

核四廠電氣工程之安全級電纜架
製造廠家專案視察報告

行政院子能委員核能管制處
中華民國九十七年八月十五日

目 錄

一、前言.....	1
二、視察依據及計畫.....	2
三、品保方案及規範型錄審查.....	3
四、視察結果.....	6
五、結論.....	15
照片.....	18

核四廠電氣工程之安全級電纜架製造廠家視察報告

一、前言

核四工程於去（96）年7月開關場161kV系統加壓後，陸續有非安全級中壓系統（13.8kV/4.16kV）完成部分盤面之加壓。依台電公司規劃，預定於97年8月中、下旬進行核四廠一號機一串（共三串）安全級匯流排（class 1E A4 Bus）加壓測試。本會為確保安全級盤面安裝及施工後測試之品質，故對於電纜匯流排（cable bus）與電氣管槽（raceway）施工等陸續展開視察，以了解安全級電氣設備安裝現況。電氣管槽分為安全級及非安全級二類，安全級設備所使用之電纜線，需使用於安全級電氣管槽架設其所經之路徑。電氣管槽主要包括有導線管（conduit）、電纜架（cable tray）及電氣穿越管（penetration）等項目。電氣穿越管係由台電公司供料，承包商安裝施工；導線管由得標廠商自行採購安裝，其因製造及安裝施工較為簡單，故較無特殊要求；但安全級電纜架除了需要符合品保要求外，另須通過耐震分析之要求。

目前安全級電纜架已陸續開始安裝，據台電公司表示，製造廠家為國內欣歐企業股份有限公司（以下簡稱欣歐公司），並且是國內核電廠首次使用國產之安全級電纜架。為

確保核四廠使用之電纜架符合法規要求，遂執行本次專案視察，除了瞭解電纜架製造商之資格外，亦對電纜架製造是否符合法規要求進行瞭解。

二、視察依據及計畫

(一) 依據文件

- 1.核子反應器設施品質保證準則
- 2.NRC INSPECTION PROCEDURE 43002 “ROUTINE INSPECTIONS OF NUCLEAR VENDORS”
- 3.NRC INSPECTION PROCEDURE 36100 “INSPECTION OF 10 CFR PART 21 AND 10 CFR 50.55(e) PROGRAMS FOR REPORTING DEFECTS AND NONCOMPLIANCE”
- 4.欣歐公司品質保證方案及相關程序書

(二) 視察計畫

核四廠核島區電氣安裝工程於94年9月15日由榮電股份有限公司（以下簡稱榮電公司）得標施作，並於95年陸續展開電氣設備安裝作業，安全級電纜架則於今（97）年5月展開施作。由於安全級之電纜架製造商為國內廠家欣歐公司，且是國內核能電廠首次使用國產之安全級電纜架。為確保核四廠使用之安全級電纜架符合法規要求，遂由核管處組

成專案視察團隊，於 97 年 8 月 6 日至 7 日為期二天，執行
本次專案視察。本次視察計畫如下：

視察廠商：欣歐企業股份有限公司（高雄縣大寮鄉）

目的：確保核四廠設備及器材之製造品質，以確保機組未來
之運轉安全。

視察範圍：核四廠第一、二號機核島區電氣安裝工程之安
全級電纜架專業製造商之品質保證方案、品質
文件及相關程序書等。

視察團隊：牛科長效中、李綺思、曹松楠、張國榮、許明童

會同人員：李榮耀、王茂田、曾坤維（以上台電公司）、邱
振賢（榮電公司）

欣歐公司：蔣復民、宋毅文

三、品保方案及規範型錄審查

核四廠核島區電氣安裝工程於94年9月15日由榮電公司
得標施作，並於95年陸續展開電氣設備安裝作業，95年進行
非安全級電纜架施作，安全級電纜架則於今（97）年5月展
開施作。安全級電纜架，除了製造廠商須具核能品保方案，
以及產品具備較嚴格耐震分析要求外，其他規格要求均與非
安全級之電纜架一樣。核四廠使用之安全級與非安全級電纜
架，均由國內欣歐公司製造提供。依據本會「核子反應器設

施管制法施行細則第十二條」所稱核能級產品，指其設計、製造、檢驗、測試及更換等之品質保證作業，符合核子反應器設施品質保證準則或主管機關認可品質保證方案規定之產品。故對於安全級電纜架之製造廠商除需符合核能品保要求外，其須依據NEMA VE-1之要求設計、製造，且亦須通過耐震分析之要求。

（一）品質保證方案

榮電公司於94年9月取得核四廠第一、二號機核島區電氣安裝工程標案後，依規定須建立符合美國聯想法規10CFR50 App. B（屬核能安全有關之工程作業）及ISO-9000系列（屬可靠性有關及一般性之工程作業）要求之品質保證方案，且需經台電公司審核，榮電公司遂於94年10月提送該項品質保證方案，並於94年12月6日經台電公司審查核准。

依合約榮電公司須提供安全級電纜架，95年初時，榮電公司提送欣歐公司之品質保證方案供台電公司審查。因欣歐公司本身已於92年建立ISO-9002之品保制度，符合可靠性有關及一般性之工程之要求，但並不符合核能品保要求，其僅能提供非安全級之電纜架。欣歐公司為能符合安全級電纜架供應商之要求，於95年下半年修訂該公司之品質保證方案，

並於96年1月23日經由榮電公司評估審查，指稱符合美國聯邦法規10CFR50 App. B之要求。該項品質保證方案並提送台電公司審查，且於96年8月22日經台電公司審查認可該份品質保證方案（附件一）。

為確保品質保證方案能落實於核能工程之安裝及製造，台電公司核能安全處分別於97年4月24日至29日及97年6月30日至7月3日，對榮電公司及欣歐公司執行品保稽查作業。榮電公司依據核安處品保稽查報告一建議應對安全相關設備及採購數量較大之供應商如欣歐、天聲公司等執行年度廠商品質稽核，故榮電公司遂於97年5月16日對欣歐公司執行品質稽查，其結果指稱符合品質管制之要求。

（二）規範型錄審查

依據台電公司電氣管槽規範要求送審之文件（如附件二），主要包含品保文件、技術資料（材料型錄）、電纜架尺寸設計圖及耐震報告/計畫等項目。榮電公司遂先後提送欣歐公司電纜架技術文件及耐震測試報告供台電公司審查。其中材料型錄部份台電公司轉請奇異公司協助審查，奇異公司表示若與非安全級之材料型錄一樣，該公司無意見（如附件三）；但電纜架耐震測試報告部份，則僅由台電公司核技處

及施工處人員審查，並未進一步請奇異公司審查確認。

材料型錄送審文件部分，有設計及審核人員簽署；但對於耐震測試報告部分，則並未有權責人員簽署（依台電規範須為RPE（Registered Professional Engineer）簽署），且其內容缺乏接受標準、分析方法之依據，以及僅分析一組型式樣本是否能足夠涵蓋不同型式之電纜架等，於耐震測試報告均未敘述說明。整份文件之完整性明顯不足，且在不符合品保要求（權責人員簽署）下，台電公司竟能審查同意該份文件（附件四）。

四、視察結果

本次專案視察主要針對欣歐公司品質保證方案執行現況，以及安全級電纜架之設計、製造及品質文件等進行視察，以下為本次之視察發現及結果：

（一）組織/品質保證方案

1. 整體而言，欣歐公司雖然於 95 年中建立核能品質保證方案，並經榮電公司及台電公司層層審查通過，但其相關之作業程序書均為早期依據 ISO 制度而建立，並未因建立核能品保方案而再重新修正其程序書，因此不論從其內容或從程序書之嚴謹度而言，均尚未能達到核能品

質之要求。

2. 欣歐公司之組織僅有品管部門，並未設立獨立之品保人員或部門，而品管員同時身兼設計等多項工作，在其組織中雖有設立品質委員會議（Quality Control Commission），視察時欣歐公司聲稱該會議為類似品保之組織，然該委員會僅屬於定期召開會議之組織，加上組成係由該公司總經理主導，且在各項作業程序書中（例如稽查作業或不符合品質管制等），均未見該委員會在其中擔任任何角色，其組成顯與一般核能體系之品保人員或組織相異，且其角色並不能涵蓋核能品保人員或組織所應擔負之職責。
3. 欣歐公司組織程序書中，並未明確訂定發出停工命令之權責人員及其程序。
4. 欣歐公司雖然根據組織成員建立個人訓練資料檔案，然由其內容觀之，大部分均為 ISO 或銲接及設備操作等訓練，並無任何核能品保相關訓練在內，包括品管人員亦未曾受過核能品保相關訓練。此外人員資格部分，雖然在欣歐公司相關程序書中有章節敘述說明，但其要求均極為含糊，大多以「相關訓練」一語含糊帶過，可說對

於人員資格（包括品管員、稽查員、主任稽查、檢查人員、設計人員等）均沒有明確要求，亦未建立程序定期執行該等人員鑑定作業。

5. 本次配合視察作業之榮電公司品保代表人為詹記公司邱振賢先生，其本身為詹記公司員工，經榮電公司借調執行廠家之品保稽查作業，於 97 年 5 月 16 日對欣歐公司執行稽查作業，且本身同時兼任欣歐公司銲接檢驗之銲接檢驗師(Certified Welding Inspector, CWI)，其角色恐影響執行品保稽查之獨立性。

（二）採購文件/採購材料與設備和服務之管制

1. 欣歐公司在其對下游供應商評鑑作業部分，在其 QP-014 程序書中 5-5 說明係以”價格便宜及配合度”作為考量，對於下游供應商之資格及品質，則並未提及，此與核能品保制度不盡相符。
2. 欣歐公司製程中需將成品送至台鍍公司進行熱浸鍍鋅作業，欣歐公司雖然於 97 年 2 月 18 日對台鍍公司依據核能品保十八條進行評鑑，惟欣歐公司本身雖有對下包商進行評鑑之程序書，但其內容均以 ISO 相關事項撰寫，欣歐公司本身並未建立以核能品保十八條之評鑑作

業程序書，其對台鍍之評鑑作業效果存疑。

(三) 文件管制

1. 欣歐公司雖依 ISO 建立文件保存期限清單，惟其內容幾乎全為商業文件，對於製程相關品質文件、作業程序書、設計文件及圖面等等核能品保制度中之重要文件，均未訂於清單中及訂定適當的保存期限。

(四) 檢驗/試驗之管制

1. 檢驗與測試計畫(Inspection and Test Plan, ITP) 之文件，並未建立測試作業之相關程序書，僅依 NEMA-VE1 要求進行測試。在未建立檢驗及測試程序書，其接受標準由檢測人員主觀認定，無一定標準，恐影響產品之品質。
2. 檢驗記錄表上未記錄使用之儀器編號、校正日期、校正有效期限及適用量測範圍等資料，而係另以儀器校正表影印附入品質文件中，若同型儀器有二組以上，不易掌控使用之儀器與儀器校正資料之正確性，此點上有改善空間。
3. 對於檢驗作業之管制執行，欣歐公司雖已有建立生產檢驗管理程序書(QP-024)並有檢驗與測試計畫之文件，但

經查證其並未使用；而參考其他製程檢驗有關程序書，發現核四廠安全級電纜架製造流程中品管人員應參與之製程檢驗點計有：材料進貨後、組立銲接後，以及熱浸鍍鋅後之檢驗等，至於其他裁切、彎摺、銲接等均僅由作業人員自行檢驗作業之結果。而查證最近一批交貨之核四廠安全級電纜架相關檢驗紀錄，發現材料進貨後之檢驗文件紀錄(含進料單及電腦紀錄)僅有倉管人員之入庫簽證紀錄，而未見品管人員之檢驗簽證及所產生之檢驗文件；組立銲接後之檢驗紀錄除前述榮電公司CWI 人員之檢驗紀錄外，並無其他品質人員之檢驗紀錄；至於熱浸鍍鋅後之檢驗，則係以會同台電、榮電及台鍍公司採會驗方式進行，並使用台鍍公司之設備進行檢驗。綜合上述情形，顯示欣歐公司之檢驗作業執行除仍有未盡符合有關規定要求之情形外，其品管部門對檢驗參與及執行之方式，亦仍有不充分或欠缺獨立性之問題，致有著重商務導向或偏於 ISO 作業方式之情形，而不完全符合核能品保之要求。

(五) 特殊製程之管制

1. 銲接作業管制與檢驗部份，依據台電公司招標規範規

定，安全級電纜架之銲接作業應依據美國銲接學會(AWS)規範 D1.1 或 D1.3 執行。查欣歐公司並未設置銲接工程師或 CWI 人員，辦理銲接有關之管制與檢驗作業，亦未建立銲接人員資格銓(檢)定程序書，由榮電公司代為辦理銲工資格銓定與維持管制等作業；而其銲接人員資格銓定與維持之管制等作業，除全由榮電公司依其(榮電公司)程序書代為辦理外，其銲道有關檢驗作業亦全委由榮電公司(實為詹記公司人員)之邱振賢先生(其具 CWI 資格)代為執行作業；此外欣歐公司之銲接程序書(WPS) WI-019(施銲本案安全級電纜架之銲接程序書)，其係依據 AWS D1.3 之預檢定程序紀錄(Pre-Qualification PQR)所建立者，惟經了解欣歐公司並無 AWS D1.3 該份規範，又依其 WI-016 銲接程序檢定基準之規定，銲接程序書應由 CWI 人員編寫，並經品保人員核准，而由欣歐公司並無 CWI 人員之情形，WI-019 銲接程序之發行程序應不合於規定。又查由榮電公司所代為辦理之銲接人員資格檢定紀錄，其除缺少檢定試件之破斷測試報告外，其檢驗結果紀錄亦未經 CWI 簽註結果。其雖建立銲材儲存搬運及乾燥收發管制

基準並有銲材熔填領用表，惟其實際並未使用並建立管制紀錄，而以製程加工記錄表替代(此或與其沿用原 ISO 制度之作法有關)。

2. 核四廠電纜架銲接之銲材，使用天泰公司所生產之銲材，查核其材料供應之可追溯情形。依欣歐公司所述，銲材之供應流程為：天泰公司 > 佶春企業公司 > 璟鴻公司 > 欣歐公司，而查證其採購證明文件，發現佶春企業公司售予璟鴻公司之證明文件，並非由佶春企業公司所簽發，而係由天泰公司簽發，且證明銲材係由其售予佶春企業公司並再轉售予璟鴻公司。為何天泰公司可證明他人之再轉售作為之情形，因欣歐公司無法於視察結束前，提出進一步澄清說明或文件，須再請其進行澄清。
3. 依據 ASTM A123 之檢驗要求，熱浸鍍鋅之檢驗由於物件表面積大於 160 平方英吋，必須將物件平均分成三等分試樣區，每一等分試樣區取隨機 5 點量測其鍍鋅膜厚，其平均值做為該等分試樣區之膜厚值，再由全部試樣平均與接受標準比較，依檢驗紀錄顯示台鍍公司僅記錄每一試樣區之平均數值，並未記錄原始在每一試樣區量取之 5 點數值。

(六) 不符合品質/矯正行動之管制

第二批至第四批安全級電纜架在廠驗時，因欣歐公司尚未購置接地電阻計，無法進行量測，而交運至工地後，再進行補測試作業。查核矯正行動或不符合品質報告等相關文件，96 年迄今均未發生有不合格產品或其他矯正行動。但前述產品未完成測試合格，而運抵核四工地安裝，欣歐公司未依該公司矯正行動程序書要求，建立管控之機制。

(七) 材料、零件及組件之標識/儲存及搬運之管制

核四廠安全級電纜架使用之鋼格、名牌及鋸材等材料，均有建立標示識別，且有分區隔離儲存，以避免誤用不符合之材料。

(八) 設計管制

1. 欣歐公司品質保證方案並未建立設計管制項目。自然就未對設計人員資格、設計程序、審核程序等建立相關程序書。但實際上，欣歐公司已執行核四廠電纜架設計作業，已不符合品保方案之要求。且耐震測試報告，亦未經設計、審查及權責人員簽署等品保程序，而逕送台電公司審查。

2. 產品之設計無相關設計程序書可據以執行，而提供型錄設計計算書送審資料，無法確保是否已涵蓋完整計算結果。
3. 依據台電公司安全級電氣管槽規範附錄 A30C 之規定，供應商應建立耐震相關之驗證程序/計畫，惟本案欣歐公司並未建立相關驗證程序或計畫。
4. 產品型式測試應於生產前測試，以驗證設計及生產程序之適當性，但本案送業主審查過程中並無任何型式測試資料，生產前亦未進行任何產品型式測試，不符產品型式測試要求。
5. 有關耐震分析報告僅分析型式為 132H(4")，未分析其他型式不同載重與斷面尺寸產品之耐震能力，且不同斷面尺寸所對應之反應譜加速度也未分析是否影響分析報告結果，耐震測試報告均未述明；另，對於耐震分析報告中所引用之反應頻譜，其依據為何，是否已考量各樓層之反應頻譜，以及安裝高程與反應頻譜高程是否存有差異等問題，視察期間欣歐公司，仍無法提出進一步澄清說明或文件，須再請其進行澄清。
6. 有關產品測試之實驗室要求，未建立任何委外送試驗之

規定，由廠家自行試驗亦無相關規範，不符測試品保要求。

(九) 其他

1. 製造產品發現缺陷 (Defect)，核能級組件製造商有義務依據 10 CFR PART 21 AND 10 CFR 50.55(e)對業主或管制單位通報，因此建立相關通報程序是必要的，惟經查欣歐公司並未於相關程序書中建立缺陷之評估及通報程序。
2. 欣歐公司為人數未達三十人之中小企業，該公司生產鋁製或鋼製電纜架，供國內公、民營機構使用。整體上，該公司使用之材料、組件等均有分類存放，工具機及環境維持相當之潔淨，足以證明該公司對廠務管理相當之重視。

五、結論

- (一) 安全級電纜架除了製造商需建立核能品保方案外，其設計、製造應符合 NEMA VE-1 工業標準，且必須通過耐震分析之要求。綜合前述視察發現，欣歐公司在品保制度上係遵循一般工業之 ISO-9001，然與核能品保要求之 10CFR50 App. B 仍有差異，且未配合核能品保方案之

建立，重新修正其程序書。因此不論從其內容或從程序書之嚴謹度而言，均尚未能達到核能品質之要求。

(二) 欣歐公司之品質保證方案在未建立設計管制機制，包括對設計人員資格、權責要求與審查機制等管制機制，而逕自執行相關設計，雖然其規格型錄之設計文件，經由台電及奇異公司審查同意，但仍不符合品保要求（核能級產品指其設計、製造、檢驗、測試及更換等之品質保證作業，符合核子反應器設施品質保證準則或主管機關認可品質保證方案規定之產品）。

(三) 耐震測試報告部份，雖然通過台電公司之審核，但除了未經由權責人員（依台電規範須為 RPE (Registered Professional Engineer) 簽署）簽署外，且內容缺乏接受標準、分析方法之依據，以及僅分析一組型式樣本是否足以涵蓋不同型式之電纜架等，耐震測試報告均未能充份敘述說明，整份文件之完整性不足，且不符合「核子反應器設施品質保證準則」之要求。

(四) 綜合前述，欣歐公司生產之安全級電纜架，恐無法符合核能級產品之要求。該公司雖然無法完全符合核子反應器設施品質保證準則之要求，但該公司依循 ISO

品保制度進行產品之製造，仍有一定之品質。且該公司能維持潔淨的廠房，顯示該公司相當重廠務管理並落實。

(五) 榮電公司依合約提送欣歐公司之品質保證方案、技術資料(材料型錄)、電纜架尺寸設計圖及耐震測試報告等資料，供台電公司審查。台電公司由龍門施工處、核能技術處及核能安全處等單位進行審查。其中以耐震測試報告完整性不足，且是顯而易見之問題，竟能通過台電公司層層之審查。故台電公司除了須落實品質保證方案之執行外，應強化審查人員之能力，以確保專業技術文件之審查品質。

(六) 欣歐公司執行電纜架之設計(含耐震測試報告)，未依據核子反應器設施品質保證準則進行設計，其電纜架已不符合核能級產品之要求。

註：本報告限於篇幅，附件部分並未附上，如有任何疑問，請洽本會牛效中科長，

Tel：02-2232-2140