

國立交通大學

運輸科技與管理學系

碩士論文

影響台鐵平交道事故因素之研究

Exploring the Factors Affecting
the Level Crossing Accidents of TRA



研究生：黃維崧

指導教授：張新立教授

中華民國九十五年七月

影響台鐵平交道事故因素之研究

Exploring the Factors Affecting
the Level Crossing Accidents of TRA

研究生：黃維崧
指導教授：張新立

Student : Wei-Sung Huang
Advisor : Dr. Hsin-Li Chang

國立交通大學
運輸科技與管理學系
碩士論文

A Thesis

Submitted to Department of Transportation Technology & Management

College of Management

National Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

in

Transportation Technology and Management

July 2006

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十五年七月

影響台鐵平交道事故因素之研究

學生：黃維崧

指導教授：張新立

國立交通大學運輸科技與管理學系碩士班

摘要

台鐵平交道事故頻繁且損失嚴重，但在改善經費有限之情況下，如何針對影響平交道事故發生之重要因素進行改善以發揮資源最大效益，一直未受到有關當局應有之重視。過去對平交道事故之研究多著重於管制型態或是人為疏失的分析，甚少將與鐵路交會公路之線型、路口幾何型態、來往交通流量與車流組成等因素列入考慮，以致無法對影響鐵路平交道事故發生原因有較為周詳之掌握，並提供較為具體之安全改善方向。

有鑑於上述需要，本研究以台鐵平交道中所佔比例達七成以上的幹線平交道作觀察對象。在全數將近五百處的幹線平交道中扣除少數資料不全的筆數後，共蒐集到 469 處平交道的幾何型態、管制方式、及平交道車流運作資料，並結合這些平交道從民國 86 年 1 月到 93 年 6 月間共 603 筆的平交道事故資料，嘗試以普瓦松 (Poisson) 迴歸模式與負二項 (Negative Binomial) 迴歸模式來探索平交道屬性與平交道事故發生次數及型態之關係。

研究結果顯示，第一種平交道因為有看柵人員的管理，使得其安全性優於三甲平交道；半封平交道因為不開放四輪車輛通行，因此沒有未保持淨空的事故紀錄；專用平交道因為數量少，對事故沒有顯著的影響能力；平交道越寬其事故紀錄越低；具有彎道特徵與鄰近路段有無號誌路口的平交道，因為公路車輛行經至此都會減速慢行，如此使得駕駛人容易察覺到平交道的管制狀況並作反應，結果使得事故紀錄比一般平交道要來的好；具有坡度特徵與鐵公路夾角越小的平交道，用路人可能因為經過這些較危險的路段會趨向謹慎駕駛，如此使得具有這些特徵的平交道其事故紀錄也比其他平交道要佳；平交道鄰近路段有 T 字路口，會因公路引道長度不足而對未保持淨空事件有顯著的正向影響，但 T 字路口對過往車輛有減速過彎的效果，使得對機車涉入事件數有顯著的負向影響；尖峰大型車流量一方面是曝光量指標，另一方面車體龐大導致運轉靈活性差，在平交道上易生事故，因此跟事故件數呈現顯著的正相關。

研究中發現的影響平交道事故因素多具有相當合理的解釋能力與統計顯著指標，值得政府與台鐵加以重視並作好相關的安全防護措施，以減少平交道事故對鐵路系統與社會大眾的損害頻次和程度。

關鍵詞：平交道、平交道事故、普瓦松迴歸模式、負二項迴歸模式

Exploring the Factors Affecting the Level Crossing Accidents of TRA

Student : Wei-Sung Huang

Advisor : Dr. Hsin-Li Chang

Department of Transportation Technology & Management
National Chiao Tung University

Abstract

Highway-railway level crossing accidents result in enormous loss for railway companies and society, but the budget for upgrading level crossings is limited. Few studies have been undertaken to explore the relationship between the occurrence of level crossing accidents and the highway geometry as well as the types of traffic control, and help the government to understand which level crossings need to be improved first.

This study was conducted to explore the relationship between the occurrence of railway accidents at level crossings and their geometric as well as environmental characteristics. The geometric and environmental characteristics of 469 Taiwan Railway Administration (TRA) main line level crossings and 603 level crossing accidents occurred during the period from January 1997 to June 2004 were collected for empirical study purpose. The Poisson and Negative Binomial regression models were then employed respectively to explore the factors which affect the occurrence of level crossing accidents.

The study results indicated that the accident records for Grade 1 Level Crossings were better than those for the Grade 3 Level Crossings. Wider level crossings were found to have less accident frequencies than narrow level crossings do. Level crossings with curve, slope, unsignalized control, and acute intersection angle between railway and highway appeared to have less accident occurrence than their counterpart level crossings. This might be the case that drivers would slow down their speed and drive more carefully when they drive through these level railway crossings. Level crossings with T intersections endanger large vehicles from keeping enough space off tracks, but they are safe for motorcyclists because all riders need to decelerate in order to make a turning at the level crossings, which makes motorcyclists to stop their motorbikes more easily as encountering dangerous situations.

As anticipated, some significant factors, that affect the accident risk of railway level crossings, were found in this study. It provides a set of valuable information for TRA to improve the operation safety of their railway level crossings more effectively.

Keywords: Level crossing, Accidents, Poisson regression model, Negative binomial regression model.

誌 謝

千呼萬喚始出來，這本論文總算完成了。論文背後最偉大的推手，當屬指導老師張新立老師莫屬。感謝老師對學生的悉心指導，從觀念培養、方法教導到論文架構的建立，均蒙恩師諄諄教誨。在跟隨老師的過程中，學生從很多活動的參與上獲得寶貴的經驗，而老師的關懷與做人處世態度更是影響學生甚鉅。學生對老師的教導銘記在心，在此對恩師獻上最誠摯的謝意。

論文口試時承蒙成大李治綱老師、台科大吳翼貽老師及中興顧問研究社鍾志成博士的撥冗細審，惠賜寶貴意見及殷切指正，使本論文更加嚴謹。論文的期中審查時期，也感謝系上吳水威與吳宗修兩位老師的詳加審閱，使本論文疏漏謬誤之處得以及時更正。謝謝系上老師在學生就學期間的教導與系辦助理幸榮和秀蔭的協助，使得學生在交大六年中得以順利成長。在此點滴在心頭，不勝感激。

研究室的學長姊也給我很大的協助，像是對研究方法與程式撰寫提出建言的舜丞學長，提供研究方向與資料的來順學長，對論文提供建議的純智、建民、賓權、祖宏、忠漢等學長，以及在生活上互相扶持的馨文、慧潔、家銘、惠玉、依潔、高文、威志、傑閔等大哥哥大姊姊，還有一起熬夜辦研討會的黃山、大舜、育豪、俊斌、舜棠、小風等夥伴。沒有你們，這本論文會無法成型，我的生活也會很難 HIGH 起來的！

在新竹六年，沒事聽我發牢騷的好同學一定要點名一下：小翔、家銘、帥氣又禎、黃恆、煥然一新的一新哥、維翰、給我抱抱的阿平、凡君、毛蟲侯之、小朋友嘉英、佩欣、怡憶等眾多人馬。家族的姿吟學姊、好男人維中、芝吟、詩敏、欣宜、宗郡、禹瑄等，你們都是挺我的好班底。鐵道研究會的元龍、偉智、拓宇、貼心宇晨、洋豪、啟源、瑜霖、元綱、國楨，我會記得跟大家一起追火車的那段時光，雖然我們社團的運氣總是不太好（^__^）。從鐵道文化營認識的歡樂國禎、怡淑、濬麟、偉勝、宜倫、搞笑的祈延等，我會珍藏在心裡，那段屬於我們的夏日旅行回憶。

最後，心裡最安穩的支持鏘鏘鏘登場了——謝謝包容我任性一面的好爸爸、看到發表文章作者有我的名字就笑出來的歡樂媽媽，以及走心思細膩路線的型男弟弟，還有關心我的阿嬤、外公、外婆、三姑、小姑、小姨、姨丈、舅舅、姊姊、琬瑜、琬萱等龐大家族成員，在此向大家一一道謝。丟掉了六年，媽媽終於把兒子檢回來，而我這個新台北人又可以帶大家出去玩了。媽，你想去哪逛？充滿自然風情的花蓮還是熱情洋溢的屏東？還是讓我魂牽夢縈的竹塹城？

維崧 謹誌

中華民國九十五年七月

於 新竹 交大運管系 張新立老師的安全與軌道研究室

目錄

中文摘要	i
英文摘要	ii
誌謝	iii
目錄	iv
圖目錄	vi
表目錄	vii
第一章 緒論	1
1.1 研究背景與動機	1
1.2 研究目的	1
1.3 研究範圍與對象	2
1.4 研究內容	2
1.5 研究流程	3
第二章 現況分析與文獻回顧	7
2.1 現況分析	7
2.2 文獻回顧與評析	9
第三章 研究架構與方法	15
3.1 平交道系統分析	15
3.2 平交道事故分析	18
3.3 研究架構	22
3.4 研究方法	25
第四章 資料蒐集與分析	27
4.1 資料蒐集	27
4.2 初測—山海線平交道	29
4.2.1 變數定義與說明	30
4.2.1.1 解釋變數	30
4.2.1.2 被解釋變數	37
4.2.2 迴歸分析	42

4.2.2.1 普瓦松迴歸.....	42
4.2.2.2 負二項迴歸.....	47
4.2.3 初測小結.....	49
4.3 全測—環島幹線平交道.....	50
4.3.1 變數定義與說明.....	51
4.3.1.1 解釋變數.....	51
4.3.1.2 被解釋變數.....	57
4.3.2 迴歸分析.....	58
4.3.2.1 普瓦松迴歸.....	59
4.3.2.2 負二項迴歸.....	60
4.3.3 全測小結.....	66
4.4 小結.....	67
第五章 結論與建議.....	73
5.1 結論.....	73
5.2 建議.....	74
參考文獻.....	77
簡歷.....	79



圖目錄

圖 1.1 研究流程圖.....	4
圖 3.1 平交道闖越者決策模式圖.....	23
圖 3.2 平交道事故研究架構圖.....	24
圖 4.1 解釋變數的關係架構圖.....	30
圖 4.2 被解釋變數的系統架構圖.....	39



表目錄

表 2.1 台鐵現行各種平交道設備一覽表.....	9
表 2.2 台鐵近五年平交道事故統計表.....	9
表 2.3 近年各項大型鐵路立體化工程計畫方案表.....	10
表 3.1 平交道事故因素分析表.....	19
表 3.2 平交道闖越時段分析表.....	20
表 3.3 平交道闖越結果分析表.....	21
表 4.1 台鐵平交道數量統計表.....	28
表 4.2 台鐵歷年重大平交道事故表.....	34
表 4.3 解釋變數的係數符號預期表.....	35
表 4.4 初測解釋變數的線性關係表.....	38
表 4.5 初測被解釋變數的數值分佈與敘述統計值.....	42
表 4.6 初測一對一普瓦松迴歸顯著表.....	43
表 4.7 初測各組普瓦松迴歸式列表.....	44
表 4.8 初測一對一負二項迴歸顯著表.....	48
表 4.9 初測各組負二項迴歸式列表.....	49
表 4.10 各類型平交道的基本環境統計資料表.....	52
表 4.11 全測解釋變數的線性關係表.....	53
表 4.12 全測平交道事故數值分佈與敘述統計值.....	58
表 4.13 各類型平交道事故紀錄分析表.....	59
表 4.14 全測一對一普瓦松迴歸顯著表.....	60
表 4.15 全測一對一負二項迴歸顯著表.....	61
表 4.16 全測各組負二項迴歸式列表.....	62

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

鐵路運輸具有速度快、運量大且土地使用面積小等特性，因此在我國的大眾運輸系統中佔有不可或缺的地位。鐵路系統使用專有路線來阻隔外界的干擾，僅在平交道以管制方式和公路車流共用同一空間，而此一區域即為鐵路運行安全上的一大隱憂。每當發生平交道事故時，除了事故現場的生命財產損失外，鐵路機構因為路線中斷喪失運輸能量與營運利基，客貨輸送延滯並造成接駁運輸系統的超載壓力，在在顯示平交道事故的影響層面不能僅就現場的損失衡量，後續對應的龐大社會成本更值得吾等關注。

根據臺灣鐵路管理局資料顯示[1]，截至民國 93 年底台鐵共有 652 處平交道，平均每 1.7 公里就有一處，表示平交道的設置相當密集，任一台鐵路線的行車幾乎無法避免平交道所帶來的潛在威脅；該年度行車事故有 819 件，其中無責任件數 784 件，佔整體比例 95.4%，這說明台鐵的營運順暢與否和外界干擾程度有相當大的關係。而從台鐵每日總開行列車公里有十萬列車公里計算，每日台鐵全線平交道的管制次數達六萬餘次。而平交道事故多半是屬於無責任事故¹，因此對台鐵而言該種事故即是一種發生頻率高且干擾作用大的事件。以傷亡資料來分析，93 年度事故受傷人數 108 人，其中以列車未停妥而跳車受傷者 37 人為最多，闖越平交道 24 人次之；事故死亡人數 99 人，原因以行走鐵路路線 53 人為最高，闖越平交道 32 人居第二位。雖然闖越平交道分別居受傷與死亡原因的第二名，但跳車或是行走鐵路路線的主體都是人，闖越平交道卻有很大的比例是各型公路車輛。同樣比例的傷亡數字背後隱含著後者帶給鐵路機構更大的直接事故損失與間接的營運損失。

鑒於平交道事故的嚴重性，平交道安全議題很早就受到產官學界的重視。從平交道的管制設備、管制方式、障礙物主動偵測器到鐵公路環境改善、法規研擬等，各項研究課題無不是希望能降低平交道事故的發生機率與影響程度。本研究則藉由平交道資料的探索，瞭解平交道屬性和公路使用者涉入型態與平交道事故的關聯性，作為有關當局制定平交道安全策略之參考，以促進鐵公路行車安全，達到維護用路人生命財產之目的。

1.2 研究目的

台鐵路線設置的平交道甚多，而平交道事故對台鐵營運影響甚鉅。整體而言每個平交道所呈現出的事故資料不盡相同，這不僅跟平交道的設置方式與管制型態有關係，當地的鐵公路幾何線型與車流環境，公路涉入者穿越當時的天候、時間、日期，以及涉入者所駕駛的交通工具型式都有所關聯。多年來平交道設備、鐵公路線型與車

¹無責任行車事故，係指行車事故原因不歸責於鐵路從業人員過失所致者

輛設備不斷在進步，但平交道事故仍時有所聞。因此本研究冀望探討平交道型態與公路涉入者的行為模式對平交道事故的影響，以了解該如何改變這兩因素的影響效果使平交道事故發生率與嚴重性降低。本研究探討平交道型態、公路涉入者的行為模式與平交道事故間的關係，希望能達到下列目的：

- (一) 針對平交道的基本屬性、鐵公路車流特性與平交道事故資料建立數量化的分析方法，以利將來探討平交道設置型態、鐵公路車流數量與平交道事故的關聯性。
- (二) 針對公路使用者涉入平交道事故的行為，與事故類別、平交道管制型態、公路涉入者的交通工具屬性、車流型態建立數量分析方法，以便將來探討平交道事故涉入行為和平交道管制型態、涉入者屬性之間的關聯性。

1.3 研究範圍與對象

國內的軌道機構擁有平交道設施者，除了台鐵以外還有林務局的森林鐵路與台糖公司的產業鐵道。後兩者鐵路系統和平交道規格雖然較簡略，但其列車運行速度慢，運行班次少，平交道數量跟台鐵相比起來也相對很少，因此本研究以台鐵的平交道為研究對象。以台鐵幹線平交道進行屬性調查與分析，建立台鐵平交道事故跟平交道設備、管制方式、鐵公路幾何環境與車流特性之間的關係模式。

平交道的組成因素在實體上可分為人、車、路三大要素：「人」包含鐵路駕駛、看柵工²與公路使用者；「車」包含鐵路車輛與公路車輛；「路」包含鐵公路幾何線型和平交道設備。無形因素則包括管制法規與相關的鐵公路運轉規則。本研究著重的範圍在平交道的實體因素，主要是公路使用者、鐵公路幾何環境與平交道設施等因素。

1.4 研究內容

本研究主要是探討平交道事故資料與公路涉入者行為模式跟平交道屬性、管制方式、鐵公路幾何型態、車流特性等之間的因素關係。主要的研究內容說明如下：

(一) 相關文獻回顧與評述

依據研究目的，首先蒐集平交道事故資料，分析後以瞭解平交道問題，並藉此界定研究課題。其次回顧國內外研究平交道安全的相關文獻，以瞭解平交道事故與平交道屬性、管制方式、鐵公路幾何型態與車流特性之間的關係。最後回顧國內外針對平交道涉入者行為研究的相關文獻，以瞭解國內外專家學者於這領域上的成果貢獻，作為本研究進行平交道事故涉入者與平交道屬性、鐵公路車流特性之間的分析參考。

(二) 平交道管制現況與事故因素分析

蒐集平交道設置規則與設備規範，以瞭解平交道的管制理念與運作現況。同時搭

² 台鐵平交道型式中，僅「第一種」、「專用」平交道有配置看柵人員，數量佔全線平交道比例不到一成

配相關研究文獻的結果，針對平交道事故進行系統分析。探討平交道事故跟平交道屬性、管制方式、鐵公路幾何型態、車流特性等之間的因素關係，藉此釐清本研究之研究課題與研究步驟，以作為建立研究架構之依據。

(三) 平交道事故與平交道屬性、鐵公路幾何型態、車流特性之因素分析

以本研究所蒐集的調查資料，進行平交道事故跟平交道屬性、管制方式、鐵公路幾何型態、車流特性等之間的關聯因素分析。並輔以相關文獻的研究成果，建立「平交道屬性因素與事故關係模式」，以作為分析平交道安全的數量方法。

(四) 平交道事故之差異分析

以本研究所建立的「平交道屬性因素與事故關係模式」，找出事故風險偏高的平交道並進行差異分析，並輔以相關文獻的研究結果，構建「平交道屬性因素與事故涉入者行為關係模式」，以作為分析平交道事故涉入者與平交道管制作業、設置環境的互動方式，進而結合平交道事故關係模式以瞭解平交道屬性、事故涉入者行為和事故資料三者之間的互動關係。

1.5 研究流程

本研究主要是探討平交道事故資料與事故涉入者行為模式跟平交道屬性、管制方式、鐵公路幾何型態、車流特性等之間的因素關係。研究流程如圖 1.1 所示，且將各階段工作流程說明如下：



(一) 確定研究問題

首先透過研究背景的探討，產生研究動機，進一步界定研究問題，以確定研究目的，作為整體研究的開端。

(二) 平交道現況瞭解與相關文獻回顧

確定研究目的與界定研究問題後，便針對平交道的設置理念、管制方式進行分析瞭解，以便對平交道的運作方式有更深入的認識。同時蒐集國內外關於平交道安全相關領域的文獻進行回顧，並加以研讀跟評析。

(三) 平交道事故因素系統分析

瞭解平交道運作方式以及相關文獻回顧後，進行平交道事故因素的系統分析。透過該分析程序凸顯研究問題，釐清影響平交道安全的所有可能因素。

(四) 確立研究架構與範圍

依據平交道事故因素的系統分析，結合相關文獻的回顧，建立平交道屬性與鐵公路型態對事故與事故行為之研究架構，同時界定出本研究的研究範圍。

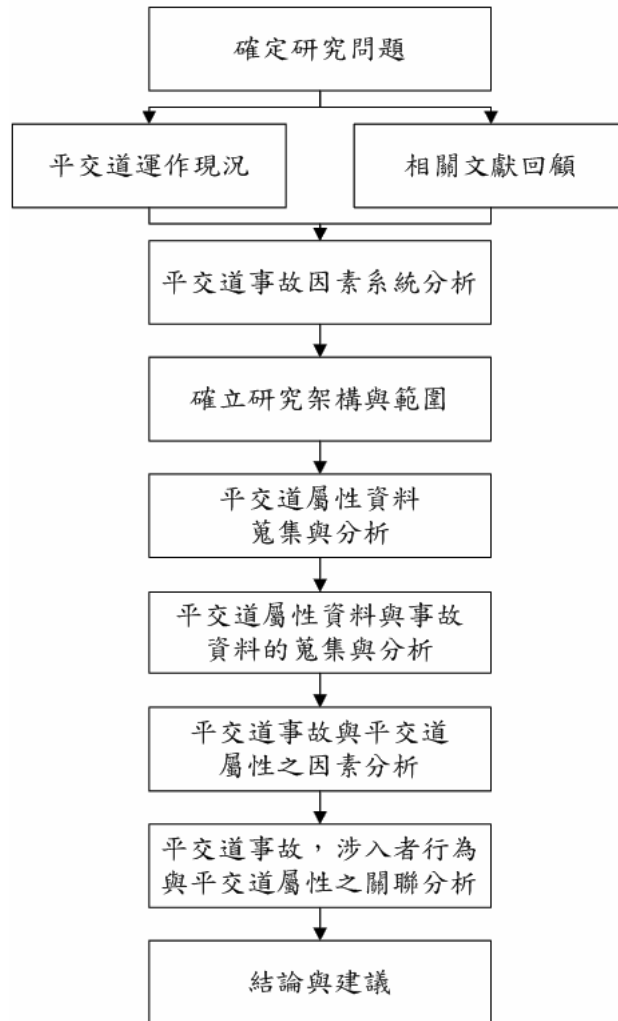


圖 1.1 研究流程圖

(五) 平交道屬性資料與事故資料的蒐集與分析

蒐集本研究所需的平交道屬性資料與事故資料以進行後續分析作業。先進行資料的敘述統計分析以瞭解資料的分佈情形，與資料的適合度，以便後續作業選用適當的分析工具。

(六) 平交道事故與平交道屬性之因素分析

藉由蒐集來的平交道屬性資料，搭配平交道事故資料，輔以相關文獻的研究成果，建立「平交道屬性因素與事故關係模式」同時選定台鐵某一路段進行校估之。後續探討屬性變數對事故結果的影響。

(七) 平交道事故、涉入者行為與平交道屬性之關聯分析

利用台鐵幹線平交道資料與事故資料，驗證「平交道屬性因素與事故關係模式」。分析平交道事故涉入者與事故型態、平交道管制程序的互動方式，進而結合平交道事故關係模式以瞭解平交道屬性、事故涉入者行為和事故型態三者之間的互動關係。

(八) 結論與建議

最後根據本研究的結果提出結論與建議，以提供後續研究及政府、軌道機構制定平交道安全策略之參考。





第二章 現況分析與文獻回顧

本研究主要是探討平交道事故資料與事故涉入者行為模式跟平交道屬性、管制方式、鐵公路幾何型態、車流特性等之間的因素關係，作為將來制定平交道安全策略之參考。首先蒐集平交道的管制概念與方式進行分析瞭解，對平交道的運作程序有更深入的認識，以便後續針對平交道事故因素進行系統分析作業。其次蒐集國內外關於平交道安全相關領域的文獻進行回顧，作為本研究進行平交道屬性與事故資料和闖越形態之間模式構建之參考。

2.1 現況分析

鐵路車輛與公路車輛因為車輪構造與運作原理的不同，各自在不同型式的運輸路網上運行。但因為經費或是地理環境的限制，使得兩種不同運輸網路需要共用同一空間，這時便需要一管制方式來區隔鐵路車流跟公路車流，此一管制地帶即為平交道¹。考量鐵路車輛的動量大而車輪摩擦力小，由高速制軔到完全停止時要比公路車輛行走更長的煞車距離，因此在管制方式上都是以鐵路車輛具有優先通行權，當無列車通過需求時才把通行權轉移到公路車流。

依據交通部頒定之「鐵路立體交叉及平交道防護設施設置標準與費用分攤規則」第 14 條之規定[2]，鐵路平交道分為四種，分別為第一種平交道、第二種平交道、第三種平交道與第四種平交道，以瞭望距離、列車班次跟公路交通量作為平交道等級的防護依據。杜怡和（民 92）[3]指出，台鐵平交道現行種類，有第一種平交道、第三種甲平交道、半封閉平交道、人工控制式平交道與專用平交道。除了人工控制式平交道以外，其他型式平交道的警報啟動方式都是透過軌道電路原理，由設在平交道外方約 1100 公尺處的繼電器感應列車經過而發送啟動訊號。在台鐵現行列車最高時速 130 公里的運行條件下，警報時間可滿足「道路交通標誌標線號誌設置規則」[4]²之要求。鐵路平交道除依規定³設置標誌外，台鐵現行各種平交道的設置標準跟運作原理說明如下：

（一） 第一種平交道

設遮斷器、警報裝置與雙閃紅燈，晝夜派看柵工駐守。當列車接近平交道前一至二分鐘，接近電鈴鳴響並自動啟動警報裝置與雙閃紅燈，看柵工視人車離開平交道區域後放下柵欄。列車通過後自動啟動警報裝置與雙閃紅燈自動停止，看柵工手動操作將柵欄升起開放人車通行。

（二） 第三種甲平交道

¹ 本研究不探討輕軌系統於B、C型路權路線上行駛時與公路車流區隔之課題

² 道路交通標誌標線號誌設置規則第 233 條第一項第四款之規定

³ 道路交通標誌標線號誌設置規則第 4、12、22、35、36、57、72、154、157、163、170、173、194、199、201、202、220、224、229 條

設自動遮斷器、警報裝置與雙閃紅燈，不派看柵工駐守。平交道運作採用軌道電路方式自動控制。當設置在平交道外方約 1100 公尺處的繼電器感應列車接近而發送啟動訊號後，雙閃紅燈與警報器自動啟動，待六至八秒後遮斷器自動下降，大約再十五秒後列車就會通過，該時間間隔視該平交道設置地點距離車站遠進而有差異。列車通過完畢後警報裝置與雙閃紅燈自動停止作用，遮斷器也自動升起開放人車通行。若道路設有分隔島之平交道，遮斷器放下的順序會從車道入口處先行放下，出口處遮斷器會延後數秒才放下以使進入平交道的人車能順利離開此一區域。

(三) 半封閉平交道

設警報裝置與雙閃紅燈，不派看柵工駐守。道路口以鐵條或水泥柱縮小成 1.6 公尺以下來限制只允許機慢車跟行人通行。自動警報器與紅閃光燈的運作如同第三種甲平交道。然為提升安全性，部分本類型平交道加裝遮斷器，即安全防護措施完全比照第三種甲平交道。

(四) 人工控制式平交道

設警報裝置與雙閃紅燈，不一定有遮斷器設施。欲經過的列車需在平交道前一度停車，由車長或是看柵工啟動警報器後，再行通過平交道，最後同樣由車長或看柵工解除警報器裝置以放行公路車輛通過。本類型平交道多用於列車稀少的貨運支線。

(五) 專用平交道

屬於個別公司行號的專用平交道，並由使用單位負責管理，平交道防護措施依各公司需要而有不同的設置。

在民國 80 年代中期幾次重大平交道事故後，台鐵在民國 90 年於幹線平交道上全面加裝列車方向指示器與緊急通報按鈕，期望能讓公路使用者能更加明瞭列車運行狀況，並在緊急狀況時能及時通報鄰近列車與車站，同時選定幾處平交道設置障礙物自動偵測器以實驗其運作成效。平交道緊急按鈕雖然經多方宣導，然在使用成效上不如預期。後續幾次平交道事故中，因公路駕駛人及時按下緊急按鈕而避免一場事故的紀錄少之又少。障礙物自動偵測器的設置成本偏高，且敏感度設定上經常誤判，使得火車司機對其信任度偏低。各種平交道設備比較如表 2.1 所示。台鐵近五年來平交道事故統計與肇事分類如表 2.2 所述。

鐵路帶來的人潮貨流繁榮所經之處，但鐵路同時也阻隔左右兩側市鎮的社經交流。平交道設置不僅無法滿足公路往來需求，在鐵公路車流均密集的情況下每個平交道都是瓶頸點與隱藏的衝突點。因此政府於 70 年代開始規劃都會區鐵路地下化工程，期望鐵公路以立體交叉的方式達到各自運行順暢的目的。然鐵公路立體交叉工程所費不貲，搭配封閉小型平交道措施，平交道數目從 89 年底的 736 處降低到 93 年底的 652 處，五年來減少 84 處，平均每年減少 3%^[1]，但花費可用百億新台幣作計算。在經費有限與工程經濟效益考量下，大部分的平交道仍將保持原本型式以繼續肩負區隔鐵

公路車流的職責，因此平交道在未來仍是我國鐵公路交織的主要型式之一。近年各項大型鐵路立體化工程計畫方案如表 2.3 所述。

表 2.1 台鐵現行各種平交道設備一覽表

平交道種類	數量 ⁴	看柵人員	雙閃紅燈與警報器	遮斷器	列車方向指示器	緊急按鈕	障礙物偵測器	備註
第一種	51	有	有	有	大部分有	幹線有	極少	極少數設闖越自動照相機
第三種甲	561	無	有	有	大部分有	幹線有	極少	極少數設闖越自動照相機
半封閉	43	無	有	無	大部分有	幾乎沒有	無	90 年代後多數平交道有加裝遮斷器
人工控制	82	無	有	有	幾乎沒有	幾乎沒有	無	絕大部分位在貨運支線
專用	36	視情況而定						

資料來源：杜怡和[3]與本研究整理

表 2.2 台鐵近五年平交道事故統計表

事故原因\年度	89	90	91	92	93
駕駛不慎	12	7	4	4	4
搶越	18	17	15	31	27
中途故障	7	10	6	1	1
中途停留或轉向	14	2	13	9	5
裝貨超高	3	0	0	3	0
行人穿越	8	15	15	16	20
事件總計	62	51	53	64	57

資料來源：交通部台鐵行車保安委員會[17]

2.2 文獻回顧與評析

以往對平交道安全方面的研究，主要著重在平交道防護設施、管制策略與設備穩定性，以防範公路使用者闖越的行為上。另外也可借重在公路系統中對於闖越行為的學術報告，以便往後對平交道闖越行為研究時一參考架構。

在以加強平交道防護措施的領域方面，鄭子良（民 91）[9]以錄影方式觀察平交道闖越行為並找出闖越機率模式，建議以偵測系統降低平交道事故的損害程度。損害程度以列車重量與列車到達平交道末速平方作為肇事嚴重程度的判斷依據。但該研究於觀察階段並未區分闖越車輛型態，且以攝影方式取得觀察資料時會有無法獲得闖越者闖越意圖的相關資訊。Tom（2005）[23]以工程改善的角度指出，火車車身塗裝不鮮

⁴ 數據資料以台鐵 87 年 3 月統計為準，總計 773 個

豔不易引起公路駕駛人的注意。在限制鳴笛的行駛區域內，平交道應設置足夠的柵門與道路分隔設施，同時設置仿列車氣笛的擴音器以提醒公路駕駛人注意。最好是能封閉平交道，以事故率高、視距差、車流方便繞道或是鄰近有替代平交道者為優先廢除對象，然該措施需要考慮對通勤許次、救災與緊急疏散路線的影響。

表 2.3 近年各項大型鐵路立體化工程計畫方案表

工程方案名稱	執行日期	目前狀態	消除平交道數	工程金額 (億新台幣)	承辦單位	備註
台北車站地下化	68.7.26	完工	約 14 處	174	鐵工局	含先期客車場遷移工程
松山專案	77.7.20	完工	約 9 處	274.8	鐵工局	
萬板專案	81.9.14	完工	約 4 處	525.5	鐵工局	含高鐵隧道與樹林調車場工程
高雄專案	87.1.2	施工中	約 4 處	647	鐵工局	含高鐵隧道與調車場遷移工程
南港專案	87.8.27	施工中	16 處	765	鐵工局	含高鐵隧道與調車場遷移工程
台中專案	82.10.30	研議中	17 處	300	鐵工局	含增設通勤車站
台南專案	82.10.30	研議中	8 處	296	鐵工局	含增設通勤車站
員林專案	N/A	研議中	3 處	41	鐵工局	
嘉義專案	N/A	研議中	5 處	140	鐵工局	含調車場遷移工程
屏東潮州專案	N/A	研議中	10 處	88	鐵工局	含調車場遷移工程
台鐵幹線平交道改建立體交叉工程	87.10	尚未核定	66 處	218	台鐵	部分計畫已推動或進入規劃階段
桃園中壢間鐵路高架化工程	88.3	研議中	11 處	245	省交通處	
新竹香山間鐵路高架化工程	88.3	研議中	6 處	45	省交通處	
蘭陽溪橋改建	91.7	施工中	約 3 處	10	台鐵	

資料來源：鐵路改建工程局[5]、台鐵兼具都會區捷運功能增設通勤車站評估規劃[6]、鐵道情報第 133 期[7]與 145 期[8]與本研究整理

在平交道管制策略的研究上，施鈞明（民 93）[10]利用程式模擬不同的平交道管制策略（固定距離警示與固定時間警示）進行風險分析，以台鐵台南生產路平交道為模擬對象。然該研究沒有考量機車、自行車與行人的穿越車流，也沒有考慮蓄意闖越行為。詹坤益（民 91）[11]利用程式與人因工程概念，將「固定警示時間」與「交通量自然屏障」管制概念建構於平交道控制系統。藉由交通量形成自然屏障，降低小汽

車在警示時間內成為等候車隊首部車的機率，進而降低闖越的機率。因為在不考慮超車行為下闖越平交道的先決條件是要成為車隊的首部車。交通量過低將無法形成自然屏障，而警示時間長易形成自然屏障，但另一方面也易造成駕駛人不耐久候而闖越。該研究選取二站間平交道進行模擬，以成本效益最佳化為目標。然模擬過程中未提及機車、自行車、行人的闖越模擬。

在強化平交道設備穩定性方面，Tom (2004) [24]指出平交道設備的維護很重要，但作業耗時且繁瑣。建議設置監視器主動定期偵測故障訊號並及時回饋，並利用整合型控制器將警鈴、警示燈、柵門、軌道電路、電源等控制組件一元化。柵欄要具備彈性設施以確保被闖越車輛撞擊後仍可恢復定位與其功能性。而國內（台鐵？）運務處本身的研究報告[16]中指出，鬧區的平交道警報器因背景噪音大而警告效果不佳，柵欄無法有效阻止蓄意闖越行為。平交道標誌應比照高速公路大型化，使其容易被用路人看見。另外平交道鄰近的公路條件會影響車輛操控，上坡路段換檔不當容易使車輛熄火，而下坡路段則有煞車不及的風險。建議平交道兩側公路 15 公尺內應保持水平，其餘 50 公尺內之坡度小於 3%或 4%，並禁設彎道。平行鐵路之公路要轉進平交道時，引道至少要 15 公尺以便保持車身能垂直穿越鐵路。最後建議採用「時速繼電器」改為固定時間警示，以增加平交道警示時間長度之威信，降低用路人因等候不耐而闖越之機率。

闖越平交道的行為在某種程度上類似公路路口的闖紅燈。David (1998) [25]指出闖紅燈是屬於侵略性駕駛行為的一種。影響侵略行為的因素來自挫折感程度、罰責輕重、挫折來源的公正性與合法性。而要減少侵略性駕駛行為，可從改變駕駛人習慣（如加強執法）或是道路環境著手。以平交道安全策略的觀點而言，可藉由加強執法或是安裝闖越自動照相機，亦可讓公路使用者感受到平交道管制變化，進而減少平交道的闖越行為。

Sudhir (1998) 等[27]對 JR 東日本鐵路公司的平交道事故進行研究。將平交道風險定義為事故發生率與嚴重程度，而考慮的影響因素包括：鐵公路車流、平交道視距、公路坡度與寬度、平交道等級、軌道數目與所在環境。事故率基準以鐵路車流、事故總數、平交道數目為底而未考慮公路車流。事故嚴重程度考量第三者死傷人數、列車延誤時數與取消班數，後續並計算平交道安全投資與風險改善的本益比，得知教育跟宣導是成本效益高的安全措施。該研究發現事故涉入的公路車輛中，小型車約佔 2/3，機踏車與行人約佔 1/3，大型車輛微乎其微，但卻是重大事故的主因，故建議提高柵欄對大型車輛的可視程度。事故原因以忽略管制訊息為最多，闖越跟未保持淨空為其次，而在汽車衝撞通過中的火車的事故分析中，原因可能是停不下來或是駕駛沒注意到。另外發現低交通量的平交道事故率反而比高交通量的平交道要高。

Park (2005) 等[30]認為現有平交道事故預測模式多以統計上的迴歸關係尋找平交道事故與平交道環境資料之間的關係，但統計上的迴歸關係並不一定是真實情形的互動關係，作者建議將事故與環境資料先進行分組後再進行統計分析，以求取較佳的

解釋能力。Mohammad (2005) 等[29]對美國密蘇里州要從現有的平交道事故預測模型中挑選出最適合當地使用的模式，發展出一套選擇預測模型的準則。在模式目標是將有限經費投注在改善效益最高的平交道之下，透過專家學者會議建立模式評估標準。評估標準首重模式的正確性、合理性與經濟性，同時加以考量平交道的型式與視距資料，之後挑選具代表性的模式進行評估，以獲得最佳的平交道事故預測模式。但整個評選過程中只取 6 處具代表性的平交道作正確性評估，一來具代表性的平交道不易挑選，二來在州內數百個平交道中只取 6 處平交道，在數量上能否客觀的代表多數平交道也不得而知。另外專家學者的評選意見容易有前後不一致情形，使得整個評選結果容易跟原先預期目標不一致。

國內對於平交道的事故分析上，侯光義君 (民 69) [18]透過鐵路交通量解釋平交道期望的事故率，以都市/鄉村、單線/雙線鐵路、平交道型式作分類，用 R-square 找出解釋能力佳的方程式，以生命價值、醫療與財務損失衡量平交道升等的工程經濟效益。作者認為可考量事故量與一日中交通量的關係，甚至是晝夜、季節、年份的差異。平交道的清道時間要大於大型車輛通過平交道所需時間，如此才有清道的實際效果。在預先警告的意義上不僅是向公路駕駛人提醒平交道已進入管制狀態，同時還有向公路使用者提醒自己正接近平交道危險區域的第二層涵意。翁茂城君 (民 63) [19]則利用台鐵西幹線 24 年的事故資料作分析，考量平交道數、平交道死傷事件數、平交道總事件數、總公路事件數、車籍數目、人口、每日列車公里、車輛擁有率等解釋變數。作者認為最好的方程式是一平交道肇事內含有死亡與受傷資料，同時有獨立的兩個鐵路、一個公路、一個社會經濟變數的反應。但該文引用的公路事件數、車籍數目與車輛擁有率能否是當代表使用平交道的車流量則有待進一步探討。駱思斌君 (民 91) [20]則是利用鐵路路線本身的特徵進行分析，包括坡度、彎道半徑、尖峰/離峰、平日/假日等因素，利用普瓦松與負二項分配進行測試。但該模式對外來因素影響成分大的平交道事故而言沒有很強的解釋能力。

在其他相似的事故預測領域上，Chang (2005) [31][32]對台灣國道一號中山高速公路的事故預測採用類神經網路模式和資料採礦法，以跟既有的負二項迴歸模式進行比較分析。負二項迴歸模式需要對 X 跟 Y 之間的關係進行假設，而當該假設關係不成立時，其結果便有偏誤的可能。類神經網路模式和資料採礦法都不需假設 X 跟 Y 之間的關係，同時可處理 X 之間的共線性問題，資料採礦法甚至可以自動搜尋資料的分類決策點。但類神經網路模式的發展都相當耗時，同時敏感度分析無法以數學定義。資料採礦法在找預測指標、最佳分割方式與多重搜尋等情況下會面臨連續與次序變數無法有效配適的問題，同時無法提供 X 跟 Y 之間的機率或信賴區間關係，以及無法進行敏感度與彈性分析。該研究結果顯示，類神經網路的預測績效比既有的負二項迴歸要來的好一點，而資料採礦法的成效與負二項迴歸不相上下。但兩模式的共同點是都需要透過既有資料來訓練發展其關聯關係。

以上這些學術成果針對平交道安全的各面向進行分析研究。然每個平交道都是因地制宜的環境與規格，缺乏針對平交道間個別屬性因素與事故資料的關聯性研究。而

在穿越平交道的車流組成中，目前絕大部分的研究都未考慮機慢車與行人，這在人口稠密且機慢車使用普遍的我國而言是引用上的一大盲點。另外這些研究也缺少針對平交道闖越車流中的闖越運具類型、闖越時間、乘載人數等進行關聯分析，而這些因素對於瞭解平交道闖越行為有其必然的關聯性存在。





第三章 研究架構與方法

經過現況分析與文獻蒐集回顧後，依據研究目的針對公路使用者穿越平交道行為進行系統分析，探討整個行為過程中鐵公路因素與公路駕駛人之間的互動關係與決策流程，以及影響決策過程的所有因素來釐清問題。然後依據研究目的建立本研究之主要架構，作為後續研究分析之基礎。

3.1 平交道系統分析

平交道是運輸網路上的一環，因此組成因素上不脫運輸系統中人、車、路三大因素。又平交道是鐵路與公路共用空間地帶，因此在討論平交道組合因素時，鐵公路個別的人、車、路三項因素都要分別考量之。

(一) 人：火車駕駛、看柵工、公路使用者

平交道上參與且有互動能力的人員因素，可分為鐵路車輛側的火車駕駛、操作柵欄的看柵工、公路上各型式車輛駕駛人與行人。火車駕駛操控鐵路車輛運轉，看柵工操作遮斷器升降並注意平交道於管制期間內有無保持淨空。這兩者都是受過專業訓練的鐵路機構員工，因此在職責任務的操作中有較穩定且可靠的表現，但因為平交道設備規格的差異，並不是每一種平交道運作都有看柵工參與其中。公路使用者方面由於平交道屬於開放的公共空間，任何可在道路上行走的運具（包含動力與非動力運具）或是行人，皆可穿越平交道而成為平交道公路側的使用者。也因此公路使用者的特性分佈相當廣泛，在穿越行為的呈現上多樣化的形態與面貌。

公路使用者可以從認知能力、對平交道運作的熟悉程度與地區差異進行分類。以認知能力而言可將公路使用者區分成無認知能力、有認知能力但認知錯誤、有認知能力且認知正確三類：無認知能力者是指不知道平交道意義與保護自身安全方法的人，這類人物多半是小孩或身心障礙者，不知道平交道的管制意義而進入管制區導致不幸；有認知能力但認知錯誤者多半是一般駕駛人，知道平交道的管制意義與應對措施，但在穿越平交道的當下因為環境與天候因素，或是本身的認知能力下降（如疲勞駕駛或酒後開車），未察覺該處是平交道，或是誤判平交道未處於管制狀態而闖入，最終導致事故的發生；第三類是有認知能力且認知正確者，這樣的情形佔絕大多數，對於平交道的管制意義認知正確並有適宜的應對行動，最後多半可安然的穿越平交道。

以對要經過的平交道之運作熟悉程度而言，也可將公路使用者區分作三類：第一種是不清楚者，對所有鐵路平交道的運作方式都不熟悉，這情形多發生在小孩或是生活圈中幾乎不會遇到平交道的人身上；第二種是清楚平交道運作者，可能也很常穿越其他平交道，但對於當次要穿越的平交道並非經常路過，因此對當下平交道的運作是透過既有印象來對照認知，不算是充分熟悉和了解；第三種是經常穿越該平交道者，對該平交道的運作方式、管制時間、列車通過型態都相當清楚，這一類使用者多半是居住在平交道附近或是通勤路線上會經過平交道的公路使用者。

地區差異的分界線比較模糊。大抵多用城市/鄉村，或是用地理區域區分：該種假設的理由是因為受比較的兩地區其居民的居住環境、經濟活動、文化風俗、生活壓力與步調等均不相同，使得居住在這兩區域的居民面對同樣的情況，會容易作出不一樣的決策。像是面對平交道警示音剛響起但柵欄還未放下情境，步調緊湊的城市人可能會想要趁柵欄尚未放下去以前趕緊衝過去以免耽誤到後續行程，而鄉下人可能就會覺得生活沒這麼匆忙而耐心於平交道前等候。又如同對於平交道立體化的政策，桃園人的支持程度可能就高於南投人。因為穿過桃園的是有繁忙班車運行的縱貫鐵路，雖然帶來行的便利與城市繁榮，但平交道的阻隔卻也妨礙鐵路兩側的均衡發展。而南投境內目前僅有集集支線鐵路一條，稀疏的班車不至於對鄰近交通產生重大的影響，也因此南投人對平交道立體化的需要程度就沒有來的像桃園人那麼急切。

（二） 車：鐵路車輛、公路車輛

平交道上參與的車輛即為鐵路車輛與公路車輛。鐵路車輛質量大，且因為是鋼輪與鋼軌黏著運行，摩擦力小而加減速度慢。公路車輛質量小，但車輪部分因為是橡膠胎面與柏油鋪面黏著運行，摩擦力大而加減速度高。在平交道的管制組合中鐵路車輛是必要參與因素，公路車輛則未必（如：步行穿越平交道），不過仍佔公路穿越旅次相當大的比例。

公路車輛的分類以機車、小型車跟大型車這三類為主：機車的乘載人數以兩人為主，駕駛視野高度比起小型車要來的不錯，操控性也佳，只是駕駛人的操控行為比起四輪車輛更易受到天候與其他車輛的影響。機車因為車體小，容易在平交道柵欄間穿梭，在平交道管制區內也比較找到地方閃躲。但如果當機車被火車撞上時，因為量體差異太大，機車幾乎全毀，但火車車體經常是完好如初；小型車的乘載人數不超過九人，小轎車駕駛座的視野因為車身底盤低而比較差，但箱型車跟休旅車的駕駛視野就比較好。小型車的機動性佳，當受困在平交道時比起大型車容易脫困。而當被火車撞上時，小型車的車體結構幾乎無法保護車內乘客的安全，但該碰撞只會對火車的先頭部位有輕微的損傷；大型車的駕駛座多半因為車身底盤高而有不錯的視野。大型車的駕駛操控困難度較高，在機動性的表現上也比較差，加上車身長，因此通過平交道所需時間也要更多。當大型車因故受困在平交道上時，因為靈活性差而較不易脫困。而當被火車撞上時，大型車的車體無法保護車內的乘客與貨物免於撞擊力道的危害，但其車體結構卻也足以對火車的先頭部位造成相當程度的損傷。總之大型車是比較容易在平交道事故造成重大危害的公路車種。

鐵路車輛的類型也會影響平交道事故，從列車駕駛室高低、車頭塗裝、運轉車速、列車編組方式等都會有影響：列車駕駛室的高度就台鐵而言，電力機車與柴電機車的駕駛室高度比起電聯車、柴聯車、推拉式自強號要來的高，因此對火車司機來說可獲得較佳的視野，這樣的視野差異或許會對司機在第一時間的察覺上有些許的影響；車頭塗裝則是影響公路駕駛人辨識列車位置的重要因素。台鐵的電力機車、柴電機車、各型式自強號的端面塗裝都是鮮艷的橘色，但通勤電車的塗裝則是以藍色系端面搭配

黃黑相間塗裝的排障器，比較之下通勤電車的可視性就不如其他種列車。不過自民國91年3月1日起台鐵規定所有上線運轉列車都要開頭燈，該政策使得台鐵目前各式列車的前端可視程度都達到相當良好的效果；司機員緊急制軔所需的時間會因火車當時的運轉車速而有差異。運轉車速不僅跟路段限速有關，也和運轉規劃有關係。當列車行經限速較低或是經過停靠站鄰近的路段，若這些區域的平交道出現緊急狀況時，火車司機會因為車速較慢而有較充裕的反應時間。反之在其他車速較高的路段，火車司機對平交道狀況的反應時間就相對較少；列車編組的方式會影響事故發生時列車乘務人員與旅客受到傷害的程度：以機車頭牽引客貨車廂方式編組的列車，在事故發生的當下機車頭的龐大結構能對列車乘務員與後方車廂提供緩衝與保護的作用。但如果是以電聯車或柴聯車編組的旅客列車，由於第一節車廂就有乘載旅客，因此若先頭車廂的結構出現受損，便會對內部的駕駛與旅客安危造成嚴重的影響。台鐵歷年來平交道事故中若旅客有遭受嚴重的危害，涉入列車的型式多半是以電聯車或柴聯車編組的旅客列車¹。

（三） 路：鐵路路線、公路路線、平交道設備與週遭環境

路側因素不會在平交道管制過程中參與互動，但會限制人車之間的互動範圍與模式。鐵路路線的幾何線型會限制火車司機的瞭望視距與列車運轉速度，股道數目則隱含在一次管制時間內可能通過的列車數目，鐵路路線距離鐵路車站遠近則會代表鐵路列車運轉模式是單純通過，還是因為靠近車站而有加速、減速、調車等多種運轉模式，不同的運轉模式會影響到管制時間的長短與變異程度。公路路線的幾何線型會限制公路駕駛的瞭望視距與車輛的限速，車道數目與寬度則隱含單位時間內通過平交道的車輛數目與速率，道路分隔型態是以標線或是實體分隔的方式則意含公路使用者從對向車道闖越平交道的難易度高低。由於平交道的鋪面設置是依據鐵路線型為主，公路豎曲線可能需要遷就鐵路的超高或是水平線型而有坡度變化，因此公路車輛在穿越時須注意坡度激變或是底盤受困的情況。平交道設備是指以何種形態阻隔公路車流與鐵路車流，有無管道告知公路使用者列車行駛資訊，以及當有公路車輛受困時，有無主動或是要公路使用者操作的被動管道來通知火車駕駛與鄰近鐵路車站。平交道週遭環境則關係到鐵公路駕駛能否看到對方車流的運行狀況。

依照國內台鐵幹線平交道的運作現況，接近平交道的火車透過軌道電路的訊號傳遞，通知平交道有列車將要接近的訊息。平交道透過紅閃光燈、警示音與柵欄的遮斷運作，將有火車接近的訊息傳遞給在場的公路車輛與行人。由於現有火車與公路車輛之間沒有溝通管道，火車的行為要透過平交道端才能傳給公路端在場的使用者知曉，鄰近路段的公路車輛則無法清楚火車的運行狀況。而當平交道上事件無法立刻排除時，由於多數的平交道裝設的是被動式的緊急按鈕，要由公路使用者按鈕後緊急訊號才會從平交道端發射出去，傳遞給接近的火車知道，而火車司機再緊急制軔以應變該

¹ 類似案例如70年3月8日頭前溪南平交道事故、81年10月31日八股頭平交道事故、83年3月17日頂街平交道事故與86年4月3日學田路平交道事故，這些事故中涉入的列車都是以電聯車編組的自強號列車，而火車乘客傷亡的情形也相當慘重。

情況。該緊急狀況反應過程耗時且需要對全民進行大量的平交道緊急按鈕教育和宣導。在智慧型運輸系統 (Intelligent Transportation System, ITS) 與未來平交道的保安發展趨勢上，火車接近時平交道端的設備會主動向鄰近公路車輛發出列車接近的訊號，而公路車輛上會具有車機接收該訊息使駕駛人知道。如此即使在彎道或視野不良的路段，公路車輛駕駛人不會因為無法看到平交道的運作情況而錯失列車運行的資訊，以至作出任何不利於平交道安全的危險駕駛行為。而平交道對其危險區的淨空偵測也全面採取主動作為：當危險區於管制時段內有障礙物存在時，平交道設備端便立即向接近的火車發送緊急停車訊號，火車接收到訊號後會自動緊急停車而無需經由司機的手動操作，以爭取必要的停車時間與距離，降低平交道事故的嚴重性。

3.2 平交道事故分析

平交道事故一般是指鐵路車輛與公路車輛或是行人在平交道上發生碰撞事故。由於鐵路車流與公路車流平時各自運行於本身的運輸網路上，要發生碰撞事件，前提是鐵路車輛與公路車輛或行人於同一時間處在同一地點。因此可以明確定義平交道事故為：鐵路車輛與公路車輛或是行人於同一時刻出現在平交道內側而發生碰撞事故。

讓鐵路車輛與公路車輛或是行人於同一時刻出現在平交道內側的導因眾多，但分類上不超出人、車、路三大因素。又因為這三項因素存在互動關係，單一因素失效不一定會導致平交道事故產生。事故發生的情形多半是公路車輛或行人因故在平交道進行管制時仍滯留於平交道內方，在缺乏通報管道或是通報不及的情形下，火車司機又因為視距關係無法於有效停車距離外憑自身視覺查明平交道異狀，最後導致列車無法於平交道前緊急制軔停車而撞上滯留於平交道內方的公路車輛或是行人。詳細平交道事故因素分析如表 3.1 所示。事故的嚴重程度則視列車抵達平交道當下的速度與公路車輛的量體而定。

平交道事故的因素眾多，但最多的事故導因來自於公路使用者闖越平交道。依據道路交通標誌標線號誌設置規訂[4]第 209 條：鐵路平交道號誌雙盞紅燈開始交替閃爍時，表示行人與車輛均禁止進入平交道，車輛並應停止於停止線前，如已在平交道中應迅速離開。此法規明示平交道管制時間從雙閃紅燈開始計時，當閃紅燈亮起與警報聲鳴響後，人車仍從公路側進入平交道內方即構成平交道闖越行為。由於平交道警報器響起後到最後停止的整個管制過程中，可隨著柵欄動作與列車通過與否切割成數個時段，而每一時段的闖越型態與闖越風險也不盡相同。大抵而言柵欄放下與否會影響闖越困難度，而闖越時間與列車抵達時刻越接近，闖越風險值也越高。詳細平交道闖越時段分析如表 3.2 所示。

平交道闖越行為依照行為者的意識，可分為蓄意闖越與非蓄意闖越。非蓄意闖越行為的形成原因較為單純，通常是公路使用者沒有察覺平交道已進入管制時段而貿然進入管制區域，或是有察覺管制動作，但比較當下駕駛的車輛運轉速度無法於平交道停止線前停住，因而決定加速前進，期望於平交道出口柵欄放下前穿越整個平交道。

表 3.1 平交道事故因素分析表

後續失效因素 第一失效因素	人	車	路	備註
人（火車駕駛） ● 操作失誤	--	--	--	● 火車駕駛操作失誤不會直接導致平交道事故 ²
人（公路使用者） ● 蓄意或不小 心闖越	● 看柵工未及 時阻止或阻 止無效 ● 火車駕駛未 及時察覺平 交道異狀	鐵路 車輛 制軔機 失效	● 緊急通報 按鈕失效 ● 障礙物偵 測器失效	● 火車駕駛察覺時間受限於鐵路線型影響
人（看柵工） ● 忘記或延遲放 下遮斷器，或過 早將遮斷器升 起	● 公路駕駛未 及早發覺 ● 火車駕駛未 及時察覺平 交道異狀	鐵路 車輛 制軔機 失效	● 緊急通報 按鈕失效 ● 障礙物偵 測器失效	● 火車駕駛察覺時間受限於鐵路線型影響
車（鐵路車輛） ● 車輛故障 ● 制軔失靈	--	--	--	● 鐵路車輛故障不會直接導致平交道事故 ²
車（公路車輛） ● 因機械故障或 底盤卡住而困 在平交道 ● 煞車失靈而闖 入平交道	● 公路駕駛未 及時通報 ● 看柵工未及 時通報 ● 火車駕駛未 及時察覺平 交道異狀	鐵路 車輛 制軔機 失效	● 緊急通報 按鈕失效 ● 障礙物偵 測器失效	● 火車駕駛察覺時間受限於鐵路線型影響
路（平交道設備） ● 故障	● 看柵工未及 時發覺 ● 火車駕駛未 及時察覺平 交道異狀	鐵路 車輛 制軔機 失效	● 緊急通報 按鈕失效 ● 障礙物偵 測器失效	● 平交道設備通常都有保 安裝置，以確保故障時 能把負面影響降到最低 （即放下柵欄阻斷公路 車輛進入） ● 火車駕駛察覺時間受限於鐵路線型影響
路（緊急通報系統） ● 故障	--	--	--	● 緊急通報系統故障不會直接導致平交道事故

資料來源：本研究整理

蓄意闖越行為的風險衡量因人而異，但以效用益觀點分析，對願意闖越的駕駛人而言闖平交道的總效用值一定是正值。平交道管制因為採取鐵路車輛優先通行，因此會對

² 對大部分以軌道電路控制的平交道而言，不管列車是因為駕駛操作不當或是車輛故障，只要車輪一滑進該區段平交道便自動啟動，所以不會直接導致平交道事故產生。但若是人工控制式平交道，因為需要車上人員前往按鈕啟動，故列車需要於平交道前一度停車。如未能停車而闖入平交道區域，則因為平交道內尚未阻隔公路車流進入，非常容易導致平交道事故產生。

表 3.2 平交道闖越時段分析表

闖越時段	闖越類型	事故風險程度	發生頻率	備註
A	警報與紅閃光燈作用，柵欄未放下	幾乎不會被出口柵欄阻擋，時間上最充裕脫逃	相當常見	可能是蓄意闖越，也有可能是駕駛人未注意平交道作動，或是來不及煞車而闖越
B	警報與紅閃光燈作用，柵欄放下中	可能會被出口柵欄阻擋，但時間上較充裕脫逃	相當常見	(同上)
C	警報與紅閃光燈作用且柵欄已放下，火車尚未抵達	柵欄放下的時間越久，被火車撞擊的機率也越高	罕見	除非是無柵欄平交道，不然於此時段表現出的闖越行為應該都是蓄意闖越
D	警報與紅閃光燈作用，柵欄已放下，火車正通過中	幾乎一定發生事故	罕見	以理性的闖越動機解釋是，闖越者於 C 時段決定要闖越，但執行時火車已進入平交道，或是看到火車時已經來不及煞車
E1	警報與紅閃光燈作用，火車已經通過，柵欄尚未升起		罕見	在有裝設列車指示器的平交道處，可由該指示器區判斷無後續列車經過 (E1/E2 情況)
E2	警報與紅閃光燈作用，第一班火車已經通過，柵欄未升起，等待後續列車通過 (回 D 時段)		少見	(同上)

資料來源：本研究整理

公路使用者的行程造成延誤，而闖平交道即在於免除該延誤，此延滯時間再與闖越者單位時間的價值相乘積，可得該次闖越行為帶給闖越者的正面效用。另一方面，闖平交道的負面效用即在於可能發生事故，事故發生的機率與事故嚴重性相乘積，可求得闖平交道的負面效用。正面效用和負面效用相加總即為闖越行為的總效用值。在此說明的是「單位時間價值」與「事故嚴重性」的判定因個人主觀意識而定；「延滯時間」與「事故機率」則跟管制時間長短、列車運轉模式有密切關聯，但每一次平交道管制的時間長度與列車運轉模式都不盡相同，因此在闖越者決定闖越當下，僅能對當次管制的延滯時間與事故發生機率進行臆測，猜測的準確度依過往經驗與對該次列車運轉模式的掌握程度而定。

以闖越結果分析闖越模式，可分為有無財產損失與人員傷亡。當闖越成功，或是闖越失敗受困於管制區但列車及時於平交道前停住，便不會造成生命與財產損失；當公路車輛闖越成功但造成柵欄損毀，或是闖越失敗受困於管制區同時造成平交道設備損壞，但列車及時於平交道前停住，此時便只有財產損失。而當闖越者闖越失敗於危險區滯留，加上列車未能及時於平交道前停下來，此時結果便容易造成有人員傷亡與

財產損失的結果。平交道闖越結果分析如表 3.3 所示。

表 3.3 平交道闖越結果分析表

闖越者闖越行為	闖越行為對平交道設施影響	列車應變情形	整體闖越結果
闖越成功	無	及時於平交道前停住	無生命財產損失
闖越成功	無	未能及時停住	無生命財產損失
闖越成功	損毀	及時於平交道前停住	有財產損失
闖越成功	損毀	未能及時停住	有財產損失
失敗（受困於管制區）	無	及時於平交道前停住	無生命財產損失
失敗（受困於管制區）	無	未能及時停住	可能有生命財產損失
失敗（受困於管制區）	損毀	及時於平交道前停住	有財產損失
失敗（受困於管制區）	損毀	未能及時停住	可能有生命財產損失

資料來源：本研究整理

公路使用者在衡量整體效益後願意闖越平交道，其決策依據跟闖越者以往的外在學習經驗、既有態度認知，與穿越當次的外在環境、內在心理認知因素都有密切關聯。以下逐分項說明：

（一） 以往外在學習經驗

公路使用者隨著平日的社經活動與旅次分布，會針對不同的平交道有高低不等的運作熟悉程度。在政府相關單位、教育機構或是媒體宣傳管道上，一般民眾可接觸到或多或少的平交道安全教育。而在學習車輛駕駛的過程中，車輛操作技術與經驗會影響到往後穿越平交道的順暢程度。針對穿越平交道這項交通行為中，不管是從大眾媒體或是週遭朋友得知平交道事故經驗，或是自己貼身經歷的事故與近似事故事件，都會帶給公路使用者程度不等的平交道事故認知。

（二） 既有態度認知

每個公路使用者的態度受到其基本屬性的影響。基本屬性包含性別、年齡、學歷、職業、婚姻與家庭狀態、經濟收入與個性等。而以往的外在經驗也會影響到使用者的態度與認知，如平交道使用經驗與熟悉程度會影響到對平交道的運作認知；車輛的操作學習與運轉經驗會關係到駕駛能力與車輛熟悉程度。平交道事故認知會左右闖越平交道的風險判定。最後這些影響會塑造出公路使用者的態度，包含穿越本身的行為態度與跟外界的互動態度。前項態度反映出公路使用者對於穿越平交道行為的看法與作為，後者則反映出當事人在不在乎與外界的互動或是壓力。

（三） 闖越當次的外在環境

平交道穿越該次的外在環境影響可分為時間、環境、鐵路側因素、平交道因素與公路側因素：時間包含當日的屬性與時段，如當天是否為上班日？當時是否為交通尖峰時段？當時是白天、傍晚或是入夜以後？這些特徵隱含車流的旅次時間價值與數量。環境包含平交道週遭建物與天候狀況，因為建築物的疏密或是天候狀況的好壞都

會影響使用者的視距範圍。鐵路側的因素包括該平交道鐵路路線的股道數目與該次欲通過列車的運轉型態，這些因素會反應在該次管制的時間長度。平交道因素是指管制設備與型態，這跟公路使用者獲知的資訊、闖越難易程度有關係。公路側因素包含當時車流數量，公路使用者當事人所選擇的運具型態、運具性能和乘載人數，以及該運具在公路等候車流中所在車道與車隊位置。運具型態與性能關係到闖越行為的執行能力，車流數量與車道、車隊的相對位置則反應有無闖越機會，最後車流數量與運具乘載人數也代表外界的參與者，其跟闖越者的互動影響能力端視闖越者本身態度而定。

(四) 闖越當次的心理認知

該次旅次的特性對闖越者所反應出的時間價值，與該次管制活動所隱含的可能時間延滯成本，經評估後發覺闖越行為有其價值，則產生該次闖越動機。後續透過既有平交道運作認知、鐵路車流運作認知、平交道週遭視野辨別與駕駛車輛類型和性能，評估闖越風險，若風險在既有認知下處於可接受的狀態，便繼續進行闖越機會評估。在此階段除了衡量本身駕駛車輛與車隊跟車道的相對位置、平交道的欄柵設備以外，外界參與者的互動也會影響闖越機會判斷，如現場鐵路員工的管制、執法人員的監督或一般民眾的勸阻。最後如闖越者認為有闖越機會，則他便會去執行此一闖越平交道行為。

當闖越者是以行人的型態欲經過平交道時，一般外界因素的影響程度與駕駛公路車輛時大同小異，只是運具型式換成人本身，運具性能以行走或是奔跑速率取代，車隊與車流型態則要轉換成行人道上的行人隊伍與人流因素來考量之。整體決策過程如圖 3.1 所示。

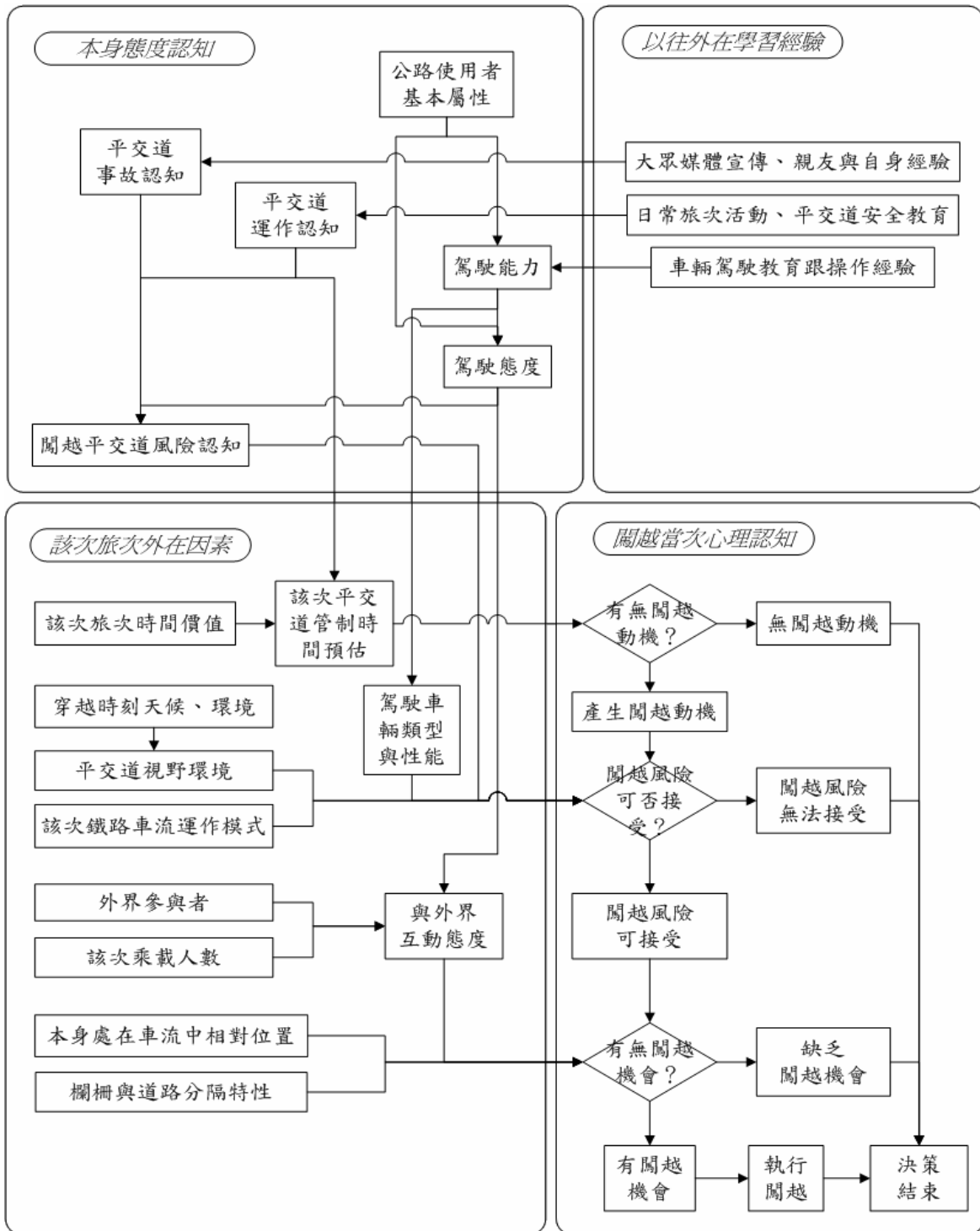


3.3 研究架構

本研究以前述平交道事故與平交道闖越行為分析為基礎，然後依據研究目的並結合相關文獻，研擬出研究架構。本節主要說明研究架構，且進一步闡述所欲探討之課題。

經過平交道事故因素分析，可知道平交道事故的發生與鐵公路上的人、車、路因素，以及平交道設備和管制策略都有關係。針對每一個平交道而言，鐵公路的路側因素與平交道設備、管制策略均已先行固定下來，成為先天環境條件；鐵公路的車流構成平交道的使用情形；事故資料本身的時間資訊、涉入的鐵公路車輛類型、公路使用者的資本資訊，可匯及成該筆事故資料的屬性。結合平交道先天環境、鐵公路使用情形與事故資料屬性，可跟事故類型、頻次與嚴重程度進行對照分析。平交道事故的研究架構如圖 3.2 所示。以本研究的觀察對象台鐵平交道而言，各項因素可分別說明如下：

- (1) 鐵路線型條件：包括鐵路兩側方向的坡度、曲度、股道數目、行駛速限，以及與跟鄰近車站距離。平交道距離車站越近，其列車運轉便有靠站、通過與站內



資料來源：本研究整理

圖 3.1 平交道闖越者決策模式圖

調車等多種型態出現。

- (2) 公路線型條件：包括公路兩側的坡度、曲度、路幅寬度、車道數目、行駛速限、道路分隔型式，以及鄰近週遭的路口幾何型態與管制狀況。
- (3) 平交道型式：有第一種平交道、第三種甲平交道、半封閉平交道、人工控制式平交道與專用平交道，不同型式的平交道代表不同的交通流量、防護等級與設

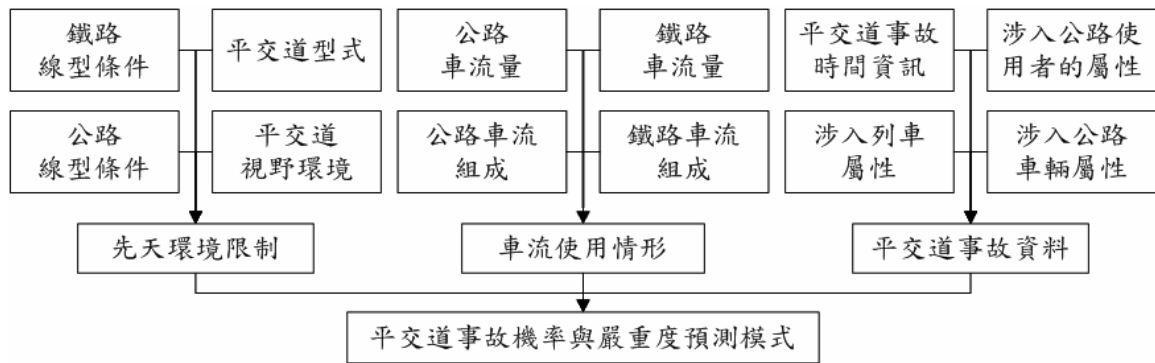


圖 3.2 平交道事故研究架構圖

備配備。另外少數平交道有安裝闖越自動照相機以嚇阻闖越行為。

- (4) 平交道視野環境：指鐵路與公路交叉所構成的四個象限中，各區域因地形或是建築物所構成的視野條件。
- (5) 公路車流：指每日通過平交道的總交通流量。該指標屬於公路側使用平交道的曝光量。
- (6) 公路車流組成：指每日通過該平交道的交通流量中，車輛數與行人數的各自比例，其中車輛組成又可以區分成自行車、機車、小型車與大型車。
- (7) 鐵路車流：指平均每日通過平交道的列車數。通過的列車數在單線鐵路路段就是平交道的管制次數，在雙線鐵路路段除非列車班次密集到每次管制都有兩班火車通過，不然多半情況下每次管制也是一班列車通過，因此仍可以用列車班次數來大約代表平交道的管制次數。
- (8) 鐵路列車組成：以列車的服務目的區分，可指通過該平交道的列車中旅客快車、普通車、貨物列車與非營業列車的比率。若以列車的編組型態區分，則可分作以機關車牽引客貨車運轉的型態，與本身具有動力的動力客車，如電聯車或柴油客車。
- (9) 事故時間：指該次事故發生的日期、星期、時刻與相關的天候資訊。時間可代表交通的尖峰與離峰、上班日與休假日之分，也能區分白天或夜晚的視線條件，而天候狀況也會影響視線範圍。
- (10) 涉入列車：指在該次事故中牽涉的列車種類與編組方式。
- (11) 涉入車輛：指在該次事故中牽涉的公路車輛或是行人，類型因素反應運具的性能、操作方式、最大搭載人數與駕駛座位視野等。鄰近車輛的運轉情形若對該涉入車輛有所影響，則該影響方式與影響程度也需紀錄下來。
- (12) 公路使用者：指涉入平交道事故者的性別、年齡、認知能力、駕駛經驗與對平交道熟悉程度等基本資料，以及在該次平交道事故中涉入原因如闖越、未保持淨空、駕駛車輛不慎與其他原因等相關紀錄。

3.4 研究方法

本節說明本研究主要使用的研究方法。雖然平交道事故時有所聞，但這是以前全國平交道總數為母體的認知偏誤。單一平交道事故累積次數相對很少，件數資料為非負整數、數字小且離散的計數資料。而平交道事故的涉入行為次數，以平交道管制次數當做比較母體而言，也是屬於非負整數、數字小且離散的計數資料。該種計數資料符合普瓦松分配與負二項分配的特性，因此本研究嘗試使用普瓦松迴歸與負二項迴歸模式作為研究方法（張新立等[12]，李心嵐[13]，陳鴻文[14]），來建立平交道事故類型預測模式，以了解平交道事故跟平交道環境屬性、鐵公路幾何型態、車流特性之因素分析。

普瓦松迴歸模式（Poisson Regression Model）主要用於離散數值資料之分析，是一種非線性迴歸模式，而平交道事故資料與穿越行為資料是為離散的計數資料，因此適合普瓦松迴歸模式進行分析。普瓦松迴歸廣泛地運用到離散性的計數資料，是因為具有以下優勢：

- （一）普瓦松分配對隨機且獨立發生的事件有合理的描述，故能夠有效地處理計數性的資料。而本研究探討之平交道可視為獨立的個體，且事故資料與穿越行為數可視為隨機的數值，所以適合普瓦松分配。
- （二）普瓦松分配本身雖為離散性的分配，但其參數 λ 卻為連續性的變數，故令 λ 為迴歸式的檢視變數，不僅考慮到外生變數的效果，且未違反解釋變數為連續性的基本迴歸模式假設，如此一來不管是虛擬變數、正數或是正整數等各類型解釋變數，都可以透過 λ 與被解釋變數進行連結。

由於平交道事故資料與穿越行為屬於離散且稀少數量的型態，如以傳統線性迴歸模式進行關連因素分析，若平交道事故資料與穿越行為數量型態符合普瓦松或伯努力（Bernoulli）分配，則傳統迴歸模式將違反誤差項符合均質性（Homogeneity）之假設。普瓦松迴歸模式因建構簡單，至今已經被廣泛地應用，其模式說明如下[22][28]：

針對 n 處平交道進行觀察，若 y_i 是第 i 處平交道於特定觀察期間內發生事故件數的計數結果， y_i 為非負整數且 y_i 屬於普瓦松分配，則分配型態為：

$$P(y_i) = \exp(-\lambda_i) \lambda_i^{y_i} / y_i!$$

其中 $P(y_i)$ 是第 i 處平交道於特定觀察期間內發生 y_i 件事務的機率，而 λ_i 是第 i 處平交道的普瓦松參數。 λ_i 參數的數值恰巧等於第 i 處平交道於特定觀察期間內發生事故件數的期望值，即 $\lambda_i = E(y_i)$ 。且另一方面 y_i 的數值離散程度會剛好使其平均數與變異數相等，即 $Var(y_i) = E(y_i)$ ，因此 λ_i 參數的數值也會等於 y_i 的變異數，也就是 $Var(y_i) = E(y_i) = \lambda_i$ 。普瓦松參數 λ_i 是一群對平交道事故的解釋變數 X_i 的函數值，兩者之間的關係多以 $\lambda_i = \exp(\beta X_i)$ 或 $LN(\lambda_i) = \beta X_i$ 表示，以對數的型式確保 λ_i 值為正。

式中 X_i 是第 i 處平交道上所有 k 個對平交道事故的解釋變數的向量集合值， β 則是這群解釋變數的係數的向量集合值。

在普瓦松迴歸模式中，平交道事故的件數 y_i 遵循普瓦松分配，因此作業程序是透過已知的總共 i 處平交道中每一處的 y_i 筆事故資料，對各平交道的普瓦松參數 λ_i 進行校估（也可以說是針對所有解釋變數的係數向量 β 進行校估）。從前述的關係可得到 $E(y_i) = \lambda_i = \exp(\beta X_i)$ ，該式藉由最大概似估計法（Maximum Likelihood Estimation, MLE）校估，可以得到：

$$L(\beta) = \prod_{i=1}^n \frac{\exp[-\exp(\beta X_i)] [\exp(\beta X_i)]^{y_i}}{y_i!}$$

$$\text{對 } L(\beta) \text{ 取對數，令 } \ln L(\beta) = LL(\beta) \text{ 得 } LL(\beta) = \sum_{i=1}^n [-\exp(\beta X_i) + y_i \beta X_i - LN(y_i!)]。$$

讓 $LL(\beta)$ 極大化，尋得 β （即 $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ ）的最大概似估計值。可以透過數值搜尋法或是迭代反覆重加權最小平方法來求得。

當 y_i 的資料分佈過於離散而使其平均數不等於變異數時，則改用負二項分配進行解釋。負二項分配的假設跟普瓦松分配幾乎相同，但參數 λ_i 和平交道事故的解釋變數 X_i 以及對應的係數向量值 β 之函數關係為 $\lambda_i = \exp(\beta X_i + \varepsilon_i)$ ，其中 $\exp(\varepsilon_i)$ 符合平均數為 1，變異數為 α^2 的 Gumma 分配，如此可使負二項分配中 y_i 的變異數不需要與平均數相同，兩者之間的關係是 $Var(y_i) = E(y_i)[1 + \alpha E(y_i)] = E(y_i) + \alpha E(y_i)^2$ 。當 α 值趨近於 0 時，原本的負二項分配就會退化成普瓦松分配，也就是說普瓦松分配是負二項分配的一個特例。負二項分配的型態是：

$$P(y_i) = \frac{\Gamma((1/\alpha) + y_i)}{\Gamma(1/\alpha) y_i!} \left(\frac{1/\alpha}{(1/\alpha) + \lambda_i} \right)^{1/\alpha} \left(\frac{\lambda_i}{(1/\alpha) + \lambda_i} \right)^{y_i}$$

$\Gamma(\cdot)$ 是一個 Gumma 方程式。負二項迴歸中，平交道事故的件數 y_i 符合負二項分配，因此負二項迴歸的校估程序跟普瓦松迴歸一樣，都是採用最大概似估計法，以反覆迭代的方式求得最大概似估計值。負二項迴歸的概似方程式為：

$$L(y_i) = \prod_{i=1}^n \frac{\Gamma((1/\alpha) + y_i)}{\Gamma(1/\alpha) y_i!} \left(\frac{1/\alpha}{(1/\alpha) + \lambda_i} \right)^{1/\alpha} \left(\frac{\lambda_i}{(1/\alpha) + \lambda_i} \right)^{y_i}$$

至於參數的離散程度有無大到一顯著門檻，使得資料分析要從普瓦松分配轉用負二項分配解釋，可用 Cameron 和 Trivedi(1990)[26]提出的普瓦松迴歸離散試驗進行檢定。

第四章 資料蒐集與分析

本章說明本研究的資料蒐集與分類方式，以及相關變數的定義。並選定台鐵山海線鐵路與環島幹線作為研究初測與全測的對象，透過普瓦松迴歸與負二項迴歸模式進行分析和探討，最後提出本章結論。

4.1 資料蒐集

本研究的資料蒐集分為兩大部分：一是平交道的屬性資料，另一項是平交道的事故資料。平交道的屬性資料包含平交道寬度、坡度、設備型式、鄰近道路幾何鋪設與車流組成等。全台鐵平交道有六百多處，受限於時間與財務資源限制，無法於研究時間內全部逐一調查，故引用台灣省交通處於民國 88 年對全台鐵平交道進行的概況普查作為本研究的基礎資料。鐵路列車班次部分是透過查閱台鐵客貨列車時刻表而得。平交道的事故資料由台鐵提供，從 86 年 1 月到 93 年 6 月底共計 7 年半資料。因為資料引用的緣故，本研究的假設前提是在這些資料年度中，鐵路、公路與平交道的設備與環境並無重大改變。

台鐵所轄的營運路線包含幹線與支線。幹線即環島鐵路網，串連全國各大都市。支線則從幹線車站延伸，聯繫都會區與鄰近的城鄉市鎮。由於運輸功能的不同，幹線與支線的列車運轉方式也有差異。幹線的路線標準佳、列車運轉速度快且班次密集，支線在各方面則呈現次之情形。民國 90 年幹線上的第一種平交道、三甲平交道、專用平交道與少數半封平交道全面裝設平交道自動告警裝置以提升安全防護等級，支線平交道到目前為止則無此計畫。本研究考量維持列車運轉特性與安全防護等級的一致性，同時顧及台鐵平交道中多數均為幹線平交道，故以台鐵幹線平交道作為分析研究的對象。台鐵各路線屬性與平交道數目如表 4.1 所示。台鐵班車資料的來源是透過查閱台鐵 94 年 9 月 30 日版客貨列車時刻表而得。台鐵近年來的車隊總數目並無重大變化，購入的新款列車多是為了汰換老舊車隊，而非大幅提高運輸供給量。列車開行上逢假日加開旅客列車，並因貨源需要而調整停駛部分貨物列車。而從近幾年的業務發展來看，因著高速公路塞車使部分旅客回流鐵路，與東部鐵路改善工程提升路線容量，旅客列車開行班次每年略有增加，但貨運列車的班次因公路運輸的競爭與產業的外移而減少。整體而言近年來每日列車的開行班次數大致穩定。另一方面臨時加開的客貨列車與工程列車雖然未列於時刻表之中，但是班次佔總開行班車比例相當的低且適逢特定日期才行駛，故對整個列車運行狀況而言沒有太大的影響與改變。故本研究因資料取得限制，透過 94 年下半年的時刻表來反應研究期間內的列車開行狀況尚屬合理。

平交道資料的建檔過程以民國 88 年省交通處的調查資料為主，但因研究的時間長度有 7 年半，故搭配台鐵 93 年度的平交道統計表進行比對。在這五年內的平交道變化整體而言不多，但仍有少部分增減與變化的情形：消失的平交道多半是因為鐵路廢

表 4.1 台鐵平交道數量統計表

分類	路線名 ¹	區間	里程 (公里)	平交道數					
				第一種	三甲	半封	專用	手動	總數
幹 線	縱貫線	基隆~(海線)~高雄	406.1	20	210	24	5	0	259
	台中線	竹南~台中~彰化	85.5	3	21	1	2	0	27
	屏東線	高雄~枋寮	61.3	1	50	1	0	0	52
	南迴線	枋寮~台東(新)	98.2	0	14	0	0	0	14
	宜蘭線	八堵~蘇澳	95.0	4	32	0	0	0	36
	北迴線	蘇澳新站~花蓮	79.2	2	11	0	0	0	13
	台東線	花蓮~台東(新)	155.7	1	64	1	0	0	66
	小計			981	31	402	27	7	0
支 線	內灣線	新竹~內灣	27.9	0	14	1	0	0	15
	集集線	二水~集集	29.7	0	22	4	0	0	26
	平溪線	三貂嶺~菁桐	12.9	0	1	0	0	0	1
	林口線	桃園~林口電廠	19.2	0	37	2	4	1	44
	深澳線	瑞芳~深澳電廠	6	0	2	0	0	0	2
	高雄港區	高雄~高雄港區	19.1	5	17	1	13	14	50
	台中港區	台中港~台中港區	7.1	0	11	0	1	18	30
	花蓮港區	花蓮/北埔~花蓮港	4	0	0	0	2	1	3
	小計			125.9	5	104	8	20	34

資料來源：「平交道名稱、里程、種別數量統計表」[21]與本研究整理

資料年度：民國 93 年 10 月

線²、個別的鐵公路立體交叉工程或是該區段整個鐵路高架化或地下化而裁撤，這時就必須透過查詢相關網頁資料（如地方政府、台鐵車站網頁與台灣鐵道網資訊）或是雜誌（如鐵道情報）來確認平交道的關閉日期，以推算該平交道在本研究期間的使用時間長度。在如此的搜尋方式下平交道關閉日期不詳的數目可降低到二十處以下；新增的平交道以工程需要所增加的臨時平交道為主，如南港專案或是國道五號的施工便道興建工程等。這類型的平交道數目不超過五個，但由於是 88 年以後才新增的，缺乏平交道環境與車流資料，故無法成為本研究的觀測樣本；另外平交道變化的情形以設備型式變更為主，主要是台鐵因應人力精簡，將部分車流量較少的第一種平交道改為第三種平交道，以維持平交道正常運作又節省看柵人員的編制。除此之外平交道有拓寬者，僅在新聞網路上搜尋到一處，即縱貫線鶯歌站北方的東鶯里平交道。該平交道因為發生多起重大事故而使得改建工程受媒體注目。不過改建後的平交道於 93 年 6 月啟用，該日期正好是本研究事故資料蒐集結束的時間點，故在本研究的觀察時段仍以東鶯里平交道改建前的寬度資料為主。最後將少數資料不全的平交道剔除後，資料完整的平交道數目仍佔總平交道數的九成以上。

¹在台鐵內部的正式命名中，縱貫鐵路是走海線，「台中線」與「台東線」分別是山線鐵路和花東線鐵路的正式名稱。

²台中線三義站到后里站的改線段於 87 年 9 月 24 日通車，當日原區間的舊線與所屬的平交道隨即停用；台東線馬蘭站到台東(舊)站於 90 年 6 月 1 日停駛，同年 8 月 1 日台東新站(現台東站)到馬蘭站停駛廢除

本研究的台鐵平交道事故資料由台鐵運務處所提供。依照台鐵的作業規定，當發生平交道事故時，第一線員工與鄰近車站負責處理並於事後填寫報告書，同時須通知鐵路警察與相關設備管理人員在事後對事故責任進行進一步的鑑定。事故結果確定後由台鐵運務處製做最終事故報告書並存檔查核。值得說明的是，平交道事故原因並無法完全反映在事故報告中，這是受限於涉案關係人的角度與事後的存活情形：以台鐵員工的角度而言，僅少數平交道因為有員工駐守管制，可清楚掌握事發當時鐵路與公路車輛的運行狀態。除此之外，只要是汽車比火車先進入沒有看柵人員駐守的平交道管制區，第一時間見到的員工幾乎都是火車司機。但火車司機僅能就所看到的公路車輛通過情形加以描述，無法得知是何種原因而使得公路車輛於管制時間內滯留在平交道內；列車長與鄰近車站多半是事發後經由火車司機通知而得到相關資訊，因此也無法知道事發第一時間的相關狀況；如果公路車輛是跟列車車頭以後的部位碰撞，或是天色昏暗下機踏車跟行人與火車發生碰撞事故，這時火車司機就有可能未察覺，而需要仰賴後續經過的鐵公路駕駛向鄰近的火車站通報。另一方面公路使用者的涉入情形中，部分事件的公路駕駛人因為身亡或逃逸，警方與台鐵只能就事實記錄而無法查明涉入平交道事故的原因與動機。

台鐵的平交道事故定義較為廣泛，泛指所有發生在平交道上有礙鐵公路車輛通行運轉的任何事故。除了一般所熟知的鐵公路車輛碰撞事故外，還包括公路車輛勾斷電車線、自殺事件、工程延誤、火車跟平交道設備碰撞等事故。本研究所關心的事故類型為前面兩項，而這兩項所佔的件數比例也最高，佔總事件數的九成五以上。

本研究的事務資料檔案來源是台鐵運務處的電子檔案，從民國 86 年到 93 年 6 月，共計七年半。但經過分析發現各年度的資料記載項目不太一致，其中又以 89 年度缺乏記載平交道地點，90 年度的平交道事故件數異常稀少，故商請台鐵協助，提供這兩年度的紙本檔案進行逐項比對與登錄。由於該項作業相當費時但又相當關鍵，本研究後續的測試作業都要等到該資料庫建檔完畢後才得以進行。

4.2 初測—山海線平交道

初測的用意是嘗試本研究構想的可行性，故挑選研究對象中的一部分範圍進行先前測試。台鐵環島幹線千公里，要選擇一段在鐵路運轉特色上具有豐富代表性的區間實屬不易。縱貫鐵路在竹南與彰化之間分為山海線鐵路，山線經過苗栗、豐原、台中等中部大城，旅客需求量大，且該線於 87 年 9 月底完成雙線化工程，因此列車運轉班次較多。海線鐵路當初是為了取代山線坡度大不利貨物運輸而闢建的，客運需求不若山線。加上台鐵近年來貨運萎縮，貨物列車班次縮減，故海線的列車班次比山線少，海線鐵路至今也未全線雙線化，僅在部分瓶頸區間鋪設雙線。在此情形下選擇新竹到彰化之間包含山、海線的鐵路區段，位在不同路段的平交道會因為列車班次數目不一樣，使得管制次數有明顯差異，期望能藉此差異來解釋部份平交道事故的關連性。

4.2.1 變數定義與說明

本研究的解釋變數多引用自省交通處的調查資料，鐵路列車班次數目是整理台鐵客貨列車時刻表而得。被解釋變數部分，則從台鐵運務處公佈的事故報告分析整理得來。由於資料引用的緣故，本研究須在「鐵公路車流與環境於研究期間內無重大改變」的前提假設下進行後續分析作業。各變數的定義與說明解釋如下：

4.2.1.1 解釋變數

解釋變數的分類方式如前一章所述，依照研究範圍與可取得的資料，分為平交道的型式、平交道的公路環境、公路車流與鐵路車流等四大類。平交道型式依照台鐵現有型式分類，在幹線平交道中共有第一種平交道、三甲平交道、半封平交道與專用平交道等四種，以三甲平交道的數量為最多。平交道的公路環境可區分為公路與鐵路的平交道夾角、公路坡度、公路彎度，以及平交道鄰近區域有無路口等動線衝突點存在。路口可區分為無號誌路口、有號誌路口與T字型路口：號誌管制的有無代表該路口衝突車流量有無達到一定的影響程度，因此可藉此區分路口車流衝突的影響大小。T字型路口的有無來描述穿越平交道的車流是否面臨必須左右轉的運行動作。公路跟鐵路的車流就直接以車流總數代表，並額外列出大型車流量一項來嘗試解釋大型車輛與事故嚴重性的關係。在此需要說明的是，在平交道安全研究中很受重視的鐵公路視野長度與平交道長度資料，很遺憾的在本次研究的資料取材中無法獲得，故鐵公路視野參數與平交道長度資料無法納入本研究中的解釋參數資料庫中。各變數的系統關係如圖 4.1 所示。

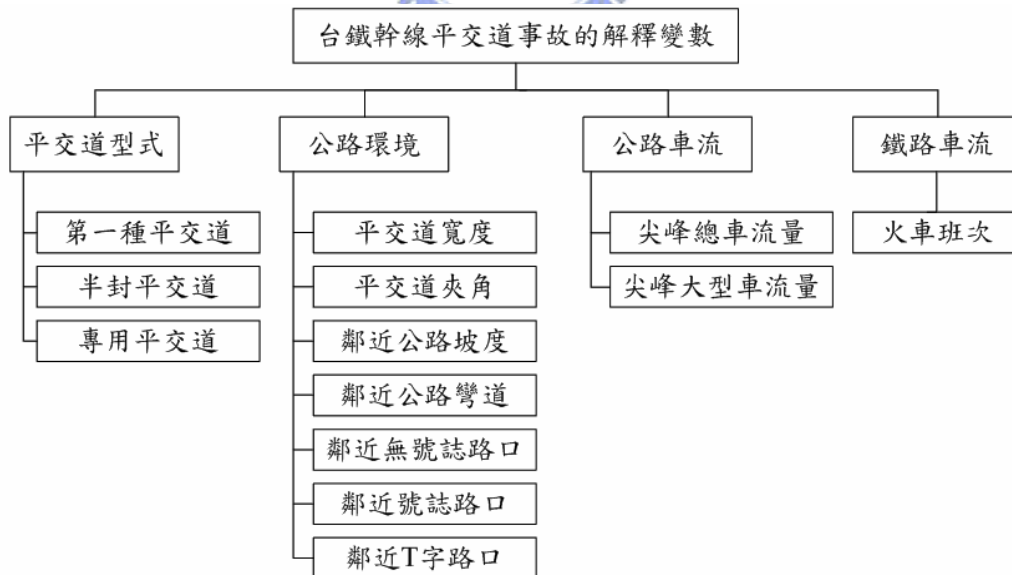


圖 4.1 解釋變數的關係架構圖

- (1) 第一種平交道：指平交道管制設備為第一種型式。本變數是相對於數量最多的三甲平交道之虛擬變數，意在探討相對於三甲平交道的設備型態而言，第一種平交道的設備型態對事故的影響程度。第一種平交道的設置環境相對於三甲平交道來說，是車流量更大的穿越路口，因此配置看柵人員監視公路車流的通過

情形與操作柵欄的升降，以避免車流過多疏散不及而受困於柵欄內側。比較之下因為有看柵人員的配置，當該平交道發生有公路車輛滯留的情形時，透過鐵路員工的專業處理與通報聯繫可有效降低事故的危害程度。但另一方面車流量大與員工無法完全避免的人為作業疏失，則是該型平交道風險較大之處。故在正向與反向影響均有的情況下，第一種平交道相對於三甲平交道的預期影響方向無法於事前作定論。

- (2) 半封平交道：指平交道管制設備為半封型式。本變數是相對於數量最多的三甲平交道之虛擬變數，意在探討相對於三甲平交道的設備型態而言，半封平交道的設備型態對事故的影響程度。半封平交道的設置環境相較於三甲平交道是車流量少，並設置固定式基樁限制只讓機踏車與行人通行的平交道。原先的平交道設計上並未裝設柵欄，後來有大約半數的該型平交道於 90 年代初期開始加裝。該型平交道車流量少且車型小，對事故的件數與危害程度有減輕的效果。但另一方面半封平交道並未設置告警按鈕，如此使得公路使用者無法透過此一裝置於事發第一時間通知接近的列車。且部分平交道沒裝設柵欄，增加公路車輛闖越或煞車不及闖入管制區的可能性。因此半封平交道相對於三甲平交道而言，在正向與負向效果兼具的情形下，本研究無法於事前推測半封平交道的變數符號是正或是負。額外說明的是，若該平交道歸類為半封平交道，但因車流量大等因素使得設備規格昇等同於三甲平交道(額外裝設柵欄與告警裝置)，則將該平交道的型式以三甲平交道登錄之。台鐵幹線平交道上符合上述條件的平交道僅有一處，為縱貫線新竹站南邊的客雅平交道。
- (3) 專用平交道：指平交道管制設備為專用型式。本變數是相對於數量最多的三甲平交道之虛擬變數，意在探討相對於三甲平交道的設備型態而言，專用平交道的設備型態對事故的影響程度。專用平交道數量最少，通常都設置在通往工廠的專用道路上並有人員看管，因此車流量比一般道路要少，因此相對於三甲平交道而言安全性似乎比較高。但因為數量稀少，在統計上是否有明顯的顯著值則不得而知。附帶補充的是，專用平交道顧名思義，是給鐵路週遭特定廠家使用。但如果是開放連接一般道路，供大眾往來通行，則該平交道的使用型態即等同於第一種平交道。這種狀況都發生在鐵路地下化或高架工程期間，地鐵處為了顧及公路交通的通行權益而開放部分專用平交道供一般民眾使用，如縱貫線板橋站尚未地下化前的館前路、南雅南路北、南雅南路南等三處平交道。這種情況下本研究將這三處平交道歸類為第一種平交道，以符合該平交道實際運作處理的情形。
- (4) 平交道寬度：指道路在平交道區段的路寬，以公尺計算。路寬隱含著在同一時間內，相同的車流速率下所能通過平交道的最大流量。該寬度不一定等同於道路的寬度，通常來說平交道區段的寬度會比鄰近區域的路寬要來的寬一些。一般而言平交道寬度越寬，有利於公路車輛的快速穿越，降低身處在平交道管制區的暴露時間與風險。因此平交道寬度與平交道事故的關係推測是負相關情形。

- (5) 平交道夾角：指鐵路與公路在水平面上的夾角。在設計上來說公路應儘可能採取跟鐵路垂直交叉的方式，以盡量減少車輛穿越平交道所需時間。斜交的情形越嚴重，以相同的運轉速度下公路車輛要花更多的時間才能完全通過平交道管制區。本變數採取實際夾角的補角角度，換言之公路與鐵路斜交的情形越嚴重，本變數的數值就越大，對平交道事故的關係預期呈現正相關狀態。
- (6) 公路坡度：指相對於平坦道路的虛擬變數。當鐵路兩側的道路引道，只要有一側的坡度大於 4 度時，即把該平交道歸類為有坡度。坡度對車輛在平交道引道處與危險區的加減速有明顯影響，特別是針對加減速較不靈敏的大型車輛。依周義華君[15]在運輸工程一書指明，公路坡度在 3 度時，對小型車的運行沒有很明顯的影響，但是對大型車的運轉就有影響。當坡度在 4 到 5 度時會使大型車的運轉速率明顯下降，故本研究以 4 度作為坡道歸類的門檻值。本研究預期鄰近平交道的公路之坡度越大，車輛的操控靈活程度越容易受到限制，導致增加發生事故的風險值。另一方面大坡度容易使大型載重車輛的底盤卡在平交道上，而導致平交道事故的發生。因此本變數與平交道事故的預期關係為正相關。
- (7) 公路彎道：指相對於直線道路的虛擬變數。當距離平交道兩側 50 公尺內的道路上，只要有一側具有彎道線形時，便視為該公路是彎道。彎道對車流有視距與運轉速率的影響。彎道半徑越小，駕駛人的視野便越容易受到道路兩側的建築物或路樹遮蔽，視距也會縮短，因此也要越接近平交道才能察覺到該設施的存在，如此便降低對平交道管制的反應時間。但另一方面彎道半徑越小，車行速率也會降低，對於把車輛停住所需時間也會降低。因此整體而言公路彎道對穿越平交道車流的影響，無法推論是正面或是負面，所以公路彎道與平交道事故的相關性也無法預測是正或是負。本研究受限於資料來源，無法取得平交道鄰近路段的彎道半徑數據，僅能以地圖判斷平交道鄰近路段是直線還是彎道線形。
- (8) 臨近平交道的無號誌路口數：距離平交道兩側 50 公尺範圍內無號誌路口的數量。無號誌路口多半是巷道或是交通量不大的街道交叉路口。對平交道穿越者而言，要通過鄰近的無號誌管制路口時，需要減慢車速以避免有人車突然出現。該舉動間接讓駕駛人以較慢的速率通過平交道，而較慢的車速使得駕駛人比較容易因注意到平交道管制而在短時間內停住。另一方面路口代表車流交織與衝突的發生處，平交道出口處的車流交織行為容易影響尚在危險區的車輛無法快速離去。然無號誌路口意味著車流混雜的情形並不嚴重，因此對後方平交道危險區車輛疏散的阻礙不高。整體而言無號誌路口對平交道區的公路車流影響方向無法斷定是正向或負向，所以相關性的符號也無法推測。
- (9) 臨近平交道的號誌路口數：距離平交道兩側 50 公尺範圍內有號誌管制的路口之數量。號誌路口代表該路口的車流交織與衝突量達到某一程度，需要透過號誌進行引導。對平交道使用者來說，號誌的引導會使車輛駕駛人有信心以較快的車速通過鄰近的號誌路口，這種特性對平交道出口車流有較佳的紓解作用，但

對入口車流而言反而壓縮對平交道管制的反應時間。另外號誌如果有跟平交道管制進行連鎖，對於在管制時期中等候車流對鄰近公路車流的運行阻礙也能降低。可惜的是本研究取得的資料中，並未有平交道與號誌路口連鎖的相關資訊，因此就號誌路口對平交道車流的影響，也無法立即下正向或負向的推論，因此平交道事故與號誌路口數的相關係數符號也不能進行推測。

- (10) 臨近平交道的 T 字路口數：指距離平交道兩側 50 公尺範圍內 T 字路口之數量。前述「無號誌路口」與「號誌路口」兩項目對路口本身的型態並無限制，只以管制方式進行區隔。而「T 字路口」是針對路口型態而設定，指平交道出入口處位在 T 字的中間一豎部位，駛出平交道的車輛必須立即選擇左轉還是右轉，在轉彎的同時還有可能面臨到與其他車流的交織問題。如此複雜的駕駛課題可能影響車流在平交道管制區的紓解速度。對於要駛入平交道的車輛來說，要轉彎進入引道後才容易注意到平交道的管制運作情形，因此過短的引道容易造成公路駕駛人因視距過短而反應不及。而且引道過短容易造成儲車空間不足，使得要駛入平交道的車輛容易回堵在 T 字路口。以上的描述情況都是在鄰近 T 字路口對車流的負面影響，但 T 字路口對於要駛進或駛出平交道的車輛而言，都需要進行一次 90 度的轉彎，因此過往車輛都會減慢速度，而減低速度有助於公路駕駛人及早注意到平交道的管制運作並做出適當的反應。因此總結而言，T 字路口對於平交道事件的影響方向尚無法定論。但如果是對體積龐大且運轉靈活性較差的大型車而言，引道儲車空間不夠且 T 字路口必然存在的過彎動線與車流交織情形，都使得大型車輛面臨較高的平交道事故風險。因此 T 字路口對大型車輛的事故類型幾乎是正相關的影響居多。
- (11) 尖峰總車流量：取上下午尖峰時間雙向穿越平交道的各型車流之小客車當量總計。受限於資料來源，本研究假設每個平交道尖峰時間的車流量與每日總車流量成正比關係，如此可藉尖峰時間交通量來進似反應全日的交通量，而全日的交通量隱含平交道公路側使用者的使用情形。相同的平交道管制風險下，使用量越多，每一次管制所影響的車輛數就越多，事故發生的機率也越高。但另一方面由於車流量高，以公路車輛的角度而言除非剛好排在車隊的第一輛，不然即使有闖越平交道的意願，也很難去執行。而且旁觀者眾，對於闖越的行為比較容易形成道德壓力與勸阻，事發後也比較有可能在第一時間透過通報鐵路機構減輕事故的傷害程度。因此尖峰總車流量與平交道事故的關係，無法藉此斷定是正相關或負相關。受限於資料記載，本研究無法得知省交通處的報告中對尖峰時刻之定義，僅能就記載的數據加以直接引用。
- (12) 尖峰大型車流量：取上下午尖峰時間雙向穿越平交道的大型車車流總計，記載單位採車輛數。本變數面臨的情形與尖峰總車流量相同，同樣是假設每個平交道尖峰時間的大型車流量與每日總大型車流量成正比關係，期望以尖峰時間大型車交通量來進似反應全日大型車交通量。大型車車流在平交道課題上值得從總車流中獨立討論的理由有三：首先大型車車身普遍比小型車長約兩到四倍，

在相同的車行速率下，大型車要花約小汽車兩到三倍的時間才能完全穿越過平交道，換句話說大型車處在平交道危險區的時間長度是小型車的兩到三倍。再者大型車的加減速率不及小型車，如此更可能延長大型車滯留在平交道危險區的時間。另外大型車的結構體較小型車龐大與沉重，當遭受相同的列車撞擊時，大型車足以對列車的先頭部位造成嚴重的損傷。近年來幾起重大平交道事故，事故原因不一定是闖越，但都是跟大型車有關。國內近年重大平交道事故如表 4.2 所示。尖峰大型車流量對平交道事故的影響跟尖峰總車流量有些類似，但因為上述大型車的特性，因此本研究推測尖峰大型車流對事故的影響方向應該是成正相關的關係。

表 4.2 台鐵歷年重大平交道事故表

時間	地點	事故原因	死亡人數	受傷人數	其他說明
92/10/14	縱貫線(山佳~鶯歌) 東鶯里平交道	遊覽車與聯結車會車未保持平交道淨空，遊覽車尾部滯留平交道被電車撞擊	3	38	電車出軌，路線花費半天才修復。本事故促成該平交道拓寬工程加速執行
91/07/20	縱貫線(山佳~鶯歌) 東鶯里平交道	公路拖車闖越平交道被自強號撞擊	0	17	自強號車頭凹陷，路線到隔日才修復
87/01/14	縱貫線(路竹~岡山) 路竹南方平交道	大貨車闖越平交道被自強號撞上	1	5	自強號車頭受損
86/09/15	屏東線(鳳山~後庄) 中正路平交道	列車交會，下行列車通過後看柵工提早升起遮斷機	2	5	屬台鐵責任事故
86/04/03	台中線(烏日~成功) 學田路平交道	砂石車因塞車滯留於平交道內被自強號撞上	2	25	自強號車頭報廢，路線到隔日才修復
83/03/17	縱貫線(龍井~大肚) 頂街平交道	自強號撞上載鐵捲片闖越的平板車	9	14	自強號車頭報廢，路線到隔日才暢通
81/10/31	台中線(三義~勝興) 八股頭平交道	拖曳車因為平交道太陡而底盤卡在平交道，被隨後而來的自強號撞上	0	91	自強號先頭車兩輛報廢
79/12/20	縱貫線(大湖~路竹) 路竹北方平交道	遊覽車在平交道上違規倒車而熄火，被自強號撞擊	25	N/A	遊覽車起火燃燒
70/03/08	縱貫線(竹北~新竹) 頭前溪南平交道	自強號撞上闖平交道的砂石車而翻落頭前溪橋	31	101	自強號先頭車報廢
65/04/21	縱貫線(花壇~員林) 過溝平交道	公車超載且強行闖越，以至於卡在平交道上被觀光號撞擊	41	41	觀光號車頭受損

資料來源：<http://mars.ccu.edu.tw/~encino/railcar/EMU/> 台灣鐵道網討論區，「鐵道情報」145 期與本研究整理

(13) 列車班次數：指每日通過該平交道的列車數。列車數對平交道而言幾乎就代表

管制次數，列車班次越密集，管制次數就越多。對相同的公路車流量而言，越多的列車班次表示公路使用者遇到平交道管制的機會越大。在相同風險類型的平交道中，管制次數越多也代表著在同樣的觀察時段內事故發生的機率會越高。但從另一個角度來看，頻繁的鐵路車流可以讓經常過往的公路駕駛人認知到有平交道管制的存在，使得用路者形成接近平交道時減速慢行注意火車往來的習慣。火車班次較少的平交道則容易讓駕駛人產生平交道處於非管制狀態的期望，以致於比較容易忽略經過平交道時需慢行並左右注意的安全措施。整體而言火車班次對平交道事故的影響，在現階段無法作正相關或是負相關的定論。

在上述總計 13 項的解釋變數中，本研究事前預期與平交道事故有正相關關係的解釋變數有平交道夾角、公路坡度、鄰近 T 字路口與尖峰大型車流量等四項，有負相關關係的解釋變數有專用平交道與平交道寬度等兩項，其餘變數包括第一種平交道、半封平交道、公路彎道、鄰近平交道的無號誌路口數與號誌路口數、尖峰總車流量、列車班次等七項變數都因為具有正向與負向的影響效果，而無法於事前對影響符號下定論。各解釋變數的預期係數符號如表 4.3 所示。

表 4.3 解釋變數的係數符號預期表

變數名稱	第一種平交道	半封平交道	專用平交道	平交道寬度	平交道夾角	公路坡度	公路彎道	鄰近無號誌路口	鄰近號誌路口	鄰近 T 字路口	尖峰總車流量	尖峰大車流量	列車班次
預期符號	?	?	-	-	+	+	?	?	?	+	?	+	?

符號說明：「+」代表正向，「-」代表負向，「？」代表不確定

本次選定的測試範圍新竹彰化間包含山海線鐵路路段，在近十年來因山線雙線化工程與其他零星的改善個案中，有數個平交道被陸續取消。在這些取消的平交道中，可查出使用年限的平交道仍列入觀察清單，其解釋變數中的曝光量指標（尖峰總車流量、尖峰大型車流量、列車班次）的數據依照該平交道於研究期間內存在時間長度對總觀察期間的比例與以折減。未查出使用年限的平交道則不列入觀察名單。經資料整理後該路段共有 79 個平交道可供分析探討，除了 4 個第一種平交道、2 個半封平交道與 3 個專用平交道外，其餘 70 個都是三甲平交道。而這 79 個平交道中，有坡度特徵的計 20 個，有彎道特徵的有 37 個。寬度最寬是 19.2 公尺，交叉角度跟直角相差度數最大的是 60 度，尖峰總車流量最大的是 2229 小汽車當量，尖峰大型車流最大的是 426 輛，平交道鄰近 50 公尺內無號誌路口數最多的是 5 個，而 50 公尺內有號誌路口數最多的是 3 個，鄰近 T 字路口數最多有 2 處。

各解釋變數之間在某些屬性上會具有相關的情形，因此本研究利用統計軟體 SPSS 10.0 版中的皮爾森相關性檢定 (Pearson Correlation) 來進行測試。結果發現在 $\alpha = 0.05$ 的顯著水準下共有 14 組配對有顯著的相關性，分別如下所述：

- (1) 第一種平交道與尖峰總車流量呈現正相關：第一種平交道的設置環境就是高車流量通行之處，故很明顯的會跟尖峰總車流量成現正向的關係。

- (2) 半封平交道與平交道寬度呈現負相關：半封平交道的設置環境是車流量小的交通路線，而符合這種條件的道路其路寬通常也不會很寬，故半封平交道很容易跟平交道寬度變數呈現負向的關係。
- (3) 平交道寬度跟公路坡度呈現負相關：寬度較寬的平交道多半設置在路幅寬闊的公路主要幹道上，而主要公路的幾何線型標準比較好，在鄰近鐵路平交道的路段上對坡度限制較為嚴格，故會有平交道寬度與公路坡度變數兩者呈現負相關的情形。
- (4) 平交道寬度與尖峰總車流量呈現正相關：尖峰車流量越高，通常也代表全日總交通量高。全日總交通量高便需要較寬的道路來承載，也因此道路所經過的平交道也需要提供比較寬的路幅供車流量使用。
- (5) 平交道寬度與尖峰大型車流量呈現正相關：在一般的主要道路上，大型車車流數通常跟總車流量呈現正比的關係，也因此大型車的車流越高，通常也隱含平交道越寬的現象。
- (6) 平交道寬度與列車班次呈現正相關：這點的巧合性質比較高，因為平交道的寬度通常決定於道路寬度與公路車流量，鐵路列車班次則隨著客貨運需求而有不同，兩者之間的直接關聯性並無那麼強烈。但在人口稠密的都會區中，多數平交道的寬度都比較寬敞以容納過往的交通量，而鐵路也因為繁忙的旅運需要而開行較多的班車，因此造就了平交道寬度與列車班次有些許正相關的影響存在。
- (7) 公路彎道與鄰近號誌路口呈現負相關：號誌路口的車流量大，在設置上的標準要求也比較高，在可允許的情況下工程師通常會儘量避免將號誌路口設置在彎道上。因此在本研究鎖定的平交道鄰近公路路段中，號誌路口與彎道會具有排擠的效果。
- (8) 鄰近號誌路口與鄰近無號誌路口呈現負相關：本研究的調查範圍是平交道兩側鄰近各 50 公尺的公路路段，在這共 100 公尺的路段中總路口能有三或四個，表示該路段的交叉路口已經是相當密集。而在這路口數中去區分無號誌路口與號誌路口，難免有互相排擠的現象，這或許就是在本研究中鄰近號誌路口與鄰近無號誌路口呈現負向相關的原因之一。
- (9) 鄰近號誌路口跟鄰近 T 字路口呈現正相關：由於「T 字路口」該項變數並未區分有無號誌管制，因此在歸類上有可能是屬於鄰近號誌路口，也有可能是歸類於鄰近無號誌路口中。鄰近 T 字路口數與鄰近號誌路口數在數學上呈現正相關係，也只能說是有點巧合，或是往後還需要再進一步分析有 T 字路口的平交道之週遭路口管制情形。
- (10) 鄰近號誌路口與尖峰總車流量呈現正相關：號誌路口多設置在交通繁忙的交叉路口，而繁忙的幹道上車流量必定相當大，尖峰時間的總車流量也相當可觀。

故在公路鄰近路段有交叉路口的情况下，當車流量越高，於路口設置號誌來管制的機會也隨之增加。

- (11) 鄰近號誌路口跟列車班次呈現正相關：這兩項解釋變數之間的關聯性沒那麼強烈，或許是都會區的平交道車流量大，鄰近地區有比較多的路口以號誌進行管制，又鐵路行經人口稠密之處也會開行較多的班次，以致於讓列車班次與鄰近號誌路口出現正相關的情形。
- (12) 尖峰總車流量與尖峰大型車流量呈現正相關：一般公路上大型車佔總車流組成的比例大致固定。半封平交道與少部分有裝設限高門的三甲平交道會限制大型車的通行，但這些平交道的交通量通常也不高，而鄰近工業區或是重要幹道的平交道，大型車的比例則有可能在更高一些。整體而言總車流量跟大型車流量大致成正比關係。
- (13) 尖峰總車流量與列車班次呈現正相關：這點跟平交道寬度與列車班次呈現正相關的現象一樣有較高的巧合性質，因為車流量的多寡跟公路兩側的經濟活動有關，火車班次則隨著各車站客貨運需求而有不同，兩者之間的承載需求關聯性沒那麼直接。只能說兩種情況比較容易發生在人口密集的都會區內，城市中的平交道不管是鐵路側或是公路側都有繁忙的交通流量，所以形成尖峰總車流量與列車班次有些許正相關的現象存在。
- (14) 尖峰大型車流量跟列車班次現正相關：本項的情形跟「列車班次與尖峰總車流量呈現正相關」一樣具有較高的巧合性質。因為大型車流量的多寡跟公路兩側的經濟活動有關，火車班次則隨著各車站客貨運需求而有不同，兩者之間的承載需求關聯性沒那麼強烈。只能猜測兩種情況比較容易發生在人口密集的都會區內，城市中的平交道不管是鐵路側或是公路側都有繁忙的大型車流量，所以造成尖峰大型車流量與列車班次有些許正相關的現象出現。

以上十四組配對中，有些組合的關係理由相當明顯，如多數公路變數之間的關係，除了鄰近號誌路口跟鄰近 T 字路口這一組以外。有些的實際關係沒那麼強烈，甚至可能有一點巧合的可能性存在，例如多數和列車班次此一變數的搭配組合。所有解釋變數之間的線性關性如表 4.4 所示。

4.2.1.2 被解釋變數

被解釋變數的分類依據研究目的，本研究希望能了解平交道事故的嚴重性與類別是什麼因素有關？另外是何種公路使用者容易涉入平交道事故？是因為什麼樣的原因而涉入？因此被解釋變數區分成四類，分別是嚴重程度、公路涉入者類型、肇事原因與事件類別。被解釋變數之系統架構圖如圖 4.2 所示，各被解釋變數的分類別如下所述：

「嚴重程度」可以死亡人數、受傷人數、財物損失、列車延誤與列車停駛當代表，

表 4.4 初測解釋變數的線性關係表

變數名稱	第一種平交道	半封平交道	專用平交道	平交道寬度	平交道夾角	公路坡度	公路彎道	鄰近無號誌路口	鄰近號誌路口	鄰近T字路口	尖峰總車流量	尖峰大車流量	列車班次
第一種平交道	—												
半封平交道	-.037	—											
專用平交道	-.046	-.032	—										
平交道寬度	.211	-.233*	.099	—									
平交道夾角	.107	.179	-.110	-.046	—								
公路坡度	-.134	.091	-.116	-.222*	.044	—							
公路彎道	-.101	.010	-.054	-.107	.129	.037	—						
鄰近無號誌路口	.105	-.179	-.161	-.047	-.111	.005	-.020	—					
鄰近號誌路口	.187	-.104	-.128	.177	-.186	.006	-.309**	-.287*	—				
鄰近T字路口	-.159	-.111	-.013	-.080	-.064	.091	-.123	.086	.247*	—			
尖峰總車流量	.263*	-.147	-.134	.656**	-.081	-.096	-.035	-.099	.443**	-.117	—		
尖峰大型車流量	.080	-.075	-.029	.523**	.174	-.087	.039	-.192	.174	-.045	.621**	—	
列車班次	-.040	.040	.080	.289**	-.058	-.054	.004	-.061	.240*	-.080	.424**	.224*	—

解釋說明：數字為皮爾森相關係數，「*」代表在 $\alpha = 0.05$ 下達到顯著水準，
「**」代表 $\alpha = 0.01$ 下達到顯著水準。

但受限於資料不足，本研究只取前兩項當作嚴重程度的指標。另外依據嚴重度的概念，能造成死亡的嚴重度必定可以造成受傷，所以死亡在嚴重度的分類中可歸在受傷的一子集合內。但在一般的事務紀錄上為了區分對人的傷害程度，因此死亡跟受傷在定義上視為個別類型的傷害程度，彼此的嚴重範圍沒有重疊。本研究的嚴重程度分類採取一般的傷害定義與嚴重度概念，將嚴重程度分為死亡人數、死亡與受傷人數：死亡即指在此類型中的人都遭受到足以致死的傷害程度；死亡與受傷人數則指在此類型中的人都遭受到受傷以上的嚴重程度。

「公路涉入者的類型」分作行人、自行車、機車、小型車與大型車五類。本研究希望公路涉入者的類型劃分能與省交通處的報告分類一致，但該項報告並無自行車的流量資料，而台鐵的行車事故報告上則有列出，但自行車涉入的事件數相對行人而言

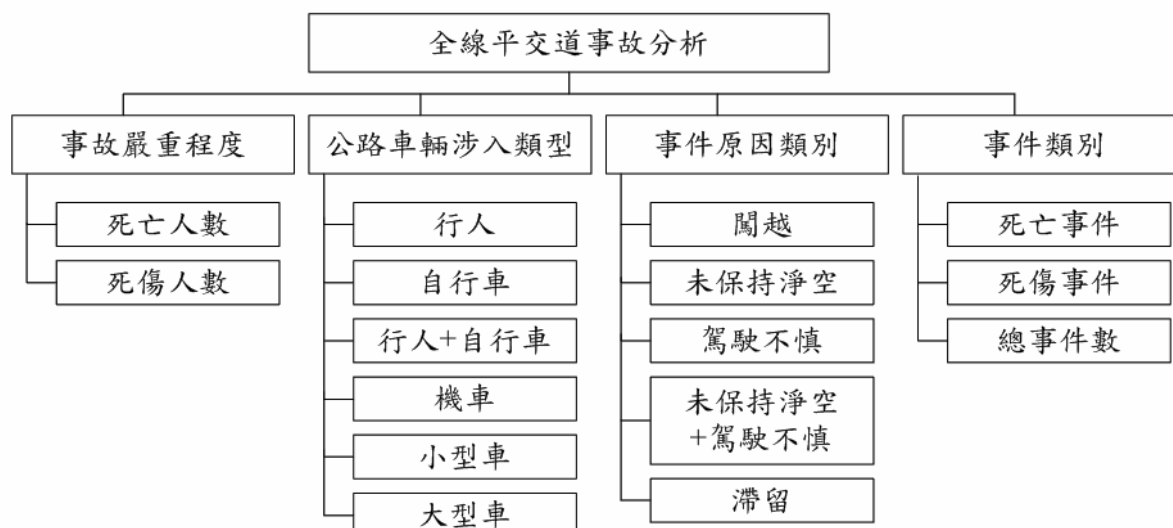


圖 4.2 被解釋變數的系統架構圖

較少。故在涉入者的分類中把自行車獨立分類，以及歸納到運轉機動性較相似的行人一項以進行兩種分類方式的測試比較。所以本研究在公路涉入者的類型劃分上有行人、自行車、行人與自行車合計、機車、小型車跟大型車六類，單位為涉入次數。

「事件肇事原因」類別可分作闖越、駕駛不慎、在平交道上滯留、鐵路業者疏失與其他等共五類。但駕駛不慎事件中，有相當的比例是未保持淨空，故將該項獨立出來。另外鐵路業者的疏失上，絕大部分是第一種平交道的看柵人員操作失誤所導致，關係明確可不需要再列為分析對象，且鐵路員工疏失跟平交道週邊環境的關係比較小。故修正過後的事件分類為：闖越、未保持淨空、駕駛不慎（不含未保持淨空事件）、未保持淨空與駕駛不慎合計、在平交道上滯留等共六類，單位為事件次數。鐵路員工疏失與其他原因就不列入本類別的分析項目中。

「事件結果類別」依照嚴重度可分作死亡事故、受傷事故與財產損失事故。依據嚴重度概念而言這三類並非是空集合的事件，而是依照一層一層的嚴重度架構而成：任何事故都會導致財產損失，因此財產損失事件是嚴重度中分類的最底層，而這一層其實也代表總事故件數；第二層是受傷事件，因為受傷事件必會導致財產損失，因此可說受傷事件是財產損失事件中的子集合；最上層則是死亡事件，因為死亡事件的嚴重程度必定伴隨受傷與財產損失，故死亡事件分別是受傷事件與財產損失事件的子集合。所以按照此概念，受傷事件同時也是財產損失事件，死亡事件同時是受傷事件與財產損失事件。但是一般的事務紀錄由於要區別事件的嚴重程度，所以死亡事件、受傷事件與財產損失事件在定義上視為個別類型的事件，彼此的事件範圍沒有重疊。本研究的事件分類採取一般的事件定義與嚴重度概念，將事件分為死亡事件、死亡與受傷事件、總事件等三類：死亡事件即指所有在此類型中的事件都達到損失生命的嚴重程度；死亡與受傷事件的集合滿足所有事件都造成受傷的嚴重程度；總事件即財產損失事件，指所有事件都會造成財產損失，包括死亡事件與受傷事件在內。最後各被解釋變數的詳細定義說明如下：

- (1) 死亡人數：指在觀察期間內該平交道因事故所造成的總死亡人數。死亡人數越多意涵該事故的危害力量之影響範圍也越大，但事故危害的影響範圍與事件發生頻次並無一定的關係。
- (2) 死傷人數：本變數是指在觀察期間內該平交道因事故所造成的總死亡人數與總受傷人數的合計。死亡與受傷人數的合計代表這些人都遭受到足以造成受傷程度以上的危害力量，但該力量不見得一定會造成人員喪命。事件中死傷人數越多，意涵事故危害力量的影響範圍也越大，但事故危害的影響範圍與事件發生頻率並無必定相關。
- (3) 行人涉入件數：指在觀察期間內該平交道所發生的所有事故中，公路側涉入者為行人的總件數。
- (4) 自行車涉入件數：指在觀察期間內該平交道所發生的所有事故中，公路側涉入者為自行車的總件數。
- (5) 行人與自行車合計涉入件數：指在觀察期間內該平交道所發生的所有事故中，公路側涉入者為行人與自行車的合計總件數。由於自行車的涉入件數比較少，故把自行車跟運轉機動性較相似的行人涉入事件數合併進行測試運算，期望能獲得有效的解釋結果。
- (6) 機車涉入件數：指在觀察期間內該平交道所發生的所有事故中，公路側涉入者為機車的事故總件數。
- (7) 小型車涉入件數：指在觀察期間內該平交道所發生的所有事故中，公路側涉入者為小型車的總事故件數。
- (8) 大型車涉入件數：指在觀察期間內在該平交道所發生的所有事故中，公路側涉入者為大型車的總件數。
- (9) 搶越平交道：指該平交道於觀察期間內所發生的事故中，肇事原因為搶越平交道的總事故件數。
- (10) 未保持淨空：指該平交道於觀察期間內所發生的事故中，肇事原因為在平交道管制期間內因故無法於危險區保持淨空而導致的事故之總件數。未保持淨空其實也算駕駛不慎的一種情況，但因為件數筆數多，故獨立列出該項事件因素。
- (11) 駕駛不慎：指該平交道於觀察期間內所發生的事故中，肇事導因為駕駛操作不慎的事故件數。駕駛不慎的情形指公路駕駛人應注意而未注意所導致的事故，包括未保持淨空、車輛駛入鐵軌、車輛卡在平交道上、車輛撞到柵欄、大型車因裝載過高勾斷電車線或造成感電事故、在平交道上發生公路車輛之間的車禍、機車跟自行車騎士在平交道上摔倒、汽油用罄、熄火、載裝物掉在平交道上、行人被經過列車所產生的強風吹倒。因未保持淨空的筆數相當多，故將該

情形獨立出一個選項，故本項的定義為平交道於觀察期間內所發生的事故中，肇事導因為駕駛操作不慎而非未保持淨空的事件數。

- (12) 未保持淨空與駕駛不慎合計：指該平交道於觀察期間內所發生的事故中，肇事原因為前二項事故原因合計，即指完整的駕駛不慎事故統計包含未保持淨空該事故項目。
- (13) 平交道上滯留：指該平交道於觀察期間內所發生的事故中，肇事原因為滯留於平交道上之事件數。要說明的是車輛在平交道上滯留一定有原因，可能是闖越不成、駕駛不慎而卡住、駕駛者無法事前察覺的故障情形或甚至是蓄意自殺等。但基於某些因素，如公路駕駛人隱瞞或甚至於案發當時就已經死亡，使得警方無法確實查證，僅能依照火車司機與相關證人所看到的情形加以記載，故有此一「滯留」的事故分類。
- (14) 死亡事件：指該平交道於觀察期間內所發生的事故中有造成人員死亡的總事件數。死亡事件代表該次事故的危險程度足以致人於死，而死亡事件數即代表該種危險程度發生的頻次。
- (15) 死傷事件：指該平交道於觀察期間內所發生的事故中有造成人員死亡或受傷的總事件數。死亡與受傷事件合計代表該事故的危險程度達到令人受到傷害以上的程度，而死亡和受傷的事件數合計即代表該種危險程度發生的頻率。
- (16) 事件數總計：指該平交道於觀察期間內所發生的總事件數。以肇事原因分類而言，除了搶越平交道、未保持淨空與駕駛不慎、在平交道上滯留以外，還包含鐵路業者疏失、設備故障與車輛故障等其他項目。但後三者跟平交道的環境特徵沒有明顯關聯，故沒有個別列出分析。以事件分類來看，總事件數包含死亡事件、受傷事件與財產損失事件，可說所有的事件都符合遭受財產損失以上的危險程度。

在整個觀察期間中，新竹彰化間包含山海線路段共有 96 件事故，包括 53 件闖越事故，6 件未保持淨空事故，19 件駕駛不慎事故，13 件滯留事故與 5 件其他事故（5 件其他事故中沒有鐵路員工疏失的責任事故）。而公路側使用者的涉入情形中，行人有 18 件，自行車 1 件，機車有 21 件，小型車有 38 件，大型車有 16 件，另外有 2 件事故的涉入者類型不詳而未予紀錄。死亡人數總計有 37 人，受傷 54 人，需要說明的是受傷者中，有 26 人是集中在同一起事故裡。死亡事件有 31 件，受傷 17 件，財產損失事故 48 件。各項被解釋變數的數值特性都是非負的整數，以 0 佔多數，正數的數值也都很小。在此性質下被解釋變數所呈現的分佈性質似乎符合普瓦松分配或負二項分配的要求，因此在後續階段將以普瓦松迴歸和負二項迴歸進行分析。各被解釋變數的數值分佈與敘述統計值如表 4.5 所示。

表 4.5 初測被解釋變數的數值分佈與敘述統計值

事故類型	死亡人數	死亡加受傷人數	行人涉入件數	自行車涉入件數	行人加自行車涉入件數	機車涉入件數	小型車涉入件數	大型車涉入件數	闖越事件數	未保持淨空事件數	駕駛不慎事件數	未保持淨空加駕駛不慎事件數	滯留事件數	死亡事件數	死亡加受傷事件數	總事件數	
次數分配	0	56	47	63	78	62	63	52	67	40	74	63	61	67	56	47	32
	1	16	18	14	1	15	12	20	9	30	4	13	12	11	17	20	22
	2	2	6	2	0	2	3	4	2	6	1	3	5	1	4	8	10
	3	4	3	0	0	0	1	2	1	2	0	0	1	0	2	4	10
	4	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	5	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	10	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	29	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
總次數	37	91	18	1	19	21	38	16	53	6	19	25	13	31	48	96	
平均值	0.47	1.15	0.23	0.01	0.24	0.27	0.48	0.20	0.67	0.08	0.24	0.32	0.16	0.39	0.61	1.21	
變異數	0.87	12.3	0.23	0.01	0.24	0.35	0.66	0.29	0.78	0.10	0.26	0.42	0.16	0.50	0.75	1.99	

4.2.2 迴歸分析

本階段透過 Cameron 和 Trivedi (1990) [26] 提出的普瓦松迴歸離散試驗，對每一解釋變數跟被解釋變數的組合進行過度離散檢定。以 $\alpha = 0.05$ 的門檻值為標準，將過度離散值不顯著的解釋變數歸類到普瓦松迴歸的組合中，而過度離散值顯著的解釋變數則歸類到負二項迴歸的組合基礎。當離散值介於 0.05 跟 0.1 之間時，則兩種迴歸模式均進行測試。之後並各自針對每一被解釋變數找尋解釋能力最佳的顯著解。

4.2.2.1 普瓦松迴歸

從解釋變數對被解釋變數的一對一普瓦松迴歸結果發現，除了三項平交道類型的解釋變數以外，其他解釋變數對 16 項被解釋變數都有或多或少的顯著解釋能力。平交道類型解釋變數沒有個別明顯的解釋能力，有可能是這三種平交道類型在初測範圍中所佔比重過低，以致於解釋能力未被彰顯出來，另一方面也可能是平交道類型對任何的事故類型與涉入者型態均沒有顯著的影響，因此需要進一步的測試與分析。另外從被解釋變數的角度分析，除了死傷人數該項數值可能因為分布較為離散，使得不適用普瓦松分配以外，其他被解釋變數多有數個解釋變數可說明之。整個解釋變數與被解釋變數的個別迴歸測試，排除半封平交道因為有路樁阻隔不讓小型車與大型車通過，以至於沒有必要以半封平交道解釋小型車與大型車涉入平交道事件數以外，其餘 206 組解釋成效如表 4.6 所示。

在以每一被解釋變數為分組單位的解釋成果上，除了死傷人數、行人涉入件數、自行車涉入件數、行人與自行車涉入件數、平交道滯留事件數等五項未找到有顯著說明能力的組合模式以外，其餘各組都可找到在解釋變數係數上有顯著解釋能力的組合。

表 4.6 初測一對一普瓦松迴歸顯著表

解釋變數 /係數 /被解釋 變數	第一 種平 交道	半封 平交 道	專用 平交 道	平交 道寬 度	平交 道夾 角	公路 坡度	公路 彎道	無號 誌路 口數	有號 誌路 口數	T字 路口 數	尖峰 總車 流量	尖峰 大車 流量	列車 班次
死亡 人數	-30	0	-29	-0.067	-0.015	-0.92	-0.72	-0.56	-0.23	-0.97	-0.0002	0.0005	-0.004 *
死亡與 受傷人數	-30	0.69	-29	0.027	0.027	-0.22	0.26	-0.19	0.036	-0.66	0.0006	0.007	0.002
行人 涉入件數	-30	-0.69	-29	-0.13 *	-0.055 *	-1.61	-1.67	-0.98 *	-0.62	-1.46	-0.0015 *	-0.02	-0.0096 *
自行車涉 入件數	-30	-29	-29	-0.46 *	-0.14	-31	-3.6 *	-31	-31	-31.8	-0.009 *	-0.02 *	-0.03 *
行人+自 行車事件	-30	-0.69	-29	-0.13 *	-0.04	-1.6	-1.53	-0.98 *	-0.62	-1.46	-0.0013 *	-0.009 *	-0.009 *
機車 涉入件數	-30	0.69	-29	-0.13 *	-0.044 *	-1.2	-1.3	-1.16 *	-0.88	-2.13	-0.001	-0.004	-0.009 *
小型車 涉入件數	-1.38	無關	-29	-0.05 *	-0.026 *	-0.6	-0.097 *	-0.46 *	-0.26	-0.33	-0.0004 *	-0.0016	-0.005 *
大型車 涉入件數	-30	無關	-1.1	-0.16 *	-0.04	-0.8	-1.53	-1.11 *	-1.42	-1.86	-0.0018	-0.005	-0.012 *
闖越 事件數	-30	0.69	-1.1	-0.03 *	-0.009	-0.36	-0.48 *	-0.37 *	-0.2	-0.6 *	-0.0001	0.0013	-0.002 *
未保持淨 空事件數	-30	-29	-29	-0.27 *	-0.58 *	-2.3 *	-2.5 *	-2.3 *	-2.1 *	-1.86 *	-0.006 *	-0.04 *	-0.02 *
駕駛不慎 事件數	-1.38	-29	-29	-0.12 *	-0.06	-0.8	-1.8	-0.94 *	-0.57	-1.07	-0.001	-0.003	-0.01 *
未保持淨空 +駕駛不慎	-1.39	-29	-29	-0.09 *	-0.026 *	-0.6	-1.41	-0.83 *	-0.44	-0.73	-0.0008 *	-0.0015	-0.008 *
滯留 事件	-30	-0.69	-29	-0.17 *	-0.067 *	-1.6	-2	-1.16 *	-0.96	-1.86	-0.002 *	-0.012 *	-0.013 *
死亡事件	-30	0	-29	-0.08 *	-0.018	-1.05	-0.84	-0.75 *	-0.36	-1.07	-0.0004	0.00002	-0.006 *
死亡與 受傷事件	-30	0.69	-29	-0.043 *	-0.013	-0.36	-0.67 *	-0.48 *	-0.08	-0.88 *	-0.0001	0.001	-0.003 *
總事故 件數	-1.39	0.92	-1.1	0.03 *	0.01 *	0.41	0.078	-0.07	0.3	0.14	0.0004 *	0.004 *	0.002 *

*符合離散指標的 P 值大於 0.05 且係數的 P 值小於 $\alpha = 0.10$ 的門檻

這些組合的整體解釋能力上，除了小型車涉入件數與闖越事件的 ρ^2 值小於 0.1 以外，其他九組的 ρ^2 值都達到 0.1 的標準，表示多數答案的整體解釋能力都達到令人可接納的程度。下面分別就各係數上有顯著解釋能力的 11 組解釋組合加以說明。相關的統計數據呈列在表 4.7 中。另外小型車涉入件數與未保持淨空事件各找到兩組解釋成效相近的關係式，故一併列出分析與討論。

- (1) 死亡人數：在 $\alpha = 0.05$ 之下有效的解釋參數分別是平交道寬度與尖峰總車流量。前者與死亡人數呈現負相關，這或許代表平交道越寬越安全，後者因為是曝光量指標的關係，因此與死亡人數成正向關係。模式的 ρ^2 值大於 0.1，表示本項模式的整體解釋能力可令人接受。

表 4.7 初測各組普瓦松迴歸式列表

解釋變數/ 係數/被解 釋變數	第一 種平 交道	半封 平交 道	專用 平交 道	平交 道 寬度	平交 道 夾角	公路 坡度	公路 彎道	無號 誌路 口數	有號 誌路 口數	T字 路口 數	尖峰 總車 流量	尖峰 大車 流量	列車 班次	LL(B)/ LL(C)	ρ^2 值
死亡 人數				-0.18 (0.00)							.0015 (0.00)			-70 -78	0.10 *
機車 涉入件數		1.33 (0.01)		-0.16 (0.00)				-0.6 (0.02)		-1.2 (0.06)	0.001 (0.00)			-41 -53	0.23 *
小型車 涉入件數				0.09 (0.02)				-0.38 (0.01)			0.44 (0.09)		-0.01 (0.00)	-71 -75	0.053
				0.1 (0.02)			-0.5 (0.09)	-0.29 (0.04)					-0.009 (0.01)	-71 -75	0.053
大型車 涉入件數			1.99 (0.08)	-0.17 (0.02)		1.37 (0.01)						0.01 (0.00)	-0.009 (0.08)	-37 -45	0.18 *
闖越 事件數								-0.4 (0.00)			.0003 (0.09)			-82 -87	0.057
未保持淨空 事件數								-1.6 (0.02)		1.1 (0.07)			-0.02 (0.00)	-19 -22	0.14 *
					0.03 (0.06)			-1.1 (0.04)					-0.02 (0.00)	-19 -22	0.14 *
駕駛不慎 事件數						0.83 (.048)	-1.42 (0.01)					0.01 (0.00)	0.01 (0.00)	-43 -48	0.104 *
未保持淨空 +駕駛不慎						0.93 (0.02)	-0.84 (0.06)	-0.45 (0.04)				0.007 (0.00)	-0.007 (0.00)	-51 -59	0.136 *
死亡 事件				-0.11 (0.00)				-0.5 (0.01)			0.001 (0.00)			-59 -66	0.11 *
死亡與 受傷事件				-0.06 (0.04)				-0.4 (0.01)			.0008 (0.00)			-76 -85	0.11 *
總事故 件數				0.03 (0.03)		0.44 (0.03)		-0.32 (0.00)				0.003 (0.01)		-112 -115	0.104 *

符號說明：1. 「解釋變數」各列對應各被解釋變數的欄位中，上方為係數，下方括號內為 P 值。

2. 「 ρ^2 」一列中有「*」表示 ρ^2 值大於 0.1，表示該組的解釋能力達一顯著標準。

- (2) 機車涉入件數：在 $\alpha = 0.05$ 之下有效的解釋參數分別是半封平交道、平交道寬度、鄰近無號誌路口數與尖峰總車流量，而鄰近 T 字路口數的 P 值為 0.06，故也列入考慮。以係數符號來看，機車涉入件數和半封平交道、尖峰總車流量呈正相關，而與其他解釋變數呈現負向關係。半封平交道因為只開放機慢車通行，所以相較於其他類型平交道下半封平交道會有較高的機車出事率。而尖峰總車流量因為是曝光量，所以呈現預期的正號指標。平交道寬度越寬，可能代表也越寬的路幅供機車行走，因此在結果呈現上較為安全。鄰近無號誌路口和 T 字路口由於都有讓機車騎士減速並注意週遭路況的效果，因此連帶的減低在平交道發生事故的件數和嚴重程度。模式的 ρ^2 值大於 0.1，表示本項模式的整體解釋能力還相當不錯。
- (3) 小型車涉入件數：有兩組解釋成效相近的模式，其共同的解釋變數為平交道寬度、鄰近無號誌路口數、列車班次，另外個別多出來的解釋變數是公路彎道與尖峰總車流量，這兩變數的 P 值都是 0.09，因此也列入參考名單之中。以係數符號觀之，小型車涉入事件數和道路寬度、總尖峰車流量成正相關，而與其他

解釋變數呈現負相關。平交道寬度呈現的符號和預期不同，這或許是寬度較寬的平交道通行較多車輛，曝光量高導致事故發生率也高，因此造成平交道寬度跟事故發生件數有統計上的正相關。總尖峰車流量因為是曝光量參數，故結果出現如預期的正號。公路彎道與鄰近無號誌路口數或許對汽車駕駛人有減速注意路況的影響效果，使得駕駛人面對平交道管制能有較充足的反應時間，使得汽車在該平交道上反而擁有較低的出事率。列車班次的符號也和預期相反不同，這有可能是山海線鐵路的班車數有明顯差異，而如果對應事故比例後發現班車少的海線鐵路有較高的出事率，就會出現類似的結果。而海線鐵路如果真的有較高的事故率，這原因便值得深入討論分析。模式的 ρ^2 值小於 0.1，表示本項模式的整體解釋能力有點勉強。

- (4) 大型車涉入件數：在 $\alpha = 0.05$ 之下有效的解釋參數分別是平交道寬度、公路坡度與尖峰大型車流量，除了前者以外後面兩者都跟大型車涉入件數呈現負向關係。這或許代表著平交道越寬對大型車的駕駛越安全，而公路坡度不利於大型車的運轉操控，所以坡度特徵對大型車涉入的事件數有正面影響。尖峰大型車流量屬於曝光量指標，故符號出現預期上的正號。另外專用平交道和列車班次的 P 值由於也很接近 0.05，因此也可參考其符號意義：專用平交道出現正號，這有可能是本次研究範圍內專用平交道雖然只發生一起大型車涉入的案件，但專用平交道的數目只有三處，故比例相較於其他類型的平交道算是相當的高，因此在統計上會出現專用平交道跟大型車涉入事故有正向關係；列車班次的符號出現跟小型車涉入事件相同的狀況，也是預期相反。原因有可能是車班少的海線鐵路真的有較高的事故率，使得與班車繁忙的山線鐵路相比較下會獲得列車班次數與事故涉入件數有負面的影響效果。當然實際原因還需深入分析。模式的 ρ^2 值大於 0.1，表示本項模式的整體解釋能力可令人接受。
- (5) 闖越事件數：在 $\alpha = 0.05$ 之下有效的解釋參數是鄰近無號誌路口數與尖峰總車流量。鄰近無號誌路口有讓車輛駕駛人減速並注意週遭路況的效果，因此有可能連帶降減闖越平交道的意願與可能性。尖峰總車流量是曝光量指標，所以結果出現正號不令人意外。模式的 ρ^2 值小於 0.1，表示本項模式的整體解釋能力不太令人滿意。
- (6) 未保持淨空事件數：有兩組解釋成效相近的模式，其共同的解釋變數是鄰近無號誌路口與列車班次，另外個別對應的解釋變數是平交道夾角與鄰近 T 字路口數，這兩變數的 P 值由於只超過 0.05 一點，所以也列入解釋清單中。以係數符號解釋，未保持淨空事件數和平交道夾角、鄰近 T 字路口呈現正相關情形，而與鄰近無號誌路口、列車班次呈現負相關。平交道夾角越大，駕駛人不管是在平交道前停車或通過平交道後因故停車，都可能較不易掌握停車位置與安全淨空界線之間的位置而導致未保持淨空事件的發生。鄰近 T 字路口隱含著平交道引道長度較短的路口特徵，如此對於四輪車輛尤其是大型車而言，容易因為車流紆解不順暢而導致車輛困在平交道上，最終導致未保持淨空事故的產生。鄰

近無號誌路口有可能讓駕駛人提早減速注意平交道鄰近週遭路況，使得有較充足的時間對平交道管制進行反應動作，而降低在平交道上發生未保持淨空的事件。列車班次的符號出現負號則是跟預期相反。可能解釋是車班少的海線鐵路的平交道有較高的事故率，使得與班車繁忙的山線鐵路相比較下會得到列車班次數與事故涉入件數有負面的影響效果。模式的 ρ^2 值大於 0.1，表示本項模式的整體解釋能力尚稱不錯。

- (7) 駕駛不慎事件數：在 $\alpha = 0.05$ 之下有效的解釋參數是公路坡度、公路彎道、尖峰大型車流量與列車班次，除了公路彎道以外，其餘都跟駕駛不慎事件呈現正相關情形。公路具有坡度特徵時，車輛駕駛需要具備較佳的操控技巧來面對路況的變化，因此在坡道路段比較容易發生駕駛不慎的情形。尖峰大型車流量和列車班次都是曝光量指標，尤其大型車算是駕駛困難度較高的車種，因此這兩項因素跟駕駛不慎事件呈現正向關係。公路彎道具有負向的影響特性，這或許是彎道線型會讓駕駛人減速慢行，因此面對狀況時能有較佳的應變結果，使得駕駛不慎事件的發生機率下降。模式的 ρ^2 值大於 0.1，表示本項模式的整體解釋能力令人滿意。
- (8) 未保持淨空事件數與駕駛不慎事件數合計：在 $\alpha = 0.05$ 之下有效的解釋參數是公路坡度、鄰近無號誌路口數、尖峰大型車流量與列車班次，而公路彎道的 P 值只略大於 0.05，故也列入影響清單中。在這五項解釋變數中公路坡度與尖峰大型車流量是跟被解釋變數呈現正向關係，其餘跟被解釋變數呈現負相關狀態。公路在坡道路段駕駛人需要具備較佳的操控技巧來面對路況的變化，因此比較容易發生駕駛不慎的情形，而尖峰大型車流量兼具曝光量指標與駕駛困難度高的車種，因此這兩項因素跟駕駛不慎事件呈現正向關係。公路彎道與鄰近無號誌路口具有負向的影響特性，這或許是彎道線型與無號誌路口容易讓駕駛人減速慢行來注意前方的行進路況，因此面對狀況時能有較佳的應變結果，使得事故的發生機率下降。列車班次的符號出現負號的情形與前述的未保持淨空事件類似。可能因為是海線鐵路的平交道有較高的事故率，使得與班車繁忙的山線鐵路相比較下會得到列車班次數與事故涉入件數有統計上的負面影響效果。至於事實情況與原因還需要再進一步討論研究。模式的 ρ^2 值大於 0.1，表示本項模式的整體解釋能力還可以令人接受。
- (9) 死亡事件：在 $\alpha = 0.05$ 之下有效的解釋變數是平交道寬度、鄰近無號誌路口數與尖峰總車流量。以係數符號解釋，死亡事件與平交道寬度和鄰近無號誌路口數呈現負相關，而與尖峰總車流量呈現正相關。這可能意涵平交道越寬敞越安全，能降低死亡事故的筆數。平交道鄰近無號誌路口數越多，或許可以讓公路駕駛人行經平交道鄰近路段時放慢速度並注意週遭的交通動態，而達到減低平交道事故次數的效果。尖峰總車流量因為屬於車流曝光量指標，因此呈現正向相關。模式的 ρ^2 值大於 0.1，表示本項模式的整體解釋成效還不錯。

- (10) 死傷事件：在 $\alpha = 0.05$ 之下有效的解釋變數是平交道寬度、鄰近無號誌路口數與尖峰總車流量，與前述的死亡事件之有效解釋變數完全相同。死傷事件與平交道寬度和鄰近無號誌路口數呈現負相關，而與尖峰總車流量有正相關。這或許代表平交道越寬敞，因為具有較充裕的路幅而對車輛的行進較為安全，因而降低死傷事故的件數。平交道鄰近路段上無號誌路口數越多，有可能讓公路駕駛人行經平交道鄰近路段時放慢速度並注意週遭的交通動態，而達到減低平交道事故次數的效果。尖峰總車流量因為屬於車流曝光量指標，因此呈現預期上的正向相關。模式的 ρ^2 值大於 0.1，表示本項模式的整體解釋能力令人滿意。
- (11) 總事件數：在 $\alpha = 0.05$ 之下有效的解釋參數是平交道寬度、公路坡度、鄰近無號誌路口數和尖峰大型車流量，除了鄰近無號誌路口數以外，另外三項都跟總是件數呈現正向關係。公路駕駛人行經無號誌路口的路段時多半會減速並注意週遭的交通動態，如此面對平交道的任何狀況會比較有充裕的反應時間跟距離，間接達到減低平交道事故次數的效果。平交道寬度呈現的符號和預期不同，這有可能是寬度較寬的平交道通行較多車輛，曝光量高導致事故發生率也高，因此造成平交道寬度跟總事故件數出現統計上的正向關係。公路具有坡度的路段會使車輛的操控具有較高的技術性，間接導致較高的肇事率。尖峰大型車流量由於兼屬曝光量指標與駕駛技術性高的車種，因此也會跟總事故件數呈現正向關係。模式的 ρ^2 值大於 0.1，表示本項模式的整體解釋能力尚令人滿意。

4.2.2.2 負二項迴歸

鑒於多數解釋變數與被解釋變數的過度離散測試均不顯著，使得在初測作業上多數的被解釋變數適合用普瓦松迴歸進行分析，僅少數的被解釋變數因為其數值離散的程度夠顯著，而適合用負二項迴歸分析。以解釋變數的角度來看，平交道類型的變數全無解釋能力，這可能是這三種平交道類型對於三甲平交道所佔比重過低，以致於解釋效果不彰。其他解釋變數對被解釋變數的解釋能力也成零星分布，像是在普瓦松迴歸測試中有良好解釋能力的平交道寬度、鄰近無號誌路口數、尖峰大型車流量與列車班次數，在負二項迴歸試驗中就沒有很好的表現。從被解釋變數的觀點來看，闖越事件、未保持淨空事件與死傷事件都沒有解釋變數可以顯著解釋，其他各被解釋變數也只能被零星的解釋變數詮釋與說明。整個解釋變數與被解釋變數的一對一負二項迴歸測試，除了半封平交道因為有路樁阻隔不讓小型車與大型車通過，以至於無需以半封平交道解釋小型車與大型車涉入平交道事故件數以外，以及半封平交道對死亡人數與死亡事件面臨程式無法計算的情況以外，剩餘的 204 組解釋成效以表 4.8 所示。

在以每一被解釋變數為分組單位的解釋成果上，由於多半被解釋變數的數值分佈並非相當離散，故僅在死亡人數、死傷人數、行人與自行車涉入件數等三項被解釋變數上找到有顯著說明能力的組合模式。但這些組合的整體解釋能力上，除了死傷人數以外，另外兩項的 ρ^2 值都小於 0.1。相關的統計數據呈列在表 4.9 中。下面分別就各係數上有顯著解釋能力的 3 組解釋組合加以說明：

表 4.8 初測一對一負二項迴歸顯著表

解釋變數 /係數 /被解釋 變數	第一 種平 交道	半封 平交 道	專用 平交 道	平交 道寬 度	平交 道夾 角	公路 坡度	公路 彎道	無號 誌路 口數	有號 誌路 口數	T字 路口 數	尖峰 總車 流量	尖峰 大車 流量	列車 班次
死亡 人數	-30	無法 計算	-29	-0.06 *	-0.011	-0.92	-0.72 *	-0.54 *	-0.19	-0.997 *	-0.0002	0.0003	-0.004 *
死亡與 受傷人數	-30	0.69	-29	0.024	0.029 *	-0.22	0.26	-0.2	0.035	-0.69	0.0006 *	0.006 *	0.002
行人 涉入件數	-30	-0.69	-29	-0.28	-0.049	-1.61 *	-1.67 *	-0.92 *	-45	-1.49 *	-0.0014 *	-0.02	-0.009
自行車涉 入件數	-30	-29	-29	-0.45	0.33 *	-31	-3.61	-31	-31	-31.8	-0.009	-0.02	-0.03
行人+自 行車事件	-30	-0.69	-29	-0.28	-0.04	-1.61 *	-1.53 *	-0.86	-0.53	-1.48 *	-0.0012 *	-0.007 *	-0.009
機車 涉入件數	-30	0.69	-29	-0.12	-0.05	-1.2	-1.3	-1.1	-0.69	-2.15 *	-0.0007	-0.003	-0.008
小型車 涉入件數	-1.38	無關	-29	-0.047	-0.024	-0.6	-0.96 *	-0.43	-0.24	-11.4	-0.0004	-0.0014	-0.005
大型車 涉入件數	-30	無關	-1.1	-0.15	0.01	-0.8	-1.03	-1.1	-1.49	-1.88 *	-0.0016 *	0.0013	-0.01
闖越 事件數	-30	0.69	-1.1	-0.03	-0.009	-0.36	-0.48	-0.37	-0.2	-0.6	-0.0001	0.0012	-0.002
未保持淨 空事件數	-30	-29	-29	-0.26	-0.05	-2.3	-2.5	-2.4	-2.2	-1.27	-0.004	-0.03	-0.02
駕駛不慎 事件數	-1.39	-29	-29	-0.11	-0.04 *	-0.8	-1.8 *	-0.88 *	-0.4	-1.1	-0.001 *	-0.002	-0.01
未保持淨空 +駕駛不慎	-1.39	-29	-29	-0.09	-0.023	-0.6	-1.41 *	-0.82	-0.52	-0.69	-0.0008	0.02 *	-0.007
滯留 事件	-30	-0.69	-29	-0.16	-0.06	-1.6	-2 *	-0.98 *	-0.68	-1.88	-0.0016 *	-0.01	-0.012
死亡事件	-30	無法 計算	-29	-0.07 *	-0.015	-1.05 *	-0.84 *	-0.74	-0.29	-1.09 *	-0.0003	0.00001	-0.014
死亡與 受傷事件	-30	0.69	-29	-0.041	-0.012	-0.36	-0.67	-0.48	-0.077	-0.89	-0.0001	0.0009	-0.003
總事故 件數	-1.39	0.92	-1.1	0.03	0.01	0.41	0.078	-0.07	0.32	0.14	0.0004	0.005	0.002 *

*符合離散指標的 P 值小於 0.1 且係數的 P 值小於 $\alpha = 0.10$ 的門檻

- (1) 死亡人數：在 $\alpha = 0.05$ 之下有效的解釋變數是平交道寬度與尖峰總車流量。以係數符號解釋，死亡人數與平交道寬度呈現負相關，而與尖峰總車流量呈現正相關。這有可能代表平交道路幅越寬敞，可以提供車輛更充足的運轉空間，因而降低事故的死亡人數。尖峰總車流量屬於曝光量指標，因此呈現預期上的正向相關。模式的 ρ^2 值小於 0.1，表示本項模式的整體解釋能力不令人滿意。
- (2) 死傷人數：在 $\alpha = 0.05$ 之下有效的解釋變數是平交道寬度與尖峰總車流量，跟上述的死亡人數相同。死傷人數與平交道寬度呈現負相關，而與尖峰總車流量呈現正相關。這有可能代表平交道路幅越寬敞，可以提供車輛更充足的運轉空間，因而降低事故的死亡與受傷人數。尖峰總車流量屬於曝光量指標，因此呈

表 4.9 初測各組負二項迴歸式列表

解釋變數/ 係數/被解 釋變數	第一 種平 交道	半封 平交 道	專用 平交 道	平交 道 寬度	平交 道 夾角	公路 坡度	公路 彎道	無號 誌路 口數	有號 誌路 口數	T字 路口 數	尖峰 總車 流量	尖峰 大車 流量	列車 班次	LL(β)/ LL(C)	ρ ² 值
死亡 人數				-0.19 (0.00)							0.002 (0.01)			-67 -70	0.043
死亡與 受傷人數				-0.11 (0.01)							.0018 (0.00)			-102 -161	0.37 *
行人+自行 車件數							-1.27 (0.06)			-1.08 (0.06)				-53 -57	0.07

符號說明： 1.「解釋變數」各列對應各被解釋變數的欄位中，上方為係數，下方括號內為 P 值。
2.「ρ²」一列中有「*」表示 ρ² 大於 0.1，表示該組的解釋能力達一顯著標準。
3.以上有列出的組合解，其過度離散的 P 值都在 0.1 以下，即有顯著的過度離散現象。

現預期上的正向相關。模式的 ρ² 值大於 0.1，表示本項模式的整體解釋能力尚令人滿意。

- (3) 行人與自行車涉入事故件數：在 α = 0.05 之下無法找到有效的解釋變數，而公路彎道和鄰近 T 字路口數這兩變數的 P 值僅大於 0.05 一點，故列入解釋名單內。公路彎道和鄰近 T 字路口數都與被解釋變數呈現負相關，這對自行車而言或許行經這些路段會因為減速注意路況而降低在平交道上發生危險的機會，但是對於機動性最差的行人而言反而沒有很直接的影響關係。模式的 ρ² 值小於 0.1，表示本項模式的整體解釋能力不太令人滿意。

4.2.3 初測小結

本階段的研究對象是台鐵縱貫線山海線路段的平交道 79 處，事故資料從 86 年 1 月到 93 年 6 月共 96 筆。由於研究範圍小，數值分佈的離散情形不強烈，因此多數的被解釋變數透過普瓦松迴歸即可處理，少數數值離散情形較明顯的被解釋變數如死亡人數、死傷人數、行人與自行車涉入事件數合計等三項便適合使用負二項迴歸進行解釋。被解釋變數中由於死亡人數的數值離散情形正好在門檻邊緣，故普瓦松與負二項迴歸模式都適用。除此之外多數的被解釋變數如果能在普瓦松迴歸上找到有顯著解釋能力的組合解，則通常在負二項迴歸上就無法找到有解釋效果的解，反之亦然。

從有找到顯著解釋效力的解來看，多數解的 ρ² 值都不錯，代表有顯著的解釋效力。僅普瓦松迴歸的小型車涉入事件、闖越事件 以及負二項分配的死亡人數、行人與自行車涉入件數等四項被解釋變數的解其 ρ² 值未達 0.1 的水準。行人涉入件數、自行車涉入件數、滯留事件這三項被解釋變數在普瓦松與負二項迴歸中都找不到解，而剛好這三項也是跟平交道環境因素互動關聯較不明確的事件類型。另外小型車涉入事件與未保持淨空事件中都找到兩組解釋成效相近的解，故一併列出討論。

以解釋變數的預期係數符號和實際結果來看，跟原有符號預期相同的有平交道夾角、公路坡度、尖峰大型車流量，這三項解釋變數都是正向影響。平交道夾角越大，駕駛人不管是在平交道前停車等候或通過平交道後因故停車，都可能較不易掌握停車

位置與安全淨空界線之間的關係而導致事件的發生。公路坡道路段會影響車輛駕駛操控的困難度，因此也是影響平交道事故的正向因素。尖峰大型車流量一方面是曝光量指標，另一方面大型車本身就是駕駛技術門檻較高的車種，如此較為複雜的車輛身處在複雜的平交道環境中會擁有較高的事故率；原本無法預期符號，而後來係數是負號的解釋變數是公路彎道和鄰近無號誌路口。公路彎道線型與鄰近無號誌路口比較容易讓駕駛人減速慢行注意前方的行進路況，因此面對狀況時能有較佳的應變結果，使得事故的發生機率下降；原本無法預期符號，而後來係數是正號的解釋變數有半封平交道與尖峰總車流量。半封平交道因為只開放給機慢車與行人通行，所以相較其他類型平交道下半封平交道擁有較高的機車出事率。而尖峰總車流量因為是曝光量，所以呈現預期的正號指標。

跟原本預期符號相反的有專用平交道、平交道寬度、鄰近 T 字路口數與列車班次數。專用平交道的車流量不大且有專人看守，因此在預期上比三甲平交道安全。模式結果出現正號，這可能是研究範圍內專用平交道雖然只發生一起大型車涉入的案件，但專用平交道的數目只有三處，故比例相較於其他類型的平交道算是相當的高，因此在統計上出現專用平交道跟大型車涉入事故有正向關係；平交道寬度原本的預期是越寬敞越安全，因為寬闊的平交道提供充裕的路幅給用路人使用與避讓。在小型車涉入事件與總事故件數上平交道寬度呈現的符號和預期不同，推測這有可能是寬度較寬的平交道通行較多車輛，曝光量高導致事故發生率也高，因此造成平交道寬度跟總事故件數反而出現統計上的正向關係。鄰近 T 字路口數原先預期是因為平交道引道長度不足不利於車流疏散與避讓，因此對於事故發生有正面影響。但模式出現負面結果的都發生在機車涉入事件數、行人與自行車涉入事件數，T 字路口對於這類型運具沒有不利紓解的影響，反倒是因為要轉彎而強迫駕駛者減速通過，造成跟彎道、鄰近無號誌路口的效果相似，駕駛人會因為減速而在面對狀況時能有較佳的應變結果，使得事故的發生機率下降。列車班次代表的是管制次數，因此也算是曝光量指標。但在初測結果上多數的列車班次的符號出現負號，造成這現象的可能原因是海線鐵路的平交道有較高的事故率，使得與班車繁忙的山線鐵路相比較下會得到列車班次數與事故涉入件數有統計上的負面影響效果。當然這種關係還需要更深入的界定與研究；完全沒解釋能力的是第一種平交道與鄰近號誌路口。第一種平交道在本次的研究範圍內只有 4 處，總計事故資料僅有 1 筆，可能是因為資料量佔全體比例過小而無解釋效果。鄰近號誌路口為何沒有解釋能力，現階段尚無法回答這項問題。

整體而言多數的變數都具有解釋能力，但部份的解釋變數符號和預期相反。相反的理由有些很明確，如專用平交道與鄰近 T 字路口數，但對於平交道寬度與列車班次數的解釋就需要進一步探究，看是統計關係上的巧合還是有更深層的原因。

4.3 全測—環島幹線平交道

台鐵的環島幹線路網包含縱貫線、台中線、屏東線、宜蘭線、北迴線、台東線與南迴線，總長度達 981 公里。其中屏東線屏東枋寮間、台東線與南迴線兩線全線並未

電氣化，但各路線在一般路段都允許列車以時速一百公里以上的速度運行。每一條幹線都各自聯繫大小不等的聚落，也面臨不同的旅運需求與平交道數目。大抵而言西部的縱貫線與台中線是列車開行數目最高的路線，屏東線、宜蘭線與北迴線的開行班次也有一定的密度，至於花東線與南迴線由於服務的聚落人口稀疏，因此列車運轉的密度也是最低。另一方面平交道的分布多主要落在城鎮與周遭鄰近範圍。隨著城鎮的分布差異，平交道的分布也不平均。主要出現在西部走廊、蘭陽平原與花東縱谷等地，因此穿山越嶺的北迴線與南迴線是平交道數目最少的兩條幹線。總之台鐵環島幹線中，每一條路線所身處的鐵路運輸環境不盡相同，而坐落其上的平交道又各自有其環境特色與公路車流需求量，因此造就成每一個平交道的獨一特性。本階段的研究對象即是台鐵全部幹線的平交道，搭配台鐵運務處提供的平交道事故資料進行研究與分析。

4.3.1 變數定義與說明

本階段的解釋變數與被解釋變數定義均跟初測階段相同，研究觀察期間也一致，唯一不同的是觀測對象為台鐵全部幹線的平交道，故以下僅就資料中解釋變數與被解釋變數的數據特性說明之。

4.3.1.1 解釋變數

本研究選定的台鐵環島幹線路段，在近十年來因台北都會區鐵路地下化工程、山線雙線化、北迴線雙線電氣化工程與其他個別的地區改善個案中，有數十個平交道被陸續取消。取消的平交道中，可查出使用年限的平交道仍列入觀察清單，未查出使用年限者則不列入觀察。經資料整理後台鐵幹線有 466 個平交道可供分析探討，包含 35 個第一種平交道、402 個三甲平交道、25 個半封平交道與 4 個專用平交道。這全部平交道中有 25 處平交道於觀察期間內裁撤，這些平交道的曝光量（尖峰總車流量、尖峰大型車流量、列車班次）數據依照該平交道在本研究觀察期間內存在時間長度的對應比例而折減計算。另外有 3 個平交道在觀察期間內變更管制型式，都是從第一種平交道變更成三甲平交道，故這 3 處平交道於變更前後的型式與對應期間內的事務資料，各分別視作兩個平交道處理。同時平交道的曝光量資料處理方式比照裁撤的平交道，數據依照該型式平交道在本研究觀察期間內存在時間長度的對應比例而折減計算。因此最後本研究的平交道數為 469 處，包含 35 個第一種平交道、405 個三甲平交道、25 個半封平交道與 4 個專用平交道。

在這全數 469 處的平交道中，平交道平均寬度是 10.9 公尺，距離平交道鄰近 50 公尺範圍以內平均有 1.2 處無號誌路口、0.2 處號誌路口與 0.3 處 T 字路口，尖峰車流量平均有 659 小汽車當量，尖峰大型車流量平均有 36 輛，列車班次數有 132 班；全部的第一種平交道中，平交道平均寬度是 16 公尺，距離平交道鄰近 50 公尺範圍以內平均有 1.3 處無號誌路口、0.5 處號誌路口與 0.3 處 T 字路口，尖峰車流量平均有 1359 小汽車當量，尖峰大型車流量平均有 54 輛，列車班次數有 190 班；在所有 405 處的三甲平交道中，平交道平均寬度是 10.9 公尺，距離平交道鄰近 50 公尺範圍以內平均有

1.2 處無號誌路口、0.2 處號誌路口與 0.3 處 T 字路口，尖峰車流量平均有 640 小汽車當量，尖峰大型車流量平均有 37 輛，列車班次數有 126 班；另外全部 25 處的半封平交道中，平交道平均寬度是 3.3 公尺，距離平交道鄰近 50 公尺範圍以內平均有 1 處無號誌路口與 0.3 處 T 字路口，沒有號誌路口存在，尖峰車流量平均有 53 小汽車當量，列車班次數有 154 班；至於 4 處專用平交道中，平交道平均寬度是 10.8 公尺，距離平交道鄰近 50 公尺範圍以內平均有 0.5 處無號誌路口與 0.5 處 T 字路口，沒有號誌路口存在，尖峰車流量平均有 240 小汽車當量，尖峰大型車流量平均有 23 輛，列車班次數有 163 班。各型式平交道的基本環境資料表如表 4.10 所示。又各類型平交道的鐵公路平均夾角差異都不大，都有 82 度以上，故未在表 4.10 中列出。

表 4.10 各類型平交道的基本環境統計資料表

平交道群	數量	平均寬度(公尺)	平均無號誌路口數	平均有號誌路口數	平均有 T 字路口數	平均尖峰車流量(小客車當量)	平均尖峰大型車流量(輛數)	平均每 日列車 班次數
全部	469	10.9	1.2	0.2	0.3	659	36	132
第一種	35	16	1.3	0.5	0.3	1359	54	190
三甲	405	10.9	1.2	0.2	0.3	640	37	126
半封	25	3.3	1	0	0.3	53	0	154
專用	4	10.8	0.5	0	0.5	240	23	163

除了管制的型式特徵以外，全部平交道中有坡度特徵的計 165 個，有彎道特徵的有 179 個。寬度最寬是 48 公尺，交叉角度跟直角相差最大的是 60 度，尖峰總車流量最大的是 6528 小汽車當量，尖峰大型車流最大的是 559 輛。平交道鄰近 50 公尺內無號誌路口數最多的是 5 個，50 公尺內有號誌路口數最多的是 3 個，而相同範圍內有 T 字路口數最多的是 2 個。列車班次數以縱貫線樹林跟樹林調車場間三線路段共 362 班次為最多。

各解釋變數彼此之間在某些屬性上會具有相關的情形，因此透過統計軟體 SPSS 10.0 版中的皮爾森相關性檢定 (Pearson Correlation) 來進行測試。結果發現在本階段 $\alpha = 0.05$ 的顯著水準下共有 33 組配對有顯著的相關性，各組的相關性原因分別如下所述，而所有解釋變數之間的相關係數直如表 4.11 所示。

- (1) 平交道寬度與第一種平交道呈現正相關：第一種平交道的設置環境都是車流量大的交通要道，而交通要道的路幅通常都比較寬，伴隨設置的平交道也會比較寬敞，所以會容易形成平交道寬度與第一種平交道有正相關的情形出現。
- (2) 平交道寬度與半封平交道呈現負相關：半封平交道的設置環境是車流量小的交通路線，而符合這種條件的道路其路寬通常也不會很寬，故半封平交道很容易跟平交道寬度變數呈現負向的關係。
- (3) 平交道夾角與平交道寬度呈現正相關：鐵路法中規定鐵公路交叉以直角為原則，但是當環境不允許時，一般而言多半犧牲公路原有的直線線型，以部分彎

表 4.11 全測解釋變數的線性關係表

變數名稱	第一種平交道	半封平交道	專用平交道	平交道寬度	平交道夾角	公路坡度	公路彎道	鄰近無號誌路口	鄰近號誌路口	鄰近T字路口	尖峰總車流量	尖峰大車流量	列車班次
第一種平交道	—												
半封平交道	-.067	—											
專用平交道	-.026	-.022	—										
平交道寬度	.232**	-.288**	-.001	—									
平交道夾角	-.009	-.044	-.053	.203**	—								
公路坡度	-.124**	.084	-.068	-.187**	-.013	—							
公路彎道	-.073	.068	-.025	-.176**	.077	.028	—						
鄰近無號誌路口	.047	-.046	-.067	-.012	-.053	.002	.036	—					
鄰近號誌路口	.173**	-.099*	-.039	.190**	-.127**	-.056	-.120**	-.177**	—				
鄰近T字路口	-.004	.027	.045	-.093*	-.124**	.022	-.057	.161**	.197**	—			
尖峰總車流量	.216**	-.157**	-.042	.608**	-.026	-.066	-.162**	-.015	.324**	-.052	—		
尖峰大型車流量	.071	-.121**	-.021	.446**	.049	-.112*	-.091*	-.056	.129**	-.061	.582**	—	
列車班次	.224**	.069	.038	.077	-.181**	-.005	.015	.022	.252**	.145**	.229**	.117*	—

解釋說明：數字為皮爾森相關係數，「*」代表在 $\alpha = 0.05$ 下達到顯著水準，
「**」代表 $\alpha = 0.01$ 下達到顯著水準。

曲的路段換取在鐵路平交道處以接近直角的方式跟鐵路交叉。但這樣的做法如果採用在重要公路上，則會對該路段的車流造成嚴重影響，這時工程師的設計多半又回到原有的斜交方式，來確保鐵公路各自的幾何線型圓滑順暢³。而重要公路的平交道寬度通常都比較寬，因此會出現平交道夾角與平交道寬度有正相關的情形出現。

- (4) 公路坡度與第一種平交道呈現負相關：第一種平交道都設置在公路主要幹道上，而主要公路的幾何線型標準都比較高，在接近鐵路平交道的路段其坡度限

³ 實際例子如縱貫線板橋站南方南雅南路平交道，交角 45 度；縱貫線新市站北方省道台 19 甲平交道，交角 60 度；屏東線潮州站南方縣道 187 線平交道，交角 30 度；屏東線林邊站北方省道台 17 線平交道，交角 55 度；北迴線南澳站南方台 9 線平交道，交角 45 度。

制較為嚴格，故形成第一種平交道與公路坡度變數兩者呈現負相關的情形。

- (5) 公路坡度與平交道寬度呈現負相關：寬度較寬的平交道多半設置在路幅寬闊的公路主要幹道上，而主要公路的幾何線型標準比較好，在鄰近鐵路平交道的路段上對坡度限制較為嚴格，故會有平交道寬度與公路坡度變數兩者呈現負相關的情形。
- (6) 公路彎道與平交道寬度呈現負相關：寬度較寬的平交道主要設置點多在公路主要幹線上，而主要公路的幾何線型條件較高，在靠近鐵路平交道的路段上對彎道限制較一般道路要高，故有平交道寬度與公路彎道兩變數呈現負相關的情形。
- (7) 鄰近號誌路口與第一種平交道呈現正相關：平交道鄰近路段的路口設有號誌進行管制，表示該路段的車流量通常都很高，因此才會需要號誌來區隔車流。而第一種平交道的設置地點也是車水馬龍之處，故這兩變數彼此之間有正向關係是很合理的。
- (8) 鄰近號誌路口與半封平交道呈現負相關：半封平交道多半設置在鄉間小路上，而這種道路上車流量低，即使有交叉路口也多半不需要以號誌進行管制，所以鄰近號誌路口與半封平交道是呈現負相關狀態。
- (9) 鄰近號誌路口與平交道寬度呈現正相關：平交道鄰近路段有號誌路口，表示該路段的車流量通常很高，因此需要以號誌來進行管制。車流量高的道路通常是交通要道，路幅比起一般道路多半比較寬，平交道寬度也是如此，所以鄰近號誌路口與平交道寬度兩變數間呈現正相關。
- (10) 鄰近號誌路口與平交道夾角呈現負相關：平交道鄰近路段有號誌路口，表示該路段是車流量高的交通要道，才會需要以號誌來管制。而交通要道的設計標準通常都比較高，在可容許的範圍下工程設計師多半希望以直交的方式穿越鐵路來符合規範要求。由於本研究的「平交道夾角」定義是實際鐵公路夾角的補角，因此鄰近號誌路口與平交道夾角會呈現負相關的情形。
- (11) 鄰近號誌路口與公路彎道呈現負相關：號誌路口的車流量大，在設置上的標準要求也比較高，在可允許的情況下工程師通常會儘量避免將號誌路口設置在彎道上。因此在本研究鎖定的平交道鄰近公路路段中，號誌路口與彎道會具有排擠的效果。
- (12) 鄰近號誌路口與鄰近無號誌路口呈現負相關：本研究的調查範圍是平交道兩側鄰近各 50 公尺的公路路段，在這共 100 公尺的路段中總路口數能有三或四個，表示該路段的交叉路口已經是相當密集。而在這路口數中去區分無號誌路口與號誌路口，難免有互相排擠的現象，這或許就是在本研究中鄰近號誌路口與鄰近無號誌路口呈現負向相關的原因之一。
- (13) 鄰近 T 字路口與平交道寬度呈現負相關：T 字路口的設計多半在一般與次要的

公路交叉口上，重要的幹道會儘量避免此種不利車行順暢的路口設計。而一般道路由於路幅沒有比重要幹道寬敞，平交道寬度也是如此，所以會有 T 字路口數目跟平交道寬度呈現負相關的現象。

- (14) 鄰近 T 字路口與平交道夾角呈現負相關：T 字路口的設置上，與鐵路交叉的公路多半是以垂直的方式交叉。如此取該平交道夾角的補角，數據上多半接近 0 度。故鄰近 T 字路口數與平交道夾角會出現負相關的現象。
- (15) 鄰近 T 字路口與鄰近無號誌路口呈現正相關：T 字路口可能有號誌管制，屬於鄰近號誌路口中的一處，也可能沒有號誌管制而歸類於鄰近無號誌路口中。鄰近 T 字路口數與鄰近無號誌路口數在數學上呈現正相關，只能說是有點湊巧，因為兩者之間的關係並非絕對。
- (16) 鄰近 T 字路口與鄰近號誌路口呈現正相關：如同鄰近 T 字路口與鄰近無號誌路口的關係，由於「T 字路口」該項變數並未區分有無號誌管制，因此在歸類上有可能是屬於鄰近號誌路口，也有可能是歸類於鄰近無號誌路口中。鄰近 T 字路口數與鄰近號誌路口數在數學上呈現正相關，也只能說是有點巧合，或是往後還需要再進一步分析有 T 字路口的平交道之週遭路口管制情形。
- (17) 尖峰總車流量與第一種平交道呈現正相關：第一種平交道的設置環境就是高車流量通行之處，故很明顯的會跟尖峰總車流量成現正向的關係。
- (18) 尖峰總車流量與半封平交道呈現負相關：半封平交道的設置地點是車流量稀少，並限制僅讓機踏車與行人通行的平交道。該類型的平交道相較於一般的平交道而言，尖峰總車流量明顯偏低，所以尖峰總車流量與半封平交道會呈現負相關的情形。
- (19) 尖峰總車流量與平交道寬度呈現正相關：尖峰車流量越高，通常也代表全日總交通量高。全日總交通量高便需要較寬的道路來承載，也因此道路所經過的平交道也需要提供比較寬的路幅供車流量使用。
- (20) 尖峰總車流量與公路彎道呈現負相關：車流量大的道路多半是屬於重要道路，而重要道路的幾何設計標準較高，會儘量不在平交道附近出現曲線設計以避免影響車流運行，因此尖峰總車流量與公路彎道會有負相關的關係出現。
- (21) 尖峰總車流量與鄰近號誌路口呈現正相關：號誌路口多設置在交通繁忙的交叉路口，而繁忙的幹道上車流量必定相當大，尖峰時間的總車流量也相當可觀。故在公路鄰近路段有交叉路口的情況下，當車流量越高，於路口設置號誌來管制的機會也隨之增加。
- (22) 尖峰大型車流量與半封平交道呈現負相關：半封平交道有設置路樁，只讓機踏車通行，小型車與大型車無法穿越利用，所以半封平交道的尖峰大型車流量是 0，兩者之間的關係當然就是負相關了。

- (23) 尖峰大型車流量與平交道寬度呈現正相關：在一般的主要道路上，大型車車流數通常跟總車流量呈現正比的關係，也因此大型車的車流越高，通常也隱含平交道越寬的現象。
- (24) 尖峰大型車流量與公路坡度呈現負相關：大型車的操控靈活性較差，在路徑選擇上會儘量避免有坡度的路段來行走，同時也會避開大坡度的平交道以免有底盤卡住的風險。因此平坦的平交道比較受大型車駕駛的青睞，導致尖峰大型車流量與公路坡度會出現負相關的結果。
- (25) 尖峰大型車流量與公路彎道呈現負相關：理由與「尖峰總車流量與公路彎道呈現負相關」這項很類似。大型車車流量大的道路多半也是屬於重要道路，而重要道路的幾何設計會儘量不在平交道附近出現曲線設計以避免影響車流運行，因此尖峰大型車流量與公路彎道也會有負相關的關係存在。
- (26) 尖峰大型車流量與鄰近號誌路口呈現正相關：本項與「尖峰總車流量與鄰近號誌路口呈現正相關」的根據很相似。號誌路口多設置在交通繁忙的交叉路口，而繁忙的幹道上車流量必定相當大，尖峰時間大型車的輛數也相當可觀。故在平交道鄰近路段有交叉路口的情況下，當大型車流量越高，於路口設置號誌來管制的機會也會增加。
- (27) 尖峰大型車流量與尖峰總車流量呈現正相關：一般道路的車流中大型車都會佔有一定的比例，少數鄰近工業區的道路大型車的比例會增加，而部分限制大型車通行的路段上，大型車的比例就會減少或甚至到沒有的地步。但整體來說大型車車流佔總車流有一固定程度的比例，尖峰時段的車流也是如此。
- (28) 列車班次與第一種平交道呈現正相關：本項的關聯性沒那麼直接，有可能是因為第一種平交道多分布在都會區中，而鐵路行經都會區也會開行較多的班次，以致於讓兩者之間在統計上出現正相關的情形。
- (29) 列車班次與平交道夾角呈現負相關：這兩項解釋變數之間的實際關係相當薄弱，因為列車的開行班次取決於當地的旅次需求數目，而平交道夾角的設計跟公路線型以及當地地形和用地取得有關，兩者之間的關係性不高，只能說是數學上的湊巧。
- (30) 列車班次與鄰近號誌路口呈現正相關：這兩項解釋變數之間的關聯性沒那麼強烈，或許是都會區的平交道車流量大，鄰近地區有比較多的路口以號誌進行管制，又鐵路行經人口稠密之處也會開行較多的班次，以致於讓列車班次與鄰近號誌路口出現正相關的情形。
- (31) 列車班次與鄰近 T 字路口呈現正相關：這兩項變數之間的關係蠻巧合的，因為列車班次的開行數目決定於地區旅次需求的多寡，而 T 字路口的設置多半跟平交道周圍的地形與用地取得有關，兩者之間的關係相當薄弱，只能說是統計上

的巧合。

- (32) 列車班次與尖峰總車流量呈現正相關：這點的巧合性質較高，因為車流量的多寡跟公路兩側的經濟活動有關，火車班次則隨著各車站客貨運需求而有不同，兩者之間的承載需求關聯性沒那麼直接。只能說兩種情況比較容易發生在人口密集的都會區內，城市中的平交道不管是鐵路側或是公路側都有繁忙的交通流量，所以形成尖峰總車流量與列車班次有些許正相關的現象存在。
- (33) 列車班次與尖峰大型車流量呈現正相關：本項的情形跟「列車班次與尖峰總車流量呈現正相關」一樣具有較高的巧合性質。因為大型車流量的多寡跟公路兩側的經濟活動有關，火車班次則隨著各車站客貨運需求而有不同，兩者之間的承載需求關聯性沒那麼強烈。只能猜測兩種情況比較容易發生在人口密集的都會區內，城市中的平交道不管是鐵路側或是公路側都有繁忙的大型車流量，所以造成尖峰大型車流量與列車班次有些許正相關的現象出現。

33 組有顯著相關的解釋變數組合中，公路變數之間的實際關係都還有一定的關聯性，除了鄰近 T 字路口數與鄰近無號誌路口數、鄰近號誌路口數這兩組的關係比較湊巧。另外列車班次與公路解釋變數之間的實際關聯性都比較巧合，因為在分析上兩邊的實際關係並不直接。整體而言由於公路的解釋變數佔大部分，故多數的顯著相關之解釋變數組合都有實際上的關係。

4.3.1.2 被解釋變數

本研究的觀察年度是 86 年 1 月到 93 年 6 月。在這之間台鐵幹線平交道事故資料計有 676 筆，扣除非討論的自殺型態、工程意外與事故分類錯誤的事件共 4 筆，以及事故資料發生地點記載不全的 9 筆，完整的幹線平交道事故資料有 663 件。但要配合對應的平交道也需要具備完整的環境與流量資料，最後只有 603 件事故資料可供利用。這 603 件事故中，總計死亡人數達 233 人，受傷 261 人，兩者合計 494 人。事故類型包含 344 件闖越事故，52 件未保持淨空事故，108 件駕駛不慎事故，57 件滯留事故與 42 件其他事故(其中有 21 件是鐵路員工疏失事故)。公路側使用者的涉入情形中，行人有 108 件，自行車 24 件，機車 145 件，小型車 232 件，大型車 72 件，另外有 22 件事故的涉入者類型不詳。以事件類型區分，死亡事件 212 件，死傷事件合計 324 件。

在七年半的觀察期中，以全體平交道來看每個平交道平均發生 1.3 件事故，造成 0.5 人死亡；每個第一種平交道平均發生 1.2 件事故，造成 0.3 人死亡；每個三甲平交道平均發生 1.3 件事故，造成 0.5 人死亡；每個半封平交道平均發生 1.2 件事故，造成 0.9 人死亡；每個專用平交道平均發生 0.5 件事故，造成 0.3 人死亡。以每一萬小汽車當量的公路車輛通過情形來看，全體平交道平均發生 19.5 件事故，造成 7.5 人死亡；每個第一種平交道平均發生 8.6 件事故，造成 2.1 人死亡；每個三甲平交道平均發生 20.4 件事故，造成 7.7 人死亡；每個半封平交道平均發生 230.8 件事故，造成 176.9 人死亡；每個專用平交道平均發生 22.1 件事故，造成 11.1 人死亡。以每一千次列車通過

的情形來看，全體平交道平均發生 9.7 件事故，造成 3.8 人死亡；每個第一種平交道平均發生 6.4 件事故，造成 1.5 人死亡；每個三甲平交道平均發生 10.4 件事故，造成 3.9 人死亡；每個半封平交道平均發生 7.9 件事故，造成 6.1 人死亡；每個專用平交道平均發生 3.1 件事故，造成 1.5 人死亡。以每百萬車流量與列車班次乘積情形來分析，全體平交道平均發生 12.6 件事故，造成 4.9 人死亡；每個第一種平交道平均發生 4.5 件事故，造成 1.1 人死亡；每個三甲平交道平均發生 13.8 件事故，造成 5.2 人死亡；每個半封平交道平均發生 150 件事故，造成 115 人死亡；每個專用平交道平均發生 11.1 件事故，造成 5.6 人死亡。從這些數據中可以發現，當以鐵路或公路交通量作為比較基準時，第一種平交道的事故紀錄比三甲平交道與半封平交道要來的少。半封平交道在有含公路交通流量的比較方式下其事故件數的數值明顯偏高，這跟該類型平交道的使用車流較低有關。事故類型中，四大類共十六項的其數值特性都是非負整數，以 0 佔多數，正數的數值也都不大。各事故類型的數值分佈與敘述統計值如表 4.12 所示。而在不同比較基準下各類型平交道的事故紀錄值如表 4.13 所示。

表 4.12 全測平交道事故數值分佈與敘述統計值

事故類型	死亡人數	死亡加受傷人數	行人涉入件數	自行車涉入件數	行人加自行車涉入件數	機車涉入件數	小型車涉入件數	大型車涉入件數	闖越事件數	未保持淨空事件數	駕駛不慎事件數	未保持淨空加駕駛不慎事件數	滯留事件數	死亡事件數	死亡加受傷事件數	總事件數	
次數分配	0	324	278	387	448	370	360	324	412	270	428	386	358	422	324	278	204
	1	96	98	62	18	76	83	94	45	119	32	63	75	39	102	111	123
	2	27	43	17	3	18	18	29	9	47	8	16	26	6	29	48	55
	3	12	21	1	0	3	7	14	3	20	0	3	7	2	7	21	41
	4	4	10	1	0	0	0	4	0	3	1	1	3	0	5	4	22
	5	5	6	1	0	1	1	3	0	5	0	0	0	0	1	5	7
	6	1	5	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	1	1	8
	7	0	2	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	4
	8	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	10	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	17	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	29	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
61	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
總次數	233	494	108	24	132	145	232	72	344	52	108	160	57	212	324	603	
平均值	0.50	1.05	0.23	0.05	0.28	0.31	0.49	0.15	0.73	0.11	0.23	0.34	0.12	0.45	0.69	1.29	
變異數	0.90	11.98	0.33	0.06	0.42	0.42	0.87	0.21	1.38	0.16	0.31	0.50	0.16	0.70	1.16	3.03	

4.3.2 迴歸分析

本階段先以 Cameron 和 Trivedi(1990)[26]提出的普瓦松迴歸離散試驗，對每一解釋變數跟被解釋變數的組合進行過度離散檢定。以 $\alpha = 0.05$ 的門檻值為標準，將過度離散值不顯著的解釋變數歸類到普瓦松迴歸的組合中，而過度離散值顯著的解釋變數

表 4.13 各類型平交道事故紀錄分析表

平交道類型	基準	死亡事件	死傷事件	總事件數	死亡人數	死傷人數
全體	/平交道數	0.5	0.7	1.3	0.5	1.1
第一種		0.3	1.6	1.2	0.3	3.9
三甲		0.4	0.6	1.3	0.5	0.8
半封		0.8	1.3	1.2	0.9	1.5
專用		0.3	1.0	0.5	0.3	1.0
全體	/萬車流量*	6.9	10.5	19.5	7.5	16.0
第一種		1.9	11.7	8.9	2.1	28.7
三甲		7.0	9.0	20.4	7.7	12.3
半封		161.5	253.8	230.8	176.9	284.6
專用		11.1	44.4	22.2	11.1	44.4
全體	/千列車數	3.4	5.2	9.7	3.8	8.0
第一種		1.4	8.3	6.4	1.5	20.5
三甲		3.6	4.6	10.4	3.9	6.2
半封		5.5	8.7	7.9	6.1	9.7
專用		1.5	6.2	3.1	1.5	6.2
全體	/百萬車流量與列車數乘積*	4.4	6.8	12.6	4.9	10.3
第一種		1.0	5.9	4.5	1.1	14.5
三甲		4.7	6.0	13.8	5.2	8.3
半封		105.0	165.0	150.0	115.0	185.0
專用		5.6	22.2	11.1	5.6	22.2

*車流量均以小汽車當量為單位

則歸類到負二項迴歸的組合，並各自針對每一被解釋變數找尋解釋能力最佳的顯著解。

4.3.2.1 普瓦松迴歸

在所有 16 項被解釋變數中，有九項被解釋變數所對應的全部解釋變數之過度離散值全部顯著，故這九項被解釋變數完全適合以負二項迴歸進行試驗。這九項被解釋變數分別是死亡人數、死傷人數、行人涉入件數、行人與自行車涉入件數、小型車涉入件數、闖越事件、未保持淨空與駕駛不慎事件、死傷事件、總事件數。另外有兩項被解釋變數所對應的解釋變數之過度離散值中，只有一項不顯著。由於只有一項解釋變數適合用普瓦松迴歸進行測試，因此形同在普瓦松迴歸上無法找出由多重解釋變數所組成的顯著解，故這情形也適合直接以負二項迴歸進行試驗。兩項被解釋變數分別是機車涉入件數與駕駛不慎事件，而這一項過度離散值不顯著的解釋變數都恰好是鄰近無號誌路口數。

剩餘五項被解釋變數所對應過度離散值不顯著的解釋變數，多半集中在平交道寬度與列車班次這兩變數上。但由於符合過度離散值不顯著的解釋變數個數依然相當的少，因此在後續運算上這五項被解釋變數都無法在普瓦松迴歸中找到一組係數值顯著、過度離散值不顯著的多重解釋變數組合解。整體而言，由於多數被解釋變數的數

值分部都呈現過度離散的狀態，因此先天上就比較適合以負二項迴歸進行試驗。而剩餘的被解釋變數中雖然有對應的解釋變數其過度離散值為不顯著，但因為數量過少而無法在普瓦松迴歸上找到有解釋效果的組合解。各解釋變數與被解釋變數間一對一普瓦松迴歸試驗的解釋成效如表 4.14 所示。

表 4.14 全測一對一普瓦松迴歸顯著表

解釋變數 /係數 /被解釋 變數	第一 種平 交道	半封 平交 道	專用 平交 道	平交 道寬 度	平交 道夾 角	公路 坡度	公路 彎道	無號 誌路 口數	有號 誌路 口數	T字 路口 數	尖峰 總車 流量	尖峰 大車 流量	列車 班次
死亡 人數	-1.25	-0.083	-1.39	-0.048	-0.026	-0.56	-0.58	-0.41	-0.088	-0.45	-0.0001	-0.001	-0.003
死亡與 受傷人數	0.4	0.18	-1.39	0.015	0.003	-0.14	0.28	0.005	0.5	0.29	0.0003	0.004	0.002
行人 涉入件數	-1.95	-1.61	-30	-0.11	-0.06	-1.47	-1.66	-0.94	-0.43	-1.2	-0.0006	-0.01	-0.007
自行車涉 入件數	-32	-1.14	-30	-0.28 *	-0.12	-3.5	-2.7	-1.88	-2.48	-2.58	-0.005 *	-0.05 *	-0.02 *
行人+自 行車事件	-1.95	-0.65	-30	-0.09	-0.05	-1.34	-1.36	-0.77	-0.34	-1	-0.0005	-0.008	-0.006
機車 涉入件數	-1.94	-0.39	-1.39	-0.09	-0.04	-0.96	-1.04	-0.75 *	-0.76	-1.26	-0.0006	-0.005	-0.006
小型車 涉入件數	-1.07	無關	-30	-0.04	-0.03	-0.64	-0.69	-0.42	-0.11	-0.37	-0.0001	-0.0002	-0.003
大型車 涉入件數	-1.76	無關	-1.38	-0.15 *	-0.11	-1.81	-1.66	-1.17	-1.1	-1.36	-0.0001	-0.01	-0.01 *
闖越 事件數	-1.48	0.11	-0.69	-0.01	-0.01	-0.22	-0.28	-0.21	0.15	-0.19	.00008	0.001	-0.002
未保持淨 空事件數	-3.55	-3.22	-30	-0.19	-0.13	-2.01	-2.01	-1.52	-1.41	-1.46	-0.002	-0.03	-0.013 *
駕駛不慎 事件數	-0.99	-31	-30	-0.11	-0.05	-1.42	-1.36	-0.82 *	-0.71	-1.18	-0.0007	-0.007	-0.008
未保持淨空 +駕駛不慎	-0.92	-3.21	-30	-0.07	-0.04	-0.98	-0.94	-0.61	-0.37	-0.66	-0.0004	-0.004	-0.005
滯留 事件	-3.56	-3.21	-30	-0.17 *	-0.099	-1.89	-2.3	-1.4	-0.99	-1.78	-0.002	-0.01	-0.01 *
死亡事件	-1.36	-0.17	-1.39	-0.05	-0.03	-0.65	-0.69	-0.48	-0.19 *	-0.53 *	-0.0002	-0.002	-0.003
死亡與 受傷事件	-0.61	0.077	-1.39	-0.017	-0.011	-0.3	-0.33	-0.24	0.18	-0.25	.00004	.0009	-0.006
總事故 件數	0.18	0.18	-0.69	0.027	0.007	0.31	0.31	0.09	0.63	0.36	.0003	0.004	0.003

*符合離散指標的 P 值大於 0.05 (即過度離散質不顯著) 且係數的 P 值小於 $\alpha = 0.10$ 的門檻

4.3.2.2 負二項迴歸

由於被解釋變數所對應的解釋變數之過度離散值多半都顯著，因此每個被解釋變數都適合以負二項迴歸來進行解釋。在過度離散值顯著的前提下，對每個解釋變數與被解釋變數之間進行一對一的負二項迴歸試驗，期望能在此階段先找出針對每一被解

釋變數而言具有解釋能力的解釋變數，再利用這些有顯著解釋能力的解釋變數進行組合，為其對應的被解釋變數找到解釋效力最高的組合解。解釋變數與被解釋變數間一對一負二項迴歸試驗的解釋成效如表 4.15 所示。各被解釋變數的組合解如後續所述，其數據表格呈現於表 4.16 中。

表 4.15 全測一對一負二項迴歸顯著表

解釋變數 /係數 /被解釋 變數	第一 種平 交道	半封 平交 道	專用 平交 道	平交 道寬 度	平交 道夾 角	公路 坡度	公路 彎道	無號 誌路 口數	有號 誌路 口數	T字 路口 數	尖峰 總車 流量	尖峰 大車 流量	列車 班次
死亡 人數	-1.25 *	-0.083	-1.39	-0.041 *	-0.023 *	-0.56 *	-0.58 *	-0.39 *	0.4	-0.44 *	-0.0001 *	-0.001 *	-0.002 *
死亡與 受傷人數	0.4	0.18	-1.39	0.014 *	0.003	-0.14	0.28 *	0.006	0.5 *	0.3 *	.0003 *	0.004 *	0.002 *
行人 涉入件數	-1.95 *	-1.61	-30	-0.09 *	-0.05 *	-1.47 *	-1.66 *	-0.84 *	-0.35	-1.25 *	-0.0005 *	-0.008 *	-0.007 *
自行車涉 入件數	-32	-1.14	-30	-0.28	-0.08 *	-3.5 *	-2.7 *	-1.49 *	-1.55	-1.75 *	-0.005	-0.05	-0.02
行人+自 行車事件	-1.96 *	-0.65	-30	-0.07 *	-0.04 *	-1.74 *	-1.36 *	-0.64 *	-0.28	-0.98 *	-0.0003 *	-0.01 *	-0.005 *
機車 涉入件數	-1.94 *	-0.39	-1.39	-0.08 *	-0.04 *	-0.96 *	-1.04 *	-0.73	-0.68 *	-1.19 *	-0.0006 *	-0.002 *	-0.006 *
小型車 涉入件數	-1.07 *	無關	-30	-0.03 *	-0.03 *	-0.64 *	-0.69 *	-0.4 *	-0.11	-0.35 *	-0.0001 *	-0.0004 *	-0.003 *
大型車 涉入件數	-1.76	無關	-1.39	-0.15	-0.69 *	-1.81 *	-1.66 *	-1.09 *	-1.1	-1.1 *	-0.0009 *	-0.009 *	-0.01
闖越 事件數	1.48 *	0.11	-0.69	-0.01 *	-0.01 *	-0.22 *	-0.28 *	-0.2 *	0.15	-0.18	.0001 *	0.001 *	-0.002 *
未保持淨 空事件數	-3.55 *	-3.22	-30	-0.19	-0.095 *	-2.01 *	-2.01 *	-1.22 *	-1.48	-1.16	.0006 *	-0.025 *	-0.013
駕駛不慎 事件數	-0.99	-31	-30	-0.09 *	-0.05 *	-1.42 *	-1.36 *	-0.78	-0.6	-1.09 *	-0.0005 *	-0.005 *	-0.008 *
未保持淨空 +駕駛不慎	-0.92	-3.22 *	-30	-0.07 *	-0.04 *	-0.24	-1.03 *	-0.57 *	-0.35	-0.6 *	-0.0003 *	0.007 *	-0.005 *
滯留 事件	-3.56 *	-3.22 *	-30	-0.17	-0.06 *	-1.89 *	-2.3 *	-1.4 *	-0.71	-1.5 *	-0.0006 *	-0.01 *	-0.01
死亡事件	-1.36 *	-0.17	-1.39	-0.05 *	-0.03 *	-0.65 *	-0.69 *	-0.42 *	-0.16	-14.7	-0.0001 *	-0.001 *	-0.003 *
死亡與 受傷事件	-0.61 *	0.077	-1.39	-0.015 *	-0.009 *	-0.3 *	-0.33 *	-0.24 *	0.18	-0.25 *	.00004 *	.0009 *	-.0004
總事故 件數	0.18	0.18	-0.69	0.027 *	0.007	0.31 *	0.31 *	0.09 *	0.71 *	0.36 *	.0004 *	0.004 *	0.003 *

*符合離散顯著 P 值小於 0.1 的門檻值且係數的 P 值小值 $\alpha = 0.10$ 的門檻

- (1) 死亡人數：在 $\alpha = 0.05$ 之下有效的解釋參數分別是平交道寬度、鄰近無號誌路口數、尖峰總車流量與列車班次數。以係數符號解釋，死亡人數與平交道寬度、鄰近無號誌路口數呈現負相關，而跟尖峰總車流量、列車班次呈現正相關。這表示平交道越寬敞有可能越安全，能降低事故的總死亡人數。平交道鄰近無號誌路口數越多，有可能提前讓公路駕駛人放慢速度並注意週遭的路口動態，而

表 4.16 全測各組負二項迴歸式列表

解釋變數/ 係數/被解 釋變數	第一 種平 交道	半封 平交 道	專用 平交 道	平交 道 寬度	平交 道 夾角	公路 坡度	公路 彎道	無號 誌路 口數	有號 誌路 口數	T字 路口 數	尖峰 總車 流量	尖峰 大車 流量	列車 班次	LL(B)/ LL(C)	ρ^2 值
死亡 人數				-0.09 (0.00)				-0.3 (0.00)			.0006 (0.00)		0.002 (.048)	-436 -469	0.07
死亡與 受傷人數				-0.069 (0.00)							.0005 (0.00)	0.004 (0.00)	0.003 (0.00)	-604 -873	0.31 *
行人 涉入件數				-0.09 (0.00)				-0.55 (0.00)			.0006 (0.00)			-287 -310	0.074
自行車 涉入件數							-2.05 (0.00)	-1.35 (0.00)						-113 -189	0.40 *
行人+自行 車件數	-1.44 (0.04)			-0.086 (0.00)		-0.74 (0.00)	-0.64 (0.03)	-0.41 (0.00)			.0005 (0.00)		0.004 (0.02)	-316 -336	0.06
機車 涉入件數				-0.11 (0.00)						-0.60 (0.02)	.0004 (0.00)			-346 -360	0.044
小型車 涉入件數					-0.015 (0.04)			-0.35 (0.00)						-450 -490	0.082
大型車 涉入件數				-0.13 (0.00)				-0.66 (0.00)			.0006 (0.00)			-233 -246	0.053
闖越 事件數	-1.37 (0.01)							-0.22 (0.00)				0.003 (0.00)		-542 -573	0.054
未保持淨空 事件數		-2.8 (0.01)		-0.1 (0.00)				-1.29 (0.00)		1.65 (0.00)				-190 -197	0.036
駕駛不慎 事件數				-0.08 (0.00)		-0.7 (0.00)	-1.06 (0.00)					0.005 (0.00)		-304 -321	0.053
未保持淨空 +駕駛不慎		-2.7 (0.01)		-0.07 (0.00)				-0.29 (0.01)			.0005 (0.01)			-359 -381	0.057
平交道滯留 事件數	-2.43 (0.02)						-1.98 (0.00)	-0.88 (0.00)						-205 -233	0.12 *
死亡 事件				-0.07 (0.00)				-0.26 (0.00)			.0005 (0.00)			-418 -437	0.043
死亡與 受傷事件	-0.63 (0.04)			-0.048 (0.00)				-0.31 (0.00)			.0004 (0.00)		0.003 (0.00)	-520 -541	0.039
總事故 件數				-0.02 (0.01)				-0.22 (0.00)			.0003 (0.00)		0.004 (0.00)	-691 -735	0.060

符號說明：1.「解釋變數」各列對應各被解釋變數的欄位中，上方為係數，下方括號內為P值。

2.「 ρ^2 」一列中有「*」表示 ρ^2 大於0.1，表示該組的解釋能力達一顯著標準。

3.以上每項組合解的離散P值都在0.05以下，表示其有顯著過度離散的特徵。

減低發生在平交道上事故的總死亡人數。至於尖峰總車流量與列車班次，由於算是曝光量指標，因此呈現在預期上的正向相關。模式的 ρ^2 值小於0.1，表示本項模式的整體解釋能力未達到令人滿意的程度。

- (2) 死傷人數：在 $\alpha = 0.05$ 之下有效的解釋參數分別是平交道寬度、尖峰總車流量、尖峰大型車流量與列車班次數，其中只有第一項或許意含越寬敞的平交道越安全，因此與死傷人數呈現負向相關，而後三項由於都是曝光量指標，因此呈現在預期上的正向相關。模式的 ρ^2 值大於0.1，表示本項模式的整體解釋能力可供人參考。

- (3) 行人涉入件數：在 $\alpha = 0.05$ 之下有效的解釋參數分別是平交道寬度、鄰近無號誌路口數與尖峰總車流量。以係數符號解釋，行人涉入件數與平交道寬度、鄰近無號誌路口數呈現負相關，而跟尖峰總車流量有正向關係。這表示平交道越寬敞，有可能提供較佳的視野環境與避讓空間，而降低行人涉入的事故件數。平交道鄰近無號誌路口數跟行人涉入事件的關聯性並不明顯，或許這只是統計關係上的巧合。尖峰總車流量雖然是曝光量指標，但車流量無法代表行人流量，兩者之間雖然照一般邏輯而言有正向關係，可是尖峰總車流量仍無法有力詮釋行人的曝光量。模式的 ρ^2 值小於 0.1，表示本項模式的整體解釋能力未達到令人滿意的程度。
- (4) 自行車涉入件數：在 $\alpha = 0.05$ 之下有效的解釋參數分別是公路彎道與鄰近無號誌路口數，兩者都跟自行車涉入件數呈現負相關。公路彎道與平交道鄰近無號誌路口數對自行車騎士的影響效果或許相似，都是讓自行車騎士提前減速來注意行進路線週遭的交通狀況，而降減在平交道上發生事故的機率。模式的 ρ^2 值大於 0.1 許多，表示本項模式的整體解釋能力尚令人滿意。
- (5) 行人加自行車涉入件數：在 $\alpha = 0.05$ 之下有效的解釋參數分別是第一種平交道、平交道寬度、公路坡度、公路彎道、鄰近無號誌路口數、尖峰總車流量與列車班次數。以係數符號解釋，行人加自行車涉入件數與前五項解釋變數呈現負相關，而跟尖峰總車流量、列車班次呈現正相關。第一種平交道因為有看柵人員的管理和指揮，因此可以減少行人與自行車的事故件數。平交道越寬敞有可能越安全，也能降低類似的事故件數。公路坡度、公路彎道和鄰近無號誌路口數這三項解釋變數對行人穿越平交道的行為過程較無影響能力，對自行車騎士而言比較容易因此放慢速度並注意行進路線上的交通動態，而減低發生在平交道上的事故筆數。尖峰總車流量與列車班次屬於曝光量指標，但車流量無法代表行人與自行車流量，兩者之間雖有正向關係但不強烈，故在解釋上沒有辦法完全詮釋行人與自行車的曝光量。模式的 ρ^2 值小於 0.1，表示本項模式的整體解釋能力不太令人滿意。
- (6) 機車涉入件數：在 $\alpha = 0.05$ 之下有效的解釋參數分別是平交道寬度、鄰近 T 字路口數和尖峰總車流量。以係數符號解釋，機車涉入件數與平交道寬度、鄰近 T 字路口數呈現負相關，而跟尖峰總車流量呈現正相關。這表示平交道越寬有可能越安全，能減少機車事故的發生件數。平交道鄰近的 T 字路口有強迫要穿越平交道的機車於進入前先減速過 90 度彎的動作，故可讓機車駕駛人放慢車速並注意週遭的路口狀況，而減低在平交道發生事故的件數和嚴重程度。尖峰總車流量由於算曝光量指標，所以符號是如預期上的正號。模式的 ρ^2 值小於 0.1，表示本項模式的整體解釋能力尚未達到可令人接受的程度。
- (7) 小型車涉入件數：在 $\alpha = 0.05$ 之下有效的解釋參數分別是平交道夾角與鄰近無號誌路口數，這兩項解釋變數都跟小型車涉入件數呈現負相關。平交道夾角跟

小型車涉入件數的關係沒有很直接，有可能因為視野不佳而降低小型車的闖越意願，但其他類型的小型車事故就不明確。平交道鄰近無號誌路口數越多，或許可讓駕駛人提早放慢速度並注意週遭的路口動態，而減少小型車在平交道上發生事故的機率。模式的 ρ^2 值小於 0.1，表示本項模式的整體解釋能力未達到令人滿意的程度。

- (8) 大型車涉入件數：在 $\alpha = 0.05$ 之下有效的解釋參數分別是平交道寬度、鄰近無號誌路口數與尖峰總車流量。大型車涉入件數與平交道寬度、鄰近無號誌路口數呈現負相關，而跟尖峰總車流量有正相關。這表示平交道的路幅越寬敞，有可能因為提供較充裕的車道空間而減少大型車發生事故的機會。平交道鄰近無號誌路口數越多，有可能讓公路駕駛人提前放慢車速並注意鄰近的交通動態，而減低在平交道上發生事故的可能性。尖峰總車流量屬於曝光量指標，因此係數符號呈現預期的正號。模式的 ρ^2 值小於 0.1，表示本項模式的整體解釋能力未達到可令人接受的門檻值。
- (9) 闖越事件數：在 $\alpha = 0.05$ 之下有效的解釋參數分別是第一種平交道、鄰近無號誌路口數與尖峰大型車流量。以係數符號解釋，闖越事件數與第一種平交道、鄰近無號誌路口數呈現負相關，而跟尖峰大型車流量呈現正向關係。這意含著平交道以第一種型式來設置，有可能因為有看柵人員的阻擋與危機通報，而減少闖越的事件數。平交道鄰近無號誌路口數越多，有可能提前讓公路駕駛人放慢速度並注意週遭的路口動態，而降低闖越平交道的動機與可能性。至於尖峰大型車流量一方面為曝光量指標，另一方面大型車闖越的失敗率比一般小型車要高，故在相同的駕駛人闖越機率下大型車會導致較高的事故紀錄。模式的 ρ^2 值小於 0.1，表示本項模式的整體解釋能力不太好。
- (10) 未保持淨空事件數：在 $\alpha = 0.05$ 之下有效的解釋參數分別是半封平交道、平交道寬度、鄰近無號誌路口數與鄰近 T 字路口數。以係數符號解釋，未保持淨空事件數與半封平交道、平交道寬度、鄰近無號誌路口數呈現負相關，而跟鄰近 T 字路口數呈現正相關。未保持淨空事件多半是四輪車輛所涉入的事件類型，而半封平交道由於僅開放給行人與機慢車輛通行，故不會發生類似型態的事故。平交道越寬敞有可能因為提供更多的避讓空間，而降低未保持淨空的事故件數。平交道鄰近無號誌路口數越多，有可能提前讓公路駕駛人在接近時放慢車速，注意週遭路口動態而減少發生在平交道上的未保持淨空事件數。平交道鄰近 T 字路口由於是指平交道出入口引道長度未滿 50 公尺的 T 字路口，因此容易造成紓解不易，車輛滯留在平交道上而導致事故發生。模式的 ρ^2 值小於 0.1，表示本項模式的整體解釋能力不太良好。
- (11) 駕駛不慎事件數：在 $\alpha = 0.05$ 之下有效的解釋參數分別是平交道寬度、公路坡度、公路彎道與尖峰大型車流量。以係數符號解釋，駕駛不慎事件數與平交道寬度、公路坡度、公路彎道呈現負相關，而跟尖峰大型車流量有正向關係。這

可能代表平交道越寬敞，越可提供充裕的運轉操作空間而避免駕駛不慎事件的發生。公路坡度與公路彎道指標原本都是代表較不利於行車的運轉環境，但模式係數出現負號，或許是較危險的路段會讓駕駛人更專注於路況變化與車輛操作，如此反而降低在有坡度或彎道的平交道上發生駕駛不慎事故的機率。尖峰大型車流量不僅是曝光量指標，同時因為大型車的運轉靈活性比一般小型車要差，比較有可能因為駕駛操作不當而在平交道上發生事故。模式的 ρ^2 值小於0.1，表示本項模式的整體解釋能力未跨過可讓人接受的門檻。

- (12) 未保持淨空加駕駛不慎事件數：在 $\alpha = 0.05$ 之下有效的解釋參數分別是半封平交道、平交道寬度、鄰近無號誌路口數和尖峰總車流量。由於未保持淨空可說是廣義的駕駛不慎行為，故本項算是廣義駕駛不慎事件的總計。以係數符號解釋，未保持淨空加駕駛不慎事件數與半封平交道、平交道寬度、鄰近無號誌路口數呈現負相關，而跟尖峰總車流量有正相關。未保持淨空事件多屬於車體較大的四輪車輛所涉入之事件類型，而半封平交道由於僅開放給行人與機慢車輛通行，故不會發生類似型態的事故，另外該型平交道所設置的路樁會讓行經的機慢車減速通過，如此可降低發生駕駛不慎意外時無法立即停車的可能性。平交道寬度的負號係數意含平交道越寬敞，有可能越安全。平交道鄰近無號誌路口數越多，有提前讓公路駕駛人放慢速度並注意週遭路口動態的效果，而減低發生任何廣義上駕駛不慎事件的機會。尖峰總車流量由於屬曝光量指標，所以呈現預期上的正向關係。模式的 ρ^2 值小於0.1，表示本項模式的整體解釋能力沒有達到令人滿意的程度。
- (13) 平交道滯留事件數：在 $\alpha = 0.05$ 之下有效的解釋參數分別是第一種平交道、公路彎道與鄰近無號誌路口數。以係數符號解釋，滯留事件數這三項解釋變數都呈現負相關。第一種平交道由於有看柵人員的配置，能在有車輛滯留發生的第一時間協助排除與危機通報，以降低事故發生的件數和嚴重性。公路彎道與滯留事件的關係比較沒那麼直接，或許是跟平交道鄰近無號誌路口數一樣，有可能讓車輛駕駛人減速並注意週遭的車流動態，而降低發生在平交道上的滯留事故件數。值得注意的是，滯留事故中有部分案件因為公路涉入者隱瞞或是身亡，使得事故原因不明朗，只能以「滯留」事件登錄，故在分析上滯留事件的發生原因較其他事件不明確。模式的 ρ^2 值大於0.1，表示本項模式的整體解釋能力可令人接受。
- (14) 死亡事件：在 $\alpha = 0.05$ 之下有效的解釋參數分別是平交道寬度、鄰近無號誌路口數與尖峰總車流量。以係數符號解釋，死亡事件與平交道寬度和鄰近無號誌路口數呈現負相關，而與尖峰總車流量呈現正相關。這可能意涵平交道越寬敞越安全，能降低死亡事故的筆數。平交道鄰近無號誌路口數越多，或許可以讓公路駕駛人行經平交道鄰近路段時放慢速度並注意週遭的交通動態，而達到減低平交道事故次數的效果。而尖峰總車流量因為屬於曝光量指標，因此呈現正向相關。模式的 ρ^2 值小於0.1，表示本項模式的整體解釋能力不太令人滿意的

程度。

- (15) 死傷事件：在 $\alpha = 0.05$ 之下有效的解釋參數分別是第一種平交道、平交道寬度、鄰近無號誌路口數、尖峰總車流量與列車班次數。以係數符號解釋，死亡人數與第一種平交道、平交道寬度、鄰近無號誌路口數呈現負相關，而跟尖峰總車流量、列車班次呈現正相關。這代表平交道以第一種型式來設置，有可能因為有看柵人員的管制與危機通報而減少死傷事件。平交道越寬敞安全性可能越好，可降低死傷事故的件數。平交道鄰近無號誌路口數有可能讓公路駕駛人減低車速來注意行進路段上的交通動態，而減低發生在平交道上的死傷事件數。尖峰總車流量與車班次因為是曝光量指標，因此呈現預期的正向相關。模式的 ρ^2 值小於 0.1，表示本項模式的整體解釋能力未達到令人滿意的程度。
- (16) 總事件數：在 $\alpha = 0.05$ 之下有效的解釋參數分別是平交道寬度、鄰近無號誌路口數、尖峰總車流量與列車班次數。以係數符號解釋，總事件數與平交道寬度、鄰近無號誌路口數呈現負相關，而跟尖峰總車流量、列車班次呈現正相關。這表示平交道越寬敞有可能越安全，能降低在平交道上發生的總事故件數。平交道鄰近無號誌路口數越多，有可能提前讓公路駕駛人放慢速度並注意週遭的環境狀況而減少發生在平交道的事故件數。尖峰總車流量與列車班次由於是曝光量指標，因此呈現在預期上的正向相關。模式的 ρ^2 值小於 0.1，表示本項模式的整體解釋能力未達到令人滿意的門檻。

4.3.3 全測小結

本階段的研究範圍包含台鐵全線幹線平交道 469 處，事故資料從 86 年 1 月到 93 年 6 月共 603 筆。觀察對象相較於初測山海線平交道部分要多，故事故資料的數據分布較為離散，多數的解釋變數與被解釋變數之組合過度離散測試均顯著，所以每一項被解釋變數都可用負二項迴歸來測試。相對的適用於普瓦松迴歸的變數就很少，故沒有一項被解釋變數可在普瓦松迴歸的測試裡找到係數顯著的解釋組合。

從被解釋變數的角度來看，每個被解釋變數都能找到解釋變數係數顯著的組合解，但這些組合的 ρ^2 值多半不好，代表個別解釋變數都有解釋效果，可是綜合解釋能力就不太令人滿意。 ρ^2 值跨過 0.1 門檻的被解釋變數共有死傷人數、自行車涉入件數與平交道滯留事故，但這三項都很值得討論：死傷人數由於跟事件的波及範圍有關，若事故涉入車輛是大客車與旅客特快列車，則有可能在死傷人數上衝高而導致數值離散的情形為所有被解釋變數者之最；自行車涉入事件的筆數是全部被解釋變數中最少的一項，因此數值離散分佈的情形最小；滯留事故中事件原因與平交道週遭環境的互動關聯性最不明確。以上三項被解釋變數的情形都算較為極端與特殊，但這三項卻也是全部項目中符合 ρ^2 值大於 0.1 條件的項目，而且死傷人數與自行車涉入件數的 ρ^2 值都高的有點誇張。這種現象相當值得後續繼續深入研究與探討。另外除了滯留事故以外，平交道鄰近環境對於行人與自行車涉入事件的原因也是最缺乏解釋效果，但對其

他涉入車輛或事故型態就有不錯的說明能力。

以解釋變數的預期係數符號和實際結果來看，跟原有符號預期相同的有平交道寬度、T 字路口數與尖峰大型車流量。平交道寬度越寬，能提供駕駛人較佳的視野與車輛更多的運轉餘裕空間，因此較為安全。T 字路口數由於代表引道長度不足，對於大型車輛的紓解上有不利影響，因此跟事故件數有正相關係。但 T 字路口數對所有車輛都有強迫減速過彎的效果，使得對機慢車的事故件數反而有降低的功效。尖峰大車流量一方面是曝光量指標，另一方面大型車的操控複雜度高且車體沉重龐大，相對於小型車是高出事率的車種，故大型車與事故件數會呈現正向的關係；原本無法預期符號，而後來係數是負號的解釋變數有第一種平交道、半封平交道、公路彎道與鄰近無號誌路口。第一種平交道因為有看柵員工的管理，因此對於事故的發生有預防與降低傷害程度的作用。半封平交道設置在低流量的道路上並只開放給機慢車與行人通行，因此相較於三甲平交道的事故紀錄而言比較安全。公路彎道與鄰近無號誌路口有讓車輛駕駛人提前減速並注意行進路線上車流狀況的效果，因此可減少在平交道上發生事故的件數；原本無法預期的符號，而後來是正號的解釋變數有尖峰總車流量與列車班次，這兩項恰好都是曝光量變數；跟原本預期符號相反的有平交道夾角與公路坡度這兩項解釋變數。原有的預期是這兩項變數因為不利於車行順暢，因此有可能導致平交道事故的發生。但結果的顯示正好相反，可能的解釋是模式或變數定義需要修正，或是說當車輛行經比較不安全的平交道時，多半的駕駛人會更加謹慎注意，使得該平交道的事故發生率反而小於一般的平交道；全無解釋效力的解釋變數有專用平交道與鄰近號誌路口數。前者可能是數量過少而無統計上顯著的解釋效果，後者就無法解釋。而跟鄰近號誌路口數相對的鄰近無號誌路口數，則幾乎對大部分被解釋變數都有統計上的解釋能力，這兩項相當極端的解釋效果很值得後續研究來深入分析。最後整體來看，平交道型式變數與公路環境變數中除了沒有解釋能力的以外，有顯著解釋能力的都與被解釋變數呈現負向關係，而三項曝光量解釋變數的係數剛好全為正數。

4.4 小結

初測跟全測的研究對象因選取範圍而有所不同：初測選擇台鐵縱貫線山海線路段計 79 處平交道與 86 年 1 月到 93 年 6 月間的平交道事故資料 96 筆進行研究方法的成效測試。全測則以台鐵環島幹線 469 處平交道與同期發生的平交道事故資料 603 筆進行事故類型與環境因素的比較分析。初測階段由於被解釋變數的數值分布較為集中，因此多數用普瓦松迴歸即可找到解，而全測階段由於觀察對象多造成事故資料數值分布較為零散，因此全部都是透過負二項迴歸才找到係數有顯著解釋能力的解。

以各項解釋變數的角度觀看，各項解釋變數在預期階段、初測結果與全測結果的組合情形分作 11 組進行比較分析。有少數解釋變數在初測與全測階段出現符號不相同的情形，這有可能是出現模式未有顧及的因素，也可能是初測數量少，把該地段部分較特殊的平交道情況給突顯出來。

- (1) 第一種平交道：在預期階段係數符號無法判定，初測階段的結果是沒有顯著影響，全測階段的結果是負向影響。第一種平交道雖然車流量大，但因為有看柵人員的管理，因此相較於三甲平交道而言其安全指標無法斷定。初測階段可能由於第一種平交道於研究範圍內所佔比重過低而無解釋效果，全測階段的負向結果表示，第一種平交道可能由於有看柵工的配置，使得整體安全性優於三甲平交道。
- (2) 半封平交道：在預期階段係數符號無法判定，初測階段的結果是正向影響，全測階段的結果是負向影響。半封平交道一方面車流少，但早期的半封平交道未有裝設柵欄，現在也沒有配置平交道手動緊急按鈕裝置，故安全性與三甲平交道無法相比。初測階段可能是半封平交道相較於三甲平交道擁有較高的機車肇事率，因此在符號上顯現出正號。而在全測階段由於半封平交道未開放四輪車輛通行，使得半封平交道在四輪車輛上較易發生的事故型態如未保持淨空事件有良好的紀錄表現，因此在這些事件數上出現負號的影響方向。
- (3) 專用平交道：預期係數為負號，初測階段的結果是正向影響，全測階段的結果是無顯著影響。專用平交道跟第一種平交道一樣都具有看柵人員的管理，但因為車流量較少，因此預期上會較三甲平交道安全。初測作業中專用平交道出現正號，這可能是該次研究範圍內專用平交道雖然只發生一起大型車涉入的案件，但專用平交道的數目只有三處，比例上相較於三甲平交道算是相當高，因此會出現專用平交道跟事故有正向關係。全測階段專用平交道的數量比例與事故件數比例都相對較低，因此會出現無顯著影響的答案。
- (4) 平交道寬度：預期係數為負號，初測階段的結果是正負向影響都有，全測階段的結果是負向影響。平交道預期上越寬越能提供車輛充裕的運轉空間，同時提升平交道的安全性。但在初測階段於小型車涉入事件與總事件數上平交道寬度呈現的符號和預期不同，推測這有可能是寬度較寬的平交道通行較多車輛，曝光量高導致事故發生率也高，因此造成平交道寬度跟事件數出現統計上的正向關係。
- (5) 平交道夾角、公路坡度：預期係數為正號，初測階段的結果是正向影響，全測階段的結果是負向影響。原先設想平交道夾角不利於車輛快速通行，同時容易對駕駛人造成停車位置誤判而導致事故產生，另外具有坡道的路段也不利於行車順暢，因此這兩變數都預期與事故有正向關係。初測結果符合預期，但全測結果完全相反，這有可能是有其他因素模式沒有考慮到，或是駕駛人在道路環境較複雜的地方開車行為會轉為比較謹慎保守，使得該處平交道的事故紀錄反而優於一般道路上的平交道。這項符號轉變過程所牽涉的影響因素可在往後繼續深入探討。
- (6) 公路彎道、鄰近無號誌路口：在預期階段係數符號無法判定，初測階段與全測階段的結果都是負向影響。這兩變數由於同時具備不利車流順暢與讓駕駛減速

慢行的功效，因此在評估階段無法預期係數符號。後續的初測與全測作業中均獲得負號的結果，這可能表示這兩項變數的負向影響效果大於正向影響，使得綜合結果是與事故紀錄呈現負向關係。值得一提的是鄰近無號誌路口對大部分的被解釋變數都有解釋能力，其解釋能力之強值得後續繼續深入討論與分析。

- (7) 鄰近號誌路口：在預期階段係數符號無法判定，初測階段和全測階段的結果都是無顯著影響。鄰近號誌路口因為號誌管制，對於駕駛有強制管制與引導的作用，使得對於平交道的車流紓解兼具正反面的影響，因此在評估階段無法預期係數符號。在後續初測與全測階段鄰近號誌路口對所有被解釋變數都沒有顯著解釋能力，而相似的鄰近無號誌路口卻能解釋大部分的變數，這種現象很值得學者專家繼續深入探討研究。
- (8) 鄰近 T 字路口：預期係數為正號，初測階段與全測階段的結果是正負向影響都有。鄰近 T 字路口由於代表引道長度不足且車流紓解不易的平交道，因此預期會跟事故有正向關係。初測和全測結果均顯示對未保持淨空事件有正向影響，但因為 T 字路口有強迫駕駛人減速過彎的效果，間接使得駕駛人有較充足的時間面對平交道的管制情況，因此在初測階段的行人與自行車合計事件數、初測和全測的機車涉入事件數都有負向的影響。
- (9) 尖峰總車流量：在預期階段係數符號無法判定，初測和全測階段的結果是正向影響。尖峰總車流量一方面代表曝光量，但另一方面車流量高，以公路車輛的角度而言除非剛好排在車隊的第一輛，不然即使有闖越平交道的意願，也很難行動。而且旁觀者眾，對於闖越的行為比較容易形成道德壓力與勸阻，有發生事故時也比較有可能在第一時間透過通報鐵路機構減輕事故的傷害程度。因此尖峰總車流量與平交道事故的關係，無法藉此斷定是正相關或負相關。在後續的初測和全測階段的結果是正向影響，表示尖峰總車流量的曝光量影響大於其他對事件數的負面影響。
- (10) 尖峰大型車流量：預期係數為正號，初測階段與全測階段是正向影響。尖峰大型車流量屬於曝光量指標，同時大型車屬於駕駛技術性較高的車種，當在平交道上面臨狀況時可能因為排除耗時而導致事故的發生，因此係數符號呈現預期的正號，而初測與全測結果也符合預期。
- (11) 列車班次：在預期階段係數符號無法判定，初測階段的結果是正負向影響都有，全測階段是正向影響。列車數幾乎代表管制的曝光量，但從另一個角度來看，頻繁的鐵路車流可以提醒過往的用路人認知到有平交道管制的存在，使得用路者養成接近平交道時減速慢行注意火車往來的習慣。火車班次較少的平交道則容易讓駕駛人產生平交道處於非管制狀態的期望，以致於比較容易忽略經過平交道時需慢行並左右注意的安全措施。因此在預期階段無法斷定列車班次對事件數的影響符號。在初測階段正負向結果都有出現，而全測階段的結果是正向結果，在這之間列車班次的影響變化蠻值得研究者深入分析之。

從被解釋變數來看，初測作業上多數被解釋變數的解其 ρ^2 值大多不錯，代表其解釋能力有一定的水準。但是到了全測階段各被解釋變數的解 ρ^2 值多半不佳，不佳的原因有可能是解釋變數之間的共線性過於複雜，或是模式沒辦法捕捉的因素太多。少數 ρ^2 值不錯的都具有討論的空間。以下分別就各種初測與全測結果進行分類，一共有六組分別說明之：

- (1) 初測階段普瓦松迴歸解的 ρ^2 值佳，但全測階段負二項迴歸解的 ρ^2 值不佳：這種解釋成效出現在死亡人數、機車涉入件數、大型車涉入件數、未保持淨空事件、駕駛不慎事件、未保持淨空事件與駕駛不慎事件總計、死亡事件、死傷事件、總事件數等共計九項被解釋變數上。這九項被解釋變數跟解釋變數間的影響關係還算明確，因此可在初測階段找到解釋能力不錯的答案，但在全測階段的表現不盡理想，這或許是解釋變數之間的共線性問題，也有可能是模式還有太多沒捕捉到的影響因素所致。死亡人數在初測階段由於離散值介於門檻邊緣，因此也有進行負二項迴歸試驗，不過結果 ρ^2 值並不好。
- (2) 初測階段普瓦松迴歸解的 ρ^2 值差，同時全測階段負二項迴歸解的 ρ^2 值不佳：小型車涉入件數、闖越事件等兩項。這兩項被解釋變數跟解釋變數間的影響關係尚稱明確，但可能由於小型車的駕駛人遍及社會各階層，且小型車的性能發揮有相當大的空間，使得小型車涉入事故的因素除了平交道環境以外還有更多的其他人為因素影響，使得單就平交道環境因子作解釋變數群將無法獲得良好的解釋成效。闖越事件可能也是如此，只從環境因素思考將無法獲得令人滿意的解答，所以這兩項被解釋變數在初測與全測階段都沒有辦法獲得不錯的答案。
- (3) 初測階段負二項迴歸解的 ρ^2 值佳，全測階段負二項迴歸解的 ρ^2 值也不錯：死傷人數一項。由於死傷人數該項數值的分佈離散情形為所有被解釋變數之最，因此在初測階段即透過負二項迴歸進行測試，而全測階段當其他多數被解釋變數的解之解釋能力普遍都不佳時，死傷人數的 ρ^2 值還能呈現相當不錯的狀態，這情形蠻值得深入研究與分析的。
- (4) 初測階段負二項迴歸解的 ρ^2 值差，且全測階段負二項迴歸解的 ρ^2 值也不好：行人與自行車涉入件數一項。所有的解釋變數對自行車的運轉或許有點解釋效果，但對行人的穿越行為而言解釋成效不彰。在行人事故件數多於自行車的事故件數下，行人與自行車涉入件數合計很難從現有解釋變數群中獲得不錯的解釋成效。
- (5) 初測階段找不到解，而全測階段負二項迴歸解的 ρ^2 值不佳：行人涉入件數一項。所有的解釋變數對行人的穿越行為都無法和有與有效的解釋。故行人事故件數會在初測階段無法找到係數顯著的解，而在全測階段找到的解其解釋成效也不好。
- (6) 初測階段找不到解，但全測階段負二項迴歸解的 ρ^2 值佳：自行車涉入件數、滯

留事件等兩項。所有解釋變數對運轉機動性較弱的自行車有些許解釋效果，對平交道滯留事件也是如此。自行車涉入事件的筆數又是全部被解釋變數中最少的一項，數值離散分佈的情形最小。因此這兩項被解釋變數在初測階段無法找到解，但在全測階段當其他多數被解釋變數的解之 ρ^2 值普遍不高時，能找到解釋成效佳的解著實令人無法解釋。

初測山海線平交道階段，由於變數數值的分布較集中，因此多數事件項目利用普瓦松迴歸即可求解，且解的 ρ^2 值大多超過 0.1，表示其解釋能力可以讓人接受。全線平交道階段因為觀察對象多造成事故資料數值分布較為零散，所以全部都是透過負二項迴歸求得係數有顯著解釋能力的解。各個解的 ρ^2 值多半不佳，不佳的原因可能是解釋變數之間的共線性過於複雜，或是有其他模式沒辦法捕捉的因素存在，而少數 ρ^2 值不錯的解都具有討論的空間。值得一提的是，普瓦松迴歸的解與負二項迴歸的解其解釋意義是相同的，唯一的差別在於前者事故數據資料(Y)分布較為集中而後者較為分散，使得後者要透過可處理「 Y 的平均數不等於變異數」的負二項迴歸來求解。





第五章 結論與建議

5.1 結論

台鐵平交道事故頻傳，屢屢造成生命財產的嚴重損失以及鐵路機構與社會的重大負擔。但平交道改建成立體化交叉所費經費不貲，而個別工程改善的成效不易衡量。本研究嘗試利用平交道管制類型、路口型態與路段幾何條件等環境特徵對平交道事故類型與涉入者型態進行關聯性分析。研究資料從台鐵運務處提供 86 年 1 月到 93 年 6 月共計 7 年半 603 筆平交道事故資料，以及省交通處於 88 年調查的環島幹線 469 處平交道環境資料進行彙整，其中部份關鍵資料如視距數值無法在研究期間內獲得，因此只能割捨別無他途。受限於資料引用的關係，本研究需要在鐵公路環境於研究期間內無重大改變的前提假設下進行，先以山海線鐵路的平交道進行初測對象，後續再進一步擴及到台鐵全部幹線的平交道。本研究透過普瓦松迴歸與負二項迴歸模式試驗後，對台鐵環島幹線的平交道提出以下結論：

- (1) 第一種平交道因為有看柵工的管理，在闖越與滯留事件上有明顯的排除效果，使得整體安全性優於三甲平交道。
- (2) 未保持淨空事件的涉入車型多為四輪車輛，因此僅開放機慢車通行的半封平交道不會有未保持淨空事件的紀錄。
- (3) 專用平交道因為數量比例相對三甲平交道要低，因此對事故件數與型態無顯著影響。
- (4) 平交道寬度越寬越能提升平交道的安全性，該項參數在多種事故類型上均有發揮其負向影響功用。
- (5) 平交道夾角越小或是具有坡度的複雜道路環境，由於駕駛人的開車行為可能會趨為謹慎保守，使得該處平交道的事故紀錄優於一般道路上的平交道。
- (6) 公路彎道、鄰近無號誌路口這兩變數由於具備讓駕駛減速慢行的功效，因此對事故影響呈現負向關係，尤其後者在多種事故類型上均發揮其負向影響效果。
- (7) 鄰近號誌路口對事故件數與類型沒有顯著的解釋能力。
- (8) 鄰近 T 字路口由於代表引道長度不足且車流紓解不易的平交道，因此對未保持淨空事件有正向影響，但因為 T 字路口有強迫駕駛人減速過彎的效果，間接對機車涉入事件數有負向影響。
- (9) 尖峰總車流量與列車班次因為都是曝光量指標，因此和事故件數呈現正相關。
- (10) 尖峰大型車流量一方面屬於曝光量指標，同時大型車屬於駕駛技術性較高的車種，當在平交道上面臨狀況時可能因為排除耗時而導致事故的發生，因此跟事

故件數呈現正相關。

- (11) 平交道型態與公路環境特徵變數對多數的事故型態有較佳的解釋成效，而列車班次數除了隱含平交道管制曝光量以外，對多數的事故類型無法有直接的影響說明。被解釋變數中行人涉入件數、自行車涉入件數與滯留事件這三項事故類型跟平交道環境因素互動關係較不明確，其餘項目雖然在負二項回歸中能獲得係數顯著的組合解，但整體解釋能力多因為 ρ^2 值普遍不高而無法令人滿意。

5.2 建議

本研究依據資料分析的結果與研究期間所遭遇的問題，或是與專家學者所討論的想法，提出從研究過程、研究方法、資料取材、平交道設施與其他後續研究各方面提出以下建議：

本研究由於是先對台鐵山海線平交道進行初步測試，後續才針對全線平交道進行試驗。兩者結果在部份解釋變數的符號上出現明顯的轉變，而這變化有部份原因可就數據資料提出合理解釋，但有部份的解釋理由包含較高的推測成分，因此提出來供相關專業研究人員繼續深入探索原因：平交道寬度與列車班次這兩解釋變數在初測階段都出現正負號並陳的結果，平交道夾角與公路坡度這兩解釋變數在初測與全測階段的係數符號不一致。本研究的測試過程中發現有幾項解釋變數與被解釋變數間的關係值得後續繼續深入探討研究：在解釋變數上，鄰近號誌路口數與鄰近無號誌路口數這兩者相對的解釋能力差距很大，前者對所有的事故型態都沒有解釋效果，而後者則是對絕大部分的事故型態都具有解釋能力。事實上不管是號誌路口或無號誌路口，對平交道週遭的車流運作都會有不同程度的影響，但不至於到模式結果所呈現的兩種極端狀況，因此在模式的呈現或是變數定義上都值得後續探討分析。在全測階段的被解釋變數上， ρ^2 值大於0.1的三項都是數值分佈較極端與原因不明確的被解釋變數：死傷人數的數值分佈情形最為離散；自行車涉入事件的筆數最少，連帶數值離散分佈的情形也最不明顯；平交道滯留事故中事件原因與平交道週遭環境的互動關聯性最不明確。為何這三項的 ρ^2 值比起其他看似數據分佈正常且原因明確之事故型態的 ρ^2 值要來的高？這也是值得後續從模式與變數定義上深入了解的課題。另外後續研究也可從其他的方法如資料採礦法與類神經網路模式來搜尋解釋變數與被解釋變數之間的關係，以便能跟普瓦松迴歸與負二項迴歸模式進行比較分析，從各自模式的優點上找出解釋平交道事故最有力的影響因子。

本研究的資料取材由於受限時間與經費，僅能從台鐵與省交通處的報告中摘錄，因此有不少重要的平交道資料無法獲得，同時在研究上必須假設於研究期間內鐵路環境並無重大改變。建議後續進行相關議題的研究時，要儘量設法取得平交道的視距資料。這項資料又可細分鐵路兩方與公路兩方的視野距離值。不同的視野與車速限制，都會影響火車司機與公路駕駛人的查覺時間與反應行動，對於該平交道的事故風險值有相當的影響程度。另外如果要從事跨年度的研究，平交道車流量的變化與週遭環境

變更資料也需要盡量取得。交通流量會因為鄰近交通動線的改變如道路拓寬、公路陸橋或地下道的建設而使得原有平交道的使用車流減少，或因為土地使用情形從工業用地變更成商業用地而車流大增，如此都會影響到該平交道的曝光量指標。另外平交道周圍環境的變更也會影響火車司機與公路駕駛人的視野，因此也需要紀錄視距的變更情形。除此之外平交道鄰近號誌路口的號誌連鎖情形、路寬變化、車速限制、車道數、車道寬度等都是值得參考的資料指標。在平交道事故的資料方面，建議台鐵能在事故的影響程度上多加詳細紀錄，像是受影響列車的總運行時分、列車編組與乘務員運用變更的成本、客運業務方面的退票金額，以便能更佳區別事故的影響程度。

本研究的結果發現，具備一般所謂危險特徵如彎道、坡度、鄰近無號誌路口的平交道，其危險性反而相對於正常的平交道安全。而如果這原因真的是因為車輛駕駛人身處在狀況較多的環境中會更加專注駕駛，導致該平交道的事故紀錄少於一般平交道的話，則建議在現有公路線型條件良好的平交道上增加平交道管制訊息對公路駕駛人的可視程度。現有鐵路平交道號誌的紅燈之懸掛位置較一般路口交通號誌要低，使得公路駕駛人無法在遠方便得知管制情形，而台鐵在部分平交道裝設的大型列車方向指示版則有彌補原有燈號視距不足的功用。建議台鐵能在所有的平交道上全面裝設類似設施以提升平交道管制訊息的可視程度。平交道鄰近公路有彎道的路段可仿效公路的路口預告號誌，加裝平交道管制的預告號誌燈以便讓公路駕駛人及早知道平交道的管制狀況。另外透過相關手段降低平交道週遭路段的速率，如車道寬度縮減或是設置超速照相機，使得公路車輛減速通過平交道，以免車速過快對平交道的管制無法立即反應而導致事故發生。

後續的其他研究延伸方向，建議可從兩方面著手，一是平交道事故的嚴重程度，另一是平交道環境與公路駕駛人的互動研究。平交道事故的嚴重程度又可區分為第一時間的撞擊嚴重程度與後續波及的影響範圍。事發第一時間火車與公路車輛的撞擊位置、角度、相對速度與後續碰撞過程，都會對事故車輛的受損程度和人員生命財產損失有決定性的影響。事故後續的波及範圍又跟平交道所處路段的班車運行狀況、事發時間、檢警蒐證、鐵路公司搶救策略和復原工程有關，而這些課題最後都會回歸到平交道事故對社會與鐵路公司造成的損害成本。另一方面可進行公路駕駛人對平交道管制跟平交道週遭環境的認知調查，並區分平交道的使用頻率以便了解經常使用者跟偶爾使用者對平交道的認知態度與使用方式。同時可以跟一般公路路口的穿越行為進行比較分析，以了解公路使用者對鐵路平交道與公路交叉路口在認知態度與穿越行為上的異同。

平交道的安全攸關社會大眾行的福祉，交通部與鐵路機構應責無旁貸的盡力提升平交道的安全標準並投入經費資源進行研究，同時對社會大眾透過學術機構、媒體與監理單位進行多管道與多樣化的宣導。另一方面台鐵也應該對平交道事故擬定積極的應對政策與主張：平日透過第一線員工與地方交通主管相關單位進行平交道運作的安全維護與檢視；當發生事故時，屬於台鐵的責任事故就該勇於檢討面對，而責任歸屬不在於台鐵時，台鐵也應該檢討該平交道的安全防範有何不足或需要加強之處，並經

由報章媒體完整說明台鐵的應變方式與責任立場，如此才是對員工士氣提升、旅客權益保障以及社會責任充分顧及的優良鐵路機構。



參考文獻

1. 交通部臺灣鐵路管理局，臺鐵重要業務統計指標分析，民國 93 年。
2. 鐵路立體交叉及平交道防護設施設置標準與費用分攤規則，民國 85 年 6 月 15 日修正。
3. 杜怡和，「台鐵平交道安全問題之探討」，鐵道情報，第 149 期，pp.14-22，民國 92 年 11 月。
4. 道路交通標誌標線號誌設置規則，民國 92 年 9 月 24 日修正。
5. 交通部鐵路改建工程局官方網頁，<http://www.rrb.gov.tw/index1.asp>
6. 台鐵兼具都會區捷運功能暨增設通勤車站評估規劃，財團法人中華顧問工程司，民國 93 年 4 月。
7. 李元龍、楊永仁，「7 月 10 日改點宜蘭線電氣列車增發」，鐵道情報，第 133 期，pp.20-22，民國 91 年 7 月。
8. 杜怡和，「後龍站高架工程」，鐵道情報，第 145 期，pp.4-5，民國 92 年 7 月。
9. 鄭子良，「先進偵測系統對鐵路平交道安全之影響研究」，國立中央大學，碩士論文，民國 91 年 7 月。
10. 施鈞明，「應用系統模擬於平交道風險之分析」，國立成功大學，碩士論文，民國 93 年 1 月。
11. 詹坤益，「先進平交道安全控制蓄意闖越行為之系統設計」，國立成功大學，碩士論文，民國 91 年 7 月。
12. 張新立、吳宗修、王國川、葉純志、黃歆嵐，「實施酒後駕車道安講習對道路交通安全之改善成效評估—以台北市為例」，中華民國第七屆運輸安全研討會，台北市，民國 89 年。
13. 李心嵐，「跨國新產品銷售預測模式之研究：以電影為例」，國立政治大學，碩士論文，民國 89 年。
14. 陳鴻文，「家戶特性與汽、機車持有數及使用量關係之研究—以台北市為例」，國立交通大學，碩士論文，民國 91 年。
15. 周義華，運輸工程，pp.186，民國 82 年 8 月。
16. (台灣鐵路管理局?) 運務處，「平交道安全之研究」，民國 71 年
17. 鐵路平交道安全專案報告，交通部台鐵行車保安委員會，民國 94 年 11 月 11 日。
18. 侯光義，「鐵路平交道肇事分析與安全改善之研究」，國立成功大學，碩士論文，民國 69 年 5 月。
19. 翁茂城，「綜合平交道事故複因素迴規模型之研究」，國立成功大學，博士論文，民國 63 年 11 月。
20. 駱思斌，「鐵路事故嚴重程度之研究」，國立成功大學，碩士論文，民國 91 年 7 月。
21. 平交道名稱、里程、種別數量統計表，交通部臺灣鐵路管理局，民國 93 年 10 月。
22. J. Scott Long 著，鄭旭智等譯，類別與受限依變項的迴歸統計模式，pp.300-304，

民國 91 年 8 月。

23. Tom Judge, “Creating safer crossing”, Railway Age, 206, 3, Mar 2005.
24. Tom Judge, “Who’s watching YOUR crossing? ”, Railway Age, 205, 8, Aug 2004.
25. David Shinar, “Aggressive driving: the contribution of the drivers and the situation”, Transportation Research Part F 1, 137-160, 1998.
26. Cameron, A. and P. Trevedi, “Regression based tests for overdispersion in the Poisson model”. Journal of Econometrics 46, 347-364, 1990
27. Sudhir Anandarao, Carl D. Martland, “Level crossing safety on East Japan Railway Company: Application of probabilistic risk assessment techniques”, Transportation 25, 265-286, 1998
28. Simon P. Washington, Matthew G. Karlaftis, Fred L. Mannering, Statistical and Econometric Methods for transportation data analysis, 248-249, 2003.
29. Mohammad Qureshi, Sindhu Avalokita, Naveen Yathapu, “A Framework for Assessing Models that Rank Highway-Rail Grade Crossings for Improvement”, Journal of Transportation Engineering, 352-357, 2005
30. Young-Jin Park, Frank F. Saccomanno, “A structured model for evaluating countermeasures at highway-railway grade crossings”, Canadian Journal of Civil Engineering 32, 627-635, 2005
31. Li-Yen Chang, “Analysis of freeway accident frequencies: Negative binomial regression versus artificial neural network”, Safety Science 43, 541-557, 2005
32. Li-Yen Chang, “Data mining of tree-based models to analyze freeway accident frequency”, Journal of Safety Research 36, 365-375, 2005

簡 歷



作 者：黃維崧

籍 貫：台北市

生 日：民國 70 年 10 月 16 日

學 歷：民國 89 年 6 月台北市立建國高級中學畢業

民國 93 年 6 月國立交通大學運輸科技與管理學系畢業

民國 95 年 6 月國立交通大學運輸科技與管理學系研究所畢業

聯絡處：11280 台北市北投區明德路 137 號 5 樓

電 話：(02) 2822-4678

E-mail：express.tem93g@nctu.edu.tw

~樂~



不曾
忘記
當你付出過年輕
再要回憶
只盼還屬於這裡
點點滴滴 時時縈繞在耳際
不禁輕輕告訴你 走過必留下痕跡

總有一天再相聚 共同訴說著過去
一段愛恨的回憶 充滿著年輕的汗水淚滴
成長的痕跡 總會隨風而逝去 但請你 別忘記 昨日我們還曾在一起