

放射性廢棄物處理

壹、設置目的

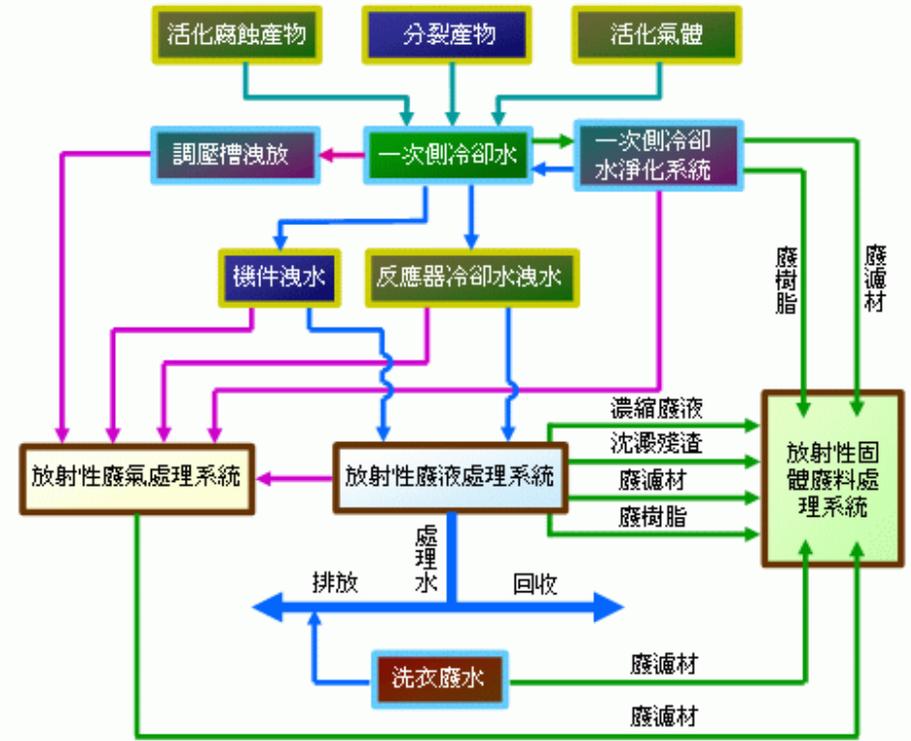
貳、放射性廢棄物來源

參、放射性氣體處理系統

肆、放射性液體處理系統

伍、放射性固體廢棄物處理系統

壹、設置目的



A. 任何核能電廠在運轉過程中無可避免會產生一些氣體、液體和固體廢棄物，有些廢棄物含有強弱不等的放射性，不能任意棄置。放射性廢棄物處理的目的就是收集，處理和處置電廠放射性廢棄物，以控制排放到廠外的放射性量低於輻射防護法之游離輻射防護安全標準第十三條及本廠運轉規範16.3/4.11節之規定，並須依輻射防護法第九條記錄、申報及保存。通常放射性廢棄物的處理方式為：

1. 滯留、吸附以衰減其放射性後稀釋排放。
2. 經由過濾、分離、濃縮等方式處理，處理至遠低於法規的限制標準，在嚴密取樣分析及監測下排放。
3. 體廢棄物分可燃及不可燃兩類，可燃固體廢棄物由低放射性廢棄物焚化爐焚化；不可燃廢棄物及焚化後的餘灰均密封在55加侖鋼桶內，貯存於廠內廢棄物倉庫，以待進一步處理。

B. 放射性廢棄物處理設施之種類依其物理性質，可分為：

1. 放射性氣體處理系統 (Gaseous Radwaste System)。
2. 放射性液體處理系統 (Liquid Radwaste System)。
3. 放射性固體處理系統 (Solid Radwaste System)。
4. 高減容固化系統(High Efficiency Solidification System)。
5. 低放射性廢棄物焚化爐

貳、放射性廢棄物來源 (詳表15-1)

本廠所產生的放射性廢棄物主要來自：

1. 反應爐中核分裂產生的放射線作用產生的活化元素，其產量與反應器功率成正比。

- 燃料護套破裂，分裂產物洩到反應爐冷卻水系統（Reactor Coolant System）。
- 系統蝕化物活化產物。這些放射性產物，分佈於反應爐冷卻水系統（RCS），容積控制槽（Volume Control Tank），調壓槽（Pressurizer）等一次系統中。

更有可能因蒸汽產生器（Steam Generator）內英高鎳管破裂，而流到二次側系統中。在RCS內含有放射性同位素的冷卻水經一次側的引水淨化系統（Letdown Purification System），將放射性廢棄物析出。在二次側則藉蒸汽產生器的沖放（Blowdown）、放射性衰變、汽封排氣處理系統、主冷凝器抽氣系統、凝結水除礦器及各集水池，將各處放射性廢棄物收集起來。兩部機組所收集的廢棄物再送到同一放射性廢棄物處理系統。

表15-1 活化產物和分裂產物（Activation and Fission Products）

由於結構材料的活化，介入冷卻水中不純物的活化以及燃料破損所釋出的分裂產物，使得無數的活化產物和分裂產物在冷卻水中被發現。以下列舉較重要的活化分裂產物及其移除方法：

活化腐蝕產物			
元素	同位素	半衰期	來源
鐵	^{59}Fe	44.6天	來自不銹鋼或英高鎳合金中的 ^{58}Fe （ ^{58}Fe ）如同外來的不純物一樣，鐵也能介入反應爐冷卻水系統中。
鈷	^{58}Co	70.8天	來自不銹鋼和英高鎳中的 ^{58}Ni
鈷	^{60}Co	5.27年	來自不銹鋼和英高鎳中的 ^{60}Ni 或來自鎢鉻鈷合金中的 ^{59}Co
錳	^{54}Mn	312.7天	主要來自不銹鋼和英高鎳中的 ^{54}Ni ，少量來自不銹鋼中的 ^{55}Mn
錳	^{56}Mn	2.6小時	來自不銹鋼和英高鎳中的 ^{56}Fe
鉻	^{51}Cr	27.7天	來自不銹鋼和英高鎳中的 ^{50}Cr ， ^{51}Cr 濃度的增加表示腐蝕率增大
鎢	^{181}W	24小時	來自鎢鉻鈷合金中的 ^{186}W *
銀	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	250天	來自控制棒中的 ^{109}Ag （表示控制棒護套損壞）

註：

*反應器冷卻水泵（RCP）底部徑向軸承表面，控制棒驅動機構夾鉤（CRDM Latches）的腐蝕。

**m表示metastable介穩定(中間穩定產物，非最後穩定，亦即還會繼續衰變)

所有的這些同位素可在溶液中和銹渣懸浮物中發現，可溶性活化腐蝕產物可用陽離子樹脂或混合床除礦器除去，不溶性沈渣能利用過濾法除掉。

下表 ^{54}Mn 和 ^{51}Cr 放射加馬，而其餘的活化腐蝕產物皆放射貝他和加馬。

活化產物產物（非腐蝕活化產物）				
元素	同位素	半衰期	來源	移除方法
鈉	^{24}Na	15小時	來自硼酸或補給水中所含天然鈉 ^{23}Na 不純物（利用 ^{24}Na 可找出少量一次系統到二次系統的洩漏）	因為 ^{24}Na 為水溶性，所以無法使用過濾器過濾去除，必須利用陽離子樹脂和混合床除礦器去除。
氟	^{18}F	110分鐘	來自水中氧 ^{18}O	利用陰離子樹脂除掉
氬	^{41}Ar	110分鐘	來自空氣中天然氬 ^{40}Ar （如有 ^{41}Ar 出現在冷卻水中，表示空氣已進入冷卻水中）	利用剝離法（stripping）除掉
氮	^{13}N	10分鐘	可能來自水中的氧 ^{16}O	很快的衰變掉，並且也能剝離法用除去

(自然界中)鈉以固態存於溶液中，而氟以固態或氣態存在，氫和氮以氣態存於溶液中。²⁴Na和⁴¹Ar放射貝他和加馬而¹⁸F和¹³N發射正子（正子與電子作用消滅而產生0.511Mev加馬）。

主要分裂產物

存於溶液中之間態分裂產物				
元素	同位素	半衰期	來源	移除方法
銫	¹³⁴ Cs	2.06年	會在肌肉組織內濃縮，表示燃料護套破損。	利用陽離子樹脂或混合床除礦器移除。
	¹³⁷ Cs	30.17年	會在肌肉組織內濃縮，表示燃料護套破損。	
	¹³⁸ Cs	32.2分鐘	會在肌肉組織內濃縮，表示微小的燃料元件護套洩漏。	
銣	⁸⁹ Sr	50.5天	會在骨頭中濃縮，但燃料護套破損時逃逸係數低。	利用陽離子樹脂或混合床除礦器移除
	⁹⁰ Sr	28年		
碘	¹³¹ I	8.04天	會在甲狀腺內濃縮，起動後 ¹³¹ I與 ¹³³ I比例增加表示燃料護套破損	利用混合床除礦器中的陰離子樹脂和去硼除礦器移除
	¹³³ I	20.8小時		

元素碘（I₂）以蒸氣型態存在燃料針孔中，當正常運轉時，從燃料中洩漏出的任何碘蒸氣，以極緩慢的速率進入冷卻水中，因此碘蒸氣能與存在冷卻水中的各種化學試劑起反應，經此反應，碘由蒸氣態碘變成我們所見存於冷卻水溶液中的液態碘。

在冷卻水流失事故後，導致燃料護套破裂，碘蒸氣逸入圍阻體內，其中某些碘蒸氣轉化為有機碘（如甲基碘CH₃I），此變化發生於當元素態碘（I₂）與圍阻體表面接觸或接觸到受有機物質（如油）污染之空氣時與之起變化。事故發生後，在圍阻體內所發現之碘主要為元素態碘和有機碘，二者均為氣態。少部份的碘由於碘蒸氣吸收灰塵粒子而成為固態。有機碘較元素態碘更難從圍阻體大氣中除掉，冷卻水流失事故後除掉碘的方法，將在特殊安全設施系統中說明。

存於溶液中之間態分裂產物				
元素	同位素	半衰期	來源	移除方法
氬	⁸⁵ Kr	10.72年	氬與氙二者皆為惰性氣體，不會與有機物起動應，因此它不會濃縮。	利用剝離法移除。
	⁸⁷ Kr	76.3分鐘		
	⁸⁸ Kr	2.84小時		
氙	¹³³ Xe	5.3天	浸於此種氣體的雲霧中具危險由伽射線產生。	利用剝離法移除。
	¹³⁵ Xe	9.11小時		
氚	³ H	12.3年	經由燃料護套擴散進入冷卻水中，有些會被鋯合金護套吸收，取代水中的氫，形成氚水，氚水導致害且很難偵測到，氚也能由硼 ¹⁰ B作用產生。	無法從冷卻水中移除，必須排出冷卻水，以降低氚濃度。

銻⁸⁹Sr、銻⁹⁰Sr和氚³H放射貝他，其餘主要的分裂產物則放射貝他和加馬兩種。
 壓水式核能電廠分裂產物及活化產物與放射性廢料處理系統關係圖參考圖15-1。

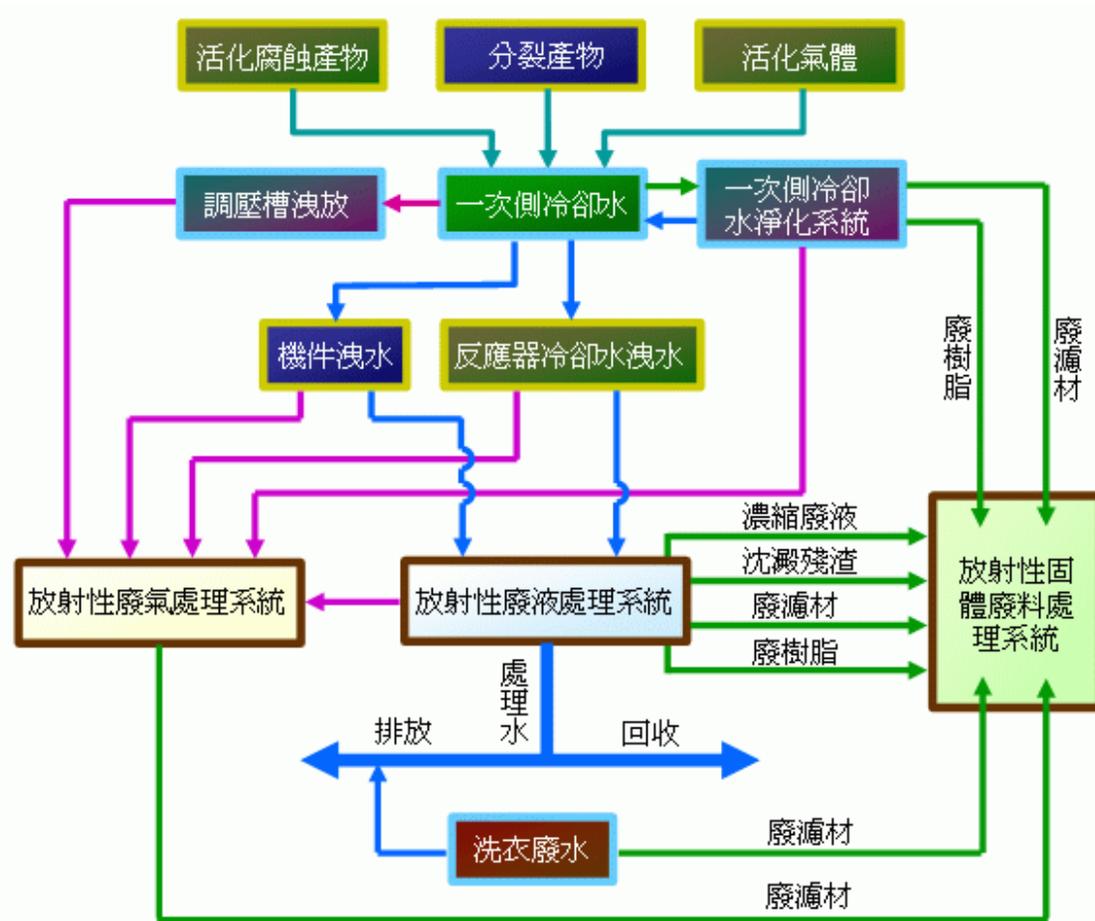


圖 15-1 壓水式核能發電廠分裂產物及活化產物與放射性廢料處理系統關係圖

參、放射性氣體處理系統 (Gaseous Radwaste Management System)

A. 設置目的

處理電廠運轉時所產生的放射性氣體，以減低放射性氣體之外洩，限制廠內、外個人放射線曝露劑量於可接受的限值內，並維持適當氫氣濃度，不致造成氫氣爆炸。

B. 系統簡介

放射性的氣體處理系統 (G.R.S.)

本系統包括放射性氣體收集管、洩水槽、氣體緩衝槽、除濕器組、木炭保護床、木炭吸收床、氧氣分析儀、高效率微粒過濾器、氣體輻射偵測器及有關管路，相關設備及參數參考表15-2。它所收集處理的放射性氣體主要為氫氣和燃料分裂所產生的稀有氣體，主要來自下列設備的排氣：

1. 設備洩水槽 (Equipment Drain Tank)。
2. 反應爐冷卻水洩水槽 (Reactor Coolant Drain Tank)。
3. 化學及容積控制系統(CVCS)的容積控制槽 (V.C.T)。
4. 調壓槽釋放槽 (Pressurizer Relief Tank)。
5. 硼回收系統的蒸發器及回收滯留槽逸氣口。
6. 放射性液體處理系統蒸發器。
7. 備用放射性液體處理系統蒸發器。

設備說明：(表15-2)

設備名稱	數量	大小/容量	設備材料	設計壓力/溫度
氣體緩衝槽	1	4.36m ³	不銹鋼	7.03kg/cm ² – 65.5
除濕氣組	2	0.14m ³ /min (design)	不銹鋼	7.03kg/cm ² – 65.5
過濾分離槽	2	0.3micron	不銹鋼	7.03kg/cm ² – 65.5
活性炭保護床	2	0.45m ³	不銹鋼	7.03kg/cm ² – 65.5
活性炭吸附床	4	39.6m ³	不銹鋼	7.03kg/cm ² – 65.5
HEPA過濾器	1	0.3m ³	不銹鋼	7.03kg/cm ² – 65.5
強迫通氣壓縮機	1	1.42 standard m ³ /min	不銹鋼	7.03kg/cm ² – 65.5
進氣集管洩水槽	2	0.21m ³	不銹鋼	7.03kg/cm ² – 65.5
取樣抽氣泵	1	0.03m ³ /min	不銹鋼	7.03kg/cm ² – 65.5
氫氣分析泵	2	0.03 standard m ³ /min	不銹鋼	7.03kg/cm ² – 65.5
回收滯留槽抽氣泵	1	0.03m ³ /min	不銹鋼	

1. **氣體收集集管和洩水槽** (Gaseous Radwaste System Input Header and Header Drain Tanks) :
氣體收集集管收集從反應爐冷卻水洩水槽，設備洩水槽和容積控制槽等的排氣，每一個收集集管設計一個低點與洩水槽連接，集結在集管的冷凝水，送回硼回收系統 (BRS) 做進一步的處理。
2. **緩衝槽** (Surge Tank) :
為一4.36m³ (154ft³) 的不銹鋼槽，可耐7kg/cm² (100 psig) 壓力，65 (150) 溫度。收集機組及BRS、LRS放射性氣體，用來移除隨氣體帶進來的霧氣，緩衝進氣壓力的變化，同時防止任何不正常情況大量液體進入GRS時損壞本系統。
3. **除濕器組** (Dehumidification Trains) :
兩套各100%容量之除濕器組，每組含有預冷器 (Precooler)、冷卻器冷凝器 (Cooler Condenser)、分離器 (Separator)、冷凍器和再熱器。可移除水份，避免降低木炭床對放射性同位素的吸附效率。放射性氣體離開再熱器時為室溫下乾燥的氣體。
4. **木炭保護床** (Carbon Guard Beds) :
二組木炭保護床，裝於除濕器組的下游，其功用在避免水份和空浮污染物進入木炭延遲床，以保護木炭床。
5. **木炭延遲床** (Carbon Delay Beds) :
四組木炭床串聯在一起，其設計是用來遲滯原子量較大之放射性氣體，設計上提供兩部機以總流量率2.0SCFM下，遲滯時間為氙 (Xenon) 45天。
6. **氧氣分析器** (Oxygen Analyzers) :
在緩衝槽的上游和下游均有一組氧氣分析器，用來連續分析一次側送來氣體之含氧量，並在高含氧量(1%)時提供警報。由於機組排放的放射性氣體使用氫氣沖放當攜帶氣體，須確認氣體中氧氣含量小於5%，以防止發生氫爆。
7. **回收滯留槽抽氣泵** (Recycle Holdup Tank Pump) :
回收滯留槽定期從硼回收滯留槽 (Recycle Holdup Tank) 內，隔膜下方抽出不凝結氣體。
8. **放射性氣體處理系統壓縮機** (GRS Compressor) :

當通過木炭床之氣體壓力降大於緩衝槽的壓力時，利用此壓縮機之壓縮迫使氣體流經此放射性氣體處理系統。

9. 放射線偵測元件 (Radiation Monitor Element) :

放射線偵測元件裝在廢料廠房氣體排放集管內，以探測排放氣體的放射性強度是否高於設定值，若高於設定值會發出警報，若高過第二設定值，GRS出口閥自動關閉，並提供警報。

C. 放射性氣體處理系統流程 (G.R.S)

在反應器運轉時，若爐心燃料有顯著洩漏時，容積控制槽 (V.C.T) 可以0.7 SCFM (Standard Cubic Feet Per Minute) 標準的排氣量沖放，以降低爐心冷卻水系統內的惰性氣體；停機時可以3 SCFM運轉24小時進行除氣。同時R.C.P#2封環和閥桿的洩漏亦被引至R.C.D.T。至於其他部份一次側的閥桿洩漏則被收集到E.D.T。這些收集一次系統洩水的洩放槽和B.R.S的蒸發器、滯留槽及放射性液體處理系統蒸發器內的氣體均被引至氣體緩衝槽，在氣體緩衝槽前、後各有一只氧氣分析器不斷地抽氣、偵測氧氣的濃度，以防止氫氣爆炸。平時兩只分析器只要有一只運轉即可。當發現氧氣濃度過高 (大於1%) 時，警報會出示，運轉員須手動注入氮氣，降低氧氣濃度。由氣體緩衝槽出來的放射性氣體經高效率微粒過濾器 (HEPA Filter) 流經二組可手動切換的流量控制除濕器組，由預冷器、冷卻器冷凝經分離器將氣水分離，氣體再經再熱器加熱後送至二組各16ft³的木炭保護床，以吸收濕氣及降低氣體壓力和溫度。然後經四只各1400ft³的木炭床，完全吸附碘 (I) 並暫時吸附氙 (Xe)、氪 (Kr) 等放射性氣體並待其衰變。最後再經高效率微粒過濾器將殘留的微粒再過濾後經放射偵檢器 (RT-8) 偵測後，由廢料廠房通風系統排出廠外。

D. 放射性氣體處理系統運轉

1. 起動

在系統開始運轉以前，包括進口集管在內的整個放射性氣體處理系統，須先用氮氣來沖放。且所有排放到此系統的來源，例如：反應爐冷卻水洩水槽、設備洩水槽、容積控制槽等，也必須用氮氣來稀釋，以保持整個處理系統的氧氣含量小於1%(vol)。氧氣之含量可由緩衝槽前後的氧氣分析器得知。

2. 正常運轉

- 放射性氣體處理系統正常運轉時以2.0 SCFM處理兩部機的放射性氣體，而各槽逸氣流量的則限制在0.1 SCFM，且各來源本身有足夠的高壓力來驅動各設備本身的釋放氣體送至放射性氣體處理系統，唯一例外是硼回收滯留槽膜片下方聚集的氣體，藉氣體回收滯留抽氣泵抽出。氣體回收滯留抽氣泵需手動啟動，但在進口壓力低時自動停止運轉。收集氣體的進口集管直接接至緩衝槽。
- 經過緩衝槽後，再送到兩串各具100%能力的除濕器組 (正常僅用一串)，冷凝除去水份後，經再熱器將未凝結的氣體溫度回升至周溫。
- 在每一串除濕器組的下游，裝有一個濕度偵檢器 (RHE-M99A, RHE-M99B)，和一木炭保護床。當濕度偵檢器感測到高濕度時 (35% ± 10%)，會有警報通知運轉員，此時運轉員應手動切換到另一組除濕器組，以免濕氣繼續由木炭保護床進入木炭延遲床。
- 經過木炭保護床後，這些氣體經過一系列與周圍溫度相近的木炭延遲床，在此Kr和Xe等放射性氣體將會暫時被吸收停留一段時間 (但碘則能完全被吸收) 以衰減其放射性能量，最後這些氣體藉著廢料廠房通風系統排放至外界大氣中。
- 從氣體分離出的水汽藉重力流至緩衝槽洩水管路再流至硼回收滯留槽，值班人員應確認滯留槽之水位比緩衝槽低才能藉重力洩水。當每一設備水位上升至須要洩水處理時，有一高水位警報通知運轉員洩水。
- 放射性氣體處理系統進口集管洩水槽洩水時，須先手動關閉進口閥V020，開出口閥V022，再充氮氣以幫助這些洩水傳送至硼回收滯留槽。
- 所有放射性氣體之排放均經放射性氣體處理系統出口之輻射偵檢器，因此運轉員誤操作將不致導致不可控制的放射性外洩。
- 因放射性氣體在本系統滯留時間和進氣流量率成反比，因此各進氣源之種類和流量必須加以測定和限制，進氣量備有記錄和高流量 (5 SCFM) 警報，當進氣量未有顯著增加時，本系統可在短時間 (30分鐘) 內處理高達75 SCFM之氣體。
- 放射性氣體處理系統在主要組件上、下游均設有取樣點，作氣體含量分析，此系統出口前設有輻射偵檢器偵測且記錄排放量，然後和廢料廠房通風之排氣道匯合，經排氣風扇稀釋後外放，此排氣風扇和放射性氣體出口輻射偵測控制閥RV-8間互有連鎖，只能在任一風扇起動後才能開啟。
- 四個木炭延遲床組成二對，正常時串聯使用，但在任一對須作維護工作時，可以短時間旁通使用。

3. 異常運轉

- 在預期的短時間中運轉和暫態，放射性氣體處理系統的進氣量可以超過其設計值，在此情況下，系統運轉須增加流速，因為滯留時間和流速成反比，所以滯留時間將縮短。不過，增加流速的結果，將僅輕微地增加排氣的放射性。放射性偵測元件不斷地偵測系統的排氣，以確保排出的放射性氣體濃度符合法規的規定。
- 假使除濕器組不可用，氣體中的濕氣將逐漸地降低木炭保護床的性能，而且減低整個系統的功能。若濕氣通過保護床，進入第一只木炭延遲床，受潮的吸收床可被隔離，系統可以在兩個延遲床的情況下運轉。濕氣偵檢裝置和兩組約100%容量的除濕器組，可減低上述情況發生。
- 放射性氣體處理系統進氣集管洩水管路的壓力保護包括PSV11及PSE12。壓力釋放閥 (PSV11) 是大氣膜片式，受下游的保護膜片 (Rupture Disc) (PSE12) 保護。PSV11洩漏被容納在保護膜片內，其釋放壓力為11kg/cm² (150psig)。介於釋放閥和保護膜片間有測試接頭供取樣以確認是否洩漏。
- 緩衝槽類似進氣集管洩水槽，也有一個釋壓閥 (PSV-M22) 釋放壓力為7kg/cm² (100psig) 和連結在其下游的保護膜片 (PSE13)，在保護膜片下游的管路具有下列功能：

當保護膜片發生洩漏時，限制洩漏之氣體於放射性氣體處理系統的區域內；正常運轉時，流量計(FI-17)和閉鎖節流閥(V-038)，維持約1/2SCFM的流量抽氣(管024-3/4")，由廢料廠房的HVAC排氣風扇將洩漏排出。如此，可確保保護膜片發生少量洩漏時，能由廢料廠房HVAC排氣過濾器進口的輻射偵檢器RT-041及RT-038偵測到。在緩衝槽壓力釋放時，釋放的氣體將會經過較小阻力的管道(015-3")排出。在這種狀態下，因為管015-3"連結於排氣風扇下游的排氣管上，所以排氣風扇被旁通，消除在排氣風扇產生氫爆的可能性。排氣管路上末端有RT-031輻射偵測器偵測器排出的放射性強度。

4. 緊急運轉

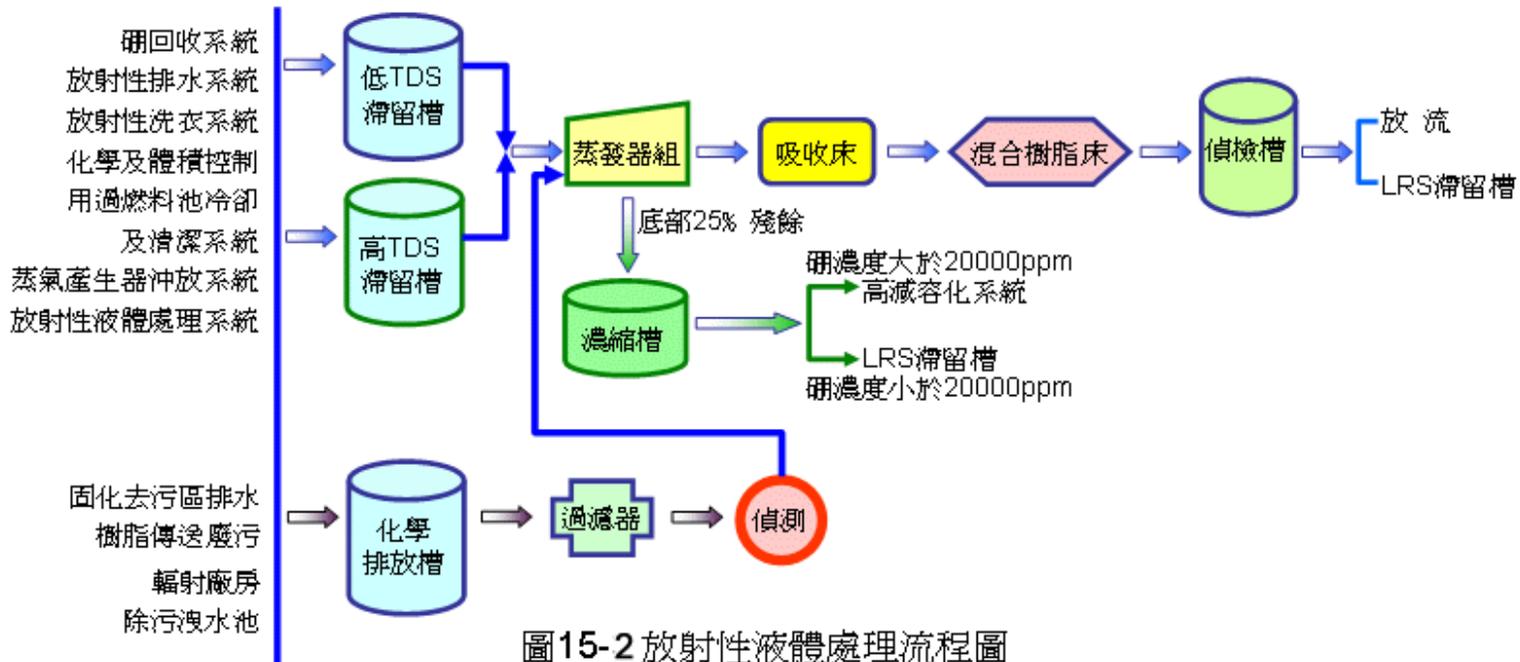
- 當系統中高氧氣濃度或高放射性被偵測到，將產生警報；在高氧氣濃度(1%容積)的情況下，加氮氣來稀釋氧濃度，直到空氣來源被阻斷為止。RT-31偵測放射性達 $2.6 \times 10^{-1} \mu \text{ci/cc}$ 時，將關閉放射性氣體處理系統的隔離閥(RV-8)，以隔離放射性氣體釋出。
- 改善高放射性的首要步驟之一是隔離容積控制槽(VCT)的進氣。在恢復正常運轉模式之前，假如須要有限度的沖放的話，閥RV-8可以手動開啟。
- 高放射性信號可能來自高流量或輻射偵檢器故障，為確定警報的來源，可以停止容積控制槽沖放，也可以隔離硼回收系統蒸發器排氣。其餘如機件洩水槽(EDT)、反應爐冷卻水洩水槽(RCDT)及調壓槽釋放槽(PRT)的排氣也是放射性氣體處理系統高流量的可能來源。因為EDT和RCDT通常不排氣至GRS，而PRT的排氣可以手動操作。所以隔離這些系統不會影響各槽的功能。假使這些系統發生高流量，運轉員必須檢查連接至各氮氣管路的隔離系統是否失效而使氮氣逸入。隔離有問題的槽直到隔離閥能重置而能控制氮氣。隔離放射性氣體處理系統使引水淨化處理受到限制，但不會影響機組停機。
- 當須重開啟RV-8之前，閥RV-8上游的壓力(可能達到15 psig)可能超過正常運轉時的壓力(1.5~2 psig)，若突然打開閥RV-8，將導致放射性氣體不必要的快速排放；可將旁通管路上的小型針閥(V-003)先行打開，慢慢降低系統的壓力直到和正常運轉一樣時，再打開閥RV-8。

5. 停機

放射性氣體處理系統之設計在機組壽命期中可連續運轉，週期性的維護只須要隔離某些部份，但整個系統幾乎不停機。

肆、放射性液體處理系統

放射性液體處理系統主要是收集、處理、儲存和處置電廠運轉時各輻射廠房內設備洩漏和地面洩水池收集的放射性液體。



A. 設置目的：

1. 容納並處理停機，起動或再起動時產生之洩水，不使電廠運轉或可用性遭受限制。
2. 減低並控制排放水的放射性，使不超過法規及運轉規範16.3/4.11之規定。
3. 化學除污或濃縮處理。
放射性液體處理方式通常以分批式收集、處理，然後再分析其放射性和化學性，以決定是否可排放至廠外。

B. 洩放液體本廠原設計之處理原則分類如下：

1. 高放射性，低導電率（如機件洩水收集系統之水）：原設計使用過濾除礦貯存送回系統再用。
 2. 低或高放射性，高導電率廢水不合外釋（排放劑量）行政管制目標值者（如地面洩水系統之污水、廢水中和系統之水）：濃縮後固化併入固體廢棄物處理。
 3. 清潔劑廢液洗衣廢水：經過濾稀釋後由循環水渠道出口排入大海。
 4. 含油廢液：柴油機房和汽機房的集水池廢油水經1、2號機共用的脫油機組脫油後，由循環水渠道出口排入大海。
- 前述1、2項放射性液體，本廠處理原則已不再分高全溶(High TDS)或低全溶(Low TDS)，兩者均經蒸發器蒸發，蒸餾水經過樹脂床後，在符合排放標準後予以排放，濃縮液則以固化處理(詳本章第五節)。

C. 放射性液體處理系統概述

1. 本系統收集由下列支系統送來的放射性液體加以處理，該等支系統概述詳參本章第捌節
 - a. 爐水洩放系統 (Reactor Coolant Drain System)
 - b. 地面集水系統 (Floor Drain System)
 - c. 放射性洗衣用水系統 (Radioactive Laundry System)
2. 放射性液體處理系統 (LRS)
主要功能：
 - a. 減少固化廢棄物產量。
 - b. 處理放射性洩水，使所排出廠外的液體均符合環保法規、輻防法及FASR TABLE 11.2-18之要求。
3. 設備說明：
 - a. 滯留槽 (LRS Holdup Tank)：
三個直立式不銹鋼槽，每槽容量33,700加侖，原設計二個為高全溶固體液體滯留槽，一個為低全溶固體滯留槽，目前運轉已無高全溶及低全溶之分。槽水源來自：

· 放射液體處理系統吸收床	· 用過樹脂槽
· 輔助蒸汽冷凝回收槽	· 廢料廠房集水池
· 放射性固體廢棄物處理系統	· 放射性液體處理系統偵檢槽
· 化學洩水槽	· 一、二號機、輔機 廠房、燃料廠房、圍阻體集水池
 - b. L.R.S濃縮槽 (LRS Concentrate Tank)
二個直立式容量各7,500加侖鋼高錳825槽，由LRS蒸發器組來的濃縮放射性液體經加熱管路打入濃縮槽，視需要加鹼中和而後濃縮。
 - c. L.R.S偵檢槽 (LRS Monitor Tank)：
二個直立式容量各33,700加侖不銹鋼槽，由LRS混合床來的液體流到此槽，經偵檢後不符排放標準的水打回滯留槽再處理，符合則排至循環渠道。
 - d. 化學洩水槽 (LRS Chemical Drain Tank)：
二個直立式容量3,450加侖不銹鋼槽，可加鹼、消泡劑以中和之，其水源來自：

一、二號機燃料池淨化水
一、二號機硼液再生除礦水
一、二號機硼液調節系統鹼性床及混合床除礦水
一、二號機燃料廠房除污洩水槽
放射固體廢棄物回流和裝桶虹吸水
廢料廠房除污洩水槽
LRS吸收床
LRS離子交換器混合床
BRS蒸發器凝結除礦水
BRS蒸發器餉水
 - e. 鹼儲存槽：
一個500加侖直立式不銹鋼槽，槽內可貯存的苛性鹼，隨時可補充到鹼分批槽。
 - f. 化學配藥槽：
鹼、消泡劑槽各一個，為100加侖直立式玻璃纖維槽，每槽可裝的化學藥劑，鹼可添加至濃縮槽、化學洩水槽及滯留槽中和用。消泡劑可添加至化學洩水槽及滯留槽。
 - g. L.R.S滯留槽泵：
三台離心式不銹鋼泵，設計流量280 gal/min，出口壓力280 psig，溫度140 。用以將滯留槽內的放射性液體泵出。

- h. **L.R.S濃縮泵：**
二台離心式合金20泵，設計流量60 gal/min，出口壓力195 psig，溫度250 。用以將濃縮液泵至放射性固體廢棄物處理系統後再濃縮、固化。
- i. **L.R.S蒸餾水凝結水泵：**
二台離心式碳鋼泵，設計流量45 gal/min，壓力185 psig，溫度250 。用以將蒸餾水凝結水經次冷器、除礦器打至偵檢槽。
- j. **L.R.S化學洩水槽泵：**
二台離心式不銹鋼泵，設計流量110 gal/min，壓力210 psig，溫度100 。用以將LRS化學洩水槽的液體泵至LRS排放集管，或泵至LRS蒸發器。
- k. **L.R.S化學分批槽泵：**
兩台齒輪式不銹鋼泵，設計流量20 gal/min，壓力 29 psig，溫度200 。分別將鹼、消泡劑分批槽的化學藥劑泵出。
- l. **L.R.S滯留槽過濾器：**
二只卡式不銹鋼5微米濾網，設計流量100 gal/min，溫度200 ，壓力250 psig。
- m. **L.R.S化學洩水槽過濾器：**
一只卡式不銹鋼5微米濾網，設計流量250 gal/min，壓力 250 psig，溫度200 。用以過濾由LRS化學洩水槽泵打出的液體。
- n. **L.R.S吸收床：**
一個容積50 ft³不銹鋼樹脂床，設計壓力200psig，溫度250 ，流量130 gal/min。用以吸附、滯延由LRS蒸發器來的放射性同位素。
- o. **L.R.S混合床離子交換器：**
二個容量各50 ft³的不銹鋼樹脂床，其設計壓力為 200 psig，溫度250 ，流量130 gal/min，它位於LRS吸收床後，與之串連用以吸收、滯延由LRS蒸發器來的放射性同位素。
- p. **L.R.S可處理吸收床：**
一個容量5.5ft³內鑲環氧樹脂之碳鋼槽，設計壓力100 psig，溫度130 ，流量15 gal/min。當化學槽水質不佳時，可作為進入蒸發器前之處理。
- q. **L.R.S蒸發器組：**
一組，主要包括除氣器、加熱器、蒸發器、再循環泵、分離器、冷凝器、次冷卻器等，其設計飼水流量35 gal/min，溫度230 ，壓力64psig。在大氣壓力下，用以除去液體中的內含氣體，及將分餾後的濃縮液送到濃縮槽。

4. 系統流程

放射性液體廢棄物依其形態可分成三類：

- a. 低全溶固態廢液 (Low Total Dissolved Solids Waste)。
- b. 高全溶固態廢液 (High Total Dissolved Solids Waste)。
- c. 放射化學和去污廢液。

本廠放射性液體處理系統以前述分類設計，但為避免放射性物質不當的排放，目前各類放射性液體處理均須經蒸發器，詳細流程如下：

- a. 當三只滯留槽總水位達170%時，由滯留槽泵送至蒸發器組，蒸發器組分餾出來的冷凝水可經由吸收床清除有機污染物。再經兩組串接的混合床離子交換器淨化，經偵檢槽偵測後，若符合排放標準則排至廠外，不符合標準則回送至滯留槽再處理。蒸發器底部所收集的高濃度濃縮液則被收集至濃縮槽。當濃縮槽灌滿高濃度廢液後即封閉。這些高放射性廢液即滯留其中慢慢衰變。同時進行取樣化驗，加固化劑經化學處理後送至放射廢料固化系統 (RSS)，固化包裝運至廢棄物倉庫儲放。
- b. 放射化學和去污洩水
#1、2號機、燃料池淨化水、硼液回收除礦水、硼液調節系統鹼性床及混合床除礦水、燃料廠房除污集水池、放射固態廢料回流和裝筒虹吸水，廢料廠房除污集水，L.R.S吸收床、L.R.S混合床、B.R.S蒸發器、冷凝除礦水、B.R.S蒸發器、飼水等低放射性洩水，均被引入化學洩水槽，當槽水位達63.5%(高水位)前起動化學洩水泵，將液體可送至L.R.S蒸發器組蒸發處理，或再轉存至滯留槽待日後處理。

D. 系統運轉

放射性液體處理系統由一連串的自動和手動操作處理，通常廢水收集是自動地完成，系統收集後的廢水，其處理過程由操作員決定。大略可分為低放射性的地面洩水和高放射性的反應器冷卻水。

1. 地面洩水 (Floor Drain Waste)

被收集至滯留槽的高全溶地面洩水，因並不含放射氣體，故不需經蒸發器組的除氣器，而直接進入蒸發器再循環管道 (其設計的平均流量在15 ~ 30 gpm之間)，經加熱器加熱後再流入蒸發器。加熱器所用的蒸氣是經降壓、降溫後的輔助蒸氣，此過熱蒸氣經加熱器殼側冷卻，泵送經蒸氣冷卻器冷卻 (由C.C.W冷卻) 至93 (200) 後送至冷凝回收槽 (Condensate Recovery Tank) 而加熱器的殼側部份蒸氣亦排放至冷凝器，以增加加熱器之效率。通常「增加加熱器的蒸汽進汽量，即可增加蒸發器組的運轉速率，反之則否」，而其他部份如飼水流速、蒸發器水位，可由操作員控制或隨蒸汽速率自動調整。蒸發器水位須 > 25% 液位時才可引入蒸汽，以防止加熱器管露出與損壞。加熱器內熱水由於有水頭的壓力，可防止液體在加熱器內沸騰。加熱過的蒸餾液由蒸發器上部再進入分離器底部，經過分離器內一系列的穩壓盤 (Ballast Trays) 由下往上與冷凝器迴流的冷凝水由上往下噴灑接觸將液體中的硼酸和雜質移去。液體內的純水氣經分離器的網盤 (Mesh Pad) 送至冷凝器Condenser冷卻和次冷卻器 (Subcooler) 冷卻至120 以下，再送至吸收床，若導電度不符合則回流至滯留槽。至於在冷

凝器內不凝結氣體則經逸氣冷卻器 (Condenser Vent Gas Cooler) 後送至放射性氣體處理系統 (G.R.S)。

在蒸發器運轉時，蒸餾水持續蒸發，造成的蒸發器水位降低同時可由飼入的飼水來補充，以維持蒸發器內的水位，如此蒸發器內硼濃度隨之上升。當濃縮液硼濃度達20000 ppm時(密度約1.03)，停止蒸發器運轉，底部的濃縮液經再循環泵送至LRS濃縮槽。由於高濃度濃縮液在室溫中可能凝固，故在整個移出過程中流經管路應加溫，並隨即以飼水 (Feed) 或水 (Water) 沖洗管路，以避免管路中的濃縮液凝固阻塞。

2. 反應爐冷卻水 (Reactor Coolant Feed)

反應爐冷卻水含放射性氣體及氫氣，故須先經過除氣器 (Gas Stripper or Degasifier) 移除。在除氣器內，飼水 (Feed) 由上噴灑下來至一個Packing而蒸汽由下逆流而上經Packing，當飼水被加熱，其所含的放射性氣體及氫氣就連同少量蒸汽被帶走，這些氣體離開除氣器後，經過冷卻器 (Gas Stripper Vent Gas Cooler) 水蒸汽部份被冷凝，往下送回飼水管道，放射性氣體及氫氣經冷卻後送至放射性氣體處理系統 (GRS) 處理或經區域通氣系統排至廠外。脫氣後的飼水經加熱器，蒸發器再循環泵和分離器之操作與地面洩水相同，少量的殘餘放射性氣體和氫氣可能跟隨蒸汽送至冷凝器，故在冷凝器有一小型蒸汽噴吸器 (Eductor) 將這些氣體帶至GRS。

3. 蒸發器組在設計上除了地面洩水 (Floor Drains) 及反應器冷卻水 (Reactor Coolant Feeds)，亦適合廢棄再生化學廢料 (Spent Regenerative Chemical Waste) 除污液 (Decontamination Solution) 和各種清潔水 (Detergent Waste) 的分餾，本廠另可轉送到硼液回收系統 (B.R.S) 的蒸發器組處理。平常則不以BRS的蒸發器組來處理LRS的放射性液體。

E. 異常運轉

大部份的LRS設備均為多重設備，至少應有兩組泵浦可用。滯留槽、偵檢槽、濃縮槽、過濾器、除礦器均為多重設備，當一組故障時尚有一組可用。

在LRS偵檢槽出口排放集管的偵檢器RT-82及RT-82A有二段警報設定點，當排放液放射性強度超過 $1.8 \times 10^{-4} \mu\text{ci/cc}$ 時，警示操作員所排釋的放射性超過正常規定值。運轉員應追查取樣判斷高活性來自何處。例如：蒸氣產生器、破管先期偵測系統 (VAMCIS)、空氣抽氣器的放射偵檢器RT-004輔助蒸汽冷凝回收槽出口放射性偵測器RT-017蒸氣產生器沖放取樣系統放射偵檢器RT-417，及循環水排放渠道放射性偵測器RT-254，可測知二次系統的放射性強度。由核機冷卻水系統的放射偵檢器EG-RT364，可測知核機冷卻水房集水池所具的放射性強度，進而判斷一次側水從何處滲入核機冷卻水系統。在廢料控制室的運轉員也可利用盤面上儀表得知最近放射性液體排放是否正常。因為放射性液體處理系統、放射性洗衣系統，通常均以批次處理。每批排放前均經取樣化驗，故所排出的放射性液體極不可能具高活化性。如果廢料廠房控制室儀表上的資料，尚不足以找出高活性液體來自何處時，運轉員應指派人到各系統釋放出口取樣，以判定高活性來自何處。

當放射性強度，高到 $3.25 \times 10^{-3} \mu\text{ci/cc}$ 設定點時，排放出口管路上的隔離閥將自動關閉。運轉員應採取緊急行動研判故障來自何處，並設法封閉高放射性液體排放來源。

F. 放射性液體排放評估

液體經處理後回復為純水，這些水可再利用或排出廠外。由液體濾出來的放射性廢棄物被收集在各濾網、離子交換樹脂、蒸發器底，這些收集來的廢棄物被送到固體放射性廢棄物處理系統固化後，暫存於廢棄物倉庫。若要排出，需經偵測後符合運轉規範及法規的要求方可排出廠外。電廠每年所預定的液體排放來源如下：

1. 所有汽機房的集水池水直接外排。
2. 所有低或高TDS及放射化學和去污液經蒸發器分餾及離子交換器處理後外排。
3. 所有洗衣廢水經過濾混合樹脂或活性碳處理後外排。
4. BRS蒸發分餾後的凝結水因計畫性氫排放的排放液。
5. 凝結水除礦器再生溶液可直接外排。

放射性液體排放前應須先填寫「計畫性液體排放允許單」，經評估、核准後才可以排放。

伍、放射性固體廢棄物處理系統 (Solid Radwaste System)

A. 設置目的：

為妥善處理與管理核能電廠營運過程中所產生之各類放射性廢棄物，設置放射性固體廢棄物處理系統，處理乾、濕式固體廢棄物，來達到廢棄物減容目的，並降低廠內工作人員的輻射劑量。

B. 放射性固體廢棄物種類：

1. 依物理型態區分：

第一類：

高強度放射性廢棄物 (如：用過核燃料) 與含核種 (活度超過10 pci/g) 之放射性廢棄物。

第二類：

低強度放射性廢棄物：指核電廠運轉時所產生的放射性廢棄物，如濃縮廢液、過濾殘渣、用過樹脂、更換組件、衣物、手套等。

第三類：

低於法規顧慮之放射性廢棄物：指放射性廢棄物所含的放射性活度極低，經向原子能委會申請獲准後，可自行覓地掩埋或送往一般垃圾掩埋場掩埋，由於放射性活度極低，掩埋後對附近居民每人每年的環境劑量不超過0.01毫西弗。

2. 依裝桶後容器的表面輻射劑量率區分：

- a. 甲類：容器表面最高輻射劑量率每小時二十毫西弗以上者。
- b. 乙類：容器表面最高輻射劑量率每小時二毫西弗以上，未達二十毫西弗者。
- c. 丙類：容器表面最高輻射劑量率每小時0.0五毫西弗以上，未達二毫西弗者。
- d. 丁類：容器表面最高輻射劑量率每小時未達0.0五毫西弗者。

C. 放射性固體廢棄物的來源：

核能電廠正常運轉、大修時產生的固體廢棄物依來源可分為：

1. 乾式固體廢棄物

焚化爐焚燒後的爐底灰及飛灰、受污染具放射性活度之活性碳、紙、布、衣物、可壓縮金屬及非金屬等。

2. 濕式固體廢棄物

離子交換樹脂、蒸發器之濃縮液、污泥等。

D. 系統概述：（圖15-3）

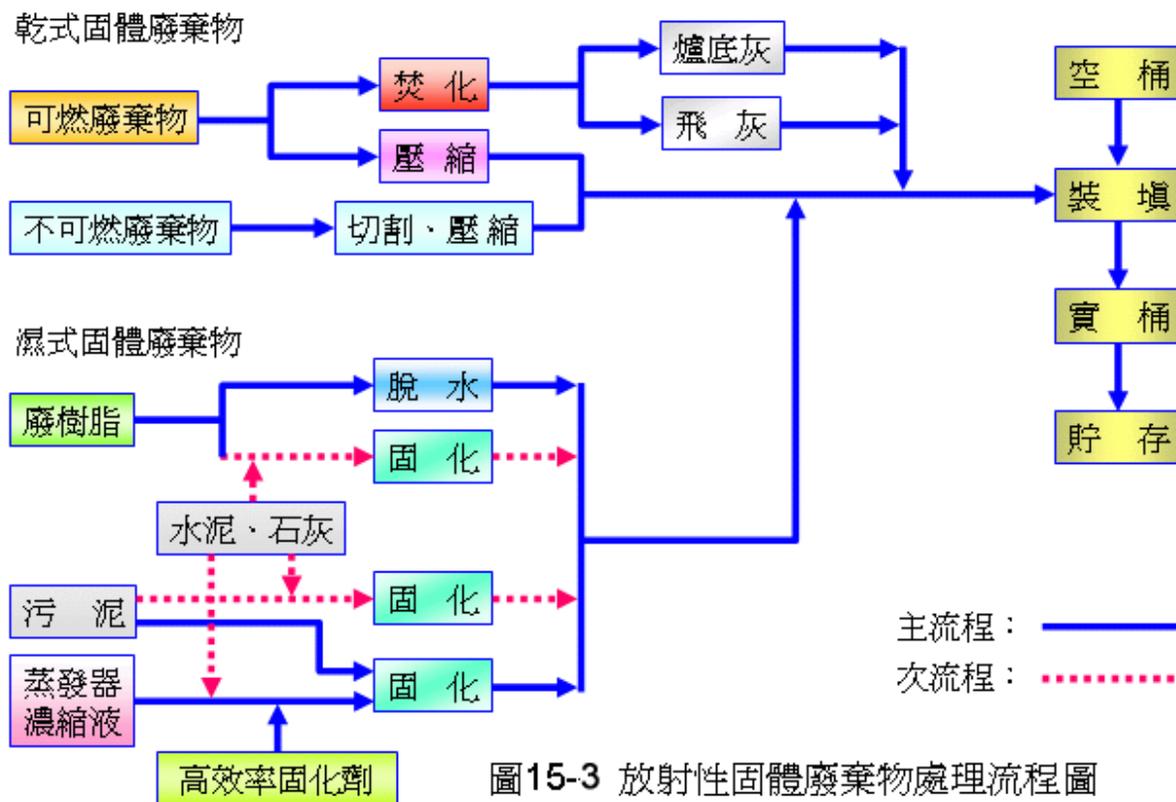


圖15-3 放射性固體廢棄物處理流程圖

放射性固體廢棄物系統包括四個支系統。

1. 樹脂傳送系統 (Resin Transfer System)

- a. 對下列各系統離子交換器的新樹脂添加、廢樹脂移除，可提供安全的傳送管道：
 - 輔助廠房樹脂傳送系統
 - 爐水調節系統 (CVCS)

燃料池冷卻和淨化系統 (FPCCS)
硼熱再生系統 (BTRS)
廢料廠房樹脂傳送系統
放射性廢液系統 (LRS)
硼液回收系統 (BRS)
蒸汽產生器沖放系統 (S/G Blowdown System)

另外放射性洗衣廢水和化學洩水槽系統內的樹脂，由於其樹脂的放射性活度不大於0.02mSv/hr，所以可以用一般的正常方法移除、添加即不經由上述樹脂傳送系統搬運。

- b. 輔助廠房內的樹脂傳送系統和廢料廠房內的樹脂傳送系統，在設計上大致相同，兩部機的輔助廠房與廢料廠房各有一個廢樹脂槽，用來儲存放射性廢樹脂使之衰減。另有傳送泵 (Sluice Pump) 利用除礦水將廢樹脂從離子交換器內移出到廢樹脂槽，及固化系統進行處理。
 - c. 輔助廠房和廢料廠房的樹脂傳送系統各有一支系統作為補充新樹脂用，每一個支系統各有一個新樹脂槽，閥和管路。可利用除礦水與壓縮空氣帶動，將新樹脂槽內的樹脂傳送到離子交換器內。
2. **乾式廢棄物系統 (Dry Active Waste System DAW)**
所有低放射性乾式廢棄物，如紙張、破布、污染衣物、手套、鞋套，無法除污的工具，小型設備等，先依照「乾式放射性廢棄物處理作業程序書」分類檢整，須壓縮者經壓縮裝桶俾減少體積。此系統之主要設備為液壓機、液壓槽和附屬油壓設備。壓縮時，鐵桶上方之通氣孔上裝有一過濾器將桶內擠壓出之空氣經過濾後排出。
3. **放射性廢棄物固化系統 (Radwaste Solification System)**
本系統以傳統水泥、石灰固化濃縮廢液，概述如下：
 - a. 本系統以分批方式操作，將放射性廢樹脂、蒸發器底部的濃縮液、過濾網和其他雜項放射性污染物，利用第二型波特蘭水泥 (Portland Cement) 與消石灰 (Slaked Lime) 混合做為固化劑固化於55加侖鋼桶內，然後做長期貯放。
 - b. 放射性廢液先處理成適當的形態 (正常的pH值7 ~ 11和適當的含水量)，然後與固化劑混合後再餉入55加侖鋼桶內。放射性過濾網先固定在桶中央，再經由固化系統加入廢液和水泥拌和後的廢漿加入於55加侖鋼桶內。
 - c. 裝桶完成後，加蓋鎖緊，測量表面是否污染，如果需要，可用水噴灑桶表面進行除污。裝填好的固化桶，利用吊車及堆高機搬運到廢料廠房廢棄物貯存區，必要時再由廢棄物貯存區外運做長期存放。
 - d. 固化裝桶時以定時器及超音波液位計控制進料量，並在閉路電視監視下進行，防止液位太高而溢出桶外。
4. **高減容固化系統 (High Efficiency Liquid Borate Waste Solidification System)**
本系統以核研所研發之新型固化劑固化濃縮廢液，概述如下：
 - a. 本系統採批次操作，分批注入硼濃度約20,000ppm的放射性廢液，最後濃縮成硼濃度 $120,000 \pm 5,000$ ppm且鈉/硼莫耳比在 0.3 ± 0.015 間的濃縮液，再添加核研所專利之高效率固化劑一起混合固化於55加侖鋼桶內，然後做長期貯存。
 - b. 本系統主要設備除廢液餉入槽及廢液餉入泵與第3項的放射性廢棄物固化系統共用外，還包含濃縮器、冷凝器、熱水槽、熱水槽泵、固化劑傳送/儲存設施、固化劑進料器、攪拌混合單元及滾筒輸送機等設備。
 - c. 廢液濃縮完成下料至55加侖鋼桶內，可加入乾性淤泥攪拌後再添加高效率固化劑予以固化，攪拌均勻的廢漿於硬化前可加入廢濾芯、非密封廢射源等一起固化。

E. 設備說明：

(一) 水泥石灰固化系統

1. 廢樹脂儲存槽 (Spent Resin Storage Tank)

儲存用過的廢樹脂並滯留使之放射性活度衰減。在各部機輔機廠房內有一個 350ft^3 的立式不銹鋼槽；在廢料廠房內有一個 266ft^3 立式不銹鋼槽。

2. 新樹脂槽 (New Resin Tank)

用來暫時儲存預定數量的新樹脂，可將新樹脂打入離子交換器內。各部機輔機廠房有一個體積為 140ft^3 ，廢料廠房有一個體積為 215ft^3 的新樹脂槽。

3. 廢樹脂傳送泵 (Spent Resin Sluice Pump)

提供20馬力傳送動力將各種離子交換器內的廢樹脂以最大75 gpm的設計流量傳送到專用的廢樹脂儲存槽。

4. 廢液餉入槽 (Waste Feed Tank)

作用類似分批槽，作為固化流程的開始點；同時具有廢樹脂的脫水功能，內有攪拌器，使液體和不溶物混合均勻，容量為2300加侖。

5. 廢液餉入泵 (Waste Feeder Pump)

以3馬力變速機驅動的泵，需預先調好轉速，泵送廢液時可由控制盤上儀表流量計顯示，由廢液補給槽以最大6gpm之速度送到混和進料器。

6. 脫水泵 (Dewatering Pump)

為2馬力不銹鋼離心泵，用以除去廢樹脂內過剩的水份，送到廢液處理系統滯留槽。設計流量為75 gpm。

7. 水泥儲存倉 (Cement Storage Bin)

用以儲存乾燥水泥，為碳鋼容器，容量為1000立方呎。

8. **石灰進料器** (Lime Feeder)
以1 1/2馬力變速機驅動以控制石灰的進料率在每分鐘1立方呎 (1 cfm)。
9. **混和進料器** (Mixer/Feeder)
為不銹鋼殼外鍍環氧樹脂之容器，內有 2馬力馬達驅動之2支轉動方向相反的剪刀形葉片可互相攪拌，用以使水泥、石灰和廢液均勻混合。
10. **水泥進料器** (Cement Feeder)
1 1/2馬力變速機驅動的碳鋼水泥進料器，以每分鐘一立方呎 (1 cfm) 的流量將石灰和水泥混合後飼入混和進料器。

(二)高減容固化系統

1. 濃縮器

本容器裝設有一支攪拌器，由一台10馬力、1750RPM的馬達及減速比為1/20的減速機來驅動，攪拌本容器內的廢液。上層部位裝有兩支噴嘴，用以沖洗濃縮廢液洩完後之攪拌器、加熱室及器壁；中層部位裝有4支液位開關，用以監測進料時及濃縮時之液位指示。下層的部位裝有加熱室，以輔助蒸汽/除礦水控制廢液濃縮/冷卻溫度。加熱室下方裝有一支溫度計用以監測廢液濃縮後之溫度。

2. 冷凝器

用以冷卻由濃縮器所蒸發的水汽，使其與螺旋管內流通的冷卻水進行熱交換，冷凝水由冷凝器下面的出口流進熱水槽。內部設有三個噴嘴盤分別安裝於螺旋管的上方、中間及下方，其主要作用在於增加蒸發水汽熱交換時間，同時沖洗掉沾留在螺旋管上的廢液。本冷凝器的螺旋管上面及下面部位各裝有一支溫度計分別偵測蒸發的水汽溫度及冷凝水溫度。

3. 熱水槽

儲存熱水供做系統運轉後沖洗濃縮器及攪拌器葉片，其內部裝有二層的迴旋管路，以濃縮器內做完功之輔助蒸汽再加熱熱水槽，使槽內的水溫維持在80 左右。

4. 熱水槽泵

為離心式泵，平時循環熱水槽內的熱水使水溫均勻。另外可將冷凝器內的冷凝水經由EDUCTOR抽到熱水槽內。系統運轉後可利用此泵傳送熱水清洗濃縮器及攪拌器葉片。此泵的基本資料如下：

a. 驅動馬達為7.5馬力 × 2P × 460V × 3Ø

b. 水泵部份：

揚程：30M

水量：40L/MIN

轉數：3480RPM

5. 攪拌混合單元

a. 攪拌混合機

設有兩支攪拌器，一支框形攪拌器，另一支為輪葉攪拌器。兩支攪拌器除可自轉外尚能公轉，轉速可由馬達變頻器調整。兩支攪拌器形狀不同，各具有不同之功能特性，同時運轉可發揮最佳的均勻混合效果。

本攪拌混合機設有安培計，用以測知廢漿粘度。當粘度太高時有高電流警報會自動將固化桶降下，以防止攪拌器被廢漿粘住。罩蓋內另裝有三個噴嘴，於固化完畢後用於沖洗攪拌器。

b. 氣壓伸縮機

用於將55加侖鋼桶夾緊或鬆開，固化完成且固化桶降下至底部後，移動承接盤承接攪拌器所滴下來的廢漿，以防止放射性污染。

c. 真空除氣機

將固化時產生的氣體及粉塵抽出，經過濾器過濾後將乾淨氣體排至廢料廠房內；另一項功能是在下料時對55加侖鋼桶產生負壓環境，可幫助濃縮器內的黏稠廢液順利下料。

F. 系統運轉：

1. 樹脂傳送系統運作：

a. 當離子交換器的樹脂需要更換時，以除礦水充滿廢樹脂槽和其傳送管路，再以除礦水擾動離子交換器內的用過樹脂，之後開啟排氣管關斷閥將多餘的水排出，收集於集水池。

b. 關閉排氣管關斷閥，確認傳送泵 (Sluice Pump)、離子交換器和廢樹脂槽間的相關管閥連接完成後，起動傳送泵將離子交換器內的廢樹脂傳送到廢樹脂槽，從密度計可監視廢樹脂之傳送是否完全。

c. 廢樹脂槽內的廢樹脂送至固化系統前，先開啟廢樹脂槽出口旁通閥，確認從廢樹脂槽至固化系統廢液飼入槽間的管路暢通，再開啟出口閥，關閉旁通閥，將廢樹脂傳送到固化系統。

2. 乾式廢棄物系統運作：

電廠運轉或保養維護時所產生具有放射性的乾式廢棄物，包括：空氣過濾器 (Air Filters)、廢紙張、防護衣服、防護手套，無法除污的舊工具和機件等廢棄物先初步分類後送到廢料廠房檢整裝桶，再以壓紮機壓實直到55加侖鋼桶裝滿為止，再將桶蓋封緊後移到廢棄物貯存區。在壓實過程中由壓紮機所排出的氣體直接由排氣風扇經過濾器後排到廢料廠房通風系統。

3. 放射性廢棄物固化系統運作：(圖15-4)

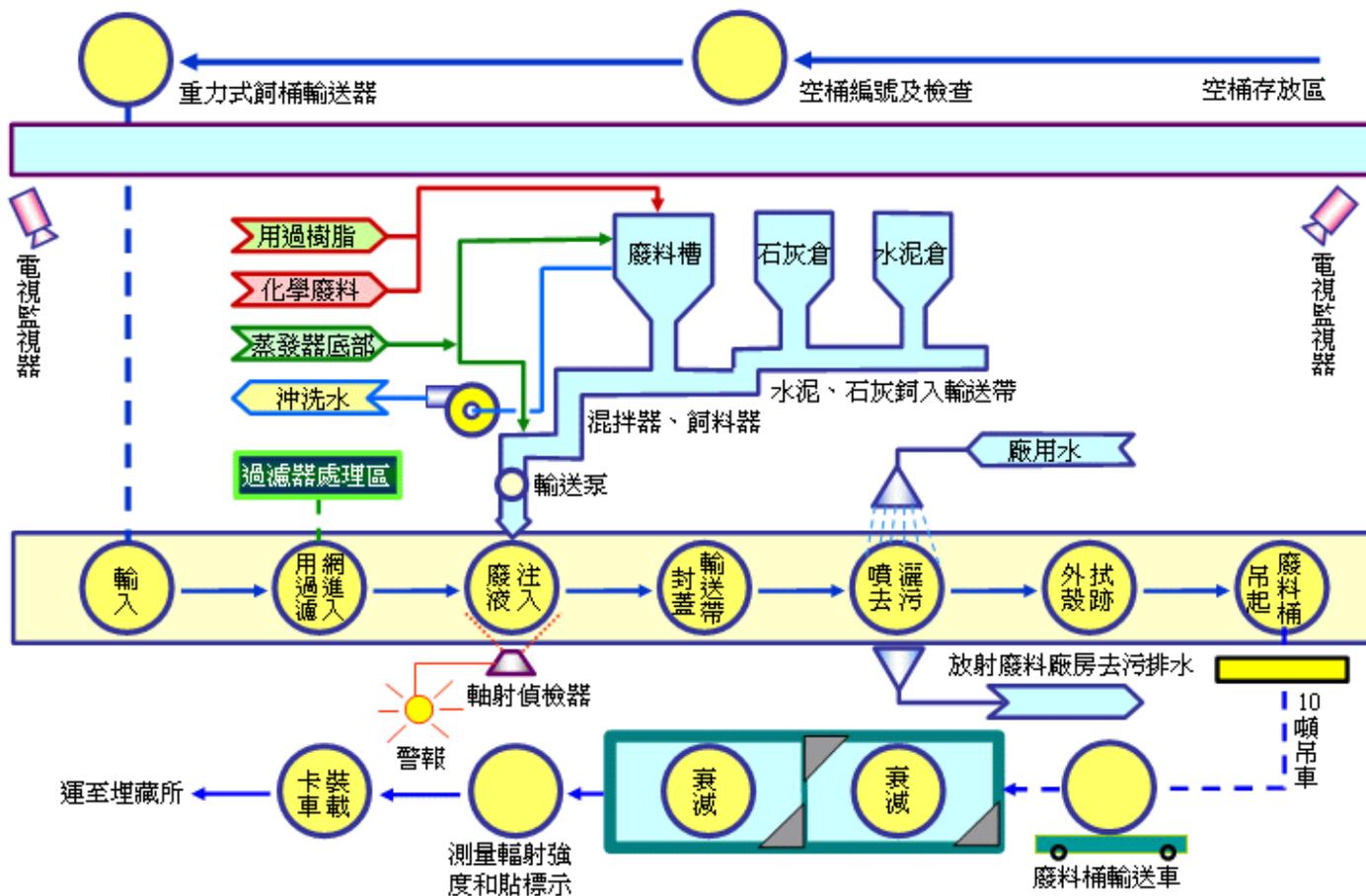


圖 15-4 放射性廢棄物固化系統流程圖

a. 廢樹脂脫水裝桶

- I. 送到廢棄物固化系統處理的廢樹脂來源有二，一是輔助廠房用過樹脂槽，二是廢料廠房用過樹脂槽。上述任一用過樹脂槽的廢樹脂先以除礦水傳送到固化系統廢液飼入槽，之後再啟動除水泵以除去飼入槽內多餘的水分，將抽出的水打到廢液處理系統滯溜槽，當進口低壓力時該泵自動停止，表示已完成除水動作。
- II. 在閉路電視監視下將廢樹脂洩至虹吸站上的空55加侖鋼桶內再以虹吸泵將桶內的水抽出後再次洩入廢樹脂，目視抽水完成後封蓋、吊運、貯存。

b. 濃縮廢液固化裝桶

- I. 將放射性廢液處理系統之蒸發器濃縮廢液由濃縮槽傳送到固化系統廢液飼入槽，在傳送的過程，必須注意高濃度廢液容易堵塞管路，傳送完畢後需沖洗管路。
- II. 再由廢液飼入槽將濃縮廢液傳送到固化系統混合進料器，在混合進料器內，廢液混合固化劑（水泥/生石灰混合物）後飼入55加侖鋼桶內。生石灰加入會增加廢棄物與最終體積比值，但可確保硼酸廢液固化，增加固化體強度。
- III. 廢棄物桶裝填達預定液位時，混合進料器之進料自動停止。在一批次廢液處理完成後，整個廢棄物固化系統需進行沖洗，將沖洗後的廢液收集入55加侖鋼桶中，使水泥廢棄物先沈澱於桶底，上部液體再以虹吸泵打至放射性廢液系統處理。封蓋操作之前，藉著電視攝影機對已填滿的廢棄物桶作目視檢驗，以確保混合物有正常的外觀。目視檢驗後，將廢棄物桶加蓋，並視需要拭跡以檢測鋼桶表面污染，之後以遙控操作吊車及堆高機將固化桶移到廢棄物貯存區貯存。
- IV. 廢棄物固化系統備有一些設施用以處理混和進料器之緊急情況。例如能以小氣瓶(9公升裝)配合現場管線開啟混和進料器出口閘閥、開啟酸槽內的檸檬酸進入混和進料器抑制進料器內的水泥凝固、手動轉動混和進料器的曲柄將廢漿洩入空桶內。

4. 高減容固化系統運作：

- a. 由放射性廢液處理系統濃縮槽傳送至固化系統廢液飼入槽的廢液經循環1小時以上後，取樣化驗分析硼濃度、鈉濃度以計算廢液之鈉/

- 硼莫耳比，如鈉/硼莫耳比不在0.28~0.32之間，需於廢液餉入槽加鹼或硼酸調節之。
- b. 廢液分批餉入濃縮器，以輔助蒸汽在濃縮器的加熱室加熱濃縮廢液，蒸發的水汽經由6" Ø管進入冷凝器再由冷凝器螺旋管內的寒水將其冷凝成常溫水，再被EDUCTOR吸入熱水槽內。熱水槽內的水可溢流到廢棄物貯存區集水槽，再經由集水槽泵入放射性廢液處理系統化學排放槽。加熱濃縮用的飽和輔助蒸汽做完功或再加熱熱水槽後流到輔助蒸汽系統冷凝水回收槽。
 - c. 濃縮流程依程式設定結束後，停止蒸汽加熱，改以除礦水冷卻濃縮廢液，將濃縮廢液冷卻至70 後開啟閥HV-314，並洩入攪拌混合單元的55加侖鋼桶內，啟動輪葉攪拌器將濃縮廢液攪拌均勻後取樣分析，確認硼濃度在115000~130000ppm之間且鈉/硼莫耳比在0.28~0.32之間，若硼濃度不足或鈉/硼莫耳比不在區間中，則適量添加硼酸或氫氧化鈉，再次攪拌均勻後取樣確認。取樣完畢後停用輪葉攪拌器改啟用框形攪拌器，將濃縮廢液氣冷至45~50 後添加固化劑。
 - d. 固化前須確認固化劑儲存槽內的固化劑重量大於100公斤。
啟動輪葉攪拌器轉速調至1500RPM，框形攪拌器轉速調至約15RPM，開啟HV-307，啟動固化劑進料器使固化劑依固定速率注入55加侖鋼桶內與濃縮廢液一起混合攪拌均勻，再將固化桶降下封蓋後並吊至貯存區存放。
 - e. 每固化完成一桶固化桶後，濃縮器及攪拌混合單元的框形與輪葉攪拌器皆需以熱水清洗乾淨。