

## 出國報告（出國類別：考察）

# 赴日考察鐵路號誌可靠度及相關技術

服務機關：交通部台灣鐵路管理局

姓名職稱：電務處號誌科科长 胡樹成

行車保安委員會幫工程司 陳明銓

電務處電訊中心副主任 呂理台

電務處台北電務段副段長 傅義鴻

派赴國家：日本

出國期間：97年12月15日至97年12月19日

報告日期：98年3月15日

## 出國報告審核表

出國報告名稱：日本考察鐵路號誌可靠度及相關技術		
出國人姓名（以1人為代表）	職稱	服務單位
胡樹成	科長	台灣鐵路管理局
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：97年12月15日至97年12月19日		報告繳交日期：98年3月18日
計 畫 主 辦 機 關 審 核 意 見	<input checked="" type="checkbox"/> 1.依限繳交出國報告 <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"/> 3.無抄襲相關出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 4.內容充實完備 <input checked="" type="checkbox"/> 5.建議具參考價值 <input checked="" type="checkbox"/> 6.送本機關參考或研辦 <input checked="" type="checkbox"/> 7.送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 8.退回補正，原因： <input type="checkbox"/> 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> 內容空洞簡略或未涵蓋規定要項 <input type="checkbox"/> 抄襲相關出國報告之全部或部分內容 <input type="checkbox"/> 電子檔案未依格式辦理 <input type="checkbox"/> 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <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 checked="" type="checkbox"/> 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"/> 於本機關業務會報提出報告 <input type="checkbox"/> 其他 _____ <input type="checkbox"/> 10.其他處理意見及方式：	
審 核 人	一級單位主管	機關首長或其授權人員
	 黃運傑 0316 1900	

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「政府出版資料回應網公務出國報告專區」為原則。

# 行政院及所屬各機關出國報告提要

系統識別號：C09703312

頁數：52 含附件：否

**報告名稱：**日本考察鐵路號誌可靠度及相關技術

**主辦機關：**交通部台灣鐵路管理局

**聯絡人／電話：**傅義鴻/02-23815226分機2463

<b>出國人員：</b> 胡樹成	交通部台灣鐵路管理局電務處號誌科	科長
陳明銓	交通部台灣鐵路管理局行車保安委員會	幫工程司
呂理台	交通部台灣鐵路管理局電訊中心	副主任
傅義鴻	交通部台灣鐵路管理局台北電務段	副段長

**出國類別：**考察

**出國地區：**日本

**出國期間：**民國97年12月15日至97年12月19日

**報告日期：**民國98年3月15日

**分類號/目：**H4/鐵路

**關鍵詞：**鐵路號誌(Railway Signal)、可靠度(Reliability)、穩定性(Stability)

預防性維修(Preventive Maintenance)、狀態監測(Status Supervision)

**內容摘要：**

架構簡單、減少道旁設備與維護成本及可擴充性都是未來軌道號誌設置的基本原則；若進一步結合移動閉塞觀念，則列車間距更靈活，行車效率與可靠度自然有所提升。

JR東日本綜合研修中心的號誌模擬與軌道實習，搭配有計畫的訓練程序，效果卓著。鐵道事故展覽館以照片、實物展示及多媒體影音重現方式，震撼性地描述事故發生經過，也不諱言將設施或人為錯誤明確指出，並針對發生癥結及採取的因應

對策也一一呈現，不斷警惕每一位鐵路從業員工，記起教訓、提升危機意識，正是展覽館設置的深層意義。

台鐵的直流軌道電路構造雖較簡單，但鋼軌磁化吸引鐵屑造成的短路故障，甚難防制，穩定性不佳與絕緣接頭維修工作量大，各國已很少採用。日本的交流軌道電路穩定性皆較佳，且較具前瞻性與未來性。轉轍器與軌道電路一樣是露天運作，同樣受天候環境、列車密度及軌道活動影響，「該落鎖未落鎖」之「不落鎖」故障是轉轍器最常見的故障，在日本有比較先進的作法，值得進一步了解與參考。

日本JR擁有先進的鐵路技術，憑藉製造國之成本優勢，對於號誌設備汰換更新是一大利基，絕對有助於故障率的降低。此外，其維修制度與管理也是此行特別關注的焦點。而日本JR之所以能將故障有效降低，相信一定有掌握到維修關鍵因素，那就是台鐵必須進一步強化的計劃性、預防性與狀態性維修。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網

# 目 次

壹、出國考察之依據及目的	1
貳、成員及行程	2
參、日本鐵路號誌設施考察	3
一、前言	3
二、參訪紀要	4
(一) 百合海鷗線	4
(二) 日本信號宇都宮事業所	6
(三) JR東日本綜合研修中心	8
(四) JR東鐵事故歷史展覽館	12
(五) JR東日本在來線	16
(六) 日本信號久喜事業所	22
(七) 日本鐵道博物館	27
三、台鐵與JR鐵路號誌比較	29
(一) 號誌發展概況	29
(二) 號誌設施差異	31
(三) 軌道電路差異	32
(四) 電動轉轍器差異	36
(五) 故障分析與對策	38
四、台鐵與JR號誌維修比較	46
(一) 維修組織與人力	46
(二) 維修狀況評估	46

(三) 維修狀態監測技術	47
肆、考察心得與建議事項	49
一、考察心得	49
二、建議事項	51
伍、參考資料	52

# 壹、出國考察之依據及目的

## 一、 依據:

依據台灣鐵路管理局97年11月10日G20970026906號局簽暨97年11月24日鐵人二字第0970027871號函同意「赴日考察鐵路號誌設備可靠度及相關技術」。

## 二、 考察之目的

近年來台鐵因應運轉容量及列車速度提高與環境多元化的行車需求下，陸續引進電腦CTC、電子聯鎖、ATP及計軸器等多項先進的號誌設施，使得整體行車安全係數得以大幅提升，惟不同於安全性，系統運作的穩定性及可靠度雖已有進步，但從旅客對「列車準點」要求與外在環境競爭的嚴苛挑戰來看，所進步的幅度似乎尚未能符合期待。而台鐵面臨此一號誌維修內容趨於多樣化及維修人力技術青黃不接之際，我們的維修方法與制度或思維與態度應如何適時適度的調整，才能更貼近於顧客的需求。此行考察目的，就是要多看、多聞、多問，「擷他人之長、補己之短」，找出可以使台鐵更精進的對策。

目前台鐵的號誌設備計有瑞典ABB、美國GRS、日本信號與京三信號、瑞典龐巴迪及德國阿爾卡特等大廠，該等在軌道號誌的發展歷程與技術研發皆具有相當的貢獻與影響，對於軌道號誌之安全防護及維運管理亦各自有合乎其本國環境之作法，並已累積了相當豐碩之經驗與成果，值得我們師法。由於臺鐵源於日本，舉凡軌道佈置、設施標準、行車觀念及規章等皆較相近，所以本次考察就近選擇與台鐵較為相近的日鐵。此行考察的目標設定在號誌維修管理層面，只要對號誌可靠度會產生影響的細微因素或有所助益的枝節作法都是考察的重點。而本次考察訂定有下列研習與參訪方向：

- (一) 號誌設備發展現況差異比較與未來的發展趨勢。
- (二) 目前基礎號誌設備的差異比較與故障的關聯性。
- (三) 提升號誌系統可靠度與降低故障率的相關作法。
- (四) 縮短號誌障礙查修時間與輔助查修之相關技術。
- (五) 屆齡設備的汰換時機及如何掌握最佳的更新點。
- (六) 落實號誌設備維修的標準作業程序與相關技術。

## 貳、成員及行程

### 一、 考察團成員：

胡樹成 交通部台灣鐵路管理局電務處號誌科 科長  
陳明銓 交通部台灣鐵路管理局行車保安委員會 幫工程司  
呂理台 交通部台灣鐵路管理局電務處電訊中心 副主任  
傅義鴻 交通部台灣鐵路管理局電務處台北電務段 副段長

### 二、 行程表：

出國行程說明	日期	地點	行程概述
	12/15	台北-東京	去程/拜訪日本信號株式會社、討論考察行程細節。
	12/16	東京~宇督宮~東京	參訪百合海鷗線/搭乘 JR 新幹線/參訪日本信號宇督宮事業所/先進行車設備 ATP、ATC、ATO、CBTC
	12/17	東京~新白河~東京	參訪 JR 東日本鐵道綜合研修所/號誌人員訓練程序/參訪鐵道事故歷史展覽館
	12/18	東京~久喜~東京	搭乘 JR 在來線/參訪日本信號久喜事業所/號誌維修研討會/參觀鐵道博物館
	12/19	東京~台北	回程

## 參、日本鐵路號誌設施考察

### 一、前言

台灣鐵路創建已逾百餘年歷史，長久以來一直都是島內西部幹線運輸的主要動脈，曾經扮演促進南北交通與經濟發展的「推手」角色，並已逐漸延伸觸角至台灣東部地區，儼然是促進東西文化交流與觀光產業升級的主要聯繫管道，其重要性無庸置疑。

然而回溯1978年高速公路通車，台鐵首度遭受外在衝擊，接著自用車普及與航空業興起，以至29年後台灣高鐵於2007年營運，使台鐵遭受到空前的衝擊。雖然時至今日，台鐵仍為大眾日常生活上不可或缺的交通工具，但是此時此刻必須深切體認到台鐵運輸已不再處於交通市場獨占的地位，也不再是民眾唯一的選擇。所以，台鐵的未來必須謀求經營體質的改善、轉型再生，以提高經營效能及競爭力，才能在激烈的競爭市場中取得永續經營發展的一席之地。

反觀日本交通運輸，無論是都會運輸，或是城際間運輸，雖與台灣一樣，鐵路都是擔任著最重要的角色；但論及運輸能力、服務評價與準點率，日本人引以自豪，稱得上是世界上之最，台灣自是相形見絀。不可比擬的是，日本是一個鐵道工業高度發展的國家，由於政府大力支持、民間企業樂於投入與學界積極參與研究等，形成一個名利相互依存的共榮圈，使得鐵路軟硬體技術屢有突破，帶來的便利性吸引了民眾搭乘的意願，也在此一良性循環的互動環境下，日本鐵路一再創造新的佳績與新局。

針對設備供需與技術能力的觀點，日本鐵路無論軌道、供電、車輛、通訊與號誌等設備的零組件全部由國內供給自足，可說得天獨厚，材料與技術來源不虞匱乏，價格相對便宜，且介面整合較為容易，面臨設備汰換更新與整修再利用間之抉擇時，便可以因而有更具彈性與靈活的選擇空間。

拋開台鐵不如日鐵的利基，從務實的觀點看，日本之所以能在綿密交錯如蜘蛛網般的鐵路網路裡，運作得井然有序，應非僅因其是鐵道工業國而已，相信其對於鐵路之經營管理能力，應有值得我等效法與學習之處，特別是高可靠度、低故障的號誌維運績效是此次考察的重點。

## 二、 參訪紀要

此次考察，感謝日本信號株式會社的行程安排及富井望先生的陪同，參訪了先進的都會捷運線、JR在來線、日本號誌保安設備製造廠、鐵路研修中心及鐵道博物館等地，以下就參訪內容值得關注及與行車號誌有關部分略述如下：

### (一) 百合海鷗線參訪

12月16日在日本信號株式會社品質保證部武田部長的技術團隊引導解說下參訪百合海鷗線(Yurikamome Line)，該線臨東京灣興建，專屬高架路權，由新橋~豐洲全長約14.7公里，沿線設有16個車站，啓用於1995年，具有下列特點：

#### 1. 全自動行車控制：

百合海鷗線其先進的行車控制系統架構(如附圖1)，為一全自動化運轉的中運量膠輪輕軌捷運系統，與台灣的木柵捷運線相似。列車位置由地上感應線圈偵測出，並同車速信號透過光纖網路傳送回行控中心，經聯鎖邏輯處理，行車指令透過車上ATC(Automatic Train Control)及ATO(Automatic Train Operation)裝置，提供控制列車之行車間隔及允許速度。

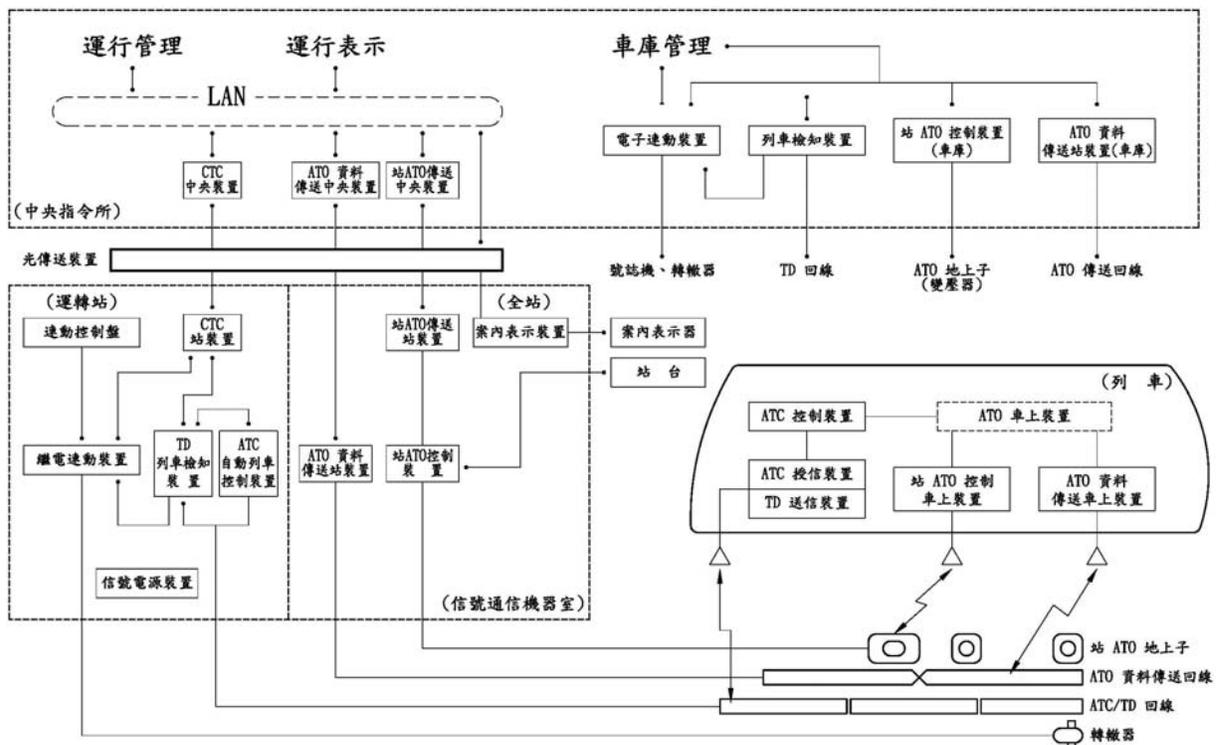


圖1 先進的自動行車控制系統架構圖

## 2. 綜合性全監控：

監控系統將電力供應、行車號誌、防災設備、站務與車庫等五大部份(如附圖2)，集中於中央行車控制中心。

## 3. 用人精簡：

百合海鷗線在日本屬新交通系統，平時為無人駕駛，每日選擇一列次以人工駕駛，用以訓練ATO故障時可立即以人工介入緊急應變之能力。全線車站僅設一至二個管理站，除兩端的新橋、豐洲站外，其餘皆為無人看守。

## 4. 設備單純：

道旁號誌設備(如附圖3)極為簡化，只見用於列車偵測的地上感應器明顯置於路線上(外觀與台鐵ATP的Balise相似)及分歧點極具隱密的少數轉轍器外，設備單純，利於管理，包含號誌之所有機電設施皆委外維護。



圖2 自動化全監控系統



圖3 少量道旁號誌設備

## 5. 故障率低：

據維修單位表示成立近14年以來，從未發生因車輛故障而請求救援情事。

## 6. 其他：

高架路線建設時，兼顧公路路線，部分區段採鐵公路兩線並行，土地充分利用。據轉述因土地徵收價格合理，民眾配合公共工程意願高，當初興建時未曾出現任何抗爭。各項設備維修一律於夜間封鎖後進行，杜絕工安事故。車輛使用橡膠胎，降低硬性路面的磨耗，幾乎永久免保養。

## (二) 日本信號宇都宮事業所參訪

12月16日下午參訪宇都宮事業所(Utsunomiya Plant)，由日本信號株式會社品質保證部池澤部長簡報。該事業所創始於1962年，為日本信號軟體設計規劃與站務自動化剪收票機、停車場設備及無線電、行車控制設備技術研發與製造的重心，台鐵現役的CTC、TIS即出自宇都宮事業所。日本信號先進的行車控制與防護系統皆在此地生產，主要的行車控制產品如下：

1. 數位列車自動控制系統(Digital Automatic Train Control System，D-ATC)
2. 自動進路控制(Automatic Program Route Control System，PRC)
3. 自動駕駛(Automatic Train Operation System，ATO)
4. 列車自動防護(Automatic Train Protection，ATP)
5. 中央行車控制系統(Central Traffic Control，CTC)
6. 行車資訊系統(Traffic Information System，TIS)
7. 自動票券(Automatic Fare Collections，AFC)
8. 新一代的號誌通訊式列車控制 (Communication-Based Train Control，CBTC)：

CBTC在日本稱為無線式列車制御裝置(Simple structure and high performance ATC by Radio Communication System，SPARCS)，其系統架構如附圖4所示，近來已成為現代化列車控制系統的主流，台灣桃園機場捷運線亦採用類似的CBTC，未來性甚為看好。由於係應用無線網路(Radio Network)作為信號傳輸媒介，在路線旁設置專用無線電基地台或佈放通信漏波電纜等，使行進中的列車與道旁設備即時進行雙向資料傳輸，以偵測列車所在位置及計算出前後列車安全間距。其建構設備非常簡便、可大幅減少道旁設備、減低維修成本及可擴充性之優勢。由於係將傳統固定式閉塞系統(Fixed Block System)導向移動式閉塞系統(Moving Block System) (如附圖5)，其運作原理為利用列車偵測裝置，偵測相鄰2列車間之距離及移動速度，計算相鄰2列車間所需保持之安全距離，閉塞區間距離不再是固定的，而是隨相鄰2列車間之距離及移動速度而改變，列車間隔極具靈活度，行車效率與運轉容量自然提升。

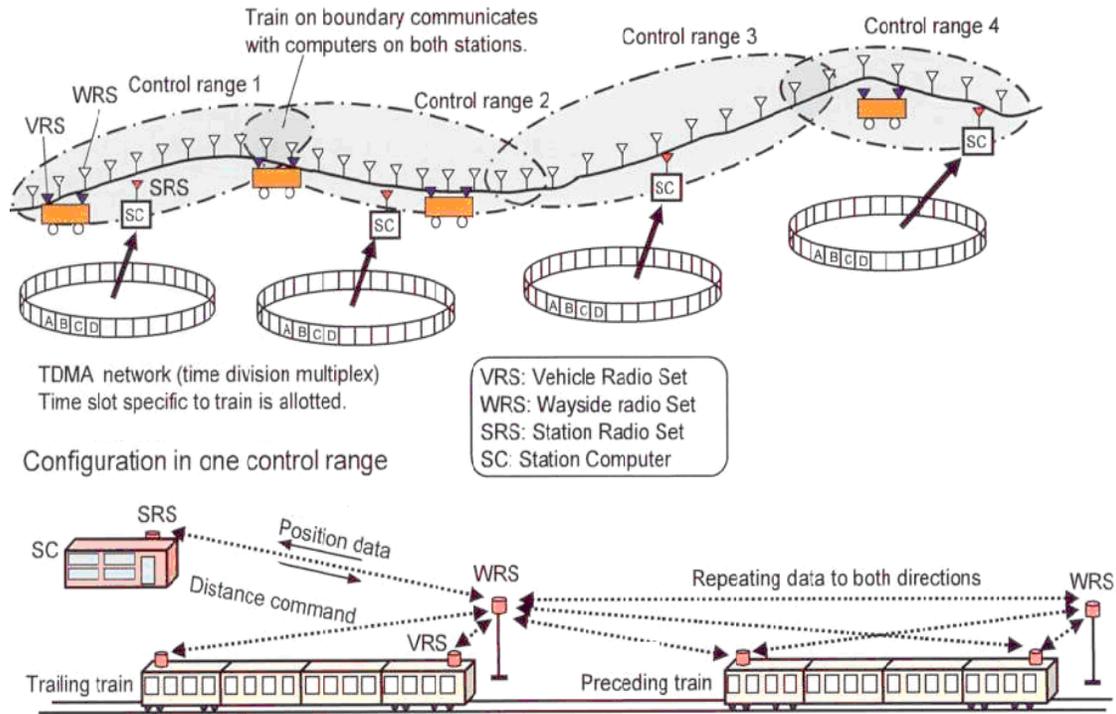


圖4 SPARCS系統架構圖(來源：日信簡介資料)

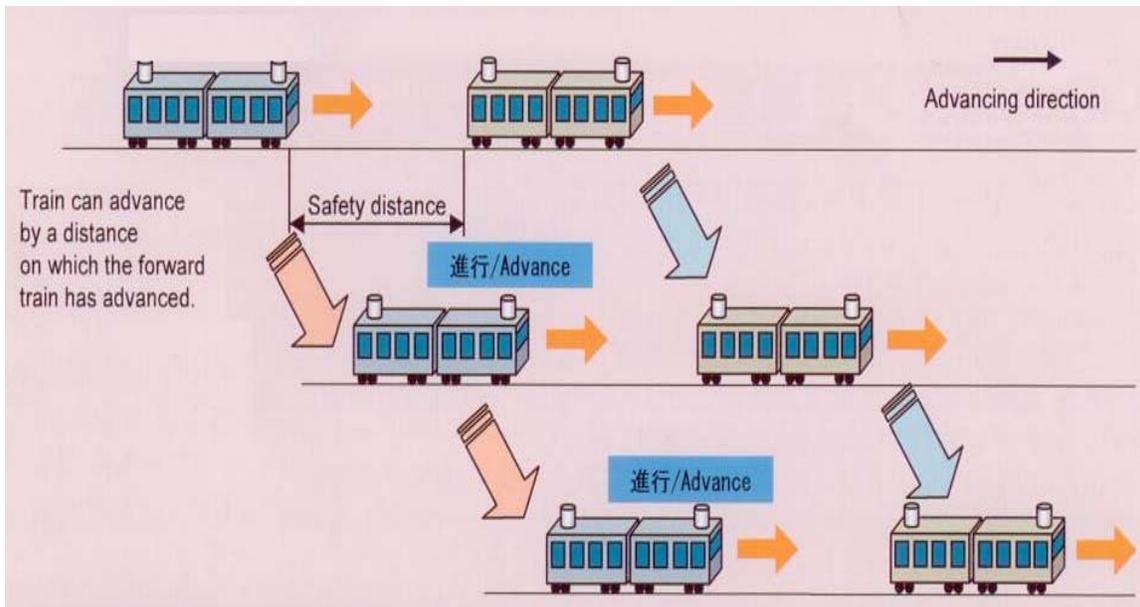


圖5 移動式閉塞系統示意圖(來源：日信簡介資料)

### (三) JR東日本綜合研修中心參訪

12月17日參訪JR東日本綜合研修中心(JR East General Education Center)，由中心人才開發部鶴丸課長簡介及引領參訪各項教學設施。該中心位於東京市郊福島縣，距東京約200公里，在東北鐵道線新白河站(Shin-Shirakawa)附近，佔地約50公頃，成立於西元2000年，為JR東日本鐵道人才技術培訓中心。中心內有一般教室40間，可容納200人的大教室一間，宿舍550間，年平均訓練380班次，基礎訓練27,000人/年、專業訓練60,000人/年、社外委訓3,500~4,500人/年，合計約90,000人/年，號稱亞洲最大的鐵路研習所，環境優雅，交通便利，軟硬體設施完備，為理想的研習場所。將參訪見聞較具特色值得參考事項略述如下：

#### 1. 有計畫的人才培育：

鶴丸課長表示，JR從國鐵以來一直很重視人才培育，培育方式分為職場訓練(On the Job Training, OJT)、集體訓練(Off the Job Training, OFF-JT)及自我啓發(Self Development)三種。其中OFF-JT就是在JR東日本綜合研修中心進行。

#### 2. 電務部門的OFF-JT：

前1~4年的電務新進人員，第1年接受20天、第2年8天、第4年3天的基礎技術訓練。第4年起逐次接受技術提升、專業技術及技術專業人才訓練，幹部則每年接受10天以內的訓練。JR東日本電務部門的OFF-JT程序圖(如附圖6)。

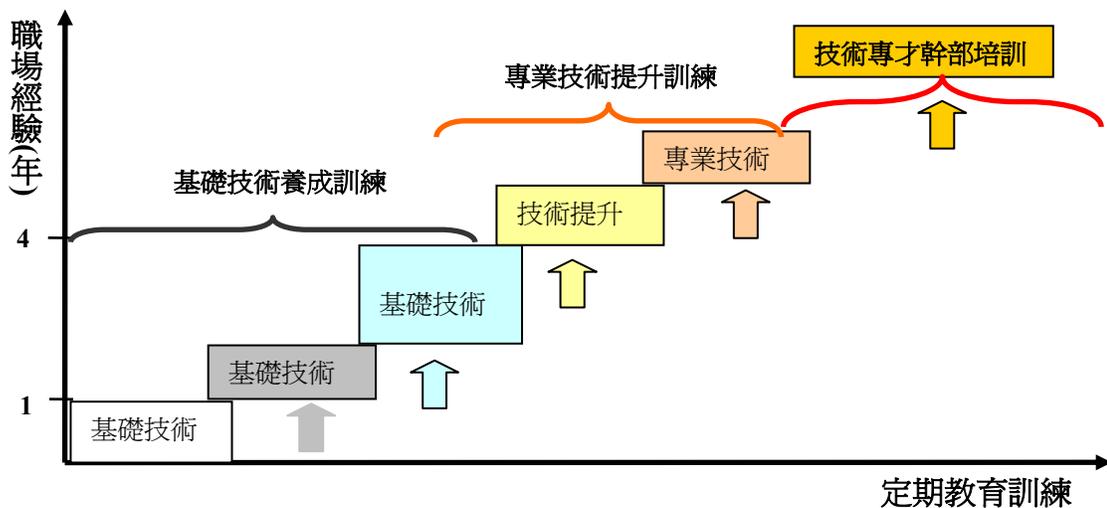


圖6 JR東日本電務部門的OFF-JT程序圖

### 3. 綠能源與資源再利用：

結合太陽能發電(Photovoltaic Power Generation System)與廚餘回收系統(Kitchen Garbage Recycling System)響應綠色環保政策。

### 4. 大型影音視聽教室(Audio-visual Room)：

150英吋大型電視牆的視訊系統，適合大型專題講座及研討會議。

### 5. 多功能個人模擬器(Multi-Personal Simulator)：

以多功能電腦驅動的“仿真動態模擬教學”，螢幕上呈現列車行駛前方的景物，操作者在如臨現場般的駕駛臺上操控列車加速、減速及緊軔等細節訓練，讓操作者很容易上手掌握列車駕駛的基本技能。

### 6. 完備的號誌實習館：

研習中心實習館內之號誌模擬設備，從號誌的基礎設施軌道電路模擬(附圖7)、轉轍裝置模擬(附圖8)及號誌的核心聯鎖裝置(附圖9)，以至號誌遠端控制CTC、先進的自動控制PRC、ATC模擬(附圖10)及ATO等模擬設備規劃都極為完備，皆以實體元件安裝、貼近實際電路、縮小配置空間、配線透明化，學員對單元與單元間的聯結，一目了然、易於上手。實習課程可以安排設備組裝、電路配線、機能測試與故障查修等一系列的技術演練，訓練效果加倍。據鶴丸課長表示，大多數實習設備都是號誌設備更新後移至研習中心，供學員研習用，必要時花錢找廠商設計配置全新的，JR對於訓練設備的投資毫不手軟。



圖7 軌道電路模擬



圖8 轉轍電路模擬

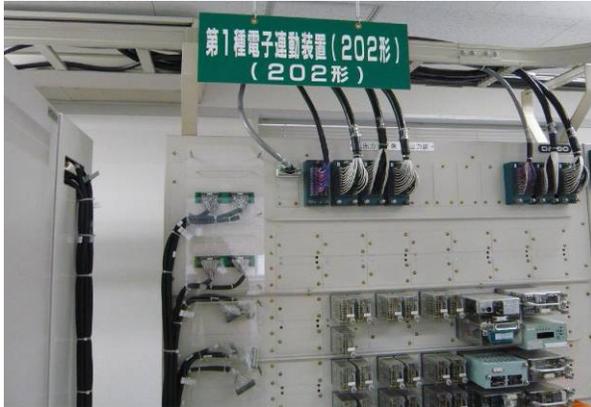


圖9 電子連鎖電路模擬



圖10 ATC控制模擬

### 7. 大型軌道實習場(Practice Railway)：

室外實習場以實際軌道環境建置、長約500公尺(如附圖11)，包含軌道、電車線、轉轍器、號誌機、ATS-P及車輛等鐵路行車設施，提供員工專業技術訓練。附圖12為軌道實習場一隅，參訪當時適逢電車線架線實習的情況；附圖13為實習電動轉轍器實體。實習場地如同真正工作場所一樣，對學員實習服裝穿著講究，安全帽、手套、瞭望員等模擬真實作業環境，學員畢業後直接上線，一點都不生疏。附圖14為攝自台鐵北投員工訓練中心的軌道實習場，綠意盎然，環境優美，只可惜場地太小，能容納的設施有限。

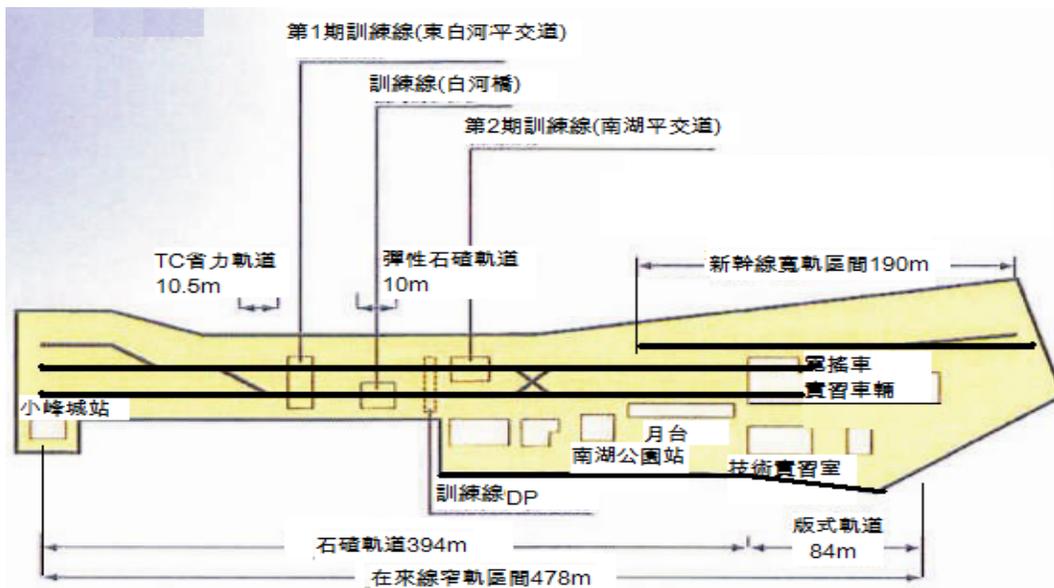


圖11 大型軌道環境室外實習場布置圖



圖12 實習場電車線架線實習情況



圖13 電動轉轍器就地現場扳轉情況



圖14 台鐵北投員工訓練中心軌道實習場

#### (四) JR東鐵事故歷史展覽館參訪

12月17日參訪JR東日本鐵道事故歷史展覽館(Museum of the history of railway accidents)。該館位於JR東日本鐵道白河研修中心內的一隅，空間並不大(如附圖15)，但館內將東日本鐵道戰後自櫻木町火災開始至日比谷出軌等25起鐵路事故以照片展示(如附圖16)、物件實物展示(如附圖17)和多媒體影音事故重現(Replay of the accidents)(如附圖18)，以及事故年曆表列(如附表1)等方式，簡單明瞭、具震撼性地描述事故發生當時的經過，也不諱言將事故發生的設施或人為錯誤明確指出，針對事發生癥結及事後所採取的因應對策也一一呈現。



圖15 JR東日本鐵道事故歷史展覽館(圖片來源：JR東日本鐵道網站)



圖16 1988年中野撞車事故歷史照片 圖17 列車出軌車軸零件實體



圖18 JR東日本鐵道1962三河島事故歷史影音重現

表1 JR東日本鐵路事故一覽表(摘譯自事故歷史展覽館簡介資料)

事故名稱	發生日期	區間	事故區分	死/傷	原因
櫻木町火災	1951.4.24	東海道本線 櫻木町站	車廂火災	106 人/92 人	架線工作 錯誤
三河島撞車	1962.5.3	常磐線 三河島站	撞車	160 人/296 人	闖越險阻 號誌
北陸隧道火災	1972.11.6	北陸本線 北陸隧道內	車廂火災	30 人/714 人	餐車電氣 暖房起火
赤羽出軌	1973.6.19	東北本線 赤羽站	出軌		軌道生鏽 中途扳轉
平野翻覆	1973.12.26	關西本線 平野站	出軌翻覆	3 人/156 人	駕駛瞌睡 超速出軌
西明石出軌	1984.10.19	山陽本線 西明石站	出軌	0 人/32 人	駕駛酒駕 超速出軌
餘部列車墜橋	1986.12.28	山陰本線 餘部鐵橋	出軌墜橋	6 人/6 人	強風
Arcadia 號火災	1988.3.30	上越線 越后中里、岩原 滑雪場前	車廂火災		消音器內 存潤滑油
六原站翻覆	1988.8.29	東北本線 六原站	出軌翻覆	0 人/1 人	暴雨洪水 路線坍塌
東中野站撞車	1988.12.5	中央緩行線 東中野站	撞車	2 人/116 人	確認 ATS 剎車過遲

磯原~大津港出軌	1989.10.24	常磐線 磯原~大津港	出軌		路線封鎖 聯繫失誤
仙台出軌	1990.2.11	東北本線 仙台電車區	出軌		聯鎖試驗 接續錯誤
信樂高原鐵道撞車	1991.5.14	信樂線 小野谷信號場站 ~紫香樂宮跡站	撞車	42 人/614 人	施行嚮導通信閉塞、未確認封鎖區間列車
取手站出軌	1992.6.2	常磐線 取手站	撞車	1 人/251 人	未確認 制動器失靈
來宮站撞車	1992.6.28	東海道本線 來宮站	撞車	0 人/1 人	誤認號誌
大菅平交道	1992.9.14	成田線 久住~滑河站	撞車	1 人/90 人	卡車闖越 平交道
水戶站工安	1993.3.30	常磐線 水戶站	施工撞擊	3 人/1 人	擅自施工 未施行監視
鹿島台站工安	1993.6.19	東北本線 鹿島台站	施工撞擊	3 人/0 人	擅自施工 未施行監視
友部里平交道	1993.7.8	常磐線 友部站	撞車	1 人/1 人	單機、 平交道未啓動
瀑澤站出軌	1994.12.7	東北本線 瀑澤站	撞車		工程監督 失誤
藤田站觸電	1997.7.20	東北本線 藤田站站	施工感電	1 人/0 人	斷電接地 不確實
大月站撞車	1997.10.12	中央本線 大月站	撞車	0 人/78 人	誤認號誌
青柳站工安	1998.2.9	中央本線 青柳站	查修撞擊	1 人/0 人	轉轍器查修 失注意
大崎~惠比壽工安	1999.2.21	山手貨物線 青柳站	施工撞擊	5 人/0 人	施工未確認 未監視
日比谷線出軌	2000.3.8	日比谷線 中目黑站	出軌、撞車	5 人/64 人	車輪失衡

從事故一覽表中顯示，事故的發生不限於司機員、乘務員或號誌員等幾個特定的人，即每一個與行車有關的人或設施環節出錯時，皆可能導致事故的發生。事故發生後，檢討事故發生的癥結、適時修正操作程序及發展新的防護設備固然很重要，但不斷地教育、提醒與警惕每一位從業員工，記起教訓、提升危機意識與應變能力，是展覽館設置的意義，加以持續督考檢核SOP之落實，才能徹底防止事故的發生。

事故一覽表中呈現JR東日本歷史事故大致分為列車出軌、列車衝撞、車廂火災及施工人員遭列車撞擊等幾類，除了車廂火災外，大致與台鐵相仿。統計其發生原因「人因(Human Factors)」占72%、「設施(Facility Factors)」占20%、「環境(Environment Factors)」占8%，顯然「人」仍是最易出錯的一環，也是事故發生瞬間最具關鍵的一環。因此，展覽館將事故歷史重現，對於「人」的教育、「設施」的改善、「規章」的修訂等三方面皆具有借鏡參考的意義。圖19為統計自JR東日本1987~2003年的事故發生曲線，明顯看得出改善成效。

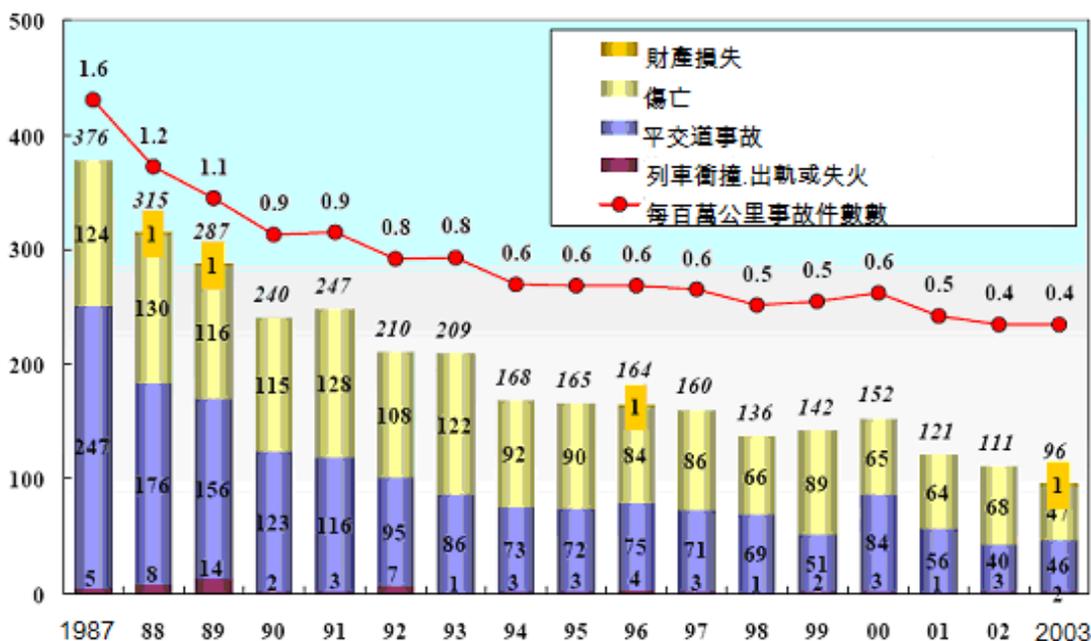


圖19 JR東日本事故統計圖(資料來源：JR東日本簡報Minoru Arai)

JR東日本公司執行長大塚陸毅先生有一段關於鐵路安全，語重心長、發人省思的話：「為確保鐵道安全，每日使用之規章及設備都是根據過去慘痛事故經驗和反省建立起來的，為了讓社會安心利用，同時保護鐵路事業員工的生命安全，不僅必須了解規則和安全設備的使用方法，還應該記住事故背景的恐怖，充分理解鐵道工作潛在的危險和安全系統的重要作用，真正成為鐵道專家是十分必要的。我們開設本設施的目的，是為不忘過去的事故，繼承寶貴生命換來的珍貴體驗，把從事故中學習作為對安全的基本態度，這裡展覽的事例有限，希望大家能夠充分理解從事故中總結的經驗教訓以及對策，落實到工作中，確實成為世界第一安全鐵道」，一語道出事故歷史展覽館的存在意義和價值。

## (五) JR東日本在來線參訪

「在來」一詞，在日文裡指「原有、既有」之意，源於1964年日本最早的新幹線(東海道新幹線；東京~大阪)開始營運後，爲了區隔新舊，將原有鐵路稱作「在來線(Conventional Lines)」。此後在來線也因而轉趨擔任城際與區域運輸及新幹線轉乘輸送的輔助角色，亦是貨物列車、夜行列車使用的路線。新幹線啓用後，在來線的營運量確實有所減少，此與台鐵受高鐵影響之情況相似。

JR東北本線隸屬東日本鐵道株式會社，啓用於1886年，軌距多數爲1,067mm之窄軌，採複線(台鐵採雙單線)、自動閉塞式運轉，全部爲電化區間，交直流都有。東京~黑磯間爲直流1,500V，黑磯~盛岡、八戶~青森間爲交流20KV、50Hz(台鐵則爲交流25KV、60Hz)；沿線設有許多平交道，列車時速少數達到160Km/hr，大多數都介於130~160Km/hr之間，行車環境與台鐵極爲相似，且已有123年的歷史，是很典型的在來線。

爲了實地瞭解日本在來線站場號誌設施的布置與維護狀況，希望能借鏡尋求降低台鐵軌道電路、計軸器、轉轍器、ATP等易受外力損壞與干擾之道旁設備的防護方法，特地搭乘東北新幹線至那須塩原(Nasu-Shiobara)站轉乘東北本線(在來線)在鄰近的西那須野站(Nishi-Nasuno)下車，再從最近的站內第三種平交道進入站場轉轍區間觀摩。由於趕車時間倉促，未事先知會站方，曾引來著制服帶臂章的管理人員前來關切，經表明我等來自台灣鐵路與參訪之意圖後，其並未多加阻止，僅提醒要注意安全。在後續實地訪查中，站在日本在來線的線路上，感覺上與台鐵並沒有什麼不同。關於在來線的號誌設備設置概況與台鐵的異同性比較將於本文第二節加以說明，此處針對參觀軌道現場實務擷取的相關資訊與畫面，提出值得台鐵參考之作法。

### 1. 醒目的枕木標記防護法：

最引人注意的是，在來線的軌道上或枕木上常看得到以白色油漆標示△、○、⊕等記號，經解讀後，該等標記與電務號誌設施及工務機械砸道有關，分別具有下列不同的含意，旨在提醒路線施工、養護，尤其是機械砸道作業時，要特別注意，避免損壞軌道上的電務號誌設備。圖20所示爲地上感應器防護。△△：代表接近軌道號誌設施須注意，用於提醒機械砸道。

△：代表已十分接近軌道號誌設施須更加注意。

⊕：代表此處須加強砸道的符號，用於提醒加強砸道，但須注意不可損及設備。

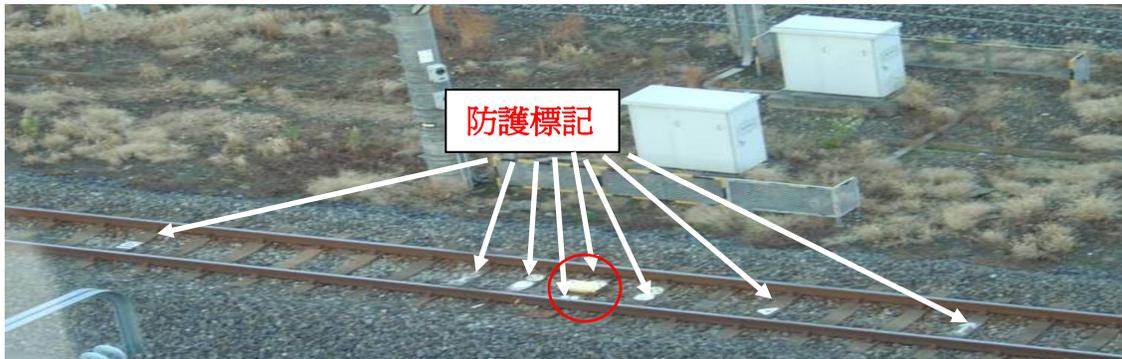


圖20 軌道枕木白色標記防護法

## 2. 穿越軌道之纜線加鐵蓋防護法：

在穿越枕木邊緣之軌電路電纜線、電力接地線及ATS-P地上感應器電纜均覆蓋厚實的黃色鐵板，以降低砸道之損壞。(如圖21~圖23)



圖21 軌電路電纜線防護



圖22 電力接地線防護



圖23 ATS-P地上感應器及電纜防護

### 3. 多重連軌線防護：

無論是採用DC或AC軌道電路，連軌線皆必須承載號誌軌道回路與牽引電力之兩種電流，若連軌線不完整，輕者造成號誌故障，重者造成電力回流不良問題。在JR很重視連軌線之完整，因而以多重來確保其機能。(如附圖24)

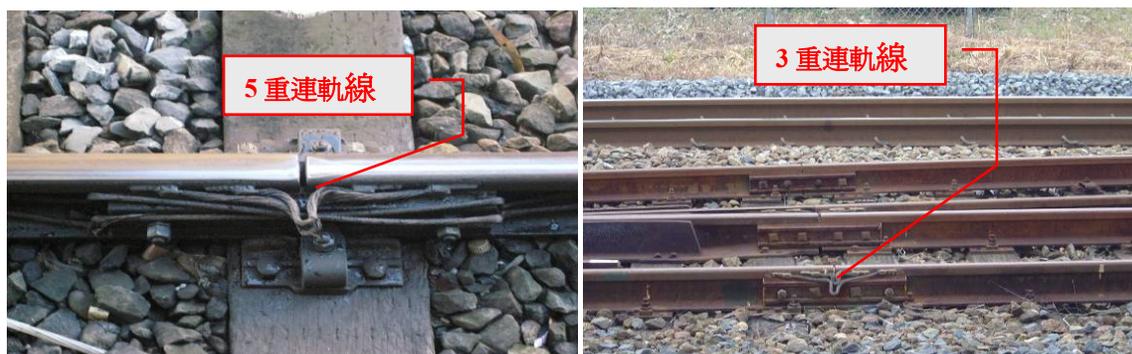


圖24 多重連接的連軌線

### 4. 砸實絕緣接頭處的石碴：

絕緣接頭周遭石碴的密實度關係著接頭的使用壽命，JR在來線在絕緣接頭前後兩邊的枕木上標示著加強砸實的記號。(如附圖25)



圖25 絕緣接頭處石碴加強砸實標記

### 5. 月台鑲空設計：

JR的月台在興建時，部分月台下方採鑲空設計，騰出的空間規劃為露出式電纜管道，通訊傳輸電纜、號誌控制電纜等布放，未來纜線擴充或維修更換時，不須開挖月台路面，施工容易、可避免影響旅客動線。(如附圖26)

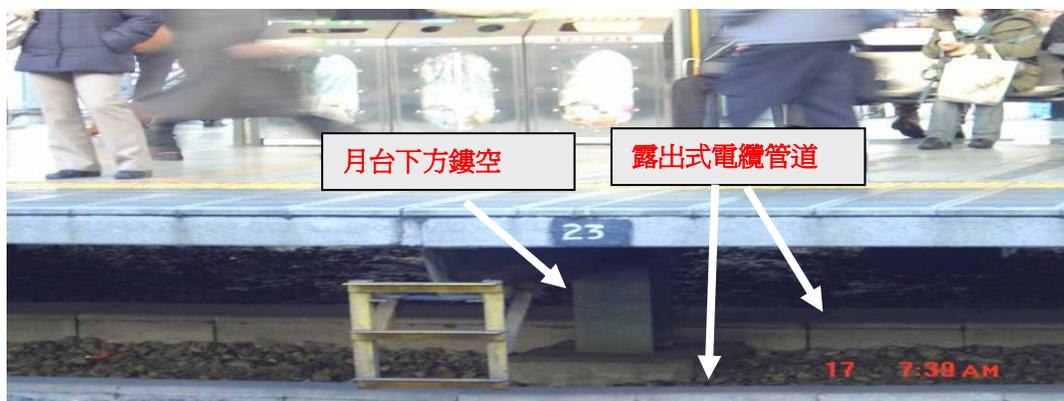


圖26 月台下方鏤空設計為電纜管道

#### 6. 優質美觀的電纜管道：

JR在來線站場上敷設的露出式電纜管道，無論在水平、高度、直線、T字分歧、十字分歧或90度轉角等方面，看得出其施工工法的用心與細膩度，兼具品質與美觀。(如附圖27&28)



圖27 JR在來線的電纜管道



圖28 T字型分歧電纜管道

### 7. 號誌控制箱外簡記代號：

JR在來線站場上的號誌控制箱外表，以簡單的英文代號標記著設備箱內置放了何種控制機能的設備，對維護與查修有其便利性。(附圖29)



圖29 控制箱外表以代號標記設備機能

### 8. 合成枕木の普及：

合成枕木具有耐候、耐酸、耐蛀、耐腐蝕及可重複使用的優點，JR在來線採用率較台鐵高。(附圖30)



圖30 JR在來線合成枕木設置情形

### 9. 清楚的平交道動線標示：

平交道鐵路標誌及公路標線設置清晰，提供良好的行車空間與動線，引導公路人、車通行順暢，減少公路車輛在平交道延滯、堵塞，降低事故發生率。



圖31 清楚的平交道動線標示



圖32 人車分離的平交道與緩衝防撞遮斷機

### 10. 路線安全警示標誌：

路線安全間距不足的處所，是路線作業最常失誤發生工安事故的地方，JR在來線站場上的路線間設置了「待避禁止」標誌，以提醒員工注意安全。

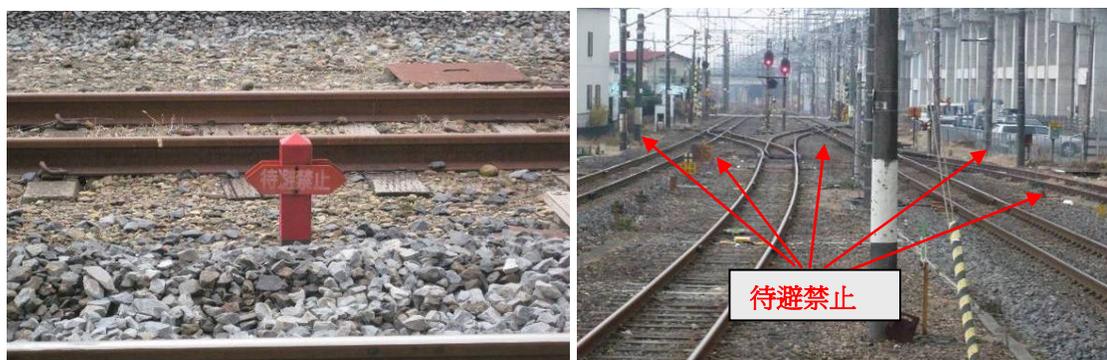


圖33 路線作業安全警示標誌

## (六) 日本信號久喜事業所參訪

日本信號株式會社久喜事業所(Kuki Plant)，開始營運於2002年，取代与野事業所原有的設計與生產機能。主要為鐵路號誌保安裝置研究和開發，營業範圍包括鐵路信號設備、車輛安全系統、航空系統、停車場管理系統、智能卡門禁控制系統、訊息顯示系統、停車引導系統等。台鐵2003、2004年相繼啓用的電子聯鎖、KA1211T型電動轉轍器及平交道設備隨著与野事業所的結束，相關的系統元件已轉移至久喜事業所生產。12月18日上午抵達久喜事業所，依照表訂行程先參觀生產與測試的號誌設備(圖34~37)，重頭戲在「保守點檢研討會」(維修座談會)，首先由該所品質保證部武田部長簡短的介紹日本信號在日本各維修據點的維護概況，接著由日亞信號公司董事長犬飼先生簡介台灣據點的運作情形，隨後即進行號誌維修技術與經驗交流。

### 1. 號誌設備生產與測試線參觀：

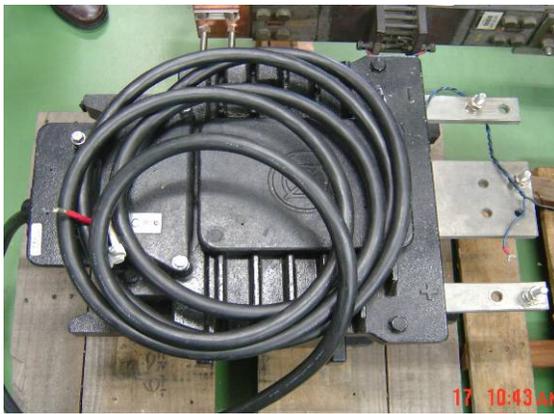


圖34 待測AC軌道阻抗連接器



圖35 測試完成的電子聯鎖裝置



圖36 測試中的分周軌道回路



圖37 測試中的列車檢知裝置

## 2. 日信維修據點簡報：

武田部長表示，日本信號株式會社(簡稱日信)除了台鐵CTC五年維修合約由日亞信號公司執行外，其餘在日本從北到南，尚有札幌、仙台、東京、關西、福岡等五個維修據點共同分擔執行全日本的號誌維修業務。(如附圖38)



圖38 日本信號株式會社維修據點分布圖

## 3. 日信維修範圍(日本)號誌故障統計：

2007年10月至2008年9月日本信號株式會社在日本各據點執行維修故障統計(如附表2)，業主通知月平均故障件數為56件，實際出勤排除故障次數月平均5件。其中2008年8月份故障高達93件，據武田部長表示，係雷害原因。

表2 日本信號在日本各據點執行維修故障統計 單位：件

設備 名稱	2007年/月						2008年/月					
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ATC	7	22	16	26	15	16	11	17	4	12	23	18
PRC/CTC	18	13	19	18	12	18	28	14	18	23	24	8
電子聯鎖	8	16	5	18	15	11	15	10	10	9	25	8
單品	8	12	8	4	3	10	6	18	9	12	21	7
合計	41	63	48	66	45	55	60	59	41	56	93	41

#### 4. 日亞信號維修範圍(台鐵)號誌故障統計：

日亞信號公司董事長犬飼簡報日亞公司執行台鐵五年維修合約範圍2008年故障件數統計(如附表3)，年故障總件數為317件，月平均故障件數27件/月。單項設備故障數以TID及聯鎖監視器的電腦設備最高。

表3 日亞信號台鐵五年維修合約範圍2008年號誌故障統計 單位：件

裝置名稱	故障原因	單元	LED	PLC	PC周邊	CRT	軟體	鍵盤故障	PC周邊	按鈕疲乏	接觸不良	斷線混線	配線不良	鼠害蟲害	電纜故障	充電機	變流器	雷擊浸水	其他
TID	68				38	7	5	3	7						7				1
進路表示器	32	14	14															4	
聯鎖顯示器	31				26	1	1	1											2
LCP	28			7			1			12	4		2	2					
電源	27														7	7			13
EI	24	17					1				1			1	1				3
EP盤	20	1		1						13		1	2	1					1
閉塞	19	14																2	3
CVDU	17				9	2	2			2	2								
配線	11											6	3						2
信號機	7										1	4							
端子	5										1	3	1	1					1
CTC	6	2					1								1				2
斷芯	4																		4
IO架	2												2						
冷機	2																		
計軸	2																		
踏切	3						2												1
RI	2										1								1
其他	7																		
合計	317	48	14	8	73	10	13	4	7	27	10	14	10	5	9	7	7	6	34

## 5. 預防性維護研討：

由日本信號與日亞信號公司簡報中提出的號誌故障統計資料，發現故障原因琳瑯滿目，而事實上還不只如此，因為道旁設備非其維修範圍，並未列入，若將台鐵內部分析的故障原因計入，原因可達數十項之多。號誌故障原因雖然很多，除了突發性故障較難管控外，部分設備元件故障是有跡可循可以預防的。在研討會中，向日方請益如何做好預防性維護(Preventive Maintenance)，武田部長以簡單的浴盆曲線(Bath Tub Curve)(如附圖39)來說明，設備發生故障依序可分為三個時期：分別是初期性故障時期、偶發性故障時期和耗損性故障時期。

初期性故障主要由元件設計或組裝過程中遺留的瑕疵所致，會在啓用後陸續出現，造成維護人員困擾，但會隨著使用時間增加而有所收斂。第二期偶發性故障是指設備於實際運作時，遇到跟原設計不同的狀況，例如高溫濕、震動環境、人爲操作不當等令機件發生故障。解決偶發性故障的方法，就是使設備運作正常化，包括設備狀況、運作條件、運作程序的正常化。要維持正常化，關鍵在於提升整個維修保養制度落實的水平；同時，也應考慮設備的餘裕度，既使某一程序發生故障，備用的系統也能保證運作正常，也就是要有備品與備援機制。台鐵的號誌系統設備大多分布在偶發故障時期與耗損故障時期。

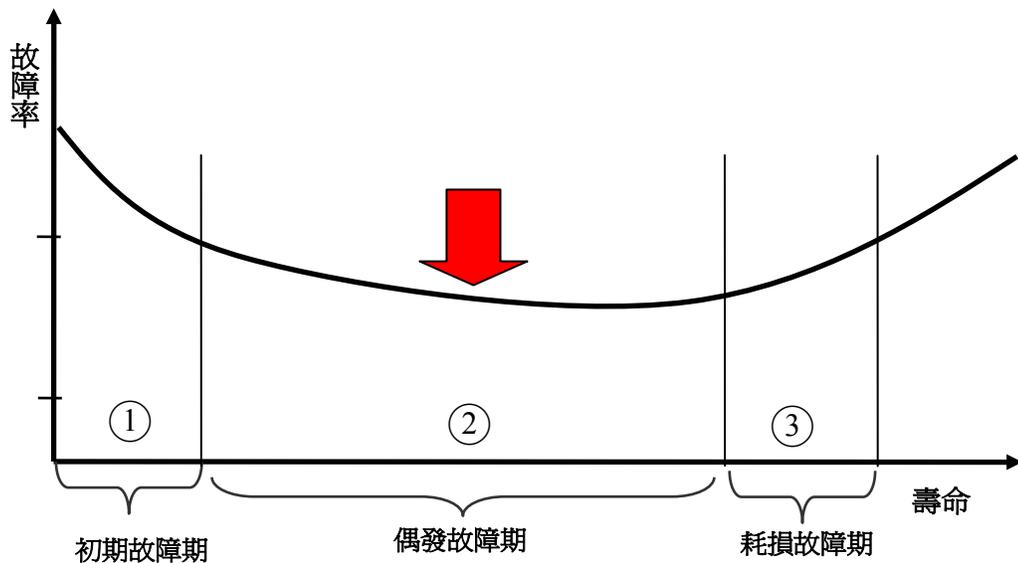


圖39 號誌設備故障浴盆曲線

從號誌設施維運觀點來看浴盆曲線，維修人員期望在浴盆曲線的第二、第三期透過維護管理的手段，將縱軸的故障率壓低、橫軸的壽命延長。然而實際上很多的維護管理，都是例行性的目視巡檢與清潔保養，以及「壞了再修」的反應式維護。我們要的在設施故障前即予修復、報廢前即予更新的預防性維護，希望因而提升系統運作可靠度、降低故障率、延長服役年限。經與日本品質技術人員的研討中，我們獲得預防性維護法簡單的結論：(1)統計故障資料(2)分析出現故障週期(3)監測設備輔助、常時監視(4)提早介入維修與更新。

#### 6. 設備回廠整修與更新時機：

研討了預防性維護的作法後，我們向日方請教如何在效能與成本兼顧下，準確抓住設備進原廠整修與更新的最佳時機？日信技術人員表示，根據他們的產品製造及維修經驗，以號誌設備故障回廠維修率與故障年限分布(如附表4)為例，建議將故障設備統計分析做出曲線，列出須特別預防的項目進原廠整修，一般在2~8年；不堪用的即予更新，一般在15年以上。

表4 號誌設備故障回廠維修率與故障年限分布 單位：件

製品分類	故障回廠維修		故障年限分布				
	回廠數	回廠率	0~2年	2~5年	5~8年	8年~	未計入
CTC	2,183	23.6%	107	211	299	867	699
ATC	1,610	17.4%	170	429	167	719	125
聯鎖	1,800	19.4%	117	200	277	834	372
平交道	1,435	15.5%	239	149	220	675	152
轉轍器	132	1.4%	35	23	14	33	27
軌道電路路	342	3.7%	158	45	28	90	21
繼電器	1,148	12.4%	495	159	135	306	53
其他單品	616	6.6%	139	92	69	165	151
合計	9,266	100%	1460	1308	1209	3689	1600

## (七) 日本鐵道博物館參觀

考察行程第四日12月18日下午，在結束參訪久喜事業所後，就近參觀了日本鐵道博物館。該館位於埼玉縣大宮區(Omiya)，2007年揭幕，取代了原位於東京都千代田區秋葉原的交通博物館。館內收藏了從明治時期開始迄今的各種鐵路歷史文物數十萬種，位於一樓的歷史區，展示從明治時期的古董車輛到近代的新型車輛，讓參觀者從中緬懷悠悠鐵道的演進史。附圖40為由高處俯瞰歷史區所展示的各式車輛及轉盤正在操作轉向的情形。

一樓的教育廳，係由車站服務試驗室、車輛工廠實驗室和設計實驗室組成，可以體驗和學習鐵路的一些工作程序。附圖41所示，為早期的鐵路路牌閉塞器(Tablet Block)，用以確保站間行車安全，外觀與台鐵的完全一樣。在一樓大廳駕駛模擬裝置，可體驗逼真的列車運行情境。在二樓有日本最大的鐵路立體模型、年代久遠的各種鐵路收藏品、75米長的鐵路發展史年圖表，以及鐵道零件展示的教育廳，可以體驗鐵路運輸的基本原理。在三樓的教育廳，以實際的裝置提供學習鐵路車輛的動力和制軔原理。三樓西北側的全景立體觀景台視野極佳，大宮車站附近的鐵道線盡收眼底。由於大宮車站為埼玉縣內規模最大的交通樞紐，也是東京都通往日本東北的重要轉運站，屬JR東日本、東武鐵道和埼玉新都市交通的共構車站，只要在觀景台等候片刻，即可以望見高架路線急駛而過的新幹線列車；行駛於平面路線的在來線客車與貨物線列車，以及由地下竄出的地鐵電車在此交會，運轉極為繁忙。附圖42為由觀景台拍攝到新幹線子彈列車通過；附圖43則為貨物線列車通過在來線的情形。



圖40 展示車輛及轉盤操作



圖41 早期的鐵路路牌閉塞器



圖42 觀景台拍攝子彈列車通過新幹線



圖43 貨物列車通過JR在來線

日本鐵路爲了設置國家級之鐵道博物館，將淘汰後之各型車輛、設備、與車站模型等均收集至館中，走一趟鐵道博物館彷彿置身時光隧道，回到從前，博物館中除各型車輛與設備外，有虛擬實境鐵路模型動態展示，同時另有各型動力車駕駛模擬機供民眾現場體驗，充分發揮寓教於樂之功能及間接保留珍貴的鐵路遺產。圖44爲早期東京及東京運轉所的行車控制盤。

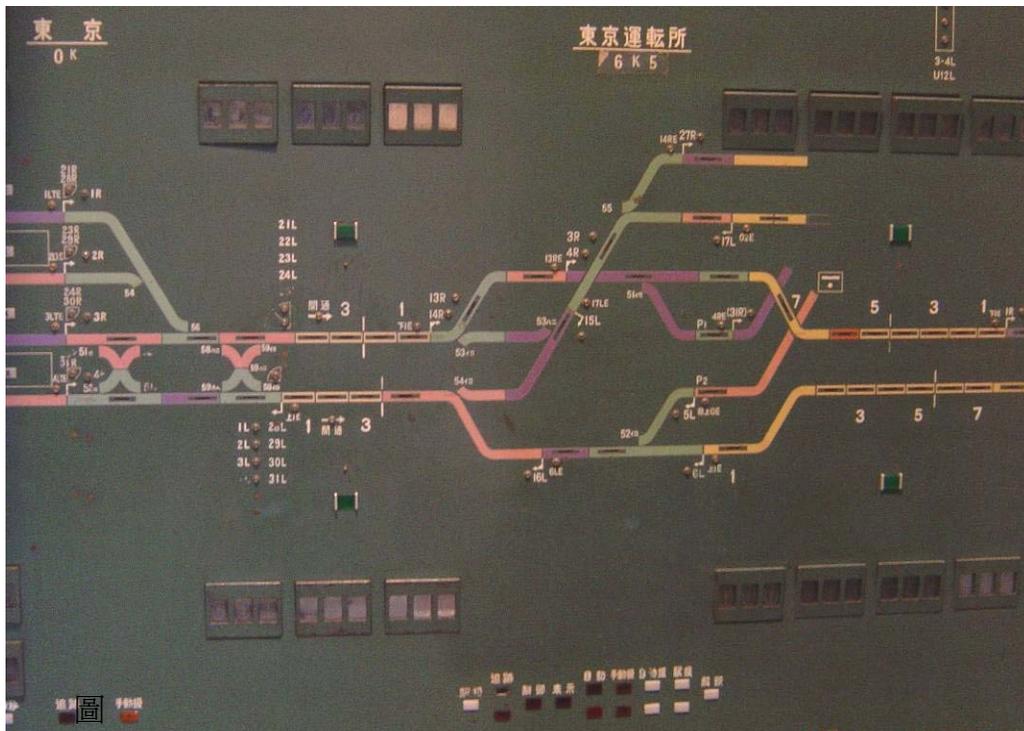


圖44 早期東京及東京運轉所的行車控制盤

### 三、 台鐵與JR鐵路號誌比較

#### (一) 號誌發展概況

台灣鐵路始於1887年清朝劉銘傳所修築，在1895~1945年間台灣歷經日本統治長達50年，鐵路包含軌距、行車規則、號誌規章等多所沿襲自日本，早期的手動號誌(Manual Signal)、機械聯鎖(Mechanical Interlocking)及人工電氣路牌閉塞式(Electric Tablet Block or Staff Block System)等號誌設施與日本並無差異。

日本撤離台灣24年後，台鐵因應行車容量與列車速度提升趨勢及運轉效率與安全需求提高的前提下，陸續引進不同廠牌的自動化號誌系統(Automatic Signalling System or Automatic Blocking System，簡稱ABS)。1969年首先在竹南~彰化間啓用澳洲Westing House公司、1978年在基隆~竹南間啓用瑞典Ericsson公司之繼電聯鎖系統(Relay Interlocking System)、中央行車控制系統(Centralized Traffic Control System，CTC)與列車自動警告/停車(Automatic Train Warning / Automatic Train Stop System，ATW/ATS)等行車控制與防護設備，至此台鐵號誌已不再是日本式的縮影。

嗣後台鐵又先後引進1990年美國WABCO公司、1995年日本信號及京三信號公司的繼電聯鎖系統(Relay Interlocking System)與1997年美國GRS公司、2003年日本信號公司的電子聯鎖系統(Electronic Interlocking System)，以及2005年啓用瑞典Bombardier公司的列車自動防護系統(Automatic Train Protection，ATP)、2005年啓用德國Alcatel公司的計軸器(Axle Counter)等，由於公開採購的關係，台鐵號誌設施逐漸呈現多國多樣化。

在日本方面，1872年日本第一條鐵道京濱線(東京到橫濱，東京的起點在新橋)正式開通，全長僅29公里，乘車時間需53分鐘，平均時速僅約33公里而已。歷經92年後，日本新幹線於1964年通車營運，列車時速動則2~3百公里，號誌系統更快速轉變因應，從原有的ABS大步躍進至ATC，以及隨後新一代控制更精準、運轉更具效率的數位-ATC(Digital-ATC，簡稱D-ATC)加入運轉，使得傳統地上號誌(Wayside Signalling)大幅變革為車上號誌(Cab Signalling)，以呼應高速列車的安全需求，解決了視距不足的問題，也降低了道旁號誌設備的維護成本與號誌故障率。

近年來在日本，D-ATC已有擴展至在來線運用的例子，甚至是目前看得到世界號誌發展的一個趨勢。而在台灣，台灣高鐵於2007年營運，率先採用日本新幹線的號誌系統。至於營運形態與日本在來線相似的台鐵，因受限於行車環境與既有號誌基礎結構的差異性，如欲提升至與新幹線同級的ATC系統，技術上不是問題，但是將有很多配套措施要做與很漫長的路要走，並不認為是當前迫切的課題，此行在向日本號誌前輩的請益中，得到的答案亦是如此。因此，現階段台鐵當務之急是對既有號誌機能總點檢，運用狀態監測、預防性維修與管理，朝穩定與可靠的方向再提升。

假使現在就要勾勒出未來台鐵號誌系統的模樣的話，倒是可以以更先進的ATC(Advanced Automatic Train Control, AATC)為假想目標，就是一個以通訊為基礎的列車控制(Communication-Based Train Control, CBTC)，結合移動閉塞(Moving Block)的前衛觀念，拋開傳統固定框架，在此給台鐵未來的號誌系統自訂一個架構，如附圖45所示。

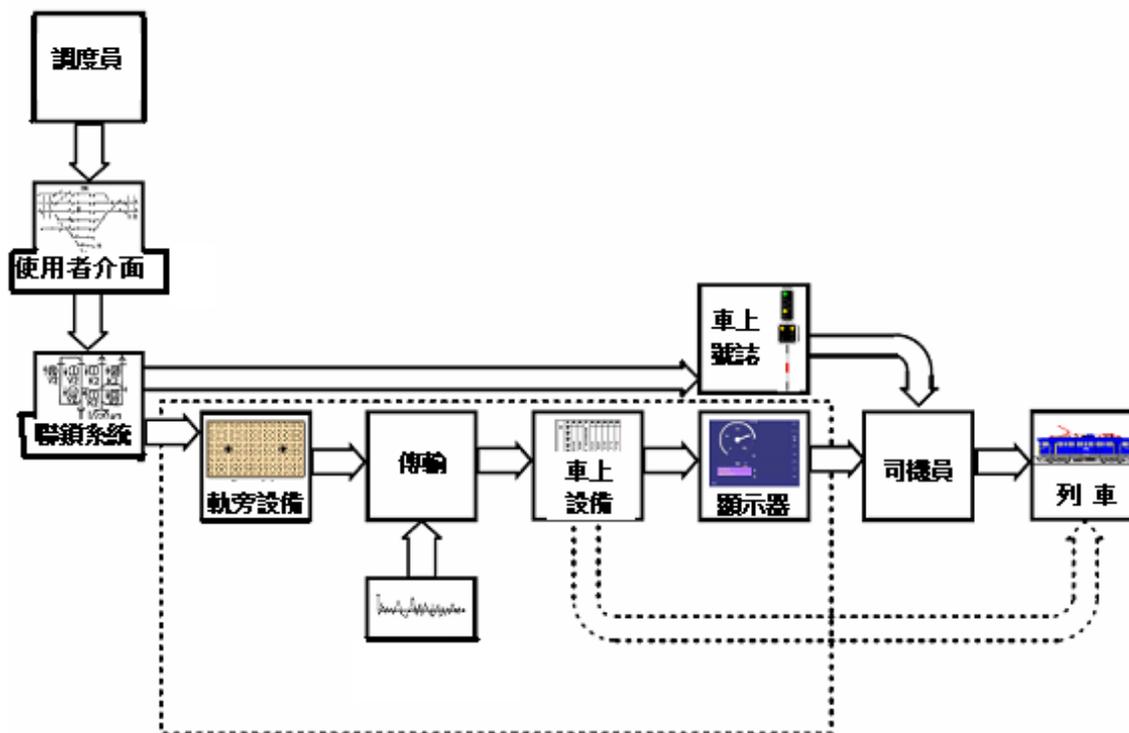


圖45 未來台鐵號誌系統構想圖

## (二) 號誌設施差異

此次出訪前，曾特地向日方提出參訪需求：(1)希望實地體驗日本鐵路號誌的保養情形，如轉轍器之完整保養流程。(2)實際體驗軌道電路維修情形，如絕緣接頭更換、連軌線焊接作業及鐵屑、接地線防短路措施等。(3)希望現場參訪道旁號誌設施，觀摩日本如何減低外力造成故障之作法與對策。(4)希望安排與日本鐵路號誌維修人員技術座談與經驗交流，了解JR在來線維修人力、週期、方式，特別是預防性的方法及作業分工。(5)希望提供日本在來線號誌故障相關資料，以了解雙方之差異性，找出值得台鐵參考改進的作法。

然而由於行程倉促，日方安排不及或基於機密理由，部分參訪需求如實地維修體驗與號誌故障資料提供等，並未能如願。惟可以確定的是由出國前蒐集的資訊及與日本鐵道專家的言談中，認知軌道電路與電動轉轍器同為號誌設備最易故障的一環，因此，特別將軌道電路與電動轉轍器提出，探討雙方在結構、原理之差異與故障之特性，以期從中謀求台鐵改善之對策。附表5所示為台鐵與JR在來線號誌設施經歷多年演化後，目前所呈現的差異。

表5 台鐵與JR在來線號誌設施異同表

號誌裝置		台鐵	JR 在來線
列車偵測裝置	軌道電路	直流	交流 商業頻率(50,60Hz) 分倍周頻率(25,30Hz) 分周頻率(25,30Hz) MG(83,100Hz) 音頻(kHz) 直流 ※僅用於非電化區間
	計軸器	○	△
電動轉轍器		Nippon Signal、ABB、GRS、Kyosan Signal	Nippon Signal、Kyosan Signal
聯鎖裝置		繼電聯鎖、電子聯鎖	繼電聯鎖、電子聯鎖
LED 號誌燈		裝置率 < 10%；視距 1000m Φ：212.7mm；工作電流：0.8~1.0A	裝置率 < 50%；視距 600m Φ：150mm；工作電流：0.2~0.5A
自動閉塞		○	○

路線運用方式		雙單線運轉	複線運轉
CTC		○	○
ATP		○	○(ATS-P)
ATC		X	△(部分 D-ATC)
ATO		X	X
CBTC		X	X(試驗階段)
平交道	紅外線偵測	△	○
	防護無線電	○	△

註：○：廣泛設置；△：部分設置；X：未設置

### (三) 軌道電路差異

軌道電路(Track Circuit)始於1872年美國人魯賓遜爲了偵測列車佔用鋼軌的狀態，而發明了閉路式軌道電路，鐵路號誌因而由人工號誌進步到自動號誌。所以軌道電路可以說是號誌自動化與否的關鍵設備。現今，軌道電路仍是各國鐵路用以偵測列車最爲普遍的設備。台鐵現有型式的軌道電路始於1969年啓用繼電聯鎖時引進，更早的軌道電路則用於平交道的警報控制，型式並不相同。

軌道電路係以一段鋼軌作爲導體構成的回路，用於自動、連續檢測這段線路是否被列車佔用(Occupied)，佔用的信號再經聯鎖處理用於控制號誌或轉轍裝置，以確保行車安全。按其電路結構可分爲閉路式軌道電路(Closed Type Track Circuit)與開路式軌道電路(Open Type Track Circuit)兩種，開路式軌道電路由於無法自動檢出電路各個組成部分的故障，安全性較低，已很少被使用，台鐵則採用安全性較高的閉路式。又按軌道信號電流的種類分爲直流軌道電路(DC Track Circuit)、交流軌道電路(AC Track Circuit)和脈衝軌道電路(Pulse Track Circuit)；此外，還有無絕緣軌道電路(Non-insulating Track Circuit)。

台鐵採用的是直流閉路式軌道電路，日本JR則採用交流閉路式軌道電路。不論採用何種型式的軌道電路，軌道都是電路的一部分，由於係露天鋪設，分布在線路上的每一線與每一點，受天候與環境的影響大，造成誤偵測故障機率高，穩定性不足是軌道號誌系統最脆弱一環。爲進一步比較直流與交流軌道電路結構與特性之差異，分別說明如后：

## 1. 台鐵採用之直流軌道電路：

台鐵直流軌道電路的構成(附圖46)，係由送電端的電源設備(Power Device)、限流電阻(Regulating Resistance)及鋼軌(Rail)、連軌線(Bond Wire)、絕緣接頭(Insulated Joint)和接收端的軌道繼電器(Track Relay)所組成。其偵測原理為在軌道電路區段未被佔用時，從送電端發送出一定強度的信號電流，經鋼軌線路傳送至軌道電路的接收端。接收端的軌道繼電器線圈在一定強度的電流作用下受激磁而動作(Pick up)，由號誌顯示電路發出軌道電路區段未被佔用的訊息，號誌顯示進行。在軌道電路被列車佔用時，從軌道電路電源發出來的信號電流因受車軸短路分流，而只有很少一部分信號電流送至軌道電路的接收端，致繼電器因電流不足失去激磁而落下(Drop Down)，即發出軌道被佔用的訊息，使號誌顯示險阻。

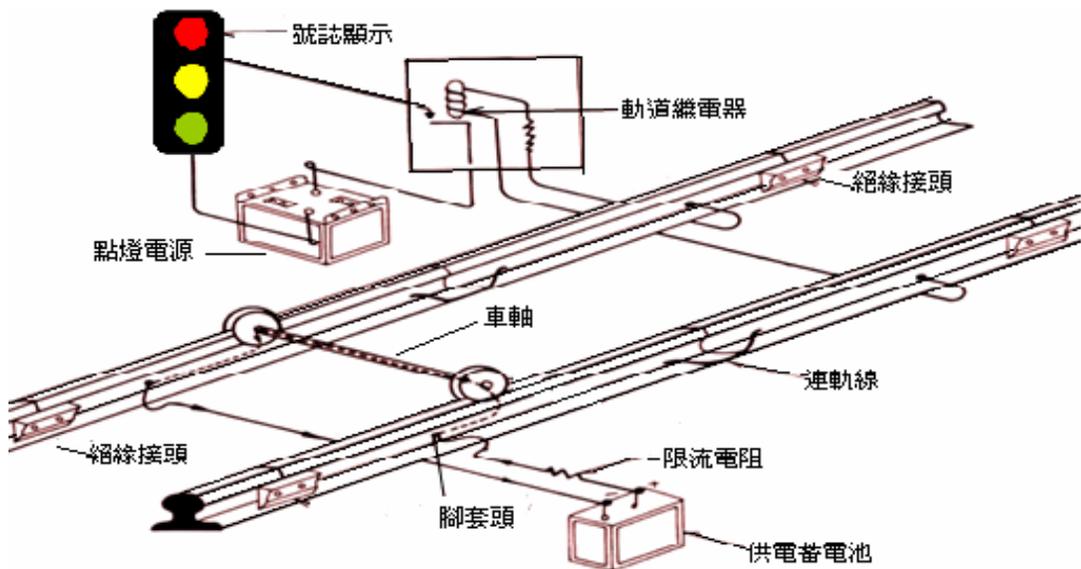


圖46 台鐵直流軌道電路的構成示意圖

閉路式軌道電路的特點是，電路的任何部分出現故障時，接收端的繼電器都不激磁，進而發出軌道電路區段被佔用的訊息，這是符合鐵路號誌強調Fail-Safe的設計準則，因此大多數國家鐵路都採用閉路式軌道電路。附圖47為台鐵站場拍攝新組裝之軌道電路實體圖，係以直流蓄電池作為電源的軌道電路，特點是電源供應較穩定，電路和元件結構較簡單。但電源設備維護的工作量相對增加；由於電路的回流軌與牽引電力回流共用，亦受回流干擾。此外鋼軌磁化

吸引鐵屑所造成的短路故障，甚難防制，與過多軌道絕緣接頭的維修工作量，因而各國已很少採用直流軌道電路，僅少數使用於非電化區間。



圖47 台鐵站場拍攝之軌道電路實體圖

## 2. 日本JR採用之交流軌道電路：

日本採用的交流軌道電路有25、50、60、83、100.....18.6kHz等多種頻率，依頻率範圍分為商用頻率、分倍周頻率、分周頻率及音頻等多種，如附圖48所示為複軌條商用頻率軌道電路圖，其中阻抗連結器(Impedance Bond)是交流軌道電路的特徵，也是與直流軌道電路明顯不同的元件。附圖49所示，係拍攝於JR東日本西那須野站場的阻抗連結器，它的功能為將鋼軌劃分成數個軌道電路區段，用以偵測進入軌道電路內的列車，均衡鋼軌上的牽引回流，提供給牽引變電站負回流電纜一個平衡連接點，將信號耦合到鋼軌上構成軌道回路。

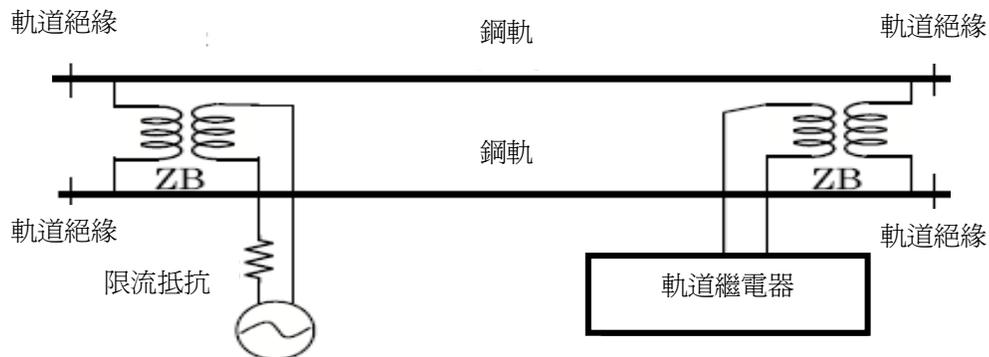


圖48 複軌條交流商用頻率軌道電路圖



圖49 交流軌道電路阻抗聯結器

此外音頻軌道電路(Audio Frequency Track Circuit, AF)與一般交流軌道電路的原理大致相同，只不過是以音頻信號來代替電流工作。音頻信號會由發送器(Signal Generator)發出，並經由接收器(Signal Receiver)接收。當列車駛進區間內時，音頻信號便會流經車軸，造成短路使接收器收不到信號，便可以探測到列車的位置。音頻軌道電路原則上採無絕緣接頭，在其兩旁的軌道若有車的話，仍可能會被車軸干擾短路，正因為這些音頻信號不能被限制在一段準確範圍之內流動，所以如果在無絕緣接頭軌道電路(Jointless Track Circuit)附近有道岔存在的話，便需要在該道岔前裝設絕緣接頭，以防止干擾。

交流軌道電路因係採用交流電電源的軌道電路，特點是電源變動調整性能較佳，能在各種不同和複雜的條件下工作，同時為ATC系統車上與地上訊息傳遞的橋梁，因此新幹線與新興都會捷運線皆採用交流音頻軌道電路。

### 3. 差異性比較

現場訪查日本與台鐵軌道電路的構成與機能比較，構造上以台鐵採用的直流軌道電路較簡單，機能與穩定性以日本的交流軌道電路較優，且較具前瞻性。就所蒐集相關資料將兩者列表比較，結構比較(如附表6)；機能比較(如附表7)。

表6 台鐵直流與JR在來線交流軌道電路結構比較表

電路元件	台鐵直流軌道電路	JR 在來線交流軌道電路
軌道絕緣接頭	V	V

聯軌線	V	V
軌道變壓器	X	V
軌道繼電器	V	V
阻抗搭接器	X	V
供電電源	V	V
限流阻抗(電阻)	V	V
中繼變壓器	X	V

表7 台鐵直流與JR在來線交流軌道電路機能比較表

電路元件	台鐵直流軌道電路	JR 在來線交流軌道電路
控制區間長度	<1 公里	>數公里
適用電化區間	僅適用交流電化區間	適用交流與直流電化區間
短路靈敏度	較差	較優
電流不平衡	X	V
鐵屑短路	V	X
漏失衰減	大	小
供電調整率	差	優
未來擴充性	低	高

註：V表示有；X：表示無

#### (四) 電動轉轍器差異

當列車欲由一軌道轉至另一軌道時，在軌道上必須有一特殊的裝置引導車輪進入所指定的軌道，此裝置即稱為道岔。道岔之構成包括轉轍器、岔心、尖軌、導軌、岔枕、滑板及轉轍拉桿所組成，是場站行車的核心設備，其工作正常與否，將直接影響行車運轉效率，嚴重時甚至威脅到行車安全。而電動轉轍器(Electric Point Machine)為道岔轉換的動力來源，正是道岔轉換的核心元件，它與軌道電路同為自動化號誌最為重要的基礎設施，左右號誌穩定度與可靠度的關鍵設備。由於安裝於軌道上，易受列車震動與地理環境影響，也同為號誌設備中最脆弱、最易故障、最難掌握的一環。採用電動轉轍器的優點是道岔轉換省時、省力、安全性高，並且便於實現自動控制和遠端控制，但無軌道電路

搭配之處所，用電動轉轍器反而不安全。

在日本，電動轉轍器大都採用國產Nippon Signal與Kyosan Signal兩家廠牌，因系出同門，結構與調整方法大同小異，如圖50所示為日式的電動轉轍器；而台鐵除了採用Nippon Signal與Kyosan Signal兩家廠牌的電動轉轍器外，尚有美國GRS與瑞典ABB(如附圖51)等多種型式。不論採用何種形式的轉轍器，其基本機能要求不外乎：

1. 作為道岔轉換器，應具有足夠大的推拉力，以帶動尖軌作直線往復運動；當尖軌受阻不能扳轉到底時，應可透過緩衝與過載保護機制使之滑動、切斷電源，避免燒毀馬達。
2. 作為方位閉鎖器，當尖軌和基本軌不靠密時，不應落鎖，不落鎖的訊息並應透過顯示電路轉達予號誌人員；一旦落鎖，應有防解鎖之機制，以確保不致因車通過道岔時的震動而錯誤解鎖。
3. 作為方位監視器，應能正確反映出道岔的方位狀態。



圖50 日本製電動轉轍器



圖51 瑞典製電動轉轍器

## (五) 故障分析與對策

此次參訪，原期望能取得日本JR在來線的號誌故障資料，但未能如願，只獲知號誌故障不多，但仍以軌道電路及轉轍器故障居多，這與台鐵該兩項故障占整體的80%，且與各軌道號誌國相同。欲快速有效地降低故障率，仍須從該兩項下工夫，因此本報告特著重於軌道電路及轉轍器相關資訊的蒐集。

### 1. 軌道電路故障統計：

台鐵歷年軌道電路故障約占整體號誌故障的60~70%，可區分為設備因素與外來因素，故障百分比約為70%比30%。設備因素以鐵屑短路約占40%、絕緣接頭短路約占20%；外來因素以越軌接地線碰觸號誌軌短路約占40%、扣件短路占20%。軌道電路高故障降低了整個號誌系統的可靠度，影響整體行車效率，也增加了維修負荷和成本。而軌道電路因某種原因落下(非佔用性故障)是號誌設備最常發生的故障，也是影響行車效率的主要來源。

### 2. 軌道故障分析與對策：

軌道電路由於露天運作，其穩定度、可靠度除了與設備本身、維修程度有關外，受天候、自然環境、列車密度高低、軌道上的活動多寡等種種因素的影響更大。尤其是台鐵日間仍有利用列車空間在軌道上從事如小據點人工砸道、枕木與扣件調整及更換絕緣接頭等養護作業，稍不小心就會造成非佔用性故障。據了解，日本JR路線上的養護作業僅限於夜間封鎖時段進行，因此欲大幅減少軌道電路的故障，須多方面一齊努力，才能奏效。常見的軌道電路故障原因與因應對策列於附表8，而週期性檢查、適時調整、落實工序、掌握汰換時機及工電聯合防範就是最好的軌道電路改善對策。

表8 常見的軌道電路故障原因與因應對策

裝置	故障原因	因應對策
軌道 電路	鐵屑短路	1.絕緣接頭塗膠 2.加強清除
	絕緣接頭不良	1.定期量測漏電流 2.絕緣更新
	連軌線、腳套線斷	1.定期檢查焊接 2.施工單位注意防範
	電池、整流器故障	1.定期檢查電液 2.計畫性汰換
	電阻、避雷器損壞	1.定期檢查接地 2.不良品更換
	電纜斷/絕緣不良	1.定期檢視 2.防氧化處理
	動作桿枕木位移短路	工、電定期會檢、調整

	道床積水	外來 因素	工務單位配合注意防範
	扣件脫落短路		
	施工影響		
	鋼軌斷裂開路		電力單位配合注意防範
	過壓保護器短路		
	越軌接地線觸軌短路		

**(1) 鐵屑短路防制：**

台鐵採用直流軌道電路，鋼軌經年磁化會吸引剎車閘瓦所產生的細粉鐵屑，或積存於絕緣接頭底部、內部或吸附於接頭表面，造成軌道電路短路故障。吸附於表面部分的鐵屑，尚無對策可以防制，只有勤於清除絕緣接頭附近的鐵屑；至於鋼軌底部與內腹部分，則可在安裝過程中，依照下列圖52至圖59之八道標準作業程序加以防制。(圖片來源：台北電務段)



圖52 序1.清除鐵屑鐵鏽放入絕緣片



圖53 序2.鋼軌底、腹塗上安打底漆



圖54 序3.貼上布條再塗上安打底漆

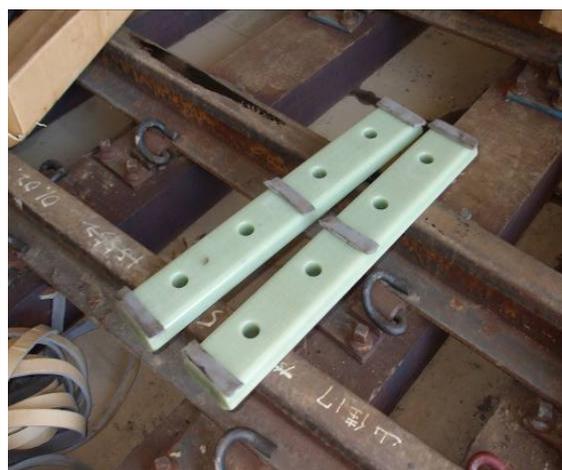


圖55 序4.魚尾板黏貼三道單面海棉膠



圖56 序5.組裝魚尾板



圖57 序6.均衡上緊4支螺栓



圖58 序7.將剩餘布條割齊



圖59 序8.安裝完成接頭再塗漆

**(2) 絕緣接頭短路防制：**

絕緣置於鋼軌縫隙間，鋼軌綿延暴露於自然環境中，受晝夜溫差及季節變化影響，由於鋼軌熱漲冷縮，過熱時擠壞軌縫絕緣片、過冷時拉破絕緣套管(夾膠絕緣接頭)是造成軌道絕緣接頭短路故障的兩大原因。因應此類故障有效的方法，除了前面提到絕緣片更換程序外，掌握天候因素的Timing是另一重點：入夏之前完成普通絕緣片更換；入冬之前完成夾膠絕緣更換。(如圖60&61)



圖 60 軌道絕緣接頭更新



圖 61 岔後絕緣塗膠防脫落扣件短路

### (3) 連軌線與回流接地線焊接：

不論台鐵採用的直流軌道電路或JR的交流軌道電路，鋼軌都是電路的一部分，除了須承載號誌信號小電流外，還須承載來自牽引電力的數百安培大電流，而牽引電流中的大電流須經由連軌線與接地線回流至變電站，若回流路徑不順暢會造成軌道電路號誌設備干擾或嚴重燒壞。從參訪JR在來線所看到多重連軌線焊接(最多達5條)，台鐵亦有2~3條的多重連接，其重要性可見一斑。而台鐵連軌線與接地線的損壞，大部分來自於工務與電務單位配合失調所致，例如換軌、砸道或施工等路線養護作業，若未密切協調，則可能讓連軌線與接地線失去完整性，據了解此一情況在日本並不存在，其連軌線視同軌道的一部分，焊接工作係由工務辦理。連軌線焊接作業情形(如圖62)；正確完整的回流接地(如圖63)。



圖 62 雙重連軌線焊接作業

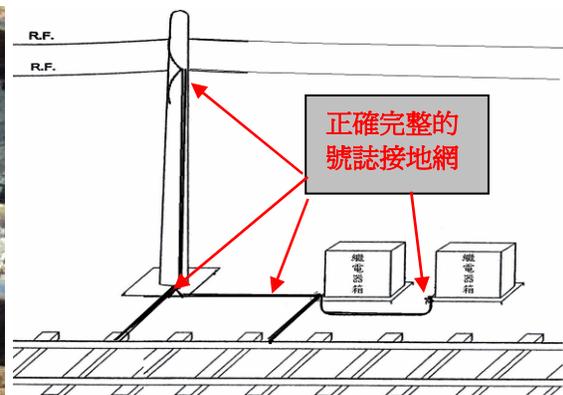


圖 63 正確完整的回流接地

### (4) 工電聯合防範對策：

- a. 工務路線維護或電務電路維護可能影響行車號誌時，參考JR的作法，以夜間路線封鎖作業為原則，避免造成瞬間性故障，影響行車。
- b. 防止越軌線、接地線破皮碰觸鋼軌造成短路，學習JR的作法：蓋厚鐵板防護、附近枕木畫標記，提醒工務砸道小心防護。
- c. 工電配合每年夏熱之前調整軌縫完成不良塑鋼型絕緣片更換(小於5mm)；冬冷前完成不良夾膠絕緣更換(1支以上螺絲漏電)。
- d. 路基不穩絕緣易破損處所，聯絡工務加強砸道。
- e. 切磨絕緣處鋼軌延伸之毛邊，防止短路。

- f. 聯合工務處理絕緣和道岔處易鬆脫之扣件、道釘等。
  - g. 聯合調整道岔基本軌、尖軌和轉轍區段，使絕緣接頭處前後鋼軌鎖錠良好，不爬行、不移位。
  - h. 聯合調整軌端絕緣處移位之軌枕，確保道釘、扣件、墊板不致碰觸絕緣片。
  - i. 聯合檢查軌距拉桿絕緣，發現絕緣不良老化、破損即時處理。
  - j. 工務在換軌時，接地線必須焊接回鋼軌，否則可能燒壞軌道電路元件。
- 電務單位定期派員對工務施工單位人員進行防止造成軌道電路落下故障的常識講習，請各施工部門在軌道電路區段作業時，加強注意防護。

### 3. 軌道電路與計軸器並聯雙重化：

軌道電路故障大部分是可以透過週期性保養來預防，但也有些如直流軌道電路的鐵屑短路及外來等因素，令人防不勝防，甚至無計可施。由於傳統軌道電路受外界環境影響大、故障率高、調整頻繁、維修量大等缺點，因此，未來在新建鐵路電氣化時，如果還要採用軌道電路的話，建議採用交流音頻無絕緣軌道電路，從根本上來克服傳統直流軌道電路的問題。

近年來臺鐵為降低軌道電路誤偵測之假性故障、提升號誌系統穩定度及行車效率，於2005年啓用計軸器，將軌道電路與計軸器混用形成雙重化，平時置於同時位(軌道與計軸串聯)，任一方故障時，即切至正常的一方單獨使用。由於採串聯，提升了安全性，卻犧牲了可靠度。如果採用並聯，很明顯可以有效大幅降低故障率。至於安全性如何？就是目前存在疑慮，未能採用並聯的原因，持反對意見者認為並聯會降低安全性。惟根據相關文件顯示，計軸器是採用微處理技術符合鐵路要求的Fail-Safe軟體及Fault Tolerant的通訊技術來提高可靠度，通過國際安全認證，且其整體安全等級為EN50126標準的SIL3~4級(失效率 $10^{-7}$ ~ $10^{-9}$ )，明顯高於軌道電路的SIL2級(失效率 $10^{-6}$ ~ $10^{-7}$ )。所以贊同並聯者認為安全性不是問題，未能有效整合意見才是問題。

※ EN50126(Railway applications-The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety(RAMS))。

※ SIL：系統整體安全程度(Safety Integrity Level)。

#### 4. 轉轍器故障統計：

轉轍器故障為僅次於軌道電路的第二大號誌故障來源，也是影響行車效率的主要項目之一，占整體號誌故障約15%左右。設備因素與外來因素故障百分比約為80%比20%。設備因素以動作桿位移不落鎖占58%最多，其次為顯示接點不良占11%。外來因素統計以施工影響占42%、滑板潤滑度不足占32%、保安裝置(輔助拉桿)占26%。所以要整治號誌故障，轉轍器是另一重點。

#### 5. 轉轍器故障分析與對策：

轉轍器與軌道電路一樣是露天運作，同樣受天候、自然環境、列車密度及軌道上的活動等因素影響。常見的轉轍器故障原因與因應對策列於附表9，週期性檢查、適時調整、掌握更換時機、工電聯合防範仍舊是必要的對策。

表9 常見轉轍器故障原因與因應對策

裝置名稱	故障原因	因應對策
轉轍裝置	動鎖桿位移不落鎖	工電定期會檢、調整
	尖軌夾雜物	定期加強清理
	馬達/離合器不良	1.定期量測滑動電流 2.計畫性進廠整修
	顯示接點不良	1.檢測彈片壓力 2.不良品更換
	電纜斷，短路	1.定期檢視 2.防氧化處理
	滑板潤滑不足	1.定期滑板潤滑 2.雨後加強潤滑
	保安裝置	2.工電定期會檢、調整
	施工影響	3.工務單位配合注意防範

#### 6. 轉轍器不落鎖故障之對策：

轉轍器具有轉換、鎖錠、查核與顯示的4種機能(如附圖64)，其中鎖錠是採用機械鎖，具有很高的安全性，一旦偵測出尖軌密著度處於「不落鎖」時，即發出道岔處於不安全狀態的信號，該處的行車速度立即設限，以確保行車安全。所以「該落鎖有落鎖」與「不該落鎖不落鎖」是轉轍器正常的安全查核與防護機制；而不落鎖故障指的是尖軌密著度與機械作用皆正常的「該落鎖未落鎖」情況，常被說成是轉轍器故障的主要原因，但造成不落鎖的原因通常有兩種說法，一種是鎖錠桿位移，另一種是鋼軌或轉轍枕木位移造成不落鎖。不論何種說法皆有可能，理由是正常的轉轍器本體與鋼軌間或轉轍器與枕木間有一固定

的距離及角度，一旦其中任何一者稍有走位，改變了相互間的相對位置，且超出落鎖的容許誤差值時，就會造成所謂的「該落鎖未落鎖」之「不落鎖」故障(如附圖65)。不落鎖是轉轍器最常見、最令維修人員困擾的現象，大部分機械沒有問題，但出現異常訊號，列車行進會嚴重受影響，台高「倒退嚕」就是發生在此種情況。

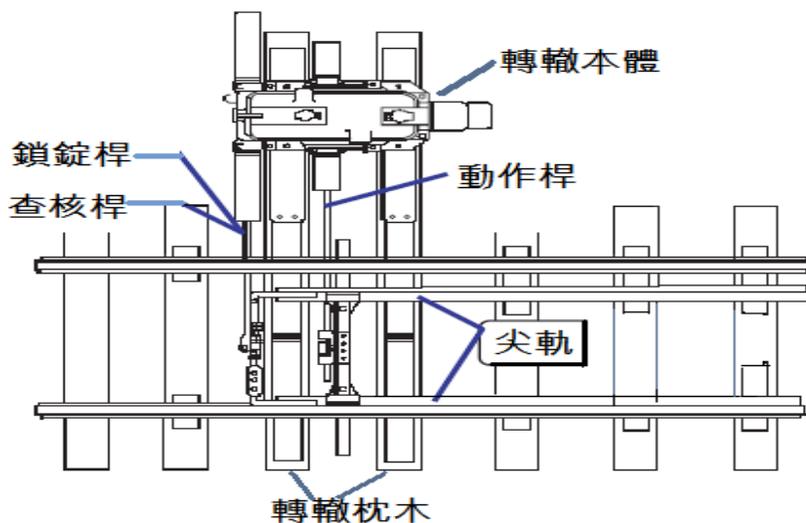


圖64 轉轍器的轉換、鎖錠、查核與顯示機能

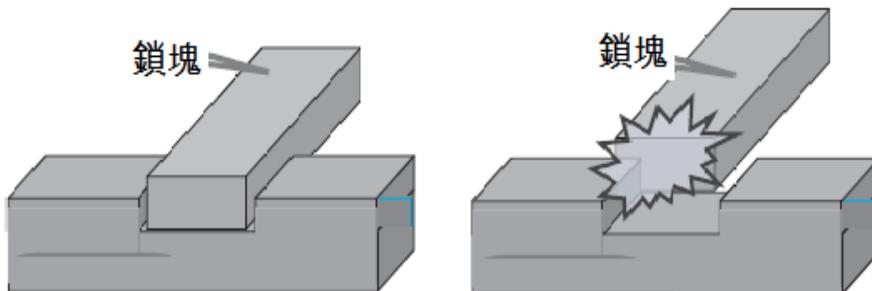


圖65 轉轍器落鎖與不落鎖示意圖

轉轍器運作於受列車衝擊的震動環境，組成元件走位是無法避免的，因此經常定期工電聯合檢查與調整是必要的，但頻繁的檢查與調整頻率增加了工作量，維修人員不勝負荷，且往往顧此失彼。台鐵UIC60重型道岔啓用後，或可獲得些許改善，而在日本JR有一些比較不同且先進的作法，例如轉轍器締結裝置(如附圖66)、轉轍器監視裝置(如附圖67)，其成效值得進一步了解與參考。

(1) 轉轍器締結裝置：

用於抓住轉轍器本體與基本軌間或轉轍器與枕木間固定的相對距離及角度，鋼軌或枕木偏移時，整體跟著移動，但相互間的相對位置維持不變，理論上可減少不落鎖的情況。

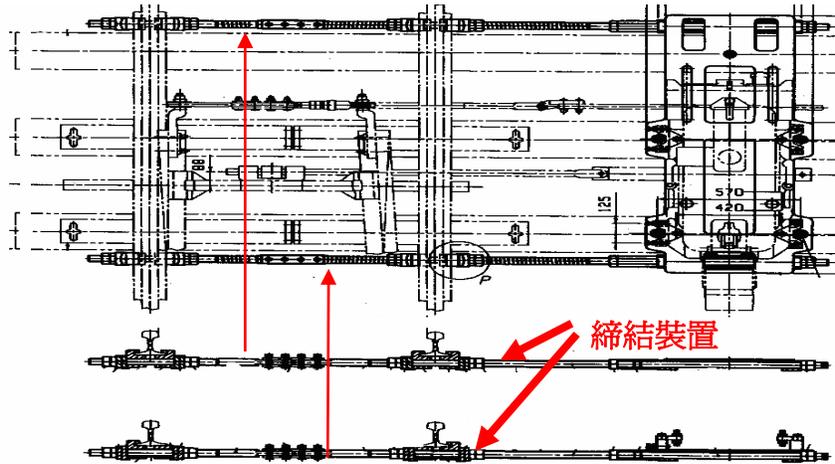


圖66 轉轍器締結裝置

(2) 轉轍器監視裝置：

係在轉轍器本體與基本軌間或轉轍器與枕木間安裝位移感測器(Shift Sensor)，偵測出相對距離或角度發生偏移時，偏移訊號傳回監視中心，在不落鎖故障尚未發生之前，即通知維修單位事先調修，以防範未然。

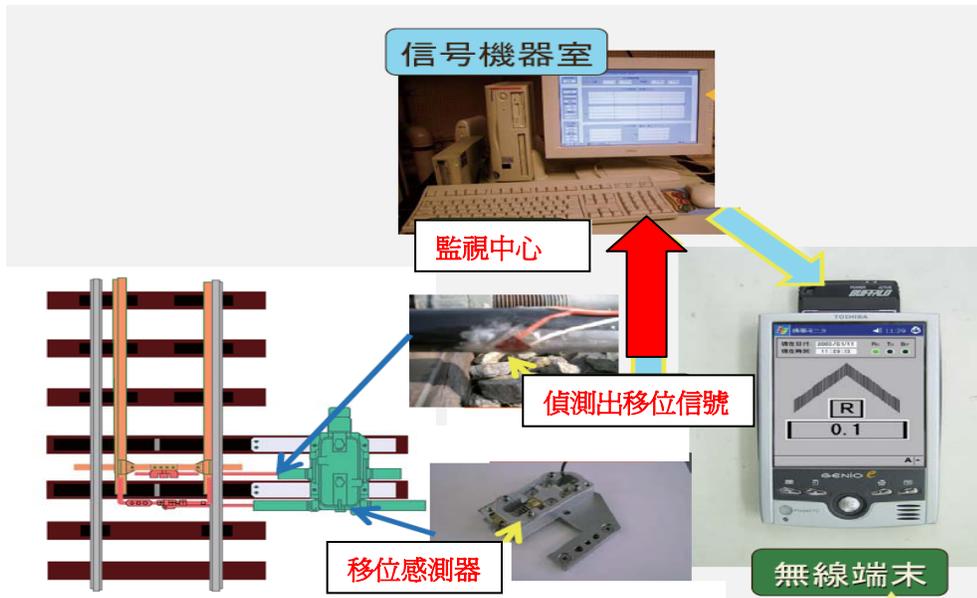


圖67 轉轍器監視裝置

## 四、 台鐵與JR號誌維修比較

### (一) 維修組織與人力

JR東日本鐵路號誌設備維修組織架構約略可分為本社、支社、技術中心及維修中心等四個層級。本社下設有支社，每一支社下數個技術中心，相當於台鐵的電務段，每一技術中心下設有數個維修中心，相當於台鐵的號誌分駐所。據鶴丸課長表示，每一個維修中心約配置10名維修人員及委外承包商，維修範圍約50Km，其工作性質為配合工程監督、完工檢查、障礙處理等工作，性質與台鐵類似。另據日信人員表示，JR新幹線與捷運線號誌委外維修率高，而在來線仍以自行維修較多，即使委外也以局部、特定單項，很少以區段或全部。

### (二) 維修制度狀況評估

日本新幹線與在來線其軌道保養維護基準值、檢查項目及檢查週期也不大一樣，特別是新幹線只能在夜間的時間帶方能進行保養維護工作業務。另外，必須在作業完成後早上首班列車開出前，確認是否可以安全運轉，所以路線維修制度是不同的。在來線的路線養護作業也都安排在夜間進行，日間只做非侵入路線的檢視工作，夜間作業的最大優點就是減少工安事故與影響行車。台鐵大型路線養護也都安排在夜間進行，但日間仍有零星小型維護，常有讓號誌突變險阻影響行車的情形(工、電單位都有)，台鐵的要求應向JR看期日趨嚴謹。

參訪日本JR在來線，很想知道其號誌故障率低的原因，可惜沒有確切的數據資料可供分析，只能臆測與推敲。但不可否認，日本JR擁有先進的鐵路技術，憑藉其製造國之成本優勢，對於號誌設備汰換更新是一大利基，絕對有助於故障率的降低。除此之外，其維修制度與管理也是我們要特別關注的焦點。所以台鐵值此新進號誌設備不斷精進，維修內容趨於多元複雜化之際，重新檢視維修制度與方式有其必要性。

#### 1. 維修策略：

維修可簡單地定義為「使設備或系統維持在可用狀態或為修復故障功能等之一切手段或行為」，此行為能延緩設備或系統老化的速度，使其回復至較新的狀態，以延長其使用壽命。維修的方式有很多種，該選擇何種維修方式，才

能達成最佳的維修成效，須視所能掌握的維修關鍵因素而定。如果人力、物力、財力與天時地利皆能配合，所有維修方式都選擇當然最好；如果辦不到，那就得仔細評估選擇最有利且可行的方式。日本JR能夠將號誌故障壓至那麼低，相信一定有掌握到維修關鍵因素。

## 2. 狀況評估：

就台鐵現況而言，號誌維修方式在定期維修與矯正維修較多；計畫維修與預防維修較不足；狀態維修則更要強化。要如何使號誌人員儘快適應維修內容的轉變，如何將維修方式由定期、矯正導向計畫、預防及狀態維修，如何實現維護管理迅速有效提升號誌可靠度是一個重要的課題。附表10所示為以經驗與主觀評斷列出台鐵號誌維修方式現況評估表。在號誌設備發展愈趨向電子化、微電腦化及故障狀態愈難掌握的今日，維修方式必須適應設備與故障的性質，才能契合實際狀況，有效預為防範。以往定期維修方式不可避免地存在部分設備失修和部分過修的情況，未來應以採用狀態與預防維修才是適宜的。

表10 台鐵號誌維修方式現況評估表

維修方式	維修內容	關鍵因素	現況
定期維修	預設維修週期，定期進行，時間到就維修。	天候環境	☆☆☆
計畫維修	評估生命週期成本，切入點契合就維修。	成本效益	☆☆
矯正維修	改善已發生故障的設備、環境，反覆檢查維修。	抓故障點	☆☆☆☆
預防維修	故障發生前即進行維修，預防是目的。	抓時間點	☆☆
狀態維修	設定狀態極限值，到達極限值就維修。	監視狀態	☆

註：☆：表示執行程度，最高☆☆☆☆

### (三) 維修狀態監測：

前面提到掌握維修的關鍵因素，才能達到最佳的維修成效，但要如何掌握關鍵因素將以往定期、矯正維修導向計畫、預防及狀態性維修，除了一些資訊蒐集外，良好的狀態監測設備是最佳的利器。

監測設備依功能可區分為兩種，一種為故障警報通知型；一種為異常警示型。前者缺乏預知能力，故障通知時故障已經發生，台鐵現有的號誌集中監視

系統較接近此一型。後者具有異常診斷、預警通知的能力，能夠使故障尚未發生之前即予修復。

此次在日本信號公司的簡報資料中有提到應用類神經晶片(Neuron Chip)分散式區域控制網路(Local Operating Network, LonWorks)的微電腦監視、分析與處理號誌設備的狀態，算是相當嶄新技術的監視系統，據資料顯示，目前已實際應用於大阪交通局的都會線。

台鐵號誌系統要導向預防性及狀態性維修，若要建置一套功能強大的輔助監測系統，可以參考國外功能特點，但不一定要向國外採購。LonWorks在技術層面及經濟層面各具有下列特點：

➤ **技術層面：**

- 專為控制網路開發的技術。
- 通訊介質獨立性。
- 彈性的網路架構。
- 可預測的網路功能。
- 具高度智慧的區域 I/O 元件，可作對等式的訊息傳遞。
- 網路因智慧型分散式操作，系統可靠度極為優良。
- 網路模組化，易于修改、擴充、重組。
- 彈性的網路架設與整合。
- 原廠產品間高度的相容性。

➤ **經濟層面：**

- LonWorks技術提供控制網路一個完整、簡易、並可量產的解決方案。
- 完整的工具，使硬體和軟體開發、設計簡易、可靠。
- 堅強供應廠商陣容: Motorola、Toshiba、Cypress
- 低成本、模組化、和最適化的 OEM 產品。
- 控制網路因維修容易、功能擴充簡單、高度彈性架設、堅固設計、和優越診斷功能，使得生命週期成本大為降低。
- 經全世界800多家驗證過的技術。

## 肆、考察心得與建議事項

### 一、考察心得

適逢台鐵面臨外在競爭與推動轉型之際，藉由此次五天赴日考察行程，看看日本JR先進的號誌設施與維修管理作法，作為台鐵訂定未來遠景與提升當前號誌可靠度的參考。

#### (一) 經營策略與服務品質

日本鐵路之最大特色在於安全與準點之運輸服務，長久以來在產、官、學相互扶持與密切合作下，新的技術不斷突破、研發問世，所帶來的便利性提高了民眾搭乘的意願，在此一良性循環互動的有利環境下，既使面臨公路與航空業的競爭，日本鐵路仍能再創造佳績與新局，勢必有其過人的經營與管理能力。台鐵無須也無力與日本鐵路競賽，但同樣面臨著外在環境的挑戰，經營策略與服務品質必須等量轉變與提升。

#### (二) 人才培育與技術訓練

日本JR對於鐵路人才培育工作極為重視，培育方式以職場訓練、集體訓練及自我啓發三種並進，其中集體訓練在JR東日本綜合研修中心優質的訓練環境中進行，每一位新進號誌人員公司即有計畫的安排由基礎技術、技術提升、專業技術，以至技術專業人才等一系列紮實的訓練。在工作崗位上沿襲傳統師徒制要求嚴謹的敬業態度與作業程序，很快就可以獨當一面，加上民營化的職缺競爭力，力爭上游成為優秀的號誌工程師，才不至被淘汰，這也是支撐號誌可靠度向上提升的無形力量。

#### (三) 事故的省思與惕勵

日本新幹線營運45年來，標榜高安全性與高準點率，數十年未曾發生死亡事故的記錄，至今仍為鐵道界所稱頌。即使是JR在來線的鐵路事故亦已大幅減少，以JR東日本為例，10年間事故率約降低了55%，當然這大部分是拜列車防護技術創新所賜，而此一技術創新的靈感就是來自於前次事故的慘痛經驗的啓發。鐵路科技日新月異，追求速度的需求將永無止境，但別忘了再好再新的設備都沒有辦法百分之百防止事故發生，因為這當中還摻雜了人的因素。所以「現

在沒有發生，並不代表將來不會發生」；平日偶發的小狀況，若不記起教訓，難保不會肇致大事故。JR東日本的故事歷史展覽館正是深植員工心靈間接體驗事故經驗的活教材，所謂「前事不忘，後事之師」，值得台鐵參考。

#### **(四) 政策性支持軌道工業**

日本所謂的鐵道關係團體是指財團法人的鐵道相關協會，計有數十個，以軌道電氣技術、運輸及車輛製造較多，顯示日本政府大力支持軌道工業、促進民間參與的決心，也因而造就了今日日本鐵道技術的領先地位。未來在台灣，軌道車輛已不只台鐵與高鐵而已，尚包括營運中的台北、高雄及興建中的桃園機場捷運與規劃中的中南捷運、林鐵、輕軌捷運等，未來市場需求將日益擴大，若由政府投資扶持本土軌道工業起步，初期與國外合作，採漸進式轉型，以國內既有的科技水準，定能在軌道業界取得一席之地；同時創造就業機會，零件自足，擺脫仰人鼻息的痛。

#### **(五) 預防性與狀態維修**

日本JR在來線鐵路號誌設施除了軌道電路與台鐵的差異較大外，其餘轉轍器、聯鎖、平交道及行車密度、路線環境皆與台鐵很相似。據了解JR在來線的號誌委外維修率僅約20%，80%仍由鐵路公司自己維修，然推究其故障率低的原因，除了傳統敬業精神、技術訓練紮實、民營化的競爭等無形條件的契合外，最具關鍵性的應該是預防性保養的落實，這就是此次考察最直接的收穫。台鐵要落實預防性維修，須先掌握預防的關鍵因素，那就是維修的時間點，這需要一些軟硬體配套措施，如故障平均間隔的資料統計，監測設備提供狀態分析，零組件充分準備，算準了時間點就切入維修，該修就修、該換就換，要當機立斷，要屏除過去捨不得換、再用看看的拘泥作法。

#### **(六) 工、電橫向協調整合**

台鐵的號誌故障有一部分起因於連軌線被砸道作業砸斷所致，此一現象在日本JR並不存在，因為他們將連軌線視為鋼軌的一部分，劃分子工務負責施作，所以會格外小心。在台鐵，從鐵路電氣化開始，連軌線即劃由電務負責且行之有年，從主客觀環境來說，欲變更權責劃分，不大可能。只是為了台鐵整

體利益，工、電雙方擬訂出一個辦法及作業程序來防止此一損壞情況。此次於在來線的軌道上或枕木上看到白色油漆標示△、○、⊕的記號之類似防護方法，值得台鐵學習。

## 二、 建議事項

### (一) 員工訓練

1. 建議中央協助台鐵覓場地、籌措經費，蓋一座現代化的員工訓練中心，在職員工皆應定期接受訓練，時時接受新資訊，以提升素質，強化台鐵競爭力。
2. 建議台鐵運、工、機、電各單位開始蒐集汰舊下來的報廢設備，預為將來員工訓練中心供學員實習之準備。

### (二) 鐵路博物館

建議成立國家級鐵道博物館，將目前分散各處之鐵路文物有計畫保存，讓後代子孫能共同體驗鐵路與生活密切的關聯性，世代擁有與珍惜文化資產。

### (三) 其他建議

1. 日本許多車站與台鐵同樣有著人員精簡後運作上的困擾，惟日本人選擇應變，除大車站外，其餘由車長控制出發號訊器，就算配有車站人員亦帶有攜帶式麥克風，隨時向旅客廣播最新列車乘車資訊，建議台鐵對於未辦理調車清淡小站，比照簡易站改由車長顯示出發號訊，提高效率與縮短運轉時分。
2. 由於日本傳統鐵路大多數車站不辦理行包業務，而國內目前快遞業務蓬勃發展，建議台鐵研議全面退出行包業務，人力精簡可轉供提升車站服務品質。

## 伍、參考資料

1. 揭開臺灣鐵道的歷史風貌—臺灣鐵道圖書演進及書目簡介，中華民國鐵道文化協會/蘇昭旭.
2. **Automatic Train Control in Rail Rapid Transit**，May 1976NTIS order PB-254738.
3. **Safety Plan 2008**，East Japan Railway Company Transport Safety Department /Minoru Arai.
4. 赴日本考察鐵路企業化經營及傳統鐵路與高速鐵路整合營運報告/徐達文.
5. 赴日本考察先進國家高山鐵路監查制度/范植谷、邱崧炳.
6. 軌道回路レール電流検出器 (RID-804)/ ニックネーム：ロッド付“コロコロ君” 本体のみ“オクダケ君”.
7. 轉轍器鎖定改善手法，鐵道總研報告/五十嵐義信.
8. 鐵路號誌系統RAMS指標設計，鐵道總研報告/平栗茲人.
9. 軌道回路短路不良改善手法，鐵道總研報告/福田光芳/板垣朋範/寺田夏樹
10. **The Current Status of Signal Control Systems and Research and Development**/ Yoshinori Kon.
11. **Breakthroughs in Japanese Railways 2 Learning from Past Railway Accidents—Progress of Train Control**/ Masayuki Matsumoto.
12. 以ABC為基之預防維護保養策略調整規劃/95楊珮慈碩士論文.
13. 維基百科/自由百科全書.
14. JR在來線/號誌與通訊.
15. 鐵道之路homepage.