

行政院暨所屬各機關因公出國人員出國報告書

(出國類別：考察)

**考察日本軌道運輸系統及沿線土地開發
出國報告書**

服務機關：交通部路政司

出國人職稱：專員、技術員

姓名：蔡玫亭、楊淑芳

出國地區：日本

出國期間：92年10月28日至92年11月2日

報告日期：93年2月

H4/
CO9204680

系統識別號:C09204680

公 務 出 國 報 告 提 要

頁數: 44 含附件: 是

報告名稱:

考察日本軌道運輸系統及沿線土地開發出國報告書

主辦機關:

交通部

聯絡人／電話:

陳振弘／23492533

出國人員:

蔡玫亭 交通部 路政司 專員
楊淑芳 交通部 技術員

出國類別: 考察

出國地區: 日本

出國期間: 民國 92 年 10 月 28 日 - 民國 92 年 11 月 02 日

報告日期: 民國 93 年 02 月 01 日

分類號/目: H4／鐵路 ／

關鍵詞: 軌道運輸,車站站區開發,搖擺式列車

內容摘要: 近年來「促進民間參與」方式已成為政府積極推動交通建設之政策，惟交通建設之自償率較低，為增加民間投資之誘因勢需另行引進場站聯合開發及沿線土地開發之效益。衡酌日本近年來積極推動軌道運輸系統站區開發，已有許多可供國內借鏡之成功案例，其中以名古屋車站站區土地開發為近年最具成功典範，因該站位處JR東海道本線、新幹線及私鐵連結，扮演東京及大阪之串聯樞紐，整個開發計畫分成Office Tower及Hotel Tower兩部分，實值得作為我國參考案例。另考量台鐵客運服務需求，將購置搖擺式列車加入營運，因此，為了解搖擺式列車相關內容及系統特性，實有必要考察國外搖擺式列車實際案例，以學習相關經驗。就日本搖擺式列車而言，以位處福岡的JR九州公司已有運轉搖擺式列車實績，最具未來我國業務推動之參考。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網

考察日本軌道運輸系統及沿線土地開發出國報告書

目錄

壹、前言	1
貳、日本名古屋車站站區土地開發	3
2.1 名古屋車站站區土地開發過程	3
2.2 名古屋車站站區土地開發狀況	5
2.3 名古屋車站站區土地開發內容	6
2.4 名古屋車站站區經營狀況	12
參、日本福岡搖擺式列車系統	14
3.1 搖擺式列車研發緣起	15
3.2 搖擺之運用原理與驅動方式	17
3.3 搖擺式列車技術優點及限制	22
3.4 日本預測控制系統	24
肆、考察心得與建議	26
附件 第五屆東亞運輸學會國際研討會紀要	31

壹、前言

近年來「促進民間參與」方式已成為政府積極推動交通建設之政策，惟交通建設之自償率較低，為增加民間投資之誘因勢需另行引進場站聯合開發及沿線土地開發之效益。衡酌日本近年來積極推動軌道運輸系統站區開發，已有許多可供國內借鏡之成功案例，其中以名古屋車站站區土地開發為近年最具成功典範，因該站位處 JR 東海道本線、新幹線及私鐵連結，扮演東京及大阪之串聯樞紐，整個開發計畫分成 Office Tower 及 Hotel Tower 兩部分，實值得作為我國參考案例。

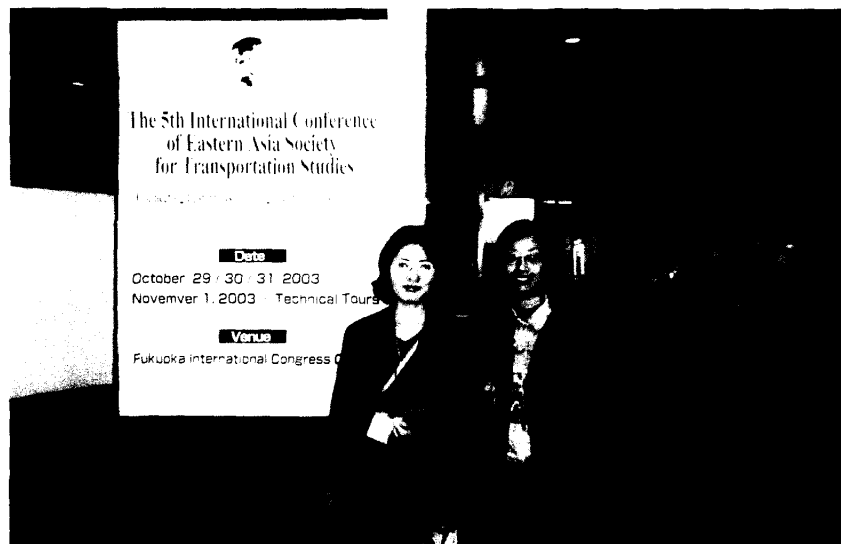
另考量台鐵客運服務需求，將購置搖擺式列車加入營運，因此，為了解搖擺式列車相關內容及系統特性，實有必要考察國外搖擺式列車實際案例，以學習相關經驗。就日本搖擺式列車而言，以位處福岡的 JR 九州公司已有運轉搖擺式列車實績，最具未來我國業務推動之參考。

另第五屆東亞運輸學會國際研討會(The 5th International Conference of Eastern Asia Society for Transportation Studies)假日本福岡舉行，本部路政司同仁獲邀就「台灣鐵路運輸發展新方向—定位挑戰 2008 整建計畫」(New Direction of Railway Transportation Development in Taiwan--Focusing on “Challenge 2008: Transportation Backbone Plan”)發表論文，因此將出席國際會議併入本次日本考察行程中。

詳細考察行程如表 1.1。

表 1.1 考察行程表

日期	參訪內容
92.10.28(Tue.)	台北→福岡
92.10.29(Wed.)	參加 EASTS 研討會
92.10.30(Thu.)	參訪 JR 名古屋車站站區開發
92.10.31(Fri.)	參訪福岡傾斜式列車(Tilting)
92.11.01(Sat.)	參加 EASTS 研討會參訪活動
92.11.02(Sun.)	福岡→台北



本次出國考察人員楊淑芳及蔡政亭

貳、日本名古屋車站站區土地開發

2.1 名古屋車站站區土地開發過程

- ◆ 1990 年 8 月 公告基本構想
- ◆ 1992 年 7 月 成立旅館業經營公司(JR Tokai Hotels Co., Ltd.)
- ◆ 1992 年 12 月 成立百貨業經營公司(JR Central Department Store Co., Ltd.)
- ◆ 1993 年 2 月 拆除原有名古屋車站大樓
- ◆ 1993 年 4 月 公告 JR 中央雙塔建設計畫
- ◆ 1994 年 6 月 成立不動產公司(JR Central Building Co., Ltd.)，持有 JR 中央雙塔產權並負責經營管理。
- ◆ 1994 年 7 月 正式公告名稱「JR 中央雙塔(JR Central Towers)」。
- ◆ 1994 年 8 月 開始興建。
- ◆ 1994 年 10 月 成立中央空調公司(Nagoya Energy Service Co., Ltd.)。
- ◆ 1996 年 2 月 百貨業經營公司與高島屋百貨簽訂商業合作契約。
- ◆ 1997 年 7 月 百貨業經營公司與高島屋百貨簽訂聯合投資及商業名稱使用契約。
- ◆ 1997 年 9 月 正式公告百貨經營公司名稱「JR 東海高島屋公司

(JR Tokai Takashimaya Co., Ltd.)」。

- ◆ 1998 年 12 月 建物基本結構完成。
- ◆ 1999 年 3 月 旅館業經營公司與 Marriott 國際公司簽訂營業特許契約。
- ◆ 1999 年 12 月 完工。
- ◆ 2000 年 3 月 Towers Plaza 及高島屋開始營業。
- ◆ 2000 年 5 月 Nagoya Marriott Associa Hotel 開始營業。

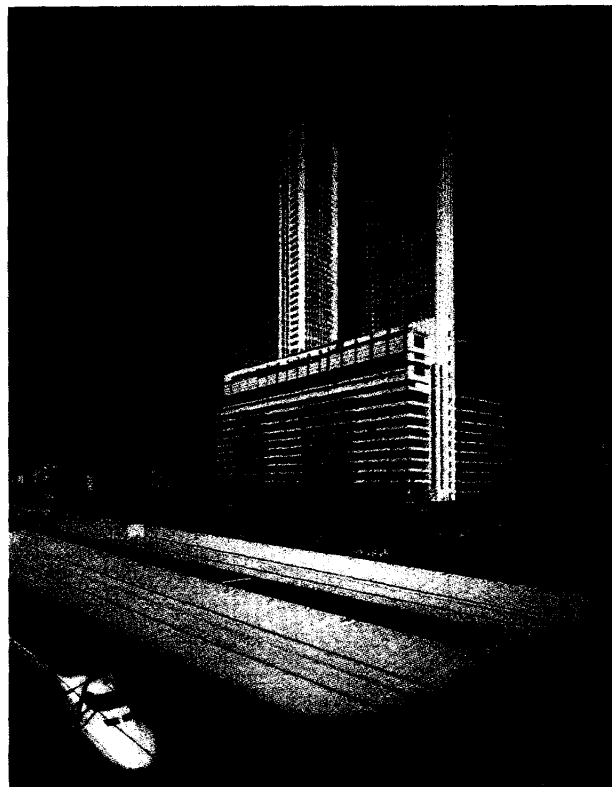


圖 2.1 名古屋車站全貌

2.2 名古屋車站站區土地開發狀況

JR 東海公司以名古屋車站站區土地作為開發基地方式進行，大樓內部空間與車站連結。本站位於名古屋市中心，與 JR 東海道本線、新幹線及民鐵之名古屋車站連結，提供往來東京、京都及大阪等城際客運，以及市內各種社會商業活動之需。

名古屋車站站區土地開發狀況摘要整理如下（詳圖 2.2）：

- 1.基地面積：82,191 平方公尺。
- 2.使用區域：商業區，並獲准於車站區域內作停車場及大型商業開發。
- 3.主要使用：車站設施、百貨公司、旅館、辦公室、餐廳、多用途展覽廳、觀景台及停車場等。
- 4.樓層：辦公大樓(office tower)部分，地上 51 層樓；旅館大樓(hotel tower)部分，地上 53 層樓；地下共計 4 層。
- 5.高度：辦公大樓 245 公尺，旅館大樓 226 公尺。
- 6.樓地板面積：416,565 平方公尺。
- 7.停車容量：約 1,500 個停車位。
- 8.各項設施使用面積：
 - ◆ 百貨公司約 120,000 平方公尺
 - ◆ 旅館約 90,000 平方公尺
 - ◆ 辦公室約 90,000 平方公尺
 - ◆ 餐廳、多用途展覽廳、觀景台約 20,000 平方公尺
 - ◆ 其他（包括車站設施、停車場等）約 90,000 平方公尺

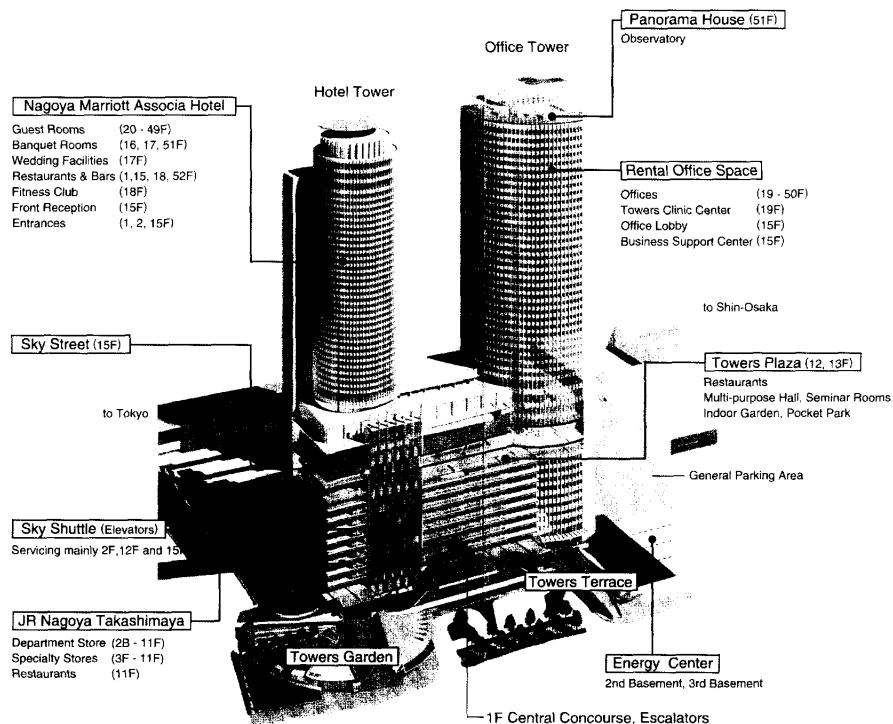


圖 2.2 名古屋車站站區土地開發示意圖

2.3 名古屋車站站區土地開發內容

若以目前實際營業中之項目來分類，整個名古屋車站開發內容又可細分為辦公空間、停車場區、景觀台(Panorama House)、雙塔廣場(Towers Plaza)、JR 名古屋高島屋百貨公司、名古屋 Marriott Associa 大飯店、空中走廊、雙塔花園(Towers Garden)、雙塔平臺 (Towers Terrace)等，茲分述如下：

1.辦公空間

- ◆ 規模：總出租辦公面積約 60,000 平方公尺，平均每樓層約 2,000

平方公尺。

- ◆ 設備：包括辦公室（19 樓－50 樓）、辦公室大廳、商業服務中心及雙塔顧客中心等。
- ◆ 設計概念：高格調辦公室具有舒適之辦公空間，提供 21 世紀商業活動之基本設備，並可享受摩天大樓之寬闊視野。

2.停車場區

- ◆ 規模：提供 1500 個停車位，其中 200 個停車位係 Marriott Associa 大飯店專用。
- ◆ 設備：一般停車場位於雙塔北側，Marriott Associa 停車場則位於旅館大樓之地下二至四樓。

3.景觀台(Panorama House)

- ◆ 規模：面積約 1,400 平方公尺。
- ◆ 設備：位於辦公大樓之 51 樓，包括眺望台、商店、咖啡廳等。
- ◆ 設計概念：景觀台距離地面 224 公尺，可提供遊客 360 度景觀視野，同時也是日本中部之最佳景觀，包括 Mt. Ontake, the Japan Alps, Ise Bay 等美景。



圖 2.3 名古屋車站觀景臺鳥瞰實景

4.雙塔廣場(Towers Plaza)

- ◆ 規模：餐廳約佔面積 6,200 平方公尺、室內花園約佔面積 2,000 平方公尺、多用途展覽廳約佔面積 346 平方公尺（約可容納 300 人）。
- ◆ 設備：位於辦公大樓之 12 至 13 樓，計有 30 家餐廳、展覽廳、視聽室、室內花園及小型公園等。
- ◆ 設計概念：本區規劃了各種風味及不同型態的餐廳、賞心悅目的室內花園、適合各種場合使用的多用途展覽廳，使忙碌的都會生活得以享有難得的寧靜。



圖 2.4 雙塔廣場之室內花園



圖 2.5 雙塔廣場餐廳通道之造景

5. JR 名古屋高島屋百貨公司

- ◆ 規模：總面積約 65,000 平方公尺，其中專櫃面積約 10,000 平方公尺。
- ◆ 設備：百貨服飾、書局、視聽用品及餐廳等。
- ◆ 設計概念：多樣化的百貨商場滿足都會精緻高尚之購物特性，並提供舒適親切之購物環境。

6. 名古屋 Marriott Associa 大飯店

- ◆ 規模：總面積約 4,100 平方公尺，計有 780 間客房。
- ◆ 設備：客房、精品專櫃、餐廳、喜宴設備、健身中心等。
- ◆ 設計概念：為國際級旅館，客房平均面積為 37 平方公尺；17 間宴會廳，適合舉行各類活動包括國際研討會；9 間餐廳提供各國美食。

7.空中走廊

- ◆ 設計概念：為長條形通道，距離地面 70 公尺，相當於 15 層樓高，可連接辦公大廳及旅館大廳。



圖 2.6 空中走廊(Sky Street)

8. 雙塔花園(Towers Garden)

- ◆ 設計概念：自車站廣場南側通往 Sakura-doris 出口，可配合雙塔舉辦之各類活動，設計適當佈置，並有茂盛之綠葉紅花及大型造景瀑布。

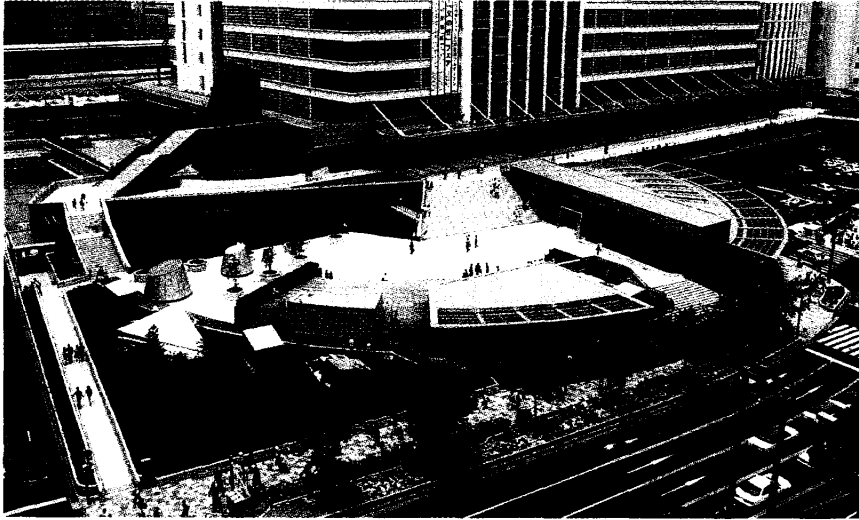


圖 2.7 雙塔花園(Towers Garden)

9. 雙塔平臺(Towers Terrace)

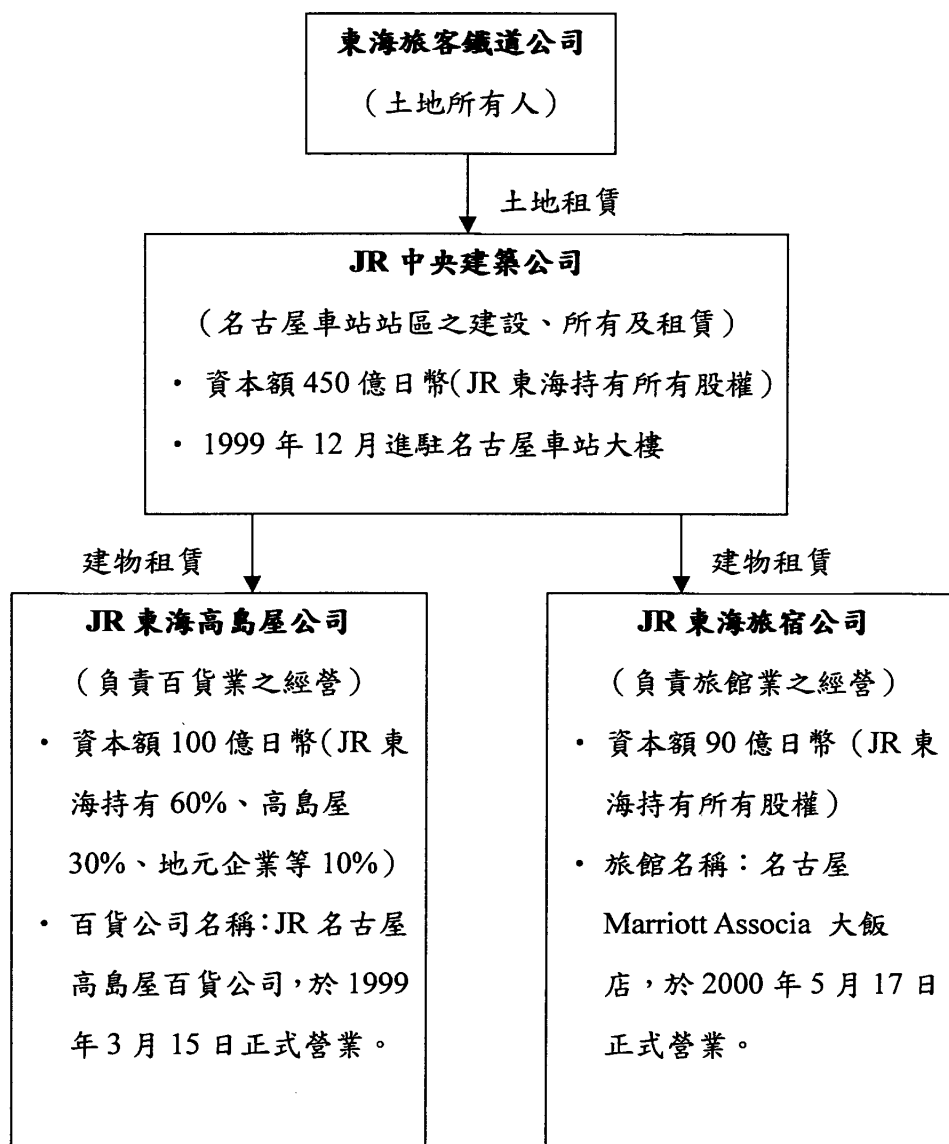
- ◆ 設計概念：位於車站廣場 2 樓通往 Sakura-doris 出口，可連接市區公車場站，同時也是碰面集合之最佳地點。



圖 2.8 雙塔平臺(Towers Terrace)

2.4 名古屋車站站區經營狀況

1. 經營組織架構



2.三大主要經營公司業績

表 2.1 名古屋車站站區三大主要經營公司 2001 年業績表

單位：10 億日幣

公司名稱	營業收入	經常性收入	淨收入
JR 中央建築公司	20.7	0.5	0.5
JR 東海高島屋公司	61.8	0.7	0.8
JR 東海旅宿公司	19.5	0.9	0.7



名古屋車站站區開發解說後團員合影

參、日本福岡搖擺式列車系統

世界各國為了提升軌道運輸的速度及改善搭乘的品質都在尋求解決的辦法，而應用「搖擺式(可傾斜式)車體技術」改進車輛本身之轉向能力是目前較經濟且快速之方式，許多擁有窄軌系統之國家(如日本、挪威、瑞典等國)便紛紛投入此一系列車高速化領域之研究，進而成功發展出適合它們使用的各種搖擺式車輛技術。

日本是世界上最早將搖擺式列車應用於窄軌系統之國家。日本最早使用之搖擺式列車為 381 系列電聯車，於 1973 年引進，車身與轉向架間安裝有「滾輪式被動傾斜系統」(passive roller tilting system)，可使車身傾斜 5 度，極速 120km/h，轉彎速度提高 20km/h。日本國鐵(JNR)於 1987 年進行民營化後改稱為日鐵(JR)，目前轄下六家子公司(JR 北海道、JR 東日本、JR 東海、JR 西日本、JR 九州、JR 四國等)均有搖擺式列車營運中，各型搖擺式車廂總數愈 700 輛，是世界上規模最龐大的搖擺車隊之一，其技術多半是採用「被動式」之滾柱軸承(roller bearing)、或「半主動式」之氣缸(cylinder)及空氣彈簧(air spring)等機構控制車體擺動，車體傾斜角度約 2~6 度，轉彎速度比傳統列車提高約 15~20km/h。

當列車行駛於彎曲路線段時，由於受到離心力作用，而影響乘車舒適品質；理論上，以軌道平衡超高度所產生之側向重力分力可抵消離心力作用；但基於系統之安全性及不同運轉模式考量，實際之軌道超高度均小於平衡超高度。因此為維持乘坐品質及列車安全，列車通過彎曲路段時，須以小於平衡速度之速度行駛。相對而言，其也降低系統之營運效率。由於科技之進步，政經交流日趨頻繁，民眾對軌道運輸系統之運送所需時間、乘車舒適品質及行車安全等標準亦日漸要

求嚴格；因而世界各國乃相繼建設高速鐵路，或修改原有之軌道線形以提高營運速度。但無論是建設新路線或修改舊有之路線，其所需之建設成本費用亦相當龐大；基於此條件限制，軌道車輛設計者乃研發出搖擺式列車(Tilting Train)。搖擺式列車能在既有路線上，以高於同型一般機構車輛約 10% 至 30% 之營運速度行駛，系統營運效能大幅提高。另窄軌鐵路一般速限為 120~130km/h，可透過軌道之改善提高速限，日本窄軌已可做到 160km/h，澳洲可達 170km/h，歐洲窄軌系統更可達 200km/h。

本次參訪係日本 JR-九州 885 系列 EMU 電車組搖擺式列車，本報告內容併簡述有關搖擺式列車之相關原理、機械結構、控制系統及其應用。

3.1 搖擺式列車研發緣起

軌道列車通過曲線段時，乘客會感受到一外力之作用，一般稱之為離心力；影響此離心力之大小有乘客本身重量、列車速度及軌道曲率半徑等因素。由於一般乘客無法感受到小於 0.04g 之作用力，因此軌道運輸系統設計者為考量乘客之乘車舒適品質，均以乘客承受向下垂直加速度小於 0.1g、向上垂直加速度小於 0.05g 及側向加速度小於 0.08g 或作用於乘客之離心力不得大於乘客本身重量之十分之一為軌道運輸系統之設計標準。列車通過曲線段時所產生之離心力，傳統上，可應用軌道超高度使車體傾斜所產生之重力側向分力來降低或抵消。但在軌道線路上，為考量配合不同運轉模式、不同軌道車輛運行及車輛行駛安全等因素，軌道超高度亦應有所限制；對於高速軌道列車通過曲線段而言，此限制之軌道超高度是不足夠的；基於乘車舒適

度考量，須限制列車通過曲線段時之速度。此限速措施，亦降低軌道系統之運輸功能及效率；建設一全新之高速運行線路或修改現有路線之線形，為解決方式之一，但其所費不貲；另一方式，乃利用車體傾斜機構使列車通過曲線段時，車體向曲線內側傾斜，以抵消或降低離心力作用，且能在維持運轉安全及保持乘車舒適度之前提下，提高營運速度及系統運輸效能。

德國於西元 1938 年，最先應用搖擺列車概念減少列車行駛時間，並於西元 1957 年製造完成搖擺實驗列車，同年法國國鐵亦製造傾斜 18° 之搖擺車輛；爾後許多國家相繼參與進行搖擺式列車之研發與製造，並實際應用於載客營運；常被廣泛探討之搖擺車輛，如：日本於西元 1973 年研製完成之 381 系列被動式搖擺列車（Passive-Tilting train），當列車駛入介曲線（Transition Curve）時，由於搖擺機構之阻力，啟動傾斜車廂會產生遲延現象，或行駛於介曲線間時，車體突然產生傾斜，如此大幅降低乘坐舒適品質；為改善上述之缺點，經多年研發，於西元 1988 年發展出預測控制搖擺系統（Predictive Control Tilting System），其最先被應用於 2000 系列車輛，隨後所有日系搖擺列車均採用此預測控制搖擺系統，西元 2000 年 3 月日本 JR-九州 885 系列 EMU 搖擺式列車開始營運。西班牙於西元 1980 年研製 TALGO 系列被動式搖擺列車，車輛結構重心低、重量輕與轉向架採用自由車輪及關節式（Articulated）為其主要特點。義大利於西元 1974 年開始生產 Pendolino 系列主動式搖擺列車（Active-Tilting train），由於車體之傾斜角度及傾斜速度過高，車體搖擺時容易造成乘客頭暈，經過多年研發及試運轉，始於西元 1988 年參與載客營運，軸重輕及作用於軌道之側向力小為該列車主要特點。瑞典經多年研發試驗，於西元 1986 年研製成功 X2000 系列主動式搖擺列車，並於西元 1990 年參與

營運；為減少輪軌間之側向力及輪軌磨耗與確保搖擺系統之可靠性，分別採用徑向轉向架及多重化控制設備為該系列車之主要特點。

搖擺式列車之控制最佳化策略不僅須考量側向加速度之補償率及輪軌間之作用力外，並應考慮搖擺運動之角速度及角加速度。日本針對乘坐舒適度曾作研究與調查，其主要結論：車體擺動之角速度小於 $5^{\circ}/s$ 及角加速度小於 $15^{\circ}/s^2$ 時，乘坐舒適性良好。英國亦作過相同試驗，其測試結果：當擺動之角速度控制在較小值及側向加速度之補償率約在 70% 時，乘坐舒適性較佳。當今世界各搖擺式列車製造先進國家，基於不同之運轉環境及功能需求，發展製造出多種不同之傾斜機構及控制系統，但均以減低擺動角速度及輪軌間之作用力作為設計或改善之指標。由於世界各國研發與製造多種不同搖擺式列車，本報告僅將以預測控制被動式傾斜系統（日本系統）為主，簡述傾斜系統之基本原理、方式、機構及控制系統。

3.2 搖擺之應用原理與驅動方式

提升列車通過於現行超高度曲線之速度，需有預防列車翻覆出軌，及維持或提升系統原具有之乘坐舒適性等措施，降低車輛重心及減輕車重有助於減少列車翻覆出軌之可能性；對於因離心力造成乘坐舒適性惡化之情形，則可藉由搖擺列車改善之。有關非補償側向加速度之分析通常以軌道或乘客為基礎，兩者間之差異在於後者須考量車輛滾動撓性系數（Roll Flexibility Coefficient）及傾斜機構。搖擺列車依驅動方式可分為：應用車輛經過曲線段所發展形成之側向離心力，以帶動傾斜機構之被動式搖擺列車，及應用主動控制元件強迫帶動車輛傾斜之主動式搖擺列車兩種。

3.2.1 應用原理

當列車通過無超高度之曲線路線時，分別有重力加速度及離心側向加速度作用於車輛重心，作用於車輛之總加速度為上述兩加速度向量和，有關作用加速度之位置，詳圖 3.1。

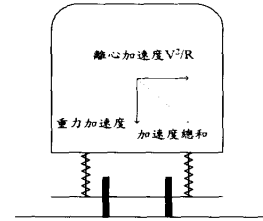


圖 3.1 無超高度

列車可藉由軌道超高度所產生之側向重力加速度，降低或抵消通過曲線段時所承受之側向離心加速度其；當軌道超高度所引起之側向重力加速度若能完全抵消側向離心加速度，此軌道超高度稱之為平衡超高度（Balance Cant）或理論超高度（Theoretical Cant）；基於不同運轉模式及車輛安全考量，實際之軌道超高度不同於理論超高度，此差異產生一不平衡側向力，其作用力關係，詳如圖 3.2。一般而言，一定量之側向加速度作用於車輛是被允許的，其可以超高度不足量（Cant Deficiency）或作用軌道之側向加速度表示之；為使作用於軌道之側向加速度為零所要求之額外軌道超高，相等於此超高度不足量；搖擺列車可視為軌道與列車間之傾斜機構，以搖擺列車所傾斜之角度彌補軌道超高度不足，其可降低或抵消不平衡之側向力，有關搖擺列車行經曲線段所承受之作用力及分力平衡之關係，詳如圖 3.3。

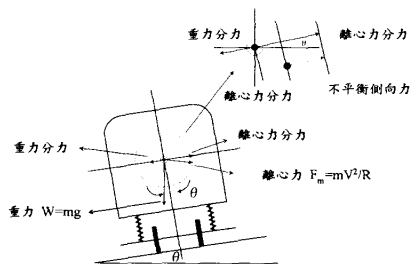


圖 3.2 列車曲線上作用力關係

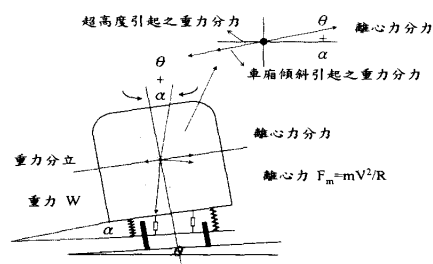


圖 3.3 列車曲線上車廂傾斜作用力關係

3.2.2 被動式搖擺列車

被動式搖擺列車之自然傾斜其乃應用離心力及重力作用於車輛重心之鐘擺效應（Pendulum Effect）結果，因此為達此傾斜效果，搖擺中心（Roll Center）需置於車輛重心之上。此被動式搖擺現象，如同車體懸掛在近於車頂之樞紐上，沿著中心軸自由擺動，相關位置詳如圖 3.4。被動式搖擺列車主要具有結構技術簡單、重量輕、造價較低、無需能源及自動回復至平衡位置等優點，由於傾斜機構阻力大其亦具有傾斜遲延，傾斜角度較小，及因較高之擺動中心降低列車傾覆之安全性與縮小車廂底部寬度等缺點。

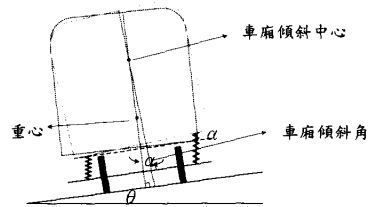


圖 3.4 被動式搖擺列車重心與傾斜中心

3.2.3 主動式搖擺列車

主動式搖擺列車結合傾斜控制系統與油壓、氣壓或電子驅動器驅動車廂傾斜，車廂傾斜中心位於車輛重心附近或低於重心，如此結構有效消除對傾覆安全性之不利影響因子、增加列車之穩定性、減少淨空包絡線及減低作用於乘客之側向力等優點，有關傾斜中心、車輛重心位置與傾斜包絡線等相關位置詳如圖 3.5。主動式傾斜系統主要藉由感應器收集軌道之線形、曲率半徑、超高度及車輛速度等資訊並經由電腦計算及控制各車廂之傾斜角度。主動式搖擺列車亦具有縮小車廂頂部寬度、機械結構複雜、列車重量增加、無傾斜遲緩之要求及偵

測線形錯綜複雜之演算法則等缺點。

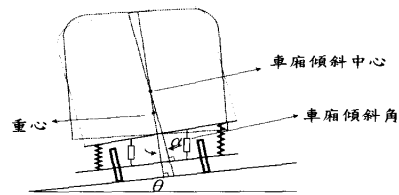


圖 3.5 主動式搖擺列車重心與傾斜中心

JR-九州 885 系搖擺式列車亦採滾筒式控制方式，每列車以 6 節車廂固定編組方式營運，由三輛動力車加三輛一般拖車所編組而成，目前車隊計有 62 輛，車身採鋁合金製造，車頭設計成流線型以降低風阻，最大傾斜角約為 5° ，最高速度 130km/h，曲線段運轉速度較一般列車提高 30 km/h，以博多為根據地分別向小倉、門司港，大分、佐伯及博多至長崎、佐賀。如圖 3.6 外觀;內裝如圖 3.7;圖 3.8 廁所。

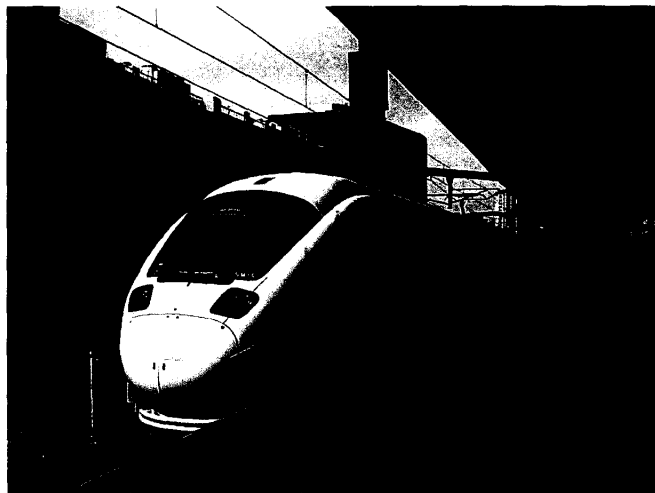


圖 3.6 JR-九州 885 系搖擺式列車外觀



圖 3.7 JR-九州 885 系搖擺式列車內裝



圖 3.8 JR-九州 885 系搖擺式列車廁所

3.3 搖擺式列車技術優點及限制

3.3.1 搖擺式列車技術之主要優點

- 1.任何新建一條高速鐵路或改善舊有軌道線形之工程都是十分昂貴費時且常具爭議性的。相較之下，使用搖擺式列車配合軌道架構局部修改即可有效甚至大幅提升列車之車速(特別是轉向速度)，且其成本遠低於前者。
- 2.由於列車轉向速度提升，行車時間因而縮短，在某些國家之長途運輸系統上甚至具備了與航空業競爭之能力，或成為其替代性之交通工具。
- 3.車體傾斜機構可降低列車離心(側向)力，改進列車轉彎舒適度。

3.3.2 搖擺式列車技術應用之限制

- 1.搖擺式列車速度再提升也無法超越專為高速鐵路設計之高速列車，因此通常無法藉由舊線升級之方式完全取代高速鐵路之功能。
- 2.搖擺式列車之使用效益會隨路線及長度而有所不同，彎路段比例高且路線愈長，則效益愈大，唯若軌道線形過於崎嶇複雜(*poor track alignment or difficult geography*)，則應用本技術恐亦無法發揮預期作用。
- 3.搖擺式列車以較高速度轉彎時會產生較高之軌道作用力(*track force*)，進而增加車輪及外側鐵軌之磨耗。可藉活動式轉向架(*steering bogie*)克服。

4. 轉向架先天上具有轉向能力與直行能力相互衝突之特性，無法同時兼顧(靈活之轉向架在直線段容易發生”蛇行運動”(hunting)，反之，高速轉向架則轉彎時較不靈活)，因此設計時需加以取捨(compromise)。搖擺式列車較注重轉向能力，因此其轉向架設計上需避免直行時之蛇行運動影響車速及產生過多之輪軌磨耗。
5. 雖然大部份搖擺式列車製造成本不會比傳統列車高很多，不過由其轉向架設計較複雜且運轉元件較多，其維修成本及時間通常會高於傳統列車。
6. 搖擺式列車在行經連續或左右變換之彎路段(reverse or transition curves)時，由於車體傾搖機構之快速變換(一下向左擺、一下向右擺)，有時會導致乘客產生有如暈船(nausea)的感覺，遇到這種路段唯一可藉降低車速來改善，因此降低搖擺式列車在這種密集轉彎路段之效果。
7. 列車傾擺機構之設計需配合軌道線形及地形，因此各國使用之技術及裝備多有其獨特性及專屬性。
8. 搖擺式列車在轉彎路段因不必像傳統列車需減速通過再加速所節省下來之能源消耗，有時反而不夠抵消其因較高速狀態下轉彎所消耗較多之能源。
9. 車輛及搖擺式裝置之運動包絡線稍不同，而列車高速化後可能涉及煞車距離增加及道旁號誌設備之重新定位等相關界面問題。

3.4 日本預測控制系統

日本國內現有在來線軌道系統為窄軌且很多連續 S 型曲線段及短距離介曲線，若傾斜機構動作延遲反應，車廂可能瞬間內傾斜於相反位置或傾斜角度不正確；因此，保持較小之傾斜角速度及角加速度，且能順暢傾斜車體為日本傾斜控制系統操作之主要基本原則。日本傾斜控制系統為配合特有之運轉環境，首先將行駛路線曲線段之相關資料儲存於車上電腦，並藉由接受道旁設施傳送之訊號及車輪之速度，計算列車所在位置，以使傾斜機構在列車未駛進介曲線段前就預先傾斜車體，控制系統相關流程如圖 3.9 所示。列車位置相關資料如：道旁地上子（ATP）號碼、兩地上子距離及位置等，經由道旁地上子傳送。裝置於轉向架之第二及第三輪對軸承箱上之速度測速器提供列車速度。列車上之指令控制電腦（Command controller）主要負責列車位置計算，控制列車各車廂之傾斜及下達指令（如：距離，車號，曲線號碼及傾斜時間）等。各車廂上之傾斜控制電腦（Tilt Controller）則計算傾斜角度、控制電磁閥及回受傾斜位移資料等。車體傾斜角度，依列車速度及回受之車廂角度，隨時執行傾斜角度計算及修正；當傾斜角速度出現過大時，則修正傾斜啟動點。有關最佳傾斜控制模式，經過長期實驗，目前所使用之模式如圖 3.10 所示。

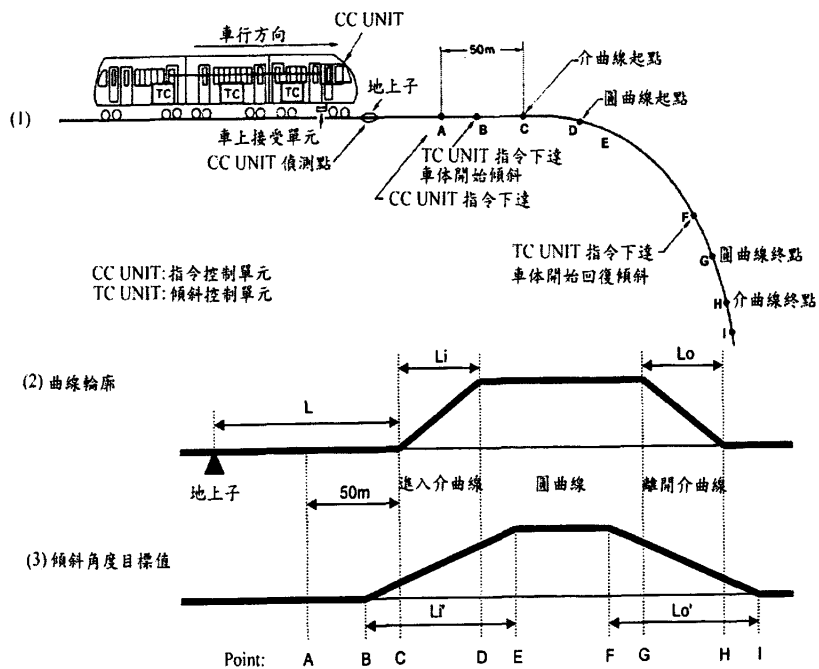


圖 3.9 控制系統相關流程圖

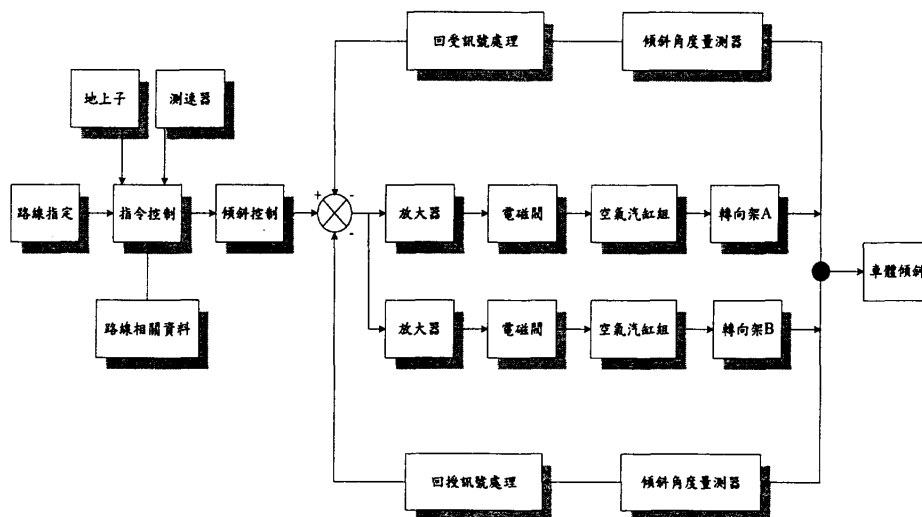


圖 3.10 日本預測控制系統示意圖

肆、考察心得與建議

4.1 場站開發部分

1. JR 東海自 1987 年民營化後，運輸本業每年平均營運收入約 1 兆日圓，其中 80% 來自新幹線之票箱收入，20% 來自在來線之票箱收入，歷年票箱收入增減情形詳圖 4.1 及圖 4.2。

億（日幣）

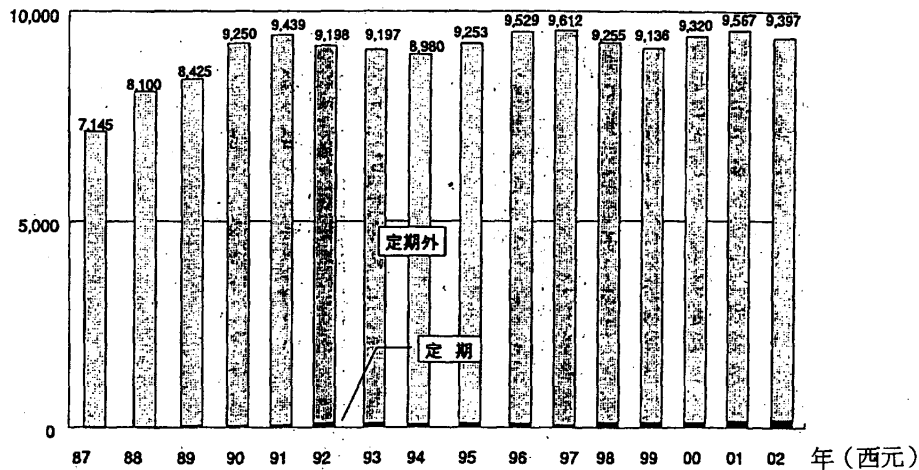


圖 4.1 新幹線票箱收入增減情形

億（日幣）

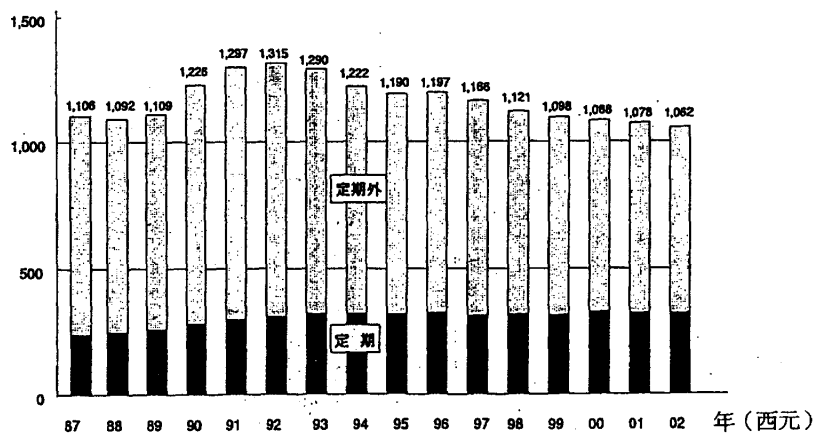


圖 4.2 在來線票箱收入增減情形

2. JR 東海附屬事業等收入方面，包括運輸業、流通業、不動產業、旅遊業及其他等五項，每年平均約有 1 兆 3 千億日圓收入(詳圖 4.3)，其中流通業收入自 2000 年起大幅增加，主要是高島屋百貨公司加入營業所帶來的收入。JR 東海下一步將成立投資部門，期能增加更多收益。

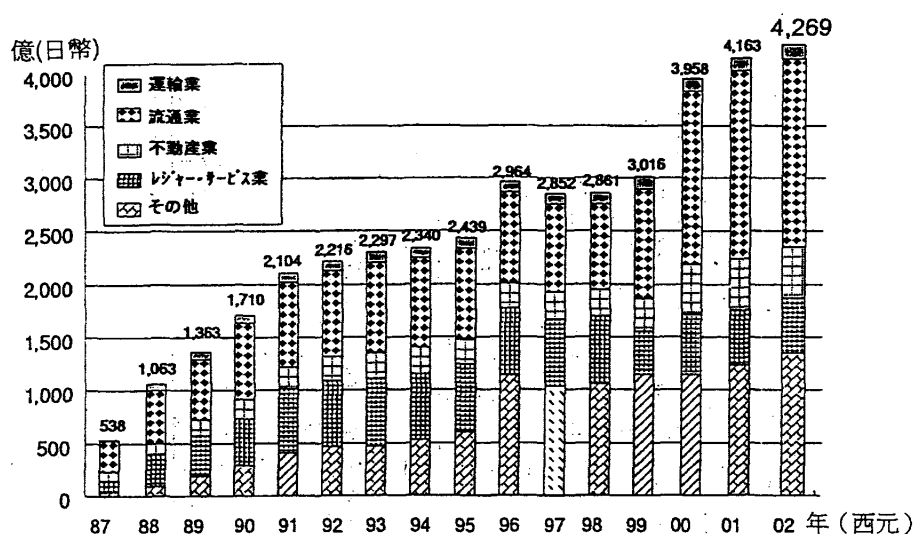


圖 4.3 JR 東海附屬事業收入情形

3. JR 東海鐵路公司民營化前，除運輸本業外，不可經營其他附屬事業。民營化後，車站站區開發只要符合一般建物高度、安全等法規規定，無其他限制，可自行規劃開發，因而增加許多經營彈性，也成功地創造更多利潤。基此，日本政府正進行新幹線整備計畫，重新檢討改善場站設施，並選擇適當車站辦理大規模站區開發。

4. 經由此次訪查發現，JR 東海鐵路公司非常重視，且積極地開發附屬事業，以名古屋車站站區開發而言，JR 東海充分善用這個人潮聚集的好地段，包括高架鐵路下方空間亦作為商場使用(如圖 4.4，圖

4.5 及圖 4.6)。



圖 4.4 名古屋高架鐵路下方空間使用情形一



圖 4.5 名古屋高架鐵路下方空間使用情形二

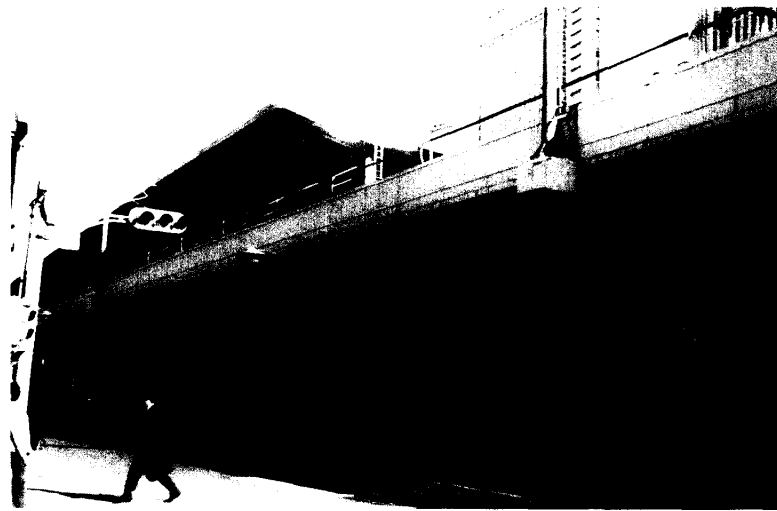


圖 4.6 名古屋高架鐵路下方空間使用情形三

目前名古屋車站百貨、旅館、辦公大樓等經營狀況良好，惟車站對面另有一性質及規模類似之商場大樓正大興土木（如圖 4.7），準備加入競爭，分食這塊市場大餅。JR 東海鐵路公司意識到此項競爭壓力，正研擬擴大附屬事業經營範圍，增辦投資、物流等業務。JR 東海鐵路公司對於開創財源之企圖心、積極態度及經營策略可作為台鐵場站開發及鐵路立體化之參考。



圖 4.7 與名古屋站區開發規模類似之商業大樓施工情形

4.2 搖擺式列車部分

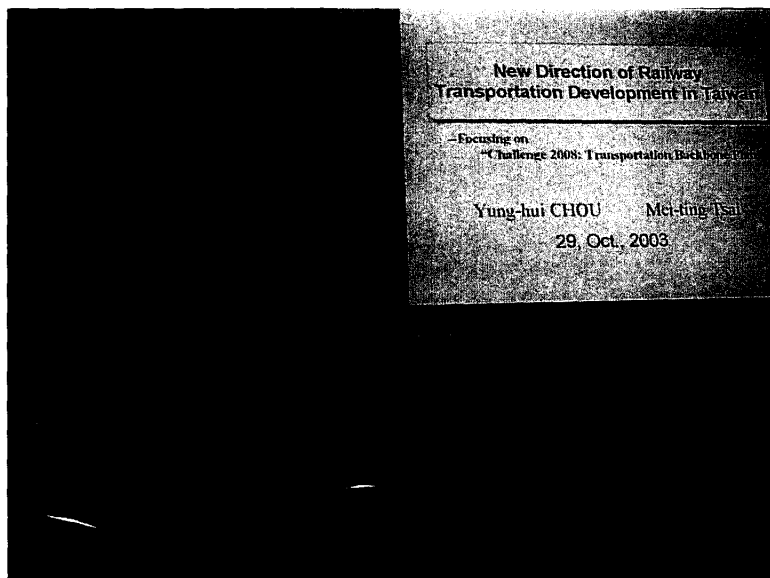
世界各軌道運輸營運者，在現有路線上為提升列車曲線通過速度，通常考慮兩種改善措施：第一種方式為採用搖擺式列車，第二方法為改善曲線超高度、改良外曲線或增大曲線半徑；但不論採用任一措施，都應考量所需經費、實際工程之可行性及縮短時間之效能等因素；惟大多數營運者，經過分析考量後，均同時合併實施上述兩種措施。目前世界已多國如：瑞典、義大利、加拿大、西班牙及日本等國家具有設計製造搖擺列車之能量及其營運之實績。當今在歐洲除了西班牙採用被動式搖擺列車外，其餘國家均採用主動式搖擺列車，日本則採用預測控制式搖擺列車。

當考慮提高列車通過曲線速度之同時，亦應考量列車系統之安全性。列車行駛於曲線段時，因速度之提高，同時亦提高輪軌間之側向作用力（離心力與速度平方成正比）；忽視此動力效應，將降低系統行車安全性；因車體傾斜並無法減低作用於軌道之側向力。因此發展搖擺列車之同時，應研發相關之改善技術與措施，如輕軸重、輕彈簧下質量、自導式轉向架、獨立車輪或主動式懸吊系統等，以降低輪軌間之側向作用力；並維持或改進系統之安全性與乘坐舒適度。

附件 第五屆東亞運輸學會國際研討會紀要



第五屆東亞運輸學會國際研討會會場



論文發表實況

**NEW DIRECTION OF RAILWAY TRANSPORTATION DEVELOPMENT
IN TAIWAN – FOCUSING ON “CHALLENGE 2008: TRANSPORTATION
BACKBONE PLAN”**

Yung-hui CHOU
Section Chief
Ministry of Transportation
and Communications
No.2 Chang-sha Street, Sec. 1,
Taipei 100, Taiwan. R.O.C.
Fax : +886-2-2349-2191
E-mail : yh_chou@motc.gov.tw

Mei-ting TSAI
Executive Officer
Ministry of Transportation
and Communications
No.2 Chang-sha Street, Sec. 1,
Taipei 100, Taiwan. R.O.C.
Fax : +886-2-2349-2119
E-mail : mt_tsai@motc.gov.tw

Abstract: During the process of raising national competition, the government should examine practically the railway transportation systems for island area like Taiwan. From the aspect of transportation infrastructure, there are two key points of developing and implementing the railway transportation plans. Firstly, the key point of the inter-city railway system is to increase the density and convenience of railway network. Secondly, in the aspect of the metropolitan railway system, the government continues planning or constructing the MRT systems in some major metropolitans. Therefore, in the “Challenge 2008: Six-year National Development Plan,” the government formulates the plan of improving the transportation infrastructure called “Transportation Backbone Plan” that is to integrate HSR, TR and MRT systems. Once the integration is completed, the effect of railway transportation will be maximized. Based on the structure, this paper will draw up the goals, objectives and strategies, and build an evaluation mechanism under a hierarchy structure.

Key Words: railway transportation, high-speed rail, Taiwan railway, mass rapid transit

1. INTRODUCTION

Taiwan is a long and narrow island. The total population is 22.3 million, however, 95% of its inhabitants are concentrated along the western plains which stretch from North to South.

Railway transportation has always been one of the most important national development programs for the government of the Republic of China since the Ten Major Construction Projects in the ‘70s. The railway electrification and the island-wide railway had been completed gradually in the past, and Underground Railway Projects and Taipei Mass Rapid Transit (MRT) Systems have been implementing, however, they are individual projects. To fulfill the goals of developing convenient railway transportation systems and providing comprehensive public transit services, there should be more explicit blueprints and visions for railway policy.

Railway transportation plans can be divided into inter-city railway system and metropolitan railway system. During the process of raising national competition, the government should examine practically the railway transportation systems for island

area like Taiwan. From the aspect of transportation infrastructure, there are two key points of developing and implementing the railway transportation plans. Firstly, the key point of the inter-city railway system is to increase the density and convenience of railway network. That is why the government pushes the High-Speed Rail (HSR) and Taiwan Railway Construction Project aggressively. It will strengthen the connection between the cities and intensify the transportation within the cities. Secondly, in the aspect of the metropolitan railway system, to operate the public transit more efficiently, the government continues constructing the Taipei and Kaohsiung MRT systems, and examines the planning outcomes of MRT systems for other four metropolises in Taiwan. Besides, the government is proposing the program of Taiwan Railway (TR) providing metropolitan rapid-transit rail service. Especially, the railway link between the CKS international airport and adjoining cities is to strengthen the function of land and air transferring service, and to prosper the development of neighboring area.

Along the western coast, HSR and TR are the trunk lines connecting south and north of Taiwan. The railway transportation improvement along the east coast and linking between east and west of Taiwan are the future major services of TR. Therefore, in the "Challenge 2008: Six-year National Development Plan," the government formulates the plan of improving the transportation infrastructure called "Transportation Backbone Plan" that is to integrate HSR, TR and MRT systems. Once the integration is completed, the effect of railway transportation will be maximized and the following goals will be achieved. 1. To complete 455km operation length for railway and MRT systems; 2. To improve 58km for railway system; 3. To extend one-hour service urban area for Taiwan Railway; 4. To reduce railway travel time more than 30 minutes along Taiwan eastern coast. Based on the structure, this paper will draw up the objectives and strategies, and build an evaluation mechanism under a hierarchy structure. Finally, it could provide the authority's reference to evaluate and control plans.

2. CHALLENGE 2008: TRANSPORTATION BACKBONE PLAN

In response to changes in the domestic environment, the government formulated a set of highway and railway construction plans to ensure Taiwan's sustainable development despite its limited resources. These plans are designed to provide safe, comfortable, and convenient transportation services to the people on Taiwan as well as the rapid flow of commodities for the industrial sector. "Transportation Backbone Plan" includes four fields: railway transportation, highway transportation, public transportation services and balancing regional development. This paper focuses on railway transportation only, and describes it as two parts: inter-city railway system and metropolitan railway system.

2.1 Inter-city Railway System

2.1.1 HSR System Project

The route of HSR system is from Taipei to Kaohsiung with 10 stations. The route map is shown in Figure 1. The government signed the "HSR Construction & Operation Contract" and the "Development Contract for the HSR station districts" with THSRC (Taiwan High Speed Rail Corporation) on July 1998, and authorized

THSRC to construct and operate the HSR for 35 years, and business land development for the HSR stations districts is 50 years. The government invests NT\$105.7 billion (about US\$3.02 billion)(25%) and the private sector invests NT\$325.9 billion (about US\$9.31 billion)(75%) in the project. The HSR will be completed and go into operation on October 2005. Once completed, it will help to balance the regional economic development, and reduce travel time between northern and southern Taiwan.

So far the construction of the 345-km long HSR system has been completed up to 50%, and the development of five station districts has been keeping going. Needed capital is expected to be NT\$54.9 billion (about US\$1.56 billion).

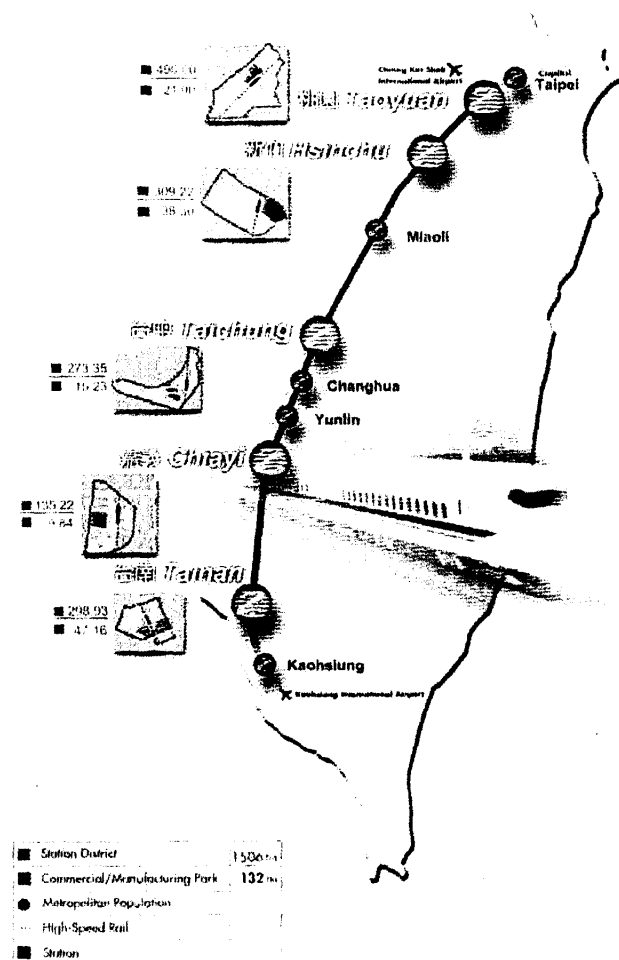


Figure 1. The Route Map of HSR System

2.1.2 Improvement Project of The Eastern Taiwan Railway

Based on the policy of balancing regional development and prospering the eastern region, the government does not only keep doing the improvement plan of the eastern Taiwan Railway, but also planning the purchase of new commuting trains and the scheme of straightening the eastern railway. All of them will organize the rapid railway transportation network for the eastern coast in Taiwan and enhance economic prosperity with shorter and faster inter-city transportation services. This will subsequently stimulate industrial and economic development in Ilan, Hualien, and Taitung.

2.2 METROPOLITAN RAILWAY SYSTEM

2.2.1 Metropolitan MRT System Projects

Taipei's mass rapid transit network is partially completed, including Mucha Line, Tamshui Line, Hsintien Line, Nankang Line and Chungho Line. A few routes still under construction, such as Panchaio Line, Hsinjuang Line and Nankang extension. The Taipei MRT network map is shown in Figure 2.

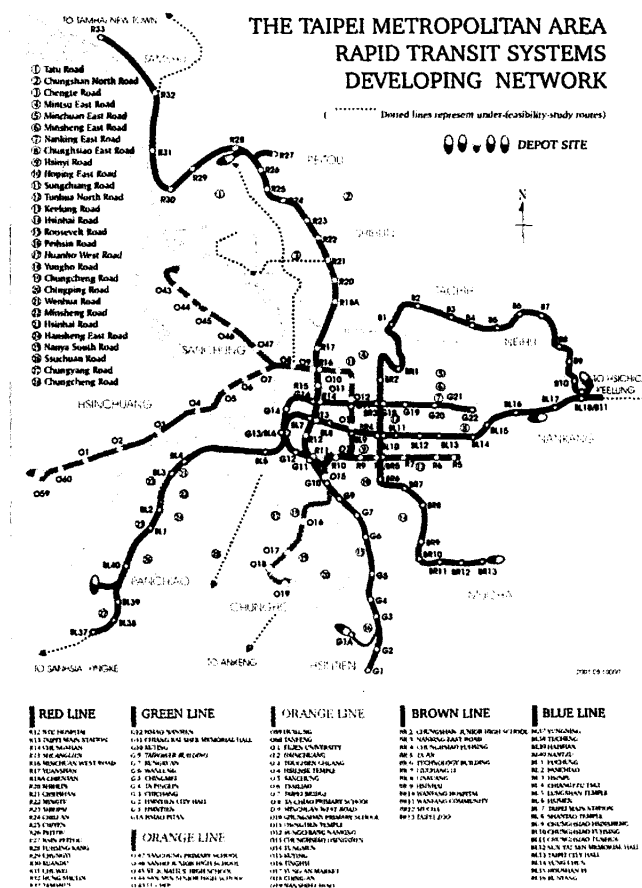
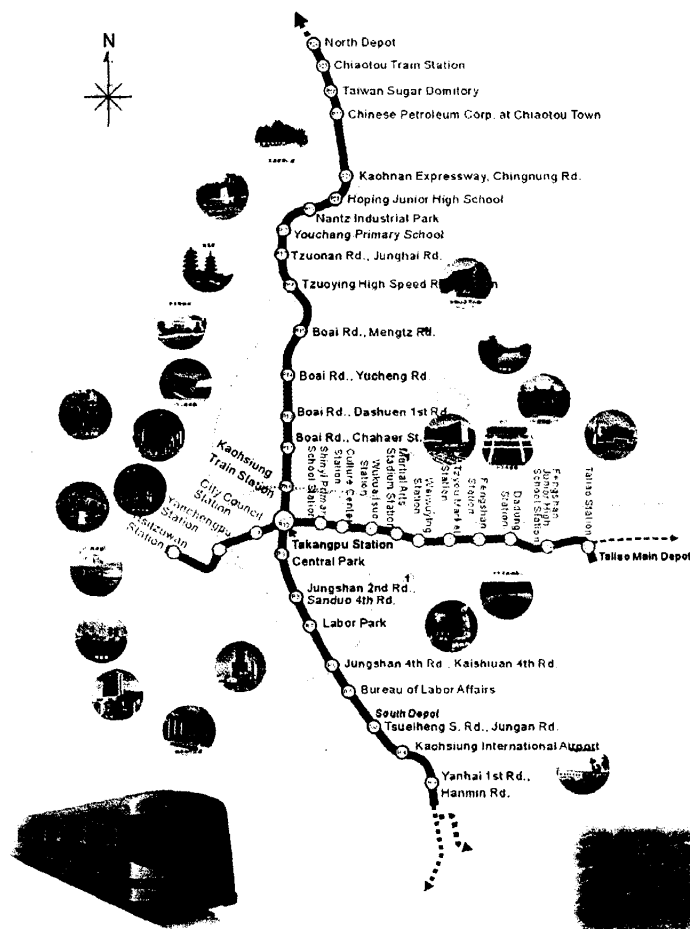


Figure 2. The Network Map of Taipei MRT System

Cited from <http://www.dorts.gov.tw>
 Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.4, October, 2003

A similar system is being built to serve the Kaohsiung metropolitan area. The approval routes are the red line, a north-south line which starts at Chiaotou and ends at Linhai Industrial District, and the orange line, a west-east line which starts at National Sun Yat-Sen University and ends at Taliao in Kaohsiung County. The Kaohsiung MRT network map is shown in Figure 3. The total length of the two lines is 42.7 km. The total construction costs are NT\$181.3 billion (about US\$5.18 billion). The government investment is NT\$150.9 billion (about US\$4.31 billion), and private investment is NT\$30.5 billion (about US\$0.87 billion). The Kaohsiung Municipal Government signed the "Construction and Operation Agreement" and "Development Agreement" with the Kaohsiung Rapid Transit Corporation on January 2001. The entire construction of the Red and Orange Lines will be completed within six years, so that the Revenue Service Day will be at the end of October 2007.

KAOHSIUNG METROPOLITAN MASS RAPID TRANSIT SYSTEM ROUTE MAP



⚡ The names of Red Line stations are not yet finalized.

Figure 3. The Network Map of Kaohsiung MRT System

Cited from <http://www.kcg.gov.tw/~mtbu/index-c.htm>.

Besides to the above MRT systems, a number of light rail transit (LRT) system schemes are formulated for other major metropolitan areas.

2.2.2 CKS International Airport MRT Link Projects

To accompany the development of the CKS International Airport as the Asia-Pacific Air Transport Center, to provide the CKS international airport with convenient access transportation, and to shorten the travel time between the CKS international airport and Taipei metropolitan area, the government encourages the private sector to invest for constructing and operating the CKS international airport MRT links. From the CKS international airport, there are two MRT links. One links to Taipei and the other one links to the HSR system station in Taoyuan county.

2.2.3 Remodeling Project of TR

Since the HSR system will become the primary long-distance service when it is completed in 2005, the current railway system will be transformed to provide regional transportation for daily commuters and short-distance travelers.

If we segment TR by one-hour trip, there are 8 commuting zones in Taiwan, 5 in the western coast and 3 in the eastern coast. The distribution is shown in figure 4.

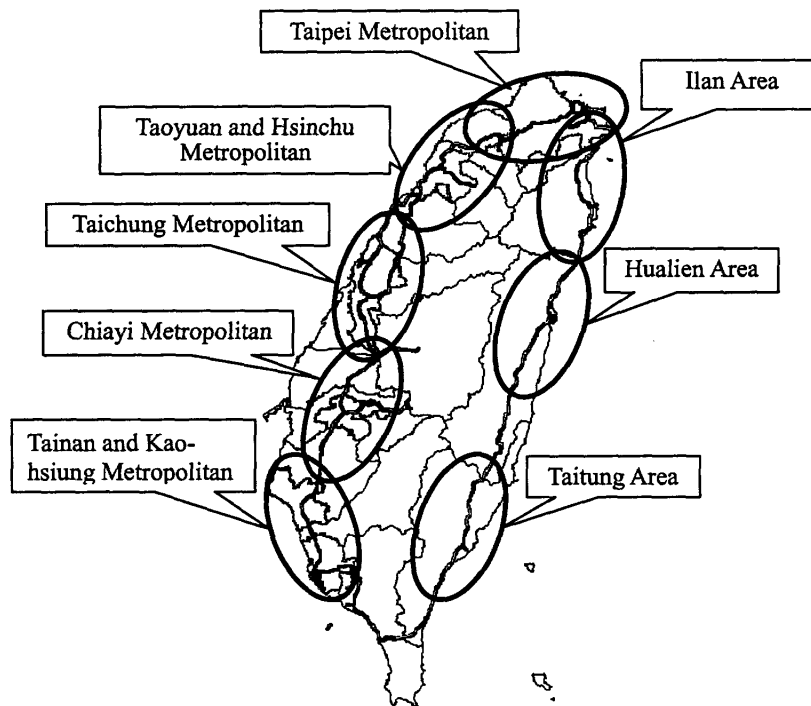


Figure 4. The Distribution of Commuting Zone

The remodeling project is to do all the necessary improvement and maintenance for the existed facilities in the commuting zones without influencing the long-distance transportation. For example, the improvement of bottleneck segments, construction of new commuting stations, expansion of electronic facilities etc. are included in the project. In addition to alleviating urban traffic congestion, it will provide a high-quality, seamless transportation system connected to the HSR system and metropolitan MRT systems.

3.THE EVALUATION STRUCTURE

From all the projects in "Transportation Backbone Plan," we can figure out that the direction of railway transportation development in Taiwan has changed from the individual projects to integrated projects. The government has found the importance and effect by integrating HSR, TR and MRT systems. However, a good plan without a suitable evaluation and control mechanism cannot achieve its goals. Therefore, according to the above structure, this paper will draw up the goals, objectives and strategies, and build an evaluation mechanism under a hierarchy structure as below. (see Figure 5)

3.1 Completing Operation Length Of 455km For Railway And MRT System

The operation length of railway and MRT system is 83 km in 2001. It is expected to increase by 455 km to 538 km in 2008.

- Objectives: HSR system Project, Metropolitan MRT System Projects, Improvement Project of Eastern TR
- Strategies: construction of HSR system, construction of Kaohsiung MRT, construction of Taipei MRT, construction of CKS international airport links, planning of LRT systems, improvement of eastern TR.

3.2 Completing Improvement Length Of 58km For Railway

The improvement length of railway and MRT system is 296 km in 2001. It is expected to increase by 58 km to 354 km in 2008.

- Objectives: Remodeling Project of TR, Improvement Project of Eastern TR
- Strategies: improvement of the bottlenecks segments, improvement of eastern TR.

3.3 Extending Urban Area Of One-Hour Service For TR

The diameter of one-hour area is 40 km in 2001. It is expected to increase by 30 km to 70 km in 2008.

- Objectives: Remodeling Project of TR.
- Strategies: reconstruction of new commuting stations, purchase of new cars, improvement of tracks in stations, improvement of passenger service facilities.

3.4 Reducing Eastern Railway Travel Time Of More Than 30 Minutes

Compared to the travel time in 2001, it is expected to reduce by 35 minutes from Taipei to Hualien and by 70 minutes from Taipei to Taitung in 2008.

- Objectives: Improvement Project of Eastern TR.
- Strategies: purchase of new commuting cars, planning of straightening eastern TR.

The summary of all the goals, objectives and strategies is shown in Table 1.

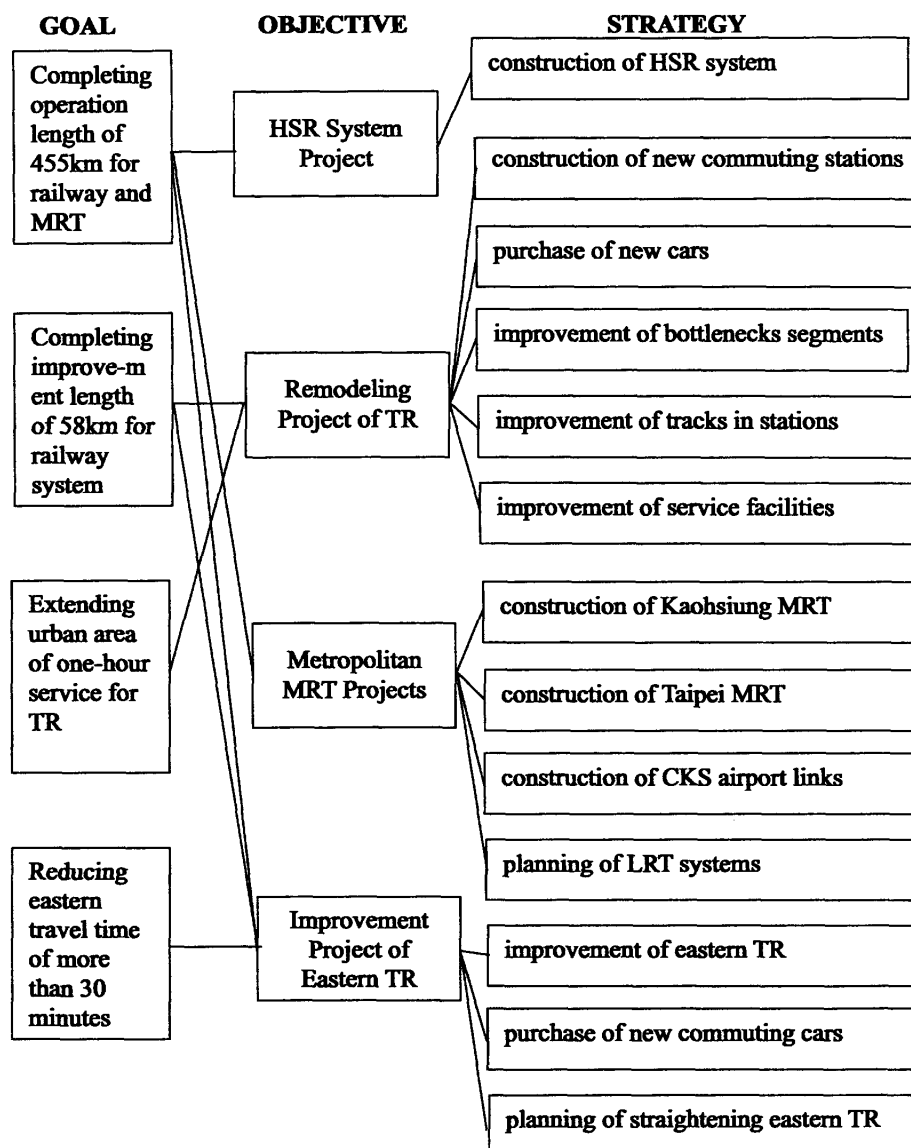


Figure 5. The Relation of Goals, Objectives and Strategies

4.CONCLUSION

Once Taiwan's integrated transport system is completed, inter-city travel on the west coast will be reduced to less than an hour, urban centers will be only 30 minutes' drive from satellite townships, and more people will be taking one-day trips between northern and southern Taiwan. The interconnected transportation and distribution network will better serve the industrial sector and the general public, bringing Taiwan much closer to the objective of becoming a global logistics center.

Table 1. Summary of Goals, Objective and Strategies

GOAL	Status in 2001	Expected Status at the end of each year	OBJECTIVE	Status in 2001	Expected Status at the end of each year	STRATEGY	Status in 2001	Expected Status at the end of each year
Completing Operation Length Of 455km For Railway And MRT System	83.5KM	2002 111.1 KM	HSR system Project	0 KM	2002 0KM	Construction of HSR system		
		2003 147.2 KM			2003 0KM			
		2004 147.2 KM			2004 0KM			
		2005 480.41 KM			2005 0KM			2002 73.20 %
		2006 484.6 KM			2006 0KM			2003 94.92 %
		2007 537.7 KM			2007 330 KM			2004 100 %
Completing Improvement Length Of 58km For Railway	296 KM	2002 296 KM 2003 316 KM 2004 337 KM 2005 337KM 2006 345.6KM 2007 345.6 KM	Remodeling Project of TR			2.rolling stock	11.86%	2002 19.85 % 2003 33.05 % 2004 64.78 % 2005 100 %
Extending urban area of one-hour service for TR	40 KM	2002 40 KM 2003 40 KM 2004 50 KM 2005 50 KM 2006 60 KM 2007 70 KM	➤ extending one-hour service area for Taipei, Taichung and Kaohsiung	40 KM	2002 40 KM 2003 40 KM 2004 50 KM 2005 50 KM 2006 60 KM 2007 70 KM	3. whole scheme	19.07%	2002 43.17 % 2003 65.57 % 2004 88.95 % 2005 100 %
Reducing eastern travel time of more than 30 minutes	1. Taipei - Hualien	2005 15 MIN 2006 35 MIN	➤ decreasing the headways in peak hours for Taipei, Taichung and Kaohsiung	10-20 MIN	2002 10-20 MIN 2003 10-18 MIN 2004 10-18 MIN 2005 10-18 MIN 2006 9-15 MIN 2007 8-12 MIN	Construction of new commuting stations		2002 2 stations 2003 3 stations 2004 4 stations 2005 5 stations 2006 7 stations 2007 9 stations
	2. Taipei - Taitung	2005 50 MIN 2006 70 MIN	➤ improving Engineering for tracks	0 KM	2002 0 KM 2003 0 KM 2004 0 KM 2005 0 KM 2006 8.2 KM 2007 17.6 KM	Purchase of new cars	0	2004 4 cars 2005 4 cars 2006 28 cars 2007 60 cars

			Metropolitan MRT Projects	67.2 KM	2005 70.41 KM 2006 74.6 KM 2007 127.7 KM	Improvement of bottlenecks segments	0	2006 8.2 KM 2007 17.6 KM
			Improvement Project of Eastern TR			Improvement of tracks in stations	0	2002 1 station 2003 2 stations 2004 4 stations 2005 7 stations 2006 9 stations 2007 12 stations
			➤ increasing operation trains	1. I.Lan Line: 198 trains 2. North- link Line: 78 trains 3. Hua- tung Line: 60 trains	2004 1. I-Lan Line: 222 trains 2. North- link Line: 183 trains 3. Hua- tung Line: 73 trains	Improvement of service facilities	0	2003 2 stations 2004 5 stations 2005 11 stations 2006 13 stations 2007 17 stations
			➤ reducing eastern travel time	1. Taipei – Hualien : 2'35" 2. Taipei- Taitung : 5'10"	2005 1. Taipei – Hualien: 2'20" 2. Taipei- Taitung: 4'20" 2006 1. Taipei – Hualien: 2'00" 2. Taipei- Taitung: 4'00"	Construction of Kaohsiung MRT (42.7KM)	0	2002 14.47% 2003 30.97% 2004 53.51% 2005 73.40% 2006 85.00% 2007 100%

								Planning of LRT systems	0		2006 feasibility research 2007 planning report
								Improvement of eastern TR			
								1. completing operation kilometers	16.3 KM		2002 27.6 KM 2003 63.7 KM
								2. completing improvement kilometers	296 KM		2003 20 KM 2004 41 KM
								Purchase of new commuting cars	0		2004 110 Trains 2005 266 Trains 2006 334 Trains
								Planning of straightening eastern TR	0		2003 feasibility research 2004 preliminary planning 2005 detailed planning

REFERENCES

Challenge 2008: The Six-year National Development Plan, 2003, Executive Yuan, Taipei.

Initial Construction Project of TRA Commuter Railway and Regional Railway, 2002, Taiwan Railway Administration, Taipei.

CHOU, Yung-hui (2002) Rail Construction Plans, Proceedings of Island-wide Trunk Transportation Construction Plan Seminar, Taipei, p.II-1~p.II-16, July.