

出國報告（出國類別：考察）

考察電車線提高行車速度設備及技術

服務機關：交通部臺灣鐵路管理局

姓名職稱：電務處電力科科长 梁火南

電務處副工程司 周廷岳

派赴國家：英國

出國期間：97年12月1日至97年12月11日

報告日期：98年2月4日

摘要

本次赴英國考察電車線設備，經由英國鐵路工業聯會安排，了解該聯會組織及功能與英國鐵路營運概況。主要參訪鐵道路網公司，獲悉英國鐵路電氣化現況與未來電車線提高行車速度之設備及技術，參觀牽引電力供應模擬系統，交換電化變電站與電車線設備檢修及設備更新心得，參訪電力維修基地，了解英國電車線維修週期、檢修規章及實施概況，討論電車線設備故障之改善對策，維修人員專業訓練之實施方式及構想，詳細了解目前最新使用之電車線材料及施工機具，也觀摩夜間電車線施工及勞工安全執行實況。

聽取廠商簡報，了解新型集電弓之使用情形，雷射量測技術配合電腦軟體應用在電車線檢查之實例，專業工程公司為鐵路電氣化提供設計、施工、材料供應及專案管理等服務與在全球承攬鐵路工程之實績，收獲良多。

目次

壹、出國考察之依據及目的-----	1
貳、成員及行程-----	2
叁、考察過程-----	3
一、英國鐵路工業聯會（RIA）-----	3
二、Brecknell Willis-----	7
三、Bounds Green Depot-----	8
四、Delta Rail-----	10
五、鐵道路網公司（Network Rail）-----	15
六、Romford 電力維修基地-----	22
七、Rugby and Nuneaton 專案夜間施工-----	70
八、Balfour Beatty-----	74
肆、考察心得及建議事項-----	85
伍、致謝-----	90
陸、參考文獻-----	91
柒、附件-----	92
一、拜訪及接觸人士-----	92
二、我國電車線設備簡報資料-----	94

圖目錄

圖 1	英國鐵路工業聯會簡報首頁-----	3
圖 2	英國鐵路歷年運輸成長圖-----	5
圖 3	英國鐵路歷年行車安全指標圖-----	5
圖 4	Brecknell Willis 簡報首頁及銷售產品-----	7
圖 5	Delta Rail 公司簡報首頁-----	10
圖 6	英國鐵路電車線事故一-----	10
圖 7	英國鐵路電車線事故二-----	10
圖 8	英國鐵路電車線事故三-----	10
圖 9	集電弓接觸力測量原理圖-----	11
圖 10	集電弓接觸力測量圖-----	11
圖 11	接觸線偏位測量圖-----	11
圖 12	集電弓監視系統設備圖-----	12
圖 13	集電弓上舉力測量圖-----	12
圖 14	集電弓加速度測量一-----	13
圖 15	集電弓加速度測量二-----	13
圖 16	集電弓狀態監視設備圖-----	14
圖 17	理想化 AT 供電系統圖-----	17
圖 18	AT 供電系統示意圖-----	18
圖 19	Network Rail 公司電車線檢查車-----	59
圖 20	電車線檢查車檢查結果-----	60
圖 21	電車線檢查車檢查報表-----	61

圖 22	工地參訪許可證-----	70
圖 23	軌道參訪許可證-----	71
圖 24	手提式結構物縱斷面測量儀-----	75
圖 25	360 度綜合測量儀-----	76
圖 26	Trent Valley 四軌化專案示意圖-----	77
圖 27	德國高速鐵路電車線設備圖-----	80
圖 28	西班牙高速鐵路電車線設備圖-----	81
圖 29	中國高速鐵路電車線設備圖-----	81
圖 30	模擬牽引電力供應系統圖-----	84

表目錄

表 1	考察行程表-----	2
表 2	英國電車線設備維護執行報告(範例)-----	57
表 3	架空電車線分類表-----	79
表 4	各國高速鐵路電車線組成分類表-----	80

壹、出國考察之依據及目的

一、依據：

本考察案依據交通部臺灣鐵路管理局 97 年度編列「考察電車線提高行車速度設備及技術」出國計畫辦理。

二、考察之目的：

臺灣鐵路西部幹線基隆至高雄間電氣化完成於民國 68 年，迄今將逾 30 年，當時電氣化工程係由英國 BICCC 公司設計及施工，因部分設備已老舊導致維修不易，經常發生設備故障，確有需要更新，以確保電車線供電安全與節省維修成本及人力。又目前臺鐵局電車線設備最高行車速度為每小時 130 公里，為因應臺灣高鐵通車後之競爭及民眾對行車時間縮短之期望，有將行車速度提高之必要，需辦理電車線設備提高行車速度改善之研究。

為強化臺鐵局電車線系統之安全及吸取先進國家鐵路電氣化設備更新與維修經驗，派員赴原設計英國考察鐵路電車線設備，了解鐵路電車線設備提高行車速度及更新之策略與構想、電車線設備維修週期、維修規章與檢修實施現況、目前採用之最新電車線材料及電腦化檢修技術，以提供臺鐵局電車線設備提高行車速度改善之參考依據，增進臺鐵局電車線設備維修之效能及提高電車線供電服務品質，以達電車線設備零事故之目標。

貳、成員及行程

一、考察團成員：

梁火南 交通部臺灣鐵路管理局電務處電力科科长

周廷岳 交通部臺灣鐵路管理局電務處電力科副工程司

二、行程表：(自 97 年 12 月 1 日至 97 年 12 月 11 日止，計 11 天)

表 1：考察行程表

出國行程說明	日期	地點	行程概述
	12/1 (一)	臺北/倫敦	去程：桃園國際機場搭機
	12/2 (二)	臺北/倫敦	抵達：倫敦 Heathrow 機場
	12/3 (三)	倫敦	1.英國鐵路工業聯會 (RIA) 簡報 2.Brecknell Willis 簡報 3.參訪 Bounds Green Depot 4.參訪 Network Rail
	12/4 (四)	倫敦	1.Delta Rail 簡報 2.參訪 Network Rail 及討論電車線維修技術
	12/5 (五)	倫敦	參訪 Network Rail 在 Rowford 電力維修基地
	12/6 (六)	倫敦/ Lichfield	參訪 Rugby and Nuneaton 專案夜間施工情形
	12/7 (日)	Lichfield/利物浦	轉往利物浦並觀摩利物浦車站電車線設備及佈置
	12/8 (一)	利物浦/倫敦	參訪 Balfour Beatty 及討論電車線提速技術
	12/9 (二)	倫敦	觀摩英國地鐵與車站電車線設備及佈置
	12/10(三)	倫敦/臺北	回程：倫敦 Heathrow 機場搭機
	12/11(四)	倫敦/臺北	抵達：桃園國際機場

參、考察過程

一、英國鐵路工業聯會（Railway Industry Association，RIA）

（一）聯會簡介

由該聯會理事長Jeremy Candfield親自接待並負責簡報該聯會的組織及英國鐵路概況。英國鐵路工業聯會為英國鐵路設備供應與技術服務廠商所組成的民間貿易組織，目前約有 140 餘個會員，其成員供應英國鐵路、地下鐵、輕軌電車及出口鐵路相關產品，會員包括鐵路車輛製造商、號誌及通訊系統供應商、軌道更新廠商、車輛租賃公司、鐵路週邊產品供應及製造商、顧問公司及專家服務公司等。該聯會基本功能為代理策略產品、傳遞訊息、推展出口業務、交換意見及建立銷售網路與改革供應鏈等項目；並和在臺英國貿易文化代表處連繫非常緊密，過去 5 年曾 8 次組團參訪臺灣，在臺北辦理 2 次國際性展覽，與臺灣政府舉辦 4 次產品展示會，安排臺灣政府官員及鐵路相關人士赴英國參訪鐵路相關產業。



圖 1：英國鐵路工業聯會簡報首頁

（二）英國鐵路概況

目前從事英國鐵路工業人員至少有 176,000 人，鐵路總長約 34,000 公里，2,500 個車站，65% 乘客的旅程起迄點都在倫敦，大約有 40% 的鐵路電氣化，倫敦南邊的通勤線路為 DC750V 第三軌，倫敦地下鐵為 DC630V 第四軌，主幹線通往東北及西北和其他通勤線路為 AC25KV 架空線，其餘線路仍以柴油引擎為動力。主幹線行車速度為時速 200 公里，其他路線行車速度為時速 110-160 公里，英吉利海峽隧道鐵路連線行車速度為時速 300 公里。

英國政府在 1990 年初期即計劃將鐵路私有化，自 1994 年開始歷經 3-4 年完成改組，在私有化期間，鐵道設施、車輛及維修部門全被販賣或以契約標售。英國鐵路在過去 10 年內逐步發展形成客運服務特許，非常競爭，大部分專門鐵路技術都掌握在私有公司的營運模式。

鐵道路網公司（Network Rail）為英國鐵路基礎設施的管理者，擁有軌道、號誌、電氣化及通訊網路設施並負責營運，編製列車時刻表，除了鐵路維修之外，最主要的工作是提供路線服務。

在英國鐵路私有化下的主要營運角色共有 4 個，分別為

1. 擁有鐵路基礎設施和負責維修責任的鐵道路網公司。
2. 政府特許下經營旅客運輸服務的 25 家客運公司。
3. 設備供應商。
4. 擁有全英國大部份鐵路車輛之鐵路車輛公司。

目前英國鐵路架構為英國政府訂定鐵路運輸策略並與鐵道路網公司簽約，由客運公司（Train Operating Companies）負責旅客運送，鐵道網路公司有責任管理鐵路設施，客運公司提供旅客運輸服務，鐵路

管制局 (Office of Rail Regulation) 保證鐵道路網公司不會濫用獨佔權利及對行車之安全負責。鐵道路網公司是不分紅、無股東、不以營利為目的的私人公司，任何利潤均需再投資在鐵路基礎設施之建設，其公司主要收入為收取鐵路客運公司的租金及政府的補貼經費。

鐵道路網公司和政府的關係，政府不擁有或控制鐵道路網公司，政府規範服務標準，要求鐵道路網公司來提供路線設施，鐵路管制局核定路線使用費標準及客運公司收費標準，客運公司向政府申請補貼費用，政府是鐵道路網公司債務的最終保證人。

政府特許客運公司經營客運業務一般為期 7 年，在預先決定的補助金下客運公司被規範提供最基本的客運服務，客運公司除靠車票收入外，並希望在客運量成長、運輸成本下降及防止逃票等方面來增加獲利。

有 5 家貨運公司為非特許及非被政府補助的純民營公司，其貨運費為一般客運公司票價再加上額外運輸費用。

在最近 10 年內英國鐵路旅客載運公里數成長 40%，貨運需求增加 25%，有 5,000 輛新車加入運輸，行車安全也逐年提升。

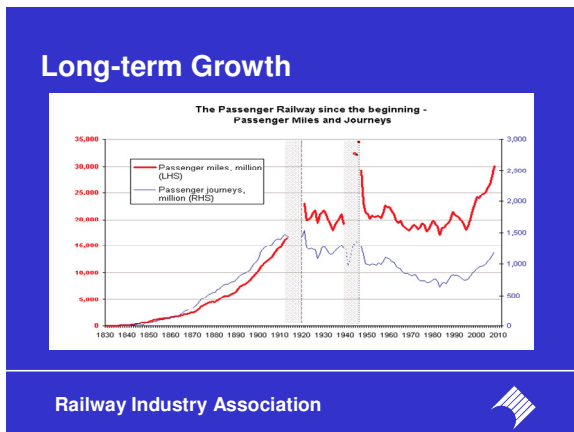


圖 2：英國鐵路歷年運輸成長圖

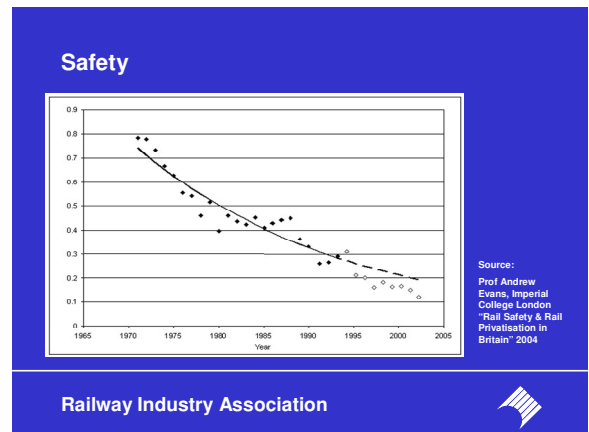


圖 3：英國鐵路歷年行車安全指標圖

在路線容量受限下需解決大量運輸增加的需求，改善行車可靠度及準點率，辦理主要基礎設施更新工程，控制成本追求最大化收益及符合社會對鐵路改革的期望等，都是英國鐵路面臨之問題。英國鐵路工業也面臨鐵路改革的衝擊，更需要注重安全及品質的控制，期望增加最大使用容量、最高可靠度及最小生命週期價值。

二、Brecknell Willis

由銷售經理 Andrew Hales 負責介紹公司概況及產品，該公司創立於 1854 年，員工約 180 人，為 Fandstan 集團下之公司，BW 為電氣化領域的專家，該公司 70% 的產品均為外銷。



圖 4：Brecknell Willis 簡報首頁及銷售產品

主要產品包括有輕軌電車、捷運、鐵路各種運輸系統之集電弓、第三軌設備及架空電車線設備，該公司提供產品之設計、製造、供應、測試、安裝及維修等服務。臺北捷運採用該公司之第三軌設備，在臺灣設有辦公室。

三、Bounds Green Depot

在 RIA 理事長 Jeremy Candfield 及 Brecknell Willis 的銷售經理 Andrew Hales 的陪同下參訪位於倫敦近郊的 Bounds Green Depot，該檢車段為 National Express 公司所有，由負責接待的檢修主任簡單介紹車輛編組運用情形、機車調度運轉模式及車輛維修作業概況。該公司每晚返回到倫敦的車輛均安排回送進入該檢車段做每日例行檢查，晚上是檢車段最忙碌的時段。如果日間停留在檢車段待檢的車輛很多，表示有很多車輛故障，所以日間檢車段之檢修線沒有停放車輛，表示車輛都正常，是檢修人員最希望看到的情況。

隨後參觀檢車段檢修設施，介紹檢修線號誌聯鎖及斷電安全措施，這是確保檢修人員工作安全之必要措施，在檢修線上有停放車輛時，該線之號誌立即顯示紅燈並設定為佔用軌道定位，檢修線上之電車線開關有明顯的通斷電顯示，檢修人員進行車輛檢修時將辦理斷電，有連鎖鑰匙可供鎖定電車線開關為斷電接地狀態，避免遭其他人員誤操作，將電車線開關投入送電，造成檢修人員之感電事故。在同一檢修線上設有車輛檢修隔離設施，可同時允許不同編組之車輛進行檢修，以提高檢修容量。

實地參觀車輛已磨損更換之閘瓦、墊片及車軸等配件，觀摩集電弓支架及碳刷損壞之實體，說明集電弓損壞原因、情形及碳刷檢修更換與偵測改善措施。該公司現採用 Brecknell Willis 公司之新型集電弓，在碳刷底部設有凹槽，並通以空氣壓力連結至集電弓上舉開關，當碳刷磨損或斷裂時，底部凹槽內之壓力將會降低，立即連動將集電弓下降，以確保故障之碳刷不會刮損接觸線，造成電車線設備故障。又英國氣候寒冷，常有因集電弓遭雪冰凍後造成短路，將碳刷熔損之事故。

集電弓上之碳刷安裝方式及品質與電車線安全息息相關，經由集電弓上之碳刷與接觸線平滑接觸將電力傳送至列車使用，電車線之接觸線以軌道中心左右偏移方式架設，讓集電弓碳刷與接觸線接觸面能平均左右移動，避免碳刷之磨耗程度不平均。集電弓碳刷需定期檢視，一有發現異常磨損或磨損已達極限，應立即更換，有瑕疵之碳刷在列車高速行駛下有可能造成電車線設備之損壞，依據經驗所得一旦發生集電弓與電車線糾纏事故，其設備損失都相當嚴重，所以集電弓碳刷之預防檢查非常重要，英國鐵路也很注重。

另參觀該檢車段內設置之集電弓上舉力測試儀器，每個集電弓完成檢修後，於出場前一定要作上舉力測量，以確保上舉力於規範值內，能與接觸線平滑接觸，不會因有離線情形而造成火花，損壞集電弓碳刷與接觸線。

該檢車段之檢修線環境保持很清潔及整齊，地面之儲物區及行走動線規劃良好，非常注重勞工安全，值得學習效法。又因冬天氣候寒冷，部分場區工作地點設有電熱氣設施，可改善員工工作環境及提高工作效率。



照片 1 參訪 Bounds Green Depot



照片 2 觀摩集電弓設備

四、Delta Rail

12月4日上午由該公司業務經理 Joerg Althoefer 負責簡報公司概況，Delta Rail 為英國及全球鐵路公司提供專業經營的改善方案，包括基礎建設支援服務、運輸車輛維修解決方案、經營計劃與即時鐵路管理系統、運輸車輛的提昇設計及專案管理、號誌及控制系統等解決方案，該公司曾在 2001 至 2007 年為臺灣高鐵公司辦理獨立認證及新建鐵路設計確認等服務。

另由 Peter Keen 簡報 Delta Rail 公司在鐵路電氣化狀況監視之三套應用軟體，分別為集電弓接觸力測量、集電弓監視系統及電車線監視系統。

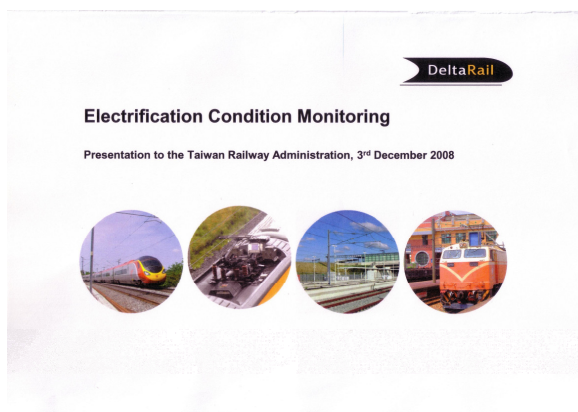


圖 5：Delta Rail 公司簡報首頁

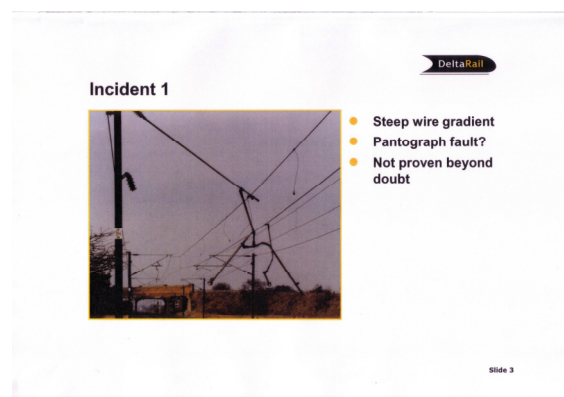


圖 6：英國鐵路電車線事故一



圖 7：英國鐵路電車線事故二



圖 8：英國鐵路電車線事故三

(一) 集電弓接觸力測量

集電弓接觸力測量之原理為在集電弓左右導肩及前端支架中間安裝感應裝置，測量三方向的受力變化，以測量接觸力，為減少測量集電弓接觸力的失真，已將前端附掛量測元件之重量減至最輕，運用空氣動力學原理調整集電弓的最小失真，並將電磁干擾減至最少。受空間限制，需將遙測裝置微型化以利安裝，使用 3 只內部安裝光纖之 25KV 矽樹脂礙子傳送訊號，經過轉換器獲得量測結果。在實際運用上可記錄集電弓接觸力的變化及集電弓與接觸線間之偏位。

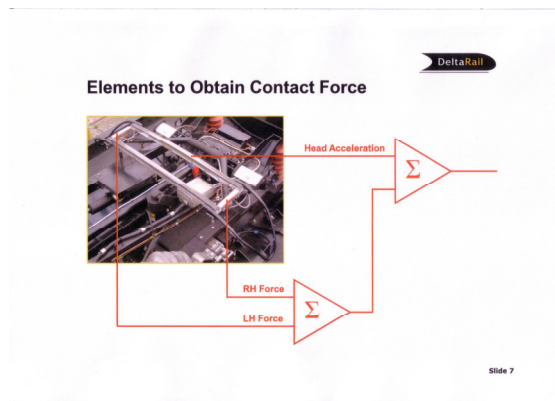


圖 9：集電弓接觸力測量原理圖

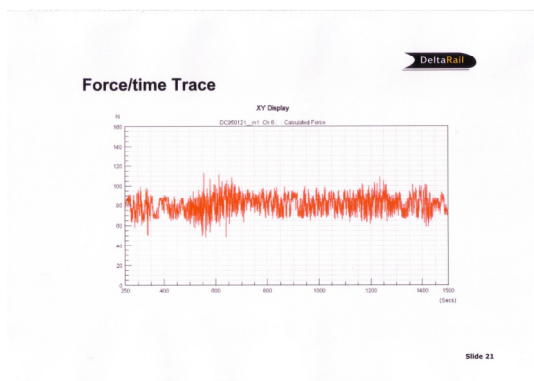


圖 10：集電弓接觸力測量圖

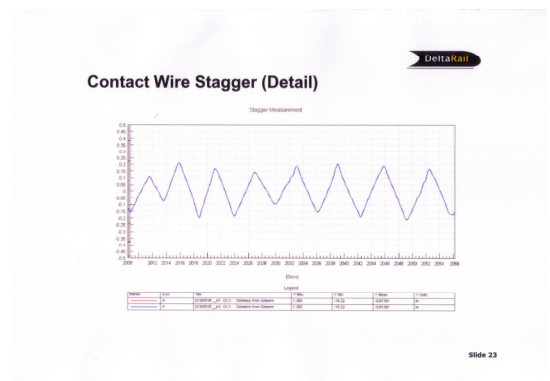


圖 11：接觸線偏位測量圖

(二) 集電弓監視系統

集電弓監視系統安裝於軌道旁，起源於 1986 年間，英國鐵路非常注重觀測集電弓的使用情形，主因為限制集電弓上舉力的處所太多。最初發展於 1986~1989 年，開發出一套系統可以識別集電弓的故障，1994~1996 年改良為第 3 代，1996 年間英國鐵路有 24 處安裝集電弓監視系統，監視集電弓運行情形，成效良好，西班牙高速鐵路也有安裝使用。目前英國安裝集電弓監視處所減為 9 處，該系統可記錄集電弓上舉力之歷史記錄，並統計分析各種型式車輛之集電弓上舉力，做為集電弓檢修之重要參考。

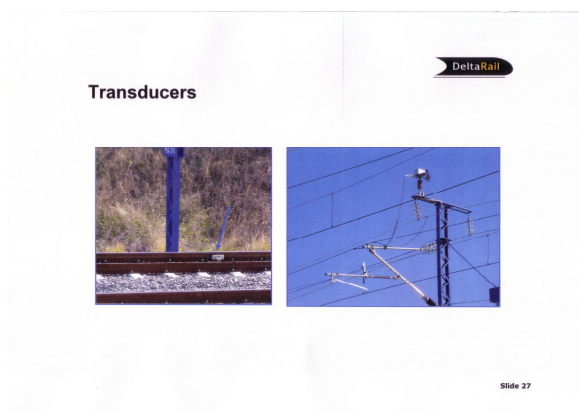


圖 12：集電弓監視系統設備圖

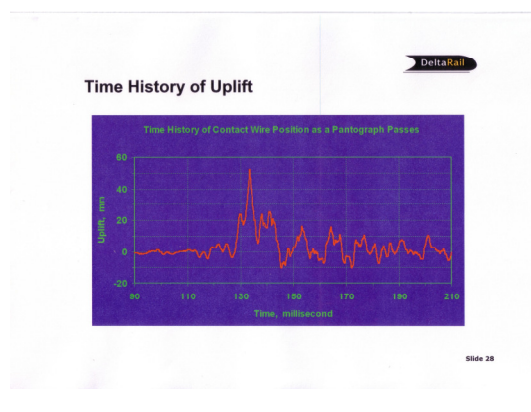


圖 13：集電弓上舉力測量圖

(三) 電車線監視系統

電車線監視系統可偵測集電弓所受的撞擊力、接觸線的不連續及集電弓加速度，藉由全球位置測定系統記錄撞擊點位置，而且檢測報告可經由行動電話系統傳遞。扭曲的接觸線、線路上的區分絕緣器、脫離的吊掛線或跳線、陸橋下淨空高度限制及集電弓已磨損之碳刷，都是造成電車線故障之原因。傳統檢查方法需要使用人工檢查集電弓及碳刷，檢查效率不佳；於軌道旁設置固定影像檢查裝置，因檢查點

太多，檢測困難；利用電車線檢查車檢查，其缺點為需要定期安排行駛檢查。該系統使用儀器來偵測接觸線的不連續性，安裝檢測裝置於載客列車上，能節省額外開行電車線檢查車之費用及人力，也具有自動收集資料和傳送檢測資料之功能。

該系統使用光纖檢測元件，可改善傳統電子元件偵測之缺點，將電子干擾減至最小，且具有高頻寬的傳輸功能，安裝在客運車輛上使用，即自動又可靠，維修簡便，透過光學檢測技術可在高速運轉下偵測集電弓情形，依據實際運轉案例，一般速度可達 160km/h，最高速度可達 200km/h。

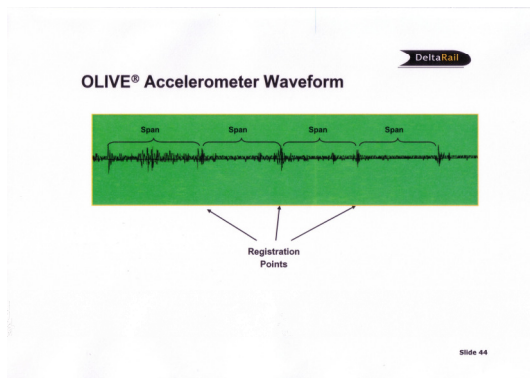


圖 14：集電弓加速度測量一

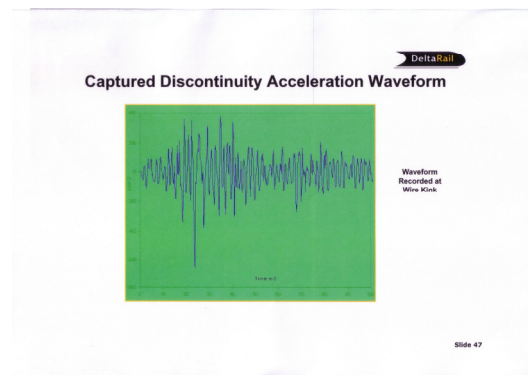


圖 15：集電弓加速度測量二

檢測資料包括：加速度峰值及波形、GPS 座標、車輛速度、方向、時間及日期等。資料處理過程記錄每一撞擊事件，分析波形變化，並經由運算分析比較，計算測量平均值，過濾錯誤資料，減少錯誤偵測。於路線旁設置資料接收站，遙控監視資料之收集，經由個人電腦及應用軟體，讀取車上資料，經過處理及儲存，自動將彙總資料再傳回監控中心。維修人員可依據新發生撞擊的地點或撞擊大小及頻率，篩選異常地點，列出清單以供派員進行人工檢查。

在實際運用上可測量接觸線上舉力、接觸線各種程度的扭結、檢測高速區分絕緣器的缺點、量測在中性區間及平交道的撞擊力。

(四) 集電弓狀態監視 (機務段使用)

具有集電弓上舉力測試、靜態力量設定及摩擦力檢查、軌跡列檔與工作性能確認等檢測功能。

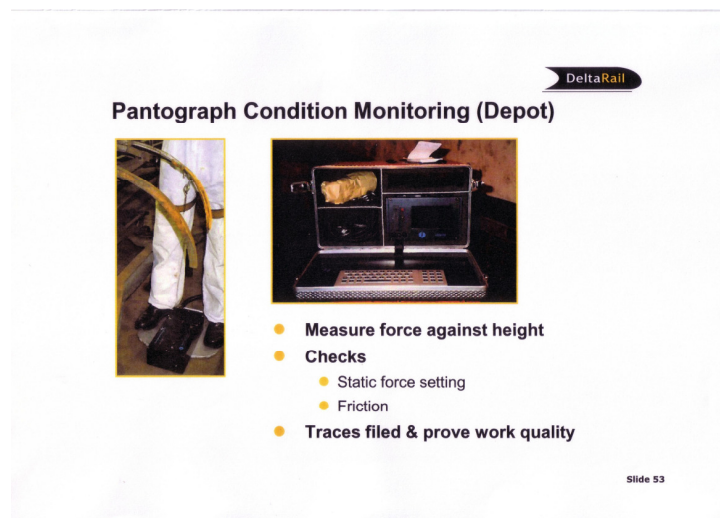


圖 16：集電弓狀態監視設備圖

伍、鐵道路網公司 (Network Rail)

12月3日下午由RIA 理事長 Jeremy Candfield 陪同下禮貌拜訪 Network Rail 電氣化部門負責人 Kevin Lydford，Kevin 簡略說明 Network Rail 營運模式，與政府之間關係及未來電氣化更新計劃，再由臺鐵局電力科科長梁火南為 Network Rail 人員簡報臺鐵局目前現況，包括鐵路里程、電化及非電化區間、營業里程及電車線技術規範概述、近3年來電車線設備故障分析與改善對策等。簡報後 Network Rail 人員詳細確認及詢問臺灣與英國電車線設備之差異點，初步交換彼此電車線維修經驗，同時也確認12月4日至5日預定參訪行程及參訪所需了解之內容及資料。

12月4日上午再赴 Network Rail 拜訪該公司電力供應設計組負責人 Jamie Chen，由他介紹英國電化鐵路電力供應之情形，並參觀牽引電力供應電腦模擬操作簡介及與 Network Rail 資深研究員鄭博士進行鐵路電力系統、變電站及電車線設備之規格、維修、新建與容量擴充等經驗交流。

(一) 鐵道路網公司簡介

鐵道路網公司成立於2002年，是沒有股利分紅的擔保有限公司，屬非營利性企業，其利潤將被用於鐵路基礎設施建設，擁有鐵路硬體設備並負責維護軌道、電力、號誌、隧道、橋樑、平交道與車站等硬體設施，無擁有鐵路車隊，負責管控英國鐵路的績效，鐵路時刻表訂定，短程與中程路網的改善以及發展特定路線的使用策略等，並由英國鐵路管制局監控鐵道路網公司的服務績效。

(二) 電車線提高行車速度設備及技術

Network Rail 因應未來路線電氣化施工之需要，有關施工技術方面

將規劃組成自動化大型架線工程車隊，以最少人力負責操作全自動機械，從基礎開挖、豎立電桿、安裝電桿小鋼件、懸臂組、架設接觸線、主吊線、架空回流線、吊掛線、調整等工作，全由一組工程車隊依序完成，預期可提高施工效率及節省人力。目前 Network Rail 辦理電車線設備更新工程，均委託顧問公司設計及施工，由 Network Rail 派員監工的方式辦理，節省人力成本及克服電車線提速更新時所遭遇之技術問題。

有關電車線提高行車速度設備規範，由於各歐盟國為求鐵路車輛能夠在各歐盟國之間通行無阻，已經訂定一套標準設備規範，當其市場經濟規模達到一定水準之後，設備規格統一，產品價格自然較為下降，因此英國鐵路電氣化設備標準，主要遵循歐盟所訂定之設備標準，而且僅規定功能規範，詳細規格尺寸由細部設計廠商決定。

英國鐵路傳統接觸線及主吊線線徑與臺鐵局相同，目前 Network Rail 辦理電車線設備更新及提速時，針對負載容量提升方面，將採取增加接觸線線徑為 120 mm^2 ，主吊線線徑為 95 mm^2 ，原 BT 供電系統改為 AT 供電系統，增加變電站主變壓器容量等方式進行，行車速度也將提高至 200 KM/h ，部分列車密集路段由 2 軌道擴充為 4 軌道，以徹底解決路線容量不足之問題。

(三) AT 供電系統 (Autotransformer)

英國鐵路電氣化傳統供電系統為 AC25KV 附裝設吸流變壓器，由於英國西海岸幹線 (West Coast Main Line) 是一條城際間高速的路線，連結各主要城市，電氣化興建時期約在 1960-70 年間，隨著旅客及貨運

需求的增加，相對電力負載需求也同時增加，更快速及更精密新穎的列車也需要更多的電力，造成現有傳統的供電系統需要更新，如果以現有電力系統提升將會限制未來的發展，因此考量採用 AT 供電系統來解決供電問題。AT 供電系統的優點為：可以增加負載容量、改善電壓變動率、回流變電站之電流較以鋼軌為回流者佳，是更有效率的供電系統。

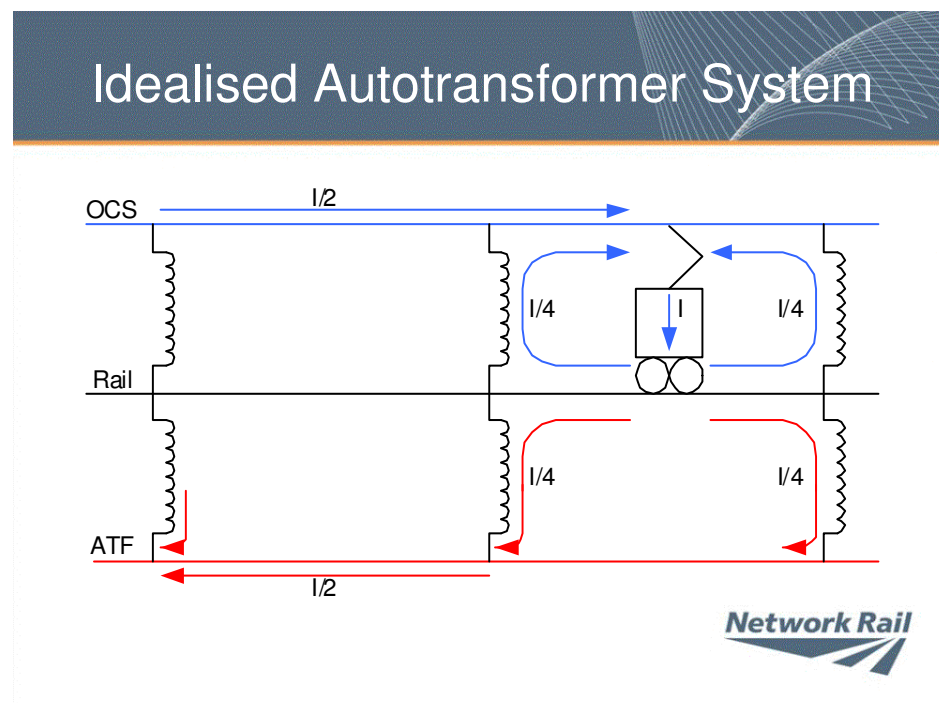


圖 17：理想化 AT 供電系統圖

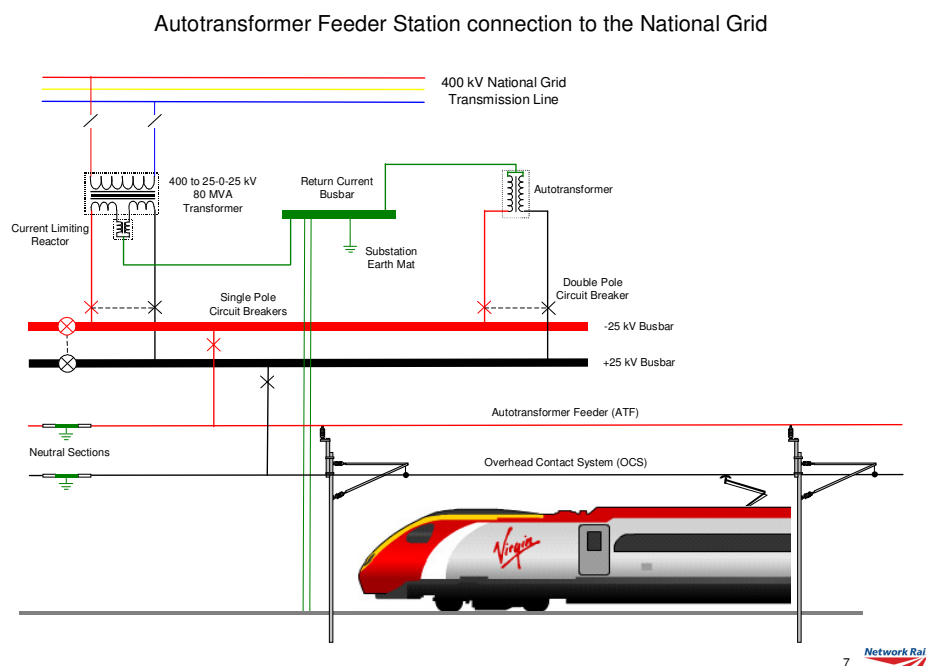


圖 18：AT 供電系統示意圖

(四) 牽引電力供應電腦模擬系統

由於英國鐵路電氣化歷史悠久，在電力供電系統中有 DC 及 AC 兩部分同時存在，列車由 AC 供電區間進入 DC 供電區間之前，在轉換區必須先行轉換機車上的受電裝置，以接受不同電壓繼續行駛。

Network Rail 電力供應設計組之業務除了規劃電力供應系統更新之外，目前主要業務為因應客運公司提出列車增開需求後，審核既有供電能力是否足夠負荷。由於供電系統複雜及考量評估之準確性，Network Rail 選擇自行研發電腦模擬系統，其部門共有 10 人，有專人負責開發專用分析工具軟體，撰寫電腦程式發展電腦模型，專任繪圖員繪製供電系統圖；並配有測量組，實地量測現場電壓、電流、感應電壓等數據，回饋至電腦模擬系統，驗證模擬成果，使模擬系統更能

與實際相符。其研究之規模及內容，宛如學術單位之研究水準，令人驚訝。

該電腦模擬系統需要建立一些基本資訊，如軌道佈置、路線坡度、曲線半徑、供電方式、變電站變壓器容量、電車線型式、路線阻抗、接觸線及主吊線線徑、車站位置、每一班列車停靠站及到開車時間、號誌機位置、機車型式、車輛編組等。經由雙電腦螢幕展現模擬成果，可以獲得任何時間內線路之電流、電壓及感應電壓等數據，可將各時段電力負載需求與設備規格逐一比對，詳細列出各路線超載或餘裕之範圍，提供審核人員確認加開列車後電力負荷情形，以調整尖峰時段之列車時間，避免電力負荷太過集中，並作為規劃更新電力供應系統之參考。

(五) 經驗交流心得

- 1.英國鐵路電化變電站輸電線路為專線供應，臺鐵局西部幹線電氣化時 69kV 輸電線路為考量供電穩定，也以專線供電，近年來為節省維修人力，自高雄至屏東及八堵至花蓮電氣化時，變電站供電已申請改為非專線供電，西部幹線部分變電站輸電線路也陸續申請改為非專線供應中。
- 2.英國電氣化變電站主變壓器一般為 30MVA*2，運輸負載容量較小之區間主變壓器為 15MVA*2。
- 3.如何偵測電車線故障地點，英國變電站保護電驛採用測距電驛，可以依據設備故障之短路電流，推算阻抗值，計算出短路地點，由測距電驛動作之數據，經由遙控設施（SCADA）傳送回電力調配室，

在第一時間電力調配員可以迅速了解故障地點，進行路線隔離試送電，節省偵測電車線故障地點時間。

- 4.英國電車線主吊線未更新者均為銅鋼 3.0 mm/7 股絞線，針對臺鐵局主吊線於懸臂吊掛夾體內發生斷股事件，在英國也有發生，經討論 Network Rail 公司人員研判有可能為環境腐蝕因素或吊掛夾體與主吊線產生共振所致，建議初步以紅外線測距儀，測量吊掛夾體與主吊線間是否有微小變動距離，再作進一步判斷。
- 5.英國鐵路只有約 40%路線有電氣化，因此在電化路線上仍有柴油機車行駛，經詢未曾發生因柴油機車排放之廢氣而造成接觸線及主吊線腐蝕而斷損之案例。
- 6.英國鐵路也曾發生電車線遭雷擊故障事故，防範雷擊措施為在雷擊頻繁地區架設架空地線保護電車線設備，架空地線約每 1500 公尺有電氣隔離，避免環流產生干擾，每年定期進行接地電阻測量，以確認接地情形良好。
- 7.英國鐵路沿線裝置吸流變壓器 (BT)，以增加回流軌之電流回升至架空回流線，減少對號誌及電訊電纜之干擾，臺鐵局於電化初期於基隆至竹南間也曾裝置吸流變壓器，後因沿線鋪放傳輸電纜均加裝遮蔽防護層保護，未發生干擾情形，乃拆除不使用。Network Rail 公司人員表示，未裝置吸流變壓器者，其回流電會經架空回流線回流至變電站，如果回流系統均完整也不會造成干擾。
- 8.英國鐵路與臺鐵局相同將接觸線及主吊線共同使用一個自動張力平衡錘組。

- 9.英國鐵路也曾發生鳥類侵入電氣淨空不足之電車線處所，造成電車線故障之案例，其防範對策係以鐵網隔離設備防止鳥類停靠。
- 10.在陸橋及門型架下方電氣淨空不足之處所，加裝絕緣板保護，提高絕緣等級。
- 11.英國鐵路是以建立電車線阻抗值來辦理短路試驗，獲得實測阻抗值，並經多次修正，而建立標準阻抗值。
- 12.接觸線及主吊線承載電流能力，主要受限於負載電流產生後接觸線及主吊線本身散熱能力；電力機車啓動之電流為瞬間產生大電流，依大氣周溫決定主吊線及接觸線載流大小及承載時間，惟有受限於變電站保護電驛之過載設定。
- 13.分享臺鐵局為捷運化運輸列車密度增加，於桃園至埔心及湖口至新竹間路線兩旁加裝饋電線（BF）以增加負載電流之經驗，英國也曾於主吊線及接觸線中間加裝饋電線，不過因經常故障，已拆除不使用。

六、Romford 電力維修基地

12月5日自倫敦利物浦街車站（Liverpool Street Station）搭火車至 Romford 參訪 Network Rail 在 Romford 的電力維修基地，由 Simon Thick 負責接待，並準備簡報資料及貼心提供該公司電車線工作操作指南與設備維修相關書面資料讓我們攜回參考，讓臺鐵局人員有機會更深入了解英國鐵路電車線設備維護的實況及相關維修規章。

上午簡報內容包含維護人力組織及工作職掌、電車線從業人員能力標準表及能力檢核流程、電車線設備檢修週期、風險評估表、電車線工作操作指南與電車線檢查車功能介紹等。

下午進行參訪活動，參觀電車線訓練場所及辦公室、觀摩電車線事故通報表與勞安事故通報表、Ellipse 維修工作管理軟體操作；參觀材料倉庫，詳細介紹英國鐵路電車線各項材料，交換與臺鐵局使用材料之差異性；參觀電力調配室、電車線工程車及施工工具等，受益良多。



照片 3 電車線訓練場地



照片 4 參訪電車線材料倉庫

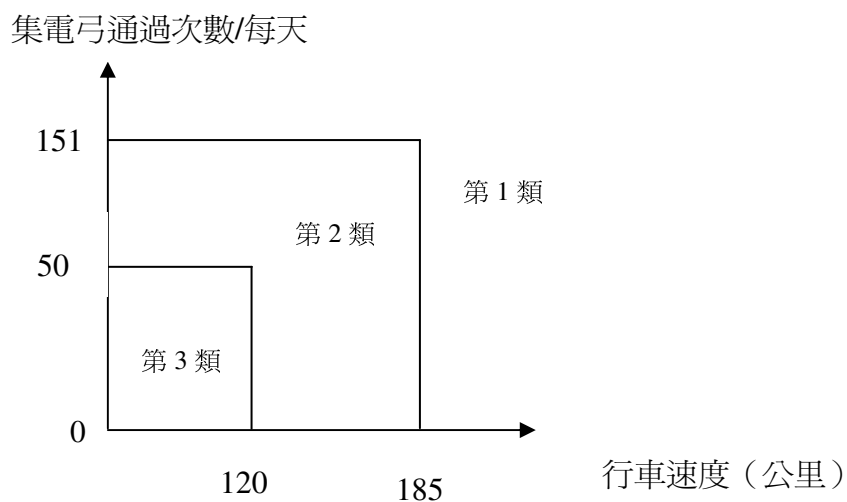
(一) 英國電車線從業人員能力標準表

項次	能力標準	助理	組員	組長	監督員	技術員/ 資深技 術員
1	定期檢修電車線設備		必備	必備	必備	非必備
2	改善電車線設備			必備	必備	非必備
3	目視檢查電車線設備	必備	必備	必備	必備	非必備
4	高階斷電檢查電車線設備			必備	必備	非必備
5	接地及連軌線系統維護及改善		必備	必備	必備	非必備
6	有效改善電車線之維修或更新工作			非必備	必備	非必備
7	選用合適的電車線設備			非必備	必備	必備
8	依據設計圖及規範新設電車線設備			非必備	非必備	非必備
9	新建工程中之電車線安全評估				非必備	必備
10	有效改善電車線之新建工程				非必備	
11	停用電車線之啓用評估			非必備	必備	必備
12	電車線之技術性評估					必備

(二) 英國電車線維修週期及缺失處理優先順序

1. 電車線分類

依據每天通過集電弓次數及行車速度區分為 3 類



範例：

時速 185 公里及 151 次集電弓通行為第 1 類。

時速 100 公里及 200 次集電弓通行為第 1 類。

時速 100 公里及 100 次集電弓通行為第 2 類。

時速 100 公里及 40 次集電弓通行為第 3 類。

2. 維護工作

例行及預防性維護週期及容忍期依據次項規定。

遇有下列情況時，應辦理早期故障（Early Failures）檢查。

- (1) 接觸線或主吊線更新超過 1 個張力區間。
- (2) 新設或新型式電車線安裝超過 1 個張力區間。
- (3) 執行電車線改善，涉及電車線重大的再設計或再調整者。

3. 缺失

缺失處理時間分爲 9 類

(0)：立即處理

(1)：36 小時

(2)：7 天

(3)：28 天

(4)：6 個月

(5)：1 年

(6)：2 年

(7)：觀察（如果時間允許，評估於下次斷電檢查時改正）

(8)：技術研究（技術支援需要提供建議）

(三) 英國鐵路最佳電車線維護週期及容忍期

工項編號	電車線型式	正常週期	類別	容忍期	工作名稱	超過檢查容忍期
1445	ExDc	4 星期	1	1 星期	地面目視檢查（開放線路/連接點/中性區間）	風險評估，車巡/夜間檢查。
	Mk1	6 星期	2			
	Mk2	8 星期	3			
	Mk3					
	Mk5					
1445	UK1	6 星期	1	2 星期	地面目視檢查（開放線路/連接點/中性區間）	風險評估，車巡/夜間檢查。
		8 星期	2			
		13 星期	3			
1445	所有	如有需求	所有		地面目視檢查（熱天氣/季節性）	風險評估，車巡/夜間檢查。
1448	所有	1 年	所有	3 個月	地面目視檢查（經理/監督員）	風險評估，抽檢確認員工能力。
1444	所有	2 星期	1,2	1 天	車巡檢查	
1447	所有	1 年	1,2	6 個月	檢查車動態檢查	
		2 年	3	6 個月		
4713	所有	如有需求	所有		溫昇測量	
	所有	2 年	所有	5 個月	財產情況評估	
3195	所有	6 個月	所有	3 星期	第 1 階段檢查/分析（滑行結構）	風險評估，偏位檢查為重點。
3195	所有	1 年	所有	2 個月	第 2 階段檢查/分析（滑行結構）	風險評估，偏位檢查為重點。
3178	所有	如有需求	所有		事故檢查	
4716	所有	1 星期	所有	1 天	檢查臨時連軌線附掛的鷹架	禁止使用鷹架。
4716	所有	2 星期	所有	2 天	檢查臨時連軌線/工地攜帶接地線	風險評估，依據接地線/連軌線故障

工項編號	電車線型式	正常週期	類別	容忍期	工作名稱	超過檢查容忍期
						之影響而決定。
4716	所有	8 星期	所有	1 星期	檢查攜帶式接地線配件	禁止使用攜帶式接地線。
1455	所有	4 年	1	-28/+0 天	檢查/分析(接觸線及主吊線尺寸)	
		6 年	2			
		12 年	3			
3181	ExDc, Mk1, Mk2, Mk3, Mk5	4 年	1	5 個月	斷電檢查	風險評估, 依據路線複雜程度、明顯缺失、事故記錄、跳脫記錄及改善方案來採取處置。
		6 年	2	8 個月		
		12 年	3	15 個月		
1451	UK1	6 年	1	8 個月	斷電檢查	風險評估, 依據路線複雜程度、明顯缺失、事故記錄、跳脫記錄及改善方案來採取處置。
		8 年	2	10 個月		
		12 年	3	15 個月		
2628	ExDc, Mk1, Mk2, Mk3, Mk5	4 年	1	5 個月	斷電檢查(主要連結區域)	風險評估, 依據路線複雜程度、明顯缺失、事故記錄、跳脫記錄及改善方案來採取處置。
		6 年	2	8 個月		
		12 年	3	15 個月		
2628	UK1	6 年	1	8 個月	斷電檢查(主要連結區域)	風險評估, 依據路線複雜程度、明顯缺失、事故記錄、跳脫記錄及改善方案來採取處置。
		8 年	2	10 個月		
		12 年	3	15 個月		
	Mk1, UK1	如有需求	所有		斷電主吊線檢查	
4989	所有	1 年	所有	2 個月	提早故障檢查	風險評估, 依據路線複雜程度、路線分類及明顯缺失來

工項編號	電車線型式	正常週期	類別	容忍期	工作名稱	超過檢查容忍期
						採取處置。
1449	所有	1年	所有	2個月	隧道檢查/維修 (潮溼或污染)	風險評估，依據路線複雜程度、明顯缺失、事故記錄、跳脫記錄及改善方案來採取處置。
	所有	2年	所有	3個月	隧道檢查/維修 (乾燥而且不污染)	
1461	所有	1年	所有	2個月	APC 磁石檢查及測試 (BICC 中性區間)	
1461	所有	2年	所有	3個月	APC 磁石檢查及測試 (AF 中性區間)	
3193	所有	3年	所有	4個月	埋設的接地線維護	
1520	所有	3年	所有	4個月	軌道連軌線維護	風險評估，依據軌道負載電流及影響連軌線之作用與缺失來採取處置。
1500	所有	4個月	1	2星期	中性區間維護 (BICC 製)	風險評估，加強目視檢查，活線清洗。
		6個月	2	3星期		
		12個月	3	6星期		
1500	所有	12個月	1	6星期	中性區間維護 (AF 標準型)	風險評估，加強目視檢查，地面上評估絕緣棒及滑板磨耗。
		18個月	2	8星期		
		2年	3	3個月		
1500	所有	8個月	1	4星期	中性區間維護 (AF 無滑板型)	風險評估，加強目視檢查，地面上評估絕緣棒磨耗。
		12個月	2	6星期		
		2年	3	3個月		
1502	所有	1年	1	2個月	區分絕緣器維護 (BICC)	風險評估，加強目視檢查，活線清洗。
		2年	2	3個月		
		4年	3	5個月		
1502	所有	4年	1	5個月	區分絕緣器維護	風險評估，加強目

工項編號	電車線型式	正常週期	類別	容忍期	工作名稱	超過檢查容忍期
		6年	2,3	8個月	(Brown Boveri)	視檢查。
1502	所有	4年	1	5個月	區分絕緣器維護 (BICC)	風險評估，加強目視檢查。
		6年	2,3	8個月		
1502	所有	2年	1	3個月	區分絕緣器維護 (AF 標準型)	風險評估，加強目視檢查地面上評估絕緣棒、滑板磨耗。
		4年	2	5個月		
		6年	3	8個月		
1502	所有	4年	所有	5個月	區分絕緣器維護 (Jaques Galland)	
4744	MK1	2年	所有	3個月	平衡錘組維護	不靈活的功能測試，風險評估，依據路線複雜程度、明顯缺失、路線行車速度及相關改善方案來採取處置。
1514	所有	4年	所有	5個月	絕緣開關維修 每週操作>1次 (RS 公司製)	不靈活的功能測試，風險評估，依據已知用法、明顯缺失及相關改善方案來採取處置。
1514	所有	8年	所有	10個月	絕緣開關維修 每週操作1次 (RS 公司製)	
1514	所有	2年	所有	3個月	絕緣開關維修 每週操作>1次 (立式旋轉型)	不靈活的功能測試，風險評估，依據已知用法、明顯缺失及相關改善方案來採取處置。
1514	所有	6年	所有	8個月	絕緣開關維修 (立式旋轉型)	
1505	所有	如有需求	所有		礙子清洗及維護	

(四) 英國鐵路電車線維護週期－依地區別

區域	地面目視檢查	車巡檢查	斷電檢查	隧道檢查	中性區間維護	區分絕緣器維護	開關維護
西部 Thames Valley	開放路段 =4 星期 車場/側線 =8 星期	1 星期	開放路段 =4 年 車場/側 線=6 年	1 年	6 個月	2 年	4 年
東南部 Anglia	依據最佳 頻率	依據 最佳 頻率	依據最佳 頻率	依據 最佳 頻率	依據最 佳頻率	依據最 佳頻率	依據 最佳 頻率
倫敦東北 部 North East	13 星期	4 星期	快速路線 =4 年 慢速路線 =6 年 車場/側 線=12 年	1 年	6 個月	2 年	6 年
Great Northern	13 星期	4 星期	快速路線 =4 年 慢速路線 =6 年 車場/側 線=12 年	2 年	慢速路 線 =6 個月 快速路 線 =3 個月 AF 型式 =8 個月	2 年	6 年
East Midlands	4 軌 =8 星期 2 軌 =4 星期	2 星期	開放路段 =4 年 車場/側 線=12 年	1 年	6 個月	2 年	6 年
蘇格蘭 Scotland East/West	開放路線 =8 星期 連接點 =4 星期	4 星期 (季節 性)	依據最佳 頻率	2 年	依據最 佳頻率	依據最 佳頻率	依據 最佳 頻率

區域	地面目視 檢查	車巡 檢查	斷電檢查	隧道 檢查	中性區 間維護	區分絕 緣器維 護	開關 維護
倫敦西北 部 Lancs and Cumbria	8 星期	1 星期	快速路線 =4 年 慢速路速 =6 年 車場/側 線=12 年	6 個 月	6 個月	2 年	4 年
Central	6 星期		公式計算	公式 計算	6 個月	連接點 =2 年 正線 =4 年 其他 =6 年 AF 型式 =2 年	公式 計算
South	開放路線 =8 星期 連接點 =4 星期		公式計算	公式 計算	6 個月	公式計 算	公式 計算
West Midlands	開放路線 =8 星期 連接點 =4 星期		公式計算	公式 計算	6 個月	公式計 算	公式 計算

(五) 英國電車線設備故障處理優先順序矩陣

英國電車線設備故障處理優先順序矩陣						
單元	設備	故障	狀態	第 1 類 線路	第 2 類 線路	第 3 類 線路
張力裝置	平衡錘	滑輪移動	卡住	技術研究	技術研究	技術研究
張力裝置	平衡錘	滑輪移動	不靈活	技術研究	技術研究	技術研究
張力裝置	平衡錘	平衡錘太高	到頂點距離少於 150 mm (-10°C)	技術研究	技術研究	技術研究
張力裝置	平衡錘	平衡錘太低	到地面距離少於 150 mm (25°C)	技術研究	技術研究	技術研究
張力裝置	滑輪	鎖住	小於 300 mm 的自由 移動距離 (25°C)	技術研究	技術研究	技術研究
張力裝置	不銹鋼尾線	斷股		36 小時	36 小時	36 小時
張力裝置	平衡板	不正	大於 45 度	技術研究	技術研究	技術研究
張力裝置	平衡板	不正	小於 45 度	技術研究	技術研究	技術研究
張力裝置	導桿	不正		2 年	2 年	觀察
礙子	陶磁 (所有 25KV)	附着髒/污染		2 年	2 年	2 年
礙子	陶磁 (所有 25KV)	消弧損傷		2 年	2 年	2 年
礙子	陶磁(所有回流)	附着髒/污染		觀察	觀察	觀察
礙子	陶磁(所有回流)	消弧損傷		2 年	2 年	2 年
礙子	陶磁(所有回流)	機械損傷		2 年	2 年	2 年
礙子	陶磁 (有張力)	葉片破損	小於 3 片破損	2 年	2 年	2 年
礙子	陶磁 (有張力)	葉片破損	大於等於 3 片或軸 心破損	7 天	7 天	28 天
礙子	陶磁 (無張力)	葉片破損	小於 3 片破損	2 年	2 年	2 年
礙子	陶磁 (無張力)	葉片破損	大於等於 3 片或軸 心破損	28 天	28 天	28 天
礙子	聚合體 (所有)	附着髒/污染		2 年	觀察	觀察
礙子	聚合體 (所有)	消弧損傷		2 年	2 年	2 年
礙子	聚合體(有張力)	機械損傷		2 年	2 年	2 年
礙子	聚合體(無張力)	機械損傷		2 年	觀察	觀察
礙子	路橋下懸臂	破損		立即	立即	立即
礙子	路橋下懸臂	附着髒/污染		2 年	觀察	觀察
礙子	隔離主吊線/接 觸線	損壞		6 個月	6 個月	1 年

英國電車線設備故障處理優先順序矩陣						
單元	設備	故障	狀態	第1類 線路	第2類 線路	第3類 線路
礙子	隔離主吊線/接觸線	附着髒/污染		2年	2年	2年
礙子	機械作用	卡住		28天	28天	28天
礙子	機械作用	不靈活		6個月	6個月	6個月
礙子	開關刀	消弧損傷		28天	28天	28天
礙子	開關刀	機械損傷		28天	28天	28天
礙子	連結	消弧損傷		28天	28天	28天
礙子	連結	機械損傷		28天	28天	28天
礙子	隔離鎖	有缺陷/脫落		7天	7天	7天
懸臂	穩定臂	不正		2年	2年	觀察
懸臂	跳線	斷股	斷多股	7天	7天	28天
懸臂	跳線	斷股	斷1股	2年	觀察	觀察
懸臂	跳線	失去張力		2年	觀察	觀察
懸臂	垂直落臂架	損壞		28天	28天	28天
懸臂	垂直落臂架	彎曲/不正		2年	2年	觀察
懸臂	主吊線滑輪	移動	卡住	2年	2年	觀察
懸臂	主吊線滑輪	移動	不靈活	2年	觀察	觀察
懸臂	主吊線滑輪	損壞		2年	2年	2年
懸臂	旋轉夾/鉸鏈托架	移動	卡住	2年	2年	觀察
懸臂	旋轉夾/鉸鏈托架	移動	不靈活	2年	觀察	觀察
懸臂	偏位	超出規範大於 650 mm		技術研究	技術研究	技術研究
懸臂	偏位	560 mm < x > 650 mm		技術研究	技術研究	技術研究
懸臂	偏位	大於 550 mm	在穩定臂	技術研究	技術研究	技術研究
懸臂	偏位	450 mm < x > 550 mm	在穩定臂	技術研究	技術研究	技術研究
懸臂	接觸線高度	超出規範值大 於 6200 mm		技術研究	技術研究	技術研究
懸臂	接觸線高度	大於 5940 mm		技術研究	技術研究	技術研究
懸臂	接觸線高度	坡度大於規範		技術研究	技術研究	技術研究
懸臂	輔助管	鬆開		6個月	1年	1年

英國電車線設備故障處理優先順序矩陣						
單元	設備	故障	狀態	第 1 類 線路	第 2 類 線路	第 3 類 線路
懸臂	輔助管	分離/脫落		28 天	28 天	28 天
懸臂	鋼管/配件	不正		2 年	觀察	觀察
導線	主吊線	斷股	斷多股 (大於 20% 損壞)	7 天	7 天	28 天
導線	主吊線	斷股	斷 1 股 (小於 20% 損壞)	6 個月	1 年	1 年
導線	主吊線	主吊線不整	小於 150 mm	2 年	2 年	觀察
導線	主吊線	主吊線不整	大於 150 mm	6 個月	1 年	1 年
導線	接觸線	損傷		1 年	2 年	2 年
導線	接觸線	扭結		1 年	2 年	2 年
導線	接觸線	扭彎		1 年	2 年	2 年
導線	接觸線	不正常磨耗		1 年	2 年	2 年
導線	中點錨拉線	斷股	斷多股	7 天	7 天	28 天
導線	中點錨拉線	斷股	斷 1 股	28 天	28 天	28 天
導線	中點錨拉線	張力不正確		2 年	觀察	觀察
導線	輔助線	斷股	斷多股	7 天	7 天	7 天
導線	輔助線	斷股	斷 1 股	28 天	6 個月	6 個月
導線	輔助線	不正		2 年	2 年	觀察
導線	輔助線	電弧損傷		6 個月	6 個月	1 年
導線	回流線	絕緣		6 個月	6 個月	1 年
導線	回流線	斷股	斷多股	7 天	7 天	28 天
導線	回流線	斷股	斷 1 股	28 天	28 天	28 天
導線	回流線	張力不正確		觀察	觀察	觀察
導線	回流線	電弧損傷		28 天	28 天	28 天
導線	接地線	斷股	斷多股	28 天	28 天	28 天
導線	接地線	斷股	斷 1 股	2 年	2 年	觀察
導線	接地線	電弧損傷		6 個月	1 年	1 年
導線	接地線	張力不正確		觀察	觀察	觀察
導線	饋電線	斷股	斷多股	7 天	7 天	28 天
導線	饋電線	斷股	斷 1 股	28 天	28 天	28 天
導線	饋電線	燒傷		7 天	7 天	7 天
導線	饋電線	損傷		6 個月	1 年	1 年
導線	尾線	斷股	斷多股	7 天	7 天	7 天
導線	尾線	斷股	斷 1 股	2 年	觀察	觀察

英國電車線設備故障處理優先順序矩陣						
單元	設備	故障	狀態	第 1 類 線路	第 2 類 線路	第 3 類 線路
導線	尾線	電弧損傷		觀察	觀察	觀察
桿間附件	吊掛線	超過 2 條連續 脫落		立即	立即	立即
桿間附件	吊掛線	2 條脫落	接近集電弓界限 核對： 1.吊掛線不會沿 桿間移動。 2.不影響集電弓 上舉力。	36小時	36小時	36小時
桿間附件	吊掛線	1 條脫落	接近集電弓界限 核對： 1.吊掛線不會沿 桿間移動。 2.不影響集電弓 上舉力。	2 年	2 年	2 年
桿間附件	吊掛線	1 條脫落	高速路線 接近集電弓界限 核對： 1.吊掛線不會沿 桿間移動。 2.不影響集電弓 上舉力。	7 天		
桿間附件	吊掛線	1 條脫落	絕緣重疊區間	7 天	7 天	2 年
桿間附件	吊掛線	不正		2 年	觀察	觀察
桿間附件	吊掛線	脫離馬鞍夾		2 年	2 年	觀察
桿間附件	吊掛線馬鞍夾	馬鞍磨損	可看見主吊線或插 入凹槽	2 年	2 年	觀察
桿間附件	吊掛線套管	脫落		2 年	2 年	觀察
桿間附件	桿間跳線	破損無污染		28 天	28 天	28 天
桿間附件	桿間跳線	不正		2 年	觀察	觀察
桿間附件	桿間跳線	缺少		2 年	觀察	觀察
桿間附件	桿間跳線	斷股		28 天	28 天	28 天
桿間附件	重疊跳線	斷損兩端		36 小時	36 小時	36 小時
桿間附件	重疊跳線	斷損一端		28 天	28 天	28 天
桿間附件	重疊跳線	不正		2 年	觀察	觀察

英國電車線設備故障處理優先順序矩陣						
單元	設備	故障	狀態	第1類 線路	第2類 線路	第3類 線路
桿間附件	重疊跳線	與接觸線脫離		28天	28天	28天
桿間附件	接合	有缺陷		28天	28天	28天
桿間附件	交叉接觸棒	電弧損傷		28天	28天	28天
桿間附件	交叉接觸棒	脫落		技術研究	技術研究	技術研究
桿間附件	交叉接觸棒	連接夾脫落		7天	7天	28天
小鋼件	回流線橋上支撐	分離	多處固定	7天	7天	7天
小鋼件	回流線橋上支撐	分離	1處固定	28天	28天	6個月
小鋼件	小鋼件	螺帽及螺栓損壞		6個月	1年	1年
小鋼件	套筒螺母	卡住		2年	觀察	觀察
小鋼件	套筒螺母	不靈活		2年	2年	觀察
保護	隔板/防爬保護	損壞/有功能		2年	觀察	觀察
保護	隔板/防爬保護	損壞/無功能		技術研究	技術研究	技術研究
保護	防鳥隔離網	將要掉落		36小時	36小時	7天
保護	防鳥隔離網	鬆脫		28天	28天	28天
中性區間	滑板/消弧角配件	電弧損傷		1年	2年	2年
中性區間	滑板/消弧角配件	過度不正/不對稱磨耗		28天	6個月	6個月
中性區間	滑板/消弧角配件	脫落		立即	立即	立即
中性區間	絕緣棒	過度不對稱磨耗		28天	6個月	6個月
中性區間	絕緣棒	附着髒/污染		1年	2年	2年
中性區間	接地跳線	斷股	斷多股	6個月	6個月	1年
中性區間	接地跳線	斷股	斷1股	2年	2年	觀察
中性區間	接地跳線	脫落		7天	7天	28天
中性區間	APC 磁石	損壞/不正	失去功能	立即	立即	立即
中性區間	APC 磁石	不符規範		7天	7天	28天
區分絕緣器	滑板/消弧角配件	電弧損傷		1年	2年	2年
區分絕緣器	滑板/消弧角配件	過度不正/不對稱磨耗		28天	6個月	6個月
區分絕緣器	滑板/消弧角配	脫落		立即	立即	立即

英國電車線設備故障處理優先順序矩陣						
單元	設備	故障	狀態	第1類 線路	第2類 線路	第3類 線路
器	件					
區分絕緣器	絕緣棒	不過度對稱磨耗		28天	6個月	6個月
區分絕緣器	絕緣棒	附着髒/污染		1年	2年	2年
接地及連軌線	接地線脫落	固定點脫落	多處固定	7天	7天	7天
接地及連軌線	接地線脫落	固定點脫落	單一固定	6個月	1年	1年
接地及連軌線	接地線脫落	損壞		28天	28天	6個月
接地及連軌線	變電站出口處紅色連軌線	所有均從鋼軌脫落	脫落	立即	立即	立即
接地及連軌線	變電站出口處紅色連軌線	1條脫落/2條破損	脫落	立即	立即	立即
接地及連軌線	變電站出口處紅色連軌線	連接板	損壞	2年	2年	觀察
接地及連軌線	變電站出口處紅色連軌線	接地線曝露	核對： 1.接觸號誌軌的風險或獨立接地的金屬製品。 2.接觸結構鋼鐵製品及電弧之風險。	2年	2年	2年
接地及連軌線	變電站出口處紅色連軌線	燒損		立即	立即	立即
接地及連軌線	變電站出口處紅色連軌線	失去顏色		7天	7天	7天
接地及連軌線	鋼軌至鋼軌	連軌線曝露	核對： 1.可以忽略曝露線接觸號誌軌之風險。	2年	2年	2年
接地及連軌線	鋼軌至鋼軌	脫落/破損	核對： 1.可以忽略曝露線接觸號誌軌	28天	28天	28天

英國電車線設備故障處理優先順序矩陣						
單元	設備	故障	狀態	第 1 類 線路	第 2 類 線路	第 3 類 線路
			之風險或獨立接地的金屬製品。 2.可以忽略曝露線接觸結構鋼鐵製品及電弧之風險。			
接地及連軌線	結構物至鋼軌	連軌線曝露	核對： 1.可以忽略曝露線接觸號誌軌之風險或獨立接地的金屬製品。	2 年	2 年	觀察
接地及連軌線	結構物至鋼軌	脫落/破損	核對： 1.可以忽略曝露線接觸號誌軌之風險或獨立接地的金屬製品。	2 年	2 年	觀察
接地及連軌線	結構物至鋼軌	脫落/破損	連續 5 處脫落	7 天	7 天	7 天
接地及連軌線	結構物至鋼軌	脫落/破損	車站月台/公共地區	7 天	7 天	7 天
接地及連軌線	橋樑接地線至鋼軌	脫落		7 天	7 天	7 天
接地及連軌線	橋樑接地線至鋼軌	損壞	核對： 1.可以忽略曝露線接觸號誌軌之風險或獨立接地的金屬製品。	7 天	7 天	28 天
接地及連軌線	增補者	連軌線曝露	核對： 1.可以忽略曝露線接觸號誌軌之風險或獨立	2 年	2 年	觀察

英國電車線設備故障處理優先順序矩陣						
單元	設備	故障	狀態	第 1 類 線路	第 2 類 線路	第 3 類 線路
			接地的金屬製品。			
接地及連軌線	增補者	脫落/破損		2 年	2 年	觀察
接地及連軌線	所有連接	曝露/絕緣損壞	有影響號誌軌及回流軌道之風險	立即	立即	立即
標誌牌	裸饋電線三角標誌	遺失		6 個月	6 個月	6 個月
標誌牌	匯流排紅色圓型標誌	遺失		6 個月	6 個月	6 個月
標誌牌	電桿號碼	不清楚		6 個月	1 年	1 年
標誌牌	電桿號碼	遺失		6 個月	1 年	1 年
標誌牌	電桿號碼	損壞		2 年	2 年	2 年
標誌牌	電化線路警告	不清楚		28 天	28 天	6 個月
標誌牌	電化線路警告	遺失		28 天	28 天	6 個月
標誌牌	電化線路警告	損壞		2 年	2 年	2 年
標誌牌	開關	不清楚/遺失		36 小時	36 小時	36 小時
標誌牌	平交道警告	不清楚		28 天	28 天	6 個月
標誌牌	平交道警告	遺失		28 天	28 天	6 個月
標誌牌	平交道警告	損壞		2 年	2 年	2 年
標誌牌	中性區間標誌	不清楚		6 個月	1 年	1 年
標誌牌	中性區間標誌	遺失		6 個月	1 年	1 年
標誌牌	中性區間標誌	損壞		2 年	2 年	2 年
標誌牌	裸饋電線警告	不清楚		28 天	28 天	6 個月
標誌牌	裸饋電線警告	遺失		28 天	28 天	6 個月
標誌牌	裸饋電線警告	損壞		2 年	2 年	2 年
結構	結構	生鏽/損壞		2 年	觀察	觀察
結構	結構基礎	損壞		2 年	2 年	觀察
結構	結構基礎	位移		技術研究	技術研究	技術研究
外部的	電車線有異物	不太可能碰觸通過的集電弓		28 天	28 天	28 天
外部的	電車線有異物	有可能碰觸通過的集電弓		立即	立即	立即
外部的	植物	在 25KV 設備		28 天	28 天	28 天

英國電車線設備故障處理優先順序矩陣						
單元	設備	故障	狀態	第 1 類 線路	第 2 類 線路	第 3 類 線路
		1m 內或接觸到回流線				
外部的	植物	在 25KV 設備 300mm 內或有可能在有風下會造成短路		36 小時	36 小時	7 天
外部的	外來的汙染或滲水			7 天	7 天	7 天
外部的	鳥巢	有可能接觸到電車線		立即	立即	立即
外部的	電氣接點	熱點		36 小時	36 小時	7 天
外部的	系統	重複跳脫		立即	立即	立即
外部的	系統	跳脫一次		28 天	28 天	28 天
外部的	系統	集電弓損壞		立即	立即	立即
外部的	系統	電弧報告		立即	立即	立即
外部的	系統	碰撞界線		立即	立即	立即
外部的	機械空隙	小於 50mm		技術研究	技術研究	技術研究
外部的	電氣淨空	小於 100mm		6 個月	1 年	1 年
外部的	電氣淨空	侵入電氣安全淨空		立即	立即	立即
外部的	所有設備	經過評估有可能超出設備安全係數者		立即	立即	立即

(六) 英國電車線設備故障技術引導矩陣

英國電車線設備故障技術引導矩陣						
單元	設備	故障	狀態	第1類線路	第2類線路	第3類線路
張力裝置	平衡錘	滑輪移動	卡住 核對： 1.目前張力狀況。 2.鋼索隨溫度上下移動的淨空。 3.假如有反向拉力，確認中點錨拉線淨空。	2年	2年	觀察
張力裝置	平衡錘	滑輪移動	不靈活 核對： 1.目前張力狀況。 2.鋼索隨溫度上下移動的淨空。 3.假如有反向拉力，確認中點錨拉線淨空。	2年	觀察	觀察
張力裝置	平衡錘	平衡錘太高	到頂點距離少於 150 mm (-10℃) 核對 1.在最低設定溫度時，平衡錘的拉力。 2.溫度下降時，鋼索上升之淨空。	2年	2年	觀察
張力裝置	平衡錘	平衡錘太低	到地面距離少於 150 mm (25℃) 核對： 1.在最高設定溫度時，目前拉力狀況。 2.溫度上升時，鋼索下降之淨空。 3.假如有反向拉力，確認中點錨拉線淨空。	2年	2年	觀察
張力裝置	滑輪	鎖住	小於 300 mm的自由移動距離 (25℃) 核對：	2年	2年	觀察

英國電車線設備故障技術引導矩陣						
單元	設備	故障	狀態	第1類 線路	第2類 線路	第3類 線路
			1.在最高設定溫度時，目前拉力狀況。 2.溫度上升時，鋼索下降之淨空。 3.假如有反向拉力，確認中點錨拉線淨空。			
張力裝置	平衡板	不正	大於 45 度 核對： 1.在最高設定溫度時，目前拉力狀況。 2.落臂架補償接觸線因溫度的弛度。	2 年	觀察	觀察
張力裝置	平衡板	不正	小於 45 度 核對： 1.落臂架補償主吊線因溫度的弛度。	2 年	觀察	觀察
懸臂	偏位	超出規範大於 650 mm	核對： 1.可能風速已達設計值。 2.可能集電弓通過時已達設計風速。	28 天	28 天	28 天
懸臂	偏位	$560\text{ mm} < x > 650\text{ mm}$	核對： 1.可能風速已達設計值。 2.可能集電弓通過時已達設計風速。	2 年	2 年	2 年
懸臂	偏位	大於 550 mm	在穩定臂 核對： 1.可能列車集電弓超出正常搖晃值。 2.軌道及電車線結構的穩定。	28 天	28 天	28 天
懸臂	偏位	$450\text{ mm} < x > 550\text{ mm}$	在穩定臂 核對： 1.可能列車集電弓超出正常搖晃值。 2.軌道及電車線結構的穩定。	2 年	2 年	2 年
懸臂	電車線	超出規	核對：	28 天	28 天	28 天

英國電車線設備故障技術引導矩陣						
單元	設備	故障	狀態	第1類 線路	第2類 線路	第3類 線路
	高度	範值(大於 6200 mm)	1.發覺超高列車下降的百分比。 2.可能列車通過時為最大動態界限高度。			
懸臂	電車線高度	大於 5940 mm	核對： 1.發覺超高列車下降的百分比。 2.可能列車通過時為最大動態界限高度。	2年	2年	2年
懸臂	電車線高度	坡度大於規範	核對： 1.實際行駛達路線速度列車的百分比。 2.通過較低坡度列車的百分比。	1年	2年	2年
桿間附件	交叉接觸棒	脫落	核對 1.交叉棒設定參數。 2.暴露在強風下可以忽略的風險。 3.張力/接觸線上舉位移標準值。	28天	28天	28天
保護	隔板/防爬保護	損壞/無功能	核對： 1.一般情況下可以忽略的風險。 2.無功能程度。	28天	28天	6個月
結構	結構基礎	位移	核對： 1.邊坡穩定。 2.高度/偏位參數。	2年	2年	2年
外部的	機械淨空	小於 50 mm	上舉力及搖晃影響機械淨空，如果在一般情況下淨空小於 50 mm。 核對： 1.造成機械淨空更惡劣的因素。	2年	觀察	觀察

(七) 電車線維護風險評估查詢表

由於維護工作逾期末施作，因此需要回答以下風險評估問題。如果任一回答為”是”，則繼續採取”是”的行動，將會緩和風險；如果所有回答為”否”則繼續採取”否”的行動。

1.地面目視檢查

風險	問題	結果	
		是	否
1	這個區間自從上次步巡檢查後是否曾發生短路跳脫或電車線設備故障？		
2	在這地區曾有軌道施工可能會影響電車線設備？		
3	自從上次檢查後是否曾經有異常的氣候？ (大於 15 度的氣溫變化，結冰或強風大於 50mph/s)		
4	在 6 個月內是否有任何的優先檢查？		

以上任一選擇為”是”

1	儘早在 2 天內，利用夜間辦理步巡檢查，特別注意 6 米以下的缺失。
2	辦理每週車巡檢查直到步巡檢查完成。
3	假如連續 2 次步巡檢查未施作，本次步巡檢查一定要在日間辦理。

以上選擇皆為”否”

1	辦理每週車巡檢查直到步巡檢查完成。
2	假如連續 2 次步巡檢查未施作，本次步巡檢查一定要在日間辦理。

2.高階斷電檢查

風險	問題	結果	
		是	否
1	是否屬於第 1 類電車線，複雜地區，例如： 交叉接點或高風速地區（大於 30m/s）？		
2	這張力區間是否曾發生電車線設備故障？		
3	在這地區曾有軌道施工可能會影響電車線 設備？		
4	在這次斷電檢查中有任何相關重要的改善 措施需要周密檢查？		
5	這區間是否大於平均短路跳脫次數？（大於 0.056 每天/大於 20 每年）		
6	在 6 個月內是否有任何的優先檢查？		

以上任一選擇為” 是”	
1	利用相關優先檢查處理缺失改善。
2	假如接觸線尺寸檢查需正常施作，則在相關軌道施工地區檢 查。
3	在短路地點及注油滑輪處，施作有限的斷電檢查。
4	重新計劃在 2 年內辦理斷電檢查。

以上選擇皆為” 否”	
1	重新計劃在 2 年內辦理斷電檢查。

3.早期故障（Early Failure）檢查

風險	問題	結果	
		是	否
1	是否屬於第 1 類電車線，複雜地區，例如： 交叉接點或高風速地區（大於 30m/s）或包含異常的接觸線高度（大於 5M 或小於 4.2M）？		
2	是否有任何相關重要意想不到的故障？		

以上任一選擇為” 是”

1	利用相關優先檢查處理意想不到的故障改善工作。
2	在已知的接觸線斜率轉換處，施作有限的早期故障檢查。
3	重新計劃在 6 個月內辦理剩餘的早期故障檢查。

以上選擇皆為” 否”

1	重新計劃在 1 年內辦理早期故障檢查。
---	---------------------

4.中性區間維護

風險	問題	結果	
		是	否
1	在 6 個月內是否有相關中性區間的優先檢查？		
2	是否有軌道故障在中性區間或 APC 磁石位置？		

以上任一選擇為”是”

1	在一星期內及之後每 4 星期，辦理地面目視檢查，確認閃絡、故障的痕跡及異常聲音或集電弓通過時之情況。
2	依據缺失優先順序，重新計劃中性區間維護。
3	在地面上目視檢查評估絕緣棒磨耗程度。

以上選擇皆為”否”

1	在地面上目視檢查評估絕緣棒磨耗程度。
2	每 4 星期在地面上目視檢查中性區間設備。
3	重新計劃在 6 個月內辦理中性區間維護。

5. 區分絕緣器維護

風險	問題	結果	
		是	否
1	在 6 個月內是否有相關區分絕緣器的優先檢查？		

以上任一選擇為” 是”

1	在 2 星期內及之後不超過每 8 星期，辦理地面目視檢查，確認閃絡、故障的痕跡及異常聲音或集電弓通過時之情況。
2	依據缺失優先順序，重新計劃區分絕緣器維護。
3	重新計劃辦理區分絕緣器維護在 2 年或規定週期內(何者較快者)。

以上選擇皆為” 否”

1	在 2 星期內及之後不超過每 8 星期，辦理地面目視檢查，確認閃絡、故障的痕跡及異常聲音或集電弓通過時之情況。
2	重新計劃辦理區分絕緣器維護在 2 年或規定週期內(何者較快者)。

6. 隧道電車線檢查/維護

風險	問題	結果	
		是	否
1	隧道是否屬於第 1 類電車線，內部是否潮溼或受污染？		
2	是否有鳥類大批出沒/有與隧道相關之跳脫事件？		
3	在隧道內曾有軌道施工可能會影響電車線設備？		
4	有任何相關重要的改善措施？		
5	在 6 個月內是否有任何相關的優先檢查？		

以上任一選擇為” 是”

1	利用相關優先檢查處理缺失改善。
2	在相關軌道施工地區檢查接觸線外觀。
3	每 4 星期使用探照燈辦理步巡檢查，特別注意潮溼或污染地區檢查及重要改善措施。
4	重新計劃在 6 個月內辦理隧道電車線檢查。

以上選擇皆為” 否”

1	每 4 星期使用探照燈辦理步巡檢查。
2	重新計劃在 1 年內辦理隧道電車線檢查。

7.平衡錘維護

風險	問題	結果	
		是	否
1	該張力區間是否有包含張力中斷設備，例如：交叉接觸線、區分絕緣器、中性區間或縮小淨空？		
2	滑輪輪子是否水平被安裝在框架上？		
3	是否位於高速路線上（大於 184kmh）？		
4	有任何相關重要的改善措施？		
5	在 6 個月內是否有任何相關的優先檢查？		

以上任一選擇為” 是”

1	利用相關優先檢查處理缺失改善。
2	每 4 星期在地面上檢查平衡錘之動程及外觀。
3	重新計劃在 6 個月內辦理平衡錘維護。

以上選擇皆為” 否”

1	每 4 星期在地面上檢查平衡錘之動程。
2	重新計劃在 1 年內辦理平衡錘維護。

8. 隔離開關維護

風險	問題	結果	
		是	否
1	是否經常地操作（每週大於 1 次）？		
2	是否是電動操作或主要饋電開關？		
3	有任何相關重要的改善措施？		
4	在 6 個月內是否有任何相關的優先檢查？		

以上任一選擇為” 是”

1	利用相關優先檢查處理缺失改善。
2	每 8 星期在地面上確認開關操作情形。
3	重新計劃在 1 年內辦理開關維護。

以上選擇皆為” 否”

1	每 16 星期在地面上確認開關操作情形。
2	重新計劃在 2 年內辦理開關維護。

9.結構滑動檢查/分析

風險	問題	結果	
		是	否
1	是否為二軌伸臂架(TTC)或第一桿距設計?		
2	在 6 個月內是否有任何相關的優先檢查?		

以上任一選擇為” 是”

1	在 2 天內辦理接觸線偏位檢查及觀察集電弓通過之情形。
2	利用相關優先檢查處理缺失改善。
3	每 3 個月辦理電車線高度/偏位測量

以上選擇皆為” 否”

1	每 3 個月辦理電車線高度/偏位測量。
---	---------------------

10. 軌道連軌線維護

風險	問題	結果	
		是	否
1	是否大於平均短路跳脫次數？（大於 0.056 次每天/大於 20 次每年）		
2	是否大於平均負載電流？（2 輛以上電聯車或雙電力機車牽引貨車）		
3	在這地區曾有軌道施工可能會影響連軌線？		
4	有任何相關重要的改善措施？		
5	在 6 個月內是否有任何相關的優先檢查？		

以上任一選擇為” 是”

1	利用相關優先檢查處理缺失改善。
2	核對/檢查軌道曾施工及特別短路跳脫之地點。
3	重新計劃在 1 年內辦理連軌線檢查。

以上選擇皆為” 否”

1	重新計劃在 2 年內辦理連軌線檢查。
---	--------------------

11. 臨時連軌線/工地攜帶式接地線檢查

風險	問題	結果	
		是	否
1	臨時連軌接地安排是否提供牽引負載電流？		
2	屬於第 1、2 類電車線，接地夾直接地連接至回流軌？		
3	這地區是否曾有軌道施工有可能會影響臨時接地連接？		

以上任一選擇為” 是”

1	重新計劃在 2 天內辦理可攜式接地線檢查。
---	-----------------------

以上選擇皆為” 否”

1	重新計劃在 1 星期內辦理可攜式接地線檢查。
---	------------------------

(八) 英國西海岸幹線 (West Coast Main Line) 電車線維護週期標準

公式=設備型式×路線速度×(路線情況/隧道/坡度)×10=週期(年)

設備型式	因子
簡單懸臂	1
複合懸臂	0.8
非簡單懸臂	0.65
非複合懸臂	0.5

路線類別	因子
145–176 km/h 使用率/低使用率	0.7/1.5
98–144 km/h	1.0/3.0
65–97 km/h	2.0/4.0
0–64 km/h	8.0/10.0

高使用率 > 每天 100 次列車

中使用率 每天 61–100 次列車

低使用率 每天 0–60 次列車

設備坡度 (如橋樑)	因子
輕微的坡度會有附加危險	1
顯著的坡度會造成附加磨耗/衝擊	0.6
高坡度/限制淨空已接近設計極限	0.2

隧道環境	因子
良好	1
少許漏水及污染	0.6
嚴重漏水及污染，可能涉及結構	0.2

要考慮的其他地方因素如：高風速、特別重要性、小曲線半徑等。

其他設備週期

中性區間：至少每 9 個月檢查及清潔一次。

隔離開關：依據型式及位置×15 年。

型式	因子
已更新者	1
主線饋電	0.3
副線	0.6
其他	1

需要就地操作隔離開關測試功能。

區分絕緣器：依據使用率/路線速度/重要性×10 年。

超級黃金路線	0.1
黃金路線	0.2
主線	0.4
副線	0.5
高衝擊側線	1.0
低衝擊側線	1.5

(九) Ellipse 電車線維護工作管理軟體

英國 Network Rail 應用電腦軟體管理電車線設備維護工作之執行及排定維護工作之優先順序，需要先建立路線上各設備之里程及數量與維護工項為基本資料，每一項維護工作均編有工項編號、維修週期及逾期維護容忍時間，依據現場實際檢修進度及記錄，檢核設備本身到期維護之工作項目，產生應維護工作項目之需求，又依照路線類別及缺失檢修優先順序與逾期維護容忍時間，排定最優先之維護工作，再配合實際路線斷電封鎖區間及時間，由電腦選定最佳最優先維護順序，派員赴現場實際辦理維護工作。對於設備維護之記錄，可以透過資料庫查詢、比對及分析，設定各種查詢條件，方便統計及追蹤維護工作之辦理情形，也可以按期間統計逾期辦理各項檢查之次數，經由數據顯現辦理設備維護之績效，以達落實設備維護之目的。

表 2：英國電車線設備維護執行報告(範例)

項次	項目	2008-09 第 7 期	2008-09 第 8 期	備註
1	直流設備檢查逾期	0	0	
2	地面目視檢查逾期	0	0	
3	高階斷電檢查逾期	35	37	(未施作原因說明及後續處置作法)
4	中性區間維護逾期	2	0	
5	第 1 類 (36 小時) 檢查逾期	0	0	
6	第 2 類 (7 天) 檢查逾期	31	43	(未施作原因說明及後續處置作法)
7	第 3 類 (28 天) 檢查逾期	124	125	(未施作原因說明及後續處置作法)

項次	項目	2008-09 第 7 期	2008-09 第 8 期	備註
8	第 4 類 (6 個月) 檢查逾期	279	275	(未施作原因說明及後續處置作法)
9	第 5 類 (1 年) 檢查逾期	232	234	(未施作原因說明及後續處置作法)
10	第 6 類 (2 年) 檢查逾期	502	426	(未施作原因說明及後續處置作法)
11	低壓設備檢查逾期	0	0	
12	信號供應電源維護逾期	4	1	(未施作原因說明及後續處置作法)
13	電子加熱器每年維護逾期	0	0	
14	電子加熱器故障	0	2	(未施作原因說明及後續處置作法)
15	空調設備故障	4	3	(未施作原因說明及後續處置作法)
16	主要 25KV 開關維護逾期	7	0	
17	電子式電驛 2 年維護逾期	0	2	(未施作原因說明及後續處置作法)

(十) Network Rail 公司的電車線檢查車

在高速電氣化鐵路採用架空接觸線來轉換電力是非常經濟及安全的方式。電車線設備故障不僅造成架空電車線本身之損壞及需負擔修復的費用外，也導致列車運輸中斷，影響旅客行程。目前在英國 25KV 架空電車線約有 7759 公里，預估未來的 10 年內，每年大約會增加 500 公里的電氣化線路。因此使用電車線檢查車來檢查電車線設備，才能符合效率及節省維修人力。

電車線測量的項目主要分為動態及幾何系統兩類，動態系統是指測量接觸線與集電弓兩者間相互的作用力；幾何系統包括接觸線測量、雷射懸臂偵測、電桿面距軌道距離及接觸線磨耗等 4 大項。以雷射掃描及量測接觸線垂直及側面的位置，配合懸臂位置資料庫及運用軌跡反向識別系統來辨識懸臂位置，又依據懸臂識別功能，增加雷射設備來量測電桿面及軌道中心之距離。

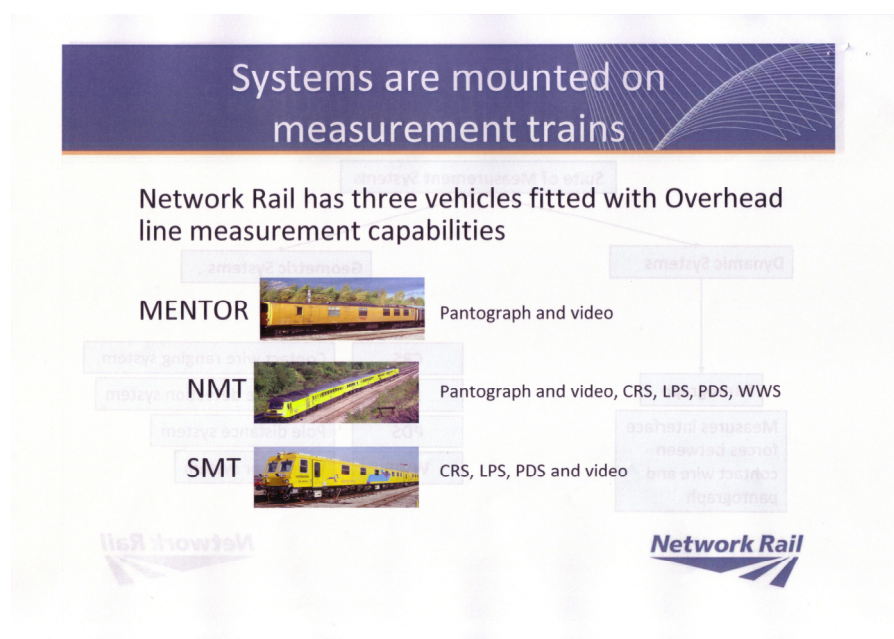


圖 19：Network Rail 公司電車線檢查車

Network Rail 公司目前有 3 輛電車線檢查車，分別具有不同的檢查功能。MENTOR 號檢查車僅有集電弓測量及攝影功能；NMT 號檢查車有集電弓測量及攝影功能並可測量接觸線、懸臂位置、桿面距離及接觸線磨耗等功能；SMT 號檢查車具有測量接觸線、懸臂位置、桿面距離及攝影功能。檢查車測量的行車速度為 200Km/h，可以同時顯示接觸線高度及偏位，或兩條接觸線磨耗程度之比較。

結合 GPS 定位系統，Network Rail 地圖，可獲得列車在軌道上的里程數及軌道編號，配合電桿位置資料庫，雷射懸臂偵測系統及軌道辨識等技術，就能精確的測量懸臂位置，其精確度在 1 公尺內。電桿位置偵測經由 GPS 位置座標，可以很容易的區分相鄰的兩根電桿位置，其精確度在 10 公尺內。

電桿位置資料庫記錄電桿編號、電桿面距軌道距離及軌道編號等資料，配合特定電桿裝設特殊唯一的標記來校正測量的里程。雷射系統安裝在檢查車的頂部，結合軟體以識別支撐接觸線的懸臂位置，針對非常接近的懸臂組，藉由接觸線偏位的反向追蹤識別功能，也可以正確的偵測。

檢查報告將可每公里列印或儲存成 PDF 檔案，針對測量值超出標準的位置，將會自動列出清單，另檢查記錄也可以和上次檢查記錄比對，判斷相異的數據，提供相關接觸線檢查數據，估算超出規範值的範圍，做為檢修之參考。

Network Rail 未來將繼續自行研究發展測量的技術，並尋找引進市場上專業公司所研發的可靠系統，藉由測量技術的大幅提升，期望未

(十一) 電車線之安全相關事件處理報告

Network Rail 為確保人員及設備安全，凡涉及電氣化設備及工場設施，每一件與安全相關的事故均需要提出報告。依據事件的特性區分為故障或意外或兩者皆有，經由故障等級、意外等級、地點等級及調整因子計算求得危害指數，依據危害指數之大小，決定報告書陳送層級，如果危害指數超過 50 以上，將需要通報各單位周知。

故障不安全的事件位於容忍風險模型中之不可接受區域，每一件故障受一個或多個風險所控制而造成的結果，儘可能將殘餘風險減至最低，故障可區分為三大類。

設備故障－例如電纜絕緣、電氣保護開關或電氣化設備機械的完善性，以 EPH1 代表。

系統故障－允許工作方式的疏忽或未遵照程序之操作，以 EPH2 代表。

工作安全系統的疏忽－斷電的聯繫、電車線設備測試及接地，電氣設備的隔離，以 EPH3 代表。

事件如果包含有爆炸、火災、死亡或傷害等嚴重事故將會分級考慮其危害的程度。

1.位置等級 (L)

這個因子由 1 至 19 等級，計有軌道行車速度、鄰近私人財產或行人之距離及不正常的隔離或試驗等 3 個部分，如有相關可 1 個或多個部分相加。

軌道行車速度

分類	等級
<45mph	1
45–60mph	2
61–75mph	3
76–90mph	4
91–100mph	5
101–110mph	6
111–120mph	7
>120mph	8

鄰近私人財產或行人之距離

分類	等級
100m	1
50m	2
25m	3
10m	4
5m	5
<2m	6

不正當的隔離或試驗

分類	等級
任何	5

2.故障等級 (F)

這個因子由 0 至 9 等級，嚴重者為 9，適中者為 5。

型式	事件	等級
EPH3	未評估或不正確行為使工作人員在 2.75 公尺內未斷電的活線下工作。	9
EPH2	斷電區域錯誤。	9

型式	事件	等級
EPH3	忽略測試及電車線接地程序，造成人員傷亡及設備損壞。	5
EPH3	未獲允許在高壓套管及電纜終端附近工作，可能造成觸電死亡。	9
EPH2	在未斷電前，人員已經辦理測試及接地作業。	5
EPH3	疏忽未檢查及更新接地或短路線致接地無效果，隨後不注意的通電將使人員工作在危險中。	9
EPH3	人員企圖移除電車線上異物未與電力調配室聯繫，可能造成觸電死亡或損壞電車線設備。	9
EPH1	電車線支持及懸臂系統故障（包括礙子）。	9
EPH1	電車線張力系統故障（包括平衡錘組）。	5
EPH1	帶電組件故障。	9
EPH1	電車線導線或主吊線故障。	5
EPH1	電車線接地或連軌系統故障。	5
EPH1	注油式斷路器故障。	9
EPH1	隔離開關故障。	9
EPH1	饋電電纜故障。	5
EPH1	變壓器故障。	5
EPH1	絕緣套管故障。	5
EPH1	在車站內旅客曝露在電弧下。	5
EPH1	在車站內旅客遭受電擊。	5
EPH3	工作人員曝露在電弧下。	5
EPH3	工作人員遭受電擊。	9
EPH1	行人曝露在電弧下。	5
EPH1	行人遭受電擊。	5
EPH1	行車人員遭經由列車窗戶投入之物體擊中。	9

3.意外等級 (I)

這個因子由 0 至 9 等級，如有超過 1 個相關者選擇最高等級。

分類	等級
包含爆炸	9
包含觸電死亡	9
嚴重機械故障	8
包含電擊或可能性的電擊	8
員工在電弧或閃絡附近	7
員工在火災附近	7
不注意的通電	6
包含旅客或行人	6
未完成斷電隔離	5
包含火災	5
包含電集弓損壞	5

4.調整因子 (A)

分類	等級
包含死亡	3
包含嚴重的傷害	2
包含輕微的傷害	1

5.危害指數 (H)

由位置等級 (L)、故障等級 (F)、意外等級 (I) 及調整因子 (A)

計算求得：

$$H=L*(F+A)$$

或

$$H=L*(I+A)$$

選擇兩者較高值為危害指數。

(十二) 英國電車線採用之新型材料

由於材料科技之進步，陶瓷材質產品已逐漸被聚合體 (Polymeric) 材質所替代，其重量較陶瓷輕，施工方便，耐污染能力較佳，可以減少清洗礙子之次數，節省人力。因此在英國傳統陶瓷之盤型隔電子，於更新時已採用樹脂終端拉線礙子替代；傳統陶瓷之絕緣礙子，也於更新時以聚合體礙子替代。

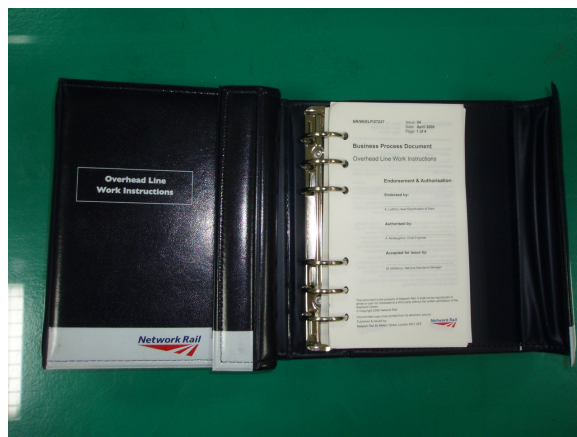
主吊線及接觸線終端配件傳統施工方式係以尾夾體及尾夾間臂組成固定尾線，已改以快速尾夾替代，其操作快速，節省時間，只需將線尾剪齊後直接插入接頭內既完成；主吊線之連接施作，傳統需使用壓接工具以金屬線編結器壓接，已改以快速連接夾替代，施工方便，不必使用壓接工具，避免壓接工具臨時故障延誤施工時間及壓接不當時造成主吊線受損之意外，該兩項設備在英國鐵路路線上可明顯發現。



照片 5 主吊線快速尾夾

(十三) 英國電車線工作指南(Overhead Line Work Instructions)

Network Rail 為利從事電車線設備維護人員於現場能查詢電車線維護相關規章及技術資料，特彙總各項設備之檢查週期、維護方式及安裝程序、相關儀器使用說明與施工工作安全等資料，製成活頁手冊（一式兩本），便於攜帶至工作現場查閱，謹摘錄主要內容項目以供參考。



照片 6 Network Rail 電車線工作指南

1. 25KV 電車線設備故障處理優先順序。
2. 地面目視檢查。
3. 區分絕緣器地面目視檢查。
4. 中性區間地面目視檢查。
5. APC 永久磁石檢查及調整。
6. 電車線設備短路後之調查。
7. 電車線結構目視檢查。
8. 車巡例行檢查。

- 9.電車線設備熱影像量測。
- 10.電車線高度及偏位測量程序。
- 11.斷電檢查。
- 12.主吊線斷電檢查。
- 13.電車線資產狀態評估。
- 14.現場接地工具準備及維護。
- 15.各廠牌中性區間維護。
- 16.各廠牌區分絕緣器維護。
- 17.電車線開關維護。
- 18.電車線固定式終端張力調整。
- 19.平衡錘終端調整。
- 20.軌道連軌線維護。
- 21.電車線礙子及絕緣棒清洗及維護。
- 22.各廠牌中性區間安裝。
- 23.各廠牌區分絕緣器安裝。
- 24.接觸線對頭編結器安裝。
- 25.各式金屬編結器安裝。
- 26.電車線各式跳線壓接安裝。
- 27.電車線架空鋁線安裝。
- 28.盤型隔電子更新程序。
- 29.各式壓縮凸緣壓接。
- 30.電車線組細件潤滑保護。

- 31.連軌線焊接方式。
- 32.鋁線熱縮接頭方式。
- 33.電車線導線圓柱錐端子安裝。
- 34.桿間跳線與懸臂管之連接。
- 35.化學螺栓安裝。
- 36.快速連接夾安裝。
- 37.氣壓式張力器安裝及維護。
- 38.基礎封頂保護措施。
- 39.電車線植入式及螺栓式側載基礎安裝。
- 40.電車線至變壓器高低壓側終端之連接及拆除。
- 41.鄰近電車線使用樓梯及其他設備之指南。
- 42.使用工作平台車維護電車線設備。
- 43.使用線車當工作平台時員工安全。
- 44.線輪車之使用。
- 45.電車線一次側絕緣礙子檢查及試驗。
- 46.玻璃纖維絕緣棒高度及偏位測量。
- 47.電車線電壓偵測器使用及維護。
- 48.接獲回流線破損及脫落通報後之處理程序。
- 49.在無縫鋼軌區間電車線特殊處理需求。
- 50.連軌線安裝及拆除。
- 51.現場接地與臨時連續跳線之應用及拆除。

七、Rugby and Nuneaton 專案夜間施工

12月6日在RIA 理事長 Jeremy Candfield 陪同下搭車赴 Rugby 車站，參訪 Network Rail 在 Rugby and Nuneaton 專案夜間電車線施工情形，當晚抵達 Network Rail 維修基地，停車場內之汽車上均已結一層霜，當晚天氣很冷，推估當時溫度約為 0 度左右，在順利找到連絡人之後，隨即辦理參訪申請，填寫姓名、出生年月日及護照編號，在工作人員協助下領取安全帽、反光夾克及安全皮鞋。着裝完成後被帶領至負責該工地勞安之專門顧問公司櫃台報到，並安排聽取大約 10 分鐘的工地勞安講習，說明人身安全的重要性，講述曾發生之工安事件，改善防範措施及個人應注意事項，確認都了解勞工安全事項後才發給參訪證。雖然申請參訪過程較長，但可以深深感受到英國對工安預防是非常的注重，不僅有訂定一套標準作業程序，而且執行的非常落實。


Site Access Authorisation	
You are authorised to visit all West Coast Route Modernisation project sites within the scope of the project issuing this card.	
Name:	<u>Liang Huo Nan</u>
Company:	<u>N/R</u>
Authorised by:	<u>Lesley mawby Ajm</u>
Date:	<u>6-12-8</u>
Sentinel Card No:	<u>TVP 95077540</u>
Please ensure you have booked into the West Coast Site Access Call Centre (SACC) 01270 721 888	
Rugby and Nuneaton (RuN) Project	

圖 22：工地參訪許可證

Track Visitor Permit

RT9935



Permit number	95077540		This permit expires at	Time	Date
This permit is valid from	20:00 hrs	06/12/08		20:00 hrs	07/12/08
Name of track visitor	Liang Huo Nan		Employer/ sponsor	Network Rail Direct Maintenance (52770)	

The person named above has been authorised to go on or near the line at the location(s) listed below. They must:

- remain under the supervision of a COSS at all times
- receive a briefing from the COSS on the safety arrangements for their visit
- only work on lines which have been blocked
- keep this permit with them during their visit and show it on request
- give the permit back to the COSS at the end of their visit

Purpose of Visit	Review of OLE re-wiring works
------------------	--------------------------------------

Location	Signature of COSS	COSS Sentinel card number	Signature of visitor
Rugby station area (81-82mp): D39a re-wiring		5277814	

Any special medical restrictions or precautions

THE TVP HOLDER MUST WEAR APPROPRIATE PPE (INCLUDING A BLUE SAFETY HELMET) FOR THE PURPOSE OF THE VISIT

This TVP must be used in conjunction with photographic ID.

This Track Visitor Permit can be checked using the NCCA Hotline. Please ring 0870 162 7979 and enter the eight digit Permit Number.



圖 23：軌道參訪許可證

由工地負責人概略說明 Rugby and Nuneaton 專案之施工範圍、主要設備更新狀況、車站停用軌道、施工步驟及大型機械使用情形，為利電車線更新工程施工，Rugby 車站僅剩 2 股道辦理行車，其餘軌道均停用以利施工，電車線主要更新項目為接觸線更新為 120 mm²，主吊線更新為 95 mm²，行車速度由原先 160km/h 提升至 200km/h。

參觀維修基地辦公室，有專人負責管制施工範圍內軌道車輛使用軌道情形，在大型現場軌道佈置圖上，標示當晚所有軌道車輛使用情況。在公佈欄上有依現場軌道顯示需改善工安缺失之照片，以提醒員工注意施工安全。由專責勞安顧問公司派專人負責當日人員出勤報到，確認每人出勤情況，填寫表單，提醒應注意之事項。

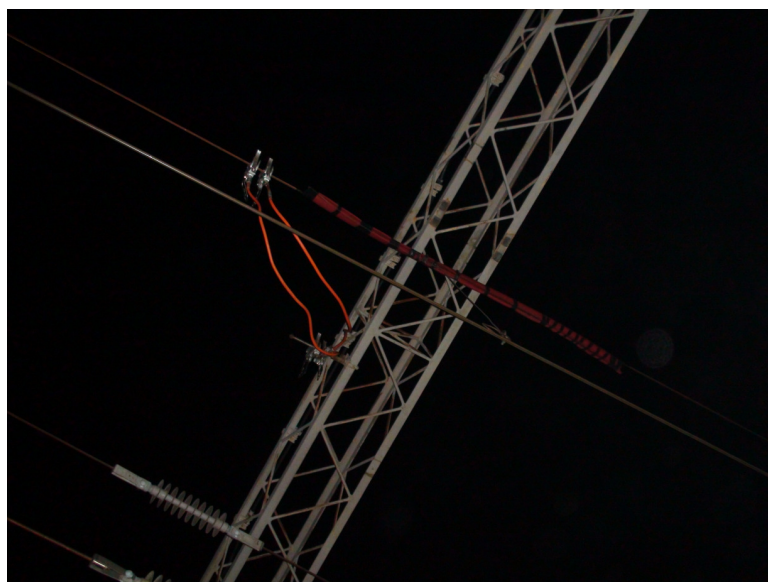
參訪辦公室後搭乘汽車轉赴工地，在進入工地參訪前需先向工地勞安人員報到，出示參訪證，填寫資料，再由工地勞安人員再次說明參訪應注意事項，提醒行走軌道時應注意路線上之障礙物，如計軸器、感應板、接地線或散落電線等材料。在勞安人員陪同下正式步行軌道約 1.5 公里進入施工工地開始參訪，當日電車線施工情況，為更換接觸線及主吊線後之吊掛線調整、接觸線偏位調整及安裝區分絕緣器等工作，現場實際施工為 Balfour Beatty 公司，大量使用機械化車輛，以節省人力，提高工作效率，計有大型線輪車 1 輛，小型工作平台車 2 輛，維修工作車 1 輛，其軌道車輛均為鐵公路兩用車輛，機動性大，臺鐵局使用之機械車輛均為軌道專用。電車線線輪車駕駛為女性，現場施工人員也有 1 女性技師。Network Rail 派有監工人員數名，以確認當晚施工情形，隨時召開小型工作會議，檢討施工細節。

歷經約 2 個多小時的參訪，在工地勞安人員陪同下返回工地入口，結束

本次工地參訪。轉搭汽車返回 Network Rail 維修基地，繳還個人安全裝備，體貼的 Network Rail 人員準備熱飲，以供驅除寒意，告別 Network Rail 人員，搭車至 Lichfield 的旅社住宿時，已是凌晨。



照片 7 參訪施工情形



照片 8 施工設備接地情形

八、Balfour Beatty Rail

12月8日參訪 Balfour Beatty 位於利物浦的電氣化設計總部，臺灣鐵路西部幹線基隆至高雄間電氣化工程係由該公司（時名 BICCC）設計及施工，因此對臺灣鐵路有一份特別的感情，很熱誠歡迎有臺鐵局人員能來拜訪，除了準備內容豐富的簡報外，希望能了解臺灣鐵路未來電氣化的計劃及時程。該公司簡報內容有集團公司簡介、雷射測量技術、電車線設計及工程、Trent Valley 四軌化電車線設計與電氣化設備介紹等。臺鐵局電力科科長梁火南也為 Balfour Beatty 人員簡報臺灣鐵路目前辦理花蓮至台東電氣化工程之進度與未來南迴線電氣化工程之計劃及時程，該公司表示很有意願能再次參與臺灣鐵路花東線及南迴線之電氣化工程設計及施工。

（一）集團公司簡介

由 Balfour Beatty Rail Projects Limited 專案經理 Paul Stubbings 介紹 Balfour Beatty 集團及主要業務。該集團為鐵路、公路、應用系統、建築和特殊工程的國際性公司，2007 年營收達 75 億英鎊，全球約有 35,000 名員工，為倫敦上市股票公司。旗下分為建築、建築管理及服務、土木和特殊工程服務、軌道工程及服務、投資及發展等四大部門。

Balfour Beatty Rail Limited 為軌道工程及服務部門下之子公司，工程實績遍及全球，主要業務有系統整合、軌道、軌道產品、供電及電氣化工程與產品供應、號誌及資產管理服務等。

Balfour Beatty Rail Projects Limited 為從事單一及整合系統專案設計與承攬 Balfour Beatty Rail 的工程施工，包括軌道、電車線、供電系統、號誌及通訊、土木配合工程等之設計及施工。近期工程實績有紐

西蘭奧克蘭郊區 175 公里的電車線升級工程之設計及施工，工期 2008 至 2013 年，總工程費為 6 百萬英磅；英國西海岸幹線電車線及供電系統升級工程之設計、產品供應、安裝及測試，工期 1999 至 2007 年，總工程費為 6 億英磅。

(二) 雷射測量技術

由 Balfour Beatty Rail Technologies Ltd 的 Steve Atherton 介紹雷射測量技術，它是新一代高效能的鐵路測量工具。手提式結構物縱斷面測量儀，非常精密且及時測量，手提操作簡便。

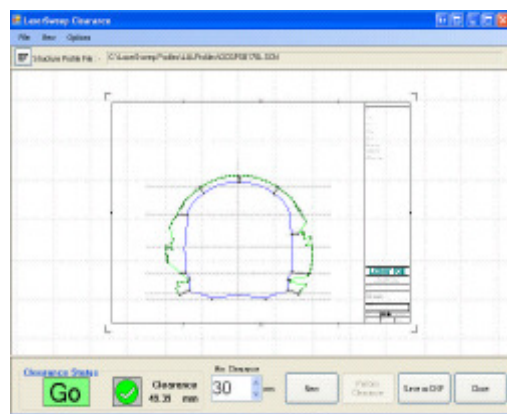
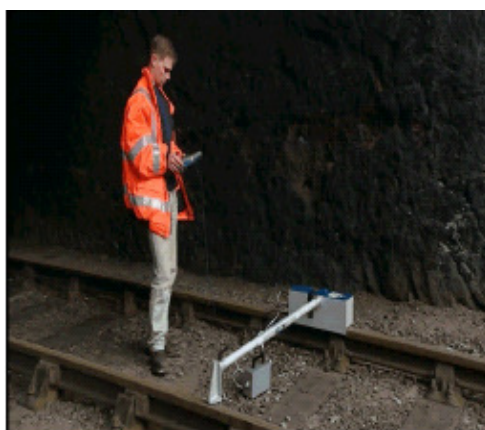


圖 24：手提式結構物縱斷面測量儀

360 度綜合測量儀，可以應用在結構物縱斷面測量、軌道幾何測量、影像和資訊的對映、遺跡測量、第 3 軌測量、軌道間距測量、道床斷面測量、電車線測量、可結合資料庫及分析軟體等，可以安裝在手推車或火車上連續測量結構物輪廓，獲得 3D 測量數據，相較其他測量方法更節省費用，安裝簡便，節省人力。

有關電車線之測量可分為，非接觸式及接觸式兩種，非接觸式電

車線測量，配合安裝於列車頂部之攝影機及探照燈，不論集電弓是否上舉或下降均可測量接觸線垂直及側面的位置與接觸線的磨耗。接觸式電車線測量，係測量集電弓與接觸線間相互之接觸力。

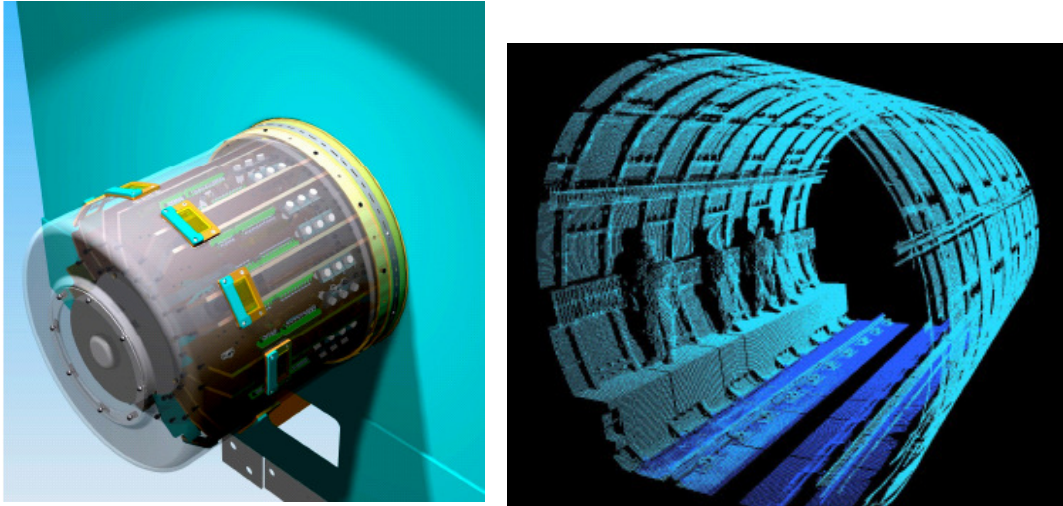


圖 25：360 度綜合測量儀

(三) 電車線設計及工程

由 Balfour Beatty Rail Projects Ltd 的 Keith Warburton 介紹，該公司在鐵路供電及電氣化工程之實績遍及全球各大洲，對幹線鐵路、捷運、輕軌及工業鐵路專案的承攬、設計、施工及專案管理均有豐富的經驗，包含有電車線、第 3 軌、交流或直流供電系統、變電站、保護及控制、電力遙控系統與導電軌系統。

電車線設計區分為系統設計、基本設計及安裝設計，系統設計為定義所有牽引電力及電車線需求，包括模擬、分析及研究。經由牽引電力系統模擬、電車線及集電弓動態模擬與靜態電車線之電流及電壓分析，反覆模擬相互確認。基本設計為產生標準佈置、組合及零件之繪圖、計算、分析及測試。安裝設計為產生各地點明確的佈置圖、交

又斷面圖、組裝計劃、斷面圖表及開關橫向斷面圖等。

3D 及 4D 模型提供衝突偵查、號誌瞭望、路線模擬駕駛訓練及建造計劃擬訂及檢核等功能。

(四) Trent Valley 四軌化電車線設計

英國西海岸幹線 Armitage 至 Tamworth 間既有 2 軌道擴充為 4 軌道工程，全長約 19 公里。Balfour Beatty Rail Project 公司負責電車線基本及細部設計、施工材料表管理與 3D 及 4D 模型模擬。工程設計特色為採 2 相 25KV 自耦變壓器供電系統、新設 95 單軌公里電車線、650 組電車線懸臂、超過 6,000 張設計圖、鋼管基礎、四軌門型架、高速重疊區間等設計，工期為 6 年。高速重疊區間不採用交叉的接觸線，以消除動態時在主線上產生的硬點，主線偏位為 200 mm，交叉線偏位為 340 mm，經運用動態模擬及實際證明，將使集電弓的上舉變化更平順，可減少集電弓及接觸線的磨耗。

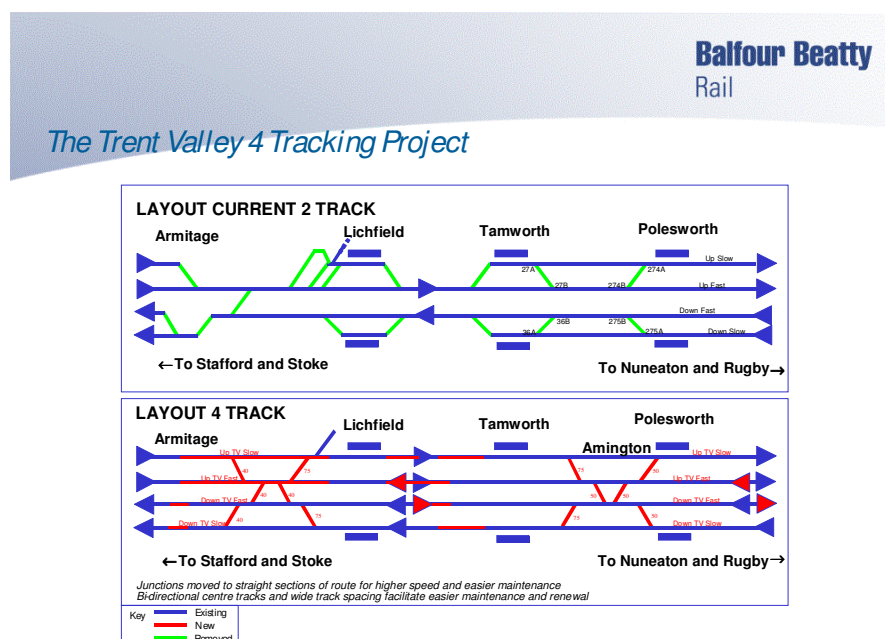


圖 26：Trent Valley 四軌化專案示意圖

(五) 電氣化設備介紹

由 Balfour Beatty Rail GmbH 的 Gerhard George 介紹電氣化設備，很感謝他當日從德國搭飛機到英國利物浦 Balfour Beatty 設計總部為我們簡報，簡報內容包含牽引電力供應系統、電車線設備、電力變電站及保護電驛、遙控設備、隧道安全系統、電子加熱器、輔助電源及系統工程等項目。

1. 牽引電力供應主要將電力公司之電力經由變電站傳輸至列車使用，影響供電系統設計之因素有國情(環境、標準)、經驗(實用、操作)、運輸型式(旅客人數、速度、列車型式、地理環境)、可靠度(變電站供電中斷、電力調配、列車故障)、運轉要求(操作、維護)、保護措施(故障、短路)、機電系統要求(號誌、電訊、電氣及電磁設施)、三相電力供電(限制、非對稱供電)需求等。供電系統主要區分為直流及交流兩大類，電壓等級依系統不同而有所區分。交流供電系統有分附加回流線、吸流變壓器(Booster Transformer, BT)及自耦變壓器(Autotransformer, AT)三大供電型式。
2. Balfour Beatty Rail 在電車線方面的服務有專案管理、基本設計、安裝設計、建造、承攬、顧問、產品製造及備品銷售等。供應的產品包括電車線懸臂組、導電軌、第 3 軌、絕緣礙子、夾件、鋁合金管、鐵路兩用工程車、開關及電動馬達操作箱等。架空電車線分類詳如表 3。

表 3：架空電車線分類表

類別	項目
速度	捷運系統最高 100 Km/h 鐵路系統最高 200 Km/h 高速鐵路最高 350 Km/h
電壓	DC 0.75KV 至 3KV 1AC 15KV 和 25KV 2AC 15KV 和 25KV
路線	直線和曲線 隧道 高架和橋樑 路橋下
電氣設計	負載電流 短路電流 容許電流 導體線徑 隧道淨空
機械設計	幾何和 3D 立體 結構設計 動態反應 使用壽命和可靠度

Balfour Beatty Rail 有在德國、西班牙、挪威及中國等地建造高速鐵路電車線設備的經驗，其接觸線等材質、線徑及拉力與速度等資料，詳如表 4。接觸線線徑使用 120 mm² 以上居多，主吊線線徑使用 95 mm² 以上，均有裝設輔助線以提高電車線結構強度及減少列車高速行駛時集電弓與接觸線接觸之離線率，桿距設計都在 60 米以上。

表 4：各國高速鐵路電車線組成分類表

接觸線	主吊線	輔助線 (Stitch Wire)	速度	國家
AC 100CuAg,13kN	Bzll 50,10kN	Bzll 25,2.3kN	230km/h	德國
AC 107Cu,14kN	Cu 95,14kN		250km/h	希臘
AC 120CuAg,15kN	Bzll 70,15kN	Bzll 25,2.8kN	250-300km/h	西班牙、德國、挪威
AC 150Cu,20kN	Cu 120,16.25kN		300km/h	義大利
AC 120CuAg,27kN	Bzll 120,21kN	Bzll 35,3.5kN	330km/h	德國
AC 150CuAg,30kN	Bzll 120,21kN	Bzll 35,3.5kN	350km/h	中國
AC 150CuAg,31.5kN	Cu 95,15.75kN	Bzll 35,3.1kN	350km/h	西班牙

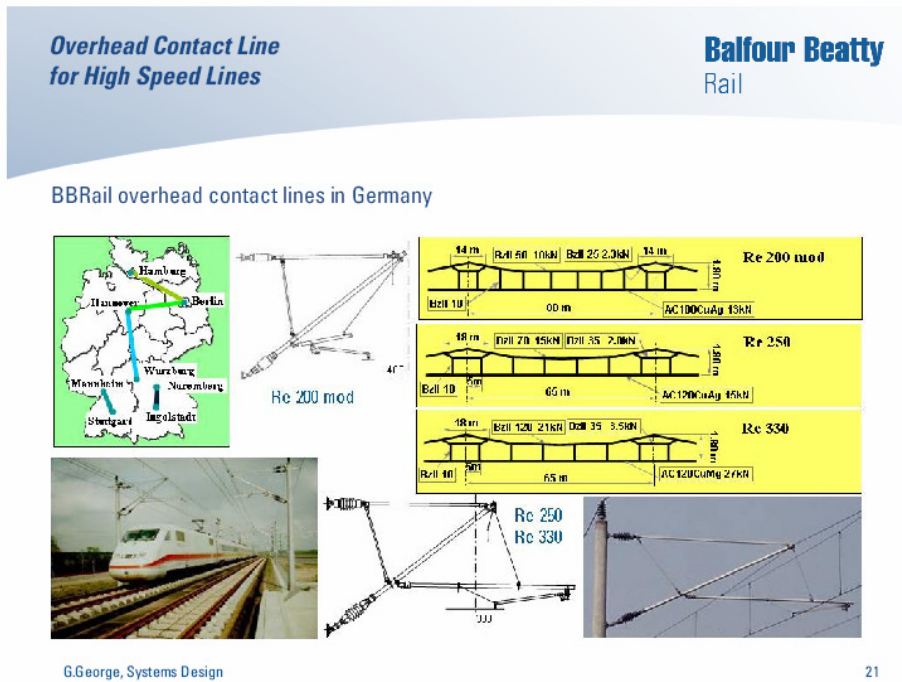
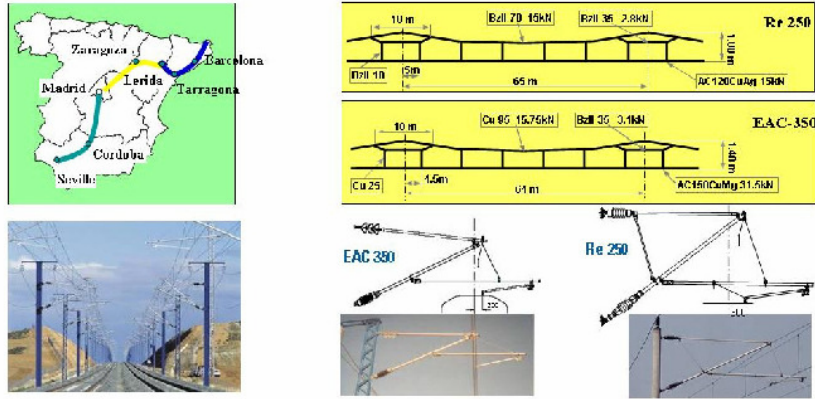


圖 27：德國高速鐵路電車線設備圖

BBRail overhead contact lines in Spain

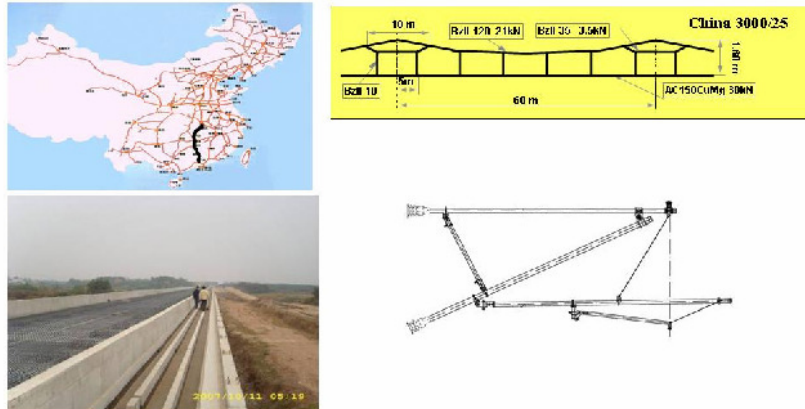


G.George, Systems Design

22

圖 28：西班牙高速鐵路電車線設備圖

BBRail overhead contact lines in China



G.George, Systems Design

23

圖 29：中國高速鐵路電車線設備圖

3.電力變電站目前以室內型設計為時代潮流，內部細分為高壓氣體絕緣開關、主變壓器、25KV 配電盤、諧波濾波設備、直流供電系統、保護電驛、遙控設備及消防設施等。保護電驛均採微電腦智慧型，具有記錄故障值、時間及傳輸之功能，使用在變電站之保護電驛型式主要有阻抗電驛（21）、測距電驛（21FL）、差動電驛（87T）、高速過流電驛（50HS）、過電流電驛（50/51）、方向性過電流電驛（67）、過熱電驛（49）、反饋電驛、電壓電驛（27，59）、欠壓電驛（27）、頻率電驛（81 O/U）、自動復閉電驛（79）、同步電驛（25）、及跳脫迴路監視電驛（74TC）等，個別針對電壓、電流、頻率等提供不同的保護功能。

4.遙控設備主要採用 SCADA（Supervisor Control And Data Acquisition）監控，利用具有系統監控和資料擷取功能的軟體，以達到控制及生產自動化之系統。此類型軟體的應用範圍很廣，舉凡電力系統、水利系統、石油、化工、汽車、捷運系統監控都是其應用領域。基本功能有圖形的操作介面、系統動態模擬操作、即時和歷史資料顯示、警報處理、資料收集和記錄、資料分析、報表輸出等。在鐵路電氣化供電監控上，主要監控變電站內一、二次側所有斷路器開關、中性區間隔離開關及沿線各車站隔離開關等設施，其他附屬功能有變電站門禁、水位、火警、直流電源及各項保護電驛監控等。

5.隧道安全系統係由電腦自動接管有關安全的處置措施，包含隧道緊急照明開啓及電車線斷電接地等工作。其中電車線斷電接地作業設計以遙控或就地操作，能迅速及安全的完成接地措施，全自動執行

接地作業，並具有偵測電車線斷電狀況、各接地地點完成接地之確認、電車線送電狀況及安全操作邊界之顯示功能，操作簡便，不必等待受專業訓練的人辦理接地作業，造成時間延遲，排除不清楚狀況及誤解，將操作風險降至最低，一般人員不必經過特殊訓練就能擔任，可以運用在隧道、檢修車場及車站等地點。

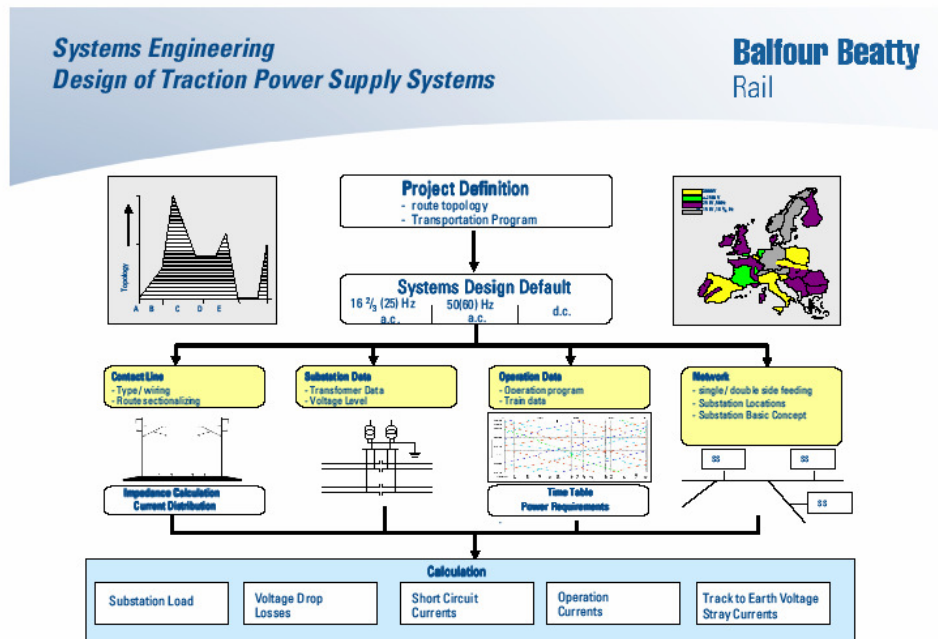
6.電子加熱器具有感應元件，可偵測下雪、下雨及溫度，自動依環境變化控制加熱器，確保電子設備不受惡劣氣候之影響，失去功能或縮短使用壽命。

7.輔助電源包括不斷電供電系統(UPS)，使用範圍很廣，舉凡建築物、車站、電力供應、控制系統、號誌、通訊、加熱器及電車線設備等均需用輔助電源，以供應設備本身運作所需之電力或電力供應中斷時之備援電力。

8.牽引電力供應系統模擬之目的為分析系統的弱點、保護措施及運轉上的限制，同時核對集電弓的電壓、最大負載電流、最小短路電流、鋼軌對地電壓、設備尺寸、容量餘裕及電磁干擾限制等。模擬牽引電力供應系統需要建立電車線型式、線徑、供電區間、變壓器資料、電壓等級、列車時刻表及軌道佈置等資料庫，經過電腦運算可以求得，變電站負載、電壓降及損失、短路電流、運轉電流、鋼軌對地電壓及洩漏電流等，以核對變電站負載保護設定、電壓相間不平衡、諧波及功率因數、路線電流分布、過負載能力、接地回流等。

其他模擬系統有接觸線與集電弓間的動態行為模擬、接觸線磨耗及生命週期計算、接觸線熱量行為模擬、牽引變電站電磁相容計算、

接地電壓測量及電壓不平衡電力品質等項。



G.George, Systems Design

87

圖 30：模擬牽引電力供應系統圖

肆、考察心得及建議事項

一、考察心得

- 1.英國鐵路歷史較我國悠久，路線總長遠較我國龐大，電氣化供電系統區分為 AC 及 DC 也較我國複雜。由於鐵路市場已達到一定經濟規模，促成民間鐵路工業發達，在時代進步之下，藉由專家顧問服務，不斷在政策制定與執行情形上改革，應用新科技及採用新材料，使英國鐵路行車安全逐年提高，由於我國鐵路電氣化系統係由英國顧問公司設計及施工，其規格與英國鐵路幾乎相同，因此英國是非常適合臺鐵局列為標竿學習的國家。
- 2.本次考察實地瞭解英國鐵路電氣化現況及各國高速鐵路電車線發展趨勢，其英國電車線設備維護、更新及提速等項目之規範與構想，可作為臺鐵局相關業務改革之參考；另應用電腦化科技之檢修及維護工作管理的作法，亦可提供臺鐵局借鏡。
- 3 電力機車或電聯車所需之電力均經由集電弓與接觸線間之平滑接觸引入電力使用，故集電弓與接觸線界面之關係非常密切。臺鐵局歷年來均曾發生因集電弓故障導致電車線設備損壞之案例，英國鐵路車輛採用新型集電弓來偵測碳刷磨耗或故障，於軌道旁設置集電弓監視系統及時檢視集電弓運行情形，引進雷射測量新科技與電腦化統計、分析及追蹤集電弓狀況，提供集電弓檢修之重要參考，與測量集電弓上舉力等具體作法，確保集電弓運行正常，值得臺鐵局效法。
- 4.英國 Network Rail 在電氣化電力潮流供應分析上，有專責部門自行研發電腦模擬系統，以評估各客運公司增開列車後電力需求增加，現有電力供應是否足以負荷，以科學方法充分了解電力系統之負荷，規劃電力供應系統更

新。

5. 本次考察有多次聽取利用雷射及攝影測量技術之電車線檢查車檢查電車線設備之實例介紹，英國 Network Rail 有 3 部電車線檢查車，定期檢查電車線設備。
6. 本次考察行程有安排夜間參訪電車線施工情形，由專責勞安顧問公司派員負責勞安工作，參訪前的工地安全講習及參訪中勞安人員全程陪同，工地勞安人員如果發現有危及工作人員安全之情事發生，有權可以要求立即停工，親身經歷預防勞安相關措施之執行，深切感受英國政府對勞工安全之重視，其落實的作為值得效法。
7. 英國 Network Rail 針對電車線從業人員之能力訂有檢核流程及能力標準表，每年考核個人能力辦理技能鑑定，並依據職務給予專業技能訓練，以期可以勝任其職務上工作。
8. 英國鐵路與臺鐵局電氣化設備比較

項次	項目	英國	臺鐵局
1	電氣化路線	約 7759 公里 約 40%鐵路電氣化	約 1475 單軌公里 約 67.4%鐵路電氣化
2	供電系統	AC25KV，BT 供電，更新採 AT 供電	AC25KV 供電附架空回流 線
3	輸電線路	專用線路	非專線（早期為專線）
4	變電站受電電壓	400KV	69KV（和平變電站 161KV）
5	主變壓器容量	一般 30MVA	一般 15MVA
6	變電站保護電驛	裝設測距電驛，可偵測短路 地點	無裝設測距電驛
7	電力供應分析	自行研究發展分析軟體	購買套裝分析軟體

項次	項目	英國	臺鐵局
8	電車線分類	依每天通過集電弓次數及行車速度分為 3 類	依每天列車行車次數及行車速度分為 2 類
9	行車速度	160Km/h，提速後為 200Km/h	130Km/h
10	站間股道數	一般為 4 股道，一線故障時應變能力強	2 股道，一線故障時，單線運轉，應變能力較差
11	營運方式	營運及維護單位獨立 (25 家客運公司及 Network Rail 負責維護)	營運及維護單位相同 (臺鐵局)
12	電車線設計	委託顧問公司設計	自行設計
13	設備維護週期	斷電檢查週期為 4 年 中性區間檢查週期 6 個月 (一般檢查週期較臺鐵局長)	斷電檢查週期為 1 年 中性區間檢查週期 3 個月
14	維護工作管理	使用電腦軟體管理	人工管理
15	集電弓監視	設有 9 處	無設置
16	接觸線線徑	107mm ² 更新時採 120mm ²	107mm ²
17	主吊線線徑	49.5mm ² 更新時採 95mm ²	與英國相同
18	連軌線連接	鋼軌鑽孔固定	火藥焊接於鋼軌
19	盤型隔電子	以樹脂終端拉線礙子替代	與英國相同
20	絕緣礙子	材質有陶瓷及聚合體 (Polymeric)，新設採用聚合體材質	與英國相同
21	電桿型式	均為鐵電桿	以水泥桿為主，橋上及站場內門型架為鐵桿
22	主吊線固定方式	在懸臂上以小滑輪固定	以吊掛夾體固定
23	終端配件	以快速尾夾替代(施工方便)	傳統以尾夾體及尾夾尖臂固定，已採購少數快速尾夾使用
24	主吊線連接施工	以快速連接夾替代(施工方便，不必使用壓接工具)	傳統使用壓接工具以金屬線編結器壓接，已採購少

項次	項目	英國	臺鐵局
			數快速連接夾使用
25	防雷措施	部分路線有架空地線保護	無
26	電氣淨空防護	在陸橋及門型架下方，加裝絕緣板保護	陸橋下主吊線加裝絕緣保護套管
27	防止鳥類侵入電氣淨空	開關旁裝設鐵絲網保護	無
28	斷電後工作地點兩端之接地措施	門型架設有接地栓（DEP），以接地夾連接主吊線與接地栓（操作簡單）	使用接地棒將接地線連接接觸線與鋼軌（接地操作須依順序辦理）
29	維修車輛	鐵公路兩用車輛，機動性大	軌道專用車輛
30	訓練場地	有專用電車線架線訓練場地	臺北、台南、宜蘭電力段設有電車線訓練場地
31	電力調配室	分區單獨設置	全台電力調配集中於臺北，與行車調度組成綜合調度所，聯絡方便。
32	勞安管理	由勞安顧問公司負責	由臺鐵局人員兼（專）任

二、建議事項

- 1.參考英國 Network Rail 電車線設備維護週期、維護規範及工作手冊等資料，配合臺鐵局既有設備、環境及人力，重新檢視臺鐵局電車線設備維護規範，以增進電車線設備維護效能及提高電車線供電品質。
- 2.仿效英國 Network Rail 應用電腦軟體管理電車線設備維護之工作排定及追蹤維護之執行記錄，以落實定期設備檢查之工作；並以風險管理觀念，進行設備安全之評估，排定維護之優先順序，使有限人力資源，獲得最大的改善效果與效率。
- 3.有鑑於國外材料新科技之發展日益精進，材料元件之使用壽命延長、維修

便利及品質更趨穩定，應針對英國 Network Rail 已替換採用新材質或新型式之電車線材料，篩選適合臺鐵局使用者，於設備更新時引進使用，以提高材料品質，確保供電安全與節省維修成本。

4. 參照英國 Network Rail 落實執行勞工安全業務之情況，確實需要足夠的人力始能達到。建議臺鐵局各電力段勞安主任應為專任，才能落實執行勞安業務，以達零工安事故之目標。
5. 參考英國對集電弓設備檢修之注重，建議引進新型集電弓設備，增添集電弓運行監測及檢測等設備，藉助科學方法，控管集電弓運行情形及檢修之狀況。
6. 遇電車線設備障礙，變電站斷路器跳脫後，如何能在最短時間內隔離障礙區間，恢復正常區間之供電，將影響行車減至最少，一直都是臺鐵局關心及研究的課題。本次考察特別請教英國之經驗及如何因應，獲悉英國電化變電站內設置測距電驛，可以推算故障地點，並將訊息傳送回電力調配室，供電力調配員進行路線隔離試送電之參考，本項經驗值得臺鐵局於新建或改善變電站時納入規劃。

伍、致謝

本次赴英國考察電車線設備業務，承蒙英國貿易文化辦事處（British Trade & Cultural Office，BTCO）基礎工程處處長李安鈴及英國鐵路工業聯會（Railway Industry Association，RIA）理事長 Jeremy Candfield 熱心協助辦理英國簽證與安排參訪行程。又英國鐵路工業聯會理事長 Jeremy Candfield 陪同進行兩天參訪活動，其中一天為夜間施工參訪；承蒙各參訪公司熱誠接待，提供相關簡報及寶貴之資料，特表感謝之意。

陸、參考文獻

- 一、英國鐵路工業聯會簡報資料，2008 年 12 月 3 日。
- 二、Brecknell Willis 簡報資料，2008 年 12 月 3 日。
- 三、Detla Rail 簡報資料，2008 年 12 月 4 日。
- 四、Network Rail 簡報資料，2008 年 12 月 4,5 日。
- 五、Specification of Maintenance Frequency and Defect Prioritisation of 25kV Overhead Line Electrification Equipment，Network Rail，2008 年 8 月 26 日。
- 六、Management of reports for safety related events applicable to electrification and plant，Network Rail，2008 年 8 月 26 日。
- 七、Balfour Beatty Rail 簡報資料，2008 年 12 月 8 日。

柒、附件

一、拜訪及接觸人士

 <p>肯傑銳 理事長</p> <p>鐵路工業聯會 22 Headfort Place London SW1X 7RY United Kingdom</p> <p>電話 : +44 (0) 20 7201 0777 傳真 : +44 (0) 20 7235 5777 電子郵件 : jcanfield@riagb.org.uk www.riagb.org.uk</p>	 <p>BRECKNELL WILLIS</p> <p>Andrew Hales Sales Manager Trainborne Equipment</p> <p>Direct Tel: +44 (0)1460 260712 Direct Fax: +44 (0)1460 65510 Mobile: 07980 000717 Email: andrewhales@brecknell-willis.co.uk</p> <p>PO Box 10, Chard, Somerset TA20 2DE UNITED KINGDOM</p> <p>Member of the Fandstan Electric Group</p> <p>WORLD LEADERS IN ELECTRIFIED RAIL TRANSPORT SYSTEMS</p>
 <p>Joerg Althoefer International Business Development Director</p> <p>DeltaRail Group Limited Hudson House 2 Hudson Way Pride Park Derby DE24 8HS</p> <p>T +44 (0)870 190 1005 F +44 (0)870 190 1008 M +44 (0)7968 707595 joerg.althoefer@deltarail.com www.deltarail.com</p>	 <p>Peter Keen CEng, MIEE</p> <p>DeltaRail Group Limited Hudson House 2 Hudson Way Pride Park Derby DE24 8HS</p> <p>T +44 (0)870 190 1331 F +44 (0)870 190 1125 M +44 (0)7968 707508 peter.keen@deltarail.com www.deltarail.com</p>
 <p>Paul Mint CEng MIMechE Technical Support Engineer (E&P)</p> <p>East Anglia House 12-34 Great Eastern Street, London EC2A 3EH</p> <p>Tel: 020 7904 4158 Int: 085 74158 Mob: 07810 758782 Fax: 020 7295 2345 Int: 085 72345 Email: paul.mint@networkrail.co.uk</p>	 <p>Jamie Chen MEng (Oxon) MIET Traction Power Design Engineer</p> <p>5th Floor 1 Eversholt Street London NW1 2DN</p> <p>Tel: 020 7904 7607 Int: 085 77607 Mob: 07825 766718 Fax: 020 7557 9033 Int: 085 79033 Email: jamie.chen@networkrail.co.uk</p>
 <p>Eur Ing Stephen G Cox BEng CEng MIMechE Balfour Beatty Rail Projects Limited Stephenson House, Acomfield Road, Knowsley Industrial Park North, Liverpool L33 7TY Tel. +44 (0)151 632 8223 · Fax +44 (0)151 632 8214 Mobile +44 (0)7812 976419 steve.cox@bbrail.com www.bbrail.com</p>	 <p>Vernon R Turnbull BSc CEng MICE Engineering Services Director</p> <p>Balfour Beatty Rail Projects Limited Stephenson House, Acomfield Rd., Knowsley Ind. Park North, Liverpool L33 7TY Tel. +44 (0)151 632 8237 · Fax +44 (0)151 632 8214 Mobile +44 (0)7966 337502 vernon.turnbull@bbrail.com www.bbrail.com</p>

Balfour Beatty
Rail

Keith Warburton BSc (Hons) CEng FIET
Head of Electrification Design

Balfour Beatty Rail Projects Limited
Stephenson House, Acomfield Rd., Knowsley Ind. Park North, Liverpool L33 7TY
Tel. +44 (0)151 632 3270 · Fax +44 (0)151 548 5320
Mobile +44 (0)7966 337 567
keith.warburton@bbrail.com
www.bbrail.com

Balfour Beatty
Rail

Paul Stubbings BSc CEng MICE
Project Director

Balfour Beatty Rail Projects Limited
Stephenson House, Acomfield Rd., Knowsley Ind. Park North, Liverpool L33 7TY
Tel. +44 (0)151 5485000 · Fax +44 (0)151 6328214
Mobile +44 (0)7966 337608
paul.stubbings@bbrail.com
www.bbrail.com

Balfour Beatty
Rail

Gerhard George Dipl.-Ing.
Head of Systems Design

Balfour Beatty Rail GmbH

Frankfurter Str. 111 · 63067 Offenbach/Main · Germany
Phone +49 (0)69 30859-668 · Fax +49 (0) 69 30859-486
Mobile +49 (0)160 5829668
gerhard.george@bbrail.com
www.bbrail.de

Balfour Beatty
Rail

Andrew Dawson BEng (Hons)
Head of Vehicle Systems & Projects
Laser Rail Technologies

Balfour Beatty Rail Technologies Ltd

Fitology House, Smedley Street East, Matlock, Derbyshire DE4 3GH
Tel +44 (0) 1629 760750 Fax +44 (0) 1629 760751
Mobile +44 (0) 7876 355759
andrew.dawson@bbrail.com
www.bbrail.com

Balfour Beatty
Rail

Stephen Collicott
Development Manager Electrification

Balfour Beatty Rail Projects Limited
6th Floor, 112-116 New Oxford Street, London WC1A 1HH
Tel: +44 (0)20 7299 0000 – Fax: +44 (0)20 7299 0001
Mobile: +44 (0)780 5535156
stephen.collicott@bbrail.com
www.bbrail.com

Balfour Beatty
Rail

Steve Atherton
Business Development/Sales Manager
Laser Rail Technologies

Balfour Beatty Rail Technologies Ltd

Fitology House, Smedley Street East, Matlock, Derbyshire DE4 3GH
Tel +44 (0) 1629 760750 Fax +44 (0) 1629 760751
Mobile +44 (0) 7714 222582
steve.atherton@bbrail.com
www.bbrail.com