

電力研究簡訊

Power Research Newsletter

102年第2季 (102.04 No.88)

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)2364-9611

台灣電力公司

使命：滿足用戶多元化的電力需求、促進國家競爭力的提升、維護股東及員工的合理權益。
願景：成為具有卓越聲望的世界級電力事業集團。
經營理念：誠信、關懷、創新、服務。

研究計畫成果

一、台電公司投入能源技術服務業執行計畫之可行性研究

(電力經濟與社會研究室：陳鳳惠、張哲璋；綠基會：楊顯整)

(一) 前言：

能源技術服務產業的發展已近半個世紀，而近年來隨著知識型經濟的興起以及財務工具的創新，其服務模式已由傳統的診斷、施工、技術諮詢轉型為「節能績效保證契約 (Energy Savings Performance Contracting, 以下簡稱 ESPC)」專案機制，而成為能源服務產業之中重要的一環。根據國外推行 ESCO 產業的經驗，藉由發展能源技術服務業，結合能源、環保與產業政策，不僅可降低企業對於傳統化石燃料的依賴、節省能源、降低溫室氣體排放量，亦可促成知識型服務業的興起，提升服務業之附加價值，而實現提升能源效率與產業產值的目標。

臺灣 99.4% 能源依賴進口，如何減少對化石燃料的依賴、降低能源消費，達到最有效能源運用，提升能源使用效率及擴增再生能源使用是重要關鍵。我國政府為協助國內能源技術服務產業發展，希望研擬規劃發展策略及推動措施，擴大 ESCO 產業市場規模，扶植協助國內 ESCO 產業蓬勃興起，並且繼而能促進我國 ESCO 產業，未來進軍邁向國際市場發展。台灣電力公司為國內能源產業之翹楚之一，擁有高度的能源服務與節能技術能量，基於政府節能政策以及企業社會責任，除了進行企業本身的節能減碳工作之外，亦評估成立 ESCO 公司，藉由其電力事業的優勢與節能技術的能量，協助其他企業客戶進行節能減碳之服務。

(二) 研究架構：

本計畫旨在協助台電公司評估投入能源技術服務業之可行性，蒐集分析國內、外 ESCO 公司和電力公司經營能源技術服務相關資料，包括：技術分析、產業與市場分析、政策與法制分析、經營模式分析。然後，藉由台電公司經營能源技術服務示範案例個案規劃研究以及實作，以瞭解未來台電公司實際運行 ESCO 業務時可能遭遇之困難與問題。最後則進行台電公司經營能源技術服務公司籌設執行計畫的研擬，包括：經營的角色與定位分析、技術分析、產業及市場分析、政策與法制分析、經營模式分析、業務範疇分析、潛在合作對象與合作模式分析、發展藍圖以及政府配套措施建議等。有關本計畫的架構圖如圖 1 所示：

(三) 研究內容：

本計畫評估台電公司投入能源技術服務業之可行性，蒐集分析國內、外 ESCO 公司和電力公司經營能源技術服務相關資料，包括：技術分析、產業與市場分析、政策與法制分析、經營模式分析。然後，藉由台電公司經營能源技術服務示範案例個案規劃研究以及實作，以瞭解未來台電公司實際運行 ESCO 業務時可能遭遇之困難與問題。最後則進行台電公司經營能源技術服務公司籌設執行計畫的研擬，包括：經營的角色與定位分析、技術分析、產業及市場分析、政策與法制分析、經營模式分析、

業務範疇分析、潛在合作對象與合作模式分析、發展藍圖以及政府配套措施建議等。

(四) 預期成果：

1. 完成國、內外之 ESCO 產業核心技術、量測驗證技術 (M&V)、產業與市場、政策與法制、產業經營模式分析。並分析彙整國內 ESCO 之成功案例。
2. 完成台電公司內部 2 個及外部 1 個案例的節能診斷量測，提出個案規劃報告。並針對其中一個案例進行節能改善工程實作，提出個案實作報告。藉以瞭解未來台電公司實際運行 ESCO 業務時可能遭遇之困難與問題，以及獲得實質的節能減碳效益。
3. 完成台電公司經營 ESCO 之市場利基與障礙分析、經營模式分析、參與角色分析。並完成相關規劃，包括：技術分析與規劃、產業

與市場分析規劃、政策與法制分析規劃、經營模式分析規劃。

4. 根據研究成果，明確界定台電公司投入 ESCO 之業務範疇，並提出短、中、長期優先順序。並完成台電公司投入 ESCO 事業，其國內潛在之共同合作廠商與對象，並研提其合作模式。
5. 完成能源技術服務發展藍圖之分析與規劃，包括短中長期未來之發展方向，以及含技術、市場、政策和經營模式等構面，並計算分年之節能量、減碳量以及未來節能減碳能力建構等相關評估。
6. 完成政府推動 ESCO 的相關配套措施蒐集與彙整，並提出建議，以提供 ESCO 公司得以永續經營之環境。

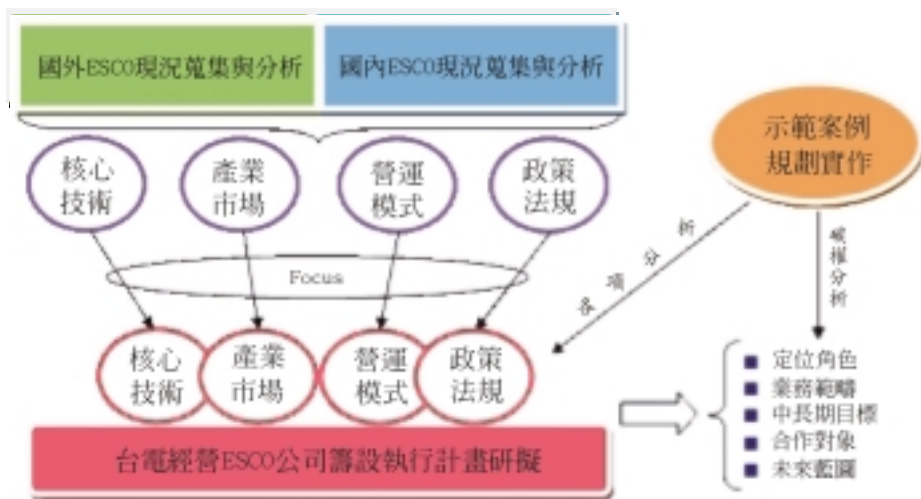


圖 1 本計畫之工作架構圖

二、極低頻電磁場曝露健康風險評估與溝通策略之研究

(電力研究室：王珠麗、周映君、楊金石、蒲冠志)

自 1979 年第一篇探討極低頻電磁場曝露與人體健康關係之論文發表後，此議題相關研究陸續地進行，範圍相當廣泛，而此等研究無疑地是為找出極低頻電磁場曝露與人體健康之關係，或證明兩者之間並無關係。雖然世界衛生組織 (WHO) 於 2007 年相繼以 322 號文件及 238 號專案報告提出他們的評估結果，然而一般民眾卻仍被媒體誇大的報導所誤導，總以為「電磁場已證實確定會危害人體健康」，更將各種疾病歸咎為電磁場曝露所引發，因此本公司在建置各項電力設施上屢遭民眾抗爭，不僅工程延宕，更付出龐大的社會成本。本研究之目的即透過近年來國際間對極低頻電磁場之流行病學研究文獻整理，進行完整的極低頻電磁場曝露風險評估；另一方面，對民眾風險認知進行詳細分析，提

出有效之溝通策略，藉以縮小風險實質與風險認知之巨大差異。

本研究主要透過文獻資料之蒐集來進行極低頻電磁場對人體健康之風險評估與了解目前國際間極低頻電磁場之曝露資訊，並對國內外風險溝通案例進行風險認知分析與溝通策略評估及建議；另外，透過社區溝通宣導會、與自救會溝通說明會、國際研討會及媒體溝通會議等各項活動的舉辦，冀望能縮小民眾對風險認知與實質的差距。各研究項目簡述如下：

(一) 極低頻電磁場之健康風險評估

根據世界衛生組織 (WHO) 所屬之國際癌症研究機構 (IARC) 於 2006 年 6 月發表之 322 號文件 (Fact sheet 322) 表示，回顧流行病學研究發現雖然居住於

平均磁場暴露為3至4毫高斯之住宅者其兒童罹患白血病之風險可能增加為兩倍，但綜合目前國際間對於電磁場健康議題之科學證據，仍不足以支持極低頻電磁場暴露與兒童白血病之因果關係。另外，在歐洲新興與新認定健康風險科學委員會（SCENIHR）於2009年之報告認為，乳癌與心血管疾病不太可能和極低頻電磁場有關，但對於神經退化疾病和腦瘤是否和極低頻磁場相關上尚未證實。

另外，依據本研究蒐集之國際間極低頻電磁場之流行病學文獻發現，各研究結論並不一致：於Kleinerman 2005年的研究顯示電器的使用會對住宅產生高強度的磁場暴露，但病例對照研究結果卻表示一般生活中常用家電之極低頻電磁場不太可能增加腦瘤風險；又Kheifets等人於2010年經由匯總分析後表示並無證據顯示兒童腦瘤風險和極低頻電磁場暴露之間具關聯性，但在Baldi 2011年之研究中並不排除極低頻電磁場暴露可能對腦膜瘤之發生造成影響。此外，於我國的相關研究中，依李中一教授於2007年對台灣兒童在校園中所受之磁場暴露研究顯示，當校園緊鄰高壓輸電線時，兒童有機會受到較大的極低頻電磁場暴露。

綜合國際間相關文獻可知，目前仍無證據顯示

兒童腦瘤風險與極低頻電磁場暴露之間具關聯性；而針對台灣兒童在校園中所遭受電磁場暴露之研究顯示，當校園緊鄰高壓輸電線時，兒童雖可能有機會受到較大的極低頻電磁場暴露，但是綜觀目前國際間對於電磁場健康議題之證據，仍不足以支持極低頻電磁場暴露與兒童白血病之間的關聯性。

(二) 國際間極低頻電磁場暴露資訊

依據世界衛生組織（WHO）2007年的專案報告指出，短期暴露於高強度磁場中對人體健康所造成的不良影響已被確立，為保護相關工作者與大眾，建議應採行國際暴露指導方針（即ICNIRP 1998年所訂定之規範）。此外，有關長期效應的部分，目前並無充分的科學證據顯示，長期暴露於低頻磁場會對人體造成影響。由於極低頻磁場暴露與兒童白血病相關之證據微弱，故降低暴露對健康所造成的效益並不明確。

當今在極低頻電磁場暴露限值方面，目前多數國家皆遵循國際非游離輻射防護委員會（ICNIRP）1998年所訂定之規範：對一般環境50赫（Hz）磁場採用1000mG，60赫磁場採用833mG作為管制規範；而職業場所對50赫（Hz）磁場採用5,000mG，60赫（Hz）採用4,166mG作為管制規範，詳如下表所示。

表1 ICNIRP 1998年公布之極低頻電磁場暴露規範

ICNIRP 極低頻電磁場暴露量規範(1998年)		
規範族群	電場(V/m)	磁場(μT)
一般民眾	50Hz: 5000	50Hz: 100
	60Hz: 4166.67	60Hz: 83.33
職業族群	50Hz: 10000	50Hz: 500
	60Hz: 8333.33	60Hz: 416.67

(三) 風險認知評估與溝通策略建議

本研究蒐尋電磁場風險溝通相關資訊與報告，並對本國案例與國外在電磁場風險溝通協調之對應方式與政策進行整理與說明：因鄰避的電力設施是文明社會中所不可避免的，欲使民眾接受鄰避設施，首要為設施安全性。做好安全性措施、考量環境問題使其達到國際標準、以及加強周邊居民的溝通。民眾對鄰避設施之認知不同：認知較為正面者，若相關單位核准，即表示設施安全性有受到背書；認知較為負面者，對設施有刻板印象，往往以最小傷害為原則而妥協。在尚未有確切證據證明電磁波對人體有害之前，事先的溝通與教育尤為重要，抗爭發生後再進行風險溝通，通常效果有限。相關單位應提供民眾正確資訊，經由教育管道建立民眾的電磁場觀念，讓民眾對於電磁場有正確的認識。在訂定規範與建置公共設施時，應保護少數受影響之

當地居民，以減少大眾抗爭與工程停擺所消耗之社會成本。針對輸變電設施建置與民眾之溝通方式與政策建議，歸納如下：

1. 專門單位：

訓練溝通專才者從事案件疏導的處理並進行風險溝通、舉辦協調說明會、製作文宣等，設法改善民眾的風險認知。溝通是雙向的，主動溝通有降低反對態度的效果，積極主動與當地居民溝通協調是調解抗爭之最佳方式。傾聽居民的心聲，瞭解其實際需求、重視其權益，改變以往單一強調科學數據及行事僵化之慣性風險溝通方式，藉由心理、經濟、政治層面上之溝通技巧化解民眾隔閡。

2. 資訊公開：

機關在執行輸變電設施設置的過程中，資訊應該公開透明，並且讓當地居民參與，

聆聽意見後再做決定。主動提供輸變電設置相關資料及專業資訊，使民眾感受到施工單位面對問題的誠意，或許可以降低民眾的不信賴感及風險知覺。將重要的檢測資訊提供給民眾，並且讓民眾實際瞭解施工單位之作法。此外，相關單位應集中力量，並不可以自身主觀想法進行決策，積極讓民眾參與，公眾的參與為建設進步的動力。

3. 社區回饋：

建立回饋機制與設施之安全措施，運用適當回饋及合理補償以減輕設施與社區之間的衝突，並且使其互動更具發展空間。在經費運用上，應瞭解居民整體所需要的項目，妥善使用，真正達到地方回饋之目的。

4. 專業諮詢：

加強電磁波宣導，提供民眾正確觀念，學術機構與相關研究單位的說明以及政府的積極宣導，可以提高公信力。重視科學建議的同時，並重視大眾的風險感知，將當今已知的科學知識，以簡單的方式使民眾瞭解並接受，增進民眾的信賴感進而化解疑慮。

5. 政策分工：

相關單位應將設施可能造成之環境影響列入考量，並進行管制與規劃。此外，於輸變電設施設置處進行定期檢測，提供民眾查詢相關資訊的權利。由公證單位進行電磁波檢測，並且有當地居民代表於檢測時全程參與。

6. 釋出善意：

縮短同處設置年限以降低電磁波長期累積效應與風險；在工程技術可行下，設置設施盡可能遠離敏感場所（例：學校、醫院）。

民眾對於電磁場的擔心與憂慮，或許是反映對政府的不信任與恐懼感。當民眾透露出不信任感時，相關單位應正視民眾的感受，確認所提供之資訊是否有誤，進行溝通以瞭解如何減輕民眾的不信任感，提出過去的經驗及準則供民眾參考，並且負起解釋與

說明的責任，以公平、責任心、同理心為出發點，與民眾進行溝通協調。

信任的建立需要由雙方的互動關係開始，施工單位在執行輸變電設施之前，應有相關配套措施，除具公信力外亦可加強居民的信心。提早告知當地居民，使民眾瞭解工程的安全性，並且進行深度溝通訪談，除了深入居民生活、了解居民真正的想法和關心的事情，並對民眾的疑慮與問題對症下藥，避免產生不必要的抗爭而浪費資源，使之能夠在工程進行時順利推展以達成雙贏局面。

(四) 各項活動的舉辦

本研究對於北、中及南部健康風險溝通宣導會，係採以互動宣導之方式進行，大體而言三區宣導會皆達到良好的溝通成效，九成以上民眾認為藉由本宣導會對電磁場與健康之間的風險有更深入的了解，對講習內容反應良好；並且，由會後之回饋單得知民眾對於與生活相關之電磁場議題有較高的接受度，建議日後在辦理類似活動時，講座內容可盡量貼近大眾生活，能使民眾對議題產生較大的共鳴，以達到宣導之成效。此外，於極低頻電磁場健康風險國際研討會中邀請國、內外專家學者分別針對「極低頻電磁場生物效應與健康防護」、「極低頻電磁場暴露量測與劑量」與「極低頻電磁場風險評估」三個議題進行演講，會後媒體記者於溝通會中針對大眾對電磁波健康影響所關切之相關問題與專家進行問答，希望藉由本次會議能提供大眾較正確與完整之訊息。

另一方面，前往北、中及南部地區之反對電力設施自救會進行實地量測並與自救會居民進行對談溝通，實際了解居民的訴求。經由團隊與各區自救會與居民詳細溝通後，建議相關單位能於工程開始之前，對民眾說明工程性質與後續可能產生的效應，公布相關數據與資料，讓居民詳知相關內容、廣納意見，並且站在同理心的角度分析正負影響，適時提供其他相關成功案例，以供民眾參考，期待彼此能建立互信基礎以達雙贏之目標。



圖 1 極低頻電磁場健康風險國際研討會



圖 2 極低頻電磁場健康風險溝通宣導會

三、台中#9、#10 機循環水泵動葉輪幾何最佳化使用壽命提昇研究

(能源研究室：孫仲宏)

(一) 緣起：

台中電廠#9、#10 號機 95 年大修時，發現 3 台循環水泵之 5 片葉輪根部均產生長短不同之裂痕，葉輪僅運轉使用一個週期而已，狀況特殊。原廠建議修改幾何外型後之 9 號機循環水泵葉輪，99 年 1 月大修時檢查結果#9-1 與#9-3 之葉輪均無異樣，而#9-2 五片葉輪卻均產生明顯之裂痕。葉輪損壞之主要肇因不外乎外力超過設計值或者材料強度不足兩項因素。96 至 98 年度期間，綜研所陸續進行一連串台中電廠循環水泵之流量量測與驗證、動葉輪力學分析、葉輪流場設計與運轉性能分析等研究案，以協助現場改善解決問題。綜研所就各領域多方面研究結果所獲得之多項結論，建議台中電廠於特別注意鑄造過程中之熱處理品質前提下，先行恢復採用第一代原始葉輪幾何外形設計，俟本最佳化研究結論再進一步改善設計。

(二) 研究方法：

研究過程因無法取得原廠提供之葉輪幾何外型設計圖面等資料，自行利用臂式量測儀器，以逆向工程方法量得循環水泵葉輪實體表面之座標點來建立參數化模型，並使用 SmartDO 軟體工具對循環水泵葉輪外形網格參數化，及 SmartDO 數值最佳化設計程式測試多組數據，從結果中取得產生裂痕處附近區域結構應力最小之 1 組數據，反向獲得循環水泵幾何

外形。其目的主要在於不大幅變更設計，僅從局部改良動葉輪產生裂痕附近區域之幾何形狀方面著手，降低其應力集中現象，增高使用安全係數，以期達到提昇葉輪使用壽命之功效，作為中#9、#10 機 CWP 運轉維護與葉輪改良設計之重要採用依據參考。

(三) 研究成果與應用

1. 葉輪產生裂縫處原為導角半徑 32mm 之單一導角半徑，最佳化分析結果修正為兩個相切導角半徑所組成（導角半徑分別為 171.9mm 與 63.5mm），安全係數可提高 34%。
2. 導流端本為單一導角半徑修正為由兩個導角半徑相切所組成，此為國外類似改良設計案例常見之分析結果，而尾流端仍維持一個導角半徑。台中發電廠委請電力修護處依最佳化研究分析結果，製作多個動葉輪外作為更換現有損壞之葉輪與當備品之用。
3. 考慮避免動葉輪於製造過程中所無法完全掌控之熱處理方面問題，造成葉輪降服強度不如預期，能源研究室於另案研究以鍛造方式，製作經上述最佳化後之循環水泵動葉輪尺寸設計，應用於台中發電廠現場，以能確實進一步提昇葉輪之材料使用壽命。

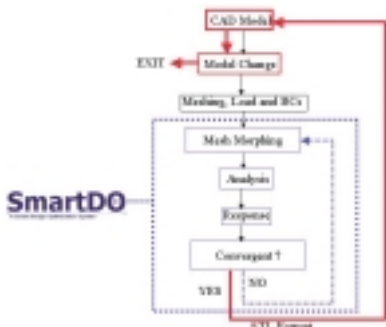


圖 1 最佳化分析流程

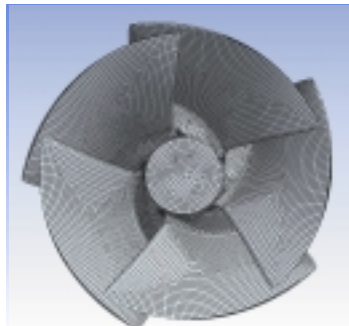


圖 2 原始設計葉輪幾何外型網格劃分

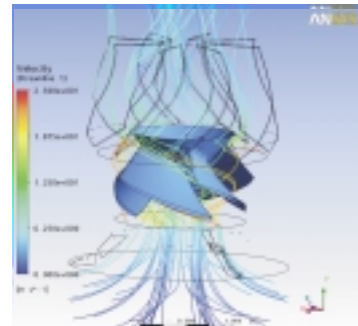


圖 3 葉輪周圍海水流場分布情形

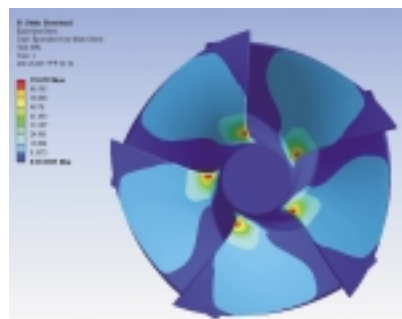
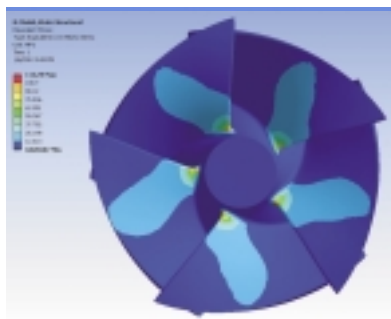


圖 4 最佳化改善設計前後葉輪之應力分佈

四、提高風機葉片表面塗層耐台灣腐蝕環境的需求

(化學與環境研究室：鄭錦榮)

(一) 前言：

風機的能量輸出，基本與葉片的長度的平方成正比，所以不同的製造商，均盡量在結構安全性容許的範圍內增加葉片的長度，然而，葉片的重量基本與葉片的長度的三次方成正比，所以葉片越長，其旋轉時的重力變動量、重力所造成的彎矩、離心力以及振動也越大；另一方面，在相同轉速下其靠近末端的線速度也因長度增加而變高，一旦受到異物撞擊如風砂沖刷，其損傷的可能性也越高。另一方面，風機很多時是安裝在海邊甚至在海上，面臨各種嚴酷的環境諸如日曬雨淋，早晚與冬夏季極端溫度的變化，鹽霧，高濕度，雜揚撞擊，雷殛等損傷。

(二) 風機葉片表面塗層劣化的影響因素：

台灣從南到北，氣候和自然環境千差萬別，尤其是一些地區日照強烈，風沙不斷，自然條件比歐洲要惡劣，另一方面，風力機組可能設在人跡罕至的地方，或甚至設在海上，這代表著進行檢查將較為困難與昂貴。但是目前使用的風電塗料卻沒有因地而調整，依照歐美環境採用的表面塗料照葫蘆畫瓢的新購或維修使用。就台灣西岸風場而言，風砂最強烈的季節恰恰在冬季，這也是冬天東北季風來

時額定輸出風能時風場葉片塗層損耗嚴重的原因之一。

目前風機葉片運轉劣化的分析，風機葉片是風能技術進步的關鍵核心風力機部件，其良好的設計、可靠的質量和優越的性能是保證機組正常穩定運行的決定因素。目前，葉片大多採用環氧玻璃鋼或不飽和聚酯玻璃鋼作為主要樹脂材料，而隨著對大型葉片需求的逐漸增加。這些有機玻璃鋼都具有極佳的機械性能。各廠家積累的實驗資料表明，在沒有外界因素破壞的情況下，葉片使用壽命完全可以達至 20 年。因此，如何大幅的減少外界環境風砂的侵蝕，將是決定葉片實際使用壽命的關鍵因素。而使用能夠最直接有效保護葉片本身的表面塗料成為改善此缺失的唯一選擇。

台灣風場一般位於日照較強及風砂較大的沿海地區（如大園、觀音、彰濱、麥寮、墾丁、澎湖等），如圖 1 表面嚴重沖蝕損壞及圖 2 葉片前緣黃色膠殼磨損外露，這兩種環境對葉片塗料性能的要求差異極大，與歐洲地理環境還是有很大的差異，其特殊性具體體現在如下幾方面。

1. 日照時間強
2. 風砂大

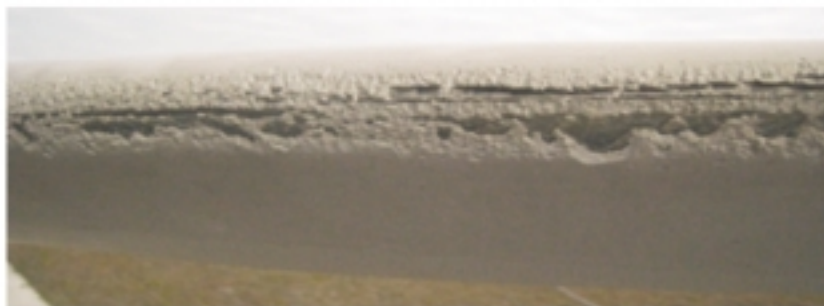


圖 1 風機葉片運轉表面嚴重沖蝕損壞



圖 2 葉片表面膠殼沖蝕、劣化變黃等損壞

(三) 具體建議（改進意見、方法）：

1. 沿岸地區風機葉片表面塗層受長時間的高速海砂粒子撞擊，塗層必須具有一定的彈性。
2. 外層膠殼損壞的葉片皆屬初階外殼損傷，塗層的劣化包括腿色、污損、前緣沖蝕玻璃纖

維樹脂外露等缺陷，塗層的腿色、污損劣化可採用葉片塗層表面處理後上兩道面漆修補，前緣沖蝕則可採用線上補土修補後再上面漆，前緣沖蝕部份需儘早處理，避免繼續裂化，需建立適合本土各地區（風砂、日照、

潮濕)的塗層評估及檢測方法。

在訂立及修正符合上述環境的表面塗料評估，必需要建立評估規範來檢驗塗層是否達到要求葉片表面保護塗料能提高葉片耐紫外老化，耐風沙侵蝕

以及耐濕熱，鹽霧腐蝕能力，適應台灣西海岸不同極端氣候條件下風電場使用需求，保證風機葉片 20 年的設計使用壽命。

五、台灣地區電網雷害分佈圖之研究

(高壓研究室：陳健賢、廖財昌、沈政毅)

(一) 研究背景及目標：

台電綜合研究所於 1990 年開始偵測台灣地區雲對地落雷 (CG) 資料，目前已累積超過 22 年的 CG 資料，並於 2009 年完成 $CG \geq 3kA$ 之台灣地區雲對地落雷密度 (GFD) 分佈圖 (如圖 1)，主要是針對台灣 353 個行政區 GFD 的累積出現機率值，分別定義台灣地區落雷之等級分類，其中以 GFD 值 > 3.66 為高落雷區 (出現機率約 10%)， $GFD \leq 3.66$ ≥ 1.37 為中落雷區 (出現機率約 40%)， GFD 值 < 1.37 為低落雷區 (出現機率約 50%)，是台灣各行政區落雷等級區分的重要依據。

GFD 是代表每年每平方公里之平均落雷次數，表示地面雷電活動強弱及分佈的基礎資訊，為地面上物體防雷設計可參照的基礎；但要具體應用到電網防雷設計上，則因現有 GFD 分佈圖係針對所有 CG 閃絡 (雷電流 $\geq 3kA$) 統計分析之結果，並未統計不同雷電流區間大小的 GFD 分佈圖，而會引起高壓架空輸電線路和變電站絕緣閃絡的雷電流，只是部分被稱為危險雷電流值所造成的電網閃絡。因此，本案依據台電各級輸電線路可能遭受雷擊閃絡之危險雷電流值，計算出各網格 (3 km \times 3 km) 的 GFD 與雷害等級分類，最後繪製出「台灣地區電網雷害分布圖」。

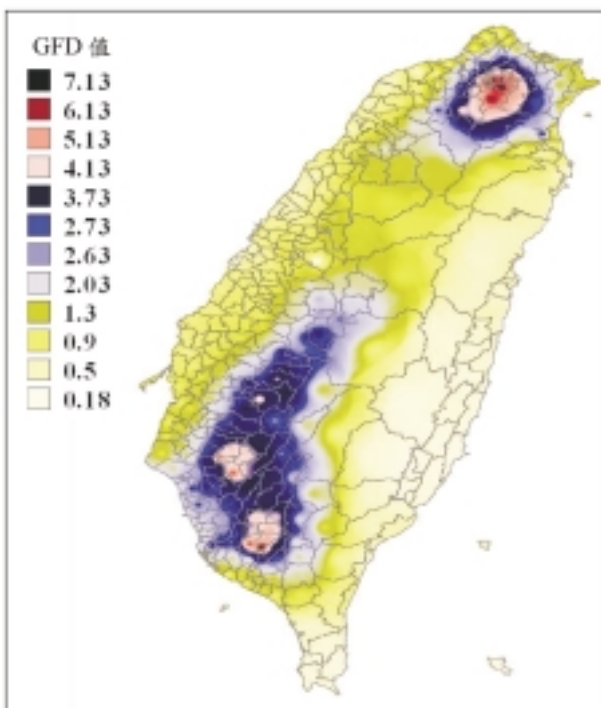


圖 1 台灣地區 GFD 分佈圖 (雷電流 $\geq 3kA$)

(二) 研究方法與程序：

本案應用 MapInfo 圖資軟體及台灣電子地圖 (WGS84 座標系統)，將台灣地理空間區分為 4,184 個網格 (3 km \times 3 km)；再依台電各級輸電線路之礙子絕緣強度、鐵塔高度、上層相導體高度、架空地線保護角、地面傾斜角等，及 IEEE 標準之最大雷距、最大繞擊電流等相關參數，分別計算出各網格不同雷擊閃絡特性的危險雷電流區間值。

利用整合型閃電落雷偵測系統 (TLDS) 於 2003 年至 2010 年連續偵測的 258,104 筆 CG 資料，進行各網格 CG 資料庫的查詢統計，求出其危險雷電流區間值之 GFD 值，另以自然斷裂分類法 (Nature Break Classification) 針對 4,184 個網格 GFD 值進行雷害等級分類；即依據不同電壓等級、不同雷害種類及不同雷害等級，進行針對性的電網雷擊防護之措施，進而建立台電各級輸電線路之逆擊閃絡電網雷害分布圖、繞擊閃絡電網雷害分布圖及逆繞擊閃絡電網雷害分布圖 (如圖 2)。

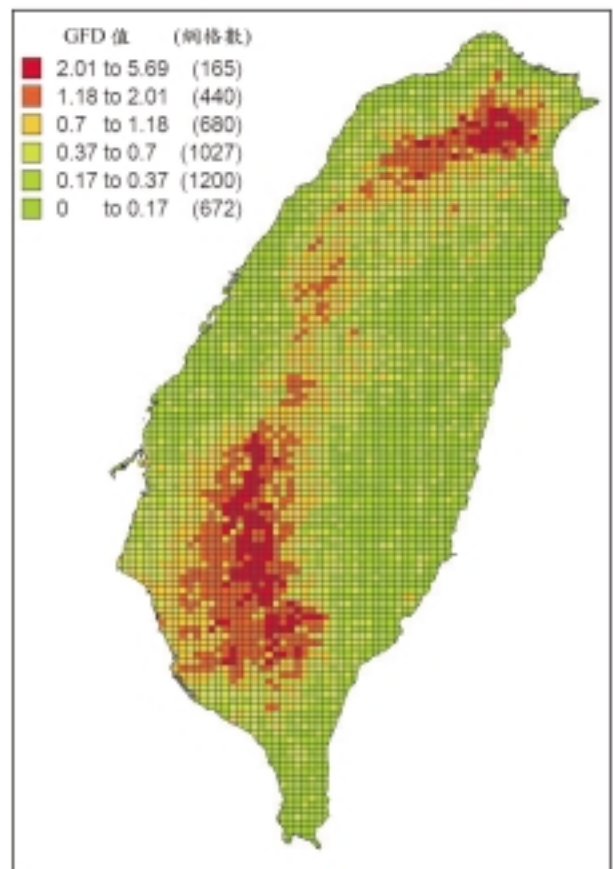


圖 2 逆繞擊閃絡電網雷害分布圖

(三) 研究結論與建議：

1. 架空輸電線路是電力系統的重要組成部分，台電輸電線路南北狹長且遍及全省各地，所經之處多為曠野或丘陵、山區、高山，遭遇雷擊的機率較大，故極易受到雷擊的影響和損害。常用的防雷改善措施有：裝設架空地線、加強線路絕緣強度、採用高低絕緣設計、採用差絕緣設計、減小架空地線保護角、安裝線路避雷器、降低塔腳電阻、裝設第3耦合地線等。但要真正解決輸電線路的雷害問題，則要因地制宜，綜合治理；即以本案所建立的電網雷害分布圖為基準，再結合各輸電鐵塔的地理圖資，從中篩選出嚴重雷害等級之線路名稱及塔號（如圖3、圖4），並比對線路雷害事故之歷史資料，以提高台電輸電電網雷擊防護措施之針對性和有效性。
2. 本案所採用的落雷密度（GFD），係由現場雷電偵測站實際偵測CG電磁波脈衝訊號而獲得，並由這些偵測結果可以得知雷擊突波對輸電線路的影響；更重要的是，利用GIS應用軟體（MapInfo）的輔助建立一套可行的方法，預先對台電各級輸電線路鐵塔來加以篩選與排序，進而規劃出的一套有效的雷害防制對策，並且在經濟性與系統可靠性兩者之間取得最佳的平衡。
3. 落雷屬於大氣中的自然放電現象，是一種具地域性與隨機性的偶發事件，在25年前科技不甚發達的時代，落雷強度（kA）與密度（GFD）很難用數學方法來予以量化，更遑論如何加以預測與分析。然而近年來，有賴於電子科技的發展以及無線電偵測技術的創新，自79年起落雷相關資料已逐漸被台電綜合研究所完整地建立。截至目前為止，已累積22年以上的台灣地區落雷參數資料，該落雷偵測資料正持續不斷地被蒐集與研究當中。在台灣地區有關落雷資料的研究，台電綜合研究所一直是這方面的技術與研究的推動者，相關落雷資料的偵測與分析等軟硬體設備亦相當完備，目前除了進行台電輸配電線路雷害防制之研究，亦藉由合約方式提供即時落雷資訊至國內氣象、國防及交通等單位，共同推動相關落雷災害的防範與研究，必將對電力供電品質的提升以及我國產業的發展有很大的助益。

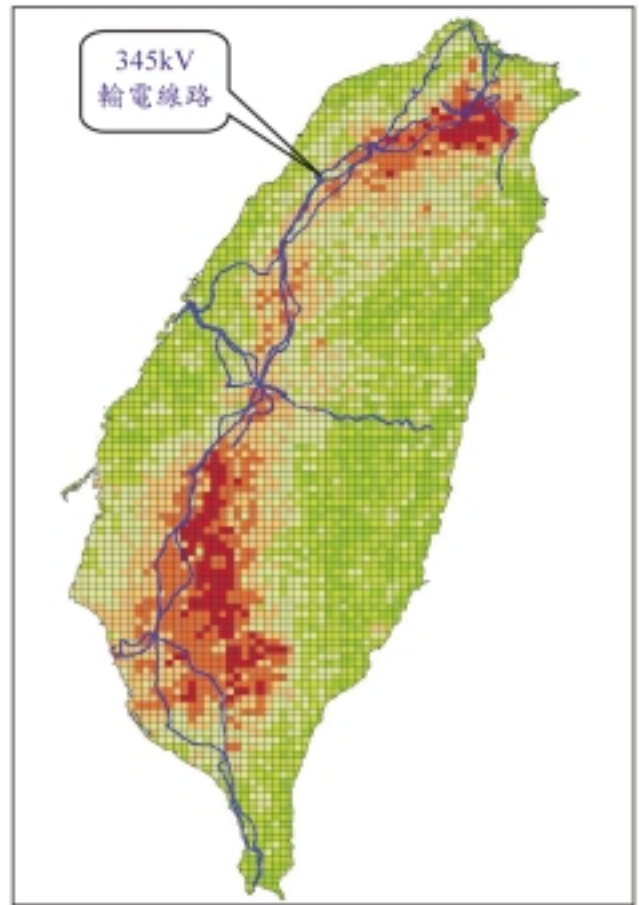


圖3 345kV 高絕緣逆繞擊閃絡電網雷害分布圖

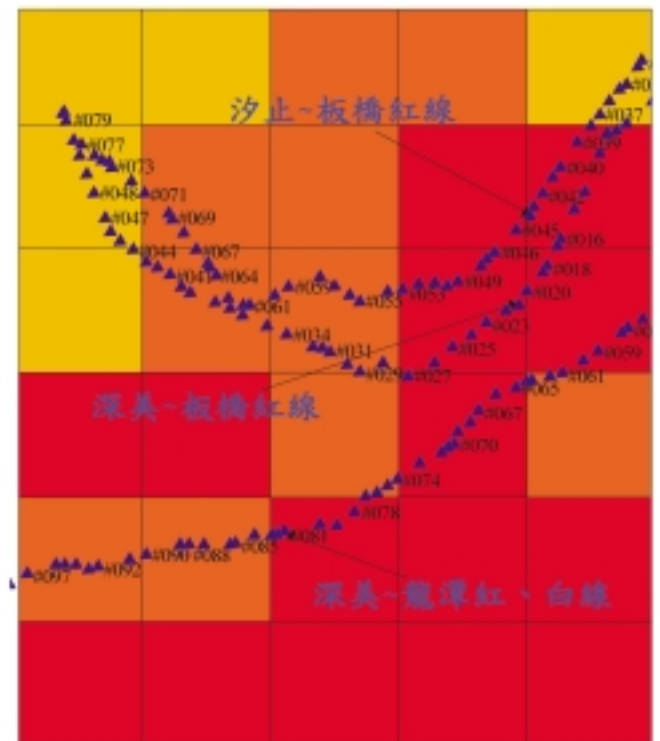


圖4 雷害第1級之輸電鐵塔塔號（紅色網格內）