

核一廠一號機降載解聯檢修主變壓器事件

核 能 管 制 處
九十年五月二十八日

一、緣由

核一廠一、二號機組之設計額定出力各為 636MW，發電機發出電力由主變壓器提昇電壓後，再經開關場 345KV 輸電線路輸出至電力系統。主變壓器係採強制油循環風扇冷卻，循環絕緣油經油路完成冷卻功能後，回流至收集油槽中，此油槽係做為主變壓器內絕緣油熱脹冷縮之緩衝空間，因此亦稱為膨脹槽，槽內分為南、北兩側，於入口處各裝置一個空氣袋，平時充灌氮氣，其目的為隔離絕緣油與空氣接觸，亦作為絕緣油熱脹冷縮之緩衝。於油管路上另裝置一只布氏電驛（詳請參考圖一示），該電驛之功能為偵測油路中異常氣體之含量（包括主變壓器異常高溫致使絕緣油劣化，產生異常氣體增加），經累積至 400C.C.即產生警報信號，警示主發電機可能發生異常狀況，運轉員必須採取必要改正行動，當異常氣體大量產生時，使油流速增快，將自動引動 86GP 差動電驛，跳脫主發電機，作為保護主變壓器之一環。

二、事件說明

核一廠一號機 4 月 23 日 13：15 主變壓器布氏電驛第一段警報

出現（布氏電驛動作說明如圖二），經維護人員處理復歸後警報仍間歇性出現，電廠決定降載並進行下列查驗工作，以確認警報出現原因。

- 1.主變壓器排氣顏色觀察及取樣分析：排氣顏色透明無色，顯示為外來氣體。前後四次分析結果約 96%為氮氣，4%為氧氣，沒有氫氣，數據顯示可初判為膨脹槽之空氣袋有洩漏情形。
- 2.分別隔離主變壓器南北兩側膨脹槽觀察氣體產生情形，先隔離南側觀察北側約 7 分鐘氣體產生量已達 80c.c.(由視窗油位研判)，再隔離北側觀察南側約 15 分鐘達 80c.c.，顯示北側膨脹槽效果較差。
- 3.收取主變壓器絕緣油樣品送化驗分析，化驗結果亦顯示油中氮氣含量增加率偏高。

由以上三項查驗結果，初步判斷為主變壓器膨脹槽的空氣袋（內部灌氮氣）有洩漏情形。由於需機組解聯情況下才能檢修，核一廠決定機組於 4 月 24 日 09：42 解聯，進行深入查驗及檢修工作。

核一廠一號機於 4 月 27 日完成主變壓器空氣袋之更新工作後，機組於 4 月 27 日再起動併聯發電，5 月 21 日絕緣油取樣分析結果，油中氮氣含量又逐漸上昇，電廠研判除空氣袋外尚有其它組件設備

洩漏，導致空氣漏入，為安全起見，機組於 5 月 23 日已再度停機進行詳細檢查，預計八天完成檢修；目前電廠進行之重點檢修作業及檢修狀況如下：

1.	南北膨脹槽查漏	已完成
2.	第一次內部檢查	已完成
3.	第二次內部檢查複檢	已完成
4.	有滲油之絕緣油冷卻器更換	已完成
5.	本體洩漏測試及查修	已完成
6.	絕緣油過濾	已完成
7.	抽真空及注油	待執行
8.	功能測試	待執行
9.	系統恢復	待執行

三、肇因確認

一般類似此中大型變壓器，可由定期分析絕緣油中的不同氣體含量來判定變壓器之運轉狀況，包括一般氣體如氧（ O_2 ）、氮（ N_2 ）、二氧化碳（ CO_2 ），及故障氣體如 C_2H_4 ...等，本次氣體異常者為氮氣 N_2 ，代表有空氣或氮氣漏入變壓器內。

一般小型或早期設計之變壓器容許空氣或氮氣與絕緣油接觸，但電廠所使用之變壓器係新設計類型，採絕緣油與空氣隔離設計，有防止絕緣油氧化，並增長壽命之優點；在主變壓器內絕緣油管路上所裝設之布氏電驛，是偵測主變壓器是否異常之重要設備，在原始設計目的上，會造成布氏電驛警報動作的可能原因有下列數項：

- 1.發生絕緣不良。
- 2.渦流過大而導致矽鋼片層間絕緣或鐵心絕緣劣化。
- 3.電氣接頭接觸不良。
- 4.線圈之局部過熱。
- 5.帶電體與主變外殼間絕緣不良之放電現象。
- 6.膨脹槽之空氣袋洩漏氮氣或空氣進入絕緣油。
- 7.其它組件洩漏造成空氣進入絕緣油。

核一廠 4 月 24 日將一號機解聯後，檢查主變壓器南北兩側膨脹槽及其空氣袋，檢查結果發現有以下二項異常現象：

- 1.北側空氣袋塌陷（如附圖三）。
- 2.人孔法蘭（flange）有鏽蝕破洞漏氣。

電廠根據前二項查驗結果判斷，北側膨脹槽空氣袋異常及人孔法蘭有鏽蝕破洞，空氣袋中的氮氣加上外部空氣滲入主變壓器絕緣油中，致使位於主變壓器高點的布氏電驛，收集到的氣體累積氣體量至警報點（400cc）而動作警報。另外布氏電驛若偵測到氣體快速產生並伴隨有高速油流量時，即會動作保護迴路並跳脫發電機，以

確保機組設備安全。

核一廠 5 月 23 日將一號機再度解聯停機後即進行主變壓器內部檢查及測試工作，查驗至今，初步發現十只絕緣油冷卻器中有四只冷卻器疑似漏油現象，判斷有外界空氣由此滲入主變壓器絕緣油中，導致油中含氮量持續偏高，為避免氮氣含量過高引動布氏電驛警報，除先將漏油之冷卻器予以更新外，另將特殊材質之止漏填充劑注入十只冷卻器中予以補強，防止再度漏油；後續之查驗及功能測試仍持續進行中，預計近日內即可完成。

四、核能安全評估

主變壓器功能係提昇發電機發出電力之電壓，再經開關場 345KV 輸電線路輸出至電力系統，假設主變壓器因為故障而出現第一段警報，加上第二段跳脫信號時將會自動引動 86GP 差動電驛，跳脫主發電機並急停反應器(若負載大於 30%)；主變壓器係位於汽機廠房外側之發電設備，與反應器廠房尚有一段距離，即使其發生故障，結果是造成機組停止發電，應不致影響反應器之安全。

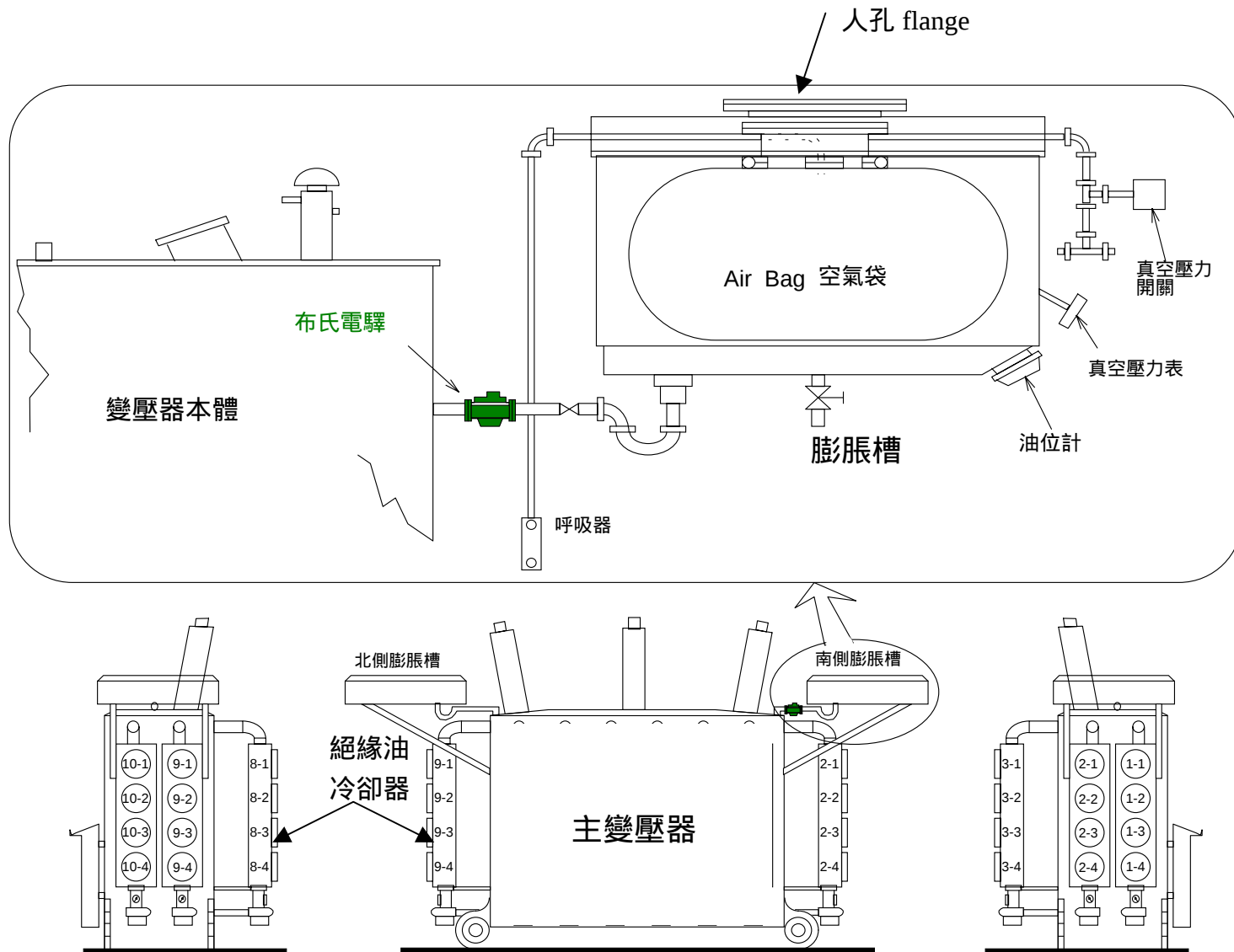
五、結論與後續處理事項

1. 本次核一廠一號機主變壓器布式電驛動作原因係氮氣空氣袋

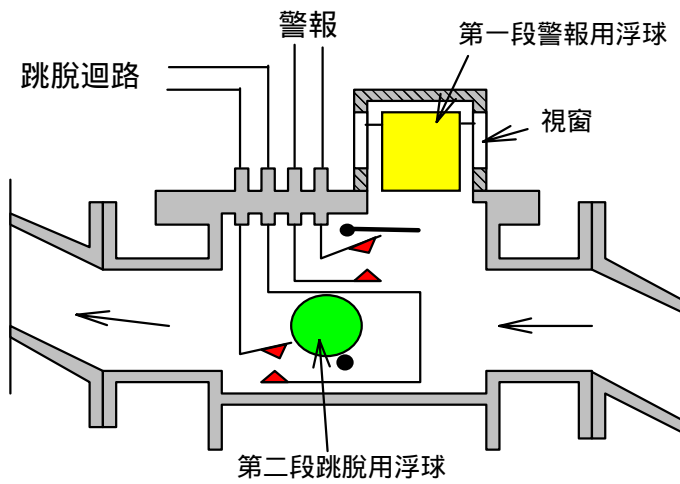
破損所致，純係發電設備之故障，未影響反應器安全。至於 5 月 23 日一號機再次解聯停機，主要目的係為解決主變壓器絕緣油含氮量偏高問題，初步查驗發現有四只絕緣油冷卻器有漏油現象，已先予更新，至於是否還有其他組件有洩漏情形，電廠仍在持續查驗測試中。

2. 本次事件後，核一廠已於一號機主變壓器裝設線上偵測設備，並密切監視主變壓器運轉狀況。

註：以上內容若有疑問可電洽 23634180 轉 342 劉先生

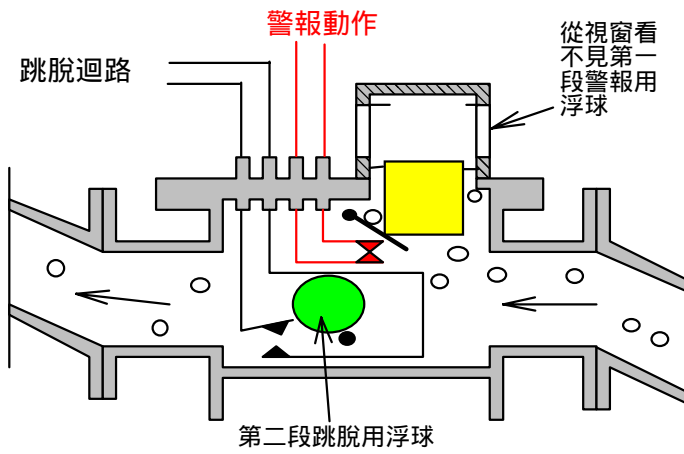


圖一 核一廠主變壓器構造簡圖



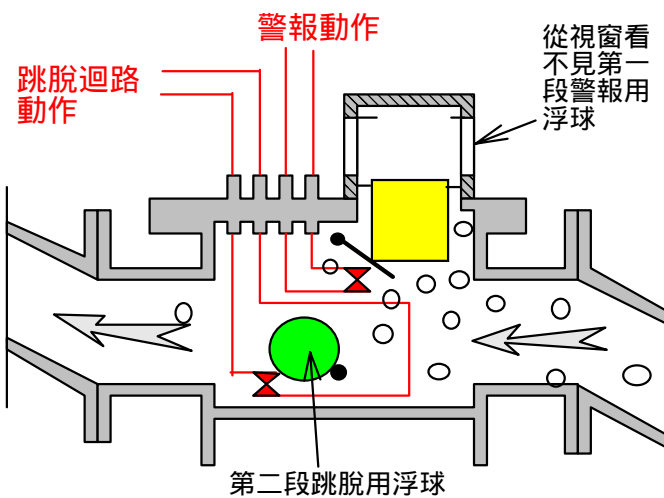
正常情形

← 主變壓器



第一段警報

← 主變壓器

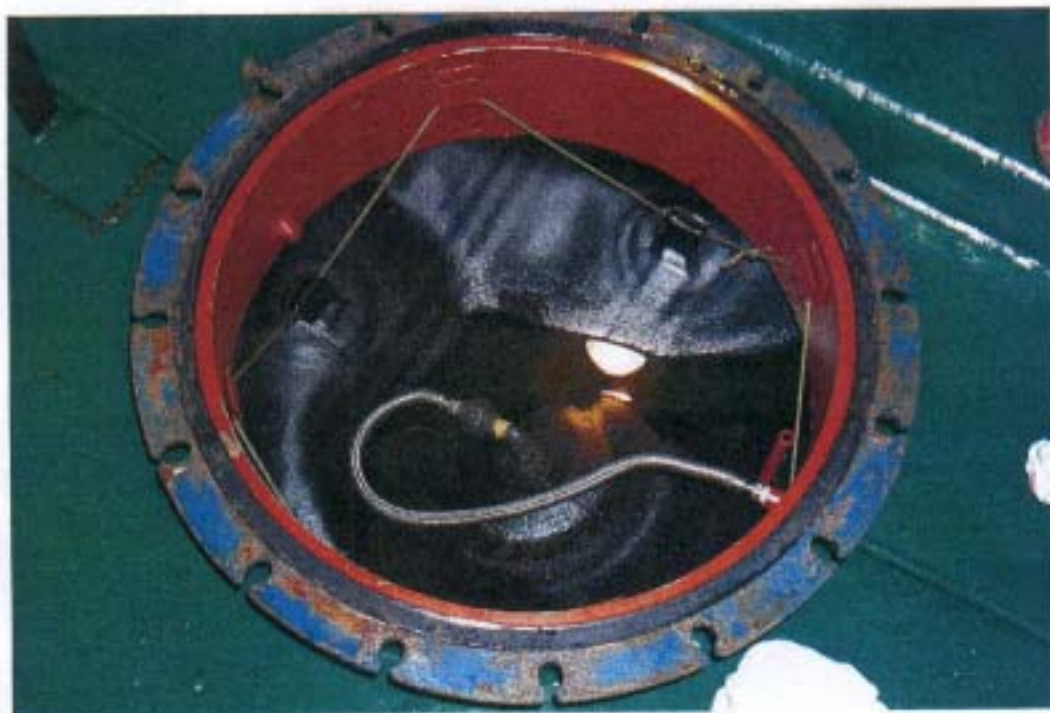


第一段警報 +
第二段跳脫

← 主變壓器

圖二 布氏電驛動作原理

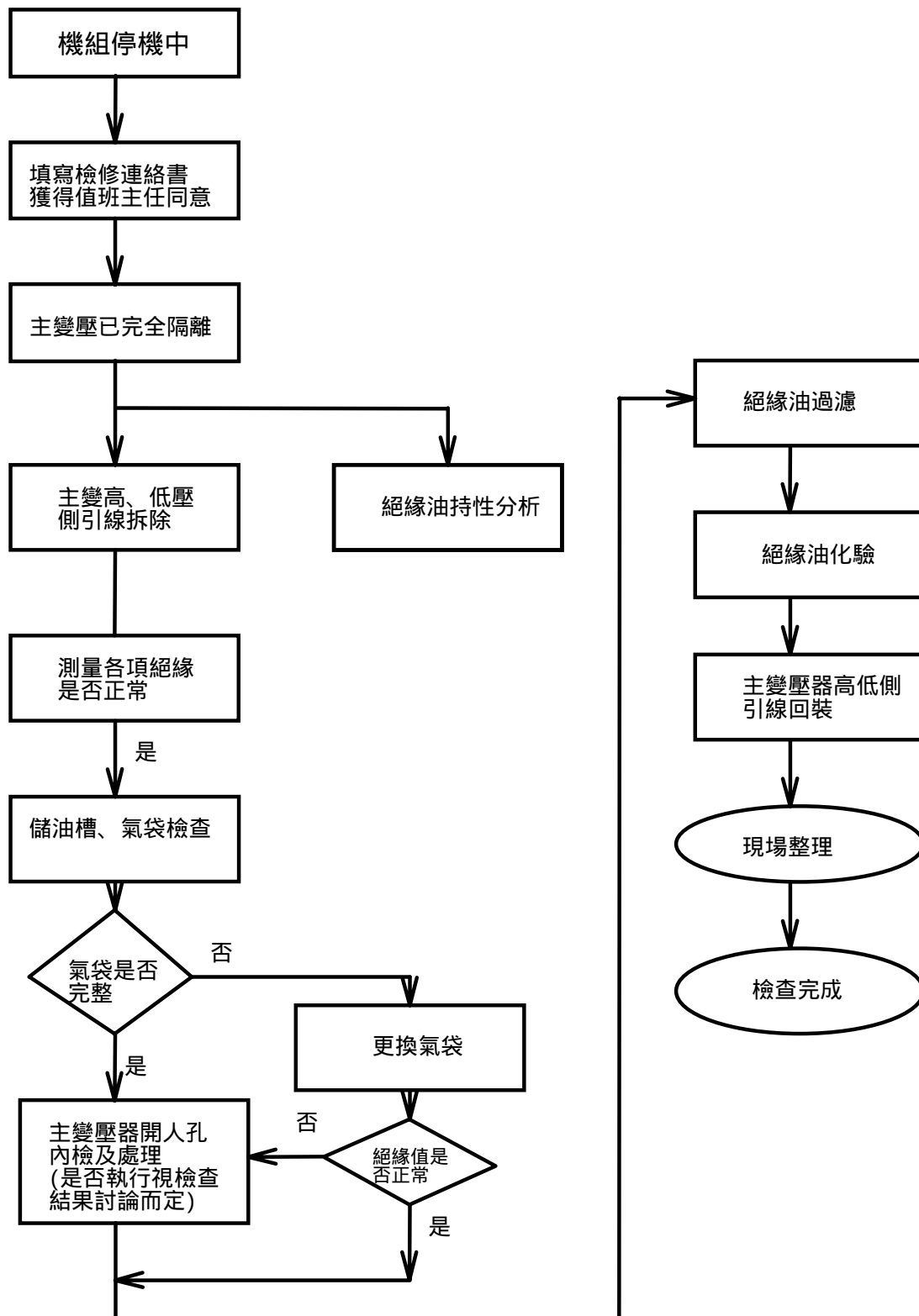
附件 三



【主變壓器北側膨脹槽空氣袋異常塌陷】



【主變壓器南側膨脹槽空氣袋正常膨脹狀】



圖四 核一廠一號機主變壓器檢修流程