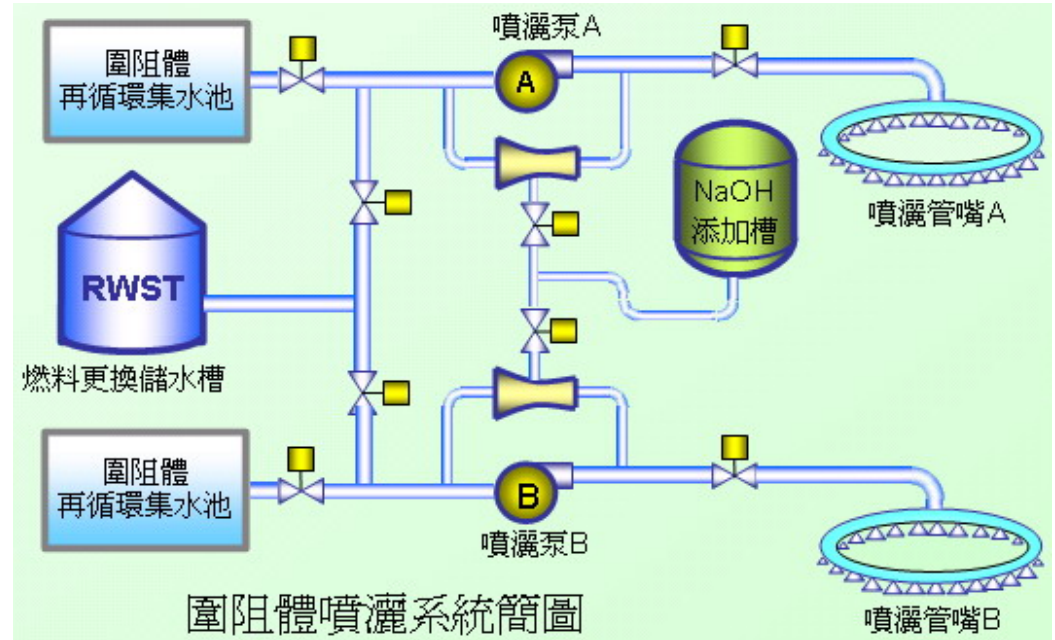


圍阻體噴灑系統

- 壹.系統功能
- 貳.設計基準
- 參.系統概述
- 肆.系統組件
- 伍.系統運轉



壹.系統功能

圍阻體噴灑系統屬ESF之功能有下列兩點：

1. 於LOCA或圍阻體內主蒸汽管線破裂時，可降低圍阻體內大氣溫度及壓力，以減小事故後輻射外洩之可能性。
2. 當LOCA事故後，能限制放射性物質釋放量，因圍阻體噴灑含有氫氧化鈉（NaOH）的水，可提高空浮分裂產物的吸收量，以減少圍阻體內大氣的放射性濃度。

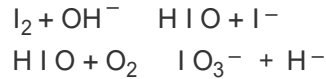
貳.設計基準

1. 無論發生LOCA或蒸汽管路斷裂事故時，圍阻體噴灑（CS）系統和圍阻體風扇冷卻器、RHR系統等須能移除足夠的熱量，並可將圍阻體壓力、溫度限制在可接受的程度下。（根據10CFR50之設計基準）。
2. CS系統能自圍阻體大氣移除碘（Iodine）及微粒狀分裂產物，以降低LOCA後圍阻體大氣之分裂產物至10CFR100限制值之下。
3. CS系統設計在LOCA或主蒸汽管線破裂後之注水階段能允許單一主動元件故障存在，再循環階段允許單一主動元件或被動元件故障，而不影響系統之功能。
4. CS系統設計能承受颱風、洪水、飛射物和地震，而仍能執行其功能。
5. CS系統設計在LOCA或圍阻體內之主蒸汽管斷裂事故後自動起動。
6. 圍阻體噴灑經由獨立、多重的噴灑頭的排列，能提供95%的噴灑面積，並能均勻的吸收及移除圍阻體內之熱量及分裂產物，即使只起動一串也能達成這項功能。
7. CS系統在噴灑之初，其PH值在9.0到11.0之間，到最後再循環時，其PH值至少應8.5。
8. CS系列之設計，CS泵在任一階段均有足夠的淨正吸水頭（NPSH）。
9. 再循環集水池須有濾網，以免顆粒雜質塞住噴灑噴嘴。
10. CS之主動元件須能在正常運轉期間試驗。
11. CS之水不得含不穩定之物質，以免造成腐蝕並增加可燃氣體濃度。
12. CS和風扇冷卻器，須能在LOCA後防止局部可燃氣體濃度增加，以減低爆炸的可能性。

13. 噴灑噴嘴儘可能裝置在圍阻體越高的位置，儘量增加噴灑水滴掉落之距離。
14. CS泵室有水位計，當CS系統有洩漏現象時，通知控制室操作員隔離洩漏串，以免洩漏增大。如洩漏發生在再循環階段時，由於水源來自集水池，故可能已被輻射污染，隔離洩漏串可免污染擴大到輔助廠房，此時可藉另外一串繼續噴灑。

參.系統概述

1. **圍阻體噴灑系統**有兩個完全分離的迴路，各有100%的能力，所以任一迴路皆能完成其預定功能。每一迴路包括一CS泵，噴灑集管（Spray header）、噴嘴、添加劑噴吸器（Additive Eductor）和相關之管閥。兩迴路共用一氫氧化鈉添加劑槽（Additive Tank）。事故發生後之注水階段，CS泵自RWST吸取硼水，泵送至噴灑集管沿噴嘴自圍頂均勻灑於圍阻體內部。CS泵出口有一部份水量經噴吸器自添加劑槽吸取氫氧化鈉後回到CS泵進口，使CS系統之PH值升高至9.0~11.0之間。
2. **CS系統**自噴嘴噴出無數小水滴，這些小水滴和空氣的接觸面極廣，故很容易將飄散在圍阻體空中之分裂產物（大部份是碘）吸收，水之酸鹼度（PH）由於添加NaOH而調至9.0至11之間，因鹼性水質能使碘（I₂）變成非揮發性而易被水吸收，而與OH⁻離子反應產生I⁻離子而溶於水中，如下式：



高輻射量的碘就隨著水滴自圍阻體空氣中移除集中流入再循環集水池。

肆.系統組件

1. **燃料更換水儲存槽（RWST）**
在發生事故後，RWST的水量為ECCS及CS系統所共用，其中大約548825公升可為CS所使用。RWST含硼濃度在2400~2500ppm。在注水階段含硼水經兩條管路分別飼入CS兩迴路。兩管路上各有HV-111及HV-211電動閥，此二閥常在開啟位置。
2. **圍阻體噴灑泵（CS Pump）**
CS泵為直立式離心泵，機械式軸封由CCW來冷卻，冷卻水流約為0.25~0.375l/sec。設計溫度限值為149℃，壓力限值31.7kg/cm²可通過1/4吋微粒。CS泵由一600匹馬力、三相、60HZ馬達帶動。馬達係完全密封型，自4.16KV緊急匯流排受電，以一氣水熱交換器冷卻，CCW冷卻水流約0.94l/sec，可持續以100%負載運轉，馬達可在70%端電壓情況下，於5秒鐘內達到75%負載。CS泵可由控制室手動起動。CS泵在過電流及低電壓時會自動跳脫，在控制室有泵出口壓力指示。
3. **噴灑集管和噴嘴**
兩串噴灑管路各有一個集管，在注水階段，每個集管有169l/sec流量之噴灑能力，在再循環階段每個集管有205l/sec之能力，所噴灑之水滴約1000微米（micron）大小，小於3/8吋的顆粒不致堵塞噴嘴。噴灑集管和噴嘴能承受初起動時之水錘現象。集管上噴嘴的角度各有不同，因此能散佈95%以上的面積。噴灑集管上游有隔離閥HV-107及HV-207，於接到CSAS時自動開啟。
4. **圍阻體再循環集水池（Containment Recirculation Sump）**
發生LOCA後，注水階段RWST的水量經高壓注水注入反應爐，經過核心由破管處流出變成蒸汽，這些蒸汽被CS系統水滴凝成水而沉降匯集於再循環集水池，隨著RWST水位下降，再循環集水池水位逐漸上升，故再循環階段，CS泵改自再循環集水池取水。
兩再循環集水池位於圍阻體北側底部，其頂部則較周圍地面（EL 100'）略高。集水池邊圍以柵污欄（粗網），以免碎片或大型的雜物進入水池，集水池（頂蓋為鋼筋混凝土）上方架設濾網。頂部金屬板係用來防止事故時碎片墜入集水池中，濾網採用波紋狀表面以增加過濾面積。兩集水池上方的濾網透過中間相連的水流通道互相連接，而形成兩池共用濾網的設計，當LOCA事故由注水階段進入再循環階段的時候，圍阻體的水位為3.27呎，已經高於所有的濾網，而使得兩個池子的水互相連通。所有的濾網都涵蓋在集水池區域內。CS泵及RHR泵之取水口管路位於集水池底部且稍為傾斜，這是避免空氣留在管路中。兩個循環集水池分別以管路供水至該迴路之CS泵及RHR泵，此段吸水管路包括隔離閥及其驅動馬達皆以導管包封。
5. **添加劑槽（Additive Tank）**
NaOH添加劑槽位於輔助廠房。槽內容有30%重量NaOH溶液。取樣接頭可隨時取樣分析。此槽通常以氮氣加壓0.14 kg/cm²，以免長期儲存NaOH濃度化性變化。
添加劑經HV-108及HV-208輸至A、B兩迴路之噴吸器，此二閥常在關閉位置，但CSAS訊號產生時會自動打開，且除非添加劑槽過低水位，否則無法手動關閉，這是為確保足夠的NaOH加入CS系統水中。一旦添加劑槽過低水位訊號產生時，此二閥自動關閉，當添加劑壓力超過0.35kg/cm²也會有警報出現。由於添加劑僅在注水階段短期間使用，故不須採用重複設計，添加劑槽只有一個，供A、B兩迴路共用。
6. **噴吸器（Eductor）**

CS泵出口流量約有10%經管路流至"噴吸器，利用噴吸原理，吸取NaOH添加劑，均勻混合後再飼回CS泵進口，泵送至噴灑集管，噴吸器設計能力35GPM。

7. **CS系統**可在平時加以試驗。CS泵自RWST取水，在噴灑集管隔離閥HV-107、HV-207前，有試驗管路回到RWST，添加劑亦可由RWST取代試驗。噴灑集管隔離管隔離閥下游另有試驗管路，可利用有色氣體以試驗噴灑的形狀。

伍.系統運轉

一.起動訊號

1. **手動起動：**（僅起動噴灑泵）
兩個迴路之噴灑泵各有一個起動開關，只要按下所屬開關之起動按鈕即可起動。噴灑泵定期試運轉時才使用。
2. **自動起動：**
 - a. 當有CIS-B信號產生時，兩個迴路之噴灑泵均會自動起動。

二.注水階段（Injection Phase）

注水階段起自CS系統起動，至RWST過低(L-L)水位，CS泵改自再循環集水池取水為止。CSAS訊號使CS起動，噴灑集管隔離閥HV-107、HV-207打開，添加劑閥（HV-108、HV-208）打開，CS泵自RWST取水，混合NaOH後使PH值成為9.0~11後，由噴嘴噴灑出來。添加劑槽過低水位時，此閥將自動關閉。

三.再循環階段（Recirculation Phase）

再循環階段CS泵自再循環集水池取水，噴灑於圍阻體空間後，水又匯集至集水池，如此不斷循環，維持圍阻體空氣溫度於一平衡值。進一步的除熱則須依賴RHR或風扇冷卻器，再循環階段於重置CSAS訊號，且停止CS泵後結束。

四.系統測試

CS泵每季試驗一次，以A串為例，試驗時打開測試管路上之閉鎖閥V031。關閉BK-V011、BK-V013。在主控制室JP004盤上起動CS泵A-P028，RWST之水經由測試管路回流到RWST。各串CS之測試總流量由位於V031、V032下游之限流孔FO-001限制在18.75l/sec左右。噴吸器根據運轉規範，每五年執行流量驗證一次。