

西班牙捷運系統考察報告

服務機關：臺南市政府

姓名職稱：秦繼孔代理處長

派赴國家：西班牙

出國期間：中華民國 108 年 5 月 31 日至 6 月 7 日

報告日期：中華民國 108 年 12 月 31 日

出國報告摘要

報告名稱：西班牙國際鐵路會議報告

頁數：65

主辦機關/連絡人/電話：臺南市政府交通局/秦繼孔/06-2991111#1035

出國人員/服務機關/職稱：臺南市政府 秦繼孔 1 人

出國類別：參加第七屆國際鐵路會議

出國地區：西班牙

出國期間：108 年 5 月 31 日至 108 年 6 月 7 日

報告日期：108 年 12 月 31 日

內容摘要：

本次參訪係西班牙商務辦事處邀請，參加西班牙馬拉加市「第七屆國際鐵路會議」，該會議由西班牙鐵路協會及西班牙對外貿易投資促進局所共同舉辦。

此次會議目的，係邀請世界各國正在發展軌道計畫的城市與西班牙當地軌道相關業者會談，及加強各國軌道技術及計畫推動交流活動。

服務機關：臺南市政府

姓名職稱：秦繼孔

目 錄

	頁次
第一章 緣由.....	1
第二章 西班牙馬拉加市簡介.....	3
第三章 主要心得與建議事項.....	31
● 主要心得.....	31
一. 軌道交通信號系統（ATC）.....	31
（一） 列車自動監控系統（Automatic Train Supervision，簡稱ATS）.....	31
（二） 自動防護系統（Automatic Train Protection，簡稱ATP）.....	33
（三） 自動營運系統（Automatic Train Operation，簡稱ATO）.....	34
二. 輕軌號誌控制系統.....	47
（一） 整體號控系統說明.....	47
（二） 聯鎖系統.....	52
（三） 輕軌平交路口號誌控制機制.....	55
● 建議事項.....	61
第四章 效益評估.....	63
參考文獻.....	64

圖目錄

頁次

圖 1 馬拉加市相關資料圖.....	4
圖 2 馬拉加市人口變化圖.....	6
圖 3 下榻 NH 飯店，鐵路年會也在這裡舉辦.....	7
圖 4 NH 飯店前的河流，常年是沒水的，所以開放給民眾運動.....	7
圖 5 馬拉加街景 停車蠻守規矩.....	8
圖 6 馬拉加街景 施工防護措施.....	8
圖 7 馬拉加街景 人行道中間用欄干阻隔.....	9
圖 8 馬拉加街景還開放做生意 這是合法的 前面是公車站牌.....	9
圖 9 馬拉加公車站牌加廣告.....	10
圖 10 馬拉加公車站牌內資訊標示加廣告.....	11
圖 11 馬拉加街道公共休閒設施及攤位.....	12
圖 12 馬拉加街道公共休閒設施及攤位.....	12
圖 13 馬拉加街道公共休閒設施及攤位再加機車停車.....	13
圖 14 馬拉加街道上指示標示還有街燈及歐式建築物.....	13
圖 15 馬拉加街道公車站牌 只是站牌設在對面.....	14
圖 16 馬拉加街道防護措施 類似台灣反復式導桿.....	14
圖 17 馬拉加街道 都是風景.....	15
圖 18 馬拉加街道 都是風景又乾淨沒有一堆鐵窗.....	15
圖 19 馬拉加在路中間的公車站牌.....	16
圖 20 馬拉加街道沒有停車格的停車停的真好.....	16
圖 21 馬拉加街道夜景.....	17
圖 22 馬拉加街道夜景，很藝術也很文化.....	17
圖 23 馬拉加街道夜景加燈光.....	18
圖 24 馬拉加街道夜景.....	18
圖 25 馬拉加車站.....	19
圖 26 馬拉加車站標示牌.....	19
圖 27 馬拉加車站屋頂採光.....	20
圖 28 馬拉加車站屋頂採光.....	20
圖 29 馬拉加車站標示.....	21
圖 30 馬拉加車站電扶梯，採用果嶺式設計，即像大賣場推著手推車走的電扶梯，行動中是平坦的，台灣車站一般採用階梯式的，方便站人.....	21
圖 31 馬拉加車站的高鐵車頭扁平像鴨嘴.....	22
圖 32 馬拉加車站的高鐵月台，造型設有採光罩兼具採光功能.....	22
圖 33 馬拉加車站的高鐵月台.....	23

圖 34	馬拉加車站的高鐵車廂，與月台間隙與高差有點大.....	23
圖 35	NH 飯店內展開與各國的軌道資訊交流(1).....	24
圖 36	NH 飯店內展開與各國的軌道資訊交流(2).....	25
圖 37	主辦單位貼心準備國旗.....	25
圖 38	西班牙卡夫輕軌，高雄一階輕軌的廠商，二者外觀一致.....	26
圖 39	西班牙卡夫輕軌車廂，內裝及座椅跟高雄有些不同.....	26
圖 40	西班牙卡夫輕軌還有警衛.....	27
圖 41	馬拉加卡夫輕軌機廠內的月台(不提供一般旅客上下車).....	27
圖 42	西班牙卡夫輕軌是有電車線的，高雄是採超級電容.....	28
圖 43	馬拉加卡夫輕軌機廠參訪.....	28
圖 44	馬拉加卡夫輕軌機廠內控制中心(OCC)，人員也非常精簡.....	29
圖 45	馬拉加到處可見城堡.....	29
圖 46	馬拉加人行道上的擺位子做生意，早上八點還沒開張.....	30
圖 47	ATC 示意圖	36
圖 48	固定閉塞 ATC 系統.....	39
圖 49	CBTC 基本架構示意圖	42
圖 50	Moving Block 基本顯示圖	42
圖 51	列車的軌道通訊系統流程圖.....	47
圖 52	平面交通號誌管理系統.....	48
圖 53	列車對軌道通訊系統流程圖.....	49
圖 54	列車駕駛室配置.....	50
圖 55	車載號誌傳控流程.....	50
圖 56	行控中心佈設示意圖.....	51
圖 57	列車的號誌系統流程圖.....	53
圖 58	一般型路口示意圖.....	56
圖 59	平交路口近端設站型示意圖.....	57
圖 60	單純路口型示意圖.....	58
圖 61	平面路口號誌控制流程圖.....	58
圖 62	軌道行控中心與交控中心控管軌旁號誌及平面道路交通號誌流程圖.....	59
圖 63	夾雜車站型路口示意圖.....	60
圖 64	高雄輕軌路口號誌控制示意圖.....	60

表目錄

頁次

表 1 7th International Railway Convention.....	2
表 2 2011 年馬拉加市外國移民人排名.....	5
表 3 CBTC 與 ATP/TD 比較表(兩種跨座式單軌號誌系統比較).....	44
表 4 世界主要之 RF-CBTC 鐵道產品及供應商一覽表.....	45
表 5 世界各國目前使用主要之 RF-CBTC 鐵道通訊傳輸技術一覽表.....	45
表 6 平面路口淡海輕軌與高雄輕軌的比較表.....	51
表 7 基本架構與車輛諸元表.....	52

第一章 緣由

本次參訪係西班牙商務辦事處邀請，參加西班牙馬拉加市「第七屆國際鐵路會議」，該會議由西班牙鐵路協會及西班牙對外貿易投資促進局所共同舉辦。

此次會議目的，係邀請世界各國正在發展軌道計畫的城市與西班牙當地軌道相關業者會談，及加強各國軌道技術及計畫推動交流活動。

本次參訪行程，係受西班牙商務辦事處邀請參加，並負擔所有費用，費用包括台灣與西班牙來回經濟艙機票、全程住宿與餐食。

西班牙「第七屆國際鐵路會議」行程

表 1 7th International Railway Convention

日期	行程	備註
5/31(五)	去程：台北→阿姆斯特丹(荷蘭)→馬拉加(西班牙)	班機時刻： KL 808 31 MAY TPEAMS 2355 0655+1 KL2539 01JUN AMSAGP 0910 1210
6/1(六)	抵達會議舉辦地：西班牙馬拉加	
6/2(日)	搭乘西班牙高鐵 AVE 前往 Cordoba 城市參訪及馬拉加火車站 Maria Zambrano Station 技術參訪	
6/3(一)~6/5(三)	第七屆國際鐵路會議： 1.與業者 1 對 1 會談 2.軌道專家論壇 3.綜合交流 4.技術參訪(6/4 參訪媽拉加地鐵)	與業者 1 對 1 會談，目前規劃與以下 10 個業者會談： CAF power Danobat Talgo SICE Arcelormittal CETEST La Farga Lacambra GMV TYPESA Arteche
6/6(四)	回程：馬拉加(西班牙)→阿姆斯特丹(荷蘭)→台北	班機時刻： KL2652 06JUN AGPAMS 1305 1610 KL 807 06JUN AMSTPE 2055 1500+1
6/7(五)	抵達台灣	

第二章 西班牙馬拉加市簡介

馬拉加（西班牙語：Málaga，西班牙語：['malaya]）是位於西班牙南部安達魯西亞、地中海太陽海岸的一個城市，也是馬拉加省的省會，西班牙的第二大港口。據2015年估算，它擁有人口572,947人。而整個馬拉加都市圈人口約為1,074,074，是西班牙五大都市圈之一。馬拉加被群山和兩條注入地中海的河流所環抱，其主要收入來源於農業和旅遊觀光業。與伊比利的其他城市一樣，融入了伊斯蘭和基督的文化。

馬拉加山脈穿過該市東北部，山脈最高點為1032米。該市西側是馬哈斯山脈。

馬拉加位於安達魯西亞-地中海盆地，有兩條重要河流經過該市：瓜達洛塞河和瓜達爾麥迪娜河，這兩條河流最終注入地中海，並在此地形成了一個沿海沖積平原。然而降雨的不規則性，導致這兩條河流的水道在夏季通常仍是乾燥狀態。

馬拉加屬於亞熱帶-地中海式氣候。冬季溫和，夏季炎熱。馬拉加日照時間較長，年降水天數在40-45天左右。從地中海吹來的季風能夠調節馬拉加夏季的氣溫。

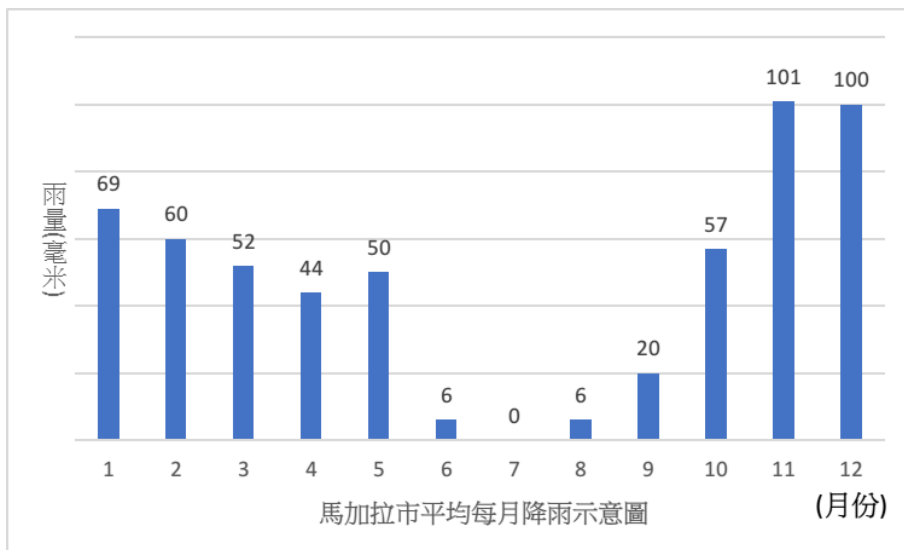
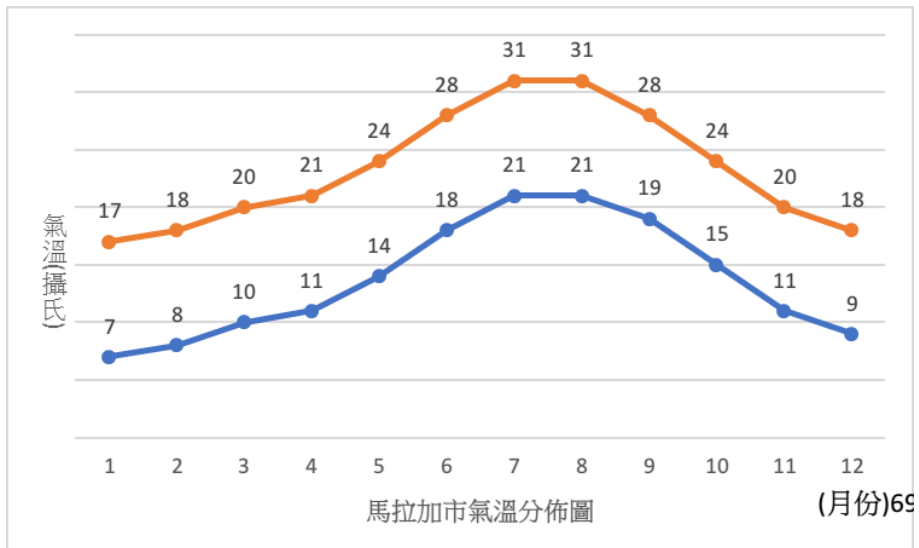
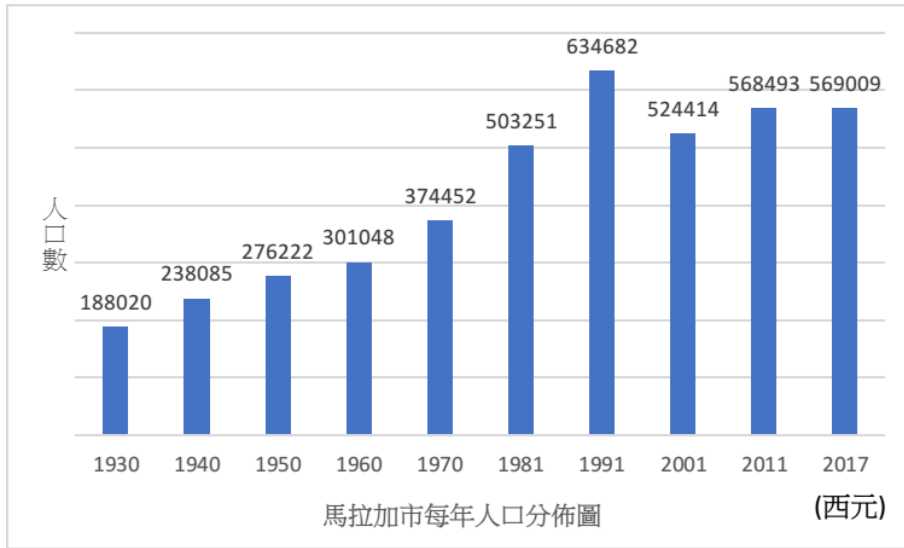


圖 1 馬拉加市相關資料圖

自20世紀末以來，大量國外移民進入馬拉加市。外國居民在2011年達到47925人，占當時馬拉加市人口總數的8.43%。移民的來源主要是摩洛哥，巴拉圭，羅馬尼亞，烏克蘭，阿根廷，奈及利亞，義大利和中華人民共和國。其中少數族裔羅姆人社區人口不到2%。

馬拉加是著名的旅遊勝地，每年會接待大量的遊客。有各種非常便宜的包機往返於馬拉加和阿姆斯特丹及倫敦之間。許多遊客到馬拉加來享受好天氣和美麗的太陽海岸。

2010年，馬拉加市人口的平均收入為18588歐元。

表 2 2011 年馬拉加市外國移民人口排名

國家	人口	國家	人口	國家	人口
 摩洛哥	8251	 中國	2223	 德國	900
 巴拉圭	3818	 哥倫比亞	1910	 英國	818
 羅馬尼亞	3338	 玻利維亞	1478	 俄羅斯	768
 烏克蘭	3160	 保加利亞	1350	 委內瑞拉	620
 阿根廷	3129	 巴西	1171	 烏拉圭	536
 奈及利亞	2726	 法國	1073	 葡萄牙	502
 義大利	2325	 厄瓜多	788	 智利	379

馬拉加市除了農作物以外，還盛產番紅花和辰砂、珊瑚等。

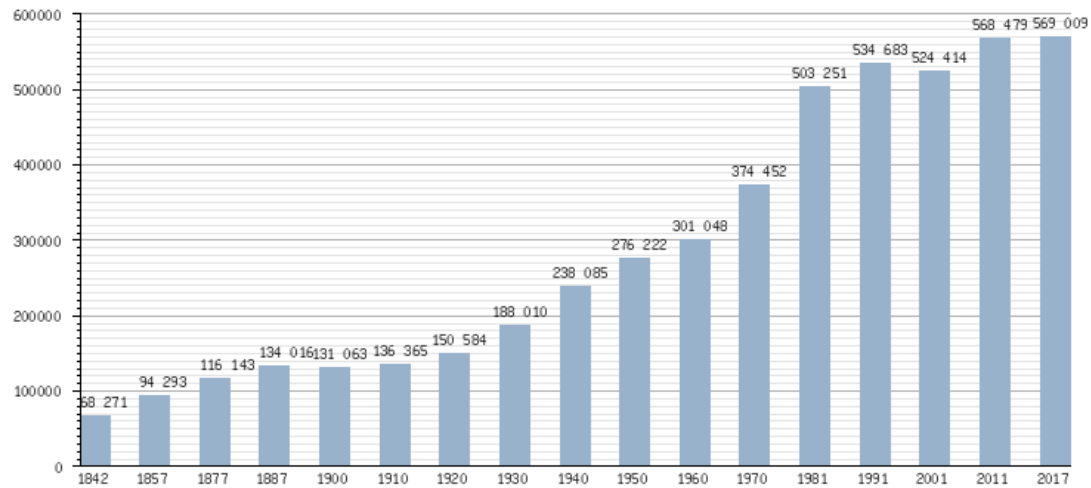


圖 2 馬拉加市人口變化圖

馬拉加市人口也不過五十幾萬，可是市區捷運路網也非常發達，台南市人口約188萬，原台南府城人口就約100萬人，不管就主客觀條件來說，都有發展捷運路網的條件。



圖 3 下榻NH飯店，鐵路年會也在這裡舉辦



圖 4 NH飯店前的河流，常年是沒水的，所以開放給民眾運動



圖 5 馬拉加街景 停車蠻守規矩



圖 6 馬拉加街景 施工防護措施



圖 7 馬拉加街景 人行道中間用欄干阻隔



圖 8 馬拉加街景還開放做生意 這是合法的 前面是公車站牌



圖 9 馬拉加公車站牌加廣告



圖 10 馬拉加公車站牌內資訊標示加廣告



圖 11 馬拉加街道公共休閒設施及攤位



圖 12 馬拉加街道公共休閒設施及攤位



圖 13 馬拉加街道公共休閒設施及攤位再加機車停車



圖 14 馬拉加街道上指示標示還有街燈及歐式建築物



圖 15 馬拉加街道公車站牌 只是站牌設在對面



圖 16 馬拉加街道防護措施 類似台灣反復式導桿



圖 17 馬拉加街道 都是風景



圖 18 馬拉加街道 都是風景又乾淨沒有一堆鐵窗

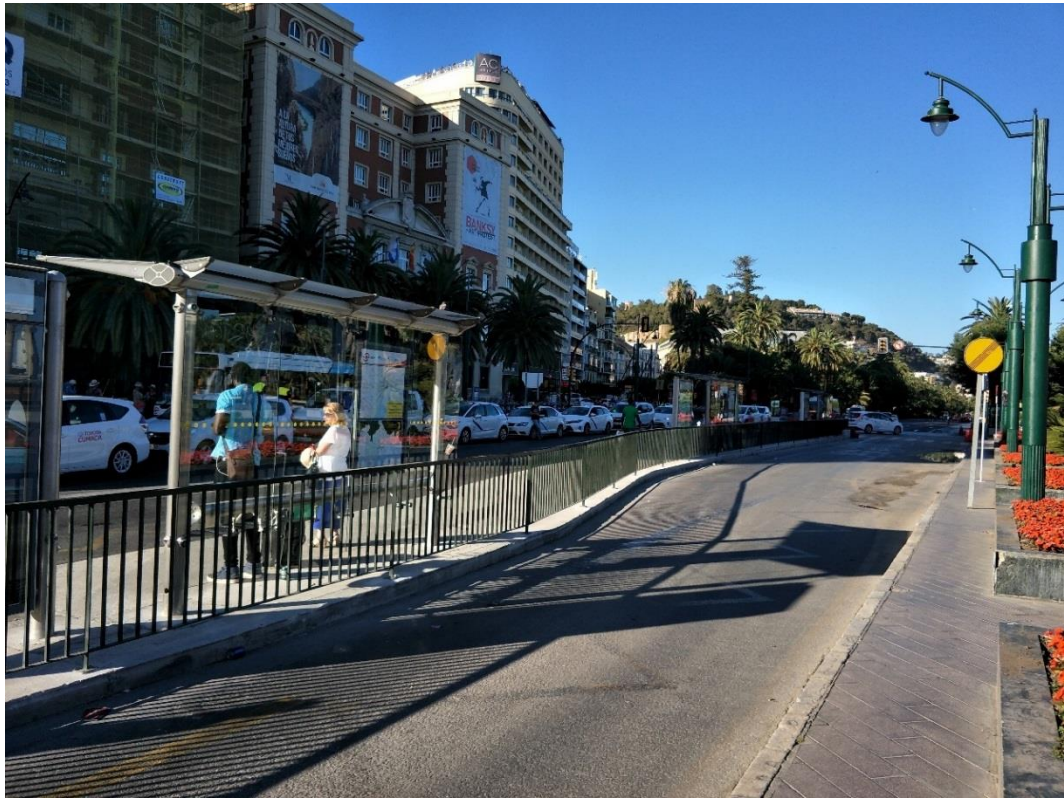


圖 19 馬拉加在路中間的公車站牌



圖 20 馬拉加街道沒有停車格的停車停的真好



圖 21 馬拉加街道夜景

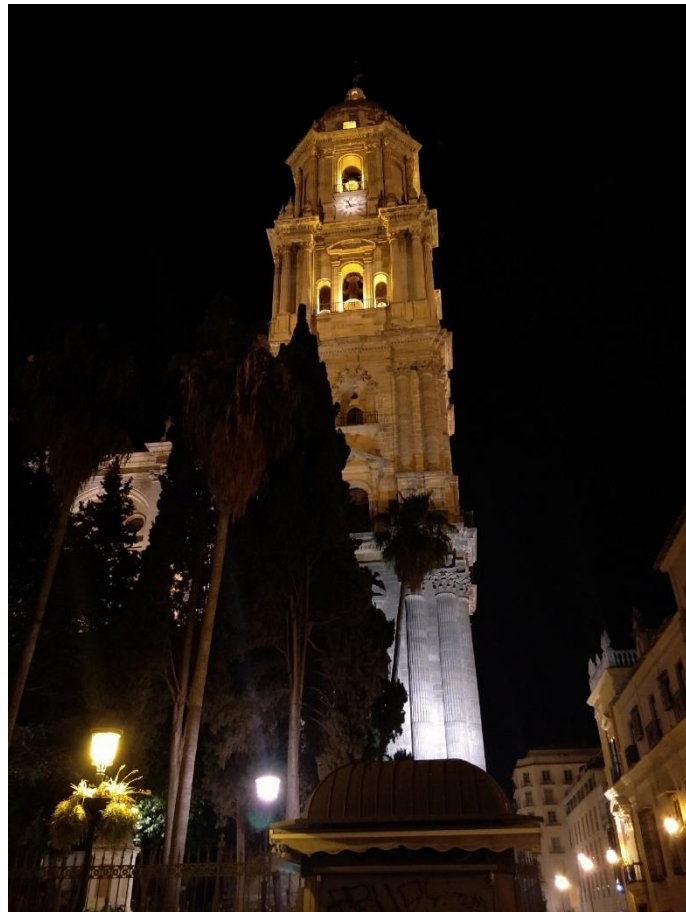


圖 22 馬拉加街道夜景，很藝術也很文化



圖 23 馬拉加街道夜景加燈光



圖 24 馬拉加街道夜景



圖 25 馬拉加車站



圖 26 馬拉加車站標示牌



圖 27 馬拉加車站屋頂採光



圖 28 馬拉加車站屋頂採光



圖 29 馬拉加車站標示



圖 30 馬拉加車站電扶梯，採用果嶺式設計，即像大賣場推著手推車走的電扶梯，行動中是平坦的，台灣車站一般採用階梯式的，

方便站人



圖 31 馬拉加車站的高鐵車頭扁平像鴨嘴



圖 32 馬拉加車站的高鐵月台，造型設有採光罩兼具採光功能



圖 33 馬拉加車站的高鐵月台



圖 34 馬拉加車站的高鐵車廂，與月台間隙與高差有點大

哥多華 Cordoba 位在西班牙安達魯西亞自治區，是安達魯西亞自治區第三大的城市，伊斯蘭教哈里發國時期曾經將首都建於此，曾經是西歐最大的城市。後來雖然被基督教收復，但哥多華還是保留了許多伊斯蘭文化。是一個很有味道的小鎮，主辦單位安排去基督教君主城堡清真寺百花巷三個地點參訪。



圖 35 NH 飯店內展開與各國的軌道資訊交流(1)



圖 36 NH 飯店內展開與各國的軌道資訊交流(2)



圖 37 主辦單位貼心準備國旗



圖 38 西班牙卡夫輕軌，高雄一階輕軌的廠商，二者外觀一致



圖 39 西班牙卡夫輕軌車廂，內裝及座椅跟高雄有些不同



圖 40 西班牙卡夫輕軌還有警衛



圖 41 馬拉加卡夫輕軌機廠內的月台(不提供一般旅客上下車)



圖 42 西班牙卡夫輕軌是有電車線的，高雄是採超級電容



圖 43 馬拉加卡夫輕軌機廠參訪



圖 44 馬拉加卡夫輕軌機廠內控制中心(OCC) ，人員也非常精簡



圖 45 馬拉加到處可見城堡



圖 46 馬拉加人行道上的擺位子做生意，早上八點還沒開張

第三章 主要心得與建議事項

● 主要心得

一、軌道交通信號系統 (ATC)

(ATC本節及附圖部分摘錄自：1.城市軌道交通信號系統ATC、ATS、ATO、ATP介紹，2016/03/06 來源：地鐵的真相及2.基於無線通信的虛擬閉塞CBTC系統；2016/03/06 來源：地鐵的真相的3. 無線通訊式列車控制(RF-CBTC)系統在台灣發展；中興工程季刊104期，2009.7月，江國銘、藍敏鈿；3篇文章及自己閱讀心得)

軌道交通信號系統是保證列車運行安全，實現行車指揮和列車運行現代化，提高運輸效率的關鍵系統設備。軌道交通信號系統通常由列車自動控制系統 (Automatic Train Control，簡稱ATC) 組成，ATC系統包括三個子系統：

(一) 列車自動監控系統(Automatic Train Supervision，簡稱ATS)

ATS系統由控制中心、車站、車場以及車載設備組成。ATS系統在ATP系統的支持下完成對列車運行的自動監控，實現以下基本功能：

- (1) 通過ATS車站設備，能夠採集軌旁及車載ATP提供的軌道占用狀態、進路狀態、列車運行狀態以及信號設備故障等控制和監督列車運行的基礎信息。
- (2) 根據聯鎖規則、計劃運轉圖及列車位置，自動輸出進入路權控制命令，傳送至車站聯鎖設備，設置列車進入軌道、控制列車停站時間。

- (3) 列車識別跟蹤、傳遞和顯示功能。系統能自動完成正線區段內列車識別碼予以追蹤，列車識別碼可由中央ATS自動生成或調度員人工設定、修改，也可由列車經車—地通信向ATS發送識別碼等訊息。
- (4) 列車計劃與實跡運轉圖的比較和電腦輔助調度功能。能根據列車運行實際的偏離情況，自動生成調整計劃供調度員參考或自動調整列車停站時間，控制發車時間。
- (5) ATS中央故障情況下的降級處理，由調度員人工介入設置進入軌道，對列車運行進行調整，由ATS車站完成自動進入或根據列車識別碼進行自動信號控制，由車站人工進行進入控制。
- (6) 在電腦輔助下完成對列車基本運行圖的編制及管理，並具有較強的人工介入能力。通過設在車輛段的終端，向車輛段管理及行車人員提供必要的訊息，以便編制車輛運用計劃和行車計劃。
- (7) 列車運行顯示螢幕及調度台顯示器，能對軌道區段、道岔、信號機和在線運行列車等進行監視，能在行控中心顯示設備故障警告及故障來源提示。

- (8) 能在專用設備上提供模擬和展示功能，用於培訓及參觀。能自動進行運行報表統計，並根據要求進行列印。
- (9) 能在車站控制模式下與計算機聯鎖設備結合，將部分或所有信號機置於自動模式狀態。
- (10) 向通信無線、廣播、旅客嚮導系統提供必要的訊息。

(二) 自動防護系統 (Automatic Train Protection, 簡稱ATP)

ATP系統由地面設備、車載設備組成，監督列車在安全速度下運行，確保列車一旦超過規定速度，立即施行制動，主要實現以下功能：

- (1) 自動連續地對列車位置進行檢測，並向列車發送必要的速度、距離、線路條件等信息，以確定列車運行的最大安全速度。提供列車速度保護，在列車超速時提供常用制動或緊急制動，保證前行與後續列車之間的安全間隔，滿足正向行車時的設計行車間隔和折返間隔。對反向運行列車能進行ATP防護。
- (2) 確保列車進路正確及列車的運行安全。確保同一徑路上的不同列車之間具有足夠的安全距離，以及等防止列車側面衝撞。
- (3) 防止列車超速運行，保證列車速度不超過線路、道岔、

車輛等規定的允許速度。

- (4) 為列車車門的開啟提供安全、可靠的訊息。
- (5) 根據聯鎖設備提供的進路上軌道區間運行方向，確定相應軌道電路發碼方向。
- (6) 任何車—地通信中斷以及列車的非預期移動(含退行)、任何列車完整性電路的中斷、列車超速(含臨時限速)、車載設備故障等均將產生安全性制動。
- (7) 實現與ATS的接口和有關的交換信息。
- (8) 系統的自診斷、故障報警、記錄。
- (9) 列車的實際速度、推薦速度、目標速度、目標距離等訊息的記錄和顯示。

(三) 自動營運系統 (Automatic Train Operation, 簡稱ATO)

ATO子系統是控制列車自動營運的設備，由車載設備和地面設備組成，在ATP系統的保護下，根據ATS的指令實現列車運行的自動駕駛、速度的自動調整、列車車門控制。

- (1) 自動完成對列車的啟動、牽引、巡航、惰行和制動的控制，以較高的速度進行追蹤運行和折返作業，確保達到設計間隔及旅行速度。
- (2) 在ATS監控範圍的入口及各站停車區域(含折返線、

停車線)進行車—地通信,將列車有關信息傳送至ATS系統,以便於ATS系統對在線列車進行監控。

- (3) 控制列車按照運行圖進行運行,達到節能及自動調整列車運行的目的。
- (4) ATO自動駕駛時實現車站站台定點停車控制、舒適度控制及節省能源控制。
- (5) 能根據停車站台的位置及停車精度,自動地對車門進行控制。
- (6) 與ATS和ATP結合,實現列車自動駕駛、有人或無人駕駛。

三個子系統通過訊息交換網絡構成封閉環狀系統,實現地面控制與車上控制結合、現地控制與中央控制結合,構成一個以安全設備為基礎,集行車指揮、運行調整以及列車駕駛自動化等功能為一體的列車自動控制系統。

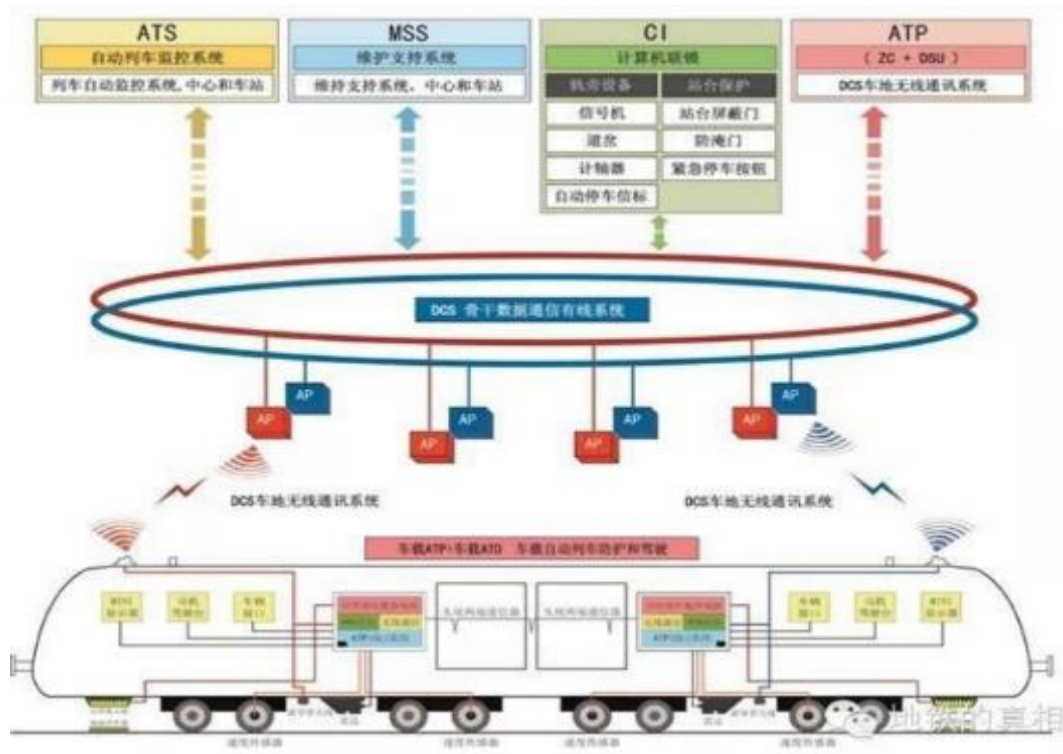


圖 47 ATC 示意圖

1. 列車自動控制系統 (ATC) 分類

ATC以閉塞布點方式：可分為固定式和移動式。固定閉塞方式中，依控制方式，又可分為速度碼模式（台階式）和目標距離碼模式（曲線式）。

鐵路的容量取決於任何時間下，可供安全行駛列車數量。控制系統藉由號誌排定列車行駛區間，其他車輛不得進入，以保障行駛安全。控制系統須能準確的辨識列車位置，及軌道路線上其他車輛或可供行駛營運的狀態。系統越快越準掌握上述資訊，則能提高軌道容量。列車行駛區間稱閉塞區間，閉塞區間長短，也決定軌道容量。固定閉塞ATC系統是利用

軌道電路偵測列車位置並對列車進行控制，以維護安全。軌道電路將軌道全線分割成若干閉塞區間，每一閉塞區間允許一列列車行駛，每個閉塞區間都固定，故稱固定閉塞ATC系統。但固定閉塞區間，沒有彈性，降低軌道容量，為了提高軌道容量，究發展了移動閉塞系統(CBTC)。期利用兩軌間或軌道旁之信標(BEACON)來感應偵測。信標為被動元件，不需電纜，可大量佈設。信標內有位置座標，透過列車上的無線電，傳給軌道旁控制系統及行控中心。列車離開信標後，由列車轉速計自動計算，即時傳給軌道旁控制系統，軌道旁控制系統可隨時掌控列車位置。軌道旁控制系統立即將前後相鄰列車之位置，通知相鄰各列車，行駛列車根據前方列車位置，計算速度。此藉由無線傳輸大量訊號，以列車車速，保持安全距離。

2. 固定式閉塞ATC系統

固定閉塞ATC系統是指基於傳統軌道電路的自動閉塞方式，閉塞分區按線路條件經牽引計算來確定，一旦劃定將固定不變。列車以閉塞分區為最小行車間隔，ATC系統根據這一特點實現行車指揮和列車運行的自動控制。固定閉塞ATC系統又可分為速度碼模式和目標距離碼模式。

(1) 速度碼模式（台階式）

英國西屋軌道系統公司(與美國西屋電氣公司無關)和美國GRS公司的ATC系統均屬此類ATC系統，該系統屬70~80年代的產品，技術成熟、造價較低，但因閉塞分區長度的設計受限於最不利線路條件和最低列車性能，不利於提高線路運輸效率。固定閉塞速度碼模式ATC是基於普通音頻軌道電路，軌道電路傳輸信息量少，對應每個閉塞分區只能傳送一個信息代碼，從控制方式可分成入口控制和出口控制兩種，從軌道電路類型劃分可分為有絕緣和無絕緣軌道電路兩種。

以出口防護方式為例，軌道電路傳輸的信息即該區段所規定的出口速度命令碼，當列車運行的出口速度大於本區段的出口命令碼所規定的速度時，車載設備便對列車實施強制性制動，以保證列車運行的安全。由於列車監控採用出口檢查方式，為保證列車安全追蹤運行，需要一個完整的閉塞分區作為列車的安全保護距離，限制了線路通過能力的進一步提高和發揮。能提供此類產品的公司有：英國WSL公司、美國GRS公司、法國ALSTOM公司、德國SIEMENS公司等。

(2) 目標距離碼模式（曲線式）

目標距離碼模式一般採用音頻數字軌道電路或音頻軌道電路加電纜環線或音頻軌道電路加應答器，具有較大的信息傳輸量和較強的抗干擾能力。通過音頻數字軌道電路發送設備或應答器向車載設備提供目標速度、目標距離、線路狀態（曲線半徑、坡道等數據）等信息，車載設備結合固定的車輛性能數據計算出適合於列車運行的目標距離速度模式曲線（最終形成一段曲線控制方式），保證列車在目標距離速度模式曲線下有序運行。不僅增強了列車運行的舒適度，而且列車追蹤運行的最小安全間隔縮短為安全保護距離，有利於提高線路的通過能力。

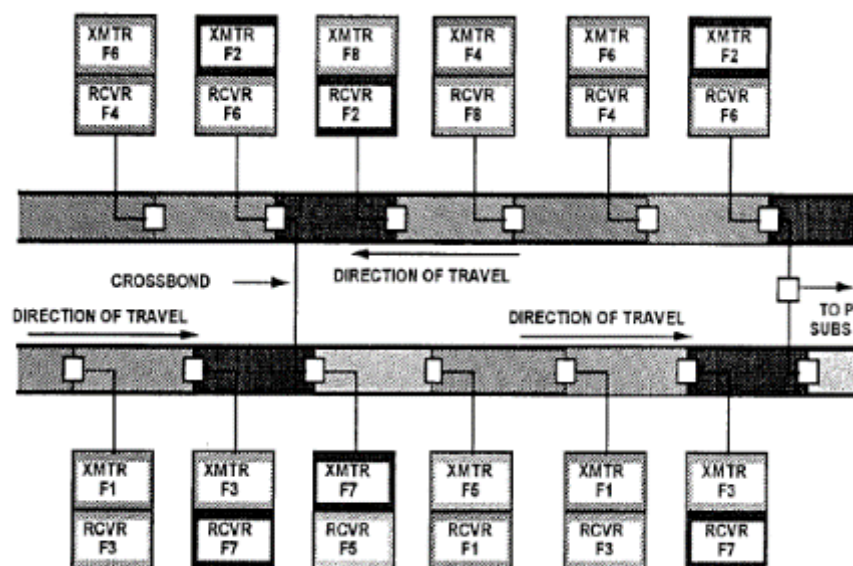


圖 48 固定閉塞 ATC 系統

(軌道上設置阻抗搭接器，訂定固定閉塞區間)

3. 移動閉塞ATC系統 (CBTC)

Communication – Based Train Control，簡稱CBTC系統，近年來，隨著通信技術的發展，尤其是無線通信、電腦網絡技術和數位訊號處理技術的迅速發展，信號系統的冗餘、容錯技術完善，在信號這個傳統領域為CBTC的發展奠定了基礎，CBTC系統已逐漸被採用。CBTC系統(移動閉塞)，又分為設於軌道旁感應傳輸線圈，與列車雙向溝通方式及採用無線 (RADIO-FREQUENCY，簡稱RF)

(RF -CBTC)，無線通訊技術，透過天線或漏波電纜進行傳輸。軌道旁感應傳輸線圈缺點，是軌道全線需佈設，若感應傳輸線圈損壞則需全線更換。以後隨著無線電科技發展，軌道旁感應傳輸線圈已較少採用了，現在稱CBTC，若無特別註明，則都以無線(RF -CBTC)為主。

移動閉塞方式的ATC系統通常採用無線通信、地面交叉感應環線、波導等方式，向列控車載設備傳遞信息。列車安全間隔距離是根據最大允許車速、當前停車點位置、線路等信息計算得出，信息被循環更新，並立即傳送至列車，列車不間斷收到即時信息更新。

移動閉塞ATC系統是利用列車和地面間的雙向數據通

信設備，使地面信號設備可以得到每一列車連續的位置信息，並距此計算出每一列車的運行權限，動態更新發送給列車，列車根據接收到的運行權限和自身的運行狀態，計算出列車運行的速度曲線，實現精確的定點停車，實現完全防護的列車雙向運行模式，更有利於線路通過能力的充分發揮。

CBTC (RF -CBTC)又分兩種控制方式，一種是一條軌道路線，分成幾個固定區域，每個區域使用一台電腦並採用固定無線電傳輸裝置。每輛列車在軌道行駛時，會傳輸識別碼、位置、速度、方向，至相對應區域之處理電腦，電腦計算出列車間隔距離，並傳給後方列車，以便後方列車上由其自身轉速計能計算安全車速及剎車曲線(行車曲線)。每輛列車及對應區域電腦，藉由無線電連接，可知道此區域每輛列車位置，並告知後方列車其前方列車位置及剎車曲線，以供後方列車計算車速及安全距離。另一種是將電腦裝在車輛上，電腦預先輸入軌道上所有資訊，如道岔位置、坡度、隧道或橋梁里程等。每輛列車藉無線電傳輸，知道自身跟相鄰列車之位置及距離，由列車上的電腦計算安全車速及剎車曲線(行車曲線)。此種型式會使列車裝備增加，但減少軌道旁控制系統數量。

CBTC準確度高，以相鄰列車實際位置來計算安全車速及行車曲線，因是使用列車實際位置來計算安全區間(安全間隔)，列車是移動的，所以稱移動式區間 (Moving Block)。

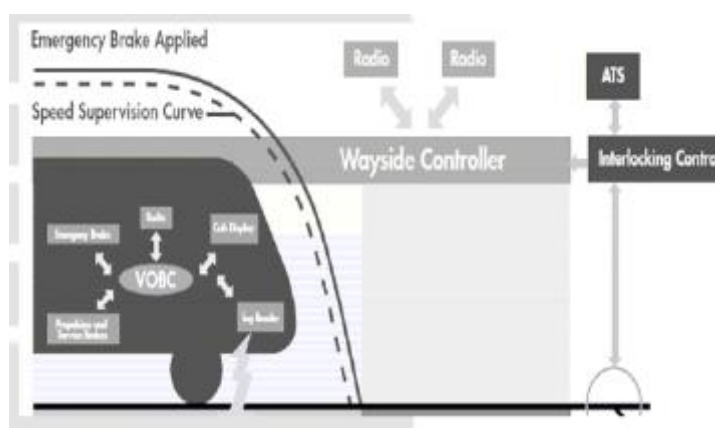


圖 49 CBTC 基本架構示意圖

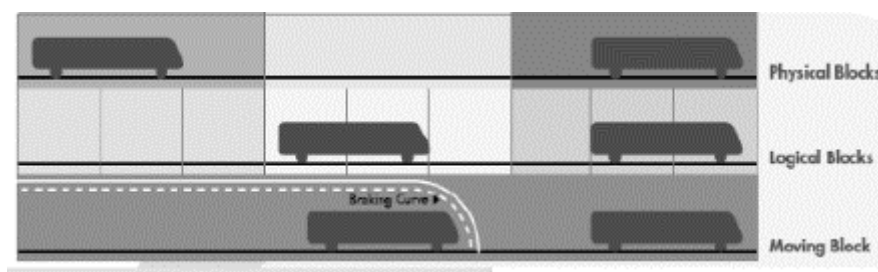


圖 50 Moving Block 基本顯示圖

移動閉塞系統(CBTC)與固定閉塞ATC系統比較主要有以下特點：

- (1) 可以縮小列車之間的行車間隔。
- (2) 車與車，車與行控中心之間的資訊交換，不再依賴於軌道電路。

- (3) 車輛控制中心掌握在線運行各次列車的精確位置和速度。
- (4) 列車與控制中心之間保持不間斷地雙向通信。
- (5) 不同編組（不同長度）的列車，可以以最高的密度，運行於同一線路。
- (6) ATC系統，從一個以硬體為基礎的系統，轉向以軟體為基礎的系統。

4. 單軌控制系統

單軌控制系統一般分為兩種，比較新的採用CBTC，如杜拜。單軌的CBTC，是將ATP、ATS、ATO三者整合的無人駕駛系統。以前建造的單軌，採用ATP/TD(列車自動保護/列車偵測)。TD (Train Detection) 為列車偵測系統。CBTC為目前最先進、最安全控制系統，可以無人駕駛，避免因人為疏失肇事，也減少營管成本。ATP/TD則需人駕駛，屬於半自動控制系統。

ATP/TD是利用佈設在軌道梁上的電路，列車通過電路會感應，由列車上搭載之天線，發送訊息給TD系統，告知列車位置。TD會傳送列車位置、允許前進通知、限速通知，在不同區段對應相關指令，編譯成不同速度碼，以供列車運行。

本系統由ATP、TD、ATO及連鎖系統所組成，設備集中在軌道旁及車站內號誌室。本系統是屬於固定式閉塞區間，好處是系統穩定，便宜，缺點是軌道容量受限，須有司機員。

表 3 CBTC 與 ATP/TD 比較表(兩種跨座式單軌號誌系統比較)

項目	CBTC	ATP/TD
行車間距	≤2 分 15 秒(但受限單軌道岔轉換，不得低於 2 分 30 秒，所以當需要列車間距需低於 2 分 30 秒時，須改用 AGT，本項限制係單軌作動條件與控制系統無關)	
閉塞方式	移動閉塞+降級固定閉塞	固定閉塞
行車控制模式	連續控制	階梯控制
成熟性	成熟	成熟
先進性	最先進	80 年代
可靠性	單點故障不影響運行	單點故障會影響營運
安全性	高	高
軌道旁設備	稍多	多
應用實例	一般	多
降級模式	多	少
供應商	多	一般

表 4 世界主要之 RF-CBTC 鐵道產品及供應商一覽表

供應商	RF-CBTC 產品名稱	通訊傳輸技術
Alcatel	<u>Seltrac</u>	IEEE802.11 (2.4 GHz)
Alstom	<u>URBALIS</u> 300	專利技術
Bombardier	CITYFLO*650 (Formerly Flexiblok)	市售技術 (2.4 GHz)
GE	AATC	(EPLRS) 專利技術
Siemens	Meteor	GSM (工業標準) Meteor (Air Gap 專業技術 (2.4 GHz))
Westinghouse	TBS100	專利技術

表 5 世界各國目前使用主要之 RF-CBTC 鐵道通訊傳輸技術一覽表

USA	Europe	Asia
NYC Transit <u>Canarsie Line</u> (Under Development)	Paris <u>Line 13</u> (Under Development)	Malaysia <u>Kuala Lumpur</u> Purtra Line (In Service)
<u>SF BART</u> (Under Development)	<u>Barcelona</u> (Recent Award)	Singapore <u>North East Line</u> <u>URBALIS 300</u> (In Service)
Las Vegas <u>Monorail</u> (In Service)	Paris <u>Lines 3/5/9/10/12</u> “OURAGAN”	Hong Kong <u>Penny’s Bay</u>
Washington DC	<u>Budapest</u>	Taipei

USA	Europe	Asia
<u>APM at Dulls</u>		<u>Neihu Line</u> (In Service)
<u>SFO Airport</u> (In Service)	<u>Lausane</u> URBALIS 300	China <u>Guanghou</u> (Recent Award)
Philadelphia <u>Subway Surface Line</u> (Nearing Development)	<u>Madrid</u> (Recent Award)	<u>Seoul, Korea</u> Bundang Line (Under Development)
Dallas Ft.-Worth Airport (Recent Award)	London <u>Heathrow Airport</u> (Recent Award)	China <u>Shanghai Line 8</u> (Recent Award)
<u>Seattle</u> (Airport) (Being Deployed)	London Victoria Line (Nearing Deployment)	Singapore Downtown line (Recent Award)

二、輕軌號誌控制系統

(一) 整體號控系統說明

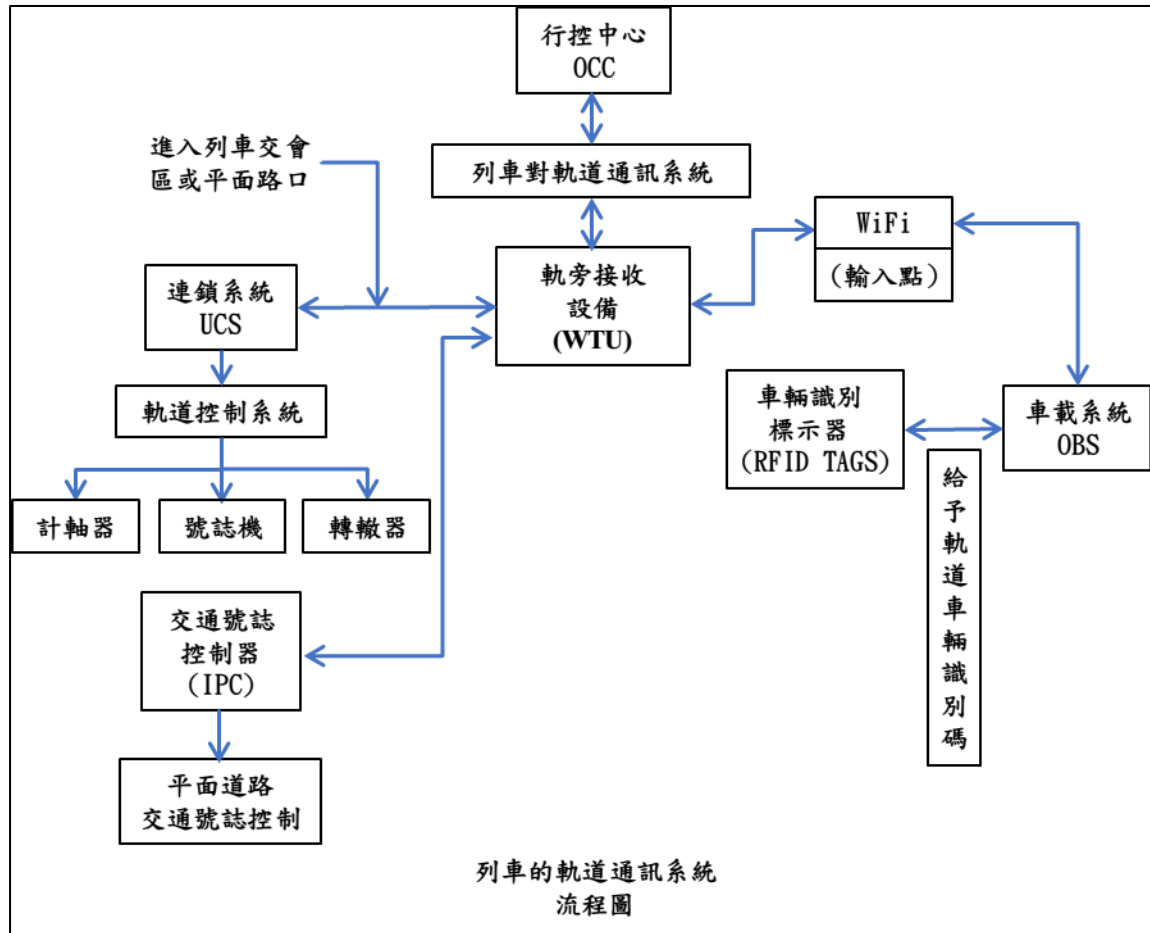


圖 51 列車的軌道通訊系統流程圖

軌旁接收設備(WTU)只有負責接收及傳遞的功能，它能接收到列車的識別碼，給予列車身分以便識別每一列在軌道行駛的列車。並且將列車訊息傳給行控中心，由行控中心的控制系統做出判斷，再由WTU傳遞給列車、連鎖系統(UCS)及交通號誌控制器(IPC)。列車在行動之中，所有訊息及資料，都會不停更新及安全傳遞，以確認行車安全。

列車對軌道通訊系統主要功能

1. 列車與軌旁設備資訊接收與傳遞
2. 平面道路號誌，燈號控制
3. 藉由列車資訊傳遞，連鎖系統會操控軌旁設備，讓列車安全支會
4. 給予列車識別碼，能讓整網通訊系統能判別這輛列車並能資訊相互接收與傳遞

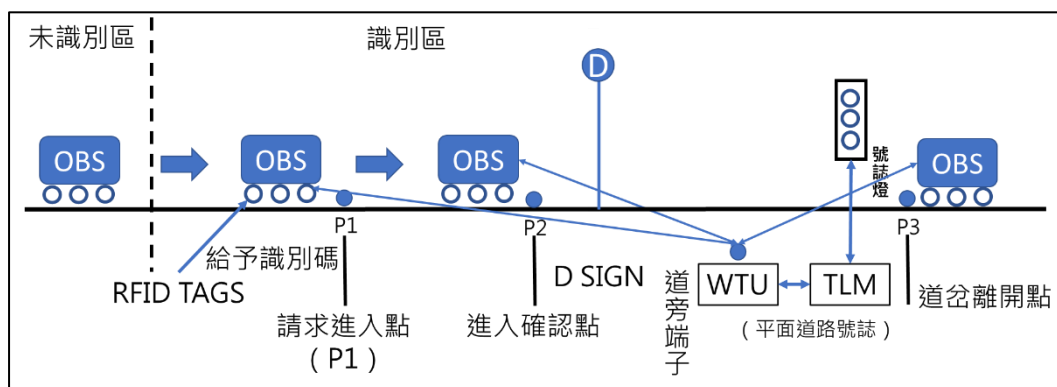


圖 52 平面交通號誌管理系統

軌旁接收設備(WTU)只有負責接收及傳遞的功能，它能接收列車的識別碼，給予列車身份以便識別碼每一列在軌道行駛的列車。

並且將列車信息傳給行控中心，由行控中心的控制系統做出判斷，再由WTU傳遞給列車，連鎖系統(UCS)及交通號誌控制器(IPC)列車在行動之中，所有訊息及資料，都會不行更新及傳遞，以行車安全。

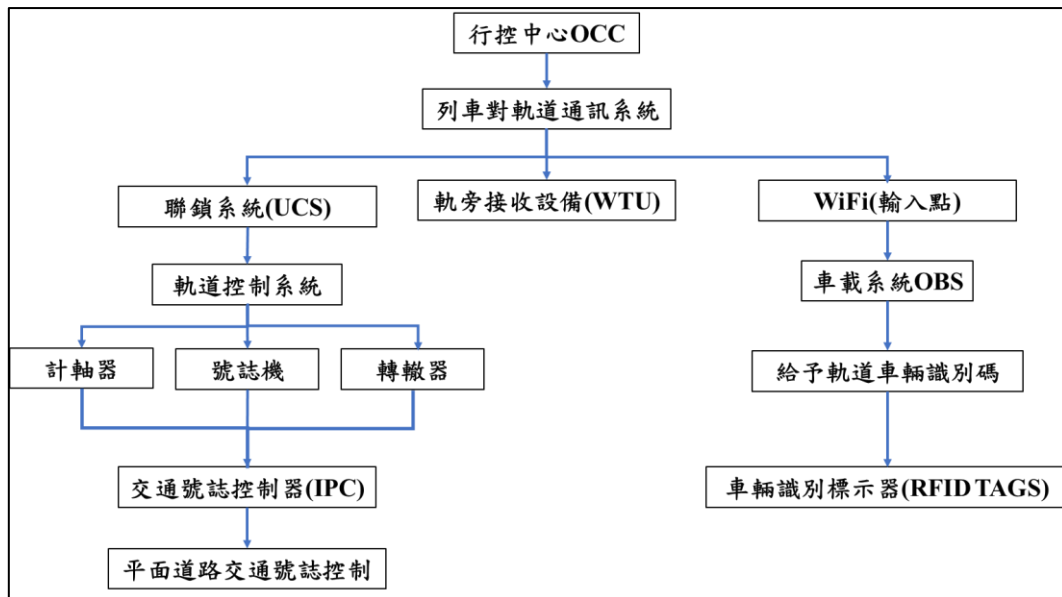


圖 53 列車對軌道通訊系統流程圖

車載號誌系統（OBS）

車載號誌主要負責列車行駛安全，將列車識別碼傳遞給OCC（行控中心），由OCC的電腦分析出相關行車資料，傳給OBS及其他控制系統，透過車載電腦螢幕，可以提供警告及安全的訊號，來提醒駕駛。如車速過快，減速提醒或前方路線可安全或禁止進入等等資訊。

車載號誌系統的組成：

1. 中央控制單位（CCU）
2. 速度轉換器（GMU）
3. 介面轉換器（BPI）
4. 速度監控器（HMI）
5. 雙通道速度感測器
6. ATP交換器

- 7. 主控器鑰匙開關
- 8. ATP故障隔離開關（關閉ATP系統）
- 9. 應答器天線（接收WiFi）

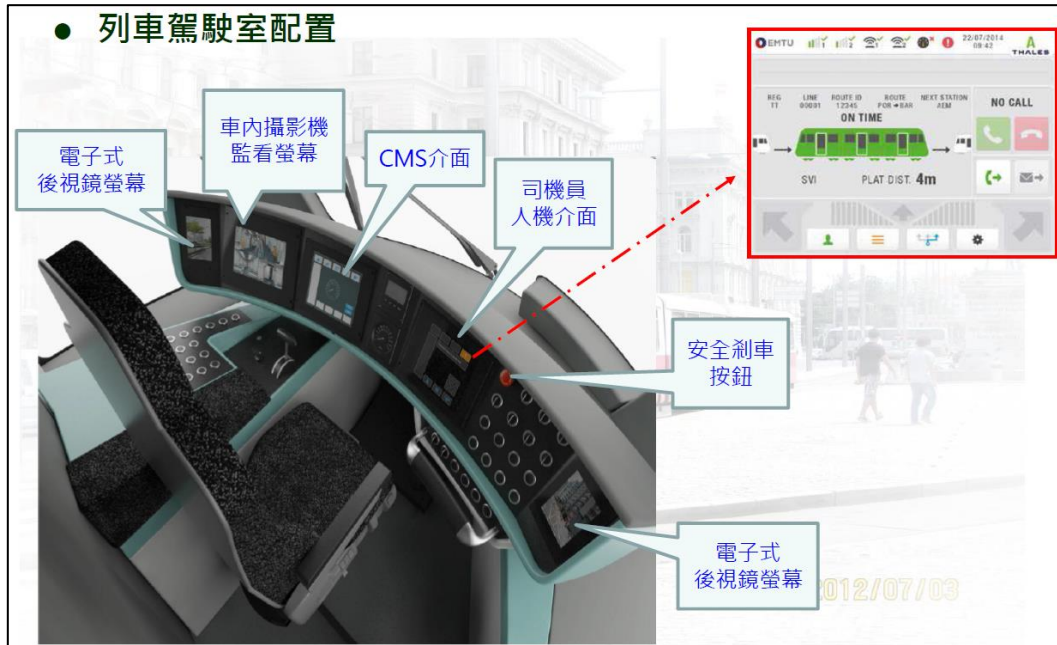


圖 54 列車駕駛室配置

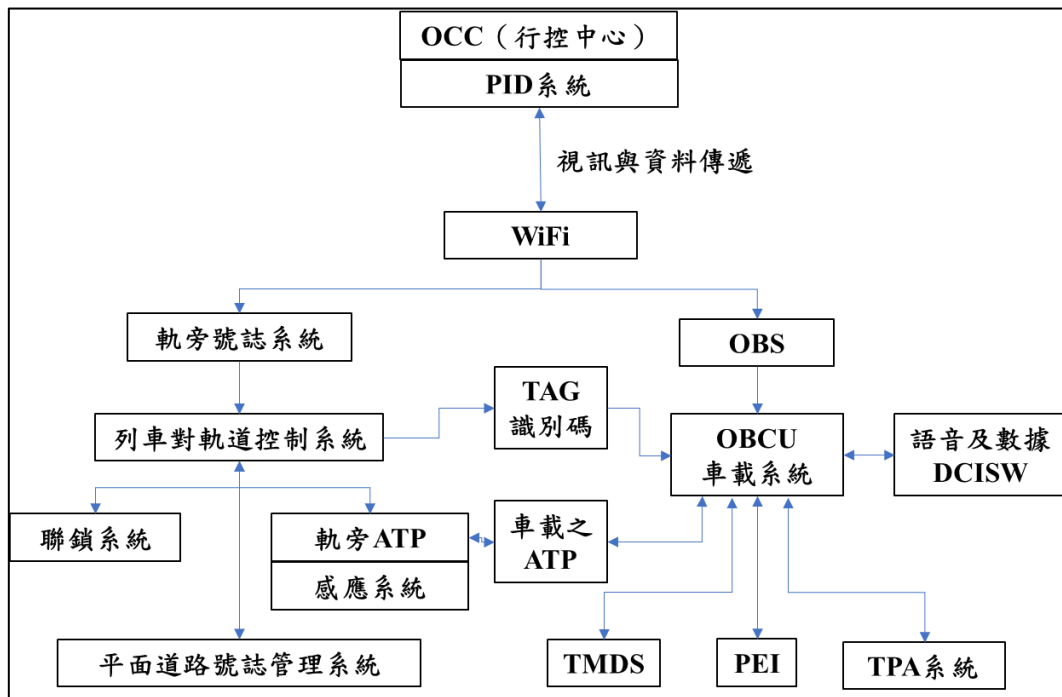


圖 55 車載號誌傳控流程

輕軌行控中心

輕軌行控中心配置，其實大同小異，主要設備都是相同的，而且比高運量行控中心單純的多。現在隨著資訊設備的發展各國軌道行控中心，都已將人力降至最低以淡海輕軌行控中心為例，其中有2位行車控制員，2位設備控制員及一位主席控制員。

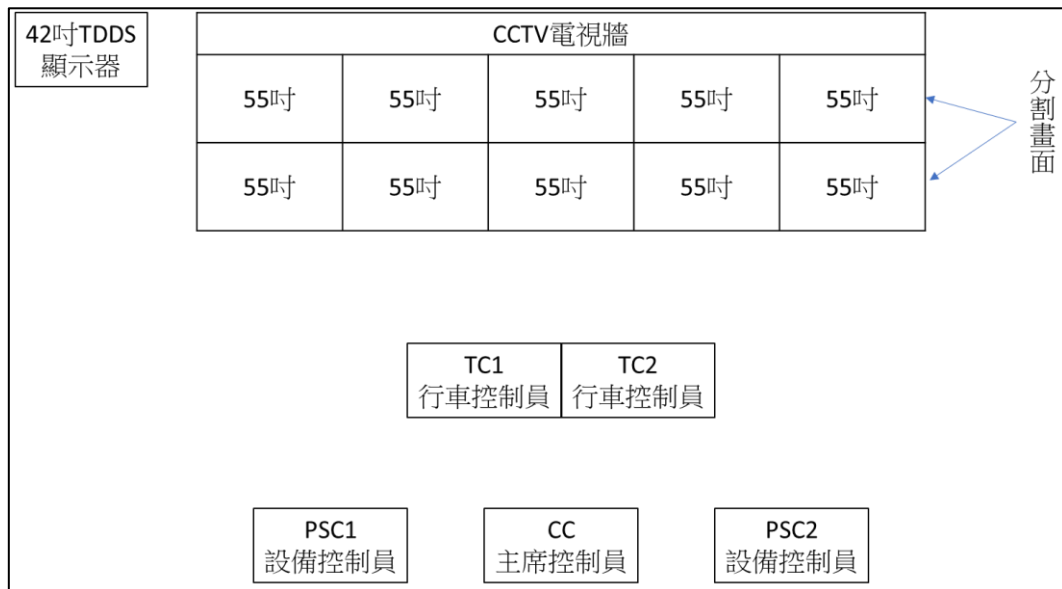


圖 56 行控中心佈設示意圖

表 6 平面路口淡海輕軌與高雄輕軌的比較表

項次	項目	淡海輕軌	高雄輕軌	備考
1	鄰近路口號誌連鎖	有	無	
2	觸發點	虛擬點	實體觸發點	
3	TOD 運作	當無法接收列車訊息時，號誌依定時時制 (Time Of Day) 運作	不需要(利用計軸器感應列車，不可能數個計軸器同時損壞)	
4	路口低速運行模式	無	有	

輕軌車輛簡介

西班牙的輕軌是採用當地軌道公司CAF的系統及車輛，CAF也是世界著名輕軌公司。CAF每列車有5節車廂，有3個轉向架。高雄輕軌第一階段也是採用CAF的系統及車輛。世界上輕軌車輛尺寸，並無統一，但都以行走標準軌距為基礎，以高雄輕軌列車為例，做簡單介紹。

表 7 基本架構與車輛諸元表

基本架構	車輛諸元表			
● 列車數 9 列	車輛型式	鋼輪鋼軌	供電方式	超級電容
● 低底盤	列車組成	C1+S1+R+S2+C2	最高速率	70km/hr
● 超級電容系統(西班牙是有架空線,採一般集電弓方式供電)	列車長度	34.166m (5 節車廂)	最大坡度	6%
● 無架空線(西班牙有架空線)	車輛寬度	2650mm	最大加速	1.3m/s ²
● 每列車 5 節車廂,每節車廂左、右各二道門,共十道門	車輛高度	3.6m	最大減速	2.7 m/s ²
	車廂底盤高度	35cm	車門寬度	1.3m

(二) 聯鎖系統

輕軌號誌系統較為簡單，只有聯鎖系統，使用在軌道交會區，控制列車交會時道叉轉換、號誌機燈號，及計軸器，來偵測軌道區間使用狀態。

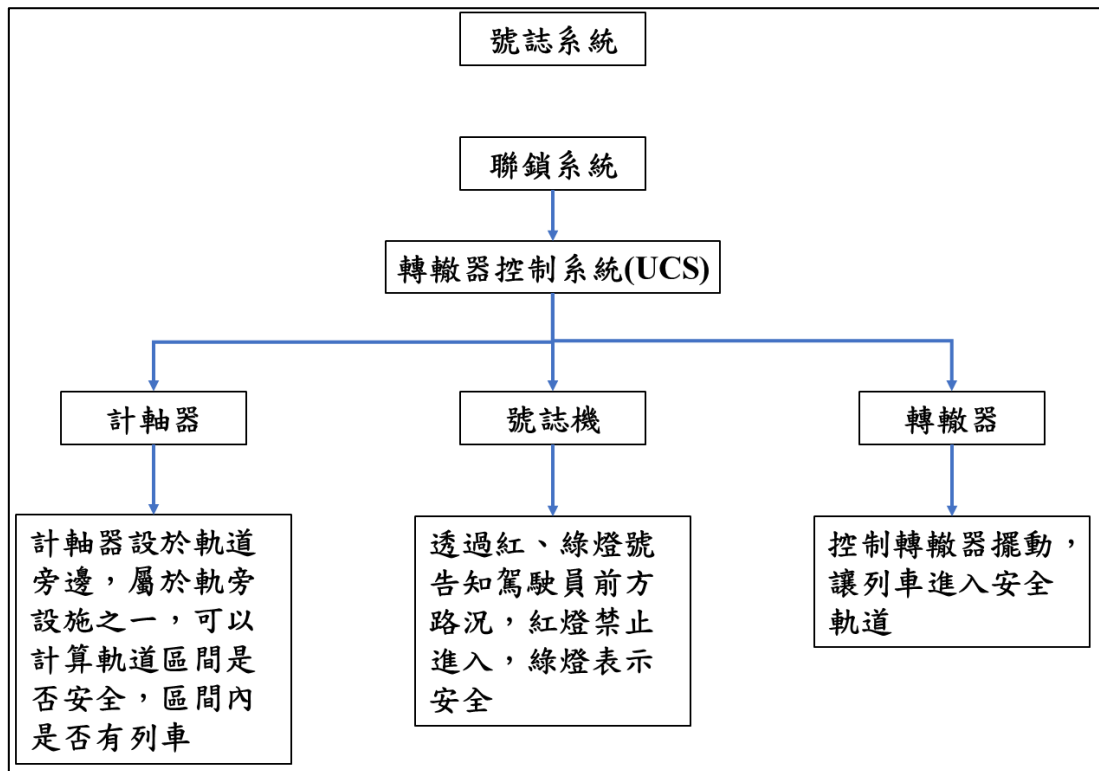


圖 57 列車的號誌系統流程圖

1. 計軸器

計軸器屬於軌旁設備之一，主要由兩個單元組成；

1. 計軸器之偵測設備，用來偵測軌道區間內是否已無列車使用，必須安裝在軌道上。
2. 運算判斷電腦，依照偵測設備的數據，可判斷在此區間之列車，進來幾節車廂，出去幾節車廂，若進來車廂數量等於出去車廂數量，則會顯示安全區間，號誌機就會顯示綠燈，可供通行。

2.軌道號誌機

係屬軌旁設備之一，依照計軸器所判斷之狀況，顯示軌道區起始兩頭之狀態，用燈號來表示此段區間可進入或不可進入。紅燈為禁止進入，綠線表示安全。

3.轉轍器

轉轍器有兩種，依鋼軌橫斷面的型式來區分，槽型鋼軌為槽式道岔，道岔軌道轉換時間約1.5秒（從皆收UCS指令，一直到完成道岔鋼軌擺動至另一軌道完成為止），道岔移動速度15Km/hr。另一種是工型鋼軌橫斷面，稱為工字軌道道岔，轉道轉換時間約2.5秒，道岔移動速度15Km/hr。上述兩種道岔列車限制速度為70Km/hr。

轉轍器有監控系統，來控制道岔是否確時完成軌道轉移。監控系統監測項目如下：

1. 開合指令（正位或反位）
2. 尖軌位置（是否確實到位）
3. 馬達電流是否正常
4. 道岔驅動力是否正常

5. 道岔轉換時間是否正常（1.5秒或2.5秒內）
6. 道岔作動次數是否正常（若通電後，為連續動作則為正常，若通電後，有分段移動，則顯示是否有異物阻擋無法閉合車道岔岔口磨損或軌道異常沉陷）

4. 列車對軌道通訊系統

本系統是軌道控制系統與列車之行控電腦（On Board System）溝通橋梁，以WiFi或地面中繼無線電系統（TETRA）傳遞，淡海及安坑輕軌係採用WiFi。

（三）輕軌平交路口號誌控制機制

依路口型式，一般分為2種，分述如下：

1. 一般型路口

當兩個平交路口距離達200公尺以上，則為一般型路口。

當列車行經平交路口，號誌控制機制

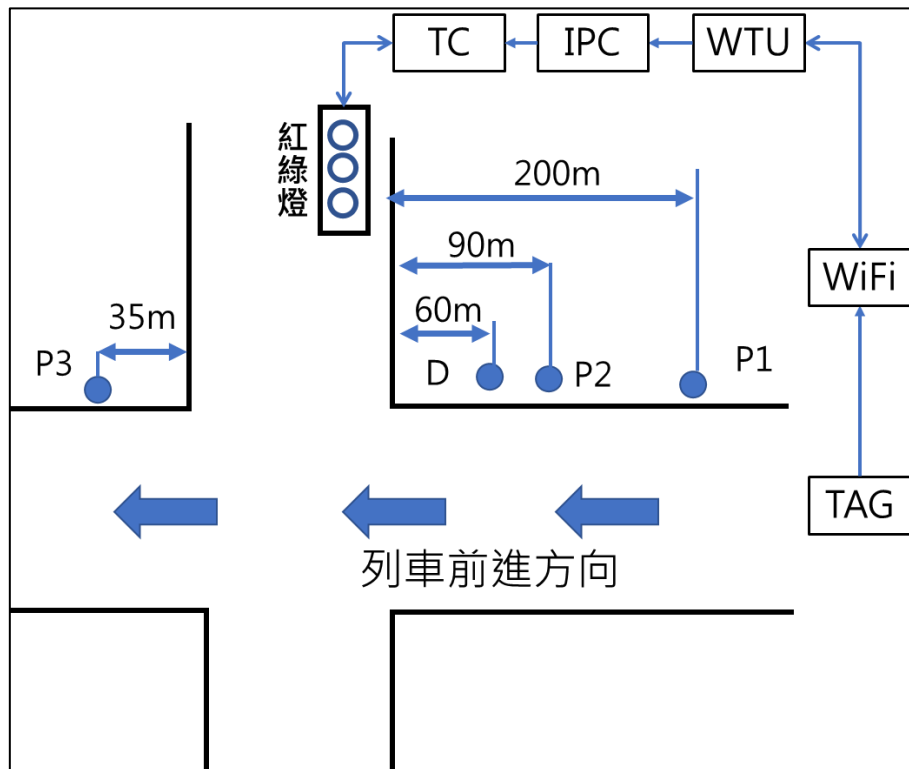


圖 58 一般型路口示意圖

一般型路口有4個控制點，P1距路口200m，P2是90m，D點60m，P3為35m。

當列車進入P1點，啟動平面控制系統，燈號為黃燈，列車開始減速。進入P2點為進入平交道路口，燈號為紅燈，列車必須控制時速40km/hr以下。D點是監視列車車速是否40km/hr以下，以便遇緊急狀況可供煞停安全距離60m。

2. 平交路口近端設站型

輕軌車站離平交路口50公尺以內之平交路口為平交路口近端設站型。因車站離路口近，因此第一次列車到

達控制點P1在近站前30公尺啟動。第二控制點P2在列車出站車門關閉時啟動。

當列車到達P1點時，平面路口為黃燈，到達P2點時顯示紅燈，管制平面路口橫向平面車輛。第三控制點P3，當列車到達P3時，則平交路口號誌改為綠燈。

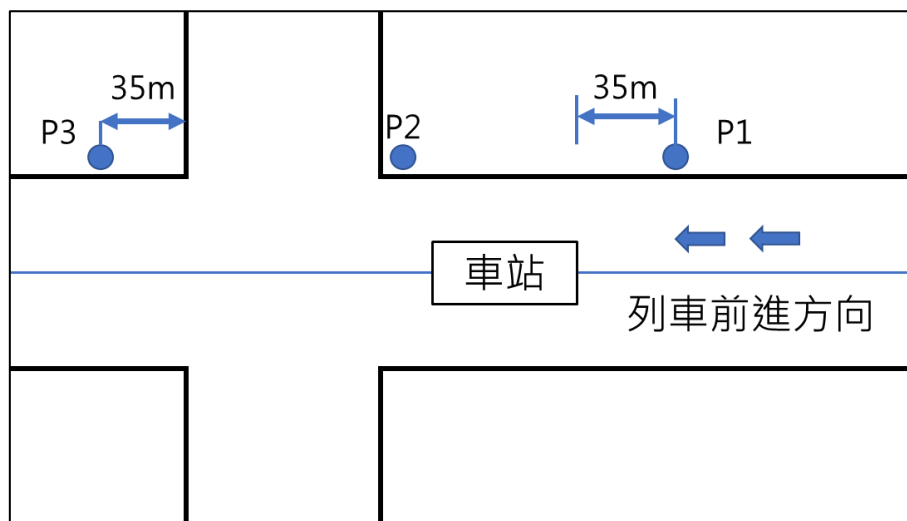


圖 59 平交路口近端設站型示意圖

3.連鎖同步路口

當兩平面路口相距在200公尺以內，所以將此兩路口連鎖控制。此種路口又分為兩種，一種是單純兩平面路口沒有車站。另一種是兩平交路口還有車站。管制流程如下：

(1)單純路口型：

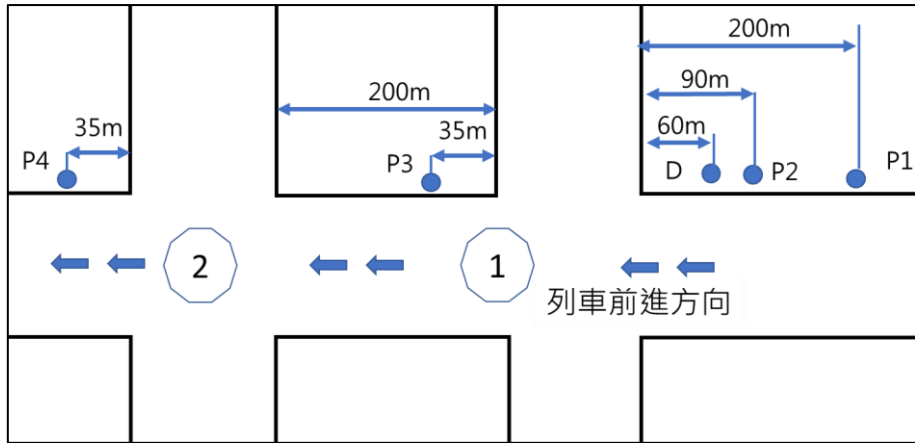


圖 60 單純路口型示意圖

這種路口管制機制，在行駛至第一個平交路口，與第一種一般型路口相同，至P1點第一個路口由綠燈轉黃燈，至P2時變紅燈，至P3時解除管制轉綠燈。第二路口在列車行駛至P1、P2，平面號制與第一路口相同，直至P4路口，方轉綠燈。

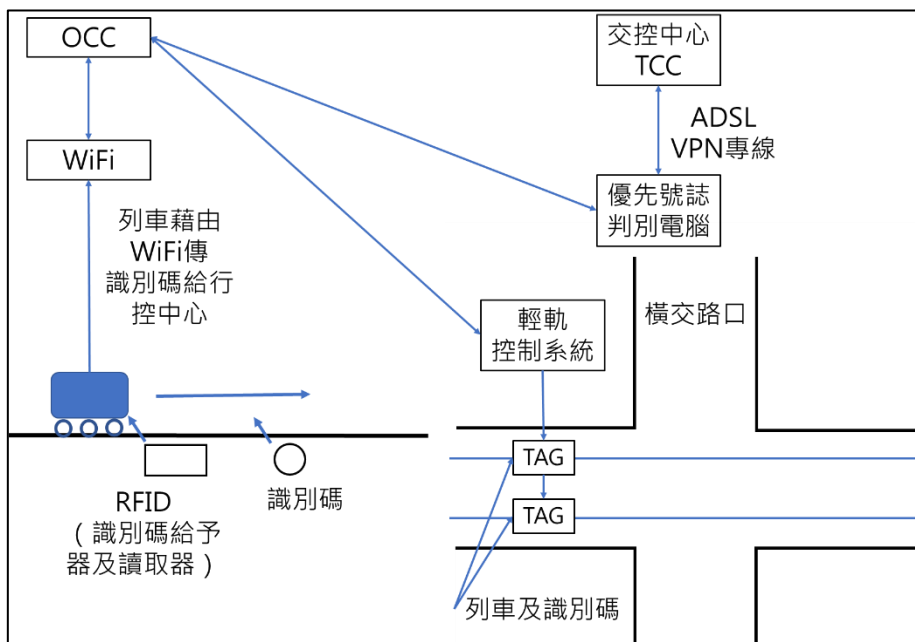


圖 61 平面路口號誌控制流程圖

軌旁各定點設有RFID(識別碼給予器及讀取器),列車行車電腦有讀取識別碼設備,然後列車用WiFi,將識別碼傳給軌道行控中心(OCC),行控中心就知道每一輛列車在軌道之位置。

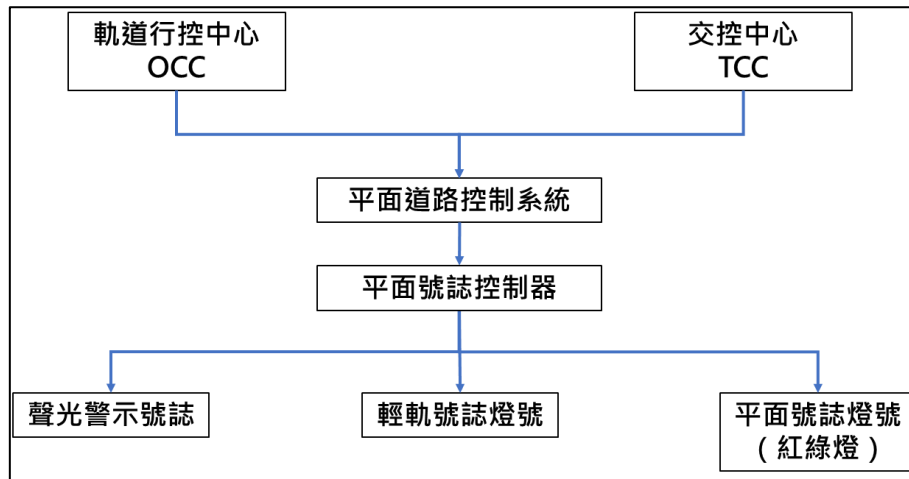


圖 62 軌道行控中心與交控中心控管軌旁號誌及平面道路交通號誌
流程圖

(2)夾雜車站型路口

兩鄰近平面路口,中間有車站。列車行駛至第一路口時,管制方式與近端設站型路口相同。即列車到達P1時,第一路口及第二路口平面號制由綠燈轉黃燈,至列車車門關閉,此1、2路口轉為紅燈。當列車行駛至P3時第一路口轉綠燈。當行駛至P4時第二路口號誌轉為綠燈。

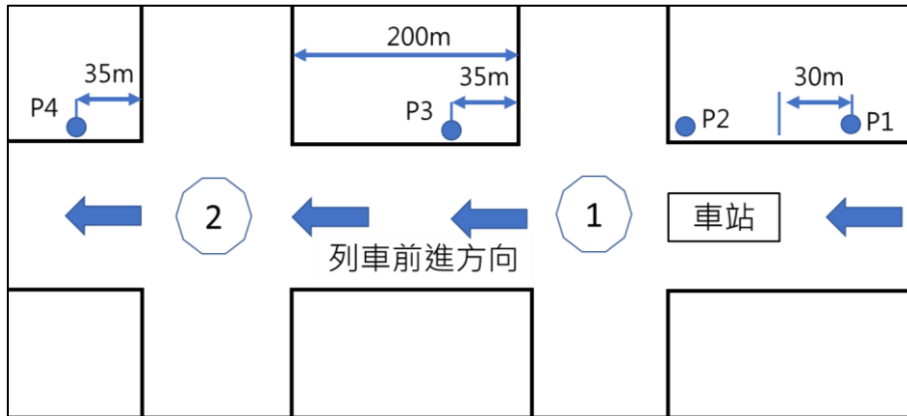


圖 63 夾雜車站型路口示意圖

高雄輕軌平面路口號誌控制機制

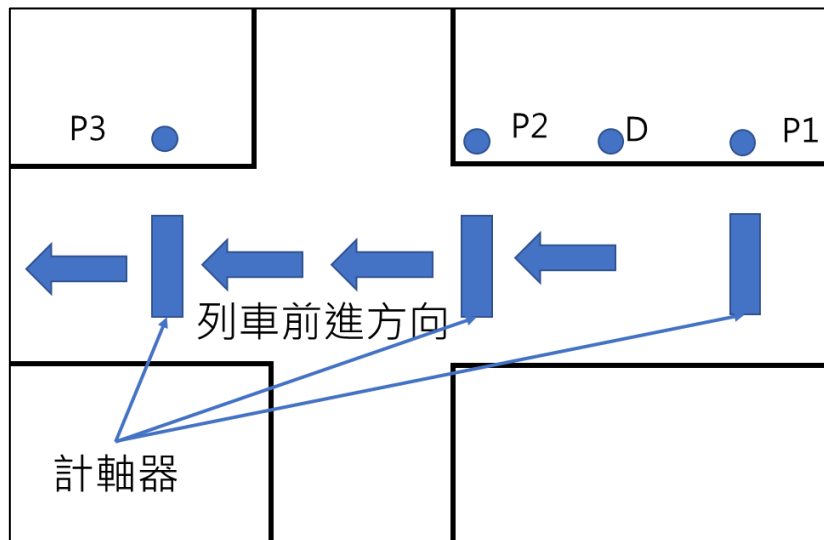


圖 64 高雄輕軌路口號誌控制示意圖

高雄輕軌是以計軸器感應後，以電壓訊號傳遞給交控中心來控制路口交通號誌，車輛通過P1時，將訊息傳給交控中心。藉由交控中心電腦判斷列車會到達路口時間平面路口燈號轉為黃燈，列車到達P2，平面路口轉為紅燈，到達P3時開啟綠燈，與淡海不同的是高雄輕軌是由計軸器直接傳遞給行控中心。

● 建議事項

1. 此次能去西班牙參加鐵路年會，感謝西班牙商務辦事處提供所有費用，能參與此次國際會議。
2. 年會的地點在西班牙馬拉加，馬拉加是西班牙第二大的港口，以前歐洲都以平面輕軌為主，主要是鐵路路權在歐洲已深植民心，也養成習慣軌道優先觀念，所以平面輕軌是相當普遍的交通工具。但近年來，馬拉加市市民，考量平面輕軌噪音及振動問題，在最近新建捷運路網，在市區的部分，也都採用地下型式。但市區段並不長，採用明挖方式施工。
3. 歐洲很多小城鎮，都市發展輕軌主要是構造簡單，維修便宜，歐洲輕軌以平面及架空線為主。因此在設計時，其車輛載重較大，若用於高架，臺灣又屬於地震帶，會造成橋架量體過大。
4. 近年來西門子、阿爾斯通等國際一線大廠，也陸續發展鋁合金車體，適合高架車輛，可以減少高架橋樑量體，臺南市正在發展軌道建設，都可以做為參考。
5. 世界各國無不在發展觀光產業，因此除觀光景點要能吸引人外，整個觀光環境也是重要的一環。如整潔市容、乾淨

市容、宜人的空氣品質及良好的交通都是吸引觀光客的重要原因。臺南市也是觀光重鎮，推動觀光發展台南市政府也一直不遺餘力，因此建構軌道中運量的路網，為台南後續百年發展打下基礎。

第四章 效益評估

- 一. 本國目前正在發展軌道建設，歐洲軌道發展較早，而且歐洲往往在20~30萬人的小鎮也有捷運設施來發展觀光。可是捷運優點是快速、運輸量大、安全、準點，但運輸成本高。歐洲小鎮是將觀光景點有效串連，搭配就學路線才能達到損益平衡。以往軌道建設都是去日本考察為主，歐洲與日本軌道是有不同發展情況及歷史，多去不同國家參觀，擴展視野，可以對爾後軌道建設有不同思維。
- 二. 本次考察除了參加研討會，了解其他國家整體軌道發展的情況以外，主要是參觀西班牙輕軌。輕軌是中運量的軌道系統，適用於中小城市，台灣目前也將輕軌納入先期重點發展，此次參訪對於爾後軌道發展，是有正面幫助。

參考文獻

1. 淡海 / 安坑輕軌號誌系統介紹，中興工程顧問股份有限公司，2019.11月。
2. 維基百科，<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%A9%AC%E6%8B%89%E5%8A%A0>。
3. 杜拜單軌系統考察報告，2018.12月，張政源副市長、秦繼孔主任。
4. 無線通訊式列車控制(RF-CBTC)系統在台灣發展；中興工程季刊104期，2009.7月，江國銘、藍敏鈿
5. 鑑往知來—國內都市軌道建設系統型式發展趨勢；中華技術156期專題報導，2017.07，蘇振維、張舜淵、呂怡青等
6. 東京單軌40年的運營歷程發；2016.02.26，東京單軌株式會社董事、技術規劃部長石堂正之
7. 城市中的幽靈—跨座式單軌地鐵；地鐵的真相，2016.03.04
8. 城市軌道交通信號系統ATC、ATS、ATO、ATP介紹；地鐵的真相，2016.03.06
9. 為什麼跨座式單軌未獲廣泛應用？；軌道城市，2017.03.26
10. 泰國曼谷將在2020年建成兩條跨座式單軌；新華網，2017.06.27
11. 這些對跨座式單軌的誤解你也有嗎？；比亞迪雲軌，2018.03.30
12. 基於無線通信的虛擬閉塞CBTC系統；地鐵的真相，2016.03.06
13. 雲軌納入軌道審批 專家呼籲軌道交通應因地制宜；華夏時報 發表於汽車，張智，2018.05.27

- 14.跨坐式單軌交通發展史，你知道嗎？2017.10.06
- 15.跨座式單軌交通為何沒有推廣開？有幾個認識誤區你必須清楚！；
由 我看城市交通 發表于社會，2017.03.08
- 16.跨座式單軌鐵路的特點及其應用前景，王省茜 ，2008.12.24
- 17.單軌捷運系統在台灣應用研究及評估計劃；中華顧問工程司，
2014.12
- 18.Monorails,Light Rail,and Automated vs Non-Automated Transit
Operation：Comparative Costs in Japan and USA