



国际原子能机构  
情况通报

INF

INFCIRC/295/Add.1  
8 March 2002

GENERAL Distr.  
CHINESE  
Original: ENGLISH

《土耳其共和国政府和国际原子能机构  
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《土耳其共和国和国际原子能机构缔结的关于实施与〈不扩散核武器条约〉(NPT)有关的保障的协定<sup>1</sup>的附加议定书》文本转载于本文件,以通告各成员国。该附加议定书于2000年6月7日经理事会批准,并于2000年7月6日在维也纳签署。

2. 根据附加议定书第17条规定,该议定书已于机构收到土耳其关于已满足土耳其有关生效的法律要求和/或宪法要求的书面通知之日即2001年7月17日生效。

<sup>1</sup> 转载于文件INFCIRC/295。

为节约起见,本文件仅印刷有限份数。

**《土耳其共和国政府和国际原子能机构  
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**

鉴于土耳其共和国政府（以下称为“土耳其”）和国际原子能机构（以下称为“机构”）是1981年9月1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：避免妨碍土耳其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，土耳其和机构协议如下：

- (1) 10吨铀，或对于由土耳其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，或对于由土耳其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) 对于土耳其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，或对于土耳其连续进口每次少于10吨但当年总量超过10吨的铀；
  - (2) 20吨钍，或对于土耳其连续进口每次少于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：
  - (a) 对于此类设备和材料从土耳其的每次出口：名份、数量、接收国打算使用的地点和出口日期或必要时预计的出口日期；
  - (b) 当机构特别要求时，土耳其作为进口国确认由另一国家向机构提供的有关向土耳其出口的此类设备和材料的资料。
- (x) 由土耳其的适当主管部门核准的关于在今后十年期内发展核燃料循环的一般计划（包括计划的与核燃料循环有关的研究与发展活动）。

## 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土耳其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小时前向土耳其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，机构应给土耳其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. 除非土耳其同意在其他时间进行，接触应仅在正常工作时间内进行。
- f. 土耳其有权在机构视察员进行接触期间派土耳其代表陪同，条件是不得以此拖延或者妨碍视察员行使其职能。

### 第 5 条

土耳其应向机构提供对下述部位和场所的接触：

- a.
  - (i) 一个场址的任何部位；

## 通信系统

### 第 14 条

- a. 土耳其应允许和保护机构为公务目的在处于土耳其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。经同土耳其协商，机构应有权使用国际上已有的直接通信系统，包括在土耳其尚未使用的卫星系统及其他远距离通信方式。当土耳其或机构要求时，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土耳其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。
- c. 上述a.款提及的制度应经理事会核准和定期审查。

## 附 件

### 第 16 条

- a. 本议定书的附件是议定书不可分割的一部分。除为修正附件之目的外，本文书中所用的“议定书”这一术语表示议定书和附件都包括在内。
- b. 附件I规定的各项活动的清单以及附件II规定的设备和材料清单可由理事会根据其设立的一个人数不限的专家工作组的咨询意见修正。任何此类修正案在理事会通过后四个月生效。

- 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大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，仅在土耳其接受后才依据本议定书实施。
- i. 设施系指：
- (i) 反应堆、临界装置、转化厂、制造厂、后处理厂、同位素分离厂或独立贮存装置；或
- (ii) 通常使用数量超过1有效千克的核材料的任何场所。
- j. 设施外场所系指不是设施但通常使用1有效千克或更少数量核材料的任何装置或场所。

2000年7月6日于维也纳签署，英文文本一式两份。

土耳其共和国政府代表：

土耳其常驻原子能机构代表

H. Aydin Sahinbas大使（签字）

国际原子能机构代表：

总干事

Mohamed ElBaradei（签字）

## 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) 锆管的制造。

锆管系指附件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)非常关键,因此它们的供应通常不是在反应堆本身的基本供应安排以外。因此,虽然不一定认为单独供应这些专门设计和制造的独特的、关键的、大型和昂贵的物项被排除在考虑的范围之外,但认为这种供应方式未必可能。

## 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 $3 \times 10^4$ 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。还可能有一种设备，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，执行这些功能的设备的类型和结构在各个“普雷克斯”设施间可能不同，原因有几个，其中包括需要后处理的辐照核燃料的类型和数量、打算对回收材料的处理和设施设计时所考虑的安全和维护原则。

一个“辐照燃料元件后处理厂”包括通常直接接触和直接控制辐照燃料和主要核材料以及裂变产物工艺液流的设备和部件。

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）。

### 3.5. 硝酸钚到氧化钚的转化系统

按语

在大多数后处理设施中，这个最后的流程包括将硝酸钚溶液转变成二氧化钚。这个流程的主要功能是：流程进料贮存和调节、沉淀和固/液分离、煅烧、产品装运、通风、废物管理和流程控制。

专门设计或制造用于将硝酸钚转化为氧化钚，经特别配置以避免临界和辐射影响并且将毒性危害减到最小的完整系统。

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。

##### (d) 转盘：

专门设计或制造的直径在75毫米（3英寸）和400毫米（16英寸）之间，用本节注释中所述各种高强度/密度比材料之一制造成的安装在离心机转筒内的盘状构件，其作用是将排气室与主分离室隔开，在某些情况下帮助 $\text{UF}_6$ 气体在转筒的主分离室中循环。

##### (e) 顶盖/底盖：

专门设计或制造的直径在75毫米（3英寸）和400毫米（16英寸）之间，用本节注释中所述各种高强度/密度比材料之一制造成的装在转筒管端部的盘状构件，这样就把 $\text{UF}_6$ 包容在转筒管内，在有些情况下还作为一

(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 $\text{UF}_6$ 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 $\text{UF}_6$ 气体, 并且能与中心气体提取系统相连。这类管件用耐 $\text{UF}_6$ 腐蚀的材料制造或用这类材料加以保护。

## 5.2. 为气体离心浓缩工厂专门设计或制造的辅助系统、设备和部件

### 按语

气体离心浓缩工厂用的辅助系统、设备和部件是向离心机供应 $\text{UF}_6$ , 把单个离心机相互连接起来以组成级联(多级)从而逐渐提高浓缩度并且从离

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 $\text{UF}_6$ 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 $\text{UF}_6$ 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（ $\text{UF}_6$ ），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 $\text{UF}_6$ 接触时能保持稳定的材料制成。一个气体扩散设施需要许多这样的组件，因此其数量能提供最终用途的重要迹象。

### 5.3.5. 冷却UF<sub>6</sub>的热交换器

专门设计或制造的，用耐UF<sub>6</sub>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<sub>6</sub>，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<sub>6</sub>“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<sub>6</sub>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<sub>6</sub>“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<sub>6</sub>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<sub>6</sub>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<sub>6</sub>；

液化器，将来自级联的UF<sub>6</sub>气体压缩并冷凝成液态UF<sub>6</sub>；

“产品”或“尾料”器，用来把UF<sub>6</sub>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 $\text{UF}_6$ 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 $\text{UF}_6$ ，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 $\text{UF}_6$ 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 $\text{UF}_6$ 过程气体就是直接控制级联中的这种气流。所有与 $\text{UF}_6$ 这种过程气体接触的表面，均需用耐 $\text{UF}_6$ 材料制造或用耐 $\text{UF}_6$ 材料保护。就本节有关气体动力学浓缩物项而言，能耐 $\text{UF}_6$ 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 $\text{UF}_6$ 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 $\text{UF}_6$ 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 $\text{UF}_6$ 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。

- (c) 固化器或液化器，用于通过压缩 $\text{UF}_6$ 并将其转化为一种液态形式或固态形式，从浓缩流程中移出 $\text{UF}_6$ ；
- (d) “产品”器和“尾料”器，用于将 $\text{UF}_6$ 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 $\text{UF}_6$ 设计或制造的用耐 $\text{UF}_6$ 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 $\text{UF}_6$ 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 $\text{UF}_6$ 气氛中工作而专门设计或制造的，用耐 $\text{UF}_6$ 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 $\text{UF}_6$ 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. $\text{UF}_6$ 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 $\text{UF}_6$ 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. $\text{UF}_6$ /载体气分离系统

为将 $\text{UF}_6$ 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

必须能耐浓盐酸溶液腐蚀，在物理性质上必须有足够的强度因而在交换柱中不被降解。这些树脂/吸附剂是专门为实现很快的铀同位素交换动力学过程（低于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

#### 注释

这些组件的部件由耐铀金属蒸气或液体的高温和腐蚀性的材料（例如氧化钽涂敷石墨或钽）制成或保护。这类部件可包括用于磁的、静电的或其他分离方法的管、阀、管接头、“出料槽”、进料管、热交换器和收集板。

#### 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 $\text{UF}_6$ 与载体气的混合气至150K或更低的温度。这种喷嘴耐 $\text{UF}_6$ 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 ( $\text{UF}_5$ ) 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 $\text{UF}_5/\text{UF}_6$ 环境的腐蚀。

#### 5.7.7. $\text{UF}_6$ /载体气压缩机 (MLIS)

为在 $\text{UF}_6$ 环境中长期操作而专门设计或制造的 $\text{UF}_6$ /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 $\text{UF}_6$ 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 $\text{UF}_6$ /载体气混合气的压缩机内腔。

(d) “产品”或“尾料”器，用于把 $\text{UF}_6$ 收集到容器内。

#### 5.7.12. $\text{UF}_6$ /载体气分离系统 (MLIS)

为将 $\text{UF}_6$ 从载体气中分离出来专门设计或制造的工艺系统。载体气可为氮、氩或其他气体。

注释

这类系统可装有设备例如：

- (a) 低温热交换器或低温分离器，能承受 $-120^\circ\text{C}$ 或更低的温度；
- (b) 低温冷冻器，能承受 $-120^\circ\text{C}$ 或更低的温度；
- (c)  $\text{UF}_6$ 冷阱，能承受 $-20^\circ\text{C}$ 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 $\text{CO}_2$ 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。

#### 5.8.5. 铀金属“产品”和“尾料”收集器组件

专门设计或制造的用于固态铀金属的“产品”和“尾料”收集器组件。这类收集器组件由抗热和抗铀金属蒸汽腐蚀的材料构成或由这类材料作防护层，例如有钨涂层的石墨或钽。

#### 5.8.6. 分离器组件外壳

专门设计或制造的圆筒形容容器，供等离子体分离浓缩厂用来容纳铀等离子体源、射频驱动蛇形管及“产品”和“尾料”收集器。

注释

这种外壳有多种形式的开口，用于供电装置、扩散泵接头及仪器仪表诊断和监测。这些开口设有开闭装置，以便整修内部部件；它们由适当的非磁性材料例如不锈钢构成。

### 5.9. 专门设计或制造的用于电离浓缩厂的系统、设备和部件

按语

在电磁过程中，由一种盐原料（典型的是四氯化铀）离子化产生的金属铀离子被加速并通过一个能使不同同位素离子流经不同径迹的磁场。电磁同位素分离器的主要部件包括：同位素离子束分散/分离用的磁场、离子源及其加速系统和收集经分离的离子的系统。这个过程的辅助系统包括磁体供电系统、离子源高压供电系统、真空系统以及产品回收及部件的清洁/再循环用多种化学处理系统。

#### 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。

和水之间的混合。在低温下氘向水中迁移，而在高温下氘向硫化氢中迁移。氘被浓缩了的硫化氢气体或水从第一级塔的热段和冷段的接合处排出，并且在下一级塔中重复这一过程。最后级别的产品（氘浓缩至高达30%的水）送入一个蒸馏单元以制备反应堆级的重水（即99.75%的氧化氘）。

氨-氢交换法可以在催化剂存在下通过同液态氨的接触从合成气中提取氘。合成气被送进交换塔，而后送至氨转换器。在交换塔内气体从塔底向塔顶流动，而液氨从塔顶向塔底流动。氘从合成气的氢中洗涤下来并在液氨中浓集。液氨然后流入塔底部的氨裂化器，而气体流入塔顶部的氨转换器。在以后的各级中得到进一步浓缩，最后通过蒸馏生产出反应堆级重水。合成气进料可由氨厂提供，而这个氨厂也可以结合氨-氢交换法重水厂一起建造。氨-氢交换法也可以用普通水作为氘的供料源。

利用GS法或氨-氢交换法生产重水的工厂所用的许多关键设备项目是与化学工业和石油工业的若干生产工序所用设备相同的。对于利用GS方法的小厂来说尤其如此。然而，这种设备项目很少有“现货”供应。GS法和氨-氢交换法要求在高压下处理大量易燃、有腐蚀性和有毒的流体。因此，在制定使用这些方法的工厂和设备所用的设计和运行标准时，要求认真注意材料的选择和材料的规格，以保证在长期服务中有高度的安全性和可靠性。规模的选择主要取决于经济性和需要。因而，大多数设备项目将按照用户顾主的要求制造。

最后，应该指出，对GS法和氨-氢交换法而言，那些单独地看并非专门设计或制造用于重水生产的设备项目可以组装成专门设计或制造用于生产重水的系统。氨-氢交换法所用的催化剂生产系统和在上述两方法中将重水最终加浓至反应堆级所用的水蒸馏系统就是此类系统的实例。

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：

## 6.6. 红外吸收分析器

能在氘浓度等于或高于90%的情况下“在线”分析氢/氘比的红外吸收分析器。

## 6.7. 催化燃烧器

专门设计或制造的用于利用氨—氢交换法生产重水时将浓缩氘气转化成重水的催化燃烧器。

## 7. 铀转化厂及专门为其设计或制造的设备

按语

铀转化厂和系统可以对铀进行一种或几种转化使其从一种化学状态转变为另一种化学状态，包括：从铀浓缩物到 $\text{UO}_3$ 的转化；从 $\text{UO}_3$ 到 $\text{UO}_2$ 的转化；从铀的氧化物到 $\text{UF}_4$ 或 $\text{UF}_6$ 的转化；从 $\text{UF}_4$ 到 $\text{UF}_6$ 的转化；从 $\text{UF}_6$ 到 $\text{UF}_4$ 的转化； $\text{UF}_4$ 到金属铀的转化，和从铀的氟化物到 $\text{UO}_2$ 的转化。铀转化工厂所用许多关键设备物项与化学加工工业的若干生产工序所用设备相同。例如，这些过程中使用的各类设备可以包括：加热炉、回转炉、流化床反应器、火焰塔式反应器、液体离心机、蒸馏塔和液-液萃取塔。不过，这些物项中很少有“现货”供应，大部分将须按用户要求和规格制造。在某些情况下，为了适应所处理的一些化学品( $\text{HF}$ 、 $\text{F}_2$ 、 $\text{ClF}_3$ 和各种铀的氟化物)的腐蚀性质，需要作专门的设计和建造考虑。最后应该指出，在所有铀转化过程中，那些单独地看不是为铀转化专门设计或制造的设备物项，可被组装成专门为铀转化而设计或制造的系统。

### 7.1. 为将铀浓缩物转化为 $\text{UO}_3$ 而专门设计或制造的系统

注释

从铀浓缩物到 $\text{UO}_3$ 的转化可通过以下步骤实现：首先，用硝酸溶解铀浓缩物，用磷酸三丁酯之类溶剂萃取纯化的硝酸铀酰；然后，硝酸铀酰通过浓缩和脱硝转化为 $\text{UO}_3$ ，或用气态氨中和产生重铀酸铵，接着通过过滤、干燥和煅烧转化为 $\text{UO}_3$ 。

中，结果沉淀出碳酸铀酰胺。在 $500-600^{\circ}\text{C}$ ，碳酸铀酰胺与水蒸气和氢气发生反应，生成 $\text{UO}_2$ 。

从 $\text{UF}_6$ 到 $\text{UO}_2$ 的转化，通常是燃料制造厂的第一个工序。

#### **7.8. 为将 $\text{UF}_6$ 转化为 $\text{UF}_4$ 而专门设计或制造的系统**

注释

从 $\text{UF}_6$ 到 $\text{UF}_4$ 的转化，是用氢还原实现的。