

電力研究簡訊

Power Research Newsletter

107 年第 2 季 (107.04 No.108)

台電綜合研究所 **TPRI**

地址：(10091) 台北市羅斯福路 4 段 198 號 電話：(02)2360-1084 傳真：(02)2367-9611

目錄

研究計畫成果

- 一、台中電廠 BFPT 末級動葉片損傷再生及改良更新研製
- 二、充油電纜部分放電高頻感測器之研究
- 三、二氧化碳固態吸附劑合成方法評估
- 四、台電二次變電設備試驗管理系統重構之研究
- 五、事業部下之台電公司最適化物料儲運體系

技術服務

辦理本公司 106 年知識管理標竿學習案例競賽評比活動

台灣電力公司

使命：以合理成本及友善環境的方式，提供社會多元發展所需的穩定電力。
願景：成為卓越且值得信賴的世界級電力事業集團。
經營理念：誠信、關懷、服務、成長。

研究計畫成果

一、台中電廠 BFPT 末級動葉片損傷再生及改良更新研製

(能源研究室：吳憲政、鐘震洲、黃至才、王榮崧、李日輝)

(一) 研究背景：

台中電廠#5~8 機 BFPT(Boiler Feed Water Pump Tturbine)末級動葉片因原廠家製造製程瑕疵及機組運轉環境影響，常導致末級動葉片產生斷裂。經現場取樣破損分析顯示，造成台中#8-1 BFPT 末級葉片斷裂原因為葉片裂縫起始區產生如圖 1 之沿晶應力腐蝕龜裂。

因上述台中#8-1 BFPT 末級整級動葉片僅單支斷裂，餘未產生龜裂之葉片頂部護環因葉片拆卸需重新銲修再生處理方可重新使用，故本研究針對舊有動葉護環損傷區進行銲修再生處理。此外，針對現有末級葉片進行改良更新模擬分析，以期未來作為新葉片更新改良之參考，期盼延長使用壽命及提升其運轉效率。

(二) 研究內容：

本研究經由研發建立 BFPT 末級葉片之 3D CAD 模式正向設計技術(圖 2)、BFPT 動葉護環損傷區銲修再生技術(圖 3)、末級動葉雷射覆銲抗沖蝕區及噴銲抗沖蝕塗層技術(圖 4)、末級葉片形狀及效率

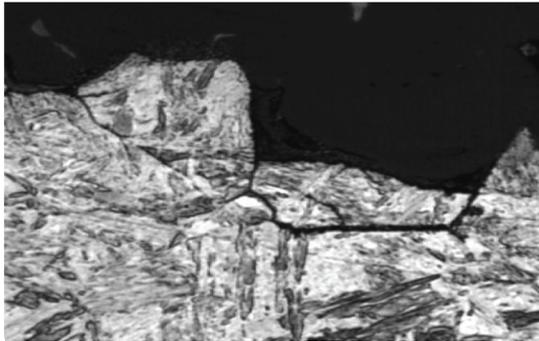
改良模擬分析等有關 BFPT 葉片再生與新製技術。由實驗結果建立 BFPT 末級新葉片之新製技術，涵蓋：葉片之材料選用、進料檢驗及加工前熱處理、葉片之 3D 尺寸正向設計、葉片精密尺寸之驗證檢驗、葉片之 CNC 加工程式驗證、CNC 實機加工及拋光處理(圖 5)、三次元尺寸驗證、葉片抗沖蝕區之雷射覆銲處理、葉片加工後熱處理、液滲檢驗及即時 RT 檢測、最終加工完成葉片之機械性質抽樣檢測與最終產品之尺寸品管及實機運轉測試等。

(三) 研究成果：

建置舊 BFPT 葉片之雷射粉末銲修製程、葉片抗沖蝕區之雷射覆銲處理製程及高速火燄抗沖蝕噴銲技術，並可協助進行電廠完成舊 BFPT 葉片之銲修，節省購置新 BFPT 葉片之維護支出。BFPT 末級動葉片經最佳化設計後葉形變為圓弧流線形，並可達到增加扭力輸出 5%、DOVETIAL 應力值降低 29.68Mpa，顯示最佳化設計達標，惟待後續實際加工、裝機測試驗證後，作為機組效率改善之新葉片製造之基準。



(a)



(b)

圖 1 台中#8-1 BFPT 末級葉片斷裂之：(a)外觀照片；(b)葉片裂縫起始區產生沿晶應力腐蝕龜裂之斷裂外觀照片。

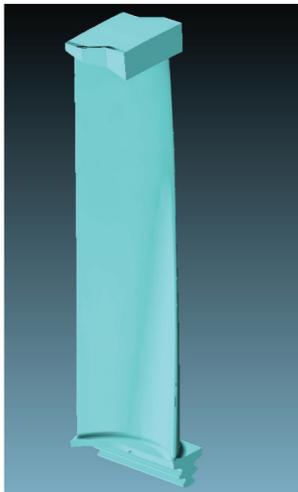
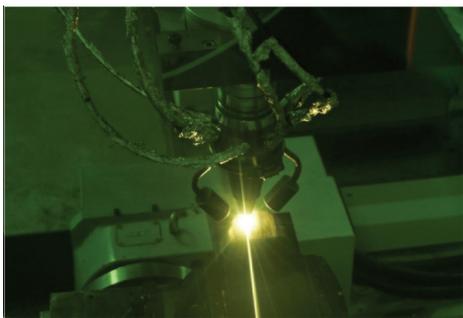
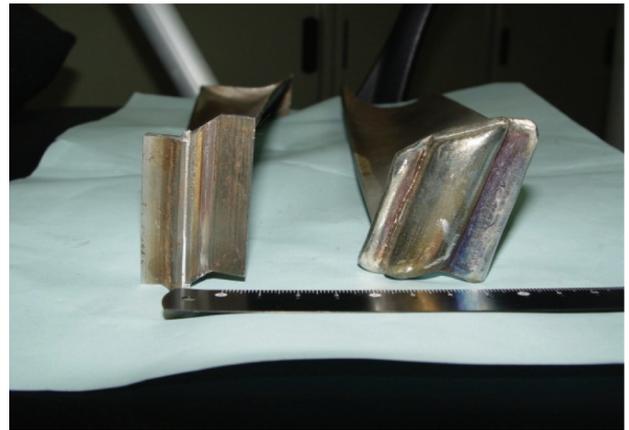


圖 2 第 9 級 BFPT 之葉片 3D 精密模型。

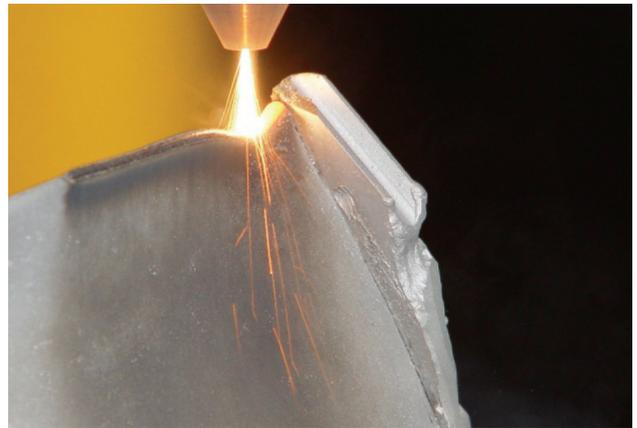


(a)



(b)

圖 3 BFPT 末級葉片護環損傷區鐳修再生：(a)以光纖雷射進行鐳修情形；(b)BFPT 葉片護環損傷區鐳修前與鐳修後之外觀。



(a)



(b)

圖 4 末級動葉雷射覆鐳抗沖蝕區及噴鐳抗沖蝕塗層技術：(a)葉片導引端沖蝕損傷區之雷射三維成形鐳補；(b)導翼端進行高速火燄噴鐳。



(a)



(b)

圖 5 CNC 實機加工及拋光處理

二、充油電纜部分放電高頻感測器之研究

(高壓研究室：蔡秉欣；國立成功大學：陳建富)

(一) 研究背景：

台中火力發電廠運轉發電迄今已達 20 年以上，其主變壓器高壓側採充油電纜連接至 345 kV 開關場。被覆導體設計採 SB-1 單端接地之結構，電纜被覆導體於 GIS 終端匣直接地，另於主變壓器側應用 IMB(Intermediate Bus)與主變壓器高壓側套管連接，而在主變壓器側之充油電纜被覆導體經被覆電壓限制器(Sheath Voltage Limiter)接地。

然而本型式之充油電纜及其終端匣附屬器材，長期運轉於額定電流 86% 之機組出力情況下，可能因鉛工硬焊補漏作業或雜質積層，而導致絕緣劣化並發展出部分放電現象。故擬發展部分放電檢測系統，防範事故。

(二) 研究內容：

本文蒐集超高壓輸電級電纜及附屬器材相關技術標準與文獻資料，探討油中氣體分析與電氣性部分放電技術與其限制性。利用商用及自行開發出之部分放電量測設備，量測加壓時間與部分放電趨勢，藉以分析絕緣油劣化程度。

(三) 絕緣油與部分放電量測：

利用加壓設備緩步加壓，並觀察即時波形與油杯內絕緣油狀態，加壓至 9kV 油杯產生火光，如圖 2 所示，所測得之部分放電波形如圖 1 所示。量測絕緣油劣化指標，一般採 ASTM D924-08 標準測試方法所得之消散因數(Dissipation Factor or Power Factor)，判別絕緣油劣化程度，參考一般檢測單位商用測試儀器之參數設定，首先選定加壓 2.5kV，

電極間距 5mm 進行加壓試驗，分別加壓 8、16、24、32 及 40 小時並使用自製及商用設備量測部分放電訊號。

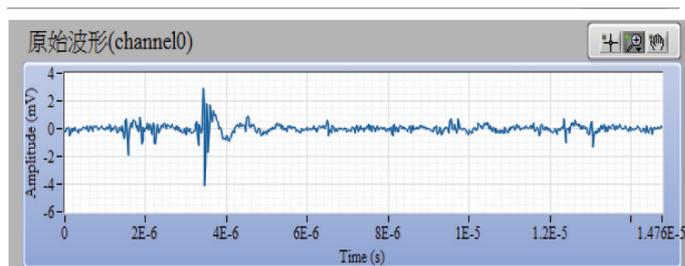


圖 1 量測即時波形



圖 2 電擊崩潰瞬間

(四) 結論：

充油電纜部分放電高頻感測器經不同加壓時段之波形濾波後，統計分析之脈衝數與脈衝和曲線圖如圖 3 及圖 4 所示。由於後端系統之頻寬、參數等，是配合前端自製感測器特性設計，因此獲得最佳量測效果，使自製感測器靈敏度優於商用感測器。

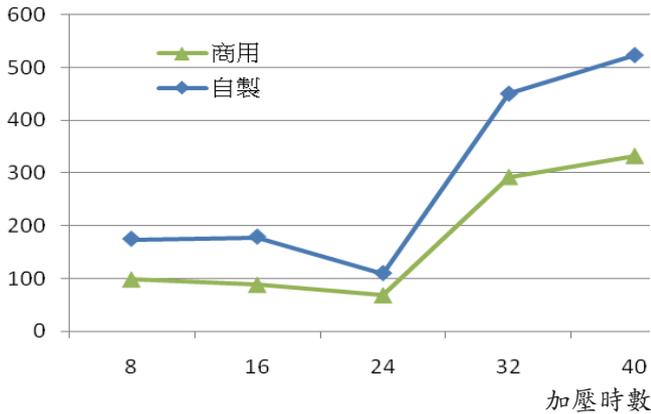


圖 3 部分放電脈衝數與加壓時數關係圖

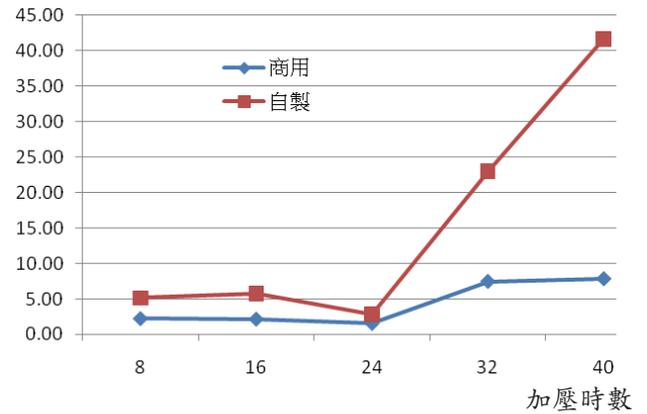


圖 4 部分放電脈衝和與加壓時數關係圖

三、二氧化碳固態吸附劑合成方法評估

(化學與環境研究室：楊明偉、莊宗諭、黃鐘、張孟淳)

(一) 研究背景：

為減緩溫室效應，抑制全球暖化，各國已開始發展二氧化碳捕獲技術。捕獲技術中最主流的方法為化學溶劑吸收法，然而不易克服能耗過高之缺點，因此以固態吸附劑經由變壓或變溫控制吸脫附 CO₂ 的程序逐漸受到重視，如何以簡單、低成本方式合成高效率、低脫附能量之固態吸附劑便是其中最關鍵的技術。

(二) 研究成果：

本研究合成「苯胺基官能基固著矽膠」固態吸附劑之方法，是以矽膠為載體，添加 3-APTS (3-aminopropyltriethoxysilane) 及丙酮溶液於其表面進行胺基化處理，處理過後之胺基化矽膠與苯胺單體於過硫酸胺及鹽酸溶液中，進行聚合反應形成粉體，再添加黏著劑 PVP 和 NMP 溶液，經濕式滾動造粒(如圖 1 所示)，擠壓成型切成適當顆粒大小而成。

本研究發現無論是合成階段亦或是造粒方法，對於後續吸附效果皆有一定程度之影響。合成階段對吸附能力之影響如圖 2 所示，最佳合成策略為 10N-48N2，其條件為使用 10% 3-APTS 丙酮溶液進行胺基化，合成之粉體不經丙酮清洗，聚合反應時

使用之苯胺:鹽酸比例及過硫酸胺:鹽酸比例分別為 1:100 及 1:20，進行聚合反應 48 小時，不清洗乾燥後直接使用，其粉末在 295K、2.5atm CO₂ 環境下，吸附量可達 0.827 mol kg⁻¹。進一步進行造粒策略比較如圖 3 所示，最佳之造粒條件為黏著劑：粉體：溶液比為 1:5:10，其顆粒不論在 1atm CO₂ 或 2.5atm CO₂ 環境下，吸附量均較其他比例所得顆粒更高，如圖 3 所示。

將合成之吸附劑在造粒前後分別進行熱重分析 (Thermogravimetric Analysis, TGA)，即使進行 10 個吸脫附循環後，吸附量仍變化不大，如圖 4 所示。

(三) 未來展望：

吸附 CO₂ 的成本效益是固態吸附劑最重要的議題，其吸附能力需在 3~4 mol CO₂ kg⁻¹ of Sorbent 以上，成本需控制在 US\$ 10/Kg 以下才會有經濟效益。在此系列試驗中，其吸附效益還有改善之空間，但由 TGA 循環試驗可得知，無論造粒前或造粒後之固態吸附劑吸附量變化穩定，吸附量衰變量不多，可見聚苯胺基上的胺基官能基團結構具有一定之穩定性，值得後續進行更長時間循環 (> 500 Cycles) 的耐久性測試評估。



圖 1 濕式滾動造粒設備

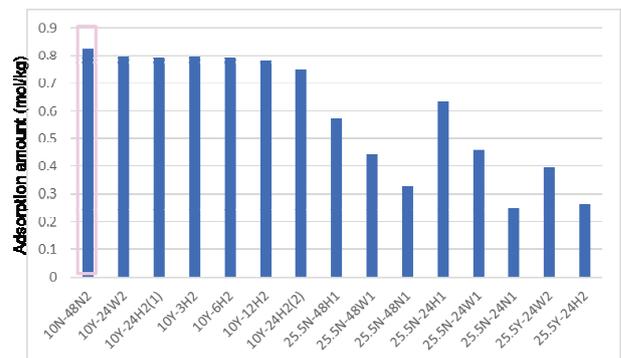


圖 2 同合成條件所得吸附劑粉體之 CO₂ 吸附量

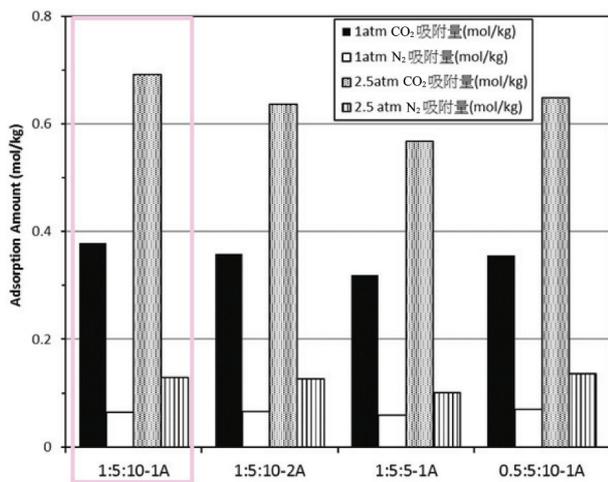
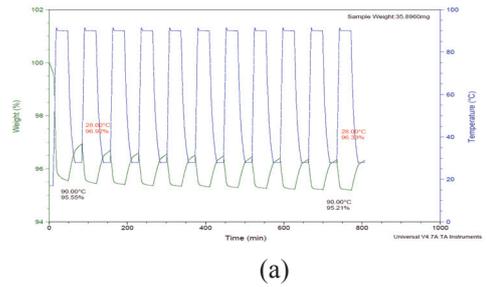
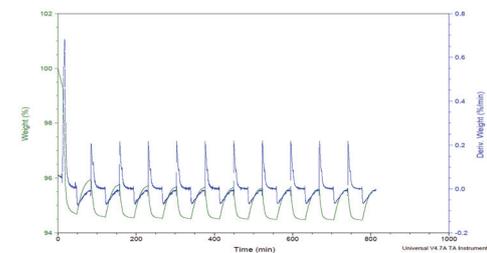


圖 3 同造粒條件所得固態吸附劑之 CO₂ 吸附量



(a)



(b)

圖 4 固態吸附劑造粒前後之熱重分析循環測試(a)造粒前(b)造粒後

四、台電二次變電設備試驗管理系統重構之研究

(電力研究室：吳承翰、嚴柔安；樹德科技大學：蘇怡仁、鄭吉清、蘇瑞燁；國立澎湖科技大學：胡武誌)

(一) 前言：

在科技發達的現今，穩定的電力供應是人民生活品質和經濟發展不可或缺的重要一環，將電力穩定地配送給每一用戶，並維持電力系統的正常運作為本公司之重要使命。因此，變電設備的有效維護與管理就成了重大的議題。

本公司配電線路與變電設備遍佈全台灣，為確保全民的用電品質，定期的設備巡視與試驗是必要的。過去，本公司仰賴大量人力進行設備巡視與試驗，以紙本記錄現場設備狀況，但面對日益龐大的紙本資料，維護與保存勢必造成相當大困擾。為了解決這些問題，本公司於民國 96 年 6 月首次進行二次變電所設備巡檢 (SSFMS) 的電子化建置^[1]，將流程初步數位化。但由於使用的資料庫由各變電所自行管理，且欄位未統一，於民國 97 年 8 月進行該系統之擴充^[2]，將資料統一至單一資料庫進行保存，並導入 RFID 無線射頻識別，便於巡檢時藉由在設備上的 RFID 標籤，快速取得變電設備相關資訊與巡檢項目。隨著時間演進，新需求逐漸浮現，如系統安全性、相容性及資料庫存取效能等，且有符合更高階資安之需求^{[3][4][5]}。

(二) 研究背景、目的、方法：

受限於專案整體架構及原開發語言，本研究將重製一資訊系統，考量功能、原系統操作習慣與保存原有系統資料進行系統設計。此研究目標包含有以下三項：(1) 設計及建置資料庫，儲存二次變電設

備各項試驗與巡檢項目與其結果。(2) 建立變電設備維護資訊系統，供各區處人員填寫試驗結果、瀏覽歷史數據並產出報表。(3) 依照各二次變電設備之維護週期，由資訊系統主動提醒設備維護時間將到期，另外，亦能由使用者主動地發出維護通知訊息。

依上述研究目標，依據各區營業處設備試驗之共同需求，設計設備試驗資料庫，並改善原 SSFMS 系統之缺陷。原 SSFMS 可大幅加快區處人員進行之巡檢作業，但是因大量且集中時段的連線，造成系統存取效能不佳。另外，由於巡檢業務仍由 SSFMS 進行，故本研究所建置之系統，除了建構滿足設備試驗之作業需求，亦能由 SSFMS 讀取巡檢資料，供各區處人員存取。此一目標著眼於建構一個能和 SSFMS 資料庫完全相容的新設備資料庫，且解決資料庫之存取效能提升。

(三) 研究結果：

資訊系統之建置考量作業系統穩定度、效能與安全等因素，採用 Ubuntu 作業系統，搭配 Nginx 與 MariaDB 作為開發環境。系統部分包含七大模組，功能計有：設備資料管理、設備巡檢管理、設備試驗管理、設備異狀查詢、變電工作管理、系統功能管理與列印模組，完整項目如圖 1 所示。於操作者使用上，劃分不同之操作權限，分為變電所人員、區處人員、區處管理人員與總處人員等，依不同權限開放系統功能。

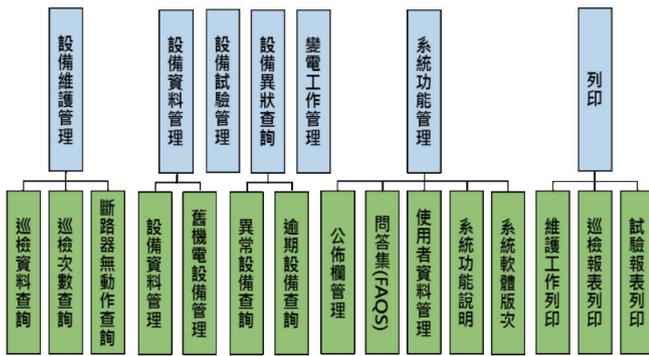


圖 1 系統功能列表

系統風格如圖 2 所示為系統首頁，顯示當前使用者單位與姓名。功能列表則分成設備維護管理、設備資料管理、設備試驗管理、設備異狀查詢、變電工作管理、系統功能管理與列印等 7 個主項目，並根據使用者權限判別顯示與否。系統整體設計較為簡潔，一方面考量功能區顯示的完整性，並盡量免除需要捲動畫面的可能性，另一方面則是考量舊系統使用習慣，維持上方功能列表的風格。



圖 2 系統首頁畫面

在系統效能實驗部分，比較本研究系統與既有系統 SSFMS。為了便於實驗數據的統計與實測的公平性，將兩系統建構於 VMware 虛擬機器 (Virtual Machine) 上，並配置相同硬體規格。測試時選擇兩系統皆擁有的功能進行驗證，並使用相同查詢語法。於不考慮使用者介面與系統驗證的情況下，分別進行 500、1000、1500、2000、2500 個模擬連線，同時讀取資料庫進行檢視，測試結果如表 1。既有

系統在起始 500 人同時連線使用的系統回覆等待時間 499.034 秒，相較於本研究系統多了約 4 倍的等待時間。隨著模擬連線數量的增加，落差也越來越明顯。

表 1 系統回覆等待時間統計表(s)

平台 連線數	SSFMS	本研究系統
500	499.034	128.19
1000	980.429	143.669
1500	1301.693	152.859
2000	1774.729	156.093
2500	2289.933	168.127

在記憶體表現方面，在不改變伺服器任何環境參數的情況下，測試記憶體大小對效能之影響，分別調整記憶體至 8GB、12GB、16GB 進行實測。如表 2 實測數據得知，在記憶體增加至 8GB 後，系統回覆等待時間大約減少 1 倍，成果十分明顯，可作為未來伺服器硬體建置之參考。

表 2 記憶體測試系統回覆等待時間統計表(s)

記憶體 連線數	4 GB	8 GB	12 GB	16 GB
500	128.19	60.289	53.565	50.646
1000	143.669	66.725	68.547	64.358
1500	152.859	71.927	69.787	66.501
2000	156.093	77.025	73.787	70.419
2500	168.127	102.299	83.1	81.201

(四) 參考文獻：

- [1] 姚立德、蔡森洲，「二次變電所設備巡檢管理系統」，台灣電力公司研究報告，2007 年。
- [2] 王建中、姚立德、顏志丞、林桐斌、林建銘，「二次變電設備管理系統 (SSFMS) 擴充開發研究」，台灣電力公司研究報告，2008 年。
- [3] 林勤經、樊國楨、方仁威、黃景彰，「資訊安全管理系統建置工作之研究」，資訊管理研究，四(二)，第 43-65 頁，2002 年。
- [4] 張延紅、範剛龍，「SQL Server 數據庫安全漏洞及防範方法」，華中科技大學計算機工程系，2006 年。
- [5] 李紅，「微軟系列軟件的最新安全漏洞」，中國教育網絡，第 3 期，2005 年。

五、事業部下之台電公司最適化物料儲運體系

(電力經濟與社會研究室：卓金和、鄧勝元、陳隆武、王華新)

(一) 研究背景、目的、方法：

本研究以國內外大型標竿企業及電力公司物料儲運體系之重要案例為研究對象，提出事業部下之最適化物料儲運體系架構、關鍵成功要件，並進行倉儲整合、物流中心架構之評估建議。目標是研擬一個以資源整合共享為概念，且能兼顧符合台電公司經營效益及事業部利益之理想儲運體系，做為公司未來倉儲資源調整之依據。其重點可從物料管理與倉儲中心區位選擇為核心，探討如何仿效國內外

成功的案例，配合未來的發展趨勢以及提出物料儲備與運輸作業優化建議，以提升作業效率及降低儲備成本；庫存儲備及倉儲作業流程如何一併考量，使整體儲運體系規劃有一致性；物流中心及倉儲作業應如何因應才能縮短物料流通的時程；運輸網絡架構應如何規劃，才能最有效率的配送至各地倉庫，以符合公司整體目標。

(二) 成果及其應用：

項目	現況	改善建議	方法/方案、工具、模型
組織	因電業法之修法，台電公司將轉型控股母公司。	公司轉型將會經由一連串的變動後達成，故本計畫亦提出各種不同的組織形式以供參考，在不同時期下，可採用較適用之組織。	4 種組織方案
運輸配送	公司級材料部分，由北、中兩個儲運中心，每月二配至區處倉庫。北、中儲分別以重料件、輕料件為大宗。	現行的方式因跨區域運輸比例增加，運輸成本亦可能隨之上升。因此提出依照地理區位進行分工來界定儲運中心之權責服務區處，並且針對儲運中心之服務區處的配送路線(順)建議採用先分區、後路線的方式計算。	地理區位： P-median problem (用 Lingo 求解) 配送路線： VRPTW(用 Gurobi 求解)
空間活化	除中儲有導入自動倉儲系統外，各單位目前僅有 ERP 系統可對於物料進行掌控，但尚未具備即時掌握倉儲使用狀況能力，故無法有效得知倉儲空間利用狀況。	發展簡易倉儲空間計算的表格及空間使用率估算原則。倉儲空間之評估，需藉由長時間的觀察才能進行，可採用此表格定期記錄各倉儲之倉容情況，作為空間活化的參考。	倉儲利用率計算元素：單元負載、材料資料、儲位資料 倉容能力評估觀點：容積計算(空間觀點)、面積計算(平面觀點) 工具：Excel
績效指標	針對儲運體系方面，現行指標之訂定，未能完全將管理及作業單位意見皆納入考量。	藉由問卷收集各層級單位的專家意見，有形成共識之指標納入指標資料庫(共 38 項)。每年進行績效指標檢討時，建議可採用 IPA 分析法產出年度績效管理指標。	模糊德菲法、重要度-表現分析法 (Importance-Performance Analysis, IPA)
物料需求	材料需求目前使用簡單平均法進行預測，然現區處間調料頻繁又物料使用會受到天災因素影響，故需要有相對應之方法協助提升需求預測準確。	透過分析近 3 年資料，其物料之需求特性符合間歇性需求，適合採用拔靴法進行預測。又考量季節天災因素，發展季節性拔靴法模型。	預測模型：季節性拔靴法、簡單平均法、移動平均法 工具：Excel
作業流程	透過資料整理、現場訪查及電話訪問，針對物料儲備作業、調配作業及倉儲作業之現況進行分析診斷，並提出改善建議		

技術服務

辦理本公司 106 年知識管理標竿學習案例競賽評比活動

(電力經濟與社會研究室：余長河)

本公司在知識管理方面訂有責任中心指標，以達成標竿學習案例為目標，為促使各單位熟悉使用本公司知識管理有關之部落格、業務協同園地、台電智庫、整合檢索、分散式知識管理等系統，塑造「分享知識」的學習型組織文化、傳承核心技術及解決現場問題，故舉辦 106 年度標竿學習案例競賽。請各單位踴躍提案參賽，提案前可參考台電智庫 SKM (Strategy Knowledge Management) 工具並在系統內完成後列印一份送本所評比；或自行整理濃縮一份 15 頁內之標竿案例 (Word 檔) 將電子檔與書面資料送本所評比。

本競賽援例將以籌組評審團進行評審，就參賽案之商業個案說明、確認專案目標的知識領域、定義關鍵績效指標、知識領域分析：相對於 KPI 現在與未來的影響、評估與描繪知識領域發展策略、規劃 KM 行動方案等 SKM 六步驟以及效益評估與回饋進行書面評審。評比結果前 10 名擬分別頒贈第一優勝獎獎金 10,000 元；11 至 20 名分別頒贈第二優勝獎獎金 5,000 元；另再選取 60 名分別頒贈參加獎獎金 2,000 元以資鼓勵，合計獎金需 27 萬元。其中，獲得第一優勝與第二優勝得獎案例如下：

(1) 以下 10 個案例各得第一優勝獎獎金 10,000 元：

單位	案例
人資處	員工協助方案在組織文化的型塑與運用
台中區處	二次變電設備維護及資產管理系統(新版 SSFMS)查詢效率及穩定性改善
台北供電區處	大同 P/S 161kV GIS 及主變壓器汰換工程規劃設計
林口電廠	建立林口電廠工安文化管理 E 化之學習模式
修護處	Siemens Si3D 模擬葉片製作開發
核二廠	主發電機定子線圈重繞及附屬設備更新
海域風電施工處	風能評估及分析-風能分析軟體輔助風力發電機最佳化設計
高屏供電區處	大數據思維~掌握變電所設備故障前之第三張骨牌訊號
新桃供電區處	運用軟體分析大數據提早發現電力設備潛藏弱點提升供電穩定並節省人力成本
綜研所	氣渦輪機空壓段葉片烤漆新製程之研發

(2) 以下 10 個案例各得第二優勝獎獎金 5,000 元：

大甲溪電廠	德基水庫含砂水流運移與水庫減淤操作試驗研究
北北區處	配電線路三項不平衡電流之分析與改善
北區施工處	提升建築設計與施工整合之效率與品質
台東區營業處	綠島發電廠油污事件緊急應變處理
系規處	大金門地區 1050531 全停電事故檢討改善
修護處	高壓泵檢修作業改善方法
修護處	興達電廠#1 機西門子渦輪機大修配件 Roll In/Out 工作技術研究
核三廠	核三廠 RCP 一號軸封清洗
訓練所	導入電子書包發展創新教學與行動學習
營建處	水力發電工程水錘分析理論及實務應用比較(高屏電廠竹門發電機組為例)