

港鐵東鐵綫

紅磡站列車出軌事故

技術調查報告

**Technical Investigation Report on
Train Derailment Incident at Hung Hom Station
on MTR East Rail Line**

事故日期：2019 年 9 月 17 日

Date of Incident: 17 September 2019

中文版

Chinese Version



出版日期：2020 年 3 月 3 日

Date of Issue: 3 March 2020

目錄

	頁
摘要	2
1 目的	3
2 事故背景	3
3 事故相關的技術資料	4
4 事故調查	8
5 機電署調查結果	19
6 總結	22
7 事故後採取的措施	22
附錄 I – 現場車輪輪緣、斷裂路軌、路軌裂紋和損毀轉轍器相片	23

摘要

2019年9月17日，一列正駛入東鐵綫紅磡站1號月台的載客列車出軌，本報告載述機電工程署(機電署)就事故成因進行的技術調查所得的結果。

機電署的調查發現，導致列車出軌的成因是路軌軌距擴闊¹。出軌路段的軌枕²存在各項問題，包括木材腐爛及螺絲孔拉長，減低了軌枕的強度及其把路軌維持在正確位置的能力。當列車駛經有關路段時，列車的重量令軌距進一步增闊，軌距過度擴闊最終導致列車出軌。

事故發生後，香港鐵路有限公司(港鐵公司)已檢視東鐵綫全線的木製軌枕並更換所有狀況不理想的軌枕。港鐵公司須按本署要求，參考相關的行業做法，強化維修保養制度，密切監察軌道狀況，確保鐵路安全。港鐵公司亦須按本署要求，於載客列車上加裝車載實時監測裝置，以加強及適時地監測軌道問題，並善用上述監測及匯報系統，改善軌道維修保養。

¹ 軌距是一對路軌內側表面之間的距離，軌距過度擴闊可導致列車出軌。

² 路軌經座墊板固定在軌枕上，以穩固路軌位置。

2019年9月17日港鐵東鐵綫紅磡站列車出軌事故

技術調查報告

1 目的

1.1 本報告載述機電工程署(機電署)就 2019 年 9 月 17 日東鐵綫列車出軌事故進行的技術調查，調查旨在找出事故成因。

2 事故背景

2.1 2019 年 9 月 17 日上午 8 時 29 分，一列港鐵公司的 12 卡車廂載客列車在駛入東鐵綫紅磡站 1 號月台時發生出軌事故。機電署在上午 8 時 36 分接獲港鐵公司的通報後，即時派員到事發地點進行調查。表 1載列事故的時序。

表 1：事件時序表

時間	描述
2019年9月17日	
上午8時29分	當編號L094列車正駛進紅磡站1號月台時，列車的第4至第6卡車廂出軌，當中第4及第5卡車廂分離。
上午8時36分	機電署接獲港鐵公司通報有關事故。
上午9時7分	機電署人員到達事發地點進行調查。
上午9時43分	全部約 500 名乘客在港鐵公司職員協助下疏散到紅磡站。
上午11時40分	港鐵公司展開維修工作。
2019年9月18日	
上午6時5分	紅磡站4號月台恢復運作。
2019年9月20日	
上午5時30分	紅磡站1號及4號月台恢復運作。

2.2 事發時，涉事列車正駛入紅磡站 1 號月台，列車的第 4 至第 6 卡車廂出軌，而連接第 4 及第 5 卡車廂的車鉤分離，8 名乘客受傷。圖 1 顯示涉事列車出軌後的即時狀況。



圖 1：涉事列車出軌後的即時狀況

3 事故相關的技術資料

3.1 東鐵綫的軌道設計

東鐵綫的軌道以道碴鋪設，軌枕放置在道碴上，再用螺絲把路軌的座墊板³固定在軌枕上，然後以扣件把路軌放置和固定在座墊板上。圖 2 及 5 顯示東鐵綫的典型道碴軌道，當中包括路軌、扣件、軌枕及座墊板。

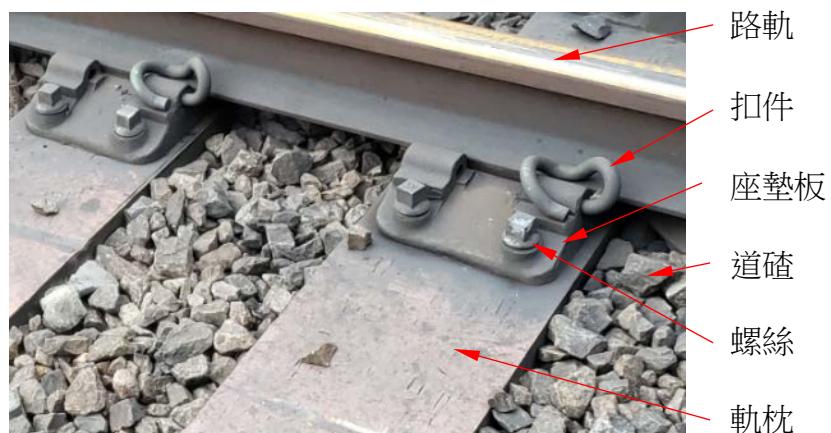


圖 2：東鐵綫的典型道碴軌道

³ 座墊板(Baseplate)是路軌與軌枕之間的組件。在一般情況下，座墊板以螺絲固定在軌枕上，再以扣件將路軌穩固在座墊板上。

3.2 事發地點的列車路線

圖 3 顯示載客列車進入東鐵綫紅磡站 1 號及 4 號月台的正常路線。列車進入 1 號月台須經過道岔⁴P5116、P5114、P5111 及 P5109，而進入 4 號月台則須經過道岔 P5116、P5114、P5112 及 P5108。涉事列車出軌時剛經過 1 號月台前的道岔 P5116，該道岔位於東鐵綫一個較彎的路段，行車速度限制為每小時 40 公里。每個道岔由轉轍器⁵、尖軌⁶、岔心⁷及兩根護輪軌⁸組成。**圖 4** 顯示道岔的典型佈置。

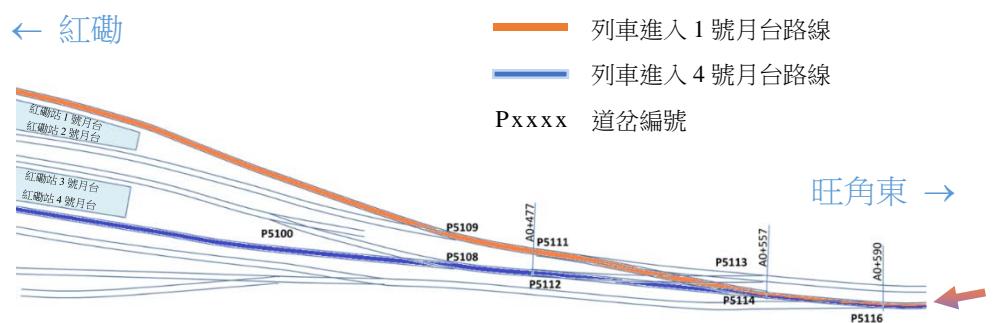


圖3：列車進入紅磡站 1 號及 4 號月台的路線

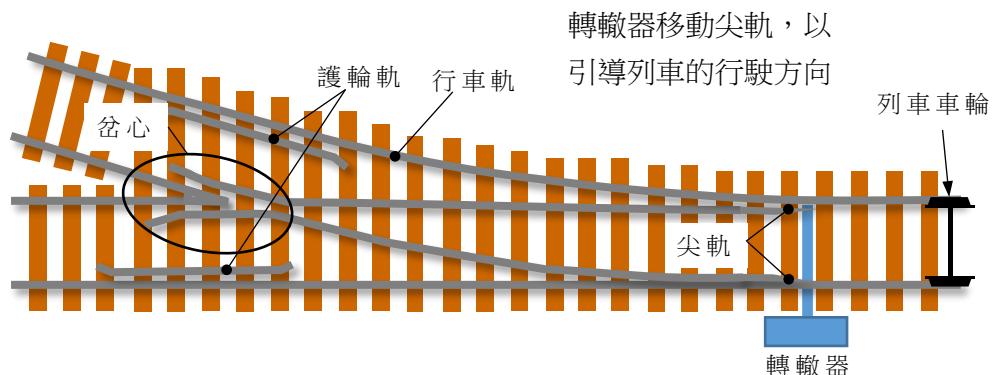


圖4：道岔的典型布局

-
- 4 道岔(Turnout)是引導列車由某一軌道駛入另一軌道的機械裝置。
 - 5 轉轍器(Point machine)是以動力驅動的裝置，通常由信號系統控制，用以移動路軌和在列車經過道岔時控制其行駛路線。
 - 6 尖軌(Switch rails)是一對可左右擺動的路軌，用以改變道岔的開通方向。
 - 7 岔心(Crossing)設有四條路軌，用以確保列車能安全地通過道岔。
 - 8 護輪軌(Check rail)是安裝於彎曲路段內側岔心對面的附加路軌，用以限制列車車輪橫向移動的幅度。

3.3 軌枕

東鐵綫使用三種以不同材料製成的軌枕，分別以混凝土、木材或合成物料⁹製造，一般軌道¹⁰使用混凝土軌枕，而道岔則使用木製／合成軌枕。使用木製／合成軌枕的原因是可透過在軌枕上鑽孔，靈活地在實地微調座墊板及路軌的位置，令路軌走線得以配合不同彎度及地形需要。東鐵綫的道岔合共裝有超過 9,800 條木製／合成軌枕。自 2008 年起，港鐵公司以合成軌枕¹¹取代因損耗而需要更換的木製軌枕。截至 2019 年 8 月，港鐵公司把東鐵綫約 4,000 條已損耗的木製軌枕更換為合成軌枕。

3.4 標準軌距

軌距是一對路軌內側表面之間的距離(見圖 5)。東鐵綫的標準軌距為 1,435 毫米。列車行駛時在路軌上施加的橫向力、扣件鬆脫及路軌磨蝕等多項因素，皆可令軌距超出 1,435 毫米的標準。軌距過度擴闊可導致列車出軌，因此定期量度軌距和修正過闊的軌距至關重要。

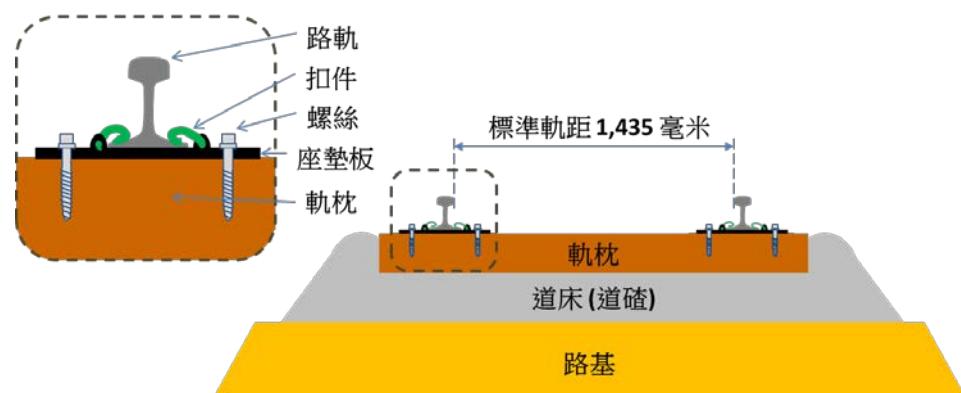


圖 5：東鐵綫的標準軌距

⁹ 東鐵綫使用的合成軌枕以纖維強化氨酯泡沫塑料(fibre-reinforced foamed urethane, FFU)製造。

¹⁰ 一般軌道(Plain tracks)是指沒有道岔或岔心的軌道。

¹¹ 由於適用於鐵路的天然木材供應緊張，因此使用以合成物料製造的軌枕代替木製軌枕。

3.5 軌道軌距的維修保養程序

3.5.1 港鐵公司的軌道軌距維修保養程序訂明，東鐵綫軌道須進行以下的例行預防性及矯正性維修保養工作。

- (i) 每 3 日進行一次軌道狀況巡查，包括目測路軌、扣件、螺絲、座墊板及軌枕狀況，可有 1 日寬限期
- (ii) 每 30 日以「軌道及架空電纜幾何記錄車」(TOV)¹²為軌距進行一次動態量度(可有 6 日寬限期)，以檢查數值是否達到維修界限值(即 L1 界限值¹³)，該界限值為 1,457 毫米，即較東鐵綫標準軌距闊 22 毫米
- (iii) 每 90 日為道岔進行一次保養，包括檢查、量度和維修岔心、護輪軌、尖軌及轉轍器等主要部件，可有 27 日寬限期

根據港鐵公司的維修保養程序「以軌道及架空電纜幾何記錄車管理軌道幾何量度工作」(Management of Track Geometry Management by TOV)，如 TOV 量度結果顯示東鐵綫的軌距已到達 L1 界限值，須採取相應的跟進行動，於 TOV 量度後 28 日內，以人手進行實地靜態量度¹⁴，以核實軌距。若實地覆核結果確定軌距已到達安全介入上限¹⁵(即道岔軌距較標準軌距闊 20 毫米或以上，或一般路段軌距較標準軌距闊 30 毫米或以上)，須於 TOV 量度後 28 日內修正軌距過闊的問題，並於港鐵公司的維修管理系統「RailASSURE」登記有關修正工作。港鐵公司應擬備跟進報告及季度 L1 異常情況摘要報告，以便

¹² 軌道及架空電纜幾何記錄車(簡稱 TOV)是為軌道及架空電纜進行幾何量度的工程列車。TOV 量度一般稱為動態量度，是量度軌道在負載下，即列車經過軌道時的軌距。

¹³ 雖然軌距到達「L1 界限值」(L1 Threshold)並不代表行車會有即時危險，但應於指定時限內進行實地覆核及所需的修正工作，以免軌距進一步擴闊而導致列車出轨。

¹⁴ 靜態量度(Static measurement)，是在沒有列車經過軌道時，即沒有負載的情況下進行的軌距量度。

¹⁵ 如軌距超過安全介入上限(Safety Intervention Limit)，應根據港鐵公司的維修保養程序，於指定時限內進行修正。

監察維修進度。圖 6 顯示港鐵公司的軌距維修保養程序及相關的監控機制。

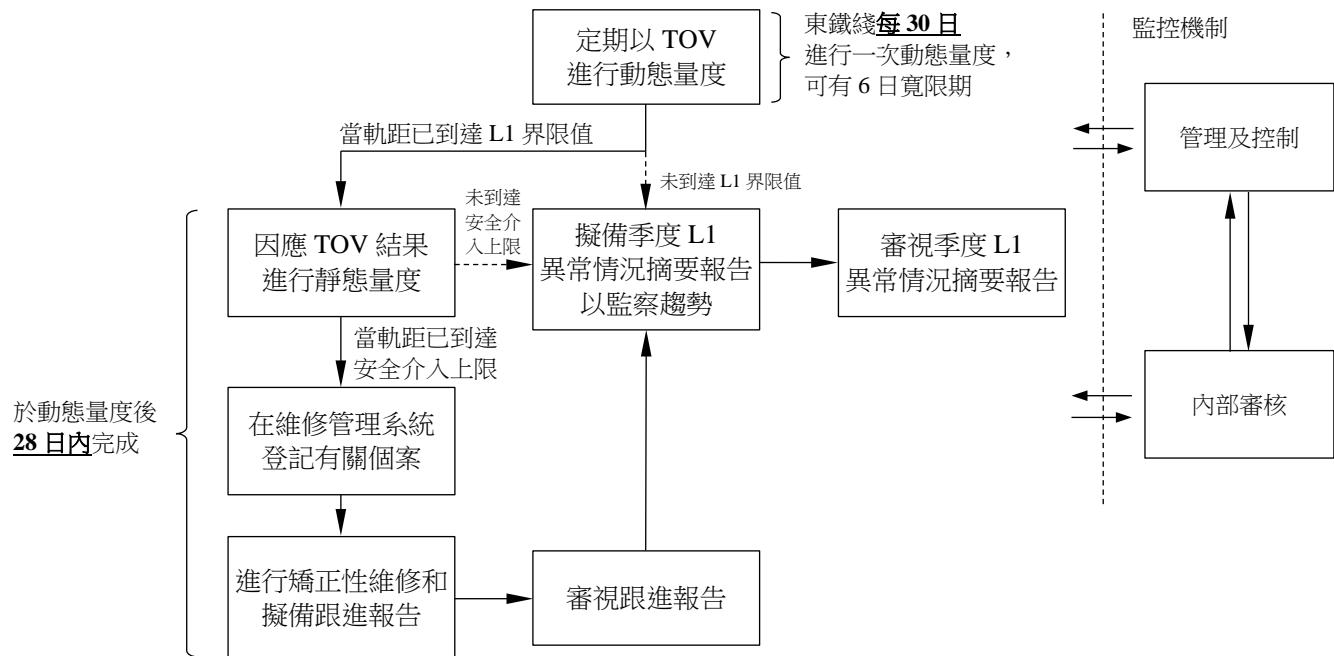


圖 6：港鐵公司的軌距維修保養程序及相關的監控機制

4 事故調查

4.1 調查方式

機電署進行了深入和全面的調查，以找出事故成因，並委聘三名鐵路安全專家協助進行調查，包括 Technical Programme Delivery Limited (TPD)¹⁶、澳洲斯威本科技大學的劉建德教授¹⁷和安全、意外及失效分析顧問有限公司的林超雄博士¹⁸。調查工作包括-

- (a) 檢驗軌距及軌枕狀況；

¹⁶ Technical Programme Delivery Limited 是英國一家鐵路安全顧問公司，該公司聘用的專家在列車出軌事故調查方面均有 40 多年豐富經驗。

¹⁷ 劉建德教授是材料失效分析專家，現任澳洲斯威本科技大學副校長。

¹⁸ 安全、意外及失效分析顧問有限公司是一家本地顧問公司，林超雄博士為該公司的材料測試專家，在失效分析方面有豐富經驗。

- (b) 檢驗路軌裂紋、斷裂的路軌和護輪軌；
- (c) 檢驗轉轍器；
- (d) 檢驗涉事列車及在該列車之前到達的最後 5 列列車；
- (e) 與港鐵公司 34 名相關職員進行會面，包括列車車長及軌道維修保養人員；
- (f) 檢視超過 140 份文件及記錄，主要涉及軌道、列車及轉轍器的維修保養和運作記錄；
- (g) 檢視涉事列車進入 1 號月台的閉路電視片段；
- (h) 在事故現場檢取 50 件物品，包括路軌、軌枕及轉轍器；
- (i) 聯同專家進行實地檢查；
- (j) 聯同香港警務處在事發現場及涉事列車進行檢查，以查看有否外來物件；以及
- (k) 進行實驗室測試，以檢測軌枕的物料強度。

4.2 在事發地點觀察到的情況

事發位置有以下發現：

- (a) 涉事列車原定駛入紅磡站 1 號月台，事發時第 4 至第 6 卡車廂出軌，而連接第 4 及第 5 卡車廂的車鉤分離。列車首 3 卡及尾 6 卡車廂仍留在路軌上。涉事位置設有 8 個道岔，用以控制列車進入紅磡站不同月台。圖 7 顯示涉事列車出軌後的狀況及附近鐵路設施的損毀情況。附錄 I 顯示車輪輪緣痕跡、斷裂的路軌、路軌裂紋及損毀的轉轍器的相片。

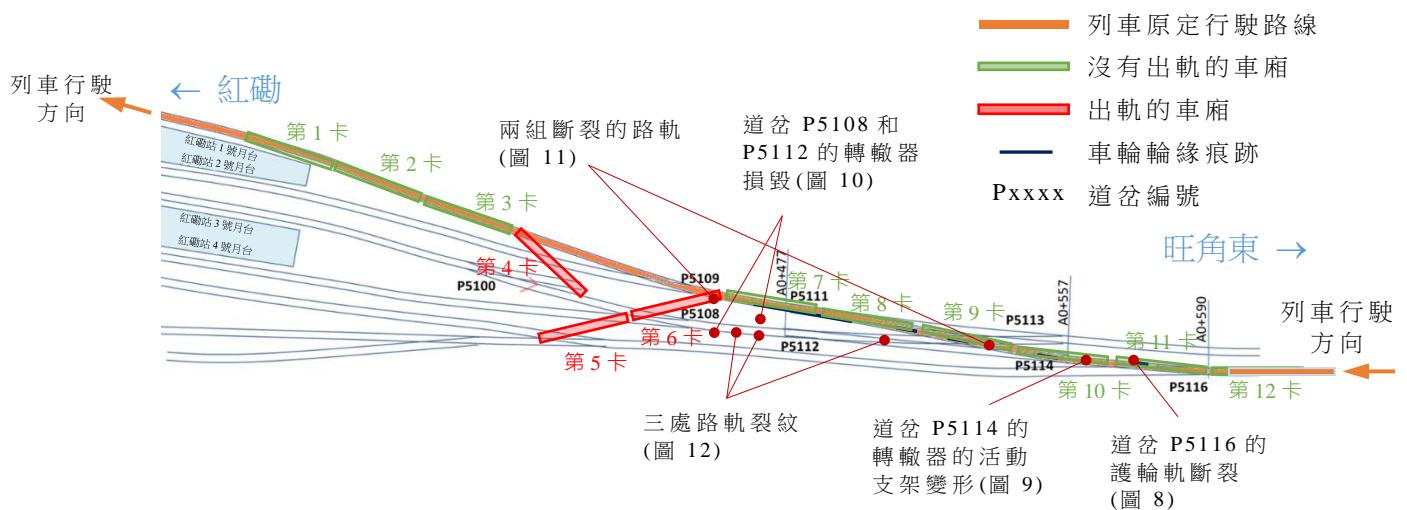


圖7：涉事列車出軌後的狀況及附近鐵路設施的損毀情況

- (b) 道岔 P5116 往紅磡站方向的護輪軌斷裂(見圖8)，斷掉部分的長度為 325 毫米。

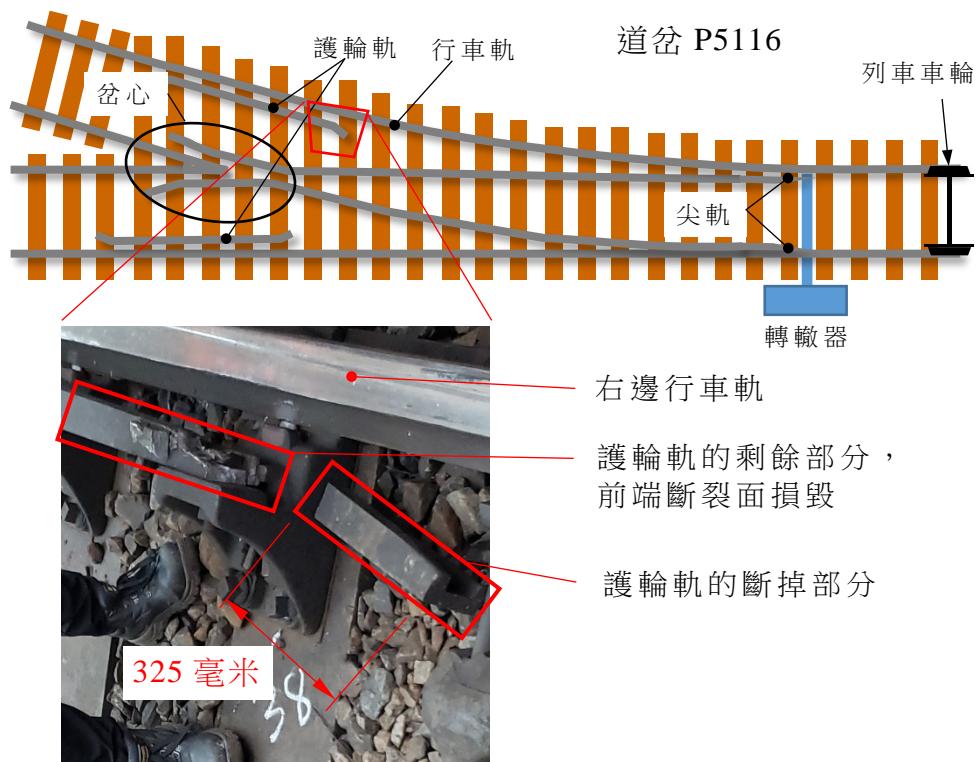


圖8：道岔 P5116 的護輪軌斷裂

- (c) 道岔 P5114 的轉轍器¹⁹組件變形和損毀(見圖 9)。道岔 P5108 及 P5112 的轉轍器驅動機亦告損毀(見圖 10)。

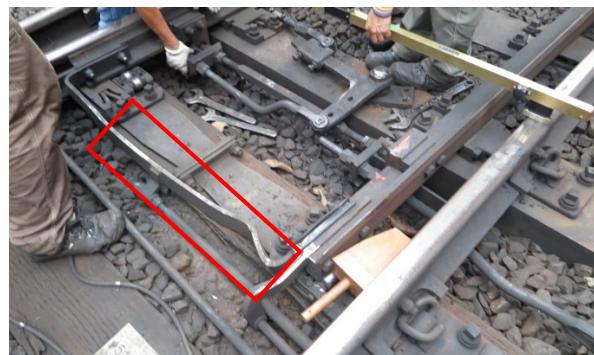


圖 9：道岔 P5114 的轉轍器的活動支架變形



圖 10：道岔 P5108(左)及 P5112(右)的轉轍器驅動機損毀

- (d) 涉事位置有兩組斷裂的路軌(見圖 11)和 3 處路軌裂紋(見圖 12)。



圖 11：兩組斷裂的路軌

¹⁹ 轉轍器(Point machine)由一部電動機及活動機械支架組成，由信號系統控制，用以移動及鎖定道岔的尖軌，藉以控制列車的行駛路線。

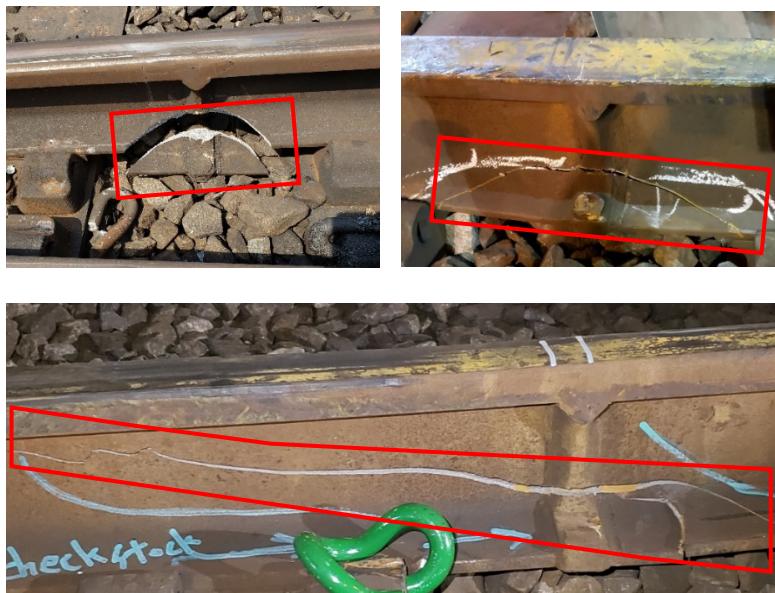


圖 12：涉事位置的三處路軌裂紋

- (e) 調查期間，在道岔 P5116 發現部分用以把座墊板固定在軌枕上的緊固螺絲被拔出並放置在一旁。港鐵公司確認是其職員於事發後發現這些緊固螺絲鬆脫，在沒有使用任何工具的情況下徒手拔出(見圖 13)。在右邊行車軌內側近斷裂的護輪軌位置，有部分用作把路軌固定在座墊板上的扣件遺失。



圖 13：道岔 P5116 的緊固螺絲鬆脫、扣件遺失及護輪軌斷裂

- (f) 涉事位置軌道的路軌底座和軌枕上發現有多條遭車輪輪緣²⁰輾過而留下的車輪輪緣痕跡。圖 14 顯示道岔 P5116 第 36 條軌枕附近的行車軌上，車輪輪緣痕跡的例子。
- (g) 事發後量度道岔 P5116 行車軌的軌距，發現超出 1,455 毫米的安全介入上限。
- (h) 涉事列車的運作記錄顯示，事發時列車的行駛速度為每小時 39 公里。
- (i) 本署與香港警務處進行實地調查期間，沒有在涉事位置及附近發現任何不屬於鐵路系統的外來物件。

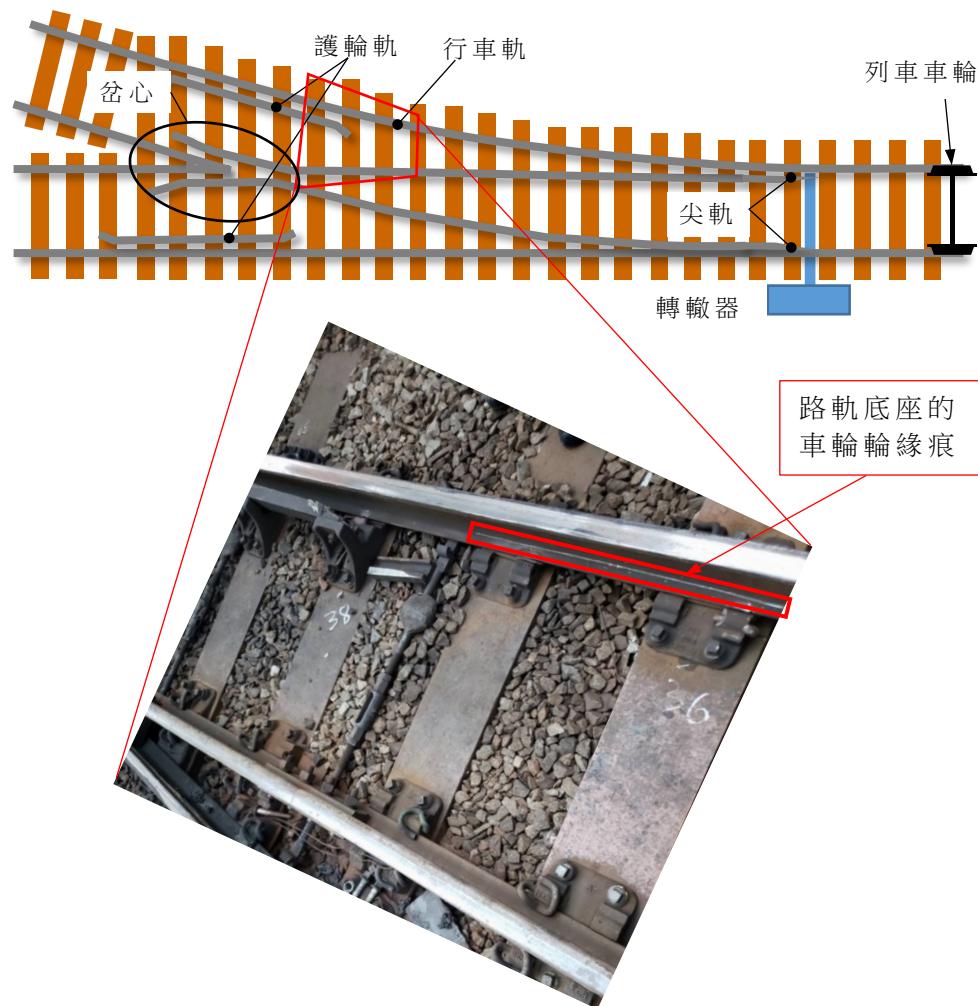


圖 14：路軌底座有車輪輪緣痕跡

²⁰ 車輪輪緣 (Wheel flange) 是車輪的突出部分，用以引導車輪的方向。

4.3 於港鐵公司何東樓車廠檢驗列車

4.3.1 機電署在 2019 年 9 月 20 及 22 日於港鐵公司何東樓車廠檢查涉事列車(列車編號 L094，在本報告中簡稱「列車 A」)及在該列車之前到達紅磡站的最後五列列車(列車編號 M092、C090、M088、L086 和 M084，在本報告中簡稱「列車 B」至「列車 F」)。表 2 載列列車 A 至列車 E 的預定到站時間，並顯示上述列車的右邊車輪均發現碰撞痕跡。列車 F 的車輪沒有碰撞痕跡。圖 15 列出有碰撞痕跡的車輪記錄。

表 2：在右邊車輪發現碰撞痕跡的列車

到達紅磡站的預定時間*	列車編號	參考編號	月台	車輪有否碰撞痕跡	備註
08:12	M084	列車 F	4	沒有	
08:14	L086	列車 E	1	有	於第 8 卡車廂發現首個碰撞痕跡
08:17	M088	列車 D	4	有	
08:19	C090	列車 C	1	有	
08:22	M092	列車 B	4	有	
08:24	L094	列車 A	1	有	涉事列車

*列車的實際到達時間或與預定到達時間不同



圖 15：列車 A 至列車 F 的車輪碰撞痕跡記錄

4.3.2 機電署對列車 E 進行檢驗時，發現第 8 卡車廂首個轉向架的右邊首個車輪有兩處相距 325 毫米的碰撞痕跡(見圖 16)，與道岔 P5116 的護輪軌的斷掉部分長度吻合。由於列車 E 的第 1 至第 7 卡車廂的車輪均沒有碰撞痕跡，證據顯示第 8 卡車廂是首個與道岔 P5116 的護輪軌前端碰撞並導致其斷裂的車廂。

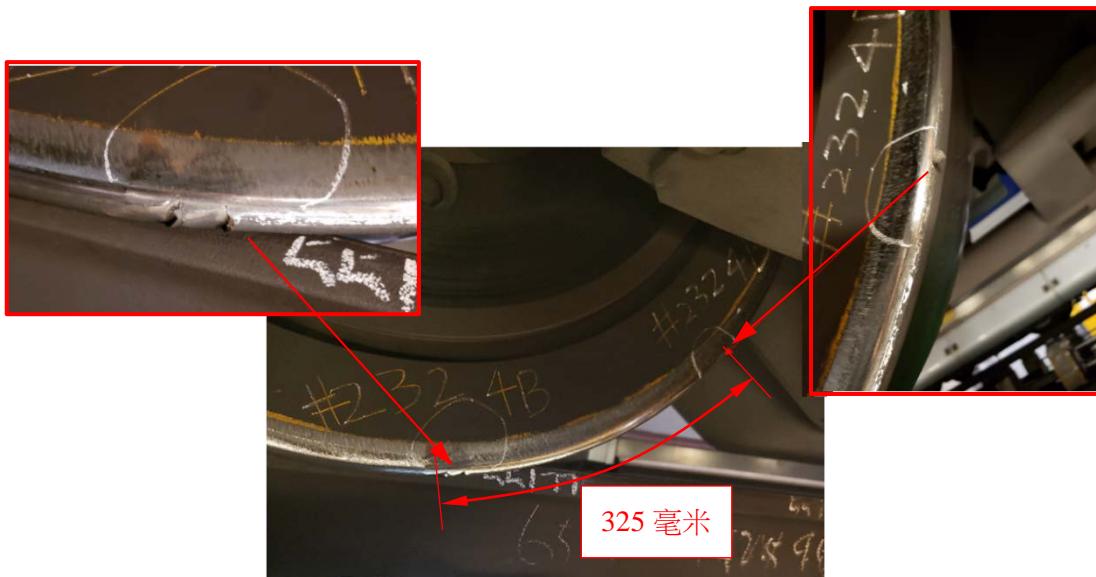


圖 16 :列車 E 第 8 卡車廂右邊首個車輪上的兩處碰撞痕跡相距 325 毫米

4.3.3 列車 A 至列車 E 的右邊車輪亦發現碰撞痕跡，證據顯示碰撞痕跡是與道岔 P5116 斷裂的護輪軌的剩餘部分發生碰撞所造成。

4.3.4 對涉事列車 A 進行的檢查還包括(a)量度各對車輪之間的距離、(b) 量度車輪的接觸面、(c) 量度制動盤的厚度、(d)測試制動系統功能，以及(e)檢查列車自動保護系統的狀況。檢查發現上述各系統均處於正常運作狀態，沒有證據顯示出軌事故與涉事列車的機件狀況有關。

4.4 檢驗被檢取的物品

4.4.1 斷裂的護輪軌

道岔 P5116 往紅磡站方向的護輪軌斷裂。該護輪軌的作用是限制列車車輪的橫向移動幅度，以確保列車經岔心進入正確路線。該護輪軌斷掉部分的長度為 325 毫米(見圖 17)。根據護輪軌前端上方的碰撞痕跡及列車 E 第 8 卡車廂的車輪上的碰撞痕跡，證據顯示斷裂的原因是該護輪軌曾與列車 E 第 8 卡車廂的車輪碰撞，而非金屬疲勞所致。



圖 17：護輪軌斷掉部分的前方

在斷裂的護輪軌附近的軌道發現三個斷裂的金屬碎件，該三個金屬碎件拼湊在一起的形狀與護輪軌剩餘部分的斷裂面的形狀吻合(見圖 18)，證據顯示是斷裂面被後來列車 E 至列車 A 的車輪碰撞後碎裂而掉下來的碎件。



圖 18：斷裂的護輪軌和分散的金屬碎件

4.4.2 檢驗軌枕

出軌路段同時使用木製及合成軌枕，部分木製軌枕已經腐爛（見圖 19）。機電署檢取了出軌路段的部分軌枕。



圖 19：腐爛的木製軌枕

全數被檢取的軌枕均存在拉長和擴大的螺絲孔（圖 20），這些螺絲孔未能讓座墊板固定在軌枕上，因而無法維持標準軌距。

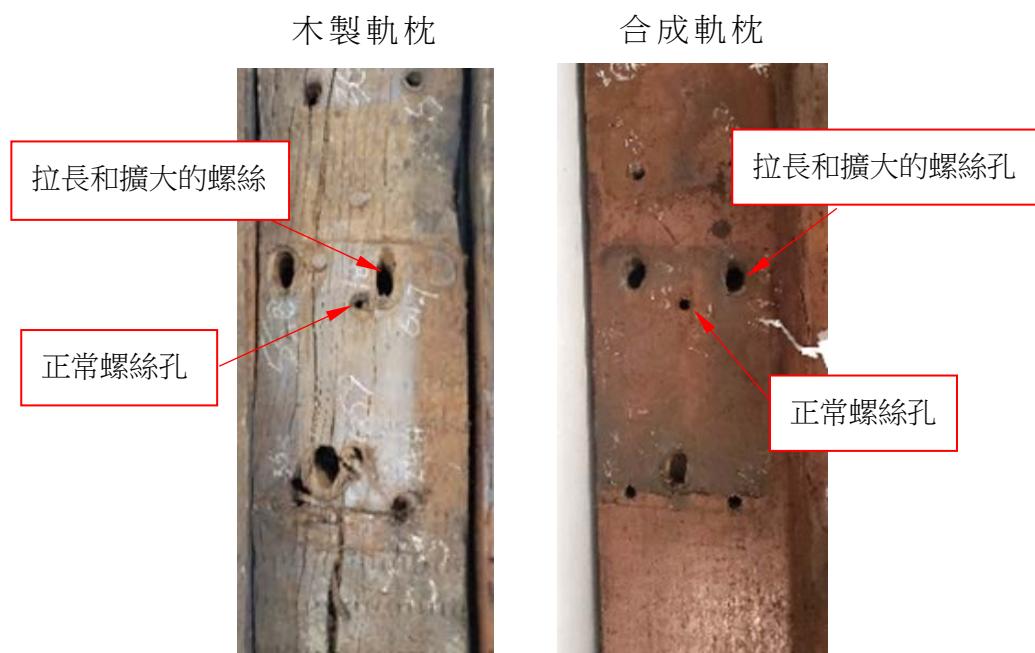


圖 20：軌枕上拉長和擴大的螺絲孔

在部分被檢取的軌枕，其座墊板位置下發現多於一組螺絲孔。在進行軌道維修保養時，若要修正不穩固的座墊板，可在現有的軌枕上改變座墊板的位置或方向，再以新的螺絲孔固定座墊板。新螺絲孔應與舊有螺絲孔保持足夠距離，以確保新螺絲孔的強度。在道岔 P5116 的第 32 條軌枕上，涉事列車行駛路

線左邊行車軌的座墊板下，有 3 組螺絲孔(見圖 21 及 22)。部分螺絲孔非常接近其他螺絲孔，會影響軌枕的強度及其固定座墊板的能力。

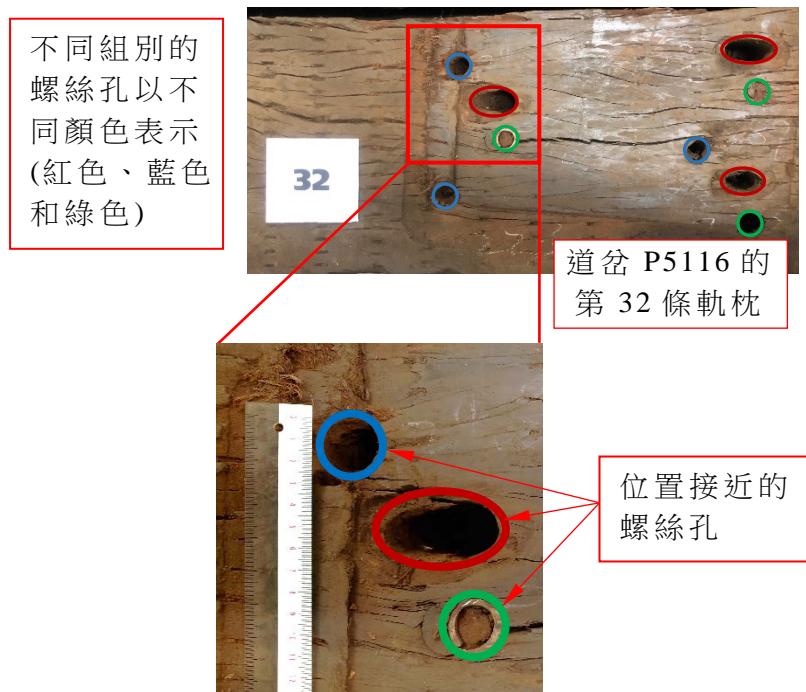


圖21：道岔 P5116 的第 32 條軌枕上，涉事列車
行駛路線左邊行列軌座墊板下的螺絲孔

4.5 檢驗信號系統

4.5.1 信號系統

機電署審視了信號系統和軌道上相關設備的運作記錄，沒有發現信號系統於事發期間有任何不正常情況或設備故障。

4.5.2 網絡攻擊

機電署審視了港鐵公司的安全事件分析報告，確定港鐵公司的網絡於 2019 年 9 月 17 日沒有發生違反網絡安全的情況。

機電署亦覆核了東鐵綫信號系統的設計，確定該系統為封閉式系統，並無連接至互聯網或港鐵公司的其他網絡。

4.6 為東鐵綫使用的合成軌枕進行材料性質測試

機電署為合成軌枕樣本進行材料性質測試，以確定合成軌枕符合 JIS E 1203:2007²¹標準。結果發現沒有證據顯示出軌事故與合成軌枕的機械性質或質素問題有關。

5 機電署調查結果

5.1 出軌位置

機電署調查小組(成員包括獲委聘的專家)在事故現場進行多次詳細檢查，以確定列車出軌位置。根據列車行駛方向，調查小組發現車輪輪緣痕跡最先出現在道岔 P5116 的第 35 與 36 條軌枕之間的路軌底座。考慮到列車車速及車輪離開路軌後下跌至底座所需的時間，證據顯示出軌位置是在道岔 P5116 的第 33 與 34 條軌枕之間。**圖 22** 顯示列車在道岔 P5116 的出軌位置。

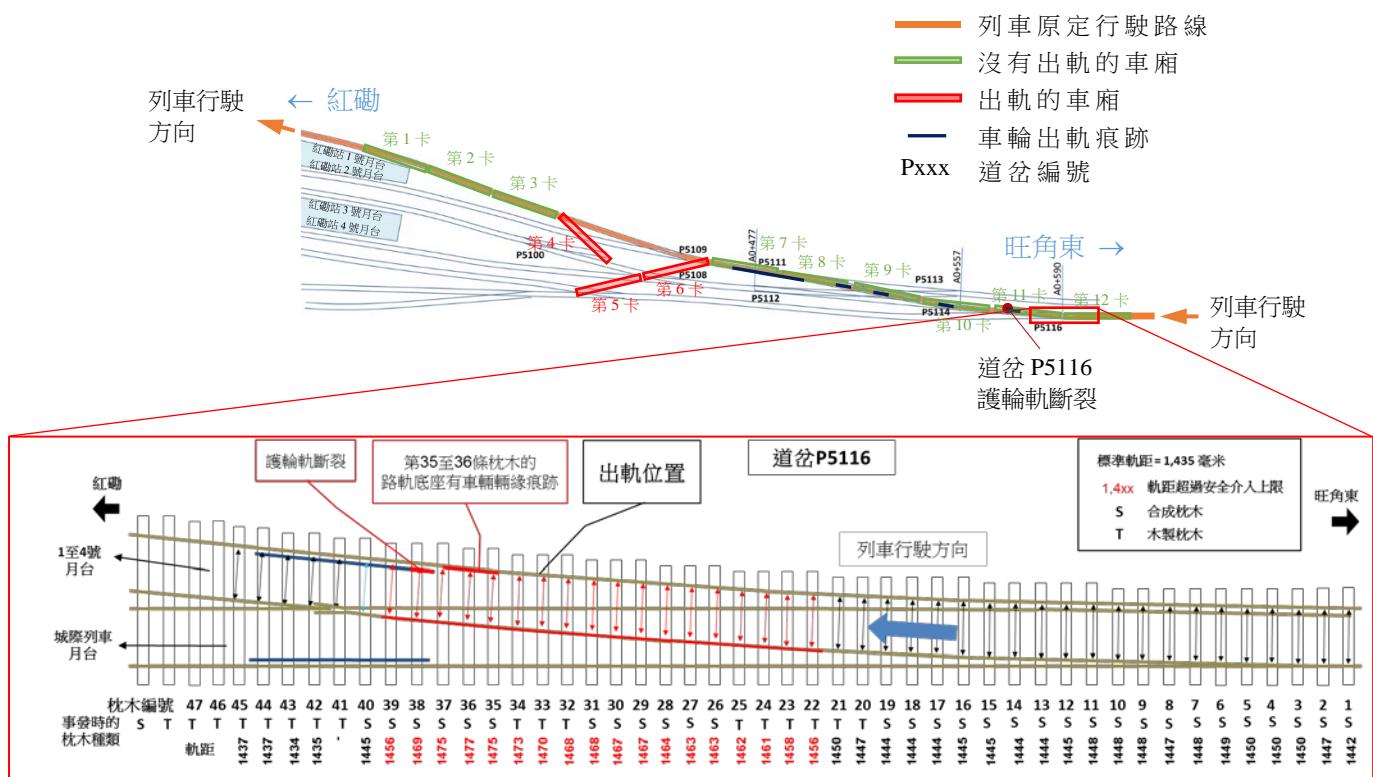


圖 22：道岔 P5116 的出軌位置及軌距

²¹ JIS E 1203:2007 – 「合成軌枕-以纖維強化氨基泡沫塑料製造」(Synthetic sleepers – Made from fiber reinforced foamed urethane) 是應用於鐵路軌道的合成軌枕的標準。

道岔 P5116 的護輪軌的上方表面發現車輪輪緣痕跡(圖 23)，證據顯示列車 A 至列車 E 的部分車輪曾與護輪軌碰撞並攀上護輪軌的上方表面。

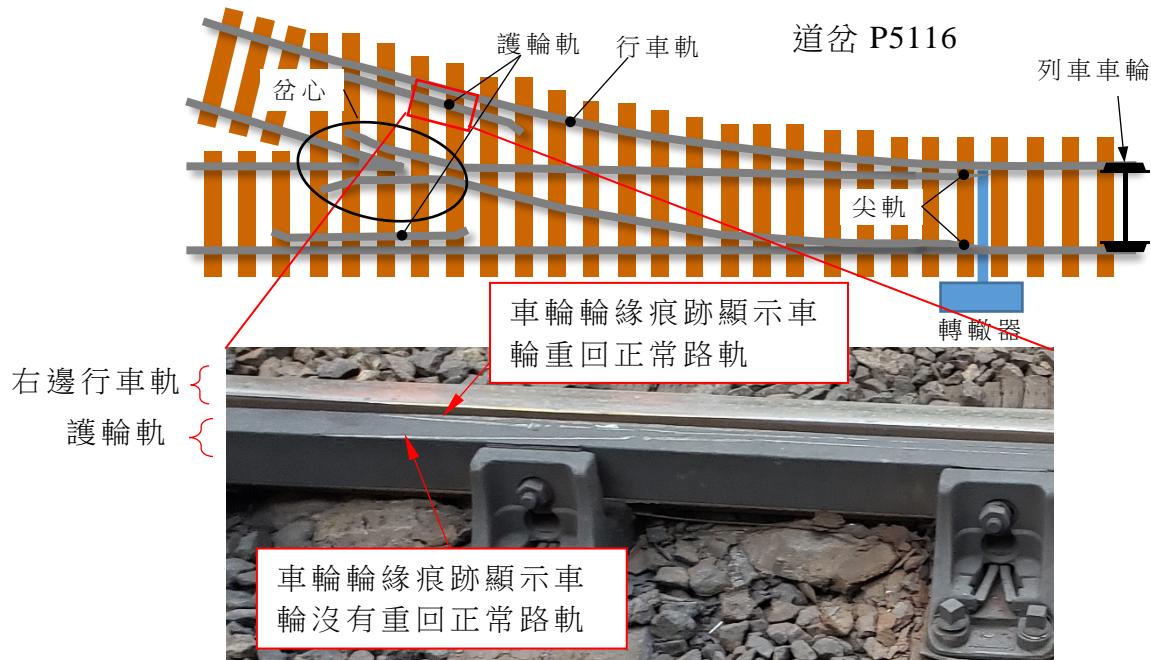


圖 23：護輪軌上方表面的車輪輪緣痕跡

事故現場 5 處地方共發現兩組斷裂的路軌及 3 處路軌裂紋，全部位於路軌的焊接位置。所有上述的斷裂及裂紋均屬於近期發生的斷裂，並非金屬疲勞所致。證據顯示這些斷裂情況及裂紋，是出軌車輪的輪緣輾過焊接位置突起的部分時造成(見圖 24)，這情況在列車出軌事故中並非罕見。

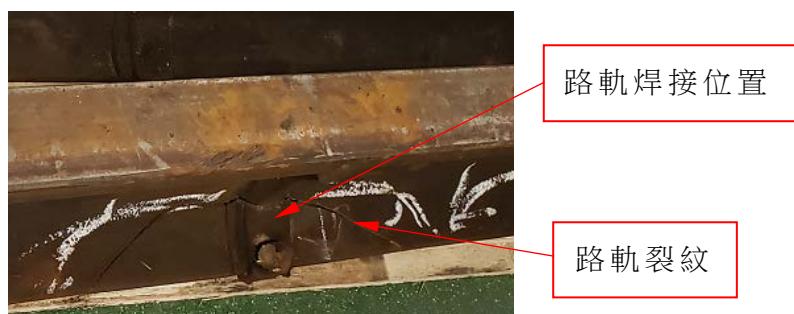


圖 24：斷裂的路軌在焊接位置有被車輪輪緣輾過的痕跡

5.2 軌枕腐爛

調查小組檢驗於出軌位置及附近軌道路段檢取的軌枕，發現多條木製軌枕的內部均已腐爛，部分軌枕表面出現縱向裂縫及爆裂情況，該類表面裂縫證明木材內部已腐爛。木材的結構受腐爛影響，降低螺絲把座墊板穩固在軌枕上的能力，導致軌距擴闊。圖 25 顯示一條腐爛的木製軌枕，軌枕表面出現縱向裂縫及爆裂。



圖 25：腐爛的木製軌枕

全數被檢取的軌枕的螺絲孔已拉長和擴大。擴大的螺絲孔無法令座墊板的螺絲穩固在軌枕內，如第 4.2(e)段及圖 13所述，事發位置部分緊固螺絲鬆脫。當列車經過帶有彎度的路段時，列車施加於路軌的橫向力令外彎一邊的路軌向外移動或擺動，導致軌距擴闊。為避免軌距過度擴闊，必須對軌距進行適當的監察及維修保養，方可確保鐵路安全。

5.3 軌距擴闊

根據事故發生後即時進行的靜態軌距量度，道岔 P5116 的第 29 至第 39 條軌枕之間軌道路段的軌距均超過 1,455 毫米的安全介入上限，相關軌距在圖 22以紅色標示。列車出軌位置，即道岔 P5116 的第 34 條軌枕位置的軌距是 1,473 毫米，較 1,435 毫米的標準軌距闊 38 毫米。由於出軌位置的軌枕腐爛，

軌距在列車的動態重量下會增闊，在事發時，這個軌距過度擴闊的問題便導致列車出軌。總括而言，調查小組認為造成列車出軌的成因是軌距過度擴闊。

6 總結

6.1 機電署的調查發現，導致列車出軌的成因是路軌軌距擴闊。出軌路段的軌枕存在各項問題，包括木材腐爛及螺絲孔拉長，減低了軌枕的強度及其把路軌維持在正確位置的能力。當列車駛經有關路段時，列車的重量令軌距進一步增闊，軌距過度擴闊最終導致列車出軌。

7 事故後採取的措施

- 7.1 港鐵公司已檢視東鐵綫全線的木製軌枕狀況並更換所有狀況不理想的軌枕。港鐵公司須按本署要求，參考相關的行業做法，強化維修保養制度，密切監察軌道狀況，確保鐵路安全。
- 7.2 港鐵公司亦須按本署要求，於載客列車上加裝車載實時監測裝置，加強及適時地監測軌道問題，並善用上述監測及匯報系統，改善軌道維修保養。

附錄 I – 現場車輪輪緣、斷裂路軌、路軌裂紋和損毀轉轍器相片

