

二次水處理及取樣

- 壹.系統概述
- 貳.系統設計
- 參.二次系統化學規範與控制參數
- 肆.二次化學加藥系統
- 伍.流程取樣系統
- 陸.蒸氣產生器沖放系統
- 柒.生水與補給水系統

壹.系統概述

A. 腐蝕是由化學作用漸漸侵蝕 (Wearing) 所造成的 (表28-1)。在二次側內所用的大部份材料在運轉溫度下即使是在純水中也易受到各種腐蝕 (腐蝕種類與一次側系統所提略同)。不純的化學雜質，滲入到二次側蒸氣系統和飼水系統，會加速材料腐蝕率，其中對腐蝕最敏感的地方為S/G內的英高鎳管。當S/G內的水沸騰時，所加入於二次側水的化學雜質並不沸騰，反而更濃縮的留在S/G內的英高鎳管，在管板地方水流較慢區域有些局部罅隙，濃縮倍數可達十萬倍以上，造成酸或鹼的特殊環境腐蝕英高鎳管，嚴重就要 塞管甚至是更換S/G。

LOCAL CORROSION NUCLEAR POWER PLANTS		
腐蝕種類 (Corrosion)	易蝕材料 (Susceptible Materials)	腐蝕導因 (Required Causative Agent)
鹵族應力腐蝕(Halogen Stress Corrosion Cracking)	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)	鋳合金、奧斯田和磁心鋼鐵 (Zircaloy, Austenitic and Ferritic Steels)	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)

表28-1 核能電廠設備材料腐蝕種類表

B. 減少或控制腐蝕的一些基本要求是：

1. 消除氯離子或其他鹵族元素，以防應力腐蝕。消除離子或溶解性的雜質以防其濃縮而覆於材料表面，故在系統中以純水為佳。
2. 降低二次系統中氧的濃度以防止材料氧化腐蝕。
3. 高pH值的水以降低腐蝕率。
4. 冷凝器海水洩漏、水廠補給水、LRS蒸餾液回收、或冷凝水除礦器交換樹脂耗損破裂之細樹脂、以及冷凝水、飼水系統腐蝕產物均為化學污垢物的來源，其中水廠補給水是化學不純物主要來源。這些化學污垢物（如泥渣），具有積聚在S/G管板（Tube Sheet）、管支持板及管束傳熱表面的潛在傾向，降低傳熱能力，嚴重時會造成腐蝕，有害於S/G結構材料的完整性。偵測、消除或盡量抑低這些污染物乃是化學控制系統的主要目的。
5. 機組二次側的化學控制方法為全揮發處理（All Volatile Treatment簡稱AVT）顧名思義其所用的化學藥劑主要成分為揮發性的化學藥劑，二次側系統水的pH值由具有揮發性的氫氧化銨（ NH_4OH ）或是以聯胺分解產生的氫氧化銨來調整，聯胺用以除氧。
6. 溶解和懸浮固體可由控制（一）系統中的腐蝕率。（二）主冷凝器洩漏量（三）一次側漏到二次側的洩漏量等之污染，並使污染降至最低。此外S/G連續沖放可作為一動力系統不斷地移除S/G內部雜質，沖放率的大小依依S/G水質狀況來調整。起停機期間或二次側水質不良(如洩漏海水)時依情況使用冷凝水除礦器。
7. 水廠是補給水的總源頭，水廠除礦水的水質影響一二次側水質，所以控制水廠除礦水的水質是相當重要的，尤其是砂土。

貳. 系統設計

二次側化學控制系統用以減少二次系統之腐蝕，並降低汽機內部污垢、沉積物，和減少蒸汽產生器管束內污泥之濃度及減少附著於熱傳遞面之污垢。因此可減少維護並提高機組的效率，以維持二次系統運轉之完整性。

二次側化學加藥系統即由飼水系統加入腐蝕抑制劑。

二次側取樣處理系統自動偵測二次系統之水質，並依一般導電度與pH值來調整所需化學劑之加藥量。

二次側取樣處理系統連續自動的對系統水質實施分析，並送控制信號至化學加藥系統調配需求藥量。此信號亦送至警報系統，提供不正常情況之示警。

S/G沖放系統以連續沖放流量的方式來排除S/G的銹渣與雜質，並再處理沖放水回收至熱井，以節省水用量和減少廢料。

參. 二次系統化學規範與控制參數

A. 化學規範

它反映出在所有蒸氣循環組件內的正常化學控制方法。無論如何，決不可將磷酸鹽或其他化學藥劑加入S/G內，去補償由冷凝器洩漏，補給水系統誤動作或一次側漏到二次側發生的系統污染。這些化學規範通常基於：

1. 使用 NH_4OH 或有機胺類（如乙醇胺）提供整個二次側高pH值，以前通常以 NH_4OH 較常用，目前則傾向有機胺以乙醇胺使用最廣，也可以不加氫氧化銨及有機胺而僅靠聯胺分解成氫氧化銨來提高pH值。
2. 使用無催化作用的聯胺以除去飼水中的溶氧。
3. S/G二次側連續沖放，經除礦器淨化水質後回收至熱井。
4. 由飼水系統連續加入聯胺，若有必要也可同時加入 NH_4OH 或有機胺類。
5. 盡量抑低主飼水與S/G內的污染物濃度。

B. 飼水化學之控制參數

1. 為防止腐蝕，必須將進入S/G內飼水中的氧消除。在任何運轉或測試條件下S/G飼水，須低於一定氧含量（即溶氧含量 $< 0.005\text{ppm}$ ）。在冷凝水除礦系統下游加入聯胺以控制溶氧含量並由聯胺分解成氫氧化銨來提高至所需的pH值。
2. 飼水和蒸氣為一路相通的系統，其任何化學處理均基於AVT的觀點，飼水pH值控制用以減少飼水和蒸氣系統內的材料腐蝕，飼水系統的pH

值，經由聯胺不斷地分解成氫氧化銨來提高至所需值，也可直接加入乙醇胺到冷凝水除礦器系統下游管路用來抑低主飼水鐵濃度。控制聯胺以壓抑溶氧含量，同時提高pH值。氨本身的揮發性攜帶時進入主蒸氣系統以維持鹼性的高pH值。

3. S/G內的不純物與Sludge皆由飼水補入，所以嚴格限制飼水水質相當重要，其重要參數有聯胺濃度(20ppb)、溶氧(5ppb)、陽離子導電度(0.3us/cm)、鐵含量(5ppb)、pH(9.3-10)。其中聯胺濃度與溶氧及pH有直接關係，pH特別重要關係整個二次側材料腐蝕，陽離子導電度、鐵含量則與水質控制和處理有關。

C. 蒸汽產生器 (S/G) 沖放參數

1. 當使用AVT化學劑時，必須顧慮到：
 - a. AVT對於S/G內之污染物無緩衝作用。
 - b. 在運轉溫度下S/G內的水質其pH值等於或大於7。由於飼水pH值控制劑銨游離低，故鹼度不高。因此若有比銨更強離子化的污染物進入S/G內時，會擾亂S/G內的pH值（控制S/G內水質的pH值，其目的在減少S/G內的材料和汽機腐蝕），因此S/G內pH值的大變化，可用此判定樹脂床是否破漏。通常S/G沖放出來的水質其pH值控制在於9.0（冷凝水除礦器使用時pH值控制在於8.8）。
2. S/G內的水由沖放和蒸氣帶出，因此任何滲入S/G內的污物易濃縮，直至採取適當的改善措施。從偵測沖放水陽離子導電度，可精確地測知蒸氣產生器內污染物的含量。陽離子導電度大於 $0.8 \mu\text{mho/cm}$ 將進入行動階段1（AL-1）。
3. S/G內含英高鎳600的管，易遭苛性應力龜裂腐蝕，因此每一種防蝕的方法均設法消除S/G內游離的氫氧根。 OH^- 主要來自主冷凝器洩漏、補給水以及冷凝水淨化系統。若冷凝器洩漏則游離氫氧根進入S/G內。
4. 由於冷凝水淨化系統除礦器樹脂傳出還原時，樹脂無法完全分離，用NaOH及硫酸溶液再生時會互相污染而使冷凝水淨化系統除礦器置入使用時會釋放出鈉及硫酸根等不純物，所以樹脂分離應力求完美才可改善除礦器出口水質。鈉及硫酸根濃度不可大於20ppb。
5. pH：pH值在S/G沖放水比飼水小0.3，通常控制在9.0~10，其目的在減少S/G內材料與汽機腐蝕，是相當重要的，pH不足要馬上採取行動。
6. 陽離子導電度：S/G沖放的水質可由陽離子導電度大小看出，它是將水樣經過陽離子樹脂管柱再由導電度計測得，其中鈉、銨等離子與樹脂交換出氫離子，氫離子的離子親和力係數很大，所以導電度被放大好幾倍。陽離子導電度大也表示硫酸根與氯離子含量高。規範是 $0.8 \mu\text{S/cm}$ ，正常皆在 $0.2 \mu\text{S/cm}$ 以下（添加乙醇胺時正常值稍微偏高， $0.25 \mu\text{S/cm}$ 以下）。
7. 英高鎳管雖可抗氯應力裂蝕，但是用於AVT控制仍須用高純度水質。對於氯離子含量仍須有所限制。由S/G沖放出口的氯含量可測知冷凝器之洩漏率，氯離子濃度不可大於20ppb。
8. 溶於水中的氧可經氧化腐蝕金屬，為保護S/G管束材料氧量於運轉或試驗時應小於0.005ppm。
9. 矽土為揮發性而存在蒸氣中，其含量由pH值，水中矽土的含量和蒸氣壓力來決定。限制沖放水中 SiO_2 含量，其目的在減少在蒸氣中矽土的濃度，以避免矽土沉積於閥和汽機葉片。在S/G內目前矽土含量限制在0.3 ppm以下，以免矽土積垢。
10. 氫氧化銨（ NH_4OH ）隨著飼水進入S/G，經蒸氣騰出後在S/G沖放的氨濃度約為原來在飼水中的一半。
11. S/G內的懸浮固體要減至最低濃度以防止過量污泥累積在S/G二次側管板處，故限制在1ppm以下，不使固形物進入S/G。
12. 在正常功率運轉時，S/G以連續沖放（Continuous Blowdown），來控制S/G的水質最有效。由運轉經驗得知，以連續式沖放較間歇式沖放運轉能得到更穩定的水質控制。有時機組必須隔離沖放流量，只要水質不超過其化學規範可以短時間隔離。起機階段當於冷爐或熱爐停機後為使S/G內的水得到最大的淨化，需提升沖放流量，將沖放閥全開，直到再起動達到全功率運轉時而水質符合運轉規範再降低沖放率。此外沖放流量可依需要而遞增，以改善在功率運轉時之水質（例如：冷凝器海水洩漏）。

D. S/G停機時的保護

1. S/G停用時以除礦水注入，將S/G內的氧氣排出，以減少或防止腐蝕侵襲。S/G上部未灌水部份僅供檢查或保養時用，為減低S/G灌水部份氧的含量，在其上部空間灌以正壓的氮氣，以阻止氧氣滲入。此外從飼水加入聯胺，以消除水中的氧。此乃停機時S/G最有效的保護，稱為濕式保存。
2. 當S/G停用時以除礦水補入至Narrow range 80%左右，再由wet lay up circulating pump出口處加入聯胺（也可以在S/G補水時由主飼水集管加入），循環至混合完全並取樣化驗確認水質合於規範要求，否則繼續加藥、取樣、化驗等動作。
3. S/G wet lay up期間每星期、每一S/G必須循環並取樣分析乙次，取樣前先利用wet lay up circulating p'p循環八小時。

E. 二次側水質變化時應採行的措施

當偵測到二次側水質有明顯變化，且已偏離正常規範時，必須採取相對的措施。
請參閱程序書807 “二次側水質改正動作 / 動作階段”。

肆. 二次化學加藥系統

- A. 二次側化學加藥系統將聯胺和氫氧化銨（或有機胺）加到冷凝水和飼水系統，以確保S/G的水質。聯胺與氫氧化銨（或有機胺）溶液以控制的加藥量加入到冷凝水除礦器下游管路，以控制溶解於水中的氧和pH值（本廠現加聯胺與乙醇胺）。在停機期間S/G必須Wet Lay Up時改由Wet Lay Up再循環泵出口加入，也可以在S/G補水時由主飼水集管加入。起動運轉期間，以手動控制改由主飼水集管加入飼水中。起機時S/G從輔助飼水泵補水，需要不定時各別從主飼水集管加入聯胺以維持S/G的pH在規範內。要起動加藥泵前必須先打

開各加藥閥，其對應情形如下：

	S/G 1	S/G 2	S/G 3
AQ加藥泵	N-P097	N-P096	N-P051
AE加藥閥	HV53	HV55	HV57

B. **該系統**有二座不銹鋼槽及5台輸送泵，一座不銹鋼槽為聯胺溶液餵入槽（N-T051），另一座不銹鋼槽為氫氧化銨溶液餵水槽（N-T049），每一座槽都有一個圓筒狀的計量不銹鋼量桶（Metering Cylinder）。聯胺原液由55加侖聯胺桶，利用泵(AQ-P0480)輸送聯胺至計量不銹鋼量桶，保護操作人員不受有毒於人體之化學揮發之氣體（Vapors）。尚有乙醇胺溶液儲存槽輸送乙醇胺至乙醇胺計量量桶，利用重力用送至乙醇胺溶液餵入槽，可測量其溶液濃度加入冷凝水在溶液餵入槽混合，利用溶液餵入槽上端之攪拌機，攪拌均勻，然後取樣檢查其濃度合乎規定，由二台比例積分控制泵，一台是聯胺泵（N-P052）容量0~15gpH，泵之衝程由AIK-25控制器調整之，一台是乙醇胺泵N-P050容量0~15gpH，泵之衝程由CIK-14控制器調整之，注入冷凝水除礦系統下游。三台比例式馬達帶動之輸送泵（N-P096，N-P097，N-P051），將聯胺及乙醇胺餵入S/G A（N-P097）、S/G B（N-P096）及S/G C（N-P051）容量皆為0~60gpH。其入口分別由聯胺溶液餵入槽和乙醇胺溶液餵入槽引出。另外比例式馬達帶動泵N-P051為N-P052與N-P050的備用泵，可打入聯胺也可打乙醇胺，注入餵水系統。聯胺溶液餵入槽容量為400加侖，裝有一台攪拌機，在現場操作(HS18)。乙醇胺溶液餵入槽為400加侖亦裝有一台攪拌機以（HS17）現場操作攪拌均勻。每座聯胺和乙醇胺計量量桶各容量為25加侖。

伍. 流程取樣系統 (Process Sample System)

流程取樣系統以安全、易行的方法，將高溫、高壓的水樣轉變成恆溫、恆壓的水樣供分析取樣，以了解二次側系統各部份的水質，供化學與運轉人員參考以控制腐蝕，並監測各機件和系統的功能。在汽機流程和冷凝水和餵水系統連續取樣，供自動線上儀器水質分析及定期手動取樣供實驗室分析。本系統包括主蒸氣、餵水、冷凝水、S/G沖放水、熱井等。在各系統流程取樣中進行水質分析，以調節加入各系統控制腐蝕的化學劑。流程管路取樣系統和取樣分析項目如下表：

取 樣 系 統	分 析 項 目
1. 主蒸汽管路	1.陽離子導電度。2.Na ⁺ 離子。
2. 蒸汽產生器沖放系統	1.導電度。2.陽離子導電度。3. pH值。4. Na ⁺ 離子。
3. 汽水分離再熱器出口	1.陽離子導電度。2. Na ⁺ 離子。
4. 冷凝器熱井	1.陽離子導電度。2. Na ⁺ 離子。
5. 冷凝除礦器進口	1.陽離子導電度。2. Na ⁺ 離子。
6. 冷凝除礦器出口	1.導電度。2.陽離子導電度。3. pH值。4. DO ₂ 。5.Na ⁺ 離子。
7. 高壓餵水加熱器出口	1.導電度。2.陽離子導電度。3. pH值。4. O ₂ /N ₂ H ₄ 。5.濁度。
8. 加熱器洩水泵出口	1.導電度。2.陽離子導電度。3.Na ⁺ 離子。

表28-1

A. 設備說明

1. 取樣冷卻器 (Sample Cooler)

凡超過125 以上的取樣水，流經冷卻器以汽機廠房密閉循環冷卻水（TBCCW）將之冷卻。

- 恆溫取樣盆 (Constant Temperature Sample Bath)
在熱交換器殼內設有0.25英寸，可更換的不銹鋼管，冷卻管路內備有溫度控制系統，包括寒水泵 (Chilled Water Pump) 和寒水器 (Water Chiller)。
- 定壓調整器 (Constant Head Chamber)
使水樣以定量流到樣品分析器，溢流管路使其維持於一定的水頭。
- 取樣系統其管路自動地操作。每一取樣管路在系統取樣和取樣池上分別具有斷止閥。取樣管路上均備有壓力、溫度和流量指示計、流量可各別的調整以得所要的流量供取樣。

B. 典型的流程

- 冷凝器熱井取樣系統有四台取樣泵分別由A/E, A/W, B/E, B/W取樣。水樣流至取樣盤後，再分兩路到分析器，以分析Na⁺和陽離子導電度。
- 冷凝水泵出口取樣水流經過濾器，節流閥到定壓調整器。從定壓調整器流出來經取樣恆溫槽分六路到分析器及手動取樣，以取樣及分析pH值、Na、溶氧、導電度和陽離子導電度。
- 低壓飼水加熱器入口取樣水流經過濾器，節流閥到定壓調整器。從定壓調整器流出來經取樣恆溫槽分五路到分析器及手動取樣，以取樣及分析pH值、Na、導電度和陽離子導電度。
- 高壓飼水加熱器出口取水樣，經取樣冷卻器、過濾器、節流閥到定壓調整器、恆溫盆 (Constant Temperature Bath) 再至分析器，以化驗水樣的Na⁺、pH值、溶氧、導電度和陽離子導電度及聯胺。
- 高熱取樣水，如主蒸汽管路水樣、高壓飼水、S/G沖放水，先經取樣水冷卻器，由TBCCW冷卻，水樣再流經過濾器、節流閥、定壓調整器、水樣恆溫盆、各分析儀。
- 蒸氣產生器沖放水樣 (S/G Blowdown Samples) S/G沖放出來的取樣水，經取樣冷卻器、過濾器、節流閥到定壓調整器、恆溫盆 (Constant Temperature Bath) 再至分析器，以化驗水樣的Na⁺、pH值、導電度和陽離子導電度。

C. 分析化驗器

流程取樣系統化學分析器的種類：

- pH分析器：範圍5-12。溫度補償輸出訊號供記錄器或電腦及高低警報點。
- 一般導電度：範圍0-10 μ mho/cm。溫度補償輸出訊號供記錄器或電腦及高導電度警報用。
- 陽離子導電度：範圍0.01-10 μ mho/cm和1-100 μ mho/cm。以溫度補償輸出訊號供記錄器、電腦和高導電度警報用。
- 蒸氣純度分析器 (陽離子導電度)：範圍0-10 μ mho/cm。以溫度補償輸出訊號供記錄器、電腦和高導電度警報用。
- 溶解氧氣：範圍0-20ppb、0-200ppb、0-20ppm。輸出訊號供記錄器、電腦、高氧含量警報用。
- 聯胺分析儀：範圍0-200ppb、0-1000ppb，輸出訊號供記錄器、電腦、高警報和聯胺飼水控制器用。
- 鈉離子分析儀：範圍0-10ppb、0-100ppb、0-1000ppb。輸出訊號供記錄器、電腦和高警報用。

D. 結論

所謂腐蝕是以化學方法在材料表面作用，慢慢地削薄材料的厚度。二次側系統化學控制是用以降低腐蝕，以減少汽機，S/G內積垢。控制腐蝕的方法最常用全揮發處理 (AVT) 以消除水中的溶氧及維持微高pH值，而且無化學藥劑積存系統內。若二次側水質偏離正常運轉值依程序書-807採取必要的措施。

陸、蒸氣產生器沖放系統

- 蒸氣產生器沖放系統**，用以維持S/G二次水水質，符合運轉規範限制。同時由沖放系統回收熱量和處理沖放水回收到冷凝器。主要的蒸氣沖放系統用以排除由一次側漏到二次側、主冷凝器洩漏、深床式冷凝水除礦器所排出的鈉、硫酸根等、補給水的微量不純物和整個二次系統的腐蝕產物等。
- 沖放系統**包括一個蒸氣產生器沖放閃化槽 (S/G Blowdown Flash Tank)，二個再生熱交換器 (S/G Blowdown Regenerative Hx)，一個非再生熱交換器、過濾器、除礦器及相關管閥。沖放率由每個S/G於沖放溶液流入閃化槽前分別由手動控制。從閃化槽所騰出的蒸氣被送到高壓飼水加熱器。(在起動運轉時，送到低壓冷凝器或大氣)。由閃化槽出來的液體，先經再生熱交換器冷卻再經非再生熱交換器冷卻後，經過濾除礦，然後由水質來決定是否回收至冷凝器或排至廢水收集槽再由除礦水系統處理。
- 正常運轉**
整個沖放系統流程，S/G內的高溫、高壓水經沖放管路沖放後，流入S/G沖放閃化槽 (Steam Generator Blowdown Flash Tank)。此時高溫、高壓水瞬間減壓閃化而成蒸氣，蒸氣流入高壓飼水加熱器。這些汽化蒸氣經蒸發分餾，蒸氣淨化與雜質分離，約有30%的蒸氣騰出，於功率高於80%以

上時可旁通壓力控制閥，以增加總熱回收量，而留在閃化槽的飽和水先由再生熱交換器和非再生熱交換器降溫，經過濾器過濾後流入混合除礦床，再流到冷凝器。若發現一次側漏到二次側時，沖放水應引至放射性液體廢料處理系統之化學洩水槽（LRS Chemical Drain Tank）經放射廢液處理系統處理後才能放出。當再生熱交換器不用時，可使用旁通管路繼續沖放運轉，此時最大沖放率由非再生熱交換器出口的溫度而定，通常以不超過57（135）為限。

D. 取樣

每一S/G沖放管路上均有取樣管抽取水樣化驗，取樣管路通路應盡量靠近S/G，縮短取樣流通的時間，以得最理想的水樣。S/G不用時，通常灌滿除氧純水，並加入氫氧化銨，聯胺等化學劑以保護S/G免遭受腐蝕。同時由S/G沖放噴嘴灌入氮氣，使S/G內保持正壓，防止氧氣滲入。

柒. 生水與補給水系統

A. 水源（生水）：

本廠生水取自恆春大光里七口深井或海水淡化廠，平常以40%（100%為21,800Tons/day）8,720Tons/day供給本廠1、2號機用水。（1、2號機最大淡水需水量為8,100Tons/day）。如果將來再擴建3、4號機時，生水水源計劃取自四重溪下游。這些生水被引到位於本廠西北角的二座各50,000噸生水槽，加入次氯酸鈉殺菌，經三台臥式型生水供水泵（每台360gpm）送入2000噸生水池再靠重力送入澄清軟化槽（Clarifier）。經加入生石灰（Lime）、硫酸鋁、次氯酸鈉等使生水軟化、殺菌，再流入澄清井（Clear Well）沈澱預處理後，經多級壓力過濾器（Pressure Filters）Multi-Cell過濾。再送入兩個各375,000加侖的消防、補給水儲存槽（Fire & Make up Water Storage Tank）。供廠內用水系統（Domestic Water System），#1、2號機循環水泵用水，廠用水（Service Water），和化學混合槽（Chemical Mixing Tank）及補給除礦水系統（Make up Demineralizer System）等。

海水淡化廠製造水直接送至消防補給水槽或五萬噸生水池。

B. 除礦補給、儲存和輸送系統

本系統將生水處理過的水更進一步處理以去除水中的礦物質等不純物。亦供除礦水儲存、輸送和樹脂床還原再生用。

1. 一般介紹及設計基準：

- 除礦水補給，貯存和輸送系統，應足以供應機組正常運轉於24小時內所需之水量。
- D.S.T具100,000加侖的容量，以增加凝結水和一次補給水，其存量應足供凝結水與反應器系統，在無其他水源補給下，維持4天運轉的正常需水量。
- 除礦水輸送泵容量應足夠將除礦水輸送到各處，每一泵具100%的容量，足以應付最大的除礦需水量。
- 除礦水水質化學規範。

陽離子導電度（25 時）	< 0.1 μ mho/cm
--------------	----------------

矽土（SiO ₂ ）	< 0.02ppm
-----------------------	-----------

pH值	6.0 ~ 8.0
-----	-----------

鈉（Na ⁺ ）	< 0.01ppm
---------------------	-----------

氫氧根（OH ⁻ ）	無（測不出）
-----------------------	--------

懸浮固體	< 0.1ppm
------	----------

2. 設備說明

a. 除礦器組（No.1、2號機共用）

兩組完全相同的除礦樹脂床，樹脂槽為內鑲橡膠的碳鋼槽，槽內部組件（如樹脂保留元件，濾網）為不銹鋼。每組包括：

- 一直徑2.12公尺（7'）的強酸型陽離子交換樹脂床，兩組共用一直徑1.37M（4'6"）的冷水除氣器槽。
- 二台除氣水輸送泵（Degasified Water Transfer Pump）
- 一直徑2公尺（6'6"）的強鹼型陰離子交換樹脂床。
- 一直徑1.37公尺（4'6"）的強酸強鹼型離子交換樹脂混合床除礦器。

b. 除礦器再生設備

本設備包括一個30,280公升（8,000加侖）的硫酸儲存碳鋼槽及兩台排量式硫酸供給泵，另一37,850公升（10,000加侖）內鑲碳鋼的強鹼儲存槽及兩台排量式強鹼供給泵及酸稀釋控制系統和鹼稀釋加熱控制系統。當除礦器內的樹脂需要再生還原時，可手動或自動操作再生設備的步驟進行之。

c. 中和槽

為一內鑲鋼之槽供除礦器組再生和中和循環時用，還原過程中產生之廢水（酸性及鹼性），先排到再生廢水集水池（Regenerant

Waste Sump)，再利用集水池泵打到中和槽，視廢水之酸鹼度，加入所需鹼（或酸），利用槽外二台30hp再循環泵加壓後，以噴嘴從槽底噴出以增加混合效果。

d. 除礦水儲存槽 (D.S.T)

為一378,500公升 (100,000加侖) 的抗蝕槽，它儲存經除礦後的純水以供廠內凝結水儲存槽 (C.S.T)、核機冷卻水系統 (C.C.W)、汽機廠房冷卻水、輔助蒸氣系統、廢液系統、反應器補給水等各處用水。此槽並備有過壓保護的環封、通氣孔及高、低水位警報設備以控制除礦水傳送泵。

e. 除礦水傳送泵

除礦水傳送泵兩台各100%容量的臥式離心泵，將D.S.T內的水泵送至各系統用水。

f. 管路材質

在除礦組和化學藥劑稀釋管路為內鑲合成纖維或聚丙烯的碳鋼。高濃度的化學藥劑管路為碳鋼或不銹鋼管，除礦器為內鑲經高溫硫化處理過的天然橡膠之碳鋼槽。

3. 系統運轉

a. 除礦流程

經生水處理過的水（或海淡水），經除礦水餉水泵，送入兩組並列的活性碳過濾器 (Activated Carbon Filters)，以過濾水中殘餘氯、有機物、懸浮雜質微粒。後經強酸型陽離子樹脂床 (Strong Acid Cation)、除氯器、除氯器澄清井 (Degasifier Clearwell)，除去溶於水中的CO₂，再經強鹼型陰離子樹脂床 (Strong Base Anions) 除去水中的陰、陽離子。最後經樹脂混合床 (Mixed Beds) 再度除去水中微量的不純物後，流入除礦水儲存槽 (D.S.T)，由除礦水輸送泵依廠內各處需求將純水分別送至凝結水儲存槽 (C.S.T)，核機冷卻水系統 (C.C.W)、汽機廠房冷卻水系統、輔助蒸氣系統、放射廢液系統、反應器補給水系統等各廠內用水。

b. 再生 (Regeneration)

當除礦水的水質含高量矽土或高導電度時，顯示除礦器內的樹脂已快耗竭，可將之停用並開始還原再生。每組除礦器有一再生自動控制設備。並有警報指示樹脂耗竭，已耗竭的樹脂手動開始還原時，可將陽離子床、陰離子床或同一組的陰、陽離子交換樹脂床的選擇開關轉到再生位置。由一可調整的定時器，來控制再生時間與步驟，再生時同時對於流量、再生化學劑的濃度、溫度和導電度保持不斷的偵檢。所偵檢到的參數若不符規範所訂的數值時會有警報，完成再生後的樹脂床保持在備用狀態並可用手動加入除礦運轉。除礦器內的再生廢液被收集到再生廢水集水池，再由集水池泵打到中和槽，經加酸（加鹼）並由再循環泵抽取底部之水，加壓後，回到槽內由底部之噴嘴噴出，增加混合效果，中和後依排放程序作業，排入循環水出口渠道。

C. 反應器補給水系統 (Reactor Make up Water System)

反應器補水系統提供經過除氣、除礦等高純度水，供爐心冷卻水系統 (R.C.S) 及核機輔助系統用水。

1. 一般介紹及設計基準

a. 反應器補給水系統中的除氣支系統，用以消除除礦水中的氣體和配送除礦水。

b. 反應器補給水儲存槽內的純水存量，應足夠供給機組冷爐停機以及隨後起動，爐心冷卻水系統用水。

c. 一反應器補給水輸送泵，其容量應足供泵送機組正常運轉時所需之量。

d. 當調壓槽 (PZR) 安全閥動作後，反應器補給水輸送泵，應足以應付調壓槽壓力釋放槽 (PRT) 猝冷時之水量。

2. 設備說明

a. 反應器補給水儲存槽

為一直立式奧斯田鐵不銹鋼槽，槽內有一橡膠膜瓣。此槽可儲存473,125公升 (125,000加侖) 的純水，並承受49 (120) 及大氣壓力。裝配有取樣管路供定期分析槽內的水質。在橡膠膜片與槽頂蓋間的空隙經通氣孔與大氣相通。

b. 反應器補給水輸送泵

有兩台各可單獨泵送100%，200gpm的臥式離心泵並列。每一泵具有64公尺 (210呎) 的總差水頭 (TDH)，和13公尺 (45呎) 的淨正吸水頭，與水接觸的泵殼表面為奧斯田鐵不銹鋼材料。

c. 除氯器支系統

包括一除氯器，一組全容量的真空泵，和兩台並列100%容量增壓泵供泵送除氯器內的純水至反應器補給水儲存槽和凝結水儲存槽 (CST)，除氯器支系統內與水接觸的金屬面均為奧斯田鐵不銹鋼材料，並裝有取樣連結管路。

d. 閥和管路

此系統所有管路和閥均為奧斯田鐵不銹鋼材料，可承受10.5kg/cm² (150psig) 的壓力，和65 (150) 的溫度。除了為方便保養的法蘭接頭外，其他管路和閥均焊接，以防空氣之進入。

3. 系統運轉

反應器補給水系統的水源有從DST經真空除氯器除氧後經BL除礦過濾系統淨化後再補入，也可直接補入不經過BL除礦過濾系統，另外BRS蒸餾液回收經BL除礦過濾系統淨化後再補入。

若RMWST水質不良，則靠BL除礦過濾系統長期循環淨化。除礦器與過濾器皆有差壓指示，除礦器有導電度指示與警報。

由除礦水系統來的除礦水經除氯器，噴灑環頭噴出時，氧和其他氣體從水中析出，經除氯真空泵抽出排到大氣，已脫氣的純水經增壓泵送至反應器補給水儲存槽，或泵至冷凝水儲存槽 (CST)。在一次側補給水管路上的逆止閥等用以防止一次側補給水反流入除氯器支系統或冷凝水儲存槽 (CST)。

反應器補給水系統也用來接受除礦水系統，除氯器支系統或BRS放射廢液蒸發器系統的蒸餾液。通常經除氯後的除礦水自動補充反應器補給

水儲存槽內的水，以維持槽內的水位，反應器補給水儲存槽內的膜瓣完全覆蓋於純水的表面，以防止空氣滲入反應器補給水，降低爐水的品質。在膜瓣上的空氣隨著槽內水位的高低可由通氣孔調節。

反應器補給水輸送泵正常選用一台受反應器補給水控制系統自動控制，另一台備用。一再循環管路可依需要將反應器補給水儲存槽內的純水循環泵動。若所需反應器補給水超過泵的容量，一壓力開關自動起動另一台泵。當水量調節後可由手動將第二台泵停掉。反應器補給水應定期取樣化驗其純度。