

立法會交通事務委員會
鐵路事宜小組委員會

提升鐵路綫信號系統的最新進展

目的

香港鐵路有限公司（下稱「港鐵公司」）於2015年3月批出信號系統更換工程合約，投資33億元更換七條港鐵綫（荃灣綫、港島綫、觀塘綫、將軍澳綫、迪士尼綫、東涌綫及機場快綫）的信號系統。東鐵綫的信號系統亦隨沙田至中環綫（下稱「沙中綫」）工程進行提升。本文件旨在向鐵路事宜小組委員會報告港鐵網絡信號系統更換工程的進展。

信號系統更換工程

背景

2. 信號系統是指揮鐵路運作的中樞，由不同組件組成，包括中央聯鎖電腦、各層級控制電腦、車載電腦、後備電腦及裝設於路軌旁及沿綫設備房的部件等。信號系統在控制列車運作之餘，亦採用安全防護設計，當偵察到任何不規律的情況時，系統會自動令列車停下，確保列車與列車之間保持安全距離。青衣車務控制中心透過監控及通訊系統內的數據傳輸系統，掌握信號系統的操作情況。

3. 港鐵公司一直監察鐵路綫現有信號系統的承載能力。為了增加鐵路可載客量及進一步提升服務的整體可靠度和效率，港鐵公司早前決定更換七條港鐵綫（即荃灣綫、港島綫、觀塘綫、將軍澳綫、迪士尼綫、東涌綫及機場快綫）的信號系統，工程由2018年年底開始分階段完成。同時，為配合沙中綫運作，港鐵公司亦現正更換東鐵綫的信號系統，詳情請參閱有關「沙田至中環線工程的最新進展」（截至2017年9月30日）的委員會文件。上述鐵路綫新信號系統工程的預期完成時間見附件一。

新信號系統的特點

4. 信號系統控制鐵路網絡內列車的安全運作。鐵路線會被劃分成若干區間（Block），在某一時段內一個區間內只允許一列列車通過，令列車與列車之間保持安全距離。現時的信號系統採用固定區間或距離區間¹模式，而新的信號系統則採用「通訊為本列車控制」技術²，以移動區間的原理運作，在確保列車之間有安全距離的情況下加密列車班次，提升載客量（見附件二）。

5. 同時，新的信號系統的整體零件及組件數目比較少，因此出現故障的機會亦會減低。此外，為了進一步提升列車服務可靠性，新信號系統在設計上加強了備用裝置，即使一旦有個別組件失靈，備用設備仍然可以令信號系統維持正常運作。

更換期間減少對列車服務的影響

6. 信號系統涉及數以萬計的電子系統組件。國際上，任何鐵路的信號系統均不可能完全避免發生故障；進行大型提升工程時，系統不穩定以致鐵路服務受阻的機會或會增加，這是任何系統轉型期間所必須面對的風險。

7. 海外的經驗顯示，部分鐵路為免除這些風險，在進行大型的信號系統提升時，往往會全線或局部暫停鐵路服務，直至工程完成為止。然而，這些地方的公共交通（包括鐵路）一般並不如香港的公共交通發達，中止服務導致受影響的乘客較少。在香港公共交通發達的情況下，全線或局部暫停鐵路服務以進行信號系統提升工程，並不切實可行。因此，在

¹ 採用固定區間模式，鐵路線沿途需要每隔一段距離設置一組軌道電路以偵測列車位置。如某區間內有列車，則信號系統會指令後車不得駛進該區間。距離區間模式以可行走距離為基礎，信號系統會計算列車在到達下一個目標區間前的減速距離。

² 新的信號系統利用現代無線通信技術以列車所發出的信號替代軌道上的固定信號，將列車位置及車速等資料傳給中央電腦，而透過電腦運算後將信息回傳給列車以維持列車之間的安全距離。

進行信號系統提升工程時，港鐵須維持原來的服務水平，以免對乘客造成不便。在這期間，如何能順利完成信號系統更換工程而又能減低工程對鐵路服務影響的風險是工作的關鍵，難度相當高。

8. 信號系統更換工程包括安裝大量新設備例如光纖、電纜、路軌旁及車站等信號設備，以及以循序漸進的方式進行長時間的測試，確保新系統在投入服務前運作安全及順暢。測試工作包括由現有的信號系統轉換到新系統，範圍包括車廠試驗段路軌測試及主行車綫實地測試等。為減少對列車服務的影響，主行車綫實地測試工作會安排於晚上非行車時間進行，每晚只有約兩個小時可以進行測試。機電工程署亦會實地視察港鐵公司的測試。新系統必須得到該署批准，才能正式投入服務。

9. 港鐵公司就信號系統更換工程進行了全面的風險評估。為了盡量減低工程期間的潛在風險，在考慮了各鐵路綫的乘客量、信號系統的設備及對乘客或持份者的影響等因素後，港鐵公司審慎地編排了七條鐵路綫信號系統的更換次序。現時荃灣綫、港島綫及觀塘綫均已開展相關工程或工程的前期工作，詳見下文第10至13段。至於將軍澳綫的工程將於2019年開展前期工作，預期於2021年完成信號系統提升。東涌綫與機場快綫共用部分路軌，而迪士尼綫則連接東涌綫。因此，港鐵公司會一併考慮此三條鐵路綫的信號系統提升工程。按現時粗略估算，港鐵公司將於2021/22年一併開展此三條鐵路綫信號系統工程的前期工作，三條鐵路綫的所有工程可於2026年完成。

荃灣綫

10. 荃灣綫是市區最繁忙的鐵路綫，繁忙時段列車班次已達到現時信號系統負荷的上限。港鐵公司首先在荃灣綫展開信號系統的更換工程。現時荃灣綫的整體工程已完成超過七成，包括已完成安裝車站及路軌主要的信號設備，行走荃灣綫的一半列車亦已安裝新的設備。港鐵公司自2016年年底開始，安排於晚上非行車時間分階段在荃灣綫的主行車綫進行實地測試，包括由現有系統轉換至新系統，測試列車與路軌

旁的新設備以及車務控制中心的協調、停車位置的準確度、車門開關與月台幕門的協調以及車廂廣播等。翌日第一班列車開出之前，港鐵公司會轉換回現有的信號系統，在日間繼續提供正常的列車服務。

11. 測試工作採用審慎的安排，先由一個比較小的範圍例如一至兩個信號設備或道岔開始，逐步擴大至一個車站以及在兩個車站之間進行測試。現時，測試範圍已擴大至多架列車同時在荃灣綫半條綫或以上進行測試，預計最快可於2018年年初開始進行全綫測試。荃灣綫的靜態及動態列車測試開展至今，車廠路軌的測試超過400次，而信號發射器及設備轉換器已分別測試各超過1 000次。同時，港鐵員工包括車務控制中心人員、列車車長及維修人員等的培訓亦即將展開，讓員工能熟習新信號系統的運作。荃灣綫的信號系統更換工程預計於2018年年底完成。

港島綫

12. 港島綫是市區另一條比較繁忙的鐵路綫，其信號系統與荃灣綫有相同之處，例如兩條綫均使用同一款列車，因此荃灣綫更換工程所得的經驗可以運用在港島綫上，有助減低工程風險之餘，亦可加快港島綫工程進度。現時港島綫的安裝工作已完成約三成，包括在該綫的隧道鋪設光纖、安裝路軌旁的新信號設備以及準備在車站安裝新設備等。港鐵公司準備在2018年內開始進行主行車綫實地測試，預計港島綫的信號系統更換工程可於2019年完成。

觀塘綫

13. 觀塘綫的信號系統比較獨特及複雜，例如其中一段接駁東區海底隧道至將軍澳綫，因此港鐵公司安排在完成荃灣綫及港島綫的更換工程、累積一定的經驗後，才更換觀塘綫的信號系統，盡量減低工程的潛在風險。現時，觀塘綫正進行更換工程的現場勘察等準備工作，港鐵公司並已開始重新設計車站設備房的佈置，以便安裝新的信號設備。觀塘綫的信號系統更換工程預計於2020年完成。

14. 2017年8月5日，觀塘綫發生信號系統故障，列車服務因而受阻。港鐵公司成立的委員會調查顯示，該次事故是由於牛頭角站附近一個信號設備箱有水滲入，導致負責傳輸信號的銅線出現鏽蝕情況，影響了信號數據的傳輸，令觀塘站信號聯鎖區出現間接性信號故障，連鎖系統因此執行了安全防護設定，令位於受影響路段的列車停駛。

15. 委員會的調查報告（詳見附件三）總結觀塘綫信號系統基本運作良好，沒有根本性的問題，而該次信號故障是由個別銅線的問題所致。雖然港鐵公司原本打算因應信號系統更換工程在2020年內將該銅線更換為光纖系統，但為了減低類似的信號故障再次發生的風險，委員會建議將觀塘站信號聯鎖區的銅製長距離數據傳輸系統提早更換成光纖系統，港鐵公司亦已於2017年10月完成更換工程。

工程期間的應變措施

16. 測試新信號系統時，由於涉及與現有系統的轉換，期間或會出現不順暢或故障的情況。當出現問題時，港鐵公司會堅守「安全第一」的宗旨，確保問題修復後才會恢復正常列車服務，因此翌日早上的列車服務可能會受影響。港鐵公司以現有鐵路服務延誤的應變機制為本（現有應變計劃要旨見附件四），已制訂相應的應變措施，安排工程人員及接駁巴士候命，並已預備人手向乘客提供協助。一旦出現鐵路服務延誤，港鐵公司會視乎情況啟動合適措施，包括加派人手於受影響車站協助乘客及實行人流管制。若鐵路服務因事故而須暫停，港鐵公司會提供接駁巴士服務，接載受影響乘客到最就近而仍正常運作的港鐵車站繼續行程。港鐵公司就鐵路服務延誤所制定的應變計劃，須得到運輸署的同意。此外，若出現鐵路服務延誤，港鐵公司會盡快透過不同渠道包括車站及車廂廣播、站內液晶體顯示屏、網頁及智能手機程式等向乘客發放最新的車務資訊，讓乘客可以預留較充裕的時間乘車。

總結

17. 信號系統的更換工程以不影響列車服務為目標，港鐵公司同時亦已制定應變措施應對潛在的風險。當信號系統提升工程於2026年全面完成後，荃灣綫、港島綫、觀塘綫、將軍澳綫、迪士尼綫、東涌綫及機場快綫的整體可載客量可增加約10%。信號系統更換工程期間，港鐵公司的維修人員會繼續進行鐵路系統恆常的維修保養工作，確保系統保持良好狀態，持續向乘客提供安全、可靠及便捷的鐵路服務。

港鐵公司

2017 年 11 月

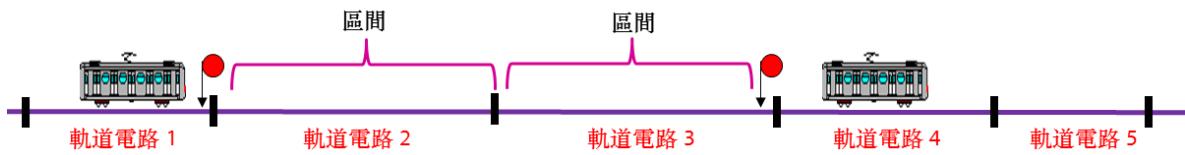
附件一

各鐵路線新信號系統預期完成的時間

鐵路線	預期完成時間
荃灣綫	2018年年底
東鐵綫	2019年
港島綫	2019年
觀塘綫	2020年
將軍澳綫	2021年
東涌綫、迪士尼綫和機場快綫	2026年

附件二

信號系統的演變



固定區間信號系統



距離區間信號系統



移動區間信號系統

2017年8月5日觀塘站區域信號控制故障 高級別檢討委員會報告

1. 概覽

- 1.1 港鐵復修事故的原則首要是確保過程安全，然後盡可能維持列車服務，同時致力縮短延誤時間。**2017年8月5日觀塘線信號事件**的復修過程正一直堅守這個原則。
- 1.2 當日上午 11 時 02 分，觀塘站聯鎖區的信號控制失效，區域內所有道岔未能由車務控制中心或車站控制或鎖定，需要以人手方式鎖定道岔，並以手控模式低速行駛列車。
- 1.3 信號系統發生事故可以很複雜，當日的事件由電線出現間歇性故障所造成，故此要找出故障源頭異常困難。故障產生的徵狀不斷改變，幾乎不可能作出快速判斷。雖然復修小組於上午 11 時 59 分完成暫時恢復行車的復修行動，並在下午 2 時 32 分恢復穩定服務，但小組仍堅持繼續展開故障排查測試，最終在晚上 9 時 34 分發現故障源頭，使信號系統得以全面復原。
- 1.4 事件期間觀塘線黃埔站與彩虹站之間的列車服務一直維持運作，而彩虹站與調景嶺站之間的列車服務則於鎖定道岔後一段時間逐步恢復。大約下午 2 時 32 分，觀塘線的列車服務已恢復至穩定狀況，行車時隔為 4 至 5 分鐘，服務水平整體能應對當天的乘客流量需求。
- 1.5 觀塘線信號系統一向維持良好表現，故障發生率穩定甚至有輕微改善的趨勢。儘管如此，港鐵仍計劃於 2020 年更換該線的信號設備。
- 1.6 無論如何，從是次事件中汲取經驗將有助港鐵進一步提升表現。

[註釋：報告中引用專家評論以英文原文為準，中譯版本為港鐵公司所提供之]

2. 高級別檢討委員會

- 2.1 2017年8月7日，公司成立高級別檢討委員會，職權範圍如下：
 - (a) 確立有關事件及事發後即時的事實及情況；

- (b) 找出導致事件的成因及其他因素；
- (c) 審視事件中的應變及修復是否適時和有效，包括現場採取的初步行動及相關程序是否足夠，從而找出可提升之處；
- (d) 評估事件中就事故、列車服務和接駁巴士服務安排向公眾發放的資訊是否適時和足夠，以找出可提升之處；及
- (e) 審視觀塘綫信號系統在功能和表現趨勢方面，是否仍然適切應付現時的營運需要。

2.2 檢討委員會的調查結果摘要如下：

3. 列車服務

- 3.1 發生事故時，港鐵的原則首要是確保復修過程安全，然後盡可能維持列車服務，同時盡量縮短延誤時間。當天處理列車服務過程一直堅守這個原則。
- 3.2 經過初步努力，在鎖定有關軌道上的道岔及放行停留於兩車站之間的列車後，觀塘綫全綫服務約於上午 11 時 59 分恢復。
- 3.3 事件期間，135 名額外員工被調派到受影響的觀塘綫車站（主要為彩虹站、牛頭角站、觀塘站和油塘站）協助乘客。
- 3.4 黃埔站與彩虹站之間的列車服務一直維持運作，而彩虹站與調景嶺站之間的列車服務則於鎖定道岔後一段時間，透過實施「領行員運作」¹ 這項安全程序逐步恢復。大約下午 2 時 32 分，觀塘綫的列車服務已恢復至穩定狀況，行車時隔約為 4 至 5 分鐘，服務水平整體能應對當天星期六的服務需求。觀察所見，觀塘綫車站月台的絕大部分乘客等候一至兩班車便可上車。在事件發生期間，各車站和月台均運作有序。
- 3.5 事件發生後的首個小時，需要逐一鎖定軌道上數個道岔，以確保彩虹站與調景嶺站之間的列車服務運作安全。因此，在彩虹站與

¹ 領行員運作是一項安全程序，依序安排多列列車以手控模式連續運作。

調景嶺站之間的兩個行車方向，只能容許少量列車駛過，包括一度停留於兩站之間的三列列車。

事發後第二個小時，彩虹站與調景嶺站之間的列車服務稍為改善，可容許有限數量列車作雙向運行。

到第三個小時，彩虹站與調景嶺站之間的兩個行車方向的行車時隔分別提升至 6 分鐘（10 班列車駛過）及 7.5 分鐘（8 班列車駛過）。

在下午 2 時之後，列車服務開始穩定，平均行車時隔約為 5 分鐘。到下午 2 時 32 分（事件發生後 3½ 小時），列車服務回復穩定，行車時隔為 4 至 5 分鐘。

- 3.6 事件期間，受影響而出現延誤的列車最長受阻 83 分鐘發生於事件的首兩個小時內。在事件發生後的首兩個小時內，部分乘客需要等候一段長時間才可上車，原因是列車服務仍在逐步恢復當中，列車到達各車站的時間並不平均。委員會認為在「信號控制區故障」事件發生初期，這個情況實屬無可避免，即使是全球最佳的鐵路也無法在這種情況下提供正常服務。

「大家必須知道信號系統是極為複雜的；公平而言，在壓力那麼大的情況下，工程人員已盡他們所能去搶修，使列車服務於下午大約 2 時 30 分後保持穩定而僅稍遜於正常服務；港鐵在這次事故中的處理絕不遜於國際任何一家鐵路公司的最高水平。」

外部顧問何兆鑾教授

4. 停留列車的處理

- 4.1 事件初期，有兩列列車停留在車站之間，分別為剛駛離藍田站的 T01 列車和正駛往牛頭角站的 T09 列車。

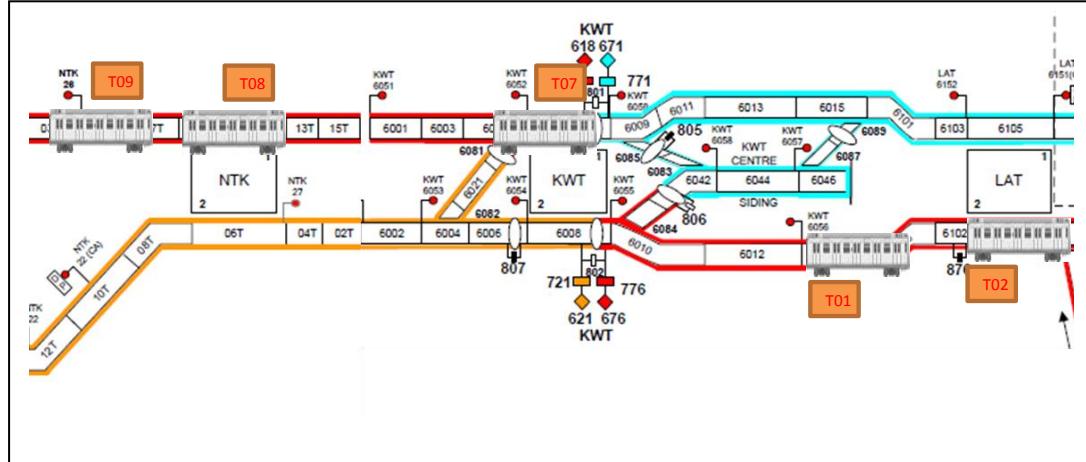


圖 4.1: 受影響列車的位置
(NTK = 牛頭角站, KWT = 觀塘站, LAT = 藍田站)

- 4.2 牛頭角站月台的列車在 23 分鐘後遵照安全程序開出，讓隨後的 T09 列車駛至月台，讓乘客落車。
- 4.3 當 T01 列車停留於兩站之間時，藍田站區域控制的信號系統自動將隨後的 T02 列車保持停靠藍田站。T01 列車停車 5 分鐘後，以手控模式駛往觀塘站月台讓乘客落車。隨著前面路線暢通後，T02 列車由信號系統自動控制，駛往下一個信號 KWT6056，並停靠於該位置。其後，T02 列車遵照安全程序在 48 分鐘後始能駛往觀塘站月台。
- 4.4 盡可能讓列車維持在自動信號控制下運作是正常做法，因為這是將列車運行延誤減至最短的最佳方法。事後回顧當時情況，雖然並非既定程序，但如果之前能透過手控操作將 T02 列車繼續停靠藍田站，該列車便不會停留於兩站之間。
- 4.5 委員會認為在事件中放行停留於兩站之間的列車及防止更多列車停留的程序上，有可提升之處。

- 4.6 同時，委員會亦建議將修訂的程序納入行車控制員工的一般訓練及重溫訓練中，並應進行演練，以確保所有相關人員具備能力執行有關程序。
- 4.7 對於是否可安排 T02 列車上的乘客在軌道落車的疑問，委員會認為「路軌清客」程序涉及讓乘客於軌道步行，當中有一定的風險，讓乘客留在列車上更安全因為列車上維持充足的空調和照明。此外，根據以往經驗，進行「路軌清客」程序會令延誤加長多約一小時，因為乘客需要在軌道步行往車站，並需要執行跟進程序確保沒有乘客留在軌道上。不進行「路軌清客」程序是正確做法。

5. 乘客資訊

- 5.1 服務受阻及行車時隔的最新消息已透過各種渠道，包括車站和列車廣播、乘客資訊顯示屏、車站服務資訊顯示屏、網站及智能手機應用程式（MTR Traffic News），適時發放給車站內的顧客和列車上的乘客。同時，港鐵亦主動為傳媒提供最新的事件資訊和服務消息，讓傳媒可向公眾發放。
- 5.2 然而，在事件的首個小時內，「10 至 15 分鐘的額外車程時間」及「每隔 15 分鐘一班車」的信息未能準確反映不斷變化的服務情況，因為當時的列車班次不定時，也不穩定，要在第二個小時才能逐漸做到 15 分鐘的行車時隔。在這類事件發生初期，一般只能提供非常有限度的服務，服務模式亦會有大幅差異。故此，向乘客發放更加準確的服務資訊，使他們能更清楚知道不斷變化的狀況，尤為重要。
- 5.3 到下午 2 時 32 分，列車服務已回復穩定，並整體可應付乘客量的需求。換言之，絕大部分乘客等候一至兩班車便可上車。當時乘客獲通知已恢復至 5 分鐘的行車時隔。事實上，我們當時可以告知乘客臨時復修行動已完成，服務已回復穩定，並大致可應付需求。港鐵根據既定規程，待鐵路系統恢復至既定的行車時間表，即晚上 9 時 35 分才發出恢復正常服務的信息。結果即使服務於下午 2 時 32 分已恢復穩定，公眾觀感上仍理解觀塘綫的服務受阻了超過 10 小時。

5.4 委員會認為遇到需要較長復原時間及臨時修復工作已完成的非常規情況時，在與乘客溝通和提供資訊方面有可改善之處，讓顧客可更清楚知悉不斷變化的列車服務狀況，包括這類事故發生初期只能提供有限度服務。

6. 技術性根本成因

- 6.1 事件的根本成因是兩條並行數據傳輸聯接線其中一條出現間歇性斷接，兩條聯接線本可為信號聯鎖提供平行運作保障，只要有一條聯接線能維持運作，信號控制便會正常運作。然而，間歇性斷接沒有令該聯接線完全停止數據傳輸，但卻導致數據間歇性遺失或損壞。由於數據損壞的緣故，導致觀塘站區域聯鎖系統因應「安全防護」（Fail-safe）的設計原則而自動關機。
- 6.2 兩條數據聯接線各由一對鋪設在沿軌道旁的絕緣護套內的「扭結銅線」組成。觀塘站信號聯鎖是港鐵網絡中唯一仍採用銅線作為設備房之間的遠程數據聯接聯鎖系統，其餘全部均採用光纖。雖然新系統會採用光纖，不過銅線是一種沿用多時並行之有效的數據傳輸技術。觀塘站的數據銅線原定在 2020 年觀塘綫信號系統更換後，便會拆除。

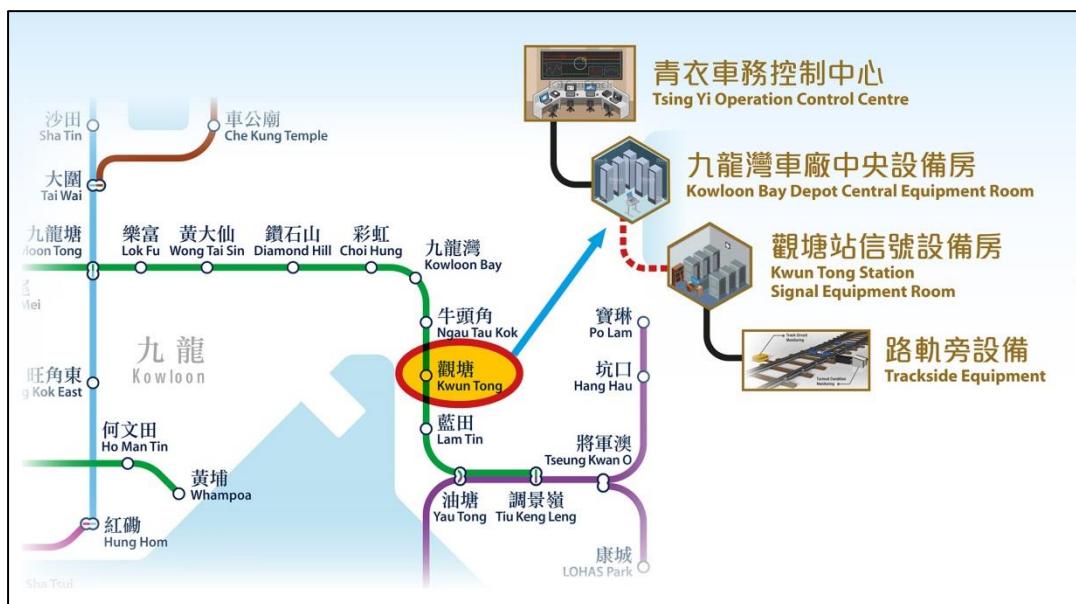


圖 6.1: 數據傳輸

- 6.3 間歇性傳輸故障是由於其中一個銅線接線盒入水和內部鏽蝕所致，而鏽蝕的電接觸面連同列車行駛的震動，引致傳輸短暫開路，造成數據間歇損失或錯誤。由於聯鎖系統偵測到不一致的數據組，故此執行「安全防護」設定，關停全部三組複合處理器模組（每個處理器模組有如一部電腦），導致受影響聯鎖區內的所有列車停駛。過往，觀塘綫聯鎖系統從未發生過這類型間歇性數據傳輸電線故障。
- 6.4 有關接線盒配備原裝電線，並具備足夠的防水性能適合設置於軌旁／戶外環境。其中一個接線盒的防水密封件，似乎在近期的颱風和暴雨期間未能完全防止入水，而入水最終導致接線盒內的電接觸面鏽蝕。
- 6.5 間歇性傳輸電線故障特別難以快速識別，這種故障會產生不一致、不斷變化甚至互相抵觸的徵狀，令到故障很難在緊急復修過程中快速偵測得到，而要使用適當的特別儀器分析所傳輸的數據信號，方能夠成功偵測。
- 6.6 雖然實施了本報告下一節建議的維修改善措施後，數據銅線仍可正常使用至 2020 年，但委員會認為以光纖為本的數據傳輸聯接能進一步提升信號系統的穩定性，並具備更容易偵測的故障模式。在過去數個星期，公司已完成研究，證明可將數據銅線轉換為光纖系統的有關工作。
- 6.7 委員會建議在 2017 年 10 月內，將觀塘站信號聯鎖數據銅線轉換為光纖系統。

「港鐵正確地判斷發生故障的資產，是設置於軌旁的一個數據傳輸接線盒。」

「由於數據傳輸出現間歇性而非永久性中斷，故此系統未能透過轉換頻道來兼容間歇性信號，而根據安全防護設計原則，電子聯鎖系統會關機因而導致觀塘站區域內所有列車自動停車。」

「WSP 同意轉用光纖傳輸系統將可消除 2017 年 8 月 5 日造成觀塘綫數據傳輸線故障的故障模式。」

外部顧問 WSP

7. 技術復修的成效

- 7.1 港鐵復修事故的原則首要是確保過程安全，然後盡可能維持列車服務，同時致力縮短延誤時間。儘管以保持列車運作為優先考慮的安排，無疑會延長完全修復系統所需的時間，但有關安排相比於局部關閉受影響路線進行復修，前者能保持乘客流動，減低對其他交通工具及路面交通所造成的過度負擔。基於這個原則，當技術團隊著手復修信號系統時，列車服務並未停頓。委員會認為在事件的技術復修過程中正堅守這個原則。
- 7.2 觀塘站區域信號控制最初失效，是觀塘站聯鎖系統啟動了「安全防護」而關機的結果。我們調派了 27 名技術人員處理事件。該聯鎖系統於事故發生半小時後已經重新啟動，然而不能重獲信號控制。為了追溯根本成因，技術團隊只能有系統地進行故障排查，逐一檢查和測試九龍灣車廠中央設備室及觀塘站信號設備房的所有相關設備。
- 7.3 上午 11 時 59 分完成臨時復修行動後，下午 2 時 32 分列車服務已達致穩定；為了不影響已穩定下來的列車服務，隨後的檢查和測試只能於有限的特定時間內進行，這做法符合以維持列車運行為優先的原則，亦正是於下午 2 時 32 分之後較長時間系統才得以

完全恢復的主要原因。故此下午 2 時 32 分之後的進一步測試和復修行動都須非常緩慢而小心地進行，防止影響已穩定的列車服務。

7.4 由於信號線的故障間歇不定，形成不一致、不斷變化甚至互相抵觸的徵狀，令判斷故障的根本成因變得異常困難。事實上，要正確識別這種故障只能用適當的特別儀器去分析信號線傳來的數據。這種分析頗為費時，往往不用於緊急復修，故技術團隊一般不會於緊急復修時攜帶及使用該等特別儀器。正因如此，我們不能快捷地追查到間歇性信號傳輸不穩定的故障，亦只可用故障排查法方去追查到有關故障。

「以故障排查法找出故障成因是常見做法，不幸的是這次要排查到最後才找到根本成因。」

外部顧問何兆鑾教授

7.5 找到故障源頭並隔離有關設備後，觀塘站區域的信號於晚上 9 時 34 分全面恢復。

7.6 在上午 11 時 59 分完成臨時復修行動及列車服務於下午 2 時 32 分達致穩定後，很多鐵路公司的做法是不會繼續進行復修行動的。在是次事件中，復修小組繼續為信號系統進行復修，至回復既定的行車時間表為止。事實上，在正常的星期六下午，即使行車時隔稍為延長一至兩分鐘亦足以應付需求。委員會認同復修小組的努力，並認為復修工作所用的時間，符合首要確保安全然後維持列車運行的原則。

7.7 委員會認為，如當日發生事故後採用特別儀器進行檢查，可能會早一些找到間歇性信號線傳輸不穩定的故障源頭（但不會早於當日下午 2 時 32 分）。然而，採用特別儀器要耗費時間，若事實上不是數據線的問題，反而會延長復修程序的時間。

7.8 因此，委員會建議，日後若發生同類型數據線故障時，港鐵應研究如何在不阻延緊急復修的前提下，使用適當的特別儀器或特別

檢查方法去診斷事故成因；並須進行演練，提升偵測這種數據線傳輸不穩定故障的能力。

8. 資產保養及預防故障

- 8.1 數據連線系統設計具備自動故障（斷線）偵測功能，無須依靠人手檢查偵測。以往，數據連線及接線盒從沒發生故障。此外，數據線更具有平行運作功能。換言之，當一條數據線斷開時，信號系統仍能靠另一（同步的）數據連線所傳送的數據而正常運作。
- 8.2 然而，是次故障揭示了使用銅線傳輸的一種新故障模式（即間歇性而非完全斷接），而這是系統偵測不到的。委員會認為有需要對該類型數據線進行人手定期維修。此外，港鐵亦已對所有用於設備房之間遠程數據聯接的銅製數據傳輸線和接線盒的現用狀態完成全面檢查。

「2002年，港鐵為將軍澳線開通而進行系統更新後，修訂了數據線接線盒的維修策略。由於線路系統在設計時加入平行運作和電路斷開偵測功能，因此接線盒被視為「免維修」項目。」

WSP 認為，當系統的故障風險低、具自我偵錯功能而能容許失效，這種維修方法（有時稱作「風險為本維修」）是適切的。

為應對這個新的故障模式（間歇性電路斷開故障），港鐵應修訂相關的預防性維修策略。」

外部顧問 WSP

- 8.3 委員會認為最佳的做法是對數據線進行風險評估，檢討／審核同類設備的維修成效，並根據這些設備對列車服務構成的風險而策劃定期的維修。定期的維修應包括以特別儀器檢查數據傳輸的完整性，並檢查設備的一般狀態。借鑑其他鐵路如何保養不同類型的數據傳輸線，亦有助港鐵制定最佳的保養方法。
- 8.4 故此，委員會亦建議對數據線進行風險評估，並根據這些設備對列車服務構成的風險而策劃定期的維修。定期的維修應包括以合適的特別儀器檢查數據傳輸的完整性，以確保傳輸暢順。
- 8.5 當現有的聯鎖數據傳輸線路換上光纖系統後，相關的風險將顯著降低。

9. 觀塘綫信號系統的資產狀態

- 9.1 觀塘綫信號系統持續達到列車服務營運功能的要求。至於即將隨新信號系統更換的一些子信號系統，其故障率（平均每百萬車卡公里的故障數目）自 2008 年起一直保持穩定。
- 9.2 然而，觀塘綫新信號系統已開始進行設計，預計如期於 2020 年左右更換現有系統。這次事故揭露的數據線問題，將透過更換光纖數據傳輸線得以在短時間內解決；港鐵在設計新信號系統時會汲取是次事故的經驗。

「從是次故障中汲取的經驗也可應用於將來的信號系統提升項目，因為即使最新一代的信號系統，仍會有部分軌旁配件採用接線盒，而並非完全不用維修。」

外部顧問 WSP

- 9.3 關於更換信號系統，以下幾個事項亦需要考慮。

9.4 第一，現時系統的複雜性。觀塘綫信號系統比其他綫的更為複雜，原因是它由不同供應商提供的幾套信號系統和子系統所組成。為減低對日常列車服務的風險，港鐵在更換觀塘綫信號系統前，應累積知識和經驗，使新舊系統的磨合更為暢順。

第二，更換信號系統只涉及系統中列車控制及列車偵察部分，而一些與路軌有關的設備例如道岔會維持不變。故此，更換信號系統並不能消滅由道岔引起的事故，在發生控制故障事故時，仍需鎖定道岔。

第三，更換信號系統對列車服務構成的潛在風險。為配合信號系統的更換，其他相關設備如列車及一些車站設備等均需進行改裝。這些改裝項目的進程須與信號系統更換工程同步，否則會對列車服務構成嚴重影響。

9.5 資產更換並非簡單而可輕易作出的決定。

9.6 然而，委員會建議觀塘綫新信號系統在設計時應考量今次事故的經驗。港鐵亦須檢討現時資產的狀態，決定是否需於 2020 年左右更換整體系統前，施行即時改善措施，例如升級或更換部分設備。

10. 總結

10.1 檢討委員會審視了是次事故的事實以及根本成因和整個服務恢復的過程，作出以下結論：

- (a) 港鐵處理事故時謹守安全，且依循既定的程序進行工作。
- (b) 港鐵復修事故的原則是首先確保過程安全，然後盡可能維持列車服務，同時致力縮短延誤時間。今次事件的復修過程在列車服務管理和技術復修方面亦一直堅守這個原則。當日的臨時復修行動於上午 11 時 59 分完成，列車服務於下午 2 時 32 分（即事件發生後 3½ 小時）已回復穩定，隨後亦整體能應付當天的客運需求。

- (c) 事故由觀塘站信號控制聯鎖區的銅製數據線間歇斷開電路而引起。該種銅製數據線作為遠程數據聯接，是港鐵網絡信號聯鎖中獨有的。
- (d) 雖然銅製數據線可透過加強維修而繼續使用，港鐵仍主動決定於 2017 年 10 月內以光纖系統取代該銅製數據線。
- (e) 委員會認為目前並無跡象顯示觀塘綫信號系統因老化或過時而導致系統性的設備故障增加。是次事故應視為獨立事件。

11. 報告建議

11.1 委員會提出以下幾項建議，包括如何減低再發生類似事故的可能性，以及將來發生類似事故時，如何提升整體的顧客服務和縮短技術復修的時間：

短期措施

- (a) 應首先盡量放行停留於兩站之間的列車，並避免更多列車停留於站與站之間。港鐵應向行車控制人員提供實用程序／指引，將此措施付諸實行。
- (b) 港鐵須於行車控制人員的一般和重溫培訓課程中加入上述程序／指引，並進行演練，確保所有相關人員具備足夠能力執行這些程序。
- (c) 根據既定的程序，港鐵會通知乘客列車班次的變動和額外的車程時間，然而服務全面恢復正常的訊息要待列車完全按既定時間表運行後才對外公布。上述安排並不適合需要較長時間完全復原和臨時復修已經完成的非常規情況。在非常規情況下，港鐵應加強對乘客的溝通，發放詳盡的資訊，令乘客能更清楚知道列車服務模式的變動，包括於這類型事故發生初期只能提供有限度服務。

- (d) 港鐵將於 2017 年 10 月內將觀塘站信號聯鎖區數據線轉換為光纖系統。

中長期措施

- (a) 港鐵應研究如何在不阻延緊急復修的前提下，使用合適的特別儀器或特別檢查方法診斷同類數據線的故障成因；並須進行演練，提升偵測間歇性斷線故障的能力。
- (b) 港鐵應對數據線進行風險評估，並根據這些設備對列車服務構成的風險而策劃定期維修。定期維修須包括使用合適的特別儀器檢查數據傳輸的完整性，以確保傳輸暢順。
- (c) 港鐵須於設計觀塘線新信號系統時，考量今次事件的經驗。港鐵亦須檢討現有資產的狀態，以決定是否需於 2020 年左右更換整體系統前，作出即時改善措施，例如更新或更換部分設備。

- 報告完結 -

附件四

鐵路服務延誤期間的港鐵應變計劃

目的

港鐵公司就每個鐵路站的不同需要，制定了應變計劃，以處理各種可能出現的服務延誤情況。港鐵負責應變工作的員工均熟悉這些應變計劃。港鐵公司亦於鐵路站內和網頁上提供對乘客有用的資料。此文件交代港鐵公司就鐵路服務延誤的應變計劃。

鐵路服務延誤的處理安排

2. 當有重大事故發生並預期會導致鐵路服務持續暫停 20 分鐘或以上時，港鐵公司會發出「紅色警報」，向政府部門（包括運輸署）、其他公共交通服務營辦商及傳媒機構通報事故。接到港鐵公司的通知後，其他公共交通服務營辦商在運輸署的協調下，會致力提供適當支援服務。港鐵公司會適當調整鐵路服務以減低影響，並安排免費接駁巴士，於受影響的鐵路站接載乘客前往方便的地點，例如仍有鐵路服務運作的最就近鐵路站。

警報系統

3. 「紅色警報」是鐵路服務已持續或預計會持續嚴重受阻 20 分鐘或以上，並需要其他公共交通服務營辦商提供緊急交通支援服務的警告。收到警報後，其他公共交通服務營辦商會立即調動資源，盡快提供適當支援服務。

4. 在發出「紅色警報」前，港鐵公司或會先發出「黃色警報」。「黃色警報」是一個預先警告，因應可引致服務嚴重延誤的事故而發出。收到黃色警報後，其他公共交通服務營辦商會提醒其緊急服務單位，準備在短時間內需採取緊急行動，並與港鐵公司保持密切聯絡。

5. 任何事故若影響服務受阻8分鐘或預計受阻達8分鐘或以上，港鐵公司需於8分鐘內通知運輸署。列車服務延誤事故，是指導致列車在鐵路站、輕鐵站或某段鐵路線上停駛或延誤的事故。

6. 此外，根據《香港鐵路規例》（第556A章），港鐵公司需向機電工程署通報涵蓋在整個鐵路範圍任何部分發生而對鐵路安全運作有直接關連的事件。

事故期間的資訊發放

7. 向乘客發放資訊方面，港鐵公司定下措施，確保於服務延誤期間與乘客有效溝通，以協助他們安排其他合適的交通。這些措施包括：

- (a) 在車站及車廂內廣播服務詳情；
- (b) 透過在車站裝設的大型資訊指示，提供其他公共交通服務的資訊，例如專營巴士路線、巴士站位置，以及港鐵免費接駁巴士上落點的位置；
- (c) 當免費接駁巴士服務已準備好，會在車站大堂近天花位置及路面擺設指示，沿途指示乘客港鐵免費接駁巴士的上落點位置；
- (d) 於服務延誤時，會在港鐵車站出入閘機附近當眼處的液晶體顯示屏，發放列車服務資訊及其他重要信息；
- (e) 在港鐵網頁及港鐵智能手機程式「Traffic News」發布鐵路服務延誤信息，以及港鐵免費接駁巴士服務的資料，列車服務嚴重受阻或暫停時「Traffic News」可連結到 Citymapper 應用程式，以便乘客查閱前往目的地的其他交通工具資訊；及
- (f) 向乘客派發《乘車應變錦囊》小冊子。

鐵路服務嚴重延誤期間列車及港鐵免費接駁巴士的運作安排

8. 鐵路服務嚴重延誤時，港鐵公司會致力將受影響範圍收窄，並接受影響路段的實際情況透過以下途徑提供最大程度的鐵路服務：
 - (a) 安排列車在指定軌道路段倒車，在未受影響的路段維持列車服務；
 - (b) 安排列車改經輔助軌道路段行駛，以繞過受影響路段；
 - (c) 安排列車改經指定軌道路段轉綫行駛，以減少服務延誤所造成的影響；及
 - (d) 安排列車改經後備軌道路段行駛，以減少服務延誤所造成的影響（例如當將軍澳綫過海路段暫停服務，視乎受影響路段，透過觀塘綫的後備行車隧道連接藍田站及鯉魚涌站，維持過海列車服務）。

9. 港鐵公司制訂了鐵路事故時的免費接駁巴士調配安排，並與巴士營辦商簽訂協議，在鐵路事故發生時提供服務，接載受影響乘客到最就近而仍正常運作的港鐵車站繼續行程。

港鐵免費接駁巴士運作

10. 港鐵免費接駁巴士服務為輔助措施，協助乘客前往方便的地點。接駁巴士的運載能力有限，並非旨在取代正常鐵路服務。接駁巴士接載乘客前往受影響鐵路綫路段以外的最就近鐵路站，方便乘客繼續行程。接駁巴士亦於受影響路段內的鐵路站停站，服務乘客。

啟動港鐵免費接駁巴士

11. 鐵路事故期間調派的港鐵免費接駁巴士數目及服務規模，視乎所涉鐵路綫路段和情況的嚴重性而定。一般而言，根據港

鐵公司與公共巴士同業聯會¹的協議，當需要提供港鐵免費接駁巴士服務時，公共巴士同業聯會在接獲港鐵公司通知後 30 至 45 分鐘內，安排約十輛巴士投入服務；如有需要，一至一個半小時內再安排額外 40 輛巴士；兩至兩個半小時後提供共約 100 輛巴士。實際投入服務的巴士數目需視乎列車服務受影響的程度及路面交通情況而定。視乎實際情況，港鐵公司可能會增派接駁巴士或更改接駁巴士服務的運作細節，應付乘客需要。

12. 港鐵公司已為每個車站印製特定的《乘車應變錦囊》，於站內派發。內容包括港鐵免費接駁巴士的預算到達時間、上落點位置及前往上落點路線等。《乘車應變錦囊》亦已上載港鐵公司網頁 (http://www.mtr.com.hk/ch/customer/services/needs_index.html)。

13. 由於接駁巴士的運載能力遠低於鐵路，故只可作支援服務，協助受影響乘客繼續行程。接駁巴士並不能完全替代鐵路服務。因此，預期乘客需排隊等候接駁巴士，而大部分乘客或需轉乘其他未受影響的鐵路綫或其他公共交通服務前往目的地。

人手調配

14. 發生事故時，為處理服務延誤，港鐵公司職員會在每個鐵路站按既定程序管理人流、發出車站廣播及通告，並協助乘客處理票務事宜。車站職員數目會因應需要而增加。

15. 在個別車站駐守的人員以外，港鐵公司亦已成立由約 90 名成員組成的客務快速應變隊，專責提供額外顧客服務支援。港鐵公司會不時按需要檢討客務快速應變隊的人員數目。

16. 當出現嚴重服務阻延，而需啟動港鐵免費接駁巴士服務時，港鐵公司車務控制中心會動員客務快速應變隊到受影響車站提供以下額外支援：

¹ 公共巴士同業聯會為香港非專營公共巴士營辦商的聯盟。現時，公共巴士同業聯會有超過 200 個會員，均為非專營巴士營辦商，車隊約有 4,000 輛巴士，即佔全港非專營巴士約 6 成。

- 設置啟動港鐵免費接駁巴士服務的設施；
- 在受影響車站及港鐵免費接駁巴士的上落點維持秩序；
- 於事故發生期間向車務控制中心適時匯報，以期更有效協調相關政府部門如警方，管理人流；
- 處理查詢並建議乘客轉乘其他鐵路綫及其他交通選擇；及
- 為乘客提供指引及支援。

17. 當接獲調派通知時，客務快速應變隊隊員會乘搭最快捷可行的交通工具包括的士前往受影響的車站。根據過往經驗，在大部分情況下，第一支隊伍會在 20 分鐘內到達。客務快速應變隊隊員均穿著粉紅色背心，以資識別。

定期檢討及更新

18. 綜合每次事故所得的經驗，港鐵公司會諮詢政府部門，繼續定期檢討和更新鐵路服務延誤的應變計劃。