

**國際原子能總署與
各會員國實施保防協定之
補充議定書範本**

(中華民國)與國際原子能總署實施保防協定

補充議定書範本

序 言

鑑於(中華民國)是與國際原子能總署(以下簡稱總署)實施保防協定(以下簡稱保防協定)的簽約一方,該協定於1971年12月6日生效;

瞭解國際社會擬以加強總署保防制度的有效性並改善其效率的方式,更進一步提升防止核武器蓄衍的意願;

總署在執行保防時須注意:避免妨礙(中華民國)在核能和平應用上的經濟與技術發展或國際合作;尊重實施中的有關保健、安全、保防及其他安全措施及個人的權益;及採取所有的防範措施以保護其所知道的商業、技術及工業機密及其他機密資訊;

鑑於本議定書所述之各項活動的實施頻次與執行度應保持最小,並與加強總署保防的有效性並改善其效率的目標一致;

因此(中華民國)與國際原子能總署同意如下:

議定書與保防協定之關係

第1條

保防協定的條款與本議定書相關且共容的部份,適用於本議定書。若保防協定的條款與本議定書的條款不一致時,則適用本議定書之條款。

資訊之提供

第2條

a. (中華民國)應提供總署一份陳述下列事項的資訊:

- (i) 在由(中華民國)出資、特定認可或管制的任何地方實施,或代表(中華民國)實施的不涉及核物料的核燃料循環相關之研究發展活動的地點之一般性敘述與資訊。
- (ii) 基於總署對有效性與效率增益的考量,並經(中華民國)同意,關於核設施及經常使用核物料的設施外地點與保防相關活動的資訊。
- (iii) 每一個場址的每一棟建築物之一般性敘述,該敘述內容須包括用途的說明;如果該敘述不夠明顯,則應說明所含之物件。此項敘述應附一份場址的地圖。
- (iv) 從事本議定書附錄 所定活動的每一地點運作規模之敘述。

- (v) 鈾礦場與濃化廠及鈾濃化廠的地點、運轉現況及預估年產能，及（中華民國）全國此種礦場與濃化廠之目前年產量。如總署要求時，（中華民國）應提供每一個個別礦場或濃化廠之目前年產量。以上所提供之資訊不須為詳細的核物料料帳。
- (vi) 關於尚未達到適合燃料製造或同位素濃化所需的成份與純度之原料的資訊，如：
- (a) 不論是核用途或非核用途，在（中華民國）每一個地點數量超過 10 公噸鈾與 / 或 20 公噸鈾的這種材料的數量、化學成份、用途或預擬用途，及當（中華民國）全國總計超過 10 公噸鈾或 20 公噸鈾的其他超過 1 公噸的地點。以上所提供之資訊不須為詳細的核物料料帳。
- (b) 數量超過如下所列之每一筆從（中華民國）輸出的供特定非核用途的此種物料之數量、化學成份及目的地：
- (1) 10 公噸鈾，或連續從（中華民國）輸出鈾到同一國家，每次少於 10 公噸，但該年總計超過 10 公噸；
- (2) 20 公噸鈾，或連續從（中華民國）輸出鈾到同一國家，每次少於 20 公噸，但該年總計超過 20 公噸；
- (c) 每一筆輸入給（中華民國）的此種物料供特定非核用途之數量、化學組成、目前地點及用途或擬定用途，其數量超過：
- (1) 鈾 10 公噸，或連續輸入鈾到（中華民國），每次少於 10 公噸，但該年總計超過 10 公噸；
- (2) 鈾 20 公噸，或連續輸入鈾到（中華民國），每次少於 20 公噸，但該年總計超過 20 公噸；
- 擬供非核用途的此種物料，祇要是其為最終使用於非核用途之形態，即不要求提供以上資訊。
- (vii) (a) 依[paragraph 37 of INFCIRC/153] 所豁免保防的核物料之數量、用途及地點的資訊；
- (b) 在每一地點，依[paragraph 36(b) of INFCIRC/153]所豁免保防，但尚未為最終使用於非核用途形態的核物料之數量（可預估）及用途，其數量且超過[paragraph 37 of INFCIRC /153]所定者。以上所提供之資訊不須為詳細的核物料料帳。
- (viii) 依[paragraph 11 of INFCIRC/153] 所終止保防的含有銻、高濃化鈾或鈾-233 的中放射性或高放射性廢料的地點或進一步處理的資訊。所謂「進一步處理」並不包括為了貯存或處置所做的不涉及元素分離的廢料之再包裝或其進一步的調理。
- (ix) 下列關於列在附錄 所指定的設備與非核物料的資訊：
- (a) 從（中華民國）輸出的每一筆這種設備與物料之名稱、數量、在接收國家的擬用地點及日期或其預期輸出日期；

- (b) 在總署的特定要求之下，經輸入國(中華民國)確認後按照前述(a)節提供給總署的資訊。
- (x) 由(中華民國)的主管機關核准與核燃料循環(包括所規劃的核燃料循環相關之研究發展活動)發展相關的連續進行十年期程之一般性計畫。
- b. (中華民國)應提供總署下列資訊：
 - (i) 不涉及核物料之核燃料循環相關之研究發展活動的地點之一般性敘述與資訊，其活動係與濃化、核燃料之再處理或含有鈾、高濃化鈾或鈾-233之中放射性或高放射性廢料之處理特定相關，並在(中華民國)內任何地方但非由(中華民國)出資、特定認可或管制或代表(中華民國)所執行。本節所謂中放射性或高放射性廢料之「處理」並不包括為了廢料的貯存或處置而進行的不涉及元素分離的再包裝或其進一步的調理。
 - (ii) 由總署所確認在場址外的地點所實施的活動及執行此種活動的人或團體的名稱之一般性敘述，當總署認為這些活動與該設施的活動可能在功能上有關時。此資訊係依總署的特定要求，在與總署諮商後即時提供。
- c. 在總署的要求下，(中華民國)應提供其在本條有關的任何與保防相關的詳述或澄清資訊。

第 3 條

- a. (中華民國)應在本議定書生效之後 180 天之內提供第 2 條 a.(i)節 (iii)節 (iv)節、(v)節、(vi)(a)節、(vii)節及(x)節及第 2 條 b.(i) 節所確認之資訊給總署。
- b. (中華民國)應於每年五月 15 日提供上述 a.節所述涵蓋前一個日曆年期間內的更新資訊給總署。如以前提供的資訊沒有變更時，(中華民國)亦應明示。
- c. (中華民國)應於每年五月 15 日提供第 2 條 a.(vi)(b) 節及(c) 節所提涵蓋前一個日曆年期間內的資訊。
- d. (中華民國)應於每季提供第 2 條 a.(ix)(a) 節所提的資訊。此資訊應在每季結束的 60 日內提供。
- e. 第 2 條 a.(viii)節所提而需進一步處理的資訊，(中華民國)應於執行進一步處理前 180 天提供給總署，如前一日曆年內地點有變更時應於每年五月 15 日前提供訊息。
- f. (中華民國)與總署應協商第 2 條 a.(ii)節的提報時機與頻次。
- g. (中華民國)應在總署要求的 60 天內提供第 2 條 a.(ix)(b) 節所述的資訊。

補足性進入

第 4 條

應實施在本議定書第 5 條下與「補足性進入」有關的下列規定：

- a. 總署不應規律式地或系統化地去查證第 2 條所述的資訊，然而，總署應可進入：

- (i) 第 5 條 a.(i) 節或(ii)節所述之任選地點，以確保無未宣告之核物料與活動；
 - (ii) 第 5 條 b.節或 c.節所述之任何地點，以解決對按照第 2 條所提供資訊的正確性與完整性相關之疑問，或解決與該資訊有關的不一致性；
 - (iii) 第 5 條 a.(iii)節所述之任何地點，總署為了保防目的，有必要確認，(中華民國)對經常使用核物料的設施或設施外地點所做除役現況之通告。
- b. (i) 除非下面(ii)節有敘述，總署至少應於 24 小時前先期通知(中華民國)；
 - (ii) 對於與設計資料查證訪問或在該場址的特別或例行視察有關的進入，先期通知應至少有 2 小時，但在例外的狀況可以短於兩小時。
- c. 先期通知應以書面為之，並應定出進入的理由及在進入期間內所執行的活動。
 - d. 有疑問或不一致性時，總署應讓(中華民國)有機會去澄清並解決此疑問或不一致性。除非認為進入的耽擱會妨害進入的目的，總署應在要求進入之前提供此一機會。無論如何，在(中華民國)被提供此一機會前總署不應對疑問或不一致性作成結論。
 - e. 除非另外被(中華民國)同意，否則祇能在正常工作時間內進入。
 - f. (中華民國)應有權讓總署之視察員在其進入時由(中華民國)之代表陪同，惟視察員不得因此被耽擱或阻礙其執行功能。

第 5 條

(中華民國)應協助總署進入下列地點：

- a. (i) 場址的任何地方；
 - (ii) (中華民國)在第 2 條 a.(v)-(viii)節之下所提的地點；
 - (iii) 經常使用核物料的任何除役設施或除役的設施外地點。
- b. 在第 2 條 a.(i) 節、第 2 條 a.(iv)節、第 2 條 a.(ix)(b) 節或第 2 條 b.節之下經(中華民國)所確認的任何地點，而非上述 a.(i) 節所述者，倘若(中華民國)不能提供此種進入，(中華民國)應盡所有合理的努力以經由其他方法，沒有耽擱地滿足總署的要求。
 - c. 總署所定的任何地點，而非上述 a.節與 b.節所述者，以實施地點特定之環境取樣，倘若(中華民國)不能提供此種進入，(中華民國)應做所有合理的努力以在鄰近地點或經由其他方法，無耽擱地滿足總署的要求。

第 6 條

當執行第 5 條之時，總署可實施下列活動：

- a. 按照第 5 條 a.(i) 節或(iii) 節進入之：目視觀察；收集環境試樣；輻射偵檢與測量儀具之使用；安裝輔助辦法中所定的封緘及其他辨識與防制的儀具；及其他被證實為在技術上可行且其使用已被理事會所同意，並由總署與(中華民國)諮商後的措施。
- b. 按照第 5 條 a.(ii)節進入之：目視觀察；核物料的項件清點；非破壞性測量與

取樣；輻射偵檢與測量儀具之使用；檢查與核物料數量、來源及處置有關的紀錄；收集環境試樣；及其他被證實為在技術上可行且其使用已被理事會所同意，並由總署與(中華民國)諮商後的客觀措施。

- c. 按照第 5 條 b.節進入之：目視觀察；收集環境試樣；輻射偵檢與測量儀具之使用；檢查保防相關的生產與運送紀錄；及其他被證實為在技術上可行且其使用已被理事會所同意，並由總署與（中華民國）諮商後的客觀措施。
- d. 按照第 5 條 c.節進入之：環境試樣之收集，及結果未解決在按照第 5 條 c.節所定地點的疑問或不一致性時，在該地點目視觀察、輻射偵檢及測量儀具之使用，及(中華民國)與總署所同意的其他客觀措施。

第 7 條

- a. 在（中華民國）要求時，總署與（中華民國）應在本議定書之下簽定「受管理之進入」的辦法，以便防止對核武蓄衍敏感的資訊之散發、或符合安全或實體防護要求，或保護私密性或商業敏感資訊。此種辦法不應排除總署進行必要活動以對在質疑地點無未宣告核物料及活動乙事提供可信的保證，包括解決與第 2 條所述資訊的正確性與完整性有關的疑問或與該資訊有關的不一致性。
- b. 在提供第 2 條所述資訊時，（中華民國）可通知總署在一個場址的地方或地點可以實施「受管理之進入」。
- c. 在等待任何必要的輔助辦法生效之前，（中華民國）可以採用與上述 a.節條款一致的「受管理之進入」為手段。

第 8 條

本議定書不應排除（中華民國）提供總署進入第 5 條與第 9 條所述以外的地點或要求總署在一特定地點進行查證活動。總署則應立即做所有合理的努力以應對此一要求。

第 9 條

（中華民國）應協助總署進入其所定地點以實施廣域之環境取樣，倘若（中華民國）無法協助時，（中華民國）應儘所有合理的努力以在其他的地點滿足總署的要求。在廣域之環境取樣及其程序辦法已被理事會核准，並由總署與（中華民國）諮商前，總署不應要求此類進入。

第 10 條

總署應通知(中華民國)下列事項：

- a. 在本議定書下實施的活動，包括那些與總署提請(中華民國)注意的與任何有疑問或不一致有關的活動，通知時效應在總署執行那些活動之後 60 天內。
- b. 與總署提請(中華民國)注意的與任何有疑問或不一致有關的活動的結果，應

儘快通知，但無論如何應在總署確定結果之後 30 天之內。

- c. 在本議定書下總署實施之活動所得的結論。結論應每年提供。

總署視察員之指派

第 11 條

- a. (i) 署長應通知（中華民國）理事會核准任何總署官員作為保防視察員。除非（中華民國）在收到理事會核准之通知的三個月內告訴署長其拒絕此一官員作為（中華民國）的視察員，否則如此通知(中華民國)的視察員將被視為已被（中華民國）同意任命。
- (ii) 署長，應（中華民國）之請求或其自行考量，應立即通知（中華民國）撤銷任命任何官員為（中華民國）的視察員。
- b. a. 節所述之通知在總署以掛號信傳遞通知(中華民國) 7 天之後應被認為已被（中華民國）收到。

簽 證

第 12 條

（中華民國）應在收到請求一個月之內，依需求以適當的多次進 / 出與 / 或過境簽證提供給請求內所指派之視察員，使其進入並停留在（中華民國）之領土執行他 / 她的工作。所需之簽證有效期應至少一年並視需要換新，以涵蓋視察員被任命到（中華民國）之期間。

輔助辦法

第 13 條

- a. （中華民國）或總署指出有必要在輔助辦法中明定本議定書所定辦法如何應用時，（中華民國）與總署應在本議定書生效 90 天之內，或在本議定書生效後並認定此種輔助辦法之需要後 90 天之內，同意此種輔助辦法。
- b. 在等待任何必要的輔助辦法生效之期間，總署應有權實施本議定書所定辦法。

通訊系統

第 14 條

- a. （中華民國）應允許並保護總署因公務目的的自由通訊，存在於在（中華民國）的總署視察員與總署總部與 / 或分部之間，包括總署圍阻與 / 或偵監或測量儀具所產生的資訊之有人或無人傳遞。總署在與（中華民國）協商後，

應有使用國際間建立的而未在（中華民國）應用的直接通訊系統之權利，該系統包括衛星系統及其他形式的遠距離通訊。在（中華民國）或總署的要求下，本節中有關總署圍阻與 / 或偵監或測量儀具產生的資訊之有人或無人傳遞的執行細節應明定於輔助辦法內。

- b. 上述 a.節所述通訊及資訊傳遞，應適當考慮保護(中華民國)認為具有特殊敏感性的隱私性或商業敏感資訊或設計資料的需要性。

保密資訊之保護

第 15 條

- a. 總署應維持一嚴謹的制度，以保證有效保護其所知曉的商業、技術與工業機密、其他秘密資訊及在執行本議定書時所知曉的資訊不被公開。
- b. a.節所述制度應包括與下列有關之條款：
 - (i) 一般性原則及相關的處理秘密資訊的方法；
 - (ii) 與秘密資訊保護有關的職員雇用條件；
 - (iii) 保密性遭破壞時或聲稱被破壞時的處理程序。
- c. 上述 a.節所述的制度應由理事會核准並定期審查。

附 錄

第 16 條

- a. 本議定書之附錄應為議定書整體的一部分。除了修訂附錄的目的外，本文書中所述之「議定書」一詞係指議定書及其附錄一體。
- b. 附錄 所定之活動表，及附錄 所定之設備與物料表，可以由理事會按照其所成立的專家工作組之建議來修訂。任何此種修訂應在理事會接受之後四個月生效。

生 效

第 17 條

本議定書應在下列情況時生效：

在總署從（中華民國）收到書面通知謂已符合(中華民國)的法令與 / 或憲法對生效的要求時。

或

（中華民國）與總署的代表簽字時。

（中華民國）可在本議定書生效之前任何日期宣稱其將暫時地實施本議定書。

任何有關本議定書之暫行實施及正式生效之宣告，署長應立即通知所有總署的會員國。

定 義

第 18 條

為本議定書的目的：

- a. 核燃料循環相關之研究發展活動(Nuclear fuel cycle-related research and development activities) 指下列特定相關於任何程序或系統之活動：
 - 核物料 (nuclear material) 之轉化，
 - 核物料 (nuclear material) 之濃化，
 - 核燃料製造，
 - 反應器，
 - 臨界設施，
 - 核燃料再處理，
 - 含有鈾、高濃化鈾 (high enriched uranium) 或鈾-233 之中放射性或高放射性廢料之處理 (不包括為了貯存或處置而不涉及元素分離的再包裝或調理)，但不包括與下列有關之活動：理論或基本科學研究或對工業放射同位素應用、醫學，水文及農業應用、健康與環境效應及改良式維修之研究發展。
- b. 場址 (site) 指一個設施(facility)，包括一個封閉設施 (closed-down facility)，在其相關設計資料中被(中華民國)劃定界限的地區，及在一個經常使用核物料 (nuclear material) 的設施外地點 (location outside facilities)，包括封閉的設施外地點 (closed-down location outside facilities) 的相關資料中被劃定界限的地區 (這限於有熱室的地點或實施轉化、濃化、燃料製造或再處理活動的地點) 也應包括與設施 (facility) 或地點在一起的，提供或使用必要服務的所有設施，包括：處理不含核物料 (nuclear material) 的照射過物料的熱室；廢料處理、貯存與處置的設施；及上述第 2.a (iv)節所述與(中華民國)所定特定項目有關的建築物。
- c. 除役設施 (decommissioned facility) 或除役的設施外地點 (decommissioned location outside facilities) 指一個設施或地點，其中為其使用所必要的殘留結構與設備已被移除或變成不能操作因此不被用來貯存也不再能被用來裝卸、處理或使用核物料 (nuclear material)。
- d. 封閉設施 (closed-down facility) 或封閉的設施外地點 (closed-down location outside facilities) 指一個操作已被停止的設施或地點，而且核物料 (nuclear material) 已被移除但尚未被除役。
- e. 高濃化鈾 (high enriched uranium) 指含有 20% 或以上鈾-235 同位素的鈾。
- f. 特定地點之環境取樣 (location-specific environmental sampling) 指在總署所

定一個地點及緊鄰地區收集環境試樣（例如空氣、水、蔬菜、土壤、擦拭），目的在協助總署對特定地點無未宣告核物料（nuclear material）或核子活動得到結論。

- g. 廣域之環境取樣（wide-area environmental sampling）指在總署所定一組地點收集環境試樣（例如空氣、水、蔬菜、土壤、擦拭），目的在協助總署對一個廣大地區內無未宣告核物料（nuclear material）或核子活動得到結論。
- h. 核物料（nuclear material）指規約第 XX 條所定義之任何原料或任何特殊可分裂物料。原料這名詞不應被解釋為應用於礦物或礦物殘料。本議定書生效後，理事會在總署規約第 XX 條下增加被認為是原料或特殊可分裂物料的物料的決定，祇有在（中華民國）接受時在本議定書之下方為有效。
- i. 設施（facility）指：
 - (i) 一個反應器、一個臨界設施、一個轉化廠、一個製造廠、一個再處理廠、一個同位素分離廠或一個個別的貯存設施；或
 - (ii) 任何經常使用超過 1 有效公斤核物料（nuclear material）的地點。
- j. 設施外地點（location outside facilities）指前項設施（facility）以外的任何設施或地點，在該處經常使用的核物料（nuclear material）少於 1 有效公斤（含）。

附錄

議定書第 2 條 a. (iv) 節所提到活動之列表

- (i) 離心機轉子管(centrifuge rotor tubes)或氣體離心機(gas centrifuge) 組合之製造。
離心機轉子管指 附錄 5.1.1(b)項所述之薄壁圓筒。
氣體離心機指 附錄 5.1 項引介註解所述之離心機。
- (ii) 擴散障壁(diffusion barriers) 之製造。
擴散障壁指附錄 5.3.1(a)項所述之多孔性薄層過濾器。
- (iii) 以雷射為基系統(laser-based systems) 之製造或組合。
以雷射為基系統指引用附錄 5.7 項 所述項件之系統。
- (iv) 電磁同位素分離器(electromagnetic isotope separator) 之製造或組合。
電磁同位素分離器指附錄 5.9.1 項所指項件，含有附錄 5.9.1(a)項 所述之離子源。
- (v) 塔或萃取設備(columns or extraction equipment) 之製造或組合。
塔或萃取設備指附錄 5.6.1、5.6.2、5.6.3、5.6.5、5.6.6、5.6.7， 及 5.6.8 項所述項件。
- (vi) 空氣動力分離噴嘴或旋渦管(aerodynamic separation nozzles or vortex tubes) 之製造。
空氣動力分離噴嘴或旋渦管指分別於附錄 5.5.1 項及 5.5.2 項所述之 分離噴嘴及旋渦管。
- (vii) 鈾電漿產生系統(uranium plasma generation systems) 之製造或組合。
鈾電漿產生系統指附錄 5.8.3 項所述產生鈾電漿之系統。
- (viii) 鋯管(zirconium tubes) 之製造。
鋯管指附錄 1.6 項所述之管。
- (ix) 重水或氘(heavy water or deuterium) 之製造或升級。
重水或氘指氘、重水(氧化氘 deuterium oxide) 及其他任何氘化合物， 其中氘與氫原子之比超過 1:5000。
- (x) 核能級石墨(nuclear grade graphite) 之製造。
核能級石墨指純度低於五百萬分之一硼等值且密度大於 1.50g/cm³ 之石 墨。
- (xi) 照射過燃料罐(flasks for irradiated fuel) 之製造。
照射過燃料罐指供照射過燃料運送與 / 或貯存用之容器，提供化學、熱， 及放射方面的防護，並散逸裝卸、運送，及貯存過程中的衰變熱。
- (xii) 反應器控制棒(reactor control rods) 之製造。
反應器控制棒指附錄 1.4 項所述之棒。
- (xiii) 臨界安全槽與容器(critically safe tanks and vessels) 之製造。
臨界安全槽與容器指附錄 3.2 項及 3.4 項所述之項件。

(xiv) 照射過燃料元件剝碎機 (irradiated fuel element chopping machines) 之製造。

照射過燃料元件剝碎機指附錄 3.1 項所述之設備。

(xv) 熱室 (hot cells) 之建造。

熱室指一個室或數個互相連接的室，容積至少有 6 立方公尺，有屏蔽相當於或大於 0.5 公尺等值的鋼筋混凝土，其密度為 $3.2\text{g}/\text{cm}^3$ 或更大，裝有遙控操作設備。

附錄

按照第 2 條 a. (ix) 節報告之輸出與輸入 所指定的設備與非核物料之列表

1. 反應器及其設備

1.1 核反應器

其操作可維持可控式自續連鎖分裂反應之核反應器，不含「零能量反應器」，後者之定義乃為此類型之核反應器，其鈾之最大生產量不超過每年 100 克。

註解：「核反應器」，基本上指位於反應器壓力槽內部，及直接與其相連之所有組件，控制爐心功率之設備、以及容納反應器爐心之主冷卻系統，或與其直接接觸，或控制其功能之設備。

本條應包括能在合理修改後，鈾年產量超過 100 克的反應器。設計上可在某一功率上持續運轉之反應器，不論其鈾產量多寡，均不視為「零能量反應器」。

1.2 反應器壓力槽

特別設計或製備以容納上述 1.1 段所定義之核反應器爐心，且能承受主冷卻劑運轉壓力之金屬槽，或其主要廠製組件。

註解：核反應器壓力槽之頂板即涵蓋於 1.2 項之壓力槽主要廠製組件。

核反應器內部組件（例如爐心及其他內部組件之支撐柱及板、控制棒導管、熱屏蔽、導流板、爐心格架板、擴散板等）通常由核反應器供應商所供應，在某些情況下，若干內部支撐組件包含於壓力槽之製造，這些項目對於核反應器運轉之安全及可靠度（以及反應器供應商之保證及責任）具有相當之重要性，一般均含於反應器基本供應內，否則須另行安排單獨供應這些獨特、特殊設計及製備、具關鍵性之大型且昂貴之項目，雖並不全然排除前述範圍外，唯此供應模式並不常見。

1.3 反應器燃料更換機

專為上述 1.1 段所定義之核反應器，進行核燃料更換工作而設計或製備者，且具有負載操作能力，或利用高精度之定位與校準功能從事複雜的無負載狀況下燃料更換作業，例如通常無法直接觀察或接觸燃料之操控設備。

1.4 反應器控制棒

專為控制上述 1.1 段所定義之核反應器的反應率而設計或製備之棒。

註解：除中子吸收物外，本項目亦包括另外供應之支撐或懸吊結構。

1.5 反應器壓力管

專為容納上述 1.1 段所定義之核反應器燃料元件及主冷卻劑而設計或製備，且操作壓力超過 5.1MPa (740 psi) 之管。

1.6 鉛管

專為用於上述 1.1 段所定義之核反應器而設計或製備之管件或管組，在 12 個月期內之數量超過 500 公斤，且鉛與鉛之重量比低於 1:500 之鉛金屬及其合金。

1.7 主冷卻泵

專為上述 1.1 段所定義之核反應器主冷卻劑循環而設計或製備之泵。

註解：特別設計或製備之泵可包含精細的密封系統或多重密封系統，以防止主冷卻劑、罐裝驅動泵及具慣性質量系統之馬達洩漏。此定義涵蓋通過 NC-1 或同級標準之泵。

2. 反應器之非核物料

2.1 氘及重水

用於上述 1.1 段所定義之核反應器，且在任一 12 個月期限內供應任一接受國之氘、重水(氧化氘)及其他氘化合物，其重量超過 200 公斤且氘與氫原子之比超過 1:5000 者。

2.2 核能級石墨

純度高於 5ppm 硼當量，密度高於 1.5 g/cm^3 ，且於任一 12 個月期限內供應任一接受國之數量超過 30 公噸之石墨。

註：為提出報告，政府將決定有關石墨之輸出是否為符合上述供核反應器使用之規格。

3. 照射過核燃料之再處理廠及專為其設計或製備之設備。

引介註解：照射過核燃料之再處理乃將鈾及鈾自高放射性分裂產物及其他超鈾元素分離出來。有多種技術程序可達成此一分離，但多年來，Purex 鈾鈾萃取法已成為最常用的程序。此乃將照射後核燃料溶於硝酸，再使用磷酸三丁酯稀釋於有機溶劑之混合物，藉溶劑萃取法分離鈾、鈾及產物。

各型鈾鈾萃取設施之程序功能均相似，包含照射過核燃料之剝碎、核燃料之溶解、溶劑萃取及程序溶液之儲存。亦可有供硝酸鈾脫硝之設備，轉換硝酸鈾為氧化物或金屬之設備，及處理分裂產物廢液使之成為適於長期儲存或處置之型態之設備。但因若干原因，各型鈾鈾萃取設施中執行上述功能之設備的型態會有不同，這包括待處理之照射過核燃料的類型及數量，回收原料預定之處置方式，及該設施設計上之安全及維護考量。

照射過核燃料元件再處理廠通常包括與照射過燃料、主要核原料及分裂產物處理流程直接接觸及與其直接控制有關之設備及組件。這些程序（包括整個鈾轉換及鈾金屬生產系統）為避免其臨界狀況（例如利用幾何型態）輻射曝露（例如利用屏蔽）及毒性危害（例如藉圍阻體）而採取之措施加以鑑別。

視為符合本句意義之設備項目及專為照射過核燃料元件之再處理而設計或製備之設備包括：

3.1 照射過燃料元件剝碎機

引介註解：本設備切破核燃料之護套，使照射過核燃料裸露溶解。特別設計之金屬切割機是最為常用的，但亦可使用雷射等先進設備。為用

於上述再處理廠而特別設計或製備，用以切割、剝碎或剪斷照射過核燃料組件、核燃料束或燃料棒的遙控操作設備。

3.2 溶解槽

引介註解：溶解槽通常用來承裝剝碎的用過核燃料。在臨界安全的容器內將照射過核物料以硝酸溶解，賸餘之外殼則由處理流程中除去。

為用於上述再處理廠之應用而特別設計或製備，供溶解照射過核燃料，且可承受高溫及高腐蝕性液體，並可遙控裝載及維護之臨界安全槽（例如小直徑、環型或平板槽）。

3.3 溶劑萃取器及溶劑萃取設備

引介註解：溶劑萃取器乃用以承裝來自溶解槽的照射過燃料溶液及分離鈾、鈾、及分裂產品的有機溶液，溶劑萃取設備之設計通常乃為符合嚴格的操作條件，諸如無維護需求之長操作壽命、易於更換、操作及控制，以及具有變更程序條件之彈性。

為用於照射過燃料再處理廠而特別設計或製備之溶劑萃取器，如填充或脈衝塔、混合澄清器或離心接觸器。溶劑萃取器必需能抗硝酸腐蝕效應，通常依極高標準（包括特殊焊接與檢驗及品質保證與品質管制技術），以低碳不銹鋼、鈦、鋳或其他高品質材料製成。

3.4 化學物暫存或儲存容器

引介註解：溶劑萃取程序會產生三種主要之分流程序。在進行其進一步之處理時，需用到暫存或儲存容器。此分流程序乃如下述：

- (a) 經蒸發而濃縮之純硝酸鈾溶液，再經過脫硝程序以轉化為氧化鈾。此氧化鈾將再使用於核燃料循環。
- (b) 經蒸發而濃縮之高活性分裂產物溶液，再以濃縮液型態儲存。此濃縮液可再蒸發並轉化為適於儲存或處置之型態。
- (c) 純硝酸鈾溶液則濃縮後儲存，以待轉送至後續之處理程序。尤其是鈾溶液之暫存或儲存容器的設計須避免發生由於此分流濃度及型態改變而造成之臨界問題。

為用於照射過燃料再處理廠而特別設計或製備之暫存或儲存容器。暫存或儲存容器必需能抗硝酸腐蝕效應，通常以低碳不銹鋼、鈦、鋳或其他高品質材料製造，可設計為遙控操作及維護，且具有下列控制核臨界狀況發生之特性：

- (1) 壁或內部結構含至少 2%之硼當量，或
- (2) 圓柱形容器之最大直徑為 175 毫米(7 吋)，或
- (3) 平板或環狀容器之最大寬度為 75 毫米(3 吋)。

3.5 硝酸鈾轉化為氧化鈾之系統

引介註解：在大部分的再處理設施中，此最後程序均涉及硝酸鈾與二氧化鈾之轉換。此程序之主要功能包括：程序進料儲存及調整、沉澱及固/液分離、段燒、產品處理、通風、廢料管理及程序控制。

為硝酸鈾轉換成二氧化鈾而特別設計或製備之整套系統，尤指適用於防止臨界及輻射效應，且將毒性危害降至最低程度者。

3.6 氧化鈾轉化為金屬鈾之生產系統

引介註解：此程序與再處理設施相關連，二氧化鈾通常以高腐蝕性氟化氫氟化，產生氟化鈾後，再以高純度鈣金屬還原，以獲得金屬及氟化鈣浮渣。此程序之主要功能包括氟化（如包含以貴重金屬製造或內襯之設備）金屬還原（如使用陶瓷坩堝）浮渣回收、產品處理、通風、廢料管理及程序控制。

為生產鈾金屬而特別設計或製備的整套系統，尤指適用於防止臨界及輻射效應，且將毒性危害降至最低程度者。

4. 燃料元件製造廠

燃料元件製造廠包含下列設備：

- (a) 與生產流程中之核物料通常會直接接觸，或直接處理或控制此流程者，或
- (b) 密封核物料於護套內者。

5. 鈾同位素分離廠及專為其設計或製備之設備，但不包含分析儀器

對鈾同位素分離而言，「專為其設計或製備，但不包含分析儀器」所指項目包含：

5.1 氣體離心機及為使用於氣體離心機而特別設計或製備之零組件

引介註解：氣體離心機通常包含有一薄壁圓筒，其直徑介於 75 毫米(3 吋)與 400 毫米(16 吋)之間，且置於真空環境下，中心軸直立，週邊轉速高達 300m/s 或以上。為達此高速，構成旋轉組件之材料必需具有高強度 / 密度比，且旋轉組件及其個別組件之製造公差亦需極小，以求儘量減低失衡，鈾濃縮氣體離心機與其他離心機不同之處，乃為其轉筒內具有一圓盤形旋轉調節板及一靜止管之配置，供飼入及抽出 UF₆，且具有至少 3 個分開之通道，其中 2 個與從轉子轉軸延伸至轉筒周緣之勺子連接，在其真空環境中，另包含若干不旋轉之重要組件；其等雖屬特別設計，卻不難製造，亦非由獨特材料所製，但離心機設施則需大量此類組件，因此由數量可為其最終使用之重要指標。

5.1.1 旋轉組件

(a) 整套轉子組：

由本節註解所述一或多種高強度 / 密度比材料所製之薄壁圓筒或多個互連之薄壁圓筒。互連之圓筒乃由以下 5.1.1(c)節所述撓性短筒或環所連接。如為最終型式，轉子將裝有以下 5.1.1(d)及(e)節所述之內部導流板及端蓋，但整組亦可在僅部分組裝之情況下交貨。

(b) 轉子管

厚度在 12 毫米(0.5 吋) 或以下，直徑介於 75 毫米(3 吋)與 400 毫米(16 吋)之間，且以本節註解所述一或多種高強度 / 密度比材料所製之

特別設計或製備之薄壁圓筒。

(c) 環或伸縮筒

專為提供轉子管之局部支撐或連接數個轉子管而特別設計或製備之組件。伸縮筒為壁厚 3 毫米(0.12 吋)或以下，直徑介於 75 毫米(3 吋)與 400 毫米(16 吋)之間，具有迴旋性，且由本節註解所述高強度 / 密度比材料所製造之短圓筒。

(d) 導流板

專為安裝於離心機轉子管內，用於將主分離室與抽離室加以隔離而特別設計或製備，且在某些狀況中可協助 UF₆ 氣體在轉子管之主分離室內進行循環，並由本節註解所述高強度 / 密度比材料所製，直徑介於 75 毫米(3 吋)與 400 毫米(16 吋)之間的圓盤形組件。

(e) 頂蓋/底蓋

為裝在轉子管末端而特別設計或製備，直徑介於 75 毫米(3 吋)與 400 毫米(16 吋)之間的圓盤形組件。其功能為將 UF₆ 容納於轉子管內，在某些狀況中亦可支撐、維持或容納上軸承(頂蓋)的一個元件，使其成為整體之一部，或承載馬達之旋轉元件及下軸承(底蓋)。此圓盤形組件係由本節註解所述高強度 / 密度比材料所製。

註解：離心機旋轉組件所用之材料如下：

- (a) 抗拉強度極限為 $2.05 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ (300,000 psi) 或以上之麻時效鋼(Maraging steel)；
- (b) 抗拉強度極限為 $0.46 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ (67,000 psi) 或以上之鋁合金；
- (c) 適用於複合材料結構件，且比模數為 $12.3 \times 10^6 \text{ m}$ 或以上，比抗拉強度極限為 $0.3 \times 10^6 \text{ m}$ 或以上之絲狀材料 [比模數為楊氏係數 (N/m^2) 除以比重 (N/m^3)，比抗拉強度極限為抗拉強度極限 (N/m^2) 除以比重 (N/m^3)]。

5.1.2 靜止組件

(a) 磁浮軸承

由懸浮於含有阻尼介質之外殼內的環型磁鐵構成的特別設計或製備之軸承組，該外殼以抗 UF₆ 腐蝕之材料製造(參見 5.2 節之註解)。

磁鐵與一安裝在第 5.1.1(e) 節所述頂蓋上的磁極或第二磁鐵耦合，此磁鐵可為外徑/內徑之比小於或等於 1.6: 1 之環型磁鐵。其型式可為初始導磁率 0.15 H/m (120,000 cgs 制單位) 或以上，或殘留磁性 98.5% 或以上，或產生能量大於 80 kJ/m^3 ($10^7 \text{ gauss-oersteds}$)。除一般之材料性質外，其先決條件為磁軸相對於幾何軸之偏離公差須小於 0.1 毫米 (0.004 吋) 或材料均勻度達特別要求之磁鐵。

(b) 軸承/阻尼器

由安裝在阻尼器上的樞軸 / 杯組件構成的特別設計或製備之軸承。此樞軸通常為硬化鋼軸，一端為半球，另一端則具有 5.1.1(e) 節所述，可與底蓋連接之機構。但軸亦可連接流力軸承。杯組則為一端表面具有半球形凹部短圓柱。這些組件通常與阻尼器分開供應。

(c) 分子泵

具有內部加工或擠壓成螺線形凹槽及內部搪孔加工之特別設計或製備之圓筒，其典型尺寸如下：內徑 75 毫米(3 吋)與 400 毫米(16 吋)之間、壁厚 10 毫米(0.4 吋)或以上、長度等於或大於直徑。凹槽之典型截面為矩形，槽深為 2 毫米(0.08 吋)或以上。

(d) 馬達定子

為使用於真空中同步操作的高速多相交流磁滯（或磁阻）馬達而特別設計或製備的環形定子，其頻率範圍介於 600 2000 赫茲，功率範圍介於 50 1000VA。定子乃由繞在層疊低損耗鐵心上之多相線圈構成，鐵心薄層之典型厚度為 2.0 毫米(0.08 吋)或以下。

(e) 離心機外殼 / 結合座

為容納氣體離心機轉子管組而特別設計或製備之組件。外殼由壁厚 30 毫米(1.2 吋) 以下，且由具有用以定位軸承之精密加工末端及一或多個供安裝用之凸緣的硬圓筒所組成。加工之末端彼此平行，且與圓筒縱軸之垂直度偏差為 0.05 度或以下。外殼為蜂巢形結構，以容納若干轉子管，並以抗 UF₆ 腐蝕之材料製造或保護。

(f) 勺

特別設計或製備，內徑可達 12 毫米 (0.5 吋) 之管；其係藉皮氏管 (Pitot Tube) 作用 (即以一孔洞面向轉子管內之周圍氣流，例如將徑向配置管之末端彎折) 自轉子管內抽出 UF₆ 氣體，且能固定於中央氣體抽出系統。管子係以抗 UF₆ 腐蝕之材料製造或保護。

5.2 專為氣體離心濃縮廠而設計或製備之輔助系統、設備及組件

註解：氣體離心濃縮廠之輔助系統、設備及組件乃為飼入 UF₆ 至離心機，聯結個別離心機形成不同串級，以供逐步提高濃縮程度，與自離心機抽出產物及 UF₆ 尾料所需之系統，以及驅動離心機或工廠控制所需之設備。

通常以加熱之壓力鍋將固態之 UF₆ 氣化，並藉串級集管管路，以氣體形態導入離心機，由離心機流出之產物及 UF₆ 尾料氣流亦通過串級管流入冷阱 [操作溫度約 203K(-70)]，使之在傳送至適當容器供運輸或儲存之前凝結。由於濃縮廠乃由數千個串級配置之離心機構成，因此亦有數公里長的串級管，其中包含數千個焊接點及相當多的重覆配置，這些設備、組件及管路系統乃依極高之真空及清潔標準製造。

5.2.1 飼入系統 / 產物及尾料抽出系統

特別設計或製備之程序系統包括：

以 100 kPa(15 psi)以下及 1 kg/h 或以上之速率將 UF₆ 傳送至離心機串級之「餉入壓力鍋(或站)」;

以 3kPa(0.5psi)以下之壓力將 UF₆ 從離心機串級抽出之「凝結器(或冷阱)」。

凝結器可冷卻至 203K(-70)及加熱至 343K(70);

把 UF₆ 抽入容器之「產物及尾料站」。

此機器設備及管路，全以抗 UF₆ 腐蝕材料製造或內襯(參見本節註解)，並依極高之真空及清潔標準製造。

5.2.2 機械式集管管路系統

專為在離心機串級內處理 UF₆ 而設計或製備之管路系統及集管系統，管路網通常為「三重」集管系統，每個離心機連接至每一集管，此型式有相當多之重覆。此系統全由抗 UF₆ 腐蝕材料製成(參見本節註解)，且依極高之真空及清潔標準製造。

5.2.3 UF₆ 質譜儀/離子源

特別設計或製備之磁性或四極質譜儀，其可由 UF₆ 氣流進行原料、產物或尾料之線上採樣，且具有下列所有特性：

1. 原子質量單位之單位解析度大於 320；
2. 離子源以鎳鉻或蒙鈉合金製造或內襯，或鍍鎳；
3. 電子撞擊離子源；
4. 具有適於同位素分析之收集器系統。

5.2.4 變頻器

專為供應 5.1.2. (d) 所定義馬達定子或其零件、組件及分組件而設計或製備，且具有下列所有特性之變頻器(亦稱轉流器或反相器)：

1. 600~2000 赫茲之多相輸出；
2. 高穩定度(具有頻率控制優於 0.1%)；
3. 低諧波失真(低於 2%)；
4. 效率大於 80%

註解：以上所列項目係與 UF₆ 程序氣體直接接觸、或直接控制離心機與由離心機至離心機及串級至串級之氣體流通。

抗 UF₆ 腐蝕之材料包括不銹鋼、鋁、鋁合金、鎳或含鎳 60% 或以上之合金。

5.3 專為應用於氣體擴散濃縮而設計或製備之零組件

註解：在鈾同位素分離的氣體擴散法中，主要的技術組件為一特殊多孔性氣體擴散障壁、冷卻氣體(因壓縮程序生熱)的熱交換器、氣密閥與控制閥、及管線。只要氣體擴散技術使用在 UF₆，所有與該氣體接觸之設備、管線及儀表之接觸面均需以和 UF₆ 接觸時仍能維持穩定之材料製造。氣體擴散設施需要許多此類組件，因此由數量可為其最終用途之重要指標。

5.3.1 氣體擴散障壁

- (a) 特別設計或製備之多孔性薄層過濾器，孔徑 100 1000 ，厚度 5 毫米(0.2 吋)或以下，如為管狀過濾器之直徑為 25 毫米(1 吋)或以下，並以金屬、聚合物或陶瓷等抗 UF₆ 腐蝕之材料製造，及
- (b) 專為製造此類過濾器而製備之化合物或粉末，包括鎳或含鎳 60% 或以上之合金、氧化鋁，或純度 99.9% 或以上、顆粒尺寸小於 10 微米、且具有高均勻度顆粒尺寸之抗 UF₆ 氟化碳氫聚合物，這些專為製造氣體擴散障壁而製備。

5.3.2 擴散器外罩

特別設計或製備之密封圓柱形容器，直徑大於 300 毫米(12 吋)、長度大於 900 毫米(35 吋)，或尺寸相近之矩形容器，具有直徑大於 50 毫米(2 吋)的一個入口接頭及二個出口接頭，可容置氣體擴散障壁，以抗 UF₆ 腐蝕材料製造或內襯，其設計可供水平或垂直安裝。

5.3.3 壓縮機及鼓風機

特別設計或製備之軸向式、離心式或正排量式壓縮機，或吸氣容積能力 1 m³/min 或以上而排氣壓力可達數百 kPa(100 psi)之 UF₆ 鼓風機以及此類壓縮機及鼓風機之個別組合，此類壓縮機及鼓風機之設計不論在是否具備適當功率馬達時，均可在 UF₆ 環境下長期操作。這些壓縮機及鼓風機之壓力比介於 2:1 至 6:1 之間，且以抗 UF₆ 腐蝕材料製造或內襯。

5.3.4 旋轉軸封

具有密封飼入及密封排氣連接之特別設計或製備之真空密封，用以密封連接壓縮機或鼓風機轉子及驅動馬達之軸，以確保空氣不會進入充滿 UF₆ 的壓縮機或鼓風機之內室。此類軸封之設計通常具有低於 1000cm³/min(60 in³/min)之緩衝氣體向內洩漏率。

5.3.5 冷卻 UF₆ 之熱交換器

特別設計或製備之熱交換器，其係以抗 UF₆ 腐蝕材料(不銹鋼除外)、銅、或任何該類金屬之組合製造或內襯，且在壓力差為 100 kPa (15 psi)狀況下其漏壓變化率低於每小時 10Pa(0.0015psi)。

5.4 專為氣體擴散濃縮應用而設計或製備的輔助系統、設備及組件

引介註解：氣體擴散濃縮廠之輔助系統、設備及組件乃是用以將 UF₆ 飼入氣體擴散組件，聯結個別組件形成串級以逐步提高濃縮程度，及由擴散串級抽出 UF₆ 產物及尾料。由於擴散串級之高度慣性，任何對其操作之中斷，尤其是停機，均會造成嚴重之後果。因此，在氣體擴散廠中，所有系統真空度之嚴格維持、意外事件之自動防護及氣流之精密自動調節等均甚為重要。此類工廠必需配備大量特殊的量測、調節及控制系統。UF₆ 通常乃由置於壓力鍋內的圓筒蒸發，再以氣體形態經由串級集管管路配送至進口點。流自出口點的 UF₆ 產物及尾料氣流經由串級集管管路而至冷阱或壓縮站液化後，再傳送到適當的容器供運送或儲存。由於氣體擴散濃縮廠乃由大量呈串級排列的氣體擴散組件構成，

因此有數公里的串級集管管路，包含數千個焊接點及相當多的重覆配置。這些設備、組件及管路系統均依極高之真空及清潔標準製造。

5.4.1 飼入系統/產物及尾料抽出系統

特別設計或製備之程序系統，其可於 300 kPa (45 psi) 或以下之壓力操作，包含：

將 UF₆ 傳送至氣體擴散串級之「飼入壓力鍋(或系統)」；

將 UF₆ 移出擴散串級內之「凝結器(或冷阱)」；

將來自串級的 UF₆ 氣體壓縮及冷卻以形成 UF₆ 液體之「液化站」；

將 UF₆ 傳送至容器之「產物及尾料站」。

5.4.2 集管管路系統

專為於氣體擴散串級中處理而設計或製備之管路系統與集管系統。

此管路網通常為「雙重」集管系統，其各管室分別連接各集管。

5.4.3 真空系統

(a) 特別設計或製備之大型真空歧管、真空集管及真空泵，其吸氣能力為 5m³/min(175ft³/min) 或以上。

(b) 專為於含 UF₆ 大氣中使用而設計之真空泵，以鋁、鎳、或含鎳 60% 或以上之合金製造或內襯。這些泵可為旋轉式或正排量式，可具位移密封及氟化碳密封，且可有特殊工作流體存在。

5.4.4 特殊之關斷閥及控制閥

特別設計或製備之手動或自動關斷及伸縮式控制閥，由抗 UF₆ 腐蝕材料製造，直徑 40 至 1500 毫米(1.5 至 59 吋)，專供安裝於氣體擴散濃縮廠的主要及輔助系統。

5.4.5 UF₆ 質譜儀/離子源

特別設計或製備之磁性或四極質譜儀，其可由 UF₆ 氣流進行原料、產物或尾料之線上採樣，且具有下列所有特性：

1. 原子質量單位之單位解析度大於 320；
2. 離子源由鎳鉻或蒙鈉合金製造或內襯，或鍍鎳；
3. 電子撞擊式離子源；
4. 適於同位素分析之收集器系統。

註解：以上所列項目係與 UF₆ 程序氣體直接接觸，或直接控制串級內之氣流。所有與程序氣體之接觸面全以抗 UF₆ 腐蝕材料製造或內襯。與氣體擴散項目各節有關之抗 UF₆ 腐蝕材料包含不銹鋼、鋁、鋁合金、氧化鋁、鎳或含鎳 60% 或以上之合金及抗 UF₆ 之氟化碳氫聚合物。

5.5 專為使用於氣體動力式濃縮廠而設計或製備之系統、設備及組件

引介註解：氣體動力式濃縮程序乃是壓縮氣態 UF₆ 及輕氣體（氫或氦）的混合物，再使其通過分離元件，利用在曲形壁幾何形狀所產生之高離心力以達成同位素之分離。目前已有兩種此類程序發展成功：噴嘴分離程序及旋渦管程序。此二程序之分離串級的主要組件包

含容置特殊分離元件(噴嘴或旋渦管)、氣體壓縮機及除去壓縮熱之熱交換機的圓柱形容器。氣體動力廠需要許多此類串級，因此由數量可為其最終用途之重要指標。由於空氣動力程序使用 UF₆，所有設備、管路及儀表之表面(與氣體接觸者)均需以和 UF₆接觸時仍能維持穩定之材料製造。

註解：本節所列項目係與 UF₆程序氣體直接接觸，或直接控制串級內之氣流。所有與程序氣體之接觸表面全以抗 UF₆腐蝕材料製造或保護。與空氣動力濃縮項目有關之抗 UF₆腐蝕材料包括銅、不銹鋼、鋁、鋁合金、鎳或含鎳 60% 或以上之合金及抗 UF₆之氟化碳氫聚合物。

5.5.1 分離噴嘴

特別設計或製備之分離噴嘴及其組件。分離噴嘴由曲率半徑小於 1 毫米(通常在 0.1 至 0.05 毫米之間)之狹縫形弧狀通道構成，可抗 UF₆腐蝕，且噴嘴內具有刀狀邊緣，可將流經噴嘴之氣體分為二部份。

5.5.2 旋渦管

特別設計或製備之旋渦管及其組件。旋渦管為圓柱或錐柱形，由抗 UF₆腐蝕材料製造或保護，直徑介於 0.5 至 4 公分之間，長度/直徑比為 20:1 或以下，具有一或多個切線入口。旋渦管可於其一端或二端設置噴嘴形配件。

註解：飼入氣體沿切線方向由旋渦管之一端進入，或經過渦狀葉片或由沿管周圍之多處切線位置進入。

5.5.3 壓縮機及鼓風機

特別設計或製備之軸向式、離心式或正排量式壓縮機或鼓風機，由抗 UF₆腐蝕材料製造或保護，且吸取 UF₆/載體氣體(氫或氦)之混合氣體的能力為 2 m³/min 或以上。

註解：一般而言，這些壓縮機及鼓風機之壓力比介於 1.2:1 及 6:1 之間。

5.5.4 旋轉軸封

具有密封飼入及密封排氣連接部之特別設計或製備之旋轉軸封，可密封連接壓縮機轉子或鼓風機轉子與驅動馬達之軸，確保程序氣體不會外漏及空氣不會進入系統，或防止氣體進入充滿 UF₆/載體氣體之混合氣體的壓縮機或鼓風機之內室。

5.5.5 冷卻氣體之熱交換器

特別設計或製備之熱交換器。由抗 UF₆腐蝕之材料製造或保護。

5.5.6 分離元件外罩

特別設計或製備之分離元件外罩，由抗 UF₆腐蝕之材料製造或保護，供容置旋渦管或分離噴嘴。

註解：這些外罩可為直徑大於 300 毫米及長度大於 900 毫米之圓柱形容器，亦可為尺寸相當之矩形容器，其設計可供水平或垂直安裝。

5.5.7 飼入系統/產物及尾料抽出系統

專為濃縮廠設計或製備之程序系統或設備。由抗 UF₆ 腐蝕材料製造或保護，包括：

- (a) 將 UF₆ 傳送至濃縮程序中之「飼入壓力鍋、烤箱或系統」。
- (b) 可於加熱後，將 UF₆ 自濃縮程序移出，供後續輸送之「凝結器（或冷阱）」。
- (c) 用以藉壓縮及轉化 UF₆ 為液態或固態，將之自濃縮程序中移出之「固化或液化站」。
- (d) 將 UF₆ 傳送至容器中之「產物或尾料站」。

5.5.8 集管管路系統

特別設計或製備之集管管路系統，由抗 UF₆ 腐蝕材料製造或保護，用以於氣體動力串級中處理 UF₆，此管路網通常為「雙重」集管設計，各級或級組分別與各集管連接。

5.5.9 真空系統及泵

- (a) 特別設計或製備之真空系統，吸氣能力 5 m³/min 或以上，由真空歧管、真空集管及真空泵構成，專為在含 UF₆ 之大氣下操作而設計，
- (b) 專為在含 UF₆ 之大氣下操作而設計或製備之真空泵，由抗 UF₆ 腐蝕材料製造或保護，這些泵可使用氟化碳密封及特殊工作流體。

5.5.10 特殊關斷閥及控制閥

特別設計或製備之手動或自動關斷及伸縮式控制閥，由抗 UF₆ 腐蝕材料製造或保護，直徑介於 40 至 1500 毫米，專供安裝於氣體動力式濃縮廠之主要及輔助系統。

5.5.11 UF₆ 質譜儀/離子源

特別設計或製備之磁性或四極質譜儀，其可由 UF₆ 氣流進行原料、產物或尾料之線上採樣，且具有下列所有特性：

1. 質量之單位解析度大於 320；
2. 離子源以鎳鉻或蒙鈉合金製造或內襯，或鍍鎳；
3. 電子撞擊離子源；
4. 適於同位素分析之收集器系統。

5.5.12 UF₆/載體氣體分離系統

專為自載體氣體（氫或氦）中分離出 UF₆ 而設計或製備之程序系統。

註解：這些系統之設計乃為降低載體氣體之 UF₆ 含量至 1ppm 或以下，可包含如下設備：

- (a) 可達 -120 或以下之「低溫熱交換器」或「低溫分離器」，或
- (b) 可達 -120 或以下之「低溫冷凍機」，或
- (c) 自載體氣體中分離出 UF₆ 之「分離噴嘴」或「旋渦管」，或
- (d) 可達 -20 或以下之「UF₆ 冷阱」。

5.6 專為使用於化學交換或離子交換濃縮廠而設計或製備之系統、設備及組件

引介註解：鈾同位素間質量之微小差異造成其化學反應平衡之微小變化，而可作為分離同位素之基礎，目前已成功發展兩種程序：液-液化學反應交換法及固-液離子交換法。

在液-液 化學交換程序中，不相混合之液相（水相及有機相）逆流接觸，造成數千分離級之串級效應。水相乃為含氯化鈾的鹽酸溶液，有機相則為含有氯化鈾的有機溶劑萃取物，在分離串級中所用的接觸器可為液-液 交換塔（例如篩板脈衝塔）或液體離心接觸器。在分離串級之二端均需化學轉化（氧化及還原），以滿足二端逆流之需求。設計上的主要重點在於避免程序液流被若干金屬離子污染，因此使用塑膠、塑膠內襯（包括氟化碳聚合物之使用）及 / 或玻璃內襯塔及管路。

固-液 離子交換程序乃藉快速離子交換樹脂或吸附劑之鈾離子吸附 / 脫附，而達成濃縮。含鈾之鹽酸溶液及其他化學劑通過含有吸附劑填充床之濃縮塔，在連續程序中，則需回流系統自吸附劑將鈾離子釋出，使其回到液流以便收集產物及尾料，此乃藉由適當之還原 / 氧化化學劑而達成，此化學劑可在分開之外迴路內完全再生，亦有部份可在同位素分離塔內再生。由於程序內使用熱鹽酸溶液，本設備需以特殊之抗腐蝕材料製造或保護。

5.6.1 液-液 交換塔（化學交換）

專為以化學交換程序進行鈾濃化而設計或製備，具有機械動力輸入（即篩板脈衝塔、往復式板柱及具有內渦輪混合器之塔）的逆流液-液 交換塔，為抗濃鹽酸溶液之腐蝕，這些塔及其內部組件均以適當之塑膠材料（如氟化碳聚合物）或玻璃製造或保護。塔內之級滯留時間均設計為很短（30 秒以內）。

5.6.2 液-液離心接觸器(化學交換)

專為以化學交換程序進行鈾濃化而設計或製備的液-液 離心接觸器。此接觸器藉旋轉達成有機相液流及水相液流之分散，再藉離心力將各相分離。為抗濃鹽酸溶液之腐蝕，接觸器係以適當之塑膠材料（例如氟化碳聚合物）製造或內襯、或以玻璃內襯。離心接觸器內之級滯留時間均設計為很短（30 秒以內）。

5.6.3 鈾還原系統及設備（化學交換）

(a) 專為以化學交換程序，將鈾自某一價態還原為另一價態，以進行鈾濃化而設計或製備之電化學還原電池。與程序溶液接觸之電池材料需能抗濃鹽酸溶液腐蝕。

註解：電池陰極室之設計必需能防止鈾再氧化為高價態。為將鈾留在陰極室內，可在電池設置一片由特殊陽離子交換材料製造的不滲透膜片。陰極則由如石墨等之適當固態導體構成。

(b) 特別設計或製備之系統，位於串級之產物端，可將 U^{+4} 自有機相液流

中抽出，調整其酸濃度，並將之飼入電化學還原電池。

註解：這些系統包括自有機溶液反萃 U^{+4} 至水相溶液內的溶劑萃取設備，調整及控制溶液 pH 值之蒸發及 / 或其他設備，及飼入電化學還原電池的泵或其他傳送裝置，其設計上之主要考慮在於避免水相流被若干金屬離子污染。因此，系統內與程序液流接觸之部分乃由適當材料（如玻璃、氟化碳聚合物、硫酸聚苯、聚醚風、浸參樹脂之石墨）所製設備構成。

5.6.4 進料製備系統（化學交換）

專為生產化學交換鈾同位素分離廠所用高純度氯化鈾進料溶液而設計或製備之系統。

註解：這些系統包括純化用的溶解、溶劑萃取及 / 或離子交換設備、及還原 U^{+6} 或 U^{+4} 為 U^{+3} 之電解電池。其所產生之氯化鈾溶液僅含數 ppm 金屬雜質（如鉻、鐵、鈾、鉬及其他雙價或更高價陽離子）。處理高純度 U^{+3} 之部分系統的建造材料包括玻璃、氟化碳聚合物、硫酸聚苯、或以聚醚風塑膠內襯且浸參樹脂之石墨。

5.6.5 鈾氧化系統（化學交換）

專為化學交換濃化程序中將 U^{+3} 氧化為 U^{+4} 而設計或製備，以使其回流至鈾同位素分離串級之系統。

註解：這些系統可包含如下設備：

- (a) 使氯氣及氧氣與同位素分離裝置之水相流出液接觸，以及由串級產物端回流的有機相液萃取 U^{+4} 之設備；
- (b) 從濃鹽酸分離水，並使水及濃鹽酸可在適當位置再導入程序內之設備。

5.6.6 快速反應離子交換樹脂 / 吸附劑（離子交換）

專為以離子交換程序進行鈾濃化而設計或製備快速反應離子交換樹脂或吸附劑，包括多孔巨網狀樹脂、及 / 或僅於非活性多孔支撐結構表面塗有活性化學交換基之薄膜結構，及含粒子或纖維之其他任何適當形式之複合結構。這些離子交換樹脂 / 吸附劑之直徑為 0.2 毫米或以下，且需能抗濃鹽酸溶液，並且具足夠物理強度使其不會在交換塔內劣化。此樹脂 / 吸附劑乃專為達成快速之鈾同位素交換作用而設計（交換率半化期短於 10 秒），且可在 100 至 200 溫度範圍內操作。

5.6.7 離子交換塔（離子交換）

專為以離子交換程序進行鈾濃化而設計或製備，且直徑大於 1000 毫米，供容置及支撐離子交換樹脂 / 吸附劑填充床之圓柱塔。這些塔乃以抗濃鹽酸溶液腐蝕之材料（如鈦或氟化碳塑膠）製造或保護，且能在 100 至 200 溫度範圍內及 0.7Mpa(102psia) 以上之壓力下操作。

5.6.8 離子交換回流系統（離子交換）

(a) 專為使應用於離子交換鈾濃化串級之化學還原劑再生而特別設計或

製備之化學或電化學還原系統。

- (b) 專為使應用於離子交換鈾濃化串級之化學氧化劑再生而特別設計或製備之化學或電化學氧化系統。

註解：離子交換濃化程序可使用如三價鈦(Ti^{+3})作為還原陽離子，在此情況下還原系統可利用還原 Ti^{+4} 來再生 Ti^{+3} 。此程序可使用如三價鐵(Fe^{+3})作為氧化劑，在此情況下氧化系統可利用氧化 Fe^{+2} 來再生 Fe^{+3} 。

5.7 專為使用於雷射濃縮廠而設計或製備之系統、設備及組件

引介註解：目前使用雷射濃縮程序之系統可分二類；亦即程序介質為鈾原子蒸氣者，及程序介質為鈾化合物蒸氣者。此類程序之一般用語包括：第一類-原子蒸氣雷射同位素分離 (AVLIS 或 SILVA)；第二類-分子雷射同位素分離 (MLIS 或 MOLIS) 及由雷射將同位素選擇性活化之化學反應 (CRISLA)。雷射濃縮廠之系統、設備及組件包括：

- (a) 用以飼入鈾金屬蒸氣 (供選擇性光游離之用) 之裝置或用來飼入鈾化合物蒸氣 (供光分解或化學活化之用) 之裝置；
- (b) 在第一類系統中用來收集濃縮及乏鈾金屬為產物及尾料之裝置，及在第二類系統中用來收集已分解或反應過化合物為產物及未經反應物質為尾料之裝置；
- (c) 選擇性激發鈾 235 核種之程序雷射系統；及
- (d) 進料準備及產物轉化設備。

由於鈾原子及化合物光譜之複雜性，此系統可能需引用一些現有的雷射技術。

註解：本節所列設備許多均與鈾金屬蒸氣或液體、或與 UF_6 或 UF_6 及其他氣體混合之程序氣體直接接觸。所有與鈾或 UF_6 接觸之表面全以抗腐蝕之材料製造或保護。就有關雷射濃縮項目章節之目的而言，抗鈾金屬或鈾合金之蒸氣或液體腐蝕材料包括鍍鈳石墨及鈳，抗 UF_6 腐蝕材料包括銅、不銹鋼、鋁、鋁合金、鎳或含鎳 60% 或以上之合金及抗 UF_6 之全氟化碳氫聚合物。

5.7.1 鈾蒸發系統 (AVLIS)

特別設計或製備之鈾蒸發系統，具有在標靶處之輸出功率大於 2.5kW/cm 之高功率帶狀或掃描式電子束槍。

5.7.2 液態鈾金屬處理系統 (AVLIS)

專為熔融之鈾或鈾合金而設計或製備之液態金屬處理系統，包括坩堝及坩堝冷卻設備。

註解：與熔融之鈾或鈾合金接觸之坩堝及此系統之其他部分均以適當之抗腐蝕及耐熱材料製造或保護。適當之材料包括鈳、鍍鈳石墨、鍍有其他稀土氧化物之石墨 (參見 INFCIRC/254/Rev.1/Part 2, 第 2.7 項) 或前述之混合體。

5.7.3 鈾金屬產物及尾料收集器組件 (AVLIS)

特別設計或製備之液態或固態鈾金屬產物及尾料收集器組件。

註解：這些組件均由耐熱及抗鈾金屬蒸氣或液體腐蝕材料製造或保護（如鍍鈮石墨或鈮），可包含供磁式、靜電式或其他分離法之管路、閥、配件、導管、電導入裝置、熱交換器及收集板。

5.7.4 分離器模組外罩(AVLIS)

專為容納鈾金屬蒸氣源、電子束槍、及產物與尾料收集器而特別設計或製備之圓柱形或矩形容器。

註解：這些外罩具有多個孔，供設置電及水飼入管線、雷射窗、真空泵接頭及儀器診斷與監測設備。此等外罩具有開啟及閉合之設置，以供維護內部組件。

5.7.5 超音速膨脹噴嘴(MLIS)

專為冷卻 UF_6 及載體氣體之混合物至 150K 或以下而特別設計或製備，且能抗 UF_6 腐蝕之超音速膨脹噴嘴。

5.7.6 五氟化鈾產物收集器(MLIS)

特別設計或製備之五氟化鈾(UF_5)固態產物收集器，包括過濾器、撞擊器、或旋風式收集器、或其組合，且能於 UF_5/UF_6 之環境下具抗腐蝕性。

5.7.7 UF_6 / 載體氣體壓縮機(MLIS)

專為 UF_6 / 載體氣體混合物而特別設計或製備，可於 UF_6 環境下長期操作之壓縮機，其與程序氣體接觸之組件均以抗 UF_6 腐蝕材料製造或保護。

5.7.8 旋轉軸封(MLIS)

具有密封飼入及密封排氣連接之特別設計或製備之旋轉軸封，用以密封連接壓縮機轉子及驅動馬達之軸，以確保有一可靠之密封，使不致發生程序氣體外漏或者空氣或軸封氣體滲入充滿 UF_6 / 載體氣體混合物之壓縮機內室。

5.7.9 氟化系統(MLIS)

專為將 UF_5 (固體) 氟化為 UF_6 (氣體) 而設計或製備之系統。

註解：這些系統之設計用來將所收集之 UF_5 粉末氟化為 UF_6 ，再收集於產物容器、或轉送至 MLIS 裝置作為進料以進行進一步濃縮。其中一種方法，乃是在產物收集器外直接反應及回收，以達成同位素分離系統內之氟化反應。另一種方法則自產物收集器取出 UF_5 粉末，移送至適當之反應容器(如流體床反應器、螺旋反應器或火焰塔)以進行氟化。兩種方法均使用儲存與傳送氟氣(或其他適當之氟化劑)、以及收集與傳送 UF_6 之設備。

5.7.10 UF_6 質譜儀 / 離子源(MLIS)

特別設計或製備之磁性或四極質譜儀，其可由 UF_6 氣流進行原料、產物及尾料之線上採樣，且具有下列所有特性：

1. 質量之單位解析度大於 320；
2. 離子源以鎳鉻或蒙鈉合金製造或內襯，或鍍鎳；
3. 電子撞擊式離子源；

4. 適於同位素分析之收集器系統。

5.7.11 飼入系統/產物及尾料抽出系統(MLIS)

專為濃縮廠設計或製備之程序系統。由抗 UF₆ 腐蝕材料製造或保護，包括：

- (a) 將 UF₆ 傳送至濃縮程序之「飼入壓力鍋、烤箱或系統」；
- (b) 用以自濃縮程序中移出 UF₆，以便於加熱後進行後續傳送之「凝結器（或冷阱）」；
- (c) 用以藉壓縮，將 UF₆ 轉化為液態或固態，以便將其移出濃縮程序之「固化或液化站」；
- (d) 將 UF₆ 傳送至容器之「產物或尾料站」。

5.7.12. UF₆ / 載體氣體分離系統(MLIS)

專為自載體氣體分離出 UF₆ 而設計或製備之程序系統，載體氣體可為氮、氫或其他氣體。

註解：這些系統可包括如下設備：

- (a) 可達 -120 或以下之「低溫熱交換器」或「低溫分離器」，或
- (b) 可達 -120 或以下之「低溫冷凍機」，或
- (c) 可達 -20 或以下之「UF₆冷阱」。

5.7.13 雷射系統(AVLIS, MLIS 及 CRISLA)

專為分離鈾同位素而特別設計或製備之雷射或雷射系統。

註解：在雷射濃縮程序中具有重要性之雷射及雷射組件包括 INFCIRC/254/Rev.1./Part 2 第 3.6 項所述者。AVLIS 程序之雷射系統通常由 2 部雷射構成：銅蒸氣雷射及染料雷射。MLIS 之雷射系統通常由一 CO₂ 或準分子雷射及兩端均有旋轉鏡之多次反射裝置構成。此二種程序之雷射或雷射系統均需備有光譜頻率穩定裝置以供長時間之操作。

5.8 專為使用於電漿分離濃縮廠而設計或製備之系統、設備及組件

引介註解：在電漿分離程序中，鈾離子電漿係通過調至 ²³⁵U 離子共振頻率之電場，因此而較易吸收能量及增大其螺旋狀軌道之直徑。具有大直徑路徑之離子會受到捕捉而產生 ²³⁵U 濃化之產物。此經由游離鈾蒸氣而產生之電漿，係以超導磁鐵所產生之高強度磁場將其包容於一真空室內。此程序之主要技術系統包括鈾電漿產生系統、具超導磁鐵之分離器模組（參見 INFCIRC/254/Rev.1/Part 2 第 3.10 項）及收集產物與尾料之金屬移除系統。

5.8.1 微波電源及天線

專為生產或加速離子而特別設計或裝備之微波電源及天線，且具有下列特性：頻率大於 30 G 赫茲且平均輸出功率大於 50 仟瓦。

5.8.2 離子激發線圈

特別設計或製備之射頻離子激發線圈，其頻率在 100 k 赫茲以上，且能處

理大於 40 仟瓦之平均功率。

5.8.3 鈾電漿產生系統

專為產生鈾電漿而特別設計或製備之系統，具有在標靶處之輸出功率大於 2.5 kW/cm 之高功率帶狀或掃描式電子束槍。

5.8.4 液態鈾金屬處理系統

專為熔融之鈾或鈾合金而特別設計或製備之液態金屬處理系統，包括坩堝及其冷卻設備。

註解：此系統與熔融之鈾或鈾合金接觸之坩堝及其他零件均以適當之抗腐蝕及耐熱材料製造或保護。適當之材料包括鈾、鍍鈾石墨或鍍有其他稀土氧化物之石墨(參見 INFCIRC/254/Rev.1/Part 2 第 2.7 項) 或前述之混合物。

5.8.5 鈾金屬產物及尾料收集器組件

專為固態鈾金屬而設計或製備之產物及尾料收集器組件，這些收集器組件乃以耐熱及抗鈾金屬蒸氣腐蝕材料(如鍍鈾石墨或鈾)製造或保護。

5.8.6 分離器模組外罩

專為電漿分離濃縮廠之使用而特別設計或製備之圓柱形容器，供容納鈾電漿源、無線電頻率驅動線圈及產物與尾料收集器。

註解：這些外罩具有多個孔，供設置電導入裝置、擴散泵接頭及儀器診斷與監測設備。此等外罩具有開啟及閉合之設置，以供維護內部組件，並以適當之非磁性材料(如不銹鋼)製造。

5.9 專為使用於電磁濃縮廠而特別設計或製備之系統、設備及組件

引介註解：在電磁程序中，係藉游離鹽類進料(通常為 UCl_4)而產生之鈾金屬離子，係被加速並通過一可使不同同位素離子依循不同路徑之磁場。電磁同位素分離器之主要組件包括：使同位素離子束分散/分離之磁場、離子源與其加速系統、及已分離離子之收集系統。此程序之輔助系統包括：磁鐵供電系統、離子源高壓供電系統、真空系統、及供產物回收與組件清潔/回收之大型化學處理系統。

5.9.1 電磁同位素分離器

專為分離鈾同位素而設計或製備之電磁同位素分離器及其設備與組件，包括：

(a) 離子源

特別設計或製備之單一或重鈾離子源，包括蒸氣源、游離器、及離子束加速器；由石墨、不銹鋼，或銅等適當材料製造，可提供 50mA 或以上之總離子束電流。

(b) 離子收集器

專為收集濃縮及乏鈾離子束而設計或製備之具有 2 個或以上狹縫之收集板及收集袋，其係由石墨或不銹鋼等適當材料製造之。

(c) 真空外罩

專為鈾電磁分離器而特別設計或製備之真空外罩，由不銹鋼等適當之非磁性材料製造，且設計上可於 0.1 Pa 或以下之壓力下操作。

註解：此外罩專為容納離子源、收集板及水冷式內襯而設計，具有與擴散泵連接及於拆卸與重裝此等組件時可開啟與閉合之設置。

(d) 磁極

專為於電磁同位素分離器中維持恆定磁場及於相連分離器間傳送磁場而設計或製備，直徑大於 2 公尺之磁極端。

5.9.2 高壓電源供應器

專為離子源而設計或製備之高壓電源供應器，具有下列所有特性：能持續操作、其輸出電壓 20,000V 或以上、輸出電流在 1 A 或以上、且在 8 小時期間之電壓調節小於 0.01%。

5.9.3 磁鐵電源供應器

特別設計或製備之高功率直流磁鐵電源供應器，具有下列所有特性：可於 100V 或以上之電壓下持續產生 500A 或以上之電流輸出、且在 8 小時期間之電流或電壓調節小於 0.01%。

6. 重水、氘及氘化合物生產廠及專為其設計或製備之設備

引介註解：重水可由多種程序產生。然而經過驗證具有商業化能力之兩種程序則為水-硫化氫交換程序(GS 程序)及氘-氫交換程序。

GS 程序乃是根據在一系列塔內之水與硫化氫之間的氘與氫之交換(操作時採用雙溫度交換法)，塔上段為冷而下段為熱，水由塔上部向下流，硫化氫氣體則由塔底部向上循環。另使用一系列多孔碟以促進氣體與水的混合。氘在低溫時轉移入水中，而在高溫時則轉移入硫化氫中。氘濃化之氣體或水乃自第一階段塔的熱段與冷段銜接處移出，再於後續階段塔中重覆此程序。最後階段之產品(氘濃度達 30% 之水)，再經蒸餾可獲得反應器級重水(99.75% 之氧化氘)。

氘-氫 交換程序可由合成氣體在有觸媒存在下，遇液態氘接觸而獲得氘。合成氣體進入交換塔及氘轉換器後，由底部流到頂部，同時，液態氘由頂部流到底部。氘由合成氣體中的氘脫出，而轉入氘中濃縮，接著，氘流入塔底部的裂解器，而氣體則流入頂部的氘轉換器。進一步之濃縮乃於後續之階段進行，最後再經蒸餾獲得反應器級重水。合成氣體原料可由製氘工廠提供，而後者則可配合氘-氫交換法重水廠建造。氘-氫交換程序亦可使用普通水作為氘之原料。

使用 GS 程序或氘-氫 交換程序的重水生產廠有許多關鍵設備對化學及石油工業的若干部門而言，均屬常見。使用 GS 程序的小廠尤其如此。但此類項目很難有現製品。GS 程序及氘-氫 程序需在高

壓下處理大量易燃、腐蝕性且有毒性之流體。因此，為確保能在高安全性及可靠度下作長期之運轉，在建立這些工廠及設備的設計及操作標準時，需仔細注意材料的選擇及規格。工廠規模之選擇主要取決於經濟及需求。因此，大部分設備均依客戶之需求而訂製。

最後，應注意在 GS 程序及氫-氫交換程序中，個別的設備項目雖非專為重水生產設計或製備，但亦可組合成為專供重水生產而設計或製備之系統。氫-氫交換程序所用的觸媒生產系統及最後將重水濃縮為反應器級之水蒸餾系統即為前述系統之例。專為水-硫化氫交換程序或氫-氫交換程序之重水生產而設計或製備之設備項目包含如下：

6.1 水-硫化氫交換塔

專為使用於水-硫化氫交換程序之重水生產而設計或製備之交換塔，其係以細碳鋼(如 ASTM A516)製造，直徑 6 公尺(20 呎)至 9 公尺(30 呎)、可在 2MPa(30 psi) 或以上之壓力下操作，且具有 6 毫米或以上之腐蝕容許度。

6.2 鼓風機及壓縮機

專為使用於水-硫化氫交換程序之重水生產而設計或製備之單級、低壓(即 0.2MPa 或 30psi) 離心鼓風機或壓縮機。這些鼓風機或壓縮機用於硫化氫氣體循環(即含 70%以上 H₂S 之氣體)，在 1.8 MPa(260 psi)或以上之吸氣壓下操作時之流量大於或等於 56m³/s(120,000 SCFM)，且具有濕式 H₂S 操作時之密封設計。

6.3 氫-氫交換塔

專為使用於氫-氫交換程序之重水生產而設計或製備，高度大於或等於 35 公尺(114.3 呎)、直徑介於 1.5 公尺(4.9 呎)至 2.5 公尺(8.2 呎)，且可在 15MPa(2225 psi)以上之壓力下操作之氫-氫交換塔。這些塔亦至少具有一個有凸緣且直徑與圓柱部分相同之軸向開口，可供由此裝入或取出塔內組件。

6.4 塔內組件及分級式泵

專為使用於氫-氫交換程序之重水生產而設計或製備之塔內組件及分級式泵。塔內組件包括特別設計之分級式接觸器，用於促進氣/液接觸。分級式泵包括特別設計之沉浸式泵，可於接觸階段，在階段塔內循環液態氫。

6.5 氫裂解器

專為使用於氫-氫交換程序之重水生產而設計或製備，操作壓力大於或等於 3 MPa(450 psi)之氫裂解器。

6.6 紅外線吸收分析儀

可於氫濃度高於或等於 90% 時，作線上氫/氫比率分析之紅外線吸收分析儀。

6.7 觸媒燃燒器

專為使用氫-氫交換程序之重水生產而設計或製備，可轉化濃縮氫氣為重水

之觸媒燃燒器。

7. 鈾轉化廠及專為其設計或製備之設備

引介註解：鈾轉化廠及系統是將一種鈾化合物經由一種或多種轉換的過程成為另一種化合物，包括轉化鈾精礦為 UO_3 、轉化 UO_3 為 UO_2 、轉化氧化鈾為 UF_4 或 UF_6 、轉化 UF_4 為 UF_6 、轉化 UF_6 為 UF_4 、轉化 UF_4 為鈾金屬、及轉化氟化鈾為 UO_2 。鈾轉化廠的許多關鍵設備對化工業的許多部門而言，均屬常見。例如在這些程序中使用之設備種類可包括：爐、旋轉爐、流體床反應器、火焰塔反應器、液體離心機、蒸餾塔、及液-液萃取塔。但此類項目很難有現製品，大部分均需依客戶之要求及規格製備。某些狀況尤需考量特殊之設計與製造，以適應所處理某些化學品腐蝕性（ HF 、 F_2 、 ClF_3 及氟化鈾）。最後，應注意在所有鈾轉化程序中，個別的設備項目雖非專供鈾轉化而設計或製備，但亦可組合成為專供鈾轉化而設計或製備之系統。

7.1 專為轉化鈾精礦為 UO_3 而設計或製備之系統

註解：轉化鈾精礦成為 UO_3 時，乃是先將礦石溶於硝酸再以磷酸三丁脂等溶劑萃取純化之硝酸鈾。然後再藉濃縮及脫硝或以氨氣中和方式製成二鈾醯酸氨，再經後續之過濾、乾燥及鍛燒轉化成為 UO_3 。

7.2 專為轉化 UO_3 為 UF_6 而設計或製備之系統

註解：藉直接氟化，可轉化 UO_3 為 UF_6 ，此程序需要使用氟氣或三氟化氯氣體。

7.3 專為轉化 UO_3 為 UO_2 而設計或製備之系統

註解：以裂解氨氣或氫氣還原 UO_3 ，可將其轉化為 UO_2 。

7.4 專為轉化 UO_2 為 UF_4 而設計或製備之系統

註解：藉 UO_2 與氟化氫氣體 (HF) 在 300~500 之反應，可轉化 UO_2 為 UF_4 。

7.5 專為轉化 UF_4 為 UF_6 而設計或製備之系統

註解：利用 UF_4 在反應塔內與氟氣之放熱反應，可將其轉化為 UF_6 ，反應後熱氣體通過冷至 -10 之冷阱，可將氣體中所含之 UF_6 氣體凝結，此程序需要使用氟氣。

7.6 專為轉化 UF_4 為鈾金屬而設計或製備之系統

註解：以鎂金屬（大批量）或鈣金屬（小批量），將 UF_4 還原為鈾金屬，此反應須在鈾金屬熔點(1,130)以上溫度進行。

7.7 專為轉化 UF_6 為 UO_2 而設計或製備之系統

註解：轉化 UF_6 為 UO_2 之程序有三種：(1)以氫及水蒸汽還原及水解 UF_6 ，(2)把 UF_6 溶在水中水解，加入氨氣使成二鈾醯酸氨沉澱，再以 820 之氫氣將其還原為 UO_2 ，(3)使氣態 UF_6 、 CO_2 及 NH_3 在水中反應，生成碳酸鈾氨沉澱，碳酸鈾氨再於 500 600 ，與水蒸汽及氫氣反應，產生 UO_2 。

UF_6 轉化為 UO_2 常為燃料製造廠的第一階段。

7.8 專為轉化 UF_6 為 UF_4 而設計或製備之系統

註解：利用 UF_6 與氫之還原反應，可將其轉化為 UF_4 。