

ISSN 1011-6850



交通部臺灣鐵路管理局
TAIWAN RAILWAYS ADMINISTRATION, MOTC.

臺灣鐵路

2010 99年臺鐵資料

TAIWAN Railway Journal



季刊
Quarterly
第341期
NO : 341

中華民國99年3月出版
March 2010

臺鐵資料季刊

發行人：范植谷

發行所：交通部臺灣鐵路管理局

編輯者：臺鐵資料編輯委員會

主任委員：范植谷

委員：徐亦南 黃民仁 張應輝 陳世昌
陳明海 高明鑿 鹿潔身 何進郊
陳憲頂 黃運傑 黃茂禎 吳世瑛
黃振聲 李傑松 陳瑞良 蔣東安
鍾朝雄 賴秋金

總幹事：陳世昌

幹事：賴威舟 李忻瓊

總編輯：許文鑫

電話：23815226 轉 2302

電子信箱：tr393352@msa.tra.gov.tw

編輯：王宜達

電話：23815226 轉 3338

電子信箱：tr754604@msa.tra.gov.tw

地址：臺北市 10041 中正區北平西路 3 號 5 樓



CT278

目錄

CONTENTS

- 1 「鐵路用地」之釋義—兼論車站專用區土地徵收之疑義 謝武昌
Explanation of “railway use land” and discussion of doubts about the suitability of acquiring station special area land by compulsory purchase
- 18 軌道配置之原理與實務（二） 林文雄
The principle and practice of track layout
- 59 臺鐵便當之傳承與創新 蕭淑藝 程挽華
Tradition and innovation of TRA lunch boxes
- 70 降低 GE 電力機車壓風機故障之價值工程研析
Analysis of the use of value engineering to reduce the occurrence of GE electric locomotive air compressor malfunctions
廖文聰 蔡立祥 林威廷 李士立
陳再新 洪浚智 項本真
- 101 編後語 王宜達
- 102 徵稿須知

「鐵路用地」之釋義—兼論車站專用區土地徵收之疑義

The definition of the railway land— with emphasis on explanation of the land collection of station special-use district.

謝武昌 Hsieh, Wu-Chang¹

地址：臺北市北平西路 3 號 6 樓
Address：6F, No. 3, Beiping West Road, Taipei City.

電話：02-23815226 轉 3664
TEL：02-23815226ext3664

電子信箱：tr702861@msa.tra.gov.tw
E-mail：tr702861@msa.tra.gov.tw

摘要

本文從都市計畫法及鐵路法之相關規定，歸納鐵路用地之定義、性質、使用管制及土地取得方式，以作為土地開發利用之參考；最後並對車站專用區是否適用徵收方式取得私有土地提出見解。

關鍵詞：鐵路用地、車站專用區、土地取得、徵收

Abstract

Referring to the ROC Urban Planning Law and Railway Law related regulations this paper explains the definition of railway use land, its nature, use restrictions and land acquisition methods for reference in land development. Finally, it offers opinions of whether the use of the compulsory purchase method is appropriate for the acquisition of private land for station special zones.

Keyword：railway land, station special-use district, land acquisition, collection.

一、前言

鐵路法^[1]第 7 條規定「鐵路需用土地，得依土地法及有關法律規定徵收之。鐵路規劃興建或拓寬時，應勘定路線寬度，商同當地地政機關編為鐵路使用地；該使用地在已實施都市計畫地區者，應先行辦理都市計畫之變更。」前述鐵路法所稱鐵路需用土地為「鐵路使用地」，而於都市計畫公共設施用地稱為「鐵路用地」。

民國 62 年都市計畫法（以下簡稱本法）第二次修訂，次年區域計畫法訂頒，臺灣現行都市計畫體制架構於斯確立，現有都市計畫亦多數濫觴於此；然臺灣縱貫鐵路於 1908 年即興建通車，遠早於都市計畫濫觴時期，是以早期進行都市規劃作業時，遇有鐵路路線經過都市計畫地區者，皆以現況使用範圍予以劃設為鐵路用地，因而「鐵路用地」一詞最早可追溯自民國 60 年代發布實施之都市計畫書、圖內容。

¹ 本局企劃處開發科正工程師

「鐵路用地」係為都市計畫專有名詞，有關鐵路用地之定義、性質及使用管制，除鐵路法外，尚須探究都市計畫法相關規定；至於鐵路用地之取得方式，則須回歸土地法、土地徵收條例及國有財產法等相關規定。

二、定義

都市計畫法第 51 條規定「依本法指定之公共設施保留地，不得為妨礙其指定目的之使用。」鐵路用地係經都市計畫所劃設之公共設施用地，其指定目的為鐵路用途，自不得作妨礙鐵路之使用；參照內政部於 67 年 9 月 1 日台內營字第 80517 函釋「都市計畫鐵路用地應以鐵路使用為準，但因營運業務上所必須之附屬設施及工作人員之職務宿舍，其設置不影響行車或公共安全者，應可准許。」該釋函係對鐵路用地之容許使用項目作出原則性定義，亦即鐵路用地除可供鐵路使用外，在不影響行車或公共安全條件下，尚可供作營運業務附屬設施及工作人員職務宿舍之使用。至於所指「鐵路使用」，則應依鐵路法第 2 條名詞定義「鐵路係指以軌道或於軌道上空架設電線，供動力車輛行駛及其有關之設施」為準。

三、性質

依都市計畫法第 3 條規定「本法所稱之都市計畫，係指在一定地區內有關都市生活之經濟、交通、衛生、保安、國防、文教、康樂等重要設施，作有計畫之發展，並對土地使用作合理之規劃而言。」本條規定概略勾勒出都市計畫內涵包括對公共設施用地「作有計畫之發展」及對土地使用分區「作合理之規劃」等兩大管制內容，鐵路用地即屬前開所稱公共設施用地。同法第 42 條第 1 項規定「都市計畫地區範圍內，應視實際情況，分別設置左列公共設施用地：一、道路、公園、綠地、廣場、兒童遊樂場、民用航空站、停車場所、河道及港埠用地。二、學校、社教機構、體育場所、市場、醫療衛生機構及機關用地。三、上下水道、郵政、電信、變電所及其他公用事業用地。四、本章規定之其他公共設施用地。」本條規定雖未例舉鐵路用地一詞，惟第 44 條後段規定「鐵路、公路通過實施都市計畫之區域者，應避免穿越市區中心。」故鐵路用地可歸列為本法第 42 條第 1 項第 4 款所稱之其他公共設施用地，其性質係屬都市計畫公共設施用地。

四、使用管制

有關鐵路用地之使用管制事項，包括容許使用、多目標使用及建蔽率與容積率等，茲分述之：

4.1 容許使用

如前述，鐵路用地係屬都市計畫公共設施用地，其指定目的為鐵路用途，自不得作妨礙鐵路之使用；參照內政部 67 年 9 月 1 日台內營字第 80517 函釋，鐵路用地除可供鐵路使用外，在不影響行車或公共安全條件下，尚可供作營運業務附屬設施及工作人員職務宿舍之使用，故鐵路用地之容許使用可概分為鐵路使用、營運業務附屬設施使用及宿舍使用等三類，茲分述如下：

4.1.1 鐵道使用

所謂「鐵道使用」應依鐵路法第 2 條名詞定義「鐵路係指以軌道或於軌道上空架設電線，供動力車輛行駛及其有關之設施」為準。參照「鐵路行車規則」^[2]及「鐵路修建養護規則」^[3]，所謂「其有關設施」應包括：

1. 路線：包括正線及側線之軌道、路基、橋梁、涵洞、隧道、機電設備、消防設備、運轉保安設備及其附屬建造物。其中正線指提供旅客運送服務使用之路線或其他列車運轉經常使用之路線，側線指正線以外之路線。
2. 站：指旅客上下車、貨物裝卸、列車編組、車輛調移、列車交會避讓及處理固定號誌機之場所，站內指進站號誌機或站界標之內方；站外指進站號誌機或站界標之外方。計畫車站佈置時，應顧及將來之發展，預為保留擴展用地，貨運終點站及聯運站之停車站，應預留調車場用地。
3. 電力設備：指提供車輛及列車運轉電力所需之供電設施。
4. 電車線路：指饋電線、電車線、迴線及支持各該裝置之建築物。
5. 保安裝置：指維持車輛及列車安全運轉所需之設備及設施。
6. 建築界限：指在軌道左右或上方之構造物與軌道間，保持一定空間，不致妨礙列車或車輛運轉之界限。
7. 號誌：依形、色、音等指示列車或車輛在一定區域內之運行條件者，如主號誌機、從屬號誌機、號誌附屬機、主體號誌機、指示進行之號誌等。
8. 號訊：依形、色、音等在從事人員間相互表達意旨於對方者。
9. 標誌：依形、色等表示列車、車輛或設備之位置、方向及其他狀態者，如警衝標。
10. 列車防護：指列車行駛或停於站外路線上或因路線、電車線路本身發生障礙，需使駛來列車安全停車之防護措施。

4.1.2 營運業務附屬設施使用

內政部前開函釋僅對鐵路用地之土地及建築物使用管制予以原則性規定，所謂「營運業務附屬設施使用」應回歸目的事業法令規定，方為周延。依鐵路法第 21 條規定「國營鐵路，除以客貨運輸為主要業務外，得辦理左列附屬事業：一、有關鐵路運輸之碼頭及輪渡運輸。二、有關鐵路運輸之汽車接轉運輸。三、有關鐵路運輸必需之接送報關及倉儲。四、有關鐵路運輸與建築所需工具、器材之修理及製造。五、有關培養、繁榮鐵路運輸所必需之其他事業。」是以有關營運業務附屬設施即涵括前開有關鐵路運輸之碼頭及輪渡、汽車接轉、接送報關及倉儲、工具器材修理及製造及有關培養、繁榮鐵路運輸所必需事業等設施，客貨運輸業務及附屬事業之設施自得於鐵路用地設置。依鐵路附屬事業經營規則第 2 條規定，有關培養、繁榮鐵路運輸所必需之其他事業，應可包括服務旅客之各項餐飲與行旅業務。

4.1.3 宿舍使用

指工作人員職務宿舍單房間或多房間之使用。

4.2 多目標使用

依「都市計畫公共設施用地多目標使用辦法」規定，鐵路用地得作立體多目標部分包括車站及高架路段下層，車站得立體多目標作停車場、一般辦公處所、公務機關、資源回收站、電信、有線、無線設備、機房及天線、變電所及其必要之機電

設施、會所、藝文展覽表演場所、休閒運動設施、郵政及電信服務、旅遊服務、銀行及保險服務、餐飲服務、特產展售、便利商店、補習班、百貨商場、商店街、超級市場、旅館、觀光旅館、國際觀光旅館、自行車租售、補給及修理服務等使用^[5]

(詳表 1)。鐵路用地(車站部分)依「都市計畫公共設施用地多目標使用辦法」規定辦理之範圍應包括鐵路場、站設施使用部分，「站」係依「鐵路行車規則」第 2 條第 4 款及第 17 款規定，指旅客上下車、貨物裝卸、列車編組、車輛調移、列車交會避讓及處理固定號誌機之場所，站內指進站號誌機或站界標之內方，站外指進站號誌機或站界標之外方；至於「場」則包括維修保養使用之倉庫(如彰化扇形車庫)或維修廠相關設施。

另鐵路高架立體化(高架化)建設後路廊下空間，亦得立體多目標作公園、停車場、洗車業、倉庫、商場、消防隊、加油(氣)站、警察派出所、集會所、民眾活動中心、抽水站、天然氣整壓站及遮斷設施、公車站務設施及調度站、其他政府必要之機關、變電所及其必要機電設施、電信機房、資源回收站、上下水道系統相關設施、休閒運動設施等(詳表 1)。鐵路高架化後路廊下空間作立體多目標使用，與車站作立體多目標使用相較，其准許使用項目較為限縮，尚不包含銀行及保險服務、餐飲服務、特產展售及便利商店、商店街、超級市場等。

依「都市計畫公共設施用地多目標使用辦法」規定，交通部臺灣鐵路管理局(以下簡稱本局)本於國有土地管理機關之權責，自得檢具申請書及土地使用計畫書向直轄市、縣(市)政府申請鐵路用地作立體多目標使用，經直轄市、縣(市)政府審查合於規定者，即發給多目標使用許可。多目標使用係屬准許使用之性質，毋需辦理都市計畫變更，且查該辦法並無申請人應提供回饋或接受負擔等規定。

表 1 鐵路用地立體多目標使用一覽表

| 用地類別 | 使用項目 | 准許條件 | 備註 |
|------|--|---|---|
| 車站 | 一、停車場。 二、一般辦公處所、公務機關。 三、資源回收站。 四、電信、有線、無線設備、機房及天線。 五、變電所及其必要之機電設施。 六、會所、藝文展覽表演場所。 七、休閒運動設施。 八、郵政及電信服務。 九、旅遊服務。 十、銀行及保險服務。 十一、餐飲服務。 十二、特產展售及便利商店。 十三、補習班。 十四、百貨商場、商店街、超級市場。 十五、旅館、觀光旅館、國際觀光旅館。 十六、腳踏自行車租售、補給及修理服務。 | 1. 車站、轉運站、調度站用地或鐵路、交通、捷運系統用地(場、站使用部分)。 2. 應面臨寬度十二公尺以上之道路，並設專用出入口、樓梯及通道。但作高鐵、捷運、鐵路車站候車所在樓層，不受專用出入口之限制。 3. 應有完善之通風、消防及安全設備。 4. 作第七項至第十五項使用時，不得超過總樓地板面積三分之二。但依促進民間參與公共建設法之投資案件，不在此限。 5. 候車所在樓層作第七項至第十五項使用時，不得超過該層樓地板面積三分之一。 6. 作第七項至第十五項使用時，其停車空間不得少於建築技術規則所定標準之二倍。但經直轄市、縣(市)政府同意，不在此限。 7. 應先徵得該管車站主管機關同意；設置旅館應符合觀光主管機關所定之相關規定。 8. 商場使用限日常用品零售業、一般零售業(不包括汽車、機車、自行車、零件 | 休閒運動設施之使用同「公園用地」之使用類別。 註： 休閒運動設施：游泳池、溜冰場、保齡球場、撞球場、舞蹈社、極限運動場、健身房(體適能中心)、桌球館、羽球場、排球場、籃球場、網球場、壁球場、相關道場及其他經中央主管機關會商中央目的事業主管機關認可之項目。 |

| | | | |
|------|---|---|------------------------|
| | | 修理)、日常服務業(不包括洗染)、一般事務所、自由職業事務所及金融分支機構。 9. 作資源回收站使用時,應妥予規劃,並確實依環境保護有關法令管理。 | |
| 高架道路 | 下層作下列使用: 一、公園。 二、停車場。 三、洗車業。 四、倉庫。 五、商場。 六、消防隊。 七、加油(氣)站。 八、警察派出所。 九、集會所、民眾活動中心。 十、抽水站。 十一、天然氣整壓站及遮斷設施。 十二、公車站務設施及調度站。 十三、其他政府必要之機關。 十四、變電所及其必要機電設施。 十五、電信機房。 十六、資源回收站。 十七、上下水道系統相關設施。 十八、休閒運動設施。 | 1. 各種鐵、公路架高路段下層。 2. 不得妨礙交通,並應有完善之通風、消防、景觀、衛生及安全設備。 3. 天然氣整壓站應為屋內型整壓站或地下型整壓站。 4. 應先徵得該管道管理機關同意。 5. 商場使用限日常用品零售業、一般零售業(不包括汽車零件修理)、日常服務業(不包括洗染)、一般事務所。 | 休閒運動設施之使用同「公園用地」之使用類別。 |

資料來源:整理自「都市計畫公共設施用地多目標使用辦法」附表,內政部 98.11.23 台內營字第 0980810852 號令修正發布。

4.3 建蔽率與容積率

鐵路用地之建蔽率與容積率依直轄市及縣(市)區分,分別規定於都市計畫法臺灣省施行細則、臺北市土地使用分區管制規則^[7]及都市計畫法高雄市施行細則等;其中僅臺灣省施行細則⁶及高雄市施行細則^[8]就建蔽率明確規定不得超過 70%及 20%,至於容積率則不予規定或視個案認定,茲將相關規定比較如表 2 所示。

表 2 鐵路用地建蔽率與容積率一覽表

| 法規 項目 | 都市計畫法臺灣省施行細則 內政部 95.7.21 台內中營字第 0950804204 號令修正公布。 | 臺北市土地使用分區管制 規則 臺北市政府 97.1.24(97)府法三字第 09730109000 號令修正公布。 | 都市計畫法高雄市施行 細則 高雄市政府 95.5.18 高市府都二 字第 0950022736 號令修正發布。 |
|----------|--|--|--|
| 建蔽率 | 70% | 不予規定。 各該主管機關應會同都市計畫主管機關考量公共安全、都市景觀及公害防治等與公益有關之事項後,再行規定。 | 20% |

| | | | |
|-----|---|--|-------------------|
| 容積率 | 依都市計畫書中所載規定，未載明者由各縣（市）政府依實際需要訂定，並提經縣（市）政府審查通過後發布實施。 | 不予規定。各該主管機關應會同都市計畫主管機關考量公共安全、都市景觀及公害防治等與公益有關之事項後，再行規定。 | 視個案特性予以認定，並經本府核定。 |
| 其他 | | 建築物之高度比不得超過 1.8。 應退縮 3.64 公尺建築，其退縮部分得作為空地計算。 | |

資料來源：本文整理。

4.4 小結

鐵路用地之都市計畫土地使用管制事項包括容許使用、多目標使用及建蔽率與容積率等三大項，其中容許使用係指作為鐵路使用、營運業務附屬設施使用及宿舍使用，免經申請核准，自得依建築法有關規定請建築使用；多目標使用則指依「都市計畫公共設施用地多目標使用辦法」規定向直轄市或縣（市）政府提出申請，取得多目標許可後即作為商業設施使用；至於建蔽率與容積率則依直轄市及縣（市）區分而有不同規定。

就發展權分派而言，鐵路用地作容許使用係基於都市計畫法令函釋之自動授予，作多目標使用則係依「都市計畫公共設施用地多目標使用辦法」規定申請許可，二者皆於都市計畫土地使用分區管制事項之容許及許可範圍內，自毋須辦理都市計畫變更，故無回饋公共設施用地或繳納代金之義務。

五、鐵路用地與車站專用區、交通用地之差異

本局管有土地位於都市計畫地區範圍者，除臺北機廠、高雄機廠等機廠設施屬工業區、部分宿舍屬住宅區或商業區，少部分站區為車站用地外，其餘多為鐵路用地；然為配合中央或地方交通建設（如鐵路地下化或高架化）或都市發展（如車站附近地區都市更新計畫），邇來諸多鐵路用地經都市計畫檢討變更為車站專用區或交通用地，鐵路用地、車站專用區及交通用地同為本局管有土地，究三者之間有何異同，茲比較分析如下：

5.1 鐵路用地與車站專用區之差異

欲探討鐵路用地與車站專用區之不同，須先瞭解公共設施用地與土地使用分區之本質差異，由都市計畫法第 3 條「本法所稱之都市計畫，係指在一定地區內有關都市生活之經濟、交通、衛生、保安、國防、文教、康樂等重要設施，作有計畫之發展，並對土地用作合理之規劃而言。」第 17 條第 1 項「第一期發展地區應於主要計畫發布實施後，最多二年完成細部計畫；細部計畫發布後，最多五年完成公共設施。其他地區應於第一期發展地區開始進行後，次第訂定細部計畫建設之。」第 48 條「依本法指定之公共設施保留地供公用事業設施之用者，由各該事業機構依法予以徵收或購買；其餘由該管政府或鄉、鎮、縣轄市公所依左列方式取得之：一、徵收。二、區段徵收。三、市地重劃。」第 51 條「依本法指定之公共設施保留地，不得為妨礙其指定目的之使用」等規定可知，政府機關（構）負有限期興闢公共設施及取得公共設施用地之責任^[4]；進言之，公共設施用地係為本法第 3 條所

稱「作有計畫之發展」而劃設，各級政府機關（構）為增進公共利益之需要，依法取得私有土地所有權，並興關公共設施，以引導私有土地依計畫目標循序開發利用。

都市計畫法第 32 條規定「都市計畫得劃定住宅、商業、工業等使用區，並得視實際情況，劃定其他使用區或特定專用區。前項各使用區，得視實際需要，再予劃分，分別予以不同程度之使用管制。」第 33 條至第 39 條則針對農業區、保護區、住宅區、商業區、工業區、行政區、文教區、風景區及特定專用區內之劃設目的作出原則性說明，並分別就其土地及建築物使用管制予以原則性規範、第 40 條規定「都市計畫經發布實施後，應依建築法之規定，實施建築管理。」^[9]可窺都市計畫劃設之使用分區係屬本法第 3 條所稱「合理規劃土地使用」，透過土地使用管制規定，指引土地權利關係人依計畫使用，以達成健全都市發展之目標；私有土地所有權人在都市計畫使用管制規定下，自得依建築法相關規定，申請建築使用，私有土地所有權人就其所有土地被賦予發展權，屬於「法定之直接許可授予」或「自動授予取得」，如林森田（1994）^[22]認為「我國臺灣地區現行實施之土地使用分區管制制度（Zoning Approach），其係於都市計畫之細部發布實施後，才授予土地所有權人有開發土地之發展權」、邊泰明（1994）^[23]亦認為「土地使用分區管制係在土地使用計畫公布後，土地發展權隨之賦予土地所有權人，在土地使用分區及其管制規則的規範下，即可進行土地開發，屬於計畫與發展權合為一體的型態」。

綜上，公共設施用地係為提供政府部門興建公共建設所需之用地而劃設，土地使用分區則為促進私有土地之開發利用所需之發展而劃設。就都市計畫層面而言，鐵路用地係屬公共設施用地，車站專用區屬土地使用分區，公共設施用地與土地使用分區之本質差異已如前述。質言之，經都市計畫劃設之鐵路用地係為提供國家興辦鐵路事業所需，屬公共性質；經都市計畫變更之車站專用區^(註 1)則部分為滿足本局進行土地開發所需，屬私益性質。然就實際使用而言，車站專用區範圍內亦同時提供作列車行駛所需軌道及相關機務、電務、工務等公共設施之使用，是以涉及車站專用區都市計畫變更時，應以實際可供土地開發面積（亦即車站專用區總面積扣除前開軌道及相關附屬公共設施使用面積）核算變更回饋，方符實際。

5.2 鐵路用地與交通用地之差異

交通用地之來源包括非都市土地使用地類別編定、依「獎勵民間參與交通建設條例」劃設及配合提供興建大眾捷運設施劃設等三種途徑，茲分述如下：

5.2.1 非都市土地使用地類別編定之交通用地

依區域計畫法施行細則第 15 條第 1 項第 11 款規定所編定之「交通用地」，係供鐵路、公路、捷運系統、港埠、空運、氣象、郵政、電信等及其設施使用。該交通用地雖具公共設施之性質，惟位都市計畫範圍外，性質屬非都市土地，與位都市計畫範圍內之鐵路用地相較，分屬區域計畫與都市計畫不同之管制體制。

5.2.2 依「獎勵民間參與交通建設條例」劃設之交通用地

依獎勵民間參與交通建設條例第 9 條規定「本條例所獎勵交通建設之交通用地，涉及都市計畫變更者，主管機關應協調都市計畫主管機關依都市計畫法第二十七條規定辦理變更；涉及非都市土地使用變更者，於報准徵收或撥用取得土地後，依法辦理變更編定。前項交通用地，係指路線、場站、交流道、服務區及第五條相關附屬設施所需之用地。」第 14 條規定「主管機

關為有效利用交通土地，得協調內政部或直轄市政府，於調整或適度放寬土地使用分區管制或區域土地使用管制後，開發、興建供下列事業使用：一、運輸服務業、商業。二、停車場業。三、交通工具維修業。四、加油站業。」

該「交通用地」與鐵路用地同屬都市計畫公共設施用地，但其容許使用項目係指適用獎勵民間參與交通建設條例之交通建設，包括路線、場站、交流道、服務區及相關附屬設施所需之用地，因該條例特別規定得予開發，故其劃設目的與容許使用項目，與鐵路用地大相逕庭。

5.2.3 配合提供興建大眾捷運設施所需劃設之交通用地

大眾捷運法雖未指明配合提供興建大眾捷運設施所需用地應劃設為交通用地，惟參照臺北市相關都市計畫個案變更案例，為提供捷運系統車站、站前廣場、電力加壓站、人行道、陸橋、轉乘設施、出入口、通風口、冷卻水塔、緊急出口、無障礙電梯設施、路線段、軌道設備、行車控制及管理中心、避車軌、高架橋段、出土段、明挖覆蓋段、工作井、出入通路、緊急出口等相關設施使用者，皆依都市計畫法定程序變更為交通用地。該等「交通用地」與鐵路用地同屬都市計畫公共設施用地，惟前者係專供捷運系統相關設施使用，後者則供鐵路使用。

依大眾捷運法第7條規定「為有效利用土地資源，促進地區發展，主管機關得辦理大眾捷運系統路線、場、站土地及其毗鄰地區土地之開發。」並訂有「大眾捷運系統土地開發辦法」作為作業依循；是以為提供興建大眾捷運設施所需用地而劃設之交通用地，如依大眾捷運法規定採聯合開發者，即具有土地開發之性質^(註2)，並同時兼具公共設施用地與使用分區之概念，就劃設目的、使用性質、開闢主體與取得方式而言，皆與鐵路用地有所不同。

5.2.4 配合鐵路地下化及周邊交通改善而劃設之交通用地

1. 依臺北市政府 82 年 9 月 6 日府都秘字第 82061261 號公告實施之「擬(修)訂台北車站特定專用區細部計畫案」規定，交通用地包含以下幾類：
 - (1) 台北車站用地：交 1 供台北市區鐵路地下化後，台北車站、車站有關辦公處所、百貨商場、餐飲服務及一般商業辦公處所使用；建蔽率與容積率不予規定。
 - (2) 捷運交通用地：交 2 供捷運車站出入口使用，交 11 供捷運系統機電等設施使用，交 13 供多功能廣場使用，並配合進出及環繞交 9 轉運站需要，必需留設道路，供大眾公共運具使用；建蔽率與容積率不予規定；建蔽率 80%，容積率 560%^(註3)。
 - (3) 地鐵機電用地：交 3 供設置台北車站機電及冷卻等設施使用；建蔽率與容積率不予規定。
 - (4) 轉運站用地：交 9 供長途旅運車站(台汽車站)、公車轉運、公共停車場、捷運行控中心、交控中心、高速鐵路行控中心與辦公室及計程車招呼站，共同規劃立體使用。並得為車站有關之辦公處所、百貨商場、餐飲服務、一般商業辦公處所、金融機及地下停車場使用，基地內配合地下停車場進出，留設南北向類似通路。
 - (5) 交通廣場用地：交 4、交 5、交 6、交 7、交 8、交 10、交 12 等，交通廣場內為交通需要，得設道路、捷運系統與地下街出入口、通風口，

進地下停車場匝道及樓梯、公車彎及人行相關等交通設施；建蔽率與容積率不予規定。

2. 依臺北市政府 86 年 9 月 3 日府都三字第 8606522404 號公告實施之「擬(修)訂台北車站特定專用區細部計畫案」規定，交通用地包含以下幾類：

(1) 萬華車站用地：交 1、交 2 供鐵路地下化後，萬華車站及臺灣鐵路管理局所屬單位辦公使用，並為創造本地區中心意象，指定規劃與興建雙棟二十層車站大樓供做業務辦公使用為主，並得兼供本地區電信機房設施或必要之地區道路使用。

(2) 地鐵機電用地：交 3、交 4 供設置萬華車站機電及冷卻等設施及必要之停車設施使用，並得兼供本地區電信機房設施或必要之地區道路使用。

為配合鐵路地下化及周邊交通改善而劃設之交通用地，係供車站、捷運、轉運、人行、車行、機電等相關設施使用，都市計畫說明書雖予以歸類為公共設施用地，惟部分交通用地（如前述之北淡鐵路沿線土地「交 1」及「交 40」、臺北車站特定專用區之「交九」等），因適用大眾捷運法有關聯合開發之規定，其土地使用管制得比照第三種或第四種商業區規定，具有土地開發之性質，兼具公共設施用地與使用分區之概念。

5.3 小結

就都市計畫層面而言，鐵路用地係屬公共設施用地，係為提供國家興辦鐵路事業所需，屬公共性質；車站專用區屬土地使用分區，係為滿足本局進行土地開發所需，屬私益性質。然就實際使用而言，車站專用區範圍內亦同時提供作列車行駛所需軌道及相關機務、電務、工務等公共設施之使用，是以涉及車站專用區都市計畫變更時，應以實際可供土地開發面積（亦即車站專用區總面積扣除前開軌道及相關附屬公共設施使用面積）核算變更回饋，方符實際。

非都市土地之交通用地與都市土地之鐵路用地雖同具公共設施之性質，惟因分屬不同之土地管制體制，其管制方式及工具各有所異。依「獎勵民間參與交通建設條例」、配合提供興建大眾捷運設施與配合鐵路地下化及周邊交通改善等目的所需而劃設之交通用地，其性質雖與鐵路用地同屬都市計畫公共設施用地，惟因適用「獎勵民間參與交通建設條例」與「大眾捷運法」之特別規定，使該等交通用地部分具有土地開發之性質，同時兼具公共設施用地與使用分區之概念，此點乃為鐵路用地所未及。

本局管有土地資產諸多位居市中心區，極具區位優勢，惟因鐵路法尚無土地開發之規定，以致呈現閒置荒廢景象，對都市整體發展產生阻礙，倘「鐵路法」能比照「獎勵民間參與交通建設條例」與「大眾捷運法」賦予本局自主性土地開發與附業經營之法源，以作為鐵路資產開發之依循，對鐵路資產有效利用與都市整體發展必大有裨益。

六、取得方式

鐵路用地屬都市計畫公共設施用地，其為私有土地者自得依本法第 48 條規定予以徵收或購買^(註 4)；為公有土地者，則依國有財產法第 38 條規定予以撥用。茲將徵收私有土

地及撥用公有土地之二種方式說明如下，最後將車站專用區是否得予適用徵收取得之疑義併予釐清。

6.1 徵收私有土地

土地徵收之意義係國家因公益需要興辦事業或實施國家經濟政策需用土地，基於公權力，行使其上級所有權，強制取消私人土地之下級所有權，並給予合理補償而另行支配土地使用之一種行政行為。按土地徵收係政府對人民受憲法保障之財產權，在符合法律之要件下，經由法定程序予以取得人民土地作為公共使用之行為，因非出於人民之自願而取得其財產，是以前徵收必以符合法律規定為前提，始合憲法保障人民財產權之旨趣^(註5)。

憲法第 143 條第 1 項前段規定「中華民國領土內之土地屬於國民全體。人民依法取得之土地所有權，應受法律之保障與限制。」土地法第 10 條第 1 項規定「中華民國領域內之土地，屬於中華民國人民全體，其經人民依法取得所有權者，為私有土地。」一方面標明全國土地屬於全國人民之全體，另一方面則允許人民依法取得所有權，屬於「相對性」地權制度之存在；此亦揭示我國土地政策之宗旨，土地所有權分為上級所有權及下級所有權，上級所有權屬於中華民國人民全體，下級所有權得經人民依法取得。上級所有權著重土地之整體計畫使用，即為國家具有土地最高支配管理權，對全國土地作公平、合理而有效之管理、利用，以達土地所有權社會化之目的；下級所有權著重土地之充分有效使用，藉由上級所有權之公經濟規範與下級所有權之私經濟作用，以謀求「地利共享」之目標^[24]。

鐵路法第 7 條規定「鐵路需用土地，得依土地法及有關法律規定徵收之。」國家因公益需要，興辦交通事業，得徵收私有土地，亦為土地法第 208 條及土地徵收條例第 3 條所揭櫫。

是以倘本局為辦理鐵路規劃、興建或拓寬所需時，得本於需用土地人之權責，勘選特定路線或場站之範圍，並擬具興辦事業計畫及徵收計畫，分別報經交通部許可及內政部核准後，由直轄市或縣（市）主管機關徵收私有土地或土地改良物，有關徵收程序與補償標準依土地徵收條例相關規定為之。

6.2 撥用公有土地

倘本局為辦理鐵路規劃、興建或拓寬所需用地屬公有土地，可依土地法第 26 條「各級政府機關需用公有土地時，應商同該管直轄市或縣（市）政府層請行政院核准撥用。」、國有財產法第 38 條「非公用財產類之不動產，各級政府機關為公務或公共所需，得申請撥用。」暨國有不動產撥用要點及相關地方政府公產管理法令等規定辦理撥用。

公地撥用乃政府基於公法上之權力，使需用土地之機關，取得該土地之使用權，撥用公有土地時，需層請行政院核准撥用，無需民意機關之同意。

6.3 車站專用區可否為徵收對象？

「鐵路需用土地，得依土地法及有關法律規定徵收之。」為鐵路法第 7 條第 1 項所明定，國營鐵路得辦理「有關培養、繁榮鐵路運輸所必需之其他事業」亦為同法第 21 條所揭櫫^(註6)；為推動大眾運輸導向發展（TOD），本局於進行鐵路立體化建設

時，常需協調地方政府一併檢討變更車站周邊地區土地為都市計畫車站專用區，以供鐵路工程建設及附屬事業開發之使用。為整體規劃之所需，車站專用區內

偶有夾雜私有土地，地方政府認經都市計畫變更爲車站專用區後，即屬土地使用分區之一種，並非公共設施用地（如鐵路用地），不得以徵收方式取得私有土地。車站專用區土地可否得爲徵收對象？實有疑義，茲先闡述司法院大法官會議釋字第 513 號解釋與內政部函釋之觀點，最後提出本文之見解，以供釐清。

6.3.1 司法院大法官會議釋字第 513 號解釋之觀點

司法院大法官會議 89 年 9 月 29 日釋字第 513 號解釋「都市計畫法制定之目的，依其第一條規定，係爲改善居民生活環境，並促進市、鎮、鄉街有計畫之均衡發展^[12]。都市計畫一經公告確定，即發生規範之效力。除法律別有規定外，各級政府所爲土地之使用或徵收，自應符合已確定之都市計畫，若爲增進公共利益之需要，固得徵收都市計畫區域內之土地，惟因其涉及對人民財產權之剝奪，應嚴守法定徵收土地之要件、踐行其程序，並遵照都市計畫法之相關規定。都市計畫法第五十二條前段：『都市計畫範圍內，各級政府徵收私有土地或撥用公有土地，不得妨礙當地都市計畫。』依其規範意旨，中央或地方興建公共設施，須徵收都市計畫中原非公共設施用地之私有土地時，自應先踐行變更都市計畫之程序，再予徵收，未經變更都市計畫即遽行徵收非公共設施用地之私有土地者，與上開規定有違。」

大法官本號解釋係以本法第 48 條及第 52 條規定爲中心論點，認未經變更都市計畫即遽行徵收非公共設施用地之私有土地者，此一徵收行爲性質上屬於有瑕疵之行政處分；究其理由乃因都市計畫法第 48 條規定僅限都市計畫公共設施保留地得以徵收方式取得，非屬公共設施用地之使用分區或專用區於都市計畫法系內尙無得予徵收之規定，是以應先踐行變更都市計畫爲公共設施用地後再予徵收，以資適法。惟細查大法官本號解釋之解釋文及理由書，尙允有「除法律別有規定外」之例外條件，倘其他法律別有規定者，則都市計畫法第 48 條及第 52 條規定與其他法令規範間，尙須遵守「特別法優於普通法」、「後法優於前法」、「效力優先原則」、「禁止越權原則」、「輔助性原則」、「法律先占理論」等法理原則，方能運作順暢^[25]。另本法第 2 條規定「都市計畫依本法之規定；本法未規定者，適用其他法律之規定。」本條規定即揭示都市計畫法爲普通法，其他法律亦得對都市計畫爲之相繩；如發生法律競合之情事，即應本於「特別法優於普通法」之法理，優先適用之。

準此，屬公共設施用地之鐵路用地，因本法第 48 條訂有得予徵收之規定，自可爲徵收之標的；車站專用區則因屬土地使用分區，雖本法規定得予徵收之效力僅及於公共設施用地，但因鐵路法已另有得予徵收之特別規定，應符所允之例外條件，故車站專用區之徵收行爲尙難認定有違大法官本號解釋之意旨。

6.3.2 內政部函釋之觀點

本法第 52 條前段規定「各級政府徵收私有土地，不得妨礙當地都市計畫。」爲貫徹此一規定以健全都市發展及保障人民權益，內政部以 77 年 7 月 29 日台內營字第 616782 號函釋示「查都市計畫範圍內得予徵收之土地，除依法辦理舊市區更新者外，應僅限於依都市計畫法劃定之公共設施保留地，分別爲都市計畫法第六十八條及第四十八條所明定。」^[14]此乃因都市計畫劃設使用分區或特定專用區，僅止於合理規劃土地使用，並透過土地使

用管制規定，指引土地權利關係人依計畫使用，以達成健全都市發展之目標；如其未經都市計畫法所定程序辦理完成都市計畫之變更，即予徵收作公共設施使用，不僅違反都市計畫劃設各使用區或特定專用區之法意，亦侵犯土地所有權人依法使用土地之合法權益。

惟鑑於依促進產業升級條例編定之工業區、依科學工業園區開發設置管理條例劃設之科學園區、依加工出口區設置管理條例劃設之加工出口區、依野生動物保護法劃設之野生動物保護區、依大眾捷運法劃定之聯合開發用地、依水利法公告之水道治理計畫線或堤防預定線內土地與尋常洪水位行水區域之土地…等，各該法律已特別規定得予徵收，如其編定、劃設或公告涉及都市計畫之擬定或變更，已依都市計畫法所定程序辦理完成者，依各該法律辦理徵收，即難謂違反前開本法第 52 條前段規定。為資周延並利執行，內政部又以 89 年 1 月 27 日台內營字第 8982249 號函釋^[15]（以下簡稱第 8982249 號函釋）變更原 77 年 7 月 29 日台內營字第 61678 號函釋^[14]內容，其變更內容如下：「各級政府徵收都市計畫各使用區或特定專用區土地，申請核發無妨礙都市計畫證明書時，除擬徵收土地位於依相關目的事業法律編定、劃設或公告之事業範圍內，各該法律並特別規定得予徵收，且其編定、劃設或公告涉及都市計畫之擬定或變更，已依都市計畫法所定程序辦理完成者，得據以核發無妨礙都市計畫證明書外，餘應於依法完成都市計畫擬定或變更後核發之。」

按本法第 2 條規定「都市計畫依本法之規定；本法未規定者，適用其他法律之規定。」本條揭示都市計畫法為普通法，其他法律亦得對都市計畫為之相繩；如發生法律競合之情事，即應本於「特別法優於普通法」之法理，優先適用之。細究該釋函意旨，相關目的事業法律（如促進產業升級條例、科學工業園區開發設置管理條例、加工出口區設置管理條例、野生動物保護法、大眾捷運法、水利法等）特別規定得予徵收者，自得於依都市計畫法定程序變更各使用區或特定專用區（如工業區、科學園區、加工出口區、聯合開發用地、野生動物保護區、河川區等）後，地方政府據以核發無妨礙都市計畫證明書，以踐行土地徵收程序；至相關目的事業法律未訂有徵收規定者，則應依都市計畫法定程序變更為公共設施用地後，始有本法第 48 條徵收規定之適用。

準此，鐵路法特別規定得予徵收，私有土地位都市計畫車站專用區者，於完成都市計畫法定程序發布實施後，地方政府理應據以核發無妨礙都市計畫證明書，並得依法踐行土地徵收程序，即難謂違反都市計畫法第 52 條前段規定。然內政部又以 99 年 1 月 8 日台內地字第 0990002100 號函釋^[16]（以下簡稱第 0990002100 號函釋）有關車站專用區內私有土地得否以徵收方式取得之疑義，略以「惟查鐵路法第 7 條條文既未特別規定得予徵收都市計畫之使用區或特定專用區土地，故貴局須徵收都市計畫中非公共設施用地時，應依司法院大法官會議釋字第 513 號解釋先踐行變更都市計畫之程序再予徵收，以資適法。」其意旨以鐵路法未明定得予徵收之都市計畫使用區或特定專用區（如車站專用區）為主要理由，認應先變更都市計畫為公共設施用地（如鐵路用地）後再予徵收，該解釋理由實有欠妥之處。

6.3.3 本文之見解

關於車站專用區內私有土地得否以徵收方式取得之疑義，茲就第 0990002100 號函釋結果提出不同見解說明如后：

1. 按相關目的事業法律（如促進產業升級條例、科學工業園區開發設置管理條例、加工出口區設置管理條例、野生動物保護法、大眾捷運法、水利法等），特別規定得予徵收者，其得徵收之土地係以達成事業目的所需而劃設之區域範圍，其性質並非以都市計畫使用區或特定專用區為概念，故須透過都市計畫法定程序完成變更或劃設為使用區或特定專用區（工業區、科學園區、加工出口區、聯合開發用地、野生動物保護區、行水區或河川區）後，始得依各管目的事業法律所賦予徵收法源，踐行徵收各該使用區或特定專用區土地之程序，其理至明。舉水利法第 82 條規定「水道治理計畫線或堤防預定線內之土地，經主管機關報請上級主管機關核定公告後，得依法徵收之。」為例，該條文並未明定得予徵收之都市計畫使用區或特定專用區土地，惟依第 8982249 號函釋之例示，已依都市計畫法所定程序變更為行水區或河川區完成者，自得依水利法規定徵收該行水區或河川區土地，毋須變更為公共設施用地後再予徵收，然第 0990002100 號函釋結果於斯似有未合。
2. 第 8982249 號函釋旨認相關目的事業法律特別規定得予徵收者，於依都市計畫法定程序變更為各使用區或特定專用區後，得予徵收之，此乃繫於「特別法優於普通法」法理原則之應用。雖都市計畫法規定政府行使徵收私有土地之權力僅限於公共設施保留地而未及於土地使用分區或專用區土地，然相關目的事業法律特別規定得予徵收者，自應優先適用之，以符法理；第 0990002100 號函釋未延續此一論理基礎，而以鐵路法未明定都市計畫使用區或特定專用區為理由，認車站專用區應先變更為公共設施用地後再予徵收，與第 8982249 號函釋意旨未竟一致，容有可議。
3. 相較水利法第 82 條規定「水道治理計畫線或堤防預定線內之土地，經主管機關報請上級主管機關核定公告後，得依法徵收之。」與鐵路法第 7 條規定「鐵路需用土地，得依土地法及有關法律規定徵收之。」二法皆對需用土地特別規定得予徵收，何以依水利法公告並經都市計畫變更為「行水區」或「河川區」之土地得依法徵收之，反若依鐵路法劃設並經都市計畫變更為「車站專用區」之土地不得徵收之？其理未明。
4. 鐵路法第 7 條所指之「鐵路需用土地」或「鐵路使用地」經都市計畫變更或劃設為車站專用區，其目的係提供鐵路工程建設及附屬事業開發之使用，屬交通建設事業之範疇，依鐵路法規定予以徵收之，應屬合理，未生適法性之疑義。
5. 退一步言，倘依第 0990002100 號函釋意旨，經都市計畫變更完成之車站專用區，其內偶有夾雜之私有土地，即應先踐行都市計畫變更為鐵路用地始得予徵收，則勢將肇致車站專用區內夾雜零散之鐵路用地，實有礙整體規劃，不利發展。

本局刻戮力推展鐵路立體化建設計畫，為帶動大眾運輸導向發展（TOD），需透過都市計畫法定程序一併檢討車站周邊地區土地變更為都市計畫車站專用區，以供鐵路工程建設及附屬事業開發之使用。「鐵路需用土地，得依土地法及有關法律規定徵收之。」為鐵路法第 7 條第 1 項所明定，經完成都市計畫法定程序之車站專用區土地，必要時應依鐵路法及土地徵收條例規定辦理徵收，以利整體建設與發展。大法官第 513 號解釋允有「除法律別有規定外」之例外條件，第 8982249 號函釋意旨亦採以「『相關目的事

業法律』特別規定得予徵收」為使用分區或特定專用區土地得否徵收之憑判依據，因鐵路法已特別規定得予徵收，故車站專用區土地之徵收行為，應符大法官第 513 號解釋所允之例外條件，且與第 8982249 號函釋意旨相合，未有乖違。

承上，車站專用區土地之徵收行為是否適法？除回顧司法院大法官會議釋字第 513 號解釋及內政部函釋之觀點外，尚需檢討車站專用區之劃設目的與用途，車站專用區範圍內供鐵路建設事業與工程施作使用之部分，可以徵收方式取得私有土地；至車站專用區範圍內供土地開發與商場營運之使用者，因屬營利性質，應以協議價購方式取得私有土地，如以徵收方式取得之，對土地所有權人有欠公平，且不符土地法第 208 條及土地徵收條例第 3 條有關「徵收之範圍應以其事業所必需者為限」規定，原土地所有權人得申請照原徵收補償價額收回其土地^(註 7)。

七、結論

茲將本文結論歸納如下：

- (一) 鐵路用地係為都市計畫專有名詞，依都市計畫法第 42 條第 1 項第 4 款規定，其性質係屬都市計畫公共設施用地；其使用管制事項包括容許使用、多目標使用及建蔽率與容積率等三大項，其中容許使用係指作為鐵路使用、營運業務附屬設施使用及宿舍使用，免經申請核准，自得依建築法有關規定請建築使用；多目標使用則指依「都市計畫公共設施用地多目標使用辦法」規定向直轄市或縣（市）政府提出申請，取得多目標許可後即作為商業設施使用；至於建蔽率與容積率則依直轄市及縣（市）區分而有不同規定。
- (二) 鐵路用地（車站部分）依「都市計畫公共設施用地多目標使用辦法」規定辦理之範圍應包括鐵路場、站設施使用部分，「站」係依「鐵路行車規則」第 2 條第 4 款及第 17 款規定，指旅客上下車、貨物裝卸、列車編組、車輛調移、列車交會避讓及處理固定號誌機之場所，站內指進站號誌機或站界標之內方，站外指進站號誌機或站界標之外方；至於「場」則包括維修保養使用之倉庫（如彰化扇形車庫）或維修廠相關設施；另鐵路用地（架高路段下層）亦得申請作立體多目標使用，與車站作立體多目標使用相較，其准許使用項目較為限縮，不包含銀行及保險服務、餐飲服務、特產展售及便利商店、商店街、超級市場等項目。
- (三) 就發展權分派而言，鐵路用地作容許使用係基於都市計畫法令函釋之自動授予，作多目標使用則係依「都市計畫公共設施用地多目標使用辦法」規定申請許可，二者皆於都市計畫土地使用分區管制事項之容許及許可範圍內，自毋須辦理都市計畫變更，故無回饋公共設施用地或繳納代金之義務。
- (四) 鐵路用地與車站專用區在本質上各具不同概念，鐵路用地係屬公共設施用地，係為提供國家興辦鐵路事業所需，屬公共性質；車站專用區屬土地使用分區，係為滿足本局進行土地開發所需，屬私益性質。然車站專用區範圍內亦同時提供作列車行駛所需軌道及相關機務、電務、工務等公共設施之使用，是以涉及車站專用區都市計畫變更時，應以實際可供土地開發之使用面積（亦即車站專用區總面積扣除前開軌道及相關附屬公共設施使用面積）核算變更回饋，方符實際。
- (五) 非都市土地之交通用地與都市土地之鐵路用地雖同具公共設施之性質，惟因分屬不同之土地管制體制，其管制方式及工具各有所異。另都市土地內之交通用地，其性質雖與鐵路用地同屬都市計畫公共設施用地，惟因適用「獎勵民間參與交通

建設條例」與「大眾捷運法」之特別規定，使該等交通用地部分具有土地開發之性質，同時兼具公共設施用地與使用分區之概念，此點乃為鐵路用地所未及。倘「鐵路法」能比照「獎勵民間參與交通建設條例」與「大眾捷運法」賦予臺鐵局自主性土地開發與附業經營之法源，以作為鐵路資產開發之依循，對鐵路資產有效利用與都市整體發展必大有裨益。

- (六) 鐵路用地之土地取得方式包括徵收與撥用，其屬私有土地者以徵收方式取得之，有關徵收程序與補償標準依土地徵收條例相關規定為之；其屬公有土地者則辦理撥用，有關撥用程序依土地法第 28 條、國有財產法第 38 條及國有不動產撥用要點及相關地方政府公產管理法令等規定辦理。
- (七) 經回顧司法院大法官會議釋字第 513 號解釋及內政部 89 年 1 月 27 日台內營字第 8982249 號函釋，車站專用區範圍內供鐵路建設事業與工程施作使用之部分，可以徵收方式取得私有土地；至車站專用區範圍內供土地開發與商場營運之使用者，因屬營利性質，應以協議價購方式取得私有土地，如以徵收方式取得之，對土地所有權人有欠公平，且不符土地法第 208 條及土地徵收條例第 3 條有關「徵收之範圍應以其事業所必需者為限」規定，原土地所有權人得申請照原徵收補償價額收回其土地。

附註

1. 在此所謂車站專用區係指經都市計畫變更專供本局使用之特定專用區，尚不包括供高鐵局或國道客運業者使用之車站專用區。
2. 依臺北市政府 95 年 2 月 10 日府都規字第 09570623000 號公告實施之「修訂『變更北淡鐵路沿線土地為交通用地計畫案』內編號交四十交通用地土地使用管制規定(第三次修訂)案」規定，1. 交通用地供捷運系統車站、站前廣場、電力加壓站、人行道、陸橋、其他必要之轉乘相關設施使用。2. 使用項目如依大眾捷運法採聯合開發，其允許使用項目得比照台北市土地使用分區管制規則所規定第三種商業區允許使用項目使用，惟住宅使用比例不得超過總容積樓地板面積之 30%。2. 住宅部分應為連續樓層，作商業使用部分其同層及以下各樓層均應為非住宅使用。3. 建蔽率 50%，容積率 200%。又如依臺北市政府 92 年 5 月 20 日府都二字第 09202951200 號公告實施之「變更臺北市『變更北淡鐵路沿線土地為交通用地計畫案』交通用地(交一)土地使用管制內容計畫案」規定，1. 本聯合開發大樓於興建完成後，實質上與鄰近之商場及辦公大樓無異，原計畫規定之使用內容難以完全符合市場機制之運作，故調整使用管制內容，除原計畫允許供捷運系統地下車站、軌道(地下、地面及高架)設備及其必要設施使用外，其使用比照本市土地使用分區管制規則第四種商業區規定。2. 建蔽率 40%，容積率 200%。
3. 依臺北市政府 93 年 11 月 23 日府都二字第 09321559900 號公告實施之「修訂臺北車站特定專用區內轉運站用地(交九)土地使用管制計畫案」規定，交九用地容積率 560%，本基地除維持轉運站用地供長途旅運、公車轉運等大眾運輸轉運機能外，得依據臺北市土地使用分區管制規則所規定第三種商業區允許使用項目使用，惟住宅使用比例不得超過總容積之 1/3。
4. 按都市計畫法第 48 條規定「依本法指定之公共設施保留地供公用事業設施之用者，由各該事業機構依法予以徵收或購買；其餘由該管政府或鄉、鎮、縣轄市公所依左列方式取得之：一、徵收。二、區段徵收。三、市地重劃。」

5. 參考自司法院 89 年 9 月 29 日釋字第 513 號解釋理由書所附抄監察院聲請書之「參、聲請解釋之理由及聲請人對本案所持之立場與見解」最後段文字。
6. 土地法第 208 條規定「國家因左列公共事業之需要，得依本法之規定徵收私有土地。但徵收之範圍，應以其事業所必需者為限：一、國防設備。二、交通事業。三、公用事業。四、水利事業。五、公共衛生。六、政府機關、地方自治機關及其他公共建築。七、教育學術及慈善事業。八、國營事業。九、其他由政府興辦以公共利益為目的之事業。」土地徵收條例第 3 條規定「國家因公益需要，興辦下列各款事業，得徵收私有土地；徵收之範圍，應以其事業所必須者為限：一、國防事業。二、交通事業。三、公用事業。四、水利事業。五、公共衛生及環境保護事業。六、政府機關、地方自治機關及其他公共建築。七、教育、學術及文化事業。八、社會福利事業。九、國營事業。一〇、其他依法得徵收土地之事業。」
7. 參照土地徵收條例第 9 條第 1 項規定「被徵收之土地，除區段徵收及本條例或其他法律另有規定外，有下列情形之一者，原土地所有權人得於徵收公告之日起二十年內，向該管直轄市或縣（市）主管機關申請照原徵收補償價額收回其土地，不適用土地法第 219 條之規定：一、徵收補償費發給完竣屆滿三年，未依徵收計畫開始使用者。二、未依核准徵收原定興辦事業使用者。三、依原徵收計畫開始使用後未滿五年，不繼續依原徵收計畫使用者。」

參考文獻

1. 「鐵路法」，總統 95.2.3 華總一義字第 09500014961 號令增訂公布。
2. 「鐵路行車規則」，交通部 97.8.21 交路字第 0970085049 號令修正發布。
3. 「鐵路修建養護規則」，交通部 95.2.27 交路字第 09500850117 號令修正發布。
4. 「都市計畫法」，總統 98.1.7 華總一義字第 09700288161 號令修正公布。
5. 「都市計畫公共設施用地多目標使用辦法」，內政部 98.11.23 台內營字第 0980810852 號令修正發布。
6. 「都市計畫法臺灣省施行細則」，內政部 95.7.21 台內中營字第 0950804204 號令修正公布。
7. 「臺北市土地使用分區管制規則」，臺北市政府 97.1.24(97)府法三字第 09730109000 號令修正公布。
8. 「都市計畫法高雄市施行細則」，高雄市政府 95.5.18 高市府都二字第 0950022736 號令修正發布。
9. 「土地法」，總統 95.6.14 華總一義字第 09500085191 號令修正公布。
10. 土地徵收條例，總統 91.12.11 華總一義字第 09100239080 號令增訂公布。
11. 國有財產法，總統 92.2.6 華總一義字第 09200017720 號令修正公布。
12. 司法院大法官會議 89.9.29 釋字第 513 號解釋。
13. 內政部 67.9.1 台內營字第 80517 函釋。
14. 內政部 77.7.29 台內營字第 61678 號函。
15. 內政部 89.1.27 台內營字第 8982249 號函。

16. 內政部 99.1.8 台內地字第 0990002100 號函。
17. 內政部營建署 98.12.17 營署都字第 0980081947 號函。
18. 交通部 98 年 11 月 27 日交管字第 0980011104 號函之釋示。
19. 「修訂『變更北淡鐵路沿線土地為交通用地計畫案』內編號交四十交通用地土地使用管制規定(第三次修訂)案」，臺北市政府 95.2.10 府都規字第 09570623000 號公告實施。
20. 「修訂臺北車站特定專用區內轉運站用地（交九）土地使用管制計畫案」，臺北市政府 93.11.23 府都二字第 09321559900 號公告實施
21. 林森田（1994），”土地開發許可制理念之探討”，人與地雜誌第 131/132 期，臺北：人與地雜誌社，1994.11/12。
22. 邊泰明（1994），”臺灣地區國土計畫體系與土地發展權的分派”，人與地雜誌第 127 期，臺北：人與地雜誌社，1994.7
23. 許文昌（1991.10），「土地法規要論」（二版），臺北：文笙書局，1991.10。
24. 謝武昌（2009），”都市計畫之法律效力與法律性質初探”，現代地政、人與地雜誌第 332 期，臺北：現代地政、人與地雜誌社，2009.10。

軌道配置之原理與實務（二）

The principle and practice of track layout

林文雄 LIN, Wen-Hsiung¹

地址：10367 臺北市大同區酒泉街 33 號 6 樓

Address：6F., No.33, Jioucyuan St., Datong Dist., Taipei City 10367, Taiwan (R.O.C.)

電話：02-23119192

Tel：02-23119192

電子信箱：tr420360@msa.tra.gov.tw

E-mail：tr420360@msa.tra.gov.tw

二、曲線 (Curve)

平面路線係由方向各異的直線所組成，方向不同之直線間用不同半徑的圓曲線予以連接。路線曲線段為使機車車輛能夠順利通過，在半徑較小的曲線上，應將軌距略予加寬。為抵消機車車輛通過曲線時的離心力，應使外軌頂面略高於內軌頂面，形成適當超高。為使機車車輛平穩地自直線進入圓曲線，並自圓曲線轉入直線，在直線與圓曲線之間，應有一條曲率漸變的緩和曲線（亦稱介曲線），並使外軌逐漸升高，軌距逐漸加寬，避免急劇變化。

2.1 圓曲線

2.1.1 圓曲線之種類與表示方法

2.1.1.1 圓曲線之種類

圓曲線依其組成，計有如圖 2.1-1 所示之三種：

- (一) 單曲線(Simple Curve)：如圖 2.1-1 之(a)所示，兩條相交之直線所夾之圓弧，有兩個切點，此即該曲線的起終點(B.C,E.C)，此一曲線僅具一固定半徑，單一圓心。此線上各部分之數值，可利用幾何及三角關係求得。半徑(R)、交角(I.P)、切線長(T.L)及曲線長(C.L)為其最重要之數值。
- (二) 複曲線(Compound Curve)：曲線由兩個以上不同半徑之單曲線所連接而成，具兩個以上的圓心，且圓心均在曲線同一側，在其連接點 c 則有公切線，如圖 2.1-1 之(b)所示。複曲線上各部分之數值計算，主要為半徑、交角及切線長三者之關係，其餘之數值計算如同單曲線。複曲線多用於山腹、溪谷及海濱地形複雜之處，另於路線變更時亦常用之。
- (三) 反向曲線(Reverse Curve)：如圖 2.1-1 之(c)所示。曲線由兩個單曲線相連而成，此二曲線之連接點 c 亦即公切點，此兩單曲線之圓心分別在公切線之異側，故 c 點亦稱反曲點，反向曲線亦稱 S 曲線。反向曲線也如複曲線多用於山間溪谷邊路線有迂迴曲折之處，另

¹ 本局副總工程師

車站站場之股道兩端進出站附近，也有插入此種曲線之情況，惟在高速運轉區間，為使列車運行時不致搖動太大，應儘量避免鋪設此種路線。反向曲線各部分之數值計算，應依照其直線之方向、交角、半徑及是否在兩曲線間插入直線等條件而計算之。

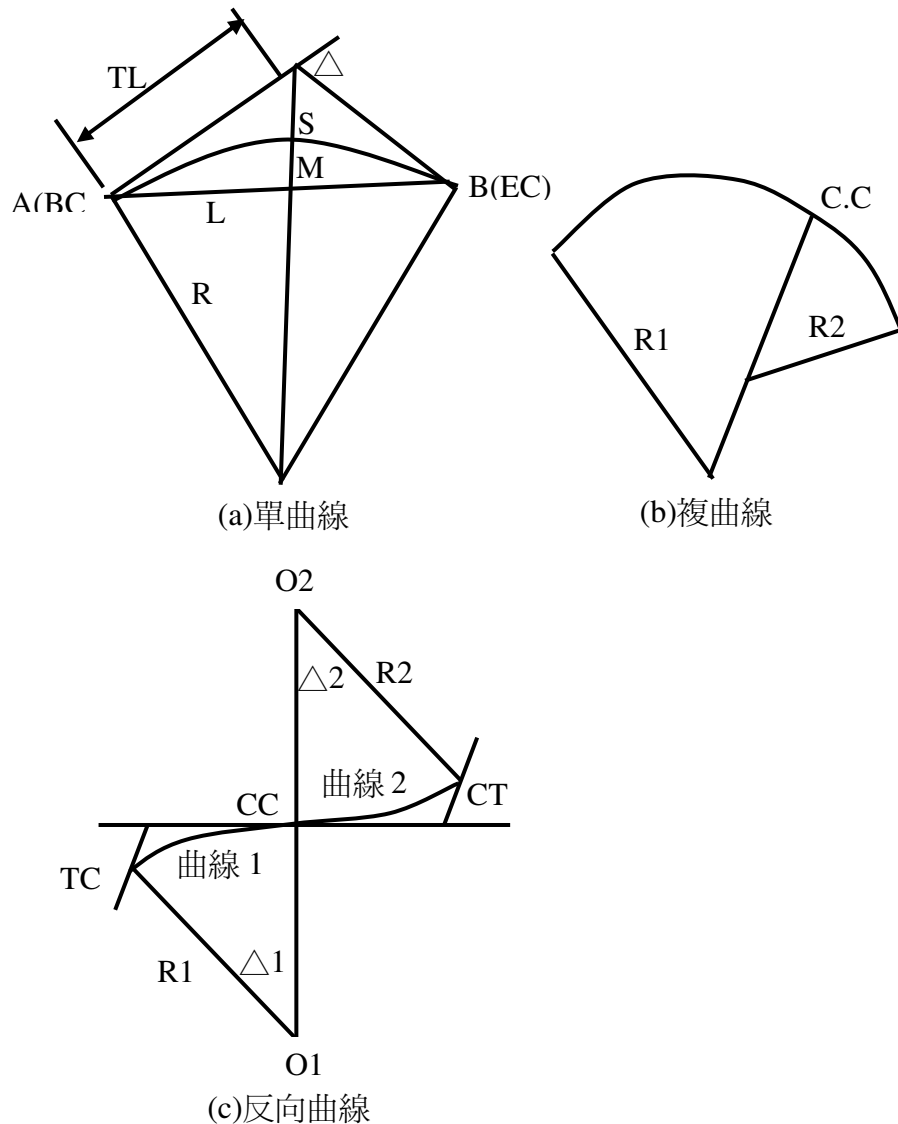


圖 2.1-1 圓曲線之種類

2.1.1.2 圓曲線之表示方法

圓曲線之緩急有二種表示方法：

- (一) 半徑表示法 (Designation by Radius)：用曲線半徑大小來表示，半徑大者為緩曲線，半徑小者為急曲線。此種方法多為德、法、日及臺鐵所使用。
- (二) 中心角度表示法 (Designation by Degree)：此法多以每 20m(英制為 100ft)弦長所對圓心角來表示。如 30 之曲線，即為此曲線 20m(或 100ft)弦長之圓心角為 30 之曲線。如以 D 表弦長 20m 所對之圓心角，R 表弦長 20m 所對圓弧之半徑，則 $\frac{2\pi R}{20} = \frac{360}{D}$ ， $R \doteq \frac{1,146}{D}$ ，

由上式可知 R 與 D 成反比，故度數越小曲線越緩，反之度數越大曲線越急。

2.1.2 曲線軌道外軌超高 (Cant)

當列車沿曲線軌道運行時，因離心力作用使車體向外推用，外側之鋼軌將承受較大的壓力，亦使旅客感覺不舒適。離心力過大時會影響行車安全，為抵消離心力的作用，需將外側鋼軌抬高，使車體向內傾斜，借助車體自重的水平分力與離心力相平衡。此種曲線外側鋼軌軌面較內側鋼軌軌面為高之現象稱為外軌超高。

設置超高的基本要求是保證內外兩側鋼軌的受力比較均勻、提昇旅客乘坐的舒適度、確保行車平穩與安全。

2.1.2.1 按兩根鋼軌均勻受力的要求計算外軌超高 (平衡超高)

(一)基本計算公式

車輛以速度 V 沿一半徑為 R 之圓曲線運行時，如圖 2.1-2 所示，令車體重為 W，則此車輛將會沿著法線方向產生一離心力 F，為使內外側鋼軌所承受的垂直壓力相等，應使 F 與 W 的合力作用於軌道中心點 O，為此其所需的外軌超高 C 亦稱平衡超高。設軌距為 G，離心加速度 a，則：

$$F = m \cdot a = m \cdot \frac{V^2}{R} = \frac{WV^2}{gR} \dots\dots\dots(2-1)$$

上式中 g：重力加速度，g = 9.8m/s²。

$$\sin \theta = \frac{C}{G}, \tan \theta = \frac{F}{W}$$

因 θ 甚小，可視為 sin θ ≃ tan θ，故

$$\frac{C}{G} = \frac{F}{W}, C = \frac{GF}{W} = \frac{G}{W} \frac{WV^2}{gR} = \frac{GV^2}{gR} \dots\dots\dots(2-2)$$

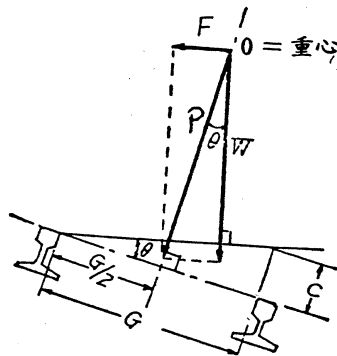


圖 2.1-2 平衡超高

(二) 平均速度之計算

事實上，通過曲線的各次列車，其速度不可能是相同的，因此式 (2-2) 中列車速度 V 應採用各次列車的平速度 V₀。外軌超高設置是否合適，常取決於平均速度選用是否合適。如何選用平

均速度 V_0 有各種不同的方法：

(1) 全面考慮每次列車的速度和質量的加權平均速度 V_0

$$V_0 = \sqrt{\frac{\sum mV^2}{\sum m}} = \sqrt{\frac{\sum NPV^2}{\sum N}} \dots\dots\dots(2-3)$$

上式中 P 為列車質量， N 為每晝夜通過的質量和速度相同的列車次數， V 為列車速度。

(2) 不考慮列車質量，只考慮每次列車之速度的加權平均速度 V_0

$$V_0 = \sqrt{\frac{(\sum NV^2)}{\sum N}} \dots\dots\dots(2-4)$$

上式中 N 為每晝夜通過速度相同的列車次數。

(3) 只考慮每次列車之速度的算術平均速度 V_0

$$V_0 = \frac{\sum V}{\sum N} \dots\dots\dots(2-5)$$

上式中 N 為每晝夜通過曲線的列車次數。

(4) 經驗公式

$$V_0 = 0.8 V_{max} \dots\dots\dots(2-6)$$

2.1.2.2 為確保旅客乘坐舒適的外軌超高檢算

曲線的超高只能根據平均速度設置，而通過曲線的各種列車速度並不相同，或大於平均速度，或小於平均速度，致使超高與平均速度不相呼應，即不可能使所有列車產生的離心力完全得到平衡，因而，車體將承受一部份不平衡的離心力。這種不平衡的離心力，會使車內的人或物產生不平衡的離心加速度。不平衡的離心加速度必須加以控制，否則會使旅客產生不舒服，影響列車平穩，甚至使車輛喪失穩定性，危及行車安全。

(一) 不平衡的離心加速度

當列車以速度 V_1 通過半徑為 R 的曲線時，由於離心力而產生的離心加速度為 $\frac{V_1^2}{R}$ 。已設置的外軌超高 C 係以平均速度 V_0 為基準，其產生的離心加速度為 $\frac{V_0^2}{R}$ 。由於列車速度 V_1 與設置超高度的 V_0 不一致而產生之不平衡離心加速度 a 為

$$a = \frac{V_1^2}{R} - \frac{V_0^2}{R} \dots\dots\dots(2-7)$$

當 $V_1 = V_0$ 時 $a = 0$ ； $V_1 > V_0$ 時， $a > 0$ (離心力)； $V_1 < V_0$ 時 $a <$

0 時，〈向心力〉。不平衡離心加速度 a 的符號不管是正或負，對旅客的舒適度影響是一樣的，因此有些國家對不平衡離心加速度訂有限制值，其標準不一，一般在 $0.4 \sim 0.5 \text{ m/s}^2$ 。旅客舒適度泛指車廂裡旅客在生理上和心理上的舒適程度，與車輛運動狀態、車輛內外環境、座位條件和旅客體質有關。不平衡的離心加速度，主要與車輛的受力和運動狀態有關，因此實際的不平衡離心加速度應為

$$a_k = (1+k)a \quad \text{式中 } k \text{ 為彈簧附加係數，根據實驗，一般取 } k = 0.2。$$

(二) 超高不足與餘超高

如前所述，設置曲線超高所依據的平均速度 V_0 與通過曲線的列車速度 V_1 不一時，其產生之不平衡離心加速度 a ，係由超高不足或餘超高所造成。

所謂超高不足量 C_d 係指列車最高運轉速度時所需的超高度 C_v ，與以平均速度所設置的超高度 C 之差，即 $C_d = C_v - C$ 。超高不足量亦稱不平衡超高。根據計算基本公式(2-2)，列車速度 $V_1 > V_0$ 通過曲線時，其要求設置之超高為 $C_v = \frac{GV_1^2}{gR}$ ，而實際設置的超高 $C = \frac{GV_0^2}{gR}$ ，超高不足即是兩者之差即

$$C_d = C_v - C = \frac{GV_1^2}{gR} - \frac{GV_0^2}{gR} = \frac{G}{g} \cdot \left(\frac{V_1^2}{R} - \frac{V_0^2}{R} \right) \dots \dots \dots (2-8)$$

上式中 $G = 1,067 \text{ mm}$ ， $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ ， V_1 、 V_0 通常以 km/h 表示，如化為 m/s ，應乘以 $\frac{1,000}{3,600} = \frac{1}{3.6}$ ， R 以 m 為單位時，則式(2-8)可簡化為

$$C_d = 8.4 \left(\frac{V_1^2}{R} - \frac{V_0^2}{R} \right) = 8.4a \dots \dots \dots (2-9)$$

同理，當 $V_1 < V_0$ 時

$$a = \frac{V_1^2}{R} - \frac{V_0^2}{R} < 0 \quad \text{即 } C_d < 0 \text{ 表示以 } V_0 \text{ 設定的超高大於 } V_1 \text{ 所需的超高，此種超高剩餘量，稱為餘超高。}$$

由於超高不足或餘超高是幾何量，而加速度是運動學量，但不論加速度的符號是正或負，其對舒適度的影響是一樣的，為表示超高不足、餘超高與不平衡加速度的關係，按式(2-7)所計算出之不平衡離心加速度取其絕對值，而對不平衡離心力加速度 a 之限制值不再加正負號。

大致上每超高不足(或餘超高) 15 mm ，相當於不平衡離(向)心力加速度 0.1 m/s^2 ，故 a 限制值 $0.4 \sim 0.5 \text{ m/s}^2$ 時之超高不足(或餘

超高) C_d 為 50.4~63mm，在特殊情況下 a 之限制值為 0.6 m/s^2 ，其相對的超高不足（或餘超高）限制值為 75.6mm。

在 $R=800\text{m}$ 之曲線上如超高係以平均速度 80km/h 計算設置的超高 C 為 67mm，而實際行車最大速度 V_{\max} 為 100km/h 時，則其超高不足

$$Cd = 8.4 \times \frac{100^2}{800} - 67 = 33\text{mm} < 63\text{mm} \quad \text{其相對之不平衡離心力加速度 } a = \frac{C_d}{8.4 \times 3.6^2} = \frac{33}{8.4 \times 3.6^2} = 0.3 \text{ m/s}^2 < 0.5 \text{ m/s}^2。$$

如以容許行車速度 110km/h 時，

$$Cd = 8.4 \times \frac{110^2}{800} - 67 = 60\text{mm} < 75.6\text{mm} \quad \text{其相對之不平衡離心力加速度 } a = \frac{C_d}{8.4 \times 3.6^2} = \frac{60}{8.4 \times 3.6^2} = 0.55\text{m/s}^2 > 0.5 \text{ m/s}^2 \text{ 但仍小於 } 0.6 \text{ m/s}^2，\text{故不需調整。}$$

2.1.2.3 超高的最大值

列車的行駛速度與外軌超高不相對應時，就會出現超高不足或餘超高。設置超高時，不僅要保證旅客的舒適性，同時要保證行車的穩定性。車輛在曲線上運行時，受到重力、離心力、風力等的共同作用，如圖 2.1-3 所示。當上述諸力的合力 P 作用線通過軌道中心時，車輛處於絕對穩定狀態。當存在著超高不足或餘超高時，合力作用點的位置就會偏離軌道中心一小段距離 e 。要保證車輛的穩定性，就需保證在最不利的條件下合力作用線不會落在車輪支承點之外，即偏心距 e 要小於兩根鋼軌中心距之半。

$$e < \frac{G}{2}$$

G 為軌距，為簡化計算可視 G 為車輪支承點間的距離。偏心距的大小直接影響車輛行駛的穩定程度，用穩定係數 n 表示車輛行駛的穩定性：

$$n = \frac{\frac{G}{2}}{e} = \frac{G}{2e} \quad \dots\dots\dots(2-10)$$

當 $e=0$ 時， $n = \infty$ ，車輛處於絕對穩定狀態（即合力位於軌道中心）；

當 $e = \frac{G}{2}$ 時， $n = 1$ ，車輛處於臨界穩定狀態（即合力位於鋼軌上）；

當 $e > \frac{G}{2}$ 時， $n < 1$ ，車輛處於不穩定狀態（即合力位於鋼軌外側）；

當 $e < \frac{G}{2}$ 時， $n > 1$ ，車輛處於穩定狀態（即合力位於鋼軌內側）。

為確保列車行駛的穩定性，超高設置必須得當，務使 $n > 1$ ，即 $e < \frac{G}{2}$ 。如超高設置過大，當列車在曲線上以低速運行時，會使偏心距 e 增大，列車重量偏壓在內側鋼軌上，加劇內側鋼軌磨耗甚至軌頭壓塌。如在曲線上停車，車體向內傾斜量也大，易滾易滑的貨物可能產生位移，極端情況下可能造成列車傾覆，對行車安全不利。

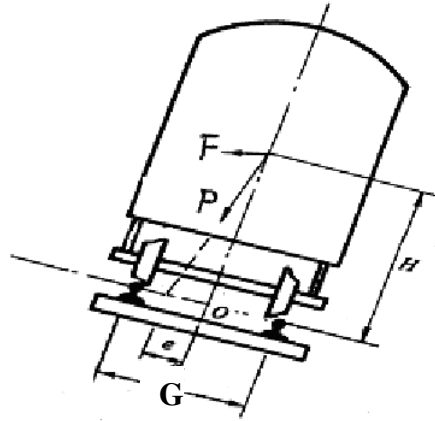


圖 2.1-3 車輛在曲線上之穩定性

偏心距 e 的大小與超高不足 C_d 或餘超高有一定關係。若外軌超高 C 與車速 V 相對應，合力 P 通過軌道中心 O 。如有超高不足 C_d ，合力 P' 將與軌頂線相交於另一點 O' 如圖 2.1-4 所示。

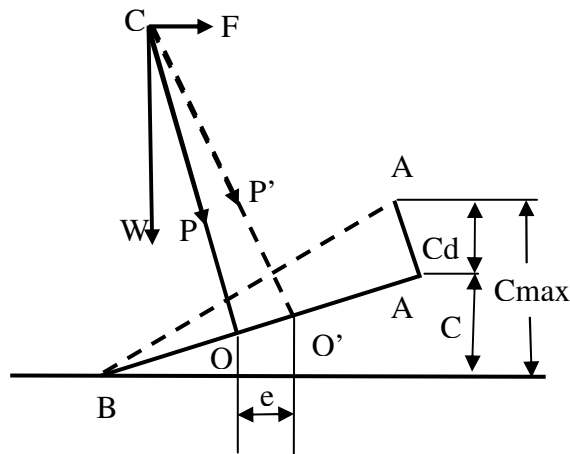


圖 2.1-4 超高最大值

$$\because \angle OCO' = \angle ABA' \quad \therefore \triangle COO' \sim \triangle BAA'$$

故 $OO' : CO = AA' : BA$

$OO' = e$ (偏心距), $CO = H$ (車輛重心至軌面的高度)

$$\frac{e}{H} = \frac{C_d}{G} \quad \therefore e = \frac{H}{G} \cdot C_d \quad \dots\dots\dots(2-11)$$

代入式(2-10)得：

$$n = \frac{G^2}{2HC_d} \quad \dots\dots\dots(2-12)$$

為使列車因路線故障或其他原因在曲線段停車時，不致因無離心力作用而發生車輛向圓心側傾斜之現象，通常限制超高度之最大值，使停止之車輛重心在內軌與軌道中心線之三分點範圍內，即 $\frac{G}{2} \times \frac{1}{3} = \frac{G}{6}$ ，故 n 不應小於 3。當列車在曲線上停車時，其外軌超高全是餘超高，在這種情況下應使穩定係數 $n \geq 3$ ，求得容許的餘超高，即是容許設置的最大超高，由式(2-12)得：

$$C_{\max} = C_d = \frac{G^2}{2Hn} \dots\dots\dots(2-13)$$

由式(2-13)可知，容許超高不足量即容許最大超高度，與速度及半徑無關，而與軌距之平方成正比，與車輛重心高度及穩定係數成反比。

四、曲線上的容許最高行車速度

在已經設置超高的條件下，通過曲線的列車速度受超高不足的限制。由式(2-9)可知：

$$C + C_d = \frac{8.4V_{\max}^2}{R}$$

$$\therefore V_{\max} = \sqrt{\frac{(C + C_d)R}{8.4}} \dots\dots\dots(2-14)$$

曲線上之容許行車速度理論上雖以曲線半徑與超高度為定，但基於旅客舒適度等因素尚需考慮最大超高度、最大超高不足量、超高度不足量之時間性變化及超高度過大對低速列車之影響等，在爾後的有關章節中另詳述，本節僅就按超高不足限制值的要求，將曲線上容許的最高速度公式(2-14)寫為

$$V_{\max} \leq \sqrt{\frac{C_{\max}R}{8.4}} \dots\dots\dots(2-15)$$

2.1.2.4 外軌超高遞減

在圓曲線上要求外軌設置超高，在直線上要求兩根鋼軌軌面保持水平，因此，直線與圓曲線之間應設有一過渡段，使外軌超高逐步過渡，此稱為超高遞減。一般情況下，在圓曲線與直線之間還需要設置一段介曲線（緩和曲線），使超高順坡在介曲線上完成，故有關超高遞減與設置問題將在介曲線之章節內探討。

2.1.3 軌距加寬(Slack)

2.1.3.1 軌距與軌距加寬之意義

軌距為兩根鋼軌頭部內側與軌道中心線相垂直的距離。因為軌道上的鋼軌並不是豎直鋪設，而是有一定的軌底坡，所以軌距應在鋼軌頂面下某一規定距離處量取。

世界各國鐵路由於歷史原因，採取各種不同的軌距標準。目前普遍採用 1,435mm 軌距，稱為標準軌距。軌距大於 1,435mm 者稱為寬軌距，

常用的有 1,524mm,1,600mm 和 1,676mm。軌距小於 1,435mm 者稱為窄軌距，常用的有 1,067mm,1000mm 和 762mm。臺鐵闢建於清朝光緒年間，當時所用之軌距為三英尺半，折算公制為 $3.5 \times 0.3048 = 1.067\text{m} = 1,067\text{mm}$ 。

機車車輛運行的基本構件稱為輪對。輪對是由一根車軸和兩個車輪組成。為防止車輪由於輪對歪斜而陷落軌道之間，安裝在同一個車架或轉向架上的車軸必須保持相互間的平行位置。同一機車最前端和最後端的車軸中心間水平距離稱為機車的全軸距。為使全軸距較長的機車車輛仍能順利通過半徑較小的曲線，通常把全部車軸分別安裝在幾個車架或轉向架上。同一車架或轉向架始終是保持平行的，其最前端與最後端的車軸中心間水平距離稱為固定軸距。固定軸距是機車車輛能否順利通過小半徑曲線的控制因素，臺鐵規章規定固定軸距不得超過 4.6m。

目前機車車輛係由 2 個或 3 個車軸平行剛結於車架或轉向架形成固定軸距。當固定軸距通過曲線時，所有車軸不可能傾向曲線中心，曲線段之軌距如仍與直線段之軌距相同，則具有輪緣之車輪，將無法圓滑通過曲線，故須將曲線段內之軌距予以加寬若干，謂之軌距加寬，俾使機車車輛順利通過曲線，並減少輪軌間的橫向作用力與輪軌磨耗。一般加寬加於內軌，亦即加於曲線內側，曲線外軌之位置保持不變。

2.1.3.2 軌距加寬值之計算

軌距加寬值之計算係根據車架或轉向架在曲線所佔據的位置而決定，其位置與曲線半徑、固定軸距及車輪之橫向移動因素等有關，欲決定曲線上行駛車輪之確實位置，至為複雜與困難，故加寬度之計算需參酌實驗結果，因而各國之計算式略有不同。

今以固定軸距 B 之二軸車通過曲線半徑 R 之彎道為例，如圖 2.1-5 所示。前軸外側車軸在 a 點與鋼軌接觸，後軸內側車軸在 b 點與內軌接觸。由過去之實驗顯示，此時在固定軸距約 $\frac{3}{4}$ 處即 $L = B \times \frac{3}{4} \times 2 = 1.5B$ 與車軸平行之直線向著曲線中心，進行圓周運動，其橫推力作用於此，在此狀態下，後軸行駛時將無所抵抗，設其加寬為 S_1 ，利用弦與縱距之關係

$$\left(\frac{L}{2}\right)^2 + (R - S_1)^2 = R^2$$

$$\frac{L^2}{4} = 2R S_1 - S_1^2 \quad , \text{ 式中 } S_1^2 \text{ 數值很小可略去}$$

$$\text{得} \quad S_1 = \frac{L^2}{8R} = \frac{(1.5B)^2}{8R} \dots\dots\dots(2-16)$$

固定軸距 B 係以最大值計算，臺鐵最大之固定軸距為 4.6m，將固定軸距 4.6 m

代入，得 $S_1 = \frac{6}{R}$ ，如 S_1 之單位以 mm， R 之單位以 m 表示，則

$$S_1 = \frac{6,000}{R} \dots\dots\dots(2-17)$$

以臺鐵之車輛為例，輪緣外面間之距離最大為 1,054 mm，與正常軌距 1,067 mm 有 13 mm 之寬裕；直線上雖無軌距加寬，惟為避免鋼軌與輪緣間發生壓扎及車輪旋轉困難，故規定軌距可縮小 4mm 為 1,063 mm (1.067 - 4)與輪緣外面間有餘裕 9 mm，平均可動餘裕 10 mm，將此 10 mm 之半數自 $S_1 = \frac{6,000}{R}$ 中減去，則車軸不受不自然之抵抗而行駛之充分加寬值為

$$S_1 = \frac{6,000}{R} - 5 \dots\dots\dots(2-18)$$

車輛之橫推力向曲線垂直方向作用在固定軸距全長的 $\frac{3}{4}$ 處，使後輪與內軌緊靠時，求外軌與輪緣間隔 S，如 2.1-6 所示，圖中 B 為固定軸距，R 為曲線半徑

$$S_1 = \frac{\langle \frac{3}{4} B \rangle^2}{2R} \quad S_2 = \frac{\langle \frac{1}{4} B \rangle^2}{2R}$$

$$S = S_1 - S_2 = \frac{B^2}{4R} \dots\dots\dots(2-19)$$

將固定軸距 4.6 m 代入，得 $S = \frac{5.3}{R}$ ，如 S 之單位以 mm，R 之單位以 m 表示，前述可動餘裕 10 mm 全部減去，則必要加寬值為：

$$S = \frac{5,300}{R} - 10 \dots\dots\dots(2-20)$$

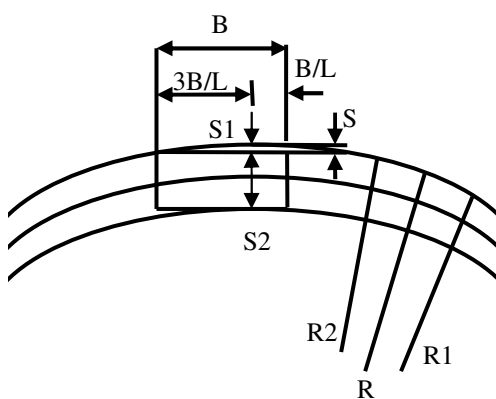


圖 2.1-5 軌距充分加寬值

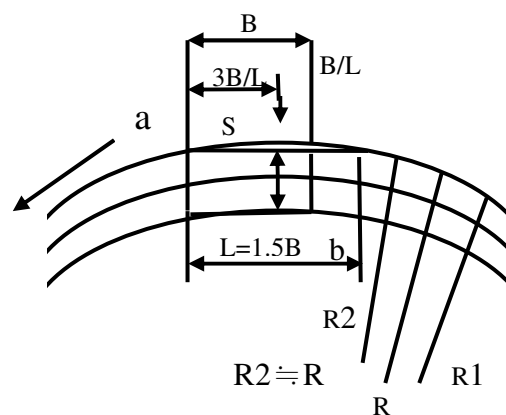


圖 2.1-6 軌距必要加寬值

2.1.4 規章規定與說明

2.1.4.1 最小曲線半徑

(一) 規章規定

「臺灣鐵路建設作業程序」規定如下：

(1) 正線

- 特甲級及甲級線不得小於 300m，乙級線不得小於 200m。
- 站內正線沿月台部分除兩端外，其曲線半徑特甲級及甲級線不得小於 500m，乙級線不得小於 300m，但遇有特殊情形者，不在此限。
- 道岔內之曲線半徑，特甲級及甲級線得縮至 160m，乙級線及專為運轉貨物列車之正線，必要時得縮減至 100m。設置道岔前後產生之道岔外曲線半徑應大於前項規定。

(2) 側線

不得小於 160m 必要時得縮減至 120m，分岔或機車不得進入者，得縮減至 100m。

(二) 說明

(1) 側線係由正線鋪設道岔而形成側線，為考慮行車速度之一致，故側線上之曲線半徑或道岔內之曲線半徑。應儘量相互配合。

(2) 道岔內之曲線半徑參閱表 2.1-1。

表 2.1-1 臺灣鐵路道岔種類及導軌曲線半徑表

| 鋼軌種類 | 號數 | 型式 | 導軌曲線半徑(公尺) | |
|---------------|----|----|------------|-------|
| | | | 單開 | 雙開 |
| 30 及 37 公斤 | 8 | 新型 | 107.1 | 220.8 |
| | | 標準 | 108.8 | 224.6 |
| | 10 | 新型 | 162.6 | 335.4 |
| | | 標準 | 164.7 | 340.2 |
| | 12 | 新型 | 243.2 | 501.9 |
| | | 標準 | 245.6 | 507.6 |
| 50 公斤(N) | 8 | 新型 | 104.2 | 214.1 |
| | | 標準 | 105.7 | 217.5 |
| | 10 | 新型 | 160.1 | 329.4 |
| | | 標準 | 162.0 | 338.7 |
| | 12 | 新型 | 223.5 | 460.0 |
| | | 標準 | 240.1 | 500.0 |

2.1.4.2 軌距加寬

(一) 規章規定

「臺灣鐵路建設作業程序」對軌距及軌距加寬之規定如下：

(1) 直線上之軌距

軌距係指兩鋼軌間由軌面下 14mm 以內相距之最短距離。直線之軌距為 1,067mm。

(2) 曲線上之軌距加寬

依直線軌距按下列規定加寬：

- $R < 200\text{m}$ ，應加寬 20mm。
- $240\text{m} > R \geq 200\text{m}$ ，應加寬 15mm。
- $320\text{m} > R \geq 240\text{m}$ ，應加寬 10mm。
- $440\text{m} > R \geq 320\text{m}$ ，應加寬 5mm。

前項加寬度，除道岔外，應於介曲線全長內遞減之。

未設介曲線之複曲線或側線之曲線，應於曲線終點，沿較大半徑之曲線或直線上五公尺以上距離遞減之。曲線新建或改建者按上述規定，但屬原有者不在此限。

(3) 軌距之公差

路線軌距之公差在轍叉靜態值不得大於 5mm 或小於 3mm。其他部分，動態值不得大於 10mm 或小於 5mm，靜態值不得大於 7mm 或小於 4mm。

(二) 說明

(1)加寬度尺寸之設定，通常就式(2-18)、式(2-20)，分別算出其數值後，取其平均數，再按 5mm 為計算單位之原則略加調整。爰將曲線上加寬度之計算結果列如表 2.1-2，以供參考。

軌距加寬過大，車輪易於掉進軌距內而發生事故，通常在 30mm 內尚無危險。採用較小之加寬值可減少車輛搖動，並利於軌道養護，故新修正之規章將加寬值縮小。

表 2.1-2 曲線上加寬度之計算

| 曲線半徑 (公尺) | 加 寬 度 (公厘) | | | 5 公厘為 單位加寬 度採用值 | 備考 |
|--------------|----------------------------|-----------------------------|-----------|-----------------------|----|
| | (1) $S=(6,000/R)$ -5 | (2) $S=(5,300/R)$ -10 | (1)+(2)÷2 | | |
| 200 以下 | 25 | 16.5 | 20.75 | 20 | |
| 200-240 | 20 | 12.08 | 16.04 | 15 | |
| 240-320 | 13.75 | 6.56 | 10.16 | 10 | |
| 320-440 | 8.64 | 2.05 | 5.17 | 5 | |

(2)道岔加寬度

主要側線之道岔，軌距 1,067mm 者，特甲級及甲級路線應用 12 號，乙級線應用 10 號，其他側線所用者宜以 8 號為最小。快車不停靠之小站，其通過線應以直線為原則。表 2.1-3 為道岔內加寬度參考值。

表 2.1-3 道岔內加寬度參考表

| 曲線半徑(公尺) | 110 以下 | 110-140 | 140-190 | 190-300 | 300 以上 |
|----------|--------|---------|---------|---------|--------|
| 加寬度(公厘) | 20 | 15 | 10 | 5 | 0 |

(3)動態標準值係以軌道檢查車檢測之軌道動態容許不整值；靜態標準值係以人工檢測在不受力狀態下之靜態容許不整值。

(4)軌距公差

道岔及軌道在鋪設時及營運期間之磨耗等，均會導致軌距無法維持在標準值之最佳狀態，加上車輪之內面距離及輪緣之磨耗限度與車輛下部鋼軌附近之建築界線等相互影響，因此根據機車車輛構造與各種限制而作公差之最大限與最小限。

車輪中心線至輪緣外面之距離應在 516mm 以上，527mm 以下。直線上輪緣與鋼軌之最大間隙單側為 $42 / 2 = 21\text{mm}$ ，一對車輪之中心線至輪緣外側面之最壞條件下，不應小於 516mm。由此二項規定即可求出最大公差值 α_1 ：

$$\{ (1,067 + \alpha_1) - (527 \times 2) \} \div 2 = 4.5$$

$$\text{故 } \alpha_1 = 42 + 1,032 - 1,067 = 7\text{mm}$$

上述車輪間隙最小間隙單側為 $\frac{9}{2} = 4.5\text{mm}$ ，則車軸中心至輪緣外側面距離之最大限度規定為 527mm，由此即可求出最小公差值 α_2 ：

$$\{ (1,067 - \alpha_2) - (527 \times 2) \} \div 2 = 4.5$$

$$\text{故 } \alpha_2 = 1,067 - 1,054 - 9 = 4\text{mm}$$

在轍叉上之公差靜態值，因道岔為列車轉換行經軌道之處所，危險性較大，對其公差應減少 $\frac{1}{3}$ 左右，以策安全。故其公差為

$$\text{最大公差} = 7 \times \frac{2}{3} = 4.6 \approx 5\text{mm}$$

$$\text{最小公差} = 4 \times \frac{2}{3} = 2.6 \approx 3\text{mm}$$

2.1.4.3 外軌超高度之限制

(一) 規章規定

「臺灣鐵路建設作業程序」之規定如下：

直線上之軌面高度應相等，曲線上除道岔外，應將外軌適當提高，其超高度不得大於 105mm，其數值請查閱規章附表之規定。

前項超高度之容許超高不足量，用機車牽引之列車不得大於 50mm，電車組及機動車之超高不足量，不得大於 60mm。

超高度之遞減應與曲率或正矢一致，但曲線遞減時，其中央部之超高最大坡度，不得大於下列規定：

- $\frac{1}{400}$
- 特甲級線及甲級線 $\frac{1}{6V}$
- 乙級線 $\frac{1}{5V}$

(二) 說明

(1) 直線上之軌面高度應相等

軌道為直線時，兩條鋼軌之軌面高度應相等，以維持列車之圓滑運轉，但因道床結構之強弱，使軌道發生下沉現象，其水平容許公差如表 2.1-4，在此限度內，仍可維持列車之正常運行，否則應立即加以整道。

表 2.1-4 軌道幾何不整容許標準〈單位：mm〉

| | 平時養護標準值 | | | 緊急整修標準值 | | | 大修或更新後之標準值 | |
|-----|---------------------|-----------|-----------|---|------------|------------|-------------------|-------------|
| | 特甲、 甲級線 | 乙級線 | 側線 | 特甲、 甲級線 | 乙級線 | 側線 | 各等級路線相同 | |
| | | | | | | | 一般區段 | 混凝土道床路段 |
| 軌距 | +10 (+7) -5 (-4) | | | 直線及半徑 R600 公尺 以上 20 (14)，R200 公 尺~R600 公尺 25 (19)， R200 公尺未滿之曲線 20 (14) | | | (+1) (-3) | (0) (-3) |
| 水平 | 11 (7) | 12 (8) | 13 (9) | 依平面性之整修值為 基準 | | | (4) | (2) |
| 高低 | 13 (7) | 14 (8) | 16 (9) | 23 (15) | 25 (17) | 27 (19) | (4) | (2) |
| 方向 | 13 (7) | 14 (8) | 16 (9) | 23 (15) | 25 (17) | 27 (19) | (4) | (2) |
| 平面性 | | | | 23 (18) 包括超高遞減量 | | | (4) (不包括超高遞減量) | |

附註：(1)表內的數值係以高速軌道檢查車測出之動態不整，括弧內則表示靜態不整。

(2)高低、方向之不整以延長 10m 計。

(3)平面性係以每 5m 之水平變化量為標準。

(4)軌距、水平、高低與方向之容許標準值不包括曲線地段之正規加寬度、超高度及正矢量〈包括豎曲線〉在內。

(2) 道岔之曲線不予超高

道岔為列車轉換軌道行駛之設備，因此道岔本身結構即附帶有曲線，其半徑隨道岔之號數而有不同，號數愈大者，其半徑亦愈大。故列車通過各型道岔均有限速，且道岔內各處之加寬度又不相同，在尖軌本身亦有坡度，故在列車限速行駛下，對道岔之曲線不予超高，以便列車圓滑運行。道岔間之橫渡線，因兩端有反向曲線中間夾短小直線，故一般均無超高度及介曲線。

(3) 曲線外軌之超高度與最大超高（容許超高不足量）

超高度之設定過去均已內軌面為基準，將外軌起高，該方法雖然作業方便，但因列車通過曲線時其重心隨超高度而上下浮動，對高速列車之舒適係數等較為不利，故有些國家已逐漸改用內軌降二分之一，外軌升高二分之一的做法，使列車重心常保原來高度，以免發生乘客不舒適及重車通過時發生震盪與摩擦。為作業方便計，臺鐵仍採用內軌不變，提高外軌之傳統做法。

由式(2-13)可知最大超高與速度及曲線半徑無關，而與軌距之平方成正比，與車輛重心高度 H 及穩定係數 n 成反比。

將軌距 $G = 1,067\text{mm}$ ， $H = 1,700\text{mm}$ ， $n = 3$ ，代入上式(2-13)得 $C_{\max} = 112\text{mm}$ ， $H = 1,800\text{mm}$ 時 $C_{\max} = 105\text{mm}$ ， $H = 1600\text{mm}$ 時 $C_{\max} = 118\text{mm}$ 。

一般軌距 1.067m 之鐵路，其超高最大限度（即容許超高不足量）取在 $118\sim 105\text{mm}$ 之間，基於考慮風壓、軌道不整及車輛彈簧撓度等因素，臺鐵採用 105mm 。

(4) 超高不足量

$$\text{超高之計算如式(2-2)} \quad C = \frac{GV^2}{gR}$$

如 $g=9.8\text{m/sec}^2$ ， $G = 1,067\text{mm}$ ， C 以 mm 為單位， V 之單位由 km/hr 改為 m/sec ，則

$$C = \frac{8.4V^2}{R}$$

機車牽引之列車，按表 2.1-5 在半徑 300m 之彎道，其限制速度為 65km/hr 。彎道上之各種平均速度約為最高速度的 70% ，因此機車牽引之列車在彎道的平均速度為 $65 \times 0.7 = 52\text{km/hr}$ 。

最高速度 65km/hr ，在半徑 300m 之彎道上所需超高度為

$$C_v = \frac{8.4 \times 65^2}{300} \doteq 118.3\text{mm}$$

平均速度 52km/hr，在半徑 300m 之彎道上所需超高度為

$$C = \frac{8.4 \times 52^2}{300} \doteq 75.7\text{mm}$$

故超高不足 $C_d = C_v - C = 118.3 - 75.7 = 42.6\text{mm}$

取 $C_d = 50\text{mm}$

同理，電車組及機動車在半徑 300m 彎道上之最高行車速度為 70km/hr，平均速度為 $70 \times 0.7 = 49\text{km/hr}$ 。

$$\text{最高速度所需之超高 } C = \frac{8.4 \times 70^2}{300} \doteq 137.2\text{mm}$$

$$\text{平均速度所需之超高 } C_m = \frac{8.4 \times 49^2}{300} \doteq 67.2\text{mm}$$

超高不足 $C_d = C_v - C_m = 137.2 - 67.2 = 60\text{mm}$

取 $C_d = 60\text{mm}$

(5) 超高之遞減

根據以往臺鐵二軸貨車脫軌之實例，當該車進入介曲線或曲線時，則產生“三點支持浮起”現象，當其浮起量達到 20mm 時，即有發生脫軌之虞。如軌道水平不整之誤差最大容許量以 9mm 計，則車輛本身可容許之“三點支持浮起量”為 $20 - 9 = 11\text{mm}$ ，其為固定軸距 4.6m 之 $\frac{1}{400}$ ，即 $\frac{4600}{400} \doteq 11\text{mm}$ ，為行車安全故在曲線超高遞減時，其最大坡度不得大於 $\frac{1}{400}$ 。

曲線超高遞減，亦即超高之變化量，通常在特甲級線及甲級線之超高最大變化量為每秒 29mm，在此限度內，乘客還有舒適感，否則達不到“乘客舒適條件”〈參閱 2.2.3 節之三〉。今以半徑 300m 之曲線為例，機車牽引旅客列車之最大速度為 65km/hr，而實際列車之平均速度為 52km/hr，故列車實際在曲線上每秒運行之距離為

$$\frac{52 \times 1,000 \times 1,000}{60 \times 60} \doteq 14,444\text{mm/sec}，\text{則}$$

每秒列車在曲線上之遞減坡度變化為：

$$\frac{29}{14,444} \doteq 0.00201$$

此項坡度變化折合機車最高速度：

$$\frac{1}{6V} = \frac{1}{6 \times 60} \doteq 0.00277$$

所以在特甲級及甲級線上的曲線超高遞減最大坡度不得超過 $\frac{1}{6V}$ ，俾能達到乘客舒適之條件。

同理，在乙級線之超高最大變化量為每秒 35mm，而列車每秒行走距離仍為 14,444mm，則

$$\text{遞減坡度爲 } \frac{35}{14,444} \approx 0.00242$$

$$\text{折合最高速度} = \frac{1}{5V} = \frac{1}{5 \times 60} \approx 0.00333$$

故在乙級線之曲線上超高遞減之最大坡度不得超過 $\frac{1}{5V}$ ，以符合乘客舒適之要求。

(6) 超高之遞減應與曲率或正矢一致

曲率之表示方法有二種：一為中心角，另一為曲線半徑。正矢為圓曲線長弦中點與圓心聯結線延長交與圓上一點，此點與長弦中點之距離即為正矢。

曲率及正矢均代表路線曲線之曲度，而超高遞減係沿曲線之行走方向而為之，自然而然與曲線之曲率或正矢相吻合。

2.1.4.4 曲線上之速度限制

曲線上之速度限制有兩種，一為路線上之曲線，另一為道岔上之附帶曲線。

(一) 規章規定

「臺灣鐵路行車實施細則」規定如下：

- (1) 列車在半徑 700 m 以下曲線運轉時，其速度不得超過表 2.1-5 規定。
- (2) 列車在通過由直線分歧之道岔附帶曲線，其速度不得超過表 2.1-6 之規定。

表 2.1-5 曲線限制速度表

| 項目 曲線 半徑公尺 | 每小時限速(公里) | | |
|------------------|------------------|------|---------|
| | 無道岔 | | 有道岔各種列車 |
| | 以電車及機動 車編組之列車 | 其他列車 | |
| 700 | 110 | 105 | 65 |
| 600 | 100 | 95 | 65 |
| 500 | 90 | 85 | 60 |
| 450 | 85 | 80 | 55 |
| 400 | 80 | 75 | 55 |
| 350 | 75 | 70 | 50 |

| | | | |
|--------|----|----|----|
| 300 | 70 | 65 | 50 |
| 250 | 65 | 60 | 45 |
| 225 | 60 | 55 | 45 |
| 200 | 55 | 50 | 45 |
| 175 | 55 | 50 | 40 |
| 150 | 50 | 45 | 35 |
| 125 | 45 | 40 | 30 |
| 100 以下 | 40 | 35 | 25 |

附註：1.半徑在 201 公尺以上，其半徑介於本表所列兩半徑之間，其超過兩半徑差之 $\frac{1}{2}$ 以上者，照較大半徑之速度，在 $\frac{1}{2}$ 以下者，照小半徑之速度。
 2.半徑在 200 公尺以下，其半徑介於本表所列曲線間者，其限制應照較小半徑速度。

表 2.1-6 道岔限制速度表

| 道岔數 | 單開道岔 | | 雙開道岔 | |
|-----|--------------|---------------|--------------|---------------|
| | 曲線半徑 (公尺) | 每小時限速 (公里) | 曲線半徑 (公尺) | 每小時限速 (公里) |
| 八號 | 107.1 | 25 | 220.6 | 45 |
| 十號 | 162.6 | 35 | 335.4 | 50 |
| 十二號 | 243.2 | 45 | 501.9 | 60 |
| 十六號 | 526.6 | 60 | | |

附註：本表係表示由直線分歧之道岔附帶曲線半徑及限制速度，如曲線分歧者，不適用本表之規定。

(二) 說明

車輛通過曲線時，基於行車安全之需要，必須對行車速度加以限制，其最高容許速度，就超高不足之考慮，當最大超高 105 mm 時，其限制速度由式(2.15)可得

$$V = 3.5\sqrt{R}$$

惟在實際應用上，需考慮路線狀況、風壓之影響及機車動力等狀況，上式宜妥予修正，一般採用之標準為： $V = 3.0\sqrt{R} \sim 3.8\sqrt{R}$ (km/hr)。附帶於道岔之曲線不設超高，故其限制速度一般採用 $2.4\sqrt{R} \sim 2.8\sqrt{R}$ (km/hr)。

上式中 R：曲線半徑(m)

V：限制速度(km/hr) 容許超速為 3km，以 5km 為單位，不足 5km 時，採較小之 5 的倍數。臺鐵之曲線上限制速度如表 2.1-5，表 2.1-6。

2.2 介曲線 (Transition Curve)

2.2.1 介曲線之作用與探討重點

為確保行車平順，在直線與圓曲線之間應設置一段過渡曲線，此種曲線稱為介曲線(Transition Curve)，又名緩和曲線。介曲線之作用為：

- 一、在介曲線範圍內，半徑由無限大逐漸變到圓曲線的半徑，使車輛產生的離心力逐漸增加，有利於行車平穩。
- 二、在介曲線範圍內，外軌超高由直線的零逐漸增加到圓曲線所需要的超高，使向心力逐漸增加的量與離心力的增加互相呼應。
- 三、當曲線半徑小至某一範圍，軌距需要加寬時，可在介曲線範圍內由正常軌距增加到圓曲線所需要的加寬量。

由上可知，介曲線是為適應直線與圓曲線幾何形位的變化，使車輛和軌道所承受的作用力不致突然發生，也不致突然消失。

故探討介曲線時，其重點在於解決下列問題：

- 為滿足上述要求，介曲線在平面和立面需採用何種線形？
- 介曲線的長度應如何確定？
- 國內常用的介曲線具有何種性能？
- 設置介曲線時，應妥善處理介曲線與圓曲線的關係，即在兩個介曲線之間需要保留必要的圓曲線長度。

2.2.2 介曲線之線形

2.2.2.1 幾何形位

為達成設置介曲線之作用，其線形必須滿足下列幾何要求：

(一) 座標要求：

如圖 2.2-1 所示，在介曲線起點 ZH〈直線點〉處，橫座標 $x = 0$ ，縱座標 $y = 0$ 。在介曲線終點 HY〈緩圓點〉處， $x = x_0$ ， $y = y_0$ ，兩者之間連續變化。

(二) 偏角要求：

在 ZH 處，偏角 $\rho = 0$ ，在 HY 處， $y = \rho_0$ ，兩者之間連續變化。

(三) 曲率要求：

為使離心力不致突然產生或消失，在 ZH 處，應有曲率 $k = \frac{1}{\rho} = 0$ ，而在 HY 處， $k = \frac{1}{R}$ ，兩者之間連續變化。(ρ 為介曲線上任何一點的半徑。)

(四) 超高要求：

在 ZH 處，超高 $h = 0$ ，在 HY 處， $h = h_0$ ，兩者之間連續變化。因為在一條特定的介曲線上，平均速度是一個常數，介曲線上任

何一點的超高與該處的曲率成正比，即 $h = E k$ 。顯然，只要曲率要求能得到滿足，超高要求也能得到滿足。

(五) 曲率變化率 $\frac{dk}{dl}$ 要求：

外軌超高在縱斷面上的坡形稱為超高遞減。超高遞減有兩種不同的形式：直線形遞減與曲線形遞減。直線形遞減在 ZH 及 HY 處均有一個折角 ϕ ，列車通過時會產生衝擊。在行車速度較高的路線上，應採用曲線形超高遞減，以消除列車對外軌的衝擊作用。

此時，在介曲線的起終點 ZH、HY 處應有 $\frac{dk}{dl} = 0$ ，兩者之間連續變化。

(六) $\frac{dk}{dl}$ 的變化率 $\frac{d^2k}{dl^2}$ 要求：

列車在介曲線上行駛時，車軸與水平面傾斜角度 ϕ ，隨著超高 h 的增大， ϕ 角亦不斷增大，使車體逐漸傾轉。為使車體傾轉對鋼軌的作用力不致突然產生或消失，應在介曲線的起終點處，

使車軸的角加速度 $\frac{d^2\phi}{dl^2} = 0$ ，兩者之間連續變化。在介曲線起終點

ZH 及 HY 處，要使 $\frac{d^2\phi}{dl^2} = 0$ ，應有 $\frac{d^2k}{dl^2} = 0$ ，兩者之間連續變化。

由上可看出(一)、(二)兩項是基本的幾何形位要求，而(三)、(五)、(六)項則是由力學衍生出來的幾何形位要求。

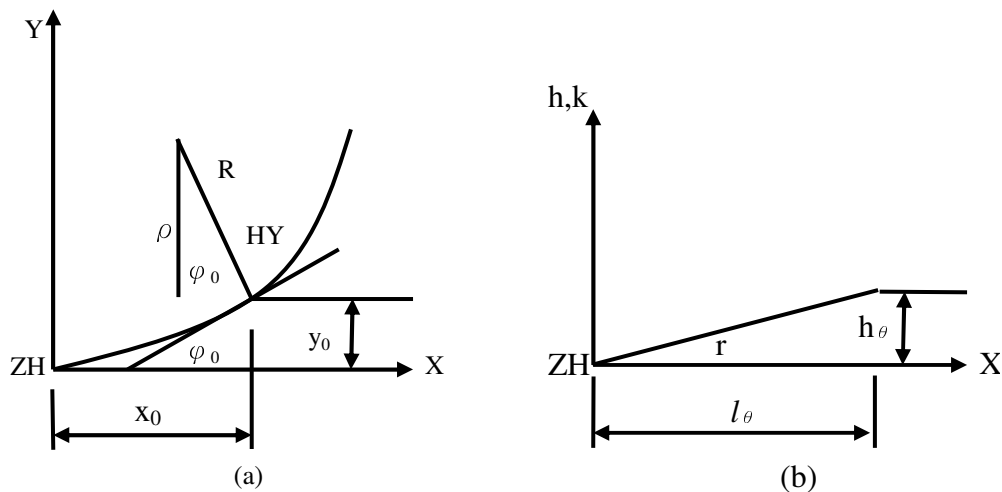


圖 2.2-1 介曲線之曲率與超高度變化關係

2.2.2.2 介曲線的線形

由前述可知，介曲線是一條變曲率的曲線。所以在探討介曲線之線形時，常從其曲率入手，探討作用在車體上的力及車輛的運動與曲率變

化的規律。

在行車速度要求不高的路線上，滿足(一)、(二)、(三)項要求即能適應介曲線的需要，而在速度較高的路線上，就必需進一步考慮滿足(五)、(六)項的要求。一般說來，需要滿足的要求愈多，介曲線的線形就愈複雜，鋪設養護也愈困難，因此，必須要有全面性的考慮。

推導介曲線方程式時，需先列出一個能滿足最高級幾何形位需求的基本方程式，即滿足(一)、(二)、(三)項要求時需列出 k 的基本方程式，滿足(一)、(二)、(三)、(五)項要求時需列出 $\frac{dk}{dl}$ 的基本方程式，而要滿足全部要求時，則需列出 $\frac{d^2k}{dl^2}$ 的基本方程式。然後逐步推導，最後得出所需求的介曲線方程式。

介曲線的曲率與超高有一定的比例關係，故介曲線的線形可用外軌超高遞減的形式來表示。概括地說，可分為直線形超高遞減與曲線形超高遞減兩大類型。

(一) 直線超高遞減介曲線

此類型之介曲線，其外軌超高遞減呈直線形，它能滿足前述(一)、(二)、(三)項要求，俾確保列車以平均速度 V 通過曲線時，離心力等於向心力，為目前鐵路最常用的介曲線。其基本特徵是平面上曲線曲率 k 的變化與立面上超高 h 的改變成正比，即

$$h = E k$$

上式中 E ：比例常數。

k ：介曲線上任何一點的曲率。 $k = \frac{1}{\rho}$ ， ρ 為介曲線上任何一點的半徑。

滿足上式基本方程，最後導出的曲線方程式類型很多，如克羅梭 (Clothoid)、三次拋物線 (Cubic Parabola)、雙鈕線 (Lemniscate of Bernoulli) 等。

(二) 曲線超高遞減介曲線

此類型之介曲線，其外軌超高遞減呈曲線形，其基本特徵是除滿足直線遞減的條件外，還要求介曲線上的各點，包括介曲線的起終點，都是光滑連續的，以避免出現突然作用在車體上的附加動力，亦就是滿足前述(一)、(二)、(三)、(四)項或全部五項的要求。此類介曲線通稱為高次介曲線，其最後導出的介曲線可為三角函數或代數函數式，隨所取基本方程的函數式而定。國外一些高速鐵路，如德、法、日等國分別採用不同形式的高次曲線方程式。

(三) 線形選擇

根據理論分析，介曲線起終點驟然產生的動力作用對介曲線類型的選擇有極大之影響。高次介曲線曲率變化較均勻，消除了

突變點，超高遞減的變化較平穩，且與曲率變化相呼應，因而性能較好。但高次介曲線的長度較長。介曲線越長，行車和平穩性越好，但工程費和維修費用都要增加。事實上軌道結構具有一定的連續與圓順性，在介曲線的起終點可以避免曲率的突變，同時考慮車輛具有一定的彈性可適度地改善行車條件，所以在行車速度不太高時，採用直線超高遞減均能滿足營運要求。故臺鐵及中國、英、美、日等國客貨共線的鐵路路線 ($V_{max} < 160\text{km/h}$) 都採用這種曲線。

2.2.3 介曲線長度

介曲線長度的選定，受許多因素影響，其中最主要的是確保行車安全和旅客舒適兩個條件。

一、按安全條件選定介曲線長度

機車車輛行駛在介曲線上，曲線外軌超高沿著介曲線遞減（順坡），因而內外軌不在同一個平面上，介曲線上的軌道平面發生扭曲，遞減坡度越大，扭曲越厲害。轉向架上的各個輪對內側車輪走在平面上，外側車輪走在斜面上，如圖 2.2-2 所示。但由於轉向架的約束，祇能位於同一平面上，若後端輪對的內外兩輪都緊貼軌面，前端輪對的外輪也緊貼軌面，則前輪對的內輪就會懸浮在軌面上。為確保行車安全，這個懸浮高度不應大於最小輪緣高度 f_{min} 。若不計軌道彈性和車輛彈簧作用，設外軌超高遞減坡度為 i ，最大固定軸距為 L_{max} ，則車輪踏面離開內軌頂面的高度為 $i L_{max}$ 。當懸空高度大於輪緣最小高度 f_{min} 時，車輪就有脫軌的危險。因此必須保證：

$$i L_{max} \leq f_{min}$$

$$i \leq \frac{f_{min}}{L_{max}} \quad \dots\dots\dots(2-22)$$

根據過去的經驗，要保證車輪不脫軌，直線形外軌超高遞減坡度 i 不宜大於 2%。

由超高遞減及圓曲線外軌超高 C ，可算出必須的介曲線長度 L_0 應為：

$$L_0 \geq \frac{C}{i} \quad \dots\dots\dots(2-23)$$

對外軌超高遞減為曲線形的介曲線，外軌超高遞減的最大坡度也要滿足式 (2-22) 對 i 的要求。曲線形遞減的最大坡度由下式計算：

$$i = \frac{dC}{dL} = E \frac{dk}{dL}$$

當 $\frac{di}{dL} = 0$ ，即 $\frac{d^2k}{dL^2} = 0$ 時， i 有極限值。對曲線形遞減介曲線來說，這個極限值均出現在介曲線的中點，由此推導出來的介曲線，如要求與直線形超高遞減介曲線有相同的遞減坡度，必須延長介曲線的長度。

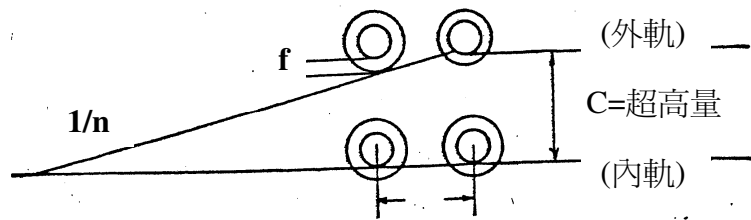


圖 2.2-2 三點支持

二、按舒適條件選定介曲線長度

行駛在介曲線上的車輛，其外輪是一邊前進，一邊升高（或降低），車體發生扭轉，乘客感到不舒服。所以外輪的升高速度 f （或謂超高度之時間性變化量），不應超過某一規定值 f_0 。當車輛以曲線上容許的最高速度 V_{\max} 行駛時，外輪升高速度應滿足下式：

$$f = \frac{C}{t} = \frac{C}{\frac{3.6L_0}{V_{\max}}} = \frac{CV_{\max}}{3.6L_0} \text{ (mm/s)} \leq f_0$$

上式中 V_{\max} ：通過曲線的最高行車速度（km/h）；

C ：圓曲線外軌超高（mm）；

L_0 ：介曲線長度（m）；

f_0 ：外輪升高速度的容許值（mm/s），根據經驗，一般採用 $f_0 = 32 \sim 40 \text{ mm/s}$ 。為確保旅客舒適，

$$L_0 \geq \frac{CV_{\max}}{3.6f_0} \text{ (m)} \dots\dots\dots(2-24)$$

2.2.4 規章規定與說明

一、規章規定

「臺灣鐵路建設作業程序」之規定如下：

(一) 介曲線長度

正線上之直線與曲線間，除道岔外，應以介曲線連接之。其長度應按下列方式計算後，採用最大值：

(1) 特甲級線及甲級線

$$L_1 = 0.8C$$

$$L_2 = 0.010CV$$

$$L_3 = 0.009C_dV$$

(2) 乙級線

$$L_1 = 0.6C$$

$$L_2 = 0.008CV$$

$$L_3 = 0.009C_d V$$

前項 L_1 、 L_2 、 L_3 為介曲線長度(m)

$$C_d = C_v - C$$

C 為按平均速度設定之超高(mm)

C_d 為最高速度時之超高不足量，即不平衡超高(mm)

V 為最高時速(km)

C_v 為最高時速之超高度(mm)

新設或改良路線時，應預測將來運轉需要，決定 C 、 C_d 及 C_v 之數值。但現有路線因情形特殊，得採用下列最大數值：

$$L_1 \geq 0.4C$$

$$L_2 \geq 0.06CV$$

$$L_3 \geq 0.007C_d V$$

(二)介曲線線形

介曲線之線形以三次拋物線或正弦半波遞減曲線為準。

(三)曲線之連接

正線上兩曲線間除道岔外，應於介曲線外，插入 20m 以上之直線。反向曲線間限於地形，無法依前項規定插入直線時，應用曲線遞減法，將兩曲線直接連接為連續介曲線，兩曲線相對之鋼軌面，應保持所需超高與曲率及正矢一致，並用連續曲線連接。

新設或改良路線時，其連續介曲線之長度，應超過兩曲線所需介曲線長度之和。同向曲線間如限於地形，無法依上述規定插入直線時，應改用複曲線。複曲線間並應插入介曲線，其長度依上列規定，但超高及超高不足量，應為兩曲線超高及超高不足量之差。

側線上兩曲線間應插入 5m 以上之直線。

二、說明

(一)介曲線長度

(1) 安全條件考慮

當固定軸距 L_{max} 之四車輪在直線上運行時，由於直線上內外兩軌呈水平狀態，即前後四輪運行於同一高度上，車身平穩，當無危險。當此四輪行駛於圓曲線上時，雖然內外軌有高差，但同一軌道之高度仍然一樣，車身雖然傾斜，但四輪仍能踏實於兩軌條上運行，故亦無出軌之危險。惟當四輪行駛於介曲線段時，由於介曲線之外軌所附超高隨介曲線之各點而遞變，此時固定軸距 L_{max} 之四軸，其在內軌上行走的兩輪，雖仍行走於同一高度之軌條，但外軌上之兩輪，則在高度不同之軌條上，以致呈現三個輪子支持，一個輪子浮起之現象，如圖 2.2-2 所示。若其上浮量超

過某一限度時，則上浮的輪子將會浮上軌面而出軌，故介曲線外軌超高之遞減率，必須加以限制。

根據車輪構造之尺寸，車輪輪緣之最小高度為 25mm，又根據日本鐵路統計資料，發現車輪輪緣由於三點支持而上浮出軌的事件中，其最小上浮量僅 20mm，故為避免此類事故之發生，其車輪輪緣之上浮量最大限度 h 以 20mm 為原則。由於路線上之前後高低，時有走動，即軌道水平公差 t ，若 t 以 9mm 計，則 $h - t = 20 - 9 = 11\text{mm}$ 為介曲線上車輪因三點支持而上浮的最大容許上浮量，亦即介曲線上固定輪距間前後兩輪處鋼軌面高度差不得超過的最大量。今以 $L_{\max} = 4,600\text{mm}$ ，代入式(2-22)，並將 i 值代入式(2-23)，可得按安全條件所須知介曲線長度至少需

$$L_0 \geq 400C$$

為安全計，特甲級及甲級線取 2 倍之安全係數，乙級線取 1.5 倍之安全係數，則特甲級及甲級線之介曲線長度為其圓曲線超高度之 800 倍，乙級線為 600 倍，特殊情形 400 倍，即

$$\text{特甲級及甲級線 } L_1 = 800C \text{ (mm)} = 0.8C \text{ (m)}$$

$$\text{乙級線 } L_1 = 600C \text{ (mm)} = 0.6C \text{ (m)}$$

$$\text{特殊情形 } L_1 = 400C \text{ (mm)} = 0.4C \text{ (m)}$$

L_1 係利用超高度遞減倍數來決定介曲線長度，雖然簡單且廣為運用，但此一算式與列車速度無關，故對於重視乘車舒適度之高速運轉區間，較難求得合理之結果。

(2) 考慮舒適條件

當車輛由直線進入介曲線時，其外軌之超高即隨曲率之增大而加高(由圓曲線進入介曲線時則相反)，此時超高增加之快慢乃與行車速度成比例，當行車速度快時，則每單位時間內超高之增加大，反之則每單位時間內超高之增加小。根據實驗結果，若單位時間內介曲線上外軌超高之增加太大時，對旅客之乘坐舒適性影響甚大，故每單位時間內超高之增加，即外軌升高速度(超高度時間性變化量)，必須予以適當之限制。臺鐵之容許超高度時間性變化量 f_0 採用下列數值：

$$\text{特甲級及甲級線 } 29 \text{ mm/sec}$$

$$\text{乙級線 } 35 \text{ mm/sec}$$

$$\text{特殊情形 } 46 \text{ mm/sec}$$

將 f_0 值代入式 (2.24)，得介曲線之長度分別為：

$$\text{特甲級及甲級線 } L_2 = \frac{V}{3.6} \frac{C}{29} = 0.010CV$$

$$\text{乙級線 } L_2 = \frac{V}{3.6} \frac{C}{35} = 0.008CV$$

$$\text{特殊情形} \quad L_2 = \frac{V}{3.6} \frac{C}{46} = 0.006CV$$

L_2 係考慮舒適感而由列車速度來決定介曲線長度，為甚多國家採用之計算式。

(3) 超高遞減長度之考慮

一般超高以平均速度來設置，較平均速度為快之列車經過時，即有超高不足 C_d 之現象發生。

由於 C_d 所產生之不平衡離心力 a ，它有使車輛向外傾之趨勢而使旅客感覺不適，故其值不應太大，其標準如何，各國規定不同。目前一般採用每秒離心力 a 之變化率不得大於 $0.03g$ 。按上述標準，則車輛在介曲線上行駛之時間 t ，應至少為

$$t = \frac{a}{0.03g} = \frac{C_d g}{0.03Gg} = \frac{C_d}{0.03G}$$

則所需之介曲線長度 L_3

$L_3 =$ 列車速度 \times 列車在介曲線上的行駛時間

$$V \text{ (km/hr)} = \frac{V}{3.6} \text{ (m/sec)} \quad G=1.067m \text{ 代入}$$

$$\begin{aligned} \text{得 } L_3 &= \frac{V}{3.6} \cdot \frac{C_d}{0.03G} \\ &= \frac{VC_d}{3.6 \times 0.03 \times 1.067} = 0.009 C_d V \end{aligned}$$

在特殊情形，每秒 a 之變化率取 $0.04g$ ，故

$$\begin{aligned} L_3 &= \frac{V}{3.6} \cdot \frac{C_d}{0.04G} \\ &= \frac{VC_d}{3.6 \times 0.04 \times 1.067} \\ &= 0.007C_d V \end{aligned}$$

L_3 係考慮舒適感而以超高不足量的時間性變化來決定介曲線長度，亦為若干國家所採用。

(二) 介曲線線形

(1) 三次拋物線形介曲線

目前一般鐵路多採用三次拋物線形介曲線，如圖 2.2-3 所示，其外軌超高遞減呈直線形。

令 y : 介曲線縱座標；

x : 介曲線橫座標；

L: 介曲線全長;

ρ : 相應於介曲線長度 L 之曲率半徑;

K: 介曲線曲率變化率;

C_x : 距介曲線起點 x 處之超高;

C: 平均速度設置之超高 (即圓曲線起點之超高);

三次拋物線形介曲線之外軌超高一般式為

$$C_x = \frac{x}{L} \times C$$

三次拋物線形介曲線之基本特徵是: 介曲線起點〈直緩點 TS 或緩直 ST 點〉之曲率半徑 $\rho = \infty$, 曲率 $K = \frac{1}{\rho} = 0$, 偏角 $\varphi = 0$; 在介曲線終點〈緩圓 SC 點或圓緩點 CS〉曲率半徑 $\rho = R$, 曲率 $K = \frac{1}{R}$, 偏角 $\varphi = \frac{L}{2R}$ 。即在介曲線上, 曲率半徑從 $\rho = \infty$ 連續減為 $\rho = R$, 曲率從 $K = 0$ 連續逐漸增為 $K = \frac{1}{R}$, 而偏角由 0 逐漸增為 $\frac{L}{2R}$ 。

$$\text{距介曲線起點 } x \text{ 處之曲率 } \frac{1}{\rho} = \frac{1}{R} \times \frac{x}{L}$$

介曲線之曲率一般以下式表示:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{\frac{d^2 y}{dx^2}}{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}}$$

因介曲線為一極緩之曲線, 故 $\left(\frac{dy}{dx}\right)^2 \doteq 0$

$$\therefore \frac{1}{\rho} = \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{x}{RL}$$

積分上式得介曲線方程式為

$$y = \frac{x^3}{6RL}$$

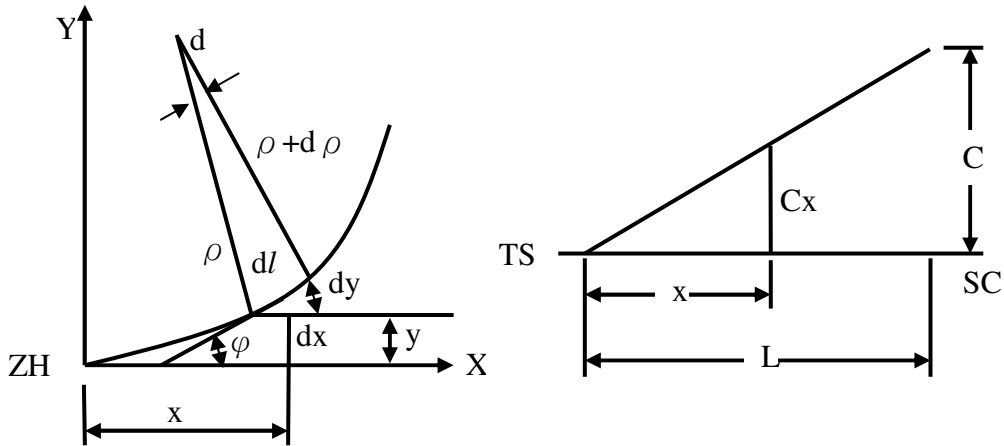


圖 2.2-3 三次拋物線形介曲線

介曲線的曲線半徑是逐漸變化的，故其正矢也是逐漸變化。如果把介曲線等分成若干段，則每段正矢的變化，稱為介曲線正矢遞增率 f_s 。從直緩點向緩圓點，正矢逐漸增大，從圓緩點到緩直點，正矢逐漸減少。當測點正好在介曲線起終點時，介曲線上各點正矢如下：

$$\text{ZH 點 (HZ 點)} f_{\text{HZ}} = f_{\text{ZH}} = \frac{f_s}{6}$$

$$\text{HY 點 (YH 點)} f_{\text{yh}} = f_{\text{hy}} = f_c - \frac{f_s}{6}$$

$$\text{中間各點 } f_i = if_s$$

上式中 f_s ：介曲線正矢遞增率， $f_s = \frac{f_c}{n}$ ；

f_c ：圓曲線正矢；

n ：介曲線分段數；

i ：介曲線上計算測點的點號（以 ZH 或 HZ 點為零號計，且測點間隔為 10m）。

介曲線之現場測設有座標法與偏角法二種方法。

(2) 正弦半波長遞減曲線(Half Sine Curve)

三次拋物線之優點為介曲線長度較短，鋪設與維護較易，適用於 160km/hr 以下之行車速度，惟其起終點之超高變化有不連續之缺點，故行車速度較高之路線，採用曲線形之超高遞減，今以正弦超高遞減為例，如圖 2.2-4 所示。

C_x 利用正弦曲線 $-\frac{\pi}{2}$ 至 $+\frac{\pi}{2}$ 之半波長超高遞減，其外軌超高遞減之一般式為

$$C_x = \frac{C}{2} \left(1 - \cos \frac{\pi x}{L} \right)$$

$$\frac{1}{\rho} \doteq \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{1}{2R} \left(1 - \cos \pi \frac{x}{L} \right)$$

上式積分後得介曲線線形為

$$y = \frac{x^2}{4R} + \frac{L^2}{2\pi^2 R} \left(\cos \pi \frac{x}{L} - 1 \right)$$

上式中 C_x ：介曲線 x 處之外軌超高；

C ：圓曲線之超高；

R ：曲線半徑；

x ：介曲線上某一點距介曲線起點之距離；

L ：介曲線長度；

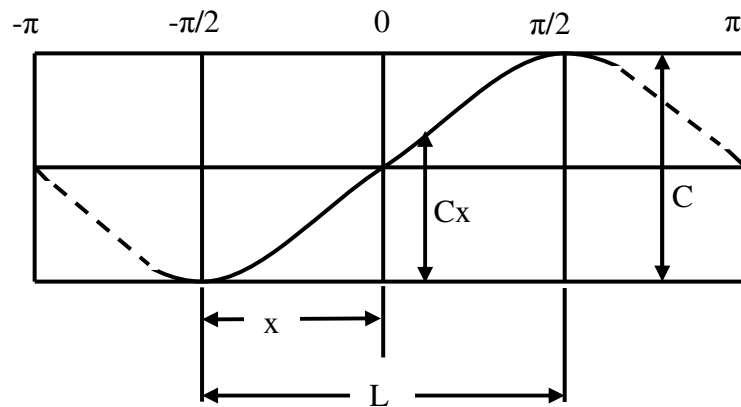


圖 2.2-4 正弦半波長遞減曲線

(三) 曲線之連接

當列車通過兩相鄰的同向曲線時，在前一超高遞減地段車體向一側扭轉，而進入後一段超高遞減地段時，車體又再向同一側扭轉，為避免引起車體振動的疊加，影響行車平穩，並有利於直線和曲線的方向與位置的穩固，在兩個超高遞減地段間，應有一平直路段，此平直路段以 50 ~ 70m 為佳，若有困難應不短於 20m，相當於一節客車廂的長度。

相鄰的兩個反向曲線，其外軌超高，從一側換到另一側，亦會引起車體的振動，因此，因此兩超高遞減的起終點間，亦應有一段平直路段，其長度至少 20m，俾使車輛的兩個轉向架不同時處於兩個超高遞減地段上，車輛在某一瞬時處於水平狀態，有利於行車的平穩。事實上車輛之扭曲經過第一個介曲線時已經存在，該車輛繼續前進跨於方向相反之第二曲線時，其扭曲只減少而不致增大。

如限於地形等困難因素，無法依上述規定插入直線時，其兩曲線的超高遞減，應採用曲線遞減法，以避免介曲線起終點的曲率突

變。曲率及正矢均代表曲線之曲度，而超高遞減係沿曲線行走方向而為之，故其超高應與曲線之曲率及正矢相吻合。

2.3 曲線間之直線規劃與曲線半徑選用原則

2.3.1 曲線間直線之規劃原則

一、曲線與曲線間之直線

(一) 正線

正線上兩曲線間〈同向或反向〉，應於介曲線之外，插入 20m（相當於一節客車廂長度）以上之直線，予以連接，以防止車輛搖動的疊加。如圖 2.2-5 之(a)所示。如限於地形無法以直線連接時，則以兩介曲線直接連接為連續介曲線，或用曲線遞減法，以正弦半波長遞減曲線連接之。如圖 2.2-5 之(b) 所示。

(二) 側線

側線上之兩曲線間，除必要之 400 倍以上超高遞減距離外，尚需插入 5m(路線上所使用之鋼軌最短需 5m)以上之直線。如圖 2.2-6 之所示。

二、道岔與曲線間之直線

道岔與鄰接曲線間，即道岔趾端（前端）至介曲線終點，或道岔踵端（後端）至介曲線起點間，應配置一段 20m（相當於一節客車廂長度）以上之直線。如圖 2.2-7 之(a)所示。但因受其他因素之限制，無法依上述原則辦理時，則依下列原則辦理：

(一) 有介曲線之情況

道岔前方有介曲線時，道岔趾端至介曲線之終點，應配置 5m 以上之直線。道岔後方有介曲線時，道岔分歧側自岔心趾端至介曲線之起點，應配置 5m 以上之直線，但岔心長度 5m 以上時，道岔踵端可作為介曲線之起點。如圖 2.2-7 之(b)所示。

(二) 無介曲線之情況

道岔趾端至圓曲線之終點，道岔分歧側之道岔踵端至圓曲線起點間，均應配置有 5m 以上的直線。如圖 2.2-7 之(c)所示。

三、道岔與道岔間之直線

道岔之佈置，在主正線原則上應採直線側通過。在特種道岔處高速列車不得從分歧側通過。相對道岔之間距及道岔踵端與岔尖的直線間距佈置原則，如圖 2.2-8 所示。

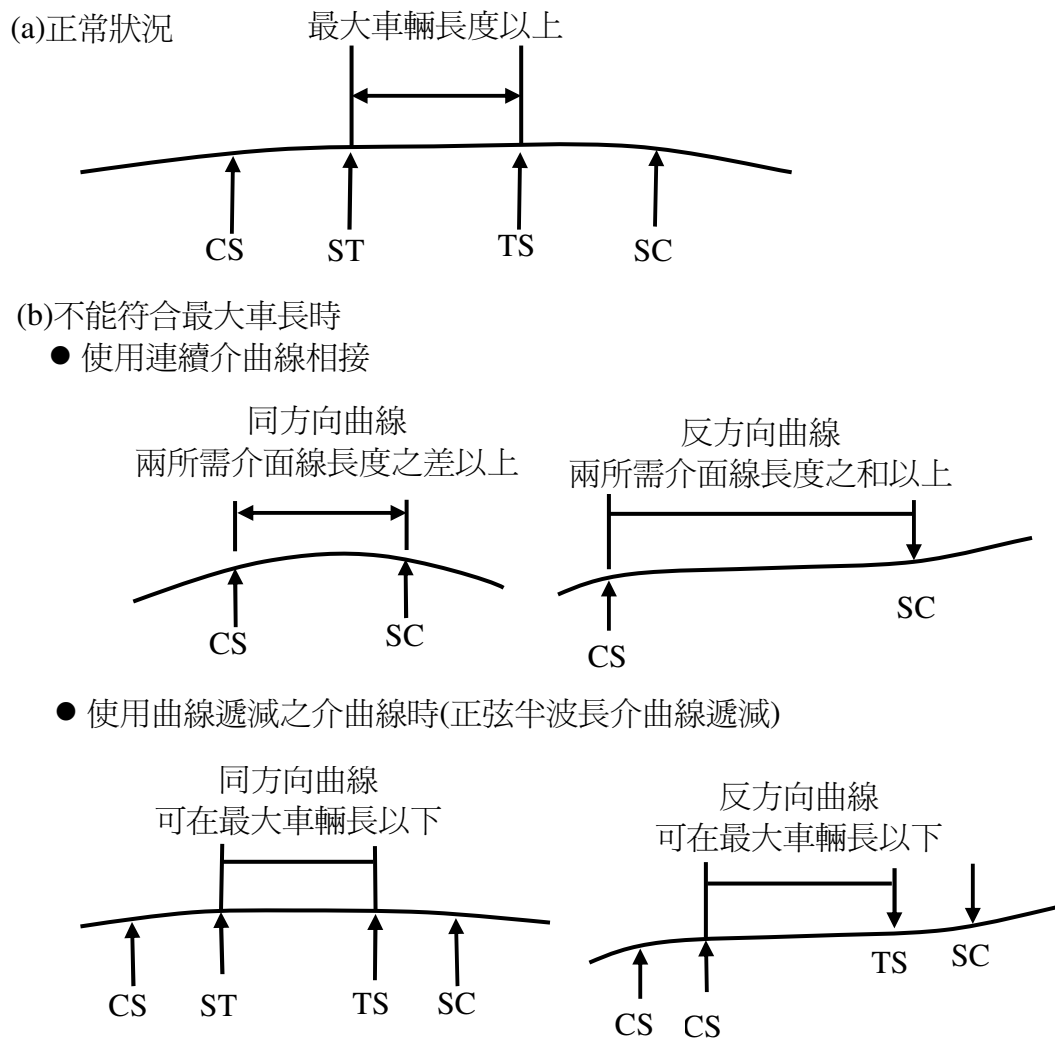


圖 2.2-5 正線曲線間必須之直線長度

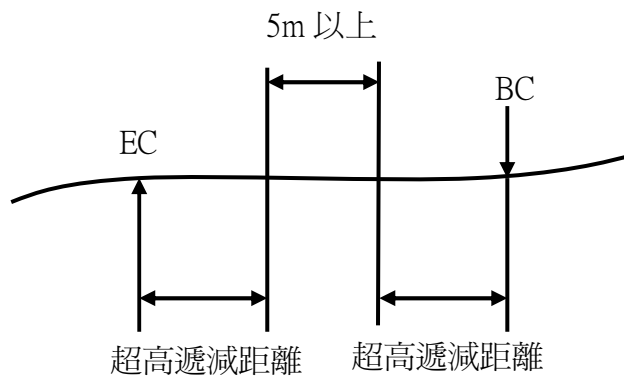
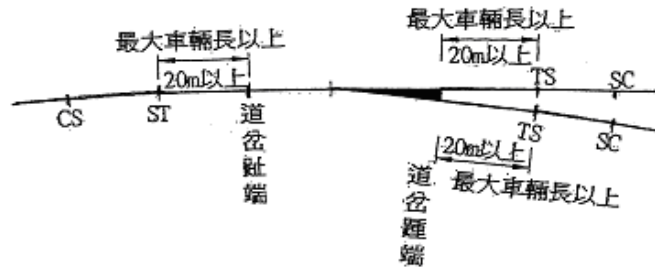
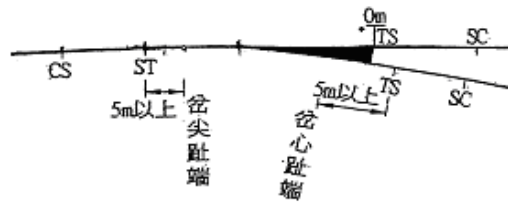


圖 2.2-6 側線曲線間必要之直線長度

(a) 正常狀況



(b) 不得已時 (有介曲線之情況)



(c) 不得已時 (無介曲線之情況)

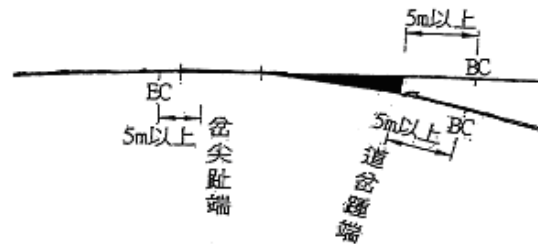
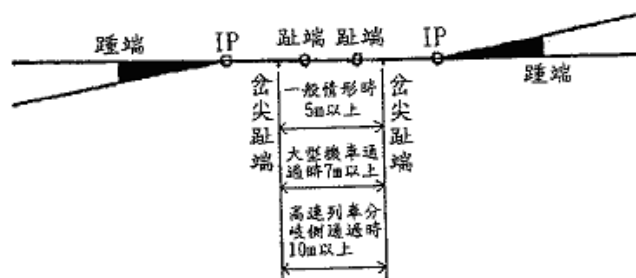


圖 2.2-7 道岔與曲線間之直線

(a) 相對道岔間之間距



(b) 道岔與道岔連接時之間距

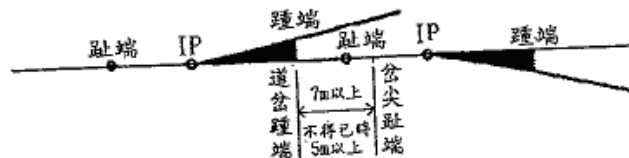


圖 2.2-8 道岔與道岔間之直線

2.3.2 曲線半徑選用原則

- 一、就配線與工程費上之考量，曲線半徑小些或許較為有利，惟就乘客舒適感、行車速度及軌道維修等之考量，則盡量採用大半徑為宜，故曲線半徑應本著由大而小的原則選用，採用最小曲線半徑應有充分的依據。
- 二、選用曲線半徑時，應注意地質、水文條件，使曲線線形盡量吻合地形，減少工程數量，也能滿足橋涵的要求和隧道、路基等構造物的設置條件。
- 三、相鄰曲線之半徑應結合相關條件，相互配合協調：
 - (一) 相鄰兩圓曲線半徑的配合

當相鄰兩曲線間所銜接之直線長度較短時，應避免一個半徑很大，另一個半徑很小，尤其要避免出現限制行車速度的小半徑，必要時寧可適當縮小相鄰大半徑曲線的半徑，使能增大相鄰小半徑曲線的半徑。不能滿足要求，則應根據地形條件，適度改變交點位置或減小曲線半徑。
 - (二) 圓曲線半徑、介曲線長度及其所夾直線長度的協調配合

當相鄰兩交點距離小於相鄰兩曲線之切線長度與夾直線長度之和時，應縮短介曲線長度。如不能滿足要求，則應根據地形條件，適度改變交點位置或減小曲線半徑。

盡可能不要採用連續由小半徑組成相距很近的反向曲線，如受條件限制，也應使相鄰曲線間的夾直線加長。
- 四、如曲線偏角較小，圓曲線加設介曲線後，不能達到圓曲線最短長度為 20m 時，首先應考慮增大曲線半徑，其次是減短介曲線長度。如上述措施仍受到限制，則可考慮增加曲線偏角，以符合要求。
- 五、曲線半徑的選用應與路線縱斷面設計相配合。如曲線位於坡度平緩且行車速度較高之地段，應採用較大的曲線半徑；如曲線位於坡度大且距離長的凸形縱斷面坡頂，由於行車速度較低，為減少工程數量，可選用較小半徑。對地形困難、工程艱鉅的地段，小曲線半徑宜集中使用，以免列車限速頻繁，惡化營運條件。如僅個別曲線限速，通常可考慮在該段增加一些工程，加大曲線半徑，以取消該地段的限速。

三、坡度

3.1 坡度與運輸量之關係

路線縱斷面係指路線中心線展開後在縱向垂直面上的投影，它由許多平直線段、斜直線段及坡段連接處所設之豎曲線所組成。路線縱斷面圖上標有路線坡度、坡長及相鄰波段之連接。縱斷面各相鄰直線段起終點的標高差與其水平距離之比，稱為該直線之坡度。臺鐵縱斷面的坡度用千分數(‰)表示，上坡用(+)，下坡用(-)平坡用(0)表示。

鐵路為陸上大量運輸之交通動脈，在路線規劃上，路線坡度為運輸量大小控制要素之一，坡度太大將造成行車運轉困難，列車載重受限制，減低牽引力，影響鐵路運量，故如何擇一合理坡度為路線規劃之一要務。

現世界各國對運輸量之控制觀念可分為二類：一為以坡度控制，另一為以動力控制。前者以採用限制路線坡度為手段，如此將會造成路線較長、工程費較大；後者可採用較大之路線坡度，但須增加機車之牽引力，如此路線可縮短。臺灣鐵路係採用前者，故對各種等級路線之坡度加以限制，使路線完成後有一致性之運輸量。

列車運轉區間之各種坡度與彎道，均與機車牽引重量關係至為密切。為求算機車牽引重量，必須熟知該區間之路線坡度及曲線半徑，方可核算在該區間行駛之列車在何種坡度需要最大之牽引力，亦即在列車運轉區間對機車牽引定數影響最大之坡度，該坡度即為支配坡度(Ruling Grade)。支配坡度不一定表示最大坡度，而是需要最大牽引力之坡度。因為某一坡度雖屬最大坡度，如其坡道較短，在未到該坡度之前，高速運轉之列車，可利用慣性力而上坡，並不需較大之牽引力，故該坡度雖屬最大坡度，但仍不能稱為支配坡度。故興建鐵路時，不但要預定支配坡度在何處，同時更要決定支配坡度之長度，以為選坡之標準，同時對最大坡度在均衡速度下之最大長度限度亦應計算出來，以為決定坡置長度之依據。

列車按規定之運轉時間行駛時，機車所能牽引的最大噸數，稱為機車牽引定數，通常依路線狀況與速度大小按區間訂定之。因上坡道受機車牽引之限制，下坡道受機車制動力之限制，故同一區間上下坡道之機車牽引定數必須分別訂定。上坡道之旅客列車以速度為主，牽引定數不妨稍低，貨物列車以載重為主，速度不妨稍低。下坡道牽引定數之訂定以制動距離為主要條件，旅客列車因制動力大，牽引定數受制動力之限制不大，貨物列車因制動力低，牽引定數受制動力之限制甚大。

列車載重即機車的牽引噸數與速度互有關係，一般而言在同一路線上，列車之行駛速度愈高，機車之牽引噸數則愈小。在同一行駛速度時，路況愈差，則機車之牽引噸數愈小。

3.2 規章規定與說明

3.2.1 正線坡度

一、規章規定

「臺灣鐵路建設作業程序」之規定如下：

正線上之坡度，包括坡度曲線折減率，不得超過下列規定：

- (一) 特甲級線及甲級線千分之二十五。
- (二) 乙級線千分之三十五。
- (三) 電車專用路線千分之三十五。
- (四) 無道床橋樑千分之七。
- (五) 站內正線，兩終端道岔間(道岔外方係下坡道時，應自道岔外 20m 處起算)及列車停留區域內，為千分之三點五，新建之站場為千分之二；但不摘掛車輛之正線，得增至千分之十，經交通部專案核准者，得增至千分之十五。

二、說明

(一) 各級路線之限制坡度

限制列車牽引定數的坡度，其數值根據路線等級、地形條件、牽引種類和運輸需求等，經評估後確定。臺鐵各級路線之限制坡度

不得超過下列各值：

- 特甲級線及甲級線千分之二十五。
- 乙級線千分之三十五。
- 電車專用路線千分之三十五。

(二) 無道床橋樑上坡度之限制

無道床之橋樑均為鋼結構，其長度在臺鐵常用之鋼樑多為 20m，半穿式由 22.5m~25m，穿式則達 40m，其限制坡度之原因為：

- (1) 支承座問題：鋼樑橋兩端之支承座，一端為固定端，另一端為自由端，在正常的情況下，最好兩支承座均位於同一水平面上，如有坡度存在，當列車下坡在橋上緊軔時，將產生反應力，坡度愈大，其反應力愈大，將使鋼樑受力向下坡方向推移，致使支承受力甚大而發生危險，故在無道床之橋樑上不宜有較大之坡度。
- (2) 軌枕問題：如鋼樑位於較大坡度上，支承座不能順坡度線平行安裝，必須水平放置時，以 20m 鋼樑為例，如坡度千分之十，則鋼樑兩端之高低差即達 20cm，如以中分法處理，較高一端的枕木須增高 10cm，較低一端的枕木須降低 10cm，不但各種枕木有不同之厚度，且維持保養不易，故坡度在無道床之鋼樑處不宜過大。

(三) 車站內坡度

車站內採用較小之坡度，其立意在使停留在車站內之車輛，不致因重力慣性作用而自動行走。在使用平瓦軸承(Plane Bearing)車輛之開車阻力(Start Resistance)約為 7~12kg/ton，其在 3.5‰坡道上尚不致於發生停留車輛自動行走現象，但在裝有滾筒軸承(Roller Bearing)之車輛開車阻力僅在 1.9~2.4kg/ton 之內，很容易使停留之車輛發生自走現象，必須考慮加以適當之防動措施，或使其停留在平坦之路線上，以防止車輛溜逸事故之發生。臺鐵之貨車除舊有者與採用平瓦軸承外，光復後之車輛大多採用滾筒軸承，為使車站停留之車輛不致發生溜逸現象，在選定站內坡度時，最好採用平坡。

(四) 道岔外方平坡時，需留 20m 與站內相同之坡度

在車站內如停有空重貨車，有時需用人力推送車輛轉移股道，以達到貨物裝卸之目的，故在道岔外方須留置兩輛貨車之站內同坡度股道，俾使人力能夠控制，不致發生車輛向下坡方向溜逸。

(五) 臺鐵各型機車之牽引重量

臺鐵現有之機車有三種型式：柴電機車、電力機車、電車組。其在全線各區間之機車牽引重量，臺鐵訂有“機車牽引重量表”以為行車之依據。

3.2.2 側線坡度

一、規章規定

「臺灣鐵路建設作業程序」之規定如下：

側線上之坡度不得超過千分之三點五，新建站場之側線不得大於千分之二，但駝峰式調車場或不停放車輛之側線不在此限。

二、說明

側線上坡度不得超過千分之三點五之原因同正線，同時考慮貨車用人力推送時，如坡度超過千分之三點五，不但須用較多人力，且在較大坡度上手剎車不易控制車輛之行走，而肇致車輛溜逸事故。

駝峰式調車線均裝設有端末減速器而使行走速度降低，故坡度不受千分之三點五之限制。

3.2.3 曲線坡度折減率

一、規章規定

「臺灣鐵路建設作業程序」之規定如下：

曲線坡度折減率為千分之 $600/R$ ，側線上之曲線得不予折減，前項 R 為半徑之公尺數。

二、說明

列車的牽引重量是以列車在最大坡度上，以計算速度作為等速運轉條件而得，意即機車牽引力隨運轉速度之升高而逐漸減小，行駛阻力則隨運轉速度之升高而增大，因而可利用計算方式推算列車開車後當運轉速度升高至某一速度時，牽引力可與阻力相等而達平衡狀態。此時路線及運轉條件如無變化，列車即維持同一速度作等速運轉，此一計算速度稱為均衡速度。滿載貨物之列車在運行過程中，其速度不得低於均衡速度，因此在任何路段，所加算的附加阻力均不得超過最大坡度阻力，即加算坡度均不得超過最大坡度。當最大坡度與曲線、隧道重合時，機車粘著係數下降，粘著牽引力降低，列車不能保持以均衡速度運行，為此，都必須減緩坡度，以滿足速度要求，這就是最大坡度的折減。

附加曲線之坡度，其阻力較直線為大，故坡度折減率宜以彎道阻力換算之。

曲線段最大坡度之折減值與曲線半徑成反比，依據摩爾遜(Morison)氏公式：

$$R_c = 1000 \mu \frac{G+b}{2R} \text{ ‰}$$

上式中 R_c ：坡度折減率；

$$\mu：車輛與鋼軌間之磨擦係數 = \frac{1}{4.5}；$$

G ：軌距 = 1.067m；

b ：固定軸距 = 4.6m；

R ：曲線半徑(m)。

將以上各值代入，得

$$\begin{aligned} R_c &= 1000 \times \frac{1}{4.5} \times \frac{1.067 + 4.6}{2R} \text{ ‰} \\ &\doteq \frac{600}{R} \text{ ‰} \end{aligned}$$

3.2.4 隧道之坡度

一、規章規定

「臺灣鐵路建設作業程序」之規定如下：

隧道長度超過 300m 者，其坡度除有特殊情形外，不得超過千分之十五，隧道及其水溝應有千分之三之最小坡度。

隧道內除特殊情形外，不得設置凸坡。

二、說明

(一) 隧道內之坡度折減率

隧道內常有地下水，尤以較長隧道為甚。臺灣位於亞熱帶地區，隧道內溫度經常在 22~24 度之間。隧道因有水，致使鋼軌易於濕潤，使鋼軌之粘著力降低，因而影響機車之牽引力，同時隧道內之氣流阻力亦大，對機車牽引力亦有所影響，因此對較長隧道內之坡度亦應考慮適當之坡度折減率。普通採用之公式為：

$$Te = \frac{lV^2}{13W} \%o$$

上式中 Te：隧道內之坡度折減率(%o)；

l：隧道長度(m)；

V：列車速度(km/hr)；

W：列車重量(t)。

隧道內之坡度折減率與隧道長度成正比，根據經驗，當隧道長度小於 300m 時，不必折減。

(二) 隧道內之最小坡度

隧道內之湧水，在長大隧道中是不能避免的，湧水量之大小，依隧道所經區域之地質構造而定，普通隧道之湧水量約為每分鐘 30~120 公升。隧道內之排水溝斷面設計與路線坡度有關，通常隧道內之排水坡度以千分之三最為經濟。

(三) 隧道內設置凸坡之問題

長大隧道多為穿越兩河谷間之嶺線而使兩河谷平原能藉隧道以縮短兩平原間之運程。兩平原在選線上以能夠利用其高低差而達成單向坡之標準為原則，否則必須利用凸坡以達成坡度之需求。在工程施工上，由兩端推進對排水可利用自然排水方法予以處理，如用單向坡則有一端須用排水方式排水，增加工程費用。如用凸坡則必須利用豎井或斜坑予以通風，以保持隧道內之能見度、空氣污染與熱量之擴散、空氣中氧氣之補充等。

3.3 豎曲線 (Vertical Curve)

3.3.1 設立豎曲線之目的

列車通過坡度急劇變化之處所，在各車輛間必發生拉力或壓力，造成各車輛之相互拉緊或相撞，可能引起連結器斷損或車輪浮起等事故，列車如因而發生動搖撞擊，可能損及路線及影響乘客舒適感，故坡度急劇變化之處所，需設適當半徑之豎曲線，以策行車安全。

3.3.2 規章規定與說明

一、規章規定

「臺灣鐵路建設作業程序」之規定如下：

路線坡度變更時，應依下列半徑之豎曲線與兩端切線相連接：

(一) 半徑 800m 以下之曲線，其豎曲線半徑為 4,000m 以上。

(二) 半徑超過 800m 之曲線及直線，其豎曲線半徑為 3,000m 以上。

二、說明

不同坡度之斜直線段在其坡度變化之連接處將會形成凸出或凹入型線形。當列車在坡度變化較大之凸出路段運行，先上坡再下坡如圖 3.3-1 所示，上坡時加速向前牽引，頂點變坡處車輛之聯結器拉力自然增加，列車屈折凸起，車輛有浮上脫軌之虞；列車在凹入路段運行，先下坡再上坡如圖 3.3-2 所示，下坡時前方車輛急減速度，在底部變坡點，車輛聯結器急激壓縮，車輛及軌道均受極大之衝擊。為降低上列衝擊，當相鄰坡段的坡度代數差超過一定數值時，在變坡點處需用豎曲線連接相鄰坡段。

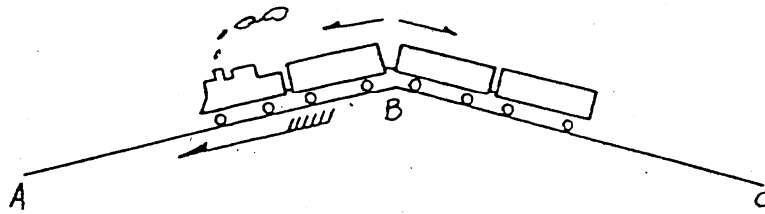


圖 3.3-1 列車在凸形路段運行

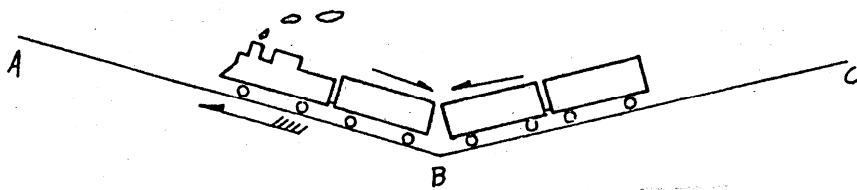


圖 3.3-2 列車在凹形路段運行

鐵路所用之豎曲線按其形狀可分為圓曲線形豎曲線、拋物線形豎曲線和連續短坡形豎曲線三種。臺鐵建設作業程序規定路線坡度變更時，在變坡點處採用圓曲線形豎曲線連接相鄰兩坡段（兩端切線）。

(三) 決定豎曲線半徑大小最主要之考慮因素為：

1. 豎曲線與車輛之浮動安全問題

(1) 依前後車輛壓縮力或牽引力而起之車輛浮動

如圖 3.3-3 所示，在斜直線連接處插入半徑 3000m 之豎曲線，設

W：車輛重量；

F：運轉中車輛相互間之最大壓力；

A：一側車輪將要浮動時，他側車輪所受之反力；

l：車輛長度；

l_0 ：連結器至車輪間之距離；

θ ：車輛軸心線之交角。

當車輛受 V 作用而達到車輪上浮臨界點時， $\Sigma M_0 = 0$ ，

$$V \times l - \frac{1}{2} W \times l + A \times l_0 = 0$$

$$\therefore A = W - V \quad V = F \sin \theta$$

$$l_0 = \frac{1}{4} l \quad \therefore W = 3 F \sin \theta$$

設車輛最長之長度為 20m，如豎曲線之最小半徑為 3,000m，則 $\sin \theta$ 之最大值 $\sin \theta = \frac{10}{3,000}$ 。F 之正確值甚難估算，惟現行貨車以不超過 80t 而設計，令 $F = 80t$ 而計算 W 時， $W = 0.8t$ ，但車輛無論如何輕，也不致於小於 5t，故其安全率達 6 倍以上。可知豎曲線之壓縮力或牽引力不必予以顧慮。

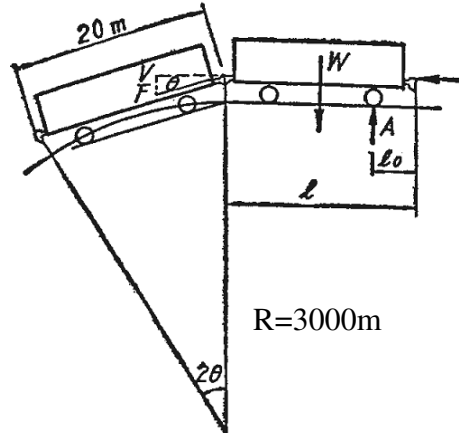


圖 3.3-3 豎曲線與車輛之浮動

(2) 豎曲線與列車屈曲度之關係

豎曲線半徑較小而車長較大時，將會增加列車屈曲度，但列車屈曲度如在坡度變化 $\frac{10}{3,000}$ 程度時，大致無礙。今就 20m 長車輛組成之列車，在其屈曲度相當於 $\frac{10}{1,000}$ 坡度變化之條件下，如

圖 3.3-4 所示，計算所需豎曲線半徑如下：

設 R：豎曲線半徑(m)；

L：車長 = 20m；

θ ：坡度變化 = 10/1,000。

$$\text{則 } R = \frac{L}{\theta} = \frac{20}{\frac{10}{1,000}} = 2,000\text{m}$$

由以上之數值，得知將豎曲線半徑規定為 3,000m 以上時，尚有安全餘裕。

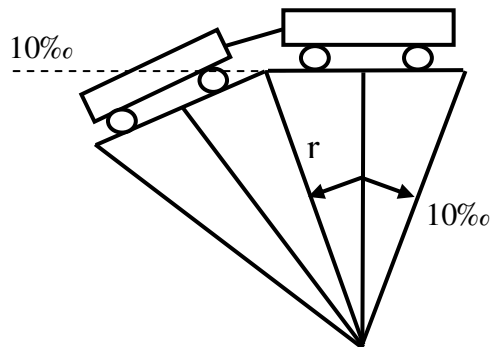


圖 3.3-4 豎曲線與列車屈曲度之關係

2. 豎曲線與車輛界限及建築界限之關係

車輛通過豎曲線時，位於車輪前後之車輛下部零件，將貼近軌面上之建築界限與車輛界限，故軌面上之建築界限與車輛界限之間，除考慮軌道之下沉及車輛上下浮動之影響外，尚須考慮設豎曲線之影響，儘量加設淨空尺寸，以策行車安全。

今就車長 20m，轉向架中心距離 14m 之車輛，在半徑 3,000m 豎曲線上，如圖 3.3-5 所示，其車輛下部與軌面之貼近尺寸如下：

$$D = R - R \cos \frac{\theta}{2}, \quad \theta = \sin^{-1} \frac{14}{R}$$

將 $R=3,000$ 代入得

$$D \doteq 8.2 \text{ mm}$$

軌面上建築界限與車輛彈簧上部界限之距離實際上高達 50mm 以上，故車輛下部不致碰撞軌面建築界限。

三、鋪設方法

路線縱斷面宜設計為較長的坡段，為了使列車平穩運行和聯結器附加力不致過大，一列列車不能同時跨越兩個以上之變坡點，即一個坡段長度不應小於最大貨物列車長度的一半。

$m\%$ 之斜直線坡段與 $n\%$ 之斜直線坡段交於 P 點，交角為 I ，如圖 3.3-6 所示，其變坡點處鋪設半徑為 R 之豎曲線計算法如下：

(一) 計算切線長 T 以決定豎曲線之始終點 A, B 位置

$$T = R \tan \frac{I}{2} \doteq \frac{R}{2} \left| \frac{m-n}{1,000} \right|$$

$$= \frac{R}{2,000} |m-n|$$

式中 m 及 n 之符號上坡為正，下坡為負。

(二) 計算距 A/B 點 x 距離處之縱距 y

$$y = \frac{x^2}{2R}$$

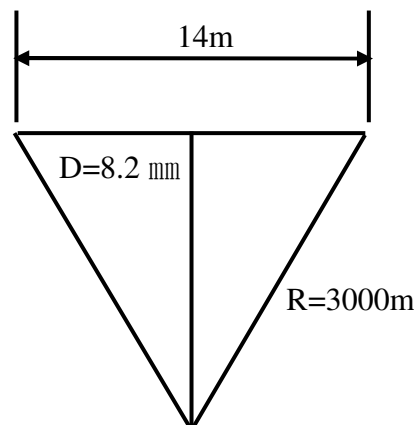


圖 3.3-5 車輛下部與軌面之貼近尺寸

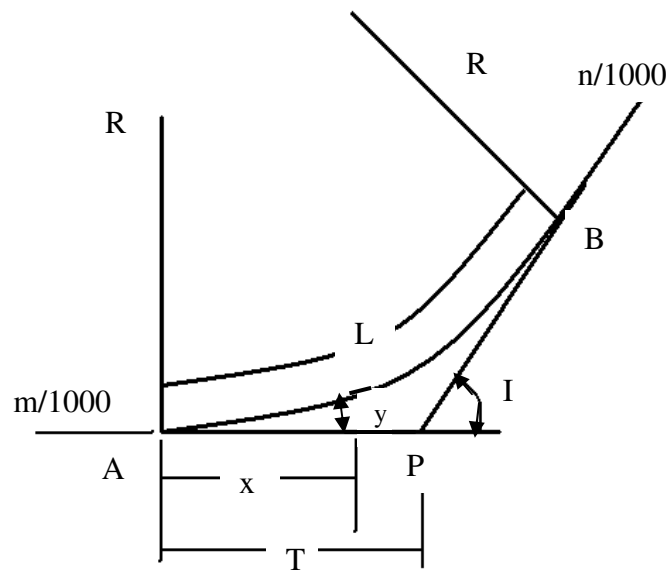


圖 3.3-6 豎曲線之鋪設計算法

(待續)

臺鐵便當之傳承與創新

Tradition and innovation of TRA lunch boxes

蕭淑藝 Shu-yi Hsiao¹
程挽華 Wan-Hua Chang²

地址：新竹縣橫山鄉中華街 200 號
Address : No.200, Jhonghua St., Hengshan Township, Hsinchu County 31241, Taiwan
(R.O.C.)

電話：03-5935707ext.601
Tel : 03-5935707ext.601

電子信箱：shuyi@cc.hc.cust.edu.tw
E-Mail : shuyi@cc.hc.cust.edu.tw

摘要

臺鐵便當歷史悠久且品牌知名度高，具有人潮匯集的銷售通路、品質信任度高、懷舊口味印象深植人心、獨占列車飯盒市場與媒體偏好及報導關注等諸多優勢。但近年來，臺鐵便當因受內、外在環境之衝擊、製作習慣及口味不易改變，且通路侷限於車站及列車上，加上人員短缺與傳承不易等問題，業績難有突破。

基於臺鐵便當品牌與品質，臺北餐廳希望以自營方式繼續經營，在業績停滯時，適時引進價值管理分析法進行分析與規劃並找尋替代方案，在採行新方案後，飯盒銷售盈餘大幅提升並超出預期盈餘目標。在菜色、促銷手法及賣點美化方面，嘗試有別以往的創新與突破，創造臺鐵便當新價值。除日本方面曾力邀參展鐵路便當之外，臺鐵餐廳亦多次接受報章媒體採訪，不僅拓增知名度，更提升臺鐵這個百年老店的能見度。

本文主要描述臺鐵便當所面臨的產業環境以及內部環境等問題，以臺北餐廳為主角，透過關鍵人物實際訪談，從管理者本身工作中所面對的切身問題，作為本文故事中的情節與腳本，讓讀者宛如身歷其境般了解故事主角的處境以及管理者如何面對問題、解決問題。並從管理層級的角度來切入並探討產銷管理層面的相關議題，讓讀者從個案中了解臺鐵如何藉由價值管理來傳承與創新臺鐵便當的過程以及團隊創意。

關鍵詞：運輸業餐飲、企業診斷、價值管理、創意發展

Abstract

TRA the advantages of a long history and a well known brand, has sales channels that are where large numbers of people gather, a good reputation for

¹ 中華科技大學餐飲管理系講師暨國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展系博士候選人

² 國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展系博士候選人

quality and nostalgic flavors that leave a deep impression, a monopoly of train lunch box sales and regular positive media reports. However, in recent years, under pressure from within and without, with production methods and flavors not easily changed and sales channels limited to trains and stations, plus the shortage of personnel and difficulty in passing on traditional lunch box preparation methods, significant improvement in sales has been hard to come by.

Because of the brand and quality of TRA lunchboxes, Taipei Restaurant hoped to continue operations on a self-managed basis and when sales hit a bottleneck, applied the value management method, carrying out analysis and planning and searching for a substitute plan. After this plan was adopted lunch box sales profits increased greatly and exceeded the target. In terms of dishes, promotional methods and improving the appearance of sales outlets, an unprecedented innovative approach was adopted to create new value for TRA lunchboxes. TRA was invited to show its lunchboxes in an exhibition in Japan and Taipei Restaurant was featured in media reports on a number of occasions, making the lunchboxes more widely known and raising the profile of this long established organization.

This paper describes the industrial environment that TRA's lunchboxes now exist in and internal and other problems. With Taipei Restaurant as the main subject, interviews with key figures revealing the problems they face in their everyday work make up the "story," allowing the reader to put themselves in the shoes of the main players and understand how TRA managers faces and solve problems. In addition production and sales related topics will be discussed from the perspective of TRA managers to allow the reader to understand how TRA has used value management to preserve the tradition of TRA lunchboxes while also being innovative and how it was used value management to bring team creativity into play.

Key words: transport industry catering, enterprise analysis, value management, creative development

一、前言

臺鐵便當的排骨口味加上鐵路印象，是民眾在生活過程中重要的記憶。從月台、車廂、鐵路餐廳以及現在鐵路本舖，臺鐵便當販售歷史已超過 60 年，儘管菜色不變，仍讓人津津樂道。近年來，因懷舊風再起，人們追求復古的情懷重現，臺鐵局自民國 89 年起推出「千禧年懷舊便當」即造成搶購熱潮。

臺鐵便當雖然知名度高，但臺北鐵路餐廳卻處在經營瓶頸，業績狀況難有成長，94 年 2 月李經理奉派接任臺北鐵路餐廳。她描述當時臺北鐵路餐廳的情景說道：「發現販售便當裡面的飯口感不盡理想，接著又發生與京華城百貨公司合作銷售的八角盒便當有退飯之情形，便當餐料的品質不穩定、餐廳員工的技術熟稔度待加強等，很多問題待改善。」在維護老字號招牌使命壓力下，她與同仁們如何讓臺北鐵路餐廳改頭換面？如何解決餐廳採購與人員等問題？如何創新及研發新的口味，使百年老店推陳出新？一連串問題等待著李經理。

二、產業現況與趨勢

日本以富有特色的各式美食聞名全世界，其中，鐵路便當可謂日本最值得驕傲的飲食文化之一。相傳在 100 多年前，也就是 1883 年(明治 16 年)時，在上野車站裏，一向禮貌周到的日本人，爲了服務乘客的各項需求，火車站裏開始有了賣報紙、換零錢，以及食堂和人力車等的周邊服務，他們用竹皮編成的便當盒盛裝飯菜以供應需長途搭車的旅客，從此以後，日本的便當文化便成了特有的飲食文化^[5]。日本鐵路便當，各站不同

風味，當地特產加上自豪的菜色與獨特的包裝設計，總讓旅行者連飯盒也捨不得丟掉。日本正值「便當潮」；空港便當、高速公路便當，分別在 3 年、1 年前誕生，促使鐵路便當翻新菜色的速度，從 1 年 1、2 季增加到 3、4 季，包裝也見新意。如今，日本鐵路便當走向低卡、少鹽、無添加的樂活路線。食材選用，強調本地生產不用進口。米飯重量，自 250 公克減到 150-180 公克。便當盒從塑膠回到木盒、竹葉，可再生利用的陶器。相較於臺鐵便當的價錢上雖貴一點，但店家爭奇鬥艷的精緻包裝，以及融合地方特色的食材與烹調方式，直叫旅行者大呼過癮！

臺灣在日據時代受到日本飲食生活的影響，產生兩種流行便當：木片便當(池上便當)與鐵路便當。根據統計，國內外食人口超過 200 萬人，80%的民眾中午幾乎都是外食，晚餐比重也達到 60%，臺灣的便當料多豐富，價格又平易，臺灣午餐便當市場一年有超過 100 億元的規模，而 7-11 統計一年可賣出 4 千萬個便當，各大便利連鎖超商一共銷售出 1 億個便當，超商便當抓住外食簡餐商機，每年市場持續成長；而便當市場的低門檻，更是吸引了不少擁抱創業夢想的人投入。

臺灣這種庶民美食產品四處可見，靠著現代化經營與美味品質相輔相成，傳統便當店從傳統走向現代化經營，進而發展出眾多便當連鎖品牌。傳統單店經營的便當店，礙於經營成本，菜色的變化較少。連鎖化經營的便當店，在總部支持下，一家店至少可以供應 20 種以上的便當，菜色的變化上更活潑，還可持續研發新產品推出，這就是連鎖便當店的優勢。連鎖便當品牌包括悟饕池上便當、關山便當、豐米便當、安心便當、中一排骨、老字號的金園排骨、在市場上新崛起的燒肉便當等等，有的業者強調吃好米、有的則是以衛生升級為訴求，或不斷在主菜上推陳出新，以搶攻市場²。

三、臺鐵便當與銷售狀況

臺灣鐵路管理局(以下簡稱臺鐵局)為隸屬交通部的一個政府機關，掌理鐵路中長程發展、經建計劃、鐵路行銷業務、鐵路行車等事項，提供民眾搭乘運輸、貨物運輸、旅客購票、餐飲等服務。為提供餐飲服務，臺灣鐵路管理局在民國 38 年正式成立餐旅服務總所(以下簡稱餐旅總所)，負責提供相關的服務。為拓展餐旅業務，符合長途旅客的需要，餐旅總所下設車勤服務部與高雄、花蓮、樹林 3 分部，另外設立臺北、臺中、高雄等 3 個鐵路餐廳以及七堵、花蓮 2 個餐務室，並在火車上供應便當(如圖 1)。目前鐵路餐廳的業務項目，除了製作及販售鐵路便當、經營紀念商品專賣店，也包括了車站場地的出租業務。各家便利商店、無人銀行和公共網站，還有販賣機、寄物櫃，都陸續進駐車站。鐵路餐廳經辦業務的多元化，引進專業，活化傳統，也提升服務的觸角。當然，鐵路便當仍是服務項目中的靈魂。

伴隨著鐵路文化的發展，歷史悠久的臺鐵便當是列車飯盒市場的先驅，伴隨著臺灣的發展，一路走來，自然也擁有廣大的鐵道迷，這也就是為什麼每年臺鐵便當銷售有一定的市佔率，且居高不下。車廂提供飯盒是早期火車的旅客服務項目之一，搭過火車就一定聽過臺鐵便當，排骨、滷蛋再加上豆干，這種經典組合持續半世紀，形成特有口味，讓人懷念不已。當然，歷史悠久是優勢，自然也會有其固有的製作習慣及口味不變等問題；由於便當已經給人既定的感覺，要有所改變及創新必定是相當不容易，也因著秉持懷舊口味，採平價路線，而難以改走精緻路線，提高價格。

高鐵通車後，客源有一定程度的減少，又由於便當業進入門檻較低，加上原有市場上的競爭者以及潛在進入者對臺鐵造成很大的威脅。臺鐵沿線車站週遭，販賣餐飲的店家相當多，種類也相當繁雜，致使各餐飲業者採低價格促銷價，競爭激烈。同業推出以

鐵路便當為名的飯盒，搶食市場近年來不僅 7-11 推出了奮起湖鐵路便當，許多餐飲業也以鐵路便當為主打一起搶食這塊大餅，如何在其中保持領先地位，是值得關注的議題。又加上鐵路便當的銷售點並不普及，僅只設在臺北、臺中、新左營、高雄等站，反而是民間以鐵路便當為招牌形成非臺鐵局之鐵路便當處處可見，臺鐵局本身宣傳量也不足，缺乏有系統的企業形象建立與管理，也是臺鐵局應予以考量的。

從 94 年價位屬性的銷售調查資料顯示，臺鐵便當雖一直以排骨便當聞名，然而被顧客定位在低價位，60 元、80 元、100 元三種價位便當中，60 元低價位便當之銷售量 87.84%，佔近 9 成，更可印證中高價位的便當在銷售策略中無法拓展。另外，從 93 年到 97 年臺北餐廳的便當銷售量佔總所便當總銷售量的比例從 19%到 37%，可說明臺北餐廳對餐旅總所的貢獻度是逐年提昇的。再者觀察 93 年到 97 年臺北餐廳的便當銷售營收狀況，從 93 年的幾乎無獲利，到 97 年的獲利 32%，臺北餐廳營收狀況可謂大幅改善(如表 1-表 3)。

四、營運遭遇的問題

維持既有的客群外，如何賦予臺鐵便當新生命並擴展銷售範疇，一直是鐵路餐廳努力經營的目標，近年來受內、外環境衝擊，業績難有拓展。曾考慮外包、與廠商合作等方式辦理，但臺鐵局基於鐵路便當的自有品牌與品質的考量，決定以自營方式繼續經營。

李經理在此情況下於 94 年到臺北鐵路餐廳任職。同仁回憶起當時的情景：先不說廚房，光打開一個販售便當，發現裡面的飯口感不夠好的，就前往廚房，問師傅說怎麼會稠稠的；再去看師傅洗米，才發現米質不佳。另又發現排骨便當的豬肉排品質不穩定，有時太油，有時又太老太硬，口感不佳。臺北鐵路餐廳曾與京華城合作經營臺鐵八角盒便當，由該百貨公司每日銷售臺鐵便當 200 個，可是有退飯的情況，因此合約結束後也不再續約。當時便當除排骨自製外其餘材料幾乎為半成品，如炸魚、蝦、甜不辣、香腸、火腿等，市場上到處可取得，沒有特色，最後落得下架命運。便當品質不夠穩定，除了製作流程需加強外，最主要還是採購方面的問題。另外，從 94 年的調查報告得知顧客抱怨產品及菜色選擇太少，臺鐵便當還得研發新的口味，以符合顧客需求(如表 4)。當決定應好好解決所發生的狀況並企圖整頓採購品質，但隨之而來的是有三分之二的工作人員離職，更使餐廳瀕臨危機。營運績效不佳狀況以及採購、人員、研發等種種問題，都急待餐廳去面對並解決。

五、臺北鐵路餐廳的解決之道

5.1 採購品質

肉類及蔬菜的品質都要採用最好的，採購真的是很重要的一個環節，因此決定提升原料品質並制定採購標準。當發現米質不佳，就叫廠商換米，並調整水放太多的情形。又為求品質穩定，之後餐廳經理經常去廚房監督觀看及前往採購處挑選原料，從選米、買菜，不斷測試，最後還指派一個領班下去接管採購。經過品質改善，客人覺得便當的飯好吃，甚至還有人要跟臺鐵買米呢！

排骨便當的靈魂是豬肉排，如何挑選好豬肉，幾經測試，發現 93 公斤到 115 斤的豬肉質比較好吃，和廠商簽約時，就要求廠商要提供 93 公斤到 115 斤的豬肉並符合 GAS 認證。因為豬本身的肉質與屠宰中 GAS 的流程均嚴格要求，才能醃出好吃的豬肉。

5.2 員工訓練

採購問題解決後，所剩下來的三分之一員工，就須更加緊努力，並加強工作人員的專業訓練。因為遇到瓶頸，然後就去想如何解決這些問題，所以才會規劃出一套作業流程與方法來訓練這些員工。所有人員一進來要先知道製作便當的流程與如何包裝便當。完成一個便當要經過七個驗收步驟：煮菜、煮飯、捶排骨、炸排骨、滷排骨、抓菜、包裝便當，每個步驟都要檢查看看是否有誤差？一面要檢查便當上一個步驟，一面也要做自己手上的工作。光是炸排骨就要學習半年的時間，排骨要炸到外酥、內軟、有汁，這樣的技術是不簡單的；滷排骨則是要學會調味；再來半年是訓練炒菜。所有新進的人員都要先接受「標準流程」這個長期訓練。每個在臺鐵製作便當的員工，雖然平常只專心作一樣工作，但是都必須要學會每個作業流程的技術，一旦有人請假就可以馬上接替。另外，透過獎金制度來激勵員工，內部約聘員工們的薪水是底薪加上獎金，假如業績很好，員工們的獎金就會多。

5.3 生產製作的技術與流程

廚房裡每個生產製作的技術與流程都有所講究。炸排骨絕不用回鍋油，每天中午換一次油，隔天早上再用新的油來炸，用油量很大，所以排骨都很漂亮且不會焦黑。大家都說臺鐵便當的滷蛋很好吃，餐廳用數千多片的排骨肉片下去滷，再用每天滷排骨的新滷汁去滷蛋，在滷的過程中都不加任何味精或其他東西下去滷，就很好吃了。他們的飯就算是微波過也很好吃！「菜飯」不是用炒的，用炒的「菜飯」一般在飯下面都會有油，一鍋「菜飯」要一個小時才煮的好，產量有限，所以客人一下子就都買光了。經過許多努力，95 年的營業額開始有起色，便當營業額蒸蒸日上。

5.4 藉由價值管理發展創意並拓展銷售方法

發展有特色且符合顧客口味的新菜色，以推廣臺鐵便當。創新及研發就顯得格外重要。發展創意也不能只靠一個人單打獨鬥，經過與京華城合作失敗之事件後，為了突破困境、增加營收與獲利，餐廳廚房、會計、採購、行政等 5 位代表人員組成研析小組，探討問題並尋求解決之道。小組人數雖少，但充分發揮 3 個臭皮匠勝過 1 個諸葛亮的團隊精神，以不同專業角度表達意見，並決定運用交通部所擅長的「價值管理」方法來發展創意並拓展銷售方法^[3]。此一研析小組一但發動，不僅個個興致勃勃且充分發揮團隊力量，除積極爭取參加價值管理的訓練外，又自發利用下班時間定期聚集開會，不知不覺，一連串的學習之旅便開始了。

研析過程中，小組同仁針對臺鐵便當進行內外部環境分析與問題討論、建立魚骨圖要因分析(參考圖 2)^[6]，並進行「成本分析」^[4]，從成本項目中選出臺鐵便當的 3 個主要成本，由於政府部門之人事費用係以法規規範，非以修改法令無法改變，因此選擇佔總成本之較重比例且須改善的項目 3 項，分別為主餐料、包裝、管理等項目，排除了人事費用項目。做好所需資料的準備與分析後，再來須對所選出的項目內容進行「機能分析」。同仁利用本身工作經驗，集思廣益，定義出現有機能並列出每一機能之重要程度，例如：主餐料項目之主要機能之一為「變化菜色」，包裝項目之主要機能之一為「促銷便當」，管理之主要機能之一為「美化賣點」。亦進一步將所有重要機能加以系統化。接下來「創意階段」即針對「變化菜色」、「促銷便當」與「美化賣點」主要機能進行「創意構想」^[7]，李經理鼓勵大家天馬行空，任意發揮創意以產生構想，甚至還親自赴日實地參考日本便當，因此「創意階段」結

果極富創意構想，內容不乏：主人與寵物便當、瘦身便當等，然後「判斷與發展階段」，再由小組針對每一構想之優缺點進行「構想比較」，給予評等，選出最佳組合，成為替選方案，並將新方案付諸實行(參考表 5-表 8)^[1]。價值管理主要用來激發創意潛力解決問題，事實上，過程中任何一個階段與方法並不困難，但創意構想必須是專業、特殊、新奇且可行的。

藉由價值管理研析，有了許多好的創意與構想，實際上還需要憑靠不斷研發的過程，好將創意構想產品化與商品化。為了推出「排骨燻魚雙併便當」，餐廳經理還花了 3 個月利用下班時間，研究了二、三十種魚最後才決定選用雕魚來製作，研發出目前鐵路便當的招牌—沒有魚刺的燻魚。燻魚-雖然小，卻不容小看！最重要的是肉質的挑選，才能做出魚的味道，並以品質、新鮮、衛生打出八角便當口碑。經過一年的努力鐵路便當品牌形象大大提昇，餐廳認為機不可失，於 95 年鐵路節推出高價位圓木盒 100 元懷舊菜飯，其銷售量甚至超過八角便當，紅衫軍期間來自各地人士均慕名來買，此次行銷亦大大提升餐廳盈餘。96 年時鐵路便當品牌已深獲消費者之認同與肯定，隨後推出售價僅 80 元的烤雞腿便當，此便當的雞腿還是用迷迭香等義大利香草醃漬過的，亦可滿足不吃豬肉的人士，每日出爐半小時內便銷售一空，供不應求。復於母親節推出雙層紫米鰻魚養生便當，頗受好評，乃趁勢在當年鐵路節推出 120 元養生便當，此便當目前亦為臺鐵便當招牌之一。97 年配合東部幹線太魯閣傾斜式列車首航，來坐太魯閣號會傾斜，就以太極的方式來搭配這個彎度。太魯閣號在花蓮時是走成 S 型的，用嶄新的搖擺方式，劃過花東海岸，故特別設計「養生太極便當」(如圖 3)。由於造型製作頗難須另行設計使用餐具，經廚房同仁及來自高層主管集思廣義共同完成，199 元太極養生便當經媒體大肆報導，轟動一時連國外媒體、報章亦多報導，可謂鐵路便當之一大突破。

六、價值管理的執行成果與績效

傳統的滋味也要推陳出新，百年老店也要有所變化，不僅僅是許多人成長的回味而已，也要吸引新的客群。從上述 4 年來，臺鐵所推出之產品，可以發現產品內容從傳統之 60 元排骨便當，一路研發改良，接踵而有燻魚、香草雞腿、鰻魚、菜飯、紅粬紫米養生飯等等之新產品上市。配菜方面，亦由傳統酸菜、雪裡紅，增加為百頁雪裡紅、百果、黑豆、百合、海帶胡瓜捲、新鮮花椰菜、銀芽三絲、及最近推出「杏鮑菇、蓮藕、蒟蒻等」綜合養生菜。產品之品質與創新必須裡外兼備，除了有好的內容外，產品之包裝是行銷成敗之主要因素。而包裝上亦從傳統之紙餐盒增加八角木盒、圓木盒、雙層圓木盒、太極飯盒及消費券養生環保飯盒等，其中八角木盒、圓木盒更成為全國便當界爭相仿效之餐盒包裝。

產品之創新是持續的，餐廳經理把創新分為漸進的創新與突發的創新。所謂「漸進的創新」是為確保企業長期且穩定獲利之考量，故必須是逐步的、穩紮穩打的，且須能大量生產、兼顧價值與實用。在不增加太多之工序及人力、物力下使產品達到多元且豐富之效果，否則如為了創新而增加太多之成本或使生產效率降低，則是倒果為因。例如，推出 80 元八角木盒雞腿便當時，僅將其主菜由排骨改為雞腿，即能增加購買量，成為餐廳獲利之穩健來源。而「突發性之創新」是噱頭式的，此類產品首重創意，目的在炒熱鐵路節慶，提升臺鐵便當之能見度與知名度，故此類產品不以賺錢為目的，俾製造出「物以稀為貴」之形象。此種創新必須脫離原有產品之思維，此類產品往往由於工序繁複，不適合大量生產，如前述母親節之養生便當，太極便當、彌月油飯等是，此類產品臺鐵餐廳均採接單生產。除了臺鐵便當的創新菜色與口味以外，服務行銷亦是餐廳成敗的關鍵。舉凡販售人員的服務態度、販售便當之速度、售後服務與客訴事件的處理都需

持續強化臺鐵便當之服務品質。

從歷年的營收成長率、成本率以及獲利率(表 3)等，便可看出新方案飯盒銷售之成果。臺北餐廳之鐵路便當在業績停滯時，適時引進價工的手法，在採行新方案後，95 年飯盒銷售量較 94 年成長 10.59%，營收成長 21%，成本降低 11%，盈餘大幅成長 237%，超出預期提升盈餘 30%的目標。另員工月平均薪資也提高 36.52%。臺北鐵路餐廳利用價值工程研析的方式，在菜色、促銷手法及賣點美化方面，嘗試有別以往的創新與突破，已有顯著效果，亦獲得各界注目與好評。且因臺北餐廳實施價工以來，成效卓著，鐵路局餐旅服務總所亦規劃臺北餐廳為示範餐廳，並將經驗推及鐵路全線各餐廳及餐務室，共同創造鐵路便當新價值。臺北鐵路餐廳代表臺鐵局參加「交通部 95 年度價值工程成果考評」獲得「非工程類第一名」。除日本方面力邀參展鐵路便當之外，臺北餐廳亦多次接受報章媒體採訪，不僅拓增知名度，更提升臺鐵局這個百年老店的能見度。

七、未來發展

午餐尖峰時刻，正是臺北鐵路餐廳廚房最火急的時候，因為有很多訂單待處理，員工們在各自崗位上熟練的製作便當，忙碌非常，從辦公室裡的終端螢幕，觀看廚房每一流程是否有哪個環節需多加關照。到了午休時間，餐廳人員仍留在辦公室裡，一邊吃著便當一邊接著一通通預訂便當的電話。臺鐵便當能廣受大眾歡迎固然可喜，但如只靠目前的人力與設備製作便當，每天僅可製作固定的量來販售，只能保有知名度而已，卻無法滿足更大的需求量，將來勢必還是要走量化的路，那該怎麼去克服擴大製作這個問題並仍能繼續維持原有品質？量化後也應保留住臺鐵便當好的口感及味道，還有臺鐵便當應該持續每隔一段時間就得創新及研發新的口味，才會挑起大家的味蕾。餐廳未來還有很多的問題需要去解決，更大的計畫等待著與同仁們共同去努力實現。

表 1：94 年臺北餐廳便當(價位屬性)銷售狀況

| 價位 | 60 元 | 80 元 | 100 元 | 其他 |
|-----|--------|-------|-------|-------|
| 銷售率 | 87.84% | 9.04% | 0.88% | 2.24% |

資料來源：臺灣鐵路管理局臺北鐵路餐廳

表 2：93-97 年餐旅總所飯盒銷售統計表 單位:個

| 年度 | 便當總銷售數 (餐旅總所) | 便當銷售數 (臺北餐廳) | 臺北餐廳之比重 (%) |
|----|------------------|-----------------|----------------|
| 97 | 3,598,277 | 1,349,068 | 37.49 |
| 96 | 3,377,244 | 1,103,968 | 32.69 |
| 95 | 2,832,509 | 676,317 | 23.87 |
| 94 | 2,616,202 | 609,988 | 23.31 |
| 93 | 2,501,303 | 478,400 | 19.13 |

資料來源：臺灣鐵路管理局餐旅總所

表 3：93-97 年便當營收狀況表(臺北餐廳)

單位:萬元

| 年度 | 收入 | 成本 | 成本率(%) | 盈餘 | 獲利率 (%) |
|----|------|------|--------|------|---------|
| 97 | 9368 | 6319 | 67.46 | 3449 | 32.54 |
| 96 | 7543 | 5102 | 67.64 | 2441 | 32.36 |
| 95 | 4692 | 3603 | 76.80 | 1089 | 23.19 |
| 94 | 3875 | 3417 | 88.17 | 459 | 11.83 |
| 93 | 3060 | 3044 | 99.50 | 15 | 0.50 |

資料來源：臺灣鐵路管理局餐旅服務總所(成本未包含租金、運送費用)

表 4：94 年臺北餐廳便當顧客抱怨因素調查表

| 原因 | 產品及菜色選擇太少 | 包裝賣象不佳 | 折扣無彈性 | 其他 |
|----|-----------|--------|-------|-----|
| 比例 | 70% | 12% | 8% | 10% |

資料來源：臺灣鐵路管理局臺北鐵路餐廳

表5：94年臺北餐廳鐵路便當-資料階段

| 資料階段 | | |
|--------------------|-------------|------------|
| 研析標的：鐵路便當之價值管理研析 | | |
| 項目：94 年臺北餐廳鐵路便當總成本 | | |
| 項目 | 成本(萬元) | % |
| 主餐料 | 2255 | 66 |
| 人事 | 854 | 25 |
| 包裝 | 89 | 2.6 |
| 管理費 | 83 | 2.4 |
| 配菜 | 68 | 2 |
| 水電瓦斯 | 68 | 2 |
| 總計 | 3417 | 100 |

資料來源：臺灣鐵路管理局臺北鐵路餐廳

表6：94年臺北餐廳鐵路便當-資料階段

| 資料階段：機能分析表 | | | |
|-----------------|-----------|-----------|----------|
| 計畫名稱：鐵路便當價值工程研析 | | | |
| 項目：主餐料 | | | |
| 主餐料 | 機能 | | |
| | 動詞 | 名詞 | 種類 |
| | 變化 | 菜色 | B |
| | 增加 | 美觀 | RS |

| | | | |
|-------------------------------|-----------|-----------|----------|
| | 降低 | 成本 | B |
| | 變化 | 口味 | RS |
| | 吸收 | 客源 | B |
| | 俱全 | 色香味 | S |
| B:主要機能 S:次要機能 RS:必要次要機能 | | | |

表7：94年臺北餐廳鐵路便當-創意階段

| | |
|------------------|--------|
| 創意階段 | |
| 研析標的：鐵路便當之價值管理研析 | |
| 項目：產生構想 | |
| 紫米養生便當 | 快速滑輪便當 |
| 彌月油飯便當 | 寒天瘦身便當 |
| 主人&寵物便當 | 超大豪門便當 |
| 排骨燻魚雙併便當 | 情人雙份便當 |
| 薰衣草雞腿便當 | 韓式泡菜便當 |

資料來源：臺灣鐵路管理局臺北鐵路餐廳

表8：94年臺北餐廳鐵路便當-判斷階段

| | | | |
|-----------------|-------------|--------------|----------|
| 判斷階段 | | | |
| 計畫名稱：鐵路便當價值管理研析 | | | |
| 項目：變化菜色 | | | |
| 構想 | 優點 | 缺點 | 評等 |
| 紫米養生便當 | 有益健康 | | A |
| 彌月油飯便當 | 彌月送禮 | 接受度有限 | C |
| 主人&寵物便當 | 培養感情 | 人畜難以溝通 | B |
| 排骨燻魚雙併便當 | 大眾化 | | A |
| 薰衣草雞腿便當 | 粉領族 | 客群受限制 | A |
| 快速滑輪便當 | | | C |
| 寒天瘦身便當 | 飽食感 | 客群有限 | C |
| 超大豪門便當 | 份量夠 | 單價高 | C |
| 情人雙份便當 | 一次賣二份 | 客群有限 | C |
| 韓式泡菜便當 | 異國風 | 重口味 | B |

資料來源：臺灣鐵路管理局臺北鐵路餐廳

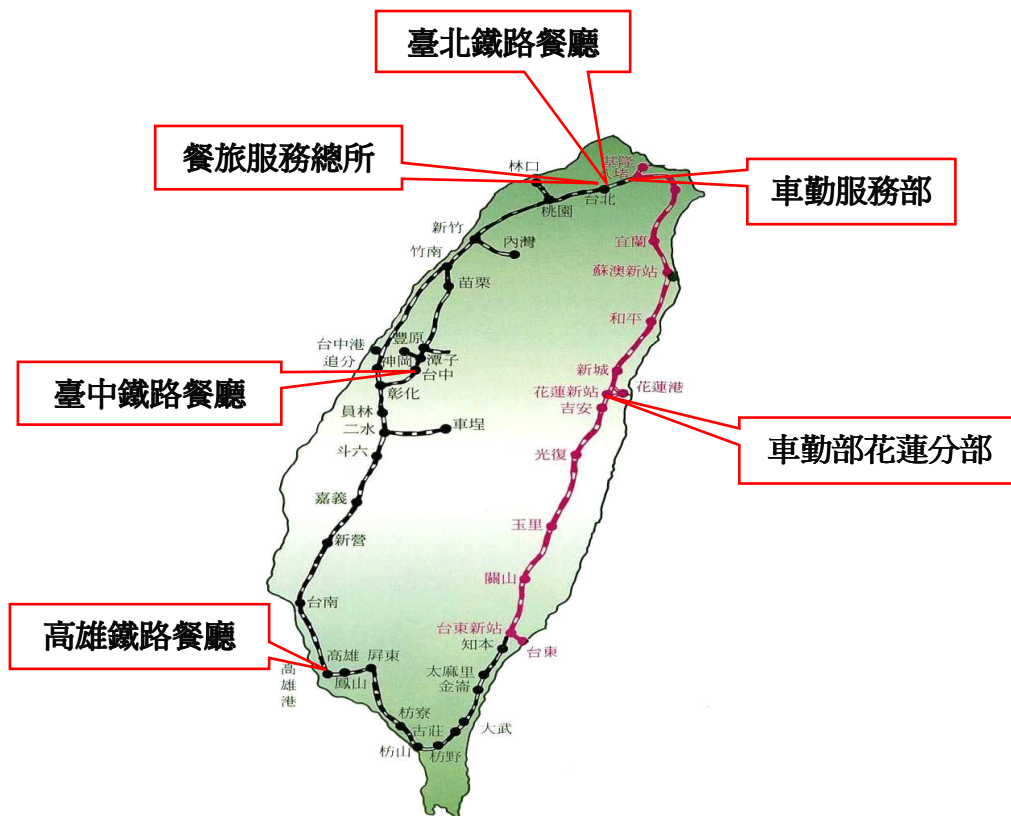


圖 1：餐旅總所組織圖

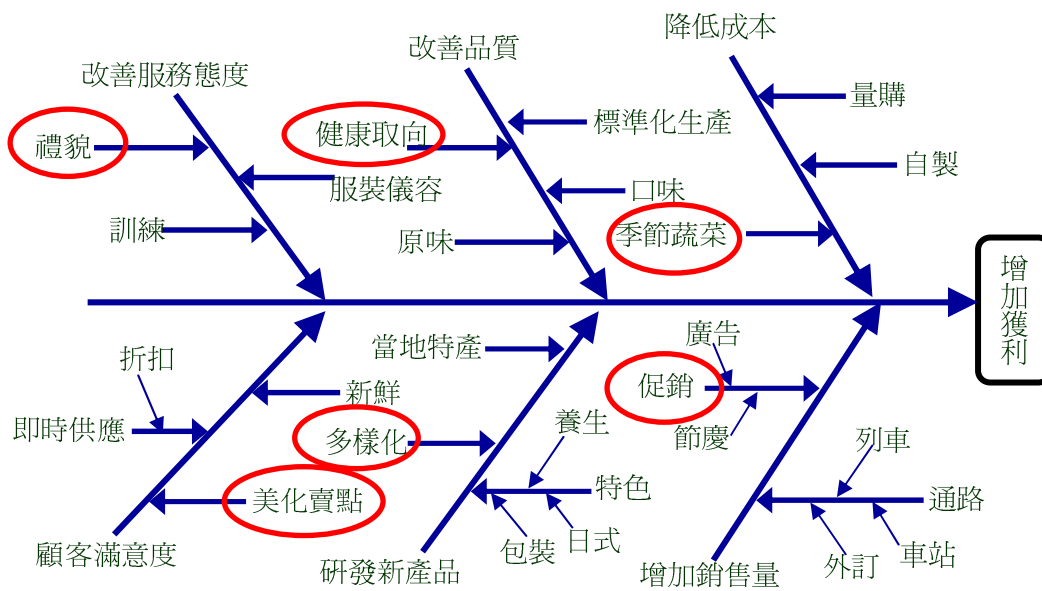


圖 2：要因分析圖



圖 3：太極便當樣本圖

白色的區塊是「香米」

黑色較大的區塊是「紫米」

黑色點點的是「日本黑豆（有補血的功能）」

黃色點點的是「銀杏」

參考文獻

- 1.李玉霞等(2007)，鐵路便當之價值工程研析，臺灣鐵路管理局(未出版)。
- 2.賴欣怡(2006)，便當隔間設計美學，國立臺灣藝術大學造型藝術研究所碩士論文。
- 3.黃尙如(2006)，價值工程應用現況與研析模式之探討，國立雲林科技大學營建工程系碩士論文。
- 4.張柏毅、李榮興、陳乃城(2005)，「國際價值工程師協會核可價值工程第一級(MOD I)訓練教材」，臺鐵員訓中心。
- 5.張瑞文(2005)，日本火車便當，楊桃文化事業出版。
- 6.SAVE International,2007,VM Standard, http://www.value-eng.org/about_vmstandard.php
- 7.Peter Hanik & Jerry Kaufman, 2005,A Technology Partnership:VE/TRZ,USA

降低 GE 電力機車壓風機故障之價值工程研析

Analysis of the use of value engineering to reduce the occurrence of GE electric locomotive air compressor malfunctions

廖文聰 LIAO, Wen- Tsung¹ 蔡立祥 TSAI, Li- Hsiang²
林威廷 LIN, Wei- Ting³ 李士立 LI, Shih- Li⁴
洪浚智 HUNG, Chun- Chin⁵ 項本真 HSIANG, Pen- Jen⁶
陳再新 CHEN, Tsai- Hsin⁷

地址：20645 基隆市七堵區崇禮街 1 之 4 號 2 樓

Address：2F., No.1-4, Chongli St., Qidu Dist., Keelung City 206, Taiwan (R.O.C.)

電話：(02)2456-4729

Tel：(02)2456-4729

電子信箱：tr756925@msa.tra.gov.tw

E-mail：tr756925@msa.tra.gov.tw

摘要

為因應西部幹線電氣化，於民國 64 年開始向美國通用電氣公司（General Electric）購入了 92 輛的電力機車。這批美製的主力機車於民國 67 年陸續運抵國門，主要負責牽引莒光、復興等空調列車及貨物列車。其中 E201~E240 共 40 輛配有三相馬達交流發電機組設備，可供電予列車冷氣設備，用於牽引莒光號、復興號列車。E301~E302 於民國 83 年加裝馬達交流機組，亦可用於牽引莒光號、復興號列車。E303~E339，37 輛因無三相馬達交流發電機組設備，故僅能用於牽引貨物列車及非集中供電列車，E401~E418，18 輛與 E200 型機車設備相同，僅齒輪比變更，藉以提高行車速度，提昇載客效率^[1]。

本文旨在就 GE 機車之壓風機故障率偏高，研析其故障原因，以供相關人員參考。

關鍵字：電力機車、三相馬達交流發電機組、齒輪比、壓風機

Abstract

In preparation for the electrification of the western main line, in 1975 TRA began purchasing 92 electric locomotives from GE (General Electric). These “main force” locomotives began arriving in Taiwan in 1978 and were mainly used for pulling Juguang express and Fuxing express air conditioned and freight trains. The number and function of the locomotives: 40 locomotives E201~E240 with three phase motor alternators which can provide power to the car air conditioners, allowing these locomotives to be used to pull Juguang and Fuxing express trains. E301~E302 locomotives were fitted with three phase motor alternators in 1994 allowing them also to be used to pull Juguang and Fuxing trains. 37 E303~E339 which do not have three phase motor alternators were used to pull freight trains and

¹本局機務處七堵機務段工務員 ²本局機務處七堵機務段技術助理 ³本局機務處七堵機務段技術員
⁴本局機務處七堵機務段技術助理 ⁵本局機務處七堵機務段技術工 ⁶本局機務處七堵機務段技術助理
⁷本局機務處七堵機務段技術助理

trains without centralized power supply. 18 locomotives E401~E418 have the same equipment as E200 but the gear ration was changed allowing them to travel at high speed, thus increasing passenger carrying efficiency.

The reason wind compressor malfunction was chosen as the subject of research was that the wind compressor is a core component of the GE electric locomotive and the malfunction rate is high.

Key words: electric locomotive, three-phase motor alternator, gear ratio, air compressor

一、前言

GE 機車之壓風機壓力空氣源主要供應列車動力系統、輔助系統、客車服務設備及軔機系統，因原廠設計不良及材質不佳，肇致列車頻發生故障，若發生故障會使得列車無法正常運轉及制軔不良，而造成嚴重行車事故^[2]。為減少因壓風機故障，致使車輛停駛之有形成本增加及無形之路譽損失，藉由價值工程研析，進行相關評估作業，找出發生壓風機系統故障之主要原因及尋找可行的改善方案。

GE 機車壓風機因原廠設計不良及材質不佳，且無備援系統，自民國 67 年營運至今頻生故障，經統計有壓風機吐油、壓風機油氣分離不良、壓風機接盤磨耗、壓風機背壓過高、邵氏控制閥膜板破裂等五大故障原因，前三項故障佔總故障件數 79%。為維持列車基本運能，有效降低 GE 機車壓風機之故障件數，本研究特別針對此三大故障原因進行改善探討。

本文探討造成故障的原因，杜絕事件的再度發生，七堵機務段所負責之動力車車齡老舊，檢修著實不易，藉由加強維修的品質、降低故障的發生、增加運用的效能、提高競爭的能力，以提升臺鐵局服務滿意度與塑造品牌的形象。

二、GE 電力機車壓縮空氣供應系統構造及功能簡介

GE 電力機車所用邵勒式 12 型壓縮空氣供應系統，包括空氣壓縮機、進氣系統、輸出系統、機油冷卻系統，及空氣控制系統等部份組成^[3]。各系統中主要配件的構造及功能分述如下：

2.1 空氣壓縮機

邵勒 12 型迴轉式空氣壓縮機。兩個互相齒合的轉子裝在機室中，形成螺旋式的壓縮室，其進風口溝通轉千葉瓣的空隙，引進空氣，壓力機油自底部開孔噴入，與空氣混合，充滿壓縮室全部剩餘空隙，達成潤滑轉子間及轉子與壓縮室壁間的空隙免於漏氣。

2.2 進氣系統

2.2.1 進氣濾清器

過濾空氣中灰塵。

2.2.2 蝴蝶式進氣閥

由邵式控制閥操作。當復壓時，進風閥大開，大量空氣進入空氣壓縮機以便製造壓縮空氣，當除壓時，進風閥仍允許少量空氣自開口處進入，而免壓縮

機中形成半真空狀態。

2.3 壓縮機輸出系統

2.3.1 送風止回閥

緊裝設在空氣壓縮機輸出口，另一端出口以鐵管連接到空氣機油分離器，具有彈簧負荷的止回閥，空氣壓縮機中經壓縮後的空氣機油混合物，反抗彈簧壓力開啓此閥，送去空氣機油分離器。但當空氣壓縮機停轉時，此閥由彈簧復原力關閉。

2.3.2 空氣機油分離器

空氣壓縮機運轉時，自壓縮機而來的空氣機油混合物，進入大型的容器，由於體積突然膨脹，混物流速減慢，應折轉向上，因此大顆粒機油晰出沉落器底，小部分機油仍隨空氣上升，入於上分離器室，通過分離器芯子，機油被其分離，附集於芯子表面上，最後逐漸凝成大顆粒，墜至上分離器室底，循另路返回壓縮機。至此析出的空氣含油量很少，已屬於純空氣，通過最小壓力止回閥，進入總風缸存儲備用。

2.3.3 保安閥

彈簧由調整螺帽調整為 175psi 的壓力，空氣機油混合物壓力超過此值時，即壓開保安閥而由排洩管排出車下。

2.3.4 浮面開關

其工作原理係利用磁石接近磁簧開關時，使開關閉合，因而接通電路，操作 75VDC 警告燈及壓縮機馬達停轉繼電器。當油面正常時，兩浮球浮起至上限扣環被阻，開關無作用。油面逐漸下降時，上浮球跟隨下降，當降至被下限扣環擋住時，上浮球作用上磁簧開關 FSWL2 接點閉合，蓄電池電流經此至壓縮機警告燈點亮。如仍未加油而令油面繼續下降，至下浮球亦下降至被下限扣環擋住位置時，則下浮球中磁鐵作用下磁簧開關 FSWL1 接點閉合，於是蓄電池電流經此流入 COTR 及 COTRA，再操作 PTR 及 PLB，令集電弓下降，並切斷機車動力電路。

2.3.5 最小壓力止回閥

自空氣機油分離器而來的純淨壓縮空氣，即經此閥送去總風缸備用。如小於 40psi，此閥不致開啓，直至大於 40psi 空氣才能壓開此閥，進入總風缸，至 60psi 以上時滿開，但無論何時，總風缸壓力如大於分壓器壓力，則此閥關閉，因此此閥具有雙重功用：

- (1) 當空氣壓縮機運轉時，確保容器壓力不小於 40psi，以維持容器與壓縮機之間壓力差，保證機油得以壓入壓縮機，維持壓縮機的潤滑。
- (2) 當空氣壓縮機停轉或除壓時，防止總風缸管路中空氣回流至容器中。

2.4 機油冷卻系統

2.4.1 熱旁通閥

這是一具阿真 E 型節溫閥，為全自動三方向液溫控制器，自空氣機油分離器而來的機油，由此閥的 A 側進入。當溫度低時，閥與上閥座緊閉，機油穿過上閥座及閥的中空通道直流過，折經閥與下座間間隙由 B 流出，通過機油濾清器及機油止回閥而入空氣壓縮機，作潤滑、封閉、冷卻之效。當溫度達 85°C 時，此閥的感溫子受熱膨脹，將閥推動少許，於是閥與上閥座間露出間隙，

部份機油經此間隙從 C 側流出。迨流經機油冷卻器冷卻後，再與由 B 側流出的機油匯合，經機油濾清器及機油止油閥而入空氣壓縮機，自此溫度愈高，閥與上閥座間開度愈大，反之閥與下閥座間開度愈下，直到約 105°C，閥與下閥座間完全閉斷，即全部機油均須經 C 側流出，以便降低機油溫度。

2.4.2 機油冷卻器

為一普通的散熱器，由甚多橫向冷卻管穿以散熱片及兩端管巢組成。來自熱旁通閥的機油從一端引入，經冷卻管至另一端過程時，由冷卻鼓風機送來的冷風散熱，再自另一端流出，送經機油濾清器即機油止油閥而入空氣壓縮機。

2.4.3 全流機油濾清器

為更換濾心式，具有彈簧負荷的機油鬆壓閥，當寒冷氣候機油黏度過高時，或其紙質濾心被髒物阻塞不通時，如超過彈簧調整壓力 25Psi，即壓縮彈簧自行開啓，以保持機油經常暢通。自熱旁通閥或機油冷卻器而來的機油，經此濾清器即送往空氣壓縮機。

2.4.4 機油止油閥

當空氣壓縮機運轉時，自壓縮機而來的空氣機油混合物壓力，自此閥頂端進入，壓使活塞帶同閥下行開啓，於是自全流機油濾清器而來的機油，可經此流入空氣壓縮機，達成潤滑、封閉、冷卻效用。但當空氣壓縮機停轉時，自壓縮機而來的壓力消失，此閥即由其下方的復原彈簧壓力使其關閉，以防止機油進入空氣壓縮機，使壓縮機與機油系統隔開。

2.5 控制系統

2.5.1 壓縮機調壓開關(簡稱 CGS)

為一壓力開關，自第一總風缸接入，壓力調整為 105~120psi。

2.5.2 壓縮機電磁閥(簡稱 CMV)

當總風缸壓力達 120psi 時，作用 CGS 電氣開關閉合，蓄電池電流經 CGS 流入本閥的電磁線圈激磁，吸起柱塞，開起最小壓力止回閥以前管路到邵氏控制閥的通路，於是空氣流入邵氏閥，作用壓縮機除壓，當總風缸壓力下降至復壓壓力時，CGS 跳開，本閥斷電，柱塞被復壓彈簧壓下，關閉上述通路，同時柱塞開啓通往排氣口的通路，邵氏閥及管路中的空氣，由本閥排氣口排出大氣，幫助邵氏閥復原。

2.5.3 壓縮機電磁閥濾清器

裝在 CMV 之前，作保護 CMV 之用。進入 CMV 的壓縮空氣先在此過濾，除去空氣髒污，以免 CMV 發生堵塞。

2.5.4 邵氏控制閥

閥內具雙重膜板帶同柱塞拉桿等件，當壓縮空氣自 CMV 送來其中時，推動膜板帶同柱塞及拉推桿等件右行，令槓桿也跟右行，操縱蝴蝶閥門關閉，壓縮機除壓。此時壓縮空氣也通過 0.060" 縮口自排氣管排出大氣。空氣自 CMV 補充迅速，所以能維持壓縮機除壓作用。當 CMV 空氣切斷時，閥內空氣迅速自 0.060" 縮口及 CMV 排氣口排盡，復原彈簧令槓桿帶同拉桿及蝴蝶閥復位，空氣壓縮機再度復壓。

2.5.5 運轉排風閥

當空氣壓縮機除壓時，在最小壓力止回閥以前的空氣供應系統中，壓力仍保持 120 Psi。壓縮機轉動時，為克服這一負荷，勢必消耗較多馬力。為減少能源浪費，乃設計將其壓力降到 85 Psi，所以採用 L-A-2 型繼動閥，以達成此項目。當 CMV 送空氣至邵氏控制閥以使空氣壓縮機發生除壓同時，另一支管也送空氣至此閥，進入控制室，推動活塞帶同排氣閥及供氣閥上昇，因此將最小壓力止回閥以前壓縮機系統中的空氣排出大氣。當壓縮機系統中的空氣壓力降下，低於彈簧調整的壓力 85 Psi 時，控制室中的壓力不夠，因此活塞被彈簧壓下，供氣閥被其復原彈簧壓下關閉復位，壓縮機系統中空氣不再經此閥排出大氣，維持 85 Psi 的壓力不再下降。

2.5.6 停止排風閥

空氣壓縮機停止運轉後，積存在分離器及最小壓力止回閥以前的壓力空氣，須作正常的排放，停止排風閥即為此目的而設。

2.5.7 分離器機油回路濾清器

分離器上室中經分離芯子析出的少量機油(仍混有空氣)無法倒退進入容器，因此另設流回壓縮機的回油管路，為控制機油的清潔度，乃在回油路中途加裝此項濾清器。

2.5.8 濾清器回路電磁閥(簡稱 SRMV)

上述分離器至壓縮機的回油，應只在空氣壓縮機運轉時進行。倘壓縮機停轉後能任令回油，則會自進氣濾清器呈霧狀噴出，直至分離器中空氣機油混合物流失，壓力降為零為止，時間約三分鐘之久，不僅浪費機油，抑且污染機車內部。為挽救此弊，乃在回油路中濾清器及壓縮機之間，如裝設此項 SRMV，以便在壓縮機停轉將其與分離器隔離。當壓縮機運轉時，SRMV 通電，柱塞被吸起，機油路開通，分離器中機油可流回壓縮機。當壓縮機停轉時，SRMV 斷電，閥關閉，分離器中空氣機油混合物，不能再流回壓縮機。

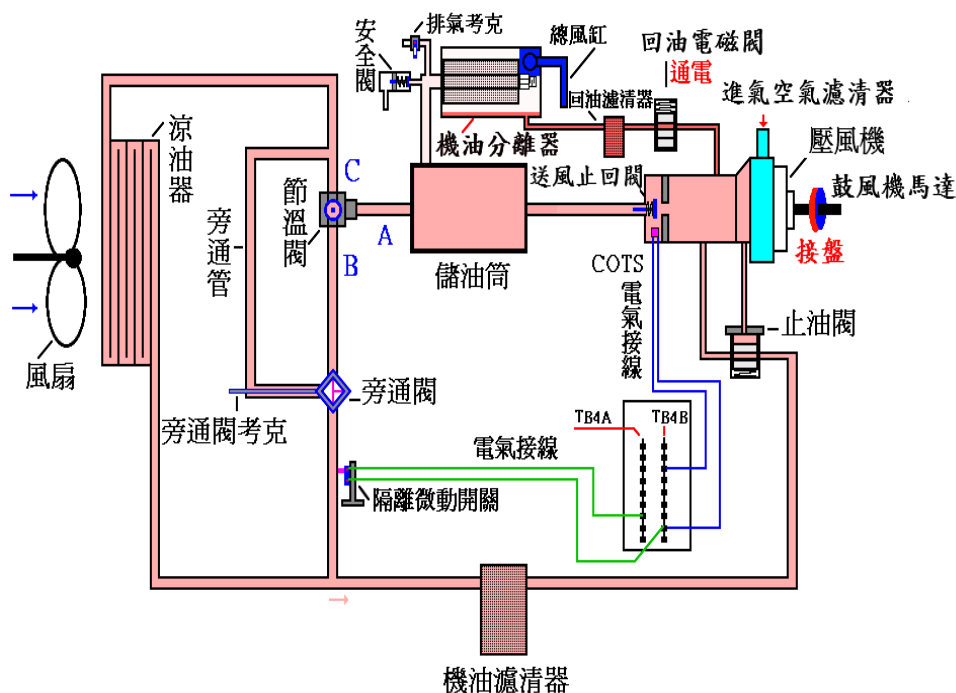


圖 1 壓風機動作流程

三、研析過程

3.1 現況分析

表 1 壓風機故障次數統計表

| 不良項目 | 年 | 97 | 97 | 97 | 98 | 98 | 98 | 合計 | 平均故障件數 (件/月) | 影響度 (%) | 累計影響度 (%) |
|-----------|---|----|----|----|----|----|----|----|-----------------|------------|--------------|
| | 月 | 10 | 11 | 12 | 01 | 02 | 03 | | | | |
| 壓風機吐油 | | 0 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 7 | 1.2 | 37 | 37 |
| 壓風機油氣分離不良 | | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 1 | 5 | 0.8 | 26.3 | 63.3 |
| 壓風機接盤磨耗 | | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 3 | 0.5 | 15.7 | 79 |
| 壓風機背壓過高 | | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0.3 | 10.5 | 89.5 |
| 邵氏控制閥膜板破裂 | | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0.3 | 10.5 | 100 |
| 合計 | | 1 | 2 | 5 | 4 | 4 | 3 | 19 | 3.1 | 100 | |

資料來源：維修保養紀錄日報表
採樣時間：六個月

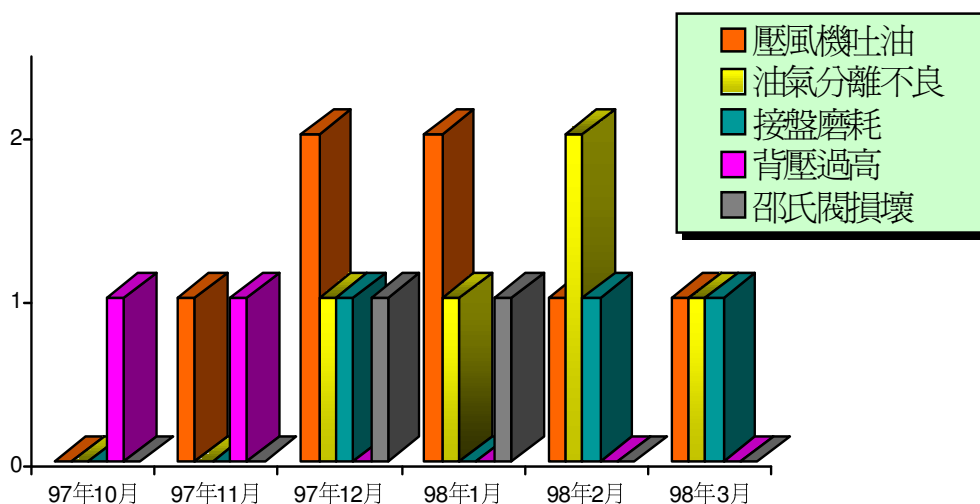


圖 4 壓風機故障次數長條圖

3.2 要因分析

3.2.1 壓風機吐油

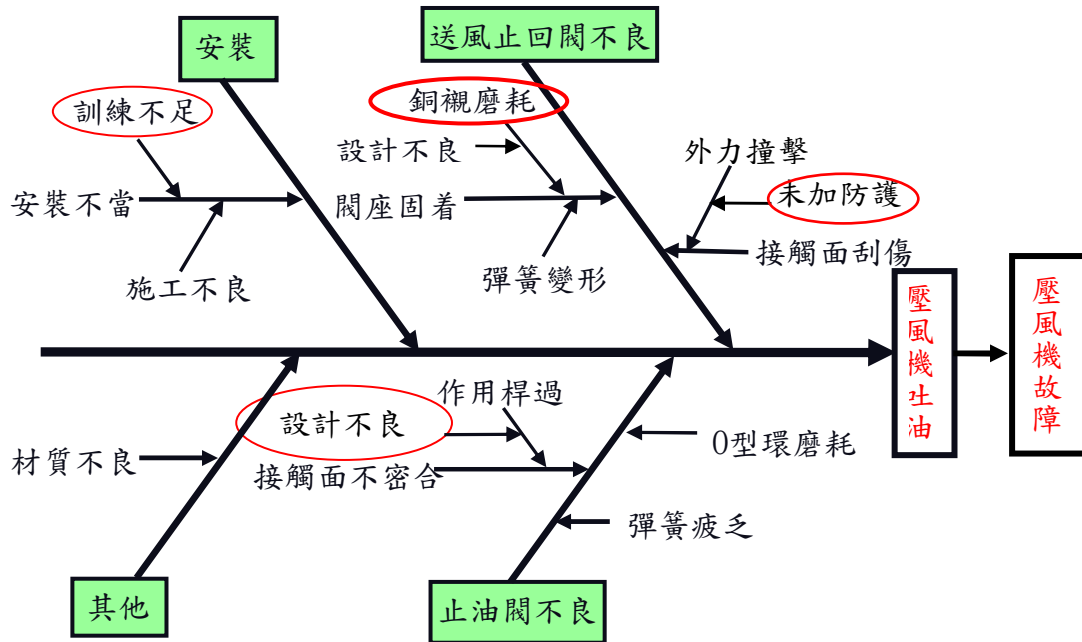


圖 5 壓風機吐油要因分析圖

3.2.2 壓風機油氣分離不良

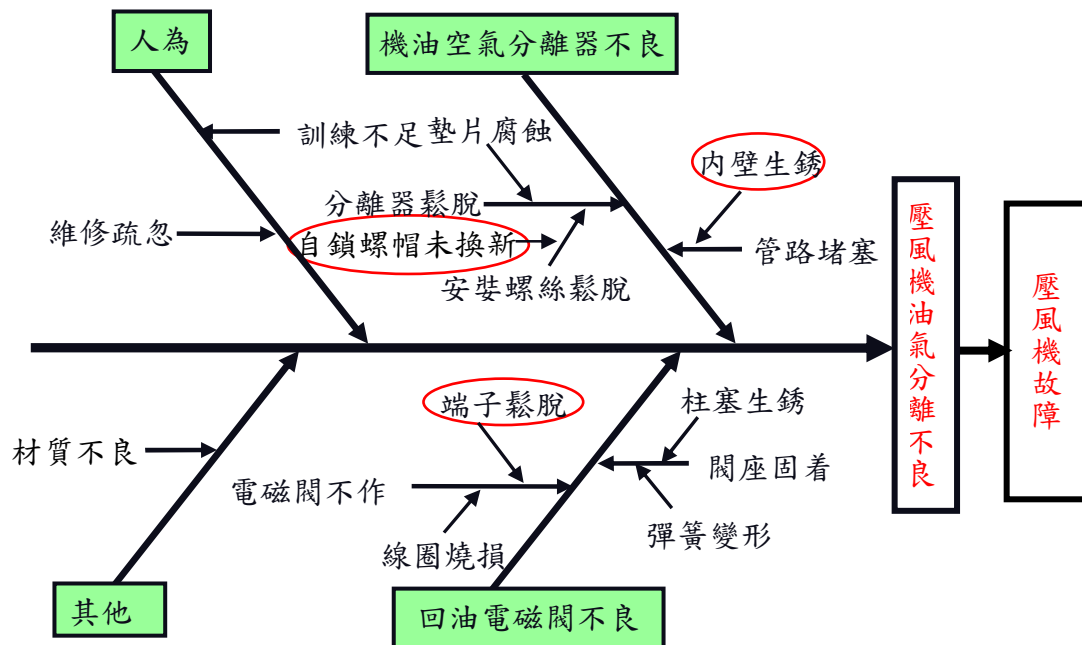


圖 6 壓風機油氣分離不良要因分析圖

3.2.3 壓風機接盤磨耗

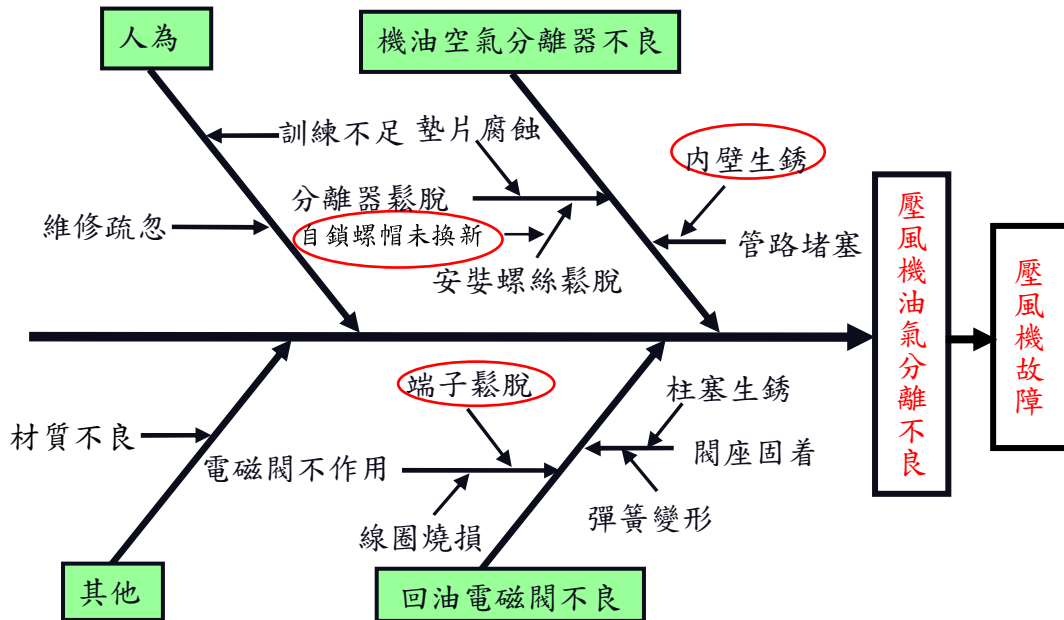


圖 7 壓風機接盤磨耗要因分析圖

3.3 研析目標

前三大故障項目為此次改善重點，透過價值工程之各項研析手法^[4]與組員腦力激盪，並考量改善能力等各因素，擬以降低故障成本 25% 為目標，以減少有形及無形的損失。

3.4 研析過程

3.4.1 資料階段

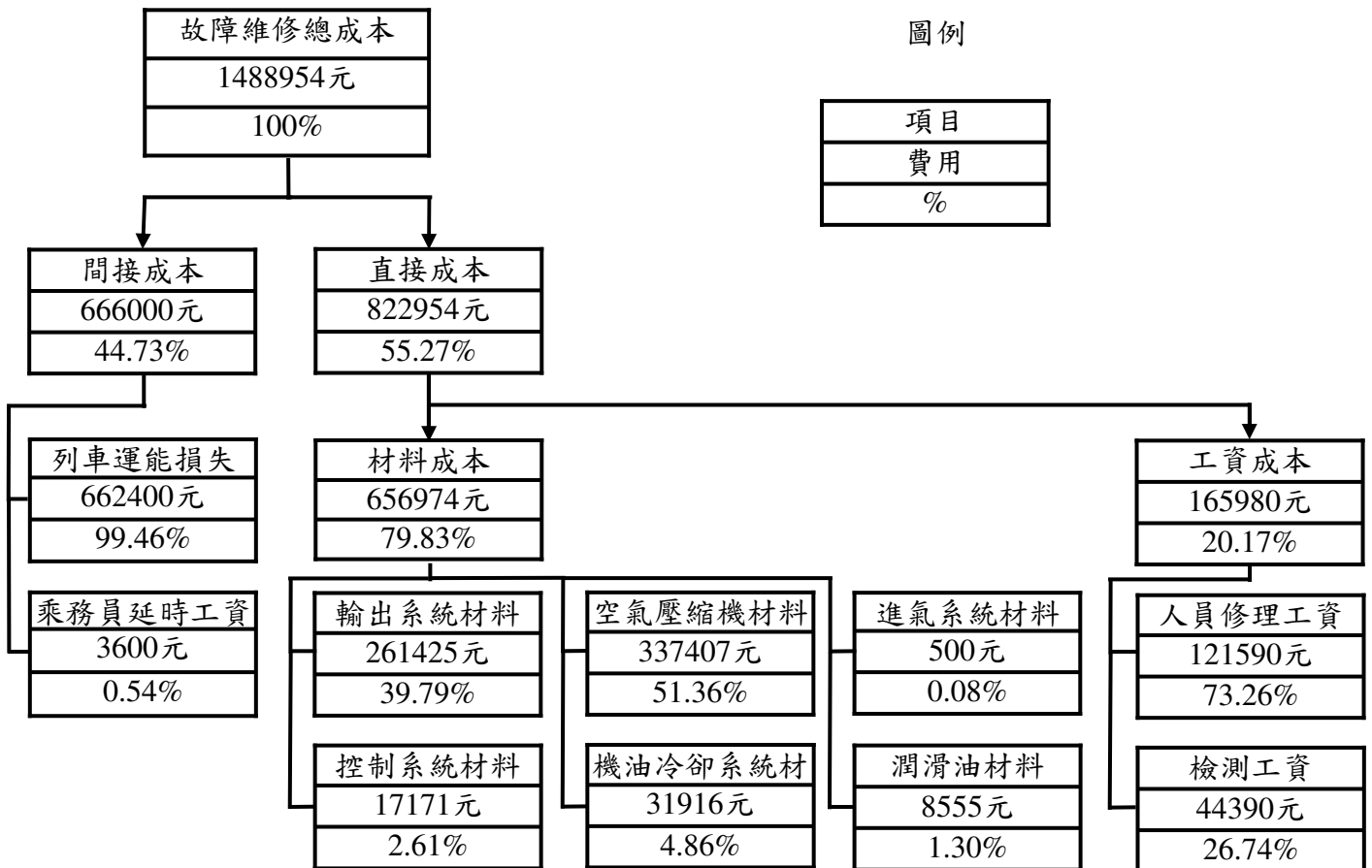


圖 8 成本模式分析圖

成本註記：故障件數共 19 件，其中 4 件造成列車營運延誤超過 60 分鐘。故障維修項目中輸出系統更換 8 件，控制系統更換 5 件，空壓機更換 3 件，機油冷卻系統更換 2 件，進氣系統更換 1 件。

3.4.1.1 成本計算說明

(1) 間接成本(每次故障造成車輛停駛之成本)

列車運能損失：列車延誤 60 分，以全列車(七堵—高雄) 一趟車次計算，以客車廂座位 50 位，每車次有 8 節客車，車票價 690 元，售票率 6 成。 $50 \times 690 \times 8 \times 60\% = 165600$ 元。

(2) 乘務人員延時工資

以 60 分計，乘務人員 3 人。 $300 \times 3 = 900$ 元

(3) 工資成本(故障修復產生之人員檢測及修理成本)

依本局代辦工程工資費用，每人每日工資為 1930 元。
各項故障檢修費用：1930 元 × 人員數 × 所需天數。

3.4.1.2 成本條狀圖

| 資料階段 | | | 成本條狀圖(一) | | | | | | | | | |
|----------------------|-----------|-------|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|--|
| 研析標的:降低 GE 電力機車壓風機故障 | | | | | | | | | | | | |
| 項目:直接成本－材料成本 | | | | | | | | | | | | |
| 項 目 | 成本 (元) | % | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | |
| 空氣壓縮機 | 337,407 | 51.36 | | | | | | | | | | |
| 輸出系統 | 261,425 | 39.79 | | | | | | | | | | |
| 冷卻系統 | 31,916 | 4.86 | | | | | | | | | | |
| 控制系統 | 17,171 | 2.61 | | | | | | | | | | |
| 潤滑油 | 8,555 | 1.30 | | | | | | | | | | |
| 進氣系統 | 500 | 0.08 | | | | | | | | | | |
| 合 計 | 656,974 | 100 | | | | | | | | | | |

圖 9 直接成本－材料成本條狀圖

| 資料階段 | | | 成本條狀圖(二) | | | | | | | | | |
|----------------------|-----------|-------|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|--|
| 研析標的:降低 GE 電力機車壓風機故障 | | | | | | | | | | | | |
| 項目:直接成本－工資成本 | | | | | | | | | | | | |
| 項 目 | 成本 (元) | % | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | |
| 修理工資 | 121,590 | 73.26 | | | | | | | | | | |
| 檢測工資 | 44,390 | 26.74 | | | | | | | | | | |
| 合 計 | 165,980 | 100 | | | | | | | | | | |

圖 10 直接成本－工資成本條狀圖

| 資料階段 | | | 成本條狀圖(三) | | | | | | | | | |
|----------------------|-----------|-------|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|--|
| 研析標的:降低 GE 電力機車壓風機故障 | | | | | | | | | | | | |
| 項目:間接成本 | | | | | | | | | | | | |
| 項 目 | 成本 (元) | % | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | |
| 運能損失 | 662,400 | 99.46 | | | | | | | | | | |
| 乘務員延時 | 3,600 | 0.54 | | | | | | | | | | |
| 合 計 | 666,000 | 100 | | | | | | | | | | |

圖 11 間接成本條狀圖

3.4.1.3 機能分析表

表 2 輸出系統機能分析表

| | | | |
|-------------------------|----|--------|----|
| 資料階段:機能分析表 | | 定義現有機能 | |
| 計畫名稱:降低 GE 電力機車壓風機故障 | | | |
| 項目:輸出系統 | | | |
| | 機能 | | |
| | 動詞 | 名詞 | 種類 |
| 輸出系統 | 阻斷 | 逆流 | RS |
| | 分離 | 油氣 | B |
| | 確保 | 安全 | S |
| | 保護 | 設備 | S |
| | 控制 | 壓力 | S |
| | 阻斷 | 逆流 | RS |
| B:主要機能 S:次要機能 RS:必要次要機能 | | | |

表 3 控制系統機能分析表

| | | | |
|-------------------------|----|--------|----|
| 資料階段:機能分析表 | | 定義現有機能 | |
| 計畫名稱:降低 GE 電力機車壓風機故障 | | | |
| 項目:控制系統 | | | |
| | 機能 | | |
| | 動詞 | 名詞 | 種類 |
| 控制系統 | 控制 | 壓力 | S |
| | 限制 | 壓力 | RS |
| | 過濾 | 雜質 | S |
| | 控制 | 流量 | B |
| | 排出 | 壓力 | S |
| | 控制 | 油路 | RS |
| B:主要機能 S:次要機能 RS:必要次要機能 | | | |

表 4 空氣壓縮機機能分析表

| | | | |
|-------------------------|----|--------|----|
| 資料階段:機能分析表 2 | | 定義現有機能 | |
| 計畫名稱:降低 GE 電力機車壓風機故障 | | | |
| 項目:空氣壓縮機 | | | |
| | 機能 | | |
| | 動詞 | 名詞 | 種類 |
| 空氣壓縮機 | 傳遞 | 動力 | B |
| | 傳輸 | 流量 | S |
| | 支撐 | 平衡 | S |
| B:主要機能 S:次要機能 RS:必要次要機能 | | | |

3.4.1.4 系統化機能分析技術圖(FAST 圖)

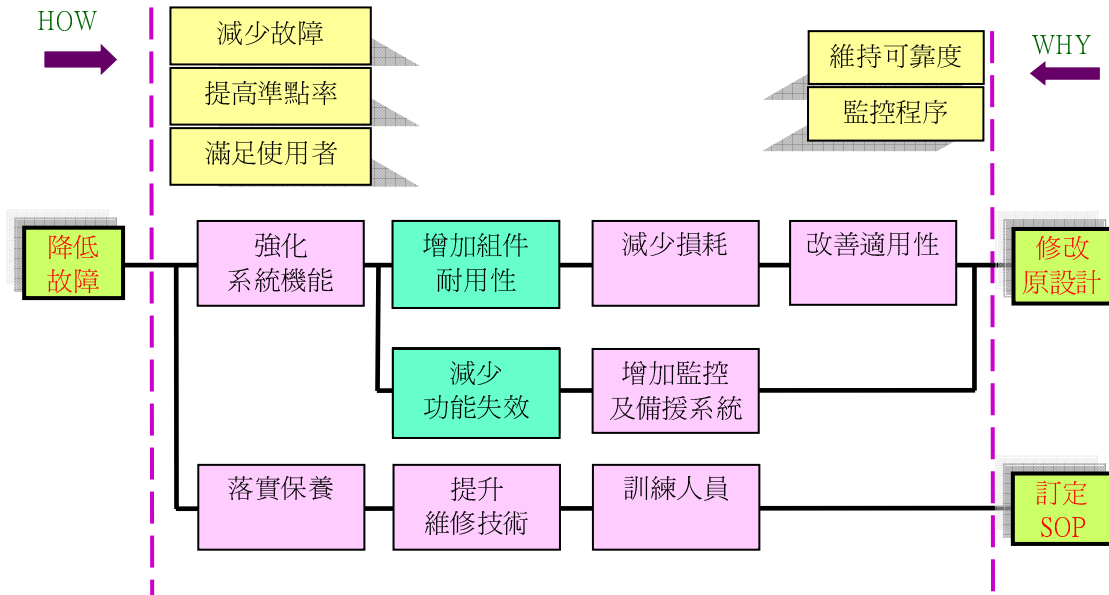


圖 12 系統化機能分析技術圖(FAST 圖)

3.4.1.5 機能成本矩陣

表 5 機能成本矩陣表

單位:元

| 機能 | 成本 | 阻斷 逆流 | 限制 壓力 | 分離 油氣 | 控制 流量 | 控制 油路 | 傳遞 動力 |
|----------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 活動或構件 | | % | 成本 | % | 成本 | % | 成本 |
| 送風止回閥 | 221645 | 100 | 221645 | | | | |
| 空氣機油分離器 | 39780 | | | | | 100 | 39780 |
| 壓縮機電磁閥 | 4191 | | | 100 | 4191 | | |
| 邵氏控制閥 | 4580 | | | | | | |
| 濾清器迴路電磁閥 | 8400 | | | | | | |
| 接盤 | 337407 | | | | | | |
| 潤滑油 | 8555 | 100 | 8555 | | | | |
| 檢修工資 | 142820 | 27.03 | 38600 | 4.05 | 5790 | 12.16 | 17370 |
| 合計 | 767378 | 35.03 | 268800 | 1.30 | 9981 | 7.45 | 27150 |

3.4.2 創意階段

3.4.2.1 產生構想

表 6 阻斷逆流構想表

| | |
|-----------------|--------------|
| 1.改變空氣壓縮方式 | 9.變更系統壓力 |
| 2.變更油路設計 | 10.止回閥輕量化 |
| 3.軸承平衡設計(單側→雙側) | 11.改變流體性質及比重 |
| 4.銅襯改軸向滾珠軸承 | 12.使用電腦監控 |
| 5.加強止回閥彈簧壓力 | 13.增設故障警報 |
| 6.增設一組止回閥 | 14.裝設平衡閥塊 |
| 7.加裝快速切換閥 | 15.增設壓力控制閥 |
| 8.改採無油式空氣壓縮方式 | |

表 7 分離油氣構想表

| | |
|--------------|--------------|
| 1.加大油管尺寸 | 7.裝設自動旁通油路 |
| 2.加裝磁性油路過濾鐵銹 | 8.濾網墊片改採橡膠製品 |
| 3.油管入口加裝濾網 | 9.加裝油位感知器 |
| 4.出口加裝集塵杯 | 10.加裝吸油棉 |
| 5.改善本體材質 | 11.內壁除鏽處理 |
| 6.改成離心式分離器 | 12.加裝備援油路系統 |

表 8 傳遞動力構想表

| | |
|----------------|-------------|
| 1.改變接盤材質 | 7.裝設馬達直接驅動 |
| 2.使用液體潤滑油 | 8.增設自動感知器 |
| 3.改變潤滑油黏度 | 9.增設自動補油裝置 |
| 4.增加接盤齒寬 | 10.加裝自動清潔裝置 |
| 5.採用萬向接頭連軸器 | 11.使用電磁式連結器 |
| 6.使用電子量測儀器校正設備 | |

3.4.3 判斷階段

3.4.3.1 構想比較

表 9 阻斷逆流構想比較表

| 判斷階段 | | 構想比較 | |
|----------------------|----------------|-----------------|----|
| 研析標的:降低 GE 電力機車壓風機故障 | | | |
| 項目:阻斷逆流 | | 1/3 | |
| 構想 | 優點 | 缺點 | 評等 |
| 變更油路設計 | 減少銅襯磨耗 | 成本提高；空間不足 | B |
| 止回閥輕量化 | 減少磨耗 | 結構強度不足 | B |
| 銅襯改軸向滾珠軸承 | 減少磨耗 | 成本提高；加工不易 | B |
| 增設故障警報 | 即時掌握故障訊息 | 電子設備不易維修 | B |
| 增設壓力控制閥 | 有效逆流排除 | 裝設不易 成本提高 | A |
| 增設一組止回閥 | 雙重保護；防止逆流 | 成本提高 | A |
| 止回閥軸承平衡設計 | 銅襯不易磨損 | 空間不足；安裝不易 | B |
| 改採無油式壓風方式 | 空氣乾淨 無需油氣分離 | 成本提高 組件易氧化銹蝕 | C |
| 評等 C 級淘汰 | | | |

表 10 分離油氣構想比較表

| 判斷階段 | | 構想比較 | |
|----------------------|-----------|------------------|----|
| 研析標的:降低 GE 電力機車壓風機故障 | | | |
| 項目:分離油氣 | | 2/3 | |
| 構想 | 優點 | 缺點 | 評等 |
| 油管入口加裝濾網 | 雜質不易侵入 | 須定期清潔 | A |
| 加大油管尺寸 | 增加流量；不易堵塞 | 成本提高 | C |
| 改善本體材質 | 不易銹蝕 | 成本提高 | A |
| 濾網墊片改採橡膠製品 | 不易產生碎屑 | 須與廠商變更材質 | A |
| 改採離心式分離器 | 效能高 | 成本提高；空間不足 | C |
| 加裝油位感知器 | 可隨時監控油路 | 成本提高 | B |
| 增加備援系統 | 可立即排除故障 | 成本提高；空間不足 | C |
| 內壁除鏽處理 | 不易生鏽；成本較低 | 使用壽命短 易與油產生變化 | A |
| 評等 C 級淘汰 | | | |

表 11 傳遞動力構想比較表

| | | | |
|----------------------|----------|--------|----|
| 判斷階段 | | 構想比較 | |
| 研析標的:降低 GE 電力機車壓風機故障 | | | |
| 項目:傳遞動力 | | | |
| | | 3/3 | |
| 構想 | 優點 | 缺點 | 評等 |
| 改變接盤材質 | 不易磨損 | 成本提高 | B |
| 改變潤滑油黏度係數 | 減少撞擊力 | 換油週期變短 | A |
| 油脂改採液態油 | 避免油脂硬化 | 減少緩衝力 | C |
| 增設自動補油裝置 | 潤滑油不易變質 | 成本提高 | A |
| 增加接盤齒寬 | 增加齒輪強度 | 製造成本提高 | A |
| 增設震動感知器 | 有效控制軸心偏移 | 成本提高 | A |
| 評等 C 級淘汰 | | | |

3.4.3.2 可行性評估表

表 12 阻斷逆流可行性評估表

| 機 能：阻斷逆流 | | | | | | | |
|------------------------------|---------|-------------|--------|----------|-------------|--------|--------|
| 由組員決定出 7 個機能構 想每項以 5 分法評分 | 安全 性 | 維 護 性 | 成 本 | 長工 短期 | 可 行 性 | 合 計 | 備 註 |
| 1.變更油路設計 | 4 | 3 | 3 | 1 | 3 | 14 | |
| 2.止回閥輕量化 | 4 | 3 | 2 | 4 | 5 | 18 | ※ |
| 3.銅襯改軸向滾珠軸承 | 4 | 3 | 2 | 1 | 4 | 14 | |
| 4.增設故障警報 | 5 | 2 | 2 | 2 | 4 | 15 | |
| 5.增設壓力控制閥 | 4 | 2 | 1 | 2 | 3 | 12 | |
| 6.增設一組止回閥 | 5 | 2 | 3 | 3 | 5 | 18 | ※ |
| 7.止回閥軸承平衡設計 | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 | 14 | |

表 13 分離油氣可行性評估表

| 機 能：分離油氣 | | | | | | | |
|------------------------------|---------|-------------|--------|----------|-------------|--------|--------|
| 由組員決定出 7 個機能構 想每項以 5 分法評分 | 安全 性 | 維 護 性 | 成 本 | 長工 短期 | 可 行 性 | 合 計 | 備 註 |
| 1.油管入口加裝濾網 | 5 | 3 | 4 | 4 | 5 | 21 | ※ |
| 2.改善本體材質 | 5 | 5 | 1 | 5 | 1 | 17 | |
| 3.濾網墊片改採橡膠製品 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 17 | |
| 4.加裝油位感知器 | 5 | 1 | 1 | 3 | 5 | 15 | |
| 5.內壁除鏽處理 | 5 | 4 | 3 | 4 | 5 | 21 | ※ |

表 14 傳遞動力可行性評估表

| 機 能：傳遞動力 | | | | | | | |
|------------------------------|---------|-------------|--------|------------------|-------------|--------|--------|
| 由組員決定出 7 個機能構 想每項以 5 分法評分 | 安全 性 | 維 護 性 | 成 本 | 工 期 長 短 | 可 行 性 | 合 計 | 備 註 |
| 1.改變接盤材質 | 3 | 5 | 1 | 4 | 3 | 16 | |
| 2.改變潤滑油黏度 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 17 | |
| 3.增設自動補油裝置 | 3 | 4 | 2 | 4 | 4 | 17 | |
| 4.增加接盤齒寬 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 19 | ※ |
| 5.增設自動感知器 | 5 | 1 | 1 | 1 | 5 | 13 | |

3.4.3.3 權重評估

藉由可行性評估的機能構想決定出 6 個目標及期望標準。

(1) 評估

表 15 權重評估表

| 判 斷 階 段 | 權 重 評 估 | |
|-------------|-----------|---------|
| | 研析標的：紀錄資料 | |
| 目 標、期 望 標 準 | 原 始 分 數 | 指 定 權 重 |
| A 施工性 | 4 | 10 |
| B 維護性 | 11 | 27 |
| C 改裝成本 | 4 | 10 |
| D 保養成本 | 10 | 24 |
| E 工期長短 | 2 | 5 |
| F 安全性 | 10 | 24 |

(2) 分數矩陣

表 16 分數矩陣表

| | | B | C | D | E | F | |
|------|---|-----|-------|-----|-----|-----|-------|
| 重要程度 | A | B-3 | A/C-2 | D-3 | A-2 | F-2 | |
| | 高 | B | B-2 | B-3 | B-3 | F-2 | |
| | 3 | | | | | | C |
| | 中 | 2 | | | D | D-2 | D/F-2 |
| | 低 | 1 | | | | E | F-2 |

3.4.3.4 評估矩陣

(1) 原設計案

表 17 原設計案評估矩陣表

| 表列有潛力的構想 | 期望標準 | 施工性 | 維護性 | 改裝成本 | 保養成本 | 工期長短 | 安全性 | 滿意度 |
|----------|--------|------|------|-------|------|------|------|-----|
| | 權重 | 指定權重 | | | | | | 合計 |
| | | 10 | 27 | 10 | 24 | 5 | 24 | |
| 原設計案 | 領隊 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 190 |
| | 秘書 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | |
| | 協調人 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | |
| | 成本工程師 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | |
| | 專業人員-1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | |
| | 專業人員-2 | 1 | 3 | 1 | 3 | 2 | 3 | |
| | 專業人員-3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | |
| | 單項平均 | 1.43 | 2.43 | 1.71 | 2.29 | 2 | 2.86 | |
| 很差-1 | 差-2 | 好-3 | 很好-4 | 非常好-5 | | | | |

(2) 替代方案 1-止回閥輕量化

表 18 止回閥輕量化評估矩陣表

| 表列有潛力的構想 | 期望標準 | 施工性 | 維護性 | 改裝成本 | 保養成本 | 工期長短 | 安全性 | 滿意度 |
|------------------|--------|------|------|-------|------|------|-----|----------|
| | 權重 | 指定權重 | | | | | | 合計 |
| | | 10 | 27 | 10 | 24 | 5 | 24 | |
| 替代方案 1 止回閥輕量化 | 領隊 | 5 | 4 | 3 | 4 | 5 | 5 | 385 ※ |
| | 秘書 | 5 | 5 | 3 | 4 | 4 | 4 | |
| | 協調人 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | |
| | 成本工程師 | 5 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | |
| | 專業人員-1 | 4 | 4 | 3 | 3 | 5 | 3 | |
| | 專業人員-2 | 5 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | |
| | 專業人員-3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | |
| | 單項平均 | 4.57 | 3.86 | 2.85 | 3.71 | 4.28 | 4 | |
| 很差-1 | 差-2 | 好-3 | 很好-4 | 非常好-5 | | | | |

(3) 替代方案 2-增設一組止回閥

表 19 增設一組止回閥估矩陣表

| 表列有潛力的構想 | 期望標準 | 施工性 | 維護性 | 改裝成本 | 保養成本 | 工期長短 | 安全性 | 滿意度 |
|----------|------|------|-----|------|------|------|-----|-----|
| | 權重 | 指定權重 | | | | | | 合計 |
| | | 10 | 27 | 10 | 24 | 5 | 24 | |
| 替代方案 2 | 領隊 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 346 |
| | 秘書 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | |
| | 協調人 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | |

| | | | | | | | | |
|-------------|--------|------|------|-------|------|---|------|--|
| 增設一組 止回閥 | 成本工程師 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | |
| | 專業人員-1 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | |
| | 專業人員-2 | 4 | 3 | 3 | 4 | 2 | 5 | |
| | 專業人員-3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 5 | |
| | 單項平均 | 3.57 | 3.43 | 3.14 | 3.29 | 3 | 3.86 | |
| 很差-1 | 差-2 | 好-3 | 很好-4 | 非常好-5 | | | | |

(4) 替代方案 3-增加接盤齒寬

表 20 增加接盤齒寬估矩陣表

| 表列有潛力的構想 | 期望標準 | 施工性 | 維護性 | 改裝成本 | 保養成本 | 工期長短 | 安全性 | 滿意度 |
|------------------|--------|------|------|-------|------|------|------|----------|
| | 權重 | 指定權重 | | | | | | 合計 |
| | | 10 | 27 | 10 | 24 | 5 | 24 | |
| 替代方案 3 增加接盤齒寬 | 領隊 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 371 ※ |
| | 秘書 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | |
| | 協調人 | 4 | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 | |
| | 成本工程師 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | |
| | 專業人員-1 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 5 | |
| | 專業人員-2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | |
| | 專業人員-3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 5 | |
| | 單項平均 | 3.43 | 3.29 | 3.14 | 3.86 | 3.86 | 4.43 | |
| 很差-1 | 差-2 | 好-3 | 很好-4 | 非常好-5 | | | | |

(5) 替代方案 4-油管入口加裝濾網

表 21 油管入口加裝濾網估矩陣表

| 表列有潛力的構想 | 期望標準 | 施工性 | 維護性 | 改裝成本 | 保養成本 | 工期長短 | 安全性 | 滿意度 |
|--------------------|--------|------|------|-------|------|------|------|-----|
| | 權重 | 指定權重 | | | | | | 合計 |
| | | 10 | 27 | 10 | 24 | 5 | 24 | |
| 替代方案 4 油管入口加裝濾網 | 領隊 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 358 |
| | 秘書 | 5 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | |
| | 協調人 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | |
| | 成本工程師 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | |
| | 專業人員-1 | 4 | 4 | 3 | 3 | 5 | 4 | |
| | 專業人員-2 | 5 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | |
| | 專業人員-3 | 5 | 4 | 3 | 4 | 4 | 5 | |
| | 單項平均 | 3.29 | 3.71 | 3.14 | 3.43 | 3.71 | 3.86 | |
| 很差-1 | 差-2 | 好-3 | 很好-4 | 非常好-5 | | | | |

(6) 替代方案 5-分離器本體內壁除鏽處理

表 22 分離器本體內壁除鏽處理估矩陣表

| 表列有潛力的構想 | 期望標準 | 施工性 | 維護性 | 改裝成本 | 保養成本 | 工期長短 | 安全性 | 滿意度 |
|-----------------------|--------|------|------|-------|------|------|-----|----------|
| | 權重 | 指定權重 | | | | | | 合計 |
| | | 10 | 27 | 10 | 24 | 5 | 24 | |
| 替代方案 5 分離器本體內壁除鏽處理 | 領隊 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 364 ※ |
| | 秘書 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | |
| | 協調人 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | |
| | 成本工程師 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | |
| | 專業人員-1 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | |
| | 專業人員-2 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | |
| | 專業人員-3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | |
| 單項平均 | 3.71 | 3.86 | 3.14 | 3.71 | 3.43 | 3.57 | | |
| 很差-1 | 差-2 | 好-3 | 很好-4 | 非常好-5 | | | | |

3.4.4 發展階段

於判斷階段經本小組成員就各期望標準評估後，以替代方案 1、3 及 5 為最適之構想，三個方案同時採行。

- (1) 替代方案 1：止回閥輕量化
- (2) 替代方案 3：增加接盤齒寬
- (3) 替代方案 5：分離器本體內壁除鏽處理

3.4.4.1 成本工作表

- (1) 止回閥輕量化

表 23 止回閥輕量化成本工作表

| 發展階段 | | 成本工作表格 | | | | | |
|----------------------|----|--------|--------|--------|-----|--------|--------|
| 研析標的：降低 GE 電力機車壓風機故障 | | | | | | | |
| 項 目：止回閥輕量化 | | 1/3 | | | | | |
| | | 原設計 | | | 建議案 | | |
| 項目 | 單位 | 數量 | 單價 | 合計 | 數量 | 單價 | 合計 |
| 更換送風止回閥 元/1 組 | | | | | | | |
| 送風止回閥總成 | 式 | 1 | 44,329 | 44,329 | 1 | 48,000 | 48,000 |
| 更換送風止回閥工資 | 式 | 1 | 5,790 | 5,790 | 1 | 5,790 | 5,790 |
| 檢測工資 | 式 | 1 | 1,930 | 1,930 | 1 | 1,930 | 1,930 |
| 潤滑油材料 | 式 | 1 | 1,711 | 1,711 | 1 | 1,711 | 1,711 |
| 合計 | | | | 53,760 | | | 57,431 |

(2) 增加接盤齒寬

表 24 增加接盤齒寬成本工作表

| | | | | | | | |
|----------------------|----|-----|---------|---------|--------|---------|---------|
| 發展階段 | | | | | 成本工作表格 | | |
| 研析標的：降低 GE 電力機車壓風機故障 | | | | | | | |
| 項 目：增加接盤齒寬 | | | | | 2/3 | | |
| | | 原設計 | | | 建議案 | | |
| 項目 | 單位 | 數量 | 單價 | 合計 | 數量 | 單價 | 合計 |
| 更換接盤 元/1 組 | | | | | | | |
| 接盤總成 | 式 | 1 | 112,469 | 112,469 | 1 | 118,000 | 118,000 |
| 更換接盤工資 | 式 | 1 | 15,440 | 15,440 | 1 | 15,440 | 15,440 |
| 檢測工資 | 式 | 1 | 3,860 | 3,860 | 1 | 3,860 | 3,860 |
| 合計 | | | | 131,769 | | | 137,300 |

(3) 分離器本體內壁除鏽處理

表 25 分離器本體內壁除鏽處理成本工作表

| | | | | | | | |
|----------------------|----|-----|--------|--------|--------|--------|--------|
| 發展階段 | | | | | 成本工作表格 | | |
| 研析標的：降低 GE 電力機車壓風機故障 | | | | | | | |
| 項 目：分離器本體內壁除鏽處理 | | | | | 3/3 | | |
| | | 原設計 | | | 建議案 | | |
| 項目 | 單位 | 數量 | 單價 | 合計 | 數量 | 單價 | 合計 |
| 更換空氣機油分離器 元/1 組 | | | | | | | |
| 空氣機油分離器總成 | 式 | 1 | 13,260 | 13,260 | 1 | 13,260 | 13,260 |
| 更換分離器工資 | 式 | 1 | 3,860 | 3,860 | 1 | 3,860 | 3,860 |
| 檢測工資 | 式 | 1 | 1,930 | 1,930 | 1 | 1,930 | 1,930 |
| 分離器本體內壁除鏽處理 | 式 | | | | 1 | 2,000 | 2,000 |
| 合計 | | | | 19,050 | | | 21,050 |

3.4.4.2 壽年成本分析

(1) 止回閥輕量化

表 26 止回閥輕量化壽年成本分析表

| | | | | | |
|----------------|----------|--------|---------|--------|--------|
| 壽年成本分析 (利用現值法) | | | | 單位:元 | |
| 壽年期: 5 年 | | 貼現率 6% | | | |
| 成本項目 | | 原設計 | | 建議案 | |
| | 現值因子 | 預估成本 | 現值 | 預估成本 | 現值 |
| 一、建造成本(套) | | | | | |
| 輕量化止回閥 | | - | - | 7,342 | 7,342 |
| 小計 | | | | | 7,342 |
| 二、維護成本(年) | | | | | |
| 止回閥更換 | 4.212364 | 33,869 | 142,668 | 21,504 | 90,582 |
| 止回閥殘值 | 4.212364 | 80 | 337 | 92 | 387 |
| 小計 | | - | 142,331 | - | 90,195 |

| | | | | | |
|--|----------|---|---------|-------|---------------|
| 三、替換成本 | | - | - | - | |
| 輕量化止回閥更換 | 0.747258 | - | - | 7,342 | 5,486 |
| 小計 | | | | | 5,486 |
| 總現值成本 | | | 142,331 | | 103,023 |
| 壽年節省(現值) | | | | | <u>39,308</u> |
| 建議案比原設計案節省 27.6% | | | | | |
| 送風止回閥每年平均(年故障平均件數/GE 機車總數)更換 0.63 次。 更換送風止回閥 1 組成本為 53,760 元，53,760 元/次×0.63 次/年= 33,869 元/年。 改善後，止回閥每年預估更換 0.4 次。 | | | | | |

(2) 增加接盤齒寬

表 27 增加接盤齒寬壽年成本分析表

| | | | | | |
|---|----------|--------|---------|--------|---------------|
| 壽年成本分析 (利用現值法) | | | | 單位:元 | |
| 壽年期: 5 年 | | 貼現率 6% | | | |
| 成本項目 | | 原設計 | | 建議案 | |
| | 現值因子 | 預估成本 | 現值 | 預估成本 | 現值 |
| 一、建造成本(套) | | | | | |
| 齒寬加寬接盤 | | - | - | 5,531 | 5,531 |
| 小計 | | | | | 5,531 |
| 二、維護成本(年) | | | | | |
| 齒寬加寬接盤更換 | 4.212364 | 34,260 | 144,316 | 26,354 | 111,013 |
| 齒寬加寬接盤殘值 | 4.212364 | 130 | 548 | 100 | 421 |
| 小計 | | - | 143,768 | - | 110,592 |
| 三、替換成本 | | | | | |
| 齒寬加寬接盤更換 | 0.747258 | - | - | 5,531 | 4,133 |
| 小計 | | | | | 4,133 |
| 總現值成本 | | | 143,768 | | 120,256 |
| 壽年節省(現值) | | | | | <u>23,512</u> |
| 建議案比原設計案節省 16.4% | | | | | |
| 接盤每年平均(年故障平均件數/GE 機車總數)更換 0.26 次。 更換接盤 1 組成本為 131,769 元，131,769 元/次×0.26 次/年= 34,260 元/年。 改善後，接盤每年預估更換 0.2 次。 | | | | | |

(3) 分離器本體內壁除鏽處理

表 28 分離器本體內壁除鏽處理壽年成本分析表

| | | | | | |
|----------------|------|--------|----|-------|-------|
| 壽年成本分析 (利用現值法) | | | | 單位:元 | |
| 壽年期: 5 年 | | 貼現率 6% | | | |
| 成本項目 | | 原設計 | | 建議案 | |
| | 現值因子 | 預估成本 | 現值 | 預估成本 | 現值 |
| 一、建造成本(套) | | | | | |
| 分離器除鏽處理 | | - | - | 2,000 | 2,000 |
| 小計 | | | | | 2,000 |
| 二、維護成本(年) | | | | | |

| | | | | | |
|---|----------|-------|--------|-------|---------------|
| 分離器更換 | 4.212364 | 8,287 | 34,908 | 3,810 | 16,049 |
| 分離器殘值 | 4.212364 | 130 | 548 | 100 | 421 |
| 小計 | | - | 34,360 | - | 15,628 |
| 三、替換成本 | | - | - | - | |
| 除鏽處理分離器更換 | 0.747258 | - | - | 2000 | 1,495 |
| 小計 | | | | | 1,495 |
| 總現值成本 | | | 34,360 | | 19,123 |
| 壽年節省(現值) | | | | | <u>15,237</u> |
| 建議案比原設計案節省 44.3% | | | | | |
| 空氣機油分離器每年平均(年故障平均件數/GE 機車總數)整修 0.435 次。 整修分離器 1 組成本為 19,050 元， $19,050 \text{ 元/次} \times 0.435 \text{ 次/年} = 8,287 \text{ 元/年}$ 。 改善後，空氣機油分離器每年預估整修 0.2 次。 | | | | | |

3.4.4.3 節省金額

| 編號 | 項目 | 原設計總成本 | 建議案總成本 | 節省金額 | 節省百分比 |
|-----|-----------------|---------|---------|--------|--------|
| 001 | 止回閥輕量化 | 142,331 | 103,023 | 39,308 | 27.6% |
| 002 | 增加接盤齒寬 | 143,768 | 120,256 | 23,512 | 16.4 % |
| 003 | 分離器本體內壁 除鏽處理 | 34,360 | 19,123 | 15,237 | 44.3 % |
| 合計 | | 320,459 | 242,402 | 78,057 | 24.4 % |

3.4.5 建議階段

3.4.5.1 止回閥輕量化

表 29 止回閥輕量化建議案工作表

| | | | |
|---------------------------------|------------------|--------------------|---------|
| 建議階段 | | 建議案編號：001 | |
| 研析標的:降低 GE 電力機車壓風機故障 | | | |
| 項目：止回閥輕量化 | | | |
| 原方案:活塞重量過重下垂，易造成銅襯磨耗，引起接觸面密合度不佳 | | 新方案:選用較輕之材質，減少活塞重量 | |
| 優點：零件材質容易取得 | | 優點:材質輕，銅襯不易磨耗 | |
| 缺點：重量過重，銅襯磨耗 | | 缺點:需採用特殊材質，成本高 | |
| 壽年成本分析 | 以 5 年，貼現率 6% 計算 | | 單位:元 |
| | 建造成本 | 維護及替換成本 | 總成本 |
| 原設計: | — | 142,331 | 142,331 |
| 建議案: | 7,342 | 95,681 | 103,023 |
| 節省金額: | (7,342) | 46,650 | 39,308 |
| 節省百分比 | 建議案比原設計案節省 27.6% | | |

3.4.5.2 增加接盤齒寬

表 30 增加接盤齒寬建議案工作表

| | | | |
|-----------------------------------|-------------------|--|---------|
| 建議階段 | | 建議案編號：002 | |
| 研析標的:降低 GE 電力機車壓風機故障 | | | |
| 項目：增加接盤齒寬 | | | |
| 原方案:齒輪接觸面積過小，易磨損 | | 新方案:將齒輪寬度加寬，增加受力面積，減少齒面應力 | |
| 優點：接盤中心允許偏差角度較大 缺點：接觸面積小，齒面易磨損 | | 優點:1.接觸面積大，增加受力面積 2.齒面不易磨損 缺點:接盤中心允許偏差角度較小 | |
| 壽年成本分析 | 以 5 年，貼現率 6%計算 | | 單位:元 |
| 原設計: | — | 143,768 | 143,768 |
| 建議案: | 5,531 | 114,725 | 120,256 |
| 節省金額: | (5,531) | 29,043 | 23,512 |
| 節省百分比 | 建議案比原設計案節省 16.4 % | | |

3.4.5.3 分離器本體內壁除鏽處理

表 31 分離器本體內壁除鏽處理建議案工作表

| | | | |
|---|-------------------|---|--------|
| 建議階段 | | 建議案編號：003 | |
| 研析標的:降低 GE 電力機車壓風機故障 | | | |
| 項目：分離器本體內壁除鏽處理 | | | |
| 原方案:分離器由於長期使用，內壁開始產生鏽蝕現象，造成鏽蝕物易堵塞管路，維修時只清除堵塞之異物 | | 新方案:本體內壁施作除鏽處理 | |
| 優點：保養工時短、成本低 缺點：易產生鏽蝕物，造成管路堵塞 | | 優點:1.不易造成生鏽、堵塞 2.維修成本降低 缺點:除鏽處理時增加其成本 | |
| 壽年成本分析 | 以 5 年，貼現率 6%計算 | | 單位:元 |
| 原設計: | — | 34,360 | 34,360 |
| 建議案: | 2,000 | 17,123 | 19,123 |
| 節省金額: | (2,000) | 17,237 | 15,237 |
| 節省百分比 | 建議案比原設計案節省 44.3 % | | |

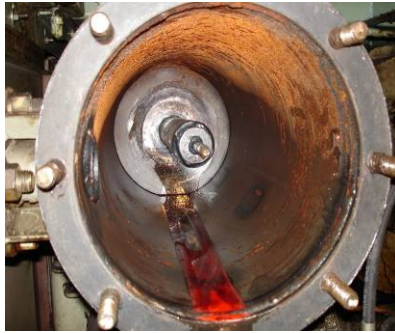
四、故障問題與改善過程

透過要因分析找出壓風機油氣分離不良、壓風機吐油及壓風機接盤磨耗等三大故障之發生原因，並利用機能分析、可行性評估及創意等價值工程手法找出可行的改善方法，各項改善探討如下^[5]。

4.1 壓風機油氣分離不良之改善

4.1.1 現狀問題點

機油空氣分離器內壁生鏽，造成管路堵塞使機油無法回流至壓風機室，使分離器功能降低，機油進入總風缸造成機油消耗，機油高度低於油面顯示計，引起壓風機故障（如圖 13 改善前）。



改善前



改善後

圖 13 壓風機油氣分離不良狀況圖

4.1.2 改善實施經過

針對此問題點，採取改善方法為「分離器本體內壁除鏽處理」。

4.1.2.1 雖然電鍍效果較佳，但礙於分離器與本體銲接固定無法拆解，因施工困難且施作成本過高，故經評估後不採用電鍍處理，而以現場手工研磨方式取代。

4.1.2.2 定期保養時，機油分離器內壁銹蝕物必須刷淨並將回油管路通暢。

4.1.2.3 分別以手工鋼刷、刮刀及砂布分別測試其改善成效，其中以刮刀搭配砂布磨光最好，才能達到完全清除。

4.1.3 檢討與標準化

4.1.3.1 各級保養及維修作業依據 S.O.P 作業標準進行保養，改善壓風機油氣分離不良現象。

4.1.3.2 確保各類空氣控制系統之穩定性，減少所衍生之其他故障。

4.1.3.3 壓縮機（機油分離器）檢修作業標準(文件編號：七機檢-9602，如附件 1)。

4.2 壓風機吐油之改善

4.2.1 現狀問題點

活塞重量過重下垂，易造成銅襯磨耗，引起接觸面密合度不佳，當壓風機停轉時空氣逆流進入壓縮室，使壓縮室機油經由進氣空氣濾清器冒出，引起機油消耗量過高，機油高度低於油面顯示計，造成壓風機故障，活塞與閥座接觸面不密合狀況（如圖 14）。

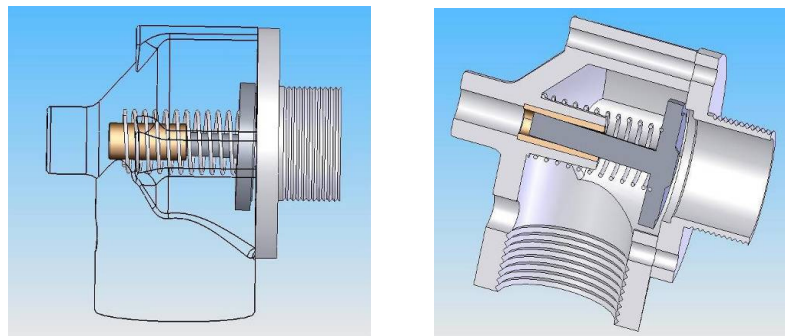


圖 14 活塞與閥座接觸面不密合狀況圖

4.2.2 改善實施經過

針對此問題點，採取之改善方法為「止回閥輕量化」，選用較輕之材質，減少活塞重量，以減低銅襯磨耗。原設計活塞本體為實心（如圖 15 改善前）重量為 367 公克，經車床銑削後重量減輕為 280 公克（如圖 15 改善後），經軟體模擬應力分析，輕量化後仍能維持本體應有之強度。減少活塞重量後，能有效減低銅襯磨耗量，使活塞可靈活作動，確保活塞與閥座接觸面密合，降低機油逆流問題減少壓風機故障。

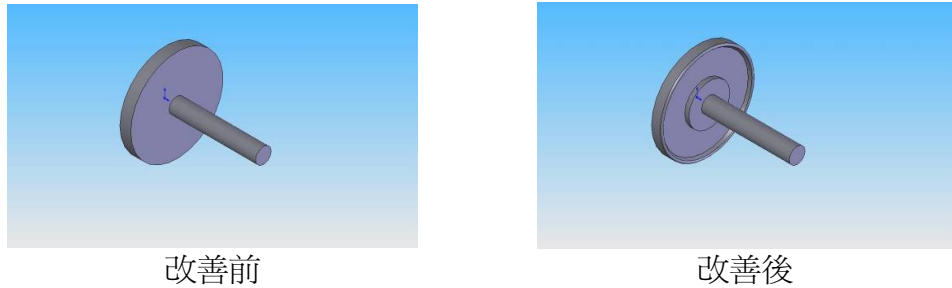


圖 15 止回閥輕量化模擬圖

4.3 壓風機接盤磨耗之改善

4.3.1 現狀問題點

4.3.1.1 原廠設計之接盤齒面寬度為 16.3mm，由於齒輪接觸面積過小，在運轉時齒面易磨耗。

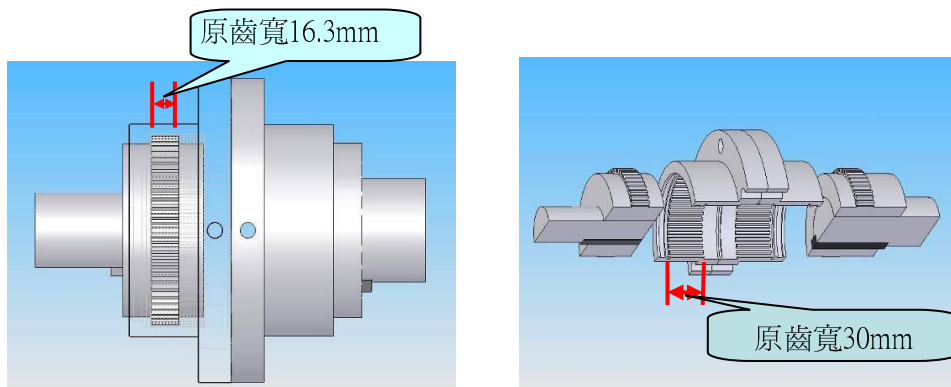


圖 16 原廠設計接盤齒面寬度示意圖

4.3.1.2 中心線失準時，設備旋轉會產生偏心現象，引起接盤接觸面異常磨耗，這些齒面磨耗狀況將使動力無法正常傳遞。

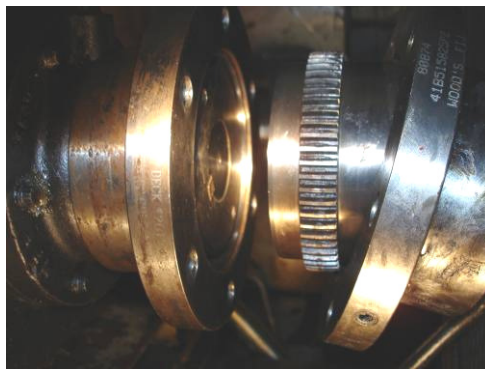


圖 17 接盤接觸面異常磨耗

- 4.3.1.3 未使用合格油脂、使用過期油脂或油品編號不對時，在注油時易使舊油無法排出，接盤內舊油如未清出，常久形成油脂硬化，接盤無法得到充分之潤滑易使齒面磨耗。

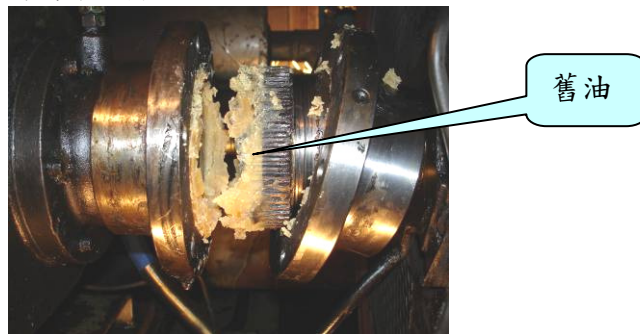


圖 18 接盤舊油未清出

4.3.2 改善實施經過

- 4.3.2.1 針對此問題點，採取之改善方法為「增加接盤齒寬」，將齒輪寬度加寬，增加受力面積，減少齒面應力，延長齒輪的運轉壽命。

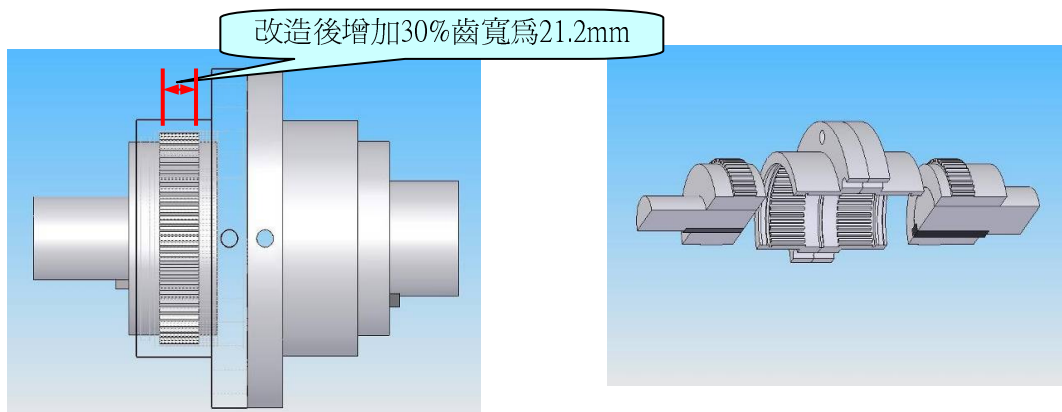


圖 19 增加接盤齒寬示意圖

- 4.3.2.2 定期保養，接盤內舊油必須清出，注油時加入足量的油脂，運轉時較為圓滑，聲音較為平順，壓風機接盤得到充分之潤滑，接盤磨耗情形得以改善。在油脂部分建立合格產品供應商及其所提供之產品編號，作為日後採購依據。建立 S.O.P 標準作業程序，並以 S.O.P 作業方式做為考評依據(壓風機接盤打油作業標準文件編號：七機檢-9603，如附件 2)。
- 4.3.2.3 定期保養中心線校正應用測微錶檢查兩根軸的平行對準，將軸旋轉 360°，測微錶讀數須在 0.01 英吋(0.25 mm)以內，防止中心線失準時產生偏心現象。建立 S.O.P 作業程序，將中心線之公差範圍加以檢討並建立標準。建立 S.O.P 作業程序，將中心線之公差範圍加以檢討並建立標準(壓風機接盤中心線校正作業標準文件編號：七機檢-9604，如附件 3)。

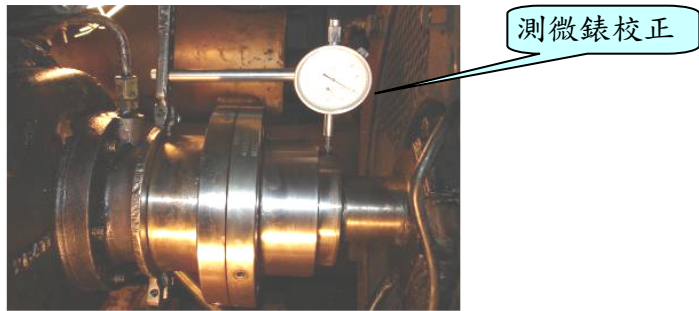


圖 20 壓風機接盤中心線校正作業

五、 結論與建議

利用價值工程手法分析^[6]，所提出的三種建議案，總計可節省成本 24.4%，降低 GE 電力機車壓風機系統故障，將可同時提高車輛妥善率，避免造成旅客列車延誤的間接成本損失，提高路局企業形象。



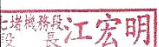
提高壓風機系統工作效率，減少車輛其他設備因壓風機提供之高壓空氣，品質不良所造成機件故障情形，延長車輛零組件使用壽命。另外，工作標準化後，將可簡化工序、縮短工時，使人力資源做更有效之運用。

六、 附錄

| 項目 | 改善項目 | 原標準 | 類型 | 新標準 | 管理編號 | 備註 |
|----|-----------|-----|----|------------------|----------|------|
| 1 | 壓風機油氣分離不良 | 無 | 新增 | 壓風機（機油分離器）檢修作業標準 | 七機檢-9602 | 附件 1 |
| 2 | 壓風機接盤磨耗 | 無 | 新增 | 壓風機接盤打油作業標準 | 七機檢-9603 | 附件 2 |
| 3 | 壓風機接盤磨耗 | 無 | 新增 | 壓風機接盤中心線校正作業標準 | 七機檢-9604 | 附件 3 |



附件 1

建議標準書 (二)

| 標準類別 | 壓風機 (機油分離器) 檢修 | | 管理編號 | | | | |
|--|----------------|----|---|----|--|----|---|
| 壓風機整修 | 作業標準 | | 七機檢-9602 | | | | |
| <p>一、目的</p> <p>為防止機油分離器由於長期使用，造成銹蝕物堵塞管路機油無法回流至壓風機室，使分離器功能降低，機油進入總風缸引起機油消耗量過高，機油高度低於油面顯示計，造成壓風機故障。</p> <p>二、範圍</p> <p>本段所屬之 (GE) 電力機車</p> <p>三、本標準化作業程序</p> <p>3-1、於定期 (一年) 檢修時，將機油分離器內壁刷淨，可使分離器內銹蝕問題加以改善。</p> <p>3-2、角落部分也以手工加以輔助，並清除刷下之銹蝕物，以 5 kg/cm² 壓力之空氣加以吹淨避免造成管路阻塞。</p> <p>3-3、裝於現車做功能檢測。</p> <p>四、注意事項</p> <p>4-1、壓風機 (機油分離器) 檢修作業標準應報請機務處核備。</p> <p>4-2、本作業標準經機務處核備後併入 (GE) 電力機車檢修規章。</p> | | | | | | | |
| 擬案 | 李士立 | 初審 |  | 審查 |  | 核定 |  |


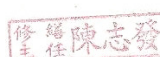

附件 2

建議標準書 (三)

| 標準類別 | 壓風機接盤打油 | | | | 管理編號 | |
|--|---------|----|---|----------|------|---|
| 壓風機整修 | 作業標準 | | | 七機檢-9603 | | |
| <p>一、目的 為防止接盤磨耗舊油必須清出，舊油無法排出常久形成油脂硬化，新油無法注入，引起壓風機接盤磨耗，造成壓風機故障為目的。</p> <p>二、範圍 本段所屬之 (GE) 電力機車</p> <p>三、本標準化作業程序 3-1、於定期 (六月) 檢修時，以氣動打油機油嘴完全與機油口密合，新油打入時，必須將舊油由接盤接合處擠出。 3-2、將專用油脂放置於固定位置，施以標誌加以說明，避免使用錯誤油脂。 3-3、裝於現車做功能檢測。</p> <p>四、注意事項 4-1、壓風機接盤打油作業標準應報請機務處核備。 4-2、本作業標準經機務處核備後併入 (GE) 電力機車檢修規章。</p> | | | | | | |
| 擬案 | 邱文正 | 初審 |  | 審查 | 核定 |  |

附件 3

建議標準書 (四)

| 標準類別 | 壓風機接盤中心線校正 | | 管理編號 |
|---|------------|----|--|
| 壓風機整修 | 作業標準 | | 七機檢-9604 |
| <p>一、目的 為防止中心線失準旋轉時有偏心現象，引起接盤接觸面異常磨耗，造成壓風機故障為目的。</p> <p>二、範圍 本段所屬之 (GE) 電力機車</p> <p>三、本標準化作業程序 3-1、於定期 (一年) 檢修時，以測微錶檢查兩根軸的平行對準，將軸旋轉 360°，總測微錶讀數須在 0.010 英吋以內。 3-2、中心線上下誤差超過 0.010 英吋時，以扭力鉸手以對面方向方式放鬆，扭緊時以同樣方式作業，並且避免四邊扭力差過大。 3-3、裝於現車做功能檢測。</p> <p>四、注意事項 4-1、壓風機接盤中心線校正作業標準應報請機務處核備。 4-2、本作業標準經機務處核備後併入 (GE) 電力機車檢修規章。</p> | | | |
| 擬案 | 林威廷 | 初審 |    |

參考文獻

1. 電力機車保養指引 第三冊 GEK-61411(1983 版)。
2. GE Transportation Systems TAB20000 AIR BRAKE.
3. GE 電力機車構造與電路說明。
4. 徐萬椿譯(Author E. Mudge 原著)，「價值工程學」，復興書局，1974 年 6 月初版。
5. 劉慶尙、沈文修，「價值工程管理與實務」，1995 年 10 月，台北。
6. 林東成，「可靠度設計分析」，2003 年 2 月。

編後語

2010 年的春天，臺灣的氣候依然不穩定，海島型國家卻是大陸型氣候，朝穿皮襖午穿紗，事物變化愈來愈迅速；臺鐵越過了春節假期繁忙的大運輸時節，開啓了新的開端，朝向民國 100 年邁進。

這段時間，臺鐵軌道運輸非常的多元，蒸氣機車 CT273 重新回到臺鐵懷抱，睽違已久的餐車將重出江湖，車站站區開發規劃與展開，再在都看到了一股新活力；臺鐵資料第 341 期介紹「鐵路用地之釋義，兼論車站專用區土地徵收疑義」，從都市計畫法及鐵路法之相關規定，歸納鐵路用地之定義、性質、使用管制及土地取得方式，供土地開發利用參考，並就車站專用區是否適用徵收方式取得私有土地提出見解。「軌道配置之原理與實務(二)」為繼第 340 期本局林副總工程司大作之延續刊載，提供「曲線」與「坡度」完整之軌道配置新知；該文首次刊載後，接獲不少讀者來電洽詢關心，顯示內容之實用價值與豐富。「臺鐵便當之傳承與創新」一文，作者透過關鍵人物實際訪談，從管理者本身工作中所面對的切身問題為腳本，讓讀者身歷其境了解其處境以及管理者如何面對問題、解決問題，並從管理層級的角度來切入並探討產銷管理層面的相關議題，可讓讀者從個案中了解其尋求蛻變的傳承與創新。機車車輛是軌道運輸業主要的營利工具，「降低 GE 電力機車壓風機故障之工程研析」一文，以民國 64 年因應西部幹線電氣化引進牽引莒光、復興等空調列車及貨物列車的美國通用電氣公司電力機車為主題，將其已近 35 年頭，性能日見老化之性能，藉由價值工程研析，進行評估作業，研析壓風機系統故障之原因及尋找可行的改善方案，讓性能再活化。

大象跳舞要靈活動起來實為難事，在本期中不難感受到臺鐵的用心，惟在這新的一年開始，總希望能在以臺鐵內部同仁為主要稿源下，再尋求相關同業、研究單位、學界或鐵道同好共襄盛舉，讓「臺鐵資料」能更具多樣性與豐富性，歡迎各界踴躍賜稿。

徵稿須知

臺鐵資料約稿

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臺，以使各項成果得以具體展現，歡迎國內外軌道界人士、學術研究單位及本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「10041 臺北市中正區北平西路三號五樓，臺鐵資料編輯委員會」收。電話：02-23815226 轉 3338；傳真：02-23831367；E-mail：tr752895@msa.tra.gov.tw。

「臺鐵資料」撰寫格式

中文題目

(中文標題字型大小為 18 點字粗體，置中對齊，與前段距離 1.5 列，與後段距離 0.5 列，單行間距。)

TITLE

(英文標題字型大小為 16 點字粗體，置中對齊，與前後段距離 1 列，單行間距。)

中文姓名 English Name¹

中文姓名 English Name²

聯絡地址

電話

電子信箱

摘要 (字型大小為 16 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。)

摘要內容 (中文字型大小為 12 點字；英文字型大小為 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。)

關鍵詞 (字型為中黑體為粗體 12 點字)：關鍵詞 (字型為中黑體 12 點字，關鍵詞 3 至 5 組。)

Abstract

Abstract

Keywords (*Times New Roman* 粗體): *Keyword* (關鍵詞字型為 *Times New Roman*，關鍵詞 3 至 5 組。)

標題 1 (字型為 16 點字**粗體**，與前、後段距離 1 列，置中對齊，單行間距，以國字數字編號【一、二】。)

內文 (字型大小為 12 點字。第一行縮排 2 個字元，與前、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)。)

標題 2 (字型為 14 點字**粗體**，與前、後段距離 1 列，左右對齊，單行間距，以數字編號【1.1、1.2】。)

內文 (字型大小為 12 點字，左右對齊，與前、後段距離為 3 點，單行間距。第一行

¹.中央大學土木系教授 (聯絡地址：320 桃園縣中壢市五權里 2 鄰中大路 300 號，電話：03-4227151，E-mail:author@cc.ncu.edu.tw)。

².中央大學土木系碩士。

縮排 0.85 公分 (兩字)。文中數學公式，請依序予以編號如：(1)、(2)。

圖片標示：

圖 1 圖名 (圖名字型大小為 12 點字，置中對齊，圖之說明文字置於圖之下方，並依序以阿拉伯數字編號 (圖 1、圖 2)。

標題 3 (字型為中黑體 12 點字**粗體**，與前、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 (字型大小為 12 點字，左右對齊，與前、後段距離為 3 點，單行間距。第一行縮排 0.85 公分 (兩字)。文中數學公式，請依序予以編號如：(1)、(2)。

表 1 表名 (表名字型大小為 12 點字，置中對齊，表之說明文字置於表之上方，並依序以阿拉伯數字編號 (表 1、表 2)。

內文^[1] (引用資料，註明出處來源，以大引號標註參考文獻項次，字型大小為 12 點字，上標)

參考文獻

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. http://www.motc.gov.tw/ana/20061220173350_951220.wdl。
4. 交通部臺灣鐵路管理局 (2007)，工程品質管理手冊。
5. 汪進財 (2003)，我國航空保安發展策略之研究，交通部科技顧問室委託研究。
6. 林淑姬、黃櫻美 (2006)，關係資本之衡量與管理，收錄於智慧資本管理，鄭丁旺 (編)，頁249-271，臺北：華泰文化。
7. 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。
8. 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.
9. 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.
10. Lan, L. W. and Huang, Y. S. (2005), "A Refined Parsimony Procedure to Investigating Nonlinear Traffic Dynamics," Proceedings, 10th International Conference of Hong Kong Society for Transportation Studies, pp. 23-32.
11. Menendez, M. and Daganzo, C. F. (2007), "Effects of HOV Lanes on Freeway Bottlenecks," Transportation Research Part B, Vol. 41, No. 8, pp. 809-822.

刊名：**臺鐵資料**

刊期頻率：季刊

出版機關：交通部臺灣鐵路管理局

機關地址：10041 臺北市中正區北平西路3號5樓

機關電話：(02)23899854

網址：<http://www.railway.gov.tw>

編者：臺鐵資料編輯委員會

出版日期：中華民國99年03月

創刊日期：中華民國52年10月

版次：初版(電子全文同步登載於臺鐵網站)

定價：新臺幣200元

展售門市：

(1) 國家書店松江門市

地址 10485 臺北市松江路209號1樓 TEL：(02)25180207

國家網路書店：<http://www.govbooks.com.tw>

(2) 五南文化廣場：<http://www.wunanbooks.com.tw>

地址：40042 臺中市區中山路6號 TEL：(04)22260330

ISSN：1011-6850 GPN：2005200020

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。

中華郵政臺字第 1776 號登記第一類新聞紙類
行政院新聞局出版事業登記局版臺字第 1081 號

ISSN : 1011-6850



9 771011 685005

GPN : 2005200020

定價：新臺幣 200 元

臺鐵資料季刊第三四一期 TAIWAN RAILWAY JOURNAL NO 341 中華民國99年03月出版