

目 錄

一、 實習目的

1.1 緣 由 -----2

1.2 行 程 -----2

二、 實習內容

2.1 J-Power Systems 公司概要 -----3

2.2 電纜終端匣 -----5

2.3 SF6 電纜終端匣 -----6

2.4 屋外電纜終端匣 -----10

2.5 電纜接續匣 -----11

三、 心得與建議事項

3.1 心 得 -----14

3.2 建 議 -----15

附錄一 SPJ 電纜接續匣施工程序 -----17

附錄二 SPJ 電纜終端器材應用案列 -----25

第一章 實習目的

1.1 緣由

本公司各發電廠開關場及部分第六輸變電計畫變電所之新建、擴建及汰換等相關工程屬施工隊承辦業務範圍，其中 345/161KV 電力電纜為變電所、火力、水力及核能發電廠開關場重要設備之一。近來科技的發展，日新月異，本隊對於電力電纜，及其中間接續及終端處理等設計施工、測試運轉維護的新知技術，極待學習及汲取，以提昇本隊專業技能。職受主管推薦，奉派前往電力電纜產業發達國家日本 J-Power Systems 公司大阪工廠實習相關最新技術，以利本隊執行監造。

1.2 行程

本次奉派至日本 J-Power Systems 公司實習如下：

- (1) 93 年 12 月 14 日，由台灣中正機場搭乘長榮航空至日本大阪關西空港。
- (2) 93 年 12 月 15 日至 20 日，駐留大阪，於 J-Power Systems 公司大阪製造廠實習。
- (3) 93 年 12 月 21 日，由日本大阪關西空港搭乘長榮航空返回台灣中正機場。

第二章 實習內容

2.1 J-Power Systems 公司概要

J-Power Systems 公司 (JPS) 是由 Hitachi Cable, Ltd.(HCL) 及 Sumitomo Electric Industries, Ltd.(SEI)兩大知名公司各出資 50%於 2001 年新整合設立之電力輸送相關產品公司，其技術及生產設備亦源自於 HCL 及 SEI 兩家公司。目前生產工廠有 Toyoura、Hitaka 及 Osaka 三處，員工數約 700 人，產品有架空輸電線 (O/H Conductor)、充油電纜 (Fluid-filled Cable, FF)、交連聚乙烯電纜 (XLPE Cable)、附屬終端器材設備 (Accessories for Power Cable)及電力線路監視系統等五類產品項目。

該公司自 1960 年領先業界開發 275kV 產品，宣稱特別重視研發工作，投入相當多資源，以新技術發展的產品有低噪音架空線 (Aeolian noise suppressed conductor, NS-TACSR)，聚丙烯絕緣紙 (Polypropylene Laminated Paper, PPLP)，單件預塑式接續匣 (Premolded one-piece type joint, SPJ)。PPLP 如圖 1 所示，前後兩片 Kraft paper，中間為一片 PP film，用為 FF Cable 的絕緣材料，可有效增加絕緣強度，減少體積，更可減少介質損失，以提高電力電纜輸電裕量，目前可提供顧客高達 800kV 的產品，如圖 2 所示。



圖 1 PPLP 絕緣材料



圖 2 800kV 充油電纜

本次至 JPS 大阪廠 (Osaka Works) 實習，該廠依大阪灣出海口河岸設立，適合重件海路運輸，為供應海外市場重要據點，廠區照片如圖 3 所示。該廠主要生產海底電纜 (Submarine cable)、充油電纜、XLPE 電纜、終端器材及電力線路監視系統。該廠設有高壓試驗室，其中試驗電壓可達 2100kV，另本廠亦為該公司橡膠產品研發中心 (PE 材質研發中心設於日立廠)，研發中心分工相當細密，甚至有模具設計製造部門。

生產線中 VCV Tower 可謂最重要所在，該塔為 XLPE 電纜在導體束集後，以垂直方式進行第二層導體遮蔽 (Conductor shielding)、第三層絕緣體 (XLPE) 及第四層絕緣體遮蔽 (Insulation shielding) 同押出 (extruded) 包裹導體製程。本製程所需環境要求頗高，為 class 1000 (50 μ m) 無塵室。



圖 3 JPS 大阪廠區圖

2.2 電纜終端匣

2.2.1 電纜終端原理

電纜終端或接續處理需考量三項要素，其一為機械性支撐強度，其二為導體電氣接合完整性，其三為電纜絕緣物質的物理性保護。電力電纜中之金屬遮蔽體限制了電纜內之介電電場(Dielectric field)，同時達到電纜內電壓應力之對稱半徑分佈(Symmetrical radial distribution)之功能，並能構成接地迴路。電纜末端處，其金屬遮蔽體中斷，發生介電電場變化，形成一相當大之應力點，因此需從電纜遮蔽邊緣(半導電材料處)處，開始增加絕緣厚度至特定值止，該元件稱為電壓強度減輕錐(Stress relief cone)，或稱為電力錐，或稱為應力錐。

隨著材料科技進步，電力錐已發展而成由合成橡膠(Synthetic rubber)預鑄而成具彈性的單件成品(pre-moulded one-piece elastomeric stress cone)，以利現場施工，為電纜終端匣或中間接續匣重要元件。

2.2.2 電纜終端匣種類

電力電纜終端匣(Termination 或 Sealing end)依內部絕緣材質型式分為注油式(Oil Impregnated Type)及乾式(Dry Type)，依用途分為浸油變壓器型(Oil Immersed Type)、氣體絕緣開關型(SF6 GIS Type)及屋外型(Outdoor Type)，而其內部絕緣結構型式可分為電力錐及電容電力錐(Capacitor Cone)兩類。

2.3 SF6 GIS 電纜終端匣

2.3.1 SF6 GIS 電纜終端匣種類

常見之 SF6 GIS 型電力電纜終端有復合預組式乾式 (Pre-fabricated composite dry type)、注油電容電力錐式及電力錐絕緣器式 (Stress Cone and Insulator Type)，其中 J-Power Systems 公司最新研發之 400kV 級電力錐絕緣器式已完成定型試驗，其中老化試驗情形如圖 4 所示，上述三種終端匣使用電壓等級如表 1 所示。

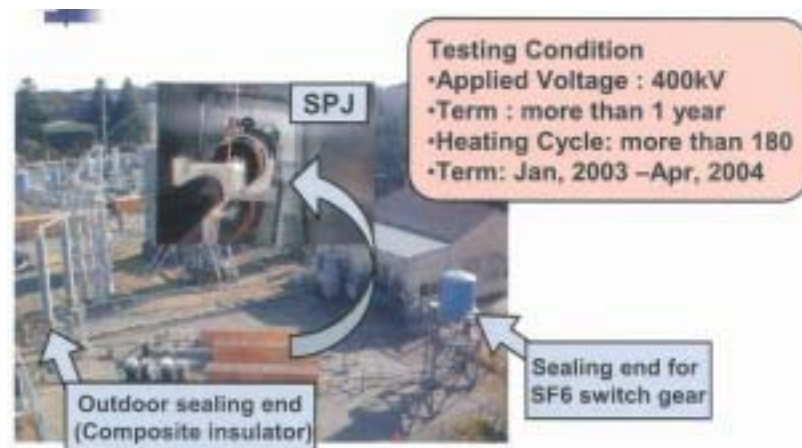


圖 4 電力錐絕緣器式纜終端匣老化試驗

TYPE	66kV	132kV	245kV	400kV	500kV
Pre-fabricated Composite and Insulator	COMMERCIAL USE				
Capacitor Cone and Insulator			COMMERCIAL USE		
Stress Cone and Insulator	NEWLY DEVELOPED. TYPE TEST, PQ TEST COMPLETED.			→	◎

表 1 SF6 GIS 型電纜終端使用情形

一般而言，注油式電纜終端擁有較優電氣特性及較高可靠度，故特別適合於高電壓系統，但也因其結構較複雜，需額外油路系統，故在施工時較為費時，另為確保油密，日後運轉維護需對各個油路元件進行檢查，故亦增加運轉成本。複合預組乾式及電力錐絕緣器式均屬乾式電纜終端(部分型式其內部需少量油料，但無外部油路系統)，其結構簡單組件少，故現場施工時程短，運轉維護亦簡單，目前使用電壓較注油式低，但隨著各大廠商積極投入研發改良，使其等同於注油式之性能指日可待。

2.3.2 複合預組乾式電纜終端匣

複合預組乾式電纜終端為電力錐型式之一種，其結構如圖 5 所示，其主要零件分解如圖 6 所示，電纜導體置於電力錐(合成橡膠 Synthetic rubber)內，再將電力錐組裝入絕緣套管(環氧樹脂 Epoxy bushing)，電力錐底部裝設壓縮裝置(Cone Compression Device)，壓縮機構由壓縮環(Compression ring)及彈簧組(Spring unit)組成，而電力錐之頂部裝有制止環(Stopper ring)，故電力錐與電纜介面之壓力由壓縮裝置之彈簧供應。

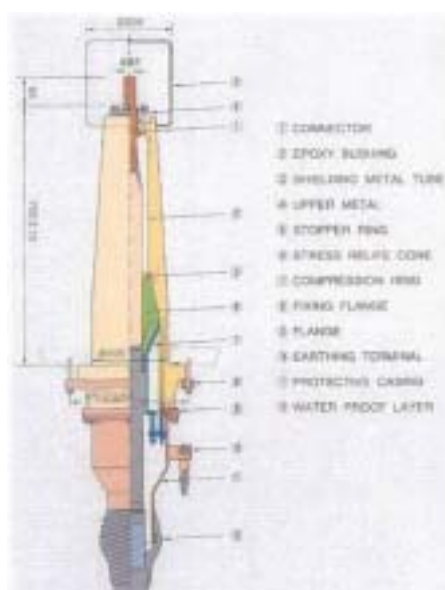


圖 5 複合預組乾式電纜終端匣



圖 6 複合預組乾式電纜終端匣器材分解

本電纜終端使用電壓等級為 245kV 以內，以 161kV 而言，其洩漏距離約 560mm 以上，基座平檯(Base plate 或 Fixing flange)以上尺寸約 800mm，下部尺寸約 750mm，單只重量約 170kg，所使用之 GIS 電纜終端區間(CHD)其 SF6 壓力應保持在 2.5/kg/cm²。

2.3.3 注油電容式電纜終端匣

注油電容式電纜終端構造詳圖 7 所示，與乾式電纜終端不同，使用強化絕緣紙(reinforcing insulation paper)替代電力錐，現場施工時以絕緣紙捲繞經加熱整直之電纜絕緣體，套上鈴口絕緣套(Epoxy bell mouth)，並裝置於套管內，再注以絕緣油(degasified & refined synthetic oil)。本電纜終端通用於 245kV 以上，以 345kV 而言，基座平檯以上尺寸約 1500mm，下部尺寸約 1460mm，單只重量約 2400kg。

本電纜終端需額外器材如：絕緣油槽(oil pressure tank, PT)、供油管(oil feeding pipe)、油閥及油壓表盤(gauge panel, GP)及警報盤(alarm receiver)。由於系統運轉後可能會有不正常振動、異音產生及漏油情形，廠家建議每月至少檢視一次。

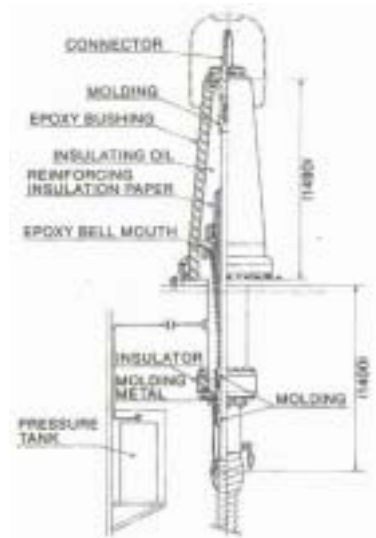


圖 7 注油式電纜終端匣

2.3.4 電力錐絕緣器式電纜終端匣

JPS 所稱之 Stress Cone and Insulator Type 其結構為電力錐式之改良型，其結構如圖 8 所示，由內而外分別為電力錐、絕緣器及套管，其中絕緣器為模注樹脂材質。電力錐無需使用壓縮裝置，而是由絕緣器供應壓縮力。

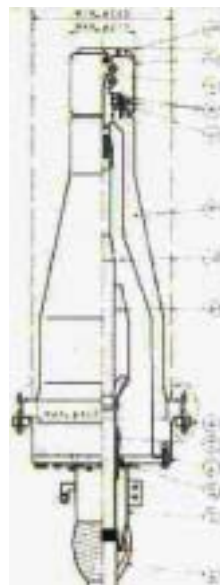


圖 8 電力錐絕緣器式電纜終端匣

2.4 屋外型電纜終端匣

屋外型電纜終端匣如圖 9 所示，其原理與 SF6 型電纜終端匣相同，但其直接使用於開放環境，與大地間以空氣為絕緣，固其套管外表非為平滑型而如同一般礙子，以得到較長洩漏距離(161kV 系統中約為 4000~7000mm)。其中陶瓷(Porcelain)套管為傳統使用之材質，其特點為防污性高，品質穩定，但重量較重，隨著絕緣材料發展進步，亦有聚合物(Polymer)套管產品，其可提供重量較及成本低之特點。本設備亦如同 SF6 型電纜終端匣有三種型式，其使用電壓等級如表 2 所示。Pre-fabricated composite and insulator type 其電力錐結構與 SF6 GIS 型相同，壓力來自壓縮裝置。



圖 9 屋外型電纜終端匣

TYPE	66kV	132kV	245kV	400kV	500kV
Pre-fabricated Composite and Insulator	COMMERCIAL USE				
Stress Cone and Insulator	COMMERCIAL USE				
Capacitor Cone and Insulator			COMMERCIAL USE		
	NEWLY DEVELOPED. TYPE TEST, PQ TEST COMPLETED.				

表 2 屋外型電纜終端匣使用情形

2.5 電纜接續匣

電纜接續匣 (Joint)，或稱電纜連接器，其功能為當回路長度超過一軸電纜長度需另加續接時，或電纜故障需截斷更換連接時使用。在整個電力電纜回路組成各元件中，接續匣結構無論在設計、製造及施工上均較為複雜，以運轉實績而言，本設備故障機率較高，故工程人員應特別謹慎。

電纜接續匣其結構型式分為紮帶式 (Taped type)、復合預組式 (Pre-fabricated composite type) 及單件預鑄式 (Pre-moulded one-piece type) 三種其使用電壓等級如表 3 所示。目前國內高壓常用之復合預組式其結構如圖 10 所示，兩端電纜絕緣體上套置橡膠電力錐 (rubber mold stress cone)，並以壓縮管及環供應壓力。

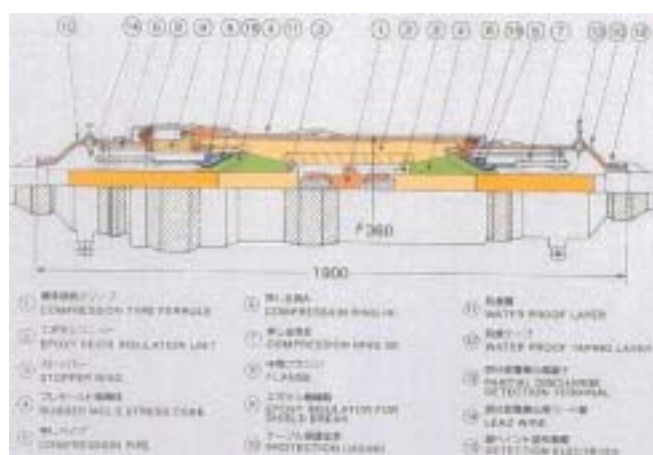


圖 10 復合預組式電纜接續匣

TYPE	66kV	132kV	245kV	400kV	500kV
Taped		COMMERCIAL USE			
Pre-fabricated Composite		COMMERCIAL USE			
Pre-moulded One-Piece	COMMERCIAL USE				
TYPE TEST, PQ TEST COMPLETED.					

表 3 電纜接續匣使用情形

2.5.1 單件預鑄式電纜接續匣

單件預鑄式為業界近期發展之新式接續匣，JPS 公司稱其為自壓縮式接續匣 (Self pressurized joint, SPJ)，本產品自 1995 年開始產品化，目前年銷量約 7000 只，最高使用電壓為 245kV。SPJ 結構如圖 11 所示，零件如圖 12 所示，其特色為組件較複合式減少許多，體積較小，可提供施工便利性及較高品質可靠度。

SPJ 結構最重要元件為橡膠單元 (rubber unit)，本圓柱狀橡膠單元在功能上取代傳統式絕緣材料、電力錐及壓縮機構等多項元件，其內部有高壓電極材質，絕緣遮蔽材質及橡膠材質。

SPJ 的使用概念相當直接，將兩條電纜兩端如同一般程序處理妥當，以壓接金屬箍 (Ferrule) 連接兩端導體，蓋上電暈遮蔽 (Corona shield)，再套上橡膠單元提供絕緣功能，最後再裝上銅製保護外蓋，安裝步驟可說相當簡單。安裝程序中套上橡膠單元是較特殊程序，首先使用特殊油壓工具將擴張筒 (Expanding pipes) 推入橡膠單元內，該擴張筒直徑大於電纜被覆外徑，致使橡膠單元內徑變大，並將其滑移至處理妥當之導體連接處，再將擴張筒移出，使橡膠單元以自身收縮力量緊縮包覆於導體連接處。JPS 說明，特殊油壓工具目前可分為 110kV 級之簡易型及 220kV 級高出力門型，詳附錄一。

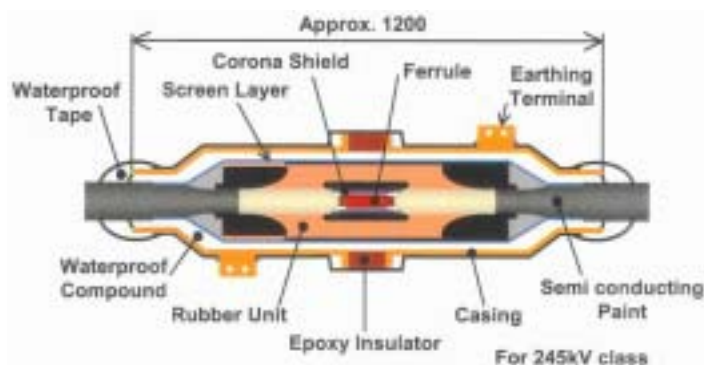


圖 11 單件預鑄式電纜接續匣



圖 12 單件預鑄式電纜接續匣器材分解

2.5.2 Y 型電纜接續匣

在高壓供電系統中，在特殊應用下會有分歧線情形，因此有 Y 型接續匣之需求，JPS 公司亦供應本項產品，其最新產品可達 275kV，可同時連續 XLPE 電纜及充油電纜，其結構如圖 13 所示。

JPS 公司非常重視其新研發產品之實用性，其工程部門為客戶規劃各種特殊情形時，多採用使用新研發產品，如屋外型聚合物套管、單件預鑄式接續匣及 Y 型接續匣等。該公司應用案列之一詳如附錄二，業主欲增加供電回路以增加供電可靠度及減輕原回路負擔，並更換部分充油電纜，且要求短工期，JPS 公司利用質輕之屋外型聚合物套管自既有鐵構引線，而不需考量鐵構強度，利用單件預鑄式接續匣可縮短工期，利用 Y 型接續匣提供分歧線，充分利用各項器材之特色。

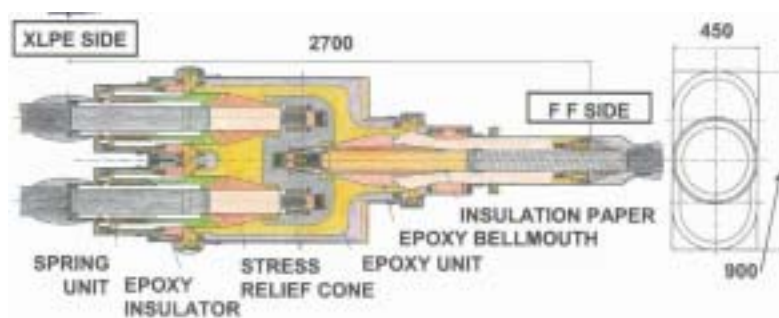


圖 13 Y 型電纜接續匣

第三章 心得與建議事項

3.1 心得

3.1.1 現代化製造廠

JPS 大阪廠面積約 30 萬平方公尺，以重電設備製造廠而言，已屬一級廠區，無論外觀內部管理維護均相當良好。從其新穎潔淨外觀來看，完全無法與重工及重電等產業聯想，每幢廠房內部機臺配置亦是規劃妥善，從原料加工、半成品至成品區動線流暢符合邏輯概念，更能降低生產成本，故一趟生產線巡視，可深刻體驗整體生產動態。值得一提的是其 VCV 廠房為無塵室，進入其間所得感受與國內廠家相差甚遠，由嚴密落塵量監測可見其落實品管之精神。實習期間正值產能滿載，處處可見貨物進出，有條不紊，可謂值得借鏡之現代化製造廠典範。

3.1.2 落實專案管理

因該公司近期有承攬本公司標案，實習期間由該案專案負責人接待，專案負責人通常為辦公室營業部資深人員，從一些細微處觀察，如專案負責人進出大門均需換證，及與廠內人員交換名片等情形，可察覺專案負責人與廠區人員似乎是生疏的(這點與國內廠家情形截然不同)，但從專案負責人事前所提送及討論的各種商務、設計、製造及施工等文件議題來看，專案負責人確實能深度掌握標案契約的每一個環節，需非完全一味地轉述該公司各部門的文件，而是經由單一窗口專案負責人審理契約，再分工各部門執行相關業務，最後再彙集整理與業主對應。這樣的履約製度雖似過度依重專案負責人，但確實是提高履約品質的方法，值得國內廠家效法。

3.2 建議事項

3.2.1 提倡核安文化

日本與台灣相似，自產能源不足，核能為廉價能源必要政策，為了使核能更安全，及解除人民心疑慮，日本採行了非常多措施，如在大阪市中心關東電力公司辦公大樓一樓外牆上有即時輻射監測資訊，如圖 14 所示，一項簡單且低成本的措施，可滿足市民知的權力、提高核能說服力，更能提升企業形象，值得本公司目前提倡的核安文化借鏡。



圖 14 大阪市關東電力公司即時輻射監測

3.2.2 企業改造

在兩次出國實習中，發覺工廠規劃龐大，但作業人員卻相對較少，大部分的機器代替了人工，以此降低成本增加競爭力，才是企業發展之動力。這一方面意味著工業發達到了極致，更進一步的提示了世代的變革，知識經濟時代已悄然來臨，企業以知識為基石，創造核心價值，而得屹立不搖。本公

司為國內資產排行第一之股份有限公司，並肩負執行政府政策使命，為持續創造企業獲利，提供優質電力服務，企業的改造亦早已進展，特別是近期導入的知識管理、知識社群已見成效，將來勢必朝創造核心價值方向邁進。

3.2.3 重視人才培養

高壓電纜屬門檻相當高之專業領域，特別是絕緣層的處理，因施工過程中任何細微疏忽皆可能導致嚴重事故，故其施工人員非經長期訓練培養實無法勝任，日本公司為維護高標準的施工品質，在人才培養方面非常重視，特別是派往國外之監造人員，都是在其國內有相當長時間的技術指導及監造經驗。

本公司高壓電力電纜工程多已朝向發包方式辦理，本公司同仁無需實際施工，但現階段仍需堅守監造崗位，以豐厚務實之工程經驗督導承商履約，以確保工程品質，維護公司利益。為提升同仁監造技能，除公司內辦理訓練課程及經驗交流外，實有必要多接觸國際知名廠家，向其請益指導，一方面可探究新知氣象，另一方面可補視野不足之憾，免閉門造車之窘，如此，技術方能精進，經驗方能完備。