

立法會交通事務委員會
鐵路事宜小組委員會
二零零七年二月十四日西鐵事故調查

前言

本文旨在向委員報告今年二月，一列西鐵列車車頂電壓交感器故障，引致車頂發生火警的調查結果。

事故

2. 二零零七年二月十四日早上九時十三分，一列在大欖隧道內的西鐵南行列車，車頂的電壓交感器發生故障後造成該機件的爆炸及火警，列車隨後失去牽引動力電源。列車司機與西鐵車務控制中心直接溝通後，啓動了隧道通風系統，將煙霧向錦上路站方向抽走，即抽向與乘客有秩序地沿荃灣西站疏散的相反方向。消防人員、警方及九鐵職員奉召到場，大約一千名乘客安全疏散。

3. 十一名乘客被送院，其中九人在檢查後出院，兩人需要留院觀察，其後亦出院。經九鐵職員及香港鐵路視察組人員檢查後，列車服務於中午十二時五十四分恢復正常。

調查

4. 九鐵立即成立兩個檢討小組，邀請獨立專家為成員，並得到電壓交感器製造商提供支援。

5. 兩個小組與所有涉及處理事故的部門包括香港鐵路視察組、消防處及警方深入溝通後，分別撰寫報告(見附件一及二)。九鐵的主要調查結果及建議如下：

事故處理

- 九鐵的小組檢討後，認為九鐵職員於其他部門包括消防人員及警方的支援下，在緊急情況時採取的行動，能作出有效率的反應，過程中亦有遵守規例手冊的程序。
- 考慮了政府有關部門包括消防處，以及乘客的意見後，該小組向九鐵提出以下改善建議：
 - (i) 與相關政府部門進行緊急事故演習時，加入處境更複雜的演練，以維持各方面的警覺性。
 - (ii) 加強九鐵與消防人員的溝通，特別是不同工作崗位人員的溝通途徑、簡短信息、須向消防處通報的引發點，以及重要資料的發放等。
 - (iii) 在大欖隧道內的合適位置加設更多方向指示牌，在緊急疏散時引導乘客離開。
 - (iv) 持續進行乘客教育活動，教導乘客緊急應變程序。

技術調查

- 技術調查小組發現，電壓互感器故障，是由於絕緣體在製造過程中已存有不易察覺的潛在不完善之處，加上列車在行駛時，曾遭受嚴重雷擊所引起的高壓湧電所引致。
- 事故後，九鐵即時採取額外措施，以監察每趟列車上電壓互感器的情況。這些措施包括利用列車上的電腦監察電壓水平、每三日以紅外線裝置檢查電壓互感器溫度，以及每星期檢查電壓互感器的線圈。
- 事故發生後，每個電壓互感器均送往實驗室進行徹底檢查，確保電壓互感器符合有關的電力標準。獨

立專家同意小組調查結果，指出現時使用的電壓交感器，並不會對乘客安全構成威脅。

- 九鐵一直有遵照製造商建議的維修程序。但九鐵仍會由每三年進行一次電壓交感器的檢查，改為每月進行一次。而每個電壓交感器，亦會每年在實驗室環境中進行高電壓測試。

總結

6. 九鐵管理局已接納報告內的所有調查結果及建議，製造商會提供新型無油式及具防爆破功能的電壓交感器。九鐵車廠人員可於二零零八年，全面以新型具防爆破功能的電壓交感器替換現時的電壓交感器。

九廣鐵路公司

二零零七年四月

二零零七年二月十四日
西鐵列車在大欖隧道內發生火警事故
事故檢討小組報告

九廣鐵路公司
二零零七年四月

第一章

前言

1.1. 二零零七年二月十四日早上大約 9 時 13 分，一列於早上 8 時 53 分由屯門站開出的南行西鐵列車正前往南昌站。當列車行駛至全長 5.5 公里的大欖隧道內下行線中段位置時，肇事列車司機聽到列車較後位置發出不尋常聲響，列車隨後失去牽引動力電源供應。

1.2. 肇事列車司機收到乘客報告，表示列車車廂有濃煙。他透過駕駛室內的閉路電視系統觀察到列車較後位置的車卡有濃煙。他於是將列車停在隧道內，並在西鐵車務控制中心批准後，緊急安排乘客離開列車。

1.3. 九鐵職員迅速地操作多個隧道防火安全系統，並嘗試撲滅列車車頂上變壓器上的火。他們與緊急救援隊伍聯合進行的疏散及救援行動效率大致良好。

1.4. 最後，大約 1,000 名乘客迅速及順利地從隧道內的列車緊急疏散，並無乘客受重傷或死亡。

委任事故檢討小組

1.5. 這次是西鐵於二零零三年十二月通車以來，首宗發生在隧道內的火警事故。雖然是次事故沒有導致乘客嚴重受傷，列車服務卻受到嚴重影響。九鐵管理層相信，九鐵應就着這次火警事故進行正式檢討，以找出可能作出改善之處。

1.6. 九鐵運輸高級總監李殷泰先生委任的事故檢討小組成員包括：

組長：甄紹璋先生
東鐵客運總經理－特別任務

成員：梁啓榮先生
鐵路安全經理

成員：李錦生先生
高級系統安全工程師

秘書：楊志明先生
事故檢討主任

1.7. 事故檢討小組的權限包括：

- (a) 提供事故的事實陳述，包括所有有關部門及組織進行的緊急疏散、拯救行動及應變安排；
- (b) 檢討相關規條及程序是否足夠，以及執行上是否有效；
- (c) 檢討緊急疏散的安全及效率，以及所有其他恢復服務的措施，包括對內及對外的溝通，以及與救援隊伍之間的協調；
- (d) 檢討列車上安全設備是否足夠，以及隧道內所提供的防火安全設施，並考慮實際乘客反應，以及九鐵/消防處/香港警務處對事故的意見；以及
- (e) 就類似事故，提出服務恢復及處理事故方面的改善建議。

1.8. 小組已經與多位主要相關人士進行廣泛檢討及會面，收集相關資料及數據，包括錄像帶、系統記錄、螢幕顯示記錄、照片及錄像，並將有關資料相互協調，就事故

提供一個已經查證的事實陳述。事故發生後，亦進行了數次系統確認測試，以核實系統表現，及找出可能的改善措施。

1.9. 這份報告概述有關事件及所得的觀察，以及小組就事故作出的結論及建議。這份報告並不包括事故中電壓交感器故障的技術調查，有關調查乃由專家小組及獨立顧問負責，調查結果會另行發表。

第二章

事故檢討

事故發生

2.1. 二零零七年二月十四日早上大約 9 時 13 分，一列於早上 8 時 53 分由屯門站開出的南行西鐵列車正前往南昌站。當列車行駛至全長 5.5 公里的大欖隧道內下行線中段位置時，肇事列車司機聽到列車較後位置發出不尋常聲響，列車隨即失去電源。大欖隧道內下行線的架空電纜牽引動力電源中斷。

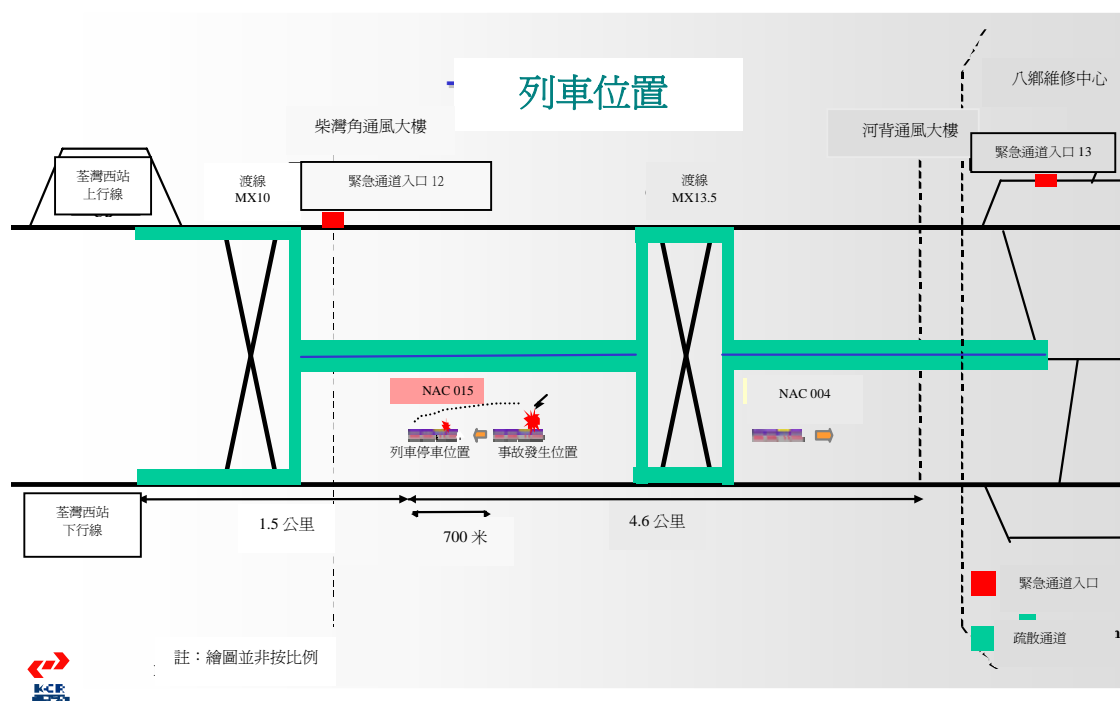
2.2. 肇事列車內，一些緊急求助按鈕被啟動。乘客向肇事列車司機表示，車廂內有濃煙。肇事列車司機透過駕駛室內的閉路電視觀察到，列車較後位置的車卡有濃煙。肇事列車司機馬上按動緊急掣剎停列車。部分乘客開啓列車通風窗，導致更多煙霧進入車廂。

2.3. 肇事列車司機隨即向控制中心主任報告事故情況，並要求安排乘客從列車緊急疏散。列車最後停在隧道內，車頭距離荃灣西站約 1.5 公里的位置。

2.4. 早上 9 時 14 分，隧道下行線內的煙霧感應器啟動了火警警號，警號傳達到車務控制中心、荃灣西車站控制室及消防處控制中心。消防人員立即作出行動。控制中心收到肇事列車司機的報告、並與他確定車廂內及乘客的情況後，全面與肇事列車司機瞭解疏散方向，以及採取安全措施，保障乘客在離開車廂時的安全。

2.5. 控制中心主任立即透過電腦系統執行指令，令所有車站月台上的列車停止行駛。肇事列車隨後的一班列車 NAC004，當時已離開錦上路站，正進入隧道，控制中心立即指示該列車停止行駛。該列車在隧道中間離開渡線

MX13.5 約 100 米範圍停下。列車司機考慮到前面有煙，為防止有煙進入車廂，司機關上列車通風系統的風閘。以下為事故時，列車在大欖隧道內的位置圖：



2.6. 西鐵高級控制中心主任收到肇事列車司機的報告後，於早上 9 時 15 分發出緊急警報。

2.7. 高級控制中心主任指示電力控制主任啟動隧道通風系統，將煙霧抽向隧道北面出口及空曠位置。荃灣西車站控制室職員開啓隧道內上下行線的照明系統。在確定一列上行線列車已駛過肇事列車的位置後，控制中心主任批准肇事列車司機開始沿着荃灣西站方向緊急疏散乘客。

2.8. 肇事列車司機透過廣播系統作出廣播，呼籲乘客保持冷靜下車，並循列車行駛方向離開。早上 9 時 15 分，他開啓車門讓乘客離開列車。

2.9. 早上 9 時 17 分，控制中心向消防處控制中心報告，並提供進一步資料。早上 9 時 20 分，車務控制中心發出紅

色警報，並通知運輸署緊急事故交通協調中心及傳媒有關事故。

疏散及拯救行動

2.10. 收到大欖隧道內發出的火警警報後，一隊消防人員於早上 9 時 18 分抵達柴灣角通風大樓，並與荃灣西站的聯絡主任會合。聯絡主任的職責，主要是確保拯救人員在進入路軌前，已採取了所有安全措施，以及將拯救人員的需要，向事故控制站的事務主任報告。由於事故進展得很快，而且涉及範圍廣泛，聯絡主任需要數分鐘時間，透過事故主任與控制中心確定已採取所有安全措施，消防人員方可安全進入隧道。消防人員進入隧道期間，與一些沿着隧道內疏散通道步行往荃灣西的乘客會合。消防人員隨即指示乘客經柴灣角通風大樓離開隧道。在聯絡主任、消防人員及一名乘客的協助下，大約 340 名乘客在早上 9 時 44 分離開柴灣角通風大樓。

2.11. 荃灣西站一名乘客看護員接獲指示，疏散月台上其他乘客，以便接待由事故列車疏散的乘客。他在步行進入隧道之前，亦協助在月台的末端位置設立事故控制站。他隨後步行往隧道與疏散乘客會合，並指示乘客經下行線前往荃灣西站。首名疏散的乘客於早上 9 時 27 分到達荃灣西站月台。與此同時，第二名乘客看護員被安排駐守渡線 MX10 的位置，確保乘客不會錯誤於上行線路段行走，必須沿著隧道下行線前往荃灣西站方向疏散。

2.12. 早上 9 時 45 分，共有 626 名乘客抵達荃灣西站。客務主任亦確定所有乘客均已離開隧道。

2.13. 肇事列車司機在指示所有乘客往荃灣西站方向疏散後，在一名乘坐肇事列車的客運助理的協助下，試圖撲滅火警。事故中共使用了 14 個手提式滅火筒。

2.14. 當時一名警員亦剛巧在肇事列車上執勤。該名警員在事故發生後，向肇事列車司機表明身份，並向警方控制中心報告，以及協助乘客離開肇事列車。

2.15. 消防人員由柴灣角通風大樓與及位於大欖隧道北面出口的緊急通道入口 13 (EAP13)前往事故現場。同時，大欖隧道內的架空電纜電源亦重新開啓，以便控制中心安排將肇事列車隨後的一部南行列車 NAC004 以相反方向返回錦上路站月台。控制中心亦通知肇事列車司機，要求他通知消防人員，架空電纜電源已經開啓。隧道路段的牽引動力電源在 NAC004 列車離開隧道路段後關閉，以便消防人員利用隧道內的消防栓撲滅火警。火警撲熄後，消防人員於早上 10 時 35 分離開事故現場。

2.16. 事故中共有 11 名乘客被送到醫院檢查，當中 9 名在柴灣角通風大樓/荃灣西站，1 名在錦上路站及 1 名在美孚站。除了有 2 名乘客需要留院觀察外，其他乘客均在檢查後出院。事故中，沒有乘客受重傷或死亡。

服務恢復

2.17. 早上大約 9 時 40 分，由多個不同工程組別人員組成的緊急救援隊伍到達事故控制站報到。

2.18. 消防人員於早上 10 時 35 分撲熄火警後離開事故現場。鐵路車輛工程人員隨即檢查損壞的電壓交感器，以及肇事列車車頂上的其他設備。

2.19. 早上大約 11 時 35 分，所有緊急救援隊伍人員完成檢查，並確定上行線可安全恢復服務。早上 11 時 59 分，上行線可以恢復使用。

2.20. 在事故隧道內，架空電纜組人員報告架空電纜設備

正常。大約下午 12 時 07 分，鐵路車輛工程人員確定可以安全把肇事列車推到荃灣西備用軌道。兩部輔助機車一起把肇事列車推離事故現場。軌道組人員亦發現路軌有一些損壞的螺栓以及油污。職員隨後清理軌道，確保路軌可正常運作。信號組人員進行檢查後，確定沒有設備受損。

2.21. 大約下午 12 時 31 分，所有緊急救援隊伍人員確定下行線可安全讓列車運作。所有緊急救援隊伍人員與及香港鐵路視察組人員，在事故現場登上緊急機車，向錦上路站方向開始進行路線檢查。下午 12 時 53 分，路線檢查完畢，並確定事故隧道可安全運作。

2.22. 當晚收車後，高壓組工程人員、軌道組人員，以及土木工程人員全面檢查隧道及路軌旁的設備，以確定火警及煙霧有否構成任何可能的影響或長遠持久性問題。最後並無發現有關問題。此外，軌道組人員亦進行全面清潔，清理路軌上的油漬。

服務安排

2.23. 事故後，隧道的上下行管道均需要關閉，以便乘客疏散，以及進行救援工作。事故後，肇事列車被推到荃灣西站的備用路軌，下午 12 時 30 分，上行線用作單線雙程行車。在確定下行線可安全運作後，列車服務於下午 12 時 54 分全面恢復。

2.24. 事故期間，列車分段以環線行駛。來往南昌站及荃灣西站，以及來往錦上路站及屯門站的班次，維持在 6 至 10 分鐘一班。控制中心在早上 9 時 25 分召喚緊急巴士，提供來往荃灣西站及錦上路站的服務，班次維持在 3 至 5 分鐘一班，緊急巴士服務維持至下午 1 時 30 分。大部份乘客到達緊急通道入口 12 (EAP12)後自行離去，九鐵亦安排了一輛特別巴士，接載餘下的 10 名乘客到荃灣西站。

2.25. 早上 9 時 30 分至下午 1 時期間，所有車站的閘機均開放予乘客出入，並沒有收取車費。事故期間，九鐵迅速及有效地向乘客發放有關事故情況、列車服務影響，以及緊急巴士安排的資料。

第三章

結果及建議

服務恢復及事故處理

3.1. 整體而言，九鐵職員及有關人員按照緊急應變程序有效率地作出反應。經檢討後，亦確定有關程序是足夠的。九鐵職員及有關部門努力復修及處理事故，但仍有改善的空間。

3.2. 基於下列兩項考慮因素，肇事列車司機在事故時制停列車，並進行緊急疏散，是合理及可以理解的。

- (a) 當時列車剛駛過 5.5 公里長的大欖隧道中間的渡線，列車有可能不可以運作至下一個車站。當時列車仍有一段長距離，才可以到達下一個車站，而且列車亦已沒有牽引動力，以及
- (b) 根據乘客利用緊急求助按鈕的報告、以及肇事列車司機透過駕駛室閉路電視觀察到車廂內的情況，均顯示車廂內有濃煙，可能會影響乘客安全。

3.3. 事故期間，車務控制中心職員反應迅速，在收到事故報告的兩分鐘內啓動隧道通風系統。此外，車務控制中心職員亦充分表現了他們的警覺性，以及專業判斷。下列運作上的決定可作為例子說明：

- (a) 透過電腦系統令所有其他列車暫停於各車站月台，以防止再有列車進入大欖隧道；
- (b) 要求肇事列車的隨後一班列車(NAC004)司機停止行駛，遠離肇事列車；以及

- (c) 與列車司機保持緊密聯絡，並與司機確定供電系統的運作情況，確保消防人員可安全撲滅火警，以便恢復服務。

3.4. 這些寶貴經驗可與所有其他控制中心及有關職員分享。

員工訓練足夠

3.5. 事故反映出西鐵職員一般有足夠訓練，能處理重大事故。公司應繼續提供定期訓練，以及安排演習，保持員工的警覺性及讓他們有足夠準備，處理特別的緊急情況。公司日後應安排更多與實際情況相類似與及更具挑戰性的演習，情景可包括使用多架列車、失去牽引動力電源，讓九鐵職員及公眾人士一同參與。

消防人員/救援人員到達事故現場

3.6. 為讓緊急救援人員加快到達 5.5 公里長的大欖隧道事故現場，九鐵提供兩部緊急機車在荃灣西及八鄉維修中心，在隧道兩邊入口附近候命。緊急機車是在軌道上行走的車輛，在有需要召喚消防人員到場的緊急情況下，用以運載救援人員及工具往大欖隧道內的肇事現場。

3.7. 事故期間，消防人員利用緊急機車到達事故現場，而有關設施亦足夠。九鐵與消防人員應繼續進行定期演習，以加強合作性。

3.8. 九鐵於 2007 年 3 月 5 日與消防處、香港警務處，以及香港鐵路視察組舉行跟進會議，已確定九鐵與消防處日後如何增進溝通，包括不同工作崗位人員的溝通途徑、簡短訊息、通報引發點，與及重要資料的發放等。這些改善措施會在新成立的九鐵/消防處定期聯絡會議，與及演習內跟進。

隧道緊急設施是否足夠

3.9. 大欖隧道已設有最先進的防火安全系統及設備，以便進行疏散及救援。防火安全設施已由政府有關當局檢定，並在西鐵通車啓用前進行測試。九鐵亦有定期進行演習，確保系統及程序有效。

3.10. 大欖隧道內的設施，足夠應付事故。隧道下行線掣房內的火警探測系統，能探測肇事列車產生的濃煙，並迅速傳送警報到消防控制中心。

3.11. 隧道上下行線的隧道照明系統，在疏散乘客前已由車站職員迅速開啓。隧道內照明系統的光線亮度，符合現行的國際標準。為回應乘客意見，九鐵會考慮加強某些位置的照明。

3.12. 隧道通風系統運作良好，有效抽走事故現場的煙霧及熱力。隧道照明系統、疏散行人道及橫貫通道，均能協助乘客迅速地離開事故現場。

3.13. 消防處使用消防栓系統撲熄變壓器上的火。

3.14. 根據乘客意見，隧道內會加上更多逃生方向指示牌，緊急通道入口會加設乘客資訊牌，為乘客提供更多關於疏散的資訊。

列車上的安全設施是否足夠

3.15. 西鐵列車設有一些先進設備，讓列車司機及乘客可在緊急情況下有效溝通，進行安全及有效的疏散。這些設備足夠應付事故。

3.16. 緊急求助按鈕及駕駛室內的閉路電視，為列車司機提供即時的視像資訊，讓他瞭解車廂情況，協助司機作出適當的決定。

3.17. 列車在失去牽引動力期間，列車後備電池系統能維持全列車所有照明系統達 90 秒，在疏散期間，亦能維持列車一半照明及通風系統。

3.18. 列車內的手提式滅火筒已用作協助滅火。

乘客反應及行爲

3.19. 透過公共廣播系統、列車上的職員及警員的協助，乘客均得到清晰的資訊，能有秩序地疏散離開隧道。有關緊急離開列車及在隧道內進行疏散的乘客教育應該繼續進行，並可採用小冊子、錄像短片及乘客資訊顯示系統。

第四章

總結

4.1. 二零零七年二月十四日西鐵列車在大欖隧道內發生火警的事故，是對整個系統、有關操作人員及緊急救援隊伍的重大考驗。毫無疑問，現時的設施、安排及處理事故程序，均足夠應付此類隧道火警事故。大致而言，九鐵職員在事故中亦有遵守規條及程序。

4.2. 緊急設施包括隧道通風系統、火警探測及滅火系統、隧道照明、乘客逃生設施、救援人員到達事故現場的方法，均符合設計標準。

4.3. 建議：

- (a) 在大欖隧道內增加疏散方向指示牌，並在緊急通道入口加設乘客資訊牌；
- (b) 加強某些位置的照明；
- (c) 在職員及救援人員的定期訓練及演習中，加入更多涉及多部列車因失去牽引動力電源而不能行駛的演練；
- (d) 舉辦乘客教育活動，集中在隧道內及高架橋上進行緊急疏散，並繼續邀請公眾參與大型演習；
- (e) 檢討聯絡主任、事故主任及控制中心的溝通方法，以便向拯救人員提供最新的資料及事故進展；
- (f) 實施與消防處一同議定的改善措施，以加強九鐵與消防處的溝通，包括不同工作崗位人員的溝通途徑、簡短信息、通報引發點，以及發放重要資料等，

以及：

- (g) 從事故中汲取經驗，令現時的程序更完善。

4.4. 透過內部刊物及職員簡報會，與職員分享是次事故汲取的經驗。在安排乘客離開車廂前，應強調以下行動的重要性：

- (a) 確保沒有其他列車在隧道內行走；
- (b) 啓動隧道通風系統；
- (c) 開啓隧道照明設施；
- (d) 亮着疏散指示燈箱；
- (e) 廣播疏散方法及方向；以及
- (f) 若確定火警是在列車外，列車司機應關上列車通風系統的風閘，防止煙霧進入車廂內。

二零零七年二月十四日
西鐵列車在大欖隧道內發生火警事故
技術檢討小組報告

九廣鐵路公司
二零零七年四月

1. 引言

本報告由技術檢討小組編寫，內容有關二零零七年二月十四日西鐵列車火警的調查結果，包括電壓交感器着火的根本原因、監察措施及長遠解決方案，以確保裝有此類電壓交感器的車隊能完善運作。

2. 技術檢討小組

2.1 技術檢討小組的職權範圍如下：－

- (a) 檢討已實行的措施，以確保裝有此類電壓交感器的車隊能運作完善；
- (b) 進行技術調查，找出電壓交感器故障的根本原因；及
- (c) 建議補救措施，盡量避免日後再發生同類事故。

小組亦可從本地及海外邀請有關範疇的其他專家，以協助進行調查工作。

2.2 技術檢討小組成員如下：－

(a) 李家潤博士

EngD, MPhil, CEng, MIEE, MHKIE, AP(HK)

署理鐵路車輛總經理

(技術檢討小組組長)

(b) 梁廣灝先生 OBE, JP

BSc(Eng), CEng, R.P.E.

FHKIE, FIMechE, FCIBSE, FIEAust., FHKEng

顧問工程師

(技術檢討小組顧問)

(c) 何兆鑾教授

BSc, PhD, CEng, MIEE, MHKIE

香港理工大學電機工程系講座教授

3. 事故

二零零七年二月十四日上午九時十三分，西鐵列車 NAC015 的 P306 車卡車頂電壓交感器着火，致使架空電纜供電中斷，列車司機因而停車，隨後緊急疏散乘客。

4. 電壓互感器結構

肇事電壓互感器屬非發電裝置，用以探測二萬五千伏的架空電纜供電情況以及提供低電壓信號，協助牽引系統在發動及進行再生制動時達致最佳的操作效率。電壓互感器耗電量極低，所耗電力約一個普通住宅燈泡的一半。這裝置具有原繞組及副繞組，分別作輸入二萬五千伏架空電纜電壓及輸出一百伏電壓作為牽引控制之用。原繞組由上下連接在一起的兩組線圈組成，兩組線圈均以樹脂緊密包圍成一組實心模塑，內裏全無縫孔。樹脂是絕緣媒體，可防止圈層之間產生電力跳火現象。該兩個以樹脂模塑的原繞組是完全浸於絕緣油中，並放置於一個以大量螺釘和螺帽固定及密封的六毫米厚鋼盒（即電壓互感器外殼）內。電壓互感器是根據國際電工委員會標準設計及製造的。

5. 肇事電壓互感器檢測

肇事電壓互感器在香港理工大學實驗室曾接受鑑識檢測，發現原繞組的上組線圈嚴重損壞，尤以連接帶電導線的高電壓部分為甚。短路明顯地引致樹脂與其封好的極幼原繞線圈組一併燒熔。有跡象顯示電壓互感器絕緣體故障是由於超電壓所致，而原繞組的下組線圈的樹脂模塑面亦有膨脹跡象。經進行仔細檢測時將下組線圈切開，發現多個線圈已經與樹脂分離，在膨脹處產生縫孔。這種樹脂與線圈分離的現象可能因長時間過熱所致。

6. 故障產生過程

根據肇事電壓互感器的鑑識檢測結果以及一般電壓互感器的電機工程基本原理，斷定上組主線圈某些線圈之間連接帶電導線的絕緣樹脂層由於高壓電浪湧而首先發生故障，導致短路，繼而再引致所有短路的線圈及上下兩組其餘的線圈負荷過大電流。如此過大的電流量使樹脂過熱而脫離線圈，繼而導致更多線圈短路以及產生更多熱量。這

樣的反應不斷循環，最後令樹脂熔解，絕緣油亦開始氣化。內壓和溫度由於這種不斷循環的反應會不斷上升，至電壓交感器的蓋面受壓被迫致鬆脫打開，而絕緣油則在溫度超越燃點後開始燃燒。

7. 絕緣體故障成因

7.1 小組以全面的故障樹分析法查察可能引致絕緣體故障的各種因素。根據理論、環境及鑑識研究進行廣泛調查後，已排除大部分可能因素，只餘下列因素作跟進及仔細研究：—

(a) 生產因素，例如製造商例行測試未能探測到的產品的不完善之處；及

(b) 外在因素，例如引致高壓電浪湧的電擊。

7.2 簡要來說，肇事電壓交感器，特別是其絕緣體，是嚴格按照業內標準並根據有關程序，在廠內設計、製造及測試。其製造過程所涉及的重要步驟均需要純熟的人手技術，以保持設計質素，以避免帶來一些潛在的不完善之處，影響絕緣體的完善性能。

7.3 然而，遵行設計標準及生產控制可將電壓交感器內某些絕緣體的不完善之處減至最少，但卻不可能完全排除存在不完善之處的可能性。即使已實行根據國際標準之品質測試過程後，此類不完善之處也可能存在。在正常情況下，不完善之處本身不會引致設備故障。不過，如閃電等高壓電浪湧出現時，此類潛在的不完善之處便可能會浮現和進一步發展，從而引發故障。值得一提的是，過去數年香港曾有一段時期天氣異常惡劣，電擊次數及強度遠比平常為高。雖然如此，單是電擊應不會引致電壓交感器絕緣體發生故障。因此，肇事電壓交感器的故障是一宗偶發事故，應是由於絕緣體在製造過程中已存有

潛在的不完善之處與電擊所引起的高壓電浪湧兩者造成的。

8 運作完善

- 8.1 已進行絕緣體及高電壓等測試，去徹底檢測車隊的每個電壓交感器。所有測試俱證實車隊運作正常，並無跡象顯示其他電壓交感器可能會引發與二零零七年二月十四日發生的事故相若的意外。調查後亦證實裝有此類電壓感光器的車隊維修保養得宜，列車製造商亦同意這點。因此，總括來說，裝有電壓感光器的車隊性能穩健，而本報告所述的電壓交感器故障只是一宗個別事故。
- 8.2 列車上其他設備均已接受進一步評估及檢測，證實操作正常，並無受高壓電浪湧的影響而產生損壞跡象。此外，已設有恰當的高壓電浪湧保障裝置。調查顯示這些根據廣受接納的國際標準而設的裝置，表現令人滿意。因此，列車可以繼續正常地運作。
- 8.3 為保證裝有電壓感光器的車隊運作完善，事故發生後已訂立並落實了一套嚴謹的監察制度。以下是監察制度的概要：—
- (a) 增加絕緣體測試的次數，以往按製造商指示每三年進行一次，現時則增加至每月一次；
 - (b) 在列車行駛時使用車上電腦持續監察電壓水平；
 - (c) 每三天監察一次電壓交感器外盒溫度；
 - (d) 每週檢查一次電壓交感器線圈是否完整無缺；及
 - (e) 每年在實驗室環境中進行一次高電壓測試，確保裝有電壓感光器的車隊可完善運作。

9. 結論

- 9.1 現時已有足夠措施保證裝有電壓交感器的車隊運作完善。目前並無跡象顯示其他電壓交感器會出現與二零零七年二月十四日發生的事故相若的意外。
- 9.2 故障過程以理論及測試數據確定，並獲監察數據及從故障部件觀察的證據所支持。肇事電壓交感器的故障是一宗偶發事故，應是由於絕緣體在製造過程中已存有潛在的不完善之處與因嚴重電擊所引起的高壓電浪湧這兩者造成的。

10. 建議

- 10.1 現時已有多項措施保證車隊運作完善。然而，為進一步加強所有相關人士對九鐵所提供的優質列車服務之信心，以及優化監察制度的長期實施情況，九鐵會審慎明智地改以具備防爆功能的無絕緣油式新型電壓交感器取代現有電壓交感器。此類新的車頂電壓交感器於二零零一年發展至成熟階段並同年首次安裝在歐洲的列車，至今表現令人滿意，成績有目共睹。這種電壓交感器對抵禦雷擊的能力遠比現有電壓交感器為高。
- 10.2 預期所有現時採用的電壓交感器將於二零零八年被完全更換。在此之前，為現有電壓交感器而提升的監察及維修保養制度將繼續實施，以確保能維持高度的乘客安全。

完