

行政院及所屬各機關出國報告

出國類別：研習

(裝訂線)

輸電線路雷擊、絕緣及容量提升之設計技術

服務機關：台灣電力公司輸工處北施處

出國人職稱：工程管理課長

姓名：葉明志

出國地區：法國

出國日期：96年11月16日~96年11月29日

報告日期：97年1月24日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：輸電線路雷擊、絕緣及容量提升之設計技術

頁數 24 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣電力公司/人力資源處/陳德隆/02-23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

葉明志/台灣電力公司/輸工處/北施處/工管課長/02-23229914

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：96年11月26日至96年11月29日 出國地區：法國

報告日期：97年1月24日

分類號/目

關鍵詞：1. 架空線雷擊事故 2. 輸電導線

內容摘要：(二百至三百字)

1. 法國輸電線路概況介紹：電業概況、輸電線路概況：輸電線路鐵塔、絕緣礙子、雷擊保護、輸電線鹽霧害污染防治、線路避雷器裝設、線路經過飛航管制區、架空線飛鳥警示設施。
2. 法國架空輸電導線使用概況：輸電容量選擇相關限制規定、導線最高運轉溫度、導線種類、選用導線、電線送電容量比較、大容量電線特性。
3. 台電公司降低架空輸電線路雷擊事故對策：增設架空地線、改進雷擊遮蔽角度、考量鐵塔高度、抑低鐵塔接地電阻、差別絕緣設計、裝設線路避雷器；架空線使用導線種類。

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

目 錄

壹、出國緣起

一、任務 -----	1
二、目的 -----	1
三、行程 -----	2

貳、研習過程及心得

一、過程 -----	3
二、法國電業概況 -----	3
三、法國輸電線路概況 -----	5
四、法國架空輸電線使用之導線 -----	9
五、台電公司防止雷擊事故對策 -----	15
六、台電公司架空線使用導線種類 -----	19

參、感想與建議事項

一、感想 -----	23
二、建議事項 -----	24

壹、出國緣起

一、任務

研習「輸電線路雷擊、絕緣及容量提升之設計技術」。

二、目的

(一)台電公司目前正加緊推動第六輸變電計畫，其中輸電線路之工程量龐大，較前次計畫大幅增加，其如期如質完成，對健全台灣電力系統及提升科技產業競爭力有相當助益。輸電線路為電力傳輸的動脈，為確保供電線路穩定安全，有必要研習歐洲國家先進應用技術：

1. 94 年台電輸電線路事故中雷害事故約佔 43%，為有效降低事故率，擬研習線路避雷應用技術、防雷害對策及防雷設計新技術。
2. 吸收歐洲電力公司使用各類礙子實際經驗，及沿海地區線路鹽霧害急速污損絕緣設計技術，以提升台電公司絕緣設計水準。
3. 研習評估高容量導線之送電電流、弛度及張力性能，設計及施工等技術，以增加器材供應來源，應用於既設線路容量提升，減低擴充新建線路阻力。
4. 研習輸電線路新器材之設計、施工及運轉維護相關技術資料，以為編修採購規範、施工及檢驗標準之參考。

(二)研習內容概要：

1. 輸電線路雷擊事故防止對策及防雷設計新技術，以有效降低雷擊事故。
2. 因颱風及季節風因素，造成沿海地區線路鹽霧害急速污損，相關提升耐污損絕緣設計技術。
3. 高容量導線之性能、設計及施工等技術，應用於既設線路容量提升，減低擴充新建線路阻力。

三、行程

(一)研習日期：96 年 11 月 16 日至 96 年 11 月 29 日，共計 14 日

(二)出國行程：

訓練進修日期及時間	訓練進修地點	實際訓練進修機構及訪談對象	訓練進修目的及討論主題
11/16, 2007	Taipei-Paris 台北-巴黎	往程	
11/17-11/20, 2007	Paris 巴黎	法國 RTE 電力公司 Mr. Jean SENOT Mr. Patrice MONTELLIER Mr. Frederic LESUR Mr. SERGE GAZARIAN (34, rue Henri Regnault 92068 Paris La Defense Cedex)	<ol style="list-style-type: none"> 1. The technology to prevent lightning accident in the transmission line. 研習輸電線路避雷應用技術、對策及設計技術 2. The countermeasure of rapid salt contamination on the insulators during wind season in the coast transmission line. 吸收歐洲電力公司使用各類礙子實際經驗，及沿海地區線路鹽霧害急速污損絕緣設計技術。 3. The technology of high-capacity and low-sag conductor applying in the existed ACSR overhead transmission line. 研習評估高容量導線之送電電流、弛度及張力性能，設計及施工等技術。 4. On site visiting on power system equipment. 電力相關設備現場參訪。
11/21-11/25, 2007	Montpellier/ Paris 蒙德波利爾/ 巴黎	法國 T&D, AREVA 公司 Mr. Nicolas PINTO Ms. Laurence PUIGMAL (1340 rue de Pinville F-34965 Montpellier Cedex 2 France)	<ol style="list-style-type: none"> 1. The technology to prevent lightning accident in the transmission line. 研習輸電線路避雷應用技術、對策及設計技術。 2. On site visiting on power equipment manufacturing. 電力設備製造現場參訪。
11/26-11/27, 2007	Paris 巴黎	法國 CATU 公司 Mr. Guillaume BONNARD (10/20 Avenue Jean-Jaures B.P. 2 92222 Bagneux Cedex)	The Safety equipment for transmission line. 研習輸電線路施工安全設備技術。
11/28-29, 2007	Paris-Taipei 巴黎-台北	返程	

貳、研習過程及心得

一、**過程**：出國第一站係拜訪法國 RTE(Reseau de Transport d'Electricite)電力公司輸電相關人員，由於事先透過法國在台協會經貿組安排並取得正式邀請，故研習主題的討論係以正式會議方式進行，彼此在技術交流方面都能熱烈交換意見，除了拜訪 RTE 公司輸電技術人員外，亦至現場參觀巴黎市區 PUTEAUX 變電所及其地下電纜涵洞等電力設備，並至附近電纜管路施工情形。

第二站拜訪法國 AREVA 公司避雷器相關人員，討論有關輸電線路避雷應用技術問題，並參觀電力設備製造現場情況。

最後一站則拜訪法國 CATU 公司，除了聽取該公司輸變電施工安全裝備產品介紹及討論之外，並參觀相關產品製造過程。

二、法國電業概況

(一)法國電力事業是採國營方式經營，法國 EDF 電力公司於 2000 年 7 月 1 日成立 RTE 部門，RTE 擁有獨立之會計、管理及財務制度，2005 年 9 月 1 日獨立為國營公司，屬於 EDF 公司集團之子公司。由綜合電業垂直分割為 EDF 公司經營上游之發電業及下游之配電業，中游之輸電業由 RTE 公司經營。RTE 輸電公司業務包括電力系統之規劃、調度、運轉維護、新建及更新，範圍相當於台電公司之系統規劃處、電力調度處、供電處及輸變電工程處等單位之業務。

(二)法國與台灣電力系統概況(法國數據資料來自 RTE 公司網站)

1、至 2006 年止，法國輸電線路長度為 99,676 公里，變電所有 2,490 所，與台電公司輸電線路長度 15,545 公里，

變電所 540 所相比，分別為台灣之 6.4 倍及 4.6 倍。法國變壓器容量為 207,386MVA，為台灣 124,307MVA 之 1.67 倍。法國因土地幅員遼闊，大部分採用單回線架空輸電線及小容量變電所；與台灣地狹人稠，採多回線共架輸電線及大容量變電所不同，整體電力系統變壓器容量僅比台灣大 0.67 倍。

附表 1：法國與台灣電力系統規模比較表(至 2006 年底)

	法國 RTE 公司						台電公司
	400 kV	225 kV	150 kV	90 kV	63 kV	合計	
架空線路(kM)	21,012	25,490	1,061	15,048	33,807	96,418	
電纜線路(Km)	3	902	2	406	1,945	3,258	
合計(kM)	21,015	26,392	1,063	15,454	35,752	99,676	15,545
變電所(所)	138	53	26	508	1,288	2,490	540
變壓器							
台數	264	797	36	26	28	1,151	
額定容量(MVA)	120,621	83,400	1,421	1,131	813	207,386	124,307

2、台電公司為健全電力系統網路，提升供電品質，積極推動第六輸變電計畫(2001 年 7 月至 2009 年)，其中 2002 年至 2006 年總共新建完成 119 所變電所，平均每年約完成 23.8 所新建變電所。法國為已開發國家，仍持續發展電力建設，並於 2006 年新建完成 14 所變電所。

附表 2：法國與台灣 2006 年新建變電所比較表

	法國 RTE 公司					台電公司
	400 kV	225 kV	90 kV	63 kV	合計	
變電所 所數	1	5	3	5	14	17

3、台電公司第六輸變電計畫於 2002 年至 2006 年總共新建輸電線路 2,645 回線公里，平均每年新建輸電線路約 529 回線公里。法國亦於 2006 年新建或更新輸電線路 456 回線公里。

附表 3：法國與台灣 2006 年新建或更新輸電線路比較表

	法國 RTE 公司						台電公司
	400 kV	225 kV	150 kV	90 kV	63 kV	合計	
線路長度 (CKM)	3	99	2	110	242	456	499

三、法國輸電線路概況

(一)輸電線路鐵塔

鐵塔導線大都為水平排列之單回線鐵塔；三角排列則為兩回線、四回線共架鐵塔。架空線支持物外形多樣化，部分採用簡單結構之鋼管桿設計，並不侷限使用角鋼組合之鐵塔結構，不同地區的架空線各有特色，可為鐵塔美化典範。法國因落雷情況不嚴重，RTE 公司架空輸電線路之年平均落雷日數(IKL)設計值採用 20 日/年。地線設置於鐵塔中間位置，對下方導線的雷擊遮蔽角約為+30°。

台灣落雷情況頻繁，大部份地區之 IKL 為 40 日/年，部份

地區 IKL 已達 50 日/年，較台電公司現行設計值 30~40 日/年為高。

(二)絕緣礙子

法國 RTE 公司輸電線路大都採用玻璃礙子，由該國 Sediver 公司供料，據稱線路運轉情況良好；雖偶有玻璃礙子因閃絡電弧發生破損情形，但仍能維持線路正常絕緣，而不影響供電。對於局部地區污染情況，則採用聚合礙子(Polymer Insulators)。

聚合礙子具潑水性，不須常清洗，及重量輕等優點；惟矽橡膠聚合材料因老化問題，耐候性特性不佳，而為人所詬病。近期因製造及材料技術進步，聚合礙子耐用性已有大幅提升。

(三)雷擊保護

RTE 公司之鐵塔，無論單回線或多回線之鐵塔線路，其每相礙子連均裝設弧角-弧環保護礙子，無差別絕緣設計；與台電公司採分高低絕緣之差別絕緣設計不同。

(四)輸電線鹽霧害污染防治

法國屬於大陸型氣候，西部及東南部沿海地區鹽份腐蝕並不嚴重，不須採取特別防範措施。對於局部地區污染情況，礙子採用高分子聚合礙子，以提高絕緣性能；導線採全鋁合金線(AAAC)，可承受高腐蝕情況。輸電線採用鍍鋅鐵塔，使用約 10 年才須進行油漆防鏽。

(五)線路避雷器裝設

- 1、部分 225KV 以下線路已裝設線路避雷器，400KV 線路則尚在評估中。
- 2、歐洲國家發展採用無間隙型線路避雷器，可同時使用於

架空線支持物上，及架空線與地下電纜交界之連接站鐵塔。適用於 161KV 線路之 144KV 等級避雷器為 IEC 標準 Class 2 等級，放電電流為 100KA。因電流容量較大，製造廠建議於裝設地線及塔腳接地電阻低之線路，不須逐座支持物或每相導線，可減少裝置數量。

無間隙型線路避雷器連接於導線與地線之間，平常皆通電而有微小洩漏電流通。當避雷器故障時，洩漏電流將會持續增加，此時地線端之分離裝置須動作，將避雷器予以分離不再連接於導線與地線之間，維持線路正常供電。

對於法國常見之導線水平排列之線路，避雷器分離裝置設計單純。台灣常用導線垂直排列之鐵塔線路，上方導線之避雷器分離裝置，其地線端連接線長度，須予以特別設計及排列配置，以免因避雷器分離裝置動作，影響下方導線，造成供電中斷。

(六) 輸電線路經過飛航管制區

於地線及導線裝設紅色及白色相隔之航空障礙球，作為日間飛機航空警示，避免飛機碰觸電線。(參考附圖 1、2) 在夜間警示方面，於每相導線裝設氙氣燈管，利用電位差感應原理點亮燈管(無需其他電源)，以供夜航飛機警示。台灣已開放民間業者經營直昇機業務，而直昇機大都採目視飛行，其飛航安全更形重要。交通部民用航空局於 91 年 8 月頒布「航空障礙物標誌與障礙燈設置規範」，針對不同區域及高度鐵塔線路，須設置之障礙燈及障礙物標誌，做了詳細規定。法國輸電線路航空警示設施，其中部份係於導線裝設氙氣燈管，與台灣於鐵塔上裝設低、中、

高亮度障礙燈方式，其設計理念有明顯不同。

附圖 1：航空障礙燈及障礙球現場裝設圖

(障礙球紅、白色間隔，裝設於二條地線上)



附圖 2：太陽能低亮度 B 型航空警示燈現場裝設圖

(225KV 五回線線路，下層導線高度約 40M)



(七) 架空線飛鳥警示設施

法國架空輸電線的建設，對於環境保護，已經進步到將飛鳥納入保護。為了避免鳥類飛行時撞擊架空電線造成傷害，於電線上裝設類似航空障礙球之紅色或白色之螺旋狀之飛鳥警示設施，可說是關懷環境及野生動物的典範。

四、法國架空輸電線使用之導線

輸電線導線選擇條件有：導線容量限制、技術限制、法規規定、經濟限制等，分述如下：

(一) 輸電線導線輸電容量選擇相關限制規定

- 1、輸電容量(MW)：導線正常運轉最高溫度時之輸電容量。
- 2、正常運轉條件(Rule of n)：輸電線均維持正常運轉狀況下，所負擔之輸電容量。
- 3、緊急運轉條件(Rules of n-1, n-2)：當有一回線線路故障(n-1)或二回線線路故障(n-2)，其他正常運轉輸電線，所能負擔最高輸電容量。

(二) 技術限制條件(導線運轉溫度)

- 1、63/90 kV 標準導線最高運轉溫度為 65°C
- 2、225 kV 標準導線最高運轉溫度為 75°C
- 3、400 kV 標準導線最高運轉溫度為 90°C
- 4、ACSS 導線最高運轉溫度為 200°C
- 5、ACCR 導線最高運轉溫度為 240°C

在電力系統之變電所及輸電線容量規劃上，不同電壓等級架空線採用不同的導線運轉溫度。若使用相同的導線，在較低電壓的架空線，因導線運轉溫度較低，使得輸電容量較小，但電線弛度相對較小，可減低支持物高度或增加支持物間的跨距，在縱斷面設計上較有彈性。

(三)符合法規規定

- 1、測量調查經過路徑之線下安全距離(以導線最高運轉溫度)
- 2、輸電線路產生電磁場之法規限制
- 3、輸電線路產生電氣噪音之法規限制

(四)經濟限制

評估選擇技術與經濟條件之最佳化，以線路損失及電暈損失，考量比較相關投資費用。

(五)電線種類

- 1、新建及既設輸電線常用之圓形電線：
 - (1)全鋁合金線 AAAC (All aluminum alloy conductor)：
Aster，平地標準設計
 - (2)鋼心鋁線 ACSR (Aluminum conductors steel reinforced)：Canna, Crocus，既設舊式電線
 - (3)鋼心鋁合金線 AACSR (Aluminum alloy conductors steel reinforced)：Pastel, Petunia，山地標準設計
- 2、既設輸電線抽換使用之其他特殊電線：
全鋁合金線(AAAC with special shaped wires of Z-sections)：Azalee
- 3、大容量低弛度電線
 - (1)鋼心支撐鋁線 ACSS (Aluminum Conductors Steel Supported)
 - (2)複合核心鋁線 ACCR (Aluminum Conductors Composite Reinforced) (3M)
 - (3)複合核心鋁線 ACCC (Aluminum Conductor Composite Core), as developed by Composite Technology Corporation (CTC)

4、鐵塔線路著冰 2 公分選用之電線：

(1)400kV：採用全鋁合金線 Aster 570 複導體、三導體或四導體，最高運轉溫度為 90°C，等價跨距為 500 公尺。

(2)225kV：

A.採用全鋁合金線 Aster 570 單導體或複導體，最高運轉溫度為 75°C，等價跨距為 475 公尺。

B.採用全鋁合金線 Aster 366 單導體，最高運轉溫度為 75°C，等價跨距為 425 公尺。

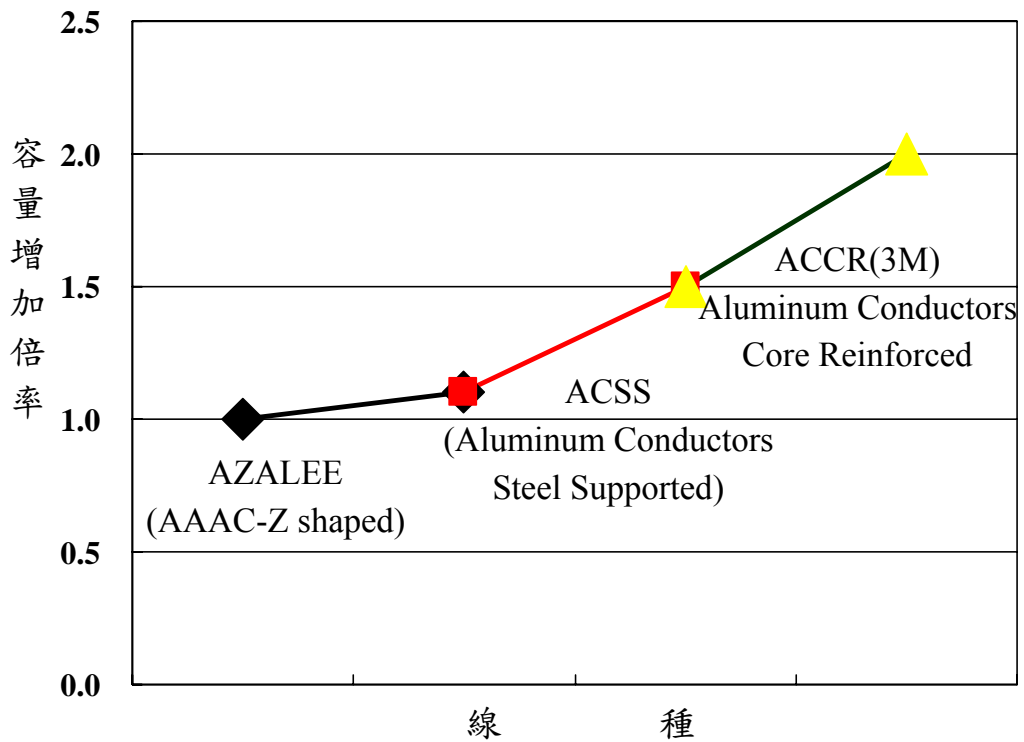
(3)90/63kV：採用全鋁合金線 Aster 570、366 或 228 單導體，最高運轉溫度為 65°C，等價跨距分別為 325、325 或 375 公尺。

5、既設輸電線之全鋁合金線(AAAC)，若抽換為鋼心支撐鋁線(ACSS)，輸電容量約可提高為 1.1~1.5 倍；若抽換為複合核心鋁線(ACCR、ACCC)，輸電容量約可提高為 1.5~2.0 倍。(參考附圖 3)

附表 4：法國架空線選用導線資料表

電壓	選用電線	最高溫度	等價跨距
400 kV	全鋁合金線 Aster 570 複導體、三導體或四導體	90°C	500 M
225 kV	全鋁合金線 Aster 366 單導體 Aster 570 單導體或複導	75°C	425 M 475 M
63/90 kV	全鋁合金線 Aster 228 單導體 Aster 366 單導體	65°C	325 M 325 M

附圖 3：選用電線送電容量比較圖



6、鋼心支撐鋁線 ACSS 特性：

(1)ACSS 電線採用經完全退火(annealed temper)處理之鋁素線，強度比遠低於硬(hard drawn temper)鋁線，但擁有更高的導電率。下表顯示出 ACSS 鋁素線伸長率為 20~ 30%，為鋼線伸長率 3.5~4.5%之數倍，鋼線在 ACSS 導線為延展性最小的材料，所以使用上並沒有像 ACSR 導線之鋼線 1%擴張強度的限制。經過測試，ACSS 導線之極限抗張強度取決於全部鋼線抗張強度與鋁線最小平均強度 96%之總和。

(2) ACSS 與 ACSR 鋁素線特性比較(附表 5)：

鋁素線	ACSS 1350-O	ACSR 1350-H19 (ASTM B230)
Tensile Strength (Minimum, PSI)	8,500	23,500-29,000
Elongation in 10 in., Minimum, %	20 to 30	1.2 to 2.0
Conductivity Minimum, % IACS	63.0	61.0

(3) ACSS 與 ACSR 弛度特性比較(附表 6)：

電線種類	ACSS	ACSR
Size, MCM and Stranding	477(26/7)	477(26/7)
Rated Strength, lbs.	15,600	19,500
0°F(-17.8°C) Final H.L.	15.3	14.3
60°F(15.5°C) Final No load	10.9	11.5
120°F(48.9°C) Final No load	12.1	14.7
300°F(148.9°C) Final No load	16.3	19.5 (鋁線已破壞)

(4)雖然製造商建議鋼心部分若採用鍍鋅鋼線，導線最高運轉溫度為 245°C (473°F)；採用鋁包鋼線時，最高運轉溫度可達 260°C(500°F)。因內層鋼心仍採用傳統之鍍鋅鋼線或鋁包鋼線，對弛度抑制效果有限，故 ACSS

導線一般設計時，最高運轉溫度設定為 200 ，送電容量最高約為傳統 ACSR 導線之 1.5 倍。

7、複合核心鋁線 ACCR 特性

(1)絞線核心層(Core Strands)：絞線核心層素線為氧化鋁纖維(aluminum oxide fibers)，並嵌入高純度鋁而形成之素線。這種材料性質稱為金屬組織增強纖維(fiber reinforced metal matrix)，並不包含聚合體(polymers)或塑膠(plastic)成分，其基本材料成分為鋁金屬。

這種材料賦予 ACCR 電線重量輕，於高溫時具有高強度及低弛度之特點。這是因為金屬組織增強纖維擁有與鋼線相近的強度及與鋁線相近的重量(密度)，並有比鋼線小之溫度膨脹率及高溫時可強度不致衰減。

(2)ACCR 電線構造與鋼心鋁線 ACSR 非常類似，大部分使用相同的素線及電線尺寸，其捻絞長度及方向皆與 ACSR 相同。外層採用鋁鎂合金，使承受溫度大幅提高。

(3)正常運轉溫度為 210°C，緊急運轉溫度可達 240°C，送電容量最高約為傳統 ACSR 導線之 2.0 倍。

(4)ACCR 電線相較於傳統之鋼心鋁線 ACSR，有下列優點為：

- A. 近似之強度及耐久性
- B. 重量輕
- C. 較佳之耐腐蝕性
- D. 低延伸性
- E. 高導電率
- F. 溫度膨脹率低，弛度小

(5)ACCR 電線適用處所

- A.長跨距跨越及座落特殊地點
- B.降低鐵塔高度或減少鐵塔座數
- C.減低對環境衝擊
- D.提高線下安全距離
- E.腐蝕性高之環境，海邊或高污染地區
- F.環境敏感地區
- G.避免有關線路視覺改變
- H.電線減輕，負荷減少，使鐵塔使用壽命增長

五、台電公司防止雷擊事故對策

為降低架空輸電線雷擊事故，台電公司在設計方面已經採取以下措施：

- (一)增設架空地線：於鐵塔頂端裝設地線，避免導線直接遭受雷擊。
- (二)改進雷擊遮蔽角度：地線對下方導線之遮蔽角度由原先的 $+10^{\circ}$ 、 0° ，進一步提升為目前 -10° ，以達到完全遮蔽的效果。
- (三)考量鐵塔高度：鐵塔高度越高，遭受雷擊的機率相對越高。
- (四)抑低鐵塔接地電阻：目前 69KV 及 161KV 之接地電阻須限制在 20Ω 以下，345KV 則限制在 10Ω 以下。限制鐵塔之接地電阻主要目的，係抑制鐵塔電位的上昇。低接地電阻使鐵塔不易因雷擊電流造成電位升高，礙子連發生逆閃絡的機率較低；高接地電阻使鐵塔易造成電位升高，容易在礙子連發生逆閃絡。故為避免因雷擊發生閃絡，導致線路跳脫事故，抑低鐵塔接地電阻須予以重視。

(五)差別絕緣設計：於兩回線線路採高低絕緣設計，低絕緣側裝設弧角及弧環，以弧角間隙(Horn Gap)降低絕緣強度；萬一鐵塔或地線遭受雷擊，因雷突波引起鐵塔電位上昇，其電壓若高於低絕緣側之絕緣強度，逆閃絡僅在低絕緣側之弧角間隙發生，並跳脫該回線，另一回線則維持正常供電，而不致引起兩回線同時閃絡跳脫，造成電力全部中斷。

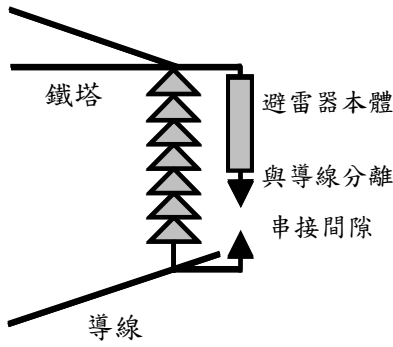
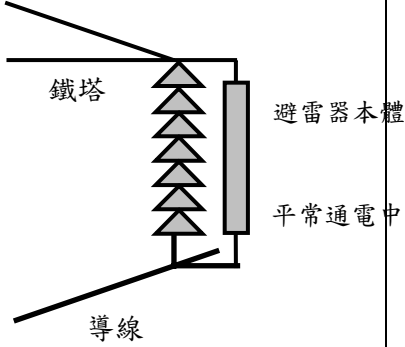
(六)裝設線路避雷器

- 1、隨著工業技術的發達，避電裝置亦不斷的改良更新，由最早的消弧角(Arcing horn)，到最新之聚合材質套管氧化鋅避雷器，其內部的閥元件由早期使用之碳化矽金屬汰換成現在所使用的氧化鋅金屬，其工作特性為在正常系統電壓時，阻抗極大，只有數毫安培(mA)洩漏電流(Leakage current)，故可應用於無串接間隙。氧化鋅金屬之閥元件亦稱電阻元件，為一種非線型可變電阻，電壓高時電阻變低；電壓低時電阻變大，當避雷器遇到突波時，突波電壓加到閥元件，使其電阻變得很小，突波電流導入大地。突波電流通過後，接著就是系統電流，施加到閥元件兩端的電壓是系統電壓，電壓較低，閥元件的電阻變大，使電流大為減少，在電流的波形為零的瞬間啟斷電流，完成避雷器的任務。
- 2、台電公司新建輸電線路尚未將線路避雷器納入標準設計，而由運轉維護單位根據運轉狀況編訂「安裝線路避雷器之原則」，於 161kV 及 69kV 架空輸電線路，前十年雷害事故累計次數達 10 次(含)以上且平均每年每百回線公里事故率達 15 次以上者，裝設「氧化鋅元件之線路避雷器」。並優先裝設於科學園區、石化工業或其他引接

大用戶之重要線路。

- 3、線路避雷器採用日本技術之避雷器與導線間需具外部串接間隙型式。絕緣礙管材質須為 Silicone 橡膠或同等特性材質，並採一體成型方式製造。以 $4 \times 10\text{ms}$ 之放電電流波形加於避雷器時，其放電電流之波峰值不得小於 65kA 。
- 4、架空線路所使用避雷器主要有二種主要型式，分為日本技術之外部串接間隙型避雷器(External Gapped Lightning Arrester)，及歐洲技術之無間隙型(Gapless)避雷器，兩者各有其優點，比較詳如附表 7。

附表 7：線路避雷器特點比較表

	串接間隙避雷器(日本)	無間隙避雷器(歐洲)
構造		
功能	僅對雷突波過電壓	雷、開關、商用頻率突波過電壓
尺寸	小而輕	體積較大、重
可靠性	佳	考慮通電劣化
故障時	可送電	須有分離機構

(七)上述措施已使架空輸電線之雷害事故率有效的減少，惟自然界的現象，人類仍無法全部掌握及預測雷電大小、何時會發生雷擊；因此形成部份 IKL 較低地區仍會發生雷害事故而造成短暫的停電，使廠家生產蒙受損失，轉而要求台電給予賠償的聲浪亦隨著社會環境的變遷而隨之升高。如何避免因雷害而造成停電事故，及絕緣方面配合考量經濟因素而採取合理的設計等，實為今日必須注重的課題，未來評估加強以下議題：

- 1、法國 RTE 公司之輸電線路，在抑低鐵塔接地電阻方面設計上的要求，無論在山地或平地之接地電阻均設接地網，將鐵塔接地電阻限制在 10Ω 以下，此方法對於抑制鐵塔電位上升，避免發生逆閃絡確實發揮效果。然而，台電公司架空輸電線鐵塔接地電阻，69KV、161KV 線路設計值為 20Ω ，較法國 RTE 輸電線之接地電阻設計值為高，較不利於輸電線防止雷害事故。若對於停電事故較敏感的產業之輸電線，如科學工業園區，高精密產業等，在輸電線路設計上，有必要重新規定降低鐵塔接地電阻值。
- 2、絕緣礙子的品質好壞關係到供電品質，由於礙子製造廠技術水準不一，生產之礙子品質良莠不齊，若因礙子品質不良，承受不了雷擊電流導致破損，將影響電力系統復閉的時程，影響供電；故如何訂定合理之礙子採購規範，以獲得世界高品質絕緣礙子，實為確保供電安全之重要課題。

六、台電公司架空線使用導線種類

(一)導線種類

1、架空線路所使用導線，應具備的特性有：導電率高、抗張力強、易於彎曲、經久耐用、質地輕巧及價格低廉。

2、標準設計導線

(1)69KV：使用 954MCM(45/7)ACSR 或 954MCM(45/7) ACSR/AW；桿線設計得使用 954MCM(37)AAC。

(2)161KV：使用 795MCM(45/7)ACSR 或 795MCM(45/7) ACSR/AW。

(3)345KV：使用 795MCM(26/7)ACSR、TACSR 或 795MCM(26/7)ACSR/AW、TACSR/AW。

3、使用場合

(1)全鋁絞線 AAC(All Aluminum Conductor)：使用於變電所開關場及桿線等低設計張力之線路導線。

(2)鋼心鋁線 ACSR(Aluminum Conductor Steel Reinforced)：使用於高設計張力，低污染區域之線路導線。

(3)鋁包鋼心鋁線 ACSR/AW (Aluminum Conductor Aluminum Clad Steel Reinforced)：使用於高設計張力，高污染區域之線路導線。

(二)高容量低弛度導線

因高容量低弛度之特殊導線價格昂貴，並不適合用於新建架空輸電線。而是配合系統容量成長需求，應用於既設線路之導線更新，在維持原線路路徑及支持物的情況下，迅速且經濟提升輸電容量。

附表 8：架空輸電線路使用導線種類

種類 \ 特性項目	鋁素線 導電率 (%)	正常運 轉最高 溫度(°C)	緊急運 轉溫度 (°C)
鋼心鋁線 ACSR (Aluminum Conductor Steel Reinforced)	61	80	105
耐熱鋼心鋁線 TACSR (Thermo-Resistance Aluminum Alloy Conductor Steel Reinforced)	60	150	180
超耐熱鋁包鋼心鋁線 ZTACIR (Super Thermo-Resistance Aluminum Alloy Conductors, Aluminum-Clad Invar Reinforced)	60	210	240
特別耐熱鋼心鋁線 XTACIR (Extra Thermo- Resistance Aluminum Alloy Conductors, Aluminum-Clad Invar Reinforced)	58	230	290
複合核心鋁線 ACCR(Aluminum Conductor Composite Reinforced)	60	210	240

台電公司已採購日本製造之特別耐熱鋼心鋁線 XTACIR 及超耐熱鋁包鋼心鋁線 ZTACIR 導線，架設於石門~松樹 161kV 線及大鵬~台東 161kV 線。

- 1、石門~松樹線：原 ACSR 477MCM(26/7)抽換為 XTACIR 190mm² (24/7)，正常最高送電容量由 664A(80°C)增加為 1,100A (230°C)，增加 1.66 倍。(詳附表 9A)

2、大鵬~台東線：原 ACSR 477MCM(26/7)抽換為 ZTACIR 210mm² (24/7)，正常最高送電容量由 664A(80°C)增加為 1,074A (210°C)，增加 1.617 倍。(詳附表 9B)

(三)經初步比較 ACSR 477MCM(26/7)與 ACSS 470MCM(26/7)電線規格資料(詳附表 7)，正常最高送電容量可由 664A (80°C)增加為 1,167A (210)，約增加為 1.757 倍。在現階段技術，架空線導線容量已可大幅提升；惟線路兩端搭配之變電設備容量，須一併予以提升至相同的水準，以發揮綜效，使整體系統傳輸容量獲得提高，減少新線路的興建。

附表 9A：既設線路抽換高容量低弛度導線工程案例(一)

石門~松樹線	原架設導線	新抽換導線
線種	ACSR 477MCM(26/7)	XTACIR 190mm ² (24/7)
每相導體數	1	1
送電電壓(kV)	161	161
線徑(mm)	21.793	19.7
單位重量(kg/M)	0.977	1.026
破壞強度(kgf)	8,813	9,110
正常最高送電容量(A)	664 (80°C)	1,100 (230°C) (1,100/664=1.66 倍)
弛度(M) (跨距 300M 時)	8.21	8.2

附表 9B：既設線路抽換高容量低弛度導線工程案例(二)

大鵬~台東線	原架設導線	新抽換導線
線種	ACSR 477MCM(26/7)	ZTACIR 210mm ² (24/7)
每相導體數	2	2
送電電壓(kV)	161	161
線徑(mm)	21.793	19.32
單位重量(kg/M)	0.977	0.9796
破壞強度(kgf)	8,813	8,820
正常最高 送電容量(A)	664 (80°C)	1,074 (210°C) (1,074/664=1.617 倍)
弛度(M) (跨距 300M 時)	8.21	8.14

附表 10：ACSR 與 ACSS 規格比較

線種	ACSR 477MCM(26/7)	ACSS 470MCM(26/7)
每相導體數	2	2
送電電壓(kV)	161	161
線徑(mm)	21.793	21.6
單位重量(kg/M)	0.977	0.793
破壞強度(kgf)	8,813	8,709
正常最高 送電容量(A)	664 (80°C)	1,167 (210°C) (1,167/664=1.757 倍)

參、感想與建議事項

一、感想

- (一) 本次出國遠赴歐洲之法國能夠順利成行，除了要感謝各級長官之大力支持外，要特別感謝法國在台協會經貿組周思惟小姐，協助安排法國 RTE 輸電公司的研習行程；感謝 AREVA 台灣分公司，協助安排有關避雷器相關參訪行程；感謝渝豐公司，協助安排法國 CATU 公司有關電力安全設備相關參訪行程。
- (二) 參訪期間遭逢法國國鐵局(SNCF)大罷工影響，巴黎捷運系統、鐵路及高速鐵路交通皆無法正常營運。因 RTE 公司位於巴黎市郊，仍排除萬難如期前往。惟 AREVA 公司之研習行程，依原計畫為搭乘 TGV 高速火車前往位於法國南部土魯斯(Toulouse)工廠實習，因受大罷工影響無法順利成行，經協調後改搭飛機赴法國南部蒙德波利爾(Montpellier)工廠研習。上述行程變更承蒙經濟部亞洲貿易促進會駐巴黎辦事處卓主任、陳新發秘書及吳嘯吟秘書協助，代訂機票及前往機場，在此特別予以致謝。
- (三) 在參觀法國工廠體會到，其工廠規模、員工數量及產量並不大，但掌握技術層次及產品附加價值較高，因而創造高競爭力及高利潤，再加上行銷能力強，公司皆能維持營運成長。雖然近年來台電公司在輸變電工程方面，與法國經貿往來不多，然而藉由參訪計畫行程，有機會接觸不同設計觀念及技術層面，對於提升台電公司採購器材品質，有相當助益。歐洲國家產品之設計整體性、施工便利性及技

術優越性，有很多值得我國採用借鏡之處，但歐洲之大陸氣候及環境條件等與台灣海島型氣候大不相同，設計及技術值得台電公司參考，並無法完全參照使用。

(四)雖然 11 月份法國已進入冬季且陰雨的季節，無法同旅遊旺季四月至九月般氣候宜人吸引各國大批觀光客，但領略到巴黎典雅且具歷史的建築風貌，浪漫且風景優美的觀光景點，讓人印象深刻。

二、建議事項

(一)台灣架空線之低絕緣側礙子連，已裝置弧角及弧環以保護礙子。雷擊發生逆閃絡時，仍會產生線路接地故障，引起電驛動作使斷路器跳脫，致線路短時間斷電現象，影響供電品質。在高雷擊頻率地區及高鐵塔接地電阻處，裝設線路避雷器，即使輸電線萬一遭受雷擊時，可防止短時間斷電現象，讓線路正常供電。台電公司已於部分架空輸電線裝設外部間隙型線路避雷器，建議可進一步引進少量歐洲技術之無間隙型線路避雷器，評估研究性能差異及經濟性，以獲得更高品質之電力。

(二)台電公司已採用特別耐熱鋼心鋁線 XTACIR 及超耐熱鋼心鋁線 ZTACIR 等特殊導線，建議考量其他高容量低弛度特殊導線如美國 3M 公司製造之複合核心鋁線 ACCR 及 CTC 公司之複合核心鋁線 ACCC，評估性能規格資料是否符合規範要求，以增加可能供貨來源及提升器材效能。