

出國報告（出國類別：進修）

參加「鐵道脫軌調查分析訓練
(Undertake a Derailment
Investigation)」課程出國報告

服務機關：國家運輸安全調查委員會

姓名職務：林彥亨 / 鐵道調查組 / 次席調查官

洪偉喆 / 鐵道調查組 / 調查官

薛雅之 / 鐵道調查組 / 副調查官

派赴國家/地區：澳洲/珀斯

出國期間：民國 112 年 11 月 25 日至 12 月 2 日

報告日期：民國 113 年 01 月 31 日

公務出國報告提要 系統識別號

出國報告名稱：參加「鐵道脫軌調查分析訓練(Undertake a Derailment Investigation)」
課程出國報告

頁數：25 頁 含附件：否

出國計畫主辦機關：國家運輸安全調查委員會
聯絡人：郭芷桢
電話：(02)7727-6228

出國人員姓名：林彥亨、洪偉喆、薛雅之
服務機關：國家運輸安全調查委員會
單位：鐵道調查組
職稱：次席調查官、調查官、副調查官
電話：(02)8912-7388

出國類別： 考察 ■進修 研究 實習 視察 訪問 開會 談判 其他
出國期間：民國 112 年 11 月 25 日至 12 月 2 日
出國地區：澳洲/珀斯

報告日期：民國 113 年 01 月 31 日
分類號/目
關鍵詞：鐵道事故、出軌調查

內容摘要：

國家運輸安全調查委員會自 108 年 8 月改制至 112 年底，鐵道事故調查案件共計 28 件，其中涉及正線出軌事故案件數計 9 件，所佔整體鐵道事故比例約 32%，因此在出軌調查的專業技術層面上，相當值得本會鐵道調查組同仁持續精進專研，使同仁面對未來可能發生的出軌事故時，可更專業且廣泛的執行調查業務。

澳洲鐵道安全標準委員會（Rail Industry Safety and Standards Board, RISSB）定期開設有「鐵道脫軌調查分析訓練（Undertake a Derailment Investigation）」課程，從出軌事故通報、現場評估、調查、測繪、報告撰寫等流程進行課程教學，並配合量測工具的實際操作，使學員深入了解出軌調查整體流程與技術。

目次

壹、目的.....	- 1 -
貳、過程.....	- 2 -
參、課程摘要與心得.....	- 4 -
肆、建議.....	- 14 -

壹、目的

國家運輸安全調查委員會（以下簡稱本會）自 108 年 8 月由飛航安全調查委員會改制後，至 112 年底共計執行重大鐵道事故調查案計 28 件，其中正線出軌事故數量佔比約 3 成，為強化本會鐵道調查人員對正線出軌事故之專業調查能量，故指派本會鐵道調查組人員參與澳洲鐵道安全標準委員會（Rail Industry Safety and Standards Board, RISSB）所辦理之「鐵道脫軌調查分析訓練（Undertake a Derailment Investigation）」課程。

本次課程安排共計三日，包含兩日半的室內課程，以及半日的現場測繪演練，針對出軌事故調查內容包含現場調查準備、基礎出軌理論、證據記錄及保存、車輛系統、列車編成、軌道設備、輪軌介面等主題。本篇報告是以學員參與三日之課程內容為主軸進行撰寫。

貳、過程

1. 課程安排

本次「鐵道脫軌調查分析訓練 (Undertake a Derailment Investigation)」課程共計 3 日，課程日期為民國 112 年 11 月 28 日至 30 日，每日課程 8 小時，總課程時數共計 24 小時，有關課程內容規劃如下：

日期	課程內容	講師
11/28	<ul style="list-style-type: none"> ■ Meet and Greet ■ Inductions and requirements ■ Introduction and contents 	Greg Butler
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Site Investigations Phase ■ Activity 1 	
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Basic Theory of Derailment ■ Activity 2 	
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Techniques for Recording and the Preservation of Evidence ■ Recap and review 	
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Activity 3 ■ Assessment 	
	11/29	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Rollingstock Construction, Inspection and Testing 		
<ul style="list-style-type: none"> ■ Inspecting Locomotives and other Powered Rollingstock Operations Train Dynamics, Marshalling and Loading 		
<ul style="list-style-type: none"> ■ Recap and review 		
<ul style="list-style-type: none"> ■ Activity 6 ■ Assessment 		
11/30		
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Recap and Review ■ Track Construction, Maintenance, Components and Measurements 	
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Activity 7 	
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Vehicle / Track Interaction ■ Activity 8 	
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Recap and review 	
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Assessment ■ Report component explanation 	

2. 講師及參與學員

擔任本次課程的講師是 RISSB 委請澳洲鐵道訓練機構（Centre of Excellence in Rail Training, CERT）指派澳洲籍 Greg Butler 先生（如圖 2-1）擔任，Greg 講師除了在澳洲當地擔任鐵道脫軌調查訓練專業講師外，亦為香港鐵路有限公司（MTR）的安全訓練講師。



圖 2-1 講師 Greg Butler

本次參訓學員共計 15 員，其中 10 員均來自澳洲當地，有在 Aurizon 鐵路貨運公司的列車駕駛、BHP 礦業公司安全部門的管理師及 Gemco Rail 鐵路設備供應商的工程師，其餘人員包含本會派訓的 3 名鐵道調查官，以及交通部鐵道局營運監理組派訓的 2 名同仁。

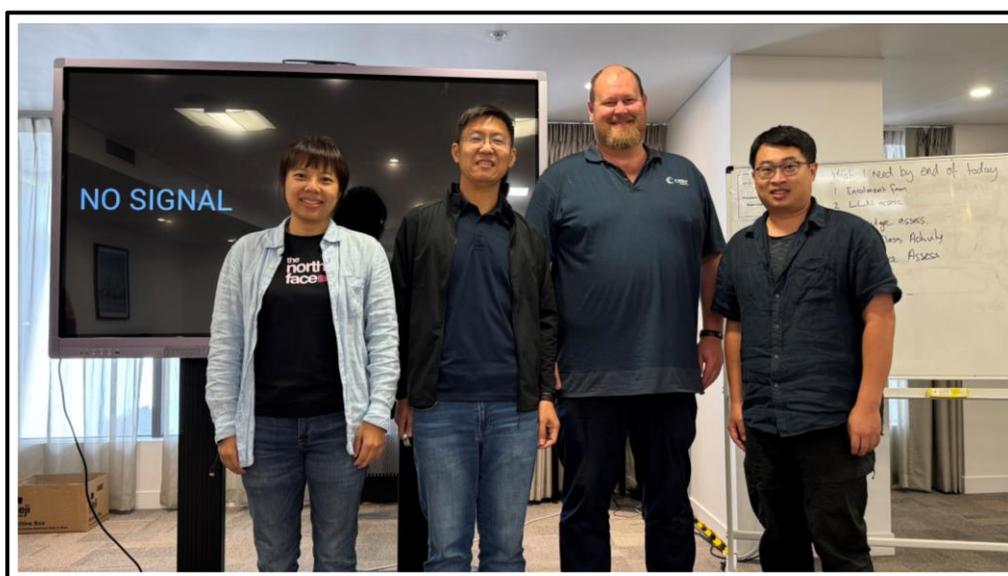


圖 2-2 本會參訓人員與講師合影

3. 課程實施場域

本次為期 3 日的調查訓練課程，室內課程是在澳洲珀斯 QUEST East Perth 會議室辦理（圖 2-3），每日課程均有習題（Knowledge Assessment）需在下課後繳交，此外每個課程主題結束後，實施分組討論活動（Activity），透過習題寫作以及分組討論，使學員可以較快速理解講義內容及事故案例重點。

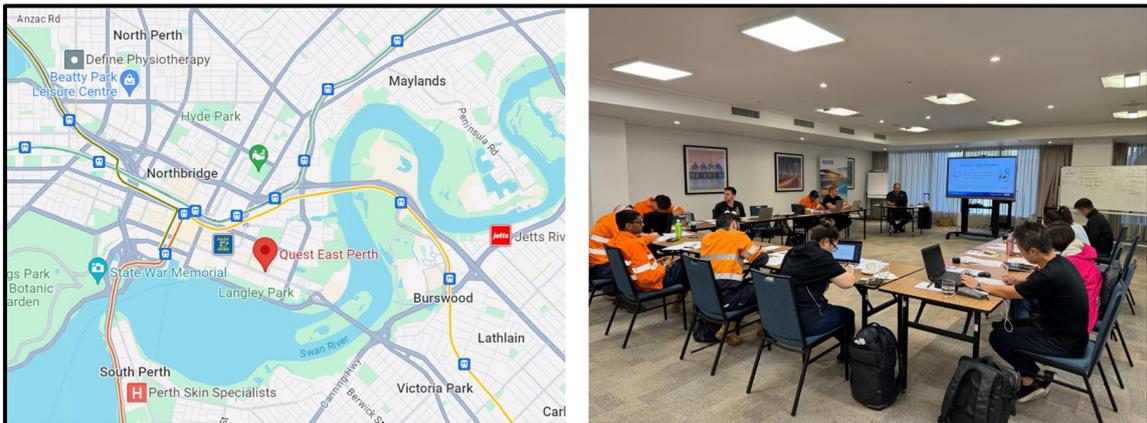


圖 2-3 本次訓練課程場地（室內課程）

至於在室外課程部分，主辦單位向 Gemco Rail 公司借用調車場地進行訓練，Gemco Rail 是澳洲的鐵路設備供應商，主要業務是在協助鐵路營運單位進行車輛的定期維修及客製化改裝。

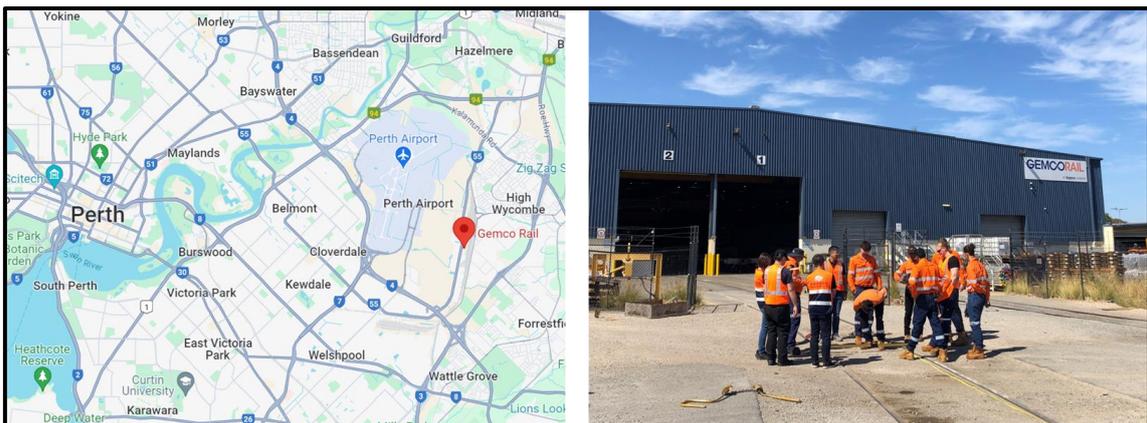


圖 2-4 本次訓練課程場地（室外課程）

參、課程摘要與心得

1. 第一日 (11/28)

首日課程開始前，講師說明鐵路安全調查之目的，執行鐵路脫軌安全調查不以處分或追究責任為目的。其主要目標在於：(1) 確認事故發生原因，以避免及降低再次發生相同事故之風險。(2) 提供數據進行比較分析及趨勢監控。(3) 找出安全管理系統中可能不足以應對風險之處，並進行調整以確保風險於可接受之範圍內。(4) 其他（如符合監理機關要求等）。此與我國運輸事故調查法第 5 條第 1 項精神、本會執行事故調查之目的均一致。

接著說明關於安全防護的重要性，在脫軌事故發生的現場屬於高風險區域，存在相當多的危險因子，因此調查人員執行現場調查時必須小心謹慎，並遵守鐵路營運單位之相關規定。調查人員應具備進入調查現場之資格（如具備相對應之調查能力及完成安全訓練等），且獲得進入調查現場之許可，同時確定調查現場之危險因素並聽取安全簡報，並閱讀並確認與現場調查工作任務相關之安全工作方法，也要佩戴個人防護裝備及必要之證件。

在講述到安全防護的章節中，可以感受到國外在人員安全優先的重視性，不論是講師對此章節的重視程度，以及澳洲同學對於安全觀念的態度，均值得我們加以學習。

在事故證物方面，講師有系統性地將證物進行類別區分，基本上可區分為易流失證物、可檢索證物、可取得證物等 3 種類型，說明如下：

(1) 易流失證物

調查過程中，證物可能會隨著時間推移、外在環境條件變化、外部干擾以及現場復舊及清理而流失，易流失證物必須優先記錄及保存。易流失證物通常包括以下項目：

- 軌道、事故車車輪組、煞車、儲氣槽等之溫度、壓力值
- 駕艙內之操作把手狀態、斷路器位置等

- 轉轍器、道岔之開通方向及運作狀態
- 基礎設施、車輛或地面上之痕跡

(2) 可檢索證物

可從事故現場或任何其他地點恢復並供日後檢查的證物。調查員應記錄其當下狀態和位置且進行標記/標籤後再將其從現場移離，以免破壞證物當下狀態。可檢索證物通常包括以下項目：

- 車輪組
- 車軸
- 鐵路車輛
- 鐵軌殘骸
- 現場紀錄
- 其他車輛、基礎設施、零部件等

(3) 可取得證物

可在日後取得之證物。可取得證物通常包括以下項目：

- 軌道基礎設施設計等物理細節
- 列車編組和維護紀錄
- 軌道維護和檢查紀錄
- 先前調查報告等文檔

在鐵道脫軌事故現場，通常會伴隨著搶救、搶修、復軌、通車等壓力，因此執行事故調查是一個與時間賽跑的工作，在有限的調查時間內，蒐集易流失證物是調

查人員之第一要務，而透過上述的證物進行類別區分，可使調查人員在第一時間判別需要哪類型資料，進而節省許多調查作業時間。

接著說明進入現場證物紀錄保全及採樣階段，蒐集現場證物對於建構事件序列及判別事故發生原因相當重要，同時須確認設備運作情形及釐清相關人員的操作情形。蒐集現場證物時應以可保持有效性之方式記錄及保存證物，如使用經校準之設備進行量測並由他人見證，以確保測量結果準確無誤且未被操縱。欲移除現場證物時需取得現場指揮官及其所有人同意後才能將證物由現場移離，並確保證物於完成調查前保存完善。

有關證物記錄及樣本採集之基本準則如下：

- 觀察並記錄證物當下呈現/所在之狀態
- 不要任意進行測試或嘗試移動物體，除非確定該動作不會對其他設備造成影響或導致其他證物丟失
- 在移動證物前 - 確保已記錄其原始位置
- 特性或危害-對於事故現場之特性或危害如有疑慮，應尋求專業建議協助
- 預防措施及保護-蒐集樣本時應穿戴適當之個人防護裝備
- 適當保存-使用適當證物袋或容器保存證物或樣本，並保存於適當地點
- 標籤和識別-將證物標上日期、時間、名稱及蒐集者姓名
- 證物管控-製作證物清單，包含樣本的蒐集者、日期、時間及蒐集目的

在脫軌事故發生後，調查人員應對車輛、號誌及軌道（包括道岔）進行測試，以確認相關設備運作狀況，並確認是否存在有設備故障情形，而其中針對軌道線型的量測，是相當重要的調查程序，通常會選取脫軌點前 60 公尺處，至脫軌點後 20 公尺處的範圍進行量測，而需要量測的重點項目如下：

- 橫向水平

- 軌距值
- 軌道垂直剖面（由軌道頂部）
- 軌道平整度（10 公尺弦長上之弦高）
- 垂直或橫向位移之痕跡，如在枕木下之空隙
- 軌頭處之側磨損

實務上，如列車脫軌之時速超過 100 公里/小時，則會將量測長度延伸至脫軌點前 100 公尺處；至於發生在基地或機廠內的脫軌事故，因為列車速度較慢，量測長度可彈性縮減至 30 公尺，各點位的量測至少應記錄「橫向水平」及「軌距值」，但調查人員可視現場狀況彈性調整測量項目。

Greg 講師接著說明常見的脫軌機制及原因（如表 3-1），經由整理過後的脫軌樣態，可以讓調查人員在事故後儘速歸納出可能的事故肇因，並朝該方向進行相關證據蒐集。

表 3-1 常見脫軌機制及其原因

脫軌機制	典型直接原因
車輪抬升脫軌	列車前阻後湧、煞車衝擊、碰撞、輪軸損壞等
車輪撞及障礙物	撞擊軌道上之障礙物
車輪落軌	軌距過寬、斷軌、車輪鬆脫等
列車翻覆	超速、側風過大等
車輪輪緣爬上出軌	列車荷重大幅減少且橫向力增加等

在脫軌事故調查中，NADAL 公式為車輪爬軌提供了計算理論，NADAL 公式以 L/V 比值呈現（如圖 3-1），如果實際輪軌接觸樣態超過 L/V 值，則爬軌可能性相當大；此外在正向力減少或側向力增加的狀況下，L/V 值皆會降低，增加出軌的風險。

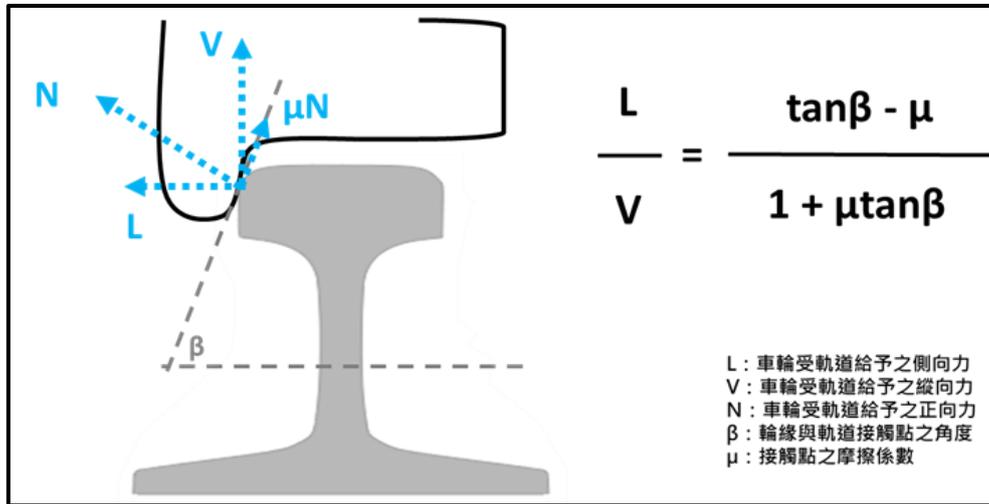


圖 3-1 NADAL 公式

由上述的 NADAL 公式可知，輪緣與軌道接觸點之角度，以及在該點之摩擦係數，兩者是造成列車脫軌的關鍵因素，摩擦係數增加或輪緣與軌道接觸點之角度減少，均會降低臨界 L/V 值，且增加輪緣爬上脫軌之風險，L/V 值與輪緣與軌道接觸點角度之關係如下圖 3-2。

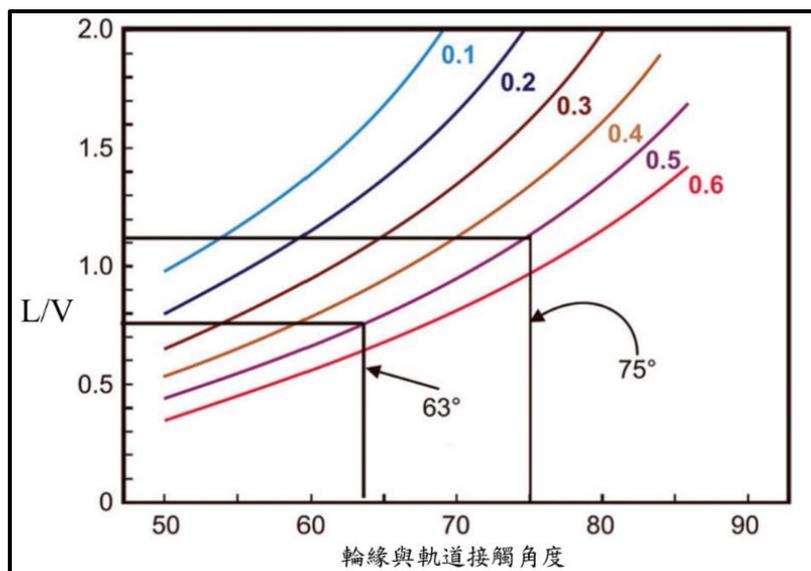


圖 3-2 輪緣與軌道接觸角度及摩擦係數，與 L/V 值之關係

在調查輪緣爬上型之脫軌事故時，應使用工具記錄車輪踏面輪廓及軌道之軌頭輪廓，講師使用「取型器」做為量測示範工具（圖 3-3）。至於摩擦係數則較難量測，通常可透過電子設備進行量測，量測之讀數通常是浮動的，需要取其平均值做為摩擦係數值。



圖 3-3 取型器

在本次講義中，提供了在不同軌面狀態下的磨擦係數值，可做為事故調查人員之參考（如表 3-2）。

表 3-2 軌面狀態及對應之摩擦係數值

摩擦係數	軌面狀態
0.1	光滑且潤滑足夠
0.15	潮濕/生鏽
0.2	乾淨、濕潤

0.3	乾淨、乾燥、表面光滑
0.4	乾淨、乾燥、表面粗糙
0.5-0.6	通常不會出現在實際情況中，為實驗/研究使用之值

2. 第二日 (11/29)

本日課程主要講授列車出軌事故之現場調查重點及應考量因素，包含列車出軌點之識別與可能成因說明、道岔區發生之列車出軌類型及案例練習，及車輛包含車廂、煞車系統及列車超速之調查等，未來可作為鐵道事故調查人員現場調查作業之參考指引，以協助釐清事故可能發生之肇因來源。

(1) 出軌點 (Point of Derailment, POD)

對於列車出軌成因，應考量如何正確找到事故現場之出軌點，辨識列車出軌時的機械作動狀態及出軌車輪之落軌點，建議調查人員可考量以下項目：

- 檢查車廂是否有明顯之機械失效特徵、如車輪、軸承、聯結器
- 評估出軌後之車輪踏面損壞情形
- 檢視各車廂、轉向架及車輪之位移狀態
- 檢視軌道之鋼軌是否扭曲
- 檢視車輪表面是否有產生受熱狀態，協助判別車輛煞車力是否過大或有煞車失效之情形發生

對於列車出軌點之痕跡 (Mark) 可能發生位置點，調查人員可考量以下項目：

- 沿著軌頭上出現之長短輪痕
- 單一鋼軌上有規則性之痕跡 (波狀磨耗)

- 鋼軌腐蝕
- 單一或左右兩側鋼軌出現輪痕
- 鋼軌未出現輪痕，但有道床擾動或軌枕上有發現痕跡
- 鋼軌或軌道上出現無法解釋之痕跡
- 車輛零件脫落或車廂過載
- 軌道鋼軌扣夾、道釘等發生移位或損壞

(2) 出軌點的定位

調查人員可對事故現場進行檢視，一般會發生列車出軌之位置可參考以下項目：

- 發生在列車通過道岔區尖軌及岔心位置之後
- 發生在橋樑區之衝撞、異物結構、列車衝撞等
- 軌道損壞、外在車輛滑下邊坡

出軌點的重要性：事故現場進行路線搶通時，調查人員應對列車出軌點進行保存，如出軌點痕跡已被消除，可透過尋找散落的车輪或被轉向架零件刮傷的軌枕來識別出軌點。

(3) 出軌列車之車輪檢查

建議調查人員可針對以下項目進行檢查：

- 檢查出軌列車之轉向架車輪輪緣是否有發生嚴重撞擊或磨損情形
- 觀察鋼軌、接合接頭、錨定螺栓、道碴或其他軌道元件所產生的痕跡
- 應建立痕跡的嚴重程度劃分
- 應建立車廂對應轉向架車輪及軸承尺寸、型號及製造標示之紀錄

- 出軌車廂相關痕跡與嚴重程度之識別

(4) 軌道輪緣痕簡介

短輪緣痕：長度小於 600 公釐，橫向力所造成車輪爬軌，如下圖 3-4。



圖 3-4 短輪緣痕

形成短輪緣痕之可能成因包含：

- 較嚴重的推拉力衝擊
- 不適當的列車操作產生的縱向力
- 列車因重量分佈不均的車廂產生縱向力
- 突然的車廂負載位移
- 軌道挫曲
- 車輛元件失效，如聯結器、輪緣或輪圈
- 轉向架無法正常轉向
- 與其他車輛或道旁異物衝撞

長輪緣痕：主要發生在列車出軌過程中因車廂輪重值的降低，伴隨較小的橫向力所造成的現象。在轉向架車輪爬軌過程中，因車輪被抬升起，可能會在軌頭形成較長的痕跡。在轉向架車輪落軌前可能會產生達 8 公尺長的輪緣痕。

有關車廂輪重損失的可能成因包含：

- 不規則橫截面（一般發生在曲線段）
- 軌道方向性產生不規則現象
- 對應車速及曲率下，超高過大
- 軌道橫截面或接合接頭有過多的沉陷變化，如軌道扭曲
- 不平衡的車廂負載
- 車廂負載位移
- 車廂轉向架減震彈簧的缺少或斷裂
- 車廂轉向架懸吊元件的不匹配或不平衡的調整
- 車廂轉向架阻尼裝置失效
- 車廂轉向架防傾桿缺陷，如允許過多的車體滾轉間隙
- 車廂轉向架側軸承間隙過小會導致車輪在通過曲線段時產生無負載現象

其他輪緣痕之類型及可能成因：如表 3-3。

表 3-3 其他輪緣痕之類型及可能成因

類型	可能成因
中長度輪緣痕	取決於車速、軌道曲率半徑及轉向架車輪爬軌過程之受力情形

多重輪緣痕	軌道不整引起
次要的輪緣痕	當轉向架的前車輪組出軌時，對後車輪組產生很大的攻角而造成列車轉向架出軌
車輪踏面角痕	當轉向架車輪組其中一側車輪出軌時，其相對車輪也會在兩鋼軌間落軌並產生痕跡
出軌痕	有時車輪輪緣爬軌至發生列車出軌點之鋼軌上，可能會重新回到運行軌道上，其鋼軌留下的標記會與輪緣上留下的標記位置相對應
車輪滾動痕	列車於軌道過彎時發生傾覆時，會在鋼軌上留下明顯的痕跡，此時轉向架車輪若仍在旋轉時，車輪踏面會嚴重擠壓鐵軌頭
無出軌痕	列車出軌時沒有伴隨鋼軌標記痕跡
鋼軌間隔痕	軌頭出現規則間隔的痕跡，表示車輪已有損壞

(5) **道岔區發生之列車出軌事故**：可分為尖軌處及岔心處。

尖軌處：會導致列車出軌有以下 3 種情況，

- 爬軌：一般發生在靠近尖軌點 1 公尺範圍內
- 尖軌直行：尖軌未貼合鋼軌、尖軌損傷
- 尖軌反位：直行移動車輛轉向架沿著反位（路線未開通方向）行駛造成出軌

岔心處：常見出軌類型為車廂轉向架車輪被引導往錯誤的路線方向行駛，且防脫護軌表面會有清楚的輪緣痕跡出現。對於道岔區岔心處的出軌調查，建議調查人員應記錄並量測出軌痕跡相對岔心點的距離關係，如出軌標記位於岔心前方，則可能為轉向架車輪走錯路徑導致車輪爬上防脫護軌（如圖 3-5），另應對出軌列車之轉向架車輪尺寸及道岔區防脫護軌相關尺寸進行量測確認。

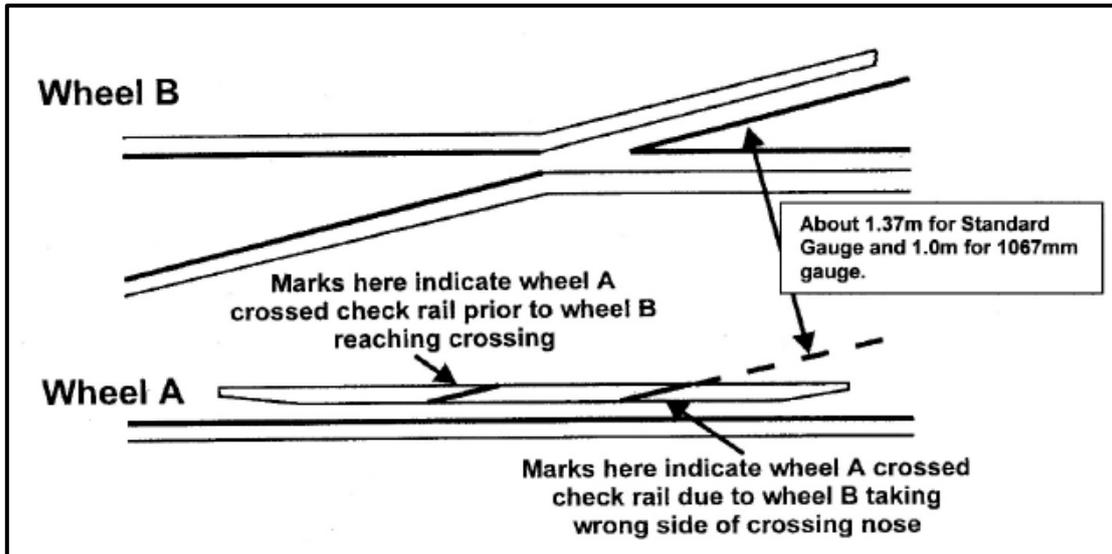


圖 3-5 道岔區岔心處出軌痕跡調查

案例練習

在課程中也提供道岔區發生列車出軌事故案例（如圖 3-6），讓學員在分組討論中探討可能造成列車出軌之成因。

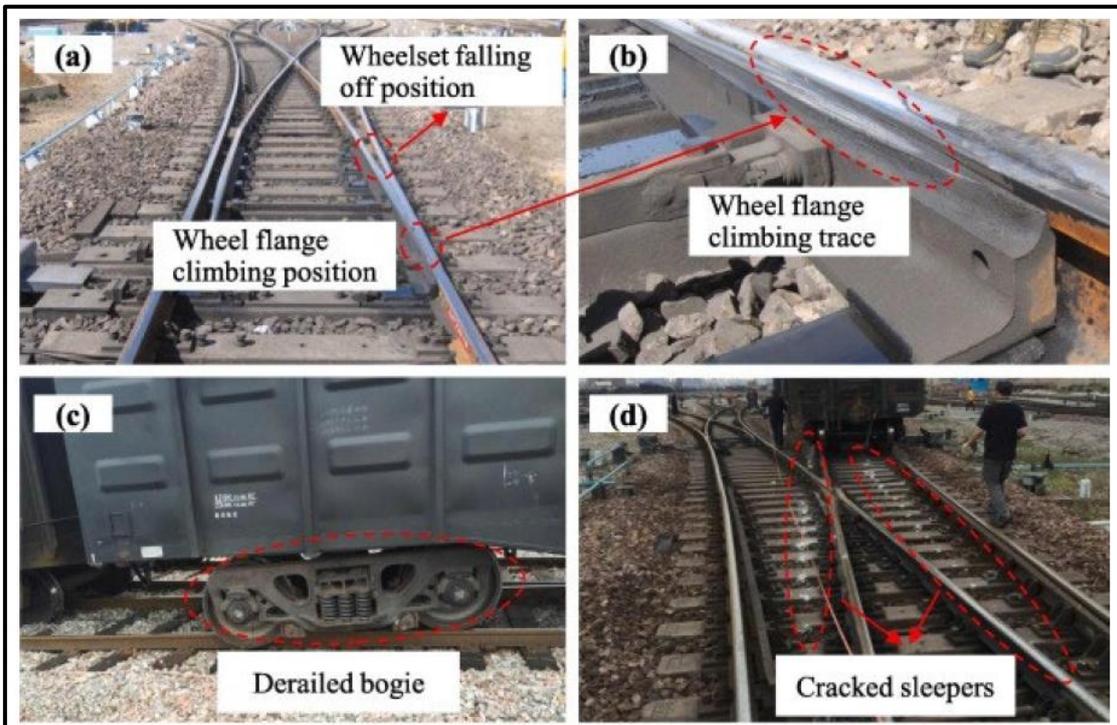


圖 3-6 道岔區列車出軌案例練習

(6) 車廂檢查

因車輛損壞導致列車出軌的因素包含轉向架運行能力及車身結構完整性。其中，提供調查人員參考之車廂故障癥狀及檢查重點說明如下表 3-4：

表 3-4 車廂故障癥狀及檢查重點

故障癥狀	檢查重點
轉向架車輪爬軌及轉向問題	轉向架中心盤、墊片、耐磨環，及潤滑程度
車身過度傾斜或轉向架運行能力失效	轉向架中心盤延伸板狀況不良
轉向架旋轉問題	轉向架側樑間隙不足
轉向架結構損壞	車身支撐樑斷裂或彎曲
車輛中心偏離	轉向架中心銷彎曲、斷裂或缺失，以及鑄件損壞
調車操作不當	列車煞車的不當使用

針對車身結構完整性之檢查重點包含以下：

- 車身大樑結構：若超過車廂結構負載或軌道損壞而導致列車出軌，應確定原因是否為衝擊、疲勞或超載所造成。
- 轉向架橫樑：通常是由車廂過載、負載分佈不均、製造缺陷、疲勞、磨損或斷裂而引起的故障。

(7) 煞車系統檢查

因煞車系統引起列車出軌之故障癥狀及檢查重點說明如下表 3-5。

表 3-5 煞車系統引起列車出軌之故障癥狀及檢查重點

故障癥狀	檢查重點
車輪過熱	列車行駛中未釋放煞車會導致車輪損壞及踏面產生磨損
煞車塊過熱、煞車咬死	煞車系統氣源洩漏或控制閥故障
煞車性能異常	煞車塊型式錯用、煞車塊磨損嚴重、煞車塊作動行程調整不當
車輪空轉打滑	空車下可能導致列車車輪空轉打滑，加載貨物後車輪開始旋轉，車輪踏面被磨平且旋轉後彈起導致列車出軌

建議調查人員於事故現場作業之檢查重點包含以下：

- 檢查最先發生出軌的列車車廂及其後車廂之煞車系統
- 煞車系統故障報修履歷
- 車廂煞車系統是否被隔離
- 確認煞車氣源管路狀態，是否有阻塞、洩漏、磨損或斷裂
- 線路接頭及固定狀態
- 氣源管路旋塞開關位置
- 車輪軸溫偵測狀態
- 主儲氣槽管路狀態
- 事故車輛及其編組車廂之煞車性能測試

(8) 列車超速

針對因列車超速所造成之列車出軌事故，提供調查人員之分析參考重點包含以下：

- 列車最大允許速限取決於軌道設計、車輛穩定性及乘客舒適度
- 在曲線段車輛會向外側傾覆，撞擊地面後各車廂聯結可能會被解開
- 列車出軌後可能會有傾覆或沿直線行駛
- 車廂可能會因最先出軌車廂減速而產生「之」字型出軌現象

3. 第三日 (11/30)

本日上午課程前往 Gemco Rail 公司的調車場進行，主要是模擬出軌後的事發現場，讓學員實際操作相關量測工具，並透過紀錄表單的填寫，讓學員從數據中瞭解軌道幾何變化狀況。

首先 Greg 講師先在軌道上標定假設的出軌點，並且模擬繪製出 Tread corner mark 及 Flange mark，請學員判讀出軌痕跡及出軌方向（如圖 3-7）。

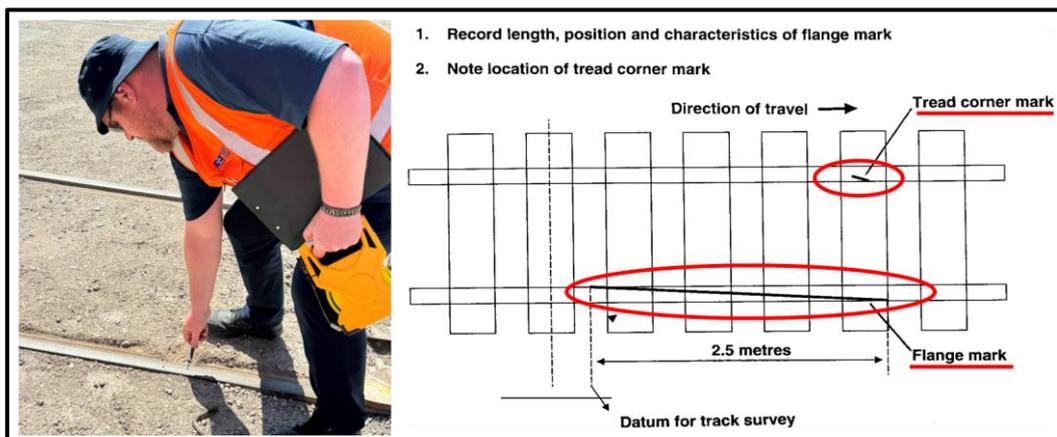


圖 3-7 講師標示 Tread corner mark 及 Flange mark

判讀軌面出軌痕跡後，接著講師請學員操作軌距尺進行測量，由出軌點起向列車駛來方向量測 50 公尺，接著每隔 1 公尺標繪出測量點，由學員實際操作量測各點位的軌距及水平值（如圖 3-8），並做成紀錄。



圖 3-8 學員操作軌距尺

值得注意的是，本次訓練課程場地的軌床，都已被混凝土及砂石覆蓋，已無法判別軌枕位置，而本會過去辦理部分出軌調查案件時，是以「軌枕處」作為量測之點位（詳運安會 1110730 台糖五分車蒜頭糖廠正線出軌事故調查報告），此差異並無對錯性，端看事故樣態、現場環境等因素進行操作。

取得所有數據後，Greg 講師請學員將量測值練習謄錄於表格中，並請學員計算出每 1 公尺間及每 7 公尺間的水平變化，以瞭解軌道扭曲（Track Twist）情形（如圖 3-9），透過數據實際演算，學員更加深入了解現場量測之意義，以及相關數據應用在脫軌調查之範圍。

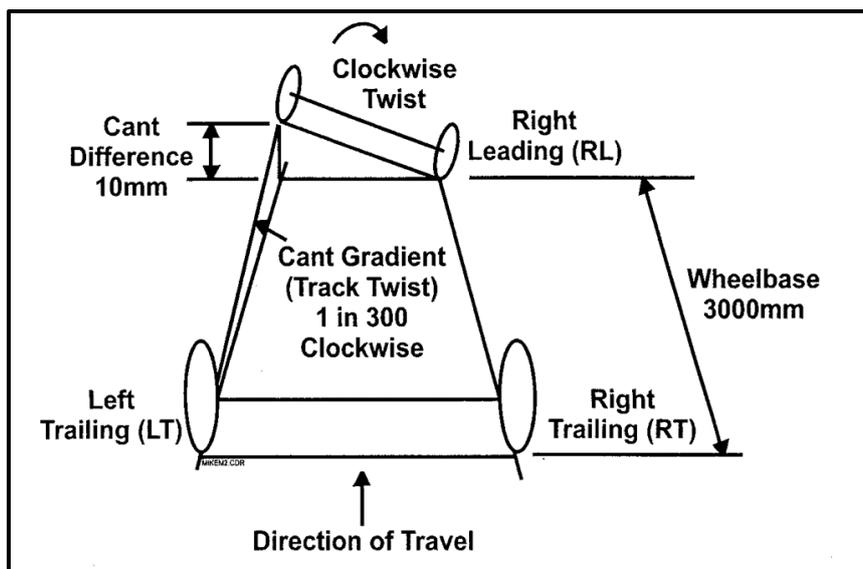


圖 3-9 軌道扭曲（Track Twist）圖示

在量測完軌道數據後，Greg 講師接著請學員操作鋼輪磨耗尺（圖 3-10），該磨耗尺較一般營運單普遍使用的「輪箍規」構造相對簡易，主要是讓調查人員可在事故現場第一時間迅速瞭解鋼輪輪緣磨耗情形，至於詳細的鋼輪相關數據，仍需要在事故排除後進行進一步的量測。



圖 3-10 操作鋼輪磨耗尺

第三日下午的課程拉回室內，Greg 講師介紹幾個澳洲當地的事務案例，並且介紹貨物列車偏載的脫軌說明（如圖 3-11），相較於臺灣，澳洲當地的鐵路運輸是以貨運為大宗，所以貨車偏載造成的脫軌有相當多的案例，講師也透過實際影片，讓學員瞭解列車偏載狀態下，列車動態行駛的晃動情況。

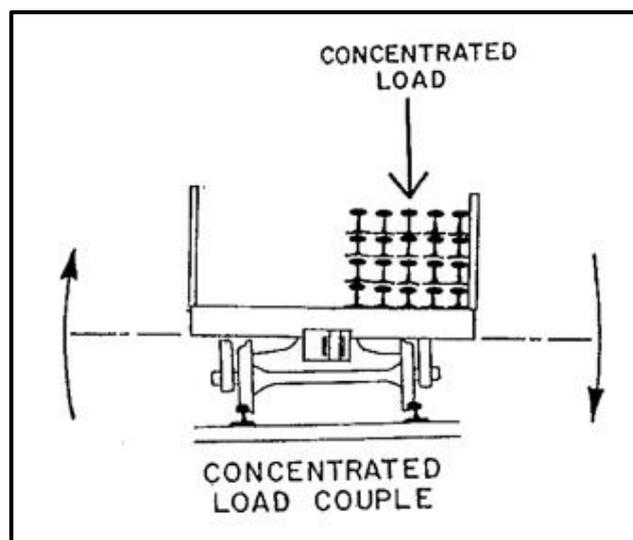


圖 3-11 列車偏載圖示

至於列車在偏載的狀況下，是否可能造成出軌，可以使用簡易的公式進行初步驗證，主要是將車廂兩側承載重量比例進行比例換算，其公式如下：

Imbalance, lateral or longitudinal, may be expressed as a percentage, derived from the formula:

$$\frac{A-B}{A+B} \times 100\% = \text{Imbalance}$$

而經由上列公式計算出的偏載值，通常是以 15%作為偏載臨界，在貨運裝卸上應避免類似有高過臨界值的狀況發生，實務上澳洲的鐵路營運單位都採取更嚴格的方式來對承載進行規範，有關在標準軌、窄軌狀況下的偏載臨界值，以下提供了簡易的曲線圖進行判斷（如圖 3-12），

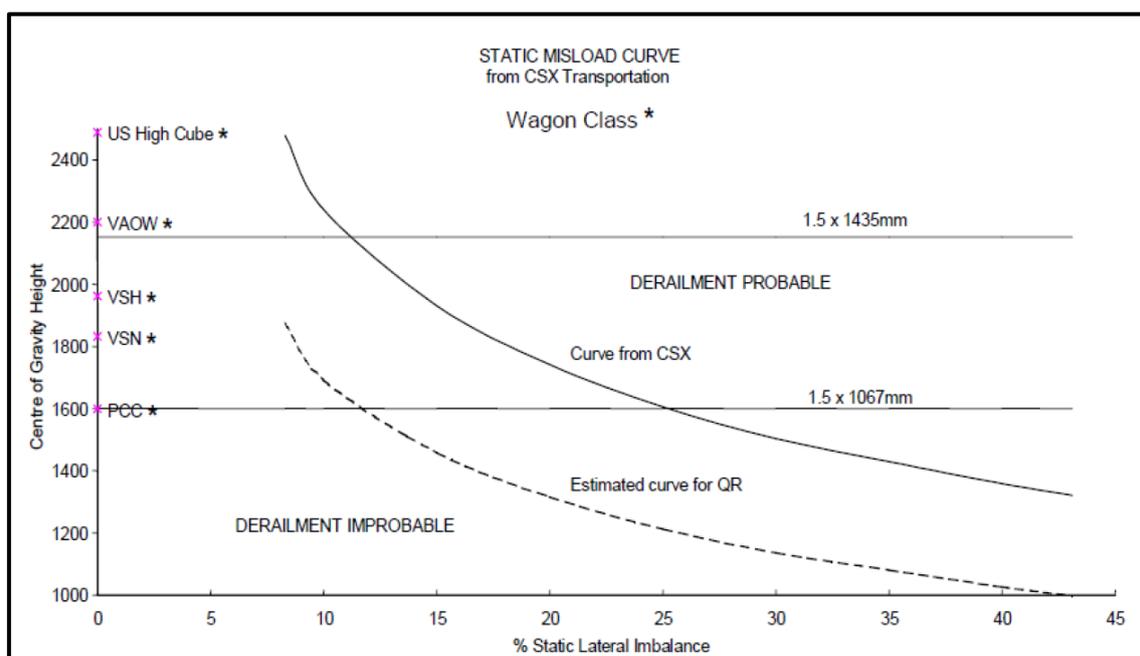


圖 3-12 列車偏載臨界曲線圖（講師引用自 CSX Transportation 資料）

三天的主要課程就在此畫上尾聲，對於本次課程的心得相當豐富，其中對於脫軌事故調查，運安會在成立初期過程，在鐵道調查技術、立案標準上，主要都是參考鄰近日本及韓國的做法，在鐵路以客運運輸為主要的狀況下，對於出軌事故調查的整體邏輯理念都是以避免事故再發生為原則，而在澳洲以貨運運輸為主的環境中，對於此類物理出軌機制的分析，都有相當多的深入研究，因此相當值得進一步學習與研究。

肆、建議

本次參與「鐵道脫軌調查分析訓練(Undertake a Derailment Investigation)」課程內容相當豐富，提供本會人員在脫軌事故調查上，更有系統性的進行調查程序。其中令人印象深刻的是，在當地進行現場作業時，人們對於安全意識的觀念相當重視，不論是在自身安全設備防護、安全講解、環境觀察上，都做的步步到位，在事故現場不會一味地投入調查，而是先將整體環境觀察完畢後，再擬定調查計劃，安全與時效的競爭中，永遠是以安全為優先。

後續建議本會安排出國人員進行經驗分享，將澳洲所學之調查技術與經驗與同仁進行交流；此外在鐵路調查的應用工具上，可參考本次實際操作到器具進行採購，已提升現場調查時效，並強化鐵道調查專業技術性。

參加「鐵道脫軌調查分析訓練(Undertake a Derailment Investigation)」課程出國報告

服 務 機 關：國家運輸安全調查委員會

出 國 人 職 稱：鐵道調查組次席調查官 / 調查官 / 副調查官

姓 名：林彥亨 / 洪偉喆 / 薛雅之

出 國 地 區：澳洲 / 珀斯

出 國 期 間：民國 112 年 11 月 25 日至 12 月 02 日

報 告 日 期：民國 113 年 01 月 31 日

建議事項：

	建議項目	處理
1	建議本會檢視現有鐵道事故調查裝備，補充採購本次課程中所提現場調查工具，提供鐵道事故調查人員現場作業使用。	<input checked="" type="checkbox"/> 已採行 <input type="checkbox"/> 研議中 <input type="checkbox"/> 未採行
2	建議參訓人員將課程內容進行重點整理，並以簡報說明之方式，與會內同仁進行知識分享。	<input checked="" type="checkbox"/> 已採行 <input type="checkbox"/> 研議中 <input type="checkbox"/> 未採行

