的制约之有效的材料和服务供应保证机制。有效的供应保证将须包括在**多边核方案**供应方不能提供所需材料或服务的情况下具有后备供应来源。

## 方案概述

9. 无论对于铀浓缩、乏燃料后处理还是对于乏燃料处置和贮存，**多边方案**均应涵盖现有市场机制与燃料循环设施完全共同所有权之间的全部领域。以下模式反映了这种多样性：

### 类型 I：不涉及设施所有权的服务保证

- a) 供应方提供额外的供应保证；
- b) 政府国际财团扩大该保证的范围；
- c) 原子能机构的相关安排提供更广泛的保证。

## 类型 II：将现有国家设施转为多国设施

## 类型 III：建造新的联合设施

10. 根据这种模式，专家组审查了每种类型和方案的利弊。确定了与“非多边核方案选择”有关的当前受保障国家设施的有利和不利两方面的因素。

### 铀浓缩

11. 目前的燃料循环前端市场是健康的。在仅仅 2 年期间，芬兰 1 个运行中核电厂就购买了原产于 7 个不同国家矿山的铀。例如，已在 3 个不同的国家进行了转化。浓缩服务是从 3 个不同的公司购买的。因此，供应保证这一正当目标在很大程度上可以通过市场来实现。然而，这种评估可能并非对关切供应保证的所有国家都是正确的。现有的供应方或政府国际财团或与原子能机构有关的安排正在实施的机制或措施在这类情况下可能是适当的。

12. 首先，供应方能够提供额外的供应保证。这将单独或集体地满足浓缩厂营运者的要求，并保证向其政府先前已经同意放弃建设本国的能力但后来又发现拟议中的浓缩服务供应方出于未说明的理由拒绝向其提供浓缩服务的国家提供浓缩能力。有利因素包括避免专门知识扩散，依赖于功能健全的市场以及便于实施。不利因素涉及例如维护闲置储备能力的费用以及对供应方的多样性缺乏认识。

13. 其次，政府国际财团可以介入，即它们将保证能够获得浓缩服务，而供应方只是执行机构。这种安排将是一种“政府间燃料银行”，它如同一项合同，某一政府在规定的情况下将根据该合同购买有保证的能力。不同国家可以采用不同的机制。大部分利弊因素与上一情况相同。

14. 第三，存在一些与原子能机构有关的安排，即上一方案的变异方案。在这一方案中，原子能机构作为这种安排的“主持人”。从根本上说，原子能机构对有着良好信誉并且愿意接受必要限制条件（对这种限制条件需要加以界定，并且可能需要包括坚决放弃同时拥有本国的浓缩/后处理设施以及无核武器国家接受附加议定书）的国家将发挥一种供应“保证者”的作用。原子能机构或可能有权支配将要供应的材料，或更有可能发挥“调解人”的作用，并与供应国签定备用协定，以便有效地履行原子能机构代表这些国家所作的承诺。实际上，原子能机构将建立一种默认机制，该机制只有在正常供应合同因商业以外原因而中止的情况下才发挥作用。因此，所建议的利弊两方面的因素与以上所述类似，并且具有广泛国际保证的额外意义。可能就原子能机构以及它作为受成员国控制的一个国际组织的特殊地位提出一些问题。事实上，原子能机构提供的任何保证都需经其理事会核准。

15. 在有多边核方案采取联合设施形式的情况下，有 2 个现成的先例，即英国-荷兰-德国的铀浓缩公司（Urenco）和法国的欧洲气体扩散公司（EURODIF）。铀浓缩公司一方面实施商业/工业管理，另一方面由政府联合委员会管理，该公司的经验已经表明能够

使多国概念成功地运作。在这种模式下，对技术和人员配备进行有力的监督以及实施有效的保障和适当的国际专门技术分工能够减少扩散危险，甚至能使单方“逃脱”事件极难发生。另一方面，欧洲气体扩散公司也具有成功的多国记录，它只在 1 个国家进行铀浓缩，同时向其联合筹资国际伙伴提供浓缩铀，从而遏制了所有的扩散危险、转用、秘密并行计划、“逃脱”事件和技术扩散。

### 乏核燃料后处理

16. 如果考虑现有和正在建造的对轻水堆乏燃料进行后处理的能力，那么全球将具有足以满足大约 20 年期间对铀再循环燃料所有预期需求的后处理能力。因此，无需建造涉及所有权的新的后处理设施即可基本实现供应保证目标（类型 II 和 III）。

17. 当前所有后处理厂基本上都归属国有。鉴于世界范围核业务的性质，某一供应方所作的任何保证都应得到相应国家政府绝对和明确的同意。关于由原子能机构代理的安排，这可能意味着原子能机构将参与在后处理服务方面对国际财团的监督。

18. 将国家设施转变为国际所有和对将涉及建立的新的国际实体进行管理，该实体将作为后处理市场中一个新的竞争者运作。有利因素反映了汇聚国际专门技术的优势，而不利因素则包括与专门知识扩散和分离铀返回有关的防扩散弊端。其他不利因素涉及除日本 2 个设施外，所有现有设施都在有核武器国家或《不扩散核武器条约》非缔约国。在其中许多情况下，如果以前尚未实施适当的保障，则今后必须实施适当的保障。

19. 如上所述，从长远看将不需要建造新的联合设施。因此，建造新设施的先决条件是需要进行更多后处理以及需要进行再循环铀的制造。今后，这种后处理和制造将在同一场所进行。

### 乏燃料处置

20. 目前不存在国际乏燃料处置服务市场，因为所有处置工作严格地讲都是由国家进行的。因此，乏燃料最终处置是多边方案的一个候选方案。尽管该方案对许多国家提出了法律、政治和公众接受等方面的挑战，但它能够提供巨大的经济利益和实际的防扩散好处。原子能机构应通过研究所有基本要素并发挥鼓励实施这类方案的政治领导作用来继续这方面的努力。

21. 对乏燃料和放射性废物在共用处置库中的最终处置必须作为并行方案更广泛战略的唯一要素加以研究。国家解决方案仍将是许多国家的第一优选方案。对于拥有许多正在运行或过去运行核电厂的国家，这是唯一方案。对于拥有较小规模民用核计划的其他国家，则需要一种双轨方案，在这种方案下可以实施国家和国际两种解决方案。小国如果只想保持在国际范围内采取行动所需的最低限度的国家技术能力，则应对国家、地区或国际选择方案保持开放。

## 乏燃料贮存

22. 若干国家正在运行和建造乏燃料贮存设施。除俄罗斯联邦准备接受由俄罗斯供应的燃料以及可能提议对其他乏燃料也这样做以外，该领域目前不存在国际服务市场。乏燃料贮存也是多边方案主要在地区级别的一个候选方案。在少数安全和可靠的设施中贮存特种核材料能够加强保障和实物保护。原子能机构应当继续在该领域的研究工作，并鼓励实施这类方案。拥有正在运行的最新贮存设施的国家应当做出努力，接受其他国家在这些设施中临时贮存乏燃料。

## 组合方案：燃料租借/燃料收回

23. 在这种模式中，出租国通过与本国核燃料“供应商”订立的安排提供燃料。当出租国政府向其燃料“供应商”公司颁发向客户反应堆发送新燃料的出口许可证时，该国政府也要宣布它对该燃料卸出后的管理计划。如果出租国没有具体的乏燃料管理计划，当然就不能进行租借交易。租借后的燃料一经卸出反应堆并冷却，即可或返回有权处理该燃料的原产国，或可通过原子能机构代理的交易送往第三国或送往其他地方的多国或地区燃料循环中心进行贮存和最终处置。

24. 上述安排的薄弱部分是出租国回收它根据租借合同所提供的乏燃料的意愿，实际上就是政治能力。任何国家接受非本国反应堆（即直接惠益其本国公民的发电反应堆）产生的乏燃料很可能都有政治上的困难。然而，为了使任何租借-收回交易建立在可靠的基础之上，就必须提供有关从燃料使用国移出乏燃料的切实保证，否则整个安排就无实际意义。在这方面，拥有适当处置场址的国家以及对扩散危险表示严重关切的国家应当积极主动地提出解决方案。诚然，客户国对放弃浓缩和后处理的承诺将使这类保证在政治上更加可行。

25. 作为一种替代方案，在乏燃料为出租国所有并且可送往其他地方燃烧的情况下，原子能机构可作为建造多国或地区乏燃料贮存设施的代理方。这样，原子能机构就能积极地参与地区乏燃料贮存设施或第三方乏燃料处置计划，从而使租借-收回燃料的供应安排成为更可靠的方案。

## 总体问题

26. 除与实施多边核方案有关的交叉因素外，例如技术、法律和保障因素，还存在一些主要带有广泛政治性的总体问题，这些问题可能涉及对多边核方案的可行性和可取性的认识。这些问题在今后国家和国际一级有关制订、评估和实施这类方案的任何努力中都可能都是决定性的问题。

## 《不扩散核武器条约》的相关规定

27. 《不扩散核武器条约》纳入了一项有关和平利用和核裁军的政治条件，如果没有这项政治条件，该条约就不会获得通过，也不会得到此后它所获得的广泛遵守。所有缔约国做出的关于合作进一步发展核能的承诺以及有核武器国家做出的关于努力实现裁军的承诺为无核武器国家放弃获取核武器提供了依据。

28. 第四条概述了核能和平利用的合作，这种合作先前为原子能机构的成立奠定了基础。该条规定，本条约的任何规定不得被解释为影响“所有缔约国不受歧视地按照本条约第一条及第二条的规定为和平目的开展核能研究、生产和应用的不可剥夺的权利”（规定了该条约的防扩散目标）。此外，同一条还规定《不扩散核武器条约》的所有缔约国都应承诺“促进并有权参加在最大可能范围内为和平利用核能而交换设备、材料和科学技术资料”，并且“还应单独地或会同其他国家或国际组织，在进一步发展为和平目的而应用核能方面进行合作……。”精巧构思第四条的目的是防止对《不扩散核武器条约》作出重释的任何企图，以便限制一个国家对核技术所享有的权利，但条件是核技术只能用于和平目的。

29. 无核武器国家对《不扩散核武器条约》中不断出现的失衡问题的看法正在继续加深，并且已经对此表示了不满。这种失衡问题是：由于有核武器国家和先进的工业化无核武器国家对核燃料循环材料和设备施加限制，这些国家已经背离了第四条所述促进在最大可能范围内的交换以及协助所有无核武器国家开展核能应用的最初保证。还存在有关可能对第四条施加其他限制的关切。

30. 该条约第六条规定有核武器国家“就及早停止核军备竞赛和核裁军方面的有效措施真诚地进行谈判。”许多无核武器国家认为有核武器国家在执行《不扩散核武器条约》第六条方面的情况不能令人满意，并且也对《全面禁止核试验条约》（全面禁核试条约）尚未生效以及可核查的“易裂变材料（禁产）条约”（禁产条约）谈判陷入僵局表示不满。这类关切已促使许多无核武器国家确信，《不扩散核武器条约》的条件正在遭到损害。

## 保障和出口控制

31. 一些国家主张，如果多边核方案的目标仅仅是加强防止核扩散制度，而不是注重多边核方案，那么将精力集中于例如通过努力实现原子能机构保障协定附加议定书的普遍性以及普遍实施保障协定和多边出口控制，可能比将精力放在防止核扩散制度本身的现有要素方面会更好。

32. 涉及敏感核技术扩散的危险主要应当通过有效和成本-效益好的保障体系加以解决。原子能机构保障体系和地区保障体系在这些方面已经作出了出色的成绩。合理而充分地实施保障是侦查和遏制进一步的扩散以及缔约国之间相互提供正在遵守保障承诺的最有效方法。诚然，技术进步需要在保护商业、技术和工业秘密的同时加强和更

新保障。附加议定书的通过和根据国家一级的分析审慎地实施附加议定书是防止进一步核扩散必不可少的步骤。附加议定书已经证明在保护国家在安全和保密方面合法利益的同时，它还提供了额外、必要和有效的核查工具。在一国持续实施附加议定书能够就该国不存在未申报的材料和活动提供可信保证。同全面保障协定一道，附加议定书应当成为事实上的保障标准。

33. 除上述外，原子能机构还应努力进一步加强保障的实施工作。例如，它应重新考虑其核查系统的三个方面：

- a. 附加议定书的技术附件。这些附件应定期更新，以反映核技术和核工艺的持续发展。
- b. 附加议定书的实施。这需要充足的资源以及对决心实施附加议定书的坚定承诺。应当忆及，“附加议定书范本”规定原子能机构将不机械地或系统地实施附加议定书。因此，原子能机构应当按问题领域而不是按利用最大量核材料的国家来分配其资源。
- c. 在发生从根本上违反保障协定或不遵守保障协定情况时采取的执法机制。这些机制的逐步实施是否足以起到了有效的遏制作用？原子能机构应当进一步考虑处理不同程度违约行为的适当措施。

34. 出口准则及其实施是防扩散的一道重要防线。最近发生的事件表明，犯罪网络能够绕过现行管制找到秘密活动的供应途径。此外，还应铭记，根据《不扩散核武器条约》第三条第 2 款，该条约的所有缔约国都有义务实施出口控制。联合国安理会第 1540（2004）号决议对这项义务作了强化，该决议要求所有国家制订并实施出口控制，以防止大规模毁灭性武器和相关材料向非国家行为者扩散。应当扩大对制订和实施出口控制的参与，而且应当以透明的方式并让所有国家参与制订经多边商定的出口控制。

35. 事实上，防止扩散的主要技术屏蔽仍然是根据全面保障协定和附加议定书有效和普遍地实施原子能机构保障以及实施有效的出口控制。两者必须凭借其自身价值尽可能地做到坚强有力。多边核方案将是加强现有防扩散制度的补充机制。

### 自愿参加多边核方案与有约束力的规范

36. 目前的法律框架并未规定各国参加多边核方案，而当前的政治环境也不大可能使这种规范很快地建立起来。因此，建立**自愿**参加基础上的多边核方案就成为向前迈进的一个更有希望的途径。在一项涵盖供应保证的自愿安排中，接受国至少在各自的供应合同期间将放弃建造和运行敏感燃料循环设施并接受当前最高标准的保障，包括全面保障和附加议定书。需要进一步考虑必须划清允许的研究与发展活动同已放弃的发展和建造活动之间的界线问题。在自愿参加的涉及设施的多边核方案中，参加国可能将承诺只在多边核方案共同框架内开展相关活动。

37. 实际上，各国将根据这些多边安排所提供的经济和政治方面的促进和阻碍因素而参加这类安排。在充分遵守经商定的核不扩散义务的基础上，伙伴之间相互信任和协商一致的政治环境对于一项多边核方案的成功谈判、制订和实施非常必要。

38. 此外，规定敏感燃料循环活动只能在多边核方案范畴内开展并且不再是一项国家事业之新的**有约束力的**国际规范将意味着《不扩散核武器条约》第四条在范围上发生改变。该条款的措辞和谈判历史强调了有良好信誉的每一缔约国有权独立自主地选择本国的燃料循环。这种权利取决于忠实地履行根据第一条和第二条所作的承诺。但如果这一条件得到满足，目前还没有任何法律障碍能够阻止每一缔约国立足本国开展所有燃料循环活动。因此，放弃这项权利就将改变《不扩散核武器条约》的“筹码”。

39. 如果缔约国打算在更广泛的谈判框架内同意这种根本性的改变，那么实现这种改变也不是不可能的。就无核武器国家而言，这种新条件或许只有通过对所有国家适用普遍性原则，并且在有核武器国家就核裁军采取其他步骤之后才能成为现实。此外，可核查的“禁产条约”可能也是有约束力的多边义务的先决条件之一。这一条约将终止任何有核武器国家和《不扩散核武器条约》非缔约国为核爆炸目的运行后处理和浓缩设施的权利，并将使它们在这类活动方面处于同无核武器国家相同的地位。这种新的限制将无一例外地适用于所有国家以及与所涉技术有关的设施。只有到那个时候，多边安排才可能成为一项普遍且有约束力的原则。也可能就有核武器国家和《不扩散核武器条约》非缔约国对涉及其约束力的多边核方案作出承诺所需的条件提出问题。

### 有核武器国家和《不扩散核武器条约》非缔约国

40. 武器可用材料（库存和流动）以及能够生产此种材料的敏感设施主要分布在有核武器国家和《不扩散核武器条约》非缔约国。无核武器国家先前就多边核方案提出的关切不完全适用于在多边核方案将涉及有核武器国家或《不扩散核武器条约》非缔约国时的情况。但是，本章的问题之一是有关在一项多边核方案中生产的核材料能够有助于这种国家从事非和平核计划的可能性。这再次表明了“禁产条约”的意义。

41. 确实应当尽早考虑使有核武器国家和《不扩散核武器条约》非缔约国都加入多边核方案的可行性。只要多边核方案仍然是自愿性质的，就没有任何理由阻碍这类国家参加多边核方案。事实上，法国（与欧洲气体扩散公司的安排有关）和英国（与铀浓缩公司有关）就是参加这种多边核方案的范例。在根据保障和保安要求将现有民用设施转入多边核方案的过程中，这类国家将证明它们对防扩散和国际和平核合作的支持。

### 执 法

42. 旨在改进防止核扩散制度所有努力的成功最终将取决于履约机制和执法机制的有效性。在发生违约的情况下，可以根据多边核方案的法律规定部分地改进执法措施。

这种多边核方案的法律条款将认真规定构成每一违反行为的定义；由谁裁定这种违反行为以及除了采取更广泛的政治手段外，各伙伴国能够直接采取的执法措施。

43. 尽管如此，如果国际社会不坚决地应对转用、秘密活动或“逃脱”事件等严重违约案例，那么加强型保障、多边核方案或各国所作的新承诺就不能有助于实现其全部目标。依具体情况而定，需要在以下 4 个层面作出响应：违约国家的多边核方案伙伴、原子能机构、《不扩散核武器条约》缔约国和联合国安理会。在目前还不存在这些响应的情况下，必须建立适当的程序和措施，并且必须在所有 4 个层面采用这些程序和措施来处理违反行为和违约案例，以便明确地宣示违反条约和协定的国家将不会被允许肆无忌惮地这样做。

### 多边核方案：前景

44. 以往的多边核合作倡议没有产生任何实际效果。扩散关切还没有被认为有多么严重。经济促进措施远不够有力。而供应保证是引起关切的首要问题。民族自尊以及对核活动将产生技术和经济衍生品的期望也在发挥作用。在这些考虑因素中，有许多因素可能仍然是恰当的。然而，面临核设施在今后几十年的潜在增加以及扩散危险的可能增大，平衡当今这些考虑因素的结果很可能会创造一个更加有利于在 21 世纪建立多边核方案的政治环境。

45. 多边核方案对于防扩散制度的潜在好处既有象征意义也有实际意义。作为一项建立信任的措施，多边方案能够就民用核燃料循环的最敏感部分不易被滥用于武器目的向各伙伴和国际社会提供更有力的保证。拥有多国人员的联合设施将多边核方案的所有参加者置于同行和伙伴的更大范围的监督之下，并且还可能形成对东道国伙伴发生“逃脱”的障碍。多边方案还能减少运行敏感设施场址的数量，从而遏制扩散危险，并减少敏感材料可能被盗窃的场所的数量。此外，这些方案甚至还能有助于增进对核电持续利用和核应用活动的接受，并增强乏核燃料和放射性废物的安全和无害环境的贮存和处置前景。

46. 关于供应保证的问题，多边方案也能够为整个地区、较小国家或资源有限的国家提供成本效益和规模经济效益。在航空和航天等其他技术领域已经产生了类似的效益。但是，为支持多边核方案而提出理由并不简单。由于各国技术水平不同、经济发展和资源、制度化程度以及竞争性政治因素各异，对多边核方案的好处、方便性和可取性得出的结论可能不尽相同。一些国家可能认为，多边方案旨在丧失或限制国家主权和独立自主权，并控制关键技术领域，从而不公平地将这些技术的商业利益仅留给少数几个国家。其他国家则可能认为，多边方案将可能导致敏感核技术的进一步扩散或失控，从而导致更大的扩散危险。

47. 总之，核燃料循环多边方案专家组审查了燃料循环的各个方面，确定了值得进一步考虑的多边核方案的若干选择方案，并阐述了每种选案的一些利弊因素。希望专家

组的报告将作为一个建筑构件或作为一个里程碑。该报告不拟作为道路终点的标志。多边核方案为解决当前对供应保证和防扩散保证的关切提供了一个可能有益的贡献。

48. 专家组建议采取步骤加强对核燃料循环和技术转让的全面控制，包括加强保障和出口控制：即通过促进普遍遵守附加议定书加强保障，以及通过更严格地实施准则和普遍参与制订准则加强出口控制。

49. 为了保持发展势头，专家组建议原子能机构成员国、原子能机构本身、核工业界以及其他核能组织应当关注整体多边核方案，并重视以下**五个建议方案**。

## 五个建议方案

通过一套逐步实施的多边核方案，能够在保持世界范围内供应与服务保证的同时又能增强与民用核燃料循环相关的防扩散保证的目标：

1. 通过订立得到政府支持的长期合同及透明的供应方安排，在个案的基础上加强**现行商业市场机制**。例如：提供燃料租借和燃料收回、乏燃料商业贮存和处置以及商业燃料库。
2. 在原子能机构参与下建立和实施**国际供应保证**。应对不同模式，特别是对由**原子能机构作为服务供应保证人**，即燃料库管理者的模式进行研究。
3. 在《不扩散核武器条约》无核武器缔约国和有核武器缔约国以及该条约非缔约国的参与下，促进**现有设施向多边核方案**的自愿转换，并以此作为**建立信任的措施**。
4. 通过自愿协定和合同，在铀浓缩、燃料后处理、乏燃料处置和贮存（及其组合）等前端和后端核设施的共同所有权、共同承兑权或联合管理的基础上建立**多国特别是地区性的新设施多边核方案**。核电综合园区亦可为此目标服务。
5. 核能在世界范围内进一步扩展的假想方案可能要求按地区或按大陆建立具有**更强有力多边安排的核燃料循环**和进行涉及原子能机构和国际社会的**更广泛的合作**。



# 第一章 序言

## 背景

1. 总干事在 2003 年 9 月召开的原子能机构大会发言时指出，在核燃料循环设计和运行方面进行国际合作是多年来一直讨论的一个重要问题，但他认为，目前应将这个问题作为全球应对日益增加的防止核扩散和保安挑战努力的一部分给予认真考虑。他指出，这种考虑应当包括评价通过只有在多边控制的情况下才允许在民用核计划中使用武器用材料（高浓铀和钚）来限制在这种计划中使用这类材料的好处，并指出任何这类评价工作都必须相应制订有关提供核燃料循环服务的透明度、控制和最重要的保证方面的适当规定。他强调指出，加强对武器用材料的控制是加强防止核扩散和增强国际安全努力的关键。他在 2003 年 10 月发表在《经济学家》<sup>1</sup>上的文章中进一步阐述并重申了这些建议。

2. 总干事还提到有必要审议乏燃料和放射性废物管理与处置多国方案的优点。正如他所指出的那样，并非所有国家都具备进行地质处置的适当条件，而且对于拥有小型核电生产或研究计划的许多国家来说，无法提供用于研究、建造和运行地质处置设施所需的财政和人力资源投入。因此，在建造和运行国际乏核燃料和废物处置库方面开展国际合作可能会带来重大的经济、安全、保安和防扩散好处。总干事在其 2003 年 9 月的发言中还指出，应当对这些有关设计和管理核燃料循环的方案以及其他方案的优点和可行性进行深入研究。

3. 2004 年 3 月，总干事在原子能机构理事会发言时提及，核燃料循环最具扩散敏感性的部分即新燃料生产、武器用材料加工以及乏燃料处置的广泛转让“可能是防止核扩散制度的致命弱点”，并提到了加强对这类活动控制的重要性。他指出，通过将核燃料循环的这些部分置于某种形式的多边控制之下，并实施适当的检查与平衡来保持商业竞争力，控制敏感资料的扩散并确保提供用于和平应用的燃料循环服务，而这一点是能够做到的。总干事通报理事会，他将指定一个独立专家组来审查推进这类措施的可行性。

4. 总干事在 2004 年 6 月通报理事会，他已经指定了一个由原子能机构负责保障司的前任副总干事 Bruno Pellaud 主持的国际专家组来研究核燃料循环前端和后端各种可能的多边方案（多边核方案）选择。

---

<sup>1</sup> 穆罕默德·埃尔巴拉迪，“实现一个更安全的世界”，《经济学家》，10 月 16 日（2003 年）。

5. 原子能机构起着全球核合作协调中心的作用，并被赋予实现双重目标的任务：“加速和扩大原子能对全世界和平、健康及繁荣的贡献”和“尽其所能确保由其本身、或经其请求、或在其监督或管制下提供的援助不致用于推进任何军事目的。”<sup>2</sup>

## 任 务

6. 该专家组有三项任务：

- 确定并分析核燃料循环前端及后端多边方案相关问题和选择方案；
- 概述开展核燃料循环前端和后端多边合作安排所面临的政策、法律、保安、经济、制度和技术方面的促进因素和阻碍因素；
- 简要评价与专家组工作有现实意义的燃料循环多边安排的历史和当前的经验与分析。

7. 总干事在邀请这些专家时指出，他希望这项工作能导致提出实际的建议，这些建议若能实施，将能向国际社会提供有助于加强核燃料循环的敏感部分不易被滥用于扩散目的的保证，从而促进核能持续地用于和平目的。

8. 总干事在专家组第一次会议发言时进一步阐述了专家组的任务，建议专家组应当处理有关该任务的所有方面，尤其应当评估对国际安全产生积极影响的可能性。他要求专家组考虑所有感兴趣的利益相关者的认识和期望，并强调新方案要取得成功就必须超越对技术的全面限制。总干事指出了对民用燃料循环前端和后端多边方案进行审查的重要性，并指出任何解决方案都必须兼容并蓄，而且不涉及具体国家在《不扩散核武器条约》下的地位。他要求专家组不要拘泥于寻找“一款通用的方案”，并告诫，在某一地区行得通的方案在另一地区也可能不是最理想的。他也同意可将多边核方案概念放在包括《不扩散核武器条约》、可核查的“易裂变材料（禁产）条约”（禁产条约）和其他相关协定在内的整个防止核扩散制度的更广泛的范畴内予以考虑。

9. 专家组于 2004 年 8 月至 2005 年 2 月在维也纳原子能机构总部举行了 4 次各为期一周的系列会议。专家组由总干事选定的人员组成，以个人身份参加，以体现广泛的经验和国别性，所有成员都以某种身份多年参与核领域的工作。本报告附件 2 列出专家组成员的名单。专家组在工作中得到了 Lawrence Scheinman 先生和 Wilhelm Gmelin 先生作为顾问以及原子能机构一些现任和前任工作人员及外部专家的协助，他们的名单也列于附件 2。

10. 尽管专家组同意向总干事提交报告，但必须指出的是，该报告不一定反映所有专家对多边核方案的愿望或可行性或对所有选择方案都取得了一致意见，也不反映对这

---

<sup>2</sup> 原子能机构《规约》第二条，原子能机构，维也纳（1989 年）。

些方案或选择所各自具有的价值作出了一致的评估。该报告拟只提出可能的多边核方案选择和反映可能影响考虑这些选择方案的各种因素。

## 初步考虑因素

11. 在审议伊始，专家组成员表达了共同的愿望，希望核能够在提供世界能源方面继续发挥重要的作用，并考虑到核技术的两重性，认为可靠和有效的现行和新的多边安排对于防止核武器的进一步扩散是必要的。因此，专家组认为，其履行任务的目的是在一个双重目标框架内对多边核方案进行评估，即在确保核能和平利用的同时加强国际防止核扩散制度。

12. 除了“普遍性”等长期性问题外，对现行防扩散制度的新挑战也引发了有关防止核扩散的辩论，这些挑战除其他外，特别是：在《不扩散核武器条约》的某些无核武器缔约国发现了未申报的核材料和核活动；存在着获取核技术的秘密供应网和在该体制内存在某些国家“逃脱”《不扩散核武器条约》约束的危险。为了确保在面临这些非常现实的挑战时维护防止核扩散制度的权威性、有效性和可信度，已经提出了若干建议。其中之一是要求拒绝向尚未拥有这类设施的无核武器缔约国提供敏感技术。很多国家认为这与《不扩散核武器条约》第四条的文字和精神不符。在裁军方面没有取得相应进展的情况下，很多无核武器缔约国始终反对接受对其发展和平核技术施加更多限制。其他建议重点强调加强和有效实施原子能机构的保障体系。另一项建议是对那些从扩散危险角度被认为具有最高敏感性的核燃料循环部分的运行实施多边方案。要求专家组考虑的正是这后一项建议。

13. 首先谈谈术语。专家组认为，应当区别“多边”（最广泛且最具灵活性的术语，系指 2 个以上参与者的参与情况）、“多国”（意指来自不同国家的若干参与者）、“地区”（来自毗邻国家的若干参与者）和“国际”（来自不同国家和（或）诸如原子能机构等国际组织的参与者）这些术语。已要求专家组研究最可能广泛的选择方案，因此，专家组对不论是多国、地区还是国际的所有多边方案都进行了探讨。

14. 此外，还有必要确定专家组认为从扩散危险角度具有最高敏感性的那些核燃料循环部分。从本报告的结构可以看出，专家组决定研究铀浓缩、后处理和乏燃料处置与贮存等问题。

15. 为了履行任务，专家组决定研究 3 个相互联系的要素：

- a. 有关多边核方案的**当前和历史经验**：在此方面已经进行过哪些尝试？已经取得成功的情况？第二章和第三章提供了有关专家组任务以及多边核方案问题的政治和历史背景。专家组从特别是欧洲现有成功的多边解决方案方面已积累的经验中受益匪浅。专家组利用了以前在原子能机构主持下以及在其他论坛内开展的工作。此外，不仅在核领域而且在诸如航空和航天等（只列举 2 个领域）其他技术领域也存在与多边方案有关的丰富实践经验。

- b. **因素、选择以及促进因素和阻碍因素：**第四章和第五章总体和单独处理：在上述（第 14 段）确定的核燃料循环 4 个部分中与多边核方案有关的政策、法律、保安、经济和技术因素。第四章讨论交叉因素。第五章反映专家组对这些部分中每个部分特有因素的分析以及与这些部分中每个部分有关的可能选择，并确定各种选择的相应好处和缺点（利与弊）。
- c. **总体考虑和建议：**第六章处理可能影响对多边核方案之可行性和期望有关认识方面的总体问题，主要是广泛的政治性问题。第七章反映专家组的结论，并就推动多边核方案的可能方式提出建议。

16. 在汲取有关多边核方案的历史经验、借鉴过去和当前实例的素材和概念并在认识到当前政治情况的基础上，专家组希望能够在某种程度上阐述多边合作，并确定一些今后在探索强有力的核燃料循环过程中能够有利于核社会采用可能的选择和方案。

## 第二章 当前的政治情况

17. 全球防止核扩散制度虽然没有完全防止核武器的进一步扩散，但在限制核武器进一步扩散方面已经取得成功。绝大多数国家已经在法律上保证放弃制造和获取核武器，并且已经遵守了这一承诺。然而，过去的几年却经历了一段纷乱和困难的时期，在此期间，对国际防扩散体系的新挑战已经浮出水面。

18. 长达几十年的防止核扩散的努力正在受到来自以下方面的威胁：地区军备竞赛；发现从根本上违反或不遵守保障协定，并且尚未采取充分的纠正行动；《不扩散核武器条约》所要求的出口控制没有得到全面实施；正在萌生令人震惊的组织上健全的核供应网；以及恐怖分子和其他非国家实体获取核材料或其他放射性物质的危险日增。

19. 一个正在出现的新的关切是有可能“逃脱”《不扩散核武器条约》的约束，朝鲜的行为就是一个例证。推测的假想情况是某一无核武器缔约国获得了表面上用于《不扩散核武器条约》规定的和平目的的核燃料循环之敏感物项——铀浓缩和（或）钚分离，然后通过发表所要求的提前 3 个月的通知退出该条约，随后不受约束地利用其核能力开发核武器。这种不被接受的发展的最近实例就是朝鲜的情况——它决心“进一步不遵守”由原子能机构理事会核准的与《不扩散核武器条约》有关的保障协定，然后宣布退出该条约。迄今，这一宣布尚未招致联合国安理会采取任何行动。最近，朝鲜再次声称它拥有核武器。尽管朝鲜的大部分核材料和核基础设施是在其加入《不扩散核武器条约》和与该条约有关的保障协定生效之前获得的，但国际社会认为这种退约不可接受，并且背弃了遵守条约法律的良好信义。朝鲜宣布脱离《不扩散核武器条约》以及仍然不遵守其与该条约有关的保障协定的情况很可能涉及秘密核供应网，并且可能正在发展核武器。扭转“朝鲜核危机”和防止任何类似假想情况的出现对国际社会仍然是一个高度优先事项。

20. 另外，很多无核武器缔约国长期以来一直对《不扩散核武器条约》5 个有核武器缔约国在履行该条约规定的核裁军承诺方面没有取得长足进展表示关切。尽管已经取得一些进展，但进展不足继续引起很多无核武器缔约国的尖锐批评，它们认为进展不足是进一步支持对无核武器缔约国产生影响的防扩散主动行动的一个主要阻碍因素。这种情况同样适用于就可核查的“易裂变材料（禁产）条约”开始谈判的工作继续拖延和《全面禁止核试验条约》（全面禁核试条约）生效的持续推迟——这两项措施几十年来一直被列入全球防止核扩散和核裁军的议程。

21. 正如总干事 2004 年 6 月在卡内基会议上发言所指出的那样：“对 [防止核扩散和核裁军] 制度的任何新调整都必须包括”《不扩散核武器条约》非缔约国。

22. 尽管出现了这些挑战，但也存在积极的发展。《不扩散核武器条约》的缔约国目前已达到 189 个国家（包括朝鲜）。供应国目前在其出口控制方面正努力保持更大的警惕性。同时，为了应对原子能机构在 20 世纪 90 年代初揭露的伊拉克未申报的核武

器计划，国际社会已果断采取了措施加强原子能机构的保障体系，并采用“附加议定书范本”（INFCIRC/540（更正本））作为原子能机构保障体系的一个标准特征。“附加议定书范本”为原子能机构提供更多有关核活动和今后核计划的资料和更多核查手段，这些手段包括除其他外，特别是对核材料所在的一切场址和场所以及对不涉及核材料的核活动进行广泛的实际接触，以便提供不存在未申报核材料和核活动的可信保证。原子能机构利用包括无人看管数据传输在内的更先进的设备对核材料进行核查，并在评定各国的核活动方面采用更尖端的手段、警惕性更高而且反应更快。这些新的安排已经在对原子能机构保障的置信水平产生积极的影响，并已导致建议将“附加议定书”作为《不扩散核武器条约》规定下的一个标准。为建立更多基于条约的无核武器区并纳入原子能机构保障核查所作出的努力是另一个积极的信号。

23. 俄罗斯联邦和美国在“兆吨换兆瓦”计划<sup>3</sup>方面的国际协作已导致正在将从俄罗斯已拆除弹头裁减下来的大量高浓铀稀释为民用低浓铀。此外，相当大一部分由美国供应的研究堆高浓铀燃料目前已经根据美国的返还计划进行了回收。目前正在对由俄罗斯供应的高浓铀燃料采取类似的行动。旨在防止恐怖主义集团和非国家行为者获取用于制造核武器和其他大规模毁灭性武器材料的联合国安理会第 1540 号（2004 年）决议已获通过，该决议已使实施适当的国家控制系统以确保这类材料的安全成为对所有国家有约束力的义务。

24. 一个不同的重要因素是，民用核工业的扩展似乎正在世界范围内蓄势待发。全球电力需求迅速增长、天然气供应和价格的不确定性、石油价格暴涨、对空气污染的关切以及减少温室气体排放的巨大挑战都在促使重新审视核电。随着核安全技术和组织基础的改进，对核电厂安全的信心与日俱增。鉴于世界许多地区对核电表现出的现有、新的和重新焕发的兴趣，存在大规模兴建新核电站的现实前景。更多的国家将考虑发展其本国的燃料循环设施和核专门能力，并将寻求材料、服务和技术的供应保证。

25. 各国出于下述各种理由一直在寻求这类能力：实施完全合法、和平的计划；消除对外国来源燃料供应可靠性的疑虑；通过后处理保存核燃料资源；取得拥有先进、尖端燃料循环设施的地位；从工业、技术和科学的各种应用中受益；在国际市场上销售浓缩和后处理服务；以及因为当事国认为拥有这类能力在经济上有正当理由。少数国家出于发展核武器的目的或出于确保拥有发展核武器的选择也一直在寻求研究堆和燃料制造技术。

---

<sup>3</sup> “兆吨换兆瓦”计划是一个由商业资助的政府-工业伙伴关系。根据这种关系，正在将来自俄罗斯已拆除弹头的武器级铀进行稀释，并重新制造成主要为美国核电厂所使用的燃料。自 1994 年以来，该计划由美国铀浓缩公司作为美国政府的执行机构和作为俄罗斯政府执行机构的俄罗斯技术装备出口公司执行。到 2013 年该计划完成时，预期已将 500 吨核武器材料（相当于 2 万枚弹头）重新制造成相当于占目前全球浓缩需求 14%（550 万分离功单位）的燃料。

26. 从历史情况看，希望发展核武器的国家都是直接获取这类武器<sup>4</sup>，并因此制订了专门的武器计划。然而，由于缺乏适当的控制，民用核燃料循环在少数情况下被用来支持武器计划。尽管有原子能机构的加强型保障，但从防扩散的角度看，每个拥有核研究和（或）核能计划的国家一定要建立其本国的浓缩和后处理设施显然是不可取的（即便这类活动是在《不扩散核武器条约》第四条的允许范畴内）<sup>5</sup>。

27. 在 20 世纪 70 年代，由于对预期的“坏经济”不断增加的关切和印度 1974 年的核爆炸，对国家完整的燃料循环替代方案的探索进而导致产生了一些国际倡议，这些倡议是下一章历史回顾的中心内容。

---

<sup>4</sup> NEFF, T.L. “核燃料循环和布什的防扩散倡议”，《2004 年世界核燃料循环》（2004 年马德里国际会议文集）。

<sup>5</sup> 最近突出强调需要解决民用核燃料循环之潜在扩散危险的建议包括除其他外，特别是：美国总统乔治·布什 2004 年 2 月 11 日在国防大学发表的演讲；英国外交大臣杰克·斯特劳 2004 年 2 月 25 日发表的部长级书面声明；8 国集团在 2004 年 6 月首脑会议上的声明；原子能机构总干事穆罕默德·埃尔巴拉迪的进一步建议；以及联合国秘书长任命的“威胁、挑战和改革高级小组”2004 年 12 月的报告。

### 第三章 历史回顾

28. 在核时代伊始人们就认识到原子既可用于和平，亦可用于军事。核技术的国际化始于 1946 年的“巴鲁克计划”，在该计划中，美国建议各国应将民用核活动和核材料的所有权和控制权移交给一个国际原子发展机构。在近 10 年后的 1953 年，美国总统艾森豪威尔发表了他的“原子用于和平”宣言。该宣言不仅为成立原子能机构而且也广泛传播民用核知识和核技术奠定了基础。所有这些引起了对在不受限制地接触核裂变和燃料循环技术情况下的某些国家和某些地区可能点燃触发核武器进一步扩散的导火索的高度关切。

29. 《不扩散核武器条约》意在通过将核武器国家限制在那些在 1967 年 1 月 1 日之前已经制造和爆炸过核爆装置的国家，并根据该条约第六条使所有缔约国承诺“就及早停止核军备竞赛和核裁军方面的有效措施真诚地进行谈判”，并就无核武器国家而言，则通过要求其核活动只用于和平目的和接受原子能机构的保障体系。正如已指出的那样，《不扩散核武器条约》尽管面临着对其体制的挑战，但它在限制核武器扩散方面还是相当成功的。这些挑战有一些并不是新的挑战，因为它们 在 20 世纪 70 年代隐露时就是一些大的挑战，并导致开展了大量的外交活动和提出相关倡议，包括建议制订多边安排。

30. 当时最重要的事件之一是印度 1974 年 5 月进行的“和平核爆炸”。另一个事件是 20 世纪 70 年代中后期的石油危机，那场危机引发了对快速增加核设施数量的规划和期望，以便满足全球能源需求。事实上，全世界当时正在面临着设备和材料大规模转让的前景，并伴随核裂变及其各种应用知识的传播以及相关培训，所有这些转让都对核燃料循环的最敏感问题带来了影响。当时对后处理设施数量的预期增加（“钚经济”）和随之而来的横向扩散危险的不断增加以及对非国家盗窃行为尤感忧虑。

31. 所导致的在确保遵守防扩散准则的同时又对这一过程实施管理的关切促进提出了一些地区、多边和国际性安排的倡议。这些倡议旨在一方面加强《不扩散核武器条约》有关防止横向扩散的目标，另一方面又不损害各国为和平目的开发核能的权利。原子能机构大会于 1974 年简要审议了这个问题，并特别提及建立经国际核准的设施来处理动力堆产生的所有乏燃料的可行性。1975 年《不扩散核武器条约》审议会《最后宣言》也包括了下述结论，即“地区性或多国核燃料循环中心可能是安全和经济地满足许多国家的需求同时又能促进实物保护和实施保障的一个有益途径。”

32. 20 世纪 70 年代和 80 年代为促进多边核方案所作的较为显著的努力包括：原子能机构有关“地区核燃料循环中心”的研究（1975 年至 1977 年）；“国际核燃料循环评价”计划（1977 年至 1980 年）；国际钚贮存专家组（1978 年至 1982 年）；和原子能机构供应保证委员会（1980 年至 1987 年）。这些研究在一般意义上得出结论认为，所建议的大多数安排技术上可行，而且根据能源需求预测，规模经济有助于这些安排在经济上具有吸引力。

- a. “地区核燃料循环中心” 研究（1975 年至 1977 年）。这是 20 世纪 70 年代采取的主动行动中的第一项行动，它研究了将各国资源整合到地区燃料循环中心的可行性<sup>6</sup>。就像当时这些主动行动的大部分行动的情况一样，这项行动的重点放在燃料循环后端，具体是对后处理和铀实施控制。“地区核燃料循环中心”研究的结论简而言之就是，这项建议技术上可行，但在技术转让、实物保护和东道国阻挠的可能风险方面会产生问题。
- b. “国际核燃料循环评价” 研究（1977 年至 1980 年）。该项研究起因于对广泛使用铀的关切，它也对地区燃料循环设施以及其他多边铀贮存模式的可行性进行了研究<sup>7</sup>。同样，技术结论总体上是积极的，但“国际核燃料循环评价”研究结果的其他方面使这些技术结论发生了变化，后者倾向于关注是否存在一个减少扩散危险的技术措施。在为期 3 年的“国际核燃料循环评价”结束时，这项评价工作得出的总体结论是，从防扩散角度看任何单一的燃料循环方案较之另外的方案都不具有内在优势，并认为，尽管加强防扩散的选择方案可能值得进一步研究，但仅凭技术措施还弥补不了国际防止核扩散制度存在的缺陷。
- c. 国际铀贮存专家组（1978 年至 1982 年）研究了原子能机构《规约》第十二条 A 款 5 项赋予原子能机构的任务，该项任务设想原子能机构监督铀的管理、贮存和使用<sup>8</sup>。还召集了一个单独的乏燃料贮存专家组。情况表明，就这些主动行动中的任一行动达成协商一致都是不可能的。
- d. 原子能机构供应保证委员会开展的研究<sup>9</sup>（1980 年至 1987 年）。这些研究也对作为其议程的一项中心内容的多边方案进行了讨论，但遭受了类似的命运。
- e. 稍后为实现多边方案取得具体进展所作的另一项努力，即 1987 年联合国促进核能和平利用国际合作会议也未能取得成功。促进核能和平利用国际合作会议酝酿了 7 年，但由于没有对此问题达成政治上的共识，基本上未能得出具体结论。

33. 所有这些倡议均由于各种政治、技术和经济方面的原因而告败，但主要原因是各方未能就防扩散承诺和各国有权参加多边活动的条件达成一致意见。此外，在没有计划后处理或回用铀的那些国家和（或）地区与赞同这样做的那些国家和（或）地区之间存在着意见分歧（后者特别关切能否获得燃料供应和供应方中断供应的可能性）。

---

<sup>6</sup> “地区燃料循环中心”，《1977 年国际原子能机构研究项目报告》（第 I 和第 II 卷），国际原子能机构，维也纳（1977 年）。

<sup>7</sup> “国际核燃料循环评价”，《国际核燃料循环评价概要卷》，(INFCE/PC/2/9)，国际原子能机构，维也纳（1980 年）。

<sup>8</sup> “国际铀贮存专家组”提交总干事的报告，IAEA-IPS/EG/140（修订本 2），国际原子能机构，维也纳（1982 年）。

<sup>9</sup> 为供应保证委员会印发的文件和资料（CAS/INF/4），国际原子能机构，1985 年。

另外，随着相当一些发达国家放慢了新的民用核计划，这种发展势头基本上崩溃了，从而实际限制了后处理设施的扩散并暂时消除了对全球铀经济的担忧。结果，建立多边机制的努力到 20 世纪 80 年代末已经无力维系。

34. 这些情况直到 1997 年核燃料循环和研究堆专题讨论会召开时才有所改变。这次会议在当时并没有受到公众的关注，但作为回顾，这次会议的意义在于将多边方案的重点从循环的后端（后处理）扩大到包括前端（浓缩）。这次专题讨论会最重要的结论之一是，以前的主动行动之所以失败，是因为各国政府和核工业有着不同的优先事项：前者的优先事项是政治合法性和公众支持；而后的优先事项则是技术可行性和商业能力。正如这次专题讨论会的结果所反映的那样，今后所面临的艰巨挑战将是协调这些不同的优先事项。

35. 然后，通过原子能机构在 2001 年至 2002 年主办的一系列会议，将燃料循环国际化的关注重点还拓宽到包括除后处理和浓缩以外的乏燃料和核废物处置库。审议结果再次表明，尽管政治和制度问题是建造这类设施的主要障碍，但技术和经济因素则有利于建造这类设施。这些会议导致制订了原子能机构关于发展多国放射性废物处置库的技术文件<sup>10</sup>。

36. 今天，这些概念已经得到重新重视，并促使总干事在 2003 年 9 月建议重新审议这些概念。防止核扩散制度正在面临一些旧有的挑战（敏感设施的国家与国际运作；保证燃料供应；对《不扩散核武器条约》局限性在认识问题方面的关切），并且正如以上所讨论的那样，它也面临着引人注目和迫在眉睫的新挑战。一些趋势表明，可能存在成功发展多边核方案的较大可能性。目前，各国和国际组织在保障、敏感设施和核燃料市场的商业运作、信息监督和情报评定以及识别发展核武器的途径等方面都拥有更丰富的经验。鉴于对该制度构成的挑战，它们可能也对寻找解决方案具有更高的积极性。正如以上第 15 段所述，专家组面临的总体挑战是利用以前的经验和当前的见解来确定能够促进防扩散制度并有效发挥和平核燃料循环之作用的富有前景的多边核方案选择。

---

<sup>10</sup> “发展多国放射性废物处置库：基础结构框架和合作假想方案”，（IAEA-TECDOC-1413），国际原子能机构，维也纳（2004 年）。

## 第四章 交叉因素

37. 不论是在处理浓缩、后处理、贮存还是处理处置问题方面，对核燃料循环多边方案的考虑往往都涉及某些共性因素。正如总干事在给专家组的任务中所预见的那样，这些交叉因素涉及整个核技术、经济、供应保证、法律和制度安排以及防扩散和保安问题。本章将对这些交叉因素进行讨论。

### 4.1 核技术的发展

38. 本节讨论一个主要的扩散因素及其对保障和核查的影响，即在新技术和其他科学发展相互结合使原子能机构能够更加有效和高效地进行核查的同时降低获得敏感核技术阈值的程度。

39. 自 20 世纪 70 年代以来，核技术经历了重要的发展，诸如：

40. **信息技术：**信息技术自 20 世纪 70 年代以来由于采用了更加快速、更加小型化、通用性更强、低成本和更加可靠的计算机和操作系统而迅猛发展。例如，在当时最快的超级计算机（Cray-1）上曾用数小时进行的复杂多组程序和流体动力学计算目前在一台价值 2000 欧元的个人计算机上就能以同样的时间或更快地进行，特别是在与其他个人计算机联网时尤其如此。

41. 但是，信息技术最重要的发展是因特网的出现、发展和使用。在因特网上除广泛提供信息从而促进知识传播外，还能够在全世界毫无困难地检索大量敏感核技术设计、方法和工艺（例如，用于铀浓缩生产的早期几个型号的离心机、后处理流程图，包括有关放射化学的详细说明）。

42. **传感器技术、过程工艺和小型化：**用于接收物理参数的各种类型的传感器如光学（卫星）传感器、辐射传感器、压力传感器和移动传感器等目前均可低价获得。这些工艺均已优化和小型化，而且现在既抗辐射又经济。这一领域的发展通过使用远程监测、安装系统和手提传感器促进了保障的实施。

43. **材料技术：**例如在浓缩和后处理工艺中使用非金属部件。两用材料在核领域已无所不在。

44. **化学：**基础研究已经促进了后处理新技术的发展，例如在高温化学工艺方面，利用这种工艺能够在小型几何结构中常规地实现大的分离因子。分析方法已得到相当大

的改进，因此能够常规测定低于一万亿分之一<sup>11</sup>的浓度。这类发展对于原子能机构的核查尤为重要。

45. 最后，所有这些发展整合在一起已导致形成了强大的协同作用。<sup>12</sup>对核设施而言，这些技术进步的衍生应用进一步加强了核安全，简化了工艺流程和提高了经济性。这些技术进步也促进了据称具有抗扩散、安全性和经济性的革新型核系统的发展。在原子能机构“革新型核反应堆和燃料循环国际项目”和多国“第四代项目”框架内进行的相关工作因而在总体上对核能的抗扩散、安全性和经济性具有潜在的意义。

46. 技术发展已使在综合设施隐藏非和平利用活动在技术上不再那么困难。反过来，原子能机构保障核查系统和其他核查系统也已从这些大多数发展中受益，特别是在通过信息技术、粒子分析、破坏性和非破坏性测量（化学）和监督（传感器技术和信息技术）进行材料衡算评价方面。事实上，对大多数和平核过程进行实时核查目前已成为一种技术上可能的方法，而且实际上在原子能机构已得出结论认为实时核查成本-效益好和政府在其实施方面也已进行合作的事例中已成为一种现实。

47. 就这些技术进步对诸如扩散风险、保障、供应保证、能源规划安全性和经济性等核能和平利用各个方面的影响所作的评价表明：

- a. 更易于获取：最近几十年来，由于通过分布全球的秘密供应网和通过武器设计资料的传播已使敏感核技术更易于获取，扩散风险已显著增加。
- b. 保障：技术进步已产生了强有力和积极的影响，并导致提高了保障的有效性和效率。但是，对这种积极因素能否完全抵消上述技术方面的类似进步所带来的更高的扩散风险尚有不同意见。
- c. 供应保证和能源规划安全：先进技术由于其有望形成小规模设施和较低成本，将鼓励寻求可能使其对实现国内或地区性燃料循环自给自足更具吸引力的国家设施或地区性多边核方案。对于较小的国家，这类设施使得以合理的成本实现国家独立自主的可能性成为更加可实现的目标。
- d. 因此，在经济性方面，技术已使得建造较小规模的设施成为可能，而且这种趋势将很可能继续下去，换言之，对于给定生产能力和给定规模而言，成本已经减少。尽管如此，规模经济性将继续适用，并且与国家设施相比，具有较高生产能力的多国伙伴关系可能证明具有更好的经济性。

---

<sup>11</sup> 化学家称，这样低的浓度相当于一块糖溶解在其体积像波罗的海一样大的水中的浓度。

<sup>12</sup> 这些协同作用例如促进了用于原子能机构保障核查的先进自动测量站的发展和实施，在这些测量站中的移动传感器在通过有关空间的目标时会触发进行非破坏性测量和视频录像，并通过因特网自动地向原子能机构总部传输这些加密数据。

48. 在生产方面，利用早期类型的超临界离心机浓缩武器级铀似乎已变得不再那么困难，因为有关这些早期机器的设计、材料和工艺控制的文件更加容易获得。但是，能够以合理成本实现稳定产出的先进设计仍然无法获得。此外，不可能在仅仅几年内对从 20 来年的发展所获得的专门技术和经验进行重新设计或反向设计。关于铀转化，即将铀氧化物转化为六氟化铀或将六氟化铀转化成氧化物，有关的专门技术已经很容易获得。

49. 对浓缩厂及相关转化工艺和平利用情况的保障核查由于上述化学和传感器技术方面的进步已经非常有效。以低于生产一个“分离功单位”成本千分之一的按比例减少的成本就能够实现对一座浓缩设施的实时核查。

50. 采用湿法化学流程的大型后处理装置目前正在接受原子能机构的视察。原子能机构已经确定了将要适用的核查方案和标准。核查具有复杂化学工艺的现代化后处理设施需要一个非常复杂的先进传感器网络。因此，这种核查费用昂贵，并对原子能机构的财政和人力资源产生影响。对诸如那些基于高温化学等工艺的先进后处理技术实施保障将是一项挑战。在建造不对铀、钚和微量锕系元素进行完全分离的综合设施情况下可能会实现较简化和廉价的核查。

51. 关于燃料循环后端的燃料循环设施（乏燃料及相关设施），目前不存在重大的核查问题，因为技术进步已使原子能机构能够利用实时核查对混合氧化物燃料和乏燃料及相关设施进行高效保障。附加议定书的广泛实施将通过允许进入除通常的“战略点”之外的场所进一步加速这种发展。

## 4.2 经济性

52. 本节概述与所有多国核燃料循环设施有关的一般经济因素。具体到不同技术（浓缩、后处理、贮存和处置）的其他经济因素将在下一章的适当章节中讨论。

53. 历史和逻辑表明，一项建议越是有利可图，就越容易吸收伙伴参与实施。对核燃料循环领域的大多数设施来说都存在着规模经济，因而多国设施在规模经济上大于国家设施就提出了这样的可能性，即规模经济不仅将产生防扩散利益，同时又产生经济利益。这种双重促进因素应当使建造多国设施更加容易。此外，作为多边核方案的东道国可以获得许多好处，例如能够获得大量基建投资和为东道国创造就业等。

54. 规模经济和经济利益不是建造一个多国设施的充分条件。即便在存在这些条件的情况下，由于下述原因，营造能吸引所有必要伙伴的促进因素也非常困难。而且，即便采纳一个利益非常丰厚的多边核方案选择，也并非能够劝阻决心从事扩散的国家。

55. 同任何其他商业一样，一项多边核方案的经济吸引力容易受到不论是市场、政治、事故还是自然灾害所造成的经济混乱或重大转向的影响。如果是这样，不管这类可能性如何，都可能需要建立保护措施和保险安排，以便增强其经济吸引力。一项多

边核方案的吸引力也一定不能过分依赖核电的今后发展，不论其是全球性的还是地区性的扩展或收缩。

56. 不同各方有时对未来抱有不同的动机和期望。一项成功的多边核方案必须以能够吸引必要参与者的方式弥合这些分歧，以提供所期望的经济利益和防扩散利益。在参与者看来，有关启动、运行、责任和所需积累资金（如用于最终退役）的费用必须以高效和平等的方式得到分配。必须包括可接受的争议解决条款，并且如果多边核方案需要得到普遍或非常广泛的参加，则可能需要制订赔偿安排，以确保各方都认为自己是最终的赢家

### 4.3 供应保证

57. 当前，商业市场能够满足对须经政府批准出口的燃料服务的需求。存在有各种商业浓缩公司；浓缩能力超过需求；而且，根据当前的离心法替代扩散法计划，在中期内（即到美国/俄罗斯高浓铀转化为低浓铀协定结束的时候），浓缩能力可能与预计的需求增长保持充分同步。对于其他前端工艺（如转化和燃料制造），情况与之相似。铀市场的这种平衡只有在核电需求显著增长或供应突然中断的情况下才有可能改变。

58. 然而，当前却存在着拥有铀浓缩能力的国家出于同防扩散无关的原因，为了获得优势可能切断向其他国家供应的风险。为了防范这种可能性，需要核电厂低浓铀的国家可能会对建立市场以外的能提供供应保证的替代措施感兴趣。除了生产武器用核材料之外，建设国内浓缩能力的可能动机可包括：

- a. 减少对外国供应方的依赖和实现更大的经济自立，如在面临外汇短缺或能源供应短缺时；
- b. 过去令人不快的经历和对现有供应方缺乏信任；
- c. 民族自尊以及工业和技术发展的预期衍生应用；
- d. 可能的技术优势，这有利于实现与现有设施相比较低的生产成本和商业优势。

59. 这些动机中可能没有、也可能有一些或可能是全部都与任何一个国家有关联。建立多国安排可能为各国加入多边核方案和放弃国内能力提供诱因。然而，一个外部国际供应保证将会满足上述前两个动机，而进一步的诱因（不一定是核）将满足第三个动机。寻求建立国内能力的国家可能不一定是为了确立获取核武器的选择权才这样做，而可能是在追求技术收益或市场收益。

60. 正如前一章所忆及的那样，虽然“国际核燃料循环评价”和供应保证委员会全面审查了围绕供应保证的问题，但并没有得出有关提供这种保证的任何一致的结论或机制。对客户来说，已确定的步骤包括：供方-客户风险分担安排、供方和客户的多样性、按客户要求定制的合同、及早缔结商业合同、增进信息交流和维持可靠的现货交易市场。对政府而言，这些步骤包括：更加统一、一致和可预测地实施进出口控制；

管理防扩散政策方面变更的机制，尽量减少任何可能导致妨碍供应的意见分歧所带来的风险；以及建立共同的防扩散方案（这种方案可以采取共同实施、联合宣言、行为准则或其他文书的形式），而不是国家的事先同意权。

61. 一般而言，尤其是对于多边核方案，任何事先同意权都应当主要建立在防扩散考虑的基础上，特别是遵守保障协定，以便提供可信的供应保证。并且在这方面，原子能机构的意见应当是决定性的。当然，也可以对事先同意权援用其他正当理由，如安全记录差、实物保安不好和无力清偿债务等。从已有的证据可以相当明显地看出，除非各种关切已为适当的多边核方案安排所充分包含，否则那些拥有事先同意权的国家就不会轻易放弃这种权利。

62. “国际核燃料循环评价”讨论了两种可能的多边供应紧急情况机制，同时强调了顺利发挥竞争性市场作为最佳供应保证之作用的重要性。确定了两个备用机制，即“安全网”网络和国际燃料库。

63. 供应保证委员会对“国际核燃料循环评价”的这些讨论结果进行了后续研究，并对铀供应和需求进行了定期预测。但该委员会未能就“国际核能合作和防止核扩散的原则”以及“紧急情况 and 备用机制”达成协商一致，而且正式停止了工作。无法就国际合作的广泛原则达成一致以及没有核电计划的许多国家拒绝任何逐项协定是关键的症结所在。

### **燃料保证：实际和虚拟燃料库以及原子能机构作为保证人**

64. 理论上讲，**实际燃料库**可以贮存若干浓缩后形式的材料。除其他外，一些主要的贮存形式可能是：固体和气体浓缩六氟化铀、二氧化铀粉末、二氧化铀芯块或成品燃料组件。以上材料的一些主要利弊情况如下。

65. 六氟化铀是灵活性最强的贮存形式，也是用户最希望的材料形式，因为它能够在需要时毫无困难地很容易被长期贮存。六氟化铀是防扩散能力最差的浓缩铀形式，其化学形式最适合将反应堆级六氟化铀提升到武器级。

66. 二氧化铀粉末比六氟化铀或二氧化铀芯块降解得都要快，因此是一种不大适合进行燃料库贮存的形式。但它的防扩散能力较强，因为在进行秘密浓缩之前需要对其实施还原和转化工艺。一个存放各种浓缩材料的燃料库库存被认为能够增加供应保证。

67. 二氧化铀芯块具有物理和化学稳定性，是一种比较适合燃料库贮存的选择形式。但是，芯块的设计取决于反应堆的类型。这对于旨在为各种不同反应堆高效提供供应保证的燃料库而言将是一个缺点。

68. 各种成品**燃料组件**的贮存实际上与当前核电厂运行所用方式不一致，因为燃料组件是按设计定制的，反映了拟使用这些组件的某种反应堆堆芯的独特运行设计和历史以及不断进行制造技术、燃耗率和燃料经济方面的改进。

69. “安全网”网络或**虚拟燃料库**依据的是各国和（或）公司对按协议直接或通过原子能机构提供浓缩材料作出的承诺。供应方可以对原子能机构作出承诺，而接收浓缩材料的国家将从原子能机构获得这种材料。原子能机构的这种作用是有先例的：20 世纪 60 年代，在若干情况下，美国将研究堆燃料的法律所有权转让给了原子能机构，随后又转让给接受国，而不需要由原子能机构对燃料进行实际控制。原子能机构可维持与一些供应方订立的“供应保证”安排，并保有资金使用权，以便能够在从接受国收取付款之前迅速支付供应方。

70. 虚拟燃料库将与现有工业伙伴保持密切联系，因而不会扰乱市场。但是，燃料库的材料就存放在寻求供应保证的国家所不信赖的那些国家。因此，虚拟库需要在若干得到信任的地方建立实际的库存点。而且还需要：通过有供应国代表参加的国际管理和理事机构进行有力的监督和审查，以及原子能机构进行有效和现代化的核查，以便密切跟踪所有材料。

71. 初步证据表明，如果预期的燃料库能够提高效率并因此获利，工业界可能早已建立了这种燃料库。从经济上说，多边燃料库更多的是分担费用，而不是获利。

72. 最近，“联合国高级小组”就原子能机构的参与提出了一项建议<sup>13</sup>。该小组在报告中敦促“以原子能机构《规约》第三条和第九条的现行规定为基础，就一项能使原子能机构作为保证人向民用核用户供应易裂变材料的安排立即进行谈判，并推动谈判早日完成。这项安排将使原子能机构能够通过其授权的供应方，以市场价格满足对低浓铀核燃料供应的需求以及对乏燃料后处理的需求，并且在没有发生违反有关设施的保障程序或视察程序的情况下，为不间断地供应这些服务提供保证”。

73. 根据所谈判的具体协定，“保证人”一词可涵盖原子能机构将要发挥的各种作用：判断供应的条件是否正在得到满足，包括评定接受国的防扩散状况；执行所有供应决定，包括要求政府/公司履行供应义务；作为供应方和接受方之间的代理人；以及对有关安排进行总体管理。在履行所有这类“保证人”职能方面，原子能机构将需要依靠其他参与者，即政府和公司的合作。

74. 但是，尽管原子能机构将会提供更有力的应有保证，但它不需要参与多边燃料库。一个燃料库可能只不过是供应方之间得到或未得到政府支持的一项协定。在下一章中将详细地研究这两种选案。

75. 对供应保证的关切自 20 世纪 60 年代以来就一直存在，即便在 2005 年，也是国家核政策中的一个核心要素。核能的可靠获得取决于对拥有核电厂国家的核材料、设备、服务和支持方面的供应保证。国内解决方案是少数国家的特权，他们不会向其他

---

<sup>13</sup> 秘书长的高级小组关于威胁、挑战和改革问题的报告——“一个更安全的世界：我们的共同责任”，联合国，纽约（2004 年）。

国家提供。在相互依存和全球化不断增强的时代，寻求自给自足作为国家经济政策一个要素的驱动力正在减弱。从这一观点出发，多边核方案可能是代表一种替代国家解决方案的有效办法，且取决于令人信服的并被潜在客户视为可靠、可信和经济的燃料和（或）服务供应保证的条件。

76. 有必要重申多边核方案潜在伙伴可能要求的以下基本条件：

- a. 参与多边核方案的供应方的多样性；
- b. 足够数量的供应方愿意将转让各自物资和服务的一般同意权授予多边核方案，当然，条件是履行基本前提条件（防扩散承诺、实物保安、出口控制和安全记录）；
- c. 从这类供应方获得不插“国旗”和其他各方不要求事先同意权的大量易裂变材料；
- d. 按照与经济合作与发展组织（经合组织）成员在国际能源机构国际能源计划主持下制订的强制性国家石油储备的相应安排，建立燃料和服务各自足够的储备能力，以应对供应紧急情况；
- e. 建立替代供应的可信、及时、非歧视和可靠的决策机制；
- f. 建立在紧急情况下执行替代燃料和服务的价格机制，该机制应当是公平的并且将导致不明显高于市场的定价；
- g. 建立查明已失去原供应方的接受方是否已很好地遵守其防扩散承诺的中立和公正的程序。

#### 4.4 法律和制度问题

77. 多边核方案的确立和运作需要建立在适当的法律基础之上。这种工具可以下述协定和（或）法律为基础：

- a. 单独的国际协定（如欧洲辐照燃料后处理公司）；
- b. 国家法律（如欧洲气体扩散公司）；
- c. a项和b项的组合（如铀浓缩公司）。

78. 实际上，由单独的国际协定构成的法律基础与由国际协定和国家法律共同构成的法律基础之间没有什么差别（尽管两者之间的差别将随由一般条款或具体条款所构成的协定要求的范围而变化：协定的条款越宽泛，则这种差别就越大）。这是因为通常需要制订国家法律来实施国际协定的各项条款。这种一般性规则有2个例外：现有法律足以使该条约能够实施的国家；国际协定对一国生效时即能自动成为该国国家法律

组成部分的国家。但是，甚至在这两种情况下，也可能需要制订有关全面和有效实施的条例（法律的一种形式）。

79. 关于第二种可能的法律基础，即单独的国家法律，一个国家当然可以颁布关于制订和执行多边核方案的法律。但是，尽管一个国家有权要求利用有关设施所提供服务的任何法人或实体遵守该法律，但该国在其管辖之外（未经该法人或实体所在领土管辖国的同意，或如果该法人或实体在制订这项法律的国家管辖内没有资产可作为采取法律行动的对象）则无权强制遵守这类要求。此外，在缺乏有约束力的国际协定的情况下，一个国家可随时废除或修改这种法律。

80. 如果一项国际协定将构成多边核方案的法律基础或部分法律基础，则需处理下述与形式和程序有关的问题：

- a. 是否所有国家都有资格成为该协定（即一项普遍性协定）的缔约国，还是只有那些在某一地区的国家才有资格成为缔约国（或就此而言，该协定是否是双边协定），以及在这种情况下，地区协定是否比普遍性协定能够更快地缔结和生效；
- b. 该协定将如何付诸生效：如果该协定是多边协定，它是否应在东道国和其他一个或多个国家加入时即生效；
- c. 该协定是否应仅提及所述一项技术的现有设施（如多边核方案缔约国内的所有现存浓缩设施），或应仅提及今后的这类设施，或应提及其他燃料循环设施；
- d. 制订一个以相关设施所在地有关国家之间订立协定以及以该国家集团同接受某个设施和多个设施服务的法人或实体所在领土各管辖国之间订立单独协定为基础的方案是否可行。

81. 这种协定或国家法律还必须处理除其他外，特别是以下实质性问题：

- a. 何种实体（如政府、政府实体、私营实体）可参加多边核方案或从中受益；
- b. 参加多边核方案的条件可包括：
  - i) 根据 INFCIRC/66 型协定或 INFCIRC/153 型协定以及 INFCIRC/540 号文件（更正本）的附加议定书<sup>14</sup>，在接受某一设施输出（如服务、材料）

---

<sup>14</sup> INFCIRC/66 型协定通常适用于特殊供应的核设施、核材料、设备和（或）非核材料。它们也可适用于被转让的技术资料。这类协定的有效期与受保障物项的实际使用时间有关。这类协定还载有以下规定：不管协定中止与否，保障将继续适用于供应的核材料以及在供应的物项中或与供应物项有关的生产、加工或使用的特种可裂变材料，直到原子能机构终止对这类材料的保障。对供应物项连续实施保障也适用相同的规定。在一国成为《不扩散核武器条约》缔约国（和缔结 INFCIRC/153 型协定）之前已拥有生效的 INFCIRC/66 型协定的情况下，INFCIRC/66 型协定仍然有效，但做出了这样的规定，即在

的所有接受国领土上实施适当的原子能机构保障。但是，接受 INFCIRC/66 型保障作为供应的一个充分条件将意味着从根本上改变所有参与各自多边核方案的《不扩散核武器条约》缔约国的政策；

- ii) 在接受某一设施输出的所有接受国领土上实施适当的安全和实物保护措施；
  - iii) 各国承诺在其领土上禁止开展与某一设施活动“并行”的活动（如任何其他浓缩活动）；并且如果得到一国或国家集团的同意，可将有关这种技术的研究与发展限于多边核方案的实体；
- c. 必须就出于正当理由退出协定的条件达成一致意见；
  - d. 对任何违反上述 b 和 c 款的行为实施制裁；
  - e. 如何对材料或服务的供应以及对能够证明拒绝供应的理由（如由于未履行商业条件等与防扩散无关的理由）达成一致的情况共同作出决定；
  - f. 如何解决商业或其他方面的争议，包括裁决和司法问题；
  - g. 是否应将多边核方案视为是一个独立的国际法律实体，如是，则该方案在东道国和在其他参与国将享有的特权与豁免的性质和范围；
  - h. 与多边核方案实施有关的决定将如何做出以及由谁做出；
  - i. 将如何向多边核方案的活动提供资金以及由谁提供资金；
  - j. 应作出有关万一多边核方案破产方面的规定。

82. 尽管上述实质性问题即便不是大部分也有很多可在商业合同中加以处理，但这些合同可能还不够，因为它们将只对所涉及的商业各方有约束力。

83. 铭记上面这一点并基于这样的前提，即若使多边核方案具有值得进一步考虑的吸引力，就应将它设计成能够减轻扩散、保安和安全关切，同时作为对限制使用敏感技术的回报提供核燃料供应保证，下一章将对以下三类多边选案进行审议和评估：

(a) 涉及与设施所有权无关的服务保证的方案

- i. 供应方的额外供应保证：这些保证可采取不同的形式，如长期合同或具有更优惠鼓励因素的合同。这可能要求所有供应国同意修订行使事先同意权的国家法律和国际承诺。

---

INFCIRC/153 型协定仍然有效时，将暂停根据 INFCIRC/66 型协定实施的保障。如果一国只缔结了 INFCIRC/153 型协定而且供应国还要求缔结 INFCIRC/66 型协定，则不存在任何法律障碍。但在这类情况下，原子能机构是否将缔结 INFCIRC/66 型协定则由原子能机构理事会对此做出决定。

- ii. 政府国际财团：可采取政府将确保为之提供材料的实际燃料库或虚拟燃料库的形式。或者，供应国政府也可按照有关如何分配这种材料的协定实际上拥有这种材料。
- iii. 与原子能机构有关的安排：原子能机构可实际有权分配这种材料。或者，原子能机构也可与一国或多国缔结协定，按照原子能机构的要求由有关国家提供这种材料或服务。大多数关切供应保证的国家可能更倾向于原子能机构发挥作用。要使原子能机构发挥这种作用，供应方将需要放弃行使对提供给原子能机构或由原子能机构提供材料的所有事先同意权。对于一些供应方而言，这可能是一个困难和复杂的决策。另外，原子能机构在某些情况下（如不遵守保障、核安全记录差、实体保安不好或无力偿还债务等）也可拒绝提供材料。

#### (b) 涉及将国家设施转为多国设施的方案

该方案将使现有国家设施转变为国际所有和受国际管理的设施。此举可以所有各方共享技术的安排或对技术的使用仅限于技术拥有者的安排为基础。

#### (c) 涉及建造新设施的方案

- i. 铀浓缩公司模式：最初的模式涉及与参与新设施建造的所有伙伴共享技术。最近，该模式已扩大到允许在第三国建造设施，但不向该国提供敏感技术。
- ii. 欧洲气体扩散公司模式：尽管各伙伴在设施所有权和生产方面均实行财政分摊，但技术拥有者既不向其他伙伴提供技术，也不允许其参与设施的运行。

### 4.5 防扩散和保安因素

84. 鉴于防止核扩散关切是当前之所以有兴趣设计多边方案的幕后动力，因此有必要确保这类方案的任何模式能够加强而不是削弱防扩散制度。应当将敏感技术的转让保持在最低程度并接受严格的控制。从防扩散和保安角度要解决的相关问题可能包括：多边设施或运行的选址；材料、设施和运输的保安；废物的操作和贮存；乏燃料的回收；新燃料的及时供应和乏燃料的及时移出；以及法律上有约束力的防扩散共同承诺。

85. 作为防止更多国家发展浓缩和（或）后处理能力之多边方案的替代办法，还提出了其他方案建议。建议之一是在那些已拥有其他这类设施的国家建造核设施。这一想法已导致有关歧视性制度的辩论。一些学术文章建议可对《不扩散核武器条约》第四条进行修订。但是，这种方案被广泛认为是不可接受的。其他文章则坚持认为，经济

性已意味着没有必要订立浓缩和后处理多边核方案。但是，一些文章认为还需要做出政治保证。

## 保障的执行

86. 特别是鉴于过去有证据表明少数国家或在根本上违反或不遵守与《不扩散核武器条约》有关的保障义务，因此不能忽视秘密供应网、核技术的可获得性和不断增加的使用以及一些国家可能企图将这类技术用于非和平目的的可能性所表示的关切。原子能机构加强型保障体系和附加议定书因而非常重要。原子能机构保障要解决的除其他外，主要是两种危险：可裂变材料从已申报设施的转用和利用从已申报计划所转让的技术建造未申报的燃料循环设施。对于后一种情况，附加议定书有助于提供有关不存在未申报核材料和核活动的可信保证。

87. 关于多边核方案，原子能机构保障的执行应考虑多国核设施所特有的积极性质。不论是私营参与者还是政府参与者都应对通过持续派驻多国人员保持透明度和公开性作出承诺。材料的流动基本上是在多边核方案伙伴之间进行。在这方面，多边核方案协定甚至可能更加有力。原子能机构应当承认这一国际监督的新层面，并因而可能有助于减少保障核查工作量。

88. 理事会 1971 年同意的“保障协定范本”的起草者曾预见到这种情况，该范本已为此后缔结的几乎所有的保障协定所采用。“保障协定范本”（INFCIRC/153）第 81 条规定了原子能机构用以确定对任何设施进行例行视察的实际数量、强度、期限、时间选择和方式的标准。该条(d)款载有以下标准：“国际的相互依存，特别是收到或发往其他国家的核材料的使用或加工情况；原子能机构进行的与此有关的任何核查活动，以及当事国的核活动与其他国家的核活动的相互联系程度”。

89. 保障执行常设咨询组（保障执行咨询组）在 2004 年 5 月提交总干事的报告中援引 INFCIRC/153 号文件第 81 条并指出，大量设施从其他国家收到核材料和向其他国家发送核材料，并且很多设施聘用了多国人员，这些人员的活动与其他国家的那些核活动有相互联系。保障执行咨询组确认，原子能机构应当在所谓“国家一级方案”下对国际相互依存给予适当的认可，该方案将包括考虑诸如当事国在保障实施方面与原子能机构合作的水平（包括公开性和透明度考虑因素）以及有效的支持性“国家核材料衡算和控制系统”（国家衡算控制系统）的存在等国别因素。这种情况对多边核方案联合设施有重要意义。

## 保安和实物保护

90. 除防扩散和保障因素本身外，核材料及相关设施的实物保护也一直是一个非常重要的问题。由于非国家行为者对获取这些材料的兴趣明显增加，这种重要性也在增加。然而，目前没有任何一项国际条约规定拥有核材料的国家应实施实物保护和保安措

施。《不扩散核武器条约》要求对无核武器缔约国的核材料实施保障，并因此有必要建立“国家衡算控制系统”，但实物保护不是一项随之产生的要求。实际上，“国家衡算控制系统”的控制、原子能机构的视察和原子能机构对国家衡算的审查在某种程度上都有助于对受保障的核材料提供实物保安。但是，原子能机构视察员并没有被明确地要求对实物保护进行核查。在 1971 年至 1972 年建立原子能机构对无核武器缔约国实施保障的系统时，实物保护标准还仅仅是“建议”的标准，并且还不可能在国家之间订立协定来强制遵守这些标准。

91. 经商定并作为建议的标准于 1975 年以 INFCIRC/225 号文件发表，此后这些标准在原子能机构的主持下一直定期更新。最新修订的 INFCIRC/225 号文件建议各国制订有关其设施的“设计基准威胁”并定期对其进行重新评价以及举行演习，以检验警卫、传感器和其他保护措施是否适当和充分。该文件包括有关保护核动力堆和贮存的核材料免遭破坏的详细规定。

92. 1980 年的《核材料实物保护公约》（实物保护公约）要求制订实物保护标准，但这些标准仅适用于作为国际运输一部分的处在国际运输或临时贮存中的用于和平目的的核材料。因此，“实物保护公约”仅适用于民用核材料，而且没有包括任何核查规定。其结果是，国与国之间在实物保护标准方面差异很大。目前正在进行有关加强“实物保护公约”以涵盖民用核材料的国内使用、贮存和运输以及保护核设施免遭破坏的工作。建议的修订案不涵盖军用或相关军事设施中的核材料。

93. 从保安角度看，所有多边核燃料循环方案都将面临被纳入现有国际防止核扩散和保安安排的要求，以便获得方案参与国和其他国家的信任。所面临的挑战将是确保能够以实物保安以及材料保护、控制和衡算的高标准建立多边核安排。然而，可以通过鼓励对保安问题进行同行小组评审使这一范畴内的工作惠益于多边核方案。

## 第五章 多边技术方案

94. 如“序言”所述，本报告将采取围绕当前任务进行讨论的方式。前一章论述了与多边核安排有关但与燃料循环的任何特定阶段无关的广泛的**交叉因素**。本章将考虑各种阶段（浓缩、后处理、乏燃料处置和贮存），首先考虑这些阶段的**具体因素**，然后研究这项使命的主要任务，即确定每一特定燃料循环技术的**具体方案**。

95. 无论是铀浓缩、乏燃料后处理还是乏燃料处置和贮存，对多边核方案的探究都揭示了对这些**方案**进行分类、分析和评估的合乎逻辑的方法。实际上，一项多边核方案能够涵盖现有市场机制与燃料循环设施全部共同所有权之间的整个领域。因此，采用了以下方式：

**类型 I：** 不涉及设施所有权的服务保证：

- a) 供应方提供额外的供应保证
- b) 政府国际财团
- c) 与原子能机构有关的安排

**类型 II：** 将现有国家设施转为多国设施

**类型 III：** 建造新的联合设施

96. 在选择对各种多边核方案进行分类和分析的方式之后，还需选择评估方法。专家组选择了通过简要审评并列举每种方案的**利弊**因素来进行评估的方法。确定了与目前受保障的国家设施有关的利弊因素。下一步是制定能够根据防扩散、经济性或供应保证等确定因素进行某种分级（最佳、一般、较差）的标准，鉴于需要考虑大量参数，包括燃料循环的特性及核电对不同国家的相对重要性，因此没有系统地尝试该步骤。

97. 但是，在表达利弊问题时，很明显的是那些在防扩散范围内可能被视为是“有利”因素在供应保证等另一范围内考虑时就可能被视为是“不利”因素。因此，专家组决定在有利因素和不利因素的列表中利用 A 至 G “标符”简要表示以下第 5.1 节所述一些核心要素。

## 5.1 评估要素

98. 对各种选案及其利弊因素的评估意味着对相关要素进行基本选择，这些要素将指导对各种选案进行分析和比较。在前一章所考虑的交叉因素中，有 2 个因素可以作为多边方案考虑中的主要决定性因素，即“**防扩散保证**”和“**供应与服务保证**”。这 2 个决定性因素被确认为各国政府和《不扩散核武器条约》社会的总体目标。实际上，这 2 个目标中的每一目标本身都很难充分实现。历史表明，找到将同时满足这 2 个目标的**最佳安排**甚至更加困难。事实上，多边方案可以作为满足这 2 个目标的一种方法。

### 关键要素

99. 一项多边安排的**防扩散价值**（标符 A）可通过与国家或多边核设施有关的各种扩散危险加以衡量。这些危险包括：

- a) 从一项多边核方案**转用材料**主要与多边参与该方案实施的程度有关。由于多国团队中的不同国籍和兴趣，有理由认为只要不存在合谋现象，这种团队的更深入参与就能确保减少转用的危险。
- b) “**逃脱**”假想方案和**秘密并行计划**同在一个不是技术拥有者的国家为多边核方案设施选址有关。“逃脱”假想方案的危险程度取决于合同中有关执法规定的**有效性**。秘密计划的危险由于已申报设施提供的掩护（即专门技术、采购、研究与发展以及掩盖浓缩铀的踪迹）而增加。但是，通过实施有效的保障和附加议定书能够减轻这些危险。
- c) 从多边核方案向未经授权的实体**扩散**被禁止的或秘密的技术主要与方案参加者对这些技术的准入程度有关。对敏感技术的更广泛准入将增加这类技术的扩散危险。
- d) **保安危险**。发生盗窃核材料尤其是易裂变材料的危险取决于设施实物保护系统的有效性。受到充分保卫的多边核方案在这方面具有明显优势，因为它能够取代较为分散的敏感燃料循环设施。

100. 多边安排的“**供应保证价值**”（标符 B）可通过相关的促进因素加以衡量。这些促进因素包括：

- a) **保证**——供应方、政府和国际组织提供的保证在政治、商业、法律和技术等方面的可信度。

- b) **经济性**——参加多边安排的国家将获得的经济利益。实例可能包括多边核方案产生的基本优势，例如规模经济、间接启动费用节省或由政治考虑驱动的其他经济促进因素所产生的有竞争力的燃料服务费用。
- c) **政治上的认可和公众接受**——在一些情况下，多边核方案可能导致东道国更广泛地接受核项目。在最终处置等另一些情况下，虽然这类方案对其他国家有利，但对东道国的影响很可能是负面的。
- d) **保安和安全**——为了增强接受度，无论国家或国际核项目都必须符合有关设施设计和运行的材料保安（问责制和实物保护）和核安全适当标准。此外，多边层面还能提供额外的置信水平，从而间接加强对这类设施的供应保证。

## 其他要素

101. 虽然“**防扩散保证**”或“**供应与服务保证**”是评估的关键要素，但其他要素或有关问题，主要就其对这2个关键要素的贡献而论，也是重要的。这些要求包括：

102. **选址——东道国的选择**（标符 C）。就根据多边安排作为燃料循环设施的东道国而言，有3个基本方案：

- a) 特殊安排——限制国家对多边核方案燃料循环设施场址拥有管辖权的法律结构（“治外法权”地位）；
- b) 已经是技术拥有者的国家；
- c) 不拥有技术的国家。

适用于某一场所的保障协定的性质也将是一个重要因素。此外，东道国还必须能够被伙伴国所接受。

103. **技术准入**（标符 D）。多边方案在允许对技术的准入程度上也可能有以下不同：

- a) 充分准入；
- b) 安装和维护技术；
- c) 运行技术；
- d) 不允许有任何准入。

104. **多边参与**（标符 E）。多边选案还可能为参加国提供不同的参与程度：

- a) 最低程度：仅为供应安排；
- b) 所有权：设施共有；
- c) 管理：参与设施管理；
- d) 运行：参与设施运行；
- e) 最大程度：联合进行设施的研究与发展以及设计和建造。

105. **专门保障规定**（标符 F）。每一多边选案都应具备能够说明为确保不发生任何扩散所需措施的保障规定。这类措施可包括：

- a) 扩大针对设施的保障协定，它不仅涵盖核材料，而且涵盖多边核方案设施中至关重要的功能性部件；
- b) 附加议定书；
- c) 专门保障安排；
- d) 与“逃脱”假想方案、违反合同或自愿解除安排有关的设施和核材料以及部件的“保障连续性”措施。

106. **非核诱因**（标符 G）。这些诱因可能证明在确保某些国家表现出限制或放弃拥有本国核燃料循环设施的意愿方面是至关重要的。促进因素可能包括：

- a) 商贸利益
- b) 保安安排（地区/国际）
- c) 安全保证
- d) 协助发展非核能源产业

这类促进因素将因国而异。鉴于伙伴国和东道国彼此不同，因而需要了解哪些因素适合于伙伴国，哪些因素适合于东道国。

107. 最后应当指出，凭借这类要素能够对各种多边选案进行相互比较，并能与纯粹的国家安排进行比较。

## 5.2 铀浓缩

108. “浓缩”术语的使用涉及旨在提高某一元素特定同位素丰度的同位素分离过程，例如从天然铀生产浓缩铀或从普通水生产重水<sup>15</sup>。浓缩设施分离铀同位素的目的是提高铀-235 相对于铀-238 的相对丰度或浓度。这种设施的能力用分离功单位衡量。

### 技 术

109. 若要在某些类型反应堆和武器中使用铀，就必须对其进行浓缩。这意味着必须提高易裂变铀-235 的浓度，然后才能将其制成燃料。这种同位素的天然浓度是 0.7%，而在大多数通用商业核电厂中，持续链式反应的浓度通常约为 3.5%。用于武器和舰船推进的丰度通常约为 93%。但舰船推进可以只需 20%或更低的丰度。鉴于在丰度 0.7%至 2%之间需要与丰度 2%至 93%之间同样多的分离功，因此浓缩过程不是线性的。这意味着在能够随时获得商用浓缩铀的情况下，达到武器级的浓缩工作量可减少到不足一半，而铀的供料量可减少到 20%以下。

110. 在适用于提高铀-235 浓度的技术中，有 7 项技术特别重要：

111. 气体扩散法——这是商业开发的第一个浓缩方法。该工艺依靠不同质量的铀同位素在转化为气态时运动速率的差异。在每一个气体扩散级，当高压六氟化铀气体透过在级联中顺序安装的多孔镍膜时，其铀-235 轻分子气体比铀-238 分子的气体更快地通过多孔膜壁。这种泵送过程耗电量很大。已通过膜管的气体随后被泵送到下一级，而留在膜管中的气体则返回到较低级进行再循环。在每一级中，铀-235/铀-238 浓度比仅略有增加。浓缩到反应堆级的铀-235 丰度需要 1000 级以上。

112. 气体离心法——在这类工艺中，六氟化铀气体被压缩通过一系列高速旋转的圆筒，或离心机。铀-238 同位素重分子气体比铀-235 轻分子气体更容易在圆筒的近壁处得到富集。在近轴处富集的气体被导出，并输送到另一台离心机进一步分离。随着气体穿过一系列离心机，其铀-235 同位素分子被逐渐富集。与气体扩散法相比，气体离心法所需的电能要小很多，因此该法已被大多数新浓缩厂所采用。

113. 气体动力学分离法——所谓贝克尔技术是将六氟化铀气体与氢或氦的混合气体经过压缩高速通过一个喷嘴，然后穿过一个曲面，这样便形成了可以从铀-238 中分离铀-235 同位素的离心力。气体动力学分离法为实现浓缩比度所需的级联虽然比气体扩散法要少，但该法仍需要大量电能，因此一般被认为在经济上不具竞争力。在一个与贝克尔法明显不同的气体动力学工艺中，六氟化铀与氢的混合气体在一个固定壁离心机中的涡流板上进行离心旋转。浓缩流和贫化流分别从布置上有些类似于转筒式离心机的管式离心机的两端流出。南非一个能力为 25 万分离功单位的铀-235 最高丰度为

---

<sup>15</sup> 见《国际原子能机构保障术语》。

5%的工业规模的气体动力学分离厂已运行了近 10 年，但也由于耗电过大，而在 1995 年关闭。

114. 激光浓缩法——激光浓缩技术包括 3 级工艺：激发、电离和分离。有 2 种技术能够实现这种浓缩，即“原子激光法”和“分子激光法”。原子激光法是将金属铀蒸发，然后以一定的波长应用激光束将铀-235 原子激发到一个特定的激发态或电离态，但不能激发或电离铀-238 原子。然后，电场对通向收集板的铀-235 原子进行扫描。分子激光法也是依靠铀同位素在吸收光谱上存在的差异，并首先用红外线激光照射六氟化铀气体分子。铀-235 原子吸收这种光谱，从而导致原子能态的提高。然后再利用紫外线激光器分解这些分子，并分离出铀-235。该法似乎有可能生产出非常纯的铀-235 和铀-238，但总体生产率和复合率仍有待证明。在此应当指出的是，分子激光法只能用于浓缩六氟化铀，但不适于“净化”高损耗金属铀，而既能浓缩金属铀也能浓缩金属铀的原子激光法原则上也能“净化”高损耗金属铀。因此，分子激光法比原子激光法在防扩散方面会更有利一些。

115. 同位素电磁分离法——同位素电磁分离浓缩工艺是基于带电原子在磁场作圆周运动时其质量不同的离子由于旋转半径不同而被分离的方法。通过形成低能离子的强电流束并使这些低能离子在穿过巨大的电磁体时所产生的磁场来实现同位素电磁分离。轻同位素由于其圆周运动的半径与重同位素不同而被分离出来。这是在 20 世纪 40 年代初期使用的一项老技术。正如伊拉克在 20 世纪 80 年代曾尝试的那样，该技术与当代电子学结合能够用于生产武器级材料。

116. 化学分离法——这种浓缩形式开拓了这样的工艺，即这些同位素离子由于其质量不同，它们将以不同的速率穿过化学“膜”。有 2 种方法可以实现这种分离：一是由法国开发的溶剂萃取法，二是日本采用的离子交换法。法国的工艺是将萃取塔中 2 种不互溶的液体混和，由此产生类似于摇晃 1 瓶油水混合液的结果。日本的离子交换工艺则需要使用一种水溶液和一种精细粉状树脂来实现树脂对溶液的缓慢过滤。

117. 等离子体分离法——在该法中，利用离子回旋共振原理有选择性地激发铀-235 和铀-238 离子中等离子体铀-235 同位素的能量。当等离子体通过一个由密式分隔的平行板组成的收集器时，具有大轨道的铀-235 离子会更多地沉积在平行板上，而其余的铀-235 等离子体贫化离子则积聚在收集器的端板上。已知拥有实际的等离子体实验计划的国家只有美国和法国。美国已于 1982 年放弃了这项开发计划。法国虽然在 1990 年前后停止了有关项目，但它目前仍将该项目用于稳定同位素分离。

118. 迄今为止，只有气体扩散法和气体离心法达到了商业成熟程度。所有这 7 项技术均在不同程度上具有扩散敏感性，因为它们都能够在一项秘密计划中不惜代价地被用于从天然铀或低浓铀生产高浓铀。但是，由于这些技术的特征不同，因而将影响到其被探知的可能性。

## 历史背景

119. 多国安排在铀浓缩方面的成功比在乏燃料后处理领域类似努力所获得的成功要多一些。其部分原因是同浓缩技术相比，对后处理技术的了解要广泛得多，并且后处理采用了更为传统的工业技术，而浓缩技术从发展之初就完全基于非常尖端的工业上复杂且高度保密的气体扩散技术。更新型的离心浓缩技术仍存在不确定性，因而使有关涉及费用和 risk 分担的合资更具吸引力。

120. 两个铀浓缩财团即铀浓缩公司和欧洲气体扩散公司是朝着建立欧洲本土浓缩能力的制度化体现。尽管这些公司在成立之初遇到困难，但它们已经代表了多国所有权和多国运行这两种不同的经济和产业模式，其中任一模式的建立都并非出于明确的防扩散目的，但它们又都为此做出了贡献<sup>16</sup>。

121. 在这两个组织中，铀浓缩公司较为复杂，它包括位于英国、德国和荷兰三个国家的浓缩设施。根据《阿尔默洛条约》，铀浓缩公司拥有并运行这三个参加国的离心浓缩设施，帮助协调研究与发展（先是联合，然后是单独，最后是集体再次开展研究与发展），确保任何成员平等参加离心技术的发展工作，以及经参加国一致同意执行向第三国出售服务合同。

122. 在 20 世纪 70 年代初期建立铀浓缩公司组织的主要驱动力是商业上的考虑。英国、荷兰和德国的股东们当时很清楚，只为其各自国家电力计划发展和利用离心技术虽能带来供应保证，但在成本上并无竞争力。很明显，最佳的发展方式是进行合作和分担发展及运行费用，首先是为了满足它们共同的国家需求，随后是如果上述方式能够产生更有竞争力的成果，它们即可在其国内市场以外进行浓缩服务的商业销售。

123. 但是，如同铀浓缩一样，对一项敏感的业务和技术都存在其他一些政治考虑，这些考虑因素有助于推动就制订这类国际计划作出决定。三国政府认为，如能建立这类具备多国组织和管理并拥有三国政治监督和控制权的国际组织，那么它就能防止技术和材料的扩散。还值得忆及的是，当时在德国建立铀浓缩厂曾存在重要的政治敏感性。通过在荷兰建立由德国所有的第一个生产能力，并以此作为由国际团队运行的一个荷兰/德国联合设施而避免了这个问题。

124. 欧洲气体扩散公司从成立时就包括法国、意大利、西班牙、比利时和伊朗等 5 个参加国，但只有设在法国的 1 个浓缩设施。与面向外部市场的铀浓缩公司不同，欧洲气体扩散公司旨在为其成员提供国内燃料需求服务。每个成员的投资水平与其产品份额的百分数相对应，并且只有法国 1 个成员掌握敏感的扩散膜技术。因此，虽然排除了转让或共享敏感技术问题，但欧洲气体扩散公司的确向欧洲参加者提供了供应保证以及在利用成熟先进技术的生产企业中拥有平等的产品份额。与铀浓缩公司不同，欧洲气体扩散公司从来都没有生产过浓缩设备。

---

<sup>16</sup> SCHEINMAN, L. 《核燃料循环：对防扩散的挑战》，裁军外交，2004 年 3 月/4 月。

125. 这两个浓缩财团中哪一个都不是没有问题。铀浓缩公司一直面临技术和投资两方面的困难。铀浓缩公司原打算集中开发一项单一的离心技术。但是，由于参加者在铀浓缩公司成立时就已经为技术开发进行了大量投资，并且又不愿放弃这种有利于开发共同技术方案的投资，因此，它们在 1974 年决定允许每个股东继续发展其自己的技术，以便确定哪项技术最适用于新的共同设施。就投资而言，3 个伙伴国将以拥有平等所有权和进行同等投资的方式建造铀浓缩公司的工厂，而无论其建在哪个国家。到 20 世纪 70 年代中期，为支持三分之二由国家/三分之一由伙伴出资的安排对这种模式进行了修改，以适应股东在新设施建造时间表及适当的市场策略方面的分歧。随后对该模式再次进行了修改，以反映国家对铀浓缩公司的设施拥有 90% 所有权的情况。后来，所有设施被再次纳入由多国实施全面管理和运行的单一所有制。

126. 欧洲气体扩散公司问题的性质有所不同。国家核电计划发展速度的变化影响了对浓缩铀需求的时间，特别是在意大利，在欧洲气体扩散公司成立时，其在该组织产品中占有 23% 的份额。由于没有能力消化其产品份额，但仍需要购进这些产品和支付费用，意大利曾寻求改变它与该财团的关系。伊朗曾面临同样的问题，因此撤回了其大部分初始投资。这些变化显著提高了法国的份额，并因此进一步削弱了该企业的多国特征。

127. 这种情况以及铀浓缩公司的经验突出说明了多国安排在经济上的脆弱性，这对正在考虑进行类似合资的其他国家是一个教训。正如国家燃料循环战略一样，为了取得成功，多国燃料循环战略必须以坚实的经济合理性为依据。

## 现 状

128. 接受原子能机构保障的浓缩设施目前分布在以下国家：阿根廷、巴西、中国、德国、伊朗、日本、荷兰和英国。此外，法国、印度、巴基斯坦、俄罗斯联邦和美国还存在未置于保障之下的浓缩设施。

129. 今后 10 年在核燃料循环领域将会目睹某种极不寻常的现象：世界上所有商业化浓缩企业都将同时进行重建，其工业能力将在较小的程度上得到扩展。老厂将要退役，而新厂将作为新的生产企业诞生<sup>17</sup>。2004 年全世界的年需求量约为 3800 万分离功单位，预计到 2020 年将增加到大约 4300 万分离功单位<sup>18</sup>，而更高的预测值则高达 5200 万分离功单位<sup>19</sup>。目前的生产能力总计为每年 5000 万分离功单位。

---

<sup>17</sup> RWE NUKEM, 《市场报告》，2004 年 11 月。

<sup>18</sup> 法国阿雷瓦核电集团公司提交给专家组的报告。

<sup>19</sup> 《全球核燃料市场：2003 年至 2025 年的供应和需求》，世界核学会，伦敦（2003 年）。

## ► 欧洲气体扩散公司

目前由法国阿雷瓦（Areva）核电集团公司运行的乔治·贝斯气体扩散厂（GDP）的额定能力为每年 1080 万分离功单位，该厂最近几年一直在每年约 800 万分离功单位下运行。但是，对新的乔治·贝斯气体扩散厂的投资将不能与最新一代的离心机相竞争，这就是乔治·贝斯扩散厂今后将被离心机能力所取代的原因所在。这种取代将以铀浓缩公司的技术为基础。重点在于保护技术的一项新的“四方协定”将确保在与法国阿雷瓦核电集团公司的合资中也将遵守铀浓缩公司的基本安排（英国、德国和荷兰政府之间的《阿尔默洛条约》）。到 2015 年，法国新浓缩厂的装机能力将约为每年 750 万分离功单位。尽管有这种合作，但根据欧洲委员会的明确要求，阿雷瓦核电集团公司和铀浓缩公司在浓缩铀市场中仍将是竞争者。

## ► 铀浓缩公司

铀浓缩公司的 3 个浓缩厂（德国的格罗瑙、荷兰的阿尔默洛和英国的卡彭赫斯特）的总生产能力为每年 600 万分离功单位。到 2007 年年底，该能力将缓慢提高到每年 800 万分离功单位。

浓缩工业比较密切关注的项目之一是铀浓缩公司及其美国电力公司伙伴（路易斯安娜浓缩服务公司）目前开展的一个项目，该项目是在美国选址和建造一个浓缩设施，以使本国分离功单位的供应来源多样化。铀浓缩公司（根据其自身经验）估计，一个工厂从开始建造大约能在 2 年内投入运行。因此，预计美国的这座新设施将最早在 2008 年第四季度生产出第一批浓缩铀。到 2013 年，最大生产能力将为每年 300 万分离功单位。

## ► 美国浓缩公司

美国浓缩公司负责销售从俄罗斯武器库存中裁减下来的 500 吨高浓铀，这些高浓铀在运到美国之前已被转换成低浓铀。与法国阿雷瓦核电集团公司和路易斯安娜浓缩服务公司不同，美国浓缩公司今后将依靠从未进行过商业规模运行的一项新技术。该公司的离心机将采用一些当代工业技术和计算机技术目前能使之成为可能的改进技术。据称其中每台离心机都高约 12 米，直径约 50 厘米，这远远超过了铀浓缩公司的最新型离心机。该项技术提出了重大工程挑战，并成为一项技术上有相当风险的核项目。据美国浓缩公司称，这项技术的成果是这些离心机将成为迄今所建造的最经济的离心机。当前的计划要求 2010 年能提供每年 100 万分离功单位的能力，2011 年“满负荷生产”能力为每年 350 万分离功单位。

## ► 俄罗斯联邦原子能机构

俄罗斯的浓缩生产工艺目前利用相当基本的“次临界”短筒离心机运行的非常好，这种离心机只需少量维护即能可靠地运行。俄罗斯目前的浓缩能力约为每年 2000 万分离功单位。俄罗斯近年开采的铀不能满足国内外对俄罗斯类型反应堆燃料的年需求量。这种短缺可通过若干方式加以弥补，包括利用堆后料、从俄-美高浓铀交易中返回的铀以及涉及外国和可能的国内贫化铀来源的尾料提取活动。预计到 2010 年以后的几年，总分离能力将达到每年 2600 万分离功单位。

## ► 日本核燃料有限公司

该公司铀浓缩厂目前的生产能力为每年 105 万分离功单位。目前正在开发性能将超过常规离心机 2.5 至 3 倍的离心机。今后，计划将能力增加每年 150 万分离功单位，以满足日本核电厂大约三分之一的浓缩需求。

## 经济性

130. 目前有关浓缩经济性的资料很少。浓缩服务的大部分交易是通过长期合同进行的。1 分离功单位的现货/二级市场价已从 20 世纪 80 年代后期的 60—80 美元上涨到目前的 90—110 美元。就气体扩散法而言，电力成本组成可能接近 60 美元，因为利用该法每生产 1000 万分离功单位就需要大约 3000 兆瓦（电），估计成本为 3 美分/千瓦小时。甚至在考虑到较高基本投资的情况下，离心法也应提供一种良好的经济裕度。

131. 铀浓缩设施的基本投资极高（离心法比扩散法更高）。因此，从严格的短期经济角度看，这类设施应服务于大型反应堆群，或应当在世界市场上具有商业竞争力，以使其具有经济性。

## 服务保证

132. 预计今后 10 年全世界的分离功能将供大于求，此后将保持与需求同步。由于供应方热衷于开展业务，几乎没有理由怀疑市场在提供浓缩服务充分保证方面的能力。但是，法国和美国等拥有大型核电计划的供应方本身也希望保持自给自足的供应能力。对较小的国家而言，多边核方案路线在支持地区供应保证方面能够提供经济和战略优势。

## 法律和制度问题

133. 在本标题下，铀浓缩公司和欧洲气体扩散公司的情况可再次用来阐明需要考虑的相关法律和制度安排。

134. 在铀浓缩公司，政治责任与工业和商业运作是分开的。铀浓缩公司集团活动的政治问题由根据（所有 3 国政府于 1971 年签署并批准的）《阿尔默洛条约》协定成立的政府间联合委员会控制。该委员会对国际关切的领域包括保障、保密和保安、浓缩服务客户的合适性、向第三方转让技术资料和技术以及大型设施的选址具有管辖权。联合委员会管理任何技术合资的政治和安全问题的处理方式。例如，在路易斯安娜浓缩服务公司合作伙伴合资在美国建造离心浓缩厂的情况下，联合委员会的 3 国政府与美国政府就“四方协定”达成了协议。该协议确定了所需安排，根据这些安排，铀浓缩公司对将要向美国转让的资料和技术进行分类（并控制从美国工厂向铀浓缩公司返回的任何资料），以使该厂能够获得许可证，并能够建造和运行。该协议不涵盖任何有关此种项目的商业能力的条款，这完全是铀浓缩公司管理层及其股东们的事情。

135. 从 20 世纪 70 年代后期至 80 年代，铀浓缩公司作为以伙伴关系合作的 3 个独立的国家公司运作，每个国家都具有设计、发展和制造离心机以及建造、调试和运行工厂的能力。自铀浓缩公司集团在 1993 年改组以来，该组织从在英国集团总部运作转为国际运作，工厂设计集中在英国，离心机制造在荷兰，而离心技术研究与发展则在德国。

136. 《阿尔默洛条约》规定在其生效第一个 10 年后，并在提前 1 年收到退约通知后，可允许任何国家正式退出条约，尽管这需要进行一些艰难的商业谈判。如果发生这种情况，则可能设想成立一个新的国家组织来负责管理本国的工厂。然而，虽然现有浓缩厂的继续运行不会受到影响，但铀浓缩公司集团内部目前的国际责任分工将使这些工厂继续运行变得更加困难和耗费资金。最困难的问题将是为新的生产能力制造和组装离心机部件以及为促进今后发展而重建研究与发展能力。

137. 因此，铀浓缩公司代表了一个多国安排的良好管理模式，并证明了将政治和业务决策权相互分离的活力和有效性，这种职权划分从未对该组织的工业和业务责任造成干扰。

138. 与铀浓缩公司相比，欧洲气体扩散公司的模式很简单：管理、业务和技术仍保持在东道国的国家控制之下。作为一种防扩散的模式，它的潜在价值相对更大。另一方面，正是由于这种方案对除东道国以外的所有国家所施加的在管理、业务和技术等方面的限制，它也可能对那些大愿参与管理或使用先进技术，而只满足于能够在及时、可预见和经济上有吸引力的基础上获得燃料供应的国家的兴趣造成制约。

139. 由于不进行敏感技术的转让或共享，欧洲气体扩散公司能够向其欧洲伙伴提供不可撤消的供应保证。然而，每逢需要在技术上战略转向时，欧洲气体扩散公司的模式就有一个明显的弊端，而目前正在从扩散法转向离心法的欧洲气体扩散公司本身的情况亦如此。虽然东道国以外的其他股东能够参与有关完全采用新技术或通过升级对现有技术作些许修改的广泛决定，但它们不能参与对今后新技术或升级技术进行的详细的技术风险评定，因而，它们必须完全依靠东道国自己内部进行的秘密评定。拥

有重要投资的伙伴可能认为这是一种无法接受的危险，而铀浓缩公司的模式在这方面则有明显的优势。

## 防扩散和保安

140. 如果成本问题无关紧要，那么目前可以在大多数工业化国家建造小型离心设施。为了生产 1 重要量的高浓铀（即在考虑不可避免的损耗的情况下制造 1 枚核爆炸装置所需的近似数量），没有必要将离心工厂建成与本章较前讨论的大型商业设施的规模：一间宽敞的办公会议室就能容纳所需数量的离心机。如果已经具备浓缩铀，那么任务就更简单了：如前所述，就核电厂所采用的 3.5%丰度水平的燃料而言，武器级铀所需的分离功就已经完成了十分之六。而就研究堆所采用的 20%丰度水平的燃料而言，武器级铀所需的分离功实际已经完成了十分之九。一座浓缩设施一旦建成，如果营运者希望如此并且没有任何外部约束，估计该设施仅用几个月时间就能生产出足够 1 重要量的高浓铀。

141. 由于浓缩设施被披上神秘面纱，这类设施对国际核查提出了特殊挑战。一方面，设施业主为保护其正当的商业秘密往往不愿让外界近距离地接触它的离心机。另一方面，国际视察机构更希望让其自己的视察员远离扩散相关技术。由于管道和环境中的丰度水平是一座设施被滥用的良好标志，核查往往必须走间接路线，以便现代技术特别是痕量残留物物理化学分析技术在现场视察的配合下能提供一些探知已知核场址上异常情况的有力工具。

142. 针对受保障并以 5%规定铀丰度或更低丰度水平运行的气体离心铀浓缩厂制订的保障方案涉及对级联区内外的活动进行视察。在级联大厅外的视察重点是核实已申报的核材料流量和存量，以探知已申报的铀是否被转用。对称为“有限频度不通知的接触”<sup>20</sup>的级联区的视察旨在探知丰度超过已申报水平的铀的生产，同时保护与浓缩工艺有关的敏感技术资料。“有限频度不通知的接触”制度除其他外，特别保证了原子能机构视察员能够对有关工厂的级联区进行“临时通知接触”。在级联区内实施的视察活动包括目视观察、辐射监测和非破坏性分析测量、环境取样以及适用封记和对封记进行核查。对级联区开展的活动和接触的频度将取决于工厂的设计和运行特征。

143. 关于多国浓缩设施，以往的研究就这类设施对防扩散的可能影响没有得出任何具体结论，因为在当时对这项技术还不存在什么关切。首先，并且就保障而言，多边核方案概念囊括的大型设施很少。仅对不多的场址进行监督同样也意味着原子能机构能够利用一定数量的资源即一定的保障预算进行更慎密的监测。其次，就扩散危险而言，拥有多国人员的联合设施将所有参加者置于同行和伙伴更大程度的监督之下，这一切都加强了防扩散和保安。这类多边核方案的特性本身就有可能遏制东道国的“逃脱”。诚然，一个抵消因素是国际合作有可能增加扩散危险（滥用专门技术、采购以

---

<sup>20</sup> 见《国际原子能机构保障术语》。

及研究与发展)。在这方面，铀浓缩公司的模式似乎相当适合于已经发展了其自身专门技术的伙伴，而欧洲气体扩散公司的模式则在大多数参加者/伙伴尚未发展这种专门技术的情况下占有优势。

## 多边浓缩方案的选择

144. 本节利用这份报告前文确定的标准分类提出了与不同的浓缩服务供应保证方案有关的利弊因素。

### 类型 I: 不涉及设施所有权的服务保证

#### a. 供应方提供额外的供应保证

145. 这将与浓缩厂的营运者有关，并将单独或集体地保证向其政府已经同意放弃建设本国能力，但后来又发现由于未具体说明的理由被拟议中的浓缩供应方拒绝提供浓缩服务的国家提供浓缩能力。

有利因素*	不利因素
1. 专门技术不会被进一步传播，从而减少了扩散危险 (A)	1. 维护闲置储备能力（或燃料银行）的费用必要时将在供应方之间分摊 (B)
2. 便于实施，参加者少，不需要新的所有权安排 (B)	2. 在一些情况下，拥有浓缩设施国家的政治多样性可能被认为不足以提供所需的保证 (B)
3. 依赖于功能健全的市场 (B)	3. 就私营公司而言，“保证”承诺的可信度不明确 (B)
4. 原子能机构无额外的保障财政负担 (B)	4. 最大程度地取决于供应国的“事先同意权” (B)

鉴于世界范围核业务的特性，一个供应方的任何保证都应得到该供应方政府绝对或明确的同意。但是，政府的同意将仅适用于在其管辖下的供应方。可将这种模式理解为是一种“私营燃料银行”（亦见第 5.3 节）。

#### b. 政府国际财团

146. 在这种情况下，政府财团将保证能够获得浓缩服务，而供应方只是执行机构。该安排将是一种“政府间燃料银行”。该机制可能包括立法，以确定在具体情况下政府对这种能力的要求。或者，这种安排可能是一项合同，政府在特定情况下将根据该合

\* A: 防扩散 - B: 供应保证 - C: 选址 - D: 技术准入 - E: 多边参与 - F: 专门保障规定 - G: 非核诱因。

同购买已有保证的能力。不同国家可能采用不同的机制。大部分有利因素和不利因素与上一情况相同：

有利因素	不利因素
1. 专门技术不会被进一步传播，从而减少了扩散危险 (A)	1. 在许多政府和供应方之间进行艰难的谈判 (B)
2. 储备-维持费用可由政府而不是由供应方承担 (B)	2. 在一些情况下，拥有浓缩设施国家的政治多样性可能被认为不足以提供所需的保证 (B)
3. 依赖于功能健全的市场 (B)	3. 仍然取决于供应国附加的“事先同意权” (B)
4. 原子能机构无额外的保障财政负担 (A)	4. 必须考虑现有产权 (B、E)
5. 财团的保证更可靠 (B)	

c. 与原子能机构有关的安排

147. 这是上一选案的变异，并且原子能机构将作为该安排的主持人。实际上，原子能机构对遵守《不扩散核武器条约》有着良好信誉并且愿意接受必要限制条件（这种条件需加以界定，并将可能需要包括坚决放弃本国浓缩/后处理计划以及接受附加议定书）的国家将发挥一种供应保证者的作用。原子能机构或可能有资格支配供应的材料，或更可能发挥保证者的作用，并与供应国签定备用协定，以便有效地履行原子能机构代表这些国家所作的承诺。这些保证也可能需要由备用安排加以补充，以便在第一个核供应方未能履行供应的情况下，另一个核供应方将接替其履行职责。实际上，原子能机构将建立一种默认机制，这种机制只有在正常供应合同因商业以外原因而中止执行的情况下才发挥作用，在这种情况下，将需要按照先前商定的准则实施供应。

148. 因此，所提出的有利因素和不利因素是类似的。一个额外的有利因素反映了原子能机构的组成，即原子能机构的成员比商业财团的成员更广泛。此外，还有原子能机构的跟踪记录、信誉、可信性和相关经验。尽管如此，这种安排的有效能力可能仍需要足够多的供应方对各自转让的材料和服务给予一般事先同意权。

有利因素*	不利因素
1. 专门技术不会被进一步传播，从而减少了扩散危险 (A)	1. 在原子能机构出现多样化兴趣和优先事项，并且可能相互冲突。许多政府和供应方成员之间进行艰难谈判。原子能机构承担不确定的责任 (B)
2. 储备-维持费用可由原子能机构而不是由供应方承担 (B)	2. 在一些情况下，拥有浓缩设施的国家政治多样性可能被认为不足以提供所需的保证 (B)
3. 依赖于功能健全的市场 (B)	3. 除非供应国承认原子能机构是真正的最终用户，否则仍然取决于供应国的“事先同意权” (B)
4. 原子能机构无额外的保障财政负担 (A)	
5. 原子能机构的保证更可靠 (B)	

149. 可能就原子能机构以及它作为受成员国控制的一个国际组织的特殊地位提出若干问题。原子能机构提供的任何保证都需经其理事会核准。就一个接受国而言，这相当于由 35 个政府而不是由一两个政府处理有关问题。因此，除保障、安全和保安外，原子能机构方面予以拒绝的正当理由是什么？对寻求供应保证的国家而言，增加原子能机构保证的实际意义是什么？需要进一步澄清的问题还涉及在理事会作出决定之后是否还有仲裁或法律解决程序，以及原子能机构是否将承担商业赔偿责任。

## **类型 II：现有国家设施转为多国设施**

150. 将国家设施转为国际所有和管理将涉及建立新的国际实体，该实体将作为新的竞争者在世界浓缩市场中运作。因此，下表中的建议反映了在这种不取决于相关技术的情况下国际实体的利弊因素。其他情况则反映大多数现有设施都在有核武器国家或《不扩散核武器条约》非缔约国的事实。

151. 欧洲气体扩散公司模式是将现有国家设施转为多边安排的最可能的模式。就这种模式而言，有利因素和不利因素是：

\* A：防扩散 - B：供应保证 - C：选址 - D：技术准入 - E：多边参与 - F：专门保障规定 - G：非核诱因。

有利因素*	不利因素
1. 不需要新建设施。专门技术不会被进一步传播，从而减少了扩散危险 (A、D)	1. 在有充分政治多样性的国家很可能需要建造若干设施，以便提供所需的保证 (B)
2. 在目前不存在保障补充措施的措施采用这些措施后，防扩散将得到加强 (A、F)	2. 必须考虑现有产权 (B、E)
3. 通过国际管理潜在增强抗扩散能力 (A、E)	3. 存在国际管理的困难，特别是在提供供应保证方面存在明显的负担 (B)
4. 有可能汇集国际专门知识和资源 (B、D、E)	4. 国际专门技术扩散导致潜在扩散危险 (A)

### **类型 III：建造新的联合设施**

152. 建造新的多国浓缩设施的 2 个历史先例是铀浓缩公司和欧洲气体扩散公司。建造新的联合设施也是原子能机构 1975 年至 1977 年“地区核燃料循环中心”研究的重点，尽管这项研究是在后处理范畴内，但它在此也具有普遍意义。下表所建议的利弊因素即源于这种情况。

有利因素*	不利因素
1. 通过多国监督、管理和人员驻在，减少了扩散、偷窃和丢失以及“逃脱”的机会，从而增强了抗扩散能力 (A、E)	1. 更广泛的专门技术准入导致扩散危险增大（除非采用欧洲气体扩散公司模式） (A、C、D、E)
2. 汇集国际专门技术知识和财政资源 (B、D)	2. 在没有供应短缺的市场中存在不确定的商业竞争或有补贴的设施可能给市场带来干扰 (B)
3. 规模经济 (B)	3. 存在如同铀浓缩公司所经历的国际管理方面的困难 (E)
4. 减至几个大型浓缩中心意味着接受保障的场址减少 (A、C)	4. 存在如同欧洲气体扩散公司所经历的长期费用分担方面的困难 (E、F)

153. 规划一座新的铀浓缩设施将是一项极具挑战性的任务，需要大量人力和财政资源，其中很多考虑因素将相互交织。在防扩散方面，这些考虑因素有：扩散危险、秘密的并行计划、“逃脱”协定和《不扩散核武器条约》的约束以及保障安排。在商业

\* A：防扩散 - B：供应保证 - C：选址 - D：技术准入 - E：多边参与 - F：专门保障规定 - G：非核诱因。

方面，这类考虑因素是：选址、经济性、政治和公众接受、技术准入、伙伴参与运作以及非核商业和贸易协定。但是就浓缩而言，可以借鉴铀浓缩公司和欧洲气体扩散公司的现有实例。

### 5.3 乏燃料后处理

154. 后处理设施溶解和处理乏燃料，以便以化学的方法将铀和钚从裂变产物中分离出来。回收的铀和钚可在核电厂混合氧化物燃料中再循环使用，以生产更多能量，从而使铀资源得到更充分利用并减少浓缩需求。后处理也通过减少高放废物的体积和去除钚有助于废物的最终处置。后处理是与愿意接受外国乏燃料进行后处理的法国、俄罗斯联邦和英国的设施开展的一项国际性业务。除俄罗斯后处理源自俄罗斯的乏燃料外，这3个国家的现行法律都要求将所有最终废物最后返回到原产国。

155. 进行民用后处理的理由是：将可裂变成分——钚（如作为混合氧化物燃料）和铀进行再循环使用和促进放射性废物管理。因此，后处理和混合氧化物燃料制造之间有着密切的联系：重要的是要使这些活动相匹配，以避免积累分离钚。因此，本章将对后处理设施进行单独研究，并结合其补充混合氧化物燃料制造设施的情况一并进行这种审查。

### 技 术

156. 所有正在运行的商业后处理厂以及一个正在六所村建造的后处理厂使用的都是普雷克斯流程和“剪切-浸取”技术。燃料组件在冷却贮存之后，先将端部配件切掉，然后将燃料棒切成小段在硝酸中溶解，并除去包壳和其他残余物。通常采用磷酸三丁酯作萃取剂的多级溶剂萃取流程首先从裂变产物中分离铀和钚以及少量锕系元素，然后再将铀和钚相互分离。该流程的最终产品是硝酸铀酰溶液、硝酸钚溶液以及含有裂变产物和少量锕系元素的萃余液。

157. 在日本的东海和六所村后处理厂，紧接着下一步是脱硝生产铀氧化物粉末（三氧化铀）和共脱硝生产混合铀-钚氧化物粉末（二氧化铀-二氧化钚）。硝酸钚溶液不经分离直接与硝酸铀酰溶液混合。这些溶液都是贮存铀和钚的形式。在英国热中子堆氧化物燃料后处理厂和法国阿格后处理厂，分离铀和钚以三氧化铀和二氧化钚的形式贮存。最后，钚氧化物或混合氧化物粉末被运往进行燃料制造，然后以混合氧化物燃料组件返给业主。尽管铀浓缩公司过去对再循环铀进行过再浓缩，而且一些再循环铀仍然送往俄罗斯进行再浓缩，但目前是将铀氧化物大量地贮存起来。

158. 俄罗斯 RT1 后处理厂接收来自水-水动力堆的乏燃料和来自快堆、研究堆和核潜艇反应堆的高浓铀乏燃料。主要产品是在大功率沸腾管式反应堆燃料中再循环使用的铀氧化物。将钚氧化物贮存起来。

159. 改进现有后处理技术的研究工作包括先进的普雷克斯流程和其他水法后处理、分离钚基燃料循环中铀-233 的梭雷克斯流程、包括挥发萃取流程和还原萃取流程在内的无水法后处理以及高温化学流程。

160. 高温化学分离法取决于电熔融精炼技术，这种技术是将燃料在熔盐电解质中溶解，有用物质随后沉淀在电极上。尽管高温化学技术尚未发展到超过实验室或中试厂规模，但它有潜力适用于大多数燃料形式。此外，由于高温化学法使得从裂变产物中完全分离铀、钚和少量锕系元素更加困难，它也被认为是比普雷克斯流程更具抗扩散能力的方法。不完全分离保持着威慑性很强的辐射水平。但是，它也使得高温化学法的产出不太适合在热堆混合氧化物燃料中再循环，其用途被主要限制在快堆燃料方面。

161. 若干国家还在进行作为处理乏核燃料一部分的分离和嬗变方面的实质性研究。但是，分离和嬗变没有任何与防扩散有关的直接影响。

## 历史背景

162. 最早的燃料后处理工作是专门用来从辐照燃料中回收军用钚。但是，民用核动力最初的迅速发展和今后增长的高值预测加之对铀资源长期可获得性的非常保守的了解，均强烈地支持后处理乏燃料，以期再循环易裂变钚和铀。在法国、印度、日本和英国等铀资源有限的国家这种争论特别强烈，而在苏联这种争论在某种程度上也尤为如此。

163. 利用后处理燃料的最高效方式是在快堆中使用。快堆具有很长的历史，第一度核电就是 1951 年从 EBR-1 快堆生产的。随后，包括一些快增殖堆在内的更多快堆在苏联、英国、美国、法国、德国、印度和日本投入运行。已经计划在西欧和北美建造新的后处理厂（一些已经建成）。但是，早期促进后处理和再循环的经济因素已经减弱，其中部分原因是始于 20 世纪 70 年代的核电容量增长放缓、铀资源估计继续攀升以及还有部分原因是从一些军用铀裁减下来的和从贫化铀再浓缩的二次来源所致。经济促进因素的改变限制了快堆和后处理的引进。

164. 只有一座快堆即俄罗斯联邦的 BN-600 目前还在作为动力堆运行，而且该堆不仅使用后处理钚燃料，也使用新鲜高浓铀燃料。但是，印度刚刚开始卡尔帕卡姆建造（2004 年 10 月）一座 500 兆瓦（电）的原型快增殖堆，并且一些国家也正在进行这方面的研究工作。

165. 多国安排的主要历史实例是 1959 年由 13 个欧洲国家成立的欧洲辐照燃料化学处理公司。该公司最初被成员国视为是汇集财政和智力资源以及获得国家在耗资巨大且有前景的工业领域专门知识的一种途径。其设在比利时摩尔的设施从 1966 年至 1975 年对民用动力堆燃料进行了后处理。在项目终止时，由于核能增长正在减缓和后处理生产能力过剩，欧洲对欧洲辐照燃料化学处理公司这样的国际组织的兴趣已经淡化，成员国的国家化学工业更倾向于在其政府支助下开展自己的实验，而欧洲辐照燃料化学处理公司对多国政府资助和决策的依赖使其很难在一个严峻的竞争性业务中进行竞争。

166. 第二个国际后处理主动行动是 1971 年由英国、法国和德国后处理商成立的联合后处理公司，该项行动促进了欧洲辐照燃料化学处理公司的关闭。鉴于当时的生产能力普遍过剩，该公司按照欧洲原子工会的建议使其投资合理化，以期在欧洲建立一个“有生存能力的工业”。沃尔夫（1996 年）<sup>21</sup> 将该公司描述为“寡头组织卡特尔形式的三方商业合作。其当前的目标是在英国和法国的工厂之间划分欧洲的后处理市场，直到其生产能力饱和。到这个时候，德国的大型后处理厂将进行接管。”然而，联合后处理公司直到最后也未能建造一座后处理厂。

## 现 状

167. 后处理生产能力的增长一直有限。就民用核电厂而言，法国在阿格有 2 个大型后处理设施，由高杰玛公司所有和运营；英国（英国核燃料公司）有 2 个，俄罗斯联邦（联邦原子能机构）有 1 个。印度（巴巴原子研究中心）运营着 3 个较小规模的设施以及 1 个用于钍分离的设施，日本（核燃料循环开发机构）有 1 个。除日本的设施（东海）外，所有当前正在运行的后处理厂或者在有核武器国家或者在《不扩散核武器条约》非缔约国。所有这些后处理厂均直接归政府所有或由政府控制的公司所有。可用于后处理民用乏燃料的总额定能力约为每年 5000 吨重金属。

168. 迄今为止，从动力堆卸出的乏燃料有约三分之一已进行了后处理，其中很大一部分用于制造轻水堆混合氧化物燃料。其余的乏燃料正在临时贮存。截至 2003 年年底，已后处理了约 78 000 万吨乏燃料。混合氧化物燃料的钚含量一般在 4% 至 40% 之间，取决于反应堆的容量和类型。最近几年，世界民用动力堆每年在乏核燃料中约产生 89 吨钚；每年从乏核燃料中约分离出 19 吨钚；每年有约 13 吨钚用于制造混合氧化物燃料。2003 年底接受原子能机构保障的钚的大致数量以及接受原子能机构保障的其他材料列于表 1。

---

<sup>21</sup> J.-M. 沃尔夫，“欧洲辐照燃料化学处理公司（1956 年—1990 年）核工程领域国际合作 35 周年：辐照燃料化学处理和放射性废物管理”，经合组织，巴黎（1996 年）。

表 1

2003年底接受原子能机构保障的材料的大致数量			
材料量（吨）			
材料类型	全面保障 协定 <sup>a</sup>	INFCIRC/66 型协定 <sup>b</sup>	有核武器 国家
辐照燃料中含钚 <sup>c</sup> 量	626.54	33.4	95.9
堆芯外的分离钚	12.7	0.1	72.8
堆芯燃料元件中的分离钚	14.2	0.3	0
高浓铀（铀-235丰度等于或大于20%）	21.7	0.1	10
低浓铀（铀-235丰度小于20%）	45480	3069	4422
原材料 <sup>d</sup> （天然或贫化铀和钍）	88130	2124	11998

a 涵盖根据《不扩散核武器条约》和（或）“特拉特洛尔科条约”缔结的保障协定和其他全面保障协定。

b 不包括有核武器国家的装置；包括中国台湾的装置。

c 该数量包括尚未根据商定的报告程序向原子能机构报告的辐照燃料中所含估计为90吨的钚（未报告钚含在实施件料衡算和封隔/监视措施的辐照燃料组件中）。

d 本表不包括INFCIRC/153号文件（修订本）34(a)分款和34(b)分款规定的材料。

169. 在世界范围内运行的制造混合氧化物燃料的额定能力约为每年 300 吨重金属。2001 年至 2002 年，轻水堆混合氧化物燃料的需求量约为每年 190 吨重金属。混合氧化物燃料已在商业的基础上装入欧洲的 36 座轻水堆以及印度利用若干混合氧化物燃料组件试验运行的 TAPS-1 号和 2 号机组。尽管在任何轻水堆中使用混合氧化物都是可能的，但混合氧化物目前比新鲜铀氧化物燃料更贵，并且预计在近期内对混合氧化物燃料的需求量不会有任何实质性增加。只有法国计划给更多压水堆颁发使用混合氧化物的许可证。日本有关在轻水堆装载混合氧化物燃料的计划已经推迟。混合氧化物燃料除在商业轻水堆中使用外，它还在日本 2003 年关闭福根先进热中子堆之前在该堆中和在常阳快增殖堆中使用过。法国的凤凰堆和俄罗斯的 BOR-60 实验快增殖堆中也在使用混合氧化物燃料，并且在 BN-600 快堆中也一直在使用少量带混合氧化物的实验燃料组件。

170. 在日本六所村建造的新商业后处理设施的建设工作于 1993 年开始。2004 年开始进行铀调试，2005 年期间将开始用实际乏燃料进行热调试，计划于 2006 年开始投入商业运行。六所村后处理厂之所以非常独特，是因为原子能机构一直能够对建设的所有各

个阶段进行监测和核查，这一因素目前被认为是对任何新的后处理厂实施有效保障的一个至关重要的因素。<sup>22</sup>

171. 展望未来，铀价在最近几年已经开始上升，核电容量的中期预测也在定期修订，呈增加趋势。可信的长期核电假想方案仍然从本世纪的全球逐步取消到大发展的变化。事实上，一些国家的核电正在显著发展，并同时产生了对后处理和使用混合氧化物的需求，而对承诺实现核燃料循环高度自主性的国家而言，也同时产生了对快增殖堆的需求。

## 经济性

172. 对基于普雷克斯流程多国后处理经济性的深入了解来自欧洲辐照燃料化学处理公司和联合后处理公司的经验以及相关研究。原子能机构的主要研究工作——“地区核燃料循环中心研究”<sup>23</sup>的重点是燃料循环的后端，更具体地说是在后处理方面。其主要的实质性动机是预期的后处理设施的规模经济性，但这项研究还涉及到健康、安全、环境和防扩散问题。

173. 主要结果与所期望的一样。采用普雷克斯流程的地区燃料循环中心利用该项研究所确定的费用概算和利率等将有利可图。计算表明，建造和运行后处理设施具有实际的规模经济性。就拥有较大规模核电计划的国家而言，对一个地区中心的投资可能比对国家设施的投资低 40% 至 60%。对拥有小型核电计划的国家，地区设施的成本可能是国家设施成本的三分之一或更少。回收基本投资和开始盈利所需的时间可能缩短 10 年。该项研究还得出结论认为，通过以当时现有或计划的国家装置为核心建造这样的系统是可能转向盈利运行的。该项研究已经认识到从当时的情况到达到地区中心目标的一条渐进的实际路线。

174. 该项研究还得出结论认为，地区中心将具有安全、健康和环境优势。这些优势源自大型地区中心要求较少场址这一事实。场址较少意味着环境影响较小和安全危险较小，而两者加在一起即意味着健康影响和危险较小，而且费用也较低。认识到场址较少、规模较大可能意味着核材料的更多运输，以及其他条件相同的情况下，更多的运输将意味着发生事故的机会较多。但是，断定因较少场址所致的危险减少已经胜过了这些危险。

175. 尽管该项研究作出了明确的积极评定，但地区燃料循环中心始终未建立起来。主要原因是经济性发生了改变。该项研究使用了每磅八氧化三铀 40 美元的铀价（按 1975

---

<sup>22</sup> 《大型后处理厂保障论坛报告：大型后处理厂的保障》，STI/PUB/922，国际原子能机构，维也纳，1992 年。

<sup>23</sup> “地区燃料循环中心”，《1977 年国际原子能机构研究项目报告》第 1 卷“概述”，国际原子能机构，维也纳（1977 年）。

年美元计），这一价格在当时似乎是合理的，但该项研究还做了一些敏感度分析。该项研究除其他外，还得出结论认为，考虑到所假定的其他经济参项值，如果铀价低至每磅八氧化三铀 30 美元，则即便是地区后处理中心也是不经济的。事实上，在该项研究完成之后 3 年，铀价下跌到每磅八氧化三铀低于 30 美元（按 1975 年美元计），并且近 25 年来一直低于该价格的一半。截至 2005 年 1 月 10 日的八氧化三铀现货价格已经回升到每磅 20.70 美元（或按 1975 年美元计的 7.40 美元）。

176. 后处理的经济性或更一般意义上的铀-混合氧化物燃料循环的经济性常常引起争论。法国和英国目前在后处理和铀再循环方面拥有相当丰富的工业经验。它们已证明，这种循环可能或多或少具有竞争力，并取决于铀的价格。从长期看，后处理使回收宝贵的材料成为可能。从短期看，后处理可减少临时贮存需求，而从中期看，则可大幅度减少处置废物的数量和放射毒性。拥有重要核计划和奉行能源独立政策的国家有保持后处理和再循环战略的动因。

## 服务保证

177. 直到铀再循环成为必需和更具经济性之前，世界范围后处理轻水堆燃料的生产能力预期将在数十年内供大于求。在此期间，随着若干供应方准备开展后处理业务，市场可随时提供充分的后处理服务保证。

178. 一个同意放弃建设本国后处理能力但希望将其乏燃料进行后处理并将分离铀和（或）铀用于混合氧化物燃料的国家将要求某种保证，即在需要时能够获得后处理服务。或者该国希望在必要时能够获得一揽子后处理和混合氧化物制造的保证。这些都是下列方案中设想的情况和可能的利弊因素。

179. 应当满足今后后处理服务保证的各种条件，以利于一座多边设施能够实践防扩散前提条件和确保提供服务。应纳入以下供应条件：

- a. 只应交付或返还混合氧化物燃料，而不是分离铀；
- b. 一座后处理厂应具有建在同一场址的混合氧化物燃料制造设施；
- c. 即时后处理，即同步进行后处理和混合氧化物燃料制造，以防止分离铀过量贮存；
- d. 即时交付混合氧化物，即交付新鲜混合氧化物燃料应与换料周期同步进行，以防止客户国将这种燃料贮存较长时间。

## 法律和制度问题

180. 1978 年，总干事邀请各国派代表参加专家组，以编写“关于制订国际铀管理和贮存制度以执行原子能机构《规约》第十二条 A 款 5 项规定的建议”。该专家组最终于

1982 年完成了报告。当时考虑了 3 个供应钚的选案，但最终未能达成一致，也未建立“国际钚贮存”。进一步的研究应对供应标准进行评价，并纳入和审查第 179 段所述条件。

181. 第一个国际核领域的合资企业——欧洲辐照燃料化学处理公司是 20 世纪 50 年代在经合组织核能机构主持下成立的。该公司面对来自成员国较大型国家装置的竞争于 1974 年关闭，这一关闭情况常常作为有效国际安排的脆弱性和不可行的证据被反复提及。但是，这种评定忽视了其他某些事实。建立欧洲辐照燃料化学处理公司的目的是使该公司起到培训中心的作用，并籍以获得后处理技术，开发各种类型燃料和技术以及增加工业经验。即便该公司的一些成员（特别是较小国家）原本希望最终建立一个其伙伴关系程度能够超出其单纯国家能力的欧洲单一后处理财团，但该公司不是作为防止后处理技术扩散的一种手段或作为国家发展的一种替代方案而设计的。就其任务而言，欧洲辐照燃料化学处理公司是一个成功之举。它促进并创建了在新技术领域建设工业能力的基础<sup>24</sup>。

182. 鉴于欧洲辐照燃料化学处理公司声明的目的是进行技术转让而不是禁止平行的国家技术发展，它对于面向防扩散的多国主义来说并不是一个特别好的模式。另一方面，为期 10 年的这种高技术领域的多国培训和发展活动已经积累了丰富经验和具有制度活力，这些可为今后的合资企业提供重要的经验教训，特别是在任务范围、组织安排、所有权共享和利益分配、财政义务以及对参与方在平行活动方面施加限制的程度。后来的多国核工业合资企业确实一直在考虑欧洲辐照燃料化学处理公司有关外部参与国政府控制机构在避免干涉业务活动的同时处理共同关切问题的规定。

## 防扩散和保安

183. 与后处理厂有关的主要扩散关切是它们向将要成为扩散者的国家提供从乏燃料分离用于武器计划的钚的能力。保安关切来自后处理厂（取决于具体的后处理循环）可能存在能够被转用或滥用的分离钚。

184. 对后处理厂未转用情况的核查依靠 6 套主要的核查活动：设计资料核实、存量变化核实、内部材料流量核实、临时存量及时核实、营运者记录和报告的检查以及年度实物存量核实。对后处理厂实施保障要求在常规运行期间进行定期测量和连续监测。

185. 后处理设施的有效和高效保障对于确保易裂变材料不被转用和探知设施的滥用情况至关重要。对后处理厂实施保障是一项费用昂贵且需要大量资源的任务。为了确保不被转用的确定性达到最高水平，原子能机构应像在日本的情况一样参与后处理厂的规划。

---

<sup>24</sup> SCHEINMAN, L. 《核燃料循环：对防扩散的挑战》，裁军外交，2004 年 3 月/4 月。

186. 另外制订地区安排与洲际运输相比可能减少已分离易裂变材料的运输危险并加强保安，但与国家设施相比可能增加运输危险。

187. 今后，新的后处理流程可能通过不完全分离裂变产物中的铀、钚和少量锕系元素进而形成威慑性较强的辐射水平，这将有助于加强抗扩散能力，同时维持钚作为燃料在快堆中使用的潜力。在监测和保障程序方面进行技术和其他方面的进一步改进也可能加强今后设施的抗扩散能力。将燃料制造厂以及燃烧再循环燃料的可能反应堆同建在一个场所亦可有助于加强这方面的能力。

188. 关于可能的多国后处理设施，原子能机构“地区核燃料循环中心”研究得出结论认为，地区中心将具有重要的防扩散和保安优势。首先，鉴于普雷克斯流程的规模经济性，地区中心概念意指比基于国家中心的后处理数量较少、规模较大的中心。需要监督的场所较少意味着利用一定数量的资源即一定的保障预算就有可能进行更仔细的监督。此外，转用、盗窃和丢失的机会也就越少。注意到由于今后可能利用具有较低固定费用的技术，多国设施将不一定具有这些好处。其次，联合运行将使参与者置于同行和伙伴的更严格监督之下，这是一种人们倾向于更加仔细、更加专心和更加严格的环境，所有这一切都将加强防扩散和保安。

189. 原子能机构研究项目中没有提及的一个潜在的抵消因素是国际合作会促进后处理专门知识的国际扩散。鉴于有关分离和操作武器用材料所需专门知识传播的越广，扩散就越容易，因此，这种合作将削弱抗扩散能力。

## 多边后处理方案的选择

190. 本节利用其他章节中的同样模式提出与不同的后处理和后续燃料服务供应保证方案有关的利弊因素。

### 类型 I：不涉及设施所有权的服务保证

#### a. 供应方提供额外的供应保证

191. 此举同后处理厂运营者有关，它将单独或集体地保证向已经同意放弃建设本国能力但后来发现拟议中的后处理方出于政治原因拒绝向其提供服务的国家提供后处理能力和（或）混合氧化物燃料。

有利因素*	不利因素
1. 不需要建新厂 (A)	1. 维持提供闲置储备能力的费用不明确 (B)
2. 便于实施, 参与者少, 不需要新的所有权安排 (B、E)	2. 在一些情况下, 拥有后处理设施的国家其政治多样性可能不足以提供所需的保证 (B)
	3. 存在围绕钚和 (或) 放射性废物返还客户国的问题 (A、B)
	4. 就私营公司而言, “保证” 承诺的可信度不明确 (B)

192. 当前的所有后处理厂均属国有。就世界范围核业务的性质而言, 供应方的任何保证都应得到相应国家政府绝对或明确的同意。但是, 这类同意将只对供应方有约束力

#### b. 政府国际财团

193. 在这种情况下, 政府财团将对获得后处理能力和返还混合氧化物燃料提供保证。供应方将只是执行机构。这种机制可能是确定在特定情况下政府对这种能力提出要求的法律。或者, 这种机制也可能是一项合同, 政府亦可在特定情况下根据该合同购买有保证的能力。不同国家可采用不同的机制。

有利因素	不利因素
1. 不需要建新厂 (A)	1. 维持提供闲置储备能力的费用不明确 (B)
2. 财团的承诺可能更可靠 (B)	2. “有保证的” 能力将涉及现有设施, 拥有设施的国家其政治多样性的可能不足以提供所需的保证 (B)
3. 费用可由政府而不是由供应方承担 (A)	3. 存在将钚和 (或) 放射性废物返还客户国的问题 (A、B)
	4. 必须考虑现有产权 (B、E)

#### c. 原子能机构参与的安排

194. 这是由原子能机构作为财团重要决策和行政机构的前述方案的一种变异。因此, 所建议的利弊因素是类似的。但是, 这里的一个新增有利因素反映原子能机构的组

\* A: 防扩散 - B: 供应保证 - C: 选址 - D: 技术准入 - E: 多边参与 - F: 专门保障规定 - G: 非核诱因。

成：其成员比商业财团的成员更广泛。如果原子能机构要发挥其作用，合乎逻辑且必需的做法似是，原子能机构应不受任何进一步同意权的约束，并假定这种同意权可纳入共同机制。

195. 这种机制可能是确定在特定情况下原子能机构对这种能力提出要求的法律。或者，这种机制也可能是一项合同，原子能机构亦可在特定情况下根据该合同购买有保证的能力。

有利因素*	不利因素
1. 不需要建新厂 (A)	1. 维持提供闲置储备能力的费用不明确 (B)
2. 原子能机构的承诺可能更可靠 (B)	2. “有保证的”能力将涉及现有设施，拥有设施的国家其政治多样性可能不足以提供所需的保证 (B)
3. 储备—维持费用可由原子能机构而不是由供应方承担 (B)	3. 原子能机构成员国的利益和优先事项广泛多样 (B)。
	4. 存在将钚和 (或) 放射性废物返还客户国的问题 (A、B)

前文就浓缩问题对这种类型所发表的意见在此也有效。

## **类型 II：现有国家设施转为多国设施**

196. 将国家设施转变为国际所有和管理将涉及建立新的国际实体，该实体将作为新的竞争者在世界后处理市场中运作。因此，下表下的一些建议简要论述国际实体在这种情况下利弊因素，而这些建议基本上与后处理无关。其他事项涉及除日本的 2 个设施外，所有现有设施都在有核武器国家或《不扩散核武器条约》非缔约国。在其中许多情况下，如果以前没有实施保障，则今后必须实施保障。

有利因素*	不利因素
1. 不需要建新厂 (A)	1. 新的保障实践必须“稍加修改”，以适用于《不扩散核武器条约》非缔约国或有核武器国家的设施 (A、B、C、E、F)

\* A：防扩散 - B：供应保证 - C：选址 - D：技术准入 - E：多边参与 - F：专门保障规定 - G：非核诱因。

2. 通过国际管理和运行团队增强抗扩散能力 (A、E)	2. 必须考虑现有产权 (B、E)
3. 汇集国际专门知识和资源 (B、D、E)	3. 存在如同欧洲辐照燃料化学处理公司所经历的国际管理方面的困难，特别是在提供供应保证的特殊负担方面 (B)
	4. 因后处理专门技术的国际扩散，存在潜在扩散危险 (A、C、D、E)
	5. 可能需要对具有充分政治多样性国家的设施进行若干转变，以便提供所需的保证 (B)
	6. 存在将钚和 (或) 放射性废物返还客户国的问题 (A、B)
	7. 可能增加运输要求 (A)

### 类型 III：建造新的联合设施

197. 建造新的多国后处理设施的一个历史先例是欧洲辐照燃料化学处理公司。建造新的联合设施也是原子能机构 1975 年至 1977 年“地区核燃料循环中心”的重点。下表所建议的利弊因素大多来自欧洲辐照燃料化学处理公司的经验和“地区核燃料循环中心”的研究。这里所考虑的新设施将承担提供所需供应保证的额外负担，同时还要成功地与没有这种额外负担的后处理设施展开竞争。因此，建造新设施的先决条件是对更多后处理和混合氧化物生产的需求。

198. 预先假定后处理厂和混合氧化物制造厂今后将毗邻建造。在这种情况下，须进行运输的将只是混合氧化物燃料而不是分离钚。

有利因素*	不利因素
1. 较大型后处理中心较少意味着受保障的场址较少以及扩散、偷窃和丢失的机会较少 (A、B、F)	1. 在有充分政治多样性的国家很可能需要若干这类设施，以便提供所需的保证 (B)
2. 通过国际管理和运行团队增强抗扩散能力 (A、E、F)	2. 存在如同欧洲辐照燃料化学处理公司所经历的国际管理方面的困难，特别是在提供供应保证的特殊负担方面 (B、E)

\* A：防扩散 - B：供应保证 - C：选址 - D：技术准入 - E：多边参与 - F：专门保障规定 - G：非核诱因。

3. 汇集国际专门知识和资源 (B、E)	3. 因后处理专门技术的国际扩散, 存在潜在扩散危险 (A、C、D)
4. 规模经济性 (B)	4. 存在将钚和 (或) 放射性废物返还客户国的问题 (A、B)
5. 较大型后处理中心的数量较少意味着环境影响、安全和健康危险较小 (A、B、E)	5. 存在“逃脱”假想方案和截留易裂变材料问题 (A、C、D)
	6. 可能增加运输要求 (A)

199. 前文就浓缩问题对这种类型所发表的意见在此也有效。

## 5.4 乏燃料处置库（最终处置）

200. 核燃料一经在核电厂使用发电后，即成为“乏燃料”并等待进一步处理，或者送往后处理设施从废物中回收其中所含的铀和钚，或者存放在中间贮存设施或放入“最终处置库”进行最终解决。世界范围内的大多数乏燃料目前都贮存在其来源地的核电厂。根据所选定的处置路线，最终处置库可能因此接收未经处理的燃料组件（乏燃料），或一般废物，或两者都接收。这类专用设施是否是多边方案的候选设施呢？除多国处置库的预期经济利益外，就乏燃料而言，由于存在与所含钚有关的潜在危险，目前有理由从防扩散角度对这类处置库进行审查，因为乏燃料中所含的钚由于相关裂变产物的放射性衰变，其可获得性随着时间的推移而增加。

## 技 术

201. 处置库是用于处置乏燃料等核材料的地下装置，通常位于地面以下数百米深处能够确保放射性核素与生物圈长期隔离的稳定地质构造中。在运行阶段，处置库将包括一个可能位于地面以上或地面以下的接收区，以及位于地下的容器操作区和放置区。在最终关闭后，将完成对处置库所有放置区的回填作业，并停止一切地表活动。

202. 乏燃料处置技术多年来得到了充分发展，这种发展在斯堪的纳维亚尤为显著，在那里燃料组件被嵌入固体容器（如铜等），然后埋藏。因此，不存在对多国最终处置的安全和环境可接受性比国家解决方案差的关切。

## 历史背景

203. 尽管在核电发展早期就提出了将所有核燃料循环活动集中在有限国家的国际中心的建议，但有关放射性废物和乏燃料“多国处置库”的首次研究是在 1987 年由经合组织-核能机构进行的。除由核能机构在 20 世纪 70 年代牵头的低放废物深海场址处置这个可能的“例外”之外，这种处置库始终未成为现实。不过，由于为实现最佳再循环和最终处置而商定的废物跨境互换，核材料一直是运到其他国家进行处置，而且在相关的化学毒性废物领域存在着国际处置的先例。

204. 这类废物的跨境转移由“巴塞尔公约”进行管理。《控制危险废物跨境转移及其处置的巴塞尔公约》于 1992 年生效。该公约是 162 个国家对世界范围内每年生产 4 亿吨废物所致问题作出的响应，这些废物由于有毒、有害、爆炸性、腐蚀性、可燃性、生态毒性或传染性而对人类或环境构成危险。共同目标是通过避免和再循环废物以及以环境可承受和大规模集约的方式处置废物来减少特殊废物量。这一全球环境条约严格管理危险废物的跨境转移，并规定缔约国承担义务，以确保以无害环境的方式管理和处置这类废物。为了实现这些原则，该公约在某种程度上控制危险废物的跨境转

移；实施监测；向以无害环境的方式管理危险废物提供援助；促进缔约国在该领域的合作以及制订管理危险废物的技术导则。

205. “**“巴塞尔公约”** 第十一条的标题是“**“双边、多边和地区协定”**”：“1.……各缔约国可同其他缔约国或非缔约国订立关于危险废物或其他废物跨境转移的双边、多边或地区协定或安排，只要此类协定或安排不减损本公约对以无害环境方式管理危险废物和其他废物的要求……”

206. 事实上，很多国家继续依靠其境外的设施再循环某些特殊废物（如金属废物）和处置各类毒性废物。只有在遵守国家和国际条例以及能够确保以环境可承受方式处理这类废物的情况下，才准许出口。

207. 经合组织各国和欧洲联盟已通过商定禁止向非经合组织国家出口拟进行最终处置的危险废物而承担了该公约以外的义务。这一承诺已经有助于确保对渴望阻止在发展中国家海岸不受控制地倾倒废物的非政府组织给予支持。

208. 根据该公约，跨境转移是一种已接受的实践：涉及废物总量的 5—10%，并有约 50% 的废物正在送往最终处置。5 个最大的出口国是德国、加拿大、荷兰、瑞士和美国。其中美国已经签署但尚未批准该公约。所有这些国家以及其他国家也进口废物。这导致对各类毒性废物最终处置进行更好的优化。

209. 这种管理毒性废物的公约及其实施的确是多边安排的一种模式，它能够在经济和环保方面带来最大的利益。

210. 相反，1997 年的《乏燃料管理安全和放射性废物管理安全联合公约》在多边交流方面更加谨慎，但通过“序言”的一个条款仍在鼓励这类安排，该条款是：“xi)深信就与放射性废物管理安全相适应而言，此类物质应当在其产生国处置，同时认识到，在某些情况下，通过各缔约国之间利用其中一国的设施为其他缔约国特别是废物来源于联合项目的其他缔约国惠益的协议可促进对乏燃料和放射性废物的安全与高效管理；”

## 现 状

211. 目前不存在任何多国共用处置库。但是，一些主动行动在研究这种想法<sup>25</sup>：

- a) 阿里乌协会将来自比利时、保加利亚、匈牙利、意大利、荷兰、斯洛文尼亚和拉脱维亚等国的一些组织联合在一起，其主要目标是探讨为小用户提供共用贮存和处置设施的方式，这些用户可能不愿或可能没有资源发展自己的设施。“欧洲地区处置库实验倡议支持行动”项目是欧洲委员会资助的一项

---

<sup>25</sup> C. MCCOMBIE 等，“核燃料循环中心——一个老而新的想法”，世界核协会 2004 年年度专题研讨会。

地区可行性研究；它是欧委会第六个“框架计划”范围内的一个项目。“卢布尔雅那倡议”是一个由中欧 7 个毗邻国家组成的集团，这些国家是奥地利、保加利亚、克罗地亚、捷克共和国、匈牙利、斯洛伐克和斯洛文尼亚。参与国意在共同解决方案的潜在安全、保安和经济优势进行评估。

- b) 俄罗斯联邦已越来越认真地对待乏燃料的进口，并且是唯一一个在政府一级公开支持这种做法的国家。该国政府正在制订乏燃料进口和贮存的国际安排，其建议暂时还不包括乏燃料的最终处置。2005 年 7 月，俄罗斯联邦将在莫斯科举行旨在加强防止核扩散制度的核燃料循环多边技术和组织方案国际会议。
- c) 原子能机构利用专门工作组一直在继续进行有关该主题的工作，并于 2004 年 10 月发表了一份关于该问题的实质性文件（第 1413 号技术文件：“发展多国放射性废物处置库：基础结构框架和合作假想方案”）。

212. 在国家一级，若干国家一直在推动实现高放废物最终处置库的建设，特别是芬兰、瑞典和美国。在很多国家，既存在与可能进口废物有关的政治敏感性，也存在与其有关的法律障碍包括在一些情况下的宪法障碍，这种关切将使多边核方案的这方面问题复杂化。

213. 然而，经合组织/欧盟国家在毒性废物方面获得的经验是令人鼓舞的。这些经验可解决核社会内外一些人对共用核处置库提出的一些关切。具体而言，“巴塞尔公约”缔约国没有义务从其他国家接受废物。所有交流即便对处置而言也都是自愿的，而且基于接受国际监督的自由订立的双边或多边协定。正如前文所述，经合组织/欧盟国家甚至作出了将所有废物保留在本国的共同承诺。

## 经济性

214. 多国处置库给东道国和拥有小型核计划的伙伴国都带来了许多经济利益。与一些伙伴共用一座设施可以显著降低东道国的支出。当然，由于东道国将承担永久提供处置库场所的负担，（并且也因为一些伙伴可以节省建造自己的集中设施的费用），东道国必须同伙伴谈判，以使其负担项目开发总费用中的合理份额。伙伴国应当同意不但要支付东道国部分或全部的开发费用，而且还要支付该场址的运行费用。因此，多国协定将全部开发费用分散到若干伙伴之中，从而显著降低各成员在此方面的费用。大多数国家在建造处置设施之前，对所发的每千瓦时核电都要收取一定的费用。

215. 对有关乏燃料处置的经济性是很难理解的。很多数字反映了提出技术和政治解决方案的时间已经拖延了 10 年之久的情况。以下成本估计是根据芬兰波西瓦废物管理公司的计算得出的，并以此作为芬兰乏燃料管理财务责任的依据。这些成本估计是基于良好的社会经济结构得出的，而且考虑了在国内外已经完成了相当数量的研究与发展工作：

场址和设施特定研究、发展和设计成本:	约 2 亿欧元
固定成本: (封装设施和处置设施的建造, 不包括处置隧道, 设施的退役和关闭)	约 2.5 亿欧元
可变成本 (废物罐、封装设施的运行、处置隧道的建造和处置设施的运行)	约 24 万欧元/吨铀

216. 如果将场址和设施特定研究与发展费用纳入固定成本, 则以下成本公式给出了一阶近似值:

$$\text{成本} = 4.5 \text{ 亿欧元} + 24 \text{ 万欧元} \times \text{乏燃料量}$$

217. 处置不同数量乏燃料的单位成本如下:

乏燃料量 (吨铀)	1000	2000	4000	6000	8000
单位成本 (百万欧元/吨铀)	0.69	0.47	0.35	0.32	0.30

218. 当乏燃料总量接近 1 万吨铀时, 可能需要追加投资, 例如采用平行封装处理设备, 新修通往处置库及处置库内的道路, 因此, 单位成本可能不会低于每吨 30 万欧元。作为比较, 待处置的乏燃料量芬兰大约为 2500 吨铀, 瑞典为 1 万吨铀, 美国则为 10 万吨铀。

219. 正如以上所述, 这些成本数字反映了各种有利条件和多少有些乐观的假想方案。在德国、瑞典、瑞士和美国等国家, 由于技术难题、政治上的争论和长达数 10 年的计划性拖延, 实际成本要高出很多。

220. 从场址选择活动到场址施工、运行和场址关闭后的监测和维护, 在很长一个时期将需要预付现金或者进行费用分摊。因此, 长期的财政安排是不可避免的, 并且可以若干形式作出这些安排, 其中, 可以对将要得到某种废物流的数量和时间作出保证, 或者可以就该类废物可能收取的费用达成协议。这些费用最终可能由将要使用多国处置库的废物生产者支付。

221. 责任是与成本密切相关的。若干因素能够导致成本增加超过估计值, 因此, 必须对这些因素进行适当的确认和评价 (例如常见紧急情况、不断变化的安全要求、实际经验、先进的工艺水平和意料之外的事件等)。为了处理责任问题, 可以设想两个典型的案例。第一种情况, 在接受废物的时候, 东道国可以对未来任何可能的补救承担责任或义务。第二种情况, 东道国和伙伴国可以签订协议, 伙伴国根据协议接受部分无明确规定的情况, 并为虽然可能性小但不是不可能发生的可能需要采取补救措施的未来事件承担责任。在这两种方案 (或任何中间方案) 之间如何选择可能依赖于制度因素、主要放射性核素的半衰期以及来自其他国际合资企业的实践经验。

## 服务保证

222. 这里所说的“服务保证”是指对某国的燃料进行“最终处置的保证”。一国（出于政治原因）及其核电厂营运者（出于业务原因）必须得到以下保证，即乏燃料（或经后处理后返回的高放废物）将确实在国内或在国际上得到及时的处置。对一座多国处置库或一项返回协议而言，这意味着各方之间牢固和持久的关系以及处置国有效的法律框架。

223. 所涉伙伴将需要就废物所有权转移到接受国的时间以及此类产权转移的范围达成协议。转移可以在运输废物前在伙伴的整备设施内对废物进行检查时进行，或者在整备后的废物进入东道国国境时进行，或者在东道国处置库接收废物时进行。可以想象，转移可能在较晚阶段进行，其后则极有可能不再发生任何新的附加费用。

224. 乏燃料所有权的转移可能很复杂，因为乏燃料也可以被认为是一种资源而不是废物。如果要在 30 至 50 年的中间冷却期内持有乏燃料，那么所有权转移的日期就可以往后推延。

## 法律和制度问题

225. 对当前和未来需要处置的各类废物的存量必须进行确认，然后才能够认真考虑建立多国处置库的问题。此外，在废物验收标准、废物整备和中间贮存设施的场所（即在各伙伴国或在多国处置库场址上所建的集中设施）以及待处置废物包的质量保证和质量控制等方面，东道国和其伙伴之间都应当达成协议。要解决的法律和制度问题绝非小事。

226. 核电厂很少的国家可能对利用国际手段最感兴趣。多国处置安排意味着愿意开放边境。对于有法律限制放射性废物进出口的国家，如果它们希望参加多国处置项目，则必须修订这些法律。在此，瑞士的情况值得重视：该国 2005 年 2 月生效的新的核法律允许进口和出口乏燃料和对核废物进行最终处置，尽管进出口都必须遵守“必要时”有权将乏燃料或废物返还发送方的条件。

227. 费用分担、责任、安全条例等所有考虑因素都与该项目的制度特征有紧密联系，这包括各监管和许可证审批机构之间以及与各合同伙伴之间的国内和多国关系。共用处置库可委托商业公司、东道国、或国家财团管理。在任何情况下都应具有包括商定导则和规则的明确国际框架，这样才能满足把燃料送往处置库的伙伴提出的要求和原子能机构的安全标准。

228. 一座处置库是一个长期管理的项目。它的准备时间为 20 年或者更长，运行期要几十年，而关闭后的监督和监测期可延续数百年之久。因此，它应当根据国际公约和协议进行运作。这就再次强调了项目连续性的重要意义，不仅从政治和合同的角度而且从技术和费用分担的观点看都是如此。由于不可能预测到经过很长时期以后这些方面将如何发展变化，因此，灵活性也将是必不可少的。

229. 关于国际处置库的安全条例问题，有关国家应当就许可证审批和适用的控制机制达成共同谅解。也有一些国际法律文书可以作为已有的国际公约使用，例如《乏燃料管理安全和放射性废物管理安全联合公约》，根据这些公约可以调节伙伴关系。

## 防扩散和保安

230. 今天比以往任何时候都重要的是，燃料循环前端和后端的核材料保安必须依然是国家、地区和国际层面上的高度优先事项。乏燃料中的钚的确是制造核爆炸装置的一种重要材料，尽管在不同程度上取决于燃料在反应堆中使用的时间。

231. 必须在整个核燃料循环过程中对核材料实施保障，直到认为这类材料实际上已不可回收的阶段（即当前每立方米玻璃固化高放废物中含钚低于 2.5 千克）。否则，特别是对于钚含量高于上述阈值的乏燃料而言，即便在处置库关闭之后也必须继续实施保障。

232. 在过去的十年中，原子能机构保障司一直致力于确定核废物和乏燃料的保障政策。召开了若干咨询组和顾问会议，而且在 1994 年开始实施一项雄心勃勃的“乏燃料在地质贮存库中最终处置的保障发展计划”并于 1998 年完成。

233. 在核废物方面，根据上述保障发展计划，“实际上已不可回收”标准的确定应包括废物材料类型、核材料组成、化学和物理形式以及废物性质（如存在裂变产物与否）。还应考虑废物总量、设施特定技术参数和拟采用的最终处置方法。从废物管理的角度看，主要关切是任何拟采用的保障措施都不应削弱废物管理系统的安全。另一个考虑因素是与需要增加实施保障措施的费用有关。咨询组和顾问们得出结论认为，乏燃料在被放入通常称为“永久处置库”的地质构造之前或之后的任何时候都不能认为是实际上已不可回收，因此，不应终止对乏燃料的保障。

234. 就乏燃料而言，已经提出了有关各种用于在乏燃料整备设施实施保障方法和技术的建议。拟议中的技术从安全角度看都不可能引起重要问题。没有对实施破坏性核查技术作出预测。

235. 就关闭后的地质处置库而言，保障方案必须提供有关侦查未申报的破坏处置库完整性的可信保证。应当通过能够定期检查处置库场址的非侵入性监视机制对处置库实施保障，例如利用地球物理设备进行的不通知视察、卫星或空中监测以及利用远程数据传输的地震监测。

236. 据原子能机构保障司称，乏燃料处置库最终处置的保障方案将有充分的时间出台，以便纳入今后多边核方案处置库的设计。

## 乏燃料最终处置库方案

237. 确定燃料循环后端可能的多边方案相对复杂，因为在贮存和处置之间有一条虚线。作为第一优先事项，核电厂业主希望尽早卸载乏燃料，以便他们自己的乏燃料贮存水池不被堆满。这里所说的“服务保证”系指“摆脱”乏燃料。今后，对于国内能源资源不充分的国家（如法国、印度、日本、巴基斯坦和瑞士等），控制乏燃料和后处理得到的钚非常重要，因为这类材料被认为是可立即回收或可能在临时贮存多年后回收的一种能源资源。对于其他对回收钚不感兴趣的国家，贮存是通向地质处置库处置的唯一中间步骤。因此就贮存而言，在贮存的期限、性质及其是否为后处理或处置的前奏方面也存在一些模糊。正如技术专家就“可逆和可回取最终处置”这种矛盾提法所指出的那样，这些模糊性也延伸到在地质处置库的处置。

238. 因此，根据国家、期限和影响钚商业价值的铀市场条件情况，乏燃料服务保证可采取以下不同形式：a)提供临时贮存，b)提供中期或长期后处理服务，以及 c)不论可回取与否寻求最终处置库的前景。前 2 种形式在本报告的单独章节中论述。在本节主要关注的是多边共用乏燃料最终处置库和为核电厂营运者处置其设施产生的乏燃料提供服务保证。有 3 类多边方案值得考虑。

### 类型 I：不涉及设施所有权的服务保证

#### a. 供应方提供额外的供应保证

239. 该方案或多或少同前苏联的做法有关，按照这种做法，向由苏联设计的电厂业主-营运者提供新燃料，并全面承诺收回乏燃料，从而将乏燃料收归苏联所有，但这些燃料的本身地位并不明确。俄罗斯联邦准备在后处理和贮存方面遵守这项承诺。目前，伊朗和俄罗斯联邦正就类似的安排进行谈判。顺便提及，没有什么能够阻止其他核燃料公司在商业基础上提供“燃料租借-燃料收回”安排。除燃料收回外，人们也可能设想只收不回，即处置库东道国不是燃料的原产国。目前，燃料租借相对简单，而燃料收回尽管争议较大，但从防扩散观点看则更有意义。

有利因素*	不利因素
1. 客户国不再有保安风险 (A)	1. 对接受国可能获得宝贵的武器级钚有关切 (A)
2. 便于实施，参加者少 (B)	2. 服务保证取决于 1 个伙伴 (B)
3. 废物处置最终解决方案有保证 (B)	3. 存在钚长期所有权问题 (B)
	4. 许多国家存在反对接受外国乏燃料的法律障碍 (B)

\* A: 防扩散 - B: 供应保证 - C: 选址 - D: 技术准入 - E: 多边参与 - F: 专门保障规定 - G: 非核诱因。

240. 也可以设想采取部分“燃料租借-燃料收回”的形式，按照这种形式，供应国将接受收回一些与乏燃料中所含裂变产物数量和毒性相当且经玻璃固化或以其他方式适当整备的高放废物。

b. 政府国际财团

241. 这种模式是一项集体的“燃料租借-燃料收回”安排，涉及若干核燃料公司及其政府（燃料收回将涉及政治层面的问题）。它们将持有接收的材料、取得所有权、临时或有限期地贮存或甚至后处理这些材料。合同安排将在个案的基础上规定，承租者是否有权回购其先前以乏燃料形式转让的数量相当的**混合氧化物燃料**，即使在这类安排将主要规定包括最终处置的情况下，承租者是否也有这种回购的权利。

242. 部分“燃料租借-燃料收回”的安排在这里也可能行得通。

有利因素	不利因素
1. 承租国在返还燃料后没有保安风险 (A)	1. 因涉及若干参与者而更难实施 (A、B)
2. 在作出政治决定后能够很快实施 (B)	2. 需要若干接受者的政治意愿 (B)
	3. 在长期内不断变化的政治环境可能改变承诺 (E)
	4. 必须考虑现有产权 (B、E)
	5. 在许多国家存在反对接受外国乏燃料的法律障碍 (B)
	6. 存在钚长期所有权的问题 (B)

c. 与原子能机构有关的安排

243. 原子能机构授权履行与《不扩散核武器条约》有关的保障义务，并据此对最终处置库中的乏燃料进行跟踪。在任何双边或多边安排中不可能再给原子能机构增加任何新的作用。尽管原子能机构可能能够发挥“给予”的作用（如管理新鲜燃料库），但其成员国将可能不愿意让它在具体的最终处置设施中“接收”乏燃料，并因此承担将涉及的一切费用和 risk，除非它能够履行一种把好接受关的监督职能。

**类型 II：现有国家设施转为多国设施**

244. 在这种情况下，东道国将在其存量和处置范围中增加来自伙伴国的进口废物，但它只有在其国家设施安全运行之后才能这样做。预期收入将有助于建造具有良好保安

和环境特点的现代化处置库。此外，甚至还可以设想制订不仅涉及乏燃料和放射性废物而且也涉及化学毒性废物的地区安排。

245. 在现有处置库接受核材料方面将产生很多政治认可和公众接受问题。处置计划在国家一级的成功实施以及该项目在国际层面的良好透明度——广泛遵守《不扩散核武器条约》和《乏燃料管理安全和放射性废物管理安全联合公约》等国际文书——将大大促进对这类国际处置库项目的接受。发送核材料的国家肯定会要求通过某种国际监督即通过原子能机构提供良好的安全和环境管理保证。

有利因素*	不利因素
1. 减少扩散危险 (A)	1. 存在政治认可和公众接受问题 (B)
2. 能源 (钚) 有保证和可利用 (B)	2. 可回取性和转让的同意权不确定 (B)
3. 所有伙伴都有最佳经济性 (B)	3. 服务保证只依赖于 1 个伙伴 (B)
4. 东道国现有的可靠和安全设施 (A)	4. 存在回取的可能性 (A)
	5. 政治环境在长期内的不断变化可能改变承诺 (B、E)
	6. 必须考虑现有产权 (B、E)
	7. 许多国家存在反对接受外国乏燃料的法律障碍 (B)
	8. 运输要求增加 (A)

### **类型 III：建造新的联合设施**

246. 一个多国处置库项目的启动将先要对废物的表征、整备和运输进行可靠的技术评价。将需要就存量、成本/效益、安全和法律问题进行分析。确定适当的处置库场址极其重要，因为与建议场址有关的具体安全、环境和政治问题实际上将决定这种国际项目的命运。应当不遗余力地建立牢固的技术和科学基础，以便选择在安全和环境影响方面最适宜的场所。在选择东道国方面将起一定作用的因素包括：政治意愿、地质稳定性、良好的监管基础结构、政治稳定、防扩散信誉以及转运国的同意权协议。

247. 公众接受对于建立国家处置库始终至关重要。对于涉及来自若干国家的核废物和乏燃料的多国处置库项目，公众接受甚至更为重要。只要提及这类国际项目，就很可

\* A：防扩散 - B：供应保证 - C：选址 - D：技术准入 - E：多边参与 - F：专门保障规定 - G：非核诱因。

能会出现“不要将世界垃圾场建在我家后院……”之类的口号。因此，高水平的安全标准和成本透明度对于多国处置库项目获得公众接受必不可少。

248. 为了克服国际上所谓“不要建在我家后院”综合症，应当不只建造 1 个国际处置库，或许甚至在每个大陆都要建造 1 个以上的多国处置库。东道国肯定不会愿意作为唯一的场址。建立若干地区处置库将使运输量减至最低程度，并且客户国也将有一定程度的灵活性。可以设想，在世界范围内北美有 2 个处置库，南美 1 个，西欧/中欧 2 个，俄罗斯、非洲、南亚、中国和东南亚各 1 个处置库。

249. 负担首先将落在东道国及其政府的肩上。东道国政府、参加国和国际社会可采取若干步骤帮助获得所需的公众接受：

- a) 参加国的数量和性质在东道国公众接受方面将起到一定作用，其数量不能太多，也不能太少。伙伴国在政治上的坚定支持是实现公众接受的一个绝对的前提条件；
- b) 虽然可靠工业伙伴的参加对确保技术活力和经济稳固是必要的，但也需要政府和其他公共实体的参与，以确保增强技术活力、经济稳固和公众接受的长期持续性；
- c) 就乏燃料处置而言，可以在介绍国际处置库和论证其合理性的过程中强调处置库在防扩散层面上的问题。东道国因此将为乏燃料中的钚提供一种安全和集中的掩体，而不是将其分散在地区内的许多设施中；
- d) 就“可回取的乏燃料处置”而言，东道国将因此为宝贵的钚资源提供临时贮存，如参加者今后需要，还可将这种资源作为今后使用的一个巨大的潜在能源。根据参加国之间的所有权协定，东道国因此能够获得一种潜在的出口商品。

有利因素*	不利因素
1. 规模经济 (B)	1. 因涉及若干参加者而难以实施 (A、B、E)
2. 能够为地质情况不适当的国家提供解决方案 (B)	2. 在国家公众接受方面存在困难 (B、C)
3. 整合努力而不是重复努力 (A、B、E)	3. 运输要求增加 (A、B)

\* A: 防扩散 - B: 供应保证 - C: 选址 - D: 技术准入 - E: 多边参与 - F: 专门保障规定 - G: 非核诱因。

4. 能够为有政治接受问题的国家提供解决方案 (B)	4. 存在国际上“不要建在我家后院”的问题 (B)
5. 在 1 个场所实施保安措施更容易 (A)	5. 长期内不断变化的政治情况可能改变承诺 (B、E)
6. 有可能回取以满足今后能源需求 (B)	6. 由于存在回取可能性而产生扩散危险 (A)
7. 能源资源 (钚) 有保证和可利用 (B)	7. 许多国家存在反对接受外国乏燃料的法律障碍 (B)

## 5.5 乏燃料贮存（中间贮存）

250. 下节讨论乏燃料贮存以及是否将燃料循环的这一部分作为多边安排的一个候选方案。在不具体涉及前端的情况下，大部分结论在作必要修改后都可在此适用。

## 技 术

251. 在燃料循环后端，含钚乏燃料在等待后处理或最终处置时经常被长期贮存。在前端，作为普通铀氧化物燃料（二氧化铀）或混合氧化物燃料（二氧化铀和二氧化钚）的新燃料在核电厂使用之前贮存在现场，核电厂内这种少量的燃料具有有限的扩散危险，而当它们作为新燃料库存长期在各地临时贮存时，就会有较大的扩散危险。

252. 核材料贮存技术在过去几十年中已经得到充分发展，这方面的经验将直接适用于多国安排。相关的技术问题是：安全、实物保护、保障、燃料验收标准、长期稳定性、选址、贮存技术（湿法或干法）、许可证审批、设施运行、运输和退役。

## 历史背景

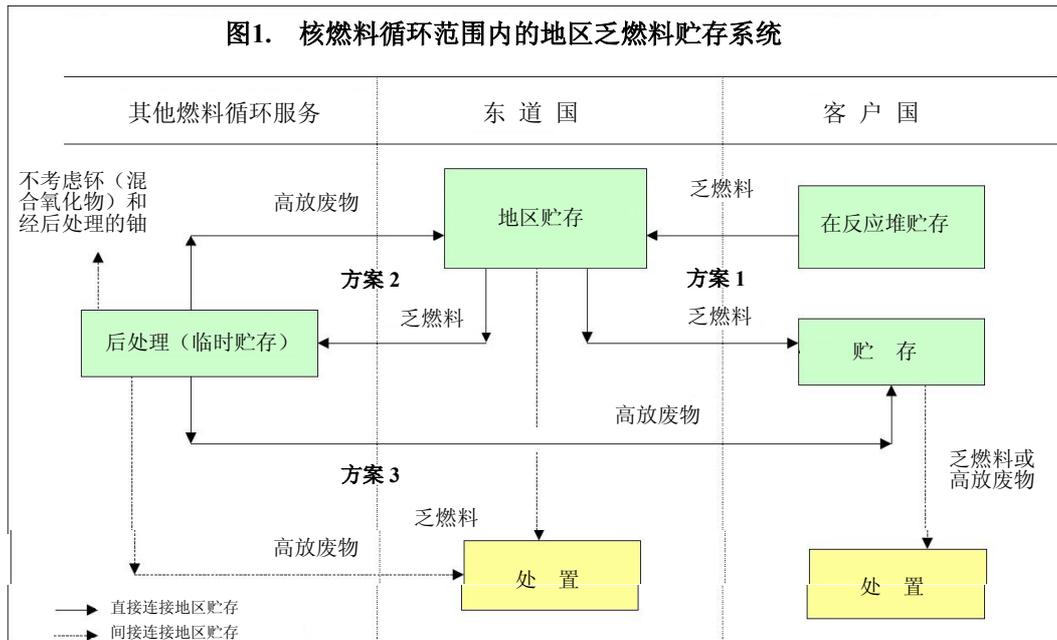
253. 原子能机构《规约》明确载有特种核材料国外托管的概念。虽然一个国际专家组在 1980 年前后对“乏燃料国际贮存”概念进行了长时间的评价（与在本报告历史回顾中提及的“钚的国际贮存”评价同时进行），但该概念从未成为现实。原子能机构在 1997 年开始了有关乏燃料多国贮存设施的研究。

## 现 状

254. 今天，核动力堆产生的大约 165 000 吨重金属当量的辐照燃料（乏燃料）贮存在世界各地。到 2015 年，已贮存乏燃料的数量将增加到约 280 000 吨重金属当量。目前，世界各地还贮存着从研究堆卸出的 62 000 多个燃料组件。

255. 目前不存在任何多国共用贮存设施。乏燃料的贮存时间将比原来预期的要长，目前正在讨论长达 100 年的贮存问题。

256. 原子能机构继续研究地区乏燃料贮存概念。其目标和范围与处置库类似。目前正在编制一份重要的技术文件（“地区乏燃料贮存设施的技术、经济和制度问题”）。原子能机构工作人员已向多边核方案专家组提交了这项研究的初步结论，这对于评估这类多国安排将是非常有益的贡献。



257. 原子能机构在这份技术文件中提供的图表显示了围绕一个地区贮存库对核材料可能采取的路线及其与处置和后处理的接口情况。

258. 大多数拥有动力堆的国家都在制订其本国的乏燃料管理战略，包括临时贮存。但是，拥有小型核电计划或只有研究堆的若干国家正在面临着延长其乏核燃料临时贮存的问题。对在这类国家中积累的少量乏燃料而言，临时贮存设施的高成本显然是不合理的，因此，从经济观点看，能够利用第三国提供的地区临时贮存设施贮存这类国家的燃料将是一个有兴趣的解决方案。

259. 多国贮存所产生的利益和挑战完全能够与多国处置相比。适合于最终处置库的长期条件和法律问题在这种情况下可能不适用，或者可能影响较小。贮存所获得的更大利益能够对地区贮存项目的可接受性产生有利影响，即在世界范围运行数百个贮存设施，贮存期缩短，并且根据定义贮存是完全可逆的。因而更能获得政治上的认可和公众的接受。

## 经济性

260. 今后可能存在地区和国家瓶颈，并且预计若干国家可能会有短缺。与燃料运输有关的费用和障碍将影响世界范围供需的充分平移。

261. 多国贮存能够为东道国和伙伴国双方提供显著的经济利益。几个伙伴共用 1 个设施能够明显降低湿法贮存的成本，而就实际上更具模块结构的干法贮存而言，其成本降低幅度较小。

262. 潜在的服务供应方包括：

- a) 愿意利用商业机会或有其他兴趣（即防扩散）的国家；
- b) 拥有先进的核废物管理计划并愿意接受额外乏燃料贮存的国家；
- c) 现有后处理设施具有可利用的后备贮存能力或容易扩大这种能力的国家；
- d) 拥有小型或广泛核计划并具备能够发展供其他国家使用的理想场址的国家。

263. 潜在的客户包括：

- a) 拥有小型核计划但不能实际发展经济、有效和完整的后端设施的国家；
- b) 拥有大型或小型核计划并能认识到利用地区贮存方案会带来有吸引力的经济或政治优势的国家。

264. 费用分担将持续很长时间。因此，长期的财政安排是不可避免的，并且可以采取若干形式进行这些安排，其中可对贮存期做出保证。

## 服务保证

265. “服务保证”在此系指对某一方的燃料“确保贮存”。出于运行的原因，必须向核电厂的营运者提供保证，一旦现场贮库满载，其反应堆卸出的乏燃料将有所去处。因此，在进行后处理或处置库处置之前，必须为国家或国际中间贮存做好准备。

## 法律和制度问题

266. 地区乏燃料贮存方案将需要各种相关机构包括国家、多边、超国家（如欧盟）和国际实体的参与。在国际一级，可能涉及原子能机构、经合组织/核能机构、原子能联营等机构。在国家一级，政府和监管机构、地方当局、监督机构以及乏燃料生产厂家和设施营运者将参与该过程。

267. 多边贮存安排代表一种合作意愿。鉴于贮存可能持续数十年，贮存设施必须在一项国际公约或协定的约束下运行。东道国和伙伴国的政治稳定又是一个关键因素。无论从政治和合同的角度还是从技术和费用分担的观点看，这再一次突出强调了连续性因素的重要性。可将共用贮存库的管理委托给商业公司、东道国或国家财团。但在任何情况下都应当建立一个明确的包括商定导则和规则在内的国际框架。

268. 对多国设施的另一个挑战性问题涉及乏燃料的所有权和产权转移。由于这类项目的期限长，加之乏燃料的最终目的地可能还没有确定，因此需要考虑与在这种设施中贮存的乏燃料所有权有关的 3 个选案：

- a) 燃料所有权属于供应客户，在贮存期满后，将燃料或酌情时将后处理产品返回业主；
- b) 推迟向东道国转移所有权，并可能根据合同确定的时间在以后转移；
- c) 燃料所有权立即转移给东道国，预计不进行任何燃料或适当时的后处理产品返回。

269. 在第一选案中，订立在久远的未来回收乏燃料的协议可能对双方都有风险。就客户而言，政府的不定政策可能阻止对乏燃料的交货和支付，而对东道国说来，推迟接收燃料可能引起负面的经济和政治反应，并因此危及整个项目。由于需要就接受乏燃料达成协议，东道国与客户国的合同需要双方的坚定承诺。可能需要就遵守这些协议提供国际保证，并且原子能机构可能应当参与这种国际保证。

270. 第二选案包括有可能在今后的某个时候进行产权转移，具体时间依东道国和客户国双方的可能而定。该选案的风险与第一选案类似，并且可能也需要某些国际保证。

271. 第三选案避免了燃料收回问题。该选案可能对客户国最具吸引力。东道国负责乏燃料的贮存和最终处置。但是，在贮存后还没有确定处置路线的情况下，可能会就乏燃料作为一种“能源资源”的潜在商业价值提出一些问题。各方之间应就这些问题进行非常认真的谈判。

272. 应当将责任与乏燃料业主的义务挂钩，以确保乏燃料以安全和可靠的方式得到妥善管理和最终处置。若干因素可能导致成本增加，因此，必须充分地确定和评价这些因素，即常见紧急情况；不断变化的安全要求；实际经验；先进的最新技术；难以预料的事件等。这些责任是管理一座多国贮存设施正常运行所需的固有费用。此外，异常运行问题必须在国家法律和适用的国际条约范围内通过合同加以解决。地区乏燃料贮存设施东道国今后的责任与乏燃料所有权问题密切相关。

## 防扩散和保安

273. 对特种核材料实施保障是一种有明确标准和措施完善实践。在无核武器国家多国贮库中贮存的乏燃料无论是多国贮存还是国家贮存，都要接受原子能机构的保障。客户国也可以要求对位于有核武器国家的多国贮库实施保障。

274. 如果集中考虑保安问题，则值得注意的是地上贮存设施比地下处置设施更容易遭遇外部危险。

## 多边乏燃料贮存方案

275. 正如在有关处置库章节中同一位置所指出的那样，在贮存与处置之间划有虚线的地方，燃料循环后端的情况错综复杂。因而，在贮存期限、贮存的性质以及贮存是否作为后处理或处置的前奏方面也存在一定的模糊性。

276. 乏燃料贮存的服务保证可采取不同形式，这些形式取决于具体的国家、期限和后处理市场（无论有无商业吸引力）。在此也考虑 3 种多边方案：

**类型 I：不涉及设施所有权的服务保证****a. 供应方提供额外的供应保证**

277. 当新燃料在运往电厂业主——营运者等客户之前由燃料供应方贮存时，可以和燃料前端相比照。为了提供缓冲功能，可以扩大这种新燃料缓冲库的体积。这种安排能够在后端得到反映；商业实体将承诺收回并贮存乏燃料，直至决定其在后处理和处置之间的归宿。亦可将此安排视为是与再循环钚有关的一种缓冲。俄罗斯联邦已承诺接收由俄罗斯提供的反应堆所产生的乏燃料进行贮存。目前正在考虑将这项建议扩大到非俄罗斯供应的燃料。

有利因素*	不利因素
1. 减少了客户国的保安风险 (A、B)	1. 对接受国可能持有宝贵的武器级钚有关切 (A)
2. 便于实施，参加者少 (B)	2. 保证只依赖于 1 个伙伴 (B)
	3. 存在燃料将不被收回的关切 (B)

**b. 政府国际财团**

278. 这种乏燃料银行的模式将涉及更多的供应方，并可能涉及它们的政府。供应方将在不持有或不取得所有权的情况下持有所接收的材料，并将无限期地临时贮存该材料，从而建立了具有某种政府保证的集体性战略燃料储备。

有利因素	不利因素
1. 减少了客户国的保安风险 (A、B)	1. 与若干参加者共同实施 (E)
2. 服务保证有赖于若干伙伴 (B)	2. 由于是多国安排，需要做出政治决定 (A、B、E)
	3. 存在燃料将不被收回的关切 (A、B)
	4. 必须考虑现有产权 (B、E)

**c. 与原子能机构有关的安排**

279. 有关核材料管理/贮存国际化的尝试可援引原子能机构《规约》第十二条 A 款 5 项的规定。“钚的国际贮存”概念即来自该款，其中规定由原子能机构管理特种可裂变材料：

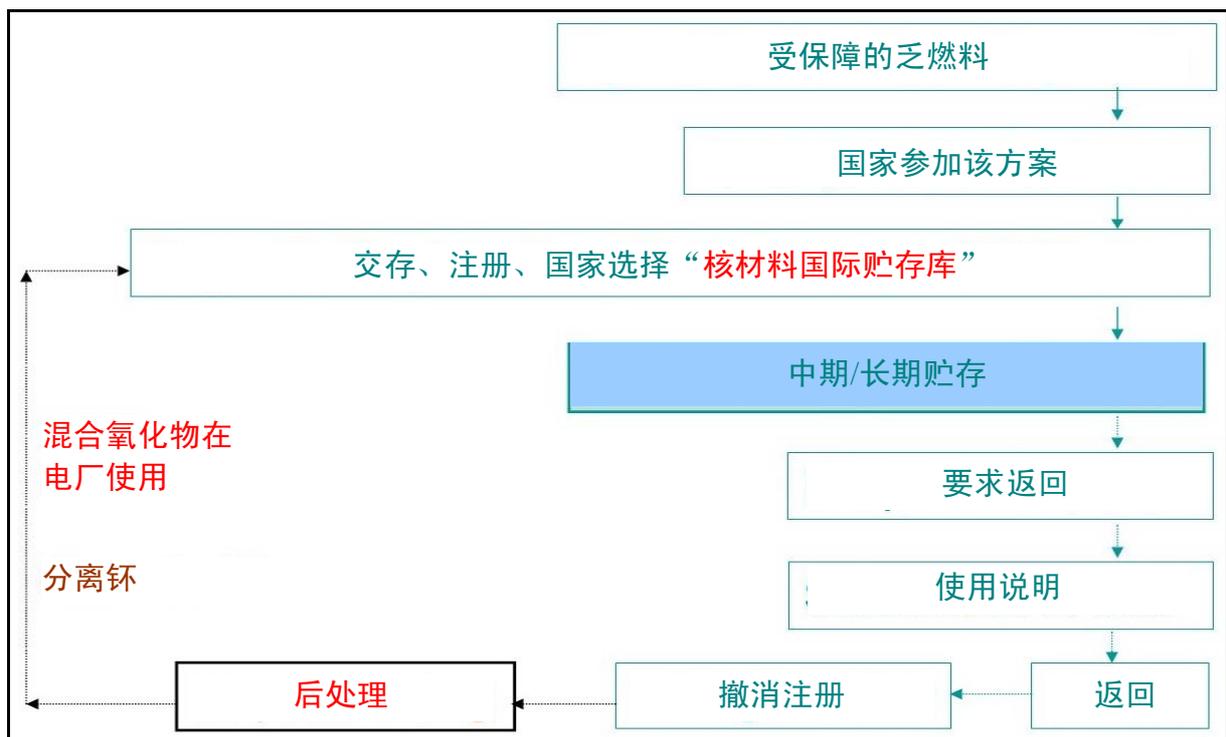
\* A：防扩散 - B：供应保证 - C：选址 - D：技术准入 - E：多边参与 - F：专门保障规定 - G：非核诱因。

“……要求将回收或作为副产品产生的特种裂变材料中超过上述用途需要的部分，交机构保存，以防止此种材料的囤积，但此后如经有关的一个或几个成员国的请求，此项交存机构的特种裂变材料应迅速退还有关的一个或几个成员国，供其按照上述规定使用”。

280. 虽然 2 个独立的国际专家组在 1978 年至 1982 年期间对上述想法进行了长时间的评价，但该想法无论对分离钚还是对乏燃料都从未成为现实。各国家不愿放弃它们对宝贵的核材料的控制。此外，由于自 1970 年以来在根据《不扩散核武器条约》实施保障方面取得了进展，与 1957 年相比，最初的防扩散关切到那时已经失去了势头。

281. 这一想法在“核材料国际贮存”的名义下得以恢复。就分离钚而言，该概念将主要适用于返回的和在核电厂使用之前贮存的混合氧化物燃料。与不愿放弃对分离钚的国家主权形成对照，对未经分离钚（即乏燃料）的国际贮存可能会引起较多兴趣。今天，在乏燃料方面可能存在更大的政治灵活性，因为这种资源比分离钚的直接价值低，更难贮存，而且在扩散问题上也不及分离钚敏感。

282. 根据 1982 年建议的一种模式，在原子能机构托管之内和之外的材料流程如下图所示：



283. 以下安排将适用于任何参加国，无论其是否无核武器国家：

- a) 涵盖范围：和平应用产生的所有乏燃料和分离钚；
- b) 返回：应要求，授权返回进行后处理，然后进行和平应用，所有材料均置于保障之下并不得囤积；

- c) 应用核查：提供材料流程图；核实材料流程（超出保障要求）；
- d) 撤消“核材料国际贮存”登记：当保障状况从“核材料国际贮存”转变为业主的设施时。

284. 鉴于过剩钚的库存量很大并且仍在不断增加，一些人提出现在已经到了有关国家将此种材料交由原子能机构进行国际保管的时候了，直至以后进行和平利用或处置<sup>26</sup>。将这种燃料交由原子能机构保管能够促进利用钚的燃料循环的应用，有助于实现防扩散目标，避免国家间歧视和干涉国家能源计划。分离钚和乏燃料将在少数几个场所进行分散保存，这是一项将使燃料运输减至最低程度的安排。

有利因素*	不利因素
1. 具有潜在的经济优势 (B)	1. 缺乏使原子能机构参与的政治意愿 (A、B、E)
2. 是一种在原子能机构托管下的良好的保安和防扩散框架 (A)	2. 法律和制度建设复杂 (B、E)
3. 能够提供坚定的服务保证 (收回，钚返还) (B)	3. 需要原子能机构承担管理任务，并具有财政影响 (B、E)
4. 仍然可能采取后处理和处置方案 (B)	4. 仍然存在“逃脱”风险 (A)
	5. 运输要求增加 (A)

## 类型 II：现有国家设施转为多国设施

285. 在这种情况下，东道国将其从伙伴国进口的特种核材料增加到本国的存量和贮存能力中。此外，在运往电厂业主——运营者之前实施新燃料（铀和混合氧化物）贮存的现行商业实践中已经存在一个有限范围的类似方案。为了提供战略储备功能，可以扩大这种燃料缓冲库的体积。可以在决定增加地区后处理能力或最终处置能力之前设想地区安排，以便建立新燃料战略储备和乏燃料联合缓冲贮存。

286. 对这类国际贮存项目的接受程度将由于经济促进因素、目前国家贮存计划为数极少以及该项目在国际层面的良好透明度而得到很大促进。也很可能需要进行某种国际监督（如原子能机构的监督）。

<sup>26</sup> BENGELSDORF, H.D., MCGOLDRICK, F., “过剩钚的国际保管”，《原子科学家通报》，2002年3月/4月。

\* A：防扩散 - B：供应保证 - C：选址 - D：技术准入 - E：多边参与 - F：专门保障规定 - G：非核诱因。

有利因素	不利因素
1. 东道国拥有可靠和安全的设施 (A、E)	1. 东道国在政治接受方面有困难 (B、E)
2. 能源资源 (钚) 有保证 (B)	2. 在同意权方面存在不确定性 (B)
3. 所有伙伴都有最佳经济性 (B)	3. 服务保障只依赖于 1 个伙伴 (B)
4. 建设: 简便快速 (B)	4. 运输要求增加 (A)
	5. 必须考虑现有产权 (B、E)

### 类型 III: 建造新的联合设施

287. 可以在地区或多国范围内建立新的共用贮存设施。在选择东道国方面将起一定作用的因素包括: 政治意愿、选址、良好的监管基础结构、政治稳定、防扩散信誉、同意权协议和转运国。

288. 政治意愿将取决于国家对地区联合缓冲库存之优越性的认识。“强强联合”将反映对供应保证的更多认知, 并将导致公众更好地接受核能。高水平的安全标准、可靠的质量保证以及公平和透明的费用分担对于多国贮存项目获得政治支持也是至关重要的。虽然可靠工业伙伴的参加对确保技术活力和经济稳固是必要的, 但也需要政府和其他公共实体的参与, 以便确保增强公众接受的长期持续性。也应强调乏燃料地区贮存的防扩散优势。东道国因此将为新燃料和乏燃料中的钚提供一种安全的集中掩体, 这种方式比将它们分散在地区各处的许多设施中要好。就乏燃料贮存而言, 还可以提及的是东道国藉此将对宝贵的钚资源提供临时贮存, 如果参加者在 30 年或更多年之后需要, 这种资源还可为今后使用提供一种有巨大潜力的能源。因此, 根据参加国之间的所有权协定, 东道国将获得一种潜在的出口商品。

有利因素*	不利因素
1. 规模经济 (B)	1. 因有若干参加者, 存在实施方面的困难 (A、B、E)
2. 为没有合适地质条件的国家提供了解决方案 (B)	2. 国家公众的接受 (B)
3. 整合努力, 而不是重复努力 (E)	3. 运输要求增加 (A、B)

\* A: 防扩散 - B: 供应保证 - C: 选址 - D: 技术准入 - E: 多边参与 - F: 专门保障规定 - G: 非核诱因。

4. 为有政治障碍的国家提供了解决方案 (B)	4. 存在国际上“不要建在我家后院”的呼声 (B)
5. 在 1 个场所更容易实施保安 (A)	5. 在发生“逃脱”情况下存在回取易裂变材料的可能性 (A)
6. 最佳服务保证 (收回, 钚返回) (B)	6. 可能增加运输要求 (A)

## 5.6 方案概述

289. 一项多边核方案可以作为国家燃料循环设施的一种备选方案，从而减少此类设施的数量。除已经讨论的可能有吸引力的经济因素外，为一项多边核方案设想的政府间协定还能加强对核材料和被限制技术的转让和利用的控制，并将对设施提供更好的实物保护，以及能够提供设施的最佳选址。

290. 与纯粹的国家设施相比，多边核方案能够为充分控制核材料和核设施提供更大的保证，因此，它有助于减轻对核扩散的关切。拥有多国人员的联合设施将所有参加者置于同行和伙伴更大范围的监督之下，这将加强防扩散和保安。这是多边核方案基本的防扩散好处。多边核方案还可能形成对东道国伙伴发生“逃脱”的障碍。多边核方案的多国层面虽然不能提供防止“逃脱”事件的绝对保证，但它在这方面优于简单的国家设施。诚然，将对多边核方案的建立和运作实施原子能机构的全面保障。

291. 一个抵消因素是，国际合作有可能会促进浓缩和后处理专门知识的扩散，由此增加第 5.1 章中概述的扩散危险。从这个角度看，就一般多边核方案而言，铀浓缩公司模式似乎只适用于各伙伴已经发展其自身专门技术的情况，而欧洲气体扩散公司模式则在大多数伙伴尚未发展这种专门技术的情况下占优势。

### 铀浓缩

292. 在核燃料循环前端的所有阶段，目前市场是健康的。在仅仅 2 年期间，芬兰 1 个运行中的核电厂就购买了原产于 7 个不同国家矿山的铀。已在 3 个不同的国家进行了转化。浓缩服务是从 3 个不同的公司购买的。在燃料制造方面有 3 个合格的工厂，每个工厂都有不同的燃料设计。因此，供应保证这一正当目标在很大程度上可以通过市场机制来实现，并可能通过一些政府保证得到改进。然而，这种评估可能并非对关切供应保证的所有国家都是正确的。供应方或政府国际财团或与原子能机构有关的安排提供保证所依据的机制或措施在这类情况下可能是适当的。

293. 进一步的供应安排可能涉及在一些值得探讨的模式下由原子能机构进行参与。无需对这类由原子能机构牵头的模式进行详细讨论。实际上，在业经审查的方案中，最可行、最不可能受到财政、法律和技术复杂问题的困扰、需要最低的新制度化并且可能最容易实施的方案之一，可能就是原子能机构随时准备在某个国家的核燃料供应因商业以外原因而中止的情况下按照商定的准则作为替代燃料供应安排的保证者。

294. 在多边核方案采取联合设施形式的条件下，有 2 个现成的先例，即铀浓缩公司和欧洲气体扩散公司。在政府联合委员会控制下实施双层管理的铀浓缩公司的经验已经表明能够使多国概念成功地运作。对技术和人员进行有力的监督以及实施有效的保障和适当的国际专门技术分工能够减少扩散危险，甚至能使单方“逃脱”事件更难以发

生。欧洲气体扩散公司也具有成功的多国记录，它只在 1 个国家进行铀浓缩，从而遏制了所有的扩散危险、转用、秘密并行计划、“逃脱”事件和技术扩散。

## 后处理

295. 根据当前的核能预测并考虑对现有和正在建造的轻水堆乏燃料进行后处理的能力，全球将具有足以满足至少 20 年期间所有预期需求的后处理能力。因此，在不涉及所有权的多边核方案中即可基本实现混合氧化物的供应保证目标。

296. 在相关扩散危险方面，后处理情况与浓缩类似。但是，浓缩设施与后处理设施有一些区别：

- a. 对乏燃料进行后处理的紧迫感较低，这将影响新后处理厂的经济可行性和建造时间表。
- b. 虽然向客户返回后处理产品的普遍做法造成了一定的扩散危险，但多边核方案所造成的危险将不会大于当前情况。然而，如果经后处理的产品由东道国保存，则扩散危险可能会更大，这种危险取决于多边核方案的选址。
- c. 后处理技术比浓缩技术更容易获得，因此，还须在燃料循环的早期阶段对扩散危险加以控制，即对从反应堆堆芯卸出的乏燃料实施保障。在这方面值得注意的是实施租借核燃料和收回乏燃料的多边核方案虽然能避免大部分扩散危险，但它要求燃料供应商解决乏燃料的处置问题。

297. 在后处理范围内，原子能机构或能行使其《规约》有关要求对超过目前国家需求的特种可裂变材料进行保存的授权。对于涉及新联合设施的多边核方案，应当纳入旨在加强保障能力的设计特点，例如将包括贮存设施在内的设施同建在一个场所，旨在改进材料盘存和衡算的特点，旨在改进封隔和监视的特点，以及旨在使核材料不太容易被转用的工艺选择和贮存方案。地区设施将涉及乏燃料长途运输以及与此有关的障碍。因此，一些国家认为将核电厂、后处理厂、混合氧化物燃料（或混和金属燃料）制造厂和使用混合氧化物燃料的快堆建在同一场所是可取的。如需运输乏燃料，则应短途运输。

298. 将后处理与燃料循环其他步骤分开的步骤是易裂变材料的分离及其重整为新燃料。可以认为，由于在一个组织中的供应方与客户能够进行更多和更好的协调，多边核方案可以在铀的分离与其以新燃料形式消耗之间实现更好的平衡。

## 乏燃料处置

299. 许多组织都希望核燃料和废物的处置只在国内进行。根据“巴塞尔公约”，经合组织决定有毒废物能够而且必须在经合组织更广泛的地域范围内进行处置，从而开辟了地区安排的远景。这项明智和合理的方案无论如何不会违反保护环境和遵守道德的

良好行为准则。就核废物而言，在“经合组织/欧盟地区”以及世界其他地区建立类似的地区安排无疑将是有益的。

300. 目前不存在乏燃料处置服务市场，因为许多国家无论从技术角度还是从经济角度都不存在甚至在国家一级建立处置库的迫切要求。从更高的角度看，可以注意到从铀矿石到后处理领域的核服务都是通过一些公司在国际范围内提供的。那么为什么最终处置不可以采取类似方式以实现最佳保安、安全性和经济性目标呢？

301. 乏燃料最终处置是多边方案的一个候选方案。尽管该方案对许多国家提出了法律、政治和公众接受等方面的挑战，但它能够提供巨大的经济利益和实际的防扩散好处。原子能机构应当通过研究所有基本要素并发挥鼓励实施这类方案的政治领导作用来继续这方面的努力，例如，原子能机构可以启动一个“无场址的乏燃料处置库试验项目”，该项目将详细研究所有相关的技术、经济、法律和体制问题。在原子能机构以外，虽然存在对出口和进口的现行法律约束，但经合组织、欧洲联盟和《北美自由贸易协定》等其他地区组织也能够发挥作用。

302. 为了取得成功，乏燃料和放射性废物在共用处置库中的最终处置必须作为并行方案更广泛战略的唯一要素加以研究。国家解决方案仍将是许多国家的第一优选方案。对于拥有正在实施或过去实施的重要核计划的国家，这是唯一方案。对于拥有较小规模核计划的其他国家，则需要一种双轨方案，在这种方案下可以实施国家和国际两种解决方案。小国如果只想保持在国际范围内采取行动所需的最低限度的国家技术能力，则应对国家、地区或国际选择方案保持开放。

303. 除参加国外，看来国际社会也应当在实现公众更多地接受国际处置库方面普遍发挥作用。原子能机构应当提出建议，例如发表对国际处置库表示广泛支持的政治声明和决议，以使原子能机构发挥更积极的作用，并可能促进原子能机构作为此类项目的保护者或发起者发挥更积极的作用。

## 燃料贮存

304. 若干国家正在运行和建造贮存设施。除俄罗斯联邦准备接受由俄罗斯供应的燃料以及可能提议对其他乏燃料也这样做以外，该领域目前不存在国际服务市场。就此而言，乏燃料贮存也是多边方案主要在地区一级的一个候选方案。在少数安全和可靠的设施中贮存特种核材料能够加强保障和实物保护。原子能机构应继续其有关努力，并鼓励实施这类方案。拥有正在运行的最新贮存设施的国家可以做出努力，接受其他国家在这些设施中临时贮存乏燃料。原子能机构通过作为“技术视察机构”能够促进这种安排，从而确保设施的适宜性并实施最新保障控制和视察。

## 组合方案：燃料租借/燃料收回

305. 在这种模式中，出租国将通过与本国核燃料“供应商”单独订立的一项安排提供它所许诺的燃料。当出租国政府向其燃料“供应商”公司颁发向客户反应堆发送新燃料的出口许可证时，该国政府也要宣布它对该燃料卸出后的管理计划。如果出租国没有具体的乏燃料管理计划，当然就不能进行租借交易。租借后的燃料一经卸出反应堆并冷却，即或可返回有权处理该燃料的原产国，或可通过原子能机构代理的交易送往第三国或送往其他地方的多国或地区燃料循环中心进行贮存和最终处置。

306. 获得租用的新燃料的国家可能希望通过与不只一国政府和不只一个国际供应公司签订合同来保证其具有充足的燃料供应，以便在每项交易只涵盖其一部分燃料供应需求的多项租借交易下，提供其燃料换料的多份需求。这样，即使有 1 个出租国及其相关“供应”公司由于某种原因不能及时履行所有义务，它也会有较大的保证。在这种情况下，只有一部分换料需求会受到影响，而这一部分仍然可能由具有某种剩余“飞轮”能力的任何其他新燃料“供应商”提供。如果获得租用燃料的国家在遵守保障（包括附加议定书）义务方面有良好信誉，那么它就能够利用原子能机构的影响力说服各出租国，允许它们的燃料“供应”公司按照租借——回收安排向其提供燃料。

307. 上述安排的一个薄弱部分是出租国收回它根据租借合同所提供的乏燃料的意愿，实际上就是政治能力。任何国家接受非本国反应堆（即直接惠益其本国公民的发电反应堆）产生的乏燃料很可能都有政治上的困难。然而，为了使任何租借-返回交易建立在可靠的基础之上，就必须提供有关从燃料使用国移出乏燃料的切实保证，否则整个安排就无实际意义。在这方面，拥有适当处置场址的国家以及对扩散危险表示严重关切的国家应当积极主动地提出解决方案并查明问题，而买方国对放弃浓缩和后处理的承诺也将加强这种努力。

308. 作为一种替代方案，在乏燃料为出租国所有并且可送往其他地方燃烧的情况下，原子能机构可促进建造多国或地区乏燃料贮存设施或建造完全合格的燃料循环中心。这样，原子能机构就能积极地参与地区乏燃料贮存设施或第三方乏燃料处置计划，从而使租借—返回燃料的供应安排成为更可靠的方案。

## 其他方案

309. “燃料循环中心”概念也值得考虑。处于同一场所的这类中心将燃料循环的若干部分，例如铀的加工和浓缩、燃料制造（包括混合氧化物）、乏燃料贮存和后处理组合在一起。地区燃料循环中心能够提供其他多边核方案的大部分好处，特别是材料保安和运输方面的好处。下一步即核电厂的进一步共置将创造一种真正的“核电园”，这是一个值得进一步研究的有意义且更为长远的概念。

310. 在合作模式中，也可以预见建立有关合作开展燃料循环不同部分的公司的方案，并以这种方式向客户提供利用核能所需的多种服务乃至全部服务。

## 第六章 总体问题

311. 除了以上第四章讨论的与实施多边核方案有关的交叉因素，如技术、法律和保障问题之外，还有一些主要带有广泛政治性的总体问题，这些问题可能会对认识多边核方案的可行性和可取性产生影响。这些问题对于未来在国家 and 国际一级制定、评估和执行这类方案的任何努力可能具有决定性的意义。

### 《不扩散核武器条约》的相关规定

312. 在和平利用核能方面的合作，早期曾为国际原子能机构的成立奠定了基础，它是《不扩散核武器条约》的基本要素。

313. 该条约第四条 1 款规定，本条约的任何规定不得解释为影响“所有缔约国不受歧视地并按照本条约第一条及第二条的规定开展为和平目的而研究、生产和使用核能的不容剥夺的权利”。根据该条约第四条 2 款，《不扩散核武器条约》的所有缔约国应承诺“促进并有权参加在最大可能范围内为和平利用核能而交换设备、材料和科学技术情报”。在同一段中还要求有条件参加这种交换的各缔约国还应“单独地或会同其他国家或国际组织，在进一步发展为和平目的而应用核能方面，特别是在[无核武器缔约国]领土上发展为和平目的应用核能方面进行合作以作出贡献，对于世界上发展中地区的需要应给予应有的考虑”。

314. 该条约因此明确确认了各国为和平目的应用核能的固有权利。作为政治条件，所有缔约国对进一步发展核能进行合作和有核武器国家致力于核裁军的承诺为无核武器国家放弃获取核武器提供了依据。没有第四条和第六条，该条约则既不会获得通过，也不会得到后来广泛的遵守。精心制定该条约第四条的目的在于防止任何重释《不扩散核武器条约》以便限制一国享有和平利用核技术权利的企图——只要该技术不被用来制造核武器。

315. 无核武器国家愈加认为《不扩散核武器条约》日益失衡，并对以下问题表示不满：有核武器国家和无核武器发达工业化国家通过对核燃料循环材料和设备的供应施加限制，已经背弃了它们当初所作的按条约第四条 2 款所述促进最大可能的交换以及帮助无核武器国家发展核能应用的保证。此外，也存在可能对该条约第四条施加其它限制的关切。

316. 该条约第六条要求有核武器缔约国“就及早停止核军备竞赛和核裁军方面的有效措施真诚地进行谈判”。许多无核武器国家也认为，有核武器国家对《不扩散核武器条约》第六条的执行情况不能令人满意，包括《全面禁止核试验条约》尚未生效和可核查的“易裂变材料（禁产）条约”谈判停滞不前等。这些关切已使许多无核武器国家相信《不扩散核武器条约》的条件正在受到损害。

## 保障和出口控制

317. 一些国家主张，如果多边核方案的目的只是为了加强防止核扩散制度而不是着重于多边核方案，那么将精力放在该制度本身的现有要素上可能会更好，例如，通过寻求原子能机构保障协定附加议定书的普遍性以及通过普遍实施联合国安理会第 1540（2004）号决议所规定的多边出口控制，该决议要求各国加强其出口控制，以防止大规模毁灭性武器和相关材料扩散到非国家行为者手中。

318. 敏感核技术扩散所涉及的危险应主要通过高效和成本效益好的保障体系来解决。原子能机构和地区保障体系在处理这些问题方面做了出色的工作。保障已经得到妥善和合理的适用，并且已经成为侦查和遏制进一步扩散的最有效手段，为缔约国提供了向其他国家保证其遵守保障承诺的机会。就其相关意义而言，原子能机构保障体系本身就是一个防扩散的多边方案。当然，技术的进步要求对保障进行加强和更新，同时保护商业、技术和工业秘密。因此，首先是全面保障协定，其次是附加议定书的通过及其在国家一级风险分析基础上的审慎执行，已经成为防止进一步核扩散的必不可少的步骤。<sup>27</sup> 附加议定书已被证明提供了补充、必要和有效的核查工具，同时也保护了国家在安全和保密方面的正当利益。附加议定书在一国的持续实施能够提供该国不存在未申报材料 and 活动的可信保证。同全面保障协定一道，附加议定书应当成为事实上的保障标准。

319. 尽管如此，原子能机构还是应当努力进一步加强保障的执行工作。例如，应当重新审议核查体系的三个方面：

- a. 应当定期更新附加议定书的技术附件，以反映核技术和核方法的不断发展。
- b. 附加议定书的执行需要足够的资源以及对果断适用附加议定书的坚定承诺。应当铭记，“附加议定书范本”要求原子能机构不能机械地或系统地适用附加议定书。因此，原子能机构应当把资源分配到存在问题的方面，而不是分配到使用最多核材料的国家。

---

<sup>27</sup> 在通过“附加议定书范本”时，原子能机构理事会请总干事：

- a. 使用该议定书范本作为各国和其他各方与原子能机构缔结全面保障协定附加议定书的标准（此类议定书将包含“议定书范本”中的所有措施）；
- b. 同有核武器国家谈判附加议定书或其他有法律约束力的协定，其中应纳入“议定书范本”中规定的措施，每个有核武器国家均已确认这些措施在该国实施能够有助于实现议定书的防扩散和效率目标，并符合该国按照《不扩散核武器条约》第一条所承担的各项义务；
- c. 同准备接受“议定书范本”规定措施的其他国家谈判附加议定书，以实现保障有效性和效率的目标。

- c. 在发生从根本上违反或不遵守保障协定情况时的执法机制。这些机制是否已经发展到足以起到有效遏制作用的程度？原子能机构应当进一步考虑处理不同程度违反行为的适当措施。

320. 出口准则及其实施是防扩散的一条重要防线。最近发生的事件表明，犯罪网络能够找到绕过现有控制的办法为秘密活动提供物项。但是，还应铭记，根据《不扩散核武器条约》第三条 2 款，该条约的所有缔约国都有义务实施出口控制。安理会第 1540 号决议重申了联合国所有会员国的这一义务。因此，应当让更多的国家参与制订和实施出口控制，并且经多边商定的出口控制措施应在所有国家的参与下以透明的方式制订。

321. 事实上，防扩散所依赖的主要技术屏障仍然是有效和普遍地实施根据全面保障协定和附加议定书进行的原子能机构保障和出口控制。这两方面都应当尽可能发挥其自身的威力。多边核方案将成为加强现有防扩散制度的补充机制。

## 自愿参加多边核方案与有约束力的规范

322. 目前的法律框架并未规定各国参加多边核方案，而当前的政治环境也不可能使这种规范很快地建立起来。因此，建立**自愿**参加基础上的多边核方案就成为向前迈进的一个更有希望的途径。在一项包含供应保证的自愿安排中，接受国在各自供应合同期限内将放弃建造和运行敏感的燃料循环设施，并接受当前最高标准的保障，包括全面保障和附加议定书。需要进一步考虑必须划清允许的研究和发展活动与已放弃的发展和建造活动之间的界线问题，在自愿参加的涉及设施的多边核方案中，参加国可能将承诺只在多边核方案的共同框架内开展相关活动。

323. 实际上，各国将根据这些安排所提供的经济和政治方面的促进和抑制因素而参加这类多边安排。在充分遵守经商定的核不扩散伙伴义务的基础上，伙伴之间相互信任和协商一致的政治环境，将是成功谈判、建立和实施一项多边核方案所必不可少的。

324. 此外，规定敏感燃料循环活动只能在多边核方案范畴内开展并且不再是一项国家事业之新的**有约束力的**国际规范将意味着《不扩散核武器条约》第四条在范围上发生改变。该条款的措辞和谈判历史强调了有良好信誉的每一缔约国有权独立自主地选择本国的燃料循环。这一权利取决于忠实地履行根据该条约第一条和第二条所作的承诺。但如果这一条件得到满足，目前还没有任何法律障碍能够阻止每一缔约国立足本国从事所有燃料循环活动。因此，放弃这一权利就将改变缔结《不扩散核武器条约》的“筹码”。

325. 如果缔约国打算在更广泛的谈判框架内同意这种根本性的改变，那么，实现这种改变也不是不可能的。对无核武器国家来说，这种新条件只有通过对所有国家适用普遍性原则，并且有核武器国家就核裁军采取补充步骤之后才能成为现实。此外，可核查的“禁产条约”可能也是有约束力的多边义务的先决条件之一。由于这一条约将终

止参加该条约的所有有核武器国家和《不扩散核武器条约》非缔约国为核爆炸目的运行后处理和浓缩设施的权利，它将使这些国家在此类活动方面处于与无核武器国家相同的地位。这种新的限制将毫无例外地适用于所有国家和与所涉技术相关的设施。只有到那个时候，多边安排才可能成为一项普遍且有约束力的原则。也可能就有核武器国家和《不扩散核武器条约》非缔约国对涉及它们的有约束力的多边核方案作出承诺所需的条件提出问题。

## 有核武器国家和《不扩散核武器条约》非缔约国

326. 武器可用材料（存量和流量）和能够生产此类材料的敏感设施绝大多数都分布在有核武器国家和《不扩散核武器条约》非缔约国。尽管前几章讨论的问题提出了对多边核方案情况下无核武器国家建造此类设施的关切，但本章的问题是多边核方案在现有或未来敏感设施问题上应当怎样包括有核武器国家和《不扩散核武器条约》非缔约国，因为从这些设施生产出来的核材料可能有助于这类国家的核武器计划。这再次表明了“禁产条约”的意义。

327. 确实应当尽早考虑使有核武器国家和《不扩散核武器条约》非缔约国都加入多边核方案的可行性。只要多边核方案仍然是自愿性质的，就没有理由阻碍这类国家参加多边核方案。事实上，法国（与欧洲气体扩散公司的安排有关）和英国（与铀浓缩公司有关）就是参加此类方案的范例。在根据保障和保安要求将现有民用设施转入多边核方案的过程中，这类国家将证明它们对防扩散和国际和平核合作的支持。如果《不扩散核武器条约》缔约国和非缔约国都打算参加同一多边核方案，这将要求参加多边核方案的《不扩散核武器条约》缔约国一方改变其政策。

## “逃脱”问题和其他风险

328. 无论是自愿或强制地参加多边核方案，多国设施和国家设施同样都有潜在弱点，即设施东道国发生“逃脱”事件。例如，制造紧急政治事件；驱逐多国人员；退出《不扩散核武器条约》（从而终止执行保障协定）；以及在没有任何国际控制的情况下运行多边设施。如果要接受多边设施，就需要解决这一风险。尽管如此，如果这些设施由多国人员运行并且各种活动相互交织，那么多边核方案提供的保护还是好于对国家设施进行的保护。至少这种“逃脱”事件会疏远多边核方案中的其他伙伴，从而可能导致某些报复性措施，造成政治升温，并让国际社会（和原子能机构）提前知道可能会出现某种问题，最好有 3 个月的时间，以便对此采取某些措施。作为进一步防止“逃脱”事件的措施，希望主持或参加多边核方案的《不扩散核武器条约》缔约国可以选择放弃该条约第十条 1 款规定的权利，或者允许连续进行保障监督，并且（或）承诺退回通过参加多边核方案所获得的设备和材料。

329. 联合国安全理事会作为负有维护国际和平与安全主要责任的国际机关，应当随时准备应对这类行为，因为退出《不扩散核武器条约》可被认为是对国际和平与安全的威胁。

330. 逃脱《不扩散核武器条约》的约束就是对防扩散制度和国际社会安全的公然挑战。不过，其他一些与多边核方案有着更具体联系的扩散假想情况也应当被纳入构成多边核方案的所有安排中。一种假想情况是退出多边核方案（即“回到本国”），但不退出《不扩散核武器条约》。第二种假想情况将涉及参加多边核方案的非东道国在本国领土上滥用通过多边核方案获得的专门技术。

## 执 法

331. 旨在改进防止核扩散制度所有努力的成功最终将取决于履约机制和执法机制的有效性。在发生违约的情况下，可以根据多边核方案的法律规定部分地改进执法措施，这种多边核方案的法律条款将认真规定构成每一违反行为的定义；由谁裁定这种违反行为以及伙伴国可以直接采用的更广泛的政治手段之外的可能措施。

332. 然而，如果国际社会不坚决地应对转用、秘密活动或“逃脱”事件等严重违约案例，那么加强型保障、多边核方案或各国所作的新承诺就不能有助于实现其全部目标。根据具体情况需要在以下 4 个层面上作出响应：违约国家的多边核方案伙伴、原子能机构、《不扩散核武器条约》缔约国和联合国安理会。在目前还不存在这种响应机制的情况下，必须建立适当的程序和措施，并且必须在所有 4 个层面上来处理违反行为和违约案例，以便强调违反重要条约和协定的国家将不会被允许肆无忌惮地这样做。

## 第七章 多边核方案：前景

333. 正如第三章所述，以往的多边核合作倡议并没有产生任何实际效果。扩散关切还没有被认为有多么严重。经济促进措施远不够有力，而供应保证是引起关切的首要问题。民族自尊以及对核活动将可能产生技术和经济衍生产品的期望也在发挥作用。这些因素中有很多至今可能仍然是恰当的。然而，面对今后几十年内核设施可能增加和扩散危险与日俱增的可能情况，今天对这些因素进行平衡的结果很可能会创造一个更有利于在 21 世纪建立多边核方案的政治环境。

334. 多边核方案对于防扩散制度的潜在好处既有象征意义也有实际意义。作为一种建立信任的措施，多边方案能够就民用核燃料循环的最敏感部分不易被滥用于武器目的向各伙伴和国际社会提供更有力的保证。有多国人员参加的联合设施将多边核方案的所有参加者置于同行和伙伴更大范围的监督之下，而且还可能构成防止东道国伙伴发生“逃脱”的障碍。多边核方案还将减少敏感设施运行所在场址的数量，从而遏制扩散危险，并减少非国家行为者接近敏感材料可能地点的数量。此外，这些方案还可能促进为和平目的持续利用核能，并可能增强乏核燃料和放射性废物安全和无害环境的贮存和处置前景。

335. 多边方案在确保较小或资源有限国家使用核技术利益的同时，还可能为这些国家提供成本效益和规模经济方面的好处。在航空航天等其他高技术领域已经获得了类似的效益。

336. 但是，为支持多边核方案的而提出理由并不十分简单。由于各国技术水平不同，制度化程度、经济发展和资源以及竞争性政治因素各异，对多边核方案的好处、方便性和可取性得出的结论可能不尽相同。一些国家可能认为多边方案意味着国家主权和关键技术领域的独立所有权和控制权的丧失或受限，从而不公平地将这些技术的商业利益只留给少数几个国家。其他国家则可能认为多边方案可能会导致敏感核技术的进一步扩散或失控，从而导致更大的扩散危险。

337. 最重要的步骤之一是设计有效的材料和服务供应保证机制，使之具有商业竞争力和非垄断性，并且不受政治因素的限制。有效的供应保证必须包括在多边核方案供应方不能提供所需材料或服务的情况下的后备供应来源。在这方面，原子能机构可以作为国际应急供应机制的一种保证者而发挥关键性的作用。

338. 在国家一级和商业层面两个方面都需要作出适当的组织和机构安排，并制订相关的法律文书。例如，国家或政府一级的安排需要规定各参加国对并行的国家核燃料循环活动的保障义务和限制程度。商业层面的安排需要明确规定诸如所有权分配、财政义务和设施营运等事项。

339. 在必要时对多边核方案的国际监督做出安排也很重要，以便取得各伙伴对建议设施的充分安全和实物保安的信任。

340. 总之，核燃料循环多边方案专家组审查了燃料循环的各个方面，确定了一些值得进一步考虑的多边核方案选择，并阐述了每种选案的一些利弊因素。希望专家组的报告将被作为一个建筑构件或者一个里程碑。该报告并不打算作为道路终点的标志。多边核方案为满足对供应保证和防扩散保证的普遍关切提供了一个可能有益的贡献。

341. 与此同时，专家组建议采取步骤加强在核燃料循环和技术转让方面的全面控制，包括保障和出口控制：即通过促进遵守附加议定书加强保障，以及通过更严格地实施准则和普遍参与制订这些准则加强出口控制。

342. 为了保持发展势头，专家组建议原子能机构成员国、原子能机构本身、核工业界以及其他核能组织关注整体多边核方案，并要特别重视以下五个建议方案。

## 五个建议方案

通过一套逐步实施的多边核方案，能够在保持世界范围内供应与服务保证同时又能增强与民用核燃料循环相关的防扩散保证的目标：

1. 通过得到政府支持的长期合同及透明的供应方安排，在个案的基础上加强**现行商业市场机制**。例如，提供燃料租借和燃料收回、乏燃料商业贮存和处置以及商业燃料库。
2. 在原子能机构参与下建立和实施**国际供应保证**。应当对不同模式，特别是对**原子能机构作为服务供应保证人**，即燃料库管理者的模式进行研究。
3. 在《不扩散核武器条约》无核武器缔约国和有核武器缔约国以及该条约非缔约国的参与下，促进**现有设施向多边核方案**的自愿转换，并以此作为**建立信任的措施**。
4. 通过自愿协定和合同，在铀浓缩、燃料后处理、乏燃料处置和贮存（及其组合）等前端和后端核设施的共同所有权、共同承兑权或联合管理的基础上建立**多国特别是地区性的新设施多边核方案**。核电综合园区亦可为此目标服务。
5. 核能在世界范围内进一步扩展的假想方案可能要求按地区或按大陆建立具有**更强有力多边安排的核燃料循环**和进行涉及原子能机构和国际社会的**更广泛的合作**。

\*\*\*\*\*

## 附件 1 总干事的信函

尊敬的……先生，

作为核燃料循环和防扩散问题专家，您可能已经注意到最近国际上就进一步加强防止核扩散制度的必要性而展开的讨论。在此方面，一些建议和倡议着重讨论了更有效地控制核燃料循环涉及的浓缩和后处理等扩散最敏感技术对于防扩散的好处问题。

在 2004 年 3 月国际原子能机构理事会会议期间，我表示了打算召集一个专家组探讨和制订有关改进控制的方案和建议，包括为核燃料循环前端和后端制订可能的多边监督安排。我认为，这类专家组的工作对于正在进行的有关该问题的辩论将作出重要贡献。此外，我还期望这项工作能够导致提出一些实际的建议，这些建议若能实施，将能够就核燃料循环的敏感部分不易被滥用于扩散目的向国际社会提供更有力的保证，从而促进为和平目的持续地利用核能。

鉴于您拥有的学识和专门知识，经过磋商，我高兴地邀请您以个人身份参加正在组建的国际专家组，该专家组的任务是在 2005 年春天以前就以上问题准备一份初步研究报告。我相信您能够接受这一邀请并能为参加该专家组的工作安排必要资金。

我已邀请原子能机构前负责保障和核查的副总干事 Bruno Pellaud 先生担任该专家组主席。根据与他讨论的结果，我建议该专家组第一次会议于 2004 年 8 月 30 日至 9 月 3 日在维也纳原子能机构总部举行。预计该专家组为完成此项工作将在维也纳举行 4 次会议。

兹将该专家组的工作范围附后。我已请 Pellaud 先生就专家组会议安排的细节和有关信息与您联系。

谨启，

穆罕默德·埃尔巴拉迪（签名）

2004 年 6 月 11 日

工作范围:

- a. 确定并分析核燃料循环前端和后端的多边方案相关问题和选择方案；
- b. 概述开展核燃料循环前端和后端多边安排合作所面临的政策、法律、保安、经济和技术方面的促进因素和阻碍因素；
- c. 简要评价对专家组工作有现实意义的燃料循环多边安排的历史和当前经验与分析。

## 附件 2 参加人员和参与起草人员

### 专家组成员

Bruno <b>Pellaud</b> 先生 (主席)	原子能机构负责保障的前任副总干事 瑞士核论坛主席 (瑞士)
Sergey <b>Andropenkov</b> 先生	国家原子能公司 劳动和环境部副部长 (哈萨克斯坦)
Javier <b>Arnáiz de Guezala</b> 先生	西班牙国家铀公司 铀采购部经理 (西班牙)
Patrice <b>Bernard</b> 先生	原子能委员会核发展与创新司 司长 (法国)
Raffaele <b>Di Sapia</b> 先生	新技术、能源和环境委员会 对外关系司副司长 (意大利)
Mel <b>Draper</b> 先生	贸易和工业部 防扩散司司长 (英国)
Tetsuya <b>Endo</b> 先生	外务相特别助理 (日本)
Gideon <b>Frank</b> 先生	以色列原子能委员会 主席 (以色列)
Ravi B. <b>Grover</b> 先生	原子能部 战略规划组主任 (印度)
<b>Hwang Yong Soo</b> 先生	韩国原子能研究院 首席研究员 (大韩民国)

<b>Tariq Osman Hyder</b> 先生	外交部联合国和经济协调司 大使 外交辅秘 (巴基斯坦)
<b>Jamal Khaer Ibrahim</b> 先生	核技术研究所所长办公室 国际核政策特别干事 (马来西亚)
<b>Lance Joseph</b> 先生	前常驻原子能机构代表 (澳大利亚)
<b>Mahmoud Karem</b> 先生	外交部负责多边事务的外交部长助理；驻比利时、卢森堡大使；常驻欧盟大使 (埃及)
<b>Jukka Laaksonen</b> 先生	辐射和核安全管理局 (核监管局) 局长 (芬兰)
<b>Liu Zunqi</b> 先生	中国原子能工业公司 高级工程师 (中国)
<b>Arend Meerburg</b> 先生	外交部 安全政策司顾问 前大使 (荷兰)
<b>Robert Morrison</b> 先生	加拿大自然资源部 前部长 (加拿大)
<b>Harald Müller</b> 先生	法兰克福和平研究所 所长 (德国)
<b>Cyrus Nasser</b> 先生	前驻联合国和裁军谈判会议大使 (伊朗)
<b>Pavel P. Poluektov</b> 先生	博茨瓦全俄研究所 放射性废物管理处处长 (俄罗斯联邦)

Richard J. K. <b>Stratford</b> 先生	国务院防扩散局 核能事务办公室主任 (美利坚合众国)
Lars Göran <b>Strömberg</b> 先生	外交部顾问 瑞典国防研究局前高级研究员 (瑞典)
Waldo E. <b>Stumpf</b> 先生	南非原子能公司前任总经理 物理冶金学教授 (南非)
Antônio J. <b>Vallim Guerreiro</b> 先生	外交部国际组织司 司长 (巴西)
Pedro Raul <b>Villagra Delgado</b> 先生	外交部 战略项目办公室 大使、协调员 (阿根廷)
Hans <b>Riotte</b> 先生 (观察员)	辐射防护和废物管理处 处长 (经合组织核能机构)

专家组成员以个人身份参与工作组的工作。

## 顾问

Wilhelm **Gmelin** 先生

欧洲原子能联营检查局  
前局长  
(德国)

Lawrence **Scheinman** 先生

蒙特里国际研究学院  
著名教授  
(美国)

## 国际原子能机构支助

国际原子能机构以下工作人员对该工作组的工作作出了贡献：Fiona Simpson 女士（“文本保存人”）和 Tariq Rauf 先生（科学秘书）；Alan McDonald 先生，Vladimir Kagramanian 先生（前工作人员）和 Jan-Marie Potier 先生；John Rames 先生（前工作人员）和 Laura Rockwood 女士；Jill Cooley 女士，Mazhar Saied 先生，Eckhard Haas 先生和 Matthias Gohl 先生（短期）以及 Elena Bergo 女士提供了行政支助。

## 外部支助

工作组利用了以下外部人员的专门知识和报告内容：Pat Upson 先生（铀浓缩公司），Philip Sewell 先生和 Charles Yulish 先生（美国浓缩公司），Jean-Louis Lemarchand 先生和 Caroline Jorant 女士（法国阿雷瓦核电集团公司），Charles McCombie 先生（地区和国际地下贮存协会）和 Alexy Grigoriev 先生（俄罗斯核燃料公司）以及 Sergey Ruchkin 先生（俄罗斯技术装备出口公司）。

## 附件 3 简称表

$^{235}\text{U}$	铀-235
$^{238}\text{U}$	铀-238
AP	附加议定书（原子能机构 INFCIRC/540 号文件（更正本））
BNFL	英国核燃料公司
CAS	供应保证委员会（1980 年至 1987 年）（供保委）
CPPNM	核材料实物保护公约（1980 年）（实物保护公约）
CTBT	全面禁止核试验条约（全面禁核试条约）
DIV	设计资料核实
DPRK	朝鲜民主主义人民共和国（朝鲜）
EC	欧洲委员会（欧委会）
EMIS	电磁同位素分离 [法]
EU	欧洲联盟（欧盟）
EURATOM	欧洲原子能联营
EURODIF	欧洲气体扩散公司
FM(C)T	易裂变材料（禁产）条约
FORATOM	欧洲原子工业工会
GDP	气体扩散厂
HEU	高浓铀（铀-235 $\geq$ 20%）
HLW	高放废物
HQ	[原子能机构] 总部
IAEA	国际原子能机构（原子能机构）
INFCE	国际核燃料循环评价（1977 年至 1980 年）
INFCIRC	情况通报
INMS	国际核材料贮存
INPRO	革新型核反应堆和燃料循环国际项目（2000 年至……）
IPS	钚的国际贮存（专家组）（1978 年至 1982 年）
IT	信息技术
JNC	日本核循环开发研究所
kWh	千瓦时
LES	路易斯安娜浓缩服务公司
LEU	低浓铀（铀-235 $<$ 20%）
LFUA	有限频度不通知的接触
LWR	轻水堆

MNA	多边核方案
MOX	混合氧化物（作为反应堆燃料使用的铀、钚氧化物的混合物）
MPC&A	材料保护、控制和衡算
MWe	兆瓦（电）
NEA	核能机构（经合组织内部的专门机构）
NNWS	无核武器国家
NPT	不扩散核武器条约
NSG	核供应国集团
NWS	《不扩散核武器条约》规定的有核武器国家
OECD	经济合作与发展组织（经合组织）
Pu	钚
PuO <sub>2</sub>	二氧化钚
PUREX	钚铀萃取回收（普雷克斯流程）
PWR	压水堆
R&D	研究与发展
REU	再循环铀
RFCC	地区核燃料循环中心（1975年至1977年）
SAGOR	乏燃料在地质处置库中最终处置的保障发展计划（1994年至1998年）
SAGSI	保障执行常设咨询组（保障咨询组）
SAPIERR	支持行动：欧洲地区处置库试验倡议（第5.4章）
SQ	重要量
SSAC	国家核材料衡算和控制系统（国家衡控系统）
SWU	分离功单位（浓缩厂生产能力的度量）
TBP	磷酸三丁酯
TECDOC	国际原子能机构技术文件
TENEX	俄罗斯技术装备出口公司
tHM/a	吨重金属/年
THOREX	钍萃取回收（梭雷克斯流程）
U	铀
U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	八氧化三铀
UF <sub>6</sub>	六氟化铀
UN	联合国
UNCPICPUNE	联合国促进核能和平利用国际合作会议（1987年）
UNIREP	联合后处理公司
UNSC	联合国安全理事会（联合国安理会）
UO <sub>2</sub>	二氧化铀
UO <sub>3</sub>	三氧化铀

Urenco	铀浓缩公司
USEC	美国浓缩公司
WWER	水-水动力反应堆

更多资料请参阅《国际原子能机构保障术语》