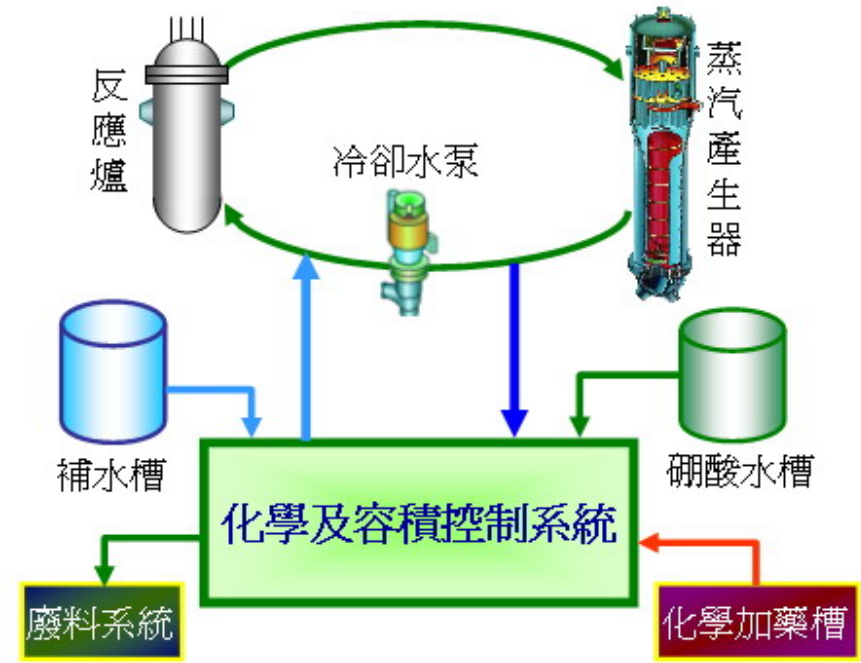


一次水處理與取樣



- 壹、一次水概述
- 貳、水質與腐蝕
- 參、放射化學
- 肆、核反應
- 伍、水質的化學控制
- 陸、結論

壹、一次水概述

所謂一次水是指反應爐及與之直接連通的RCS、CVCS管路內的冷卻水(或稱爐水)。為避免反應爐壁，燃料護套及有關配件管路遭受腐蝕，爐水的純度應相當嚴格控制，以防止任何有機、無機、鹽類等雜質滲入。因這些雜質不但會腐蝕機械元件，且極易遭受中子輻射活化，而污染整個一次系統。故一次系統用水須隨時取樣化驗及嚴格的化學控制水質，以確保爐水之純度。使合於運轉規範之限制，其目的在減低機件腐蝕，及延長其壽命。在設計核能電廠必須具備以下三項功能：

- A. 機組應隨時保持其結構的完整性 (Integrity) 和可運轉性。
- B. 機組設計須容許連續運轉和容易保養。
- C. 電廠廢料須依所訂的安全標準來控制和處置。

為達到以上三項功能，運轉時應考慮到在反應爐內，由於高放射能量所產生的核化反應直接影響到爐水的化學特性，和爐水與一次系統設備管路材料間的反應。這些反應直接關係到整個結構的完整性和機組的運轉狀態。放射性元素主要來自機組材料受中子活化，燃料分裂產物和腐蝕產物。以下探討一些有關銹蝕與放化、核化等問題。

貳、水質與腐蝕

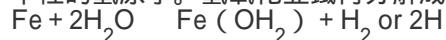
A. 腐蝕的基本原理

腐蝕是一種漸進的化學行為，它能弱化結構，進而破壞設備。在核反應爐內更應注意，因腐蝕產物會在爐水中散開遍及整個反應器冷卻水系統（RCS）。又因大部份腐蝕碎片經與中子照射而變成放射性物質，這些腐蝕物散開使整個系統具有很高的放射性。腐蝕產物也可能附在傳熱表面而形成傳熱的阻礙。除了一般腐蝕（或稱均勻腐蝕）外，大部份材料均極易受到麻點腐蝕（Pitting），龜裂（Cracking）電解（Galvanic）或罅隙（Crevice）等腐蝕。這些局部腐蝕通常是由於特殊機件或特種的水中雜質所造成。

B. 一般腐蝕（General Corrosion）

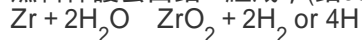
在與水接觸的所有材料表面，由於一般腐蝕均勻地浸蝕，分佈在RCS內的材料，如不銹鋼其一般腐蝕就像鐵在純水中的腐蝕。當溫度升高，鐵腐蝕成帶有磁性的四氧化三鐵（ Fe_3O_4 ）。鐵原子在水中不穩定，易分解成 Fe^{+2} 離子和電子，亞鐵離子與水接觸化合成氫氧化亞鐵，氫離子吸收電子成

中性的氫原子。氫氧化亞鐵再分解成四氧化三鐵，氫和水。



四氧化三鐵在材料表面形成保護薄膜，此時亞鐵離子必須穿過薄膜才能與水作用，如此，當薄膜厚度增厚時，材料腐蝕率即相對地降低。在不銹鋼表面所形成的腐蝕產物為黑色的黏附薄膜，主要是 Cr_2O_3 和NiO，其中 Cr_2O_3 可抑制腐蝕。

燃料棒護套由鈷-4組成，(鈷90.3%，錫1.5%，鐵1.2%，鉻7%)腐蝕反應與不銹鋼類似。



二氧化鈷(ZrO_2)是一種抗腐蝕的氧化薄膜，緊密黏附在材料表面。蒸汽氣產生器管路，由英高鎳（Inconel）合金組成（Ni76%，Cr16%，

Fe8%）。其中鎳金屬可抗鹼性腐蝕（Alkali Corrosion），鉻可抗氧化腐蝕，因此腐蝕率很低。故在反應器冷卻水系統內一般金屬的腐蝕與其本身使用長久無多大關係，而與爐水的純度和系統的淨化有密切關係。一些腐蝕產物之得以流入爐水中是由於金屬的保護膜遭受到沖蝕或由於帶有磁性黏附特性的薄膜尚未形成。若基本的金屬被活化，諸如爐心燃料護套的放射性腐蝕產物經爐水帶至整個系統。此外在反應爐外的非放射性腐蝕物，經爐水帶到爐心時也受中子照射而帶放射性。這些懸浮的腐蝕產物呈微粒狀的"銹渣"(Crud)不易測知，通常均滯留在低速水流區。如此大量的放射性銹渣集中在滯留區，造成保養維護的困難。此外，懸浮的腐蝕產物也易沈積在高熱，或高輻射通量區，而爐心燃料元件表面獨具此種特性。因此懸浮腐蝕產物易附在整個燃料棒表面，降低燃料傳熱率，無形中增加燃料棒的溫度。

大部份材料的一般腐蝕率可由下列因素控制：

1. **爐水的含氧量**：為降低腐蝕，水中含氧量應盡量降低，因此在本廠爐水補給系統中即備有除氧器；並在爐水中維持過量氫使之與氧化合，或加入除氧劑，如聯胺（ N_2H_4 ）等方法以除掉氧氣。聯胺僅在反應器熱機起動時使用。
2. **爐水中氫的含量**：水中溶解氫為一弱腐蝕抑制劑，其主要功用，用以與氧結合成水以降低爐水中的含氧量。
3. **pH 值控制**：大多數的金屬材料在 pH 值大於7的水中，腐蝕率比在 pH 值小於7的水中為小。除此之外，腐蝕產物在高 pH 值下也較易形成黏附薄膜。
4. **溫度**：通常溫度升高，腐蝕率隨之升高。而腐蝕產物保護薄膜附著力降低。
5. **腐蝕抑制劑**：在低溫系統常用腐蝕抑制劑來降低腐蝕。例如，在核機冷卻水系統（CCW）的組件，於冷卻環路加入鉬酸鹽及亞硝酸鹽作為腐蝕抑制劑。

C. 局部腐蝕(Local Corrosion)

局部腐蝕不比一般腐蝕，它嚴重地影響到金屬元件的使用壽命。其腐蝕種類（如表18-1）如下：

腐蝕種類 (CORROSIN)	易蝕材料 (SUSCEPTIBLE MATERIALS)	腐蝕導因 (REQUIRED CAUSATIVE AGENT)
鹵族應力腐蝕 (Halogen Stress Corrosion)	奧斯田不銹鋼鐵 (Austenitic Stainless Steels)	氯, 氧, 氟, 應力 (Cl, O ₂ , F, Stress)
苛性腐蝕 (Caustic Corrosion)	鈷合金、奧斯田和磁心鋼鐵 (Zircaloy, Austenitic and Ferritic Steels)	苛濃縮鹼點擊 (Concentrated Caustic at point of Attack)

罅隙腐蝕 (Crevice Corrosion)	大部份材料其腐蝕率由其抗一般腐蝕而定 (Most Materials, Rate Depends on General Corrosion Resistance)	罅隙, 溶於水中的氧鹽 (Crevice, O ₂ , Salts in Water)
電解腐蝕 (Galvanic Corrosion)	大部份材料其腐蝕率由其電位而定 (Most Materials, Rate depends on Position in Electro-Chemical Series)	不同電位的材料耦合和溶液的導電度 (Coupling of Dissimilar Material, Conducting Solution)
麻點腐蝕 (Pitting)	大部份材料 (Most Materials)	氯, 氧 (Chloride, O ₂)
鉛應力腐蝕龜裂 (Lead Stress Corrosion Cracking)	英高鎳 (Inconal)	鉛, 應力 (Pb, Stress)
苛應力腐蝕龜裂 (Caustic Stress Corrosion Cracking)	大部份材料 (Most Materials)	濃縮鹼, 應力 (Concentrated Caustic, Stress)

1. 氯離子應力腐蝕龜裂 (Chloride Stress Corrosion Cracking)

有些金屬, 特別是奧斯田鐵不銹鋼 (Austenitic Stainless Steel) 於高應力下, 極易腐蝕和龜裂。以鎳 (Ni) 為底的英高鎳合金則不易龜裂。應力腐蝕龜裂率由應力的大小和溶解在水中的氧, 氯離子的多寡和溫度的高低而定。為防止應力龜裂腐蝕, 在爐水中 含氧量及氯離子含量應盡量降低。同時在焊接管路時應經適當的退火以避免有高殘餘應力存在。

2. 苛性腐蝕 (Caustic Corrosion)

在鋁合金、奧斯田鐵和其他鐵合金鋼可能產生苛性腐蝕。其腐蝕是在高應力與局部沸騰現象同時發生下所產生。所謂局部沸騰是水經由連結縫或小裂縫慢慢地蒸發騰出。當水蒸騰時, 水分氣化成蒸汽, 而水分中若具有高濃度的氫氧根離子(OH)⁻易停留在裂縫內, 嚴重地腐蝕機件。

3. 電解腐蝕 (Galvanic Corrosion)

當兩種不同電位的金屬在水中彼此接觸時, 即產生電流, 其中一金屬可能會加速地腐蝕。這是由於兩種金屬間的電位差產生電流, 使較活潑金屬受電解浸蝕而溶入水中。要防止電解腐蝕, 在所用不同的金屬材料上, 應盡量選用電位 (電動勢) 相近的金屬, 和消除水中的導電介質, 無機鹽類等雜質。

4. 罅隙腐蝕 (Crevice Corrosion)

此為電解腐蝕的一特例, 在緊密裝配的部份具有罅隙, 由於罅隙間存有不同濃度的溶解鹽或氧氣滯留其中, 和在主件內的溶液所造成的腐蝕。又因許多緊密裝配的部份均為動件 (如控制棒驅動機件) , 故這種腐蝕嚴重地影響到機件的功能。為減少此種腐蝕, 在大罅隙和經常移動的部份, 應採用很純的水, 更應防止滯留, 以減少腐蝕。

5. 麻點腐蝕 (Pitting Corrosion)

麻點腐蝕開始在金屬表面以高化性活化點蝕, 由於材料內的成份稍微不同, 而產生高化性活化, 使某些區域內的金屬表面成了活化區。當有溶解氧存在時, 活化區首先受到侵襲。若連續遭到侵襲, 最後可能導致裂開。氯離子會加速這些活化區腐蝕, 磁鐵合金極易受到麻點腐蝕。(按控制棒驅動機構的扣夾 (Gripper) 和提升 (Lift) 機構均為不銹鋼鐵)。為減少麻點腐蝕, 應盡量減少水中的溶解氧和氯離子 含量, 且所用機件的金屬成份應自然均勻。

D. 腐蝕控制

為防止上述各種腐蝕, 在一次爐水中的水質應設法維持:

1. 低氯離子含量 0.15ppm。
2. 低氧含量(起動階段 0.1ppm, 功率運轉時 0.005ppm)。
3. pH 值 > 7。

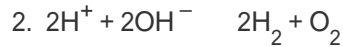
在高pH化學情況下, 苛性腐蝕在所難免的, 其係因高鹼性濃度所引起。在設計上, 稀釋鹼濃度於某些區域, 即可阻止苛性腐蝕。爐水淨化處理, 可將腐蝕產物在尚未沈積以前除去, 添加化學試劑供應爐心冷卻系統, 儘量避免鉛汞存於其中, 這是由於汞會侵蝕到RCS內的不銹鋼, 鉛會侵蝕英高鎳 (Inconel) 合金。

參、放射化學 (Radiological Chemistry)

在爐水中減速下來的分裂中子與水分子碰撞導致水分子內的共價鍵斷裂。加馬 () 和貝他 () 射線亦能促使水的分解。綜合上述各項, 水之分解率極大, 致使所有的水每幾天內均受到分解, 分解所產生之自由基有傾向與其他自由基再結合成水, 故其分解淨效應很小。雖然如此, 水經照射後仍有顯著的淨分解, 必須加以控制。影響水在輻射反應之重要參數有: 1. 輻射通量的 特性和強度。2. 爐水溫度。3. 爐水的純度。

A. 氫 - 氧反應 (H₂ - O₂ Reaction)。

在高溫(500)下，水經輻射照射後分裂成氫和氧。

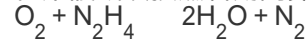


大部份的氫和氧很快地再結合成水，但少部份變成溶解的氫和氧。當反應器在功率運轉時，快速中子可加速水之分解。溶解的氫和氧再結合反應是由運轉中所產生的 加馬照射催化而成。

上式反應在反應爐停機後，以很快的速率進行一段時間。因在爐心內的分裂產物產生高加馬射線，若在爐水中維持相當高的氫氣 (25cc/Kg)，則任何滲入爐內的氧氣會很快地被轉化成水。

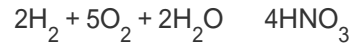
B. 氮氣反應 (Nitrogen Reaction)

在維護或填換燃料期間氮氣常隨著空氣流入爐心，或從壓力調節槽 (PZR)，體積控制槽 (VCT) 注入。此外氮氣也可由聯胺與氧氣反應產生。



在反應爐運轉下，氮氣可與過量的氫氣直接反應成氨。

氨會增加爐水的 pH 值和導電度，混合床離子交換器內的陽離子，可以移除氨。故過多的氨會使陽離子樹脂交換能力很快地耗竭。此外爐水中的氧與氮氣反應成硝酸 (HNO₃)。亦可加速金屬腐蝕，故爐水中要盡量避免有 氮氣存在。



C. 固體沉積物 (Deposition of Solids)

1. 燃料護套為電廠傳熱的最重要元件，分裂反應所產生的熱必須經由護套表面傳遞到爐水。若燃料護套表面被污染則會降低其傳熱能力，使燃料溫度上升，而損及燃料棒。燃料護套表面的污染程度由下列因素而定：

- (a) 傳熱表面溫度。
- (b) 輻射通量。
- (c) 滯流區。
- (d) 銦合金表面比不銹鋼表面易發生沉積。
- (e) 爐水 pH 值愈高沈積愈少。

蒸汽產生器 (S/G) 的管路內亦易受腐蝕產物沈積污染，使之變成高活化性，降低其傳熱能力，進而降低功率輸出。

2. 要減少上述的活化作用，通常在爐水中添加稍微超量的溶解氫氣。分解的氫和氧原子可轉化為水。氮可轉化為氨水，而非轉化為對金屬有害的硝酸。爐水維持高 pH 值運轉也有助於限制在燃料護套上的沈積。爐水之淨化，可移除冷卻劑中之腐蝕產物，進而預防這些沉積。

肆、核反應

反應器運轉時有些核反應直接影響電廠化學，由於核反應和放射性的存在導致化學轉化。

A. 中子反應

為中子與不同原子的核種相互作用，其彼此相互作用機率依中子能量而定。原子核對低能量中子或熱中子的捕獲機率 (截面) 通常均比高能中子為高。有些元素在諧振能量帶對中子的捕獲率很高。

1. 中子 - 加馬反應 (n ,)

為放射性的捕獲反應，(n ,) 反應時，中子被捕獲而放出加馬射線。此種反應後的產物，大部再放出貝他與加馬射線衰變，並與爐水系統中的材料發生如下反應：

在反應爐內產生的加馬射線會很快地發射出來。又由於活化原子的延時衰變，故它隨爐水流到系統後才大量地衰變。

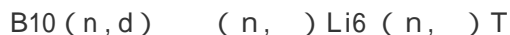
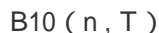
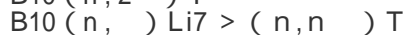
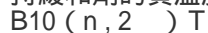
2. 中子 - 質子反應 (n, p)
 高能量中子在RCS內產生大量的活性 (Activity) , 其中氧氣以下列形態進行反應。

上述反應包括高能量的加馬和中子, 故一次系統需建立屏蔽防護之。又其半衰期甚短, 可在1至2分鐘內衰變完。
 另一類 (n, p) 反應, 在材料結構內產生的中子, 質子反應。Ni58 和Fe54為自然存在的元素經 (n, p) 反應後, 變成重要的放射性核種。

3. 中子 - 阿爾伐反應 (n, α)
 少數低原子序的材料如硼10和鋰6具有很高的熱中子捕獲截面, 其反應如下:

B. 氚(Tritium)

- 氚為氫的放射性同位素, 它經由發射低能量的貝他負粒子而不伴隨加馬射線而衰變成較穩定的氦 (2個質子一個中子)。氚的半衰期很長為12.3年。因其發射低能量的貝他 () , 且具有一短生物半衰期 (Biological Half Life) 約12天, 它並不集中出現在某一器官內, 因此氚的放射線對人體的影響比其他放射性同位素為小。氚在一次側以液體 (氚水) 形態和氣體水蒸氣形態排出, 於電廠液體和氣體出口常有氚氣, 氚水放出。在PWR電廠爐水在封閉系統中不斷地再循環, 氚主要存於水中, 而以液體形態放出, 水蒸氣以氣體形態放出。吾人很難偵測到氚的存在。含有氚的液態水曝露在大氣中會使空氣含有氚蒸氣, 這些空氣, 被吸到肺部, 氚即取代肺部組織內的氫原子, 由於此特性而使氚具有吸入危險性。
- 在反應爐中氚來自 (A) 鈾燃料的三元分裂 (Ternary Fission)。(B) 腐蝕抑制劑 (LiOH) 中的鋰 (Li) 與中子反應。(C) 氚與中子反應。(D) 中子與溶解的硼毒素反應。每 1.25×10^4 次 U235熱中子三元分裂, 即可產生一個氚原子。因在PWR內約有75%的功率是由U235分裂產生, 氚仍為三元分裂所得的產物, 每百萬瓦日的熱功率能產生0.0105居里的氚元素。燃料護套銻合金具有捕捉氚的能力, 由三元分裂所產生的氚約有10%以下流入爐水中, 即反應爐每產生百萬瓦日 (MWt-Day) 的熱能, 爐水即多帶有0.001居里的氚。在運轉初期用以維持緩和劑的負溫度係數 (T) 之可燃毒素棒 (B2O3)。由於中子與硼反應亦可產生氚。



上述反應僅前兩項顯著地產生氚。在第一循環後可燃毒素棒移出, 以後含硼毒素棒, 即不再利用。至於含銀 - 銻 - 鎘合金 (Ag-In-Cd) 的控制棒並非氚的來源。西屋公司所設計的PWR以鋰來調整爐水的 pH 值, 經由加入Li7 OH以維持爐水中3.5 ppm的鋰為上限, 陽離子除礦器用以移除額外因 B10 (n,) Li7反應所生的鋰。Li6 (n,) T反應可由反應爐內所用的Li7 OH及Li7 型除礦器內之Li7 純度加以控制, 亦即Li7之純度須高於99.9% (原子百分比)。因在爐水中自然產生的氚小於0.015%的原子, 在PWR由此反應所生之氚元素每年小於一居里 (Curie)。

C. 分裂

一母核分裂時幾乎分裂成二個質量不等的子核。由U-235分裂出來的碎片其原子序為 (30-66)。質量數由 (72-161) 這些初級分裂產物, 通常放出貝他衰變。而平均每個分裂碎片要達到穩定需經三次放出貝他衰變。此種衰變在爐內造成大量的放射線。電廠設計時應顧及這些分裂產物防止燃料元件裂損, 分裂產物流入爐水, 少量的分裂產物來自於銻合金護套內的自然鈾不純物或在製造時燃料護套的表面被二氧化鈾灰塵所包裹。

伍、水質的化學控制

A. 化學規範

- 反應器冷卻水的活度規範必須維持: (1) I-131的等值劑量 $1.0 \mu Ci/g$ 和, (2) RCS總活度 $100/ \mu Ci/g$ 。
 當一次水洩漏到二次側時, 所產生的劑量, 其限制為: 確保在廠區內2小時的劑量將不超過10CFR100所訂的限制值。在蒸汽產生器管路破裂

時，一次側以1.0gpm流量洩漏到二次側，若I-131等值劑量 1.0 μ Ci/g超過48小時或大於100/ μ Ci/g時，電廠必須在6小時以內將機組置於熱待機，且Tavg要降到260 (500)以下。

2. 為確保爐水水質和預測任何故障，附帶化學規範限制如下：

a. 導電度和 pH 值

導電度隨著電廠運轉時間和硼酸與鹼濃度的變化而變。若導電度和 pH 值不隨系統化學改變而變化，則表示爐水可能已經變質了。

b. 總懸浮固體

所有固體的濃度必須受限制，以減少固態雜質的存在，因它能增加燃料護套的積垢及活化腐蝕產物的放射性強度。

c. pH 值控制劑：0.7 ~ 3.5 ppm Li⁷

爐水的 pH 值隨著硼酸和鹼的濃度而變化，在25 時 pH 值可望在4.2到10.5間。當爐水溫度增加，硼酸分解降低容許加入鹼性物以提升爐水的 pH 值。

d. 氫氣：25 - 50 (STP) 立方公分 / 每公斤水

氫氣經由VCT加入，由於VCT內壓力的變化，在VCT內氫氣通常保持在30 ~ 40cc/Kg之間。若功率在1 MWt以上，在爐水內的氫氣濃度，必須維持在35 ~ 50cc/Kg (STP) 之間。

B. 化學劑添加

用以調整RCS內的化學水質

1. 氫氣

用以減少一般和局部腐蝕，抑制水分解，及將爐水中的氧轉化成水，且防止氮氣變成硝酸。

2. 氫氧化鋰

將LiOH注入化學混合槽，以控制爐水的 pH 值，減少腐蝕同時防止腐蝕產物積附在傳熱表面上。

下列因素影響到爐水的 pH 值。當爐水溫度上升，更多的水分子分解成氫離子和氫氧離子。若在高溫下測純水的 pH 值，因氫離子增加，pH 值會下降而誤認為爐水帶酸性，實際上仍為中性，因有此效應，故測 pH 值時應將溫度定於一參考溫度 (25)。在室溫下硼酸在爐水中會分解出氫離子以降低 pH 值。當爐水溫度上升到運轉值時，在爐水中硼酸以較少游離態存在，因此僅加入少許的氫離子於爐水中。如此爐水在運轉溫度下改變硼酸的濃度，對其 pH 值將不會產生太大的影響。LiOH加入爐水中，因OH增加而升高 pH 值。爐水的 pH 值主要由LiOH濃度控制。

3. 聯胺N₂H₄

在機組起動運轉時，聯胺加入化學混合槽，以移去溶解於爐水中的氧，它與氧化合成氮和水。



在38 以下聯胺與氧反應很慢，但在93 以上，卻很快地分解成氮，通常爐水溫度在66 ~ 82 時，才可以注入聯胺。

4. 硼酸

它由VCT或CCP入口加入，以控制反應度。

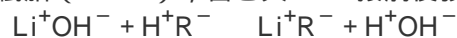
C. 過濾和離子交換

1. 不溶解雜質經由多孔隙的過濾器，將水中懸浮的雜質過濾。在爐水調節控制系統的混合床離子交換器可充做過濾器以除去引水流中之不溶解腐蝕產物。

2. 溶解的固體可由離子交換器移除，因離子交換器內的樹脂可交換溶於水中的離子。它以化學結合暫時將該離子吸附，在強的再生還原液中釋放該離子。溶於水中的不純雜質通常分解成帶正負電荷的帶電粒子，陽離子如氫 (H⁺) 和各種金屬離子 如亞鐵 (Fe⁺⁺)、鋰 (Li⁺) 等。陰離子如(OH)⁻和各種帶酸根如硼酸根 (BO₃^{- - -}) 離子。

3. 陽離子除礦器

在爐水調節控制系統內，它用以消除鋰 (Li) 和控制Cs137 (因燃料護套裂損流入爐水中) 的活度。在陽離子除礦器內含有帶氫基的陽離子交換樹脂 (H⁺R⁻)，當它與LiOH接觸後發生如下反應：



4. 混合床除礦器

爐水調節控制系統內的混合床除礦器，含有陰陽樹脂，它能將H₃BO₃，LiOH以外的所有無機鹽消除殆盡。在混合床內的陽離子樹脂是由L

⁺R⁻組成，故無法再消除鋰離子，僅能由比鋰更強的離子取代。至於陰離子樹脂，以氫氧根形態組成R⁻OH⁻其OH⁻不久即被爐水中的硼酸取代而成

$R^{+++}BO_3^{-}$ 。當陰離子樹脂中的 OH^- 完全被 BO_3^{-} 取代完後，即無法再將硼酸移去，可是它仍能將碘等陰離子移除。除了與樹脂有化學鍵合外，一些硼酸由樹脂微粒吸收，如此繼續反應直到達平衡為止。在樹脂內的硼酸濃度，應儘量配合爐水內硼酸的濃度。當爐水中硼酸濃度增加，陰離子樹脂就吸附更多的硼酸。若爐水中硼酸的濃度降低，在樹脂上的硼酸會放出直到兩邊平衡為止。當任何鹽類如氯化亞鐵（ $Fe^{+2}Cl_2^-$ ）進入混合床，它將同時接觸到陰陽樹脂，其中 Fe^{++} 取代陽離子樹脂中的 Li^+Cl^- 取代陰離子樹脂中的硼酸根，由樹脂釋放出來的 Li^+ 和硼酸根再流入爐水。主混合床內的陰陽樹脂約以1：1混合，其目的是使混合床出口液含中性分子，而無帶電離子存在。其效率由陰陽樹脂同時產生的交換能力和樹脂混合的緊密度而定，又逆洗會使較輕的陰離子與較重的陽離子分開，因此逆洗也會減低混合床的效率。離子交換器去除離子的能力，由其除污因素而定。

當離子交換樹脂快耗竭時（80%~90%），不純物（無機鹽）開始從樹脂床漏出，這時交換樹脂應予更換（一次側樹脂不再生），高溫水不可流經離子交換器，因樹脂為有機物，若運轉溫度超過63℃時，樹脂將遭破壞污染整個一次系統。

D. 除氣

一些氣體離子當它們溶解於水中，這些離子化的氣體由離子交換器消除，然而有一些並未游離的氣體仍溶於爐水中。如氧、氮、氫、氬、氦、氖等氣體無法由離子交換器消除，故必須利用除氣器將之消除。在反應爐冷爐或填換燃料停機以前，增加CVCS的引水量，將RCS內的氫氣和分裂氣體從VCT排至放射廢氣系統。將引水噴灑到VCT，使液體和氣體密切地接觸，因液體內的氫氣和分裂氣體濃度比VCT的氣體空間高，這些氣體由溶液中逸出經通氣管路排至廢氣系統。

E. 核心取樣系統

為供本廠化學工程師鑑定證明一次爐水的化性及核性，特設核心取樣系統。

1. 核心取樣系統的設計應考慮到以下五點：

- 要能取到真正具有代表性的試樣。
- 減少取樣所需的清洗容積。
- 保證取樣系統管路內不被任何雜質堵塞。
- 減少現場取樣人員受放射線照射量。
- 在平常和意外事故時，防止分裂產物外釋超出10 CFR20所規定。

2. 由下列幾處來取得代表性的試樣。

- 調壓槽（PZR）液態空間。
- 調壓槽（PZR）氣態空間。
- 反應器冷卻水系統熱端。
- 安全注水蓄壓槽。
- CVCS - 除礦器的進口及出口
- 餘熱移除系統。
- 蒸汽產生器沖放管路。
- 爐水排洩槽。
- 反應器補給水槽。

3. 一次取樣系統流程

取樣水通常由開啟的手動閥，經電磁操作的球形閥，再經手動隔離閥，和兩組圍阻體隔離閥，然後取樣水進入到取樣間，且有管路通到輔助廠房取樣站。所取得的水具高溫，經取樣熱交換器冷卻後其出口溫度小於53℃。為減少必須處置的污染水量，在取樣前通常先沖洗取樣管路，而沖洗過的樣水則回流至VCT。取樣洩水槽（Sink）用以收集任何溢流水後排到輔助廠房設備排水槽。當沖洗完後才能確實取到具有代表性的樣品，再將此樣品收集到取樣壓力容器內。

4. 系統元件

- 電磁操作取樣和圍阻體隔離閥為電磁操作球形閥。取樣閥在一次取樣房內操作，圍阻體隔離閥可在現場操作台上操作，或由Phase A隔離信號動作。至於沖放管路，圍阻體隔離閥則可在主控制盤上操作。
- 取樣熱交換器，為殼一管式熱交換器，位於一次取樣室，由核機冷卻水冷卻之。
- 在熱交換器的下游裝有溫度指示計，每一取樣管路均裝有溫度表。
- 高壓取樣器用以收集加壓的水樣，每只容量175ml，耐175Kg/cm²壓力及343℃溫度，使用不漏而且易裝取提走的取樣筒。
- 在每一管路上裝有現場壓力指示計。
- 在RCS取樣管路上的延時繞管路，提供取樣水60秒的延時流速，這60秒再加上延時繞管下游的取樣管路20秒的流程，總共80秒的延

滯，這段延滯時間足供活化氮N-16衰減（氮16之半生期為7.4秒）。

陸、結論

腐蝕是在金屬表面的化學浸蝕，它會弱化系統，並增加一次爐水系統的放射性。在腐蝕形式中以麻點、龜裂、罅隙腐蝕較為嚴重，至於一般腐蝕，對材料反而有利，因所產生的保護薄膜可防止金屬材料再被腐蝕。又腐蝕可由維持水質適當的化學性來控制，同時爐水中的腐蝕產物，經過濾和離子交換後可減少放射性。至於取樣系統用以預測一次系統內水質的化學性質和系統內部機件的腐蝕情形。