

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

鐵路平交道停等猶豫區之研究 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 97-2221-E-009-117-
執行期間：97年08月01日至98年07月31日
執行單位：國立交通大學運輸科技與管理學系(所)

計畫主持人：吳宗修

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：郭明仁
碩士班研究生-兼任助理人員：蔡政鴻

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 98 年 10 月 29 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

鐵路平交道停等猶豫區之研究

研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型

計畫編號：NSC 97-2221-E-009-117-

執行期間：97年08月01日至98年07月31日

執行單位：國立交通大學運輸科技與管理學系

計畫主持人：吳宗修

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理 郭明仁

碩士班研究生-兼任助理 蔡政鴻

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 98 年 07 月 31 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

鐵路平交道停等猶豫區之研究

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 97-2221-E-009-117-

執行期間：97 年 08 月 01 日至 98 年 07 月 31 日

計畫主持人：吳宗修

共同主持人：

計畫參與人員：郭明仁、蔡政鴻

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：國立交通大學

中 華 民 國 98 年 07 月 30 日

摘要

民國 93 至 96 年臺鐵行車事故中，平交道事故占鐵路行車事故之一成左右，然而傷亡人數卻超過所有傷亡人數之三成，可見平交道事故之嚴重性。若由平交道事故肇事之原因分析，以搶越或闖越平交道發生之事故最多，占所有平交道事故之六成左右，可見搶越或闖越平交道為鐵路事故之最主要原因。當列車接近平交道，平交道保安設施開始啟動，駕駛者必須決定是否繼續穿越平交道時，可能會面臨停等猶豫的狀況而卡在平交道中，因此本研究利用實地觀察的方式紀錄駕駛者於平交道之搶越行為，於新竹市的農會前平交道以及桃園縣的永豐路、興仁路與國際路進行觀察、紀錄與資料收集，並分析駕駛者實際面臨停等猶豫之狀況。結果發現目前平交道號誌秒數之設計皆已足夠，能有效排除駕駛者面臨停等猶豫的狀況。

關鍵字：鐵路平交道、駕駛行為、停等猶豫區

Abstract

Grade crossing accidents count for about ten percent of all railway accidents in Taiwan from 2004 to 2007, however the number of injury and fatality at the grade crossings count for over thirty percent of all railway accident injuries and fatalities, over-representing the severity of grade crossing accidents. Over sixty percent of the grade crossing accidents were caused by trespassing or running the crossings, making it the sole major cause. When a train is approaching the grade crossing, the signals will be activated. Drivers of automobiles and motorcycles have to decide to stop before the stopping line or trespass the grade crossing. It is possible for the drivers to face the dilemma zone and be trapped in the grade crossing. By observing the behaviors of trespassing at four grade crossings in Hsinchu and Taoyuan, this study intends to investigate and analyze whether drivers face the dilemma zone in front of a grade crossing. The results reveal that the timing of grade crossing signals is sufficient at all observed grade crossings to protect drivers from facing the dilemma zone.

Keywords: grade crossing, driving behavior, dilemma zone

目錄

摘要.....	I
目錄.....	II
一、前言.....	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的與範圍.....	1
二、文獻探討.....	1
2.1 平交道種類與相關法規.....	2
2.2 平交道安全相關文獻回顧.....	2
2.3 鐵路平交道的駕駛行為研究.....	3
2.4 停等猶豫區(DILEMMA ZONE).....	3
三、研究架構與方法.....	4
3.1 研究架構.....	4
3.2 實驗設計.....	5
3.3 分析方法.....	6
四、資料收集.....	6
五、數據整理與分析.....	7
5.1 樣本敘述性統計分析.....	7
5.2 駕駛者面臨停等猶豫區之狀況.....	9
六、結論與建議.....	11
6.1 結論.....	11
6.2 建議.....	12
參考文獻.....	12

一、前言

1.1 研究背景與動機

目前台灣全島平交道共計有 590 處，其中第三種甲平交道共有 486 處，依據台灣鐵路管理局之統計，歷年平交道事故肇事原因有 98% 係歸責於公路用路人之違規行為，又以用路人違規闖越平交道之行為最為嚴重[2]。民國 93 至 96 年臺鐵行車事故中，平交道事故占總行車事故件數之 10.8%，而由傷亡人數觀察，平交道事故平均傷亡人數占台鐵行車事故所有傷亡人數之 31.9%，可見平交道事故相關問題之嚴重性。若由平交道事故肇事之原因加以分析，平均以搶越或闖越平交道發生之事故最多，占所有平交道事故之 61.3%，其次為熄火或卡在平交道，占所有事故之 14.4%，可見造成平交道事故的主要原因是駕駛者搶越或闖越平交道。除了安全性的考量外，根據道路交通管理處罰條例第 44 條之規定[2]，駕駛人不遵守看守人員之指示，或遮斷器開始放下，或警鈴已響、閃光號誌已顯示，仍強行闖越，將處以處新臺幣 600 元以上 1800 元以下之罰鍰，由上述處罰條例可得知，法令亦訂定相當嚴峻的罰鍰標準來制止駕駛人違規。本研究探討在列車接近平交道，平交道的保安設備開始運作時，駕駛者自身因素、環境影響因素以及駕駛者是否面臨停等猶豫區對於駕駛者搶越平交道行為之相關性。利用實地觀察駕駛人於平交道搶越行為之方式，收集相關資料並進行分析，找出各種影響駕駛行為之因素，並分析駕駛者在何種條件下搶越平交道會面臨猶豫的狀況，冀望研究結果能夠成為相關單位制定平交道相關政策之參考，提升平交道之行車安全。

1.2 研究目的與範圍

搶越平交道定義為當平交道保安設施啟動時，號誌開始閃爍至遮斷器完全放下前的時間，駕駛者不顧可能面臨停等猶豫以及被平交道遮斷器卡在平交道中間的風險而搶越，這種行為類似於駕駛者於號誌化路口搶越黃燈的行為，亦有可能於黃燈轉變成紅燈時尚未完全通過交叉路口而發生危險。平交道遮斷器放下後，駕駛仍執意衝撞遮斷器而強行闖越平交道，則類似於駕駛者於號誌化交叉路口闖越紅燈的行為，由於實際能觀察到駕駛者闖越平交道而衝撞遮斷器行為的可能性太低，而不在本研究探討的範圍之中；因此僅討論駕駛者搶越平交道之行為，以及其實際面臨停等猶豫的狀況。

二、文獻探討

本研究欲探討駕駛者因素、環境影響因素與停等猶豫區對於駕駛人在平交道搶越行為之影響，以及其實際面臨停等猶豫區的狀況。因此在本節中，先對平交道種類與平交道保安設備做簡單介紹，對於平交道安全、鐵路平交道的駕駛行

為、停等猶豫區等研究等文獻回顧也會涵蓋在內。

2.1 平交道種類與相關法規

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，各種平交道所用的設備不同，其中第三種甲平交道的定義為無看柵工駐守，但設有紅閃光警告燈、警鈴及自動遮斷器，當列車到達平交道前三十秒鐘以上時，紅閃光警告啟動、警鈴鳴響示警，待六至八秒鐘後遮斷器開始下降，經過六至十秒鐘後遮斷桿降至水平位置。在道路設有分車道或分隔島之平交道，於車道入口方之遮斷桿先開始下降，再經數秒鐘後，出口方之遮斷桿才開始下降，以便使已進入平交道之人、車能順利離開平交道。除了對平交道種類與號誌設施等等訂定相關規定外，亦對駕駛人行經平交道時訂定必須遵守的規範與準則，如在道路交通管理處罰條例第 44 條 [2]中規定，汽車駕駛人，行近鐵路平交道，不將時速減至 15 公里以下，將處新臺幣 600 元以上 1800 元以下罰鍰，而第 54 條中更訂下詳細的規範，汽車駕駛人，駕車在鐵路平交道有下列情形之一者，處新臺幣 6000 元以上 12000 元以下罰鍰。因而肇事者，並吊銷其駕駛執照：

- 一、不遵守看守人員之指示，或遮斷器開始放下，或警鈴已響、閃光號誌已顯示，仍強行闖越。
- 二、在無看守人員管理或無遮斷器、警鈴及閃光號誌設備之鐵路平交道，設有警告標誌或跳動路面，不依規定暫停，逕行通過。
- 三、在鐵路平交道超車、迴車、倒車、臨時停車或停車。

從上述相關的平交道設施與號誌設置準則與法規，以及駕駛者行經平交道所須遵循的相關規定，都可顯示出平交道安全的重要性以及相關機構對平交道安全的重視，以下部分將對平交道安全相關之文獻做整理與介紹。

2.2 平交道安全相關文獻回顧

鐵路平交道是鐵路及公路兩種運輸工具의 交會點，由於鐵路列車本身的特性使然，其車輛行駛原理、車速、煞車能力都與一般公路汽車不同。根據台灣鐵路管理局[1]之資料，一般列車行駛時速約為 120 km/h，設定之一般減速度約為 0.416 m/s^2 。若不考慮其他環境因素下，以時速 120 km/h 行駛，在一般減速度下，必須花 80.13 秒的時間將車完全停止，而此時煞車距離約為 1335.47 公尺，必須花費相當長的距離與時間才能完全將列車停下，因此公路駕駛人若認為列車在平交道發生異常時，能即時採取應變措施、緊急煞車，恐非如其所預期。平交道相關安全的議題一直以來都是政府與學界相當重視的部份，因此國內外皆有許多相關的文獻，如 Oh、Washington 與 Nam(2006)[12]的研究中發現，平均每日公路車流量、平均每日列車流量、平交道是否接近商業區與是否有減速丘會顯著影響平交道事

故發生的頻率，其中尤以減速丘的安裝可以顯著降低事故的頻率，並具有提升平交道安全的效果。Savage(2006)[13]的研究指出，增加針對平交道安全相關的教育課程的確可以有效減少平交道事故的次數，平交道事故中，有很大的部分是駕駛者對風險認知的不足與對保安設施之不信任所造成，因此增進平交道安全不能單純只從工程設計與執法的方向來執行，對於大眾平交道風險認知的教育亦是相當的重要。從平交道安全相關之文獻中可得知，駕駛者搶越或闖越平交道之行為與平交道安全的議題有高度的相關性，因此對於平交道駕駛行為相關之文獻做整理與收集，以了解駕駛人搶越平交道行為之特性。

2.3 鐵路平交道的駕駛行為研究

Richards 與 Heathington(1988)[7]曾針對駕駛人對於鐵路平交道的交通標誌與相關法律的認知作探討，其研究對象為美國田納西州 176 位駕駛人及 35 位執法員警，結果發現大多數駕駛人對平交道標誌有所混淆。而 Abraham、Datta 與 Datta (1998) [10]曾對美國密西根州 37 個鐵路平交道的違規及肇事紀錄作分析研究，藉以探討不同環境及交通特性下，違規與肇事間的關係；發現多軌道且多車道的平交道路口，由於有較大空間，駕駛人容易闖越，事故的發生機率也較高。Richards 與 Heathington(1990)[11]利用錄影設備觀察了將近兩個月共 445 個列車通過班次以及數千個駕駛人行為，發現當警示時間越長時，駕駛者搶越的比例亦越高，可能是駕駛者無法忍耐長時間等待所致。Pickett 與 Grayson(1996)[8]研究探討兩大主題：駕駛人在行經警示裝置已啟動、而即將有列車通過之平交道時，為何仍會闖越？是否有更好的方法讓駕駛人確實遵守？結果發現值得關心的是那些不願停止在平交道前的蓄意違規駕駛人，原因並非出自交通標誌的失誤，而純粹是駕駛人本身願冒風險，但卻可能因此造成重大傷亡；至於駕駛人無法察覺平交道，則應深入研究防治之道，使相關的標誌設施發揮功能。

2.4 停等猶豫區(dilemma zone)

所謂停等猶豫區(dilemma zone)，根據 Gazis、Herman 與 Maradudin(1960)[9]提出之解釋，乃是指駕駛者行駛於道路而欲通過一號誌化之交叉路口時，恰巧遭遇綠燈時相轉變成黃燈時相，且駕駛者離交叉路口仍有一段不易判定是否能夠安全通過的距離而猶豫通過交叉路口與否之區域，則駕駛者於鐵路平交道前列車即將通過而警示警鈴響起時所需經歷之猶豫區間，與駕駛者通過交叉路口黃燈時相時所經歷之停等猶豫區有相當程度之相似。因此駕駛者於號誌路口停等猶豫區之研究與其成果可以運用在鐵路平交道之研究上，根據 Coleman 與 Moon(1997)[15]於研究中提出之解釋，駕駛者通過平交道停等猶豫區之示意圖可表示如圖 1。

X_C 這段距離代表當平交道號誌啟動時，車輛離停止線能夠安全通過平交道之最長距離， X_S 這段距離代表平交道號誌啟動時，車輛離停止線能夠安全停止在停止線前之最短距離，當 X_S 大於 X_C ，駕駛者落於圖中 X_S 減去 X_C 這段區域時，

代表駕駛者已經超過最短能夠安全停止的區域，卻尚未進入能夠安全通過的距離，便會面臨兩難的狀況，而很有可能於遮斷器放下後仍未完全通過平交道，被困在平交道中間而發生危險。

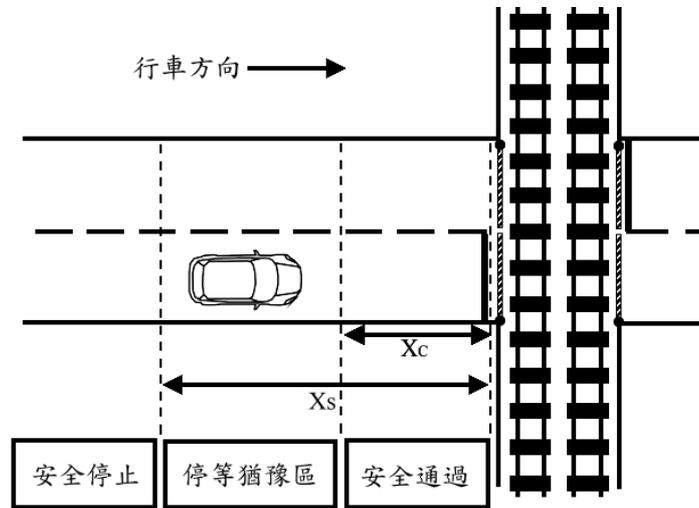


圖 1 鐵路平交道停等猶豫區之示意圖

假設駕駛者的反應時間為 t ，接近平交道的車速為 v ，車輛的理論減速度為 a ，因重力造成的減速度為 G ，坡度為 g ，則可知駕駛者最短能夠安全停止在停止線前的理論距離 X_S 值為：

$$X_S = t \times v + \left[\frac{v^2}{2(a + G \times g)} \right]$$

號誌開始閃爍至遮斷器開始放下的這段時間定義為遮斷器延滯時間 (gate delay)，前遮斷器開始放下至後遮斷器開始放下的時間差距定義為閘門間隔 (gate interval)，將兩者相加即為平交道運行時間，若平交道閘門延滯時間為 T_D ，閘門間隔為 T_I ，則平交道運行時間 T_G 值為 $T_D + T_I$ 。假設駕駛者保持相同速度通過平交道，平交道的寬度為 W ，車輛的長度為 L ，停止線離遮斷器的距離為 D ，則駕駛者保持一定速度下離平交道前停止線最長能夠安全安全通過的距離 $X_C = T_G \times v - (W + L + D) = (T_D + T_I)v - (W + L + D)$ ，根據停等猶豫區的原理，若 X_S 大於 X_C 時就會有停等猶豫區的發生，因此可以將 X_S 等於 X_C 當作一個臨界值。

三、研究架構與方法

經過相關文獻的回顧與收集後，對於平交道安全與駕駛行為相關之研究有相當程度之了解，因此參考過去相關研究提出之研究架構、方法，以及其所歸納之影響駕駛者面臨停等猶豫區之因素，提出研究之架構與方法如下。

3.1 研究架構

駕駛者決定搶越平交道時，車輛之接近速度、駕駛車種、平交道號誌時間、

穿越長度、道路坡度、反應時間等等皆有可能會影響駕駛者是否面臨停等猶豫的狀況，因此本研究整合可能會影響駕駛者面臨停等猶豫之因素，形成研究之架構如圖 2 所示，其中駕駛車種因素包含了不同車種的車輛長度與煞車減速度，而穿越長度則包含了平交道的寬度以及停止線至前遮斷器之距離，在確立研究之架構後，便進行觀察性實驗之實驗設計。

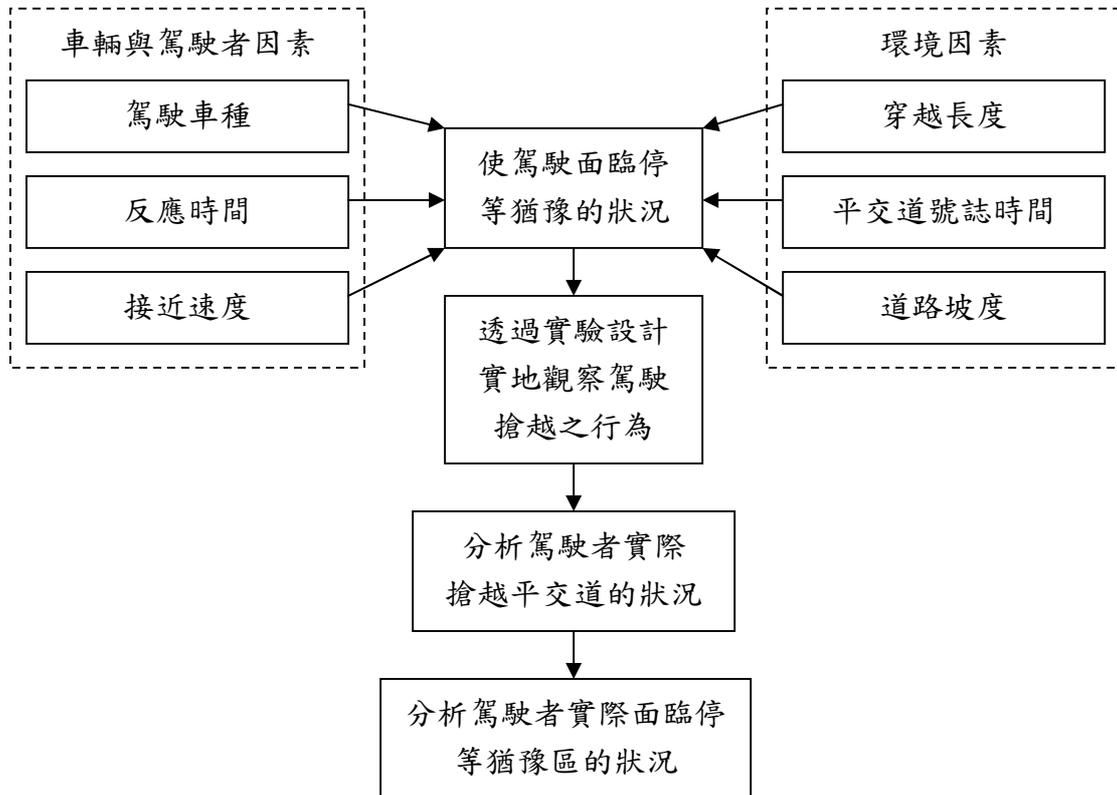


圖 2 研究架構圖

3.2 實驗設計

為了能夠收集到駕駛者面臨平交道保安設施啟動，而號誌開始閃爍時的駕駛行為資料，必須到平交道進行實地觀察與資料數據之收集，因此參考 Papaioannou (2007)[14]針對駕駛者搶黃燈行為與號誌化路口停等猶豫區之相關研究中，所進行的觀察性實驗；採用測速槍測量駕駛者面臨號誌啟動時的接近速度與距停止線的距離，將觀察與資料收集進行的方式以示意圖方式呈現如圖 3。資料收集進行的地點選定具有號誌管制的第三種甲平交道，車輛行駛方向之道路必須與平交道直接相交，而非通過另一橫向交叉之道路才通過平交道；而資料收集的目標車輛是車隊中直接面臨平交道保安設施啟動的第一輛車，前方已經通過或正在通過平交道之車輛以及第一輛車後方跟隨之車輛皆不列入樣本。當距離小於 15 公尺時，觀測者便不易測量到車輛的速度與距離，因此在停止線前 5 公尺、10 公尺與 15 公尺處以粉筆標示記號，當號誌啟動時駕駛者距停止線之距離小於 15 公尺，便可藉此得知其大約之位置，此外使用測速槍直接測量到的接近速度與距離

並不是車輛真正的速度與距離，必須利用簡單的三角函數進行數值的校正。除了收集每位駕駛者之個別特性資料外，觀察人員更收集平交道環境之相關資料，如號誌秒數與平交道穿越長度等等資訊，以便做後續資料整理與分析所用。

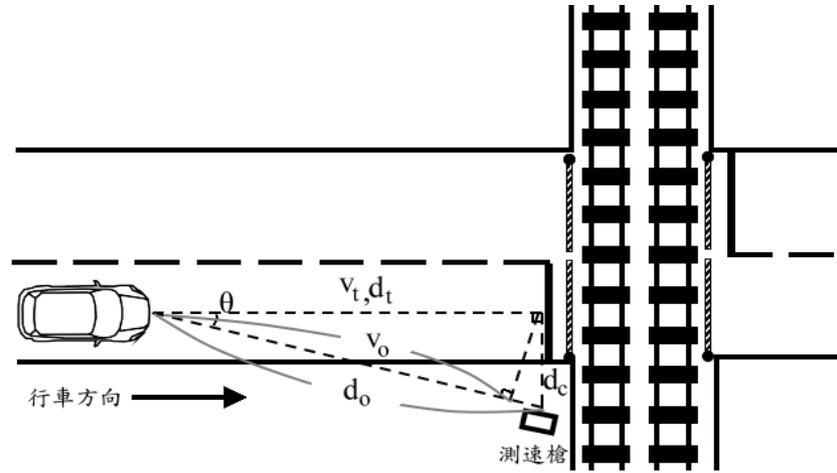


圖 3 實驗設計示意圖

3.3 分析方法

首先使用敘述性統計分析之方式，比較不同分類下（如不同性別、年齡、駕駛車種、車速與距離等分類），駕駛者搶越平交道之比例，以了解駕駛者實際搶越平交道的狀況。後續利用於文獻回顧中所提到，Coleman 與 Moon(1997)[15]提出分析駕駛者是否面臨停等猶豫區之公式，來實際分析駕駛者面臨停等猶豫區的狀況。

四、資料收集

在實際進行觀察與資料收集前，觀察人員必須執行資料收集進行之訓練與檢定，包含測速儀器之操作以及駕駛者年紀性別判斷之訓練與檢定。本研究使用之速度與距離測量儀器為 Marksman LTI20-20 雷射測速槍[16]，利用測速槍上方望眼鏡中顯示之紅點，瞄準迎面而來之機車前方之前擋板或車輛引擎蓋之部份，並且扣動扳機，便可從測速槍顯示螢幕上得知車輛當時的速度與距離。由於觀察過程中必須得知駕駛者年紀與性別資料，為了確保所收集資料的準確性，必須對觀察人員進行判定駕駛者性別年紀之訓練與檢定，檢定方法使用 Cohen's Kappa[17]檢定，經由與新竹市東門街與民族路口所進行的檢定實驗後，發現兩位觀察人員對於駕駛者判定年齡性別能力 K 值皆大於 0.7，表示兩者的判定能力皆是可靠的。

藉由台灣鐵路管理局[1]網站，平交道安全資訊區中的平交道基本資料查詢功能，初步過濾可能進行資料收集之平交道，在考慮前往資料收集地點之時間成本與可行性後，主要針對台北縣、桃園縣、新竹縣市與苗栗縣地區之平交道進行

搜尋與過濾。經過實地踏勘後，篩選出四個適合資料收集的平交道，即桃園縣的國際路平交道、永豐路平交道與興仁路平交道以及新竹市的農會前平交道，其照片如圖 4 至 7：



圖 4 農會前平交道



圖 5 永豐路平交道



圖 6 興仁路平交道



圖 7 國際路平交道

五、數據整理與分析

經過約三個月與總時數 145 小時之樣本資料蒐集後，總計收集到 1141 筆樣本，而在分析不同分類下駕駛者搶越平交道之比例前，必須先將速度與距離之資料利用簡單的三角函數公式做轉換，完成校正後便進行敘述性統計之分析。

5.1 樣本敘述性統計分析

將駕駛者於不同分類下搶越平交道之比例整理如下表：

表 2 不同分類下駕駛者搶越平交道之比例

樣本分類與分項		樣本數	搶越比例
全體樣本		1141	0.413
性別	男性	695	0.440
	女性	314	0.280
年紀	青壯年(18 至 40 歲)	569	0.494
	中年(41 至 64 歲)	356	0.278

	老年(65歲以上)	84	0.167
車種	機車	506	0.433
	小客(貨)車	537	0.384
	大型客貨車	98	0.469
接近平交道時 之速度	10 km/h 以下	12	0.000
	11 至 15 km/h	36	0.056
	16 至 20 km/h	82	0.085
	21 至 25 km/h	148	0.128
	26 至 30 km/h	159	0.195
	31 至 35 km/h	133	0.316
	36 至 40 km/h	104	0.317
	41 至 45 km/h	54	0.481
	46 至 50 km/h	33	0.727
	51 km/h 以上	15	0.733
號誌啟動時距 停止線之距離	5 m 以下	186	0.871
	6 至 10 m	87	0.690
	11 至 15 m	133	0.489
	16 至 20 m	91	0.418
	21 至 25 m	109	0.376
	26 至 30 m	89	0.315
	31 至 35 m	93	0.312
	36 至 40 m	96	0.229
	41 至 45 m	68	0.147
	46 至 50 m	41	0.098
	51 至 55 m	34	0.088
	56 至 60 m	34	0.088
	61 m 以上	80	0.075

分析表2統計之結果，全體樣本搶越之比例為0.413，男性駕駛搶越之比例為0.440，女性駕駛搶越之比例為0.280，男性駕駛搶越之比例較高可能是因為男性駕駛對事故風險承受度較高的緣故，青壯年駕駛搶越之比例為0.494，中年駕駛搶越之比例為0.278，老年駕駛搶越之比例為0.167，隨著年紀之增長，搶越比例有降低之趨勢，可能是隨著年紀之增長，反應與駕駛能力逐漸降低，對於事故風險承受度亦逐漸降低。若比較不同車種之搶越比例，小客車駕駛搶越之比例為0.384，機車騎士搶越之比例為0.433，大型客貨車駕駛搶越之比例為0.469，機車騎士搶越比例較小客車駕駛高的原因可能是機車相較於小客車機動性較高，較不易受到平交道地形與環境限制所致，而大型客貨車駕駛搶越比例最高可能是大型

客貨車起步或煞車相較於其他車種較為費力且耗油，大型客貨車駕駛可能為了省油或不願使運送之貨物受到衝擊與使乘客感受到不適，不願輕易急踩煞車，因此搶越之比例較高。若比較不同速度下之搶越比例，隨著速度之增加，搶越之比例逐漸上升，可能是當車速越快時，煞車使車輛停下來亦較為費力且耗油，因而提高搶越的比例。隨著距離之縮短，搶越之比例逐漸上升，推斷是當距離越近時，越不易在停止線前平穩的停止，因而提高搶越之比例。

5.2 駕駛者面臨停等猶豫區之狀況

駕駛者面臨停等猶豫區之狀況則必須利用 Coleman III 與 Moon (1997)[15]於研究中所提到之方程式來計算，駕駛者之車速必須高到一定程度上時才會面臨停等猶豫區，因此必須從平交道長度、號誌時間、車輛長度、車輛減速度與駕駛者反應時間等資訊來計算駕駛者之車速是否超出開始面臨停等猶豫區之門檻，計算所需要的各項參數中，平交道地點之資訊由實地測量所得，整理如下表。

表 3 平交道參數資料表

平交道名稱	平交道長度 (兩遮斷器間距離)	停止線至 前遮斷器距離	閘門 延滯時間	閘門 間隔	坡度
農會前平交道	16.0 公尺	10.5 公尺	8.0 秒	6.0 秒	-0.72°
永豐路平交道	24.9 公尺	3.2 公尺	9.0 秒	5.0 秒	1.67°
國際路平交道	12.1 公尺	2.1 公尺	7.0 秒	5.0 秒	-0.48°
興仁路平交道	22.3 公尺	5.4 公尺	7.0 秒	5.0 秒	-1.79°

車輛長度參數設定參考 American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)[6]於公路幾何設計對車輛長度之設定，小客車長度設定為5.8公尺，大客貨車長度設定為12.2公尺，機車長度則採用道路交通安全規則[2]第38條中，對汽缸總排氣量未滿550立方公分之機器腳踏車不得超過2.5公尺之規定，車輛減速度參數參考周義華與陳天賜(民71) [4]於研究中所整理出之車輛減速度資料，小客車之最大減速度為8.05 m/sec²，一般平滑減速度約為2.04 m/sec²，大客貨車之最大減速度為8.38 m/sec²，一般平滑減速度約為1.5 m/sec²，機車部份採用陳俊鴻(民92)[5]於研究中整理出之數據，機車最大減速為4.21 m/sec²，一般平滑減速度為2.44 m/sec²。由於車輛減速度資料中最大減速度的部份是駕駛者遇到緊急事件(如避免交通事故等原因)而踩死煞車時才會發生，而駕駛者面臨平交道號誌啟動，決定是否要停止或是搶越平交道之行為，不如避免交通事故如此緊急，因此採用平滑減速度來計算，而駕駛者反應時間的部份亦採用AASHTO[6]於公路幾何設計建議之2.5秒作為反應時間設定之參數。

根據上述分析駕駛者是否面臨停等猶豫區所需之資料，帶入 Coleman III 與 Moon (1997)[15]於平交道停等猶豫區相關研究中所提到之方程式，駕駛者最短能

夠安全停止在平交道前停止線的理論距離 X_S 值為 $X_S = t \times v + [\frac{v^2}{2(a + G \times g)}]$ ，而駕駛者保持一定速度下離平交道前停止線最長能夠安全通過的距離 X_C 理論值為 $X_C = T_G \times v - (W + L + D)$ 。根據停等猶豫區的原理，若 X_S 大於 X_C 時就會有所謂停等猶豫區的出現，因此可以將 X_S 等於 X_C 當作一臨界值，令 $X_S = X_C$ ，則可得：

$$\frac{v^2}{2(a + G \times g)} + (t - T_G)v + (W + L + D) = 0$$

求出 v 則可得一臨界速度，當接近速度大於 v 時，駕駛者即有可能面臨停等猶豫之狀況，以小客(貨)車駕駛於興仁路平交道為例，小客(貨)車之減速度 a 為 2.04 m/sec^2 ，車輛長度 L 為 5.8 公尺，反應時間 t 為 2.5 秒，平交道長度 W 為 22.3 公尺，停止線至前遮斷器之距離 D 為 5.4 公尺，平交道運行時間 T_G 為 12 秒，坡度為 -1.79° 換算成百分比坡度 g 為 -0.032 ，重力加速度 G 為 9.8 ，將上述參數代入方程式中，可求得面臨停等猶豫區之臨界速度 v 值約為 28.78 m/s ，換算成時速約為 103.62 km/h 。依據相同的道理，分別計算於四座平交道，使駕駛者開始面臨停等猶豫區之所需最小之接近速度，整理如下表：

表4 面臨停等猶豫區所需車速表

平交道名稱	使駕駛者開始面臨停等猶豫區之所需最小接近速度		
	機車	小客(貨)車	大型客貨車
農會前平交道	182.75 km/h	148.33 km/h	100.70 km/h
永豐路平交道	225.81 km/h	190.07 km/h	140.94 km/h
國際路平交道	154.63 km/h	126.11 km/h	85.92 km/h
興仁路平交道	132.93 km/h	103.62 km/h	61.06 km/h

根據上表的結果，參照實地觀察所收集之樣本，發現所有樣本中，小客(貨)車與機車沒有速度超過 65 km/h 之樣本，而大型客貨車沒有速度超過 55 km/h 之樣本。因此所收集之樣本中，沒有車速超出面臨停等猶豫區所需門檻速度之樣本，發生這種情況之原因，應該是現今平交道號誌秒數為了平交道安全而設定較長，使得駕駛者面臨停等猶豫區之機會大大的降低，絕大部分之駕駛者皆有充分的時間可以選擇是否通過搶越平交道。

若分析不同速度下，需要設定多長的號誌秒數才能避免駕駛者卡在平交道的狀況發生，根據停等猶豫區的原理， X_S 大於 X_C 時就會有所謂停等猶豫區的出現，則令 $X_S = X_C$ 可得：

$$X_S = X_C \rightarrow t \times v + [\frac{v^2}{2(a + G \times g)}] = (T_D + T_L)v - (W + L + D)$$

$$\rightarrow T_G = \{t + [\frac{v}{2(a + G \times g)}] + \frac{D}{v}\} + [\frac{(W + L)}{v}]$$

以平交道長度20公尺，前遮斷器距停止線之距離為5公尺為例，而反應時間、車輛長度與減速度資料不變且道路坡度為水平時，來分析不同車種於不同速度時間下，所需求之號誌秒數，則可繪製如圖8。結果可以發現隨著速度之提升，所需求之號誌時間亦隨之提升，以一般市區道路的設計時速40-60公里為例，大客(貨)車於時速60公里時所需之號誌秒數約為10秒，而現今平交道號誌秒數之設計皆超出這個門檻，可見對於號誌秒數之設計皆是充足的。

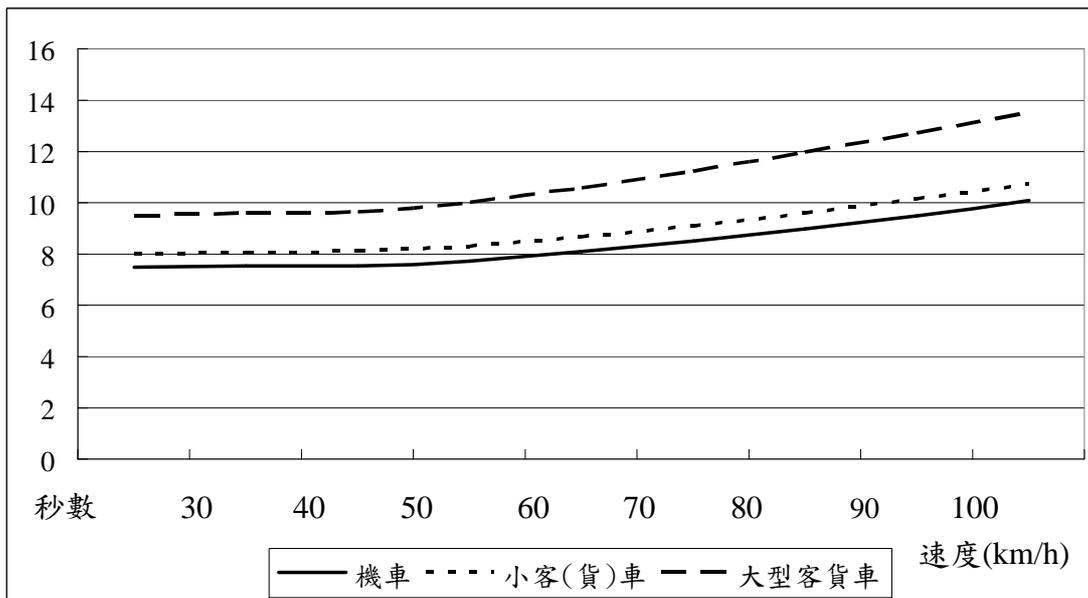


圖8 不同速度下所需求之號誌秒數

六、結論與建議

6.1 結論

1. 駕駛者搶越之總搶越比例為 0.413；男性駕駛搶越之比例為 0.440，女性之比例為 0.280，男性搶越比例較高可能是因為男性駕駛對風險承受度較高的緣故；青壯年駕駛搶越之比例為 0.494，中年搶越之比例為 0.278，老年搶越之比例為 0.167，隨著年紀之增長，搶越比例有降低之趨勢，可能是隨著年紀之增長反應與駕駛能力逐漸降低，對於事故風險承受度亦逐漸降低，因而降低搶越之比例。
2. 小客車駕駛搶越之比例為 0.384，機車騎士搶越之比例為 0.433，大型客貨車駕駛搶越之比例為 0.469，機車搶越比例較小客車高的原因可能是機車相較於小客車機動性較高，較不易受到平交道地形與環境限制所致，而大型客貨車駕駛搶越比例最高可能是大型客貨車起步或煞車相較於其他車種較為費

力且耗油，大型客貨車駕駛可能為了省油或不願使運送之貨物受到衝擊與使乘客感受到不適，不願輕易急踩煞車，因此搶越之比例較高。

3. 隨著速度之增加，搶越之比例逐漸上升，從時速 10 公里以下無人搶越，到時速 51 公里以上有接近四分之三比例之駕駛者搶越，原因是當車速越快時，煞車使車輛停下來亦較為費力且耗油，因此使駕駛者多半偏好保持相同的速度通過平交道，因而提高搶越的比例，隨著距離之縮短，搶越之比例逐漸上升，從距離 61 公尺以上搶越比例只有 0.075，到距離 5 公尺以內有接近九成比例之駕駛者搶越，可能是當距離越近時，越不易在停止線前平穩的停止，因而提高搶越之比例。
4. 本研究所觀察到之樣本，沒有發現車速到達產生停等猶豫區門檻之樣本，推斷是平交道號誌設計時即考慮到相關的問題，已將號誌之秒數延長，來避免駕駛者面臨停等猶豫區的狀況。
5. 隨著速度之提升，所需求之號誌時間亦隨之提升，以一般市區道路的設計時速 40-60 公里為例，大客(貨)車於時速 60 公里時所需之號誌秒數約為 10 秒，而現今平交道號誌秒數之設計皆超出這個門檻，可見對於號誌秒數之設計皆是充足的。

6.2 建議

針對研究之成果與研究進行中所遭遇之困難與限制，提出建議與對策提供相關單位制定平交道安全相關政策之依據以及後續研究方向之參考，整理如下：

1. 根據道路交通管理處罰條例第 44 條之規定[2]，汽車駕駛人，行近鐵路平交道，不將時速減至 15 公里以下，將處新臺幣 600 元以上 1800 元以下罰鍰。然而從實際觀察到具有速度資料之 776 個樣本當中，有 729 位駕駛者時速超過 15 公里，佔有超過九成之比例，推測可能是民眾對於平交道相關法規之不熟悉，建議相關單位應該加強對於平交道安全與相關法規之宣導，以改善這種之情形。
2. 研究中所採用計算駕駛者是否面臨停等猶豫區之公式中，假設駕駛者通過平交道的速度是保持不變的，然而在實際的狀況下，駕駛者有可能加快速度以便能順利通過平交道，因此亦有可能影響其是否面臨停等猶豫區的結果，後續研究若要做更深入的研究可以朝這個方向來發展。

參考文獻

1. 台灣鐵路管理局，<http://www.railway.gov.tw/>，最後瀏覽日期民國 98 年 3 月 27 日。
2. 道路交通管理處罰條例，民國 97 年 05 月 28 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. 周義華，陳天賜，公車站對道路交通影響之研究—公車站對車流延滯影響，運輸計畫季刊，第十一卷第三期，頁 303-340，民國 71 年。
5. 陳俊鴻，以視覺模擬方式研究機車駕駛人於路段中之駕駛行為，台灣大學土木所碩士論文，民國 92 年 6 月。
6. A Policy on Geometric Design of Highway and street, American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 1994
7. S.H. Richards, and K.W. Heathington, Motorist Understanding of Railroad-Highway Grade Crossing Traffic Control Devices and Associated Traffic Laws, Transportation Research Record 1160, pp.52-59, 1988.
8. M.W. Pickett, and G.B. Grayson, Vehicle Driver Behaviour at Level Crossings, HSE Contract Research Report No.98, 1996.
9. D.C. Gazis, R. Herman, and A. Maradudin, The problem of the yellow signal light traffic flow. Oper. Res.8(1), p.p.112-132, 1960.
10. J. Abraham, T.K. Datta, and S. Datta, Driver Behavior at Rail-Highway Crossings, Transportation Research Record 1648, pp.28-34, 1998.
11. S.H. Richards, and K.W. Heathington, Assessment of Warning Time Needs at Railroad-Highway Grade Crossings with Active Traffic Control, Transportation Research Record 1254, pp.72-84, 1990.
12. J. Oh, S.P. Washington, and D. Nam, Accident prediction model for railway-highway interfaces, Accident Analysis and Prevention 38, pp.346–356, 2006.
13. I. Savage, Does public education improve rail–highway crossing safety? , Accident Analysis and Prevention 38, p.p. 310–316, 2006.
14. P. Papaioannou, Driver behaviour, dilemma zone and safety effects at urban signalised intersections in Greece, Accident Analysis and Prevention 39 p.p. 147–158, 2007.
15. F. Coleman III and Y. J. Moon, Design of Gate Delay and Gate Interval Time for Four-Quadrant Gate System at Railroad- Highway Grade Crossings, Transportation Research Record no 1553, pp. 124-131, 1997.
16. Laser Technology Inc. , <http://www.lasertech.com/> .
17. J. A. Cohen., A coefficient of agreement for nominal scales, Educational and Psychological Measurement, vol. 20, pp. 37-46, 1960.

計畫自評：

本計畫發現鐵路平交道停等猶豫區並不易在現實中出現，原因在於一般平交道號誌設計時即已考慮到相關的問題，將號誌之秒數延長，使得駕駛者面臨停等猶豫區之機會大大的降低，絕大部分之駕駛者皆有充分的時間可以選擇是否通過搶越平交道。參照實地觀察所收集之樣本，發現所有樣本中，小客(貨)車與機車沒有速度超過65 km/h之樣本，而大型客貨車沒有速度超過55 km/h之樣本。因此所收集之樣本中，沒有車速超出面臨停等猶豫區所需門檻速度之樣本。進一步反推出現停等猶豫區的最小速度在桃園興仁路平交道，該地點大型客貨車必須在時速超過61.06公里，才会有停等猶豫區的現象。

行政院國家科學委員會補助國內專家學者出席國際學術會議報告

98年2月10日

報告人姓名	吳宗修	服務機構 及職稱	交通大學運輸科技與管理學系 副教授
時間 會議 地點	97.8.31-97.9.4 Washington DC, U.S.A.	本會核定 補助文號	NSC 97-2221-E-009-117 NSC 95-2221-E-009-320 NSC 92-2221-E-009-030
會議 名稱	(中文) 第四屆國際交通與運輸心理研討會 (英文) 4 th International Conference on Traffic and Transport Psychology		
發表 論文 題目	(中文) 減速設施之效能及對乘員舒適度感受之研究 (英文) Performance of Speed Humps and Their Effects on Passenger's Comfort Perception (中文) 機車路側淨空容忍度之研究機車路側淨空容忍度之研究 (英文) Study on Lateral Clearance of Roadside Obstacles Tolerated by Motorcyclists		

報告內容應包括下列各項：

一、參加會議經過

分別參加幾場與交通安全(safety)與人因工程(human factors)有關之場次論文發表，包括「Speed」、「Pedestrians」、「Cognition」、「Motorcycles & Mopeds」

報告第一主場在第一天下午：O59 Study on Lateral Clearance of Roadside Obstacles Tolerated by Motorcyclists；本篇係 92 年國科會補助之研究計畫成果所撰寫之論文，聽眾對於台灣機車之多表示驚訝，並認為我國可以進行這樣細微的題目不簡單。

報告第二主場則是在第三天下午：S9.5 Performance of Speed Humps and Their Effects on Passenger's Comfort Perception；本篇係 95 年國科會補助之研究計畫成果所撰寫之論文，聽眾曾提問本議題對於機車之影響，因非研究範圍內，無法提供具體答覆，但據此可知另一直得探求之研究主題，即評估「減速設施對於機車速度之效果」。

二、與會心得

相對於 TRB 的規模，ICTTP 屬於較小型，但是討論內容比較具體，即專注於駕駛人心理方面，與會專家學者來自世界各地，且人數據稱四百餘人。第二主場主持人 N. Haworth 來自澳洲昆士蘭科技大學事故研究中心，對於澳洲相關領域研究相當熟悉，言談中亦進一步分析。現場並有澳洲 Monarch University 事故研究中心副主任 Judith Charlton 主動前來打招呼，緣其受國家衛生研究院邀請即將到台灣訪問。[後記：Charlton 後來訪問台灣，安排與其在新竹見面餐敘]

三、考察參觀活動(無是項活動者省略)

無。

四、建議

1. ICTTP 每四年才舉辦一次，且過去都在歐洲舉行，係本領域內最重要之國際會議。宜鼓勵國內運輸研究人員多投稿、參與，以增加我國在本領域之曝光度。
2. 本次研討會國內僅有三篇(兩組人員，本人有兩篇)投稿獲接受發表，但另一篇論文當天卻缺席未臨場報告，略有失禮。

五、攜回資料名稱及內容

1. 本次年會之論文集，Abstract Book。

其他：本研討會發表兩篇論文 PDF 全文檔案已登載於國科會研究人員網頁中。