

報 告 內 容

壹、	實習緣由與目的- - - - -	第 1 頁
貳、	出國行程 - - - - -	第 1 頁
參、	參訪與討論內容 - - - - -	第 2 頁
一、	BAUR 公司：實習電纜故障檢測技術- - - - -	第 2 頁
二、	SAGEM 公司：實習電纜設計、維護技術 - - - - -	第 8 頁
三、	ALCATEL 公司：實習電纜維護、檢測技術 - - - - -	第 9 頁
肆、	結論與建議 - - - - -	第 12 頁

壹、實習緣由與目的

配合環境及因應民眾生活品質提升需求等因素，都會區或人口聚集較密地區，輸電地下電纜線路日益增加，本公司目前 161KV 地下電纜約 330 回線公里(其中 O.F. 電纜 324 回線公里，XLPE 6 回線公里) 69KV 地下電纜約 600 回線公里(其中 O.F. 電纜 43 回線公里，XLPE 電纜 557 回線公里)；因早期多使用 O.F. 電纜，對 O.F. 電纜已累積相當之漏油故障檢測經驗，唯對 XLPE 電纜則尚無任何診斷預防與故障檢測之有效方法與設備；近年來每遇故障均費盡相當人力與檢測時間，且較早期施設之 XLPE 電纜亦已多逾十六、七年以上，為積極掌握其運轉狀態，並提高電纜維護品質及縮短故障檢測時效，故藉由實地參觀研習，瞭解先進國家設計、維護及檢測器材設備之技術，以作為爾後業務推展之參考。

貳、出國行程

- 一、89.12.04 ~ 89.12.05 台北---曼谷---阿姆斯特丹---奧地利 (Sulz)
- 二、89.12.06 ~ 89.12.09 Sulz---BAUR 公司---茵斯布魯克
- 三、89.12.10 ~ 89.12.12 茵斯布魯克---巴黎---SAGEM 公司
- 四、89.12.13 ~ 89.12.15 ALCATEL 公司
- 五、89.12.16 ~ 89.12.17 巴黎---台北

參、參訪與討論內容

一、BAUR 公司：實習電纜故障檢測技術(Mr. Reimann、Mr. Freis & Mr. Bawart)

(一) 電纜故障預估位置(Pre-location)檢測方法概述

a) 突波反射法(Pulse Reflection Method) / 此法基本上係以高頻脈波傳入電纜並應用反射波器(Echometer)測量傳入脈波與反射脈波間之時域($t - - - \mu s$)以計算故障距離(L) , 接線方式及波形如附圖一。

$$L = t * v/2 - - - - - v/2 \text{ 為傳播速率(m/\mu s)}$$

一般適用於低阻抗與切斷(Cut Down)故障。

b) 電橋測量法(Bridge Measurement) / 此法係一非破壞測試，即通稱之 Murray Loop 電橋測量法。

一般適用於低阻抗、高阻抗 & 外被覆故障。

c) 燒結技術(Burn Down Technique) / 此法係利用高電壓燒結裝置，使故障處產生電弧與使絕緣材料碳化阻抗降低，再以反射波器依突波反射法測量。

一般適用於高阻抗、間續性或閃絡故障，主要用於充油紙絕緣電纜。

d) 二次突波法(Secondary Impulse Method) / 此法係近期發展者，利用反射波器釋出一傳導突波，對高阻抗、間續性電纜故障，將不會有所反射，而儀器將會記憶波形與電纜長度，此一反射波圖稱“健全圖跡(Healthy Trace)”。當故障經由高壓電容放電產生電弧或直接以

DC 燒結後，在故障點之電弧變成很低之電阻，此時反射波器同步且自動觸發，送出第二個傳導突波進入發弧之故障點並反射，具自動資料處理功能之反射波器，同時記憶並顯示健全與故障圖跡之反射波圖形（如附圖二），清晰顯示歧異點指出故障處。

一般適用於高阻抗、間續性或閃絡故障。

- 依廠家建議本公司輸電地下電纜線路係交錯接地，若測試時不拆 CCPU，則有效範圍約 1 ~ 2 公里，亦即較長之線路需分段測試。12/12 另經由 Sagem 公司安排前往在法國國際展覽場參加 elec 2000 展覽（參展之電機設備廠家 1000 家以上，今年主題：建築照明、節約能源 & 自動化等；其每隔兩年舉辦乙次，下次預定 2002 12.09~12.13，屆時詳細可上 www.elec.fr 網站或洽在台法國國際商展促進中心免費註冊）之另一檢測設備廠家 Megger 公司，對此法稱為 Arm Plus Method，依其解說則建議測試時 CCPU 須拆開。

e) 突波電流法(Impulse Current Method) / 此法係利用脈衝突壓產生器(Surge Voltage Generator) 傳送高壓脈衝進入電纜，這些間續性訊號經由一高頻電流耦合器測得，且電流波形亦被記憶於暫態紀錄器內。

一般適用於高阻抗、間續性或閃絡故障。

f) 衰變法(Decay Method) / 此法係與突波電流法相同原理，唯較常被使用於有相當長度之電纜或非常高之衰減者。

一般適用於間續性或閃絡故障。

(二) 電纜故障位置精確(Pin-pointing)檢測方法

a)音頻法(Acoustic Method)

經由脈衝突壓產生器釋出高能量脈波，於故障點形成閃絡噪音，這些噪音經由地面麥克風、接收器與耳機組成之聽音設備，在地面上測得故障處(愈接近故障點閃絡噪音之振幅愈高)。

此法係直埋式電纜故障位置精確最常用之檢測方法。

b)音頻傳播時間測量法(Acoustic Propagation Time Measurement)

脈衝突壓產生器注入高電流突波於電纜內，以非常高速傳播之電磁脈波，經由一電感於接收器量取測出，並自動指出至故障點之時距 (Time Distance) ，量測到之時間愈短則表示愈接近故障處。

此法係音頻法之進一步發展，其特點為具較高準確度與可用於檢測管路式或混凝土下之故障。

c) 電纜被覆故障位置量測(Cable Sheath Fault Location)

此法係依 Murray Method 之電橋測量法，輸出電流須小心地限制以防止故障點任何進一步之破壞，非常簡單易用。

其特點是即使有多處被覆故障亦可量測。

(三) 電纜診斷技術

a) VLF(極低頻)測試法此法係特別為聚合絕緣電纜發展之測試法，其亦可適用於充油紙絕緣電纜。

優點：

1. 非常低之無效電力需求。
2. 利用 0.1 Hz sinewave 可作部分放電量測以檢測故障概況。
3. 相對地使用低測試電壓水準($3 U_0$) / 1 Hr.。

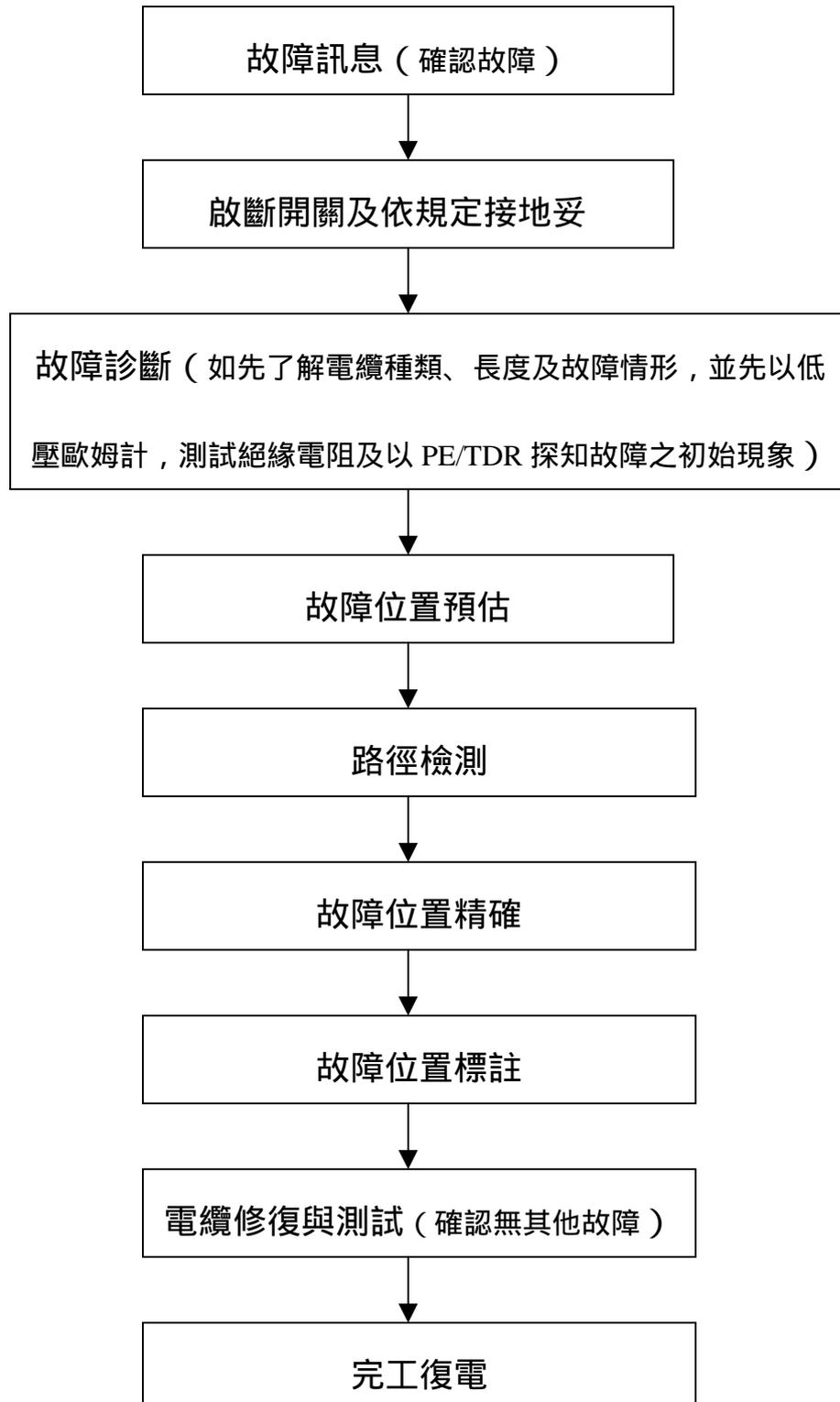
缺點：

1. 對製造者而言比 DC 電壓測試設備較為複雜。
- 一般 DC 電壓測試電壓水準($6 \sim 8 U_0$)，且無法施作部分放電量測，唯設備簡易便宜與可經由量測洩漏電流作簡單之診斷。
 - 50 Hz 測試之測試電壓水準($2 U_0$)，唯因高損耗因數致無效電力需求大，故設備體積大且貴。
 - VLF 測試設備(如附圖三)依其容量係適用於 32KV 電纜，目前尚無法用於 69KV 以上電纜，唯可作為診斷預防之參考($1.5 \sim 2 U_0$)。
 - 以 DC 電壓作故障測試係為不得已，其產生之電弧小且時間短；若對經 AC 破壞後修復的電纜，其耐壓性低，故對於運轉使用一段長時間之老舊電纜，不推荐加壓超過 15 分鐘或更長。

(四) 相關建議

- a) DC 耐壓測試對於充油紙絕緣電纜，以傳統標準推荐值測試仍具實用性；唯若將燒結作為例行之處理方法，則是非常不實用的。
- b) 對 PVC 或 PE/XLPE 電纜施行 DC 耐壓測試，僅能檢測嚴重的安裝及電纜延放缺陷，唯無法指示出電纜絕緣材質劣化；因此，此方法仍只用於竣工試驗。
- c) 延放後因機械性故障與腐蝕缺陷，所造成之電纜遮蔽層故障，一般亦可以 5 ~10KV 之 DC 耐壓測試檢測出，建議於延放後應即予施行電纜外被覆絕緣測試。
- 通常推薦之測試電壓為 2 ~ 3 KV/mm 以上。
- d) 檢測測試設備可依需求單獨或測試車方式配置（附圖四、五）。
- e) 部分放電測試在現場試驗上，至今尚未成功與有實際結果；唯一般對診斷測量程序---部分放電(Partial Discharge)與損失因數(Loss Factor)量測仍具自信，不僅列為竣工試驗項目，同時作為維護品質控制之參考。
- f) 這些測試程序均無法適當的對電纜預測出可能之破壞或使用年限作一評估；因此，不僅只限於實驗室內，在現場對不同型式電纜與其老化特性，均必須進一步的實際經驗加以評估。
- g) 一般電纜故障檢測流程圖如附

電纜故障檢測流程圖



二、 SAGEM 公司：實習電纜設計、維護技術 (Mr. Morel & Mr. Dhuicq)

(一) 製造、檢驗與試驗程序

a)其前身為 SILEC Cables，現為Sagem集團所擁有，具製造63KV以上特高壓電纜40年經驗(225KV電纜30年經驗)，銷售實績達7000公里。

b) 製造設備：高壓(HT)電纜一般用 CCV(懸垂鏈式交連硫化)製造，超高壓(EHV)或線徑較大者用 VCV (垂直式交連硫化---如附圖六，豎坑達100m深、其特點為絕緣層厚度均勻控制較不易偏心) 製造，可產製線徑 95 mm² ~ 2500 mm² / 電壓 63 KV~ 500KV之各種電纜。

電纜接頭、終端等附屬器材 (如附圖七、八) 亦均自行研發製造。

c) 試驗設備：2 試驗室 (MT & HT)---附圖九為接頭測試之情形。

d) 電纜製造、檢驗與試驗程序均依 IEC 840、Draft IEC 62 067、NFC 33 253、AEIC CS 7-93 及其他相關標準規範---附圖十為本公司161KV南港松山線電纜測試前準備情形。

(二) 與 EDF (法國電力公司) 新進研發項目

a) 225KV級電纜依特定長度，終端暨電纜在廠組裝於特製卷筒運送至現場組立使用，主要為廠內環境佳且不受天候影響，終端施工品質能有效掌控。

b) 依系統與現場環境，利用已接受終端之備用(Stand-By)電纜臨時旁接架空線或臨近之變電所方式供電，EDF運用於 63 / 90 KV系統；據稱：法國

在1999年12月聖誕節前，發生20年來首見之暴風雨，巴黎近郊約有100萬人一周無電可用，EDF用盡各種方法才恢復供電，其中很多即利用備用電纜臨時引接方式處理。

- c) 提供設計、安裝(電纜延放、附屬器材組裝、測試與驗收)與包含土木工程之統包作業；強調各廠家對自行產製之電纜、附屬器材特性均極了解，施工掌握易且不會因不同工程介面，而在責任上有所爭執與推諉。

(三) 相關建議：

- a) 目前商用之脈衝突壓產生器容量 50 ~ 70 KV 者，應已足以運用於一般故障檢測。
- b) 終端可施行部分放電測試，唯外界環境噪音干擾大；接頭若欲施行部分放電測試，須預置感知器於外半導體層，俾供日後測試用，唯效益低。

三、ALCATEL 公司：實習電纜維護、檢測技術 (Mr. Becker、Mr. Capelle、Ms. Wong & Mr. Poinard)

(一) 製造、檢驗與試驗程序

- a) 其前身為 ACEC 曾為西屋公司所購，1996 為 Alcatel 集團所擁有，唯將改名稱為 Nexans (在 elec 2000 會場即已更名)；具製造 110KV 以上特高

壓電纜 30 年經驗，銷售實績達 2500 公里。

b) 製造設備：1 CCV(MT)、1 CCV(HT) & 1 MDCV(HT)-----絞合蕊線 61/97 條，6 分割，max.3000 mm² / 400KV。

- MDCV 交連硫化設備係 Mitubishi & Dainichi 公司之專利設計，礙於商業條款限制無法提供更進一步資料，其係水平方式製程全部約 50M 長管，三層押出及硫化於其中 18 M 管中完成。

c) 試驗設備：1 試驗室(MT)、2 試驗室(HT)。

(二) 新進研發項目

a) 與 EDF 合作研發 vanish wire，以試驗其對降低 skin effect 之功效。

b) 對系統運轉控制需求較高之線路，電纜製造時即內置光纖 4~6 條，於被覆層下與遮蔽線併絞，常用於 150~225KV 電纜，其作用係控制電纜運轉溫度或火災警訊傳達，因較接近電纜故溫度量測較佳，唯成本相對增加；另相關監視感測設備則另行配合安裝。

- 亦有廠家另以固定綁帶外加於被覆上，其優點為損壞時可更修。

- DTS(溫度分布監視系統)：YORK Sensor –DTS 800-M8 (如附圖十一)，

6 迴路/有效範圍 8 公里。

c) 研製電纜接頭免引接 CCPU 箱(Surge limit 亦可免)，係以 225KV 短節電纜與接頭，終端用聚合材質礙管結合測試，唯效果待進一步評估。

(三) EDF (法國電力公司) & ELECTRABEL (比利時電力公司) 電纜維護概況

- a) 與 ELECTRABEL、柏林大學合作將一條 1976 年起運轉 20 年之 150KV 電纜，經追蹤試驗 4 年結果：尚無老化現象，唯其剩餘壽命之預估仍需進一步研究 (評估某一年限後是否可能急劇裂化)。
- b) EDF 對電纜維護僅施行 20KV DC 外被覆絕緣測試，並無施行主絕緣體絕緣測試，因目前適用測試設備容量大且昂貴，不適合現場使用；因此，有效控制施工品質與加強檢驗非常重要。

(四) 相關建議

- a) 聚合材質礙管終端已經不斷改進，尤其 110KV 級以下者已具實用性；唯經突波耐壓測試，聚合材質礙管仍會爆裂 (雖然不致像陶瓷礙管般爆裂後四處飛濺)，故其壓力釋放保護仍須進一步改善。
- b) DC 測試將於電纜內部產生空間電荷，此電應力對電纜無益處，CIGRE 文獻多年前已建議不使用 DC 測試，而改用 AC 測試。
- c) 被覆測試是一種重要之測試，其可檢查出電纜線路在延放或回填過程中是否受到損傷；至於是否施行主絕緣體測試則端賴電業之認知。
- d) 在許多情況即使是非常不尋常的大缺陷，縱然將電壓提升至非常高之水準，並無法經由 DC 測試檢測得；此外，即使是 DC 測試亦可能具危險性。

肆、結論與建議

- 一、 加強本公司員工電纜實作經驗與施工檢驗訓練。
- 二、 管路施工品質應嚴格要求與執行，回填及清管務必徹底，否則壽命 30~40 年之電纜，可能因被覆受損，於加入耐壓試驗或運轉初期難以檢測出，待數年絕緣劣化後事故即生。
- 三、 電纜延放、接續與終端處理須由具合格之專業人員執行，以避免造成施工缺陷。
- 四、 終端礙管採用聚合材料(EPDM 或 Silicone Rubber)已漸成趨勢，因製造、交貨較具彈性且快；尤其 69KV 應可考慮納入規範。
- 五、 故障檢測設備宜進一步瞭解與評估，將來購置後應訓練專人操作，以減少錯誤與修復時間之延誤。
- 六、 維護準則作進一步研討，如僅定期施作 DC 被覆測試，(IEC 840 & IEC 229 於遮蔽層與大地間加 10 KV DC 電壓) 必要時再施作其他測試(如：主絕緣體 AC 測試 / 69 KV 採用 $2.0 U_0$ / 161 KV 採用 $1.7 U_0$ / 345 KV 採用 $1.3 U_0$ ，均施作 1 Hr.)，以有效檢測出可能之缺陷。
- 七、 電纜製造、施工以統包方式辦理並延長保固期限，甚至管路工程亦可檢討併入。

附圖一：突波反射法之接線方式及反射波形

附圖二：二次突波法接線方式及反射波跡

附圖三：VLF 測試設備

附圖四：測試車前廂盤面操控室

附圖五：測試車後廂測試設備室

1. 捲出
2. 履帶
3. 三層押出
4. 氮氣交連區域
5. 氮氣冷卻區域
6. 中間軸輪
7. 履帶
8. 捲取

附圖六：CCV(懸垂鏈式交連硫化)製造設備概示

附圖七：各種電壓等級之預鑄型接頭

- 基本上係Silicone或EPDM

材質之預鑄型終端

- 填充SF6或oil

附圖八：電纜終端

附圖九：接頭測試之情形

附圖十：電纜末端處理測試準備情形

附圖十一：YORK Sensor –DTS 800-M8