

出國報告（出國類別：考察）

鐵路軌道電車線系統工程設計製造及 施工相關技術

服務機關：交通部鐵路改建工程局

姓名職稱：李明澤 東部工程處副處長

高聯順 機電組工程司

派赴國家：中國大陸

出國期間：民國 105 年 11 月 21 日至 105 年 11 月 26 日

報告日期：民國 106 年 1 月

附件二

出國報告審核表

出國報告名稱：鐵路軌道電車線系統工程設計製造及施工相關技術				
出國人姓名 (2人以上，以1人為代表)	職稱	服務單位		
高聯順	工程司	交通部鐵路改建工程局		
出國類別	<input checked="" type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input type="checkbox"/> 實習 <input type="checkbox"/> 其他 (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)			
出國期間： 105年11月21日至105年11月26日		報告繳交日期：106年1月 日		
出國人員自我檢核	計畫主辦機關審核	審 核 項 目		
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.依限繳交出國報告		
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2.格式完整(本文必須具備「目的」、「過程」、「心得及建議事項」)		
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3.無抄襲相關資料		
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	4.內容充實完備		
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	5.建議具參考價值		
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	6.送本機關參考或研辦		
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	7.送上級機關參考		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8.退回補正，原因：		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(1) 不符原核定出國計畫		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(2) 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(3) 內容空洞簡略或未涵蓋規定要項		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(4) 抄襲相關資料之全部或部分內容		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(5) 引用相關資料未註明資料來源		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(6) 電子檔案未依格式辦理		
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	9.本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表：		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(1) 辦理本機關出國報告座談會(說明會)，與同仁進行知識分享。		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(2) 於本機關業務會報提出報告		
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	(3) 其他： <u>登陸本局網站</u> “政府資訊公開閱覽專區”提供閱覽		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10.其他處理意見及方式：		
出國人簽章(2人以上，得以1人為代表)		計畫主辦機關 審核人	一級單位主管簽章	機關首長或其授權人員簽章

說明：

- 一、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 二、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「公務出國報告資訊網」為原則。

行政院及所屬各機關公務出國報告提要

頁數:頁含附件:是否

報告名稱：鐵路軌道電車線系統工程設計製造及施工相關技術

主辦機關：交通部鐵路改建工程局

聯絡人/電話：高聯順/(02)89691900轉2261

出國人員/服務機關/單位/職稱/電話：

李明澤/交通部鐵路改建工程局東部工程處/副處長/(03)9389115轉215

高聯順/交通部鐵路改建工程局/機電組/工程司/(02)89691900轉2261

出國類別：考察

出國期間：民國105年11月21日至105年11月26日

出國地區：中國大陸

報告日期：民國106年1月

分類號目：H1/交通建設

關鍵字：

OCS (OVERHEAD CONTACT SYSTEM)電車線系統

SYSTRA 法國賽思達技術諮詢公司

CHR (China Railway High-speed) 中國高速鐵路-和諧號

ET (Eddy current testing) 渦電流檢測

內容摘要：

- 一、 為配合南迴鐵路電氣化工程建設計畫，並因應南迴計畫相關問題，考量大陸近年進行大量鐵路建設案，從規劃到施工累積豐富經驗及產業製造技術，其能作為未來南迴計畫之參考。
- 二、 另國內電車線市場有限，材料生產及製造廠商不足，大部分電車線材料仰賴進口，得標廠商從大陸引進材料有增加趨勢，故希望透過考察大陸電車線材料製造安裝及測試等過程，一方面汲取大陸材料製造相關經驗，另一方面檢討目前本局電車線材料規範，以提升國內電車線材料生產廠商製造經驗。
- 三、 本次考察參訪 SYSTRA 上海分公司簡報大陸上海地鐵各專案規劃、中車南京浦鎮車輛公司瞭解鐵路車輛研發設計、製造、測試及發展沿革、東方吊架公司、安凱特電纜公司瞭解電車線材料及配件設計、製造及施工相關技術。
- 四、 參訪行程多以搭乘磁浮高速鐵路，上海地鐵及城際高速鐵路進行各項參訪，藉以了解大陸近年進行之鐵路建設。

目 錄

壹、 出國考察依據及目的.....	1
貳、 行程概要.....	2
參、 參訪過程.....	4
一、 SYSTRA 上海分公司.....	4
(一) 法國 SYSTRA 公司簡介.....	4
(二) SYSTRA 上海分公司簡介.....	5
(三) 上海地鐵 10 號線計畫概述.....	7
(四) 上海地鐵 16 號線計畫概述.....	8
(五) 上海地鐵 8 號線計畫概述.....	8
(六) 參訪相關紀錄照片.....	10
二、 中車南京浦鎮車輛有限公司.....	11
(一) 簡介.....	11
(二) 主要產品.....	12
(三) 研發.....	13
(四) 生產製造能力.....	14
(五) 參訪相關紀錄照片.....	16
三、 揚州東方吊架有限公司.....	17
(一) 簡介.....	17
(二) 主要產品.....	17
(三) 研發.....	17
(四) 生產製造能力.....	17
(五) 參訪相關紀錄照片.....	18
四、 常州安凱特電纜有限公司.....	19
(一) 簡介.....	19
(二) 主要產品.....	19
(三) 研發.....	20
(四) 生產製造能力.....	22
(五) 製造品管能力.....	26
(六) 參訪相關紀錄照片.....	27
肆、 心得.....	28
一、 鐵路建設延伸規劃.....	28

二、 電車線檢測儀器	28
三、 恆張力彈簧補償裝置	29
四、 合金銅材料之使用	30
五、 接觸線渦流檢測	30
六、 鐵道工業及技術之研發進步經驗	31
伍、 建議事項	32
陸、 參考文獻	33

圖目錄

圖 2-1 參訪地點地理位置圖	2
圖 3-2 上海軌道交通路網示意圖	6
圖 3-3 浦鎮公司鐵路列車產品系列	12
圖 3-4 浦鎮公司捷運列車產品系列	12
圖 3-5 電車線檢測儀器安裝於和諧號 CRH 城際列車組上.....	14
圖 3-6 電車線檢測儀器安裝於電車線維修車及軌道梯車上.....	15
圖 3-7 浦鎮公司車輛加工生產設備圖	15
圖 3-6 可變彈簧/碟簧支吊架.....	17
圖 3-7 電纜產品.....	19
圖 3-8 架空式電車線產品.....	20
圖 3-9 接觸線校直器.....	22
圖 3-10 生產設備彙整圖.....	24
圖 3-11 接觸線生產流程.....	24
圖 3-12 主吊線生產流程.....	25
圖 3-13 實驗室設備彙整圖.....	26

表目錄

表 2-1	大陸鐵路軌道電車線系統設計、製造及施工相關技術參訪行程表	3
表 3-1	接觸線材料概覽表	21

壹、 出國考察依據及目的

一、 出國依據

依據交通部 104 年 7 月 29 日交人字第 1040023728 號函轉行政院 104 年 7 月 28 日院臺交字第 1040026272 號函核定本局 105 年度派員赴大陸地區（含香港及澳門）計畫暨概算表、序號 2、「鐵路軌道電車線系統工程設計製造及施工相關技術」辦理。

二、 考察目的

南迴鐵路電氣化工程建設計畫為環島電氣化之最後一哩路，其新建之電車線系統 OCS（OVERHEAD CONTACT SYSTEM）須克服單軌隧道內淨空不足、地質不佳、交通不便及施工動線不良等問題。為配合南迴鐵路電氣化工程計畫，並因應南迴計畫新建相關問題，實有必要考察各國電車線系統工程執行成功之經驗，因大陸近年進行大量鐵路建設案，從規劃到施工累積豐富經驗及產業製造技術，其能作為未來南迴計畫之參考。

臺灣鐵路管理局電氣化鐵路之電車線系統設備由電桿、桁架、落臂架、絕緣礙子、懸臂組、主吊線、接觸線、張力自動平衡裝置及其他支持配件組成。其功能係將 25 kV 交流電線（主吊線及接觸線）架於軌道上方，並維持在一定高度，列車以集電弓碰觸接觸線下緣將電力引入，以供應電力列車運轉所需電源。因行車運轉及安全需要，在不同的環境、地形採用不同型式之電車線設備。

因國內電車線工程市場需求有限，材料生產及設備製造廠商不足，大部分電車線材料及設備均需仰賴進口，目前得標廠商從大陸引進材料有增加趨勢，故希望透過考察大陸電車線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，另一方面汲取大陸材料製造相關經驗，以提升國內電車線材料生產廠商製造經驗。本次考察預計參訪大陸地區鐵路軌道規劃、鐵路車輛與電車線介面之相關設備、電車線設備、材料之設計、製造及施工相關技術，以利爾後辦理工程規劃、設計及施工之參考。

貳、 行程概要

本次鐵路軌道電車線系統工程設計、製造及施工相關技術大陸地區參訪行程，係經由台灣世曦工股份有限公司(下稱台灣世曦)協助聯繫相關單位，參訪人員包含鐵工局東部工程處李明澤副處長、機電組高聯順工程司與台灣世曦蘇宗林計畫經理參加。本次參訪系透過 SYSTRA 臺灣分公司陳家欣副總經理協助安排，參訪日期由 105 年 11 月 21 日至 11 月 26 日，參訪地點包含大陸地區上海、南京市、揚州市及常州市四地，地理位置如圖 2-1 所示；參訪對象主要為 SYSTRA(上海分公司)技術諮詢有限公司、中車南京浦鎮車輛有限公司、揚州東方吊架有限公司及常州安凱特電纜有限公司等單位，並就相關技術交流考察，整體參訪行程內容如表 2-1。

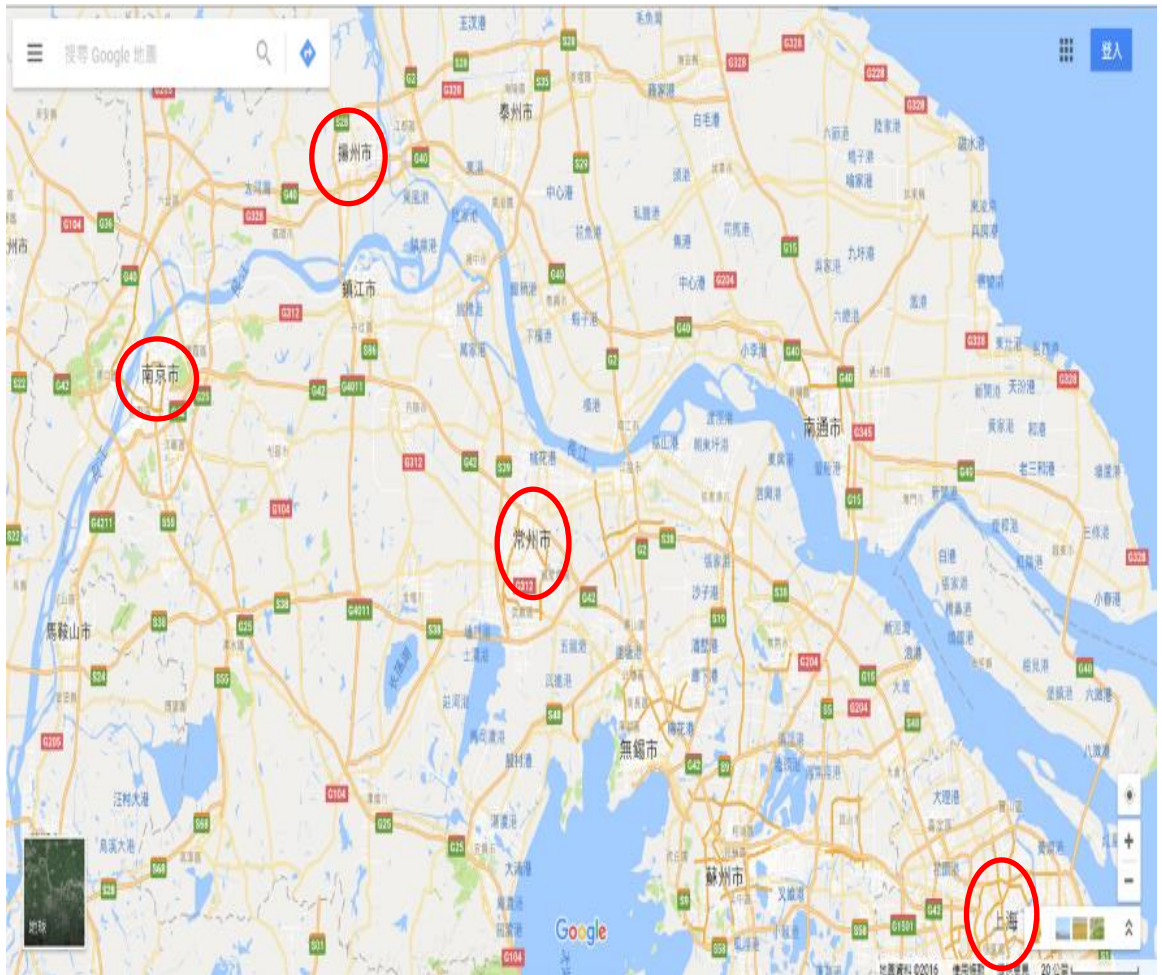


圖 2-1 參訪地點地理位置圖

表 2-1 大陸鐵路軌道電車線系統設計、製造及施工相關技術參訪行程表

項次	時間	單位	內容
1	11月21日 星期一	起程	桃園國際機場→上海浦東國際機場
2	11月22日 星期二	SYSTRA(上海) 技術諮詢有限公司	法國 SYSTRA 公司簡介 SYSTRA 上海分公司簡介 上海地鐵 10 號線計畫概述 上海地鐵 16 號線計畫概述 上海地鐵 8 號線第 3 期計畫概述
3	11月23日 星期三	中車南京浦鎮車輛有限 公司	中車南京浦鎮車輛有限公司簡介 集電弓生產線參訪 轉向架生產線參訪 軌道車輛工廠測試
4	11月24日 星期四	揚州東方吊架公司	東方吊架公司簡介 彈簧式自動張力平衡裝置設備參訪 滑輪式自動張力平衡裝置設備參訪 品管試驗參訪
5	11月25日 星期五	常州安凱特 電纜公司	安凱特電纜有限公司簡介 連續鑄造棒材生產線參訪 接觸線冷軋生產線參訪 主吊線生產線參訪 品管試驗室參訪
6	11月26日 星期六	回程	上海浦東國際機場→桃園國際機場

參、 參訪過程

一、 SYSTRA(上海)公司

本次參訪由 SYSTRA(上海)公司孫董事長 輝親率技術總監 達芬奇及市場部徐經理 藝接待，主要說明下列事項。

(一) 法國 SYSTRA 公司簡介

本次參訪之 SYSTRA(上海分公司)其母公司法國 SYSTRA 公司是國際上最大的鐵路及城市軌道交通設計、諮詢專業公司之一。SYSTRA 公司業務範圍涉及交通規劃、專案管理、工程可行性研究、初步設計、詳細設計、技術審查及優化、工程監理、設備監造、系統調試和聯調、輔助營運等。

SYSTRA 公司目前固定員工約 5000 人，其中上千人常年在世界各地參與專案。SYSTRA 的雄厚實力來自它的兩大母公司—SNCF（法國鐵路總公司）及 RATP（巴黎公交總公司），SYSTRA 公司可根據專案的需要從母公司抽調各專業技術人員參與項目，並且具有較大的選擇餘地。

SYSTRA 公司的子公司、分部及專案組遍佈于亞洲、歐洲、北美洲、北美及中東地區(如圖 3-1 所示)，SYSTRA 公司在世界各地的業績遍佈 150 多個國家和 350 多座城市。在亞洲 SYSTRA 公司從事城市交通專案已有 20 年以上的歷史。

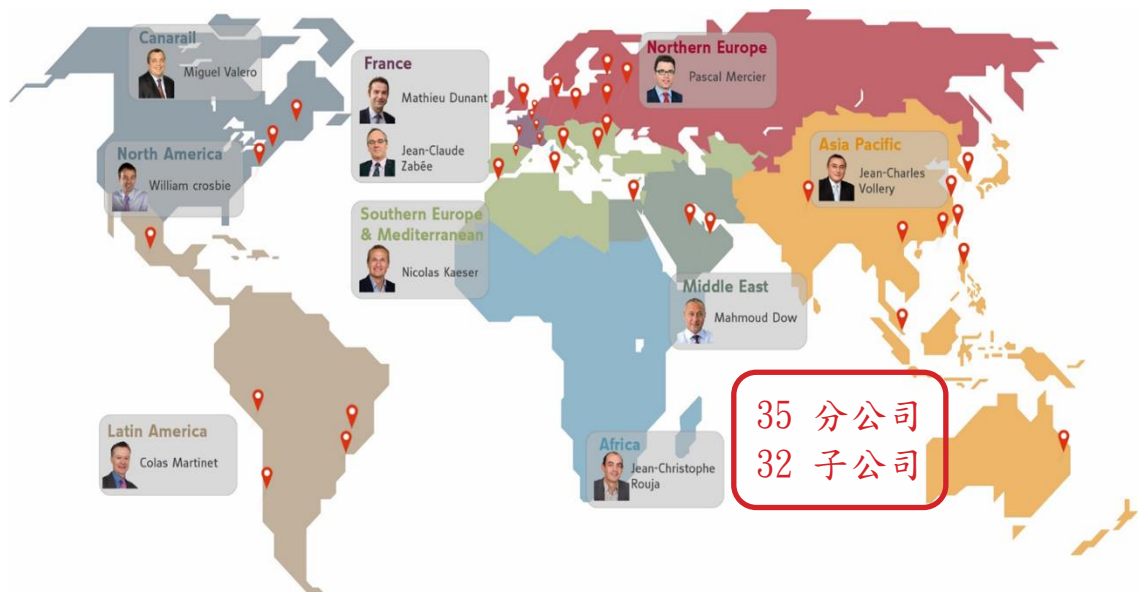


圖 3-1 SYSTRA 分支機構分布圖

SYSTRA 公司在鐵路及城市軌道交通專業領域的優勢不僅在於擁有技術實力雄厚、專業配套齊全的工程技術團隊，而且豐富的工作經驗及對世界各國技術標準及規範的嫻熟應用與掌握，還體現在對各階段項目高水準技術的發揮和表現，因此 SYSTRA 公司在世界各地項目中表現出來的技術先進、經驗豐富、獨立性與專業性強等方面的優點充分得到了各地專案業主方的肯定。

(二) SYSTRA 上海分公司簡介

SYSTRA 公司 1992 年在廣州設立了專案組；1998 年在上海開設了代表處；2002 年又在上海成立了獨資經營的技術諮詢公司，並在北京設立了 SYSTRA 辦事處。目前 SYSTRA 上海分公司原工已超過 40 人，已承攬中國大陸超過 100 多個鐵路和城市軌道交通項目，主要如下：

1. 上海軌道交通網規劃設計（2000-2001）
2. 上海城市交通政策與綜合交通規劃（2001-2002）
3. 北京城市軌道交通網規劃調整優化（2001-2002）
4. 蘇州城市軌道交通規劃設計（2001-2002）
5. 廣州城市軌道交通網規劃優化（2003-2004）
6. 上海地鐵 8 號線和有關公交線路交通樞紐的規劃設計（2003 年）
7. 重慶市城市軌道交通網規劃設計諮詢（2004）
8. 武漢城市軌道交通網規劃與設計審查研究（2007-2008）
9. 天津城市軌道交通網規劃設計研究（2008）
10. 長沙城市軌道交通網規劃 - 電車（2014）
11. 佛山城市軌道交通網規劃（2014-2015）
12. 深圳地鐵一期（1999-2003）TBM 建設監理
13. 上海地鐵 8 號線（2007-2008）U 型高架橋監督
14. 南京地鐵 2 號線（2008）高架橋監管

其中上海地鐵 SYSTRA(上海)公司承攬包括 10 號線、16 號線及 8 號線相關技術服務工作，如圖如圖 3-2 所示。



(三) 上海地鐵 10 號線計畫概述

SYSTRA 的服務包括可行性研究和初步設計、招標，分析和技術談判、技術諮詢實施階段、安全評估、運轉及與無人駕駛地鐵相關的技術報告；工作內容包括車輛、號誌、月台門、綜合監控系統、操作控制中心、電訊、介面管理、運轉及維護、系統保證及系統安全、與計畫管理。

SYSTRA 與 Shentong 的營運集團合作制定了一個營運計畫，用於設計營運結構和營運準備。該計畫涵蓋實際操作領域，例如車輛運轉、能源管理、車站和列車的乘客服務、環境管理、降級管理模式、長期服務中斷的管理及災害管理。

依上海地鐵的要求，SYSTRA 針對上海地鐵 10 號線特點提出下列 6 項關鍵報告：

1. 無人駕駛系統的功能和技術要求
2. 無人駕駛系統整合報告
3. 無人駕駛系統介面管理
4. 無人駕駛系統整合測試的程序和允收標準
5. 整合測試程序和允收標準
6. 無人駕駛系統整安全的認證方法和程序

無人駕駛系統是在有人駕駛系統的基礎上發展而來的，相對於人工駕駛系統，它降低了因人的行為失誤而帶來的安全風險。另外無人駕駛系統比有人駕駛系統的冗餘度、可靠性更高。例如當與號誌系統相關的外部設備故障時，號誌系統在保證安全的情況下能夠實現基本運營，如某扇列車門或遮罩門故障情況下，號誌系統自動鎖定對應的遮罩門或車門、選擇性開關門。相對於人工駕駛系統，無人駕駛更能有效地控制安全風險。

(四) 上海地鐵 16 號線計畫概述

1. 路線長度：高架橋段 45 公里、地下段 14 公里
2. 車站數：地下車站 3 站、高架車站 10 站
3. 最大站間距離： 10 公里
4. 機場：南、北各 1 處
5. 建造成本：152 億元人民幣
6. 車輛系統：長度 140 公尺、最高時速 120km、1500V dc 第 3 供電。

SYSTRA 的服務包括可行性研究和專案技術服務(初步設計審查、高架運輸、U 型樑結構研究、第三軌、測量及車站建築設計)，本計畫之特性為使用標準跨距之預鑄 U 型結構樑系統，可大幅縮短工期。

(五) 上海地鐵 8 號線計畫概述

上海軌道交通八號線，編號 M8，又稱楊浦線。該線屬於南北走向，北起楊浦區中原小區市光路站，南至閔行區浦江鎮沈杜公路站，是直達 2010 年世界博覽會場址的軌道交通線路之一，由上海申通地鐵集團有限公司投資建設和營運，營運管理由上海地鐵第四營運有限公司負責。

1. 第一期工程：

由市光路站至耀華路站，共設有 21 個車站和 1 個車輛段，全長 23 公里，除車輛段出庫有一段地面線路外，全部為地下線路，造價 126.21 億元；效益為改善上海市 9 大中心城區的楊浦區往來市中心最後一個通軌道交通，促進了五角場城市副中心的發展。此外，並疏解了市中心四川路、南京路、淮海路、人民廣場等黃金商業地塊的交通壓力。

2. 第二期工程：

由耀華路站通往沈杜公路站設 9 個車站，造價 53.43 億元。8 號線二期的建成穿越世博會選址區域，配合了世博會動遷基地和一城九鎮之一的浦江鎮建設，南延伸到浦江鎮。自 2002 年起開工建設，為一次性建設時間最長的線路之一。

3. 第三期工程：

起於二期工程終點站沈杜公路站，線路全長約 6.689 公里，均為高架線，共設沈杜公路站、三魯公路站、閔瑞路站、浦航路站、東城一路站、匯臻路站 6 座車站，未來可向西延伸，並設置獨立停車場用地一處，位於浦星公路東、S32 公路北，現狀 8 號線浦江停車場北側，面積約 9.6 公頃。造價 22.41 億元，預定 2018 年年中完工通車營運。整條線位於閔行區浦江鎮腹地，建成後將積極促進浦江鎮大型居住區的建設，改善沿線魯匯和杜行社區居民的出行條件。

三期工程使用中國中車旗下南京浦鎮公司與龐巴迪的合資公司生產之 Bombardier INNOVIA APM 300 型全自動捷運系統，具有無人駕駛、編組更靈活、轉變半徑小、運行噪音低、車體自重輕、建設週期短等優勢。APM 系統的運行方式類似於公共汽車，由橡膠車輪支撐在軌道面上運行，通過車輛底部中央的導向系統能確保車輛沿著運行軌面中央的導向軌行駛。與國內文湖線相同，大陸廣州機場和首都機場同樣採用了 APM 系統。



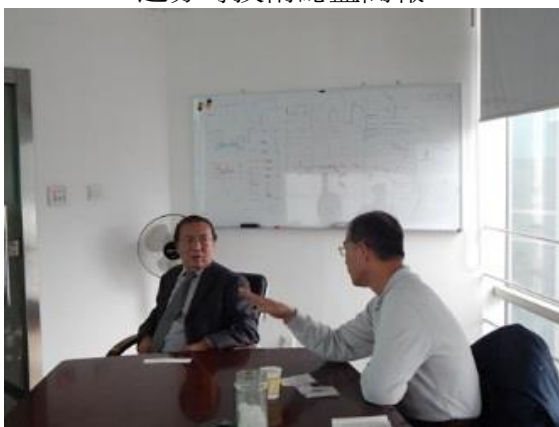
(六) 參訪相關紀錄照片



達芬奇技術總監簡報



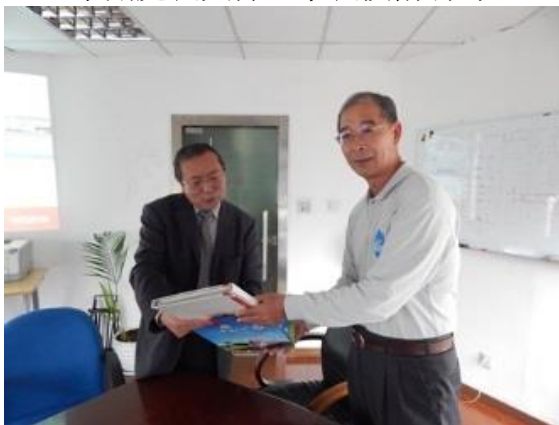
聆聽簡報



李副處長與孫董事長技術研討



技術研討



李副處長致贈紀念品



全體人員合影

二、中車南京浦鎮車輛有限公司

中國南車集團下屬的全資一級子公司，為鐵路客車製造、城市軌道交通車輛研發、鐵路軸承和配件生產的國家大型企業，也是中國雙層空調旅客列車的研製基地，國家城市軌道交通車輛和諧號 CHR(China Railway High-speed) 列車生產重點企業。



本次參訪由 SYSTRA 上海分公司徐藝經理陪同前往，中車南京浦鎮車輛有限公司(下稱浦鎮公司)TES 事業部龔副總經理興華親率設計開發部曾部長要爭等人接待，主要參訪內容包括公司簡介、電車線集電弓、轉向架及車廂生產線。

(一) 簡介

浦鎮公司始建廠於 1908 年，坐落於歷史文化名城南京，廠區緊鄰南京長江大橋，與南京主城區隔江相望；為中國境內最早開始地鐵車輛國產化生產之廠家，主要產品包括鐵路客車、內燃動車組、特種車、城際動車、地鐵、有軌電車、單軌、APM 及核心部件等。擁有南京龍虎巷、高新區、廣東江門、杭州蕭山、蘇州、常州和安徽合肥、蕪湖 7 個產業基地，分別設立子公司，總廠區面積超過 6000 畝。

截至 2016 年 9 月共取得 72 張共 7,973 輛生產訂單，目前已交付 5,020 輛，其中銷往海外為 1,272 輛，已交付 918 輛，包括格魯吉亞、幾內亞、馬來西亞、突尼斯、阿根廷、喀麥隆、土庫曼斯坦等國家動車組或鐵路客車訂單及香港、孟買、伊朗、衣索比亞等國家和地區軌道車輛訂單，市場遍及亞洲、南美、北美、北非、中東及前蘇聯國家。

核心技術包括高原列車製氧技術、高海拔列車電氣系統技術、低氣壓列車發電系統技術、超低溫制動系統技術及強風沙、強冰雪列車密封技術等，企業製造實力全面提升，已成為中國軌道交通裝備製造業的骨幹企業和現代城市軌道交通裝備的龍頭企業，正向國際一流企業邁進。

(二) 主要產品

主要產品包括和諧號城際高速列車、鐵路客車、內燃動車組、特種車、200km/h 軌道檢查車、地鐵、有軌電車、單軌、APM 及核心部件等如圖 3-3、3-4 所示。



圖 3-3 浦鎮公司鐵路列車產品系列



圖 3-4 浦鎮公司捷運列車產品系列

(三) 研發

浦鎮公司擁有成熟的研發製造平臺。先後研製了“兩動一拖”動車組、160km/h 內燃觀光動車組、200km/h 軌道檢測車、200km/h 城際動車組，以及具有國際一流水準的捷運車輛和現代有軌電車。同時，公司擁有完整的產業鏈，包括不銹鋼、鋁合金以及碳鋼結構的 A 型和 B 型地鐵列車，70%和 100% 的現代有軌電車、140km/h 至 200km/h 的和諧號 CRH6 型城際列車組，25 型鐵路客車以及各種類型轉向架、各種速度等級制動機。

上述 200km/h 軌道檢測車及 140km/h 至 200km/h 的和諧號 CRH6 型城際列車組，可加裝該公司參考歐洲 EN50317 標準-集電弓與接觸線的動態檢測標準及誤差，研發之電車線高速檢測儀器，檢測方式採非接觸攝影或升弓方式檢測，加裝於最高檢測速度 100km/h 電力維修車、及 15km/h 軌道梯車如圖 3-6，可作為電車線系統例行檢查及維修，加裝於最高檢測速度 200km/h 和諧號 CRH6 型城際列車組如圖 3-5，可於每日首班及末班列車施作預防性維護週期檢查，該資料可下載傳輸並提供檢修單位維護及檢查之依據。



圖 3-5 電車線檢測儀器安裝於和諧號 CRH 城際列車組上



圖 3-6 電車線檢測儀器安裝於電車線維修車及軌道梯車上

目前大多數電車線維護現況均採用人力目視步行巡視及檢測，檢測速度時間長且精確度較低，若加裝該公司研發之電車線高速檢測儀器，可改善勞動力不足現象、提高檢測精確度及效率、提升電車線系統可靠度等效益。檢測項目有：接觸線高度、偏位、磨耗、抬升量、接觸力大小、離線弧光檢測、硬點檢測及電桿里程位置等，檢測目的：可避免接觸線坡度變化太大造成離線風險、確保電車線之左右偏位仍在集電弓有效寬度內、避免電車線磨耗過度造成斷線事故、避免離線問題及確認檢測位置以利保養維護等。

(四) 生產製造能力

浦鎮公司南京廠區內具有四條鋁合金生產線、一條不銹鋼生產線、三條動調試驗線及低地板有軌電車生產線，各項車輛加工生產設備如圖 3-7 所示。其目前產製能力為 2400 輛包含：新造鐵路客車 1500 輛、和諧號城際動車 200 輛、有軌電車 800 輛及列車的大修和維護保養服務、其中列車電力牽引系統、電車線集電弓、制動系統、及轉向架均為該公司及其協力廠商自行研發及製造。銷售業績除國內各種鐵路車輛，外銷至印度孟買之鐵路列車即為

採用單向交流 25KV 交流-直流-交流之傳動技術列車組，是該公司第一個整車出口之城際軌道列車組。



圖 3-7 浦鎮公司車輛加工生產設備圖

(五) 參訪相關紀錄照片



冀副總經理介紹公司沿革



轉向架模型展示



轉向架工廠



技術研討



捷運列車組裝



全體人員合影

三、揚州東方吊架有限公司

本次參訪由揚州東方吊架有限公司帖 總經理 榮俊親率吳 副總經理兼總工程師 利群等人接待，並蒙帖 董事長 德順親贈其「瑞福堂詩詞集」著作，主要參訪內容包括公司簡介、生產線及測試設備。

(一) 簡介

東方吊架有限公司成立於 1987 年，位於江蘇省揚州廣陵產業園內，坐落於寧通（南京至南通）高速公路旁的廖家溝大橋西南首，是集研發、製造和銷售為一體的彈性裝置專業生產廠家，是大陸最早專業生產彈簧支吊架的企業。是江蘇省首批公佈（2000 年）的先進民營科技企業，同行中唯一的國家級高新技術企業，科技部認定的全國優秀民營科技企業，江蘇省彈性元件及裝置工程技術研究中心設於公司內。

(二) 主要產品

主要產品恆力彈簧/碟簧支吊架、可變彈簧/碟簧支吊架、彈簧減震器、組合式碟簧支吊架、電氣化鐵道接觸網恆張力碟簧補償器，傳動張緊裝置等。

(三) 研發

從 1990 年開始，企業堅持走獨立自主、自力更生、艱苦奮鬥的創業之路，經過二十多年的努力，開發了恆力彈簧補償器等數種系列原創產品，先後承擔國家級科研計畫 7 項、省級科研計畫 8 項，獲得省部級科技進步獎 3 項、國內外專利 38 項，主起草國家標準 1 項、行業標準 1 項，獲得軟體著作權 4 項。

(四) 生產製造能力

現有員工 200 餘人，分別由熱能工程、機械製造、焊接工藝、電氣自動化等專業技術人員組成，每年各類工程提供優質產品 30000 餘台/套，公司產品用於國民經濟眾多重要工程項目（電力、核電、石油、石化等）。

(五) 參訪相關紀錄照片



公司簡介及技術研討



型式測試裝置系統



自動平衡錘組止動裝置



吳總工程師解說新式滑車式平衡錘



帖 董事長贈書



全體人員合影

四、常州安凱特電纜有限公司

本次參訪由安凱特電纜有限公司董 副總裁 曄良親率沈 部長 斌等人接待，主要參訪內容包括公司簡介、生產線及生產品管設備。

(一) 簡介

nkt 電纜集團 (nkt cables Group GmbH) 是歐洲名列前茅的電纜集團之一，位於德國科隆，在全球 6 個國家有 16 個工廠，共計超過 3000 名員工，年銷售額在 20 億歐元以上。nkt 電纜集團技術力量雄厚，開發了世界上第一根無鉛電纜及超導電纜。該集團 1992 年開始進入中國市場，已形成了 nkt 電纜集團中國區 (nkt cables China) 的發展框架，目前在中國已擁有 4 家工廠，分別位於江蘇省常州市、南京市，以及河北省滄州市。

安凱特電纜是全球能源領域位居前列的供應商。致力於電力基礎設施、建築、鐵路和汽車領域設計、製造並銷售高品質電纜及解決方案。其願景是通過為客戶提供創新、高科技且可持續發展的解決方案來引領行業。

(二) 主要產品

生產 10-110kV 電纜及架空式電車線產品，如圖 3-7 及 3-8 所示。

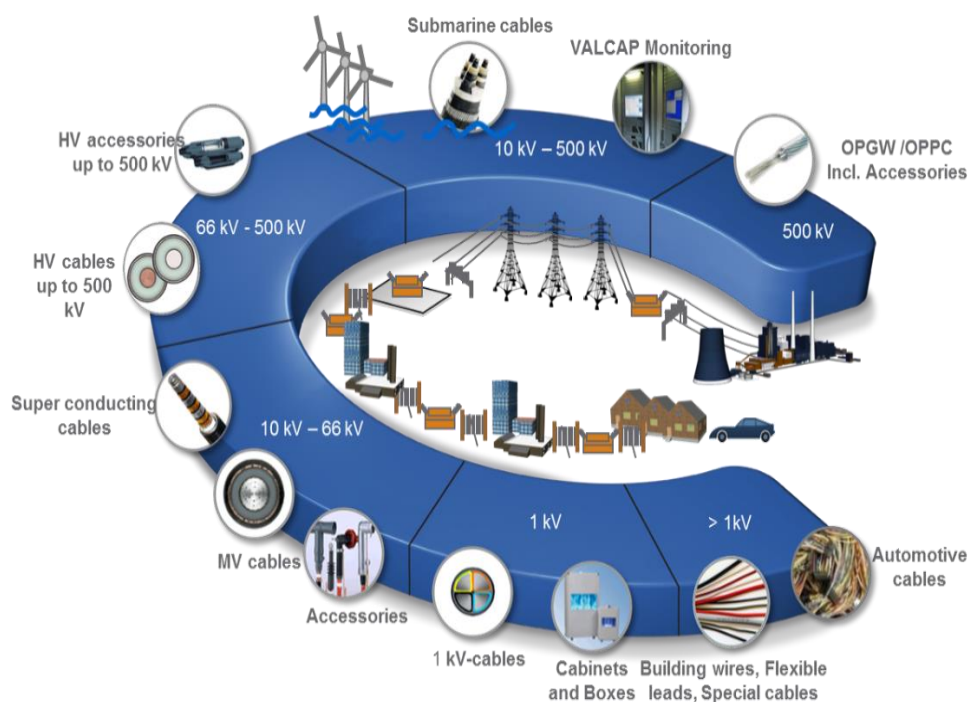


圖 3-7 電纜產品

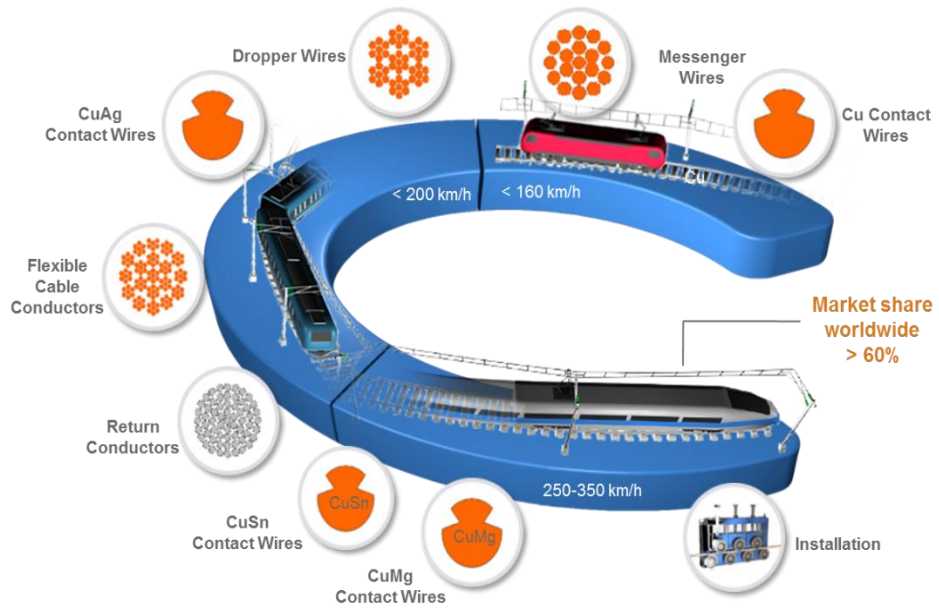


圖 3-8 架空式電車線產品

(三) 研發

安凱特電纜公司可因應系統列車速度及客戶需求，以銅、銀、鎂及錫等不同金屬製成高強度銅銀合金(CTAH)、高強度銅錫合金(CTS)、高強度銅鎂合金(CTM)、高強度高導電銅鎂合金(CTMH)之不同強度及線徑之接觸線，不同之合金銅之電阻率抗拉強度及最小拉斷力及可使用於列車之最大速度不同材質而有差異，詳如接觸現線材概述表，一般車速 160km/h 以下之系統會採純銅製接觸線，車速 250km/h 以上者則採強度較高之銅銀合金、銅錫合金及銅鎂合金，其中高強度高導電銅鎂合金更可使用於車速 400km/h 以上之路線。

接觸線材料概覽
Contact wire for every speed and application

材料 material	最大速度 max. speed	電阻率 (20°C) DC resistivity	抗拉強度 Tensile strength	最小拉斷力 Min breaking load
	km/h	$\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$	N/mm^2	kN
CTAH	250	0.01777	360	54.36
CTS	300	0.02155	420	63.42
CTM	300	0.02240	420	63.42
CTMH	400	0.02778	500	75.5

以上數據基於技術T17/8X-2005及OCS-3技術條件中關於線徑130 mm²接觸線的部分
Values are based on a cross section of 130 mm² according to T17/2004-2005 and standard OCS-3

表 3-1 接觸線材料概覽表

製造銅材以無氧銅方式製造增加相關導線的使用品質；無氧銅以浸漬連續製造方式，以電解銅板一貫製成，由於全部在密閉還原性氣體無氧、無氫環境下進行浸漬(DIPING)成形及熱軋延。因此製造出的銅條銅線具有以下特性，適合高導電率電力電纜、通信電纜等。

1. 含氧量在 15PPM 以下純銅導電率平均可達 102%，比其他法製造之銅線高。
2. 組織網密比其他銅線柔韌、耐扭轉，且抽拉性優良。
3. 無雜物毛邊、銅刺，抽拉成極細線不易斷線。
4. 表面平滑光亮、銅線不易變色、鍍錫等附屬性良好。
5. 含氧低、無氫脆性缺點。

電氣化路線為了避免由於接觸不良而產生的火花接觸線水平方向上的誤差應該控制在很小的範圍內。該公司與 Siemens 公司共同研發之接觸線校直器如圖 3-9，可適用於各種類型之接觸線，施工放線時得到的接觸線平直度幾乎與線盤張力及恒張力放線車的速度無關，安裝速度可以提高，可避免損害接觸線表面、線材的拉伸及上下層相互擠壓、安裝後昂貴及複雜的校直過程，故精準的安裝可以取得事半功倍的效果。

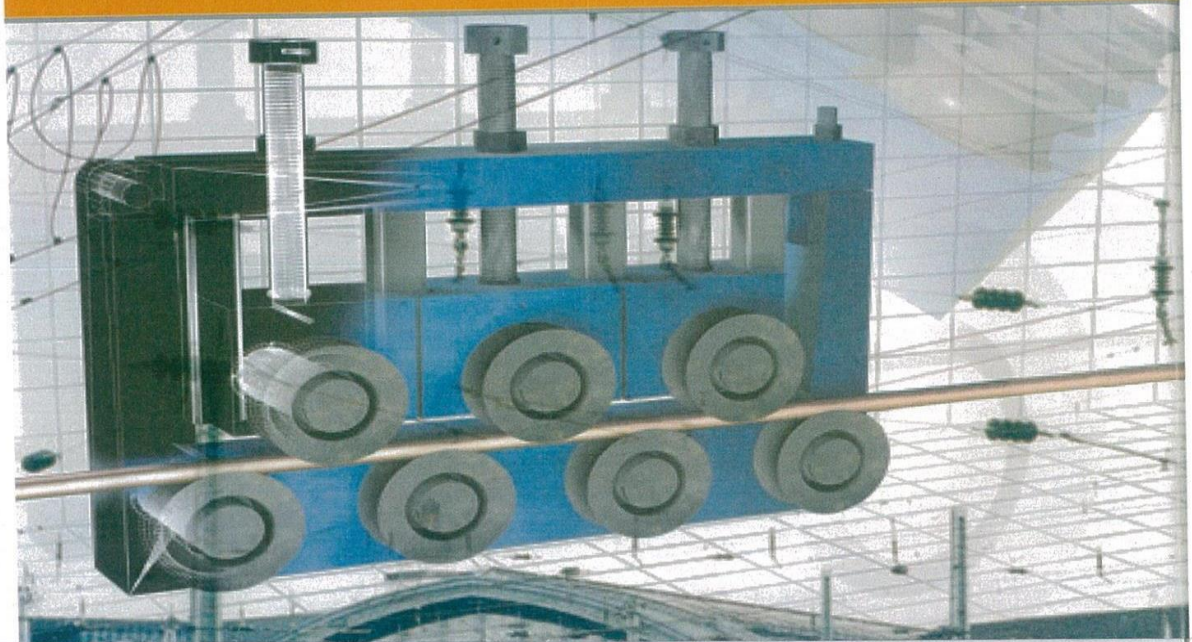


圖 3-9 接觸線校直器

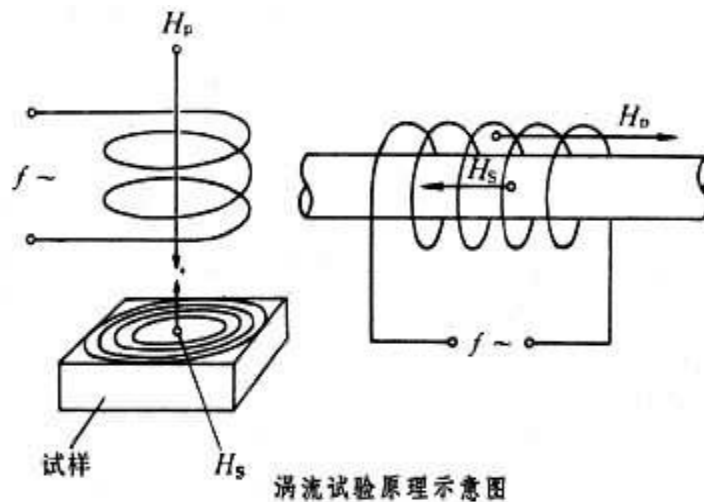
(四) 生產製造能力

參訪常州安凱特電纜有限公司當日，由該公司質量部主管沈斌導引介紹接觸線生產設備及流程，從銅原料進入高溫鍋爐煉製成銅質液態材料，經由模具壓製及冷卻塑形後成需求銅質線材，過程中並執行渦電流檢測後再捲繞入線軸，所有製程於單一廠區內完成，全數自動化生產。

渦電流檢測 ET(Eddy current testing)說明：通過測量導電物體在交變磁場中的感應渦流的變化，來對物件進行探傷或物理特性判定的一種無損檢測方法。

渦流檢測原理：將通有交流電的線圈置於待測的金屬板上或套在待測的金屬管外（如下示意圖）。這時線圈內及其附近將產生交變磁場，使試件中產生呈旋渦狀的感應交變電流，稱為渦流。渦流的分佈和大小，除與線圈的形狀和尺寸、交流電流的大小和頻率等有關外，還取決於試件的電導率、磁導率、形狀和尺寸、與線圈的距離以及表面有無裂紋缺陷等。因而，在保持其他因素相對不變的條件下，用一探測線圈測量渦流所引起的磁場變化，可推知試件中渦流的大小和相位變化，進而獲得有關電導率、缺陷、材質狀況和其他物理量(如形狀、尺寸等)的變化或缺陷存在等信息。

渦電流檢測主要應用功能：(1) 探傷：檢測金屬表面或次表面之瑕疵、(2) 檢測物性、(3) 量測金屬物理性質(如導電率)；其優點：可測出很小尺寸與瑕疵、線圈探頭可不需接觸被測物、適用於高溫、高壓、輻射區、形狀不規則之被測物。



安凱特電纜公司現有生產設備如圖 3-10 所示，接觸線生產流程如圖 3-11 所示，主吊線生產流程如圖 3-12 所示。

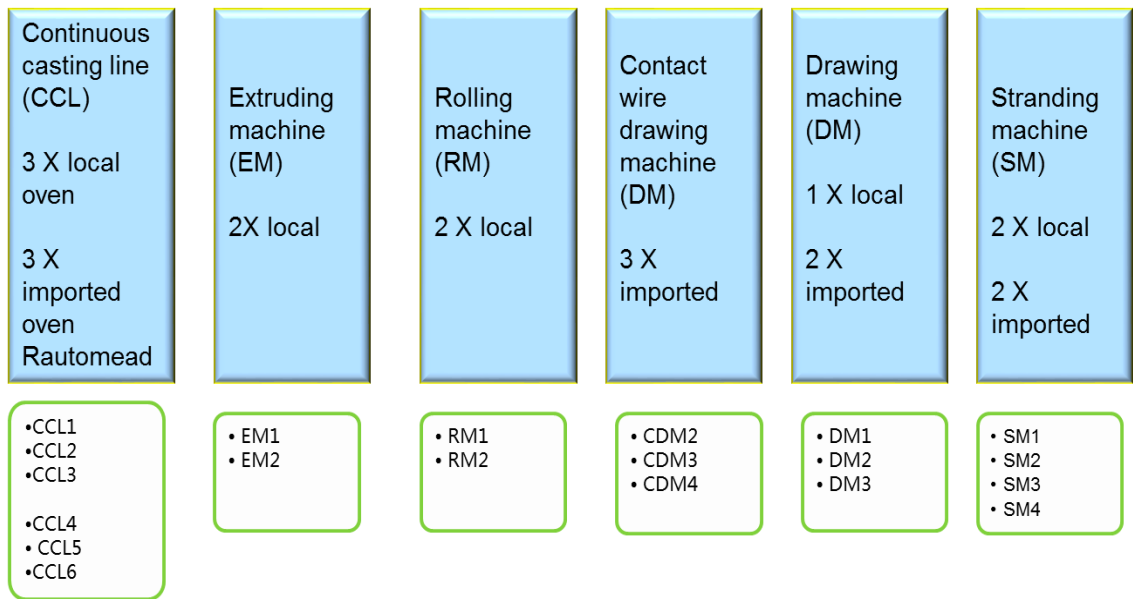


圖 3-10 生產設備彙整圖

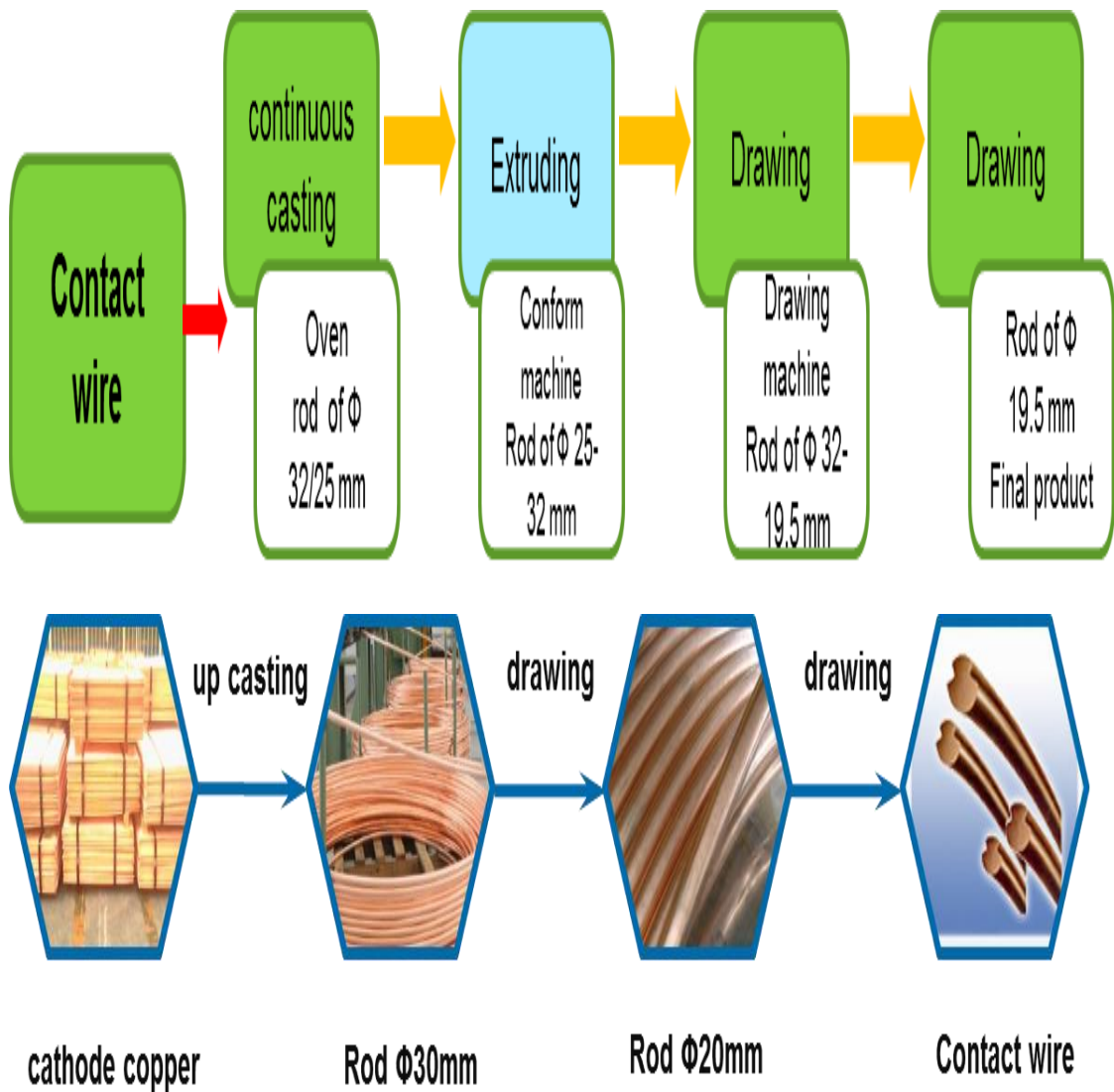


圖 3-11 接觸線生產流程

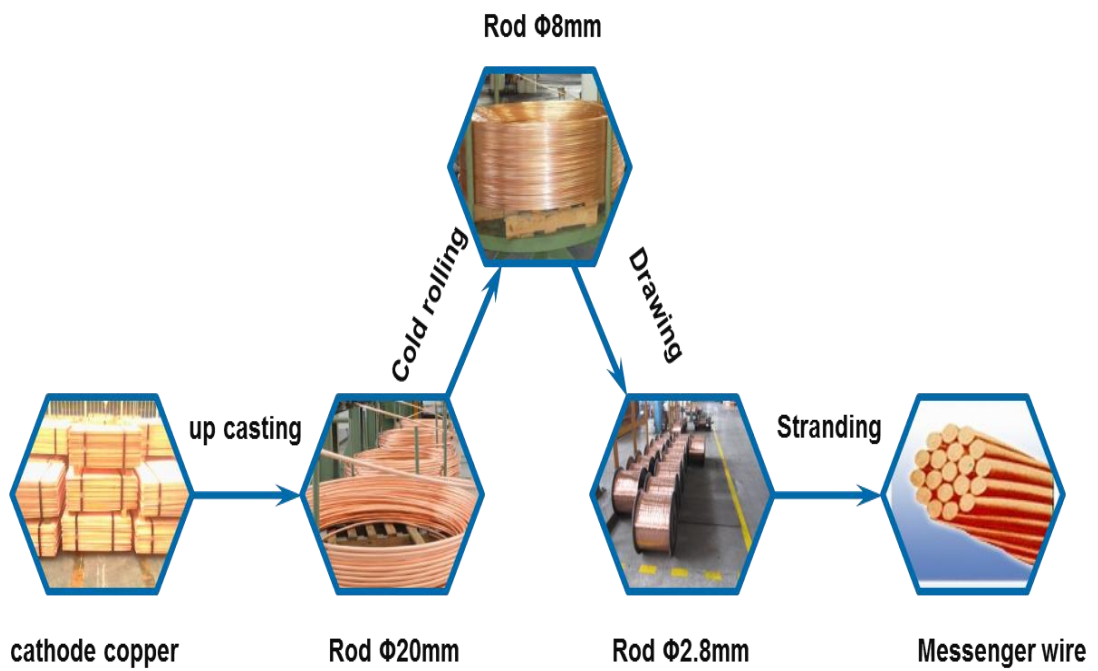
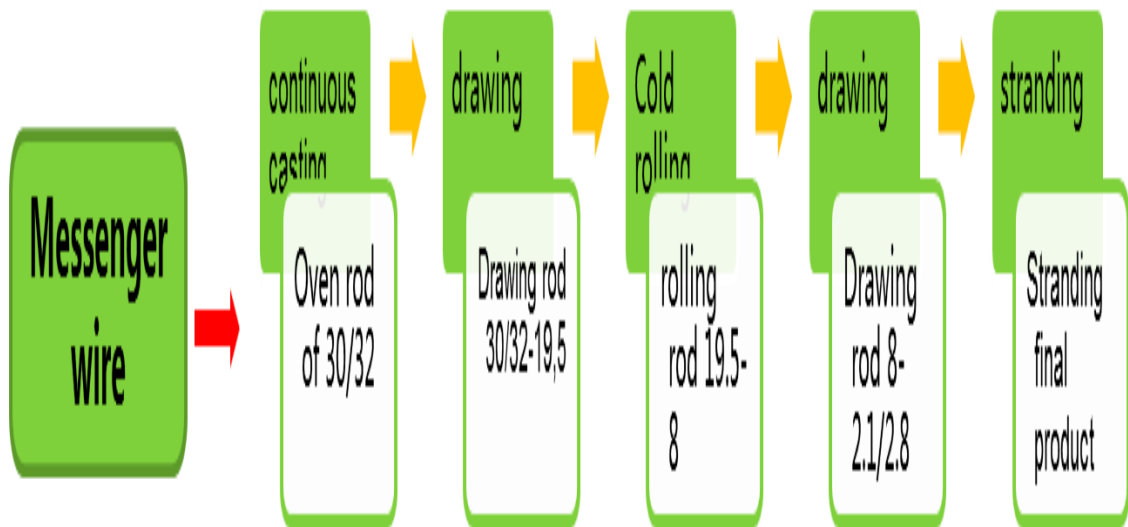


圖 3-12 主吊線生產流程

(五) 製造品管能力

安凱特電纜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含氧量測試儀、3D 座標測量儀、晶相顯微鏡、光譜儀、渦流檢測儀、接觸線彎曲試驗機、垂直及水平張力測試機及扭轉機等如圖 3-13 所示。



圖 3-13 實驗室設備彙整圖

(六) 參訪相關紀錄照片



公司簡介及技術研討



生產線參訪



接觸線生產線渦流檢測說明



接觸線實驗室渦流檢測



自動平衡錘組止動裝置



3D 座標測量儀



扭轉機



參訪人員合影

肆、心得

本次大陸參訪行程由於現階段兩岸交流活動氛圍較為不佳，接洽之大陸官方機構均無接受參訪之意願，而後透過 SYSTRA 上海分公司安排參訪上海地鐵建設規劃、中車南京浦鎮車輛有限公司、揚州東方吊架有限公司及常州安凱特電纜有限公司等單位，並就相關技術交流研討，以下為參訪心得：

一、鐵路建設延伸規劃

上海地鐵共規劃有 16 條路線，與台北一樣分期陸續建設完成，甚或同一條路線採用不同之車輛系統，必須經轉乘站轉換使能到達目的地，與台北興建內湖線時必須將木柵線原有之馬特拉列車全部改裝不同，上海地鐵 8 號線第 3 期及地鐵 2 號線即屬如此規劃，電力供應系統相同，但兩線使用不同之車輛系統，如此方式可為國內未來建設之參考。

二、電車線檢測儀器

中車南京浦鎮車輛有限公司已有超過百年歷史，透過採購契約要求外國廠商技術合作，為中國境內最早開始自行研發及製造列車電力牽引系統、電車線集電弓及轉向架之鐵路車輛國產化生產廠家，國內臺鐵、高鐵及捷運營運迄今已多年，至今尚無全車自行研發設計之鐵路車輛製造廠商，台灣市場規模過小，且民主化後無法由政府扶持特定廠商(違反政府採購法)為其主要因素。

臺鐵局自 68 年 6 月完成西部幹線鐵路電氣化，103 年 6 月花蓮至臺東及 104 年 8 月屏東至潮州亦陸續完成電氣化通車，目前僅剩南迴線潮州至知本段未電氣化，故電氣化鐵路電車線線之可靠度及穩定度不言可喻，惟目前臺鐵局多數電車線日常維護現況，均由各轄區電力段之維修人員，定期或不定期採用電力維修車目視巡視及檢查，檢測速度時間長且精確度較低，若能將電車線檢測儀器加裝於電力維修車或軌道輪梯車，作為電車線定期檢查及維護，可加快檢測速度及精確度，加裝於每日首班及末班載客營運客車組，行車結束後將資料下載傳送給轄管電力維修單位，可作為預防性維護週期檢查，如此可改善現有臺鐵局維修人力不足現象、亦可提高檢測精確度及效率、並提升臺鐵局電氣化營運路線之電車線系統可靠度及穩定度。

三、 恆張力彈簧補償裝置

臺鐵局之電車線架設方式係以容許行車速度 130Km/h 之標準設置，一般線路採用接觸線具弛度單純懸垂式，而配置標準為可動托臂或懸臂鋼件支撐；另地下化隧道範圍內則採用雙接觸線單純懸垂式，而北迴線較長單軌隧道內則用軌道軌接觸線式。為使不受溫度變化之影響經保持電車線於一定高度，採用自動張力調整裝置安裝於每一分段（Tension Length）前後兩端之重疊區間，利用平衡錘方式自動調整 1,600 公尺之張力。但在站內如分段之長度不及 800 公尺，則簡化為一端固定，一端自動調整方式。

臺鐵局目前使用之自動張力平衡錘，安裝於張力長度之末端，以自動調整電車線因溫度變化而引起電車線的熱漲冷縮，其張力強度為主吊線及接觸線各 1000Kg，共計 2000Kg，經由滑輪組比例安裝重錘重量。前述自動平衡錘組未具有止動裝置，遇電車線斷線時，常會擴大設備損害程度，增加搶修復舊時間。

揚州東方吊架公司開發之恆張力彈簧補償器，具有體積小、外觀美、高補償精度、易於安裝和調試、免維護等多項優點，最重要的是在結構上增加斷線制動功能，當線路斷線後，彈簧補償器在重力作用下實現瞬間制動，減少了維修的工作量，縮短了搶修的時間，確保鐵路安全和列車的有序運行，也因為無平衡重錘吊掛於電桿上，若發生斷線事故時亦無重錘墜落情形，不會造成臨近設備損壞及危害工作人員安全。

為提升電車線系統維修度，可靠度，安全度，及未來考量列車須提速，因接觸線及主吊線線徑差異較大，且主吊線與接觸線具不同材質及不同膨脹係數，單一自動張力裝置亦不適用使用在兩種導線，故未來設計發展可朝向主吊線和接觸線自動張力裝置分別獨立安裝，遇有斷線事故時可減少事故意外範圍及搶修時間短等優點。

本次考察之揚州東方吊架公司 2007 年 9 月年為給北京奧運增添光彩，上書中國總理溫家寶，建請同意由該公司無償提供主吊線和接觸線自動張力裝置分別設置之恆張力彈簧補償裝置，全面更換北京西站和北京站現有之水泥懸吊式接觸線補償裝置(如右圖)；



為此鐵道部於 11 月召開技術審查會議同意該產品可推廣使用，並於同年 12 月 31 日起開始於現場全面安裝。在此我們可看到企業的企圖心、魄力，與中國政府勇於採用自主創新產品及扶持國內產業之作為，足為國內效法。

四、 合金銅材料之使用

架空電車線是供電給電力機車集電弓的導線，架空電車線所使用的材料，主要具備功能如下：

- (一)、機械強度要強：因架線受支持點、接續線部分及高速運轉的離線弧光，以及張力的維持，因此機械強度強為最重要的。
- (二)、耐腐蝕性：因某些電車線要受到海岸地區鹽化及一般酸雨、化學工場緊鄰或環境之汙染，因此要有耐腐蝕性。
- (三)、耐磨耗性：一般導線會有架線支持物體，因機械振動或偏移；以及導線表面膜層損傷或受異種金屬之接觸腐蝕，恐造成壽命縮短，故材質使用上須注意金屬抗疲勞性及耐摩耗，且為避免摩耗，張力及弛度要調整適切，如此可增加導線生命週期。
- (四)、良導電性：因負載電流如不足，造成供電困難或發熱，甚至造成斷線。
- (五)、適當的膨脹係數：固定張力場所為維持線於一定的水平，以利高速行駛車輛運轉，維持供電，因此，熱膨脹係數不宜過大。

故導線除了要有高導電率、高耐磨耗性、高耐腐蝕性及抗拉強度要強，如此方能保證導線在重載下能正常供應電流、減少維修、延長使用期限，目前臺鐵局規範規定使用硬抽銅線，由於純銅導電率高，硬抽銅由單一元素銅製作的銅線，其耐磨性、耐熱性及抗拉強度性能均不高，純銅架空線，生命週期短，影響到電化鐵路的有效運行，可針對上述功能選擇適當的線材，架空電車線常用線材如下所列：

- (一) 銅-鎘合金 (Cu-Cd)：具有良好的抗蝕性與耐磨性佳，且導電率下降不多，為 97 IACS%，惟因鎘材料會產生環境污染，世界各國多已不再使用。
- (二) 銅-銀合金 (Cu-Ag)：具有最高導電率、抗蝕性與耐熱性、抗磨與抗疲勞性質，且抗氧化性佳，惟價格較高，使用速度可達 120 至 250 公里/小時，導電率 101 IACS%。
- (三) 銅-錫合金 (Cu-SN)：高耐熱性、耐磨性及抗拉强度高（抗拉強度以

107mm² 約為 4100kgf) 、抗蝕性亦強，導電率為 70 至 80 IACS%，行車速度可達 350 公里/小時。

(四) 銅-鎂合金 (Cu-Mg)：以 95mm² 主吊線之截面積，抗拉強度為 54.8KN，抗腐蝕(酸)性佳，導電率較低 (約 62 IACS%)、延展性較高、鎂銅線依鎂百分比成分之高低，其抗拉強度及行車速度亦有高低，如 Cu-Mg0.6% (歐規型式為 BZIII型) 行車速度可達 400 公里/小時。

(五) 硬抽銅 (E-Cu)：不具抗腐蝕、耐磨性低、導電率 97.5 IACS%以上，抗拉強度主吊線為 3108kgf，接觸線為 3906kgf，使用速度多在 120 至 160 公里/小時。

五、 接觸線渦流檢測

接觸線為電車線主要設備之一，其功用為與機車或電聯車集電弓相接觸，引入電力供動力使用，若接觸線有隱藏之瑕疵，將造成斷線影響正常之營運路線，故接觸線品質及穩定度直接影響電氣化營運路線之安全與穩定。

電車線採購規範若修訂接觸線生產過程中將渦電流檢測設備直接安裝於生產線上，作成記錄與其他測試記錄合併成出廠檢測報告，即可不需於材料進場時，因工地現場無法檢驗須再委託測試，可簡化程序。

另於電車線規範中增列以無氧銅方式製造導線，以增加相關導線的使用品質，無氧銅標準依據 JIS H3510-1981，銅含量 99.96%以上含氧量在 0.003%(30PPM)以內的純銅稱無氧銅，國內已有多家電纜廠均可達此標準。

六、 鐵道工業及技術之研發進步經驗

大陸近年進行大量鐵路建設案，累積豐富鐵路施工經驗及產業製造技術，經由此次之考察參訪得知，大陸初期之鐵路建設、軌道車輛之製作安裝及電氣化設備、纜線製造研發，首先均與歐美外國廠商合作，引進外國之人力技術，而後再依賴其大陸龐大之鐵路建設商機，要求技術合作及移轉，而後逐步培養自己國內之製造工廠及技術人力，進而創新研究發展出本國特有之鐵道工業及技術，近幾年甚至已能將鐵路建設之施工能力及軌道車輛製造外銷，故大陸地區鐵路建設、軌道車輛製造、設備研發製造、電車線系統工程之規畫、設計、及施工相關技術，實在值得我國發展鐵路工程規畫、建設及材料生產之借鏡。

伍、 建議事項

- 一、**修訂電車線系統接觸線規範**：接觸線規範增列使用無氧銅及渦電流檢測列為出廠例行檢測項目，機關可於廠商生產階段進行中間檢查，確保品質無虞，如此將可減少現場檢測作業程序，並增加相關接觸線的使用品質。
- 二、**鐵路工程推動系統機電統包工程**：臺鐵電氣化建設始於 60 年 10 月行政院核定列入國家十大建設，68 年 6 月完成西部幹線鐵路電氣化，提供民眾西部城際間快捷交通。87 年 3 月完成高雄至屏東電氣化通車，89 年 5 月八堵至羅東電氣化通車，92 年 7 月羅東至花蓮電氣化通車，103 年 6 月花蓮至臺東及 104 年 8 月屏東至潮州亦陸續完成電氣化通車。臺灣鐵路電氣化建設使用至今已數十年，期間電車線、號誌及電信系統機電工程均各自設計發包施工，國內廠商均無大型及綜合系統機電工程實績，無法承攬大型系統機電工程，應學習大陸鐵路建設方式，儘速於國內鐵路工程推動系統機電統包工程，累積經驗、創新學習，培植本國之鐵路工程建設及施工實力。
- 三、**中央主管機關制定鐵路建設之設備及材料規範**：大陸近年進行大量鐵路建設案，累積豐富鐵路施工經驗及產業製造技術，更由中央權責主管機關制定鐵路建設之相關設備及材料規範，統一全國標準並提供全國鐵路建設施工之依據及標準。臺灣鐵路電車線系統於 60 年代新建鐵路電氣化工程，使用至今已有相當長之時間，期間因科技及材料之進步，不斷有新型設備及材料加入，而相關規範至今尚未整合更新，更無中央權責主管機關制定之鐵路建設相關設備及材料規範。為符時代需求，本次南迴計畫系統機電已預訂採統包方式發包，希藉此計畫評選優良電車線系統廠商，由廠商細部設計打造全新符合臺灣鐵路之系統，並制定相關規範，以提供中央主管機關制定鐵路建設相關設備及材料規範。

陸、 參考文獻

1. SYSTRA 上海分公司簡報資料
2. 中車南京浦鎮車輛公司簡報資料
3. 東方吊架有限公司簡報資料
4. 北京南站彈簧補償裝置使用現場調研報告
5. 電氣化鐵路接觸網零部件第 14 部分：彈簧補償裝置（T2075.14）
6. 安凱特電纜公司簡報資料及公司產品型錄及說明
7. 大陸國家標準 TB 3111-2005 電氣化鐵道用銅及銅合金絞線
8. 大陸國家標準 TB 2809-2005 電氣化鐵道用銅及銅合金接觸線
9. EN 50149：2012
10. EN 50317：2002
11. JIS H 3510-1981