

ISSN 1011-6850

TAIWAN RAILWAY JOURNAL

TRJ 臺鐵資料

季刊

359

Dec. 2016
Winter



交通部臺灣鐵路管理局

TAIWAN RAILWAYS ADMINISTRATION, MOTC

目錄 Contents

鐵路貨車週轉率之研究-以臺灣鐵路管理局為例.....吳榮欽.葉雲青.蘇立暉	1
Turnover of the Freight Train-A Case Study of Taiwan Railway Administration.....Wu,Rong-Cin. Ye, Yun-Jing. Su,Li-Wei	
鋼軌焊接與非破壞檢測方法之探討.....莊志弘	15
Discussion of Rail Welding And Non-Destructive Inspection Methods Chuang, Chih- Hung	
集集線小半徑曲線輪軌互制問題探討.....施景徽	81
Analyzing Possible Causes of Worn-Out Wheels in Relations to the Rails at Ji-Ji Branch Line Small Curves.....Shih,Ching-Huei	
抗沖蝕網袋於加固鐵路沿線路床之應用實例.....林政偉	103
Utilizing “erosion control bags” to Stabilize trackbed..... Lin, Cheng-Wei	
推動鐵道觀光建構觀光產業新發展.....陳利強.劉傳彥	111
Promoting Railway Tourism & Constructing the New Development of Tourism Industry..... Chen, Li-Chiang. Liu, Chan-Yen	

鐵路貨車週轉率之研究-以臺灣鐵路管理局為例

Turnover of the Freight Train-A Case Study of Taiwan Railway Administration

吳榮欽 Wu,Rong-Cin¹

葉雲青 Ye,Yun-Jing²

蘇立暉 Su,Li-Wei³

聯絡地址：臺北市北平西路三號

Address : No.3, Beiping W. Rd., Jhongjheng District, Taipei City 100, Taiwan
(R.O.C.)

電話 (Tel) : 02-2381-5226#3159

電子信箱 (E-mail) : 0265753@railway.gov.tw

摘要

鐵路貨車週轉率代表著鐵路貨車使用車數與可用車數之比例，亦即代表著貨車運用效率，目前鐵路貨車調配係採用「統一調配運用制」，局用貨車及貨主自備貨車的調配動作均由綜合調度所統一指揮，藉收運用靈活及配車公平之效果。依貨車輸送概要第九章貨車調配制度之規定，綜合調度所負責站際調配，調節各站之供需；至於各貨運站對貨主配車，在該站配額範圍內，依照貨物配車順序之規定公平處理；另依貨物輸送須知 122 條規定，站對貨主辦理配車時，必須依照本須知所定配車順序公平辦理。而調配的效能則影響鐵路貨車週轉率，從貨車輸送速度、停站時間、中轉時間、檢修時間、留置時間、空車行駛公里等之綜合表現，當貨車週轉天數愈低時，則貨車週轉率愈高。

回顧過去有關週轉率之統計資料，包括局內貨車週轉率及貨主自

¹ 臺鐵局 綜合調度所 所長

² 臺鐵局 綜合調度所 副所長

³ 臺鐵局 綜合調度所 主任調度員兼組長

備貨車週轉率，推算出貨車之週轉天數，進而彙整出許多影響貨車週轉率之因素，本研究著重於從這些因素中，找出提升貨車週轉率之方法，並提出改善之結論與建議，以作為提供管理者建置電子化配車系統之參考，並確保商業化配車上線後之有效運用。

關鍵詞：貨車週轉率、電子化配車、貨車週轉天數。

Abstract

Railway Freight turnover ratio represents the proportion of "the number of using freight trains and available freight trains ", that represents the efficiency of allocation vehicles, railway wagons deployment system using the current "use unified deployment of the system," all actions by truck integrated scheduling unified command allocation, by the close of the fair use and flexible vehicle allocation effect. In accordance with the provisions of truck transport Summary Chapter IX truck deployment system, the integrated scheduling responsible station international deployment, adjust the supply and demand of each station's; as for each freight station owner with the car, in the station quota range, in accordance with the provisions of goods order of allocation of vehicles fair dealing ; other goods transported by Notice 122 provides that the owner of the station is equipped to handle the car, you must be fair and apply in accordance with the instructions set out with car order. The effectiveness of the impact of the deployment of railway wagons turnover from truck transportation speed, dwell time, transit time, repair time, retention time, empty kilometers traveled, etc. and overall performance, when the lower truck turnover days, the truck turnover higher.

Recalling the past statistics on the rate of turnover, including turnover and intra-office truck owner-owned truck turnover, turnover calculate the number of days the truck, and then aggregated many factors affect the turnover rate of the truck, this study focuses on these factors identify methods to enhance the turnover rate of the truck, and make recommendations for improvement, in order to provide managers build as electronic vehicle allocation system of reference, and to ensure effective use of the car after the commercial distribution line.

Keywords: freight train turnover, electronic with cars, trucks turnover days

一、前言

臺鐵綜合調度所是臺鐵行車調度作業的心臟，其中貨車組所掌理之事項有：「年度預算編列(柴液型車輛調動機預算)、貨物輸送有關規章之修訂、貨車運用調配計劃、特種運輸計劃、貨車出租、停租核辦業務、貨車、輸送用具作營業外之核辦、車輸送用具、裝卸搬運用具運用計劃、貨車停站中轉標準時間之擬訂、貨車運用效率管制表、各項調配表、貨運概況表填造、貨車、輸送用具、搬運裝卸用具增添、汰舊、改造計劃、商定運送貨物之核辦、有關貨物輸送站場、路線及相關設備需求之規劃建議、運輸中斷時貨物接駁運輸之指定措施、貨車輸送事故之調查、審議及防範事宜、輸送業務檢查、路線、電車線施工封鎖協辦事項、重大事故、天然災害營運管制中心之協辦事項、有關文電之處理、其他交辦事項。」等，而配車所產生的貨車週轉率即是由貨車組所辦理的業務事項。

目前貨車之調配係採用「統一調配運用制」，並藉由運用靈活及配車公平之原則，提供各家貨主所需之貨車車種。至於各貨運站對貨主配車，在該站配額範圍內，也依照貨物配車順序之規定公平處理，而綜合調度所負責站際調配，調節各站之供需，綜合調度所辦理各站貨車調配時，應注意待運貨物類別（計劃輸送或一般貨物）性質、配車順序、所需車種、車數並考量可用車源（現在車加上預定到達車減去應迴送空車）輸送力與各站裝卸能力等，適切做到迅速、公平之調配。

而貨車週轉率及貨車週轉天數則隨著每天 18 時報告後，依據「現在車報告、所要車報告、使用到達迴送車報告、特種車報告、貨物噸數報告」等項表格進行彙整，並且把現在車、使用車、留置車、修理車之數值，以局車及貨主自備貨車之各貨車車種進行分欄計算，求得每月每種貨車之週轉率及週轉天數之數值，以作為未來檢討及改進之方針。

二、貨車週轉率(貨車運用效率)之介紹

2.1 貨車週轉率與貨車週轉天數之定義

貨車週轉率為「貨車輸送速度、停站時間、中轉時間、檢修時間、留置時間、空車行駛公里」等之綜合表現，在鐵路貨車輸送之數種指標當中，被視為相當重要的一項指標。

而貨車週轉天數則為「每種貨車每完成一個工作量(即週轉一次)平均消耗

的時間。即是貨車從第一次裝車完了時起，至下一次裝車完了時止所平均消耗的時間」。

貨車週轉率與貨車週轉天數在數值上呈現反比關係，當貨車週轉天數愈低時，則貨車週轉率愈高，當貨車週轉天數愈高時，則貨車週轉率愈低，貨車週轉天數數值愈低，表示貨車之運用效率及調配有較好之表現。當日(前日 18 時至今日 18 時)之使用車數與運用車數，決定了貨車週轉率及貨車週轉天數之數值，而停留車數及修理車數，則扮演其中的自變數之角色，當停留車及修理車數較多時，即會影響當日的可用車數(運用車數)，其詳細的計算公式說明分述如下：

2.1.1 計算方式：

(1)貨車週轉率(貨車運用效率)=

$$\text{週轉率} = \frac{\text{使用車數}}{\text{可用車數(現在車數 - 修理車 - 留置車)}} \times 100\%$$

，其中「可用車數」之數值是「現在車數-修理車-留置車」之剩餘數值。

(2)週轉天數=

$$\text{週轉天數} = \frac{\text{可用車數(現在車數 - 修理車 - 留置車)}}{\text{使用車數}} \text{ (天/輛次)}$$

，其中「可用車數」之數值是「現在車數-修理車-留置車」之剩餘數值。

(3)現在車數：

藉由觀察當日 18 時現在所有貨車的分布狀況、去向別待掛車數、停留車、修理車、留置車數等數據，所統計出來之數值。

(4)使用車數：

每日以 18 時為準，調查當日使用之貨車總數。

(5)留置車數：

貨車留置是指預計停留空車暫時無迴送或使用之可能，而經綜合調度所指示將貨車留置而言。本路貨物輸送須知第 123 條規定「貨車供過於求時，由綜合調度所酌情決定車種、車數，指示留置車站，站除有綜合調度指示外不得留置貨車。」，規定貨車留置的理由是基於觀察輸送需要動向與貨車之供應情形，

長時期貨車發生大量剩餘，估計暫時無使用或迴送之可能時，指示將剩餘貨車留置於一定之地點，不做運用的對象，對於貨車的保養、運轉費用、節省手續等均為有利。貨車留置規定必須由綜合調度所指示的理由，是因為貨車是採統一調配運用制，某地區貨車雖發生剩餘，但其他地區可能發生貨車不足之情形，因此貨車是否有留置之必要，必須基於全路的情勢加以研判，故應由綜合調度所決定。

(6)修理車數：

指依車輛檢修車牌之期限送廠檢修或急需修理之貨車總數。

2.2 影響貨車週轉率與貨車週轉天數之主要因素

2.2.1 輸送距離長短與掛運方式：

以亞洲水泥公司為例，水泥斗車從新城至花蓮港 3 個編組單元列車 1 天可開 9 對次，但幸福水泥公司則以附掛至花蓮、東澳、和平，而東澳至五堵單元列車僅 3 對次(水泥斗車平均 0.83 天)，也是目前所有車種週轉率最快的車種。

2.2.2 列車密度(貨物列車班次)：

民國 80 年代以前貨物列車每天開行 300 多列次，而現今 105 年，貨物列車為 152 列(含不定期列次)，以過去為例，早上配車下午或晚上可掛，然而現今，倘若只開 1 對列次，今天配給車輛裝車，第 2 天掛車，運至到達站卸完車最快 2.5 天。另外而言，以五堵貨場為例，裝運本局機、工、電各段工程廢料至南區材料廠，快者 4 天慢者 7 天(遇到例假)才 1 週轉，80 年代以前，因為有集掛列車之原因，故只需約 2 至 3 天就可 1 週轉。

2.2.3 危險品禁止通過地下鐵路：

台北鐵路地下化未完成以前，危險品不論北部運中南部，或中南部運北部都只要 2 天，如今需繞道東部經過南迴線以致需 4 至 5 天才能完成 1 週轉。

2.2.4 裝運路料到達需與施工封鎖時間配合：

路用 PC 枕或道碴需配合施工封鎖時間帶，如星期五到達，因已停止施工封鎖，需等到星期一晚上才能繼續施工，徒增 3 天無法使用，增加週轉天數。

2.2.5 遇假日加開客車經常無機班停駛貨物列車：

近 5 年，由於本局春節及各假日配合加開客運列車，由於司機員及車長的員額並沒有隨著客運業務成長而增加，造成每至假日，貨物列車因無乘務人員而被迫停駛。

2.2.6 路線容量問題及夜間開行噪音問題：

北迴線南澳至北埔間路線利用率已接近飽和，新購客車到達後加開客車班次，貨物列車行駛將受排擠；民國九十九年九月以後，進口煤直接從台中港經海路到台北港，再由卡車載運至電廠，加上林口支線桃園段居民抗議列車噪音過大影響睡眠，運煤班次從一日八班減為四班，配合桃園鐵路高架化與開發需求，桃林鐵路將於 101 年元旦起停駛，停止運煤及載客服務；「花蓮港支線」嘉新村鐵道路段通行近四十年來，因位處狹長距離轉彎道路，致使鐵道噪音擾人之問題。

2.2.7 段、站未落實催促貨商裝卸作業：

除天災事變外，應依規定時間內完成貨物裝卸作業，未依規定時間完成者，應核收貨車滯留費，囤存費、保管費。

2.2.8 行車事故等其他因素：

行車事故對於貨車運用效率的影響是相當大的，必須重視事故的防範、有效降低事故發生率、保證運輸安全；在施工狀況方面，施工即對鐵路運輸效率造成影響，若能實現「施工與運輸兼顧」，或者是在施工期間，盡可能減輕施工對運輸之影響；在設備維護方面，應保障設備品質、做好日常養護，將故障率降至最低水準；在運輸能力上，即在現有基礎上，改善現有路線，提高路線運輸容量，解決運輸效率瓶頸問題，即可消除運輸能力緊縮之情況。

2.3 貨車週轉率與貨車週轉天數所呈現之結果

當貨車週轉率之數值較高時，貨車週轉天數之數值必定較小，表示該貨車車種平均每車次所需花費時間較短，在貨車調配的專業技能較強，貨車運用效率較高，甚至當貨車週轉率為 1 時，表示貨車週轉天數為 1 天，即該貨車每次的裝車至迴送到原起點之時間為 1 天，其車輛之運用效率十分高，進而也能間接發現貨車車種中，需求性較高的車種種類。

三、102 年至 104 年貨車週轉率之分析

3.1、102 年分析之結果

從表 1 可以發現，102 年 2 月份的貨車週轉率數值較低，貨車週轉天數相對呈現較長，其主因在於春節期間，因為配合春節疏運計畫，且局內機力及乘務人員不足，貨物列車配合停駛所產生的影響，而 102 年 5 月份及 12 月份，其貨車運用效率整體而言，表現較其他單月較好。

再者，從自備貨車的週轉率與局車週轉率之比較，自備貨車之週轉率較高，其主因在於貨主所自備之貨車，在裝卸車時間的掌控上較有效率，甚至依據交通部臺灣鐵路管理局貨物運送契約第肆拾捌之規定，爆炸物及放射性物質為三小時，其他貨物為四小時，專用及站外側線單程六小時，往返載貨為九小時，若依此規定辦理，則可提升貨車週轉率。而局車之週轉率較低，所牽涉的層面較廣，係因局車除營業用外，也提供路局工程使用及迴送材料進行統一拍賣，因此局車所載之貨物，在裝卸車時間的控制上，仍需要各單位的密切配合。

而 8 月份局車的貨車週轉率表現較不理想之原因，通常 7 至 8 月為颱風及天災較多的月份，本年度因為這些因素之影響，有了明顯之數字變化。

表 1 102 年貨車週轉率與週轉天數之統計表

全部貨車 統計表			局車 統計表			自備貨車 統計表		
	週轉率	週轉天數		週轉率	週轉天數		週轉率	週轉天數
102年1月	71.94%	1.39	102年1月	36.76%	2.72	102年1月	107.53%	0.93
102年2月	41.49%	2.41	102年2月	21.37%	4.68	102年2月	60.61%	1.65
102年3月	55.25%	1.81	102年3月	27.25%	3.67	102年3月	82.64%	1.21
102年4月	52.08%	1.92	102年4月	25.91%	3.86	102年4月	78.74%	1.27
102年5月	68.03%	1.47	102年5月	30.67%	3.26	102年5月	106.38%	0.94
102年6月	51.81%	1.93	102年6月	28.57%	3.5	102年6月	71.94%	1.39
102年7月	56.50%	1.77	102年7月	31.15%	3.21	102年7月	77.52%	1.29
102年8月	54.35%	1.84	102年8月	29.59%	3.38	102年8月	74.07%	1.35
102年9月	52.63%	1.9	102年9月	32.57%	3.07	102年9月	68.49%	1.46
102年10月	55.25%	1.81	102年10月	35.21%	2.84	102年10月	72.46%	1.38
102年11月	56.18%	1.78	102年11月	37.88%	2.64	102年11月	76.34%	1.31
102年12月	60.61%	1.65	102年12月	42.02%	2.38	102年12月	74.07%	1.35
102年平均	55.35%	1.81	102年平均	30.60%	3.27	102年平均	77.27%	1.29

3.2、103 年分析之結果

從表 2 可以發現，103 年 2 月份的貨車週轉率數值較低，貨車週轉天數相對呈現較長，其主因在於春節期間，因放假 6 天，配合春節疏運計畫，且局內機力及乘務人員不足，貨物列車被迫停駛所產生的影響。而 103 年 4 月份及 10 月份，其貨車運用效率整體而言，表現較其他單月較好，主因在貨主自備貨車其週轉率提高，帶動整體週轉率數值提高。

再者，103 年的貨車整體週轉率高於 102 年之週轉率，表示 103 年在貨車整體的運用效率上，進行調整及改善，因此在數值上，明顯進步許多。

而從自備貨車的週轉率與局車週轉率之比較，自備貨車之週轉率仍高於局車週轉率，其主因在於貨主所自備之貨車，在裝卸車時間的掌控上較有效率，甚至依據交通部臺灣鐵路管理局貨物運送契約第肆拾捌之規定，爆炸物及放射性物質為三小時，其他貨物為四小時，專用及站外側線單程六小時，往返載貨為九小時，若依此規定辦理，則可提升貨車週轉率。而局車之週轉率較低，所牽涉的層面較廣，仍因局車除營業用外，也提供路局工程使用及迴送材料進行統一拍賣，再加上近年來貨車車次減少所造成迴送之困難，以及軍運列次受地下化影響，需從南迴鐵路進行運送，所產生之影響。

表 2 103 年貨車週轉率與週轉天數之統計表

全部貨車 統計表			局車 統計表			自備貨車 統計表		
	週轉率	週轉天數		週轉率	週轉天數		週轉率	週轉天數
103年1月	61.35%	1.63	103年1月	47.85%	2.09	103年1月	70.42%	1.42
103年2月	49.50%	2.02	103年2月	36.76%	2.72	103年2月	58.48%	1.71
103年3月	60.24%	1.66	103年3月	40.98%	2.44	103年3月	74.07%	1.35
103年4月	63.69%	1.57	103年4月	44.64%	2.24	103年4月	75.76%	1.32
103年5月	58.14%	1.72	103年5月	40.65%	2.46	103年5月	70.92%	1.41
103年6月	59.52%	1.68	103年6月	41.32%	2.42	103年6月	72.99%	1.37
103年7月	58.11%	1.72	103年7月	40.97%	2.44	103年7月	70.38%	1.42
103年8月	61.33%	1.63	103年8月	39.48%	2.53	103年8月	77.32%	1.29
103年9月	56.56%	1.77	103年9月	39.14%	2.56	103年9月	69.30%	1.44
103年10月	62.56%	1.60	103年10月	42.30%	2.36	103年10月	77.79%	1.29
103年11月	57.19%	1.75	103年11月	40.24%	2.49	103年11月	70.85%	1.41
103年12月	61.80%	1.62	103年12月	40.75%	2.45	103年12月	78.79%	1.27
103年平均	58.93%	1.70	103年平均	41.09%	2.43	103年平均	71.84%	1.39

3.3、104 年分析之結果

從表 3 可以發現，104 年 8 月份及 9 月份的貨車週轉率數值較低，貨車週轉天數相對呈現較長，其主因在於 8 月至 9 月颱風較多，且造成災情，致貨物列車停駛，也間接影響了整個貨車週轉率。

再者，104 年的貨車整體週轉率表現，優於 103 年，表示 104 年在貨車整體的運用效率上，有在進行調整及改善，因此在數值上，明顯進步許多。

而從自備貨車的週轉率與局車週轉率之比較，自備貨車之週轉率仍高於局車週轉率，其主因在於貨主所自備之貨車，在裝卸車時間的掌控上較有效率，甚至 104 年貨主自備貨車之週轉率更優於 103 年貨主自備貨車之週轉率，因此在整體的表現上，更加呈現了大進步之情況。

最後，在局車的貨車週轉率上，104 年 12 月份之整體配車及貨車運用效率上，出現了技術瓶頸(因出現司機員人力缺口而暫停辦理軍運專列之受理)，也值得仔細思考使用車與可用車的運用情況，並且檢討未來改善之道。

表 3 104 年貨車週轉率與週轉天數之統計表

全部貨車 統計表			局車 統計表			自備貨車 統計表		
	週轉率	週轉天數		週轉率	週轉天數		週轉率	週轉天數
104年1月	67.13%	1.49	104年1月	46.37%	2.16	104年1月	83.28%	1.20
104年2月	63.26%	1.58	104年2月	65.03%	1.54	104年2月	62.50%	1.60
104年3月	66.01%	1.51	104年3月	43.40%	2.30	104年3月	83.67%	1.20
104年4月	61.35%	1.63	104年4月	40.17%	2.49	104年4月	79.25%	1.26
104年5月	64.08%	1.56	104年5月	38.70%	2.58	104年5月	85.25%	1.17
104年6月	62.97%	1.59	104年6月	36.86%	2.71	104年6月	84.27%	1.19
104年7月	59.43%	1.68	104年7月	37.09%	2.70	104年7月	77.56%	1.29
104年8月	51.58%	1.94	104年8月	38.35%	2.61	104年8月	62.62%	1.60
104年9月	55.63%	1.80	104年9月	39.91%	2.51	104年9月	67.93%	1.47
104年10月	59.69%	1.68	104年10月	39.13%	2.56	104年10月	76.04%	1.32
104年11月	65.55%	1.53	104年11月	39.76%	2.51	104年11月	85.99%	1.16
104年12月	59.05%	1.69	104年12月	27.84%	3.59	104年12月	83.07%	1.20
104年平均	60.98%	1.64	104年平均	39.66%	2.52	104年平均	76.64%	1.30

3.4、提高貨車週轉率(貨車運用效率)之法：

3.4.1 控制運送前之整備時間：

觀察貨車在發到站的停站時間約佔整體貨車周轉率之 60%，倘能縮短 6 分之 1，則可增加 10% 貨車週轉率，甚至把裝卸時間控制在 4 小時以內，將可以提升整體貨車之運用效率。

3.4.2 事先做好銜接計畫：

縮短貨車在中轉站的中轉時間，事先做好銜接計畫，尤其軍運輸送上，若可以在 14 天前進行規劃，將可以大幅提升機力及乘務人員的運用效率。

3.4.3 貨物列車提升速度計畫：

倘若貨物列車之整體運送速度可提升至 80 公里/小時以上，將可縮短列車輸送時間；甚至當提升貨物列車速度後，在列車密度愈高的路線上，客貨共用路線時，貨列運行時間將可有效縮短，也可減少路線擁塞之情況，整體而言，更能增加列車之準點率。

3.4.4 事先做好檢修計畫：

車輛之檢修，分為 1 級至 5 級檢修，通常檢修廠之承辦單位不一定相同，且送廠前若能善盡即時通知，檢修完成後若立即告知所屬車站，且各廠有一系列的透明化電腦資訊系統作為連結，將可有效落實檢修的計畫，並且有效管控每一台貨車進廠維修之進度，因此倘若欲縮短貨車在檢車段、機廠之檢修時間，則必須事先做好檢修計畫，急用車優先調入檢修，並採先進先出廠之方式，較為符合調度作業之實際需求。

3.4.5 導入智慧型運輸系統(ITS)

藉由商用營運服務(CVOS)子系統功能之採用，在貨車各車上裝設無線通訊感應技術及相關電子化應用管理技術，以正確掌握各貨運站所有貨車之整備情況、留置車實際情況、停留車實際情況及檢修車之檢修情況。

藉由資訊管理服務(IMS)子系統之功能，導入資訊雲之概念，落實中央伺服器即時連線各貨車站，以正確即時傳達各車種之所在位置。

藉由先進用路人資訊服務(ATIS)子系統之功能，導入車輛控制器及系統之設置，有效控管各貨車於各站之實際情況。

藉由電子化配車系統之建置，有效精確計算所有運送所需時間，並且以人工智慧系統搭配從業人員專業經驗，正確即時判斷最有效之輸送車次及配送計

畫，以縮短空車行駛公里，並達成貨車調配以「重車(裝滿車)到重車發」最佳之目標。

3.4.6 貨物列車車長可改派為有調車經驗同仁擔任：

貨物列車車長之角色，最重要的是在守車上善盡保管貨物之職責，並且在准許調車站，進行調車之協助工作，然近年來車長員額不足，若能以「有調車經驗」之同仁進行人員彌補，可以減少貨物列車因年節乘務人力不足而停駛之情況，也可以讓貨物列車盡可能保持原先行駛之車次次數。

3.4.7 貨運業務之整體設備提升計畫：

貨運之整體設備，倘若從輸送用具、貨車車種簡化及新購、檢修即時通知設備、物流系統整合設備進行更新，將有效大幅提升貨運整體效能。

3.4.8 人員落實傳承及教育訓練：

近年來，退休金制度更動及員工符合退休資格者眾多，造成新進員工招考進入本局後，銜接產生了明顯的斷層，為達成業務之正常移轉，人員落實傳承及教育訓練，是有其充分必要的。

四、結論與建議

4.1 研究發現：

4.1.1 員工間之合作可以創造雙贏：

目前本局是採分處制、分段制的組織編制，各單位在業務上，有其權責畫分，然在運、工、機、電、主計、人事、政風、材料、貨所、餐所等單位，仍需有其溝通平台或是簡易之溝通方式，除可有效達成各項業務工作外，也可因為合作、聯盟或專案管理，而產生雙贏之效果。

4.1.2 重視各單位業務規章及工作流程，可有效提升整體效能：

各單位之業務，皆以規章進行，而依法行政是公務人員所善盡之職責，因此重視各單位業務規章及工作流程，除知已知彼外，也可有效提升整體機構之運作效能。

4.1.3 各單位人員員額建置不足：

近年來，局內各單位用心經營專屬之核心業務，甚至完成各項重大目標，然而由於鐵路特考自 97 年開放招考以來，民間對於鐵路工作型態較不明瞭，產

生員工之流失及流動率維持在約 23%，為其交通服務業之常態情況，因此補足每年固定之員額是「非常必要」之工作，也可以讓各項業務正常順利之推行。

4.1.4 建置知識管理機制有其必要

知識管理為強化智慧資本及強化落實業務銜接之關鍵因素，除了可以達成合理之代理制度，也可使之各項業務無縫接軌，甚至藉由分享業務成功之經驗，來減少各部門辦理新業務之摸索時程，大幅提升整體工作效能。

4.2 結論：

4.2.1 貨車週轉率深受「地域分工」之影響：

貨物之產銷基於地域分工的原則，甲地生產者未必專供甲地消費，常將其運往乙地消費，而乙地生產者，亦常運往甲地消費，雖互有往來，但數量未必相等，因此即會發生某地貨車過剩，某地貨車不足的現象，此種供需不平衡之現象，需要適當調配，以均衡貨車的供需，而貨車週轉率常常造成調度員在調度上，必須提早規劃，善盡溝通協調之職責，才能完成各項配車工作，並提升貨車運用最大效率。

4.2.2 貨車週轉率隨「淡旺季的變化」而變動：

鐵路貨物輸送，向有明顯的季節化，自春至夏為淡季，自秋至冬為旺季，旺季所需貨車較多，淡季所需貨車較少，鐵路置備貨車，基於貨運的需要，但考量投資成本不能以旺季的運量為準。通常鐵路購置貨車，多以淡季無多閒置，旺季勉可敷用為原則，因此鐵路欲以有限的貨車，應付旺季繁忙的輸送，唯有將貨車作緊密的調配，始能以少數的貨車輸送較多數量的貨物，因此貨車車次之規劃，更是必要之催化劑，也是貨車週轉率波動之因素。

4.2.3 貨車調配之效能足以影響貨車週轉率

以調節「貨車供需」而言，如甲站有空車待配，乙站有貨物待運，前者為供給後者為需求，實行貨車調配。即可使供需相結合。甲站的空車得以利用乙站的貨物予以運用，輸送之功能得以發揮。

以「減少空車公里」而言，貨車的供需即需調配，則空車里程的發生在所難免，實行貨車調配時應斟酌輕重，對於不必要的空車公里儘量予以減少。

4.2.4 配車率之高低足以影響貨車週轉率

配車率愈高愈好，原則上為 100%，超過 100% 表示車站剛好有剩餘可用車，貨商臨時申請裝運，配車率如未達 100% 表示所要車配車不足，配車率愈高，

表示貨車運用效率愈高，配車率之高低足以影響貨車週轉率，配車率愈高，則貨車週轉率亦能提高，反之亦然。

4.2.5 修理率之高低足以影響貨車週轉率：

機廠、檢車段所在站備有檢修車出入登記簿，出入之貨車將其車種、車數計入出入狀況調查，檢車段所在站，依檢車段檢修能力，依檢修車優先順序調入檢車段檢修(自備貨車最優先、局車平車、石斗車、煤斗車、敞車等)，依使用需求急迫性優先順序調入檢車段。因此若貨車使用頻率愈高，修理率隨之合理性提高，當貨車進入檢修廠進行檢修，然後再出廠重新運行，有其檢修時間，因此足以配送之使用車數將會減少，貨車週轉率將會降低，反之同理可證。

4.2.6 列車編組之情況與順序影響貨車週轉率：

列車編組的意義與編組站的任務，列車編組是指將貨車按照方向別或站別加以分類，並依據另定的列車編組及集掛方法實施貨車之編組，同時應保持運轉的安全所實施的列車編組作業而言。

而編組站的任務是擔任貨物列車及混合列車的編組、聯掛順序的整理及中間站發到貨車的摘掛措施。

目前本局所規定的列車編組順序，除另有規定外，應由前部起按到站先後順序組成之，其主要目的為維持列車準點行駛，因中間站摘掛調車，單向調車不過 5、6 分鐘，雙向調車亦只有 8、9 分鐘，時間有限，不容易辦理複雜之調車作業，亦不容許較長之列車編組拖出去調車，因此規定到站較近者掛在列車前部，到站較遠者掛在後部之順序編掛，因此當列車編組之情況皆符合規章之規定，則從業人員進行摘掛時，自然得以應手，提升工作效能，也增加貨車週轉率。

4.3 建議：

在運輸生產任務及運輸收入固定之情況下，提高貨車使用效率，對於減少貨車佔用和貨車使用費，具有重要意義，同時也是鐵路經營重視擷節開支所「不可忽視」的工作，因此縮短貨車週轉天數，提升貨車週轉率是考核貨車運用效率的綜合性指標。

貨車週轉時間是指貨車從一次裝車完了之時起至下一次裝車完了之時止所花費的時間。當提高貨車週轉率，意味著高效率地完成運輸過程的所有環節。貨車週轉時間之延長，實際上等於增加了運輸成本，而壓縮貨車停留時間，加速貨車週轉率，可大大減少鐵路運輸成本，同時也為開發鐵路建設奠定良好基礎。

貨車停留時間是指運用貨車由到達車站或加入運用時起，至由車站發出或

從「運用車轉為非運用車」止，因貨物作業或中轉作業在車站的全部停留時間。貨車停留時間按作業性質分為貨物作業停留時間和中轉作業停留時間。貨車停留時間一般在 12 小時以內是合理的，造成超時的主要原因有以下幾個方面：(1) 缺乏有效的約束機制 (2)車輛調配不穩定性，造成裝車不足或超重裝卸。(3) 裝卸機械和勞力不足。(4)車站技術設備與生產需求不匹配，作業效率低。(5) 外界施工的影響。(6)其他不利因素影響。而壓縮貨車停留時間，提高貨車運用效率是一個綜合性的運輸問題，必須全面考慮，多角度多層次分析，並且藉由各單位共同來配合，始足以達成。

近年來，在東、西兩世界各發展出不同的存貨控制技術，其目的都是要降低存貨水準，且又不影響交貨時間以達到高服務水準。西方以美國的 MRP 為代表，東方則以日本豐田的零存貨(及時存貨)看板方式為代表。這兩個系統都有其成功的要素，運作方法各有千秋。存貨方法的研究是一個公司不可忽視的課題，其方法也日新月異，各有其優缺點，因此依實際需要，選擇適當的存貨管理方法，公司或機構營運才會成功。

總而言之，降低貨車週轉時間、提高貨車運用效率，這是一個系統化工程，須從多方面著手。而貨運站辦理貨運業務，應盡可能達成跨部門之聯繫，並且以強化組織協調之方式，完成各項裝卸、摘掛、取送、編組、集結、整備、修理等環節，並以提高貨車週轉率為其「目標管理」之最高原則。

參考文獻

1. 交通部臺灣鐵路管理局(2016)，交通部臺灣鐵路管理局貨物運送契約。
2. 交通部臺灣鐵路管理局(2014)，交通部臺灣鐵路管理局貨物輸送須知。
3. 張有恆(2013)，「現代運輸學」(Contemporary Transportation) 三版，華泰出版社，第622至629頁。
4. 張有恆(2014)，「現代物流管理：物流與供應鏈整合」三版，華泰出版社，第219至220頁。
5. 顏進儒(2016)，「運輸學」(Transportation)，五南出版社，第154至161頁。
6. 網路相關資料：

<http://motclaw.motc.gov.tw/ShowMaster.aspx?LawID=B1103000>

<http://www.59165.com/dissertation/6/54216.html>

www.cnki.com.cn/Article/CJFDTotal-ZTKJ201203003.ht

鋼軌焊接與非破壞檢測方法之探討

Discussion of Rail Welding And Non-Destructive Inspection Methods

莊志弘 Chuang, Chih- Hung¹

聯絡地址：97057 花蓮市富裕 2 街 32 之 1 號

Address：No.32-1,Fuyu 2nd St.,Hualien City 97057,Taiwan(R.O.C)

電話 (Tel)：03-8570938 轉 110

電子信箱 (E-mail)：0955474@railway.gov.tw

摘要

鐵路交通的發展，迄今有幾百年的歷史，自 1870 年普法戰爭之後，德法二國率先加速改良，完成鐵路網建設，並力求管理科學化。然而在 1914 年~1939 年之間發生了兩次世界大戰，為人類帶來無窮禍害，鐵路交通被破壞甚劇。因破壞而重建，加上因為戰爭促進技術的改良，在鐵路交通上各部位皆有長足的進步。

花東線鐵路的發展自 1910 年至今亦有百年的歷史，回顧從前開發時期的筚路藍縷，披襟斬棘之路發展至今日的鐵路電氣化，乘車時間縮短及速度的提升，證明人類的智慧可以增進並追求更美好的生活。

軌道材料包括鋼軌、接頭、軌枕、連結扣件、道碴及其他材料暨諸設備等。科技的進步，在材料科學的領域亦有重大進展，為了要改進乘客舒適感，將原有鋼軌接頭採用熱劑焊接法，代替原有魚尾銲接頭，減少軌道上的接頭數量，使軌道更平順，動力車行駛更順暢並且提高車行速度。

熱劑焊接法為數種焊接法中最適合在路線現場施工的工法，機具及材料簡便、費用較低、施工場地較不受限制，由於屬於人工施作部分，品質掌控實屬不易，所以施工過程各步驟皆須注意，才能達到較佳的品質。

¹臺鐵局 花蓮工務段 助理工務員

以台鐵為例，本研究透過 805SX 手持式鋼軌焊道超音波探傷儀的非破壞性檢測，針對鋼軌焊接接頭部位，實施非破壞性檢測，建立檢測值達到標準值要求比例，可以提供在工程實務實作之參考。

關鍵詞：鋼軌接頭、鋁熱劑焊接、超音波

Abstract

The history of railway transportation has developed for more than hundreds of years . After the Franco-Prussin War in 1870, Germany and France were the first two countries to accelerate the improvement of railway transportation with the completion of the railway network and also tried to focus on the scientific management. However, from 1914 to 1939 , the two World Wars brought endless devastation to mankind and so did the rail traffic. Re-construction due to destruction with the improvement of technologies brought by wars has mad profound progress in railway traffic.

Since 1910, the Hua-tung route has been developing for more than a century. Recalling past periods of arduous travel to today's railway electrification, modern trains has shortened travel time and accelerated the train speed. It proved that human intelligence can improve the quality of life.

Track materials include rail joints, sleepers, connecting fasteners, ballast and other equipment Advanced Technologies in material science also have progressed. In order to improve passengers' comfort, using thermite welding method to weld the rail joints to replace the original fish plate joints can reduce the number of joints on the track. By doing so, the track becomes smoother, express trains travel smoothly and the velocity of the vehicles can be enhanced.

Amongst several welding methods, the thermite welding is the most suitable method applied in route construction sites because of simple equipment and materials, lower cost and unrestricted access to construction sites. However, the quality control is not easy due to various reasons. Therefore, each step of the construction process needs to be treated with a great deal of care in order to achieve better quality.

Taking TRA as an example, this study aims at welding rail joints by using the non-destructive tests carried out with the 805SX handheld ultrasonic equipment. The non-destructive test results tried to reach the demanded ratio of the criteria. So, the Construction Section can use the results as the reference during practical works.

Keywords : rail joint, thermite welding, ultrasonic

一、緒論

中國古代便有馳道，相當於現今的「鐵路」作為交通的運輸，當時各國間國防上之需要，所製造的車軸間距不同，因此各國間無法使用「鐵路」相通，直到秦始皇統一中國後，推行「書同文，車同軌」的政令在全國大規模地修築固定軌距的馳道，形成了一個輻射便捷的「鐵路網」。

西方國家約西元 1600 年在英國的山區為方便將挖掘出的煤礦或鐵礦運送到港口，便採用木材製成間距同寬的軌道形式當作運輸工具；之後為加強軌道強度性，將木質軌條演進為鋼鐵材料，形狀改為角鐵，其突緣(flange)為防止車輪脫軌(如圖 1-1)。

在 1789 年英國威廉朱莎(William Jessop)將車輪外側改為輪箍形式，其輪箍外側與鋼軌內側接觸，所加設鋼輪突緣以取代突緣(如圖 1-2)。

1825~1870 年間為鐵路初建時期，由於各國皆已體認鐵路為運輸的重要工具，經由鐵路交通促進經濟發展，為世界帶來極大的影響。

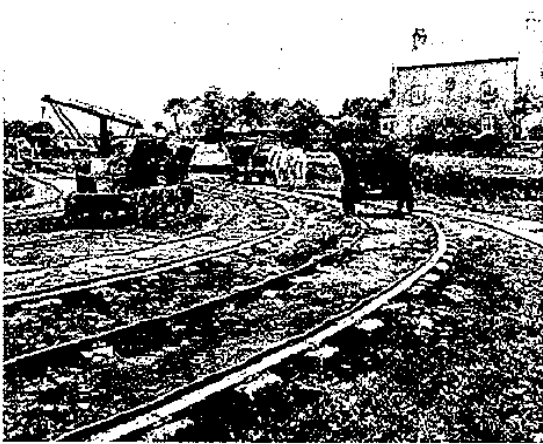


圖 1-1 早期突緣圖



圖 1-2 輪軌突緣圖

資料來源：新世紀鐵路工程學 黃民仁 (1)

1870 年普法戰爭以後，多數國家深深體認鐵路交通對軍事的重要性，因此戰後德、法兩國率先加速鐵路的改良，並力求制度化與科學化的管理。日本及中國則於此時開始建築鐵路。

然而，好景不常，在 1914 年及 1939 年經歷了兩次世界大戰，無情的戰

火為人類帶來極大災難，鐵路交通亦遭受波及，破壞甚鉅。經由破壞而帶來重建的加速，讓人們對於如何改進有個更大的目標去實現；科學與技術的快速發展，讓鐵路交通在技術層面更上一層樓。

台灣鐵路之建設，始於 1876 年丁日昌(福建省長)向清廷所上奏「台灣事宜摺」中認為「開辦鐵路」為建設台灣應辦事項之一，然未能如願；至 1887 年劉銘傳始積極興辦台灣鐵路事宜，並獲得李鴻章的大力支持。1891 年 11 月完成台北至基隆段路線，軌道寬為 1067mm，長度約達 32.2 公里。台北到新竹段，在邵友濂(台灣巡撫)之籌辦下，於 1893 年 2 月底竣工通車，全長共計 67.6 公里。

1895 年起日本統治台灣後，開始規劃台灣的縱貫鐵路，於 1899 年開始興建，至 1908 年約花費十年時間完成縱貫鐵路施工及通車。

北迴鐵路為政府推行十大建設重點工程之一，於 1973 年正式開工，民國 1980 年 2 月 1 日正式通車，起於蘇澳新站至花蓮站，全長約 80 公里，並於民國 1992 年起實施雙軌化、電氣化等改善工程，至民國 2005 年 1 月全部完工，完工後北迴線遂增加班車密度且有效縮短通車時間。

花東線鐵路，係沿中央山脈與海岸山脈之間縱谷平原鋪設而成，沿途橫跨花蓮溪、秀姑巒溪及卑南大溪等三大流域，於日據時期採分段完成，第一期於明治 43 年(1910 年)2 月起點為花蓮港依序向南延伸鋪設，經由水尾通過掃叭隧道後於大正 6 年(1917 年)5 月 17 日到達璞石閣(玉里)，第一期工程完成，共費時 7 年 4 個月；第二期工程自大正 10 年(1921 年)7 月開工，從璞石閣向東建造清水溪鐵橋，之後於大正 15 年(1926 年)元月完成台東線鐵路工程，自花蓮至台東，全長為 170.4 公里。(資料來源:台灣總督府鐵道部花蓮港出張所〈台灣鐵道台東線〉，1917 年(4))

南迴鐵路被列為國家十四項重要建設之一，於民國 1980 年 7 月 01 日正式開工，民國 1991 年 12 月 16 日完工通車，路線西起屏東枋寮站，至台東新站啣接花東線鐵路止，全線長 98.149 公里。(資料來源:南迴鐵路工程〈工程輯要〉，1992 年 12 月)

1-1、研究動機

早期在未採行鋼軌焊接之前，由於鋼軌長度短，則接頭多，採用魚尾接合，列車在行駛過程中，受到鋼軌繁密的接頭影響，使得乘車舒適感不佳。在接頭處因鋼軌被切斷，故強度及剛性都變小，而成為軌道結構上的弱點，軌道不整情形較易發生。在接頭處車輛較易搖擺，保養維護工作集中在此，安定性亦較低，養路人力需較多，故須設法改善俾提高鋼軌結構強度。

鋼軌接頭採用魚尾鉸接合，但強度始終不如一般鋼軌，因此在接頭處經過長時間之頻繁列車通過生成的衝擊，容易產生下沉，相對的魚尾鉸材料極易損壞。

所謂「工欲善其事，必先利其器」，鋼軌接頭強度的改進，必須採用適當工具及技術來協助完成改進，以台鐵為例，已經大量採用熱劑焊接法應用在路線上鋼軌接頭接合的方式，並且有良好品質的提升。

1-2、研究目的

基於上述的研究動機，本研究之目的可歸納如下：

- 1.有鑑於鋼軌接頭過多，實施軌道長焊鋼軌化減少接頭，可使列車不因軌道接頭過多而產生衝擊，可改善旅客乘車舒適感，提高行車速度，增進行車安全。
- 2.實施鋼軌接頭數量減少化，採用焊接方法後，亦可減少鋼軌接頭之沉陷，降低養護次數，節省保養經費。

1-3、研究範圍

台東線(花蓮至台東)鐵路正式開工自明治四十三年(1910年)2月開始，至今已超過百年，期間由於當時工程技術的限制，泥田、砂礫層等地質施工困難，架橋水中挖掘難度高以及經過多次大自然的天災破壞，且被迫改道修建迄今屹立不搖；台鐵以持續為東部百姓提供最便捷的服務為宗旨，為此本研究範圍以北迴線及台東線(花蓮工務段轄區)為主。

1-4、研究方式及流程

1-4-1、研究方式

軌道是由許多固定長度的鋼軌材料藉由焊接方法所連接而成的，受到每天往返列車的滾壓，所造成的衝擊是無可避免的，因此鋼軌焊接的品質，受到嚴苛的考驗。

由於熱劑焊接法為目前在台鐵路線上現場施工焊接採用最多的方法，受到氣候、現場工作環境、使用材料品質及施工操作人員之專業熟悉度等因素影響，鋼軌焊接的品質檢測顯得相當重要。

鋼軌焊接斷面的檢測一般使用超音波探傷儀最為方便且迅速，本研究案說明是以 805SX 手持式鋼軌焊道超音波探傷儀檢測系統為主要檢測方法。

1-4-2、研究流程

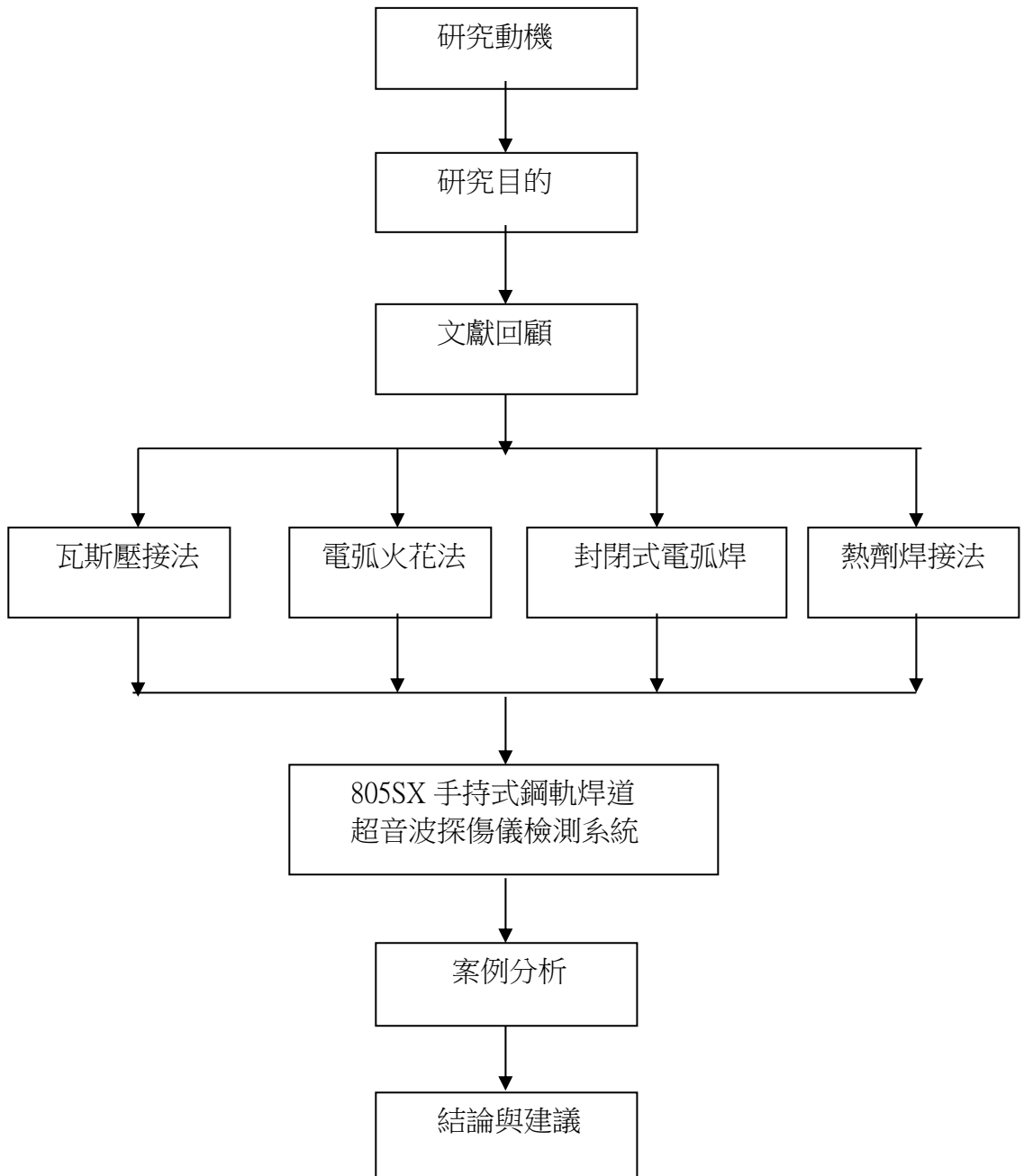


圖 1-3 研究流程圖

二、文獻回顧

臺灣屬於多山及多丘陵之地，其中高山及丘陵地約占總面積之 74%，相較西部的多平原地區，處於東部的人們卻是生活在與山爭地的處境，相對的交通建設之重要性不可言喻。

隨著人類文明不斷進步，經濟發展相對重要，就花東縱谷而言，其得天獨厚的觀光資源，優美的自然生態環境，極適合興建綠色鐵路大眾運輸系統，可以有效縮短行車時間並且增加運輸效能。

如何提升台東線鐵路運輸速度，現階段除了電氣化及局部雙軌化外，就必須由軌道結構著手；軌道結構中就屬鋼軌與車輪頻繁接觸，而強大的衝擊力亦是造成鋼軌缺陷的主要因素，因此需加強鋼軌強度，乃是現階段重要課題。

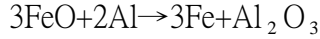
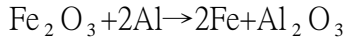
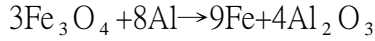
綜觀台鐵鋼軌之標準長以 25 公尺為主，而鋼軌接頭又為軌道結構最脆弱處，受到列車高速行駛衝擊下，易造成沉陷、鬆動而產生變形弱化。鋼軌因受天候影響而產生伸縮現象，一般鋼軌伸長、縮短僅發生於兩端各約 100 公尺範圍內，中間處則稱為不動區間，若鋼軌超過 200 公尺，則無論超過多少，其伸縮量並無變化，而中央部分有不動區間者，其不動區間因溫度上升使其鋼軌軸力增加，此時若道碴橫向阻力不足以抵抗鋼軌軸力，將產生軌道挫屈。為有效預防長焊鋼軌發生軌道挫屈，於長焊鋼軌之設計、施工各階段與管理、養護等層面，皆須特別加以考量與注意。

焊接鋼軌長度超過在最大溫度昇降變化下，其中央部份有不動區間者，稱為連續焊接鋼軌(continuous welded rail)，簡稱長軌(long rail)，一般以 CWR 表示。

長軌斷軌乃因內部軸拉力產生，一般在冬季較易發生，也因為如此，鋼軌焊接強度必須足夠抵抗外在之衝擊力，以目前鋼軌焊接方法較普遍的有四種，分述如下：

2-1、熱劑焊接法(Thermit welding)：

從 1910 年於歐洲開始發展無接縫的連續長焊鋼軌(Continuous Welded Rail, CWR)，1933 年發明熱劑焊接法，台鐵於軌道重軌化(50KG/M 以上)接續完成之後，從 84 年起也逐漸長軌化，以便提升鐵路營運的品質。熱劑焊接法(如圖 2-1、2-2)因機具及材料配件輕便攜帶，不需龐大設備，機動性較高，且在現場施工費時較短，適合於現場軌道焊接。主要成分為鋁粉與氧化鐵粉(Fe_2O_3)的作用，還原為鐵的原理；



此種化學反應極為強烈，同時發生大量反應熱，使反應產生的鐵達熔融狀態，理論上溫度約達 3100°C。反應產生的氧化鋁及其他添加劑稱為爐渣，比重較輕，會浮在熔融鐵上層。反應完成後，將熔融鐵導入鋼軌接縫處預先裝妥的鑄模內，硬化後將兩根鋼軌溶接。

高鐵之熱劑焊接法為第三次焊接配合號誌系統安裝軌道絕緣接頭 (IRJ-Isolated Rail Joint) 並施加軌道預力。

以台鐵為例，於鋼軌鋪設區間，為減少鋼軌接頭或其他養護作業需要時，施予接頭焊接或鋼軌斷損緊急搶修時使用。

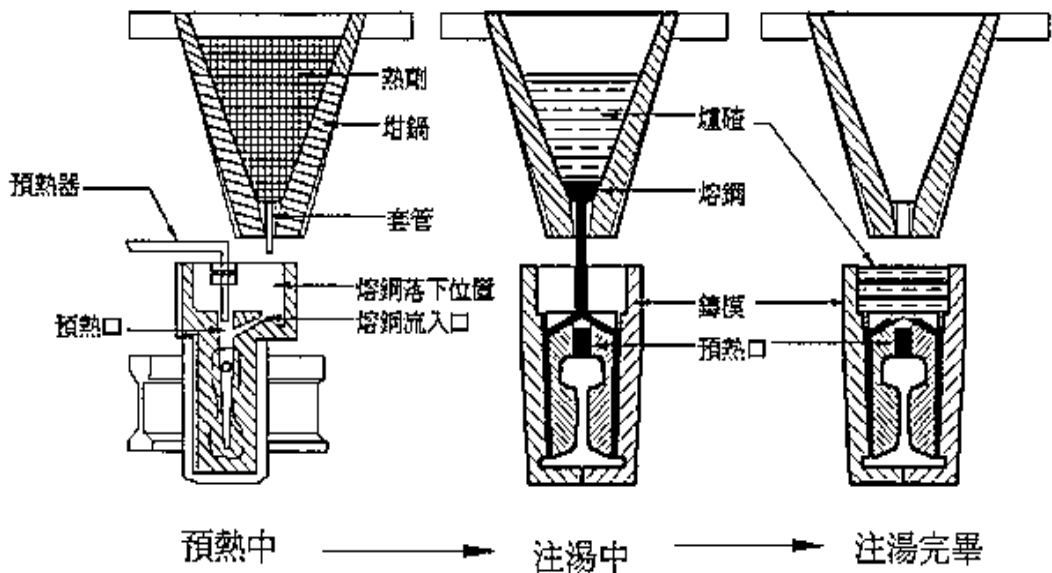


圖 2-1 熱劑焊接施工示意圖

資料來源：新世紀鐵路工程 基礎篇 黃民仁(1)



圖 2-2 熱劑焊接法現場施工

資料來源：淺談鋼軌焊接與探傷檢測方法 張立憲(5)

2-2、封閉式電弧焊(Enclosed Arc welding)：

鋼軌與焊條通上直流電，使產生電弧，電弧熱量熔化焊條，將鋼軌熔接。機動性大，較適合工地現場焊接，但工作人員的技術影響品質極大。

封閉式電弧焊接(如圖 2-3)施工順序如下：

1. 接口研磨整修。
2. 調整接縫至 $17\pm 13\text{mm}$ ，並調整高低及方向，接縫處稍為拱起。
3. 軌底裏側填銅條，兩端裝軟鋼條。
4. 預熱(約 500°C)。
5. 通電以產生電弧，依圖順序焊接，熔接部份以銅塊圍繞。
6. 熱處理($680\pm 30^{\circ}\text{C}$ ，10 分鐘)。
7. 爐中冷卻(約 30 分鐘)。
8. 研磨、整平、校正及檢驗。

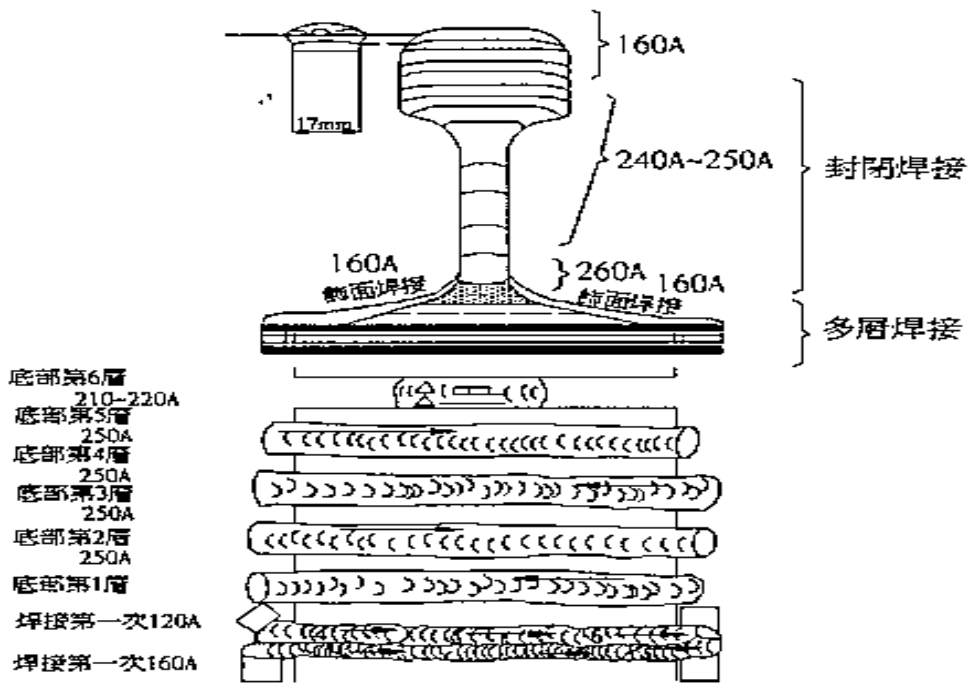


圖 2-3 封閉式電弧焊順序

資料來源：新世紀鐵路工程 基礎篇 黃民仁(1)

2-3、電阻火花焊接(Flash-butt welding)：

1937年電阻火花焊接法問世，1964年10月1日世界第一條高速鐵路由東京到大阪間515.4公里新幹線鐵路開通，開創了高速鐵路新紀元。高鐵之鋼軌採用電阻火花焊接將鋼軌每支原始長度為25公尺，在第一次焊接後連接8支鋼軌成為200公尺長之鋼軌，整個焊接過程所需數據資料(如表2-1)全由電腦操控約需時間為180秒。

表 2-1 電阻火花銲接法過程控制數據

總焊接時間 (Sec)	預熱過程		壓接過程			
	電流輸出		電流輸出		壓接力 (KN)	壓接量 (mm)
	電流(V)	電阻(A)	電流(V)	電阻(A)		
160~190	320~450	90~130	400~430	90~130	400~420	13~15

資料來源：台灣高鐵之長焊鋼軌與溫度預力工法介紹及探討 蕭炎泉、黃志明(6)

採用電阻火花銲接法(如圖 2-4、2-5、2-6)(Flash-Butt Welding FBW)，是利用電阻火花銲接機以高壓電流原理將兩鋼軌端部熱熔，再施加壓力將兩鋼軌端部擠壓熔接，整個焊接過程均已完全自動化，並且由電腦設定自動控制。

整個焊接過程中需人為操作部分僅鋼軌筆直度調整及預拱調整作業。由於人為操作部分相對較少，故銲接作業整體品質較佳，因電阻火花銲接法採用電腦化全自動操控，所以在場地配置及搬運條件允許下，長焊鋼軌銲接可儘量延長以提高鋼軌銲接品質穩定性。

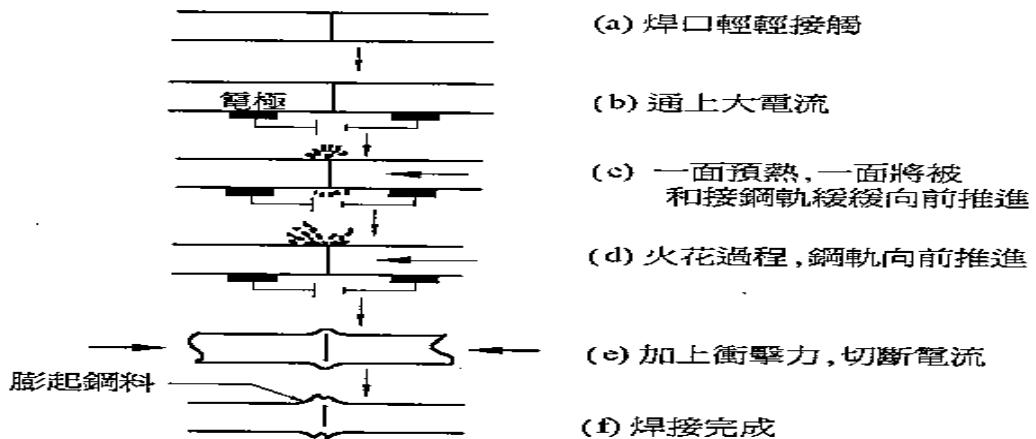


圖 2-4 電阻火花銲接示意圖

資料來源：新世紀鐵路工程 基礎篇 黃民仁(1)



圖 2-5 電阻火花銲接法



圖 2-6 鋼軌銲接完成儲放區

資料來源：台灣高鐵之長焊鋼軌與溫度預力工法介紹及探討蕭炎泉、黃志明(6)

電阻火花銲接程序如下：

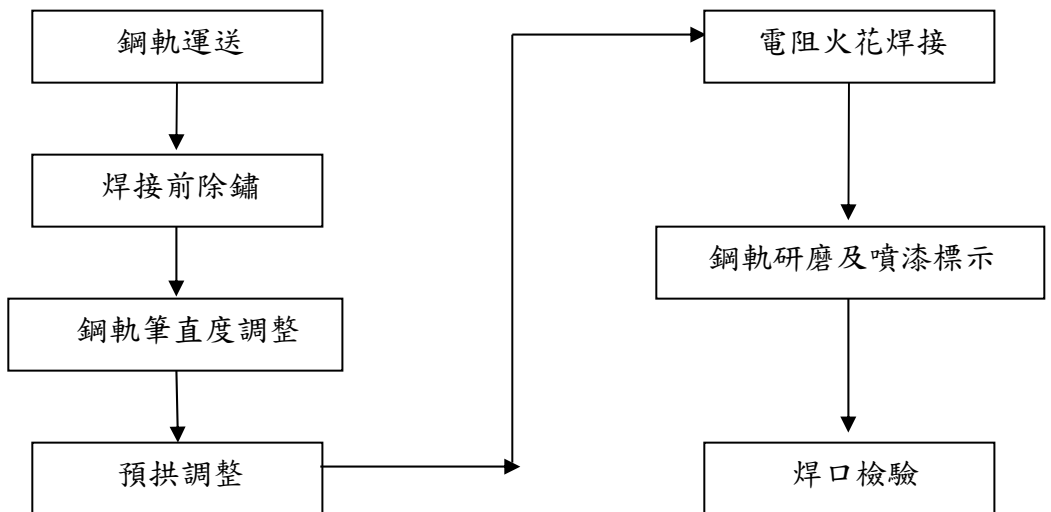


圖 2-7 電阻火花銲接施工程序

資料來源：捷運技術半年刊第 39 期 97 年 8 月〔臺北捷運鋼軌續接作業簡介〕
楊文智、林永偉、蘇丁福(9)

2-4、瓦斯壓接法(Gas Pressure welding)：

1939 年始用瓦斯壓接法之後，1953 年於日本開始發展，焊接鋼軌已漸漸普及於各國。1955 年以後長焊鋼軌技術迅速發展，至今已經完全取代魚尾板接合 (Fish Plate Jointed) 的傳統鋼軌接頭作業。

高鐵的鋼軌第二次焊接連接 5 支 200 公尺使之成為 1000 公尺，採用瓦斯壓接法焊接(Gas Pressure welding)。

瓦斯壓接焊接法(如圖 2-8、2-9)係利用氧氣與乙炔混合燃燒加熱於焊接處兩端鋼軌，使其預熱溫度達約 1200°C~1300°C 塑性狀態，再施加約 17~19t 之軸向壓力使兩根鋼軌壓接再一起，整個焊接過程採半自動操作，所需時間約 360~420 秒，焊接過程所需數據資料(如表 2-2)。

表 2-2 瓦斯壓接焊接法過程控制數據

預熱過程				壓接過程		
氧氣 (kgf/cm ²)	乙炔 (kgf/cm ²)	混和氣體		壓接時間 (Sec)	壓接力 (Ton)	壓接量 (mm)
		壓力 (mm/Hg)	流量(L/min)			
4~5	1.2~1.4	36~40	95~120	380~400	17~19	23~25

資料來源：台灣高鐵之長焊鋼軌與溫度預力工法介紹及探討 蕭炎泉、黃志明(6)

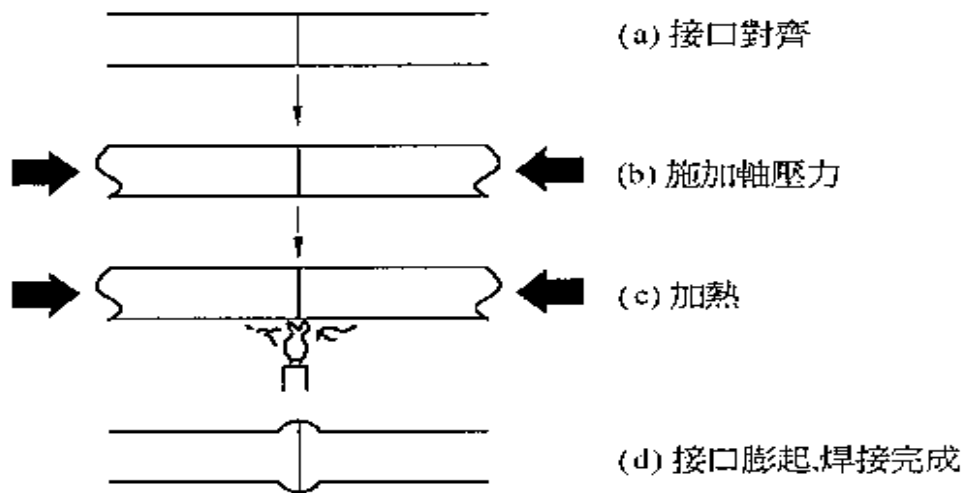


圖 2-8 瓦斯壓接法示意圖
 資料來源：新世紀鐵路工程 基礎篇 黃民仁(1)



圖 2-9 瓦斯壓接焊接法

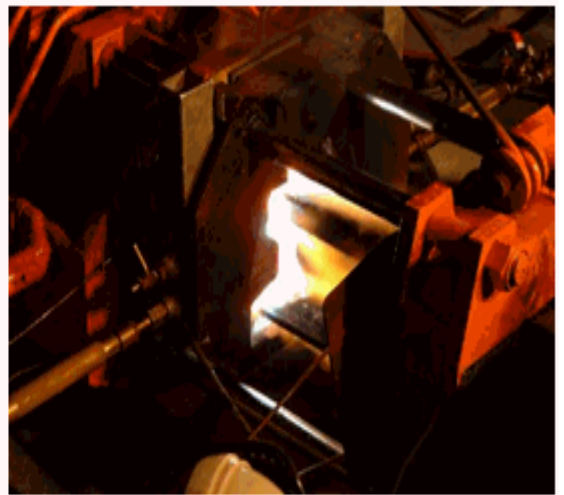


圖 2-10 瓦斯壓接焊接作業

資料來源：台灣高鐵之長焊鋼軌與溫度預力工法介紹及探討 蕭炎泉、黃志明(6)

瓦斯壓接焊接程序如下：

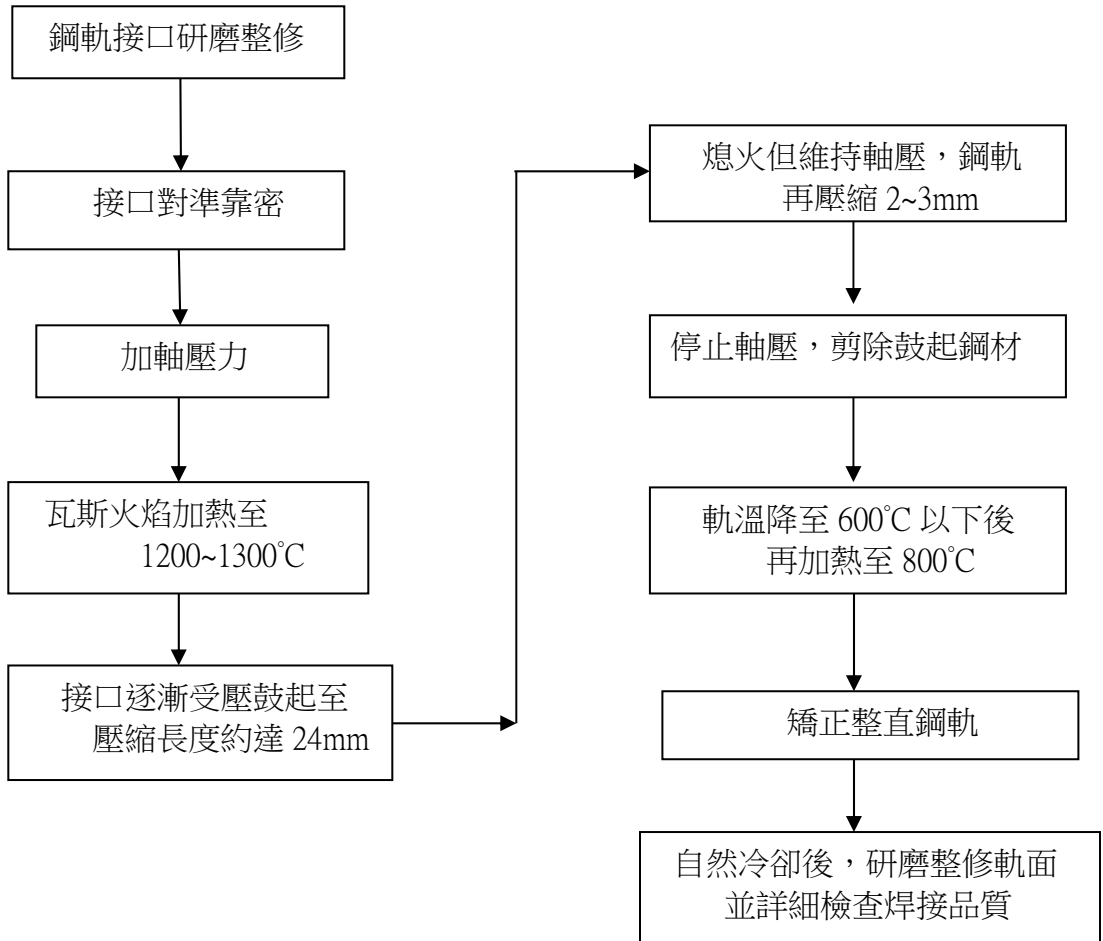


圖 2-11 瓦斯壓接焊接施工程序
資料來源：新世紀鐵路工程 基礎篇 黃民仁(1)

以下針對熱劑焊接法、封閉式電弧焊法、電阻火花焊接法及瓦斯壓接法的優缺點作比較：

表 2-3 各式焊接法優缺點比較表

焊接方法名稱	優點	缺點
熱劑焊接法	1.機械設備輕便，容易攜帶 2.工地現場施工時程容易掌控	1.須達熔融狀態 2.焊接品質較其他焊接方法差
封閉式電弧焊	1.機動性極佳 2.適合於工地現場焊接	1.工作人員的專業技術影響品質較大
電阻火花焊接	1.機械設備十分精密，且為全自動 2.比較節省人力 3.可達到極佳的品質，深受各國喜愛	1.需使用大量電流，較耗電 2.需要大場地放置焊接完成品 3.施工作業控制系統複雜 4.一旦機械故障，檢修及停工損失極大 5.機械設備十分龐大，必須具備固定廠房
瓦斯壓接法	1.熔融點接近母材強度，品質極佳 2.既不需要大量電源，也不使用外來之焊接材質	1.必須在工廠或一般焊接基地施工

三、鋼軌損傷模式與焊道非破壞檢測方式介紹

3-1 鋼軌的材料介紹

軌道主要是指路基上面的道碴、枕木、鋼軌及其附屬設備。所謂附屬設備一般為鋼軌扣件、橡膠墊片、尼龍絕緣座等等。

路基為軌道(包括軌框及道碴)以下，承載軌道的土工構造物，即天然地面經填或挖的加工部份。路基為鐵路路線的重要結構物，故於建設時必須注意其施工品質。路基(如圖 3-1)可分為路盤與路床兩部份。

路盤位於道床下、路床上，承受列車通過時道床所傳下的荷重。一方面須提供軌道適當的彈性，一方面須分散上面傳來的荷重，故須具備下述條件：

1. 須能適當阻止雨水滲入，並充分排水，以避免噴泥或道床嵌入路盤表面等現象。
2. 自身的承載力強度需足夠，變形小。
3. 傳至路床的荷重須分散至路床能承受的程度。
4. 須有適當的彈性。

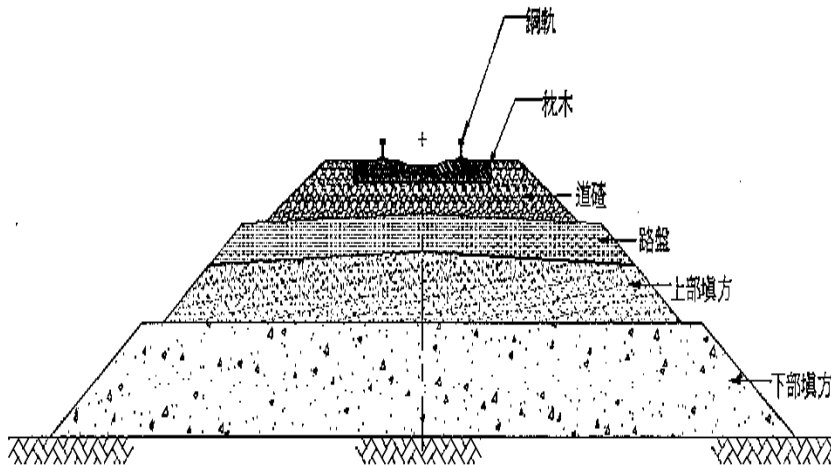


圖 3-1 路基構造示意圖

資料來源：新世紀鐵路工程學 基礎篇 黃民仁 (1)

鋼軌長度短，則接頭多，車輛容易受接頭影響之處數增加，使得乘客乘車舒適感降低；接頭為軌道的弱點，軌道不整情形容易發生，保養維護困難。

基於上述缺點，鋼軌長度已朝向長軌化趨勢。一般而言，鋼軌長度主要依兩項因素決定：

1. 接縫大小：為避免夏季鋼軌伸長導致之挫曲，縫寬須足供緩衝此等伸長。但冬季鋼軌縮短時，縫寬又不能大於規定限制。

2. 避免車輛彈簧之固有振動週期與接頭造成的衝擊週期相諧引起共振而擴大振幅，導致危險。

由於考慮載重及維修問題，以採用重軌為宜。鋼軌的功能：

1. 確保軌距，引導車輛在軌距內行駛。

2. 提供車輛安全行駛光滑平順的表面，且需使列車在剎車時，能有適當的摩擦力，供列車停止。

3. 提供列車在行駛間，車輪重量能藉由鋼軌傳遞至枕木及路基以下較廣的面積上。

4. 列車在軌距內行駛時，限制車輪的輪緣兩側的橫向位移。

5. 電化鐵路的回流電路。

6. 軌道號誌系統的電流通路。

鋼軌的斷面、種類及樣式很多，一般以工字型平底鋼軌最為普遍。為求整體形狀安定，底部寬度需配合高度，一般而言底部之厚度大約為高度的 1/10，以抵抗較大剪力。腹部與頭部及底部之連接部分設計為小半徑之圓形狀，主要以避免應力集中。以整體斷面而言其頭部與腹部及底部之配比各佔 40%、20% 與 40%。

以 50N 為例(如圖 3-2)。

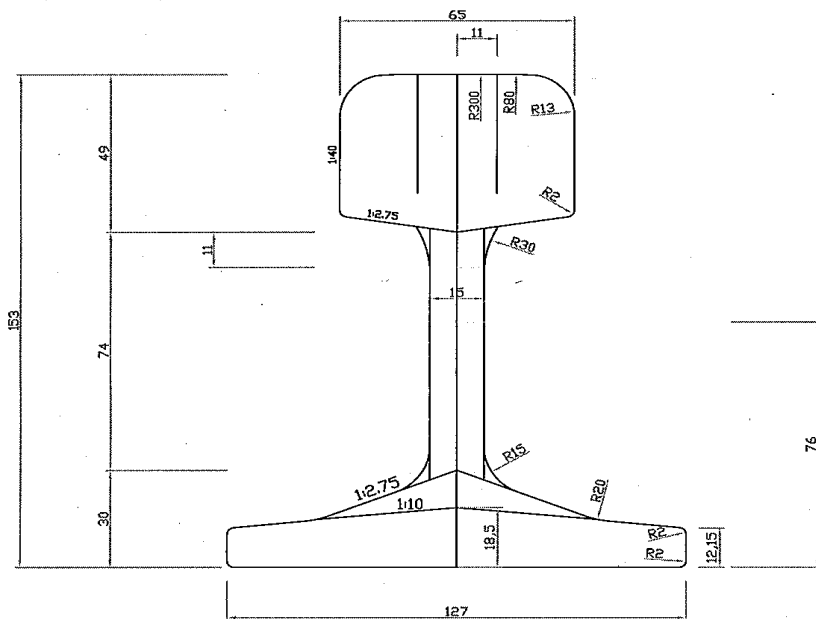


圖 3-2 50N 鋼軌斷面圖

資料來源：鋼軌焊接及超音波焊道品質檢測及破壞試驗 陳俊吉(8)

鋼鐵的成份主要為鐵，但是還包含下述成份(如表 3-1)：

1. 碳(C)：含碳量較高時，材質堅硬，強度比較大，但比較脆；一般鋼軌的含碳量約為 0.7%。
2. 猛(Mn)：猛在鋼的製作過程中，可使碳分佈均勻而增加抗拉力與耐磨性。另外猛又可以減低磷與硫的不良影響，而過量的猛亦使鋼質變脆。因此為了減少曲線及道岔的鋼軌磨耗，可採用猛量特高的猛鋼，不過其成本較高。一般含量在 1.0%左右為佳，超過 1.2%則稱為猛鋼。
3. 矽(Si)：為製鋼所必備成份，可使組織密緻，硬度及強度皆可提高，一般含量在 0.15~0.3%。
4. 磷(P)：為一種雜質，會造成鋼軌的冷脆性，即鋼軌容易因常溫加工而破裂。其實許多在冬季接頭處的破裂都是磷成份所造成的，故鋼軌中的磷成份必須小於規定限度，一般規定不得大於 0.05%。
5. 硫(S)：亦屬於雜質，會導致鋼軌之脆弱性。含硫成份過多之鋼軌，於熱壓延中容易疵裂，受衝擊也容易破壞。因此含硫量亦不得超過規定值。一般規定不得大於 0.05%。

3-2 鋼軌的損傷

台鐵的百年運轉也轉動了台灣的經濟升起，毫無疑問，對東部地區而言，鐵路運輸乃是目前最重要的交通運輸工具，自從台灣高鐵加入西部走廊的營運及新思維模式帶動競爭之下，相形重新啟動台鐵的營運思考方向，勢在必行。

台鐵隨著每日往返列車在軌道上頻繁行駛，因車輪與鋼軌面密集接觸下，往往造成鋼軌面的極大損害，若再加上養護不周，則會更加重造成鋼軌面難以彌補的傷害，嚴重者於鋼軌面持續產生波狀磨耗，列車每次經過就更加深磨耗的傷痕，一旦造成斷軌，將會阻止列車的正常行駛。

列車行駛時所加於軌道上的動態力量，與靜止時所加的力量大不相同。列車行駛造成軌道的振動、變形等且其變化甚大。

3-2-1 衝擊造成振動的種類:

1. 車輪不圓滑造成的衝擊:

車輪踏面若不十分圓滑，而於某一部份呈一平面，將對軌道產生衝擊力。低速時，衝擊乃因車軸高度下降造成；速度超過某一界限時，車軸因慣性，仍約略維持同一高度，但車輪則因此平面部份而稍微離開軌面，當車輪再接觸鋼軌時，即對鋼軌造成衝擊，此一界限速度，一般以下式計算：

$$V_{cr} = \sqrt{R\mu} \dots\dots\dots(3.1)$$

式中 R：車輪半徑。

$$\mu = (\text{彈簧下質量} + \text{彈簧上質量}) / (\text{彈簧下質量} \times g)。$$

g：重力加速度

輪軸落下造成的鋼軌應力及振動加速度與衝擊速度成正比。

表 3-1 鋼軌化學成份

規格	類別	化 學 成 份					
		碳(C)%	矽(Si)%	錳(Mn)%	磷(P)%	硫(S)%	鉻(Cr)%
		Range	Range	Range	Max	Max	Range
Japanese industrial Standards JIS E 1101 1990	37kg	0.55~0.70	0.10~0.35	0.60~0.95	0.045	0.05	-
	40kg N	0.63~0.75	0.15~0.30	0.70~1.10	0.03	0.025	
	50kg N						
	60kg						
American Railway Engineering Association AREA 1988 Chapter 4,Rail	90~114 lbs/Yd	0.67~0.80	0.10~0.50	0.70~1.00	0.035	0.037	-
	115 lbs/Yd and over	0.72~0.82		0.80~1.25			
International Union of Railway UIC 860 1986	Grade 700	0.40~0.60	0.05~0.35	0.80~1.25	0.05	0.05	-
	Grade 900A	0.60~0.80	0.10~0.50	0.80~1.30	0.04	0.04	
	Grade 900B	0.55~0.75		1.30~1.70			
	Grade 1100	0.60~0.82	0.30~0.90	0.80~1.30	0.03	0.03	
British Standard BS 11 1985	Wear resisting A	0.65~0.78	0.05~0.50	0.80~1.30	0.05	0.05	-
	Wear resisting B	0.50~0.70		1.30~1.70			
Chinese National Railway GB 2585-81	U74	0.67~0.80	0.13~0.28	0.70~1.00	0.04	0.05	-
	U71 Mn	0.65~0.77	0.15~0.35	1.10~1.50		0.04	

資料來源：新世紀鐵路工程學 基礎篇 黃民仁(1)

2. 鋼軌凹陷造成的衝擊:

對車輪空轉等造成鋼軌的短波長傷痕而言，其所導致的衝擊特性與車輪不圓滑造成的衝擊相似。

據蘇聯的實驗結果顯示：鋼軌波狀磨耗等造成的長波長凹陷，導致的鋼軌彎曲應力則與凹陷深度及行駛速度的二次方成正比，與波長成反比，且車輛彈簧下質量愈大，鋼軌彎曲應力增加愈多。

又據日本新幹線實驗結果顯示：鋼軌凹陷所造成的衝擊力與軌道的彈性關係密切，故不只彈簧下質量，彈簧上質量亦有甚大影響。

3. 鋼軌接頭的衝擊:

鋼軌接頭的抗彎曲勁性，約只為鋼軌其它部份的 1/3，故受壓後有下沉傾向，又因車輪滾過接縫時，接縫兩邊鋼軌產生高低差(如圖 3-3)所示，因此造成衝擊，稱為輪垂作用(wheel hammer)。

3-2-2 車輛的振動形式：

1. 振動的定義：

物體受外力作用後，隨時間變化，自其平衡位置來回運動的現象稱為振動(如圖 3-4)。振動波形以正弦波為主，波形均一不變者稱為定常振動(如圖 3-5)。波形變化不一者稱為非定常振動(如圖 3-6)。

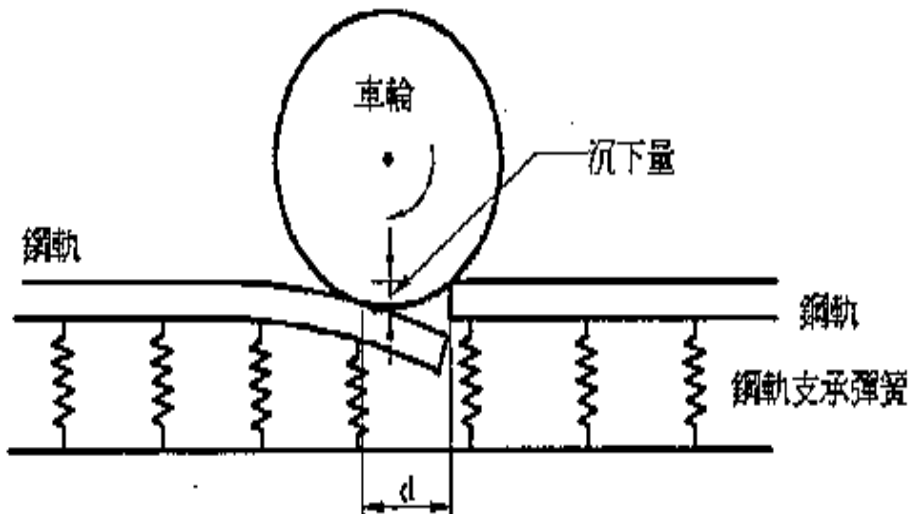


圖 3-3 接頭兩端因輪壓導致高低差

資料來源：新世紀鐵路工程學 基礎篇 黃民仁(1)

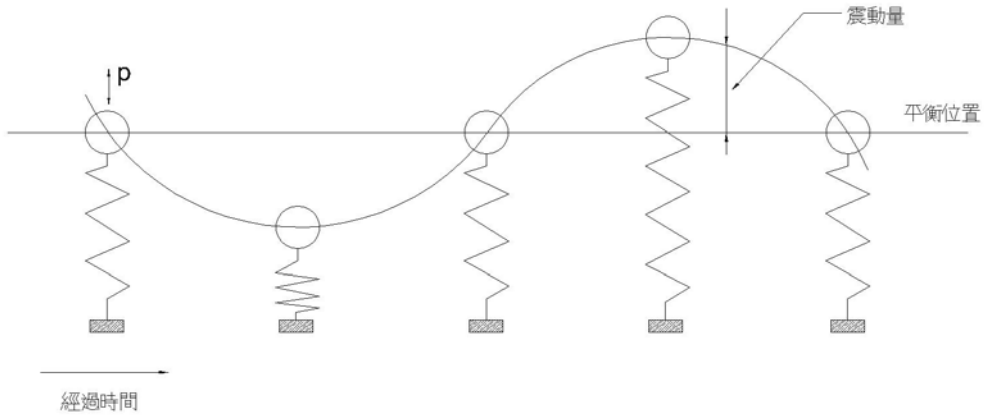


圖 3-4 振動模式圖

資料來源：新世紀鐵路工程學 基礎篇 黃民仁(1)

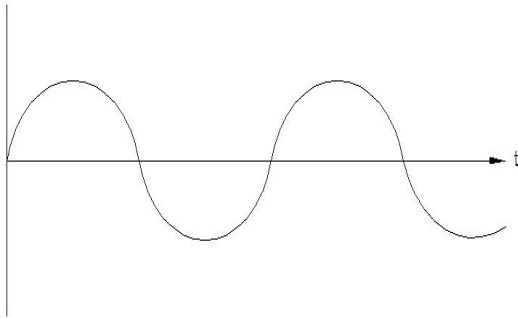


圖 3-5 定常振動

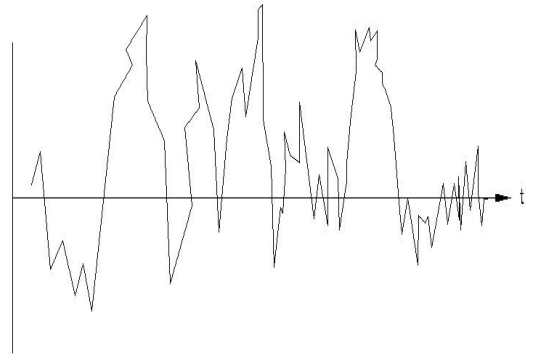


圖 3-6 非定常振動

資料來源：新世紀鐵路工程學 基礎篇 黃民仁(1)

2. 振動相關名詞：

(1) 振幅：

以 α 點為例，其在某個時點的位置變為 β ，兩者之間的距離 χ 稱為變位(如圖 3-7)。若 χ 的上限為 X ，下限為 $-X$ ，則上下之間的

距離稱為振幅。以正弦波形振動為例(如圖 3-8)。其變位 χ 可以下式表示：

$$\chi = X \sin \omega t \cdots \cdots \cdots (3.2)$$

式中 X：振幅(cm)
 ω ：角振動數或稱頻率= $1/T$ (Hz)
 T：週期(sec)
 t：時間(sec)

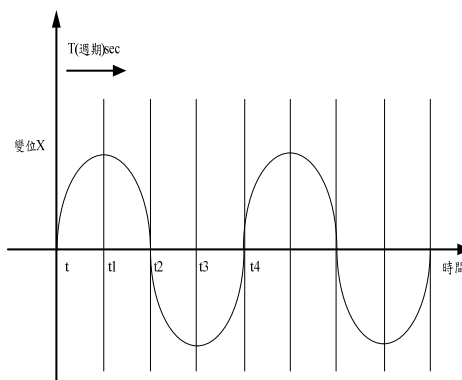
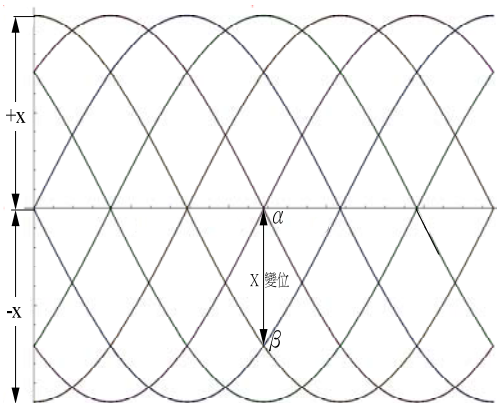


圖 3-7 變位定義

圖 3-8 變位波形

資料來源：新世紀鐵路工程學 基礎篇 黃民仁(1)

(2) 頻率：

每單位時間的振動往返次數稱頻率，以 Hz 或每秒往返次數 c/s 表示，即： $1\text{Hz}=1\text{c/s}$ 。

(3) 振動速度：

每單位時間的振動變位量變化稱振動速度，以 cm/sec 表示，正弦波的振動速度 ν 為：

$$\nu = \frac{dx}{dt} = \frac{d(X \sin \omega t)}{dt} = \omega X \cos \omega t \cdots \cdots \cdots (3.3)$$

振動速度的最大值稱速度振幅 V，正弦波的 V 值為：

$$V = \omega X = 2\pi f X \cdots \cdots \cdots (3.4)$$

$$\omega = 2\pi f \cdots \cdots \cdots (3.5)$$

式中 ω ：角振動數(rad/sec)

f：頻率=(c/sec)

正弦波的振動波形(如圖 3-9)

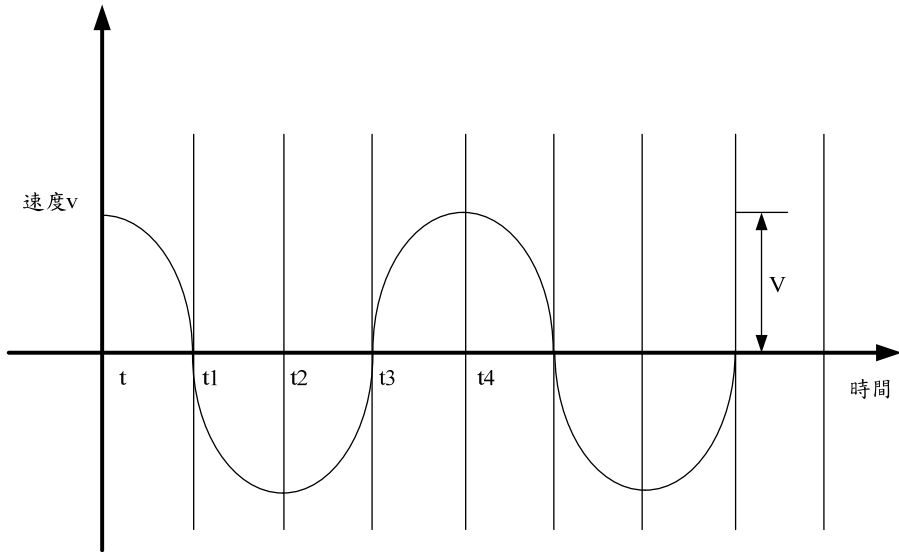


圖 3-9 速度波形

資料來源：新世紀鐵路工程學 基礎篇 黃民仁(1)

(4)振動加速度：

振動速度的時間變化稱振動加速度，以 cm/sec^2 表示，正弦波的振動加速度 a 為：

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d(wX \cos wt)}{dt} = -w^2 X \sin wt \dots\dots\dots(3.6)$$

加速度的最大值稱加速度振幅 A ，其值為：

$$A = w^2 x = (2\pi f)^2 x \dots\dots\dots(3.7)$$

正弦波的加速度波形(如圖 3-10)

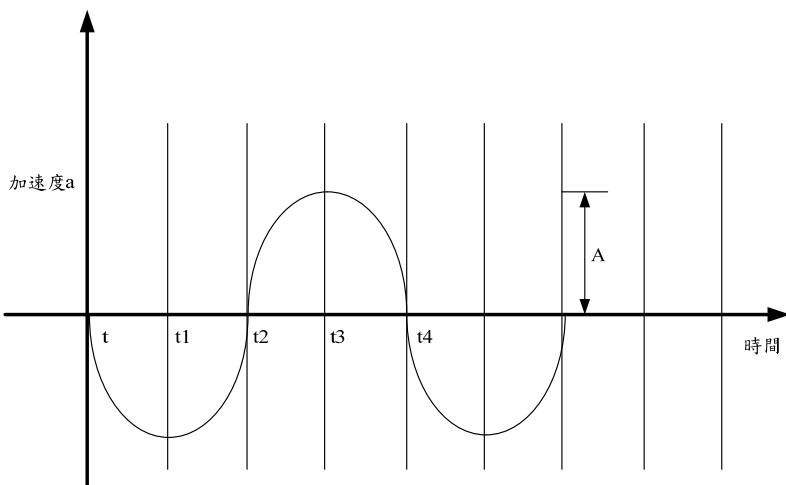


圖 3-10 加速度波形

資料來源：新世紀鐵路工程學 基礎篇 黃民仁(1)

3.振動種類：

鐵路車輛的車體與輪軸間以彈簧相連，共有 6 自由度。其中上下振動及點頭屬上下方向振動；擺頭及上心或下心轉動屬左右方向振動，前後振動則屬縱方向振動。

(1)上下方向振動：

車輛振動的因素為：車輛質量與其相連的彈簧及減振設備(damper)，及列車行駛中由於高低不整所致的輪軸上下變位。(如圖 3-11)

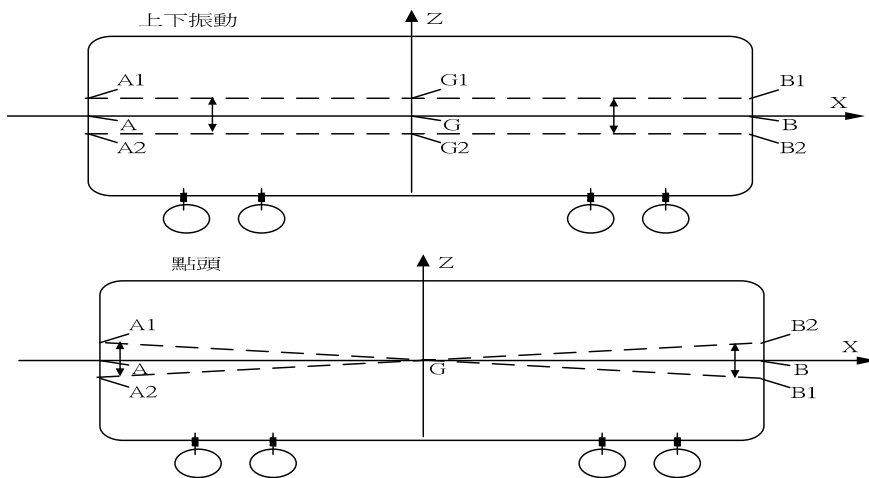


圖 3-11 上下方向振動圖

資料來源：新世紀鐵路工程學 基礎篇 黃民仁(1)

(2)左右方向振動：

左右振動(如圖 3-12)與擺頭(yawing)及上心或下心轉動(rolling)有關。引起左右振動的原因包括方向不整或水平不整兩種。

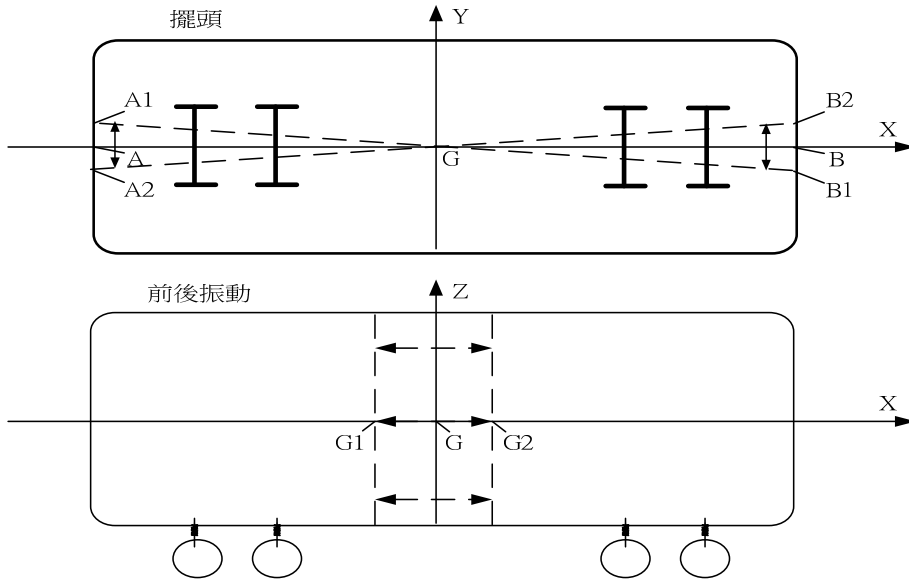


圖 3-12 左右方向振動圖

資料來源：新世紀鐵路工程學 基礎篇 黃民仁(1)

為使車輛容易通過曲線，車輪踏面設計成圓錐形(如圖 3-13)。當車輛行駛於直線，而速度超過某一限度時，此種圓錐形設計會造成蛇行動(如圖 3-14)。

蛇行動的界限速度受下列各種因素影響：

1. 台車的抗迴轉回復力矩小及彈簧系統得減振值不足時，一般產生第一次及第二次蛇行動。(造成車體動搖為第一次蛇行動，造成台車振動為第二次蛇行動)
2. 第一次蛇行動的不安定度較小，超過界限速度後趨向安定；但第二次蛇行動，則當超過界限速度後，不安定急速增大，有愈變愈劇烈的特性。
3. 當車輪踏面斜度較小時，蛇行動的界限速度較高，但當車輪因磨耗而斜度增大後，蛇行動的界限速度較低。
4. 車輪與鋼軌間的摩擦係數變小時(下雨或鋼軌塗油時)，界限速度變高。

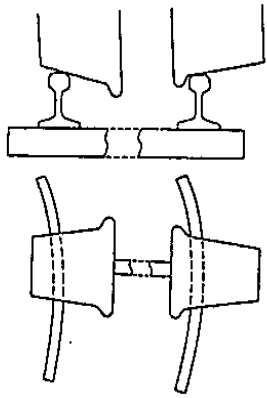


圖 3-13 利用錐形車輪踏面通過曲線

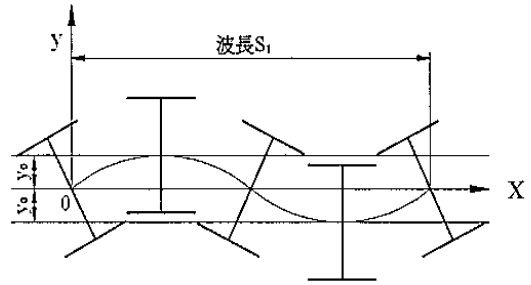


圖 3-14 車軸蛇行動

資料來源：新世紀鐵路工程學 基礎篇 黃民仁(1)

3-2-3 鋼軌的損傷：

車輛行進間，鋼軌受到輪軌壓力及下陷，車輪前方即會有稍微浮起的現象。當列車的前進時，軌道便會發生波狀運動。若鋼軌與枕木扣緊，則鋼軌與枕木會一起爬行。煞車時與接頭處的衝擊亦會把鋼軌往前推。於上坡路段，因鋼輪與鋼軌的摩擦力，會使得鋼軌向後爬行(如圖 3-15)。

爬行的主要原因是軌道發生波狀運動，在路基不良的路段及列車進站煞車路段最容易發生。

鋼軌表面的連續短波長磨耗現象稱為波狀磨耗。波狀磨耗之處，會產生
a.車輛振動劇烈並且伴隨噪音
b.乘客乘車舒適感極差
c.對軌道及車輛皆會有不良的影響。

波狀磨耗的發生是因為鋼輪非正常行駛於軌面所擴展出來的不規則磨耗或波紋現象所產生。波狀磨耗的出現，會產生多種類的現象，而這些現象本身間並無關聯性。



圖 3-15 鋼軌爬行原理

資料來源：新世紀鐵路工程學 基礎篇 黃民仁(1)

鋼軌波狀磨耗一旦於軌面產生，便會急速的發展，進而產生較大的輪重變化、振動及噪音。當波狀磨耗急遽發展時，會造成軌道養護困難，同時會產生較大的橫向壓力及降低運轉安全性。

鋼軌的損傷，有許多不同的類型，以下歸納幾項作說明：

1. 波狀磨耗(如表 3-2)：

表 3-2 波狀磨耗分類

類型	波長 (mm)	損傷原因	損傷基點	改善措施
輪重變動	200~300	車輪簧下質量與軌道彈性組成的系統發生共振，產生大的動態載重(英國鐵路用詞為 P2 力)和靜載重疊加引起周期性塑性流動	出現在輪重超過 15tf(150KN)的重載鐵路曲線外軌，是接頭、焊接接頭及獨立的鋼軌軌頭頂面凹凸誘生的。多發生在曲線外軌	使用軌頭熱處理(HH-Head Hardened)消除鋼軌頭部踏面凹凸。另外鋼軌研磨也是一方法。
塑性彎曲	500~1500	與輪重變動型波狀磨耗有很多共同點，從焊接處發生	是輪重在 11tf(108KN)以上的機車簧下質量所產生的。其彎曲在 47kg/m 的輕型鋼軌較易產生，53kg/m 鋼軌也會產生。	整正軌頭踏面凹凸，特別是焊接接頭的凹凸，使動、靜荷載之和不超過鋼軌的降伏彎曲應力。
彈性軌枕	50	彈性軌枕的振動衰減不足，鋼軌頭部的反向共振增大，垂直接觸力也變大，如此的變動影響牽引力，發生黏著滑動，使橫向力較大的前軸其向外側的橫向力變得更大。	多發生在地鐵線路 400m 半徑以下曲線內軌。如巴黎、巴爾的摩及倫敦地鐵。在內軌外側與運行方向成 30°角，外軌損傷處則產生摩擦裂紋。	將鋼軌襯墊軟化，把軌枕從鋼軌動態中分離出來，使軌道的反向共振頻率下降，將輪對的共振從軌枕處分離，從而降低動接觸應力。另在外軌內側軌頭圓角部塗油，顯著降低波狀磨耗的發展。
曲線接觸疲勞	150~450	是轉動接觸疲勞，先是鋼軌表面產生微細裂紋然後逐漸發展。油、油脂或水等是微小裂紋發展成轉動接觸疲勞的重要原因。濕潤狀態和乾燥狀態的反覆出現，促進了接觸疲勞引起的波狀磨耗發展。	此種磨耗發生的處所，必然有鋼軌表層剝離。外軌軌頭圓角先剝離後發展為損傷。在鋼軌乾燥時尚稱穩定，但在雨季軌面潤滑時惡化。	加強潤滑使導向狀態太差的轉向架通過時不發生鋼軌表面的剪切疲勞。另萬一產生疲勞微小裂紋要進行鋼軌表面研磨防止裂紋進一步發展。
車轍槽型如圖 3-17、3-18、3-19	200(RAT P) 150~450(FAST)	是由沿線路方向牽引力變化引起的差動磨耗引發。另發現傳動軸的驅動頻率和垂直力頻率並不一致，因而引起扭轉共振造成振動疊加是重要原因。	扭轉共振是同一輪對的兩個車輪間產生牽引力差或滑動所產生的。特別容易發生在輪對本身的回轉受同一懸掛電機約束的曲線制動區間及終點站等地方	一般認為採用較軟的彈簧或採用自導轉向架等改進車輛的措施有效。

波狀變形	25~80	波狀磨耗引起 PP 共振，動態接觸力在接近軌枕時變大，波狀磨耗在相鄰軌枕間週期性發生，與軌道的垂直動力特性非常接近。	只發生在高速且軸重較輕(通常軸重 20tf、輪重 10tf 以下)的新幹線直線或緩和曲線上。	保持轉向架上輪對的平行度。對已有的波狀磨耗進行研磨，實現鋼軌斷面再生。在鋼軌踏面塗特殊附加劑增加車輪和鋼軌間的靜摩擦係數，防止黏著滑動。
------	-------	--	--	--

資料來源：新世紀鐵路工程學 基礎篇 黃民仁(1)

2. 鋼軌的踏面剝離：

在鋼軌發生的應力中，梁的鋼軌應力非常重要，但是與鋼輪的接觸面應力卻是最大。鋼軌踏面的最大壓應力是平均壓應力的 1.5 倍。在重載鐵路中，由於鋼軌製造上的缺陷，剪切應力為鋼軌頭部剝離的主要原因。剝離並非單一因素造成，處理方式為實施預防性磨軌或是抽換鋼軌。

3. 空轉擦傷(如圖 3-16)：

動輪與鋼軌間之摩擦力稱為黏著力。若黏著力不夠，於車輛運轉時動輪即在鋼軌上空轉而無法前進，又當緊急剎車時車輪即在鋼軌上滑行。黏著力在未達到其最大值以前，隨動輪周牽引力之增加而比例增大，達到最大值以後如動輪周牽引力再行增加即發生空轉。黏著力係指動輪空轉直前之黏著力，黏著係數係指此時之黏著係數(表 3-3)。

4. 斷軌(如圖 3-20、3-21)：

因冬天鋼軌會產生軸拉應力，而鋼軌焊接處為路線上最脆弱之處，當斷軌發生於鋼軌焊接處時，需緊急採用異型魚尾鉸加以固定，再於夜間時進行焊接。

表 3-3 黏著係數

鋼軌面狀態	黏 著 係 數	
	撒 砂 時	不 撒 砂 時
清潔乾燥時	0.35~0.40	0.25~0.30
濕潤時	0.22~0.25	0.18~0.20
下霜時	0.22	0.15~0.18
有油氣或下雪時	0.15	0.1

資料來源：新世紀鐵路工程學 基礎篇 黃民仁(1)

是發生在鋼軌踏面的一種金屬塑性變形與分離的損傷。當損傷面積達到

踏面總面積的 10%~15%以後會迅速發展成剝離破壞。主要原因是隨著車輛的牽引力增加，在啟動和制動的過程中，伴隨著動輪打滑空轉或滑動，致使輪軌接觸應力急速增加並且產生高溫，造成鋼軌踏面局部高熱和黏著，在列車行駛過後，又急速冷卻形成金屬塑性變形和剝離。較容易發生地點一般為大坡度區間、重載區間、調車頻繁區間。

提高粘著力的方法，有下列幾項：

(1)提高摩擦係數：

最常使用的方法為在鋼軌面上撒砂以增加粘著力，故機車上大多會有裝設撒砂設備。

(2)增加動軸軸重：

為將車輛中間之轉向架採用空氣彈簧，要增加動軸軸重時將中間轉向架空氣彈簧減壓，而將所負擔的軸重移至兩側動軸轉向架以提高粘著力。

(3)軸重移動之防止：

牽引中之機車發生軸重移動，造成瞬間軸重減輕而發生空轉，此與牽引馬達及支承方式致軸重失衡有關。解決方法為將連結器中心盤、車軸中心之高度設計成同樣高度，就能防止發生瞬間軸重減輕之現象。

(4)軸重移動的補償：

除了上述方法之外，亦可採取機械或電氣的補償方法。

a.機械法：在車體與車軸間裝設空氣缸，當發生軸重減輕時空氣缸加壓予以補償增加軸重。

b.電氣法：為將後位軸之牽引馬達加大出力，使各軸重與出力比一致。另外最佳的方法為採用一個變流器配上一個牽引馬達的控制方式。

(5)裝設防空轉方式：

當偵測出空轉發生時，予以降低牽引馬達出力並操作自動撒砂以增加粘著力，使各軸牽引馬達出力時，可以達到黏著極限。

5.軌距緣角剝離：

大部份的表面裂縫出現在鋼軌頂(crown)與軌距轉角(gauge corner)處。大多數的表面裂縫與列車運轉方向呈現 25°角，斷裂長度約 40mm。橫向的疲勞裂縫，深度超過 30mm，此疲勞裂縫處與直立軸傾斜約 20°~35°。



圖 3-16 嚴重空轉擦傷



圖 3-17 車輪槽型波狀磨耗(a)



圖 3-18 車轍槽型波狀磨耗(b)



圖 3-19 車轍槽型波狀磨耗(c)



圖 3-20 鋼軌斷裂(a)



圖 3-21 鋼軌斷裂(b)

3-3 鋼軌焊道非破壞檢測：

軌道是由道碴、枕木、鋼軌及其附屬設備等所形成的。軌道需符合下述的條件：

1. 強度足夠。
2. 確保車輛之安全圓滑行駛。
3. 軌道不整量在容許範圍內。
4. 乘車舒適感好。
5. 合乎經濟。
6. 保養維護容易。

軌道的結構要求在於能夠承受行駛中列車荷重條件下，安全無虞，並且讓乘客達到舒適感。在考慮工程成本與保養費用下，達到最合乎經濟的要求。同時亦要求各部位的強度需彼此一致，否則較脆弱處一旦鬆動，整體結構就容易破壞。

鋼軌的功用：1.確保軌距 2.提供車輛安全行駛的平滑表面 3.靠本身的剛性，將車輪傳來的重量傳到下面較廣面積上。因此，鋼軌斷面須符合下列功能上的要求：

1. 以最少的斷面積承受垂直及水平方向的壓力。
2. 頭部不易磨耗，且有充份的餘裕容許磨耗，以延長使用年限。
3. 易於固定且形成安定不易傾倒。

平底鋼軌分頭部、腹部與底部三部份。因頭部頂面內側與車輪直接接觸而受磨耗，故須增大其與車輪之接觸面積以加強其耐磨性。另又為配合傾斜，於上面角隅處採用較大半徑，使車輪踏面盡量接觸鋼軌頂面中央處。頭部下顎則略傾斜，使魚尾鉸利用楔木原理夾緊鋼軌。

鋼軌略為內傾可使車輪踏面與鋼軌頭部中央部份接觸，其優點為：

1. 鋼軌傳至枕木之力量可較均勻分佈。
2. 鋼軌頭部之磨耗較平均。
3. 鋼軌較安定，較不易因列車推擠而致軌距加大。

接頭處由於鋼軌被切斷，故強度、剛性都變小，而成為軌道結構的弱點，以現今的養護概念，要讓列車搖擺最平順、乘客乘車舒適感最佳、養護人力最精簡，則須採用鋼軌焊接的方式，將較短的鋼軌連接成較長的鋼軌。而鋼軌的焊接品質是直接影響列車的行駛安全、速度及乘車舒適感。

鋼軌焊接法種類多，一般在路線上較常採用的方法為熱劑焊接法。不過受到氣候、現場工作環境及操作人員的專業素質所影響，鋼軌焊接的品質往往受到嚴酷的考驗，也因為如此鋼軌焊接處的品質顯得重要，須採用特定檢測儀器來檢驗。

鋼軌焊道斷面的檢測一般採用超音波探傷儀最為方便且迅速；本研究案主要說明是以 805SX 手持式鋼軌焊道超音波探傷儀為例。

一、超音波簡介：

超音波的發生在日常生活中相當普遍，例如製造豆漿前須採用研磨黃豆的研磨機，製造出人可聽見的聲音，又例如有人利用機械方法或蒸汽口哨製造聲音震動，產生人可聽見的回應。實務上的成功應用為在二次世界大戰期間用來偵測潛水艇的聲納(水底音波探測器)。

超音波為聲學的分支之一，主要在處理聲波頻率超過人耳聽力上限的聲音，大約介於 1~10MHZ(每秒 1,000,000~10,000,000 週波數)。以光波為例，高頻率超過人眼可見範圍稱為紫外光，因此聲波超過人耳聽力範圍者稱為「超音波」。

超音波檢測設備是利用高頻振動的音波導入材料的內部，藉以檢測材料表面及內部缺陷之非破壞檢測的方法。例如鋼軌內部的裂縫。此外由於超音波檢測係利用超音波高頻振動原理，只要音波能量能完全穿透檢測物厚度，不論是金屬或非金屬試件皆可檢測，因為此特點使其在非破壞檢測方法中應用極為廣泛。

1.波動的定義：

為材料或介質的扭曲運動，其中材料的個別部分或分子僅前後、上下或以圓形方式運動，由一個分子影響下一個分子。

2.波的特徵：

波形的特徵為波長、振幅、速度與頻率，所有週期性的波形均具有這些相同的特徵。例如橫波(球賽的波浪舞、繩或線、光波)、壓縮波(彈簧圈、聲波)、圓形波。

(1)波長 λ ：

為一個波峰(或波的極大值)到另一個波峰或極大值的距離。例如海浪的波長通常可以延長好幾公尺，微波爐所使用的電磁波長不到一公分。

(2)振幅 A：

波的高度稱為振幅。振幅有兩種說法：a.從波的中點到波峰為振幅，b.從波的波峰到波峰為振幅。在聲音中，振幅與聲音大小有關；另在光的領域中，振幅與亮度有關。

(3)速度 V：

是指波峰從固定點移動快慢的測量值。例如水波速度可從相對於地面特定方向的速率測量而得。

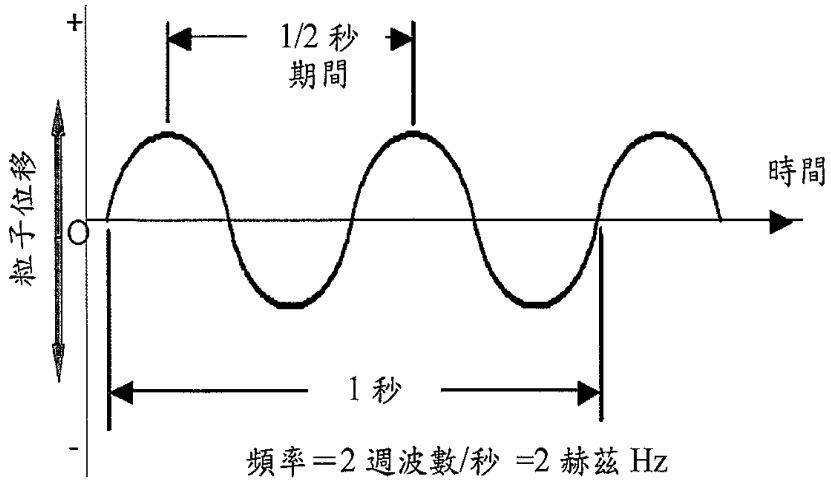


圖 3-22 波動型式

資料來源：805SX 手持式鋼軌焊道超音波探傷儀操作訓練講義(7)

粒子位移方向

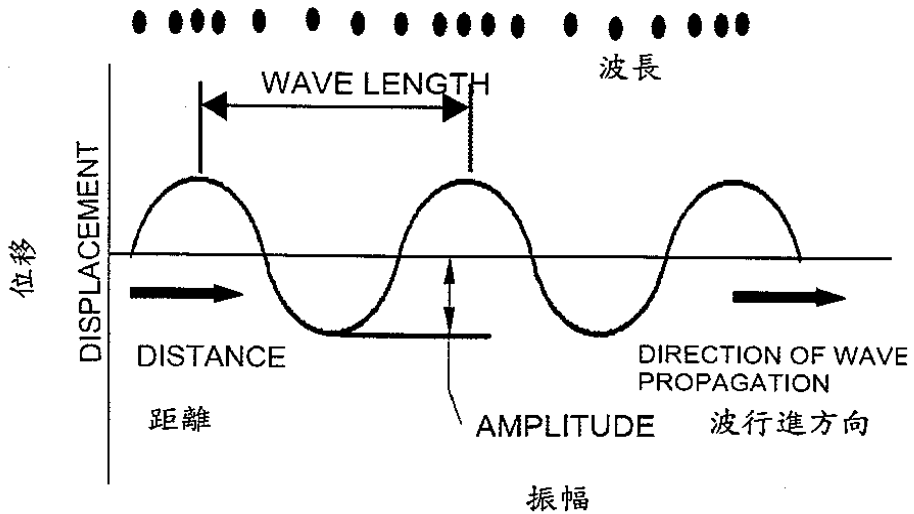


圖 3-23 振幅

資料來源：805SX 手持式鋼軌焊道超音波探傷儀操作訓練講義(7)

(4) 頻率 f :

是指波峰或波頂通過某一點的速率。頻率是速度除以波長，以每秒週波數(或波峰數)表達。每秒週波數又稱為赫茲。

$$\text{頻率}=\text{速度}/\text{波長} \quad f=V/\lambda \dots\dots\dots(3.8)$$

二、超音波設備：

1.材料設備：

本研究採用 805SX 手持式鋼軌焊道超音波探傷儀器(如圖 3-21)，材料設備說明如下所述：

表 3-4 超音波材料設備

項次	材料名稱	單位	數量	備註
1	探傷儀	組	1	如圖 3-24
2	0°探頭	個	1	如圖 3-25
3	45°探頭	個	1	如圖 3-26
4	70°探頭	個	1	如圖 3-27
5	50kg 校準塊規	塊	1	如圖 3-28
6	耦合劑	瓶	1	如圖 3-29

2.設備說明：

(1)探傷儀：

是一個輕便手提式超音波測試機，專門用於探測鋼材內的缺陷。是一種單波道(single channel)機型。具有探測非常小的反射物之能力，結合靈巧的解譯軟體，使其可以讓現場的工作人員操作使用。可以高度精確且品質保證的檢驗方法進行缺陷檢驗且判定大小，同時維持標準且做出符合的結果。

(2)探頭：

a.0°探頭：

將探頭放置在軌腹反射物的正上方，藉由緩慢移動探頭(transducer)而把來自孔洞的信號加強至最大，調整增益控制，直到發出 50%振幅的回波。常用於探測軌條母材的缺陷。

b.45°探頭：

用在檢驗軌腹與軌底中央部位效果非常好。放置探頭在距離焊縫 250 毫米的受檢區域，讓探頭導線朝向遠離焊縫，保持探頭在中

央，向著焊縫移動且越過焊縫。在焊縫另一側重覆上述步驟，在軌腰中心線上後退朝向焊縫。

c.70°探頭：

用於檢測軌頭的區域，在施作檢測前，需確認受檢表面是乾淨且平滑。塗抹耦合劑在焊縫前端區域。在焊縫兩側約 100 毫米。放置探頭在距離焊縫 100 毫米的受檢區域。移動探頭朝向焊縫前進且越過焊縫。

d.校準塊規：

(a)是一小段最常見斷面尺寸的軌條，有兩個人造缺陷。

(b)2 毫米的橫向鑽孔，水平進入大約在軌頭中間高度，到軌條中心線。確實位置距離頂面 20 毫米，距離軌端 50mm。

(c)2 毫米的水平鑽孔，完全穿過軌腹(web)。距離軌頂 80 毫米。距離軌端 80mm。

e.耦合劑：

在檢測時於探頭與檢測物表面塗上液狀耦合劑，藉以驅逐空氣，避免音波能量損失，以便自晶體傳送超音波進入被檢測的鋼軌焊道。常用的耦合劑有水、漿糊、嬰兒油或輕質油 WD40 等。檢測前，務必充分塗抹，讓表面徹底濕潤，完成檢測後，必須清除乾淨，不能對檢測物及探頭造成傷害。



圖 3-24 探傷儀



圖 3-25 0°探頭



圖 3-26 45°探頭



圖 3-27 70°探頭



圖 3-28 50kg 校準塊規

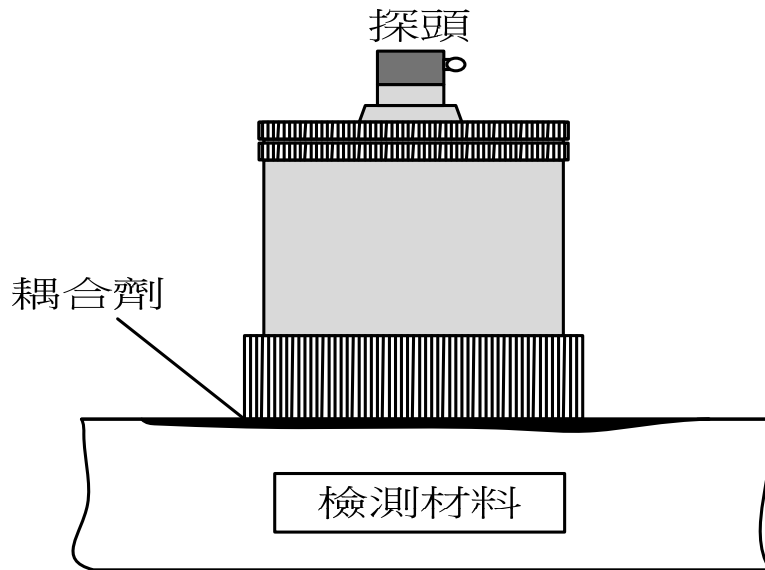


圖 3-29 耦合劑

三、超音波檢測方法：

1.依訊號偵測方式分為：

(1)脈波回波法(Pulse Echo Method)：

係偵測分析反射之超音波訊號，通常只要一個探頭兼做發射與接收，只需要一個接觸面即可。

(2)透設法(Transmission Method)：

係偵測分析透射之超音波訊號，因此需要二個探頭、二個接觸面。

2.依訊號發射方式分為：

(1)直束法(Straight Beam Method or Normal Incidence Method)：

係將超音波垂直傳入試件。

(2)斜束法(Angle Beam Method or Oblique Incidence Method)：

係用一定角度將超音波垂直傳入試件，最常採用的有 45° 、 70° 等。

3.依訊號顯示方式分為：

(1)A 掃描(A-Scan)：

是探頭在試件表面某一點，所接收訊號能量與傳送時間做定量顯示。

(2)B 掃描(B-Scan)：

是探頭在試件表面某一線，將訊號傳送時間做一定量顯示。

(3)C 掃描(C-Scan)：

是探頭在試件表面一面積範圍，所接收訊號能量做定量顯示。

四、案例分析

因早年科技尚未發達，所採用較短鋼軌，其鋼軌與鋼軌間接縫皆採用魚尾鉸固接，因此在列車經過的同時會產生規律性的噪音與振動，不僅影響沿線居民生活品質，亦造成乘客舒適度不佳；然而隨著工業科技的長足進步，連續長焊鋼軌(Continuous welded rail, CWR)的大量採用，確實大大降低噪音與振動，因此採用連續長焊鋼軌鋪設具有下列優點：

1. 焊接鋼軌因無接頭，其軌道結構得以均勻強化。
2. 可減免接頭魚尾鉸等配件。
3. 能延長鋼軌壽年約三分之一。
4. 減少鋼軌磨損及扣件損壞。
5. 節省養路作業勞力約二分之一，且延長養路週期。
6. 減少車輛損傷及車輛彈簧斷裂。
7. 可節省牽引力約百分之五。
8. 提高行車速度。
9. 增加軌枕壽年。
10. 延長路基及道碴使用年限。
11. 減少車輛振動，增進乘車舒適感。
12. 減少行車噪音波及沿線居民。
13. 使軌道保持連續的平面穩定，促進行車安全。

隨著各先進國家成功的採用焊接方式來連接鋼軌的長度，進而獲得了實質的效果後，現場因鋼軌缺陷或斷軌而須更新鋼軌者皆採用焊接方式來處理，其中以熱劑焊接法最適合施工現場作業，以下所介紹之案例便是採用熱劑焊接法來說明。

4-1、前言

鋼軌是軌道結構的主要構築材料，提供火車車廂之車輪一個平穩及安全等距的行駛踏面，依照既定方向往前奔馳，旅客除了等待前往目的地的心情外，更多了一份抱持安定及平穩的舒適度來享受一趟旅程；約在西元 1600 年的英國煤礦地區鐵路只是用簡單的二根木料並行來載運煤炭，方便運貨為主要條件，然而面對二十一世紀講求速度的快、狠、準要求，已經將列車速度提升到 500 公里/時，無疑地鋼軌結構的改善，是推升速度的原動力。

相較於其他三種焊接方法的適用度，源自於德國的熱劑焊接法可說是施工現場焊接法的最佳代言者，施工空間需求較小，設備輕便，且易於配合施工現場操作為其優點；不過因程序繁複，且為人工操作，品質比較不易控制為其缺點。

以下個案地點為台東線，南平站南端南平里平交道處(K29+100)，傳統絕緣

接頭處，鋼鈹斷裂(如圖 4-1)，因此為穩定行車安全需要重新更換鋼軌，所以採用熱劑焊接法來重新連接鋼軌。



圖 4-1 鋼鈹斷裂

4-2 臺東線路線現況案例介紹

4-2-1、焊接材料種類介紹

在出發到銲接現場前，先行檢查是否備齊所需使用的焊接材料、工具和設備，及其他施工材料、工具和設備。

大型機具須於出發前，檢查其功能及設備配置是否能維持正常運轉。

表 4-1 焊接材料種類

項 目	材料名稱	單 位	數 量	備 註
1	焊接藥劑	包	1	(PLOTZ)
2	鑄模	片	3	
3	預熱噴槍	組	1	(含瓦斯管)
4	點火棒	支	1	
5	防漏膏	包	1	(14 條)
6	一次性坩鍋	只	1	
7	鐵模	片	2	

資料來源：臺灣鐵路管理局熱劑銲接標準作業程序(13)

4-2-2、機具介紹

大型機具須於出發前，檢查其功能及設備配置是否能維持正常運轉，較小型工具或配備亦須做出工前的檢查作業。

表 4-2 機具種類

項目	機具名稱	單位	數量	備 註
1	電搖車	部	1	含平車 2 台
2	鋸軌機	台	1	含切斷砂輪片
3	磨軌機	台	1	含磨軌砂輪
4	剷除機	台	1	油壓式
5	模架	只	1	
6	底架	只	1	
7	溶渣盤	只	1	
8	套管夾	只	1	
9	坩鍋鏟	只	1	
10	氧氣開關閥連錶	只	1	
11	丙烷開關閥連錶	只	1	
12	耐熱高氣管 20M 附接頭	套	1	
13	耐熱、燃燒器	套	1	
14	切斷器	支	2	
15	間隙尺	只	1	
16	軌邊校正直尺	支	1	
17	高低調整器	只	10	
18	鋼刷	支	5	
19	鋼鑿	支	2	
20	焊接護目鏡	只	1	
21	防火腳套	雙	1	
22	防火手套	雙	1	
23	照明設備	式	1	

資料來源：臺灣鐵路管理局熱劑焊接標準作業程序(13)

4-2-3、施工步驟

在鐵路沿線施作焊接保養等工作，多採行夜間養護作業，須於施工前 14 日申請核准路線封鎖作業及斷電申請，利用夜間列車停止運轉空檔，經由施工人員到車站申請保修程序並取得施工許可後，使得進入封鎖區間內施工，並須於所申請核准的施工期限內完成作業，將施工之機具、人員、材料等確實撤離現場，經現場主辦人員確認後，逕赴車站辦理解除路線封鎖作業，列車便可恢復正常運轉。

4-2-4、焊接前作業流程：

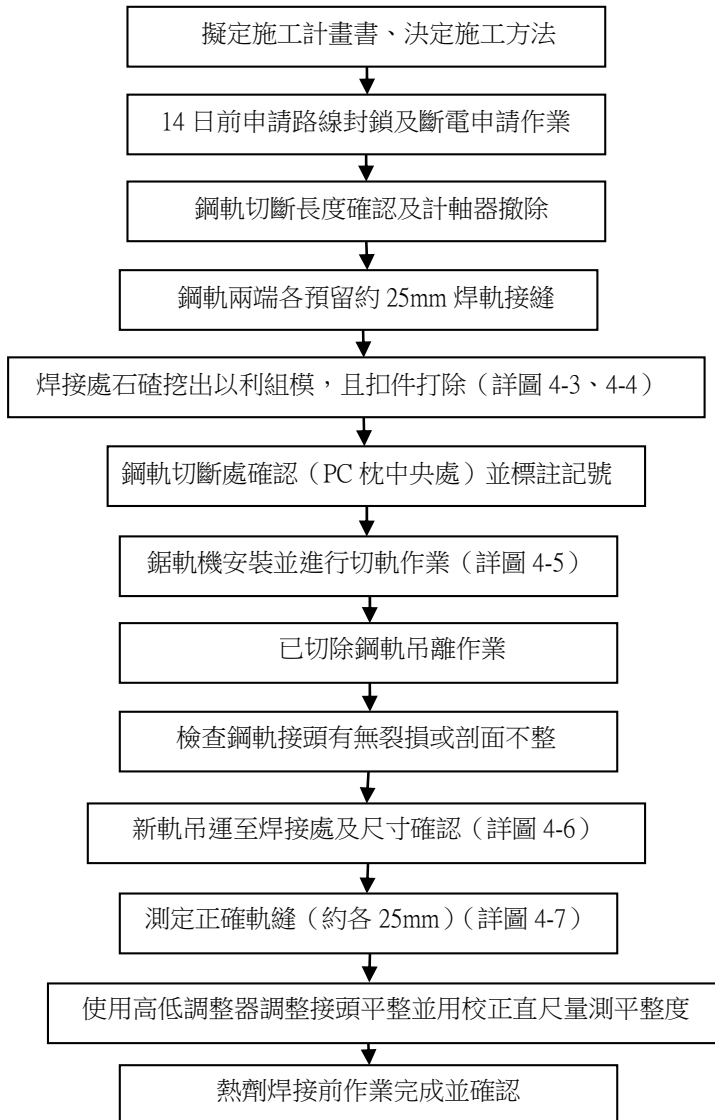


圖 4-2 焊接施工前流程圖

注意事項：

- 1.扣夾敲除，石碴挖出之空間，需有利組模設置。
- 2.檢查待焊接鋼軌端部有無損傷、裂縫和扭曲變形。
- 3.使用鋼絲刷或角磨機清理鋼軌兩端，去除鐵銹、油污等表面附著物。
- 4.將待焊鋼軌墊起，使得兩端鋼軌接頭具有平順性，採用校正直尺量測平整度，調整軌縫大小至要求之標準，並調節起拱量，每一端加高量為 1.5~2mm。
- 5.鋼軌切斷之長度確認需準確。
- 6.鋸軌機切除鋼軌作業，要求一氣呵成，避免切斷面不平整。



圖 4-3 道碴挖掘作業

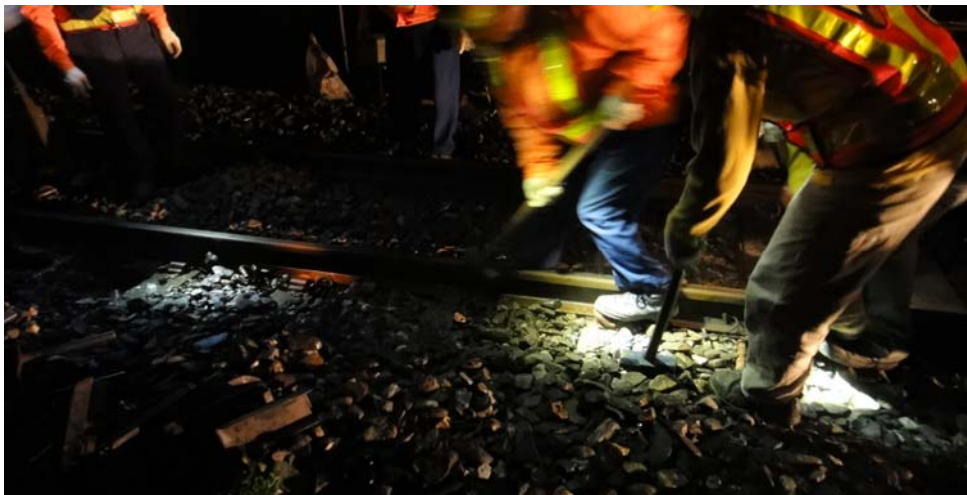


圖 4-4 扣件拆除作業

資料來源：淺談鋼軌焊接與探傷檢測方法 張立憲(5)



圖 4-5 鋼軌裁切作業



圖 4-6 鋼軌更新吊運作業

資料來源：淺談鋼軌焊接與探傷檢測方法 張立憲(5)



圖 4-7 焊接軌縫量測作業

資料來源：淺談鋼軌焊接與探傷檢測方法 張立憲(5)

4-2-5、焊接中作業流程：

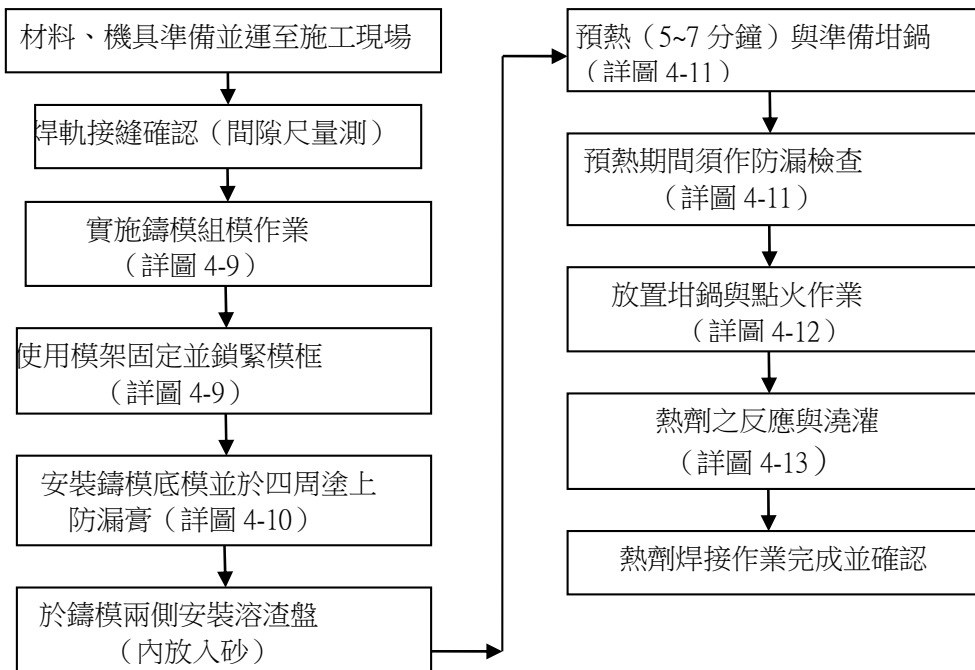


圖 4-8 焊接施工中流程圖

應注意事項：

- 1.備妥之材料、機具備齊並運送至施工現場。
- 2.焊接鋼軌前需再確認軌縫是否符合要求。
- 3.核對鑄模型號是否與鋼軌相符合，仔細檢查鑄模是否有缺損、有裂紋，藥包是否受潮，清理鑄模的浮砂，確保通氣口、澆口及冒口通暢。
- 4.檢查焊劑包裝是否有破損，焊劑生產日期是否在保證期。
- 5.於鑄模四周所塗上防漏膏須確實。
- 6.蓋好坩堝蓋，防止碰翻焊劑或有異物落入到坩堝中。
- 7.加熱時注意觀察從鑄模兩邊冒口反上來的火焰是否通暢，是否一樣高。
- 8.氧氣為高壓氣體，使用時注意安全，器具輕拿輕放，防止氣罐破損或爆炸。
- 9.預熱器火焰、剛使用完的耐用坩堝、夾具均具有高溫，應防止燙傷。
- 10.注意觀察預熱情況，隨時保持預熱器的正確位置。



圖 4-9 鑄模組合鎖固

資料來源：淺談鋼軌焊接與探傷檢測方法 張立憲(5)



圖 4-10 防漏膏塗抹



圖 4-11 預熱及防漏檢查



圖 4-12 放置坩鍋及點火作業



圖 4-13 熱劑之反應與澆灌



圖 4-14 溶渣盤拆除

4-2-6、焊接後作業流程：

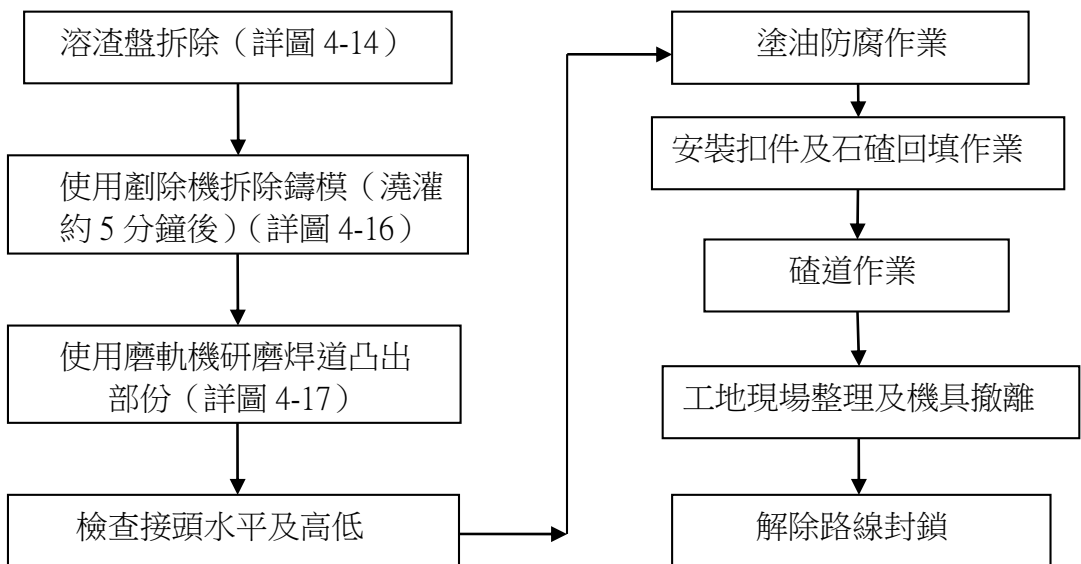


圖 4-15 焊接施工後流程圖

應注意事項：

1. 澆鑄結束後，要在一定時間內，將鑄模拆除。開箱時間過早，鋼水未完全凝固，會影響焊接接頭品質；開箱時間過晚，影響剷渣工作的正常進行。
2. 在指定要求的一定時間內，要將焊後軌頭多餘部分用剷渣機進行剷渣。剷渣時間可根據當時環境氣溫進行適當調節。
3. 在焊接後，接頭約冷卻到 300°C 以下即進行粗打磨，剷除鋼軌表面凸出餘量。在焊頭徹底冷卻後進行精打磨。
4. 工作完畢後，應徹底清理焊頭凸緣，去除毛刺並清掃焊接現場。
5. 焊接接頭兩邊高度須確實水平。
6. 工作完成，焊接材料、工具應放置有序，不得零亂，不得侵入限界。
7. 磨軌機、鋸軌機操作過程，焊劑反應、澆注過程均有飛濺，應防止燙傷。
8. 鋼軌扣件要確實安裝，石碴回填並且確實碴道。
9. 工作結束後，需填寫熱劑焊接作業自主檢查表(如表 4-3)，歸檔留存。



圖 4-16 剷除機作業



圖 4-17 磨軌機研磨作業

表 4-3 施工作業自主檢查表

台灣鐵路管理局工務處
熱劑焊接作業自主檢查表

工程名稱：

施工日期： 年 月 日

工程地點：

查驗日期： 年 月 日

焊接點編號		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
檢 查 項 目 及 結 果	材料檢查	合 格									
		不 合 格									
	鋼軌接頭 檢查	合 格									
		不 合 格									
	高低扭曲 軌縫方向	合 格									
		不 合 格									
	封模防漏 檢查	合 格									
		不 合 格									
	壓力、流量 瓦斯氧氣	合 格									
		不 合 格									
	預熱時間	合 格									
		不 合 格									
	溶液澆灌 時間	合 格									
		不 合 格									
	研磨	合 格									
		不 合 格									
	焊口檢查	合 格									
		不 合 格									
	超音波檢 查	合 格									
		不 合 格									
結果確認	合 格										
	不 合 格										
備 註											

註：本表應於施工完成後填記，並於1週內陳核後存查。

經辦

主任

段(隊)長

資料來源：台灣鐵路管理局工務處(13)

4-3 臺東線路線現況案例分析

4-3-1 前言

鋼軌缺陷的發生是由於內外種因素所產生的，除了於第三章所描述幾類的鋼軌損傷之外，尚有數十種的鋼軌缺陷種類，例如螺栓孔裂痕、斷軌、鋼軌腐蝕、軌距圓角踏面裂痕、軌底/軌腹分離、軌頭/軌腹分離、軌腹水平裂痕、軌頭水平裂痕、製成缺陷、碎裂、列車出軌受損、接頭處端部受損、鋼軌頭部剝離等等。上述所產生的鋼軌缺陷，有急迫性嚴重威脅行車安全時，則必須儘速採取更換鋼軌，以保持行車安全。

以台鐵局為例，一般除了搭乘機車查道以外，各轄區內道班人員每天都會派 2 員工班人員，於沿線徒步查道作業，巡查路線沿線鋼軌等各部位是否有任何缺失，徒步查道人員若遇有路線上任何缺陷，則須在第一時間通報該班領班即時處理，以策安全。

在鋼軌焊道檢測前，須至鄰站辦理保修作業，保修作業辦理完成後，攜帶 805SX 探測儀，並且配戴安全帽、反光背心及對講機，方便列車來時，站務人員通知，並且亦須有瞭望員守護安全，現場檢測完成後，須再回到鄰站辦理解除保修作業，方能完成工作程序。

4-3-2 鋼軌焊道檢測

當焊軌隊於完成鋼軌焊接後，須填報鋼軌焊口檔案卡(如圖 4-18)做成紀錄，將此資料遞送給專門人員，以實施鋼軌焊道超音波檢測作業。

805SX 手持式鋼軌焊道超音波探傷儀操作程序如下：

1. 按住開機電源按鈕直到嗶聲響起，且發光二極體亮起(大約二秒鐘)。
2. 將所要選用的探頭晶體(探頭按鈕 0、45 或 70 度)插入本裝置側面標示 TX 插孔，以準備檢測動作。
3. 選通脈衝寬度(GW)按鈕連同調整旋鈕一起使用，用以設定指示缺陷的深度範圍。
4. 805SX 程度(LEVEL 大小)(如圖 4-19)顯示，表示偵測到有反射信號之程度。
5. 805SX 深度顯示(如圖 4-20)，呈現在軌條內所有反射物的深度。以 mm 刻度表示垂直深度，提供具有角度的探頭指示深度。所呈現的剖面，對於軌條規格：68kg、53kg、47kg，提供一個高度位置顯示。
6. 在探頭及被檢測物表面塗上耦合劑(couplant)，以便自晶體傳送超音波進入被測的鋼軌焊道。再塗上耦合劑之前須將探頭及被檢測物表面擦拭乾淨。常用的藕合劑有水、漿糊、嬰兒油或輕質油 WD40。務必充分塗抹，讓表面徹底濕潤。
7. 藉由移動探頭，在距離焊縫一定距離受檢區域，朝向焊縫前進並且越過焊縫，來回操作一次，來顯示程度大小。
8. 經由探頭來回移動之後，會在程度(LEVEL 大小)顯示，將檢測結果登記在鋼軌焊口檔案卡之檢測結果上。

鋼軌焊口檔案卡

填表日期： 年 月 日

焊 口 基 本 資 料	<input type="checkbox"/> 37 kg <input checked="" type="checkbox"/> 50N <input type="checkbox"/> UIC60 <input type="checkbox"/> 其他_____	
	焊接日期：____年____月____日 天 氣： <input type="checkbox"/> 晴 <input type="checkbox"/> 雨 <input type="checkbox"/> 陰	大氣溫度：____℃ 軌 溫：____℃
	焊接地點：____站~____站 里 程： k _____ + _____	<input type="checkbox"/> 東 <input type="checkbox"/> 主正線 <input type="checkbox"/> 左軌 <input type="checkbox"/> 西 <input type="checkbox"/> 副正線 <input type="checkbox"/> 右軌 <input type="checkbox"/> 其他_____
焊 接	<input checked="" type="checkbox"/> 鋁熱劑焊接 <input checked="" type="checkbox"/> 一次型 <input type="checkbox"/> 多次型 採購案號：_____	
	焊接藥劑廠牌： <u>PLOTZ 固瑩二片式</u> <input type="checkbox"/> 電阻火花焊接 <input type="checkbox"/> 瓦斯壓接 <input type="checkbox"/> 其他 _____ 焊接負責人員簽章：_____	
超 音 波 檢 測	超音波檢測日期：____年____月____日 檢測結果： <input type="checkbox"/> >10 mm <input type="checkbox"/> <10, >6 mm <input type="checkbox"/> <6, >3 mm <input type="checkbox"/> <3 mm 檢測人員簽章：_____	
作 業	路線封鎖時間：____時____分~____時____分 焊接作業時間：____時____分~____時____分	
備 註		

註：一、本表格請於焊接完成後2星期內填妥彙報，一式三份，一份分駐所主任留存，一份工務段留存，一份工務處路線科留存。

二、焊接人員均需經訓練取得證照。

主辦

直接主管

單位主管

圖 4-18 超音波焊口檔案卡
資料來源：台灣鐵路管理局工務處(13)



圖 4-19 鋼軌焊道現場檢測

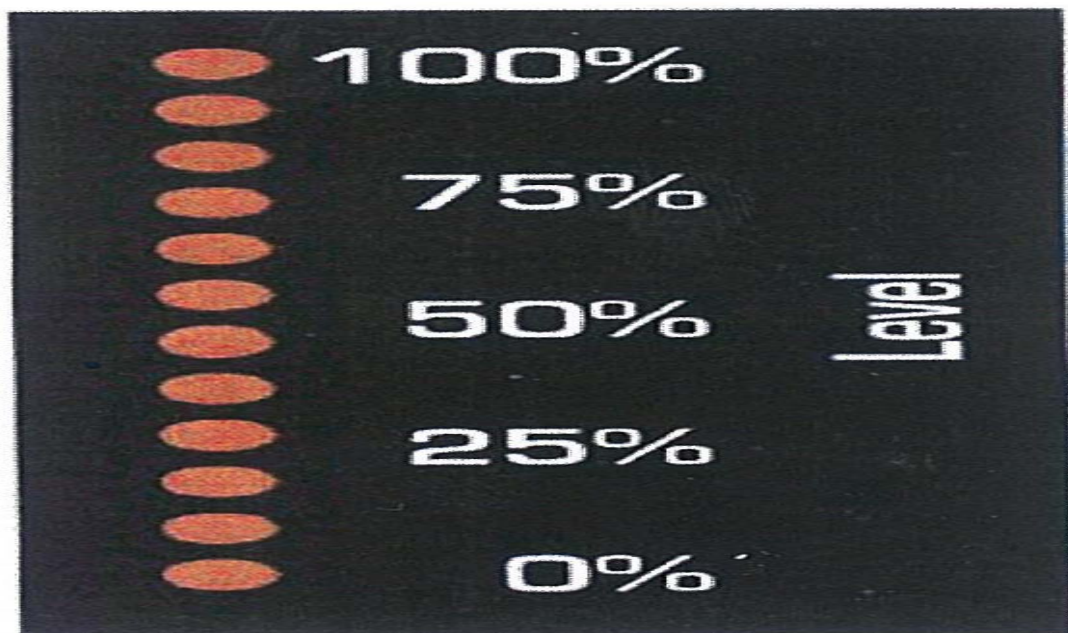


圖 4-20 程度(LEVEL 大小)顯示

資料來源：805SX 手持式鋼軌焊道超音波探傷儀操作訓練講義 泛贏股份有限公司(7)

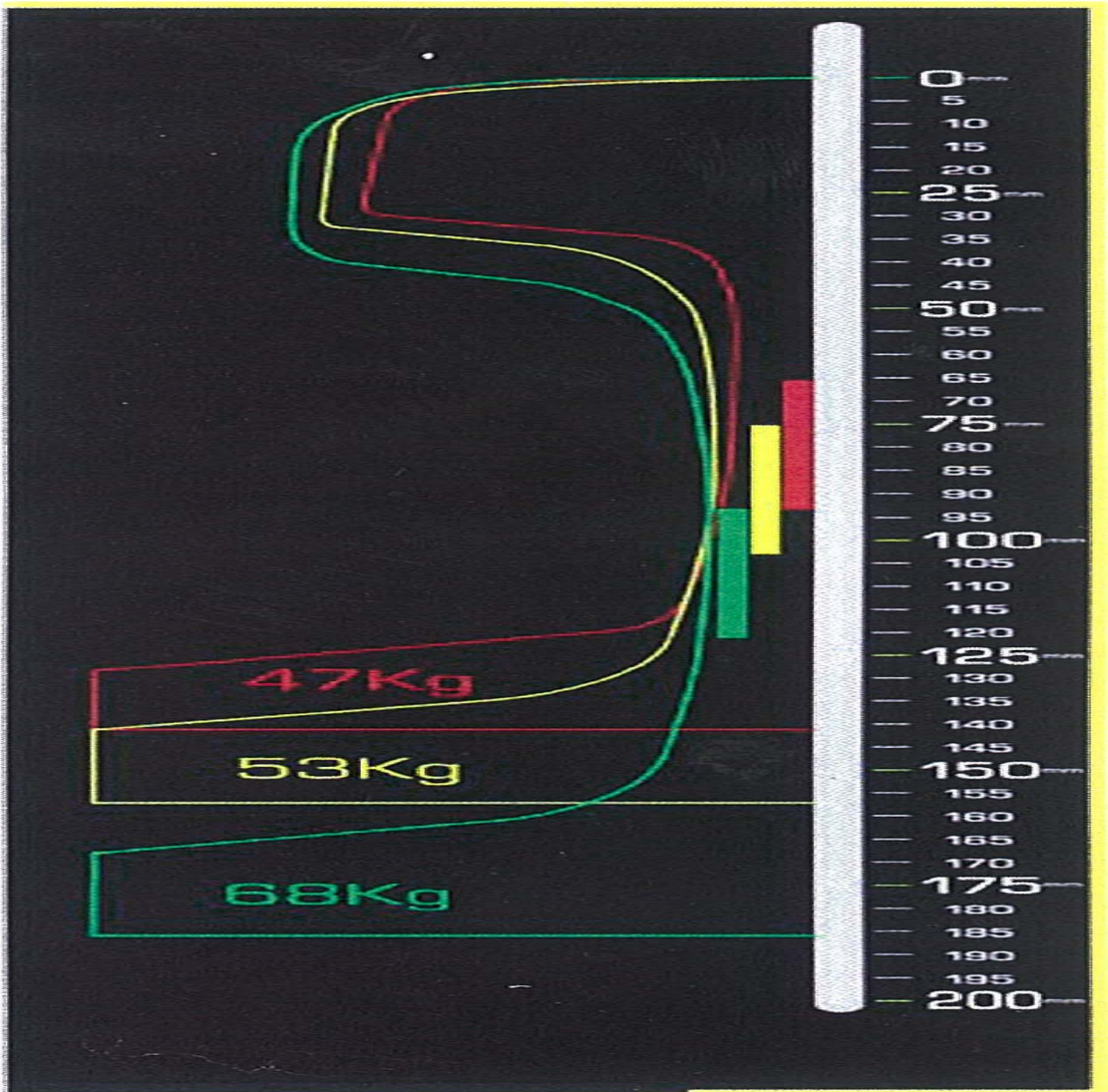


圖 4-21 深度顯示

資料來源：805SX 手持式鋼軌焊道超音波探傷儀操作訓練講義 泛贏股份有限公司(7)

4-3-3 熱劑焊接不良率因素

在施工現場進行鋼軌接頭熱劑焊接過程中，往往因為許多因素的發生而造成鋼軌焊接口的品質不良，以下就歸納幾項產生焊接不良率因素及建議改善方向(如表 4-4)，以提供現場施工人員參考，作為日後在現場施作熱劑焊接時，可以採行並且須多加注意的基本準則。

表 4-4 不良率因素及改善方案

不良率因素	問題呈現	改善方案	備註
人員技術	組模未確實	加強訓練，須有經驗人員指導	
	封模未確實	須有經驗人員指導，防漏膏塗抹須確實	
	預留焊縫不準確	利用間隙尺量測	
	接頭研磨不平	施作時有經驗人員指導，確實施作	
	鋼軌預熱不足	預熱時，注意時間掌控	
	未完成化學反應釋放熔漿	使用產品較穩定的廠牌藥包	
保養維修	道碴不足	定期路線檢查，遇有道碴不足，派員補碴	
	焊接處起道太高或下沉	接頭處左右高度須控制準確	
	路基軟弱下沉	將不良基土挖除，確實夯實並補碴	
施工材料	鋼軌接頭斷面傾斜	以水平尺量測並研磨	
	鋼軌接頭處氧化	研磨接頭處去除氧化部份	
	鋼軌端部裂損	切除再研磨	
	藥包受潮	放置乾燥處或增購除濕機	
天候環境	雨天或濕氣太重	避免雨天施工	
	氣溫過低	提高預熱溫度及延長預熱時間	
	夜間施工光線不足	增加照明燈光	
	地震	地震過後加強巡視	

資料來源：「砸焊圈」簡報資料 趙友璋(15)

4-3-4 焊接口數分析

本案於 103 年 4 月~10 月檢測位於台東線花蓮~瑞穗間區段鋼軌焊接口數共計有 82 口，對於檢測結果(如表 4-5)所示。

表 4-5 檢測成果表

項次	檢測結果	焊接口數	完成率(%)	備註
1	正常	74	0.90	
2	<3mm	7	0.09	
3	3~6mm	1	0.01	
4	6~10mm	0	0.00	
5	>10mm	0	0.00	
合 計		82		

4-3-4 一次型坩鍋與多次型坩鍋優缺點分析：

表 4-6 坩鍋優缺點分析

項次	產品種類	優點	缺點
1	一次型坩鍋	<ol style="list-style-type: none"> 1.安裝使用方便，節省時間 2.使用一次，用後拋棄 3.新品使用品質優良 4.產品包裝密封，品質容易掌控 	<ol style="list-style-type: none"> 1.費用較昂貴(詳單價分析)
2	耐用多次型坩鍋	<ol style="list-style-type: none"> 1.可多次使用 2.費用較便宜(詳單價分析) 	<ol style="list-style-type: none"> 1.安裝較複雜，耗費時間 2.使用後須清除套管殘渣，耗費時間及人力 3.焊接前須預熱一段時間 4.坩鍋內若未清理乾淨，雜質摻入藥包內，會有品質缺陷

4-3-5 一次型坩鍋與多次型坩鍋單價分析：

表 4-7 坩鍋單價分析

材料種類	1	2	3	總計	備 註
一次型坩鍋	一套 2,081*82=170,642 元			170,642 元	整套
耐用多次型坩鍋	(1)坩鍋：750.92 元 (2)坩鍋套管：62.78 元 (3)藥包、點火棒：880 元 (4)坩鍋殘渣清理費：300 元 (1 次) 共花費 1994*14=27,916 元	重覆使用費用：(5 次) (1)藥包、點火棒：880 元 (2)坩鍋殘渣清理費：300 元 (1 次) 共花費 1180*5*14=82,600 元	斷軌緊急搶修費用：(1)鋼軌安裝及焊接工 16 工 (2)司機員 1 工 (3)領班 3 工(4)瞭望員 2 工(5)工程維修車 1 輛 共花費 31,660 元	142,176 元	人力費用依薪點 320 計，1 日薪計算為 1289.17 元(鋼軌焊接 2 口約花費 4 小時，1 工約 860 元)

4-4 小結

經由本案例(如表 4-5)，對於鋼軌焊接現場施作口數所呈現的結果：

- (1) 檢測結果為正常值，其完成率可達 90%，而 < 3mm 值結果約有 9%，在 3mm~6mm 區間結果為 1%，顯示出熱劑焊接法使用在路線沿線鋼軌焊接施作，有很好的效果。
- (2) 經由表 4-7 所呈現的分析結果，雖然一次型坩鍋所花費用較昂貴，但是其品質結果較耐用多次型坩鍋為優良；另因耐用多次型坩鍋的焊接口斷軌機率較高，必要時須作緊急搶修，因此現皆採用一次型坩鍋施作。

五、結論與建議

近年來為配合東線鐵路電氣化，最高運轉速度由原來 105km/hr 調高為 130km/hr，其原有的路線結構必須再做加強，才能達到動力車輛行駛至 130 km/hr 時之穩定性；為了要維持路線的高穩定度，道班人員的路線巡查及平時保養工作非常重要，遇有路基不穩處須隨時改善，以便時時保持行車速度及安全。

關於鋼軌接頭口數的降低亦是現階段所必須執行的重點，隨著強化鋼軌焊接接頭的施作，須著重焊接人員在焊接專業工作上的教育訓練，使用材料方面的儲存保養觀念，另外在道班人員於路線上的保養實屬重要，沒有紮實的鋼軌結構，就無法造就車行速度的使命感。

近幾年台鐵局為了要提升及服務東部百姓的生活水準，不斷的加強服務品質及採購高性能的傾斜式列車來提昇整體營運及增加旅客之搭乘率，其先行條件在面對高速度列車行駛下，鋼軌結構保養更形重要。改變傳統人力保養觀念、降低養護費用、提高行車速度、增加乘車舒適度及確保行車安全是台鐵局目前必須追求的目標。

「台鐵」過去百年背負著本島的運輸交通，它以穩健的步伐往前邁進，然而近二十多年來隨著捷運及高鐵的陸續通車，加入西部走廊的運輸營運，台鐵面對新世紀的鐵路衝擊，唯有力求不斷地改善及提升服務品質，朝向國際化腳步邁進，才能跟上時代的趨勢，才有足夠的能力，有尊嚴的擔負起台灣幹線鐵路運輸大任。

5-1 結論

- (1).雖然一次型坩鍋費用較耐用多次型坩鍋高出 1.2 倍，但其強度高、列車行駛穩定度高、可耐高速行駛、維修費用低為其優點，依現階段台東線已進入電氣化時期，要求速度及平穩度的條件下，本研究分析結果，採用一次型坩鍋作為鋼軌焊接材料，以長期性而言較為經濟。
- (2).依據台鐵局鋼軌焊接口採行 805SX 手持式鋼軌焊道超音波檢測，正常值成功率達 90%，準確率高，攜帶輕巧方便，為現行最合宜之方法。
- (3).由於夜間工作不確定因素多，天候狀況亦甚難掌握，道班養護工作環境較差，為了可以節省維護成本及人力使用，採用一次型坩鍋，是現階段最佳選擇。

5-2 建議

- (1).依據現行台鐵局所購置的進口材料而言，其放置地點雖屬固定，但是並無法有效控制材料儲存在恆溫的空間，保持材料的品質，能建置一處恆溫儲存空間，對提升品質是有幫助。
- (2).施工現場在執行鋼軌切割及熱劑焊接時，須配合優良的護目鏡及安全配

備，以確實保護人員施工安全。

- (3).近年來由於台鐵局退休人員遽增，而鋼軌焊接工作屬於較具專業性質，因此需要確實執行專業人員的教育訓練，讓老幹與新枝能夠持續接軌，才不致於發生技術斷層。
- (4).鋼軌焊接口為斷軌最常發生之處，建立週期性巡查紀錄，預防性維護是在軌道發生缺陷前，將不良區域消除，促進早期處理機制。
- (5).依據表 4-5 檢測成果表所示，檢測結果 $< 3\text{mm}$ 及 $3\text{mm}\sim 6\text{mm}$ 之焊接口處，採用 805SX 探傷儀定期再行檢測，以維護缺陷穩定值。

參考文獻

1. 新世紀鐵路工程學(基礎篇) 黃民仁
2. <http://cbs.ntu.edu.tw/threadread.php/board=history&nums=2642:2650> 新華網
3. 舊東線鐵道基地遺址調查研究計畫〈成果報告書〉行政院文化建設委員會
4. 台灣總督府鐵道部花蓮港出張所〈台灣鐵道台東線〉，一九一七年
5. 交通部臺灣鐵路管理局花蓮工務段 淺談鋼軌焊接與探傷檢測方法 張立憲
6. 台灣高鐵之長焊鋼軌與溫度預力工法介紹及探討 蕭炎泉 黃志明
7. 805SX 手持式鋼軌焊道超音波探傷儀操作訓練講義 泛贏股份有限公司
8. 台鐵局工務養護總隊 鋼軌焊接及超音波焊道品質檢測及破壞試驗 陳俊吉
9. 軌道工程鋼軌焊接品質之管理 捷運技術半年刊 第 39 期 97 年 8 月
洪順財 韓森洋 蘇丁福
10. 交通部臺灣鐵路管理局台東工務段 探傷作業缺陷報告 泛贏股份有限公司
11. 熱劑焊接-標準作業程序 宏鼎國際有限公司
12. 鋼軌鋁熱劑焊接操作手冊 北京中鐵雷威焊接技術有限責任公司 2006 年 9 月
13. 臺灣鐵路管理局工務處養路標準作業程序 熱劑焊接標準作業程序
14. 中華技術 人物專訪 談「軌道工程之現況與展望」 訪臺灣鐵路管理局
黃民仁副局長
15. 「砸焊圈」簡報資料 趙友瑋
16. 「鋼軌焊接與非破壞檢測方法之探討」 莊志弘

集集線小半徑曲線輪軌互制問題探討

The Study on the Problem of Worn-Out Wheels & Rails at Ji-Ji Branch Line Small Curves

施景徽 Shih, Ching-Huei¹

聯絡地址:50059 彰化市西興里西興東路 6 號

Address:No.6, Shihshing E.Rd, Changhua City50059, Taiwan(R.O.C.)

電話(Tel):04-7517611

電子信箱(E-mail):0753030@railway.gov.tw

摘要

台鐵局集集支線自民國 88 年 921 大地震毀損後，停駛重新整建，路線全面改用 PC 枕以增加路線強度，惟自 101 年後車輪異常磨耗漸漸趨於嚴重，一對車輪在正常情況下運用 3 年約行駛 36 萬公里才需鏟削，在集集線約 20 天就得鏟削車輪一次，2 至 3 個月 35000 公里即需更換車輪，102 年 10 月至 105 年 2 月間，車輪之磨耗情況有異於常態。

一年多來台鐵局相關單位就車輛走行裝置與軌道幾何狀況，由各自領域多方進行了解，105 年 3 月 14 日至集集線現場進行最後會勘確認，本文就現況觀察與輪軌互制磨耗有關連的(1)曲線軌距加寬度(即車輪橫動量)、(2)車輪踏面斜度、(3)鋼軌軌面斜度以及(4)再用軌等四個問題，提出心得與建議處理方法，期圓滿解決嚴重的輪軌互制問

¹台鐵局 機務處 彰化機務段 副段長

題。

關鍵詞： 車輪橫動量、車輪踏面斜度、鋼軌軌面斜度、再用軌。

Abstract

921 earthquake destroyed tracks of Ji Ji branch line Taiwan Railway Administration in 1999, the route had been stopped due to rebuilt.

Taiwan Railway Administration Bureau used sleeper by concrete instead of wood in order to enhance the durability of rail tracks. However since 2012, train wheels worn out severely: In a normal condition, a pair of wheels would only require to be replaced after 3 years, about 360,000 km of driving. However, with Ji Ji new tracks, wheels require to be shaved every 20 days of driving, and they needed to be replaced with new ones every 2-3 month (35,000 km). In the recent period of 2.5 years (October 2013 till Feb. 2016), the cost of repair and maintenance increased dramatically.

In the last year, Mechanical and Civil Engineering team engaged in multi-study and understanding from all areas; which is, vehicles traveling device and track laying condition. The team engaged in the last joint inspection at Ji-Ji Line locale and confirmed on March 14, 2016. This essay is going to share my observation by the following 4 aspects:

- 1. Sloch of rails curve.*
- 2. Tread of wheel inclination.*
- 3. Tread of rail inclination.*
- 4. Reused tracks.*

This essay aims to bring up a few points and analysis of possible

causes of worn-out wheels in relations to the rails, hoping to solve this problem.

Keywords: *Sloch of rails curve, Tread of wheel inclination, Tread of rail inclination, Reused tracks.*

一、前言

曲線上的輪軌關係，最重要的兩個參數為軌距加寬度 a 與車輪踏面斜度 $\tan\theta$ ，二者關係大致以 $\tan\theta = \frac{Gr}{2Ra}$ 關係式來運行，且成反比關係，任何一方變更數值時，也應一併考慮另一方的變化，方可達到和諧關係，。

以下針對多年來因集集線小曲線半徑的輪軌關係不良，造成輪緣直立磨耗與軌面磨潰現象進行分析與探討，期能從問題中吸取經驗或加以改良。在探討過程中也發現台鐵局大部分車輪踏面斜度與鋼軌面斜度不同，產生踏面接觸面積不佳，亦是造成動力車容易空轉的原因之一。

二、軌距加寬度

2.1 最大軌距加寬度 30mm 的由來

鐵路員工進修叢書「客貨車運轉理論」^[1]第 7 至 12 頁論及，曲線上軌距加寬度(即車輪橫動量)之設定，應能使輪箍厚度 120mm(本路最小厚度)且輪緣已至磨耗限度 22mm 之車輪，在設有最大加寬度之曲線，亦不致脫軌的條件下，此時車輪踏面至少有 26mm 寬度(50kg 軌面寬 63.5mm 的 40%)留在軌面。曲線軌距加寬可讓車輪有一個橫動量，使整個轉向架前後車輪能順利圓滑通過曲線，22mm 係車輪最小內面距離為 988mm 時之輪緣最小厚度。

由以上條件計算最大加寬度為: $[(120-26)+988+22] - (1067+7)=30$

mm，此為台鐵局 86 年 7 月以前所採用最大軌距加寬度 30mm 的由來 (請參考圖 1)。7mm 為最大軌距公差。

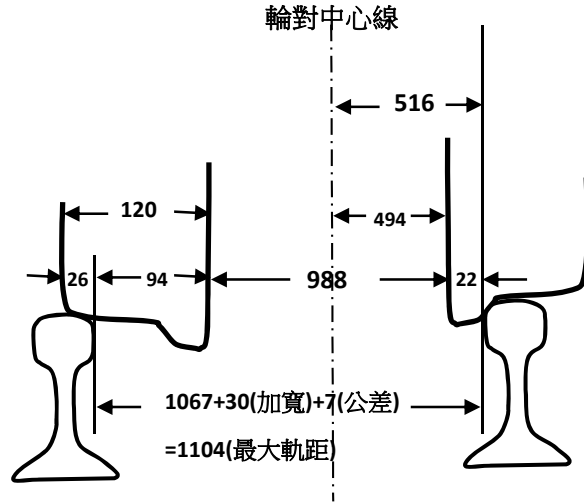
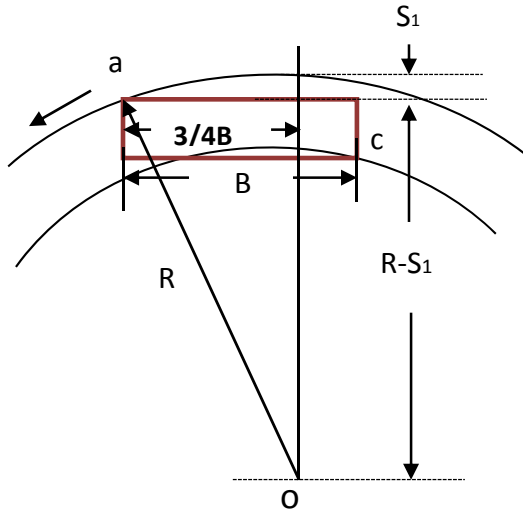


圖 1 最大軌距加寬度

加寬度尺寸之查定，一般以採用下列兩理論公式之平均值，再按 5mm 為單位略加調整， $S_1 = \frac{6000}{R} - 5$ ， $S_2 = \frac{5300}{R} - 10$ ，則加寬度 $S = \frac{S_1 + S_2}{2}$ ， $R = \text{曲線半徑}$ 。

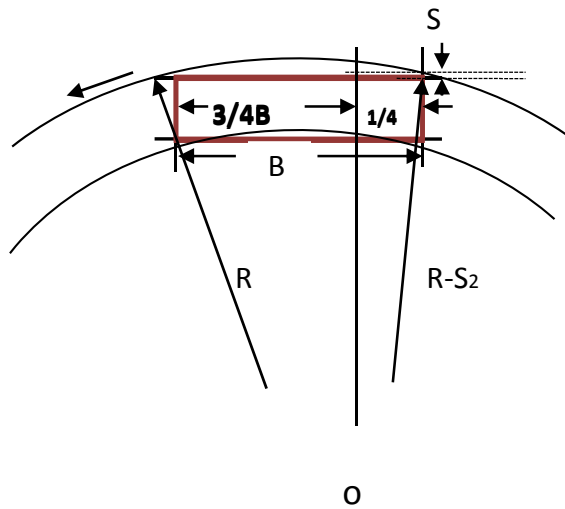
S_1 計算式係假定固定軸距 $B = 4.6$ 公尺之二軸車通過曲線時如圖 2，前軸外側車輪在 a 點與鋼軌接觸，後軸內側車輪在 c 點與內軌接觸，其橫向推力作用於軸距之 $3/4$ 處，於此狀態下所算出中心偏倚量 S_1 ，再扣除輪緣與鋼軌之單側間隙 5mm 者。

依據圖 2，直角三角形 $\left(\frac{3}{4}B\right)^2 = R^2 - (R - S_1)^2$ ，則 $\left(\frac{3}{4} * 4.6\right)^2 = R^2 - (R^2 - 2RS_1 + S_1^2) = 2RS_1 - S_1^2$ ，因為 S_1^2 數值很小可忽略，所以 $S_1 = \frac{5.95}{R} \cong \frac{6}{R}$ (公尺) $= \frac{6000}{R}$ (mm)。再扣除輪緣與鋼軌之單側間隙 5mm，則 $S_1 = \frac{6000}{R} - 5$ (mm)。



(圖 2) 固定軸距中心偏倚量 S_1

S_2 計算式係假定固定軸距 $B=4.6$ 公尺之二軸車通過曲線時，車輛之橫向推力作用於固定軸距全長之 $3/4$ 處，計算輪緣與鋼軌之間隙 S_2 如圖 3，再扣除輪緣與鋼軌之(兩側)間隙 10mm 者。



(圖 3) 輪緣與鋼軌之間隙 S_2

依據圖 3，兩個直角三角形相同共用邊， $R^2 - \left(\frac{3}{4}B\right)^2 = (R - S_2)^2 -$

$(\frac{1}{4}B)^2$ ，經因式分解求得 $\frac{B^2}{2} = 2RS_2 - S_2^2$ ，因為 S_2^2 數值甚小可忽略，

則 $S_2 \cong \frac{B^2}{4R}$ ， $B=4.6m$ 代入，所以 $S_2 \cong \frac{5.3}{R}$ (公尺) $=\frac{5300}{R}$ (mm)。再扣除輪緣

與鋼軌之兩側間隙 $5 \times 2 = 10mm$ ，則 $S_2 = \frac{5300}{R} - 10(mm)$ 。

現以曲線半徑 $R=150m$ 為例， $S_1 = \frac{6000}{R} - 5(mm) = \frac{6000}{150} - 5 = 35mm$ ，

$S_2 = \frac{5300}{R} - 10(mm) = \frac{5300}{150} - 10(mm) = 25.3mm$ ，故加寬度

$S = \frac{35+25.3}{2} \cong 30mm$ 。

2.2 DRC 輪轂厚度與軌距加寬度的檢視

由集集線運行之 DR1000 型柴油客車，實際量測其輪轂厚度為 136mm(平均 135mm)，左右車輪之內面距離為 991mm(平均 990mm)，如最小內面距離仍採用最嚴苛的最小極限值 988mm，再重新計算 DR1000 型柴油客車的軌距最大加寬度可達到：**【(135-26)+988+22】** - (1067+7)=45 mm 仍不致脫軌，意即在最大軌距加寬度 30mm 的條件下，DR1000 型柴油客車的車輪踏面仍有 $45-30+26=41mm$ (50kg 軌面寬 63.5mm 的 65%)留在軌面上，41mm 比 26mm 大，是更加安全無虞。

惟二水=龍泉間另有其他貨物列車會行駛，最小輪轂厚度可能有 120mm 者，故最大加寬度仍須以 30mm 為準，無法調高至 45mm，同時因軌距加寬度與車輪踏面斜度有關，如果最大加寬度要調比 30mm 高時，除踏面斜度需調降外，軌面斜度也須配合車輪踏面斜度調降，將於第三節詳述。

2.3 歷年曲線軌距加寬度之修訂

歷年鐵路修建養護規則，對於曲線軌距加寬度曾修訂二次，分別於民國 86 年 7 月「工務規章彙編」^[2]印行修訂一次，「103 年 9 月 26 日鐵工路字 1030031496 號函」^[3]再修訂一次，歷次加寬度的修訂呈逐次縮減趨勢，將最大加寬度由 30mm 降至 20mm 如表 1、表 2 以及表 3 所示：

表 1 曲線半徑與加寬度對照表(86 年 7 月以前使用)

曲線半徑(m)	不滿 170	170 以上 不滿 200	200 以上 不滿 240	240 以上 不滿 320	320 以上 不滿 440	440 至 600
加寬度(mm)	30	25	20	15	10	5

註：R=170m 以下最大加寬為 30mm。

表 2 曲線半徑與加寬度對照表(86 年 7 月至 103 年 9 月使用)

曲線半徑(m)		200 以下	200 以上 不滿 240	240 以上 不滿 320	320 以上 不滿 440	440 以上 不滿 600
加寬度(mm)		25	20	15	10	5

註：R=200m 以下最大加寬為 25mm，縮小 5mm。

表 3 曲線半徑與加寬度對照表(103 年 9 月起至目前使用)

曲線半徑(m)		200 以下	200 以上 不滿 240	240 以上 不滿 320	320 以上 不滿 440	440 以上
加寬度(mm)		20	15	10	5	0

註：各級距都降 5mm，且 R=200m 以下為 20mm，再次縮小 5mm。

2.4 加寬度的縮小造成車輪直立磨耗

輪軌關係中，各車種車輪的各項數據皆沿用 86 年以前的規定未曾更改，與最大軌距加寬度計算有關的參數如前述 2.1 節 120mm(輪轂厚度)、26mm(車輪踏面留在軌面上之最小寬度)、988mm(車輪內面距離)、22mm(最小輪緣厚度)以及車輪踏面斜度 $\tan\theta=1/20$ 均未變動的情況下，為何曲線加寬度單方面的縮小 5 至 10 mm 不等，仍有值得商榷之處，在本線因為半徑 400m 以下的曲線不多，影響較小，可是支線都是 400m 以下的曲線，加寬度的縮小使車輪橫動量不足，造成車輪直立磨耗的影響較大。

集集線 400m 以下之小曲線多達 50 處，可由表 4 得知。

表 4 集集線曲線數量

曲線半徑(公尺)	400~300	300~200	小於 200	小計
數量(處)	21	22	7	50

2.5 加寬度縮小 10mm 的可能原因

加寬度縮小原因無可考，依據常理判斷，可能在木枕時代以枕釘固定軌距較容易被衝擊而擴大，所以希望把加寬度縮小 10mm 當緩衝餘裕，可減少因為軌距擴大保養不及造成出軌的風險，但以此方式處理也同時增加輪緣直立磨耗的問題，二者間須要取個平衡點，尤其目前全路都是剛性的 PC 枕，軌距已很難被彈性擴張。



圖 4 集集線鋼軌磨耗



圖 5 DRC 輪緣異常直立磨耗

上圖 4 為集集線曲線半徑小於 200m 之軌面磨潰寬度 a'顯示出，其寬度近似於加寬度縮小值 10mm。此現象推測可能為軌距加寬不足 30mm，且軌距無法彈性擴張，造成輪軌互制磨損所致。

三、踏面斜度

3.1 車輪設踏面斜度之目的

鐵路員工進修叢書「客貨車運轉理論」^[1]第 139 至 141 頁論及車輪設踏面斜度之目的有三：

- (1) 為使車輪在通過曲線時，能繼續圓滑之轉動。凡車輛在行駛曲線時必產生離心力，有向外軌偏倚之傾向，此時如踏面設有斜度則外車輪能以直徑較大之踏面迴轉，內側車輪以較小直徑之踏面轉動，以補償外軌與內軌之長短差，使左右輪能順利通過曲線。
- (2) 車輪踏面設斜度，使車輪能時常保持對鋼軌之復原性，讓車軸中心時常維持在軌道中心運轉，以減少輪緣磨耗。
- (3) 現行車輪踏面斜度採取 1/20 理由，與軌距加寬度有關，乃為使車輛在 300 公尺(本線最小曲線半徑 300m)曲線上，其車輪之踏面與鋼軌之接觸面，能向曲線內側移動約 15mm，以謀順利通過曲線。此處之 15mm 就是軌距加寬度，計算原理如圖 6 所示，兩相似三

角形對應邊之比值相同， $\frac{R+G/2}{R-G/2} = \frac{r+b}{r-b} = \frac{r+a \tan\theta}{r-a \tan\theta}$ ，兩邊交叉相

$$\text{乘得} \frac{G}{2R} = \frac{a \tan\theta}{r}, \therefore \tan\theta = \frac{Gr}{2Ra} \dots\dots \textcircled{1}$$

曲線半徑 R=300m，軌距加寬度 a=15mm，車輪半徑 r=430mm 代入公式①得車輪踏面斜度 $\tan\theta = \frac{1.067 \times 0.43}{2 \times 300 \times 0.015} = \frac{1}{19.5} \cong \frac{1}{20}$ (新車輪直徑 860mm)，可將表 1 曲線半徑值以及軌距加寬度帶入上式①，求出的車輪踏面斜度 $\tan\theta$ 均近似於 1/20，此乃台鐵局踏面斜度設 1/20 的

由來。

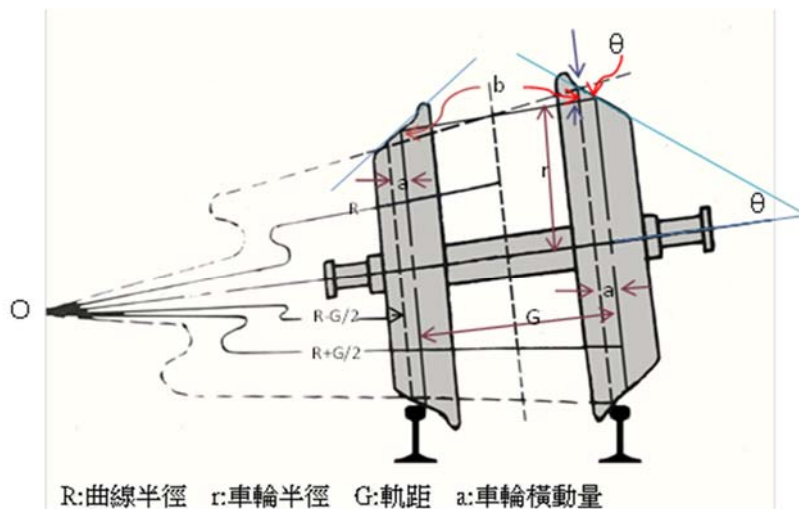


圖 6 軌距加寬度與踏面斜度關係圖

3.2 最大軌距加寬度 20mm 應配合的踏面斜度

台鐵局 DR1000 型柴油客車踏面斜度為 1/20 如圖 7 所示，適合使用表 1 之加寬度 30mm，如以集集線 7 個 200m 以下曲線(小半徑 150m)，並且用目前建養規則使用加寬度 20mm，重新計算加寬度 20mm 時，

應該匹配的車輪踏面斜度 $\tan\theta = \frac{1.067 \times 0.43}{2 \times 150 \times 0.02} = \frac{1}{13}$ ，此數值與實際車輛 1/20 偏離，將導致輪軌互制不和諧。

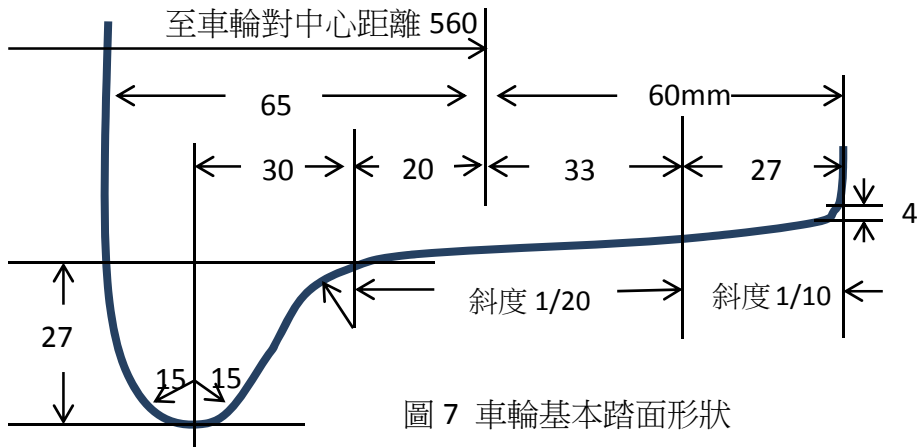


圖 7 車輪基本踏面形狀

所以車輪踏面斜度與軌距加寬度兩者也是息息相關，依公式①

$\tan\theta = \frac{Gr}{2Ra}$ ，在某個曲線半徑為 R 時，因軌距 G 、車輪半徑 r 視為定值，所以踏面斜度與軌距加寬度 a 二者呈反比關係，有一方改變另一方要跟著變，雙方才能和諧運轉，台鐵路車輪的踏面斜度 $1/20$ 未變，則最大軌距加寬度不宜縮小為 20mm ，應該維持 30mm 。

台鐵路如研議將車輪踏面斜度降低為 $1/40$ ，則在曲線半徑小於 200m 時，最大軌距加寬度理應該提高為 45mm ，不能採用現行的 20mm ，才不會造成輪軌互制。因為曲線半徑 200m 時，由公式① $\frac{1}{40} = (1.067 \times 0.43)/(2 \times 200 \times a)$ ，可得軌距加寬度 $a=45.8\text{mm}$ ，曲線半徑 300m 時，由公式① $\frac{1}{40} = (1.067 \times 0.43)/(2 \times 300 \times a)$ ，可得軌距加寬度 $=30.5\text{mm}$ ，曲線半徑 440m 時，由公式① $\frac{1}{40} = (1.067 \times 0.43)/(2 \times 440 \times a)$ ，可得軌距加寬度 $a=20.8\text{mm}$ ，因此，每一階都要相對提高。

事實上， a 是受最小輪轂厚度 120mm 以及通過曲線需有 26mm 踏面留在軌面上的限制，所以不能調高到 45mm ，最多只能調高到 30mm ，

除非最小輪轂厚度已經大於 120mm，於此既然無法提高軌距加寬度 a 至 45mm，就不宜降低車輪踏面斜度至 1/40，要不然與 3.1-(1)的原理相悖，內軌與外軌長度差無法得到完全補償，除造成輪軌異常磨耗外，軌面波狀磨耗亦將顯現。

1/40 的車輪踏面斜度並不適合含有 300m 以下小曲線半徑的支線，除非其最大軌距加寬度可以調高到 45mm。通常曲線半徑大且少的傳統鐵路或者高速鐵路才會採用較低車輪踏面斜度 1/40，其主要功用是可以延長蛇行動之波長，提高乘坐之舒適度，如日本的新幹線採用 1/40，一般多彎且速度不高的在來線則採用 1/20，可利用重力之復元性增加車輪對軌道中心的回復力，以降低橫壓。

3.3 路線屬性與踏面斜度

同理，如不變更軌距加寬度，仍要沿用現行最大加寬度 20mm 時，

由公式①的車輪踏面斜度應配合提高為 $\tan \theta = \frac{1.067 \times 0.43}{2 \times 170 \times 0.020} =$

$\frac{1}{14.8} \cong \frac{1}{15}$ (新車輪直徑 860mm)，而不是降低為 1/40，以免輪軌關係不良。

世界各國鐵路依據屬性，將車輪踏面斜度設為 1/10、1/20、1/30 以及 1/40 等四階，台鐵局因曲線多的屬性，通過曲線時需要利用車輪軸對軌道中心的回復力與直線上蛇行動的兼顧考量，所以長年以來客車車輪踏面斜度使用 1/20，貨車因速度慢且不需考慮舒適度，更有使用到 1/10 的踏面斜度。

3.4 日本狹(窄)軌車輪踏面斜度與曲線軌距加寬度

JR 在來線與大部分民營鐵路路線條件類似台鐵局路線特性，其車輪踏面斜度一般均採用 1/20，相配合的曲線軌距加寬度在日本鐵道技術書籍:路線(山海堂出版社)第 3 章論及軌道整備心得如表 5 以及圖 8，

台鐵局 86 年以前使用的軌距加寬度數據與之相同。

表 5 日本狹軌線軌道整備心得による^[4]

曲線半径 R(m)	~169	170~199	200~239	240~319	320~439	440~600
加寬度スラック(mm)	30	25	20	15	10	5

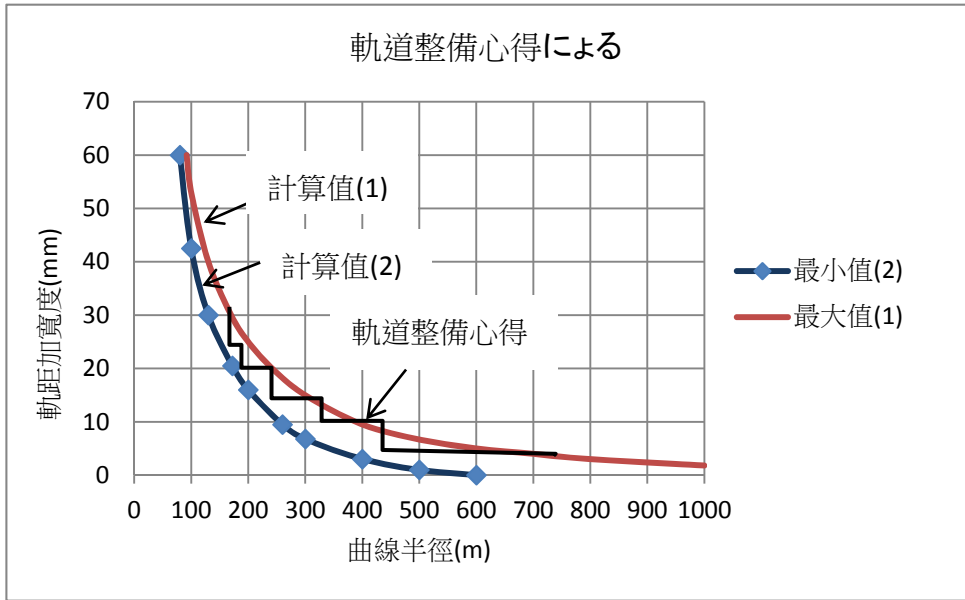


圖 8 日本窄軌線軌距加寬度理論計算結果圖^[4]

另日本鐵道技術書籍:鐵路曲線(交友社出版)第一章也論及軌距加寬度之實用值如表 6。

表 6 スラック (狹軌線)^[5]

曲線半径(m)	スラック (mm)
200 未滿	25
200 以上 240 未滿	20
240 " 320 "	15

320 " 440 "	10
440 " 600 まで(止)	5

四、軌距加寬度調整前後試驗成績對照

4.1 調整前

試驗調整前，使用的最大軌距加寬度為 20mm，車輪銹削輛數統計時間由 102 年 10 月至 105 年 3 月中旬如圖 9，輪緣磨耗嚴重時約 15 天即須進廠銹削車輪一次，一個月內 21 輛運用有 16 輛進廠銹削過。

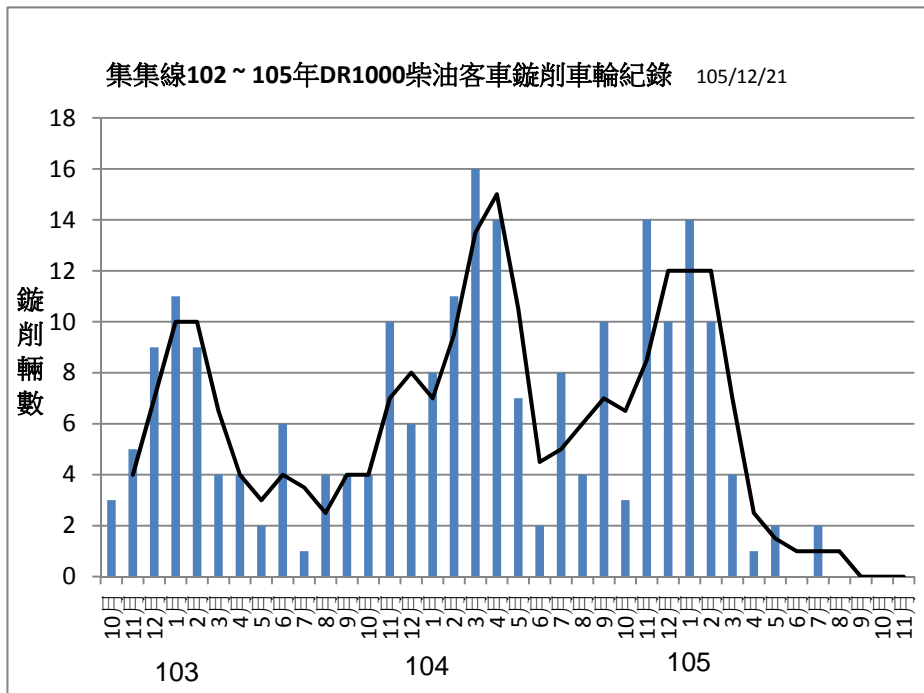


圖 9 102 年 10 月至 105 年 11 月 DR1000 每月銹削車輪輛數統計

4.2 調整後

本(105)年 3 月中旬會勘後，將曲線半徑 200m 以下(含)的曲線軌距加寬度試調整為 25mm，車輪銹削輛數統計時間由 105 年 4 月至 105 年 11 月份如圖 9，歷經七個月觀察，銹削輛數明顯下降，4 月 1 輛，5、7 月份各 2 輛，6、8、9、10、11 月為 0 輛，其中 4、5、7 月份為動輪空轉造成輪徑差所做的銹削，並非因直立磨耗之銹削。

為更詳細觀察輪緣磨耗狀況，自 105 年 5 月 11 日起，選擇剛換新車輪的 DR1020 以及 DR1022 等兩輛柴油客車，進行耐久性(約 9 個月)的輪緣磨耗追蹤，第一階段經過七個月的追蹤紀錄如表 7 以及表 8 所示，輪緣厚度從 525 變化至 522.5，輪緣角度由 24 度變化至 22 度，磨損的數值變化屬極微量的減少，依此，似可推論集集線半徑 200m 以下之小曲線，其軌距加寬度不足 30mm，是輪軌互制的主要原因。集集線有半徑 150m 以及 200m 之曲線共 7 處，半徑 170m 以下之曲線加寬度宜採用 30mm，半徑 170m~200m 之曲線加寬度宜採用 25mm。

表 7 實驗軌距加寬度放大為 25mm 追蹤輪緣磨耗情形表

DR1020						
量測日期	車輪各部尺寸		#1 軸	#2 軸	#3 軸	#4 軸
105.5.11.	輪緣厚度 (517~527)	L	525	525	525	525
		R	525	525	525	525
	輪緣角度 (17°~24°)	L	24	24	25	24.5
		R	24	24	24	24
105.5.19.	輪緣厚度 (517~527)	L	525	525	525	525
		R	525	525	525	525
	輪緣角度 (17°~24°)	L	24	24	25	24.5
		R	24	24	24	24
105.5.27.	輪緣厚度 (517~527)	L	525	525	525	525
		R	525	525	525	525
	輪緣角度 (17°~24°)	L	24	24	25	24.5
		R	24	24	24	24

105.6.8.	輪緣厚度 (517~527)	L	524.5	524.5	525	525
		R	524.5	525	525	525
	角度 (17°~24°)	L	24	24	25	24.5
		R	24	24	24	24
105.6.21.	輪緣厚度 (517~527)	L	524.5	524.5	525	524.5
		R	524	525	525	525
	角度 (17°~24°)	L	24	24	24.5	24
		R	23.5	24	24	24
105.7.4.	輪緣厚度 (517~527)	L	524.5	524.5	524.5	524.5
		R	524	525	524.5	524.5
	角度 (17°~24°)	L	24	24	24	24
		R	23.5	24	24	24
105.8.9.	輪緣厚度 (517~527)	L	524	524.5	524.5	524
		R	524	525	524.5	524
	角度 (17°~24°)	L	24	24	24	24
		R	23.5	24	24	24
105.9.2.	輪緣厚度 (517~527)	L	524	523.5	524.5	524
		R	523.5	524.5	524	524
	角度 (17°~24°)	L	24	23.5	24	24
		R	23.5	24	24	24
105.9.20.	輪緣厚度 (517~527)	L	524	523.5	524.5	524
		R	523.5	524.5	524	524
	角度 (17°~24°)	L	24	23	24	23.5
		R	23.5	24	23.5	24
105.11.01.	輪緣厚度 (517~527)	L	523.5	523	523.5	523.5
		R	523	523.5	524	524
	角度 (17°~24°)	L	23	23	23.5	23
		R	23	23.5	23	23.5
105.11.22.	輪緣厚度 (517~527)	L	523.5	523	523.5	523
		R	523	523.5	523.5	523.5
	角度	L	23	22.5	23	22.5

	(17°~24°)	R	22.5	23	23	23
105.12.12.	輪緣厚度 (517~527)	L	523.5	523	523	522.5
		R	523	523.5	523	523.5
	角度 (17°~24°)	L	22.5	22	22	22
		R	22	23	23	23

表 8 實驗軌距加寬度放大為 25mm 追蹤輪緣磨耗情形表

DR1022						
量測日期	車輪各部尺寸		#1 軸	#2 軸	#3 軸	#4 軸
105.5.11.	輪緣厚度 (517~527)	L	525	525	525	525
		R	525	525	525	525
	輪緣角度 (17°~24°)	L	24	24	24	24
		R	24	24	24	24
105.5.17.	輪緣厚度 (517~527)	L	525	525	525	525
		R	525	525	525	525
	輪緣角度 (17°~24°)	L	24	24	24	24
		R	24	24	24	24
105.5.27.	輪緣厚度 (517~527)	L	525	525	525	525
		R	525	525	525	525
	輪緣角度 (17°~24°)	L	24	24	24	24
		R	24	24	24	24
105.6.3.	輪緣厚度 (517~527)	L	525	525	525	525
		R	524.5	525	525	525
	角度 (17°~24°)	L	24	24	24	24
		R	24	24	24	24
105.7.20.	輪緣厚度 (517~527)	L	524	524	524.5	524
		R	523.5	524	524	524
	角度 (17°~24°)	L	24	24	24	24
		R	23.5	24	24	24
105.8.8.	輪緣厚度 (517~527)	L	524	524	524.5	524
		R	523.5	524	524	524
	角度	L	24	24	24	24

	(17°~24°)	R	23.5	24	24	24
105.9.1.	輪緣厚度 (517~527)	L	524	524	524.5	524
		R	523.5	524	524	524
	角度 (17°~24°)	L	24	24	24	24
		R	23.5	24	24	24
105.9.20.	輪緣厚度 (517~527)	L	523.5	524	524.5	524
		R	523.5	524	524	524
	角度 (17°~24°)	L	24	24	24	23.5
		R	23.5	24	24	23.5
105.10.12.	輪緣厚度 (517~527)	L	523.5	524	524	523.5
		R	523	523.5	524	524
	角度 (17°~24°)	L	23	24	24	23
		R	23	23.5	24	23.5
105.11.23.	輪緣厚度 (517~527)	L	523	524	524	523
		R	523	523	524	523.5
	角度 (17°~24°)	L	22.5	24	24	23
		R	23	23	24	23
105.12.13.	輪緣厚度 (517~527)	L	522.5	524	524	523
		R	523	523	523	523
	角度 (17°~24°)	L	22	23	23	22
		R	23	23	23.5	22.5

五、 再用軌移用支線問題探討

5.1 再用軌的軌面斜度

目前集集線鋼軌抽換均使用本線換下來的再用軌，亦即將再用軌左右對調後再使用於支線，這樣處理需要考慮到軌面斜度是否可與車輪踏面斜度正常吻合的問題，目前工務採購新鋼軌的軌面斜度為 1/40，

而新標準車輪踏面斜度為 $1/20$ ，兩者已經相差 $1/40$ ，接觸貼合面積不佳，如把磨耗過大的鋼軌左右對調，因對調過後的外側已經磨耗掉些許，往外斜度將大於 $1/40$ ，其平均與車輪踏面接觸區域之斜度差比全新鋼軌時還大，踏面與軌面的接觸斑面積將更少，輪軌接觸的區域集中在車輪根部及根部下緣附近，如圖 9 以及圖 10，除接觸面積少容易空轉外，通過曲線離心力之橫壓使輪緣之等效應力加大，尤其在新銼削完之標準車輪進入再用軌使用時，直立磨耗更為明顯，與目前車輛維修單位反應的使用現象相符，問題需要正視。

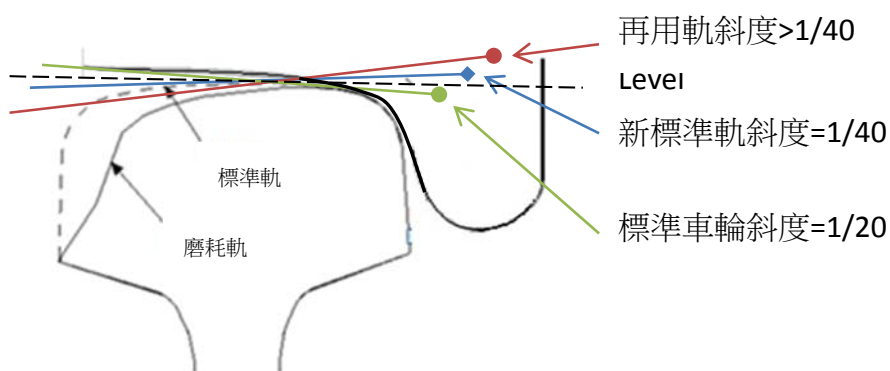


圖 9 再用鋼軌左右互調後與車輪之接觸情形示意圖。^[6]

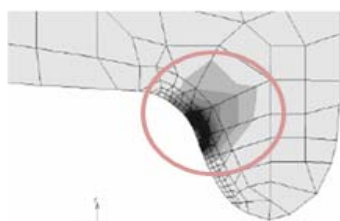


圖 10 再用鋼軌左右互調後輪軌接觸等效應力集中於根部下緣。^[6]

5.2 軌面磨潰的影響

標準加寬度調整好後，遇有軌面磨潰嚴重情形如圖 11 及圖 12，也應及時更換鋼軌，因為在曲線的軌距除標準加寬外又增加磨耗寬度，將增大車輪橫動量 a 值，通過曲線時令輪對向軌道中心復原力降低，更加重輪緣碰撞鋼軌之橫向力與作用時間。

例如在 150m 的曲線上，軌距加寬為 30mm，鋼軌如果磨潰了 18mm，則車輪橫動量增加為 $a=0.03+0.018=0.048\text{m}$ ，代入公式①，得到 $\tan\theta = \frac{1.067 \times 0.43}{2 \times 150 \times 0.048} = \frac{1}{31.4} \cong \frac{1}{30}$ ，意即橫動量之增加等同於車輪踏面斜度降低，踏面斜度降低則車輪依重力向軌道中心復原力降低，加重輪緣碰撞鋼軌之橫向力。所以磨潰的愈多， $\tan\theta$ 則愈小，復原力即愈低，輪緣及鋼軌愈容易磨損。

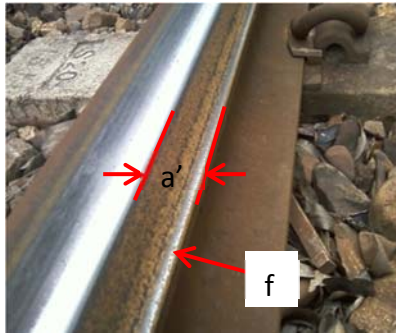


圖 11 磨耗寬度 a' 與磨擦痕 f

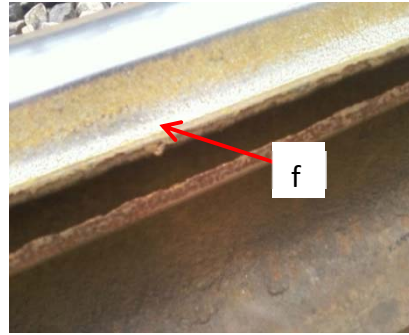


圖 12 輪緣與鋼軌間磨擦痕 f

六、 結論與建議

- 6.1 輪軌關係的參數非有特殊原因不宜變動，台鐵局近年來在車輪踏面斜度 1/20 及最小輪箍厚度 120mm 未變的情況下，將最大軌距加寬度縮小 10mm 導致支線的輪軌關係異常磨耗，業經本(105)年 3 月 14 日會勘決定，試驗性的將曲線半徑 200m 以下的軌距加寬度試調整為 25mm，經過七個月觀察，DR1000 型柴油客車輪緣異常磨耗問題幾近於正常，所以台鐵局之軌距加寬度，應可調回適用 86 年以前的曲線軌距加寬度值，以確保輪軌和諧。
- 6.2 車輪踏面斜度與軌距加寬度兩者息息相關，變動踏面斜度的成本遠高於調整軌距加寬度，踏面斜度宜維持 1/20，曲線半徑小於 170m 之最大軌距加寬度宜調至 30mm。

- 6.3 建議對於磨潰過度之鋼軌，應即時抽換並使用全新 50Kg 鋼軌，令輪軌接觸型面吻合，增加車輪踏面接觸面積，可防止動輪空轉與直立磨耗。
- 6.4 採購新鋼軌面的斜度應與新標準車輪踏面斜度吻合，兩者宜檢討力求統一，可增加輪軌踏面接觸面積，以防止空轉，尤其台鐵局習慣使用動力較集中的大出力車種，此種兩方斜度不吻合會產生動輪空轉的不良因子，應該盡量消除之。
- 6.5 輪軌異常磨耗不單是本文所述之原因，其他如超高度、曲線整正、長軌化及線形測量回歸等均有影響，是一個費成本的工程，須投入大量的人力、物力去改造。集集支線的維修成本比本線還多，是三條支線當中路線最長、行駛速度最高(70kph)，對軌道的破壞力最大，集集線如定義以慢活觀光為營運目的，建議調降營運速度以及部分曲線限速，全線最高限速 50kph，以降低維護成本。

參考文獻

1. 林坤旺:客貨車運轉理論，鐵路員工進修叢書 1985 年 5 月初版。
2. 台灣鐵路管理局工務處:工務規章彙編，1997 年 7 月。
3. 103 年 9 月 26 日鐵工路字 1030031496 號函。
4. 路線，山海堂出版社，日本鐵道技術書籍。
5. 鐵道曲線，交友社出版，日本鐵道技術書籍。
6. 孫傳喜、張軍、趙騰:機車輪緣磨耗對輪軌接觸狀況的影響，大連交通大學交通運輸工程學院，2012 年 10 月工程力學第 29 卷第 10 期，文章編號 1000-4750(2012)10-0308-05。

抗沖蝕網袋於加固鐵路沿線路床之應用實例

Utilizing “erosion control bags” to Stabilize trackbed.

林政偉 Lin, Cheng-Wei¹

聯絡地址：臺中市東區復興路 4 段 233 巷 11 號

Address：No.11,Lane233,Sec4,Fu Hsing Rd,Taichung City,Taiwan

電話 (Tel)：04-22263895

電子信箱 (E-mail)：0463455@railway.com.tw

摘要

鐵路沿線於颱風季節時，常因豪大雨造成地面逕流與區域排水灌入軌道，致使鐵路排水系統宣洩不及，淹沒軌道。強勁水流淘刷路基外側石碴，造成路基外側出現許多坑洞，而流失的道碴更堆積在鐵路排水溝內，使排水不良之情況更加惡化。

為解決上述問題，並為加固軌道外側路基石碴及邊坡，臺鐵局臺中工務段導入自然滲水及排水的綠色概念，採用具有材質強韌、耐紫外線及能承受外力衝擊等特性之聚乙烯纖維抗沖蝕網袋。填入碎石及石碴料，並疊放於坑洞中，因抗沖蝕網袋具有高透水性及韌性，可確保排水時石碴不流失，更可利用抗沖蝕袋之重量來加固週邊路基，以便達到維持鐵路沿線路基穩定之目的。

關鍵詞：道碴、石碴、抗沖蝕網袋、軌道排水、路基

¹ 臺鐵局 臺中工務段 技術助理

Abstract

During typhoon seasons, TRA's rail track areas are often flooded by surface runoff due to downpours; as a consequence, the railway drainage system is not able to drain in time, and the track is submerged. Strong water flow scours off the ballast from outside trackbed and a great number of potholes appear at track side. The ballast, which is washed away and accumulated in the drain channel, worsen the drainage function.

In order to solve the above problem and strengthen the ballast on the edge of trackbed and slope section, Taichung Construction Branch of TRA introduce into the green concept of natural seepage and drainage. By adopting erosion control bags, made from polyethylene fiber, features strong materials, UV-resistant and withstanding external force impact. Filled with gravel and ballast, these bags were places in the potholes. Because the Bag is highly-permeable and tough, it can be sure that the ballast would not be washed away when draining. Furthermore, the weight of the bag can be utilized to strengthen and stabilize nearby trackbed, so that the aim of maintaining the rail trackbed can be achieved.

Keywords : *erosion control bag 、 trackbed 、 ballast*

一、發展緣由

臺鐵台中線 K144+700~K146+700(苗栗-南勢間)為一路塹地形，於 102 年 7 月 13 日蘇力颱風帶來豪大雨（苗栗日雨量紀錄為 425.5mm），周邊道路雨水逕流排入鐵路區域，鐵路排水系統宣洩不及，該路段排水淹沒軌道且流速極快，導致部分 U 形道床外側路基碎石被沖刷，估計有 2 公里路段受到漫淹水流影響，而碎石被水流帶至鐵路側排水溝造成淤塞，加惡排水不良狀況。

災後巡檢發現電力桿基礎因水流淘刷而裸露，電纜槽底部被沖刷掏空導致電纜槽使其移位而損害，同時造成號誌電纜外露或被碎石掩埋。（如圖 1~4）。



圖 1 U 形道床外側水流沖刷



圖 2 U 形道床外側水流沖刷



圖 3 電纜槽遭水流沖刷掏空底部



圖 4 U 形道床外側水流沖刷

災後復舊首先思考以同樣的碎石級配材料回填坑洞，由於施工場地狹小並緊鄰鐵路無法以重型機具來夯實，如遇類似的豪大雨可能會被再次被沖刷。

續想以低強度預拌混凝土澆置回填，或將回填碎石以化學藥劑固結方式，可強化碎石抗沖刷能力，但 U 形道床外側路基的滲、排水功能會被影響，反使排水往 U 形道床底部流動，造成掏刷的潛在風險，另混凝土的泥水及固結用化學藥劑有影響環境之虞。

最後考量復舊路段旁堆置了尚未運棄之廢道碴，因此就近利用廢道碴，並結合 PE 土包袋做成「石碴網袋」來加速復舊，亦可簡化施工所需機具與材料。石碴網袋除了有強化路基功效，更可將廢道碴將回收再利用，以節省公帑。

二、石碴網袋特色

臺鐵局臺中工務段每年約有 3,000 立方公尺以上的換碴後廢石碴，目前廢石碴處理方式為將廢料折讓予換碴立約商後清運，而廢石碴對於鐵路路基而言僅是被泥沙污染或是磨損，並非材料損壞無法再使用的狀態，換碴立約商將廢石碴運送至碎石場清洗後就可作乾淨碎石販售，對於本局來說是相當

大的損失，只要篩洗石碴就可節省不少換碴費用。(圖 5)

因此利用這次災害復舊機會來使用閒置之廢石碴，結合 PE 土包袋作為石碴網袋，使廢石碴回收再利用於鐵路周邊土建設施。

PE 土包袋特色為：1.袋體強韌、2.可抗紫外線，本次使用袋體為 60*50 公分(圖 6)，裝入石碴後袋體為約 50*40*18 公分，重量約 25 公斤。(圖 7~8)

石碴網袋特色：

- 1.強韌的袋體可使小粒徑的道碴結合成大單元，更能增加抗壓、抗磨、抗沖刷等特性。
- 2.透水性良好，細泥沙可容易通過不易存留於袋中，因此袋體於戶外環境也不易讓雜草附著生長。
- 3.石碴裝袋後重量最多可達 25 公斤，對於洪水沖刷也有一定的抵抗能力。
- 4.PE 土包袋袋體強韌可抗碎石銳角穿刺，於施工期間不易造成破損；抗紫外線特色使袋體於戶外環境下壽命更久。
- 5.將廢道碴裝袋作為石碴網袋後，可使堆置於路線旁之廢道碴景觀美化，另堆疊於棧版可便利吊運並便利使用於路線緊急搶修。(圖 9~10)



圖 5 廢道碴堆置於路線旁



圖 6 PE 土包袋



圖 7 完成之石碴網袋



圖 8 袋重可達 25 公斤



圖 9 以人工或機械裝袋



圖 10 將石碴網袋堆疊於棧板上

三、石碴網袋使用於復舊之辦理情形

災後搶修先以小額採購方式購買麵粉袋、太空袋裝入廢道碴，再置放於坑洞內。但因麵粉袋不耐日曬易破碎，碎屑飛飄污染週邊環境，另太空袋透水性差、體積較大難置放於較小坑洞內(圖 11~12)。後另改用 PE 土包袋作為石碴網袋復舊方式，評估此方式其透水性及耐用性皆比麵粉袋、太空袋優良。



圖 11 麵粉袋不耐天候及易刺穿



圖 12 太空袋置放不易且透水性差

104 年 3 月配合工程經費發包辦理，續以石碴網袋方式復舊剩餘路基外側坑洞及使電纜槽復位，於同年 9 月竣工(如圖 13~14)。

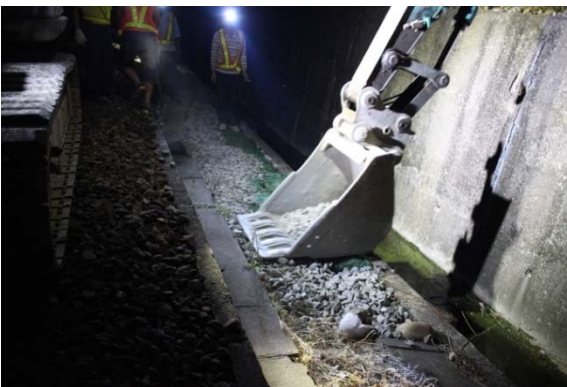


圖 13 利用夜間路線養護時間施工



圖 14 復舊完成後

四、辦理成果及未來發展

本次廢石碴回收再利用，並轉變為石碴網袋，使用於 U 形道床外側路基，修復成效相當良好。石碴網袋前置作業可在路線外先行完成，並堆疊成便利吊運形式，吊運至路線旁後可快速進行置放作業，大大縮短施工時間，能在養護時間帶內完成預定進度而不影響日間列車營運。

唯在美觀的要求下，石碴網袋置放完成後可再回鋪一層處理過的廢石碴，讓復舊後的路線旁側景觀更為一致。

石碇網袋可進一步應用於本局路線週邊土建設施修復或加固，如：

- (1) 臨海路線外側易堆積風砂區域，可利用石碇網袋堆疊牆面，使風砂不易滑落至路線上(圖 15)。
- (2) 臨海路線防風樹木生長過高時，易接觸電車線影響行車安全。可於清除部分防風林後，於地面堆置石碇網袋，減少樹木生長，換以雜草生長亦達防風砂滑落之效(圖 16)。
- (3) 漿砌卵石護坡背填土被沖刷導致空洞時，為求搶修時效，可拋入石碇網袋加固擋牆背部支撐功能(圖 17)。
- (4) 路基外側因大雨沖刷流失時，除以吊掛廢 PC 枕做為臨時石碇擋牆外，亦可使用石碇網袋堆疊於路基外側，作為石碇擋牆之用(圖 18)。



圖 15 臨海路線外側易堆積風砂區域



圖 16 減少臨路線高大防風樹林



圖 17 漿砌卵石護坡背填土被沖刷



圖 18 作為臨時石碇擋牆

推動鐵道觀光建構觀光產業新發展

Promoting Railway Tourism & Constructing the New Development of Tourism Industry

陳利強 Chen, Li-Chiang¹

劉傳彥 Liu, Chan-Yen²

聯絡地址：10041 臺北市北平西路 3 號

Address: No.3, Beiping W. Rd., Taipei City 10041, Taiwan (R.O.C.)

電話(Tel)：+886-2-23815226 轉 4351

電子信箱(E-mail)：0066783@railway.gov.tw

摘要

觀光產業素有「無煙囪工業」的美名，其範疇涵蓋觀光遊樂、餐飲、住宿、旅行、交通運輸業等行業，並與國家整體經濟發展有密切關聯，因此世界各國莫不積極發展具有特色之觀光產業。

便捷的交通運輸系統可顯著改善景點的可及性，提升品質並促進榮景；相對地，觀光產業的繁榮亦將有助增進交通運輸事業的運量與營收，故其二者實乃相輔相成。鐵道服務系統具有高效率、低污染以及對環境衝擊較小等相對優勢，符合現今高漲的環保意識，因此鐵道服務系統成為發展綠色觀光的重要利器，鐵道觀光亦逐漸蔚為風尚。

鐵道服務系統具有三大特性(一)產業特性：1、運輸量大、快速便捷。2、涵蓋短中長程運輸市場。3、客貨運不同。(二)經濟特

¹ 臺鐵局 企劃處 企研科視察

² 臺鐵局 企劃處 企研科科長

性：1、準公共財。2、外部效益大於內部效益。3、投資龐大，資產保值、增值能力強。(三)營運特性：1、從單線到支(多)線再到網路，營運須考量聯合成本。2、沿線規模化、集約化、品牌化及連鎖化。

鐵道觀光屬相對低風險、高報酬，且符合世界潮流趨勢，惟發展鐵道觀光仍需經縝密分析評估。一般常見企業策略型態包括成長策略、穩定策略、退讓策略、組合策略，經營鐵路事業亦可善用這些策略。

鐵道觀光的永續發展有賴於持續不斷強化內部鏈結與拓展外部鏈結。無論是在強化內部鏈結或拓展外部鏈結方面，臺鐵已取得了相當豐碩的具體成果。展望未來，鐵道觀光發展將朝(一)區域化(二)國際化(三)在地化發展。鐵道觀光在全球蔚為風尚，臺鐵未來必定會持續大力推動鐵道觀光，建構觀光產業新模式，把握良機，乘風飛起，期能再創佳績。

關鍵詞：鐵道觀光、鐵道服務系統、企業策略。

Abstract

Tourism industry is known as "smokeless industry" and includes some subindustries such as sightseeing & entertainment, catering, lodging, travel, transportation, etc. Tourism industry and national economic development are closely related so every country is developing tourism industry with its own characteristics aggressively.

Convenient transportation system can significantly improve the accessibility of sightseeing spots, enhance the quality of tourism, and promote prosperity. Relatively, prosperous tourism industry can also help increase transportation volume and revenue of transportation industry so the two complement each other. Railway service system, with some comparative advantages such as high efficiency, low

pollution, and smaller environmental impact, is in compliance with today's rising environmental awareness. Therefore, railway service system has become an important tool for developing green tourism and railway tourism has gradually become a fad.

Railway service system has three characteristics: (1) Industry characteristics: (i) Large transportation volume, rapidity, and convenience. (ii) Covering short, medium, and long-range transport market. (iii) Difference between passenger transportation and cargo freight. (2) Economic characteristics: (i) Quasi-public goods. (ii) More external benefits than internal benefits. (iii) Huge investment and strong capability of maintaining & increasing asset value. (3) Operating characteristics: (i) From the main (single) line, branch (multiple) line, and then to the network, Joint cost should be considered when operating. (ii) Scale-up, intensification, branding, and chain-orientation along the railway.

Railway tourism can bring high returns with relatively low risk and it's in compliance with global trends; even so, developing railway tourism still needs careful analysis and evaluation. Generally, common corporate strategies, including "Growth Strategy", "Stability Strategy", "Retrenchment Strategy", and "Combination Strategy", can be used for railway operations.

Sustainable development of railway tourism depends on strengthening internal links and expanding external links continuously. Whether strengthening internal links or expanding external links, TRA has yielded fruitful results. Looking ahead, the railway tourism will develop towards (i) regionalization (ii) globalization (iii) localization. Because railway tourism has become a fad in the world, TRA will keep promoting railway tourism vigorously, constructing a new model of tourism industry, grasping the opportunity, flying with the wind, and creating success again.

Keywords: Railway tourism, Railway service system, Corporate strategies.

一、觀光產業日漸蓬勃興盛

觀光產業素有「無煙囪工業」的美名，其對外不僅能夠賺取大量外匯收入，對內更有助於發展國家經濟、創造本國就業機會與提升國民生活水準。睽諸觀光產業之範疇，涵蓋觀光遊樂、餐飲、住宿、旅行、交通運輸業等多種行業，其活絡興盛與國家整體經濟發展有著密切關聯，因此世界各國莫不善用本身自然及人文資源，積極發展具有特色之觀光產業。

近年來，在我國政府及民間部門的積極建設及大力行銷與推廣下，加以國際間出國旅遊風氣日漸興盛，臺灣觀光產業隨之蓬勃發展。根據交通部觀光局統計，自民國 90 年起，除了 92 年受 SARS 疫情影響外，臺灣每年出國人次呈現成長趨勢，來臺旅客人次更是年年增加，99 年來臺旅客人次超越 500 萬人次，104 年更突破 1,000 萬人次大關。進一步分析，以觀光為目的之來臺旅客比率逐年提升，由 90 年的 36% 增加至 99 年的 58%，而在「陸客自由行政策」的施行下，104 年更提升至 72%；就來臺觀光人次來看，亦由 90 年的 100 萬人次增加至 104 年的 750 萬人次以上。在觀光外匯收入方面，臺灣也從 97 年的新臺幣 1,871 億元，成長至 104 年的 4,450 億元，躍升全球觀光外匯收入第 24 名。由上觀之，來臺旅遊人數及觀光外匯收入雙雙創新紀錄，印證臺灣觀光產業發展確已邁向新的里程碑。

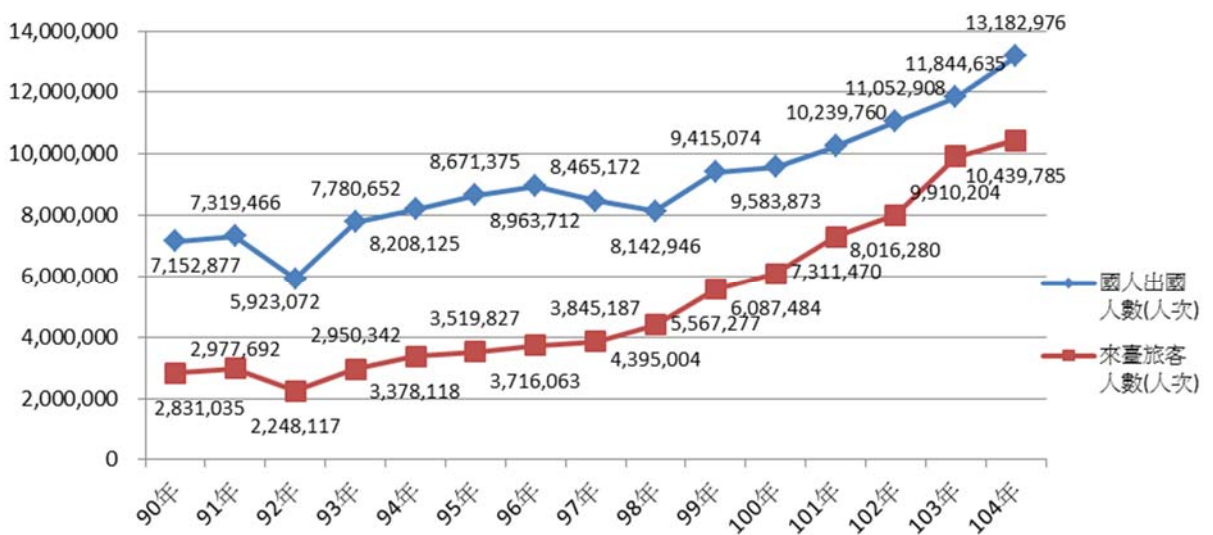


圖 1 90~104 年國人出國及來臺旅客人數變化
資料來源: 交通部統計查詢網; 本研究整理

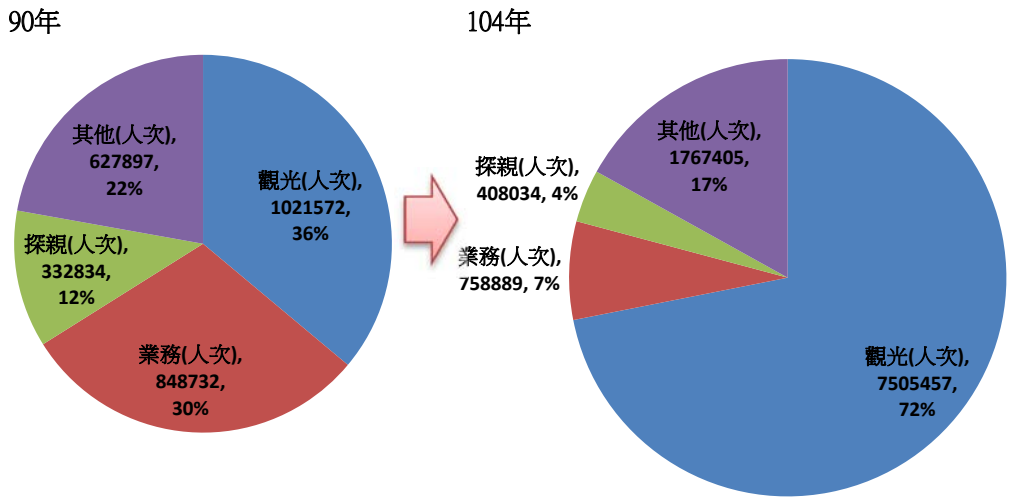


圖 2 90年及104年來臺旅客目的別人次及占比趨勢
資料來源: 交通部統計查詢網; 本研究整理

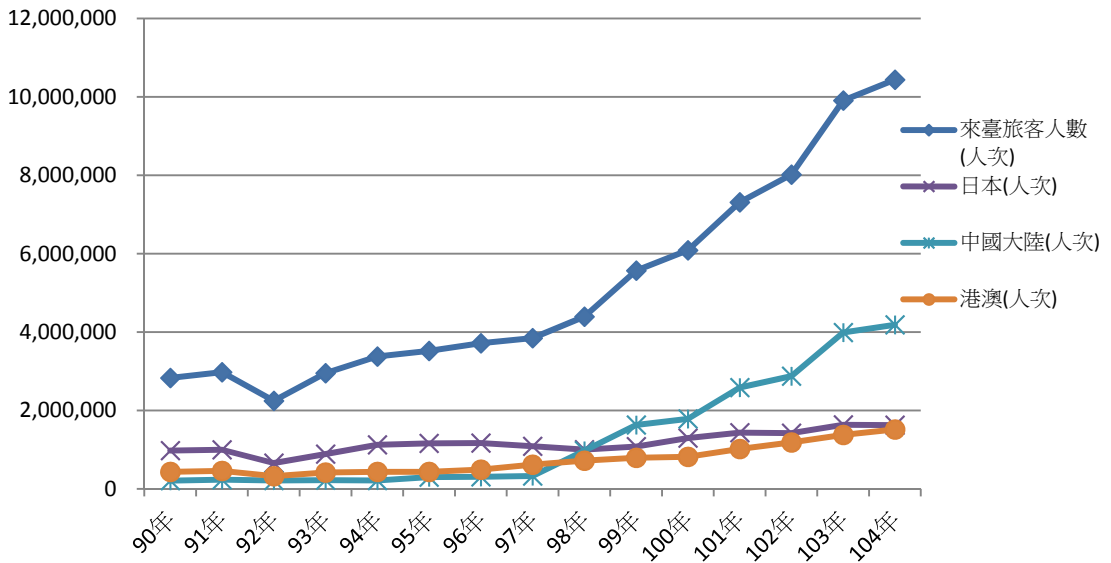


圖 3 90~104年來臺旅客(日本、中國大陸及港澳)成長趨勢
資料來源: 交通部統計查詢網; 本研究整理

二、交通運輸與觀光發展相輔相成

一個成功的觀光景點必須具備四個要素(4A)：吸引力(Attractions)、可及性(Accessibility)、娛樂設施(Amenities)、輔助服務(Ancillary Services)。由此可知，觀光景點的交通便利性是左右旅客遊憩意願及選擇決策的重要因素之一，對觀光產業品質之良窳亦影響甚鉅。便捷的交通運輸系統可顯著改善景點的可及性，提升觀光品質並促進觀光榮景；相對地，觀光產業的繁榮亦將有助於增進交通運輸事業的運量與營收，故而交通運輸與觀光發展實乃共存共榮、相輔相成。

由於來臺觀光人數大增，加上國人休閒旅遊風氣日盛，在觀光客大幅增量的同時，對觀光品質的要求自然也不斷提高，因此未來觀光發展的關鍵即在於提升品質，藉以強化旅客重遊率並確保永續發展。當大眾普遍重視高品質休閒旅遊時，勢必將增加既有交通運輸系統之負荷，未來如何打造優質公共運輸及智慧友善旅遊環境，建立觀光整合平臺，進而帶動觀光產值更上一層樓，便成為十分重要之課題。

三、鐵道觀光日漸蔚為風尚

盱衡現今觀光發展趨勢，交通工具不再僅僅單純扮演運送旅客的角色。結合多元化休閒娛樂功能，讓交通工具本身亦成為觀光遊憩的一部分，已成為一股不可遏抑的潮流。在大眾運輸系統中，鐵道服務系統具有高效率、低污染以及對環境衝擊較小等相對優勢，符合現今高漲的環保意識，因此鐵道服務系統成為發展綠色觀光的重要利器，鐵道觀光亦逐漸蔚為風尚。

世界各國鐵道公司為突破營運困境，無不紛紛競相投入轉型，在傳統經營模式之外另闢蹊徑，而利用現有鐵道路線資產推廣鐵道旅遊產品，已成為鐵道多角化經營的重點方式之一。以日本、澳洲與印度等國家為例，推動鐵道觀光均已有多多年經驗，主要係以特殊路線之自然人文景觀以及主題性車廂與服務為亮點吸引旅客搭乘。由此可知，鐵道觀光必須結合運輸、觀光與體驗活動等重要元素，並以體驗觀點規劃鐵道旅遊行程或觀光列車，如此一來，除可強化鐵道列車對旅客之吸引力，為鐵道公司增加收益外，更可帶動地方旅遊風氣，為當地帶來繁榮。

四、鐵道服務系統具有三大特性

如前所述，鐵道觀光為傳統鐵道服務提供了一個轉型契機，促使單純的運輸服務逐步轉型成為與大眾休閒娛樂緊密結合的一環。時至今日，鐵道建設與

運輸對於國家社經發展、環保與民生都十分重要，鐵道運輸挾龐大運能優勢，帶動沿線城鎮蓬勃發展，並串聯公路等其他交通路網，促成休戚與共的都會生活圈，而涵蓋地下化或高架化的鐵路立體化工程，更是都會區交通便捷重生的最佳良方。因此，近年來國際間興起一股增建鐵路的風潮，期藉由鐵路建設投資振興國內經濟、降低運輸成本、減少貧富差距並增加就業機會，其中以中國大陸及美國最為明顯。一般而言，鐵道服務系統具有以下三大特性：

4.1 產業特性

4.1.1 運輸量大、快速便捷

軌道運輸系統係採用專用軌道導向運行，以動力導引車輛，運送旅客和貨物，亦可增掛車廂藉以發揮較大運量，具有安全、舒適、準時、便捷及載容量大之特性。

4.1.2 涵蓋短中長程運輸市場

臺灣的軌道運輸系統包含了城際運輸的高鐵和臺鐵、與都市通勤運輸的捷運、輕軌及臺鐵，涵蓋短中長程運輸市場。

4.1.3 客貨運不同

(1)客運的旅客可自由選擇車種、車次，並自行乘車；貨運的貨物移動、接送、裝卸等均取決於人。

(2)客運多為往返運送，故上下行列車常設定相同班次數；貨運則多是由生產地至消費地之單程運送，所以常有不定期之班次。

(3)客運常依不同之車種而收取不同之運費；貨運則常依貨物價值不同而收取不同之運費。

(4)客貨運對服務要求不同，客運的旅客較重視迅速、準時、班次密集與舒適，貨運之託運人則重視準時與價格。

(5)客運的旅客係主動乘車，其在車上的時間通常較在車站等候之時間長；貨物運送則因是被動，故其在車站等待配車、裝卸及摘掛時間通常較在車上的運送時間長。

4.2 經濟特性

4.2.1 準公共財—兼具公共財及非公共財之性質

(1)所謂「純公共財」必須同時符合兩大特性，首先在需求面須具有共享性（non-rival），以空氣為例，一個人多呼吸了一口空氣，並不會明顯影響到他人的呼吸權益；此外，在供給面須具有非排他性（non-excludable），即供給者無法阻止任何人免費享用，例如國防、外交、一般道路、無線電視頻道。

(2)在鐵道服務系統當中，部分設施符合共享性與非排他性，舉凡未購票亦可使用之設施，例如售票大廳、洗手間、無障礙電梯、綠化植栽、裝置藝術、休憩空間等均屬公共財。另一方面，鐵道運輸(客貨運)及附屬事業由於供應量有限且必須由使用者付費，因此屬於非公共財。整體而言，鐵道服務系統因兼具公共財及非公共財之性質，常被歸類為「準公共財」。

(3)藉由發展車站規模，進而造就軌道經濟規模化，已蔚為世界潮流。車站不僅是當地交通樞紐，更可以成為文化、商業、購物及各項經濟活動的發展空間。因此，站區複合化開發已成為世界各大都市推動舊車站整建時的共同作法，其目的在於發揮大眾運輸導向發展(Transit-oriented development, TOD)的積極效益。

4.2.2 效益外溢—外部效益大於內部效益

(1)鐵路建設強化了整體大眾運輸系統，可改善都市交通壅塞問題，促進都市均衡與更新發展，提昇環境生活品質。此外，我國政府自民國 72 年起陸續推動鐵路立體化計畫，其中大臺北都會區之各車站站區發展以及沿線土地縫合效益相當顯著，增加都市土地利用價值，並大幅增加地方稅收，使地方政府競爭爭取軌道建設，其外部效益(地方政府、開發者、地主)遠大於內部效益(中央政府、臺鐵)。

(2)為了將鐵路建設之外部效益「內部化」，首先必須建立合理的成本與付費機制，以確保有限的軌道運輸資源被合理使用。此外，更應進一步導入「跨域增值概念」，將租稅增額財源、土地開發效益、都市發展增額容積及異業結合增值等納入整體建設計畫，期將鐵路建設經費之財源籌措，以活化及開發沿線周邊土地之方式進行，使外溢之建設效益轉化為計畫內部效益，以提高計畫自償能力。

4.2.3 投資龐大，資產保值、增值能力強

(1)鐵路建設經費投資雖然龐大，惟同時亦具有提振景氣、振興經濟與擴大就業機會的效果。

(2)鐵路建設完成後，由於其兼具便捷、快速、環保及高運能的特性，十分有機會帶動沿線地區的高強度發展，基於區域發展與交通運輸系統具有互惠共生的關聯性，沿線地區的高強度發展亦可為鐵道運輸系統帶來高運量，帶動附屬事業蓬勃發展，提高固定資產的投資效益，並有助於達到資產保值、甚至增值的效果。

4.3 營運特性

4.3.1 從單線到支(多)線再到網路，營運須考量聯合成本

(1)凡在同一事業中，同時提供兩種以上不同服務而發生之成本稱為聯合成本；此外，若提供某一項服務時無可避免提供另一項服務，亦會產生聯合成本。

(2)聯合成本的精確計算，對於提高運輸效益和降低營運成本影響很大，因此經營交通運輸事業必須具備聯合成本的估算概念。一般來說，運輸業的去程成本與回程成本互為聯合成本。例如，當決定開出一班從臺北到高雄的列車時，這項決策中就已經自然產生了從高雄返回臺北的聯合成本。又例如列車同時提供客、貨運服務時，在估算客運成本時也必須連帶考量貨運聯合成本。

(3)一般來說，在最理想的狀態下，鐵道路線若交織形成網路，則最能充分發揮鐵路運輸的效能。要建立一個合理的路網，首先必須深入瞭解地形地貌及都市發展，再來必須做好運量預測，最後必須選擇適合的設站地點。臺灣面積不大，但因人口密度與都市化程度高，公共運輸系統發展已相對蓬勃且多元化，今後鐵道路線的發展仍需適應南北狹長且多山之地形，以強化既有幹線為主，增設必要支線為輔，視實際需要朝建立路網的目標邁進，惟因同時經營幹線及支線，營運時應當考量聯合成本。

4.3.2 沿線具有規模化、集約化、品牌化及連鎖化等特性

(1)鐵路建設帶動沿線地區的發展，與車站周邊共同形成「軌道生活經濟圈」，成為居住、休閒、購物以及從事社會、文化、經濟活動的生活空間。

(2)由於人群聚集效應，使得鐵路沿線的商業開發具有放大效果，周邊容易形成商業群聚網絡，正因如此，對其應採行規模化、集約化的經營模式，如此方能澈底實現品牌化、連鎖化、經濟效益的極大化，進一步創造龐大而穩定成長的現金流收入，並建立強大的獲利能力。

世界各國鐵路事業均面臨人口高齡化與少子化趨勢，鐵路運量成長不易，臺鐵未來必須針對不同目標市場，提供符合需求與優質的服務，才能吸引旅客

搭乘。展望未來，除負責環島鐵路運輸，與進行運具、場站、資訊、票證及行旅無縫整合外，更應積極進行海、空港聯結(Seaport & Airport Rail-link)、其他鐵路聯結(高鐵、捷運及森鐵聯結 HSR & METRO & AFR Rail-link)與觀光聯結(Tourism Rail-link)，以利推動發展軌道經濟、鐵道觀光與資產活化。除此之外，近年來臺鐵亦積極推動鐵道外交，透過與國外鐵道結盟方式，增加在海外的曝光度，以吸引國外旅客來臺觀光，並增進彼此關係與交流，推展及行銷臺灣鐵道旅遊。

五、鐵道觀光屬相對低風險、高報酬，符合世界潮流趨勢

5.1 風險相對低

鐵道觀光主要係利用鐵路設施運送旅客(含行李)來往於觀光景點之間，除少數劇烈天氣現象(如強烈颱風、超大豪雨等)外，一般而言，鐵道觀光較不易受氣候條件的影響，全年可正常運行的天數相對較多，具有高度的連續性。

安全性方面，由於鐵路運輸的軌道，路權係獨享專用，鐵路運輸的機車車輛，運用導向原理在軌道上行駛，基本上由系統自動控制行車，故雖較缺乏機動性，但卻具有極高的安全性能。

在穩定性方面，鐵路運輸使用的車輛，其有良好的避震功能。軌道的坡度與曲度，受制於軌道的導向功能，有一定的標準。列車的加速與制動，受制於車輛與軌道的摩擦力，距離較長，衝激較小，故行車平穩，乘坐舒適。此外，鐵道觀光同時還具有運輸速度較快、出發及抵達時間相對準確等優點，較不易耽誤行程。綜上所述，鐵道觀光行程擁有較低的不確定性，風險相對較低。

5.2 報酬相對高

鐵路運輸的機車，有強大的牽引力，適合於組成車群運轉，雖然編組費時，卻能擁有較大的運輸能量。鑒於鐵路運輸的潛在能力十分雄厚，而固定成本又佔支出的大部分，沉沒成本亦高，在一定的運能範圍內，其運量增加愈多，其單位成本將更為遞減，換言之，若能藉由發展鐵道觀光大幅提升運量，則鐵路的收益將隨之遞增。

此外，在能源成本方面，鐵路運輸的軌道，路成以後固定不移，沿線架設電車線路，並無技術困難，適宜以外來的電力供應機車的動力，故雖建設成本甚高，但有利節約能源供應。又鐵路運輸的車輛，在軌道上行駛，接觸的面積既小，輪軌的硬度又強，所遭遇的行駛阻力甚小，故同樣的牽引動力，所消耗

的能源最省。由此可知，鐵道觀光所花費的能源成本相對低廉，此一變動成本優勢亦是未來有機會獲取高報酬的利基點之一。

5.3 發展鐵道觀光仍需經縝密分析評估

臺灣乃至世界各主要先進國家，現正面臨了人口高齡化及少子化、石化能源價格大幅波動、網際網路革命及節能減碳等重大議題，在發展鐵道觀光時均應將上開變因納入綜合考量。

鐵路事業經營考量盈收效益時，均會思考運輸無法儲存性(運輸需求尖離峰造成座位虛糜或供給不足)及如何服務多元化以吸引旅客搭乘等議題。鐵道觀光雖是鐵道多角化經營方式之一，但必須強化本身競爭優勢(Competitive Advantage)，透過中央與地方協助與合作，進行資產活化開發(軌道、土地開發與商業活動，(Access-Acess-Acess)，銷售以體驗觀點規劃之鐵道旅遊產品或觀光列車，強化鐵道列車對旅客之吸引力，以帶動地方旅遊風氣，進而為當地帶來繁榮。

鐵路經營是任重道遠的行業，鐵路觀光應從市場化的運作及從不同利益主體(Stakeholder)、消費者(Customer)及鐵路機構(Railway Organization)等多面向進行評析與規劃，樹立市場信譽、多層次行銷(實體與網路)、基礎設施建設(恆春支線、山海環線)與系統優化、結合 IT 策略合作、進行大數據分析等，降低投資不確定風險。

六、鐵路事業策略(運輸本業、資產活化、商業活動)

一般談論企業策略型態包括成長策略、穩定策略、退讓策略及組合策略，茲分述如下。

6.1 成長策略(Growth Strategy)

成長策略係指藉由拓展產品(或服務)市場占有率，增加組織營運的層次。一般常見的成長策略的類型包括集中化、垂直整合水平整合、多角化經營等。面對人口高齡化與少子化趨勢的挑戰，臺鐵必須面對轉型，例如大力推展鐵道觀光、開創附屬事業等，未來方能有成長的契機。

6.2 穩定策略(Stability Strategy)

所謂穩定策略，係指當產業成長緩慢或毫無成長時，抑或企業主自願選擇

追求穩定發展，於是採取維持現狀以因應動態環境不確定性之策略。臺鐵面對現實環境與多元競爭，除應如前所述積極轉型，創造成長契機外，也必須思索如何奠定長期有利的營運條件(例如建立合理且有效益的資源分配模式)，如此一來，方能在穩健中求發展。

6.3 退讓策略(Retrenchment Strategy)

當組織在經營上遭逢困難時，必須研擬策略以因應績效衰退的組織弱勢。倘若組織面臨的問題並不十分嚴重時，可先採取退讓策略（例如先退出某些虧損的產品或市場），其重點在於儘快排除不很嚴重的問題並恢復優勢，以克服組織當前的績效問題。然而，當組織面臨嚴重的績效問題時，有可能必須採取「轉向策略」，即採取大幅降低成本並進行大規模組織重整的方式，方能解決嚴重的績效問題。

6.4 組合策略(Combination Strategy)

所謂的組合策略，便是針對不同的產品或市場採取不同的策略。未來臺鐵亦可進行營運整合計畫，研擬針對不同的服務或商品採取不同的行銷、訂價等策略，例如採取班車與包車不同價，滿足對運輸及旅遊等不同目的之需求。

鐵路運輸事業屬資本密集，具有公共性，運價與經營方式受政府法令嚴格管制，是無法單靠運輸本業票價收入維持企業永續經營。同時面對同業競爭(高鐵、捷運與輕軌、公路客運)，雖然顧客的議價能力有限，但有替代性，所以顧客自主性高，我們必須轉型及導引出關鍵因素，聚焦(Focus)市場區隔(Segment)，發展附屬事業可將運輸本業帶來的人潮化為錢潮，支援運輸本業的營運，並吸引更多人潮，相輔相成。

表 1 企業策略型態

策略名稱	意涵	臺鐵範例
成長策略	拓展產品(或服務)市場占有率，增加組織營運的層次。	推展鐵道觀光、開創附屬事業。
穩定策略	追求穩定發展，採取維持現狀以因應動態環境不確定性。	建立合理且有效益的資源分配模式。
退讓策略	先退出某些虧損的產品或市場，以克服組織當前的績效問題。	規劃合理縮減貨運業務。
組合策略	針對不同產品或市場採取不同的策略。	研擬班車、包車差別訂價，滿足運輸、旅遊不同需求。

七、鐵道觀光新契機

世界各國鐵道事業為強化市場的利基與積極開拓新客源，紛紛利用鐵路沿線豐富的觀光資源積極開拓觀光旅遊商機，並發展多元化的觀光旅遊服務。由於每條路線所擁有的觀光資源不盡相同，欲發展鐵道觀光，必須先掌握各路線的觀光資源特色，再進一步規劃找出沿線核心資源，發展該路線特有之旅遊型態，俾提升觀光吸引力(Attractions)，讓旅客樂意選擇該鐵道旅遊行程以達成其觀光目的。此外，鐵道觀光的永續發展有賴於持續不斷強化內部鏈結與拓展外部鏈結。

7.1 強化內部鏈結

7.1.1 結合在地觀光資源發行旅遊票券

臺鐵經營之環島鐵路沿線擁有豐富之人文與自然資源，無論在觀光體驗、舒適度與經費需求等方面均占有優勢。為推動環島沿線觀光與結合地方資源與活動、臺鐵近年來陸續發行三支線(平溪、內灣、集集)一日週遊券、東北角一日券與花東悠遊券/花東綠漾券(Young Pass)。

7.1.2 因應慢活旅遊風氣推出郵輪式列車行程

自 100 年起，臺鐵更進一步推出 2 天 1 夜的郵輪式列車行程，突破以往列車到站即開之模式，以類似遠洋郵輪停泊於各港口一段時間再續開往下一港口之方式，開行特定之列車，選定數個可以停留賞景之車站停留，讓旅客下車欣賞車站週邊風光後，再開往下一目的地，此一創舉，推出後好評不斷。

7.1.3 異業結盟推出 Hello Kitty 彩繪列車

今年臺鐵首度與長榮航空、臺灣三立鷗進行三方合作，開行太魯閣 Hello Kitty 彩繪列車，廣受回響。此項合作可謂是配合顧客需求差異化商品及異業結盟的優良典範之一，不僅帶動陸空發展，更為傳統鐵路之旅客觀光運輸創造歷史新局面，對附屬周邊經濟效益更挹注良多。有了此次的成功經驗，未來臺鐵擬將彩繪列車結合城際列車，並進行周邊商品開發，使彩繪列車所帶來的效益極大化。

7.2 拓展外部鏈結

近年來臺灣政府在「多元行銷、布局全球」的行銷策略下，質量並進推展觀光。由此可知，在地球村的時代，拓展外部鏈結對於發展鐵道觀光同樣十分重要，因此臺鐵亦積極投入國際鐵道交流互動及觀光宣傳。

7.2.1 與日本鐵道公司及研究機構締結交流

由於日本在發展鐵道觀光方面經驗豐富，臺日兩地間觀光客往來十分頻繁，因此臺鐵迄今已積極與日本計 12 家鐵道公司、1 個研究機構展開締結交流，締結層級涵蓋點(計 1 車輛、3 車站)、線(計 5 路線)、面(計 5 友好協定)。

值得一提的是，去年 2 月臺鐵與京急電鐵締結友好協定，今年初日方為紀念友好協定周年，將 2133 型電車車身彩繪成車體設計相似的臺鐵普通快車藍白色塗裝。日本彩繪列車曝光後，讓不少國內外鐵道迷驚豔。今年 5 月為慶祝臺鐵南港站升等，臺鐵「阿福號」EMU700 型 8 節電聯車彩繪成日本京濱急行電鐵列車 800 型紅色塗裝的彩繪列車，也首度公開亮相，並於南港站展開首航。未來藍色臺鐵與紅色京急電車將分別於臺日兩地行駛，而臺鐵未來與日本東武鐵道也將有類似合作，屆時勢必吸引眾人目光。

7.2.2 積極參與臺日觀光高峰論壇

「臺日觀光高峰論壇」自 97 年 3 月在臺北市開辦，決議雙方以友好互惠交流體制籌組「臺日觀光推進協議會」做為彼此溝通平台，並透過定期互訪及輪流召開會議等方式，加速觀光互訪業務的推動，其後由臺日雙方按年度輪流舉辦，論壇集合雙方觀光界高層人士及產業代表，充分溝通交換意見，對促進雙方觀光交流具重大意義。經過 8 年的耕耘，獲致多項具體成果，其中亦包括台日雙方鐵道相互宣傳行銷。

「第 9 屆臺日觀光高峰論壇 in 宜蘭」活動移師宜蘭礁溪舉辦，活動期間自今年 5 月 19 日至 22 日止，本屆我方與日方代表皆有百餘人與會，臺鐵亦積極共襄盛舉，由周局長永暉撥冗親自出席論壇，除進行意見交流外，並精心挑選別具意義的「TRA 鐵道生活文化專輯 2—鐵道生活文創」致贈在場日方旅遊業界代表。本屆論壇成果豐碩，其中「強化活用包含鐵道元素等雙方共通觀光資源」也列入重要決議事項。明年將由日本接棒主辦「第 10 屆臺日觀光高峰論壇 in 四國」活動，更將試辦「鐵道觀光論壇」。

7.2.3 與德國、瑞士進行營運與技術交流

在與歐洲國家的交流方面，臺鐵與歐洲德國鐵路(DB)及瑞士馬特洪哥塔鐵路公司(MGBahn)簽署「策略合作夥伴備忘錄(MoU)」；藉著以上交流，臺灣與

德、瑞等國針對鐵路營運與技術(特別是經營、行銷、維修、保養與人才培訓等事項)進行相互合作，這些合作不僅能帶動雙方鐵道觀光產業及旅遊消費，進而振興經濟，而透過民間交流的增加，更能提升臺灣在國際間的互動與友好。

7.2.4 其他層面之國際交流

(1)在締結姐妹車站方面，共計有臺鐵松山站與日本松山站、臺鐵新竹站與日本東京站、臺鐵臺北站與日本大阪站、阿里山森林鐵路與日本大井川鐵路、阿里山森林鐵路與黑部峽谷登山鐵路、阿里山森林鐵路與瑞士高納葛拉特高山鐵路(GGB)等成功典範。

(2)臺鐵 CK124 蒸汽機車與 JR 北海道 C11 型蒸汽機車締結為姐妹車。

(3)臺鐵在臺北站成立臺日鐵道觀光藝展區，並以鐵道觀光月曆呈現與日本鐵道公司交流實況。此外，臺灣觀光局及臺鐵的展示牆亦在日本京急羽田機場站揭幕。

(4)推動臺日三支線之票券交流，包括平溪線與江之島電鐵、集集線與夷隅鐵道、內灣線與長良川越美南線等。

(5)臺鐵與日本京急、西武、JR 東日本共同合作辦理臺日跨國集章活動—「鐵路紀念章拉力賽」。

(6)臺鐵除先前與日本江之電進行票券兌換交流外，自今年 5 月起更進一步合作推出「臺日鐵道觀光護照」，其內容除介紹平溪線、江之島線沿線景點外，更提供了附近商家的折價券。

(7)由於明(106)年適逢臺灣鐵路 130 周年，為慶祝此一盛事，臺鐵預計將於明年推出一本結合「臺鐵與日本友好鐵道」的觀光護照，其內容令人引頸期盼。

八、未來展望

今後臺鐵將持續朝三大方向推展鐵道觀光：

8.1 區域化發展

因應自由行旅客增加的趨勢，除臺北等大型都市外，更應拓展其他中、小型旅遊地，同時運用大數據分析與最新科技(例如 APP 及翻譯軟體)去找出並滿足自由行旅客的需求。今後觀光景點本身的位置(Location)不再具有絕對優勢，

其可及性(Accessibility)才是發展關鍵，因此強化車站的凝聚力當是重要任務。

未來鐵道發展將以「建設生活鐵道，優遊鐵道生活」為主要目標，具體措施包括環島動力一元化、強化鐵路系統連結轉運、增加都會鐵路易行性、更新開發鐵路站區等，以期能為全民提供更友善的生活環境，創建更優質的生活品質。在區域整合方面，期待鐵道服務系統能夠串連六都、平衡東西，進而迎接環島新貌，如此一來，鐵道觀光也將更加便利、快速而深入。

8.2 國際化發展

近年來臺鐵在國際交流方面有許多豐碩的成果，在「點」的交流方面，例如締結姐妹車站、姐妹列車等均屬之。而在「線」的交流方面，由於鐵道支線往往別具特殊自然人文之美，因此臺鐵也積極推動與國外鐵道支線的交流，例如與江之島電鐵、長良川越美南線間的票券交流，就是很成功的經驗。

未來臺鐵將展開「全面性」的國際合作，除了與他國相互販售紀念車票、宣傳飾物、沿線特色產品之外，更要持續安排國外鐵道公司來台參訪、積極參與國際觀光論壇，並配合雙方旅遊推廣、參加節慶活動等方式，努力增進彼此觀光事業發展，以確保鐵道觀光之永續經營。此外，臺鐵購車計畫將引進先進舒適的新自強號、通勤電車的車輛，打造頂級郵輪式列車，具備如此優質的車輛，希望透過海內外異業結盟的方式，積極開拓國內外旅客市場，擘劃鐵道觀光願景，共同迎接鐵道發展新時代的來臨。

8.3 在地化發展

致力於國際化發展之外，在地化深耕亦是未來持續努力的方向。在西元 2000 年以前，鐵道運輸系統從規劃、興建到營運，都是以交通基本需求為中心設計，是鐵道生活 1.0 版。在邁入 21 世紀之後，鐵道生活也進入 2.0 版，部分車站開始結合辦公大樓進駐，鐵道公司間的交流也日益頻繁。

未來臺鐵希望打造 3.0 版的鐵道生活，除了對外進行全面性的國際交流，對內更要將車站擴大為交通轉運中心、商業活動中心，甚至旅館進駐都不再是夢想，車站與其周邊將成為具備居住、休閒、購物、文化等各項機能的多元化生活空間，臺鐵將依據不同車站的區位與在地特色，打造出不同的旅行記憶，與地方政府共同合作打造「軌道生活經濟圈」，以擴大服務範圍，提升服務品質，加強運輸效率為己任。

九、結語

社會結構改變帶來了少子化問題，對運輸產業及觀光產業而言，無疑是很大的挑戰，正因如此，我們更應掌握時代的脈動，(例如自由行旅客比例漸增、1990年後出生的新生代旅客漸成重要客群)，方能化阻力為助力。特別是對於天然資源相對有限的海島國家來說，未來如何提高觀光品質、提升觀光人次，將成為國家發展之重要課題。

鐵道觀光日漸在全球蔚為風尚，在萬眾期待中成為觀光產業突破瓶頸的契機之一。時至今日，鐵路運輸不宜再固守傳統的運輸導向(Door-to-Door)，唯有朝服務導向(Service-to-Service)的模式發展，方有突破重圍的機會。未來臺鐵必定會掌握趨勢，積極創新服務並持續大力發展鐵道觀光，成為建構觀光產業新模式的重要推手，衷心期盼這樣的努力能替我國鐵道運輸產業及觀光產業再造佳績、共創雙贏。

參考文獻

1. 台灣世曦工程顧問股份有限公司(2013)，臺灣鐵路再進化—接軌世界的新技術與新思維。
2. 交通部統計查詢網。
3. 交通部(2011)，六大新興產業發展規劃—觀光拔尖領航方案行動計畫(修訂本)。
4. 陳聖文(2010)，「以捷運線規劃論大臺中觀光文化之推展」，臺中市政府研究發展成果網。
5. 陳凱凌(2016)，桃園大眾捷運股份有限公司—軌道運輸暨城市發展論叢。
6. 蔡宛栩(2011)，「觀光拔尖專題」，國研院科技政策中心 93-99 年研究計畫統計分析。

約稿

1. 為將軌道運輸寶貴的實務經驗及心得紀錄保存，並提供經驗交換及心得交流的平台，以使各項成果得以具體展現，歡迎國內外軌道界人士、學術研究單位及臺鐵局相關人員踴躍投稿。
2. 本資料刊載未曾在國內外其他刊物發表之實務性論著，並以中文或英文撰寫為主。著重軌道業界各單位於營運時或因應特殊事件之資料及處理經驗，並兼顧研究發展未來領域，將寶貴的實務經驗或心得透過本刊物完整記錄保存及分享。來稿若僅有部分內容曾在國內外研討會議發表亦可接受，惟請註明該部分內容佔原著之比例。內容如屬接受公私機關團體委託研究出版之報告書之全文或一部份或經重新編稿者，惠請提附該委託單位之同意書，並請於文章中加註說明。
3. 來稿請力求精簡，另請提供包括中文與英文摘要各一篇。中、英文摘要除扼要說明主旨、因應作為結果外，並請說明其主要貢獻。
4. 本刊稿件將送請委員評審建議，經查核通過後，即予刊登。
5. 來稿文責由作者自負，且不得侵害他人之著作權，如有涉及抄襲重製或任何侵權情形，悉由作者自負法律責任。
6. 文章定稿刊登前，將請作者先行校對後提送完整稿件及其電腦檔案乙份(請使用 Microsoft Word2003 以上中文版軟體)，以利編輯作業。
7. 所有來稿(函)請逕寄「11244 臺北市北投區公館路 83 號，臺鐵資料編輯委員會」收。電話：02-28916250 轉 213；傳真：02-28919584；E-mail：0951044@railway.gov.tw。

臺鐵資料季刊撰寫格式

- 格式** 自行打印於 B5(18.2 公分*25.7 公分)，使用 Microsoft Word 軟體編排。上、下邊界 2.54 公分；左、右邊界 1.91 公分。中文字體以新細明體，英文字體以 Times New Roman 為原則。
請於首頁輸入題目、作者姓名、服務單位、職稱、聯絡地址、電話及 E-mail。
- 題目** 中文標題標楷體 18 點字粗體，置中對齊，與前段距離 1 列，與後段距離 0.5 列，單行間距。
英文標題 Times New Roman 16 點字粗體，置中對齊，與前段 0 列、後段距離 0.5 列，單行間距。
- 摘要標題** 標楷體 16 點字粗體，置中對齊，前、後段距離 1 列，單行間距。
- 摘要** 標楷體 12 點字，左右縮排各 2 個字元，第一行縮排 2 個字元。與前、後段距離 0.5 列，左右對齊，單行間距
- 關鍵詞** 中英文關鍵詞 3 至 5 組，中文為標楷體 12 點字，英文為 Times New Roman 12 點字斜體。左右縮排各 2 個字元，第一行縮排 2 個字元。與前、後段距離 0.5 列，左右對齊，單行間距。
- 標題 1** 新細明體 16 點字粗體，前、後段距離 1 列，置中對齊，單行間距，以國字數字編號 【一、二】。
- 標題 2** 新細明體 14 點字粗體，前、後段距離 1 列，左右對齊，單行間距，以數字編號 (【1.1、1.2】)。
- 標題 3** 新細明體 12 點字粗體，前、後段距離 0.75 列，左右對齊，單行間距，以數字編號 (1.1.1、1.1.2)
- 內文** 新細明體 12 點字，第一行縮排 2 個字元，前、後段距離為 0.25 列，左右對齊，單行間距，文中數學公式，請依序予以編號如：(1)、(2))
- 圖表標示** 新細明體 12 點字，置中對齊，圖之說明文字置於圖之下方，表之說明文字置於表之上方，並依序以阿拉伯數字編號 (圖 1、圖 2、表 1、表 2)。
- 文獻引用** 引用資料，註明出處來源，以大引號標註參考文獻項次，12 點字，上標

參考文獻

以中文引述者為限，中文列於前、英文列於後，中文按姓氏筆畫，英文按姓氏字母先後排列，左右對齊，前後段距離 0.5 列，單行間距，第一行凸排 2 個字元。如：

1. 王永剛、李楠 (2007)，「機組原因導致事故徵候的預測研究」，中國民航學院學報，第廿五卷第一期，頁25-28。
2. 交通部統計處 (2006)，民用航空國內客運概況分析，擷取日期：2007年7月27日，網站：
3. 交通部臺灣鐵路管理局 (2007)，工程品質管理手冊。
4. 洪怡君、劉祐興、周榮昌、邱靜淑 (2005)，「高速鐵路接駁運具選擇行為之研究－以臺中烏日站為例」，中華民國運輸學會第二十屆學術論文研討會光碟。
5. Duckham, M. and Worboys, M. (2007), Automated Geographical Information Fusion and Ontology Alignment, In Belussi, A. et al. (Eds.), Spatial Data on the Web: Modeling and Management, New York: Springer, pp. 109-132.
6. FHWA (2006), Safety Applications of Intelligent Transportation Systems in Europe and Japan, FHWA-PL-06-001, Federal Highway Administration, Department of Transportation, Washington, D.C.

臺鐵資料季刊論文授權書

本授權書所授權之論文全文與電子檔，為本人撰寫之

論文。

(以下請擇一勾選)

同意 (立即開放)

同意 (一年後開放)，原因是：

同意 (二年後開放)，原因是：

不同意，原因是：

授與臺鐵資料編輯委員會，基於推動讀者間「資源共享、互惠合作」之理念，於回饋社會與學術研究之目的，得不限地域、時間與次數，以紙本、光碟、網路或其它各種方法收錄、重製、與發行，或再授權他人以各種方法重製與利用。

簽名：

中華民國 年 月 日

備註：

1. 本授權書親筆填寫後（電子檔論文可用電腦打字），請影印裝訂於紙本論文书名頁之次頁，未附本授權書，編輯委員會將不予驗收。
2. 上述同意與不同意之欄位若未勾選，本人同意視同授權立即開放。

臺鐵 資料

季刊 第 359 期

發行人	鹿潔身
編輯者	臺鐵資料季刊編輯委員會
審查者	臺鐵資料季刊審查委員會
主任委員	鹿潔身
副主任委員	何獻霖、鐘清達、徐仁財
總編輯	朱來順
副總編輯	蔣東安
主編	劉嘉倫
編輯	王智平
出版者	交通部臺灣鐵路管理局 地址：10041 臺北市北平西路 3 號 電話：02-23899854 網址： http://www.railway.gov.tw
出版日期	中華民國 105 年 12 月
創刊日期	中華民國 52 年 10 月
封面圖片說明	臺中都會區鐵路高架捷運化計畫－臺中車站
封面圖片攝影者	李晁鳴
印刷者	文名文具印刷有限公司 地址：206 基隆市七堵區崇禮街 23 號 電話：02-24566075
展售門市	國家書店松江門市 地址：10485 臺北市松江路 209 號 1 樓 電話：02-25180207 網址： http://www.govbooks.com.tw 五南文化廣場 地址：40042 臺中市區中山路 6 號 電話：TEL：(04)22260330 網址： http://www.wunanbooks.com.tw

電子全文登載於臺鐵網站

GPN：2005200020

ISSN：1011-6850

著作財產權人：交通部臺灣鐵路管理局

中華郵政臺字第1776號登記第一類新聞紙類
行政院新聞局出版事業登記局版臺字第1081號

ISSN 1011-6850



9 771011 685005 1

ISSN 1011-6850
定價:新台幣200元