

出國報告（出國類別：其他）

「K001 標『臺鐵南迴鐵路臺東潮州段  
電氣化工程建設計畫』系統機電統包  
工程」赴國外辦理第二梯次電車線設  
備期中檢查作業

服務機關：交通部鐵道局

姓名職稱：南部工程處主任工程司 李文彬

機電技術組電力科 科長 董振金

東部工程處機電科 科長 徐信鼎

派赴國家：德國及瑞士

出國期間：107 年 8 月 6 日至 107 年 8 月 16 日

報告日期：107 年 10 月

## 摘要

系統職別號: C10702840

本案「K001 標『臺鐵南迴鐵路臺東潮州段電氣化工程建設計畫』系統機電統包工程」工程範圍包括臺鐵局屏東線之潮枋段及南迴線全線，路線跨臺東縣及屏東縣境，為環島電氣化鐵路最後一哩路，完成後可發揮環島鐵路動力一元化、鐵路快捷化、提高電力系統可靠度。行車速度也將從 110km/hr 提升為 130km/hr，減少運行時間，提高行車效率，減少私人載具，促進觀光旅遊發展，降低沿線空氣汙染、CO2 排放及噪音汙染。

本案路線跨臺東縣及屏東縣境，沿線鄰山面海地形險惡，臺灣氣候潮濕且高溫又有颱風豪雨等極端氣候，另橋樑多、隧道多施工淨空狹小，故執行本工程極具挑戰。爰此，統包商針對臺灣鐵路特殊氣候及環境，與狹小隧道淨空，於電車線工程引進國外新式電車線系統，統包商已排定於國外工廠辦理 2 梯次電車線系統出廠前等測試作業，為落實旨揭工程案第一級及第二級品質管理制度，深入查驗設備於工廠生產、測試等程序，依「公共工程施工品質管理制度」之規定，故派員出國至設備之生產工廠，實際參與設備生產、查核、檢驗及測試等過程，並執行「性能檢驗測試」及「製成品質查驗」等相關工作。

本次第 2 梯次電車線系統中檢作業，至德國辦理西門子公司電車線設計及 Sicat 軟體動態模擬、自動張力平衡裝置、吊掛線、懸臂組小鋼件、接觸線、主吊線，至瑞士辦理 Arthur Flury 公司區分絕緣器等 7 項設備中間檢查，並參訪歐洲鐵路車站。藉由本次出國中檢，熟悉新式電車線系統之運作原理及提升相關人員專業能力，並確認設備製作品質及性能符合契約需求，為利爾後軌道技術發展及規範制定等業務執行。

## 目次

|                    |    |
|--------------------|----|
| 壹、出國期中檢查依據及目的..... | 1  |
| 一、考察依據.....        | 1  |
| 二、考察目的.....        | 1  |
| 貳、行程概要.....        | 2  |
| 參、參訪過程.....        | 4  |
| 一、設備廠商公司參訪.....    | 4  |
| 肆、電車線設備期中檢查作業..... | 19 |
| 伍、心得與建議.....       | 31 |
| 一、心得.....          | 31 |
| 二、建議.....          | 32 |
| 三、參考資料.....        | 33 |
| 附錄(一)              |    |
| 附錄(二)              |    |
| 附錄(三)              |    |
| 附錄(四)              |    |
| 附錄(五)              |    |
| 附錄(六)              |    |
| 附錄(七)              |    |

## 圖目錄

|         |                                    |    |
|---------|------------------------------------|----|
| 圖 3-1   | 會議室簡報及西門子電車線設備展示.....              | 4  |
| 圖 3-2   | 自動張力平衡錘組照片.....                    | 5  |
| 圖 3-3   | Sicat 軟體作業流程圖.....                 | 6  |
| 圖 3-4   | Sicat 軟體輸入資料、輸出成果及動態模擬之電腦畫面資料..... | 7  |
| 圖 3-5   | 懸臂組小鋼件及金屬零配件中檢作業.....              | 8  |
| 圖 3-6   | 西門子自動張力及吊掛線製造工廠參訪.....             | 9  |
| 圖 3-7   | 參訪 Isodraht GmbH 公司.....           | 10 |
| 圖 3-8   | 渦電流檢測設備照片.....                     | 11 |
| 圖 3-9   | 導線平滑度檢測.....                       | 11 |
| 圖 3-10  | Arthur Flury 公司電車線相關配件材料.....      | 12 |
| 圖 3-11  | 區分絕緣器產品之特性分類表.....                 | 13 |
| 圖 3-12  | 雙電壓並行區分絕緣器.....                    | 13 |
| 圖 3-13  | 無滑板中性區間絕緣器.....                    | 13 |
| 圖 3-14  | Arthur Flury 公司參訪.....             | 14 |
| 圖 3-15  | 瑞士列車窗景.....                        | 15 |
| 圖 3-16  | 車站內相關設施圖片.....                     | 16 |
| 圖 3-17  | 蘇黎世車站(Zurich HB)現況.....            | 17 |
| 圖 3-18  | 導電軌設備.....                         | 17 |
| 圖 3-19  | 伯恩車站車站玻璃帷幕.....                    | 18 |
| 圖 4-1-1 | 懸臂組小鋼件及金屬配件中間檢查作業.....             | 21 |
| 圖 4-1-2 | 懸臂組小鋼件及金屬配件中間檢查作業.....             | 22 |

|         |                         |    |
|---------|-------------------------|----|
| 圖 4-1-3 | 懸臂組小鋼件及金屬配件中間檢查作業 ..... | 23 |
| 圖 4-1-4 | 懸臂組小鋼件及金屬配件中間檢查作業 ..... | 24 |
| 圖 4-2   | 自動張力調整裝置中間檢查作業 .....    | 25 |
| 圖 4-3   | 吊掛線中間檢查作業 .....         | 26 |
| 圖 4-4-1 | 主吊線及接觸線中間檢查作業 .....     | 27 |
| 圖 4-4-2 | 主吊線及接觸線中間檢查作業 .....     | 28 |
| 圖 4-4-3 | 主吊線及接觸線中間檢查作業 .....     | 29 |
| 圖 4-5   | 區分絕緣器中間檢查作業 .....       | 30 |

## 表目錄

|       |                     |    |
|-------|---------------------|----|
| 表 2-1 | 行程概要.....           | 2  |
| 表 4-1 | 電車線設備期中檢查作業彙整表..... | 19 |

## 壹、出國期中檢查依據及目的

### 一、考察依據

為「K001 標『臺鐵南迴鐵路臺東潮州段電氣化工程建設計畫』系統機電統包工程」，辦理第 2 梯次電車系統設備期中檢查作業，業經交通部 107 年 5 月 9 日交人字第 1070012917 號函同意派員出國辦理期中檢查作業，本次出國日期從 107 年 8 月 6 日至 8 月 16 日共計 11 天。

### 二、考察目的

本案「K001 標『臺鐵南迴鐵路臺東潮州段電氣化工程建設計畫』系統機電統包工程」，其中電車線工程範圍北起潮州站南端(屏東線里程約 k40+565)銜接界面至知本站北端(南迴線里程約 k86+872)銜接界面。沿線 262 座橋涵、36 座單軌隧道及 6 座雙軌隧道，由於工程環境地理環境偏遠、公路交通不便、既有隧道現況不佳及電氣淨空不足等因素，統包廠商經衡酌後，自國外引進新型電車線系統設備。為熟悉新式電車線系統之運作原理，並確認設備製作品質及性能，本次安排電車線設計及 Sicat 軟體動態模擬、自動張力平衡裝置、吊掛線、懸臂組小鋼件、接觸線、主吊線及區分絕緣器等 7 項設備中間檢查。

於德國將參訪西門子(Siemens)公司，該公司開發先進之電車線設計軟體，進行系統設計及模擬分析。廠商依據本工程電車線系統所使用之設備材料與臺鐵局現行集電弓，以電腦動態模擬方式，確認電車線系統之功能、各設備架構間相互影響與證明設計完整性與安全性，且驗證符合 EN50318 規範之集電弓與電車線之相互關係動態模擬。國外設計、模擬與材料管控均使用電腦系統整合管理，該整合方式可產出最佳化設計與精準材料管理，減少設計與材料生產間界面，提高設計效率，減少人員管理，參訪學習該管理方式，藉以提升本局鐵路工程之工藝。

另參訪瑞士 Arthur Flury 公司區分絕緣器材料製造安裝及測試等過程，一方面檢討目前本局電車線材料規範，另一方面汲取製造相關經驗，提升國內電車線材料生產廠商製造經驗，並作為未來電車線工程之借鏡。同時參訪蘇黎世車站、伯恩車站之電車線系統，其中蘇黎世地下車站之電車線採導電軌系統，該系統特性可減少維修成本及搶修時間，提高行車安全及供電可靠度，藉此提供本局未來規劃設計地下車站電車線系統之參考借鏡。

## 貳、行程概要

本次期中檢查作業人員包含，本局南部工程處主任工程司李文彬、機電技術組電力科科長董振金、東部工程處機電科科長徐信鼎、台灣世曦賴建豪正工程師及統包廠商士林電機團隊參加。行程日期自 107 年 8 月 6 日至 8 月 16 日，包含電車線設計及 Sicat 軟體動態模擬、自動張力平衡裝置、吊掛線、懸臂組小鋼件、接觸線、主吊線及區分絕緣器等 7 項設備期中檢查作業、參訪設備廠商公司及瑞士電車線系統參訪，整體行程概要內容如表 2-1。

表 2-1 行程概要

| 日期      | 行程概要  |
|---------|---|
| 107/8/6 | 桃園機場→德國法蘭克福機場   |
| 107/8/7 | <p>德國西門子交通運輸鐵路電氣化部門(電腦軟體模擬中心)公司介紹電車線設備及電車線設計及 Sicat 軟體動態模擬。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> |
| 107/8/8 | <p>德國西門子電車線懸臂組小鋼件儲存工廠期中檢查作業。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>                              |
| 107/8/9 | <p>德國西門子自動張力平衡裝置及吊掛線製造工廠期中檢查作業。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>                           |



| 日期       | 行程概要   |
|----------|--|
| 107/8/10 | <p>Isodraht GmbH 公司簡介及接觸線及主吊線材料製造工廠期中檢查作業。</p>                |
| 107/8/11 | <p>蘇黎世車站、伯恩車站之電車線系統參訪。</p>                                  |
| 107/8/12 | <p>假日(資料整理)</p>  |
| 107/8/13 | <p>1. Arthur Flury 公司簡介及工廠參訪。<br/>2. 區分絕緣器設備期中檢查作業。</p>   |
| 107/8/14 | <p>Arthur Flury 公司區分絕緣器設備期中檢查作業。</p>                      |
| 107/8/15 | <p>蘇黎世機場→法蘭克福機場→桃園機場</p>   |
| 107/8/16 | <p>桃園機場</p>  |

## 參、參訪過程

### 一、設備廠商公司參訪

#### (一) 西門子公司

西門子跨國集團有機電、能源、科技、運輸、自動化工程、金融、醫療等許多事業體，創立於西元 1847 年，總部設在德國慕尼黑，在 200 多個國家員工將近 348,000 人，道瓊永續發展指數排名第 2，慕迪信用評等為軌道產業中最高 A1 級，是個歷史悠久且持續發展壯大的公司。

Siemens Transportation Systems 是該集團交通運輸事業體下的一個專業公司，負責大眾運輸工程的核心機電、訊號、軌道電車製造、統包工程等，服務事業遍布全世界，是全球主要的軌道工業供應商，其所屬部門及工廠設計生產軌道車輛更已有百年以上之歷史。本次造訪是位於德國埃爾朗根 (Erlangen) 西門子交通運輸鐵路電氣化部門(也是電腦軟體模擬中心)。在會議室除了說明此次中間檢查的流程及重點之外，還介紹陳列在會議室內實際現場使用電車線的相關設備，請參閱圖 3-1。



圖 3-1 會議室簡報及西門子電車線設備展示

其中陳列自動張力平衡錘組，可加裝感應設備，功能為電車線事故斷線時，平衡錘落下於止動裝態，可發出訊號立即通知現場值班人員，值班人員可準確判斷事故位置，減少現場查修時間，馬上派員至現場維修。維修人員至現場回復行控中心據以了解現場事故位置，可精準調度運行車輛，減少車輛誤點時間。現階段臺鐵事故查修，依據跳脫電流大小，與車站故障指示器警報，粗略判斷事故位置，再至現場巡查，比較費時費力，請參閱圖 3-2 自動張力平衡錘組照片。

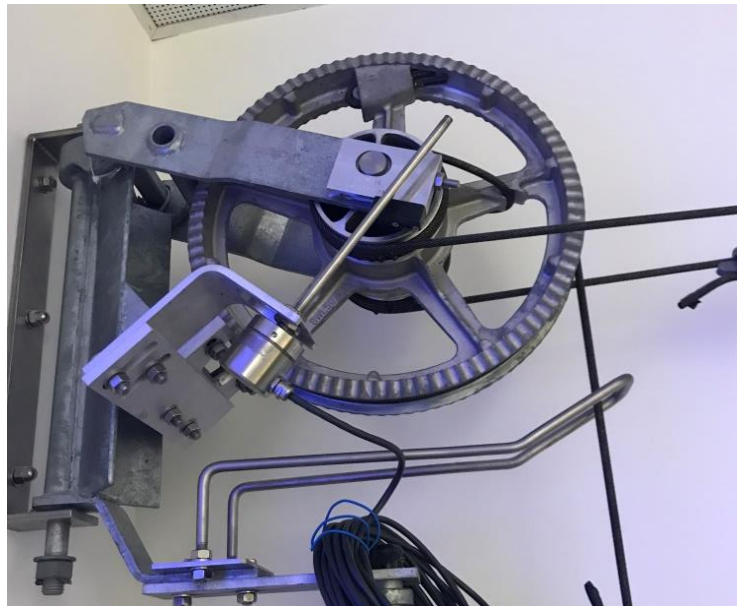


圖 3-2 自動張力平衡錘組照片

#### 1. 電車線設計及 Sicat 軟體動態模擬

西門子公司運用先進之電車線設計軟體進行系統設計及模擬分析，已自行開發之 Sicat 軟體，首先利用 Sicat Master 及 Sicat SA 進行電車線系統設計。輸出成果於模擬階段則使用 Sicat Dynamic 進行電車線相關動態分析。

Sicat Master 軟體係藉由輸入電車線系統工程所在路線現地條件及運行技術要求、材料參數評估環境及軌道參數後，經設計模組產出電車線系統及電力桿配置，並建立 3D 模型得到電車線高度資訊。Sicat SA 為西門子產品資料庫，可適用於世界各地新建鐵路電車線系統、及各類型既有之傳統電車線系統升級或路線擴展時，提供最佳之電車線系統設備及材料。

Sicat Dynamic 係電車線系統動態模擬分析軟體，輸入集電弓參數、桿距等幾何參數及電氣淨空等模擬參數執行動態計算，匯出集電弓接觸力和接觸線升力兩者隨時間之動態模擬分析變化圖。期透過高性能電腦快速及準確的運算電車線配置與集電弓之相互作用關係，可靈活展現各種電車線組件組合，提供有關模擬分析後集電弓品質可靠之敘述，並驗證符合 EN50318 規範之集電弓與電車線之相互關係動態模擬，西門子公司 Sicat 軟體之作業流程如圖 3-3 所示，

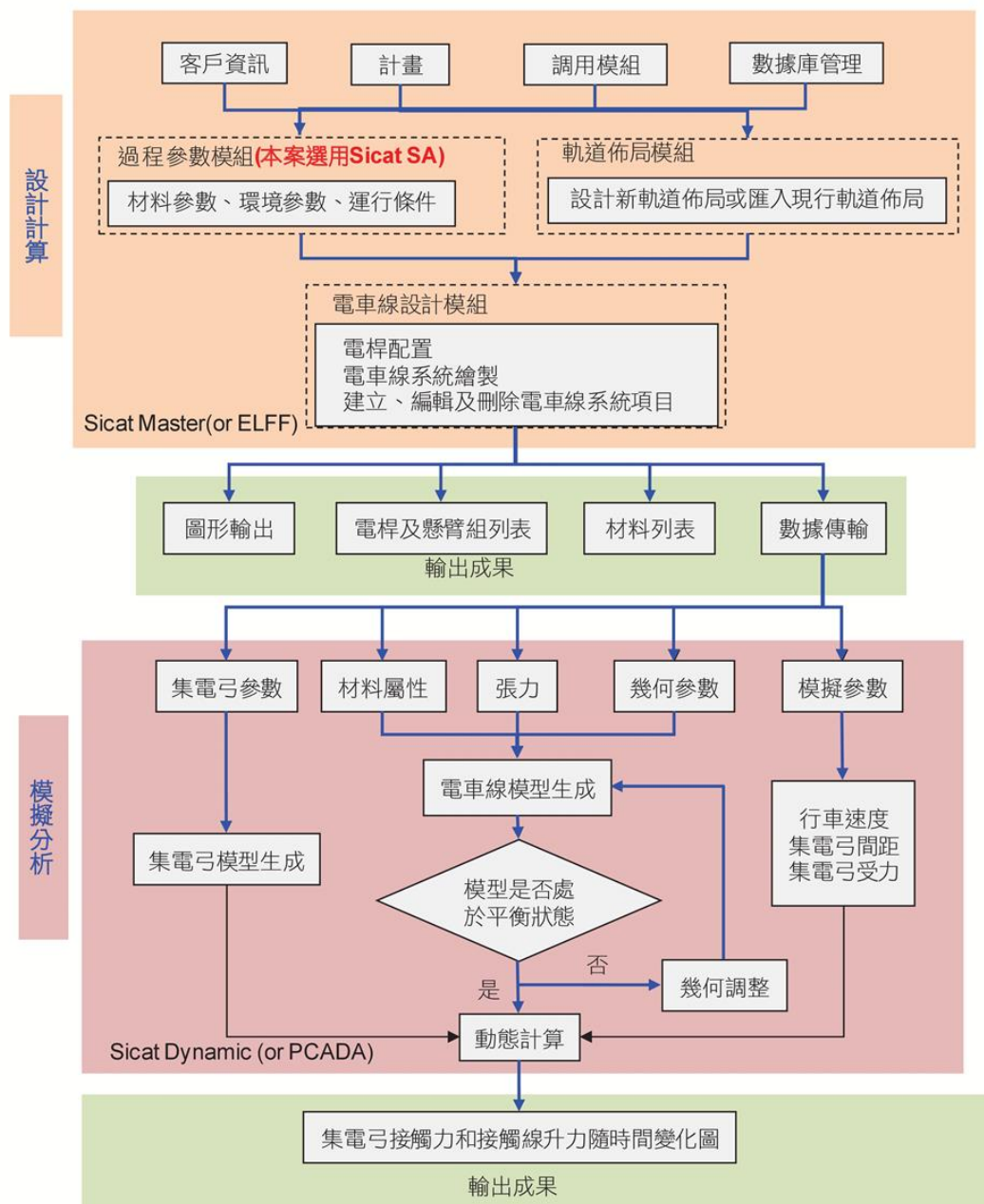


圖 3-3 Sicat 軟體作業流程圖

本次 Sicat 軟體根據南迴鐵路最嚴苛條件，輸入兩種型式的集電弓：Faiveley AX/CX 及 Brecknell Willis HSP Mk2 資料，除了 160 公里/小時的一次外，也以 130 公里/小時的速度執行，所有模擬作業的最大風速必須為 29 公尺 / 秒，共模擬 7 種模式如下：

- (1) 61 公尺桿距的平面段，表示平面段與橋樑上有最大桿距寬度。
- (2) 桿距 61 公尺，電車線下降段，表示有平面下交叉路口和電車線往隧道入口。
- (3) 45-61 公尺桿距的平面段，表示平面段和橋樑區段的實際情況。此類區段的重疊涵蓋道岔情境。
- (4) 45-61 公尺桿距，電車線上升段，表示有升高的交叉路口，或是分別是從隧道出來的電車線。
- (5) 55 公尺桿距絕緣重疊，表示在絕緣重疊中一個 30 公尺重疊桿距的行為以及一般的 55 公尺桿距的情境。
- (6) 隧道電車線桿距 50 公尺，表示較短桿距和較低系統高度的行為，同時也表示朝向隧道的系統高度降低和電車線下降的情境。
- (7) 道岔電車線桿距 55 公尺，表示道岔範圍內的一個 30 公尺重疊桿距的行為和兩個 30 公尺桿距的情境。

模擬結果與結論，集電弓的所有上舉量值都低於 100 公釐，所有最小接觸力均為正值，所有最大接觸力都在以上 300 牛頓的給定限度內。經 EBC 鐵路認證處確認，模擬工具 Sicat Dynamic 符合 EN50318 要求，本次參訪也展示動態電腦 3D 程式模擬，以影片方式模擬電車線接觸線與集電弓動態運轉狀態。請參閱圖 3-4。

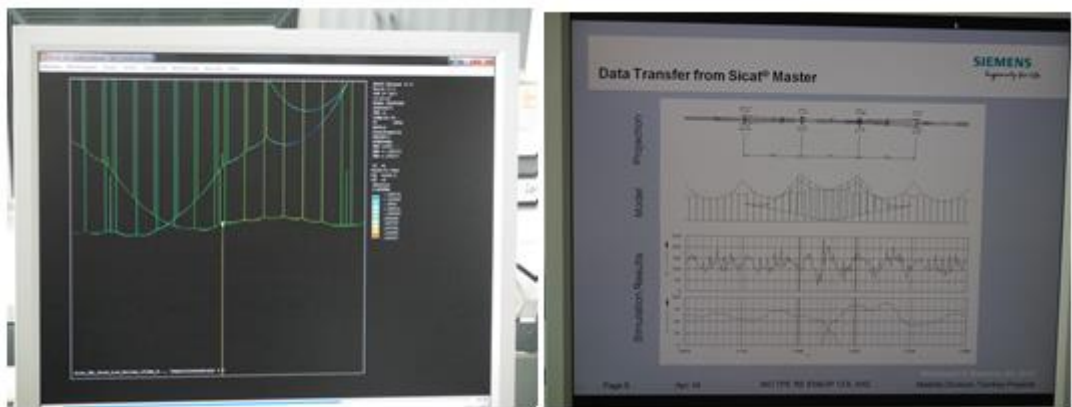


圖 3-4 Sicat 軟體輸入資料、輸出成果及動態模擬之電腦畫面資料

## 2. 懸臂組小鋼件及金屬零配件

西門子的懸臂組小鋼件及金屬零配件是由西門子的衛星工廠製造，其工廠位於義大利，生產完成後再運至西門子的FRA PACK 儲存，FRA PACK 放置了各項小鋼件及金屬配件，此次中間檢查懸臂組小鋼件及金屬零配件部分，檢查的零件材料有落臂架、鍍鋅鋼管、電桿夾件 CLAMP BAND、雙懸臂固定架、穩定臂、錨錠鋼索、螺桿、斜吊線及配重導桿等 9 項。檢查其外觀是否完好無暇，並依送審之圖面量測其尺寸，是否與圖面相符合。有關懸臂組小鋼件及金屬零配件中間檢查相關照片，請參閱圖 3-5。



圖 3-5 懸臂組小鋼件及金屬零配件中檢作業

### 3. 吊掛線及自動張力調整裝置

自動張力調整裝置及吊掛線的製造工廠位於德國路維德西港，西門子製造之吊掛線非常特殊，採用銅絞線，吊掛線與接觸線及主吊線之連結採用吊掛線夾，因吊掛線材質為銅絞線，其導電率高，可免除三角架懸臂組與主吊線間之跳線連接，如果依西門子設計此部分可減少施作跳線，可縮短施工時程。

西門子製造之自動張力調整裝置其制動方式與傳統方式較不同，張力輪的外圍並不是齒輪狀，這與國內路線上使用之張力輪不同，材質採鋁合金，重量變輕有利於現場安裝減少施作時間。

西門子公司人員帶領參訪成員參觀工廠及廠內各項設施，試驗室內有許多測試設備，工廠戶外場地亦設置自動張力調整裝置試驗場所。本次至實驗室量測自動張力調整裝置外觀尺寸，抽樣中性區間懸臂組轉向座，辦理拉力破壞測試，請參閱圖 3-6。



圖 3-6 西門子自動張力及吊掛線製造工廠參訪

## (二) Isodraht GmbH 公司介紹及製造工廠參訪

Isodraht GmbH 公司成立於 1899 年，總部設於德國曼海姆，Isodraht 是 Elcowire 集團的成員，1899 年被 Isolation AG，Insulated Wire Factory 收購，於 1970 年成為 Kabel und Draht 集團的一員，在德國曼海姆建造了第一座發電站。從技術角度及環保領域而言，Isodraht 是歐洲電氣銅線的領先製造商之一，其公司產品範圍包括圓形和矩形漆包線，電力電纜和鐵路使用之架空接觸線等。德國 Isodraht 公司 40 年的接觸線生產伴隨著其生產工藝的不斷發展和對不斷改進的原材料性能的不斷增長的需求。銅或銅合金接觸線的製造是該公司的核心競爭力。

本工程使用之接觸線為硬抽銅材質，Isodraht 公司開發各種銅合金材質的接觸線，包含有 Cu-ETP、CuAg、CuSn 及 CuMg，銅合金結合了高拉伸強度及高導電性的特質，Cu-ETP 截面積有 80-150mm<sup>2</sup>速度可達 160km/h，CuAg 截面積有 80-150mm<sup>2</sup>速度可達 250km/h，CuSn 截面積有 100-150mm<sup>2</sup>速度可達 300km/h，CuMg 截面積有 100-150mm<sup>2</sup>速度可達 400km/h，各種材質的多樣化，也提供客戶更多的選擇。請參閱圖 3-7。



圖 3-7 參訪 Isodraht GmbH 公司



參訪的成員在 Eckhard Schaffartzik 總經理的引導下除了完成中間檢查各項測試外，亦帶領成員們參觀工廠及生產的各項產品，工廠內部工作環境整齊有序潔淨明亮，於導覽中說明導線製造過程，另解釋渦電流檢測原理，其功能為利用電流在導線流通產生磁場，若導線內有斷裂或雜質品質不良情形，則會產生磁場差異，藉由此方式檢測，確認接觸線品質及提高安全性，請參閱圖 3-8 渦電流檢測設備照片。



圖 3-8 渦電流檢測設備照片

該公司為確認導線外部平滑，於設備出口使用絲襪包覆導線，若導線有些微損傷機器馬上停機，故生產之導線，其觸感相當平滑，導線平滑度可增加導體接觸面積，增加導電率，接觸線平滑亦可避免磨損集電弓，進而提高電力系統可靠度，若接觸線導線不平滑，列車高速行駛時與集電弓摩擦，容易產生火花，影響電力供應品質，時間久亦可能會發生斷線事故。參訪照片，請參閱圖 3-9。



圖 3-9 導線平滑度檢測

### (三) Arthur Flury 公司及製造工廠參訪

Arthur Flury 公司成立於 1920 年，員工人數約 110 人，Arthur Flury 公司有完善的銷售網路及遍佈全球的 30 多家代理商。當天由執行長 Richard 先生及品管負責人 Samuel 先生介紹公司概况、主要設備及技術交流研討。Arthur Flury 公司產品可分為三大類，鐵路工程、接地及避雷保護及電力配電技術。鐵路工程部分主要供應電車線系統材料(中性區間絕緣器、區分絕緣器、快速接頭，對頭編結器、吊掛線等)，有關電車線材料及配件一直致力於產品輕量化研發，使其產品更適用於高速鐵路。組裝的配件除了保證其產品的可靠性及使用壽命外，更研發使其能更快速、更簡便的裝配。其相關零配件請參閱圖 3-10。

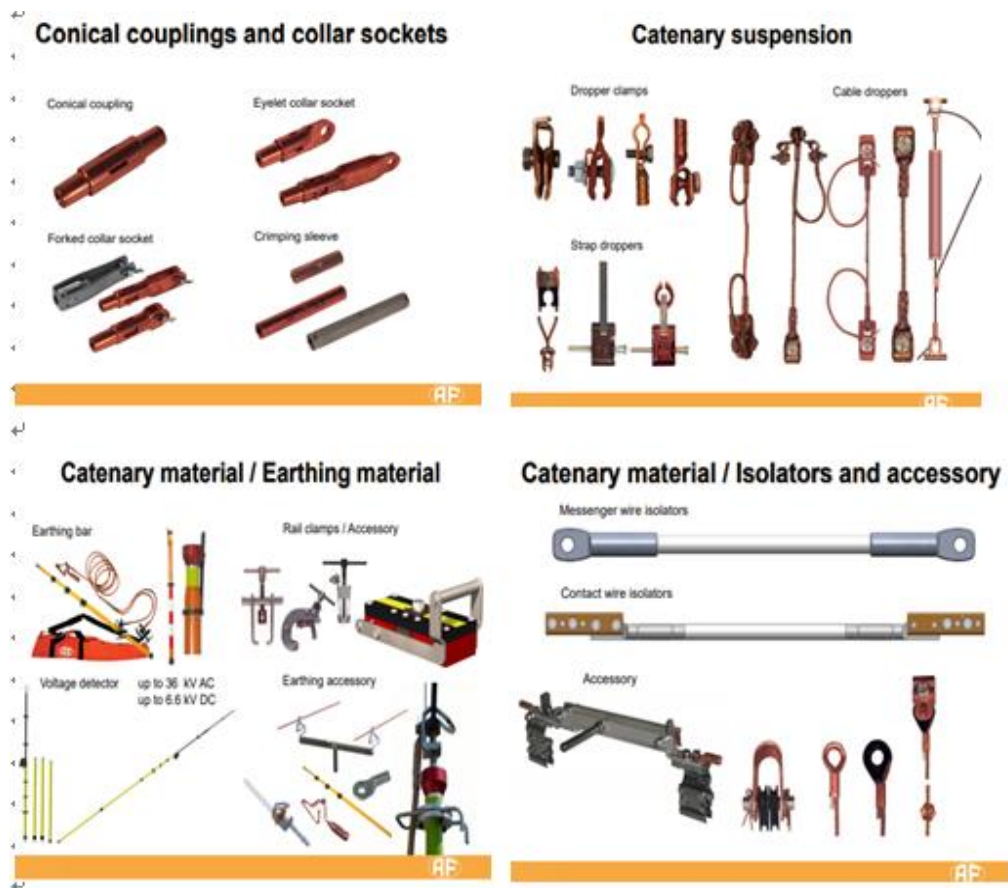


圖 3-10 Arthur Flury 公司電車線相關配件材料

Arthur Flury 公司製造之中性區間絕緣器、區分絕緣器產品更是多樣化，絕緣器的耐壓等級有 DC1kV、3kV 及 AC15kV、25kV 分類，適用之速度從 60km/h 至 250km/h 間皆有各種不同的產品供選擇。除此之外還有雙電壓絕緣器，且研發部門已發展出運行速度達 250km/hr 以上之無滑板中性區間絕

緣器(NSR25)，有效改善先前施工調整繁雜及集電弓撞擊等問題。有關區分絕緣器的各項產品設備，請參閱圖 3-11 至圖 3-13。

### Section insulators 0.7 kV DC – 25 kV AC

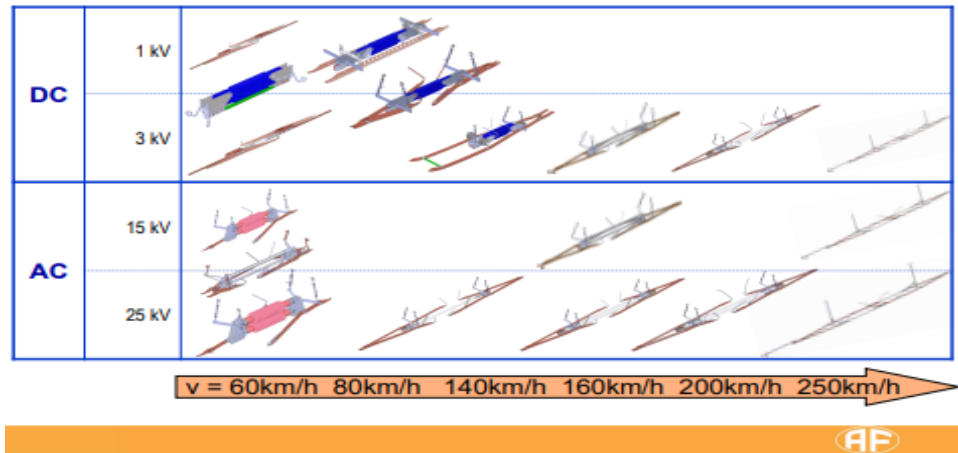


圖 3-11 區分絕緣器產品之特性分類表

### TYP ZS3 / ZS15 3 kV DC and 15 kV AC Section insulator

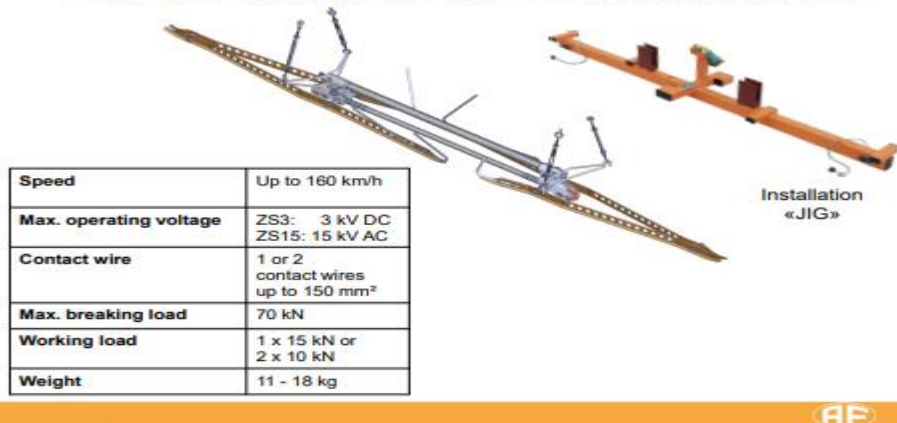


圖 3-12 雙電壓並行區分絕緣器

### Single rod phasebreak

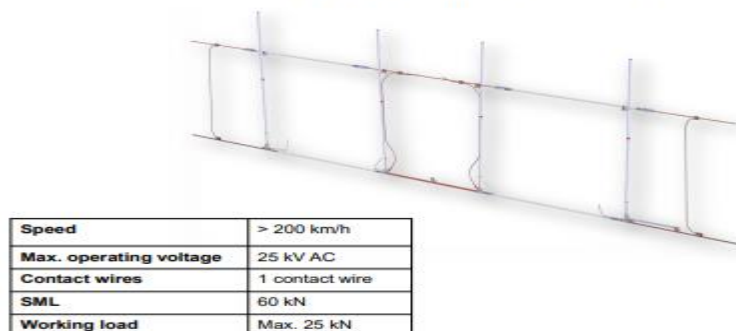


圖 3-13 無滑板中性區間絕緣器

Arthur Flury 公司為提供客戶高可靠度之產品設備，1993 年導入 ISO 9001 品質管理系統，且考量環保議題廣受國際重視，製造工廠更已取得 ISO 14001 環境管理體系證書，公司更考量到人員為公司重要資產，為使員工有更安全的保護措施，也取得 OHSAS18001 職業安全衛生管理系統驗證，使得公司不僅能夠領先同業，取得主要市場的競爭力、有效降低管理成本，更能展現公司對環境及人員的重視。

從對 Samuel 先生介紹公司品管程序分層負責，為有效實施產品追蹤和品質管控，每個零件均有製造編號，將號碼資訊化建立履歷，隨時可藉由電腦查詢追溯設計人員、組裝人員、測試人員、量測人員、測試數據、材質原料來源等資訊，層層把關，若產品發生問題可隨時查詢履歷，檢討哪個環節出問題，改善缺失，藉以提升設備品質。

在 Arthur Flury 公司人員陪同下，參訪了研發部門、負責模具校正品管部門及製造工廠，製造工廠分別由機械製造、焊接工藝、電氣自動化等專業技術人員組成，各項作業部分都已採行自動化設備。另 Arthur Flury 公司本身設置實驗室，對各項電車線產品執行嚴格之控管以確保其產品品質，相關實驗室設備包含 200KN 垂直及水平張力測試機台、扭轉機台、吊掛線測試機台、玻璃纖維絕緣棒彎曲試驗機台等，相關參訪照片請參閱圖 3-14。



研發部門



模具製造及校正部門



自動化生產設備



玻璃纖維絕緣棒彎曲試驗

圖 3-14 Arthur Flury 公司參訪

## 二、蘇黎世車站、伯恩車站之電車線系統參訪

### (一) 瑞士鐵道系統

這次參訪了瑞士的電車線，鐵道系統竟然如此綿密，到各個景點都有大眾運輸工具可以到達，城際鐵路及區域鐵路負擔城市間的運輸，輕軌捷運負擔城市郊區的運輸，市區內有輕軌電車及無軌電車，偏遠郊區才會用郵政巴士，除了郵政巴士以外，幾乎都是不會排放廢氣的大眾運輸工具，在各大風景區，齒輪鐵路、鐵索鐵路、空中纜車幾乎可以滿足所有的運輸需求，某些區域還規定汽車不准進入，只能行駛電動車，這是一個全力打造無污染環境的國家。

歐洲緯度高，氣候乾燥宜人，且少受颱風及地震等天然災害影響，觀察其建築物，因氣候乾燥均達百年以上，且外觀保存維持良好。另觀察鐵路電車線系統，其電桿與門型架結構，與臺灣鐵路相較之下顯得簡潔輕巧，對景觀衝擊小，很適合利用鐵路發展觀光，觀光路線之列車均採大面窗方式，且無遮陽設備，由每扇窗望出，好像童話故事美麗的風景，列車每一扇窗都是一幅幅美麗畫作。參閱圖 3-15。

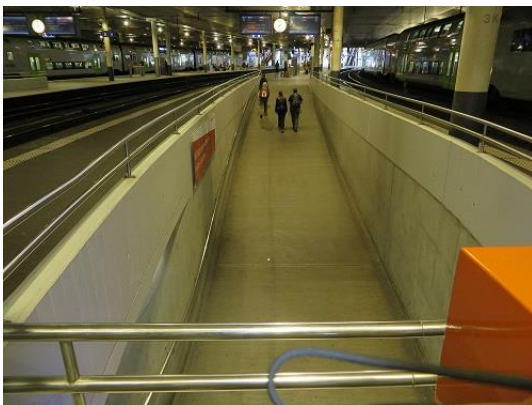


圖 3-15 瑞士列車窗景

瑞士一般的國鐵車站其月台大都設置為，月台一邊是樓梯，可以讓通勤民眾快速通行，另一邊是斜坡道，無障礙坡道，方便推嬰兒車、拿行李的旅客，提供友善親民設計。其設計理念與臺灣車站都要求盡量有電扶梯的理念不同，當電梯、電扶梯故障時旅客仍可拖著沉重的行李上下月台，此為瑞士無障礙設施貼心的設施，這項設施除了可降低電扶梯營運安全事故發生，又可節省電扶梯建置設備費成本及運轉時所需電費及平日維護保養費用。

而且車站通常不設閘門，不需事先剪票驗票，只在車上有查票員不定期驗票，一旦查到逃票則施以重罰，可見瑞士人較有守法精神；民眾可利用手機即可購票，可節省排隊買票時間，亦可減少售票人力成本。

還有瑞士的火車，上下車都要自己按開門按鈕，它不會自動開關車門，因通勤列車上下車門較大方，可方便通勤旅客迅速上下車，門若常時開啟容易有蚊蟲飛入，車輛空調也易流失。車站之相關設施請參閱圖 3-16。



車站無障礙坡道



車站鐵路時鐘



車門內開關門按鈕



車門外開關門按鈕

圖 3-16 車站之相關設施圖片

(二) 蘇黎世車站(Zurich)

蘇黎世因為大眾運輸工具發達，設備都以電力為動力，減少廢氣排放汙染，所以空氣舒適天空能見度高。無論有軌電車或無軌電車，其供電系統型式大都以架空線方式供電，且捷運電車與一般車輛共用路權，故在馬路上佈滿密密麻麻的電車線，讓人看的嘆為觀止，在古蹟城市景觀顯得格外的突兀，影響天際線景觀。請參閱圖 3-17 蘇黎世車站(Zurich HB)現況。



圖 3-17 蘇黎世車站(Zurich HB)現況

蘇黎士車站因通行鐵路雙層列車，其高度較高，為免淨空不足，該路段採用導電軌系統供電，較傳統型電車線系統外型簡潔更美觀。相關參訪蘇黎世車站照片，請參閱圖 3-18 導電軌設備。



圖 3-18 導電軌設備

### (三) 伯恩車站(Bern HB)

伯恩位於瑞士西部的地理中心，為僅次於蘇黎世和日內瓦的第三大城市，也是瑞士的首都。伯恩車站為玻璃帷幕的現代化建築，大量使用玻璃帷幕具有輕量化、耐燃化、防水、防震、工業量生產、施工迅速、採光佳等特點，可減少 RC 外牆所採用大量的鋼筋混凝土使用量，相對減少高耗能減碳的建材使用，以達到節能減碳。請參閱圖 3-19。

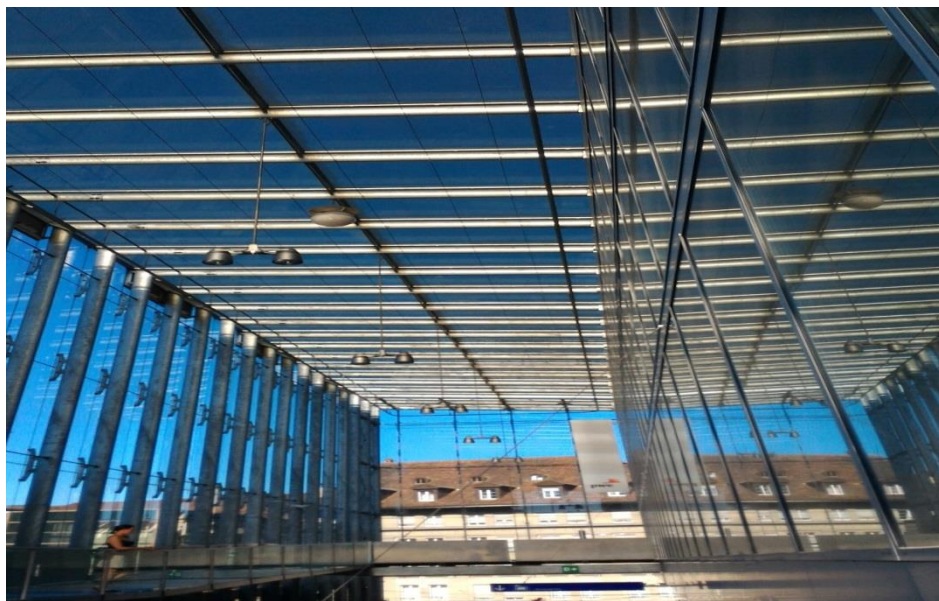


圖 3-19 伯恩車站車站玻璃帷幕



## 肆、電車線設備期中檢查作業

本工程之統包廠商自國外引進新型電車線設備，為了確認設備生產過程是否符合送審圖面及契約要求，辦理電車線設備期中檢查作業之檢查設備為電車線設計及 Sicat 軟體動態模擬、自動張力平衡裝置、吊掛線、懸臂組小鋼件、接觸線、主吊線及區分絕緣器等 7 項設備，本次中檢係採用送審階段之電車線設備圖面為查驗之依據，後續圖面若有修改廠商則重新辦理查驗，經檢核七項電車線設備，與送審圖面符合。彙整如表 4-1 所示。

表 4-1 電車線設備期中檢查作業彙整表

| 項次 | 設備               | 測試種類 | 測試項目                | 測試標準                | 測試結果 | 測試地點    | 廠商名稱 | 測試時間     | 測試紀錄表單 |
|----|------------------|------|---------------------|---------------------|------|---------|------|----------|--------|
| 1  | Sicat dynamic 軟體 | 中間檢查 | 輸出及輸入成果資料檢核         | 依本工程使用電車線材料資料       | 符合   | 德國埃爾朗根  | 西門子  | 107年8月7日 | 附錄(一)  |
| 2  | 懸臂組小鋼件及金屬配件      | 中間檢查 | 8WL 系統鋼製原件目視檢查及功能測試 | 依據圖說材料及螺紋、組裝測試      | 符合   | 德國法蘭克福  | 西門子  | 107年8月8日 | 附錄(二)  |
|    |                  |      | 尺寸驗證                | 依據圖說材料與標記           | 符合   |         |      |          |        |
|    |                  |      | 定位管及斜吊線目視及尺寸檢查      | 依據圖說材料與標記           | 符合   |         |      |          |        |
| 3  | 自動張力平衡裝置         | 中間檢查 | 張力輪目視檢查             | 表面乾淨、無損壞、無毛邊、焊接良好   | 符合   | 德國路德維西港 | 西門子  | 107年8月9日 | 附錄(三)  |
|    |                  |      | 輪體循環偏轉許可插-半徑        | 許可差 1.5mm           | 符合   |         |      |          |        |
|    |                  |      | 鋼索目視檢查              | EN12385-1, 章節 6.2.3 | 符合   |         |      |          |        |
| 4  | 吊掛線              | 中間檢查 | 吊掛線絞線/股線的表面檢查及尺寸驗證  | 依據圖說驗正絞線/股線的尺寸、重量   | 符合   | 德國路德維西港 | 西門子  | 107年8月9日 | 附錄(四)  |
|    |                  |      | 滑動式吊掛線夾             | 線上滑動測試              | 符合   |         |      |          |        |

| 項次 | 設備    | 測試種類 | 測試項目            | 測試標準                              | 測試結果 | 測試地點  | 廠商名稱          | 測試時間                | 測試紀錄表單 |
|----|-------|------|-----------------|-----------------------------------|------|-------|---------------|---------------------|--------|
| 5  | 接觸線   | 中間檢查 | 絞線/股線的表面檢查及尺寸驗證 | 依據圖說材料與標記                         | 符合   | 德國曼海姆 | Isodraht GmbH | 107年8月10日           | 附錄(五)  |
|    |       |      | 電阻量測            | 小於 0.171 Ω /km                    | 符合   |       |               |                     |        |
|    |       |      | 繞組測試            | 無斷裂                               | 符合   |       |               |                     |        |
|    |       |      | 拉伸強度試驗          | 大於 360N/mm <sup>2</sup>           | 符合   |       |               |                     |        |
| 6  | 主吊線   | 中間檢查 | 絞線/股線的表面檢查及尺寸驗證 | 依據圖說材料與標記                         | 符合   | 德國曼海姆 | Isodraht GmbH | 107年8月10日           | 附錄(六)  |
|    |       |      | 電阻量測            | 小於 3.73 Ω /km                     | 符合   |       |               |                     |        |
|    |       |      | 拉伸強度及破壞荷重試驗     | 拉伸強度:大於 392Mpa<br>破壞荷重試驗:大於 1878N | 符合   |       |               |                     |        |
| 7  | 區分絕緣器 | 中間檢查 | 尺寸驗證及外觀檢查       | 依據圖說材料與標記                         | 符合   | 瑞士代廷根 | Arthur Flury  | 107年8月13日~107年8月14日 |        |







|   |  |
|---|--|
|    |    |
| <p>落臂架尺寸量測 1</p>  | <p>落臂架尺寸量測 2</p>   |
|   |   |
| <p>落臂架外觀檢查</p>  | <p>落臂架識別銘牌檢查</p>   |
|  |  |
| <p>鍍鋅鋼管 60.3mm 外觀尺寸檢查</p>   | <p>鍍鋅鋼管 42.4mm 外觀及標示檢查</p>   |

圖 4-1-1 懸臂組小鋼件及金屬配件中間檢查作業






|   |  |
|---|--|
|    |    |
| <p>電桿 CLAMP BAND 外觀尺寸及組裝檢查 1</p>  | <p>電桿 CLAMP BAND 外觀尺寸及組裝檢查 2</p>   |
|   |   |
| <p>雙懸臂固定架外觀尺寸量測 1</p>   | <p>雙懸臂固定架外觀尺寸量測 2</p>  |
|  |  |
| <p>雙懸臂固定架外觀尺寸量測 3</p>   | <p>雙懸臂固定架外觀尺寸量測 4</p>  |

圖 4-1-2 懸臂組小鋼件及金屬配件中間檢查作業


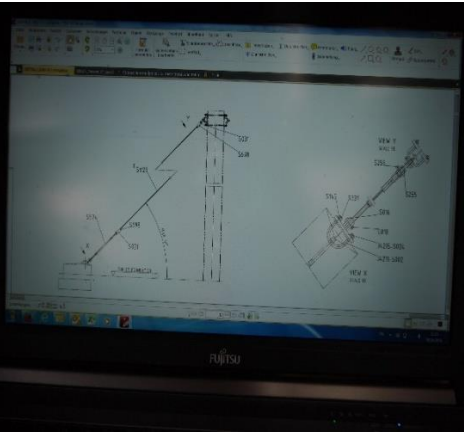
|   |  |
|---|--|
|    |    |
| <p>穩定臂 S002 外觀尺寸檢查</p>  | <p>穩定臂 S003 外觀尺寸檢查</p>   |
|   |   |
| <p>穩定臂 S006 外觀尺寸檢查</p>  | <p>螺桿外觀及組裝檢查 1</p>   |
|  |  |
| <p>導線外徑測量</p>   | <p>錨錠鋼索圖面</p>  |

圖 4-1-3 懸臂組小鋼件及金屬配件中間檢查作業


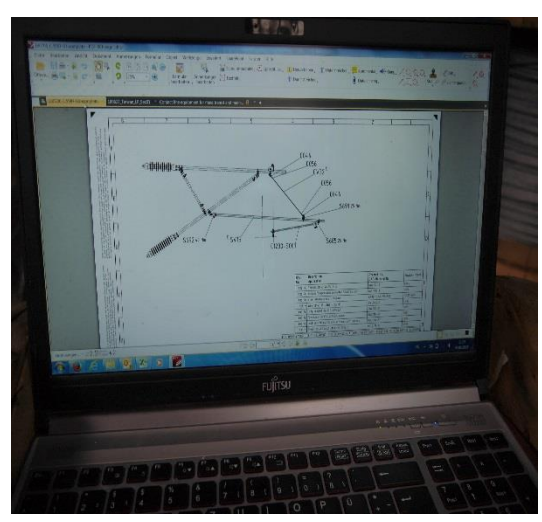

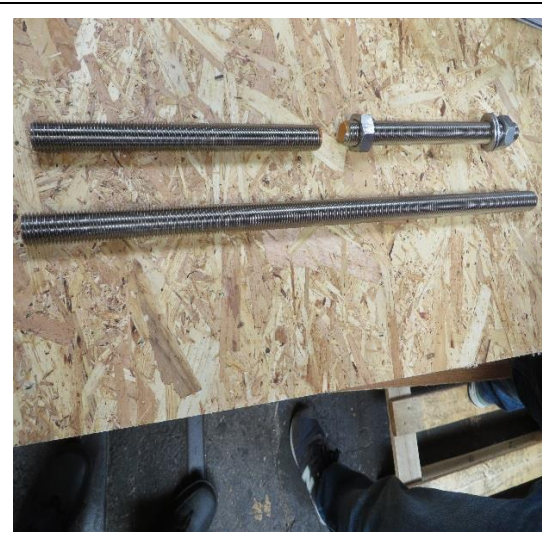
|  |   |
|--|---|
|   |   |
| <p>導線外徑測量</p>  | <p>斜吊線圖面</p>  |
|  |  |
| <p>配重導桿外觀尺寸檢查</p>  | <p>螺桿外觀及組裝檢查 2</p>  |

圖 4-1-4 懸臂組小鋼件及金屬配件中間檢查作業



圖 4-2 自動張力調整裝置中間檢查作業

|                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|
|                       |                       |
| <p>吊掛線單股外徑測量</p>      | <p>吊掛線外徑測量</p>        |
|                       |                       |
| <p>吊掛線夾滑動(功能)測試 1</p> | <p>吊掛線夾滑動(功能)測試 2</p> |

圖 4-3 吊掛線中間檢查作業



|   |  |
|---|--|
|    |    |
| <p>主吊線外徑量測</p>  | <p>主吊線拉伸強度及破壞荷重試驗 1</p>  |
|   |   |
| <p>主吊線拉伸強度及破壞荷重試驗 2</p>   | <p>主吊線單股外觀檢查</p>   |
|  |  |
| <p>主吊線單股直徑量測</p>  | <p>主吊線電阻量測</p>   |

圖 4-4-1 主吊線及接觸線中間檢查作業


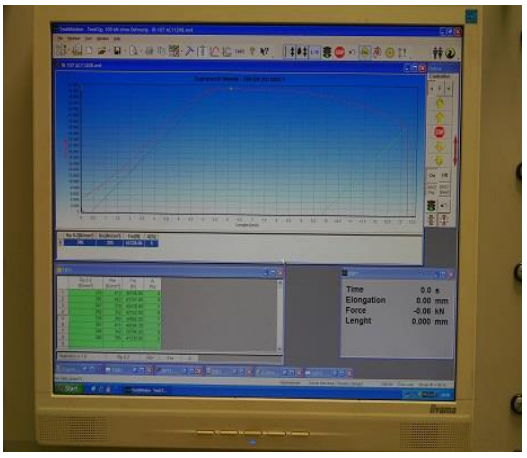

|   |  |
|---|--|
|    |    |
| <p>接觸線重量測量</p>  | <p>接觸線外觀檢查</p>   |
|   |   |
| <p>接觸線抗扭測試</p>  | <p>接觸線拉伸強度試驗 1</p>   |
|  |  |
| <p>接觸線拉伸強度試驗 2</p>  | <p>接觸線長度測量</p>   |

圖 4-4-2 主吊線及接觸線中間檢查作業

|  |   |
|--|---|
|   |   |
| <p>接觸線電阻量測 1</p>   | <p>接觸線電阻量測 2</p>  |
|  |  |
| <p>接觸線繞組測試</p>   | <p>實驗室設備</p>  |

圖 4-4-3 主吊線及接觸線中間檢查作業



圖 4-5 區分絕緣器中間檢查作業

## 伍、心得與建議

本次出國執行電車線設備期中檢查作業，主要目的在確認設備製造的品質及性能是否能符合契約規定，並藉此機會能與設備廠商作技術交流研討，並實地參訪其製造工廠、實驗室。因瑞士其鐵路相當發達，也參觀瑞士國鐵及車站之電車線系統及車站的相關設施，希望對國內鐵路電車線系統及車站營運之相關設施有所助益。相關心得與建議分述如下：

### 一、心得

- (一) Sicat Master 軟體係藉由輸入電車線系統工程所在路線之現地條件及運行技術要求、材料參數、軌道參數及評估環境後，經設計模組產出電車線系統及電力桿配置，並建立 3D 模型得到電車線高度資訊。Sicat SA 為西門子產品資料庫，可適用於世界各地新建鐵路電車線系統、及各類型既有之傳統電車線系統升級或路線擴展時，提供最佳之電車線系統設備及材料。
- (二) 在參訪的三個設備廠商的過程中，除了對產品都有嚴格要求外，他們都有一個共通點，都具備研發設計部門，經由不斷研發創新，開創屬於自己獨特的產品，那公司的競爭力自然提升，也可維持公司應有的利潤，例如西門子自行開發的 Sicat 軟體，Isodraht GmbH 接觸線廠商也不只是生產硬抽銅材質，更研發各種銅合金產品，供客戶不同需求等等，可供國內廠商參考。
- (三) 參訪製造工廠時，其設備的生產及倉儲管理方式，其自動化的程度越來越高，自動化生產藉由電腦程式的控制，產出更精確無誤的產品，設備倉儲自動化，透過設備的編號及分類等方式，可有效管理庫存，避免生產一些不必要的零件及零件誤用之情事，進而降低企業營運成本，可供國內電車線廠商做為參考。
- (四) 每次搭火車看到車站的設施是極為簡單，車站沒有圍牆，任何人皆可任意進出，也不設剪票、驗票閘門，可減少工程建設成本，民眾將搭車買票視為當然，或許瑞士人比較有守法精神有關；除了大型車站外，其他一些小車站內設置自動售票機，沒有售票窗口系統，乘客可以利用手機上網買票，節省排隊購票時間，可供後續臺灣軌道系統作為參考。

- (五) 瑞士一般的國鐵站月台大都是設置為，月台一邊是樓梯，可以快速通行，另一邊是斜坡道，無障礙坡道，方便推嬰兒車、拿行李的乘客。其設計理念與臺灣每站都要求有電扶梯的想法完全不同，當電梯、電扶梯故障時旅客仍可拖著沉重的行李上下月台，此為瑞士無障礙設施貼心的設施，這項設施除了可降低電扶梯營運安全事故發生，又可節省電扶梯建置設備費成本及運轉時所需電費及平日維護保養費用。
- (六) 臺灣隸屬亞熱帶，濕氣重，設備容易受潮生鏽損壞，加上臺灣四面環海，南迴鐵路緊鄰沿海，海邊水氣帶有鹽份，夏季常受颱風影響，挾帶強風豪雨，強達 12 級風陣風，容易造成路樹壓斷電車線及電車系統損壞情形，豪雨造成土石流，沖壞鐵路軌道及設備，另臺灣位於地震帶，時常有地震，於設計時均須考量鏽蝕與結構強度，本案為統包工程，期望統包精神，於設計階段以全生面週期設計原則，選用符合臺灣需求之最佳化材料與系統設備，藉以打造安全強韌鐵路系統。
- (七) 承蒙台灣世曦公司、士林電機團隊及參訪公司協助本次期中檢查作業相關事宜，特表感謝之意。另本次交換取得之廠商名片及相關致贈紀念品，並與參訪公司合影，參閱附錄(七)。

## 二、建議

- (一) 臺灣鐵路電車線系統於 60 年初新建，至今快 50 年，相關設備不斷更新加入，規範至今尚未整合更新。為符合時代需求，本次南迴計畫系統機電採統包案，可藉此計畫案於南迴系統打造全新符合臺灣鐵路系統，並制定相關規範，祈如願完成，該案例可讓臺鐵局借鏡，更新已於系統使用 50 年設備，而非沿用舊系統更換新品，以提升鐵路電車線系統品質。
- (二) 本次參訪車站發現，車站外捷運電車線系統在街道佈下密密麻麻電線，與歐洲美麗建築格格不入，電車線系統選用就顯得相當重要，與環境融合，不應任意地損壞當地文化歷史傳統景緻，建議土建與系統機電之設計作業可以考量委託同一間公司辦理，利用設計減少視覺衝擊，於設計階段選用合適電車線系統，並可以少土建與機電界面；另於完成設計作業後，續辦

監造作業，無縫接軌讓施工階段更有效率，藉此打造更舒適鐵道運輸空間，發揮整體鐵道運輸效能，使民眾與車站無縫結合。

### 三、參考資料

- (一) 西門子公司簡介簡報
- (二) 西門子公司電車線模擬測試報告
- (三) Isodraht GmbH 公司簡介簡報
- (四) Arthur Flury 公司簡介簡報
- (五) 「K001 標『臺鐵南迴鐵路臺東潮州段電氣化工程建設計畫』系統機電統包工程」工程士林電機股份有限公司服務建議書