

## 東鐵中期翻新列車 底盤組件支架出現問題及裂紋的 成因調查總覽

### 導言

載客列車乃按照國際標準而設計及製造。載客列車的車身建於一個非常堅固的底盤上，各端均由一個由車輪軸、制動器及其他重要組件組成的轉向架承托。在底盤下由支架所懸掛的組件包括電力變壓器、供應制動系統和其他組件的壓縮器，及牽引動力機組。在行車時，列車底盤會因路軌及車輪的不平順而造成震動，令乘客感到顛簸，以及令列車設備承受過度應力。為此，列車設有彈簧及氣袋以減低此等震動。

1981 至 1991 年期間，九廣鐵路公司(九鐵)驗收了 29 組各含 12 輛車卡的列車並投入服務。1996 至 1999 年期間，該 29 組列車車身進行全面翻新。配合適當的維修，包括中期翻新，這批列車應該可用以提供長達三十年的服務。

為提高載客量以應付乘客增長及東鐵支線的啓用，九鐵於 2002 年引入另外八組東鐵列車，該等新的列車乃由另一製造商所提供，並無出現任何問題。

### 有關事故

2005 年 12 月 21 日下午 4 時 45 分，當編號 M336 的中期翻新列車往南駛離大學站時，車站月台督導聽見前方第三卡列車的底盤發出異常的聲音。他馬上啓動緊急停車掣以停止列車。同一時間，駕駛室內的列車司機注意到一個輔助系統的故障燈正在閃亮。在車廂內一名休班九鐵員工亦聽到聲響並向司機報告。月台督導及列車司機隨即向火炭的列車控制中心匯報有關事故。

根據常設的指示，控制中心指示司機小心將列車駛至火炭站第 4 號月台，以免妨礙軌道上的其他列車服務。乘客於該處下車，並於 10 分鐘內轉乘下一輛南行列車繼續行程。

工作人員在現場發現在前方第三卡列車下，支撐着主壓縮器的支架的 3 個接口位其中 2 個已經鬆脫，引致該處冒出壓縮空氣。在現場進行緊急維修後，工作人員於晚上 7 時 45 分將該列列車駛往何東樓維修中心作進一步檢查。

在整個事件中，九鐵有關員工的行動迅速，顧及乘客安全並確保對鐵路服務影響減至最低。

## 裂紋管理

工作人員於維修車廠內以肉眼檢視第 M336 號列車，確定列車前方第三卡下的壓縮器三個懸掛著壓縮器的支架接口位其中兩個損毀，導致軟性喉管接口鬆開並釋放壓縮空氣。

九鐵隨即啓動車廠一直沿用的裂紋管理計劃。九鐵所採用的裂紋管理計劃與其他鐵路營運者的標準做法一致。根據這計劃，在發現列車任何部分或列車的設備出現重大問題時，必須採用適當而仔細的裂紋檢查方法檢查所有同類的裝置，以確定有關裝置妥善。

工作人員於當晚通宵以肉眼檢視及錘擊方法檢查所有中期翻新列車，結果並未發現其他壓縮器的支架有同樣可能鬆脫的問題。此外，由於設備本身採用故障保險設計，即使壓縮器完全脫落，列車將會被自動列車保障信號系統所停止，隨後的列車亦會相應被制停下來。經過通宵的檢查，翌日列車服務獲批准正常運作。

事故發生後的 72 小時，作為臨時措施，公司為所有中期翻新列車裝置臨時輔助索帶，以防壓縮器支架鬆脫。用作臨時索帶的物料是工業用的強力尼龍索帶，可以用於窄小的空間，並附有可負荷重量的正式證明。公司為壓縮器裝置金屬支架，有關工作於 2006 年 1 月 11 日早上出車前完成。其後，公司為所有底盤主要組件安裝臨時索帶。

車廠的設計及工場員工主動將裂紋管理計劃擴展至所有底盤組件。整個一月份，他們日以繼夜地工作，為主要支架部份設計及安裝額外的支撐系統。於該段期間，共檢查了 1465 個懸掛組件及約 480 個非主要組件，結果發現 189 個主要組

件及 46 個非主要組件的懸掛支架出現裂紋。這些像毛髮般微細的裂紋大部份於支架的焊接位出現，並不會對列車的安全運作構成影響。

由於這些毛髮般微細裂紋被污迹及油漆遮蓋，並且位置隱閉，因此十分困難，甚至不可能以肉眼找出。公司遂在檢查程序中改用無損探傷測試。這是一項較使用肉眼或鎚擊方法更優勝的技術。雖然後者的技術可快速找出較大的裂紋，但可能無法偵測出細微的裂紋。由於改變了測試方法，因此被發現的裂紋數目在一月份上半月不斷上升。

### 裂紋監察

九鐵為所有可能在支架出現裂紋的同類組件安裝了輔助懸掛設備及支架後，亦展開經鐵路視察組同意的裂紋監察計劃，以評估這些毛髮般的微細裂紋會否擴大及其增長速度。計劃包括監察 30 件主要底盤設備，獨立專家已進行多次無損探傷測試。

裂紋監察計劃顯示已發現的裂紋數目及大小均沒有顯著的變化。

### 成因調查

九鐵聘用國際顧問、多名本地獨立專家及化驗所以協助調查裂紋的成因，而由 Alstom Hong Kong Ltd 代表的列車製造商亦提供與列車原本設計及生產程序，特別是焊接工作及有關工藝方面的紀錄。

除了在壓縮器和發電機支架出現的裂紋外，其他底盤組件的支架裂紋，其最主要成因乃車身過度震動。列車製造商的測算顯示底盤組件的支架一般是能符合原先設計的要求。然而，在翻新列車量度到的過度震動，引致底盤組件的支架疲勞限度超出設計基準的兩倍。

壓縮器及發電機支架裂紋的主要成因則是不完善的焊接。除了承受車身的過度震動外，壓縮器及發電機的支架亦需承受本身運轉時所產生的震動。

車身的過度震動來自路軌的軌頂的極細微波紋，出現這些波紋的路段佔東鐵全線路軌 36%。當列車以 70-90 公里在該等路軌上行走時，便會在車身及底盤組件的支架產生過度震動。而這個車速範圍正與東鐵正常的行車速度脗合。

由於現時技術上的限制，要消除軌頂的極細微波紋是不可行的。調查建議盡快更換這些路軌，以消除過度震盪的根本源頭。

作為額外的預防措施，九鐵會加強翻新列車底盤組件的支架，達至可以承受有關的震動水平，與及提升懸掛系統，以減輕由路軌傳送到車身的震動。

上述措施即將展開，並計劃於 2007 年完成。

### 自動列車控制

作為臨時措施以減輕列車底盤支架的應力，九鐵在事故後及發現更多微細裂紋期間，將東鐵改為人手自動保障系統操作。調查並無證據顯示自動列車控制是引致事故或裂紋的直接成因。

### 車廠維修程序

2006 年 2 月，九鐵邀請了一名在業界具領導地位的獨立專家評審東鐵翻新列車的維修週期表，以及就有關的維修工作是否足夠及有效提供意見。此外，九鐵亦聘請另外三名專家，集合他們的意見，將九鐵的維修標準與國際標準比較，特別是與澳洲、德國、北美及英國等地的標準作出比較。

早於 2005 年 12 月 21 日事故發生前，九鐵已委託美國公共運輸協會（APTA）對九鐵所有系統包括維修程序作出安全考核。APTA 的結論認為九鐵系統十分穩健。

九鐵於事故發生後邀請的專家亦同意 APTA 的意見。專家在完成評審時，得出的結論是，九鐵工程管理及維修人員在事故後採取的修復措施及減少風險的處理過程中，顯示出高度

的專業表現。專家亦注意列車的服務表現達至高度的可靠性。

雖然調查結果及由顧問專家進行的獨立檢討均顯示，九鐵的維修標準及程序，並非導致底盤組件支架出現裂紋的成因，但九鐵會進一步加強翻新列車的維修程序，務求及早發現列車底盤支架的裂紋，亦會在列車及路軌加裝儀器，不斷監察路軌及車輪的接面，務求在有需要時主動作出適當的修正措施。

## **結論**

裂紋成因調查已確定 12 月 21 日的事務及車底組件支架出現微細裂紋有多個成因。然而，無論事故期間及事故後，均完全沒有影響乘客安全，九鐵會就調查所得結果，實施報告以下建議。

- 在出現極細微波紋的關鍵路段盡可能加快更換路軌；
- 加強所有車底組件的支架，以承受調查所發現的震動水平；
- 強化翻新列車車隊的懸掛系統，以便更有效地吸收因垂直震動所產生的應力；
- 檢討列車維修制度，以便可以及早找出裂紋；
- 安裝監測路軌及列車的儀器，以監察路軌及車輪的互動應力。

所有的改善工程計劃於 2007 年內完成。裂紋成因調查報告的結果及建議，已獲得九鐵委任的獨立檢討委員會覆核及認可，該委員會由工程師梁廣灝先生帶領。

九廣鐵路公司  
二零零六年五月三日