

# 核機冷卻水系統

- 壹、概述
- 貳、設計基準
- 參、系統介紹
- 肆、系統運轉

## 壹、概述

當機組正常運轉時，核機冷卻水系統提供冷卻水到若干組件上；同時此系統遇到LOCA事故時，專門提供冷卻水到安全相關系統上，此系統是閉路系統，作為廠用海水系統（NSCWS）與具有可能污染放射性的流體之間的中間屏障，用來減少廠房放射性洩漏的可能性。

## 貳、設計基準

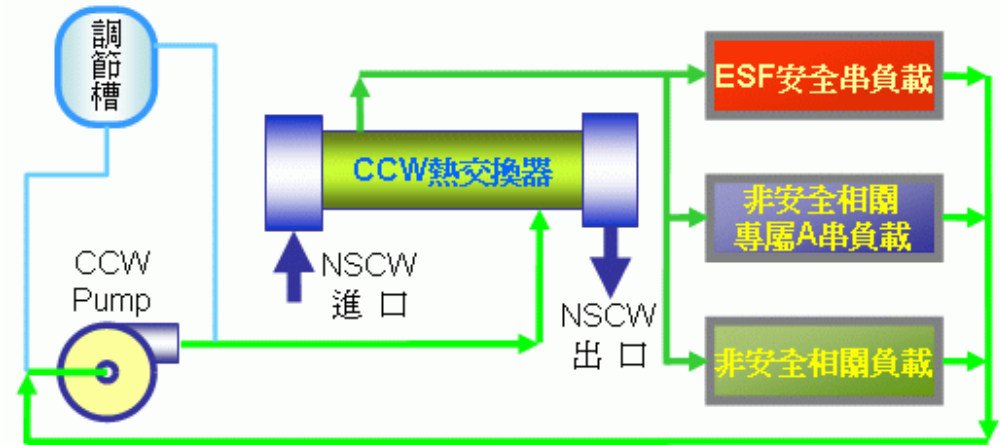
1. 核機冷卻水系統在設計上用來從RHR系統將爐心衰變熱傳至廠用海水系統，其速率應能避免在LOCA時燃料或爐心因過熱而損壞。
2. 核機冷卻水在設計上允許任何單一主動元件故障，假設廠外電源喪失，仍能按照安全設計基準執行其功能。
3. 核機冷卻水系統其執行安全相關功能之部份在設計上於安全停機地震之後，仍能運轉而發揮其功效。安全相關設備並置於結構體內以防外物飛射。
4. 核機冷卻水系統的安全相關設備在機組功率運轉時仍可作定期測試。
5. 補充水來自冷凝水儲存槽及傳送系統（CST），CCW包括二個雙重獨立一級防震串（Seismic Category I System）。
6. 核機冷卻水熱交換器，是由廠用海水來冷卻之，廠用海水之設計溫度為32.2℃，當機組起動及正常運轉時，CCW的出口溫度不會超過36℃，反應爐停機時，CCW的出口溫度不超過49℃，當發生意外事故時，如廠用海水為34℃時，則CCW的出口溫度不會超過49℃。
7. 在機組正常停機時，倘若流到蒸汽產生器的飼水流量已停止，蒸汽排放系統已停用，CCW系統與RHR、NSCW系統一起運轉能提供另一個方式來冷卻反應爐核心及一次系統。
8. CCW系統在設計上可偵測洩漏並能加以隔離。

## 參、系統介紹

CCW系統是一個密閉循環系統，冷卻水由CCW P'P打出後先經熱交換器再到各設備再流回到CCW P'P的進口，如此，連續循環。CCW自各項設備吸收的熱量由經過CCW熱交換器管側（tube side）的NSCW來移除。CCW系統由二雙重獨立安全相關串所組成，每一串包括一個調節槽、二台水泵、一台熱交換器及相關的管路。另有一些非安全相關設備冷卻負載是連接到安全相關串 "A" 上，這些非安全相關的設備包括了液體放射性廢料系統（LRS）蒸發器（evaporator）、硼回收系統（BRS）蒸發器、氣體放射性廢料系統（Gas Radwaste System），燃料偵破系統取樣冷卻器，調壓槽液體取樣冷卻器（PZR Liquid Sample Cooler）、調壓槽蒸汽取樣冷卻器、RHR取樣冷卻器及引水（Letdown）寒水器和濃縮硼酸冷卻器，熱負載能由每串來供給，當機組正常運轉時，這些串是不需隔離，一個化學添加槽用來維持該系統的化學性，通常補充水是來自冷凝水儲存及傳送系統（CST）。

## 肆、系統運轉

1. 當機組正常運轉時，每串各起動一台泵，泵在運轉中發生故障時，或是遇到泵的出口水頭低壓力時，則在同一串的備用泵會自動起動，泵由主控室（亦可由輔助停機盤）控制，每一CCW P'P之出口流量在主控制盤均有指示，在主控制室並裝有低流量警報。
2. 最小流量回流管路在CCW泵出口上，泵最小流量管路連接至共同集管上，直接回流至調節槽（A-T058或B-T059）每一泵的最小流量管路有一隔離閥（FV135，FV136，FV235，FV236），水泵正常運轉時在關閉位置，當各自的泵出口流量低於221l/sec隔離閥自動打開，當泵出口流量超過303l/s時，自動關閉。
3. 調節槽因應CCW冷卻水體積膨脹或收縮，並提供足夠的CCW泵淨正吸水頭(NPSH)。正常補充水來自冷凝水儲存傳送系統（CST），維持調節槽水位。
4. 當水位跌落至CCW調節槽預設極限下時，槽上的水位控制裝置（LT101或LT201）將使補水管路上的控制閥（LV101或LV201）開啟，同時控制



室"調節槽低水位"警報出現，當調節槽到達適當水位時，補水管路上的控制閥將自動關閉。

5. **流到反應爐冷卻水泵熱屏蔽** (RCP thermal Barrier) 的核機冷卻水，在正常運轉時，壓力及溫度為7Kg/cm<sup>2</sup>、36.60。倘若熱屏蔽破裂，則漏進CCW系統的RCS冷卻水最大可達17l/s。通常CCW流到每個熱屏蔽是2.5l/sec。若流量增加到3.2l/s時，則裝置在熱屏蔽回流管路上的流量開關 (FIS 435或FIS 433或FIS 431)，會動作而關閉隔離閥。若三個RCP熱屏蔽CCW回流共同管路之流量高到將近9l/s時，則該管路上之後備高流量開關 (FIS337) 動作而關閉了在圍阻體內的圍阻體隔離閥 (HV337)。此後備高流量開關係做為個別熱屏蔽高流量開關之後備。供水管路上有二止逆閥與回流管路上的隔離閥，將熱屏蔽之CCW管路隔離，並且在熱屏蔽的供給管路上裝有一釋放閥 (PSV436) 防止過壓。這段管路經特殊設計，可以承受175Kg/cm<sup>2</sup>壓力及343 的溫度。
6. **正常運轉時**，NSCW流經CCW熱交換器管側，進出CCW熱交換器的CCW水流溫度在控制盤上有指示。如果溫度太高，在控制室亦有警報出現 (TA131、TA231)。各安全相關設備之CCW流量在控制室均有指示，流經RHR熱交換器之CCW流量過高377l/s或過低284l/s均會有警報送到控制室。CVCS系統之引水熱交換器亦由CCW來冷卻之，其引水出口設有溫度探測元件來自動控制熱交換器CCW出口閥。
7. **CCW之熱負載如下：**
  - a. **安全相關**防震一級設備 (Seismic Category I) 分屬兩串的設備。
    - RHR泵軸封冷卻器及馬達冷卻器。
    - 圍阻體噴灑泵軸封冷卻器及馬達冷卻器。
    - 圍阻體風扇冷卻器。
    - 用過燃料池熱交換器。
    - 離心式充水泵潤滑油冷卻器及馬達冷卻器。
    - RHR熱交換器。
    - 事故後取樣系統 (僅串"A")。
  - b. **安全相關**防震一級設備，非專屬某串之設備，但本廠因二串隔離運轉，下列之設備不論是機組起動，運轉或停機時，皆由串A供給之。
    - RCP熱屏蔽冷卻線圈。
    - RCP馬達及軸承冷卻器。
    - 額外引水 (Excess Letdown) 熱交換器。
    - 反應爐冷卻水洩水槽熱交換器。
    - 引水 (Letdown) 熱交換器。
    - 封水熱交器。
  - c. **非安全相關**非防震設備，下列之設備在機組起動運轉時，因二串隔離運轉故由A串供給，當接到S I信號或是緩衝槽低-低水位或高流量警報時，則流到這些設備之CCW流量完全關閉。
    - 液體廢料系統蒸發器 (LRS Evaporator)。
    - 硼再回收系統蒸發器 (BRS Evaporator)。
    - 氣體廢料系統 (Gaseous Radwaste System)。
    - 調壓槽蒸汽取樣冷卻器 (PZR Steam Sample Cooler)。
    - 調壓槽液體取樣冷卻器 (PZR Liquid Sample Cooler)。
    - 燃料偵破系統取樣冷卻器 (Gross Failed Fuel Sample Cooler)。
    - RHR取樣冷卻器 (RHR Sample Cooler)。
    - 濃縮硼酸冷卻器 (Concentrated Boric Acid Cooler)。
    - 引水寒水器 (Letdown Chiller)。
    - 輔助蒸汽冷凝水回收槽輻射偵檢器。
8. **放射性廢料設備** (譬如LRS蒸發器，BRS蒸發器，氣體放射性廢料系統)，係兩部機共用，正常運轉時由於CCW容量有限，故#1機組之CCW供給硼回收系統蒸發器及氣體廢料系統，#2機組之CCW供給液體放射性廢料系統蒸發器。由於此放射性廢料設備CCW管路可連通至一、二號機，故由#2機組CCW所供給的液體放射性廢料系統蒸發器亦可由#1機組CCW供給。
9. **當機組**停機的最初四小時，爐心衰變熱是由蒸汽排放 (Steam Dump) 到冷凝器來移除之，在反應爐溫度已降到176 (350) 時，RHR系統置於運轉狀態，20小時內能達到冷停機，假如在冷機時一台CCW熱交換器不能使用，則另一台CCW熱交換器可負起所有的負載，但冷卻的時間會延長。
10. **定期**取樣核機冷卻水，以確定水的化學性是在限制值內。
  - a. 25 下水的pH值8.5-10.5。
  - b. 最大的氯化物含量 1 ppm。
  - c. 鉬酸鈉150 ~ 350 ppm。
  - d. 亞硝酸鈉100 ~ 350 ppm。
  - e. STT (Sodium Tolyltriazole) 5 ~ 20 ppm。
11. **控制閥** (PCV105) 維持在1.55kg/cm<sup>2</sup>，若氮氣供給控制閥 (PCV104) 故障時，由設定1.8kg/cm<sup>2</sup>的安全閥 (PSV197、297) 調節槽安全閥 (PSV103、203) 限制核機冷卻水系統最高壓力在150psig以下。安全閥 (PSV103、203) 設定為2.3kg/cm<sup>2</sup>，為調節槽提供最終的過壓保護。

12. **鉬酸鈉**腐蝕抑制劑加於化學添加槽內，有管路連至CCW水泵進口，CCW水泵出口流量有一小部份可導回化學添加槽將鉬酸鈉沖至水泵進口，經過水泵混合加入至CCW系統，濃度應維持在150~350ppm左右。