

二零一六年六月
資料文件

立法會交通事務委員會
鐵路事宜小組委員會

廣深港高速鐵路香港段列車的最新情況

目的

本文件旨在闡述廣深港高速鐵路(下稱「高鐵」)香港段列車的最新情況。

背景

2. 政府於 2010 年 1 月委託香港鐵路有限公司(下稱「港鐵公司」)進行高鐵香港段的建造及試行運作。鐵路運作安全一直是高鐵香港段項目的首要關注事項。多年來，港鐵公司採用一套完善的項目和營運管理機制，以系統保證 (System Assurance)和系統整合(System Integration)等管理方式，使高鐵香港段項目由設計、建造、生產及測試過程、以至營運安排，均達到高品質及安全的要求。政府十分重視高鐵的安全，自高鐵香港段項目展開以來，政府一直從不同層面監察整個項目的建造進度，包括列車的安全。政府和港鐵公司曾於 2014 年 7 月 4 日的立法會交通事務委員會鐵路事宜小組委員會會議上，匯報高鐵香港段列車的安全管理措施、列車所採用的安全標準與信號系統。相關的文件載於附件 1。

3. 港鐵公司就高鐵香港段的列車最新進展匯報資料載於附件 2。

列車設計及採購

4. 一直以來，香港鐵路安全的監管是依據先進國家的標準，當中包括英國、德國、法國、日本等地的標準。由於高鐵香港段列車除於香港行駛外，亦與國家高速鐵路網絡連接，所以列車須要符合國家鐵路局所制定的國家鐵路安全規範，以及國家高速鐵路的其他技術要求。

5. 根據委託協議，高鐵香港段工程項目的設計及建造由港鐵公司負責。根據港鐵公司的資料，港鐵公司採用一套完善的項目和營運管理機制，檢視設計、建造、生產及測試過程，以至營運安排，以保障高品質及安全的要求。就高鐵香港段項目的工程的招標，路政署有派代表出席港鐵公司有關籌備招標的會議，並一直有監察與高鐵香港段有關的採購程序是否按相關要求進行，但路政署並不參與標書的評審工作。

6. 在高鐵香港段投入運作前，港鐵公司必須向路政署、機電工程署(下稱「機電署」)及其他有關政府部門提交詳細資料，以證明列車實際運作時，其安全表現能達至國際標準的安全水平。

7. 高鐵香港段工程項目採購的 9 列 CRH380A 列車需要符合歐盟 EN12663 標準，EN12663 是一個有關鐵路車輛車體結構設計的標準，涵蓋整體車身的結構強度。EN12663 標準列明生產商須考慮最大載荷量和列車預設營運年限方面等要求，使車體結構的設計強度足夠應付運作所需。

列車主動防護設計以保障行車安全

8. 高鐵香港段採用了客運專線設計，即不與貨運列車在同一綫路上運行，同時整段行車綫建於隧道內，與公路沒有交匯點，因此不會發生列車與汽車、貨運列車或大型障礙物相撞的情況。

9. 防止列車事故發生相較於着眼事故發生後減少傷亡更為重要，所以現代鐵路的安全首要靠信號系統保護，「主動安全防護」這概念亦被高速鐵路廣泛採用。高鐵香港段亦

採取主動防護設計，以信號系統實時偵測列車位置、速度等數據，控制運行期間列車之間的安全距離以防止碰撞。信號系統具備自動保護 (Automatic Train Protection, ATP) 功能，若列車超速或與前車距離太近，便會向駕駛員發出減速指令，甚至強制煞停列車。現代鐵路的信號系統的設計基本原則是「故障安全防護設計」(fail-safe)，如出現故障，列車會自動停下來，避免碰撞發生，以策安全。

10. 為與內地高鐵網絡達至無縫連接和保障行車安全，高鐵香港段採用了中國列車控制系統 CTCS (Chinese Train Control System)^註作為信號系統，信號系統採用 CTCS-3 級及 CTCS-2 級的多重冗餘系統設計，提供多重故障防禦，以保障行車安全。CTCS 亦採用「故障安全防護設計」的原則。CTCS 的可靠性非常高，而 CTCS-3 與 CTCS-2 同時失效的機會幾乎是微乎其微。若在十分罕見的情況下，多重冗餘的信號系統完全失效，車務控制中心將依據嚴謹的程序，在安全的情況下授權列車司機使用人手操控列車。車務控制中心在信號系統完全失效及在確認安全情況下，會授權列車司機以目視及限速行駛，此乃符合國家鐵路局所制定的國家鐵路安全規範及一般業界做法。

國際安全水平

11. 公眾關注的歐盟 EN15227 標準，主要是針對歐洲的獨特環境及營運模式，如部分綫路沒有信號保護，或與其他車輛及貨運列車共用路段，在主動安全防護措施不足的情況下，以被動的安全要求，規範列車於不同情境下低速碰撞的安全規格。

12. 雖然香港及內地高速鐵路並不需要採用歐盟 EN15227 標準，但為釋除公眾疑慮，港鐵公司已向制定歐盟標準的歐洲標準化委員會 (European Committee for

^註 CTCS 的規格與歐盟的列車控制系統 (European Train Control System) 規格相若。系統分為 3 個級別，在正常情況下，高鐵香港段會採用 CTCS-3 級信號系統運作。當 CTCS-3 級信號系統發生故障時，列車會自動以 CTCS-2 級信號系統行駛，以維持服務。

Standardization)求證，該委員會確認一般歐盟以外的鐵路營運機構可按 EN15227 標準附件 A 的處理方法，因應實際情況，假設可能發生的列車碰撞情境進行風險評估結果來制定相應的安全措施。

13. 路政署及機電署已完成審核港鐵公司提交的列車碰撞風險評估，認同港鐵公司已採納合理實際的安全保障措施，以防止高鐵列車發生碰撞，符合國際鐵路行業的一貫做法，亦知悉港鐵公司聘請了獨立顧問按 EN15227 標準作進一步證明，認為列車的主動防護及相關風險處理已符合 EN15227 的要求將風險減到可接受的水平。

14. 除列車碰撞風險評估外，港鐵公司已委托生產商為港鐵公司所購買的 CRH380A 列車進行列車碰撞分析，確認列車在歐盟 EN15227 標準所設置的情景下，可抵禦時速 25 公里的碰撞。機電署、港鐵公司及列車生產商分別聘請獨立顧問審核高鐵香港段列車生產商提交的列車碰撞分析報告，各顧問均認同港鐵公司所購買的 CRH380A 列車在歐盟 EN15227 標準所設置的情景下，可抵禦時速 25 公里的碰撞。

高鐵列車質量

15. 就廣州鐵路局 CRH380A 列車出現不尋常裂紋的報導，根據港鐵公司於 2014 年及今年向生產商查詢結果，生產商已確定並無此事。機電署亦分別向國家鐵路局及生產商查詢，生產商回覆並無此事。機電署正等候國家鐵路局的回覆。

16. 首列港鐵公司所購買的 CRH380A 列車預計於今年下半年內付運，抵港後將運送至石崗列車停放處進行組裝，港鐵公司會檢查列車、進行靜態測試、低速測試及驗收。在高鐵香港段開通前，列車系統須通過三重測試，包括出廠前測試、配合其他系統的綜合測試，以及實地安全測試，以確認新列車達至國際標準所訂下的安全水平。測試期間，機電署及有關政府部門亦會派員監察，確認測試妥善進行。

17. 高鐵香港段的鐵路運作安全一直是政府的首要關注事項。根據港鐵公司的資料，港鐵公司採用一套完善的項目和營運管理機制，檢視設計、建造、生產、車體焊接、測試過程及營運安排以保障高品質及安全。港鐵公司就高鐵列車的生產，聘請了獨立安全審核專家對安全關鍵系統(包括列車和信號系統)進行獨立的安全評估，相關的獨立專家就各方面提供專業而客觀的意見。政府各有關部門及港鐵公司將按一貫的嚴格要求進行驗收、測試，保障高鐵的營運安全。

運輸及房屋局
路政署
機電工程署
二零一六年六月

二零一四年七月四日
討論文件

立法會交通事務委員會
鐵路事宜小組委員會

廣深港高速鐵路列車的安全管理措施

目的

本文件旨在闡述廣深港高速鐵路列車的安全管理措施。

背景

2. 政府於二零一零年一月委託香港鐵路有限公司（下稱「港鐵公司」）進行廣深港高速鐵路（下稱「高鐵」）香港段的建造工程。政府十分重視高鐵的安全，自高鐵香港段項目展開以來，政府一直從不同層面監察整個項目的建造進度，包括列車的安全。港鐵公司在高鐵香港段列車所採用的安全標準與信號系統的資料載於附件。

列車設計

3. 一向以來，香港鐵路安全的監管是依據先進國家的標準，當中包括英國、德國、法國、日本等地的標準。港鐵公司需要向機電工程署（機電署）提交詳細資料，以證明列車實際運作時，其安全表現能達至國際標準的安全水平。由於高鐵香港段列車除於香港行駛外，亦與國家高速鐵路網絡連接，所以列車亦須符合國家鐵路局所制定的國家鐵路安全規範。

4. 高鐵香港段列車(型號為 CRH380A)採用歐盟 EN12663 標準，此歐盟標準是有關鐵路車輛車體結構設計的一個標準，已被世界高速列車廣泛採用，涵蓋整體車身的結構強度。EN12663 標準列明生產商須考慮最大載荷量和列車預設

營運年限方面等因素，確保車體結構強度足夠應付運作所需。

5. 歐盟 EN15227 標準主要規範列車於不同碰撞情境下的安全規格，其中包括列車車身結構能夠在時速 36 公里發生碰撞時，可以減低列車上所有人員可能受到的傷害。這標準是配合歐洲鐵路的運作模式而設。歐洲鐵路的運作模式涉及多個國家的鐵路網絡，軌道與貨運列車共用，存有鐵路軌道與其他道路車輛交匯點，某些路段甚至沒有信號系統保護。據了解，當時港鐵公司在進行高鐵香港段列車的國際公開招標時，各投標供應商均表示現有型號列車未能滿足 EN15227 標準的要求。

6. 歐盟 EN15227 標準容許個別鐵路按各自的實際情況和可能發生的列車碰撞情境進行風險評估，從而決定所需的行車保護措施。這個實事求是的處理方法，符合 EN15227 標準的精神。

列車安全管理措施

7. 高鐵香港段跟歐洲鐵路截然不同，採用了客運專線設計，即不與貨運列車混跑，同時整段行車綫建於隧道內，與公路沒有交匯點，因此不會發生列車與汽車、貨運列車或大型障礙物相撞的情況。

8. 防止列車事故發生相較於着眼事故發生後減少傷亡更為重要，所以「主動安全防護」措施比「被動安全防護」措施更為有效。有關概念亦被大部分國家採用。現代鐵路的安全首要靠**信號系統保護**，以確保列車之間保持安全的行車距離避免發生碰撞，這在高速鐵路的設計上尤為重要，因為當列車發生高速碰撞時，任何列車設計都難以保障車上人員安全。

9. 高鐵香港段採用了中國列車控制系統 CTCS (Chinese Train Control System)^註 規格作主動防護，包括 CTCS-3 規格

^註 CTCS 是中國列車控制系統，其規格與歐盟的列車控制系統(European Train Control System)相若。系統分為 3 個級別，第三級為最先進級別，能提供最頻密

及 CTCS-2 規格等的多重後備系統設計，提供多重故障防禦，確保行車安全。CTCS 信號系統的設計原則是「故障安全防護設計」(fail-safe)，如系統出現故障，列車會自動停下以確保安全。

10. 機電署鐵路科於今年初從傳媒報道知悉高鐵列車未能符合 EN15227 標準後，即時向港鐵公司了解並要求港鐵公司向負責制定歐盟標準的機構(即歐洲標準化委員會)求證採用風險評估的做法是否合乎 EN15227 標準的精神。其後，歐洲標準化委員會確認根據風險評估結果來制定相應的安全措施，是合乎 EN15227 標準的精神。

11. 鑑於有傳媒報道指國產 CRH3 型和諧號高速列車能符合 EN15227 標準而港鐵公司則聲稱在投標時，未有任何供應商能提供符合 EN15227 標準的現有型號高速列車一事，機電署因此於 2014 年 4 月及 5 月，先後派員到訪國家鐵路局、中國鐵路總公司和 3 間內地高速列車生產商（包括中標的中國南車青島四方機車車輛股份有限公司、中國北車集團長春軌道客車股份有限公司和中國北車集團唐山軌道客車有限公司）實地考察及會談，以了解國內高速列車的安全設計。經與相關機構核實，確定該三家生產商均沒有採納 EN15227 標準生產高速列車，包括 CRH3 型和諧號高速列車。

12. 機電署也向法國、德國和日本高速列車生產商查詢現有高速列車能否符合 EN15227 標準。根據已收到的回覆，現時只有於 2013 年投入服務的西門子 Velaro D 型號高速列車能符合要求。Velaro D 的最高速度是每小時 320 公里，未能滿足高鐵列車最高時速 350 公里的要求。

13. CTCS-3 和 CTCS-2 信號系統同時發生故障的或然率極低。縱使這個情況出現，高速列車會自動停駛。石崗車務控制中心必須依據嚴緊的作業守則，在安全情況許可下授權列車司機以目視人手操控慢速行駛，以維持有限度服務。

14. 港鐵公司已就歐盟 EN15227 標準的指引，進行了風險評估。機電署已收到港鐵公司提交的風險評估報告及列車碰

的列車班次。在正常情況下，高鐵香港段會採用 CTCS-3 信號系統運作。當 CTCS-3 信號系統發生故障時，列車會自動以 CTCS-2 系統行駛，以維持服務。

撞分析報告，現正詳細審核有關資料。機電署亦已要求港鐵公司聘請獨立顧問審核由列車生產商提交的列車碰撞分析報告，以證明列車在不同碰撞時速下的安全表現。港鐵公司正積極配合，機電署現正等待港鐵公司提交所需的審核報告。機電署已敦促港鐵公司因應本港實際情況，盡快確立將來的列車運作及管理模式，包括適當目視行車速度，以證明列車在實際運作模式下，能達至與 EN15227 標準相若的安全水平，並提交機電署審批。

15. 在高鐵香港段開通前，列車系統需通過三重測試，包括出廠前測試、配合其他系統的綜合測試，以及實地安全測試，以確保新列車達至國際標準所訂下的安全水平。測試期間，路政署與機電署亦會派員監察，確保測試妥善進行。

運輸及房屋局
機電工程署
二零一四年七月

**立法會交通事務委員會
鐵路事宜小組委員會**

**廣深港高速鐵路香港段
列車的安全管理措施**

引言

本文件旨在向立法會鐵路事宜小組委員會就廣深港高速鐵路香港段（下稱「高鐵香港段」）項目的列車安全管理提供資料，內文簡介列車與信號系統的配合以確保高鐵營運安全。

背景

2. 香港鐵路有限公司（下稱「港鐵公司」）受政府委託進行高鐵香港段工程，當中包括採購高鐵列車。
3. 鐵路運作安全一直是港鐵公司推展高鐵香港段項目的首要工作。
4. 在採購高鐵香港段載客列車過程中，港鐵公司按照公開、公平與公正程序，並符合世界貿易組織政府採購協定的要求。路政署亦有代表參與採購。
5. 高鐵香港段項目採購的九列高速鐵路列車，均須符合所訂定的相關技術及功能要求。新訂購的高鐵列車車體結構設計符合歐盟 EN12663 標準，此歐盟標準已被世界高速列車廣泛採用，涵蓋整體車身的結構強度及抵抗能力。
6. 經過國際公開招標後，合約批出予中國南車青島四方機車車輛股份有限公司。

列車安全標準

7. 高鐵香港段列車須符合相關的國際安全規格，包括適用於列車結構設計的 EN12663 標準。
8. EN12663 是由歐盟頒佈，有關鐵路車輛車體結構設計的一個標準，於世界各地廣泛採用。列明鐵路車輛車體結構要求是以下各方面為設計考慮因素：（一）列車正常營運所需最大載荷量；及（二）列車預設營運年限。這個標準亦提到車輛車體的結構設計參數應考慮加入合適的安全餘量，以涵蓋幾項可能的不確定因素，例如：重量、物料（工序、時間／老化、營運環境等）、生產過程及參數計算準確度等。
9. EN12663 列明關於車體結構設計需達到此標準對車體強度及結構穩定性、剛度、疲勞強度的驗證要求。例如，關於車體強度及結構穩定性，標準列明可採用計算或測試的方法來驗證如何在預設的設計載荷狀況下，列車的結構設計不會使整個車體結構、單件、配件產生嚴重的永久變形或裂紋。
10. 標準對預設的設計載荷狀況亦有詳細的要求，包括：車體縱向載荷量（如在緩衝器表面及下面的壓縮力、與緩衝器扣件之對角壓縮力及在車鉤扣件的拉伸力），垂直載荷量（如在提升及用千斤頂頂起列車時的最大營運載荷量），在接口處各類形保證載荷量（如車體與轉向架連接、裝置配件及絞接式連接點等），一般車體疲勞載荷狀況、接口處疲勞狀況，以及各震動模式等。
11. EN15227 標準是於 2008 年頒佈，主要按歐洲輕型列車系統、鄉郊列車及高速列車的運作模式及環境而制定，適用於列車耐撞性，與 EN12663 的要求是相容的。當 EN12663 對列車碰撞時給侵佔的車體區域提供一個車體結構完整性的要求時，EN15227 主要是提供一個針對歐洲鐵路情況而**附加的被動的安全要求**。EN15227 涵蓋以下鐵路列車類別：客車及混跑綫路、市內地鐵、輕鐵及電車等。另外，又為涵蓋的列車類別提出可能的碰撞情景：（一）同類形列車碰撞；（二）與貨車或地域性混跑車碰撞；（三）與 15 噸可

變型物體或 3 噸堅硬物體碰撞，及（四）與小型低位元物體碰撞。根據上述車種及四個可能的碰撞情況，EN15227 對車體結構提出具體的被動的安全要求，包括爬車高度限制、車內生存空間及減速限制／碰撞震動。由各列車類別及四個可能的碰撞情況可見，EN15227 主要是針對**在沒有足夠的主動安全設備**，包括沒有信號的自動列車保障系統，或混跑或車道有平交道的情況下，而列車發生碰撞，如何設計列車的被動的安全要求，以增加車內人士的安全。而 EN15227 要求高鐵列車在時速 36 公里碰撞時的車體結構要求，只是針對慢速行駛情況，並非高速碰撞的保障。

12. 歐盟 EN15227 標準主要針對歐洲的獨特環境與運營模式（如部分綫路沒有信號保護，或與其它車輛共用路段），在主動安全防護措施不足的情況下，以被動安全要求盡可能減輕列車撞擊產生的後果。此歐盟標準中主要按歐盟各成員國的營運情況預設了不同場景，鐵路機構可按當地的需要和獨特情況，制定具體落實的方案。按 EN15227 標準中訂定的附件 A 建議的處理方法，鐵路機構可（一）參照當地的法規及／或（二）進行風險評估。

13. 港鐵公司在 2011 年開始進行高鐵香港段列車的國際公開招標時，已注意到歐洲開始公佈 EN15227 標準，然而當時並未有成熟的高鐵動車組車型是基於此標準設計及可以滿足此標準的要求。歐盟 EN15227 標準較切合歐洲鐵路的管運模式，包括涉及在不同的國家營運，軌道與貨運列車共用，存有鐵路軌道與其他道路車輛交匯點，某些路段甚至沒備有信號系統保護，相對營運風險較高；這與香港和中國內地高鐵採用高鐵客運專綫截然不同。港鐵公司經評估日後管運要求和技術風險後，相對於要求供應商開發全新高鐵列車型號，認為採用現有成熟可靠的產品風險較低及較為適合。據瞭解，內地營運中的多款高鐵列車，當中包括 CRH3 型亦非按歐盟 EN15227 標準設計及生產。港鐵公司於 2014 年中再次聯絡國內廠家和中國鐵路總公司了解最新情況，他們仍表示國內系統與歐洲情況不同，例如使用客運專綫，與多重信號系統保護等，因此 EN15227 並不適用，而所有 CRH 型號列車，包括 CRH3，皆未有採用此標準。

14. 香港及內地段高鐵是採用客運專線與高規格的主動防護，與歐洲部分綫路沒有信號保護，或與其它車輛共用路段等等的獨特環境，和營運模式並不相同。高鐵香港段列車除於香港境內行駛外，亦與國家高速鐵路網連接，列車需要符合國際安全標準及國家鐵路局所制定的國家鐵路安全規範。

15. 港鐵的系統安全管理制度是符合 EN50126 標準¹（鐵路應用——可靠性，可用性，可維護性和安全性）。港鐵公司針對高鐵的營運特性及系統配置（包括主動性及被動性安全防護設備及措施），進行對列車碰撞風險評估，並聘請獨立安全顧問進行審核，確定達到安全水平。該評估報告已交予相關政府部門審閱。

16. 事實上，香港及內地高鐵均採取高規格的主動防護設計及嚴格的營運規管，以控制列車營運風險，有關做法符合 EN15227 標準的精神和處理方法。

17. 香港高鐵列車採用的車鈎與 CRH3 所設置的屬同一型號，為“歐洲十型”，備有防爬設計，包括防止上衝與能量吸收裝置。港鐵公司一直密切監控設備的設計與生產過程，在以上項目的不同階段引入監察措施與獨立專家評核，以確保符合國際安全標準及內地的國家鐵路安全規範。

信號系統的安全保護功能

18. 高鐵營運時的行車安全，除了車體的結構強度設計的保護，鐵路的信號系統的保護更為重要。信號系統控制了營運期間列車之間的安全距離以防止碰撞。

19. 高鐵香港段項目已配合完善的信號系統。信號系統透過實時偵測列車位置及相應速度進行管控，確保列車之間保持安全距離。信號系統並具備自動列車保護功能，若列車超速或與前車距離太近，便會向駕駛員發出減速指令，甚至強制煞停列車。高鐵

¹ EN50126 標準為鐵路行業提供了一個完善的管理過程，使其針對可靠性、可用性、可維護性和安全性的要求能妥善執行。此標準所定義的管理方法與國際標準 ISO9000 系列中對品質管理的要求是一致的。

香港段的信號系統的設計基本原則是「故障安全防護設計」(fail-safe)，如有鐵路組件或系統出現故障，列車會自動停下來，以策安全。

20. 高鐵香港段項目是一個由客運專線、列車、信號系統和其他相關環節組成的完整系統。高鐵香港段要與內地高鐵網絡達致無縫連接和確保行車安全，採購的信號系統須符合國內的鐵路信號系統，即中國列車控制系統 CTCS (Chinese Train Control System) 規格，此乃參照歐洲的 ETCS (European Train Control System) 規格而釐定，兩者的安全要求一致。廣深港高速鐵路（包括香港段）採用了基於移動通訊列車控制系統的 CTCS-3 系統(與 ETCS-2 相若)與及基於軌道電路列車控制系統的 CTCS-2 系統（與 ETCS-1 相若）等的多重後備與冗餘系統設計。兩個系統採用兩種獨立而且不同技術的傳輸模式、控制技術及獨立的車載和軌旁設備，提供多重故障防禦。信號系統其中的一個主要作用是確保列車之間保持安全距離。採用主動防護設計理念的國家包括日本，其高鐵的安全紀錄及水平亦極其優秀。

21. 要提供高可靠性和安全的高鐵服務，更重要的是，營運期間列車與各項鐵路系統的配合。因此在高鐵通車前，港鐵公司會進行廣深港高鐵全段的整合測試及相關演練，以求達到整體的可靠性及營運安全。至於在少數極端情況下須要使用人手操控列車時，將受嚴緊的程序控制及減速行駛，以確保列車間的安全間距，防止發生碰撞。

營運前測試

22. 高鐵香港段列車需要在廣深段測試的項目主要為列車可在廣深段正常操作的驗證，需在廣深段部分路軌的非營運時間進行，其它的測試則可於香港段完成。有關在廣深段測試的安排，現正由中國鐵道科學研究院負責和廣州鐵路（集團）公司協調。

23. 高鐵列車在付運到香港前，已先安排在原廠與國內完成整項

型式試驗，以確認符合合約內及國家高速列車的要求。基於高鐵列車的設計和國內正在營運的列車設計相若，在國內完成測試後，原則上可獲國內有關部門的認可，可以在國內的高速鐵路網行駛，大大縮短日後在廣深綫上測試所需的時間。

總結

24. 在高鐵香港段開通前，港鐵公司已預留足夠時間作六至九個月的廣深港全段之整合測試及相關演練，以測試整體的可靠性及營運安全。

25. 機電工程署會審視港鐵公司提交的測試報告，並參與實地安全測試，確定合乎所須規定才會批准列車投入服務。其後，機電工程署亦會持續監管高鐵的營運情況，確保其安全表現能達至國際水平。港鐵公司會全力配合，共同確保鐵路安全。

香港鐵路有限公司

2014 年 7 月

**立法會交通事務委員會
鐵路事宜小組委員會**

**廣深港高速鐵路香港段
列車最新進展匯報**

引言

本文件旨在向立法會鐵路事宜小組委員會匯報廣深港高速鐵路香港段（下稱「高鐵香港段」）項目列車的最新進度。

背景

2. 2014 年 7 月 4 日立法會鐵路事宜小組委員會會議上，香港鐵路有限公司（下稱「港鐵公司」）與機電工程署已詳細講解高鐵香港段項目的列車設計與安全管理措施，並提交了列車與信號系統的資料（立法會文件編號“CB(1)1722/13-14(05)”）。

3. 鐵路運作安全一直是高鐵香港段項目的首要關注事項。多年來，港鐵公司採用一套完善的項目和營運管理機制，以系統保證（System Assurance）和系統整合（System Integration）等管理方式，確保由設計、建造、生產及測試過程、以至營運安排，均達到高品質及安全的要求。

4. 高鐵香港段是一個由客運專線、列車、信號系統和其他相關環節組成的完整安全系統。列車的設計及建造等各方面，都奉行極嚴謹的安全標準。

5. 港鐵公司在採購香港段高鐵列車時，供應商必須符合採購文件內訂定的國際認可的標準，與相關技術及功能要求，其中列車的車體結構設計符合國際認可的歐盟 EN12663 標準，此乃一套成熟及全面的安全標準，獲世界高速列車廣泛採用，涵蓋整體車身的結構強度及抵禦能力。

6. 同時，高鐵香港段的系統安全管理制度亦符合國際標準，提供了一個完善的鐵路系統管理體系，從而達到可靠、可用、可維護和安全的要求，與國際鐵路行業守則一致。

主動防護設計

7. 國家高速鐵路網（包括高鐵香港段）採取主動防護設計，以信號系統實時偵測列車位置、速度等營運數據，控制營運期間列車之間的安全距離以防止碰撞。信號系統具備自動保護功能（Automatic Train Protection, ATP），若列車超速或與前車距離太近，便會向駕駛員發出減速指令，甚至強制煞停列車。信號系統的設計基本原則是「故障安全防護設計」（fail-safe），如出現信號故障，列車會自動停下來，避免碰撞發生，確保安全。

8. 香港與內地段高鐵是採用客運專線，以高規格的主動防護設計及嚴格的營運規管控制列車營運風險。為與內地高鐵網絡達致無縫連接和確保行車安全，高鐵香港段採購的信號系統符合國內的鐵路信號系統，即中國列車控制系統（Chinese Train Control System, CTCS）規格，此乃參照歐洲的 ETCS（European Train Control System）規格釐定，兩者的安全要求一致。廣深港高速鐵路（包括香港段）採用了基於移動通訊列車控制系統的 CTCS-3 系統及基於軌道電路列車控制系統的 CTCS-2 系統等的多重後備與冗餘系統設計。兩個系統採用兩種獨立而且不同技術的傳輸模式、控制技術及獨立的車載和軌旁設備，提供多重故障防禦，確保安全。CTCS-3 及 CTCS-2 各配備兩套系統。CTCS-3 的兩套系統會同時運作，當其中一套失效，另一套仍可繼續發揮功效。若兩套 CTCS-3 同時失效，CTCS-2 便會啟動。CTCS-2 與 CTCS-3 一樣有兩套系統同時運作，一套失效另一套仍可繼續。

9. 廣深港高鐵採用的信號系統可靠性非常高，除了 CTCS-3 與 CTCS-2 的雙重保障，就香港段的列車營運調動，已確定在石崗列車停放處設立調度中心。香港段的調度中心會依據嚴謹的程序，獨立監察和控制在高鐵香港段管轄範圍內行駛的列車。如有需要時，調度中心將在多重信號

系統出現故障時及在確認前面路段沒有其他車輛的安全情況下，授權列車司機使用人手操控列車，以目視及限速行駛，將列車上的乘客安全送抵下一路段，此乃符合國家鐵路局所制定的國家鐵路安全規範及一般業界做法。

國際安全水平及安全標準

10. 早前公眾關注歐盟 EN15227 的標準（列車耐撞性），此標準主要是針對歐洲的獨特環境及運營模式，如部分綫路沒有信號保護，或與其它車輛及貨運列車共用路段，在主動安全防護措施不足的情況下，以被動的安全要求，規範列車於不同的低速碰撞情境下的安全規格，以提高車內人士的安全。中國的高鐵採用高規格的主動防護設計及嚴格的營運規管以控制列車營運風險，與歐洲運營模式的設計截然不同。

11. 雖然香港及內地高鐵並不需要採用歐盟 EN15227 標準，但為釋除疑慮，港鐵公司已向制定歐盟標準的歐洲標準化委員會求證，確認一般歐盟以外的鐵路營運機構可按 EN15227 標準附件 A (Parameters of design collision scenarios) 的處理方法，即因應與歐洲運營模式不同的地區之實際情況，對可能發生的列車碰撞情境與相應保護措施，進行風險評估，從而確定安全措施是否足夠。

12. 港鐵公司根據 EN15227 附件 A 建議的處理方法進行了風險評估，報告已經由獨立安全評估顧問審核，並確認高鐵香港段列車的碰撞風險已被降至可接受的水平。機電工程署已完成審核港鐵公司提交的列車碰撞風險評估，認同港鐵公司已採納合理實際的安全保障措施，以防止發生碰撞，符合國際鐵路行業的一貫做法。

列車碰撞表現測試

13. 在 2014 年 7 月立法會會議上回應議員提問時所提及，高鐵香港段項目所採購的 CRH380A 型號列車車身強度可抵禦約時速 25 公里的碰撞

是一個初步估算。港鐵公司隨後與列車生產商商討，並於實驗室進行額外測試及釐清技術細節，以印證安全碰撞速度。

14. 列車生產商根據歐盟 EN15227 標準的測試要求提交了有關實驗室進行的測試及列車碰撞分析的資料，以證明相同型號列車在低速碰撞時的安全表現。港鐵公司已聘請獨立顧問審核有關報告，及按獨立顧問的建議對列車作出相應的提升，並確認列車在歐盟 EN15227 標準所設置的情景下，可抵禦時速 25 公里的碰撞。

15. 機電工程署亦聘請了獨立顧問協助審視港鐵公司所提交的列車碰撞分析報告，並認同模擬列車碰撞的分析及結論。為令議員及公眾對模擬列車碰撞分析有更深入的了解，有關報告摘要已載於附件。

16. 然而，我們必須在此強調，主動防護設計是第一道亦是至為重要的安全措施。高鐵系統採用高規格的主動防護設計，加上嚴謹的營運程序配合，以確保運作安全。儘管在極少數的情況下可能需要以目視限速使用人手操控列車，亦會採取嚴格的營運規範和多重安全措施保障，包括確定前面路段沒有其他車輛及限速行駛，以確保行車安全。

國內高鐵列車出現裂紋之報導

17. 就傳聞及媒體報導國內 CRH380A 型號高速鐵路列車出現不尋常裂紋及有關列車需報銷或另作調配之相關事宜，港鐵公司於 2014 年及今年已向生產商查詢，生產商已確定並無此事。至於傳媒報導中指列車出現「環狀不規則裂紋」，經港鐵公司向生產商查證後已確定有關位置為鋁合金車體與玻璃鋼車頭罩的接口位，雖曾偶有在表面油漆因熱脹冷縮關係出現開裂，但並不影響車輛的安全性及行車安全。

18. 據港鐵公司了解，廣州鐵路集團管轄的 19 列 CRH380A 列車，以及武漢鐵路局管轄的 66 列同型號列車，均在正常運行，包括武（漢）廣（州）客運專線。中國鐵路總公司曾將廣州鐵路集團的一批列車調往上海鐵路局使用，但相關列車並非 CRH380A，亦沒有發現裂紋。截至 2016

年 5 月初，有約 373 列 CRH380A 型號列車於國內營運，佔國內時速 350 公里動車組運營列數約四成，行駛總里數超過 4.68 億公里，車身均沒有發現不尋常裂紋。

19. 港鐵公司在列車的設計及製造等各方面都遵從極嚴謹的安全標準，包括派員駐廠密切監督列車生產過程，並在流程的不同階段引入監察措施與獨立專家評核，確保生產物料及產品質量符合國際安全標準及國家規範。例如焊接工序，是由受過專業訓練並已獲取證書的焊工按相關作業規程及標準進行，完成工序後會經檢測人員檢驗以確定其品質符合標準。

列車付運及營運前安排

20. 高鐵香港段項目所採購的首列 CRH380A 型號列車預計於今年稍後付運到港。設於石崗的列車停放處的結構及機電設備安裝經已完成，列車維修庫軌道範圍已完成通電並可供列車進行測試。列車抵港後會在石崗列車停放處進行組裝、檢查、靜態測試、低速測試及驗收。

21. 高鐵香港段開通前，港鐵公司及政府相關部門會進行廣深港全段之整合測試及相關演練，以測試整體的可靠性及營運安全。

總結

22. 高鐵香港段項目所採購的 CRH380A 型號列車的車體結構設計符合世界高速列車廣泛採用的歐盟 EN12663 標準，涵蓋整體車身的結構強度及抵禦能力。此標準要求於設計車體結構時考慮營運所需最大載荷量及營運年限等因素，確保列車達至車體強度及結構穩定性、剛度及疲勞強度的驗證要求，足以應付營運所需。

23. 至於歐盟 EN15227 標準只是針對歐洲的獨特環境及營運模式，例如沒有信號系統保護的情況；然而，廣深港高鐵採取客運專綫的模式，以完善的信號系統作主動安全防護，並不需要採用歐盟 EN15227 標準。

但為釋除公眾疑慮，港鐵公司獲歐洲標準化委員會確認後按 EN15227 標準附件 A 進行風險評估，確定降低列車的碰撞風險至可接受的水平。

24. 高鐵香港段除了採用主動防護設計，港鐵公司亦已參考鐵路營運的經驗，制訂嚴謹的營運作業手則和程序調度列車運行等各項安全管理措施，將營運風險降至最低，以達到國際安全水平。高鐵香港段項目在投入服務前，需要由機電工程署及有關政府部門審批；在營運期間將會由機電工程署及有關政府部門監管，確保其安全表現能達至國際水平。

香港鐵路有限公司

二零一六年六月

(中文譯本)

廣深港高速鐵路香港段項目所採購的
CRH380A 型號列車碰撞分析報告摘要

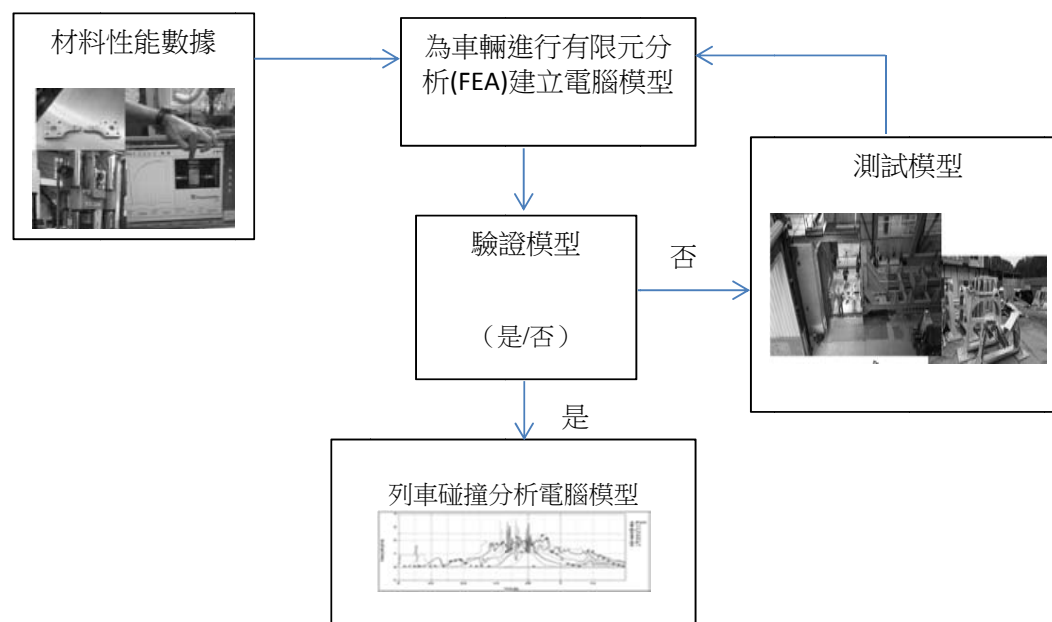
簡介

高鐵香港段項目所採購的 CRH380A 型號列車已按歐盟 EN15227 標準中所描述的方法進行全面評估，並確認列車根據以下在 EN15227 標準中所列出的驗收準則，可抵禦時速25公里的碰撞。

項點	驗收準則
爬車高度	車輪提升距離在100毫米以內
乘客區域空間	任何一段5米長的距離縮短量不大於50毫米
駕駛室區域空間	司機座位前空間不小於300毫米
減速限制	低於5g (g = 重力加速度)

評估方法

EN15227標準中列出的方法可分為 4 個主要部分，詳見圖 1 中的流程圖。每部分的具體工作將於隨後的章節詳述。



高鐵香港段項目所採購的 CRH380A 型號列車生產商中車四方股份公司（四方），透過德資設計諮詢公司 – 青島愛馳賽工程技術有限公司，為其就車體結構設計和耐撞性能，提供車輛碰撞分析、模型測試及撰寫報告等的專業服務。

除了由供應商提供的材料性能數據外，四方委託了一間德國應用研究實驗室 – Fraunhofer Institute for Mechanics of Materials 進行車體鋁材物料的測試，確保在不同的變形和損傷工况下使用的材料數據準確無誤，及取得國際知名機構的認證。

為車輛進行有限元分析 (FEA) 建模

每組高鐵香港段項目所採購的 CRH380A 型號列車共有8卡車廂，如下圖 2 所示，列車兩端各有一卡駕駛室。

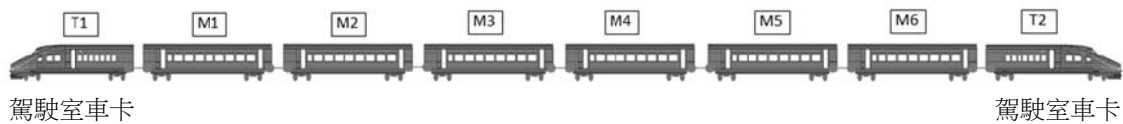


圖2：高鐵香港段列車編組

根據 EN15227 標準製作的列車電腦模擬模型，準確模擬了載有乘客的車體總重量，並在碰撞時保持該重量。圖3 為使用成熟知名的 LS-DYNA 軟件製作的高鐵列車駕駛室 FEA 電腦模擬模型。圖 3 中圓圈部分為駕駛室最前端，亦被定義為變形區，可在列車碰撞時吸收能量。

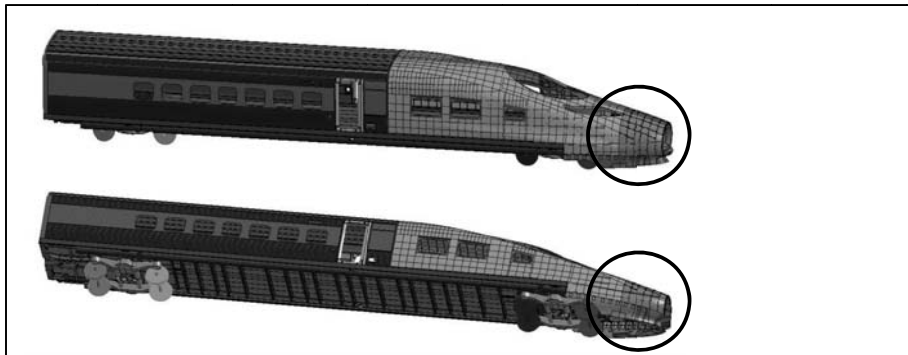


圖3：車體 FEA 模型

材料性能數據

車體結構的材料性能數據是一項重要的資料，用以輸入 LS-DYNA 模擬模型，預測部件在碰撞時由於受到外力影響或吸收能量而出現的變化。高鐵列車的車體採用鋁合金物料製造，FEA 模型需要該物料在不同速度碰撞時受擠壓前及後的行為特性。

為確定鋁合金物材及其焊接部分於碰撞時在不同失效情景下的變形和損壞表現，進行了一系列的材料測試。下圖 4 顯示了一組為進行測試而準備的鋁合金樣本。

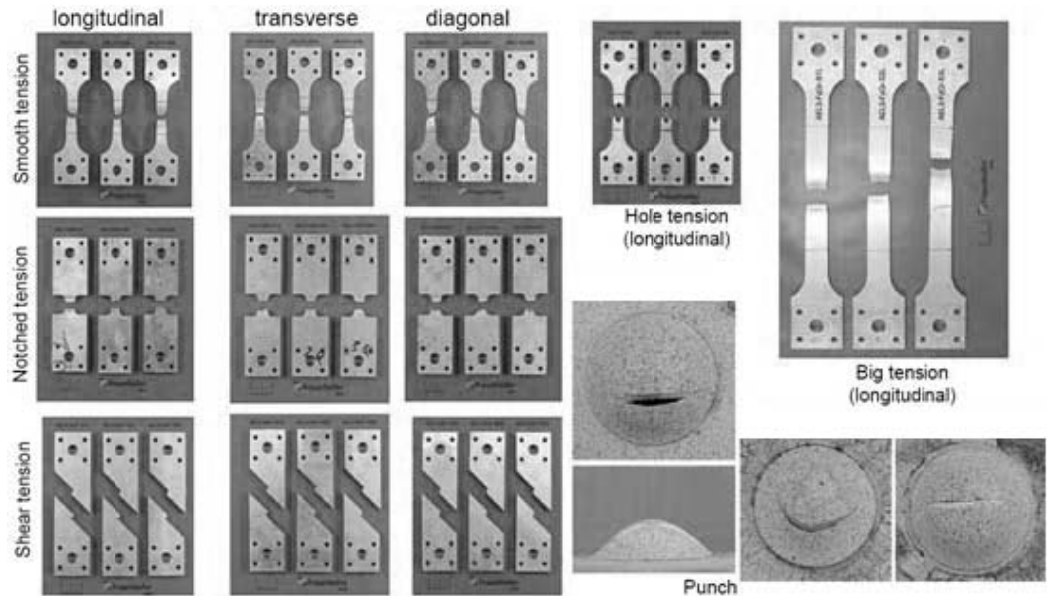


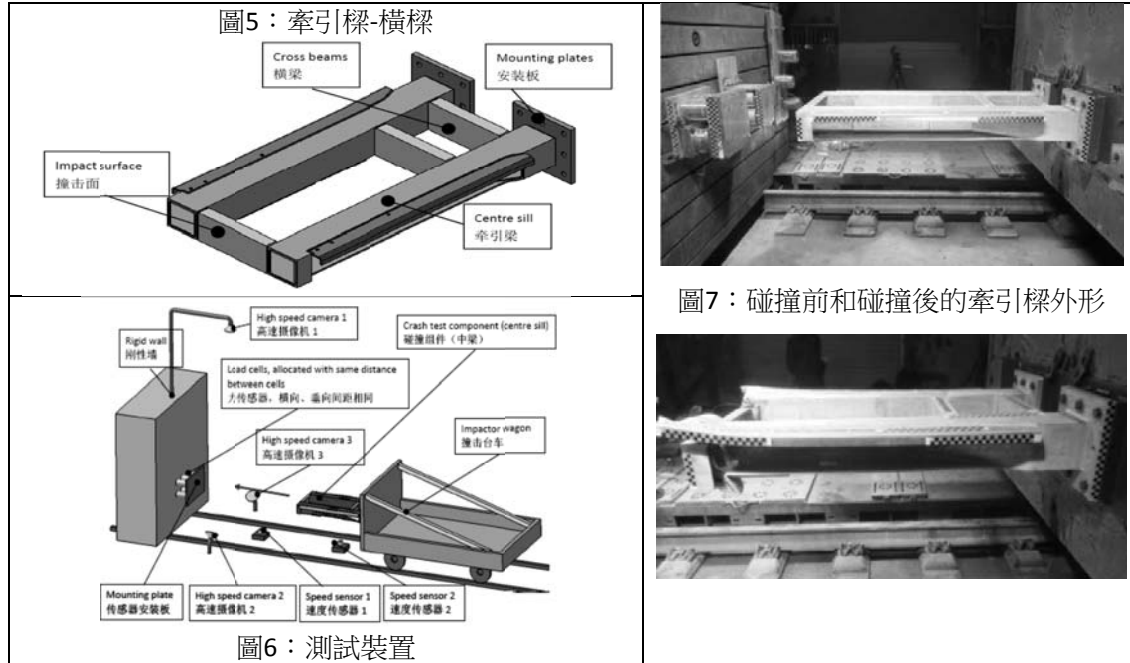
圖4：鋁合金測試樣本

材料測試得出的結果隨後被輸入到 FEA 模型中（參見圖2），用來預測列車在碰撞時的能量吸收和變形效應。

驗證電腦模擬模型

為驗證 FEA 模型而進行了反覆測試，直至 FEA 模型和模型測試的結果一致，這樣才可視 FEA 模型為準確。用實際大小的列車模型進行碰撞以確認電腦模擬模型的準確性是不需要的，因此以在列車碰撞時可吸收能量的高鐵列車部件（圖5 – 牽引樑-橫樑）作驗證測試。採用與整列8卡車的 FEA 模型（圖2）相同的建模方法製作了牽引樑的 FEA 模型。基於這些組件的碰撞效應計算出牽引樑的預計吸能量。

圖6顯示了進行測試時的設置，將測試的部件撞向一面固定而堅硬的牆壁，牆上安裝了用來測量撞擊力的測力感測器和用來測量衝擊速度的高速攝像鏡頭。圖7顯示了碰撞前和碰撞後的牽引樑組件。



滿足下列四項於 EN15227 標準中列出的驗證準則後，基於電腦模擬模型的碰撞條件和效應與驗證測試相比是相同，便能確認 FEA 模型的建模方法是可接受的：

- (a) 碰撞時事件發生的順序相同；
- (b) 觀察到的變形模式相同；
- (c) 碰撞時所消散的能量、由撞擊力與位置移動圖表得出的撞擊力平均值及碰撞後組件整體摺疊程度，在電腦模擬模型與驗證測試的結果相比相差少於10%；
- (d) 模擬產生的全域力曲線與驗證測試時所得的有相同特性。

碰撞分析

在確認電腦模型建立方法後，根據上述所列的情景為整列8卡車的 FEA 模型進行了碰撞分析結果的評估。圖 8 顯示了列車設置在軌道上以進行碰撞分析。碰撞後的列車變形情況如圖 9 所示。

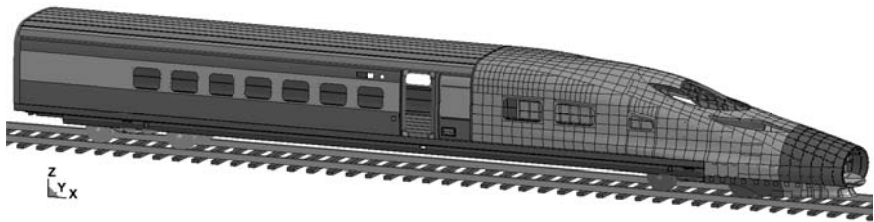


圖8：列車設置於軌道上

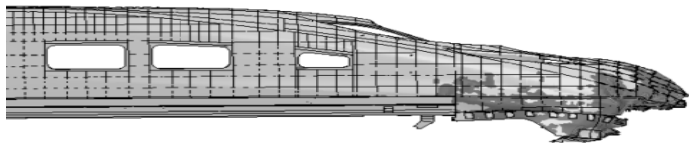


圖9：碰撞後的變形情況

在碰撞表現分析過程中，確定更改車體前端的車鉤安裝配置，能加強車輛碰撞表現。高鐵路香港段項目所採購的9列 CRH380A 型號列車將會作出這項調整。

總結

根據下述 FEA 模擬的結果，所得出的結論是模擬顯示了在時速25公里碰撞時，高鐵路香港段項目所採購的 CRH380A 型號列車的設計和製造滿足下列所有準則。

項點	EN15227準則	結果	
爬車高度	車輪提升距離在100毫米以內	最大車輪抬升量為54毫米，低於100毫米車輪抬升量。	滿足準則
乘客區域空間	任何一段5米長的距離縮短量不大於50毫米	乘客區域縮短量為7毫米，低於建議的任何一段5米長的距離縮短量不大於50毫米。	滿足準則
駕駛室區域空間	司機座位前空間不少於300毫米	駕駛室區域長度減少11毫米，司機座位前空間超過300毫米的要求。	滿足準則
減速度限制	低於5g (g = 重力加速度)	客室區域1.9g；及司機座椅2.0g	滿足準則