



INF

国际原子能机构
情况通报

IAEA- INFCIRC/301/Add.1
June 2001

GENERAL Distr.
CHINESE
Original: ENGLISH

《孟加拉人民共和国和国际原子能机构关于实施与
〈不扩散核武器条约〉有关的保障的协定》的附加议定书

1. 现将《孟加拉人民共和国和国际原子能机构关于实施与〈不扩散核武器条约〉(NPT)有关的保障的协定¹的附加议定书》文本²转载于本文件，以通告各成员国。该附加议定书于2000年9月25日经机构理事会批准。该议定书于2001年3月30日在维也纳签署。

2. 根据附加议定书第17条规定，该附加议定书于孟加拉国和机构的代表签署之日即2001年3月30日起生效。

¹ 转载于文件INFCIRC/301。

² 在本情况通报中，对文本加了一些脚注。

为节约起见，本文件仅印刷有限份数。

《孟加拉人民共和国和国际原子能机构关于实施与 〈不扩散核武器条约〉有关的保障的协定》的附加议定书

鉴于孟加拉人民共和国（以下称为“孟加拉国”）和国际原子能机构（以下称为“机构”）是1982年6月11日生效的《关于实施与〈不扩散核武器条约〉有关的保障的协定》（以下称为“保障协定”）的缔约方；

意识到国际社会希望通过加强机构保障体系有效性和提高该体系效率进一步加强核不扩散；

忆及机构在执行保障时必须考虑下述各项必要性：避免妨碍孟加拉国的经济和技术发展或和平核活动方面的国际合作；遵守卫生、安全、实物保护和其他保安方面的有效规定及个人权利；和采取一切预防措施保护机构将得知的商业、技术和工业机密及其他保密资料；

鉴于本议定书中所述活动的频度和强度应保持在与加强机构保障有效性和提高机构保障效率目标相一致的最低限度；

为此，孟加拉国和机构协议如下：

在其合计总量超过10吨铀或20吨钍时，全孟加拉国的合计总量。提供这种资料不需要详细的核材料衡算。

(b) 对于孟加拉国专门为非核目的数量超过以下规定的此类材料的每项出口，此类材料的数量、化学成分和目的地：

(1) 10吨铀，或对于由孟加拉国向同一国家连续出口每次少于10吨但当年总量超过10吨的铀；

(2) 20吨钍，或对于由孟加拉国向同一国家连续出口每次少于20吨但当年总量超过20吨的钍；

(c) 对于孟加拉国专门为非核目的数量超过以下规定的此类材料的每项进口，此类材料的数量、化学成分、目前地点、用途或打算的应用：

(1) 10吨铀，或对于孟加拉国连续进口每次少于10吨但当年总量超过10吨的铀；

(2) 20吨钍，或对于孟加拉国连续进口每次少于20吨但当年总量超过20吨的钍；

对此的理解是，一旦此类材料处于其非核最终使用形式，就不需要提供关于其拟用于非核用途的资料。

(vii) (a) 关于根据《保障协定》第37条免除保障的核材料的数量、用途和地点的资料；

(b) 关于根据《保障协定》第36(b)条免除保障但尚未成为非核最终使用形式而数量超过保障协定第37条规定的核材料在每一场所的数量（可为估计值）和使用情况的资料。提供这种资料不需要详细的核材料衡算。

(viii) 关于根据《保障协定》第11条已终止保障的含钚、高浓铀或铀-233的中放或高放废物的地点或进一步处理的资料。就本款而言，“进一步处理”不包括为贮存或处置对废物的重新包装或不涉及元素分离的进一步整备。

(ix) 关于附件II所列规定的设备和非核材料的以下资料：

- e. 孟加拉国应在进行进一步加工之前180天内向机构提供第2.a.(viii)条规定的资料和每年5月15日前提供前一日历年期间场所变化的资料。
- f. 孟加拉国和机构应商定有关提供第2.a.(ii)条规定的资料的时限和频度。
- g. 孟加拉国应在机构提出要求后六十天内向机构提供第2.a.(ix)(b)条规定的资料。

补 充 接 触

第 4 条

在按本议定书第5条进行补充接触时适用以下程序：

- a. 机构不得机械地或系统地要求核实第2条提及的资料；但机构应有权：
 - (i) 为确保不存在未申报的核材料和活动，有选择地接触第5.a.(i)或(ii)条提及的任何场所。
 - (ii) 为解决与根据第2条提供的资料的准确性和完整性有关的疑问或解决与该资料有关的不一致，接触第5.b.或c.条提及的任何场所。
 - (iii) 在它为保障目的而确认孟加拉国关于设施或通常使用核材料的设施外场所退役状况的申报所必须的限度内，接触第5.a.(iii)条提及的任何场所。
- b.
 - (i) 除下文第(ii)分款规定的情况外，机构应至少在24小时前向孟加拉国发出事先的接触通知；
 - (ii) 对于结合场址的设计资料核实访问或者特别视察或例行视察寻求对该场址中任何部位的接触，如机构要求此种接触，事先通知的时间应至少为两小时，在例外情况下可少于两小时。
- c. 应以书面形式事先通知，并应说明接触理由及在此类接触期间拟进行的活动。
- d. 在有疑问或不一致的情况下，机构应给孟加拉国澄清和促进解决疑问或不一致的机会。除非机构认为推迟接触将损害所寻求的接触的目的，此类机会将在提出接触要求之前提供。无论如何，机构在提供此类机会之前不得对疑问或不一致下任何结论。
- e. 除非孟加拉国同意在其他时间进行，接触应仅在正常工作时间内进行。

- d. 对于按照第5.c.条的接触：收集环境样品和如果其结果不能解决机构根据第5.c.条指定的场所的疑问或不一致时，在该场所利用目视观察、辐射探测和测量装置以及采取孟加拉国同机构可能商定的其他客观措施。

第 7 条

- a. 当孟加拉国要求时，机构和孟加拉国应就本议定书规定的受管接触作出安排，以便防止扩散敏感资料的传播，满足安全或实物保护要求，或保护产权方面的或商业上敏感的资料。此类安排不得妨碍机构为提供有关场所不存在未申报的核材料和活动的可靠保证，包括解决与第2条提及的资料的准确性和完整性有关的疑问或与该资料有关的不一致所进行的必要活动。
- b. 当孟加拉国提供第2条提及的资料时，它可将可适用受管接触的场址或场所的部位通知机构。
- c. 在任何必要的辅助安排生效之前，孟加拉国可借助于符合上述a.款规定的受管接触。

第 8 条

本议定书的任何条款都不得妨碍孟加拉国向机构提供除第5条和第9条提及的场所以外的场所的接触，也不得妨碍孟加拉国要求机构在特定场所进行核查活动。机构应尽一切合理努力无拖延地按此要求采取行动。

第 9 条

孟加拉国应向机构提供机构为进行大范围环境取样而指定的场所的接触，条件是，如果孟加拉国不能提供此类接触，它应尽一切合理努力在一些替代场所满足机构要求。在理事会核准大范围环境取样的使用和程序安排及机构同孟加拉国完成磋商之前，机构不得寻求此类接触。

辅助安排

第 13 条

- a. 如果孟加拉国或机构指出有必要在辅助安排中规定将如何实施本议定书所规定的措施，孟加拉国和机构应在本议定书生效后的九十天内商定此类辅助安排，或如果在本议定书生效后指出有必要作出此类辅助安排，孟加拉国和机构应在此种指出之日后九十天内商定此类辅助安排。
- b. 在任何所需辅助安排生效以前，机构应有权实施本议定书规定的程序。

通信系统

第 14 条

- a. 孟加拉国应允许和保护机构为公务目的在处于孟加拉国的机构视察员同机构总部和/或地区办事处之间的自由通信，包括机构封隔和/或监视装置或测量装置所产生信息的非自动和自动传输。经同孟加拉国协商，机构应有权使用国际上已有的直接通信系统，包括在孟加拉国尚未使用的卫星系统及其他远距离通信方式。当孟加拉国或机构要求时，在辅助安排中应规定执行本款关于非自动或自动传输由机构封隔和/或监视或测量装置所得信息的细节。
- b. 上述a.款规定的通信和信息传输应适当考虑保护产权或商业敏感资料或孟加拉国认为特别敏感的设计资料的必要性。

机密资料的保护

第 15 条

- a. 机构应保持一项为确保不泄露商业、工艺和工业机密以及其他保密信息，包括其在本议定书的执行中所得知的此类信息的严格制度。
- b. 上述a.款提及的制度，除其他内容外，应包括下述有关条款：
 - (i) 管理机密资料的一般原则和相关措施；
 - (ii) 有关在机密资料保护方面工作人员的雇用条件；
 - (iii) 对违反或涉嫌违反保密制度案情的处理程序。

- 核燃料后处理,
- 含钚、高浓铀或铀-233的中放或高放废物的处理（不包括为贮存或处置的重新包装或不涉及元素分离的整備）,

但不包括有关理论或基础科学研究的活动或放射性同位素工业应用，医学、水文学与农业应用，健康与环境效应以及改善维护的研究与发展方面的活动。

- b. 场址系指由孟加拉国在有关设计资料中为设施（包括已关闭设施）所划定的区域，以及在有关资料中为通常使用核材料的设施外场所（包括已关闭的通常使用核材料的设施外场所——这仅限于有热室或曾进行与转化、浓缩、燃料制造或后处理有关的活动的场所）划定的区域。它还包括与设施或场所同处一地的提供或用作基本服务的所有装置，包括：用于处理不含核材料的辐照材料的热室，处理、贮存和处置废物的装置，以及与孟加拉国依据上述第2.a.(iv)条确定的规定物项有关的建筑物。
- c. 退役的设施或退役的设施外场所系指这样一种装置或场所，其中对其使用是必不可少的剩余结构和设备已被拆除或变得不能运行，因此它不能用于贮存核材料，也不再能用于操作、加工和利用核材料。
- d. 关闭的设施或关闭的设施外场所系指这样一种装置或场所，其运行已经停止，核材料已被移走，但尚未退役。
- e. 高浓铀系指含同位素铀-235 20%或20%以上的铀。
- f. 针对场所的环境取样系指为帮助机构得出在机构规定的场所不存在未申报的核材料或核活动的结论而在该场所或其附近收集环境样品（例如空气、水、植物、土壤、污斑）。
- g. 大范围环境取样系指为帮助机构得出在某一范围内不存在未申报的核材料或核活动的结论而在机构指定的一组场所收集环境样品（例如空气、水、植物、土壤、污斑）。
- h. 核材料系指《规约》第二十条规定的任何源材料或任何特种可裂变材料。术语源材料不应被解释为适用于矿石或矿石残留物。本议定书生效后理事会依据机构《规约》第二十条所作出的关于被认作源材料或特种可裂变材料的任何规定，仅在孟加拉国接受后才依据本议定书实施。

附件 I

议定书第2.a.(iv)条提及的活动清单

- (i) 离心机转筒的制造或气体离心机的组装。

离心机转筒系指附件II第5.1.1(b)条中所描述的薄壁圆筒。

气体离心机系指附件II第5.1条的介绍性说明中所描述的离心机。

- (ii) 扩散膜的制造。

扩散膜系指附件II第5.3.1(a)条中所描述的多孔过滤薄膜。

- (iii) 基于激光的系统的制造或组装。

基于激光的系统系指采用了附件II第5.7条中所描述的物项的系统。

- (iv) 电磁同位素分离器的制造或组装。

电磁同位素分离器系指附件II第5.9.1条中所提及的含有附件II第5.9.1(a)条中所描述的离子源的那些物项。

- (v) 交换柱或萃取设备的制造或组装。

交换柱或萃取设备系指附件II第5.6.1、第5.6.2、第5.6.3、第5.6.5、第5.6.6、第5.6.7和第5.6.8条中所描述的物项。

- (vi) 空气动力学分离喷嘴或涡流管的制造。

空气动力学分离喷嘴或涡流管系指分别在附件II第5.5.1和第5.5.2条中所描述的分离喷嘴和涡流管。

- (vii) 铀等离子体发生系统的制造或组装。

铀等离子体发生系统系指附件II第5.8.3条中所描述的用于发生铀等离子体的系统。

- (viii) 铪管的制造。

铪管系指附件II第1.6条中所描述的管。

附件 II

按第2.a.(ix)条通报进出口情况用 规定的设备和非核材料清单

1. 反应堆及其所用设备

1.1. 整座核反应堆

能够运行以便保持受控自持链式裂变反应的核反应堆，但不包括零功率反应堆，零功率堆定义为设计的钚最大生产率每年不超过100克的反应堆。

注释

一座“核反应堆”基本上包括反应堆容器内或直接安装在其上的物项、控制堆芯功率水平的设备和通常含有或直接接触或控制反应堆堆芯一次冷却剂的部件。

不打算把那些能适当地加以改进使每年产钚量大大超过100克的反应堆排除在外。为在较高功率水平下持续运行而设计的反应堆，无论其产钚能力如何都不被认为是“零功率反应堆”。

1.2. 反应堆压力容器

金属容器，作为整体装置或供其使用的工厂预制的主要部件，专门设计或制造用来容纳上述第1.1.段定义的核反应堆的堆芯，并且能承受一次冷却剂的工作压力。

注释

物项1.2.包括反应堆压力容器的顶板，它是工厂预制的压力容器的主要部件。

堆内部件(例如堆芯用支承柱和板及其他容器内部件、控制棒导管、热屏蔽层、挡板、堆芯栅格板、扩散板等)通常由反应堆供应商提供。在某些情况下，制造压力容器时也包括制造某些内部支承构件。这些物项对于反应堆运行的安全性和可靠性(因此对反应堆供应商的保证和责任)非常

注释

专门设计和制造的泵可包括防止一次冷却剂渗漏的精密密封或多重密封的系统、全密封驱动泵，及有惯性质量系统的泵。这一定义包括鉴定为NC-1或相当标准的泵。

2. 反应堆用非核材料

2.1. 氘和重水

任一收货国在任何12个月期间内收到的供上述第1.1.段所定义的核反应堆用，数量超过200千克氘原子的氘、重水（氧化氘）以及氘与氢原子之比超过1:5000的任何其他氘化物。

2.2. 核级石墨

任一收货国在任何12个月期间内收到的供上述第1.1.段所定义的核反应堆用，数量超过 3×10^4 千克（30吨），纯度高于百万分之五硼当量，密度大于1.50克/立方厘米的石墨。

说明

为了报告之目的，政府将确定出口符合上述技术规格的石墨是否供核反应堆使用。

3. 辐照燃料元件后处理厂以及专门为其设计或制造的设备

按语

辐照核燃料经后处理能使钚和铀从强放射性裂变产物以及其他超铀元素中分离出来。有各种技术工艺流程能够实现这种分离。但是，多年来，“普雷克斯”已成为最普遍采用和接受的工艺流程。“普雷克斯”流程包括：将辐照核燃料溶解在硝酸中，接着通过利用磷酸三丁酯与一种有机稀释剂的混合剂的溶剂萃取法分离铀、钚和裂变产物。

各种“普雷克斯”设施的流程功能彼此相似，包括：辐照燃料元件的切割、燃料溶解、溶剂萃取和工艺液流的贮存。还可能种种设备，用于使硝酸铀酰热脱硝，把硝酸钚转化成氧化钚或金属钚，以及把裂变产物的废液处理成适合于长期贮存或处置的形式。但是，执行这些功能的设

数要求，例如运行寿命很长，不需要维护或便于更换，操作和控制简便以及可适应工艺条件的各种变化。

专门设计或制造用于辐照燃料后处理厂的溶剂萃取器，例如填料塔或脉冲塔、混合澄清器或离心接触器。溶剂萃取器必须能耐硝酸的腐蚀作用。溶剂萃取器通常由低碳不锈钢、钛、锆或其他优质材料，按极高标准（包括特种焊接和检查以及质量保证和质量控制技术）加工制造而成。

3.4. 化学溶液保存或贮存容器

按语

溶剂萃取阶段产生三种主要的工艺液流。进一步处理所有这三种液流所用的保存或贮存容器如下：

- (a) 用蒸发法使纯硝酸铀酰溶液浓缩，然后使其进到脱硝过程，并在此过程中转变成氧化铀。这种氧化物再次在核燃料循环中使用。
- (b) 通常用蒸发法浓缩强放射性裂变产物溶液，并以浓缩液形式贮存。随后可蒸发这种浓缩液并将其转变成适合于贮存或处置的形式。
- (c) 在将纯硝酸钚溶液转到下几个工艺步骤前先将其浓缩并贮存。尤其是，钚溶液的保存或贮存容器要设计得能避免由于这种液流浓度和形状的改变导致的临界问题。

专门设计或制造供辐照燃料后处理厂用的保存或贮存容器。这种保存或贮存容器必须能耐硝酸的腐蚀作用。保存或贮存容器通常用低碳不锈钢、钛或锆或其他优质材料制造。可将保存或贮存容器设计成能远距离操作和维护，而且它们可具有下述控制核临界的特点：

- (1) 壁或内部结构至少有百分之二的硼当量，或
- (2) 对于圆柱状容器来说，最大直径175毫米(7英寸)，或
- (3) 对于平板式或环形容器来说，最大宽度75毫米(3英寸)。

5.1. 气体离心机和专门设计或制造用于气体离心机的组件和构件

按语

气体离心机通常由一个（几个）直径在75毫米(3英寸)和400毫米(16英寸)之间的薄壁圆筒组成。圆筒处在真空环境中并且以大约300米/秒或更高的线速度旋转，旋转时其中轴线保持垂直。为了达到高的转速，旋转构件的结构材料必须具有高的强度/密度比，而转筒组件因而及其单个构件必须按高精度公差来制造以便使不平衡减到最小。与其他离心机不同，为浓缩铀用的气体离心机的特点是：在转筒室中有一个（几个）盘状转板和一个固定的管列用来供应和提取 UF_6 气体，其特点是至少有三个单独的通道，其中两个通道与从转筒轴向转筒室周边伸出的收集器相连。在真空环境中还有一些不转动的关键物项，它们虽然是专门设计的，但不难制造，也不是用独特的材料制造的。不过，一座离心机设施需要大量的这种构件，因此其数量能提供最终用途的重要迹象。

5.1.1. 转动部件

(a) 完整的转筒组件：

用本节注释中所述的一种或一种以上高强度/密度比的材料制造成的若干薄壁圆筒或一些相互连接的薄壁圆筒；如果是相互连接的，则圆筒通过以下5.1.1.(c)节中所述的弹性波纹管或环连接。转筒（如果是最终形式的话）装有以下第5.1.1.(d)和(e)节所述内档板和端盖。但是完整的组件只能以部分组装形式交货。

(b) 转筒

专门设计或制造的厚度为12毫米(0.5英寸)或更薄直径在75毫米(3英寸)和400毫米(16英寸)之间，用本节注释中所述一种或一种以上高强度/密度比材料制造成的薄壁圆筒。

(c) 环或波纹管：

专门设计或制造用于局部支承转筒管或把数个转筒管连接起来的构件。波纹管是壁厚3毫米(0.12英寸)或更薄，直径在75毫米(3英寸)和400毫米(16英寸)之间，用本节注释中所述一种或一种以上高强度/密度比材料制成的有褶短圆筒。

产生的能量高于80千焦耳/立方米(10^7 高斯-奥斯特)。除了具有通常的材料性质外,先决条件是磁轴对几何轴的偏离应限制在很小的公差范围(低于0.1毫米或0.004英寸)或特别要求磁铁材料有均匀性。

(b) 轴承/阻尼器:

专门设计或制造的包括架在阻尼器上的枢轴/盖组件的轴承。枢轴通常是一种淬硬钢轴,一端成半球形,而另一端能连在5.1.1.(e)节所述底盖上。但是这种轴可附有一个动压轴承。盖是球形的,一面有一个半球形陷穴。这些构件通常是单独为阻尼器提供的。

(c) 分子泵:

专门设计或制造的内部有已加工或挤压的螺纹槽和已加工的腔的泵体。典型尺寸如下:内直径75毫米(3英寸)到400毫米(16英寸),壁厚10毫米(0.4英寸)或更厚,长度等于或大于直径。刻槽的横截面是典型的矩形,槽深2毫米(0.08英寸)或更深。

(d) 电动机定子:

专门设计或制造的环形定子,用于在真空中频率范围为600-2000赫兹,功率范围为50-1000伏安条件下同步运行的高速多相交流磁滞(或磁阻)式电动机。定子由在厚度为2.0毫米(0.08英寸)或更薄一些的典型薄层组成的低损耗叠片铁芯上的多相绕组组成。

(e) 离心机壳/收集器:

专门设计或制造用来容纳气体离心机的转筒组件的部件。离心机壳由一个壁厚达30毫米(1.2英寸)的刚性圆筒组成,它带有经过精密机械加工的两个端面以便固定轴承和一个或多个便于安装的法兰盘。这两个经过机械加工的端面相互平行,并以不大于0.05度的误差与圆筒轴垂直。离心机壳也可是一种格状结构以适应几个转筒。这种机壳通常用耐 UF_6 腐蚀的材料制造或是用这类材料加以保护。

(f) 收集器:

专门设计或制造的内径达12毫米(0.5英寸)的一些管件,它们用来借助皮托管作用(即例如扳弯一个径向配置的管的端部而形成一个面迎转筒内环形气流的开口)从转筒内部提取 UF_6 气体,并且能与中心气体提取系统相连。这类管件用耐 UF_6 腐蚀的材料制造或用这类材料加以保护。

5.2.3. UF₆质谱仪／离子源

专门设计或制造的磁质谱仪或四极质谱仪，这两种谱仪能从UF₆气流中“在线”取得供料、产品或尾料的样品，并且具有以下所有特点：

1. 原子质量单位的单位分辨率高于320；
2. 离子源用尼赫罗姆合金或蒙乃尔合金制成或以这些材料作为衬里或镀镍；
3. 电子轰击离子源；
4. 有一个适合于同位素分析的收集系统。

5.2.4. 频率变换器

为满足5.1.2.(d)中定义的电机定子的需要而专门设计或制造的频率变换器（又称变频器或变换器）或这类频率变换器的部件、构件和子配件。它们具有下述所有特点：

1. 多相输出600－2000赫兹；
2. 高稳定性(频率控制优于0.1%)；
3. 低谐波畸变(低于2%)；和
4. 效率高于80%。

注释

以上所列物项不是直接接触UF₆流程气体就是直接控制离心机和直接控制这种气体从离心机到离心机以及从级联到级联的通路。

耐UF₆腐蚀的材料包括不锈钢、铝、铝合金、镍或含镍60%以上的合金。

5.3. 专门设计或制造用于气体扩散法浓缩的组件和部件

按语

用气体扩散法分离铀同位素时，主要的技术组件是一个特制的多孔气体扩散膜、用于冷却(经压缩过程所加热)气体的热交换器、密封阀和控制阀以及管道。由于气体扩散技术使用的是六氟化铀(UF₆)，所有的设备、管道和仪器仪表(与气体接触的)表面都必须用同UF₆接触时能保持稳定的

5.3.5. 冷却 UF_6 的热交换器

专门设计或制造的，用耐 UF_6 的材料（不锈钢除外）制成或以其作为衬里或以铜或这些金属的复合物作衬里的热交换器，在压差为100千帕(15磅/平方英寸)下渗透压力变化率小于每小时10帕(0.0015磅/平方英寸)。

5.4. 专门设计或制造的用于气体扩散浓缩的辅助系统、设备和部件

按语

气体扩散浓缩厂用的辅助系统、设备和部件，是向气体扩散组件供应 UF_6 ，把单个组件相互联结组成级联(或多级)以便使浓缩度逐步增高并且从各个扩散级联中提取 UF_6 “产品”和“尾料”所需要的工厂系统。由于扩散级联的很高惯性，级联运行的任何中断，特别是停车，会导致严重后果。因此，在所有工艺系统中严格、持续地保持真空、自动防止事故、准确自动调节气流对气体扩散工厂是很重要的。所有这一切，使得该工厂需要装备大量特别的测量、调节和控制系统。

通常 UF_6 从置于高压釜内的圆筒中蒸发，以气态经级联集管管路通到进口。从出口流出的 UF_6 “产品”和“尾料”气流通过级联集管管路通到冷阱或压缩装置， UF_6 气体在这里液化，然后再进到适当的容器以便运输或贮存。由于一个气体扩散浓缩工厂由排成级联式的无数个气体扩散组件组成，所以级联的集管管线有好几公里长，含有好几千条焊缝而且管道布局大量重复。上述设备、部件和管道系统都按非常高的真空和净度标准制造。

5.4.1. 送料系统/产品和尾料提取系统

专门设计或制造的能在300千帕(45磅/平方英寸)或以下的压力下运行的流程系统，包括：

送料釜（或送料系统），用于使 UF_6 通向气体扩散级联；

凝华器（或冷阱），用于从扩散级联中取出 UF_6 ；

液化器，将来自级联的 UF_6 气体压缩并冷凝成液态 UF_6 ；

“产品”或“尾料”器，用来把 UF_6 收集到容器中。

5.5. 专门设计或制造用于气体动力学浓缩厂的系统、设备和部件

按语

在气体动力学浓缩过程中，要压缩气态 UF_6 和轻气体（氢或氦）的混合气，然后使其通过分离元件。在这些元件中，通过在一个曲壁几何结构面上产生的高离心力，完成同位素分离。已经成功地开发了这种类型的两个过程：喷嘴分离过程和涡流管过程。就这两种过程而言，一个分离级的主要部件包括容纳专用分离元件（喷嘴或涡流管）的圆筒状容器、气体压缩机和用来排出压缩热的热交换器。一座气体动力学浓缩工厂需要若干个这种分离级：因此其数量能提供最终用途的重要迹象。由于气体动力学过程使用 UF_6 ，所有设备、管线和仪器仪表中与这种气体接触的表面，都必须用同 UF_6 接触时能保持稳定的材料制成。

注释

本节所列物项不是直接接触 UF_6 过程气体就是直接控制级联中的这种气流。所有与 UF_6 这种过程气体接触的表面，均需用耐 UF_6 材料制造或用耐 UF_6 材料保护。就本节有关气体动力学浓缩物项而言，能耐 UF_6 腐蚀的材料包括：铜、不锈钢、铝、铝合金、镍或含镍60%或60%以上的合金；和耐 UF_6 完全氟化的烃聚合物。

5.5.1. 分离喷嘴

专门设计或制造的分离喷嘴及其组件。分离喷嘴由一些狭缝状、曲率半径小于1毫米（一般为0.1毫米至0.05毫米）的耐 UF_6 腐蚀的弯曲通道组成，喷嘴中有一刀口能将流过该喷嘴的气体分成两部分。

5.5.2. 涡流管

专门设计或制造的涡流管及其组件。涡流管呈圆筒形或锥形，用耐 UF_6 腐蚀材料制成或加以保护，其直径在0.5厘米至4厘米之间，长径比率为20:1或更小，并带有1个或多个切向进口。这些涡流管的一端或两端装有喷嘴型附件。

注释

供料气体在涡流管的一端切向进入涡流管，或通过一些旋流叶片，或从沿涡流管周边分布的若干个切向位置进入涡流管。

(d) “产品”器和“尾料”器，用于将 UF_6 转移入各容器中。

5.5.8. 集管管路系统

专门为操作气体动力学级联中的 UF_6 设计或制造的用耐 UF_6 腐蚀材料制成或保护的集管管路系统。这种管路系统通常采用“双”集管设计，每级或每个级组连接一个集管。

5.5.9. 真空系统和泵

(a) 为在含 UF_6 气氛中工作而专门设计或制造的吸入能力为5立方米/分或更大的由若干真空歧管、真空集管和真空泵组成的真空系统，

(b) 为在含 UF_6 气氛中工作而专门设计或制造的，用耐 UF_6 腐蚀的材料制成或保护的真空泵。这些泵也可用氟碳密封和特殊工作流体。

5.5.10. 特种截流阀和控制阀

为安装在气体动力学浓缩工厂的主系统和辅助系统而专门设计或制造的，用耐 UF_6 腐蚀材料制成的或保护的，直径为40-1500毫米的手动或自动截流阀和控制波纹管阀。

5.5.11. UF_6 质谱仪/离子源

专门设计或制造的磁质谱仪或四极质谱仪，这些谱仪能从 UF_6 气流中“在线”取得供料、产品或尾料的样品，并且具有所有以下特点：

1. 质量的单位分辨率高于320；
2. 用尼赫罗姆合金或蒙乃尔合金制成或以这些材料为衬里或镀镍的离子源；
3. 电子轰击离子源；
4. 适合于同位素分析的收集器系统。

5.5.12. UF_6 /载体气分离系统

为将 UF_6 与载体气（氢或氦）分离开来而专门设计或制造的过程系统。

5.6.1. 液—液交换柱（化学交换）

为使用化学交换过程的铀浓缩工厂专门设计或制造的，有机械动力输入的逆流液—液交换柱（即带有筛板的脉冲柱、往复板柱和带有内部涡轮混合器的柱）。为了耐浓盐酸溶液的腐蚀，这些交换柱及其内部构件一般用适宜的塑料（例如氟碳聚合物）或玻璃制作或保护。交换柱的级停留时间一般被设计得很短（30秒或更短）。

5.6.2. 液—液离心接触器（化学交换）

为使用化学交换过程的铀浓缩工厂而专门设计或制造的液—液离心接触器。此类接触器利用转动来达到有机相与水相的分散，然后借助离心力来分离这两相。为了能耐浓盐酸溶液的腐蚀，这些接触器一般用适当的塑料（例如碳氟聚合物）来制作或衬里，或衬以玻璃。离心接触器的级停留时间被设计得很短（30秒或更短）。

5.6.3. 还原系统和设备（化学交换）

(a) 为使用化学交换过程的铀浓缩工厂专门设计或制造的，用来将铀从一种价态还原为另一种价态的电化学还原槽。与过程溶液接触的这种槽的材料必须能耐浓盐酸溶液腐蚀。

注释

这种槽的阴极室必须设计成能防止铀被再氧化到较高的价态。为了把铀保持在阴极室中，这种槽可有一个由特种阳离子交换材料制成的抗渗的隔膜。阴极一般由石墨之类适宜的固态导体组成。

(b) 装在级联的产品端为将有机相流中的四价铀 U^{+4} 移出、调节酸浓度和向电化学还原槽供料而专门设计或制造的系统。

注释

这些系统由以下设备组成：将有机相流中的四价铀 U^{+4} 反萃取到水溶液中的溶剂萃取设备，完成溶液pH值调节和控制的蒸发设备和（或）其他设备，以及向电化学还原槽供料的泵或其他输送装置。一个重要设计问题是要避免水相流被某些种类的金属离子沾污。因此，对该系统那些接触这种过程物流的部分，要用适当的材料（例如玻璃、碳氟聚合物、聚苯硫酸酯、聚醚砜和用树脂浸过的石墨）制成或保护的装置来构成。

于10秒的交换速率减半期)而设计的,并且能在100-200℃的温度范围内操作。

5.6.7. 离子交换柱(离子交换)

为以离子交换过程进行铀浓缩而专门设计或制造的用于容纳和支撑离子交换树脂/吸附剂填充床层的直径大于1000毫米的圆筒状柱。这些柱一般用耐浓盐酸溶液腐蚀的材料(例如钛或碳氟塑料)制成或保护,并能在100-200℃的温度范围内和高于0.7兆帕(102磅/平方英寸)的压力下操作。

5.6.8. 离子交换回流系统(离子交换)

- (a) 专门设计或制造的用于使离子交换铀浓缩级联中所用化学还原剂再生的化学或电化学还原系统。
- (b) 专门设计或制造的用于使离子交换铀浓缩级联中所用化学氧化剂再生的化学或电化学氧化系统。

注释

离子交换浓缩过程可使用例如三价钛(Ti^{+3})作为还原阳离子,在这种情况下,所用还原系统将通过还原四价钛 Ti^{+4} 使三价钛 Ti^{+3} 再生。

离子交换浓缩过程可使用例如三价铁(Fe^{+3})作为氧化剂,在这种情况下,所用氧化系统将通过氧化二价铁 Fe^{+2} 来使三价铁 Fe^{+3} 再生。

5.7. 专门设计或制造用于以激光为基础的浓缩工厂的系统、设备和部件

按语

目前利用激光的浓缩过程的系统有两类:一类是过程介质为原子铀蒸气的系统,另一类是过程介质为铀化合物的蒸气的系统。这样一些过程的通常名称包括:第一类——原子蒸气激光同位素分离(AVLIS或SILVA);第二类——分子激光同位素分离(MLIS或MOLIS)和同位素选择性激光活化化学反应(CRISLA)。用于激光浓缩工厂的系统、设备和部件包括:(a)铀金属蒸气供料装置(用于选择性光电离)或铀的化合物蒸气供料装置(用于光离解或化学活化);(b)第一类中作为“产品”和“尾料”的浓缩的铀金属和贫化的铀金属收集装置,和第二类中作为“产品”的离解的或反应的化合物和作为“尾料”的未发生变化材料的收集装置;(c)

5.7.4. 分离器组件外壳(AVLIS)

专门设计或制造的圆筒状或矩形容器，用于容纳铀金属蒸气源、电子束枪，及“产品”与“尾料”收集器。

注释

这些外壳有多种样式的开口，用于电源电缆、供水管、激光束窗、真空泵接头和仪器诊断和监测。这些开口均设有开闭装置，以便整修内部的部件。

5.7.5. 超声膨胀喷嘴(MLIS)

专门设计或制造的超声膨胀喷嘴，用于冷却 UF_6 与载体气的混合气至150K或更低的温度。这种喷嘴耐 UF_6 腐蚀。

5.7.6. 氟化铀产品收集器 (MLIS)

专门设计或制造的五氟化铀(UF_5)固态产品收集器。这种收集器是过滤式、冲击式或旋流式收集器，或其组合；并且耐 UF_5/UF_6 环境的腐蚀。

5.7.7. UF_6 /载体气压缩机(MLIS)

为在 UF_6 环境中长期操作而专门设计或制造的 UF_6 /载体气混合气压缩机。这些压缩机中与过程气体接触的部件用耐 UF_6 腐蚀的材料制成或保护。

5.7.8. 转动轴封(MLIS)

专门设计或制造的有密封的进气口和出气口的转动轴封，用于密封把压缩机转子与驱动马达连接起来的轴，以保证可靠的密封，防止过程气体外漏，或空气或密封气体漏入充满 UF_6 /载体气混合气的压缩机内腔。

5.7.9. 氟化系统 (MLIS)

专门设计或制造的用于将 UF_5 （固体）氟化为 UF_6 （气体）的系统。

注释

这些系统是为将所收集的 UF_5 粉末氟化为 UF_6 而设计的。其 UF_6 随后将被收集于产品容器中，或作为进料被转送到为进行进一步浓缩而设置的MLIS单元中。在一种方案中，这种氟化反应可在同位素分离系统内部完

(b) 低温冷冻器，能承受-120℃或更低的温度；

(c) UF₆冷阱，能承受-20℃或更低的温度。

5.7.13. 激光系统（AVLIS，MLIS和CRISLA）

为铀同位素分离专门设计或制造的激光器或激光系统。

注释

AVLIS过程使用的激光系统通常由两个激光器组成：一个铜蒸气激光器和一个染料激光器。MLIS使用的激光系统通常由一个CO₂激光器或激发激光器和一个多道光学栅（两端有旋转镜）组成。这两种过程使用的激光器或激光系统都需要有一个谱频稳定器以便能够长时间地工作。

5.8. 专门设计或制造的用于等离子体分离浓缩厂的系统、设备和部件

按语

在等离子体分离过程中，铀离子等离子体通过一个调到铀-235离子共振频率的电场，这样铀离子优先吸收能量并增大它们螺旋状轨道的直径。具有大直径径迹的离子被捕集从而产生铀-235被浓集的产品。由电离的铀蒸气组成的等离子体被约束在具有由超导磁体产生的高强度磁场的真空室内。这个过程的主要技术系统包括铀等离子体发生系统，带有超导磁体的分离器组件和用于搜集“产品”和“尾料”的金属移出系统。

5.8.1. 微波动力源和天线

为产生或加速离子专门设计或制造的微波动力源和天线，具有以下特性：频率高于30千兆赫兹，和用于产生离子的平均功率输出大于50千瓦。

5.8.2. 离子激发蛇形管

专门设计或制造的射频离子激发蛇形管，用于高于100千赫的频率并能够输送的平均功率高于40千瓦。

5.8.3. 铀等离子体发生系统

为产生铀等离子体专门设计或制造的系统，这种系统可装有高功率条带式或扫描式电子束枪，靶上的释热高于2.5千瓦/厘米。

5.9.1. 电磁同位素分离器

为分离铀同位素专门设计或制造的电磁同位素分离器及其设备和部件包括：

(a) 离子源

专门设计或制造的一种或多种铀离子源由蒸汽源、电离剂和射束加速器组成，用石墨、不锈钢或铜等适当材料建造，能提供总强度为50毫安或更高的离子束流。

(b) 离子收集器

收集器板极由专门为收集浓缩和贫化铀离子束而设计或制造的两个或多个槽和容器组成，用石墨或不锈钢一类的适当材料建造。

(c) 真空外壳

为铀电磁分离器专门设计或制造的真空外壳，用不锈钢一类的非磁性适当材料建造，设计在0.1帕或以下的压力下运行。

注释

外壳专门设计成装有离子源、收集器板极和水冷却管路，并有助于扩散泵连接结构和可用来移出和重新安装这些部件的开闭结构。

(d) 磁极块

专门设计或制造的磁极块，直径大于2米，用来在电磁同位素分离器内维持恒定磁场并在毗连分离器之间传输磁场。

5.9.2. 高压电源

为离子源专门设计或制造的高压电源，具有以下所有特点：能连续工作，输出电压为20000伏或更高，输出电流为1安或更高，电压稳定性在8小时内高于0.01%。

5.9.3. 磁体电源

专门设计或制造的高功率直流磁体电源，具有以下所有特点：能在100伏或更高的电压下连续产生500安或更高的电流输出，电流或电压稳定性在8小时内高于0.01%。

专门设计或制造用于利用水－硫化氢交换法或氨－氢交换法生产重水的设备项目包括如下：

6.1. 水－硫化氢交换塔

专门设计或制造用于利用水－硫化氢交换法生产重水的用精制碳钢（例如ASTMA516）制造的交换塔。该塔直径6米(20英尺)至9米(30英尺)，能够在大于或等于2兆帕(300磅/平方英寸)压力下和6毫米或更大的腐蚀允量下运行。

6.2. 鼓风机和压缩机

专门为利用水－硫化氢交换法生产重水而设计或制造的用于循环硫化氢气体（即含 H_2S 70%以上的气体）的单级、低压头（即0.2兆帕或30磅/平方英寸）离心式鼓风机或压缩机。这些鼓风机或压缩机的气体通过能力大于或等于56立方米/秒(120 000SCFM)，能在大于或等于1.8兆帕(260磅/平方英寸)的吸入压力下运行，并有对湿 H_2S 介质的密封设计。

6.3. 氨－氢交换塔

专门设计或制造用于利用氨－氢交换法生产重水的氨－氢交换塔。该塔高度大于或等于35米(114.3英尺)，直径1.5米(4.9英尺)至2.5米(8.2英尺)，能够在大于15兆帕(2225磅/平方英寸)压力下运行。这些塔至少都有一个用法兰联结的轴向孔，其直径与交换塔筒体部分直径相等，通过此孔可装入或拆除塔内构件。

6.4. 塔内构件和多级泵

专门为利用氨－氢交换法生产重水而设计或制造的塔内构件和多级泵。塔内构件包括专门设计的促进气/液充分接触的多级接触装置。多级泵包括专门设计的用来将一个接触级内的液氨向其他级塔循环的水下泵。

6.5. 氨裂化器

专门设计或制造的用于利用氨－氢交换法生产重水的氨裂化器。该装置能在大于或等于3兆帕(450磅/平方英寸)的压力下运行。

7.2. 为将 UO_3 转化为 UF_6 而专门设计或制造的系统

注释

从 UO_3 到 UF_6 的转化可以直接通过氟化实现。该过程需要一个氟气源或三氟化氯源。

7.3. 为将 UO_3 转化为 UO_2 而专门设计或制造的系统

注释

从 UO_3 到 UO_2 的转化，可以用裂解的氨气或氢气还原 UO_3 来实现。

7.4. 为将 UO_2 转化为 UF_4 而专门设计或制造的系统

注释

从 UO_2 到 UF_4 的转化，可以用氟化氢气体（HF）在300-500℃与 UO_2 反应来实现。

7.5. 为将 UF_4 转化为 UF_6 而专门设计或制造的系统

注释

从 UF_4 到 UF_6 的转化，可以用氟气在塔式反应器中与 UF_4 发生放热反应来实现。使流出气体通过一个冷却到-10℃的冷阱把热的流出气体中的 UF_6 冷凝下来。该过程需要一个氟气源。

7.6. 为将 UF_4 转化为金属铀而专门设计或制造的系统

注释

从 UF_4 到金属铀的转化，可用镁（大批量）或钙（小批量）还原 UF_4 来实现。还原反应一般在高于铀熔点（1130℃）的温度下进行。

7.7. 为将 UF_6 转化为 UO_2 而专门设计或制造的系统

注释

从 UF_6 到 UO_2 的转化，可用三种方法来实现。在第一种方法中，用氢气和水蒸气将 UF_6 还原并水解为 UO_2 。在第二种方法中，通过溶解在水中而将 UF_6 水解，然后加入氨沉淀出重铀酸铵，接着可在820℃用氢气将重铀酸铵还原为 UO_2 。在第三种方法中，将气态 UF_6 、 CO_2 和 NH_3 通入水中，结