

出國報告（出國類別：其他）

參加第一屆大陸國際核電儀控技術研
討會及參訪艾波比公司 PCS100 儲能展
示系統

服務機關：核能研究所

姓名職稱：李春林 副研究員

派赴國家：大陸

出國期間：100年5月25日~100年6月1日

報告日期：100年7月1日

摘要

鑑於目前執行台灣自主型儀控系統計畫開發及認證工作，需瞭解大陸數位儀控系統發展之最新技術及驗證技術，以應用於台灣自主型儀控系統設計及認證工作，此行參加由大陸核學會與大陸儀器儀錶學會於 100 年 5 月 25 日至 27 日在大陸北京共同聯合舉辦「第一屆大陸（國際）核電儀控技術大會」，參加單位包括大陸核能管理部門、國外學術機構、核電業主、生產營運單位、核電設計、科研院所、工程公司、儀控設備供應商等代表共聚一堂，研討內容包括大陸核電儀控需求、現狀、目標與發展、國際核電儀控技術發展與應用、工業自動化儀錶和控制技術發展、中核、國核、廣核三大核電集團儀控技術研發、設計與應用、人機介面技術發展與應用、核電站營運管理及數位化安全級儀控系統研發等議題，其中廣利核開發 FirmSys 核能級儀控平台與國核開發核能級 FPGA 儀控平台所遭遇的問題和解決經驗，如需對機櫃進行熱設計及結構力學設計與分析，有助於本所執行台灣自主型核電儀控系統開發及認證工作。此行並應邀參訪艾波比北京分公司儲能展示系統與電池管理應用，以瞭解儲能系統之最新研究與應用。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://open.nat.gov.tw/reportwork>)

目 次

| | |
|-------------|----|
| 一、目的 | 1 |
| 二、過程 | 2 |
| 三、心得 | 3 |
| 四、建議事項..... | 36 |
| 五、附件 | 36 |

一、目的

鑑於目前執行台灣自主型儀控系統計畫開發及認證工作，需瞭解大陸數位儀控系統發展之最新技術及驗證技術，以應用於台灣自主型儀控系統設計及認證工作，此行參加由大陸核學會與大陸儀器儀錶學會於 100 年 5 月 25 日至 27 日在大陸北京共同聯合舉辦「第一屆大陸（國際）核電儀控技術大會」，參加單位包括大陸核能管理部門、國外學術機構、核電業主、生產營運單位、核電設計、科研院所、工程公司、儀控設備供應商等代表共聚一堂，研討內容包括大陸核電儀控需求、現狀、目標與發展、國際核電儀控技術發展與應用、工業自動化儀錶和控制技術發展、中核、國核、廣核三大核電集團儀控技術研發、設計與應用、人機介面技術發展與應用、核電站營運管理及數位化安全級儀控系統研發等議題，其中廣利核開發 FirmSys 核能級儀控平台與國核開發核能級 FPGA 儀控平台所遭遇的問題和解決經驗，如需對機櫃進行熱設計及結構力學設計與分析，有助於本所執行台灣自主型核電儀控系統開發及認證工作。此行並應邀參訪艾波比北京分公司儲能展示系統與電池管理應用，以瞭解儲能系統之最新研究與應用。

二、過程

奉派至大陸參加第一屆大陸國際核電儀控技術研討會及參訪艾波比公司
PCS100 儲能展示系統，過程及活動內容如下表：

| 日期(星期) | 地 點 | 活 動 內 容 |
|--------------|----------------------|--------------------------|
| 100.5.25 (三) | 桃園中正機場→大陸北京首都機場→大陸北京 | 去程、入住北京京儀大酒店（大會會場）並報到與註冊 |
| 100.5.26 (四) | 大陸北京 | 參加大會開幕儀式及研討會議程 |
| 100.5.27 (五) | 大陸北京 | 參加分組研討會議程並蒐集相關資料。 |
| 100.5.28 (六) | 大陸北京 | 整理資料。 |
| 100.5.29 (日) | 大陸北京 | 整理資料。 |
| 100.5.30 (一) | 大陸北京 | 參訪艾波比公司儲能展示系統 |
| 100.5.31 (二) | 大陸北京→大陸天津→大陸北京 | 參訪天津力神電池股份有限公司 |
| 100.6.1 (三) | 大陸北京→桃園中正機場 | 回程 |

三、心得

1. 參加第一屆大陸國際核電儀控技術研討會

本次會議大陸核協會選定在大陸北京市的京儀大酒店舉行，會議過程為期 3 天(05/25~05/27)，會議第 1 天 05/25(三)主要為報到、註冊及領取會議手冊及簡報光碟片。會議第 2 天 05/26(四)為大會專題演講，專題分別為核電廠的儀控系統、控制系統與安全防範技術、中核集團儀控技術研發設計與應用、三代核電廠自主化為儀控帶來的機遇和挑戰、中廣核集團儀控設計與應用、核安全級數位化儀控系統研發進展、三代核電廠數位化儀控系統自主化、全數位化儀控技術在田灣核電廠的應用、日本福島核能事故對核能級儀控平台發展趨勢的影響、核電廠主控制室與人機介面、數位化儀控系統現況與發展趨勢、核能級儀控系統核准機制與品質鑑定、核電廠安全重要儀錶和控制系統標準體系等專題。會議第 3 天 05/27(五)開始進行 8 個分組研討，分組議題如下：

- 1) 人機介面、先進主控制室設計、訊息通訊
- 2) 建模、仿真、控制演算法與控制特性研究
- 3) 數位化技術
- 4) 可靠性與診斷
- 5) 規範標準、安全審查與認證、核電儀控質量驗證
- 6) 傳感器與測量技術
- 7) 核電廠儀控新技術
- 8) 核電廠安全技術及策略

針對此次任務及相關議題，選擇數個議題參加研討，心得與建議如下所列：

(1) 「核電站的儀控系統」專題報告

- 由大陸核工業集團公司科技委員會葉奇蓁副主任報告，目前世界有 441 座核電廠，美國 104 座核電廠，日本 55 座核電廠，法

國 58 座核電廠，俄羅斯 32 座核電廠，德國 17 座核電廠，英國 19 座核電廠。目前大陸運轉中的核電廠共 6 座 13 部機組，占總發電量約僅 2%，但建造中的核電廠達 12 座 24 部機組，占全球新建核電廠機組的 40%，充分展現大陸發展核電的企圖心。“十二五規畫”將核電列為重點扶持項目，預計 2020 年大陸將成為全球第二大核電國家。

- 大陸 2007 年公布實施《核電中長期發展規劃》後開展，預計 2020 年時核電廠總數為 40 座、140 個核電機組，裝置容量將達 1 億千瓦。2011 年日本核災發生後，大陸國務院常務會議曾決定「暫停審批核電項目」，但從近期官方發言基調看來，日本核災似乎沒有改變大陸的核電發展計畫，應是大陸經濟持續高速成長，工業化、城市化對電力需求有增無減，電力供應始終有缺口，基於成本、減碳等考量，核電在大陸能源結構中的地位也難以被取代。
- 核電站的儀控系統共分為四部分：(一) 儀控系統的地位及其功能：儀錶和控制（簡稱 I&C）系統是核電廠關鍵的綜合系統之一，是整個核電廠的“中樞神經”系統，它對確保核電廠的安全、可靠、經濟營運有至關重要的作用。核電站的主要儀控系統有：(1) 儀錶系統主要包括過程檢測儀錶、爐外和爐內核測量儀錶及棒位元指示系統；(2) 反應爐保護系統包括緊急停爐系統和專設安全設施驅動系統，以及 ATWS（預期暫態未急停系統）；(3) 控制系統重要的有核島五大控制系統（反應爐功率控制、蒸汽發生器水位控制、穩壓器壓力控制、穩壓器水位控制、汽輪機旁路控制）；(4) 電廠電腦資訊和控制系統。(二) 數位化儀控系統：數位化儀控系統採用分層分組結構，以便於系統開發、調試和維護。系統垂直分層包括系統介面層(Level 0)、自動控制和保護層(Level 1)、操作和管理資訊層(Level 2)及全廠技術管理層(Level 3)，其中自動控制和保護又可依功能分為若干子功能組。(三) 核安全對儀控提出的要求：單一故障準

則、故障安全準則、通道獨立性包括實體隔離和電氣隔離、多重備份和多樣性，品質驗證則包括抗震試驗、環境（包括 LOCA）驗證試驗，對數位化儀控裝備還應包括電磁干擾試驗、輻照試驗、壽命（老化）試驗。（四）先進控制室：核電站主控室的設計應特別關注人因工程，人因工程包括下列 12 個要素：人因工程大綱管理、營運經驗評審、功能要求分析和功能分配、任務分析、人員配備和資格、人的可靠性分析、人機介面設計、時程開發、培訓大綱開發、人因驗證和確認、設計實現、人的行為監測等項目。

（2）「中核集團核電廠儀控技術研發、設計與應用」專題報告

- 由大陸中核集團總經理呂冬寶先生報告，大陸核工業總公司成立於 1999 年 7 月 1 日，中核集團前身是大陸核工業總公司、核工業部、第二機械工業部，主要成員單位有 112 家，分佈在 20 多個省、自治區、直轄市。目前從業人員約 10 萬人，擁有中國科學院和中國工程院兩院院士 17 名。
- 中核集團肩負著確保國防力量建設和促進經濟社會發展的雙重歷史使命，戰略定位是大陸核科技工業的主體，大陸核電發展的主力軍，核燃料專營供應商，核技術應用的骨幹。承擔的主要任務包括核軍工研發生產、核電研發建設及營運、核燃料產業專營、核科學技術的研究與創新、核安全環保（核設施退役治理、用過核燃料後處理）、核技術應用等任務。
- 中核集團公司擁有較強的核能科技研發實力，包括專門從事軍民兩用核科技研究、試驗、設計的大陸原子能院、大陸核動力院、核工業理化工程研究院、大陸輻射防護研究院、核地質研究院、核化工冶金研究院、核動力運轉研究所、核工業西南物理研究院等 17 家骨幹科研院所。通過多年的核電科技研發、工程建設和運行管理實踐，使中核的科研水準、設計手段、設計力量和設計經驗都有較大程度的提升。能夠設計建造 30 萬、60

萬、100 萬千瓦級核電站，以及設計建設實驗爐、快爐、小型爐等各種反應爐，能夠自主建設核燃料循環體系。

- 秦山一期 300MW 核電站自主設計是大陸自主設計建造的第一座核電站，實現了大陸核電“零的突破”。大亞灣核電站是大陸引進法國技術建造的第一個百萬瓦級壓水式反應爐核電站，中核作為技術後援單位，先後派遣了大批技術人員參與了大亞灣核電站的前期、招標、技術談判、工程管理、現場設計、技術服務、設備建造和品質保證管理等工作。嶺澳一期核電站是大陸在全盤引進國外技術之後，第一座參與設計和建造的 2×900MW 大型商用核電站。中核公司在大陸首次按國際標準自主完成了該電站的核島土建和常規島及配套設施(BOP)設計工作。嶺澳二期核電站是大陸自主設計的第一座百萬瓦級壓水式反應爐核電站。中核公司作為全廠總體設計和核島設計總包單位，承擔了該電站的設計工作，這是繼大陸自主設計秦山三十萬千瓦、六十萬千瓦核電站之後，在核電自主化領域的又一次新的突破。秦山三期是大陸首次引進的加拿大 70 萬千瓦級 CANDU6 型機組。
- 儀控系統設計技術包括儀控系統設計對分散式控制系統（DCS）設備的基本要求、基於特定數位化設備特點的設計輸入要求及營運要求。數位化儀控系統關鍵技術可分為數位化平台製造技術、DCS 系統整合技術、儀控系統設計技術。

(1). DCS 系統整合技術：核電廠數位化儀控系統的整合，是根據儀控系統設計的要求，用電子卡片、機櫃（含系統軟體及工具軟體等）、網路、資料庫及電廠專用的應用軟體組合成為滿足核電廠安全、營運要求電腦系統的全部過程。這個過程也就是儀控系統設計與 DCS 平台的結合過程，根據設計單位的設計要求，用成熟、可靠的 DCS 產品，組合成數位化儀控系統。系統整合要以滿足設計單位之設計要求為根本出發點，不是簡單的設備供貨，它體現更多的是

設計與開發，是技術含量很高的行爲。

- (2). 系統整合包含技術、管理和商務等方面，是一項綜合性的系統工程。性能價格比的高低是評價一個系統整合項目設計是否合理和實施成功的重要參考因素。系統整合是一種商業行爲，也是一種管理行爲，其本質是一種技術行爲。目前國際上 DCS 產品本身所涉及的技術已經非常成熟，隨著不同行業的用戶對應用軟體的開發越來越熟悉，DCS 的製造商逐步演變為僅僅是硬體和系統軟體的供應商。對於大型工程項目，一般由工程公司主導，即使國外的 DCS 製造商也只是設備供應商。系統整合的工作由工程公司自身或工程公司指定的專業公司來承擔。國外核電工程公司如西屋、AERVA 在這方面都有專門的隊伍，自己承擔這部分工作。這些工程公司並不擁有或不完全擁有 DCS 產品製造技術。大陸核電行業採用數位化控制系統還處於起步階段，隨著行業的發展、應用技術的成熟，數位化儀控系統整合這個環節的自主化也是必然的發展趨勢，這個環節的自主化應考慮由核電工程公司主導實施。
- (3). 數位化儀控平台：DCS 設備本身可靠性是數位化儀控系統可靠性的一個基礎，也是儀控系統實現自主化的一個基礎。核電用 DCS 設備分為兩類，一類是通用 DCS 設備，從設備可靠性角度而言，其要求是滿足一般的工業標準與電力、石化等行業採用的 DCS 設備是一致的、通用的。國外產品有 Ovation、TXP、I/A、Inf-90 等等，大陸有和利時、浙大中控、新華等等。在國民經濟各主要領域中 DCS 的使用已經十分普遍。大型工程的 DCS 基本上還是由國外系統壟斷，而在中、小工程和某些市場細分中，國產 DCS 已經佔有優勢。核電屬於超大型工程，DCS 在核電中的應用還處於起步階段，在 DCS 成熟應用的基礎上應該進一步考慮採用國產的 DCS 設備，目前大陸 DCS 供應商，如和利時和

浙大中控的產品正逐漸趨於成熟和穩定，與國外產品的技術差距也在縮小，可以逐步引入到核電廠非安全系統的應用中。另一類是核電專用的 DCS 產品，這也是我們通常所說的核能級 DCS(安全系統平台)，核能級 DCS 產品其軟硬體本身的製造開發過程，除了必須滿足一般的工業標準外還必須滿足核安全相關的標準和法規，國外相關的產品有 TRICON、TXS、SPIN、AC160 等等。這方面大陸還屬於空白。這類產品在國外通常有兩種做法，一種是將用於一般工業的安全保護系統，並符合 IEC61508 安全功能產品標準，通過改進、試驗、驗證升級為核能級 DCS，如 TRICON、AC160；另一種做法是針對核電的特殊要求進行開發如 TXS、SPIN。前一種產品由於有大規模的製造和應用作為基礎，通常其可靠性和穩定性更優。

(3) 「核安全級數位化儀控系統研發進展」專題報告

- 目前大陸各核電廠採用核安全級數位化儀控平台種類包括 TXS (AREVA)、MELTAC (三菱電機)、TRICON (Invensys)、Common Q (西屋)、SPINLINE3 (Rolls-Royce Civil Nuclear) 及 FirmSys (大陸廣利核)，詳如圖 3.1 所示。
- 由北京廣利核系統工程有限公司總工程師朱毅明先生報告：廣利核自主知識產權安全級數位化儀控平台 (FirmSys) 的研發，其產品定位為核安全級數位化儀控通用平台及適用於核電站反應爐保護系統及相關核安全控制系統，如反應爐保護系統、特殊安全設施驅動系統、事故後監視系統、緊急柴油機控制系統等。技術規範需滿足 IAEA、IEC 和 NRC 相關核安全級數位化儀控系統法規和標準要求。為滿足 CPR1000 對於反應爐保護系統的技術要求，需採用基於安全網路和現場匯流排技術的多通道多重備份系統結構，及確定性安全軟體設計技術和高可靠電子產品設計技術與嚴格的獨立驗證與確認 (IV&V) 活動。

- 廣利核自主安全級數位化儀控系統的研發紀要：2004 年簽訂 CEFR（大陸實驗快爐）核安全級數位化安全監測裝置樣機的研製合約；2007 年啓動自主知識產權安全級數位化儀控平台的研發工作；2008 年完成了 CEFR 核安全級數位化安全監測裝置樣機的研製，通過了大陸原子能研究院組織的驗證，目前系統已經正式運作；2009 年簽定石島灣高溫氣冷爐示範電站數位化反應爐保護系統的供貨合約；2009 年簽署陽江 5/6 號機組數位化反應爐保護系統的供貨意向協定(計畫 2011 年簽訂合約)；2010 年 1 月啓動 CPR1000 反應爐保護系統工程樣機的研製；2010 年 10 月完成“核電行業重大工程自動化成套控制系統”課題；2010 年 10 月完成核安全級數位化控制保護系統平台(FirmSys)原型機的研製工作；預計 2011 年內完成 FirmSys 平台的產品化設計定型、軟體 V&V 和設備驗證；預計 2011 年內完成 CPR1000 反應爐數位化保護系統工程樣機的研製工作。
- FirmSys 平台包括 35 種硬體組件（如圖 3.2）與 7 種機械結構產品(如圖 3.3)、應用軟體發展工具 14 種(如圖 3.4)及 FirmSys 反應爐保護系統機櫃示意圖（圖 3.5）。
- 比較廣利核 FirmSys 與核研所自主型儀控平台（TaiNCIS），可看出雙方採用相同法規標準（圖 3.6）、模組化設計、工程原型機結構和功能及設備驗證項目（圖 3.7），但廣利核 FirmSys 增加進行可靠性分析與設計、熱設計及結構力學設計，值得我方參考。
- 廣利核開發 FirmSys 所遭遇的問題和經驗回饋包括下列各項：
 - 核安全級數位化儀控系統標準體系
 - 核安全級設備驗證和產品認可制度
 - 獨立的 V&V 和設備驗證試驗機構
 - 可編程邏輯晶片設計過程 V&V
 - 電子電氣產品基礎可靠性資料
 - 核電站電磁環境基礎資料

- 功能複雜度與可靠性的矛盾
- 系統可靠性指標自頂向下逐級分解
- 首套應用問題
- 營運維護與長期維護產品條件
- 在不能全部消除缺陷的前提下，如何阻斷缺陷 ->失效 ->故障 ->事故的傳遞鏈，線上自診斷、故障安全、多重備份、多樣性設計……？
- 對於國際和先進國家標準的解讀，如何將原則性要求用於實際的軟硬體設計
- 設備研製單位與設計單位的協同和配合
- 未來產品升級策略

| | | | | | | |
|------|--------------------------|--|-------------------|--------------------|-------------|------------------------------------|
| 儀控廠家 | Areva | 三菱電機 | Invensys | Westinghouse (ABB) | 廣利核 | Rolls-Royce Civil Nuclear (原 DS&S) |
| 產品名稱 | TXS | MELTAC | Tricon | CommonQ | FirmSys | SPINLINE3 |
| 大陸應用 | 田灣 1-2 嶺澳二期 臺山 1-2 | 紅沿河 1-4 寧德 1-4 陽江 1-4 防城港 1-2 | 福清 1-2 方家山 1-2 | 海陽 1-2 三門 1-2 | 陽江 5-6 (意向) | - |
| 應用爐型 | VVER CPR1000 EPR | CPR1000 | M310 改進型 | AP1000 | CPR1000 | - |

圖 3.1 大陸核安全級數位化儀控平台現狀

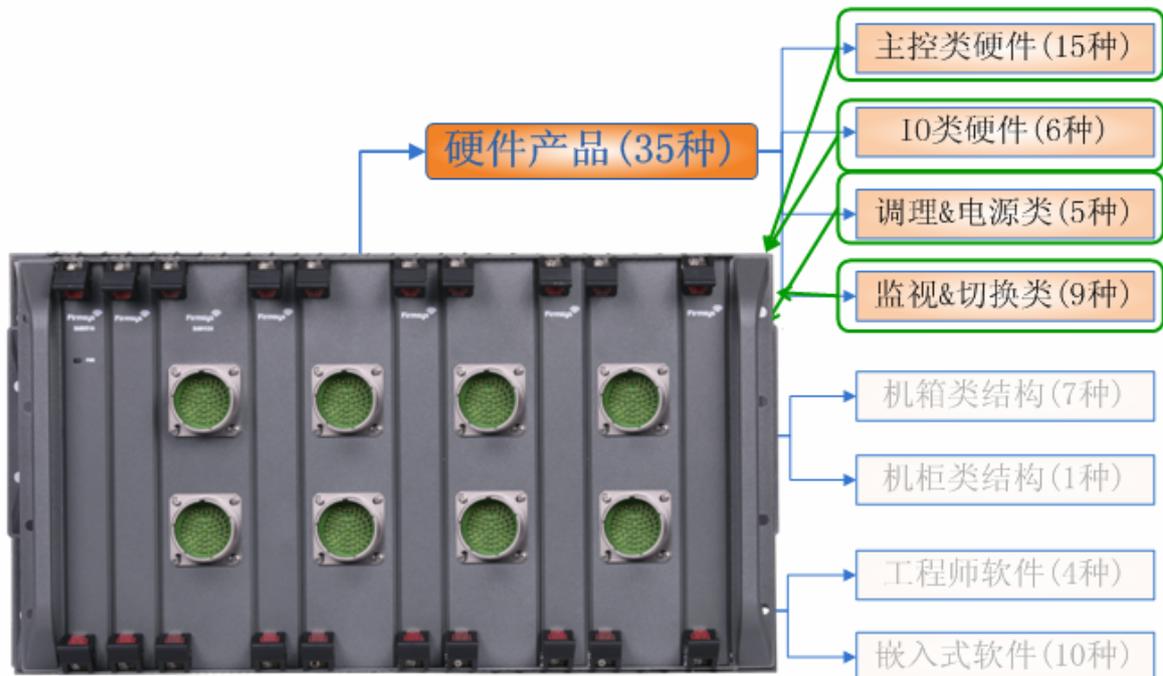


圖 3.2 FirmSys 平台硬體組件

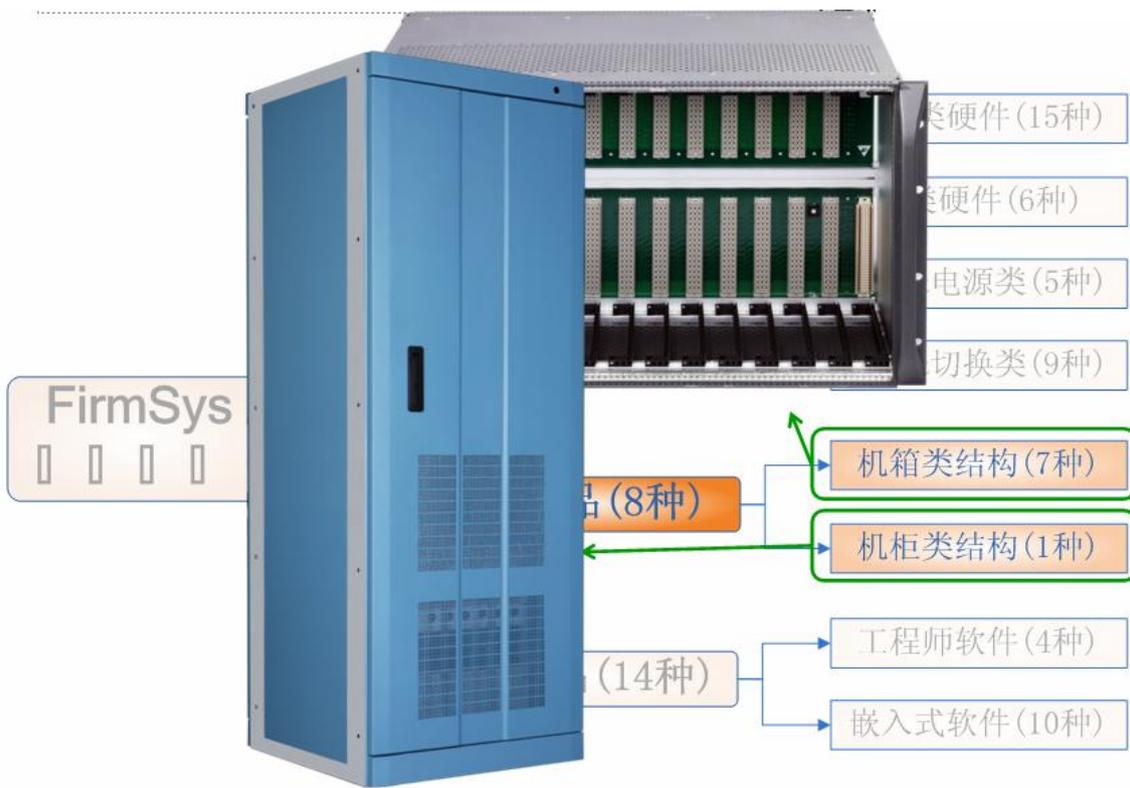


圖 3.3 FirmSys 機械結構產品



圖 3.4 FirmSys 應用軟體發展工具

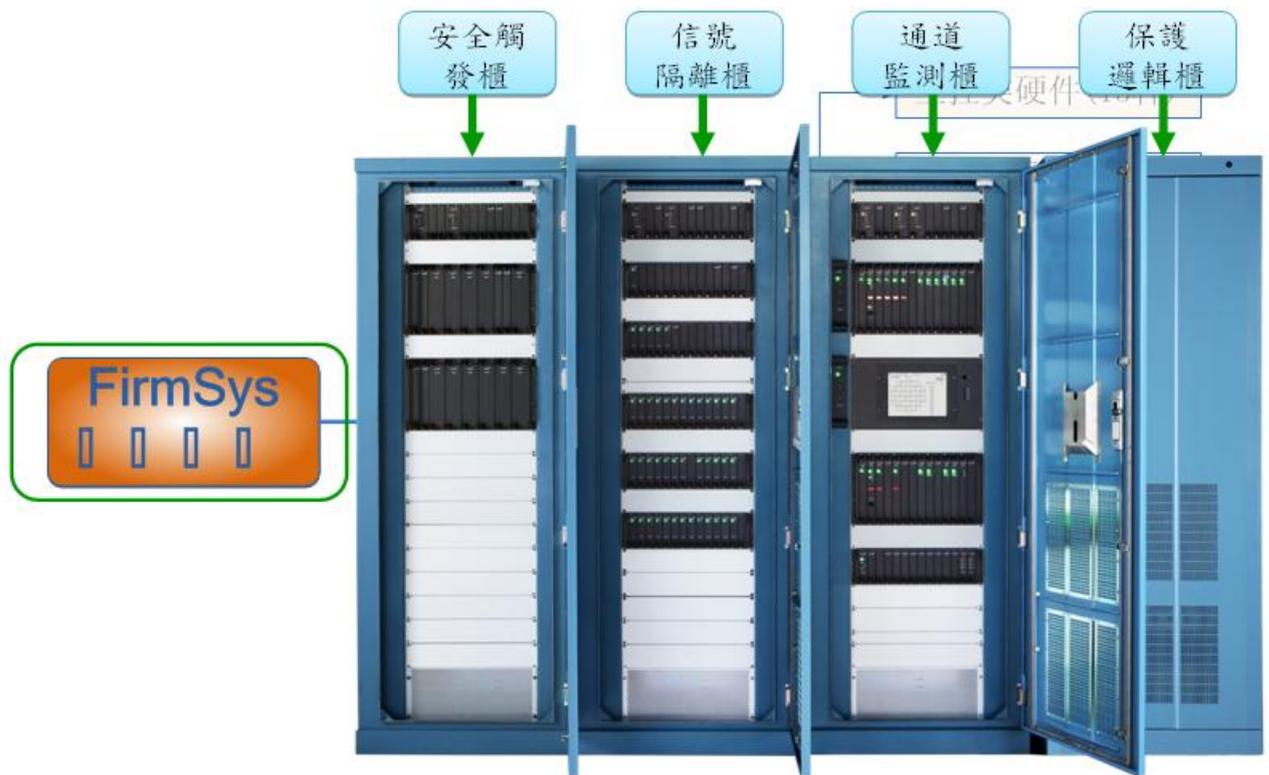


圖 3.5 FirmSys 反應爐保護系統機櫃示意圖

| 試驗項 | 平台 | 目標系統樣機 |
|-------|---|------------------------------|
| 电气安全 | USNRC相关要求 EPRI TR-107330 | IEC/EN60204-1 |
| 环境试验 | USNRC相关要求 EPRI TR-107330 | IEC61131-2 |
| EMC试验 | USNRC相关要求 USNRC RG1.180 | IEC61000-6-2 IEC61000-6-4 |
| 抗地震试验 | USNRC相关要求 EPRI TR-107330 IEEE 344 | HAD J0053 |

圖 3.6 設備驗證標準



圖 3.7 設備驗證試驗項目

(4) 「三代核電站數位化儀控系統自主化」專題報告

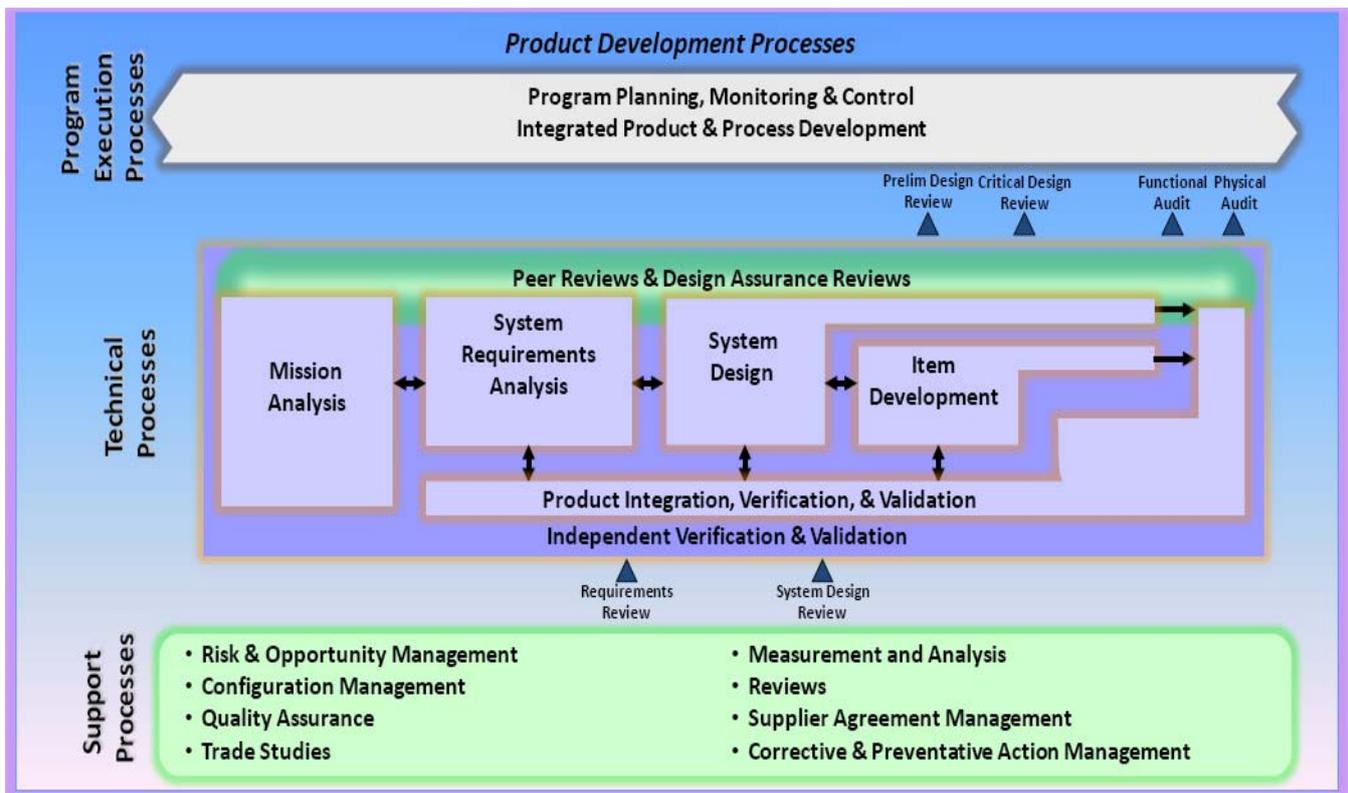
- 由大陸國核自儀系統工程有限公司工程部王衛國主任介紹大陸三代核電站數位化儀控系統自主化思路和具體方案，以及基於FPGA的數位化安全系統平台新技術。
- 核電站數位化儀控系統自主化思路：1.消化吸收 AP1000 技術轉讓資料、法規標準、大陸已有技術基礎、國外產品等技術文件。2.建立數位化儀控系統工程設計平台、AP1000 數位化儀控系統功能要求、AP1000 數位化儀控系統平台樣機建立及 1E 級測量和執行機構樣機試製。3.軟體組態和驗證、設備介面測試、樣機驗證。4.系統整合測試/系統調試、AP1000 數位化儀控系統原理樣機及 1E 級測量和執行機構等產品。
- 研發 FPGA 數位化安全級儀控系統平台：國核自儀和洛克希德馬丁公司聯合研發的新一代反應爐保護系統平台 (Safety Platform of Reactor Protection system, SPRPS) 基於可程式化邏輯陣列 (FPGA) 技術，其獨特的系統結構設計使得安全性、可靠性、可測試性、可驗證性得以全面提升，新系統將成為大陸首個獲得美國核管會 (NRC) 評審發證、具備完整自主知識產權的保護系統平台。此系統沒有採用應用軟體的微處理器及作業系統，它提供了獨特的輸入、輸出、通訊和計算設計及簡單架構，所有這些功能全部整合在同一片電子卡片上，簡單至極。電子卡片平台與基礎結構被配置成電子卡片卡架和底板子系統，其中數個子系統佔用一個機櫃。根據核電廠特定應用，一個設備系統、系列或一組設備可以安裝在一個機櫃中，此特點非常適合現有設施進行數位化更新。此架構的 RS485 通訊能力可以使設備系統組合在不同的機櫃中，也可以是在符合多重備份和多樣性要求的若干獨立機房中，而此系統可檢測和指示系統發生故障的地點與時間。此系統可以通過監測、計算和驅動保護元件確保核設施的安全保護措施發揮作用。當此系統應用於一個保護系統時，通過外圍輸入裝置或感測器接受的訊號來

監測核設施的狀況，此系統以指定的方式執行計算對輸入訊號做出反應，確保產生適當的輸出指令來驅動外圍保護元件執行保護功能。

- SPRPS 將是國核自儀自主化的重點，其設計、品保和生產嚴格遵守美國核能法規 10CFR50 附錄 B 品保要求。該平台開發過程包含三個主要部分：項目執行過程、技術過程與支持過程如圖 3.8 所示。項目執行過程包括項目計畫、監督和控制，產品整合和程式開發。技術過程分為任務分析、系統需求分析、系統設計和配置項開發等四個主要技術階段。從系統需求分析開始到平台製造，獨立驗證與確認貫穿始終。支援過程包括風險和機遇管理、配置管理、品保及市場研究調查等。
- 雖然 SPRPS 平台技術與 PLC 不相同，但其硬體架構與 PLC 平台具有相同樣式、大小和功能，其機箱結構如圖 3.9 所示。作為一個通用的安全系統平台，經過認證的通用模組可以根據用戶特定需求進行配置，比如依據感測器和執行機構的類型和數量來整合和配置模組。SPRPS 平台創建了核心可編程邏輯（Core Programmable Logic）支援 SPRPS 平台與模組間的溝通，研發人員只要專注於特定核電廠需求的邏輯設計，而不必將時間浪費在熟悉平台上。為了簡化開發過程，一片 SPRPS 的輸入與輸出模組可支援所有標準 I/O 類型，如數位輸入與輸出、類比輸入與輸出、序列通訊及 RTD 溫度量測，其架構如圖 3.10 所示。預計 SPRPS 的原型機於 2011 年底完成。
- SPRPS 基於 FPGA 的數位化設計，平台的設計、品保和生產遵守 10CFR 附錄 B 品保大綱要求，以通用模組實現分散式設計，簡化了設計，避免了軟體共模故障，帶來了高可靠性和可用性，也提高了複用性，滿足核工業需求。
- 大陸國核自儀發展的 XDC800 數位化非安全系統平台：XDC800 是具有自主知識產權的創新產品，由 XDC800 構成的 DCS 系統，根據控制功能的要求，由分散控制櫃、工程師站、操作員站以

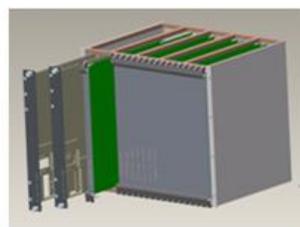
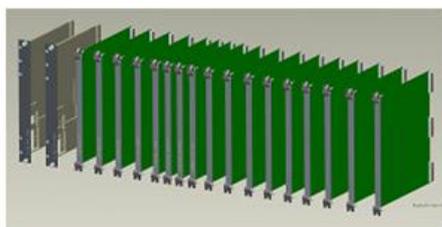
及相應的網路組成。XDC800 的系統基本配置包括控制器 XCU、乙太網交換機、電源、I/O 模件、通訊網路、人機介面 HMI 站，構成環型網路結構或星型網路結構的 DCS。XDC800 平台特點總結如下：

- 分散式全多重備份結構
 - 開放式系統
 - 高速、可靠、多重備份的通訊網路
 - IE 流覽器方式調用和顯示畫面
 - 視覺化圖形組態
 - 智能 I/O 模件
 - 支持 I/O 多重備份
- XDC800 獨特的分組、分層、分塊的平台建設思想使得 XDC800 完全可用於核電站非安全系統，並與安全級 I&C 系統有機融合，構建核電站全廠一體化數位 I&C 系統。
 - 國核自儀開發多樣性驅動系統（DAS）的高可靠性將使之作為 RPS 的後備保障核電站的安全。綜上所述，國核自儀整合開發的第三代數位化 I&C 系統將是大陸第一個真正實現設備自主化的 I&C 系統。



Meets Industry Standards for Product Life Cycle Management, Systems Engineering, Quality Management, Safety, etc.

圖 3.8 SPRPS 開發過程



- **Chassis mounted functional modules / cabinet installed**
- **Industry-standard card form factors and chassis**
- **Suitably rugged for design basis events and long service life**
 - **Withstand requirements per EPRI TR-107330**
 - **Environmental, EMI/RFI, ESD, Seismic**

圖 3.9 SPRPS 機箱結構

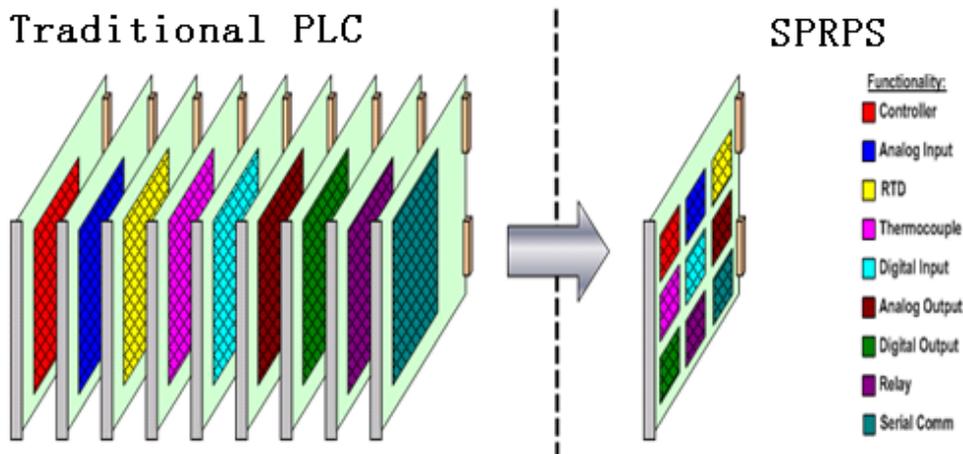


圖 3.10 SPRPS 多功能模組示意圖

(5) 「日本福島核能事故對核能級儀控平台發展趨勢的影響」專題報告

- 由 Mission Technical Services 公司總經理 Mr. Joseph Murray 報告東京電力公司發現福島核能事故（大海嘯、喪失所有電源）已超出以往的任何的核能事故設計與分析。
- 福島核能事故對核能級儀控平台發展趨勢的影響就是要發展安全性更高的儀控平台，亦即要求更高的安全邊界（Margin of Safety），如發展具備長時間運作的核能事故後監測系統、可耐大地震、高輻射、海水腐蝕的儀控設備、遠端停機控制盤（Remote Shutdown Panels）。
- 越複雜的現代儀控設計除增加審照困難也增加發生軟體共因失效（Common-Cause Failure, CCF）的機率。如果我們發現花費很多時間說服核管單位相信我們的儀控設計是安全的，可能我們走錯設計方向了，即使我們在發展過程執行了驗證與確認（V & V）作業。
- 測試報告與程序書只是提供較多的證據來說明系統是足夠安全的，其實一個系統的安全性與可靠性在設計時已被固定，複雜

的系統不容易被證明，而簡單的系統則容易被證明。

- 福島核能事故後核管單位只會變得更嚴謹，如反對複雜的設計，需透過更大的國際合作來分享核管經驗。需注意核管單位代表民眾而非工業界，核管單位只注重安全第一，故儀控設計人員也要同理心，採用簡單架構、避免跨越安全控道間的通訊（非安全至安全）、避免使用微處理機（增加確定性）、配合簡單的 V&V 而採用分散式邏輯設計、採用一開始就是針對核能安全設計的儀控平台。
- US NRC ISG-04 要求安全系統的設計需儘可能的簡單，其原文如下：“Safety systems should be as simple as possible. Functions that are not necessary for safety, even if they enhance reliability, should be executed outside the safety system. A safety system designed to perform functions not directly related to the safety function would be more complex than a system that performs the same safety function, but is not designed to perform other functions. The more complex system would increase the likelihood of failures and software errors. Such a complex design, therefore, should be avoided within the safety system.”
- 比較現有核能級儀控系統複雜度可發現早期 SPEC 200 類比控制器是最簡單的設計，核研所曾成功應用 SPEC 200 於核能級強震急停裝置的開發，目前最多核能級儀控系統是採用微處理機為核心的設計方式，包括 Common Q, Teleperm XS, Doosan HFC, Rolls Royce Spinline, Mitsubishi Meltac，其中最複雜為 Invensys 的 Tricon 三重容錯控制器，而最近 FPGA 安全級儀控系統平台則是走向簡單的設計，詳如圖 3.11 所示。
- 雖然 FPGA 安全級儀控系統平台號稱是未來主流，但採用微處理機的核能級控制器多年所建立的地盤，仍然相當穩固，況且

FPGA 儀控系統平台尚未成熟，短時間內不可能取代微處理機核能級控制器。

- 核能安全沒有國界，只有透過更大的國際合作來確保我們會一起成功，否則我們將一起失敗。

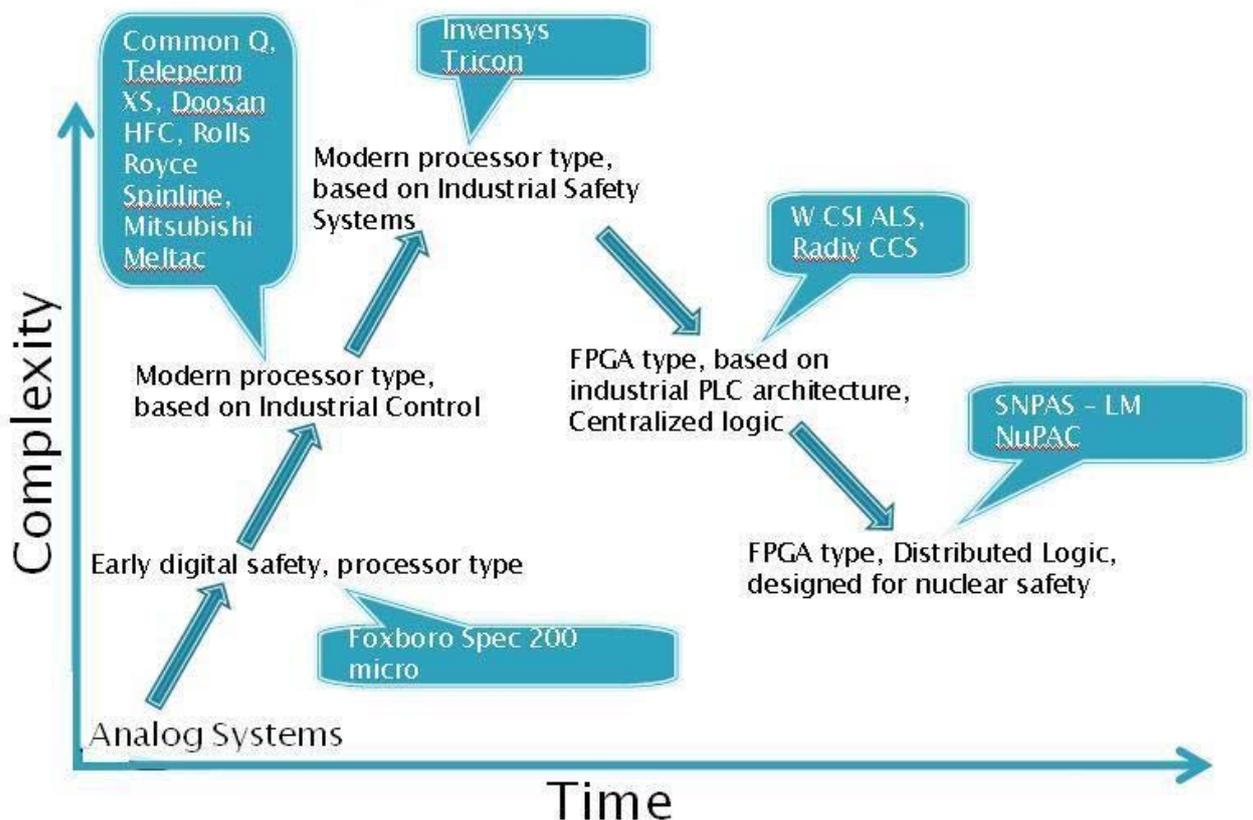


圖 3.11 核能級儀控系統複雜度比較

(6) 數位化議題分組研討

- AP1000 儀控系統組成及其先進性 (陳科、楊天、陳日罡, 大陸核電工程有限公司): 福島核事故的發生使人們充分意識到安全地發展核能的重要性, AP1000 作為先進的第三代壓水爐比傳統二代改進型壓水爐具有更高的安全性和更好的經濟性。同樣, AP1000 數位化儀控系統也是一個先進的分散式控制系統, 由營運和控制中心系統 (OCS)、電廠控制系統 (PLS)、主汽輪機控制與診斷系統 (TOS)、保護和安全監測系統 (PMS) 等組成, 而且由於採

用了先進的現場匯流排技術和可靠的軟硬體平台，使其對核電廠的控制和保護更加高效與安全。AP1000 先進壓水式反應爐作為第三代先進輕水爐具有簡單性、安全性、可靠性和經濟性的特點，其主要性能特點是系統簡化、數位化儀控和模組化建造，AP1000 核電站的儀控系統是一個先進的分散式控制系統（DCS），是西屋公司在長期積累的經驗基礎上逐步完善、開發的成熟系統。其相對已有核電廠的數位化儀控系統而言，控制更高效率，平台更開放，功能更強大。AP1000 核電廠的儀控系統採用數位化的控制和保護系統平台，平台之間通過資料匯流排把電廠各個系統整合起來，進行資料處理和顯示，為電廠的保護和營運提供了一個通用介面。這種整合的儀控系統設計可以使所需介面和設備的數量最小化，從而提供了最佳的結構和性能。AP1000 的儀控系統結構基於兩種平台：Common Q平台和Ovation平台。AP1000 的儀控系統中，Common Q平台用於實現安全系統的操作、資料顯示、控制和監測；而Ovation 平台用於執行非安全系統的操作、資料顯示、控制和監測。還有一些特殊的設備，並不屬於上述兩種系統平台。這些特殊設備主要是特殊的感測器和驅動設備，包括棒控系統電源櫃、多樣化驅動系統（DAS）和PMS的爆破閥控制/介面模組。

- 核電廠數位化安全級儀控系統軟體 V&V 方法研究（劉真、江國進、孫永濱、黃偉軍，深圳中廣核）：軟體在核電廠的設計、製造和操作營運有日益重要的作用，而差錯和拙劣的軟體的確存在。因此，必須確保在電腦設備上執行軟體與硬體配合，該軟體必須與預期的目的相符。電腦程式中所應用的數學模型必須是該儀控問題的正確表達。所採用的演算法必須保持所需的資料準確性，而不會帶來資料的不穩定性。一個完整的軟體全生命週期 V&V 包括系統要求規格書驗證、電腦系統規格書驗證、軟體設計驗證、編碼驗證、電腦系統完整性驗證、綜合電腦系統測試驗證、確認和試運行測試驗證、系統移交和驗收驗

證、使用和維修驗證等項目，軟體 V&V 需遵循 IEC60880、IEEE1012 以及 IAEA 的出版的安全級軟體的驗證與確認導則，側重研究核能級軟體驗證與確認中的通用方法與工作思路，以大陸某核電廠安全級儀控軟體驗證與確認過程為例，該核電站數位化儀控系統設計主要參照 IAEA/IEC 國際標準，若 IAEA/IEC 沒有提到的部分，則參考美國 NRC 標準。V&V 活動包括了所有的安全級以及安全相關級系統，V&V 流程執行主要根據 IAEA NS-G-1.1 以及 IEC 60880，而非國內慣用的 IEEE-1012，這應與 IAEA/IEC 標準的可行性較高有關。

- 一種 FPGA 邏輯資源測試方法（王曉凱、方向，國核自儀系統工程公司）隨著 FPGA/CPLD 組件在各種重要領域的應用，例如在核電廠控制保護系統中作為核心組件，由此使得此類組件的可靠性引起了組件生產廠商和用戶的重視。測試方法的評價主要從兩方面來考慮，一方面是測試方法的故障覆蓋率，另一方面是測試速度，即測試所需要的時間，測試時間從另一種角度來看對應著測試成本。對於可重複編程的 FPGA 來說，測試時間包括了配置時間和實際的測試時間，配置向量和測試向量都是通過自動測試設備（Auto Test Equipment，ATE）輸入。配置向量的輸入一般是通過組件的 JTAG 埠。從現有組件的配置所需時間來看，配置的時間要遠遠大於測試的時間，故較多的研究集中於如何來減少配置次數。對於 FPGA 的主要組成部分—邏輯資源，在提高測試覆蓋率和減少配置測試上做了折中，在不增加配置測試次數的前提下，提出了一種故障覆蓋率更高的方法。
- 核電儀控系統中儀錶的電磁相容的驗證和實踐（巢樂，上海自動化儀錶股份有限公司技術中心硬體室）鑒於大陸目前沒有關於核電智慧型儀器表的 EMC 性能的標準，參考西屋的設備驗證方法和美國核管會 RG1.180 規定，核電廠安全相關儀控系統，在受到規定嚴酷度的騷擾作用時，都不得出現超過規定允收範圍，即其合格判據為在試驗過程中和試驗之後，設備應能按預

定要求工作。在設備按預定要求使用時，不應出現製造商所規定的性能等級以下的性能劣化或功能喪失，EMC 測試採用 IEC 61000 系列的國際商用標準執行。

2. 參訪艾波比公司 PCS100 儲能系統

艾波比公司（ABB）是全球電力和自動化技術領域的領導廠商，致力卓越的技術讓電力公用產業與工業界客戶們能在提昇業績的同時並減低對環境所造成的影響。ABB 集團的業務遍佈全球 100 多個國家，擁有超過十二萬名員工。ABB 集團為全球 Fortune500 強企業，總公司設在瑞士蘇黎士，ABB 提供的電力技術不僅能將完整的輸配電設備產品、服務及系統解決方案提供給工業界及消費性產業之客戶；也同時能夠滿足電力，瓦斯及水等公用事業客戶的需求。完善的電力技術產品線包含了變壓器、開關設備、斷路器、電容器、電纜及中壓、高壓之應用設備等。ABB 台灣分公司曾多次派員至核研所瞭解建置微電網需求，並希望能提供 ABB 發展的 PCS100 儲能系統應用於核研所微電網，以便與核研所建立長期合作關係，此行除與多位 ABB 北京分公司電力部門的主管及工程師討論 PCS100 儲能系統應用於核研所微電網的可行性外，並在艾波比公司安排下至天津力神電池公司瞭解 PCS100 儲能系統應用力神電池的規劃。

針對此次參訪艾波比公司 PCS100 儲能系統之心得與建議如下所列：

(1) 北京 ABB 分公司概況

北京 ABB 電氣傳動系統有限公司成立於 1994 年，是 ABB 集團在大陸的交直流傳動產品供應商。ABB 的傳動產品用於從 0.12kW 至 100,000kW 的電機調速，廣泛應用於冶金、造紙、石油天然氣、風力發電、紡織、橡膠塑膠等眾多行業。在金屬軋機、起重機、石油鑽機、

壓縮機、擠出機、拉絲機、風機、泵類等應用中，傳動設備都起著提高精度控制、實現增效節能的重要作用。隨著公司生產能力的不斷擴大，生產管理、工藝裝備與品質控制等方面的不斷提高，ABB 傳動公司不僅面向大陸市場供應傳動產品，而且向亞洲市場出口標準傳動，並提供相應的支援與服務，而且建立了由系統整合商與分銷商組成的遍及全國有效運轉的管道銷售網路，以及專業的傳動服務中心網路。

(2) 艾波比公司PCS100 ESS儲能系統

PCS100 ESS 儲能系統是一個基於模組化低壓變頻器的平台，它配置靈活，適用於很多應用領域。蓄電池儲能、飛輪儲能和超級電容等的新型能源存儲設備為電網儲存和釋放電能提供了新的方法。在智慧電網概念下，提升了電網的運行品質、可靠性以及運行的總體性能。PCS100 ESS 的額定容量範圍為 100kVA~10MVA，依據系統要求對有功及無功進行控制。當 PCS100 ESS 運行在“模擬發動機”模式時，從電力系統的角度上看，其先進的控制技術可以讓整個儲能系統，就像一台真正的發電機。PCS100 ESS 為電力系統實現負載平衡、電網穩定、解決風電和太陽能等新能源發電入網問題提供了有效解決方法。對電力系統而言，PCS100 ESS 就像一個應用電力電子技術及先進控制技術的常規同步發電機，但它區別於常規同步發電機的一點是它並不需要安裝大型的慣性裝置。其慣性特徵由其在系統內的控制系統根據電網頻率與其變化來決定，並據此形成能量轉換。一旦電網失去電力，PCS100 ESS 就能立即檢測到這類異常，並立即採取相應控制策略。

對某些關鍵負荷，其供電必須維持穩定，此時，系統還可被設置成“孤島運行模式”，當系統與電網間的連接被切斷時，通過儲能裝置保留本地電源的供給。當系統恢復與電網的連接後，本地負載也將自動再次與系統同步，恢復到與電網連接的模式。其主要工作模式及特性說明如下：

- 功率調節模式：以設定的實功、虛功輸出功率值為參考
- 調頻模式：設定頻率、根據頻率設定值吸收或發出實功功率以調節系統頻率
- 電壓控制模式：設定系統參考電壓、根據系統電壓水準向系統注入感性或容性虛功功率、低壓穿越能力、功率補償功能、孤島運行模式、從系統脫離後保持運行、調頻調壓及同步並網能力。

系統特性

- 允許多種儲能介質與電網耦合
- 動態功率控制（P）
- 動態虛功控制（Q）
- 發電機類比控制狀態
- 電網穩定（提供主動阻尼）
- 電力系統負載均衡（延緩電網及發電系統投資）
- 高低壓穿越
- 穩定電網（增加再生能源的使用）
- 全黑啓動能力
- 滿足新能源入網導則要求
- 變頻器組件模組化設計便於長期維護
- 改善電能品質

PCS100 儲能系統產品最大可至 100MW，其詳細規格如圖 3.12 所示。

| | Cabinet | Rack / NEMA | Rack / NEMA | 2MW Container | 4MW Container |
|--|---|---|---|---|---|
| |  |  |  |  |  |
| Unit kW Rating | •100-600 | •300-800 | •650-1600 | •1000-2600 | •2000-5200 |
| MW System applied | •<1MW | •<1MW | •1-10MW | •(2 X n) to 100MW | •(4 X n) to 100MW |
| DC Voltage (V DC) | •<1100 | •<1100 | •<1100 | •<1100 | •<1100 |
| AC Grid Voltage (kV) | •0.2 - 35 | •0.2-35 | •0.2-35 | •0.2-35 | •0.2-35 |
| Cooling | •Forced Air | •Forced Air | •Forced Air | •Forced Air or HVAC | •Forced Air or HVAC |
| Indoor Dimensions (in) | •60W x 40D x •95H | •103W x 40D x •95H | •143W x 40D x •95H | •N/A | •N/A |
| Outdoor Dimensions (in) | •60W x 60D x •95H | •103W x 60D x •95H | •143W x 60D x •95H | •240W x 96D x 96H | •480W x 96D x 96H |
| Includes MV Transformer in Footprint (15-35kV) | •No | •No | •No | •Yes * | •Yes * |

圖 3.12 PCS100儲能系統產品

(3) PCS100儲能系統測試平台

北京 ABB 儲能系統測試平台主要由 ABB PCS100 逆變單元與無錫豐晟科技公司生產的 45KW 磷酸鐵鋰電池儲能系統、馬達、發電機及 ABB ACS800 變頻器所組成，如圖 3.13 所示，主要測試項目為儲能系統潮流控制模式切換至孤島運行模式，與孤島運行模式切換至潮流控制模式及全黑啓動等模式測試，分別說明如下：

- 1) 潮流控制切換至孤島運行模式測試：當 S1~S4 都是 ON 的情形下，測試平台的 AC 電網維持在平衡下，此時儲能系統工作於潮流控制模式（正常工作電流 80A），實現有功無功功率補償和電壓調整。當市電消失時（S1 OFF），需要設置 PCS100 工作於電壓源模式，PCS100 自動進入孤島運行模式，此時馬達所需要電力改由儲能系統提供，儲能系統切換成孤島模式時，儲能系統需迅速提供電網電壓和頻率支撐，亦即切換過程的電壓與電流的不穩定時間越短越好。實驗結果顯示儲能系統切換成孤島模式時電壓恢復時間<10ms，電流恢復時間約為 80ms，詳細波形如圖 3.14 所示。反復實驗可得知上述電流恢復時間與儲能

系統功率和負載類型有關。

- 2) 孤島運行模式切換至潮流控制模式測試：當 S1 OFF 及 S2~S4 都是 ON 的情形下，測試平台的 AC 電網維持在平衡下，此時儲能系統工作於孤島運行，儲能系統提供馬達所需要的電力。當市電恢復時（S1 ON），儲能系統由孤島運行模式切換至潮流控制模式，且當接收到併網信號後，PCS100 需要檢測市電電壓和頻率，並調整微網電壓、頻率、相位等參數實現與電網的同步，同步完成後，PCS100 發出同步完成指令，允許市電並入微網，同時市電可對儲能系統電池組進行充電。此時馬達所需要電力改由市電提供，切換成潮流控制模式時，由市電能量強大可迅速提供電網電壓和頻率支撐，其切換過程中電壓與電流的不穩定時間很短。
- 3) 全黑啓動模式測試：當 S1、S3、S4 都是 OFF 與 S2 ON 的情形下，先控制由儲能系統建立測試平台的 AC 電網，接著依序將馬達（S3 ON）及發電機（S4 ON）連接至 AC 電網，全黑啓動時，需要確定負載容量不超過儲能系統容量，尤其是馬達啓動電流為正常工作電流的 6~8 倍。全黑啓動後，儲能系統提供微網電壓和頻率支撐，可運行於電壓源模式。

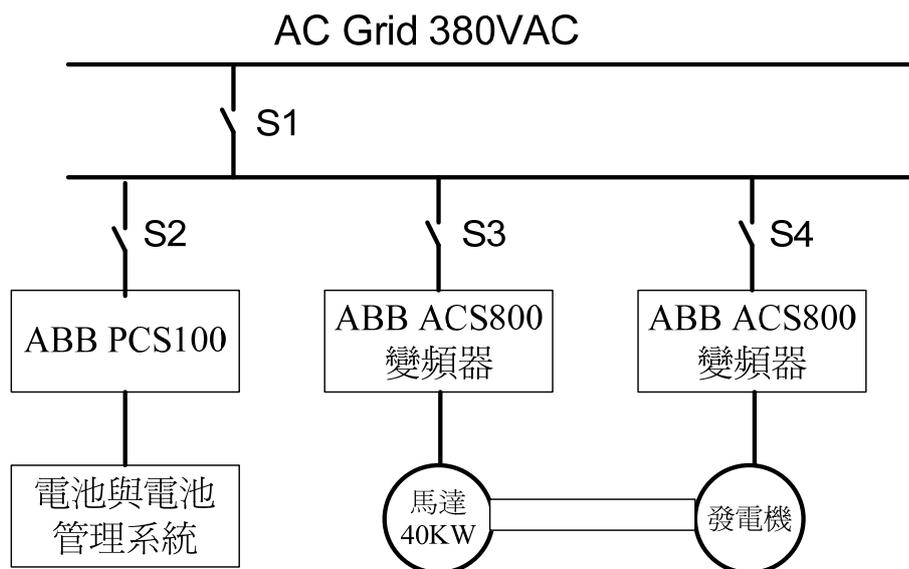


圖 3.13 北京 ABB 儲能系統測試平台

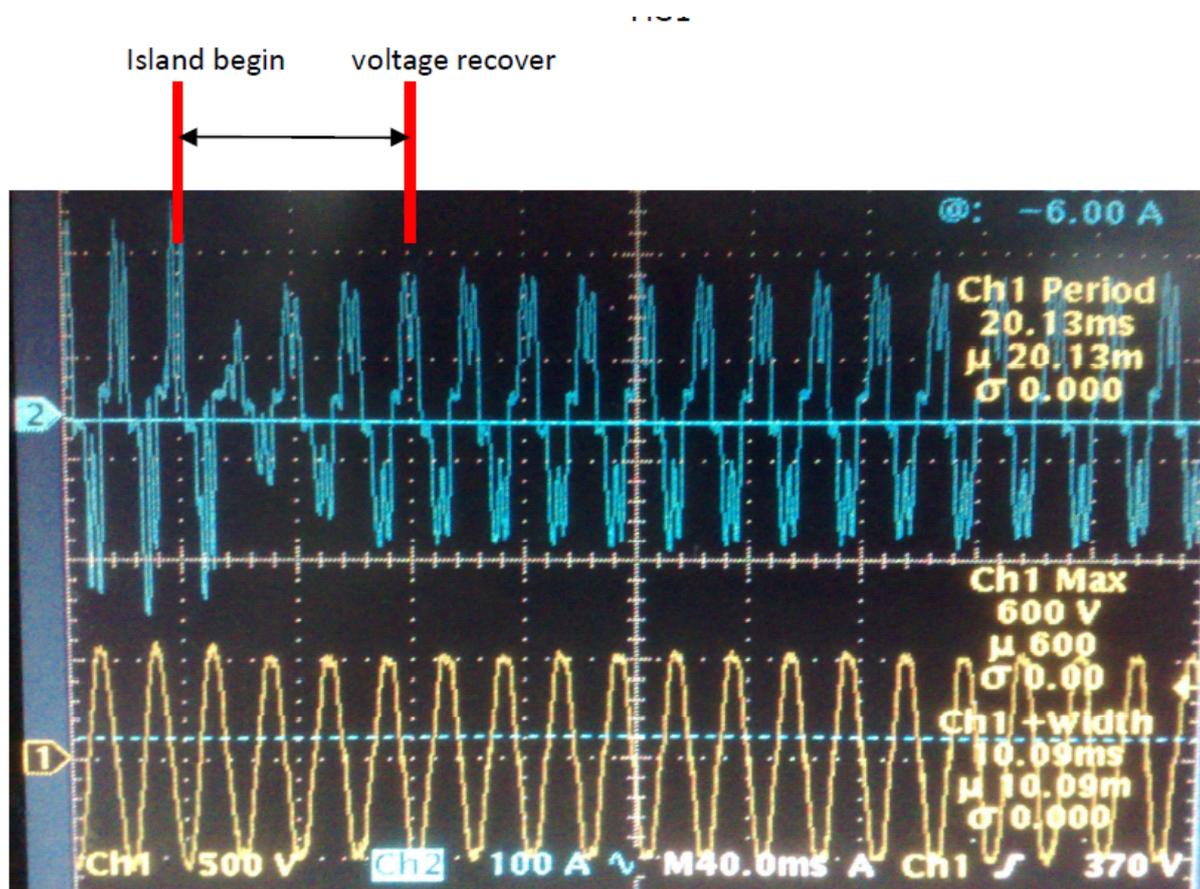


圖 3.14 儲能系統切換成孤島模式時電壓與電流恢復時間

(4) 核研所微電網儲能系統需求

圖 3.15 為本所微電網系統示意圖，當市電正常，Static Switch (SS)

閉合時，Microturbine(μ T)停止運轉，且儲能系統運轉在潮流控制模式，調整微電網與市電的電力潮流；當市電異常，SS 打開後，儲能系統運轉在孤島運行模式，使微電網持續供電不中斷，之後再啓動 Microturbine(μ T)來調整微電網電壓及頻率。爲進行 PCS100 儲能系統應用於核研所微電網的可行性評估，比較北京 ABB 儲能系統測試平台與核研所微電網系統圖可看出，北京 ABB 儲能系統測試平台沒有太陽能發電系統 (PV) 與 μ T，無法驗證當 PCS100 儲能系統切換工作模式時，儲能系統是否會發生停機或重新啓動現象？且太陽能發電系統與 μ T 不會因電網短暫的變動而跳脫？以及當儲能系統在孤島運轉模式時，電網總發電量大於負載使用量時，多餘的電量能回充至電池且交流電壓仍保持穩定？爲澄清上述疑點，經雙方討論建議未來將以下列整體功能測試流程，作爲確認儲能系統應用於核研所微電網的評估標準。爲了確保儲能系統能滿足核研所微電網需求，可考慮由具備實作經驗北京 ABB 負責儲能系統 PLC 部分程式撰寫、出廠前允收測試及現場安裝後允收測試。

儲能系統整體功能測試流程說明如下：(流程圖如圖 3.16)

1) 微電網全黑狀態

儲能系統未開機

靜態開關(SS)與市電斷開

2) 全黑啓動

儲能系統以全黑啓動模式開機，建立微電網電壓及頻率。

3) 併網預備

儲能系統運轉於孤島運行模式，並可調整微電網電壓及頻率，以便與市電電壓同步。

太陽能換流器併入微電網，當再生能源發電量大於負載時，儲能系統必須將多餘的電量回充至儲能電池。

※ 決策：微電網電壓與市電電壓是否同步

由 SS 控制器判斷微電網電壓與市電電壓同步條件，送出訊號通知儲能系統進行模式切換。

4) 進行模式切換由孤島運轉模式至併網模式

儲能系統於模式切換時不可停機

SS 與市電接合

不可導致太陽能換流器跳脫

5) 微電網運轉於併網模式

儲能系統運轉於潮流控制模式，調整設定微電網與市電間之電力潮流(包括有效及無效功率)。

可視負載及電網狀態調整電池充放電

※ 決策：市電是否斷電或故障

當偵測到市電故障或斷電時，送出訊號通知儲能系統進行模式切換。

測試條件：於測試時，可手動控制 SS 與市電斷開並送出訊號通知儲能系統進行模式切換以便驗證功能。

6) 進行模式切換由併網模式至孤島運轉模式

儲能系統於模式切換時不可停機

SS 與市電斷開

不可導致太陽能換流器跳脫

通知 Microturbine 以併網模式啟動

7) 微電網運轉於孤島運轉模式

儲能系統運轉於孤島運行模式，並可調整微電網電壓及頻率，以便與市電電壓同步，當發電量大於負載時，儲能系統必須將多餘的電量回充至儲能電池，Microturbine 運轉於併網模式。

※ 決策：市電是否恢復

當市電由 SS 判定恢復時，並且微電網電壓與市電電壓同步後，
微電網重新併入市電。

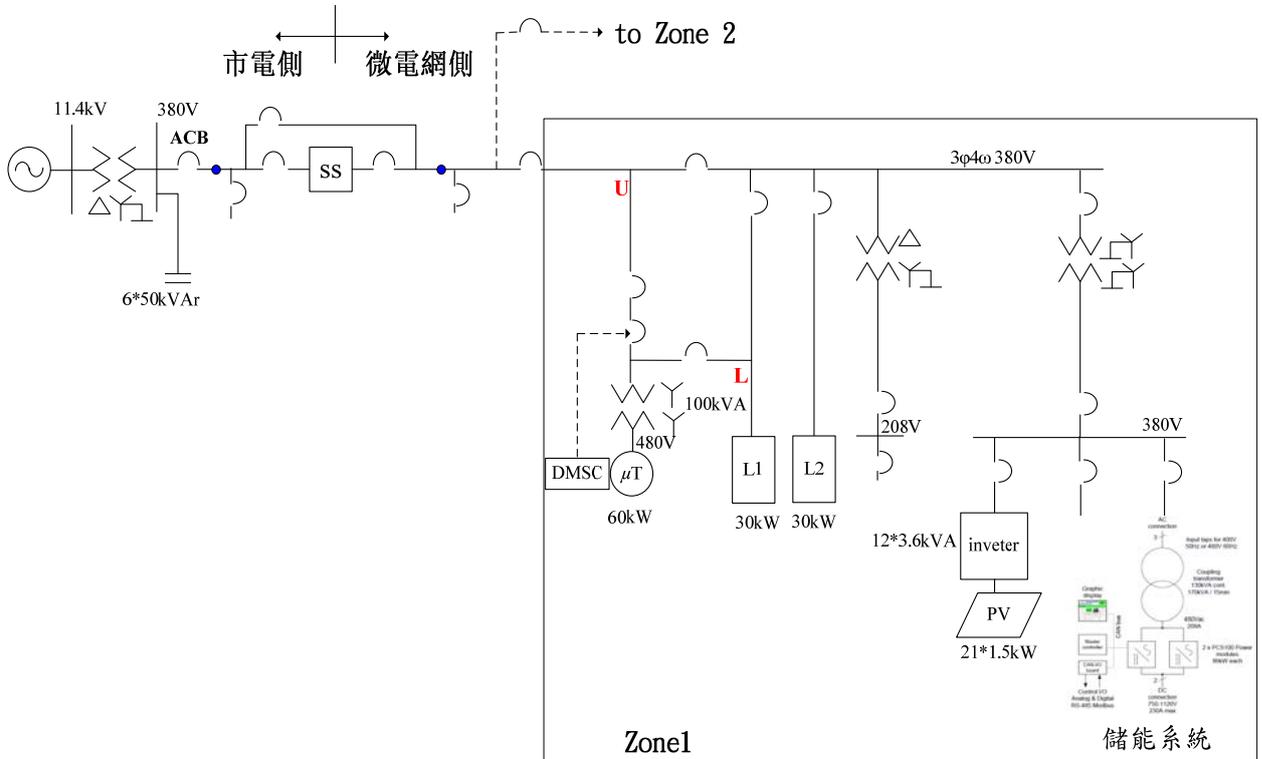


圖 3.15 核研所微電網系統示意圖

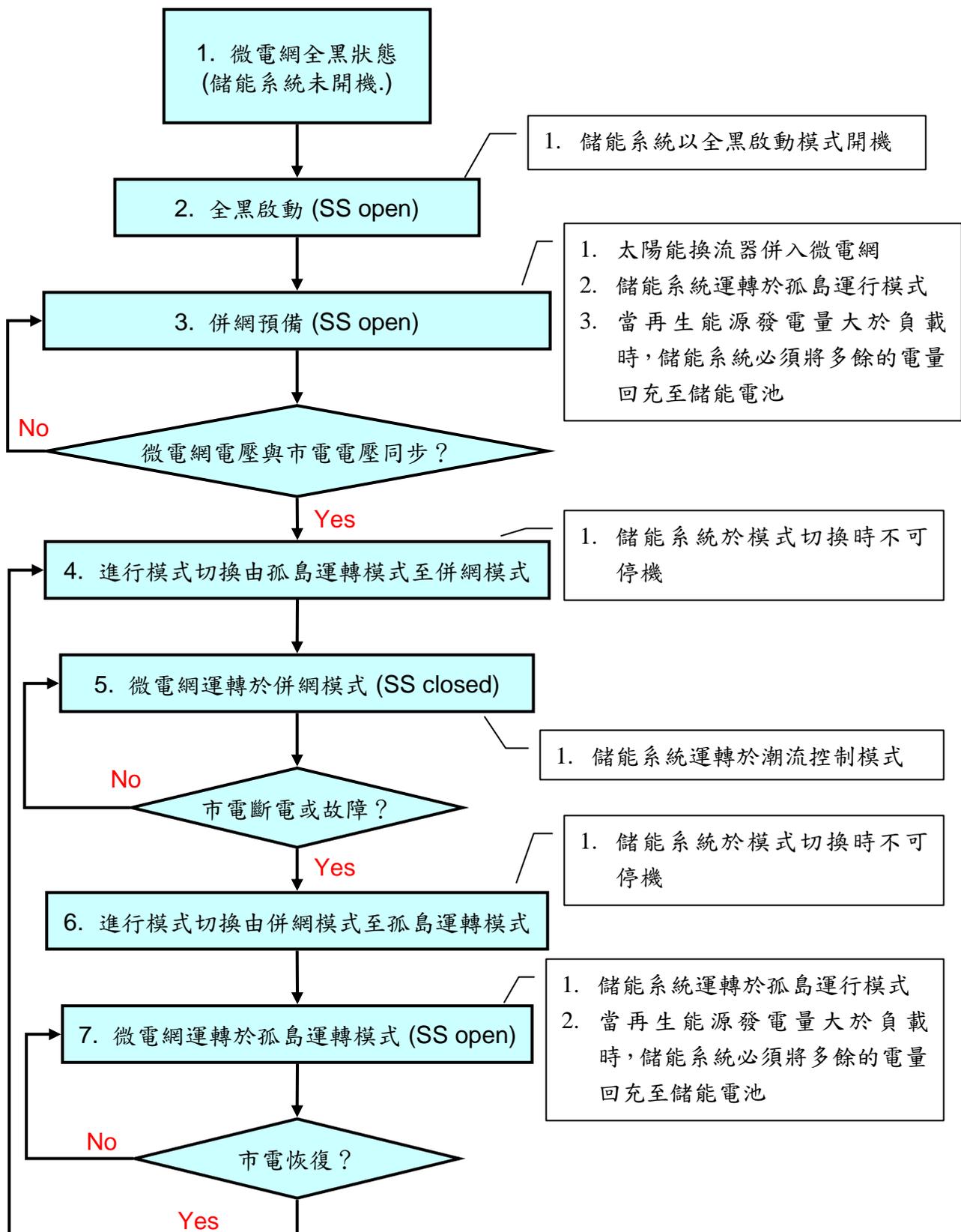


圖 3.16 儲能系統整體功能測試流程圖

(5) 參訪天津力神電池股份有限公司

由於北京 ABB 準備應用天津力神電池公司生產的電池用於 ABB 儲能系統，此行主要瞭解力神電池公司提供儲能系統所需電池及電池管理系統（BMS）之能力與經驗，首先由該公司動力市場營銷部部長施雲海先生在力神展覽室說明該公司主要產品及應用與客戶，並參觀該公司 30KW 太陽能示範儲能展示場，接著到會議室進行討論，先由力神電池公司動力市場營銷部李曉剛客戶經理簡報力神公司及電動汽車動力電池介紹，再由北京 ABB 白光經理簡報北京 ABB PCS 100 儲能電站能量轉換系統，接著討論儲能系統所需電池需求規格與力神電池公司現有電池產品之適用性，相關心得與建議如下所列：

- 力神公司擁有13年的鋰離子電池研發和製造能力，以及5年鋰離子動力電池生產和大規模批量供貨歷史，以及全球化供應鏈保障。力神公司成立時間：1997年12月25日，註冊資本：12.5億人民幣，總資本：60億人民幣，總建築面積：18.8萬平方米，主要產品：鋰離子方形、圓形、聚合物及動力電池；超級電容器；鋰離子動力電池；整體系統。力神公司為國有股份制企業，主要股東為大陸海洋石油總公司、國投高科技投資公司及大陸電子科技集團第十八研究所。
- 力神公司準備將原提供給電動車輛之動力鋰離子電池作為儲能系統所需電池，力神公司具備設計製適用於電動車輛使用的電芯（Cell），並能根據整車結構要求由機械結構件連接組成的串並聯電池組與滿足整車電力要求，同時具備電源保護和電池管理能力等實際應用經驗，對於提供儲能系統所需電池應無問題。
- 經討論後，力神公司施雲海部長表示對北京ABB儲能系統所需電池規格與保固三年要求，並未發現有任何困難，但討論過程顯示力神公司以往只提供最高電壓600VDC的電池組，而北京ABB儲能系統所需電池工作電壓為696VDC，力神公司首席營運官

Mr. Tom Gaither表示該公司有10幾位專門設計BMS的工程師可以克服此問題，請大家不用擔心此議題。

- 力神公司建議採用5KW電池模組給北京ABB組裝儲能系統，此5KW電池模組產品將於德國2010 Intersolar太陽能光電展中展示，並預計2011年8月開始量產。力神公司施雲海部長表示儲能系統通常需購買15-20%備用電池，才能確保電池系統可維持長時間正常運作，例如，我方預計使用60KW電池儲能系統（12組5 KW電池模組），則需採購70KW（14組5 KW電池模組），其中2組5 KW電池模組為備用電池，可見電池模組的可靠度並非100%。
- 目前儲能系統所用電池與電動車輛採用的動力鋰離子電池相同，但目前電動車輛並未成熟與廣泛使用，這也表示動力鋰離子電池及其電池管理系統的穩定度尚有改善空間，由於電池是微電網儲能系統長期穩定運轉的關鍵組件，建議必須注意廠家組裝後60KW電池系統與5KW電池模組的穩定性及後續維修的問題，並要求電池廠家提供出廠前測試報告及三年保固的保證。
- 由於儲能系統所用電池的電壓高達700VDC，電流達80A，為維護實際操作維護人員的安全，建議要求廠家需提供操作維護手冊及人員訓練，並提供適當的防護工具。
- 儲能裝置具有廣泛的應用前景，能用於分散式能源、邊防哨所、通訊基站、大型油田監控系統、森林防火、海島供電、邊遠山區供電、草原等離網和孤網運行的系統。此外，在智能電網的穩壓功能、充電汽車充電站、儲能式不斷電電源（UPS）、地鐵、高鐵的能量回收系統中也有廣泛的應用前景。而在大陸，風場、太陽能發電廠通過儲能技術的應用能解決可再生能源並網的問題，使得可再生能源持續可靠地向電網提供電能。
- 雖然儲能市場很大，大陸生產電池的廠家也很多，但是真正能做出成熟產品的企業並不多，因為儲能電池和動力電池畢竟是高科技產品，涉及到電化學材料、製造工藝、生產工藝、過程

的環境控制、通訊系統、管理系統等多個領域，需要解決電池的一致性問題和充放電過程中的一系列問題，由十幾種材料結合起來，不是簡單的電化學問題。

四、建議事項

- 一. 大陸北京廣利核公司發展核能安全等級數位化控制保護系統發展平臺（Firmsys）原型機的研製工作，與我方開發台灣自主型儀控系統計畫開發及認證工作相近。建議派員參加後續舉行的大陸國際核電儀控技術研討會，以持續蒐集廣利核開發FirmSys所遭遇的問題和經驗，作為我方開發及認證台灣自主型核電儀控系統之參考。
- 二. 大陸近幾年來積極建設核能機組，其儀控系統技術多半由西屋公司（Common Q）、Invensys公司（Tricon）與AREAVA公司（TELEPERM XS）提供，而這三家公司的數位儀控系統平台，也是目前最有前景、最具競爭力的數位儀控系統，大陸已陸續引進這些技術，建議我方應與大陸核電廠及儀控廠家持續交流，以蒐集大陸新建機組應用上述三家公司的數位儀控系統平台的經驗，將有助於國內核電廠進行數位化儀控系統更新作業。
- 三. 大陸應用其未來準備興建多部核電廠機組的優勢，並在要求國外廠家提供技轉或與大陸廠家合作的條件下，引進國外核電儀控技術，並積極吸收消化與創新，致力於核電儀控技術自主化。但建立自主化核電儀控技術需要投入長達十幾年的時間與大量人力，加上大陸多座核電廠建造的人力需求，目前大陸已有核電儀控人力不足的情形，基於國內多年核電廠儀控系統數位更新之經驗，建議將設計審查與獨立驗證與確認作為雙方技術交流之議題。

伍、附件

無