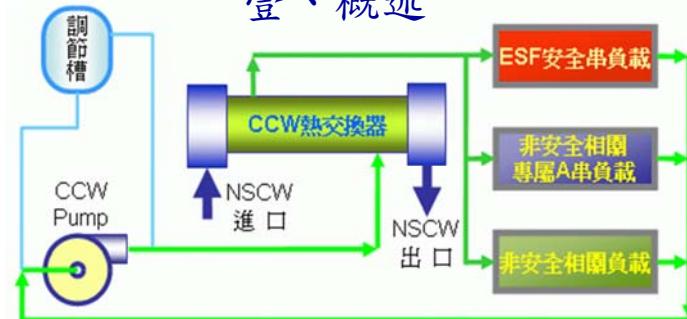


核機冷卻水系統 Component Cooling Water EG System

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

- CCW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。
- CCW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。
- CCW系統於安全停機地震之後，仍能運轉而執行其安全相關功能。安全相關設備並置於結構體內以防外物飛射。

貳、設計基準(續)

- CCW系統的安全相關設備在機組功率運轉時仍可作定期測試。
- 補充水來自冷凝水儲存槽（CST），CCW包括二個雙重獨立一級防震串（Seismic Category I System）。

貳、設計基準(續)

六、CCW熱交換器，是由NSCW來冷卻，NSCW之設計溫度為32.2°C (90°F)

- 當機組起動及正常運轉時，CCW的出口溫度不會超過36°C (98°F)
- 反應爐停機時，CCW的出口溫度不超過49°C (120°F)
- 當發生意外事故時，如NSCW為34°C (93°F)時，則CCW的出口溫度不會超過49°C (120°F)。

5

貳、設計基準(續)

七、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。

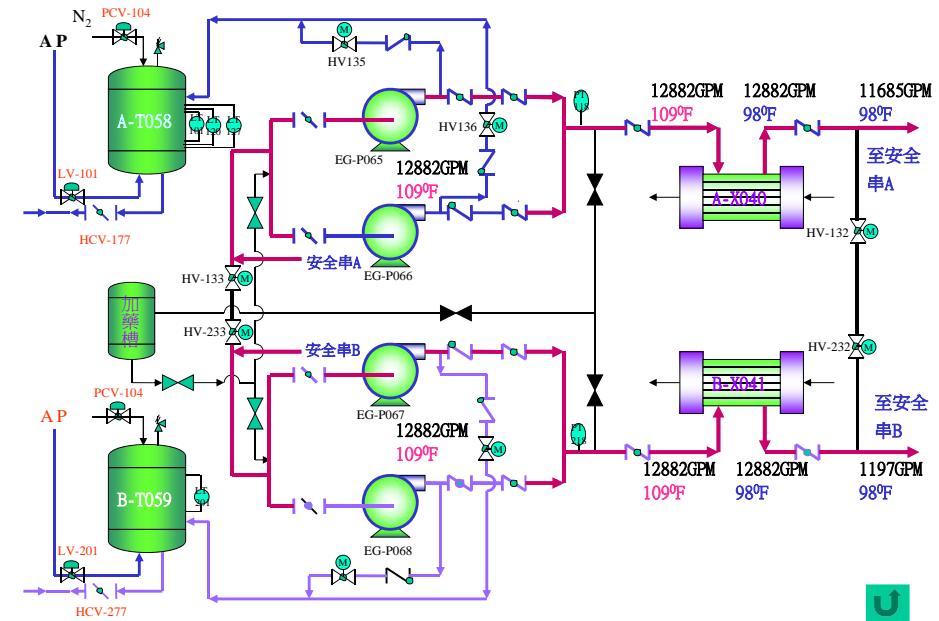
八、CCW系統在設計上可偵測洩漏並能加以隔離。

6

參、系統介紹

➤ CCW系統是一個密閉循環系統，冷卻水由CCW Pump打出後先經熱交換器再到各設備再流回到CCW Pump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(氮氣加壓至 1.27 kg/cm^2 (18psig))、二台水泵(每台均為100%容量)、一台熱交換器及相關的管路。

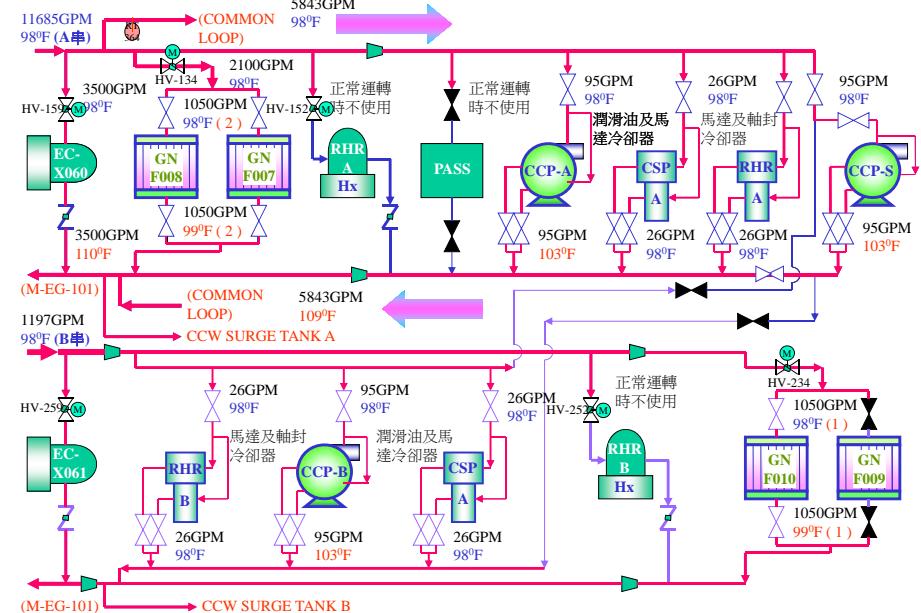


EG系統流程及正常運轉流量分配圖(EG-101)

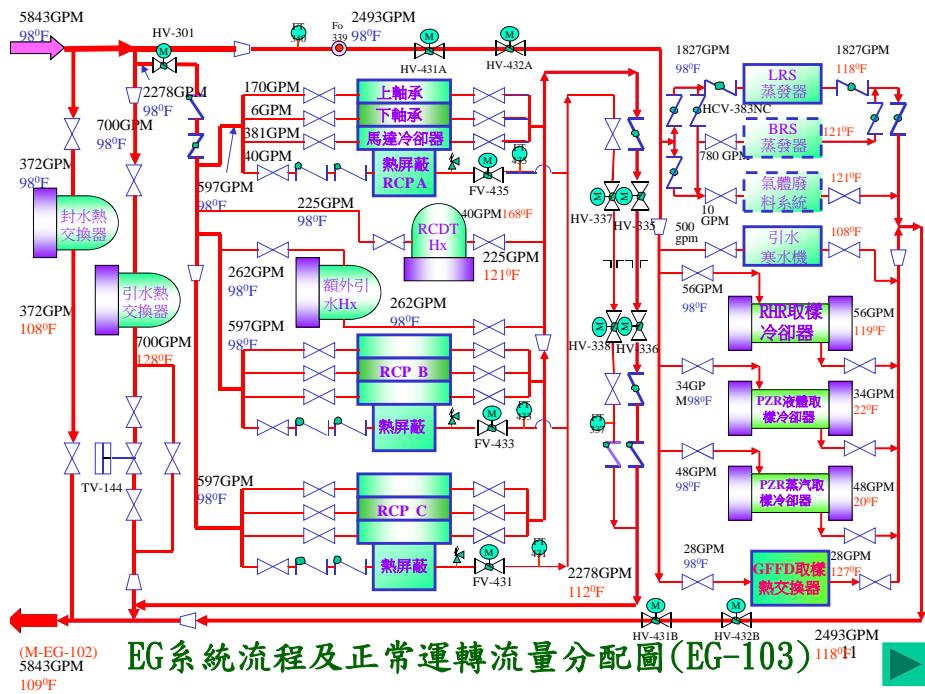
8



CCW PUMP



EG系統流程及正常運轉流量分配圖(EG-102)¹⁰



EG系統流程及正常運轉流量分配圖(EG-103)

CCW之熱負載如下：

- (1) 安全相關防震一級設備 (Seismic Category I)
分屬兩串的設備。
- (2) 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，不論是機組起動、運
轉或停機時，皆由 A 串供給。
- (3) 非安全相關非防震設備，在機組起動運轉時，
因二串隔離運轉故由 A 串供給，當接到SI信號
或是調節槽低-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。

1. 安全相關防震一級負載 (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"）。

2. 安全相關防震一級設備，非專屬某串之設備

- 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。
- RCDT熱交換器。
- 引水（Letdown）熱交換器。
- 封水熱交換器。

14

3. 非安全相關非防震設備

- 液體廢料系統蒸發器 (LRS Evaporator)
- 硼回收系統蒸發器 (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)
- 燃料偵破系統取樣熱交換器(Gross Failed Fuel Detection Sample Heat Exchanger)
- RHR取樣冷卻器 (RHR Sample Cooler)
- 濃縮硼酸冷卻器 (Concentrated Boric Acid Cooler)
- 引水寒水機 (Letdown Chiller)
- 輔助蒸汽冷凝水回收槽輻射偵檢器。

15

肆、系統運轉

一、正常運轉

- 本廠機組正常運轉時，兩串隔離，每串各運轉一台泵，CCW泵在運轉中發生故障時，或是遇到泵的出口水頭低壓力(7 kg/cm^2)時，則在同一串的備用泵會自動起動(延時32秒)，泵由主控制室（亦可由遙控停機盤）控制。
- 在CCW泵出口，最小流量管路連接至每串共同集管，回流至調節槽，每一泵的最小流量管路有一隔離閥 (FV-135, FV-136, FV-235, FV-236)，水泵正常運轉時在關閉位置，當各自的泵出口流量低於 $221\ell/\text{sec}$ (3500 gpm)隔離閥自動打開，當泵出口流量超過 $303\ell/\text{s}$ (4800 gpm)時，自動關閉。

一、正常運轉(續)

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。

調節槽設有水位控制裝置(LT-101或LT-201)，LO LEVEL時將使補水管路上的控制閥(LV-101或LV-201)開啟，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。

一、正常運轉(續)

- 正常CCW流到每個RCP熱屏蔽約 $2.5\ell/\text{sec}$ (40 gpm)。若流量增加到 $3.2\ell/\text{s}$ (50 gpm)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)，會關閉隔離閥FV-435或FV-433或FV-431。
- 若三個RCP熱屏蔽CCW回流共同管路之流量高到 $9\ell/\text{s}$ (145gpm)時，則該管路上之後備高流量開關(FIS 337)動作關閉圍阻體隔離閥(HV-337)。此後備高流量開關係做為個別熱屏蔽高流量開關之後備。

一、正常運轉(續)

- 熱屏蔽的供給管路上裝有一釋放閥(PSV-436)防止過壓。這段管路經特殊設計，可以承受 175 kg/cm^2 (2485 psig)壓力及 343°C (650°F)的溫度。
- 放射性廢料設備(LRS蒸發器，BRS蒸發器，氣體廢料系統)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供給液體廢料系統蒸發器。
- 由於放射性廢料設備CCW管路可連通至一、二號機，故由#2機組CCW所供給的液體廢料系統蒸發器亦可由#1機組CCW供給。CCW切換時須注意兩部機緩衝槽水位。

二、異常運轉

- 當CCW系統發生洩漏事故時，調節槽的水位會降低，則補充水(來自CST)之補充閥(LV101, 201)會自動打開。
- 若CCW系統洩漏量大於從CST來的補充時(每串150gpm)，此時調節槽的水位繼續下降直到主控制室發出低-低水位警報，同時下列事件會自動發生：

CCW SURGE TANKL LO-LO LEVEL

- (1) 非安全相關之設備，由四個快速關閉隔離閥（二個在供給端HV-341A、HV-342A，二個在回流端HV-341B、HV-342B）關閉。
- CCW在這部份管路洩漏的水量是由設在供給端隔離閥上游的限流孔（FO-339）和在回流端隔離閥下游的止回閥（V-169）來限制
 - 在限流孔上游的流量開關（FS-340）偵測到高流量(125 l/s)時，提供一雙重信號，來關閉四個隔離閥中的兩個，一個在供給端（HV-341A），另一個在回流端（HV-341B）。 

CCW SURGE TANKL LO-LO LEVEL(續)

- (2) CCW熱交換器出口跨接管上的隔離閥（HV-132或HV-232）和在CCW泵進口頭跨接管上的隔離閥（HV-133或HV-233）關閉，使兩串相互隔離。
保證一個安全串，能夠有效地執行其安全相關的功能。
- (3) 若無水泵運轉中，每一個安全串會有一台水泵自動起動。

22

CCW SURGE TANKL LO-LO LEVEL(續)

- (4) 若RHR系統不在運轉時，供給到RHR熱交換器的CCW關斷閥（HV-152、HV-252）是關閉的，則下列事件會自動發生：
- NSCW供給到CCW串“A”的CCW熱交換器的管側關斷閥（EF-HV-107）會打開（假使此閥還沒打開的話）。
 - NSCW供給到CCW串"B"的CCW熱交換器的管側關斷閥（EF-HV-207）會關閉而且較小的旁通閥（EF-HV-211）會開啟。

CCW SURGE TANKL LO-LO LEVEL(續)

- (5) 若RHR系統在運轉中，供給到RHR熱交換器的CCW斷止閥（HV-152&HV-252）是打開的，二個CCW熱交換器均在運轉中(EF-HV107及EF-HV207開啟中)，則不會有任何自動動作。（但EF-HV-211若在開的位置將會自動關閉）。
- (6) 到串A及串B的“用過燃料池”（Spent Fuel Pool）熱交換器的CCW關斷閥（HV-159&HV-259）開啟。

23

24

二、異常運轉(續)

3. 一次系統的水，洩漏到CCW系統的洩漏量，能由調節槽的水位及裝在A串的放射性偵測儀器RT-364測出。
4. 當廠外電源喪失後，則正常及備用CCW泵的電源會自動從緊急柴油發電機供給。

25

三、事故運轉---LOCA或SIS

1. LOCA事故之後或接到SIS時，連接兩個安全串之兩個前後關斷閥(HV-133&HV-233、HV-132&HV-232)會自動關閉。同時到輔助廠房的進出口隔離閥(HV-341A&342A、HV-341B&342B)亦會自動關閉。
2. 沒有CCW泵運轉之安全串，會自動起動一台泵運轉。
3. 供應熱交換器之海水的關斷閥(HV-107&207)會自動打開，而其旁通閥HV-211則自動關閉。

26

三、事故運轉---CIS-B(續)

- 當CIS-B(圍阻體壓力 $1.27\text{ kg/cm}^2 = 18.1\text{ psig}$)信號產生時，貫穿圍阻體CCW進口管路上的隔離閥(HV-301)，出口管路上之內外隔離閥(HV-335、336)及熱屏蔽冷卻器CCW回流內外隔離閥(HV-337、338)均會自動關閉。
- 另外調節槽低-低-低水位亦使HV-301自動關閉。

27

三、事故運轉---CIS-B(續)

CIS-B隔離下列負載：

- RCP熱屏蔽冷卻線圈。
- RCP馬達及上下軸承冷卻器。
- 額外引水熱交換器(Excess Letdown Hx)。
- 反應爐冷卻水洩水槽熱交換器。

28

運轉注意事項

- CCW因含有鉬酸鈉，故不能任意排放到渠道或是地下水，須排放至EJ系統儲存槽。
- RCS溫度大於93°C (200°F)，核機冷卻水必須持續供給流到反應爐冷卻水泵的熱屏蔽熱交換器，除非反應爐冷卻水溫低於150°F (65.5°C)。特殊狀況，CCW供給水溫可能高至54.5 °C (130°F)；若CCW供給水溫超過至40°C (105°F)，RCS溫度不可超過204 °C (400°F)。
- 假若流到反應爐冷卻水泵軸承冷卻器的核機冷卻水失去時，若馬達推力或上/下軸承溫度大於85°C 則需停止該泵運轉(SOP 321.1)。

29

兩串連通之操作步驟：(本步驟適用於MODE 4以上或大修前之連通操作)

➤ A串泵全停，由B串供應兩串負載之操作步驟：

注意：

- (1)切換過程，若調節槽水位下降應手動補水，尤其應防A串調節槽達Lo-Lo-Lo影響RCP運轉。
- (2)儘量減少核機冷卻水負載，使單串供應負載時流量不會太大。
- (3)現場操作人員應事先指派到各崗位待命。

兩串連通之操作步驟：(本步驟適用於MODE 4以上或大修前之連通操作)(續)

1.確認A串泵之運轉狀況：(圈選)

- 運轉中EG-P065(EG-P066)。
- 備用中EG-P066(EG-P065)。

2.視需要起動B串之備用泵，供應系統需求。

3.將備用泵之最小流量閥EG-FV136(EG-FV135)切電，並至現場將其手動關閉。

4.確認運轉泵之最小流量閥EG-FV135(EG-FV136)關閉並將其切電。

5.於JP004盤按下EG-HV133/EG-HV132，EG-HV233/EG-HV232“開啟”按鈕，並確認EG-HV132、EG-HV133、EG-HV232、EG-HV233全開。

兩串連通之操作步驟：(本步驟適用於MODE 4以上或大修前之連通操作)(續)

6.利用PA聯絡現場人員開始關閉EG-HCV177，同時將運轉泵EG-P065(EG-P066)停止。

7.確認EG-HCV177全關，並掛指示卡。

8.視需要將EG-P065，P066切電，並掛指示卡。

伍、運轉規範：

LCO 3.7.7

- 兩獨立CCW迴路須可用

適用模式：Mode 1, 2, 3, 4

Actions :

- 若僅一個迴路可用，必須72小時內恢復兩迴路可用。
 - 若機組在Mode 4且一串CCW迴路不可用，則需依LCO 3.4.6宣布對應之RHR迴路不可用。