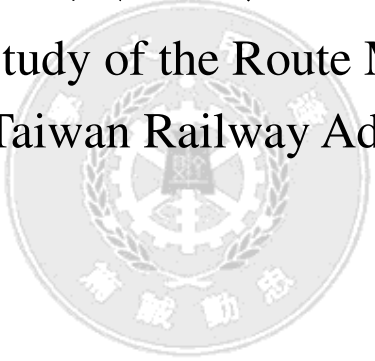


逢 甲 大 學
交通工程與管理學系碩士班
碩士論文

建立台鐵路線管理系統可行性研究
Feasibility Study of the Route Management
System for Taiwan Railway Administration



指導教授：葉名山
研 究 生：謝宗勳

中 華 民 國 九 十 六 年 一 月

誌謝

經過兩年半之研究所生活，原本對學業研究可說是毫無頭緒，但經過這段日子，承蒙葉名山老師對學生耐心且細心的指導，使得論文研究方向漸有斬獲，也謝謝葉名山老師對我平時的諄諄教誨，讓我無論在學業成績或論文上皆能安然渡過，最後再次致上最深的謝意。

論文口試階段，感謝黃民仁副局長及徐耀賜老師對本論文的支持以及提出的修正建議，使得論文能更加完善，在此也致上我無盡的謝意。

求學期間，同學一直扮演著非常重要的角色，因為有他們，才有這兩年豐富且難忘的人生階段，再此要感謝怡霖、耿真、鵬昇、阿狗、憲哥、A 超、老賴、梅舜、欣瀚、阿彰、馬祖以及阿維和其他同學在這兩年間給予本人的支持以及帶給我許多的歡笑，再次謝謝你們。

實驗室裡的學長：老大、品瀚、自強與文亮學長以及學弟妹：貴楷與亞琄，謝謝你們在我求學階段給予的支持以及幫助，讓我在學習上多了一份助力。

最後，謝謝我的家人對我的大力支持，我果然還是沒讓你們失望，謝謝你們。還有我的朋友以及我的女友，在這兩年半間給予我心靈上的慰藉，讓我有繼續向前的動力，感謝。

宗勳 謹誌于

逢甲大學丘逢甲紀念館 2007 年 1 月

摘要

軌道養護工作在台鐵營運組織中屬於各工務段管轄之範圍，養護品質的好壞與否取決於工務單位之管理能力，以現階段台鐵各工務段的管理方式而言，雖然已處於計畫性維修，但卻無一統整的管理方式，且各類軌道檢查工作之檢查資料，如動態檢查之資料雖然皆以電腦作業化但仍未集中管理，在靜態檢查方面甚至是以紙筆抄錄方式存檔，如此都增加了資料保存的不完整，因此台鐵工務單位需要能整合各類軌道檢查資料之管理系統，且運用系統中之軌道檢查資料，檢視軌道的惡化情形及損壞率，做軌道養護工作的依據，以提升軌道管理效率。

如上所述，本研究先與台鐵工務段人員進行面談，先行了解目前台鐵工務段之作業方式，參考台鐵工務規章、路線一覽表與手寫檢查表，再使用 Visual Basic 進行台鐵路線管理系統程式開發，其內容包含四大項目 1.建構軌道基本資料 2.建立電腦檢查表單輸入格式 3.建立軌道養護工作規劃系統，利用電腦提醒養護人員養護時間 4.建立軌道管理系統，可由此檢視軌道缺陷紀錄，並建立軌道 P 值計算，以了解各路段之優劣。

本研究將建立台鐵路線管理系統之雛形，透過此系統，可將軌道基本資料建檔，並將不同軌道養護資料加以建檔並提供軌道養護 P 值之計算，以供台鐵現場工務人員使用，以提升台鐵路線養護之有效性。

關鍵字：軌道養護工作、路線管理系統、軌道 P 值

Abstract

The Department of Civil Engineering (DCE) will be in charge of the jobs of track rehabilitation and maintenance and (R&M) for the Taiwan Railway Administration (TRA), and the qualities of R&M will be depended on the management ability of DCE. In present situation, DCE have executed the planning rehabilitation, but DCE still is lack of the systematic management, such that the data of dynamic inspection will not be central control, and the data of static inspection are still in handwriting. Therefore, these situations will result the incompleteness of inspection data. In order to integrate all of inspection data into one track R&M system by DCE, and then implement those track inspection data to be the basis foundation for track R&M, and check the deterioration conditions of tracks. This study can improve the efficiency of the track R&M.

The methodology of this study includes (1). Interview with the staffs of DCE in order to familiar with the present R&M procedures of TRA, (2). Use literature review such as the regulation of DEC, route map, and handwriting checklists, (3). Use the Visual Basic to develop a computer programming for the track R&M system. This system includes four parts such as (1). Formulate the basis data of tracks, (2). Build the input format of track checklist, (3). Build the working plan for track rehabilitation, and through this plan to remind the suitable rehabilitation schedule, (4). Construct the track management system, and by this system, the engineers can evaluate the track defect conditions, and then calculate the P value of tracks.

This study has constructed the preliminary structure of track R&M system for TRA. By this system, the engineers of DCE can key-in the basis data of track; key-in the rehabilitation data of track; calculate the P

value of track; manipulate the above information to set up the suitable rehabilitation schedule. Finally, it is desired that this system can improve the efficiency of the track R&M for TRA.

Keywords: track rehabilitation and maintenance, route management system, P value of track



目錄

誌謝	I
中文摘要	II
英文摘要	III
目錄	V
圖目錄	VIII
表目錄	X
第一章 緒論	1
1.1 研究動機	1
1.2 研究目的	1
1.3 研究內容與方法	2
1.4 研究流程	4
第二章 文獻回顧	5
2.1 軌道管理介紹	5
2.1.1 軌道管理目標值	6
2.1.2 軌道管理層次區分	8
2.1.3 軌道檢測資料之應用	9
2.2 路線損壞及軌道不整原因探討	10
2.2.1 路線常見損壞型式及其影響因素	10
2.2.2 軌道不整型式及其影響因子	14
2.2.3 軌道不整養護門檻值	19
2.3 國外鐵路養護相關研究及技術發展	22
2.4 各國軌道維修管理的基本目標及管理標準	24
2.4.1 法國	24
2.4.2 日本	25
2.4.3 德國	26
2.4.4 英國	27
2.5 國內相關研究	27
第三章 台鐵養護作業現況探討	29

3.1 台鐵軌道管理組織架構.....	29
3.2 台鐵現行路線檢查程序.....	30
3.3 台鐵現行路線養護程序.....	34
3.4 軌道養護作業	35
第四章 路線管理系統雛形開發	39
4.1 RAILER 程式介紹	39
4.1.1 RAILER 程式功能介紹	39
4.1.2 RAILER 資料庫	41
4.1.3 小結	41
4.2 系統分析	42
4.2.1 系統需求	42
4.2.2 資料庫系統建構	44
4.2.3 建立系統物件	46
4.3 系統實作	57
4.3.1 軌道基本資料	58
4.3.2 軌道檢查資料輸入	65
4.3.3 養護規劃	68
4.3.4 軌道管理	72
4.4 軌道 P 值計算	75
4.4.1 軌道 P 值理論基礎.....	75
4.4.2 系統應用	76
4.4.3 實例驗證	79
4.4.3.1 小型軌道檢查儀	79
4.4.3.2 EM80 軌道檢查車.....	83
4.4.4 討論與分析.....	86
4.4.5 小結	86
第五章 結論與建議.....	88
5.1 結論.....	88
5.2 建議.....	89
參考文獻	91
附錄一 小型軌道檢查儀檢測資料	93

附錄二 EM80 軌道檢查車檢測資料	101
--------------------------	-----



圖目錄

圖 1-1 研究流程圖	4
圖 2-1 軌道管理範圍	6
圖 2-2 軌道管理目標值	7
圖 2-3 軌道不整示意圖	15
圖 2-4 水平不整示意圖	16
圖 2-5 高低不整示意圖	17
圖 2-6 方向不整示意圖	17
圖 2-7 平面性不整示意圖	18
圖 3-1 台灣鐵路管理局組織架構	30
圖 3-2 EM80 軌道檢查車檢測資料輸出格式	36
圖 3-3 列車動搖測定器結果整理後輸出格式	37
圖 3-4 隨乘機車巡察路線記錄表	38
圖 3-5 小型軌道檢查儀輸出格式	38
圖 4-1 RAILER 程式系統架構圖	41
圖 4-2 資料庫系統管理特點	45
圖 4-3 台鐵營運路線圖	48
圖 4-4 系統架構圖	58
圖 4-5 軌道基本資料	59
圖 4-6 軌道結構	60
圖 4-7 車站	60
圖 4-8 平交道	61
圖 4-9 曲線	61
圖 4-10 坡度	62
圖 4-11 橋樑	62
圖 4-12 隧道	63
圖 4-13 號誌	63
圖 4-14 道岔	64
圖 4-15 道班	64
圖 4-16 動態路線檢查	65

圖 4-17 列車動搖檢查不良紀錄表.....	66
圖 4-18 列車動搖檢查不良紀錄表(續).....	66
圖 4-19 靜態路線檢查.....	67
圖 4-20 道班人員隨車巡察路線.....	67
圖 4-21 養護規劃.....	68
圖 4-22 軌道檢查工作規劃.....	69
圖 4-23 軌道檢查工作規劃(續).....	69
圖 4-24 例行性養護工作.....	70
圖 4-25 例行性養護工作(續).....	71
圖 4-26 維修性養護工作.....	71
圖 4-27 維修性養護工作(續).....	72
圖 4-28 軌道管理.....	72
圖 4-29 歷年軌道缺陷記錄.....	73
圖 4-30 歷年軌道缺陷記錄查詢.....	74
圖 4-31 歷年軌道缺陷記錄查詢查詢結果.....	74
圖 4-32 軌道 P 值計算.....	76
圖 4-33 P 值表.....	77
圖 4-34 P 值表(續).....	77
圖 4-35 P 值計算結果存檔.....	78
圖 4-36 P 值計算結果查詢.....	79
圖 4-37 小型軌道檢查儀 P 值計算結果.....	80
圖 4-38 篩選.....	81
圖 4-39 軌距篩選.....	81
圖 4-40 方向篩選.....	82
圖 4-41 高低篩選.....	82
圖 4-42 EM80 軌道檢查車 P 值計算結果.....	84

表目錄

表 2-1 軌道破壞形式及其造成之影響	13
表 2-2 軌道幾何不整之容許標準表	21
表 2-3 法國軌道管理標準	25
表 2-4 日本軌道管理標準	26
表 3-1 甲種路線檢查之項目、方式及頻率表	32
表 3-2 甲種路線檢查之檢查處數	32
表 3-3 乙種路線檢查之項目、方式及頻率表	33
表 3-4 乙種路線檢查之檢查處數	34
表 4-1 路線管理系統起使表單	46
表 4-2 軌道基本資料各工務段	47
表 4-3 各工務段所管轄之路線	49
表 4-4 路線結構	50
表 4-5 軌道結構	50
表 4-6 車站	50
表 4-7 平交道	51
表 4-8 曲線	51
表 4-9 坡度	51
表 4-10 橋樑	51
表 4-11 隧道	52
表 4-12 號誌	52
表 4-13 道岔	52
表 4-14 道班	52
表 4-15 軌道檢查資料輸入	53
表 4-16 養護工作規劃	53
表 4-17 軌道檢查工作規劃	54
表 4-18 養護工作規劃	55
表 4-19 軌道管理	55
表 4-20 歷年軌道缺陷記錄	56
表 4-21 軌道 P 值計算	56

表 4-22 計算結果存檔	57
表 4-23 小型軌道檢查儀 P 值計算結果	80
表 4-24 小型軌道檢查儀 P 值計算結果分析	83
表 4-25 EM80 軌道檢查車 P 值計算結果	84
表 4-26 EM80 軌道檢查車 P 值計算結果分析	85



第一章 緒論

1.1 研究動機

現今的大眾運輸裡，鐵路運輸佔有很重要的地位，因為鐵路具有安全性高、準點性高和環保的優勢，但由於速度的提高和通過次數的增加，相對易使軌道加速破壞。軌道不整除影響乘車舒適度外，更可能危及行車安全，因此為確保行車安全及維持乘車的舒適度，須針對軌道損壞路段進行養護維修或更新作業。而如果為了提升運輸品質，增加乘客的舒適度，更需仰賴具有良好的軌道管理系統。

現今了為因應台鐵高速度高運量的運輸方式，勢必需要增加平時對於軌道構件的養護與維修，以維持行車的安全。在現今台鐵資金緊縮的情形下，如何在有限的資金下有效的分配養護資源來維持行車安全，進而提升乘客的舒適度，是現今台鐵重要的課題之一。

因此本研究希望能建立一套適合台鐵使用的路線管理系統，整合現行台鐵工務部門的運行現況，且以此系統管理各項養護工作及養護資源，並計算出軌道的狀況，評定路線的優劣，未來可作為各工務段養路的依據。

1.2 研究目的

軌道養護主要是維持路線的優良，避免列車在行駛時發生危險所作的事前或事後的預防和檢查，而檢查所得的資料，可作為此路段是否養護的依據，現今台鐵軌道養護，在資料輸出部分，大都是以既定的格式輸出，尤其在檢查機具部分，是將所檢測的結果，以報表的型式來呈現，而人力部分，大多為紙上作業為主；因此目前台鐵關於軌道檢查方面，並未對於各項養護內容加以整理，以致無法成為一個及時、便利和現代化的軌道管理系統。本研究則以此建立路線管理系統，增進軌道之安全和管理之效率，以節省人力物力。

本研究參考美國陸軍工兵署營建工程研究實驗室（U.S. Army

Corps of Engineers Construction Engineering Research Laboratory) 發展之軌道管理系統 RAILER, 建立一套台鐵的路線管理系統; 首先的必要工作即是建立鐵路的路網清單, 其功能可將路網資訊如軌道、軌枕、平交道、橋樑等各種構件鍵入系統資料庫內; 而以往台鐵的各種軌道檢查資料依不同檢查類型其存檔格式亦有不同, 在靜態檢查方面甚至有些還是以紙筆抄寫的方式存檔, 且依不同檢查型態負責的人不同, 儲存的檢查資料也是分散於不同的地方, 因此本研究擬建立軌道養護資料庫於一系統內, 將軌道檢查資料集中管理, 而其便利的特性將取代傳統紙筆輸入, 並可確保資料的完整性, 且此資料庫可作為將來養護之參考和研究之用途; 最後依軌道檢查所得之數據計算軌道 P 值, 即利用常態分配原理計算軌道不整超出 $\pm 3\text{mm}$ 之比率, 經由分析歷年軌道養護 P 值, 分析不同路段的損壞程度及惡化率, 以達到養路之有效性。

縱合上述所言, 本研究目的欲建立一套適合台鐵使用之路線管理系統, 其本研究所建立之系統將著重於台鐵工務軌道養護部分, 並更進一步藉由此路線管理系統以達到軌道管理之目的。

1.3 研究內容與方法

本論文的研究方法包含台鐵現況分析、應用程式與資料庫架構的實作和軌道 P 值的計算, 其步驟大致可分為資料收集與文獻回顧、台鐵現況分析、系統開發與應用、軌道 P 值應用、結論與建議:

一、資料收集與文獻回顧

取得台鐵工務方面的相關資料, 並蒐集國內外各相關論文或研究成果, 由於軌道管理系統及程式開發方面美國已有相當程度的經驗, 故可吸收美方在此方面的經驗, 應用於此研究中。

二、台鐵現況分析

以實地訪談的方式了解目前台鐵工務的運行方式, 主要在於各項軌道檢查工作及其養護方式, 並瞭解台鐵工務方面的實際需求, 以進

行系統需求分析。

三、系統開發與應用

經過系統需求分析，以 Visual Basic .NET 程式語言撰寫系統程式，並以 Microsoft Office Access 2003 為資料庫，程式主要包含四大部分：(1)軌道路網資訊清單，寫出一套適合現今軌道財產管理的系統介面。(2)軌道養護資料庫，將目前台鐵各項軌道檢查資料電子化且存放於主資料庫中集中管理，以利日後檢視分析。(3)軌道養護工作規劃，其中包括軌道檢查工作規劃與養護工作規劃，利用電腦系統化的安排各項軌道檢查或養護維修工作。(4)軌道管理，包括歷年軌道缺陷狀況檢視和軌道 P 值的計算，在軌道歷年缺陷檢視方面除了文字檢視並配合圖形檢視，讓軌道管理者能一目了然易缺陷路段。

四、軌道 P 值應用

依軌道檢查車所測量的各種軌道不整數據，計算軌道不整的平均數、標準差且利用常態分配的原理計算 P 值，由計算軌道 P 值可供各工務單位分析其養護需求，並分配兼顧安全與經濟的養護工作。

五、結論與建議

以本研究做出之結果，對未來台鐵在軌道養護工作上提供相關的建議。

1.4 研究流程



圖 1-1 研究流程圖

第二章 文獻回顧

2.1 軌道管理介紹

軌道養護的目的，在於確保行車安全，維持平穩舒適的服務水準，因此軌道須不斷的保養與更新，使其始終維持某一標準以上的良好狀況。

廣義的軌道路線養護管理是指為保持軌道路線的良好狀況，確保行車安全舒適，必須確實掌握軌道狀況，擬定並執行合理的養護作業計畫，隨時控制軌道路線上每一部分結構的完整狀況，其中包括（1）軌道不整管理、（2）列車動搖管理、（3）曲線管理、（4）長鋼軌管理、（5）縫寬管理、（6）軌條管理與（7）材料管理等【2】。

而狹義的軌道路線養護管理則是指軌道檢查車定期檢查軌道不整狀況，再根據檢測統計資料，養護管理軌道路線。因此，就狹義軌道管理而言，首先需訂定軌道管理目標值，其次需選用適當的軌道檢查方式，檢測出軌道不整狀況，最後用統計方法，實際掌握軌道狀況【2】。

軌道管理制度為軌道路網養護及維修工作之管理，由評估目前軌道狀況來決定養護維修需求、經費，成立預算，發展年度及長期工作計畫。無論軌道用途為何，均需有一簡易、實用的條件評估方法來幫助養護管理人員達成以下任務：【1】【23】

1. 評估現有軌道狀況。
2. 預測未來軌道狀況。
3. 建立軌道惡化率。
4. 決定現有和長期養護維修需求並排定優先順序。
5. 編製預算。
6. 評量養護維修的效用。

軌道管理系統應包含現場構件的識別、列表、檢查資訊的蒐集程序和資料分析的軟體，透過軌道管理系統將可幫助軌道管理者更容易瞭解並掌握軌道狀況，進而決定養護維護工作的策略。軌道管理的範圍如圖 2-1。

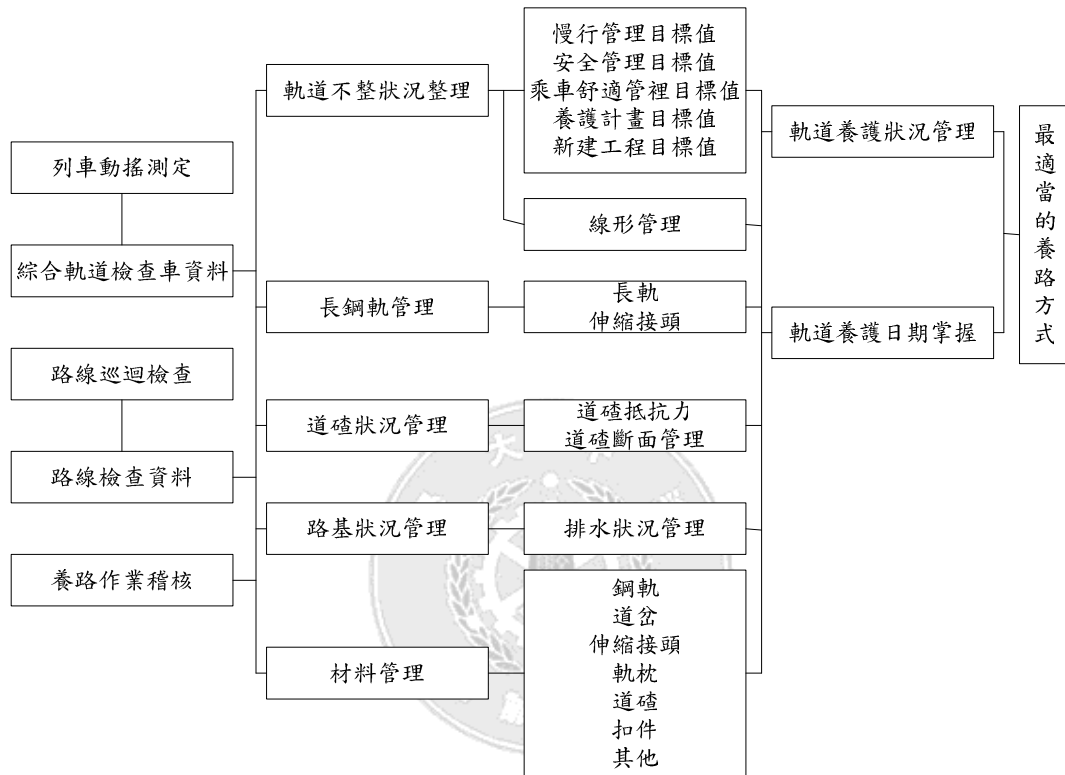


圖 2-1 軌道管理範圍【2】

2.1.1 軌道管理目標值【2】

軌道管理目標之訂定方法，是根據(1)防止脫軌的安全性(2)乘車舒適感(3)養路經濟性…等，三項原則。前二項原則是以運輸服務的品質觀點而言，最後一項則就鐵路經營成本的觀點而言。軌道管理目標值訂定方法如圖 2-2，且為了執行之可行性，軌道管理目標值分為下列五級：

1. 慢行管理目標值：軌道不整超過此值時，需通知列車慢行，不整部分需立即整修。

2. 安全管理目標值：軌道不整超過此值時，正常行車安全堪慮，故需優先整修。
3. 乘車舒適感目標值：軌道不整超過此值時，行車安全尚無危險，但乘車舒適感欠佳，需予計畫整修。
4. 養護計畫目標值：養護作業完成時，軌道狀況需達到此標準。
5. 新建工程目標值：新建工程完工時，軌道狀況需達到此標準。

依前述分級觀之，新建工程完工後，路線狀況需達到一極高的標準，即新建工程目標值最高；養護計畫目標值稍低，乘車舒適感目標值、安全管理目標值又依次降低，而至最低之慢行管理目標值。但在正常情況下，至少需維持在乘車舒適感目標以上，以確保鐵路之服務品質。

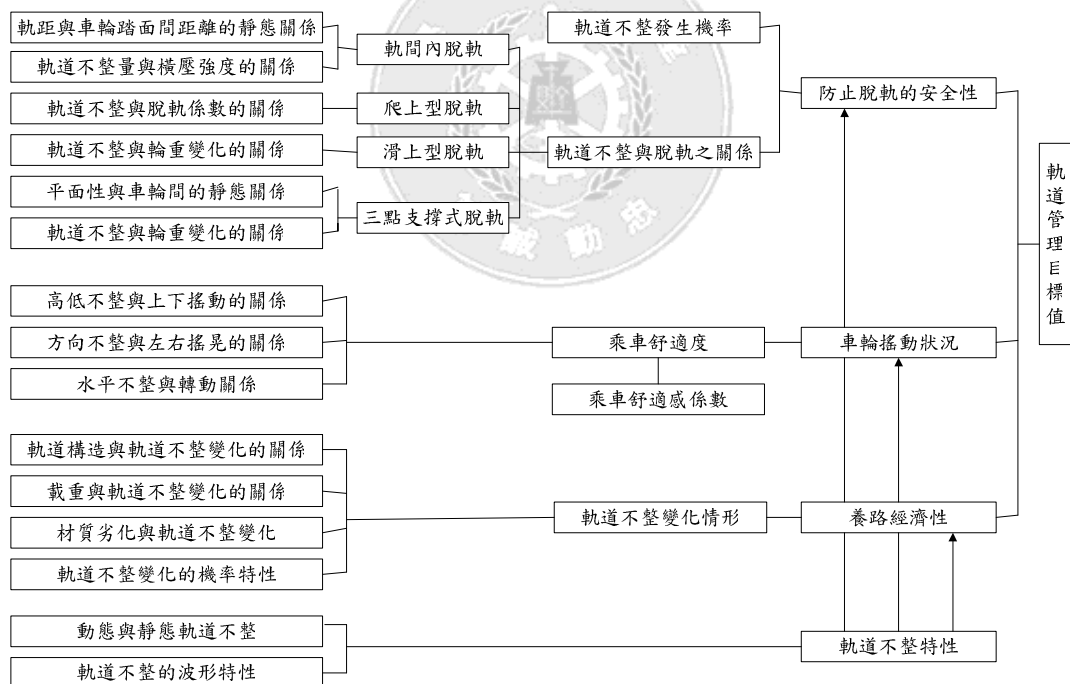


圖 2-2 軌道管理目標值【2】

訂定軌道管理目標值之後亦需仰賴軌道檢查制度的配合，建立軌道檢查制度在於瞭解軌道實際狀況，由檢測值瞭解目前軌道所到的

目標值以進行後續的養護工作。騎軌道檢查制度包括：

1. 檢查項目：軌距、水平、方向及動搖加速度等。
2. 檢查方式：分人工逐項檢查及綜合檢查車兩大項，隨者列車速度提高，載重增大，列車密度增高，人工檢查結果甚難達到要求的品質，加以人工檢查費時及長，也難以隨時反應路況；因此正逐漸改用軌道檢查車檢查。隨者科技進步，檢查車的檢查速度及項目有逐年增快增多的趨勢。
3. 檢查週期：一般路線之運轉狀況、軌道結構、養路制度、檢查設備等因素決定檢查週期。檢查週期不可太長，必須在路線劣化到安全管理目標值前進行檢修完畢，以確保列車之正常安全運轉。

2.1.2 軌道管理層次區分【1】

軌道管理的三個主要管理層次為「安全管理」、「路網階層管理」及「個案階層管理」。安全管理係依據所制訂軌道安全標準，維持軌道於良好狀態，以確保行車安全。路網階層管理的工作包括確定目前所有軌道路網的狀態和未來的趨勢、研發養護和維修策略、編列預算、規劃短期和長期的養護維修計畫並調整預算、養護維修專案，而個案階層管理工作則著重於軌道路段的管理及個案的重建設計。對於路網階層管理而言，著重的應為軌道路段的整體狀況指標，預算編列時以地點、時間及經費多寡為重點，軌道狀況指標在此管理階層中扮演主要角色，評定目前軌道狀況和預測未來狀況的工作為管理計畫之重心，臨界指標值將決定該軌道分段是否排入養護維修計畫中，預算則根據未來數年內所預期的指標值來決定所需費用。

評估現有軌道狀況和養護維修需求均依據檢查來決定，不同的軌道管理任務所需細部檢查也不一樣，無論何種管理層級均需先行檢查軌道相關組件，並依不同層級訂定檢查的詳細程度及檢查頻率，檢查依其適用的軌道標準不同分為「安全」或「詳細」，安全檢查的結果僅用於與軌道標準的臨界值作比較，確保列車行駛之安全性，詳細檢查程序則較常使用於個案階層管理【23】。

1. 安全檢查為軌道管理系統之臨界值，與軌道養護和安全標準有關，其主要是指定一檢查頻率，當軌道發生損壞或其他問題時能依狀態等級限制行車速度，防止列車出軌確保民眾生命財產的安全，直到損壞狀況修復為止。所有的軌道狀況必須符合安全檢查標準，因此安全檢查的次數應最頻繁，但檢查項目不需太詳細，若想提昇軌道狀況至較高等級，則必須進行額外的檢測工作。若能允許較低的行車速率，則安全性不足的問題可暫緩待擬定養護維修計畫一併解決。
2. 路網階層管理的檢查較安全檢查詳細，但檢查頻率較少，並著重於損壞發生後數年才以維修計畫的一部份來做修正，規劃養護維修計畫範圍可以從小（工作點）到大幅的主要改善（工作面），也包括發生安全損壞的改善以提昇軌道狀況，這些檢測結果同時用於決定軌道現況、預測未來狀況和編定未來數年內的軌道維修預算。一旦維修計畫是用來評定軌道狀況和決定未來維修計畫及預算需求，即可降低其檢查頻率及實施基本檢查項目。
3. 個案階層管理的檢查最為詳盡，頻率最低，個案管理計畫主要在解決個案問題，其目的在蒐集詳細資料以決定工作量、養護維修的替代評估、任何計畫從規範到最終的設計，檢查可能集中於單一組件，如軌枕，或多數組件則取決於個案的本質，這些檢查應與軌道標準相互連結，確保在期望的行車條件下能完成工作。因此個案管理計畫為時段性，期間可能為一年或更長，而路網管理計畫則為多年計畫，並依據檢查結果調整計畫內容。

2.1.3 軌道檢測資料之應用【1】

依據軌道檢測的頻率和使用方法，可將所蒐集檢測資料做為分析之用，其目的有三：一為找出需立即修正的安全問題，確保列車運轉無虞；二為規劃養護和維修計畫；三為針對軌道的細部分析以診斷問題所在。

安全檢查的目的是確認軌道損壞後採取快速的修復動作，以維持

行車安全，安全檢查的頻率取決於軌道的等級和種類，重要性高的軌道系統一周可能需要二次檢查，及每年進行鋼軌超音波或探傷試驗，若有天災人禍發生導致軌道結構受損，則需再做特別檢查。

規劃例行性的養護工作是軌道管理範圍之一，例行性工作包括基本的軌道養護和年度的改善方案，執行養護維修工作將依據軌道用途、運量大小、養護單位、管理手段之不同而有不同成效，因此將檢測資料加以分析以決定適當的計畫是有必要的。僅以過去損壞調查資料不足以決定損壞趨勢，配合鋼軌探傷儀除可指出鋼軌損傷處，尚可分析其損壞密度增加來規劃鋼軌抽換工作，自動幾何檢測結果亦能併入規劃程序。

細部分析包括非例行性的資料蒐集，根據特定的設計需求診斷不同問題，例如使用雷達量測軌枕於列車高速行駛下之行為，或動力圓錐貫入儀器量測道碴厚度及剪力強度等，通常由鐵路工程部門或外界公司提供此類特殊服務。

2.2 路線損壞及軌道不整原因探討

2.2.1 路線常見損壞型式及其影響因素【3】

鐵路路線之軌道結構在機車車輛動力作用下，在風、砂、雨和溫度變化自然條件影響下，將會產生一系列的變形，這些變形可以分為彈性變形和永久變形二類。所謂彈性變形，一般是指軌道結構上構件材料在受外力作用時，當此作用之外力未超過該材料所能承受的彈性限度時，在作用之外力消除後，構件會恢復原來的尺寸及形狀，所以構件材料的彈性變形行為，在路線構件所能承受的外力上是正常且可接受的【20】。

軌道外力既由鋼軌、枕木、道碴及路基相繼承受，當任一環節軟弱變化時，都將會導致路線不良狀況發生。故只有每一部分皆發揮最大功效，才是最有效的構造。又若構件各部分所產生的應力超過該材料的容許應力限度，軌道狀況將會惡化，最會一定會因路線品質不良，導致列車出軌。

路線的永久變形則是指當作用於構件上之外力消除後，構件無法完全恢復至原來的尺寸及形狀，會殘留一部分不能恢復的變形。所以此種永久變形，不但影響列車的平穩運行，且當這種永久性變形累積到一定限度時，將大大削弱路線上構件的強度及其穩定性，威脅行車安全。為了確保路線上的運輸行為能夠暢通無阻，就必須經常針對路線狀態不良處進行養護維修工作。為了確保路線上硬體設備的質與量，使路線狀態保持經常良好，路線的養護維修工作必須要嚴格執行，提高技術標準，使列車能以規定的最高速度平穩、安全和不間斷的在路線上運行【20】。

路線的永久變形，主要表現為路線各部位構件的疲勞折損和路線整體結構的殘餘變形累積，而所累積之超限變形程度和速度與下列條件有關【10】：

- 一、運輸條件—如機車類型、軸重、運量、行車速度等。
- 二、設備條件—如路線類型、構件材質、技術狀態等。
- 三、管理條件—如所投入的養護維修金額、養護維修編制員額、管理組織、管理方針、養護維修作業方式及手段等。

會造成路線軌道劣化變形的原因，主要為：

1. 列車荷重及車次：列車會對軌道造成的作用力，可分為靜荷重與動荷重，而當列車在行駛時，所加於軌道上的動態力量，與靜止時所加的荷重大不相同。列車的行駛會對軌道造成震動，進而變形。此等動態力量更會造成軌道破壞及噪音等問題。列車通過次數通常以通過列車的總噸數表示，此項原因與軌道劣化速率成正相關的，路線上通過的列車總次數所換算之總噸數愈多，軌道產生劣化的速率及可能性愈高。
2. 道碴承载力：考慮的因素包括厚度、清潔性及排水狀況等，為使列車所造成的荷重均勻分佈於路基，道碴厚度須足夠。為減少軌道不整，以用厚度較大的道碴為佳，因為鋼軌的破壞須賴【5】1.

枕木兩側與道碴磨擦力 2.枕木兩端的道碴阻力 3.枕木底與道碴的阻力，來抵抗。

3. 道碴清潔度：若道碴不潔，使道碴間供排水的孔隙減少，阻斷積水排洩通路，造成排水不良及路基軟化，進而加速軌道劣化變形。
4. 路線線形：當列車通過曲線段時，作用於軌道上的外力，將比列車通過直線段時，增加對鋼軌的轉向橫壓力及不平衡離心力。所以軌道劣化變形速度，曲線地段較直線地段快。所以在路線線形佈設時，曲率是極為重要的考慮因素，必須使列車行走在此曲線段時，對鋼軌產生的轉向橫壓力及不平衡離心力小於道碴承载力，確保行車安全。
5. 年雨量：水是造成路基破壞最主要的因素之一，雨則是路線上積水最大的來源。若雨量多，將會造成土壤飽和含水量過高，降低路基土壤承载力，造成路基土壤軟化，進而牽動路線上的軌道劣化變形，如果再加上道碴排水情況不佳，形成路線噴泥，造成枕木鬆動，增加軌道不整的發生，威脅到行車安全。
6. 路線週邊既有排水設施之功能：路線週邊既有排水設施良善與否，與短時間大量的雨水能否及時宣洩有一定的關係。如果路線週邊相關排水設施不完善，極有可能會因積水無法順利排洩，造成路基及道碴浸水過久，形成路基軟化及道碴清潔度降低，影響道碴及路基的承载力，進而會造成軌道劣化變化。
7. 路線週邊工程施工：當路線週邊有工程進行施工時，常會因大型施工機具在路線上行走或跨越路線，不當的重壓及操作習性，損壞軌道構件，更常因施工不慎，造成土壤污染道碴，使道碴清潔性不佳，進而影響道碴承载力，造成軌道劣化變化。
8. 鋼軌形態：包括軌重與軌長，軌重是指每公尺長鋼軌的重量公斤數，軌重愈重可承受的承载力愈大，將來會產生的養護維修問題愈小。另外鋼軌長度短會形成鋼軌接頭，接頭數目的多寡對乘車舒適度有一定的影響。而且接頭處是鋼軌弱點之所在，在此軌道

不整的情況也較易發生，近年來為了考慮乘車舒適感及降低養護人力，有儘量減少路線上鋼軌的接頭數目，朝長焊鋼軌發展的趨勢【5】。

所以晚近所發展的軌道破壞理論，認為軌道會發生破壞，通常與道床下沉量與路基下沉量有關。在道床下沉量部份的影響因子包括有：路線載重條件、枕木傳遞壓力、道床震動加速度、相同載重條件下的載重來回次數等。在路基下沉量部份的影響因子主要為土壤性質及道床厚度等【2】。所以綜合上述說明，我們可整理出八種軌道破壞形式及其所造成的影響，如表 2-1 所示：

表 2-1 軌道破壞形式及其造成之影響

破壞形式種類	所造成之影響
1.鋼軌破損或斷裂	影響路線品質，甚至會造成列車出軌。
2.鋼軌凹凸不平	會造成鋼軌荷重不均勻增加，形成噪音、振動，影響乘坐舒適感。
3.扣件鬆動破損	會造成鋼軌軌距加大，進而使列車出軌。
4.彈性墊硬化	會造成鋼軌荷重增加，形成噪音、振動，影響乘坐舒適感。
5.枕木變形斷裂	會造成軌距改變，進而使列車出軌。
6.道碴細粒化	會造成道碴彈性不足及其下沉量增加，使路線品質下降。
7.路基沉陷	列車車輪的反覆荷重，容易形成軌道不整，造成軌道荷重變動，增加路基塑性變形及下沉，使路線品質下降，甚至造成列車出軌。
8.線形不良	影響乘坐舒適感，甚至會造成列車出軌。

資料來源：【6】

所以路線的維修養護，就是要在一定的條件下，以保證路線狀態的優良和列車運行的暢通為主要目的，因此一個良好的路線養護者，

必須具備下列三種基本要項【7】：

1. 隨時調查路線震動情形：針對路線上列車運轉情形，對路線加以適當維修保養，因為各線的列車運轉狀況不盡相同(如通過噸數軸重等)，同時，同一路段也可能會因季節的不同而有不同路線養護措施，故全線的路線保養必須因地制宜。
2. 保持材料耐久，避免不必要損耗：材料的使用基本方針，如鋼軌、道岔、枕木等軌道材料，應在到達使用年限前，即有計畫的進行抽換。同時，應使材料的狀態保持在一定的水準，若怠於抽換，任其不良材料發生，將會因此造成重大事故。其次材料的使用操作方法，對使用壽命也有很大的差別。
3. 預防路線狀況急劇惡化，並於發生損害時立即採取適當處理：如鋼軌損壞、鋼軌挫曲、噴泥地段之軌道不整，均會導致重大事故發生。故應當經常針對路線，予以檢查、整備，當判斷可能有危險之情形發生時，應施以適當處置，以防止事故發生。

2.2.2 軌道不整型式及其影響因子【3】

當路線上的軌道鋪設完成後，在不斷承受外在作用力的狀況下，不可能永遠保持著平、直、順的狀態，會慢慢隨著時間的增加，產生軌道不整的情況。當列車行經此不整處時，搖晃及震動的情形均會加大，進而影響列車行車安全性與乘坐舒適感。

所以我們知道，當路線在機車和列車的不穩定重覆荷重作用下，軌道會出現縱向、橫向的動態彈性變形和殘餘累積變形，這些變形都可統稱為軌道不整。而軌道不整的發生原因，主要係由於列車通過鋼軌時，車輪反覆施加荷重於鋼軌上，一般而言此種垂直向的輪重作用，會造成軌道高低不整。而其所形成的側向橫壓會造成軌道方向不整。此外介曲線及曲線段的路線，則常會因超高量不足，造成左右軌荷重不均。其它如列車加、減速的慣性力，會造成列車的上下震動及對鋼軌產生衝擊力形成表面凹凸、過量荷重、溫度變化等皆是造成軌道不整的原因【9】。

所以綜合上述所言可知，軌道不整增量主要與列車通過噸數、列車通過速度、路基斷面構造、鋼軌有無接頭及路基狀況等有關。且軌道不整量，會隨列車通過之次數增加而加大。當不整量增加至某一程度時，就必須進行砸道作業，以維持路線的品質。軌道不整型式一般可分為五類【7】：

一、軌距不整：

係指軌道左右兩側軌條未保持正軌之距離，台鐵軌距之基本尺寸為 1067 公厘，一般以對正軌軌距的加減量表示軌距的不整量。即擴大不整(較正軌軌距為大之不整)為(+), 縮小不整(較正軌軌距為小之不整)為(-)。發生軌距不整的原因主要為：

1. 整修後之殘餘不整。
2. 因車輪橫壓作用(擴大不整)。
3. 鋼軌壓頹(縮小不整)。
4. 鋼軌傾斜(傾斜於軌距外方時為擴大不整，傾斜於軌距內方時為縮小不整)。



圖 2-3 軌道不整示意圖

二、水平不整

左右兩側軌條面未保持在正規高度，即直線段兩條水平面未保持

在同一高度上，曲線地段上未保持規定超高度之斜面。水平不整之符號，在直線地段以左側軌條(面向路線終點)為基準，右側軌條較高時為正(+)，低時為負(-)。曲線地段較正規高度為大時為正(+)，較正規高度為小時為負(-)。

水平不整的發生原因：初期除為殘餘不整外，主要為左右軌條之不等下沉所造成，且一般在複線地段的路肩側軌條或曲線段的外軌較易下沉，進而發生連續性的水平不整。

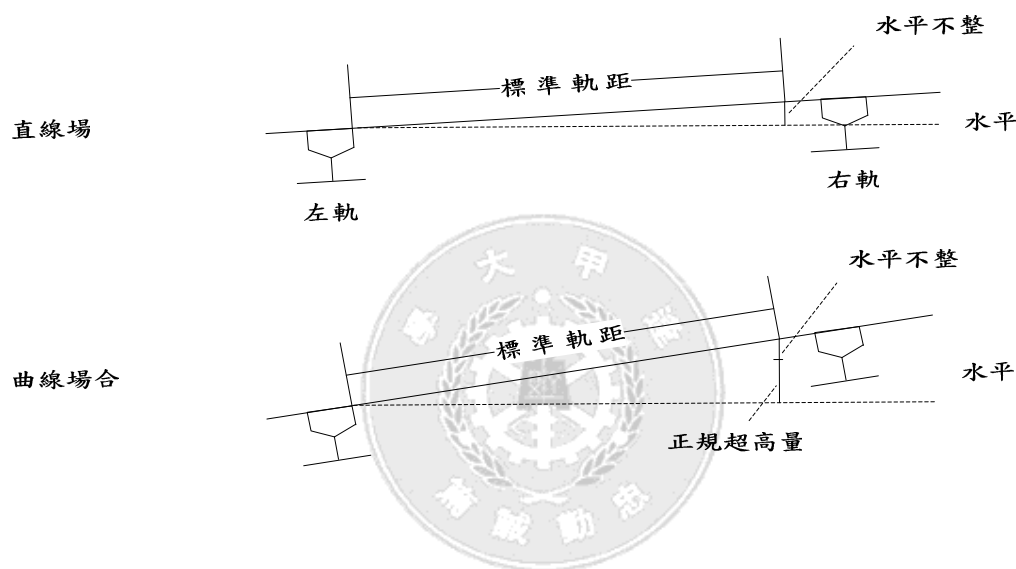


圖 2-4 水平不整示意圖

三、高低不整

在同一軌條表面發生凹凸的現象，量測方式一般均在軌條上張拉 10 公尺長之尼龍線作長弦，在其中心點量測軌條與尼龍線間之垂直距離，此距離即為高低不整量。高低不整之符號以凸形時為正(+)，凹形時為負(-)。當人工檢測時，在直線地段應以左側軌條(面向路線終點)為基準，在曲線地段因外軌有超高的遞減關係，計算複雜，通常以檢測內軌為最多。

高低不整的發生原因：除初期的殘餘不整外，大部份是因為道床或路基等之路線方向不等下沉所引起，尤其在軌條接頭處，因列車的

衝擊載重大，下沉量較其它地段多，較易發生高低不整，此種不整矯正的作業佔整個路線養護的作業量最大。

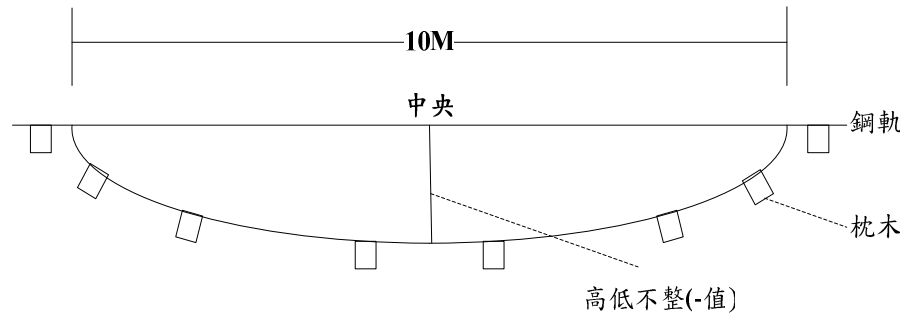


圖 2-5 高低不整示意圖

四、方向不整

在同一側軌條發生左右橫向的歪扭，即直線段不直，曲線段未保持正規之正矢。量測方式一般均在軌條側面拉一條 10 公尺長之尼龍線，在其中心點量測軌條與尼龍線間之水平距離，此距離即為方向不整量。方向不整之表示符號，以向軌距外方歪扭為正(+), 向軌距內方歪扭為負(-)。當人工檢測方向不整時，在直線段與高低不整相同，面向終點檢測左側軌條，在曲線地段因內軌有加寬度之遞減關係，計算複雜，故規定檢測外軌。

方向不整的發生原因：除初期殘餘不整外，大部分均因軌條之側面磨耗、曲線段橫壓力致軌框橫移動或變形等所造成。

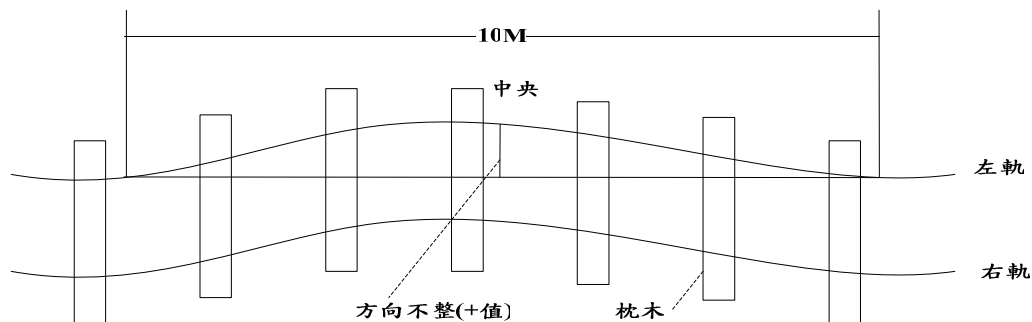


圖 2-6 方向不整示意圖

五、平面性不整

平面性不整量係指軌道一定間距的水平變化量，所以平面性不整基本上係表示軌道之扭曲狀態。平面不整係依列車之固定軸距 4.06 公尺為基礎，以每 5 公尺間之水平不整的代數差求之。平面性與車輛依三點支承而出軌有密切關係，因此在行車安全上，平面性被認為是重要的，應將其列入路線養護規則中定期檢查。

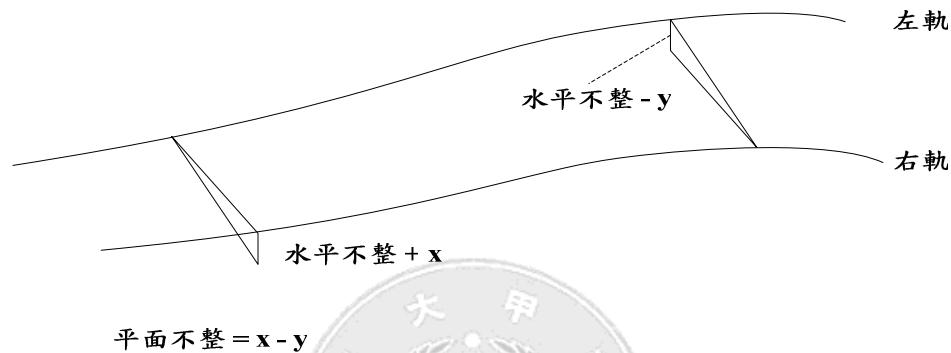


圖 2-7 平面性不整示意圖

軌道在極其重複的受力狀況下工作，所出現的各種不整量是隨機的，而且軌道及其構件在不穩定期、穩定期和衰老期的故障率各不相同，在不同階段，維修養護重點各不相同，所能保證的可靠度也有較大差異。因此在制定維修養護技術標準時，應儘量遵循以下原則【10】：

1. 科學性：技術標準應以軌道動力學為基礎，以此指標做為評定軌道不整的技術依據，以動力分析及統計分析的方法為手段，科學的反應軌道管理水準。
2. 實用性：兼顧各種不同的軌道結構，不同工作階段及狀態具有較強的適應性。
3. 經濟性：以較小的投入，獲得最佳經濟效益，既要保證使用要求和行車安全，又要避免出現剩餘質量。

因此在維修養護標準上，我們應該儘量朝下列四種層次努力【8】：

1. 作業驗收標準：作業驗收標準實質上是路線作業的公差界限，是根據軌道設計要求所規定的技術界限，它是由作業方式、作業手段所決定能達到最高要求，也是作業水準的反應。
2. 日常檢查標準：在列車不穩定重覆荷重作用下，軌道幾何尺寸的變化是隨機的，為了保證軌道必要的平穩性，同時保養能力又能達到需要，確定一個日常檢查標準是必須的，它是由經濟性所決定。
3. 臨時維修標準：由於軌道殘餘變形是屬隨機性的，在少數處所可能出現較大的幾何尺寸超限，儘管還不會導致事故，但列車平穩性會變得較差，超過這個標準時，便要及時安排維修作業。
4. 安全限度標準：這是為保障行車安全所必須控制和不可超越的安全限度，由於安全限度標準涉及面極廣，影響因素很多，應建立專用試驗軌道並多採用先進技術。

2.2.3 軌道不整養護門檻值

路線上的列車，因為行車速度日愈加快，車體重量日愈增加，相對於軌道所會產生的破壞力也隨之增加，導至軌道不整存在的機會也隨之大增，進而使列車的行車安全受到一定程度的威脅。因此經常性的作路線檢查，記錄軌道不整的情況，適時對產生軌道不整的場所施以養護整修作業，使軌道能持續保持在一個良好的狀態【3】。

當養護整修作業在進行時，需整修養護至何種狀態才能確保行車安全，需要訂出一個標準及原則出來，才能使從事養護作業的人在整修養護時有所依循，而這便是此章節探討的重點所在。一般軌道不整的相關養護標準值決定，係依下列三方面的原則加以考慮【3】【21】：

1. 從列車行車安全的觀點作考量，避免因軌道不整導至列車出軌的情況發生。
2. 從乘客觀點的乘車舒適感考量，使列車對乘客所能提供的服務品質，保持在一定水準以上。

3. 從成本支出的養護經濟性考量，在行車安全與乘車舒適感兩者皆兼顧的情況下避免因為將養護標準值定的太高，徒增不必要的養護成本支出。

有鑑於鐵路養護標準值的大小，與列車的行車安全及乘客的乘坐舒適感息息相關，甚為重要。交通部於民國八十七年召集相關學者及業界專家，參照日本國鐵軌道整備基準值，制定並頒發「1067 公厘軌距軌道橋隧檢查養護規範」，在此僅摘錄規範中有關軌道幾何不整之容許標準(單位公厘)部分，如表 2-2 所示：目前台鐵的路線養護作業標準亦即根據部頒的作業規範進行軌道不整的養護整修工作【3】。



表 2-2 軌道幾何不整之容許標準表

標準 值種 別	平時養護標準值			緊急整修標準值			大修或更新後 之標準值	
路線 等級及 容許值	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	
不整 之種別							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.表內的數值單位:公厘，係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.高低方向不整以延長 10 公尺計。

3.平面性是以每 5 公尺之水平變化量計。

4.軌距、水平、高低及方向之容許標準值，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。

資料來源：【12】

2.3 國外鐵路養護相關研究及技術發展【3】

歐美鐵路運輸系統發達的國家，近年來，有鑑於人力在軌道養護作業的效率，不敷實際需要，為了節省人力成本，提高養護效率，應付路線上量大、單調且笨重的養護工作。無論是主管鐵路運輸的權責單位，亦或民間企業，在軌道養護作業的技術和方式上，無不朝著機械化、科技化的方向努力，以使人力的利用減至最少，藉由高科技產品及技術的應用，使軌道養護作業更有效率，養護後的路線品質更趨一致。

為達到此一目標，主管鐵路運輸的權責單位及民間企業，無不投入可觀的人力、物力及財力，在新技術的研究發展上，有的贊助各大學相關科系專業研究機構研究經費，有的在自身單位內成立研究發展部門專屬的實驗室及實驗場地，集合眾人的智慧與力量，研究發展新的養護技術。而此類的新技術，有可能是材料構件壽齡、材質部份，也有可能是提昇養護效率的機械化部份，亦或是作業方式及程序改良部分，並努力將其研究結果應用在實際的路線養護作業上。所以新技術的定義與發展方向是多樣的，並不侷限於某一部份。

以下就材料構件改良、高科技應用二方面概略介紹國外鐵路養護技術之發展。

一、材料構件壽齡、材質部分：

在路線列車通過噸數及次數量大、軌道養護工作需求繁瑣的區段，持續針對軌道斷面的構成組件，如：鋼軌頭部材質硬度、混凝土枕木、彈性扣件系統、減震墊片系統等，進行壽齡的延長及材質的更新，藉以降低養護成本。

二、高科技應用部分：

將高科技的產品與技術應用在相關機具上，使路線檢查及養護作業更有效率，以下僅就部分應用範疇說明如下：

1. 電腦養護規劃系統【22】：這個系統能配合軌道位置及路線配置，儲存、紀錄有關軌道幾何狀況量測所得的參數條件、以往路線養護的歷史、列車通過噸數及次數、路線基本地形及環境調查報告等各式路線養護所需的基本資料，以此透過電腦的運作，提供決策者道碴養護所應採行的方法與時機。
2. 輕便式軌道幾何檢查量測車【21】：此種輕便式軌道檢查車它所具備的軌道幾何參數檢測功能，基本上和大型傳統軌道檢查車是相同的，卻沒有大型軌道檢查車行動、調度不便的缺點。它不但可以自由進入或者駛離軌道路線，快速量測軌道幾何參數的狀況。
3. 透地雷達的應用【22】：一般透地雷達係應用在地質土壤狀況、隧道襯砌及背填土壤狀況、地下埋設物位置等的調查與探測。近年來，也在研究將它應用在軌道工程中幾何參數等的量測上，它最大的優點是可以提供快速、便捷且具連續性的軌道斷面及道碴狀況、外觀的量測工作上。這種新的技術對養護規劃、執行單位在路線養護位置的規劃和養護方式的選擇，有很大的幫助。
4. 改良式道碴車裝載系統【21】：在道碴車的裝載架外觀上裝設LED(發光二極體)系統，使道碴車的裝載作業無論在白天或晚上，均能醒目的提醒作業人員，注意自身及裝載作業的安全性。
5. 道碴雷射量測系統【21】：是一種專門利用雷射掃描系統來量測道碴外觀斷面型式的新技術，它係利用雷射發射後碰觸到道碴外表，會造成反射效應，將此反射脈動傳送至接收器，配合雷射掃描器與道碴間的比例距離，描繪道碴外形的斷面，所以對道碴補充時機的決定甚有幫助。

2.4 各國軌道維修管理的基本目標及管理標準

2.4.1 法國【11】

法國高速鐵路對軌道的維修管理按軌道的平整狀態分為四級：

1. 目標值-新線鋪設和維修作業後應達到的標準。
2. 警告值-對達到或超過該值的地點的軌道不整需實施重點觀察，分析其發展變化情形並做出維修計畫。
3. 干預值-對於達到或超過該值的地點或區段實施必要的維修工作，一般在 15 天內予以實施，並使其達到目標值。
4. 限速值-對於達到或超過該值的地點或區段，列車必須降速行駛，並以任何可能的手段包括手工作業予以整治消除。

除此之外，法國高速鐵路還用車體振動加速度和轉向架振動加速度來評價軌道的不整狀況。

法國高速鐵路在對局部軌道不整進行分級管理同時，還對區段軌道不整的整體不整進行綜合評價管理，及用 300m 區段軌道不整絕對值的滑動平均指數 e 來對 300m 區段軌道不整進行綜合評價管理，綜合指數 e 為：

$$e(x_0) = \frac{1}{300} \int_{-\infty}^{x_0} y(x) \exp\left(\frac{x-x_0}{300}\right) dx$$

其中， $y(x)$ 為軌道不整函數，標準差 σ 與指數 e 的關係為， $\sigma/e=1.38$ 。

法國高速鐵路的維修計畫主要按照該綜合指數來制訂，並且將其分為兩個限界值 L_1 和 L_2 ：

上限界 L_2 ：這是一個臨界上限值，超過該值意味著軌道平順狀態將迅速惡化。並且僅以起道砸道作業難以將路線回覆至應有的狀態。

下限界 L_1 ：這是一個提示目標值，在此值之下說明軌道平順狀態優良，

不需要進行維修，超過則需安排維修。

表 2-3 法國軌道管理標準

項目	140km/h 以下		160~200km/h		200km/h 以上		300km/h	
	L_1	L_2	L_1	L_2	L_1	L_2	L_1	L_2
高低	0.8	1.2	0.7	1.0	0.6	0.8	0.3	0.6
水平	0.6	0.8	0.5	0.7	0.4	0.6	-	-
方向	1.2	2.0	1.0	1.6	0.9	1.4	-	-
軌距	0.8	1.0	-	-	-	-	-	-

2.4.2 日本【11】

日本新幹線高速鐵路對軌道不整的管理分為五級，還增加了 40m 弦長管理標準，如表 2-4。

1. 驗收目標值-維修作業和工程施工後應達到的目標值。
2. 計畫維修目標值-在制訂維修計畫時，確定需要進行的軌道不整管理目標值。
3. 舒適性管理目標值-確保列車良好舒適的目標值。
4. 安全管理目標值-當軌道不整達到或超過該值，將會對高速行車安全性有顯著影響，因此應限期 15 天做緊急補修。
5. 慢行管理目標值-當軌道不整達到或超過該值，列車必須降慢速度，並以任何可能之手段立即予以消除。

日本新幹線高速鐵路對區段軌道不整進行整體綜合管理，即 P 值管理。P 值是 500m 軌道區段中，超過 $\pm 3\text{mm}$ 的不整採樣點數佔總採樣點數的百分比。新幹線的 P 值管理僅限於高低不整和方向不整兩項。

表 2-4 日本軌道管理標準

類別			單位	作業驗收目標值	計畫維修目標值	舒適性管理目標值	安全管理目標值	慢行管理目標值
軌道不整	10m 弦法	高低	mm	4	6	7	10	15
		方向	mm	3	4	4	6	9
		軌距	mm	-2,+2	-4,+6	-4,+6	4,+6	-
		水平	mm	3	5	5	7	-
		平面性	mm	3	4	5	6	-
	40m 弦法	高低	7~10					
		方向	6~7					
	車體加速度	垂向	g	-	0.25	0.25	0.35	0.45
		橫向	g	-	0.2	0.2	0.3	0.35

2.4.3 德國【11】

德國對高速鐵路的軌道不整管理分為五等級：

1. SR_0 -該值表明不整安全儲備值還很大，軌道平順性優良，不需進行評定。
2. SR_A -稱為安全儲備釋放值，超過此值，表示軌道不整對安全儲備開始對軌道有影響，需要進行詳細評定。
3. SR_{100} -該值表明，除軌道不整對安全儲備開始對軌道有影響外，還會影響技術經濟上的儲備合理性，需要安排計畫維修。
4. SR_{lim} -超過此值，表明軌道不整對安全儲備開始對軌道有較大的影響，而且還會對機車車輛和軌道的破壞產生較大的影響，需要進行緊急補修。

5. $SR_{\text{極限值}}$ -這是一個直接影響安全的極限值，即使軌道不整的安全儲備已完全用盡，需對高速列車進行限速運行，並採取一切必要的維修措施立即予以消除。

2.4.4 英國【11】

英國高速鐵路對軌道不整的管理如同多數國家一樣，既對局部不整進行管理，也對區段整體不整進行管理。英國高速鐵路用每 200m 軌道單元區段的標準差對區段軌道不整進行管理，並以此做出維修計畫。近年隨著列車速度提高，在原有 42m 波長以下的 200m 軌道不整標準差管理基礎上增加了 42~84m 波長軌道不整標準差管理標準，相應的軌道區段單元擴展為 400m。

2.5 國內相關研究

藍苑綾【1】在綜合性指標在軌道養護管理系統之應用提到，應用於高運量及低運量軌道系統之軌道品質指標 (Track Quality Index, TQI) 與軌道結構狀況指標 (Track Structure Condition Index, TSCI)，TQI 即是以軌道不整超過門檻值的損壞次數來表示，適合用於分配養護維修資源。TSCI 則是藉由目視方法將軌道構件如鋼軌、接頭、軌枕、道碴及路基等做一詳細檢查後予以評分。將軌道管理系統結合「抽樣」、「動態分段」和「均質路段」的概念，建構一中文視窗界面之軌道養護管理系統雛型程式，透過本雛型程式將原始的調查資料分別計算軌道路段之 TSCI 及 TQI 值，用於預測軌道損壞速率及軌道未來狀況，決定所需的預算，進一步檢視養護維修策略之成效。

王兆賢【3】在鐵路路線養護優先順位排序方法之研究提到，研究建立路線養護需求綜合指標建立，主要分為兩大步驟，首先是對會造成軌道不整現象的影響因子作探討，再收集實際資料應用迴歸方法建立五個軌道不整模式。第二部份則是利用專家問卷的法，應用 Delphi—AHP 的技巧，求取五個軌道不整量的權重，建立能代表路線品質的養護需求綜合指標。經由實例分析結果，由各路段所呈現路線養護需求綜合指標值的大小，可以判斷路線養護的需求強度。依此養護需求

強度，便可排定路線所需養護順序及時機。並可藉由路線養護需求綜合指標值，配合單位的實際預算執行情況，作養護經費的分配，以使有限的養護經費，用在最適當的時間和地點，發揮最大的經費使用效率。



第三章 台鐵養護作業現況探討

3.1 台鐵軌道管理組織架構

台鐵組織架構如圖 3-1 所示，技術部門分為運務、工務、機務、電務、企劃及材料等六處，軌道管理由工務處負責，設有四課（路線課、橋隧課、工程課及稽工課）、七個工務段及一個工務養護總隊。其中路線課負責鐵路全線所有路線養護改善計畫工程的規劃、督導、考核、協調，軌道材料調度分配及預算分配編製審查等養護業務，屬路線養護的管理階層。橋隧課則負責全線沿線上所有相關土木、建築新建、改善工程的規劃、督導、考核、協調及預算分配編製審查等。工程課專司工程契約、預算控管、工程進度統計方面的業務。稽工課負責總務、人事、會計等業務。【3】

實際負責軌道養護作業的單位為各工務段，工務段的工作職掌為轄區內軌道養護與維修(換軌、換枕、換碴、砸道)，號誌保安設備裝置與維修，平交道看守與設備維修，路基、房舍、橋涵、隧道、擋牆及排水系統新建、維修與改善，路產管理與維護，材料管理與調配及一般行政作業，分由養路股、施工股、產業股等負責。

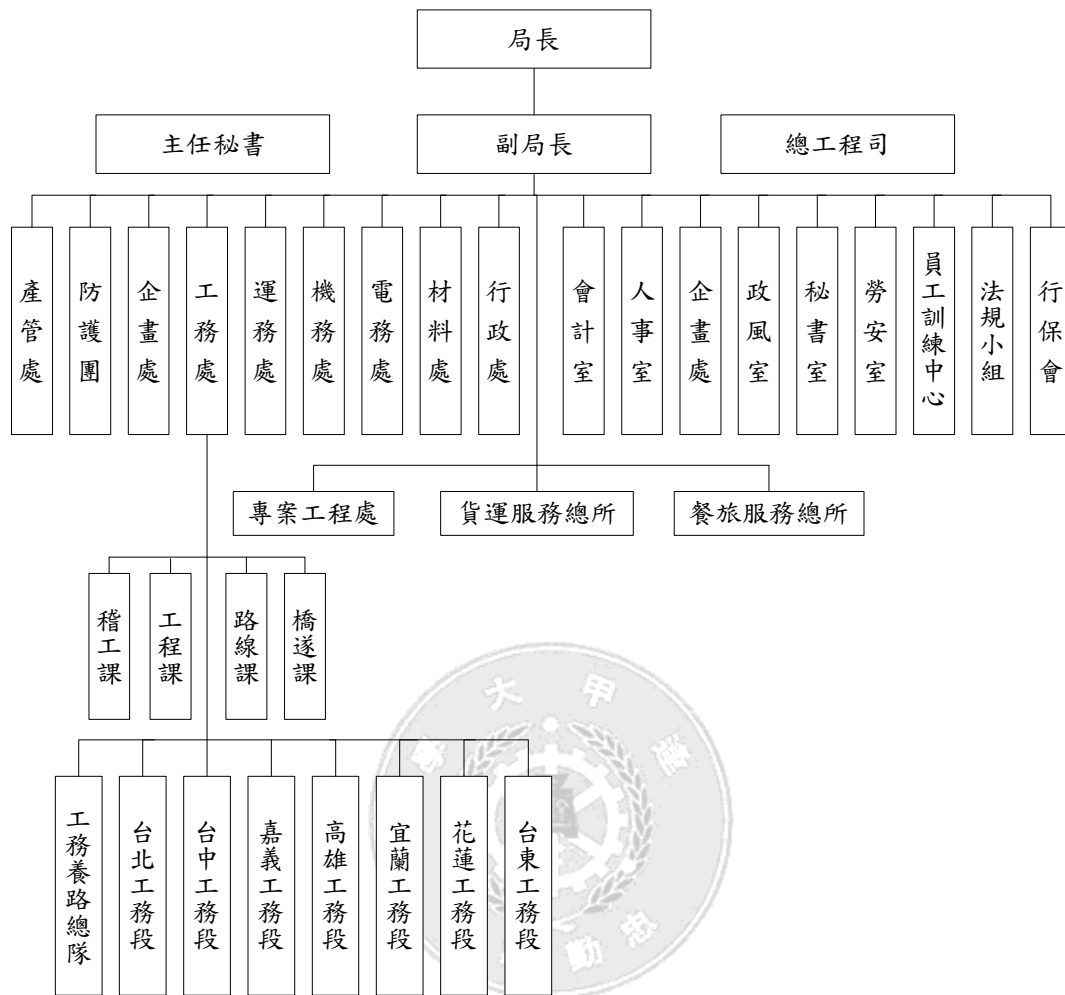


圖 3-1 台灣鐵路管理局組織架構【14】

3.2 台鐵現行路線檢查程序

現行台鐵路線的檢查作業主要係依據：交通部部頒—交通技術標準規範鐵路類工務部之「1067 公厘軌距軌道橋隧檢查養護規範」之規定辦理。在該規範中第一章總則篇第 1.1.3 即已述明，軌道之鋪設養護及附屬各種建築物之構造與保養應依下列原則辦理：

- 1.隨時檢查軌道不整及列車震動情形，並保養路線。
- 2.預防路線急劇惡化，若損害發生時，應立即採取適當措施。
- 3.維護材料耐久，避免不必要損耗。

4.防止災害並消除其原因。

現行台鐵的路線軌道檢查，分甲種檢查及乙種檢查二類。路線軌道不整檢測資料，係利用軌道檢查車在路線上行走所檢測得之數據，而利用軌道檢查車檢測路線所呈現的品質稱為甲種檢查，利用人力巡查的為乙種檢查。

甲種檢查(軌道檢查車動態檢查)由工務處負責主辦執行，養護總隊提供軌道檢查車及必要器具、操作人員。檢查時成立檢查小組，此檢查小組為任務編組，成員主要由工務處路線課軌道、材料等股負責路線相關業務之技術人員擔任，檢查方式以動態檢查(軌道受列車荷重時之狀態)為主，應包含之檢查項目、方式、頻率及檢查處數之規定如表 3-1 與表 3-2。檢查區域包含縱貫線、台中線、北迴線及南迴線之電化、非電化區間。乙種檢查如表 3-3 與表 3-4。



表 3-1 甲種路線檢查之項目、方式及頻率表

檢查項目	檢查方式	檢查頻率(年/次)
1.軌道軌距	使用軌道檢查車檢查	檢查正線四次
2.軌道水平	使用軌道檢查車檢查	檢查正線四次
3.軌道高低	使用軌道檢查車檢查	檢查正線四次
4.軌道方向	使用軌道檢查車檢查	檢查正線四次
5.軌道平面性	使用軌道檢查車檢查	檢查正線四次
6.路線噴泥	檢查人員乘車檢查	檢查正線四次
7.用地管理	檢查人員乘車檢查	檢查正線四次
8.景觀環境	檢查人員乘車檢查	檢查正線四次
9.沿線軌道材料管理	檢查人員乘車檢查	檢查正線四次
10.路線標誌	檢查人員乘車檢查	檢查正線四次

資料來源：【12】

表 3-2 甲種路線檢查之檢查處數

檢查項目	檢查處數
1.軌道軌距	全線正線軌道。
2.軌道水平	全線正線軌道。
3.軌道高低	全線正線軌道。
4.軌道方向	全線正線軌道。
5.軌道平面性	全線正線軌道。
6.路線噴泥	全線正線軌道。
7.用地管理	全線沿線用地。
8.景觀環境	全線正線沿線環境。
9.沿線軌道材料管理	全線正線。
10.路線標誌	全線正線。

資料來源：【12】

表 3-3 乙種路線檢查之項目、方式及頻率表

檢查項目	評點項目	檢查方式	檢查頻率(年/次)
1.站內股道	軌道幾何參數、鋼軌、扣件、軌枕、石渣	人力檢查	轄區全部路線兩次
2.道岔	軌道幾何參數、鋼軌、扣件、軌枕、石渣	人力檢查	轄區全部路線兩次
3.站外路線	軌道幾何參數、鋼軌、扣件、軌枕、石渣	人力檢查	轄區全部路線兩次
4.伸縮接頭	軌道幾何參數、鋼軌、扣件、軌枕、石渣	人力檢查	轄區全部路線兩次
5.測溝及除草	側溝清潔暢通，路肩內無植生	人力檢查	轄區全部路線兩次
6.平交道	鋼軌、防護設施、平交道版、路面、噴泥	人力檢查	轄區全部路線兩次
7.鋼樑橋軌道	鋼軌、扣件、軌枕、鋼頭螺栓、護軌	人力檢查	轄區全部路線兩次
8.辦公房舍整理	環境整理	人力檢查	轄區全部路線兩次
9.查道記錄	查道及其紀錄	人力檢查	轄區全部路線兩次

資料來源：【12】

表 3-4 乙種路線檢查之檢查處數

檢查項目	檢查處數
1.站內股道	正線：每三公里檢查一處，未達三公里視為一處。 側線：軌道延長四公里以下檢查一處，超過四公里者，每五公里增加一處，未達五公里亦算一處。
2.道岔	正線道岔：四組以下檢查兩組，超過部分每四組增加一組，未達四組者視為一組。 測線道岔：十組以下者檢查一組，超過部分每十組增加一組，未達十組者視為一組。
3.站外路線	每三公里檢查一處，未達三公里視為一處。
4.伸縮接頭	四組以下者檢查一處，超過部分每四組檢查一處。
5.測溝及除草	全數檢查。
6.平交道	全數檢查。
7.鋼樑橋軌道	全數檢查。
8.辦公房舍整理	各道班。
9.查道記錄	各道班。

資料來源：【12】

3.3 台鐵現行路線養護程序【3】

1.例行性養護工作：

通常係先按年度，由各工務段依轄區狀況，預先排定養護路段順序，再依一年四次甲種路線檢查所呈現的數據，調整部份的養護順序。此類養護通常所需的材料及工程經費較多，所以工務段必須先就當年所分配到之養護預算額度分配、編列所欲進行養護種類的工程預算—如長距離換碴、換軌、換枕等。此類計劃性的養護工作通常所需使用的養護材料、人力、經費較多。

2.立即性養護：

此類養護具有時效性與突發性，通常係在每日、每週、每月以人

力進行路線巡查時，發現軌道有異常現象或災害發生時才採用的養護作業。

3.4 軌道養護作業

養護作業內容為軌道、路基不整的修正、破損材料的修補、更換、路線障礙物清除及路權內之整理等【13】，養護工作以機械及人力並行，各工務段依轄區範圍配備大型或中型砸道車輛一或二台不等，而人力養護則著重於日常軌道巡查、維護及路線相關設備檢查。路線檢查項目包含軌道及其相關構件，檢查頻率則依檢查方式有所不同，藉由路線檢查制度確保軌道不整量於容許範圍內，並編列路線養護預算。

路線檢查由動態路線檢查及靜態路線檢查並行，動態檢查係以儀器自動檢查為主，靜態檢查則著重於損壞調查：

1. 動態路線檢查：

(1)EM80 軌道檢查車：由台鐵工務處辦理，每年檢查四次，以 EM80 軌道檢查車利用列車停駛時段巡查全省路線，將檢查結果通知各主管工務段，作為養路維修依據，視路況採計畫性維修或緊急維修，確保路線良好，並藉以考核各工務段路線優劣，予以評定名次。

線別	東西線	里程	不整情形	缺失原因	改善方式及改善日期	檢查方式
台中線	西正線	K164+175	方向,高低不整	軌道沉落	2/15 軌道確實	列車振動檢查
台中線	西正線	K187+740	高低不整	道岔群	2/23 砸道,撥道整修	列車振動檢查
台中線	西正線	K187+840	方向,高低不整	道岔群	2/23 砸道,撥道整修	列車振動檢查
台中線	西正線	K187+870	高低不整	道岔群	2/23 砸道,撥道整修	列車振動檢查
台中線	西正線	K187+905	方向,高低不整	道岔群	2/23 砸道,撥道整修	列車振動檢查
台中線	西正線	K188+575	方向,高低不整	道岔群	2/23 砸道,撥道整修	列車振動檢查
台中線	東正線	K120+440	高低不整	軌道沉落	2/22 起道確實	列車振動檢查
台中線	東正線	K120+800	高低不整	軌道沉落	2/22 起道確實	列車振動檢查
台中線	東正線	K121+770	高低不整	軌道沉落	2/16 起道確實	列車振動檢查
台中線	東正線	K123+630	高低不整	軌道沉落	2/18 起道確實	列車振動檢查
台中線	東正線	K185+020	方向,高低不整	一般路段	3/1 砸道,撥道整修	列車振動檢查
台中線	東正線	K188+000	方向,高低不整	道岔群	2/23 砸道,撥道整修	列車振動檢查
台中線	東正線	K215+255	方向,高低不整	道岔群	3/1 砸道,撥道整修	列車振動檢查
* 本月檢測結果與上月重複地點為陰影部份,已通知各分駐所注意加強整修。						
經辦: _____ 股長: _____ 段長: _____						

圖 3-3 列車動搖測定器結果整理後輸出格式

2. 靜態路線檢查

(1)各段轄區內人力檢查：由各工務段養路股組成檢查小組，每年二次赴各分駐所依抽籤方式抽檢，以人力實地檢測各軌道設施維修狀況，藉以考核其轄內各道班養護路況之優劣並排定名次。

(2)道班人員隨乘機車或徒步巡察路線：每週排定二日由各道班輪派道班人員一人，隨乘機車巡察路線或不定時徒步巡查道班轄區路基、軌道是否正常，扣件是否脫落、損壞，並記錄不良路況，如發現異狀，可立即處理者應立刻處理，無法立即處理者，視情況通報主管單位及相關單位做適當處理。

台中工務段 苗栗工務分駐所 隨乘機車巡查路線紀錄表

日期: 94年 1月 1 日

車次	站 間	里 程	測定 速度	不良原因	整修情形	整修日期 人員簽章	備註
101	苗栗~銅鑼	149 K+700	55	方向不良			
101	三義~后里	169 K+200	85	搖晃			後座
101	豐原~五占內	183 K+400	X	方向不良			
101	豐原~潭子	184 K+400	X	方向不良			
006	竹南~崎頂	121 K+200	85	高低不良			
	~	K+					
	~	K+					
	~	K+					
	~	K+					

圖 3-4 隨乘機車巡察路線記錄表

(3)小型軌道檢查儀：不定期辦理，主要是用於測量新線或側線，檢查軌道的各種不整狀況；檢查時封鎖軌道，以人力的方式沿路線推小型軌道檢查儀做檢查。

段別：台中工務段

區間：後龍

檔名：1240910L.KRL

路線等級：特甲級及甲級線

平面性基準：平面性1=5 m，平面性2=5 m，平面性3=5 m

日期，時間：24/1/2006, 9:19, 9 min.

檢測儀方向：上行

軌道：鐵路

里程KM 由 至：140.429 ~139.750

Km	軌距	方向	高低	水平	平面性	高 R	高 L	方 R	方 L
140.429	0.32	1.34	-0.19	34.84	-2.62	-0.02	0.14	19.16	20.00
140.428	0.32	1.16	0.13	35.89	-2.37	0.29	0.29	10.48	12.19
140.427	0.36	0.55	-0.56	36.87	-2.23	0.60	0.58	7.32	7.40
140.426	0.40	0.47	-0.48	37.47	-2.42	1.30	0.87	7.58	7.71
140.425	0.16	0.33	0.00	37.92	-2.59	1.85	0.93	9.53	9.36
140.424	-0.63	0.60	0.35	38.37	-2.42	1.78	1.08	12.76	12.39
140.423	-0.91	1.34	0.08	39.57	-2.01	1.43	1.46	16.86	16.54
140.422	-0.91	1.58	-0.21	41.29	-1.79	0.92	1.41	21.40	21.01
140.421	-0.91	1.98	-0.45	42.49	-1.71	0.12	1.09	25.94	25.44
140.420	-0.87	2.36	-0.43	43.62	-2.20	-0.47	0.93	30.38	30.16
140.419	-0.87	2.86	0.03	44.52	-3.25	-0.67	0.21	34.08	34.02
140.418	-0.87	3.02	-0.03	44.67	-2.86	-1.06	-1.20	36.10	35.92

圖 3-5 小型軌道檢查儀輸出格式

第四章 路線管理系統雛形開發

4.1 RAILER 程式介紹

美國陸軍營建工程研究實驗室為了能有系統的管理約 5700 英哩的軌道，研發一套電腦程式 RAILER，使工程師、技術人員及管理者能利用 RAILER 程式資料庫裡的軌道組成、軌道檢測結果、軌道狀況、維修經費、策略、整建經歷和其他項目加以排序分析後，規劃出具經濟效益的軌道維修計畫【1】。

4.1.1 RAILER 程式功能介紹

美國對於較少的預算和老化的軌道基礎設施，必須注重軌道路網的維修成本和效率。RAILER 是基於軌道管理計畫，給予計畫者軌道路網的狀態評估，進而產生養護工作計畫，且透過地理資訊系統 (GIS)，提供決策者圖形化的管理資訊。

在RAILER實施過程中的第一步是建立軌道財產項目。其中包括軌道相關的資訊，如：軌道、軌枕、轉轍器、曲線、坡度、平交道等，這裡也介紹了軌道分段的觀念，藉由分段方便軌道的管理。之後經由對軌道做詳細的檢查，建立軌道結構狀況指標 (Track Structure Condition Index) 來提供軌道的狀態。在這裡主要是基於美國陸軍的軌道標準，來鑑定軌道的損壞狀況。軌道狀況指標可以用於長期的養護工作計畫和提供較有效率的決策。且使用軌道結構狀況指標可以訂定養護的優先順序，因此管理者可以使用此軟體做關鍵的決策。

另外，軌道狀態評估和M&R(維修和養護)規劃，可以在GIS中以空間的方式呈現，給予軌道路網圖形化的觀點。最後，在詳細的安全檢查之下，能發展成有效率和規律的檢查頻率。RAILER之使用功能如下：

1. 建立資產清單【3】：

(1) 將軌道路網依地區、軌道及軌道路段加以分類。

- (2) 建立每一軌道之位置參考系統。
- (3) 收集每一軌道路段的構件資料。

2. 軌道檢查：

(1) 不同的檢查方法，包括

- A. 詳細檢查-包含路網裡所有軌道結構的缺陷紀錄。
- B. 安全檢查-列出路網裡已危害到行車安全的軌道缺陷，包括目前和已修復的缺陷。
- C. 軌道幾何檢查-紀錄路網裡幾何的缺陷，如曲線、坡度等。
- D. 側線檢查-紀錄側線上的軌道缺陷。
- E. 平交道檢查-紀錄平交道的缺陷。

(2) 利用抽樣調查故加速評估。

- (3) 能結合鋼軌內部損傷之檢查結果。
- (4) 檢查必須是前後一致且可重複的。
- (5) 檢查的結果能動態的存入資料庫便於利用。
- (6) 能利用平板電腦做戶外調查。

3. 軌道狀況評估【3】：

(1) 依據檢查結果來評估軌道狀況。

(2) 所使用的方法有三種：

- a. 軌道標準－限制行車速率。
- b. 狀況指標－由每一軌道路段的軌枕、鋼軌和道碴構件狀況指標計算軌道路段之 TSCI 值，並延伸計算軌道、地區和軌道路網之 TSCI 評分值。
- c. 陸軍設施報告－依 TSCI 值分為紅、黃、綠燈三等級。

4. 規劃養護和維修計畫：

- (1) 包含立即性和長期計畫。
- (2) 建立並選擇所需計畫。
- (3) 考慮區域和整體的養護維修計畫，包括年度改善計畫。

- (4) 也可包含預防性的養護計畫。
- (5) 估計養護維修經費。
- (6) 排定優先順序。
- (7) 發展養護維修策略。

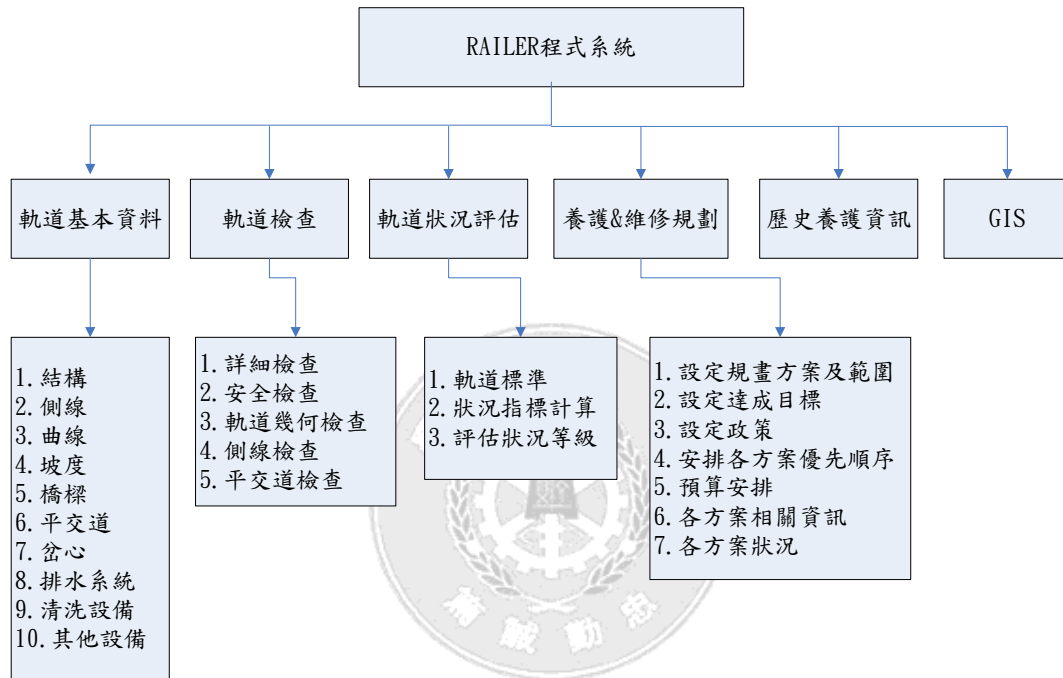


圖 4-1 RAILER 程式系統架構圖

4.1.2 RAILER 資料庫

RAILER 軟體提供遠端輸入的資料庫收集檢查的資訊，且可以安裝於平板電腦，利用 RAILER 做戶外調查，當回到辦公室時，可以直接上傳於 RAILER 程式。如果缺陷還存在的話，RAILER 軟體可以從先前的檢查下，顯示缺陷的位置。

4.1.3 小結

RAILER 的特點如下：

1. 建立路網之軌道項目清單。

2. 完整的紀錄所有軌道缺陷。
3. 對於所有軌道，給予明確的狀況指標值，可供管理者快速的明瞭軌道惡化情形。
4. 以圖表比較不同的軌道標準和軌道狀況指標。
5. 發展完善的軌道養護計畫。
6. 能明確指出養護成本。
7. 排定軌道養護計畫的優先順序。
8. 透過GIS在地圖上呈現軌道的資訊。

以上為 RAILER 程式的使用優點，它將軌道工務部門的作業整合在一個系統程式裡，使管理者或軌道維護人員能利用此單一系統進行各項軌道養護規劃及作業，使工務作業系統化，避免了一般工務部門各項作業分散的缺失，且能使管理著清楚的了解目前的軌道狀況及損壞率，因此對於台灣的軌道工務單位而言，如果能有此系統作為平時管理的工具，將能使工務作業更具效率。

但是 RAILER 為美國陸軍所用之系統，其軌道背景為低速度、低運量的貨運軌道，與台灣高速度、高運量的客運軌道有相當的差異，因此在管理上有諸多地方不盡相同，所以本研究以 RAILER 為參考，建立一套適合台灣鐵路工務單位所使用的路線管理系統。

4.2 系統分析

系統開發是一個有系統有組織的活動，過程中需要考量系統開發之環境背景，例如需瞭解系統之種類、系統使用之相關人員、系統建置策略、系統開發模式及分析與設計之技術等，並做最適當的選擇。在選擇時也應考量組織之限制、政策、人力、資金、規模、對系統需求之迫切性、組織對系統倚賴之程度與重要性等。因此必須進行系統分析與設計，系統分析與設計是一系列有組織之處理程序，目的是將需求轉換成有組織的系統。

4.2.1 系統需求

本研究主要在於瞭解現今台鐵工務管理單位進行各種養護規劃之

運行模式、軌道檢測資料的處理方式，再經由系統開發來整合工務管理單位的養護作業和檢測資料；因此需先行瞭解日後系統使用者的需求，以達到系統的最大效益。

使用者需求：

本研究所建立之路線管理系統主要使用者為台鐵各工務段人員，考量適用範圍上至工務處下至各道班，皆能利用此單一系統做工作規劃與管理。目前善加利用有限的養路資金為目前各工務段最迫切所需的，以此本研究除了親自到台鐵工務段親自訪談也再加以參考RAILER 程式分析目前台鐵工務段的使用需求：

1. 建立軌道設施資產清單：以一個管理單位而言，瞭解管理範圍內所有的資產資訊應為首要的工作，唯有瞭解其資訊才能在未來隨時瞭解路線狀況，進而在資金上做調度，因此建立路線的資產清單為建立系統之首要工作。
2. 軌道檢查資料庫：台鐵工務段進行養護工作主要是基於各類軌道檢查工作之結果，軌道檢測資料可讓養路人員瞭解目前的軌道狀況，進而進行養護和維修，因此軌道檢測資料對於台鐵工務段而言極為重要；而現今台鐵工務段在靜態檢查方面，尚有些軌道檢測資料以人工抄寫的方式存檔；動態檢查方面雖說都已經用電腦作業但各類資料分散各處造成資料的不完整性，因此建立資料庫系統，將軌道檢測資料電子化並統一存放於資料庫內進行資料維護，如此一來可提高資料的完整性，因此在未來如有設置主資料庫存放各類養護資料，由於系統的統一，道班能利用網際網路直接將養護資料上傳至主資料庫，增進作業之效率，且利用資料庫在日後可隨時讓管理人員方便的檢視。
3. 養護工作規劃：目前在高鐵未通車前，台鐵可說是台灣城際運輸裡唯一的軌道運輸，再加上軌道運輸的準點性和安全性，使得台鐵的運量始終保有一定之水準，台鐵在如此高運量高速度的運轉模式下，對軌道的破壞程度也相對的提升，因此需要更多的養護工作來

維持運輸的安全性，相對的養護工作規劃就顯的極為重要；以此本研究以電腦對各類軌道檢查工作與養護工作規劃進行排程，讓使用者能有效率的進行各項規劃。

4. 軌道管理：以目前台鐵各工務段而言，維持軌道的全整性以維護運輸安全是各工務段的首要工作，但在有限的資金下，使得目前的軌道管理方式一直停留在損壞後修理的階段，並未對軌道進行更進一步的分析，藉由分析瞭解軌道的損壞率，而後有效的分配各項養護資源，這點也是現今工務段最缺乏的。

4.2.2 資料庫系統建構

資料庫系統可以看成是資料庫、資料庫管理系統與應用系統的組合，檔案系統雖然也具有組織及儲存資料的功能，和資料庫系統比較起來，卻有一些根本的差異。一般說來，檔案系統是作業系統的一部分，也是資料儲存最常見的方式，但是檔案本身缺乏結構化的資料組織能力，即使能支援，也有諸多限制，而且效率不佳；可以把檔案看成是位元或是字元的集合，本身沒有涵義，必須經由應用程式的處理之後，才變成有用的資訊。資料在資料庫內的組織方式可以用記錄、欄位、及鍵值等三個觀念來加以解釋。一組相關的資料集中存放的結果，稱為一筆記錄（record）。換言之，每一筆記錄所存放的，乃是與某一實體相關的各個資料。記錄內的各個不同的資料稱為欄位（field）。有一些欄位組合起來以後，便可以使各筆記錄在這些欄位的組合值均不相同，因此可以靠這些欄位的組合值來區別各筆不同的記錄。這些欄位便稱為鍵值欄位（key field）。從實體組織的層次來看，資料庫管理系統所管理的，便是資料庫內的一筆筆可以用鍵值欄位加以區分的記錄以及這些記錄內的各個欄位【15】。

使用資料庫來管理資料不但可以增加效率，亦可避免資料架構過於混亂，其優點如下【15】：

1. 資料儲存單一化，減少重複輸入的可能。
2. 資料可針對不同的應用重複使用。

3. 資料便於管理，並確保一致性（不會有的部門儲存資料較新，有的較舊）。
4. 使用者只需學習操作同一套軟體。
5. 複雜處理流程只需設計一遍，日後可重複使用。

如同上述所言，檔案系統為系統的一部份，但如果只將其視為一般檔案儲存，並未對檔案作妥善管理，也只是零散在電腦硬碟的各個空間，仍然會造成資料的不安全性，如此並未達到一個系統的安全與效率，其中也未能對資料做關聯性分析，因此資料庫系統為建立系統所基本必備的條件；以台鐵工務系統而言，為了處理養護單位龐大的資料和分析各類軌道檢查值，勢必得建置資料庫系統，一方面能增加運行的效率，在未來也可以快速的進行檢視和數值分析如圖 4-1 所示，台鐵使用資料庫系統可達到以下五點管理上的特點：

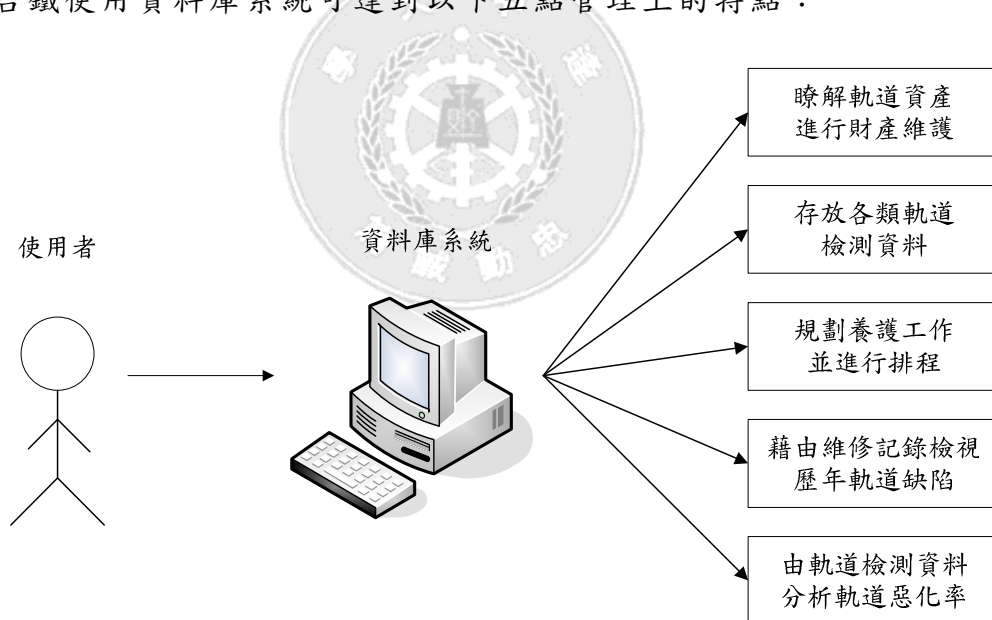


圖 4-2 資料庫系統管理特點

1. 瞭解軌道資產進行財產維護：建立軌道路線資產清單，將資料存放於資料庫，可使管理人員瞭解管理路線上各項構件的資訊，以便進行財產管理；唯有瞭解管理範圍內的構成要素，才能確實地進行各項養護工作及分析軌道缺陷原因。

2. 存放各類軌道檢測資料：將人工抄寫的檢測資料轉換成電子檔格式存檔，並將所有分散各處的檢測資料存放於資料庫，降低了文件遺失的風險也提升了資料的完整性，未來也可隨時調閱檢測資料進行檢視和分析，而不會造成需要歷史檢測資料又得費時尋找的缺點。
3. 規劃養護工作並進行排程：利用電腦安排例行性的養護計畫或維修性的養護規劃，可彌補人工作業上的缺失，並藉由電腦確定各項作業的完成。
4. 藉由維修記錄檢視歷年缺陷狀況：可從歷年的軌道維修記錄轉換成軌道的缺陷記錄，讓管理人員了解易發生軌道不整之地點，且藉由資料庫可對歷年的軌道缺陷記錄進行查詢的動作。
5. 由軌道檢測資料分析軌道惡化率：目前台鐵在量測軌道不整的方式有兩項，一是利用 EM80 軌道檢查車，二是利用小型軌道檢查儀，兩種方式都是檢測軌道的五種不整量，藉由資料庫裡軌道檢測的資料進行運算，分析軌道的損壞率。

4.2.3 建立系統物件

經過系統需求分析後，本研究規劃系統物件包含四大項目，以此四大項目為系統之起使表單，分別是 1.軌道基本資料 2.軌道檢查資料輸入 3.養護工作規劃 4.軌道管理，如表 4-1 所示。

表 4-1 路線管理系統起使表單

路線管理系統起使表單
1. 軌道基本資料
2. 軌道檢查資料輸入
3. 養護規劃
4. 軌道管理

1.軌道基本資料

軌道基本資料應包含全台所有路線之資料，且由現行台鐵工務單位管理組織可了解目前全台灣分別由七個工務段進行各地方的軌道養護，因此為方便工務單位對軌道基本資料的了解，在軌道基本資料上區分為如表 4-2。

表 4-2 軌道基本資料各工務段

1.軌道基本資料
<ul style="list-style-type: none">- 台北工務段- 台中工務段- 嘉義工務段- 高雄工務段- 宜蘭工務段- 花蓮工務段- 台東工務段

每個工務段所管轄之路線範圍皆不同，且不會重疊，因此再依台鐵營運路線中每個工務段所管轄之路線做分類，其台鐵營運路線如圖 4-3，其各工務段所包含之路線如表 4-3。

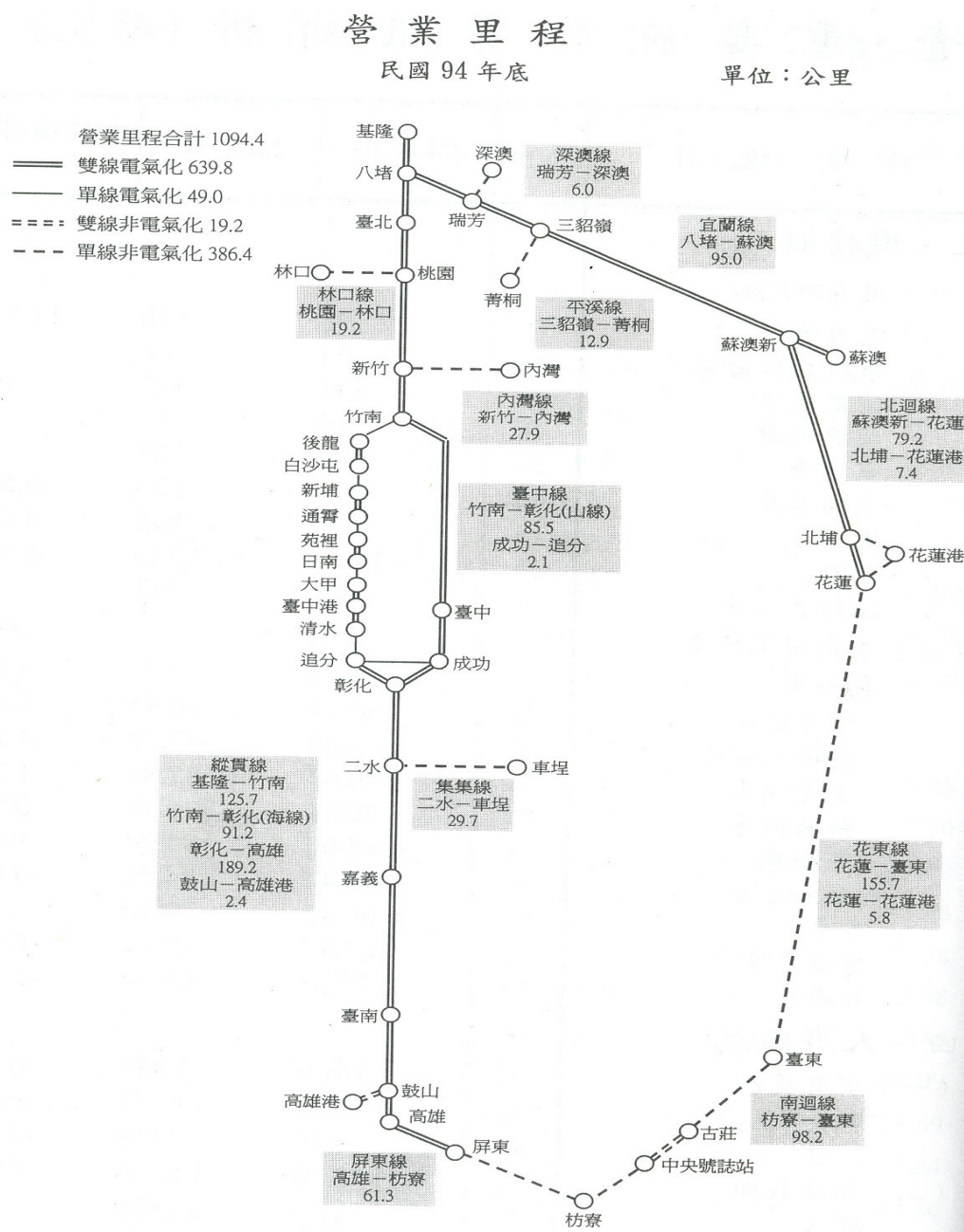


圖 4-3 台鐵營運路線圖【16】

表 4-3 各工務段所管轄之路線

- 台北工務段	- 縱貫線 - 林口線 - 內灣線	- 宜蘭工務段	- 宜蘭線 - 深澳線 - 平溪線
- 台中工務段	- 縱貫線 - 台中線 - 成追線 - 台中港線	- 花蓮工務段	- 北迴線 - 花東線 - 花蓮港線
- 嘉義工務段	- 縱貫線 - 集集線	- 台東工務段	- 花東線 - 南迴線
- 高雄工務段	- 縱貫線 - 屏東線 - 南迴線 - 高雄港線		

參考現行台鐵鐵路工務規章，各項規定原則所採標準是以路線等級做區分，因此每條路線除了所屬的起始位置外，並包含路線等級；組成路線的結構則參考 RAILER 程式及台鐵路線結構圖。路線結構如表 4-4，各項路線結構細項如表 4-5~表 4-14 所示。

表 4-4 路線結構

線名	
- 起始位置	- 軌道結構
- 結束位置	- 車站
- 路線等級	- 平交道
	- 曲線
	- 坡度
	- 橋樑
	- 隧道
	- 號誌
	- 道岔
	- 道班

表 4-5 軌道結構

軌道結構	
- 鋼軌	- 型式
	- 軌重
- 軌枕	- 尺寸
	- 材質
	- 間距
- 道碴	- 型式

表 4-6 車站

車站
- 站名
- 中心位置
- 站級

表 4-7 平交道

平交道
- 中心位置

表 4-8 曲線

曲線
- 起始位置
- 結束位置
- 長度
- 彎曲方向
- 迴轉半徑
- 軌距加寬
- 超高

表 4-9 坡度

坡度
- 起始位置
- 結束位置
- 長度
- 坡度

表 4-10 橋樑

橋樑
- 橋樑名稱
- 長度
- 中心位置
- 橋樑型式

表 4-11 隧道

隧道
- 隧道名稱
- 長度
- 中心位置

表 4-12 號誌

號誌
- 號誌種類
- 位置
- 東西線

表 4-13 道岔

道岔
- 道岔型式
- 位置
- 軌重

表 4-14 道班

道班
- 道班名
- 起始位置
- 結束位置

2. 軌道檢查資料輸入

依現行台鐵軌道檢查種類可分為動態檢查和靜態檢查，如表 4-15 所示，其中 EM80 軌道檢查車、列車動搖測定器和小型軌道檢查儀皆有電腦檔格式之檔案，各段轄區內人力檢查和道班人員隨乘機車或徒步巡察路線則還維持人工抄寫的紀錄方式。

表 4-15 軌道檢查資料輸入

軌道檢查資料輸入	
- 動態檢查	- EM80 軌道檢查車 - 列車動搖測定器
- 靜態檢查	- 小型軌道檢查儀 - 道班人員隨乘機車或徒步巡察路線 - 各段轄區內人力檢查

3. 養護規劃

為了有個對各類養護工作的統稱，因此稱這一類別為養護規劃，養護規劃包括軌道檢查工作規劃和養護工作規劃，如表 4-16 所示。

表 4-16 養護工作規劃

養護規劃
- 軌道檢查工作規劃
- 養護工作規劃

參考目前台鐵規劃各類軌道檢查及養護工作的方式，可將上述兩項各區分為如表 4-17,4-18 所示。

表 4-17 軌道檢查工作規劃

軌道檢查工作規劃
<ul style="list-style-type: none">- 檢查時間- 檢查線別- 東西線- 檢查里程- 檢查項目- 檢查單位- 是否完成- 備註

這裡又將養護工作規劃區分為例行性養護工作和維修性養護工作，主要是未來可從例行性養護工作裡瞭解何時何地什麼軌道項目經過養護或更換；而從維修性養護工作的資訊裡可瞭解路線的歷史缺陷情形和維修狀況。



表 4-18 養護工作規劃

養護工作規劃		
- 例行性養護工作	- 養護時間	- 養護單位
	- 線別	- 金額
	- 東西線	- 是否完成
	- 里程	- 處理情形
	- 養護項目	- 備註
	- 進行方式	
- 維修性養護工作	- 養護時間	- 養護項目
	- 線別	- 進行方式
	- 東西線	- 養護單位
	- 里程	- 金額
	- 缺陷情形	- 是否完成
	- 缺失原因	- 處理情形
	- 檢查方式	- 備註

4.軌道管理

軌道管理部分主要是讓軌道管理者藉由資料庫的分析瞭解歷年來軌道的缺陷狀況，也可藉由分析軌道 P 值瞭解軌道的損壞率。

表 4-19 軌道管理

軌道管理
- 歷年軌道缺陷記錄
- 軌道 P 值計算

歷年軌道缺陷記錄如表 4-20，主要從資料庫裡維修性養護工作匯入，如此可以省去管理人員再次建立新的軌道缺陷表單，方便地讓管理者瞭解路線上缺陷的情形和次數，並加上查詢功能，使管理者更易於管理。

軌道 P 值計算則是由 EM80 軌道檢查車和小型軌道檢查儀的檢測

資料匯入。其中區分為 Excel 計算表和計算結果存檔如表 4-21，計算結果存檔內容如表 4-22。

表 4-20 歷年軌道缺陷記錄

歷年軌道缺陷記錄
<ul style="list-style-type: none">- 線別- 東西線- 里程- 缺陷情形- 缺失原因- 處理情形- 養護時間- 金額
<ul style="list-style-type: none">- 查詢

表 4-21 軌道 P 值計算

軌道 P 值計算
<ul style="list-style-type: none">- Excel 計算表- 計算結果存檔

表 4-22 計算結果存檔

計算結果存檔	
<ul style="list-style-type: none"> - 日期 - 線別 - 東西線 - 路段起點 - 路段終點 - 路段長度 - 路段線形 	<ul style="list-style-type: none"> - 軌距不整 - 高低不整 - 水平不整 - 方向不整 - 平面性不整 - 軌道不整平均值 m - 軌道不整標準差 σ - P_1 - P_2 - P
- 查詢	

4.3 系統實作

本研究是利用個人電腦進行系統開發，其作業系統為 Microsoft Window XP Home，系統開發工具選用 Visual Basic .NET 2003，資料庫先行選擇 Microsoft Office Access 2003，因為考慮到資料庫的經濟性和普遍性，如果在未來需求增加亦可做格式轉換成 SQL 資料庫。

經過系統需求分析和系統物件建立後，可得到系統架構如圖 4-4 所示。

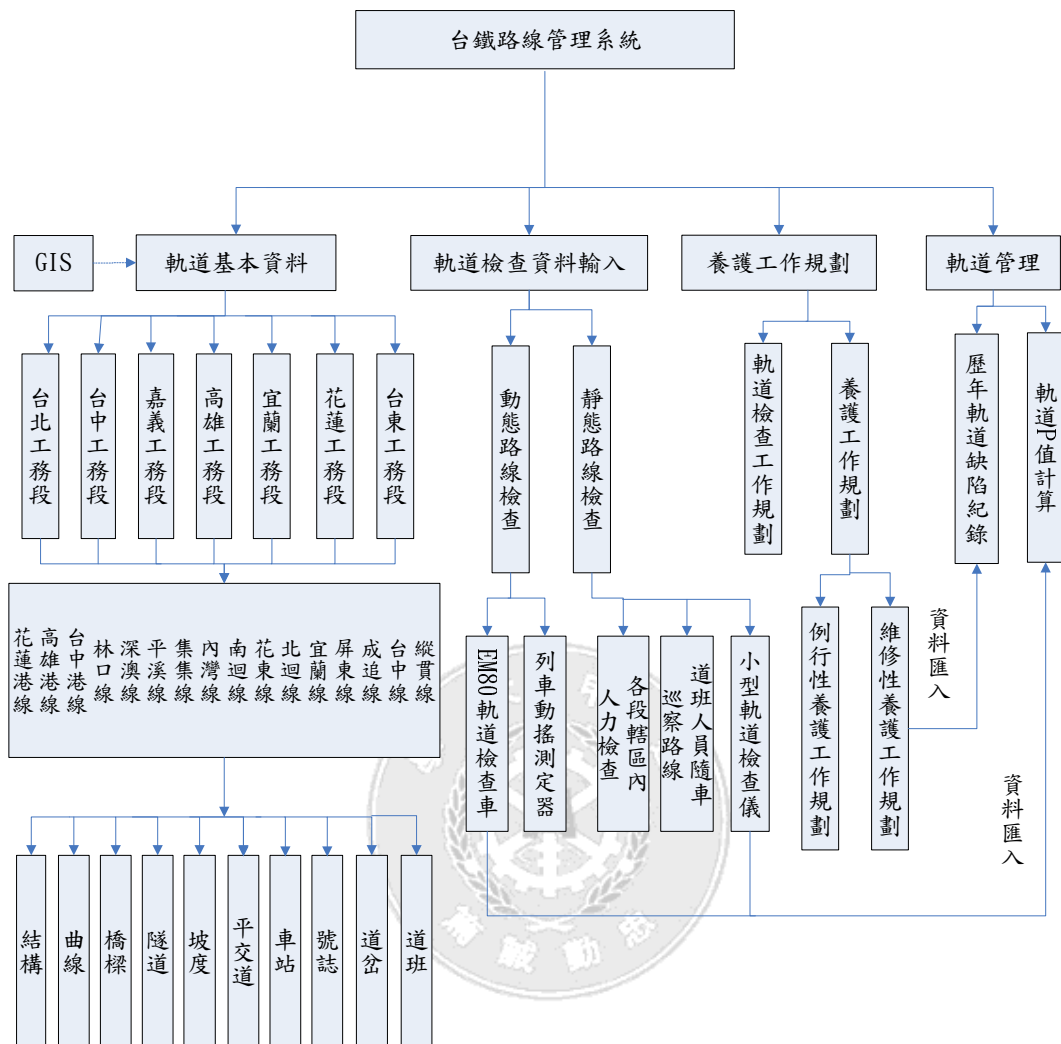


圖 4-4 系統架構圖

4.3.1 軌道基本資料

軌道基本資料依各工務段作區分，為台北工務段、台中工務段、嘉義工務段、高雄工務段、宜蘭工務段、花蓮工務段及台東工務段，如圖 4-5 所示。

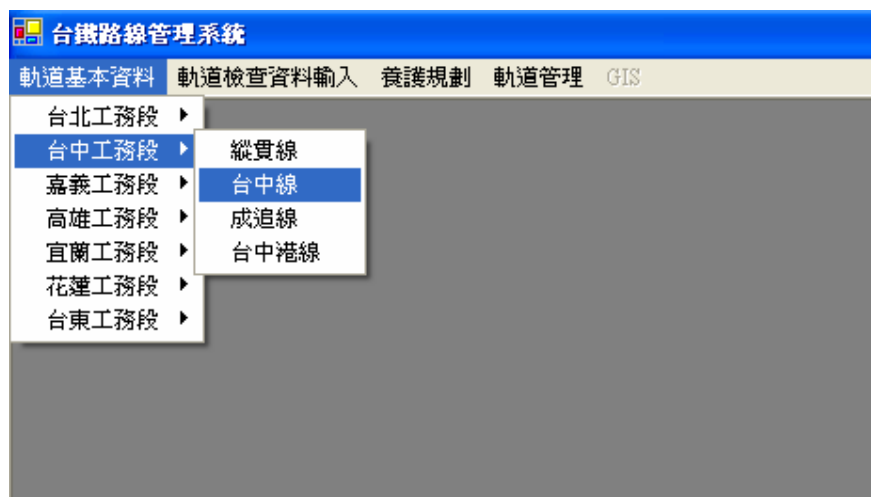


圖 4-5 軌道基本資料

圖 4-5 中每個工務段包含之路線名稱不同，但其每條路線的路線結構均為相同，因此本人以台中工務段台中線做範例，其路段範圍為 k163+000~k176+200。其路線結構之細項如圖 4-6~圖 4-15 所示。以上各個輸入項目皆已連結到資料庫，因此可在系統上直接進行新增、刪除和更新的動作。

台鐵路線管理系統

軌道基本資料 軌道檢查資料輸入 軌道規劃 軌道管理 GIS

台中線

線級 特甲 起始位置 k163+000 結束位置 k176+200 更新

橋樑	隧道	號誌	道岔	道班
軌道結構	車站	平交道	曲線	坡度

起始位置 k163+000 結束位置 k176+200 長度 13.2 公里

鋼軌 型式 重軌 軌重 50 公斤 軌枕 尺寸 材質 混凝土 間距 道碴 型式

首筆 上一筆 下一筆 末筆 新增 刪除 更新

圖 4-6 軌道結構

台鐵路線管理系統

軌道基本資料 軌道檢查資料輸入 軌道規劃 軌道管理 GIS

台中線

線級 特甲 起始位置 k163+000 結束位置 k176+200 更新

橋樑	隧道	號誌	道岔	道班
軌道結構	車站	平交道	曲線	坡度

站名 后里站 站級 三等 中心位置 172+650.867

首筆 上一筆 下一筆 末筆 新增 刪除 更新

圖 4-7 車站



圖 4-8 平交道

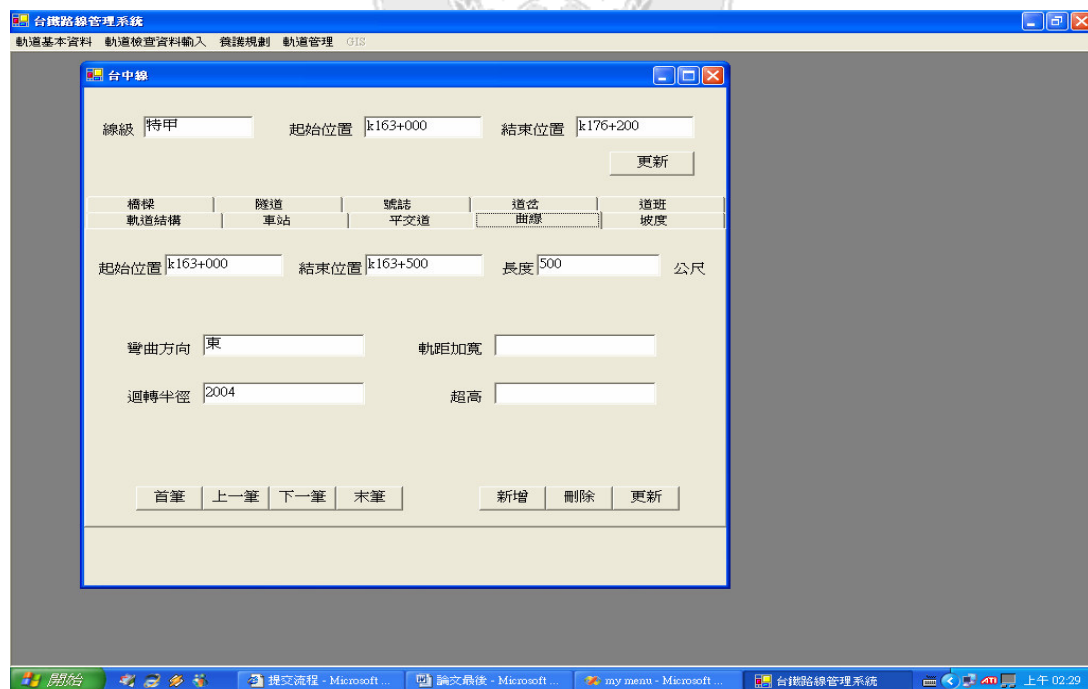


圖 4-9 曲線



圖 4-10 坡度



圖 4-11 橋樑

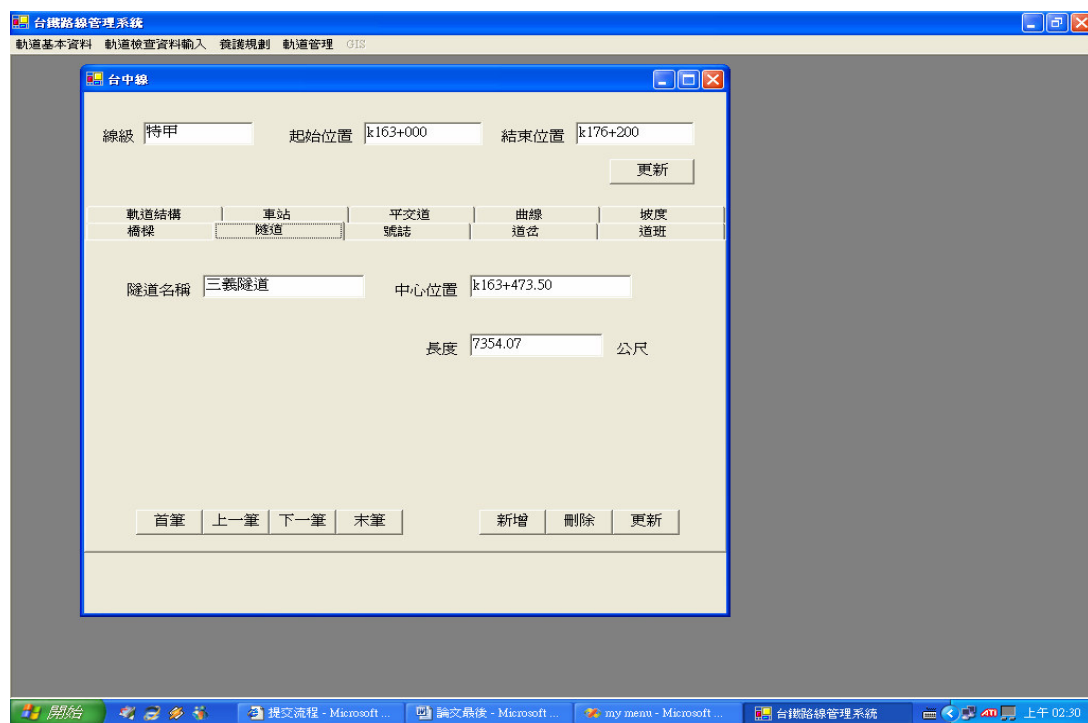


圖 4-12 隧道



圖 4-13 號誌



圖 4-14 道岔

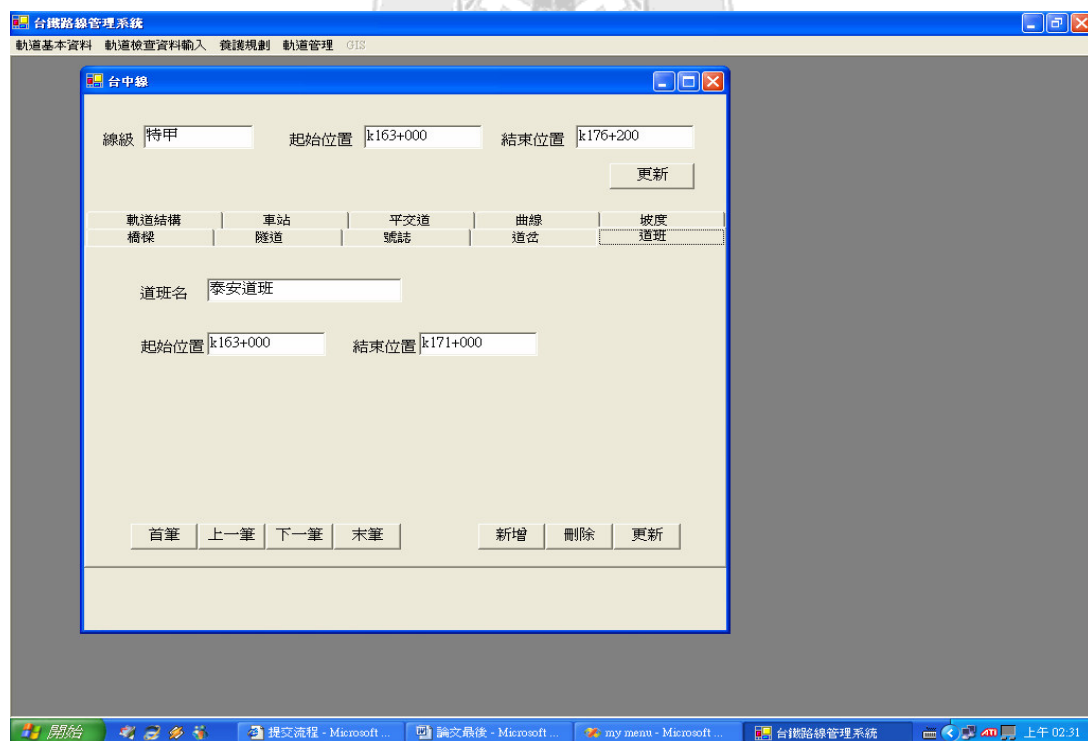


圖 4-15 道班

4.3.2 軌道檢查資料輸入

這裡以列車動搖測定器和道班人員隨乘機車巡察路線兩種檢查做輸入表單，格式為參考台鐵原始之輸入格式，其資料為參考原始表單作範例輸入。EM80 軌道檢查車之檢測資料自有程式軟體分析其資料且多放在工務處存檔，故在此暫不納入；小型軌道檢查儀之檢測資料因其工務單位自有分析軟體，資料龐大且有圖檔格式故在此也暫不討論；各段轄區內人力檢查之檢測資料因為牽涉到各工務段之年度績分排名，資料難以取得，故也暫時省略。



圖 4-16 動態路線檢查

方框部分可新增紀錄，按下”新增”即新增並顯示在下方資料欄，如圖 4-17~4-18；下方的資料欄資料排列方式是以日期做遞減排序，可直接做刪除與修改的動作，按下”更新”即可完成。並增加查詢的功能，以利未來檢視及修改。

台鐵路線管理系統 - [列車動搖檢查不良處所紀錄表]

軌道基本資料 軌道檢查資料輸入 養護規劃 軌道管理 GIS

工務單位 台中工務段

時間 2006/5/20 上午 12:00 不整情形 方向・高低不整

線別 台中線 缺失原因 道岔群

東西線 東正線 改善方式及時間 6/15 軌道砸實

里程 K152+570 檢查方式 列車振動檢查

新增 更新

搜尋

取消 查詢

索引	日期	線別	東西線	里程	不整情形	缺失原因	改善方式及日期	檢查方式
3	2006/5/20	台中線	東正線	K134+675	方向・高低不整	道岔群	6/15 軌道砸實	列車振動檢
2	2006/5/20	台中線	西正線	K173+987	高低不整	道岔群	6/15 軌道砸實	列車振動檢
1	2006/5/20	台中線	西正線	K164+175	方向・高低不整	軌道沉陷	6/15 軌道砸實	列車振動檢

圖 4-17 列車動搖檢查不良紀錄表

台鐵路線管理系統 - [列車動搖檢查不良處所紀錄表]

軌道基本資料 軌道檢查資料輸入 養護規劃 軌道管理 GIS

工務單位 台中工務段

時間 不整情形

線別 缺失原因

東西線 改善方式及時間

里程 檢查方式

新增 更新

搜尋

取消 查詢

索引	日期	線別	東西線	里程	不整情形	缺失原因	改善方式及日期	檢查方式
4	2006/5/20	台中線	東正線	K152+570	方向・高低不整	道岔群	6/15 軌道砸實	列車振動檢
3	2006/5/20	台中線	東正線	K134+675	方向・高低不整	道岔群	6/15 軌道砸實	列車振動檢
2	2006/5/20	台中線	西正線	K173+987	高低不整	道岔群	6/15 軌道砸實	列車振動檢
1	2006/5/20	台中線	西正線	K164+175	方向・高低不整	軌道沉陷	6/15 軌道砸實	列車振動檢

圖 4-18 列車動搖檢查不良紀錄表(續)

靜態路線檢查如圖 4-19~圖 4-20，其操作方式如同之前所示。

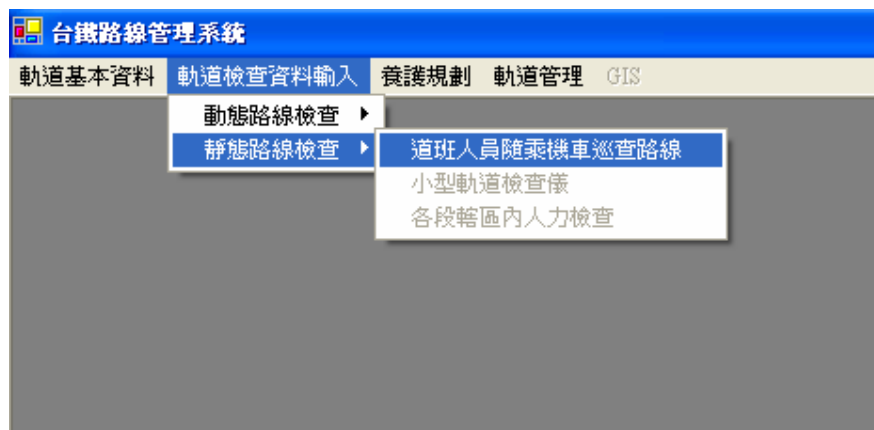


圖 4-19 靜態路線檢查



圖 4-20 道班人員隨車巡察路線

4.3.3 養護規劃

本研究將養護規劃分成軌道檢查工作和養護工作規劃。

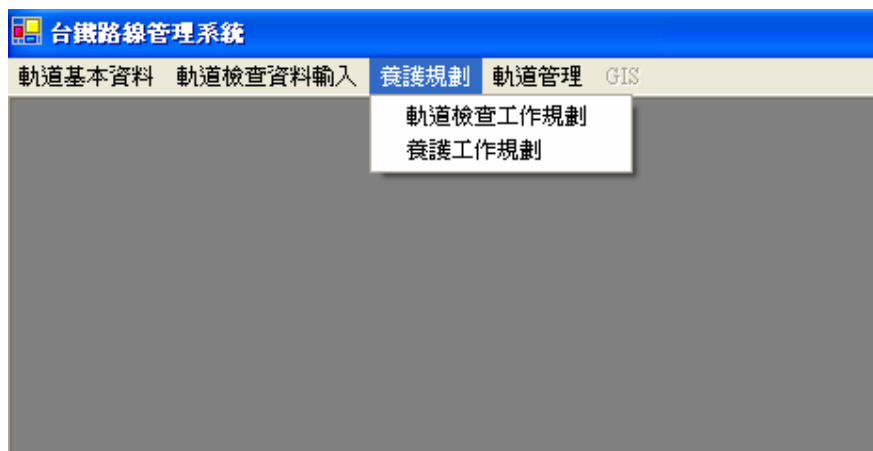


圖 4-21 養護規劃

軌道檢查工作規劃如圖 4-22~圖 4-23，方框部分可新增檢查工作，按下”新增”即新增並顯示在下面資料欄，資料欄主要以日期作遞減排序；下面的資料欄也可直接做新增、刪除與修改的動作，按下”更新”即可完成；待檢查完成後，可在”是否完成”項目上打勾確定完成。並增加查詢的功能，以利未來檢視及修改。以下資料為個人假設模擬。

台鐵路線管理系統 - [軌道檢查工作規劃]

軌道基本資料 軌道檢查資料輸入 養護規劃 軌道管理 GIS

工務單位: 台中工務段

檢查時間: 2006/5/20 上午 12:00: 檢查里程: k122~k178

檢查線別: 台中線 檢查項目: 列車動搖檢查

東西線 西正線 檢查單位: 台中工務段

新增 更新

搜尋

取消 查詢

識別碼	檢查時間	檢查線別	東西線	檢查里程	檢查項目	檢查單位	是否完成	備註
3	2006/5/18	台中線	西正線	k110~k134	列車動搖檢查	台中工務段	✓	(Null)
2	2006/5/3	縱貫線	東正線	k134~k180	遠班隨車巡查	台中工務段	✓	(Null)
1	2006/5/2	台中線	東正線	k135~k200	列車動搖檢查	台中工務段	✓	(Null)

圖 4-22 軌道檢查工作規劃

台鐵路線管理系統 - [軌道檢查工作規劃]

軌道基本資料 軌道檢查資料輸入 養護規劃 軌道管理 GIS

工務單位: 台中工務段

檢查時間: 檢查里程:

檢查線別: 檢查項目:

東西線 西正線 檢查單位:

新增 更新

搜尋

取消 查詢

識別碼	檢查時間	檢查線別	東西線	檢查里程	檢查項目	檢查單位	是否完成	備註
4	2006/5/20	台中線	西正線	k122~k178	列車動搖檢查	台中工務段	☐	(Null)
3	2006/5/18	台中線	西正線	k110~k134	列車動搖檢查	台中工務段	✓	(Null)
2	2006/5/3	縱貫線	東正線	k134~k180	遠班隨車巡查	台中工務段	✓	(Null)
1	2006/5/2	台中線	東正線	k135~k200	列車動搖檢查	台中工務段	✓	(Null)

圖 4-23 軌道檢查工作規劃 (續)

養護工作規劃分為例行性養護工作和維修性養護工作，如圖 4-24~圖 4-27，其中金額、是否完成、處理情形及備註四項可待養護工作完成後再填入資料。其操作方式如同前面所示。以下資料為個人假設模擬。

識別碼	維護時間	線別	東西線	里程	維護項目	進行方式	維護單位	金額
2	2006/5/21	台中線	東正線	k122~k150	軌道	礮道	台中工務段	250
1	2006/5/20	台中線	西正線	k158~k189	軌道	磨軌	台中工務段	300

圖 4-24 例行性養護工作



圖 4-25 例行性養護工作（續）



圖 4-26 維修性養護工作

檢查方式	養護項目	進行方式	養護單位	金額	是否完成	處理情形	備註
列車動搖檢查	軌道	軌道確實	台中工務段		<input type="checkbox"/>		
列車動搖檢查	軌道	軌道確實	台中工務段		<input type="checkbox"/>		
列車動搖檢查	軌道	軌道確實	台中工務段	35,000	<input checked="" type="checkbox"/>		
列車動搖檢查	軌道	軌道、撥道整修	台中工務段	45,000	<input checked="" type="checkbox"/>		
列車動搖檢查	軌道	軌道、撥道整修	台中工務段	40,000	<input checked="" type="checkbox"/>		

圖 4-27 維修性養護工作（續）

4.3.4 軌道管理

軌道管理分為歷年缺陷記錄和軌道 P 值計算，如圖 4-28。本節先行討論歷年缺陷記錄，軌道 P 值計算因其牽涉其理論基礎，故留待下一節討論。

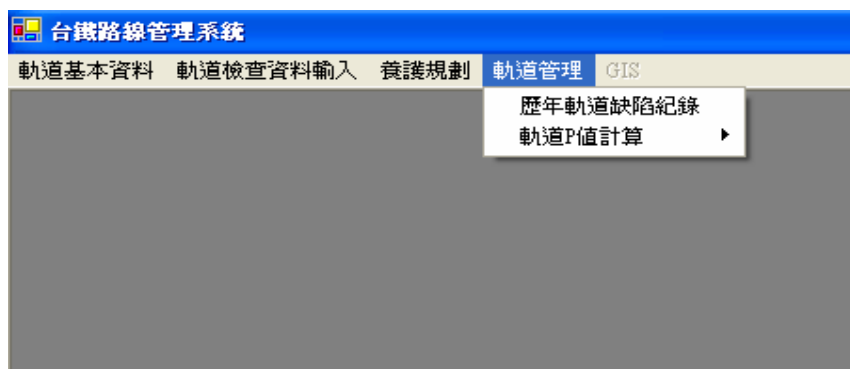


圖 4-28 軌道管理

歷年軌道缺陷記錄主要是從資料庫裡維修性養護工作匯入，藉由維修工作瞭解軌道的歷史缺陷情形跟頻率，其資料排序方式依線別、東西線和里程排序，而且資料設定為唯讀，如圖 4-29。

線別	東西線	里程	缺陷情形	缺失原因	處理情形	養護時間
台中線	西正線	k132	高低不整	道岔群		2006/5/1
台中線	西正線	k255	方向不整	道岔群		2006/5/5
台中線	東正線	k122	方向、高低不整	軌道沉落		2006/5/2
縱貫線	西正線	k124	高低不整	道岔群		2006/5/15
縱貫線	東正線	k145	方相不整	軌道沉落		2006/5/22

搜尋

取消 查詢

線別	東西線	里程	缺陷情形	缺失原因	處理情形	養護時間
台中線	西正線	k132	高低不整	道岔群		2006/5/1
台中線	西正線	k255	方向不整	道岔群		2006/5/5
台中線	東正線	k122	方向、高低不整	軌道沉落		2006/5/2
縱貫線	西正線	k124	高低不整	道岔群		2006/5/15
縱貫線	東正線	k145	方相不整	軌道沉落		2006/5/22

圖 4-29 歷年軌道缺陷記錄

圖上方的資料欄將所有缺陷情形列出，下方的資料欄主要讓使用者做查詢的動作，一開始下方的資料欄亦會將所有資料列出，待查詢後將只列出所查詢的項目，如圖 4-30~4-31，

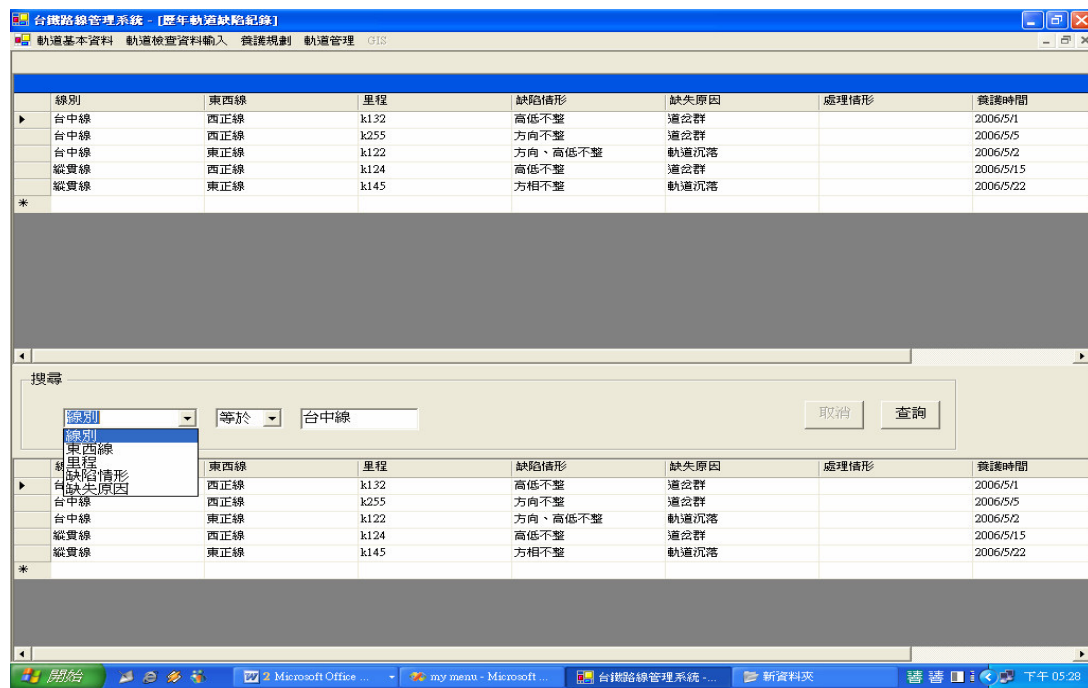


圖 4-30 歷年軌道缺陷記錄查詢

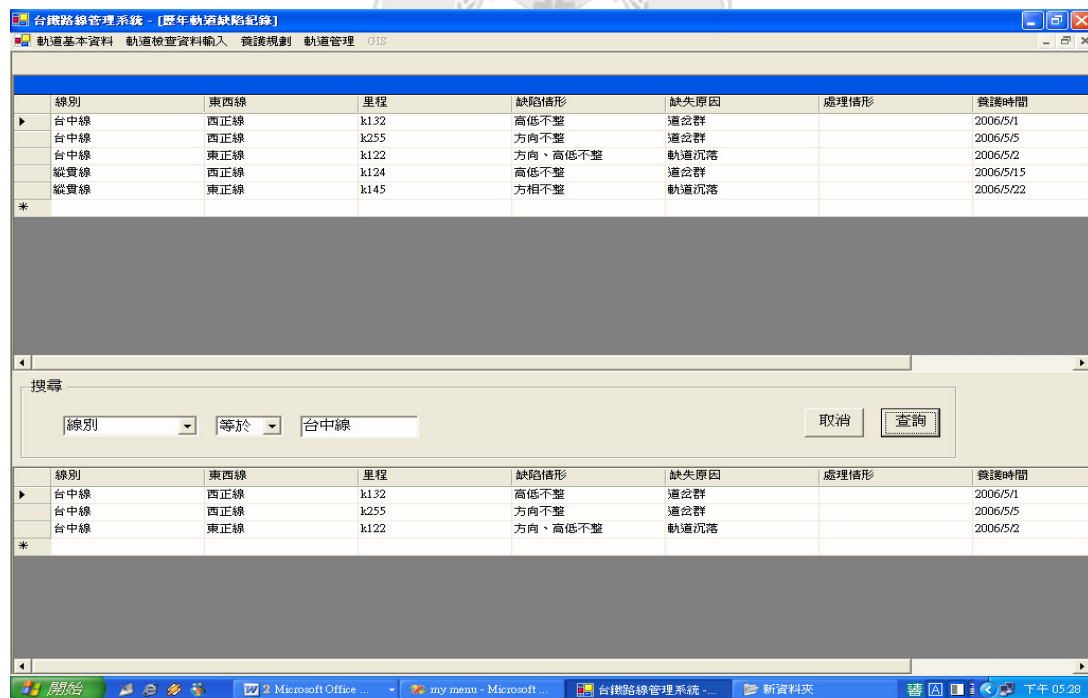


圖 4-31 歷年軌道缺陷記錄查詢查詢結果

4.4 軌道 P 值計算

4.4.1 軌道 P 值理論基礎

定義一：

依黃民仁在鐵路工程學裡提到 $\pm 3\text{mm}$ 以上軌道不整所佔百分比稱為軌道不整 P 值，一般軌道不整 P 值約呈常態分配，故 P 值為

$$p_1 = 100 \int_{+3}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(X-m)^2}{2\sigma^2}} dx$$

$$p_2 = 100 \int_{-\infty}^{-3} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(X-m)^2}{2\sigma^2}} dx$$

$$p = p_1 + p_2$$

式中 m = 軌道不整平均值

σ = 軌道不整標準偏差

計算軌道 P 值為提高統計信賴度，依定義計算 P 值時，取樣每公里需 120 點以上。

定義二：

依王其昌在高速鐵路土木工程學裡提到，日本新幹線高速鐵路對區段軌道不整進行整體綜合管理，即 P 值管理。P 值是 500m 軌道區段中，超過 $\pm 3\text{mm}$ 的不整採樣點數佔總採樣點數的百分比。黃民仁在鐵路工程學裡也提到軌道不整超出 $+3$ 的點數佔總採樣點數的比率為 p_1 ，軌道不整超出 -3 的點數佔總採樣點數的比率為 p_2 ， $p_1 + p_2$ 即是軌道 P 值。

4.4.2 系統應用

本系統採用定義一為軌道 P 值，其考量因素有二：

1. 以目前的軌道檢查設備，量測點數每公里 120 點以上已可達成，且定義一利用常態分配原理計算軌道不整超出 $\pm 3\text{mm}$ 的機率值較為嚴謹。
2. 以目前電腦科技的進步，並不會造成計算費時費力的缺點，利用 Microsoft Office Excel 即可快速算出。

於工務管理系統應用方面，本研究以 Microsoft Office Excel 2003 為計算工具，按下軌道 P 值計算 Excel 計算表，顯示如圖 4-32~4-34，表格包含軌距不整、方向不整、高低不整、水平不整和平面性不整，其軌道不整平均值 m 、軌道不整標準偏差 σ 和軌道 p_1 、 p_2 和 P 值都已建立好計算函數，只需將軌道不整資料貼上 Excel 試算表，即可算出各項值。

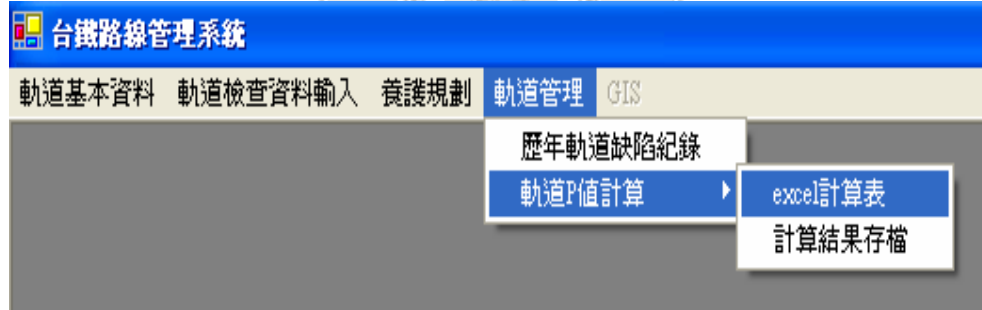


圖 4-32 軌道 P 值計算

當計算好軌道 P 值時，按下程式中“計算結果存檔”，如圖 4-35，即可儲存每一次的 P 值計算結果。

	軌距	方向	高低	水平	平面性
平均值(m)	-0.201980198	-0.435643564	0.547029703	-0.103960396	-0.173267327
標準差(σ)	1.221099991	1.190751003	2.150210924	2.193957534	2.353042736
P1	0.436808339	0.195536226	12.69756439	7.856696239	8.873588897
P2	1.097035104	1.563725785	4.951039999	9.341631753	11.48155767
P	1.533843444	1.759262011	17.64860439	17.19832799	20.35514657

圖 4-35 P 值計算結果存檔

在此項目裡另加上查詢的功能，使用者可依建立日期、線別、東西線及路段起點作查詢目標，如圖 4-36，讓使用者查詢各路段歷年來之 P 值計算結果，如此可使管理者了解此路段長時間以來的 P 值變化，更精確掌握軌道的損壞情形。

台鐵路線管理系統
軌道基本資料 軌道檢查資料輸入 維護規劃 軌道管理 GIS

P值計算結果查詢

存檔 查詢

日期: 2005/12/9 上午 12:00: 路段起點: k192+600
線別: 縱貫線 路段終點: k193+100
東西線: 西正線 路段長度: 500m
路段線形: 直線

搜尋: 建立日期 等於 2005/12/9
取消 查詢

首筆 上一筆 下一筆 末筆

	軌距	方向	高低	水平	平面性
平均值(m)	-0.201980198	-0.435643564	0.547029703	-0.103960396	-0.173267327
標準差(σ)	1.221099991	1.190751003	2.150210924	2.193957534	2.353042736
P1	0.436808339	0.195536226	12.69756439	7.856696239	8.873588897
P2	1.097035104	1.563725785	4.951039999	9.341631753	11.48155767
P	1.533843444	1.759262011	17.64860439	17.19832799	20.35514657

圖 4-36 P 值計算結果查詢

4.4.3 實例驗證

4.4.3.1 小型軌道檢查儀

小型軌道檢查儀實例驗證以台中工務段後龍區間，路線等級特甲及甲級線，里程 K139+931~K140+429 上行，利用小型軌道檢查儀量測之檢測資料為實例驗證，詳如附錄一，資料範圍為五百公尺，採樣點數為五百筆，故無採樣點數不足的缺失。

在實例驗證中本研究只採用軌距不整、高低不整和方向不整做計算，而省略水平不整和平面性不整，因為在其檢測報告上水平不整牽涉到曲線超高部分，故實際不整值並未列出，在平面性不整部分檢測值幾乎皆超過-3，也因本人未能實際了解小型軌道檢查儀檢測方式，因而擔心計算出錯誤之結果，故省略以上兩項不整量，以下利用定義

一及定義二計算軌道 P 值。

定義一：

利用本研究已寫好之計算程式，將軌道不整值貼上，如圖 4-37，即可求出各種軌道不整之 P 值。

	A	B	C	D	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Km	軌距	方向	高低								
2	140.429	0.32	1.34	-0.19	m	-0.94287425	1.37001996	-0.1153493				
3	140.428	0.32	1.16	0.13	σ	1.050334289	0.747384928	0.428045887				
4	140.427	0.36	0.55	-0.56	p_1	0.008704411	1.459499857	1.69309E-11				
5	140.426	0.4	0.47	-0.48	p_2	2.508311618	2.50137E-07	7.96768E-10				
6	140.425	0.16	0.33	0	p	2.517016029	1.459500107	8.13699E-10				
7	140.424	-0.63	0.6	0.35								
8	140.423	-0.91	1.34	0.08								
9	140.422	-0.91	1.58	-0.21								
10	140.421	-0.91	1.98	-0.45								
11	140.42	-0.87	2.36	-0.43								
12	140.419	-0.87	2.86	0.03								
13	140.418	-0.87	3.02	-0.03								
14	140.417	-0.87	2.62	-0.29								
15	140.416	-0.87	2.83	-0.45								
16	140.415	-0.87	3.37	-0.19								
17	140.414	-0.83	2.1	0.03								
18	140.413	-0.83	1.88	-0.56								
19	140.412	-0.83	1.61	-0.93								
20	140.411	-0.79	1.03	-0.56								
21	140.41	-0.83	1.48	0.43								
22	140.409	-0.87	2.22	1.22								
23	140.408	-1.38	1.05	0.74								
24	140.407	-1.86	0.39	-0.11								
25	140.406	-2.17	0.31	1.86								
26	140.405	-2.17	0.81	0.51								

圖 4-37 小型軌道檢查儀 P 值計算結果

依軌道 P 值計算表之計算結果如表 4-23 所示。

表 4-23 小型軌道檢查儀 P 值計算結果

	軌距不整	方向不整	高低不整
m	-0.94287425	1.37001996	-0.1153493
σ	1.050334289	0.747384928	0.428045887
p_1	0.008704411	1.459499857	1.69309E-11
p_2	2.508311618	2.50137E-07	7.96768E-10
p	2.517016029	1.459500107	8.13699E-10

定義二：

這裡利用 Excel 篩選的功能，挑出各種不整量超出 $\pm 3\text{mm}$ 之欄位，如圖 4-38，挑選出軌距不整、方向不整和高低不整超出 $\pm 3\text{mm}$ 之欄位。

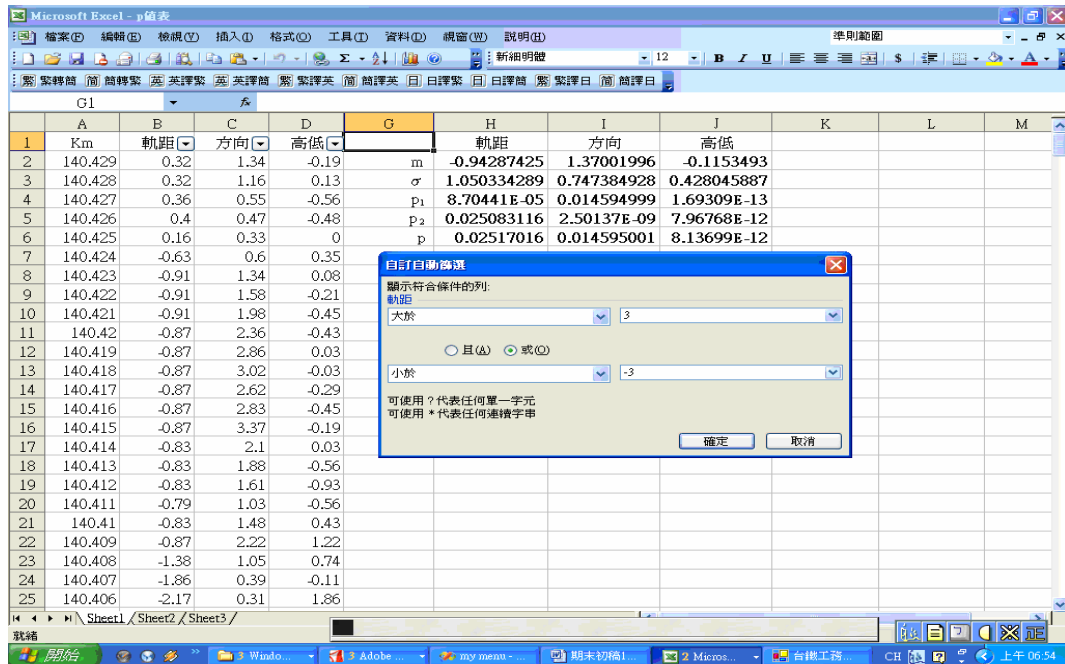


圖 4-38 篩選

	A	B	C	D
1	Km	軌距	方向	高低
266	140.165	4.86	1.03	-0.05
267	140.164	5.73	1.08	0.03
268	140.163	5.25	1.53	-0.03
269	140.162	5.25	0.95	-0.21
270	140.161	5.61	0.15	-0.51

圖 4-39 軌距篩選

	A	B	C	D	E	G	H
1	Km	軌距	方向	高低			軌距
13	140.418	-0.87	3.02	-0.03			
16	140.415	-0.87	3.37	-0.19			
55	140.376	-1.74	3.55	-0.53			
56	140.375	-1.74	3.05	-0.51			
61	140.37	-1.74	3.23	-0.03			
62	140.369	-1.74	3.23	0.19			
133	140.298	-0.79	3.34	0.16			
199	140.232	-1.78	4.64	0.08			
262	140.169	-1.54	3.29	-0.4			
286	140.145	-1.07	3.53	-0.08			
496	139.935	-1.38	3.1	-0.32			
503							
504							
505							

圖 4-40 方向篩選

	A	B	C	D	E	G
1	Km	軌距	方向	高低		
503						
504						
505						
506						
507						

圖 4-41 高低篩選

依圖 4-39~圖 4-41 紅色方框所示，軌距不整之 p_1 為 $\frac{5}{500}=0.01$ ， p_2

為 0，故 P 值 $0.01 \times 100 = 1$ ；方向不整之 p_1 為 $\frac{11}{500} = 0.022$ ， p_2 為 0，故 P

值為 $0.022 \times 100 = 2.2$ ；高低不整沒有超出 $\pm 3\text{mm}$ 之不整，因此 P 值為 0。

結果分析：

表 4-24 小型軌道檢查儀 P 值計算結果分析

定義一	軌距不整	方向不整	高低不整
p_1	0.008704411	1.459499857	1.69309E-11
p_2	2.508311618	2.50137E-07	7.96768E-10
p	2.517016029	1.459500107	8.13699E-10
定義二	軌距不整	方向不整	高低不整
p_1	1	2.2	0
p_2	0	0	0
p	1	2.2	0

由表 4-24 可看出定義一及定義二算出之軌道 P 值，其結果都非常的小，尤其是在高低不整方面，兩定義算出之結果幾乎趨近於零，顯示出軌道狀況非常的優良。

4.4.3.2 EM80 軌道檢查車

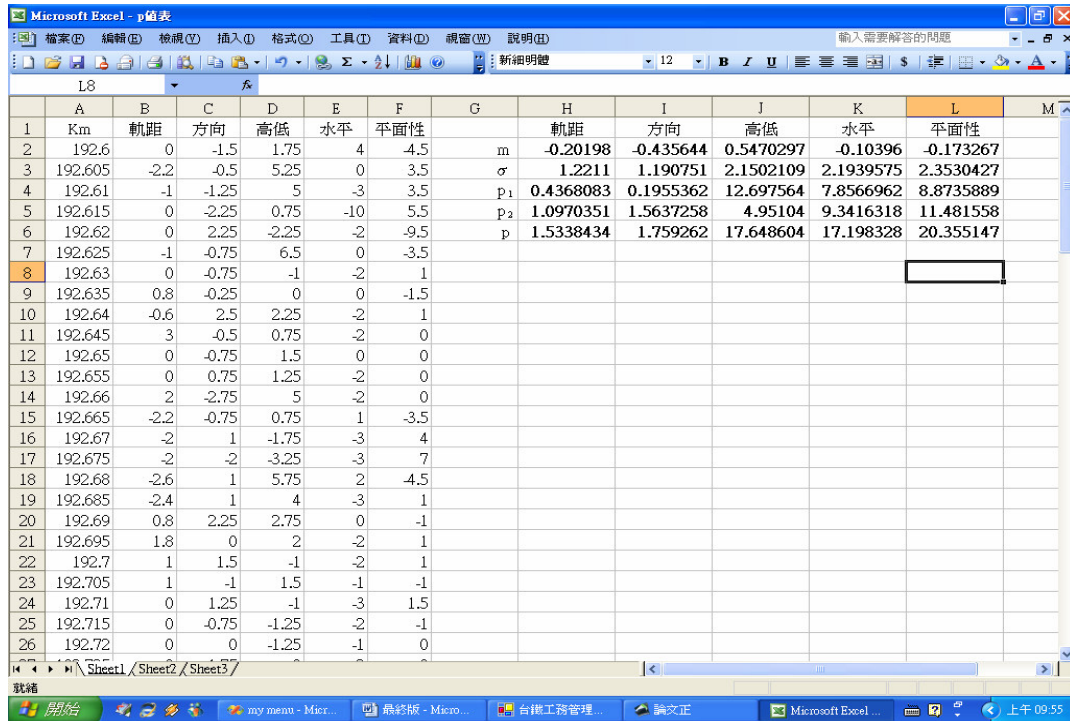
在 EM80 軌道檢查車實例驗證方面，本研究以台鐵工務處提供之檢測資料作範例，其資料為縱貫線 K192+600~K193+100 下行，長度範圍 500 公尺，詳細資料如附錄二所示。

研究中所需之 EM80 軌道檢查車檢測資料因現今台鐵工務處之檢測軟體未能列出各項軌道不整的詳細數值，因此本研究以目前取得的軌道不整檢測圖表，做徒手計算，其計算範圍五百公尺，以五公尺做一次量測，總共測得 101 筆數值，並將誤差盡量控制在最小範圍，其量測點數超過每公里 120 筆。

在資料處理方面，高低不整分為左軌高低和右軌高低，方向不整分為左軌方向和右軌方向，而在與台鐵人員洽談後，其認為可將兩項相加再除以二，因此高低不整和方向不整是將左軌與右軌的不整量作

相加再除二得之。

在上一節皆已列出兩定義之計算方式，因此本節只列出定義一之程式計算的部份，之後便對兩定義的計算結果做探討。



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
	Km	軌距	方向	高低	水平	平面性		軌距	方向	高低	水平	平面性	
1	192.6	0	-1.5	1.75	4	-4.5	m	-0.20198	-0.435644	0.5470297	-0.10396	-0.173267	
2	192.605	-2.2	-0.5	5.25	0	3.5	σ	1.2211	1.190751	2.1502109	2.1939575	2.3530427	
3	192.61	-1	-1.25	5	-3	3.5	p_1	0.4368083	0.1955362	12.697564	7.8566962	8.8735889	
4	192.615	0	-2.25	0.75	-10	5.5	p_2	1.0970351	1.5637258	4.95104	9.3416318	11.481558	
5	192.62	0	2.25	-2.25	-2	-9.5	p	1.5338434	1.759262	17.648604	17.198328	20.355147	
6	192.625	-1	-0.75	6.5	0	-3.5							
7	192.63	0	-0.75	-1	-2	1							
8	192.635	0.8	-0.25	0	0	-1.5							
9	192.64	-0.6	2.5	2.25	-2	1							
10	192.645	3	-0.5	0.75	-2	0							
11	192.65	0	-0.75	1.5	0	0							
12	192.655	0	0.75	1.25	-2	0							
13	192.66	2	-2.75	5	-2	0							
14	192.665	-2.2	-0.75	0.75	1	-3.5							
15	192.67	-2	1	-1.75	-3	4							
16	192.675	-2	-2	-3.25	-3	7							
17	192.68	-2.6	1	5.75	2	-4.5							
18	192.685	-2.4	1	4	-3	1							
19	192.69	0.8	2.25	2.75	0	-1							
20	192.695	1.8	0	2	-2	1							
21	192.7	1	1.5	-1	-2	1							
22	192.705	1	-1	1.5	-1	-1							
23	192.71	0	1.25	-1	-3	1.5							
24	192.715	0	-0.75	-1.25	-2	-1							
25	192.72	0	0	-1.25	-1	0							

圖 4-42 EM80 軌道檢查車 P 值計算結果

表 4-25 EM80 軌道檢查車 P 值計算結果

	軌距	方向	高低	水平	平面性
m	-0.2019802	-0.43564356	0.547029703	-0.1039604	-0.1732673
σ	1.221099991	1.190751003	2.150210924	2.1939575	2.35304274
p_1	0.4368083	0.1955362	12.697564	7.8566962	8.8735889
p_2	1.0970351	1.5637258	4.95104	9.3416318	11.481558
P	1.5338434	1.759262	17.648604	17.198328	20.355147

結果分析：

表 4-26 EM80 軌道檢查車 P 值計算結果分析

定 義 一	軌距	方向	高低	水平	平面性
p ₁	0.4368083	0.1955362	12.697564	7.8566962	8.8735889
p ₂	1.0970351	1.5637258	4.95104	9.3416318	11.481558
P	1.5338434	1.759262	17.648604	17.198328	20.355147
定 義 二	軌距	方向	高低	水平	平面性
p ₁	0	0	13.862	2.97	8.91
p ₂	0	0	0.99	3.96	9.9
P	0	0	14.85	6.93	18.81

1. 結果顯示在軌距不整與方向不整兩項算出之 P 值結果都非常的小，可見此路段在此兩項非常的優良，但因計算路段為直線，方向不整的發生較不顯著，如果是在曲線部分，方向不整部份就得更加留意。
2. 在高低、水平、平面性不整方面，平面性不整的 P 值結果為 20.355147，高低和水平不整的 P 值為 17.648604 與 17.198328，而平面性不整的發生通常不會是單獨的，常會併同部分的高低不整及水平不整發生，因此可解釋為何此三項 P 值皆較大；在平面性不整 P 值方面，顯示不整量超出 $\pm 3\text{mm}$ 之點數在 20% 左右為所有不整型態中最大之數值，有關單位即需注意前後幾次 P 值計算結果裡平面性不整的 P 值變化情形，了解軌道的惡化程度，以此做出最具時效且有效的養護計畫。
3. 在定義一與定義二計算結果的差異上，其趨勢大致相去不遠，但定義一由常態分配原理推算整體的不整趨勢較為嚴謹，較能反映軌道的真實情況，以上述水平不整為例，兩定義之計算結果 P 值相差達

兩倍以上，由於定義二的計算僅算出軌道不整量超出 $\pm 3\text{mm}$ 之比例，對於整體軌道的不整情形難免會有高估或低估的缺失。

4.4.4 討論與分析

1. 小型軌道檢查儀

利用小型軌道檢查儀之檢測數值做實例驗證，所得到之軌道 P 值皆非常的小，顯示出軌道品質都非常優良，但小型軌道檢查儀多半是 used 在新線或側線，一來因為新線一定保有非常優良之線形，側線之軌道用量也較台鐵一般路線來的少，但最重要的是小型軌道檢查儀屬於靜態檢查，以養護人員手推儀器，並沒有真正的載重壓在軌道上，如此並不能量測到當載重於軌道上時，軌道與路基的互動反應，因此會忽略許多實際的軌道不整情況，因此所量測之數據會有高估軌道品質的缺失。

2. EM80 軌道檢查車

使用 EM80 軌道檢查車檢測數據之實例驗證，因其檢測車輛載重較接近實際機車頭，所算得之軌道 P 值方能顯示出實際軌道狀況，而本研究所採用之數據因未能取得完整之軌道不整值，且採樣點數 5 公尺一筆也未盡完善，因此計算得之軌道 P 值尚有些許誤差存在，未能確實反映出軌道的不整情形。以軌道 P 值計算定義一中所用常態分配的原理，採樣點數越多越接近整體的實際不整情形，相信現今科學已可達到相當的程度，且可精確的量測出實際不整量，因此算得之軌道 P 值會更精確且更能反映出每路段的實際軌道不整情形。

4.4.5 小結

目前世界各國於軌道管理中，多是以五百公尺為管理單位，將路段分成若干單位管理，再用軌道不整所佔路段比率判別各路段之軌道惡化情形，比較各路段之優劣；於本研究中同樣使用五百公尺為軌道 P 值計算單位，管理者可利用軌道 P 值計算結果，比較各路段軌道不整之嚴重情形，考量養護之必要性，並藉此排定各路段之養護優先順

序。

藉由軌道 P 值的計算，軌道管理人員可了解每路段歷年來之軌道 P 值變化，了解軌道的惡化情形及損壞率，並藉此分析軌道不整之發生原因，管理人員也可從軌道養護後的 P 值變化，了解施工品質的好壞與否。

縱合上述所言，軌道 P 值計算可了解軌道之惡化情形及安排養護之優先順序，更重要的在於管理人員可隨時掌控軌道之狀況，進而做出更有利的資金調度。而在後續研究中更可分析長期以來各路段 P 值變化之趨勢，進一步去預測軌道的惡化情形。



第五章 結論與建議


5.1 結論

- 一、 本研究所做之台鐵路線管理系統考量現行台鐵路線結構方式，製作台鐵軌道基本資料，利用表單的方式使使用者一目瞭然，其軌道基本資料較傳統路線結構圖更為完備。
- 二、 構建資料庫整合所有資料，包括軌道基本資訊、軌道檢查資料、各項養護工作規劃與軌道 P 值結果除了節省電腦硬碟空間，資料集中管理亦可保護資料的完整，也可由資料庫快速的對資料進行檢視及方析。
- 三、 台鐵路線管理系統，整合現行台鐵工務部門之軌道養護工作，分成例行性養護工作和維修性養護工作，藉由系統管理各項養護工作，並可在未來檢視過往的養護紀錄，瞭解養護的頻率及養護經費的使用情形。
- 四、 台鐵路線管理系統，提供歷年軌道缺陷資訊的檢視，藉由養護工作項目裡維修性養護工作規劃對軌道缺陷情形的鍵入，匯入歷年軌道缺陷檢視，不需再次建立軌道缺陷表單，即可快速的從資料庫瞭解軌道缺陷情形，並可利用查詢功能瞭解軌道特定路段的缺陷情形。
- 五、 本研究提出軌道 P 值管理，並將軌道 P 值計算程式鍵入系統內，使用者只需將軌道分析資料貼上系統建立好之表單，即可算出各種軌道不整之軌道 P 值，並可使軌道管理者藉由軌道 P 值瞭解目前軌道的惡化情形。
- 六、 在軌道 P 值管理中，儲存每次的 P 值計算結果，並配合查詢的功能，管理者可隨時了解每路段的軌道 P 值變化，瞭解長時間以來軌道的惡化情形及損壞程度，安排具時效以及經濟性的養護工作，更可藉由此檢視養護品質的好壞與否。

七、本研究於軌道 P 值計算中，分別使用小型軌道檢查儀與 EM80 軌道檢查車之檢測資料做實例驗證，由結果呈現可知小型軌道檢查儀檢測資料所計算之軌道 P 值皆非常的小，顯示軌道狀況非常良好，但小型軌道檢查儀屬靜態檢查，並無實際類似機車頭之載重壓於軌道上，因此未能反映出載重時軌道與路基間之互動反應，即易高估軌道之品質；在 EM80 軌道檢查車方面，因其重量較接近於實際機車頭，所計算之軌道 P 值較能符合實際軌道情形，但以目前台鐵 EM80 軌道檢查車檢查資料輸出格式是以報表方式呈現，未能將實際不整值列出，因此所計算之軌道 P 值仍尚有些許誤差存在。

5.2 建議

- 一、本研究只建立出軌道基本資料之項目表單，並未配合圖形化的方式共同檢視，未來建議配合 GIS 系統以圖形方式呈現軌道資訊會更佳。
- 二、本研究只建立好兩種軌道檢查表單，建議台鐵在未來能將其他種檢查資料以不同方式匯入資料庫，將所有軌道檢查資料存放於資料庫統一管理，應能使資料庫更為完善。
- 三、在資料庫方面，由於現行的研究僅使用小量的資料作範例，故未來在面對台鐵龐大的軌道檢查資料及養護資料其儲存空間必定不足，因此在未來建議提升資料庫層級，改用如 SQL 資料庫做為主資料庫存放各類資料。
- 四、後續研究中如改用大型主資料庫做資料存放，建議利用網際網路做遠端使用者的資料存取，增進作業之效率，因此可設定主資料庫為伺服器端，各工務段或道班為用戶端，並安排專員處理資料之傳輸，利用資料庫的使用權限及密碼保護機制確保資料之安全。
- 五、現行台鐵做路外調查多半還是以人工抄寫為主，建議未來能改用 PDA 或平板電腦做資料輸入，直接將檢測資料傳入電腦資料庫，可避免人工抄寫資料存檔的不完整，也可增加作業效率。

- 六、本研究在軌道 P 值計算採用小型軌道檢查儀之檢測資料作實例驗證，容易有高估軌道品質的情形，建議台鐵應使用如 EM80 軌道檢查車有實際載重之車輛，其檢測資料較符合實際軌道狀況來，如此分析之軌道 P 值較為客觀。
- 七、本研究軌道 P 值計算中採用 EM80 軌道檢查車之檢測值，因為現實之資料取得問題，並未能使用實際之不整值作計算，而是以手量方式做軌道不整值的量測，因此計算得之軌道 P 值難免會有些許誤差，且採樣點數也稍嫌不足；因此建議台鐵工務單位能利用 EM80 軌道檢查車之實際檢測資料作軌道 P 值計算，方可確實衡量軌道的實際不整情形。
- 八、由於路線管理系統涵蓋廣泛，本研究僅在軌道養護方面進行探討，並未能將所有路線設施或系統納入，故建議在後續研究中，能將本系統未納入部分如路基、號誌與電力設施等補足，將使台鐵路線管理系統更加完善。
- 

參考文獻

中文部份

1. 藍苑綾，「綜合性指標在軌道養護管理系統之應用」，淡江大學土木工程學系碩士在職專班碩士論文，2003年6月。
2. 黃民仁，「鐵路工程學」，p.429~p.437，文笙書局，1993 年。
3. 王兆賢，「鐵路路線養護優先順位排序方法研究」，交通大學交通運輸研究所碩士論文，2001 年7 月。
4. 台灣鐵路管理局，「90 年台鐵重要業務統計指標」，2002 年 8 月。
5. 鄭國雄，台北捷運軌道技術，台北捷運十週年工程技術研討會，1997。
6. 日本軌道檢測簡介，高速鐵路簡訊 51 期、52 期，高速鐵路工程局，2000。
7. 張炳熙，軌道管理，民國71 年。
8. 陳岳源，鐵路軌道，中國鐵道出版社，1994，北京。
9. 張慶生，台鐵大型砸道機作業方式之研究，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國79 年。
10. 佐佐木直樹著，王其昌譯，板式軌道，中國鐵道出版社，1983，北京。
11. 王其昌，高速鐵路土木工程，西南交通大學出版社，2001。
12. 1067 公厘軌距軌道橋隧檢查養護規範，交通部，民國 92 年
13. 台灣鐵路管理局工務處，「養路標準作業程序」，2001 年12 月。
14. 交通部台灣鐵路管理局，http://www.railway.gov.tw/index_ok.htm。

15. 曾守正,「資料庫系統之理論與實務」,儒林圖書有限公司,1997。
16. 台灣鐵路統計年報,台灣鐵路管理局,民國 94 年。
17. 台鐵資料 259 期,台灣鐵路管理局,民國 87 年。
18. 台灣鐵路統計年報,台灣鐵路管理局,民國 93 年。
19. 台灣鐵路管理局建設作業程序,台灣鐵路管理局,民國 85 年。

英文部份

20. Shenton, Ballast and Foundation, Track Technology Course 1993, British Rail Research, 1993。
21. Railway track and Structure, December、January September、October, 1996。
22. Railway track and Structure, March, 2000。
23. Uzarski, D. R., Brown, D. G., Harris, R. W., Plotkin, D.E. “Maintenance Management of U.S. Army Railroad Networks-the RAILER System: Detailed Track Inspection Manual”, USA-CERL *Technical Report* FM-94/01, 1993。
24. Uzarski, D. R., “Development of Condition Indexes for Low Volume Railroad Track”, USA-CERL *Technical Report* FM-93/13, 1993。
25. An Engineered Management System for Railroad Trackage, Engineer Research & Development Center, US Army Corps of Engineers, 1993。



區間：後龍

日期：24/1/2006

路線等級：特甲級及甲級線

里程 Km：140+429-139+929

Km	軌距	方向	高低
140+429	0.32	1.34	-0.19
140+428	0.32	1.16	0.13
140+427	0.36	0.55	-0.56
140+426	0.4	0.47	-0.48
140+425	0.16	0.33	0
140+424	-0.63	0.6	0.35
140+423	-0.91	1.34	0.08
140+422	-0.91	1.58	-0.21
140+421	-0.91	1.98	-0.45
140+420	-0.87	2.36	-0.43
140+419	-0.87	2.86	0.03
140+418	-0.87	3.02	-0.03
140+417	-0.87	2.62	-0.29
140+416	-0.87	2.83	-0.45
140+415	-0.87	3.37	-0.19
140+414	-0.83	2.1	0.03
140+413	-0.83	1.88	-0.56
140+412	-0.83	1.61	-0.93
140+411	-0.79	1.03	-0.56
140+410	-0.83	1.48	0.43
140+409	-0.87	2.22	1.22
140+408	-1.38	1.05	0.74
140+407	-1.86	0.39	-0.11
140+406	-2.17	0.31	1.86
140+405	-2.17	0.81	0.51
140+404	-2.17	1.29	-0.82
140+403	-2.17	1.29	-0.32
140+402	-2.17	1.11	-0.24
140+401	-2.17	1.29	-0.21
140+400	-2.17	1.64	-0.48
140+399	-2.17	2.2	-0.32
140+398	-2.13	2.81	0.35
140+397	-2.13	2.86	0.03
140+396	-2.17	2.91	-0.45
140+395	-2.13	2.57	-0.21

Km	軌距	方向	高低
140+394	-2.09	1.19	0.05
140+393	-2.09	1.03	-0.13
140+392	-2.05	2.25	-0.21
140+391	-2.09	2.41	-0.16
140+390	-2.05	2.06	-0.21
140+389	-2.09	2.09	0.32
140+388	-2.05	2.52	0.27
140+387	-2.05	2.36	-0.29
140+386	-2.05	1.88	-0.53
140+385	-2.05	1.29	-0.35
140+384	-2.05	0.92	-0.45
140+383	-2.05	1.53	-0.56
140+382	-2.05	2.17	-0.21
140+381	-1.94	2.09	1.65
140+380	-1.86	2.36	1.01
140+379	-1.82	2.09	-0.61
140+378	-1.74	2.36	-0.72
140+377	-1.74	2.78	-0.67
140+376	-1.74	3.55	-0.53
140+375	-1.74	3.05	-0.51
140+374	-1.74	2.25	-0.4
140+373	-1.74	2.2	0
140+372	-1.74	2.17	0.05
140+371	-1.7	2.73	-0.21
140+370	-1.74	3.23	-0.03
140+369	-1.74	3.23	0.19
140+368	-1.74	2.97	-0.21
140+367	-1.74	2.67	-0.16
140+366	-1.62	2.7	0.21
140+365	-1.54	2.17	0.32
140+364	-1.38	1.5	0.13
140+363	-1.26	2.06	-0.27
140+362	-1.11	2.2	-0.51
140+361	-1.07	2.28	-0.59
140+360	-0.91	2.28	-0.53

Km	軌距	方向	高低
140+359	-0.67	1.4	-0.85
140+358	-0.59	1.13	-0.72
140+357	0.55	1.77	0.16
140+356	-0.04	1.47	0.98
140+355	0.36	1.05	0.05
140+354	-0.36	1.16	-0.21
140+353	-0.36	0.52	-0.29
140+352	-0.32	1.5	-0.53
140+351	-0.28	1.93	-0.48
140+350	-0.2	1.37	-0.32
140+349	-0.16	1.42	-0.11
140+348	-0.08	1.8	0.11
140+347	0.04	0.73	0.13
140+346	0.08	0.39	0.21
140+345	0.12	1.11	-0.05
140+344	0.08	1.37	-0.32
140+343	0.04	1.27	-0.32
140+342	0	1.58	-0.35
140+341	0	1.96	-0.11
140+340	0	1.37	0.05
140+339	-0.16	0.97	-0.03
140+338	-0.51	1	-0.19
140+337	-0.99	1.21	-0.21
140+336	-0.99	0.79	-0.27
140+335	-0.59	0.68	-0.61
140+334	0	0.87	-0.72
140+333	0.24	0.76	-0.48
140+332	0.28	1.4	-0.19
140+331	0.32	1.58	1.73
140+330	0.4	1.56	0.4
140+329	0.43	1.48	-0.43
140+328	0.51	1.45	-0.67
140+327	0.55	1.8	-0.4
140+326	0.63	1.82	0.03
140+325	0.67	1.29	-0.4
140+324	0.83	1.08	-0.56
140+323	0.87	1.21	-0.16

Km	軌距	方向	高低
140+322	0.95	0.87	-0.21
140+321	1.03	0.95	-0.37
140+320	1.07	1.29	-0.21
140+319	1.07	1.4	-0.08
140+318	1.07	1.56	-0.11
140+317	0.71	1.66	0
140+316	-0.43	1.32	0.03
140+315	-0.91	1.03	-0.19
140+314	-0.95	1.08	-0.16
140+313	-0.93	1.88	-0.21
140+312	-0.83	2.62	-0.35
140+311	-0.79	2.57	-0.48
140+310	-0.83	2.52	-0.53
140+309	-0.79	2.57	-0.05
140+308	-0.83	2.06	-0.08
140+307	-0.79	1.69	-0.43
140+306	-0.79	1.77	1.22
140+305	-0.79	1.19	-0.56
140+304	-0.79	1.32	-1.01
140+303	-0.79	1.85	-1.22
140+302	-0.87	1.24	-0.48
140+301	-0.95	0.47	1.01
140+300	-0.91	0.15	0.35
140+299	-0.87	1.5	-0.48
140+298	-0.79	3.34	0.16
140+297	-0.32	2.78	0.08
140+296	0.32	1.48	-0.13
140+295	0.59	0.6	0.11
140+294	-0.99	1.11	0
140+293	-1.22	1.03	-0.32
140+292	-0.91	0.92	-0.24
140+291	-0.75	1.24	-0.03
140+290	-0.99	1.13	-0.08
140+289	-1.15	1.27	-0.05
140+288	-1.11	1.58	-0.03
140+287	-1.19	1.24	-0.16
140+286	-1.54	1.21	-0.27

Km	軌距	方向	高低
140+285	-1.58	1.03	-0.35
140+284	-1.46	1.34	-0.64
140+283	-1.34	1.66	-0.61
140+282	-1.3	1.96	-0.16
140+281	-1.26	2.81	1.2
140+280	-1.22	2.94	-0.56
140+279	-1.19	2.52	-0.4
140+278	-1.15	1.4	-0.08
140+277	-1.11	2.49	-0.35
140+276	-1.07	2.65	-0.35
140+275	-0.16	1.37	-0.24
140+274	0.24	0.6	-0.27
140+273	-0.2	1.13	-0.13
140+272	-0.5	1.4	0.05
140+271	-0.51	1.37	-0.03
140+270	-0.47	1.61	-0.11
140+269	-0.4	1.61	-0.13
140+268	-0.36	1.37	-0.24
140+267	-0.36	1.24	-0.35
140+266	-0.36	1	-0.13
140+265	-0.32	1.16	-0.29
140+264	-0.32	2.41	-0.21
140+263	-0.32	2.99	-0.05
140+262	-0.32	2.09	-0.29
140+261	-0.32	1.37	-0.27
140+260	-0.32	1.16	-0.16
140+259	-0.32	0.79	-0.45
140+258	-0.71	0.55	-0.72
140+257	-1.07	0.73	0.48
140+256	-0.4	1.48	1.44
140+255	-0.16	2.04	-0.53
140+254	-0.12	1.82	-0.77
140+253	-0.08	1.82	-0.69
140+252	0	1.85	-0.56
140+251	0	0.68	0.08
140+250	-0.16	0.65	0.66
140+249	-0.51	1.53	0.05

Km	軌距	方向	高低
140+248	-0.51	1.85	-0.35
140+247	-1.07	0.65	-0.24
140+246	-1.22	-0.17	-0.21
140+245	-1.22	0.87	-0.32
140+244	-1.11	2.12	-0.11
140+243	-0.95	2.33	-0.08
140+242	-0.95	1.96	-0.21
140+241	-0.95	1.82	-0.05
140+240	-0.91	1.88	-0.05
140+239	-0.91	1.96	-0.19
140+238	-0.91	2.33	-0.11
140+237	-0.91	1.32	0.13
140+236	-1.7	0.97	-0.05
140+235	-2.17	1.21	-0.24
140+234	-2.09	1.34	0.05
140+233	-2.05	2.09	-0.64
140+232	-1.78	4.64	0.08
140+231	-0.91	2.91	0.21
140+230	-0.87	0.12	-1.06
140+229	-0.79	1.32	-0.24
140+228	-0.75	2.12	0
140+227	-0.75	2.33	-0.35
140+226	-0.75	2.44	-0.09
140+225	-0.75	1.96	-0.13
140+224	-0.75	2.01	0.11
140+223	-0.75	2.7	-0.08
140+222	-0.71	2.6	-0.21
140+221	-0.75	1.32	-0.32
140+220	-0.75	1.24	-0.21
140+219	-0.75	1.74	-0.27
140+218	-0.75	0.87	-0.45
140+217	-0.83	0.76	-0.16
140+216	-1.26	1.34	0.21
140+215	-1.26	0.65	0.08
140+214	-1.26	0.89	-0.27
140+213	-1.3	1.48	-0.16
140+212	-1.22	1.77	-0.21

Km	軌距	方向	高低
140+211	-1.19	2.62	-0.37
140+210	-1.07	2.89	-0.53
140+209	-0.91	1.85	-1.01
140+208	-0.83	1.4	-0.77
140+207	-0.71	1.42	1.46
140+206	-0.16	1.27	0.9
140+205	-0.16	1	-0.45
140+204	-0.4	0.95	0.21
140+203	-1.19	0.79	-0.11
140+202	-2.13	1.56	-0.67
140+201	-2.09	1.8	-0.48
140+200	-1.97	1.61	-0.37
140+199	-1.9	1.74	-0.48
140+198	-1.86	1.58	-0.11
140+197	-1.82	1.4	-0.08
140+196	-1.78	1.5	-0.27
140+195	-1.78	1.05	-0.24
140+194	-1.74	0.79	-0.11
140+193	-1.74	0.73	-0.35
140+192	-2.01	1.13	-0.21
140+191	-2.29	1.48	0.29
140+190	-2.25	1.11	-0.05
140+189	-2.25	1	-0.05
140+188	-2.25	1.42	0.19
140+187	-2.21	1.8	-0.11
140+186	-2.21	1.34	-0.48
140+185	-2.21	1.21	-0.45
140+184	-2.21	2.01	-0.43
140+183	-2.21	2.22	-0.45
140+182	-2.21	1.77	0.74
140+181	-2.21	1.21	0.56
140+180	-2.21	1.05	-0.85
140+179	-2.21	1.4	-0.29
140+178	-2.21	1.45	-0.32
140+177	-2.17	1.56	-0.27
140+176	-2.05	1.72	-0.08
140+175	-1.97	1.72	0.05

Km	軌距	方向	高低
140+174	-1.86	1.98	-0.21
140+173	-1.74	1.98	-0.35
140+172	-1.54	1.37	-0.08
140+171	-1.46	1.5	-0.21
140+170	-1.7	2.33	-0.35
140+169	-1.54	3.29	-0.4
140+168	-0.2	1.74	-0.24
140+167	0.87	1.19	-0.16
140+166	2.77	2.17	-0.11
140+165	4.86	1.03	-0.05
140+164	5.73	1.08	0.03
140+163	5.25	1.53	-0.03
140+162	5.25	0.95	-0.21
140+161	5.61	0.15	-0.51
140+160	2.49	0.41	-0.72
140+159	0.83	1.08	-0.51
140+158	0.32	1.13	-0.35
140+157	0.51	0.33	1.3
140+156	0.04	0.23	1.41
140+155	-1.19	1.27	-0.35
140+154	-1.86	1.69	-0.29
140+153	-2.13	1.08	-0.35
140+152	-2.01	1.56	-0.64
140+151	-1.86	2.28	-0.51
140+150	-1.74	1.82	-0.43
140+149	-1.66	2.06	-0.43
140+148	-1.62	2.54	-0.05
140+147	-1.54	2.22	0
140+146	-1.38	2.57	-0.21
140+145	-1.07	3.53	-0.08
140+144	-0.95	2.91	0.03
140+143	-0.91	0.87	-0.19
140+142	-0.99	1.37	-0.16
140+141	0.4	2.2	0.05
140+140	1.03	1.24	0
140+139	0.75	0.89	0.03
140+138	0.12	1.48	0.05

Km	軌距	方向	高低
140+137	0.16	1.08	-0.16
140+136	0	1.27	-0.16
140+135	0.04	0.76	-0.35
140+134	-0.2	0.57	-0.56
140+133	-0.59	0.71	-0.67
140+132	-0.47	0.57	1.17
140+131	-0.32	1.05	0.64
140+130	-0.28	0.63	-0.72
140+129	-0.43	0.84	-0.16
140+128	-1.19	1.2	-0.24
140+127	-1.42	1.5	-0.16
140+126	-1.34	1.4	-0.16
140+125	-1.3	1.05	-0.32
140+124	-1.3	1.13	-0.29
140+123	-1.3	1	-0.11
140+122	-1.3	0.89	0.24
140+121	-1.38	0.52	0.24
140+120	-1.62	0.57	0.03
140+119	-1.54	1.61	0
140+118	-1.46	2.06	-0.08
140+117	-1.42	2.06	-0.16
140+116	-1.34	2.25	-0.19
140+115	-1.3	1.08	-0.21
140+114	-1.26	0.71	-0.27
140+113	-1.5	1.13	-0.16
140+112	-1.62	1.03	0.05
140+111	-1.62	0.65	-0.29
140+110	-1.58	0.41	-0.35
140+109	-1.54	0.44	0.11
140+108	-1.78	1.48	0.24
140+107	-1.03	1.98	0.45
140+106	0.75	0.52	-0.48
140+105	0.79	0.44	-0.64
140+104	0.87	0.79	-0.45
140+103	0.67	0.55	-0.08
140+102	-0.4	0.95	0.96
140+101	-0.83	0.23	0.35

Km	軌距	方向	高低
140+100	-0.99	-0.44	-0.4
140+099	-1.54	1.05	-0.24
140+098	-1.9	1.08	-0.05
140+097	-2.17	0.89	0.08
140+096	-2.13	0.89	-0.05
140+095	-2.09	1.05	-0.4
140+094	-1.86	1.5	-0.43
140+093	-1.74	2.44	-0.13
140+092	-1.66	2.83	0.11
140+091	-1.62	2.01	-0.05
140+090	-1.62	0.79	-0.13
140+089	-1.62	0.89	-0.13
140+088	-1.62	1.19	-0.03
140+087	-1.7	1.16	0.08
140+086	-1.78	1.19	-0.21
140+085	-1.7	1.85	-0.53
140+084	-1.5	1.34	-0.67
140+083	-1.38	1.11	-0.32
140+082	-1.3	0.92	1.81
140+081	-1.26	0.95	0.13
140+080	-1.3	0.68	-0.8
140+079	-1.3	0.68	-0.19
140+078	-1.3	0.92	-0.16
140+077	-1.3	1.34	-0.05
140+076	-1.3	0.71	-0.13
140+075	-1.3	0.36	-0.16
140+074	-1.07	1.13	-0.19
140+073	-1.07	0.63	-0.16
140+072	-1.62	0.04	-0.03
140+071	-1.86	0.39	-0.05
140+070	-1.86	0.71	-0.16
140+069	-1.82	1.11	-0.24
140+068	-1.82	1.37	-0.32
140+067	-1.78	1.5	-0.16
140+066	-1.78	1.5	0.08
140+065	-1.78	1.05	0.05
140+064	-1.74	0.49	0.08

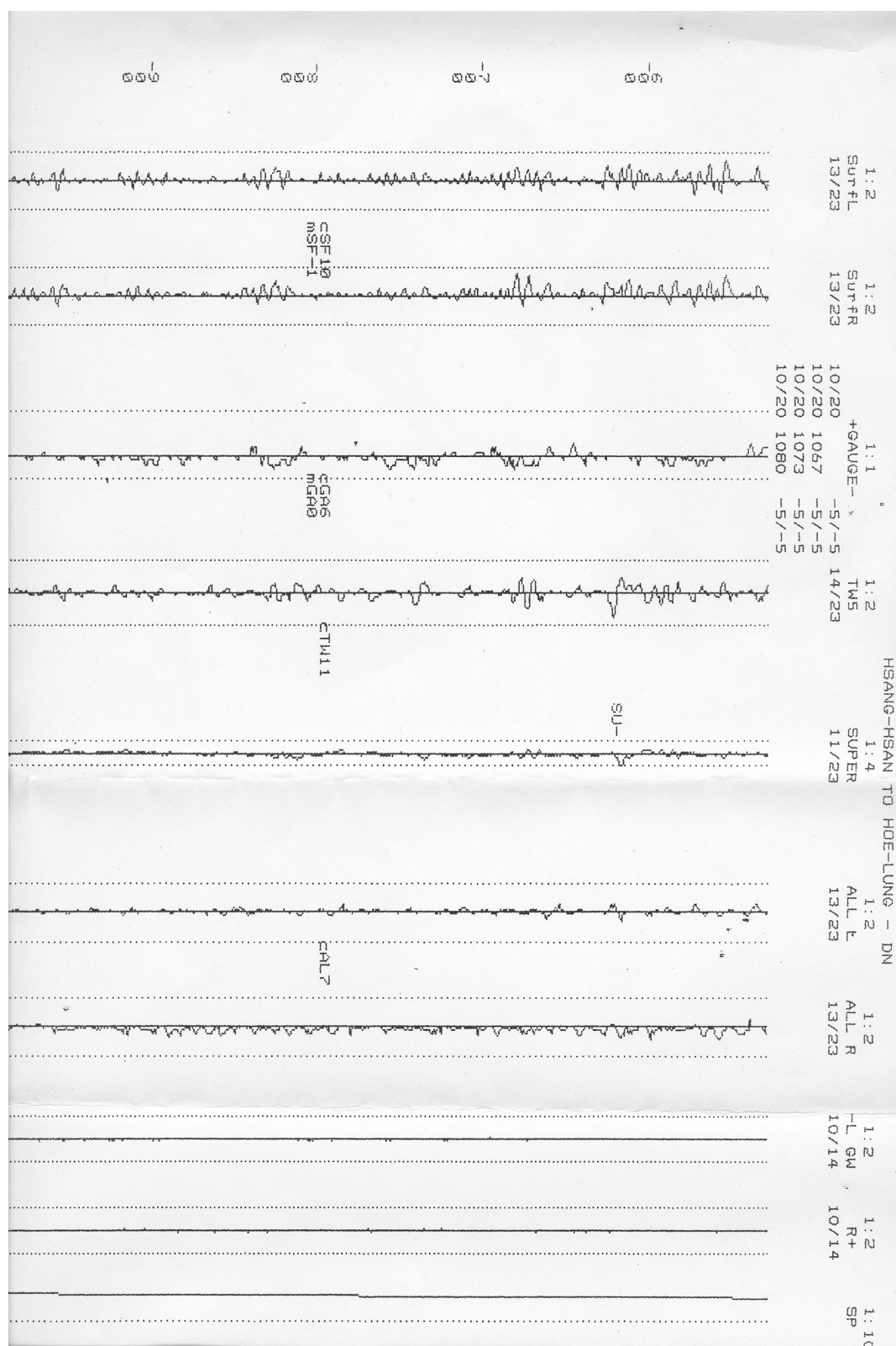
Km	軌距	方向	高低
140+063	-2.25	0.52	0.21
140+062	-2.96	1	-0.03
140+061	-2.96	0.84	-0.37
140+060	-2.88	0.92	-0.32
140+059	-2.77	0.92	-0.32
140+058	-2.73	1.19	-0.48
140+057	-2.65	1.64	1.62
140+056	-2.57	2.09	0
140+055	-2.49	1.8	-0.72
140+054	-2.29	2.12	-0.11
140+053	-2.13	2.09	-0.32
140+052	-1.94	1.61	-0.32
140+051	-1.97	0.81	-0.29
140+050	-2.05	0.52	-0.24
140+049	-1.9	1.53	-0.03
140+048	-1.78	0.81	0.19
140+047	-1.9	0.01	-0.03
140+046	-1.86	0.73	-0.35
140+045	-1.74	1.48	-0.11
140+044	-1.7	1.61	-0.11
140+043	-1.66	1.72	-0.16
140+042	-1.62	2.12	-0.11
140+041	-1.54	2.12	-0.08
140+040	-1.46	2.12	-0.13
140+039	-1.42	2.36	-0.16
140+038	-1.34	1.32	0.05
140+037	-1.54	0.55	0
140+036	-1.9	0.55	-0.37
140+035	-1.9	0.76	-0.35
140+034	-1.82	1.29	-0.53
140+033	-1.58	1.32	-0.48
140+032	-1.42	1	1.68
140+031	-1.34	1.13	-0.35
140+030	-1.26	1.74	-0.64
140+029	-1.11	2.41	0.11
140+028	-0.71	2.04	0.05
140+027	-0.47	1	-0.19

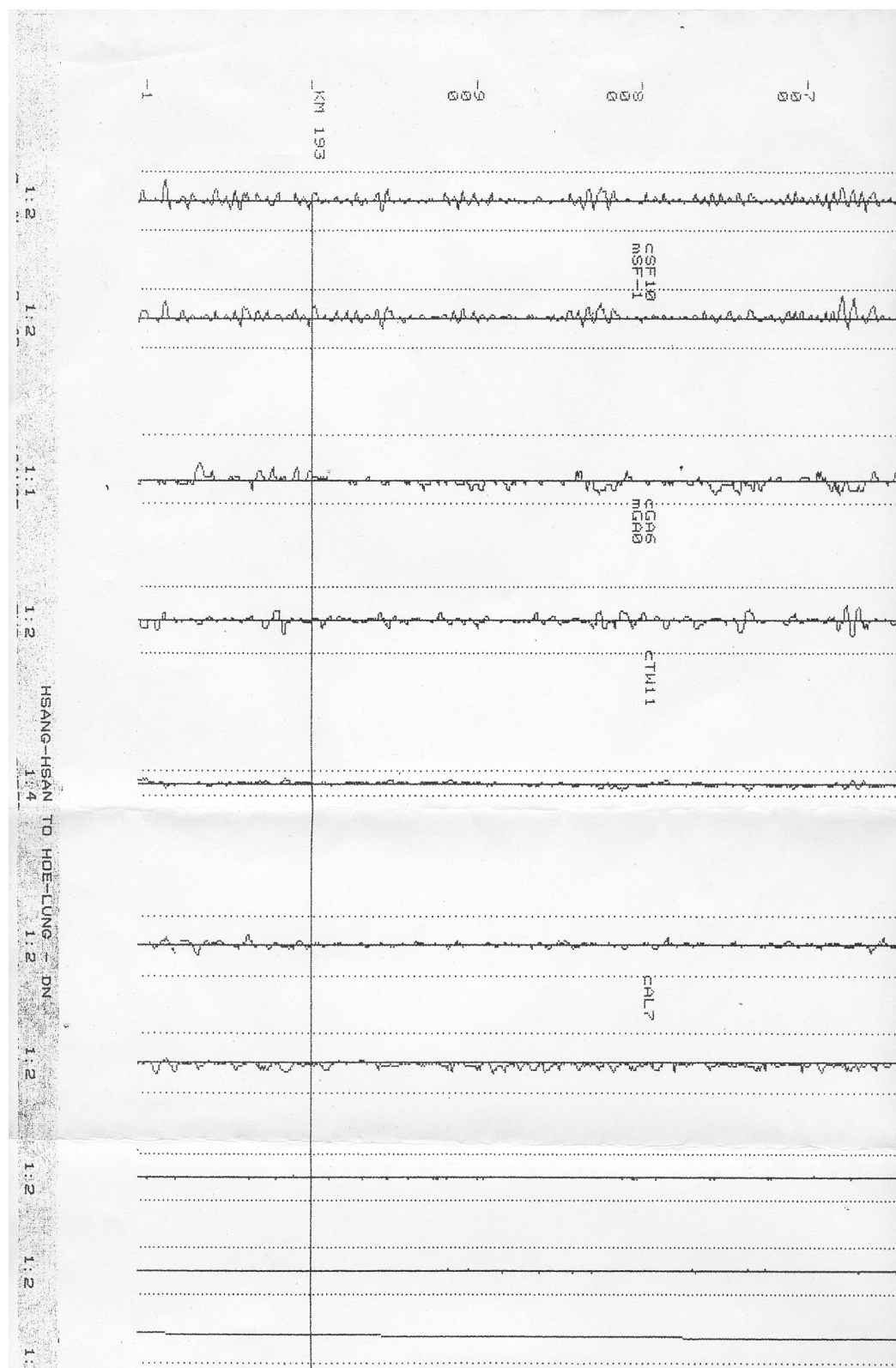
Km	軌距	方向	高低
140+026	-0.43	0.52	-0.08
140+025	-0.36	0.97	-0.11
140+024	-0.08	1.45	-0.16
140+023	0.12	0.52	-0.32
140+022	-0.4	0.28	-0.08
140+021	-0.99	-0.06	0.43
140+020	-0.95	0.17	-0.13
140+019	-0.95	0.65	-0.64
140+018	-0.83	1.11	-0.56
140+017	-0.67	1.29	-0.29
140+016	-0.59	0.84	-0.03
140+015	-0.55	0.25	0
140+014	-0.55	0.2	-0.24
140+013	-0.51	0.55	-0.19
140+012	-0.51	1.27	-0.29
140+011	-0.24	0.79	-0.4
140+010	-0.12	0.28	-0.16
140+009	-0.71	1.05	-0.37
140+008	-0.83	0.68	-0.05
140+007	-0.32	0.95	1.36
140+006	-0.12	1.21	-0.35
140+005	-0.08	1.66	-0.37
140+004	0	1.64	0.19
140+003	0	0.92	0.24
140+002	-0.2	0.47	0.32
140+001	-0.59	0.33	0.08
140+000	-0.59	0.25	0.03
139+999	-0.55	0.84	0.29
139+998	-0.55	0.65	0.24
139+997	-0.55	0.65	0.08
139+996	-0.51	0.6	0.11
139+995	-0.47	0.52	0.4
139+994	-0.43	0.57	0.24
139+993	-0.4	0.6	-0.13
139+992	-0.71	1.05	0.03
139+991	-0.83	1.13	0.19
139+990	-0.79	0.89	0.16

Km	軌距	方向	高低
139+989	-0.79	1.85	0.27
139+988	-0.75	1.98	0.08
139+987	-0.71	1.37	-0.21
139+986	-0.71	0.76	-0.16
139+985	-0.71	-0.01	0.08
139+984	-0.71	0.2	0.11
139+983	-0.75	0.68	0.37
139+982	-0.83	1	0.82
139+981	-0.83	0.84	-0.19
139+980	-0.59	0.63	0.16
139+979	-0.59	0.79	0.32
139+978	-0.59	0.84	0.08
139+977	-0.59	0.01	0.11
139+976	-0.59	-0.22	0.21
139+975	-0.59	0.6	0.03
139+974	-0.55	0.81	0.05
139+973	-0.59	0.71	-0.13
139+972	-0.59	1.11	-0.11
139+971	-0.59	1.27	-0.11
139+970	-0.59	0.87	-0.27
139+969	-0.59	1.32	-0.29
139+968	-0.55	1.27	-0.19
139+967	-0.51	0.63	-0.03
139+966	-0.83	0.65	0.19
139+965	-2.17	0.79	0.11
139+964	-2.05	-0.06	0.03
139+963	-1.97	0.55	-0.16
139+962	-1.9	1.56	-0.43
139+961	-1.86	1.58	-0.27
139+960	-1.74	1.93	0.27
139+959	-1.7	2.49	-1.01
139+958	-1.54	1.69	-0.16
139+957	-0.63	0.41	1.12
139+956	-0.2	0.55	-0.43
139+955	0	0.63	-0.72
139+954	0.04	0.41	-0.51
139+953	-0.51	0.49	-0.19

[illegible]







線別：縱貫線西正線 里程：192+600-193+100 日期：2005/12/29

km	高低	軌距	平面性	水平	方向
192+600	1.75	0	-4.5	4	-1.5
192+605	5.25	-2.2	3.5	0	-0.5
192+610	5	-1	3.5	-3	-1.25
192+615	0.75	0	5.5	-10	-2.25
192+620	-2.25	0	-9.5	-2	2.25
192+625	6.5	-1	-3.5	0	-0.75
192+630	-1	0	1	-2	-0.75
192+635	0	0.8	-1.5	0	-0.25
192+640	2.25	-0.6	1	-2	2.5
192+645	0.75	3	0	-2	-0.5
192+650	1.5	0	0	0	-0.75
192+655	1.25	0	0	-2	0.75
192+660	5	2	0	-2	-2.75
192+665	0.75	-2.2	-3.5	1	-0.75
192+670	-1.75	-2	4	-3	1
192+675	-3.25	-2	7	-3	-2
192+680	5.75	-2.6	-4.5	2	1
192+685	4	-2.4	1	-3	1
192+690	2.75	0.8	-1	0	2.25
192+695	2	1.8	1	-2	0
192+700	-1	1	1	-2	1.5
192+705	1.5	1	-1	-1	-1
192+710	-1	0	1.5	-3	1.25
192+715	-1.25	0	-1	-2	-0.75
192+720	-1.25	0	0	-1	0
192+725	0	0	0	-2	-1.75
192+730	-1	-2	0	0	-1.75
192+735	3.75	-1.8	3.5	-5	-1
192+740	-1	0	-5.5	0	-1
192+745	-0.5	-2	1	-2	1.5
192+750	-1	-1	-2	0	-0.5
192+755	-1.75	-2.4	1	-3	-0.75
192+760	-1	-1	0	-2	-0.75
192+765	-2	-1	-2	2	0.5
192+770	2.25	-1	-3	2	0
192+775	-1	0	0.5	0	1

km	高低	軌距	平面性	水平	方向
192+780	0.5	0	0	0	-2
192+785	-0.5	-0.6	-4	4	1
192+790	-0.25	0	1	3	-2.75
192+795	0.5	0	0	0	0
192+800	-1.5	0	2.5	-3	-1.5
192+805	0.5	0	-2	0	-2
192+810	0.75	2	3.5	-4	-1.25
192+815	0.75	-0.6	0	-3	-0.75
192+820	-2.75	-0.8	-1	-2	1
192+825	4.25	-2.2	-3	-4	-0.75
192+830	-2.75	-2.2	-3.5	0	0.75
192+835	-2.25	-1.8	-3.5	0	-0.5
192+840	1.5	2	1	-2	-2.25
192+845	3.75	0	-1	0	0.5
192+850	0	-0.6	-2	2	1
192+855	-0.75	0	1.5	-2	-1
192+860	0	-1	-1.5	0	-2.75
192+865	0	0	3.5	-2	-1.25
192+870	-0.75	0	-1	-2	-0.5
192+875	-0.5	0	-1	0	-2.25
192+880	1.25	-2.4	0	0	-0.5
192+885	1	0	-1	0	-1.25
192+890	-3	-0.5	0	3	-2.25
192+895	0.25	-1	1.5	-2	0.5
192+900	-1	-1	-3	2	-1.75
192+905	-0.75	-1	1	2	-0.75
192+910	-1	-1	-0.5	2	0
192+915	1.5	0	-2	3	-0.75
192+920	1	-0.5	1	2	-0.75
192+925	0.5	-0.5	0	2	0
192+930	0.5	-1	0	2	-0.5
192+935	-1	-1	1	1.5	1.25
192+940	1.25	-1	1	0	0
192+945	-1.75	-0.5	-1	1	0.75
192+950	-0.5	0	1.5	0	-1
192+955	3	-1	-2.5	2	-0.75
192+960	3.5	0	2.5	0.5	-0.5

km	高低	軌距	平面性	水平	方向
192+965	0.5	1	1	0	0
192+970	-2	0	-1	2	0.25
192+975	-2	-0.6	-1	2	0
192+980	0	0	1	0.5	-0.5
192+985	2.25	0	1.5	0	0
192+990	0	0.9	1	0	-1.75
192+995	1.5	0.8	0.5	0	1
193+000	4.5	1	1	1.5	-1.25
193+005	2	0	-1.5	2.5	-1
193+010	3.5	2.4	0	2	-1.5
193+015	0	1	-1	3	-2.5
193+020	2.75	0.5	4.5	0	0.25
193+025	1	2.8	0	1	-1.5
193+030	0	2.2	-3	2.5	-1.25
193+035	0	-2	1.5	0	0
193+040	3.75	0	0	2	1
193+045	-2	1	0	2	-2
193+050	-2	0.9	0	2	0
193+055	-1.25	0	0	2	1.25
193+060	3	1.4	0.5	-1	0.5
193+065	-1	2	0	0	-1
193+070	0.25	2.5	-1	0	-1.5
193+075	-0.75	-1	0	0.5	1.25
193+080	-1	-0.6	0	0	-0.5
193+085	-2	0	0	-0.5	1
193+090	6	-0.6	3	1.5	1
193+095	0.5	0	-3.5	2	-2.5
193+100	1.75	0	-3.5	4	-0.5