

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

姓名職稱：吳吉村 / 鐵道調查組 / 首席調查官

后振宇 / 鐵道調查組 / 調查官

游士漢 / 鐵道調查組 / 副調查官

派赴國家/地區：澳大利亞 / 雪梨

出國期間：民國 113 年 8 月 11 日至 8 月 17 日

報告日期：民國 113 年 10 月 15 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：26 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：吳吉村、后振宇、游士漢

服務機關：國家運輸安全調查委員會

單位：鐵道調查組

職稱：首席調查官、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 113 年 8 月 11 日至 8 月 17 日

出國地區：雪梨

報告日期：民國 113 年 10 月 15 日

分類號/目

關鍵詞：鐵道事故調查、出軌調查

內容摘要：

國家運輸安全調查委員會指派三名調查人員於 2024 年 8 月赴澳大利亞雪梨參加為期三天的「鐵道脫軌調查分析訓練」課程。該課程由澳洲鐵道安全標準委員會 (RISSB) 主辦，內容涵蓋現場調查、證據保存、軌道與車輛互動、脫軌原因分析等主題，並提供參與者實地操作的機會。此行的目的是學習國際最新的鐵道事故調查技術，提升國內調查水平，並與國際專家交流，拓展視野。

參訓過程強調了脫軌調查的三大目標，即確定事故原因、防止重複事故發生，並進行統計分析。學員實地操作了多項技術，包括使用軌距尺測量軌道狀態，並探討了影響脫軌的各種因素，如車輛結構缺陷、軌道損壞等。經驗顯示，證據蒐集和保存對調查的準確性至關重要。本次培訓不僅增強了技術能力，還為未來調查工作提供了寶貴的參考。

目次

壹、目的	- 1 -
貳、過程	- 2 -
參、課程摘要與心得	- 5 -
肆、建議	- 25 -

壹、目的

國家運輸安全調查委員會（以下簡稱本會）指派 3 名調查人員赴澳大利亞雪梨參加「鐵道脫軌調查分析訓練」課程，旨在更深入的了解澳大利亞在鐵道脫軌事故中調查的最新技術及標準，並將所學回饋至所屬單位，以提升本會在事故調查方面的專業能力，期望未來能更有效率地進行事故調查，找出事故根本原因，且降低未來事故再發生。

本次課程為期 3 天，委由澳洲鐵道安全標準委員會（Rail Industry Safety and Standards Board, RISSB）所辦理，內容包含「現場調查階段」、「脫軌基本理論」、「證據記錄與保存技術」、「車輛結構、檢驗與測試」、「機車檢查及其他動力車輛運作、列車動力學、編組與裝載」、「軌道結構、維護、組件與測量」及「車輛/軌道交互作用」等，除能與國際專家學者交流，拓展國際視野，更將所學之知識與經驗應用於國內鐵道事故調查。

貳、過程

課程規劃

本次「鐵道脫軌調查分析訓練（Undertake a Derailment Investigation）」課程共計 3 日，除課堂課外，亦有課堂作業及課堂討論，其第 3 天另有室外課程，有關課程內容規劃如圖 1：

Day 1	
Meet and Greet	
Inductions and requirements	
Introduction and contents	
Site Investigations Phase	
Activity 1	
Basic Theory of Derailment	
Activity 2	
Lunch	
Techniques for Recording and the Preservation of Evidence	
Recap and review	
Activity 3	
Assessment	
Please note that these timings may vary	

Day 2	
Recap and Review	
Site investigation	
Activity 4	
Activity 5	
Rollingstock Construction, Inspection and Testing	
Rollingstock Construction, Inspection and Testing	
Lunch	
Inspecting Locomotives and other Powered Rollingstock Operations Train Dynamics, Marshalling and Loading	
Recap and review	
Activity 6	
Assessment	
Please note that these timings may vary	

Day 3	
Practical Activity	
Recap and Review	
Track Construction, Maintenance, Components and Measurements	
Activity 7	
Lunch	
Vehicle / Track Interaction	
Activity 8	
Recap and review	
Assessment	
Report component explanation	
Please note that these timings may vary	

圖 1 課程內容規劃表

課程場地

本次訓練課程地點為 CERT 培訓中心，位於雪梨的郊區 Chullora，如圖 2。



圖 2 CERT Training Chullora

其室內教室位於場域內的 7 號貨櫃屋，室外課程則是在走路三分鐘路程外的鐵路調車場，如圖 3。



圖 3 室內、外課程場地

講師及參訓學員

本次課程講師為 RISSB 委由 CERT(Centre for Excellence in Rail Training)派任之脫軌事故及事件調查訓練師 Greg Butler，其為一名經驗豐富的訓練師，擁有州、國家和國際的經驗，推動成功及高水平的訓練計畫，以引領個人、組織和文化的改變。

本次參訓學員共計 12 名，此次本會派任 3 名調查官參訓，其餘 9 名來自澳洲當地鐵路機關(構)，包含 Transport for NSW、Rail Confidence、JU Design、Fortescue 及 Office of Transport Safety Investigations。

參、課程摘要與心得

第 1 日

首先，講師介紹了這次的課程目的是為了讓 RISSB 對往後脫軌事故調查提供參考及指南，並說明任何脫軌事故調查的首要目標都是發現系統性安全缺陷（即系統故障），而不是將責任歸咎於任何個人或組織。

脫軌調查有三個主要目的：

1. 確定發生了什麼和為什麼，預防和儘量減少再次發生的風險。
2. 提供統計分析資料，以便進行比較分析和趨勢監控。
3. 確定在風險管理方面可能不夠充分的 SMS 領域，以便進行審查，並確保其仍然具有相關性。

在現場進行初步調查時，應盡可能快地確定脫軌機制和直接原因，有些原因是明顯可見的，如軌道斷裂或車軸斷裂。但是，重要的是要獲得證據來支持，證明明顯的原因是由其造成的，而不是脫軌的結果。

調查員的最初目標是盡可能確定：

- 脫軌的時間和地點
- 導致脫軌的一系列事件
- 事件發生後立即發生的一系列事件

- 出軌點
- 機械原理
- 首輛脫軌車廂
- 首個脫軌車軸
- 脫軌後的一系列事件

調查員應收集並保存所有相關調查資訊的最新詳細記錄，這可能包括消除脫軌潛在原因的證據。在到達脫軌事故現場之前，應盡可能多地收集證據，在周圍地區和其他地點、任何基礎設施、機車車輛、資料和其他潛在證據受到干擾和丟失之前，安排好保全工作，收集易流失證據是首要任務。

接著講師花了大篇幅講解脫軌事故現場的安全事項，其為高風險區域，存在許多危險，調查人員在調查時必須小心謹慎，並且必須遵守相關鐵路運營組織的鐵路範圍通行規定，可以看得出國外對於調查人員的安全非常重視，且能避免二次災害發生。

在調查過程中，資訊與證據可能會隨著時間、條件反應、干擾以及現場恢復和清理而丟失，調查人員在調查過程中需要小心保存或記錄一切證據，以便日後分析，證據可能因以下原因丟失：天氣和空氣品質、訪問延遲（時間）、恢復行動、熱/冷、證人記憶力減退、脫色、篡改、滲漏和失壓。舉例如下：修復受損的基礎設施，拆除機車車輛和基礎設施部件、埋入地下的軌道和機車車輛部件、軌道和車輪的溫度變化、控制裝置和開關的位置、機車車輛車廂內的環境狀況、煞車壓力和儀表、道岔位置、碎片干擾、其他人對證人的影響以及對事件的不同說法、基礎設施、車輛或地面上的蛛絲馬跡及記錄資料損壞和覆蓋等。

保存易流失證據優先於任命調查員或確定調查職權範圍，在獲取證據時，必須優先記錄和保存易流失證據。除了易流失證據外，另有兩種類型證據：可蒐集證據及現有證據，前者可從事發地點或任何其他地點提取的證據，以供日後檢查，後者為後續可獲得之證據，其舉例如下：

可蒐集證據：

- 車輪
- 車軸
- 軌道車輛
- 軌片
- 現場記錄

現有證據：

- 列車及軌道基礎設施設計
- 列車調度和維修紀錄
- 維修和檢查紀錄
- 專家證人提供的資訊
- 記錄在案的證據，如以前的調查報告。

脫軌的原因可能是碰撞、軌道上的障礙物、車輛或基礎設施的安全關鍵部件失靈或不符合的程式或操作，下表 1 就脫軌的常見機制和典型的直接原因提供了指引：

表 1 脫軌的常見種類

	脫軌樣態	典型的直接原因
1	車輪從軌道上抬起。	列車卡軌、制動衝擊、碰撞、車廂擠壓、軸頸斷裂、轉向架受阻、列車部件撞擊。
2	車輪撞及障礙物。	鐵軌、軌道或凸緣上的物品。
3	車輪掉落在兩軌之間。	軌道之間軌道張開、車軸上的車輪鬆動、軌道斷裂。
4	車輪在軌道上旋轉（車輛傾覆）。	彎道超速，旋風。
5	輪緣爬升（車輪輪緣爬升並越過軌道）。	車輪荷載(V)大幅降低，車輛、軌道幾何形狀、列車操縱等單一因素或綜合因素導致側向力(L)偏高。

脫軌痕跡和其他現場證據，再加上脫軌的具體情況，通常可以證明或提供有關脫軌機制和直接原因的有力線索，與脫軌有關的主要因素可歸納如下，其載荷及力的關係如圖 4：

- 車輪脫離軌道
- 列車中的巨大力量或衝擊，或車輛關鍵部件的倒塌
- 相對較小的物體對車輪或轉向架造成物理障礙
 - 車輪偏離軌道或轉向架被抬起
- 輪距
 - 這需要導軌或導軌扣件/支撐發生故障，或車輪在軸上移動。
- 車輪在軌道上旋轉
 - 這與車輛傾覆（翻車）有關，最常見的原因是彎道超速。

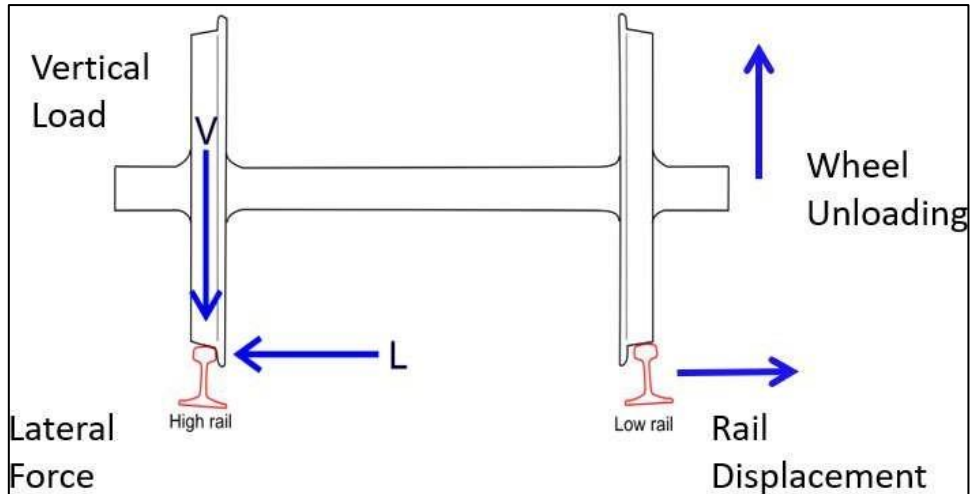


圖 4 脫軌事件輪軌載荷及力的關係

車輪輪緣及鋼軌接觸點處，列車力和條件的變化可能會導致輪緣爬升並越過鋼軌，在脫軌事故調查中，需詳細測量軌道參數，確定列車速度和操作情況，並確定相關機車車輛的狀況，這對於確定可能作用於車輪輪緣接觸點各種力是必要的，納達爾理論的輪緣爬升係數如圖 5 所示，納達爾公式用 L/V 比值表示，如果實際情況超過了 L/V 臨界值，就很有可能出現輪緣爬升，其主要原因是車輪載荷減少或側向力增加。

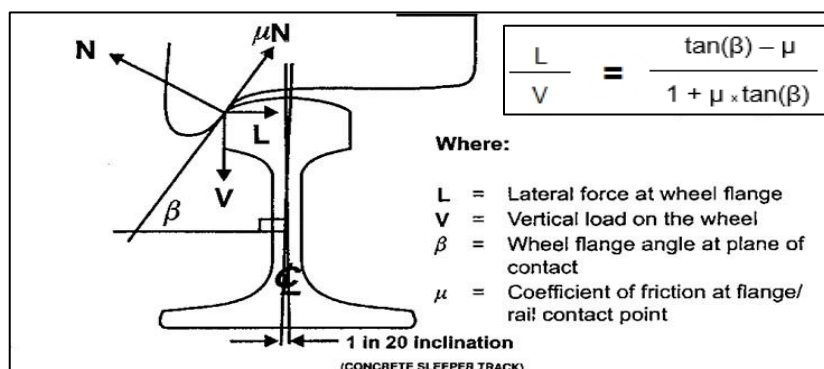


圖 5 輪緣爬升係數

從下圖 6 中可以看出，與鋼軌接觸點的凸緣角度以及該點的摩擦係數是增加

或減少脫軌風險的關鍵因素。

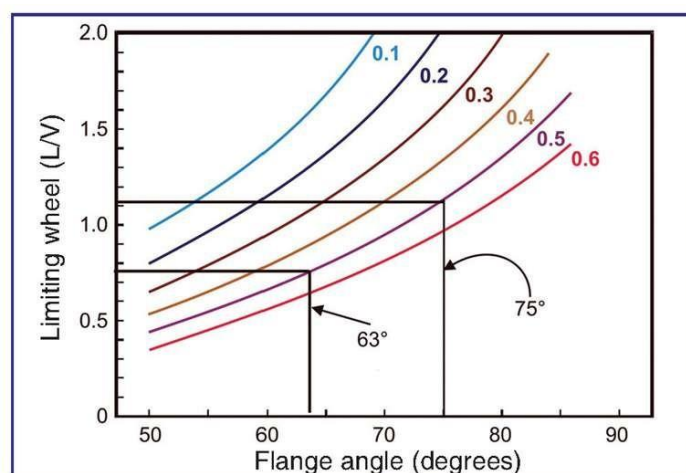


圖 6 輪緣角和摩擦係數對納達爾極限 L/V 比的影響

摩擦力的增加或輪緣角度的減小會降低 L/V 臨界值，增加法蘭爬升的風險，在輪緣爬起脫軌處，應使用車輪/軌道檢測記錄儀來量測車輪輪廓和軌頭輪廓，若有可能，應包括一條基準線，以便在與車輪輪廓交合時正確對齊。

而摩擦係數不太容易確定，已開發出測量軌頭和軌距角數值的設備，軌距角是關鍵區域，即使在一小段軌道上，讀數通常也會有變化，因此需要取平均值。在曲線高軌上安裝有輪緣潤滑器的鐵路線路上，高軌的摩擦係數可能約為 0.1，下表 2 列出的典型值可作為一般參考：

表 2 軌道條件下摩擦係數的典型值

摩擦係數 μ	軌道狀況
0.1	潤滑。
0.05 - 0.15	潮濕/生鏽的軌道。
0.2	乾淨、濕的軌道。
0.25 - 0.35	乾淨、乾燥的鋼材，表面光滑。
0.35 - 0.45	乾淨、乾燥的鋼材，表面粗糙。通常因硬質

	磨損而可見金屬屑。
0.45 - 0.6	實驗室控制接觸條件，軌道上通常不存在。

輪緣與軌道的攻角正值越大，L/V 的臨界值就越小，由於接觸角 β 減小，接觸點靠近輪緣頂端，因此，需要較小的側向力來使輪緣爬升，一旦轉向架的前輪脫軌並逐漸遠離鋼軌，後輪組對鋼軌的正攻角就會大幅增加，這就解釋了為什麼初次脫軌後很可能發生二次脫軌。

脫軌事故發生後，要對機車車輛、信號裝置（包括點）和軌道進行測試，在需要確定軌道形狀的脫軌事故中，應對軌道進行全面測量，例如在脫軌點前 60 米處每隔 1 米測量一次，以及在脫軌點內 20 米處測量一次（如果損壞情況允許）：

- 平交道
- 軌距
- 軌道垂直剖面（軌道頂部）
- 軌道對齊（10 米弦線上的多行線）
- 垂直或橫向位移跡象，例如枕木下的空隙
- 軌頭側磨損

如果列車速度超過 100 公里/小時，則應在接近脫軌點(POD)時將軌道測量範圍擴大到 100 米；對於調車場或車庫內的脫軌事故，由於運行速度較低，可以將進路的測量長度縮短為 30 米。通常只記軌道水平和軌距，但調查員必須在認為必要時進行額外測量。

第 2 日

本日課程重點包括：現場調查工作、機車車輛檢視、營運人員訪談、動態測試等議題，相關內容如下：

1. 出軌點 POD(point of derailment)：列車出軌事故現場首要找到初始出軌點，識別出軌機車或車輛、並依下列程序逐步進行確認：
 - 檢查第一輛和第二輛之車輪、軸承和一般特徵，尋找明顯的機械故障跡象。
 - 評估車輪脫軌運轉損壞的類型和程度。
 - 注意車輪、轉向架和車體的位移。
 - 注意鋼軌變形，有時可以找出一個或多個可能的原因以供後續調查。

另現場調查第一輛出軌的車輛其前轉向架或兩側轉向架都有偏離軌道，通常表示這輛車輛參與了最初的出軌事故。如果不是，則第二輛車輛或轉向架之可能。轉向架的前輪輪緣爬上了軌道，它通常會在轉向架偏斜的情況下靠近枕木的兩端行駛。隨後的車輪會在輪緣磨損到軌道頭的測量側時形成一個斜角。如果只有後輪輪緣爬上了軌道，它會靠近軌道行駛。如果兩個輪子的輪緣都爬上了軌道，當車廂處於牽引（拉伸）狀態時，它們會靠近軌道；當車廂處於緩衝（壓縮）狀態時，它們會遠離軌道。

2. 車輪痕跡：
 - 短痕跡(Short Flange Marks)：不超過600mm，顯示車輪側向力較大，可能原因包括：列車操控不當、彎曲軌道、列車編組產生側向力（各

節貨車重量)、轉向架未旋轉等。

- 長痕跡：通常在鋼軌上留下約超過8公尺以上刮痕，其發生可能原因包括：列車速度、軌道超高、路基缺陷等。
- 無痕跡：通常發生兩車輛間受到足夠的擠壓而導致車輪抬起時，可能會發生出軌情況，其原因可能涉及列車鬆弛、使用獨立或動態煞車、長/短車廂組合、不平衡負載或設備故障而產生的縱向衝擊力。

綜上，調查人員在事故現場紀錄車輪痕跡長度、方向及特徵等。另同步檢視鋼軌軌頭踏面圓弧之痕跡如圖 7。

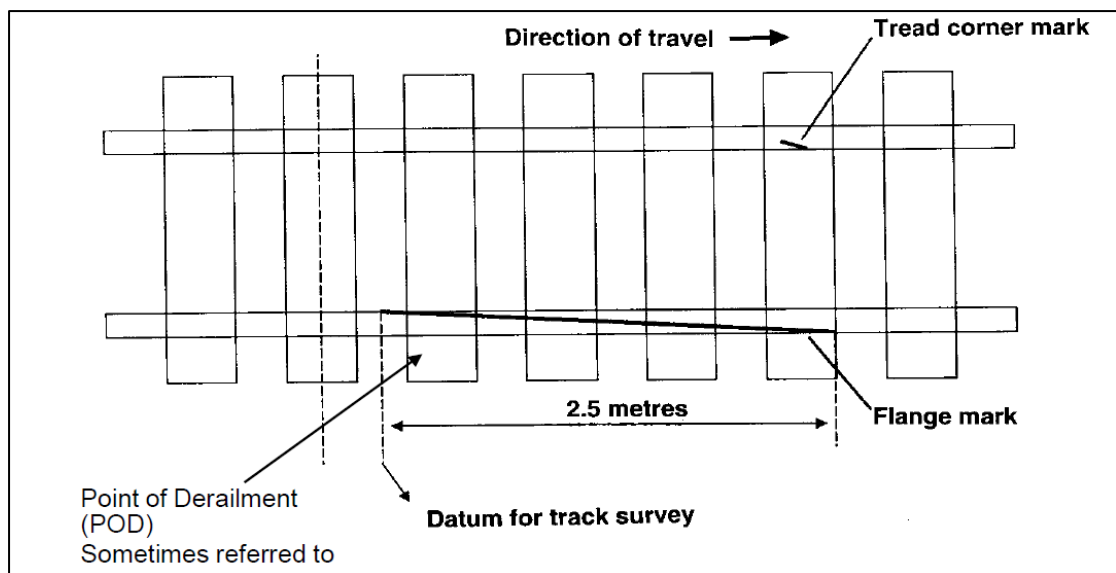


圖 7 Tread corner mark 及 Flange mark 示意圖

3. 道岔區出軌型態：

- 爬上出軌：車輪痕跡通常會出現在轉轍器的踏面上，通常從轉轍器尖端開始，範圍約為1公尺。這些痕跡可能會延續至車輪進入轉轍器與股道鐵軌之間，或者車輪可能會爬升轉轍器並跨越股道鐵軌。現

場調查時應該檢查轉轍器在閉合和開啟位置時的痕跡、金屬變形或金屬碎片，亦有可能在車輪爬上的過程會在對面鐵軌上產生車輪踏面角落的痕跡。

- 岔尖未閉合：通常因轉轍器未閉合或鬆開，導致列車通過岔尖時，車輪沿著基本軌上運行，逐漸因軌距大於輪距而出軌。現場調查時應檢查岔尖損壞情形、軌道扣件及左右踏面是否有痕跡。
- 路徑方向錯誤：當轉轍點完全移動到另一個方向（例如，從正常位置轉到反向位置），並且在運行中的車輛下方發生這一變化時，就會發生反向轉轍點。隨後的車輪組會被引導到相反的路徑上。車輛會沿著改變的路徑行駛，直到車架被拖出軌道。反向轉轍點的脫軌機制通常可以從轉轍點位於原始路徑的相反位置以及脫軌痕跡位於或接近交叉點來辨識。在轉轍片附近通常沒有痕跡。

4. 車輛檢視：

- (1) 調查人員抵達事故現場後，檢查第一輛出軌車輛之構件是否有損壞、磨損、缺陷等情形，包括：車輪、車軸、轉向架、煞車系統等。

(2) 磨損車輪可能造成出軌之可能，測量方法詳如圖 8：

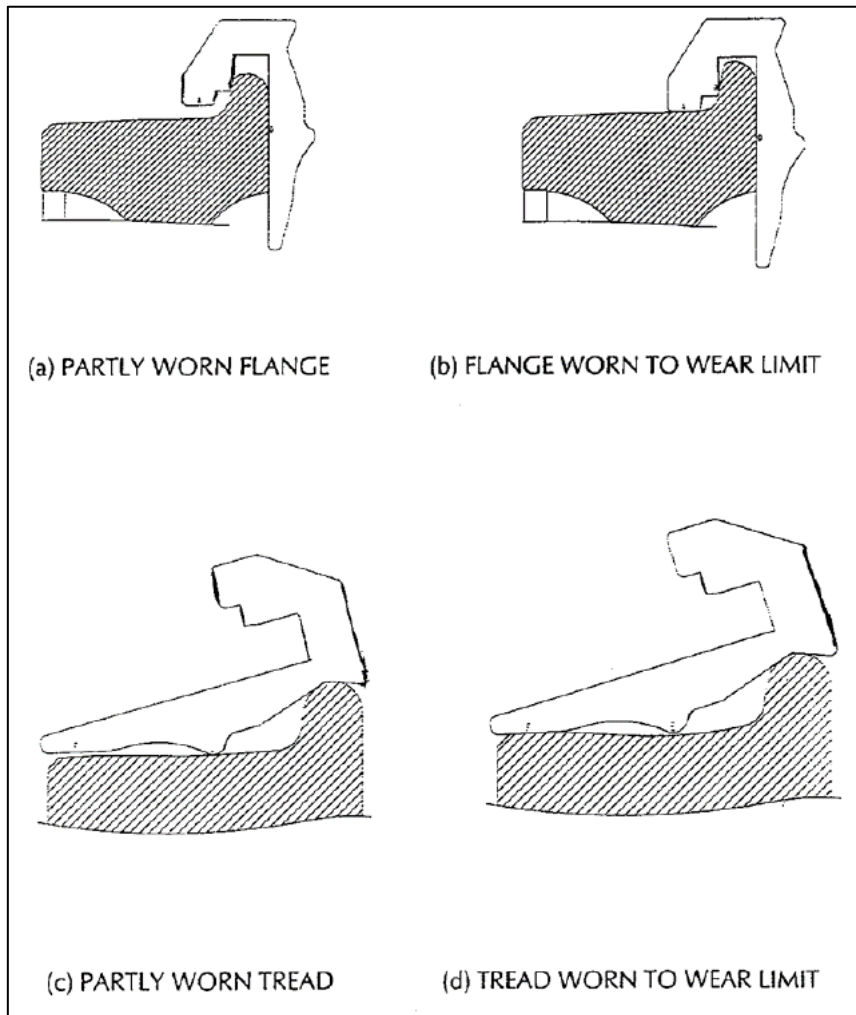


圖 8 車輪輪緣及踏面量測

(3) 煞車系統：因煞車系統故障而導致出軌情況，包括：車輪過熱、煞車鎖死、車輪空轉打滑等，調查人員在事故現場就出軌車廂及前後車廂進行調查，包括：過去維修情形、煞車是否有被切斷、軟管是否斷裂或鬆脫、相關配件損害情形、手柄位置等。

第 3 日

本日講師講解現實中，哪些情況可能會影響或導致列車脫軌，上午也帶著學員至教室附近的調車廠進行現地解說及示範量測工具的使用。

講師教導學員如何使用軌距尺來進行測量以及記錄。首先，檢查軌距尺本身，確保已經校準，然後將軌距尺放在一段相當水準的軌道上，並記下橫向水準讀數，將尺規旋轉 180 度，再次讀數，如果讀數有變化，則轉動水平儀調節螺釘，直到在軌距測試中獲得相同的讀數。

測量時，軌道必須指定左軌或右軌為正軌，如果後續要使用指定軟體處理資料，則必須將指定軌道指定為正軌，當繪製成圖表時，橫平度（或傾斜度）的真實變化就會顯現出來，軌距尺示意圖如圖 9，參訓學員使用軌距尺進行測量如圖 10。



圖 9 軌距尺示意圖



圖 10 參訓學員使用軌距尺進行測量

回到教室後，課堂講師說明可能會導致列車脫軌的原因種類如下：

1. 軌道構造、維護、部件和測量，標準鋼軌被廣泛稱為平底鋼軌，具有寬闊的底座，可將負荷分散到枕木上，以下介紹了各部件對脫軌的影響。

軌道

軌道的功能如下：

- 承載沉重的車輪荷載，並將這些荷載分配給枕木
- 為列車提供連續的運行路面
- "操縱"或指揮列車按既定路線行駛。

然而在金屬對金屬的移動接觸中，軌道最常見的老化形式是磨損，即軌道表面被通過的車輪磨損，輪廓發生變化，這會導致較輕的路段在荷載作用下產生更大的彎曲，並將這種彎曲轉移到枕木的旋轉上，加速道碴的老化，而過度磨損會導致鋼軌斷裂，進而造成脫軌。

車輪與鋼軌接觸的另一個常見結果是"脫殼"，這是由表面硬化鋼脫離基體金屬造成的，脫殼的典型表現是鋼軌表面明顯變形並變色，這可能導致大塊鋼材從表面斷裂。

鋼軌缺陷也會造成鋼軌斷裂，缺陷通常發生在鋼軌製造過程中，可能是合金中的雜質或熔煉過程中的夾雜物，也可能是鋼軌製造過程中的固有問題。

軌道缺陷大多肉眼不可見，因為表面太小或隱藏在內部，檢測方法是使用安裝在鋼軌上的超聲波檢測儀進行連續檢測，或使用掌上型設備進行"定點"檢測；在引入超聲波檢測系統之前，鋼軌缺陷曾一度造成許多鋼軌斷裂（以及一些脫軌事故），如果鋼軌因缺陷而斷裂，仔細觀察斷裂的鋼軌，通常會發現斷裂處的表面有生鏽的部分（裂縫表面已被腐蝕），或者斷裂處表面有"發亮"的部分，與通常的結晶表面不符，後者是由於火車通過時鋼軌的斷面端摩擦造成的。

魚板

魚板是一定長度的異型金屬杆，可安裝在兩軌道側之間，並通過穿過魚板和軌道腹板的螺栓（魚栓）固定，由於魚板的斷面特性不如鋼軌，因此魚板在長期載荷作用下會發生變形，導致接縫"傾斜"，這將導致以交錯接軌方式鋪設的軌道產生過大的傾斜度，並增加脫軌的可能性。

由於斷面較小，魚板可能會斷裂，不過，魚板的斷裂並不一定會導致脫軌，

而是取決於接合處兩側鋼軌/枕木扣件的牢固程度以及鋼軌兩端的相對移動程度。在魚板斷裂導致脫軌的情況下，其中一個軌道端部的車輪凸緣壓痕可能會清晰可見，軌道末端的軌頭通常會出現擦傷或撞擊，這表明軌道在扣件上受到了撞擊而鬆動。

連接焊縫

現場焊接的鋼軌端頭採用閃光對焊或鋁熱焊工藝，這兩種工藝都是依靠預混氧化鋁焊接部分熔化到鋼軌上，填充鋼軌端頭之間間隙，從而提供所需的連續性。

鋁熱焊在鋼軌製造過程中也會出現類似的夾雜物和侵入物，因此，類似的缺陷會導致鋼軌斷裂和脫軌，其超聲波檢測是最好的檢測方法，可在焊接完成後立即使用手持設備進行檢測。

如果缺陷焊縫導致或促成了脫軌，則應尋找可見的跡象，如鏽蝕（表明出現了疲勞裂紋）或斷裂面上有光澤的部分（表明斷裂的兩端摩擦在一起）。

軌枕

軌枕在軌道結構中有兩個作用：

- 將車輪荷載分散到道碴和路基上、
- 將鋼軌固定在軌距上。

在某些情況下，例如在彎道和接縫處，由於額外的荷載，枕木的穩固性更為重要，而混凝土枕木、鋼枕木和塑膠枕木被廣泛使用，與木枕木相比，它們需要的檢查和維護更少。

軌道/枕木扣件

儘管木枕木看起來完好無損，但木釘孔可能會因磨損而變大，以至於木釘無法固定軌距。用輕力敲擊時，道釘不應移動，任何移動都表明道釘固定不牢，枕木板移動的跡象（枕木上閃亮的磨痕或枕木板末端捲曲的木纖維）也表明情況不佳。

道釘必須完全契合鋼軌基座，必須垂直打入，不得斜插在鋼軌下或彎曲抵住鋼軌，軌道交通組織對枕木鍍層和道釘有具體的標準。

混凝土枕木和鋼枕木配有特殊的"彈簧"或彈性扣件，可在軌腳上提供載荷（趾部載荷），以防止軌道蠕變，因此，這些枕木不需要使用軌錨，木枕木也可使用彈性扣件固定。

2. 軌道曲線

過渡曲線的設計目的是使列車從零曲率和零上傾角順利通過全曲率和全上傾角，曲率和坡度過渡應均勻一致，當一條圓形曲線與一條沒有過渡曲線的切線軌道連接時，上傾會以均勻的速度減小，這就是所謂的坡道。通常情況下，以 80 公里/小時的速度行駛時，坡度斜率應為 1 比 500，且不小於 1 比 400。

兩條相接或相鄰的圓曲線向同一方向轉動，稱為複合曲線；相鄰的曲線轉向相反的方向，稱為反向曲線。這些曲線通常有兩個過渡段，中間有一個較短的切線段，切線可使列車在進入第二個曲線之前完全擺脫第一個曲線的動態影響，切線長度隨著列車速度的加快而增加。複合曲線和反向曲線的示例見圖 11，此圖示並非標準曲線。

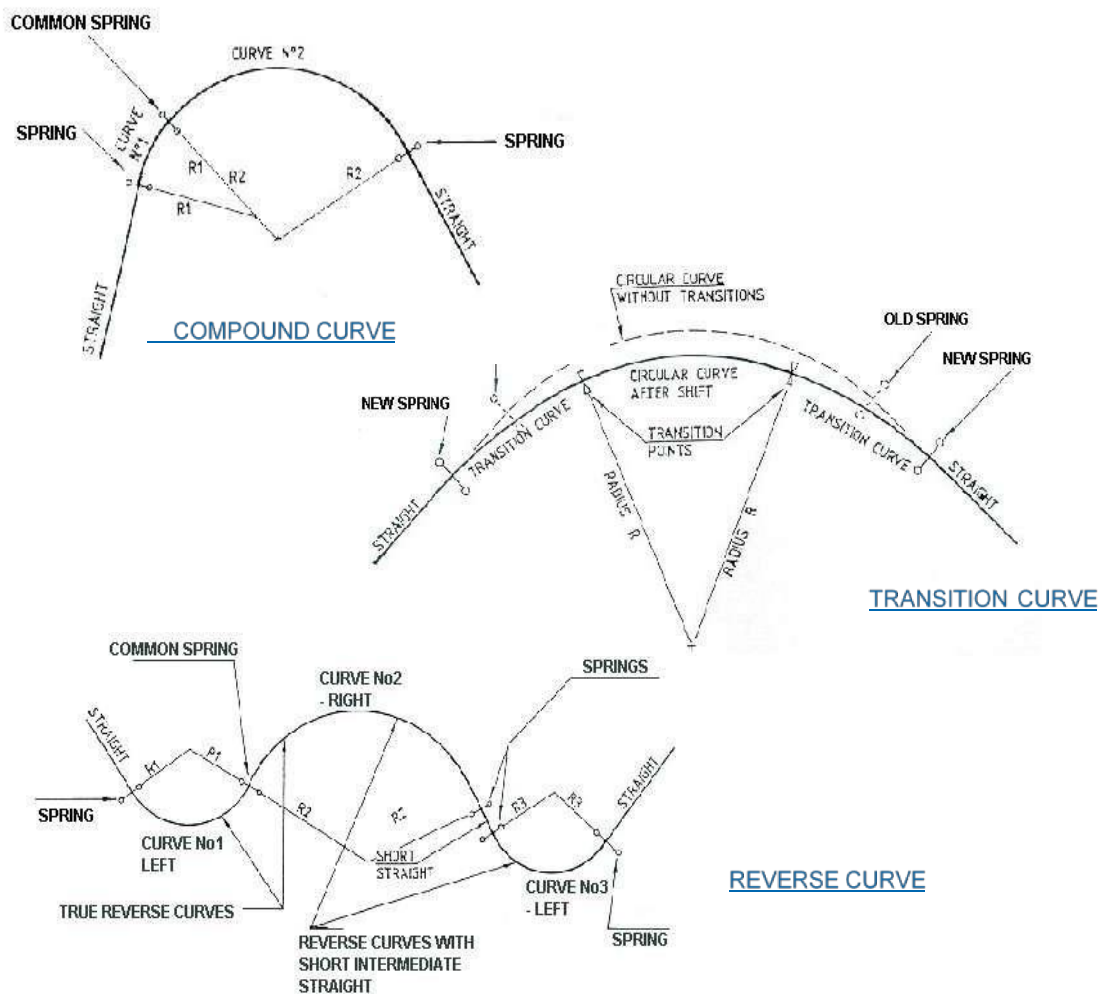


圖 11 複合曲線和反向曲線

3. 軌道彎曲

在炎熱天氣或氣溫升高時，特別是在春夏季節的下午時段，軌道可能會發生彎曲，彎曲軌道是指在酷熱天氣下嚴重偏離軌道的軌道，偏差可能達到 1 米。在高溫天氣下發生脫軌事故時，如果軌道嚴重錯位，調查員必須特別小心，找到正確的脫軌原因。另外不要假設脫軌原因是軌道彎曲，因為彎曲並不一定會導致脫軌，找到軌道錯位的原因，並確定是錯位導致了脫軌還是脫軌造成了錯位，為應對軌道扣壓而緊急煞車也可能會增加偏差並導致脫軌。

以下軌道條件會導致軌道彎曲：

- 軌道調整不當，尤其是在寒冷天氣鋪設軌道時
- 軌道扣件不足或扣件與枕木不緊密
- 壓載高度或肩寬不足
- 在炎熱天氣下因維修而受干擾的軌道
- 對中缺陷
- 軌道狀況不佳，例如道碴污損/退化、枕木品質差
- 附近的平交道口的特徵
- 坡度。

以下運行條件會導致軌道彎曲：

- 滑行，特別是在下陷處或橋樑、平交道口或鑽石路口附近
- 重煞車
- 所有或大部分運行方向朝同一個方向行駛

4. 道岔及轉轍器

道岔的功能是為鐵路車輛改道，因此，由於接觸條件和機械作業系統不斷變化，車輪更容易脫軌，脫軌通常是由一個或多個軌道部件發生故障造成的，儘管單個部件故障也可能導致脫軌。

轉轍器由動力或手動裝置操作，動力點可以是電動、液壓或氣動操作的，聯

鎖由機械或電氣部件執行，用於連接一組點及其信號，而聯鎖的主要目的是防止列車運行發生衝突，並確保除非點位元設置正確，否則信號不會被清除。在停電的情況下，有時需要工作人員手動操作這些點，必須注意確保這些點設置在與岔間相同的道路上，否則將導致脫軌。

上述四點探討了軌道設施造成脫軌的可能原因，然而調查員若要確定準確的原因，就必須設法確定：

- 脫軌輪的動作是否表明L/V比值較高。
- 比例足夠大，持續時間足夠長。
- 造成和維持高L/V比值的因素有哪些？造成高L/V比值的一些因素有哪些？
- 軌道錯位、轉向架和/或車輛外輪距扭曲、傾斜度變化或不規則傾斜度。
- 過高，特別是在低於額定速度運行時。
- 車輛裝載的橫向或縱向不平衡。
- 側軸承間隙不當（過大會導致滾動加劇，而過小則會在軌道扭曲時導致車輪卸載加劇）。
- 過大的緩衝力會導致升力或轉化為側向力。
- 長短車組合或輕重車組合在短岔道或急彎上有緩衝（這些組合會產生較大的橫向力）。
- 車輛在軌道上的扭轉剛度或彈簧剛度過大，扭轉過度。

- 嚴重的扁平點或偏心輪。

L/V 比率是根據理論和實驗確定的，而不是在機車車輛正常運行時測量的，通過對軌道幾何形狀或車輛狀況的檢查，可能會發現高 L/V 比的原因，如果原因不明顯，則可能需要進行精確的實地測試或電腦類比，複製列車構成、列車操縱、車輛狀況和軌道結構。

大多數軌道交通組織都有模擬器，可以估算列車可能產生的速度和縱向力，機車車輛工程和基礎設施工程專家使用各種軟體類比軌道幾何形狀、車輛狀況和載荷分佈的動態效應，這些方法可以確定高 L/V 比值以及造成這種情況的因素。而 L/V 比率是脫軌的特徵，而不是脫軌的原因。

肆、建議

- 一、本會職司重大鐵道事故調查，藉由本次出國進修訓練課程，學習澳洲對鐵道出軌事故之調查基礎理論、現場調查程序及與營運機構交流等，更能使本會調查人員調查技術更精進及拓展國際視野，以應用於後續調查作業，故該訓練課程往後年度仍建議持續派員。

- 二、經瞭解本次課程之訓練機構不僅定期辦理鐵道出軌課程，亦常態性開設其他跟鐵道調查相關之作業規章解說、輕軌路網之法規、標準及鐵路運營所需知識技能之基礎課程等，建議後續年度派員參加澳洲各訓練機構開設關於鐵路基本技能等課程，以強化本會調查人員知識暨調查技術。

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：鐵道調查組首席調查官 / 調查官 / 副調查官

姓 名：吳吉村 / 后振宇 / 游士漢

出 國 地 區：澳大利亞 / 雪梨

出 國 期 間：民國 113 年 8 月 11 日至 8 月 17 日

報 告 日 期：民國 113 年 10 月 15 日

建議事項

	建議項目	處理
1	本次課程實作課程所提到現場調查作業注意事項、調查程序及方法、表單格式運用、現場草圖繪設等，可做為未來鐵道調查作業程序修訂之參考項目。	<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，與調查同仁進行知識分享。	<input checked="" type="checkbox"/> 已採行 <input type="checkbox"/> 研議中 <input type="checkbox"/> 未採行