

行政院及所屬各機關出國報告
(出國類別：) 實習

變壓器及 G.I.S.插入式電纜頭應用

服務機關：台灣電力公司
出國人職稱：九等電機工程師
姓名：游志聖
出國地區：瑞士、德國
出國日期：93.10.11~93.10.20
報告日期：93.12.8

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：變壓器及 G.I.S.插入式電纜頭應用

頁數1 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

游志聖/台電公司/輸變電工程處/九等電機工程師/02-23229767

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：93.10.11.~93.10.20. 出國地區：瑞士、德國

報告日期：93.12.08.

分類號/目

關鍵詞：插入式電纜頭

內容摘要：（二百至三百字）

一、介紹赴瑞士、德國實習變壓器及 G.I.S.插入式電纜頭應用之緣起及預估對系統之幫助，並簡述實習經過。

二、介紹插入式電纜頭引用之國際標準、特性數據及相關應力處理及電場控制等，藉此對插入式電纜頭有深一層的瞭解。

三、介紹插入式電纜頭在電氣、機械結構及現場組裝上之優點，並從各方面分析其與傳統濕式電纜頭之比較。

四、介紹現場組裝之重要步驟注意事項，供日後施工使用。

五、介紹插入式電纜頭在相關方面之應用：

A.在 G.I.S.上之應用

B.在變壓器上之應用

C.在電纜接續匣上之應用

D.其它方面應用

六、綜合結論及建議。

目 錄

壹、前言與實習行程內容簡介-----	2
一、前言-----	2
二、實習行程內容簡介-----	3
貳、心得與感想-----	6
一、引用規範及電氣規格簡述-----	6
二、構造及各部配件說明-----	8
三、各項應力處理及電場控制-----	10
四、使用優點之說明及比較-----	13
五、組裝管制點說明-----	16
六、各項應用說明-----	17
參、綜合結論-----	25
肆、建議-----	27

壹、前言與實習行程內容簡介

一、前言

維持良好的供電品質是電力公司永續營運的不二法門。

近年來由於電力工業進步及社會期待等原因，本公司新建變電所之內部主要電力設備如變壓器及氣體絕緣開關（G.I.S.）等，大部份皆以表面絕緣之電力電纜引接，其引接處再以電纜頭作末端處理；然而在目前使用之傳統式電纜頭的組裝程序上，變壓器側電纜箱須洩油，而G.I.S.側電纜箱須將SF₆氣體回收，待母座處理及電纜頭安裝完成後，須經變壓器側電纜箱重新注油，而G.I.S.側電纜箱重新注入SF₆氣體等程序。

上述組裝程序不僅繁複耗費工時，且容易受工作環境及安裝品質等因素影響造成送電後電氣事故；而現今電力市場開發之新產品--乾型插入式電纜頭(Dry-Type Plug-in Cable- Termination)，其功能大致類似家中插頭及插座組，當變壓器及G.I.S.等設備出廠時預先配備電纜頭母座，至現場組裝僅須處理電纜頭後即可插入母座，不須再處理設備本身（如洩油及回收SF₆氣體等程序），因此能有效減少現場施工程序、相關管制點等，可降低安裝風險，大幅地提昇電力供應的品質。

現值政府大力拼經濟之際，穩定的電力供應將是最重要的因素；但目前國內電力公司、重電及電纜業者尚缺乏此類的經驗與技術，因此本出國計畫之主要目的為瞭解插入式電纜頭應用的技術、範圍及實地參觀已運用此類設備之變電所，以供本公司日後應用時之參考。

註：因中壓級（23kV）插入式電纜頭在本公司已有多數的使用實績，故本報告以高壓級（69kV、161kV）插入式電纜頭相關特性及應用為主。

二、實習行程內容簡介

A、瑞士實習部份

至ABB全球營運總部及ABB G.I.S.製造廠參訪。

ABB公司為一跨國性事業集團，其營運重心除電力設備，更含有控制系統、運輸系統等多角化的事業營運，在全球多數國家皆設有工廠或分公司（台灣亦設有分公司）；全球營運總部負責所有的行政事務及跨國技術支援，位於瑞士蘇黎克市Oerlikon區，由機場搭乘電車約20分鐘到達；本次參訪由技術部門專家Mr.Rana在此為職介紹該公司插入式電纜頭產品及相關技術。

ABB 瑞士G.I.S.製造廠位於營運總部附近，以生產220kV（含以上）之氣體絕緣開關（G.I.S.）為主，該廠以全自動化倉儲及生產系統製造高壓開關設備，能大量降低人力成本，亦因自動化生產而有非常不錯的製造品質，相當值得國內相關製造廠家學習。

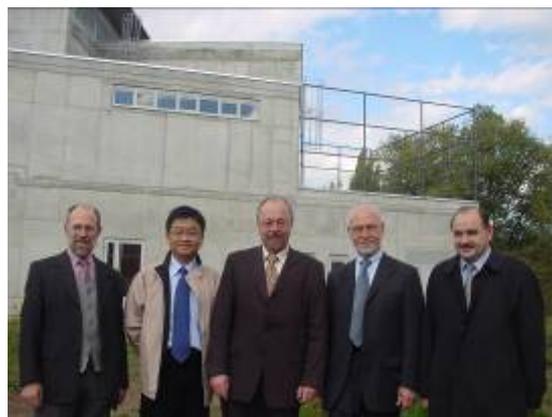
B、德國實習部份

至PFISTERER公司及EnBW電力公司所屬之高壓變電所參訪。

PFISTERER公司位於德國司圖加特市（Stuttgart）附近，該公司主要生產各電壓等級插入式電纜頭及相關配件、插入式避雷器、電壓檢出裝置及接地導線..等，已將近70年歷史，在國際間享有非常高的知名度；此次在PFISTERER公司的參訪行程由該公司研發經理Dr.Klein負責說明及技術討論。

本次行程中有關變電所安裝實績方面，職經PFISTERER公司安排參訪了EnBW電力公司所屬之Unterturkheim變電所（位於司圖加特市郊），由EnBW電力公司Mr.Baur負責解說。（EnBW電力公司供電系統規模與本公司規模大小差不多，亦擁有將近300所110kV級（含以上）變電所）

Unterturkheim變電所為一次側110kV、二次側33kV、三次側11kV之地上屋內型變電所，裝設兩具變壓器，各電壓級開關採用G.I.S.設備，其一、二及三次側電纜終端接頭部份皆採取插入式；變電所外型部份因其變壓器散熱採取自然風冷式，利用對流方式排熱，因此建物外部無冷卻器等設施，不僅建物外型相當簡潔明亮無噪音，而且無風扇等用電設施，非常具環保概念。



Unterturkheim變電所外貌及陪同參訪之德國方面人員

另外值得一提的是Unterturkheim變電所旁有一小水力發電廠，利用內卡（Neca）河水的推力，已運轉百餘年，目前轉型為參觀用水力發電廠，職亦利用此一難得機會進入參觀。



水渦輪機外貌及介紹



內卡河沿線水力電廠分佈圖

貳、心得與感想

一、引用規範及電氣規格簡述

A、國際規範

高壓插入式電纜頭及其配件的相關尺寸及固定方法..等，在IEC 60859（IEC,國際電工委員會簡稱）中規定。這個版本是由IEC TC17在1995年修正而來，傳統的濕式電纜頭被編為IEC 60859-1，而乾式插入式電纜頭被編為IEC 60859-2。

因電纜頭主要目的為連接電纜，因此其電氣規格及相關定型及出廠試驗項目主要依循電纜的相關規範，以IEC 60840及DIN VDE 0263內電氣規格為主要規定。重要的試驗項目有耐壓試驗、部分放電試驗、衝擊耐壓試驗及週期耐受試驗等。

B、台電公司規範

為了因應此一新式設備在本公司電力系統中使用，本公司於民國92年12月，參考相關國際規範及本公司系統特性，編定『161kV及69kV 插入式電纜終端匣規範』（PC-H1），作為G.I.S.或變壓器之附屬器材規範，其適用於台電161kV及69kV變電所G.I.S.及變壓器161kV及69kV側插入式電力電纜終端匣器材（包含母座套管及電纜頭），現將其對電氣部份之規格摘錄於下頁：

項次	項目	161kV等級	69kV等級
1	母座套管尺寸	757mm	583mm
2	最高使用電壓	169kV	72.5kV
3	低頻耐壓, 60Hz, 1分鐘	365kV	140kV
4	直流耐壓, 負波15 分鐘	395kV	245kV
5	衝擊波, 1.2x50 μ s	750kV (正負波連續 各十次)	350kV (正負波連續 各三次)
6	絕緣筒衝擊波, 1.2x50 μ s	30kV	22.5kV
7	部份放電	於168kV, 小於3pc	於72kV, 小於3pc
8	額定電流, Amp.,rms	2000	2000(1600mm ²) 1200(1000mm ²)
9	短時間耐電流	50kA/3s	40kA/3s
10	無線電干擾電壓 RIV	加102kV小於500 μ V (1MHz)	加44kV小於300 μ V (1MHz)
11	最高耐SF6使用壓 力	1.0MPa-G以上	1.0MPa-G以上
11	最低耐SF6使用壓 力	0.15MPa-G	0.15MPa-G
12	油中耐溫	105°C	105°C
13	油中耐壓	0.4MPa-G	0.4MPa-G

表1 電纜頭電氣規格

二、構造及各部配件說明

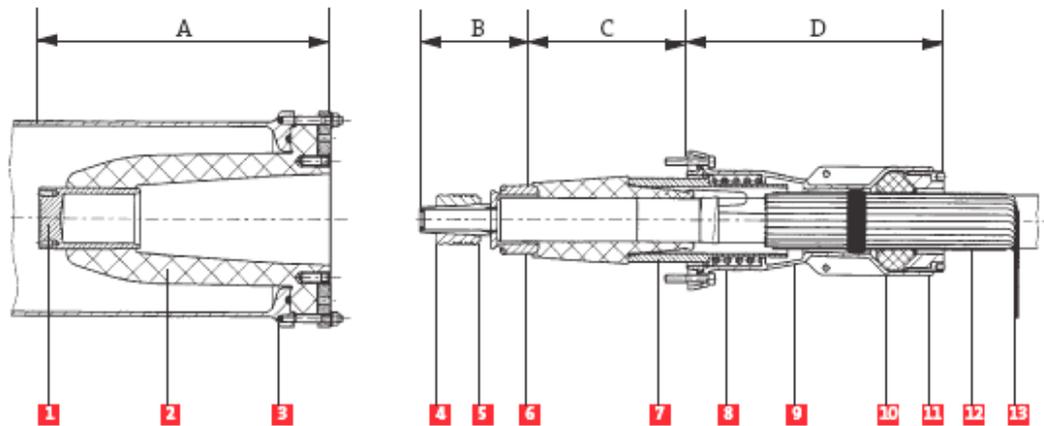


圖1 插入式電纜頭（含母座）各部配件名稱

各部配件名稱如下：

A、母座（Bushing）：

- 1.接觸插座（Female contact part）
- 2.絕緣套管（Insulator）
- 3.固定法蘭（Housing）

B、接觸系統：（Contact system）

- 4.接觸環（Contact ring）
- 5.張力圓錐體（Tension cone）
- 6.固定片（Thrust piece）

C、絕緣及電場控制部（Insulating and field-controlling part，電力錐）

D、外罩（Housing）：

- 7.壓力套管（Pressure sleeve）
- 8.壓力彈簧（Pressure spring）
- 9.鐘形法蘭（Bell flange）
- 10.密封環（Sealing ring）
- 11.旋緊環（Threaded counter ring）
- 12.熱縮套管（Heat-shrink tubing）
- 13.接地線（Cable screen）

母座的形狀為一圓錐形的開孔絕緣座，通常位於如G.I.S.、變壓器或電纜接續匣等設備內，是屬於電力設備側的元件；其主要的配件包含高分子樹脂鑄造的絕緣套管及接觸插座，其中絕緣套管部分除絕緣功能外更擔負有電場控制（使電場均勻平滑分佈）的功能。

電纜頭位於剝皮後的電纜末端，它的各部元件經軸狀排列的方式組合後（B接觸系統、C絕緣及電場控制部），外部再以D金屬外罩固定。

接觸系統主要負責電流介面轉換的任務。主要的配件包含接觸環、張力圓錐體及固定片。

絕緣及電場控制部是由具高彈性係數的矽膠（Silicon rubber）做成，其任務除在控制剝皮後電纜的電場均勻分佈外，更在當電纜頭插入母座後，與母座絕緣套管緊密接觸，維持必要的洩漏距離及閃絡距離。

金屬外罩的主要功能在固定電纜頭的相關配件，它的外部為一鐘型的金屬罩，內部包含壓力彈簧、壓力套管..等配件。

當電纜頭部份組裝完成後，即可插入電纜母座後固定，完成連接作業。

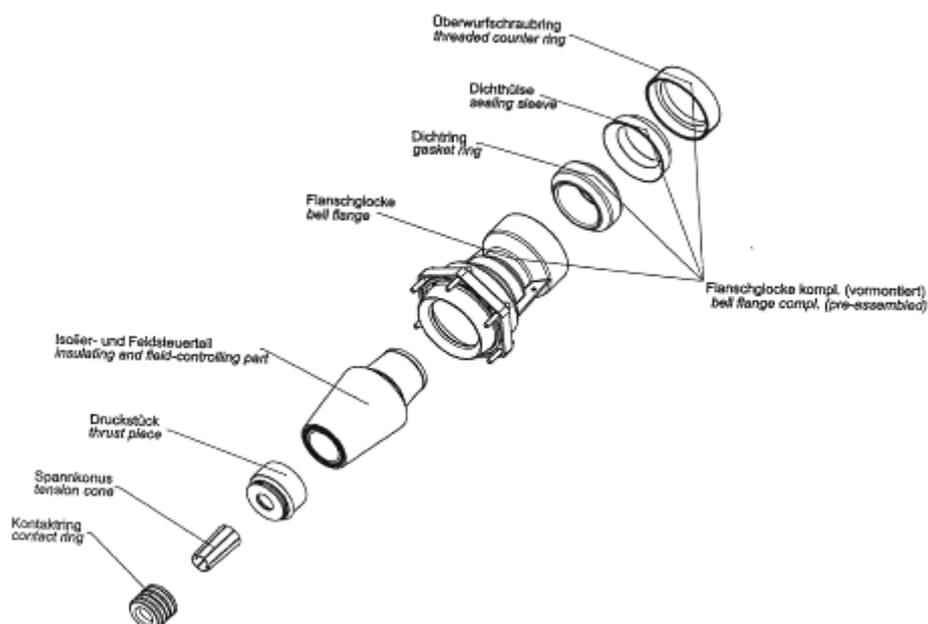


圖2 電纜頭細部配件分解圖

三、各項應力處理與電場控制

A、機械應力處理

當電纜頭組裝時，其相關配件組合後產生的結構性機械應力，被下圖中A、B兩點牢牢地固定（A為接觸環、B為熱縮套管）；在這方面絕緣及電場控制部（又名電力錐）是不負擔任何的機械應力。

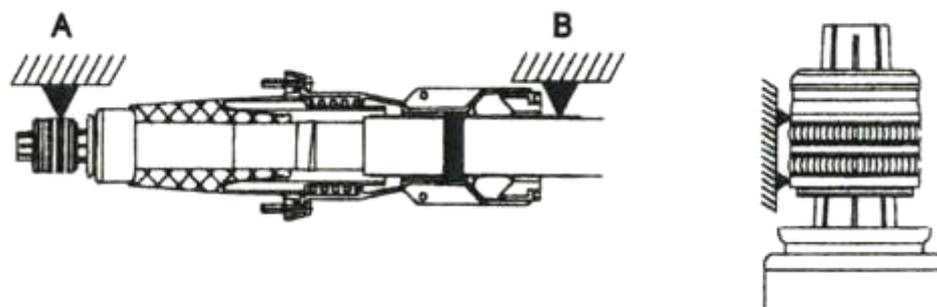


圖3 結構性機械應力的支撐點

當插入母座後，電纜頭因其接觸環進入接觸插座，而自動地與母座對齊，讓電纜頭之電力錐部份與母座絕緣套管部份緊密結合；送電後，因電、熱效應會使得電纜頭內部配件機械應力增加，此時配合電纜箱外固定螺栓、金屬外罩及熱縮套管等作用，可以使電纜終端匣組有足夠的強度去承受送電後衍生的機械應力。

另外，由於接觸環是由許多可耐高電流的矽鋼片堆疊組成，可以有效地分解這些機械應力，讓電流能夠平穩地在這兩個界面中轉換。

B、電力錐應力處理

電力錐應力的妥善處理是讓這個電纜終端匣組能長時間送電保持穩定的重要因素。電力錐在電纜頭插入母座後，因為應力的平衡作用，其與母座的絕緣套管會平滑且緊密地結合，而形成一個接觸面；這個接觸面形成了距離加乘作用，提供了電纜終端匣組所需的洩漏距離及閃絡距離，可有效縮短設備電纜箱所需高度。

要讓前述的接觸面能夠穩定而平滑，不受到電纜剝層處理公差及熱膨脹的影響；因此，由外罩內的壓力彈簧須確保有必要的力量作用在這個電力錐接觸面上。基本上，在這個密閉的接觸面裡為了保持應力平衡，共有三種力量會產生，即彈簧力（ F_F ）、插入力（ F_S ）、初始應力（ F_V ）三種，以下即針對此三分力介紹：

1.彈簧力（ F_F ）

彈簧力的形成是由於鐘形法蘭內的壓力彈簧在組裝完成時被旋緊環旋緊壓縮，進而使鐘形法蘭往前托住電力錐，使其前端固定片與鐘型法蘭間被緊緊固定；這個力是為了要使確保電力錐能滿足電纜剝層處理公差及送電後發熱產生的膨脹；它與另外二力（插入力及初始應力）並無直接關係。

2.插入力（ F_S ）

插入力的形成是由於電纜頭組裝完成插入母座後，電力錐與母座絕緣套管緊密接合，因套管內、外壓力不同而形成之吸力。

3.初始應力（ F_V ）

初始應力的形成是由於剝皮後電纜的絕緣層直徑將略大於電力錐的開口直徑，因此當電力錐套入剝皮後電纜時，電力錐內部自然形成之壓力。

三力分解對應如圖4

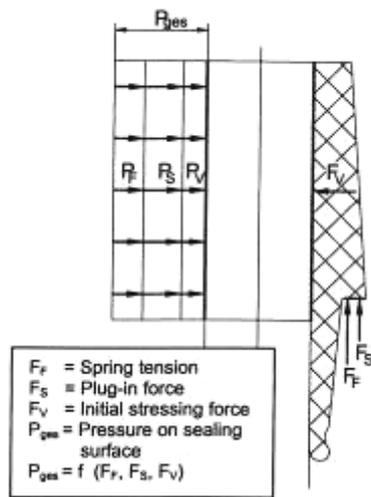


圖4 確保電力錐接合面強度之三力分解圖

C、電場控制

根據其他的研究發現，送電後電力錐與絕緣套管接觸面所承受的電場強度與前述機械應力的大小並無直接關係；因此要有效地減低不均勻電場對電纜頭造成的影響，必須從不同方面著手。為了要引導電纜剝皮後造成電場的紊亂，在電力錐內部包含一電容性之場控元件（圖5黑色區域）連接電纜之外半導電層，母座之絕緣套管內亦包含了一高電極裝置，這兩者互相配合讓此電纜終端匣組模擬成電纜未剝皮前之狀況，使電場均勻分佈。圖6為電場均勻分佈之情況。



圖5 電力錐切面圖

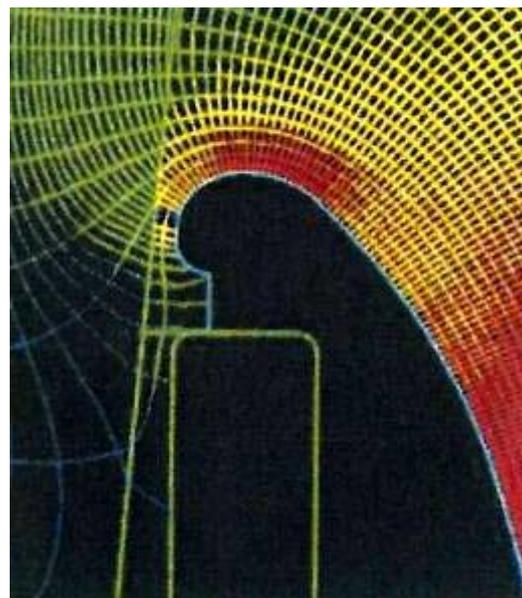


圖6 電場分佈圖

四、使用優點之說明及比較

A、使用優點

1.容易組裝及拆卸：

現場組裝時，僅須處理電纜側電纜頭部份，不須再處理設備側母座部份（電纜箱內絕緣物洩放及充填、母座連接..等），與傳統電纜頭相較之下，可節省大量組裝時間；再者因施工程序及管制點減少，可降低電纜終端匣組安裝時之環境及品質風險。

2.現場安裝工作所需高度減少：

在電纜引接方向為由下往上之工作場所，此型電纜頭組裝完成即可插入母座，因此電纜頭可選擇在設備樓層之下一層處理完成後直接插入，可有效降低設備電纜箱底部至樓面之距離（可不須考慮設備樓層之工作空間）。

3.可搭配設備及現場需求，作大彈性的空間安排：

因電力錐接合面形成的距離加乘作用，使原本所需的洩漏距離及閃絡距離縮小，因此電纜箱空間可縮小，增加其在設備上佈設上的彈性。

4.母座可搭配設備在廠內作好試驗工作：

因母座連接於設備側由設備廠家提供，因此可與設備同時製造與試驗，增加組裝時的品質與信賴度。

B、插入式電纜頭與傳統濕式電纜頭各方面分析比較表

以下本報告從各方面（施工方式、施工品質、責任介面、價格、採購方式、重量、供應廠家及其它等八項目）分析，比較其與傳統濕式電纜頭之不同：

比較項目	插入式	傳統式
施工方式	電纜頭處理方式與傳統式類似，安裝時由下往上插入母座，不須再連接設備導體。 電纜箱底部距樓板面僅需50至70公分。	固定於法蘭面施作，電纜頭完成後，須將包封容器再吊裝回電纜頭，並連接設備導體，且須重新處理絕緣油或SF ₆ 氣體。 依本公司目前規範規定電纜箱底部距樓板面需140公分。
施工品質	母座套管已安裝於設備內，現場安裝時不須再拆開設備容器做抽真空及充填SF ₆ 或絕緣油處理，施工品質較好且節省施工時間。	必須將變壓器或G.I.S.之包封容器暫時拆開，易受現場環境汙染，須特別注意安裝品質管理。
責任介面	由變壓器或G.I.S.廠家負責，介面單純。	變壓器及G.I.S.與電纜頭分別由不同廠家供料及派遣技師，界面較複雜，事故時責任不易釐清。

價格	約24萬（含母座，氣封型及浸油型相同），價格與傳統式電纜頭相差不大，不致影響變壓器或開關設備之採購價格。	約21萬（氣封） 約29萬（浸油）
採購方式	1.由變壓器或G.I.S.廠家提供，保固責任明確，且可避免電纜頭庫存。 2.可減少採購作業次數，節省採購成本。	1.變壓器、G.I.S.及電纜頭分開採購，由不同廠家保固，須有電纜頭庫存以配合變壓器或G.I.S.安裝。 2.電纜頭由國內電纜廠家向國外採購後提供。
重量	約40公斤	約80公斤
供應廠家	ABB、PFISTERER--德國 日本-- SWCC	ABB--德國 VISCAS、JPS、 EXSYM--日本
使用實績年份部份	中壓級約從80's中期開始使用 高壓級(145kV以上)約從90's中期開始使用，尚未滿10年	已使用數十年
其他(引用國際規範部份)	電氣特性及材質與傳統電纜頭相同，皆採用IEC 60859規格	

表2 電纜頭比較表

五、組裝管制點說明

一般而言，不管是何種型式之電纜頭，針對其組裝程序，每一製造廠家都有程序書嚴格規定其各項步驟及施工尺寸，且對進行組裝之工作人員皆須經過原廠嚴格的訓練，插入式電纜頭組裝亦是如此；日後為本公司進行插入式電纜頭組裝作業之工作人員，本公司亦明訂於規範要求每一位工作人員都須取得電纜頭製造廠所發之訓練合格證明，並送本公司備查後方可執行組裝作業。前述係針對設備廠電纜頭組裝之工作人員而言，惟電力公司監工部份，因每人負責的案件繁多且專精領域不同，可能無法如設備廠工作人員般熟練；但站在監督立場，在某些重要的步驟或尺寸上，仍須加強注意，以確保組裝品質；以下幾點組裝注意事項，為職與製造廠家研討後列出，供日後施工時參考：

A、電纜準備階段

- 1.電纜末端是否進行加熱整直程序？是否已整直？
- 2.電纜外皮是否剝除程序書規定之尺寸？
- 3.電纜之絕緣層表面是否光滑？乾淨？及無半導體層物質殘留？

B、電纜頭處理階段

- 1.電力錐的內緣壁在塗潤滑膏前是否乾淨？
- 2.電力錐套入剝皮後電纜之絕緣層，其前緣距絕緣層前緣是否有程序書規定之距離？
- 3.當接觸環壓緊於張力圓錐體後，其位置是否不碰觸到固定片？
- 4.是否正確使用接觸環壓緊工具？
- 5.是否從固定片往下至電纜側，依程序書規定之距離標示記號？

C、安裝階段

- 1.母座絕緣體內部於塗潤滑膏前是否乾淨？
- 2.電力錐外部於塗潤滑膏前是否乾淨？
- 3.安裝完成後，從電纜箱固定螺栓至電纜側標示點是否為程序書規定之距離？

六、各項應用說明

從80's中期起，中壓級（11kV至52kV）及72.5kV的插入式電纜終端匣組即開始被電力市場所應用，而且其穩定性、安全性及便利性皆得到各方面的肯定；本公司亦約於民國85年起於中壓氣體絕緣開關設備（23kV G.I.S.）上使用本項器材，迄今使用狀況良好。

高壓級（72.5kV以上，目前最高電壓為245kV，在墨西哥及中國大陸等地有實績）的插入式電纜終端匣組近年來陸續被發展及應用，以下即介紹這些應用範圍：

- A、氣體絕緣開關（G.I.S.）應用方面
- B、變壓器應用方面
- C、電纜接續匣（Cable joint box）應用方面
- D、其他應用方面

A、氣體絕緣開關（G.I.S.）應用方面

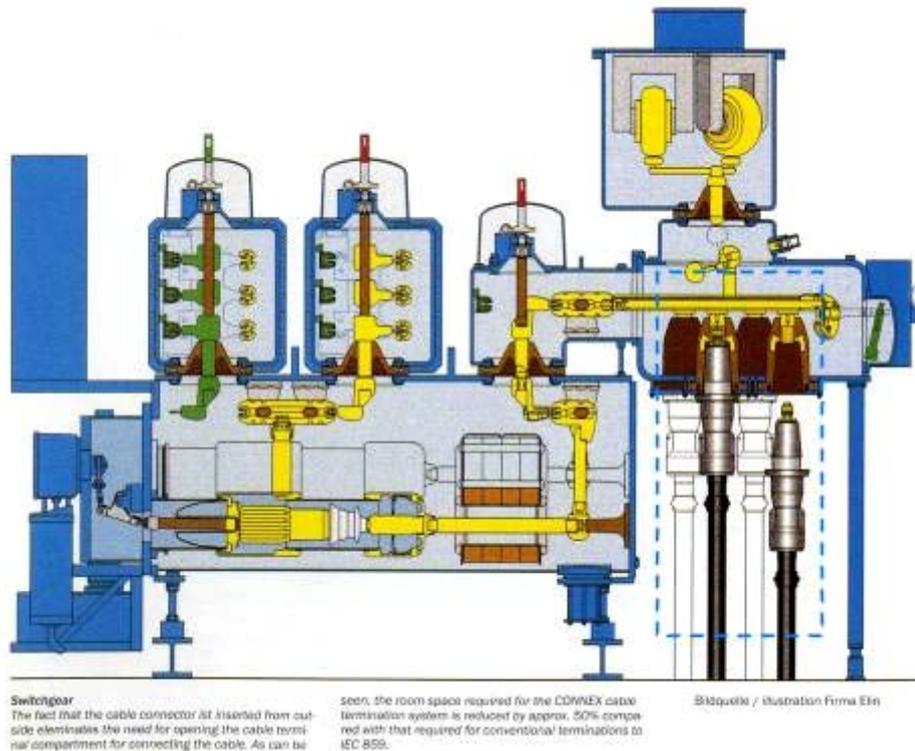


圖7 插入式電纜終端匣組於高壓G.I.S.上應用

1996年，145kV插入式電纜終端匣組第一次被使用在G.I.S.上並加入系統運轉，且當時由於沒有適當的電纜箱配合（一般而言，適用傳統電纜終端匣組之電纜箱比適用插入式電纜終端匣組之電纜箱長許多），因此，另外使用了一組延伸機構來符合此電纜箱規格（圖8），為舊設備欲採用此種新式電纜頭者，這個方法提供了一個很好的解決模式；不過，若電纜箱規格符合IEC 60859插入式電纜終端匣組尺寸者，則不會有這個問題。以下為一些實際組裝的範例照片（圖9、圖10、圖11）

圖8：適用傳統電纜頭之電纜箱改接插入式電纜頭之情況

圖9、圖10及圖11：插入式電纜頭在G.I.S.上的各種應用；圖9為電纜由下往上引接，電纜箱底部距樓板面約50公分；圖10及圖11分別為電纜水平引接至G.I.S.設備之情況。



圖8



圖9



圖10



圖11

B、變壓器應用方面

近幾年來，為了因應變電所用地規劃的需要，許多變壓器的引入、出裝置皆利用插入式電纜終端匣組所需之電纜箱較小、容易彈性佈置之優點，設計成不同角度引入（圖12~14）或多重引入（圖15）；其中不同角度引入可讓變電所設計人員依用地及系統需求，作最大彈性的運用；多重引入則可因應部份具特殊需求之變電所，初期僅能由架空線經上層電纜頭引入，之後視系統需求改接為電纜由下層電纜頭引入，而不需拆開電纜箱處理之優點，如此可大幅減低設備改接時施工品質之風險；另外則是因具有兩組電纜頭，所以在現場耐壓試驗及避雷系統設置方面，都有很大的便利性。



圖 12



圖 13

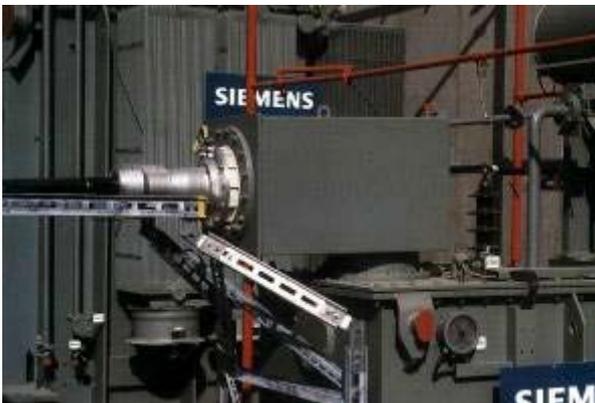


圖 14



圖 15

C、電纜接續匣（Cable joint box）應用方面

高壓插入式電纜接續匣的主要功能在於不同段（或不同結構）電纜在涵洞現場施工時，僅須使用少許元件，就能在電纜終端系統上達到連接或T接之功能。

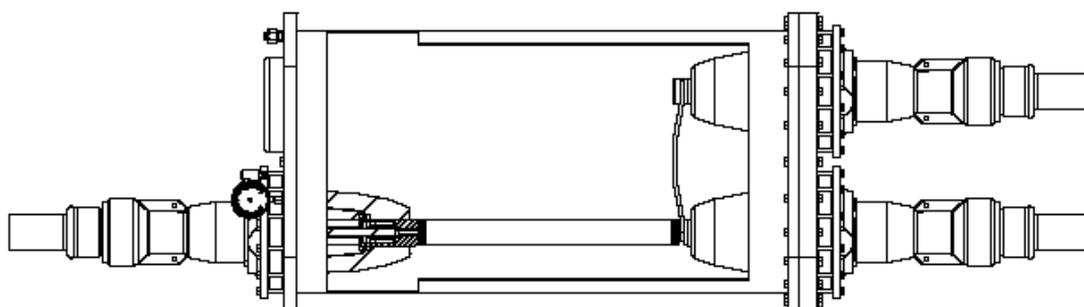


圖16 電纜接續匣剖面圖

使用此種接續匣最大的好處，在於接續匣就如同使用在設備側的電纜母座一樣，同樣可以在工廠內被完整地組裝和測試後載運至現場，兩端插入處理好的電纜頭即可。同樣地，這樣不僅可以大幅減少現場的施工時間，也可減少組裝品質的風險。另外的彈性是在電纜佈設工程進行期間，某些特殊的案例可能會發生電纜重新佈設或轉相的事情，利用此種接續匣容易插、拔的特性，前述情況變得非常容易解決。

歸納前述說明，插入式電纜接續匣有下列幾項優點：

- 一、G.I.S.設備本體無法設計成複導體型式或擴充需要時，可以輕易以外加方式構成。
- 二、環形網路可以輕易分離或T接變壓器等設備。
- 三、電纜發生事故時，事故點可以快速地从系統切離；事故排除後，系統可以快速地連接。
- 四、電纜施工完成後，現場試驗容易被執行，可依規範規定選擇僅單條電纜試驗或多條電纜連接後試驗。

圖17 電纜頭組裝完成後，直接插入電纜接續匣。

圖18、19及20 電纜連接電纜接續匣之現場

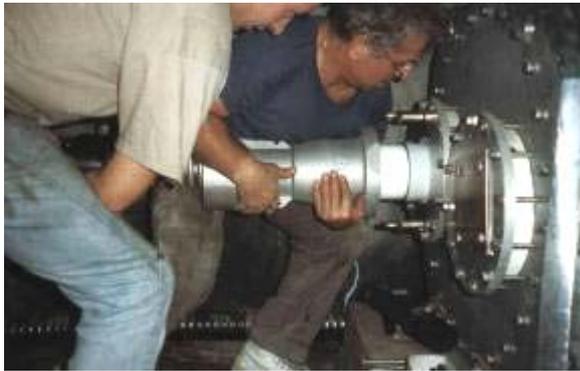


圖17



圖18

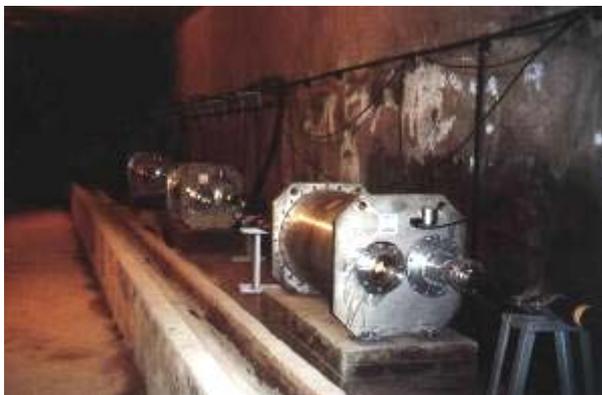


圖19



圖20

D、其他應用方面

1.插入式電纜頭應用在移動式變電設備

運用插入式電纜頭可快速插、拔之特性，電力市場已開發出可快速組立之移動式變電設備（包含G. I. S. 及變壓器..等）；此種移動式設備由於各設備間連接之電纜終端接頭皆已預先製作完成，至現場後只要插入設備即組裝完成，不須做其它準備工作；因此當變電所停電或故障又無法有效轉供時，此種移動式設備可利用托車運至現場快速組裝提供臨時性電源，可大幅減少停電時間以降低用戶抱怨。

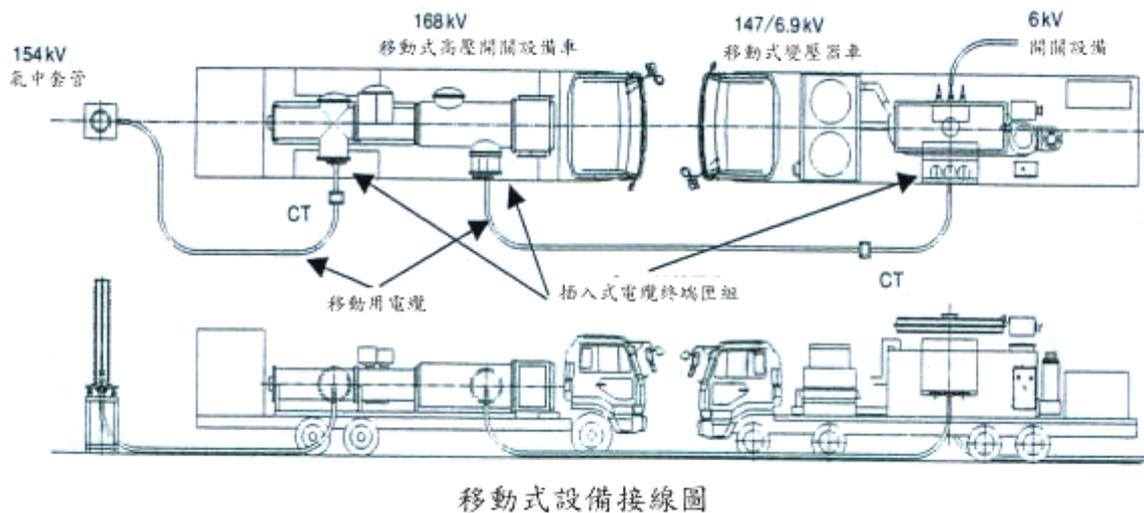


圖21 移動式設備接線圖

2. 插入式電纜頭應用在電纜現場試驗

在執行電纜現場試驗時，利用此種插入式電纜終端匣組完全包覆及配件整合之特性，一端連接被試電纜，一端連接試驗用電纜頭，可在涵洞等侷促之空間內安全地執行電纜耐壓試驗；此外，此種試驗用電纜接續匣同樣可採取T接模式，同時試驗兩條電纜。

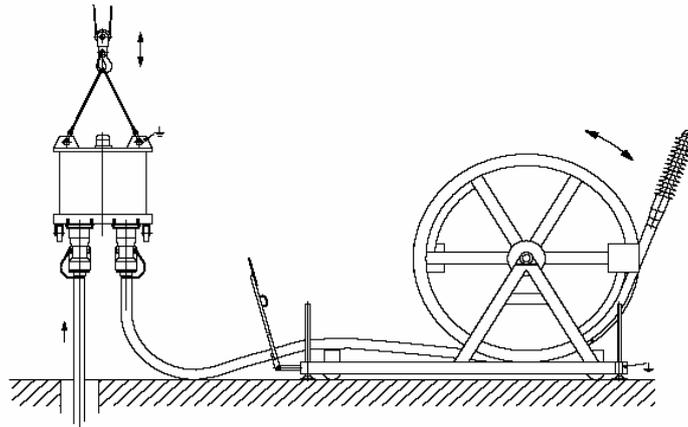


圖22 電纜測試終端匣組及轉輪



圖23 電纜測試終端匣組

參、綜合結論

為加強本國電力供應品質，台電公司近年來積極執行第六輪變電計畫（計畫期間於民國90年至98年底，總計畫金額新台幣3,899億元），因此變電所及輸電線路（包含架空線路及地下電纜）工程量與日俱增；相對地，負責變電所設備端與電纜間及電纜接續之終端連接工程亦日益增加；當使用傳統式電纜頭設備時，因尚需處理電纜母座部份之絕緣物及連接線..等，所以其組裝程序相當耗費工時，且容易因現場工作環境及組裝品質等等原因，造成加壓送電後之電氣事故，不僅造成用戶困擾及損失，更嚴重地影響本公司良好聲譽。

此時正值政府大力推廣2008國家重點發展計畫之際，穩定的供電品質將是此計畫成功的最重要因素；因此，為了降低現場環境及人為因素對電纜終端部份造成事故而影響整個電力系統，本公司除積極加強現場電纜頭組裝工程品質外，更向世界其他先進國家尋求如何減少現場組裝程序、降低工作環境及人為因素影響之對策。

本次出國實習的主要目的為實地瞭解歐洲電機廠家針對前述問題開發的新式設備及電力公司的使用情況，以作為日後本公司採用該項設備時之參考。

現將實習之結論分述如下：

- 一、本次出國行程中所拜訪的製造廠家，對於各電壓等級之插入式電纜頭設備及相關配件，其研發經驗皆相當豐富，所開發出的產品亦遍及全世界；此次實習除瞭解插入式電纜頭的細部設計原理及最新發展外，亦前往參觀德國電力公司於變電所內使用之實例。
- 二、廠家表示目前歐洲重電製造廠家出貨之設備中，配備插入式電纜終端匣組之比例約佔四成，且所佔比例亦逐年增加當中；惟因中、北歐國家電力市場飽和因素，當地近年來變電所及線路新建工程量不多，因此大部分皆外銷至南歐、中南美洲及東亞等地區；不過，就整體而言，170kV 以上之插入式電纜頭使用比例仍為少數。

- 三、目前插入式電纜頭在高壓等級之發展，最高電壓目前為 245kV，據廠家表示若往更高電壓等級發展，以目前國際規範規定及電力技術而言應無問題，惟因產品市場過小，不足以支撐此型商品，因此目前並無更進一步開發計畫；且據職與德國 EnBW 電力公司 Mr.Baur 討論後瞭解，目前德國輸變電方面建設已臻飽和狀態，其一年新建變電所（相當於本公司一次配電變電所等級）所數僅二至三所，此級以上之變電所在近年來更是少有需求。
- 四、採用插入式電纜終端匣組的最大優點就在母座已事先安裝及測試好，不須現場組裝或重新拆封電纜箱及銜接，但對於電纜頭部份的處理細節仍要非常注意，須嚴格地要求工作人員的資格及遵守組裝程序書之規定作業，如此才能充份發揮本項設備穩定、安全的效能。
- 五、在插入式電纜頭的應用範圍內，除了一般設備、電纜接續匣及試驗用接頭的使用外，職認為最能將該項設備之優點發揮極致應屬移動式變電設備的應用，利用其插入式電纜頭快速插、拔及完全包覆的特長，可兼具機動性及安全性，對某些電源存在卻無法立即送電的緊急情況，可以暫時恢復供電，減少本公司及用戶的停電損失。
- 六、職於德國參觀之屋內式變電所，其變壓器冷卻方式為自然風冷式，因建物外無需冷卻器、風扇等設施，因此維護點相較之下減少；此型設計不僅建物外表非常簡潔，且變電所外無噪音亦無用電設施，非常具綠色環保概念；惟此種規劃須精確計算變電所排熱量及在所內設計大型通風道..等，一般而言建物所需面積會稍大；日後若變電所用地大小適宜者，此種規劃應是不錯的考慮方向。

肆、建議

- 一、目前本公司23kV中壓開關設備已全面使用插入式電纜頭，且穩定性及安全性良好；高壓（161kV）插入式電纜頭與傳統式電纜頭比較之下，亦有許多優點值得採用，但因其使用時間仍短（未達十年），建議以試用方式引進，待確實評估其可靠性後再全面採用，避免對系統造成衝擊。
- 二、因各插入式電纜頭製造業者所運用的應力控制及電場控制之技術互有不同，除各有優點外，其應用的範圍也日益廣泛；為獲得更新及更專業的資訊，擬經由在台代理商或技術合作公司邀請業者來台介紹，除可讓公司其他同仁瞭解目前最新趨勢外，並可精進同仁在電力連接工程方面的知識。
- 三、為強化電纜頭組裝時之查驗能力，建議當電纜頭製造廠於本地舉辦相關訓練課程時，本公司監工人員亦能分批參訓以提昇技能。
- 四、因各家運用技術不同，相關組裝程序及專有名詞亦略有差異，為避免造成紊亂，建議於全面採用前，由權責部門出面整合名詞及確認各項程序供相關單位使用。