

## 目錄 Contents

臺鐵變電站諧波改善之研究.....	楊金勝.王顯裕.周廷岳	1
Improvement of Harmonics for Taiwan Railway Substation .....	Yang, Chin-sheng.Wang, Xing-yea.Zhou, Ting-yue	
臺鐵客製化列車定價策略研析.....	劉雙火	30
The Study on The Pricing Strategy for The Customized Trains .....	Liu, Suang-huo	
TEMU2000 設計速度 ( 150 kph ) 實車驗證測試.....	施景徽.林武鍵	53
TEMU2000 design speed ( 150 kph ) real car verification test .....	Shih,Ching-hui.Lin,Wu-jian	
臺鐵局行車保安資訊系統.....	陳明銓	72
TRA Train Protection and Safety Information System.....	Chen,Ming-chuan	
新世代電瓶電氣機車發展探討.....	黃思倫.宋鴻康	94
The Study on the Development of Railway Future Battery Electric Locomotive .....	Huang,Sy-ruen.Sung,Hung-kang	



# 臺鐵變電站諧波改善之研究

## Improvement of Harmonics for Taiwan Railway Substation

楊金勝 Yang, Chin-sheng<sup>1</sup>

王顯裕 Wang, Xing-yea<sup>2</sup>

周廷岳 Zhou, Ting-yue<sup>3</sup>

聯絡地址：10041 臺北市中正區北平西路 3 號

Address：No. 3, Beiping W. Rd., Zhongzheng Dist., Taipei City 10041, Taiwan(R.O.C)

電話(Tel)：(02)23899432 轉 3627

電子信箱(E-mail)：0525465@railway.gov.tw

### 摘要

電力系統中有非線性元件負載，即使供電電壓為正弦波形，其電流波形也將偏離正弦波形發生失真，大量大功率的非線性元件負載是引起電力系統電流和電壓產生失真的主因。臺鐵變電站之諧波源大部份是來自電力機車頭之整流（轉換）設備產生相位失真及波形失真，相位失真需由虛功補償，波形失真需諧波改善，使變電站之諧波成份及功率因數達到臺電的「管制標準」及維護變電站設備不遭受諧波影響而損壞。臺鐵電氣化鐵路之負載是快速頻繁變化的，加上電力機車型式種類多(PP、EMU、GEC 及 GE)，因此諧波複雜，負載電流變化激烈，負載所產生之諧波電流以第 3 次及第 5 次諧波量所佔成份較大。本文針對第 3 次及第 5 次諧波利用被動式濾波器加以改善，此濾波器除可濾除諧波降低諧波污染外，同時也提供了視在功率，對系統的功率因數作視在功率的虛功補償。

**關鍵詞：**鐵路電氣化系統、Le Blanc 變壓器、諧波濾波器。

<sup>1</sup> 臺鐵局 電務處 電力科長

<sup>2</sup> 臺鐵局 臺南電力段 副段長

<sup>3</sup> 臺鐵局 電務處 綜核科長

## **Abstract**

*The load of nonlinear element existed in a power system would caused current waveforms diverged from sine wave and distortion even if the power supply voltage is perfect sine wave. The large quantity of high power nonlinear loads in a power system is the major source which caused current and voltage distortion. The harmonic source from TRA(Taiwan Railways Administration) Power Substation almost caused by the rectify devices(such as Inverter) fixed on the electric locomotives which would caused phase sway and waveform distortion. The substation equipped with filter devices compensation for the phase sway and improvement in the waveform distortion, the component of harmonic and power factor will corresponding with “Control & Restraint standard” of TPC(Tai-Power Company) requirement. The load of Electrification Railway is violent change in moment, the different types of electric locomotive( such as PP, EMU, GEC and GE) make the harmonic more complicated. The violent change of load current is the main source of 3<sup>th</sup> and 5<sup>th</sup> order harmonic components. This thesis is aimed at improvement of utilize passive harmonic filter for 3<sup>th</sup> and 5<sup>th</sup> order harmonic. The filter devices is to eliminate the harmonics in system and decrease harmonics pollution, to produce for compensate system power factor.*

**Keywords** : *Railway Electrification System, Le Blanc Transformer, Harmonic Filter.*

# 一、前言

電力系統中有非線性元件負載，即使供電電壓為正弦波形，其電流波形也將偏離正弦波形發生失真，大量大功率的非線性元件負載是引起電力系統的電流和電壓產生失真的主因。臺鐵電力機車及電聯車於軌道上行駛班次很密集，每一列車均大量使用非線性元件負載，這種負載將產生大量諧波電流，使系統電壓及電流波形產生失真，嚴重影響電力品質。

改善諧波須裝設電力諧波濾波器，電力機車所產生之諧波電流，尤其第 3、5 次相當可觀，針對 3、5 次諧波電流如圖 1，於負載側裝設雙調諧諧波濾波器，就近吸收諧波源所產生的污染諧波電流，如圖 2，以抑制諧波“污染”。

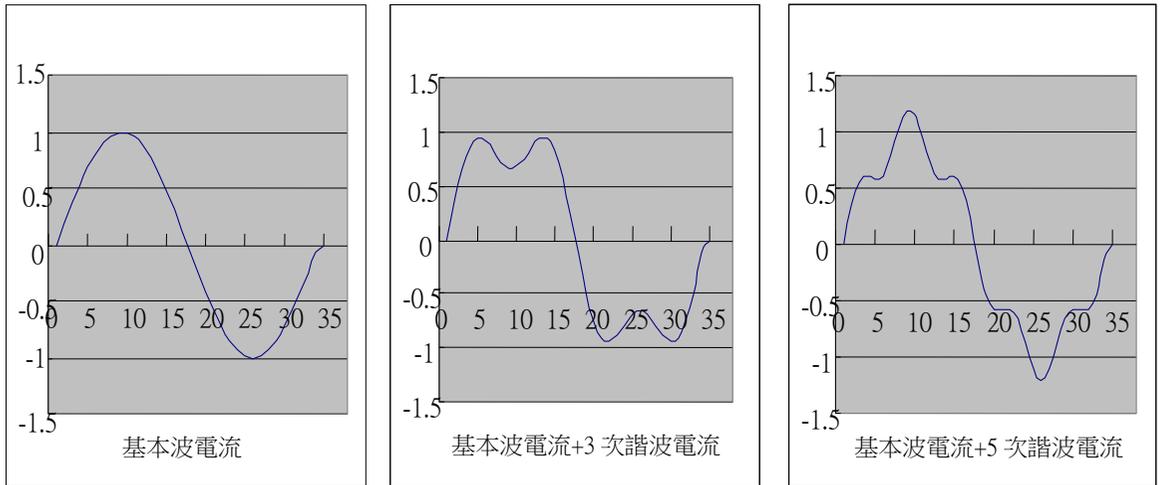


圖 1 基本波電流+(3、5)次諧波電流

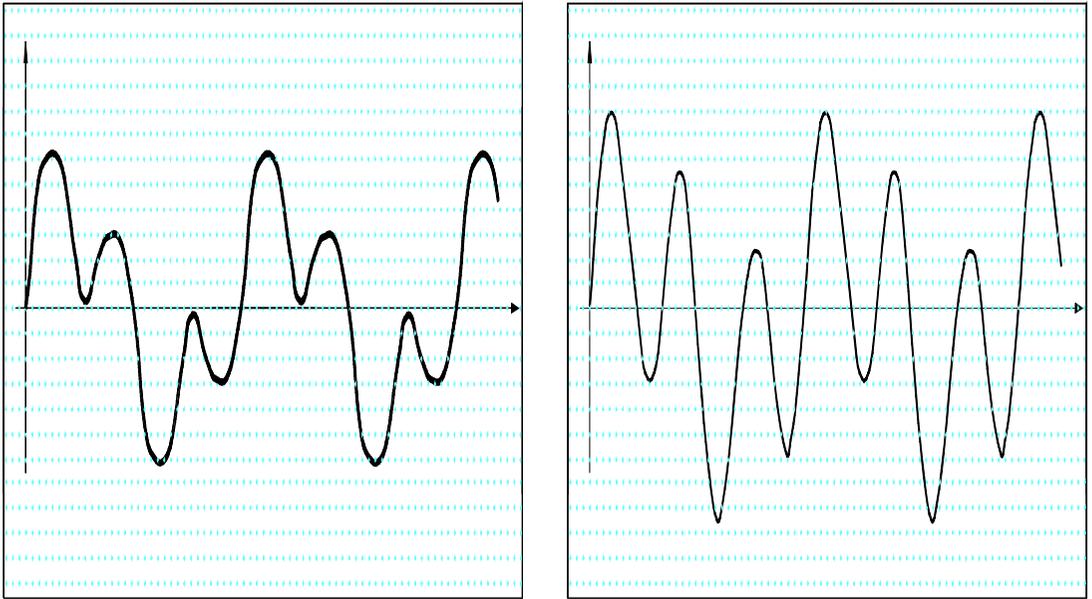


圖 2 實際量測流入濾波器各次污染諧波電流

## 二、負載諧波之探討及雙調諧諧波濾波器分析

負載諧波之主要原因，大部份是來自電力機車頭之整流轉換設備，整流轉換設備會產生相位失真及波形失真，相位失真需由虛功補償，波形失真需要諧波改善，為使變電站之諧波成份及功因達到臺電的「管制標準」，電力機車之整流器產生大量諧波，尤其第 3、5 次更加嚴重，若是多輛機車同時起動，所產生之諧波必相當可觀。為了電力機車所產生之諧波，須裝設電力諧波濾波器加以濾除。

### 2.1 諧波負載潮流

諧波負載潮流是由基本波潮流在非線性元件中轉換產生，且只佔系統潮流的一小部份。可由圖 3~圖 5 來說明。

由圖 3 和圖 4 可知，發電機產生之基波功率  $P_g$ ，扣除被系統阻抗消耗功率  $P_s$  之後，通過責任分界點(PCC 點)，大部份轉為被負載  $R_L$  吸收的基波功率  $P_c$ ；小部份基波功率  $P_g$  流經非線性非線性負載轉化為諧波功率。從功率平衡的觀點來看， $P_g = P_s + P_L + P_c$ 。

由圖 3 和圖 5 可知，基本波功率  $P_c$  轉化為諧波功率之後，變為注入電網的諧波電流源。其中一部份諧波功率  $P_{sn}$  和  $P_{gn}$  返回系統阻抗和發電機，分別被系統阻抗  $R_s$  所消耗和被發電機所吸收；大部份諧波功率  $P_{Ln}$  被負載電阻  $R_L$  所吸收。從能量平衡的觀點來看， $P_c = P_{sn} + P_{gn} + P_{Ln}$ 。

一般  $P_{Ln} / (P_{sn} + P_{gn}) \approx R_L / (R_s + R_g)$ ，這個比值是比較大，也就是說，諧波功率傳到交流電網中的部份是比較小。有非線性負載的系統中的功率消耗為基本波消耗功率  $P_s$  和諧波消耗功率  $(P_{sn} + P_{gn})$  之和；線性負載的系統中只有基本波消耗功率  $P_s$ 。顯然前者為後者的  $(P_s + P_{sn} + P_{gn}) / P_s$  倍。

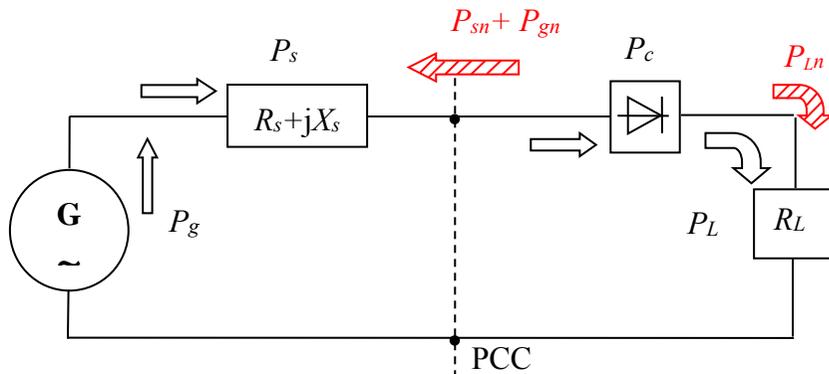


圖 3 基波潮流和諧波潮流流向示意圖

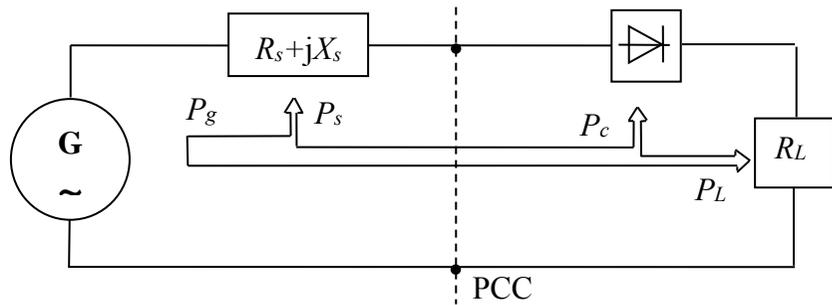


圖 4 基波潮流流向示意圖

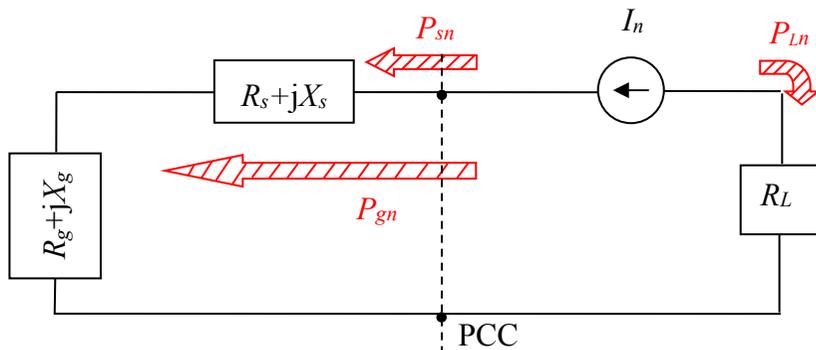


圖 5 諧波潮流流向示意圖

綜合上所述，可知：

- (1) 基本波潮流和諧波潮流的流向是不一樣的，兩者計算網路也不完全相同，兩者可以分開求解。
- (2) 諧波潮流是系統潮流的一部份，兩者相關密切，必須先解基本波潮流，後解諧波潮流。
- (3) 在解基本波潮流過程中，將非線性負載表示為某一狀況下的線性負載。

## 2.2 雙調諧濾波器

目前所裝設之諧波濾波器是裝設在變壓器二次側(25kV側)與負載側並聯，由 M、T 兩相個別作功率因數改善及諧波濾除，如此於二次側作無效電力補償，將可減少變壓器、傳輸電纜等損失，又可提高變壓器、傳輸線路利用率及提升補償裝置越靠近負載端，將可獲得最大的經濟利益。

由圖 6 所示為雙調諧諧波濾波器電路，電感器  $L_1$  及電容器  $C_a$ ( $C_a$ 由數個電容器單體所組成)組成一串聯電路( $Z_{串}$ )，電感器  $L_2$  及電容器  $C_b$  組成一並聯電路( $Z_{並}$ )，然後再將  $Z_{串}$ 與  $Z_{並}$ 串聯組成一雙調諧諧波濾波器。

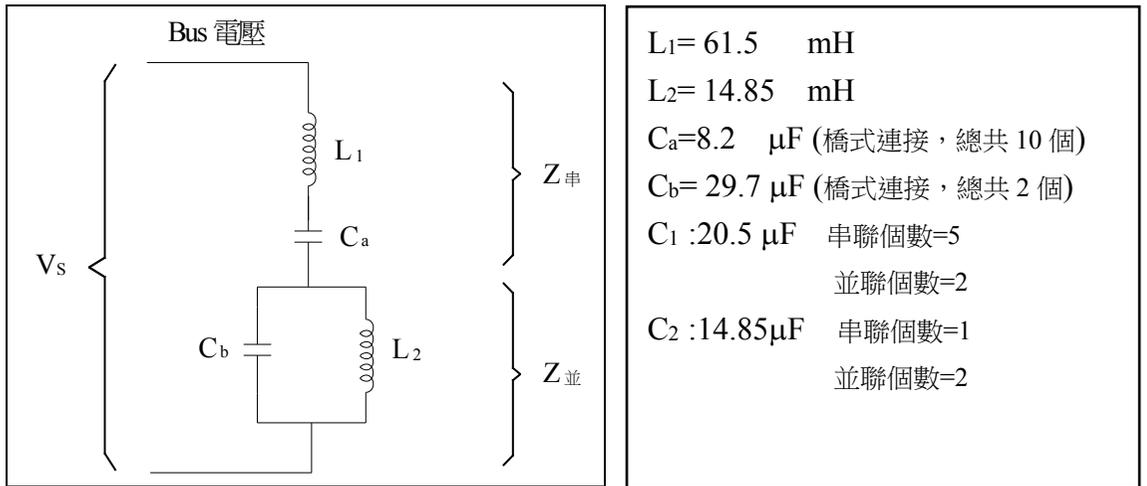


圖 6 雙調諧諧波濾波器電路圖

諧波濾波器設備與諧波源並聯於同一匯流排，諧波源可視為一電流源。圖 7 為其等效電路圖。

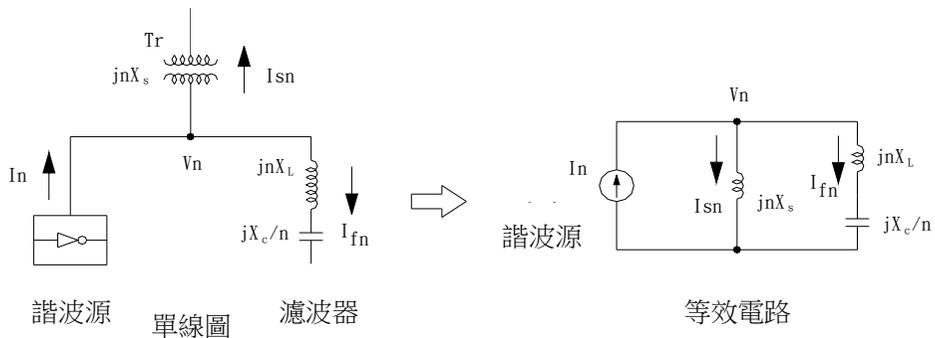


圖 7 等效電路圖

## 2.3 雙調諧諧波濾波器頻率阻抗特性

雙調諧諧波濾波器，顧名思義有兩個諧振頻率，由串聯回路與並聯回路組合，功能上相當於兩個並聯的單調諧諧波濾波器，同時吸收兩種頻率的諧波。圖 8 為雙調諧頻率阻抗等效電路特性曲線圖，三次諧波回路阻抗最低點在 179.8573Hz(2.9976 次×60)附近，非常接近整數諧波 180Hz(3 次×60)，五次諧波回路阻抗最低點在 298.6538Hz(4.9775 次×60)附近，非常接近整數諧波 300Hz(5 次×60)，如果諧波源有非整數之諧波時，且發生在 179.8573Hz 或發生在 298.6538Hz 附近時，三次諧波、五次諧波回路將產生共振，將會吸引更多的諧波電流流入濾波器。

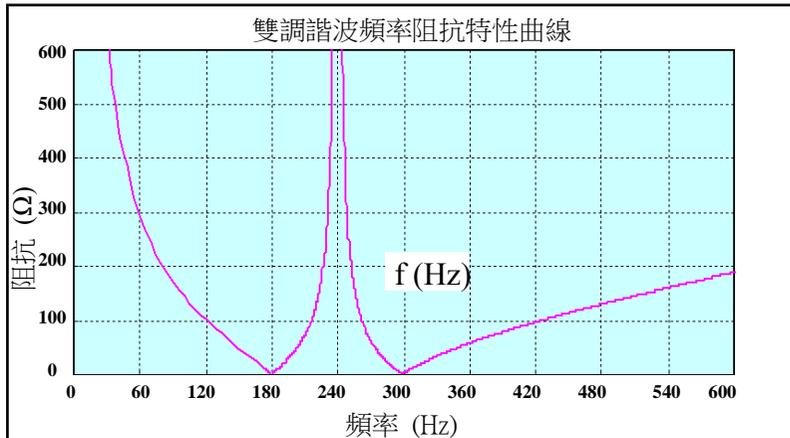


圖 8 雙調諧頻率阻抗等效電路特性曲線圖

## 2.4 雙調諧諧波濾波器穩態電路分析

### 2.4.1 雙調諧諧波濾波器基本波電路

在基本波(60 Hz)電路中，諧波濾波器呈電容性，從變壓器二次側看系統阻抗  $Z_s$ (臺電端系統阻抗值加輸電線阻抗值加變壓器阻抗)為電感性，因電路是在基本波(60 Hz)下工作，沒有諧波流入，所以濾波器不會與系統產生共振。但在濾波器回路中有可能會有共振或放大現象，得視電路設計而定。由於基本波(60Hz)諧波濾波器呈電容性，造成電流超前電壓，因此在電容器組  $C_a$  端會產生

比  $V_s$ (匯流排電壓)還高之電壓。另在並聯回路( $Z_{並}$ )因流入之電流超前，故在電感器  $L_2$ (一個)兩端會產生一負的電壓，則在電容器  $C_b$  上將流過一與電感器  $L_2$  相反之電流，而電感器  $L_2$  上流過之電流為  $I_{L2}=I_1+I_{Cb}$ 。如圖 9 所示為濾波器回路中(基本波(60 Hz))，各元件之電壓極性(大小)及電流方向，如圖 10 所示為其阻抗值。

在圖 9 中，由於電容器組  $C_a$  端會產生比  $V_s$ (匯流排電壓)還高之電壓，電容器組  $C_a$  是由 5 個電容器串聯組成，由於每個電容器耐壓為 10.12kV，總共耐壓是 50.6kV，所以對電容器組  $C_a$  在安全上不會有影響。另因電感器  $L_2$  所流過之電流  $I_{L2}=I_1+I_{Cb}$ ，因  $I_{Cb}$  電流 5.936A， $I_{L2}$  所流過之電流小於電感器  $L_2$  額定電流，所以不會有安全上的顧慮。

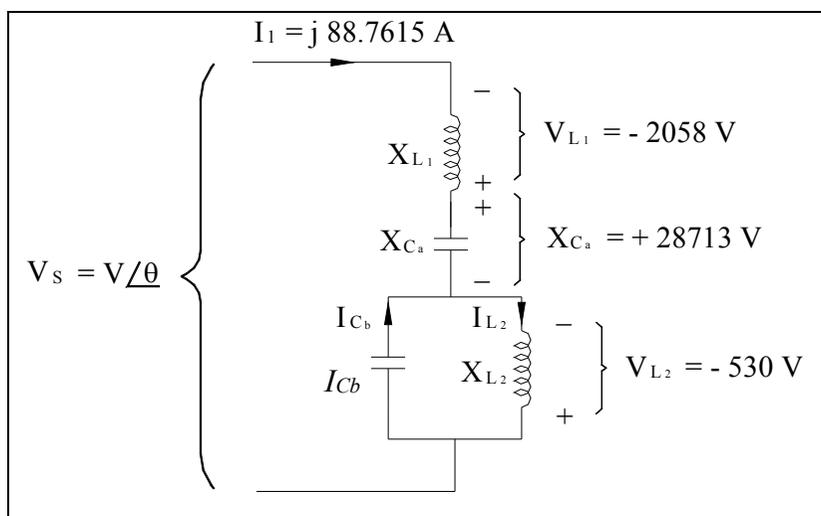


圖 9 雙調諧波濾波器(基本波)各元件之電壓、極性(大小)及電流方向電路

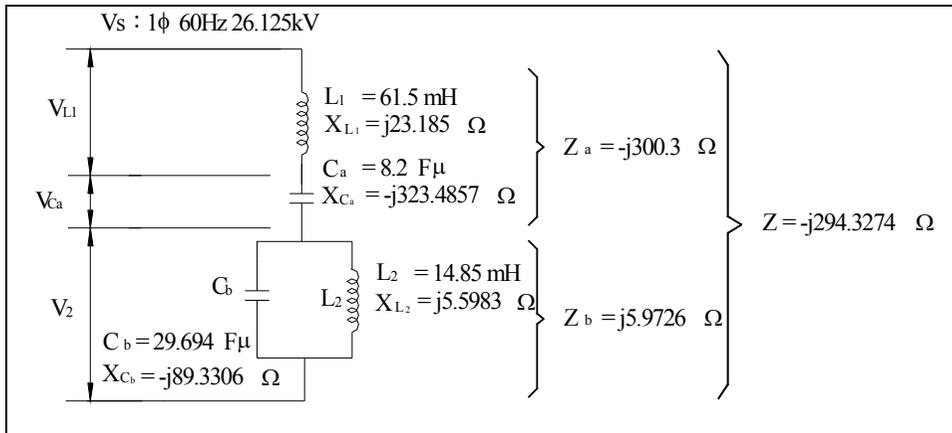


圖 10 雙調諧諧波濾波器(基本波 60HZ)各元件之阻抗值

### 2.4.2 雙調諧諧波濾波器三次諧波電路

三次諧波電路系統阻抗  $X_3^S$  是從變壓器二次側看到一次側，它是由臺電端系統阻抗值加輸電線阻抗值加變壓器阻抗所組成，為分析起見，將三者電阻予以忽略。如圖 11 所示為三次諧波等效電路。

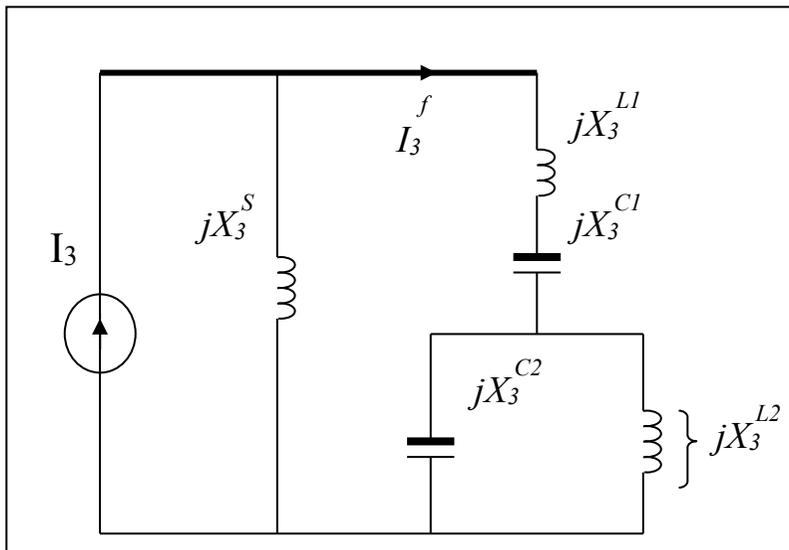


圖 11 三次諧波(180 Hz)等效電路圖

在三次諧波等效電路(180 Hz)電路中，諧波濾波器呈電感性，而從變壓器二次側看之系統阻抗  $X_s^f$  為電感性，所以當有三次諧波電流  $I_3$  流入匯流排電壓端時，諧波濾波器不會與系統產生共振。

在三次諧波濾波器回路中，串聯電路( $Z_{\#}$ )呈電容性，所以沒有電流放大，但其電壓變化為每有三次諧波  $I_3^f = 1$  A 流入濾波器時，在電感器  $L_1$  之兩端將會產生約 69.555V 電壓、在電容器組  $C_a$  之兩端將會產生約 107.829V 電壓，兩者極性相反，所以在串聯電路( $Z_{\#}$ )會有約 38.274V 電壓變化量產生。

在三次諧波濾波器回路中，並聯電路( $Z_{\#}$ )呈電感性，所以有三次諧波電流  $I_3$  流入回路時不會產生共振。但在電感器  $L_2$  之兩端將會產生約 38.523V 電壓、電容器  $C_b$  將有  $I_3^{C_b} = 1.2937$  A 電流產生，則電感器  $L_2$  流入電流

$I_3^{L_2} = I_3^f + I_3^{C_b} = 2.2937$  A，因此，電容器  $C_b$  及電感器  $L_2$  將要考慮電流耐流量。由於有三次諧波電流流入諧波濾波器  $I_3^f = 1$  A 時，並聯電路( $Z_{\#}$ )兩端僅產生約 38.523V 之電壓，即使有大量之三次諧波電流流入濾波器，才要去考慮電容器  $C_b$  兩端耐電壓問題，但通常諧波濾波器回路有電驛保護，因此種現象不致發生。

在三次諧波濾波器回路中，因諧波濾波器為電感性，且其回路阻抗不大，故電壓失真很低，流經濾波器之諧波電流約  $\frac{I_3^f}{I_3} = 96.806\%$ 。

值得注意的是串聯電路( $Z_{\#}$ )中電容器組  $C_a$  耐壓的問題，電容器組  $C_a$  限制其三次諧波電流  $I_3^f < \left( \frac{(10120 \times 5) - 28812}{107.829} = 203 \right)$  A，否則其兩端電壓將超過額定電壓，可能會損壞電容器。

### 2.4.3 雙調諧諧波濾波器五次諧波電路

諧波濾波器五次諧波電路系統阻抗  $X_s^f$  是從變壓器二次側看到一次側，它是由變壓器阻抗加輸電線阻抗值加臺電端系統阻抗值所組成，為分析起見，將三

者電阻予以忽略，如圖 12 所示，為五次諧波等效電路。

在五次諧波等效電路(300 Hz)電路中，諧波濾波器呈電感性，從變壓器二次側看之系統阻抗  $X_5^S$  為電感性，所以當有五次諧波電流  $I_5$  流入匯流排電壓端時，諧波濾波器不會與系統產生共振。

在五次諧波濾波器回路中，串聯電路( $Z_{\#}$ )呈電感性，所以沒有電壓放大，但其電壓變化為每有五次諧波  $I_5^f = 1\text{A}$  流入濾波器時，在電感器  $L_1$  之兩端將會產生約 115.93V 電壓、在電容器組  $C_a$  之兩端將會產生約 64.70V 電壓，兩者極性相反，所以在串聯電路( $Z_{\#}$ )會有約 51.23V 電壓變化量產生。

在五次諧波濾波器回路中，並聯電路( $Z_{\#}$ )呈電容性，所以當有五次諧波電流  $I_5$  流入回路時不會產生共振，但有效大現象。其電壓及電流變化為每有五次諧波  $I_5^f = 1\text{A}$  流入濾波器時，在電感器  $L_2$  之兩端將會產生約 49.388V 電壓、電容器  $C_b$  將有  $I_5^{C_b} = I_5^f + I_5^{L_2} = 2.7644\text{A}$  電流產生，則電感器  $L_2$  流入電流  $I_5^{L_2} = 1.7644\text{A}$ 。因此，電容器  $C_b$  及電感器  $L_2$  將要考慮電流耐流及耐壓。

在五次諧波濾波器回路中，因諧波濾波器為電感性，且其回路阻抗略比三次為高，故電壓失真很低，流經濾波器之諧波電流約  $\frac{I_5^f}{I_5} = 87.237\%$ 。

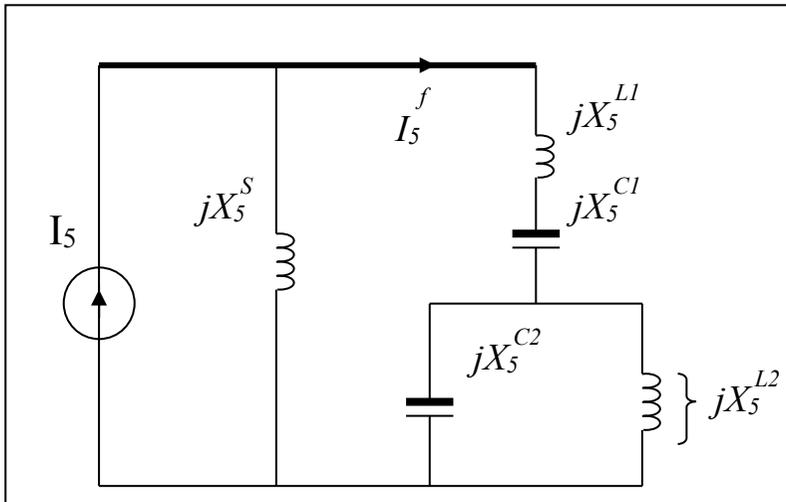


圖 12 五次諧波(300 Hz)等效電路圖

## 2.4.4 暫態波形電路判定

臺鐵負載為多變性負載，亦就是不固定負載，其所產生之諧波電流是一合成波，當諧波電流流入雙調諧諧波濾波器時，雙調諧諧波濾波器內串聯電路及並聯電路屬性會隨流入之諧波電流而變，分析其電路屬性極為不易。在一固定週期內要分段判定，亦就是它在一固定週期內可能由電容性電路轉變為電感性電路或由電感性電路轉變為電容性電路。

由圖 13 依諧波電壓、諧波電流波形及其相位關係來判定諧波濾波器電路的屬性。由圖 13 中得知， $V_n^{L_2}$  並聯電路電感器兩端之電壓落後流入濾波器諧波電流  $I_n^f$ ，相同的流入並聯電路電流超前其電壓，因此判定並聯電路為電容性電路，當有諧波電流流入匯流排端時諧波濾波器不會與系統發生共振，除非系統阻抗(電源端)有變動或本身設備有變動，依此判定串聯電路為電感性電路，且其阻抗值大於電容性電路之阻抗值，否則可能會與系統發生共振。

流入並聯電路之電容器諧波電流  $I_n^{C_2}$  是一合成失真波，其流入之諧波電流相位與電感器流入之諧波電流  $I_n^{L_2}$  相位相反( $180^\circ$ )。而並聯電路電感器流入之諧波電流  $I_n^{L_2}$  與流入濾波器諧波電流  $I_n^f$  相位相同，但相角有點落後，因此判定濾波器諧波為電感性電路，不會與系統發生共振。

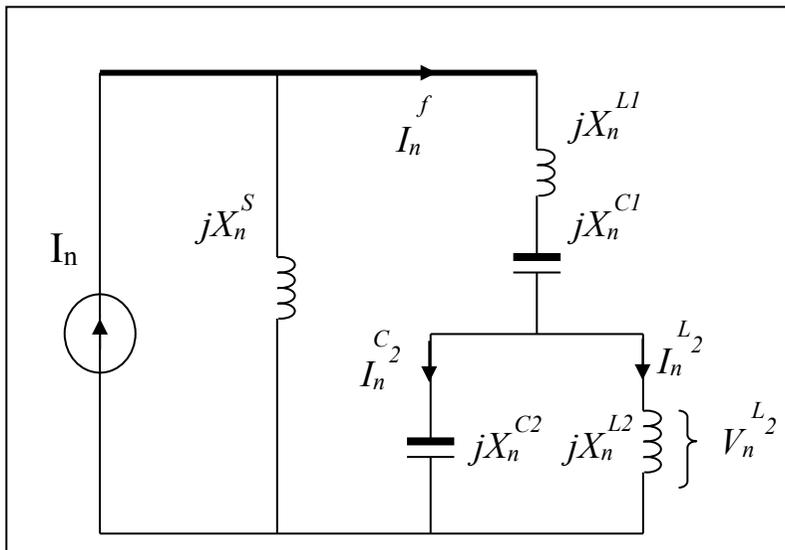


圖 13 量測位置:  $I_n^f$ 、 $I_n^{C_2}$ 、 $I_n^{L_2}$ 、 $V_n^{L_2}$  圖

濾波器諧波為電感性電路，不會與系統發生共振，因此匯流排端之諧波電壓(含基本波)與流入濾波器諧波器之諧波電流  $I_n^f$  (含基本波)週期一樣，但在這種條件下，不保證濾波器諧波器本身各分支電路不產生共振或放大。當流入濾波器諧波器之諧波電流  $I_n^f = 0$  時，並聯電路回路內電流不為零，由此判定並聯電路有放大現象。在並聯電路內因有諧波電流被放大，所以在其電路兩端電壓將會隨放大比例而變動，此時應注意電感器、電容器兩端耐壓、耐流問題。

### 三、電力機車之諧波產生分析

#### 3.1 電力機車之諧波

鐵路電氣化後產生諧波之主要原因為機車頭之整流設備及變壓器，機車頭之整流器電路設計為單相雙橋式及單相橋式，如圖 14 所示為單相橋式電路，輸出驅動一高感直流電動機，交流電壓  $V(t) = V_m \sin \omega t$ ，輸出電流為  $I_L(t)$ ， $I_a$  為流經高感直流電動機的電流，因此我們得到輸入電流  $I(t)$  為：

$$I(t) = \frac{4I_a}{\pi} \left( \frac{\sin \omega t}{1} + \frac{\sin 3\omega t}{3} + \frac{\sin 5\omega t}{5} + \frac{\sin 7\omega t}{7} + \dots \right) \quad (1)$$

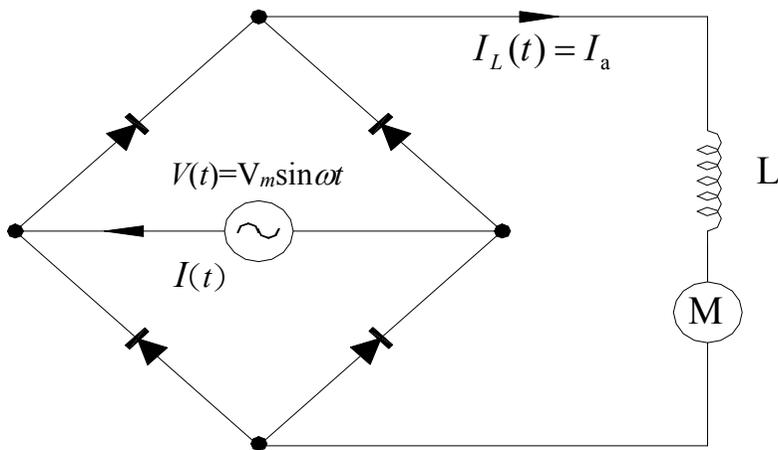


圖 14 單相橋式整流電路圖

如果負載為電阻性，則負載電流之波形與輸入電壓相同，而實際上，大多數負載均含有電感成份，因此負載電流之性質與負載電阻  $R$  及負載電感  $L$  值有關。如圖 15 所示為含有  $R L$  負載之單相橋式整流電路，交流電壓為  $V(t) = V_m \sin \omega t$ ， $E_a$  為直流電動機的電樞反電動勢，輸出電流為  $I_L(t)$ ，則  $I_L(t)$ ：

$$L \frac{dI_L(t)}{dt} + RI_L(t) + E_a = V_m \sin \omega t \quad (2)$$

$$I_L(t) = \frac{V_m}{Z} \left( \sin(\omega t - \theta) + \frac{2}{1 - e^{-(R/L)(\pi/\omega)}} \sin \theta e^{-(R/L)t} \right) - \frac{E_a}{R} \quad (3)$$

式中負載阻抗  $Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$ ，而負載阻抗角  $\theta = \tan^{-1} \left( \frac{\omega L}{R} \right)$  (4)

由  $I_L(t)$  電流值得知，機車頭之單相橋式整流器電路含有奇次電流諧波及功因落後等問題。

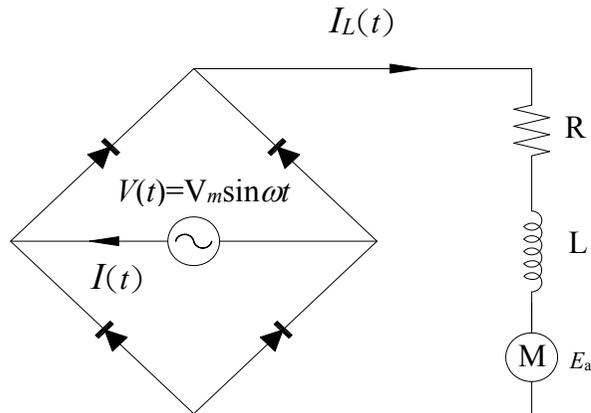


圖 15 含有  $R L$  負載單相橋式整流電路圖

根據半波整流諧波電路的分析，機車頭之單相橋式整流器電路所產生之諧波，將會流到電源端(變電站)如圖 16 所示。當在同一區間有數輛機車頭同時行駛時，其所產生之諧波量，將非常可觀。

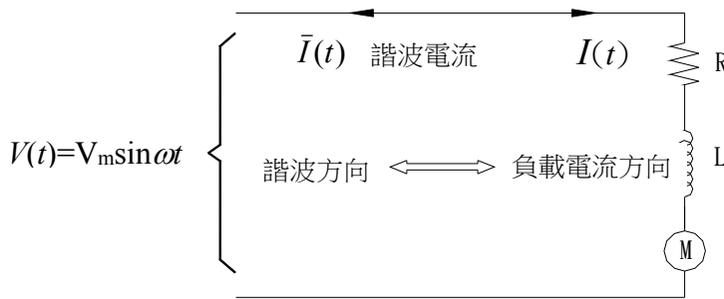


圖 16 諧波、負載電流方向(橋式整流電路)圖

大部份的諧波是由整流器及交流電力控制器所產生，而由整流電路所構成的轉換器就會產生大量的諧波。大部份使用三相橋式整流型，理論上，脈衝電路在交流電流波形中，所存在之諧波次數  $n=(P \times K \pm 1)$  ( $P$  表脈波次數， $K=1, 2, 3, \dots$ )。

對於三相橋式整流型的轉換器就會產生第 5, 7, 11, 13,  $\dots$  等次的諧波，而各諧波的大小與諧波次數成反比 ( $1/n$ )，即諧波次數越高，諧波量越小，至於單相橋式整流器所產生的諧波次數為  $4K \pm 1$  (第 3, 第 5, 第 7, 第 9,  $\dots$  等)。

### 3.2 諧波統計

諧波之測量，其取樣間隔及取樣數目之設定，關係到測量結果的代表性是否完整，因電力機車負載可能隨時間變動，其注入電力系統之諧波電流亦隨負載變動。理論上，諧波含量應隨負載正比率變化，但因變壓器連接方式不同及各級諧波相位有所差異，使得實際測量所得諧波含量並非如此。

欲取得具有代表性之測量值，則取樣時段必須包含各種可能發生之負載狀況，連續的記錄其諧波電流含量。其所選擇之取樣時段，必須避開連續假日，以減少不必要之變異因素，故原則上有下列測量取樣方法：

- (1) 每 5 分鐘取一筆平均值(對可能隨時間劇烈變動之負載，取樣時間縮短為 1 分鐘或更短之時間)。連續性記錄之樣本空間需 3~7 日，如圖 17 所示之電流總諧波失真率( $THD_i\%$ )之時間趨勢圖。

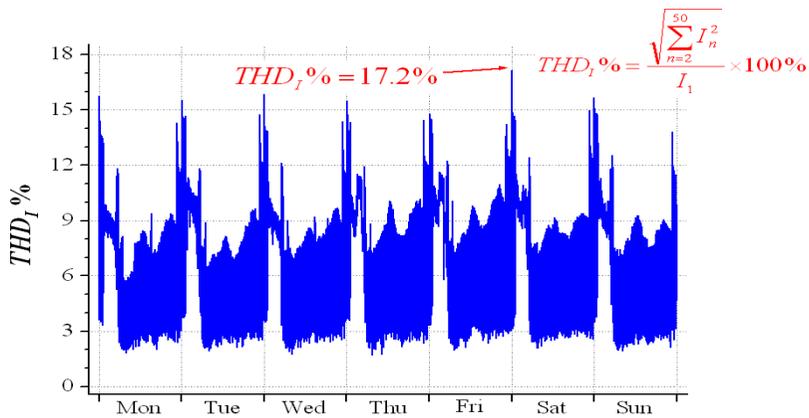
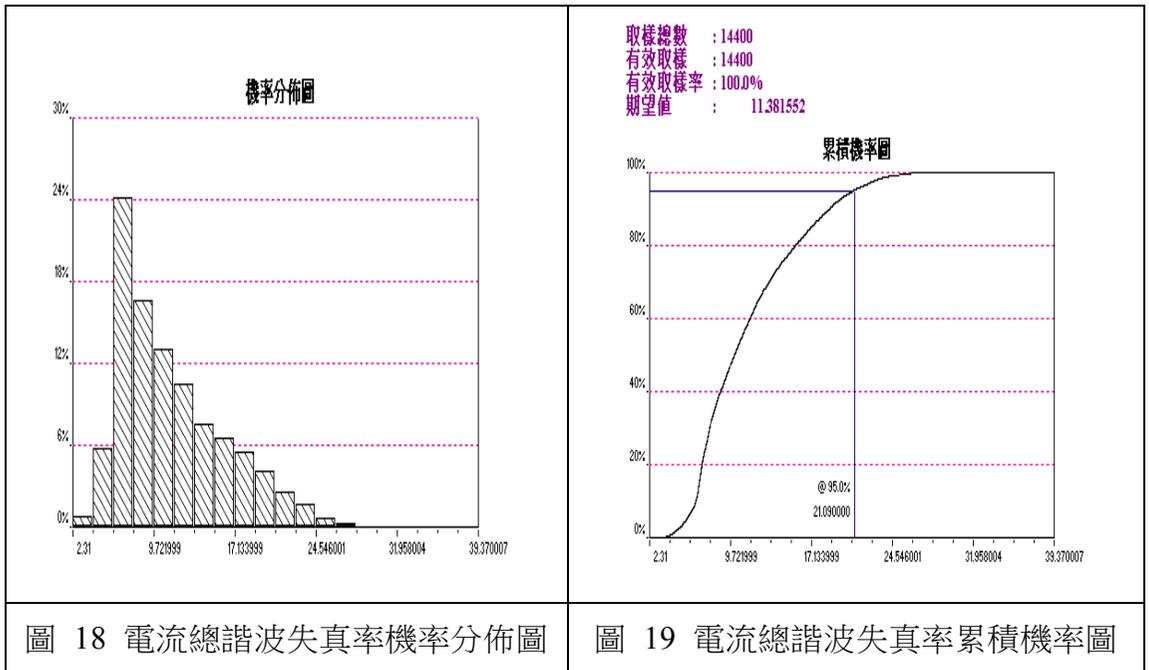


圖 17 電流總諧波失真率( THD<sub>1</sub>% )之時間趨勢圖

(2)將全部測量資料經機率統計後，再以柱狀圖形分佈，可以看出諧波發生機率之分佈，如圖 18 所示為電流總諧波失真率機率分佈圖，其中 X 軸為電流總諧波失真率之百分比大小，Y 軸為電流總諧波失真率對應之發生機率。全部測量平均值經機率統計方法，以累積機率分佈方式，使用 95%作代表值，如圖 19 所示，電流總諧波失真率為 21.090%。



## 四、諧波實務量測

鐵路電氣化所產生之諧波與電力機車負載有相當之關係，其變電站諧波電流、電壓量測取樣點位置如圖 20 臺鐵樹林變電站量測取樣點單線圖。

量測項目：臺鐵樹林變電站 Line 1、Line 2 紅白線 69kV 端之三相諧波電流、電壓及 M 相、T 相 25kV 負載側之諧波電流、電壓。

(1)量測儀器：ADX3000 電力品質分析儀。      (2)取 樣 率：7680 點/秒。

(3)記錄時間：每 6 秒記錄一筆。      (4)量測時間：102.7

(5)量 測 點：

量測點	量測內容	量測點	量測內容
A	Line 1之RS、ST與TR線電壓	H	T2變壓器T相輸出電流(2TO)
B	Line 1之R、S與T相電流	J	M相匯流排電壓
C		K	T相匯流排電壓
D	Line 2之R、S與T相電流	L	M相匯流排至電車線(FMO)
E	T1變壓器M相輸出電流(1MO)	M	M相匯流排至濾波器(P20)
F	T1變壓器T相輸出電流(1TO)	N	T相匯流排至濾波器電流(P40)
G	T2變壓器M相輸出電流(2MO)	P	T相匯流排至電車線(FTO)

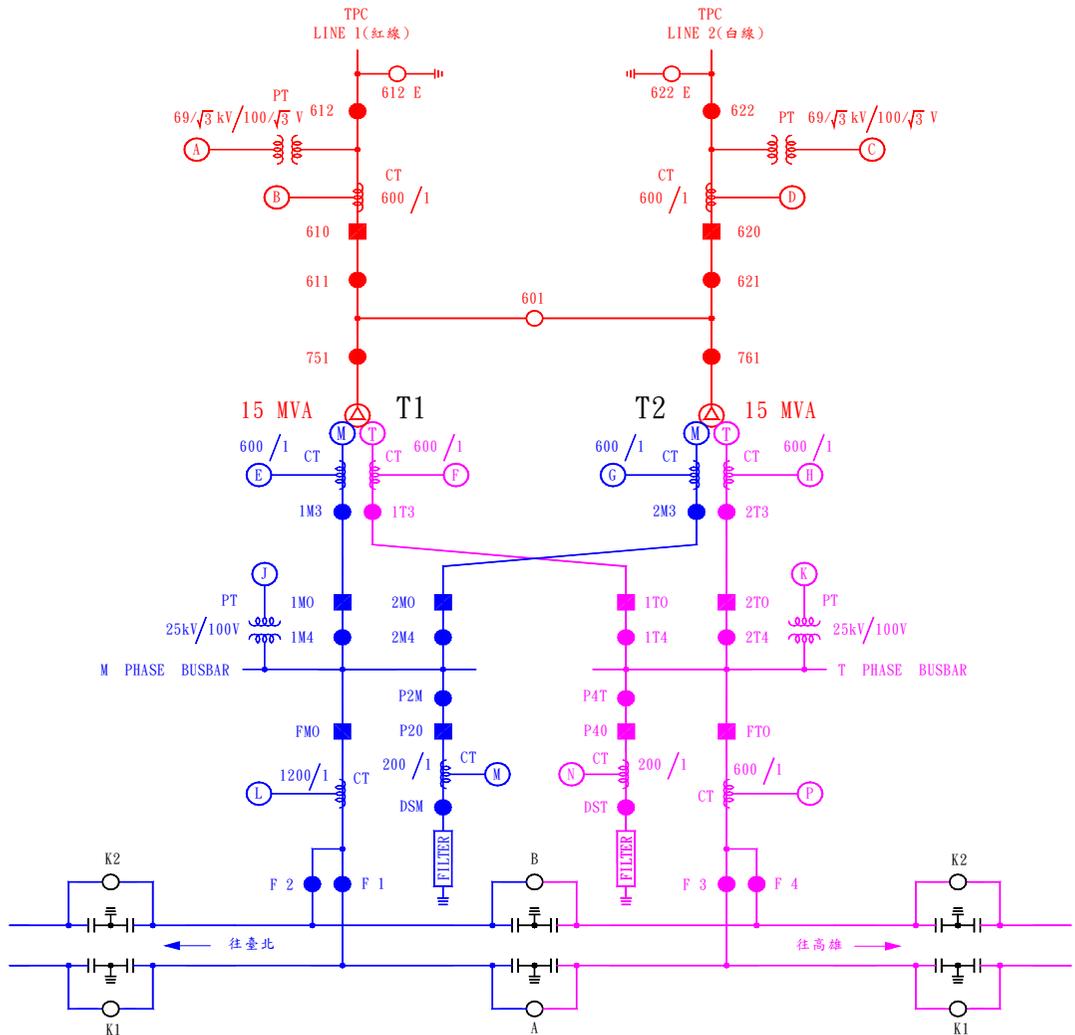


圖 20 臺鐵變電站量測取樣點單線圖

## 4.1 改善前量測結果分析

電氣化鐵路系統之負載特性與一般電力用戶有極大之差異，它包含兩種不同型態的負載，一為靜態性一般的機電設施負載，另一為動態性的牽引動力負載，由於一般機電設施負載較為固定，容易估測，但牽引電力負載屬於動態性，牽引的有效負載視電車負載、軌道長度、電車速度及車內牽引設備的電氣設計等情況而定。

依量測數據統計分析總諧波失真率及各次諧波失真率之機率分佈、累積機率分佈及準位。變壓器 25kV 負載側及注入責任分界點各次諧波電流量之數據如表 1 各次諧波電流量表所示。

表 1 各次諧波電流量表

設備 諧波次數	改善前				限制值 %	結果 判定
	25kV 負載側		注入責任分界點			
	%	A	%	A		
1	100	170.422	100	70.483		
3	15.521	26.451	25.637	18.070	5.00	不合格
5	6.245	10.643	8.900	6.273	5.00	不合格
7	3.411	5.813	3.381	2.383	5.00	合格
9	2.765	4.713	2.785	1.963	5.00	合格
11	1.745	2.974	1.683	1.186	2.25	合格
13	1.759	2.997	1.693	1.193	2.25	合格
15	1.419	2.419	1.356	0.956	2.25	合格
17	1.382	2.356	1.305	0.920	2.00	合格
19	1.383	2.357	1.273	0.897	2.00	合格
21	1.215	2.070	1.105	0.779	2.00	合格
23	0.907	1.546	0.814	0.574	0.75	不合格
25	0.800	1.364	0.685	0.483	0.75	合格
27	0.637	1.086	0.536	0.378	0.75	合格
29	0.449	0.765	0.373	0.263	0.75	合格
31	1.172	1.998	0.707	4.984	0.75	合格
33	0.468	0.797	0.464	0.327	0.75	合格
35	0.334	0.569	0.368	0.259	0.35	不合格
37	0.230	0.392	0.341	0.240	0.35	合格
39	0.153	0.260	0.213	0.150	0.35	合格
41	0.185	0.316	0.287	0.202	0.35	合格
43	0.121	0.206	0.119	0.084	0.35	合格
45	0.124	0.212	0.115	0.081	0.35	合格
47	0.131	0.224	0.128	0.090	0.35	合格
49	0.123	0.210	0.096	0.068	0.35	合格
THD	17.793	30.323	27.757	19.564	6.00	不合格

#### 4.1.1 69kV 線路側量測

以累積機率在 95%之諧波準位而言，如表 2 為改善前諧波失真率，Line 1 三相電壓總諧波失真率分別為 R 相 1.058%以下、S 相 1.124%以下及 T 相 1.050%以下；Line 1 三相電流總諧波失真率分別為 R 相 73.158%以下、S 相 90.691%以下及 T 相 130.962%以下；Line 1 三次電流諧波失真率分別為 R 相 61.693%以下、S 相 62.418%以下及 T 相 91.925%以下；Line 1 五次電流諧波失真率分別為 R 相 24.615%以下、S 相 27.853%以下及 T 相 37.957%以下。Line 2 三相電流總諧波失真率分別為 R 相 73.645%以下、S 相 74.072%以下及 T 相 118.881%以下；Line 2 三次電流諧波失真率分別為 R 相 62.399%以下、S 相 62.575%以下及 T 相 93.207%以下；Line 2 五次電流諧波失真率分別為 R 相 23.630%以下、S 相 28.497%以下及 T 相 36.425%以下。於 Line 1、Line 2 各次諧波成份以三次最大，其三次電流諧波失真率以 T 相為最高，S 相為中，R 相最低，五次電流諧波失真率以 T 相為最高，S 相為中，R 相最低。

表 2 69kV 線路側改善前諧波失真率

相別 失真率	Line 1			Line 2		
	R(%)	S(%)	T(%)	R(%)	S(%)	T(%)
電壓總諧波失真率	1.058	1.124	1.050			
電流總諧波失真率	73.158	90.691	130.962	73.645	74.072	118.881
三次電流諧波失真率	61.693	62.418	91.925	62.399	62.575	93.207
五次電流諧波失真率	24.615	27.853	37.957	23.630	28.497	36.425

於 Line 1、Line 2 各次諧波成份以三次最大，其三次電流諧波失真率以 T 相為最高，S 相為中，R 相最低，五次電流諧波失真率以 T 相為最高，S 相為中，R 相最低。

#### 4.1.2 25kV 主變壓器側(負載側)量測

以累積機率在 95%之諧波準位而言，如表 3 為 25kV 主變壓器側(負載側)改善前諧波失真率，負載側 M 相電壓總諧波失真率為 6.952%以下、T 相電壓總諧波失真率為 7.197%以下；1MO 電流總諧波失真率為 78.608%以下、1TO 電流總諧波失真率為 115.415%以下；1MO 三次電流諧波失真率為 65.580%以下、1TO 三次電流諧波失真率為 90.437%以下；1MO 五次電流諧波失真率為 27.054%以下、1TO 五次電流諧波失真率為 34.798%以下；各次諧波成份以三次為最大，1TO 各次諧波成份均高於 1MO 各次諧波成份，可以知道 T 相負載高於 M 相負載。

表 3 25kV 主變壓器側(負載側)改善前諧波失真率

失真率 \ 相別	負載側	
	1MO(%)	1TO(%)
電壓總諧波失真率	6.952(M 相)	7.197(T 相)
電流總諧波失真率	78.608	115.415
三次電流諧波失真率	65.580	90.437
五次電流諧波失真率	27.054	34.798
各次諧波成份以三次為最大，1TO 各次諧波成份均高於 1MO 各次諧波成份，可以知道 T 相負載高於 M 相負載。		

## 4.2 改善後量測與結果

### 4.2.1 69kV 分界點側機率分佈及累積機率之比較

以累積機率在 95%之諧波準位而言，如表 4 為 69kV 線路側改善前後諧波失真率比較，改善後 Line 1 電壓總諧波失真率機率分佈、累積機率分別為 R 相 1.038%以下、S 相 1.020%以下及 T 相 0.996%以下，高低相差 0.042%，

較未改善前之 Line 1 電壓總諧波失真率機率分佈、累積機率高低相差 0.074% 為低。

表 4 69kV 線路側改善前後諧波失真率比較

失真率		相別	Line 1		
			R(%)	S(%)	T(%)
電壓總諧波失真率	改善前		1.058	1.124	1.050
	改善後		1.038	1.020	0.996

改善後高低相差 0.042%，較未改善前之 Line 1 電壓總諧波失真率機率分佈、累積機率高低相差 0.074% 為低。

改善前後電流總諧波失真率、電流諧波失真率累積機率比較表如表 5 所示。改善後於 Line 1、Line 2 其電流總諧波失真率、三次電流諧波失真率及五次電流諧波失真率以 S 相為最高。

表 5 改善前後電流總諧波失真率、電流諧波失真率累積機率比較表

失真率		相別	Line 1			Line 2		
			R(%)	S(%)	T(%)	R(%)	S(%)	T(%)
電流總諧波失真率	改善前		73.158	90.691	130.962	73.645	74.072	118.881
	改善後		21.090	42.822	19.353	20.855	38.560	31.744
三次電流諧波失真率	改善前		61.693	62.418	91.925	62.399	62.575	93.207
	改善後		5.791	13.870	5.599	6.120	15.710	13.873
五次電流諧波失真率	改善前		24.615	27.853	37.957	23.630	28.497	36.425
	改善後		13.892	24.428	13.173	13.378	23.619	13.097

改善後於 Line 1、Line 2 其電流總諧波失真率、三次電流諧波失真率及五次電流諧波失真率以 S 相為最高。

#### 4.2.2 25kV 負載側機率分佈及累積機率之比較

以累積機率在 95%之諧波準位而言，改善前後 M 及 T 相電壓總諧波失真率機率分佈、累積機率如表 6 為 M 相及 T 相電壓總諧波失真率機率比較，改善後分別為 M 相 4.456%以下、T 相 5.401%以下，高低相差 0.945%。

表 6 M 相及 T 相電壓總諧波失真率機率比較

失真率		相別	負載側	
			M 相(%)	T 相(%)
電壓總諧波失真率	改善前		6.952	7.197
	改善後		4.456	5.401

改善後 1MO 及 1TO 諧波失真率機率分佈、累積機率如表 7 為 25kV 主變壓器側(負載側)改善前後諧波失真率比較，電流總諧波失真率機率分佈分別為 1MO 21.039%、1TO 19.506%；1MO 及 1TO 三次電流諧波失真率機率分佈、累積機率 1MO 5.637%、1TO 7.512%；1MO 及 1TO 五次電流諧波失真率機率分佈、累積機率 1MO 14.015%、1TO 12.979%。於改善後 1MO 及 1TO 其電流總諧波失真率，三次電流諧波失真率，五次電流諧波失真率均較改善前為低。

表 7 25kV 主變壓器側(負載側)改善前後諧波失真率比較

失真率		相別	負載側	
			1MO(%)	1TO(%)
電流總諧波失真率	改善前		78.608	115.415
	改善後		21.039	19.509
三次電流諧波失真率	改善前		65.580	90.437
	改善後		5.637	7.512
五次電流諧波失真率	改善前		27.054	34.798
	改善後		14.015	12.979

### 4.2.3 改善後諧波電流失真率及電流值

注入責任分界點改善前後第三次諧波電流、第五次諧波電流、電流總諧波失真率比較圖如圖 21~圖 23 所示，第三次諧波電流最大值改善前為 30.544A 改善後最大值為 3.422A，第五次諧波電流最大值改善前為 11.391A 改善後最大值為 2.765A，電流總諧波失真率最大值改善前為 44.41%改善後最大值為 9.231%。

注入責任分界點改善前後電流諧波失真率比較圖如圖 24 所示及裝設諧波濾波器後各次電流諧波失真率及電流值表如表 8 所示，於注入責任分界點側，原本超出諧波管制限制值之第 3、5、23 及 35 次電流諧波失真率為 25.637%、8.900%、0.814%及 0.368%降為 2.159%、2.659%、0.493%及 0.083%於管制限制值之內，總電流諧波失真值由原先 27.757%亦降至 5.223%於限制值之內，符合臺電諧波失真率限制值之管制標準。

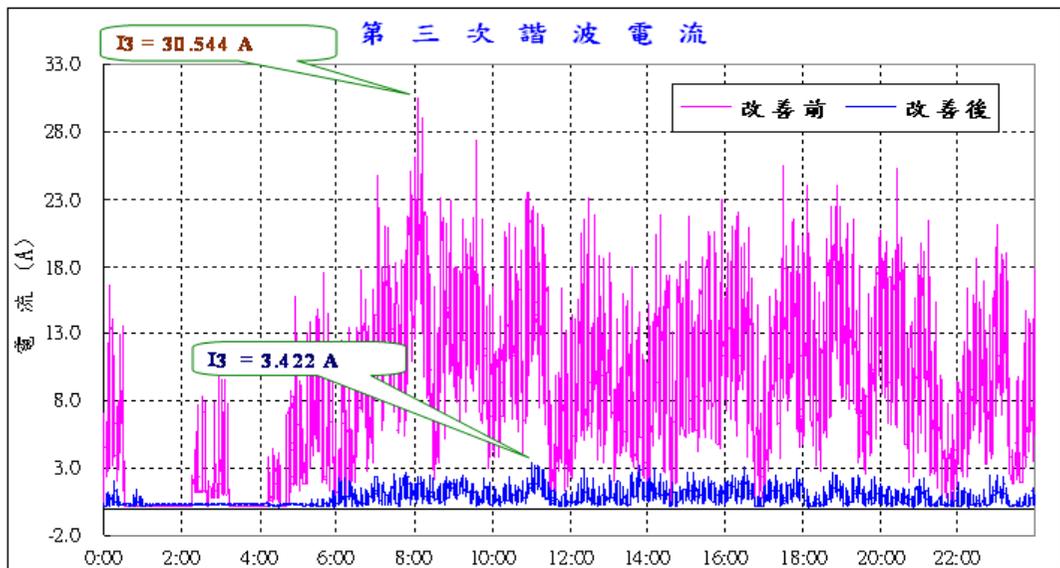


圖 21 注入責任分界點改善前後第三次諧波電流比較圖

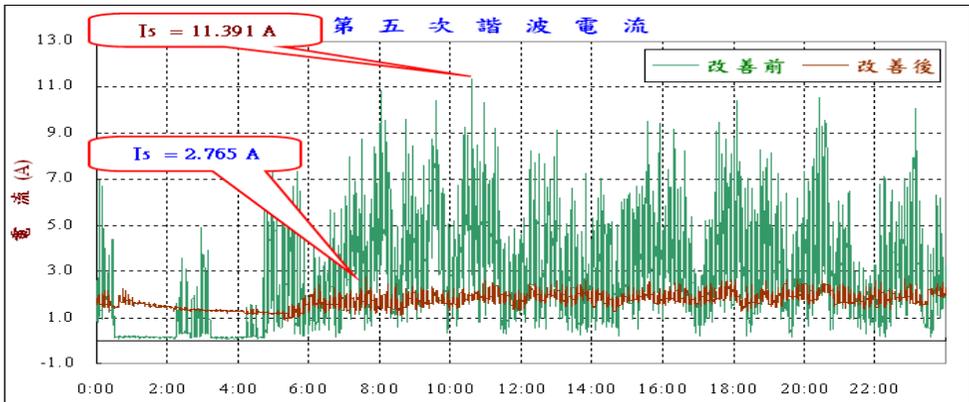


圖 22 注入責任分界點改善前後第五次諧波電流比較圖

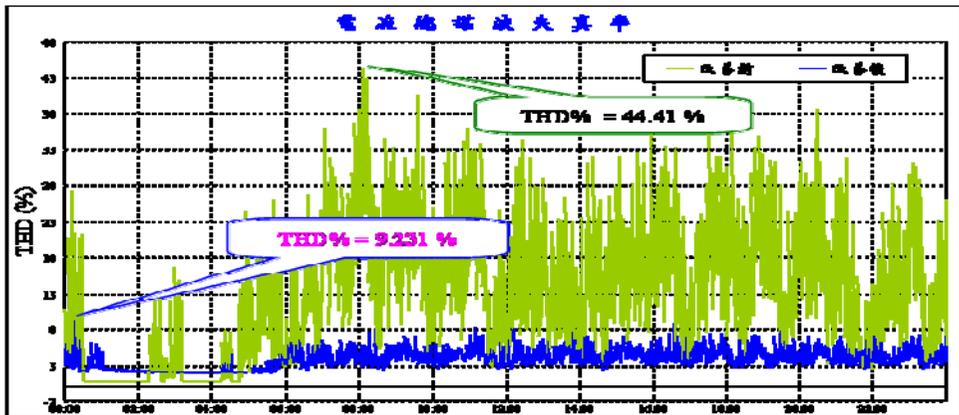


圖 23 注入責任分界點改善前後電流總諧波失真率比較圖

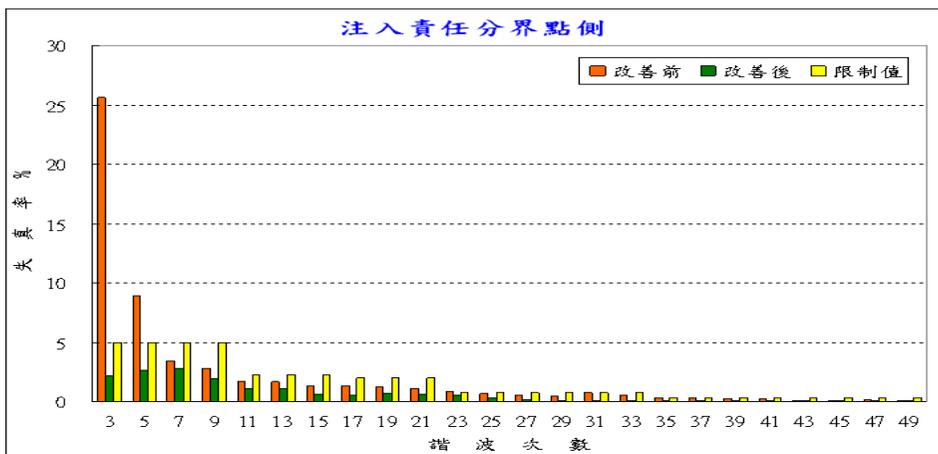


圖 24 注入責任分界點改善前後諧波電流失真率比較圖

表 8 裝設諧波濾波器後各次諧波電流失真率及電流值表

量測點 諧波次數	改善後				限制值 %	結果 判定
	25kV 負載側		注入責任分界點側			
	%	A	%	A		
1	100	170.422	100	70.483		
3	3.964	6.756	2.159	1.522	5.00	合格
5	3.349	5.708	2.659	1.874	5.00	合格
7	2.847	4.852	2.798	1.972	5.00	合格
9	3.015	5.138	1.908	1.345	5.00	合格
11	1.576	2.686	1.057	0.745	2.25	合格
13	1.074	1.830	1.087	0.766	2.25	合格
15	1.203	2.050	0.565	0.398	2.25	合格
17	1.060	1.807	0.460	0.324	2.00	合格
19	0.721	1.229	0.662	0.467	2.00	合格
21	1.116	1.902	0.586	0.413	2.00	合格
23	0.358	0.610	0.493	0.347	0.75	合格
25	0.381	0.649	0.350	0.247	0.75	合格
27	0.237	0.404	0.144	0.101	0.75	合格
29	0.166	0.283	0.119	0.084	0.75	合格
31	0.150	0.256	0.086	0.061	0.75	合格
33	0.165	0.281	0.085	0.060	0.75	合格
35	0.083	0.141	0.083	0.058	0.35	合格
37	0.068	0.116	0.119	0.084	0.35	合格
39	0.073	0.124	0.092	0.065	0.35	合格
41	0.062	0.106	0.057	0.040	0.35	合格
43	0.066	0.112	0.060	0.042	0.35	合格
45	0.070	0.119	0.085	0.060	0.35	合格
47	0.049	0.084	0.072	0.051	0.35	合格
49	0.064	0.109	0.071	0.050	0.35	合格
THD	7.249	12.354	5.223	3.681	6.00	合格

## 五、結論

- 1、臺鐵樹林變電站安裝之諧波濾波器為被動式雙調諧諧波濾波器，其共振點分別在 179.8573Hz(2.9976 次×60)及 298.6538 Hz(4.9775 次×60)，二者皆非常接近其 3、5 次諧波共振點，如果諧波源有非整數諧波，且發生在其附近時，濾波器將產生共振，將會吸引更多的諧波電流流入濾波器，可能會損壞設備。
- 2、濾波器回路其頻率阻抗特性，串聯電路頻率在 220Hz 以內為電容性，故在 3 次以下頻率時應考慮電容器組耐壓問題；並聯電路頻率在 230Hz 以上為電容性，故在 4 次以上頻率時應考慮電容器組耐壓、耐流問題、電抗器考慮耐流問題。在實際測量濾波器各分支電路電壓、電流時，諧波源 3 次、5 次諧波成份很大，所以在串聯電路及並聯電路之連接處，應加大線徑(原設計之 2 倍)，故應對電容器耐電流以及安全裕度方面要更加周全的考量。
- 3、在被動式濾波器使用的過程中，當一變電站供電區間增加諧波負載時，必須重新檢討被動式濾波器的容量及原始設計時各元件的耐電流量及耐電壓能力，必要時該既有的被動式濾波器均須加以修改甚至是更換。當變電站供電區間行車發生重大事故，致使供電區間諧波負載增加，此時電力調配員應斷然切離被動式濾波器組，以維護被動式濾波器組之安全。

## 參考文獻

1. 交通部臺灣鐵路管理局，**台鐵電力系統特高設備測試及維護技術之研究**，79 年度研究報告，1990，第 1-16 頁。
2. 張天錫譯，**電力電子學**，臺北：臺灣東華書局股份有限公司，1995。
3. 黃炎煌，**台鐵電化路線電力供應概要**，交通部臺灣鐵路管理局，民 90。
4. 裕山電機股份有限公司，「諧波對電力電容器的影響」，**電機技師**，63 期，1997，第 125-140 頁。
5. 周翌生、劉志文、張永宗、蕭瑛東，「台鐵變電所諧波量測、分析及改善」，

電機月刊，第八卷，第十期，1998，第 154-162 頁。

6. 林昆平、林明鋒，「談台電諧波管制政策之我見」，臺電工程月刊，608 期，1999，第 20-29 頁。
7. 交通部臺灣鐵路管理局電務處，變電站諧波理論研究及功因改善探討，2002。
8. 交通部臺灣鐵路管理局，電化變電站裝設諧波及功因改善設備研究，2003。

# 臺鐵客製化列車定價策略研析

## The Study on The Pricing Strategy for The Customized Trains

劉雙火 Liu, Suang-Huo<sup>1</sup>

聯絡地址：10041 臺北市中正區北平西路 3 號

Address：No. 3, Beiping W. Rd., Zhongzheng Dist., Taipei City 10041, Taiwan(R.O.C)

電話(Tel)：(02)23899432 轉 3142

電子信箱(E-mail)：0255856@railway.gov.tw

### 摘要

綜觀世界許多先進鐵路公司，在客運營運部分紛紛導入收益式管理，以市場定價策略取代傳統里程比例之票價計價方式，企圖在客運營收創造最大利益。而台鐵為國營鐵路，費率計算公式在現有的法規及民意監督之下，欲對現行公告時刻之表定列車變更票價計價方式，顯然是緣木求魚。在此現況下，台鐵要實施收益式管理，頂多只能在既定運能上，依據需求變動機動調整列車配座，達到最佳列車配座收益。相對於歐洲鐵路公司依據市場需求特性，訂定不同供給價格，獲取最大利潤之作法，有很大之差距。因此，台鐵局目前所提供之運輸服務中，實際可依據市場需求特性，訂定不同供給價格者，應就屬於客製化或主題式列車服務商品了。本研究擬先就現有客製化或主題式列車訂價方式進行研析，再進一步提出下一代豪華觀光列車之建議定價策略及營運模式。

關鍵字：收益式管理、包底抽成、最大利潤法

---

<sup>1</sup> 臺鐵局 運務處 視察

## Abstract

*In view of many of top railway companies, they adopt revenue –oriented management. The pricing method has changed from traditional mileage pricing into market-pricing strategy in order to create the maximum benefits on passenger transport income. However, TRA is a state-operated railway enterprise; it is impossible that the calculating formula of fares, under the supervision of regulations and the will of citizenry, can make a change on the current situation, of which trains are run regularly by the timetable. Under this circumstance, if TRA intend to adopt revenue management, it can only do by making adjustment on seats allotment based on demand variation to achieve the best revenue of seats allotment. It has a huge gap on TRA’s pricing policy compared to European railway companies’, that they make different supply prices according to the demand of market to gain the maximum profits. Therefore, in the present transportation service , the only way to make different supply prices for TRA should be the customized or topical products of train services. This research intends to firstly study the pricing method of train fares on the current customized or topical trains, then to address the suggested pricing strategy and operation modes for the deluxe trains of next era.*

**Keywords** : *Revenue management, Base Rent Guaranteed plus commissions, Profit Maximization*

## 一、前言

由於鐵路運輸方式的重要性,鐵路運價對國民經濟的發展起到重要的作用。我國鐵路運價體係是在計畫經濟體制下形成的政府定價的模式,隨著市場經濟的發展,既有的定價方式和價格管理體系已不能適應市場的需求,價格體制僵化的缺點逐步暴露。我國鐵路運價長期偏低,鐵路運輸價格調整成為關注的焦點。縱觀鐵路發展運營的歷史,鐵路運輸的定價是一項難以解決的經濟學難題。我國對鐵路實行政府定價和政府指導價,在很大程度上是出於社會公益性的考慮。以目前之政經環境下,欲調整 20 年未調整之客、貨運費率是何其困難,因此只能針對特殊客製化運輸服務,訂定不同於一般運費率之特定運價。本研究擬藉由台鐵局現有之客製化商品定價方式,來推導未來即將投入改造之下一代主題式列車之訂價及其可能營運模式,求得相關車輛改造效益,以便於作為改造車輛之立論根據。

## 二、現行客製化車廂營運及定價策略

台鐵局目前營運中之主題式列車有:102 年新改造之商務餐車、環島之星觀光列車及仲夏寶島號等主題列車或車廂。各主題列車之營運模式及定價策略各有不同,相關訂價策略及營運模式如下:

### (一)邊際成本定價法

邊際成本定價法係將價格訂於邊際成本  $MC$  等於平均收益  $AR$  之處,即為價格訂在需求處(如下圖),此種訂價方式係以發展鐵道觀光為宗旨,形象效益大於實質收益。如商務餐車及仲夏寶島號等,其訂價策略亦以邊際成本定價法,就相關車輛營運邊際成本及現有票價計合併分配於客座數方式,其訂價模式如下:

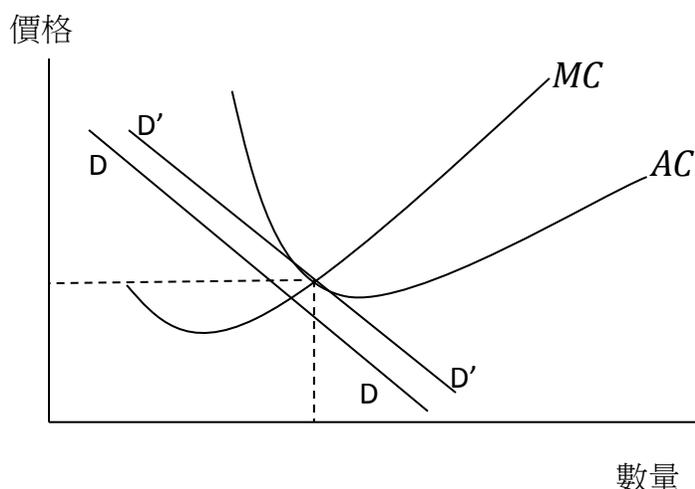


圖 1. 邊際成本定價

### 1. 餐車訂價

不論未來營模式為何，新改造之商務餐車為政策上必然附掛營運之車廂，因此首先必須先為加掛商務餐車進行定價。餐車改造費用為 400 萬元/輛，使用壽年為 15 年，每年檢修費用約 9 萬元計算，每月平均分攤成本約為 3 萬元。另考慮商務餐車主要係以推廣臺灣鐵道高服務品質旅遊為賣點，故形象效益大於實質收益，且鐵路事業屬投資龐大(沉沒成本)相對變動成本較小之行業，這種性質適合採用邊際成本定價法，可以較低價格提供更多生產，令沉沒成本發揮更大社會福利效益。邊際成本定價法係將價格訂於邊際成本 MC 等於平均收益 AR 之處，即為價格訂在需求處(如圖 1)。經本局餐旅服務總所以翻桌率求得每月商務餐車之平均收益為 3.5 萬元，因此商務餐車建議出租之定價為 3.5 萬元/月。

### 2. 仲夏寶島號定價

仲夏寶島號之訂價最主要係考量蒸氣火車之高維護成本下而訂出蒸汽火車之日租金，再依據服務等級將租金分配於客座票價。但仲夏寶島號另有推展國際鐵道觀光及配合本局重大慶典而開行之重要使命。因此其定價除考慮前揭成本因素外，另要傳達某些特別義含給旅客。如台鐵局 128 周年慶，冷氣車廂每張單程定價為 1280 元，另為避免回乘空車，而作特別之定價策略(去回票之回程票每張 500 元)，充分體現收益式管理之訂價策略。相關之訂價架模式如下：

$$REV = \sum_i^t \left\{ \left( \frac{L_r}{Q_t} + P_i \times D + C_g \right) \times Q_t \right\}$$

決策變數說明:

$i$ : 附掛客車種類

$L_r$ : 蒸汽火車每日租金

$Q_t$ : 附掛客車總座位數

$P_i$ : 第  $i$  種客車每公里費率

$D$ : 營運里程

$C_g$ : 附加商品及紀念乘車票成本

$Q_i$ : 第  $i$  種客車之乘車人數

## (二)包底抽成定價法

係以專列固定客戶及固定期間方式出租予旅行業者經營套裝旅遊，台鐵局出租則以訂定底價後依協同旅行業者顧客量之多寡來分級抽傭。如現行環島之星即採包底抽成模式，設定各區段最低搭乘率並加上超過不同級距搭乘率時，予以收取不同費率運費方式，以讓本局可保本且可因協同業者高績效經營下，抽取一定成數傭金，達到與協同經營業者間互惠互利。包底抽成營收數學模式如下：

$$REV_1 = \sum_1^n \left\{ \frac{\text{Max}(R_n, 0)}{R_n} \alpha_m (X_n - S_n R_{S_n}) P_n + C_n \right\}$$

$$C_n = P_n S_n R_{S_n}$$

$$R_n = R_{X_n} - R_{S_n} \quad R_{X_n} = X_n / S_n$$

$$m \in \{1, 2, 3\}$$

$$\text{When } 0 < R_n \leq \beta_1 \quad \text{let } \alpha_1 = 0.6$$

$$\beta_1 < R_n \leq \beta_2 \quad \text{let } \alpha_2 = 0.5$$

$$\beta_2 < R_n \leq \beta_3 \quad \text{let } \alpha_3 = 0.4$$

And

$$\alpha_1 (X_n - S_n R_{S_n}) P_n \leq \alpha_2 (X_n - S_n R_{S_n}) P_n \leq \alpha_3 (X_n - S_n R_{S_n}) P_n$$

$$\text{The } 0 \leq R_{S_n} \leq 1, \quad 0 \leq R_{X_n} \leq 1, \quad R_n \leq 1$$

$$n \in \{1(\text{臺北-花蓮}), 2(\text{花蓮-臺東}), 3(\text{臺東-高雄}), 4(\text{高雄-臺北})\}$$

決策變數說明：

$S_n$ ：第  $n$  區段提供之座位數。

$R_n$ ：第  $n$  區段搭乘達成率。

$R_{S_n}$ ：規劃設定第  $n$  區段應有之搭乘率(招標之搭乘率底標)。

$R_{X_n}$ ：第  $n$  區段實際之搭乘率。

$X_n$ ：第  $n$  區段實際乘車人數。

$P_n$ ：第  $n$  區段票價。

$\beta_m$ ：超過設定搭乘率分段回饋金抽成率。

$\alpha_m$ ：超過設定搭乘率  $\beta_m$  範圍之每增加 1 人回饋值。

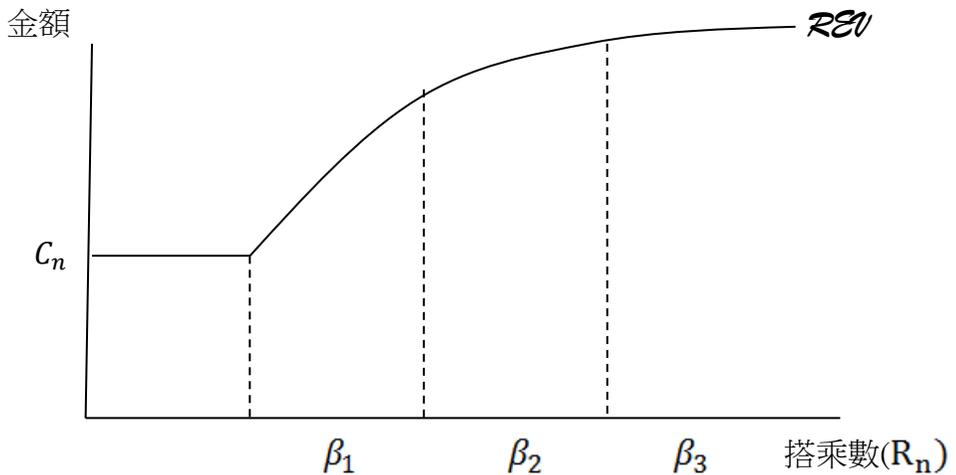


圖 2. 觀光列車營收圖

依照上揭運算模式，運用於環島觀光列車當各段回饋金超出分段設定比率時，其  $\beta_1$  超過 20% 時則  $\alpha_1 = 0.6$ 、當  $\beta_2$  超過 40% 時則  $\alpha_2 = 0.4$ 、當  $\beta_3$  超過 60% 時則  $\alpha_3 = 0.2$ 。

如以前揭相同數學模式，並假設決策變數  $R_{S_n}$ 、 $\alpha_m$ 、 $\beta_m$  均為 0~1 之實數，且為非線性規劃問題(Nonlinear programming)，為求非線性規劃實數解，可用啟發式基因演算法(Excel 內建 VBA 以基因演算法套裝程式程式)求最佳解。

### 三、新主題式豪華觀光車廂、定價策略、營運規劃及效益

#### (一)營運模式

近年國內、外旅遊市場蓬勃發展，據交通部觀光局統計近年國旅或來臺遊客人數成長率突破 10%。藉此商機，國內各旅遊熱門景點之大型觀光飯店開發案，正如火如荼進行中。臺鐵局亦應掌握此觀光商機，適時推出未來更為高級之觀光列車或車廂，共同參與這方興未艾之觀光市場，既可為企業建立優質品牌形象，亦可增加企業營收。本局新購 EMU800 型電聯車將交車完畢，屆時可逐步汰換老舊莒光號車廂之運能。經初步與機務處協調，該處可提供狀況較佳之莒光號車廂，適宜做為改造之車廂約 30 輛。因此參酌世界各國豪華(Luxury)等級行程規畫、車廂設計及國旅特性，據以提出新一代豪華觀光車廂改造需求、營運規劃、定價策略及效益分析。

本局以汰換莒光號車廂為改造標的，經由運、機、餐旅及主計等單位成立改造推動小組，初步提出新一代豪華主題式觀光車廂改造需求。經參酌日本、加拿大、歐洲、南非及印度等國家豪華級觀光列車後，擬改造豪華觀光車廂共 20 輛(統裁級車廂 10 輛、多功客廳車廂 4 輛、景觀車廂 4 輛及親子車廂 2 輛)，相關型式、設備內裝及座位配置：(1) 統裁車廂每輛 30 席座椅，具獨立影音設備撥放 LCD 及音響設備(可外接 UBS)、UBS 充電裝置、豪華坐臥沙發座椅(具有腿靠設備，以增加乘坐舒適性)、精緻內裝、豪華公廁、寬敞行李放置區、簡易乘務工作室等(僅提供數位輸入及擴大機以後之輸出設備，播放軟體由廠商負責提供)。(2) 客廳車(多功能車廂) 座位數設定 16 席/輛，具西式小吧檯(可提供簡易西式餐點、飲料…)、依空間極大化 LCD 及音響歡唱設備(可外接 UBS)、橫式及獨立沙發座椅、會議及簡報設備、…等。(3) 景觀車廂座位約在 30 席/輛，具大型景觀窗(可含部分車頂，因台灣氣候景觀窗可採較高級之電子遮陽簾，提供旅客自行調整遮陽高度)、獨立音響廣播設備(可外接 UBS)、人體工學高背迴轉沙發座椅、豪華公廁…。(4) 親子車廂莒光號座椅約 28 席/輛(可部分為親子座椅)，具各式固定兒童玩具或小型兒童

圖書閱讀區、內牆動物貼圖…等。本案改造後豪華觀光列車擬結合現有商務餐車(2 輛)，提供予固定客戶定期包車，未來至少可提供 2 固定編組(統裁車廂 3 輛+客廳車廂 2 輛+景觀車廂 2 輛+親子車廂 1 輛，共 8 車編組)，以目前旅遊最夯之北-花-東-高觀光路線及中部跨花東觀光路線，以高檔觀光旅遊(宿)業者為出租目標市場，依據政府採購法第 99 條提供旅遊或旅宿業者，辦理固定期間、固定行駛區間之專開列車包租。另可配合協同業者作多樣化套裝行程之加掛車廂，或依套裝活動進行而辦理指定車廂之編組運行。

## (二)定價策略

因為客製化列車或主題列車係針對特定族群量身訂作之專案，相關車廂之設計亦以特定族群之需求而打造，因本案出租豪華觀光專列再配合承租者客製化套裝行程而開行，應視為本局提供之另一觀光旅運商品，其定價就不應與現行通勤、通學或定期班表所開行之列車訂定相同費率基準，而應有別於現有費率，才可顯現使用者付費及社會公平之基本要求。以本局推行多年客製化列車之商務列車出租為例，就是以改造原本莒光號車廂為高級觀光車廂，而以自強號票價收取租金，並於本局網站內之專列網頁中，提供一般團體上網訂購。經統計 103 年全年商務列車，成功訂票率僅 7%。可見雖然訂定較高之票價且以列車定員數全額計價，但潛在高端之消費族群卻很多，造成有僧多粥少之搶訂車票現象。未來新一代豪華級觀光主題列車之定價策略，更應採用收益式管理，尋求利潤最大化之方式，作為定價策略。以 103 年商務專列實際之年出車次數為 172 次(非每天出車)，每列次商務車廂均採最大運用方式掛運，平均載運人數為 151 人。目前規劃下一代豪華客製化改造車廂案，列車編組數及每列次座位數之規劃皆相近，因此即以每列次 150 席座為編組設計之最佳定員數，也符合以往旅客之需求數。如此列車座位數規劃時，當乘坐人數低於 150 人時，座位虛糜收入降低，當超過此數時須加掛車廂時，可能需座特別處理或調撥，增加調車成本及車輛缺乏檢修之行車風險等成本，可能造成邊際成本大於邊際收益之將收亦現象。故本案擬採用最大利潤法作為定價策略，並將專開列車編組之座位數規劃在 150 席座位為原則。

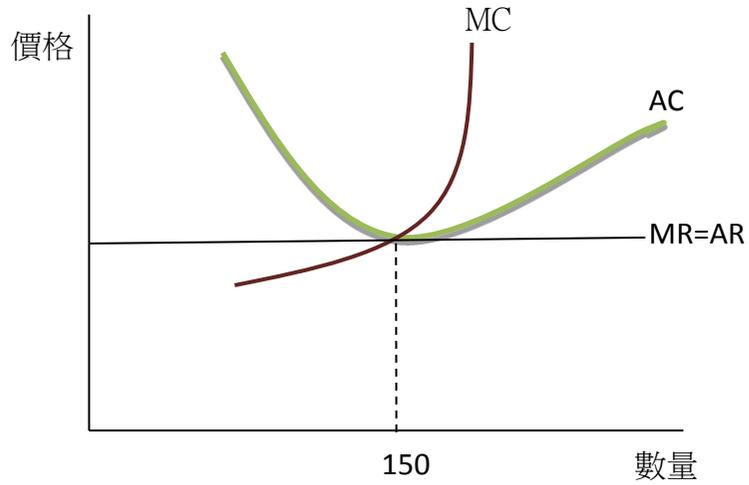


圖 3. 自由競爭最大利潤定價

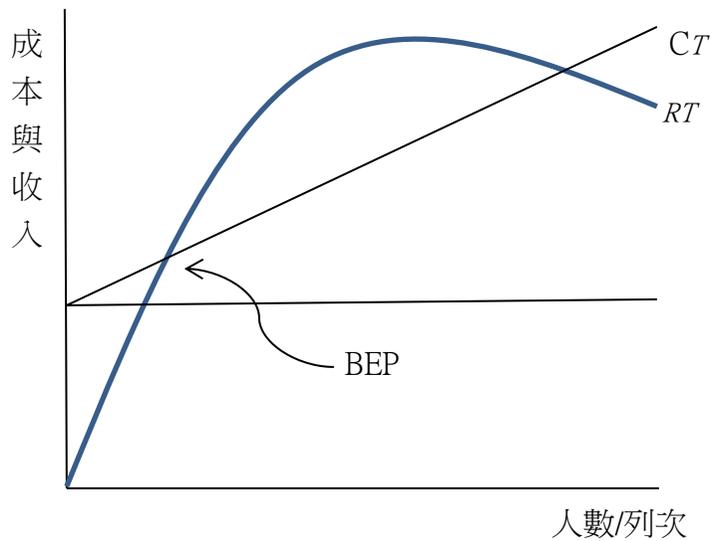


圖 4. 台鐵客製化列車定價

本案定價方式除採用最大利潤法，並將再配合與定期包業者租利潤分享之包底抽成設計，設計出收益式管理之營運模式。以機務處設定之改造後車輛壽年為 15 年，總改造經費、車輛維護費(檢修維護+油電

費)及增額用人費用，15年總累計成本為4億6,103.7萬元，分攤至每列次作為列車包底租金 ( $C_n$ )。再依最佳收益設定乘坐率( $\beta_n$ )分級抽傭額度，即可訂定出本案之營運模式並求解。

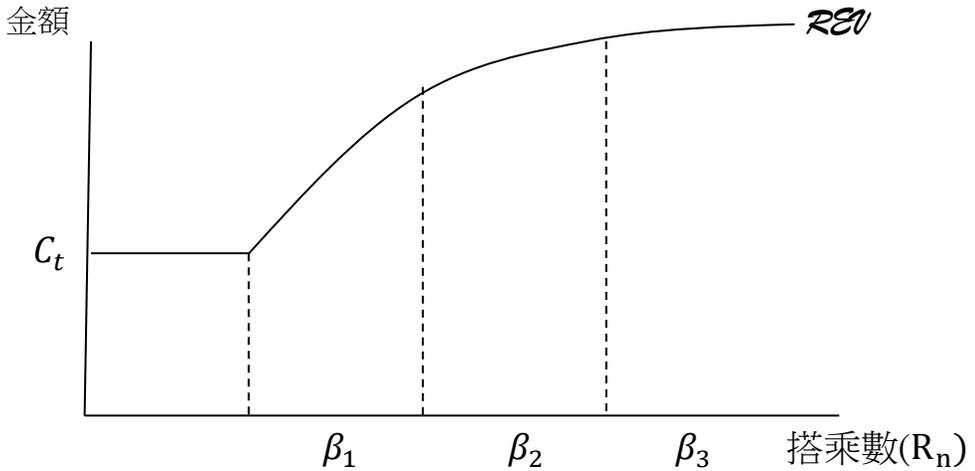


圖 5. 客製化列車包底抽成收入曲線圖

$$REV_2 = \alpha_m (X - SR_s)P + C_t$$

$$C_t = \frac{\sum_{n=1}^{15} (C_{r_n} + C_{p_n}) + C_b}{15T_n}$$

$$R = R_x - R_s \quad R_x = X/S$$

$$m \in (1, 2, 3)$$

When  $\beta_1 \leq R < \beta_2$  let  $\alpha_1 = \text{Optimal1}$

$\beta_2 \leq R < \beta_3$  let  $\alpha_2 = \text{Optimal2}$

$R \geq \beta_3$  let  $\alpha_3 = \text{Optimal3}$

And

$$\alpha_1 (X - SR_s)P \leq \alpha_2 (X - SR_s)P \leq \alpha_3 (X - SR_s)P$$

The  $0 \leq R_s \leq 1$ ,  $0 \leq R_x \leq 1$ ,  $0 \leq R \leq 1$

### (三)效益評估

#### 1.評估方法

本車廂改造案，第一期先行改造 20 輛莒光號車廂為新豪華觀光車廂，分析時間 N 為 15 年，基年為民國 105 年，資產採直線折舊法，期末殘值 S 為 0。考量投資成本、營運管理（O&M）增額成本、可增營業收益及外部轉化效益等。

#### 2.基本假設

本案擬改造豪華觀光車廂共 20 輛不同功能之車廂為設計假設，其中統裁級車廂 10 輛、多功客廳車廂 4 輛、景觀車廂 4 輛及親子車廂 2 輛，相關改造費用經運務處邀多家旅遊業者研議後，提出基本改造構想及需求後，再請機務處評估改造經費。因此效益分析中，相關改造經費係由機務處就運務處初級需求所提供之費用，實際費用需待實質發包後，才可確定。前揭假設改造之數量、改造形式及相關車輛設備需求，係為應未來編組運用計畫基本須由而所做假設性之規畫方案，本基本假設並未考慮改造車輛之預算編列問題。因此基於效益評估需要，假設新豪華觀光車廂可於民國 105（2016 年）年初投入改造，改造工程施工期以 1 年，於 106 年初起開始正式營運。因此以 105 年為第 1 年（貨幣基年），設備壽年（折舊年限）訂為 15 年，通貨膨脹率 2%（係由前經建會第 2 期國家建設計畫中設定評估標準），社會（交通建設折現率）折現率 3%，用人費率之年增率訂為 2%，碳價依 2015 年 1 月國際市場上碳排放交易價格一般在每噸 7.15 歐元，歐元/台幣約為 248.4 元左右。

表 1 豪華觀光車廂改造基本假設參數		
假設參數類別	使用參數	假設依據
評估基年	105 年	本研究假設
評估期間	15 年	
施工年限	1 年	
營運起始年	106 年	
用人費用年增率	2%	
通貨膨脹率	2.0%	經建會第 2 期國家建設計畫
國際碳價	248.4 元/公噸	104 年 1 月國際碳價

### 3.成本項

#### (1) 改造成本

本案經會機務處提供相關改造車輛之相關經費，藉評估未來新觀光車廂之改造成本，約略可分為如下成本結構：

- i. 豪華商務車廂(統裁艙)10 輛:具獨立影音播放 LCD 及高級音響廣播設備(可外接 UBS)、豪華坐臥沙發座椅、精緻內裝、豪華公廁、寬敞行李置放區、乘務工作室、…等。座位數設定在 30 席左右，預估改造經費為 1,749 萬元/輛，總改造經費為 1 億 7,490 萬元。
- ii. 多功能客廳車 4 輛: 依空間極大化 LCD 及音響歡唱設備(可外接 UBS)、橫式及獨立沙發座椅、會議及簡報設備、…等。座位數設定為 26 席，預估改造經費 1,563.9 萬/輛，總改造經費為 6,255.6 萬元。
- iii. 景觀車 4 輛: 具大型觀景窗、獨立高級音響廣播設備(可外接 UBS)、高級迴轉沙發座椅、豪華公廁、…等，座位數設

定在 30 席左右，預估改造經費為 1,826.3 萬元/輛，總改造經費為 7,305.2 萬元。

- iv. 親子車廂: 親子車廂莒光號座椅約 28 席/輛(可部分為親子座椅)，具各式固定兒童玩具或小型兒童圖書閱讀區、內牆動物貼圖…等，預估改造經費為 1,600 萬元/輛，總改造經費為 3,200 萬元。

以上述概算成本估算總改造成本為 3 億 4,250.8 萬元。車廂改造及改良後，預估可延長使用壽年為 15 年。如主題式豪華觀光列車每一列車以 6 車編組計，觀光車廂可成立三個編組。

## (2)維運成本

- i. 每年每輛車檢修費用約 9 萬元計算，故年檢修維護費為 180 萬元。
- ii. 年油電成本為 699.6 萬元/年(油電費用為 47.28 元/機車公里\*271 公里\*182 列次/年\*3 編組)。

註:油電費用及車輛維修費每年將受通貨膨脹率(2%)調整。

- iii. 乘務旅費用為 90.1 萬元/年:{每列次[行車 8 小時\*乘務旅費 38.9 元+4 單位(每 50 公里 1 單位)\*59.7 元]\*3 人}\*年行駛 182 列次\*3 編組；乘務員年用人費用為 702 萬元/年(平均每月薪資為 6 萬 5,000 元計，每月用人費用為 58 萬 5,000 元(65,000 元\*3 編組\*3 人)，因此三編組總用人費用為 792.1 萬元/年(含旅費)。
- iv. 新觀光列車編組，因係於現行營運架構下增開之列車，相對產生之站務、間接用人、路線及管理 etc 成本，屬於邊際成本性質，因本局列車成本未精算歸戶，目前無法詳計，暫不予列入。

綜合上述並假設改造工期為 1 年，依改造工程完工驗收付款

期程為 105 年底，總工程經費為 3 億 4,250.8 萬元，初期車輛維護費(檢修維護+油電費)為 879.6 萬元/年(通膨率 2%)，初期增額用人費用為 792.1 萬元(年增率 2%)，15 年總累計成本為 6 億 3,160.萬元。詳如下表:

年別	建造成本	營運維修成本(O&M)	
		增額用人費用	車輛維護費
105	342508		
106		7,921	8,796
107		8,079	8,972
108		8,241	9,151
109		8,406	9,334
110		8,574	9,521
111		8,745	9,711
112		8,920	9,906
113		9,099	10,104
114		9,281	10,306
115		9,466	10,512
116		9,656	10,722
117		9,849	10,937
118		10,046	11,155
119		10,247	11,379
120		10,452	11,606

#### 4.效益項

##### (1) 營業收入（貨幣化效益）

本效益分析先假設在車輛壽年 15 年間，營業收入維持相同之營收下，如改造後 1 編組作固定客戶定期包車，另 2 編組作套裝

行程或一般團體包車，依據定價策略執行定價，則：

- i. 固定客戶定期包租 2 個豪華觀光列車編組，年營收將達 6,807.2 萬元。
- ii. 套裝行程或一般團體包車豪華觀光列車，年租車年收入為 2,513.6 萬元。
- iii. 主題式豪華觀光車廂改造案完成後，合計年營收為 9,320.8 萬元。

年別	建造成本	營運維修成本(O&M)		營業收入	現金流
		用人費用	車輛維護費		
105	342508				(342,508)
106		7,921	8,796	93,208	76,491
107		8,079	8,972	93,208	76,157
108		8,241	9,151	93,208	75,816
109		8,406	9,334	93,208	75,468
110		8,574	9,521	93,208	75,113
111		8,745	9,711	93,208	74,752
112		8,920	9,906	93,208	74,382
113		9,099	10,104	93,208	74,005
114		9,281	10,306	93,208	73,621
115		9,466	10,512	93,208	73,230
116		9,656	10,722	93,208	72,830
117		9,849	10,937	93,208	72,422
118		10,046	11,155	93,208	72,007
119		10,247	11,379	93,208	71,582
120		10,452	11,606	93,208	71,150
折合 105 年淨現值(NPV)					\$542,626
內部投資報酬率(IRR)					20%

改造 20 輛豪華觀光車廂，在 15 年營運期間，營收扣除成本折合投資改造年(105 年)之淨現值達 5 億 4,262.6 萬元，內部投資報酬率為 20%，因此本改造案值得推動。

## (2) 外部效益(環境及社會效益)

利用火車載運旅客觀光，相對可減少公路大客車因載運觀光客行駛於公路而產生死亡車禍之肇事成本、另公路大客車行駛需有燃油消耗，亦因此會產生大量 CO<sub>2</sub>，如改用火車運輸可減少 CO<sub>2</sub> 之排放。經參考相關研究報告，可將相關成本轉化為外部社會及環境之經濟效益。詳述如下：

- i. 肇事成本：肇事成本計算方式為大客車肇事死亡人數[鐵路旅客增加運量/每輛公路大客車載運人數\*對應延車公里\*延車公里死亡肇事率(0.023ppm)]\*肇事成本參數 1,988 萬元。據此計算，每年可減少肇事成本為 33.8 萬元（81,900 人次 \*271/30\*0.023ppm\*19880000）。15 年淨值為 403.5 萬元。
- ii. 車輛油耗：年減少 2,730 輛大客車行駛，減少年油耗成本為 591.9 萬元(@40 \*271/5\*2,730)，15 年淨值為 7,066.1 萬元。
- iii. CO<sub>2</sub> 排放成本：(1) 每年公路大客車車減少之 CO<sub>2</sub> 排放成本計算方式為大客車行駛延車公里\*延車公里排放係數(849.3711 克\*248 元/噸)。依前述公式計算，每年可減少 CO<sub>2</sub> 排放成本約為 15.6 萬元 (@248\*0.00085\*739830)。15 年淨值為 186.2 萬元。

本豪華觀光車廂改造案外部社會及環境效益，15 年總效益為 7,655.8 萬。

(3) 成本效益分析

表 4 豪觀光車廂改造案總體經濟效益分析表		
單位:千元		
效益項目	淨效益	合 計
貨幣化效益	542,626	619,184
社會效益	76,558	

爰上，本豪華觀光車廂改造案，經核算車廂改造後 15 年之壽年計算相關成本效益可知，15 年內在投資實際收益(貨幣效益)淨現值為 5 億 4,262.6 萬元；如含社會貢獻總投資淨現效益為 6 億 1,918.4 萬元。依此估算本投資案可在營運第 3 年，即可達到損益平衡。

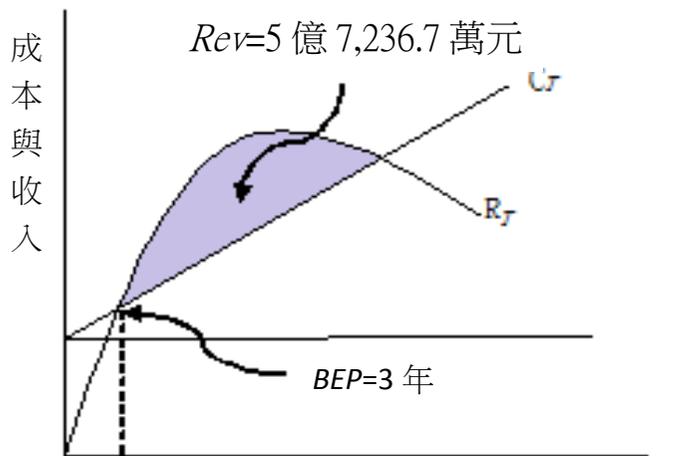


圖 6. 客製化車廂效益圖 人數/列次

## 四、結論與建議

### (一)結論

依據交通部觀光局統計，臺灣地區不論是國內旅遊人數或外國自由行觀光客均逐年成長，本局為觀光事業重要運具。國內觀光事業逐漸由島內需求蛻換為國際觀光需求。因此，本局擔負著為國家推展觀光重要使命。雖然鐵路運輸推展觀光服務，需投入巨大沉沒成本，但本局仍戮力於推動各項觀光運具、環境及旅遊品質改善，期以為臺灣觀光事業及品質建立口碑，吸引更多觀光客來台觀光。經分析本豪華觀光列車改造案，獲如下結論：

- 1.依據商務車廂搶訂熱潮及新豪華觀光車廂之定價分析結果推定，未來新豪華觀光車廂極具市場潛力，預估營運3年即可損益平衡，改造案總體效益顯著(15年淨現值5億4,262萬元)，應盡速推動，以掌握逐年火熱之觀光商機。
- 2.新改造豪華觀光列車可依據不同車廂組合，以不同套餐方式出租予固定客戶、固定期(1年)、固定區間(北-花-東)包車，另可提供套裝行程或一般團體包車。並依不同組合採用最大利潤之收益式訂定合理運價，對本局較為有利。
- 3.改造下一代客製化車廂案雖經臺鐵局運、機兩處及旅行、旅宿業者多次開會研議，並參酌世界各國豪華客製化車廂，所擬出之初步規畫草案，但實際改造案尚待擬具共識，並經謙和及預算程序方可進行改造作業。

### (二)建議

1. 本案就增額成本及維修成本列入計算，另間接用人費用、路線、電車線及管理 etc 等邊際成本，因本局成本未歸戶無法詳列計入，有待未來研究分析繼續投入研究分析。

2. 客製化豪華觀光列車包租定價本研究係以環島觀光列車為比較基礎，未來研究可就目標市場特性及與包租業者利益分享方式，做較深入之定價策略研究。
3. 未來可納入協同業者或旅客最大容忍度等面向，進一步深入研究，以便於定價策略更為貼近市場面。
4. 客製化車廂改造為參酌世界各國豪華級之車廂為參考，實際之車廂改造數量、型式及經營模式，須待簽局核定方可實施。

## 參考文獻

1. 唐富藏，運輸經濟學，華泰圖書文物公司，1988年10月。
2. 林師模、陳苑欽，多變量分析，2003年8月。
3. 張俊勇、孫有才，鐵路市場化改革後的訂價取向，鐵路採購與物流，2013(12)。
4. 王玉光，鐵路運價體系的分析與思考，上海鐵道科技，2015(1)。
5. Michael Schabas , Market pricing is essential on high speed lines, Railway Gazette International archive, PP88~104, September 2012.

# 世界各國豪華級客製化車廂

## 一、統裁車廂



資料來源：<http://qing.blog.sina.com.cn/tj/4d3b409a32002ept.html>

## 二、多功客廳車



芬蘭 Finnish transport company **Karaoke** 車廂

(資料來源：<http://www.goodnewsfinland.com/archive/news/karaoke-restaurants-will-roll-on-finnish-rails/>)



英國蘇格蘭皇家列車 The Royal Scotsman

(資料來源：<http://waknow.com/?p=9415>)

### 三、景觀車廂



加拿大 Rocky Mountaineer

資料來源：

[https://www.rockymountaineer.com/en/about\\_us/message\\_from\\_the\\_president](https://www.rockymountaineer.com/en/about_us/message_from_the_president)

#### 四、親子車廂



日本 ASboy

資料來源：<https://www.jrkyushu.co.jp/chinese/train/asoboy.jsp>

#### 五、商務餐車



本局商務餐車

# TEMU2000 設計速度 (150 kph) 實車驗證測試

## TEMU2000 design speed (150 kph) real car verification test

施景徽 Shih,Ching-hui<sup>1</sup>

林武鍵 Lin,Wu-jian<sup>2</sup>

聯絡地址：50059 彰化縣彰化市西興東路 6 號

Address: No.6, Xixing E. Rd., Changhua City, Changhua County 50059, Taiwan  
(R.O.C.)

電話 (Tel)：(04) 7517611

電子信箱 (E-mail)：[0755274@railway.gov.tw](mailto:0755274@railway.gov.tw)

### 摘要

TEMU2000 (普悠瑪號) 為台鐵局 101 年新購傾斜式電車組，購置之初即考量未來軌道發展趨勢，將車輛性能設定為設計速度 150kph、營業速度 140kph。

由於本局相關路線、電車線設計速度為 130kph，為施行實車 150kph 之驗證測試，擇定三義－泰安間高架橋路段進行測試，測試前並針對該區間路線、電車線強化其性能。

本案測試內容包括有：車輛出力性能、煞車性能、脫軌係數(Q/P)、乘坐舒適度、集電弓追隨性能，以及後續之軌道衝擊程度、路基橋梁之應變量測等。結果可為日後營運速度提升之重要參考。

**關鍵詞**：150KPH、驗證測試、設計速度、營運速度。

---

<sup>1</sup>臺鐵局 彰化機務段 副段長

<sup>2</sup>臺鐵局 彰化機務段 幫工程司

## Abstract

*The Puyuma Express uses the tilting electrical multiple unit series TEMU2000. They were imported to Taiwan in 2012. It is an express train service of the Taiwan Railways Administration (TRA). TRA premeditated the development of Taiwan Railways. The Puyuma Express design speed 150KPH and operational speed is 140KPH, was commissioned by the TRA in order to upgrade the Taiwanese rail system.*

*Real-car testing, confirm the consistency between design and actual train, enhance the reliability of TEMU2000, and even to pass Lloyd's Register Quality Assurance (LRQA) certification. Design speed 150KPH road test range selection Sanyi - Houli. Testing road need to improve because TRA's railway and electrification system operating speed maximum 130 KPH.*

*Test items include : Tractive performance, Braking performance, Measure derailment indicator (Q/P), Measure comfort Index of train, tracking performance of pantograph, Measure track conditions for speed improvement. With the real-car test, all the performance, reliability of the railway and electrification can be measured and verified. All of measure data is performed for increasing operation speed in future.*

**Keywords :** 150KPH, verify, design speed, operational speed

## 一、前言

西元 2001 年西日本旅客鐵道公司（JR 西日本）旗下 683 系 8000 型電聯車（如圖 1、2），創下了日本國內所有在來線（窄軌鐵道系統）列車之最高營運速度 160kph；有鑑於此本局期許未來，營運速度亦能夠突破目前之最高速限 130kph。因此 TEMU2000（普悠瑪號）型傾斜式列車於購車計畫初期，即立定目標，將

新購車輛之性能規範設定為設計速度 150kph、營運速度 140kph。

TEMU2000（普悠瑪號）2012 年 10 月 25 日運抵台灣，車輛依規範從無到有，先是依照本局提供之各種數據資料，由理論計算結果設計製造完成，為期車輛能更符合台灣實際之路線、電車線特性，需要先經過一番的驗證測試與軟體調整。於一連串的調教後，再經過長達 80 天模擬營運狀況之試運轉，新購車輛方可正式投入營運。

製造廠：川崎重工業、近畿車輛、  
日立製作所、日本車輛、  
新潟運輸系統

製造年份：2001 年

投入營運：2001 年 3 月 3 日

列車編組：2M4T+1M2T

營運最高速度：160km/h

設計最高速度：160 km/h

起動加速度：1.8 km/h/s

減速度：4.6 km/h/s（正常）

5.2 km/h/s（緊急）

軌距：1067mm

車輛長度：21.5 m（非貫通設計車頭）

21.1m（貫通設計車頭）

車輛寬度：2,915 mm

車輛高度：3,590 mm

車輛重量：33.0—42.5 t



圖 1 683 系 8000 型貫通設計車頭



圖 2 683 系 8000 型非貫通設計車頭

## 二、車輛整備情形

現今軌道車輛設計製造技術提升，硬體部分已臻至成熟，為了使車輛之操控更精緻更符合人性，就需要依賴程式軟體來輔助達成。以往車輛囿於電力電子技術發展不夠成熟，操控部分大都採以機械方式來達成，因此車輛製造完成後其性能特性便已決定，很難再予以變更。目前，操控之自動控制部分皆由電子與電力電子元件來取代，透過程式的編寫可以輕易的完成特定需求特性的改變，使得車輛操控更符合需求與完美。

## 2.1 段內整備及測試

新購車輛到港下船移入機務段後，須先進行車輛界限量測，即令車輛於靜態且完全整備狀態下，置於平直軌道上車體各部位皆不得超出車輛界限，且車輛動態行駛之包絡線亦不得抵觸建築界限。車輛界限量測確認完成後，升弓啟動量測車輛電力設備對電車線電力系統之最大干擾度，即須達成發生直流成份且持續1秒以上時，電流不得超過2.6安培。另外，對於列車自動防護設備(ATP)、行車調度無線電話、列車無線防護系統等之保安設備，亦須先進行靜態測試，並於段內路線上施行基本之移動動態測試。當所有段內整備測試完成且確認行駛正線安全無虞時，即進行正線上之性能測試與試運轉。

## 2.2 正線上動態測試

TEMU2000（普悠瑪號）為城際間之傾斜式旅客列車，因此新購車輛於正線上之動態測試須包括有：車輛性能測試、乘坐品質與振動測試、車內外動靜態噪音測試、PQ軸（脫軌係數）測試等項目。

### 2.2.1 車輛性能測試

新車製造完成須先測試各項性能是否符合規範，為取得各項性能數據，車廂內佈滿了各式大小不同的電纜線與偵測裝置，更設置有各種車輛運轉操作訊號之擷取轉換設備（如圖3、4），如此就能立即且真實的記錄下所有數據資料。



圖3 牽引系統數據輸出設備



圖4 行車資料數據輸出設備

首先針對煞車性能做測試，測試由速度30、60、100、130 kph 各分別施以

1、3、5、7 及緊急緊軔等緊軔段位，檢視煞車距離、減速率、列車穩定度是否達成設計要求，因列車於速度控制模式下施軔會以電軔為優先，而牽引力控制模式下則僅有氣軔，故以上測試於兩模式下亦需分別各測試一次，經過以上繁複的確認測試，如有未符合要求者即修正軟體參數，使整體軔機系統性能達到要求。

為繪製車輛出力曲線必須先測得車輛的行駛阻力，因此選定苗栗=南勢間坡度值 20‰ 的坡道上，於上坡時將車速提升至最高速後進行惰力運轉，下坡時使車速由靜止開始惰力運轉，分別記錄時間 ( $t$ )、距離 ( $s$ ) 與速度 ( $V$ ) 的相關變化，依下式及實測所得之數據計算出各個速度點的行駛阻力大小，再予

$$r = \pm i - r_c \mp 3.93 \frac{V_2^2 - V_1^2}{s} \quad (2.1)$$

$r$ ：行駛阻力             $i$ ：千分率坡度值             $r_c$ ：彎道阻力  
 $s$ ：行駛距離             $V_1$ ：初速度                             $V_2$ ：末速度

以畫出行駛阻力曲線並推導出行駛阻力公式（如圖 5）。上坡惰力運轉所測得為惰力及緊軔時之行駛阻力，下坡惰力運轉所測得為出力時之行駛阻力，兩者間的差距即為車輛之馬達電樞、減速齒輪、車軸、車輪等迴轉部分的迴轉慣量。

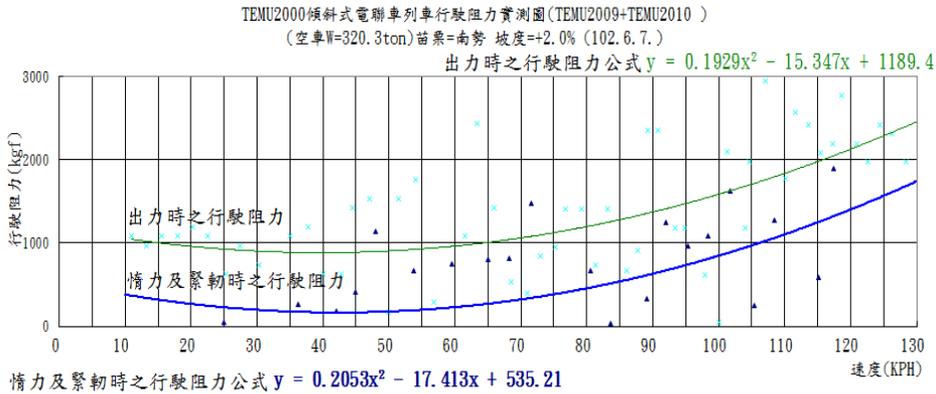


圖 5 行駛阻力曲線

再選定距離夠長之平坦直線區間，使車輛由靜止開始加速直至 130kph，同樣記錄時間 ( $t$ )、距離 ( $s$ ) 與速度 ( $V$ ) 的相關變化，配合前述所求得之行駛阻力 ( $r$ ) 後，將 2.1 式加入車輛出力 ( $f$ ) 得下式：

$$f = r \pm i + r_c + 3.93 \frac{V_2^2 - V_1^2}{s} \quad (2.2)$$

即可推導出車輛之各個速度點的出力大小，進而繪製出力曲線（如圖 6）；依此可以清楚了解車輛之加速性能是否符合規範。

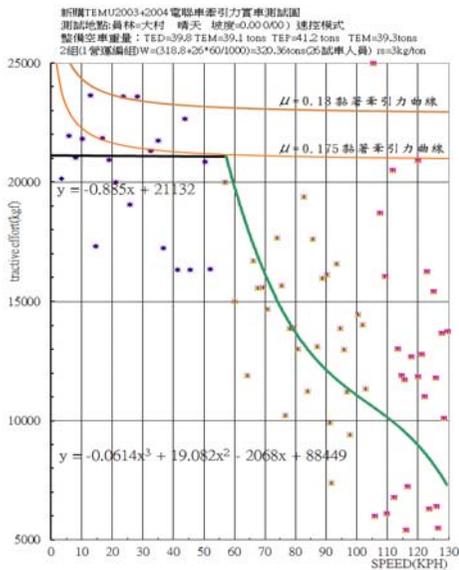


圖 6 出力曲線

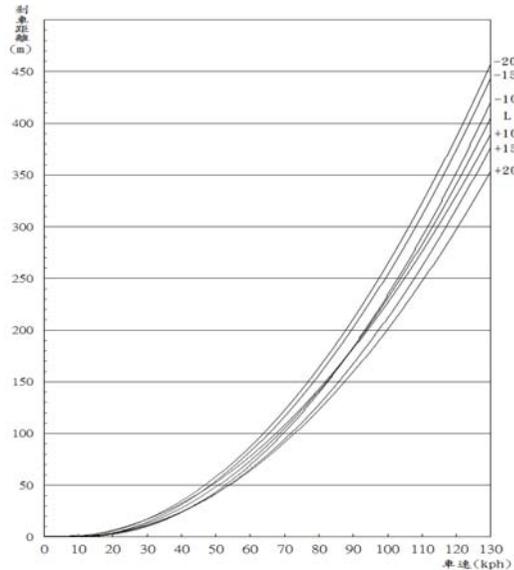


圖 7 各個坡度值緊急緊軔距離曲線

車輛最重要的加速性能及煞車性能經過實車調教與驗證測試合格，且分別獲得行駛阻力曲線、出力曲線、各個坡度值之緊急緊軔距離曲線（如圖 7）等，初步的正線上性能動態測試圓滿完成，代表新購車輛已符合標準可在本局正線上模擬營運狀態之試運轉行駛，於 80 天的試運轉中分別安排與傾斜系統相關之 PQ 軸測試及乘坐舒適度測試，使整個新車測試更臻圓滿。

### 2.2.2 PQ 軸(脫軌係數)測試

軌道車輛運轉安全性的指標為「Q/P 脫軌係數」，通常車輪踏面設計為一斜面（如圖 8）目的是因為彎道上，內側鋼軌的弧長小於外側鋼軌的弧長，過彎離心力會使車軸向外軌移動，車輪踏面與鋼軌之接觸點，外側車輪會移向輪緣車輪側，車輪滾動周長變大，而內側車輪會移向非輪緣側，車輪滾動周長變小，因此車輛可以圓滑順利過彎。

彎道上離心力促使車軸移向外側，車輪輪緣抵住鋼軌，因車輪輪緣具有一角度為  $\theta$  的斜面，使得軸重  $W$  與離心力  $F$  兩力作用在輪緣上時，在鋼軌頭上會形成切線方向的作用力  $T$ 、法線方向的作用力  $N$ ，將力  $T$  與  $N$  各分解成垂直與水平方向的兩分力，加總兩分力後即為軸重之抵抗力  $P$ ，水平離心力之抵抗力

Q (如圖 9)。假設車輪與鋼軌間的摩擦係數為  $\mu$ ，如果車輪要穩定地在鋼軌上運轉，則水平方向的合力及垂直方向的合力必須滿足以下兩式，利用

$$Q = F \leq N \sin \theta - \mu N \cos \theta \quad (2.3)$$

$$P = W = \mu N \sin \theta + N \cos \theta \quad (2.4)$$

Q 與 P 的比值可以有效評估車輛於彎道上運行的安全性。

$$\frac{Q}{P} \leq \frac{\tan \theta - \mu}{1 + \mu \tan \theta} \quad (2.5)$$

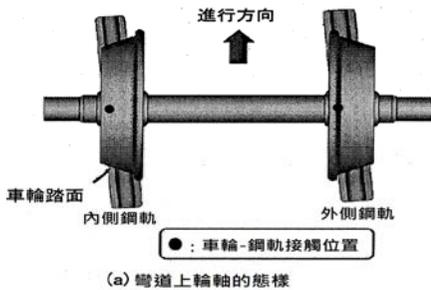


圖 8 彎道上輪軸的態樣

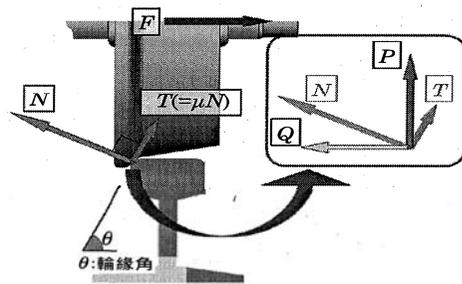


圖 9 車輪上力的作用(彎道外軌)

依照上述 Q/P 脫軌係數的理論，發展出輪重與橫壓的量測技術，用以判斷路線彎道的線形狀況，是否有肇生脫軌的疑慮。方法是於車輪輪幅挖 4 (非連續量測) 或 8 (連續量測) 個半徑 50mm 的小洞，小洞內各埋有 2 個應變計，再於小洞與車輪中心間輪幅內外各埋 1 個應變計，車輪上相對之小洞與輪幅之 4 應變計分別串接為橋式電路如 (圖 10)，當有垂直力量施於車輪上時，小洞內應變計受力變形而電阻值改變，透過橋式電路即可輸出一電壓值  $e_{out}$ ，同樣當有橫壓力量產生，輪幅內外應變計亦受力變形其電阻值改變，透過橋式電路亦可輸出一電壓值  $e_{out}$ ，力量大小的變化可經由輸出電壓值  $e_{out}$  的大小得知。

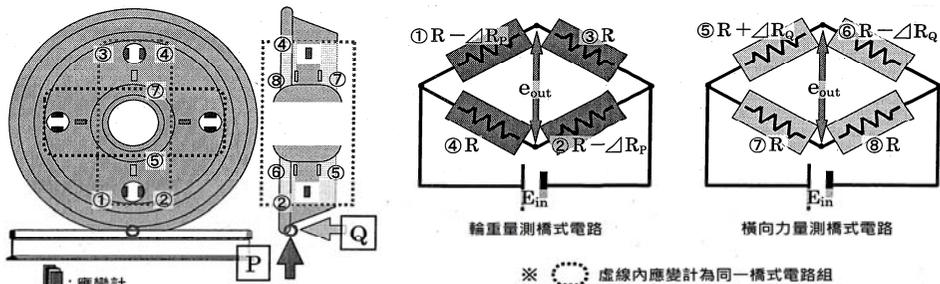


圖 10 PQ 軸應變計橋式電路(非連續量測)

車輪上之應變計透過車輪軸承上之滑環，將訊號傳輸至車廂內，再透過動態應變放大器及低通濾波器，放大並過濾掉高頻的雜訊，一方面紀錄訊號數據，另一方面經由列表機列印出線性之電壓－距離波形訊號（如圖 11），其中波形的振幅大小每 10mm 代表 50kN/V，經由人工判讀 QP 波形震幅的比值，即可得知有脫軌疑慮的地點。

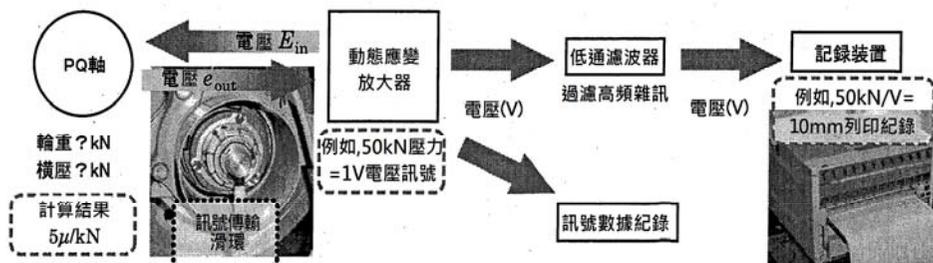


圖 11 車上測定設備接線示意圖

本次新購 TEMU2000（普悠瑪號）傾斜式列車，購車規範即要求立約商必須對本局電化區間所有路線，進行 PQ 軸脫軌係數量測；此次是採用 8 個小孔連續量測法之新式 PQ 軸（如圖 12、13）；方法是將埋有應變計之量測車軸，替

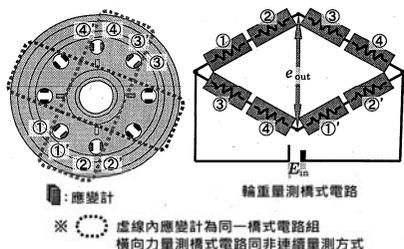


圖 12 新式應變計橋式電路(連續量測)

圖 13 新式連續量測車輪

換原車軸安裝於車頭第 1 軸（如圖 14、15），針對東、西正線之上、下行並分別以傾斜系統啟動與非啟動進行量測，首先由彎道原速限開始，每次再以增加 5kph 的速度提速過彎，直至彎道提速增加為 25kph 為止。



圖 14 PQ 測定軸更換



圖 15 PQ 測定軸更換安裝完成



圖 16 PQ 軸測試結果列印輸出



圖 17 PQ 軸測試結果判讀

經過數十個夜晚的努力，車上人員透過及時列印的數據資料，立即判讀脫軌係數並詳加記錄（如圖 16、17），對於有疑慮的彎道路段提出加強整修的要求，但礙於地形地物影響而無法改善提速之彎道，則限制其提速的程度，如此即可以完全確保過彎提速的行車安全。

### 2.2.3 乘坐品質與振動測試(傾斜系統測試)

由於列車加裝傾斜系統並不是為了過彎提速，因為過彎提速的安全性，已經透過 PQ 軸脫軌係數量測獲得確認，而傾斜系統的目的是為提升乘坐品質。軌道系統彎道之超高度、介曲線及速限的設計，皆是考慮車輛過彎時乘客的乘坐品質，如果過彎速度超過設計速限，加大的離心力會破壞原有的乘坐品質。為了確認新車的乘坐品質能夠符合規範要求，於列車之每一車廂地板上安裝有 3 軸向加速計（如圖 18、19），偵測並記錄車輛的上下、前後、左右的震動數值，以此判斷乘坐品質進而修正傾斜系統的控制時機及角度，利用車身的傾斜來抵消因過彎提速所加大的離心力。



圖 18 車廂地板安裝加速計



圖 19 乘坐品質偵測設備

### 三、路線、電車線整備情形

#### 3.1 路線整備

為實施 TEMU2000（普悠瑪號）傾斜式電聯車 150kph 驗證測試，測試路段必須為無平交道、平坦直線、特甲級線養護標準值以上之路段，經研議選定三義-后里間之泰安高架橋路段(k168~k171)，約北起大安溪北側隧道口，跨越大安溪至泰安車站南側隧道口。

##### 3.1.1 測試路段現況

依車輛加減速過程，將測試路段區分為三個區，分別為加速區、極速區以及減速區，加速區測試車輛由車速 130kph 開始加速直到極速區，測試車輛在極速區車速會達到 150kph 左右，減速區則按車輛緊急煞車之減速率，由極速區之車速逐漸減速通過減速區至停止。

因選定之測試路段在極速區與減速區為高架橋，高架橋梁上部之構造(如圖 20)，主要由 I 型梁、橋面板與石碴軌道系統再輔以 PC 軌枕所組成，其軌道平整度已優於一般之平面路段；為了此次的測試，仍於測試前再特別加強其水平養護。

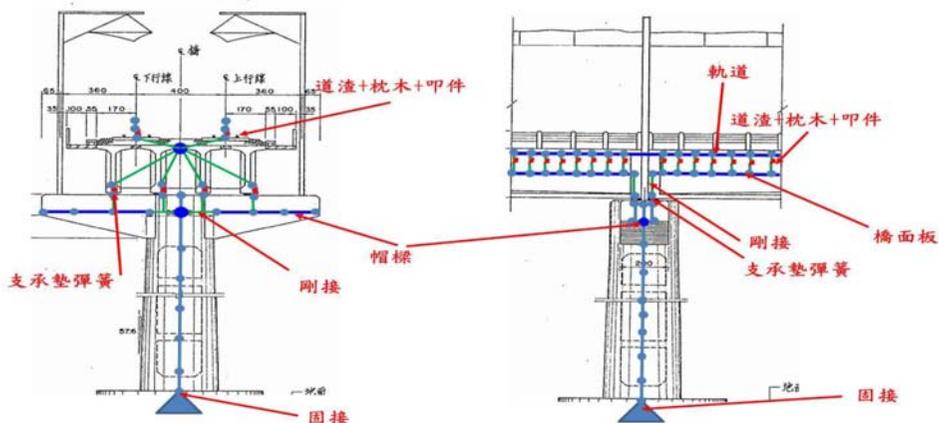


圖 20 測試路段高架橋構造斷面圖

### 3.1.2 提速後車、軌、橋互制行為探討計畫

配合本驗證測試計畫，工務單位亦針對在高車速行駛條件下，車輛加速、減速過程對鋼軌與橋梁上構，附加外力所引致之力學行為，以及於極速行駛時對橋體震動之影響性，進行特別的量測分析研究，計畫用以深入了解車速提高後，車、軌、橋互制行為，並比較普悠瑪號與其他營運列車，對同場址所產生之力學反應，藉此作為軌道與橋梁結構強化之參考依據。

針對鐵軌受力應變情形，於鋼軌三個不同的位置安裝光纖應變計(如圖 21)，而橋樑之 I 型梁、帽梁等之震動情形，則利用三軸向加速計偵測並記錄(如圖 22)，依照結果研判提速對軌道橋梁的影響情形。

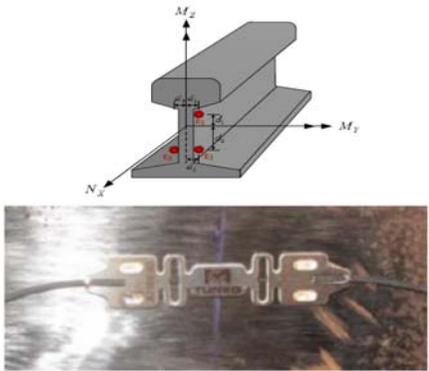


圖 21 光纖應變計及鋼軌安裝處

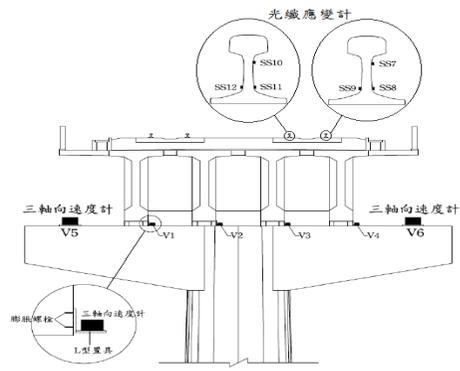


圖 22 各應變計加速計安裝位置

## 3.2 電車線整備

一電車線使用再大的張力也無法使其從頭至尾都能夠拉成水平狀態，因此要使用一鋼纜當主吊線，利用垂直之吊掛線將電車線吊掛修正成水平，當集電舟以不同的速度滑過時，電車線會產生不同頻率的震動，如果車速提高振動頻率加大，又未予以適當的阻尼，可能會發生共振放大效應而致電車線斷裂。此次的提速測試，有關架空電車線必須予以加強整備。

### 3.2.1 本局架空電車線現況

目前本局所使用的架空電車線型式為簡單且最有代表性的簡易頂尖鏈掛

式（如圖 23）。主要由主吊線及與集電舟接觸之接觸線組成，接觸線則利用一端掛於主吊線之吊掛線（10 公尺為一間隔安裝），調整使得接觸線可以維持水平狀態（如圖 24）。此種形式的架空電車線如果加強主吊線和接觸線的強度及張力，即接觸線線材使用帶槽之硬銅線，主吊線為多股之鍍鋅鋼絲線，則列車運轉速度可由 100kph 提升為 130kph。

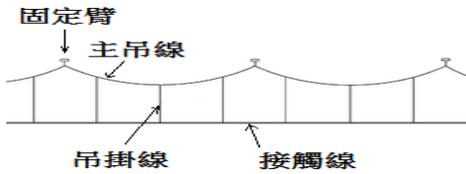


圖 23 簡易頂尖鏈掛式架空電車線



圖 24 架空電車線實體圖

### 3.2.2 高速架空電車線

電力列車通過時接觸線須承受集電弓上升之推力，此時接觸線會有隆起的現象，當集電弓高速滑過接觸線，會因此產生激烈之前進隆起波，如未適當予以消除可能造成電線斷裂之損壞。為因應車速的提升，必須設法減少或吸收接觸線的隆起震動，減少隆起幅度的方式，乃於主吊線與接觸線之間再增設一輔助吊線，而主吊線與輔助吊線間仍利用 10m 為間隔之吊掛線相互鏈掛，而輔助吊線與接觸線間再以 5m 為間隔的輔助吊線相互鏈掛（如圖 25、26），因增加一輔助吊線可有效抑制接觸線的震動，如果要再吸收震動能量，輔助吊線可加裝一複合之吸震材料，吸收接觸線的震動，如此列車速度可提升至 160 ~ 200kph。

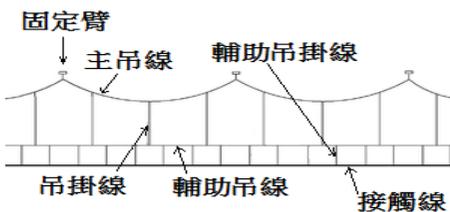


圖 25 強化型頂尖鏈掛式架空電車線



圖 26 強化型架空電車線實體圖

### 3.2.3 集電舟追隨性能監控記錄

列車高速行駛，車身隨軌道上下起伏跳動，設置於車頂上之集電弓亦隨之

伸縮，集電舟頂著接觸線，一方面要隨集電弓起伏，另一方面又要跟著接觸線震動，兩者間的追隨性能影響著集電舟的離線跳火與否，集電舟的離線跳火更會使車輛主變壓器產生大量的直流成分，進而影響電力系統供電品質、號誌系統軌道電路干擾、車輛牽引系統動力限制、車輛剎車系統電動力的穩定。因此高速行駛下集電舟追隨性能的確立是非常重要的。



圖 27 集電舟追隨性能監視設備



圖 28 監視影像

為了清楚了解集電舟之追隨性能及電車線的震動情形，車頂裝設有高性能攝影鏡頭，針對集電舟進行即時監視，監控訊號連接至車廂內之顯示器及影像處理儲存設備（圖 27、28），配合車速及行駛距離訊號，如此亦可事後追蹤異常電車線地點，而加以修正改善。

#### 四、150kph 驗證測試經過與結果

102 年 1 月 18 日凌晨 4 點 30 初春黎明前的寒夜，TEMU2000(普悠瑪)列車由樹林調車場出發，疾速奔馳開往彰化（如圖 29）；測試團隊（如圖 30）各自忙著準備各種蒐集資料的儀器設備，期待天明後完成臺鐵歷史性的一刻，列車行駛至彰化站折返，隨後將於后里至三義間執行最高 150 kph 車速的行駛驗證測試任務。



圖 29 泰安高架橋測試路段現場



圖 30 TEMU2000 駕駛室

## 4.1 驗證測試經過

本次 150kph 驗證測試共安排 102 年 1 月 17、18、19 日三天，第一天 1 月 17 日先將行駛速度由 130kph，以每趟增加 5kph 的方式逐漸推升車速，按最保守的方式進行測試。第二天 1 月 18 日正式進行車速 150kph 的驗證測試，測試當天於車上架設多部攝影機，忠實紀錄下歷史的一刻（如圖 31）。



圖 31 驗證測試速度達 150kph 時之紀錄照片

150kph 車速對本局的路線、電車線來說是首次的挑戰，全體試車人員不論是車輛設計製造廠商，本局運、工、機、電各處人等，無不戰戰兢兢的面對，車廂內滿布電纜線及各項偵測及紀錄之儀器設備（如圖 32、33），共包括有：牽引動力系統偵測設備、軔機系統偵測設備、傾斜系統偵測設備、噪音偵測設備、PQ 軸量測設備、乘坐舒適度量測設備、集電舟追隨性能監看設備…等等，當車速突破 150kph 時，人人秉住氣息眼睛緊盯儀器設備不敢鬆懈（如圖 34、35），直至列車煞車停車後才露出了笑容，滿心歡喜的共同見證歷史性的一刻。



圖 32 車廂內滿布儀器設備



圖 33 聚精會神的監看數據輸出



圖 34 傾斜系統作動情形攝影記錄



圖 35 集電舟追隨性能監看

本次測試路段為泰安高架橋之平直路段，長度約 3 公里左右，為期測試可以順利完成，事先依性能測試結果估算出所需之加速距離、減速距離及剩餘可極速行駛的距離，再將整個測試路段區分為加速區、極速區、減速區，繪製出試車車速與里程歷時曲線圖（如圖 36）供試車人員遵循。

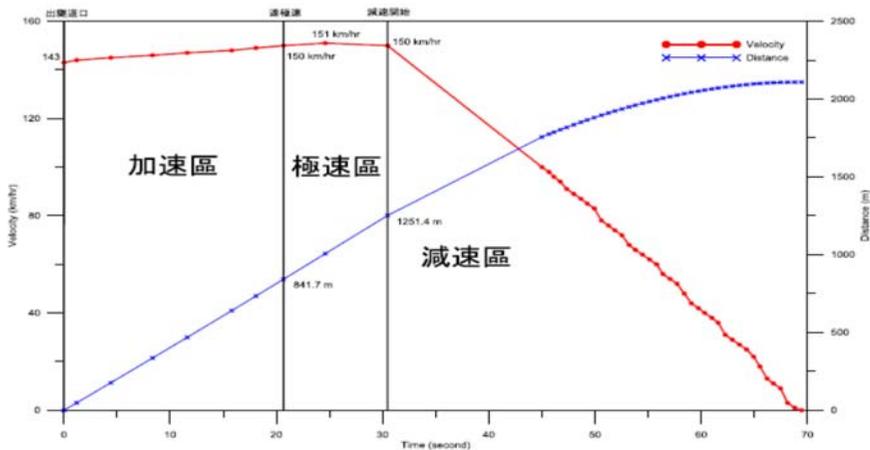


圖 36 車速與里程歷時曲線

## 4.2 驗證測試車輛性能記錄

驗證測試除了上述的各項監控項目外，更重要的是車輛的出力及煞車性能

的記錄，新車剛購入之初業已針對 0~130kph 之車輛性能，充分地進行了調教與量測，而 130~150kph 的車輛性能，必須利用此次難得機會詳細加以紀錄並驗證。依照測試前已擬定之車速與里程歷時計畫，於進入加速區時將車速提升至 130kph，加速區則全力加速直至 150kph，利用儀器設備記錄車速、馬達電流與時間的變化（如圖 37），以便觀察及推算車輛的出力情形，藉此驗證車輛於營業速度及設計速度的加速性能。

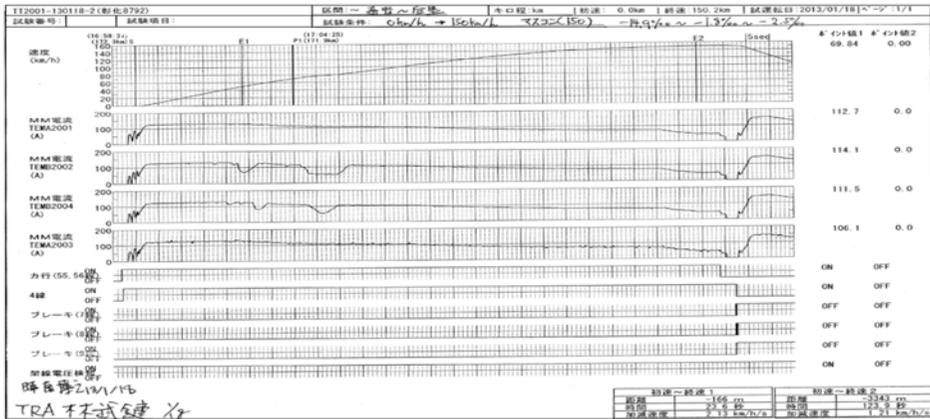


圖 37 驗證測試牽引系統記錄曲線

同樣的，車輛於高速 150kph 時的煞車性能，亦須由此次機會予以測試了解，方法也是利用儀器設備記錄車速、馬達電流、軔缸壓力與時間的變化（如圖 38），以便觀察及推算車輛的煞車性能。

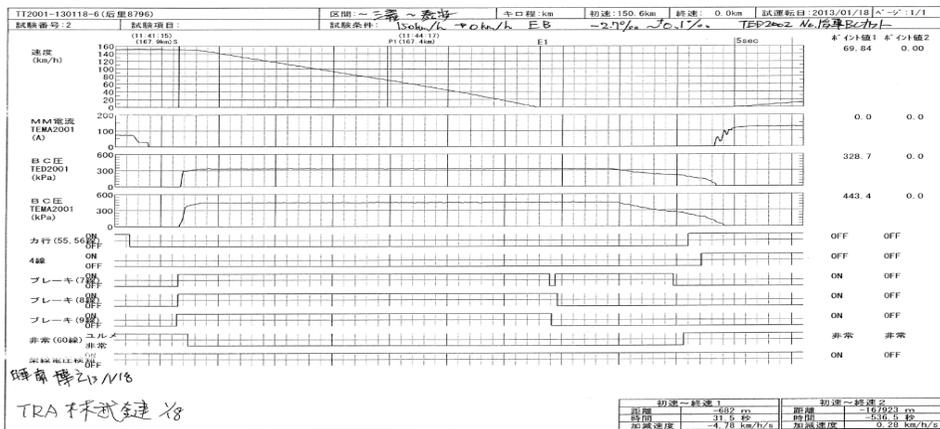


圖 38 驗證測試煞車系統記錄曲線

### 4.3 驗證測試結果

經過 3 天的辛苦努力，確認了各項行車數據與結果，完全符合規範的要求，無論是車輛的電力系統、牽引系統、煞車系統、傾斜系統、乘坐品質等，或是地面的架空電車線供電系統、橋梁路基的軌道系統，皆如事先計畫的達成要求；過程中所有收集的數據資料包括：車輛的出力、氣軔力、電軔力、三軸向的震動力、集電舟的追隨能力等，以及電車線的震動力、橋梁、道砟、鋼軌的三軸向應變力，這些都是未來本局行車速度提高的珍貴參考資料。

## 五、基準運轉時分

新車購入後要加入營運，必須排入現有之運行時刻表內，因性能特性不同，所以須先獲得新車的站間基準運轉時分，再依照基準運轉時分排定時刻表而加入營運。

### 5.1 基準運轉時分計算

經由車輛性能測試所獲得的數據資料，可以繪製出車輛的行駛阻力曲線、出力曲線、煞車曲線，再由各個曲線分別推導出方程式，利用各個方程式配合路線之彎道、坡度資料，即可推算出站間的基準運轉時分。

$$A = \frac{f - r \pm r_g - r_c}{28.3} \quad (5.1)$$

$$V_2 = \sqrt{V_1^2 + 7.2AS} \quad (5.2)$$

$$t = \frac{V_2 - V_1}{A} \quad (5.3)$$

$A$ ：加速度     $f$ ：加速力     $r$ ：行駛阻力     $r_c$ ：彎道阻力     $r_g$ ：坡度阻力  
 $V_1$ ：初速度     $V_2$ ：末速度     $S$ ：行駛距離     $t$ ：行駛時間

## 5.2 運轉時分自動計算模組

本局委託開發之運轉時分自動計算模組，其運轉時分之推算方式，皆本於前節所列舉之公式及計算方法，而此運轉時分自動計算模組，需預先鍵入各種車型基本資料、性能資料，以及場站股道月台資料，路線之坡道、彎道資料，號誌機、地上感應子植設里程資料，於選定所要自動計算之區間後，即可快速獲得每一站間的運轉時分。

進入系統後，首先設定列車編組種類（如圖 39），選擇想要計算運轉時分的車種，接著設定行駛路線（如圖 40），將起訖站及停靠站設定串接完成，系統更可以由使用者指定站內停靠或通過的股道，在按下執行按鈕後系統會立刻計算出，行駛路線內所有站間運轉時分，其中包括有：理論計算值、建議值、進整值，共使用者參考。



圖 39 列車編組設定



圖 40 行經路線設定

當系統自動計算出運轉時分，同時會顯示車速-里程之運轉曲線，供使用者利用目視方式，快速的瀏覽計算結果，判斷是否合理且符合實際運轉態樣，如果發現背離實際狀況，可以進入運轉歷程計算頁面（如圖 41），利用人工微調的方式，調整系統的計算結果（如圖 42），使得系統運算的運轉時分可符合實際運用。

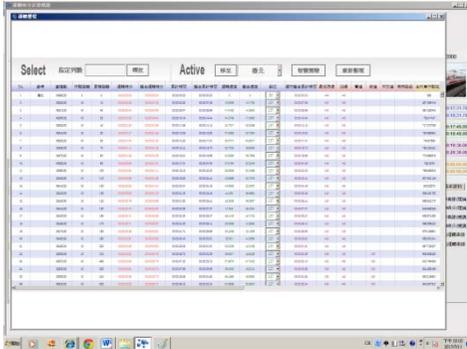


圖 41 運轉歷程人工微調

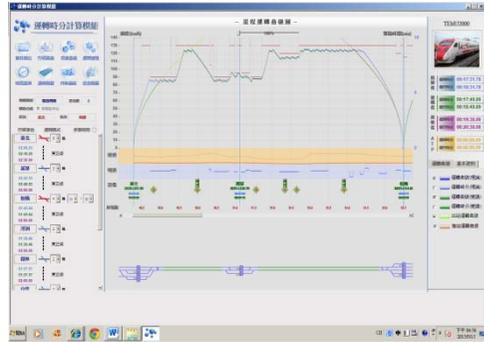


圖 42 運轉時分計算結果

系統自動計算及經過人工檢視微調後，將每一站間停靠、通過、交會、待避、行經股道之所有情境運轉時分行點資料儲存至資料庫，依此可以進行營運時刻表模擬、製作，及提供調度所行車調度員運轉整理時，安排交會、待避、追越、停等之重要參考依據。

新車購入經過各項的檢驗測試及驗證認證，並成功達成相關數據資料的蒐集。至此，已經完成所有加入營運的準備工作，只要利用計算所得的運轉時分行點數據，排出實際的營運時刻表，新車就可以正式加入營運，一切努力辛苦畫下完美的句點。

## 六、結論

新車從無到有，各種規範的制定、審查會議的召開討論、車輛監造與缺失的修正、進口到港迴送計畫與安排、段內整備測試、實車性能測試、PQ 軸的測定、驗證與認證的執行、相關車上地上數據資料的蒐集、運轉時分計算、時刻表的排定，最終的新車加入營運。這一切的一切為本局累積了珍貴有形及無形的資產，這更是奠定台灣鐵路提升再提升的堅強基石。

# 臺鐵局行車保安資訊系統

## TRA Train Protection and Safety Information System

陳明銓 Chen, Ming Chuan<sup>1</sup>

聯絡地址：臺北市北平西路3號5001室(機務處)

Address：Room No. 5001, No.3, Beiping W. Rd., Taipei.

電話(Tel)：02-23815226-2757

電子信箱(E-mail)：0751633@railway.gov.tw

### 摘要

臺鐵局因應複雜之列車運轉環境，並擺脫以人工登錄並查詢行車事件(故)之模式，建置行車保安資訊系統，引進風險管理，透過電腦有系統統計、分析，並以獨特量化方式產生風險值，經由WEB環境，使用者透過電腦連接網際網路，可了解臺鐵局所發生之行車事件，以有效防止類似事件再度發生，期防範事故於未然。

**關鍵詞**：行車保安、行車事故、管理資訊系統

### Abstract

*Facing up to the complicated environment of the train operation and to get out of the mode by registering the incidents or accidents of the train operation by hands, TRA has established the train protection and safety information system, conducted the risk management. And through systematically calculating and statistical analysis of computers, and by way of the unique quantification to generate risk numerical value ,therefore, users can connect Internet via the web environment to find out the train operation incidents of TRA to prevent similar incidents from happening again so as to nip the accidents in the bud.*

**Keywords** : train protection, train accident, management information system

---

<sup>1</sup> 臺鐵局 機務處 副工程司

## 一、前言

交通部臺灣鐵路管理局，以超過二甲子之企業，因歷史悠久，也因車種、設備業務的多元，相對也增加行車運轉的複雜度，面對快速轉變的時代，臺鐵需積極轉變，跟上時代腳步，否則將為時代所淘汰。有鑑於臺鐵局路線多屬開放性空間，臺鐵局各種行車事件(故)如：死傷事故、動力車故障、路線故障、電車線故障、號誌故障，或因人員疏失未依 SOP 而發生激撞、出軌等責任事故，臺鐵局行車事件(故)雖大部分為非歸責臺鐵局之事件(故)，但每年平均仍約有 900 件之多，行車案件之管理為當務之急。臺鐵行車事件(故)發生原因錯綜複雜，惟數拾年來仍停留在人工登錄之作業方式，不僅資料取得困難，且缺乏系統之分析，亦即在此之前，臺鐵局並無一個專為行車事件(故)所建立之資料庫，在邁入企業化經營之臺鐵局，是一件很難被接受之事實。

建立行車事件(故)資料庫，以系統性之分析，並導入風險管理觀念，以便整理歸納，研訂防範措施，統計分析事故類別及原因。另平交道事故也因為公路用路人守法觀念淡薄，闖越平交道亦屢有所聞，尤以 101 年 1 月 17 日埔心幸福水泥平交道事故，除本局損失超過 2 億新臺幣，更讓本局損失一位優秀司機員。因此，建構本局行車事故資料庫，有其必要性，行車保安資訊系統之建立，期望透過事故分析，找到事故發生原因，並據以改善，確保鐵路行車安全、提升行車準點率及服務品質。

## 二、建置過程

- (一)、本行車保安資訊系統之建立，經資訊中心全力配合，將 81 年起之歷年紙本事故資料先以電腦化建檔，於 97 年 8 月開始進行系統規劃，並於 97 年 12 月內完成初步架構，於 98 年 3 月經交通部道安委員會蒞臨本局作平交道年度視導時，展示初步成果，並經與會專家學者提供修正意見，使本局行車保安資訊系統之架構發展更趨完整，尤其行車事件(故)風險管理數值量化為本局獨創。
- (二)、建立平交道專區子系統，管理本局約 500 處平交道包含平交道基本資料、養護情形以及事故資料，方便分析與查詢，並配合調查各個平交道交通量，使平交道事故之各項分析資料更具客觀性。
- (三)、以快速應用程式開發(Rapid Application DevelopmentRAD)軟體發展，並全由本局同仁自行開發應用程式，且可依照使用更新的需求，進行客製化設計，並導入風險管理模型。

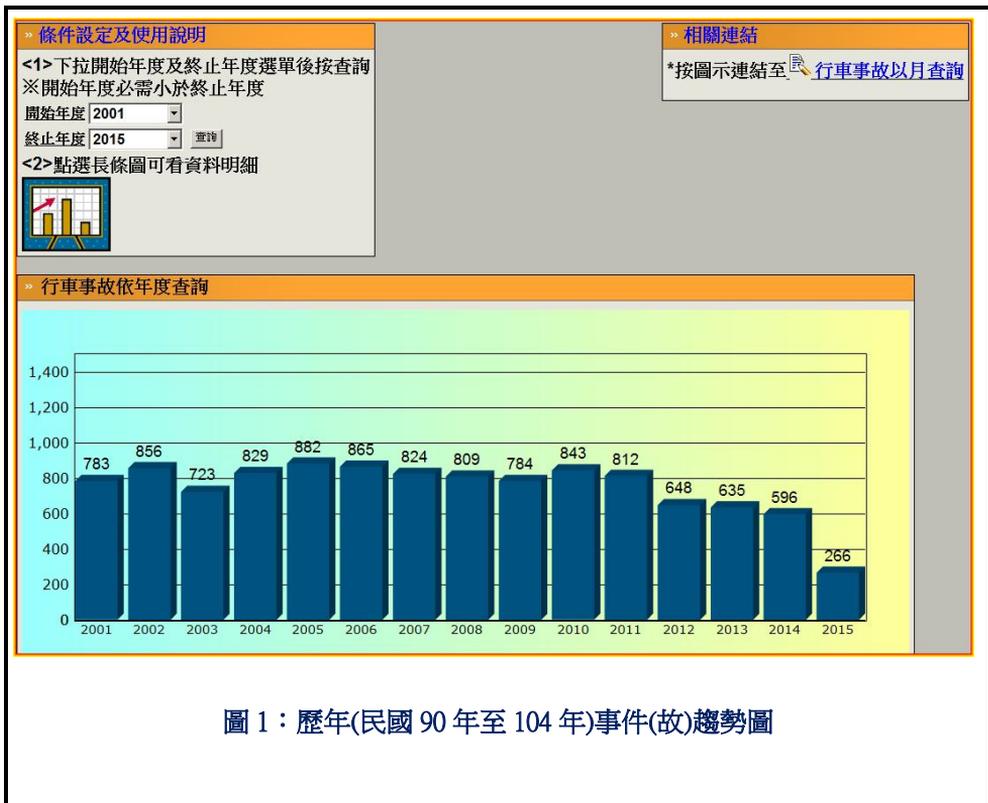
### 三、系統功能簡介

以 RAD 建置，配合圖形資料大量的呈現，易於分析大量的資料，並支援本局運務、工務、機務、電務及行車安全管考部門，實施行車保安全管理作業。導入風險管理觀念。

系統主要功能如下：

#### 3.1 建立事故(故)資料庫

建置自民國 81 年迄 103 年行車事件(故)資料，共約 2 萬 1,000 件事件(故)，非行車類事件(故)自民國 97 年 8 月迄今約 5000 件。包含事件(故)發生之人、事、時、地、物，事件(故)發生之概況及原因等相關資訊，以方便日後行車事件(故)之分析與防範對策之擬定等。



### 3.2 事件(故)類型分類

將事件(故)類別整併為 11 類、保留事件(故)分類 33 類、臺鐵分類 73 類，依特性再細分細部原因約 1000 種，讓使用者可依不同需求做細部分析。

表 1：事件(故)大類 11 類及事件(故)分類

整併後事件(故)種類 11 種	原規章規定事件(故)分類 33 種	整併後事件(故)種類 11 種	原規章規定事件(故)分類 33 種
1.車輛衝撞	1.衝撞 2.車輛衝擊 3.列車邊撞 4.車輛邊撞 5.止衝檔衝擊	7.號誌及電力設備故障	16.電力設備故障 17.號誌機故障 18.閉塞裝置故障 19.轉轍器擠壞
2.出軌	6.傾覆 7.列車出軌 8.車輛出軌	8.列車障礙	20.列車障礙 21.列車妨礙 22.工程車輛障礙 23.車輛遺留
3.車輛火災	9.火災	9.列車延誤	24.列車遲延 25.號誌機外停車 26.進入錯線
4.車輛故障	10.機車故障 11.電車故障 12.機動車故障 13.客車故障 14.貨車故障	10.行車運轉死傷	27.死傷
5.路線故障	15.路線故障	11.其他事件	28.列車分離 29.車輛溜逸 30.路牌錯誤 31.無閉塞行車 32.辦理閉塞違章 33.其他

### 3.3 事故資料填報

事件(故)資料填報如事件(故)大類、事件(故)種類、發生原因、發生原因分析、平交道名稱、氣候、原因描述、發生日期時刻、相關人員姓名、責任單位、車次 民眾死亡人數等欄位，約 80 個子項目，使系統可依人、事、時、地及物等做分析及查詢事件(故)資料。

The screenshot shows a web-based form for reporting a single incident. The form is titled "行車事故記錄明細表" (Single Incident Details Table) and includes several sections for data entry:

- Header:** Includes navigation links for "行車事故記錄簡表查詢", "行車事故登錄記錄搜尋", and "回死傷查詢".
- Basic Information:**
  - 事故編號: 20091231-05
  - 事故大類: 車輛故障; 事故種類: 電力機車故障
  - 發生原因: 設備因素; 事故原因分析: 電氣故障; 影響程度: 輕微的
- Cause Description:** 原因描述: B416號第一、三馬達動力接地
- Impact and Details:** 影響程度及影響: 本次車台北站晚20分 (23:25) 開車，行駛西正線至K23+000附近，因機車B416號第一、三馬達動力接地致集電弓自動降下無法行駛，經司機員手動隔離第一、三馬達後續駛，松山站計晚32分到達 (增延12分)，影響：33/13分、1295/10分、2556/13分、2572/20分、2548/17分、2558/8分、2044B/20分、65/5分，共8列次車/106分。(機車保養段：七增機務段)
- Location and Crossing Information (平交道及位置資料區):**
  - 發生日期時刻: 2009/12/01 23:30; 氣候: [dropdown]
  - 發生地點區間: 臺北-松山; 線區: 縱貫線; 縣市: 台北市; 里程數: K23+000
  - 平交道編號, 平交道縣市, 平交道線區, 平交道名稱, 平交道里程: [input fields]
- Fatalities and Injury Information (死傷資訊資料區):**
  - 死傷人員姓名: [input field]
  - 死亡人數: 0; 民眾死亡人數, 旅客死亡人數, 員工死亡人數: [input fields]
  - 受傷人數: 0; 民眾受傷人數, 旅客受傷人數, 員工受傷人數: [input fields]
  - 總獎金額, 表格金額: [input fields]

圖 2：單次事件(故)明細表

### 3.4 事件(故)件數推估

可依事件(故)大類分析並依分析數據推估至當年底可能事件(故)數，以先期防範當年度事件(故)數，達成減少事件(故)件數，找出事件(故)類型弱點。



圖 3：事件(故)件數推估圖

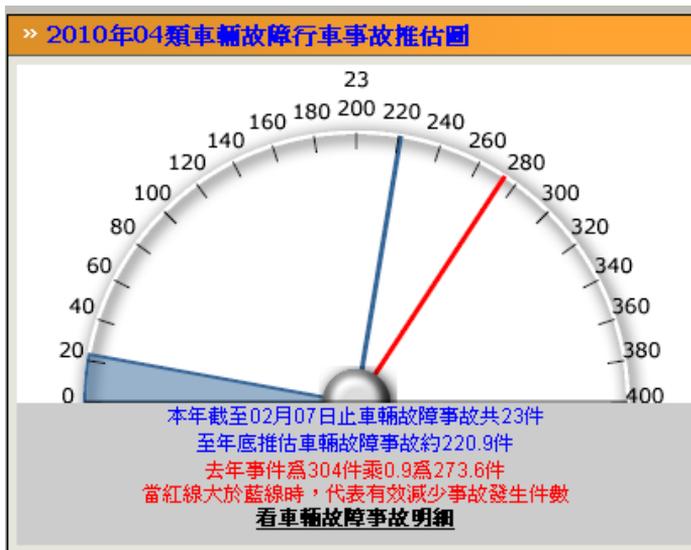


圖 4：車輛故障事件(故)件數推估圖

### 3.5 責任事故查詢

由於行車責任事故皆為本局員工疏失，未依章或 SOP 辦理行車業務所引起的，應該透過管理的手段來改善，擬定對策後，依責任事故由上而下檢討各單位(由局本部至段級單位)缺失，即依責任事故進行統計分析本局各分支機構行車運轉缺失，並訂出改善期望值，由於運、工、機、電各處或段，皆由本局訂定行車責任事故管制件數，透過系統，本局相關處或分支機構將很清楚知悉本單位之責任事故，藉由激勵措施，達成事故件數改善之目標管理。



圖 5：行車責任事件(故)查詢

### 3.6 各種事件(故)同期比較

可依各種需求進行資訊比較，如行車事故同期比較、車輛故障同期比較、平交道事故同期比較，透過系統，相關人員可取得同一時期之比較，方便了解過去一段時間擬定之對策，對於事故之改善，是否已經達成預定之成效，或必須立即修正各項事故改善之策略方向。

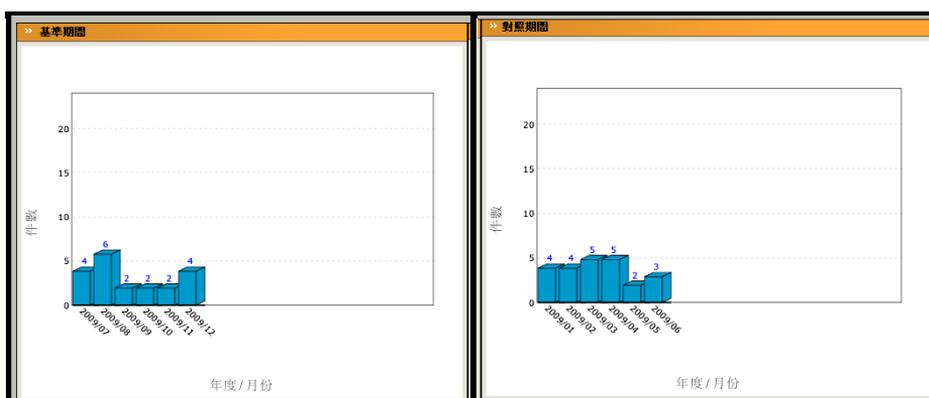


圖 6：平交道事故基準期間事故件數

圖 7：平交道事故對照期間事故件數



圖 8：平交道事件(故)資料分析

### 3.7 導入風險管理

為防範事故於未然，將發生事故之危險因子先做有效之管控，實施風險管理，為確保行車安全，臺鐵局率先將風險值予以量化，與其他單位做明顯區隔，並作成風險矩陣圖，其最多採用 10x10 層級，亦可合併為 5x5 層級，係將發生機率 (L) 以 10 年事故發生平均值做基礎 ( X 軸)，並將嚴重程度 (I) 以各業務單位業務特性訂定標準 ( Y 軸)，然後將風險矩陣圖中所有事故件數皆量化，以作為防範事故之重點及優先改善次序之參據。



### 3.8 行車保安資訊系統子系統功能如下

系統主要分為行車事件(故)子系統、非行車事件(站內事件)子系統、風險管理子系統、行車安全測驗暨聯合檢查表子系統、平交道資料子系統、虛驚事件子系統等六個子系統，細部功能如下：

#### 3.8.1 行車事故子系統細部功能

表 2：行車事件(故)子系統細部功能

(1)近年行車事件(故)發生頻率比較圖(垂直叢集長條圖)	(15)歷年行車事件(故)發生頻率圖(按事故種類)
(2)歷年行車事件(故)發生頻率圖(按事故種類)	(16)歷年責任事件(故)獎懲查詢
(3)行車事件(故)發生頻率與時間之關係	(17)排投石事件查詢
(4)行車事件(故)33 種分別查詢	(18)車輛故障查詢
(5)平交道時間與週間發生之關係	(19)平交道類事件(故)查詢(依線區)
(6)平交道事件(故)原因分析(總件數)	(20)平交道事件(故)原因分析(各年度分析)
(7)平交道事件(故)以月查詢	(21)平交道事件(故)傷亡人數統計
(8)平交道件(故)地點發生統計(依縣市)	(22)平交道件(故)地點排行榜
(9)平交道事件(故)同期比較	(23)緊急按鈕查詢
(10)運工機電行車責任事件(故)查詢	(24)事件(故)保養單位查詢
(11)歷年行車事件(故)傷亡人數統計	(25)傷亡人數統計依月份統計
(12)歷年行車事件(故)發放撫慰金與索賠情況統計	(26)跳墜車事件查詢
(13)歷年行車事件(故)資料搜尋	(27)行車事件(故)同期比較
(14)日曆事件(故)表	(28)重大事件(故)查詢

中文通報 風險管理 事故資料 受審科事件 虛假事件 航運管理

事故資料 日曆事故 事故輸入 科管案件

### 日曆事故

(1)日曆事故  
(2)車輛故障日曆事故  
(3)動力車故障日曆事故  
(4)日曆事故含車號

### 臺鐵及高鐵及臺灣新聞

台鐵 <small>powered by Google News</small>	<p><b>婦人翻越軌道遭撞台鐵2100名乘客受影響</b> 自由時報電子報 - 17 小時前 台鐵一區間車，出田中站後撞上一名婦人，婦人被輾死車輪下，警方到現場尋找跡證。(記者顧宏駿攝) .2015-06-07 23:49. [即時新聞/綜合報導]彰化縣田中鎮早上</p> <p><a href="#">相關文章 &gt;</a> <a href="#">上一頁</a> <a href="#">下一頁 &gt;</a> 自由時報電子報</p>
高鐵 <small>powered by Google News</small>	<p><b>搶高鐵董事公股徵委証書</b> 聯合新聞網 - 12 小時前 據高雄鐵路常會通知顯示，擬選任董事的公股或泛公股名單有六席，分別為飭發會、中技社、中鋼、台糖、行政院開發基金(南席)等，有不少小股東已接獲代為處</p> <p><a href="#">相關文章 &gt;</a> <a href="#">上一頁</a> <a href="#">下一頁 &gt;</a> 聯合新聞網</p>
國家 <small>powered by Google News</small>	<p><b>沙國部簽案非政府到10年癱瘓千下</b> 中時電子報 - 6 小時前 沙國部簽案非政府到10年癱瘓千下，沙國部簽案非政府到10年癱瘓千下，沙國部簽案非政府到10年癱瘓千下</p> <p><a href="#">相關文章 &gt;</a> <a href="#">上一頁</a> <a href="#">下一頁 &gt;</a> 中時電子報</p>

圖 11：日曆事件(故)表與臺鐵高鐵新聞

#### 條件設定

完成日期  [查詢資料](#)

#### 事故資料使用說明

<1>按 [此](#) 按鈕可有資料明細  
<2>條件設定輸入如2008，可進行資料查詢2008年資料，輸入如20081010，可進行資料查詢2008年資料。  
<3>點選黃色字眼可進行資料排序。  
<4>點選上一頁下一頁可查詢前一頁資料。

#### 事故資料

資料明細	車場區號	類別編號	影響程度及影響
	20150607-02	不彰(雙線中四線)	本段09:55時，加神站上行出發往加神-特野站間第8班區間車，即過特野站後發生脫軌事故，車上人員10人受傷送醫，在車後檢獲遺失物品1400餘件恢復正常，故障原因不明，故障時間總計245分鐘，影響：371209、751119、367189、306179、372149、307329、1279、308139、總計影響時數1136分。(點位與軌號：高雄電務段)
	20150607-01	1&民平車站設備中	第232次車由中港站06:10:05開車，10:09行經東正線五甲中-二水站間(243+300)前，司機員發現前方有16名學生在路中，立即鳴笛緊急煞車但已不及，該學生被撞當場死亡，立即通報檢閱單位，由東正線後檢獲2131次車在現場檢獲後於10:55開車，二水站11:02到站(晚56分)，檢獲2131次車(檢獲收未次車檢閱檢行區間車，東正線檢獲檢獲後於11:10進行常備編車，影響：110119、2122019、171029、2133329、2334129，計9段119分，高南線檢獲檢獲所檢獲車。(檢閱單位：高雄工務段)死者：吳興學(於02:05:26車，身分證字號A201906090)住址：屏東縣六堆區二重村401號
	20150606-03	1男傷(男)由山崗間平交道	第1193次車由加神站12:16開車，行經東正線，12:19行經五甲中-二水站間(243+300)前，司機員發現一男子由山崗間平交道，立即鳴笛緊急煞車但已不及，該男子被撞受傷，即通報檢閱單位，傷者由1193次車送醫送醫後不治死亡，影響由第1193次車(影響次車晚26分)行駛至正線五甲中檢獲檢獲，本次車檢獲檢獲12:35到站現場檢獲，13:05行檢獲，七增站計晚5分(12:22)到站，高南七增站檢獲檢獲，影響：1194209、1198209、2112159、1201209、1203119，計9段109分。(檢閱單位：台北工務段)
	20150606-02	護警一男到於加神站	第117次車二水站晚29(11:52)到站，行經東正線，11:56行經五甲中-二水站間(243+300)前，司機員發現路上一男到，鳴笛緊急煞車，護警被撞受傷，護警被撞受傷後送醫送醫後不治死亡，影響由第117次車(影響次車晚26分)行駛至正線五甲中檢獲檢獲，本次車檢獲檢獲12:35到站現場檢獲，13:05行檢獲，七增站計晚5分(12:22)到站，高南七增站檢獲檢獲，影響：1194209、1198209、2112159、1201209、1203119，計9段109分。(檢閱單位：台北工務段)
	20150606-01	開道方向無法建立良好研察	第305次車由加神站(09:58)開往特野站，(僅特野站上行出發開道無法建立，司機員發現前方有16名學生在路中，立即鳴笛緊急煞車但已不及，該學生被撞當場死亡，立即通報檢閱單位，由東正線後檢獲2131次車在現場檢獲後於10:55開車，二水站11:02到站(晚56分)，檢獲2131次車(檢獲收未次車檢閱檢行區間車，東正線檢獲檢獲後於11:10進行常備編車，影響：110119、2122019、171029、2133329、2334129，計9段119分，高南線檢獲檢獲所檢獲車。(檢閱單位：高雄工務段)死者：吳興學(於02:05:26車，身分證字號A201906090)住址：屏東縣六堆區二重村401號
	20150605-01	護警不判物體	第247次車由加神站(19:20)開車，行經東正線，19:21行經五甲中-二水站間(243+300)前，司機員發現一男子由山崗間平交道，立即鳴笛緊急煞車但已不及，該男子被撞受傷，護警被撞受傷後送醫送醫後不治死亡，影響由第247次車(影響次車晚26分)行駛至正線五甲中檢獲檢獲，本次車檢獲檢獲12:35到站現場檢獲，13:05行檢獲，七增站計晚5分(12:22)到站，高南七增站檢獲檢獲，影響：1194209、1198209、2112159、1201209、1203119，計9段109分。(檢閱單位：台北工務段)
	20150604-01	護工間車人員行先路	第327次車由加神站(21:40)開車，21:47行經五甲中-二水站間(243+300)前，司機員發現一男子由山崗間平交道，立即鳴笛緊急煞車但已不及，該男子被撞受傷，護工被撞受傷後送醫送醫後不治死亡，影響由第327次車(影響次車晚26分)行駛至正線五甲中檢獲檢獲，本次車檢獲檢獲12:35到站現場檢獲，13:05行檢獲，七增站計晚5分(12:22)到站，高南七增站檢獲檢獲，影響：1194209、1198209、2112159、1201209、1203119，計9段109分。(檢閱單位：台北工務段)

圖 12：事件(故)查詢

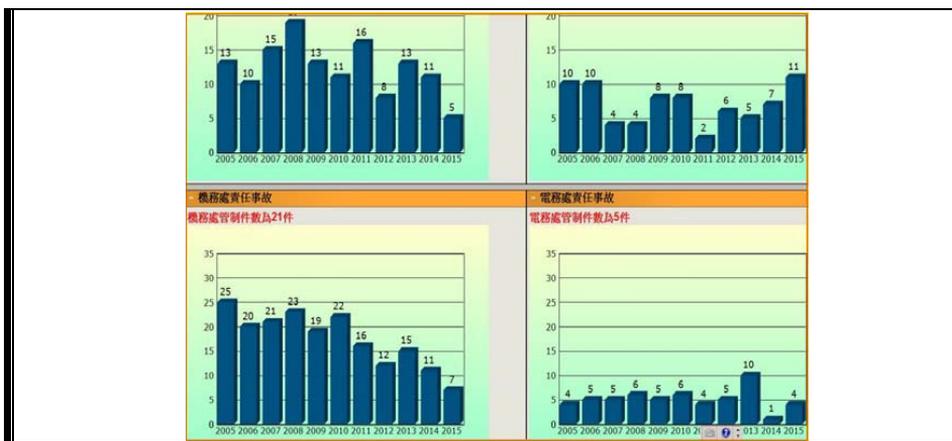


圖 13：各處年度行車責任事件(故)查詢

### 3.8.2 營業科事件(故) (站內事件)子系統細部功能

表 3：營業科事件(站內事件)子系統細部功能

(1)旅客跳下車事件查詢	(11)旅客跳上車事件查詢
(2)旅客墜車事件查詢	(12)旅客身體不適事件查詢
(3)月台跌倒事件查詢	(13)電扶梯事件查詢
(4)樓梯跌倒事件查詢	(14)候車室事件查詢
(5)月台車廂縫事件查詢	(15)車門夾傷事件查詢
(6)急煞事件查詢	(16)列車設備事件查詢
(7)旅客互毆事件查詢	(17)其它事件查詢
(8)歷年營業科資料關鍵字搜尋	(18)死傷人數統計(營業科統計)
(9)發生事件統計	(19)日曆事故表(營業科事件)
(10)營業科權限管理	

**條件設定** 生產日期 2014 執行

**事故資料使用說明**

<1> 按 按鈕可看資料明細  
 <2> 條件設定輸入如2008，可進行資料查詢2008年資料，輸入如20081010，可進行資料查詢2008年資料。  
 <3> 點選黃色字眼可進行資料排序。  
 <4> 點選上一頁下一頁可查詢前一頁資料。

**事故資料**

資料類別	事故日期	原因	原因描述	事故大類	事故類別	事故碼
行車	20141231-51	-	該站有於站外車站車室不備款項即行發車，因有車到台北門去就醫	行車誤轉死傷	旅客受傷	旅客受傷
行車	20141231-50	-	該站有於中環站地下商場轉乘站，站員立即通報地安，旅客表示要到新11站後自行就醫，即乘1133次離開	行車誤轉死傷	旅客受傷	樓梯跌傷
行車	20141230-52	-	13時12分30自臺北車站(該站長接獲三月台樓梯轉乘)1次列車長(臺北車站)通知：該次車第3車38、40號座位旁等一小孩子在該站上車時，小椅子不穩於月台(曾係當夜收車)，當晚該車有兩名受傷送醫後，臺北站隨即轉報該車車長赴月台待命，並由車長與警員到場將兩名受傷旅客送臺北門警員具現場處理，由車長帶同父母護送臺北門警員送醫，臺北站關於當日晚間21時25分及21時45分兩次電話聯絡傷者父兄，但都無法聯繫上。	行車誤轉死傷	旅客受傷	月台跌傷
行車	20141230-51	-	該2323次於社頭站下車時，在月台樓梯不慎跌傷	行車誤轉死傷	旅客受傷	樓梯跌傷
行車	20141230-50	-	該2141於豐原站下車，在天橋樓梯跌傷	行車誤轉死傷	旅客受傷	樓梯跌傷
行車	20141229-54	-	該有旅客686次下車出站時，內站員立即通報地安，新站車站員立即撥打119請求到該車到站接送傷者下運送有就醫，686次於17時28分到站，於該車於17時34分到達，即送他醫醫院就醫。	行車誤轉死傷	旅客受傷	旅客受傷
行車	20141229-53	-	該有轉報該旅客在橋樑站前站前對面乘車，該旅客有異常，該旅客死自行就醫	行車誤轉死傷	旅客受傷	樓梯跌傷
行車	20141229-52	-	該旅客與一名隨伴於於車站站前對面乘車到台北站，在月台上樓梯受傷，即電119送醫轉醫院	行車誤轉死傷	旅客受傷	旅客受傷
行車	20141229-51	-	該車站接獲1201次列車長通知3車位置有旅客受傷，即電119送醫轉醫院	行車誤轉死傷	旅客受傷	旅客受傷
行車	20141229-50	-	該客下車不慎跌傷，發現該名旅客有頭部傷及嘴角流血，由該車車長通知臺北車站，旅客送醫就醫，旅客送醫就醫後於該車離去，旅客在站後與同下繼續南下。	行車誤轉死傷	旅客受傷	月台跌傷
行車	20141229-51	-	該2132次於大橋站月台樓梯不慎跌傷送中山醫院	行車誤轉死傷	旅客受傷	樓梯跌傷
行車	20141229-50	-	該2344次下車時頭部撞門夾到車長市門受傷，即手報其他送醫轉醫院，該名不備款項即行發車，因有車到台北門去就醫。	行車誤轉死傷	旅客受傷	車門夾傷

圖 14：非行車類事件(故)管理之旅客受傷案件查詢

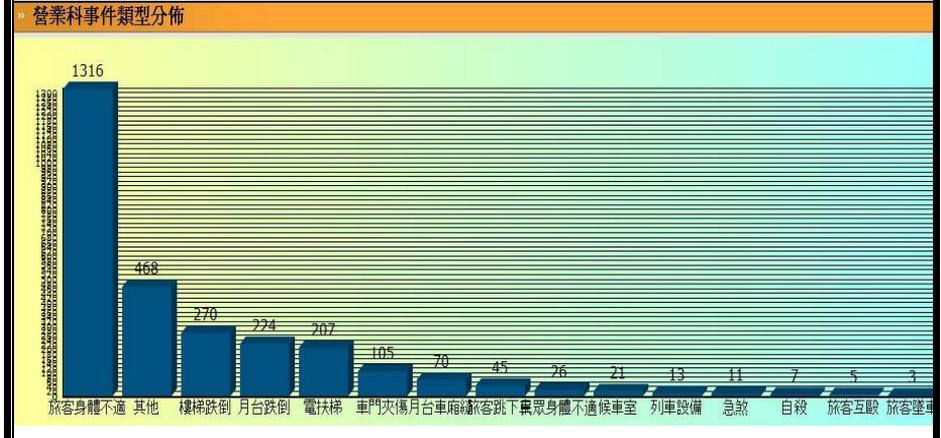


圖 15：非行車類事件(故)之旅客受傷案件類型統計

» 營業科事件類型依年度

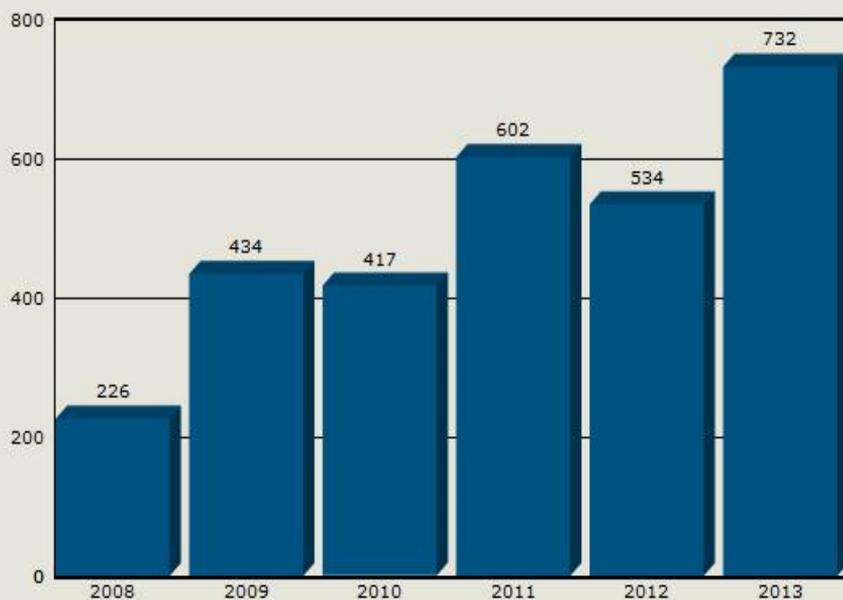


圖 16：非行車類事件(故)之旅客受傷案件年度統計

3.8.3 風險管理子系統細部功能

表 4：風險管理子系統細部功能

(1) 風險矩陣圖	(4) 風險推移圖
(2) 風險等值死亡率	(5) 風險對策
(3) 風險比較表	



圖 17：年度風險值比較

**>> 電務處風險Y軸(影響程度)說明**

	號誌 搶修時間 (分)	電力 搶修時間(分)	通訊 系統中斷時間
非常嚴重	601以上	1081以上	5天以上
	361~600	841~1080	3~5天
相當嚴重	241~360	601~840	1~3天
	181~240	421~600	12~24小時
嚴重	121~180	241~420	6~12小時
	91~120	121~240	3~6小時
輕微	61~90	61~120	1~3小時
	41~60	31~60	30分~1小時
極輕微	21~40	0~30	0~30分
	0~20	不影響營運	不影響營運

圖 18：電務處 Y 軸衡量標準

» 工務處風險Y軸(影響程度)說明

	(颱風、豪 雨災害) 總延誤時分	路線故障 總延誤時分	施工事故 總延誤時分
非常嚴重	停駛	停駛	停駛
	1001以上	301以上	2001以上
相當嚴重	751~1000	251~300	1501~2000
	601~750	201~250	1001~1500
嚴重	501~600	151~200	501~1000
	401~500	101~150	301~500
輕微	301~400	51~100	151~300
	201~300	31~50	101~150
極輕微	101~200	11~30	51~100
	0~100	0~10	0~50

圖 19：工務處 Y 軸衡量標準

» 機務處風險Y軸(影響程度)說明

	車輛故障 延誤時分
非常嚴重	停駛
	91以上
相當嚴重	81~90
	71~80
嚴重	61~70
	51~60
輕微	41~50
	31~40
極輕微	21~30
	10~20

圖 20：機務處 Y 軸衡量標準

### 3.8.4 行車安全測驗暨聯合檢查表子系統細部功能

表 5：行車安全測驗暨聯合檢查表子系統細部功能

(1) 行車安全測驗暨聯合檢查表	(3) 行車安全測驗暨聯合檢查表歷史資料
(2) 運務、工務、機務、電務處行車安全測驗暨聯合檢查表	

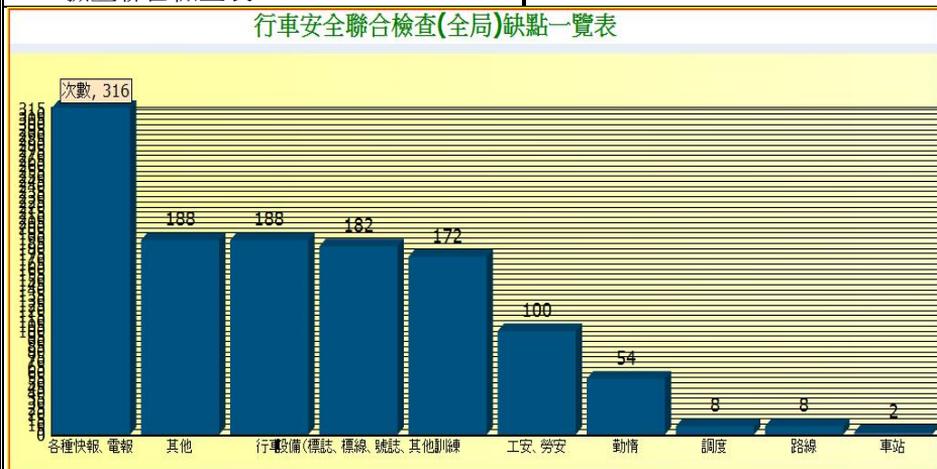


圖 21：行車安全聯合抽查缺點類別統計

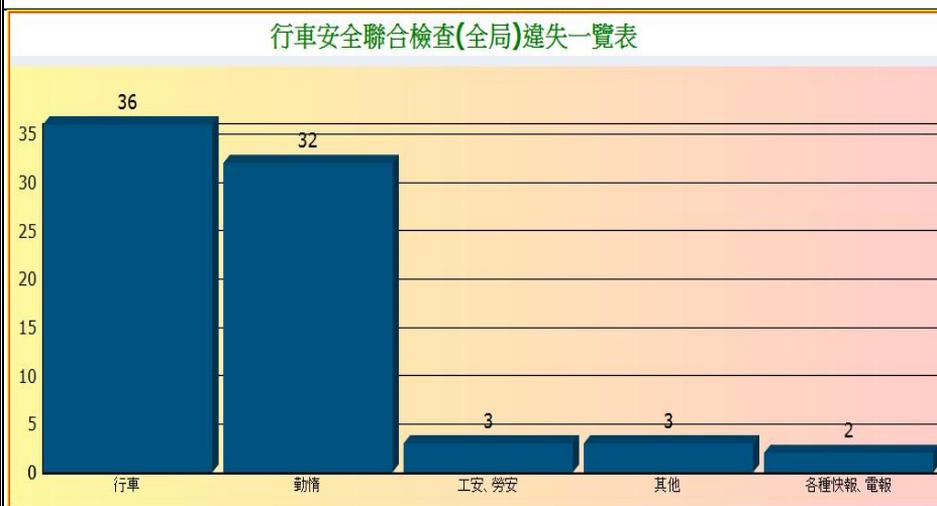


圖 22：行車安全聯合抽查違失類別統計

### 3.8.5 平交道資料子系統細部功能

表 6：平交道事故子系統細部功能

(1) 現有平交道資料	(6) 工務處平交道維修紀錄日曆表
(2) 個別平交道歷史事故	(7) 平交道基本資料搜尋
(3) 平交道資訊及地圖	(8) 現有平交道資料依區間查詢
(4) 所有平交道資料	(9) 停用中平交道發生事件(故)資料
(5) 停用中平交道發生事件(故)資料	

開始年度

終止年度

<2> 點選長條圖可看資料明細



> 平交道事故依時間分析

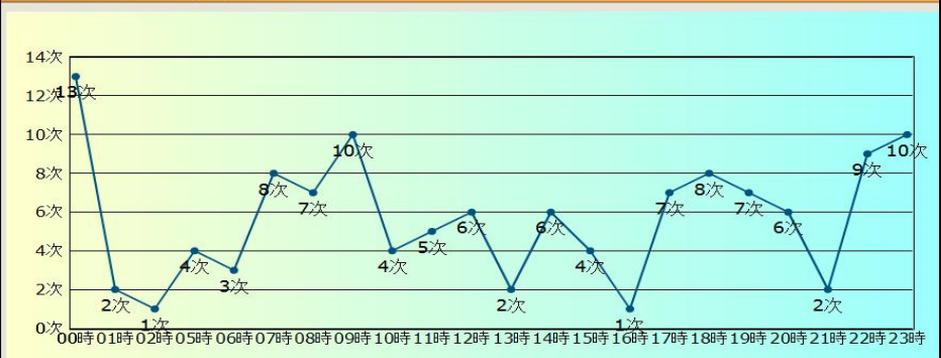


圖 23：平交道事件(故)發生時間統計

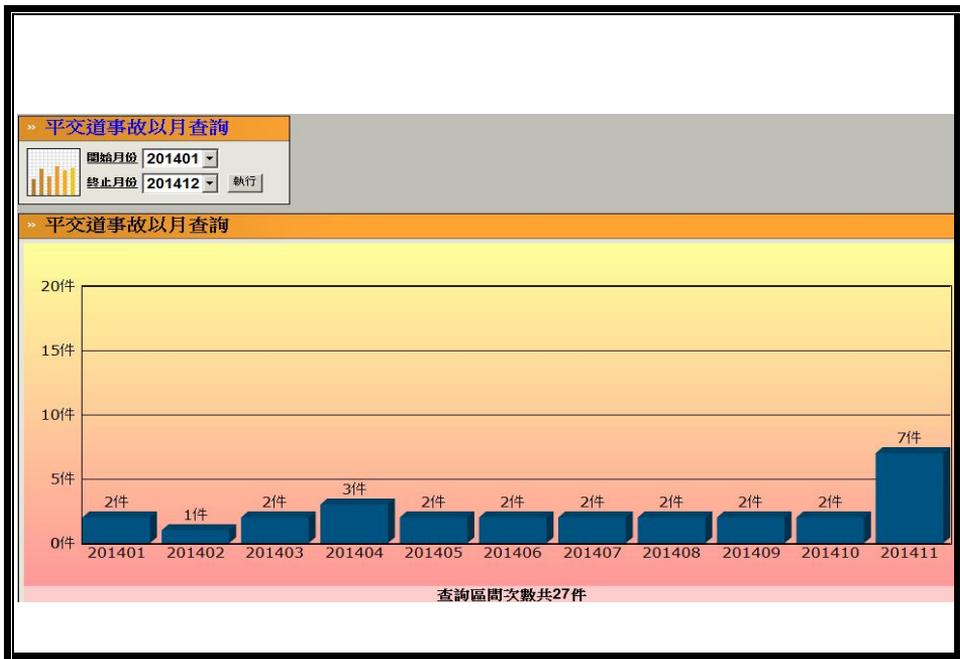


圖 24：平交道事故月統計查詢

### 3.8.6 虛驚事件子系統細部功能

表 7：虛驚事件子系統細部功能

(1) 虛驚事件原因分析	(5) 虛驚事件運工機電分析
(2) 虛驚事件日曆事件	(6) 虛驚事件同期比較
(3) 虛驚事件編碼	(7) 虛驚事件關鍵字搜尋
(4) 虛驚事件權限管理	

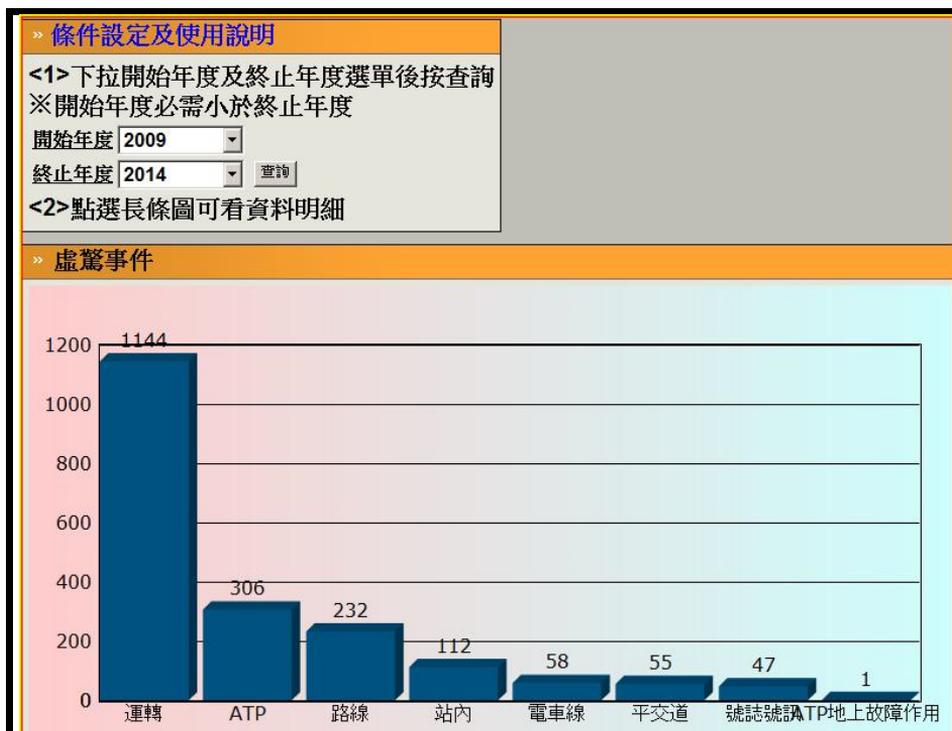


圖 25：虛驚事件依年度類別統計

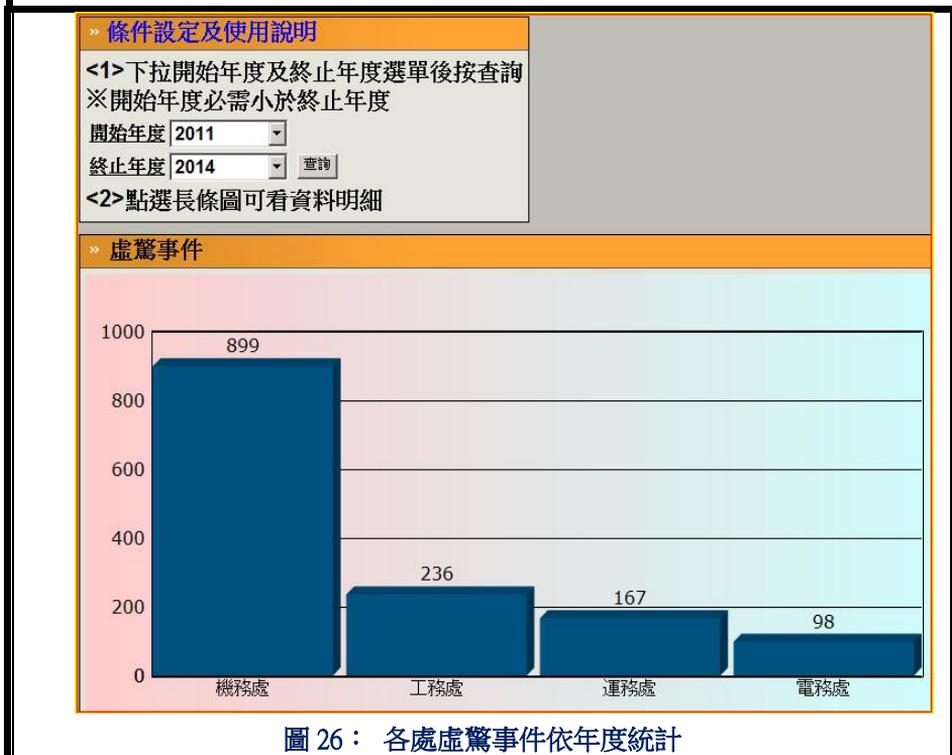


圖 26：各處虛驚事件依年度統計

## 四、整體系統效益

### 4.1 資料即時查詢

使用 WEB 技術，使用者易於使用，並由相關業務單位即時輸入即時相關資訊，資訊即時化。

### 4.2 統計分析，大量以圖形展示

簡單易懂，可即時提供相關單位防範參考，使用大量圖型及連結，點選圖形並將參數帶入可快速找出有用資訊，並擷取類似案件歷史防範對策，加速應變處理時間。

### 4.3 資訊公開透明

各單位互相觀摩，相互激勵，激盪出更好之防範對策。

### 4.4 嚴格管制各單位責任事故

訂出責任事故期望值，互相觀摩比較。

### 4.5 提供風險管理分析

將風險值予以數值量化，為單位中少見，並針對高風險的行車事件(故)風險，定出每一行車事件(故)類別次年的改善防範對策。

### 4.6 平交道資料管理

將以往散落在運務的平交道基本資料檔、工務的平交道維修履歷、電務的電務設備的平交道資訊整合，嚴格管理每處平交道，根據平交道特性，歷史事故，訂定防範平交道事故之作為。

### 4.7 整合各單位事故資訊

整合行車類事件(故)、非行車類事件(故)(站內事件)、虛驚事件讓單位主管做關聯性分析。

### 4.8 可自動分析動力車績效

加入動力車百萬公里故障次數統計，即可自動將各種車型及故障原因分析出來，並可依該車種同期比較觀察其變化或依各車種故障件數觀察其故障件數。

## 五、未來展望

由於本系統從 98 年上線以來，已成為本局各處及各分支機構依賴與信賴之行車事件(故)資料庫，由於時空環境之丕變，目前之功能有提升之必要，加上鐵路行車規則修訂，事件(故)類別已經修訂，本局行車保安資訊系統事件(故)類別必須跟著修正，由於事件(故)資料庫牽一髮動全身，影響層面甚廣，目前刻正由資訊中心重新改寫新的行車保安資訊系統，相信測試完成，一個功能更健全之行車事件(故)資料庫，將重新以最貼近實際之狀況全新展示。

## 六、結語

一個事件(故)資料庫之建置不易，維護更難，沒有一個系統是完美無缺的，但也需要各單位的熱情，也需更多使用者信賴，行車保安系統加入更多參數，例如機車行駛百萬公里數據去合理化顯示各類型機車故障數據，平交道加入車輛曝光量及列車通過數，了解平交道事故發生原因及防範方法及連接機務系統達成更精準的分析及決策為目標，並且將嘗試帶入貝式定理(Bayes theorem)及變異數分析(Analysis Of Variation, ANOVA)以求到事前機率，或以資料採礦等方法論，如叢聚分析(Cluster Analysis)方式及關聯分析(Association Analysis)求得更多預測模型。

而死傷事故之分析，亦需加權加入更多參數，使分析數據更具客觀性，分析才有意義，此外亦可將資料提供給學術單位，由成本觀念如生命、財產損失、通行時間延誤、後續善後處理等間接的社會成本支出等課題進行研究及分析。

在臺鐵方面將配合執法單位每年檢視其對策，提供正確對策為目標，在宣導方面將配合各式文宣加強行人、駕駛人於平交道處用路安全觀念。

資料庫之建立，期望藉由資料之收集，善用既有之系統，結合成資訊，最後轉變為知識，才能提供主管及主其事者做為決策之參考，最後達成系統自動判斷、分析走勢，提出必要之建議，如此臺鐵局才能世世代代，永續經營，並成為人人稱羨之現代化鐵路運輸機構，讓我們共同努力吧!!@

# 新世代電瓶電氣機車發展探討

## The Study on the Development of Railway Future Battery

### Electric Locomotive

黃思倫 Huang, Sy-ruen<sup>1</sup>

宋鴻康 Sung, Hung-kang<sup>2</sup>

聯絡地址：22041 新北市板橋區縣民大道二段七號九樓

Address：9F., No. 7, Sec 2, Xianmin Blvd., Banqiao Dist., New Taipei City 22041,

Taiwan(R.O.C)

電話(Tel)：(02)80723333

電子信箱(E-mail)：[hksung@hsr.gov.tw](mailto:hksung@hsr.gov.tw)

### 摘要

本研究主要為探討未來鐵路用調動機車及牽引工程用之電瓶電氣機車發展趨勢，提供國內軌道營運機構參考，有鑒於全世界能源逐漸消耗，新能源開發仍然無法彌補缺口，因此各產官學界紛紛提出減少能源消耗及環保友善的鐵路機車，綜觀目前鐵路運具的使用仍然是人類交通運輸中重要一環。因此，可利用能源使用行為將其區分為三種狀態進行分析，不但能減少能源的使用，亦能使得列車在準確的時間內到達。

**關鍵詞**：列車節能、電瓶電氣機車

### Abstract

*This research mainly for study the railway future battery electric locomotive develop which is used to shunting and working purpose, this study provide the railways operator for the reference, due to the whole world energy's consuming gradually exhausted, new energy development still can't make up the indentation, therefore railway operator, university, government all put forth to reduce the energy consuming and environmental protection friendly locomotive, rail transport still keeps playing important one wreath in mankind's transportation. Therefore, to use energy behavior classified into three kinds of statuses to carry on the analysis, not only*

---

<sup>1</sup>逢甲大學電機工程研究所 教授

<sup>2</sup>高鐵局 科長

*reduce the use of energy, but also make railroad in accurate time operation.*

**Key words :** *Energy-saving of train, battery electric locomotive*

## 一、前言

電瓶電氣機車，是目前先進國家積極用尖端科技研發製造的環保友善的鐵路調動及工程機車，電瓶電氣機車優異表現和高效率機動性，技術已經被證明可行，電瓶電氣機車整合鐵路車輛電子學、IGBT 和半導體，並採用先進的 VRLA 電池，符合京都協議減少二氧化碳排放量。此外和柴油機車相比較符合能源經濟的可行性、機動效力和效率利益、性能佳又容易維護並降低生命週期費用成本，電瓶電氣機車有自我故障診斷的功能，低噪音和零二氧化碳。

## 二、特性

高性能及高可靠度，以滿足鐵路營運機構的需求，達成高品質要件並證明技術的可靠度，基於人力維護保養成本考量，具有容易維修與操作。降低維修成本(新台幣 387,819 元/年)、高科技與綠色能源(減少排放 187 噸二氧化碳/年)特性。

## 三、規格

電瓶電氣機車規格，軌道距:標準軌 1,435 公釐或窄軌 1,067 公釐，最小曲線半徑 90 m、最大坡度千分之 35。

## 四、技術規格

調動用電瓶電氣機車，機車總重量 約 40 噸、機車最高速度 80KM/H、牽引力 300 噸/分鐘，機車規格技術規格:主要尺寸 11,000(L) x 3,000(W) x 3,670(H)、車輪直徑 860 公釐、連接器高度 880 公釐(軌面頂端到連接器的中心線)、轉向架軸距 7,100 公釐；車輪配置安排 0-4-0，每運用要 5 小時充電(根據需求可延長機車運用時間)。

## 五、性能特性

40 噸電瓶電氣機車 80KM/H 時牽引性能，參考附件圖性能曲線。



圖 1 牽引力曲線圖

## 六、主要組件

車體材料採用中碳鋼，車架底部可允許壓縮負荷 100 噸，圖為駕駛室、電池及設備裝置。

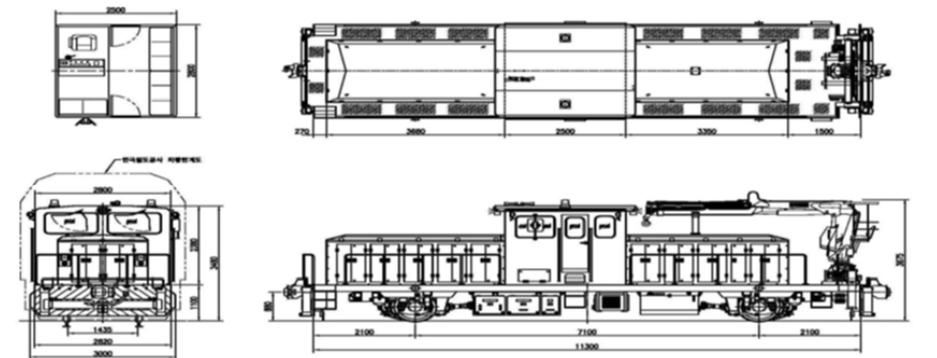


圖 2 電瓶電氣機車

## 七、走行系統

2 軸式、緩衝器用捲簧、車輪半徑 860 公釐(磨耗 780 公釐)、煞車系統有自

動軔機及停留軔機，具有再生式電軔裝置。

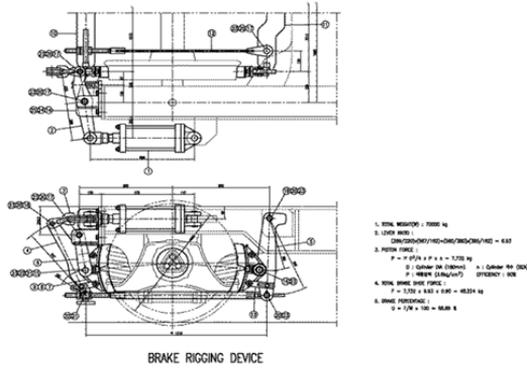


圖 3 軔機裝置

## 八、推進系統及流程

電瓶系統 → VVVF 整流器 → 牽動馬達 → 減速齒輪 → 車輪



圖 4 VVVF 變頻器

## 九、電瓶

VRLA (Valve Regulated Liquid Acid)密閉式鉛酸電瓶或稱為閥調節式鉛酸蓄電瓶，容量 480KWh 或更大(可調整)

## 十、VVVF 變頻器

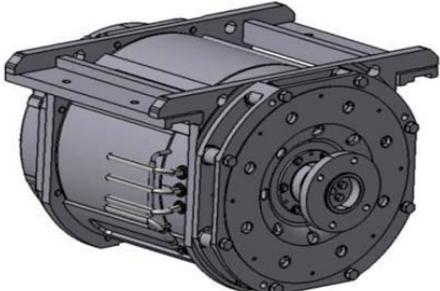
容量 160KVA 更多、輸出牽引馬達的定格電壓 (500Vrms)、半導體 IGBT、再  
充電的再生式電軛、3 相 PWM 控制變頻器。



圖 5 電瓶充電器

## 十一、牽引馬達

三相 4 極 65KW 、輸入電壓 500V to 620V、絕緣 H class 級。

	
<p>圖 6 牽引馬達</p>	<p>圖 7 牽引馬達定子</p>
	
<p>圖 8 馬達外殼</p>	<p>圖 9 圖 7 牽引馬達轉子</p>

## 十二、輔助電源供應 Auxiliary power supply

容量 Rated capacity : 50KVA 或更大

輸出電壓 Output voltage : 3 $\Phi$  380VAC, 60Hz

控制電源 Control power source : DC 24V

電氣聯接 Electric communication : RS-485

半導體 Semiconductor : IGBT

主電路 Main Circuit : 6 Phase Inverter6

極冷卻 Cooling : Natural cooling 自然冷卻

## 十三、電瓶充電器 Battery Charger

整流方法 Rectification Method : 3-phase 三相 SCR

工作溫度 : -40 $^{\circ}$ C ~ +60  $^{\circ}$ C

濕度 : 85% 或低

輸入電源 Input Power : 3 $\Phi$  380VAC  $\pm$ 10%, 60Hz  $\pm$ 3Hz

輸出電源 Rated Output : 335VDC 200A

輸出穩定度 Output Stability :  $\pm$ 2%

效率 Efficiency : 95% 或更高

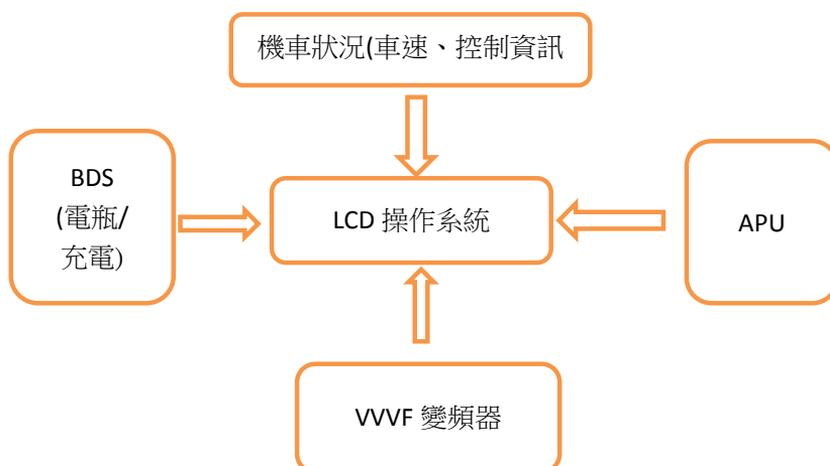
電瓶充電 Battery Charging process : CC/CV

## 十四、電瓶故障自我診斷 BDS (Battery Diagnosis System)

電瓶單元監測包括電壓、電流及溫度，含電瓶感測器，S-Bus 整流器，傳輸電瓶數據到 LCD 操作系統。

## 十五、LCD 運轉系統

運轉及維護支援制度，故障資料記錄，提供 LCD 彩色觸控面板。



## 十六、柴油機車與電瓶電氣機車性能比較

說明	柴油機車	電瓶機車	備註
重量(噸)	40	40	
最高速度(km/h)	80	80	
牽引負載(噸)	300	300	
軌道條件(公尺)	90 彎道曲	90 <	
燃料(柴油/電瓶)	NT 4,458,750 元	NT 319,680 元	
潤滑油(GTM)	NT 782,610 元	0	
電瓶更換費用	0	NT 1,363,170 元	

## 十七、柴油機車與電瓶電氣機車 CO2 排放量比較

說明	柴油機車	電瓶機車	備註
燃油消耗	99,083L(柴油)	144,000KWh(充電)	
CO2	257 Ton CO2	69.6 Ton CO2	減少 <b>187 Ton CO2</b>

## 十八、結論

柴油機車行駛的速度，引擎 1600 轉/每分，430Hp/2100 轉/ 每分，每天運轉 5 小時，產生噪音及 CO2，電瓶電氣機車沒有噪音，不用燃料，無沒有排放黑煙。在費用方面使用後大概 4 年初置成本回復，達到預期節省維護成本，未來改良電池技術提高性能減少廠段、車站內調車噪音隧道內施工產生 CO2 排放優點。

## 參考文獻

1. 韓國 KRIS 鐵道研究中心及 SSS 株式會社
2. 日本 JR 綜合鐵道技術研究所

## 約稿

1. 為將軌道運輸寶貴的實務經驗及心得紀錄保存，並提供經驗交換及心得交流的平台，以使各項成果得以具體展現，歡迎國內外軌道界人士、學術研究單位及臺鐵局相關人員踴躍投稿。
2. 本資料刊載未曾在國內外其他刊物發表之實務性論著，並以中文或英文撰寫為主。著重軌道業界各單位於營運時或因應特殊事件之資料及處理經驗，並兼顧研究發展未來領域，將寶貴的實務經驗或心得透過本刊物完整記錄保存及分享。來稿若僅有部分內容曾在國內外研討會議發表亦可接受，惟請註明該部分內容佔原著之比例。內容如屬接受公私機關團體委託研究出版之報告書之全文或一部份或經重新編稿者，惠請提附該委託單位之同意書，並請於文章中加註說明。
3. 來稿請力求精簡，另請提供包括中文與英文摘要各一篇。中、英文摘要除扼要說明主旨、因應作為結果外，並請說明其主要貢獻。
4. 本刊稿件將送請委員評審建議，經查核通過後，即予刊登。
5. 來稿文責由作者自負，且不得侵害他人之著作權，如有涉及抄襲重製或任何侵權情形，悉由作者自負法律責任。
6. 文章定稿刊登前，將請作者先行校對後提送完整稿件及其電腦檔案乙份(請使用 Microsoft Word2003 以上中文版軟體)，以利編輯作業。
7. 所有來稿(函)請逕寄「11244 臺北市北投區公館路 83 號，臺鐵資料編輯委員會」收。電話：02-28916250 轉 213；傳真：02-28919584；E-mail：0260583@railway.gov.tw。

## 臺鐵資料季刊撰寫格式

- 格式** 自行打印於 B5(18.2 公分\*25.7 公分)，使用 Microsoft Word 軟體編排。上、下邊界 2.54 公分；左、右邊界 1.91 公分。中文字體以新細明體，英文字體以 Times New Roman 為原則。  
請於首頁輸入題目、作者姓名、服務單位、職稱、聯絡地址、電話及 E-mail。
- 題目** 中文標題標楷體 18 點字粗體，置中對齊，與前段距離 1 列，與後段距離 0.5 列，單行間距。  
英文標題 Times New Roman 16 點字粗體，置中對齊，與前段 0 列、後段距離 0.5 列，單行間距。
- 摘要標題** 標楷體 16 點字粗體，置中對齊，前、後段距離 1 列，單行間距。
- 摘要** 標楷體 12 點字，左右縮排各 2 個字元，第一行縮排 2 個字元。與前、後段距離 0.5 列，左右對齊，單行間距
- 關鍵詞** 中英文關鍵詞 3 至 5 組，中文為標楷體 12 點字，英文為 Times New Roman 12 點字斜體。左右縮排各 2 個字元，第一行縮排 2 個字元。與前、後段距離 0.5 列，左右對齊，單行間距。
- 標題 1** 新細明體 16 點字粗體，前、後段距離 1 列，置中對齊，單行間距，以國字數字編號 【一、二】。
- 標題 2** 新細明體 14 點字粗體，前、後段距離 1 列，左右對齊，單行間距，以數字編號 (【1.1、1.2】)。
- 標題 3** 新細明體 12 點字粗體，前、後段距離 0.75 列，左右對齊，單行間距，以數字編號 (1.1.1、1.1.2)
- 內文** 新細明體 12 點字，第一行縮排 2 個字元，前、後段距離為 0.25 列，左右對齊，單行間距，文中數學公式，請依序予以編號如：(1)、(2))
- 圖表標示** 新細明體 12 點字，置中對齊，圖之說明文字置於圖之下方，表之說明文字置於表之上方，並依序以阿拉伯數字編號 (圖 1、圖 2、表 1、表 2)。
- 文獻引用** 引用資料，註明出處來源，以大引號標註參考文獻項次，12 點字，上標

## 參考文獻

以中文引述者為限，中文列於前、英文列於後，中文按姓氏筆畫，英文按姓氏字母先後排列，左右對齊，前後段距離 0.5 列，單行間距，第一行凸排 2 個字元。如：

1. 王永剛、李楠 (2007)，「機組原因導致事故徵候的預測研究」，中國民航學院學報，第廿五卷第一期，頁25-28。
2. 交通部統計處 (2006)，民用航空國內客運概況分析，擷取日期：2007年7月27日，網站：
3. 交通部臺灣鐵路管理局 (2007)，工程品質管理手冊。
4. 洪怡君、劉祐興、周榮昌、邱靜淑 (2005)，「高速鐵路接駁運具選擇行為之研究－以臺中烏日站為例」，中華民國運輸學會第二十屆學術論文研討會光碟。
5. Duckham, M. and Worboys, M. (2007), Automated Geographical Information Fusion and Ontology Alignment, In Belussi, A. et al. (Eds.), Spatial Data on the Web: Modeling and Management, New York: Springer, pp. 109-132.
6. FHWA (2006), Safety Applications of Intelligent Transportation Systems in Europe and Japan, FHWA-PL-06-001, Federal Highway Administration, Department of Transportation, Washington, D.C.

# 臺鐵資料季刊論文授權書

本授權書所授權之論文全文與電子檔，為本人撰寫之

論文。

(以下請擇一勾選)

同意 (立即開放)

同意 (一年後開放)，原因是：

同意 (二年後開放)，原因是：

不同意，原因是：

授與臺鐵資料編輯委員會，基於推動讀者間「資源共享、互惠合作」之理念，於回饋社會與學術研究之目的，得不限地域、時間與次數，以紙本、光碟、網路或其它各種方法收錄、重製、與發行，或再授權他人以各種方法重製與利用。

簽名：

中華民國      年      月      日

備註：

1. 本授權書親筆填寫後（電子檔論文可用電腦打字），請影印裝訂於紙本論文书名頁之次頁，未附本授權書，編輯委員會將不予驗收。
2. 上述同意與不同意之欄位若未勾選，本人同意視同授權立即開放。

# 臺鐵資料

季刊 第 352 期

---

發行人	周永暉
編輯者	臺鐵資料季刊編輯委員會
審查者	臺鐵資料季刊審查委員會
主任委員	周永暉
副主任委員	鹿潔身、何獻霖、鐘清達
總編輯	朱來順
主編	劉嘉倫
編輯	王智平
出版者	交通部臺灣鐵路管理局 地址：10041 臺北市北平西路 3 號 電話：02-23899854 網址： <a href="http://www.railway.gov.tw">http://www.railway.gov.tw</a>
出版日期	中華民國 104 年 3 月
創刊日期	中華民國 52 年 10 月
封面照片攝影者	徐邦堯
印刷者	文名文具印刷有限公司 地址：206 基隆市七堵區崇禮街 23 號 電話：02-24566075
展售門市	國家書店松江門市 地址：10485 臺北市松江路 209 號 1 樓 電話：02-25180207 網址： <a href="http://www.govbooks.com.tw">http://www.govbooks.com.tw</a> 五南文化廣場 地址：40042 臺中市區中山路 6 號 電話：TEL：(04)22260330 網址： <a href="http://www.wunanbooks.com.tw">http://www.wunanbooks.com.tw</a>

電子全文同步登載於臺鐵網站

GPN：2005200020

ISSN：1011-6850

著作財產權人：交通部臺灣鐵路管理局

本書保留所有權利，欲利用部分或全部內容者，須徵求著作財產權人書面同意或授權。

---