

氫氣再結合器

壹. 圍阻體氫氣再結合器

A. 概述

爐心發生失水事故時，由於金屬的腐蝕與水的分解作用會產生氫和氧。氫氣再結合器系統就是將氫和氧再結合成水，以防止圍阻體內大氣中的氫濃度增加，而引起爆炸。氫氣再結合器系統，屬特殊安全設施之一，系統的設計是為了防止圍阻體內，氫氣的濃度超過4%體積比。當事故發生後氫氣的濃度在到達3.5%前，即應現場起動此系統，並將備用系統安置在應有的位置，且於24小時內將其與相關的設備連接。

B. 系統說明

氫氣再結合器系統，在圍阻體內有一進口集管和出口集管二者各具有一電動閥。在輔助廠房有加裝電熱器的管路，手動隔離閥和裝有蓄壓器的氣動隔離閥、取樣管、可搬運的氫氣再結合器及電力/控制（Power/Control）櫃。電力/控制櫃盤面有一個起動和一個停止按鈕、五個狀態顯示燈、一個熱電偶測試連接插座、以及用來測試和校正的連接管。

氫氣再結合器的鼓風機（Blower）以最少50 SCFM的流量率，將圍阻體內含氫的空氣抽到氫氣再結合器經處理後，再將空氣和水汽送回圍阻體，此鼓風機的設計可防止放射性氣體洩漏到大氣。

環繞在反應腔外圍的氣體加熱管，使用電熱器將圍阻體內抽出的空氣加熱到718 °F 並維持這個溫度直到進入反應腔（Reaction Chamber），氫氣即於反應腔內產生結合。

氣冷式冷卻器用來冷卻反應腔出口的高溫空氣和水汽，使回流氣體溫度比圍阻體內大氣的溫度大約高25 °F，冷卻器所用的空氣由安裝在氫氣再結合器基座上的抽風扇，經進氣窗抽取室外的冷空氣，冷卻回流氣體後再由排氣窗排到室外。進氣窗與排氣窗都有防颱風門，這些氣窗、風門、以及相關的管路均為防震一級設備。

電力控制櫃的儀器和控制器，在起動後自動控制21支U型電熱器全功率輸出，將氣體加熱到結合臨界溫度。當氫氣結合產生化學反應熱後，則自動減少電熱器出力，防止反應腔過熱。反應腔的氣體溫度顯示於控制櫃內TC-520（TIC-4）上，氣體流量則必須使用三用電表於盤面的偵測點量測。

圍阻體氫氣再結合器系統，包含了兩組重覆的氫氣再結合單元和電力/控制櫃。

雖然這兩組可搬運的氫氣再結合器，被安置在#1機與#2機的B串位置，但其圍阻體穿越管閥卻是永久性的設施，且都具有重覆性。這種設計使得每一部機組的氫氣再結合器系統，都具有了重覆性。

機組正常運轉時，每一部機都安置一組氫氣再結合器。假如有一部機發生事故時，則另一部機的氫氣再結合器可搬運到發生事故的機組，並安置於預設的位置上做為備用設施。

氫氣再結合器的搬運，須藉起重工具及車輛來完成，需要搬運的設備有氫氣再結合單元、電力/控制櫃、電纜線櫃（內裝各種連接電纜線）。

搬運工作完畢後，氫氣再結合單元和電力/控制櫃應確實的安裝在其個別的基座上，再結合器的進出口管路可藉著可撓性接管與圍阻體穿越管相連，冷卻器抽風扇的進出口法蘭則與預設的通風導管相連，各種電纜則依序裝配完畢。

當氫氣再結合器系統安裝完畢且經儀器人員校正後，即可打開隔離閥將系統置於運轉中或置於備用模式。

氫氣再結合器系統於圍阻體內氫氣的濃度到達3.5%體積比之前，即應手動起動，防止圍阻內發生氫爆。

當壓下再結合器的起動按鈕HS-1（於現場控制盤上），鼓風機和抽風扇即賦能起動，加熱器開始加熱，並將氣體提高到氫氣發生反應的溫度。當反應腔內的氣體溫度上升到679 °F時再結合溫度正常（NORMAL）紅色指示燈亮起，溫度低（LOW）綠色指示燈熄滅，此時加熱器仍以全功率（67.2KW）輸出，直到反應腔內的氣體溫度接近718 °F運轉溫度。當氫氣結合時會放出化學反應熱使得反應腔溫度上升，溫度控制器TIC-4會自動減少加熱器的功率以維持反應腔在718 °F，若所處理的氫氣濃度為4%時加熱器的功率會減至其額定功率的一半以下。

C. 自動動作和警報

1. 以下各關於接到圍阻體隔離閥信號“A”時，會自動關閉：

a. 串A

GT-HV-209 GT-HV-301A GT-HV-317

GT-HV-302 GT-HV-304

b. 串B

GT-HV-402 GT-HV-404 GT-HV-401A

GT-HV-417 GT-HV-305 GT-HV-210

2. 氫氣再結合器

鼓風機、抽風扇和加熱器於起動按鈕HS-1壓下後會自動起動。加熱器則經由TIC-4的控制，自動維持再結合器的氣體溫度於預設點718 °F。

3. 警報

a. 串A氫氣再結合器故障。JP004E-18

b. 串B氫氣再結合器故障。JP004E-19

c. 空氣供給壓力低。JP004D-21

d. 再結合器跳脫（現場控制盤綠色指示燈）

D. 系統起動

1. 確證再結合器的電源供給正常，系統已備用（SYSTEM READY）紅色指示燈亮，電源斷路器已送上。
2. 於再結合器的控制盤內，將反應腔的氣體溫度控制器TIC-4，設定在718。
3. 確認流量的差壓開關傳送器管路隔離閥V1和V2已開啟。
4. 確認再結合器的流量傳送器差壓平衡閥V-13已關閉。
5. 手動打開再結合器進出口閥V-001和-002或V-003和V-004。
6. 於再結合器的控制盤上，將起動（START）按鈕HS-1開關壓下並保持10秒鐘才放手（消除流量及溫度跳脫連鎖信號）起動再結合器。然後依序確證鼓風機和冷卻器風扇已起動，並確證“運轉”紅色指示燈、再結合器“低溫度”綠色指示燈均亮，“系統已備用”紅燈仍亮著。
7. 使三用電錶VDC檔，來量測氣體流量的電壓值。首先旋開熱電偶測試連接插座蓋子，然後將正棒插在N孔，負棒則插在P孔，並調整V-001開度，使電壓指示在 2.5 ± 0.5 伏特，此電壓值即相當於70 SCFM的氣體流量。
8. 當TIC-4控制器溫度指示大於679時，再結合器溫度正常紅色指示燈會亮起，低溫度綠色指示燈會熄滅。
9. 確證當再結合器氣體溫度達到TIC-4的設定點718時，加熱器會自動減少其功率，並維持此設定溫度。

E. 系統正常停機

1. 將再結合器反應腔氣體溫度控制器TIC-4調到260，停止電熱器之加熱，使反應腔溫度下降。
2. 於TIC-4偵測反應腔氣體溫度，當溫度降到260時，將“STOP”按鈕壓下，確認鼓風機馬達和冷卻器風扇馬達停掉，“運轉”的紅色指示燈熄掉。
3. 將TIC-4輕推回原位鎖上螺絲，鉛屏蔽門關好鎖上螺絲，再將控制櫃鐵門關閉。
4. 於JP004按下HS-301A和HS-302按鈕，以關閉串A再結合器的進口管路隔離閥HV-301A和HV-302，並確證其綠色狀態燈亮，紅色狀態燈熄。
5. 於JP004按下HS-304按鈕，以關閉串A再結合器的出口管路隔離閥HV-304，並確證其綠色狀態燈亮，紅色狀態燈熄。
6. 於現場關閉串A再結合器的進出口隔離V-001和V-002。
7. 於JP004按下HS-401A和HS-402按鈕，以關閉串B再結合器的進口管路隔離閥HV-401A和HV-402，並確證其綠色狀態燈亮，紅色狀態燈熄。
8. 於JP004按下HS-404和HS-417按鈕，以關閉串B再結合器的出口管路隔離閥HV-404和HV-417，並確證其綠色狀態燈亮，紅色狀態燈熄。
9. 於現場關閉串B再結合器的進出口隔離閥V-003和V-004。

F. 系統緊急停機及跳脫

1. 將“停機”（STOP）按鈕壓下後，確認鼓風機馬達和冷器風扇馬達停掉，“運轉”的紅色指示燈熄掉。
2. 依正常停機3到9的程序，繼續執行停機。
3. 若MCC斷路器過載跳脫時，“SYS READY”紅燈會熄滅。
4. 若因低流量或高溫度原因引起跳脫，“TRIPPED”綠色燈會亮。