

NRD-LM-95-10

主題視察報告

核四廠中壓開關箱安裝前視察報告

報告人：許明童

行政院原子能委員會核能管制處

中華民國 95 年 8 月 23 日

目 錄

壹、前言.....	1
貳、核四廠電力系統之概述.....	2
參、核四廠中壓系統之裝甲開關箱概述.....	3
肆、核四廠裝甲開關箱安裝前作業查證.....	5
伍、結論.....	10
照片一~七.....	11
附件一 核四廠電力系統單線圖.....	15
附件二 核四廠 4.16kV 裝甲開關箱設計圖.....	16

核四廠中壓開關箱安裝前視察報告

壹、前言

核四建廠過程中，在歷經核四再評估、停建及復工等諸多不利因素影響下，雖然造成整體工程延宕，但在各方矚目下，於去（94）年完成一號機反應爐壓力容器吊裝作業，使核四工程邁向新的里程碑，象徵核四將進入主體機電工程之安裝作業。同時台電公司並擬訂下一個重要目標為96年7月進行161kV系統加壓，為達成此目標，除了廠房土木結構工程外，機、電、儀設備亦需配合相關之安裝時程，故儀、電設備將陸續交運至核四工地。核四電氣設備之中、低壓電氣盤面，在歷經採購之爭議過程後，最後均由法馬通（Framatome ANP）公司得標承製。經由廠家設計、送審及製造完成後，於今年4月第一批低壓配電盤之馬達控制中心（Non-Class 1E Motor Control Center）順利運抵核四工地；另，安全級4.16kV中壓電氣盤部份，亦於5月底運抵核四，其餘盤面將配合後續施工之時程分批交運。為配合設備安裝作業時程，核島區電氣安裝工程於去年9月由榮電公司得標，其他廠區（含汽機島區）電氣安裝工程則於今年初由開立公司得標，目前安裝廠家正進行品保方案、程序書及材料型錄等送審中，並將於10月份展開電氣設備安裝工程作業。由於本批交運之中壓電氣盤面原為配合反應器廠房EL.12300mm樓層封板作業，提前運抵核四工地，致使該批設備之品質文件尚未送達。故本次主要針對中壓電氣盤面倉儲期間之維護保養、安裝程序書及安裝前之準備作業等項目進行了解。

貳、核四廠電力系統概述

核四廠電力系統依電壓等級可分為超高壓（345kV）、高壓（161kV）、中壓（13.8kV、4.16kV）及低壓（480V、220V）等系統。電力系統主要設備裝置於開關場區、主變壓器區、開關設備廠房、輔助燃料廠房及反應器廠房等區域。開關場區分別為345kV GIS設備室、161kV GIS設備室及控制室等組成，開關場匯流排之設計：345kV系統採用高可靠度之1-1/2匯流排；161kV系統則採用雙匯流。主發電機額定輸出電力為1350Mwe，經隔相匯流排（Isophase Bus）由主變壓器升壓到345kV後併入系統，345kV系統則各以二迴路輸送至龍潭超高壓變電所及深美超高壓變電所與電網系統併連；161kV系統藉由二迴路輸電線與電力網併連，一路輸送至核四廠鄰近之澳底變電所，另一路經由南港-坪林線至坪林變電所併入系統（[附件一](#)）。

廠外電源包括由電力網、開關場相關設施、主變壓器、機組輔助變壓器（Unit Auxiliary Transformer, UAT）、備用輔助變壓器（Reserve Auxiliary Transformers, RAT）及主發電機與發電機斷路器等組成。廠內用電由345kV或161kV經變壓器（UAT或RAT）降壓至13.8KV系統（2組13.8KV Power Generation Bus, PG Bus），以及4.16kV系統（3組4.16kV Plant Investment Protection Bus, PIP Bus）。再經由上述Non-Class 1E之設備提供正常優先電力或替代優先電力供Class 1E中壓開關設備使用。

安全系統設備之電源包括有每一機組自有三區（div I、
、
）之獨立

電源及兩部機組共享之第 0 區電源，故每一機組可分成四區，且四區彼此之間互為獨立。為確保 Class 1E 電源之可靠及穩定，每一自有獨立電源區有 4 組電源供電，其可分為：

(1) 由 345KV 系統經每部機組各 3 具機組輔助變壓器(UAT)降壓至 4.16kV 提供 Class 1E 匯流排。

(2) 由 161KV 系統經由 2 具備用輔助變壓器 (RAT) 降壓至 4.16kV 提供 Class 1E 匯流排。

(3) 每一 Class 1E 匯流排均有一部緊急柴油發電機 (EDG)，當外電喪失時提供電源。

(4) 由兩部機組共用之緊急柴油發電機 (SEDG) 供電。

由上所述核四廠每部機組之廠內電力系統可分為：(1) 非安全系統之 2 組 13.8kV PG Bus，主要提供電廠起動、正常運轉及正常停機時，維持電廠運轉所需之負載；(2) 非安全系統之 3 組 4.16KV PIP Bus，為除了喪失廠外電力以外之其他各種運轉及停機狀況下，提供必須維持輔助性或服務性負載之電源；(3) 4 組 4.16KV Class 1E Bus 提供電廠安全系統設備之使用電源。

參、核四廠中壓系統之裝甲開關箱概述

核四廠中壓電力系統係由 13.8kV 及 4.16KV 之裝甲開關箱 (Metal Clad Switchgear, MCSG) 所組成，分別裝置於反應器廠房、輔助燃料廠房及開

關場房等廠房設備室。Class 1E 4.16kV 裝甲開關箱，則裝置於反應器廠房地面下一樓(EL.4800mm)、反應器廠房地面上三樓(EL.23500mm)及輔助燃料廠房地面樓(EL.12300mm)等樓層；其餘Non-Class 1E 裝甲開關箱，則裝置於開關場房地平面上二樓(EL.22300mm)設備室。核四廠中壓盤面計有13.8KV 2000A 裝甲開關箱，每部機有4盤；Non-Class 1E 4.16KV 3000A 裝甲開關箱，每部機有3盤；Class 1E 4.16KV 裝甲開關箱(1200A及3000A各有3盤)，每部機有6盤，以及兩部機共用有1盤，故兩部機共計有27盤，中壓斷路器共約計有441套。

核四廠採用箱體分成上、下兩層斷路器之裝甲開關箱，主要包含有真空斷路器(Vacuum Circuit Breaker, VCB)、匯流排(Bus)、比壓器(Potential Transformer, PT)、比流器(Current Transformer, CT)、保護電驛及操作機構等組成。係依據奇異公司提供「31113-OR11-3102 Switchgear Adjusted Symmetrical Fault Rating Calculation」、
「31113-1R11-3104 Medium Voltage Switchgear Bus Size Verification Calculation」、
「31113-1R10-3103 System studies, load flow, voltage regulation analysis」及「31113-1R11-3105 CT Ratio Calculation for Medium Voltage Switchgear」等計算書之需求採購。真空斷路器之主要任務為啟、閉正常負載電流及故障電流，為有效抑制斷路器在啟斷時產生電弧，真空斷路器係利用載電離子有較長之平均自由行程進行消弧。PT及CT主要提供儀表量測及保護電驛之使用。另，保護電驛係採用奇異公司製造之數位保護電驛SR 750/760(Feeder Management Relay)及469

(Motor Management Relay) 等型式，以確保發生事故時，保護相關之電力設施。

為確保裝甲開關箱安裝作業之品質，箱體之主要檢測項目有基礎埋件與箱體間之銲接固定、接地線、匯流排接頭、匯流排之絕緣電阻、比壓器、比流器及高電壓耐壓等功能測試。真空斷路器部份，則有主接觸子之接觸電阻值、三相開閉時間、真空度、高電壓耐壓等測試項目。廠家維護說明書對於斷路器接觸電阻值、三相跳脫與閉合時間及真空度等均有詳加規範。另，對於高電壓絕緣耐壓測試，廠家並提供建議之量測電壓值為 AC 14kV/DC 20kV，且若採用直流量測時，則禁止使用半波整流之高壓產生器進行測試。

肆、核四廠裝甲開關箱安裝前作業查證

核四廠第一批中壓電氣盤(安全級4.16kV)於今年5月運抵核四工地，依施工處的規劃與配合土木工程之進度，預定於10月由安裝承包商榮電公司進行現場安裝作業。本批設備之額定電壓為4.76kV、額定電流為2000A/1200A、額定啟斷容量350MVA或49KA，由14組箱體、20具真空斷路器(含3具備用)及5具比壓器(含1具Bus PT)等組成(附件二)。由於目前尚未進行安裝，且榮電公司安裝程序書及相關文件仍送審中，本次視察主要以設備倉儲期間之維護保養、施工處之安裝程序書及安裝前準備作業等進行了解。

(一) 設備倉儲期間之維護保養

中壓電氣盤面依據廠家說明書對於未安裝前之裝甲開關箱，必須開箱檢查，並儲存於屋內且有防潮設施（使用電熱器）之場所。目前運抵工地之 4.16KV 1R11-MSWG-000A4 電氣盤儲存於單身宿舍旁之鐵皮屋倉庫，盤面之電熱器並依規定加壓以防潮。施工處於 7 月初開箱檢查（[照片一、二、三、四](#)），截至目前仍進行 CT 接線及 CT 短路線等項目之檢查，因該部份涉及箱體間跨接，且 CT 接線亦涉及日後施工人員之安全，故施工處對核對 CT 接線格外謹慎。對於開關箱拆箱檢查後發現有：（1）開關箱（編號 1B、5B 及 14A）之設備移至測試位置時，隔離板（Shutter）無法動作（[照片五](#)）；（2）電氣盤之底部銲接於基礎底板上有 10~12 處，其中有 4 處須使用銲接配件（Weld Square），尚欠缺 48 只銲接配件。另外，本批設備缺特殊工具，致使斷路器無法移出檢查開、閉之功能，該部份將俟下批運抵之設備再一併檢驗。上述缺失施工處已函請製造商改善，其他如開關箱之整體外觀、接線及電熱器等組件均良好。

第一批中壓電氣盤面運抵核四工地，施工處及承包商執行開箱檢驗後，並依「LMP-MTP-007 器材儲存及保養管制作業程序書」建立倉儲期間維護保養作業。電氣課依據程序書 6.1 節提出器材儲存期維護工作指引，送品質課審查，以作為儲存期器材與設備維護之用。主要維護項目為每月查驗乾燥用加熱設備是否正常送電使用中、周圍環境之整潔與乾燥及防塵覆蓋物之使用等項目。由於該批設備於 8 月初拆箱檢驗完成，器材儲存期維護工作指引亦同時由品質課審核通過，故尚未展開儲存期間之維護

保養作業。惟拆箱檢驗期間，電熱器均已正常使用中。

因核四工程延宕，在設備陸續交運至工地，造成倉儲容量不足，並對施工處造成極大壓力，為配合中、低電氣盤面及儀控盤面等設備之交運時程，施工處為加速完成倉庫之興建啟用，於倉庫底部需以磚砌部份改採用鐵皮方式興建，雖可縮短倉庫興建期間，但衍生週邊排水系統不佳之問題。若遇豪雨，倉庫內易造成積水現象，電氣盤面雖以枕木墊高，但對於儲存環境已不符 B 級之要求。對於上述問題，材料課表示已請建築課儘速進行發包改善。另，倉庫地板為一般水泥地板，周邊單身備勤宿舍及倉庫仍持續興建中，造成倉庫室內灰塵較為嚴重，雖以運送之鋁箔包裝覆蓋防塵，但仍可能對電氣盤面造成影響，該部份施工處將加強吸塵作業，以降低灰塵附著於電氣接觸面。

（二）施工處之安裝程序書

查閱施工處關於中壓電氣盤面安裝程序書之部份，目前已撰寫並發行之程序書有「LMP-ELD-007 接地與避雷系統檢驗作業程序書」、
「LMP-ELD-019 電氣工程檢驗作業程序書」、「LMP-ELD-020 電氣絕緣設備測試查證程序書」、「LMP-ELD-021 電纜終端接續檢驗程序書」、
「LMP-ELD-024 高壓裝甲開關箱安裝檢驗作業程序書」、「LMP-ELD-025 保護電驛設定和電氣儀表測試查證作業程序書」及「LMP-ELD-026 高低壓斷路器安裝檢驗作業程序書」等相關程序書。前述程序書係提供建立高低壓電力斷路器安裝前、施工中及完工後之檢驗作業程序，以查證各項作業均

符合施工說明書、工程規範、設計書、廠家說明書、作業程序書及標準等相關之規定，以確保安裝品質。

查閱「LMP-ELD-026高低壓電力斷路器安裝檢驗作業程序書」中，對於真空斷路器檢查項目之一為「以機械方式測試真空情形」，依據廠家說明書真空度之量測係以斷路器兩端加高電壓，量測漏電流方式（該方法為目前量測真空度業界使用之方法），以判斷真空度之優劣。廠家並未提供以機械方式測試真空度之方法，該部份施工處確認後，表示將修訂程序書。施工處目前發行之程序書，應能涵蓋中壓電氣盤面安裝作業範圍。由於盤面製造商之安裝說明書遲至6月份提送施工處參考，造成安裝承包商榮電公司撰寫之安裝程序書，目前尚在審查中。雖然安裝程序書仍在審查中，但各製造商之盤面安裝方式均雷同，故不致對後續施工及備料造成影響。

（三）安裝前之準備作業

施工處為配合161kV系統加壓時程，預定於本年10月份進行現場安裝作業。電氣設備進場安裝之環境，施工處電氣課之最低要求為設備基礎、牆面油漆及搬運路徑等均能完成下，進行電氣盤面安裝作業。安全級中壓電氣盤面裝置於反應器廠房EL-4800mm之樓層，目前該樓層3間設備室尚有部份工程未完成，如樓板有積水現象、牆面粉刷未完成、空調風管系統尚未安裝及設備基礎未施作等（[照片六](#)、[七](#)），上述除了施工處須加速完成外，還有奇異公司尚未發行之設備基礎圖面，造成設備基礎無法施作之外在因素。若能

順利克服，應不致影響10月份安裝之時程。對於設備搬運之路徑，施工處經現場勘查、丈量尺寸後，確認搬運路徑將不會影響設備之吊運。

中壓電氣盤面之基礎安裝，在Non-Class 1E電氣盤之底部銲接於基礎板上，每一盤面共有6處；Class 1E電氣盤部份，則每盤須銲接10處，前、後盤則有12處。針對電氣盤底部銲接作業之銲工，施工處要求需符合相關銲接人員資格。承包商並將對施工人員進行訓練及考核，以符合銲接人員之資格要求。電氣盤面現場安裝施工之檢驗，除了外觀與銲接外，主要係以電氣試驗與功能測試等方式，以確認安裝施工之品質。電氣試驗與功能測試係由承包商執行，依據電氣設備試驗項目，承包商須備有低阻計、接地電阻計、高阻計、Hi-Pot、週波計及功率因數(Power Factor)計等設備。依國內廠家對於上述量測儀器之使用，除功率因數計外，其餘儀器之使用承包商應能駕輕就熟。至於功率因數計或其他量測儀器，若承包商無法勝任時，施工處將委請台電電力綜合研究所、供電處或電力修護處等單位協助。故電氣量測部份，對安裝工程應不致於造成影響。

另，對於可能影響中壓電力系統之運轉，除電氣盤面之基礎安裝與電氣試驗外，還有系統之保護協調，若設計不佳，可能影響機組日後運轉之可靠度與安全性。核四廠保護電驛採用微處理機之數位保護電驛，依施工處「LMP-ELD-025保護電驛設定和電氣儀表測試查證作業程序書」中承包商僅負責保護電驛之拆卸搬運及安裝等項目，對於保護電驛之設定，係由台電公司自行施作。由於保護電驛設定良窳，影響日後電力設備之運轉甚

鉅，且奇異公司已將陸續提送相關電驛之計算書，供台電公司設定之參考。對於未來保護電驛計算書之審查及設定，將由核四廠與台電相關部門（供電處、電力修護處或電力綜合研究所等）協調後，再確定保護電驛施作之方式與界面。

伍、結論

核四廠電氣安裝作業將於 10 月份展開，對於電氣盤面運抵核四工地時，相關之品質文件及特殊工具並未隨設備運送，故造成拆箱檢驗之不便，且設備即將至現場安裝，若有問題恐影響安裝之作業時程。盤面安裝作業部份，由於國內廠家對於電氣盤面之安裝，並非新技術且均有相當經驗，故電氣盤面安裝應不致於衍生其他問題。此外，核四廠於建廠期間將參與保護電驛之協調與設定，藉由台電相關部門之經驗，將可提升電廠對保護協調更深一層之認識，有助於電廠未來之運轉與維護。



照片一：4.16kV 裝甲開關箱拆箱檢驗（一）



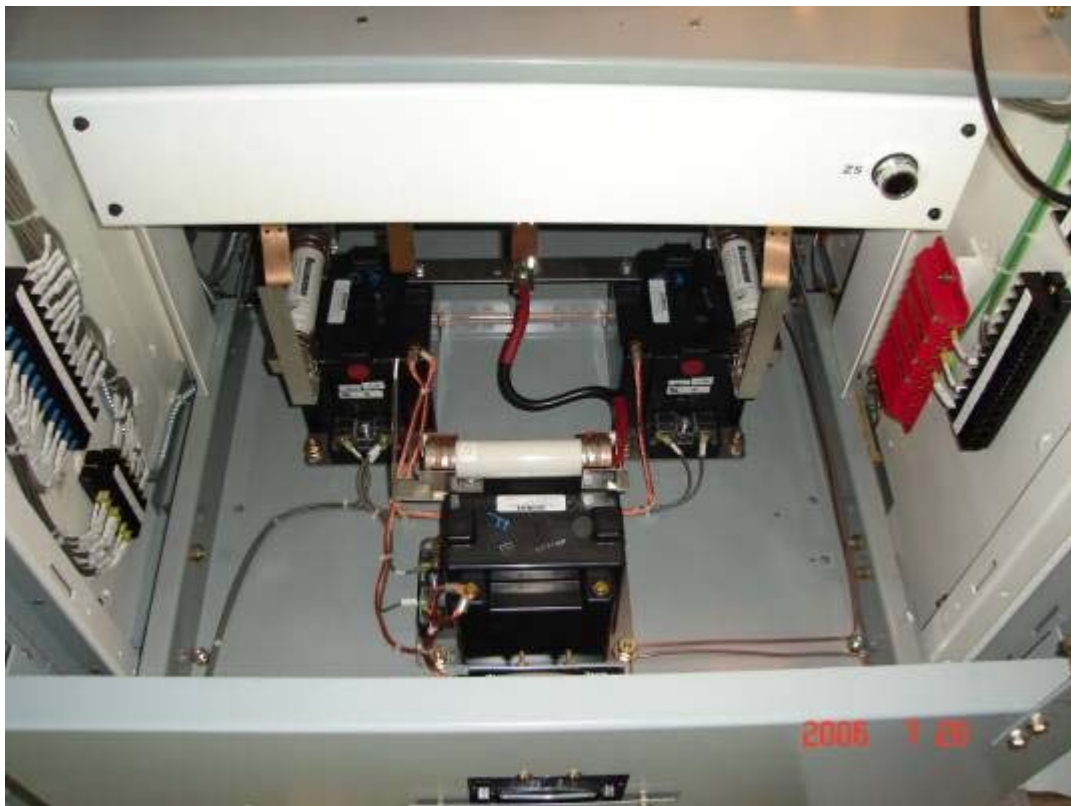
照片二：4.16kV 裝甲開關箱拆箱檢驗（二）



照片三：4.16kV 裝甲開關箱拆箱檢驗（三）



照片四：4.16kV 裝甲開關箱拆箱檢驗（四）



照片五：4.16kV 裝甲開關箱隔離板無法動作



照片六：一號機反應器廠房 EL.4800 樓板積水現象及設備基礎尚未施作



照片七：一號機反應器廠房 EL.4800 牆面粉刷尚未完成