

爐內核儀系統

壹. 概述

貳. 可動爐內偵檢器系統 (MIDS)

參. 爐內熱電偶計

壹. 概述

爐內核儀系統包括可動爐內偵檢器系統(Movable Incore Detector System, MIDS)及爐內熱電偶系統(Incore Thermocouple System)。

爐內儀器系統主要功用是提供偵測反應爐爐心中子通量分佈資料及爐心內預選位置之燃料元件出口溫度，作為熱通道因數之計算。爐內儀器系統還可以提供爐外核儀器的校正，用以偵測燃料元件填放位置的不當或控制棒棒位之校對。

A. 可動爐內偵檢系統分成下列幾部份來討論：

1. 迷你型中子通量偵檢器。
2. 中子通量偵檢器插入系統。
3. 讀數與遙控設備。
4. 氣體清除系統。
5. 洩漏偵檢系統。

B. 爐內熱電偶系統分成下列幾部份來討論：

1. 熱電偶的基本原理。
2. 熱電偶電路的設計與運轉。

貳. 可動爐內偵檢器系統

A. 設計基準

1. 爐內儀器系統的設計必須符合下列條件：

- a. 中子通量偵檢器須能在所選擇燃料元件內進出自如。
- b. 中子通量偵檢器的使用，必須能在控制室操作。
- c. 供給的指示或讀數，必須以軸向中子通量分佈顯示。
- d. 在操作爐內偵檢器時，爐內一次系統邊界之完整性仍可維持。
- e. MIDS必須不妨礙燃料填換操作。
- f. MIDS必須有被隔離之能力。

2. MIDS由5只迷你型中子通量偵檢器組成五個驅動單元，每只偵檢器由各別的中子通量偵檢器插入系統 (Flux Detector Insertion System, FDIS) 來驅動，每只偵檢器能插入預選的燃料元件中，供給控制器讀出爐心某部份的中子軸向通量分佈情形。

B. 組件功能

1. 可動迷你型中子通量偵檢器

- a. 從控制室遙控五只分裂腔偵檢器，將偵檢器插入爐心預選位置，提供部份爐心區域的通量圖形，這些分裂腔內層塗有 U_3O_8 (八氧化三鈾)濃縮度高之鈾-235 (U-235)。偵檢器的外殼是一子彈形，不銹鋼製成焊接於螺旋形驅動電纜前端，螺旋形驅動電纜內部是以不銹鋼為護套的同軸電纜，連接於偵檢器。
- b. 中子使偵檢器內鈾 - 235產生分裂，其分裂產物使在偵檢器內的氫氣游離，游離粒子被偵檢器內的電極吸引而產生電流，其大小與中子通量成正比。

2. 中子通量偵檢器插入系統元件

五組中子通量偵檢器插入系統，分別用以驅動五只中子偵檢器，使其由儲存位置插入到爐心頂部，然後再抽回原來位置，其各別元件說明如下：

a. 驅動元件

- I. 藉一台雙速度可逆同步齒輪馬達提供驅動個別偵檢器的插入或抽出。螺旋驅動電纜吻合在滾齒輪內，電纜可以隨滾齒輪旋轉方向而移動。
- II. 捲軸是一彈簧負荷收緊捲軸，能夠收藏驅動電纜，它具有足夠的收緊力矩，以防止驅動電纜由於速度改變而造成滑動現象。

- III. 鍍金滑環片組固定在收藏捲軸上，捲軸轉動時用以耦合來自同軸電纜偵檢器的電氣信號送到計讀設備。
- IV. 偵檢器位置編碼器固定在驅動箱上，它是由驅動齒輪軸以比例於驅動電纜的速度來帶動。從偵檢器位置編碼器送出的指示和位置控制信號，皆送至各別的偵檢器控制盤。
- V. 每一驅動單元密閉箱內備有一只除濕器，除濕器平常均送電中，其電源與驅動馬達電源分開，目的在驅動馬達喪失電源時，除濕器仍能使用，以防止電纜發生腐蝕現象。

b. **極限開關**

- I. 一只抽出極限開關位於每一個5路切換裝置內側，當偵檢器通過極限開關使其賦能時，此抽出極限開關能提供下列功能：
 - 當偵檢器向外抽出，經過抽出極限開關時，即刻阻止相關的5路和10路切換裝置繼續運轉。
 - 當系統在自動操作過程中，若極限開關動作，即刻阻止偵檢器繼續抽出。
 - 本開關能使偵檢器控制盤上的插入與抽出指示燈賦能，操作員藉指示燈判斷偵檢器位於抽出極限開關的下游或上游。
- II. 安全極限開關：
 - 裝在靠近驅動組件出口部份，抽出極限開關上端。當安全極限開關動作時，不論手動或自動操作均會阻止偵檢器抽出動作。
- III. 一只路徑校正極限開關：供給5路切換裝置與封板間作路徑之校正用。當任一偵檢器插入過程中，這開關動作，使該路徑顯示盤之爐心位置指示燈“亮”。
- IV. 路徑顯示極限開關：
 - 位在路徑切換裝置的出口，當所選定路徑之偵檢器實際到達該開關位置時，在控制盤上之路徑顯示燈“亮”。
- c. **5路旋轉切換裝置：**
 - 用以選擇偵檢器應插入何路徑，這切換設備裝有一S形管固定在筒狀架構上。藉驅動馬達旋轉此筒狀架構，因此S形管可以在選定路徑插入正確位置。
- d. **Y形接頭：**
 - 是固定在五支路徑切換裝置與封板間的中間接管；每一Y形接頭有兩個入口和一個出口，其作用係將兩路徑會合成一條路徑。
- e. **10路徑旋轉切換裝置：**十個路徑的出口備有指示開關，當偵檢器通過開關時，指示開關賦能，路徑指示盤的指示燈亮。若是偵檢器抽出，經過抽出極限開關，則該10路切換裝置不會旋轉。
- f. **中間連接管：**
 - 用以連接驅動單元系統的元件，從五個路徑轉換裝置連接到封板上方的高壓封環。
- g. **手動隔離閥：**
 - 當偵檢器與驅動電纜移出之後，用以封閉套管。封閉之後若是套管破損，則可關閉該閥以防止水從爐心滲漏出；亦可截封正在移動中的驅動電纜。
- h. **導管位於燃料元件之中央位置。**此管連接於燃料元件的頂部與底部管嘴，導管頂端有一小孔，此可防止當爐內儀器在導管移動時水壓增聚。
 - i. **自反應爐壓力槽底部到封板間備有厚壁導管，**導管分別焊接固定在爐槽底部和封板，形成一次系統邊界之延伸。
 - j. **爐內儀器套管於封板處插入導管內。**此支套管具有相當的伸縮性，而且很堅固，足以承受來自一次系統的壓力。在封板上固定一O型金屬封環，用以密封導管與爐內儀器套管之間的空隙，在套管外側與導管內側充有高壓力的一次系統冷卻水，套管內側可使偵檢器進出自如。因此，套管能承受爐水高壓力。另一O型金屬封環是固定裝在高壓封環上方，用以連接其他的儀器套管經過高壓封環時用的。當燃料更換時，因爐水系統已減壓，高壓封環破除；具有伸縮性之儀控套管抽出到導引套管外，直到燃料元件可以移動。

3. **讀數與遙控設備：**

在控制室的MIDS盤面上裝有讀數與遙控設備，可以控制爐內偵檢器的中子通量製圖的操作。可手動或自動操作本系統。本設備包括各偵檢器的遙控開關和讀數盤。另有共用控制盤、路徑顯示盤、配電盤和一特別低階位測試盤。

a. **每一偵檢器控制盤包括下列設備：**

- I. 偵檢器位置指示：
 - 在控制盤上有一數字顯示(0000.0至9999.9)，信號取自驅動部份組件之位置信號傳送器。其數字是代表經抽出極限開關往內插入的長度(以英寸表示)。驅動電纜位置指示燈，用以表示偵檢器在抽出極限開關的內側或外側。若“Withdraw”指示燈亮；表示偵檢器已在抽出極限開關的驅動單元側。若“Inserted”指示燈亮，則表示偵檢器已在抽出極限開關的反應爐側。
 - II. 運轉操作選擇開關：旨在選擇偵檢器離開5路切換裝置的路徑。本開關共有六個位置；分別是OFF、Normal、Calibration、Emergency、Common Group和Storage。
 - III. 路徑選擇開關：用以控制10路旋轉切換裝置，使10路切換裝置旋轉定位於預選的任一條路徑。當10路開關轉到選擇位置時，位置指示燈亮。10路切換裝置只在偵檢器抽出時才會旋轉。
 - IV. 底部和頂部極限設定裝置：用以設定偵檢器在自動操作時，停留在爐心頂部或底部的位置。
 - 這種藉排列插座可變接點的裝置由數支特定長度的針組成，每支針在位值邏輯電路裡編成，從0-9的接點。當到達極限位置時，位置信號編碼器送出信號在Patch Board指示出，且使偵檢器驅動單元停止。
 - V. 指輪開關：
 - 當操作於自動運轉模式時(Calibrate、Emergency、Common Group、Storage)，用以設定偵檢器在爐心頂部和底部極限的停止信號。自動運轉情況下，這指輪開關和位置信號編碼器，共同供給給偵檢器達爐心頂部或底部位置時的停止信號。因此在偵檢器自動運轉之前，必須事先藉指輪設定適當的極限位置。
- b. **每一偵檢器控制盤上附有一偵檢器讀數盤(Detector Readout PNL)，本讀數盤上備有下列的控制開關與指示計：**

- I. 手按開關：
用以送電到偵檢器，當電源賦能時指示燈亮。
 - II. 偵檢器電位調整計：
用以調整偵檢器的使用電壓，這電位計只用在少量電壓調整及偵檢器作校正時幫助繪一平台曲線。藉本曲線可決定偵檢器的適當運轉電壓。
 - III. 偵檢器電壓錶：
提供偵檢器使用電壓指示)。
 - IV. 偵檢器電流錶：
指示偵檢器輸出電流，藉階段開關來選擇電流錶的指示範圍。
 - V. 偵檢器電流階段開關：
可依電錶的刻度適當調整。
 - VI. 記錄器信號調整器：
係一與偵檢器輸出電流錶串聯之多轉電位計，流經本電位計的信號分別傳送到雙筆記錄器和廠用計算機，這電位計供作偵檢器間互校用。
 - VII. 輸出信號之選擇開關：
本開關備有兩個選擇位置，當選擇開關置於"Recorder"位置時，偵檢器的輸出信號將傳送到廠用計算機。若選擇開關置於"External"位置，則偵檢器的輸出信號送到電流錶的最低刻度讀數設備。
 - c. **三只雙筆記錄器：**
用以將偵檢器的輸出信號，繪製在記錄器上。在圖表紙上每移動1吋，相當於偵檢器移動10吋。各只記錄器均由盤面前端的兩只開關來操作。一只開關供給記錄器電源；同時當按下掃描或記錄按鈕時，CHART即自動起動，另一開關作為手動起動CHART用。
 - d. **路徑顯示盤：**
顯示整個爐心位置佈置圖，可動偵檢器可插入爐心的每一選定位置且備有指示燈。當偵檢器接觸到10路徑旋轉切換裝置外側的指示開關時，指示燈亮。
 - e. **共同控制盤：**
本盤的主要功用係用以選擇運轉模式，使用的驅動單元以及控制偵檢器插入或抽出。茲將各控制開關的功用說明如下：
 - I. 自動手動選擇開關：
若開關選在自動位置，則驅動馬達之運轉由插入掃描、記錄與抽出按鈕來控制。若開關選在手動位置，則驅動馬達之運轉由插入 - 抽出選擇開關和高低速選擇開關控制。
 - II. 驅動選擇開關：
係用以選擇使用那一個驅動馬達。為防止兩偵檢器進入同一路徑，如果有任一偵檢器"操作選擇開關"位置與其他有相互衝突時，則有一並列運轉切斷邏輯電路會將所有驅動馬達失電。
 - III. Insert按鈕：
只能在自動模式操作，將選定的偵檢器以高速插入爐內，直到指輪設定的爐心底部極限為止。
 - IV. Scan按鈕：
只能在自動模式操作，將選定的偵檢器以低速插入爐心，直到偵檢器到達爐心頂部極限為止。當按下此按鈕將同時起動選定偵檢器之記錄器。
 - V. Record按鈕：
只能在自動模式操作，將選定的偵檢器以低速從爐心頂部抽出，直到偵檢器到達爐心底部極限為止。當按下此按鈕將同時起動本偵檢器之記錄器。
 - VI. Withdraw按鈕：
只能在自動模式操作，將偵檢器以高速抽出，直到偵檢器回復到抽出極限開關為止。
 - VII. Insert - Withdraw開關：
用於手動操作模式，若開關在OFF位置，雖在手動操作模式，驅動馬達仍不會運轉。若開關在Insert位置，則驅動馬達以選定的速度插入偵檢器，直到開關位置改變。若開關在Withdraw位置，則驅動馬達依選定的速度抽出偵檢器，直到選擇開關的位置更換或偵檢器與安全極限開關接觸為止。
 - VIII. Speed開關：
在手動操作過程中，用以選定驅動馬達的運轉速度高速是72呎/分（21.95M/分），低速是12呎/分（3.66M/分）。
 - IX. Computer開關：
在ON位置時，把偵檢器的信號送到計算機運作。
 - f. **配電盤：**
包括有驅動單元、除濕器和系統控制電源的斷路器，本盤亦包括有洩漏偵檢器系統的聲響警報、指示燈和復歸按鈕。
 - g. **低階位測量控制單元：**
係用在需做特殊測量，且偵檢器輸出電流信號小於5微安培時，本單元由蓄電池底板、微安培錶、微微安培電源等三塊模板組成。正常運轉時本控制單元置於"OFF"位置。
4. **氣體清除系統：**

供給CO₂ 氣體到套管，以防止曝露在含有水汽空氣中的套管壁發生腐蝕現象。CO₂鋼瓶供給的CO₂經過調壓閥、流量表和電磁閥到系統。當偵檢器抽出時電磁閥打開，則CO₂ 氣體注入安裝有5路和10路切換裝置的半空氣封室。當偵檢器完全抽出後，則電磁閥關閉。

5. 洩漏偵測系統：

若爐內套管（Incore Thimble）發生洩漏時，會發出警報。若有爐水洩漏到任一爐內套管時，藉圍阻體內洩漏偵測系統或輻射偵測系統偵測出。同時，若偵檢器很難插入時，亦可用來判斷套管洩漏。當發現洩漏時，可由路徑指示開關位置，檢視那一根套管洩漏。小洩漏發生時，可藉用手觸摸感測封板與隔離閥之間的套管。溫度較高的套管，很可能發生洩漏。當察知洩漏量小的套管存在時，可以手動關閉隔離閥，大量洩漏發生時，須依規定置機組於冷停機狀態做檢修。

參. 爐內熱電偶計

A. 熱電偶基本電路

1. 熱電偶是由兩種不同金屬線彼此接合在一起組成。接出二點稱為接合點。兩種不同金屬線接在一起，接合點就有電位產生。其大小和接合點之溫度差成比例。

B. 爐內熱電偶系統

1. 本廠利用熱電偶預先定位在所選定爐心位置，用以度量燃料元件出口端的冷卻水溫度。所用兩種熱電偶材料是克羅鎂、鎳鋁鎂。
2. 熱電偶金屬線從反應爐延伸到參考接線箱內。在箱內熱電偶與銅延伸線連接。而這參考點接線箱位於封板室外面。接線箱內的溫度藉電熱器保持在71。
3. 熱電偶路徑排定及密封裝置：
熱電偶器是密封裝置在不銹鋼護套內。這些護套可沿著導管將熱電偶終端插入所選定爐心位置。從爐心到密封裝置，全程均是導引管的延長。而導管的支撐，在反應爐壓力槽與內部系統另有詳述。
反應爐壓力槽爐蓋有三個熱電偶專用之儀器孔道，導管可沿向穿過其中之一孔道。而每一熱電偶導引管，則密封在壓力槽爐蓋儀器孔道突出之熱電偶支柱內。

C. 爐內熱電偶控制箱

係位於爐核儀器盤上，這箱上有熱電偶感測的信號，送到多接點且精密的溫度指示器。一次只容許利用一只熱電偶來測量，在前盤備有選擇開關用以選定所要讀出的熱電偶號碼，另一選擇開關用以選擇低溫或高溫不同之刻度之測量電路，熱電偶之輸出信號亦送至廠用計算機內。