

出國報告（出國類別：考察）

考察鐵路系統機電工程整合測試

服務機關：交通部鐵道局

姓名職稱：北部工程處處長 曹樂群

東部工程處副處長 蘇文源

派赴國家/地區：中國大陸/北京/天津

出國期間：107年11月26日至107年11月30日

報告日期：108年01月16日

摘要

系統識別號：C10800125

依據交通部在民國一〇四年五月五日部頒修訂「鐵路運輸系統履勘作業要點」規定，鐵路運輸系統在營運通車前，必須辦理履勘，工程主辦機關在履勘前，應完成自行檢查，再會同營運機構辦理聯合檢查及系統穩定度測試。為使鐵路系統機電工程之檢查、測試及驗證作業制度化，藉由考察國外鐵路系統機電工程營運前檢查、整合測試及驗證標準，汲取相關經驗，提昇國內鐵路系統機電技術及整合測試能力。

本次考察併同 107 年度赴大陸地區考察計畫「智慧車站規劃設計機電整合與節能之工程」參訪案，由新加坡雷卡多公司協助協調考察參訪單位，包括大陸京津高鐵、北京市軌道交通建設管理公司、中國鐵路通信信號公司、北京和利時系統工程公司、雷卡多北京辦公室及北京地鐵車站等，參訪單位呈現資料及交流過程，大部分著重大陸地鐵及高鐵工程中號誌系統及通訊系統的建設經驗。

本考察報告將先敘述參訪過程及交流意見，然後提供大陸近年完成的 2 個指標工程，高速鐵路-廣深港線及地鐵工程-北京燕房線的測試案例，分析大陸地鐵及台灣鐵路測試規定與差異，可以提供日後鐵路建設時，規劃設計及施工切換參考。

目 次

一、	出國考察依據及目的.....	1
1.1	考察依據.....	1
1.2	考察目的.....	1
二、	考察成員及行程概要.....	2
2.1	考察成員.....	2
2.2	行程摘要.....	2
三、	考察過程說明.....	4
3.1	京津高速鐵路.....	4
3.2	北京市軌道交通建設管理有限公司.....	9
3.3	中國鐵路通信信號股份有限公司.....	10
3.4	北京和利時系統工程有限公司.....	18
3.5	雷卡多公司北京辦公室.....	29
3.6	北京地鐵車站.....	31
四、	大陸高速鐵路測試案例-廣深港線.....	34
4.1	廣深港線簡介.....	34
4.2	香港段簡介.....	34
4.3	香港段高鐵聯調聯試.....	35
五、	大陸地鐵示範工程測試案例-北京燕房線/重慶地鐵線.....	41
5.1	北京燕房線簡介.....	41
5.2	北京燕房線建設與營運-全自動運行系統(FAO).....	41
5.3	互聯互通 CBTC 系統-重慶地鐵線.....	42
六、	大陸地鐵及台灣鐵路測試規定與差異.....	47
6.1	大陸地鐵法規條文.....	47
6.2	大陸地鐵測試及驗收規範-以天津地鐵 4 號線號誌系統為例.....	49
6.3	台灣鐵路測試驗收運營規定.....	53
6.4	大陸和台灣鐵路測試規定差異.....	59
七、	考察心得及建議事項.....	61
7.1	考察心得.....	61
7.2	建議事項.....	62
八、	參考文獻.....	64

圖目錄

圖 3.1-1 北京至天津高鐵線路示意圖	4
圖 3.1-2 北京南站/ 圖 3.1-3 北京南站候車區	6
圖 3.1-4 天津站/ 圖 3.1-5 天津站候車區	8
圖 3.1-6 復興號列車時速 347 公里/ 圖 3.1-7 天津車站霧霾	8
圖 3.3-1 中國通號企業發展歷程	11
圖 3.3-2 中國通號企業組織機構圖	13
圖 3.3-3 中國通號參訪情形	18
圖 3.4-1 CTCS-2 列車運行控制系統採取准移動閉塞方式	20
圖 3.4-2 CTCS-3 級列車控制系統	21
圖 3.4-3 城際鐵路列車自動控制系統	22
圖 3.4-4 PTC 列車控制系統	23
圖 3.4-5 綜合監控軟體平臺	24
圖 3.4-6 地鐵 CBTC 列車控制系統	25
圖 3.4-7 行車綜合自動化系統	26
圖 3.4-8 和利時公司參訪情形	28
圖 3.5-1 雷卡多認證公司參訪情形	31
圖 3.6-1 北京地鐵路線圖	32
圖 3.6-2 北京地鐵車站參訪情形	33
圖 4.1-1 廣深港高速鐵路路線圖	34
圖 4.3-1 香港段高鐵工程特點	35
圖 4.3-2 香港段號誌工程進度示意圖	36
圖 4.3-3 號誌系統測試流程示意圖	37
圖 4.3-4 實驗室仿真測試流程示意圖	38
圖 4.3-5 部分驗收測試內容及流程	39
圖 4.3-6 採用模擬盤執行部分驗收測試	39
圖 4.3-7 現場驗收測試及整合測試項目示意圖	40
圖 4.3-8 兼容性測試內容項目及流程	40
圖 5.1-1 北京燕房線路線示意圖	41
圖 5.3-1 重慶市互聯互通示範工程路線示意圖	43
圖 5.3-2 互聯互通技術路線示意圖	44

圖 5.3-3 互聯互通實現分工示意圖	45
圖 5.3-4 互聯互通規劃面的重大意義示意圖	45
圖 5.3-5 互聯互通營運面的重大意義示意圖	46
圖 5.3-6 城市軌道交通發展方向示意圖	46
圖 5.3-7 互聯互通 CBTC 規範提昇為互聯互通 FAO 規範.....	47
圖 6.1-1 一般軌道交通工程建設管理模式	48
圖 6.3-1 工程履勘前置作業自行(聯合)檢查流程圖	54
圖 6.3-2 鐵路履勘作業流程圖	55

表 目 錄

表 2-1 北京考察行程表.....	3
表 4.3-1 聯調聯試號誌系統專業確認表.....	36
表 4.3-2 聯調聯試號誌系統測試項目表.....	37
表 5.3-1 重慶市互聯互通示範工程路線表.....	42
表 5.3-2 重慶市互聯互通示範工程組成概況表.....	42

一、 出國考察依據及目的

1.1 考察依據

依據交通部 106 年 6 月 26 日交人字第 1060019481 號函轉行政院 106 年 6 月 22 日院臺交字第 1060016386 號函，核定鐵道局(原鐵工局)107 年度派員赴大陸地區(含香港及澳門)計畫及預算表，序號 1.「鐵路系統機電工程整合測試」辦理，本次出國日期從 107 年 11 月 26 日至 107 年 11 月 30 日計 5 天。

1.2 考察目的

交通部考量鐵路營運路線及工程完竣切換啟用必須重疊作業，在民國一〇四年五月五日部頒修訂「鐵路運輸系統履勘作業要點」規定，依據鐵路法第十六條第二項所稱全路或一段工程完竣之履勘，在營運通車前，必須辦理履勘，履勘前，工程主辦機關應完成自行檢查及缺失改善後，再會同營運機構辦理聯合檢查，並完成系統穩定度測試報告，其中系統機電聯合檢查，測試項目及方法……等技術性事項則依營運需要及工程慣例訂定與執行。鐵路運輸系統履勘，主要精神在於確保完工後之鐵路工程暨行車系統，於工程品質方面達到營運標準，各項系統間均可同步作業及穩定運轉，同時營運機構亦作好通車營運準備，以保障旅客安全及服務品質，爰透過嚴謹之履勘程序，作準確客觀之檢核。惟因涉及臺鐵局營運之無縫接軌，鐵路工程往往於切換後，隨即擔綱營運任務。鑒於鐵路工程實務存在此類問題甚多，為期落實履勘意旨，發揮應有督導考核機能，且能符合工程實務，因此配合檢討修訂相關要點，以順利推動工程，降低營運影響。

為使鐵路系統機電工程之檢查、測試及驗證作業制度化，藉由考察國外鐵路系統機電工程營運前檢查、整合測試及驗證標準，汲取相關經驗，日後辦理規劃、設計及施工參考，提昇國內鐵路系統機電技術及整合測試能力，同時配合交通部修訂的履勘作業要點，提出修正相關行政規則意見。

二、 考察成員及行程概要

2.1 考察成員

姓名	服務機關單位	職稱	官職等
曹樂群	交通部鐵道局北部工程處	處長	簡任（派）
蘇文源	交通部鐵道局東部工程處	副處長	簡任（派）

2.2 行程摘要

本項赴大陸地區考察行程，經簽奉准和「智慧車站規劃設計機電整合與節能之工程」1 項一併辦理。經委請新加坡雷卡多第 3 方驗證及認證公司安排行程，原參訪行程包括中科院及軌道驗證中心，協調過程中，因兩岸政治敏感問題被大陸單位婉拒後，調整為參訪大陸民間全資企業-北京和利時系統工程有限公司。本次參訪主要單位包括北京市軌道交通建設管理有限公司、中國鐵路通信信號股份有限公司、雷卡多北京辦公室、北京和利時系統工程有限公司及北京地鐵站。

本次考察行程摘要如下(表 2-1 考察行程表)：

- ◇ 107 年 11 月 26 日搭乘京津高鐵參訪北京南站及天津車站

本次參訪分別在北京南站及天津站經車站入口例行安檢後搭乘復興號(原協和號)高鐵列車，途中參觀車站站體的列車資訊系統、售票系統、響導指標等車站機電附屬設施，同時體驗大陸自製車輛復興號行駛在高速約 349 公里/每小時的平穩度。

- ◇ 107 年 11 月 27 日參訪北京市軌道交通建設管理有限公司及中國鐵路通信信號股份有限公司

上午拜訪北京市軌道交通建設管理有限公司(簡稱建管公司)，雙方簡報，會談交流鐵路建設經驗並參觀建管公司成立 15 週年回顧展覽。

下午拜訪中國鐵路通信信號股份有限公司(簡稱中國通號)，雙方簡報，會談交流鐵路建設經驗並至軌道交通研發中心實驗大樓參訪實驗室。

- ◇ 107 年 11 月 28 日參訪雷卡多北京辦公室

考察訪拜雷卡多執行鐵路相關諮詢、技術專業知識、獨立安全評估、鐵路產品評估及車輛整車認證等工程服務經驗，主題有關鐵路系統機電工程整合測試與相關檢查、測試項目、方法，進行討論與收集資料。

- ◇ 107年11月29日參訪北京和利時系統工程有限公司
參訪團聽取北京和利時系統工程有限公司介紹工業、軌道、醫療各領域自動化解決方案的發展，並參觀自動化的智能數位化製造工廠。
- ◇ 107年11月30日回程(北京機場→桃園機場)
本日從住宿飯店回程返台，行程在東直門搭乘北京地鐵機場線。北京地鐵機場線，又稱機場快軌，是北京地鐵的一條線路，也是北京地鐵現時營運中的線路內速度最高的，亦是北京的一條連接市區和機場的軌道交通線路。

表 2-1 北京考察行程表

日期	參訪考察事項	地點
11月26日 (星期一)	起程(桃園機場→北京首都機場) 參訪北京南站搭乘京津高鐵 參訪天津車站	北京 天津
11月27日 (星期二)	參訪北京地鐵車站 參訪北京市軌道交通建設管理有限公司 參訪中國鐵路通信信號股份有限公司	北京
11月28日 (星期三)	拜訪雷卡多北京辦公室 參訪北京地鐵車站	北京
11月29日 (星期四)	參訪北京和利時系統工程有限公司	北京
11月30日 (星期五)	總結會議 回程(北京首都機場→桃園機場)	台北

三、 考察過程說明

3.1 京津高速鐵路

3.1.1 京津高鐵簡介【1】

京津城際鐵路，又稱京津高鐵，是一條連接北京市和天津市的城際客運專線，也是中國《中長期鐵路網規劃》中環渤海地區城際軌道交通網的重要組成部分。該線是中國大陸第一條高標準、設計時速為 350 公里的高速鐵路，也是《中長期鐵路網規劃》中的第一個開通運營的城際客運系統。2013 年 1 月，京津城際鐵路工程獲得中國國家科技進步一等獎。

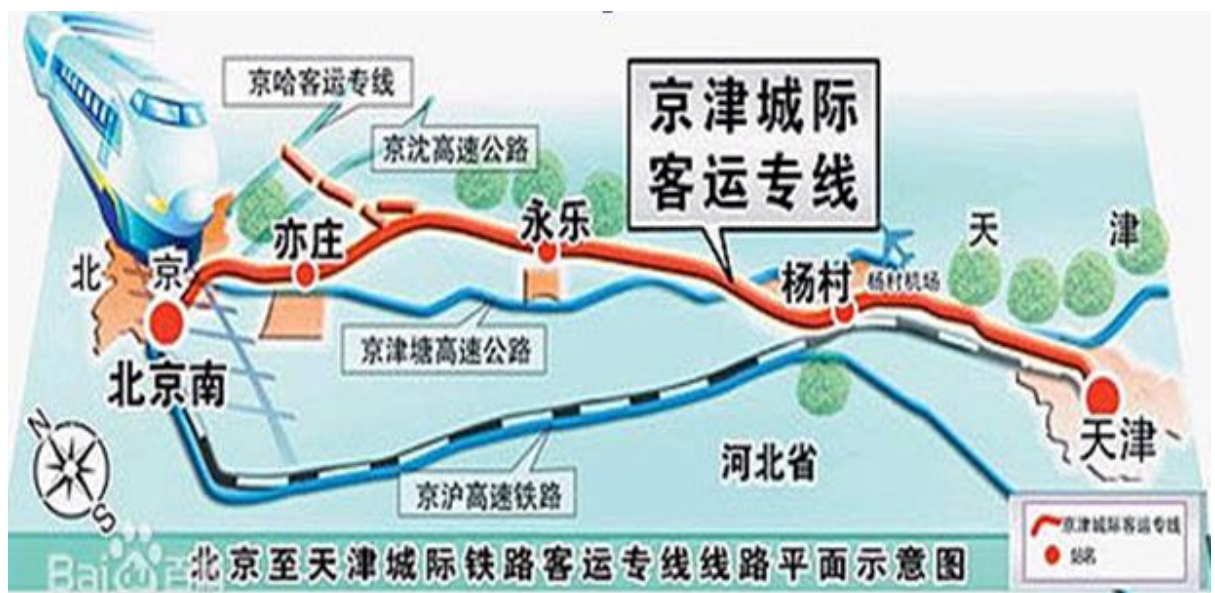


圖 3.1- 1 北京至天津高鐵路線示意圖

京津城際鐵路由北京南站始發，終點站為天津站，目前有部分車次的終點站為塘沽站，正線全長 113.544 公里，北京南站至天津站的實際里程全長 116.939 公里，運價里程 120 公里，總投資 133.24 億元人民幣，其中約 85%、總長 100.171 公里的路段為高架路線，設北京南、亦莊、武清、天津等四座車站，並預留永樂站建設用地。京津城際鐵路自北京南站東端引出，沿京滬鐵路往東，下穿玉蜓橋沿南護城河至左安門後折向東南，再沿北京經濟技術開發區東側的京津第二高速通道出京，直抵天津站。工程於 2005 年 7 月 4 日開工建設，在 2008 年 8 月 1 日，即北京奧運開幕前一星期，作為奧運會交通配套工程投入營運。試驗最高時速 394.3 公里，正式最高營運時速為 350 公里，商業運行速度約 330 公里/小時，全程直達運行時間約為 30 分鐘，平均運行速度為 240 公里/小時。

京津城際鐵路的管轄和權益由「京津城際鐵路有限責任公司」擁有，此公司由鐵道部、北京市及天津市政府，在 2005 年 7 月共同組建。至 2005 年 12 月，中國海洋石油正式宣布參與該鐵路投資，由旗下中國海洋石油基地集團有限責任公司出資 17 億，獲得了京津城際鐵路有限責任公司的 19.5% 股權。由 2008 年 11 月 10 日起，《京津城際鐵路委託北京鐵路局運輸管理協議》簽署生效後，交由北京鐵路局負責京津城際鐵路的旅客運輸等相關業務。

3.1.2 高速路線【1】

該線其中 113.5 公里路段為無碴軌道，採用了從德國博格公司（Max Bögl）引進的板式無碴軌道技術。全線共使用了 36,092 塊博格式軌道板。

另外，為節省土地使用，京津城際鐵路大規模「以橋代路」，全線有 87% 是橋梁，累計長度 101 公里，其中有特大橋 5 座。每公里橋梁與傳統路基相比可以節省 45 畝土地。另外又採用了軟土、鬆軟土地區路基設計、橋樑變形和基礎沉降控制技術。鐵路軌道運用先進的長鋼軌焊接工藝，無碴軌道預計使用壽命達 60 年，而橋樑主體結構使用壽命更可達 100 年，減少了綜合維護成本。

3.1.3 牽引供電【1】

京津城際鐵路在中國首次採用了鎂銅合金、小斷面（120 毫米）、高張力的輕量化簡單鏈型帶加強線懸掛接觸網系統。全線設 3 個牽引變電所、4 個分區所和 2 個開閉所。當高速列車以時速 350 公里，約每秒 100 米的高速運行狀態下，對接觸網及集電弓之間的受流穩定性，以及電氣化鐵路供電設備都有很高的要求。

3.1.4 安全保障【1】

為避免自然災害影響鐵路行車安全，京津城際鐵路全線建立了包括防風預警監測、地震監測系統和異物侵限監測等的防災安全監控系統。另外，鐵路全線也設有綜合接地系統，無碴軌道、接觸網柱、站臺、聲屏障、擋牆均接有接地。

3.1.5 北京南站【2】

北京南站位於北京市丰台區與東城區交界處，南二環外，是北京鐵路樞紐規劃中「四主三輔」七大客運站中的主要客運站之一，京滬高速鐵路和京津城

際鐵路的始發站。它的前身是 1901 年的永定門站，到 1957 年至 1958 年擴建為輔助客運站，2006 年至 2008 年拆除重建。現在的北京南站總建築面積 30.94 萬平方米，為涵蓋國家鐵路、地鐵、公交等多種交通方式的大型現代化交通樞紐。北京南站國鐵 2011 年全年發送旅客 1909 萬人。目前北京南站的等級為一等站，曾是北京站下屬的站管站，2011 年 11 月升格為路局直屬車站。

2008 年啟用的北京南站工程包括站房、地下汽車庫、高架道路、構成屋面的月台雨棚和位於站房南北兩側的獨立綜合樓，佔地面積 49.92 萬平方米，總建築面積 30.94 萬平方米，其中站房主體建築面積 25.2 萬平方米，雨棚投影面積 7.1 萬平方米。車站設有 13 個月台 24 條股道，承擔京津城際鐵路、京滬高速鐵路和部分京滬線普速鐵路的始發終到任務。同時，將北京地鐵 4 號線、14 號線、地面公交等多種交通方式直接引入車站，方便乘客換乘。



圖 3.1- 2 北京南站



圖 3.1- 3 北京南站候車區

北京南站受到鐵路線路的制約，車站的走向與北京傳統的棋盤格局並不平行，而是有一個 42° 的夾角。由於北京南站建築體量很大，設計中採用了橢圓形的形態以避免車站建築和棋盤格局的衝突。車站的設計理念來自於天壇祈年殿，建築師在屋頂中設置了三個層次，中間是站房，東西兩邊則是對稱的弧形雨棚，雨棚又各分為兩層，組成了三層屋頂，從中間到兩邊逐級降低，和扇貝的形狀相仿。

北京南站主體共有 5 層，地上 2 層，地下 3 層，月台位於地面層。旅客主要通過高架層候車進站，地下一層也設計有快速進站口。來自地下一層、地面進站口的旅客通過位於站房南北兩端的公共空間進入高架層候車進站；而高架層東西兩側也有進站口，這兩個進站口與站房外側的高架道路相通。出站的旅客則從地下一層出站，可在地下一層換乘大廳選擇乘坐地鐵、地面公交或者計程車。地下一層的換乘大廳中心為地鐵付費區，換乘大廳東西兩側為計程車待

客區，再向兩側則有夾層（地下一層標高-11.500m，夾層標高-7.800m，地面層為 0.000m）用於停放車輛。地下一層南北兩側設有公交站，地下二層為地鐵 4 號線，地下三層為地鐵 14 號線。

3.1.6 天津車站【3】

天津站（Tianjin Railway Station），又稱天津東站，位於中國天津市河北區與河東區交界的海河北岸，是中國鐵路北京局集團有限公司管轄的特等站，是集鐵路、地鐵、公交、計程車等為一體的大型交通樞紐，是天津鐵路樞紐的重要組成部分。天津站始建於清光緒十二年（1886 年）；於清光緒十四年（1888 年）正式通車運營；先後於 1950 年、1987 年和 2008 年進行 3 次改擴建；2008 年 8 月 1 日，改擴建後的天津站投入使用。截至 2009 年 9 月，天津站總建築面積 18.5 萬平方米，站場規模為 10 月台 18 股道，能同時容納 6,000 人候車。

天津站的站房整體通透流暢，屋面結構採用大跨鋼網架，外簷裝修採用新型石材和玻璃幕牆。天津站站房包括京津城際北站房、高架候車室、地下進站廳、無月臺柱雨棚及高月臺、東西側旅客地道、東西側行包通道、既有南站房，總建築面積 18.5 萬平方米。其中，北站房 7.1 萬平方米，南站房 3.3 萬平方米，高架候車廳 2.2 萬平方米，能同時容納 6,000 人候車，南北方向共 5 跨，雨棚總面積達 80,850 平方米。

天津站共分為 6 層，其中地上 2 層，地下 4 層。地上一層為直通最大跨度為 54 米高架候車室；地面層為中央進站大廳，旅客可從南、北進站廳進入天津站站房；地下一層為地下進站廳，東、西旅客出站地道位於地下進站大廳東、西兩側；地下二、三、四層分別為天津地鐵 2、3、9 號線月臺層。

截至 2009 年 9 月，天津站站場總規模為 10 月台 18 股道，自北向南依次為京津城際車場，4 月台 7 股道；津秦高速車場，3 月台 6 股道；普速車場，3 月台 5 股道；途經線路為津山鐵路、京津城際鐵路和津秦高速鐵路。

天津站沿途經過線路有天津地鐵 2 號線、天津地鐵 3 號線和天津地鐵 9 號線。途經天津站的公交線路輻射天津市內 6 區、西青區、東麗區、北辰區、津南區等環城區域以及甯河區、濱海新區。天津站設有計程車候車區，乘客可從地下一層經下沉廣場直接到達計程車等候區排隊候車。

天津站交通樞紐是集普速鐵路、京津城際鐵路、津秦高速鐵路、天津地下

直徑線、城市軌道交通、公共交通以及其他交通方式為一體的大型綜合交通樞紐，對緩解天津站地區交通擁擠的局面，形成城市軌道交通骨幹網路，構建完善的城市立體交通體系具有重要作用。同時，對於形成京津冀城市群和環渤海地區之間的便捷通道，擴大對外經濟聯絡，推動濱海新區的開發開放和環渤海區域經濟的發展也具有重大意義。



圖 3.1- 4 天津站



圖 3.1- 5 天津站候車區

3.1.7 參訪紀要

本次參訪分別在北京南站及天津站，經車站入口例行安檢後，搭乘復興號(原協和號)高鐵列車，途中參觀車站站體的列車資訊系統、售票系統、嚮導指標等車站機電附屬設施，同時體驗大陸自製車輛復興號行駛在高速約 349 公里/每小時的平穩度。

由於本線興建期間為配合北京奧運開幕需求，加速通車條件，除增加現場巡檢及操作人力外，曾調降為 300 公里/每小時營運速度，經過多年運轉調整及設備改善後，今年已恢復為原設計 350 公里/每小時速度營運。參訪期間係大陸開放家庭燃煤季節，第 1 天剛好碰上今年當地最嚴重霧霾，深深體會大陸空污嚴重性。



圖 3.1- 6 復興號列車時速 347 公里



圖 3.1- 7 天津車站霧霾

3.2 北京市軌道交通建設管理有限公司

3.2.1 北京市軌道交通建設管理有限公司簡介【4】

北京市軌道交通建設管理有限公司 Beijing MTR Construction Administration Corporation (簡稱建管公司) 前身是北京地鐵建設管理有限責任公司，位於北京市豐台區角門，是經市委、市政府批准於 2003 年 11 月由北京市國資委出資設立的國有獨資公司。

按照市委、市政府確定的公司的職能定位，建管公司作為軌道交通建設管理的專業公司，具體負責軌道交通新建線路的初步設計、施工設計、施工隊伍、車輛設備的招標、評標和決標；組織軌道交通新建線路的土建結構、建築裝修、設備安裝工程及相應市政配套工程的實施；組織軌道交通新建線路的系統調試、開通、驗收直至交付試運營全過程的建設管理。

十幾年來，建管公司秉承“發展軌道交通，建設精品工程”的真誠理念，按照“安全、品質、進度、投資、功能”五統一的建設方針，相繼建成通車軌道交通線路 15 條，包括：城鐵 13 號線、八通線、地鐵 5 號線、7 號線、9 號線、10 號線、4 號線、大興線、房山線、亦莊線、機場線、昌平線一期、8 號線一、二期、6 號線一、二期、14 號線東、西段。這些線路的通車使北京軌道交通運營線路從原來的 2 條增加到 18 條，2015 年底北京市軌道交通運營里程達到 561.5 公里。

2016 年該公司設立全資子公司北京市軌道交通營運管理有限公司，作為北京市第三家城市軌道交通營運企業，接手引入全自動駕駛模式的北京地鐵燕房線的營運工作。

3.2.2 參訪紀要

本次參訪由設備管理部王道敏部長、杜薇主任、交控科技股份有限公司賈慶東副主任接待，雙方就北京地鐵相關整合測試與驗收等議題廣泛交流意見，並由我方參訪團簡介桃園機場捷運線及台灣高速鐵路，建管公司考量互聯互通全自動運行系統系統是城市軌道號誌系統的未來發展方向，安排設計廠商代表賈先生簡報互聯互通的無線通信列車控制系統(CBTC)發展趨勢，主要討論及意見交流摘要如下：

(一)北京地鐵房山線建設後，北京交控科技成為繼德國西門子、法國阿爾斯通、

加拿大龐巴迪後第四個成功掌握 CBTC（通訊式列車控制 CBTC：Communication-based Train Control 也稱移動閉塞信號系統，利用電信溝通列車和軌道設備以達到交通管理和設施控制，能更準確追蹤列車位置）核心技術，接續房山線於 2017 年 12 月開通的燕房線，採用全自動化 FAO 互聯互通系統，雙向無線通訊採用 LTE-M(4G)系統，燕房線是大陸第一條具有完全自主智慧財產權的軌道交通全自動運行路線，按照世界上列車運行自動化等級的最高級別（GoA4）建設，能夠自己完成上電自檢，自動發車離站、自動到站開閉車門、自動折返、營運後自動回庫休眠、自動洗車等全套操作。通信列車自動控制系統由北京交通大學研製，信號系統和綜合監控系統的總集成商是北京交通大學的交控科技股份有限公司。

(二)燕房線測試考核包括：各系統測試驗收及界面調適後，空載測試，調車場測試，完成 19 類 RAMS 評估文件，通車前完成 97.7%的準點率驗證等。燕房線通車考核包括：系統調適約 1 個月、可靠度測試約 1 個月、由交通委員會主導，運營公司、軌道公司及指揮中心配合試運轉 3 個月測試，並在通車後完成 3 個月的運營考核。

(三)建立系統標準文件：由中國城市軌道交通協會主導技術規範訂定技術規範，包括產品開發及系統交叉測試等工程應用規範，如目前大陸採用雙向無線通訊 LTE-M(4G)系統。2018 年 6 月國家發展和改革委員會發表「軌道交通 CBTC 信號系統互聯互通建設指導」白皮書，訂定軌道交通(我們稱捷運)全自動運行 FAO 系統，未來重慶 4 條路線(4、5、10 及環狀)和 2016 至 2021 年北京 5 條路線(3、12、17、19 及新機場)將全部採用全新全自動運行 FAO 系統，同時未來將推廣 RAMS 至全大陸。

(四)實現 CBTC 系統的途徑：採用單一設備廠商、車載系統統一、軌旁及車載統一、通訊系統統一、建立軌道驗證中心(CRCC)。

3.3 中國鐵路通信信號股份有限公司

3.3.1 中國鐵路通信信號股份有限公司【5】【6】

(一)公司簡介

中國鐵路通信信號股份有限公司簡稱中國鐵路通信信號股份、中國鐵路通

信信號，以及中國信號（英語：China Railway Signal & Communication Corporation Limited），在 1953 年由當時中央人民政府鐵道部成立前身「通信信號工程公司」以及旗下研究設計院的前身「電務設計事務所」。

在 1981 年組成「中國鐵路通信信號集團公司」，業務在國內經營高鐵列車運行控制系統技術和 CBTC 城市軌道列車運行控制系統技術、工程承包等，中國通號企業發展歷程如圖 3.3-1 所示



圖 3.3- 1 中國通號企業發展歷程

中國通號是中國鐵路和城市軌道交通列車運行控制系統技術應用和創新的主要承擔者，建立了完整的中國列車運行控制技術體系和標準體系，形成了具有世界先進水準的、具有完全自主智慧財產權的 CTCS-3 級高鐵列車運行控制系統技術和 CBTC 城市軌道列車運行控制系統技術，擁有國內一流、國際先進的系統技術和產品，廣泛應用於鐵路建設和城市軌道建設，在行業的控制力、影響力處於領先水準。

中國通號擁有國家甲級勘測、設計、諮詢資質，鐵路電務專業承包一級、電信工程專業承包一級、電腦資訊系統集成一級，市政、房建、機電安裝施工總承包一級等多項資質，具備重特大工程一站式綜合服務能力，具有對外進出口經營權和對外工程承包權。

中國通號憑藉“基於軌道交通的安全及控制技術與服務”的核心競爭力和系統設計研發、設備製造及工程服務的“三位一體”的結構優勢，形成了較強的系統集成、工程總承包與綜合配套能力，市場遍及海內外鐵路、城市軌道交通、城市資訊化等領域。

中國通號承擔了多項國家級重大科研項目，在高速鐵路、高原鐵路、高寒鐵路、重載鐵路、既有線提速和城市軌道交通中取得了一批領先或具有國際水準的重大科技成果，為中國鐵路現代化和城市軌道交通建設提供了有力的技術支撐。中國通號多次獲得國家科技進步一等獎、二等獎；國務院重大技術裝備特等獎；鐵道部科技特等獎、一等獎；國家優秀工程設計金獎；中國土木工程詹天佑獎等。

，其組織機構如圖 3.3-2 所示。

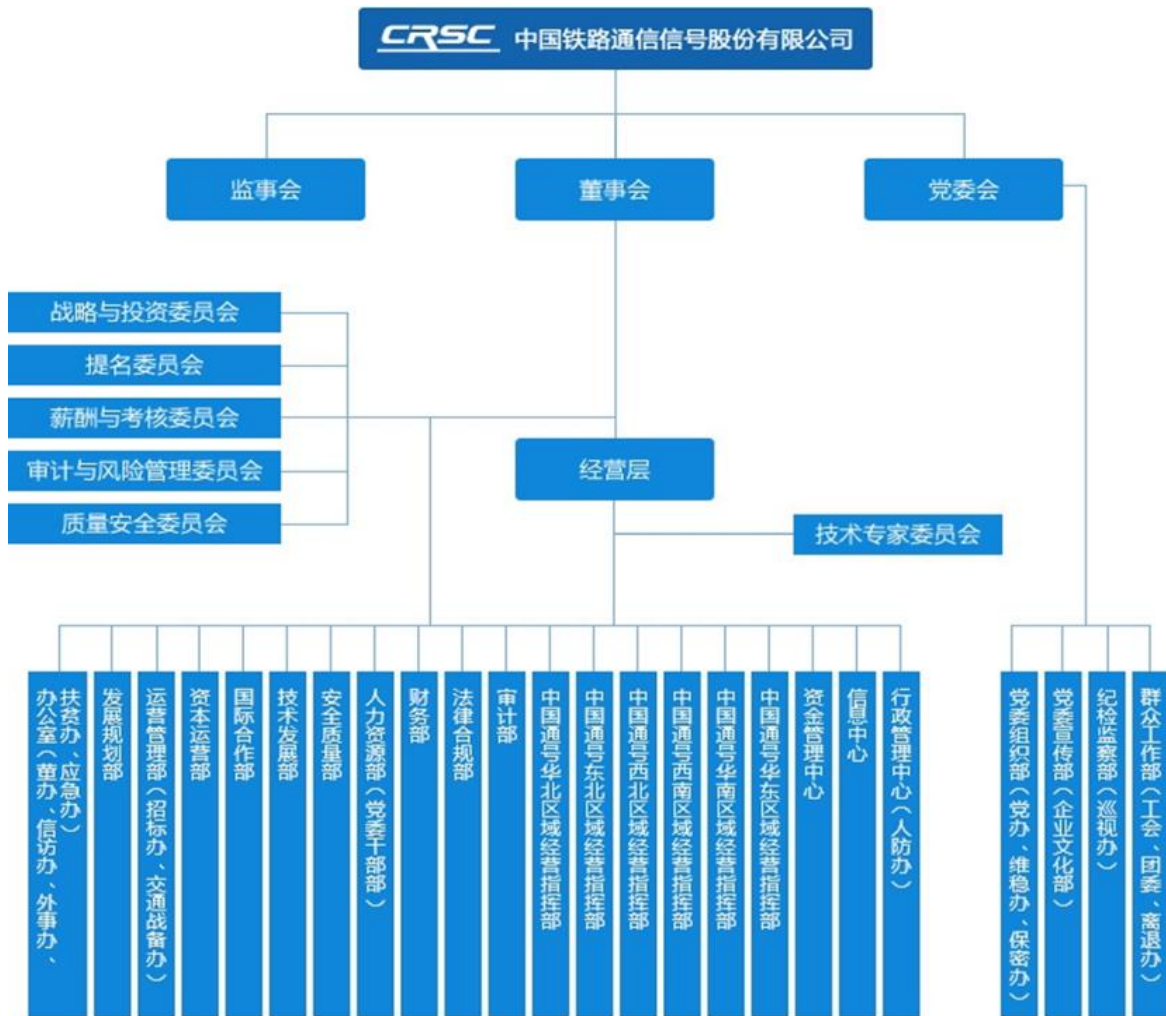


圖 3.3- 2 中國通號企業組織機構圖

(二)產品中心

中國通號是中國軌道交通領域資訊和自動控制產業基地之一，產品主要分為信號、通信、測試等產品。

1. 信號產品：信號系統產品主要包括：移頻自動閉塞、車站電碼化、地面查詢應答器、主體化機車信號、列控中心及車載設備，列車調度指揮系統設備（TDCS），分散自律調度集中系統設備（CTC），微機監測設備，列車超速防護設備（ATP），列車自動監督設備（ATS），電腦聯鎖設備，微機計軸設備，道口防護設備，編組站綜合集成自動化設備（CIPS），駝峰溜放控制設備，信號產品測試設備等。
2. 通信產品：通信系統產品主要包括：無線列調系統設備、無線車次號校核系統設備、無線接入設備，GSM-R 終端設備，綜合視頻監控系統設備，鐵路電務管理資訊化系統設備，鐵路應急救援指揮系統設備，

列車服務資訊系統設備，客運資訊服務系統設備，會議電話及會議電視系統設備，數位式電話集中機，列車廣播機，光纜線路自動監測設備，光電數位引入櫃，客票售檢系統設備（AFC）等。

3. 測試產品：測試產品包括：GSM-R 無線網路服務品質測試系統、TT2000 時間綜合測試平臺、轉轍機缺口監測系統產品、軌旁電參量瞬態記錄分析儀、鐵路防災減災系統產品、JX-ATTS 列車自動檢測系統、JX-ITIS 列車日常檢測系統。
4. 其他產品：其他產品包括：電纜系列產品、機車車輛產品及其他產品。

(三)技術服務

1. 檢測鑒定：技術主要有列車無線調度系統、DMIS 無線車次號、800M 列尾裝置和列車安全預警綜...
2. 實驗檢測
 - CRTCC 簽約實驗室
中國鐵路通信信號上海電信測試中心
鐵道部產品品質檢驗中心信號產品檢驗站
 - CNAS 認證實驗室
研究設計院測試中心
卡斯柯 iCMTC 產品測試實驗室
鐵道部產品品質檢驗中心信號產品檢驗站
通號實驗中心
 - CMA 資質認證實驗室
鐵道部產品品質檢驗中心信號產品檢驗站
中國鐵路通信信號股份有限公司瀋陽通信信號試驗站
 - 上海研究中心
中國鐵路通信信號上海電信測試中心
北京全路通信信號研究設計院有限公司監測檢測實驗室
(鐵路無線電監測檢驗中心)

(四)售後運維

隨著全國軌道交通網絡日益龐大，社會化、市場化是現代軌道交通維修

保養的發展趨勢,其中設備委外維護是目前大陸較流行的一種維護模式。上海工程局集團自 2003 年開始承接上海市軌道交通五號線(莘閔線)通信系統運營維護任務,作為工程實施的延伸服務為承建的專案提供後繼運營維護服務。憑藉公司六十多年的施工經驗沉澱,依託先進的儀器儀錶支援,以專業的系統技術積累為後盾,至今已安全運營十二年。在此期間,運營維護任務已經從一個城市拓展到四個城市,從一條線路拓展到同時維護十多條線路,從單純的運營維護拓展到包括系統改造。

該公司提供的軌道交通運營維護是為了確保系統設備正常運行,為軌道交通運營組織提供可靠穩定的系統業務,依照約定的維護規程、作業標準和作業指導書做好委託管轄設備的日常巡檢、維護維修、設備年檢、故障處理、搶修服務、現場保障、技術改造等方面的技術服務工作。

(五)系統技術簡介：

信號系統技術主要有：列車運行控制系統(CTCS)、城市軌道列車自動控制系統(CBTC)、列車調度指揮系統(TDCS)、調度集中系統(CTC)、編組站綜合集成自動化系統(CIPS)、列車自動控制系統(ATC)、列控中心、無線閉塞中心(RBC)、車站電腦聯鎖系統、道岔轉換系統、現代有軌電車信號系統、磁懸浮列車自動控制系統(MATC)等。(各項有下層技術分析)

通信系統技術主要有：車地寬頻無線通訊系統、鐵路綜合視頻監控系統、IP 調度通信系統等。(各項有下層技術分析)

資訊化系統：包括鐵路旅客服務系統、智慧交通系統、智慧城市資訊系統、智慧應急、智慧園區、智慧旅遊、智慧建築、鐵路智慧運維系統、綜合監控系統等。

3.3.2 參訪紀要

參訪接待人員包括：徐宗奇副總經理、科技管理部付立民部長、劉亮區域經理、李夏高級工程師、吳昊高級工程師、賀航宇高級工程師，參訪團先聽取中國通號簡報該公司深耕鐵路領域自主研發系統及城際、城市軌道解決方案，包含 CTCS-0~CTCS-3 列車控制系統，其中有關 300 公里及以上運行速度之 CTCS-3 高速鐵路列車群即時安全監控系統及超速防護的系統技術，最令人印象深刻。

後續前往軌道交通研發中心實驗大樓參訪 CTCS 實驗室、車載試驗車實驗室及高速鐵路駕駛艙模擬器參觀，實驗室各項設備器材多為本土自主研發，相關工作人員相當年輕，顯示本領域投入相當資源，深受國家重視。

最後雙方就鐵路相關整合測試與驗收等議題廣泛交流意見，其中有關京津線城際鐵路運營、維護自主體系啟動及裝備的導接方案，經過長時間的前置測試作業於今年 6 月份採 36 小時切換一次開通，導入自行開發 CTCS-3 列車控制系統，擺脫受制於國外號誌廠商窘境，並將營運速度提升到時速 350 公里，展現中國通號在通信及信號方面硬實力。另外值得一提的是中國通號自行開發的編組站綜合集成自動化系統(CIPS)，利用大陸鐵路營運大數據資料，以資訊共享為核心，將資訊化導入車站列車運行與車輛編組，進而整合成自動化系統，可以依據客流調整列車運行圖及車輛編組，完成客製化旅運服務，並已經於今年鄭州北站春運時展現高水平成效，中國通號希望將此系統推廣到海外。主要討論及意見交流摘要如下：

- (一)大陸在 2008 年配合北京奧運通車啟用第 1 條高鐵路線京津高鐵，採用德國西門子 SIEMENS 的 ETCS-1 號誌系統，經由技術轉移及經驗傳承，在 2009 年通車的武廣高鐵信號系統獲得技術授權，與大陸的 GSM-R 重新技術組合。改名稱為 CTCS-2/CTCS-3D。(CTCS: Chinese Train Control System 中國列車運行控制系統)作為技術引進的條件，京津高鐵原先使用 SIEMENS 的 ETCS-1，經過長時間的前置測試作業於今年 6 月份採 36 小時切換一次開通，導入自行開發 CTCS-3 列車控制系統，擺脫受制於國外號誌廠商窘境，並將營運速度提升到時速 350 公里。目前大陸高鐵號誌系統採用 CTCS-2+ATO 或 CTCS-3/GSM-R，城際軌道採用 FAO/LTE-M(4G)系統。
- (二)目前大陸高鐵軌道號誌系統 CTCS-2/CTCS-3 已測試完成，同時已有自動駕駛時速每小時 250 公里時的實績，為避免系統界面衝突及干擾，將軌道轉轍器和軌道電路合併為 1 個單元，統一由一個單位負責施工安全認證任務。
- (三)營管單位利用智慧網路系統依車站客流調整列車編組及轉乘旅客服務，同時分別訂定通訊、號誌、電力及監控四項維管計畫，建立故障診斷資料庫及分析改善措施。目前大陸高鐵軌道號誌故障主要有三大問題：軌道電路、轉轍器及通訊等 3 項，營運過程主要巡檢重點包括：斷軌檢查(耐候、牽引

電力干擾諧波影響)及輪軌磨耗檢視(摩耗及輪屑影響電車線迴流)建立維修 3.0 版調整標準。

(四)2018 年中國通號完成二件大任務包括：京津高鐵停止營運 36 小時，完成改造號誌系統軟硬體設施，廣深港高速鐵路通車，節省一半建設成本。

(五)北工處曹處長分享我國地方捷運機電系統規劃設計、招標採購及施工通車相關規定及作法。



與中國通號人員合影



與中國通號人員研討交流



聽取中國通號公司簡報



城際鐵路信號系統簡介



復興號駕駛艙模擬器參觀操作



CTCS 實驗室參觀



臨時限速服務器開發歷程解說。



車載試驗車實驗室參觀。

圖 3.3- 3 中國通號參訪情形

3.4 北京和利時系統工程有限公司

3.4.1 北京和利時集團簡介【7】【8】

和利時始創於 1993 年，是中國領先的自動化與資訊技術解決方案供應商。目前公司員工 3500 餘人，業務遍及海內外。公司總部位於北京，在杭州、西安、深圳、新加坡、印度、馬來西亞、印尼、義大利設有研發、生產或服務辦公基地，並在全國各地設有數十處服務機構。

公司的業務集中在工業自動化、軌道交通自動化和醫療自動化三個領域。每個業務領域又包含三個業務方向：工業自動化包含過程自動化、離散自動化和礦山自動化；軌道交通自動化包含幹線鐵路自動化、城際鐵路自動化和城市軌道交通自動化；醫療自動化包含中藥調劑自動化、顆粒包裝自動化和實驗自動化。

(一)工業自動化領域：

和利時基於 HOLLiAS 工業控制技術平臺，研發了一系列可靠、先進、易用的過程自動化系統產品，提供了各行業一體化解決方案所需的完整產品線。主要產品包括：分散式控制系統（DCS）、汽輪機數位電液調節系統（DEH）、安全儀錶系統（SIS）、透平壓縮機綜合控制系統（ITCC）、自動化儀錶、工廠監控系統（SCADA）、批量控制系統（Batch）、先進程序控制系統（APC）、製造執行系統（MES）、設備管理系統（AMS）、即時資訊系統（RMIS）和模擬培訓系統（OTS）等。基於上述的核心產品，面向過程工業各行業提供一體化的綜合自動化解決方案，在火電、熱電、核電、新能源、石化、化工、冶金、建材、製藥、食品、飲料等行業獲得廣泛應用，年專案實施量達數千個，業績遍佈海內外。和利時還提供工程設計、

電氣安裝、現場調試等工程服務，以及產品和工程的全生命週期運維和優化服務。

和利時可為客戶提供從裝置、產線、車間至全廠的自動化、資訊化和智慧化整體解決方案，服務于企業建設、運營和維護全生命週期。和利時的可程式設計邏輯控制器(PLC)、運動控制器 (Motion Controller) 及大型綜合監控系統(SCADA)和生產執行系統(MES)，廣泛應用於高端機械裝備控制、離散製造業工廠控制，以及交通、市政、水處理等大型公用工程。LK系列大型 PLC 成功應用於北京地鐵十四號線，該線路是國內首條採用國產大型 PLC 的地鐵線路。MC 系列高端運動控制器，廣泛應用於高速數控切割機床、精密鈹金折彎數控機床、精密鐳射加工設備等高端裝備。

(二)軌道交通自動化領域：

和利時是我國幹線鐵路、城際鐵路列車運行控制系統主力供應商，成功開發了中國 CTCS-3 級列車控制系統(350km/h 等級)、CTCS-2 級列車控制系統(250km/h 等級)、CTCS-1 級列車控制系統(200km/h 及以下等級)和 CTCS-0 級列車控制系統(160km/h 及以下等級)。主要產品包括：列控車載系統(ATP)、無線閉塞中心(RBC)、列控中心(TCC)、應答器傳輸系統(BTM、LEU、Balise)、電腦聯鎖系統(CBI)、軌道電路(TC)等，所有產品均通過了歐洲權威機構的最高安全等級認證(SIL4 級)。和利時也為城際鐵路開發了基於幹線鐵路列車控制技術平臺和地鐵列車控制技術平臺的城際鐵路列車控制系統。和利時的列車控制系統成功應用於鄭州-西安、廣州-深圳-香港、北京-石家莊-武漢、蘭州-烏魯木齊、合肥-南京、遂甯-成都、青島-榮城、佛山-肇慶等四十多條高速鐵路、客運專線、國家鐵路提速線路和城際鐵路。

和利時開發了應用於城市軌道交通的綜合監控系統(ISCS)、地鐵信號系統(基於通信的列車控制系統 CBTC)，是國內城市軌道交通自動化控制系統主力供應商。和利時的 CBTC 列車控制系統由車載控制器(VOBC)、列車自動監控(ATS)、區網域控制站(ZC)以及電腦聯鎖系統(CBI)組成，可以支援全自動駕駛模式(FAO)，所有產品均通過歐洲權威機構的安全認證。和利時不僅提供核心產品和系統，還提供方案設計、電氣安裝、現場調試等工程服務，以及系統和工程的全生命週期運維和優化服務。和利時業績遍佈北京、

深圳、廣州、香港、新加坡等十多個國內外城市及地區的數十條城市軌道交通線路，其中新加坡地鐵湯申線首次實現了國產綜合監控系統走向海外的重大突破。

(三)醫療自動化領域：

和利時在中藥調劑方面率先推出了 MD61 系列設備，能夠按醫生處方或患者所需的用藥劑量、味、劑數等配方參數，完成藥品識別、稱重、計量等動作，完全符合中醫辨證施治、對症加減的原則，目前在國內外數千家醫院得到廣泛應用；在自動化包裝方面，MD62 及 MD63 系列全自動包裝生產線在多家藥企的成功應用，滿足了客戶低成本、高效率、高品質等精益化、定制化產品包裝需求。同時，和利時成功開發出了生物晶片雜交分析儀、核酸提取儀等多款醫療器械產品，建立了快速先進的分子生物學實驗與診斷平臺。

和利時自創立二十多年來，在各個領域和行業積累了超過一萬家客戶，累計成功實施了近三萬個控制系統專案。其中軌道交通自動化技術包括：

(一)CTCS-2 級列車控制系統

列車運行控制系統是中國高鐵核心技術之一。和利時通過引進消化吸收和自主研發，掌握了完全自主智慧財產權的 CTCS-2 級列車運行控制系統核心技術。

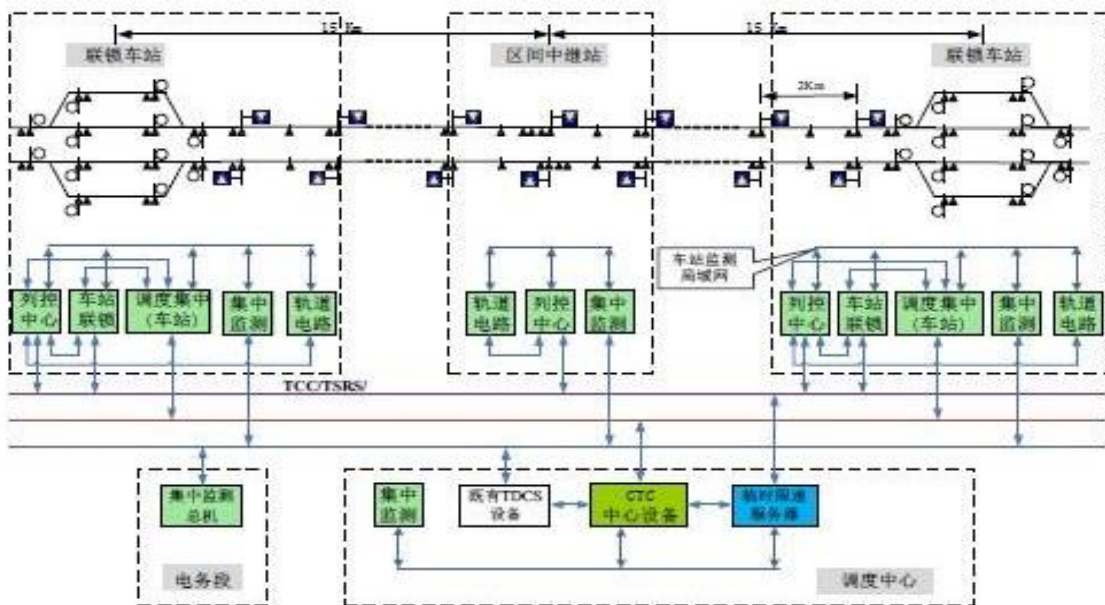


圖 3.4-1 CTCS-2 列車運行控制系統採取准移動閉塞方式

和利時 CTCS-2 列車運行控制系統採取准移動閉塞方式，基於軌道電路和點式資訊設備傳輸資訊，滿足 200~250Km/h 線路的運營需求，同時滿足作為 300Km/h 及以上線路 CTCS-3 級後備模式的運營需求。系統包括列控車載系統（ATP）、列控中心系統(TCC)、臨時限速伺服器系統(TSRS)、列控地面電子單元(LEU)、軌道電路系統(TC)、應答器(Balise)、應答器傳輸系統（BTM）等設備，滿足既有鐵路提速、客運專線及城際鐵路列車運行安全控制的需要。

(二)CTCS-3 級列車控制系統

通過引進消化吸收和創新，同時結合成功應用的 CTCS-2 級列車運行控制系統的設計開發和工程實踐經驗，公司成功研發了擁有自主智慧財產權的 CTCS-3 列車控制系統，滿足 250~300Km/h 及以上線路的運營需求。

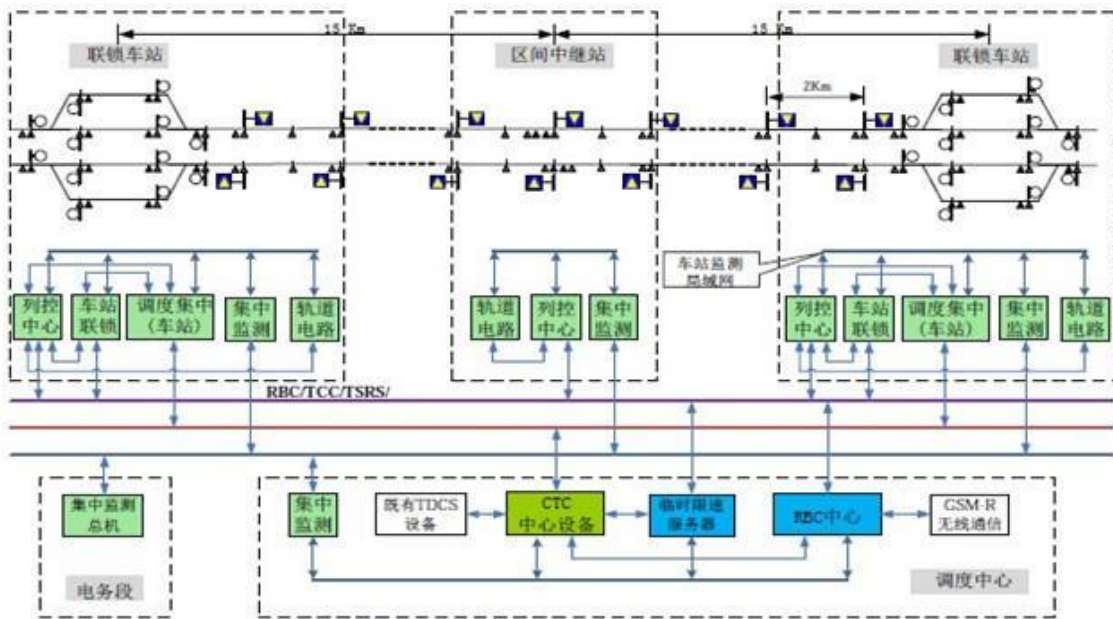


圖 3.4- 2 CTCS-3 級列車控制系統

和利時 CTCS-3 列車控制系統是基於無線傳輸資訊和點式資訊設備傳輸資訊的列車運行控制系統，包括列控車載系統（ATP）、無線閉塞中心系統（RBC）等，完全滿足列車運行安全控制的需要，是保證高速列車運行安全、可靠、高效的核心技術裝備。

(三)城際鐵路列車自動控制系統

和利時基於幹線鐵路列車控制技術平臺和地鐵列車控制技術平臺，為城際鐵路開發出城際鐵路列車自動控制系統。該系統主要由 CTCS2+ATO

型列控車載系統及 CCS-HS 型通信控制伺服器系統組成。列車自動駕駛（ATO）功能的加入，大幅降低城際高速列車司機工作強度，旅客舒適度和列車運營效率得到進一步提升。

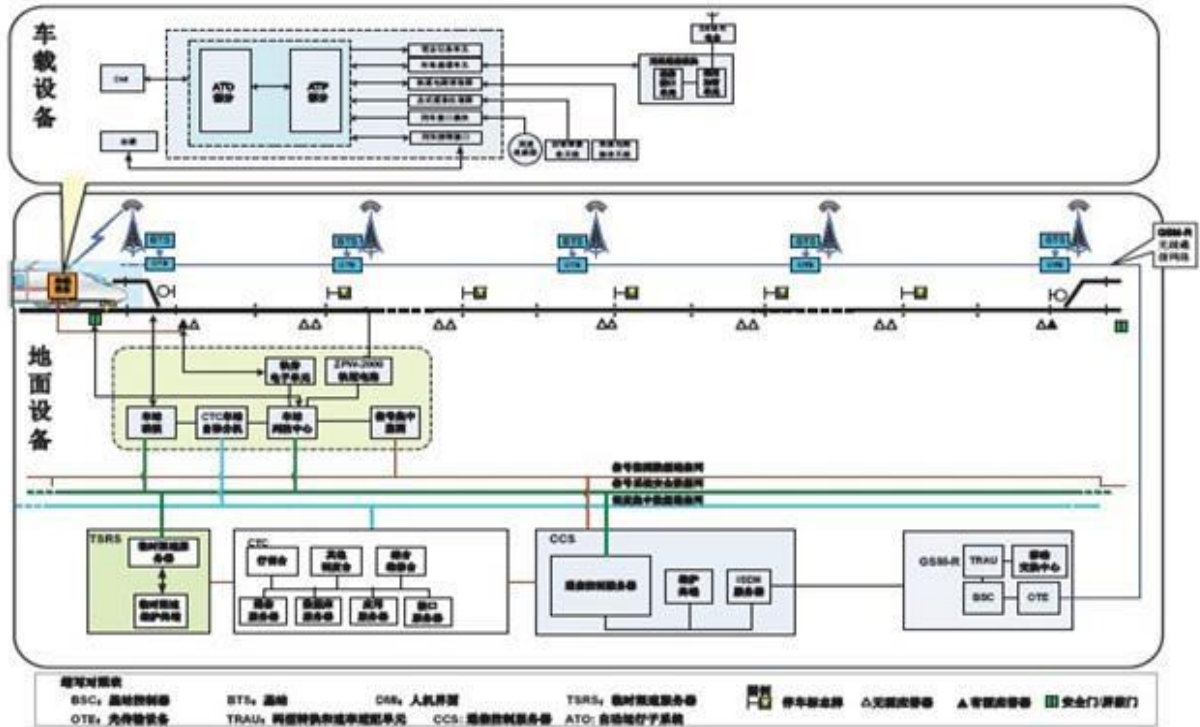


圖 3.4- 3 城際鐵路列車自動控制系統

主要特性：

列車自動駕駛（ATO）功能

提升舒適度，提高運營效率

旅客舒適度和列車運營效率得到進一步提升

降低司機工作強度

大幅降低城際高速列車司機工作強度

(四)PTC 系統

PTC(Positive Train Control)系統是為控制列車安全、可靠、精確和有效運行而集行車調度、控制、通信等子系統于一體的集成系統。

和利時開發的 PTC 列車控制系統，依據 FRA（美國聯邦鐵路委員會）提出的防止列車相撞、防止超速脫軌、防護鐵路工人遭受列車撞擊、在許可限制區防止列車進入等要求，嚴格遵守故障-安全的設計原則，確保行車安全，同時具備成本和維護上的優勢。

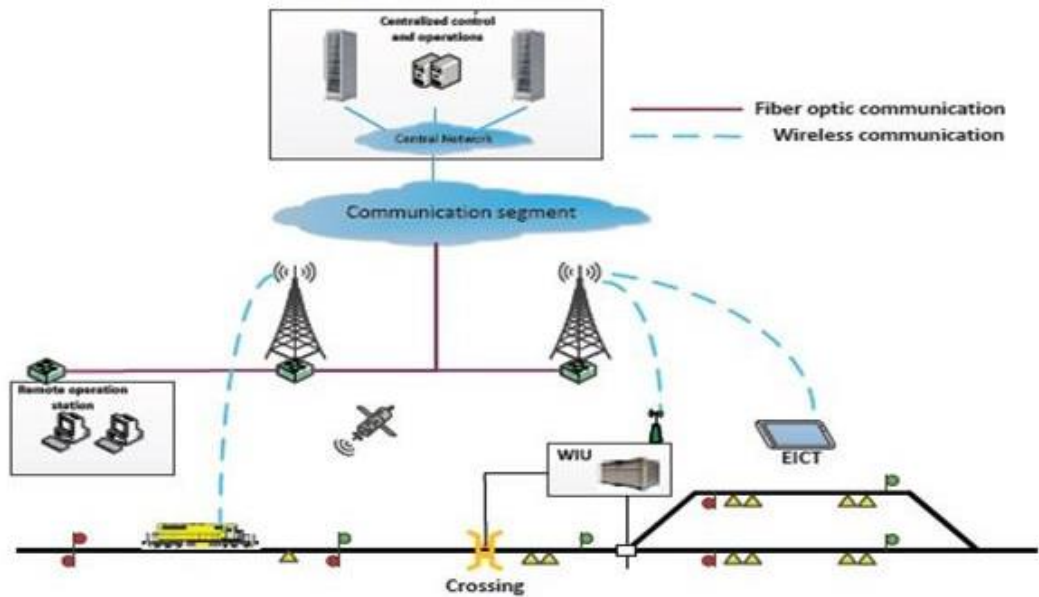


圖 3.4- 4 PTC 列車控制系統

主要特性：

基於無線通訊

完全基於無線通訊的列車運行控制系統

精準定位

利用北斗/GPS 等定位系統實現列車的定位

資料傳輸

通過專用或公用無線通訊網路，建立中心、車載及軌旁設備的資料傳輸

降低成本

地面無軌道電路/計軸，軌旁信號設備分散佈置，大幅降低成本

高效性

系統適用面廣，設備數量少，維護方便，可根據不同的使用者需求實現快速的工程配置

(五)綜合監控軟體平臺

和利時根據軌道交通業務發展的需要，結合城市軌道交通產品高安全性、高可靠性的特點，開發出綜合監控軟體平臺，地面產品安全電腦平臺、車載產品安全電腦平臺三個核心公共技術平臺。



圖 3.4- 5 綜合監控軟體平臺

主要特性

跨平臺設計

跨平臺設計，支持 Windows、UNIX、LINUX

標準的開發工具

全程採用物件導向技術

系統採用軟匯流排技術

物件導向的分散式記憶體中資料庫

高安全性，外部通信加密傳輸

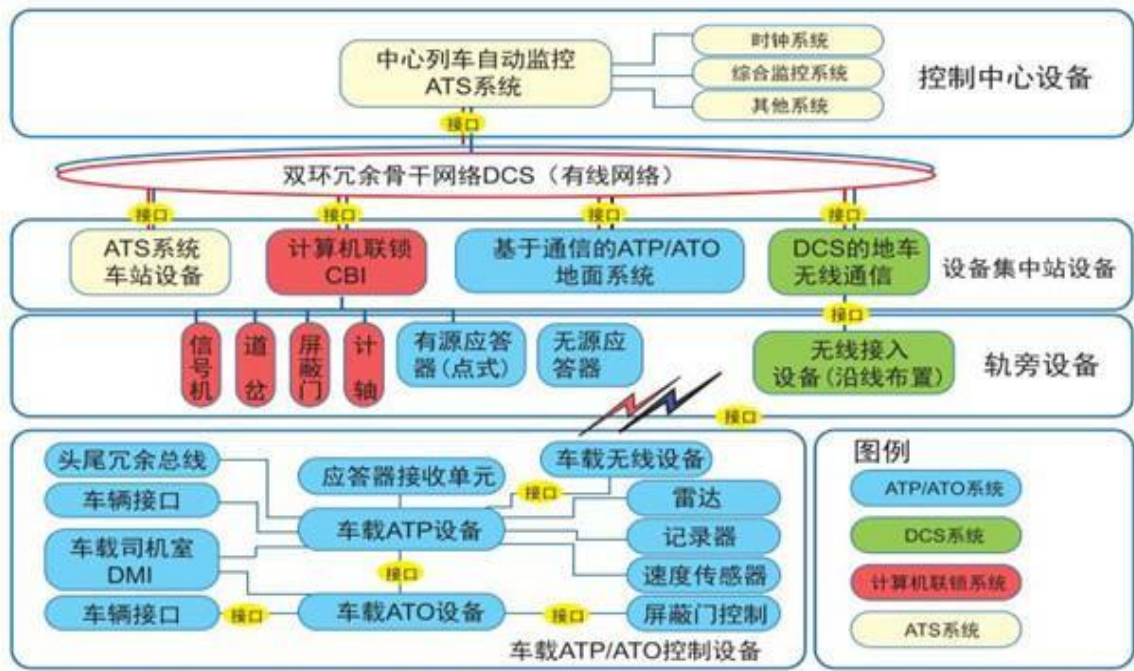
高可用的冗餘設計

具備二次開發能力

具備二次開發能力，提供豐富的 API 庫

(六)TCS-1000 信號系統 (CBTC)

根據國內外技術標準和安全認證體系，結合城市軌道交通 CBTC 系統的特點和運營需求，和利時依託多年高速鐵路產品成功開發與應用經驗，自主研發的城市軌道交通列車控制系統滿足安全、可靠、高效、節能的運營需求；同時為城市軌道交通提供安全、集成化的綜合自動化解決方案。



地铁CBTC列车控制系统

圖 3.4- 6 地鐵 CBTC 列車控制系統

主要特性：

TCS-1000 信號系統具有完全自主智慧財產權，具有獨立、完整的研發、測試、驗證、生產製造能力。

ZC\CI\DSU 統一基於二乘二取二架構的地面平臺開發；

車載 ATP\ATO 基於二乘二取二架構的車載平臺開發；

地面平臺和車載平臺系統均具有豐富的高鐵應用業績；

ATS\CI\ZC\VOBC 在海外地鐵專案中應用

所有 CBTC 核心產品具有平臺及和應用級安全認證。

HVC1000 地面安全電腦平臺，安全完整性等級 SIL4

HVC2000 車載安全電腦平臺，安全完整性等級 SIL4

ATP 列車超速防護系統，安全完整性等級 SIL4

ATO 列車自動運行系統，安全完整性等級 SIL2

ZC 區網域控制站，安全完整性等級 SIL4

HCI 電腦聯鎖系統，安全完整性等級 SIL4

LKY-hs 有源\無源應答器系統，安全完整性等級 SIL4

LEU-hs 型地面電子單元，安全完整性等級 SIL4

MACS-ATS 型列車自動監控系統，安全完整性等級 SIL4

滿足城市軌道交通技術規範，支援 CBTC 互聯互通規範和全自動無人駕駛技術，具備良好的系統升級潛力。

(七)行車綜合自動化系統 (TIAS)

和利時行車綜合自動化系統以實現“高安全、高效率、高品質服務和節能環保”的智慧型城市軌道交通為目標，系統採用統一的軟硬體及網路平臺用於實現對車輛、信號、供電、環控等二十多個專業子系統的智慧化集成監控，提高了運營調度效率與災害及故障模式下的自動化處理能力，系統達到了國際交通協會 (UITP) 定義的列車自動化運行最高等級 GoA4 級，滿足全自動無人駕駛要求。



圖 3.4- 7 行車綜合自動化系統

主要特性：

系統採用統一的軟硬體及網路平臺用於實現對車輛、信號、供電、環控等二十多個專業子系統的智慧化集成監控。

提高了災害及故障模式下的自動化處理能力，系統達到了國際交通協會 (UITP) 定義的列車自動化運行最高等級 GoA4 級，滿足全自動無人駕駛要求。

3.4.2 參訪紀要

參訪接待人員包括：李劍副總裁(地鐵事業部總經理)、張煒端副總經理、熊輝副總經理、楊洪祥集成設計經理、周小輝副總工程師。參訪團先於大廳聽取公關部門有關公司介紹及工業、軌道、醫療各領域自動化解決方案的發展，並參觀自動化的智能數位化製造工廠，工廠安裝大量電腦機台與機械手臂，利用資訊化流程管控生產組裝模組與設備，提高生產製造能力，達到同領域先進水平。

和利時是中國幹線鐵路、城際鐵路列車運行控制系統主力供應商，已成功開發了中國 CTCS-3 級列車控制系統、CTCS-2 級列車控制系統、CTCS-1 級列車控制系統。並為城際鐵路開發了基於幹線鐵路列車控制技術平臺和地鐵列車控制技術平臺的列車控制系統且相關列車運行控制產品全部通過 SIL4 等級安全認證。

在城市軌道交通（地鐵、輕軌、單軌、有軌電車）的安全控制、運行監控和全自動駕駛方面，和利時提供以自主開發大型 PLC 等產品為基礎的解決方案，業績遍佈北京、深圳、廣州、香港、新加坡等十多個國內外城市及地區的數十條城市軌道交通線路。和利時地鐵列車控制系統均通過 SIL4 級安全認證；地鐵監控系統亦通過 SIL2 級安全認證。

另外值得一提的是和利時廠區可靠性試驗中心可進行高低溫交變濕熱試驗、元件篩選老化試驗、溫度沖擊變化試驗、電磁相容試驗及電動振動試驗等多項試驗，並通過德國萊茵 ISO/IEC 17025 實驗室認證，是中國首家獲得此認證的企業。

隨後進行技術討論交流，我方參訪團簡介桃園機場捷運線及台灣高速鐵路，和利時公司由設計經理楊洪祥簡報「廣深港高鐵工程測試過程與經驗分享」，由於本工程香港段號誌系統由和利時公司承包，特別是聯調聯試過程契合本次考察系統工程整合測試主題頗具參考價值，聽取簡報後雙方展開更為深入討論，主要討論及意見交流摘要如下：

(一)目前大陸地鐵已全部要求辦理 ISA 安全風險評估作業。

(二)大陸軌道依商轉速度分別為：地鐵 100~160 公里/每小時、城際 200~250 公里/每小時、高鐵(幹線)300~350 公里/每小時，和利時公司專注提速計畫。

(三)2018 年會同中國通號及日立技術合作，將大陸第 1 條京津高鐵，原為德國西門子號誌系統修改為大陸號誌系統，同時利用廣深港高速鐵路建造經驗，訂定相關規範。

(四)北工處曹處長分享我國軌道機電系統設計階段減少日後界面干擾方式，如套圖/現勘，擬定測試序列/大綱，ISA 安全風險評估聯調聯試方式，如靜態/動態系統測試等。



與和利時公司人員合影



與和利時公司人員研討交流



智能製造數字化車間解說



工業自動化過程解說



和諧號 CTCS-2 ISA 認證書展示



智能工廠參訪過程研討



醫療自動化過程解說



應答器傳輸系統設備展示

圖 3.4- 8 和利時公司參訪情形

3.5 雷卡多公司北京辦公室

3.5.1 雷卡多公司簡介【9】

英國雷卡多集團公司成立於 1915 年，是全球知名的工程技術設計和諮詢公司。雷卡多長期服務於交通運輸和清潔能源行業，主要業務為高端汽車（發動機，變速箱）、鐵路機車、軍工、發電等高技術領域的研發、設計和技術諮詢。基於看好鐵路在未來綠色交通領域的發展趨勢，雷卡多決定擴大公司在鐵路市場的份額。收購勞氏鐵路完成後，勞氏鐵路的全球整體業務，包括所有業務、資質、資產和人員全部轉移到雷卡多鐵路（Ricardo Rail）名下，並全部保留。根據雙方的《資產買賣協議》，雷卡多鐵路將繼承原勞氏鐵路的一貫對客戶負責、長期服務國內客戶的理念，堅持在中國市場長期可持續的投資和發展，培養本土人員和團隊，結合其全球化的技術資源為中國客戶提供專業、規範的國際化服務。

雷卡多認證(北京)有限公司(簡稱“雷卡多”)位於北京市東城區香河園路，是一家全球鐵路諮詢公司，提供技術專業知識，保證和專業工程服務，幫助客戶了解行業的運營，商業和監管要求。雷卡多擁有超過 550 名鐵路專家，憑藉在車輛、號誌、電信、能源效率、安全管理和運營規劃等各個領域的能力，可以在公司技術中心或是客戶辦公室，倉庫和生產基地工作，提供包括獨立安全評估，鐵路產品評估和車輛驗收工作服務組合，獨立安全評估（ISA）項目。因為計劃和流程必須經過經驗豐富且獨立的第三方嚴格審查，以確保項目符合公認的行業，法律和監管標準。因此無論是根據 EN50126 等國際標準的要求評估中國新的號誌產品、高速線路到城市輕軌系統的號誌系統項目甚至海外杜拜地鐵等整個鐵路系統。雷卡多的獨立認證服務組合可以說是世界性的，特別是號誌和列車控制等安全關鍵問題。

除了協助鐵路基礎設施所有者和列車運營商確保其號誌系統滿足相關的法規和合約要求。包括歐洲鐵路（互操作性）指令和鐵路安全指令，EN50126 等國際標準，以及工程安全管理的公認指南。另外有關運轉方案驗證則為審視是否符合 EN50126(RAMS)，EN50128(軟體)，EN50129(安全)和 EIRENE(GSM-R) 等標準，並確保所有號誌項目符合所引用的通用安全方法及相關 IEC 鐵路安全指令。

3.5.2 參訪紀要

雷卡多提供鐵路相關諮詢、技術專業知識、獨立安全評估、鐵路產品評估及車輛整車認證等工程服務，協助客戶了解運營和監管要求。因本次北京考察行程雷卡多居中安排協調，考察團除拜訪雷卡多認證(北京)有限公司表達謝意外，也順就考察主題有關鐵路系統機電工程整合測試與相關檢查、測試項目及方法進行討論與收集資料，以地鐵系統而言，相關檢查、測試流程與項目與國內作業流程類似但不完全一致，可作為國內相關測試參考。

參訪接待人員包括：高國樑總經理、徐為業務發展經理、陳永魁高級顧問、卿松高級顧問，經瞭解雷卡多在大陸已就 200 多項鐵路產品(如月台門、軌道電路、計軸器等)發出 300 餘張認證書(合同項產品設備升級)，同時近期也完成上海地鐵列車的整車認證，於業界頗具實力。另外雷卡多就號誌與車輛獨立安全認證亦著力甚深，包含中車集團出口外銷車輛的 SIL2 等級整車認證及 SIL4 等級電子式傾斜裝置認證；號誌系統設備依據符合 EN50126 (RAMS)，EN50128 (軟體)，EN50129 (安全) 進行獨立安全認證。主要討論交流分為軌道系統 ISA 安全風險評估及軌道產品 IV&V 驗認證，摘要如下：

(一)軌道系統 ISA 安全風險評估

1. 2009 年是大陸 CBTC 城市軌道列車運行控制系統技術啟動發展年。
2. 2018 年北京地鐵燕房線(無人駕駛)及重慶地鐵(互聯互通)兩處是主要的 CBTC 發展實績。
3. 監造和 ISA 係獨立的，監造以節點查驗為主，ISA 以風險/安全為主，集成商(統包商)依契約規定執行。

(二)軌道產品 IV&V 驗認證

1. 目前大陸北京已有 300 餘個軌道產品，透過中科院/ 和時利/通號等單位，完成產品驗證及認證。
2. 日本信號產品自成 1 個體系和歐規標準差異較大，大陸北京技術可以支援日本及韓國，但可靠性較不如日本。
3. 驗認證標準參考歐規 EN50126(系統)/EN50127(硬體)/EN50128(軟體)及 IEC 國際電工標準，採事先認證或補充認證方式。



雷卡多公司辦公室前合影



城市地鐵ISA 作業研討交流



領隊楊組長代表致贈禮品



雷卡多公司說明地鐵認證項目

圖 3.5- 1 雷卡多認證公司參訪情形

3.6 北京地鐵車站

3.6.1 北京地鐵簡介【10】

北京地鐵的規劃始於 1953 年，始建於 1965 年，最早的路線竣工於 1969 年，是大中華地區首個地鐵系統。北京地鐵由多個國有或公私合營的企業分別營運不同的路線，其中京港地鐵公司營運的 4 號線也是中國大陸首條採用政府和社會資本合作（PPP）模式建設和營運的軌道交通路線。目前，北京地鐵正在進行大規模建設。預計到 2021 年底，北京地鐵營運總里程將達到近 1,000 公里。

截至 2017 年底，北京地鐵共有 22 條營運路線（包括 18 條地鐵路線、1 條中低速磁浮交通路線、1 條現代路面電車路線和 1 條機場軌道），組成覆蓋北京市 11 個市轄區，擁有 370 座營運車站、總長 608 公里營運路線的軌道交通系統。以營運里程計算，截至 2014 年底北京地鐵已是世界上規模第二大的城市地鐵系統。以客運量計算，北京地鐵亦是世界最繁忙的城市軌道交通系統。2014 年以

來，北京地鐵的工作日日均客運量在 1,000 萬人次以上，並且在 2017 年 7 月 7 日創下單日客運量最高值，達到 1,294.02 萬人次。

北京地鐵已開通的路線包括 1 號線、2 號線、4 號線、5 號線、6 號線、7 號線、8 號線、9 號線、10 號線、13 號線、14 號線、15 號線、16 號線、八通線、大興線、亦莊線、房山線、燕房線、S1 線、昌平線、西郊線和機場線。北京地鐵實施業主和營運企業相互獨立的體制，各路線設施的主要擁有者為北京市基礎設施投資有限公司（簡稱京投）；而營運商則有多家，4 號線、14 號線、16 號線和大興線的營運公司是北京京港地鐵有限公司，燕房線的營運公司為北京市軌道交通營運管理有限公司，西郊線的營運公司為北京公交路面電車有限公司，機場線的營運公司為北京京城地鐵有限公司，其餘路線的營運公司為北京市地鐵營運有限公司。

北京地鐵 路線圖

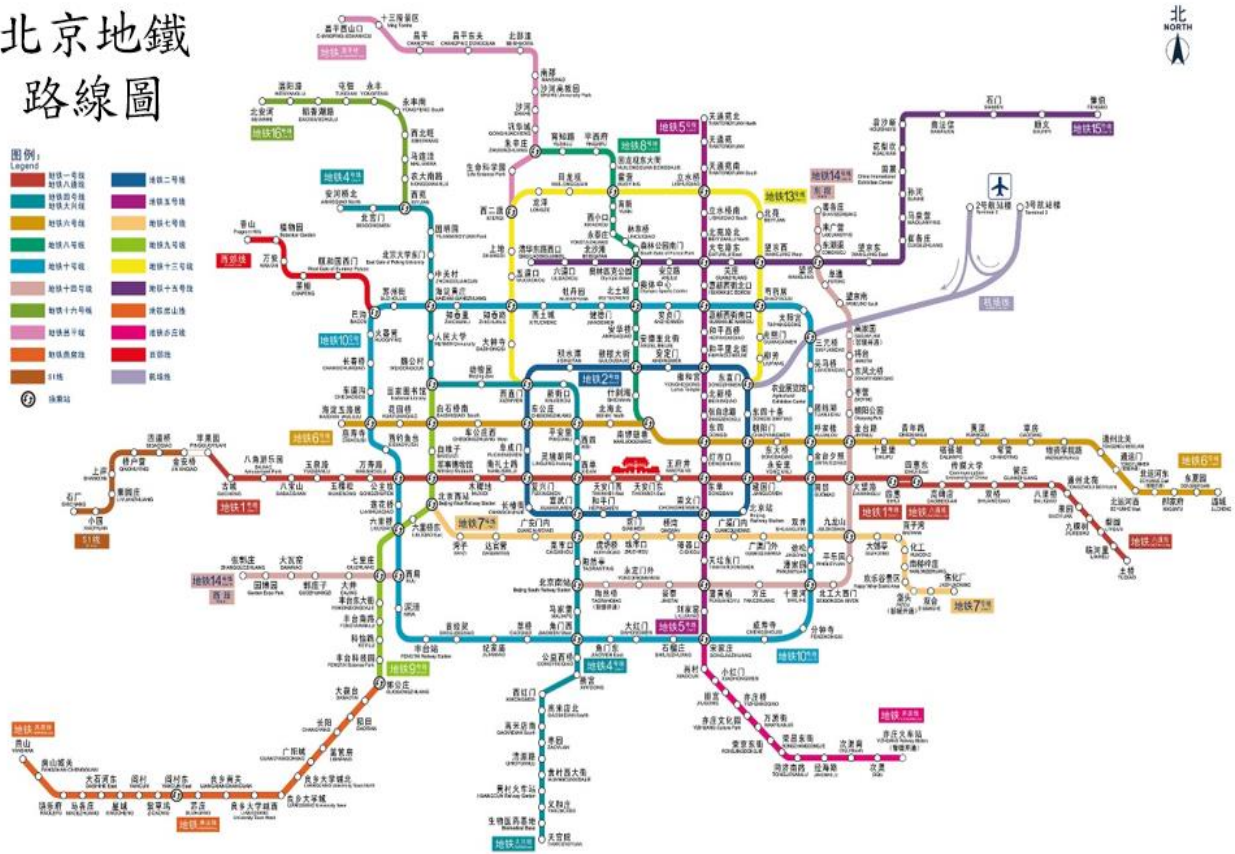


圖 3.6-1 北京地鐵路線圖

3.6.2 參訪紀要

本次利用到各參訪單位的交通動線，順便搭乘北京地鐵 1 號、地鐵 2 號及機場等線的部分車站。北京地鐵大部分列車內設有 LED 滾動顯示屏和 LED 指示燈線路圖，可以顯示列車運行前方的車站，惟各條線路列車顯示內容尚無統一標準。北京地鐵於 2008 年 6 月啟動安全檢查，搭乘地鐵車站時，在車站入口處同樣比照高鐵車站及國際機場安檢程序，乘客需要接受金屬探測器的探測，乘客的行李必須接受 X 光機的檢查。從 5 號線開始，新建的北京地鐵線路設置了月台門或半高式月台門，將乘客與地鐵隧道隔離。早期建置的 1 號線和 2 號線由於沒有月台門，經常發生乘客跳下月台和臥軌的事件。為了乘客的安全，未安裝月台門的 1 號線、2 號線、13 號線和八通線皆已陸續加裝月台門。13 號線和八通線的月台門加裝工程於 2012 年 8 月開始，相關加裝工程已於 2014 年陸續投入使用。



圖 3.6- 2 北京地鐵車站參訪情形

四、大陸高速鐵路測試案例-廣深港線

4.1 廣深港線簡介【11】

廣深港高速鐵路(英語:Guangzhou-Shenzhen-Hong Kong Express Rail Link, 簡稱 XRL), 簡稱廣深港高鐵, 是一條連接中國廣東省廣州市、深圳市和香港特別行政區的高速鐵路。線路始於廣州南站, 終到香港西九龍站, 全長 142 公里, 共設 7 個車站。路線最高設計時速 350 公里, 現時最高運營時速 300 公里。車程由香港西九龍站到廣州南站有 4%班次為 48 分鐘。

鐵路主要為廣州市、東莞市、深圳市及香港連接全中國的高速鐵路網絡, 提供長途高速鐵路客運業務, 並兼任數地之間的城際客運服務。線路北端與京廣高速鐵路相連, 形成「四縱四橫」鐵路快速客運通道及「八縱八橫」高速鐵路主通道中的「一縱」。鐵路分為三段建設, 其中最早的廣州南至深圳北段由 2005 年 12 月起建設, 並於 2011 年 12 月 26 日率先通車運營; 深圳北至福田段於 2015 年 12 月 30 日通車運營; 而福田至香港西九龍段於 2010 年起建設, 於 2018 年 9 月 23 日正式通車。



圖 4.1- 1 廣深港高速鐵路路線圖

4.2 香港段簡介【11】

廣深港高速鐵路香港段起於香港西九龍填海區西九龍站, 止於香港與深圳的邊境, 總長 32 公里。途經油尖旺區、深水埗區、葵青區、沙田區、元朗區、

北區的地底。沿途不設車站，最高營運時速為每小時 200 公里，每方行車方向每小時可以接載約 10,000 名乘客。廣深港高速鐵路香港段通過與廣深港高速鐵路廣深段連接，與到 2020 年超過 30,000 公里長的中國高速鐵路系統網絡相連。

廣深港高速鐵路香港段於 2009 年 10 月 20 日在香港特別行政區政府行政會議上落實興建，在 2010 年 1 月 16 日獲得香港立法會財務委員會通過撥款，於同年 4 月正式動工。原定預計於 2015 年竣工及通車，後來因工程嚴重延誤而大幅延遲至 2018 年 9 月 23 日通車。2009 年最初預算造價為 669 億港元，當中鐵路系統的建造工程佔了 550 億港元，非鐵路系統的工程佔了 118 億港元及對橫台山菜園村的特別優惠賠償金額佔了 8,600 萬港元。

香港特別行政區政府在工務計劃下撥款興建高鐵香港段，並最終擁有該段鐵路。而香港鐵路有限公司獲政府委託進行高鐵香港段的設計、建造、測試和試行運作，由路政署監察項目的落實。鐵路建成後，政府將高鐵香港段歸予或租予由政府全資擁有的九廣鐵路公司，讓九鐵將高鐵香港段以服務經營權模式批予港鐵營運 10 年。港鐵 10 年間需向九鐵支付 107 億元經營費。

4.3 香港段高鐵聯調聯試【12】

(一)工程特點

本工程為廣深港高鐵最後一段通車的路段，工程的特點是引用標準高、管理流程多及面對各方的監督審計，如圖 4.3-1。



圖 4.3- 1 香港段高鐵工程特點

(二) 工程進度與測試

2013年6月本工程業主批准和利時公司設計文件後，展開號誌工程施工進度生命週期，並於2017年12月完成聯調聯試，2018年4月和利時得標號誌維護合約，目前已進入2018~2024年6年號誌維護期程，如圖4.3-2所示。

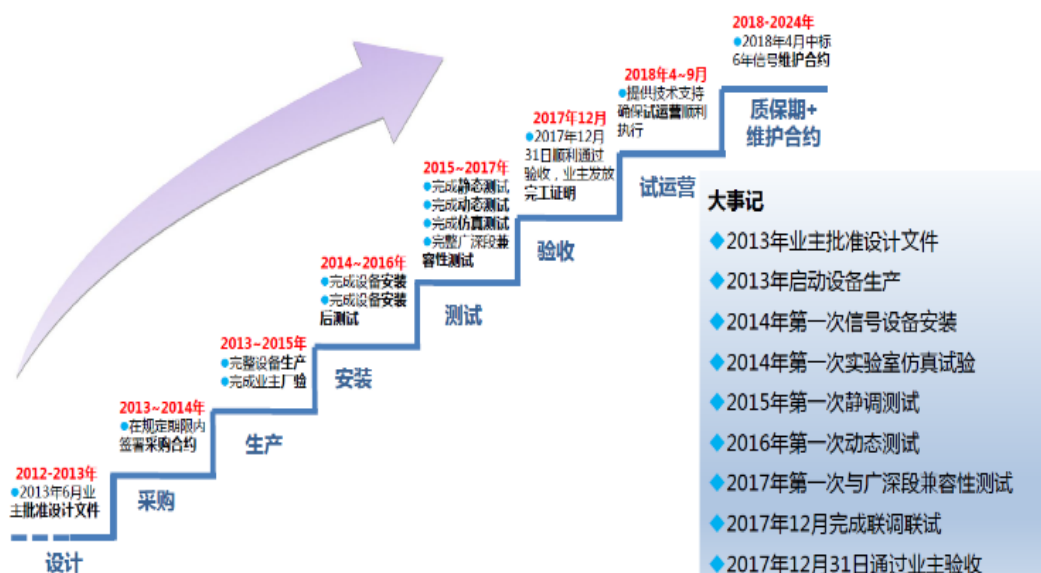


圖 4.3- 2 香港段號誌工程進度示意圖

(三) 香港高鐵聯調聯試前提

號誌系統完成靜態驗收測試並提交測試報告並由號誌系統專業確認表 4.3-1 內項目，為第三方聯調聯試的前提條件。

表 4.3- 1 聯調聯試號誌系統專業確認表

序號	工程作業
1	各專業涉及聯調聯試的工程完成靜態測試並提供報告
2	<ul style="list-style-type: none"> ● 動車組行走的正線、到發線以及道岔區段成軌道電路分路不良處理 ● 號誌安全數據網工作正常 ● 應答器安裝位置正確 ● 列控中心及軌道電路載頻、碼序正確 ● 車站聯鎖測試完成，聯鎖關係正確，道岔具備不加鎖條件 ● CTC 系統具備分散自律模式下，列車進路人工和自動辦理、運行顯示和臨時限速下達等功能 ● 號誌集中監測系統功能正常

(四)聯調聯試主要工作

聯調聯試主要工作內容如表 4.3-2 所示，其中第 4 項為號誌承包商負責執行，而 1~3 項提速測試順利完成是展開號誌動態試驗的前提。

表 4.3- 2 聯調聯試號誌系統測試項目表

序號	測試項目
1	香港段軌檢網檢車提速測試(140km/h)
2	國內段軌檢網檢車提速測試(140km/h)
3	綜合檢測車提速測試(217km/h)
4	號誌 CTCS-2、CTCS-3 動態測試
5	獨立第三方信號測試
6	車載信號互聯互通測試
7	全線拉通試驗

(五) 香港段高鐵號誌系統測試流程

1. 號誌系統整體測試流程

號誌系統測試自設計階段的類型測試開始，經過工廠的廠內軟硬體測試，其中硬體通過工廠驗收測試、軟體通過實驗室仿真測試通過後，再進行現場安裝後測試及部分驗收測試，以上為靜態測試項目。靜態測試完成後，開始進行包含驗收測試、整合測試及兼容性測試動態測試，直到最後的試運行，整體測試流程如圖 4.3-3 所示。

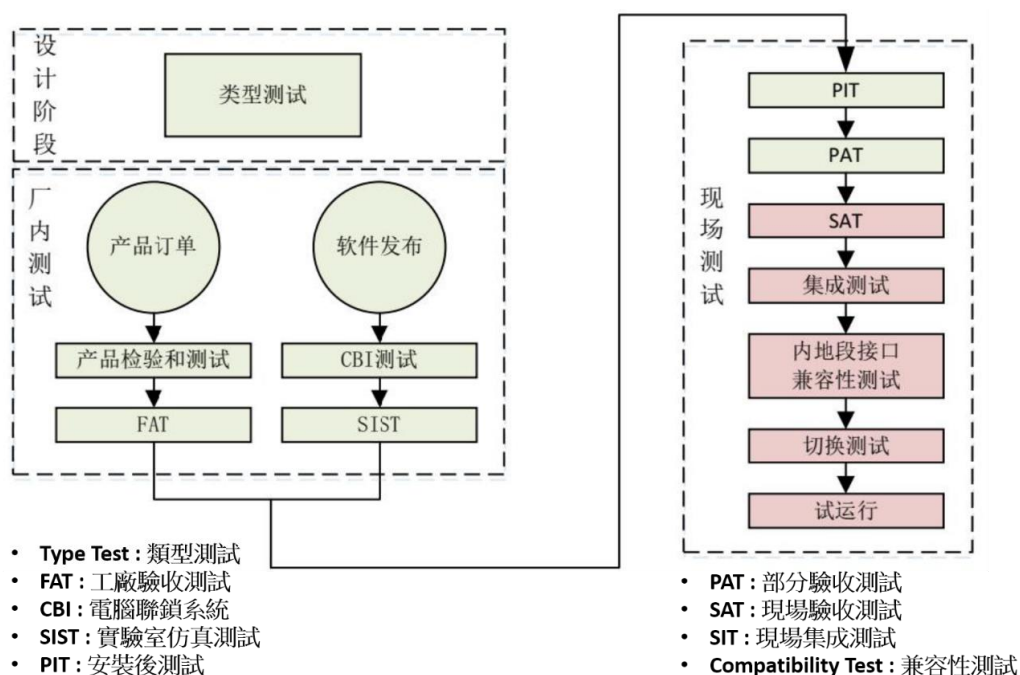


圖 4.3- 3 號誌系統測試流程示意圖

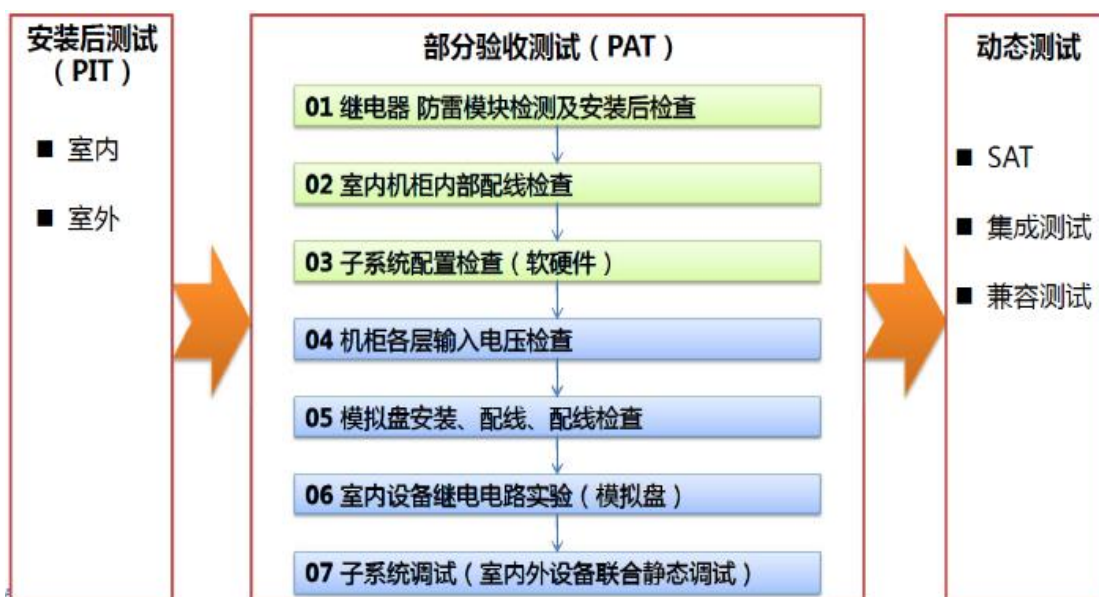


圖 4.3- 5 部分驗收測試內容及流程

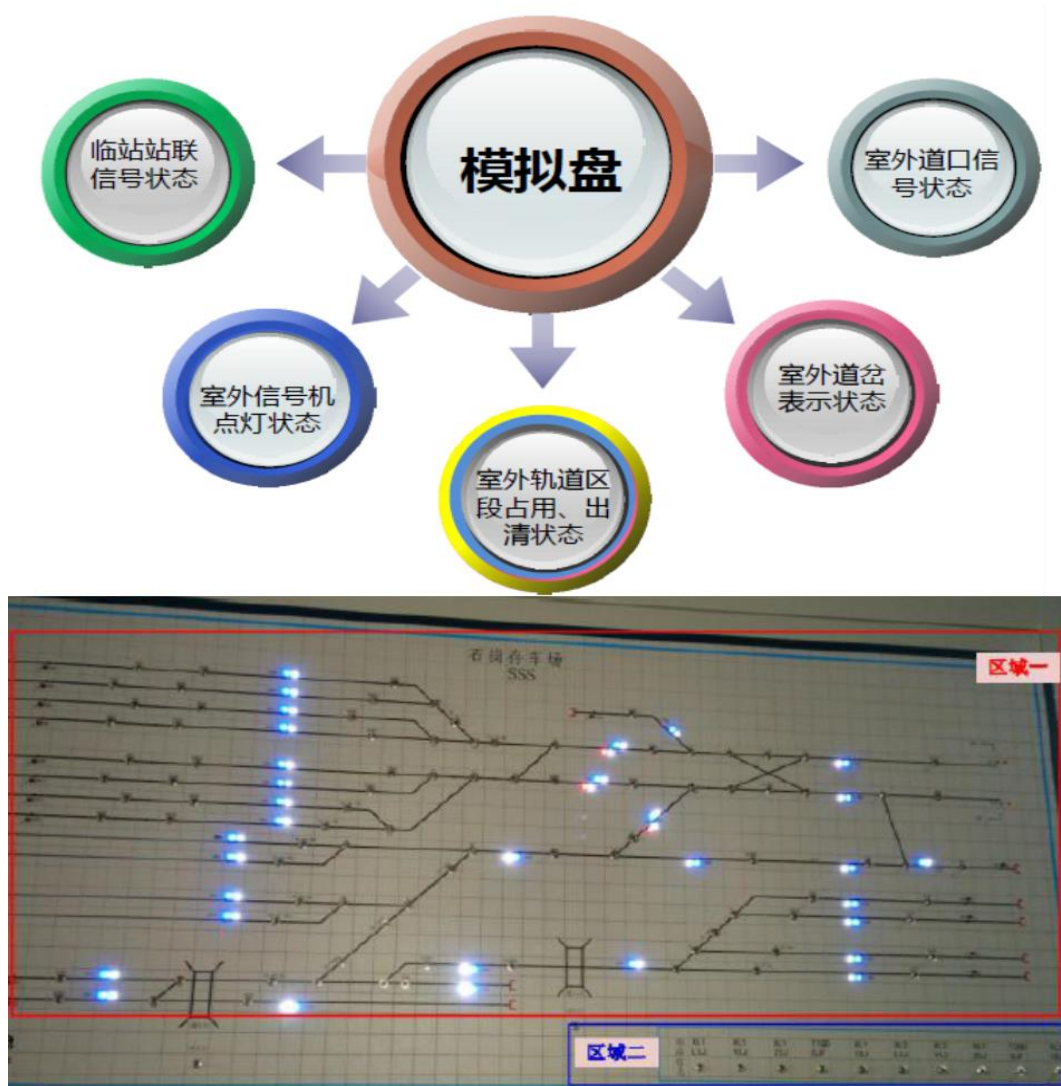


圖 4.3- 6 採用模擬盤執行部分驗收測試

C.動態測試

號誌系統動態測試包含驗收測試、整合測試及兼容性測試，必須先於香港段完成現場驗收測試及整合測試，相關測試項目與內容及考量要點，如圖 4.3-7 所示。完成香港段獨立測試後，開始兼容性測試，廣深段兼容性測試包含兩階段：第一階段是與廣深線介面靜態測試、第二階段是與廣深線兼容性動態測試，相關測試內容如圖 4.3-8 所示。

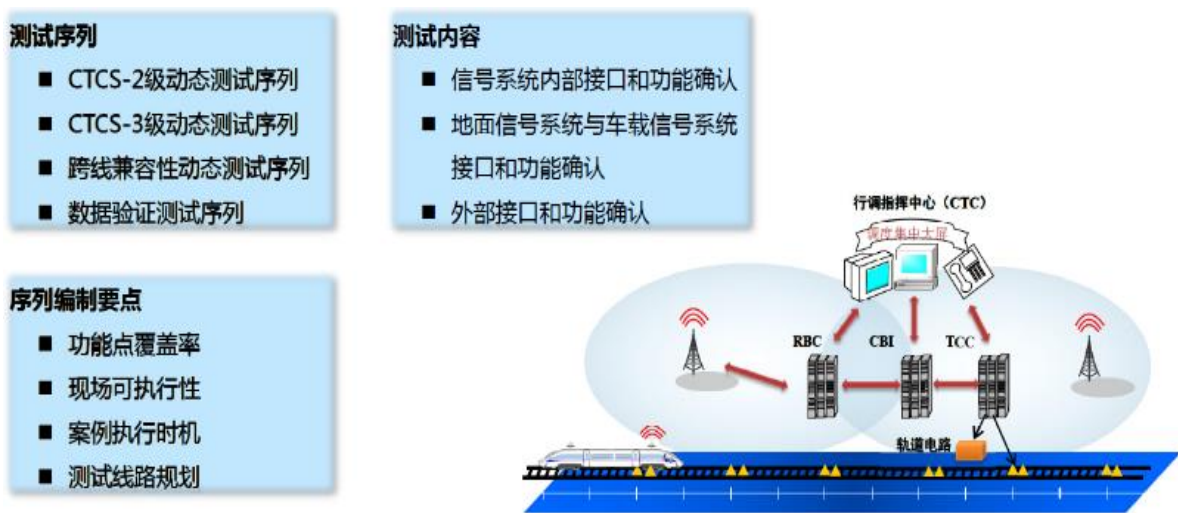


圖 4.3- 7 現場驗收測試及整合測試項目示意圖

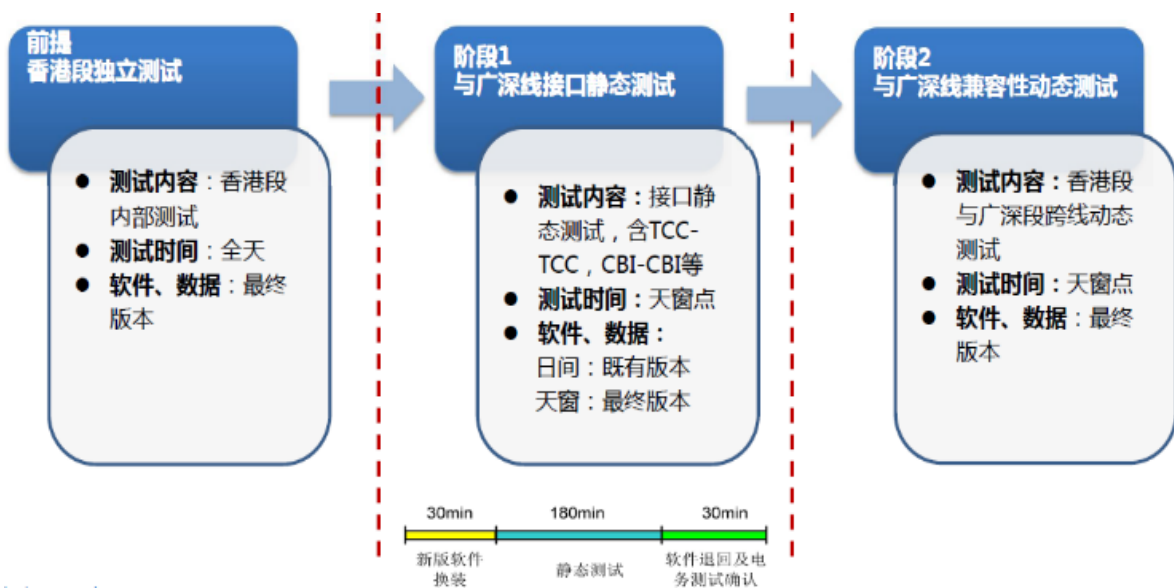


圖 4.3- 8 兼容性測試內容項目及流程

五、大陸地鐵示範工程測試案例-北京燕房線/重慶地鐵線

5.1 北京燕房線簡介【13】

北京地鐵燕房線是北京地鐵房山線向燕山石化地區和房山城關等地的延長線。路線從房山線西延閻村北站起，向西到饒樂府站分岔，主線向西北到達燕山石化產業區南端的燕山站，支線向西南到達周口店鎮站。路線均為高架線，全長 20.5 公里，其中主線 14.4 公里，支線 6.1 公里；設計時速 100 公里。在房山線閻村車輛段北側設閻村北停車場。



圖 5.1- 1 北京燕房線路線示意圖

5.2 北京燕房線建設與營運-全自動運行系統(FAO)【13】

燕房線曾於 2011 年進行過一次環境影響評價，由於當時《北京市城市軌道交通近期建設規劃調整（2007-2016 年）》尚未獲得批准，以及涉及南水北調的環境影響問題，環境保護部退回了環評。2014 年初，燕房線環評通過。燕房線先期建設主線，計劃投資 91 億元，於 2013 年底開工，2017 年 12 月 30 日通車。

燕房線是中國第一條具有完全自主智慧財產權的軌道交通全自動運行路線，是按照世界上列車運行自動化等級的最高級別（GoA4）建設，能夠自己完成上電自檢，自動發車離站、自動到站開閉車門、自動折返、營運後自動回庫休眠、自動洗車等全套操作。燕房線的信號系統和綜合監控系統的總集成商是北京交通大學的交控科技股份有限公司，北京交通大學研製的基於通信的列車自動控制系統被應用於燕房線。

燕房線的營運方為北京市軌道交通營運管理有限公司，簡稱北京軌道營運，是北京市軌道交通建設管理有限公司設立的全資子公司，是北京市市政府批准的北京第三家軌道交通營運商。公司主營業務涵蓋軌道交通客運服務、車輛及

設備設施維修服務、技術研發、諮詢培訓、廣告、民用通信等版塊。北京軌道營運在燕房線的服務中吸取了北京地鐵營運公司和京港地鐵公司的優點，為每一座車站增設了帶有空調的候車室。此外，燕房線的車站和車廂的中英文廣播格式也與京港地鐵營運的 4 號線、14 號線和 16 號線較為相似。

燕房線採用兩動兩拖 4 節 B 型列車，列車定員 1262 人，最高時速 80 公里，正常情況下全自動駕駛。由中車長客股份公司 2016 年 12 月為香港南港島線量身研製的中國首列世界最高等級的全自動駕駛地鐵列車。每節車廂設 2 個攝像頭，可以在控制中心看到車廂內的狀況、列車可以自動監視障礙物。每列車仍然設有一名司機，但主要任務是照顧乘客。

5.3 互聯互通 CBTC 系統-重慶地鐵線【14】

以重慶市 4 號、5 號、10 號及環線等 4 條線作為示範工程，包含採用 4 條線 4 家供貨廠商，各線間可兩兩配對實現共線、跨線營運，提高資源共享與網路化營運水平。並已於 2017 年 5 號、10 號線開通，實現共線營運、2018 年 4 號、環線開通，實現跨線營運，如表 5.3-1、表 5.3-2 及圖 5.3.1 所示。

表 5.3- 1 重慶市互聯互通示範工程路線表

路線名稱	路線全長 (公里)	車站數
環線	50.8	33
4 號線	46.06	20
5 號線	37.1	25
10 號線	34.3	27

表 5.3- 2 重慶市互聯互通示範工程組成概況表

路線名稱	環線	4 號線	5 號線	10 號線
總承包廠商	交控科技	眾合科技	中國通號	鐵科院
安全認證	雷卡多	萊茵	CRCC	CRCC
LTE	華為	華為	華為	中興
換機	MOXA	MOXA	赫斯曼	赫斯曼



圖 5.3- 1 重慶市互聯互通示範工程路線示意圖

(一)互聯互通的發展背景

1.城市軌道交通存在的問題

包含各條路線客流不均衡，路線多餘運能無法被利用；乘客只能通過轉乘車站換乘，造成服務水平低；各路線內車站、車輛、號誌、供電、機廠等資源共享率低；轉乘車站換乘壓力大。

2.互聯互通介紹與必要性

為了解決目前軌道交通的問題，結合國外軌道交通的發展經驗，基於網路化運營設計的互聯通思想被提出，實現網路化運營的基本條件是車型、制式的統一，不同線路間軌道的互聯互通，號誌系統的統一，以及全路網控制中心的建立。互聯互通是指軌道交通路網內，裝載不同廠商信號設備的

列車跨線和共線運行，從而實現軌道路網間的聯通、聯運。互聯互通必要性主要體現在兩方面，一為符合 30~70 公里特大城市區域軌道交通發展需求，另一方面為符合中小城市軌道交通要求。

3.互聯互通實現途徑

包含採用同一廠商相同制式號誌系統；加裝多套號誌車載設備；加裝多套號誌地面設備；採用通用的號誌車載設備；採用統一規範標準的號誌互聯互通設備等方案。

4.互聯互通關鍵難題

為了實現基於統一規範標準的號誌互聯互通包含三個主要問題：各號誌廠商各自獨立開發與設計，架構與控制技術不相同；無成熟標準及工程經驗可參考；不同號誌廠商由多家安全授權單位認證溝通複雜。

(二)互聯互通的實現與推廣發展

1.互聯互通技術路線

由中國城市軌道交通協會(簡稱“中城協”)帶頭制定技術規範，互聯互通號誌廠商依據規範進行產品開發，並於交叉測試平台進行交叉測試，測試通過後將產品發佈工程項目應用，如圖 5.3-2 所示。

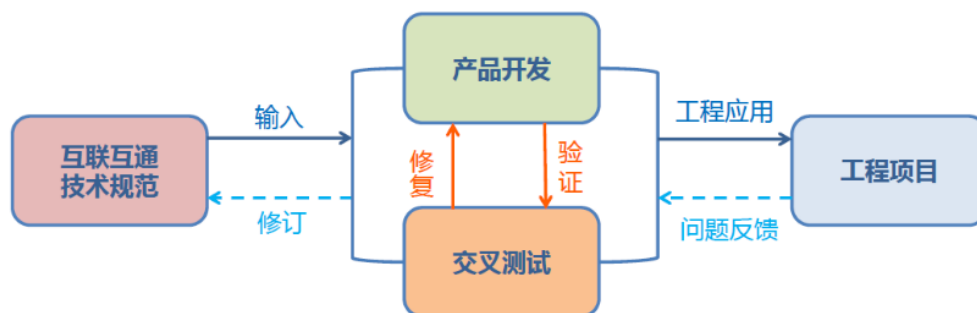


圖 5.3-2 互聯互通技術路線示意圖

技術規範組成包含互聯互通技術規範、地方規範及 LTE-M 規範，並基於系統性與理性考量，將規範整合優化為系統、介面、測試及工程四大部分。

2.互聯互通實現方式

由國家發展和改革委員會帶領指導，中國通號及交控科技參與中城協規範編寫與驗證，軌道交通建設管理公司進行工程項目規劃與實施，達成互聯互通實現，如圖 5.3-3 所示。

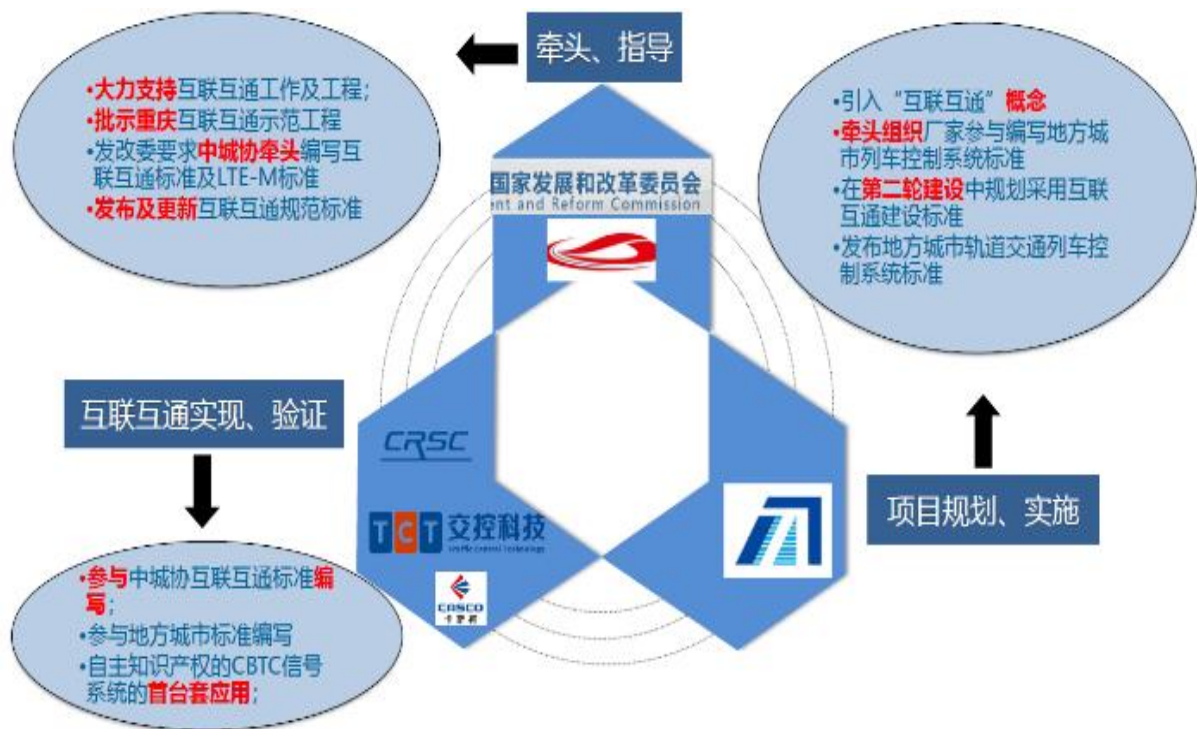


圖 5.3- 3 互聯互通實現分工示意圖

3.互聯互通展現之重大意義

從規劃面與營運面分析說明 CBTC 互聯互通的重大意義，後續值得推行，如圖 5.3-4 及圖 5.3-5 所示。



圖 5.3- 4 互聯互通規劃面的重大意義示意圖

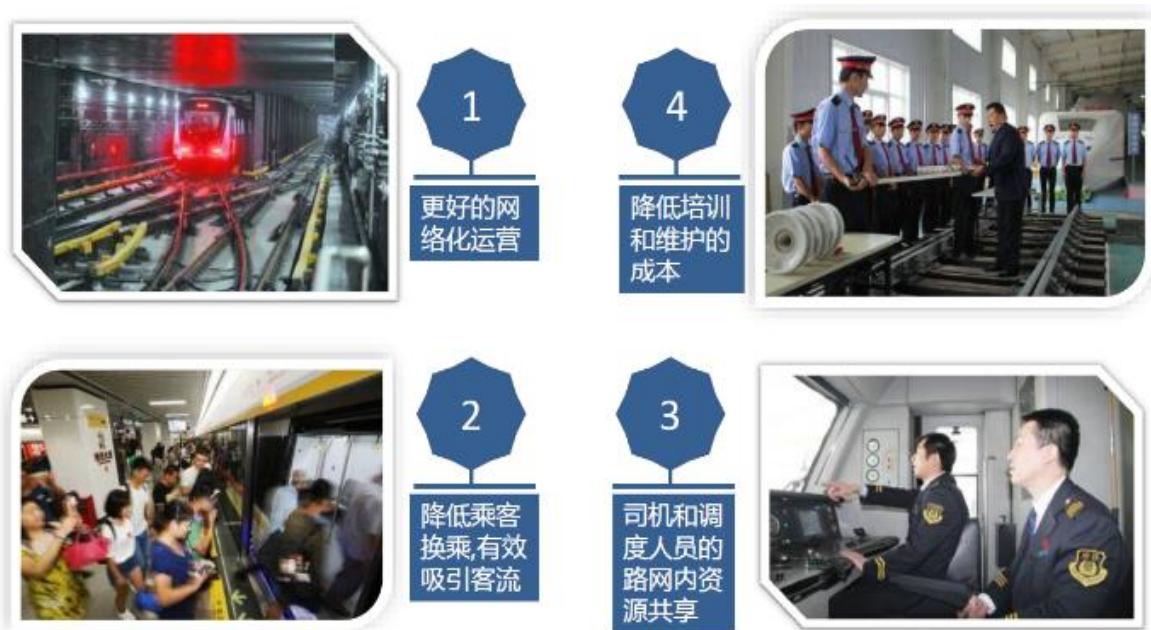


圖 5.3- 5 互聯互通營運面的重大意義示意圖

4.互聯互通發展方向

在城市軌道號誌領域，中國國家示範工程包含重慶地鐵 CBTC 互聯互通工程及北京地鐵燕房線全自動運行系統(FAO)。未來將這兩個國家級示範工程結合並加以拓展，就能構成互聯互通的 FAO 系統，這也是未來大陸城市軌道號誌系統的發展方向，如圖 5.3-6 所示。



圖 5.3- 6 城市軌道交通發展方向示意圖

FAO 運營系統已在北京燕房線得到工程驗證，並且在 2017 年底開通，同時互聯互通 CBTC 系統也取得突破性發展，大陸準備以互聯互通 CBTC 系統為基礎，建立互聯互通 FAO 系統及雲平台，如圖 5.3-7 所示。

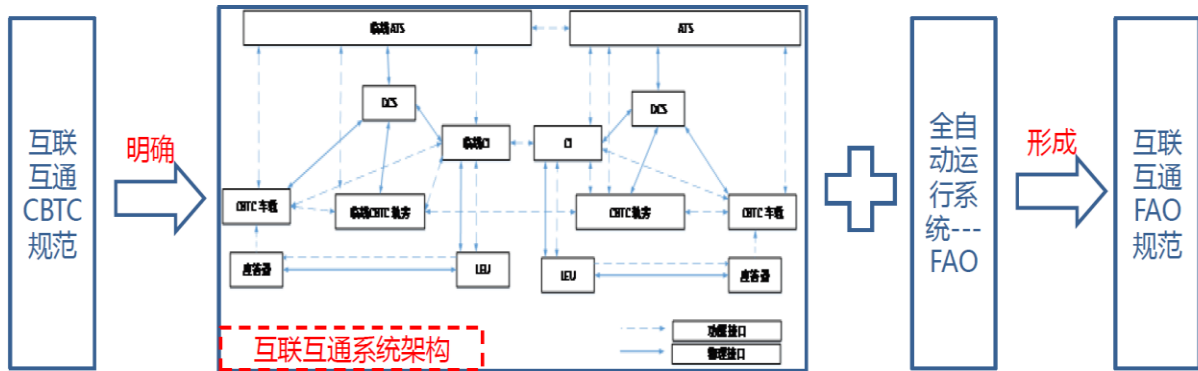


圖 5.3- 7 互聯互通 CBTC 規範提昇為互聯互通 FAO 規範

未來北京軌道交通互聯互通 FAO 科研將與工程相結合方式同步進行，其中科研工作由北京市軌道交通建設管理有限公司及交控科技股份有限公司帶頭，組織相關單位深入研究。在常規 CBTC 互聯互通的基礎上，增加全自動運行系統所需的特殊功能、硬體及接口，修改電子地圖和部分既有接口規範，實現全自動運行系統互聯互通，並且達到下列 2 項目標：

- A. 保證無人控制級和有人控制級的互聯互通。
- B. 保證列車在正常情形下跨線運行不降級、不降速。在異常情形下跨線運行時，故障處理安全、連續、可控。

六、大陸地鐵及台灣鐵路測試規定與差異

6.1 大陸地鐵法規條文【15】

(一)城市軌道交通定義

依據中國國家標準「城市軌道交通技術規範」〔GB50490-2009〕和「城市軌道工程基本術語標準」〔GB/T50883-2012〕對城市軌道交通及其組成訂定明確定義為：「指採用專用軌道導向運行的城市公共客運交通系統，包括地鐵、輕軌交通、單軌交通、有軌電車、磁浮交通、自動導向軌道系統、市域快速軌道系統。」

(二)城市軌道交通建設管理模式

軌道交通建設管理一般以施工現場為中心，以建設單位為主體，以諮詢、監理為中介，建設單位向所在城市政府負責，勘察、設計、施工、監測、檢測、材料物資供應等承建單位通過投標方式承擔工程建設任務。建設單位與審圖、諮詢、監理、勘察、設計、施工、監測、檢測、供應商之間的

關係都是合同關係，建設單位依據合同對上述單位進行履約管理。一般軌道交通工程建設管理模式，如圖 6.1-1 所示。

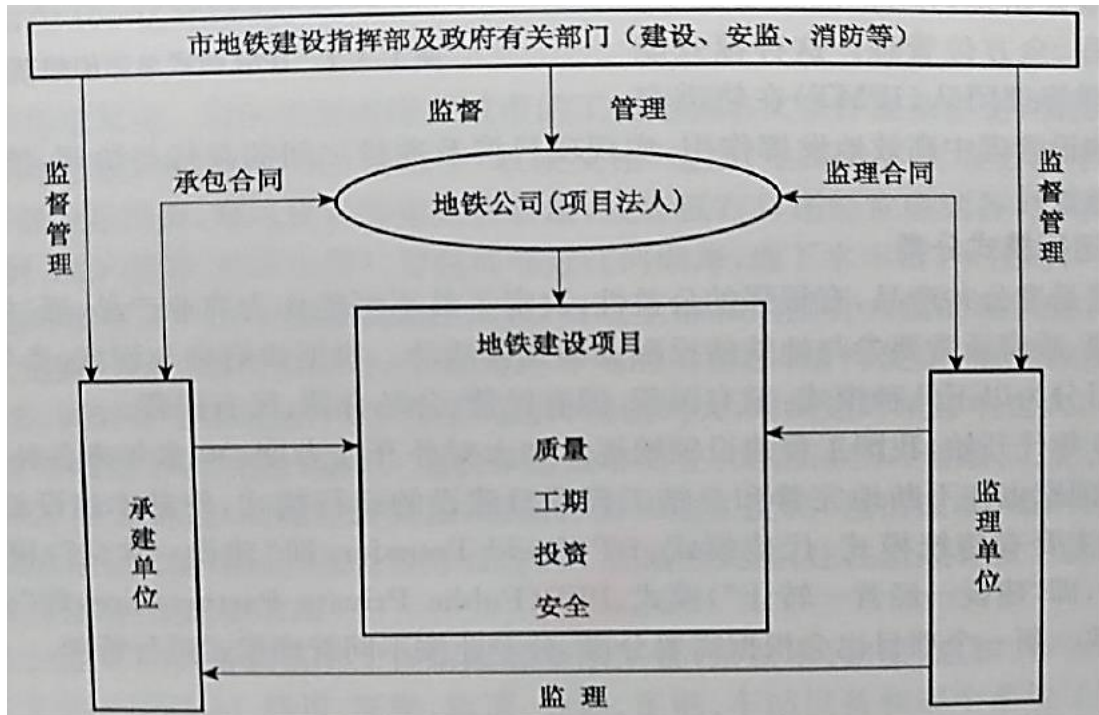


圖 6.1-1 一般軌道交通工程建設管理模式

(三)城市軌道交通建設階段劃分

在「城市軌道交通建設項目管理規範」〔GB50722-2011〕中，城市軌道交通建設項目依據國家基本建設程序，可依序劃分為線網規劃、近期建設規劃、項目可行性研究、工程勘察設計、工程施工、系統聯調與試運行、竣工驗收、項目后評價階段。在「城市軌道交通建設工程驗收管理暫行辦法」〔建質 2014-42 號〕中，將城市軌道交通建設工程驗收分為單位工程驗收、項目工程驗收、竣工驗收三個階段，並將竣工驗收設在試運營之前。

1.單位工程驗收

單位工程驗收是指單位工程完工后，抽查工程設計文件和合同約定內容的執行情況，評價單位工程是否符合有關法律、法規和工程技術標準，是否符合設計文件及合同要求，對各參建單位的質量管理進行評價的驗收。單位工程劃分應符合國家、行業等現行有關規定和標準

2.項目工程驗收

項目工程驗收是指各項單位工程驗收后、試運行之前，確認建設項目工程是否達到設計文件及標準要求，是否滿足城市軌道交通試運行要求的

驗收。

3.竣工驗收

竣工驗收是指項目工程驗收合格后，試運營之前，結合試運行效果，確認建設項目是否達到設計目標及標準要求的驗收。

城市軌道交通建設工程所包括的單位工程驗收合格且通過相關專項驗收后，方可組織項目工程驗收，項目工程驗收合格后，建設單位應組織不載客試運行，試運行 3 個月，並通過全部專項驗收后，方可組織竣工驗收，竣工驗收合格后，城市軌道交通建設工程可履行相關試運營手續。

6.2 大陸地鐵測試及驗收規範-以天津地鐵 4 號線號誌系統為例【16】

(一)檢驗、試驗、調試、開通及驗收

- 1.工廠檢驗：型式試驗、出廠檢驗。
- 2.進場檢驗：到貨檢查、開箱檢驗。
- 3.施工檢驗：完工測試、施工及安裝驗收。(單位工程驗收)
- 4.系統測試：信號系統調試與試驗、信號系統的聯調、綜合聯調。
- 5.工程驗收：專案工程驗收、144 小時連續運行試驗。(項目工程驗收)
- 6.試運行。
- 7.竣工驗收。
- 8.試運營
- 9.最終驗收

(二)各指標計算方法

1.平均無故障時間 (h)

平均無故障時間 (MTBF) 為硬體設備在總的使用階段累計工作時間與故障次數的比值。

$$\text{平均无故障时间} = \frac{\text{累计工作时间 (h)}}{\text{故障次数}}$$

註：

1) ATS 累計工作時間

ATS 累計工作時間=正線、車輛段及主用控制中心 ATS 套數×統計期總小時數。

- 2) 電腦週邊設備累計工作時間=正線、車輛段及控制中心電腦套數
(含顯示器、鍵盤、滑鼠)×統計期總小時數
- 3) 聯鎖累計工作時間=正線、車輛段聯鎖套數×統計期總小時數
- 4) 電源累計工作時間
 - a) 電源屏累計工作時間=正線、車輛段及控制中心電源屏數×統計期總小時數；
 - b) UPS 及電池組累計工作時間=正線、車輛段及控制中心 UPS 及電池組數×統計期總小時數。
- 5) ATP/ATO 地面設備累計工作時間
 - a) ATP 地面電腦累計工作時間=正線、車輛段試車線 ATP 地面電腦套數×統計期總小時數；
 - b) 應答器累計工作時間=正線、車輛段試車線應答器數×統計期總小時數；
 - c) LEU 累計工作時間=正線、車輛段試車線 LEU 套數×統計期總小時數。
- 6) ATP/ATO 車載設備累計工作時間=日均開行列車數×每列車單程執行時間×2×統計期天數
- 7) DCS 累計工作時間
 - a) 交換機累計工作時間=正線、車輛段交換機數×統計期總小時數；
 - b) AP 累計工作時間=正線、車輛段 AP 數×統計期總小時數。
- 8) 計軸累計工作時間=正線、車輛段計軸區段數×統計期總小時數
- 9) 故障次數為：影響系統功能失效的故障次數。

2.平均損毀修復時間

從維修人員接觸故障設備並允許維修到故障設備完全恢復其設計的使用功能所經過的平均時間（扣除由於外界條件終止修復的時間，並且此時間需廠家維修人員和運營單位共同確認）。

3.非期望的緊急制動率（次/萬列公里）

非期望的緊急制動率按下式計算：

$$\text{非期望紧急制动率} = \frac{\text{非期望紧急制动次数}}{\text{行车里程}} \times 10^4$$

4.設備操作成功率（%）

設備操作成功率按下式計算：

$$\text{設備操作成功率} = \frac{\text{总天数} \times \text{每日操作次数} - \text{設備操作失敗次数}}{\text{总天数} \times \text{每日操作次数}} \times 100\%$$

（註：操作包括進路排列、開/關車門、ATO 啟動、自動折返等）

5.停車精度±0.3m 正確率（%）

列車停車精度在±0.3m 按下式計算：

$$\text{停車精度} \pm 0.3\text{m 的正確率} = \frac{\text{总停車次数} - \text{停車精度在} \pm 0.3\text{m 範圍外的次数}}{\text{总停車次数}} \times 100\%$$

6.停車精度±0.5m 正確率（%）

列車精度在±0.5m 的正確率按下式計算：

$$\text{停車精度} \pm 0.5\text{m 的正確率} = \frac{\text{总停車次数} - \text{停車精度在} \pm 0.5\text{m 範圍外的次数}}{\text{总停車次数}} \times 100\%$$

7.自動折返正確率（%）

列車到達折返站能可靠實現自動折返（即不出現自動折返信號）的正確率

按下式計算：

$$\text{自動折返正確率} = \frac{\text{总折返次数} - \text{自動折返不成功次数}}{\text{总折返次数}} \times 100\%$$

8.運行圖兌現率（%）

運行圖兌現率是指線路列車運行圖（時刻表）執行過程中，實際開行列數與計畫開行列數之比，用以表示線路列車運行圖（時刻表）計畫的執行情況。運行圖兌現率按下式計算：

$$\text{運行圖兌現率} = \frac{\text{計劃開行車次} - \text{因信號原因未開行車次}}{\text{計劃開行車次}} \times 100\%$$

9.掉線率（次/萬列公里）

掉線是指列車退離運營正線。因信號原因致使列車未完成列車運行圖（時刻表）所規定的任務記為掉線。掉線率按下式計算：

$$\text{掉线率} = \frac{\text{掉线次数}}{\text{行车里程}} \times 10^4$$

10.正點率（%）

正點率是指統計期內，線路實際開行列車正點次數與實際開行列數之比，用以表示線路對列車運行圖（時刻表）的執行情況。統計期內，線路列車運行圖（時刻表）在執行過程中，列車在始發站出發或到達終到站的時刻與列車運行圖（時刻表）計畫時刻相比大於等於 2 分鐘均統計為晚點。正點率按下式計算：

$$\text{正点率} = \frac{\text{线路实际开行列数} \times 2 - \text{始发到达晚点列车数之和}}{\text{线路实际开行列数} \times 2} \times 100\%$$

11.設備故障率（次/萬列公里）

設備故障是指造成信號系統的功能（有效技術檔中規定的系統應具備的功能）失效的故障。設備故障率按下式計算：

$$\text{设备故障率} = \frac{\text{设备故障次数}}{\text{行车里程}} \times 10^4$$

12.ATP 功能正確率（%）

ATP 安全功能包含以下內容（參考《城市軌道交通信號系統通用技術條件》GB/T 12758-2004）：

- 1) 檢測列車位置、實現列車間隔控制和進路的正確排列
- 2) 監督列車運行速度，實現列車超速防護控制
- 3) 防止列車誤退行等非預期的移動
- 4) 為列車車門、月臺門的開閉提供安全監控資訊

ATP 功能正確率可按下式計算（ATP 功能執行次數=實際開行車次數×全部車站數×4，其中“4”為功能項數量）：

$$\text{ATP功能正确率} = \frac{\text{ATP功能执行次数} - \text{ATP功能执行错误次数}}{\text{ATP功能执行次数}} \times 100\%$$

（註：ATP 功能正確率的指標為 100%，如 ATP 功能執行出現一次錯誤，則該指標不滿足考核要求）

13.信號系統可用性（%）

$$\text{信號系統可用性} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100\%$$

信號系統可用性為各子系統（ATS 設備、電腦週邊設備、聯鎖設備、電源設備、ATP/ATO 地面設備、ATP/ATO 車載設備、DCS 設備、計軸設備）可用性的乘積。

6.3 台灣鐵路測試驗收運營規定

（一）鐵路履勘前置作業

鐵路工程建設完成後，進入鐵路運輸系統履勘作業程序前，必須先行完成自主檢查、自行檢查及聯合檢查等 3 項檢查程序。

1. 自主檢查/自行檢查/聯合檢查程序(以台鐵局路線為例)

各工程處完成鐵路新建(含改建)工程，應先行辦理自主檢查並將缺失項目改善完成後，將改善成果報請鐵道局辦理自行檢查，以確保鐵路運輸系統履勘前置作業(自主檢查/自行檢查/聯合檢查)順利進行。

鐵道局會同工程處完成自行(主)檢查作業程序後，將相關檢查紀錄及缺失改善報告，一併函請台鐵局會同辦理聯合檢查。聯合檢查成員主要為台鐵局運務、工務、機務及電務專業同仁，組成各檢查小組，檢查程序大致和自行檢查一樣，如圖 6.3-1 工程履勘前置作業自行(聯合)檢查流程圖，包括文件檢視、實地勘查及檢討會議，會議檢討文件審視及現地勘查缺失事項，會議結論將缺失事項分類為待改善事項及建議事項。鐵道局工程主辦單位必須將會議結論中各待改善事項完成缺失改善，並提供佐證文件，由各檢查小組成員簽章確認後，相關文件轉由台鐵局併提營運計畫及防災計畫，依交通部履勘作業規定報部同意辦理履勘。

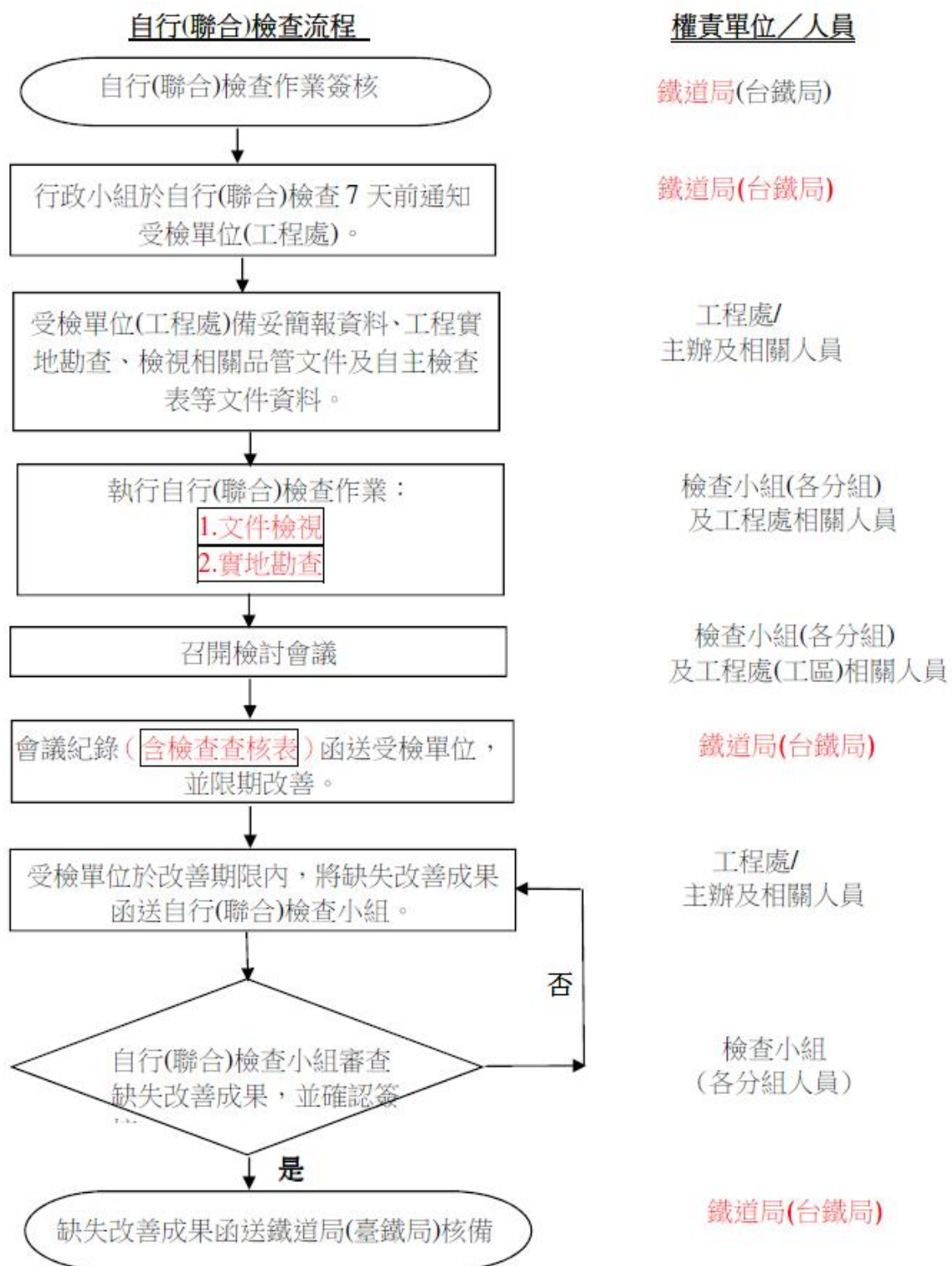


圖 6.3- 1 工程履勘前置作業自行(聯合)檢查流程圖

2. 鐵路履勘作業程序

鐵路運輸系統履勘，其主要精神在於確保完工後之鐵路工程暨行車系統，於工程品質方面達到營運標準，各項系統間均可同步作業及穩定運轉，同時營運機構亦作好通車營運準備，以保障旅客安全及服務品質，爰透過嚴謹之履勘程序，作準確客觀之檢核。鐵路履勘作業程序係在鐵路工程完竣後，由交通部依鐵路法規定就該項工程是否已完成通車營運各項準備，予以瞭解、檢視及勘查，確保其符合行車安全及營運要件，作為通車營運核准之依據。相關履勘作業程序詳圖 6.3-2 鐵路履勘作業流程圖。

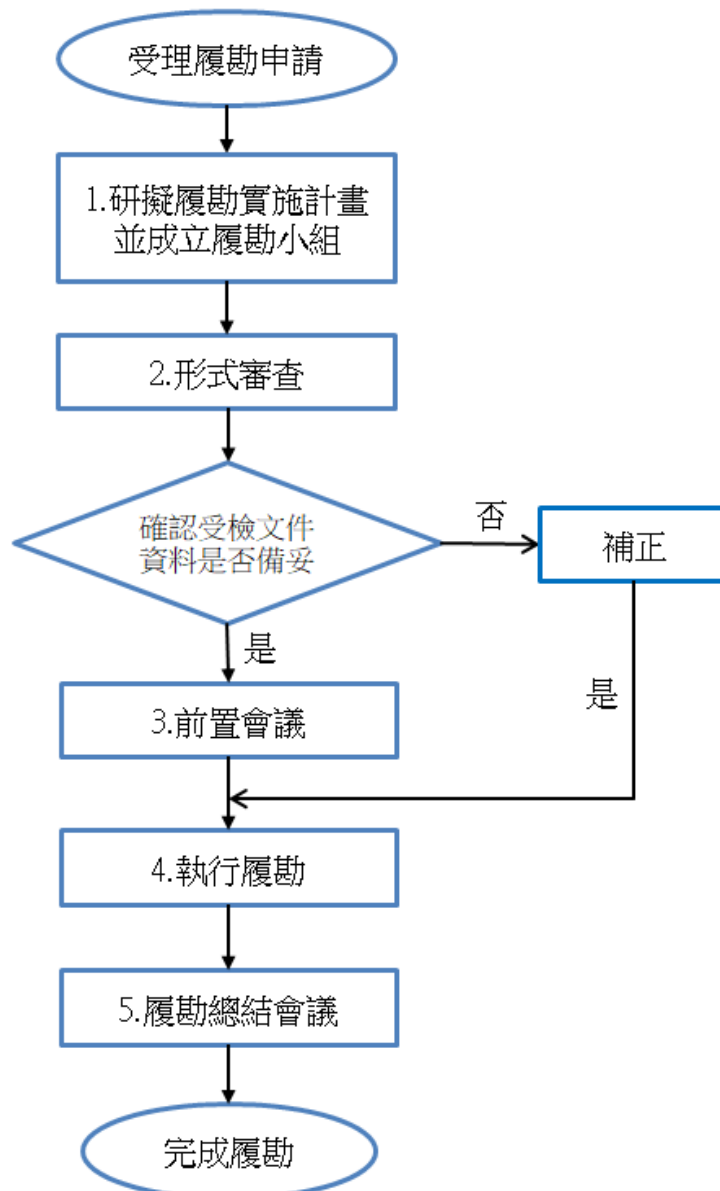


圖 6.3- 2 鐵路履勘作業流程圖

(二) 鐵路運輸系統履勘作業要點【17】

依據中華民國一百零四年五月五日修正「鐵路運輸系統履勘作業要點」第三條規定略以：鐵路營運機構於聯合檢查或竣工檢查後，確認擬通車營運路段已完成下列營運要件，無行車安全之虞，準備通車營運前，應備齊相關文件報請本部派員履勘。該作業要點第三條第(二)項規定應完成系統穩定性測試報告，並提出依未來通車初期營運班表連續七天以上之試運轉報告，且至少包括並達成下列項目：

1. 試運轉期間系統可用度達 98%，其計算方式 = (系統試運轉時間 - 系統延誤影響時間) / 系統試運轉時間。前述系統試運轉時間係指按營運班表表訂所有列車組之行駛時間總和，系統延誤影響時間係指系統或列車延誤超過五分鐘異常事件或事故之延誤時間總和。
2. 試運轉期間平均每日最低可用車組數應大於平均每日列車需求組數。但以既有營運列車調度使用者，得依其營運計畫另就列車編組使用提報基準。
3. 試運轉期間發車率符合 100%，其計算方式 = 實際開行班次數 / 計畫開行班次數。
4. 試運轉期間無發生全線或區間單、雙向營運中斷之系統性故障事件。

(三) 大眾捷運系統履勘作業要點【18】

依據中華民國九十九年七月二十三日 修正「大眾捷運系統履勘作業要點」第三條規定略以：大眾捷運系統工程建設及營運機構依前點規定自行或報請辦理初勘 前，應確認擬通車營運路段已完成下列營運要件，無營運安全之虞。

1. 各項土木建築、軌道及機電工程完竣。
2. 完成系統穩定性測試報告，且至少應包括下列指標：
 - A. 試運轉期間系統可用度，其計算公式 = (系統試運轉時間 - 系統延誤影響時間) / 系統試運轉時間。前述系統延誤影響時間係指系統或列車延誤超過 90 秒之異常事件或事故。
 - B. 平均列車妥善率，其計算公式 = 平均每日尖峰可用車組數 / 平均每日全車隊車組數。

3. 營運必需之人員均已進駐，並完成各項營運規章及計畫之專業訓練及相關模擬演練。
4. 各項必要之土建、機電及營運相關規章、列車運行計畫已訂定完成。
5. 緊急逃生設施、安全防護措施及有關安全標示均已具備。
6. 票務系統測試正常。
7. 提出整體系統之獨立驗證與認證報告。

依據「大眾捷運系統履勘作業要點」第六條規定略以：初勘通過之依據，除應完成履勘前須改善事項外，地方主管機關須已完成營運中斷交通緊急應變計畫，並應提出依未來通車初期營運班表連續 7 天以上之試營運報告，且須符合下列要件：

1. 系統可用度達 99% 以上，且延誤 5 分鐘以上事件不得超過 2 件。
2. 平均列車妥善率達 90% 以上。
3. 系統啟動正常，且不得有發車失敗之情形。
4. 不得發生造成全線或區間單、雙向營運中斷之系統性故障事件。
5. 如為無人駕駛系統，不得於正線發生改採手動駕駛列車模式之情形。

通過初勘程序後，即可函送初勘紀錄及履勘前須改善事項改善完成報告報請交通部履勘。

(四) 台灣鐵路營運路線改建履勘作業

目前台灣鐵路立體化建設大部分臨近既有軌道施工，依照路線的地理及用地條件，採用鐵路地下化或高架化進行立體化規劃施工，這二種立體化施工方式，都同樣面臨必須維持鐵路正常營運條件下，完成工程建設及啟用。如因工程限制或配合營運需要，確實無法在切換軌道或啟用前完成系統穩定性測試者，爰依據交通部在一百零四年五月五日修訂頒布「鐵路運輸系統履勘作業要點」第四條規定略以：鐵路工程主辦機關（構）及營運機構應敘明理由，於完成各項整合測試並確認符合營運要件後，將相關測試報告併同聯合檢查或竣工檢查結果報部。

鐵道局(原鐵工局)為因應「鐵路運輸系統履勘作業要點」增修第四條，無法在切換或通車前完成系統穩定性測試 1 項，配合先行辦理各計畫(或工程)通車前之整合測試，並由工程主辦機關於測試前兩個月召開兩局準備會

議，研商測試方式及各項測試配合事項，制定整合測試報告撰寫大綱，完成整合測試報告時，除併同聯合檢查結果報部備查外，並作為提供履勘委員審議依據。

1. 系統整合測試辦理方式及內容【19】

- A. 工程主辦單位會同營運單位辦理 ATP 動態測試：軌道、電車線、號誌以假切換方式切入新（改）建路線，並安排測試車輛確認整體系統運作正常。
- B. 無法於正式切換前辦理 ATP 動態測試之路段：於正式切換當日及啟用後另行安排非營運時段辦理。
- C. ATP 動態測試結果：經運務、機務、電務、工務等單位參加人員簽認後，由營運單位發布電報。
- D. 整合測試時間：配合臺鐵營運需要，整合測試作業宜選擇夜間時段進行，將對臺鐵營運影響降至最低。各子系統的測試結果需涵蓋在整合測試報告內。
- E. 查核表簽認層級：「鐵路運輸系統整合測試查核表」簽認層級為鐵道局各工程處及臺鐵局各段之運務、工務、機務、電務（含號誌、電力）參與測試人員。前項簽認係兩局對整合測試報告及符合營運要件作切換通車前之最終確認。
- F. 電報：臺鐵局為「整合測試」簽發之相關電報，即應以明確之「整合測試」名義拍發，參加會試相關單位應選派主管主持測試作業，本項電報亦應納入測試報告。

2. 系統整合測試報告撰寫架構【19】

- A. 前言：包括目的及辦理依據/電力系統/號誌系統/電訊系統/軌道系統/行車運轉
- B. 系統整合測試：包括：測試方法及程序/系統整合測試項目
- C. 系統整合測試結果
- D. 附件

6.4 大陸和台灣鐵路測試規定差異

本次考察大陸鐵路系統機電工程整合測試的過程，所參訪的單位及交流經驗，大部分以大陸城市軌道交通地鐵信號(台灣稱為捷運號誌)為主，高鐵信號為輔，綜整本章節中兩岸三地對地鐵建設及運營主要差異摘要說明如下：

(一)建設計畫制度差異

大陸軌道交通建設，根據政府參與程度、參與方式的不同，在軌道交通工程管理，可分為國有國營、國有民營、公私合營、民有民營等 4 種投資經營方式。自從 20 世紀 80 年代改革開放開始，使基礎建設趨於多元化、規範化、市場化。目前主要有傳統模式、代建模式、BT(Build-Transfer, 即建設-移交)模式、BOT(Build-Operate-Transfer, 即建設-經營-轉讓)模式、PPP(Public-Private-Partnerships, 即公共部門-私人企業-合作)模式，目前主要還是採用傳統模式，由政府單位如北京市軌道交通建設管理有限公司專負責軌道交通新建線路的設計、施工、車輛、設備招標、評標和決標，組織軌道交通新建線路的土建結構、建築裝修、設備安裝工程及相應市政配套工程的實施，組織軌道交通新建線路的系統調試、開通、驗收直至交付試運營全過程的建設管理。建設期間成立全資子公司如北京市軌道交通營運管理有限公司，經營北京地鐵如燕房線的營運工作。資金來源主要為政府計畫性投資興建后接管經營，建設契約主要分為承建單位、監理單位(監造)，監督單位(考核)及第三公證單位(驗證及認證)，並以統包及責任施工制度辦理招標。

(二)測試驗收規範差異

大陸城市軌道交通建設工程測試及驗收規範，以天津地鐵 4 號線號誌系統為例，訂定許多設備及系統功能性量化指標，如平均無故障時間、平均損毀修復時間、非期望的緊急制動率(次/萬列公里)、設備操作成功率(%)、停車精度 $\pm 0.3m$ 正確率(%)、自動折返正確率(%)、運行圖兌現率(%)、掉線率(次/萬列公里)、正點率(%)、設備故障率(次/萬列公里)、ATP 功能正確率(%)、信號系統可用性(%)，值得我們參考使用。

依據我國「大眾捷運系統履勘作業要點」第六條規定略以：地方主管機關

提出依未來通車初期營運班表連續 7 天以上之試營運報告，須符合下列 2 項量化要件：

1. 系統可用度達 99% 以上，且延誤 5 分鐘以上事件不得超過 2 件。
2. 平均列車妥善率達 90% 以上。

(三) 測試驗收程序差異

城市軌道交通建設工程驗收分為單位工程驗收、項目工程驗收、竣工驗收三個階段，並將竣工驗收設在試運營之前。城市軌道交通建設工程所包括的單位工程驗收合格且通過相關專項驗收后，方可組織項目工程驗收，項目工程驗收合格后，建設單位應組織不載客試運行，試運行 3 個月，並通過全部專項驗收后，方可組織竣工驗收，竣工驗收合格后，城市軌道交通建設工程可履行相關試運營手續。

依據我國「鐵路運輸系統履勘作業要點」係在鐵路工程完竣後，進入鐵路運輸系統履勘作業程序前，必須先行完成自主檢查、自行檢查及聯合檢查等 3 項檢查程序。由交通部依鐵路法規定就該項工程是否已完成通車營運各項準備，予以瞭解、檢視及勘查，確保其符合行車安全及營運要件，作為通車營運核准之依據。

(四) 驗收運營規範差異

在大陸「城市軌道交通建設工程驗收管理暫行辦法」〔建質 2014-42 號〕中，將城市軌道交通建設工程驗收分為單位工程驗收、項目工程驗收、竣工驗收三個階段，不僅需完成階段性驗收后，才能進行下一階段驗收，同時配合階段性驗收，進行試運行、試運營及最終驗收系統性能檢核作業。

以天津地鐵 4 號線號誌系統為例，主要相關作業程序為：

單位工程驗收》項目工程驗收》試運行》竣工驗收》試運營》最終驗收。我國目前主要公共工程契約規範為完工驗收或部分完工驗收，承商必須配合目標里程碑完成通車前必要項目，達到通車條件後，進行最後完工驗收。

七、 考察心得及建議事項

7.1 考察心得

本次赴大陸地區考察行程雖然無法參訪大陸北京中科院及軌道驗證中心等主要公企鐵路單位，經協商調整為參訪民間企業為主，如：中國鐵路通信信號股份有限公司、雷卡多北京辦公室、北京和利時系統工程有限公司等單位，反而減少許多政治敏感問題的束縛，更能從不同角度深入了解，大陸近年在鐵路發展可謂突飛猛進。

中國的鐵路從 1997 年至今，中國鐵路已進行了 6 次大規模的提速，在此期間，鐵路的電氣化、高速化改造也同步進行。根據規劃到 2020 年，中國鐵路總長度將達到 15 萬公里，其中高速鐵路 3 萬公里。而臺灣鐵路在 1970 年代起臺鐵隨著十大建設也進行西部幹線電氣化與東部鐵路幹線的擴展，海峽兩岸先後進行計畫性的鐵路建設，大陸除了擁有政治集權、腹地廣大及人口紅利等優勢外，其他在建設制度、測試規範及技術提昇等部分作為，就值得我們深入探討，以下就臚列幾項：

(一) 建設計畫一條龍制度

大陸由政策略指導方針定調鐵路建設計畫後，融合訂定標準規範、創新鐵路技術、執行產官學合作、從建設至營運一貫作業，都有專責單位配合執行。就以北京地鐵燕房線為例，由中國城市軌道交通協會主導技術規範訂定技術規範，包括產品開發及系統交叉測試等工程應用規範，如目前大陸採用雙向無線通訊 LTE-M(4G)系統，北京市軌道交通建設管理有限公司負責軌道設計招標、評標和決標，燕房線的信號系統和綜合監控系統的總包商是北京交通大學的交控科技股份有限公司，採用北京交通大學研製的列車自動控制通信系統，並由北京市軌道交通建設管理有限公司負責營運維管。

由於燕房線是大陸第一條具有完全自主智慧財產權的軌道交通全自動運行的路線，大陸在 2018 年 6 月由國家發展和改革委員會發表「軌道交通 CBTC 信號系統互聯互通建設指導」白皮書，訂定軌道交通全自動運行 FAO 系統建設準則。

(二) 統包商、監造監理、第 3 方驗證及認證權責分明

大陸軌道交通建設有國有國營、國有民營、公私合營、民有民營等 4 種投資經營方式，近年來也推動 PPP(公共部門-私人企業-合作)模式，但目前還是以國有國營為主，資金來源主要為政府計畫性投資興建后接管經營，建設契約主要分為承建單位、監理單位(監造)，監督單位(考核)及第 3 方驗證及認證單位，並以統包及責任施工制度辦理招標，權責分明。

(三) 全生命週期的建設營運契約

由於大陸軌道交通建設以統包及責任施工制度辦理招標，在契約訂定工程全生命週期機制，可以減少施工標界面，最低標品質不良情形。大陸在「城市軌道交通建設工程驗收管理暫行辦法」中，將城市軌道交通建設工程驗收分為單位工程驗收、項目工程驗收、竣工驗收三個階段，並將竣工驗收設在試運營之前。系統機電統包商還需配合運營階段的維管條件，維持至少 5 年的維管任務，以天津地鐵 4 號線號誌系統為例，在竣工驗收後，還有運營階段的最後驗收。

(四) 量化測試驗收標準

大陸地鐵測試及驗收規範從產品、施工、試營行到試運營的檢驗、試驗、調試、開通及驗收，各階段都明訂規範及準則，配合監造及監理機制，由第 3 方公證同時辦理驗證及認證，相關測試驗收標準大部分以量化為基準。如天津地鐵 4 號線號誌系統為例，訂定許多設備及系統功能性量化指標。

(五) 成立驗證中心提昇專業技術

由中國鐵道科學研究院管理的鐵道試驗中心其主要用途是對鐵路車輛、城市軌道交通車輛、基建設施、通訊信號、電氣化技術等多方面進行全面測試，如同日本的鐵道綜合技術研究所，成為 JR 集團成員後，繼承原日本國鐵內的技術開發部門、鐵道技術研究所和鐵道勞動科學研究所等機構的業務。這次考察可惜無法參訪大陸鐵道科學研究院的軌道驗證中心，但以發展鐵道交通建設而言，成立驗證中心是提昇專業技術的不二法門。

7.2 建議事項

本次考察參訪單位主要建設包括地鐵及高鐵工程，而參訪期間，各單位呈現資料及交流過程，大部分偏向號誌及通訊系統的業務，對於參訪單位的施工

經驗及測試程序，可以提供日後鐵道交通執行各計畫規劃設計及施工切換參考。
就本次赴大陸地區考察後，提供下列幾項建議事項：

(一) 調整招標機制、置入全生命週期策略

為減少施工標界面，最低標品質不良情形，儘量以統包方式將工程全生命週期的任務置入契約，不僅可以要求廠商技術轉移條件，同時維持營運期間的商轉穩定性。

(二) 訂定國際標準規範、量化規範標準

在全生命週期的工程建設原則下，應以國際標準規範為主，明定各階段測試、驗收及商轉規範，並且儘量量化允收標準。

(三) 成立軌道驗證中心技術轉移，創新專利

軌道鐵路建設產品及系統功能，必須符合國際標準規範才有市場商機，成立國內的軌道驗證中心，是經由產官學合作機制，符合人才、產品、技術同步提昇的條件下，完成技術轉移及創新任務。

(四) 利用自動化機具，加速工程建設。軌道專用機具如軌道巡查車、電車線檢驗車等。

八、 參考文獻

- 【1】 京津城際鐵路-百度百科，20181117。
- 【2】 北京南站-維基百科，自由的百科全書，2018.08.30。
- 【3】 天津站-維基百科，自由的百科全書，2018.05.29。
- 【4】 北京市軌道交通建設管理有限公司-維基百科，自由的百科全書，2018.07.16。
- 【5】 中國通號-維基百科，自由的百科全書，2018.07.26。
- 【6】 中國通號企業-中國通號網站，2018.11.14。
- 【7】 北京和利時系統工程有限公司-百度百科，2018.11.14。
- 【8】 北京和利時集團-和利時網站，2018.11.18。
- 【9】 雷卡多鐵路網站，2018.12.29。
- 【10】 北京地鐵-維基百科，自由的百科全書，2018.12.08。
- 【11】 廣深港高速鐵路-維基百科，自由的百科全書，2018.12.15。
- 【12】 香港段高鐵路聯調聯試-北京和利時，香港高速铁路项目经验交流簡報，北京，2018.11.30。
- 【13】 北京地鐵燕房線-維基百科，自由的百科全書，2018.06.04。
- 【14】 互联互通的 CBTC 系统发展趋势及建议-軌道交通建設經驗交流簡報，北京，北京市軌道交通建設公司，2018.11.26。
- 【15】 江蘇省建設工程質量監督總站及南京市軌道交通建設工程質量安全監督站編，城市軌道交通工程-質量監督實務，南京：東南大學出版社，2017.11 第一版。
- 【16】 天津地鐵 4 號線號誌系統檢驗測試及驗收參考規範，北京，雷卡多北京辦公室，2018.12.09。
- 【17】 交通部，交路字第 1040012693 號函，「鐵路運輸系統履勘作業要點」，台北，2015.05.05。
- 【18】 交通部，「大眾捷運系統履勘作業要點」，台北，2010.07.23。
- 【19】 陳文淇，「勘作業要點修正後相關通車前準備工作之變革」簡報，板橋，鐵工局，2016.06.15。