

出國報告(出國類別：其他)

「傾斜式電聯車 136 輛購案」赴日本 車輛製造廠監造檢驗

服務機關：交通部臺灣鐵路管理局

職稱姓名：副 段 長 賴隨金

工場主任 朱華鈺

出國地區：日本

出國期間：101 年 3 月 1 日至 3 月 30 日

報告日期：101 年 6 月 15 日

提要表

系統識別號：	C10100910					
計畫名稱：	傾斜式電聯車136輛購案監造檢驗					
報告名稱：	「傾斜式電聯車136輛購案」赴日本車輛製造廠監造檢驗					
計畫主辦機關：	交通部臺灣鐵路管理局					
出國人員：	姓名	服務機關	服務單位	職稱	官職等	E-MAIL 信箱
	賴隨金	交通部臺灣鐵路管理局	交通部臺灣鐵路管理局臺北機務段	副段長	薦任(派)	
	朱華鈺	交通部臺灣鐵路管理局	交通部臺灣鐵路管理局臺北機廠	工場主任	薦任(派)	聯絡人tr603024@msa.tra.gov.tw
前往地區：	日本					
參訪機關：	日本車體製造廠日本車輛製造株式會社(NIPPON SHARYO,LTD)之豐川製作所，列車控制監視系統(TCMS)製造廠東芝株式會社(TOSHIBA TRANSPORT ENGINEERING INC.)之府中事業所及三重工場，集電弓總成製造廠工進精工所，軸頸軸承製造廠NTN之桑名製作所等監造檢驗					
出國類別：	其他					
出國期間：	民國101年03月01日至民國101年03月30日					
報告日期：	民國101年06月15日					
關鍵詞：	臺灣鐵路管理局，傾斜式電聯車，監造，日本車輛，傾斜式列車，136輛					
報告書頁數：	82頁					
報告內容摘要：	傾斜式電聯車136輛購車案為本局第2次採購之傾斜式電聯車種，為提升鐵路運能、確保車輛品質、厚植維修能量、降低故障率及確保行車安全等目的。本批2人係第1批次，奉派至日本車體製造廠日本車輛製造株式會社(NIPPON SHARYO,LTD)之豐川製作所、列車控制監視系統(TCMS)製造廠東芝株式會社(TOSHIBA TRANSPORT ENGINEERING INC.)之府中事業所及三重工場、集電弓總成製造廠工進精工所、軸頸軸承製造廠NTN之桑名製作所等監造檢驗，於101年3月1日起程，至101年3月30日返國，為期30天，圓滿達成任務。					
電子全文檔：	C10100910_01.pdf、C10100910_02.pdf					
出國報告審核表：	C10100910_A.tif					
限閱與否：	否					
專責人員姓名：						
專責人員電話：						

目次

壹、 目的-----	3
貳、 監造檢驗行程-----	4
參、 監造日誌-----	6
肆、 心得及建議-----	12
一、 日本車輛製造公司-----	12
二、 東芝株式會社-----	13
三、 集電弓-----	14
四、 NTN 桑名製作所-----	19
五、 名古屋鐵道舞木檢查場-----	21
六、 搭乘日本鐵路運輸-----	22
伍、 專題報告-----	25
陸、 附件-----	56
附件一 日本車輛簡介-----	56
附件二 豐川製作所安全教育訓練-----	57
附件三 豐川製作所勞災宣導-----	66
附件四 TCMS 振動測試與其軟體設計平台-----	72
附件五 NTN 桑名製作所軸頸軸承檢查流程-----	75
附件六 名古屋鐵道舞木檢查場簡介-----	80

壹、目的：

- 一、傾斜式電聯車 136 輛購車案，依契約規範規定派員赴車輛原製造廠監造檢驗工作，以確認車輛性能及製造品質符合規範要求，亦可藉此機會學習當地鐵路機廠或修車基地相關維修管理等先進技術，期能提昇本局之維修技術、降低故障率及確保行車安全等目的，提高營運服務品質。
- 二、本批 2 人係第 1 批次，奉派至日本車體製造廠日本車輛製造株式會社 (NIPPON SHARYO,LTD)豐川製作所、列車控制監視系統(TCMS)製造廠東芝株式會社(TOSHIBA TRANSPORT ENGINEERING INC.)府中事業所及三重工場、集電弓總成製造廠工進精工所、軸頸軸承製造廠 NTN 桑名製作所等監造檢驗，於 101 年 3 月 1 日起程，至 101 年 3 月 30 日返國，為期 30 天，圓滿達成任務。

貳、 監造檢驗行程

姓名	台北機務段 副段長 賴隨金					
	台北機廠 工場主任 朱華鈺					
星期	月/日	項目	公司	城市	交通工具	備註
四	3/1	去程		台北/ 名古屋	飛機	
五	3/2	日本車輛生產進度 集電弓說明會	日本車輛製造株式 會社豐川製作所	名古屋	鐵路	
六	3/3	例假日		名古屋	鐵路	
日	3/4	例假日		名古屋	鐵路	
一	3/5	日本車輛生產進度 監造辦公室進駐	日本車輛製造株式 會社豐川製作所	名古屋	鐵路	
二	3/6	TCMS、主變壓器測試程序 說明	日本車輛製造株式 會社豐川製作所	東京	鐵路	
三	3/7	TCMS 振動測試 檢視 TCMS 軟體設計平台	東芝株式會社 府中事業所	名古屋	鐵路	
四	3/8	主變壓器首件檢查(FAI)	東芝株式會社 三重工場	大阪	鐵路	
五	3/9	主變壓器衝擊及振動測 試	東芝株式會社 三重工場	大阪	鐵路	
六	3/10	例假日		大阪	鐵路	
日	3/11	例假日		大阪	鐵路	
一	3/12	大阪-東京		東京	鐵路	
二	3/13	集電弓主體構造	工進精工所	東京	鐵路	
三	3/14	TCMS(EMC)振動測試	TUV 東京試驗所	東京	鐵路	
四	3/15	TCMS 之首件檢查(FAI)	東芝株式會社 府中事業所	東京	鐵路	

星期	月/日	項目	公司	城市	交通工具	備註
五	3/16	靜式變流器(SIV) 首件檢查(FAI)	東芝株式會社 府中事業所	東京	鐵路	
六	3/17	例假日		東京	鐵路	
日	3/18	例假日		東京	鐵路	
一	3/19	軸頸軸承 首件檢查(FAI)	NTN 桑名製作所	名古屋	鐵路	
二	3/20	日本國定假日(春分)		名古屋	鐵路	
三	3/21	鋁製車體施工監造	日本車輛製造株式 會社豐川製作所	名古屋	鐵路	
四	3/22	工廠配置設計	名古屋鐵道株式會 社(舞木檢查場)	名古屋	鐵路	
五	3/23	傾斜車輛試乘	小田急 傾斜車輛試乘 ROMANCECAR-VSE	新宿-箱 根湯本	鐵路	SUPER EXPRESS50000 型
六	3/24	例假日	小田急 傾斜車輛試乘 ROMANCECAR-VSE	箱根湯 本-新宿 -名古屋	鐵路	SUPER EXPRESS50000 型
日	3/25	例假日		名古屋	鐵路	
一	3/26	鋁製車體施工監造	日本車輛製造株式 會社豐川製作所	名古屋	鐵路	
二	3/27	軋機系統與傾斜系統 說明會	日本車輛製造株式 會社豐川製作所	名古屋	鐵路	
三	3/28	TCMS 顯示畫面說明	日本車輛製造株式 會社豐川製作所	名古屋	鐵路	
四	3/29	Underframe Inspection 外觀及尺寸檢查	日本車輛製造株式 會社豐川製作所	名古屋	鐵路	
五	3/30	回程		名古屋/ 台北	飛機	

參、監造日誌：

101 年 3 月 1 日：

起程至日本名古屋(日本車輛豐川製作所)。

101 年 3 月 2 日：

- 一、日本車輛豐川製作所簡介及其品管。(附件一、二)
- 二、聽取日本車輛說明最新生產進度以及有關行程。
- 三、聽取日本車輛說明集電弓構造及工作原理。
- 四、參觀豐川製作所並前往相關生產及品管部門討論後續監造工作之進行。

101 年 3 月 3 日：例假日。

101 年 3 月 4 日：例假日。

101 年 3 月 5 日：

1. 傾斜式電聯車 136 輛購車案之監造辦公室進駐。
2. 聽取日本車輛說明本週最新生產進度以及變更後之檢驗行程。

101 年 3 月 6 日：

1. 日本車輛向臺鐵局監造檢驗人員說明 TCMS 振動測試程序、主變壓器測試程序及首件檢查(FAI) 事宜。
2. 由豐川工場出發前往東京。

101 年 3 月 7 日：

1. 東芝株式會社府中工場 TCMS 振動測試。
2. 聽取 TCMS 之 CU 振動測試行程簡報。
3. 現場參觀其它型鐵道車輛 TCMS 之 CU 振動測試之展示測試。
4. 參觀本案之 TCMS 軟體設計平台。
5. 由東京出發返回名古屋。

101 年 3 月 8 日：

1. 由名古屋出發前往三重。
2. 東芝株式會社三重工場主變壓器首件檢查(FAI)。
3. 聽取東芝株式會社三重工場主變壓器首件檢查(FAI)及振動測試行

程簡報。

4. 東芝株式會社三重工場向臺鐵局監造檢驗人員報告主變壓器型式測試紀錄。
5. 現場參觀其它型鐵道車輛主變壓器首件檢查(FAI) #1 初步檢查之目視檢查。
6. 參觀東芝株式會社三重工場馬達繞線製作、主變壓器框架結構製作、矽鋼片繞組製作等。
7. 由三重出發前往大阪。

101 年 3 月 9 日：

1. 大阪市立工業研究所主變壓器衝擊及振動測試。
2. 檢視主變壓器衝擊及振動測試。
3. 溫度繼電器：縱向(Longitudinal)、橫向(Transverse)、垂直向(Vertical)之共振測試(Resonant test)、隨機振動測試(Random Vibration test)及衝擊測試(Shock test)。
4. 油流繼電器：縱向(Longitudinal)、橫向(Transverse)、垂直向(Vertical)之共振測試(Resonant test)、隨機振動測試(Random Vibration test)及衝擊測試(Shock test)。
5. 原定辦理之油流繼電器衝擊及振動測試，因測試件安裝治具之安裝孔尺寸不合，將另作安排。

101 年 3 月 10 日：例假日。

101 年 3 月 11 日：例假日。

101 年 3 月 12 日：由大阪出發前往東京。

101 年 3 月 13 日：

1. 檢視本案集電弓由埼玉縣的工進精工所製造之工廠。
2. 聽取工進精工所產品簡報，並現場檢視本案集電弓主體構造，由於原廠碳刷及集電舟尚未到廠，無法施作整體測試。

101 年 3 月 14 日：

1. 東芝株式會社神奈川縣 TUV 東京試驗所 TCMS(EMC)振動測試。

2. 東芝株式會社於神奈川 TUV SUD Otama 試驗工場辦理 TCMS 之 EMC 測試。
3. 因修正後 TCMS 之 EMC/EMI 測試程序尚未經臺鐵局審查原則同意，現場檢視 TCMS 之 EMC 測試，係依東芝提供之文件「Supplier EMC Type Test Procedure TILTING TCMS Revision 1.0 February 3, 2012」第 5.2.1 節辦理 TCMS Equipment Radiated Immunity Test。
4. 今日進行測試項目為 TU1 之 Radio-frequency electromagnetic field AM 試驗(側面水平、側面垂直、正面水平、正面垂直)及 Radio-frequency electromagnetic field, from digital mobile phones 試驗(側面水平、側面垂直、正面水平、正面垂直)，結果正常。

101 年 3 月 15 日：

1. 東芝株式會社府中工場 TCMS 之 FAI 行程。
2. 聽取東芝株式會社府中工場說明 TCMS 之 Central Unit 及 Terminal Unit 試驗紀錄(尚有部份測試項目未完成)。
3. 現場檢視 TCMS 之 FAI 辦理項目如下：
 - (1) TCMS 之 CU 安裝箱體外觀目視檢查及尺寸量測。
 - (2) TCMS 之 CU 拆解後模組外觀目視檢查及尺寸量測。檢測項目研討及修正。

101 年 3 月 16 日：

1. 東芝株式會社府中工場靜式變流器(SIV)之 FAI 行程。
2. 聽取東芝株式會社府中工場說明其它型式軌道車輛測試方法，包括 SIV 之水密測試紀錄、目視及尺寸測試紀錄、靜式變流器測試紀錄等。
3. 現場檢視 SIV 首件檢查(FAI)，辦理項目如下：
 - (1) SIV 目視檢查、尺寸檢查。
 - (2) SIV 啟動、負載、短路、重置、停機等測試檢測項目研討及修正。

101 年 3 月 17 日：例假日。

101 年 3 月 18 日：例假日。

101 年 3 月 19 日：

1. 由東京出發前往三重 NTN 桑名製作所。
2. 三重 NTN 軸頸軸承之 FAI 行程。
3. 聽取 NTN 公司產品簡報，並現場檢視軸頸軸承各項配件製造、間隙量測、檢驗、組立、潤滑油脂封入量等過程，及其完成品編碼與包裝方式。
4. 現場檢視軸頸軸承首件檢查(FAI) ，辦理項目如下：
 - (1) 目視檢查、尺寸檢查。
 - (2) 測定儀器校正記錄檢查。
 - (3) 完成品製造編號檢查。
5. 依 NTN 說明本案所使用之軸頸軸承，壽命為每行駛 120 萬公里內免保養。
6. 檢查結果符合 FAI。

101 年 3 月 20 日：

1. 由名古屋出發前往豐川。
2. 日本國定假日(春分)

101 年 3 月 21 日：

1. 第 1 輛車鋁車架之底板組立銲接後之檢查修正。
2. 第 1 輛車鋁車架之端樑組立銲接後之檢查修正。

101 年 3 月 22 日：

1. 第 1 輛車鋁車架之端樑部分施作熱校正處理。
2. 下午排定舞木檢查場行程。
3. 聽取舞木檢查場組織架構及主要業務簡報。
 - (1) 每年維修約 350 輛三檢以上電聯車，員工約 230 人(共有 3 組室、5 工場)，總面積約 46,000 m²。
 - (2) 三檢：每 4 年或 60 萬公里，實施重要部分維修分解。
 - (3) 四檢：每 8 年實施全部分解。

- (4) 外包項目：空調機、水平閥(1/2)、門機(1/2)、車內清潔、風檔、座椅等。
 - (5) 2000 型(傾斜式列車)在彎道傾斜時，此時水平閥不作用，由水平桿高度檢知器控制空氣彈簧充氣或放氣；惟水平桿高度檢知器若故障，則改由水平閥控制。
4. 現場檢視 2000 型(傾斜式列車)三檢以上之維修流程：
- (1) 車輛結構及轉向架基本上構造簡單，未使用抗搖桿，且採全部踏面制軔式。
 - (2) 車身傾斜時由水平桿高度檢知器作用，大修時僅作清潔保養，內部未作細部分解保養。
 - (3) 電子卡採用 unit change 方式，僅清潔不作維修。
 - (4) 集電弓之集電舟材料採用銅合金，其排序為兩銅刷中間佈設樹脂製品，其主要功能為潤滑作用，如何設計銅刷硬度應該是製造廠之智慧所在。
 - (5) 名鐵之架線電壓採用直流 1500V。
5. 另外每一車廠或製造商都有一共同特色，會擺一部代表該組織之車輛作為展示用。

101 年 3 月 23 日：

- 1. 今日排定試乘箱根小田急傾斜式列車(50000 型羅曼史號)試乘行程。
- 2. 試乘區間從新宿到箱根，延路在乘坐舒適度感覺平穩，在進入彎道時有些許搖晃現象；另外從車廂影像傳輸裝置可以看出路線曲線狀態，配合手機 GPS 定位測速系統，發現最高時速約 105km，提速動作雖不甚明顯，惟過彎時並未減速。經詢問與一般快速編組運轉時間不相上下；換言之，傾斜在 50000 型其主要目的在於提高乘坐舒適度上，並非以縮短運轉時間為目的。據聞當年設計基礎在於讓旅客在不知不覺通過彎曲路線舒適抵達目的地。
- 3. 在硬體方面，車輛外表設計以流線造型為主，並以白色系當底漆，

畫上紅色字樣，頗為鮮明美觀，吸引眾多遊客爭相拍照留念。

4. 在內裝部份，由著名建築設計師起草一切，以家的感覺為出發，因此所有設備包括車壁、座椅、洗手間等，皆以木材為材料，造形跳脫方正思維，改以圓形方式，包括廁所外觀、座椅斜角排列、景觀大玻璃等，如此觀光客視野更為寬廣。其中一節車廂設有餐車，只佔半節空間，其服務方式只需告訴座位號碼，服務人員就會送產品或飲料到面前，讓人感覺無比親切。
5. 車輛結構方面轉向架採用歐洲製品，置於兩車之間，且調整高度用之空簧，也設置在兩車端之間，此種設計方式與傳統車輛差異頗大。另外駕駛室置於車廂最上方，其優點增加乘座數量，且前端無司機室，遊客視野更為寬廣，但司機員必須經由電動樓梯上下。

101 年 3 月 24 日：例假日。

101 年 3 月 25 日：例假日。

101 年 3 月 26 日：

1. 第 1 輛車鋁車架之底板與端樑組立銲接。
2. 第 2 輛車鋁車架之底板組立銲接。
3. 東芝 TCMS 之 FAI 通知改善事項澄清說明。

101 年 3 月 27 日：

1. 上午安排 3 月 2、13 日集電弓系統通知改善事項之澄清說明。
2. 下午安排軔機系統與傾斜系統之說明。

101 年 3 月 28 日：

1. 今日安排 TCMS 顯示畫面說明。
2. 第 1 輛車鋁車架之底板與端樑組立銲接後之檢查校正。
3. 第 2 輛車鋁車架之底板組立銲接。
4. 第 3 輛車鋁車架之底板組立銲接前準備。

101 年 3 月 29 日：

1. 今日下午安排第 1 輛車(TEMA2003)Underframe Inspection 實施外觀及尺寸檢查。

2. 第 2 輛車鋁車架之底板組立銲接後之檢查修正。
3. 第 3 輛車鋁車架之底板組立銲接。
4. 檢查項目：

第 1 輛車(TEMA2003)Underframe Inspection 暫以目視方式實施外觀及尺寸檢視。

101 年 3 月 30 日：

自日本名古屋起程回國，結束監造任務。

肆、心得及建議：

一、日本車輛製造公司(NIPPON SHARYO,LTD)

日本車輛製造株式會社是一個歷史悠久的公司，創立於西元 1896 年，而其鐵道車輛本部豐川製作所成立於 1964 年，主要產品有鐵道車輛、特殊輸送車輛等(詳如附件一)。而在參觀日本車輛豐川製作所前，由其勞安部門先說明工廠安全教育訓練課程(詳如附件二)及勞災宣導(詳如附件三)，內容簡淺易懂，並翻譯成各國語言，供各國派至該廠工作人員閱讀，顯示該公司非常注重工作人員的安全。

進入工廠時，廠房雖然老舊，但環境整潔、動線流暢且區隔清楚、機具設備維護良好、物料採用自動倉儲設備管理，工廠內的員工(含外包工作人員)皆依其工作性質穿著規定的防護用具，如焊接人員均穿著防塵面罩等，這是值得我們學習的部分。

另外讓我感到新奇的是這排固定式與軌道式的升降工作平台(如照片所示)，不但可上下升降，前後可依維修車輛之車身長度做適度延長工作平台，亦可依車身寬度伸出工作平台，此種工作平台應可適用於臺鐵各廠、段使用，不但美觀且實用，亦可保護員工之工作安全。



二、 東芝株式會社(TOSHIBA TRANSPORT ENGINEERING INC.)

東芝公司是世界知名的集團，其相關的事業部、分公司、子公司與海外據點眾多。而此次檢視的是府中事業所與三重工場。府中事業所為製造本案 TCMS、靜式變流器(SIV)之所在，在此可做 TCMS 之簡單振動測試與其 FAI 之檢查（詳如附件四），TCMS 之 EMC 部分則委由神奈川 TUV 東京試驗所之 SUD Otama 試驗工場辦理測試。三重工場為製造主變壓器之所在，在此可看到馬

達繞線、主變壓器框架結構、矽鋼片繞組等製作過程，而衝擊及振動測試仍委由大阪市立工業研究所第三公正單位施作。

東芝公司在複雜的振動測試、水密測試等，仍委由第三公正單位施作，如此不但可節省大量的測試設備成本，更可避免球員兼裁判之嫌。

三、 集電弓

本案集電弓由埼玉縣的工進精工所製造，在廠聽取工進精工所產品簡報，並現場檢視本案集電弓主體構造（如照片所示），由於原廠碳刷及集電舟尚未到廠，當日無法施作整體測試。







惟經檢視其送審文件及日車之說明，仍有幾項尚須日車協助釐清部分：

(一)、 集電弓與電車線的偏位關係

臺鐵現有之傾斜式車輛集電弓為可動式，為即使車體傾斜集電弓也不會從接觸線上偏離的構造，但日車這次所提案的車體傾斜車輛，集電弓是採用目前臺鐵現有電聯車相同的直接安裝在車頂的構造，本案傾斜車輛的最大傾斜角度是 2° 比鐘擺傾斜車輛的 5° 為小，因此集電弓與接觸線之間的偏倚量，將以增加碳刷的寬度來吸收。

集電弓的安裝狀態如圖 1 所示。碳刷的寬度從一般車種兩側各加 150mm 使加大到 1,200mm。傾斜時的狀態如圖 2 所示。空氣彈簧在 2° 傾斜時，集電弓與接觸線的偏倚量，在接觸線達最大高度為 155mm，約等同於加寬的 150mm。因本車輛轉向架基本構造與一般無搖枕相同，左右搖動特性跟一般車輛並無差異，此種設計可充分補償車體傾斜所造成的偏位量，不會造成離線問題。惟是否會造成集電弓勾到電車線的問題，雖經日車模擬測試通過，仍待實際於路線上測試驗證。

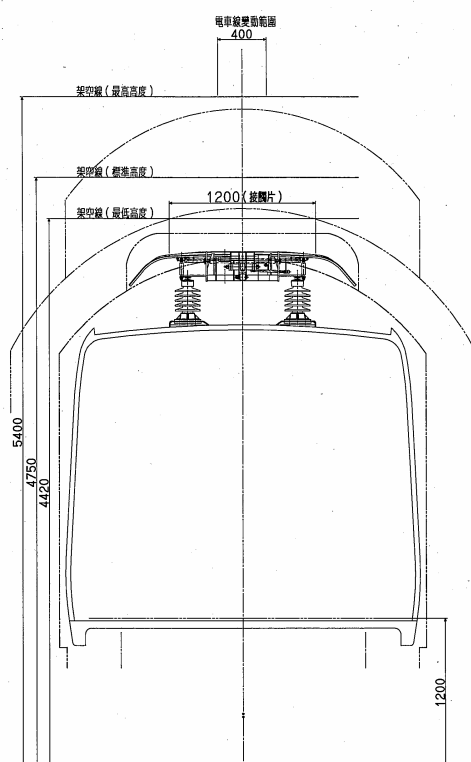


圖 1：停車狀態

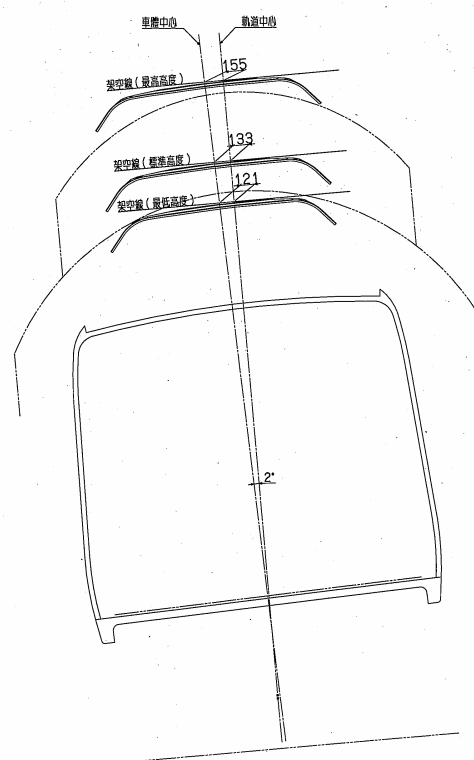


圖 2：行駛狀態（傾斜 2°）

(二)、集電弓自動降落(ADD)裝置：

當在行駛中集電舟(碳刷)發生故障時，為避免電車線與後續集電弓發生損壞，將集電弓急速自動降下的裝置。本案為在碳刷內側設有通氣的凹槽構造如圖 3 所示，當碳刷發生龜裂或是破損時，將如圖 4 中「碳刷異常時」所示迴路將空氣排氣，迴路中壓力開關偵測到氣壓降低時，將使該車真空斷路器(VCB)切開，之後再將該集電弓之升弓電磁閥切斷，使集電弓降弓。此設計為先將 VCB 切開後再降弓的方式，因此在自動下降時與電車線間不會產生跳火。此時駕駛臺以及 TCMS 上將顯示「集電弓降弓」以及「VCB 切開」。

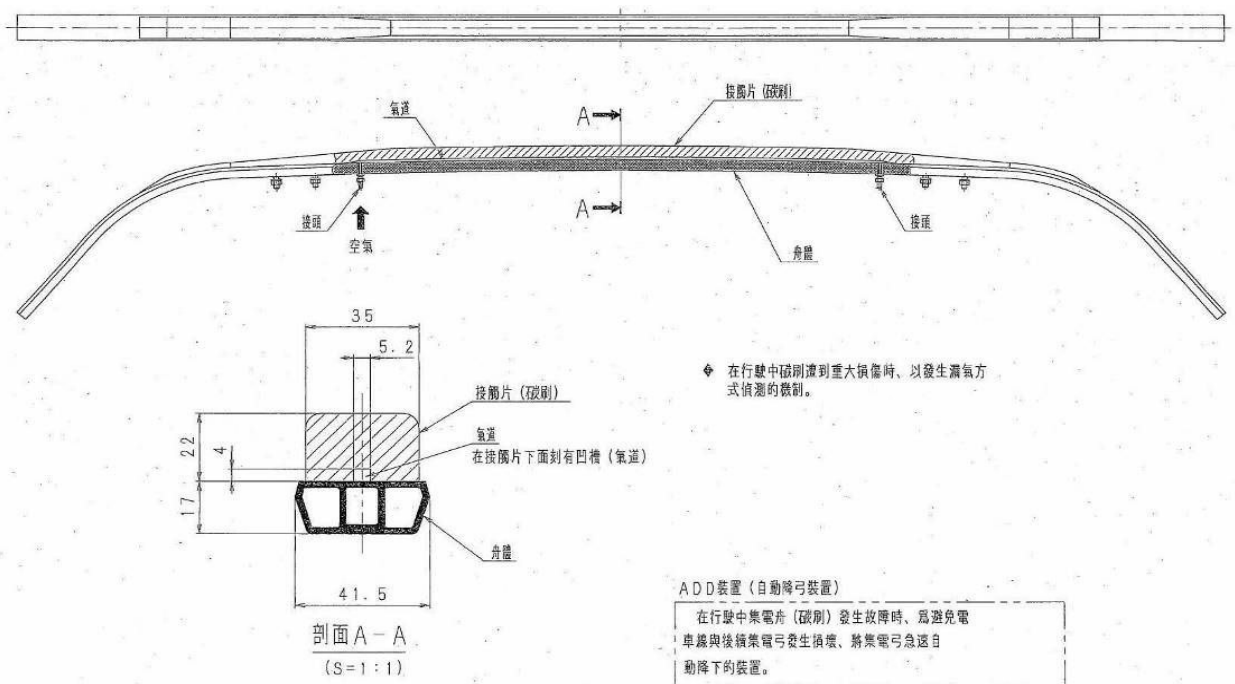


圖 3 集電舟・碳刷構造圖

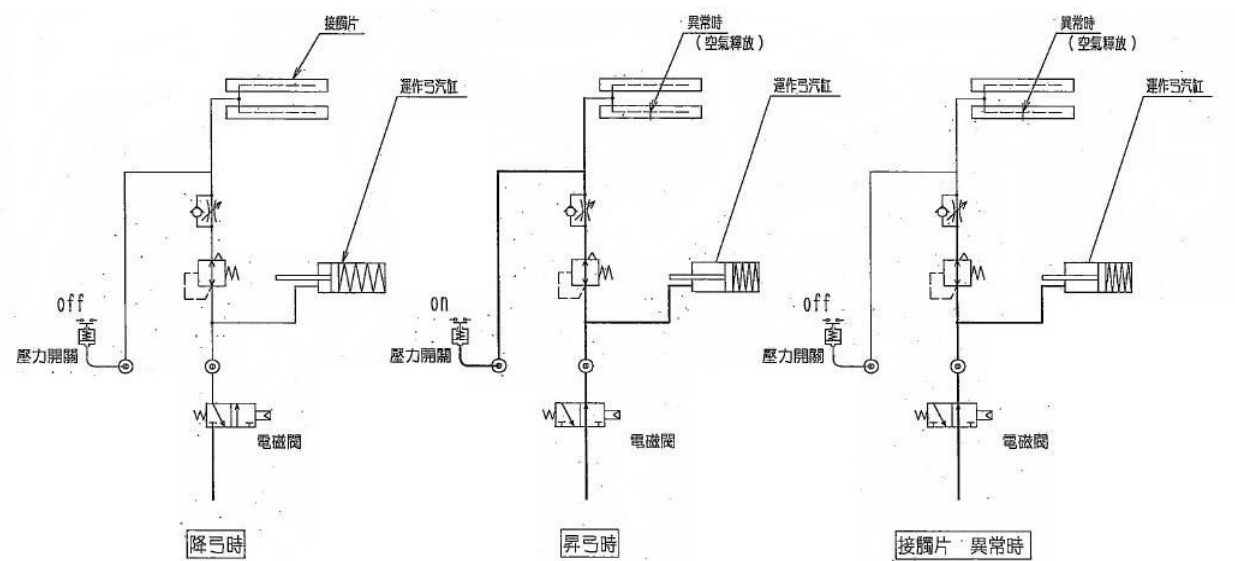


圖 4 空氣迴路

此種集電弓自動下降裝置依日車所述在歐洲廣為採用，而本車集電弓系統採用日本(架台、主架構)與歐洲 (碳刷)混合方式組成，並非整組引進，仍待實際於路線上測試驗證。

當 ADD 之空氣洩漏量達 50L/min 時，壓力開關即切開後 1 秒離開架線 200mm，全降弓約需 2.5 秒；列車兩集電弓間距約 76m，以 120km/hr 運轉每秒 33.3 公尺，兩弓之間需 2.28 秒，安全值仍有討論空間。

ADD 裝置如產生誤動作時(如壓力開關故障、碳刷與集電舟接合面漏氣、空氣軟管破損、…等)，會造成全升不起且無法處理，建請日車設置緊急應變處理機制，以保持車輛運行。

(三)、集電舟碳刷及其磨耗率：

本案因為 ADD 裝置須選用此種碳刷與集電舟緊密黏貼，如碳刷稍有破損或龜裂，產生碳刷內空氣洩漏，ADD 作用集電弓降弓後無法升弓；因臺鐵無修補技術，須整組集電舟更換(因日本無黏貼碳刷與集電舟之技術，原廠列為商業機密技轉困難)，將全面向歐洲或經由日本採購整組集電舟，造成臺鐵維修成本巨增，建請要求日車將此技術移轉予臺鐵，以利後續維修。

本案碳刷磨耗率約為 1~3mm/10,000km，新品至最低限為 15mm，使用壽命約 50,000 公里，換算保養級別約 3 月檢即應更換整組集電舟(含碳刷)。建請請日車提供成本效益分析及相關補充資料，以利分析後續維修成本。

四、NTN 桑名製作所之軸頸軸承

本案使用的軸頸軸承為日本 NTN 所製造的，在廠聽取 NTN 公司產品簡報，從最小的 0.4mm 鋼球、陶瓷作的滾珠、直到風力發電用的軸承，甚至連航空用的軸承（如照片所示），皆有能力製造。







現場檢視軸頸軸承之各項配件製造、間隙量測、檢驗、組立、潤滑油脂封入量等過程，及其完成品編碼與包裝方式，顯示該公司員工對於工作上的負責態度，每一檢驗步驟均依照公司所訂定之流程，確認、確認、再確認，如同藝術品般的完成每項檢查工作(詳附件五)。

依 NTN 說明，本案所使用之軸頸軸承，壽命為每行駛 120 萬公里內免保養，如此將可為臺鐵節省大量的維修成本。

五、 名古屋鐵道舞木檢查場

承蒙日車的聯繫與溝通，方能讓我們參觀名古屋鐵道舞木檢查場，依其業務性能如同臺鐵的維修機廠，每年維修約 350 輛三檢以上電聯車，員工約 230 人(共有 3 組室、5 工場)，總面積約 46,000 m²。(詳如附件六)

其主要業務分別為：

- (一)、 三檢：每 4 年或 60 萬公里，實施重要部分維修分解。
- (二)、 四檢：每 8 年實施全部分解。
- (三)、 車輛改造工程。
- (四)、 外包項目包含：空調機、水平閥(1/2)、門機(1/2)、車內清潔、風檔、座椅等。

現場檢視 2000 型(傾斜式列車)三檢以上之維修流程：

- (一)、 車輛結構及轉向架基本上構造簡單，未使用抗搖桿，且採全部踏面制軔式。

- (二)、車身在彎道傾斜時，此時水平閥不作用，由水平桿高度檢知器控制空氣彈簧充氣或放氣；惟水平桿高度檢知器若故障，則改由水平閥控制。水平桿高度檢知器在大修時僅作清潔保養，內部未作細部分解保養。
- (三)、電子卡採用 unit change 方式，僅清潔不作維修。
- (四)、集電弓之集電舟材料採用銅合金，其排序為兩銅刷中間佈設樹脂製品，其主要功能為潤滑作用，如何設計銅刷硬度應該是製造廠之智慧所在。
- (五)、名鐵之架線電壓採用直流 1500V。
- (六)、車身均做徹底清潔、補土、磨土、玻璃打磨後，才進油漆房噴漆。
- (七)、材料管理方面，日本國鐵已經是無人管理，全部以電腦及機器人自動管理，只要在鍵盤上輸入材編號碼，電腦螢幕會顯示材料相片等，如與你所需相符時，經請領人於電腦上確認後，機器人會自動前往尋找並將物料取出。
- (八)、在本局目前的材料管理制度，倉庫看管人員幾乎非技術人員出身，因此每當前往取料時，常因為種類繁多尋找困難，浪費時間且經常找不到物料，造成延誤修理以致車輛運用率大大降低，期待在 MMIS 新的管理制度下，能發揮其功能。
- (九)、另外每一車廠或製造商都有一共同特色，會擺一部代表該組織之車輛作為展示用。

六、 搭乘日本鐵路運輸：

例假日期間搭乘日本各式鐵路運輸（地鐵、電車）時，仍有如臺鐵局面對相同的問題，新舊車廂種類繁多，車廂地板高度與月台之間，仍有相當大之間隙與落差，行動不便坐輪椅者，如何上下車廂？原來他們為輪椅使用者準備了這塊鋁合金平板（如照片所示），運用於車廂與月台之間，收開簡單。有乘客須要時，僅由車長或站務人員一個人即可拿取使用，不佔空間且攜帶方便，與臺鐵局各處車站經常使用之斜坡浪板相比，其笨重的外型，相較之下則前者輕便了許多。

建議採購供各車站站務人員使用，除可減少車站工作人員的負擔，亦可適應大部分的月台環境，讓行動不便坐輪椅者可快速上下車廂與月台之間。



日本東京地鐵



日本東京地鐵



日本東京地鐵



臺鐵局



臺鐵局

伍、 專題報告：

136 與 48 輛案傾斜車輛探討

一、發展緣由

搖擺式車輛的發展已有相當歷史，自 1940 年美國、法國及義大利陸續研究試驗，法國車輛傾斜系統以 160km/hr 的速度通過 800m 曲線。日本是最早研究傾斜車輛的國家，縮短運轉時分其最根本解決辦法，就是將路線改建成沒有曲線或大曲線路線，但礙於天然地形之屏障，開挖隧道工程浩大，其中人口密集地方土地取得困難，種種評估發現皆難以顯現經濟效益，既然軌道方面已達極限無法突破，專家之目光則移轉至車輛構造上，方法為在轉向架上增設傾斜裝置，使車輛在曲線上能儘量向軌道內側傾斜，用以壓制左右恆定加速度，避免損及乘坐品質，此一研究工作在 1940~1950 年代間展開，首先是由美、法等國家著手進行，日本方面則是在 1960 年代初期，由小田急電鐵進行窄軌之搖擺車輛試驗。一直到 1970 年代全世界始有日本之 381 系列自然搖擺車輛及義大利之 ETR401 型車輛正式商業運轉。

其次，車輛本身因彈簧之撓性作用，車體於曲線上向離心力方向摔出時，乘客所感受到之加速度增加 2~3 成。為維持乘坐品質，此一「左右恆定加速度」之數值有必要予以控制(此一數值為 0.08g)，其方法為限制車輛之運轉速度。

目前臺鐵局所運轉之路線也面臨相同問題，從台北到花蓮總共大小彎道約 140 幾處須限定運轉速度（詳表 5-1）。因此，於 2007 年引進第一批具有自然傾斜機構兼預控傾斜系統之電聯車，當時確也引起臺灣社會相當程度轟動，其中惟一遺憾就是部分旅客會有暈車現象，但為了彎道提高速度、縮短運轉時間，只能犧牲些微乘坐舒適度是難以避免。依據新購 136 案製造廠說明空氣彈簧兼傾斜功能車輛，因結構與原有 48 輛案有所差異，且傾斜角度從原有之 5 度縮小為 2 度後，對於改善乘客暈車的困擾有顯著的效果，站在維修立場及提高服務品質目標上，是值得予以肯定的。

二、乘坐品質

車輛經過彎道產生的力量有兩種：一者離心力、二為向心力。因此列車通過曲線時，當兩者差異太大，即離心力大於向心力時，乘客會感到不舒服。世界各國鐵道將此力量定義為彎道速限及乘坐品質的基準，也作為車輛的設計依據。研究報告指出，當人體所能感受不舒服之離心力加速度應在 0.077g 以內，當離心力加速度小於 0.04g 時一般不易察覺，通過彎道的圓曲線時，乘客可容許的「左右恆定加速度」的最大值為 0.08g (0.8m/s^2)，這是 1962 年日本國鐵試驗(乘客感覺不適比例佔 95%時產生的數據)後的結果來訂定的研究數字，經過 50 年後製車工業水平已提至相當水準，離心力已很少使用 0.08g，因此 0.04g 以下是必要的。

車輛運轉於曲線，為了達到不影響乘坐舒適度，根據研究將離心力加速度控制在 0.04g 以下，除了降低運轉速度將向心力與離心力達到平衡以降低軌道橫壓，另外就是外軌超高，其超高度是有限制的（105-150mm），臺鐵路定在 105mm，但超高量也不能無所限制，所有鐵路都屬客貨混合運轉，當貨車停留在彎道時也要考慮翻車風險。

三、解決對策

列車在軌道曲線運行時之允許最高速度與曲線半徑、最小外軌超高、超高不足量等參數，有關外軌超高是為了使列車產生一向心力用以平衡列車在曲線路段運行產生的離心力，當向心力小於離心力時則產生超高不足的問題，而不足量太大時會讓旅客產生不舒適感覺，當向心力大於離心力時會產生超高過量，在純客車路線或純貨車路線外軌超高值通常比較簡單。而在客貨物混跑的線路上，為了使運行速度較低的貨物列車通過曲線時，不出現較大的過超高，需要減少外軌超高但同時又要避免旅客列車高速過曲線路段時出現較大之欠超高，解決這個問題的一般對策即加大曲線半徑或規定客車曲線限速運行。

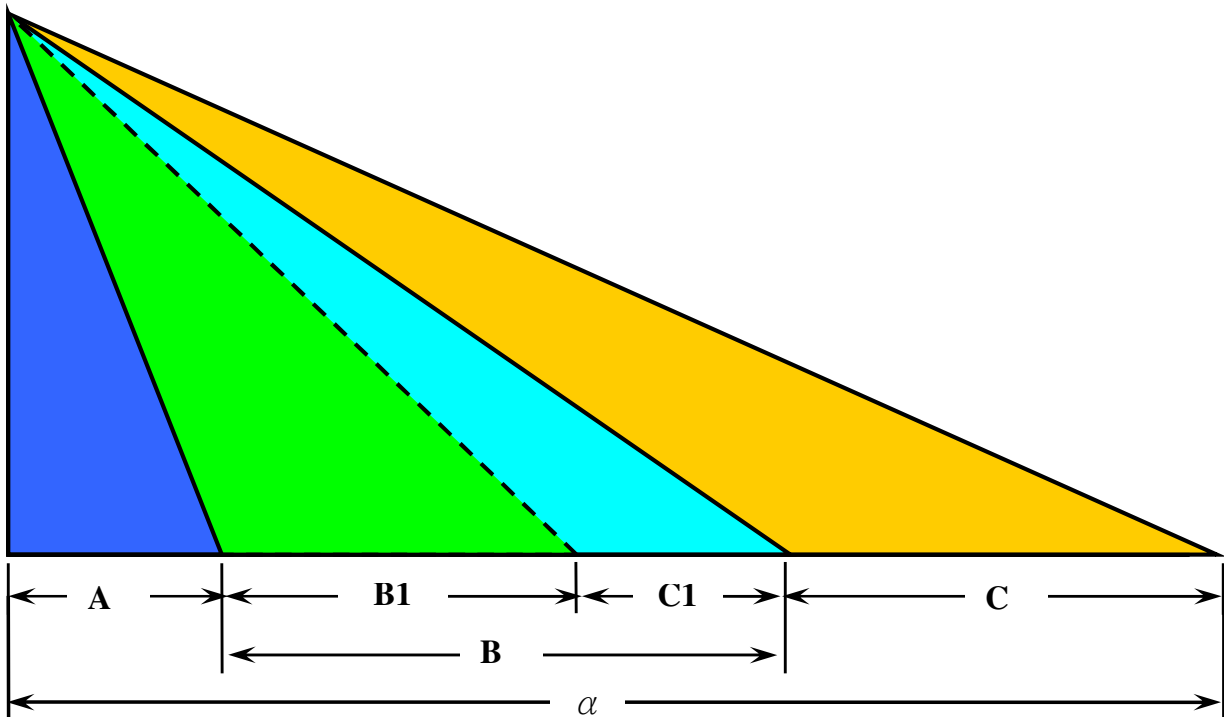
傾斜式車輛為了曲線提速運轉時自動向曲線內側傾斜，傾斜角度 3~10 度之間搖擺車體之客車傾斜量，相當於加了一個附加的外軌超高量，使橫向加速度減少，進而解決了列車通過曲線路段時必要的限速，以及因超高不足量過大產生的不舒適感(離心力加速度)，因此在現有軌道條件不變之下，車

輛傾斜角度與乘坐之離心力加速度存在相當關聯性。

由圖 5-1 得知：在離心力相同下，將車輛傾斜 2 度與 5 度比較下，顯然 2 度之虛擬超高量比 5 度約多出 30 個百分比，這部分將經由乘客吸收。

表 5-1 臺鐵列車彎道限速表

臺 鐵 列 車 彎 道 限 速 表					
曲線半徑	非傾斜式	傾斜式			
m	列車 km/hr	列車限速 km/hr	橫向加速度 m/s ²	$\theta = 2^\circ$ 時，超高度 C mm	$\theta = 5^\circ$ 時，超高度 C mm
300	70	85	0.8977	165mm	109mm
350	75	90	0.8253	157mm	101mm
400	80	100	0.9692	173mm	117mm
450	85	105	0.9300	169mm	113mm
500	90	110	0.9074	166mm	110mm
600	100	120	0.8908	164mm	109mm
700	110	130	0.9016	165mm	110mm
800	120	135	0.7977	154mm	98mm
900	125	140	0.7203	145mm	90mm



α ：列車曲線過彎的離心加速度
 A：曲線外軌超高抵消離心加速度量
 B(5度)：車體傾斜5度角度抵消離心力加速度量
 B1(2度)：車體傾斜2度抵消離心力加速度量
 C：5度時人體吸收之乘坐不舒適量（離心力加速度）
 C+C1：2度時人體吸收之乘坐不舒適量

列車通過曲線時會產生離心力(α)，為考量旅客乘坐舒適度及防止列車向外傾斜，可藉由外軌超高及控制車體傾斜角度達成提速縮短運轉時分。

若外軌超高(A)固定不變，車體傾斜控制(B)為5度時人體吸收之乘坐不舒適量，離心力加速度 $\alpha = C$

反之，車體傾斜控制(B1)為2度時，則 $\alpha = C + C1$

由上述可知車體傾斜之角度大小，將影響人體乘坐舒適度。

圖 5-1 車輛傾斜角度與乘坐之離心力加速度關係

四、傾斜式列車基本原理解

車輛傾斜目的：其一為改善乘坐品質，其二為提高運轉速度。

列車高速通過曲線會衍生下列問題：

- (一)、乘坐舒適度惡化。
- (二)、軌道路線外側受到離心力作用，導致路線加速磨耗及路線位置移動。
- (三)、列車容易在曲線外側脫軌。

要解決以上的問題，普遍都要執行降速運轉或是附加一個外軌超高度車輛，換句話說，設計一機構讓車輛與離心力相反方向傾斜。

設未平衡加速度為 a_u ，則

$$a_u = \frac{v^2}{R} - g \frac{h}{S} \quad (\text{m/s}^2) \quad (1)$$

式中 v ：運轉速度，m/s

R ：曲線半徑，m

g ：重力加速度， m/s^2

h ：曲線外軌超高，m

S ：左右車輪滾動圓間距離，m

當列車以均衡速度 v_0 通過曲線時，如車體離心力恰與重力分量平衡，則均衡速度可由式(1)求出，即：

$$0 = \frac{v_0^2}{R} - g \frac{h}{S}$$
$$v_0 = \sqrt{Rg \frac{h}{S}} \quad (2)$$

習慣上速度以 km/h 單位，外軌超高 h 以 mm 為單位，並將 $g=9.81\text{m/s}^2$ ， $S=105\text{mm}$ 代入上式，有

$$v_0 = 0.30\sqrt{Rh} \quad (\text{km/h}) \quad (3)$$

一般情況，列車在曲線上運轉允許有超高不足 h_g 存在，亦即允許有一定的未平衡離心力存在，由式(3)求得允許的通過速度 v_1 為

$$v_1 = 0.30\sqrt{R(h_1 + hg)} \quad (\text{km/h})$$

對於具有搖擺式車體的機車車輛，在通過曲線時，車體有一個向曲線內

側傾斜的傾角 γ ，則可允許以更高的速度 v_2 通過曲線，則由式(3)得

$$v_2 = 0.30\sqrt{R(h_1 + hg + h_w)} \quad (4)$$

式中 h_w — 由於車體傾斜而折算成的附加超高。

上面所述，曲線外軌超高 h 與允許的超高不足 h_g 都是有嚴格規定的，由式(4)可知，要想進一步提高曲線通過速度 v_2 可以增加 h_w ，亦即通過增加搖擺式車體傾角 γ 得以實現。但實際上車體傾角 γ 也是受到限制的，其理由有：

- (一)、自然搖擺式車體內傾角 γ 不可以過大，一般只能達 $3.5^\circ \sim 5^\circ$ ；而另一些搖擺式車體，例如：主動搖擺式車體，雖然從技術上可較大的增加傾角，但在極短的時間內使車體達到所要求的傾角，會加大車體傾斜角速度、傾斜角加速度當超過 $5^\circ/\text{s}$ 時，乘客將感到不適。
- (二)、列車通過曲線時若車體傾斜角過大，乘客在車廂內走動或站立時會感到不穩，在通過連續之 S 形曲線時，乘客會有頭暈和噁心的感覺。
- (三)、車體傾角 γ 過大，會加大輪軌間之動力作用。

從研究中得知，搖擺式車體列車有助於提高速度，但無益於改善輪軌之間的動力作用。因此，從列車、線路等整個系統來分析，完美的搖擺式車體列車須輔以徑向轉向架、獨立車輪及低軸重等措施，以降低輪軌之間的動力作用，但這將增加造價成本。

爲了減少離心力加速度影響旅客乘坐舒適度，通常是將軌道上曲線外側的鋼軌墊高，利用超高將車體向軌道內側傾斜，但爲了使貨物列車低速通過曲線外軌，超高就應受到限制，其高度在 105~150mm 之間，視各國鐵道情況而定，TRA 的最大超高量約在 105mm，如果超高量過大，最嚴重的情況是列車在曲線上停車時，有向內側翻覆的危險，如果在原本未改善的路線，如北迴線或沿海及穿越山間之彎蜒路線，列車速度越高離心力加速度就越高，單只靠外軌超高讓車體傾斜是不足夠的，因此最常見的是，限制車輛的運轉速度通過曲線。但如果能將車體增設機構，使運轉於曲線時，自動或被動的向彎道內側傾斜，就可彌補外軌超高不足，進而縮短運轉時間，並提高乘坐品質，這就是是搖擺式車輛得以發展的原因。如果設計的目的是提速壓縮運行時分，其提速比 20 個百分比以上，又要兼顧人體之離心力加速度在 0.4g

以內，其傾斜角度就提高至 3~10 度之間，如日本 JR851、885 系列，大多數附有傾斜機構的車輛；但如果只爲了改善乘坐品質，而提速比定在 5 個百分比以下，其傾斜角定在 1~3 度之間就能滿足需求，如日本小田急、空港 2000 型、N700 系列等。

五、日本新幹線空氣彈簧兼傾斜功能之新型高速列車

日本新幹線 N700 型生產約 1400 輛，堪稱數量之最。日本 N700 雖然是最新的高速鐵路列車，其工作原理乃利用空氣彈簧進排氣調整傾斜角，空氣彈簧調整最大傾斜角只有 1 度，其用意是因爲其運轉路線區間，從東京到九州博多之東京~新大板間，仍存有多處 2500 公尺至 4000 公尺彎道多達 50 幾處，讓 N700 系列在原本限速 255 公里/小時的上述彎道半徑區間，提升過彎速度到 270 公里/小時，維持 270K/H 之運行速度才微調 1 度，以達到降低離心力加速度，當車輛行經新大板之後其傾斜功能即切離不再使用，在行駛東京至新大板區間約 600 公里，由於過彎速度提升到與直線段速度接近，因此總行車時間僅縮減 5 分鐘左右，不難了解其目的只爲改善乘坐品質非縮短運行車時間，以其運轉條件與臺鐵局北迴線之彎道 300 至 800 公尺之連續 S 曲線，台北~花蓮間約 195 公里，縮短運行車時間 30 至 40 分，應難以相提並論。

綜觀目前所有軌道工業者設計之傾斜式列車，其提速比皆設計 20% 以上（詳表 5-2、5-3）時，其共同點說明如下：

- (一)、車輛設計傾斜分爲兩種：傾斜角度在 1 至 3 度者未附加傾斜慣性機械結構，如空氣彈簧式，其車身打造四方型即可，因傾斜角小，最大目的只能改變乘坐舒適度，其提速比一般不高於 5%，如 N700 系及臺鐵局 EMU100 型和名鐵小田急羅曼史號、運行中部國際空港線之 2000 型電車，因爲傾斜角度小提速比低，即使傾斜系統在連續彎道故障也不會造成危險，但若以這類無慣性結構之車輛行駛於連續彎道，且提速比 20% 以上時，運轉於彎道瞬間發生故障，即使再多的非自然慣性機構備援（電器備援）也無法零時差啓動其功能，就有反方相傾斜，而造成旅客極度不舒服感，甚至有非預料中危險狀況

之疑慮。

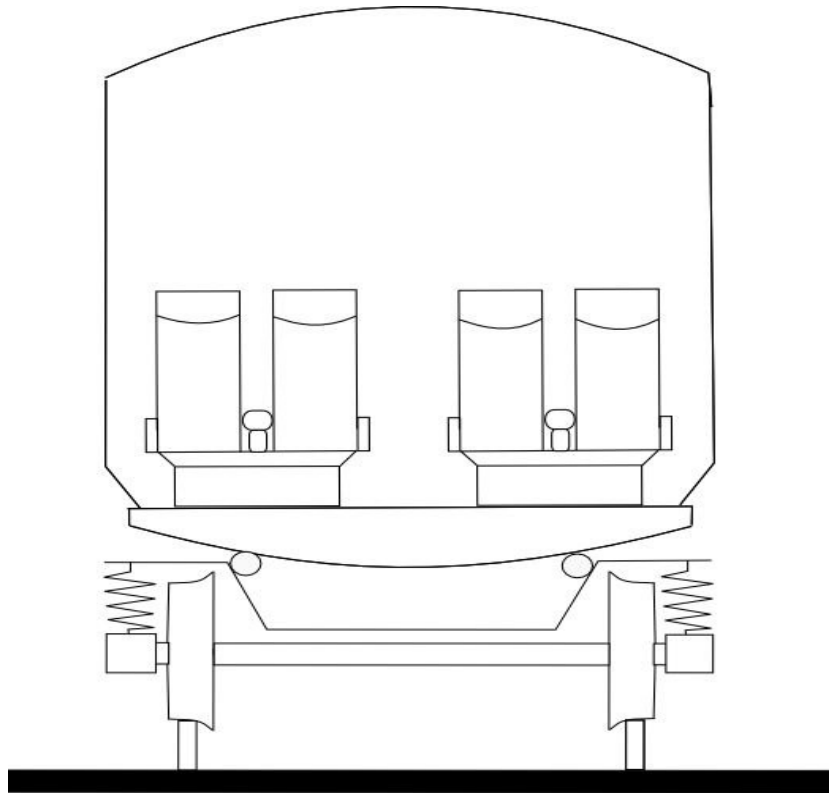
- (二)、另一種當提速比高於 20%以上時，其傾斜角度 3~10 度皆有設計慣性自然傾斜機構與控制傾斜雙系統同時並行運轉，當最大風險（路線資料之傾斜方向輸入錯誤及 HCLV 接線接反或單輛傾斜失能無故障指示）發生時提供萬全保障，方能符合規範之開宗明義「失敗決對安全」，無論發生任何狀況，除控制傾斜外也含蓋了慣性自然傾斜。

理論上，傾斜車輛在世界各國的發展史上，其為達經濟效益皆將提速比設在 20 以上，但安全上考量尤其重要，如 1985 年英國 APT 傾斜列車就是在彎道傾斜系統故障，造成反方向傾斜，最後走上報廢停擺的命運。

從設計理念，彎道提速及絕對安全的角度而言，發現下列條件應列入考慮，且是必要的。

- (一)、電器控制系統—如 ATP、TCMS、CC、TC、MC、伺服閥、高度傳感器、速度偵測、距離運算、地上感應子、…等等，皆屬電的部分，甚至陀螺儀，以上相關備援裝置，對於慣性可能不產生作用。
- (二)、慣性自然傾斜機構—如歐系油壓驅動連桿結構、日系鐵道利用滾輪及滑鈹之搖枕樑或線性軸承搖擺樑（詳圖 5-2），這些機械結構即使電器系統全面故障，也不影響其自然慣性傾斜，且能產生立即性的備援功能，而保障乘客安全，絕無反方向傾斜之危險。
- (三)、結構上減少裝置尺寸、輕量化降低製造費用，如鋁合金車體。
- (四)、車輛傾斜重心儘可能降低進而改善舒適性，由於變化曲率可自由設定，傾斜車輛傾斜重心所以重心較低，能改變舒適性，車輛傾斜重心降低後，車輛端面形狀對稱進而保證控制裝置故障時，車體也能自然傾斜，防止運轉於彎道上發生故障時產生反方向傾斜，造成乘坐舒適度惡化及翻覆的疑慮。
- (五)、為提高走行性能和舒適性應降低車輛傾斜重心、加大傾斜角度，並設計集電弓中立保持裝置。
- (六)、應具有軸承導向之傾斜裝置轉向架。

圖 5-2 滾柱式慣性機構簡易圖



遇右轉彎時：

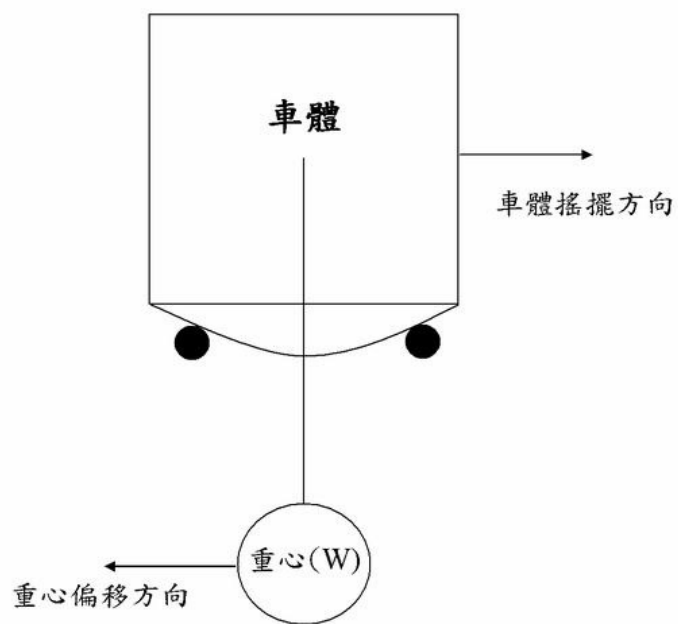


表 5-2 搖擺式車體的實際應用及參數比較表

國家	義大利 (FS)	瑞典 (SJ)	加拿大 (VIA)	西班牙 (RENFE)	德國 (DB)	瑞士 (SBB)	英國 (BR)
列車型號	ETR450	X2000	LRC (輕穩快)	TALGO Pendular	VT610	用 EW-IV 客車試驗	APT
車種	4、6、8、10 輛電力機車加 1 輛托車的電動車組列車	1 輛動力車 5 輛客車；2 輛動車	內燃機車牽引 4~6 輛客車	機車牽引的客車，自由編組	2 輛內燃動力車編組	轉向架+ NEIKO 車體 傾斜裝置	
製造廠家	Fiat	ABB	Bombardier	Patentees TALGO	AMS:轉向架 Fiat:搖擺式車體	SIG	BREL, Deby, BR
開始營運年份	1988	1990	1981	1980	1992	不祥	1981 年始運營，因事故而停用。
最高速度 (km/h)	250	營業：200 設計：210	營業：150 設計：200	160~200 試驗：291	最高：160 常用：100	計畫 1C2000 最高：220	營業：250 設計：260
轉向架形式	無搖枕+螺旋彈簧轉向架，簧上擺	無搖枕+空氣彈簧轉向架，簧間擺	搖枕+空氣彈簧轉向架，簧間擺	連接式，帶軌距自動調整裝置的 1 軸空氣彈簧轉向架	無搖枕+螺旋彈簧轉向架，簧上擺	搖枕+空氣彈簧轉向架，簧間擺	連接式，無搖枕+ 空氣彈簧轉向架，簧間擺
最大傾角和傾斜角速度	最大 10° 通常 8°	最大 8° 實際 6.5° 最大 4°/s	最大 10° 通常 8°	2.8°~ 3.5°	通常 8°	實際 3°	最大 9° 最大 5°/s
曲線速度提高率%	30	30	35	16	30	10~20	30~40
實際運用狀況	ETR401 試營業後生產了 130 輛 ETR450 型動力車，1988 年開始在羅馬—米蘭間以 250km/h 的速度運轉。德	最初生產了 20 輛編組車。1990 年 9 月開始以 200km/h 的速度在斯德哥爾摩—哥德堡間運轉。在德國和美	1981 年開始營業運轉。轉向架、電氣部分故障較多，經各種改造，前 5 年間只編組 1 列採用傾斜裝	1980 年開發成功 TALGO 搖擺式車體車。1981 年搖擺式車體的 TALGO 臥車開始運營於馬	20 世紀 70 年代研究搖擺式車體動力車 (VT624、ET403)。1992 年引進 Fiat 公司技術，VT610 型動	SBB 於 20 世紀 70 年代研究了傾斜至 6° 的 II 型客車的強制搖擺式車體。對裝有 Neilko 傾斜裝	從 20 世紀 70 年代開始開發。1981 年 12 月開始營業。由於擺裝置和制動裝置的故障較多，沒有投入實際運

國 VT610 車上也採用。下一代的 ETR460 型動力車正在開發中。	國也進行了試驗。	置的動力車組。	德里－巴黎間。已生產了全搖擺式 TALGO 列車。300km/h 的搖擺式車體列車在研製中。	力車投入實際運用。正在開發用於其他線區及電力機車的搖擺式車體動力車。正在研究採用 TALGO 搖擺式車體。	置的 EW-IV 型客車作了試驗，如果試驗成功，準備在 IC2000 車上採用，還考慮用於雙流制 ETR460 型動力車上。
--------------------------------------	----------	---------	--	---	--

表 5-3 日本及澳大利亞現有可傾斜車輛比較表

鐵道公司	JR-四國		JR-北海道		JR-東日本	JR-九州		JR-中央	Chizu-Kyuko	JR-西日本	昆士蘭鐵路 (澳大利亞)		
	柴油車	電車	柴油車	←	電車	←	←	←	柴油車	電車	柴油車	電車	客車
型號	2000	8000	281	283	E351	883	885	383	HOT 7000	283	187	Rockhampton TM Train	Cairns tilt Train
車輛數	80	48	27	63	60	50	62	76	26	18	14	12	14
啓用年度	1988	1992	1992	1995	1993	1994	2000	1994	1994	1996	2000	1998	2002
軌距	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	
電氣系統	—	1500V dc	—	—	1500V dc	20KV ac	←	1500V dc	—	1500V dc	—	25KV ac	—
動力分配	全部馬達車	2M3T .1M2T	全部馬達車	全部馬達車	4M4T .2M2T	3M4T 2M3T	3M3T .3M2T	3M3T 2M2T .1M1T	全部馬達車	2M4T .1M2T	全部馬達車	4M2T	全部客車
最高營運速度	←	130km/h	←	←	←	←	←	←	←	←	120km/h	160km/h	←
過彎速度 (R ≥ 600m)	比無傾斜多 30km/h	←	←	←	比無傾斜多 25km/h	比無傾斜多 30km/h	←	比無傾斜多 35km/h	比無傾斜多 30km/h	←	←	比無傾斜多 25km/h	←
傾斜控制	控制傾斜	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←

傾斜機構	←	←	軸承引導式	←	滾動式	←	←	軸承引導式	滾動式	軸承引導式	←	滾動式	←
車身傾斜角度	←	←	←	+/-6°	+/-5°	←	←	←	←	←	←	←	←
傾斜中心高度(車頂至軌道)	←	←	2300m m	1900m m	2275m m	←	←	←	←	←	←	←	←
車身材質	不鏽鋼	←	←	←	中碳鋼	不鏽鋼	鋁合金	不鏽鋼	←	中碳鋼	不鏽鋼	←	←
轉向架	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←
新車輪直徑	810m m	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←
集電弓支撐	—	索控	—	—	支撐架式	←	←	固定式	—	固定式	—	連結式	—
牽引控制系統	扭力變換器	VVVF與再生電軔	扭力變換器	←	VVVF與再生電機	VVVF含電軔	VVVF再生電軔	←	扭力變換器	VVVF含電軔	扭力變換器	VVVF含電軔	—
牽引力(馬達以1小時率計算)	243kw 柴油引擎 (330ps)x2	200KW 同步馬達	257kw 柴油引擎 (350ps)x2	261kw 柴油引擎 (355ps)x2	150KW 同步馬達	190KW 同步馬達		155KW 同步馬達	261kw 柴油引擎 (355ps)x2	220KW 同步馬達	331kw 柴油引擎 (450ps)x 2	190KW 同步馬達	—
行駛區間													
行駛公里數	160	214	319	349	225	201	154	251	211	262	192	623	1580
傳統列車	2:36	3:10	3:29	4:25	2:46	2:29	1:57	3:00	2:46	3:44	3:06	9:90	31:20
傾斜列車	1:59	2:39	2:59	3:40	2:28	1:59	1:47	2:50	2:32	3:18	2:29	7:00	27:00 (計劃)
節省時間	0:37	0:31	0:30	0:45	0:18	0:30	0:10	0:10	0:14	0:26	0:37	2:30	4:20 (計劃)

六、備援的定義設計基本觀念

(一)、備援的定義

主系統故障時次要系統啓用維持正常運轉之基本要求，至於備援種類和標準也無絕對的，一切由業主或買家依據本身物件之需求的想法去定義，當賣方提出備援的系統及機構說明時，如買方可以接受就定義為備援。簡而言之，雖稱備援實際上是有輕重緩急之分。

(二)、備援種類

1. 相對備援：當輔助系統（備援）起動條件是要經由訊號或人為操作而喚醒系統或機構者稱之，如大樓備用發電機、電聯車 SIV1、2 之自動轉供或組與組之間手動轉供。簡單的說，時間的延時是可允許的稱之。再者，如 136 輛案之電氣備援系統，如陀螺儀或傳輸線的增設，水平閥皆屬相對備援，一般非關生命安全之高危險性之系統是可被允許的。另如消防局區域性消防隊，也屬於要接到報案才能前往救援，時差是無可避免。
2. 絕對備援：輔助系統或子系統起動無需外來之被動訊號或人為動作而喚醒系統者。簡單的說，無時間延時者稱之。一般當主系統與子系統同時並行時，方能達到絕對備援的要求，如目前太魯閣電聯車控制傾斜與自然傾斜同時並行，當控制傾斜故障時，自然傾斜無需任何訊號驅動或手動隔離，就能達到零時差的要求，因為子系統是機械慣性搖擺機構，只要自然離心力存在，子系統無時無刻執行中，對於失敗趨於安全要求有絕對之可靠性，進而保證旅客之生命安全。由上說明，當主系統與輔助系統重置運行且故障，可及時發揮其功能稱之。

(三)、備援功能定位

備援應該是有備且會援，是否達到即時援、馬上援，而不是有備不能援或是有備慢慢援、延遲援，端看業主需求。

因此，如何能符合業者要求，備援啓用動作時機及耗費時間就顯得特別重要，也就是說視購案內容標的物的狀況而定，如建築物大樓公寓

之類，當主要電路供電系統發生故障時，輔助供電必須經過種種偵測動作，經由自動控制系統起動輔助發電機供應電力，如此之備援一定有時差性，但對於供電的延遲在大樓不會產生立即性之風險，因此有備慢慢援是可以讓業主接受的。另外，如跳傘者之備用傘一發生主傘故障時，備傘的動作時間就非常重要，如慢慢援就會有生命的危險，另外臺鐵局的運轉車輛，無論電力機車、電聯車執行商業運轉時發生動力車故障，我們也有一連串相關備援機制，雖然有的備援是無法即時援或因為種種原因造成無法瞬間啟動，但無立即性的風險是可以接受的。

由以上簡單例子就可得到一個結論，當主系統突然故障時，如何縮短備援接續時差是最為關鍵，依業主需求而定，如果與生命安全相關之物件絕對備援是必要的，如慣性傾斜機構在 JR 九州 885 系使用既屬之。

基於失敗趨於安全的考量，備援項目越簡單、越少越好，因此在人命關天的思維上，正確備援區分為兩種，其一電器為主機械為輔或雙系統同時並行，其二只有電器系統附加重置備援。對於鐵道工業安全至上的企業，應有失敗趨於安全的強烈要求，更因彎道提速牽涉太多不確定因素，如路線強度、地基強度及軌道品質、天候惡劣不確定因素等等，因此絕對備援是必然的條件。

製造廠所提供之備援若非貫性機械結構，部份備援也非雙系統同時並行，因此是否能符合絕對備援之要求，有必要一一檢試及測驗，方能符合失敗趨於安全保障旅客之生命安全。針對物件絕對備援認定，必須定出標準測試程序，以下就新購太魯閣車輛設計內容提出動態運轉測試程序。

首先，列出目前所提供臺鐵局審核通過之備援裝置一一討論：

1. 運轉測試時機：為了避開路塞時間，應選擇在夜間較為適當，且每一彎道即使相同曲線半徑，也應逐一測試，因每一彎道含蓋太多不確定參數。
2. 於連續彎道運轉時，關閉緊急閘並隔離 ATP，檢測陀螺儀啓用時機是否與傾斜方向正確或不傾斜。

3. 於連續彎道運轉時，逐車隔離 TC 測試傾斜功能。
4. 於連續彎道運轉時，MC 斷流開關檢測備援功能。
5. 於連續彎道運轉時，模擬水平閥故障檢測備援功能。
6. 當 MC 內建臺鐵路資料，應模擬輸入錯誤訊息，例如曲線半徑、傾斜方向、地上感應子地點、…等。
7. 當車輛廠修或段修時，HCLV 驅動電源錯接，是否導致反方向傾斜。
8. 當單輛車廂電器備援全部失能又無故障指示時，司機員於彎道又提速運轉，是否導致單輛車廂反方向傾斜。
9. 於連續彎道運轉時 BOS(增速風泵)無法停止運作時或故障時。

換言之，傾斜式電聯車於高速連續彎道運轉時，突然發生複式備援失能，萬一無法達到絕對備援要求，既使車輛維持水平無反向傾斜，雖然可能無存在立即性風險，但對於 30 年長期使用車輛逐年老舊，周遭環境變遷，無論天然或是人為疏忽等因素確實存在系統性風險之疑慮。因此，運轉連續彎道時之製造廠所提供備援種類，基於安全考量有必要詳加測試。

七、136 輛案與 48 輛案工作原理比較

(一)、48 輛案傾斜系統概要：

傾斜慣性機構及預控傾斜驅動系統合併同時使用，司機員於起始站輸入列車資訊，如車次、始發站、終點站。CC Command controller 存在路線資料，配合 ATP 之地上感應子偵測與車軸速度運算確認車輛所在位置后，CC 輸出驅動左傾或右傾訊號給予 TC (Tilting controller) 傾斜驅動風缸推動傾斜慣性機構，TC 依據駕端位置自動排序採用逐輛傾斜，動作時機為進入彎道前 50 公尺執行預告控制傾斜，角度從 0 度到 5 度依不同之曲率半徑微調變化，當任何電器裝置失能立即由慣性傾機構擔任備援，無時差及反方向傾斜之疑慮，即使在連續彎道也能達到失敗於絕對安全之設計理論念。當單輛故障也不影響列車運轉且準時到達目的地，其工作原理基本原理詳如圖 6-1 所示。

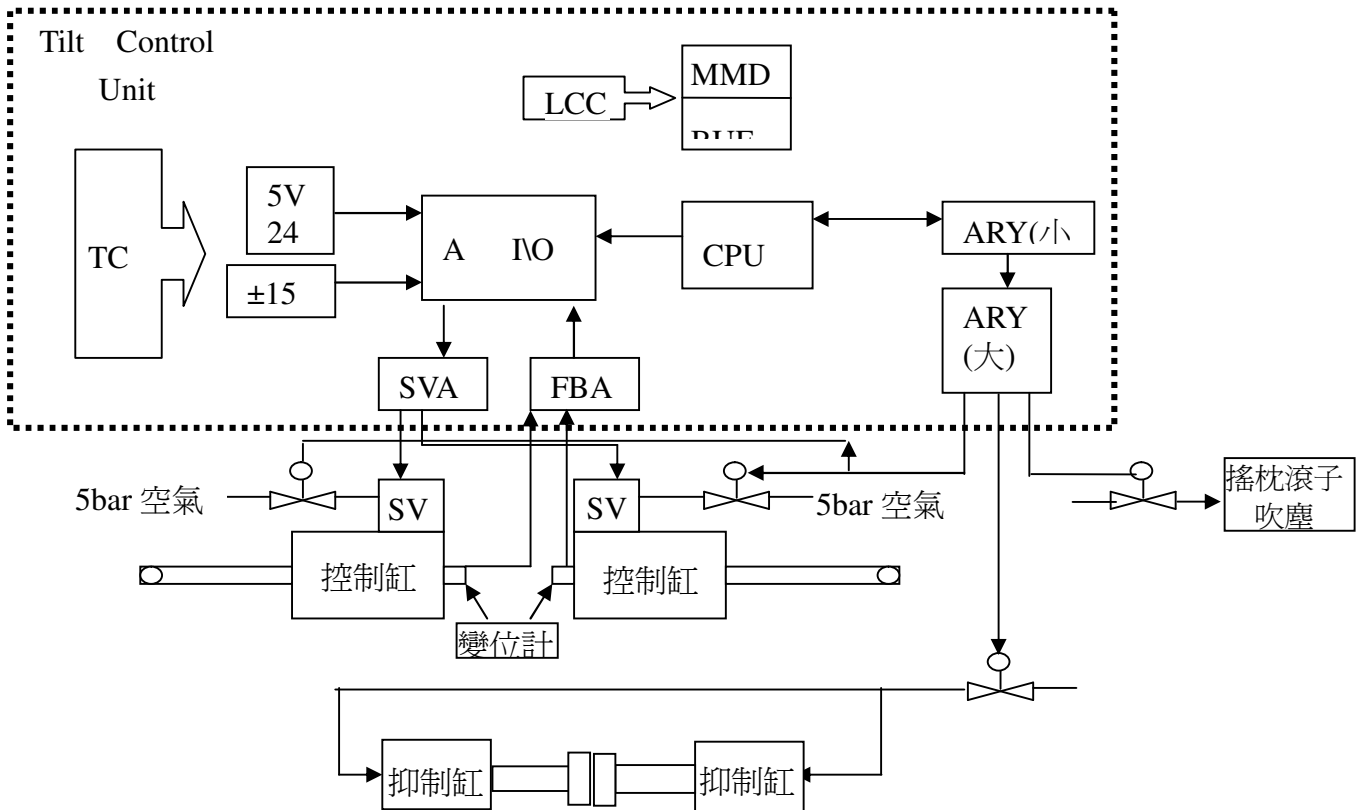


圖 6-1 48 輛案傾斜系統工作基本原理

(二)、136 案傾斜系統概要：

本系統空氣彈簧傾斜是利用控制支持車體之轉向架左右兩側空氣彈簧的內壓，改變高度使車體傾斜之傾斜。

系統將採用原本之空氣彈簧式轉向架車輛，追加車體傾斜控制相關的設備後而成的傾斜式車輛，本系統是採用鐵道車輛用水平閥式空氣彈簧傾斜系統，主要以車高控制裝置(Height Changer' 以下簡稱「HC」)、車體傾斜裝置(Tilting Controller，以下簡稱「TC」)、電磁閥裝置(Valve Component，以下簡稱「VC」)的 3 個裝置構成。

搜集路線資料：其包括曲線相關訊息，如曲率半徑、傾斜方向、ATP 之地上感應子、車輛傾斜方向、地點…等建入主控制中心單元。

工作原理：首先依據從地上子所收到的絕對位置資訊及速度感知器的速度資訊為基礎，由 MC 計算出現車所在地點，該資訊透過 TCMS 終端單元傳送到其他車輛的 TC、MC 及各車的 TC 之間，透過繼電器來進行車輛間的同步動作，以校正 TCMS 傳送所造成的延遲時間，TC 是

藉由所收到的 TCMS 資訊及校正來計算出自車的所在地點位置，各 MC、TC 基於自車所在地點位置計算結果，對 HC 發出傾斜指令，高度調整閥(LV)來調整空氣簧高度，改變傾斜角度的傾斜方式。

為縮短傾斜動作時間增設 BOS 系統，其動作時間經計算需要 1 秒的時間，其整個架構如圖 6-2 所示。

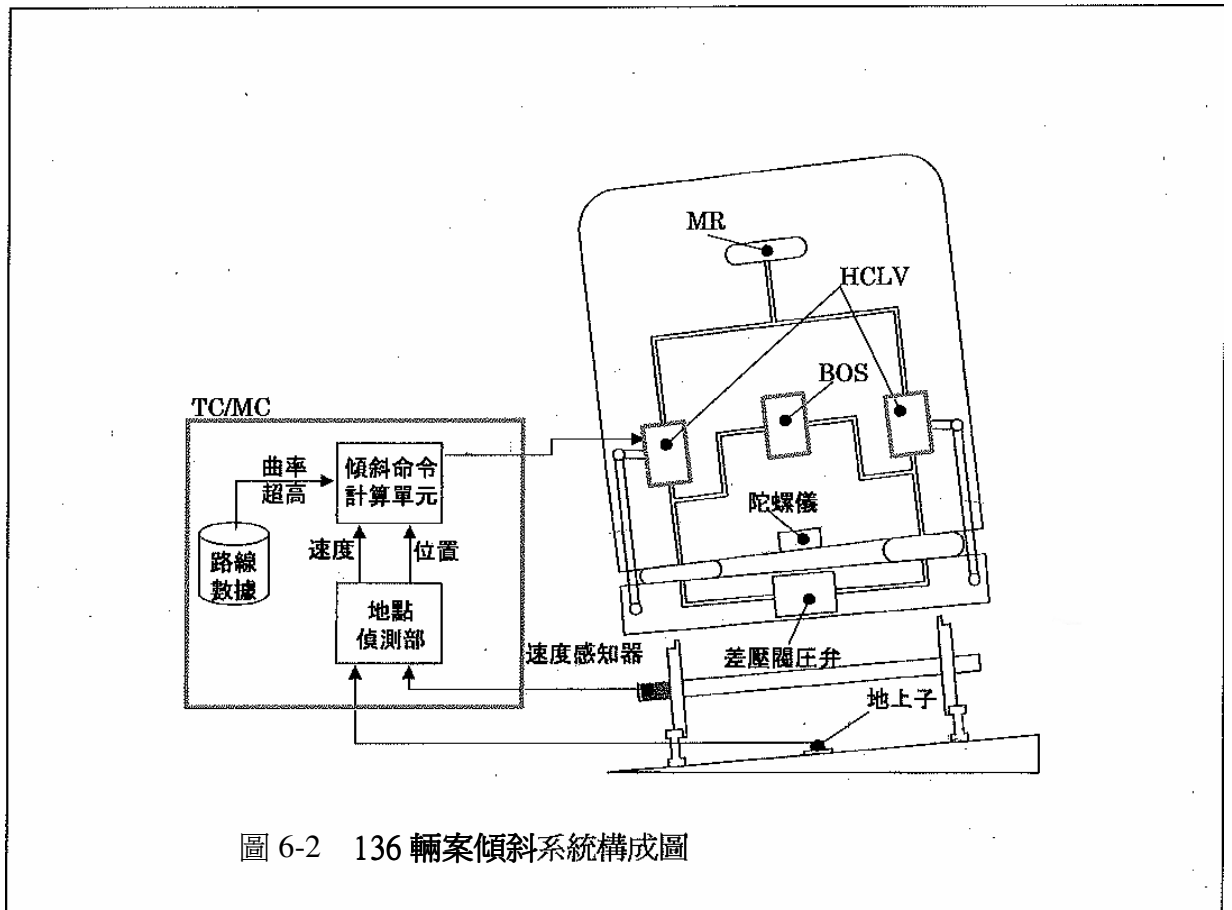


圖 6-2 136 輛案傾斜系統構成圖

當車輛於起始站時，司機員在 TCMS 銀幕上應執行列車設定，得以讓主控制單元車輛所處位置，其距離運算由車軸發電機依發電量轉換為速度而換算成距離，主控制器 MC 根據地點檢知單元，確認地上子及距離，進而確認運轉位置，比對控制單元之路線資料後，將傾斜指令傳送給各車廂傾斜控制單元後，再將傾斜指令給予 HCLV，高度控制閥執行傾斜動作，根據原製造廠資訊傾斜角度，無論在於任何曲率半徑只有 2 度。

136 案傾斜系統主要構成組件如下：

1. HCLV (Height Changer、Level valve)：

則是將伸縮桿的功能小型化後內藏於 LV 之中，空氣簧的高度調整主要是追隨 LV 伸縮桿的長短變化，由中立位置做高度補償。附有車輛左右高度控制機能的高度調整閥其功能保持車體水平及平衡車輛水平，LV 水平閥使用於一般車輛其功能系經由差壓閥，調整對空氣簧的供氣或排氣藉此來達到保持車體水平高度為目的。運轉於直線時執行空氣彈簧進排氣達到水平的功能，當車輛通過曲線時，LV 水平閥藉由 HC 的指令停止供排空氣的中立位置開始調整偏移，使車體的外軌側升高，內軌側降低藉此來控制車體的傾斜角度，HC 對 LV 的高度資訊提供模擬變位，使空氣彈簧的高度調整到指定數值的裝置（如圖 6-3）。

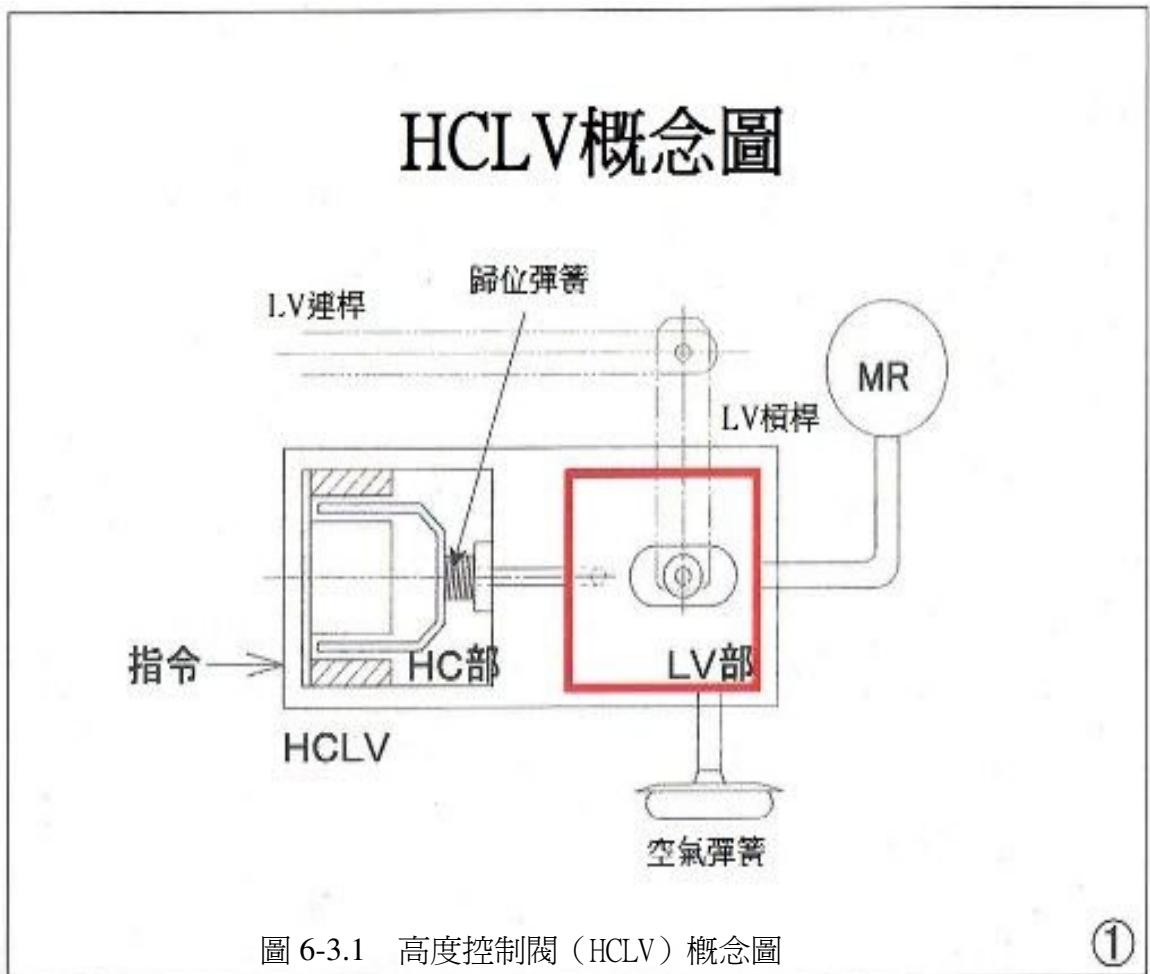
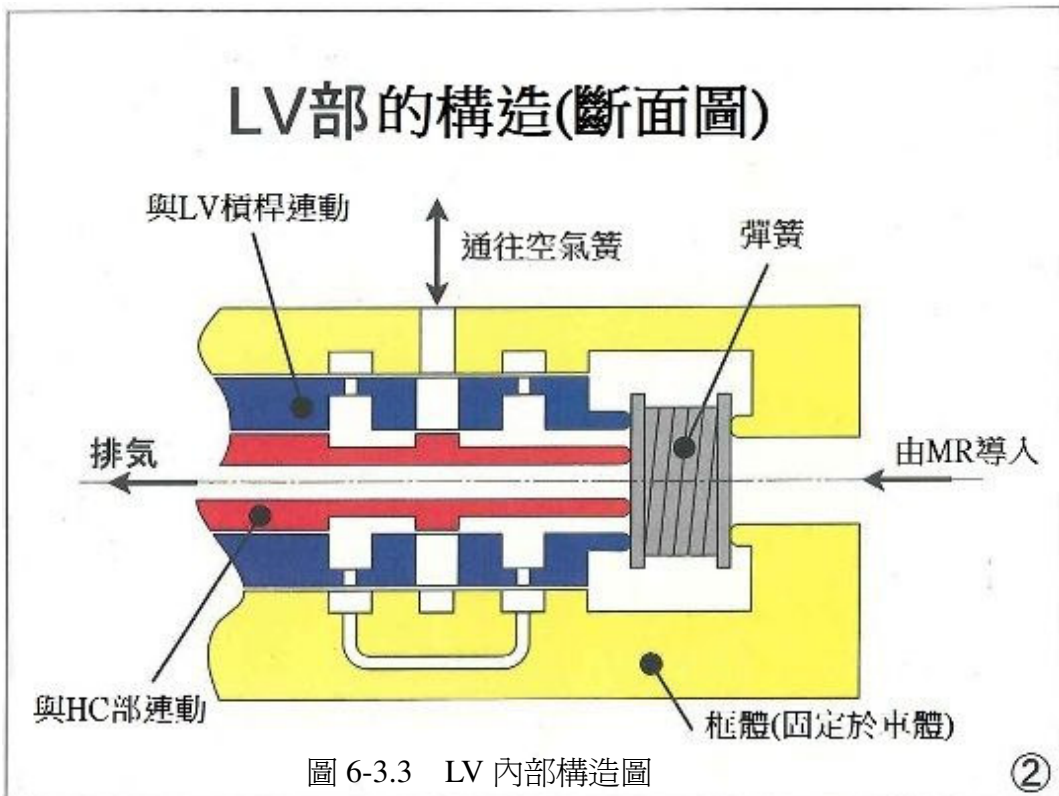
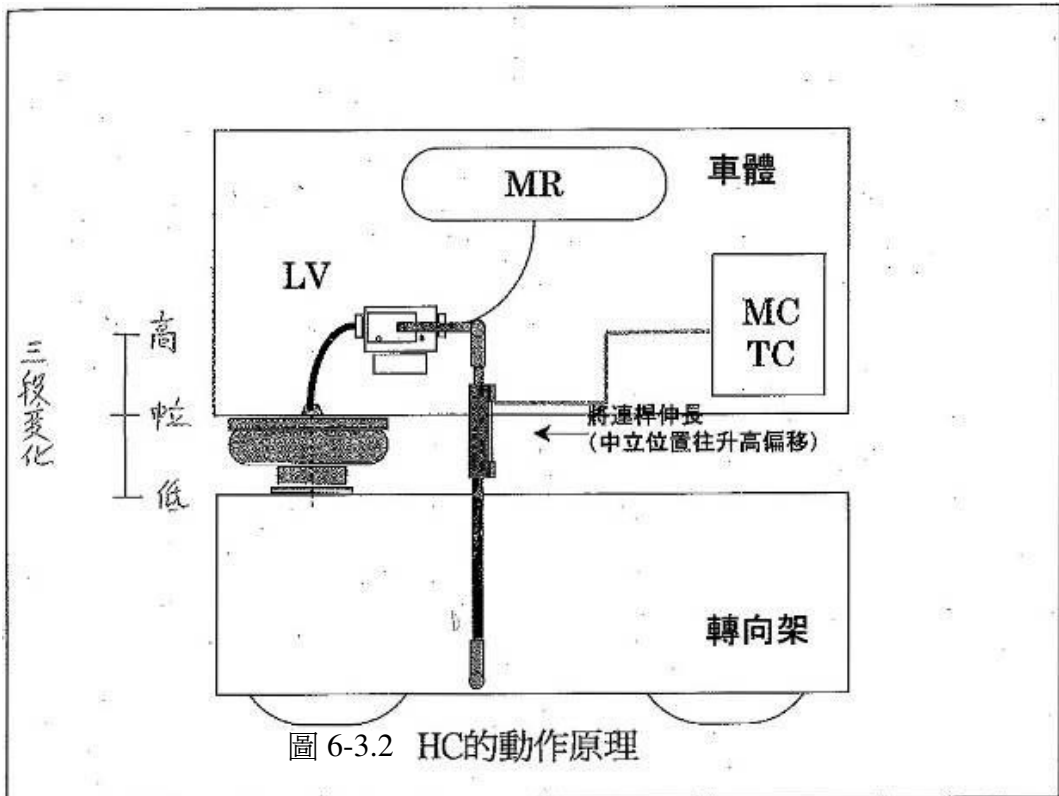
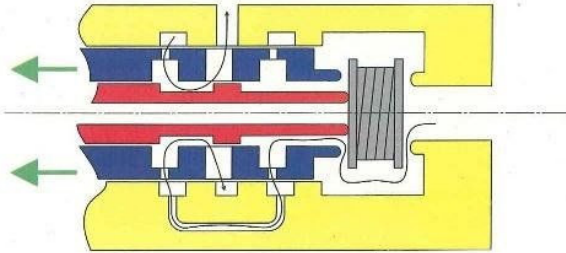


圖 6-3.1 高度控制閥 (HCLV) 概念圖



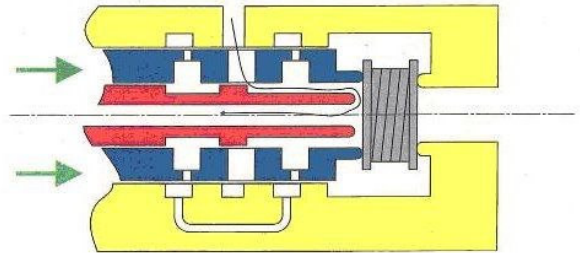
高度等級調整動作
(車高比標準高度低時)

- HC不動作
- 藉由LV槓桿的動作，藍色部分會往左移動；空氣則朝箭頭方向往空氣簧流入



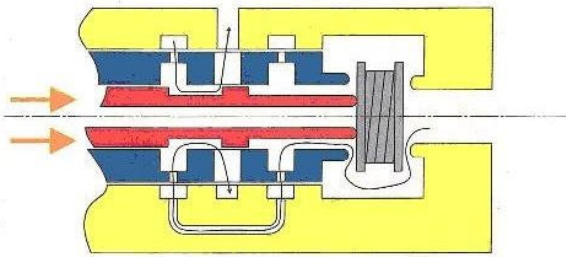
高度等級調整動作
(車高比標準高度高時)

- HC不動作
- 藉由LV槓桿的動作，藍色部分會往右移動；空氣則朝箭頭方向從空氣簧排出



傾斜動作
(提高車高時)

- 藉由HC動作，紅色部分會往右移動；空氣則朝箭頭方向往空氣簧流入



傾斜動作
(降低車高時)

- 藉由HC動作，紅色部分會往左移動；空氣則朝箭頭方向從空氣簧排出

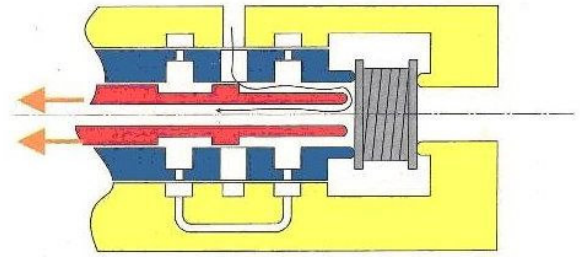
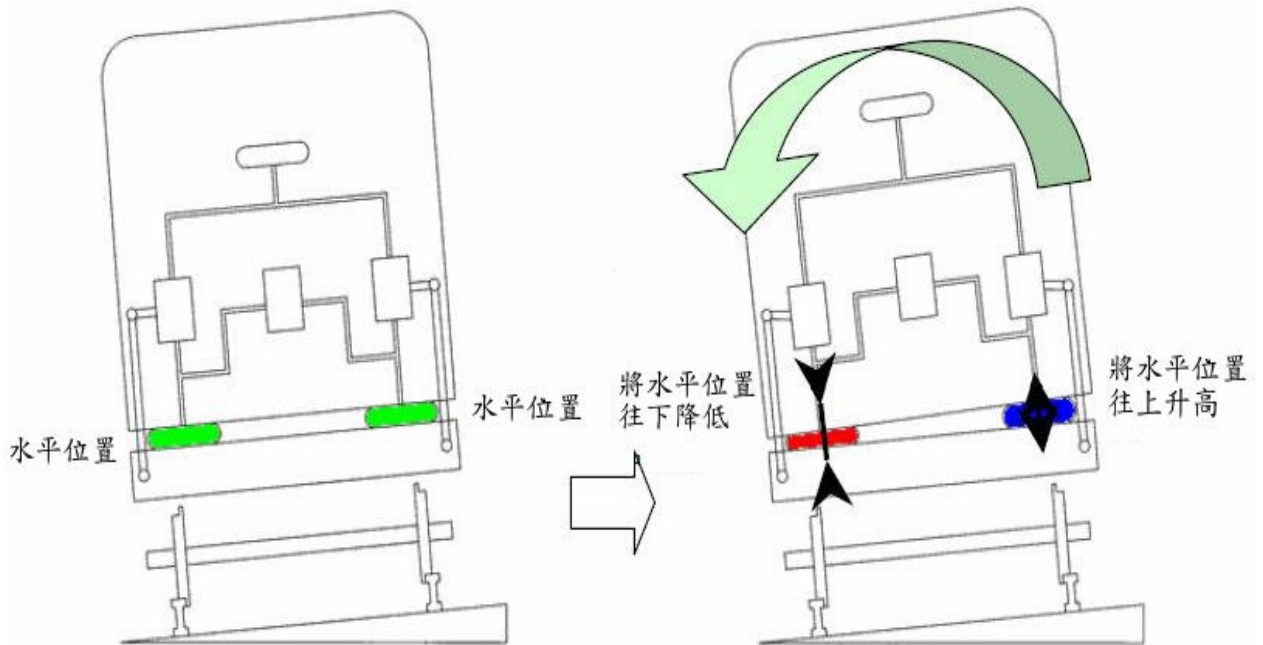


圖 6-3.4 HCLV 動作流程圖



經過彎道車體未調整至所需超高度的位置狀態

經過彎道車體已調整至所需超高度的位置狀態

圖 6-3.5 HCLV 控制空氣彈簧的高度使車體傾斜

2. TC(tilting controller)：

TC 裝載於 TEP 車及 TEM 車體之傾斜控制單元，其功能為接受 MC 之傾斜指令轉而要求 HCLV 高度控制閥動作使得車輛左傾或右傾，TC 不同於 MC 省略了地點偵測功能，僅具備傾斜指令演算功能及路線資料。

TC 經由 TCMS 及備援線路從 MC 獲得地點的資訊，藉此判斷出必要的傾斜時機向 HCLV 發出傾斜指令。TC=高速計算部:基於計算車軸端的速度發電機所發出的脈衝訊號，來算出現在位置，並由來自地上子之絕對位置資訊，來校正車輪~鋼軌間之空轉與滑走所產生的誤差的「地點偵測功能」，且具有將「地點偵測功能」的資訊與預先輸入好的曲線資訊，對必要的傾斜角以及時機做出判斷，並對 HCLV 輸入指令。

3. MC(master controller)：MC 裝載於 TED 車，其功能有二

(1) 地點偵測功能

MC 可藉由速度發電機所發出的信號，累算出現在運行的位置。除此之外，尚會以 ATP 地上子回報的車輪與鐵軌間空轉、滑走產生的距離誤差資訊，或是陀螺儀的曲線偵測功能來進行距離補正。如圖 6-4 所示。

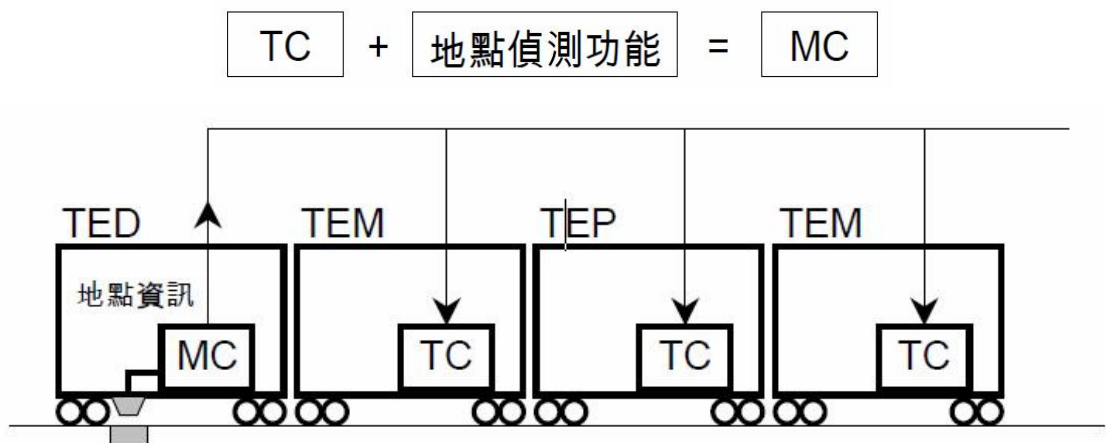


圖 6-4 主控制器 (MC) 概念圖

(2) 傾斜指令演算功能

傾斜指令的發出是以預先存入的路線資料為主，再輔以地點偵測功能計算出的現在位置情報，來判斷出必要的傾斜時機向 HCLV 發出指令。

此外，「地點偵測功能」在一個電車組中只有車頭(TED)才具備，其他車輛只具有「傾斜命令演算功能」，VC=是將需由 TC 來控制開閉的電磁閥、濾器、風缸以及安裝這些裝置用的歧管座總成所構成。是安裝在每組轉向架附近，每輛車需安裝 2 台的空壓迴路裝置。

4. BOS(booster operation system)：

空氣增壓系統（BOS）其主要功能在於縮短傾斜動作花費時間，其構造如圖 6-5 所示。BOS 的功能是將內軌側的空氣簧的空氣強制移動至外軌側空氣簧的裝置。車體傾斜時，曲線內軌側連通低壓端的氣缸、曲線外軌側連通高壓端的氣缸，藉此一方面可以提高傾斜的速度，另一方面也有減少總風缸空氣消耗量的效果。換言之，較低一方強制吸氣、較高一邊加速進氣。

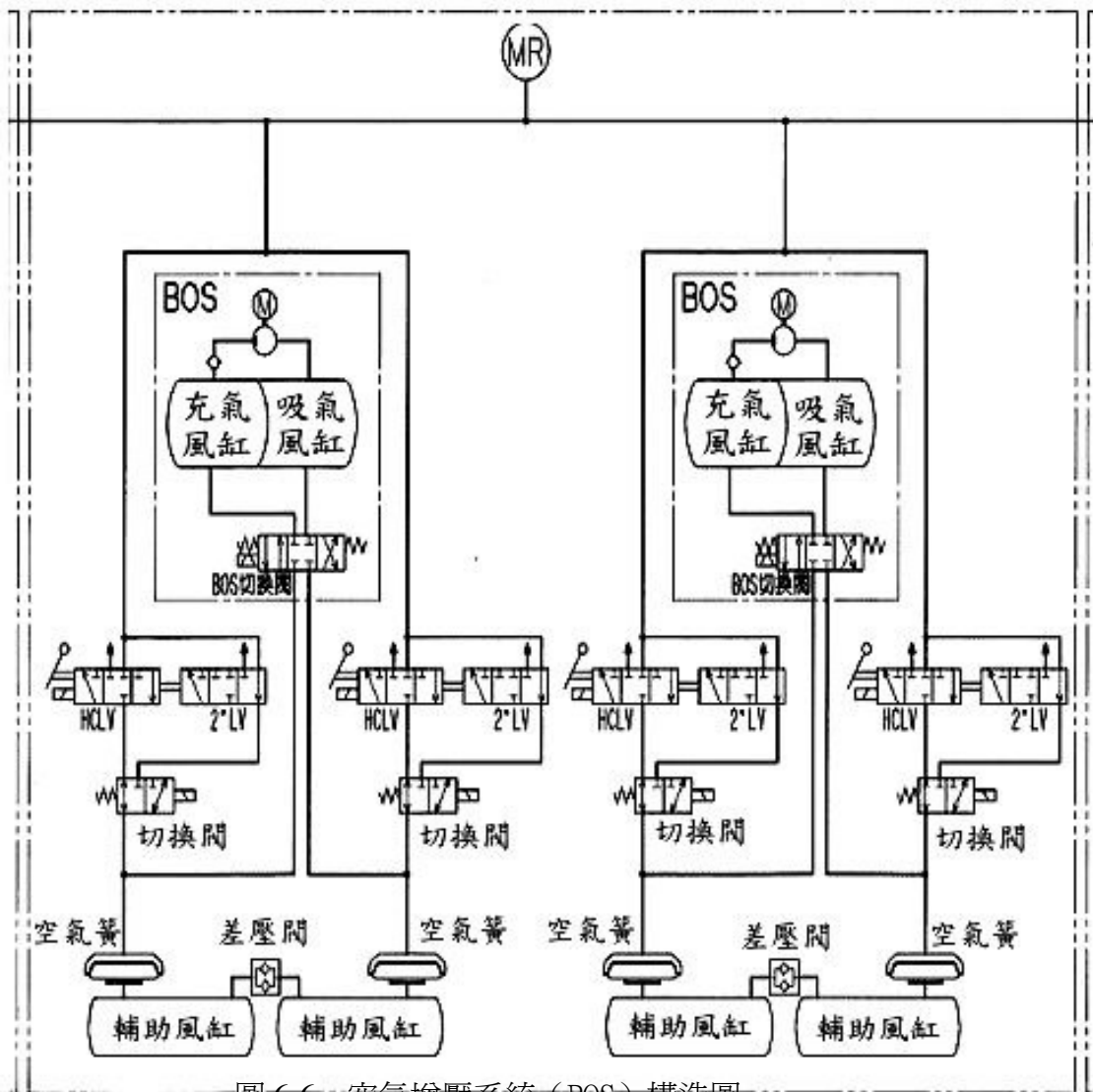


圖 6-6 空氣增壓系統（BOS）構造圖

八、備援與失效安全系統

本傾斜系統，其傾斜動作是使用在世界各國已具大量採用實績之水平閥、空氣簧等零組件，其可靠度甚高，但為符合規範備援之要求，又再加上了下列備援設計。

(一)、 傾斜控制系統備援

TC = 雙系統，車間通訊 = 雙系統，地點偵測 = 雙系統

1. TC 故障時

當 TC 故障將無法對該車 HCLV 發出指令，故將利用相鄰車輛 TC 的備援功能，對設定固定傾斜角為 2° 的備援用水平閥(BULV)迴路進行控制，在故障時維持 2° 傾斜功能。此外 BULV 動作時 BOS 不作用 (圖 8-1、8-2)

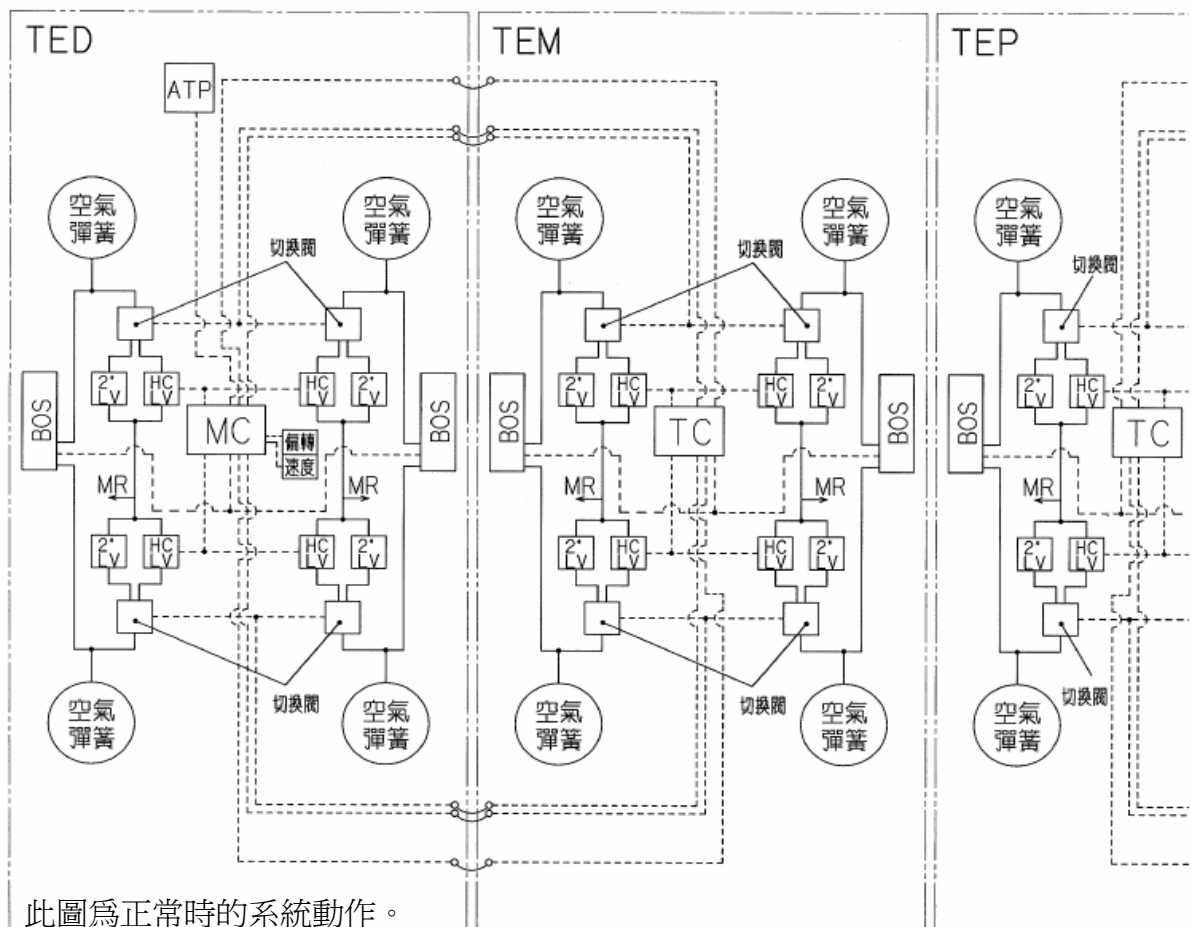
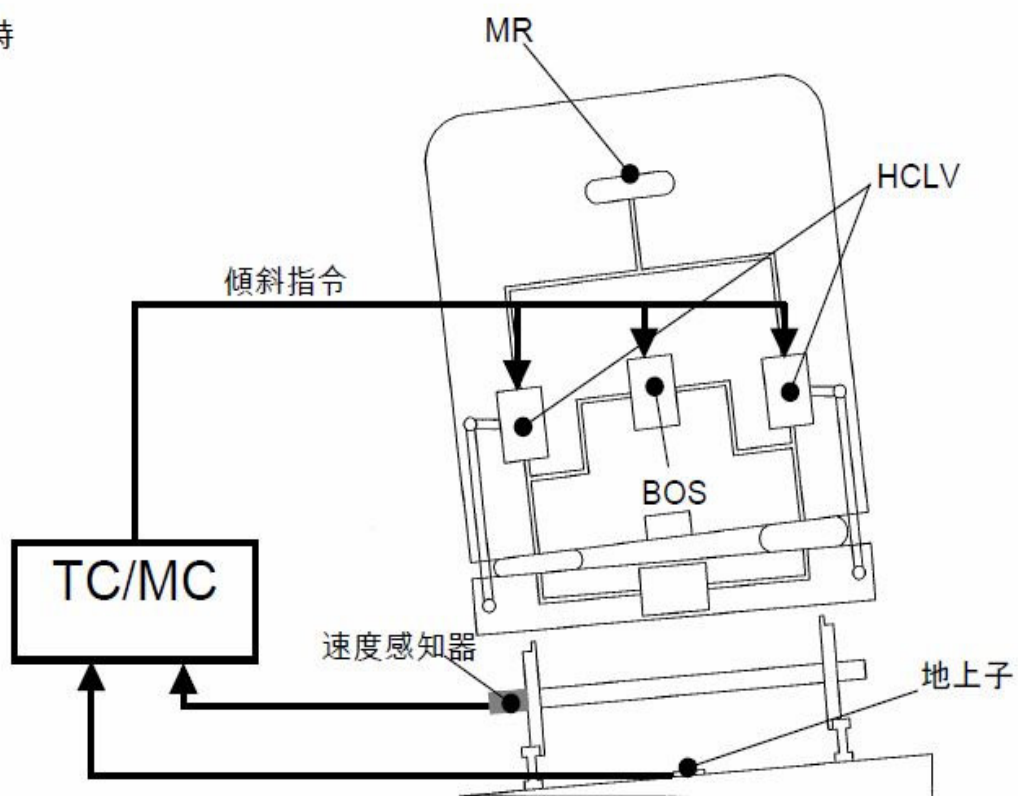


圖 8-1 相鄰車輛備援系統

正常時



備援時

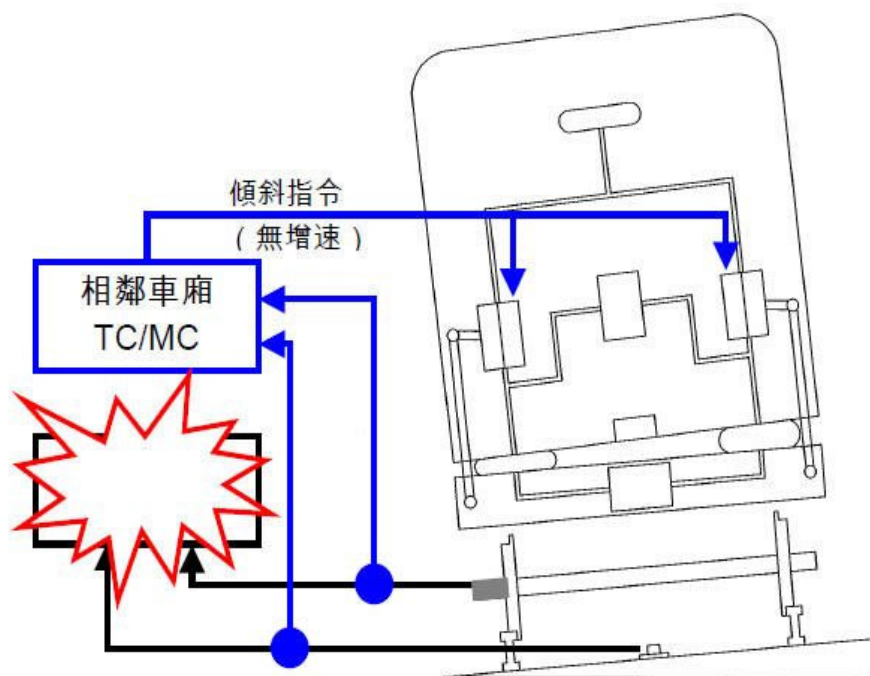


圖 8-2 TC/MC 故障時備援

2. 當車間 TCMS 通訊不通時

車間通訊除 TCMS 外，另有專用的車間通訊線，為雙重備援設計，可維持車間通訊。(圖 8-3)

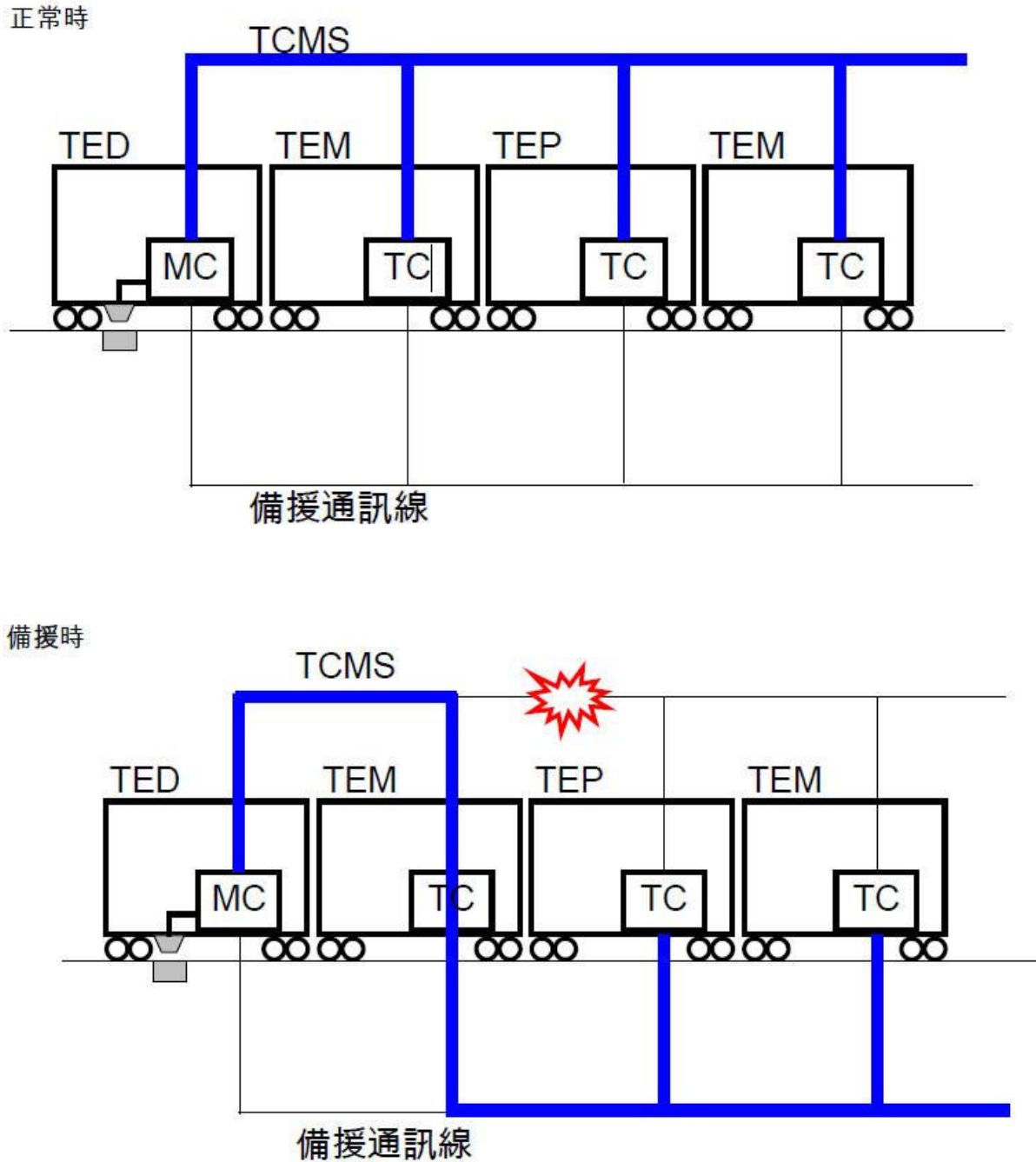


圖 8-3 TCMS 通訊故障時的備援

3. 發生地點偵測錯誤時(無法自 ATP 得知地點資訊時)

地點偵測除採用 ATP 外，另外還有一個以傾斜陀螺儀認知曲線方式來做位置補正手法的系統。因此當無法收到 ATP 地點資訊時，仍可正常地偵測地點(圖 8-4)

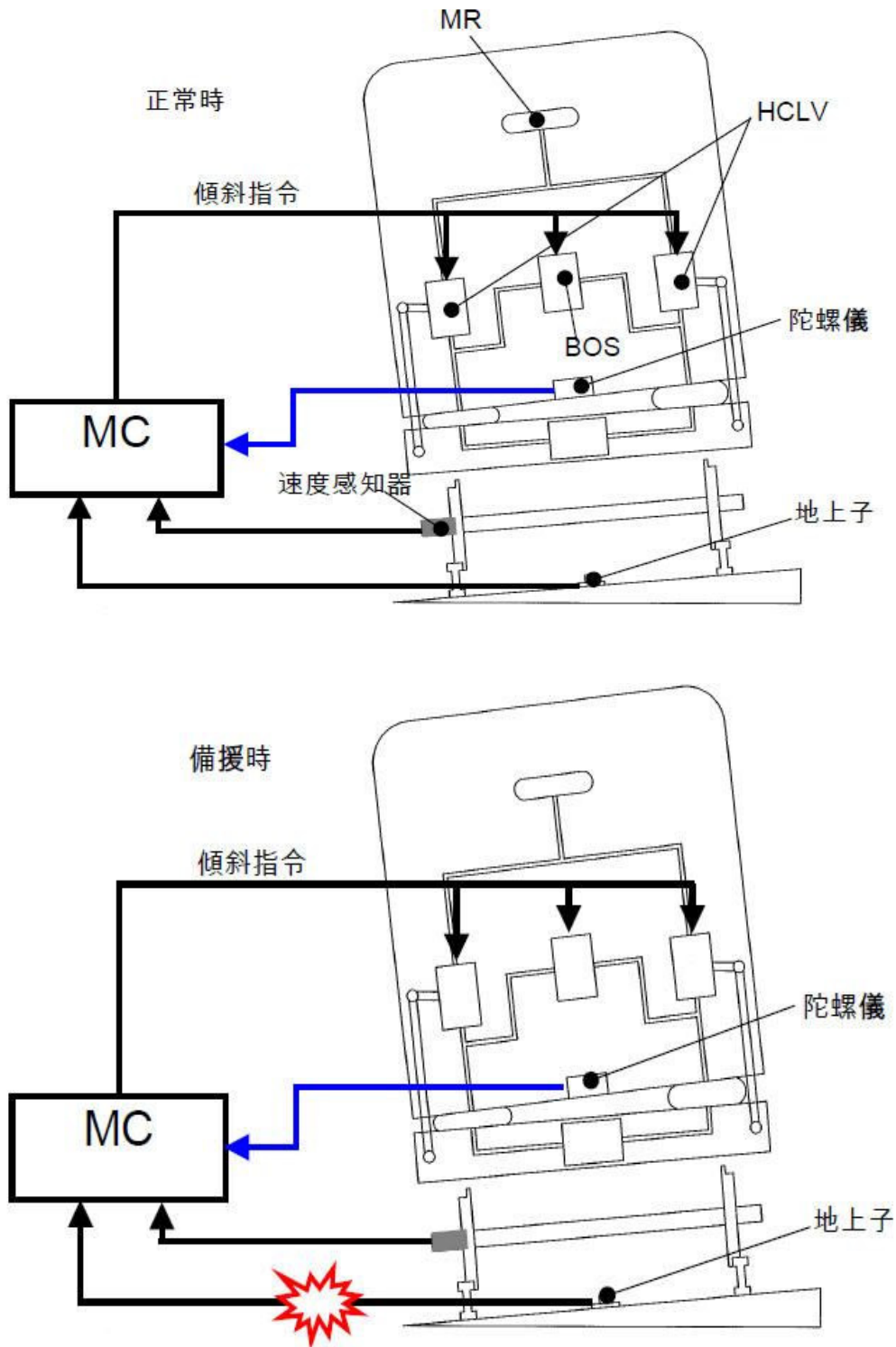


圖 8-4 發生地點偵測錯誤時

4. MC 故障時

地點偵測功能將切換到尾車的 MC。此時，距離計算使用與尾車 MC 銜接的速度發電機，位置校正使用尾車 MC 所搭載的偏搖陀螺儀的曲線偵測結果(圖 8-5)。此外，地點偵測所需的①速度信號、②ATP 信號、③陀螺儀信號 三者中只需

①與② 或 ①與③

其中一個組合即可。此外，車頭的 TC 功能部分，以相鄰車 TC 來做備援傾斜動作。

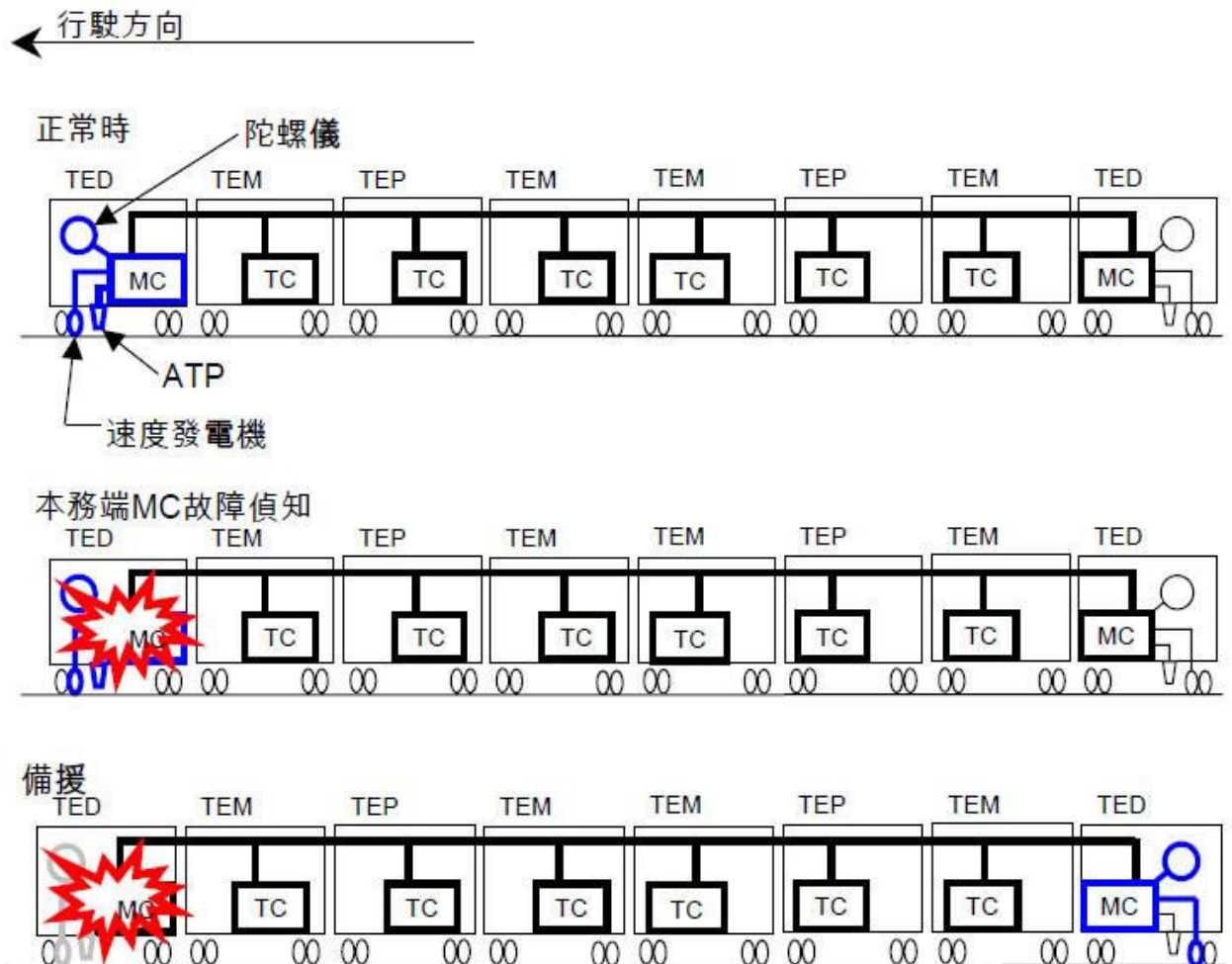


圖 8-5 MC 的備援

5. 如因 TC/MC 硬體（斷線等）或是軟體故障（曲線數據錯誤等）所致指令異常等發生時：

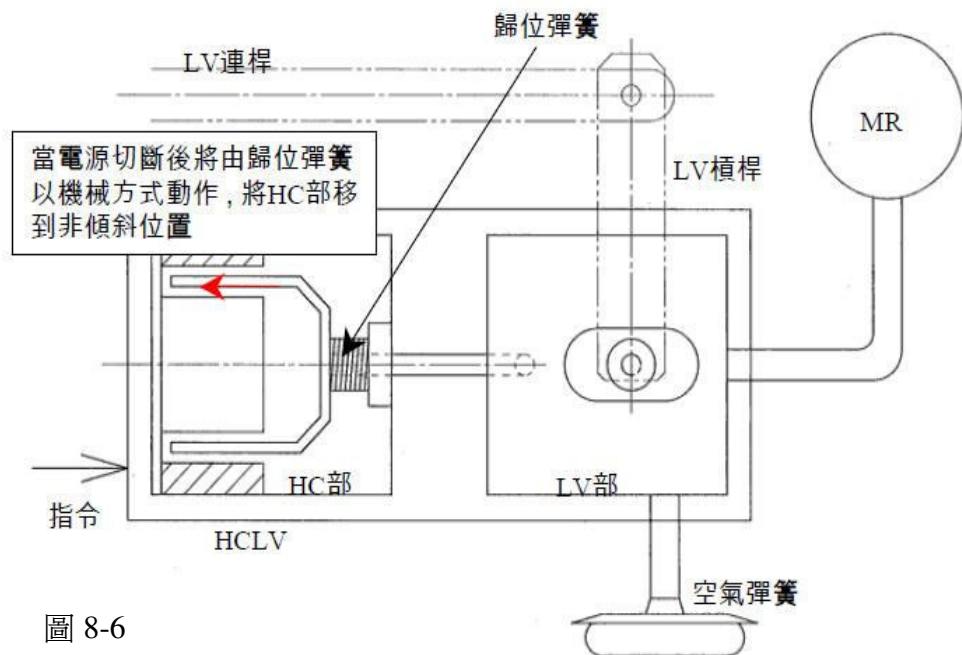
偵測到異常時、TC 將對 HCLV 的 HC 部分強制回歸非傾斜位置，使其維持一般水平閥的功能。此外，此時因 HC 失去功能，以備援 LV 來維持 2° 傾斜功能。

(二)、 傾斜機構備援

LV = 主要系統與備用系統雙系統

1. 當 HCLV 發生異常時（在 HC 部裝有 LVDT、在 LV 部裝有搖臂角度探針，可藉這些輸出測知有異常動作。）

此時在電子設計上 HC 的功能將優先回到中立動作，之後再切斷電氣訊號，繼之，HCLV 的 HC 功能部分將透過歸位彈簧以機械方式回歸中立（非傾斜）位置後（圖 8-6），使其維持一般水平閥的功能（圖 8-5）。這與車輛上所使用之接觸器，通常是由電氣指令及空氣指令使其作用，一旦失去這些指令時，以歸位彈簧以機械方式回歸中立位置，是一樣的設計概念。）此時，傾斜動作



則改以備援 LV 來維持 2°傾斜功能。

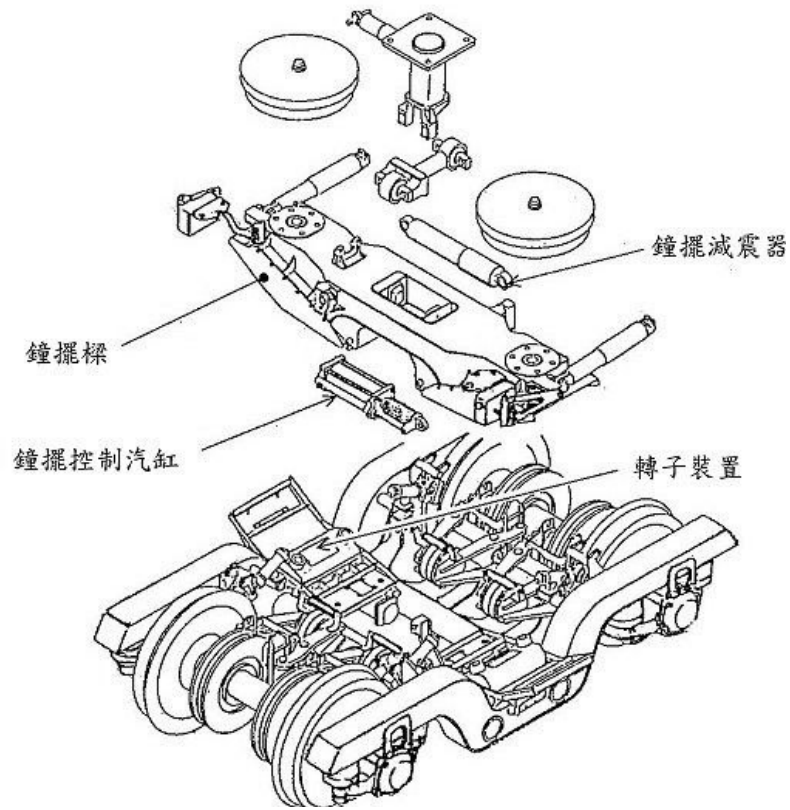
2. BOS(增速風泵)無法停止運作時

當 BOS 無法停止時，因 HCLV 自動排氣動作，故不會造成過度傾斜。又因左右兩空氣彈簧間設有差壓閥，故壓力差不會超過設定值。如事前偵測到異常時，將藉由以上系統、設備，在進入曲線前切換到備援系統，確保繼續執行安全傾斜。

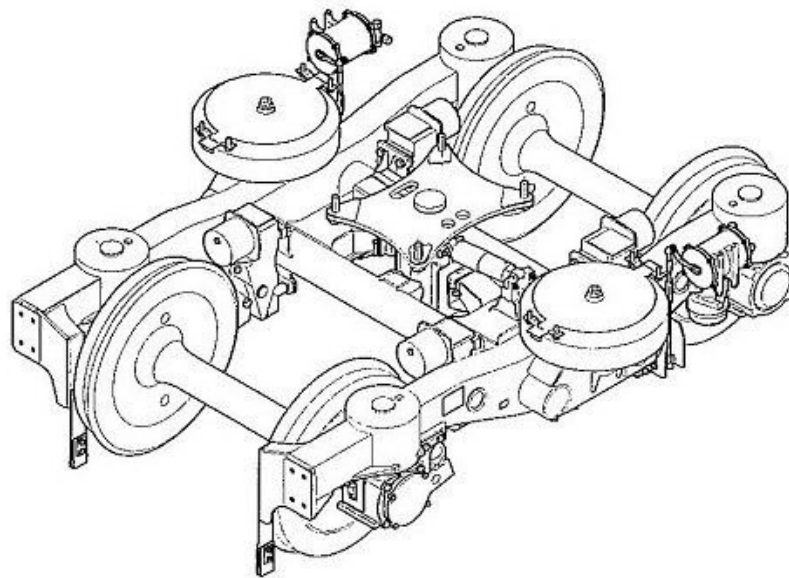
此外如發生「複合故障=事故等級故障」時，從重視安全的角度，將轉變到非傾斜方式運用，此一訊息將顯示於駕駛台。此時，雖在只有該車非傾斜狀況下，維持傾斜車輛的運行速度並無行車安全上的問題，但該車的乘坐品質惡化。

此傾斜系統，是利用路線資料庫與陀螺儀（gyroscope）等，完備強固之地點偵測系統來發出傾斜指令，因此並不會發出往錯誤方向傾斜之指令。此外路線資料庫與陀螺儀同時發生故障為罕見之複合故障，此時如前述將切換到非傾斜模式，並不會往反方向傾斜。

圖 9 48 輛與 136 輛轉向架外觀比較



鐘擺式轉向架（轉子式）：例子（48 輛案）



空氣彈簧傾斜式轉向架：例子（136 輛案）

九、結論：

雖然，兩次購案傾斜式車輛結構有所不同，作用原理也不盡相似，且各有優缺點，其最終目的，乃臺鐵局提供舒適安全之服務給旅客，即可符合訴求。傾斜車輛發展至今歷經 70 年，這期間科技變化已不似當年，不應把思維框在原始架構，更應在不影響安全考量下，採取更積極的態度，去接受更高、更新科技、更簡單設計為基礎之車輛，如 136 輛案。

從圖 9 得知 48 與 136 最大之不同處，在於轉向架有無慣性傾斜機構，其它與一般電聯車轉向架無異，惟 TC (tilting contrller) 輸出訊號驅動原件不同，前者為搖擺樑動作風缸，後者為空氣彈簧高度控制水平閥 (HCLV)。

此次 136 購案車輛，雖然構造簡單 (空氣彈簧兼傾斜功能)，却能達到運轉時分縮短之目的，在乘坐品質也能達到臺鐵局規範要求，且價格較附有慣性傾斜機構車輛低廉，因構造與一般電聯車相似，降低保養人力，交車時程明顯縮短，可提前改善東部一票難求及現場無車可用之迴境，因新車車輪外徑 860mm (非 810mm) 共通性高、材料管理簡便，因傾斜角度小車廂設計為四方型，以至於車側自動伸縮腳踏板無需增設，也省去連鎖控制電路和驅動裝置，降低運轉中故障率，現場檢修單位只需依一般電聯車保養即可，節省相當多的人力維護，對於維修成本大為降低，另其搖擺角度只有 2 度，集電弓與一般電聯車相同置於車頂即可，無需增設中立機構，且經空氣簧減震，集電舟不會因路線不良產生跳火現象，而導致直流成分過高，失去動力或切開 VCB 造成空調失能，因傾斜角度 2 度擺幅較 5 度小，能改善旅客暈車嘔吐也是優點之一。縱觀以上說明，此次 136 輛案已經將原 48 輛太魯閣存在之缺點完全改善，期待年底交車能改變現有車輛不足使用現象，讓車輛有充分時間檢修、保養，以提供旅客較高服務品質，也希望新車能帶給社會不同的感覺與觀感，乃身為臺鐵人最深的期許。