

MOTC-IOT-102-SDB001

道路交通事故之
能源消耗與碳排放量推估研究
期末報告初稿



交通部運輸研究所
中華民國 102 年 11 月

目 錄

目 錄.....	I
圖 目 錄.....	IV
表 目 錄.....	VI
第一章 緒論.....	1
1.1 研究緣起.....	1
1.2 研究目的.....	2
1.3 研究範疇.....	3
1.4 研究流程與工作項目.....	3
第二章 文獻回顧.....	7
2.1 車輛能耗與污染排放.....	9
2.1.1 能源消耗模式.....	9
2.1.2 污染排放模式.....	11
2.1.3 污染擴散模式.....	14
2.1.4 車輛污染排放模式的常用研究方法.....	19
2.2 車流模式與模擬.....	27
2.2.1 車流模式.....	27
2.2.2 車流模擬.....	35
2.2.3 巨觀及微觀車流模式研究方法.....	36
2.3 道路交通事故頻次與嚴重度分析.....	44
2.3.1 事故頻次模式.....	44
2.3.2 事故嚴重性分析.....	50
2.3.3 事故頻次與事故嚴重性分析.....	61
2.3.4 道路交通事故頻次與嚴重度模式研究方法.....	65
2.4 事故延滯模式.....	75
2.4.1 等候理論(Queuing Theory)事故延滯推估模式.....	79
2.4.2 衝擊波(Shock wave Theory)事故延滯推估模式.....	82
2.4.3 其他事故延滯推估模式.....	82
2.4.4 事故延滯推估模式建構方法.....	83
2.5 事故處理延時.....	85
2.5.1 歷史事故資料分析.....	86
2.5.2 事故延時之相關迴歸模式.....	87
2.5.3 事故延時之相關存活分析模式.....	88
2.5.4 其他理論應用之事故延時推估模式.....	93
2.5.5 事故處理延時預測模式研究方法.....	95
2.6 事故占用車道.....	100
2.6.1 道路容量降低.....	100

2.6.2 事故占用車道數	101
2.7 空氣污染之願付價格分析	102
2.7.1 空氣污染之經濟評估現況	102
2.7.2 空氣污染之願付價格相關文獻	108
2.7.3 理論方法與評估經濟價值之文獻	117
第三章 整體分析架構	121
3.1 道路交通事故衝擊分析之系統化架構	121
3.2 道路交通事故耗能及碳排放量推估之系統化架構	127
第四章 交通事故特性分析	130
4.1 高速公路	130
4.1.1 高速公路事故資料分析	130
4.1.2 高速公路事故延時分析	132
4.1.3 高速公路占用車道分析	136
4.2 地區道路	136
4.2.1 地區道路事故資料分析	137
4.2.2 地區道路事故資料調查與流量資料蒐集	142
4.2.3 地區道路事故占用車道分析	151
第五章 道路交通事故衝擊分析架構	158
5.1 高速公路事故衝擊分析架構	158
5.1.1 高速公路事故持續時間推估模式	159
5.1.2 高速公路道路容量衝擊設定	168
5.1.3 高速公路事故延滯模式	172
5.2 地區道路事故衝擊分析架構	177
5.2.1 地區道路事故持續時間推估	178
5.2.2 地區道路容量衝擊設定	180
5.2.3 地區道路事故延滯模式	181
5.3 小結	185
第六章 道路交通事故耗能及排碳量推估與分析	189
6.1 能源消耗推估架構	189
6.1.1 道路延滯衍生之能源消耗推估	189
6.1.2 傷者後送醫療能源消耗推估	190
6.1.3 事故排除及調查能源消耗推估	191
6.1.4 其他因事故衍生之能源消耗推估	195
6.2 排碳量及汙染氣體推估	195
第七章 道路交通事故延滯、耗能及排碳量推估分析	196
7.1 高速公路道路交通事故延滯、耗能及排碳量推估分析 ..	196
7.1.1 延滯推估分析	196
7.1.2 能源消耗推估分析	200

7.1.3 排碳量及汙染氣體推估分析	202
7.2 地區道路耗能及排碳量推估分析	206
7.2.1 延滯推估分析	206
7.2.2 能源消耗推估分析	210
7.2.3 排碳量及汙染氣體推估分析	214
7.3 全國道路交通事故耗能及排碳量推估分析	223
第八章 道路交通事故成本推估	226
8.1 汙染價格與時間價值推估	226
8.1.1 國內汙染排放量與濃度統計	226
8.1.2 問卷內容與調查計畫	229
8.1.3 願付價格推估方法—Spike 模式	233
8.1.4 問卷資料分析	236
8.1.5 願付價格模式校估結果	245
8.2 道路交通事故成本推估	253
8.2.1 外部成本推估	253
8.2.2 內部成本推估	257
8.2.3 道路交通事故成本分析	260
8.3 道路交通事故成本分析系統	261
8.3.1 系統輸入輸出介面	261
8.3.2 系統分析範例	265
第九章 結論與建議	270
參考文獻	273
附件 1 交通事故調查表 A 及 B	1
附件 2 交通事故現場圖建檔之各事故分類抽樣件數	1
附件 3 市區道路事故專家學者座談會會議紀錄	1
附件 4 地區道路路段事故占用道路模式	1
附件 5 地區道路路口事故占用道路模式	1
附件 6 交通事故延滯造成能源消耗及碳排放量之問卷調查-輕度事故	1
附件 7 交通事故延滯造成能源消耗及碳排放量之問卷調查-中度事故	1
附件 8 交通事故延滯造成能源消耗及碳排放量之問卷調查-嚴重事故	1
附件 9 高速公路各類事故平均每件事務延滯、能源消耗及汙染氣體排放量推估結果	1
附件 10 期中報告審查意見處理情形表	1

圖目錄

圖 1.1 研究流程圖	6
圖 2.1 事故碳足跡	8
圖 2.2 小客車之車速(km/hr)與排放係數(g/s)之關係.....	24
圖 2.3 四行程機車之車速(km/hr)與排放係數(g/s)之關係.....	24
圖 2.4 線源與風向座標系示意圖	25
圖 2.5 簡單連續流模式流量密度關係圖	28
圖 2.6 格位傳遞模式流量－密度關係圖	29
圖 2.7 格位傳遞模式格位示意圖	30
圖 2.9 格位上下游劃分示意圖	37
圖 2.10 單一車流格位傳遞變數示意圖	38
圖 2.11 混合車流格位傳遞示意圖	39
圖 2.12 車種比例示意圖	41
圖 2.13 行為門檻關係圖	43
圖 2.14 事故延滯之定性簡單模式(均一到達率).....	76
圖 2.15 事故延滯之定性模式(兩種車輛到達率).....	78
圖 2.16 非市場財貨經濟價值分類及評估方法示意	120
圖 3.1 高速公路交通事故衝擊分析架構圖	125
圖 3.2 地區道路交通事故衝擊分析架構圖	126
圖 3.3 道路交通事故耗能及碳排放量推估之系統化架構	128
圖 4.1 Kaplan-Meier 事故持續時間存活機率估計	135
圖 4.2 事故現場圖範例	148
圖 4.3 (路段)占用車道數事故件數累積分配圖.....	150
圖 5.1 高速公路交通事故衝擊分析之系統化架構	158
圖 5.2 逆高斯脆弱對數羅吉斯特 AFT 模式之存活與危險函數.....	166
圖 5.3 地區道路交通事故衝擊分析之系統化架構	177
圖 8.1 事故當事者二氧化氮、二氧化碳願付價格及事故受影響者時間 價值情境 Triple-bound 架構圖	232
圖 8.1 道路交通事故成本分析系統參數輸入介面	262
圖 8.2 各縣市件數調整介面	263
圖 8.3 延滯時間推估輸出介面	264
圖 8.4 能源消耗推估輸出介面	264
圖 8.5 系統輸入參數範例	265
圖 8.6 系統輸出範例	266
圖 8.7 系統延滯時間推估輸出範例	267
圖 8.8 系統能源消耗推估輸出範例	267
圖 8.9 縣市別事故改善輸入範例	268

圖 8.10 縣市別事故延滯時間改善範例	269
圖 8.11 縣市別事故能源消耗改善範例	269

表目錄

表 2-1 物理擴散模式特性	15
表 2-2 小客車排放係數(克/公里.輛)	23
表 2-3 巨觀車流模式整理	31
表 2-4 各類事故占用車道數之比例	102
表 2-5 空氣污染(TSP 及 SO _x)環境質損之編算結果	105
表 2-6 空氣污染(NO _x 及 NMHC)環境質損之編算結果	105
表 2-7 國內固定污染源徵收價目表	106
表 2-8 彙整中國其他關於空氣品質的相關研究	112
表 2-9 伊朗衛生部門統計 PM ₁₀ 及 PM _{2.5} 影響肺癌及心肺疾病之反應係數及 DALY	113
表 3-1 道路特性分類表	122
表 3-2 事故型態分類	123
表 4-1 事故型態分布	130
表 4-2 2010 年國道主線事故分布	131
表 4-3 2010 年國道匝道事故分布	132
表 4-4 2010 年國道交通事故持續時間(分)基本特性	133
表 4-5 國道高速公路 2010 交通事故與持續時間	133
表 4-6 存活函數之比較檢定	136
表 4-7 國道高速公路 2010 事故占用車道數統計	136
表 4-8 地區道路事故年度件數分布(台北市部分)	137
表 4-9 地區道路事故年度件數分布(新北市部分)	138
表 4-10 事故發生時段與嚴重度分析表(單位：件)	139
表 4-11 事故牽涉車輛數與嚴重度之交叉分析(單位：件)	139
表 4-12 事故道路型態與嚴重度之交叉分析(單位：件)	140
表 4-13 事故位置與嚴重度之交叉分析(單位：件)	141
表 4-14 事故類型及型態與嚴重度之交叉分析(單位：件)	142
表 4-15 調查表回收情形(單位：件)	144
表 4-16 事故嚴重度與時間長度敘述性統計表(單位：分)	145
表 4-17 事故嚴重度與車流狀況交叉分析表(單位：件)	145
表 4-18 每次事故投入救援資源(單位：輛)	146
表 4-19 事故嚴重度與救援資源交叉分析表(單位：輛)	146
表 4-20 地區道路事故現場圖抽樣分類情形	148
表 4-21 時相代號說明	149
表 4-22 路口/路段事故與事故嚴重度(單位：件)	150
表 4-23 地區道路路段事故占用車道數統計	152
表 4-24 天候與路段占用車道數交叉分析	152

表 4-25 有無牽涉大車與占用車道數交叉分析	153
表 4-26 牽涉車輛數與占用車道數交叉結果	153
表 4-27 事故類型及型態與占用車道數交叉結果	154
表 4-28 地區道路路口事故格子數統計	155
表 4-29 天候與路口占用格子數交叉分析	155
表 4-30 牽涉車輛數與路口占用格子數交叉分析	156
表 4-31 有無牽涉大車與路口占用格子數交叉分析	156
表 4-32 號誌種類與路口占用格子數交叉分析	157
表 5-1 高速公路事故延滯模式解釋變數一覽表	161
表 5-2 第一階段加速失效模型校估結果	164
表 5-3 第二階段加速失效模型校估結果	165
表 5-4 兩階段模式之概似比檢定	165
表 5-5 逆高斯脆弱羅吉斯特模式變數之邊際效果	167
表 5-6 事故持續時間推估結果(分鐘)	167
表 5-7 占用車道模式解釋變數一覽表	169
表 5-8 占用車道數順序性羅吉特模式校估結果	171
表 5-9 占用車道數分布	172
表 5-10 延滯推估模式參數設定表	173
表 5-11 國道平均流量(車輛數/小時)	175
表 5-12 延滯估計結果(小時)	176
表 5-13 反應時間推估 (單位：分鐘)	178
表 5-14 現場處理時間與事故持續時間推算	179
表 5-16 道路流量分類	183
表 5-17 各道路分類之平均流量值(單位：輛)	184
表 5-18 道路交通事故衝擊分析架構	186
表 6-1 各縣市救護車服務範圍推估	191
表 6-2 各縣市分局及派出所服務範圍推估	193
表 6-3 二氧化碳及其他汙染物排放係數	195
表 7-1 高速公路事故延滯推估結果(萬車小時)	197
表 7-2 發生延滯件數	197
表 7-3 平均每件事故延滯估計結果(車小時)	199
表 7-4 99 年高速公路事故道路衝擊能源消耗(公秉)	200
表 7-5 99 年高速公路事故總能源消耗(公秉)	200
表 7-6 平均每件事故能源消耗估計結果(公秉)	201
表 7-7 二氧化碳及污染氣體推估結果(公噸)	202
表 7-8 99 年高速公路事故總碳排(公噸)	202
表 7-9 平均每件事二氧化碳估計結果(公斤)	203
表 7-10 平均每件事甲烷估計結果(公斤)	204

表 7-11 平均每件事氮氧化物估計結果(公斤)	205
表 7-12 各類事故件數	207
表 7-13 平均事故延滯	207
表 7-14 各縣市 A1、A2 及 A3 件數	208
表 7-15 各縣市 2012 年事故延滯(萬車小時)	209
表 7-16 各縣市 2010 年事故延滯(萬車小時)	210
表 7-17 平均事故道路衝擊能源消耗(公升)	211
表 7-18 各縣市 2012 年事故道路衝擊能源消耗(公乘)	211
表 7-19 各縣市 2010 年事故道路衝擊能源消耗(公乘)	212
表 7-20 各縣市 2012 年地區道路事故總能源消耗(公乘)	213
表 7-21 各縣市 2010 年地區道路事故總能源消耗(公乘)	214
表 7-22 各縣市 2012 年事故道路衝擊二氧化碳排放量(公噸)	215
表 7-23 各縣市 2010 年事故道路衝擊二氧化碳排放量(公噸)	216
表 7-24 各縣市 2012 年事故道路衝擊甲烷排放量(公噸)	217
表 7-25 各縣市 2010 年事故道路衝擊甲烷排放量(公噸)	218
表 7-26 各縣市 2012 年事故道路衝擊氮氧化物排放量(公噸)	219
表 7-27 各縣市 2010 年事故道路衝擊氮氧化物排放量(公噸)	220
表 7-28 各縣市 2012 年事故道路衝擊總二氧化碳排放量(公噸)	221
表 7-29 各縣市 2010 年事故道路衝擊總二氧化碳排放量(公噸)	222
表 7-30 2010 年全國道路交通事故總耗能(公乘)	224
表 7-31 全國道路交通事故二氧化碳排放量(公噸)	224
表 7-32 全國道路交通事故甲烷排放量(公噸)	225
表 7-33 全國道路交通事故二氧化氮排放量(公噸)	225
表 8-1 不同污染源於各部門之總量統計(TEDS 7.1 版)	227
表 8-2 統計各縣市二氧化氮排放總量(單位：公噸/年)	227
表 8-3 空氣污染濃度與健康影響	229
表 8-4 社會經濟特性分析(1)	237
表 8-5 社會經濟特性分析(2)	238
表 8-6 旅次特性分析(1)	239
表 8-7 旅次特性分析(2)	240
表 8-8 環保活動及身體狀況分析	241
表 8-9 二氧化氮願付價格分析	242
表 8-10 二氧化碳願付價格分析	243
表 8-11 時間價值願付價格分析	244
表 8-12 二氧化氮願付價格之單變數模式校估結果	246
表 8-13 二氧化氮願付價格之多變數模式校估結果	248
表 8-14 二氧化碳願付價格之單變數模式校估結果	249
表 8-15 二氧化碳願付價格之多變數模式校估結果	250

表 8-16 時間價值願付價格之單變數模式校估結果.....	251
表 8-17 時間價值願付價格之多變數模式校估結果.....	252
表 8-18 2010 年全國道路交通事故時間成本(百萬元).....	253
表 8-19 2010 年全國道路交通事故能源消耗成本(百萬元).....	254
表 8-20 2010 年全國道路交通事故二氧化碳汙染成本(百萬元).....	254
表 8-21 2010 年全國道路交通事故二氧化氮汙染成本(百萬元).....	256
表 8-22 2010 年全國道路交通事故外部成本(百萬元).....	257
表 8-23 交通事故之每人/每車死傷之平均成本.....	258
表 8-24 2010 年道路交通事故之總內部成本推估結果.....	259
表 8-25 2010 年道路交通事故之總成本推估結果.....	260
表 8-26 泰國、英國、加拿大、美國 2010 年道路事故成本佔 GDP 百分比之統計.....	261

第一章 緒論

1.1 研究緣起

目前我國對於車輛運行與能耗及汙排等環境議題，已有相當廣泛且豐富之研究，但進一步考慮交通安全與環境保護間之相關研究則相當有限。而且，交通安全相關研究課題大多著重於交通事故之預防及肇事因素之分析。事故發生後所造成之影響則仍尚待相關研究進行探討。其中道路交通事故從經濟面衡量可能造成傷亡與財產之個人損失，或因勞動力減損而致社會經濟面損失，已為相關交通安全研究所重視之課題。惟從更廣義之環境面而言，事故所產生之車流延滯衝擊，亦將直接影響能源消耗與碳排放量之增加，此部分之研究仍有待強化。

一般而言，造成車流延滯之原因主要可分為重現性(recurrent)以及非重現性(non-recurrent)兩類型。其中，重現性車流延滯大多源自尖峰交通車流所形成之擁塞，以及路口號誌控制等因素。至於非重現性車流延滯則大多源自不可預期之道路交通事故及交通事件(掉落物、車輛故障)，以及可預期之道路施工車道封閉等。因為重現性擁塞可透過歷史交通資料及交通控制策略之彙析，來加以推估與預防。至於非重現性的道路封閉施工亦能預先得知，並加以因應。但道路交通事故及交通事件所造成之非重現性擁塞，則因發生時空難以預測，故較難預估與防範。因此，也引起相關多的研究進行如何有效降低此類車流延滯衝擊的探討。其中，尤以同時造成道路交通運行效率及安全的交通事故，更是研究核心。

道路交通事故除直接造成生命財產之損失(內部成本)外，也間接造成道路交通延滯、能源消耗，以及污染排放(外部成本)。因此，要正確衡量道路交通事故之社會成本，必須同時包括內部及外部成本之推估，方能進行道路交通安全改善計畫之完整效益評估。基此，交通部運輸研究所已於 101 年進行「道路交通事故成本推估之研究」。該研究乃針對道路交通事故之當事人生命財產損失成本加以推估。但因事故而衍生的延滯、能耗及汙排等社會外部成本，則尚未建立完整的推估架構及推估結果。因此，如何建立事故所造成的社會外部成本

之推估架構與方法，以完備事故整體社會成本之推估，確有其必要性。而我國雖曾有部分研究探討道路交通事故與車流延滯之關聯，惟未進一步就其對能源消耗與碳排放量所產生的影響加以推估。因此，在節能減碳之交通管理應用策略上，實有必要先就我國道路交通事故所衍生整體能耗與碳排放等外部成本進行推估，期作為評估特定先進交通管理應用技術對降低交通事故之成本效益基礎。

1.2 研究目的

基於上述之研究背景與動機，本計畫主要研究目的有三：

1. 由於道路交通事故發生的型態、地點、嚴重程度均不相同，對於當時交通運行所產生的衝擊亦不相同，透過系統化的概念，將不同道路型態、事故衝擊範圍，運用相關車流分析理論或模擬技術，連結相關之耗能與碳排放推估參數，以建立整體性之分析架構，並進而加以實證推估。
2. 推估不同的道路體系以及不同的道路事故所產生的能源消耗與碳排放量，提供道路管理單位做事故預防、易肇事路段防制評估及管理之參考，以同時兼顧效率與安全。
3. 就我國道路交通事故所衍生整體能耗與碳排放等外部成本進行推估，期作為評估特定先進交通管理應用技術對降低交通事故之成本效益基礎。

1.3 研究範疇

根據本計畫主要目的，透過系統化的概念，將不同道路型態、事故衝擊範圍，運用相關車流分析理論或模擬技術，連結相關之耗能與碳排放推估參數，以建立整體性之分析架構，並進而加以實證推估。本計畫之範疇將著重於事故車流模式之建立、能耗與碳排放之推估，以及事故外部成本貨幣化之估算，將以挑選國內市區道路及高速公路作為分析對象，並蒐集不同道路類型之幾何設計資料及車流量資料進行分析並彙整成模式應用之參數。最後並針對市區道路及高速公路篩選事故發生頻率較高之路段及地點，進行實際案例之分析，以提供相關單位之應用與參考。

1.4 研究流程與工作項目

本計畫預定完成之工作項目如下：

(一) 建立道路交通事故衝擊分析之系統化架構

1. 透過廣泛蒐集國內外研究與文獻，針對道路交通事故的類型、定義、範圍、衡量項目、衡量方法等，建立交通事故衝擊分析之系統化架構。
2. 針對不同道路型態(如高速公路、省縣道、市區道路等)，界定道路交通事故之衝擊範圍與可用之參數(如事故的類型、影響車道數、影響時間、影響車輛數及車種、交通控制系統等)，以建構整體道路系統之交通事故衝擊類型化分析。
3. 評估所需應用之分析方法及技術(如車流模式、等候理論、模擬技術等)。
4. 蒐集交通衝擊分析所需資料，研析不易蒐集資料之克服方法或替代方案。

(三) 建立整合道路交通事故耗能及排碳量推估之系統化架構

1. 參考國內外及國內既有之耗能及排碳量推估研究，連結交通衝擊分析與耗能及排碳量推估分析，建立系統化之架構。
2. 明確界定系統化整合分析架構之輸入/輸出變數、參數以及系統關聯性。

(四) 國內道路交通事故之耗能及碳排放推估分析

1. 蒐集交通衝擊分析、耗能及碳排放推估所需變數及參數。
2. 運用前述系統分析架構、分析方法及技術，針對特定事故類型、特定道路及整體道路所發生交通事故之能源消耗及碳排放量進行推估。
3. 說明分析結果，並透過分析資料進一步提出推估研究之應用價值與意涵。

由於道路交通事故發生後，除直接影響當事人之生命財產外，事故所造成的車道阻塞亦對上游車流形成干擾，導致其他用路人的額外延滯。延滯除帶來駕駛人時間成本的損失，亦會對環境造成影響，因此，推估事故造成的汙染排放及能源消耗，實有其必要性。基此，本計畫之研究流程如圖 1.1 所示。

本計畫主要針對道路交通事故衍生之能源消耗與碳排放量進行推估，為充分了解國內外對於此課題之研究內容，彙析國內外車輛能耗與污染排放、車流模式與模擬、道路交通事故對車流之衝擊、道路交通事故頻次與嚴重度分析及空氣汙染之願付價格分析等文獻，分別就車流模擬、環境衝擊、事故影響及成本分析等課題，回顧相關文獻及研究方法，以利後續研究能獲得更多啟發及應用。

事故發生類型種類繁多，不同的道路特性其發生之事故型態亦有差異，為使本計畫聚焦重要課題上，將道路型態、事故類型、衝擊範圍事先進行界定。透過範圍界定及資料蒐集，並以車流模式為基礎，將模擬車流行為之輸出參數，如速率、流量及密度等，代入汙染排放

及能源消耗推估模式，以推估排放量及能源消耗。此外，透過車流模式亦可推估延滯時間及延滯時間成本。而污染排放成本可藉由排放量與污染排放價格換算，但此成本是根據污染對環境造成的成本推估而來，尚未有研究探討用路者對於空氣污染之願付價格。因此，本計畫於環境影響成本分析加入空氣污染願付價格，除可以推估環境衝擊的成本，亦可推估用路者對於污染影響之成本。另外，本計畫亦導入環境補償之概念，過去肇事者僅須賠償受害者，但忽略周遭環境亦受到事故傷害。因此，肇事者應對環境的破壞進行賠償。而本計畫將進一步透過空氣污染願付價格分析，探討肇事者願意對環境污染賠償之額度。

最後本計畫依據建構之事故車流模式、污染排放模式及能源消耗模式，分別針對高速公路及地區道路分別進行案例分析及統計彙整。並將相關參數代入本研究所建立之模式中，以分析污染排放及能源消耗成本，以作為相關單位研擬改善方案之參考。最後綜整各部份推估與分析結果，作成結論與建議。

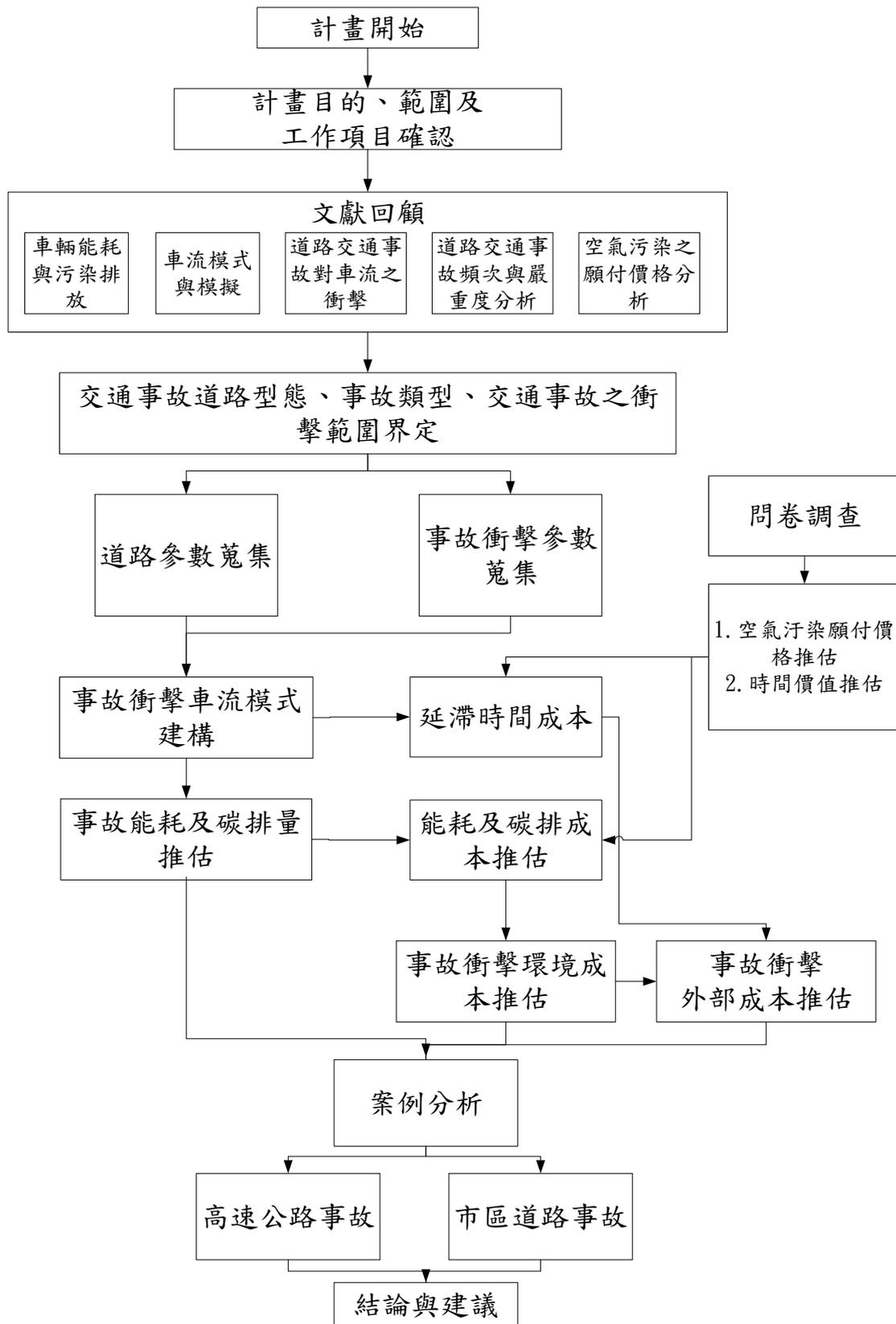


圖1.1 研究流程圖

第二章 文獻回顧

從交通安全的角度來看，道路設施是道路環境組成之一環，其設置的目的在於提供車輛駛人及行人有關道路路況之警告、禁制、指示等資訊，以及道路照明、行車指引與安全防護等功能。若道路設施設置不當，將可能提高道路環境的風險，觸發駕駛人發生交通事故的可能性與嚴重性；而事件的發生，更造成非重現性交通的擁擠，衍生出事故排除所需的車輛移除與緊急救護作業，紓解車流所需的交通維持作業，以及後續車輛與設施的損毀修復、交通事故調查與後續行政、傷者後續照護等。包括：

1. 非重現性交通擁擠

當事故發生時會產生非重現性交通擁擠，進而造成後方車輛延滯增加，並增加燃油消耗；此外，部分駕駛人可能採取繞道而行的方式，改變行車路徑可能會增加旅行時間，進而增加油耗。

2. 事故排除

為排除事故，必須由警察到場進行初步調查建檔，同時必需派遣機具與相關人員（例如拖吊車等）將車輛移除現場，在人員與機具的派遣過程當中會增加交通旅次，以及相關車輛設備的燃油消耗。

3. 傷者後送醫療

若事故造成人員傷亡，必需派遣救護人力與設備車輛至現場，因而造成交通旅次增加與燃油消耗，此外，後續醫療行為與藥物醫材消耗也會消耗資源增加碳排放。

4. 設施損毀

事故現場若造成設施損毀，首先必須將現場隔離進行修復，期間車流受到施工影響會產生延滯，造成額外的燃油消耗；而設施本身修復過程也需要耗費資源與人力進行生產與維修。

5. 車輛損毀

事故造成車輛損毀的修復過程，需要消耗資源生產相關零件，以進行車輛的維修工作。

6. 事故調查與後續行政

後續事故調查、保險理賠程序、法律責任釐清等需要人力投入，行政程序則會產生諸如書面作業、文件傳送等相關活動以及對應之資源消耗。

7. 傷者後續照護

事故傷者後續醫療必須持續投入資源進行照護，若事故造成永久性損傷，更需增加長期照護人力以及相關醫護設備，進而衍生額外資源的消耗。

綜整而言，良好的道路安全設施，除可減少事故發生與嚴重程度外，如圖 2.1 所示亦可減少因事故發生而增加的燃油消耗與交通旅次需求，進而減少二氧化碳排放量。

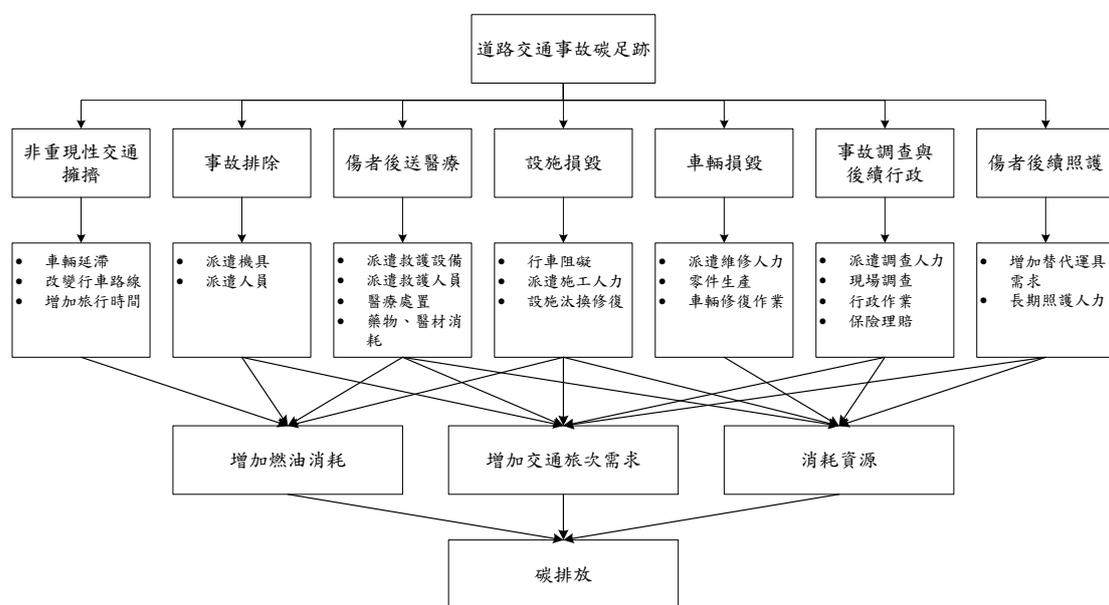


圖2.1 事故碳足跡

2.1 車輛能耗與污染排放

2.1.1 能源消耗模式

在都市交通管理策略中，透過改善機動性及減少延滯降低能源消耗。美國有效的時制設計，每天可節約五百萬加侖的油料。此外，在美國的所有能源消耗中，有 45% 的比例是來自於路上車輛的能源消耗。因此，能源消耗逐漸成為衡量交通管理策略的重要效率指標之一。而從 1970 年開始，有許多車輛能源消耗的研究，建立多種類的能源消耗模式，此部分將介紹能源消耗與交通運輸相關文獻。

2.1.1.1 車輛能源消耗之影響因素

主要的影響能源消耗有四個影響因子，分別為車輛因子、環境因子、駕駛人因子與交通因子。在交通因子考量的變數有：速率、站牌數、行駛噪音與加速噪音等。而駕駛人的侵略性駕駛行為，也進一步影響了能源的消耗比例。環境因子影響能源消耗的變數包括：道路坡度、風向、周圍溫度、海拔高度、鋪面型式與路面狀況等。影響能源消耗的車輛因子變數包括：車重、引擎大小、引擎類型、變速器類型、輪胎類型、胎壓、煞車狀態、汽化器系統、引擎溫度、汽油類型、車輛形及車上的附屬電子用品種類等。

2.1.1.2 能源消耗模式內容

透過一系列的車輛特性、駕駛人特性及環境等可以建立一交通相關因子影響的能源消耗模式。在英國(Everall 1968)、澳洲(Pelensky *et al.* 1968)、美國(Chang *et al.* 1976; Evans and Herman 1978; Evans *et al.* 1976) 等地都有研究指出可以藉由建立一個線性函數式估計每車單位距離在都市區相對於車輛平均速率之能源消耗量。其中 Evans *et al.* (1976)研究建立的模式涵蓋了 16 種可能影響能源消耗量的交通變數，該研究統計車輛車速變數就可以解釋 70% 的車輛能源消耗變異程度。此外，研究也顯示當速率大於 55(公里/小時)時，動力情況因素對能源消耗比例將會產生累加的影響。因此該研究將交通情況分成都市道路(速率小於 55 公里/小時)和公路(速率大於 55 公里/小時)兩種類別後，發現在都市道路上若平均速率增加，能產生更好的車輛能源效率。

2.1.1.3 都市道路能源消耗模式

Herman and co-workers (Chang and Herman 1981; Chang *et al.* 1976; Evans and Herman 1978; Evans *et al.* 1976) 根據上述理論建立了一個簡單的市區道路之線性函數，探討每單位距離的平均旅次時間與能源消耗的關係。此模式又被稱為「Elemental Model」，公式如下：

$$\Phi = K_1 + K_2T, V < 55 \text{ km/hr} \quad (2-1)$$

其中 Φ ：每單位距離之能源消耗， T ：每單位距離之平均旅行時間， $V(=1/T)$ ：平均速率。 K_1 (in mL/km)表示克服旋轉摩擦力所需之能源，大小與車輛質量因素相關。 K_2 (in mL/sec)為調整模式準確度之係數。Akcelik and co-workers (Akcelik 1981;Richardson and Akcelik1983)則建立了另一個模式，分別估計車輛在行駛階段、停等階段及加減速階段將產生多少能源消耗，此模式的都市道路能源消耗公式為：

$$F = f_1X_s + f_2d_s + f_3h \quad (2-2)$$

其中， F = 每道路區段之平均能源消耗(mL)， X_s = 總區段距離(km)， d_s = 每車輛平均停等延遲(secs)， h = 每車輛平均停靠數， f_1 = 行駛階段能源消耗率(mL/km)， f_2 = 停等階段能源消耗率(mL/sec)， f_3 = 每車輛停靠之超額能量消耗(mL)。

2.1.1.4 公路能源消耗模式

Vincent *et al.* (1980)與 Post *et al.* (1981)在一致的行駛速率基礎下各建立能耗模式。其中，Vincent *et al.*(1980)所建立的模式為：

$$f_c = a + bV_c + cV_c^2 \quad (2-3)$$

其中， V_c = 平穩狀態行駛速率， f_c = 平穩狀態行駛速率下之能源消耗， $a = 170 \text{ mL/km}$ ， $b = -4.55 \text{ mL-hr/km}^2$ ， $c = 0.049 \text{ mL-hr}^2/\text{km}^3$ 。

Post *et al.* (1981)建立的平穩狀態能源消耗模式，公式為：

$$f_c = b_1 + b_2/V_c + b_3V_c^2 \quad (2-4)$$

其中， $b_1 = 15.9 \text{ mL/km}$ ， $b_2 = 2520 \text{ mL/hr}$ ， $b_3 = 0.00792 \text{ mL-hr}^2/\text{km}^3$ 。

有鑑於車輛能耗推估模式之重要性，交通部運輸研究所近年來也已分別針對國內之自用小客車、營業用大客車，以及重型及輕型機車蒐集其在不同道路與交通環境下之能耗與行駛速度關係式，亦足供推估車輛運作或停等之能耗。

2.1.2 污染排放模式

空氣污染排放量的推估可有以下幾種方法：直接推估方法、質量平衡法、工程計算法與間接推估方法。其中，直接推估方法是較為可靠的方法，但惟獨成本較高故僅能夠針對部分重要地點進行有限的實測；而最方便及最常使用的方法係利用間接推估法，亦即排放係數法進行推估。以排放係數法進行排放量推估之基本公式如下：

$$\text{排放量} = \text{排放係數} \times \text{活動強度} \times \text{控制因子} \quad (2-5)$$

「排放係數(或稱排放因子；Emission Factor)」之定義為每單位生產量(能源消耗或服務量)所排放之空氣污染物之量；「活動強度(Activity Intensity)」是指一段時間內之生產量(或能源消耗量或服務量)大小，主要配合排放係數之單位項目代入推估；「控制因子」係指污染源受到控制後與控制前之排放量比值。然而針對移動污染源排放量之計算方法則將算式改為：

$$\text{排放量} = \text{排放係數} \times \text{車輛行駛里程} \times \text{車輛數} \quad (2-6)$$

Bachman *et al.*(2000)在研究中指出行駛模式、引擎 CC 數、車齡、行駛里程數與排氣控制設備等車輛特性皆為影響污染排放係數的重要因素。Joumard *et al.*(1995)亦嘗試利用不同車輛運行特性之速度與加速度建構排放模式。而用以評估移動污染源排放係數主要有兩種模式：MOBILE 排放模式與 COPERT 排放模式。

COPERT(Computer Programme to calculate Emissions from Road Traffic)係由歐盟環保署(EEA)所資助發展而成的車輛污染推估模式，其所能推估之污染物的範圍相當廣泛，該模式將污染物主要分成四大類，第一類包括 CO、NO_x、VOC(揮發性有機化合物)、PM(懸浮微粒)、CH₄(甲烷)等。第二類包括 CO₂、SO₂ 以及 Pb、Cr 等重金屬污染物。

第三類包括 NH₃、N₂O、PAHs、POPs、PCDDs、CDFs 等。第四類將非甲烷揮發性有機物(NMVOC)細分成烷類、烯類、炔類、醛類等。但其中僅第一類污染物是以車輛實際測試的方式建立其相關資料，其餘三種污染物類別之排放推估則是以其他污染源模式做為其主要之推估依據。在車種方面，COPERT 推估模式所能包含之車種種類亦相當廣泛，分類方法相當複雜，主要包含以下幾種車型：Passenger cars、Light-duty vehicles(<3.5t)、heavy-duty vehicles(>3.5t)、Bus、Mopeds 與 Motorcycles。每種車種再依據使用之燃料、排氣量大小、車重、出廠年份分成若干個次類別。在計算車輛的污染排放源中係以車輛之冷啟動、熱穩定及蒸發污染這三大項之和作為其污染排放係數，其中以冷啟動以及熱穩定屬於車輛運行特性之排放係數，因此兩者的建構方式是以不同的行車型態中利用速度的差異建構一車速與排放量間之關係。

MOBILE 程式係由美國環境保護署(US-EPA)所發展，針對八種不同車型種類進行排放係數之推估。藉由不同車種的基本排放係數、車輛組成特性、車輛啟動特性、燃料特性等因素，以及五種不同的排放型態，估算 CO、HC 以及 NO_x 之平均排放係數。目前此模式發展至今經多次修正後發展至 MOBILE 6.2，對於過去之模式已有大幅度的修正。而我國目前主要在排放係數的推估上，係使用中鼎顧問公司所開發之 MOBILE-Taiwan 2.0，主要是將美國之 MOBILE 模式中部分參數本土化。

而近年來，我國環保署為提升全國排放量資料庫之品質，著手加強推動各縣市之排放資料庫之正確以及完整性，並規劃每三年進行一次全國排放量更新工作。於 93 年度之計畫中以 92 年為基準年排放量進行 TEDS6.0 版之建置，並於 95 年度完成 TEDS6.1 版之 92 年基準年排放量更新。97 年度著手完成完成 TEDS7.0 版大幅度的排放量更新推估，此版本以 96 年為基準年進行資料庫之更新，並於 98 年完成建置。

Marmur and Mamane(2003)利用兩種資料庫以推估移動污染源之排放因子，並以 FTP 的行駛型態作為排放模型的基本設定，進行排

放模型之推估與實際排放資料之比較，實際之排放因子是來自隧道實際行駛條件下所蒐集建立。文中是以以色列三條快速道路作為研究之地點，主要排放模式採用 COPERT 與 MOBILE 來推估 NO_x 排放係數並與實際排放資料相互比較，結果發現因不同車種組成比例對於整體排放係數之推估也會有所差異，MOBILE 5b 的推估適用於柴油車輛比例較高的情況，而綜觀而言 COPERT3 是以色列地區較為適用的模式。

Xia and Shao(2005)嘗試針對香港地區建立一巨觀車流模式用以模擬區域之車流情況。模式中考量了道路上之車種比例，並藉由此比例計算出道路上各種車種之 CO、NO_x 與 PM_{2.5} 之排放量，而排放係數是利用 COPER2 之方法來估計。並針對有偵測器之區域進行排放量之推估，而利用迴歸分析結果計算以及實測污染物有高度正相關，CO 之 R² 介於 0.8 與 0.84，NO_x 之 R² 介於 0.74 與 0.86，PM₁₀ 之 R² 介於 0.82 與 0.85。

張庭嘉(民 95)之研究主要目標為建立一套計算污染總量的計算模式，藉以推估 2004 年國內機車與柴油車的污染排放總量。文中探討機車燃油消耗狀況並進而推估機車油耗與 CO₂ 排放的關係。最後藉由 2004 年機車燃油消耗量，再進一步推估國內機車 CO₂ 排放總量。研究中之架構係參考美國之 MOBILE 污染排放模式與歐盟之 COPERT 模式來分別建立使用中柴油車與機車之污染總量推估模式。文中模式同時也針對 CO、HC、NO_x 與 PM 等污染物之排放係數進行修正與建立，也針對 CO、HC、NO_x 的排放係數做了行車型態、冷熱啟動及各級道路平均車速的修正。

本節回顧國內外之污染排放係數之推估或運用情形，綜觀國內外的相關研究中除了部分文獻針對實車進行排放係數推估，大部分依舊採用 MOBILE 或 COPERT 之模式方法進行推估。我國目前在車輛排放係數上仍以 MOBILE-Taiwan 作為主要的分析工具，其中公部門目前較常被使用之線源排放係數參考為環保署之臺灣地區排放量資料庫(Taiwan Emission Data System，簡稱 TEDS)，故本研究也將以此線源排放資料庫作為排放係數之參考。

2.1.3 污染擴散模式

藉由排放係數的計算可以得知污染物在空氣中的排放總量，但是由於不同的氣象條件以及地形因子等條件，會使得污染物在空氣中有著不同的傳輸情況，而僅計算污染總量並無法得知污染物在空氣中之擴散情形，因此擴散模型主要是利用數理方程式描述大氣、擴散、煙流理化過程，以計算不同地點之濃度。因此為了瞭解各種污染物在空氣中的擴散情況，近年來發展了許多污染擴散模型。而各種模型均有其特性、限制以及適用範圍，主要可分為四大類型，分別為：箱型模式(Box Model)、高斯模式(Gaussian model)、Lagrangian model 以及計算流體力學模式(Computational fluid dynamic models；CFD)。其中箱型模式以質量守恆為基礎，假設箱內污染物濃度混合且均勻分布，且只需簡單之氣象、排放資料並設定部分參數即可計算結果，但因所需之資料簡易因此模擬結果較不足以顯示實際濃度之資訊。

Lagrangian 模式與計算流體力學模式皆屬於網格模式的一種，其模擬推估方式與箱型模式略為相似，均會設定一槽狀網格以及邊界、初始濃度之設定，並以平均風速、風量之紊流組成以及分子擴散來計算其濃度變化，可模擬均勻地形之穩定條件或非均勻定型之非穩定條件。由於此種方法屬於數值解析分法，雖然可以考慮到沿道路兩側之地形及建物，但數值解析法將會有大量之計算，且有些邊界條件之設定較為困難使用上較為不便。所有模式中較為常見的是高斯模式以及流體力學模式等之擴散模式，其中又以高斯模式之運用最為廣泛。而各種模式之特性如下表 2-1 所示。

在高斯模式中主要共可兩種預測方法，煙流(Plume)以及煙陣(Puff)，兩者皆是以高斯分布作為煙流或者煙塊之分布假設。而各模式之比較特性如下表因此本研究將回顧高斯模式之應用以及其評估績效，以進行擴散評估模式之確立及運用。

表 2-1 物理擴散模式特性

預測方法	概要	輸入參數	適用範圍	優點	缺點
煙流模式	煙流 (Plume) 之分布假設為高斯分布用以處理污染源連續排放及均勻之流場	1.平均風速、風向 2.大氣穩定度 3.污染源之分布 4.煙囪煙道資料	1.距煙源 20km 內且地形平坦之濃度推定 2.中小尺度的長期平均濃度分布推定	1.計算容易且理論符合亂流之不規則性 2.適合長期平均濃度之預測 3.是和平坦地形，固定煙源之濃度預測	1.難以配合風系變化 2.無法處理複雜地形之環境 3.無法做無風狀態之解析
煙塊模式	煙陣 (Puff) 之分布亦假設為高斯分布，用以處理污染源瞬間排放及非均勻流場	1.風速、風向之水平變化 2.大氣穩定度 3.污染源分布 4.排放量時間變化 5.煙囪煙道資料	短時間內都市之污染物濃度分布	1.能配合氣象條件隨時空之變化 2.適合無風狀況之濃度預測	1.煙陣之間隔大時始能應用 2.不易考慮垂直風切及煙源間相互之影響
箱型模式	假設箱型內污染物濃度為均勻分布，且與箱型之寬度、高度有關	1.風速 2.混合層高度 3.排放量之時間變化	1.都市區域之空間平均濃度 2.道路內之空間平均濃度分布	1.最簡單之擴散模式 2.適合地面污染源或面源污染之預測 3.適合廣域污染之預測	1.不能考慮水平及垂直方向之擴散 2.不能顯示箱型內濃度分布 3.不能顯示高煙源之影響
網格模式	將區域分割成三維網格點，將網格點之濃度以梯度擴散方程式及三維風場資料求取	1.風速、風向之三維分布 2.擴散係數 3.排放源之分布 4.排放量	1.複雜地形之污染物濃度分布 2.道路內之污染物濃度分布	1.可處理地形、氣象因子對污染濃度之影響 2.可考慮非線性之化學反應項	1.所需資料龐大、浪費計算時間 2.不能顯示箱型內濃度分布 3.不能顯示高煙源之影響

資料來源：鄭宗岳、林鴻祥(民 94)

2.1.3.1 高斯煙流模式

高斯煙流模式是目前運用最廣泛的大氣擴散模式型態，其原理是煙流垂直與水平擴散方向在穩定狀態下呈高斯分配，Pasquill(1961)與 Gifford(1976)指出煙流寬與高之氣象穩定度設定由 σ_y 與 σ_z 來決定。目前發展許多以高斯方程為架構之擴散模式，如 CALINE(California Department of Transportation)、HIWAY(US EPA)、CAR-FMI(Finish Meteorological Institute)、GFLSM、IITLS 等。其中，GFLSM 以及 IITLS 模型是較為方便運用之數值模型。

Goyal and Rama Krishna (1999)針對印度德里地區之 NO_2 濃度進行分析，文中以 CALINE3 以及印度理工學院(IIT)所發展之線源模式「IITLSM」與實際觀測的空氣品質相互比較，藉以檢驗兩種模式模擬之績效。結果發現，在平行風的情況下 CALINE3 之濃度模擬結果會有高估的情況，在斜風以及側風的情況下模擬結果會有低估的情況。兩種模式皆能夠有效的預測道路之 NO_2 濃度，其中又以 IITLSM 模式與觀測值具有較為顯著的相關性。

Wang *et al.* (2006)探討香港地區之都市路側區域因交通而引起的氣體以及粒子排放擴散特性。研究中選定三段市區道路進行實地量測，同時並以 GFLSM 推估其路側污染物 CO 與 $\text{PM}_{2.5}$ 之濃度。另外，作者將 GFLSM 中之擴散參數以 Monin-Obukhov length 法取代離散之 Pasquill 穩定度判斷法。結果發現，根據所量測以及計算之 CO 與 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度資料有著相當高的一致性，CO 之一致率約為 0.68-0.92， $\text{PM}_{2.5}$ 之一致率約為 0.6-0.75。預測值與實測值之迴歸分析結果 CO 之相關係數介於 0.93-0.99 之間，而 $\text{PM}_{2.5}$ 之相關係數介於 0.85-0.96 之間，表示該模型能夠準確的預測污染濃度的分布情形。因此 GFLSM 提供一個較為可靠以及方便的方法來評估香港城市內之空氣品質。

Lin and Ge (2006)利用格位傳遞模式(CTM)模擬車流的運行行為，並且利用高斯擴散模型 CALINE4 來估計一道路之交通排放以及路邊空氣品質。根據 CTM 之特性，以格位為單位進行污染排放之計算以模擬污染物之擴散情形，作者並假設號誌、相關之車流變數以及設定相關大氣環境變數以模擬實際之道路交通情況，模擬時間設定為 15

個小時包括了早上尖峰以及下午尖峰，並將道路分割成十個格位，以距離路緣 3 公尺做為擴散預測的地點，分散於道路的四個位置。污染排放係數以 MOBILE6 進行推估。結果發現，車流模式可以充份模擬車輛在尖峰以及離峰之行為，在污染物方面發現越接近路口 CO 之濃度變化比上游路段有更大的變化，污染程度也以靠近路口處較為嚴重。另外，作者亦利用平均小時之流量以 CALINE4 直接進行模擬，並與使用格位法之模擬結果發現，由於交通的異質性，利用平均小時車流量與車速之濃度計算結果會較利用 CTM 模擬來的低。

Ganguly and Broderick (2008)以兩種大氣擴散模式：一般有限線源模式(GFLSM)以及 CALINE4，用以評估公路路側 CO 之量測。由於過去的研究已經說明 CALINE4 適合用於愛爾蘭之公路環境，因此文中以相同的環境條件下利用 GFLSM 來分析與比較兩種模式之模擬結果，擴散模式中所需使用之排放係數是利用 COPERT3 之架構方法來計算單位小時之排放係數。而比較之結果發現模擬結果 GFLSM 模式較 CALINE4 模式為佳，作者亦針對 GFLSM 模型進行大氣穩定度以及風速之敏感度分析。在 GFLSM 穩定度敏感度分析中將穩定度分為「不穩定」、「穩定」以及「中立」，並發現以中立之情況模擬表現較佳。在風速敏感度分析中將風速分為「小於 0.5 m/s」、「0.5~2 m/s」以及「大於 2 m/s」，分析結果中顯示以「0.5~2 m/s」之狀態模擬結果較佳，反之，以「小於 0.5 m/s」之狀態較差。

Ganguly and Broderick (2010)先以印度理工學院所發展之 IITLSM 模式以及 GFLSM 模式在相同地區之實際 NO_x 污染濃度相互比較。在預測單日污染濃度變化時在中午以前之預測較為準確，但越晚會有高估的情形，並且以 GFLSM 模式表現較好。而前六個月之統計結果分析顯示，GFLSM 模式對於長期而言也較能接近實際偵測之濃度，因此在考量可能發生任何風向的情況下是以 GFLSM 的模擬結果較佳。由於 GFLSM 以證實能夠有效的處理側風及斜風的情況，作者為了使其能夠更準確的計算在平行風情況下之濃度，因此假設一種混合模式，將 GFLSM 模式混合 IITLS 模式的概念加以改良。而混合模式與 GFLSM 模式之比較結果發現，混合模式在處理平行風之條件下比單獨使用 GFLSM 模式來的有效。

2.1.3.2 高斯煙陣模式

煙陣模式係在煙源不斷連續排放，而將排放體以短時間切割，短時間之排放體為一煙陣之擴散，煙陣之分布情形亦假設為高斯分布。

Arya(1995)建構一靠近源點且適用於低風速之高斯煙塊模式，並且針對大氣環境進行相關參數之修正及提議，而此模式適用於大氣穩定度為中性以及穩定的狀態之下。

Thomson and Manning(2001)針對於低風速狀態下穩態之高斯煙塊模式，提出一新的求解方法。作者將煙塊模式擴散行為分為小型時間以及大型時間尺度，並以拉式積分時間尺度(Lagrangian integral time scale)做為擴散時間長短分隔之準則。此種方式之用意在於整合在不同時間下之煙塊，並且假設在短時間下煙塊成長會與時間成正比，在長時間下會與時間的均方根成正比。文章中並以此模式與高斯煙流模式相互比較，並發現此模式有著良好的擴散推估能力，此模式也有有效的說明在低風速下煙塊的變化情形。

Luhar(2011)指出由於部分風向分布複雜所造成的擴散行為可能呈現非高斯的特性，因此在長時間下可能無法準確的進行推估。而文章中發現雖然在一般常態穩定的風力狀態下，一般之煙塊模式擁有良好的解釋與模擬能力，並且也能符合在弱速風情況下之擴散特性。

本節回顧了以高斯分布為基礎之污染擴散模式，其中分為煙流以及煙陣模式，並發現高斯煙流模式是較常被使用之擴散模式，其原因在於能夠計算方便計算長時間下之濃度分布情形且此類型之模式也有較為簡便之軟體可做應用。然而，本計畫之目的在於號誌控制下之污染影響，由於需要瞭解在短時間下的濃度分布情形，因此煙陣模式是一較適合之模式，透過該模式可計算出在短時間下之濃度以比較在不同號誌控制策略方法下對於路外區域不同時間之濃度分布情形。

2.1.4 車輛污染排放模式的常用研究方法

2.1.4.1 污染排放模式

擴散模式需要瞭解污染物之排放強度，並計算交通運具之排放總量，除了車流量外，排放係數亦是整體模式準確性的重要參數。藉由文獻回顧瞭解各種排放係數之應用以及校估，本計畫將以環保署所建構之 TEDS 7.0 線源排放資料庫做為道路污染物排放量之推估參考依據。

由於國內並無本土化之車輛排放係數推估方式，主要還是參考並引用美國之推估方式，對於各種污染物質之排放係數推估而言主要分為兩部分：一為 CO、NO_x 及 HC 之推估，主要係採用由中鼎顧問公司所建構之 MOBILE-Taiwan2.0 模式或直接使用美國 Mobile 相關模式，而 TEDS7.0 版與 TEDS5.1 版之推估方式皆是以 Mobile-Taiwan2.0 模式來進行；另一部分為 TSP、Pb 及 SO_x 之推估，此類污染物則是引用美國「AP-42, Volume II : Mobile Sources -Appendix L」之方法來進行計算。

在 MOBILE 模式中於 HC、CO 與 NO_x 排放係數推估之方法中根據車輛排放特性可將其分為尾氣排放、蒸發排放與行駛損失三大類：

1. 尾氣排放

係指由排氣管排出之廢氣，其排放之污染物有 HC、CO、NO_x、Sox、TSP，也是最主要的排放源。而此類別之排放係數之公式如下

(1) 基本排放率 BER

$$BER = ZML + (DET \times CUMMIL / 10,000) \quad (2-7)$$

其中，ZML 為零里程排放率(克/英哩)

DET 為每 10000 英哩之劣化率

CUMMIL 為累積車行里程(英哩)

模式假設：車齡愈大時其劣化率愈大，當 CUMMIL > 50,000 時

$$BER = ZML + (DET \times 5 + [DET2 \times (CUMMIL - 50,000) / 10,000])$$

(2-8)

- (1) 模擬年份之基本排放係數 BEF (以 CO 為例，校正至 FTP 之標準測試狀態)

$$BEF = (BER \times OMTCF \times PCLEFT) + OFFCO + OMTTAM$$

(2-9)

其中，OMTCF：溫度、RVP 之校正

PCLEFT：I/M 執行效益

OFFCO：低溫 CO 之校正

OMTTAM：污染控制設備因素之校正

- (2) 組合排放係數(COEF)

$$COEF = \Sigma(BEF \times TF \times SALHCF \times RVPCF)$$

(2-10)

其中，TF 為該年份車輛車行里程占總車行里程比例

SACHCF：速度、A/C、EXTRA LOAD、TOWING 校正係數

RVPCF：OPEN LOOP & NO CATALYST VEHICLES 之 RVP 校正

2. 蒸發排放

其中主要參考美國 EPA 對使用中車輛測試之結果，測試之車輛分為 Tampered and Non-tampered。

3. 行駛損失(Running Loss)－車輛行駛時之蒸發排放

模式依據 7.0、9.0、10.4 及 11.7psi RVP 及在 80、95、105°F 溫度下之測試結果，僅 LDGV 及 LDGT 具有行駛損失資料且溫度必須大

於等於 40°F。若溫度小於 40°F 時則為 0；當溫度大於 105°F 時，則等於 105°F 之結果。RVF 小於 7 psi 或大於 11.7 psi 時，分別等於 7 psi 及 11.7 psi 之結果。

Mobile-Taiwan 模式推估之原理及公式仍採用 Mobile 模式之推估架構，但為更符合國內之交通運具特性及環境，需將原本模式中之部分參數進行修正。主要修正內容為車種分類、單位轉換、調整各類車種之蒸發排放之數值…等。

而 TEDS7.0 在進行上述應用時所輸入之相關資料參數如油品成分、耗油率、車齡分布、行車型態、冷氣使用影響污染值之調整、環境背景參數…等。

以行車型態之調整方案為例，根據「台灣地區空氣污染排放量推估手冊 TEDS 7.0」之說明，國內目前法規規定之行車型態排氣標準係分別參考美國(FTP)及歐洲(ECE)標準之行車型態，並非採用國內實際之行車型態，因此，多數相關檢測均是依法規規定方式測試之結果，而 TEDS 應用這些檢測結果所換算出的零里程排放率及劣化率即無法完全反應實際排放狀況，故需進一步修正。另外，國內對於影響污染值之相關因素，於近年曾進行過相關研究檢討，包括行車型態及冷氣使用等對排放量之影響。過去於 TEDS6.1 推估時即開始應用這些研究結果建立之轉換公式做為排放係數調整之參考，TEDS7.0 之更新排放係數推估結果亦比照相同方式進行調整。在此調整項目中，主要調整之車輛包括小客車、小貨車及機車。

小客車之行車型態修正與調整方面，環保署曾於 85 年及 86 年進行過台北行車型態 (TMDC)、高雄行車型態 (KMDC) 調查，並於 92 年分別在台北市、新竹市、台中市、台南市與高雄市之跟車調查，得到五種不同的行車形態，再將其組合成兩種行車形態 TWN1 及 TWN2，其中 TWN1 行車形態包括新竹冷啟動 810 秒，台南熱啟動 738 秒，新竹熱啟動 810 秒；TWN2 則包括高雄熱啟動 757 秒，台北熱啟動 956 秒，台中熱啟動 1032 秒。工研院曾將上述之研究檢測數據，利用線性迴歸進行分析，結果顯示除台北、高雄行車型態的

CO 相關性未如其他污染物佳，TWN1 各污染物與 FTP-75 相關性極佳，依其報告顯示 TWN1 行車形態主要是由新竹市與台南市的行車形態所組成，可代表一般中型都市的行車形態。而工研院所整理國內相關行車型態與目前法規所採用美國 FTP 行車型態下污染值測試結果之相關迴歸式，並利用所得之迴歸式初步作為污染值之修正依據。

在機車的行車型態修正部分，過去曾進行台北、高雄及屏東地區行車型態調查研究，並透過國內機車行車型態調查測試結果與目前法規所採用歐洲 ECE40 行車型態下污染值測試結果之相關迴歸式作為機車污染值之修正方式。

TEDS7.0 中之數值推估是以 96 年或相近年份之資料進行更新與整理。而計算排放係數的區域由過去 TEDS5.1 與 TEDS6.1 之三區改為五區，分別為台北縣市、高雄縣市、台中縣市、離島縣市及其他縣市等，因此在 TEDS7.0 中更新了包括上述五區各年份之平均排放係數。本研究將以「台北縣市」區域之資料做為排放模式推估之參考，並在車種之考量上為符合汽機車混合車流之條件因此選擇以「自用小客車」與「四行程機車」兩種車種做為排放係數之參考，而其污染排放係數如下表 2-2 所示。

表 2-2 小客車排放係數(克/公里.輛)

車速 (km/hr) \ 污染物	CO	NO _x	SO _x
5	24.58	0.83	0.0092
10	14.55	0.75	0.0086
15	10.75	0.71	0.0080
20	8.90	0.70	0.0075
25	7.85	0.69	0.0070
30	7.17	0.69	0.0066
40	5.98	0.71	0.0058
50	5.17	0.73	0.0053
60	4.61	0.75	0.0050
70	4.27	0.75	0.0048
80	4.11	0.79	0.0049
90	4.40	0.89	0.0052
100	6.45	0.99	0.0056

資料來源：行政院環保署排放清冊資料庫

為配合本研究之車流模式特性須將該排放係數進行轉換，將「克/公里」轉換為「克/秒」，並進行排放函數之配適。其中，小客車與四行程機車之 CO 排放函數型態如下式(2-11)與(2-12)所示。另外，汽車怠速之 CO 排放係數為 0.04g/s(交通部運研所,2010)，機車怠速之 CO 排放係數為 0.029g/s(張安伶,民 94)。

$$0.036-0.00035V+0.000078V^2-0.0000016142V^3+1.005\times 10^{-8} V^4 \quad (2-11)$$

$$0.025-0.00075V+0.000063V^2-0.000001182V^3+7.0755\times 10^{-9} V^4 \quad (2-12)$$

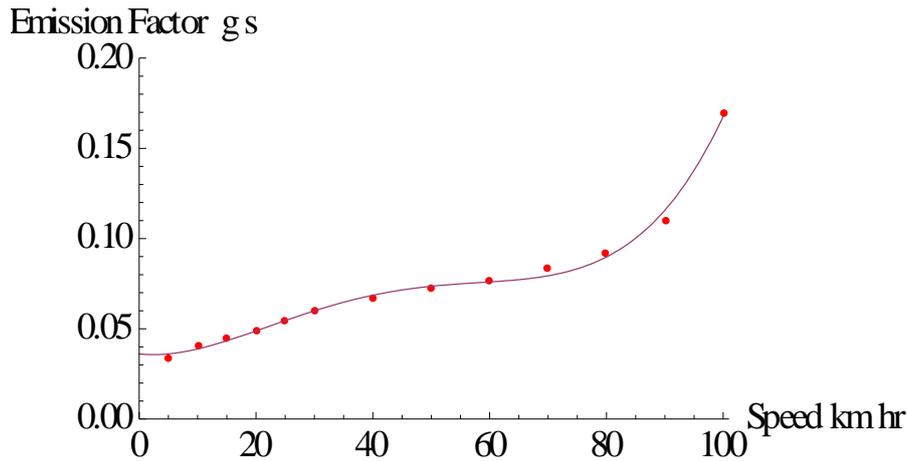


圖2.2 小客車之車速(km/hr)與排放係數(g/s)之關係

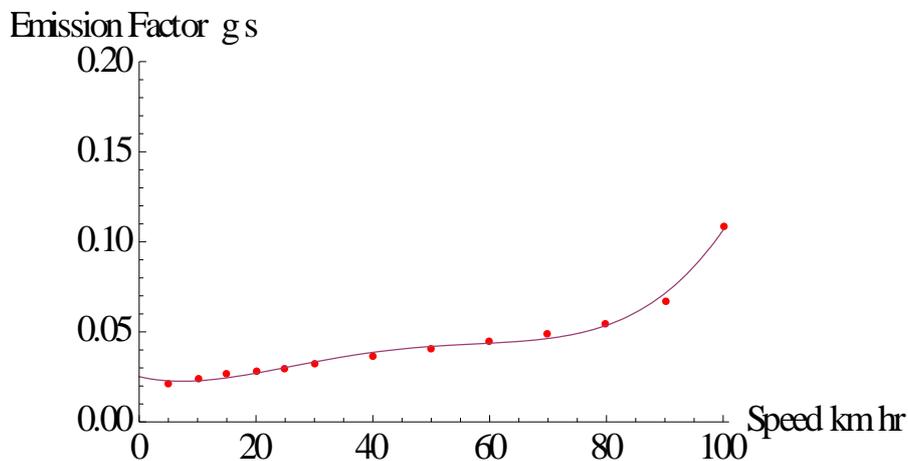


圖2.3 四行程機車之車速(km/hr)與排放係數(g/s)之關係

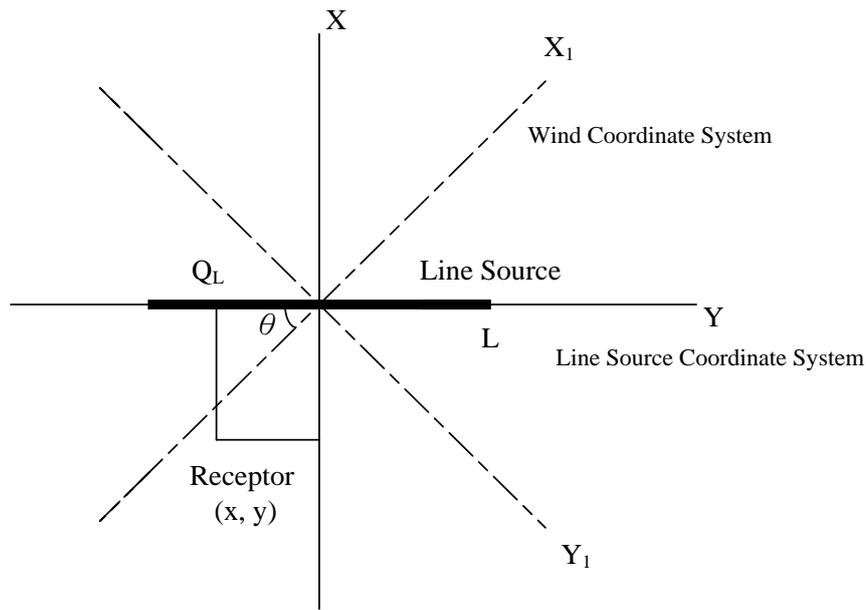
由於 TEDS7.0 之排放資料庫中，並未針對車輛怠速進行排放係數之推估，因此本文中之小客車怠速之排放係數引用自交通部運輸研究所(2010)，針對小客車於一般市區道路上之實車測試值為 0.04g/s，而機車的部分則引用自張安伶(民 94)的排放係數 0.029g/s。

2.1.4.2 污染擴散模式的研究方法

污染擴散之確定性數學模式(DMM)是根據各種不同的方程式利用排放清單以及大氣變數等條件，來計算污染物擴散相關之物理過程。根據質量守恆的原則，微分方程被用於描述污染濃度因平均風速以及紊流擴散所造成的變化，而一般的高斯線源模式(Gaussian Line Source Model)是利用疊加的原理，受體的濃度是從無限個點源組成線源並將

其進行加總，這種從點源的擴散原理是假設各個點源是獨立存在的。另外，模式也假設點源是以陣噴的方式散播至大氣之中，其濃度是往垂直以及水平方向分布。

根據上述對於確定性線源模式的假設，風向座標系(X_1, Y_1, Z_1)以及線源座標系(X, Y, Z)便是線源模式發展的重要基礎，線源以及風向座標系之關係如圖 5-3 所示。



資料來源：Nagendra and Khare (2002)

圖2.4 線源與風向座標系示意圖

煙陣模式係在煙源不斷連續排放，而將排放體以短時間切割，短時間之排放體為一煙陣之擴散。經 t 時間後 x, y, z 軸方向之擴散標準差各為 $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ 之形狀擴散，隨著時間的經過，煙塊逐漸擴大。因此在煙陣模式中受體(x, y, z)經 t 時間後之濃度計算方法為：

$$\bar{c}(x, y, z, t) = \frac{Q}{(2\pi)^{3/2}} \int_0^t \frac{1}{\sigma_x \sigma_y \sigma_z} \exp\left\{-\frac{(x - \bar{u}t')^2}{2\sigma_x^2} - \frac{y^2}{2\sigma_y^2} - \frac{z'^2}{2\sigma_z^2}\right\} dt' \quad (2-13)$$

其中， Q 為排放源強度(unit/s)； σ_x 、 σ_y 與 σ_z 分別為 x, y, z 方向之濃度分布標準差，為一與時間 t 有關之函數。 t' 為煙塊之形成時間； $z' = z - z_s$ ，其中 z_s 為排放源點之高度， z 為受體與地面之高度(m)， \bar{u} 為排放源高度之平均風速。

Thomson and Manning(2001)指出穩態高斯煙陣的擴散型態分為 small-time 與 large-time，而其關係如式(2-14)所示

$$\frac{\sigma_x}{\sigma_u} = \frac{\sigma_y}{\sigma_v} = \frac{\sigma_z}{\sigma_w} = \begin{cases} t' & \text{if } t' \leq 2\tau \\ \sqrt{2\tau t'} & \text{if } t' > 2\tau \end{cases} \quad (2-14)$$

其中， τ 為拉氏積分時間尺度(Lagrangian time scale)，而 σ_u 、 σ_v 與 σ_w 分別為 x,y,z 方向之紊流均方根速度。Luhar(2010)藉由風速與風向等統計資料推估 σ_u 與 σ_v 分別為式(2-15)與式(2-16)所示，Caughey *et al.* (1979)建議近地層(surface layer)的紊流均方根速度為式(2-17)所示：

$$\sigma_u^2 = \bar{u}^2 [\cosh(\sigma_\theta^2) \{1 + (\frac{\sigma_u}{\bar{u}})^2 \exp(-\sigma_\theta^2)\} - 1] \quad (2-15)$$

$$\sigma_v^2 = \bar{u}^2 \sinh(\sigma_\theta^2) \{1 + (\frac{\sigma_u}{\bar{u}})^2 \exp(-\sigma_\theta^2)\} \quad (2-16)$$

$$\sigma_w^2 = (1.25u_*)^2 \quad (2-17)$$

另外，拉氏積分時間尺度(Lagrangian time scale) τ 可由下式求得：

$$T_L = \frac{\kappa z u_*}{\phi_h \sigma_w^2} \quad (2-18)$$

式中 ϕ_h 為熱量的大氣穩定校正函數(stability correction function for heat)，Ley *et al.* (1983)建議在中性及穩定的大氣狀態下，

$$\phi_h = \left(1 + 5 \frac{z}{L}\right) \quad (2-19)$$

而不穩定大氣狀態下則為，

$$\phi_h = 0.32 \left(0.0037 - \frac{z}{L}\right)^{\frac{1}{3}} \quad (2-20)$$

其中， κ ：馮卡門常數(0.41)

L：奧布考夫長度(Obukhov's length)

σ_w ：垂直均方根速度

u_* ：地表摩擦速率

z：高度

2.2 車流模式與模擬

2.2.1 車流模式

交通車流理論旨在探討、分析以及模擬車流運行的行為。車流理論根據對車輛行為特性之觀察以及模擬的細緻程度，可分為巨觀(Macroscopic)、中觀(Mesosopic)及微觀(Microscopic)等三種類別。

巨觀模式著重在於描述車流的三大特性參數：流量(q)、密度(k)以及速率(u)之間的關係，係以某段時間內整體路網車流狀況為觀測重點，而不強調單一車輛或某一車隊的運行行為；其優點為資料統計方便，可透過交通調查技術搜集到車流資料，但較難反映交通組成及車輛運行間的關係。反之，微觀車流模式則著重強調時間—空間下，個別駕駛者因應前方車輛狀況之反應行為，係以探討車輛之間彼此的互動關係，例如跟車行為、車道變換或者超車等駕駛特性；但微觀車流模式需要觀察每一部車的行為，其觀測的變數包括個別車輛之加減速率及速率、前後兩車的時間車間距，以及前後車在於速度上的差異等資料，因此在蒐集資料上會耗費較多成本，且由於每輛車運行行為均以函數方式加以推導及預測，因此在模式操作上也較為繁雜與耗時。

巨觀車流模式係利用車流的速率、密度以及流量三者的關係函數，並依據流量守恆法則，可用來描述車輛時空運行行為，且有效分析在交通環境變化對於車流所產生的影響。此類型之車流模式甚多，其中以簡單連續流模式(simple continuum model, SCM)、高階連續流模式(high order model, HOM)，以及格位傳遞模式(cell transmission model, CTM)較為著名，以下文獻回顧將依序做介紹。

簡單連續流模式最早由 Lighthill 及 Whitham (1955)提出，將車流視為一度空間的可壓縮流體，並以流量守恆方程式推導出動力學方程式，Richard(1956)提出類似的車流理論，因此又被合稱為 LWR 模式。以車流理論流量(q)及密度(k)之關係為基礎，並令速率與密度具有一對一之關係，而在模式中反映出流量及密度的變化會彼此影響，當流量到達最大流量密度(k_{max})時車流量將會開始減少，直到飽和密度(k_j)

時流量為 0，示意如圖 2.5。

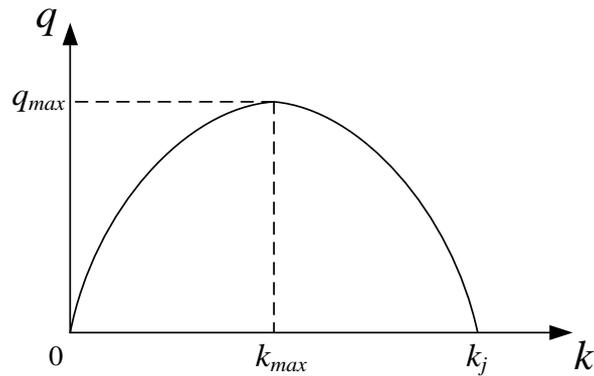


圖 2.5 簡單連續流模式流量密度關係圖

LWR 模式主要概念來自於流量守恆方程式，以密度(k)對時間微分以及流量(q)對路段長度(x)微分之關係，表示上游車流最終會通往下游路段，又稱為一階連續流模式。簡單連續流模式係以車隊形式，透過流量守恆及密度流量之關係，探討因車隊行為改變所形成之衝擊波，並藉此描述車流行為。此種方式擁有巨觀蒐集資料之方便性，透過密度、流量與衝擊波間之關係了解車隊運行的變化，亦兼具微觀之特性。

由於簡單連續流模式中「速率與密度為一對一關係」之假設與實際車流有幾點不合理之處；首先，流量—密度關係圖僅存在於車流達穩定狀態時的情形，但根據跟車理論，車流運行過程中會有有相當大之比例是處於不穩定狀態。其次是由於駕駛人反應時間之關係，速率並無法因應密度的改變而作立即的改變，才會有延滯現象之產生。第三，簡單連續流模式假設車流為連續性，因此當流量不高時應用上會發生錯誤之情況。

因此，為解決上述情況，Whitham(1974)和 Payne(1979)則以動量方程式(momentum equation)取代簡單連續流模式所引用的車流模式，並推導車隊中加減速之關係，以模擬出行駛速率會受到駕駛人反應時間之影響。藉由動量方程式以及流量守恆方程式之結合，發展高階連續流模式(HOM)。而高階連續流模式會較簡單連續流模式更接近實際車流行為，但其求解過程則更為複雜。

Daganzo(1994)提出格位傳遞模式(cell transmission model, CTM)便是以離散的方式來推估車流，此模式主要是透過車流流體理論之概念引伸而來，用以預測車流在空間、時間上之流動情形。格位傳遞模式假設在一均質的系統中，將道路分割成多個格位(Cell)，每個格位特性皆為獨立且具有同質性，而其所推估之車流運行結果與 LWR 模式之流量與密度圖類似，以梯形表示如圖 2.6。結合 Newell(1991)提出預測單一車道路段之進出口車流行為模式，但此模式未推估路段中的車流行為，因此，Daganzo 提出格位傳遞模式推估路段中的車流行為，以時間與空間的關係，構建在單車道、單一出入口及單車種等均質狀態下推估車輛在路段中的行為。

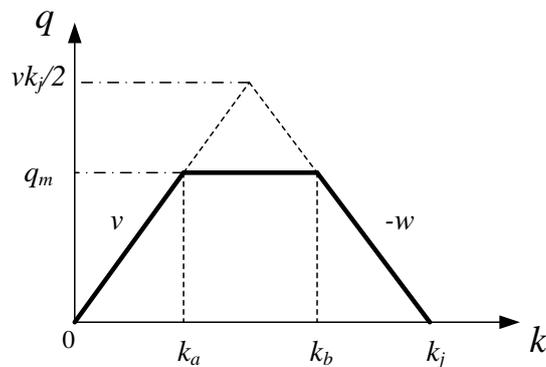


圖2.6 格位傳遞模式流量－密度關係圖

格位傳遞模式利用格位間的轉換，推估車隊由上游到下游之行為，示意如圖 2.6 所示。圖中可了解車隊在時間變化下之空間變化，其格位長度係以設定時間間隔內，自由車流速度可行駛之距離，車隊在格位內轉換係依據格位內之車輛數、最大流量及可容納之空間等因子，透過這些因子，模式在應用上可得到自由速率、最大流量、飽和密度及衝擊波波速等參數；這些參數在交通工程上可應用在複雜的路網上，評估總延滯時間以及旅行時間等績效指標。詳細之模式推估與計算將於第五章研究方法做詳細介紹。

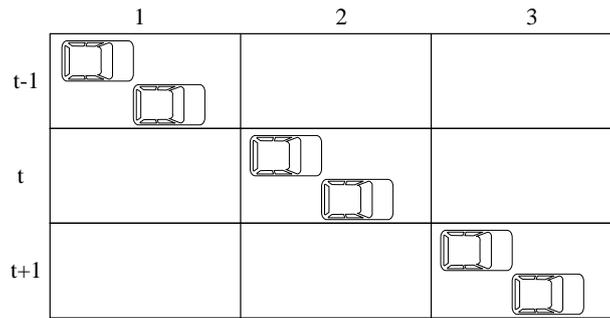


圖2.7 格位傳遞模式格位示意圖

市區道路包含不同類型之交通運具，以我國市區道路而言，汽車及機車為主要之交通工具，不同類型之運具其運行特性均有差異。由於這兩種運具除了在相同時間、空間上所能承受之密度以及容量皆有所不同，對於機車之使用行為也與汽車有著相當大的差異，例如當汽車密度達飽和時，機車仍然能穿梭在汽車間的縫隙；在評估汽機車混合車流行為時，以往僅將機車換算成小客車當量，卻忽略了機車運行特性，容易影響相關交通工程方案結果。因此，在探討國內市區道路交通狀況時，考量汽車與機車之混合車流模式將有其必要性。

邱裕鈞和謝志偉(2012)以格位傳遞模式為基礎，加入格位傳遞模式未考慮之混合車流特性，建構混合車流格位傳遞模式(mixed traffic cell transmission models, MCTM)。研究中建構混合車流格位傳遞模式係考慮多車流行為，探討汽車與機車之混合車流行為，格位車種由單一車種改變成汽車與機車兩種車種，並且在兩種車種進行格位傳遞時，將產生競爭的現象分為三種型態：無競爭關係、最大流量競爭以及剩餘儲車空間競爭。其研究係透過汽、機車兩種車種之競爭關係來建立混合車流之模式，並藉由蒐集實際道路資料進行模式驗證，以比較實際值與模擬值與修正推估之參數，以絕對誤差百分比(MAPE)與均方根誤差法(RMSE)評估模式模擬之績效。綜觀以上所述巨觀車流模式，可整理如表 2-3。

表 2-3 巨觀車流模式整理

模式名稱	作者	年份	應用理論	車種	車流變數
簡單連續流模式(LWR 模式)	Lighthill, Whitham and Richard	1955 1956	流量守恆方程式	汽車	流量、密度
高階連續流模式	Whitham and Payne	1974 1979	動量方程式	汽車	流量、密度、 反應時間
格位傳遞模式	Daganzo	1994	車流流體理論	汽車	流量、密度、 容量、格位
混合車流格位傳遞模式	邱裕鈞、謝志偉	2012	格位傳遞模式、熵值	汽車、機車	流量、密度、 容量、格位、 小汽車當量

資料來源：陳惠國等(2011)、謝志偉(2012)、吳怡潔(2012)

微觀車流模式最早由 Reuschel(1950)與 Pipes(1953)所提出，其基本假設係利用期望速率、間程、相對速率，以及駕駛者反應時間等參、變數，來模化單一車輛的駕駛行為分析基礎。而駕駛行為中(包括跟車、變換車道、超車等)又以跟車行為(car following behaviors)之相關研究最多。所謂跟車理論顧名思義即是後車(following car)依據其與前車(lead car)之互動關係，進行加減速率之決策，以達到跟車的目的。在跟車理論最著名的即是 Herman 所領導的研究群，於 1958 至 1964 年間透過通用汽車實驗室(General Motors Researches Laboratories)進行跟車行為之觀測與模化，陸續發表 5 個模式，通稱為 GM 模式，其通式如下：

$$\ddot{x}_{n+1}(t+T) = \frac{\lambda_2 \dot{x}_{n+1}(t+T)^m}{[x_n(t) - x_{n+1}(t)]^l} [\dot{x}_n(t) - \dot{x}_{n+1}(t)] \quad (2-21)$$

其中， $x_{n+1}(t)$ ：第 $n+1$ 輛車在 t 時的空間位置，即距離函數

$\dot{x}_{n+1}(t)$ ：距離函數的一次微分，代表速率

$\ddot{x}_{n+1}(t)$ ：距離函數的二次微分，正值代表加速率，負值則代表減速率。

T ：駕駛人之反應時間

$\dot{x}_n(t) - \dot{x}_{n+1}(t)$ ：前後車的相對速率

λ_0 ：敏感度(sensitivity)

m 及 l ：參數

當 $l=0$ 及 $m=0$ 時為第一代 GM 模式

當 $l=1$ 及 $m=0$ 時為第三代 GM 模式

當 $l=1$ 或 2 及 $m=1$ 時為第四代 GM 模式

此外，微觀車流模式中仍有許多其他著名模式，例如，模糊推論模式 (fuzzy inference model)、心理—物理行為門檻模式 (psycho-physical behavior threshold model) 及細胞自動機模式 (cellular automaton, CA) 等。分述如下：

1. 模糊推論模式

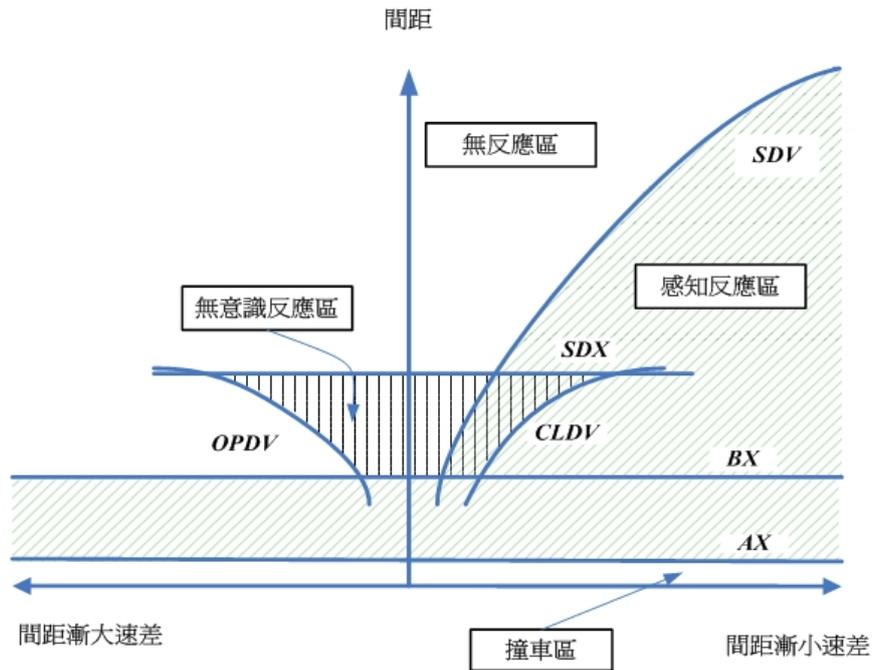
傳統跟車理論假設每位駕駛人為同質 (homogeneous)，且假設駕駛人行為與周遭環境的變化有一明確關係，但通常駕駛人的駕駛行為並無一定規則可尋，與外界環境並非一對一的確定關係，其間存在若干的模糊性。基此，Kikuchi and Chakroborty (1993) 將跟車行為視為一模糊控制系統，並用模糊邏輯 (fuzzy logic)、模糊推論 (fuzzy inference) 來進行模擬。由於模糊推論正是用以近似人類的推論、決策及控制行為，頗適合用來模化駕駛行為。惟其缺點在於模糊推論規則及模糊隸屬函數通常必須主觀設定，致使其應用彈性受限。基此，邱裕鈞、藍武王 (民 90) 及 Chiou and Lan (2005) 即提出基因邏輯控制模式 (genetic fuzzy logic control, GFLC) 利用基因演算法 (genetic algorithm, GA) 自動學習最佳之邏輯規則與隸屬函數，並應用於跟車行為，確可獲致良好績效。

2. 心理—物理行為門檻模式 (陳世泉，1993；張建彥等人，2005)

心理—物理行為門檻模式係 Hoefs (1972) 於車流觀察中發現，當後車駕駛者感知到前車與自身之間距及相對速率差異過大時，會加速貼近前車以縮短間距，逐漸由不受影響駕駛範圍進入受影響駕駛範圍；當後車駕駛者感知到過於貼近前車不安全時，則減速以加大間距；減速後之間距若不合後車駕駛者之期望則再加速，整個系統就在本車不

斷加減速的自我調整過程中達到穩定跟車狀態。因此本模式之主要研究重點在於如何界定不受影響駕駛範圍的間距，或相對速率門檻以及受影響之跟車行為反應。而此種駕駛行為所表現的現象有兩點：(1)跟車過程處於一微幅振盪調整之間距與速差系統中；(2)在各反應狀態下，具有如拋物線形之感知門檻。決策者在某一相互影響範圍內，具有相同之決策行為，須越過某門檻後，其行為才會有所差異，此即「行為門檻」的意義。將行為門檻用來判斷不同行為區域間的觀念引入跟車模式中，即為心理—物理間程模式(psycho-physical spacing model)。Wiedemann(1974)將心理—物理間程模式引進微觀車流模式中，建構一數學模式，即所謂的「行為門檻模式」，其特點為同時考慮速差與車間距離作為行為變化的決策條件，即駕駛人根據路況中的時空變化，對應其決策門檻而進行跟車行為調整。本模式之基本假設亦為單一車道跟車行駛，不考慮變換車道情形，車流狀況可分成三個反應區：

- (1) 感知反應(perceived reaction)區，在後車接近前車並感知到距離前車太遠時，通常會加速貼進前車。
- (2) 無意識反應(unconscious reaction)區，指當前後車十分接近時，後車為維護安全距離，通常有速度震盪的現象。
- (3) 無反應(no reaction)區，指駕駛者不受前車影響。



資料來源：陳世泉(1993)、張建彥等人(2005)

圖 2.8 行為門檻關係示意圖

圖 2.8 中各門檻參數之定義如下：(1)靜態間距(AX)：後車於靜止時希望與前車保持之車頭距離。(2)最小跟車間距(BX)：後車車速與前車相近時，所欲維持最小跟車間距。(3)感知速差門檻(SDV)：在一較大間距下，跟車駕駛者對於速率差異(後車車速減前車車速)之感知門檻。(4)跟車間距上限(SDX)：為顧及駕駛者判斷間距能力之差異， SDX 約在 1.5~2.5 倍最小跟車間距範圍內振動。(5)間距漸減速差門檻($CLDV$)：在一較小間距、間距漸減且速差為正之情況下，速率差異之門檻值。(6)間距漸增速差門檻($OPDV$)：在一較小間距、間距漸增且速差為負之情況下，速率差異之門檻值，約為 1~3 倍 $CLDV$ 值(此因駕駛者通常對正在遠離物比正在接近物反應遲緩之故)。

3. 細胞自動機模式

細胞自動機(CA)模式最早係由數學家 von Neumann 於 1950 年代提出，Nagel and Schreckenberg(1992)則是第一篇以 CA 模擬高速公路車流行為的研究(稱為 $N-S$ 模式)。由於 CA 採用離散格位推移概念，利用簡單的跟車及車道變換規則，能夠迅速真實模擬車流行為，甚至

包括擁塞車流停停走走(stop-and-start)狀況及擁塞車流及自由車流間之遲滯現象(hysteresis)。因此，吸引相當多學者投入研究，並提出改良模式。所謂 CA 模式係以間斷不連續的時階及網格化的道路格位來模擬系統內每一輛車的移動狀況。傳統 CA 模式係以一輛車占用一格位方式進行模擬，並透過追蹤車輛在空間上格位位置的變化，即可模擬車流行為。Lan and Hsu(2006)、Lan *et al.*(2009)、邱裕鈞等人(2010)及 Lan *et al.*(2010)等研究，更進一步將格位細分，以模擬混合車流行為及掌握更精確的加減速率變化。至於車輛移動方式則建立在三維空間：縱軸描述車輛直進行為、橫軸描述車輛橫向位移或變換車道行為，另加上時間軸描述車輛位置、速率、加速率之變化。

中觀模式則是以前方巨觀車流係數為基礎（例如，密度），進行單一車輛行進決策之依據，以兼具巨觀及微觀車流之特性。不論是巨觀、微觀或中觀車流模式，各有其優劣與適用之處，必須因應不同應用課題之需要而定。

2.2.2 車流模擬

交通模擬系統係使用模擬技術研究交通行為，系統具有隨機特性，並使用微觀或巨觀模式進行模擬，可描述交通運輸系統在週期內，交通量隨時空之變化、規律及與交通控制變量間的關係。經由模擬技術可以將現實中難以達成的相同假設環境做多次實驗，以進行政策的研擬、情境分析以及未來預測，當實驗成本過高時，可藉由交通模擬軟體一般化的車流行為進行真實世界車流現象的預測工作。模擬軟體裡所應用的跟車模式直接反應整個模擬軟體之車流行為，藉由跟車模式的分析探討，並進行案例模擬分析。

其中，VISSIM 系統由德國卡斯魯爾大學與 PTV 交通顧問公司共同發展，為一微觀、定時掃描駕駛行為之模擬模式。相較於自行撰寫的模擬軟體，使用者可能在有限考量下所設計，並無法將一般道路與車輛特性做一完整描述，因而喪失模擬數據的真實性與可靠性；VISSIM 系統可用於模擬車輛在不同道路設計、轉向比、車種組成比例、號誌及大眾運輸營運狀況之反應，並可用視覺化的方式呈現逼真

的交通模型，且可對車輛的行為進行詳細定義、跟踪和紀錄。其系統可與其他號誌控制軟體結合，如號誌連鎖、觸動式號誌與自行設計的交通控制邏輯等。

VISSIM 系統內建多種運具之動態與靜態特性，可在系統內修改參數以符合需求，預設運具種類共六種包括小汽車、公車、大型車、捷運(輕軌)、腳踏車及行人。徐保羅及許啟明(民 100)整理 VISSIM 系統用於描述交通行為參數主要有：車輛參數(最大加減速度、期望加減速度、長度、寬度、重量、動力等)，變換車道參數(最小車間距、等待換道的最大時間、換慢車道的最短車頭間距)，強制換道參數(最大減速度、可接受減速度)，跟車行為參數(停止車輛平均間距、特定速度時保持的車頭間距、從靜止起動時的期望加速度、80km/hr 的期望加速度等)，橫向行為參數(期望位置)。而描述延誤的參數主要有：每車平均總延誤，每車平均停車時間，隊列中車輛狀態改變次數，總車輛數，每人平均總延誤，總行人數等。

2.2.3 巨觀及微觀車流模式研究方法

巨觀車流理論旨在建立流量、速率及密度三大參數間之函數關係。而此函數關係又稱為交通流模式(traffic stream models)。通常以流量、速率及密度兩兩成對之函數關係表之，例如，流量—密度函數。而微觀車流模式利用期望速率、間程、相對速率，以及駕駛者反應時間等變數模化單一車輛的駕駛。駕駛行為中(包括跟車、變換車道、超車等)又以跟車行為(car following behaviors)之相關研究最多。

中觀車流模式旨在描述一群車的運行行為，利用巨觀車流模式中之速率—密度—流量三者關係函數，描述車輛的時空運行行為，可有效分析交通環境變化對車流產生之影響。常見的模式包括：簡單連續流模式(simple continuum model, SCM)、高階連續流模式(high order model, HOM)及格位傳遞模式(cell transmission model, CTM)。本研究於文獻回顧已介紹多種車流模式，其中以格位傳遞模式的運算時間較少，以及運算方式更為簡便，因此本研究擬採用此模式進行混合車流行為之模擬。

2.2.3.1 格位傳遞模式

Dagnazo(1994; 1995)為了能夠即時反應車流行為之模式而提出格位傳遞模式(CTM)，主要是將中觀車流中之簡單連續模式以離散化的方式加以推導，用以分析單一方向及單一出入口道路的密度變化。由於格位傳遞模式源自於簡單連續流模式(LWR 模式)，因此是從中觀之角度來描述車流運行行為，故忽略了車輛在格位中的相對位置。格位傳遞模式主要是將道路劃分成數個具有同質性之格位(Cell)，將各個格位從 1 至 i 依序編號，如圖 2.9 所示。

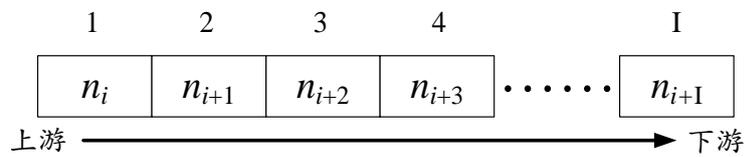


圖2.9 格位上下游劃分示意圖

而格位之長度取決於該道路上車輛在單位時間(t)所行走之距離，模式中假設車輛運行皆是以一格位為單位，因此忽略車輛在格位中的位置，關係式如式(2-22)，此式說明假設在無車隊的情況下，車輛不受到前方擁塞的影響，格位中的車輛在下一個時階可以順利抵達下游之格位。

$$n_{i+1}(t+1) = n_i(t) \quad t = 0, 1, 2, \dots, I \quad (2-22)$$

其中， $n_i(t)$ ： t 時階內，格位 i 內之車輛數。

由於上述狀況為道路上之車輛均能以自由流速率(free-flow speed)行駛，然而在車流量較大的路段上，速率因進入瓶頸路段而降低時，上游格位的車輛可能無法全部抵達下游格位，亦即出現車隊等候的狀態。因此在格位傳遞模式中，為了模擬因擁擠而造成之車流變化情形，係將模式中之變數與格位特性做了新增以及限制，並在給定一時階的條件下，於格位中的車輛數為 n_i ，每個時階所能流入下一個格位之流量為 y_i ，則決定流量 y_i 之限制如式(2-23)所式。

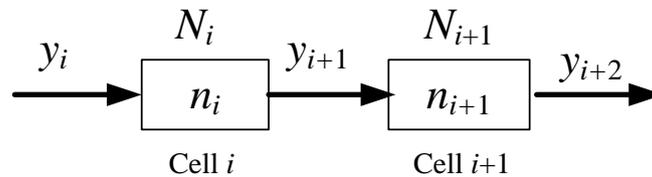
$$y_i(t) = \min \{ n_{i-1}(t), Q_i(t), [N_{i+1}(t) - n_i(t)] \} \quad (2-23)$$

其中， $N_i(t)$ ：格位 i 在時階 t 的可容納最大車輛數(擁擠密度)

$Q_i(t)$ ：格位 i 在 t 到 $t+1$ 時階可移動的最大車輛數(最大流量)

利用 $N_i(t)$ 以及 $Q_i(t)$ 分別表示格位中在單位時階內所能容納以及可移動的最大車輛數，並以 $[N_i(t) - n_i(t)]$ 表示格位 i 內所能再容納之車輛數。而格位內之車輛數會受到前一格位之車輛數、可移動之最大車輛以及此格位中所剩餘之空間的影響，因此，利用此條件模擬當擁擠情況發生時造成之車流變化情形。格位 i 在單位時階 $t+1$ 之車輛數，可藉由格位 i 在單位時階 t 之車輛數，加上單位時階內流入車輛數扣除流出車輛數，方程式表示如下式(2-24)，圖示如圖 2.10：

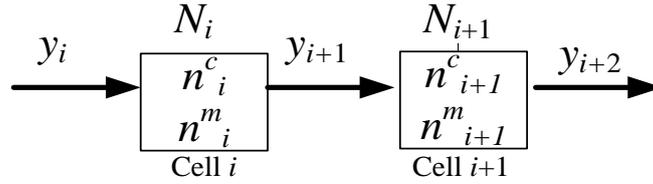
$$n_i(t+1) = n_i(t) + y_i(t) - y_{i+1}(t) \quad (2-24)$$



資料來源：Lo *et al.*(2004)

圖2.10 單一車流格位傳遞變數示意圖

格位傳遞模式則是根據上式不斷依時間變化而產生遞迴關係，因此可以透過遞迴模式瞭解每一時階中，存在於某格位的車輛數。而混合車流格位傳遞模式之建構係考慮多車流行為，由考慮單一車流行為延伸考慮多車流行為，探討汽車與機車之混合車流行為，格位車種由單一車種改變成汽車($n_i^c(t)$)與機車($n_i^m(t)$)兩種車種，如圖 2.11 所示，在最大流量與格位最大儲車空間都不變下，考慮汽車與機車車流行為，於最大流量與格位最大儲車空間的限制下，兩種車種進行格位傳遞時，產生競爭的現象。模式中將利用三種競爭型態一無競爭關係、最大流量競爭及下游儲車空間競爭，分別討論如下：



資料來源：邱裕鈞、謝志偉 (民 100)

圖2.11 混合車流格位傳遞示意圖

1. 無競爭關係

兩種車種在運行時，不因最大流量和下游儲車空間限制時，表示上游兩種車種混合之最大流量及混合密度皆小於上述兩者，因此，在上游之車輛數均可傳遞到下游格位。

2. 最大流量競爭

上游格位兩種車種車輛數相加大於最大流量時如式(2-25)，其中 α 假設為小客車當量，在式(2-25)條件下須考慮在最大流量限制，不同車種在此限制下可通過之流量。

$$n_{i-1}^c(t) + \alpha \times n_{i-1}^m(t) \geq Q_i(t) \quad (2-25)$$

由上面之關係，分別假設汽車與機車之最大流量分別為 $Q_i^c(t)$ 和 $Q_i^m(t)$ ，汽車及機車最大流量乘以小客車當量(α)總和會等於混合車流之最大流量 $Q_i(t)$ ，即 $Q_i^c(t) + \alpha \times Q_i^m(t) = Q_i(t)$ ，其中，混合車流最大流量，本研究假設為小客車在單位時間可通過之最大流量，進一步討論流量競爭關係，假設只有存在單一車種機車時，沒有汽車的競爭，汽車之最大流量為 0，機車最大流量與混合車流最大流量關係為 $Q_i^m(t) = \frac{Q_i(t)}{\alpha}$ ，然考慮汽車存在時，機車最大流量會受到汽車之影響，即汽車每增加一輛，機車之最大流量會降低，於此將此種關係是為混合車種之競爭關係，本研究假設兩車種競爭關係係透過一個最大流量競爭函數 $R^Q(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t))$ 所構成，其中為混合車流之競爭條件如格位之車輛數、速度及流量等關係，如式(2-26)所示：

$$Q_i^m(t) = \frac{[R_m^Q(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t)) \times Q_i(t)]}{\alpha} \quad (2-26)$$

式(2-26)為考慮競爭關係之機車最大流量，本研究設定競爭函數關係為百分比型態，當汽車車輛數為0時，競爭函數則為100%，表示機車最大流量在無汽車干擾下沒有損耗，則當汽車車輛數大於0時，競爭函數則會小於100%，表示出現汽車競爭時，機車會因汽車出現，減少機車最大流量，反之減少之百分比則會分配給汽車，百分比越大分配到的流量就越大，由以上之關係，汽車之最大流量可以下列式(2-27)表示：

$$Q_i^c(t) = [1 - R_m^Q(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t))] \times Q_i(t) \quad (2-27)$$

當上游格位只有單一車種狀況時，無其他車種競爭時，則以該車種之最大流量傳遞至下一格位，關係如式(2-28)所示。

$$\begin{cases} \text{if } n_{i-1}^c(t) = 0, Q_i^m(t) = \frac{Q_i(t)}{\alpha} \\ \text{if } n_{i-1}^m(t) = 0, Q_i^c(t) = Q_i(t) \end{cases} \quad (2-28)$$

3. 剩餘儲車空間競爭

剩餘儲車空間競爭考慮格位密度對車輛傳遞之影響，於單一車流只需考慮單一車種對密度之影響，但在混合車流狀態，道路可容納之最大空間固定，因此兩種車種對空間存在競爭之關係，本研究係討論汽車與機車之混合車流行為，汽車和機車對於空間的分布特性有若干差異，當下游密度已飽和，汽車無法傳遞到下游格位，但機車之車型相對於汽車小，前方有剩餘空間，機車依然能透過車與車間的空間到下游格位，為反映此現象，參考 Lan *et al.*(2010)將汽車與機車以格位為單位，以車型大小分配占有之格位數，由此，本研究以機車為格位車輛數的基準單位圖 2.12 所示，探討機車與汽車的車型比例(l)，即一輛汽車車型約為 l 輛機車，關係式如式(2-29)所示，以此關係考慮下游剩餘可進入車流空間($S_i(t)$)如式(2-30)，其中壅擠指數(δ)為單一車流格位傳遞模式中，為使格位傳遞模式能與實際車流更吻合，在剩餘空間中考慮壅擠指數(δ)，模擬壅擠車流所產生之衝擊波之特性。

$$l = \frac{A^c}{A^m} \quad (2-29)$$

其中， A^c 為汽車之面積。

A^m 為機車之面積。

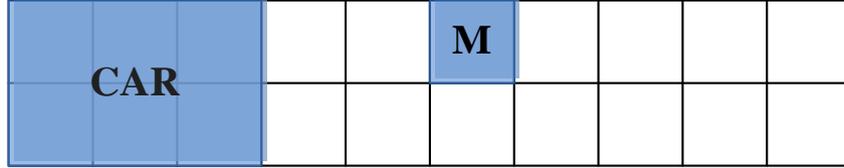


圖2.12 車種比例示意圖

$$S_i(t) = \delta \times \left\{ N_i(t) - \left[l \times n_i^c(t) + n_i^m(t) \right] \right\} \quad (2-30)$$

其中，

$$\delta = \begin{cases} 1 & \text{if } n_{i-1}^c(t) + \alpha \times n_{i-1}^m(t) \leq Q_i(t) \\ \frac{w}{v} & \text{if } n_{i-1}^c(t) + \alpha \times n_{i-1}^m(t) > Q_i(t) \end{cases}$$

上述探討之儲車空間，當上游格位車量數大於下游格位之最大儲車空間時如式(2-31)，必須考慮混合車流傳遞至下游之競爭關係，考慮最大儲車空間之競爭函數 $R^s(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t))$ ，以上游不同車種車輛數分配可傳遞到下游之車輛數，考慮剩餘儲車空間以及競爭狀況，可以得到汽車及機車的剩餘儲車空間，關係式如式(2-32)和式(2-33)。

$$l \times n_{i-1}^c(t) + n_{i-1}^m(t) \geq S_i(t) \quad (2-31)$$

$$S_i^m(t) = R_m^s(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t)) \times S_i(t) \quad (2-32)$$

$$S_i^c(t) = \frac{\left[1 - R_m^s(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t)) \right] \times S_i(t)}{l} \quad (2-33)$$

上述的模式構建中，確立混合車流之競爭關係，分別為無競爭、最大流量競爭及剩餘儲車空間競爭，然這三個競爭關係是將單一車流

格位傳遞模式加入混合車流之特性建構混合車流格位傳遞模式，單一車種格位傳遞之關係參考式(2-23)，由考慮單一車種，進而考慮汽車($n_i^c(t+1)$)及機車($n_i^m(t+1)$)，如式(2-34)和式(2-35)所示，式中的 $y_i^c(t)$ 和 $y_i^m(t)$ 分別為由上述的三種競爭關係得來，整理成式(2-36)。

$$n_i^c(t+1) = n_i^c(t) + y_i^c(t) - y_{i+1}^c(t) \quad (2-34)$$

$$n_i^m(t+1) = n_i^m(t) + y_i^m(t) - y_{i+1}^m(t) \quad (2-35)$$

$$y_i^j(t) = \min_{j=c,m} \left\{ \begin{array}{l} n_{i-1}^c(t) \left[\frac{1 - R_m^Q(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t)) \times Q_i(t)}{R_m^Q(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t)) \times Q_i(t)} \right] \times S_i(t) \\ n_{i-1}^m(t) \left[\frac{1 - R_m^S(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t)) \times S_i(t)}{R_m^S(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t)) \times S_i(t)} \right] \times S_i(t) \end{array} \right\} \quad (2-36)$$

而格位中汽機車之平均速度($v_i^j(t)$)推估方法則以流量及密度之關係加以推估，如式(2-37)式所示

$$v_i^j(t) = \frac{y_i^j(t+1)}{n_i^j(t)} \quad j = c, m \quad (2-37)$$

2.2.3.2 微觀車流模式

本研究以 VISSIM 系統進行模擬，其為一微觀、定時掃描駕駛行為之模擬模式。其採用 Wiedemann(1974)所發展之微觀車流模擬模式，基本概念引據 Hoefs 之「心理—物理間距模式」(Psycho-Physical Spacing Model)之觀念引入微觀車流模擬模式中，構建數學化模式，即為「行為門檻模式」(Behavioural Threshold Model)，亦可說是一種跟車決策模式(Car-Following Decision Model)。

模式基本假設在跟車行為下，將車流狀況分成三個反應區，再經過各感知門檻界限之區隔後，可再細分為各決策行為分區，如圖 2.13 所示：

- (1) 感知反應區 (Perceived Reaction)：在後車接近前車並感知到距離前車太遠時，通常會加速貼進前車。
- (2) 無意識反應區 (Unconscious Reaction)：指當前後車十分接近時，後車為維護安全距離，通常有速度震盪的現象。
- (3) 無反應區 (No Reaction)：指駕駛者不受前車影響。

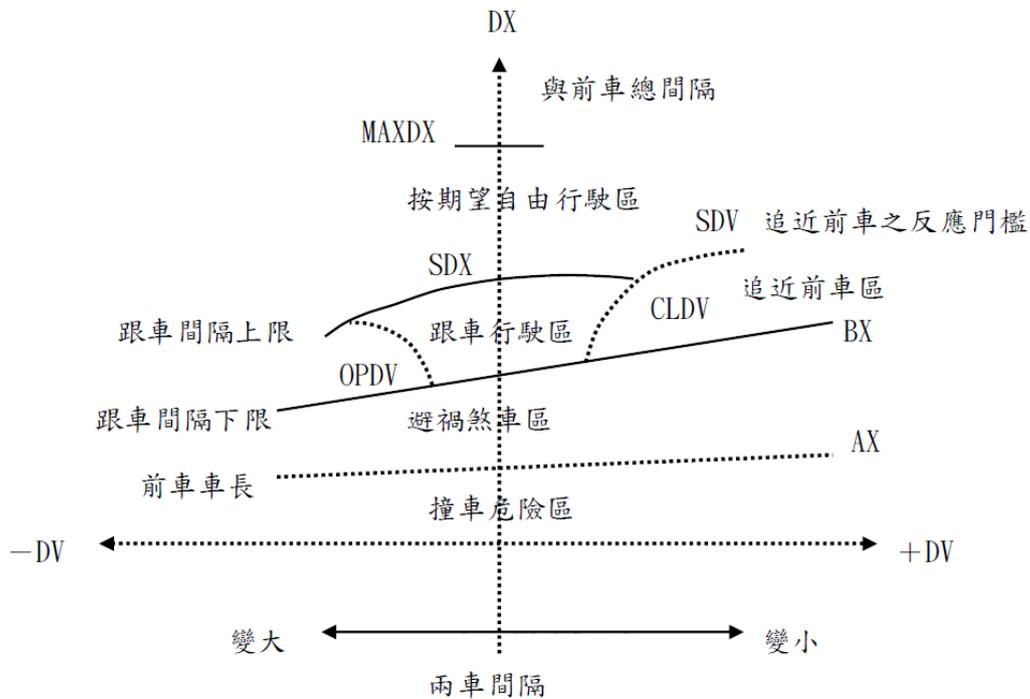


圖2.13 行為門檻關係圖

各行為門檻的涵義如下：

- (1) 靜態間距(A_X)：觀測車在靜止時希望與前車所保持之車間距離。
- (2) 最小安全間距(B_X)：觀測車與前車車速相近時，欲維持之最小跟車間隔。
- (3) 感知速差門檻(S_{DV})：在一較大間距下，跟車駕駛者對於速度差異(後車車速減前車車速)之感知門檻；S_{DV} 愈大，觀測車安全需求愈高。由觀測車目前間距DX 與兩個隨機因子(安全因子z₁ 及估計因子z₂)計算而來。

- (4) 跟車間距上限(SDX)：為顧及駕駛者判斷間距能力之差異，SDX 約在1.5~2.5 倍最小安全間距範圍內振盪。
- (5) 間距漸減速差門檻(CLDV)：在一較小間距、間距漸減且速差為正之情況下，速度差異之門檻值，由SDV與隨機因子計算而得。
- (6) 間距漸增速差門檻(OPDV)：在一較小間距、間距漸增且速差為負之情況下，速度差異之門檻值，其值約為1~3倍CLDV值，此因為駕駛者通常對正在遠離物比正在接近物反應較遲緩的緣故。

2.3 道路交通事故頻次與嚴重度分析

2.3.1 事故頻次模式

有關事故頻次之分析與預測，多數研究均採用統計方法進行分析。其中，大多係以總體角度（彙整某一路段或一交叉路口一段期間內之事故件數）進行分析，並採用卜瓦松迴歸模式、負二項迴歸模式或負多項迴歸模式。例如：

Miaou(1994)在探討公路幾何設計與貨車肇事之研究中，藉由構建事故頻次模式，針對卜瓦松迴歸模式、ZIP 迴歸模式與負二項迴歸模式之優劣加以比較。結果發現在建立車輛肇事與公路幾何特性之關係式時，應先嘗試以卜瓦松迴歸模式構建，且經檢定發現有過度離散情形時，則改用 ZIP 或負二項迴歸模式，惟使用 ZIP 模式時須考慮其不易解釋之問題；而遇有某路段肇事次數為 0 時，則以負二項迴歸模式為佳。

Fridstrom *et al.*(1995)為了解不同的曝光量、氣候條件與各國交通肇事因素之關係，其研究對象以丹麥、芬蘭、挪威與瑞典四個國家，發生在 1970 年至 1987 年的每月交通事故，透過卜瓦松迴歸建立分析模式。分析發現，在不同事故類型模式中，以受傷事故模式考量油耗為曝光值之解釋能力最高，死亡事故模式的過度散佈 (overdispersion) 參數值最大，由於事故發生不一定會有死亡者，死亡事故發生機率與卜瓦松機率就有差異，因此分析死亡事故較不適合使用卜瓦松迴歸。

Hadi *et al.*(1995)指出肇事資料可能存在過度離散現象，使用卜瓦松迴歸模式雖可以校估出一致性的參數，惟參數之變異數將不符合一致性；故建立負二項迴歸模式探討公路橫斷面設計對肇事之影響。其蒐集 1988 至 1991 年間佛羅里達州道路、交通及肇事資料，並依劃分路段加以整理，而路段劃分原則係採幾何特性相似者即劃為同一路段，避免短路段可能受比鄰路段影響而將路段長度設定在 0.05 哩以上。

Shankar *et al.*(1995)在探討道路幾何設計與天候相關因素對肇事發生頻率的影響，事先對分析路段進行編號，並針對分析路段的總肇事頻率建立一負二項迴歸模式，亦根據撞擊類型，如側撞、追撞、撞到路邊停車車輛、撞到固定物體、其他碰撞類型分別各自建立負二項迴歸模式，且對翻車意外則建立卜瓦松迴歸模式，做一比較並歸納顯著變數進行政策分析，研究發現其分析路段之界定存在地域性，氣候則影響時間之切割等現象。

Poch *et al.* (1996)以負二項迴歸建立肇事預測模式，研究在華盛頓州的主要道路之肇事頻率。以 7 年間(1987-1993 年)工程改善之 63 個路口之 1385 筆肇事資料，分別建立不分肇事型態之年肇事率預測模式與依據撞擊類型分類的追撞、角撞與轉彎撞之年肇事率模式。結論指出負二項迴歸模式是一個強而力的預測模式，未來應多加強肇事頻率相關研究使用的比例，並發現路口周邊的交控設施、車流行為、土地使用與幾何顯著影響肇事頻次。

Shankar *et al.* (1997)認為以 zero-altered 類型的分析模式，如 zero-inflated Poisson (ZIP)、zero-inflated negative binomial (ZINB) 更能符合描述實際的肇事資料。因為過去分析肇事次數時，只考慮路段上發生的肇事次數，但實際資料顯示，仍有部分路段是未發生事故的(在相同觀測期間下)。實證資料為 1992 年 1 月到 1993 年 12 月共 2 年的華盛頓州政府所紀錄的公路事故歷史資料，並將肇事地點區分成主要幹道、小型幹道與聯絡幹道三種。結果發現，主要幹道上的肇事資料較符合 NB 模式、小型幹道肇事資料較符合 ZINB 模式，而聯絡幹道其資料較符合 ZIP 模式；對於肇事資料使用卜瓦松迴歸、負

二項迴歸、ZIP 迴歸或是 ZINB 迴歸模式，可透過 α 值的 t 檢定顯著與否來判別採用卜瓦松迴歸或負二項迴歸模式。若 Vuong statistic 值大於 1.96 時，需採用 ZINB 模式；小於 -1.96 時，需採用負二項迴歸模式、而介於 -1.96~1.96 之間時則無法判別。

Milton *et al.*(1998)搜集 1992 年到 1993 年華盛頓西部與東部的主要幹道、次要幹道、集匯道路的肇事相關資料，分別建立兩負二項迴歸模式，以及計算彈性。研究發現華盛頓西部與東部主要幹道其影響肇事因子無論於幾何或交通特性均存在差異，並指出負二項迴歸模式對肇事分析來說，為一良好的預測模式。

Ivan *et al.* (1999)利用卜瓦松迴歸模式建立二車道路段之單一車輛與多車輛碰撞事故預測模式，主要研究以不同的交通情況及位置特性為獨立變數，進一步解釋每年的單一車輛與多車輛碰撞肇事率。研究結果顯示，對單一車輛撞肇事率會隨著交通流量(較低的服務水準，LOS)、路肩寬度及視線距離的增加而降低，而多車輛碰撞肇事率則隨著交通號誌數目、每日的大貨車車流比例及路肩寬度的增加而升高。最後應用 AIC 值進行模式的選擇，而最佳的模式應具有最小的 AIC 值。

McCarthy (1999) 探討在快速道路上，速限、使用安全帶法規、酒的可得性及交通執法對於降低致命性交通意外發生率之影響，採用負二項迴歸模式作為肇事分析之模式；依變數為城市或區域中每月致命意外數量，自變數包含四大類型，分別是都市類型（如未合併的區域、工業城市、metropolitan statistical area 等）、社會經濟變數（如郡的失業率）、公共政策（如速限法、安全帶法規、每月店家販酒執照總數等）與其他變數（如每月時間傾向）。範圍為美國加州的 418 個合併城市和 57 個未合併區域之致命性交通意外事故，研究期間是由 1981 年到 1989 年，共 108 個月，得到 51,300 個觀測樣本；針對肇事資料構建了兩個負二項迴歸模式，模式一不考慮交互作用，而模式二加入了大都市統計區、未合併的區域與公共政策變數的交互作用項；由此研究可發現降低速限、不准一般場所賣酒對致命性交通意外較無影響；但嚴格的交通執法可降低致命性交通意外的發生。

Abdel-Aty *et al.* (2000)採用負二項迴歸模式化交通事故發生頻率，校估資料為 1,606 筆在佛羅里達的主要道路發生的交通事故，時間在西元 1992 至 1994 年間。研究結果顯示每年每日的平均交通量的增加、超速、道路寬度縮減、多線車道及城市間道路等因素對提昇事故發生機率有顯著影響。

Ivan *et al.* (2000) 由於過去研究都只考量到交通量、道路幾何設計等因素，而此研究欲瞭解道路週邊土地使用情形與事故發生之間的關係。由於過去曝光量之觀測方式為百萬車英里(million vehicle miles)，其估計之方式較為不易，因此，此一研究係以單位小時內此區段內的交通量為曝光量。研究對象為發生在康乃迪克州的交通事故，研究範圍為 6 年的交通量與肇事資料，並以 2 車道路段資料為樣本，於土地使用部分區分為私人用地、公寓住宅用地、加油站、商業、工業、辦公與其他共 7 種，並透過卜瓦松迴歸分析，且個別考量單車碰撞與多車碰撞的情形。

Khattak *et al.* (2002) 主要探討道路施工中或施工前對受傷和非受傷的意外事故的影響，而調查在道路施工前與施工中肇事率的改變。由美國加州交通意外事故檔案獲得 1992 年至 1993 年的肇事資料，並根據總肇事頻率、道路施工前發生沒人受傷的肇事頻率、道路施工中發生沒人受傷的肇事頻率、道路施工前發生有人受傷的肇事頻率、道路施工中發生有人受傷的肇事頻率，建構 5 個負二項迴歸模式，其分析的影響因子包含平均每日交通量、道路位於市區或郊區、施工區間、施工路段長度、施工位置等。

Lee *et al.*(2002)探討年經駕駛發生事故的潛在因素，透過 1174 個持有駕照滿 12 個月的年輕駕駛為研究對象，以問卷調查方式，測得駕駛特性、習慣、肇事紀錄等。研究方法以卜瓦松迴歸、負二項迴歸與 Zero-Inflated Poisson Model (ZIP) 來分析，並透過概似比檢定結果發現負二項迴歸與 ZIP 均比卜瓦松迴歸更適合，而負二項迴歸與 ZIP 透過 Pearson goodness-of-fit 檢定結果相同，且變數在模式結果發現駕駛技術因素並不顯著影響事故發生，其中性別並與喜愛冒險之特性無關，而持有學習駕照者會具有冒險特性，拿到駕照後的 1 年內有

較高的事故發生機率，若先由學習駕照而駕駛至獲得駕照者，其發生事故機率比過去沒有學習駕照者來的高。

Greibe (2003)彙整 Greibe(1995)、Hemdorff(1998)之路口與路段之事故研究，以一般化線性迴歸技術將肇事次數假定其為卜瓦松分配，欲分析丹麥地區每日平均交通量與意外事故因素關聯性，建立一個簡單易操作的路口與路段事故預測模式，來確定影響交通安全的道路幾何設計、土地使用等要素。其中變數包括交通量、路段長度、速限、車道單向與否、車道數、路寬、分隔島類型、路旁是否具停車格、道路類別、公車站與否等。並建構出數個模式來估計包括所有事故、所有受傷事故、穿越事故與轉彎事故。該研究發現少部分道路旁之泊車和速限設備，於事故中存在相當重要性，號誌路口有較少的穿越事故，但有很多追撞事故。並透過車流量與影響因素間之關係，能夠有效解釋有關肇事的連續或是不同類的影響因素。

Wang *et al.* (2004)探討號誌化交叉路口自行車與汽車的碰撞風險，並搜集 1992 年到 1995 年日本東京 115 個號誌化交叉路口的自行車與汽車肇事、自行車車流量、汽車車流量、交通控制、道路幾何等相關資料，分別對自行車與直行汽車碰撞、自行車與左轉汽車碰撞、自行車與右轉汽車碰撞此三碰撞類型，建立三個負二項迴歸模式來估計自行車與汽車的碰撞風險。研究發現：在自行車與直行汽車碰撞模式中，隨著機車對汽車車流量比率增加、有人行天橋存在，發生碰撞的風險就增加；當交叉路口位置在商業區、平均每日直行汽車車流量總和增加、平均每日汽車車流量增加，會減少發生碰撞的風險。在自行車與左轉汽車碰撞模式中，隨著對向入口右轉車道數增加、左轉車道數增加、平均左轉汽車車頭間距增加，發生碰撞的風險就增加；隨著交叉路口的入口寬度增加、平均每日左轉自行車車流量增加、左轉汽車車流量占總車流量百分比增加、當交叉路口位置在商業區、左邊入口有人行天橋存在，會減少發生碰撞的風險。在自行車與右轉汽車碰撞模式中，當路中央小於 2 公尺寬、提高車道數、右轉車道數增加、平均右轉汽車車頭間距增加，發生碰撞的風險就增加；隨著右邊入口自行車車流量增加、對向入口速限增加、交叉路口上有四個時向，皆會減少發生碰撞的風險。

Noland (2005)使用國際性的資料探討燃料經濟性 (fuel economy) 和其他因素對交通致命意外的相關性。由 1970 年至 1996 年共 25 年，針對澳洲、美國、加拿大、挪威、法國等 13 個國家，從國際道路交通資料庫獲得車輛旅行公里數、總人口數、年紀、汽車所有權、每輛車耗油量的資料，並從 OECD Health Care 1998 獲得相關的資料，分別對總交通致命意外事故和行人致命意外事故建立負二項迴歸模式探討相關影響因子。研究結果顯示平均車隊汽車效能與交通致命意外的增加無關，fuel economy 與總交通致命意外事故和行人致命意外事故亦無關。隨著車輛旅行公里數的增加、車輛耗油量增加、平均因交通意外受傷在醫院看護天數的增加，總交通致命意外事故會增加；隨著人口增加、年紀 65 歲以上人數百分比的增加，總交通致命意外事故會減少。隨著人口數的增加、汽車擁有數的增加、平均因交通意外受傷在醫院看護天數的增加，行人致命意外事故亦增加。

Wong *et al.* (2007)則蒐集 262 個香港交叉路口事故率資料，分為輕微受傷事故 (slight injury) 及死亡及重傷事故 (killed and severe injury, KSI) 兩大類，分別利用卜瓦松及負二項分配加以模化分析，考量解釋變數包括：日平均交通量、臨近路口數、臨近車道數、衝突點數、曲率、車道寬、號誌控制時制、是否有輕軌或電車車站等。

Caliendo(2007)連續蒐集 5 年之義大利高速公路事故資料，利用負二項迴歸分析及負多項迴歸分析建立事故分析及預測模式，其考量變數包括：公路橫豎曲線、視距、交通量、鋪面摩擦係數，以及雨量等。並分別建立以全部事故為基礎之分析模式及僅以嚴重事故為基礎之分析模式，再比較兩模式之係數顯著性及差異。

歸納上述文獻可知，事故件數之分配顯屬於計數資料(count data)，不符常態分配之要求，無法適用一般迴歸模式，因此，相關研究均是以卜瓦松迴歸、負二項、ZIP 等迴歸模式進行分析，若欲劃分類別(嚴重性與碰撞類型)，常見的作法為依據界定項目區隔總頻次，各自構建頻次模式，藉此比較不同類別下發生頻次的變異。另一方面，眾多研究係蒐集跨多年期或多區域的事故資料，但卻鮮少有研究對其資料切割方式作更深入的探討或進一步的分析。

2.3.2 事故嚴重性分析

絕大部分的事故嚴重性研究係單一事故為基礎，而其構建之分析模式大致可分為：羅吉斯迴歸分析、羅吉特模式 (Logit model)，以及次序普羅比(Ordered Probit)等三大類。其中，羅吉特模式又分為巢式羅吉特模式 (Nested logit model) 及多項羅吉特模式 (Multinomial logit model) 兩類。

Shanker *et al.*(1996)以華盛頓州 1988-1993 年郊區高速公路肇事資料，共計 1,505 筆事故資料，其中四種事故嚴重程度分為僅財產受損、輕微受傷、重傷、傷殘或死亡，經由巢式羅吉特模式探討嚴重事故特性。並分析道路幾何因子、肇事原因、結果、發生時間、位置、事故型態、駕駛者特性與氣候變數，再將某些個別變數結合成一相互影響變數，且藉由概似比檢定，得知採用僅財產受損與輕微受傷兩類同巢、重傷與傷殘或死亡各自獨立的兩層為最佳巢式分析結構，另一方面，經各種共生變數之驗證結果知此巢式羅吉特方法為評估事故嚴重度與交通安全的一個良好方法。

O'Donnell *et al.* (1996)探討交通事故嚴重程度之影響因素及影響程度，以十一個用路人的特性和四種不同傷亡程度的因素來進行分析，並將四種傷亡程度分成非受傷、受傷、嚴重受傷和死亡，由順序性普羅比和順序性羅吉特兩種模式探討，而資料來自 RTA (New South Wales, Australia) 主要選擇車輛事故為研究主題，總共有 18,069 個觀測值，其中 2.3%是死亡、21.4%是嚴重受傷、67.8%是受傷、8.3%是非受傷。模式的選擇則是利用 SBIC (Schwarz Bayesian Information Criterion) 評估，其次，由適合度檢定發現兩者模式對於資料之解釋能力相似。因此，不管使用順序性普羅比和順序性羅吉特所得的結果是幾乎相同。

Farmer *et al.* (1997) 採用多項羅吉特迴歸了解不同車種碰撞的特性，並針對卡車駕駛與其他車種側撞是受傷嚴重程度作為探討，收集資料包括碰撞的位置、碰撞的角度、當事人的性別和年齡、是否使用安全帶、車輛本身側邊的重量和型態及碰及到他車的車輛型態；藉以了解兩車產生碰撞時所造成受傷程度有何不同。研究結果顯示，當根

據車輛重量的不同，小客車的當事人受傷的嚴重程度遠重卡車的駕駛者；若碰及位置為駕駛者的側邊，而受傷的嚴重程度將大於小客車。

Chang *et al.* (1999) 則探討傷害嚴重程度與卡車或非卡車之單一車輛事故相關分析，建立單一車輛或多車碰撞模式，以瞭解影響傷害的程度之主因。而資料分析方法採用巢示邏輯特的方式將各事故之碰撞車輛數為上巢，傷害類型為下巢分別探討其傷害嚴重程度，並透過擬彈性的方式瞭解各變數對於傷害嚴重程度的影響，其中以華盛頓州 1994 年的事故資料為主，總共獲得 27,410 筆完整的事故資料，包含 17,473 輛車，結果顯示卡車事故的受傷嚴重程度較非卡車相關事故傷害較為嚴重。

McCartt *et al.* (2000) 探討長途卡車駕駛人因打盹而發生的肇事因素探討，研究時間及地點為美國 1997 年的春天，以面訪的方式訪談 593 位卡車駕駛人，且其一年平均工作開車距離需大於 50,000 呎，並建立衡量開車是否打盹之衡量標準，再以因素分析法減少變數，進而以多元羅吉特迴歸模式探討主要影響變數。由多元羅吉特迴歸模式之結果得知影響長程卡車駕駛人打盹而肇事的因素為困難的工作項目、於工作時間較少睡覺、白天打盹、睡眠時間混亂、深夜困倦的時候開車與長時間開車。

Zhang *et al.* (2000) 探討安大略湖區影響老年汽車駕駛人事故受傷嚴重程度的因素，資料來源為加拿大交通事故報告資料庫，於安大略湖區之所有事故資料，資料內容包含事故因素、事故時間、駕駛人之受傷程度、道路狀況、車輛與事故特性等資料，其死亡的定義為於事故發生後 30 天內死亡為主。研究時間以 1988 年至 1993 年間之資料為主，其中肇事車輛駕駛年齡需大於 65 歲以上，而研究方法採用羅吉斯迴歸模式瞭解主要影響變數；羅吉斯迴歸模式之結果得知影響老年駕駛死亡因素為年齡、不遵守交通規則、未使用安全帶、路口沒有號誌設施、道路之速限限制過高、頭部遭受撞擊、兩車輛之事故與超速等因素。

Al-Ghamdi (2002) 以羅吉斯迴歸研究利雅德之肇事因素的顯著狀

況。並將 560 件案例分死亡與受傷兩大類型，而肇事因素分為發生地點、事故型態、碰撞型態、事故時間、肇事原因、年齡、國籍、車輛種類與駕照狀況，由 Wald 檢定確認肇事因子之誤差。其肇事型態分成車與車、車與固定物、翻車以及車與行人之四種事故，檢定各變數後縮減成一最佳模型，並發現肇事地點與肇事原因兩變數為影響嚴重程度的最顯著因子，藉勝算值比分析顯示路段中走錯車道之死亡事故高於路口超速事故 3.26 倍，故該研究可有效找出影響事故嚴重性之相關因子相互關係。

Farmer *et al.* (2002) 針對美國各種類型車輛探討單一車輛翻覆事故的風險，資料來源為 1995 年至 1998 年死亡事故分析報告系統 (FARS) 與國家數據分心中心 (NCSA) 之事故資料，其中單一車輛碰撞事故資料共有 14,000 件死亡事故與 78,000 件的受傷事故，研究方法則以羅吉斯迴歸模式之發生比與事故車輛數比例分析比較其翻覆事故風險間的相對關係，羅吉斯迴歸研究結果指出發生死亡翻車事故風險方面，鄉下為市區的 3.42 倍，道路彎曲為道路筆直的 2.15 倍，駕駛者年齡小於 25 歲為大於 25 歲的 1.36 倍。除了以上因素影響翻車事故風險外，在照明情況、路面情況與駕駛者性別等亦會影響發生翻車意外事故的風險。

Dissanayake *et al.* (2002) 蒐集佛羅里達州 1994 至 1996 年間 65 歲以上年長者駕駛車輛碰撞障礙物的單車意外事故相關之資料，採程序性羅吉斯特迴歸模式進行其事故嚴重程度預測模式之建立，並利用 1993 年之資料來驗證模式。研究結果顯示，車速、安全設備的使用、撞擊點、飲酒或使用藥品、個人生理狀況、性別、駕駛人是否有過失、都市或郊區道路、道路之坡度與線型等，都是影響該類型事故傷亡嚴重程度的重要影響因素。

Kockelman *et al.* (2002) 以排序性普洛比探討駕駛於事故的傷亡嚴重程度，將傷害程度分為無受傷、輕傷、重傷與死亡，而過去研究主要以羅吉斯迴歸模式探討各因素的風險，調查 1998 年的全國車輛資料系統 (GES) 瞭解此年的車輛事故，再依據事故類型區分為單一車輛事故與兩車的碰撞事故模式，而綜合模式的事故中會增加死亡機率

為駕駛者的年齡、車齡與酒駕，但是男性與有肇事紀錄者則會降低死亡機率，而於兩車碰撞事故中女性、夜晚開車、年齡會增加死亡的機率。另外，研究結果發現重車會保護駕駛人，因此其死亡的機率較低，但是會造成與其碰撞的小汽車駕駛者較為嚴重的傷害。此外，於單一車輛事故駕駛人特性中，車齡與酒駕會增加死亡的機率，且駕駛小型休旅車其安全性較小汽車佳。

Quddus *et al.*(2002)探討汽車與機車碰撞事故中，由於過去研究大部分針對機車騎士的傷亡嚴重程度，較少探討車輛的損害程度，因此作者欲瞭解影響二者的因素，所以透過排序性普洛比迴歸模式分別建立機車騎士傷害嚴重程度與汽車損害嚴重程度的模式，進行分析探討。其中以機車為例，並區分為 1:輕微受傷或無損失，2:嚴重受傷或有損失，3:死亡或是損失嚴重，4:綜合上述機車失事的殘骸。資料來源為新加坡交通警察部門於 1992 年至 2000 年所建立的 27,570 筆事故資料為主；研究結果顯示在每日發生的時間之因素，尤其以每日 12 點的午夜到 3:59 分的時段發生無損失或受傷之間的機率高，高於其它時段所遭受的事故。就道路工程與設計的因素而言，高速道路設計的標準會增加機車事故中嚴重受傷或死亡的機率。而碰撞因素則以撞及固定物體、撞及行人會增加嚴重受傷的倍數，且在機車的引擎容量也是會增加嚴重受傷的嚴重性。

Al-Ghamdi (2003)主要探討預防路口事故及減低事故發生的嚴重性，並利用沙烏地阿拉伯裡的利雅德城市於 1997/8-1998/11 進行羅吉斯迴歸模式，進而探討哪些因素會影響交通的嚴重事故。在研究中相依變數分成非生命攸關和有生命攸關的模式，而獨立變數的取捨則是採用華特檢定 (Wald test) 及概似率檢定 (Likelihood ratio test)。另外，於沙烏地阿拉伯的城市中事故類型及事故地點之交互相關存在不顯著。最後結果顯示，在非交岔路口中造成死亡的事故會高於在交岔路口，再者闖紅燈時會比不闖紅燈更容易造成死亡，以及走錯路的事務會比沒有讓別人先行走造成的事故還要高。

Austin *et al.* (2003) 兩位學者主要探討影響老年乘客於車輛與事故的主要因素，並針對肇事車輛的數目與碰撞方式進行研究，資料來

源為 National Automotive Sampling System-Crashworthiness Data System 中 1997 年至 2001 年之事故資料，先以敘述性統計分析方式了解老年人其駕駛行為的改變，進而以排序性普洛比迴歸模式分析主要影響老年駕駛人傷亡程度的因素，研究結果顯示老年駕駛人易發生碰撞事故，而年齡、女性與車速會增加駕駛人的死亡機率，但安全帶的使用會降低死亡機率，若事故類型為側撞，則駕駛人的死亡機率反而隨年齡增加而降低。

Karlaftis *et al.* (2003) 欲探討英國駕駛之自我駕駛行為的評估，因此以問卷的方式調查英國 1996 年與 1998 年間 20,725 位於 19 個州的駕駛人其駕駛行為與肇事次數，主要針對詢問其與其他駕駛人之駕駛行為的危險性比較和平均速度與其他駕駛人比較，而研究方法則採用排序性普洛比迴歸模式探討其駕駛行為的差異比較，由迴歸模式結果發現駕駛經驗、年齡、平均年行駛距離與教育會降低其危險性低於其他駕駛人，而不同的地區其駕駛行為也具有不同的危險性，其中以南方駕駛人的危險性最高。另外，駕駛人若認為使用安全帶能降低危險及超速則會提高危險，與一般的認知相同，則以駕駛車速來看，女性、年齡、低經驗與低收入其平均車速較低的。

Mohamed (2003) 使用順序性普羅比分交通碰撞事故於鄰近收費購物中心、道路路段及單一交岔路口影響肇事嚴重程度，並比較這三個地區影響之因素。研究期間為二年資料 (1996-1997)，對象是美國佛羅里達州市中心之三個郡 (Orange, Osceola, and Seminole)，其中共有 17,647 位駕駛者涉及 7891 件事務碰撞，而資料的特性包括駕駛者、車種、道路資料和環境條件。結果顯示駕駛者的特性 (飲酒、有無繫安全帶、性別)、速度比率、車輛型態皆會影響事故發生的嚴重程度。

Zajac *et al.* (2003) 探討美國康乃迪克州郊區路段之汽車相關事故影響行人傷亡程度的主要因素，並以排序性普洛比將傷害類型分為五類，分別為死亡、重傷 (無行為能力)、重傷 (有行為能力)、輕傷或財損；實證資料為 1989-1998 共十年，有 278 位行人在美國康乃迪州鄉村道路所發生交通事故，此外，此研究之碰撞是指在沒有交通

號誌及標誌下行人橫越主幹線道路。研究結果顯示郊區會提高駕駛的行車速度，進而造成行人嚴重的傷亡機率，而高密度的住宅區會較郊區安全，是因駕駛人行駛此區域時會較為注意，且降低車速。另外，車輛型式、汽車駕駛人酒駕、行人年齡高於 65 歲、行人酒醉、速限、道路寬度會影響行人的傷亡嚴重程度，但是路邊是否停車卻不會對於行人的傷亡程度造成影響。而地區與行人的傷亡程度間具有高度相關性，因此需降低郊區的速限，進而減少肇事率。

Ulfarsson *et al.* (2004) 探討不同車型影響男性與女性事故之傷亡嚴重程度的主要因素，並比較男女駕駛人傷亡程度之差異。該研究採用多元羅吉特迴歸分析以了解影響傷亡程度的主要因素，進而以彈性分析比較二者傷亡程度的差異，其中資料來源為美國華盛頓州之運輸部分 1993 年至 1996 年間相關事故資料。研究結果顯示影響女性死亡或重傷比例提高的主要因素為未繫安全帶、兩車道路段、高車流路段、夏天與下雪的天候狀況下，而影響男性駕駛人死亡或重傷比例提高的因素為未繫安全帶、酒駕、打瞌睡、未集中注意力、超速、濕滑路段、下雪的天候狀況與春天等因素，但相對比較而言，天候狀況對於女性駕駛人的影響會大於男性，且男性與女性間的差異是相當大的，但是駕駛人的行為與身體狀況顯著會影響駕駛人的傷亡嚴重程度。

Yamamoto *et al.* (2004) 探討駕駛者、乘客與固定物體碰撞後之傷害嚴重程度，以美國華盛頓州 1993 年至 1996 年之事故資料進行研究。由於過去研究較少針對車輛乘客之傷亡嚴重程度進行探討，該研究之先以單變量排序性普洛比迴歸模式分析事故資料，並探討駕駛之傷亡嚴重程度，了解乘客之傷亡嚴重程度與其有關聯，進而以雙變量排序性普洛比了解影響駕駛人與乘客傷亡嚴重程度之因素，由分析結果得知，駕駛人、車輛與道路影響駕駛者的傷亡嚴重程度，且由後續評估得知汽車駕駛者與乘客之傷亡嚴重程度是有相關的。研究結果可知汽車駕駛與乘客間的受傷嚴重程度是相互影響的，應共同探討主要影響因素，而未來擴大樣本數，則能得知更有效的結果。

Yau *et al.* (2004) 探討影響香港單一車輛事故嚴重程度的風險因素，以香港 1999 年至 2000 年交通事故資料系統中的單一車輛事故

資料進行研究，共有 1,176 件事務，而研究方法則採用羅吉斯迴歸模式與其發生比探討事故的嚴重程度，變數主要分為行政區、個人、車輛、安全、環境與地區因素。結果顯示，以自用運具而言，九龍東區所造成死亡或重傷的比例低，且駕駛者年齡為 26-55 歲和性別為女性造成死亡和重傷的比例也是比例低。而貨車運具則是駕駛者沒有繫安全帶在死亡和重傷是占高的風險。另外，以機車而言，夜晚中 20:00-23:59 以及白天 08:00-11:59 對於死亡和重傷是顯著高風險因素，然而街燈條件則沒有顯著的影響事故發生的嚴重性。

Abdel-Aty *et al.* (2005) 兩位學者探討號誌化路口的幾何特性與事故類型對於傷亡程度的影響，並將傷害類型分為無受傷、輕傷、重傷（有行為能力）、重傷（無行為能力）與死亡，資料為美國佛羅里達州 2000 年至 2001 年的事故資料，共有 33,592 件發生於 832 個路口的事故資料，而資料內容分為兩種類型，一種為完整的事故資料，一種為不完整資料，因僅為財損事故，並未進行詳細記錄。因此作者深入探討資料的完整度與模式間的關係，而研究方法則採用排序性普洛比迴歸模式與分類樹迴歸模式探討影響因素。排序性普洛比迴歸模式之結果顯示結合兩種類型的模式的正確率較高，且與行人或腳踏車相關事故、汽車事故、左轉、側撞、對撞會增加駕駛人的傷亡程度，但在次要道路具有分向設施或次要道路有高速限並不影響駕駛人的傷亡程度，由此顯示次要道路較佳的設計需具備多時相設計，另外分類樹模式中指出於主要影響各傷害類型的因素並不相同，但主要影響駕駛受傷的因素為次要道路的平均車輛數、次要道路的車道數、與號誌因素，且兩模式皆認為次要道路的速限並不影響傷亡程度。

Khorashadi *et al.* (2005) 探討美國加州郊區與市區在大卡車肇事駕駛受傷嚴重程度的差異比較，採用多元羅吉特迴歸模式了解變數的解釋能力，並以擬彈性了解其邊際影響，調查期間為 1997 年至 2000 年之事故資料，結果發現在郊區大卡車駕駛人較不易受傷，而有 50% 的小汽車駕駛人死亡或受傷，且其為肇事者。另外，若道路重車比例較高將增加傷亡嚴重程度，而酒駕對於死亡車禍有重大的影響。在市區中，影響變數與郊區有極大的不同，如酒駕在市區非車禍的主因，

此外，重車在市區的意外扮演極重要的角色。

Holdridge *et al.* (2005) 探討華盛頓州城市路網系統影響撞擊路邊固定物體事故，以羅吉特迴歸模式【無事故、路邊撞擊事故（沒有受傷（僅財產損失、可能有受傷）、輕傷、重傷、死亡）】進行分析；而資料由華盛頓州運輸部門所提供，自 1993 年 1 月到 1996 年 7 月底，共計 9,723 筆撞擊路邊固定物體之單一車輛事故（僅城市部分），內容包括了駕駛資料、肇事車輛資料、道路相關資料、環境因素資料及撞擊目標物。最後結果為，在沒有受傷的部份，撞擊擋土牆、橋墩、橋柱、防波堤、柱子會減少只有財產損失的機率，撞擊路牌（不論木製或金屬製）、籬笆將會增加只有財產損失的機率，撞擊泥土邊坡會增加可能受傷的機率，事發地點在有寬闊路面的 90 號州際公路、車輛為重型卡車、駕駛為男性、粗心都會增加只有財產損失的機率，沒有使用安全系統將會增加可能受傷的機率；在路邊撞擊事故的部份，撞擊路牌（不論木製或金屬製）、壕溝、涵洞、行駛於光滑路面或潮濕路面會增加沒有受傷的機率，多霧的天氣、小卡車、郵務車、酒駕、超速、打瞌睡、粗心會減少沒有受傷的機率，撞擊岩壁會增加輕傷的機率，撞擊路邊施工建築或機械、煞車失靈會減少輕傷的機率，行駛時光線陰暗會增加重傷的機率，而撞擊欄杆或橋樑尾部、木製標竿、超速會增加死亡的機率，正面撞擊欄杆或橋樑、20 到 40 歲的人則會減少死亡的機率。

Islam *et al.* (2006) 探討駕駛老化對於單一車輛事故中，影響男性與女性駕駛傷亡程度的主要因素，以 1999 年美國印地安納州之單一車輛事故為研究對象，並透過多元羅吉特迴歸模式分別探討影響男性與女性於三個不同年齡層的傷亡程度的因素，而研究結果顯示年輕與中年男性駕駛者若搭載乘客會增加其死亡機率；年輕或年老的男性駕駛人其車齡低於五年會增加其死亡機率；中年的女性駕駛人其車齡大於六年則會增加其受傷的機率，由此可知男性、女性於不同的年齡層其影響傷亡嚴重程度的因素不盡相同，但影響因素與道路設計、車輛與個人的駕駛者行為都有相關。

Kim *et al.* (2006) 探討汽車事故與存活之關連性，因汽車安全與車

輛、駕駛與乘客皆息息相關，其會影響駕駛人的存活率，而過去研究指出中型的跑車有較高的死亡率，但其可能與駕駛人的駕駛行為有關係，若駕駛人較有經驗且搭載較多的乘客，較會提高其存活率，而乘客所坐的位子亦會影響其存活率，因此作者期望透過車輛、駕駛者與乘客特性，瞭解主要影響駕駛人或乘客存活的因素，研究方法以羅吉斯迴歸模式瞭解存活的機率，另以限制迴歸模式評估事故的機率，資料則採用死亡分析資料庫與 NPTS (Nationwide Personal Transportation Survey) 於 1995 年至 1997 年的資料進行分析，由羅吉斯迴歸模式的結果得知，安全氣囊的使用會增加存活率；女性的存活率低於男性；重車的存活率高於小汽車；後座乘客的存活率高於前座，若以事故率而言，酒醉駕車會有高事故率；年輕的男性駕駛人之事故率高於女性駕駛人；高速公路或高動力車輛有高事故率，因此，駕駛者、車輛、道路特性與乘客的位置皆會影響事故的發生率與駕駛人的存活率。

Neyens *et al.* (2007)認為相較於中年駕駛而言，美國青少年（16 到 19 歲）在事故發生的紀錄上，人數一直多於中年駕駛者，因此作者將針對青少年所造成最多的事故型態進行研究，並進一步了解駕駛時的分心對於所造成的事故有何影響。資料來源由國家公路交通安全部門的大眾評價系統所提供，共計青少年交通事故有 449,049 筆資料，資料內容包括了詳細的事故發生過程、駕駛及乘客的社會經濟、駕駛在事故發生時的分心程度、環境因素及事故本身因素等資料，而作者則將青少年所造成最多的事故型態分為與固定物體側撞、固定物體追撞及與其他車輛發生側撞或追撞；另外所使用的分析方法為多元羅吉特迴歸模式。最後結果發現，行駛於城市時，會比較容易發生與固定物體側撞及追撞；超速時，容易與固定物體發生碰撞及與其他車輛發生側撞或追撞；行駛在鋪面較差的路上或酒後駕車時，容易發生與其他固定物體的碰撞；若青少年分心的原因是邊開車邊講行動電話則容易與其他車輛發生側撞或追撞；當青少年在行經十字路口時分心，容易與其他車輛發生側撞或追撞；若青少年是因為車上其他乘客而分心，也容易與其他車輛發生側撞或追撞；若事故原因為車輛機械的問題，則不容易與其他固定物體和車輛發生側撞。

Pai *et al.* (2007)探討英國的機車騎士於三叉型路口受傷嚴重程度與車流控制間的關係，因英國於 1999 年至 2004 年主要發生與機車相關的交通事故的地點為三叉型路口，且機車又為高風險的運輸工具，因此作者欲探討於不同號誌控制下的三叉路口，其主要影響的機車騎士傷亡嚴重程度的因素，所以採用英國 STATS19 事故資料庫於 1999 年至 2004 年 45,839 筆的與機車相關事故資料，研究方法則採用排序性普洛比迴歸模式，探討路口有停等號誌、無號誌化與號誌化路口，三種情況下模式的差異比較，由結果顯示於停等號誌路口易因男性、年長騎士、早上、週末、夏天、好天氣、無路燈、無速限、與重車碰撞的情況下，會增加傷害的嚴重程度，於無號誌控制路口易因年長的騎士、早上、週末、好天氣、無路燈、與重車碰撞的情況下，會增加傷害的嚴重程度，於有號誌化路口易因男性、與重車碰撞、好天氣的情況下，會增加傷害嚴重程度，而透過三個迴歸模式的比較發現，男性較易違反道路規則，因此於號誌化路口較容易受傷，而重車駕駛因其優勢，於無號誌化路口忽略機車騎士或車輛欲轉向，易造成騎士的死亡，另外，在無路燈的道路上且無號誌化路口，易使汽車駕駛因視線不良、反應不及，因而發生事故，且在任何號誌狀況下，事故的嚴重程度皆會隨著速限的增加而提高，因此未來應針對教育與嚴厲的執法降低違規或忽視的態度，進而降低事故發生率。

Parkin *et al.* (2007) 針對騎腳踏車的風險及路線的可接受性提出分析。資料自 2002 年 1 月到 7 月，針對波蘭大主教自治市鎮政務委員會、波蘭大學、波蘭皇家醫院的員工之問卷調查，共計有 144 人份問卷為有效樣本，並將騎腳踏者分成：從來不騎、假日或週末偶爾騎、一個月騎 1 到 3 次以上三等級以及將安全風險依樣本分為 10 等級；並利用多元羅吉特迴歸模型及社會經濟變數、腳踏車交通設備的路線比例或面積、每小時的交通流量等變數，分析以路線及路口型態、一般旅行特性以及騎腳踏車的可接受性建立三個模型。最後整理結果為，騎腳踏車經過住宅區旁的路，會增加一些風險，但騎經住宅區旁有停車的路，則會增加更多的風險；若騎經住宅區較安靜的路或免費路線有可降低風險；擁塞的路況會增加騎士的安全風險，且即使是順暢的腳踏車專用道仍有中等以上的風險；若腳踏車專用道旁為公車專

用道，則可減少風險，可能原因為將腳踏車與汽機車車道分隔開來將有助於降低風險；騎經有號誌管制的路口右轉，會增加風險，若是主要的幹道則風險更大；有技巧性的經過小環形交叉口可降低風險；年輕或年老的人較 35 到 44 歲的人有較高的風險；路上交通流量越大或是路邊停車數目越多，越會增加危險風險；以及右轉的車輛越多，腳踏車騎士的危險風險越高。

Savolainen *et al.* (2007)以巢式羅吉特迴歸模式及彈性分析，並將機車事故結果分為輕傷或無受傷（下巢）、重傷、死亡；資料來源為美國騎士教育組織，資料共計單輛車事故 2,273 筆與多輛車事故 2,213 筆印第安那州的機車事故，涵蓋時間自 2003 年 1 月 1 日到 2005 年 10 月 15 日，資料內容有環境、當事人及車輛的詳細資料。最後結果在單輛車事故方面，女性有 20%的機率會增加發生無受傷的事故，而此一結果可以反應男性的騎車方式或習慣；曾經在過去 2 年間參加過機車安全講座的人，有 171%的風險會發生死亡事故；酒後駕車會減少 10%的風險發生輕或無受傷（下巢）的事故，但會增加 12%的輕傷事故；而配戴安全帽會增加 50%的機率逾事故發生時不會受傷但輕或無受傷（下巢）部份則是增加 11%；最後則是在四月及七月會增加死亡事故各 111%及 98%的機率。在多輛車事故方面，當年齡每增加 1%，就會減少無受傷事故 0.06%的機率；配戴安全帽有顯著增加與跑車和小貨車碰撞的輕傷之機率且減少與車輛右側撞的死亡風險；酒後駕車會減少無受傷事故 65%的機率；超速行駛會增加 116%的死亡風險；四月份與降低 64%的死亡風險有關。

Wong *et al.* (2008)由於香港實施闖紅燈處罰條例使得駕駛者在紅燈違規行為上有增加的趨勢，再加上小巴駕駛者之違規駕駛頻率過高，且常因此發生交通事故，故此一研究以敘述性偏好法來設計問卷，調查小巴駕駛者對駕駛過失處罰的感受，再透過多元羅吉特模式來分析處罰條例對於駕駛者打消闖紅燈的違規行為之影響程度。研究結果顯示出對駕駛者產生影響、有效遏阻駕駛者闖紅燈的是違規處罰條例，而不是受到執法方針的影響。此外，對於小巴駕駛者而言，同等值的違規處罰是有效的。該研究並以市場區隔分析法進行分析，結果發現

年齡、婚姻狀況、教育程度、個人收入、車輛種類以及工作結構等因素都可能使駕駛者對於駕駛過失處罰的感受更為強烈。

歸納以上相關研究可知，大部分肇事嚴重性之研究均以個體角度進行事故分析，雖可較總體模式更進一步探討事故當事人之個別因素對事故之影響，但同樣缺乏對各項變數對事故發生聯合效果的分析，且無法與頻次模式之結果進行整合。

2.3.3 事故頻次與事故嚴重性分析

Carson *et al.* (2001) 探討在華盛頓州設置下雪警告標誌對下雪時的肇事頻率與嚴重程度之影響，肇事資料是從華盛頓州交通部門 (Washington State Department of Transportation, WSDOT) 的交通意外事故資料庫中取得，研究事故發生期間是從 1993 年 1 月到 1995 年 12 月，共 3 年。研究方法採用 Zero-inflated negative binomial (ZINB) 迴歸模式、負二項迴歸模式、多元羅吉特迴歸模式。研究結果在下雪肇事頻率方面，分別對州際公路使用了 ZINB 迴歸模式，顯著影響因子有道路所屬地區、肇事發生時間、平均每年每日交通量、路段長度與速限、對向車道數等；對主要幹道使用了負二項迴歸模式，顯著影響因子有道路所屬地區、肇事發生時間、平均每年每日交通量、路段長度、路肩寬、總車道數、水平曲線的長度與角度等；對次要幹道使用了負二項迴歸模式，顯著影響因子有道路所屬地區、平均每年每日交通量、路段長度與速限、水平曲線的長度與角度等。在下雪肇事嚴重程度方面 (分為死亡、受傷、只有財物損失三類)，各別對州際公路、主要幹道、次要幹道，使用了多元羅吉特迴歸模式，其中顯著影響的因子包括了空間特性、時間特性、肇事意外特性三大類。綜上所述，在華盛頓州，設置下雪警告標誌不是影響降低下雪肇事頻率與嚴重程度的顯著因子，反而是關於空間特性、時間特性、交通特性、道路特性、肇事意外特性的這些變數，為影響降低下雪肇事頻率與嚴重程度的顯著因子。根據這些發現，將下雪警告標誌設置到更適合的位置或是改善道路的設計，可減少下雪時肇事的頻率與降低下雪時肇事的嚴重程度。

Lee *et al.* (2002)提出在華盛頓州，約有四分之一的交通事故和車輛跑出車道有關，而且發現路肩的設計特徵和該類事故的發生頻率和傷亡程度似乎有很大的相關，因此本篇將針對該類事故和路肩設計及相關因素分析發生頻率和傷亡程度的關係。分析方法利用了Zero-inflated 負二項迴歸模式來分析發生的頻率及巢式羅吉特迴歸模式來分析傷亡的程度。分析的路段為華盛頓三號州際公路 96.6 公里處，資料來源為華盛頓事故資料庫及華盛頓交通資料庫，資料內容包括了公路幾何設計、環境因素、駕駛特徵及路肩特徵，使用的資料年限範圍為 1994 年 1 月 1 日到 1996 年 12 月 31 日，共計有 489 筆事故資料。最後有關事故發生頻率的部分，發現了當速限超過 85 公里/小時、路段邊非連續的行道樹數目越多、路肩寬度越寬、路肩外側到欄杆的距離越寬等因素會造成事故發生頻率越高；當中央安全島的寬度越寬、路肩外側到路燈的距離越寬等因素會降低事故發生的頻率。在傷亡程度方面，發現了當駕駛粗心時、事故發生在十字路口且駕駛有遵守號誌時會造成只有財產的損失；夏季開車、路段有各種的固定障礙物、路段有號誌、路肩寬度少於兩公尺、有繫安全帶、駕駛在 25 歲以下、酒駕等因素會造成有可能的傷害；在白天時開車、尖峰時間、晴朗或多雲的天氣、濕滑的路面、路段邊有成群的樹叢等因素將會造成嚴重的傷害甚至死亡。最後作者建議了，減緩路段坡度、減少非連續的行道樹的存在、增加路肩外側到路燈的距離及減少路肩外側到欄杆的距離，將會有效的減少事故發生的頻率。

Martin (2002) 探討肇事率和每小時交通量的關係與肇事的嚴重程度。在 1997 年至 1998 年，以法國城際間的高速公路為例，將路段分為 92 段以方便觀測，每區段雙向每小時流量包含觀測值 2,937,886 個，透過統計上的圖表以及負二項迴歸和羅吉斯特迴歸來分析肇事率和嚴重程度。研究結果發現，在每小時車流量低於 400 輛時，容易發生只有財物損失或是受傷的交通肇事；當 2 線道和 3 線道道路交通量增加，發生肇事機會偏高；當 2 線道道路交通量增加至每小時 3000 輛車時，肇事機會偏高；在較少交通量下，3 線道肇事數量會比 2 線道肇事數量多，週末比平日容易發生肇事；而在交通量較大的情況下，反而是平日比週末肇事次數多；白天與晚上的肇事率差異不會太大，

但是在每小時交通量較少時，晚上肇事的嚴重程度會較嚴重；車道數量多寡與肇事嚴重程度較無關係；在交通量方面，較少交通量無論在肇事頻率或是肇事的嚴重程度上都較為低。

Amoros *et al.* (2003)為探討各地區交通安全標準訂定時所需考量的因素以避免交通意外的發生，以法國東南方隆爾阿爾卑斯 (Rhone-Alpes) 地區 8 個郡的交通路網與肇事資料為研究對象，其考量的因素包括道路等級 (國道、高速公路、州郡道、一般道路等)，且將道路特性分成郊區與市區兩種，以及事故發生時間與社經變數，此社經變數包含各地區人口平均年齡、肇事者駕照持有時間等，觀測期間為 1986~1993 年。肇事率依不同種類道路有不同的曝光率 (exposure) 計算方式，高速公路、國道的曝光率是駕駛哩程數，郡道、一般道路則為駕駛的行駛公里數，以油耗量來估計；在嚴重程度方面，分成死亡與受傷事件，為瞭解各地區之間肇事率與嚴重程度的差異，在肇事率以相關風險 (Relative Risk, RR) 來比較，也就是以一地區的肇事率為基準，與其他地區肇事率之比率；在嚴重程度以損益比 (Odds Ratio, OR) 來比較，研究方法是負二項迴歸與羅吉斯迴歸來分析。其結果顯示，在肇事率比較中，郡道與一般道路下，Drome 區的 RR 會高於 Rhone 區 2.29 倍 (以 Rhone 區為基準)，而 7 個地區在國道與高速公路 RR 都低於 Rhone 區；嚴重程度比較發現，同樣在高速公路上，7 個地區的嚴重程度都高於 Rhone 區，而在郡道卻是低於此區。考量社經變數的結果顯示，新手的肇事率較一般駕駛高出 0.43 倍，但持學習駕照者卻少 0.58 倍，各地區考量社經變數與未考量時並無顯著差異；在嚴重程度中，新手死亡機率較低，反而持學習駕照者死亡率較高。所以各地區會因為道路種類的不同而肇事率與嚴重程度也有所差異，因此各地區交通安全指標的制定，需由不同的道路等級來區分較適合。社經資料卻在各地區並無差異，表示社經資料是所有共同的特性，所以在管理上各地區應該相同。

Hels *et al.* (2007)探討圓環設計對於自行車肇事率的影響，歐洲近 20 年來漸漸將號誌化路口改建成圓環式設計，因後者較具安全性與移動性，而美國評估此設計將降低事故率 10~40%，但是對於自行車

的事故率影響不明，因此以 1999 年至 2003 年丹麥醫院緊急部門與警察局的相關肇事人員資料為研究對象，以普瓦松迴歸分析討論影響建造圓環後一年的肇事機率高低之主要因素，以 SAS 9.1 統計軟體測試各單一變數是否顯著，之後才合併模式，而單一自行車事故的肇事率以羅吉斯迴歸模式分析，研究後發現，自行車相關設施對於自行車的事故影響並不顯著，但圓環的年齡越高則自行車肇事機率越高，而單一自行車肇事結果與普瓦松的結果無太大差異，但變數稍有差異，可能因單一自行車事故的資料較為缺乏，因無重大傷患者會自行就醫，另外，除單一自行車事故外，若道路車輛數增加，亦會增加自行車之事故機率，雖然自行車相關設施此變數並不顯著，但可能因觀測的資料缺乏，無法明確證明與此變數無關，之後研究應更深入針對肇事者的相關資料或肇事地點的天候情況深入探討，將能獲得更有效的研究資料。

由於肇事的頻次多寡並不一定與肇事的嚴重性有絕對的關係，即肇事頻率高的路段或路口，並不代表產生的肇事嚴重性高，極端的例子可比擬一條交通量少但幾何條件差的道路與交通量相當大但行駛平順的都市幹道；因此需同時兼顧兩者，才能完整分析路段或路口的肇事特性。

2.3.4 道路交通事故頻次與嚴重度模式研究方法

2.3.4.1 事故頻次模式

1. 卜瓦松迴歸

在肇事頻次模式的構建上，研究者關切為單位時間(一周、一月或一年)分析路段(路口)事故件數的變化；其中，事故件數的資料性質是以一種隨機、離散並且非負的型態呈現，故無法適用於一般傳統的迴歸方法，屬於另一套稱為計數資料模式(Count-data modeling)的範疇，常見的分析模式如卜瓦松(Poisson, PO)與負二項(Negative binomial, NB)。

PO 模式奠定普瓦松分配之假設，因此符合事故件數的資料特質，為計數模式發展上起源最早亦最基礎的模式，後續計數模式之發展或實證上或多或少會以其為一開始的切入點。PO 模式的機率分配型態如式(2-38)。

$$f(y_i) = \frac{\lambda^{y_i} e^{-\lambda_i}}{y_i!} \quad (2-38)$$

其中， $f(y_i)$ 為單位時間下分析路段(路口) i 的事故件數。 λ_i 為該分析路段期望次數的發生機率，為保持其非負，其與函數內影響頻次的解釋變數向量 X_i 與其影響參數向量 β 之關係式，通常假定如式(2-39)，取指數的型態(Miaou, 1994)。

$$\lambda_i = \exp(\beta X_i) \quad (2-39)$$

2. 負二項迴歸

在 PO 模式的另一項假設上，限制其變異數等於平均數，故當觀察資料呈現過度離散(overdispersion)性質時，上述假設即不切合實際，此時應選用可克服此一問題的 NB 模式(Miaou, 1994; Milton and Mannering, 1998)；NB 模式係於原 PO 模式的期望值內額外考量一誤

差項，如式(2-40)所示。

$$\lambda_i = \exp(\beta X_i + \varepsilon_i) \quad (2-40)$$

對此，誤差項 $\exp(\varepsilon_i)$ 會進一步假定平均值為 1 變異數為 η 的 Gamma 分配，故 NB 模式亦稱 Poisson-gamma 模式。NB 模式的完整積分式，如式(2-41)所示。

$$f(y_i|\beta) = \frac{\Gamma[(1/\eta) + y_i]}{\Gamma(1/\eta)y_i!} \left(\frac{1/\eta}{(1/\eta) + \lambda_i}\right)^{1/\eta} \left(\frac{\lambda_i}{(1/\eta) + \lambda_i}\right)^{y_i} \quad (2-41)$$

其中， Γ 指 Gamma 分配， η 為離散係數(Overdispersion parametr)，其它符號則參照前述之說明。式(2-42)為 NB 假設下的變異數展開式，其說明了 NB 與 PO 模式之關係，PO 模式為當 NB 模式 η 等於 0 時的特例。

$$V(y_i) = E(y_i)(1 + \eta E(y_i)) = E(y_i) + \eta E(y_i)^2 \quad (2-42)$$

因此，分析時選擇使用 PO 或 NB 的基準在於透過 t 統計量檢定離散係數 η 是否顯著異於零；若 η 存在，則應採用 NB 分配進行模式構建。

3. 卜瓦松-對數常態

近期，越來越多的研究(Miaou *et al.*, 2003; Lord and Miranda-Moreno, 2008; Aquero-Valverde and Jovanis, 2008)開始透過卜瓦松-對數常態模式(Poisson-Lognormal, POL)取代 NB(Poisson-Gamma, POG)模式。POL 模式與 NB 模式之差異在於誤差項 $\exp(\varepsilon_i)$ 的假設為對數常態分配(Log-normal)，雖然 POL 模式較 NB 模式更具有彈性，但其限制在於因其並非封閉(Closed-form)的分配式，而造成估計上的困難，也會受到樣本數與較低平均期望次數的限制。

2.3.4.2 事故嚴重度模式

為考量影響事故嚴重度的因素，會建立事故嚴重度模式，而研究者通常會預先透過類別項目預先界定嚴重程度，並以羅吉斯迴歸(若

區分嚴重程度為兩類)、多項羅吉特(若區分嚴重程度為三類以上)、巢式羅吉特(類別間存在誤差相關)、次序普羅比(考慮事故類別有次序性)乃至混合羅吉特(類別內或類別間無法觀測的異質性)等模式進行事故嚴重度的分析,詳細模式理論依序說明如下:

1. 多項羅吉特模式

若以總體觀點,透過類別迴歸建立肇事嚴重性模式,需預先界定各嚴重性類別,並在劃分單位時間(例如,一年)內分析路段各嚴重性事故的發生件數,或代入預先計算的發生比例,以作為各類別的嚴重性函數的計算依據,若假定嚴重性函數為線性可加的函數,則路段 t 發生類型 i 事故(例如, A1、A2 及 A3 事故)的比例如下式:

$$S_{it} = \beta'X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2-43)$$

其中, X_{it} 為第 i 種事故的可觀測屬性向量包括道路幾何因素、交通量、地理環境、沿線土地使用與氣候等因素。 β' 為各觀測變數的待推估的參數向量。 ε 為誤差項,若假定為一般化極端值(Generalized extreme value)分配則推導出多項羅吉特模式,如下式:

$$P_{it} = \frac{\exp(\beta'X_{it})}{\sum_I \exp(\beta'X_{it})} \quad (2-44)$$

其中, P_{it} 為單位時間內路段 t 發生第 i 類嚴重性事故的發生機率。 I 為嚴重性類別的集合。因此,若能找出影響單位時間內路段 t 的事故嚴重性機率,即可計算路段 t 的嚴重性函數值及求出嚴重性類別機率。

多項羅吉特的選擇機率型態具封閉型的計算優勢,但因「不相關替選方案之獨立性 (Independence from Irrelevant Alternative, 簡稱 I.I.A.)」之特性,使得應用上受到限制。目前主要有兩種改良此一缺陷之方式: 1.由一般化極值(GEV)推導出保有封閉性特性的巢式羅吉特 (Daly and Zachary, 1978; McFadden, 1981); 2.藉由數值模擬方式校估非封閉形式的模式,如混合羅吉特 (McFadden and Train, 2000)。

2. 巢式羅吉特模式

多項羅吉特存在「不相關替選方案獨立性」的特性，雖有利肇事嚴重性模式參數校估與預測，然而嚴重性類別的界定往往受限取得資料，而劃分粗略，進而導致不同嚴重性類別之間可能存在誤差相關的問題，此時應透過巢式羅吉特(Nested logit)予以處理，使用多項羅吉特則會存在錯誤的推論，為解決此問題有巢式羅吉特 (Nested logit model) 的應用。巢式係將具相關性的類別歸納一獨立的巢層 (Nest) 之中，並以包容值 (Inclusive value) 計算巢內替選方案間的相似性，一併計算嚴重性函數，此可表示巢內的相似程度 (McFadden, 1981; Koppelman and Wen, 1998)。

首先，本研究以路段 t 肇事嚴重性的發生機率為例，說明所援引的計算公式。式(2-45)為 McFadden(1981)藉由推導 GEV 所提出的公式，假設肇事類別分析模式的分析結構有 k 個假定巢層，例如，傷害肇事與財損肇事，或死亡肇事與傷害肇事等替選結構。

$$P_m = \frac{e^{\beta X_m / \lambda_k} \cdot \left(\sum_{j \in B_k} e^{\beta X_{nj} / \lambda_k} \right)^{\lambda_k - 1}}{\sum_{\ell=1}^k \left(\sum_{j \in B_\ell} e^{\beta X_{nj} / \lambda_\ell} \right)^{\lambda_\ell}} \quad (2-45)$$

其中， β_k 代表歸納相似方案於第 k 個巢層內的子集合 (subsets)。 λ_k 為巢層 k 的相似性係數，用以表示巢層內的方案相似程度。該數值合理範圍為介於 0~1 之間。數值越接近 0，表示巢內方案的相似度越高，反之表示相似度越低。因此，若包容值為 1 時，巢式羅吉特可簡化為多項羅吉特，此說明多項羅吉特為巢式羅吉特的特例 (McFadden, 1978; Train, 2003)。在巢式羅吉特參數校估上可透過一致性 (simultaneous) 估計方式，經最大概似法推估有關參數。

3. 混合羅吉特

為了改善模式之精確性與獲取更豐富的實證資訊，研究依據偏好整合模式之實證成果，探討因應異質性處理的兩種方式，並配合模式

解釋特性發展應用課題：1.為瞭解不同區隔族群對時間價值的差異，而以成本屬性與社經、旅次的交互變數作為市場區隔方法之探討。2.以混合羅吉特估計模式存在的隨機異質（random heterogeneity, Baht, 1998）。依序說明如下：

本研究以針對不同區隔族群分別校估成本屬性，可視為市場區隔應用方式之一。一般而言，市場區隔可區分為外生市場區隔及內生市場區隔，前者係假設整體市場存在一個固定、有限數目且互斥的區隔市場，即每單一個體均可歸類為某特定的區隔市場之內，而且任一區隔市場之內的全部個體皆假設具有相同的行為或偏好，即區隔市場內的所有個體視為均有相同的嚴重性函數。市場區隔方式可能決定於樣本的社經變數或行為特性。常見外生市場區隔方式為精密的嚴重性函數指定法、群集分析方法。其中，精密的嚴重性函數指定法主要目的在於考慮變數彼此間可能存在的交互作用，此法可分區為全部維度與限制維度（事前區隔法）；前者係直接對樣本以精密嚴重性函數的指定，後者則選擇一區隔變數直接對樣本進行分群；而所謂群集分析傷勢則是利用樣本點各特性與相異性，將相似者歸類於同一群集內，以使同一群集內的樣本可具較高之同質性，而不同群集間樣本則具較明顯的異質性。（段良雄等人，民90）

本研究所考量的市場區隔模式係以精密的嚴重性函數指定方式，進行全維度的區隔，其優點在於僅須於偏好整合基礎模式中，對研究所關切的成本屬性進行區隔，即利用個體社經屬性與服務水準變數指定為交互項(interacting term)，此法簡便且利於操作，且能考量與模式內各變數間之關係。而區隔標準則依研究事前劃定的兩項社經、旅次特徵進行實證，包括所得、旅次目的與結合兩者；而以上所稱的市場區隔方法可視為處理系統異質性（systematic heterogeneity）的方式之一(Baht, 1998)。

以往，多項羅吉特（以下簡稱 MNL）係假定之方案效用可區分為兩部份，表示如式(2-43)，而混合羅吉特模式（Mixed logit；以下簡稱 ML）之嚴重性函數可表示為式(2-46)（Mcfadden and Train, 2000; Train, 2003）：

$$U_{it} = V'_{it} + \eta_{it} = V'_{it} + (\mu_t Z_{it} + \varepsilon_{it}) \quad (2-46)$$

與式(2-43)的主要差異係反映其於效用不可衡量項之假設，以致 ML 的 V'_{it} 與 MNL 的 V_{it} 並不相同，式(2-46)考量一線性組合的彈性誤差 η_{it} ，其分別為兩隨機項， $\mu_t Z_{it}$ 與 ε_{it} 的加成。 μ_t 為一組平均值為 0 的隨機項， Z_{it} 則與方案的可觀察變項有關， ε_{it} 則服從於 Gumbel 分配，藉此可予許不同方案中內的隨機項彼此相關，放鬆 MNL 的 IIA 限制，屬性參數會隨消費者而改變，並非固定參數，而反映個體 t 彼此間的異質 (Taste variation)。

其次，由於 MNL 係假設 ε_{it} 為 Gumbel 分配，ML 則可依據研究者需要，對變數指定各種分配設定 (McFadden and Train, 2000)，當退化 (degenerate) 至固定參數時 MNL 為 MMNL 的特例，相形之下 ML 模式較 MNL 更具解釋上的彈性；因為 ML 模式能以隨機參數方式納入嚴重性函數考量，使其成為開放型 (Open-form) 的數學式，故須進一步假設其邊際效用服從某種分配的形式，據此，個體 t 選擇方案 i 的機率： P_{it} ，如式(2-47)所示；

$$P_{it} = \int L_{it}(\beta) f(\beta) d\beta = \int L_{it}(\beta) f(\beta|\theta) d\beta \quad (2-47)$$

$$\text{其中，} \quad L_{it}(\beta) = \frac{e^{V_{it}(\beta)}}{\sum_{j=1}^J e^{V_{ij}(\beta)}} \quad (2-48)$$

式(2-48)為混合羅吉特之計算機率，其中 $L_{it}(\beta)$ 為特定參數向量 β 的多項羅吉特選擇機率， $f(\beta)$ 為一給定之機率密度函數 (pdf)，可依據研究需要給予不同的機率分配，以連續型分配為例，可為均勻分配、常態分配、三角分配等；由此可知混合羅吉特之計算公式為多項羅吉特計算公式經多次加權平均 (weighted average) 的結果，而統計上為混合函數 (Mixed function) 的型態。另外將 $f(\beta)$ 表示為 $f(\beta|\theta)$ ，則 θ 則是描述該分配特性的平均值 (mean) 與共變異數 (covariance)。綜合上述，可將 ML 模式之選擇機率表示如式(2-49)：

$$P_{it} = \int \left(\frac{e^{V_{it}(\beta)}}{\sum_{j=1}^J e^{V_{it}(\beta)}} \right) f(\beta|\theta) d\beta \quad (2-49)$$

綜上所述計算混合羅吉特之選擇機率時，並非取決於 β 值，而是決定於描述其分配的參數。實證時，機率密度函數 $f(\beta)$ 則由研究者事先認定，屬實證上之議題，可為連續(continuous)或離散(discrete)之分配形式，應視取決參數特性或應用目的，故分配設定上有其考量。再者參數因包含模擬機率，故須以結合模擬技術(Simulation)的最大模擬概似校估法 (Maximum simulated likelihood estimator, MSLE) 校估而得，其實際計算公式，如(2-50)說明：

$$\hat{P}_{it} = \frac{1}{R} \sum_{r=1}^R L_{it}(\beta^r) \quad (2-50)$$

式(2-50)中， R 為抽取次數，抽取次數會遷就模式的收斂速度而有不同考量，本研究除在常態分配的模擬係使用 Halton 數列抽取 125 次；其餘各模式則以抽取 300 次的擬似隨機亂數 (pseudo-random sequence)； β^r 為第 r 次時所計算的 β ，其中， $r = 1, 2, 3, \dots, R$ 。 L_{it} 為在 β^r 時所計算之選擇機率，而此計算過程每位受訪者 t 均會經過 R 次的反覆演算，所得的平均值，即為模擬機率 \hat{P}_{it} 。

由於運輸服務屬性如時間及成本為連續型變數之概念，因此研究係以連續型分配進行後續實證的討論，因此分別假設為常態分配、均勻分配、三角形分配與不同偏態的 Beta 分配，而此些分配的值域可同時涵蓋正值與負值；在常態分配的假設下，描述該分配的參數平均值為 μ ，標準差 σ ，且為一無界之分配，表示個體對於方案屬性之感受同時存在正向或負向之選擇傾向存在。操作上，若以常態分配進行隨機係數的推估時，需於指定變數考量標準常態亂數種子對其的影響，即標準差係數。

4. 次序普羅比

由於事故嚴重度通常具有次序性，即財損事故、受傷事故及死亡事故。因此，McKelvey and Zavoina (1975)所提出的次序普羅比模式常被應用於模化事故嚴重度（例如，Milton *et al.*, 2008）。次序普羅比模式自提出後廣受採用，其主要原因即是其可用以解釋應變數間（方案間）之次序關係，容許應變數間之不均等差異性，避免 IIA 問題 (Ben-Akiva and Lerman, 1985; Greene, 2000; Kockelman and Kweon, 2002)。

以 K 個嚴重度等級為例，次序普羅比模式可表為：

$$s_i^* = \gamma Z_i + v_i \quad (2-51)$$

其中， s_i^* 為一用以衡量事故 i 嚴重度風險水準的未觀測變數。 Z_i 為非隨機解釋變數向量。 γ 為待推估參數。 v_i 是隨機誤差項，一般假設呈常態分配。

事故嚴重度會設定為 K 個等級中的一個。因此，每一級會求出一個門檻值 (cutoff or threshold, τ_k)，用於最能代表事故 i 的嚴重度等級 (s_i)。事故嚴重度風險 (s_i^*) 愈高，預期會得出愈高的實際觀測嚴重度 (s_i)。事故嚴重度風險及實際觀測之嚴重度可表為：

$$s_i = \begin{cases} 0, & \text{if } s_i^* \leq 0 \text{ (property damage only)} \\ 1, & \text{if } 0 < s_i^* \leq \tau_1 \text{ (level 1 injury)} \\ \vdots & \\ k, & \text{if } \tau_{k-1} < s_i^* \leq \tau_k \text{ (level k injury)} \\ \vdots & \\ K, & \text{if } \tau_{K-1} < s_i^* \leq \tau_K \text{ (fatality)} \end{cases} \quad (2-52)$$

其中， τ_k , $k=1, 2, \dots, K$ 為待推估之門檻值，其將與待推估參數向量 γ 一併推估。基此，發生嚴重度 k 的事故機率可表為：

$$P_i(1) = \phi(\tau_1 - \gamma_1 Z_i) \quad (2-53)$$

$$P_i(k) = \phi(\tau_k - \gamma_k Z_i) - \phi(\tau_{k-1} - \gamma_{k-1} Z_i), \quad k = 2, 3, \dots, K-1 \quad (2-54)$$

$$P_i(K) = 1 - \sum_{k=1}^{K-1} P_i(k) \quad (2-55)$$

其中， $\phi(\cdot)$ 為累積常態分配函數。

5. 有限混合模式

有限混合模式(finite mixture model, FM)為一種混合分配(mixture distribution)的機率模型，其假定原始實測資料(field observations)係於自多種未知分配而來，而 FM 模式可自行分類，以減少模式因存在不同異質群體(heterogeneity subpopulations)而導致偏誤的估計結果因此，有限混合模式包括數種不同的機率密度函數，而各函數的參數必須同時加以推估。顯示有限混合模式較傳統以同一個機率密度函數(分配)描述所有觀測樣本更具彈性。FM 模式假設在未知的 K 個群體下，其彼此間的關係式如式(2-56)所示：

$$\Pr_i(y|\beta_i) = \sum_{k=1}^K w_k f_k(y_k|\beta_{ki}) \quad (2-56)$$

其中， $\Pr_i(y|\beta_i)$ 係稱為混合機率密度(mixture density)的機率函數，經由 k 個加權比例 w_k ，與其組內機率 $f_k(y_k|\beta_{ki})$ 所得的機率加權合。此種機率函數因存在有限個加權機率，所以又稱為有限混合機率分配(finite mixture)函數。其中 $\beta_i = ((\beta_{1i}, \beta_{2i}, \dots, \beta_{ki})', W)$ 表示不分組下第 i 個變數的係數向量； $W = (w_1, w_2, \dots, w_K)'$ 為各組(weight)的加權比例，限制為正值且總和為 1 ($w_i > 0$ and $\sum_{k=1}^K w_k = 1$)；公式 $f_k(y_k|\beta_{ki})$ 可假定為不同的頻次分配，例如 Poisson 或者 NB 分配。模式隱含可觀測的事故頻次 y，在不同群有不同的分配比例，若依據比例大小歸類，同群內為同質(homogeneous)，而在不同群為異質(heterogeneous)；由於事故頻次 y 的發生係受 β 所影響，此使得任一影響變數會因屬於不同群，而在不同群產生不同的邊際影響係數。

在行銷或運輸領域，已有部分研究提出類似有限混合模式，如潛在分類模式 (Latent class model, LCM) 進行市場區隔之討論 (例如，Gupta *et al.*, 1994; Bhat, 1997; Greene *et al.*, 2003; Swait, 2003)。在傳統潛在分類模式同時模化群內與群間機率，而兩者的機率分配可就資料

特性自行假設(Wedel *et al.*, 1993; Swait, 2000)。其中，群內機率可用以說明同群間（同一組顧客）的對於商品或運輸服務的共同特質，例如價格與品牌的偏好。實證上由於各族群對變數的感受不一，或某特定族群的比例過低，而導致參數的不顯著或不穩定，乃至不具參考價值，此時可考慮給定常數、捨棄或跨群一併校估之處理方式。群間機率可用以分析影響分群的因素，採用的為社經變數，而分群的數目常經由統計配適指標，如 BIC 予以決定，但若以統計指標作為判斷依據，實務上也許會遭遇分群後難以解釋的窘境，此時仍需仰賴研究者以先驗知識加以斟酌調整。同理，事故嚴重度與頻次亦有相仿的關係，若可預先設定事故嚴重度的分類級數，應可分析相同或不同事故程度下，肇事頻次的影響關係，共同推估影響嚴重度及頻次的變數。

在事故嚴重度及頻次之模化方面，由於不同嚴重度下的事故發生頻次之影響因素與分布情況極可能不甚相同。因此，若以同一條迴歸式解釋不同嚴重度事故頻次，顯有設定各嚴重度事故頻次之迴歸係數均為相同數值的不合理假設。因此，假設事故屬於某一等級嚴重度，而且各等級嚴重度可應用不同頻次模式來加以詮釋，顯較為合理。目前有限混合模式在事故模化的應用(Park *et al.*, 2009; 2010)仍剛開始，且仍屬於資料特性與模式探索方面的研究。Park *et al.*, (2009)曾透過建立有限混合模式依據資料特性（數個未知的分配），將事故頻次自行分類於幾個有限的群內(within class)，而群體的個數係透過統計實證而得。其中，群內機率其分別假設為 PO 與 NB 等模式，至於組間機率其則假設為未知的比例，據此事故頻次會自動歸類於相同特質之群(component)內，且能解決部分 NB 模式資料過度離散(overdispersion)的問題。Park *et al.*, (2010)透過模擬肇事資料方式探討有限混合模式於不同樣本數及若資料確實存在不同來源的分配下，傳統的頻次模式如 NB 與 PO，會得到偏誤的結果。

事實上，事故研究經常採用的零膨脹卜瓦松迴歸（zero-inflated Poisson；以下簡稱 ZIP），即為 FM 模式在 $k=2$ 的特例。為了克服肇事頻次資料中過多的零，產生較低的期望次數，而導致偏誤的估計結果，模式透過由 Lambert (1992)發展的 Poisson 與 logistic 混合分配

(mixture distribution)，如式(2-57)：

$$\text{Pr}_i(y|\beta_i) = w_1 f_1(y_1 = 0|\beta_{i1}) + w_2 f_2(y_2|\beta_{i2}) \quad (2-57)$$

其中，與 FM 定義式相同， $w_1 + w_2 = 1$ 並且 $w_i > 0$ 。倘若 $y = 0$ ，則 $f_1(y_1 = 0|\beta_{i1}) = 1$ ，否則 $f_1(y_1|\beta_{i1}) = 0$ ，值得注意的是 $f_1(y_1 = 0|\beta_{i1})$ 代表事件數為零的單點分配 (one-point distribution)。

另一方面，在 Park *et al.*(2009; 2010)的研究中，式(2-57)的 w ，均僅視為加權比例，並一併歸類為受號誌控制、路口幾何與環境等未於模式考量的影響因素。然而在上述的其它嚴重中，式(2-57)的加權比例， w 可設定為函數，甚至另外建立其機率分配，藉此用以影響分群的結果，使其更具有政策的分析意涵

因此，事故嚴重度類別的決定，本計畫擬利用有限混合模式，假設組間為影響事故嚴重度之機率密度函數，而組內為影響事故頻次的機率密度函數，並可在不預先區分事故嚴重度之類別數目前提下，透過模式績效指標決定最佳的嚴重度類別個數。此舉不僅能一併觀察影響頻次與嚴重度變數於組間、組內的變化情形，並可藉此探討影響嚴重度分類之變項，亦能比較不同嚴重度分類下頻次影響變項的差異，對於事故分析將得到更為深入之觀察。

2.4 事故延滯模式

道路上的壅塞情況，如果是單純因為日常交通車流量高於道路流量引起的車輛延滯稱為「重現性延滯」。因隨機的事故或非期望的道路容量減少引起非期望或非常態的車輛延滯稱為「非重現性延滯」。非重現性延滯的發生往往是受到事故發生、車輛故障、散落物、道路封閉、施工管制及天候因素等影響，當道路的需求流量超過道路供給容量即會導致佇列產生及車輛延滯等問題。一般來說，非重現性延滯模型可以有五大分類特性：

1. 路段或路網：模型主要針對單一路段或路網中的路段或節點。
2. 確定性或隨機性：確定性模型，代表不含不確定性或隨機性。
3. 靜態或動態：模型利用靜態交通流量，或利用動態呈現交通流量的變化，預測非重現性延滯相關指標。
4. 建構模式方法：基本的方法有等候理論分析、衝擊波分析及交通模擬。
5. 單一車輛或多輛車輛：模型預估所有車輛的延滯或單一車輛的延滯

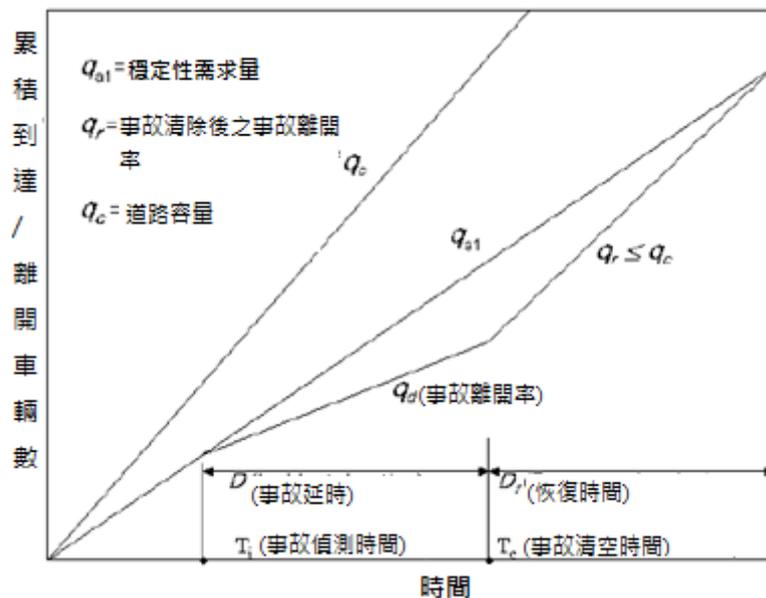


圖2.14 事故延滯之定性簡單模式(均一到達率)

以路段為基礎的模型可以考慮不受上下流影響的獨立非重現性延滯事件，而路網為基礎的模型可以考慮上下游的影響及路線改道。而靜態模型需估算非重現性延滯，在給定一個動態的事故發生下，利用靜態模型表示事故及整個系統。動態模型涉及到更多的投入，並試圖了解事故發生時，需求、等候長度、道路容量...等變數的變化，並可看出事故反應的時空變化，因此動態模型更為複雜。圖 2.14 為事故延滯的定性簡單模型，描述非重現性延滯的一般概念，包含道路容量減少、事故延時及延滯時間。變數的說明如下：

- 事故偵測時間：事故發生至事故被偵測的時間
- 事故反應時間：事故偵測時間至第一個救援車車輛到達的時間
- 清除時間：從事故發生到事故於道路上被移除所耗費的時間
- 事故延時：事故偵測時間+事故反應時間+清除時間，以符號 D 表示。
- 恢復時間(剩餘延滯)：事故道路清空後，至佇列車輛消散及需求流率恢復為先前水準的時間，以符號 Dr 表示
- 到達的需求量：上游的到達率，以符號 qa1 表示
- 道路容量：未發生事故時，能容納最大的容量，以符號 qc 表示
- 事故離開率：事故發生時，最大的車輛離開率，以符號 qd 表示
- 事故清除後之事故離開率：事故道路清空後，最大的車輛離開率，以符號 qr 表示
- 事故延滯：車輛累積到達及車輛累積離開兩者間夾雜的區域面積事故延時開始時間原則是以前述發生時間為主，但此時間點很難準確記錄。因此在大多數情況下，是利用該事故第一次被偵測到的時間做為該事故的延時開始時間，又有人稱此定義為「修正的事故延時」。事故延時是由事故偵測時間、事故反應時間及事故清除時間等三者組成，多數的事故延時模型很注重這三個部分，而另一部分則是當事故發生時，剩餘延滯/恢復時間可以用來評估事故恢復的交通管理策略績效的高低。

根據圖 2.14 的簡單模型示意圖，事故總延滯時間的計算公式如下：

$$\text{Delay} = \frac{D^2(q_r - q_d)(q_{a1} - q_d)}{2(q_r - q_{a1})} \quad (2-58)$$

D：事故延時

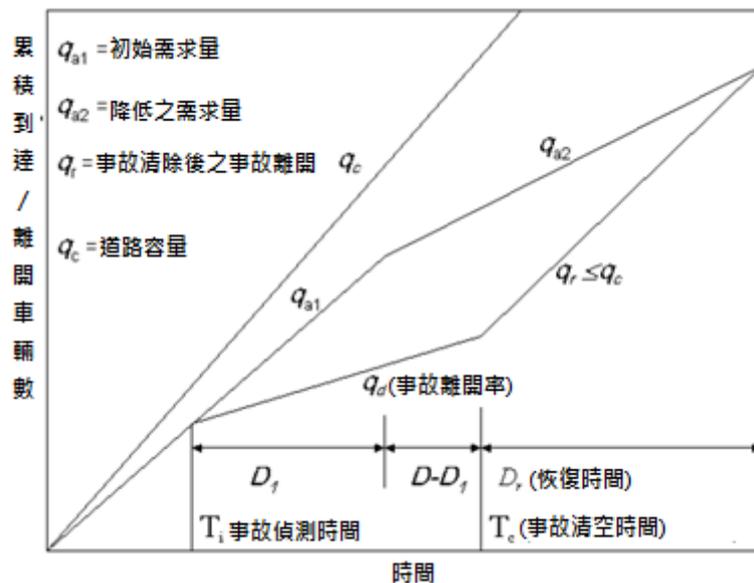
q_{a1} ：事故發生前的車流率

q_c ：事故發生時，路段的飽和流率(當時的道路通行容量)

q_d ：事故發生時，車輛的離開率

q_r ：當事故被清除後，車輛的離開率

另有一稍微複雜模型額外考慮了事故的發生可能導致的潛在道路需求量減少。如圖 2.15 所示，最初的道路需求率與 q_{a1} 相同，隨著事故資訊的傳遞，駕駛人可能選擇其他替代道路來避開此擁擠路段，此時道路需求率 q_{a2} 將比先前的道路需求率來的小，直到事故被完全清除後又會回到正常的道路需求率。



資料來源：Derr(1987)

圖 2.15 事故延滯之定性模式(兩種車輛到達率)

Mark *et al.* (2003) 為讓華盛頓州交通部做出能增強高速公路營運績效的決策，針對影響都會區的壅塞情況因素進行研究，研究重點為分析有多少比例的交通壅塞狀況是單純因為車輛太多引起(重現性延滯)，有多少比例的交通壅塞狀況是受到非期望的中斷或事故影響引起(非重現性延滯)。此研究將非重現性延滯的造成因素分類為「車道被占用」與「其它因素」兩種，研究對路網進行實際實驗後得出幾

項論點：(1)路網績效是高度變動的，尤其受到交通量的變動影響最大。(2)在高速公路路網上，車道占用事故約可導致 2~20%的當日總延滯。(3)非重現性延滯約占道路尖峰時段總延滯的 30~50%。(4)車道占用事故約可解釋 10~35%的非重現性延滯。(5)多數路網在尖峰時段時，因為高程度的重現性壅塞與不頻繁的車道占用事故，使得車道占用事故只占尖峰時段總延滯的 1~10%。(6)當一個路段發生重現性壅塞的機率高時，發生非重現性壅塞的比例就會降低。(7)在尖峰時段，短延時時間的車道占用事故也可導致大量的延滯情形。

過去有許多研究探討非重現性交通延滯與評估事故延滯時間的方法建立，此部分將分成下列三種分析方法來回顧國內外相關評估事故延滯模式：(1)使用等候理論(queueing analysis) (2)使用衝擊波理論(shock wave analysis) (3)根據道路交通流量進行模擬推估。

2.4.1 等候理論(Queuing Theory)事故延滯推估模式

Morales (1986) 假設車輛到達及離去之車流為固定情形且近似動態條件，利用時間及累積車輛數繪製建立等候車隊圖計算延滯，求得自事故狀態車流恢復至正常車流所需的時間長度，以及自事故發生後至恢復正常車流期間所產生之每車平均事故延滯，而此靜態模式著重於單一路線。在實驗案例研究中，事故處理者到達事故現場可能會封閉道路，因此須明確地考慮到潛在的事故清除時間。透過等候理論衡量事故延滯，須考慮的變數有到達率(需求率)、道路容量減少、事故延時及紓解率。

Lindley (1987)利用美國 37 個城市的交通流量分析重現性延滯及因事故造成的非重現性延滯，並計算每個城市之道路的流量/容量比率(V/C)及運輸需求。Highway Capacity Manual (1985)根據 V/C 比決定平均速度及旅行時間，再利用定性等候理論計算事故延滯。

Sullivan (1997)利用 Morales (1987)的等候理論發展一套預估事故延遲方法。Sullivan 建立實證模型預估高速公路事故數及相關延滯，利用事故資料中的清除時間之加權平均計算，增加固定偵測之反應時間，並用不同百分比的延時(第 20、第 55、第 80 和第 95 百分位)去

預估不同事故型態的延滯。Sullivan 的延滯模型使用事故類型的百分比與相關事故率去預估不同事故類型所相對應減少的道路容量。再把每種事故類型對應到事故延時以制定延滯的平均權重，依據其延時加權平均計算事故延滯時間。此方法類似 Lindley (1987)利用預估延時時間計算一地區的延滯時間。

紐約州交通部(NYS DOT)為解決紐約州的擁擠問題，提出一個壅塞需求分析模型(CNAM)。CNAM 中的事故模型主要是預估封閉道路之事故嚴重度及成本，並進一步評估執行策略是否有效的減少事故。CNAM 延滯模型是根據道路事故延滯模型，其中道路事故延滯模型利用修正等候車隊圖預估每天每小時各種事故的延滯。CNAM 模型獨立計算每個路段的事故延滯，其事故延滯模型依據等候模型，參數有事故發生時間、到達率、離開率及事故型態。CNAM 考慮的變數如下：

(1) 事故發生時間：

預估事故發生在某天特定時間，另外預測小時之中間點也可預估事故發生的時間。

(2) 預估累積事故需求曲線(五小時之需求曲線)：

根據事故後及事故中的需求，建立不同事故型態的累積需求函數。CHAM 利用預估某天每小時的小時交通量，依據交通量或年平均日交通量(AADT)，預估的小時交通量可作為事故發生的需求量，並預估事故結束的時間

(3) 事故類別：

CNAM 將事故根據占用車道數分為(a)發生在路肩(b)阻塞一車道(c)阻塞兩車道(d)阻塞兩車道以上

(4) 事故因素：

事故因素是用來衡量每個事故型態的發生的比例及頻次，並可依據車道數、事故型態及發生地點分類。

(5) 事故延時：

CNAM 利用每個區域類型的 default table，提供預估的事故延時，從農村至城市包括六個區域類型。

(6) 事故類型及可用容量：

給定特定的路段事故型態，並利用查表找出對應所減少容量。

(7) 佇列紓解時間：

事故發生所造成的佇列紓解時間（事故發生時間至事故清除時間），CNAM 利用下列步驟說明佇列紓解時間：將事故持續時間以 15 分鐘為區間，利用每個區間的累計需求量此模型及總可服務流量。如果累計需求量大於或等於總可服務流量，代表此 15 分鐘區間為佇列紓解時間，其中服務累積需求曲線，根據事故發生的可用容量及當時交通狀況的道路容量。

預估事故延滯可根據累積到達率、事故間的服務流量、事故清除後的服務流量、事故延時及佇列紓解時間。每個路段的總延滯依各種類型及某天特定小時，計算事故率及事故延滯計算。

而不同於採用定性值的方式，Fu *et al.*(1997)利用隨機變數表示事故的隨機特性來模化事故延滯預測模式。延滯模式考慮事故延時的隨機性質來做估計，事故事件造成的車輛延滯有許多影響因素，包括事故嚴重度、容量降低率、事故延時、車輛到達的分配型態、交通流量及車輛到達事故現場的明確時間。另外作者發現定性的估計模式可能會高估或低估期望的事故延滯，而最大的估計誤差值大約與事故延時的標準差成比例。

接著，Fu (2004)認為事故現場提供給到達車輛的即時資訊會影響到事故的可能延滯時間，因此採用模糊等候模式(fuzzy queuing model)來建立事故延滯的預測模式。這個方法的原理基礎是因為事故現場提供的即時語言描述資訊往往是缺少精確數字且語意模糊的。模式首先替一些道路特性的不確定性(如:交通流量與容量、事故延時、車道封閉數、當時現場的擁擠狀況、事故發生時的車流紓解率等)根據模糊

集的理论做系统式的模化。再将事故现场提供的拥挤状况、未来交通抵达量、容量减低量及车辆的到达时间等项目之即时资讯做为模糊等候模式的输入变数来预测出事故的可能延滞时间。

另外，相对于传统的定性等候模式(deterministic queuing model)，Li *et al.*(2006) 发展出将事故延时模式及道路供给减量模式引用进proposed 随机性等候模式(stochastic queuing model)中，并采用延滞的平均值、标准差及其他相关变数来估计出事故的期望总延滞。

2.4.2 冲击波(Shock wave Theory)事故延滞推估模式

Wirrasinghe (1978) 使用 Lighthill 及 Whitham 於 1955 年所提出的冲击波理论，发展一套计算事故上游个别车辆延滞及总车辆延滞的公式。该研究是假设随机影响可以被忽略的情况下进行，即交通车流情形是以平均流量及平均密度来描述，但此假设并不太符合实际状况。

Al-Deek *et al.* (1995) 认为大部份预测事故拥挤之文献只考虑在一时段内发生一事故的车流状况；但实际上在同一时段内，可能不只发生一件事故，故该研究应用冲击波理论，估算事故发生于市区快速道路之总延滞，并决定是否该事故应视为独立事故分析或者以多重事故案例进行分析。该研究简便假设冲击波为线性，但真实的车流情形并非线性的，因此该假设不太符合实际状况。

徐道国(1996)以冲击波理论推估意外事故所造成的车流延滞时间，事故车流延滞时间与上游的车流量、事故处理时间及车道封闭数等变数有关。由实验案例研究发现事故处理时间比上游车流量对于车流延滞时间有更大的相关性。研究事先假设从事故开始到事故排除后恢复正常车流为止，上游的车流需求量不变，但实际上事故上游车流情形随著时间不断变化。因此若要正确估计意外事故车流之变化，必须建立车流量与时间之关系，方可精确估算事故延滞。

2.4.3 其他事故延滞推估模式

当事故发生时，它会增加重现性延滞的壅塞程度。

Skabardonis *et al.*(1996)和 Garib *et al.* (1997) 分別對洛杉磯 I-800 道路的服務績效做研究，從道路上的回路偵測器得知通過各區段車輛的車速，而探測車用來偵測各區段上的交通事故。其中，Skabardonis *et al.*(1996) 運用道路的車流量、壅塞時段長度、被影響的高速公路路段長度、事故發生時的平均旅行車速及正常旅行車速的資料作為變數，採用數學方程式來估計事故造成的延滯長度。

Garib *et al.* (1997) 利用迴歸的方式分析 I-800 的道路資料來建立出兩個事故延滯預測模式，其中一個預測模式採用事故占用車道數、事故牽涉車輛數、事故延時及事故發生時的上游車流需求量等四個變數建立迴歸式進行預測，而另一個預測模式只採用事故占用車道數、事故牽涉車輛數及事故延時等三個變數建立迴歸式。這個預測模式的限制是如果要將其應用在其它區域的道路區段上必須另外進行模式中係數的校估，否則模式的檢定力不高。

Pierce *et al.* (2005) 運用影片重新識別(ReID)方式計算事故發生後的實際旅行時間與一般正常形況下的旅行時間之差來估計事故導致的延滯時間。ReID 的調查研究因為要追蹤路上每部車輛的上下游路徑軌跡，所以需要花費大量的時間與人力成本。他們認為這樣的研究對估計事故延滯的模型是有用的，但受限於樣本數大小，得出的估計模式存在精確度不夠高的問題。

另外有些研究針對事故發生之隨機性、不尋常性及事故狀態下車流量隨時間變化之情況進行即時性擁擠車流預測，此類研究均可歸類為動態隨機方法。沈良珍(1999)延伸許鉅秉(1997)所構建之動態隨機模式，在原有的系統遞迴模組及偵測模組外，另外考慮了延滯模組。進而求得在事故發生期間，各個時段的停等延滯及加、減速延滯，加以運算後建立高速公路事故衝擊指標，做即時性車流衝擊之預測。

2.4.4 事故延滯推估模式建構方法

Skabardonis *et al.* (1996) 建立了一個由道路交通量、壅塞時間、影響區段長度、平均事故車速及一般無事故車速等變數所組成之延滯預測模式。在此模式中，將事故造成的阻塞路段，平均切分成長度(L_k)，

並切割 k 個區段，在 i 個單位時間及 k 個上游區段上可分別計算出其延滯時間，其關係如下所示：

$$D_{ki} = L_k \left(\frac{t}{60} \right) Q_{ki} \left(\frac{1}{V_{ki}} - \frac{1}{V_{kif}} \right) \quad \text{for } 0 < V_{ki} < V_{kif} \quad (2-59)$$

其中，t 為單位時間，一般為 1 分鐘到 5 分鐘； V_f 為無事故情況下之平均車速；Q 為道路交通量(vph)；D 為延滯時間(vehicle-hours)。將所有路段之延滯時間加總得到總延滯時間(D)，關係式如下：

$$D = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^m D_{ki} \quad (2-60)$$

其中，n 代表事故影響的上游路段區段數(事故造成的等候車隊長度)；m 代表壅塞的單位時間(事故延時時間加上清空事故造成的等候車隊之時間)。此模式可反映事故區域造成上游道路路段衝擊程度，此模式推估之道路延滯時間(D)與傳統等候理論模式較能廣泛應用。此外，模式未考慮的變數事故點及無事故狀態下游路段之平均車輛速度，未來研究可考慮下游路段平均車速變數。

Garib *et al.* (1997) 建構兩預測事故延滯時間估計模式。模式一係由事故占用車道數(x_1)、肇事車輛數(x_2)、事故延時(x_3)及事故上游的交通量(x_4)等四個變數組成。

$$\text{Delay} = -4.26 + 9.71x_1x_2 + 0.5x_1x_3 + 0.003x_2x_4 + 0.0006(x_2)^3 \quad (2-61)$$

模式二則不考慮事故下游的交通量需求，只由其他的三個變數組成。

$$\text{Delay} = -0.288 + 3.8x_1x_2 + 0.51x_1x_3 + 0.06x_3 + 0.356(x_2)^3 \quad (2-62)$$

模式的變數說明如下：Delay = 累積的事故延滯時間(vehicle-hours)； x_1 = 事故占用車道數； x_2 = 肇事車輛數； x_3 = 事故延時(真正事故開始時間與結束時間之間的差，單位為分)； x_4 = 事故開始前 15 分鐘之事故上游交通量需求。

Fu and Rilett (1997) 用等候模型(queuing model)的方法開發了一個動態隨機模型(dynamic and stochastic model)以估計個別車輛的延滯，該模型明確認為事故延時是一個隨機變數。Fu & Rilett 設計包含離散和連續的車輛延滯模型，以及計算個別車輛延滯的平均值與變異數。產生出來的三個延滯模型如下：

- (1) 無延滯：車輛在事故被清除後才到達且相關的車輛隊伍也都散去。
- (2) 固定延滯：車輛到達事故地點並加入車輛隊伍時，因事故所造成的隊伍並沒有散去也不會散去直到車輛穿過這個路段。這種情況下，隊伍散去的速率，會讓車輛有最大的延滯。
- (3) 變動延滯：當車輛到達該路段時，有兩種情況，一是該事故已被經除，但還有部分的車輛隊伍還在；二是該事故尚未被清除，但會在車輛離開該路段前清除。因此隊伍的延滯會介於此兩種情況之間。

這些模型利用某路段發生事故時車輛所到達的時間，去計算相對應的延滯以及事故延時，但卻缺乏考慮事故延滯的空間特性。

在理想的情況下，由一個事故所帶來的相關資訊，如延滯的時間，都應該要被估計並提供給駕駛。然而，因為各種因素之間複雜的作用會使得這些資訊的取得並不是一項簡單的任務，如事故發生地點、嚴重度、事件反應能力、需求變動與不同的駕駛對資訊的回應。此外，這些資訊往往都是有著不確定性、主觀性與不完整性，因此駕駛們實際遇到的延滯會大於或小於他們所收到的預期延滯資訊，這會導致駕駛降低對這些資訊的信任。

2.5 事故處理延時

回顧過去文獻事故延時(incident duration)可透過許多模式進行預測，早期多為利用歷史事故資料分析及專家調查，而過去相關研究則重於透過歷史資料分析；近年來，研究事故延時的發展上，迴歸模式

與存活理論兩種方法已成為主要的選擇。而迴歸模式提供了更容易被理解與解釋的優勢；存活理論模式的優勢則在於可以明確研究延時的影響。另外迴歸模式最為常用是因事故延時是一連續變數；存活理論則是因可以假設事故具有增加或減少風險函數(hazard function)。除了上述常見的方法外，還有其他相關理論之應用。

2.5.1 歷史事故資料分析

DeRose (1964) 根據紐約運輸部執行之 John Lodge Freeway 計劃針對事故延時之研究，以 CCTV 蒐集以 1962 年 6 月開始之一年事故延時資料，共有 927 個因事故產生之事故延時事件，透過歷史事故資料分析，其研究發現車輛因意外事件停留在車道上，無法移動之平均時間為 6.14 分鐘。

Goolsby (1971) 利用警察蒐集事故延時資料，發現非傷害事故之平均延時為 45 分鐘，車輛失速則為 18 分鐘。此延時計算是從偵測到的時間至事故清除完畢。事故發生之標準差為 19 分鐘，而車輛失速為 15 分鐘。此研究發現天氣條件、事故嚴重度及警察工作量为影響事故延時重要因素。

Juge, Kennedy & Wang (1974) 透過影像紀錄，蒐集加州運輸部門 1973 年-1974 年 17 個月共 196 筆事故延時資料，並將事故延時定義為事故發生時至事故清除完畢，其所有資料平均延時為 42 分鐘。

Sullivan (1997) 主要是使用對數正態分布呈現高速公路事件的延時時間，並利用統計相關方法，產生一實證模型估計高速公路事故數量及其相關延滯，且利用資料庫中的事故清除時間的加權平均數計算事故延時。事故延時機率分配是由事故類型、現有的事故管理和事故發生地點所決定。此外，預測每件事務延時之平均值與標準差可呈現整個事故延時機率分配的特性。其中，模型使用第 20、第 55、第 80 和第 95 百分位的延時去對應每件事務情況以估計整體的延時。結果顯示，第 20 百分位值的範圍從 4 到 20 分鐘，第 95 百分位值的範圍從 60 至 130 分鐘。

2.5.2 事故延時之相關迴歸模式

Giuliano (1989) 使用加州公路員警調度日誌的數據依據事故特性的統計模型來估計事故延時。但由於數據的侷限，其無法發展通用的模型以預測事故延時，因此發展出兩個單獨的模型。其中一個是針對所有事件(incidents)，另一個是單純針對意外事故(accidents)。研究發現，事故對高速公路的影響取決於其頻率、地點、嚴重性、事故發生時間以及對該設施的使用程度。在這兩個模型中，定性類別(qualitative categories)使用事件(incidents)類型、封閉車道數、事故發生時間、事故(accidents)類型與卡車等作為自變數。結果顯示，卡車對於事故延時有顯著的影響，這表示事故延時模型應考慮卡車為自變數。

Golob *et al.* (1987) 接續 Giuliano 的研究，在高速公路事故延時中，納入卡車變數，事故延時成對數常態分配，並推論事故延時有程序性，每階段都有可能受到前一階段的活動影響。在傳統等候理論中讓事故延時為一隨機變數，並用已知的機率密度函數做一模型。卡車數據之 K-S 檢定(Kolmogorov-Smirnov test)的結果顯示對數常態分配可以用來描述所有事故或特定事故類型的假設。另外，依據傷亡人數、事故延時與車道封閉的數量，發現事故結果會依碰撞的類型有所不同。於同年，Golob *et al.* (1987)對傷亡人數、事故延時與車道封閉的數量去評估，指出事故的結果會根據碰撞的類型有所不同。

Khattak *et al.* (1991)針對發生在芝加哥地區的 121 件事故清除數據進行研究。發現幾個顯著的變數：有重傷者、重車的數量，是否有重物，高速公路設施損壞、極端天氣情況與有無其他機構協助等。另外回應時間和事故呈報兩個變數似乎有影響，但統計上並不顯著。

Khattak *et al.* (1995)利用迴歸模式，使用 1989 年和 1990 年芝加哥地區收集之事故數據，研究結果發現，若減少首部救援車輛的回應時間一分鐘，則可減少事故延時約超過一分半。另外考慮平均回應時間為 7.5 分鐘，事故延時平均為 71.6 分鐘，因此透過減少回應時間以降低延時的潛力是有限的，然而回應時間對傷者來說仍然是關鍵。

Hall (2000) 著重於回應與調度時間對擁塞與延滯所帶來的影響。完全清除時間(T)包含事故被發現的時間(I)、從事故被發現直到處理事故的車輛開始調度的等待時間(W)、車輛調度直到抵達現場的時間(R)與完全清除事故的時間(S)($T = I + W + R + S$)。並利用處理事故的車輛到達事故地點的距離函數建立了事故回應時間的模型，並隨行駛的相對方向、交會處的位置與出現擁塞時，都可能使事故的回應時間變長。

2.5.3 事故延時之相關存活分析模式

Jones *et al.* (1991) 對事故頻率和延時預測建立了多變量統計模型。他們主要使用風險函數(hazard function)作為估算事故延時的方法。例如，他們根據資料庫指出，事故發生和警察到達現場平均有 9 分鐘的延遲。

Jones *et al.* (1991) 於同年也收集華盛頓州的事務紀錄與特殊事件的資料以研究事故頻率與延時影響因素。為了說明不同的情況，路線被分為 6 個大致同性質的區域。他們蒐集發生在這 6 個區域中，某段時間發生的一切事故，資料庫中共有 5,637 件事務報告。事故延時的數據主要來源為州巡警的調度紀錄。由於事故延時的分析需要從事故報告與調度數據中得到資訊，因此作者認為有必要使兩個資料庫互相對應與匹配。5,637 件事務報告中，僅約有 50% 的數據可與調度數據相應匹配。從匹配後的數據發現其較為偏向嚴重事故，因其事故報告更為詳細，且結論之一為事故資料庫固有的數據品質問題。

Nam & Mannering (2000) 利用存活延時模式進行統計評估，包括事故紀錄時間、反應時間及清除時間，主要論證存活分析法適合評估事件管理方案及確定事故延時的影響因素。研究資料來自華盛頓高速公路事故數據，期間為 1994 年至 1995 年，由於在這期間，華盛頓州事故小組(IRTS)針對數據庫修改，因此有些資料只有 1995 年(小貨車、事故發生在內側或外側)。研究並將事故延時分為三個部分，包括事故紀錄時間(事故發生時間至 IRT 接收資訊時間)、回覆時間(IRT 接收資訊時間至 IRT 人員到現場時間)及清除時間(IRT 人員到現場時間至

事故清除完畢)，並將考慮異質性與時間穩定性之影響。研究結果顯示事故紀錄時間最佳模式為具有伽瑪異質性之韋伯函式(Weibull Model with Gamma heterogeneity)；事故反應時間最佳模式 1994 年與 1995 年各為韋伯函式，1994 年與 1995 年合併之模式為具有伽瑪異質性之韋伯函式，事故清除時間為不具有伽瑪異質性之對數羅吉斯函式(Log-logistic Model without Gamma heterogeneity)。研究結果顯示，事故發生月份、雨天、地理資訊及事故型態變數為事故延時變數顯著變數。事故通報模式中，時間特性及地理資訊為顯著影響變數；在事故清除模式中，負責清除事故單位影響事故延時時間。敏感度分析中發現某一變數在某一模式為顯著時，在其他模式不會顯著或係數值符號相反，最後針對 1994 年與 1995 年模式係數值測試時間穩定性，結果顯示此資料並不具有穩定性。

Qi and Teng (2008) 利用即時資訊進行事故延時預測，並依據特定資訊用途將事故管理過程分為三個階段，三個階段分別有不同模式，每個模式皆為存活延時迴歸，並以不同變數代表各別可使用的資訊，模式中的參數描述事故延時的機率分布，變數之係數則為事故相關資訊。根據預測的參數及係數，可以利用事故延時的 truncated 中位數即時預測剩餘的事故延時。模式第一階段，始於事故紀錄時間，目的是預測剩餘的事故延時，考慮變數有事故發生地點、時間、天氣及地理資訊；第二階段，始於事故被確認，更多的變數被納入，事故型態及事故車輛類型；第三階段，始於事故清除時間，需要更多資訊並重新預測剩餘時間，變數有負責清除事故單位及清除事故之設備。結果顯示，模式第一階段中，影響事故延時的變數有雪、上午尖峰及夜間，這三個變數之係數為正，表示對於事故延時有不利之影響。其中地理資訊中觀察 11 條道路，但在模式中只有十個變數，因為 CBE 這條道路在這個模式中是參考用，在模式中只有 FDR 減少事故延時，其餘則增加事故延時時間；在第二階段中則增加事故特性及事故車輛特性，可以發現事故若是有傷者、死亡、碎片或事故車輛數多，會增加事故延時時間，在車輛特性部分小客車及貨車會比大車的事故延時短，另外道路維修將會封鎖道路，道路數增加，事故延時時間即會增加；第三階段則再增加負責清理事故單位及設備，若是需要 NYCDOT 及拖

車設備，事故延時時間會增加。預測事故延時則以三種不同方法評估，首先評估預測的準確度是否會隨不同資訊的使用在不同階段增加，第二是固定資訊的使用，預測準確度是否會隨時間改變，最後根據 truncated 中位數預測是否會比 truncated 平均數好。由以上評估結果顯示，當資訊提供越完整，模式預測的準確度越高；利用 truncated 中位數預測會比 truncated 平均數佳；依據資訊的可用性來決定使用何種模式，這些特性使得預測程序更具有彈性。

Qi *et al.* (2009) 認為事故頻次、事故延時及事故占用車道數為影響交通延遲之重要變數，因此進一步探討此三個變數的影響因素，並針對不同變數分別建構不同影響因素模式。事故頻次主要是利用決策樹決定適合的模式，其中模式有 Poisson、Negative Binomial 迴歸及 zero-inflated 模式；事故延時之影響因素根據存活理論，並考慮事故延時為何種分配(Exponential, Weibull, Log-logistic, and Lognormal distributions)；事故占用車道數根據 ordered probit 決定影響因素。事故頻次採用三個影響變數為模式指標，(1)是否為工作日(2)經常性下雪(3)經常性下雨；事故延時模式利用以下六個類別變數為模式指標(1)天氣特性(下雨或下雪)(2)時間特性(尖離峰及夜間)(3)事故特性(傷者、死亡及道路維修…等)(4)涉及事故之車輛特性(小客車、公車及貨…車等)(5)地理資訊(6)負責清除事故單位；事故占用車道數利用以下五個類別變數作為模式指標(1)天氣特性(2)時間特性(3)事故特性(4)涉及事故之車輛特性(5)地理資訊。結果顯示是否為雨天皆為上述三個變數的重要影響因素，尖離峰則對三變數分別有不同的影響，事故占用車道數受夜間影響較大，而事故特性及涉及事故之車輛特性會影響事故延時及事故占用車道數，另外負責清除事故單位影響事故延時時間。

Chung (2010) 以對數羅吉斯加速失敗時間模式(log-logistic accelerated failure time metric model)，建立符合南韓高速公路系統情況的事故延時預測模型。研究並收集 2006 年與 2007 年的事故延時資料，其中 2006 年的資料集用來建立預測模型，而 2007 年的資料集則是用來測試模式是否具有時間可移轉性。模式採用的事故延時資料基本資訊包含有：(1)事故時間 (2)事故特性(事故類型、牽涉的車種型

態、牽涉的車輛數、嚴重度、傷亡者人數與事故位置)(3)環境特性(天氣、道路表面狀況、工地區與路肩是否有車輛停放)(4)事故資訊來源。作者並進一步將這些屬性做類別變數與連續變數的分類及各類別變數的類別定義。模式建立與模擬部分，作者分成四個項目來說明。第一個項目為「事故延時模型的估計」，採用優於對數常態模式的對數羅吉斯模式建立數學估計式，並利用 Cox-Snell 殘差分析法做適合度的檢定。第二個項目為「解釋估計模式」，利用圖形與模式統計分析表來分析各別變數與目標間的正負相關。另外也針對模式中的變數做敏感度分析，了解變數對預測結果的影響程度。第三個項目為「衡量模式的準確率」，藉用計算預測模型的平均絕對百分比誤差(MAPE)的方式，來衡量研究裡的預測模型預測績效。而此模式的 MAPE 值為 47%，顯示此模型的準確率是合理並可接受。第四個項目為「時間可移轉性分析」，作者利用可能性比例測試確認研究模型是否擁有時間可移轉性。而測試結果顯示事故延時模型的估計參數是具有全時穩定性的。最後，作者認為利用基本的事務資訊做為此研究輸入變數發展事故延時預測模型是有效的，而透過此預測模型得出的結果可以有效的幫助政府制定減緩事故延滯政策，改善車流環境。

Chung *et al.* (2010)透過存活模式之加速失敗時間模型，了解影響事故延時時間長短的重要因素，並發展策略性的計劃與減緩策略來降低南韓高速公路系統的事故延時時間。其中，事故延時時間包括事故通報時間、事故回應時間與事故的處理清空時間。而一般影響事故延時的因素有：(1)偵測 (2)事故當時的現場交通狀況 (3)事故特性 (4)周遭環境特性 (5)地理區域特性。而此研究採用南韓 2004 年整年度高速公路事故資料，其具備的資訊除了上述提到的五項特性，另外還包括了駕駛特性與事故資訊來源。總計有 22 個類別變數與 2 個量化變數列入加速失敗時間模型的候選變數中。模式的建立方面，以存活分析中的加速失敗時間模型為基礎，再以對數羅吉斯與對數常態這兩種統計模型產生的存活模式分配與加速失敗時間模型進行適配，產生延時估計模型。由於對數羅吉斯模型的數學表達式相較於對數常態模型較為簡單，且較容易做模型參數的定義與解釋成效，因此主要採用以對數羅吉斯來產生此研究的延時估計模型。分析結果顯示，導致較

長事故延時時間的影響因素有：大型卡車、聯結卡車、計程車、特別車輛、起重機、車輛損害比例、致命率、工地區、傷者人數、牽涉的車輛數、發生於夜間與中型卡車等，而其它因素如：高速公路警察巡邏、圍牆設置、臨時因素與停車狀態的大型卡車等，則可以產生較少的事務延時時間。最後，作者建議可以透過增加路旁設施、加寬高速公路路肩、檢討計程車的相關政策、採取新的高速公路管理策略或上述幾種策略的結合來縮短事故延時時間。這些政策不僅可以減少事故的發生率，還可降低事故的處理與清空時間，並減少因事故造成道路壅塞問題。

Alkaabi *et al.* (2011) 則以全參數存活分析法 (fully parametric hazard-based duration models) 之加速失敗時間模型 (Accelerated Failure Time model-AFT) 分析調查各類交通事故特性如何影響交通事故清除時間。利用 2009 年 5 月到 2010 年 4 月沙烏地阿拉伯首都 Abu Dhabi 的事故資料，資料由 FTSS 及 ACIB 資料庫取得，FTSS 資料庫中包含時間特性 (時程、日期、月份)、地理特性 (道路名與位置)、環境特性 (天氣狀況、道路表面狀況、場地的亮度) 與事故特性 (事故嚴重程度、天氣狀況、傷亡者資訊、事故車輛資訊) 等；ACIB 資料庫，包含詳細的事故延時資料 (包含：通報時間、回應時間、清空時間與總時間)。其中，「清除時間」 (clearance time) 為從碰撞調查單位到達事故現場起，直到調查員結束調查離開事故現場的時間。研究並對四種特性中的變數與道路清空時間的正反比關係做了分析，其結果顯示較具重要影響力的變數為：尖/離峰、事故月份、所在道路、周遭環境 (如：學區、商業區、停車場... 等)、天氣、傷亡者數與牽涉車輛數、有無撞擊到行人或是靜態的物體等。研究並建議可建立標準的事故調查處理程序及針對事故的嚴重程度訂立不同的目標清除時間兩來改善 Abu Dhabi 的現有事故管理策略。

Hojati *et al.* (2013) 於研究中檢驗不同事故類型對事故延時影響，以澳洲高速公路路網中 12 個月事故資料，建立參數存活加速失敗時間模型 (Accelerated Failure, AFT) 的事故延時模式，並比較以對數羅吉斯、對數常態及韋伯分配建立模式之適合性。研究將事故區分為撞毀

(Crash)、天然災害(Hazard)及靜止(Stationary)三大不同類型，並考慮天氣、交通及道路特性與時間變數等。結果顯示韋伯 AFT 隨機變數模式(Weibull AFT models with random parameters)最適於建立撞毀及天然災害事故延時模式；具伽瑪異質性之韋伯函式(Weibull model with gamma heterogeneity)最適於建立靜止事故延時模式。影響事故延時顯著變數包含事故特性(嚴重性、類型、是否需拖吊…等)、位置、時間及交通特性等。研究進一步發現交通設施與天氣對於事故延時無顯著影響，不同事故類型之延時皆不同並有不同影響因子。研究結果可作為交通事故管理機構進行事故處理策略時參考，以減少事故延時與壅塞、二次事故及相關的損失控制。

2.5.4 其他理論應用之事故延時推估模式

Garib *et al.* (1997) 衡量智慧型運輸系統(ITS)技術對於減少交通事件影響的績效，建立非重現性壅塞模式，其中影響非重現性壅塞能否準確預測最主要影響因子即為事故延時的長短。研究使用資料來源為加州的高速公路事故資料，資料包含有事故型態、嚴重度、牽涉的車輛種類、事故地點、首次目擊時間、警察處理資訊、最後目擊時間和天氣狀況等資訊。在建立事故延滯預測方面有五個步驟。依序為(1)以迴歸檢測相依變數間是否有影響力(2)以進行逐步分析法調查變數重要性(3)依照個別相依變數與獨立變數組合的迴歸結果，挑選最適合的公式型式(4)介紹各聯合變數的型式(5)再施行一次逐步分析法，最後輸出建立可接受的事故延滯預測統計模式。研究以迴歸建立兩組事故延滯時間預測統計模式，與一組事故延時預測模式：第一組事故延滯時間預測模式顯示，有 74%的資料可以被事故影響車道數、牽涉的車輛數、事故延時長度和交通需求量等四個變數解釋。第二組事故延滯時間預測模式顯示，85%的資料可以被事故影響的車道數、牽涉的車輛數與事故延時長度等三個變數解釋。而事故延時時間預測模式，以上述相同統計方法求得，此模式具 81%的預測能力，可以被事故影響的車道數、牽涉的車輛數、牽涉的卡車數、事故發生時段、警察的反應時間和天氣狀況等六個變數解釋。作者建議這三個模式可以妥善的應用於智慧型運輸系統(ITS)與高速公路路口闖道控制等技術上，

以協助事故臨近地區車流量紓解。

Ozbay & Noyan (2006) 利用貝氏網路(Bayesian Networks)建立事故延時動態預測樹模型，並探討事故特性與清除時間之關係。由於貝氏網路可以處理不完整資料的問題，並利用機率值對因果關係進行學習，因此可用於建立事故延時預測模型。其中納入的變數有總清除時間、事故型態、警車數量、救護車數量、消防車數量、受傷人數、涉及事故的卡車數、涉及事故的小客車、總車道數及道路型態，並針對這些變數建構出一個動態的 BN 路網。貝氏網路利用部分實際事故資料建立動態事故延時之預測數，使得交通營運者可以針對不完整資訊來建立特殊案例之事故管理策略。研究結果顯示貝氏網路能呈現隨機事故，這個方法使得決策者在做決策時，可以更有彈性的推論貝氏網路的機率。在動態預測樹中，即使有遺漏值，也可以利用貝氏網路的特性，推出變數之機率。另外針對特定方案，動態預測樹可以有效幫助營運者決定事故清除時間。

Wei & Lee (2007)利用類神經網路融合多樣交通資料構建一旅行時間預測模式(sequential forecasting of incident duration)，模式優先構建一事故延時時間預測模式，利用事件發生時的即時交通資料及持續性即時資料，每隔一段固定時間更新事故延時時間預測值至事件結束，此預測性的事故延時資訊即作為旅行時間預測模式輸入變數之一。模式可預測始於事故開始 (incident notification) 停止於事故路段清理完畢(incident road clearance)之旅行時間。其輸入變數有事故特性、交通資訊(VD Data)、時間間隔(time gap)、空間間隔(space gap) 與其他地理特性等。而非循序性的延時時間預測(Non-sequential forecasting)，則可藉由第一階段模式進行預測，然而模式尚未考量發生事故後真實的交通狀況；而循序性的預測模式建置與資料收集雖需較高成本，但卻可獲得較高的事件延時準確率。此研究在事件延續時間預測與旅行時間預測之結果，對於智慧型運輸系統之實務應用推展有具體的參考意義。

2.5.5 事故處理延時預測模式研究方法

Khattak *et al.* (1991) 建立的事故延時模式，其模式之迴歸式為：
處理時間 = 14.03 + 35.57(HEAVY) + 16.47(WX) + 18.84(SAND) -
2.31(HAR) + 0.69(Resp) + 27.97(OTHER) + 35.81(RDSIDE) +
18.44(NTRUCK) + 32.76(NONCON) + 22.90(SEVINJ) +
8.34(WRECKER) (2-63)

其中，

- HEAVY：事故車輛噸數
- WX：天氣狀態
- SAND：道路鋪面種類
- HAR：有無事件通知發佈
- RESP：事故回報時間
- OTHER：有無其他機構的協助
- RDSIDE：道路設施損壞程度
- NTRUCK：事故中大車車輛數
- NONCON：大型車輛載運液體或未覆蓋破損流出量
- SEVINJ：重傷人數
- WRECKER：事故清空時失事物之處理

因事故期間會有部分數據遺漏，Khattak *et al.* (1995) 簡化預測事故延時迴歸模式。簡化方式係在所有實驗資料裡以 10 分鐘為一個基準作隨機挑選，其公式如下：

$$Y = X\beta + \varepsilon \quad (2-64)$$

其中，Y 表 n 個事故延時的觀察自變數組成之向量，X 表 k 個自變數與 n 個觀察變數組成之矩陣， β 為 k 個係數組成之向量， ε 則為誤差調整項。同時，Y 為平均數等於 $X\beta$ ，變異數等於 δ^2 的常態分配， $Y \sim N(X\beta, \delta^2)$ 。而從以上模式中可以發現，當有回應時間長、事故資訊沒有透過公開廣播系統發布、有重大傷患、卡車牽涉在事故中、卡車超載、道路設施損壞或天氣狀況惡劣等情況發生時，事故的處理時間會更長。另外，在事故延時預測模式中最重要變數為「事故特性」與「必須的緊急回應行動」等兩類變數。

Garib *et al.* (1997) 以對數常態導向線性迴歸模式推估事故延時，關係時如下。

$$\begin{aligned} \text{Log(IncDuration)} \\ = 0.87 + 0.027x_1x_2 + 0.2x_5 - 0.17x_6 + 0.68x_7 - 0.24x_8 \end{aligned} \quad (2-65)$$

其中， x_1 為占用車道數； x_2 為肇事車輛數； x_5 為是否有卡車之二元變數； x_6 為是否為尖峰時間之二元變數； x_7 為警察回應時間； x_8 為天氣狀況。此事故延時預測模式推估事故延時變異中的 81% 比例可透過此模式推估。此外，財產損失、駕駛人年齡、是否為傷亡事故及傷亡人數等變數未納入此模式。根據模式驗證結果，事故延時模式中最重要的影響變數為警察回應時間，最小影響者為事故牽涉車輛數與影響車道數之聯合變數。此模式可準確估計於事故延時時間呈現對數常態分布時。

Smith *et al.* (2001) 透過無母數迴歸方法為基礎，建立了一套採用 Weibull、對數常態分布和分類樹等方法的事務延時預測模式。其中，因變數為事故延時，而自變數可分為三類：

- (1) 實體變數：事故發生時段、事故發生日及天氣狀態。
- (2) 車輛變數：事故牽涉車輛數、事故牽涉卡車數及事故牽涉之公車數。
- (3) 回應變數：緊急機構回應之二元變數

分類樹的設計為依照清空時間分成三類：短(1-15 分)、中(16-30 分)、長(31 分以上)。此模式在各個清空時間分類的預測準確率依照短、中、高順序分別為 76.73%、19.14% 和 64.48%。此結果顯示此模式對於較短處理時間預測效果為最佳。

Jones *et al.* (1991) 研究假設在某天的交通事故數量服從卜瓦松分配(Poisson distribution)，其事故頻次模式中有四個獨立變數：季節性的影響，每週的趨勢，特別的活動和環境。由於從感應線圈獲得交通量並沒有直接用為自變數，相反的，大部分包含在模式中的自變數是代替交通量的變數，它們被用來隱含交通量的變化。Jones *et al.* 在事故延時模式中所用的變數不同於在事故頻次模型中所使用的多額外包括了駕駛人特性與事故嚴重度兩變數。不同的地理區要用不同的延時模式去估計，因為他們觀察到自變數在不同的區域會有不同的顯著水準。

紐約州政府運輸部(2008)對事故延時進行分析時，將其資料庫區分出不同的高速公路與事故類型以得到有益的資訊。另外，他們認為比較罕見的事故類型有時候是不容忽視的，因為其事故延時有時會很長，因此一些非重現性的道路坑洞維修或道路修補的事故延時，都更需要更進一步的評估。除了較長的延時，事故延時的資料也包括非常低甚至是零的值。但不同於延時長的事務，延時短的事故通常不會造成重大的延滯，因此可以忽略不計以避免不合理的估計。但在紐約州政府運輸部的分析中，無論事故延時有多短，並沒有忽略延時短的事故，只單純忽略延時是零的事故，以確保合理的樣本出現。

在過去的研究中發現，Weibull、gamma 與對數常態分配較能代表事故頻率與延時的機率分配，並利用 K-S 檢定(Kolmogorov-Smirnov test)與 A-D 檢定(Anderson-Darling test)兩種方法去檢定其適合度。對數常態分配與 Weibull 分配在建立模型上可靠性方面的應用可能是最常被使用的分配，且 Weibull 分配有著相對簡單的分配形式，形狀參數使 Weibull 假設可以有各種形狀，因此這些分配可應用於類似零件故障的事故延時。如果將交通事故看作是某種東西故障，那這些分配用來建立事故延時模型便可能有好的結果。以下簡單介紹 Weibull、gamma 與對數常態分配：

1. Weibull分配

Weibull 分配的機率密度函數的通用公式為：

$$f(x) = \frac{\gamma}{\alpha} \left(\frac{x-\mu}{\alpha}\right)^{(\gamma-1)} \exp\left[-\left(\frac{x-\mu}{\alpha}\right)^\gamma\right] \quad x \geq \mu; \gamma, \alpha > 0 \quad (2-66)$$

其中 γ 是形狀參數(shape parameter)、 μ 是位置參數(location parameter)以及 α 是尺度參數(scale parameter)。當 $\mu = 0$ 且 $\alpha = 1$ 時，稱作標準 Weibull 分配；當只有 $\mu = 0$ 時，稱作兩參數 Weibull 分配。

Weibull分配的累積分配函數的計算公式為：

$$F(x) = 1 - e^{-(x^\gamma)} \quad x \geq 0; \gamma > 0$$

2. Gamma分配

Gamma 分配的機率密度函數的通用公式為：

$$f(x) = \frac{\left(\frac{x-\mu}{\beta}\right)^{(\gamma-1)} \exp\left(-\frac{x-\mu}{\beta}\right)}{\beta \Gamma(\gamma)} \quad x \geq \mu; \gamma, \beta > 0 \quad (2-67)$$

其中 γ 是形狀參數(shape parameter)、 μ 是位置參數(location parameter)以及 β 是尺度參數(scale parameter)，而 Γ 是 Gamma 函數，它的公式為

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty t^{\alpha-1} e^{-t} dt \quad (2-68)$$

當 $\mu = 0$ 且 $\beta = 1$ 時，為標準 Gamma 分配。

3. 對數常態分配

當 $Y = \text{LN}(X)$ 是常態分配時，變數 X 則是對數常態分配。對數常態分配的機率密度函數的一般式(general formula)為：

$$f(x) = \frac{e^{-\left\{\frac{\ln\left[\frac{(x-\theta)}{m}\right]^2}{(2\sigma^2)}\right\}}}{(x-\theta)\sigma\sqrt{2\pi}} \quad x \geq \theta; m, \sigma > 0 \quad (2-69)$$

其中， σ 是形狀參數(shape parameter)、 θ 是位置參數(location parameter)以及 m 是尺度參數(scale parameter)。若假設 $\theta = 0$ 且 $m = 1$ 時，稱為標準對數常態分配；當 $\theta = 0$ 時，稱為兩參數對數常態分配。

對數常態分配的累積分配函數的公式是：

$$F(x) = \Phi \left[\frac{\ln(x)}{\sigma} \right] \quad x \geq 0; \sigma > 0 \quad (2-70)$$

其中 Φ 是常態分配的累積分配函數。

紐約州政府運輸部(2008)對事故延時進行分析時，研究報告中也提到當事故類型為財產損失與一般車輛損毀時，其事故延時愈長，事故量會呈現遞減趨勢，但其他事故類型則不一定是維持這種趨勢。紐約州政府運輸部也指出對於在事故資料庫中占了 80%的財產損失與一般車輛損毀這兩種事故類型，會容易主導最後分析的情形。此研究的資料庫中有大部分的事故是屬於財產損失、一般車輛損毀、占用一車道或延時小於一小時的事故類型。

而紐約州政府運輸部(2008)對事故延時進行分析時注意到對數常態分配不能夠完全解釋其事故資料的延時分配，反觀 Weibull 分配與 Gamma 分配對整體的事故延時數據都有非常相似的績效，可以假設這兩種分配相當準確地代表這些數據，因為這些數據主要是在於那些所謂良好的預測範圍而不是那些少數的極值，然而，少數績效不好的極值預測也需要可以在現實生活中實現。

對特定路段的事故延時調查並非總是可行的，因為可能無法取得每個路段的更精細的資料，因此這會造成分析過程更加繁瑣。因此利用一般道路的特點(如車道數量)去分析他們對事故延時的影響。紐約州政府運輸部(2008)去探討事故地點的車道數量是否能做延事故延時分析的一部分。分析顯示，事故地點為三車道的樣本幾乎占了整個資料庫，但卻沒有任何一種分配通過 95%的信賴水準檢定；事故地點為兩車道與四車道的部分，Gamma 分配是最適合的，但在 Weibull 分配與對數常態分配的 A-D 檢定都失敗。這樣的結果只適合資料庫中 8%的事故資料，因此該事故地點的車道數不能用來作為事故延時分析的一部分。另紐約州政府運輸部也提醒研究者，人工蒐集與記錄的數據可能會有感知錯誤的情況。

紐約州政府運輸部(2008)利用其所研究之資料庫探討上述的資訊對事故延時的關係，但經過基本的統計顯示，其事故資料中之事故路段的車道寬幾乎都是一致的，鋪面情況與天氣條件所造成的延時與一般的先驗知識相符，且在發生時間的部分，平日與週末並不對事故延時有顯著影響。

而在路肩部分，路肩寬度可以分析其對事故延時的影響，但要注意的是每個路段都不一定有路肩。紐約州政府運輸部(2008)指出，有路肩的事故延時平均值小於無路肩的事故延時，這有可能是因為事故可以被移至路肩，並假設已被清除。此外，有路肩的路段可讓救援車輛更快速的到達事故區。這也可以解釋因為事故被移至路肩，則對不會對交通車流有較大的擾動，因此有路肩的地方可以容忍較長的事事故延時。但無路肩的事故則會因為占用車道而需要盡速徹底清除以防止嚴重的延滯。總體而言，有路肩之事故地點較容易抵達，但其紀錄之事故清除時間可能在事故被移至路肩和事故被完全清除之間；另一方面，無路肩的地方會難以進入現場，換句話說，當事故被完全清除時，其清除時間會更準確，因為沒有跡象表明其還停留在該區。紐約州政府運輸部也指出，在無路肩的路段發生延時較短的事故所造成的延滯仍然可以大於在有路肩的路段發生延時較長的事事故所造成的延滯。因此，在延滯分析中，需要更注意路肩的資訊。

2.6 事故占用車道

2.6.1 道路容量降低

事故發生後的道路容量降低(capacity reduction)是事故延滯的重要影響因素，Goolsby (1971) 利用德州休士頓之 Gulf Freeway 之影像，監控事故造成的道路容量減少幅度，Goolsby 比較無事故之道路容量與事故發生之道路容量，發現三車道 Gulf Freeway 道路容量減少。容量因自然因素減少 33%，一車道因輕微事故或失速降低流量大約 50%，兩車道因意外事件減少容量約 79%。由於 gapers-block 現象，因此事故發生在路肩，減少正常容量的 33%。

Smith *et al.* (2003)利用大量樣本分析道路容量減少幅度，採用維吉尼亞州漢普頓錨地區事故資料，該地區道路為三車道。為了確定因事故造成減少的容量，比較在無事故及事故發生之流量，最後此研究指出事故將會造成容量大量減少。Stamatiadis *et al.*(1998)發現在路肩的輕微事故會降低 15% 道路容量，而車道內發生事故會造成 39~69%的道路容量減少。他們也指出有無駕駛人援助計畫(Motorist Assistance Program)會使道路容量減少的多寡不一樣。然而，沒有一種清楚的方法可以去確定道路容量下降多少。

Lindley (1987)編寫了道路容量減少的指引規則，此規則可以用來確定當多少車道被封鎖時還剩多少道路容量，此規則收錄在聯邦公路管理局交通控制系統手冊中。McShane *et al.* (1990)透過實際案例證明道路容量減少會影響流量與容量比(V/C)。考慮三個不同 V/C，模擬在不同 V/C 下，因事故減少的道路容量。其結果發現，不管減少 10% 容量或增加，將會使高速公路成為過飽和系統。

2.6.2 事故占用車道數

占用車道數會減少道路容量，隨到路容量減少幅度進而影響道路之衝擊波，並影響等候車隊的形成速度，因此，占用車道數越多則會影響其車隊累積的速度，如要分析處理延時及事故造成之延至時，實有必要了解事故占用車道數。紐約州政府運輸部於 2008 年參考擁擠需求分析模式(Congestion Needs Analysis Model, CNAM)分析各種造成道路擁塞的原因，其中一項原因則為交通事故。透過 CNAM 的分析各種事故類型占用車道之比例如表 2-4。其中，「無車道占用」表示該事故沒有占用任何車道，「無關車道占用」表示該事故沒有影響到車道或道路路肩。表中可發現，占用車道數比例以占用一車道最高，其次為占用兩車道，占用三車道以上較少。

表 2-4 各類事故占用車道數之比例

事故類型	無車道 占用	占用一 車道	占用兩 車道	占用三車 道以上	無關車 道占用
財產損失車禍 (Property Damage)	5.1%	72.5%	17.0%	3.5%	1.8%
一般車輛損毀 (Disabled Vehicle)	4.8%	90.1%	3.5%	1.0%	0.7%
卡車損毀 (Disabled Truck)	6.7%	84.4%	4.5%	3.9%	0.6%
人員傷亡 (Personal Injuries)	16.4%	44.8%	34.3%	1.5%	3.0%
道路危險 (Road HAZARD)	3.8%	63.8%	13.8%	1.3%	17.5%
危險物品 (HAZMAT)	6.9%	79.3%	13.8%	0.0%	0.0%
車輛起火事故 (Vehicle Fire)	6.9%	31.0%	37.9%	17.2%	6.9%
因天氣影響事故 (Weather Related)	20.0%	10.0%	0.0%	0.0%	70.0%

2.7 空氣污染之願付價格分析

2.7.1 空氣污染之經濟評估現況

空氣品質惡化以及其對人體健康之傷害，早已為各已開發國家重視，為提出有效對策，除積極建立空氣污染排放資料庫外，對於空氣污染與經濟活動間之關係的瞭解亦是非常必要。其一可由暴露在環境品質中之傷害，推估空氣污染損害之價值；另一方式則由預期的減少空氣污染排放之預期維護成本，推估空氣污染之經濟損失。

根據行政院主計處指出，國際間對於污染物之選取尚無一定之標準，其中，污染環境質損(Environmental Degradation)主要係指人類活動及各項經濟行為對於環境品質產生負面的影響，其涵蓋的範圍很廣，包括空氣污染、水質污染、土壤污染及廢棄物污染等項，環境的惡化不僅直接威脅人類的健康與生活品質，也衝擊到整個經濟體系的永續性，而環境質損編算一方面可作為衡量環境品質的一種指標，另一方

面則有利於國家環境政策的擬定，我國則採用維護成本法為基礎按空品區推估相關之質損帳。國際主要國家對於空氣污染環境質損編算情形整理如下：

1. 南韓：採維護成本法估算其空氣污染環境質損，選用污染物包括固定污染源(含總懸浮微粒 TSP、二氧化硫 SO_2 以及氮氧化物 NO_x)與移動污染源(含一氧化碳 CO、二氧化硫 SO_2 以及氮氧化物 NO_x)，且分別依最佳可行技術估算其每單位之防治成本。
2. 日本：利用維護成本法估算污染排放物和溫室效應之環境質損值，且以硫氧化物 (SO_x) 及氮氧化物 (NO_x) 作為計算標的。
3. 美國：亦採維護成本法估算空污之環境質損，衡量污染物包括總懸浮微粒 (TSP)、硫氧化物 (SO_x)、氮氧化物 (NO_x)、揮發性有機物 (VOC)、一氧化碳 (CO) 以及鉛 (Pb) 等項。
4. 菲律賓：分採 ENRAP 及 PSEEA 兩系統估算其空氣污染環境質損。
 - (1) ENRAP 以人們為避免環境損害所願意支付之價格估算，且僅考量健康面之損害，項目包括粒狀污染物和鉛對於醫藥成本、罹病或提早死亡造成收入減少以及預防環境損害而產生之規避成本。
 - (2) PSEEA 系統是以維護成本法估算若要將環境回復到未受污染損害前之狀況所需花費之污染防治成本，作為環境損害價值。
5. 墨西哥：也採維護成本法估算機動車輛、石油提煉工業、電力業及其他工業之空氣污染情形，選用污染物包括總懸浮微粒 (TSP)、二氧化硫 (SO_2)、氮氧化物 (NO_x)、碳氫化合物 (CXHY) 以及一氧化碳 (CO)。
6. 瑞典：衡量污染物包括二氧化硫 (SO_2)、氮氧化物 (NO_x) 以及揮發性有機物 (VOC)。且對各污染物所造成之損害(如酸雨造成森林損失、農作物損失、健康衝擊以及房地產價值之下降等)，分別探討其損害成本、規避成本及民眾之願付價格。

另外，國內目前因缺乏甚多各污染源類別或產業別的空氣污染單位減量成本資料，尚無法反應出依減量程度不同之成本函數或地區別之差異。而國民所得帳記錄國家或地區經濟活動的統計，無法反映經濟活動對環境造成的影響，無法描述真正的經濟成果和人民的實質生活福祉。而綠色國民所得帳一般稱為「環境帳」，亦可稱「資源帳」或「環境與經濟綜合帳」，調整衡量經濟成長的國民所得，加入自然資源消耗與環境品質折耗的考量，主要功用在於將經濟發展附帶的環境影響成本予以「貨幣化」，以提供決策部門正視經濟發展必須付出的潛在成本。

臺灣綠色國民所得帳採用 SEEA 系統，是由聯合國與世界銀行共同開發，亦為最多國家採行的系統，可將結果貨幣化來計算自然資源消耗及環境品質折耗的影響。其中，環境品質折耗是以成本法計算未採行空氣、水及廢棄物防治措施之環境維護成本，亦即依各污染源之防治污染平均單位成本乘以污染排放量作為其污染環境折耗金額。其中，空氣污染係依固定及移動污染源分別計算。其中，固定污染源係指產業在生產過程中所排放之空氣污染量，而移動污染源則指具移動性之交通工具所排放之空氣污染量。因各污染物(如總懸浮微粒 TSP、硫氧化物 SO_x 、氮氧化物 NO_x 等)之性質不同，故分別計算各污物所投入之平均單位防治成本，再乘以削減後污染排放量，然後將固定及移動污染源之各污染物環境折耗加總即得出當年空氣污染環境折耗(如表 2-5 及表 2-6 所示)，經由計算結果可知 99 年自然折耗及環境品質質損占名目 GDP 的 0.61%。

表 2-5 空氣污染(TSP 及 SO_x)環境質損之編算結果

項目	總懸浮微粒 (TSP)			硫氧化物 (SO _x)		
	單位 減量成本 (元/公噸)	應削減 排放量 (公噸)	質損 (百萬元)	單位 減量成本 (元/公噸)	應削減 排放量 (公噸)	質損 (百萬元)
96	16,657	69,940	1,165	27,408,400	20,906	573
97	17,081	44,495	760	28,237,353	12,572	355
98	16,618	53,435	888	27,439,024	16,400	450
99	17,324	50,334	872	28,794,403	14,864	428
100	17,933	25,986	466	28,567,285	6,896	197

資料來源：綠色國民所得帳編製報告（2012）及本研究整理

表 2-6 空氣污染(NO_x 及 NMHC)環境質損之編算結果

項目	氮氧化物 (NO _x)			非甲烷碳氫化合物 (NMHC)		
	單位 減量成本 (元/公噸)	應削減 排放量 (公噸)	質損 (百萬元)	單位 減量成本 (元/公噸)	應削減 排放量 (公噸)	質損 (百萬元)
96	28,311	161,666	4,577	89,013	242,986	21,629
97	28,963	153,196	4,437	92,172	236,394	21,789
98	28,285	168,041	4,753	90,442	261,028	23,608
99	29,506	153,224	4,521	94,747	240,494	22,786
100	30,609	150,411	4,604	98,064	230,809	22,634

資料來源：綠色國民所得帳編製報告（2012）及本研究整理

其次，又根據中華民國環保法規資料中心可知公私場所固定污染源排放空氣污染物之種類及排放量徵收空氣污染防制費之收費費率，如表 2-7 所示。

表 2-7 國內固定污染源徵收價目表

污染物種類	費率		適用之公私場所	備註
	二級防制區	一、三級防制區		
硫氧化物	7 元/公斤	8.5 元/公斤	第一級： 季排放量 > 14 公噸	1. 氧化物、氮氧化物收費費額 = 【(第一級排放量×第一級費率) + (第二級排放量×第二級費率) + 第三級費額】×優惠係數(D)。 2. 使用氫氣、符合中華民國國家標準(CNS)驗證之天然氣或液化石油氣為燃料者，適用零費率。
	5 元/公斤	6 元/公斤	第二級： 1 公噸 < 季排放量 ≤ 14 公噸	
	450 元/季	450 元/季	第三級： 季排放量 ≤ 1 公噸	
氮氧化物	8 元/公斤	10 元/公斤	第一級： 季排放量 > 24 公噸	
	6 元/公斤	7.5 元/公斤	第二級： 1 公噸 < 季排放量 ≤ 24 公噸	
	450 元/季	450 元/季	第三級： 季排放量 ≤ 1 公噸	

註：一級防制區，指國家公園及自然保護(育)區等依法劃定之區域；二級防制區，指一級防制區外，符合空氣品質標準區域；三級防制區，指一級防制區外，未符合空氣品質標準區域。

資料來源：中華民國環保法規資料中心

而國內普遍對機動車尾氣污染排放的嚴重性認識不足，政府部門目前對於車輛尾氣污染亦缺乏有效之治理措施，主要仍依靠車輛尾氣檢測，無法有效控制和治理車輛污染物之排放。然而，國內汽機車數量多、流動性大，相對管理難度亦較大。參考我國「交通工具違反空氣污染防治法裁罰準則」可知，目前國內僅針對汽車排放空氣污染物超過標準、規避、妨礙或拒絕排放空氣污染物檢測、規避、妨礙或拒絕使用油燃料抽測、車用汽、柴油不符合成分管制標準及機動車輛停車原地怠速超過三分鐘設定罰鍰，其他移動污染源造成之空氣污染，均未如固定污染源有制定實際罰鍰措施。

另外，臺灣二氧化碳排放量已居世界第 21 名，因此環保署於 101 年 5 月 9 日將「二氧化碳」等訂為空氣污染物，目標 104 年起達成小客車二氧化碳減量 15%；隨著燃燒化石燃料造成的溫室氣體(二氧化碳)讓全球平均溫度已經上升，是導致全球暖化及氣候變遷的重要原因，嚴重時將會破壞地球生態環境，並且嚴重到會威脅人類的生存空間。國外已根據不同能源排放二氧化碳來徵收相關懲罰，如：法國實施碳稅徵收為：0.68 元/公斤、瑞典碳稅徵收為：4 元/公斤、澳洲實施碳稅徵收為：0.75 元/公斤，我國預定為 0.75~2 元/公斤。

根據環保署指出，因二氧化碳非傳統空氣污染物，故未來將規劃於「交通工具空氣污染物排放標準」中增訂車輛二氧化碳排放管制標準。又因車輛二氧化碳之排放與油耗為正相關性，因此，目前國內係由經濟部能源局依據能源管理法，實施車輛容許耗用能源標準進行個別車輛之油耗管制；未來，將俟溫室氣體管制法完成立法後，配合國際管制趨勢，將要求各部門訂定相關減量策略，以達成溫室氣體減量目標。冀望 2015 年私人運具新車效率水準提升 25%的目標，依據此政策計算，屆時國內汽油小客車之二氧化碳排放約為 127.5kg/km，與加州所制定之二氧化碳管制標準(草案)相當。

2.7.2 空氣污染之願付價格相關文獻

空氣污染是城市地區的另一個主要關注的問題，由於空氣污染已被證實與心血管疾病和呼吸系統之間有密切的影響，容易因空氣污染而感染的人群包括兒童和胎兒，更可能引發老年人的心血管疾病、哮喘、肺氣腫和慢性阻塞性肺疾病，對國人健康極具威脅(World Health Organization, 2002)。因此，被越來越多各國政府所重視，並且訂立環保法規、進行成本效益分析或制定污染稅。例如，在歐盟的歐洲清潔空氣計畫(Clean Air for Europe, 簡稱 CAFÉ)中，其環境總局的方案進行了重大的成本效益分析並提出了新的法規(Holland et al., 2005)；在美國環境保護局採用成本效益分析，提出污染控制的規定(Abt, 2004)和空氣污染的外部成本，並在美國國家科學院國家研究理事會公佈一項大型研究(NRC, 2009)。我國自 1998 年起開徵空氣汙染防制費，依空氣汙染物實際排放量徵收硫氧化物及氮氧化物之空氣汙染防制費，而現今世界先進國家多使用徵收碳稅之方式，作為推動 CO₂ 減量政策已降低空氣汙染。

在國外文獻以 CVM 進行空氣汙染之實證分析文獻相當豐富，例如：Shechter(1991)利用直接與間接評估方法，進行空氣汙染改善效益的評估。Farber & Rambaldi(1993)問卷調查訪問戶外運動民眾，在調查期間告知受訪者在當地曾有兩個星期的臭氧水準超過政府標準的事實，並詢問願意支付多少金額來改善空氣品質，由估算出之經濟效益值來推測民眾若改善 14 天臭氧可達標準值，詢問可達到居民健康的 WTP；Loehman et al.(1994)比較「願意支付多少金額以避免空氣品質惡化」與「願意支付多少金額以改善空氣品質」兩種問項，探討不同 WTP 對健康與能見度的估計值。結果顯示：隨著受訪者的健康狀況、空氣汙染風險認知與其它風險相關之變數，對於 WTP 有顯著影響，並且以「願意支付多少金額以避免空氣品質惡化」獲得的估計值較為可靠。

Zegras(1998) 分析中亦顯示，當地之私人機動運具為旅次成本最高之運具，同時也具有最高之外部成本，其中小汽車在各項外部成本之比例均顯著高於其他運輸工具。如肇事、空氣汙染、噪音、土地消

耗及擁擠等外部成本，小汽車分別占了 46.7%、55.3%、32.3%、53.2% 及 52.8%。Soguel and van Griethuysen (2000)認為生活品質年數(value of a life year，簡稱 VOLY)與空氣汙染有關。Gürkan Kumbaroğlu 等人(2008)研究消費者對於可再生能源技術(Renewable Electricity Technologies, 簡稱 RETs)減少二氧化碳排放量的支付意願。Palmer, Burtraw, and Shih (2005) 研究顯示，到 2020 年改善空氣品質成本為 52 億美元，而全國性與紐約州的健康改善效益分別為 193 億與 26 億美元。

Wang *et al.*(2006)研究北京市居民若要減少北京市 50% 空氣污染程度的願付價格，結果顯示：平均每戶家庭願付人民幣 143 元，相當於平均家庭全年支出 0.7%，推測全北京市民願意花 3.36 億人民幣來改善北京的空氣品質。Wang and Mullahy (2006)認為中國有 76% 的空氣污染來源為煤炭的燃燒，由於缺乏對健康影響的資訊，而未能有效制定合理的政策來抑制空氣污染。據此，重慶政府正在考慮由一個新的城市計畫來減少空氣污染造成的致死率，預計將可減少 1/4 因空氣污染而過早死亡，亦即每年因空氣污染死亡由 20/100,000 減少為 15/100,000。因此，在 1998 年 3 月隨機抽樣當地 500 名 18-80 歲的居民進行問卷調查，問卷採用條件評估法及開放式的出價方式，旨在獲得受訪者願意支付改善空氣污染的價格。研究中採用兩部分的模式，首先由普羅比(Probit)模式估計影響 $WTP > 0$ 的因素，第二部分則由於出價的 WTP 是一個非連續型的金額，因此透過區間迴歸模式(Interval regression model)來估計 $WTP > 0$ 的條件下，影響受訪者 WTP 的因素；其次，再透過“recycling”模式來統計生命價值(VSL, Value of Statistical Life)，亦即可藉由生命價值將獲得之願付價格轉換為使居民避免空氣污染的風險，而被認為是合理的社會成本花費上限。由研究結果得知，有 22.0% 的受訪者的 $WTP = 0$ ，而平均願付金額為 14.3 人民幣，相當於節省的生命價值約 286,000 元人民幣(相當於 34,458 美元)。其次，透過第一部份模式(樣本數=482)可知：年齡愈大及家庭規模愈大的家庭，支付改善空氣污染的 $WTP > 0$ 的機率愈小；所得愈高、居住於嚴重污染區域的居民，改善空氣汙染 $WTP > 0$ 的機率則愈大。第二部份模式(樣本數=376)可知：隨著教育程度及所得愈高，以及住在污染較

嚴重的地區，支付改善空氣污染的 WTP 也愈大。其後，透過邊際影響計算可知，當年齡增加 1 歲，支付改善空氣品質的 WTP 則增加 0.1 元人民幣，節省的生命價值為 2000 元人民幣(相當於 240 美元)；每月所得增加 100 元人民幣，支付改善空氣品質的 WTP 則提高 6 元人民幣，可節省生命價值約 119,800 元人民幣(相當於 14,434 美元)。

Wang and Zhang (2009)透過條件評估法作為量化當地居民改善空氣品質的願付金額。調查時間為 2006 年 4 月，隨機抽取中國濟南 1500 位成人進行面對面的問卷調查。問卷第一部分為社會經濟特性，第二部分為受訪者的主觀意識，包含對於目前居住地區空氣汙染與健康、呼吸系統疾病與治療支出之間關係的問題，第三部分則為條件評估法之願付價格情境。由於空氣汙染包含許多社會層面的影響，為了避免調查偏誤，問卷中必須提供給受訪者以下三點必要的訊息，包括：(1)當前空氣品質標準的詳細分類、(2)提供中國濟南空氣品質惡化及空氣品質改良後的圖片，讓受訪者了解目前空氣品質的水準、(3)支付金額的意願及方法，並告知受訪者該金額由其本人每年支付，以避免和家庭之間產生混淆。另外，亦再由受訪者從自己主觀態度來判斷空氣汙染的影響，包括：(1)自我評估是否生活在空氣汙染嚴重的地區、(2)自我評估空氣汙染和健康是否有關聯及(3)是否有呼吸道症狀。調查結果顯示：有 40.3%的受訪者 WTP=0，推測相較於其他國家，中國濟南當地普遍受訪者的環保意識較低(其中有 40.9%的受訪者認為支付改善計畫成本應該是政府的責任、26.4%的受訪者認為應由造成汙染的人支付、15.9%的受訪者則認為自己收入過低無法負擔、12.6%的受訪者認為應該由政府及汙染者共同支付、2.1%的受訪者則認為該地區空氣品質良好以及 2.1%的受訪者不願意支付為其他原因)。參考文中提及，Davies and Mazurek, (1998)認為，一旦環境保護的相關活動對於受訪者平日規律的生活造成影響時，則可能出現大量的抗議性 0 的樣本。研究中利用 Probit model 建立影響受訪者願付金額的影響變數，並根據模式校估得知，平均願付的金額為 100 人民幣(12.5 美元)，其中對於願意支付金額於改善計畫有顯著影響的包括：家庭收入、支出治療呼吸系統疾病、教育水準及空氣汙染與健康相關性的意見。

Shafie-Pour and Ardestani (2007) 指出，空氣污染為伊朗首都面臨的一個重要的環境問題，造成污染的主要因為 240 萬輛的機動車輛排放廢氣，而一般空氣污染對健康造成影響的污染物包括：顆粒物 (particulate matter, PM)，包含 PM10 及 PM2.5；氣態污染物，包含 SO₂、NO_x、CO 及臭氧等，其中以 SO₂ 及 NO_x 會和空氣中氣他物質結合而對人體健康有最明顯的影響。在 2000 年，空氣污染指數(PSI)達 24 以上，一年中約有 282 天為”不健康”的環境；而 2005 年空氣污染指數已達 168，為”非常不健康”的環境，並且造成學校被迫停課。空氣污染造成環境惡化對健康造成的影響可使用「傷殘調整生命年 (disability adjusted life years, DALYs)」來表示，這個指標是由國際衛生組織和世界銀行與國際專家合作，提供一個共同衡量各種疾病和過早死亡的方法。輕微的疾病代表 DALY 的一小部分、嚴重的疾病則代表 DALY 的叫大部分而過早死亡則代表一個 DALY。研究中主要探討 PM10 及 PM2.5 對人體健康造成的影響，以及由「鉛」造成空氣污染對娛樂價值的損失，採用五個步驟來量化空氣污染對健康的影響，包括：(1)定義污染物及測量濃度；(2)計算暴露於污染的人口，並因應城市影響的族群分別估計人數；(3)根據流行病學資料計算暴露於空氣污染中對健康造成的影響建立反應係數，根據伊朗衛生部門調查 18 個省的影響心肺疾病及肺癌的濃度反應係數如表，由表中可知 PM2.5 低於 7.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 時對死亡率不會造成影響；其餘表中六項因素為全球探討空氣污染研究中最常見之健康影響因素；(4)量化對健康的影響，透過每年各項統計數之人口可計算總 DALYs 損失數；(5)計算出對健康影響的貨幣價值，可藉由傷殘調整生命年及疾病成本來表示。由研究結果可知，2001 年空氣污染對健康造成的損害約 7 億美元，相當於 8.4%GDP，推估 2019 年時將成長至 90 億美元。

表 2-8 彙整中國其他關於空氣品質的相關研究

地區及時間	樣本	研究主題	WTP (CNY) (per year)	年收入 (CNY/year)	比例 (%)	文獻出處
Ji'nan ^b (2006)	1500	減少空氣污染， 以滿足住宅區空 氣品質標準	100	14,286	0.7	Wang and Zhang (2009)
Beijing ^b (1999)	1500	將空氣中有害物 質減少 50%	143 ^a	20,429 ^a	0.7 ^a	Wang and Mullahy (2006)
Chongqing ^b (1998)	500	空氣污染控制	14.3	3,575	0.4	Wang <i>et al.</i> (2006)
Beijing ^c (2005)	880	將空氣中有害物 質減少 50%	652.3 ^a	56,646 ^a	1.1 ^a	Cai and Zheng (2007)
Shanghai ^c (1999–2000)	568	減少空氣污染造 成的呼吸系統疾 病	146.4–483. 6	11,802	1.2-4.1	Peng and Tian (2003)
Tianjin ^c (2000)	678	藥物治療，預防 呼吸系統疾病	147.3	7,014	2.1	Yang and Xu (2004)
Beijing ^c (1999)	>1200	Prevent an episode of cold	149-422 ^d	10,654	1.4-4.0	Hammit and Zhou (2006)
Anqing ^c (1999)	>1200	Prevent an episode of cold	25-50 ^d	5,319	0.5-0.9	Hammit and Zhou (2006)
Taiwan ^c (1996)	938	改善空氣品質對 健康的好處	501 ^e	NA	0.6	Chien <i>et al.</i> (2005)

a. 資料來源：彙整自 Wang and Zhang (2009)

b. 使用家戶作為單位

c. 使用開放式條件評估法

d. 使用二元選擇條件評估法

e. 1999 年的匯率為 827.84

f. 1996 年 3.78 新台幣兌換 1 人民幣

表 2-9 伊朗衛生部門統計 PM10 及 PM2.5 影響肺癌及心肺疾病之反應係數及 DALY

每年健康影響	單位	反應係數	每年平均濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	損失 DALYs 數 (per 10,000)
心肺有關及肺癌死亡率	%	0.80	PM2.5	80,000
慢性支氣管炎	每 10 萬成年人	0.9	PM10	22,000
呼吸疾病入院	每十萬人口	1.2	PM10	160
急診室門診	每十萬人口	23.5	PM10	45
活動受限天數	每十萬成年人	5750	PM10	3
兒童下呼吸道疾病	每十萬兒童	169	PM10	65
呼吸系統症狀	每十萬成年人	18300	PM10	0.75

Solomon and Johnson(2009)亦使用假設市場評價法和公平分配法，針對美國密西根州、明尼蘇達州、威斯康辛州三州有關減緩全球氣候變遷進行調查，並透過對生質酒精的願付價格來評估降低二氧化碳排放的價值；其結果顯示，分別使用兩種方法時，有 83.8%及 76.2%的民眾願意支付費用來降低二氧化碳排放，其願付金額分別為 556 美金及與 472 美金，然而，若有受訪者未填答願付價格則假設其值為 0 時，平均願付價格則降低為 252 美金與 192 美金。

Carlsson *et al.*(2010)利用假設性市場評價法，調查中國、瑞典及美國的居民為減少二氧化碳排放量 30%、60% 及 85% 水準下的願付價格。結果顯示：瑞典人、美國人和中國人的 WTP 分別為所得的 1.6%、1.1% 和 0.9%，可說明每個國家為減輕氣候變遷都願意用部分 GDP 來負擔此費用；其中，瑞典的願付價格平均數分別為 21.7、39.54 與 54.24 美元、美國則分別為 17.27、27.95 與 36.43 美元；而中國則分別為 4.99、8.32 與 11.18 美元。Yu and Abler (2010)研究探討北京居民對於改善空氣污染追求藍天的願付價格，其結果指出，願付價格的所得支出彈性是 0.2，而替代彈性大約為 4.95，這隱含受訪者非

常樂意付費來換取較好的環境品質，且願付價格估計值小於北京民眾每年可支配所得的 0.2%。

由於美國眾議院 2009 年 6 月 26 日通過”美國清潔能源和安全法案”(ACES)，因此 Kotchen et. al.(2013)研究於 2010 年及 2011 年分別針對美國 1024 與 1010 名成人進行線上電腦問卷調查，主要目的為評估有關氣候和能源問題的公眾態度和知識，以及支持國家氣候變化政策的實際成本，這項調查主要詢問受訪者對於 2020 年減少 17% 溫室氣體排放的願付價格，以及三種政策選擇的潛在影響，包含：碳交易政策(cap-and-trade policy)、碳稅政策(carbon-tax policy)及調節碳政策，以二氧化碳為污染物(policy to regulate carbon dioxide as a pollutant)，以及測試民眾意見對於實施不同政策時，是否會影響溫室氣體排放的 WTP。研究中首先採用線性機率模式(linear probability models)探討受訪者回答”不知道”全球暖化正在發生之特性；其次，利用截斷迴歸模式(Censored regression models)探討受訪者對於三種政策之願付價格，結果顯示，教育程度愈高的 WTP 愈大、年長者的 WTP 較小、家庭月所得愈高 WTP 愈高；此外，受訪者每年平均願意支付\$79~\$89 元來減少溫室氣體的排放，即使非常保守的估計願付金額也超過\$60 元。

根據 2004 年國際能源總署(International Energy Agency, IEA)統計顯示，交通運輸部門佔世界能源消費的四分之一以上，因此 Lera-López et. al. (2012) 在 2009 年 2-3 月之間，針對選定五條穿越西班牙納瓦爾(Navarre)庇里牛斯山(Pyrenees)的重要道路(穿越 14 個地區)作為研究區域(超過 15 萬輛車，其中有 30% 為貨車)之 900 名居民進行問卷調查。此研究包含四個主要的特點：(1)同時分析噪音及環境影響之間的關係，(2)根據道路交通的影響水準進行區域的分析，主要的目的是比較不同感知空氣污染及噪音水準的經濟評估，並且利用相關政策來解決這些問題，(3)評估目前研究區域噪音及空氣污染之間的關係，(4)相較於其他研究選擇中、大型都市，該選擇之研究區域為小型產業地區。問卷第一部分針對該地區噪音及空氣污染進行簡單的介紹，以及詢問居民對於污染的意見；第二部份主要詢問受訪

者對於減少噪音及空氣污染的支付意願，採用二元選擇結合開放式詢價之條件評估法來獲得居民對於減緩空氣污染及噪音之願付價格，並且詢問不願意支付的原因(噪音及空氣污染與他們無關，或者認為已經繳交足夠之稅額)；第三部份則包含環境相關問題(噪音感受程度、空氣知覺程度、交通噪音影響程度、空氣影響程度、有無聽力、是否為抽菸者以及關心居住環境噪音及空氣污染的程度)、社會經濟特性(年齡、教育水準及是否居住在市區)、自然環境變數(污染的程度、是否為高程度污染減少地區)及地區特性變數(全市區的平均年齡、大專以上的百分比及直轄市房屋比例等)。其中，空氣污染的程度則考慮到車流量及平均行車速度，因此針對選定的 14 個村莊分別計算 CO、NO_x 及 SO_x 污染物的濃度；而後，根據明顯不同之噪音及空氣污染測量值區分為 A 及 B 區。A 區的噪音水準大於 65 分貝、空氣污染界於 60~77 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；B 區噪音水準低於 65 分貝、空氣污染低於 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。在 A 區中，將詢問受訪者噪音由 70 分貝降為 50 分貝且降低 50% 的空氣污染，以及噪音由 60 分貝降為 50 分貝(或 70 分貝降為 60 分貝)且降低 25% 的空氣污染的願付價格；而 B 區則詢問噪音降低 10 分貝且空氣污染降低 25% 濃度的願付價格。而空氣污染情境中，又分為因空氣污染而導致的兩種程度疾病，一為輕度影響，表示受到空氣污染產生對眼睛的刺激及輕度呼吸道問題；另一則為嚴重影響，表示由於空氣污染物而患有嚴重的咳嗽及急性呼吸衰竭，可能導致哮喘及肺炎等疾病。最後，每一位受訪者將根據遭受的噪音(以分貝作為衡量)及空氣污染(以 NO_x 作為衡量)而分配至 A 區或 B 區的情境問項。研究中採用 double hurdle model 探討影響降低噪音及空氣污染願付價格的因素，根據 Rausell-Köster (2008)指出，開放式的問答常造成 0 元願付價格，造成的原因可能為受訪者對於支付環境改善問題缺乏興趣，或者對於問題本身並不了解，但忽略 0 元出價可能會影響模式校估結果產生偏誤。雖然 Tobit model 可以分別探討是否願意支付以及願意支付的金額，然而卻無法區分抗議性回答(protest responses)0 元出價因素，而 double hurdle model 則可分為兩部分來探討，其一為參與市場的影響因素，另一則為參與市場之願付價格程度；又根據結果顯示有 60% 的受訪者願意支付降低噪音及空氣污染金額，因此利用 spike

model 推估降低噪音之 WTP=8.22 歐元；減少輕度的空氣污染 WTP=9.31 歐元、減少重度空氣污染的 WTP=9.56 歐元。年輕人、具有大學學歷及居住城市的受訪者對於願付價格有正向影響；而交通污染感知程度愈大和對環境關心程度愈大的受訪者更願意支付金額來降低空氣污染，而住在都市區域且遭受污染嚴重的年輕受訪者 WTP 愈高。

國內如梁啟源(民 84)以問卷調查方法詢問空氣污染防制費的願付價格，環保署也曾依外部性的考量來制定出營建工地空污費的費率。張耀仁(民 81)利用 Hanemann(1984)所提出的隨機效用理論(Random utility theory)分析消費者在面臨不同支付價格下，對環境資源品質改善的行為決策，並利用封閉式假設市場價值評估法，評估大台北地區空氣品質與淡水河中下游水質改善的經濟效益。吳錫政(民 84)採用 Rosen(1974)所提出之特徵價格法(Hedonic Price Method) 估算出在臺北都會區中當空氣污染(以 TSP 濃度為代表)改善時，人們所願意支付的價格為何，而此價格即為空氣污染改善之效益，可以利用它來作空氣污染防治 工作的成本效益評估，以使得政府部門能夠藉此制定適當的防治水準。經由估計結果顯示，改善 1 單位(1.0ug/m³)之總懸浮微粒濃度時，每年每戶之市區居民願意支付 7.1459 萬元、市郊居民願意支付 0.5966 萬元、外圍地區居民願意支付 0.4484 萬元。若把整個臺北都會區當作一個單一市場來看，則臺北都會區之居民願意支付 2.6380 萬元。林月麗(民 85) 研究顯示：家庭年所得愈高者對減少空氣污染的支持願望越高，並且且當空氣污染嚴重且又為高所得者，其願意支付空氣污染防治費價格愈高。李新峰(民 93)利用消費者物價指數的年變動率來計算不同年份之通貨膨脹情況，並轉換成台灣地區不同空氣污染物之損害成本，研究結果發現以懸浮微粒之損害成本為最高，每公斤高達 150.58 元，而 NO_x 與 SO₂ 之損害成本相當，約為每公斤 40~42 元間，此價格約高出國內 SO_x 空污費費率的 3~4 倍。李金平及王志石(民 95)採用 CVM 中之 WTP 和 WTA 方法,分析比較 SARS 爆發前後,居民對澳門空氣污染損失的意願價值的變化情況,探討 WTP 和 WTA 兩種研究方法的估值差異。研究結果顯示：2002 年 SARS 爆發前，以 WTP 分析得知澳門空氣污染的年經濟損失值約為

3.77 億澳門元(1 美元=8.033MOP)、占當年 GDP 的 0.69%；2004 年 SARS 爆發後，以 WTA 法分析求得之澳門空氣污染的年經濟損失最高估計值為 14.32 億澳門元/年,占當年 GDP 的 2.2%，可知 SARS 爆發對於居民的環護意識有不同程度的提高。張學孔、郭瑜堅(民 96)在以疾病成本法計算空氣污染造成之急性病症與慢性病症的醫療成本，作為量化空氣污染成本之評估方式。陳王琨(民 97)調查台灣北部地區民眾對於二氯化硫與懸浮微粒所造成的外部成本，以及在現況的空氣品質之下，每人每年因為這些空氣污染物所支出的醫療費用。

2.7.3 理論方法與評估經濟價值之文獻

由於運輸事業除帶給使用者效益之外，亦會產生諸多外部問題，如：環境資源(噪音、空氣汙染及水質)、安全(事故發生)、旅行時間及擁擠等方面，均屬於運輸產生環境的外部性成本。彙整過去文獻可知，諸多研究利用敘述性偏好評估「非市場財貨」，主要以條件評估法為代表，係針對欲調查的市場財貨建立一個假設性市場，以問卷調查的方式，訪問受訪者對這個非市場財貨願意支付的金額或者願意接受的金額，並藉由調查所得的資料可推估該「非市場財貨」之效益。

經濟學者進一步將此類財貨之經濟價值，藉由各種經濟理論與分析工具，將人類獲得的各種效益予以貨幣化而轉化為金錢價值的估算活動，稱為經濟評估(Economic Valuation)或簡稱評估(Valuation)。而效用貨幣化的理論源自於新古典個體經濟理論中的消費者理論，以相等變量(Eompensating Variation, 簡稱 EV)、補償變量(Compensating Variation, 簡稱 CV)與消費者剩餘(Consumer Surplus, 簡稱 CS)等方法求得。其中，相等變量定義為在原有的價格水準下，為了使消費者感受到價格變化後的新效用水準，所必須改變的所得額；補償變量定義為使消費者維持價格改變前的效用水準，所必須改變的所得額；消費者剩餘定義為消費者購買特定數量財貨，所願意付出與實際支出的差額。

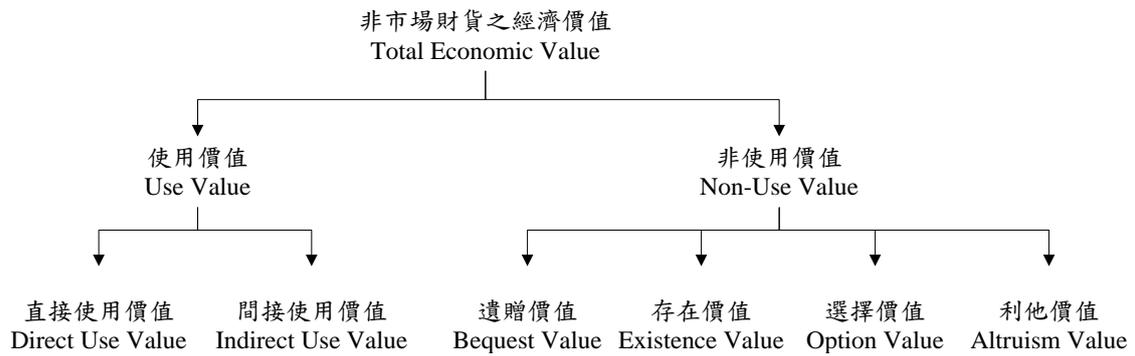
經濟評估是一個相當重要的工作，因為該價值的產生主要來自於該資源對使用者所創造的效益，並沒有具體的市場價格來反映其價值

內涵之財貨；若將該價值經由量化進而貨幣化的做法，通常較能為經濟活動之決策者與大眾所理解，並且根據所提供的物資與服務價值而產生滿足感，或稱效益(Benefit)或稱效用(Utility)，即是所謂的經濟價值(Economic Values)。利用此種價值評估的方法，不僅可以評估與分析維護環境與保育資源對人們帶來的服務重要性與價值之外，亦可以提供補償依據的參考。

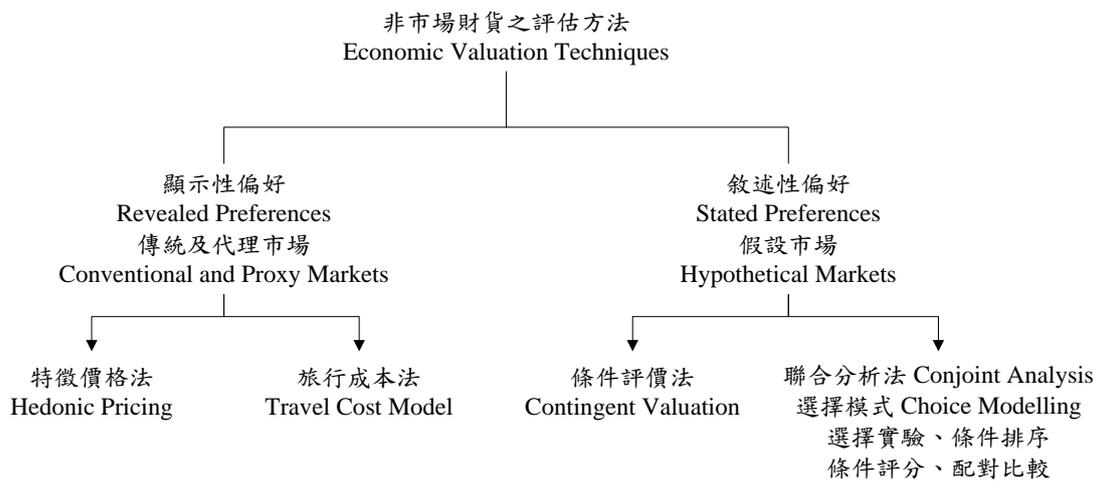
非市場財貨評估的方法一般可分為以下兩大類，第一類是屬於「敘述性偏好估計方法」(Stated Preference Techniques)，即是透過問卷調查方式去誘導出受訪者心目中之願意支付的價格(Willingness to Pay, WTP)，或因環境改變所願意接受的補償價格(Willingness to Accept, WTA)；主要有條件評估法(Contingent Valuation Method, 簡稱 CVM)與選擇模式(Choice Modelling, 簡稱 CM)。其中，選擇模式則可在細分為：選擇實驗法(Choice Experiment Method, 簡稱 CE)、條件排序法(Contingent Ranking Method, CR)、條件評分法(Contingent Rating Method, 簡稱 CRT)、配對比較法(Paired-Wise Comparison Method, 簡稱 PW)。另一類則為「顯示性偏好估計方法」(revealed preference techniques)或稱「替代市場價值評估法」，其方式是透過與非市場財相關的市場財交易資料估算其價值；主要有價格特徵法(Hedonic Price Method, 簡稱 HP)及 Clawson 等人(1959)所提出的旅遊成本法(Travel Cost Method, 簡稱 TC)等。以下則依據不同經濟價值之分類及衡量方法整理如下圖 2.16 所示。

評估效益及願付價值的研究著重於不同效用函數及不同估計方法之間的差異，藉由比較不同評價方法的效益評估，發現願付價值得估濟會受到效用函數的設定型態、統計估計方式及效益計算是平均值或中位數等影響而產生差異。又在過去許多願付價格的調查上，會發生受訪者不願意支付或是願付價格為 0 的現象，當有很高的比例為受限於零之觀察值時，樣本將明顯地不符合常態分配；此時若沿用複迴歸模型或二元機率模型分析(如：Logit 模式或 Probit Bivariate 模式)可能造成模式校估的偏誤。又 Yu and Abler (2010)研究考量開放性出價上可能發生評估方法上的問題，例如：願付價格回答為零元的問題。

因此提出四門檻式模型(four hurdle)，包含(1)抗議性出價、(2)教育程度低與失業的人較有可能出現願付價格(WTP)為零、(3)曾有過與環境相關工作經驗的人，雖然知道自己有正的 WTP 但受限於本身知識無法對 WTP 做公式化計算的民眾、(4)年紀較大的人對於付費去改善空氣品質的意願較低。因此，許多研究進而採用 Kriström 在 1997 年提出之 Spike 模式用於願付價格之校估。其模式是以隨機效用理論為基礎，允許願付價格為 0 的資料進入統計校估，可避免 WTP 為負值之不合理現象。然而，Spadaro and Rabl (1998)指出，環境商品價格可藉由量測人們的 WTP 來制定，並且以消費者獲得環境效益而願意支付之最高價格 WTP 方式可有較少偏誤，但也必須在考量收入之餘再來提升生活環境品質，然而需注意 WTP 的環境成本估算是以一個虛擬的市場作為價值的調查背景，接受調查的受訪者無從比較亦無所謂市場行情，可能出現漫天喊價的不合理情況。



(a) 經濟價值分類



(b) 評估方法

圖2.16 非市場財貨經濟價值分類及評估方法示意

第三章 整體分析架構

本研究分析交通事故產生之能源消耗及碳排放量，透過道路交通事故衝擊分析結合耗能及碳排放量推估系統化架構，推估能源消耗及碳排放量，本章將分別介紹兩個系統化架構。

3.1 道路交通事故衝擊分析之系統化架構

由於道路交通事故發生的型態、地點、嚴重程度均不相同，對於當時交通運行所產生的衝擊亦不相同，本研究透過系統化的概念，將不同道路型態、時間及事故型態加以連結，反映不同時間與空間下，各種型態之事故對道路之衝擊。交通事故衝擊分析架構可分為道路特性分類、事故規模。在本研究文獻回顧中，參考過去國外道路交通事故對車流之衝擊，發現不同的事故類型對車流影響規模亦不同。因此，在探討事故影響規模前，需先將道路交通事故進行分類，依據事故嚴重度、肇事車種、事故地點及事故時間進行分類。其次針對事故分類結果，推估占用車道數及處理時間。基此，道路交通事故衝擊分析之系統化架構可分為三大部分如圖 3.1 及圖 3.2 所示，第一部分為道路特性分類，第二部分為事故資料輸入，第三部分則為交通衝擊分析，交通衝擊分析包含三個推估模式，分別為占用車道推估模式、事故處理延時推估模式及延滯推估模式。

因事故發生地點、時間及事故型態種類繁多，若直接推估各事故衝擊範圍及影響程度，蒐集推估模式所需之參數需要耗費龐大的成本與人力。因此，本研究將事故類型根據時間、空間及事故型態進行歸納，透過歸納結果，將道路特性及事故特性相似之事故歸為同一類，同一類之事故可採用相同車流變數、事故型態變數及道路幾何等推估變數，以減少變數蒐集資源。

事故分類方式，首先將道路特性根據空間及時間進行分類，時間劃分考量交通特性，區分晨峰(上午 7 點到上午 9 點)、昏峰(下午 5 點到下午 7 點)、夜間(晚上 7 點到凌晨 5 點)，上午 5 點至上午 7 點及上午 9 點至下午 5 點則為離峰。空間劃分考量高速公路及市區道路特性

不同，將此兩種道路特性分別考慮，將空間與時間結合，可將事故依據發生之時間與地點劃分成不同的類型，分類如表 3-1 所示。本研究歸納事故調查表之發生事故位置，將道路類型依據高速公路及市區道路歸納若干道路類型，如高速公路分為主線路段交織路段、非交織路段，匝道及隧道，其中，交織路段則採鄰近交流道前後 1 公里處區域。市區道路則分為路口、路段、高架道路及平交道，其中，路口又細分三岔路口、十字路口及五岔路口。在道路特性分類下，進一步考量事故特性根據事故型態進行分類，透過過去文獻及相關模式估計結果之顯著變數，事故型態可根據嚴重度(A1,A2 及 A3)、有無包含大型車輛、是否為追撞事故、是否為翻車事故及是否為起火事故進行分類，考量各種事故型態有可能同時發生，組合各種型態，共有 14 種組合如表 3-2 所示。在前述的分類架構下，可以將事故分類至不同的時間、空間及事故型態。

表 3-1 道路特性分類表

時段(t)	道路分類	道路區段		車道數	道路類型(j)	
1. 晨峰 2. 昏峰 3. 夜間 4. 離峰	高速公路	主線路段	非交織區段	2	1	
				3	2	
				4	3	
				5	4	
			交織區段	2	5	
				3	6	
				4	7	
				5	8	
		匝道				9
		隧道				10
1. 尖峰 3. 夜間 4. 離峰	一般道路	路口	三岔路	11		
			四岔路	12		
			多岔路	13		
		路段		14		

表 3-2 事故型態分類

事故嚴重度	有無大車事故	是否為追撞事故	是否為翻車事故	是否為起火事故
A1 A2 A3	非大車事故	非追撞事故	非翻車事故	非起火事故
				起火事故
		翻車事故		非起火事故
				起火事故
		追撞事故	非翻車事故	非起火事故
				起火事故
	大車事故	非追撞事故	非翻車事故	非起火事故
				起火事故
		翻車事故		非起火事故
				起火事故
		追撞事故	非翻車事故	非起火事故
				起火事故
		翻車事故	非起火事故	

透過第一部分將事故進行分類，第二部分則蒐集推估事故衝擊所需之資料，由於我國事故資料主要來源為現場警員之事故調查表，因此，採用事故調查表之資料作為事故衝擊評估輸入資料。此外，延滯推估模式需要車流量資料，此部分依據道路特性分類，蒐集高速公路及市區道路車輛偵測器資料。

第三部分為交通事故衝擊分析模式，此部分包含三個主要模式，第一為占用車道推估模式，第二為事故處理延時推估模式，第三部分為延滯推估模式。占用車道模式考量之變數為事故型態變數及事故特性變數，事故處理延時模式考慮變數為事故型態變數、事故特性變數及占用車道數，其中，占用車道數係透過占用車道推估模式推估而來。最後為事故延滯推估模式，事故延滯推估模式係將占用車道數模式、事故處理延時模式推估之占用車道數及事故處理延時作為輸入變數，另外，考量車流量資料，推估每一類型事故之平均延滯時間。透過每一類型事故發生頻率與該類型平均延滯時間相乘即求得該類事故之總延滯時間，將所有類型之總延滯時間加總即為高速公路或一般道路當年道路交通事故總延滯時間，其關係式如下式(3-1)所示，詳細推估

流程將於第五章說明。

$$\text{總延滯時間} = \sum f(v_j^t, S_i, LB_i) \quad (3-1)$$

其中， v_j^t 為 t 時段， j 道路類型之車流量， $t=1,2,3,4$ ； $j=1-17$

S_i 為 i 類型事故處理延時

LB_i 為 i 類型事故占用車道數

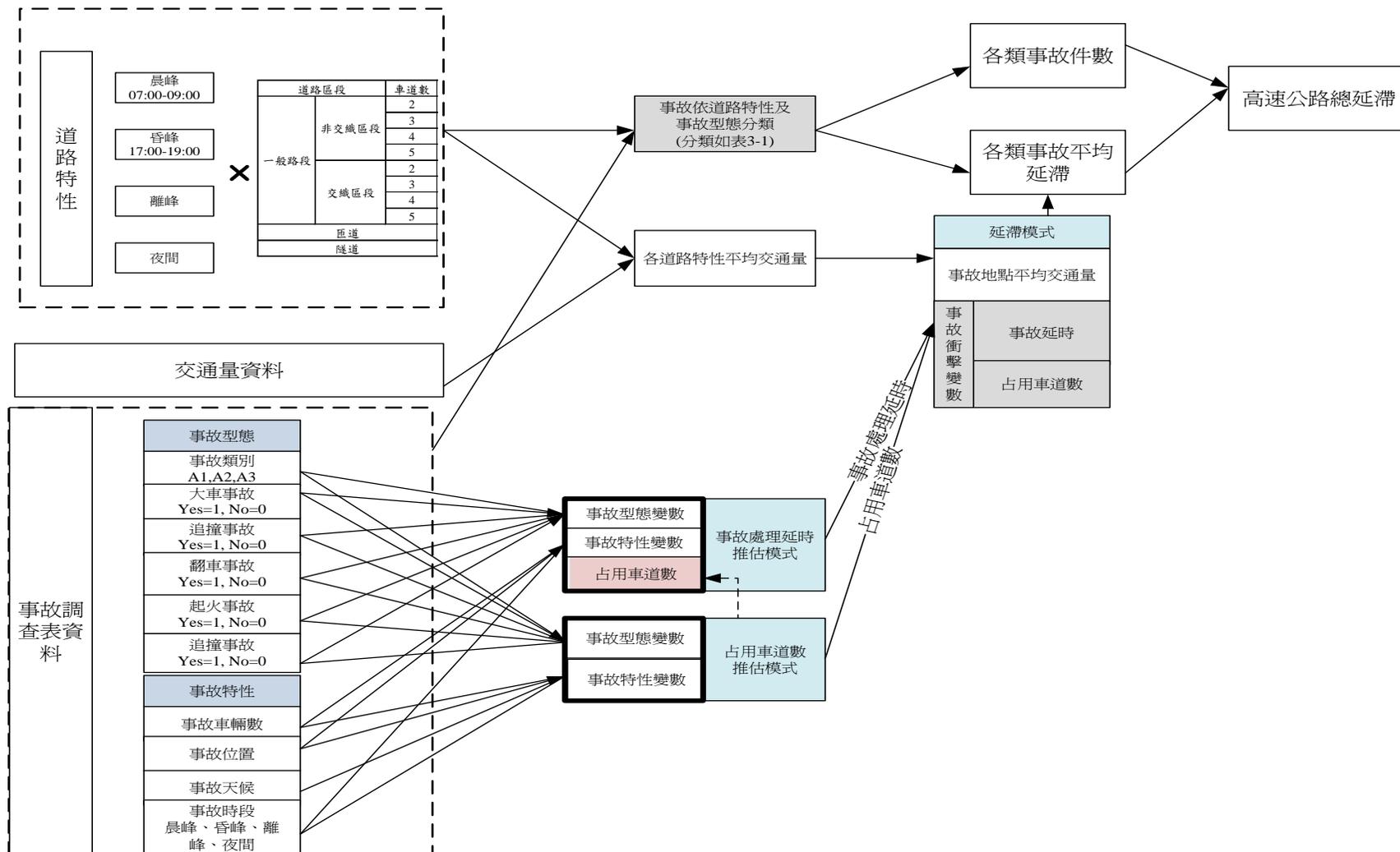


圖3.1 高速公路交通事故衝擊分析架構圖

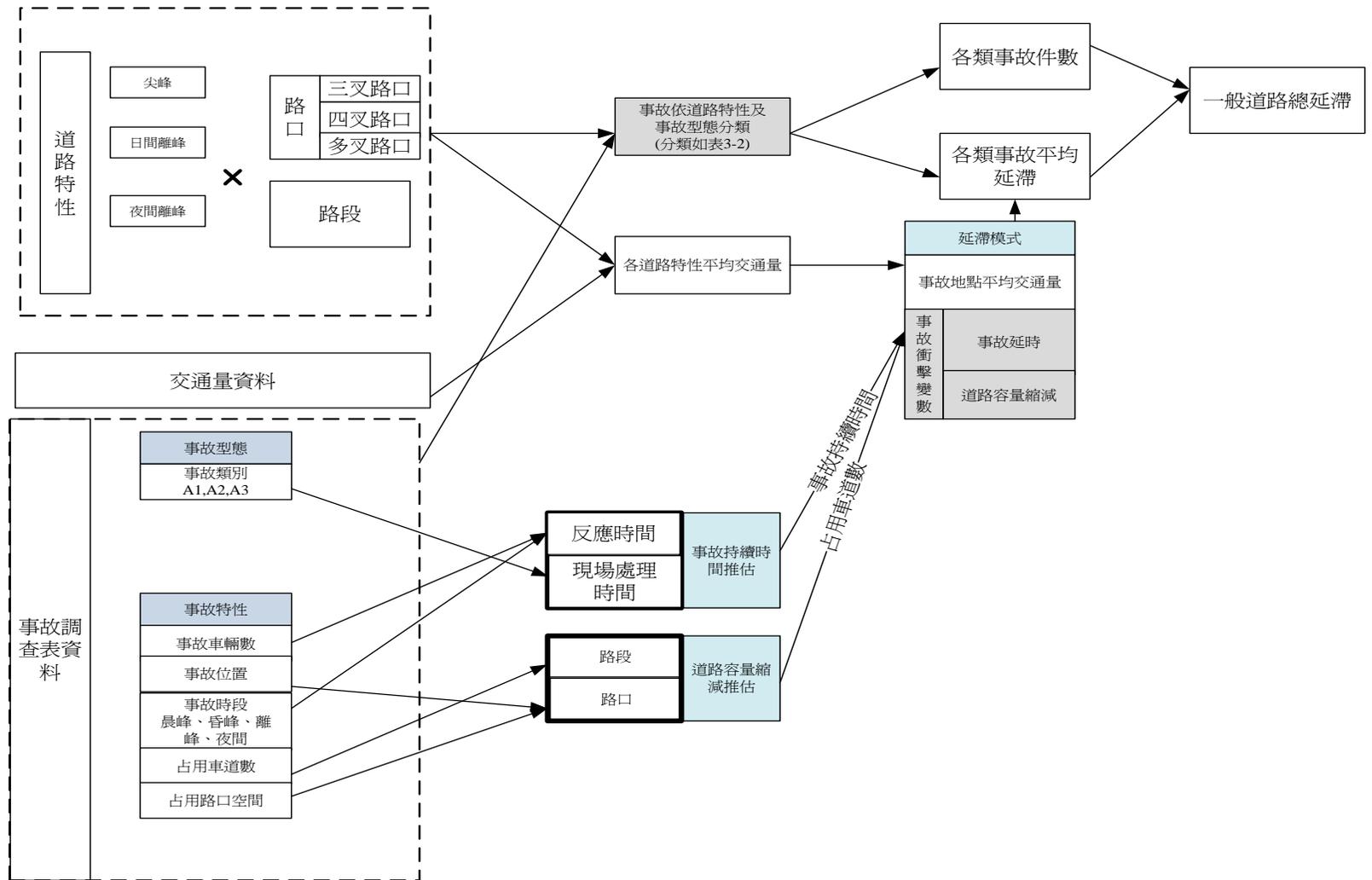


圖3.2 地區道路交通事故衝擊分析架構圖

3.2 道路交通事故耗能及碳排量推估之系統化架構

道路交通事故耗能及碳排量推估之系統化架構進一步根據交通衝擊分析結果推估能源消耗及排碳量，其分析架構如圖 3.3 所示。透過道路交通事故衝擊系統化架構求得高速公路與地區道路之事故總延滯時間，將兩者結合可求得我國全年事故總延滯時間，將其代入能源消耗模式及汙染排放模式中，分別推估能源消耗及汙染排放量。囿於本研究著重於排碳量之研究。因此，本研究將著重於碳排放汙染進行探討。

透過上述量化的推估，本研究進一步將能耗、排放量及延滯時間，分別以能源價格、汙染願付價格及旅行時間價值加以貨幣化，以加總成為道路交通事故之外部成本，俾與交通部運輸研究所(2012)「道路交通事故成本推估之研究」所推估之內部成本予以加總，以達成道路交通事故總社會成本之完整推估。

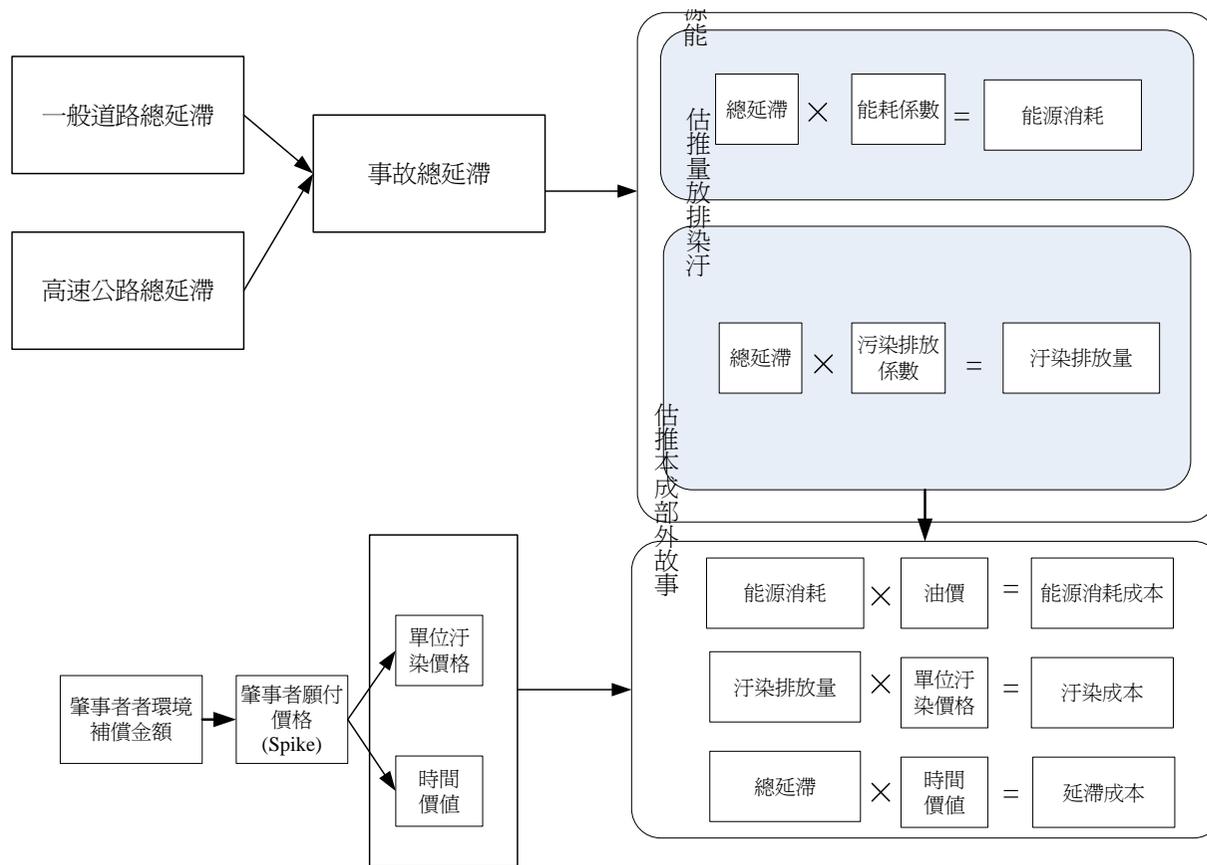


圖3.3 道路交通事故耗能及碳排量推估之系統化架構

本研究透過道路交通事故衝擊分析架構及能耗與排碳量分析架構，推估交通事故能源消耗與排碳量。為能建構一個完整個推估程序，本研究報告第四章將先分析我國交通事故特性，藉由交通事故特性之分析，了解事故型態、事故嚴重度及事故位置之分布情形，此部分將針對高速公路事故資料及地區道路資料進行分析。第五章建構事故延滯分析事故衝擊系統化架構，此章節將分別建構事故占用車道模式、事故持續時間推估模式及事故延滯推估模式，透過三個模式的估計結果，配合我國事故調查資料，推估我國交通事故之總延滯。第六章將根據第五章總延滯之推估結果，建構我國污染排放及能源消耗推估模式。第七章則結合上述兩個系統架構，以我國道路交通事故資料進行延滯、能源消耗及污染量進行估算及分析。本研究除推估污染排放量及能源消耗，亦將其轉換為貨幣化，以推估事故外部成本，基此，第八章則推估污染價格及時間價值，作為貨幣化之參考係數。此外，事故總成本推估，此章將結合交通部運輸研究所(2012)「道路交通事故成本推估之研究」所推估之內部成本，推估事故總成本，並根據本研究建構之兩個系統化架構，設計總成本推估系統，以便未來相關單位之應用。最後則為本研究之結論與建議。

第四章 交通事故特性分析

本研究主要探討交通事故產生之能源消耗及空氣汙染，然交通事故發生在不同的地點(如市區道路及高速公路)其特性亦有差異，反映在能源消耗及空氣汙染亦有不同，因此，本研究將交通事故地點劃分為市區道路及高速公路兩類，並針對這兩種道路類型探討其交通事故之特性。

4.1 高速公路

高速公路交通事故特性分析，本研究係以 2010 年高速公路事故調查報告為分析依據，蒐集 2010 年高速公路所有之事故調查報告進一步分析在不同的時間、空間下，各種事故類型之分布狀況。以作為後續事故延滯推估之參考。此部分進一步分析交通衝擊，透過高速公路事故處理延時與占用車道之分析，探討事故延時與占用車道數之分布情形。

4.1.1 高速公路事故資料分析

2010 年國道事故共 13,652 件，A1 類死亡車禍有 57 件，A2 類受傷車禍有 813 件，A3 類財損事故有 9,895 件。由此可知，A3 類事故占有所有事故比例最高。分析事故嚴重度與事故型態之分布，由表 4-1 得知，追撞事故之比例較高，然在 A1 類事故中，則以對撞之事故件數較多，A2 類事故則以撞路邊設施及追撞事故較多，A3 類事故則多為追撞事故。

表 4-1 事故型態分布

事故型態	事故嚴重度		
	A1	A2	A3
擦撞	17%	11%	18%
翻車	0%	5%	1%
追撞	17%	36%	69%
側撞	0%	4%	1%
對撞	33%	2%	0%
撞路邊設施	17%	39%	7%

事故型態	事故嚴重度		
	A1	A2	A3
其他	17%	4%	5%

進一步分析各種嚴重度之事故在不同道路區段之件數，本研究將國道分為國道 1 號、國道 3 號及橫向國道，其中，橫向國道包含國道 5 號、國道 2 號、國道 4 號、國道 6 號、國道 8 號及國道 10 號。在這國道中，將道路區段分為交織區段及一般路段，各種路段中再細分不同的車道數，事故分布結果如表 4-2 及表 4-3 所示。由於各種區段之長度不同，因此以每公里事故頻率為單位，比較各區段之事故件數。此外，由於匝道難以計算公里數，因此，以每匝道事故頻率作為分析單位。比較各區段每公里事故頻率，以五車道事故頻率較高，其次為 4 車道。此外，交織區段每公里事故頻率較一般路段高，顯示在交織路段車輛有變換車道之行為較容易導致事故之發生。另外觀察匝道事故發生頻率，以 A3 事件較多。

表 4-2 2010 年國道主線事故分布

道路等級	區段		每公里事故頻率			備註
			A1	A2	A3	
國道 1 號	一般路段	2 車道	0.00	2.33	28.33	3 公里
		3 車道	0.08	0.88	6.63	146 公里
		4 車道	0.24	2.06	33.24	17 公里
		5 車道	0.00	1.00	72.33	3 公里
	交織路段	2 車道	0.07	1.60	17.93	15 公里
		3 車道	0.04	1.18	18.90	143 公里
		4 車道	0.23	1.74	41.80	35 公里
		5 車道	0.00	2.45	62.36	11 公里
國道 3 號	一般路段	2 車道	0.00	0.17	0.33	36 公里
		3 車道	0.03	0.32	1.77	336 公里
		4 車道	0.00	0.50	9.50	18 公里
	交織路段	2 車道	0.02	0.14	0.82	50 公里
		3 車道	0.03	0.33	3.41	378 公里

	4 車道	0.06	0.46	9.06	48 公里
橫向國道 (包含國 道 5 號)	一般路段	0.00	0.18	0.88	226 公里
	交織路段	0.01	0.33	1.58	126 公里

表 4-3 2010 年國道匝道事故分布

道路等級	區段	每匝道事故頻率			備註
		A1	A2	A3	
國道 1 號	匝道	0.03	0.84	21.32	69 個
國道 3 號	匝道	0.06	0.55	8.05	65 個
橫向國道 (包含國道 5 號)	匝道	0.03	0.45	6.95	40 個

4.1.2 高速公路事故延時分析

由於國內事故調查表未記錄事故處理延時，為分析事故處理延時，本研究蒐集 2010 年高速公路局事故簡訊資料紀錄之高速公路事故處理時間，共 4,074 筆資料¹，其持續時間基本特性如表 4-4 所示。由表中可以發現 2010 國道交通事故約有半數在半小時即從車道移除，其 75 百分位數也在 52 分鐘左右。然事故持續時間之平均數為 53.94 分鐘，遠高於中位數的 33.48 分鐘，而其偏度為 3.73、峰度²為 19.40，顯示其為一右（正）偏且峰度明顯之分配。換言之，大部分的觀察值都集中在中位數左右，但有少部分觀察值特別偏高；由表 4-4 可以發現，至少有 5% 的事故持續時間在 3 個小時以上、1% 的事故持續時間將近 7 個小時或以上。

¹ 原始資料為 4,093 筆，其中 19 筆資料之持續時間超過 600 分鐘、遠高於其他資料。由於此 19 筆交通事故之事故資料並未顯現特別容易造成長持續時間的特性，為避免此 19 筆資料對持續時間分析結果的影響，本研究在進行分析時剔除此 19 筆資料。

² 此處使用之峰度公式為：
$$\text{kurtosis} = \frac{\sum(x-\bar{x})^4}{\sum(x-\bar{x})^2}$$
，當此值為 3 時為一常態分配之峰度。

表 4-4 2010 年國道交通事故持續時間 (分) 基本特性

百分位數		最小	樣本數	4,074
1%	5.73	1.15	平均數	53.94
5%	10.72	1.35	標準差	68.96
10%	14.45	3.05	變異數	4755.75
25%	21.7	3.07	偏度	3.73
50%		33.48	峰度	19.40
百分位數		最大		
75%	52.38	534.87		
90%	108.83	556.17		
95%	184.50	568.40		
99%	410.20	570.53		

註：最小與最大值兩排數字分別為事故持續時間最小與最大的四個值

各國道高速公路交通事故及其持續時間統計如表 4-5 所示。國道高速公路超過九成的交通事故集中在國道 1 號及 3 號。其中，國道 1 號的交通事故數又是國道 3 號的 2.3 倍。然若以每千萬行車公里數來看，以國道 2 號的事故發生率最高，其次為國道 10 號。就交通事故持續時間而言，各國道之事故持續時間中位數約在 26~45 分鐘之間，而平均數則介於 27~80 分鐘之間；除了國道 3 甲、4 及 5 號外，其餘各國道之事故持續時間皆有明顯右偏。另外，國道 1、3、8 及 10 號之事故持續時間標準差分別為 69.99、67.93、80.01 及 83.77，顯示持續時間之分布頗為離散。

表 4-5 國道高速公路 2010 交通事故與持續時間

國道	事故頻率	每千萬車公里事故頻率	交通事故持續時間 (分)		
			中位數	平均數	標準差
1	2,584	1.73	33.55	54.26	69.99
2	143	2.41	35.65	50.04	59.77
3	1,128	1.22	31.83	52.27	67.93
3 甲	7	0.66	26.73	27.45	14.27
4	27	1.13	32.22	39.40	31.00

國道	事故頻率	每千萬車公里事故頻率	交通事故持續時間 (分)		
			中位數	平均數	標準差
5	20	0.24	44.21	43.20	20.78
6	43	1.27	33.43	41.94	34.30
8	21	1.34	41.03	70.23	80.01
10	101	1.86	43.10	79.70	83.77
總計	4,074	1.51	33.48	53.94	68.96

為了解交通事故的基本特性，本研究計算交通事故持續時間之 Kaplan-Meier 存活函數，即交通事故仍停留在車道上未被移除的機率函數，其公式為：

$$\hat{S}(t) = \prod_{t_{(i)} \leq t} \frac{n_i - d_i}{n_i} \quad (4-1)$$

其中， n_i 是在時間 $t_{(i)}$ 尚未排除的交通事故數， d_i 為在時間 $t_{(i)}$ 觀察到被移除之交通事故數。

分析結果顯示，交通事故的持續時間的存活機率在前兩小時即迅速下降，在第 30 分鐘時下降至 0.5722，第 45 分鐘時下降至 0.3179，到第 60 分鐘下降至 0.1975，到第 120 分鐘下降至 0.0835，此快速下降的趨勢可由圖 4-1(a) 印證。

在其他重要變數方面，由圖 4-1(b)~(f) 可以看出，無大型車、一車道、非翻車、非夜間以及追撞的交通事故持續時間，其存活機率下降的速度相對於有大型車、多車道、翻車、夜間及非追撞的交通事故持續時間之存活機率下降的速度較快，其差異尤其在持續時間初期(例如前兩小時)特別明顯。

本研究利用 Log-rank、Wilcoxon、Tarone-Ware 以及 Peto-Prentice 檢定兩兩存活函數實際差異程度。由表 4-6 可以發現，不論是大型車、車道數、翻車、夜間以及追撞等變數，其相對應類別間之存活函數皆有顯著的差異。

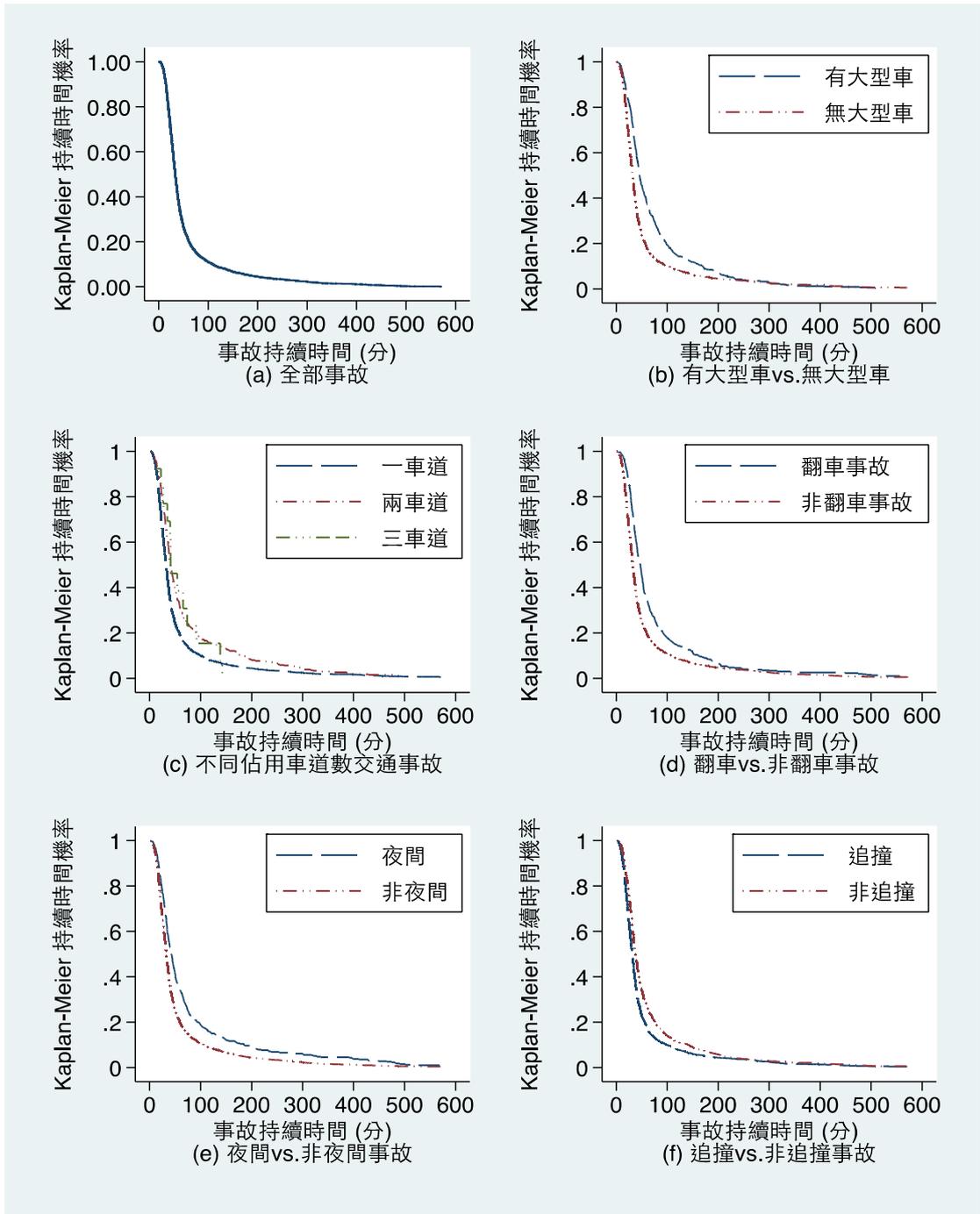


圖4.1 Kaplan-Meier事故持續時間存活機率估計

表 4-6 存活函數之比較檢定

比較變數	統計檢定			
	Log-rank	Wilcoxon	Tarone-Ware	Peto-Prentice
有無大型車	72.61***	114.22***	109.91***	114.21***
不同車道數	46.98***	59.54***	61.06***	59.52***
是否翻車	49.08***	83.46***	74.00***	83.46***
是否在夜間	39.36***	41.61***	44.68***	41.60***
是否追撞	54.59***	88.63***	80.95***	88.61***

註：*** p < 0.001

4.1.3 高速公路占用車道分析

本研究以國道高速公路局 2010 交通事故簡訊通報資料之占用車道數資料進行分析，其基本統計如表 4-7 所示。在 4,074 筆事故當中，將近 80% 的事故其占用車道數為一個車道，另有 12.57% 的事故並未占用車道（例如衝出路外或衝撞路肩的交通事故），占用兩或三車道的事故數相對較少，分別為 338 (8.3%) 以及 13 (0.31%) 筆。

表 4-7 國道高速公路 2010 事故占用車道數統計

占用車道數	事故頻率	百分比	累積百分比
0	512	12.57	12.57
1	3,211	78.82	91.38
2	338	8.30	99.68
3	13	0.31	100.00
總計	4,074	100	

4.2 地區道路

地區道路事故資料囿於國內部分縣市依據法令規範僅記錄 A1 及 A2 事件，對於 A3 事件及息事案件並未建檔。然為能推估地區道路事故之分布，本研究蒐集臺北市之事故資料，並函請臺北市交通大隊協助調查各事故之處理時間及占用車道數及提供事故現場圖，供本研究建檔及後續推估模式使用。另外，因為地區道路並非每條道路都有

架設道路偵測器，無法獲得每個事故發生地點的車流資料，本研究根據臺北市交工處提供的道路流量調查資料進行推估地區道路流量，供後續研究推估模式之用。

基此，本節針對臺北市事故資料及道路流量資料進行分析，接著說明臺北市政府警察局交通大隊調查蒐集與現場圖建檔結果，最後分析地區道路的事故持續時間與占用車道狀況。

4.2.1 地區道路事故資料分析

表 4-8 和表 4-9 分別為臺北市和新北市 2012 年的地區道路事故件數分布。由表 4-8 與表 4-9 中得知，地區道路事故以 A2 類事故較多，其次為 A3 事故。其中，又以發生在直線路段及十字路口比例較高，顯示這兩個區域為事故發生頻率較高之路段。

表 4-8 地區道路事故年度件數分布 (臺北市部分)

道路等級	道路區段		百分比				
			A1	A2	A3	總計	
一般道路	平交道	有遮斷器	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
		無遮斷器	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
	路口	三岔路	0.04%	13.23%	0.06%	13.33%	
		四岔路	0.07%	23.43%	0.12%	23.62%	
		多岔路	0.01%	1.96%	0.01%	1.97%	
	路段	彎曲路及附近	0.01%	0.98%	0.01%	0.99%	
		坡路	0.00%	0.19%	0.00%	0.19%	
		巷弄	0.01%	0.53%	0.01%	0.54%	
		直路	0.08%	15.68%	0.10%	15.86%	
		其他	0.00%	0.80%	0.00%	0.80%	
		隧道/涵洞/地下道		0.00%	0.24%	0.00%	0.24%
		橋樑		0.01%	0.74%	0.00%	0.74%
		高架道路		0.01%	0.17%	0.01%	0.18%
		圓環/廣場		0.00%	0.17%	0.01%	0.18%
		未填		0.00%	0.18%	41.17%	41.35%
	總計		0.22%	58.28%	41.50%	100.00%	

表 4-9 地區道路事故年度件數分布 (新北市部分)

道路等級	道路區段		百分比				
			A1	A2	A3	總計	
一般道路	平交道	有遮斷器	0.00%	0.12%	0.60%	0.72%	
		無遮斷器	0.00%	0.00%	0.12%	0.12%	
	路口	三岔路	0.07%	16.95%	4.36%	21.38%	
		四岔路	0.06%	20.44%	4.42%	24.92%	
		多岔路	0.01%	3.39%	0.94%	4.34%	
	路段	彎曲路及附近	0.04%	2.10%	0.78%	2.92%	
		坡路	0.00%	0.40%	0.25%	0.65%	
		巷弄	0.00%	0.84%	1.27%	2.11%	
		直路	0.14%	24.85%	12.89%	37.88%	
		其他	0.00%	0.93%	1.26%	2.19%	
	隧道/涵洞/地下道		0.00%	0.03%	0.02%	0.05%	
	橋樑		0.01%	1.33%	0.53%	1.87%	
	高架道路		0.00%	0.16%	0.29%	0.45%	
	圓環/廣場		0.00%	0.06%	0.09%	0.15%	
	總計			0.34%	71.72%	27.94%	100.00%

進一步以 4 北市 2012 年事故資料分析不同時段、道路型態、事故位置、事故類型及型態及牽涉車輛數對於各種嚴重度事故之件數。台北市 2012 年的事故件數共 34,423 件。其中，A1 類死亡車禍有 76 件，A2 類受傷車禍有 20,062 件，A3 類財損事故有 14,285 件。

以每日時段晨峰(AM 7:00 ~ AM 9:00)、日間離峰(AM 9:00 ~ PM 5:00)、昏峰(PM 5:00 ~ PM 7:00)與夜間離峰(PM 7:00 ~ AM 7:00)進行時段切割，並與事故嚴重度進行交叉分析結果如表 4-10。由於每個時段所含時間長度不同，會影響事故件數的多寡。因此，表 4-10 每格另提供平均每小時的事故件數，以方便進行時段與嚴重度間的比較分析。由表 4-10 知，所有事故類型均以昏峰時段為最高，共計 2,527 件。另以平均每小時事故件數進行分析可發現 A2 事故類型於晨峰及昏峰的事故件數為最多，其次為 A3 事故類型之昏峰時段。

表 4-10 事故發生時段與嚴重度分析表 (單位：件)

時段	A1	A2	A3	總計
晨峰 (AM 7:00 ~ AM 9:00)	7 4(/小時)	2,650 1,325(/小時)	1,582 791(/小時)	4,239 2,120(/小時)
日間離峰 (AM 9:00 ~ PM 5:00)	17 2(/小時)	8,605 1,076(/小時)	6,566 821(/小時)	15,188 1,899(/小時)
昏峰 (PM 5:00 ~ PM 7:00)	12 6(/小時)	2,726 1,363(/小時)	2,315 1,158(/小時)	5,053 2,527(/小時)
夜間離峰 (PM 7:00 ~ AM 7:00)	40 3(/小時)	6,081 507(/小時)	3,822 319(/小時)	9,943 829(/小時)
總計	76 (0.22%)	20,062 (58.28%)	14,285 (41.50%)	34,423 (100.00%)

表 4-11 為事故之牽涉車輛數與事故嚴重度之交叉分析，其中牽涉車輛數分為 1 車輛、2 車輛、3 車輛及四輛以上(含四輛)。由表得知，發生事故牽涉之車輛數以 2 輛為最多，佔事故總數之 82.83%，其次為 1 輛，佔 10.17%。

表 4-11 事故牽涉車輛數與嚴重度之交叉分析 (單位：件)

牽涉車輛數	A1	A2	A3	總計
1 輛	45 (0.11%)	3,067 (8.94%)	399 (1.12%)	3,511 (10.17%)
2 輛	25 (0.09%)	15,402 (45.59%)	13,023 (37.14%)	28,450 (82.83%)
3 輛	5 (0.03%)	1,340 (3.91%)	682 (1.83%)	2,027 (5.76%)
4 輛(含)以上	1 (0.01%)	252 (0.75%)	178 (0.48%)	431 (1.23%)
總計	76 (0.23%)	20,061 (59.19%)	14,282 (40.58%)	34,419 (100.00%)

將道路型態與事故嚴重度進行交叉分析結果如下表 4-12，由表 4-12 知，以四岔路路口之案件數比例最高，佔 40.27%；其次為直路之案件數。路口事故以 A2 類案件最多，顯示路口為造成人員受傷或超過 24 小時死亡交通事故 A2 類案件之主要區域；路口可分為三岔路、四岔路及多岔路，而在所有道路型態中，以四岔路口之案件數比例最高直路事故亦以 A2 類案件，容易造成人員傷害之路段。

表 4-12 事故道路型態與嚴重度之交叉分析 (單位：件)

道路型態		A1	A2	A3	總計
路 口	三岔路	15 (0.07%)	4,554 (22.65%)	21 (0.10%)	4,590 (22.73%)
	四岔路	24 (0.12%)	8,064 (39.94%)	43 (0.21%)	8,131 (40.27%)
	多岔路	2 (0.01%)	674 (3.34%)	2 (0.01%)	678 (3.36%)
直路		26 (0.13%)	5,397 (26.73%)	35 (0.17%)	5,458 (27.03%)
高架路		4 (0.02%)	311 (1.54%)	3 (0.01%)	318 (1.58%)
其他		5 (0.02%)	1,000 (4.95%)	10 (0.05%)	1,015 (5.03%)
總計		76 (0.38%)	20,000 (99.06%)	114 (0.56%)	20,190 (100.00%)

註：因為多數 A3 事故未填寫此欄資料，因此總件數較少。

表 4-13 為事故位置與事故嚴重度交叉分析表，本研究主要將地區道路之發生事故位置分為三大類，分別為交岔路口、路段及其他。事故分布結果如表 4-13 所示。比較不同事故位置所發生事故嚴重度，均以交叉路口與路段之事故位置為主，此兩種情況合計佔事故總數 96.67%。交叉路口案件數最多，約 63.84%；其次為路段，佔整體事故 32.83%。顯示在交岔入口有車輛衝突之行為較容易造成事故，並以 A2 類案件數最多。

表 4-13 事故位置與嚴重度之交叉分析 (單位：件)

事故位置		A1	A2	A3	總計
交 岔 路 口	交岔路口內	27 (35.53%)	9,190 (45.95%)	36 (31.58%)	9,253 (45.83%)
	交岔路口附近	11 (14.47%)	3,509 (17.55%)	24 (21.05%)	3,544 (17.55%)
	機車待轉區	0 (0.00%)	22 (0.11%)	1 (0.88%)	23 (0.11%)
	機車停等區	0 (0.00%)	70 (0.35%)	0 (0.00%)	70 (0.35%)
	小計	38 (50.00%)	12,791 (63.96%)	61 (53.21%)	12,890 (63.84%)
路 段	一般車道	24 (31.58%)	5,044 (25.22%)	40 (35.09%)	5,108 (25.30%)
	慢車道	2 (2.63%)	580 (2.90%)	1 (0.88%)	583 (2.89%)
	快車道	5 (6.58%)	452 (2.26%)	3 (2.63%)	460 (2.28%)
	機車專用道	4 (5.26%)	370 (1.85%)	0 (0.00%)	374 (1.85%)
	其他	2 (2.63%)	98 (0.49%)	3 (2.63%)	103 (0.51%)
	小計	37 (48.68%)	6,544 (32.72%)	47 (41.23%)	6,628 (32.83)
其他	1 (1.32%)	665 (3.33%)	6 (5.26%)	672 (3.33%)	
總計	76 (100.00%)	20,000 (100.00%)	114 (100.00%)	20,190 (100.00%)	

註：因為多數 A3 事故未填寫此欄資料，因此總件數較少。

將事故類型及型態與事故嚴重度進行交叉分析，如表 4-14 所示。由表 4-14 得知，事故類型及型態主要以車與車撞之 A2 類事件為主，及多為造成人員受傷或超過 24 小時死亡交通事故，其比例為最高，佔整體交通事故 83.84%；而車與車撞之事故中，其中又以側撞之事故類型為最多，佔整體交通事故 20.27%，其次以同向擦撞之交通事

故；而側撞與同向擦撞之事故主要以 A2 類事件，顯示該類型事故容易造成人員受傷。而人與車撞佔總事故 12.12%，並以 A2 類事故為主要事故。撞及旁物之類型中，則以路上翻車及摔倒為最多，佔整體之 2.14%。

表 4-14 事故類型及型態與嚴重度之交叉分析 (單位：件)

事故類型及型態		A1	A2	A3	總計
人與車撞		28 (0.14%)	2,417 (11.97%)	2 (0.01%)	2,447 (12.12%)
車 與 車 撞	側撞	5 (0.02%)	4,070 (20.16%)	17 (0.08%)	4,092 (20.27%)
	同向擦撞	7 (0.03%)	3,539 (17.53%)	25 (0.12%)	3,571 (17.69%)
	路口交岔撞	4 (0.02%)	1,643 (8.14%)	8 (0.04%)	1,655 (8.20%)
	追撞	2 (0.01%)	1,613 (7.99%)	16 (0.08%)	1,631 (8.08%)
	對撞及對向擦撞	4 (0.02%)	807 (4.00%)	7 (0.03%)	818 (4.05%)
	其他(與倒車撞)	7 (0.03%)	5,061 (25.34%)	31 (0.18%)	5,099 (25.56%)
	小計	29 (0.14%)	16,789 (83.16%)	109 (0.54%)	16,927 (83.84%)
撞及旁物		19 (0.09%)	794 (3.93%)	3 (0.01%)	816 (4.04%)
總計		76 (0.38%)	20,000 (99.06%)	114 (0.56%)	20,190 (100.00%)

註：因為多數 A3 事故未填寫此欄資料，因此總件數較少。

4.2.2 地區道路事故資料調查與流量資料蒐集

本研究探討不同事故類型對道路交通運行所造成之影響，其主要影響因素歸納有三：占用車道數、事故處理時間，以及交通狀況。其中，事故發生所占用車道數影響道路容量，道路剩餘容量愈少，則相同車流狀況下，造成等候車隊越長，延滯、能源消耗與碳排放量則愈

高；事故處理時間長短則決定事故造成之車隊等候長度及影響範圍，處理時間愈久則自然影響範圍愈大；事故上游之交通狀況則反應受影響車流量之大小，車流愈是尖峰，影響愈大。

而由文獻回顧中，參考過去國外道路交通事故對車流之衝擊，發現接獲通報時間、到達現場時間、事故移除時間、車流恢復時間、道路交通事故發生的型態、嚴重程度、占用車道位置、路段/路口事故、事故現場情況、現場車流狀況及事故處理耗用資源，不同的事故類型對車流影響規模亦不同，然事故發生類型種類繁多，不同的道路特性其發生之事故型態亦有差異，而對於當時交通運行所產生的衝擊亦不相同。

本研究事故資料來源主要來自於現行各地方警察機關所使用之道路交通事故調查報告表，並由事故現場值勤人員詳細記錄。道路交通事故調查報告表內容包含表 1 記錄事故發生之時間、現場情形（天後、道路型態、道路類別、事故類型及型態等）；表 2 紀錄當事人等基本資訊，與事故現場圖三大部分。其中，道路交通事故係指駕駛汽車或動力機械在道路上行駛，以致人員傷亡，或車輛財物損壞之事故。調查表表 1 所記錄之事故類別如下列 3 類：

- (一)A1 類：造成人員當場或 24 小時內死亡之交通事故。
- (二)A2 類：造成人員受傷或超過 24 小時死亡之交通事故。
- (三)A3 類：僅有車輛財物受損之交通事故，但無人員傷亡案。

然而，A3 類事故案件又可分為 A3 成案與息事案件兩種，息事案件為事故雙方當事人損傷不大，願意於事故現場達成和解共識的案件。而由於息事案件比例為最高，因未成案故不列入事故資料庫內，但其對交通衝擊之影響不可忽視，故本研究另外製作事故問卷，請警察同仁另外填寫。

由於地區道路事故處理時間於國內各事故處理單位未有詳細的記載，如附表(交通事故調查報告表 1、表 2 及事故現場圖)，且雖有

警察單位通報處理時間，但此時間與實際占用車道排除時間仍有差距。因此，根據文獻回顧相關事故之變數，本研究另外製作交通事故調查表 A，新增警員接獲通報時間、警員到達現場時間、事故恢復通行時間與員警處理完畢時間欄位，以完成事故處理時間之推估，然而，若為息事案件，則會再填寫交通事故調查表 B，主要是紀錄事故類型及型態、天候、光線、事故位置、路面狀況、道路障礙及飲酒情形，以探討息事案件對交通衝擊之影響。此外，由文獻中知，事故延時所記錄之開始時間以事故發生時間為主，但此時間點很難準確推估。因此在大多數情況下，是利用該事故第一次被偵測到的時間做為該事故的延時開始時間，因此又稱為「修正的事故延時」。本報告之事故延時以員警事故處理時間為基準，為事故恢復通行時間與警員接獲通報時間之時間差。

以下先針對所取得之事故問卷資料進行敘述統計分析，以了解取得資料輪廓與事故特性，以做為後續事故嚴重度及規模研究使用。

1. 警察問卷回收結果暨統計分析

目前本研究將所製之交通事故調查表委由中正二分隊、內湖分隊、松山分局、信義分隊及南港分隊協助填寫，調查期間為 2013 年 5 月～6 月份，回收情況如下表 4-15：

表 4-15 調查表回收情形 (單位：件)

分局\事故類型	A2	A3	息事案件	總計
中正二分隊	3	3	-	6
內湖分隊	3	7	19	29
松山分局	17	8	15	40
信義分隊	58	19	73	150
南港分隊	-	4	4	8
總計	81 (35.8%)	41 (17.6%)	111 (47.6%)	233

由表 4-15 可知，回收問卷共 233 份，以信義分隊 150 份為最多；如預期，事故類型則以息事案件為最多，共 111 件，占回收問卷之 47.6%。其次為 A2 案件，共 81 件(35.8%)。

而不同事故嚴重度所造成事故延時與員警處理時間如表 4-16，由表知，事故延時之平均時間為 20.30~24.22 分鐘/案件。其中，又以 A2 類之標準差 75.99 分鐘為最高，顯示不同受傷程度，恢復正常通行所需時間確存有差異。另觀察員警處理時間，以 A3 類標準差為最大，可能是因為事故嚴重度較低，故員警處理事故之優先順序也較低所致。

表 4-16 事故嚴重度與時間長度敘述性統計表 (單位：分)

	事故延時		員警處理時間		案件數 (件)
	平均	標準差	平均值	標準差	
A2	24.22	75.99	114.77	37.92	81
A3	22.32	50.53	100.59	51.05	41
息事案件	20.30	62.03	57.72	28.72	111

表 4-17 為事故嚴重度與車流狀況交叉分析表，由現場事故處理勤務人員判斷現場車流狀況，依照擁擠、普通與不擁擠三種狀況進行勾選。比較不同車流狀況下所發生事故嚴重情形，均以普通與不擁擠之車流情況為主，兩種情況合計占事故總數的 87.55%；僅 10.30%發生在車流狀況為擁擠之情況。普通車流狀況下，A2 類與息事案件比例相當，不擁擠之車流狀況下，則是以息事案件為最多；車流狀況為其他，則表示警員無填寫。另外，在分析資料中發現，部分警員填答事故位置，同時填答路口及路段，因此發現路口與路段之區分係以路口停止線作為劃分，超越停止線即為路口範圍，然當事故橫跨此區域警員會同時填答路口及路段。此外，調查表中，同向勾選項目為同向車道受影響之件數，對向勾選項目為對向車道受此事故影響之件數。

表 4-17 事故嚴重度與車流狀況交叉分析表 (單位：件)

	擁擠	普通	不擁擠	其他	總計
A2	8 (3.43%)	37 (15.88%)	35 (15.02%)	1 (0.43%)	81 (34.76%)
A3	5 (2.15%)	18 (7.73%)	17 (7.30%)	1 (0.43%)	41 (17.60%)

	擁擠	普通	不擁擠	其他	總計
息事案件	11 (4.72%)	36 (15.45%)	61 (26.18%)	3 (1.29%)	111 (47.64%)
總計	24 (10.30%)	91 (39.06%)	113 (48.50%)	5 (2.15%)	233 (100.00%)

每次事故投入救援資源如表 4-18。由表知，每次事件後以派一輛警車現場處理次數為最多。另外，事故發生後所投入之救援資源數量，影響事故現場處理速度，進而影響事故恢復通行時間。表 4-19 為投入救援資源數量與事故嚴重度之交叉分析，由表知，依事故嚴重之救援資源統計，以警車為主，其次是救護車，第三為拖吊車，符合事故發生時，警力為基本到達現場之處理人員。A2 類事故，因有人員受傷時，則需派遣救護車至現場；而拖吊車則視現場車輛是否仍可移動時來決定是否出勤。

表 4-18 每次事故投入救援資源 (單位：輛)

救援資源\車輛數	1	2	3	4	無	總計
警車	178	37	12	3	3	233
警用機車	1	5	-	-	227	233
救護車	53	3	1	-	176	233
消防車	1	-	-	-	232	233
拖吊車	2	4	-	-	227	233
環保局車輛	1	-	-	-	232	233

表 4-19 事故嚴重度與救援資源交叉分析表 (單位：輛)

	警車	警用機車	救護車	消防車	拖吊車	環保局車輛
A2	108	9	52	0	6	1
A3	48	0	0	0	0	0
息事案件	144	2	10	1	4	0
總計	300	11	62	1	10	1

2. 地區道路事故現場圖建檔作業說明

接續前述的地區道路事故資料分析，在彙整臺北市警察局 2012 年道路事故資料後，現尚缺少占用車道數及路口占用區塊等道路衝擊推估模式的重要輸入變數。而且，請警員協助填寫的調查表回收件數過低，似不宜直接作為後續占用車道數的分析及模式推估之用。因此，本研究另向臺北市警察交通大隊調閱 2012 年事故現場圖圖檔來取得這些變數資料。並採用分類抽樣的方式，再針對抽樣案件的事務現場圖圖檔進行編碼建檔，以獲得後續模式所需的輸入變數資料。

地區道路現場圖抽樣建檔以臺北市 2012 年的 34,423 件事務資料為基礎，並依據五項對事故延時與延滯時間有影響的事務變數，包括：事故嚴重度、事故地點為路口或路段、事故發生的時段、有無大車牽涉、事故的牽涉車輛數五大變數，透過卡方檢定的方式，確認這幾類變數之間存有顯著的差異，因此必須分別處理。故將地區道路事故依表 4-20 分成 144 類，以分類抽樣方式對各類地區事故抽樣固定的筆數（以每分類的事務筆數最多為 35 筆，不滿 35 筆則全部抽樣），抽樣建檔的總件數為 2,432 件事務現場圖。

表 4-20 地區道路事故現場圖抽樣分類情形

事故嚴重度	路口/路段	時段	有無大車	牽涉車輛數
A1 事故 A2 事故 A3 事故	路口事故	尖峰 日間離峰 昏峰 夜間	無大車事故	一車以下
				二車
				三車以上
	路段事故	尖峰 日間離峰 昏峰 夜間	無大車事故	一車以下
				二車
				三車以上
路口事故	尖峰 日間離峰 昏峰 夜間	有大車事故	一車以下	
			二車	
			三車以上	

註：各類詳細抽樣件數如附錄。類別中若抽樣件數為 0 者，表示該年度沒有此類事故發生。

3. 事故現場圖編碼設計

本研究對分類抽樣出的 2,432 件事務現場圖做編碼設計，以獲得模式所需之資料。圖 4.2 為擷取的其一地區道路範例事故現場圖圖檔，藉此說明本研究設計之編碼內容：

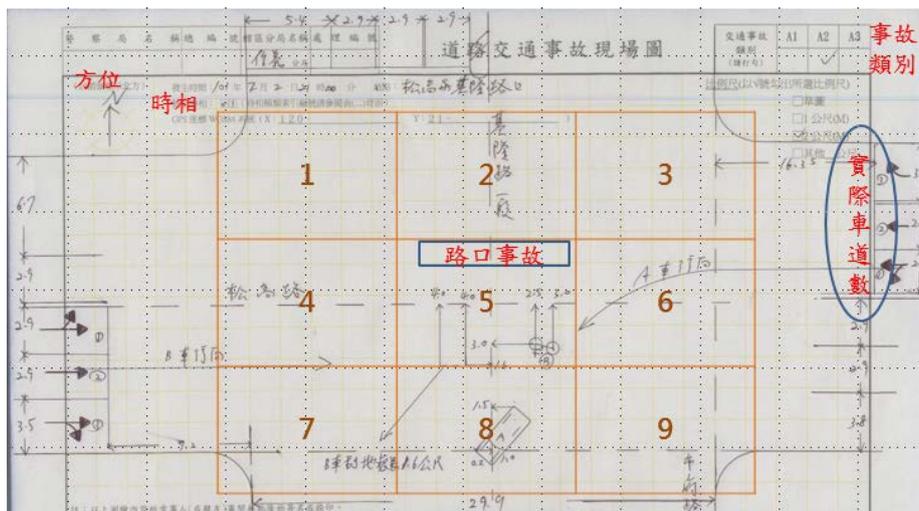


圖 4.2 事故現場圖範例

(1) 事故案號：作為與事故肇事資料欄位比對之依據。

- (2) 為路口事故或路段事故：判斷事故發生於路口或路段，以方便後續研究將其分開討論。
- (3) 事故位置的道路名稱：紀錄現場圖上所寫之道路名稱，確認事故發生的位置，變數內容可以做為與道路流量比對之依據。
- (4) 事故位置的實際車道數(路段)：針對發生在路段的事故，紀錄現場圖上所畫之道路車道數量，確認事故地點的原本道路容量。
- (5) 事故位置的占用車道數(路段)：針對發生在路段的事故，紀錄現場圖上所畫之事故車輛或殘骸占據的車道數，是一推估道路容量縮減程度的重要變數，而若在警察到達前車輛就已被移到路外，則記錄為無車道占用之事故。
- (6) 事故占用車道位置(路段)：針對發生在路段的事故，紀錄事故地點被占用的車道型態為內側(快)車道、外側(慢)車道、一般混和車流車道、機慢車道、路肩或是路外區域等。
- (7) 事故位置的號誌時相代號(路口)：針對路口的事故，號誌時相是一重要變數。此變數紀錄現場圖上所寫之時相代號，各代號的對應時相如下表 4-21 所述：

表 4-21 時相代號說明

時相代號	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
時相說明	無號誌	普通二時相	早開二時相	遲閉二時相	輪放式三時相	左轉保護三時相	輪放式四時相	左轉保護四時相	輪放左轉保護四時	行人保護三時相	匝道儀控	閃光	其他

- (8) 事故占用路口位置(路口)：將道路路口作九宮格式的切割，以北方朝上，左而右，上而下依序從 1~9 做編碼(如範例圖檔上的九宮格數字)，藉此標準化各事故在路口的占用位置。此欄位紀錄發生在路口的事故，該事故車輛占用到路口的九宮格格數與編號，以作為判別事故於路口占用的區域及作為推斷可能受事故影響之車流方向，是推估事故造成的車輛延滯長短之重要變數。

4. 地區道路事故現場圖建檔結果

事故圖資料建檔的結果，由於依各事故類別分別抽樣的關係，於各事故嚴重度中的路口事故與路段事故件數十分相近。現場圖資料抽樣並建檔的路口事故件數為 1,212 件，而路段事故件數為 1,220 件。

表 4-22 路口/路段事故與事故嚴重度 (單位：件)

路口/路段	A1 事故	A2 事故	A3 事故	總計
路口事故	41 (1.69%)	788 (32.40%)	383 (15.75%)	1,212 (49.84%)
路段事故	35 (1.44%)	722 (29.69%)	463 (19.04%)	1,220 (50.16%)
總計	76 (3.13%)	1,510 (62.09%)	846 (34.79%)	2,432 (100%)

其中路段事故的部分，如圖 4.3 所示，市區路段事故的占用車道數多為 2 車道以下，佔了總件數的 97.79%，其中占用 1 車道事故的件數為最多，有 542 件。而占用 3 車道以上的件數較少，僅佔全部件數的 2.21%。而事故車輛在警員到達前已被當事人移往路外，從現場圖無法判斷車道的占用情況，將其假設為該事故的車道占用時間短小，並未對車流產生衝擊，導致無車道占用事故的件數為第二高。

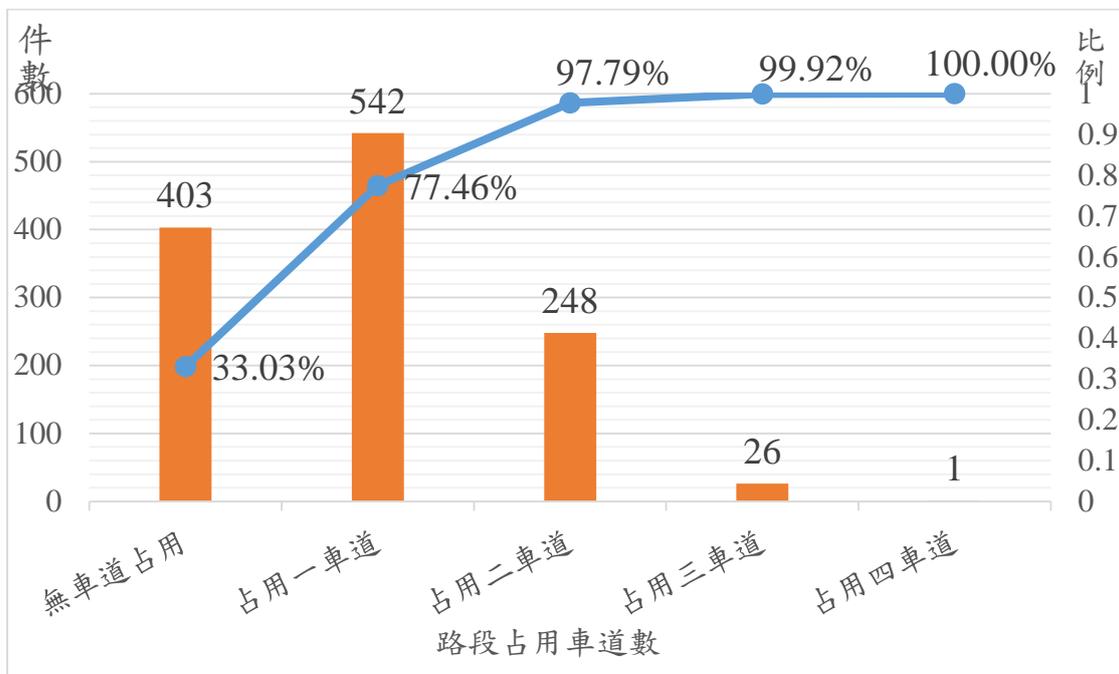


圖 4.3 路段事故占用車道數之累積分配圖

而路口事故的部分，圖 4.4 所示為事故占用路口九宮格數之件數累積分配圖，無占用路口的事故比例為所有路口事故的 39.44%。而占用路口一格大小的件數為最多，有 502 件。從累積分配比例可以發現占用兩格子數以下事故佔了多數的比例，高達 92.57%；而占用四個九宮格數以上的事故僅佔了全部的 2.23%。

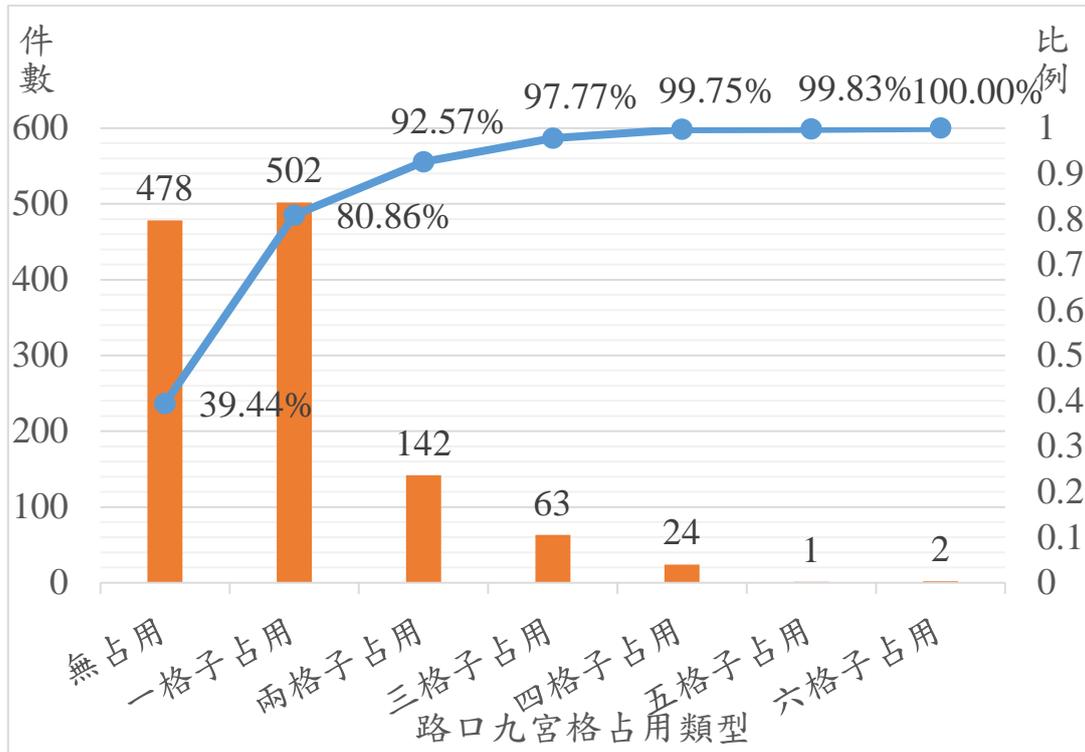


圖 4.4 路口事故占用路口九宮格數之累積分配圖

4.2.3 地區道路事故占用車道分析

由於地區道路包括路口及路段(路口的建檔事故筆數為 1,212 筆；路段的建檔事故筆數為 1,220 筆)，本節後續道路占用分析將分為路口占用九宮格數及路段占用車道數兩部分進行分析。

1. 地區道路事故占用車道數分析(路段事故)

在路段部分，針對事故的占用車道數進行基本統計如表 4-23 所示，在 1,220 筆事故中，將近 45% 的事故其占用車道數為一個車道，占用車道數為兩個車道約為 20%，而有 33% 的事故並未占用車道，占用三車道以上的事故數相對較少，僅有 27 筆(2%)。

表 4-23 地區道路路段事故占用車道數統計

占用車道數	事故頻率	百分比
無車道占用	403	33.03%
占用一車道	542	44.43%
占用二車道	248	20.33%
占用三車道以上	27	2.21%
總計	1,220	100.00%

將天候與路段占用車道數進行交叉分析如表 4-24，可以發現事故多發生在晴天(40.9%)，然而雨天及陰天事故，該兩種情況其占用三車道以上比例增加(33.3%)。顯示若事故發生在雨天或陰天，占用車道數越多。

表 4-24 天候與路段占用車道數交叉分析

天候	無車道占用	占用一車道	占用二車道	占用三車道以上	總計
雨	55 (13.6%)	68 (12.5%)	21 (8.5%)	4 (14.8%)	148 (12.1%)
陰	55 (13.6%)	37 (6.8%)	25 (10.1%)	5 (18.5%)	122 (10.0%)
晴	158 (39.2%)	217 (40.0%)	113 (45.6%)	11 (40.7%)	499 (40.9%)
霧或煙	0 (0.0%)	0 (0.0%)	1 (0.4%)	0 (0.0%)	1 (0.1%)
暴雨	1 (0.2%)	0 (0.0%)	1 (0.4%)	0 (0.0%)	2 (0.2%)
未填	134 (33.3%)	220 (40.6%)	87 (35.1%)	7 (25.9%)	448 (36.7%)
總計	403 (100.0%)	542 (100.0%)	248 (100.0%)	27 (100.0%)	1,220 (100.0%)

將占用車道數與有無牽涉大車進行交叉分析結果如表 4-25。無牽涉大車之事故占 67.1%，而有牽涉大車事故占 32.9%。其中可看出有牽涉大車事故，占用三車道以上之事故占 55.6%，高於無牽涉大車事故。表示事故若有牽涉大車，可能會造成更多的占用車道數。

表 4-25 有無牽涉大車與占用車道數交叉分析

有無大車 事故	無車道 占用	占用 一車道	占用 二車道	占用三車道 以上	總計
無大車 事故	308 (76.4%)	364 (67.2%)	135 (54.4%)	12 (44.4%)	819 (67.1%)
有大車 事故	95 (23.6%)	178 (32.8%)	113 (45.6%)	15 (55.6%)	401 (32.9%)
總計	403 (100.0%)	542 (100.0%)	248 (100.0%)	27 (100.0%)	1,220 (100.0%)

將牽涉車輛數與占用車道數進行交叉結果如表 4-26 所示，無占用車道主要是為單輛車事故(45.7%)，顯示單輛車事故對於占用車道影響較小；占用一車道則多為兩車事故(42.1%)，兩車事故影響範圍較單輛車大，因此多占用一車道；占用兩車道中，三車事故占 41.9%，其次為兩車事故占 41.1%，兩種情況合計占 83%，另外占用三車道以上，三車事故占 51.9%，由上述可以看出，隨著牽涉車輛數越多，占用車道數越多。

表 4-26 牽涉車輛數與占用車道數交叉結果

牽涉車輛數 (不含行人)	無車道 占用	占用 一車道	占用 二車道	占用三車道 以上	總計
一車	184 (45.7%)	129 (23.8%)	22 (8.9%)	0 (0.0%)	335 (27.5%)
二車	143 (35.5%)	228 (42.1%)	102 (41.1%)	10 (37.0%)	483 (39.6%)
三車	59 (14.6%)	152 (28.0%)	104 (41.9%)	14 (51.9%)	329 (27.0%)
四車	10 (2.5%)	27 (5.0%)	14 (5.6%)	3 (11.1%)	54 (4.4%)
五車以上	7 (1.7%)	6 (1.1%)	6 (2.4%)	0 (0.0%)	19 (1.6%)
總計	403 (100.0%)	542 (100.0%)	248 (100.0%)	27 (100.0%)	1,220 (100.0%)

表 4-27 為事故類型及型態與路段占用車道數交叉分析表，人與車撞之事故較少占用車道，約占 24.3%，而車與車撞(擦撞)之事故，其事故影響範圍較大，約占用兩車道事故之 44.4%，而占用三車道以上，多為車與車撞(追撞)、車與車撞(側撞)與車與車撞(其他)，共占 77.7%。顯示事故類型及型態範圍越廣，占用車道數越多。

表 4-27 事故類型及型態與占用車道數交叉結果

事故類型及型態	無車道 占用	占用 一車道	占用 二車道	占用三車道 以上	總計
人與車撞	98 (24.3%)	44 (8.1%)	19 (7.7%)	0 (0.0%)	161 (13.2%)
車與車撞 (對撞)	0 (0.0%)	1 (0.2%)	1 (0.4%)	0 (0.0%)	2 (0.2%)
車與車撞 (擦撞)	103 (25.6%)	167 (30.8%)	110 (44.4%)	6 (22.2%)	386 (31.6%)
車與車撞 (追撞)	24 (6.0%)	104 (19.2%)	35 (14.1%)	6 (22.2%)	169 (13.9%)
車與車撞 (側撞)	16 (4.0%)	29 (5.4%)	28 (11.3%)	4 (14.8%)	77 (6.3%)
車與車撞 (其他)	79 (19.6%)	122 (22.5%)	44 (17.7%)	11 (40.7%)	256 (21.0%)
撞及旁物	83 (20.6%)	75 (13.8%)	11 (4.4%)	0 (0.0%)	169 (13.9%)
總計	403 (100.0%)	542 (100.0%)	248 (100.0%)	27 (100.0%)	1,220 (100.0%)

2. 地區道路事故占用路口九宮格分析(路口事故)

在路口部分，針對路口占用類型進行基本統計如表 4-28 所示，在 1,212 筆事故中，占用一格子的事故約占 41.42%，其次為無占用格子約為 39.44%，該兩種情況占所用路口事故 80.86%，而占用兩格子約為 11.72%，占用三格子以上之事故較少，僅占 7% 左右。

表 4-28 地區道路路口事故格子數統計

路口占用類型	事故頻率	百分比
無占用	478	39.44%
一格子	502	41.42%
兩格子	142	11.72%
三格子	63	5.20%
四格子	24	1.98%
五格子	1	0.08%
六格子	2	0.17%
總計	1,212	100.00%

將天候與路口占用格子數進行交叉分析如表 4-29，可以發現事故多發生在晴天(44.39%)，然而陰天之事故占用格子數多為三格，而雨天之多占用四格子以上，顯示若事故發生隨著天候的變化，占用車道數也會有所不同。

表 4-29 天候與路口占用格子數交叉分析

天候	無占用	一格子	兩格子	三格子	四格子以上	總計
雨	82 (17.2%)	62 (12.4%)	23 (16.2%)	6 (9.5%)	8 (29.6%)	181 (14.9%)
陰	59 (12.3%)	61 (12.2%)	12 (8.5%)	11 (17.5%)	3 (11.1%)	146 (12.1%)
晴	216 (45.2%)	220 (43.8%)	67 (47.2%)	29 (46.0%)	6 (22.2%)	538 (44.4%)
未填	121 (25.3%)	159 (31.7%)	40 (28.2%)	17 (27.0%)	10 (37.0%)	347 (28.6%)
總計	478 (100.0%)	502 (100.0%)	142 (100.0%)	63 (100.0%)	27 (100.0%)	1,212 (100.0%)

將牽涉車輛數與路口占用格子數進行交叉分析如表 4-30，單輛車事故較少占用路口格子數，因此無占用格子數比例較高(30.4%)，而牽涉兩車之事故，占用三格子數約為 61.9%，另外牽涉三車及四輛車以上，這兩種情況多為占用四格子，約 33.3%。由上述可以看出，隨著牽涉車輛數越多，占用路口格子數越多。

表 4-30 牽涉車輛數與路口占用格子數交叉分析

牽涉車輛數 (不含行人)	無占用	一格子	兩格子	三格子	四格子 以上	總計
一車	145 (30.4%)	122 (24.3%)	35 (24.7%)	9 (14.3%)	3 (11.1%)	314 (25.9%)
兩車	206 (43.2%)	252 (50.2%)	70 (49.3%)	39 (61.9%)	15 (55.6%)	582 (48.1%)
三車	109 (22.9%)	113 (22.5%)	35 (24.7%)	13 (20.6%)	8 (29.6%)	278 (23.0%)
四車以上	17 (3.6%)	15 (3.0%)	2 (1.4%)	2 (3.2%)	1 (3.7%)	37 (3.1%)
總計	477 (100.0%)	502 (100.0%)	142 (100.0%)	63 (100.0%)	27 (100.0%)	1,212 (100.0%)

將路口占用格子數與有無牽涉大車進行交叉分析結果如表 4-31。無牽涉大車之事故占 65.4%，而有牽涉大車事故占 34.6%。其中可看出無占用格子，無牽涉大車事故占 72.2%，占用一格子，無牽涉大車事故為 64.3%，隨著格子數的增加，有牽涉大車事故的比例越高，如占用四格子以上，有牽涉大車事故(65.4%)比例大於無牽涉大車事故(34.6%)，顯示事故若有牽涉大車，可能會造成更多的占用格子數。

表 4-31 有無牽涉大車與路口占用格子數交叉分析

有無大車 事故	無占用	一格子 占用	兩格子 占用	三格子 占用	四格子以 上占用	總計
無大車	345 (30.4%)	323 (24.3%)	76 (24.7%)	36 (14.3%)	13 (11.1%)	793 (25.9%)
有大車	133 (43.2%)	179 (50.2%)	66 (49.3%)	27 (61.9%)	14 (55.6%)	419 (48.1%)
總計	478 (100.0%)	502 (100.0%)	142 (100.0%)	63 (100.0%)	27 (100.0%)	1,212 (100.0%)

表 4-32 為號誌種類與路口占用格子數之交叉分析，可以發現若有行車管制號路口之事故，占用兩格子約為 50%，而閃光號誌路口之事故，多為占用三格子(6.3%)，無號誌路口之事故，其占用四格子以上約為 33.3%。結果顯示無號誌路口之事故明顯比有號誌路口之事故所占用格子數多，路口占用格子數會受到有無號誌之影響。

表 4-32 號誌種類與路口占用格子數交叉分析

號誌種類	無占用	一格子	兩格子	三格子	四格子 以上	總計
行車管制 號誌	207 (43.3%)	235 (46.8%)	71 (50.0%)	23 (36.5%)	7 (25.9%)	543 (44.8%)
閃光號誌	16 (3.3%)	17 (3.4%)	6 (4.2%)	4 (6.3%)	1 (3.7%)	44 (3.6%)
無號誌	134 (28.0%)	91 (18.1%)	25 (17.6%)	19 (30.2%)	9 (33.3%)	278 (22.9%)
未填	121 (25.3%)	159 (31.7%)	40 (28.2%)	17 (27.0%)	10 (37.0%)	347 (28.6%)
總計	478 (100.0%)	502 (100.0%)	142 (100.0%)	63 (100.0%)	27 (100.0%)	1,212 (100.0%)

第五章 道路交通事故衝擊分析架構

本研究根據第三章之道路交通事故衝擊分析之系統化架構推估交通事故延滯，由於高速公路事故型態與地區道路事故型態不同，本研究將分別推估高速公路及地區道路之事故延滯。

5.1 高速公路事故衝擊分析架構

根據本研究建構之道路交通事故衝擊分析之系統化架構，如圖 5.1 所示，以延滯作為事故衝擊之最後產出，然延滯推估模式須輸入受事故影響減少之道路容量，及此減少道路容量持續多久。本研究分別採用「事故占用車道數」及「事故持續時間」作為延滯推估模式主要輸入變數。囿於我國事故調查表並無紀錄占用車道數及事故持續時間，需透過高速公路局「高速公路事件簡訊資料」取得，為推估全國高速公路延滯，本研究將 2010 年之「事故調查表」資料及「高速公路事件簡訊資料」進行合併，建構事故持續時間推估模式及占用車道數推估模式。最後以上述兩模式分別推估各事故之「持續時間」及「占用車道數」。

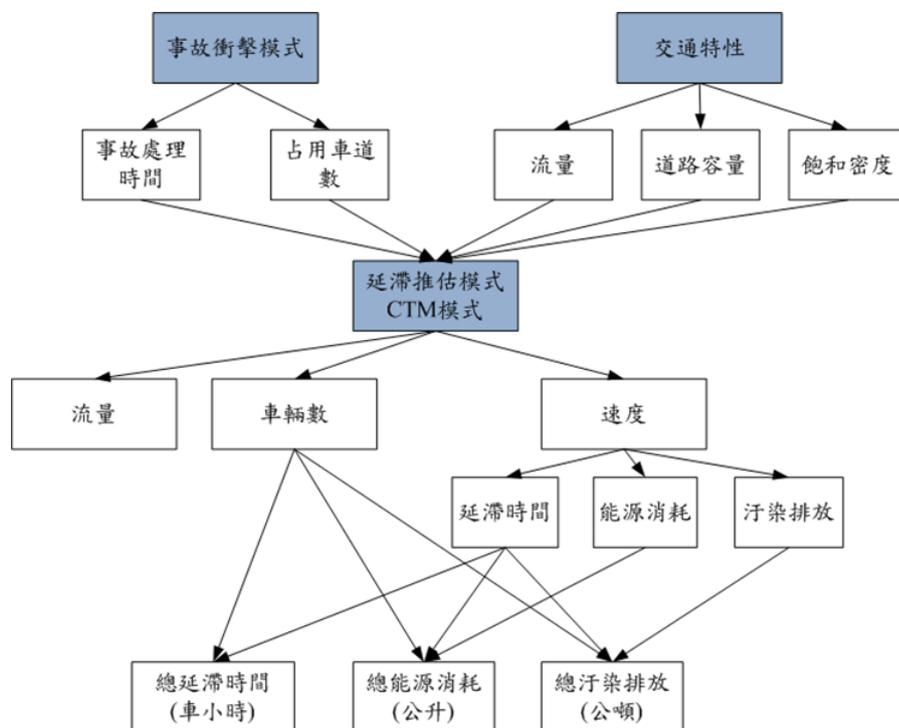


圖5.1 高速公路交通事故衝擊分析之系統化架構

本節將先介紹事故延時推估模式及校估結果，再介紹占用車道模式及校估結果，最後則將兩個模式與延滯模式結合，應用實際資料推估全年事故延滯。

5.1.1 高速公路事故持續時間推估模式

本節以文獻建議之加速失效 (accelerated failure time, AFT) 模型對 2010 年國道高速公路之交通事故持續時間進行分析。加速失效模型為存活分析參數模型的一種，加速失效的意涵在於解釋變數對失效時間 (即本研究的交通事故持續時間) 為相乘 (multiplicative) 效果，以單一解釋變數模型為例，亦即：

$$T = e^{\beta_0 + \beta_1 x} \times \varepsilon \quad (5-1)$$

其中 T 為失效時間， x 為模型解釋變數， β_0, β_1 為欲校估之參數， ε 為誤差項。

根據文獻之建議 (Al Kaabi *et al.*, 2012; Alkaabi *et al.*, 2011; Chung, 2010; Chung *et al.*, 2010)，此部分之分析考慮三種分配：Weibull, Log-logistic, Log-normal。考慮未知變數在事故持續時間之異質性，在模式中另加入脆弱性 (frailty) 進行調整；本研究以最常見之 Gamma 及 Inverse Gaussian 分配發展脆弱性模式。

加速失效模型的模式為

$$\ln(T_i) = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \cdots + \beta_p x_{ip} + \sigma \times \varepsilon_i^* \quad (5-2)$$

其中， $\varepsilon^* = \ln(\varepsilon)$ 。若為 Weibull 之 AFT 模型，假設 ε 假設為指數 (exponential) 分配時，則 ε^* 服從極最小值分配 (extreme minimum value) 分配；若為 Log-normal 之 AFT 模型，則假設 ε^* 服從標準常態分配；若為 Log-logistic 之 AFT 模型，則假設 ε^* 服從標準羅吉斯特 (logistic) 分配。

1. 解釋變數

本研究共考慮三大類變數—事故特性、道路及環境特性以及時間空間特性—發展 AFT 模式。在事故特性方面，共包含事故嚴重度（以死傷程度分）、事故牽涉車輛數、事故之占用車道數、是否為大型車事故、起火事故、事故車輛的撞擊型態以及是否酒駕等變數；其中除事故車輛數與占用車道數為連續變數外，其餘變數為類別變數。當事故的嚴重度愈高、牽涉車輛數愈多、為大型車、起火或酒駕等事故類型，預期其對應之事故持續時間會愈長。本研究針對連續變數進行轉換 (transformation)，測試如對數 (log)、指數 (exponential) 等不同型式對占用車道數的解釋能力。

在道路及環境變數方面，主要考慮道路型態（例如是否發生在彎道、匝道或其他）、天候狀態（例如晴天、陰天、暴雨等）、事故發生的位置（例如內/中間/外車道、隧道或其他）等變數，以上變數皆為類別變數。

時間與空間因素主要嘗試從時間及地理區位的角度來解釋無法被前兩類因素解釋之變異。在時間因素方面，以尖離峰方式定義事故發生在每天的時間；由於尖離峰時間並無一定的定義方式，本研究測試不同時間區隔對事故持續時間的影響，以解釋能力最佳的間隔作為尖、離峰及夜間時間的定義。另外，本研究也考慮事故發生在一週當中的星期幾，作為另一個時間變數。在空間因素方面，本研究區隔事故發生的地點在不同的國道以及不同的國道警察隊管轄範圍；各國道警察隊管轄範圍主要以區域劃分（例如北中南），此變數可補足國道高速公路變數在空間劃分上的不足。上述變數皆為類別變數。

表 5-1 高速公路事故延滯模式解釋變數一覽表

因素	變數	變數型態
事故特性	嚴重度：死亡、受傷、財損	類別
	事故車輛數	連續
	事故占用車道數	連續
	大型車事故	類別
	起火事故	類別
	車輛撞擊型態：翻車、追撞、其他	類別
	事故原因：酒駕、其他	類別
道路及環境	道路型態：彎路、匝道、其他（例如直路）	類別
	光線	類別
	天候：晴或陰天、暴雨、其他（例如雨天）	類別
	事故位置：	類別
	1) 內車道、中間車道、外車道 2) 隧道、其他	
時間空間	事故發生時間：	類別
	1) 晨峰、昏峰、夜間、離峰 2) 星期一～日	
	國道高速公路1～10號（包含3甲）	類別
	第1～9警察隊	類別

2. 模式發展

本研究採兩階段發展 AFT 模式，第一階段模式發展之目的在從眾多的解釋變數當中，篩選出具備顯著解釋能力的變數，依循以下兩個準則進行變數篩選：1) 若該變數在所有模式都不顯著則剔除，若至少有一個模式顯著則保留。2) 連續變數如占用車道數，除原本型式外，另考慮指數、對數等轉換型式。第二階段則依第一階段模式發展之結果，選出配適較好之機率分配模式，以模式精簡為目的，個別發展出最佳之模式。

第一階段之模式發展校估結果如表 5-2 所示。不管使用何種機率分配，校估參數值在顯著性上雖稍有差異，但只要是顯著的變數其係

數正負號皆一致，顯示模式校估結果穩健。發生在星期五、昏峰(5-7:00pm)及隧道的交通事故，其交通事故持續時間相對於其他時間的交通事故持續時間短。相對地，若事故具有死或傷，或發生的時間在晨峰、夜間，或事故的車輛數愈多、有大型車輛涉入、起火事故、翻車事故、事故的占用車道數愈多、追撞事故的事故，以及在第二、四、五及八警察隊管轄範圍的事故，其事故持續時間相對較長。

由於各模式使用的機率分配不同，因此以 AIC 做為模式選擇的依據。依此選擇 AIC 值最低的三個模式進一步發展模式，包括伽瑪脆弱韋伯 (Weibull with frailty Gamma) (模式(2))、伽瑪脆弱對數羅吉斯特 (Log-Logistic with frailty Gamma) (模式(5)) 以及逆高斯脆弱對數羅吉斯特 (Log-Logistic with Inverse Gaussian) (模式(6)) 之 AFT 模式，模式校估結果如表 5-3 所示。

相對於第一階段發展之模式(2)、(5)、(6)，第二階段發展之模式(10)、(11)、(12)減少了”星期五”、”昏峰”、”酒駕”、”第二警察隊”以及”第八警察隊”四個變數，其餘變數之正負號與顯著性皆相同。經過概似比檢定 (likelihood ratio test) (如表 5-4 所示)，兩階段之模式在 0.05 的顯著水準下並無顯著之差異，因此本研究選擇第二階段精簡模式且 AIC 值最低之模式(12)—逆高斯脆弱對數羅吉斯特 AFT 為最佳模式。

模式(12)之事故移除風險 (hazard) 分配為對數羅吉斯特 (log-logistic) 分配，校估出之參數為 0.329 ($= \exp(-1.110)$)；此值小於 1，顯示其危害函數 (hazard function) 為上升再下降的型態。其相對應之事故移除風險函數型態如圖 5.2(a) 所示：此函數在初期上升，約 30-40 分鐘後即開始下降；顯示交通事故發生後需要一段時間將其排除，且事故在 30-40 分鐘左右的排除機會最高。此也反應在存活函數 (如圖 5.2(b) 所示) 的型態，在一開始雖有些許平穩，但在極短時間內即迅速並平穩下降，到了 40 分鐘左右再趨平緩，但此時的事務在車道上的存活機率已非常低。

此模式之脆弱參數 θ 為 0.316 ($= \exp(-1.153)$)，其概似比檢定為顯著異於零，顯示資料裡仍有部分異質性 (heterogeneity) 未被模式捕捉到；但相對於韋伯分配有彈性的對數羅吉斯特分配，其 AFT 模式的配適表現仍然較佳。

表 5-2 第一階段加速失效模型推估結果

解釋變數	Weibull (1)	W-Gamma (2)	W-Inverse Gaussian (3)	Log-logistic (4)	LL-Gamma (5)	LL-Inverse Gaussian (6)	Log-Normal (7)	LN-Gamma (8)	LN-Inverse Gaussian (9)
死亡 (Yes = 1)	0.496**	0.640***	0.547***	0.612***	0.637***	0.639***	0.596***	0.633***	0.631***
受傷 (Yes = 1)	0.188***	0.275***	0.228***	0.266***	0.272***	0.273***	0.268***	0.288***	0.288***
星期五 (Yes = 1)	-0.149***	-0.028	-0.109**	-0.046	-0.029	-0.028	-0.059	-0.018	-0.021
晨峰 (5-8am = 1)	0.274***	0.145***	0.218***	0.143***	0.137***	0.138***	0.168***	0.148***	0.152***
昏峰 (5-7:30pm = 1)	-0.146***	-0.0150	-0.102**	-0.033	-0.013	-0.012	-0.056	-0.023	-0.026
夜間 (9pm-5am = 1)	0.263***	0.135***	0.217***	0.143***	0.129**	0.130**	0.171***	0.138**	0.143***
Ln(事故車輛數)	-0.011	0.137***	0.038	0.123***	0.144***	0.144***	0.0868*	0.126***	0.120***
大型車輛 (Yes = 1)	0.212***	0.298***	0.247***	0.303***	0.303***	0.301***	0.280***	0.291***	0.287***
起火 (Yes = 1)	0.221	0.396**	0.309	0.394**	0.392**	0.392**	0.397*	0.433**	0.432**
翻車 (Yes = 1)	0.148*	0.345***	0.216***	0.325***	0.352***	0.352***	0.289***	0.343***	0.337***
Ln(占用車道數)	0.138	0.121*	0.137*	0.122*	0.115*	0.116*	0.127*	0.111*	0.113*
追撞 (Yes = 1)	0.021	-0.088**	-0.023	-0.079**	-0.089***	-0.089***	-0.064*	-0.089**	-0.086**
隧道 (Yes = 1)	-0.211**	-0.089	-0.177*	-0.124*	-0.100*	-0.096	-0.123	-0.076	-0.074
第二警察隊 (Yes = 1)	0.127*	0.053	0.101	0.060	0.050	0.050	0.072	0.0450	0.052
第四警察隊 (Yes = 1)	0.452***	0.250***	0.403***	0.283***	0.237***	0.237***	0.357***	0.295***	0.305***
第五警察隊 (Yes = 1)	0.496***	0.298***	0.456***	0.342***	0.287***	0.286***	0.410***	0.339***	0.349***
第八警察隊 (Yes = 1)	0.182*	0.128	0.173*	0.136	0.122	0.122	0.170*	0.154*	0.159*
常數	3.746***	3.130***	3.369***	3.257***	3.193***	3.179***	3.303***	3.165***	3.153***
Ln(p, gamma, or sigma)	0.119***	1.164***	0.551***	-0.902***	-1.085***	-1.110***	-0.272***	-0.522***	-0.525***
脆弱參數 (theta)		0.582***	0.316**		-1.543***	-1.162***		-1.156***	-0.782***
AIC	9363.3	7685.6	8650.0	7818.0	7681.5	7673.2	8048.0	7787.0	7809.9
LL_0	-4883.7	-4074.2	-4529.7	-4145.6	-4082.1	-4076.1	-4244.2	-4123.2	-4130.1
LL	-4662.7	-3822.8	-4305.0	-3890.0	-3820.8	-3816.6	-4005.0	-3873.5	-3884.9

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001 ;

註：第二警察隊：楊梅、造橋、後龍；第四警察隊：斗南、新營、新市；第五警察隊：岡山、田寮、竹田；第八警察隊：古坑、白河、善化

表 5-3 第二階段加速失效模型校估結果

解釋變數	W-Gamma2	LL-Gamma2	LL-Inverse Gaussian2
	(10)	(11)	(12)
死亡 (Yes = 1)	0.651***	0.649***	0.651***
受傷 (Yes = 1)	0.288***	0.284***	0.285***
晨峰 (5-8am = 1)	0.147***	0.139***	0.140***
夜間 (9pm-5am = 1)	0.136***	0.129**	0.129**
Ln(事故車輛數)	0.133***	0.141***	0.141***
大型車輛 (Yes = 1)	0.300***	0.304***	0.303***
起火 (Yes = 1)	0.407**	0.400**	0.401**
翻車 (Yes = 1)	0.351***	0.357***	0.358***
Ln(占用車道數)	0.123*	0.116*	0.117*
追撞 (Yes = 1)	-0.096***	-0.097***	-0.097***
隧道 (Yes = 1)	-0.094	-0.105*	-0.101*
第四警察隊 (Yes = 1)	0.235***	0.223***	0.222***
第五警察隊 (Yes = 1)	0.284***	0.273***	0.272***
常數	3.137***	3.200***	3.186***
Ln(p, gamma, or sigma)	1.165***	-1.085***	-1.110***
脆弱參數 (Ln_theta)	0.586***	-1.536***	-1.153***
AIC	7683.5	7679.3	7670.8
LL_0	-4074.2	-4082.1	-4076.1
LL	-3825.8	-3823.6	-3819.4

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001 ;

註：第四警察隊：斗南、新營、新市；第五警察隊：岡山、田寮、竹田

表 5-4 兩階段模式之概似比檢定

	模式(2) vs. 模式(10)	模式(5) vs. 模式(11)	模式(6) vs. 模式(12)
χ^2	5.86	5.72	5.63
p-值	0.210	0.221	0.229

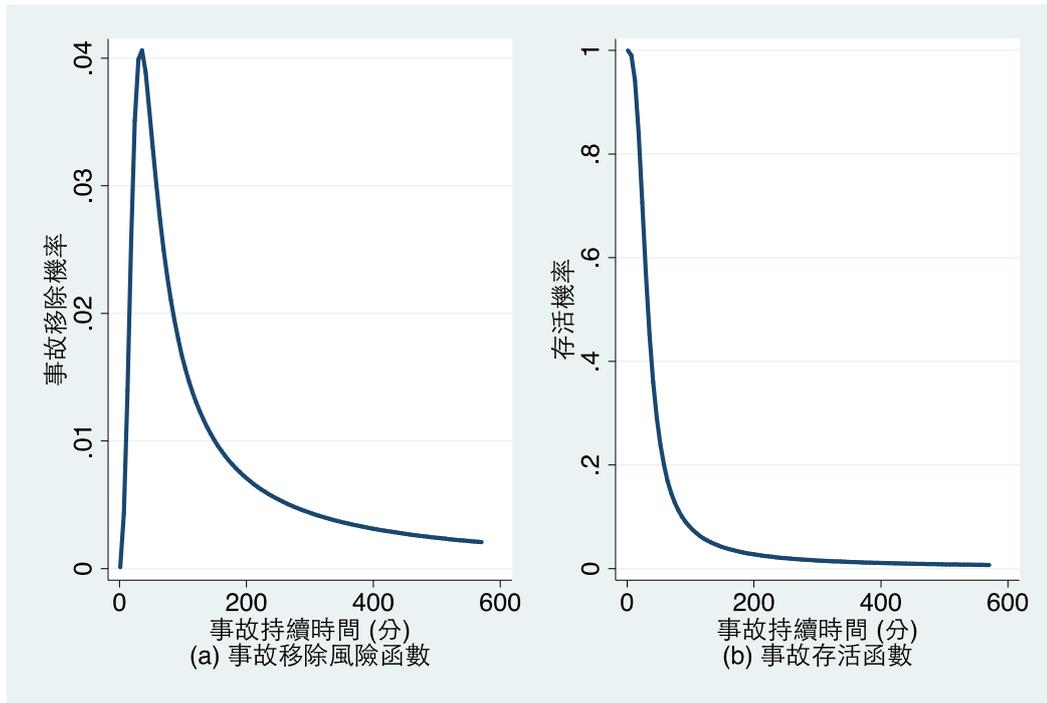


圖5.2 逆高斯脆弱對數羅吉斯特AFT模式之存活與危險函數

為方便解釋，將模式(12) 的推估結果進行指數轉換。其中，類別變數之係數取指數後，其意義為：相對於參考類別，該類別在交通事故持續時間的比率 (ratio)；由於模式內之連續變數為對數型式，因此其係數取指數後，其意義為：原變數值放大 2.72 倍，其交通事故持續時間變化的比率。結果綜整如表 5-5。

由表 5-5 可以發現，以類別變數而言，以死亡事故的影響最為顯著；當交通事故牽涉人員死亡時，其事故持續時間為沒有人員死亡事故持續時間的 1.917 倍；接下來為起火事故，相對於非起火事故持續時間的 1.493 倍；再其次為翻車事故，其事故持續時間為非翻車事故持續時間的 1.430 倍。以連續變數而言，當交通事故牽涉車輛數每放大 2.72 倍，其事故持續時間增加 15.1%；占用車道數每放大 2.72 倍，其事故持續時間增加 12.4%。

表 5-5 逆高斯脆弱羅吉斯特模式變數之邊際效果

類別變數	事故持續時間相	連續變數	事故持續時間
	對比率		增加/減少百分比 (%)
死亡 (Yes = 1)	1.917	事故車輛數	+15.1
受傷 (Yes = 1)	1.330	占用車道數	+12.4
晨峰 (Yes = 1)	1.150		
夜間 (Yes = 1)	1.138		
大型車輛 (Yes = 1)	1.354		
起火 (Yes = 1)	1.493		
翻車 (Yes = 1)	1.430		
追撞 (Yes = 1)	0.908		
隧道 (Yes = 1)	0.904		
第四警察隊 (Yes = 1)	1.249		
第五警察隊 (Yes = 1)	1.313		

註：第四警察隊：斗南、新營、新市；第五警察隊：岡山、田寮、竹田

3. 事故持續時間推估結果

本研究以第二階段精簡模式且 AIC 值最低之模式(12)—逆高斯脆弱對數羅吉斯特 AFT 作為事故持續時間推估模式，將模式中顯著之變數帶入模式，求得 2010 年高速公路 13,626 件事務之事故持續時間，表 5-6 為各類型事故在不同時段下之事故持續時間，以 A1 事故平均持續時間(76.64 分鐘)最長，其次為 A2 事故 41.47 分鐘，最低為 A3 事故 29.82 分鐘。依據模式估計結果，推估 2010 年高速公路事故持續時間，A1 類事故平均持續時間較其他嚴重度長，碰撞類型則以擦撞類型較長，此推估結果與模式反映之影響變數特性相符，顯示此模式可反映實際之事故持續時間。

表 5-6 事故持續時間推估結果(分鐘)

時段	事故類型					
	A1		A2		A3	
	平均值	標準差	平均值	標準差	平均值	標準差
晨峰	88.58	29.89	44.10	7.87	32.30	5.38
昏峰	66.23	16.68	38.21	6.40	27.55	4.09

夜間	81.68	21.35	45.40	7.35	34.17	5.65
離峰	70.87	15.97	38.96	6.69	28.77	5.27
總計	76.64	20.57	41.47	7.68	29.82	5.58

5.1.2 高速公路道路容量衝擊設定

道路容量減少為交通事故造成延滯的主要原因，而道路容量減少主要影響因素為事故占用車道數，因此，建立一個良好的占用車道模式將有助於事故引發延滯之估計。

占用車道數屬於順序性 (ordered) 尺度的變數，因此必須用順序性回應模式進行校估，常見的模式有順序性羅吉特 (ordered logit) 以及順序性普羅比 (ordered probit) 模式；兩者假設之分配雖然不同，但校估之結果通常差異不大。本研究選擇順序性羅吉特模式進行占用車道數分析。

順序性羅吉特模式假設其誤差項為羅吉斯特 (logistic) 分配。假設事故占用車道數的最大值為 m ，順序性羅吉特模式之機率為：

$$\Pr(y_i > j | \mathbf{X}) = g(\mathbf{X}_i \boldsymbol{\beta}') = \frac{\exp(\mathbf{X}_i \boldsymbol{\beta}' - \phi_j)}{1 + \exp(\mathbf{X}_i \boldsymbol{\beta}' - \phi_j)}, \text{ where } j = 0, 1, \dots, m - 1 \quad (5-36)$$

其中， \mathbf{X}_i 為 $k \times 1$ 的解釋變數觀察值的向量， $\boldsymbol{\beta}$ 為 $k \times 1$ 的欲校估參數向量， ϕ_j 為切割第 j 及第 $j + 1$ 車道數的門檻值。本研究使用最大概似法 (maximum likelihood) 進行模式的校估。

1. 解釋變數

考量影響交通事故占用車道數之原因，本研究將就表 5-7 之變數發展占用車道數模式。

本研究共考慮三大類變數：事故特性、道路及環境特性以及時間空間特性。在事故特性方面，共包含事故嚴重度 (以死傷程度分)、事故牽涉車輛數、是否為大型車事故、起火事故、事故車輛的撞擊型態以及是否酒駕等變數；其中除事故車輛數為連續變數外，其餘變數為類別變數。當事故的嚴重度愈高、牽涉車輛數愈多、為大型車、起

火或酒駕等事故類型，預期會占用較多車道。本研究針對連續變數進行轉換 (transformation)，測試如對數 (log)、指數 (exponential) 等不同型式對占用車道數的解釋能力。

在道路及環境變數方面，主要考慮道路型態 (例如是否發生在彎道、匝道或其他)、天候狀態 (例如晴天、陰天、暴雨等)、事故發生的位置 (例如內/中間/外車道、隧道或其他) 等變數，以上變數皆為類別變數。

時間與空間因素主要嘗試從時間及地理區位的角度來解釋無法被前兩類因素解釋之變異。在時間因素方面，以尖離峰方式定義事故發生在每天的時間；由於尖離峰時間並無一定的定義方式，本研究測試不同時間區隔對占用車道數的影響，以解釋能力最佳的間隔作為尖、離峰及夜間時間的定義。另外，本研究也考慮事故發生在一週當中的星期幾，作為另一個時間變數。在空間因素方面，本研究區隔事故發生的地點在不同的國道以及不同的國道警察隊管轄範圍；各國道警察隊管轄範圍主要以區域劃分 (例如北中南)，此變數可補足國道高速公路變數在空間劃分上的不足。上述變數皆為類別變數。

表 5-7 占用車道模式解釋變數一覽表

因素	變數	變數型態
事故特性	嚴重度：死亡、受傷、財損	類別
	事故車輛數	連續
	大型車事故	類別
	起火事故	類別
	車輛撞擊型態：翻車、追撞、其他	類別
	事故原因：酒駕、其他	類別
道路及環境	道路型態：彎路、匝道、其他 (例如直路)	類別
	天候：晴或陰天、暴雨、其他 (例如雨天)	類別
	事故位置： 3) 內車道、中間車道、外車道	類別

4) 隧道、其他		
時間空間	事故發生時間：	類別
	3) 晨峰、昏峰、夜間、離峰	
	4) 星期一～日	
	國道高速公路1～10號 (包含3甲)	類別
	第1～9警察隊	類別

2. 模式推估結果

本研究首先以簡單順序性羅吉特迴歸 (即僅包含單一解釋變數) 篩選變數，接著將有顯著解釋能力的變數納入迴歸，再利用向前及向後選取的方式選入或剔除變數，模式發展結果如表 5-8 所示。

結果顯示受傷事故、事故車輛數愈多、大型車輛事故、翻車事故、夜間事故、發生在暴雨時的事故、發生在國道 3 號的事故、在第四及第五警察隊管轄範圍發生的事故，其占用車道數相對較多。反之，追撞事故、起火事故、發生在晨峰的事故、發生在晴或陰天的事故，其占用車道數相對較少。

勝算比之結果明顯指出暴雨對占用車道數的影響最大；在其他變數條件固定的狀況下，發生在暴雨天候下的事故其占用更多車道數的機會是發生在其他天候下的事故的 15 倍。另外，當事故車輛數放大 2.72 倍，其占用更多車道數的機會增加 3.019。發生在國道第四警察隊 (管轄範圍為斗南、新營及新市) 的事故，其占用更多車道數的機會為其他國道警察隊的 2.497 倍。相對地，發生在匝道的事故，其占用更多車道數的機會為主線的 0.086 倍，可能與匝道本身車道數較少且速限較低有關。

表 5-8 占用車道數順序性羅吉特模式推估結果

變數	估計係數	t 值	勝算比
受傷 (Yes = 1)	0.291*	(2.31)	1.338
Ln(事故車輛數)	1.105***	(9.52)	3.019
大型車輛 (Yes = 1)	0.288*	(2.44)	1.334
翻車 (Yes = 1)	0.497**	(3.18)	1.644
追撞 (Yes = 1)	-0.290**	(-2.92)	0.748
起火 (Yes = 1)	-1.907***	(-6.27)	0.149
匝道 (Yes = 1)	-2.454***	(-18.24)	0.086
晨峰 (6-9am)	-0.685**	(-3.21)	0.504
夜間 (9pm-5am)	0.333*	(2.30)	1.395
晴或陰天 (Yes = 1)	-0.219*	(-2.13)	0.803
暴雨 (Yes = 1)	2.728***	(4.23)	15.302
國道 3 號 (Yes = 1)	0.200*	(2.04)	1.221
第四警察隊 (Yes = 1)	0.915***	(6.37)	2.497
第五警察隊 (Yes = 1)	0.515***	(4.51)	1.674
門檻值 0 vs. 1 車道	-1.840***	(-12.94)	
門檻值 1 vs. 2 車道	3.119***	(20.39)	
門檻值 2 vs. 3 車道	6.579***	(20.94)	
Log-Likelihood		-2314.668	
LR Chi-Square		598.168	
McFadden Pseudo-R Square		0.114	
Cox-Snell Pseudo-R Square		0.140	
McKelvey & Zavoina's Pseudo-R Square		0.215	
AIC		4663.336	
BIC		4770.125	

註：第四警察隊：斗南、新營、新市；第五警察隊：岡山、田寮、竹田

3. 占用車道數推估結果

本研究以占用車道模式推估高速公路各事故占用車道情形，各類型事故占用車道情形如表 5-9 所示，各類型事故大多占用 1 車道，其次則為占用 2 車道。占用車道數於本研究中主要反映道路容量受到車道占用的影響程度，占用車道數亦受到上述模式之變數影響。因此，在本研究架構下，可將事故調查表之變數反映到占用車道上，進而反

映道路容量受到事故的衝擊程度。

表 5-9 占用車道數分布

占用車道型態	事故類型					
	A1		A2		A3	
	件數	百分比	件數	百分比	件數	百分比
無占用車道	8	12%	105	11%	2,270	18%
占用 1 車道	35	52%	432	46%	7,509	59%
占用 2 車道	22	33%	386	41%	2,801	22%
占用 3 車道	2	3%	11	1%	45	0%
總計	67	100%	934	100%	12,625	100%

5.1.3 高速公路事故延滯模式

事故延滯係採用 Dagnazo(1994)提出格位傳遞模式(CTM)進行估計，國內已有許多研究利用國內國道資料進行驗證，並應用於匝道儀控上，足以證實此模式可以有效反應我國高速公路車流特性。本研究延滯估計模式，係建立在車流模式下，根據車流模式推估之車流狀態求算延滯，此部分將先說明車流模式及設定之參數，在進一步說明如何運用車流模式之結果求算延滯，以下將針對估計流程進行說明。

1. 車流模式建立

格位傳遞模式(CTM)主要是將道路劃分成數個具有同質性之格位(Cell)，將各個格位從 1 至 i 依序編號。而格位之長度取決於該道路上車輛在單位時間(t)所行走之距離，模式中假設車輛運行皆是以一格位為單位，因此忽略車輛在格位中的位置。格位傳遞模式主要構成式 5-37 及式 5-38， $n_i(t)$ 為 t 時階內，格位 i 內之車輛數； $y_i(t)$ 為 t 時階內，通過格位 i 之車輛數； $N_i(t)$ 以及 $Q_i(t)$ 分別表示格位中在單位時階內所能容納以及可移動的最大車輛數，並以 $[N_i(t) - n_i(t)]$ 表示格位 i 內所能再容納之車輛數。

$$n_i(t+1) = n_i(t) + y_i(t) - y_{i+1}(t) \quad (5-37)$$

$$y_i(t) = \min\{n_{i-1}(t), q_{mi}(t), \beta[N_i(t) - n_i(t)]\} \quad (5-38)$$

其中，

$n_i(t)$ 為格位 i 在時階 t 之車輛數；

$y_i(t)$ 為格位 i 在時階 t 離開之車輛數；

$q_{mi}(t)$ 為格位 i 在時階 t 之最大流量；

β 為擁擠係數 $(\beta = \begin{cases} 1, & \text{if } n_{i-1}(t) \leq q_{mi}(t) \\ \frac{w}{v}, & \text{if } n_{i-1}(t) \geq q_{mi}(t) \end{cases})$ ；

w 為衝擊波速率；

v 為自由車流速率。

2. 參數設定

本研究根據實際道路狀況設定不同之參數，如表 5-10。由於我國高速公路速限分時速 100 公里及 110 公里，在參數設定上分別考量不同的速度限制。此外，本研究每個時階設定為 10 秒，在不同事由速度下，格位長度為 300 公尺及 278 公尺。為考量不同車種在高速公路行駛之特性，參考公路容量手冊定義設定平均車長 7.5 公尺，以便換算給個格位最大儲車數。

表 5-10 延滯推估模式參數設定表

模式參數	限速 110(公里/時)	限速 100(公里/時)	備註
速度(公里/時)	110	100	
速度(公尺/秒)	30	27.8	
每一時階長度(秒)	10	10	
格位長度(公尺)	300	278	
平均車長(公尺)	7.5	7.5	註 1
每車道容量(輛/小時)	2300	1700	
格位最大流量(輛/時階)	6	5	
格位最大儲車數(輛/格)	40	37	

註 1：參考臺灣公路容量手冊，大車之比例為 20% 時小客車或所有小車之平均長度皆為 6 公尺，大車之平均長度為 13.5 公尺。以此估算平均車長為 7.5 公尺。

另外，囿於我國並未搜集各事故前之交通量，故本研究採用高速公路局 99 年車輛偵測器之全天 24 小時車流資料作為流量基礎。此外，由於國道偵測器布設甚密，如以每個偵測器做為各路段的流量基礎，在模式應用上有其困難，本研究以交流道作為路段切割之依據，並以

兩交流道為一個路段區間，計算各區間之流量。此切割方式係假設用路者得知前方有事故產生阻塞，用路者可以在離事故點最近之交流道改變行駛路徑。國道車流資料亦以小時為切割單位，可根據事故發生時間反映不同時間尖離峰之關係。表 5-11 為採用之偵測器個數及平均流量。

3. 高速公路事故延滯推估結果

藉由本研究設定之車流參數，透過車流模式可估算不同事故下車流狀態。透過模式可得到各格位之車輛數及流量，依據車流模式流量、密度及速度之關係，可進一步推算每個格位之平均速度。本研究利用 CTM 模式之假設，在一時階下，格位內車輛可以以自由速率可通過格位長度之距離，在此假設下，隱含一輛車若無法在時間內通過該格位，表示產生延滯，可由式 5-38 計算格位內一輛車之平均延滯，進一步將此延滯時間乘上該格位車輛數，即為該格位之總延滯時間。

$$\text{延滯時間}=(\text{格位長度}/\text{速度})-\text{時階長度} \quad (5-38)$$

$$\text{總延滯時間}=\text{延滯時間}*\text{車輛數} \quad (5-39)$$

表 5-11 國道平均流量(車輛數/小時)

國道編號	方向	車道數	偵測器數	時段							
				晨峰		昏峰		白天離峰		夜間離峰	
				平均	標準差	平均	標準差	平均	標準差	平均	標準差
國道 1 號	往北	2	7	2635.86	1084.18	3219.43	1286.84	2548.00	1105.52	1234.99	983.63
		3	28	2628.68	1469.12	2539.51	1337.24	2421.59	1397.53	976.69	767.81
		4	11	4350.39	2210.73	3653.79	1725.11	3645.48	1866.53	1244.69	1041.91
		5	3	4806.44	519.31	5262.78	685.48	4890.29	799.02	1712.67	1182.97
國道 1 號	往南	2	6	3226.28	1667.86	2417.06	1108.70	2430.90	1019.44	913.30	702.23
		3	38	2308.46	1277.08	2261.92	1138.64	2196.89	1122.94	751.83	627.84
		4	11	3599.03	1800.80	3487.03	1557.24	3320.36	1495.72	1215.40	1116.95
		5	1	3504.67	65.77	4158.67	821.35	3182.88	734.41	1028.50	813.68
國道 3 號	往北	2	6	280.00	187.85	404.22	310.69	344.65	263.84	84.07	97.48
		3	39	1545.99	1211.25	1630.25	1125.99	1278.20	878.61	391.64	448.23
		4	7	3348.62	1582.83	3713.00	1764.01	2748.96	1457.34	860.90	923.83
國道 3 號	往南	2	4	537.17	269.24	420.83	229.47	449.69	227.63	117.50	102.53
		3	36	1795.43	1222.01	1618.80	1179.93	1407.48	931.29	452.18	502.04
		4	5	3573.40	1515.38	2815.13	1117.18	2623.23	1168.89	794.38	772.61

表 5-12 延滯估計結果(小時)

時段	占用車道數	A1			A2			A3		
		件數	平均	標準差	件數	平均	標準差	件數	平均	標準差
晨峰	0	0	-	-	17	0	0	533	0	0
	1	4	1,090.82	2,181.64	101	157.79	287.95	1693	53.83	128.11
	2	1	20,648.33	-	12	18,795.37	26,906.54	32	4,513.45	5,033.86
	3	0	-	-	0	-	-	1	9,830.40	-
昏峰	0	1	0.00	0.00	15	0.00	0.00	592	0.00	0.00
	1	6	131.28	321.56	74	51.29	123.79	2244	26.62	73.48
	2	1	3,599.41	-	54	4,178.41	7,814.83	539	1,648.67	4,204.67
	3	0	-	-	3	23,752.95	5,459.86	13	8,958.40	4,423.78
日間離峰	0	3	0.00	0.00	45	0.00	0.00	909	0.00	0.00
	1	13	0.00	0.00	192	0.00	0.00	3272	0.00	0.00
	2	7	17,146.60	38,990.86	140	2,461.15	5,456.96	1034	1,778.29	4,350.96
	3	0	-	-	4	12,482.24	943.86	22	7,523.23	5,024.11
夜間離峰	0	4	0.00	0.00	28	0.00	0.00	236	0.00	0.00
	1	12	0.00	0.00	65	0.00	0.00	300	0.00	0.00
	2	13	4,238.87	10,653.85	180	1,845.08	4,288.06	1196	615.73	1,790.47
	3	2	30,282.93	0.00	4	3,898.60	4,578.72	9	2,629.41	3,502.21
總計		67	3,956.66	14,574.57	934.00	1,375.13	5,281.11	12,625.00	322.74	1,814.54

5.2 地區道路事故衝擊分析架構

高速公路與地區道路在車流特性及道路幾何特性差異甚大，因此，地區道路事故衝擊分析架構與高速公路分析架構不同，如圖 5.3 所示。本研究衡量之地區道路範圍係參考交通警察權責劃分，因此包含一般市區道路、高架道路及快速道路。地區道路衝擊分析考量事故發生位置於路口及路段，發生於路段之事故須考量車道縮減數，以衡量道路容量減少之程度；發生於路口之事故，則需考量各方向受到因路口受到占用位置及範圍，以決定各方向路口道路容量之減少程度。處理時間部分，本研究分別嘗試委託警察單位調查及舉辦專家學者座談，評估在事故嚴重度及縣市別差異下，推估事故處理時間。

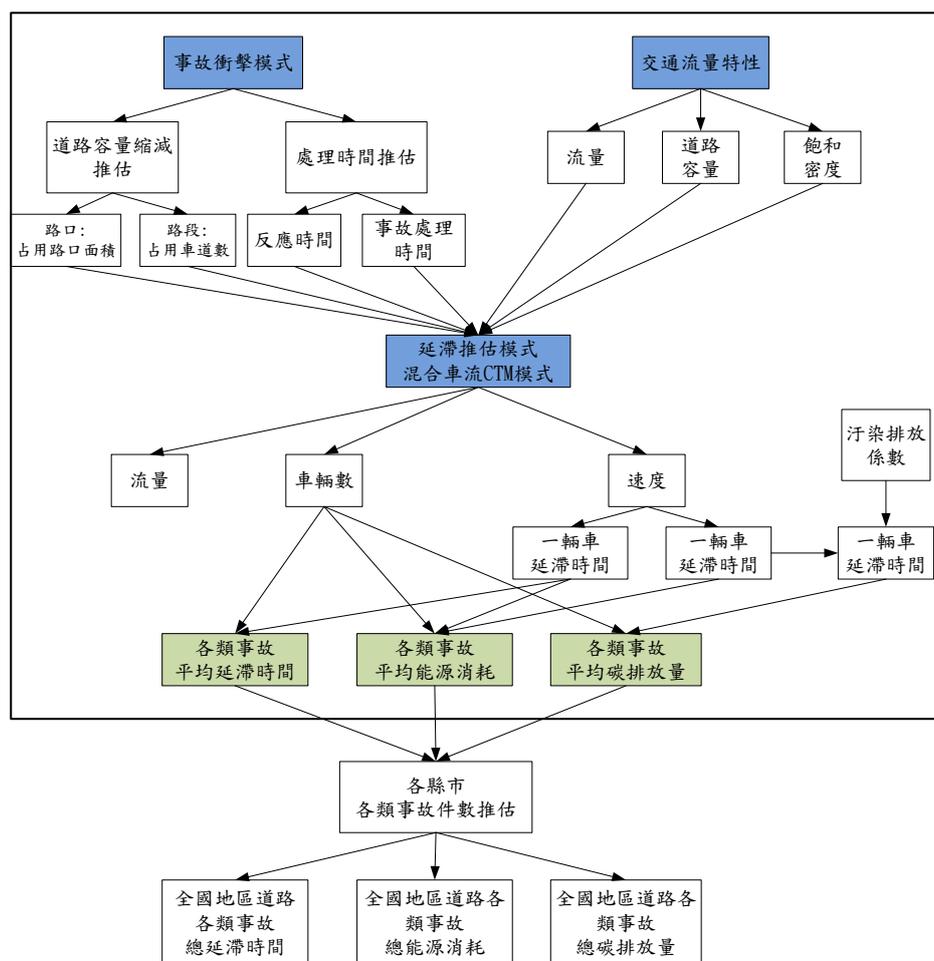


圖5.3 地區道路交通事故衝擊分析之系統化架構

5.2.1 地區道路事故持續時間推估

地區道路事故持續時間，囿於資料取得不易，難以建構事故持續時間推估模式。根據文獻回顧，事故在道路上的持續時間為事故被偵測時間開始到事故被清除或移到路外之間所耗費之時間，大致可以分為警員反應時間及現場處理時間。「警員反應時間」為警察局受理報案後，紀錄報案內容即通知分局分駐(派出)所備勤或線上巡邏勤務人員到達現場處理等所需之時間；「現場處理時間」為負責警員或勤務人員到達事故現場開始，到事故被清除或移出路外等不影響道路車輛行進等情況為止所需之時間。而曾平毅和楊明畢(2002)的研究收集了桃園縣民國 89 年 6、9、12 月及民國 90 年 3 月的事故反應時間資料統計得到各類事故的反應時間，其推估結果如表 5-13 所示。可以發現事故發生在不同時段與不同道路類別有不同的警員反應時間。

表 5-13 反應時間推估 (單位：分鐘)

時段	道路類別	反應時間	時段	道路類別	反應時間
深夜 (00:00 am- 06:00 am)	省道	8.18	下午 (12:00 pm-18:00 pm)	省道	8.03
	縣道	8.45		縣道	8.31
	鄉道	8.25		鄉道	8.11
	市區道路	7.62		市區道路	7.48
	村里道路	8.3		村里道路	8.16
	其他道路	7.45		其他道路	7.31
上午 (06:00 am-12:00 pm)	省道	8.13	夜晚 (18:00 pm-24:00 pm)	省道	8.09
	縣道	8.41		縣道	8.37
	鄉道	8.21		鄉道	8.17
	市區道路	7.58		市區道路	7.53
	村里道路	8.26		村里道路	8.22
	其他道路	7.41		其他道路	7.37

本研究委請臺北市交通大隊協助調查各件事故的持續時間，但因警員本身工作負擔重，且調查的時程太短無法調查到 A1 事故，資料回收的成效不佳。在樣本數不足且無 A1 事故無法代表整個地區事故母體的情況下，無法運用該筆資料建構地區道路的事故持續時間推估模式。因此，本研究另外以專家座談的方式，邀請熟悉事故處理流程

的資深警察進行訪談，利用專家訪談的共識來推估一般事故的現場處理時間。訪談結果，A1 事故因包含死亡鑑定需耗費較久時間，一件事故約 2 至 3 小時，因此，定義 A1 事故現場處理時間為 2.5 小時(150 分鐘)，A2 事故及 A3 事故根據訪談結果指出，此二類事大約在 10 分鐘左右可排除，但比對實際調查資料，A2 平均事故持續時間為 24.22 分鐘，A3 為 22.32 分鐘，扣除平均反應時間 8.04 分鐘，A2 事故現場處理時間為 16.18 分鐘，A3 事故為 14.28 分鐘，均比 10 分鐘長。因此，本研究以 16.18 分鐘與 14.28 分鐘作為 A2 及 A3 事故現場處理時間。進一步引用曾平毅和楊明畢(2002)研究內容的各類事故反應時間，整合臺北市交通大隊調查表的事故持續時間(道路占用時間)，得出各類事故的平均事故持續時間，以作為道路衝擊推估模式的輸入變數之用。各類事故持續時間推算如表 5-14 所示。此外，為了解各縣市警員到場時間之差異，本研究嘗試蒐集各縣市報案系統資料，但囿於各縣市報案系統資料屬包含肇事者個資取得不易，在座談會以了解部分地區有其差異，但因資料限制，本研究反應時間仍參考曾平毅和楊明畢(2002)之研究作為參考值。

表 5-14 現場處理時間與事故持續時間推算

時段	道路類別	反應時間 (分鐘)	推估事故持續時間(分鐘)		
			A1	A2	A3
深夜 (00:00 am– 06:00 am)	省道	8.18	158.18	24.38	22.48
	縣道	8.45	158.45	24.65	22.75
	鄉道	8.25	158.25	24.45	22.55
	市區道路	7.62	157.62	23.82	21.92
	村里道路	8.3	158.3	24.50	22.60
	其他道路	7.45	157.45	23.65	21.75
上午 (06:00 am-12:00 pm)	省道	8.13	158.13	24.33	22.43
	縣道	8.41	158.41	24.61	22.71
	鄉道	8.21	158.21	24.41	22.51
	市區道路	7.58	157.58	23.78	21.88
	村里道路	8.26	158.26	24.46	22.56
	其他道路	7.41	157.41	23.61	21.71

下午 (12:00 pm-18:00 pm)	省道	8.03	158.03	24.38	18.03
	縣道	8.31	158.31	24.65	18.31
	鄉道	8.11	158.11	24.45	18.11
	市區道路	7.48	157.48	23.82	17.48
	村里道路	8.16	158.16	24.50	18.16
	其他道路	7.31	157.31	23.65	17.31
夜晚 (18:00 pm-24:00 pm)	省道	8.09	158.09	24.33	18.09
	縣道	8.37	158.37	24.61	18.37
	鄉道	8.17	158.17	24.41	18.17
	市區道路	7.53	157.53	23.78	17.53
	村里道路	8.22	158.22	24.46	18.22
	其他道路	7.37	157.37	23.61	17.37

5.2.2 地區道路容量衝擊設定

有別於高速公路道路容量之衝擊，地區道路需探討路口及路段之差異，路口道路容量將影響各方向通過路口車流，而路段僅影響該方向車流，本研究在推估事故造成之延滯，分別針對路口及路段造成之事故加以估計。此部分將說明本研究如何設定路口及路段道路容量縮減，分述如后。

1. 路口道路容量衝擊設定

事故對路口之衝擊，係參考本研究蒐集之事故占用路口位置，本研究將路口劃分為九個區域，各占用區域對不同方向之影響亦不同。為反映各占用區域對路口容量影響之差異，於此參考我國 2011 年公路容量手冊針對不同道路情境求算之道路容量，分別考量號誌化路口及非號誌化路口之設定。由於公路容量手冊之推算已考慮轉向及車種因素，因此，假設此容量已包含左轉及右轉之容量。路口占用位置部分，則根據不同車道數考量不同的影響程度。透過式(5-40) 計算單一方向之容量(車輛數/小時)，其中，車道容量係參考 2011 年公路容量手冊之定義，號誌化路口係假設在週期 120 秒，綠燈時間 60 秒之路口，一車道容量為 776(車輛數/小時)，非號誌化路口則假設一車道 1,328(車輛數/小時)，本研究亦假設各車道容量皆相同，該路口總容量則為平均容量乘以車道數。為反映路口受到事故影響，考量路口調

整因子，路口調整因子式(5-41)係參考公路容量手冊對不同車道寬之調整因素，根據提出之數據以內差方式，假設車道寬為 3 公尺時調整因素為 1，車道寬為 2.4 公尺時，調整因素為 0.9，推倒得式(5-41)。另外，剩餘平均車道寬係考量九宮格不同位置對車道寬影響的百分比，如事故占用九宮格占用中間三個格子其中一格(2、5、8 格子)，則占用 25%車道寬，如占用最右側三個格子(3、6、9 格子)則占用 50%的車道寬，以此方式推估各方向受影響的程度。

$$\text{方向容量}=\text{車道容量}\times\text{該方向車道數}\times\text{路口影響調整因子} \quad (5-40)$$

$$\text{路口影響調整因子}=0.5+(\text{剩餘平均車道寬}/6) \quad (5-41)$$

$$\text{剩餘車道寬}=\text{原車道寬}\times\text{占用區域影響程度} \quad (5-42)$$

2. 路段道路容量衝擊設定

路段係考量巷、弄及街、路之差異，假設街及路部分參考公路容量手冊，假設平均車道容量為 1,328(車輛數/小時)，巷及弄部分則假設其車道寬較街路小，將容量乘以車道寬調整因子 0.9，設定 1243.28(車輛數/小時)為巷弄道路之車道容量。路段車道容量縮減，則係根據占用車道數為影響因子。

5.2.3 地區道路事故延滯模式

1. 延滯模式設定

地區道路事故延滯模式係參考，邱裕鈞與謝志偉 (2012) 提出之格位傳遞模式，此模式考量汽車 ($n_i^c(t)$) 與機車 ($n_i^m(t)$) 兩種車種，以考慮汽車與機車車流行為，並將機車與汽車之互動行為分為三種型態，分別為無競爭、最大流量競爭及下游儲車空間競爭。在模式構建中，確立混合車流之競爭關係，分別為無競爭、最大流量競爭及剩餘儲車空間競爭，然這三個競爭關係是將單一車流格位傳遞模式加入混合車流之特性構建混合車流格位傳遞模式，進而考慮汽車 ($n_i^c(t+1)$) 及機車 ($n_i^m(t+1)$)，如式 (5-43) 和式 (5-44) 所示，式中的 $y_i^c(t)$ 和 $y_i^m(t)$ 分別為由上述的三種競爭關係得來，整理成式 (5-45)

和式 (5-46)。根據地區道路特性設定模式參數如表 5-15 所示。

$$n_i^c(t+1) = n_i^c(t) + y_i^c(t) - y_{i+1}^c(t) \quad (5-43)$$

$$n_i^m(t+1) = n_i^m(t) + y_i^m(t) - y_{i+1}^m(t) \quad (5-44)$$

$$y_i^c(t) = \min \left\{ n_{i-1}^c(t), [1 - R_m^Q(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t))] \times Q_i(t), \frac{[1 - R_m^s(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t))] \times S_i(t)}{l} \right\} \quad (5-45)$$

$$y_i^m(t) = \min \left\{ n_{i-1}^m(t), \frac{[R_m^Q(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t))] \times Q_i(t)}{\alpha}, R^s(n_{i-1}^c(t), n_{i-1}^m(t)) \times S_i(t) \right\} \quad (5-46)$$

表 5-15 延滯推估模式參數設定表

模式參數	速限 50(公里/時)
速度(公里/時)	50
速度(公尺/秒)	30
每一時階長度(秒)	2
格位長度(公尺)	27.7
平均車長(公尺)	機車 1 公尺、汽車 6 公尺

2. 地區道路流量參數設定

在地區道路流量的部分，事故地點的車流狀態是延滯推估模式的重要輸入變數，但由於並非台北市的所有道路都有流量資料，本研究根據從台北市交工處獲得的 1,564 條道路的流量調查資料來彙整，對各類別道路整理出一平均道路流量值。

本研究蒐集臺北市交工處調查之 2012 年交通流量公開資料，其中臺北市交工處有調查流量的道路總計有 1564 條。由於車道數多寡會影響道路容量，市區的巷弄道路和一般街路也會有容量的差異，因此將地區道路依單向車道數與道路等級分為 8 類（地區道路未有單向三車道以上的巷弄，因此單向三車道以上的分類不考慮「巷弄」此道路等級）。

另外，考量在尖離峰時段的地區道路流量可能存在差異，但台北市交工處的流量調查資料只有尖峰時段的流量，本研究另外從台北市有提供全時段 VD 流量資料的 48 個道路偵測器的各時段道路流量資

料進行彙整，取得在不同車道數與道路等級的各類離峰時段佔尖峰時段流量之比例值，以此回推出各道路分類在尖離峰時段的不同道路流量。最後如表 5-16 所示依不同時段、不同單向車道數與不同道路等級，得到這 24 類道路的個別道路流量平均值作為地區道路衝擊推估模式的輸入變數。各道路分類的詳細流量平均值列於表 5-17。

表 5-16 道路流量分類

時段	單向車道數	道路等級
尖峰 (07-09 & 17-19) 日間離峰 (09-17) 夜間離峰 (19-07)	單向一車道	巷、弄
		街、路
	單向兩車道	巷、弄
		街、路
	單向三車道	街、路
	單向四車道	街、路
	單向五車道	街、路
	單向六車道	街、路
	單向七車道	街、路
	單向八車道	街、路
	單向十車道	街、路

表 5-17 各道路分類之平均流量值(單位：輛)

時段	單向車道數	道路等級	時段比例	小汽車流量	機車流量
尖峰 (07am-09am)+ (17pm-19pm)	單向一車道	巷、弄	40.59%	132.26	339.06
		街、路	40.59%	241.91	402.99
	單向兩車道	巷、弄	40.39%	259.35	362.97
		街、路	40.39%	541.53	893.72
	單向三車道	街、路	41.23%	860.70	1135.31
	單向四車道	街、路	42.68%	1222.75	1555.97
	單向五車道	街、路	40.19%	1479.91	1733.57
	單向六車道	街、路	37.97%	2113.56	1295.81
	單向七車道	街、路	37.97%	1508.39	1159.66
	單向八車道	街、路	37.97%	2200.29	1489.24
	單向十車道	街、路	37.97%	3481.26	1893.57
日間離峰 (09am-17pm)	單向一車道	巷、弄	39.76%	129.56	332.13
		街、路	39.76%	236.96	394.75
	單向兩車道	巷、弄	39.28%	252.19	352.96
		街、路	39.28%	526.59	869.06
	單向三車道	街、路	38.92%	812.43	1071.63
	單向四車道	街、路	39.76%	1139.10	1449.53
	單向五車道	街、路	40.31%	1484.49	1738.93
	單向六車道	街、路	40.81%	2271.22	1392.47
	單向七車道	街、路	40.81%	1620.91	1246.17
	單向八車道	街、路	40.81%	2364.42	1600.33
單向十車道	街、路	40.81%	3740.95	2034.82	
夜間離峰 (19pm-07am)	單向一車道	巷、弄	19.65%	64.02	164.11
		街、路	19.65%	117.09	195.05
	單向兩車道	巷、弄	20.33%	130.57	182.74
		街、路	20.33%	272.64	449.95
	單向三車道	街、路	19.85%	414.28	546.45
	單向四車道	街、路	17.57%	503.29	640.45
	單向五車道	街、路	19.50%	718.06	841.13
	單向六車道	街、路	21.22%	1181.05	724.09
	單向七車道	街、路	21.22%	842.88	648.02
	單向八車道	街、路	21.22%	1229.52	832.18
單向十車道	街、路	21.22%	1945.32	1058.12	

5.3 小結

本研究針對高速公路與地區道路分別建構事故衝擊分析系統，在不同層級的系統中，各考量適合該道路類型的分析模式，為方便後續參考，本研究將各架構採用之模式及參數彙整於表 5-18，與事故相關之資料，均來自於高速公路局之事故調查表資料，地區道路事故資料則來自於臺北市事故調查表資料。延滯推估模型主要係採用格位傳遞模式及混合車流格位傳遞模式。為反映事故對交通之衝擊，高速公路部分分別建構事故持續時間模式及占用車道模式；地區道路則透過警員繪製之事故現場圖、值勤警員協助調查及專家學者座談會推估事故持續時間及事故占用車道空間情形。此外，為使模擬結果能趨近實際道路狀況，本研究參考公路容量手冊設定之參數及模式進行參數設定。根據此章節建構之系統化分析架構，可推估車輛運行的速度及不同道路位置之密度，藉由這兩參數不僅可評估事故造成之延滯，亦可推估能源消耗、碳排放量及汙染排放量，於下一章節將說明本研究如何推估能源消耗、碳排放量及汙染排放量。

表 5-18 道路交通事故衝擊分析架構

道路型式	推估模式	參考資料	輸入變數(單位)	變數來源	輸出變數
高速公路	高速公路事故延滯模式	格位傳遞模式 (Dagnazo,1994)	事故持續時間(分鐘)	事故持續時間推估模式	密度(車輛數/公里)
			占用車道數(車道)	占用車道數推估模式	速度(公里/小時)
			道路容量(車輛數/小時/車道)	研究假設	延滯(車小時)
			車流資料(車輛數/小時/車道)	高速公路局 VD 資料	
	事故持續時間推估模式	加速失效模型為存活分析參數模型	ln(牽涉車輛數)	高速公路事故通報簡訊	事故持續時間
			ln(占用車道數)	占用車道數推估模式	
			有無死亡(有=1,無=0)	事故調查表資料	
			有無受傷(有=1,無=0)	事故調查表資料	
			晨峰時間(5點-8點)(是=1,否=0)	事故調查表資料	
			夜間離峰(是=1,否=0)	事故調查表資料	
			有無大型車(有=1,無=0)	事故調查表資料	
			起火事故(是=1,否=0)	事故調查表資料	
			翻車事故(是=1,否=0)	事故調查表資料	
			追撞事故(是=1,否=0)	事故調查表資料	
			隧道事故(是=1,否=0)	事故調查表資料	
國道警察第四警察隊轄區(是=1,否=0)	本研究估測				
國道警察第五警察隊轄區(是=1,否=0)	本研究估測				

道路型式	推估模式	參考資料	輸入變數(單位)	變數來源	輸出變數	
	占用車道數推估模式	順序性羅吉特模式	ln(牽涉車輛數)	高速公路事故通報簡訊	占用車道數	
			有無受傷(有=1,無=0)	事故調查表資料		
			晴或陰天(是=1,否=0)	事故調查表資料		
			暴雨(是=1,否=0)	事故調查表資料		
			晨峰時間(5點-8點)(是=1,否=0)	事故調查表資料		
			夜間離峰(是=1,否=0)	事故調查表資料		
			國道3號(是=1,否=0)	事故調查表資料		
			有無大型車(有=1,無=0)	事故調查表資料		
			起火事故(是=1,否=0)	事故調查表資料		
			翻車事故(是=1,否=0)	事故調查表資料		
			追撞事故(是=1,否=0)	事故調查表資料		
			隧道事故(是=1,否=0)	事故調查表資料		
			國道警察第四警察隊轄區(是=1,否=0)	本研究估測		
			國道警察第五警察隊轄區(是=1,否=0)	本研究估測		
地區道路	事故延滯模式	混合車流格位傳遞模式 (邱裕鈞、謝志偉,2012)	路口	反應時間(分鐘)	交通事故處理時間之特性分析 (曾平毅和楊明畢,2002)	密度(車輛數/公里)
				事故現場排除時間(分鐘)	警察座談會及執勤警員調查表	速度(公里/小時)
				道路容量(車輛數/小時/車道)	參考 2012 公路容量手冊假設	延滯(車小時)
				路口占用空間	蒐集事故現場圖統計	

道路型式	推估模式	參考資料	輸入變數(單位)		變數來源	輸出變數
				車流資料(車輛數/小時/車道)	臺北市區流量	
			路 段	反應時間(分鐘)	交通事故處理時間之特性分析 (曾平毅和楊明畢,2002)	密度(車輛數/公里)
				事故現場排除時間(分鐘)	警察座談會及執勤警員調查表	速度(公里/小時)
				占用車道數(車道數)	蒐集事故現場圖統計	延滯(車小時)
				道路容量(車輛數/小時/車道)	臺北市區流量	
				車流資料(車輛數/小時/車道)	警察座談會及執勤警員調查表	

第六章 道路交通事故耗能及排碳量推估與分析

透過道路交通事故衝擊推估架構，分別推估高速公路及地區道路事故對道路之衝擊。根據本研究擬定之道路交通事故耗能及排碳量推估架構(圖 5-1 及圖 5-3)，高速公路與地區道路耗能及排碳量推估主要參數均來自於延滯模式之輸出變數(密度及速度)。本章節將先說明能源消耗推估架構在說明排碳量及其他污染推估架構。

6.1 能源消耗推估架構

本研究能源消耗之推估包含路延滯衍生之能源消耗、傷者後送醫療、事故排除及調查及其他因道路交通衍生之能源消耗，分述如后。

6.1.1 道路延滯衍生之能源消耗推估

本研究之能源消耗推估架構，主要結合能源消耗、污染排放推估模式及本研究建構之道路延滯推估模式。高速公路與地區道路主要差異在估算車種之差異，高速公路係假設所有車種均為汽車，而地區道路包含汽車及機車，因此在參數的考慮上給予不同之設定。本研究能源消耗推估模式主要參考交通部運輸研究所(2010)在能源消耗、污染排放推估模式與永續運輸模式之整合應用之研究計畫所提出之能源消耗模式如式(6-1)所示。此式反應不同速度下能源消耗，另外，本研究該研究亦提出車輛怠速之耗能，設定怠速耗能為 0.6223059(克/秒)。為求得事故總耗能，將式(6-1) 推估而得之耗能乘上格位傳遞模式，所劃分之格位內延滯時間，求算該格位總能源消耗，如式(6-2)。考量汽油之消耗係以公升單位計，參考 95 無鉛汽油密度 0.7573(克/毫升)轉換單位為公升。另外，為推估機車能源消耗，本研究參考經濟部能源局 102 年出版之車輛耗油指南，排氣量 1,800 c.c.至 2,400 c.c.小客車對應美國(FTP-75)測試方法之平均能源效率為 13.5(公里/公升)，以及 100 c.c. 至 150 c.c.機車之平均能源效率為 44.9(公里/公升)，計算兩者比值(0.30)，作為汽車能源消耗轉換調整因子，如式(6-3)。

$$\text{汽車能源消耗(克/秒)} = 0.47657233 + 0.0271369V - 0.00009853V^2 \quad (6-1)$$

$$\text{總能源消耗(公升)} = \text{能源消耗(克/秒)} \times \text{延滯時間(秒)} / 757(\text{公升/克}) \quad (6-2)$$

$$\text{機車能源消耗(克/秒)} = \text{汽車能源消耗(克/秒)} * 0.30 \quad (6-3)$$

本研究將以上述關係式，整合高速公路及市區道路延滯推估模式之輸出變數，推估能源消耗。

6.1.2 傷者後送醫療能源消耗推估

事故衍生之能源消耗，不僅涵蓋道路衝擊部分，亦包含傷者後送醫療、事故排除及調查及其他因事故產生之能源消耗。此小節將先說明傷者後送醫療能源消耗推估方式。此部分參考各縣市救護車數量及該縣市面積如式(6-4)所示。行駛時間係參考每一輛救護車服務範圍，根據服務範圍求直徑，以直徑作為救護車從醫院或消防隊出發，接送傷患至醫院之距離，各縣市救護車數及服務範圍推估如表 6-1 所示。此外，高速公路事故則需考量救護車上下交流道，因此，高速公路事故救護車服務範圍加入交流道平均間距(7.98 公里)。每件事故派出救護車假設 A1 事故 1 輛、A2 事故 1 輛，A3 事故 0 輛。

$$\begin{aligned} \text{傷者後送醫療能源消耗} = & \text{行駛時間(秒)} \times \text{能源消耗係數(g/s)} \times \\ & \text{派出救護車輛數} \times \text{各類事件數(A1,A2,A3)} \\ & / 757(\text{公升/克}) \end{aligned} \quad (6-4)$$

其中，地區道路行駛時間(秒)=[2×(服務範圍/3.14)^{0.5}]/平均行車速率

高速公路行駛時間(秒)=[2×(服務範圍/3.14)^{0.5}+交流道平均間距]/平均行車速率

服務範圍(輛/平方公里)=該縣市救護車數/土地面積

派出救護車輛數：A1=1 輛，A2=1 輛，A3=0

表 6-1 各縣市救護車服務範圍推估

縣市	土地面積 (平方公里)	救護車數 (輛)	服務範圍 (輛/平方公里)	救護車服務距離 (公里)
新北市	2052.57	7140	0.29	0.15
臺北市	271.80	1483	0.18	0.12
臺中市	2214.90	3683	0.60	0.22
臺南市	2191.65	1313	1.67	0.36
高雄市	2947.62	2456	1.20	0.31
宜蘭縣	2143.63	413	5.19	0.64
桃園縣	1220.95	853	1.43	0.34
新竹縣	1427.54	269	5.31	0.65
苗栗縣	1820.31	22	82.74	2.57
彰化縣	1074.40	832	1.29	0.32
南投縣	4106.44	332	12.37	0.99
雲林縣	1290.83	372	3.47	0.53
嘉義縣	1903.64	649	2.93	0.48
屏東縣	2775.60	55	50.47	2.00
臺東縣	3515.25	290	12.12	0.98
花蓮縣	4628.57	517	8.95	0.84
澎湖縣	126.86	24	5.29	0.65
基隆市	132.76	396	0.34	0.16
新竹市	104.15	336	0.31	0.16
嘉義市	60.03	24	2.50	0.45
金門縣	151.66	56	2.71	0.46
連江縣	28.80	6	4.80	0.62

註：救護車數資料來源為內政部消防署 2012 年資料

6.1.3 事故排除及調查能源消耗推估

本研究綜整事故處理警員座談及參考曾平毅和楊明畢(2001)研究之分析，彙整得到當 A1 及 A2 事故發生，會有轄區員警及交通大隊員警到場處理，因此，A1 及 A2 事故會有兩輛警車到達事故現場，而 A3 僅有交通大隊警員到場處理，因此，定義只有一輛警車到達事

故現場。此外，本研究分析進一步分析各交通大隊之據點，發現交通大隊大多駐點於各縣市分局，而轄區警員則派駐在派出所或分駐所，為求交通警察及轄區員警到場之距離，本研究分別蒐集各縣市分局數及派出(分駐)所數，結合該縣市土地面積，估算該縣市警員之服務範圍及距離，如式(6-5)。其中，國道高速公路警察大隊分局服務範圍為各分局轄區平均長度。

$$\text{事故排除及調查能源消耗} = \text{行駛時間(秒)} \times \text{能源消耗係數(g/s)} \times \text{派出救護車輛數} \times \text{各類事件數(A1,A2,A3)} / 757(\text{公升/克}) \quad (6-5)$$

其中，地區道路行駛時間(秒)=[2×(服務範圍/3.14)^{0.5}]/平均行車速率
 高速公路行駛時間(秒)= [2×(服務範圍/3.14)^{0.5}+交流道平均間距]/平均行車速率

交通大隊服務範圍(輛/平方公里)=該縣市警察分局數/土地面積
 轄區員警服務範圍(輛/平方公里)=該縣市派出所數/土地面積
 國道高速公路警察大隊分局服務範圍=
 各分局轄區平均長度(公里)

交通大隊派出車輛數： A1=1, A2=1, A3=1

轄區員警派出車輛數： A1=1, A2=1, A3=0

表 6-2 各縣市分局及派出所服務範圍推估

縣市	土地面積 (平方公里)	分局數	服務範圍 (輛/平方公里)	交通警察服務距離 (公里)	派出所數	服務範圍 (輛/平方公里)	交通警察服務距離 (公里)
新北市	2052.57	16	128.29	3.20	158	12.99	1.02
臺北市	271.80	14	19.41	1.24	95	2.86	0.48
臺中市	2214.90	14	158.21	3.55	118	18.77	1.22
臺南市	2191.65	16	136.98	3.30	147	14.91	1.09
高雄市	2947.62	17	173.39	3.71	134	22.00	1.32
宜蘭縣	2143.63	5	428.73	5.84	56	38.28	1.75
桃園縣	1220.95	10	122.10	3.12	81	15.07	1.10
新竹縣	1427.54	4	356.89	5.33	61	23.40	1.36
苗栗縣	1820.31	5	364.06	5.38	70	26.00	1.44
彰化縣	1074.40	8	134.30	3.27	72	14.92	1.09
南投縣	4106.44	8	513.31	6.39	91	45.13	1.89
雲林縣	1290.83	6	215.14	4.14	65	19.86	1.26
嘉義縣	1903.64	6	317.27	5.02	80	23.80	1.38
屏東縣	2775.60	7	396.51	5.62	81	34.27	1.65
臺東縣	3515.25	4	878.81	8.36	73	48.15	1.96
花蓮縣	4628.57	5	925.71	8.58	67	69.08	2.34

縣市	土地面積 (平方公里)	分局數	服務範圍 (輛/平方公里)	交通警察服務距離 (公里)	派出所數	服務範圍 (輛/平方公里)	交通警察服務距離 (公里)
澎湖縣	126.86	3	42.29	1.83	29	4.37	0.59
基隆市	132.76	4	33.19	1.63	23	5.77	0.68
新竹市	104.15	3	34.72	1.66	15	6.94	0.74
嘉義市	60.03	2	30.02	1.55	12	5.00	0.63
金門縣	151.66	2	75.83	2.46	6	25.28	1.42
連江縣	28.80	4	7.20	0.76	2	14.40	1.07

6.1.4 其他因事故衍生之能源消耗推估

其他因事故衍生之能源消耗，如設施損毀、車輛損毀及傷者後續照護，這些項目在事故成本中所占之比例較低，也較少研究估計。因此，本研究參考運輸研究所(2012)執行之道路交通事故成本推估之研究計畫，推估設施損毀、車輛損毀及傷者後續照護衍生之能源消耗。該研究已 99 年法院判決事故醫療行為衍生之交通及停車成本為平均每人 15,687 元，假設停車費占 30%，交通成本為 10,980 元，99 年 95 無鉛汽油平均油價每公升 30.68 元，估算後續醫療照護每人耗能約為 358 公升油料。設施損毀、車輛損毀部分，則參考法院判決金額占總賠償金額之比例，非車輛財產賠償為 0.2%，車輛賠償約為 0.8%，本研究將以此比例做為設施損毀和車輛損毀占總能耗之比例。

6.2 排碳量及汙染氣體推估

排碳量及汙染氣體之推估，主要參考環保署「溫室氣體排放係數管理表(5.0)版本」，該資料庫包含固定源與移動源(燃料)CO₂ 排放係數、固定源與移動源(燃料)CH₄ 排放係數及固定源與移動源(燃料)N₂O 排放係數。本研究主要參考其提出之移動源 CO₂、CH₄ 及 N₂O 係數，如表 6-3 所示。本研究將上述求得之能耗(公升)，以排放係數轉換。

表 6-3 二氧化碳及其他汙染物排放係數

汙染物	排放係數	單位
二氧化碳	2.26	KgCO ₂ /L
甲烷	0.000816	KgCH ₄ /L
二氧化氮	0.000261	KgN ₂ O/L

第七章 道路交通事故延滯、耗能及排碳量推估分析

本章節將以國內實際數據推估我國道路交通事故延滯、耗能及排碳量。囿於事故資料取得之難易程度不同，高速公路部分以 2010 年事故資料進行推估，地區道路資料則以 2012 年推估。可分別推估高速公路及地區道路一年期之道路交通事故延滯、耗能及排碳量。

7.1 高速公路道路交通事故延滯、耗能及排碳量推估分析

根據高速公路道路交通事故延滯、耗能及排碳量推估架構，以及高速公路事故資料取得之完整性，本研究可估計 2010 年每一件事故產生之延滯、耗能及排碳量，此部分將分別分析延滯、耗能及排碳量推估結果。

7.1.1 延滯推估分析

高速公路係針對各事故進行推估，最後結果可根據整體分析架構擬定之分類呈現各事故之延滯。本研究針對各類型事故分類結果發現，如分類種類太過於繁雜，易造成部分分類無事故件數。因此，將道路類型根據事故嚴重度、尖離峰時間、占用車道數、是否包含大車作為分類基準，共分成 76 種型態，如附件 7 所示。為方便後續計算及說明，本研究將 76 類再進一步縮減成表 7-1，99 年高速公路事故延滯推估結果。

99 年高速公路事故總延滯時間為 5,62.4 萬小時，其中，A1 事故為 26.5 萬車小時佔總延滯 5%，A2 事故為 128.4 萬車小時佔總延滯 23% 及 A3 事故為 407.46 萬小時佔 73%。由於 A3 事故件數較多，因此總延滯時間較高。另外，本研究將一天 24 小時劃分為 24 個時段，探討在晨峰(3 時段)、昏峰(3 時段、日間離峰(9 時段)及夜間離峰(9 時段)每單位時段之延滯時間，可發現以昏峰之每單位時段 45.66 萬車小時最高，日間離峰 26.83 萬車小時次之。

此外，觀察發生延滯件數如表 7-2，未占用車道之事故均未產生延滯，離峰時間占用 2 車道以上之事故才會產生延滯，而在尖峰時間占用 1 車道就會產生延滯，以此結果發現，本研究建構之模式可反映占用車道數縮減道路容量所造成之延滯。

表 7-1 高速公路事故延滯推估結果(萬車小時)

時段	事故型態			總計	萬車小時/ 時段	比例(%)
	A1	A2	A3			
晨峰	2.5	24.15	24.54	51.19	17.06	16.36
昏峰	0.44	30.07	106.48	136.99	45.66	43.78
離峰	12	39.45	200.43	251.88	27.99	26.83
夜間	11.57	34.77	76.01	122.35	13.59	13.03
總計	26.51	128.44	407.46	562.4	104.31	

表 7-2 發生延滯件數

時段	占用車道數	A1	A2	A3	發生延滯 件數
		平均	平均	平均	
晨峰	0	0	0	0	0
	1	1	26	287	314
	2	1	11	32	44
	3	0	0	1	1
昏峰	0	0	0	0	0
	1	1	11	282	294
	2	1	54	539	594
	3	0	3	12	15
日間離峰	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0
	2	6	109	719	834
	3	0	4	18	22
夜間離峰	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0
	2	2	33	139	174
	3	2	2	5	9

發生延滯件數	14	253	2,034	2,301
總件數	67	934	12,625	13,626
%	20.90	27.09	16.11	16.89

進一步分析各事故嚴重度平均延滯時間(如表 7-3)，A1 事故為死亡車禍，車禍現場處理時間較長，對道路衝擊較久，因此，延滯時間較 A2 及 A3 事故長。另外，在同一類型事故中，占用越多車道之事故延滯時間越長。

表 7-3 平均每件事故延滯估計結果(車小時)

時段	占用車道數	A1			A2			A3		
		件數	平均	標準差	件數	平均	標準差	件數	平均	標準差
晨峰	0	0	-	-	17	0.00	0.00	533	0.00	0.00
	1	4	1,090.82	2,181.64	101	157.79	287.95	1693	53.83	128.11
	2	1	20,648.33	-	12	18,795.37	26,906.54	32	4,513.45	5,033.86
	3	0	-	-	0	-	-	1	9,830.40	-
昏峰	0	1	0.00	0.00	15	0.00	0.00	592	0.00	0.00
	1	6	131.28	321.56	74	51.29	123.79	2244	26.62	73.48
	2	1	3,599.41	-	54	4,178.41	7,814.83	539	1,648.67	4,204.67
	3	0	-	-	3	23,752.95	5,459.86	13	8,958.40	4,423.78
日間離峰	0	3	0.00	0.00	45	0.00	0.00	909	0.00	0.00
	1	13	0.00	0.00	192	0.00	0.00	3272	0.00	0.00
	2	7	17,146.60	38,990.86	140	2,461.15	5,456.96	1034	1,778.29	4,350.96
	3	0	-	-	4	12,482.24	943.86	22	7,523.23	5,024.11
夜間離峰	0	4	0.00	0.00	28	0.00	0.00	236	0.00	0.00
	1	12	0.00	0.00	65	0.00	0.00	300	0.00	0.00
	2	13	4,238.87	10,653.85	180	1,845.08	4,288.06	1196	615.73	1,790.47
	3	2	30,282.93	0.00	4	3,898.60	4,578.72	9	2,629.41	3,502.21
總計		67	3,956.66	14,574.57	934	1,375.13	5,281.11	12,625	322.74	1,814.54

7.1.2 能源消耗推估分析

根據本研究建構之能源消耗推估架構，道路衝擊造成之能源消耗，推估結果如表 7-4 所示，總能源消耗為 16,294.97 公秉，以 A3 占 73% 比例為最高，其次為 A2 占 23%，A1 事故則僅占 5%。高速公路總能源消耗，如表 7-5，總能源消耗包含道路衝擊、傷者後送醫療、事故排除及調查、醫療後續照護、車輛損毀及設施損毀等項目共 16,536 公秉，以道路衝擊能源消耗最高佔 98.54%，其他項目均不超過 1%，顯示事故造成之能源消耗主要來自於對道路造成之延滯。進一步分析每件事務之能源消耗如表 7-6，A1 事故平均每件 1.13 萬公升，A2 事故平均每件 0.4 萬公升，A3 事故平均每件 0.09 萬公升，顯示高速公路事故嚴重度越高，能源消耗越高。

表 7-4 99 年高速公路事故道路衝擊能源消耗(公秉)

時段	事故型態			總計
	A1	A2	A3	
晨峰	74.77	704.47	733.79	1,513.02
昏峰	12.23	874.48	3,171.69	4,058.40
日間離峰	343.82	1,133.49	5,799.54	7,276.85
夜間離峰	325.79	980.77	2,140.14	3,446.70
總計	756.60	3,693.21	11,845.16	16,294.97

表 7-5 99 年高速公路事故總能源消耗(公秉)

項目	事故型態						總計	%
	A1	%	A2	%	A3	%		
道路衝擊	756,604.20	98.96	3,693,205.72	98.70	11,845,158.47	98.47	16,294,968.39	98.54
傷者後送醫療	61.30	0.01	854.57	0.02	0.00	0.00	915.87	0.01
事故排除及調查	347.54	0.05	4,844.74	0.13	65,487.03	0.54	70,679.31	0.43
醫療後續照護	0.00	0.00	5,981.96	0.16	0.00	0.00	5,981.96	0.04
車輛損毀	6,056.10	0.79	29,639.10	0.79	95,285.16	0.79	130,980.36	0.79
設施損毀	1,514.03	0.20	7,409.77	0.20	23,821.29	0.20	32,745.09	0.20
總計	764,583.17	100.00	3,741,935.86	100.00	12,029,751.96	100.00	16,536,270.99	100

表 7-6 平均每件事故能源消耗估計結果(公秉)

時段	占用車道數	A1		A2		A3	
		平均	標準差	平均	標準差	平均	標準差
晨峰	0	-	-	-	0	0	0
	1	3.24	6.49	0.48809	0.88664	0.16983	0.4021
	2	61.79	-	54.60	78.92	13.11	14.78
	3	-	-	-	-	26.87	-
昏峰	0	0	-	0	0	0	0
	1	0.40205	0.98482	0.16194	0.39081	0.0854	0.23469
	2	9.81	-	12.26	23.01	4.90	12.36
	3	-	-	66.86	13.50	25.89	10.69
日間離峰	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	0
	2	49.12	112.48	7.08	15.83	5.15	12.62
	3	-	-	35.49	3.28	21.38	12.91
夜間離峰	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	0
	2	11.99	30.13	5.21	12.11	1.73	5.05
	3	84.97	0	10.83	12.73	7.28	9.75
總計		11.29	41.84	3.95	15.31	0.93823	5.25

7.1.3 排碳量及污染氣體推估分析

本研究除推估排碳量，亦推估甲烷及氮氧化物等污染氣體，推估結果如表 7-7 所示。污染氣體以二氧化碳排放量最多總量為 3.6 公噸，其次為甲烷 13.3 公噸，最後為氮氧化物 4.25 公噸。表 7-8 為總碳排放量推估，總計為 3.74 萬公噸碳排放量，由於碳排放量是根據能源消耗乘上排碳係數，因此，其比例分配與能耗相同。平均事故排放量如表 7-9 至表 7-11 所示，二氧化碳 A1 事故平均一件為 25.56 公噸，A2 事故平均一件為 8.9 公噸，A3 事故平均一件為 2 公噸。

表 7-7 二氧化碳及污染氣體推估結果(公噸)

氣體	事故型態			總計
	A1	A2	A3	
二氧化碳	1,712.30	8,358.22	26,807.17	36,877.68
甲烷	0.62	3.01	9.67	13.30
N2O	0.20	0.96	3.09	4.25

表 7-8 99 年高速公路事故總碳排(公噸)

項目	事故型態						總計	%
	A1	%	A2	%	A3	%		
道路衝擊	1,712.30	98.96	8,358.22	98.70	26,807.17	98.47	36,877.68	98.54
傷者後送醫療	0.14	0.01	1.93	0.02	0.00	0.00	2.07	0.01
事故排除及調查	0.79	0.05	10.96	0.13	148.21	0.54	159.96	0.43
醫療後續照護	0.00	0.00	13.54	0.16	0.00	0.00	13.54	0.04
車輛損毀	13.71	0.79	67.08	0.79	215.64	0.79	296.43	0.79
設施損毀	3.43	0.20	16.77	0.20	53.91	0.20	74.11	0.20
總計	1,730.35	100.00	8,468.50	100.00	27,224.93	100.00	37,423.78	100.00

表 7-9 平均每件事二氧化碳估計結果(公斤)

時段	占用車道數	A1		A2		A3	
		平均	標準差	平均	標準差	平均	標準差
晨峰	0	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00
	1	7,340.57	14,681.14	1,104.62	2,006.59	384.36	910.01
	2	139,843.78	-	123,561.54	178,608.33	29,660.47	33,440.06
	3	-	-	-	-	60,809.25	-
昏峰	0	0.00	-	0.00	0.00	0.00	0.00
	1	909.90	2,228.78	366.49	884.45	193.27	531.13
	2	22,211.82	-	27,740.90	52,075.21	11,099.17	27,976.65
	3	-	-	151,312.60	30,562.02	58,600.20	24,185.82
日間離峰	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	111,159.91	254,567.64	16,028.03	35,834.80	11,663.91	28,554.13
	3	-	-	80,326.68	7,424.19	48,392.73	29,220.06
夜間離峰	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	27,131.72	68,198.51	11,786.33	27,406.24	3,925.76	11,419.66
	3	192,293.46	0.00	24,518.58	28,802.43	16,469.23	22,062.06
總計		25,556.65	94,695.73	8,948.84	34,655.47	2,123.34	11,888.01

表 7-10 平均每件事甲烷估計結果(公斤)

時段	占用車道數	A1		A2		A3	
		平均	標準差	平均	標準差	平均	標準差
晨峰	0	-	-	-	0.00	0.00	0.00
	1	2.65	5.29	0.40	0.72	0.14	0.33
	2	50.42	-	44.55	64.40	10.69	12.06
	3	-	-	-	-	21.93	-
昏峰	0	0.00	-	0.00	0.00	0.00	0.00
	1	0.33	0.80	0.13	0.32	0.07	0.19
	2	8.01	-	10.00	18.78	4.00	10.09
	3	-	-	54.56	11.02	21.13	8.72
日間離峰	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	40.08	91.79	5.78	12.92	4.21	10.30
	3	-	-	28.96	2.68	17.45	10.54
夜間離峰	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	9.78	24.59	4.25	9.88	1.42	4.12
	3	69.33	0.00	8.84	10.39	5.94	7.95
總計		9.21	34.14	3.23	12.50	0.77	4.29

表 7-11 平均每件事氮氧化物估計結果(公斤)

時段	占用車道數	A1		A2		A3	
		平均	標準差	平均	標準差	平均	標準差
晨峰	0	-	-	-	0.00	0.00	0.00
	1	0.85	1.69	0.13	0.23	0.04	0.10
	2	16.13	-	14.25	20.60	3.42	3.86
	3	-	-	-	-	7.01	-
昏峰	0	0.00	-	0.00	0.00	0.00	0.00
	1	0.10	0.26	0.04	0.10	0.02	0.06
	2	2.56	-	3.20	6.01	1.28	3.23
	3	-	-	17.45	3.52	6.76	2.79
日間離峰	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	12.82	29.36	1.85	4.13	1.35	3.29
	3	-	-	9.26	0.86	5.58	3.37
夜間離峰	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	3.13	7.87	1.36	3.16	0.45	1.32
	3	22.18	0.00	2.83	3.32	1.90	2.54
總計		2.95	10.92	1.03	4.00	0.24	1.37

7.2 地區道路耗能及排碳量推估分析

由於地區道路事故資料難以取得，且目前各縣市道路特性資料完整性上有差異，如要推估每件事務之延滯、耗能及碳排放實有其困難，基此，本研究根據地區道路道路交通事故延滯、耗能及排碳量推估架構，及台北市事故資料抽樣資料，推估不同分類事故之延滯、耗能及排碳量。

7.2.1 延滯推估分析

1. 平均延滯估算

藉由本研究設定之車流參數，透過車流模式可估算不同事故下車流狀態。透過模式可得到各格位之車輛數及流量，依據車流模式流量、密度及速度之關係，可進一步推算每個格位之平均速度。同高速公路推估方式，利用 CTM 模式之假設，在一時階下，格位內車輛可以以自由速率可通過格位長度之距離，在此假設下，隱含一輛車若無法在時間內通過該格位，表示產生延滯，可由式(5-38) 計算格位內一輛車之平均延滯，進一步將此延滯時間乘上該格位車輛數，即為該格位之總延滯時間。

由於地區道路推估係採用抽樣調查方式推估，全國事故總延滯推估方式將採用類目分析法方式推估，分類方式及各類樣本數如表 7-12 所示，地區道路因事故產生延滯多發生在路段事故，因路段之事故直接影響該車道之容量，而路口事故係對車輛通過路口影響，發生事故時對路口容量縮減有限。本研究透過延滯模式推估各件事務延滯，再將各事故根據類別求算平均，各類別事故平均延滯及標準差如表 7-13 所示。於路口事故中，尖峰時段平均延滯時間較離峰時間長，A1 事故延滯時間最長，A3 次之，A2 則最低。路段事故部分，A1 事故及 A3 事故均以尖峰延滯最長，A2 事故以日間離峰最長。

表 7-12 各類事故件數

事故時段	事故地點	事故件數					
		A1		A2		A3	
		件數	發生延滯件數	件數	發生延滯件數	件數	發生延滯件數
尖峰	路口	15	1	386	34	172	25
	路段	11	6	423	167	277	130
日間離峰	路口	8	1	182	18	98	20
	路段	7	2	186	82	130	57
夜間離峰	路口	15	1	172	21	79	11
	路段	20	6	160	71	97	36
小計	路口	38	3	740	73	349	56
	路段	38	14	769	320	504	223
總計		76	17	1,509	393	853	279

表 7-13 平均事故延滯

事故時段	事故地點	平均事故延滯(車小時)					
		A1		A2		A3	
		平均	標準差	平均	標準差	平均	標準差
尖峰	路口	285.22	1,104.67	89.07	437.42	121.03	511.41
日間離峰		269.46	762.14	144.00	680.10	127.10	296.28
夜間離峰		274.81	1,064.32	53.42	180.50	50.71	160.97
小計		277.79	1,000.14	94.29	470.66	106.82	399.65
尖峰	路段	1,265.39	1,550.02	120.13	199.41	132.26	181.34
日間離峰		750.84	1,609.26	163.89	277.19	114.72	153.74
夜間離峰		936.03	1,564.30	95.49	129.94	75.18	118.50
小計		997.26	1,536.48	125.59	210.75	116.75	165.08
平均		637.52	1,337.63	110.24	362.52	112.68	285.22

2. 全國總延滯估算

透過事故衝擊架構推估每類事故之每件平均延滯，可進一步根據各縣市 A1、A2 及 A3 事故件數，求算全國總延滯。然依據目前法規

規定，部分縣市僅有 A1 及 A2 事故件數。為求算 A3 事故件數，本研究參考運輸研究所(2012)執行之道路交通事故成本推估之研究計畫，發文向各縣市索取 2010 年 A3 事故件數，求算各縣市 A3 事故估算因子，如表 7-14 所示，估算因子系將 2010 年各縣市 A3 事故件數除以 A1 及 A2 之件數總和，再將 2012 年 A1 及 A2 事故事件總和乘以 A3 事故件數估算因子，即可推估 2012 年各縣市 A3 事件數，其中澎湖縣及金門縣無 2010 年 A3 事故資料，此二縣市採用各縣市之平均作為 A3 事故件數估算因子。各縣市 2012 年事故件數與 2010 年事故件數如表 7-14 所示。比較兩年度事故件數，2012 年事故計件數較 2010 年件數多。

表 7-14 各縣市 A1、A2 及 A3 件數

縣市	2012 年件數				2010 年件數		
	事故型態			A3 事故件數 估算因子	事故型態		
	A1	A2	A3		A1	A2	A3
新北市	159	32,559	23,226	0.71	160	18,032	12,915
臺北市	76	19,116	49,496	2.58	84	18,899	48,957
臺中市	198	48,523	34,705	0.71	206	43,727	31,376
臺南市	176	17,722	5,705	0.32	154	15,386	5,019
高雄市	246	43,474	24,360	0.56	225	32,622	18,464
宜蘭縣	61	5,503	1,849	0.33	56	4,941	1,661
桃園縣	114	23,840	16,230	0.68	131	18,301	12,514
新竹縣	74	5,466	5,477	0.99	70	5,258	5,268
苗栗縣	65	4,314	2,657	0.61	64	3,989	2,463
彰化縣	150	11,859	8,861	0.74	131	12,284	9,164
南投縣	67	5,178	5,017	0.96	68	4,569	4,437
雲林縣	119	6,375	2,796	0.43	110	5,735	2,518
嘉義縣	88	4,548	2,483	0.54	85	3,596	1,972
屏東縣	132	9,638	4,400	0.45	155	9,774	4,472
臺東縣	47	2,297	1,030	0.44	55	2,151	969
花蓮縣	45	3,984	3,045	0.76	59	3,767	2,893
澎湖縣	4	870	673	0.77	5	711	551
基隆市	13	2,477	3,143	1.26	20	2,356	3,000
新竹市	30	4,729	4,203	0.88	18	5,697	5,600
嘉義市	19	3,201	2,328	0.72	20	3,285	2,389
金門縣	7	505	394	0.77	7	386	303
總計	1,890	256,178	202,078		1,883	215,466	176,905

本研究進一步將各縣市 A1、A2 及 A3 事故件數與 A1、A2 及 A3 事故平均延滯相乘，估算各縣市事故延滯時間。表 7-15 與表 7-16 為各縣市事故衝擊造成之延滯時間，根據本研究估算 2012 年及 2010 年全國地區道路因事故造成之延滯共 5,221.59 萬車小時及 4,488.71 萬車小。其中，兩年度資料均以臺中市最高，占總延滯時間 17.98% 及 18.91%，其次為臺北市 2012 年為 14.81% 及 2010 年為 17.05%，第三為高雄市 2012 年為 14.74% 及 2010 年為 12.97%，新北市則在 2012 年為 12.08%。此結果反應該縣市事故件數越高，所造成的延滯越高。

表 7-15 各縣市 2012 年事故延滯(萬車小時)

縣市	A1	A2	A3	總計	%
新北市	10.14	358.93	261.71	630.78	12.08
臺北市	4.85	210.73	557.72	773.30	14.81
臺中市	12.62	534.92	391.05	938.59	17.98
臺南市	11.22	195.37	64.28	270.87	5.19
高雄市	15.68	479.26	274.49	769.43	14.74
宜蘭縣	3.89	60.67	20.83	85.39	1.64
桃園縣	7.27	262.81	182.88	452.96	8.67
新竹縣	4.72	60.26	61.71	126.68	2.43
苗栗縣	4.14	47.56	29.94	81.64	1.56
彰化縣	9.56	130.73	99.85	240.15	4.60
南投縣	4.27	57.08	56.53	117.88	2.26
雲林縣	7.59	70.28	31.51	109.37	2.09
嘉義縣	5.61	50.14	27.98	83.73	1.60
屏東縣	8.42	106.25	49.57	164.24	3.15
臺東縣	3.00	25.32	11.60	39.92	0.76
花蓮縣	2.87	43.92	34.31	81.10	1.55
澎湖縣	0.26	9.59	7.58	17.43	0.33
基隆市	0.83	27.31	35.41	63.55	1.22
新竹市	1.91	52.13	47.36	101.40	1.94
嘉義市	1.21	35.29	26.23	62.73	1.20
金門縣	0.45	5.57	4.44	10.46	0.20
總計	120.49	2,824.11	2,277.00	5,221.59	100.00

表 7-16 各縣市 2010 年事故延滯(萬車小時)

縣市	A1	A2	A3	總計	%
新北市	10.20	198.78	145.53	354.51	7.90
臺北市	5.36	208.34	551.65	765.35	17.05
臺中市	13.13	482.05	353.54	848.72	18.91
臺南市	9.82	169.62	56.55	235.99	5.26
高雄市	14.34	359.62	208.05	582.02	12.97
宜蘭縣	3.57	54.47	18.72	76.76	1.71
桃園縣	8.35	201.75	141.01	351.11	7.82
新竹縣	4.46	57.96	59.36	121.79	2.71
苗栗縣	4.08	43.97	27.75	75.81	1.69
彰化縣	8.35	135.42	103.26	247.03	5.50
南投縣	4.34	50.37	50.00	104.70	2.33
雲林縣	7.01	63.22	28.37	98.61	2.20
嘉義縣	5.42	39.64	22.22	67.28	1.50
屏東縣	9.88	107.75	50.39	168.02	3.74
臺東縣	3.51	23.71	10.92	38.14	0.85
花蓮縣	3.76	41.53	32.60	77.89	1.74
澎湖縣	0.32	7.84	6.21	14.37	0.32
基隆市	1.28	25.97	33.80	61.05	1.36
新竹市	1.15	62.80	63.10	127.05	2.83
嘉義市	1.28	36.21	26.92	64.41	1.43
金門縣	0.45	4.26	3.41	8.11	0.18
總計	120.05	2,375.30	1,993.36	4,488.71	100.00

7.2.2 能源消耗推估分析

1. 平均能源消耗估算

根據道路衝擊之輸出參數及能源消耗推估模式，可推估表 7-17 各類型事故道路衝擊之平均能源消耗，A1 事故平均能源消耗為 181.35 公升，A2 事故及 A3 事故為 28.05 公升及 28.85 公升。據此平均值乘以各縣市事故件數，推估各縣市能源消耗如表 7-18 及表 7-19

所示。2012 年全國總能源消耗為 13,348.34 公秉，2010 年全國總能源消耗為 11,480.17，2012 年與 2010 年各縣市事故能源消耗以臺中市最高占總能源消耗 17.95% 及 18.88%。

表 7-17 平均事故道路衝擊能源消耗(公升)

事故時段	事故地點	平均事故能源消耗(公升)					
		A1		A2		A3	
		平均	標準差	平均	標準差	平均	標準差
尖峰	路口	79.24	306.88	20.88	88.79	26.70	96.96
日間離峰		72.87	206.09	31.50	128.49	32.85	76.49
夜間離峰		80.40	311.38	13.73	46.85	13.28	41.89
小計		78.35	283.48	21.83	93.26	25.39	81.81
尖峰	路段	361.64	432.50	32.88	53.80	35.11	48.42
日間離峰		203.32	432.80	43.98	66.84	30.87	41.36
夜間離峰		270.19	440.41	25.59	36.20	20.28	32.65
小計		284.34	428.56	34.05	54.57	31.16	44.28
平均		181.35	375.50	28.05	76.26	28.80	62.44

表 7-18 各縣市 2012 年事故道路衝擊能源消耗(公秉)

縣市	A1	A2	A3	總計	%
新北市	28.83	913.28	668.91	1611.03	12.07
臺北市	13.78	536.20	1425.49	1975.47	14.80
臺中市	35.91	1361.07	999.49	2396.47	17.95
臺南市	31.92	497.10	164.30	693.32	5.19
高雄市	44.61	1219.45	701.57	1965.63	14.73
宜蘭縣	11.06	154.36	53.24	218.66	1.64
桃園縣	20.67	668.71	467.44	1156.82	8.67
新竹縣	13.42	153.32	157.73	324.47	2.43
苗栗縣	11.79	121.01	76.53	209.32	1.57
彰化縣	27.20	332.64	255.21	615.06	4.61
南投縣	12.15	145.24	144.48	301.87	2.26
雲林縣	21.58	178.82	80.53	280.93	2.10
嘉義縣	15.96	127.57	71.51	215.04	1.61

縣市	A1	A2	A3	總計	%
屏東縣	23.94	270.35	126.71	420.99	3.15
臺東縣	8.52	64.43	29.65	102.61	0.77
花蓮縣	8.16	111.75	87.69	207.61	1.56
澎湖縣	0.73	24.40	19.38	44.51	0.33
基隆市	2.36	69.48	90.51	162.34	1.22
新竹市	5.44	132.65	121.04	259.13	1.94
嘉義市	3.45	89.79	67.03	160.27	1.20
金門縣	1.27	14.17	11.35	26.79	0.20
總計	342.75	7185.79	5819.80	13348.34	100.00

表 7-19 各縣市 2010 年事故道路衝擊能源消耗(公秉)

縣市	A1	A2	A3	總計	%
新北市	29.02	505.80	371.95	906.77	7.90
臺北市	15.23	530.12	1,409.96	1,955.31	17.03
臺中市	37.36	1,226.54	903.63	2,167.53	18.88
臺南市	27.93	431.58	144.55	604.05	5.26
高雄市	40.80	915.05	531.76	1,487.61	12.96
宜蘭縣	10.16	138.60	47.84	196.59	1.71
桃園縣	23.76	513.34	360.40	897.50	7.82
新竹縣	12.69	147.49	151.72	311.90	2.72
苗栗縣	11.61	111.89	70.93	194.43	1.69
彰化縣	23.76	344.57	263.92	632.25	5.51
南投縣	12.33	128.16	127.79	268.28	2.34
雲林縣	19.95	160.87	72.52	253.33	2.21
嘉義縣	15.41	100.87	56.79	173.08	1.51
屏東縣	28.11	274.16	128.79	431.06	3.75
臺東縣	9.97	60.34	27.91	98.22	0.86
花蓮縣	10.70	105.66	83.32	199.68	1.74
澎湖縣	0.91	19.94	15.88	36.73	0.32
基隆市	3.63	66.09	86.40	156.11	1.36
新竹市	3.26	159.80	161.28	324.35	2.83
嘉義市	3.63	92.14	68.80	164.57	1.43
金門縣	1.27	10.83	8.72	20.81	0.18
總計	341.48	6,043.82	5,094.86	1,1480.17	100.00

表 7-20 及表 7-21 為各縣市地區道路事故總能源消耗，2012 年事故總能源消耗為 14,515.46 公秉，2010 年事故總能源消耗為 12,496.44 公秉。其中 2012 年及 2010 年路衝擊產生之能源消耗占總能耗之 91.96%及 91.87%為最高，其次為事故排除及調查 4.95%及 4.94%，後續醫療照護分別佔 1.84%及 1.93%。比較兩年資料，2012 年事故件數較 2010 年多，因此，總能源消耗則以 2012 年高。

表 7-20 各縣市 2012 年地區道路事故總能源消耗(公秉)

縣市	道路衝擊	傷者後送醫療	事故排除及調查	醫療後續照護	車輛損毀	設施損毀	總計
新北市	1,611.02	1.23	64.87	8.62	13.49	3.37	1,702.61
臺北市	1,975.47	0.22	12.65	1.57	15.92	3.98	2,009.82
臺中市	2,396.48	2.95	121.68	20.62	20.33	5.08	2,567.14
臺南市	693.32	1.68	29.48	11.74	5.89	1.47	743.59
高雄市	1,965.63	3.91	109.77	27.37	16.85	4.21	2,127.74
宜蘭縣	218.67	1.63	28.30	11.39	2.08	0.52	262.59
桃園縣	1,156.81	1.96	45.46	13.74	9.74	2.44	1,230.16
新竹縣	324.48	1.49	33.86	10.46	2.96	0.74	374.00
苗栗縣	209.32	4.71	22.26	32.98	2.15	0.54	271.96
彰化縣	615.04	0.98	25.63	6.86	5.19	1.30	655.00
南投縣	301.88	2.59	46.83	18.14	2.96	0.74	373.13
雲林縣	280.92	1.10	17.87	7.70	2.46	0.62	310.67
嘉義縣	215.04	0.88	19.73	6.14	1.93	0.48	244.20
屏東縣	421.00	8.57	49.85	59.97	4.32	1.08	544.79
臺東縣	102.62	1.50	25.09	10.50	1.12	0.28	141.10
花蓮縣	207.61	2.27	57.17	15.92	2.26	0.57	285.80
澎湖縣	44.51	0.08	0.59	0.57	0.37	0.09	46.21
基隆市	162.36	0.05	1.82	0.36	1.32	0.33	166.23
新竹市	259.14	0.10	3.09	0.68	2.10	0.53	265.63
嘉義市	160.28	0.17	1.61	1.21	1.31	0.33	164.90
金門縣	26.78	0.05	0.74	0.32	0.22	0.06	28.17
總計	13,348.39	38.12	718.37	266.86	114.97	28.74	14,515.46
%	91.96	0.26	4.95	1.84	0.79	0.20	100.00

表 7-21 各縣市 2010 年地區道路事故總能源消耗(公秉)

縣市	道路衝擊	傷者後 送醫療	事故排除 及調查	醫療後 續照護	車輛 損毀	設施 損毀	總計
新北市	906.77	0.68	36.07	4.79	7.59	1.90	957.80
臺北市	1,955.31	0.22	12.52	1.55	15.76	3.94	1,989.30
臺中市	2,167.53	2.66	109.84	18.60	18.39	4.60	2,321.61
臺南市	604.05	1.46	25.68	10.20	5.13	1.28	647.80
高雄市	1,487.61	2.94	82.74	20.56	12.75	3.19	1,609.79
宜蘭縣	196.59	1.46	25.42	10.23	1.87	0.47	236.04
桃園縣	897.50	1.51	35.01	10.57	7.56	1.89	954.05
新竹縣	311.90	1.44	32.57	10.06	2.85	0.71	359.53
苗栗縣	194.43	4.36	20.61	30.53	2.00	0.50	252.43
彰化縣	632.25	1.01	26.50	7.09	5.33	1.33	673.52
南投縣	268.28	2.29	41.41	16.03	2.62	0.66	331.29
雲林縣	253.33	0.99	16.09	6.93	2.22	0.55	280.11
嘉義縣	173.08	0.70	15.67	4.87	1.55	0.39	196.25
屏東縣	431.06	8.71	50.67	60.95	4.41	1.10	556.90
臺東縣	98.22	1.41	23.61	9.88	1.06	0.27	134.45
花蓮縣	199.68	2.16	54.30	15.11	2.17	0.54	273.97
澎湖縣	36.73	0.07	0.49	0.46	0.30	0.08	38.12
基隆市	156.11	0.05	1.73	0.34	1.27	0.32	159.82
新竹市	324.35	0.12	3.90	0.81	2.63	0.66	332.46
嘉義市	164.57	0.18	1.65	1.24	1.34	0.34	169.32
金門縣	20.81	0.03	0.57	0.24	0.17	0.04	21.88
總計	11,480.17	34.44	617.03	241.08	98.98	24.75	12,496.44
%	91.87	0.28	4.94	1.93	0.79	0.20	100.00

7.2.3 排碳量及汙染氣體推估分析

本研究依據能源消耗乘以碳排放係數及汙染排放係數，推估各縣市事故道路衝擊二氧化碳、甲烷及氮氧化物排放量如表 7-22 至表 7-27 所示，2012 年道路交通事故產生之二氧化碳約 3 萬公噸，2010 年為 2.59 公噸、甲烷 2012 年 10.89 公噸，2010 年為 9.37 公噸、氮氧化物

2012 年為 3.48 公噸，2010 年為 3 公噸。另外，推估二氧化碳總排放量，如表 7-28 及表 7-29 所示，2012 年全國地區道路事故二氧化碳總排放量為 3.28 萬公噸，2010 年全國地區道路事故二氧化碳總排放量為 2.82 公噸，各縣市佔有比例與能源消耗分配比例相同。2012 年及 2010 年路衝擊產生之能源消耗占總能耗之 91.96% 及 91.87% 為最高，其次為事故排除及調查 4.95% 及 4.94%，後續醫療照護分別佔 1.84% 及 1.93%。

表 7-22 各縣市 2012 年事故道路衝擊二氧化碳排放量(公噸)

縣市	A1	A2	A3	總計	%
新北市	65.26	2066.87	1513.84	3645.97	12.07
臺北市	31.19	1213.50	3226.06	4470.75	14.80
臺中市	81.26	3080.28	2261.99	5423.53	17.95
臺南市	72.23	1125.01	371.84	1569.08	5.19
高雄市	100.96	2759.77	1587.75	4448.48	14.73
宜蘭縣	25.04	349.34	120.50	494.87	1.64
桃園縣	46.79	1513.38	1057.87	2618.04	8.67
新竹縣	30.37	346.99	356.95	734.31	2.43
苗栗縣	26.68	273.86	173.19	473.72	1.57
彰化縣	61.56	752.82	577.57	1391.96	4.61
南投縣	27.50	328.70	326.97	683.18	2.26
雲林縣	48.84	404.69	182.25	635.78	2.10
嘉義縣	36.12	288.71	161.83	486.66	1.61
屏東縣	54.18	611.83	286.75	952.76	3.15
臺東縣	19.29	145.82	67.11	232.21	0.77
花蓮縣	18.47	252.91	198.46	469.84	1.56
澎湖縣	1.64	55.23	43.86	100.73	0.33
基隆市	5.34	157.24	204.83	367.41	1.22
新竹市	12.31	300.20	273.94	586.45	1.94
嘉義市	7.80	203.20	151.71	362.71	1.20
金門縣	2.87	32.06	25.70	60.63	0.20
總計	775.69	16,262.40	13,170.97	30,209.07	100.00

表 7-23 各縣市 2010 年事故道路衝擊二氧化碳排放量(公噸)

縣市	A1	A2	A3	總計	%
新北市	65.58	1143.10	840.61	2049.29	7.90
臺北市	34.43	1198.06	3186.51	4419.01	17.03
臺中市	84.43	2771.99	2042.20	4898.62	18.88
臺南市	63.12	975.36	326.68	1365.16	5.26
高雄市	92.22	2068.01	1201.78	3362.01	12.96
宜蘭縣	22.95	313.22	108.11	444.29	1.71
桃園縣	53.69	1160.16	814.51	2028.36	7.82
新竹縣	28.69	333.32	342.88	704.89	2.72
苗栗縣	26.23	252.87	160.31	439.42	1.69
彰化縣	53.69	778.72	596.47	1428.88	5.51
南投縣	27.87	289.64	288.80	606.31	2.34
雲林縣	45.08	363.56	163.89	572.53	2.21
嘉義縣	34.84	227.96	128.35	391.15	1.51
屏東縣	63.53	619.60	291.07	974.20	3.75
臺東縣	22.54	136.36	63.07	221.97	0.86
花蓮縣	24.18	238.80	188.30	451.28	1.74
澎湖縣	2.05	45.07	35.88	83.01	0.32
基隆市	8.20	149.35	195.26	352.81	1.36
新竹市	7.38	361.15	364.49	733.02	2.83
嘉義市	8.20	208.25	155.50	371.94	1.43
金門縣	2.87	24.47	19.70	47.03	0.18
總計	771.75	13659.04	11514.39	25945.17	100.00

表 7-24 各縣市 2012 年事故道路衝擊甲烷排放量(公噸)

縣市	A1	A2	A3	總計	%
新北市	0.02	0.75	0.55	1.31	12.07
臺北市	0.01	0.44	1.16	1.61	14.80
臺中市	0.03	1.11	0.82	1.96	17.95
臺南市	0.03	0.41	0.13	0.57	5.19
高雄市	0.04	1.00	0.57	1.60	14.73
宜蘭縣	0.01	0.13	0.04	0.18	1.64
桃園縣	0.02	0.55	0.38	0.94	8.67
新竹縣	0.01	0.13	0.13	0.26	2.43
苗栗縣	0.01	0.10	0.06	0.17	1.57
彰化縣	0.02	0.27	0.21	0.50	4.61
南投縣	0.01	0.12	0.12	0.25	2.26
雲林縣	0.02	0.15	0.07	0.23	2.10
嘉義縣	0.01	0.10	0.06	0.18	1.61
屏東縣	0.02	0.22	0.10	0.34	3.15
臺東縣	0.01	0.05	0.02	0.08	0.77
花蓮縣	0.01	0.09	0.07	0.17	1.56
澎湖縣	0.00	0.02	0.02	0.04	0.33
基隆市	0.00	0.06	0.07	0.13	1.22
新竹市	0.00	0.11	0.10	0.21	1.94
嘉義市	0.00	0.07	0.05	0.13	1.20
金門縣	0.00	0.01	0.01	0.02	0.20
總計	0.28	5.86	4.75	10.89	100.00

表 7-25 各縣市 2010 年事故道路衝擊甲烷排放量(公噸)

縣市	A1	A2	A3	總計	%
新北市	0.02	0.41	0.30	0.74	7.90
臺北市	0.01	0.43	1.15	1.60	17.03
臺中市	0.03	1.00	0.74	1.77	18.88
臺南市	0.02	0.35	0.12	0.49	5.26
高雄市	0.03	0.75	0.43	1.21	12.96
宜蘭縣	0.01	0.11	0.04	0.16	1.71
桃園縣	0.02	0.42	0.29	0.73	7.82
新竹縣	0.01	0.12	0.12	0.25	2.72
苗栗縣	0.01	0.09	0.06	0.16	1.69
彰化縣	0.02	0.28	0.22	0.52	5.51
南投縣	0.01	0.10	0.10	0.22	2.34
雲林縣	0.02	0.13	0.06	0.21	2.21
嘉義縣	0.01	0.08	0.05	0.14	1.51
屏東縣	0.02	0.22	0.11	0.35	3.75
臺東縣	0.01	0.05	0.02	0.08	0.86
花蓮縣	0.01	0.09	0.07	0.16	1.74
澎湖縣	0.00	0.02	0.01	0.03	0.32
基隆市	0.00	0.05	0.07	0.13	1.36
新竹市	0.00	0.13	0.13	0.26	2.83
嘉義市	0.00	0.08	0.06	0.13	1.43
金門縣	0.00	0.01	0.01	0.02	0.18
總計	0.28	4.93	4.16	9.37	100.00

表 7-26 各縣市 2012 年事故道路衝擊氮氧化物排放量(公噸)

縣市	A1	A2	A3	總計	%
新北市	0.01	0.24	0.17	0.42	12.07
臺北市	0.00	0.14	0.37	0.52	14.80
臺中市	0.01	0.36	0.26	0.63	17.95
臺南市	0.01	0.13	0.04	0.18	5.19
高雄市	0.01	0.32	0.18	0.51	14.73
宜蘭縣	0.00	0.04	0.01	0.06	1.64
桃園縣	0.01	0.17	0.12	0.30	8.67
新竹縣	0.00	0.04	0.04	0.08	2.43
苗栗縣	0.00	0.03	0.02	0.05	1.57
彰化縣	0.01	0.09	0.07	0.16	4.61
南投縣	0.00	0.04	0.04	0.08	2.26
雲林縣	0.01	0.05	0.02	0.07	2.10
嘉義縣	0.00	0.03	0.02	0.06	1.61
屏東縣	0.01	0.07	0.03	0.11	3.15
臺東縣	0.00	0.02	0.01	0.03	0.77
花蓮縣	0.00	0.03	0.02	0.05	1.56
澎湖縣	0.00	0.01	0.01	0.01	0.33
基隆市	0.00	0.02	0.02	0.04	1.22
新竹市	0.00	0.03	0.03	0.07	1.94
嘉義市	0.00	0.02	0.02	0.04	1.20
金門縣	0.00	0.00	0.00	0.01	0.20
總計	0.09	1.88	1.52	3.48	100.00

表 7-27 各縣市 2010 年事故道路衝擊氮氧化物排放量(公噸)

縣市	A1	A2	A3	總計	%
新北市	0.01	0.13	0.10	0.24	7.90
臺北市	0.00	0.14	0.37	0.51	17.03
臺中市	0.01	0.32	0.24	0.57	18.88
臺南市	0.01	0.11	0.04	0.16	5.26
高雄市	0.01	0.24	0.14	0.39	12.96
宜蘭縣	0.00	0.04	0.01	0.05	1.71
桃園縣	0.01	0.13	0.09	0.23	7.82
新竹縣	0.00	0.04	0.04	0.08	2.72
苗栗縣	0.00	0.03	0.02	0.05	1.69
彰化縣	0.01	0.09	0.07	0.17	5.51
南投縣	0.00	0.03	0.03	0.07	2.34
雲林縣	0.01	0.04	0.02	0.07	2.21
嘉義縣	0.00	0.03	0.01	0.05	1.51
屏東縣	0.01	0.07	0.03	0.11	3.75
臺東縣	0.00	0.02	0.01	0.03	0.86
花蓮縣	0.00	0.03	0.02	0.05	1.74
澎湖縣	0.00	0.01	0.00	0.01	0.32
基隆市	0.00	0.02	0.02	0.04	1.36
新竹市	0.00	0.04	0.04	0.08	2.83
嘉義市	0.00	0.02	0.02	0.04	1.43
金門縣	0.00	0.00	0.00	0.01	0.18
總計	0.09	1.58	1.33	3.00	100.00

表 7-28 各縣市 2012 年事故道路衝擊總二氧化碳排放量(公噸)

縣市	道路衝擊	傷者後送醫療	事故排除及調查	醫療後續照護	車輛損毀	設施損毀	總計
新北市	3,640.91	2.78	146.61	19.49	30.48	7.62	3,847.89
臺北市	4,464.56	0.51	28.60	3.55	35.98	8.99	4,542.19
臺中市	5,416.05	6.66	274.99	46.61	45.95	11.49	5,801.75
臺南市	1,566.91	3.79	66.63	26.54	13.31	3.33	1,680.52
高雄市	4,442.31	8.84	248.09	61.85	38.09	9.52	4,808.70
宜蘭縣	494.20	3.68	63.97	25.74	4.70	1.18	593.46
桃園縣	2,614.39	4.44	102.75	31.06	22.02	5.51	2,780.16
新竹縣	733.32	3.38	76.53	23.64	6.70	1.67	845.25
苗栗縣	473.06	10.65	50.31	74.54	4.87	1.22	614.63
彰化縣	1,390.00	2.22	57.91	15.51	11.73	2.93	1,480.30
南投縣	682.26	5.86	105.83	40.99	6.68	1.67	843.28
雲林縣	634.89	2.49	40.38	17.40	5.56	1.39	702.11
嘉義縣	485.99	1.98	44.59	13.87	4.37	1.09	551.90
屏東縣	951.47	19.36	112.67	135.54	9.75	2.44	1,231.23
臺東縣	231.92	3.39	56.71	23.73	2.53	0.63	318.90
花蓮縣	469.19	5.14	129.20	35.97	5.12	1.28	645.90
澎湖縣	100.60	0.18	1.34	1.28	0.83	0.21	104.43
基隆市	366.92	0.12	4.11	0.81	2.98	0.74	375.68
新竹市	585.65	0.22	6.98	1.53	4.75	1.19	600.32
嘉義市	362.23	0.39	3.63	2.74	2.95	0.74	372.68
金門縣	60.53	0.10	1.68	0.72	0.50	0.13	63.66
總計	30,167.36	86.16	1,623.51	603.11	259.84	64.96	32,804.94
%	91.96	0.26	4.95	1.84	0.79	0.20	100.00

表 7-29 各縣市 2010 年事故道路衝擊總二氧化碳排放量(公噸)

縣市	道路衝擊	傷者後送醫療	事故排除及調查	醫療後續照護	車輛損毀	設施損毀	總計
新北市	2,049.29	1.55	81.52	10.83	17.15	4.29	2,164.63
臺北市	4,419.01	0.50	28.29	3.51	35.61	8.90	4,495.82
臺中市	4,898.62	6.00	248.24	42.03	41.56	10.39	5,246.83
臺南市	1,365.16	3.29	58.04	23.04	11.60	2.90	1,464.03
高雄市	3,362.01	6.64	186.98	46.47	28.82	7.20	3,638.12
宜蘭縣	444.29	3.30	57.45	23.12	4.23	1.06	533.44
桃園縣	2,028.36	3.41	79.13	23.90	17.08	4.27	2,156.14
新竹縣	704.89	3.25	73.61	22.74	6.44	1.61	812.54
苗栗縣	439.42	9.86	46.59	68.99	4.52	1.13	570.50
彰化縣	1,428.88	2.29	59.88	16.03	12.06	3.01	1,522.15
南投縣	606.31	5.18	93.58	36.24	5.93	1.48	748.72
雲林縣	572.53	2.24	36.35	15.66	5.01	1.25	633.05
嘉義縣	391.15	1.57	35.41	11.01	3.51	0.88	443.54
屏東縣	974.20	19.68	114.50	137.75	9.97	2.49	1,258.59
臺東縣	221.97	3.19	53.36	22.33	2.41	0.60	303.86
花蓮縣	451.28	4.88	122.72	34.16	4.90	1.23	619.17
澎湖縣	83.01	0.15	1.10	1.05	0.68	0.17	86.16
基隆市	352.81	0.11	3.92	0.78	2.86	0.72	361.20
新竹市	733.02	0.26	8.81	1.84	5.95	1.49	751.37
嘉義市	371.94	0.40	3.73	2.81	3.03	0.76	382.67
金門縣	47.03	0.08	1.29	0.55	0.39	0.10	49.45
總計	25,945.17	77.83	1,394.50	544.84	223.70	55.92	28,241.97
%	91.87	0.28	4.94	1.93	0.79	0.20	100.00

7.3 全國道路交通事故耗能及排碳量推估分析

本研究分別建立道路交通事故衝擊分析之系統化架構及整合道路交通事故耗能及排碳量推估之系統化架構，針對不同道路型態(如高速公路、省縣道、市區道路等)，界定道路交通事故之衝擊範圍與可用之參數。參考國內外及國內既有之耗能及排碳量推估研究，連結交通衝擊分析與耗能及排碳量推估分析，建立系統化之架構。根據前述之架構，可估算各道路類型交通事故對道路之衝擊產生之延滯，並估算能源消耗、排碳量及其他污染物。在此系統架構下，分別估算高速公路及地區道路各類型事故平均延滯、能源消耗及排碳量。本小節綜整前述推估架構，估算全國道路交通事故耗能。為完整推估一整年之道路交通事故產生之能源消耗與排碳量，本研究蒐集 2010 年高速公路及地區道路事故件數推估全國一整年道路交通事故總能耗及排碳量。能源消耗推估結果如表 7-30 所示，排碳量推估結果如表 7-31 所示。經估算我國一年事故產生之能源消耗約 29,097 公秉，高速公路事故造成之道路衝擊消耗之能源較地區道路高，係因事故在高速公路容易造成較嚴重之塞車，而地區道路則較少；但由於地區道路事故件數較多，在其他非道路衝擊衍生之能耗則較高速公路之事故高。觀察表 7-31，全國事故總二氧化碳排放為 6.58 萬公噸，如以我國 2010 年能源燃燒 CO₂ 排放總量為 270.22 百萬公噸，交通事故排放二氧化碳量占總排放量 0.02%。表 7-32 為全國道路交通事故甲烷排放量 23.74 公噸，表 7-33 為全國道路交通事故二氧化氮排放量 7.59 公噸。

表 7-30 2010 年全國道路交通事故總耗能(公秉)

項目	道路	事故型態			總計	%
		A1	A2	A3		
非重現性交通壅擠	高速公路	756.60	3,693.21	11,845.16	16,294.97	56.00
	地區道路	341.48	6,043.82	5,094.86	11,480.17	39.45
事故排除 事故調查	高速公路	0.35	4.84	65.49	70.68	0.24
	地區道路	4.21	370.36	242.46	617.03	2.12
傷者後送醫療	高速公路	0.06	0.85	0.00	0.92	0.00
	地區道路	0.46	33.98	0.00	34.44	0.12
設施損毀	高速公路	1.51	7.41	23.82	32.75	0.11
	地區道路	0.70	13.37	10.67	24.75	0.09
車輛損毀	高速公路	6.06	29.64	95.29	130.98	0.45
	地區道路	2.79	53.49	42.70	98.98	0.34
傷者後續照護	高速公路	0.35	4.84	65.49	70.68	0.24
	地區道路	3.19	237.89	0.00	241.08	0.83
小計	高速公路	764.93	3,740.80	12,095.24	16,600.97	57.05
	地區道路	352.83	6,752.92	5,390.70	12,496.44	42.95
總計		1,117.76	10,493.72	17,485.94	29,097.41	100.00

表 7-31 全國道路交通事故二氧化碳排放量(公噸)

項目	道路	事故型態			總計	%
		A1	A2	A3		
非重現性交通壅擠	高速公路	1,712.30	8,358.22	26,807.17	36,877.68	56.00
	地區道路	772.82	13,677.97	11,530.35	25,981.14	39.45
事故排除 事故調查	高速公路	0.79	10.96	148.21	159.96	0.24
	地區道路	9.53	838.18	548.72	1,396.43	2.12
傷者後送醫療	高速公路	0.14	1.93	0.00	2.07	0.00
	地區道路	1.03	76.91	0.00	77.94	0.12
設施損毀	高速公路	3.43	16.77	53.91	74.11	0.11
	地區道路	1.58	30.26	24.16	56.00	0.09
車輛損毀	高速公路	13.71	67.08	215.64	296.43	0.45
	地區道路	6.32	121.05	96.63	224.01	0.34
傷者後續照護	高速公路	0.79	10.96	148.21	159.96	0.24
	地區道路	7.21	538.38	0.00	545.59	0.83
小計	高速公路	1,731.14	8,465.92	27,373.13	37,570.20	57.05
	地區道路	798.50	15,282.75	12,199.86	28,281.12	42.95
總計		2,529.64	23,748.68	39,572.99	65,851.31	100.00

表 7-32 全國道路交通事故甲烷排放量(公噸)

項目	道路	事故型態			總計	%
		A1	A2	A3		
非重現性交通壅擠	高速公路	0.62	3.01	9.67	13.30	56.00
	地區道路	0.28	4.93	4.16	9.37	39.45
事故排除 事故調查	高速公路	0.00	0.00	0.05	0.06	0.24
	地區道路	0.00	0.30	0.20	0.50	2.12
傷者後送醫療	高速公路	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	地區道路	0.00	0.03	0.00	0.03	0.12
設施損毀	高速公路	0.00	0.01	0.02	0.03	0.11
	地區道路	0.00	0.01	0.01	0.02	0.09
車輛損毀	高速公路	0.00	0.02	0.08	0.11	0.45
	地區道路	0.00	0.04	0.03	0.08	0.34
傷者後續照護	高速公路	0.00	0.00	0.05	0.06	0.24
	地區道路	0.00	0.19	0.00	0.20	0.83
小計	高速公路	0.62	3.05	9.87	13.55	57.05
	地區道路	0.29	5.51	4.40	10.20	42.95
總計		0.91	8.56	14.27	23.74	100.00

表 7-33 全國道路交通事故二氧化氮排放量(公噸)

項目	道路	事故型態			總計	%
		A1	A2	A3		
非重現性交通壅擠	高速公路	0.20	0.96	3.09	4.25	56.00
	地區道路	0.09	1.58	1.33	3.00	39.45
事故排除 事故調查	高速公路	0.00	0.00	0.02	0.02	0.24
	地區道路	0.00	0.10	0.06	0.16	2.12
傷者後送醫療	高速公路	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	地區道路	0.00	0.01	0.00	0.01	0.12
設施損毀	高速公路	0.00	0.00	0.01	0.01	0.11
	地區道路	0.00	0.00	0.00	0.01	0.09
車輛損毀	高速公路	0.00	0.01	0.02	0.03	0.45
	地區道路	0.00	0.01	0.01	0.03	0.34
傷者後續照護	高速公路	0.00	0.00	0.02	0.02	0.24
	地區道路	0.00	0.06	0.00	0.06	0.83
小計	高速公路	0.20	0.98	3.16	4.33	57.05
	地區道路	0.09	1.76	1.41	3.26	42.95
總計		0.29	2.74	4.56	7.59	100.00

第八章 道路交通事故成本推估

本研究根據前述建構之道路衝擊系統化架構及耗能及碳排放污染架構推估事故產生之延滯、能耗、碳排放及污染物。其中，污染排放成本可藉由排放量與污染排放價格換算污染排放成本，但此成本係根據污染對環境造成的成本推估而來，尚未有研究探討用路者對於空氣污染之願付價格，環境影響成本分析加入空氣污染願付價格，除可以推估環境衝擊的成本，亦可推估用路者對於污染影響之成本。另外，本研究亦導入環境補償之概念，過去肇事者僅須賠償受害者，但忽略周遭環境亦受到事故傷害，肇事者應對環境的破壞進行賠償。因此，本本研究進一步透過空氣污染願付價格分析，探討肇事者願意對環境污染賠償之額度。此外，本研究發現事故造成之延滯時間，尚未有相關研究探討駕駛者因交通阻塞所產生的時間成本，因此，本研究亦透過問卷調查方式，評估用路者之時間價值。

在估計空氣污染願付價格及時間價值，可依據前述推估之污染排放量及延滯時間推估污染成本及時間成本。此外，事故造成之能源消耗主要為汽油，於此設定 95 無鉛汽油價格，作為能源消耗之單位價格，整合上述成本之結果，即可估算事故造成之外部成本。然事故所造成之成本亦有內部成本，如醫療成本、人力損失成本、財務損毀等成本，此章節將整合內部成本與外部成本，估算我國因事故產生之總成本。另外，為方便未來相關單位應用本研究建構之結果，本研究建構一決策支援系統，方便相關單位查詢使用。

8.1 污染價格與時間價值推估

8.1.1 國內污染排放量與濃度統計

根據我國空氣污染排放清冊統計，車輛在行駛的時候主要會排放出兩類主要有害的氣體：以一氧化碳(CO)和氮氧化物(NOx)為主要空氣污染物，其中汽機車、柴油客貨車為主要移動性空氣污染源，如表 8-1 所示。由表中可知，各空氣污染源排放量中，「車輛」排放量占前

三名包含 CO、NO_x 及 NMHC。

表 8-1 不同污染源於各部門之總量統計(TEDS 7.1 版)

項目	TSP	PM10	PM2.5	SO _x	NO _x	NMHC	CO	Pb	總計
工業	80,360 (9.2%)	50,257 (5.7%)	28,881 (3.3%)	109,581 (12.5%)	183,679 (21.0%)	273,746 (31.3%)	145,833 (16.7%)	2,478 (0.3%)	874,815 (100.0%)
車輛	28,895 (3.1%)	20,632 (2.2%)	12,361 (1.3%)	876 (0.1%)	200,542 (21.4%)	162,208 (17.3%)	512,554 (54.6%)	37 (0.0%)	938,105 (100.0%)
非公路運輸	609 (1.6%)	441 (1.2%)	348 (0.9%)	9,441 (24.9%)	22,057 (58.2%)	755 (2.0%)	4,248 (11.2%)	0 (0.0%)	37,899 (100.0%)
商業	7,775 (4.8%)	7,327 (4.5%)	6,351 (3.9%)	3,729 (2.3%)	4,023 (2.5%)	132,676 (81.5%)	858 (0.5%)	11 (0.0%)	162,750 (100.0%)
營建/道路揚塵	411,726 (66.6%)	112,875 (18.3%)	42,355 (6.9%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	50,870 (8.2%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	617,826 (100.0%)
露天燃燒	4,313 (5.7%)	4,270 (5.7%)	3,954 (5.3%)	409 (0.5%)	6,177 (8.2%)	5,060 (6.7%)	50,926 (67.8%)	0 (0.0%)	75,109 (100.0%)
其他	553 (3.3%)	443 (2.6%)	430 (2.5%)	1,237 (7.3%)	10,393 (61.5%)	1,395 (8.3%)	2,377 (14.1%)	59 (0.3%)	16,887 (100.0%)
總排放量	534,231	196,245	94,680	125,273	426,871	626,710	716,797	2,585	2,723,392

資料來源：環保署空氣污染源統計及本研究整理

又進一步統計各縣市之一氧化碳及二氧化氮排放總量可知，移動污染源相較於固定污染源更為嚴重，移動污染源之公路運輸（包括汽油車、柴油車、機車、油氣雙燃料車）佔了二氧化碳(CO₂)總排放量的 50% 以上，如表 8-2 所示。

表 8-2 統計各縣市二氧化氮排放總量(單位：公噸/年)

縣/市	總排放量	百分比	固定污染源	百分比	移動污染源	百分比
臺北市	28356	5.5	15470	3.0	12886	2.5
臺北縣	40212	7.8	10926	2.1	29286	5.7
臺中縣	55668	10.8	31407	6.1	24261	4.7
臺中市	11525	2.2	1381	0.3	10144	2.0
臺南縣	28232	5.5	7825	1.5	20407	3.9

縣/市	總排放量	百分比	固定污染源	百分比	移動污染源	百分比
臺南市	5219	1.0	768	0.2	4451	0.9
高雄市	56062	10.8	31308	6.1	24754	4.8
高雄縣	51924	10.0	32946	6.4	18978	3.7
基隆市	15140	2.9	7786	1.5	7354	1.4
新竹市	4758	0.9	989	0.2	3769	0.7
嘉義市	2413	0.5	200	0.0	2213	0.4
宜蘭縣	17997	3.5	11555	2.2	6442	1.2
桃園縣	46263	8.9	17916	3.5	28347	5.5
新竹縣	13162	2.5	5365	1.0	7797	1.5
苗栗縣	20402	3.9	10830	2.1	9572	1.9
彰化縣	23214	4.5	9007	1.7	14207	2.7
南投縣	8266	1.6	1135	0.2	7131	1.4
雲林縣	26240	5.1	14775	2.9	11465	2.2
嘉義縣	14745	2.9	6215	1.2	8530	1.7
屏東縣	12152	2.4	2450	0.5	9702	1.9
臺東縣	3852	0.7	1090	0.2	2762	0.5
花蓮縣	22470	4.3	16547	3.2	5923	1.1
澎湖縣	3199	0.0	1629	0.3	1570	0.3
金門縣	5063	1.0	2622	0.5	2441	0.5
連江縣	1117	0.2	863	0.2	254	0.1
總計	517651	100.0	243005	46.9	274646	53.1

註：基準年 2007 年

參考表 8-3，空氣污染指標(Pollutant Standards Index，簡稱 PSI)係依據空氣品質監測站當日之監測資料，將空氣中一氧化碳(CO)及二氧化氮(NO₂)空氣污染物濃度值，依其對人體健康之影響程度，換算出各污染物之副指標值，再以當日各項空氣污染物副指標值之最大值做為該測站當日之空氣污染指標值(PSI)。其中，一氧化碳是一種窒息性氣體，輕微亦可能發生頭痛目眩等症狀；嚴重時將可能致死。氮氧化物是種紅棕色毒性氣體，在低濃度的時候主要會刺激人體的呼吸道，讓人比較容易過敏、咳嗽，刺激人體的眼睛、鼻和口腔的黏膜都會受

到傷害，也增加心臟病的機率；嚴重時使氣喘惡化，肺功能受損及呼吸道發炎等症狀。整體而言，空氣污染嚴重的地方，支氣管炎和氣管炎的病發率也會增加；污染濃度高的時候，死亡率會在短時間內增加，長期會造成肺癌及其他癌症的發生率都會比較高。尤其當交通事故發生時，延滯的車流造成的壅塞更產生大量的空氣污染排量，可能使得交通旅行者愈來愈多感染呼吸道疾病(如氣喘、過敏症)的患者。

表 8-3 空氣污染濃度與健康影響

污染物	PSI 值	污染定義	濃度範圍	單位	健康影響
CO	51-100	普通	4.5-9	ppm	心肌代謝稍受損、視覺學習能力減低。
	101-299	不良	10-20		頭痛、手協調功能不良甚至悸動性頭痛。
	≥300	有害	≥21		倦怠、視力減弱、虛脫、昏厥、呼吸衰竭甚至死亡
	≥300	有害	≥401		咳嗽、疲勞、呼吸阻力增加、肺水腫、血壓降低、脈搏微弱。
NO ₂	51-100	普通	—	ppb	可嗅得二氧化氮存在。
	101-299	不良	600-1200		暴露 15 分鐘使支氣管患者呼吸道阻塞增加。
	≥300	有害	≥1201		支氣管炎、喪失嗅覺、甚至因纖維化阻塞性細支氣管炎致死，嚴重可迅速致死。

註 1：PM₁₀ 單位為 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；CO 單位為 ppm；SO₂、O₃ 及 NO₂ 單位為 ppb。

註 2：PM₁₀ 及 SO₂ 統計方式為 24 小時平均值；CO 統計方式為 24 小時內最大 8 小時平均值；O₃ 及 NO₂ 統計方式為 24 小時內最大小時值。

資料來源：參考行政院環保署 (2012)，空氣污染指標；方淑惠 (1992)，空氣污染物與健康，科學月刊第 270 期，以及本研究整理。

8.1.2 問卷內容與調查計畫

有關污染排放及時間價值問卷調查資料的收集部分，本研究主要針對行經高速公路之用路人進行隨機抽樣調查，預計共發放 930 份問卷。問卷中首先說明交通事故所產生之車流延滯衝擊，造成能源消耗與碳排放量而造成空氣污染的背景資料，其後共分為四部份。

1. 第一部分：交通事故與旅次特性調查

此部分包含：旅次目的、出發時間、旅行時間、是否有時間急迫性、使用(乘坐)車種、旅行身分別、同行人數、出發縣市、上下交流道名稱、本次高速公路是否塞車及塞車時間等問題。

2. 第二部分：產生空氣污染及時間價值的願付價格情境

(1) 空氣污染願付價格推估說明

參考國外有關空氣污染物與交通量變化的相關研究，大多以二氧化氮與氮氧化物的比值(NO_2/NO_x)為主。由於本研究受限於實際污染監測資料取得之困難，僅以二氧化氮及二氧化碳為示範情境並進一步推估其願付金額。本研究為了探討交通污染源與當地污染物濃度之變化關係，參考警廣交通網擷取 99 年所有因交通事故回堵之事件資料，總計 210 筆。其次，根據處理時間、影響車道數、回堵公里數，應用我國 TEDS7.1 之線源排放係數分別計算該次事故產生之二氧化氮及二氧化碳之總排放量，並區分為輕度、中度、重度等三個等級事故排放汙染程度。又由於移動污染源並未明定不同污染源之排放定價，最後本研究則根據固定污染源罰則費率估算二氧化氮之經濟價值，以及財政部委託中華經濟研究院之研究之碳稅費率，分別求得不同汙染程度之二氧化氮及二氧化碳願付價格起始值。後續則可利用問卷所得之願付金額進一步估算高速公路發生交通事故時造成之汙染排放賠償金額。

(2) 時間價值推估說明

參考 102 年 3 月底「行政院主計處公布平均工資率」：工業及服務業每月平均薪資為 41,652 元，平均工時為 179.5 小時，每小時工資為 232 元；製造業每月平均薪資為 39,131 元，平均工時為 186.1 小時，每小時工資為 210 元。因此，此部分問卷將區分為三種延誤時間詢問受訪者時間價值，分別為：(1)旅行時間多出 60 分鐘、(2)旅行時間多出 30 分鐘，及(3)旅行時間多出 10 分鐘之不同願付金額。後續可藉由問卷獲得之每位受訪者心中之時間價值，根據實際事故資料之延滯

時間進一步估算總事故花費之時間損失。

(3) 問卷內容說明

根據上述說明，因此，問卷中僅包括二氧化氮及二氧化碳污染之輕、中、重三種情境及時間價值短、中、長之三種情境進行調查。有鑑於詢問受訪者願受願付價格之效率性，本研究採用 Triple-bound 形式的詢問方式，設置三層願受或願付價格，以便能更有效求得受訪者真實的願付或願受價格。在假設市場情境部分，由於採用跳答式的問題，且為三層願受或願付價格的問項，因此回答的可能情況有八種，分別為：

- a. 「願意-願意-願意」(Yes-Yes-Yes)
- b. 「願意-願意-不願意」(Yes-Yes-No)
- c. 「願意-不願意-願意」(Yes-No-Yes)
- d. 「願意-不願意-不願意」(Yes-No-No)
- e. 「不願意-願意-願意」(No-Yes-Yes)
- f. 「不願意-願意-不願意」(No-Yes-No)
- g. 「不願意-不願意-願意」(No-No-Yes)
- h. 「不願意-不願意-不願意」(No-No-No)

在第八種情況下，受訪者連續回答三次不願意時，即對於第三層所建議之價格不願意接受或支付，將近一步詢問受訪者實際可以接受或支付的金額。同時也告知受訪者，願付金額可為零元。為了確認所抽樣的對象是否真的存在於本研究假設的模擬交易市場中，在此部分會特別詢問受訪者實際可支付金額的原因，以區別願付價格真正為零的對象，可有效減少願付價格之估計誤差。而事故當事者二氧化氮願付價格及事故受影響者時間價值情境 Triple-bound 架構圖如圖 8.1 所示。

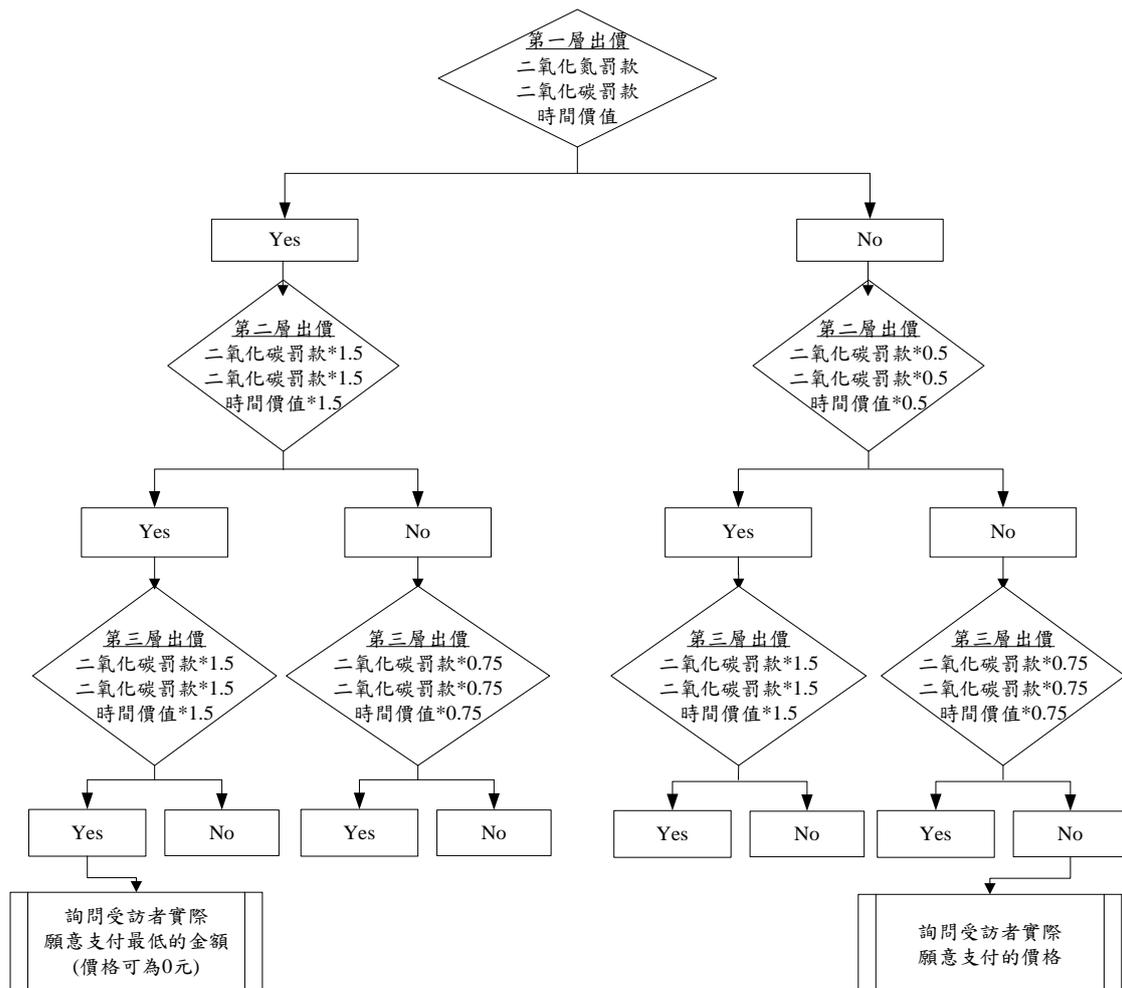


圖8.1 事故當事者二氧化氮、二氧化碳願付價格及事故受影響者時間價值情境Triple-bound架構圖

3. 第三部份：受訪者個人及家庭及車輛相關特性資料

此部分包含：性別、年齡、婚姻狀況、教育程度、職業別、個人每月所得、家戶每月所得、家庭人數、居住縣市、身體狀況及汽車屬性等等問題。

預計藉由問卷調查可得知不同道路型態，事故當事者因交通事故產生之耗能及碳排放量的願付價格，並可推估特定事故類型、道路及我國整體道路所發生交通事故之能源消耗及碳排放量，之後可由各種道路交通事故所產生的碳排放量之推估值，提供道路管理單位做事故預防、易肇事路段防制評估及管理。

8.1.3 願付價格推估方法—Spike 模式

交通事故當事者支付事故產生時產生之碳排放補償制度尚未實施，因此無法透過實際政策實施前後衡量其心中對該政策之經濟衡量價值，因此本研究透過條件評估法(Contingent Valuation Method, CVM)，詢問受訪者對於補償事故產生之碳排放量的主觀價值，進而探討對此非市場財貨是否具有同等價值上的接受度。其中，條件評估法係以描述一假設性市場，先對所評估的財貨做詳細說明，再使用問卷誘導受訪者想像身處其境而從中選擇來直接觀察受訪者對於假設性市場經濟行為，其特點在於經由受訪者對特定市場設立不同假設性狀況，並透過金額或情境的選擇行為，據以推估非市場交易性商品的價值。即透過假設性市場情境詢問個體所能願意支付的最大願付金額(Willingness To Pay，簡稱 WTP)或是所能願意接受的金額(Willingness To Accept，簡稱 WTA)以衡量該非市場財貨的價值。因此，本研究以問卷方式來直接評估交通事故當事者對事故發生時因延滯產生之空氣汙染及能源消耗，所願意支付的最大金額(Willingness to Pay，WTP)。

由於本研究係瞭解交通事故發生時因延滯造成之所產生的碳排放量，事故當事者是否願意過程中的碳排放並支付補償的金額。對於這類調查資料，一般均假設受訪者不會回答負值的金額，因此經由調查所獲得的最小樣本觀察值將不可能為負值，而是零。當所觀察到的消費支出樣本中，有很高的比例為受限於零之觀察值時，將明顯地不符合常態分配，此時若沿用複迴歸模型分析樣本資料，勢必會引起估計結果之偏誤與不一致性。因此，針對樣本中有許多零觀察值之處理方式，Kriström(1997)提出 Spike 模式即可解決願付價格為零的樣本資料。

在本研究中考量零意願樣本效應，故應用 Spike 模式探究交通事故當事者願意支付碳排放補償的金額(WTP, Willingness to Carbon Offset)，亦是根據 Hanemann(1984)提出之隨機效用理論，並假設效用 U 包括可觀察之效用項 V 與無法觀察之隨機誤差項 ε ，效用函數如下

式(8-1)表示：

$$U(y, X; Q) = V(y, X; Q) + \varepsilon \quad (8-1)$$

其中， v 表示事故當事者接受碳補償金額之間接效用函數； y 表示所得； X 表示航空乘客社會經濟變數； Q 表示影響事故當事者支付碳補償的相關變數； ε 為效用函數隨機項且服從獨立與相同隨機分配 (independently and identically distribution, iid)，期望值為 0。當事故當事者願意支付補償碳排放之最低金額 (WTP) 且改變原來行為時，則新效用 V_1 為接受情境的效用函數高於原效用 (V_0)，故效用函數可改寫如式(8-2)：

$$V_1(y - WTP, X; Q_1) + \varepsilon_1 \geq V_0(y, X; Q_0) + \varepsilon_0 \quad (8-2)$$

又可知事故當事者願意支付碳補償金額的最高金額，並不會超過問項給定之金額 A ，因此，其函數可由式(8-2)推導如下式(8-3)：

$$\Pr(\text{Accept CarbonOffset}) = \Pr(WTP \geq A) = 1 - F_{WTP}(A) \quad (8-3)$$

而是故當事者支付碳補償金額之期望值 $E(WTP)$ 可表示如下式(8-4)：

$$E(WTP) = \int_0^{\infty} 1 - F_{WTP}(A_1) dA - \int_{-\infty}^0 F_{WTP}(A_1) dA \quad (8-4)$$

假設個人決策之隨機效用函數如上式(8-1)至式(8-4)所述，又考量 Spike 模式中，價格 A 的值域分布可能為零或正、負值；因此，函數 $F_{WTP}(A)$ 分別定義如下式所示：

$$F_{WTP}(A) = \begin{cases} 0, & A < 0 \\ p, & A = 0 \\ G_{WTP}(A), & A > 0 \end{cases} \quad (8-5)$$

Krström(1997)指出， p 屬於 $(0, 1)$ ，且 $F_{WTP}(A)$ 為一個連續遞增函數， $G_{WTP}(0) = p$ 且 $\lim_{A \rightarrow \infty} G_{WTP}(A) = 1$ ，因此形成一個「jump-discontinuity—a spike—at zero」。

進一步將式(8-5)整合如下：

$$F_{WTP}(A) = \begin{cases} 0, & A < 0 \\ [1 + \exp(\alpha)]^{-1}, & A = 0 \\ [1 + \exp(\alpha - \beta A)]^{-1}, & A > 0 \end{cases} \quad (8-6)$$

其中， α 為在研究中表示為碳補償收費改善氣候變化的邊際效用， β 則為接受碳補償價格之邊際效用，當 $F_{WTP}(A) = 0$ 時定義為模式 Spike 值，意即願意支付碳排放補償金額的機率為零。以 $A = 0$ 代入式(8-7)計算，可求得其值如下式所示：

$$Spike = \frac{1}{1 + \exp(\alpha)} \quad (8-7)$$

當交通事故當事者願意支付碳排放金額大於假設性市場建議的金額時，可將碳補償費用的願付價格期望值如下式：

$$\begin{aligned} E(WTP) &= \int_0^{\infty} \frac{e^{\alpha - \beta A}}{1 + e^{\alpha - \beta A}} dA \\ &= \frac{1}{\beta} \left\{ \lim_{A \rightarrow \infty} \left[\ln(1 + e^{\alpha - \beta A}) + \ln(1 + e^{\alpha}) \right] \right\} \end{aligned} \quad (8-8)$$

其中，若忽略變數 Z 的影響，碳排放補償願付價格的期望值可如下式所示：

$$E(WTP) = \frac{1}{\beta} \ln[1 + e^{\alpha}] \quad (8-9)$$

校估 Spike 模式時，一般使用兩個評估問項，其中， M 表示事故當事者 WTP 之值域是否存在 ($WTP > 0$)，因為在研究中如果一連串拒絕情境問卷的詢價，最後會產生 WTP 為 0 的情形；而 W 表示事故當事者面對最後一次詢價之價額 A 時，是否接受該詢價之判斷，亦即 A 是否大於 WTP 。分別定義如式(8-10)、式(8-11)所示。

$$M = \begin{cases} 1, & WTP > 0 \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (8-10)$$

$$W = \begin{cases} 1, & WTP > A \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (8-11)$$

之後，Spike 模式之參數估計採用最大概似法(MLE)求得，表示如下式所示。

$$\begin{aligned} L = & \sum_i^N M_i W_i \ln [1 - F_{WTP}(A)] \\ & + \sum_i^N M_i (1 - W_i) \ln [F_{WTP}(A) - F_{WTP}(0)] \\ & + \sum_i^N (1 - M_i) \ln F_{WTP}(0) \end{aligned} \quad (8-12)$$

8.1.4 問卷資料分析

本研究針對行經高速公路之用路人進行抽樣調查。分為輕度、中度及重度等三種情境，總共發放 930 份問卷，將問卷之問項填寫不完整或填答內容不符合邏輯判斷為無效問卷，經篩選過後共計 907 份有效問卷，有效率 97.5%，其中輕度有 302 份、中度有 303 份、重度有 302 份。以下分別針對受訪者之基本資料、道路事故情境之願付價格與旅次特性等分析進行說明：

表 8-4 及表 8-5 均為受訪者社會經濟特性分析。在本次調查中，可觀察得知三種情境的受訪者均以男性為多數，分別佔 59.5%、52.5% 及 54.6%，而女性均低於 50%；年齡則多介於 31-40 歲之間的受訪者，分別佔 32.7%、35.2% 及 33.1%，其次則為 21-31 歲及 41-50 歲。婚姻狀況方面，受訪者以已婚者居多，均佔 60% 以上。教育程度方面，受訪者以大學/專科占最高比例，分別為 58.9%、59.0% 及 58.6%，其次依序為高中職畢業及碩士。

表 8-4 社會經濟特性分析(1)

項目		輕度		中度		嚴重	
		樣本數	百分比	樣本數	百分比	樣本數	百分比
性別	男	180	59.6	159	52.5	165	54.6
	女	122	40.4	144	47.5	137	45.4
年齡	18 歲以下	2	0.7	7	2.3	7	2.3
	19-20 歲	12	4.0	9	3.0	10	3.3
	21-30 歲	76	25.2	79	26.1	87	28.8
	31-40 歲	99	32.7	107	35.2	100	33.1
	41-50 歲	61	20.2	65	21.5	54	17.9
	51-60 歲	40	13.2	28	9.2	28	9.3
	61-64 歲	7	2.3	3	1.0	12	4.0
	65 歲以上	5	1.7	5	1.7	4	1.3
婚姻狀況	已婚	200	66.2	189	62.4	191	63.2
	未婚	102	33.8	114	37.6	111	36.8
教育程度	小學	4	1.3	7	2.3	8	2.6
	國中	12	4.0	11	3.6	10	3.3
	高中(職)	66	21.9	89	29.4	73	24.2
	大學/專科	178	58.9	179	59.0	177	58.6
	碩士	40	13.2	15	5.0	25	8.3
	博士	2	0.7	2	0.7	7	2.3
	缺失值	0	0.0	0	0.0	2	0.7
總樣本數		302		303		302	

職業方面，受訪者以服務業所占比例最高，分別為 28.9%、34.0% 及 31.9%，其次則為商業及工業；個人平均月所得方面，受訪者以 25001-40000 者最多，分別佔 29.1%、37.0% 及 30.5%，其次則為 40,001-60,000，再者為無收入者。而在家庭平均月所得方面，則以 40,001-60,000 最多，分別佔 23.2%、21.1% 及 23.8%，而介於 25,001-40,000、60,001-80,000 及 100,001-150,000 的受訪者亦佔不少比例。家庭成員人數(包含本人)方面，受訪者大多為 2 人及 4 人以上為主，輕度分別佔 28.7% 及 29.1%，中度分別佔 35.6% 及 31.0%，重度分別佔 37.1% 及 30.4%，詳細統計結果整理如表 8-5 所示。

表 8-5 社會經濟特性分析(2)

項目		輕度		中度		嚴重	
		樣本數	百分比	樣本數	百分比	樣本數	百分比
職業	無/待業/退休	15	5.0	10	3.3	24	7.9
	家管	27	8.9	23	7.6	30	9.9
	軍公教	33	10.9	21	6.9	20	6.6
	農林漁牧	3	1.0	3	1.0	5	1.7
	工	43	14.2	49	16.2	52	17.2
	商	73	24.2	63	20.8	45	14.9
	服務業	87	28.9	103	34.0	96	31.9
	學生	17	5.6	20	6.6	19	6.3
	其他	4	1.3	11	3.6	11	3.6
個人平均月所得	無收入	45	14.9	36	11.9	50	16.6
	25000 以下	33	10.9	38	12.5	38	12.6
	25,001-40,000	88	29.1	112	37.0	92	30.5
	40,001-60,000	77	25.5	65	21.5	73	24.2
	60,001-80,000	29	9.6	34	11.2	24	7.9
	80,001-100,000	13	4.3	4	1.3	7	2.3
	100,001-150,000	10	3.3	3	1.0	12	4.0
	150,001-200,000	1	0.3	4	1.3	4	1.3
	200,001 以上	1	0.3	1	0.3	2	0.7
家庭平均月所得	無收入	5	1.7	2	0.7	7	2.3
	25000 以下	20	6.6	22	7.3	19	6.3
	25,001-40,000	44	14.6	62	20.5	46	15.2
	40,001-60,000	70	23.2	64	21.1	72	23.8
	60,001-80,000	46	15.2	56	18.5	45	14.9
	80,001-100,000	34	11.3	24	7.9	31	10.3
	100,001-150,000	40	13.2	35	11.6	42	13.9
	150,001-200,000	16	5.3	15	5.0	20	6.6
	200,001-250000	8	2.6	6	2.0	7	2.3
	250001 以上	18	6.0	9	3.0	12	4.0
家庭人數	1 人	47	15.6	31	10.2	39	12.9
	2 人	87	28.7	108	35.6	112	37.1
	3 人	80	26.5	70	23.1	59	19.5
	4 人以上	88	29.1	94	31.0	92	30.4

註：個人平均月所得輕度及中度分別有 5 筆及 6 筆缺失值；家庭平均月所得三種情境分別有 1 筆、8 筆及 1 筆缺失值；家庭人數三種情境分別有 2 筆、2 筆及 3 筆缺失值。

表 8-6 及表 8-7 為旅次特性分析。旅次目的以旅遊/休閒占多數，分別佔 49.3%、58.1%及 54.0%，其次探親訪友及開會洽公分別居於次位。統計結果整理如表 8-6 所示。在高速公路旅行時間主要以 120 分鐘以上且小於 180 分鐘者居多，分別佔 26.8%、25.4%及 29.5%，其餘各區間旅行時間分布均差異不大。一般道路旅行時間則主要集中在 30 分鐘以內，分別佔 36.4%、47.9%及 35.8%，超過 120 分鐘以上的受訪者佔最少。

表 8-6 旅次特性分析(1)

項目		輕度		中度		嚴重	
		樣本數	百分比	樣本數	百分比	樣本數	百分比
旅次目的	上/下班	30	9.9	24	7.9	19	6.3
	上/下學	11	3.6	8	2.6	7	2.3
	開會/洽公	52	17.2	35	11.6	44	14.6
	旅遊/休閒	149	49.3	176	58.1	163	54.0
	探親訪友	51	16.9	45	14.9	58	19.2
	購物	1	0.3	7	2.3	3	1.0
	其他	4	1.3	6	2.0	3	1.0
	返家	4	1.3	2	0.7	5	1.7
高速公路旅行時間	<60 分鐘	55	18.2	49	16.2	42	13.9
	>=60 分鐘,<120 分鐘	45	14.9	59	19.5	48	15.9
	>=120 分鐘,<180 分鐘	81	26.8	77	25.4	89	29.5
	>=180 分鐘,<240 分鐘	60	19.9	55	18.2	61	20.2
	>=240 分鐘	61	20.2	63	20.8	62	20.5
一般道路旅行時間	<30 分鐘	110	36.4	145	47.9	108	35.8
	>=30 分鐘,<60 分鐘	94	31.1	97	32.0	104	34.4
	>=60 分鐘,<120 分鐘	71	23.5	39	12.9	50	16.6
	>=120 分鐘	27	8.9	22	7.3	40	13.2

本旅次中有超過 80% 以上的受訪者無時間急迫性，推測原因則為本調查於高速公路服務區中，至該地區休憩之民眾普於該趟旅次中遍均無旅次急迫性。旅行身分別則以駕駛佔多數，分別佔 62.6%、54.5%及 57.6%。又根據受訪者上下交流道的位置，可進一步估算於高速公

路旅行長度，並將小於 100 公里的區分為短程、100 公里以上未滿 200 公里的區分為中程，以及 300 公里以上則屬於長程，其中以長程居多，分別佔 40.1%、41.3% 及 37.1%。又本旅次中有 90% 以上的受訪者均無塞車，另外統計有塞車的受訪者塞車時間可發現，超過 50% 的受訪者塞車時間均為 30 分鐘以下。

表 8-7 旅次特性分析(2)

項目		輕度		中度		嚴重	
		樣本數	百分比	樣本數	樣本數	百分比	樣本數
旅次是否有急迫性	有急迫性	58	19.2	34	11.2	45	14.9
	無急迫性	242	80.1	268	88.4	255	84.4
	缺失值	2	0.7	1	0.3	2	0.7
旅行身分別	駕駛	189	62.6	165	54.5	174	57.6
	乘客	113	37.4	138	45.5	128	42.4
高速公路旅行長度	短程(<100km)	91	30.1	85	28.1	89	29.5
	中程(>=100,<200km)	90	29.8	93	30.7	101	33.4
	長程(>=300km)	121	40.1	125	41.3	112	37.1
本旅次是否有塞車	有	21	7.0	23	7.6	30	9.9
	無	281	93.0	280	92.4	272	90.1
本旅次塞車時間	<=10 分鐘	5	23.8	6	26.1	8	26.7
	>10, <=30 分鐘	12	57.1	12	52.2	17	56.7
	>30 分鐘以上	4	19.0	5	21.7	5	16.7

表 8-8 為受訪者參與環保活動及身體狀況分析。本研究將列舉 8 種台灣熱門環保活動之項目，並統計受訪者是否有意願參與該活動。由表中可觀察得知，三種情境中，完全無意願參與環保活動的分別有 24.2%、25.4% 及 19.5%，而有意願參與 2 種的亦佔多數，分別佔 24.5%、21.5% 及 27.2%，另有意願參與 1 種及 3 種的亦佔不少比例。其次，調查受訪者是否有眼睛過敏、呼吸道疾病、心肺疾病及抽菸等症狀，由表中可知，有呼吸道疾病的受訪者相對而言為多數，分別佔 10.9%、6.9% 及 9.6%，而亦有部分受訪者有眼睛過敏症狀，分別佔 4.0%、4.3% 及 3.3%。不同情境抽菸的民眾則分別佔 9.3%、9.6% 及 8.9%。

表 8-8 環保活動及身體狀況分析

項目		輕度		中度		嚴重	
		樣本數	百分比	樣本數	百分比	樣本數	百分比
眼睛過敏	無	290	96.0	290	95.7	292	96.7
	有	12	4.0	13	4.3	10	3.3
呼吸道疾病	無	269	89.1	282	93.1	273	90.4
	有	33	10.9	21	6.9	29	9.6
心肺疾病	無	297	98.3	295	97.4	301	99.7
	有	5	1.7	8	2.6	1	0.3
抽菸	無	274	90.7	274	90.4	275	91.1
	有	28	9.3	29	9.6	27	8.9
願意參與 環保活動數目	無	73	24.2	77	25.4	59	19.5
	1 個	59	19.5	57	18.8	56	18.5
	2 個	74	24.5	65	21.5	82	27.2
	3 個	49	16.2	50	16.5	60	19.9
	4 個	22	7.3	36	11.9	27	8.9
	5 個	15	5.0	10	3.3	9	3.0
	6 個	3	1.0	4	1.3	3	1.0
	7 個	3	1.0	2	0.7	1	0.3
	8 個	4	1.3	2	0.7	5	1.7

表 8-9 為二氧化氮願付價格分析。表中的加底線為問卷之起始值，輕度、中度及重度則分別為 10000 元、35000 元及 100000 元。並且觀察表中可知，最後願付價格落在起始值分別佔 11.6%、11.6%及 7.6%；其中均以 0 元佔多數，分別佔 34.1%、37.3%及 34.1%。推測原因為該項情境為國內尚未實行之政策，因此多數受訪者不願意額外支付此金額。灰底斜字之金額則為受訪者連續 3 次拒絕問卷情境之出價後，自行填答之願付價格，總計三種情境分別佔 10.1%、12.8%、及 14.8%，可發現隨著愈嚴重的交通事故可程產生愈高的支付金額，因此其連續拒絕的比例亦隨之上升。進一步統計三種情境之平均願付價格可知，含 0 元出價之輕度樣本 WTP=5949、中度之 WTP=13912 元、重度 WTP=42473 元，不含 0 元出價之輕度樣本 WTP=9028 元、中度為 22185 元、重度 WTP=64456 元。

表 8-9 二氧化氮願付價格分析

輕度			中度			重度		
價格	樣本數	百分比	價格	樣本數	百分比	價格	樣本數	百分比
0	103	34.1	0	113	37.3	0	103	34.1
100	1	0.3	500	3	1.0	400	1	0.3
200	1	0.3	600	1	0.3	500	1	0.3
500	1	0.3	800	1	0.3	600	1	0.3
1000	11	3.6	1000	9	3.0	1000	11	3.6
1200	1	0.3	1200	1	0.3	1200	1	0.3
1500	2	0.7	1500	2	0.7	2000	2	0.7
2000	7	2.3	2000	5	1.7	3000	3	1.0
3000	7	2.3	3000	6	2.0	5000	9	3.0
3500	34	11.3	3500	1	0.3	10000	13	4.3
5000	35	11.6	3600	1	0.3	15000	1	0.3
7500	9	3.0	5000	8	2.6	20000	2	0.7
10000	35	11.6	9000	1	0.3	30000	45	14.9
12000	12	4.0	10000	61	20.1	50000	34	11.3
15000	33	10.9	20000	12	4.0	70000	10	3.3
30000	7	2.3	30000	10	3.3	100000	23	7.6
35000	1	0.3	35000	35	11.6	120000	16	5.3
50000	1	0.3	40000	18	5.9	150000	19	6.3
100000	1	0.3	60000	11	3.6	250000	7	2.3
			80000	2	0.7			
			100000	2	0.7%			
樣本數		302	樣本數		303	樣本數		302
平均值(含 0)		5,949	平均值(含 0)		13,912	平均值(含 0)		42,473
平均值(不含 0)		9,028	平均值(不含 0)		22,185	平均值(不含 0)		64,456

表 8-10 為二氧化碳願付價格分析。表中的加底線之金額為問卷之起始值，輕度、中度及重度則分別為 1000 元、2500 元及 8000 元，最後願付價格落在起始值分別佔 16.6%、13.5%及 11.3%，而 WTP=0 元佔多數，分別佔 31.1%、34.3%及 35.1%。灰底斜字之金額亦為受

訪者連續 3 次拒絕問卷情境之出價後，自行填答之願付價格，總計三種情境分別佔 1.7%、4.9% 及 7.8%，如同二氧化氮之發現，隨著愈嚴重的交通事故可程產生愈高的支付金額，因此其連續拒絕的比例亦隨之上升。而灰底加框之金額則為受訪者連續接受 3 次情境出價後，自行填入最高之願付價格，三種情境分別佔 9.1%、3% 及 3.9%。進一步統計三種情境之平均願付價格可知，含 0 元出價之輕度樣本 WTP=1539、中度之 WTP=1539 元、重度 WTP=5673 元，不含 0 元出價之輕度樣本 WTP=2235 元、中度為 3389 元、重度 WTP=8741 元。

表 8-10 二氧化碳願付價格分析

價格	樣本數	百分比	價格	樣本數	百分比	價格	樣本數	百分比
0	94	31.1	0	104	34.3	0	106	35.1
100	1	0.3	100	1	0.3	50	1	0.3
200	2	0.7	200	1	0.3	100	1	0.3
300	2	0.7	300	3	1.0	500	7	2.3
350	21	7.0	500	7	2.3	600	2	0.7
500	19	6.3	600	2	0.7	800	1	0.3
750	7	2.3	700	1	0.3	1000	10	3.3
1000	50	16.6	1000	47	15.5	1500	1	0.3
1200	18	6.0	1250	13	4.3	2000	1	0.3
1500	42	13.9	2000	7	2.3	3000	27	8.9
2500	18	6.0	2500	41	13.5	4000	22	7.3
3000	9	3.0	3000	24	7.9	6000	11	3.6
4000	1	0.3	4000	29	9.6	8000	34	11.3
5000	5	1.7	6000	14	4.6	9000	26	8.6
6000	1	0.3	8000	2	0.7	12000	31	10.3
10000	8	2.6	10000	4	1.3	18000	9	3.0
15000	1	0.3	30000	2	0.7	20000	6	2.0
25000	1	0.3	100000	1	0.3	24000	1	0.3
30000	1	0.3				25000	1	0.3
50000	1	0.3				50000	3	1.0
						100000	1	0.3
樣本數	302		樣本數	303		樣本數	302	
平均值(含 0)	1539		平均值(含 0)	2226		平均值(含 0)	5673	
平均值(不含 0)	2235		平均值(不含 0)	3389		平均值(不含 0)	8741	

表 8-11 為時間價值願付價格分析。表中的加底線之金額為問卷之起始值，代表高速公路因一起輕度、中度及重度的交通事故導致之時間延滯，其願意付出多少金額來避免該次事故產生，起始值分別為 100 元、300 元及 500 元，而最後願付價格落在起始值分別佔 12.9%、11.6%及 19.5%，而 WTP=0 元亦佔多數，分別佔 31.5%、32.7%及 26.2%。灰底斜字之金額亦為受訪者連續 3 次拒絕問卷情境之出價後，自行填答之願付價格，總計三種情境分別佔 1.6%、3.6%及 3.2%；灰底加框之金額則為受訪者連續接受 3 次情境出價後，自行填入最高之願付價格，三種情境分別佔 10.2%、10.6%及 7.0%。進一步統計三種情境之平均願付價格可知，含 0 元出價之輕度樣本 WTP=156、中度之 WTP=373 元、重度 WTP=614 元，不含 0 元出價之輕度樣本 WTP=227 元、中度為 553 元、重度 WTP=832 元。

表 8-11 時間價值願付價格分析

價格	樣本數	百分比	價格	樣本數	百分比	價格	樣本數	百分比
0	95	31.5	0	99	32.7	0	79	26.2
<i>1</i>	1	0.3	<i>50</i>	<i>4</i>	<i>1.3</i>	<i>40</i>	<i>1</i>	<i>0.3</i>
<i>10</i>	4	1.3	<i>90</i>	<i>1</i>	<i>0.3</i>	<i>50</i>	<i>1</i>	<i>0.3</i>
35	12	4.0	<i>100</i>	<i>6</i>	<i>2.0</i>	<i>100</i>	<i>7</i>	<i>2.3</i>
50	5	1.7	125	14	4.6	<i>150</i>	<i>1</i>	<i>0.3</i>
75	3	1.0	150	14	4.6	200	16	5.3
<u>100</u>	<u>39</u>	<u>12.9</u>	250	10	3.3	250	17	5.6
125	17	5.6	<u>300</u>	<u>35</u>	<u>11.6</u>	400	6	2.0
150	74	24.5	350	34	11.2	<u>500</u>	<u>59</u>	<u>19.5</u>
250	21	7.0	450	44	14.5	600	29	9.6
300	9	3.0	700	10	3.3	750	55	18.2
500	14	4.6	750	1	0.3	1200	10	3.3
1000	6	2.0	1000	23	7.6	1500	5	1.7
3000	1	0.3	1200	1	0.3	2000	10	3.3
5000	1	0.3	1500	1	0.3	5000	3	1.0
			2000	2	0.7	10000	2	0.7
			3000	2	0.7	12000	1	0.3
			10000	2	0.7			
樣本數		302	樣本數		303	樣本數		302
平均值(含 0)		156	平均值(含 0)		373	平均值(含 0)		614
平均值(不含 0)		227	平均值(不含 0)		553	平均值(不含 0)		832

8.1.5 願付價格模式校估結果

此部分包含三部分模式校估結果，分別為：二氧化氮、二氧化碳及時間價值。以下將分述三種模式校估結果。根據基礎統計分析之變數逐次納入模式中，並利用 Spike 模式建構二氧化氮願付價格模式之結果如表 8-12 及表 8-13 所示。模式校估可分為兩部分說明，一為單一變數只考量情境價格的模式，其可探討只考慮情境價格時的願付價格；另一則為加入其他變數影響的部分，可進一步探討其他影響之因素，其所得之願付價格主要是分析不同高速公路駕駛及乘客心中對於支付補償因交通事故造成之二氧化氮污染之費用價值。

Davies and Mazurek (1998)認為，一旦環境保護的相關活動對於受訪者平日規律的生活造成影響時，則可能出現大量的抗議性 0 樣本。因此本研究採用可考慮 0 出價的 Spike 模式分析受訪者的願付價格，並以最大概似法 maximum likelihood estimate (MLE)校估。模式結果可知，二氧化氮單一變數之輕度、中度及重度的平均願付價格分別為 8216 元、28495 元及 75440 元，而多元變數則分別為 13478 元、22206 元及 100387 元。由此可知，當模式中僅考量到情境價格時，因為未考慮受訪者社經條件可能有低估 WTP 的情形；因此，納入多元變數評估模式時，獲得之 WTP 更可代受訪者心中對於補償二氧化氮污染排放量之願付價格。此外，輕度污染計算出之污染願付價格為 13478(元/公噸)、中度之願付價格為 7402(元/公噸)、重度之願付價格則為 11154(元/公噸)，若將三者平均計算可得 10648(元/公噸)，標準差為 3065.7。

其次，情境價格變數為負號，其代表的意義為，假設受訪者願意參與交通事故造成之二氧化氮污染排放量時，必須支付票價以外的另一筆費用來補償該污染，因此當該筆費用愈高時，受訪者則越不願意支付此筆費用，符合本研究之預期方向。

表 8-12 二氧化氮願付價格之單變數模式校估結果

項目	輕度		中度		嚴重	
	係數值	t 值	係數值	t 值	係數值	t 值
常數項	0.532	4.36**	0.532	4.52**	0.616	5.06**
情境價格(bid)	-0.121	-17.90**	-0.035	-9.36**	0.616	-11.51**
WTP(元)	8,216	12.79**	28,495	9.20**	75,440	11.05**
Spike value	0.370	13.01**	0.370	13.49**	0.351	12.65**
Wald statistic (p-value)	1289.81		413.90		524.35	
Log likelihood function	-314.68		-272.78		-286.86	
樣本數	302		303		302	

註：**表示顯著水準為 0.05；*表示顯著水準達 0.1

二氧化氮願付價格之多變數模式結果如表 8-13 所示。由表中可觀察到，輕度情境中年齡超過 40 歲、教育程度大專以上、有意願參與 2 種以上環保活動及有意願參與環保活動且眼睛過敏或呼吸道疾病及氣喘等變數為正向顯著變數。推測年齡超過 40 歲之受訪者以及教育程度為大專以上之受訪者越願意支付汙染補償金額，推測是由於越願意支付汙染補償金額，其理解力與判斷力較高，對於自身造成之交通事故產生之汙染排放量更願意承受與彌補而影響較大。又有意願參與 2 種以上環保活動的受訪者推測其對於空氣汙染問題較為重視，屬高環境保護意識者，因此願意支付較高的補償交通事故產生之二氧化氮費用；此外，若該類型受訪者同時患有眼睛過敏或呼吸道疾病、氣喘等症狀時，可能由於其相對於無此症狀的受訪者對於空氣汙染情況更為敏感的受到影響，因此提升其支付意願，並由其係數值為 0.816 可知該變數對於整個模式的影響最為明顯。此模式結果與 Wang and Zhang (2009) 研究中指出家庭收入、支出治療呼吸系統疾病、教育水準及空氣汙染與健康相關性的意見為影響改善空氣品質顯著之變數有類似之結果。

中度及嚴重的情境中，顯著變數則僅有交叉變數，推測原因為隨著該次交通事故產生之汙染程度愈高，補償該次汙染的金額亦隨之提升，此時可能非單一社經背景的受訪者能支付該費用，受訪者必須同

時存在對環保意識較高或所得較高的條件下方可傾向支付較高之補償金額。如「有意願參與環保活動且已婚及家庭成員 2 人以下」以及「正職員工且個人平均月所得超過 2.5 萬以上」在中度交通事故造成之污染情境中為正向顯著。推測原因為有意願參與環保活動的受訪者，對於由自身因交通事故造成之二氧化氮污染，有義務支付較高的金額來補償此污染排放，然而隨著金額提高(中度相對於輕度)，必須同時存在已婚及家庭成員為 2 人以下時，可能不需有教養子女之經濟負擔時，方可提升支付該補償污染排放之費用。其次，推測正職員工相對於約聘僱人員有較穩定的工作，且平均月所得超過 2.5 萬時，才有一定能力來支付該次補償費用，因此有較高的意願來支付該金額。

隨著污染程度提升(嚴重相對於中度)，支付該費用的受訪者亦有不同的社經條件。如：「有意願參與環保活動且家庭平均月所得超過 4 萬以上」及「有意願參與環保活動且家庭平均月所得超過 8 萬以上」符號均為正向影響，然而在嚴重污染程度時，亦即除了有意願參與環保活動外，更需存在家庭月所得 8 萬以上之受訪者者，其支付補償交通事故造成二氧化氮排放量之意願越高，表示家庭經濟能力較高且到達一定水準之受訪者，方有能力且較願意負擔該補償費用。

表 8-13 二氧化氮願付價格之多變數模式校估結果

項目	輕度		中度		嚴重	
	係數值	t 值	係數值	t 值	係數值	t 值
常數項	-0.158	-0.92	0.160	1.08	0.458	3.64**
情境價格(bid)	-0.807	-6.37**	-0.395	-8.23**	-0.143	-12.06**
年齡超過 40 歲	0.466	2.28**	—	—	—	—
教育程度大專以上	0.605	3.30**	—	—	—	—
有意願參與 2 種以上環保活動	0.595	1.98**	—	—	—	—
有意願參與環保活動且 眼睛過敏或呼吸道疾病	0.816	1.69**	—	—	0.869	1.66*
有意願參與環保活動且 已婚及家庭成員 2 人以下	—	—	0.742	1.76*	—	—
有意願參與環保活動且 家庭平均月所得超過 4 萬以上	—	—	0.825	2.13**	—	—
有意願參與環保活動且 家庭平均月所得超過 8 萬以上	—	—	—	—	0.818	1.91**
正職員工且個人平均月所得 超過 2.5 萬以上	—	—	0.242	1.74*	—	—
WTP(元)	13,478	5.25**	22,206	8.24**	100,387	4.15**
Spike value	0.337	8.92**	0.416	9.93**	0.237	3.06**
Wald statistic (p-value)	236.68		313.27		425.98	
Log likelihood function	-308.82		-331.03		-311.46	
樣本數	302		303		302	
元/公噸	13478		7402		11154	
平均值(元/公噸)	10678					
標準差	3065.7					

註：**表示顯著水準為 0.05；*表示顯著水準達 0.1

表 8-14 及表 8-15 為二氧化碳願付價格單變數及多變數之模式校估結果。模式結果可知，二氧化碳單一變數之輕度、中度及重度的平均願付價格分別為 2380 元、4035 元及 9266 元，而多元變數則分別為 2571 元、4930 元及 10386 元。如同二氧化氮模式，情境價格均為負向顯著，表示受訪者參與交通事故造成之二氧化氮污染排放量時，必須支付票價以外的另一筆費用來補償該污染，因此當該筆費用愈高時，受訪者則越不願意支付此筆費用，符合本研究之預期方向。

由表 8-15 二氧化氮多變數模式中可知，輕度情境中，正向顯著的變數包含「個人月所得 4 萬以上」、「教育程度大專以上」、「年齡超過 50 歲」及「有意願參與 2 種環保活動」。推測原因為個人月所得超過 4 萬以上的受訪者收入已高於當年國民平均所得(約 3 萬 5 千元)，屬於較有能力負擔額外的支出，因此有較願意支付交通事故造成之二氧化碳補償費用。其餘三變數推測如同二氧化氮模式中所述，可能原因分別為其理解能力及判斷能力較高，且對於二氧化碳排放造成之溫室效應問題較為重視，屬於環保意識者，因此均對於交通事故造成之二氧化碳有較高的支付意願。

由中度及重度情境，可觀察得知有眼睛過敏及呼吸道疾病的受訪者，均較為願意支付二氧化碳補償費用。由於中度污染程度需支付較高的補償費用，造成每月平均所得為 8 萬以上且教育程度大學以上的受訪者，才為正向顯著之支付意願，而達到重度污染情境時，方額外具備該受訪者有意願參與環保活動時，才有正向顯著的影響，並且由該變數之係數值為 1.635 可知，其對於模式影響程度最大，因此後續若需進行此政策時，可主要針對該族群進行推廣。輕度二氧化碳污染計算出之願付價格為 2571(元/公噸)、中度污染之願付價格為 1643(元/公噸)、重度之願付價格則為 1154(元/公噸)，若將三者平均計算可得每公噸 1789 元(標準差為 3065.7)。

表 8-14 二氧化碳願付價格之單變數模式校估結果

項目	輕度		中度		嚴重	
	係數值	t 值	係數值	t 值	係數值	t 值
常數項	0.368	2.87**	0.432	3.60**	0.479	3.95**
情境價格(bid)	0.368	-26.51**	-0.231	-26.22**	-0.104	-16.42**
WTP(元)	2380	12.88**	4035	13.01**	9266	12.72**
Spike value	0.409	0.41**	0.394	13.73**	0.383	13.36**
Wald statistic (p-value)	3266.79		2953.85		1123.69	
Log likelihood function	-450.48		-355.94		-335.79	
樣本數	302		303		302	

註：**表示顯著水準為 0.05；*表示顯著水準達 0.1

表 8-15 二氧化碳願付價格之多變數模式校估結果

	輕度		中度		嚴重	
	係數值	t 值	係數值	t 值	係數值	t 值
常數項	-0.046	-0.25	0.214	1.71 [*]	0.488	3.90 ^{**}
情境價格(bid)	-0.250	-4.62 ^{**}	-0.195	-20.13 [*]	-0.132	-10.63 ^{**}
個人月所得 4 萬以上	0.441	2.06 ^{**}	—	—	—	—
教育程度大專以上	0.402	2.16 ^{**}	—	—	—	—
年齡超過 50 歲	0.466	1.58	—	—	—	—
有眼睛過敏或呼吸道疾病	—	—	0.673	1.72 ^{***}	0.660	1.64 [*]
有意願參與 2 種以上環保活動	0.459	2.28 ^{**}	0.401	2.77	—	—
所得 8 萬以上且教育程度大學以上	—	—	1.199	1.64 [*]	—	—
所得 8 萬以上及教育程度大學以上且有意願參與環保活動	—	—	—	—	1.635	1.51
WTP(元)	2,571	4.05 ^{**}	4,930	8.05 ^{**}	10,386	4.73 ^{**}
Spike value	0.332	5.53 ^{**}	0.381	8.52 ^{**}	0.271	4.15 ^{**}
Wald statistic (p-value)	93.74		1687.39		354.11	
Log likelihood function	-335.06		-334.57		-302.54	
樣本數	302		303		302	
元/公噸	2571		1643		1154	
平均值	1789					
標準差	719.6					

註：**表示顯著水準為 0.05；*表示顯著水準達 0.1

表 8-16 及表 8-17 為時間價值願付價格單變數及多變數之模式校估結果。由表中可觀察得知，單一變數只考量情境價格的模式，其可探討只考慮情境價格時的願付價格；多變數模式則為加入其他變數影響的部分，可進一步探討其他影響之因素，其所得之願付價格主要是分析不同受訪者心中對於避免因交通事故產生延誤之價值。模式結果可知，單一變數的於輕度、中度及重度之平均願付價格分別為 218 元、643 元及 778 元；多元變數則分別為 540 元、1023 元及 1627 元，此校估結果除考慮到受訪者者社經條件及旅次特性，並且為扣除 0 值之願付價格更可代表受訪者心中對於避免因交通事故造成時間延誤之願付價格。

由模式中可得知，該旅次身分為駕駛者均對於支付避免因交通事故產生時間延誤的意願有正向影響，推測原因為該趟旅次之身分為駕駛的受訪者，對於行駛時間有更直接的感受，因此更願意支付該金額，並且該變數於三種情境中，均有相當大比重的影響程度，而工作與上、下學旅次則於輕度與重度情境中有正向影響。此次行駛高速公路之行駛時間為兩個小時以上的受訪者，推測因避免增加更多的旅行時間(中度 30 分鐘、重度 60 分鐘)，因此較為願意支付金額避免交通事故造成之時間延誤。又在輕度情境中，短程受訪者對於願付價格有正向影響，而中、長程情境中，則以長程受訪者對於願付價格有正向影響。推測由於輕度情境中，由於短程旅次中行駛時間可能較短，對於造成 10 分鐘延誤佔已整趟旅次中相當大的比例，因此短程受訪者較願意支付避免此次延誤之時間價值；然而長程受訪者本身行駛時間較長，對於 10 分鐘的旅行時間延誤病無法有深刻的感知程度，因此僅在中度及重度造成 30 分鐘及 60 分鐘延誤時，才有較高的意願支付避免時間延誤的金額。然而在重度情境中，身分為主管級的受訪者願意支付較高的避免時間延誤金額，推測原因為該類型之受訪者本身因職務關係而有較高之時間價值，因此面臨長時間的時間延誤下，更願意支付較高的金額來避免此次延誤的發生。綜合三種情境可知，受訪者避免因交通事故產生延誤之願付價格分別為每分鐘 54 元、34 元及 27 元。

表 8-16 時間價值願付價格之單變數模式校估結果

項目	輕度		中度		嚴重	
	係數值	t 值	係數值	t 值	係數值	t 值
常數項	0.424	3.39**	0.451	3.70**	0.612	4.67**
情境價格(bid)	-4.259	-27.65**	-1.468	-23.08**	-1.343	-27.98**
WTP(元)	218	13.25**	643	13.32**	778	13.62**
Spike value	0.396	13.24**	0.389	13.42**	0.352	11.76**
Wald statistic (p-value)	3388.69		2274.26		3170.74	
Log likelihood function	-419.65		-392.16		-409.53	
樣本數	302		303		302	

註：**表示顯著水準為 0.05；*表示顯著水準達 0.1

表 8-17 時間價值願付價格之多變數模式校估結果

項目	輕度		中度		嚴重	
	係數值	t 值	係數值	t 值	係數值	t 值
常數項	-0.323	-2.42**	0.016	0.12	-0.138	-0.98**
情境價格(bid)	-1.520	-9.96**	-0.776	-11.94**	-0.554	-11.23**
身份為駕駛	1.010	6.46**	0.645	4.19**	0.548	3.55**
工作與上下學旅次	0.656	3.40**	—	—	0.470	2.17**
此次行駛高速公路時間兩小時以上	—	—	0.415	1.66*	0.662	2.59**
此次旅程高速公路程為長程(>=300km)	—	—	0.424	2.75**	0.487	1.81*
此次旅程為短程(<100km)	0.396	2.30**	—	—	—	—
職業為主管級	—	—	—	—	0.591	2.10**
WTP(元)	540	9.11**	1,023	9.87**	1,627	8.04**
Spike value	0.440	14.83**	0.452	14.22**	0.406	9.95**
Wald statistic (p-value)	565.31		765.55		578.84	
Log likelihood function	-375.98		-373.11		-374.79	
元/分鐘	54		34		27	
平均值	38					
標準差	13.9					

註：**表示顯著水準為 0.05；*表示顯著水準達 0.1

8.2 道路交通事故成本推估

根據第七章及 8.1 節，本研究分別估算出全國 2010 年事故之總延滯、總能源消耗、總排碳量及其他污染量，此小節將依序推估 2010 年道路交通事故總外部成本及內部成本。

8.2.1 外部成本推估

本研究推估之外部成本，包含時間成本、能源消耗成本、二氧化碳污染及二氧化氮污染成本，各項外部成本推估說明如后。

1. 時間成本

時間成本係依據道路交通事故造成之延滯進行推估，時間成本推估之時間價值則參考本研究估計之時間價值願付價格每分鐘 38 元。基此，2010 年全國道路交通事故時間成本推估結果如表 8-18 所示。2010 年全國道路交通事故時間成本共 115,165.36 百萬元，以 A2 事故 57,085.20 百萬元最高，其次為 A3 事故 54,738.60 百萬元，A1 事故為 3,341.56 百萬元。

表 8-18 2010 年全國道路交通事故時間成本(百萬元)

道路型態	事故型態			總計
	A1	A2	A3	
地區道路	2,737.14	54,156.84	45,448.61	102,342.59
高速公路	604.42	2,928.36	9,290.00	12,822.77
總計	3,341.56	57,085.20	54,738.60	115,165.36

2. 能源消耗成本

能源消耗成本根據本研究推估之總能源消耗及 2010 年 95 無鉛汽油平均價格(29.91 元/公升)估算而得。估算結果如表 8-19 所示，2010 年全國道路交通事故能源消耗成本為 870.21 百萬元，A3 事故為 522.95 百萬元，A2 事故為 313.83 百萬元，A1 事故為 33.43 百萬元。另外，觀察不同道路型態發現，高速公路總能源消耗成本為 496.48

百萬元，地區道路總能源消耗成本為 373.73 百萬元，高速公路佔全國總能源消耗成本 50% 以上。

表 8-19 2010 年全國道路交通事故能源消耗成本(百萬元)

項目	道路	事故型態			總計
		A1	A2	A3	
非重現性交通壅擠	高速公路	22.63	110.45	354.25	487.33
	地區道路	10.21	180.75	152.37	343.33
事故排除 事故調查	高速公路	0.01	0.14	1.96	2.11
	地區道路	0.13	11.08	7.25	18.45
傷者後送醫療	高速公路	0.00	0.03	0.00	0.03
	地區道路	0.01	1.02	0.00	1.03
設施損毀	高速公路	0.05	0.22	0.71	0.98
	地區道路	0.02	0.40	0.32	0.74
車輛損毀	高速公路	0.18	0.89	2.85	3.92
	地區道路	0.08	1.60	1.28	2.96
傷者後續照護	高速公路	0.01	0.14	1.96	2.11
	地區道路	0.10	7.11	0.00	7.21
小計	高速公路	22.88	111.87	361.73	496.48
	地區道路	10.55	201.96	161.22	373.73
總計		33.43	313.83	522.95	870.21

3. 二氧化碳汙染成本

二氧化碳汙染成本根據本研究推估之總二氧化碳排放量及二氧化碳願付價格估算(1789 元/公噸)而得。估算結果如表 8-20 所示，2010 年全國道路交通事故二氧化碳汙染成本為 117.81 百萬元，A3 事故為 70.8 百萬元，A2 事故為 42.49 百萬元，A1 事故為 4.53 百萬元。另外，觀察不同道路型態發現，高速公路總二氧化碳汙染成本為 67.21 百萬元，地區道路總二氧化碳汙染成本為 50.59 百萬元，高速公路佔全國總二氧化碳汙染成本 50% 以上。

表 8-20 2010 年全國道路交通事故二氧化碳汙染成本(百萬元)

項目	道路	事故型態			總計
		A1	A2	A3	
非重現性交通壅擠	高速公路	3.06	14.95	47.96	65.97
	地區道路	1.38	24.47	20.63	46.48
事故排除 事故調查	高速公路	0.00	0.02	0.27	0.29
	地區道路	0.02	1.50	0.98	2.50
傷者後送醫療	高速公路	0.00	0.00	0.00	0.00
	地區道路	0.00	0.14	0.00	0.14
設施損毀	高速公路	0.01	0.03	0.10	0.13
	地區道路	0.00	0.05	0.04	0.10
車輛損毀	高速公路	0.02	0.12	0.39	0.53
	地區道路	0.01	0.22	0.17	0.40
傷者後續照護	高速公路	0.00	0.02	0.27	0.29
	地區道路	0.01	0.96	0.00	0.98
小計	高速公路	3.10	15.15	48.97	67.21
	地區道路	1.43	27.34	21.83	50.59
總計		4.53	42.49	70.80	117.81

4. 二氧化氮污染成本

二氧化氮污染成本根據本研究推估之總二氧化氮排放量及二氧化氮願付價格估算(10,678 元/公噸)而得。估算結果如表 8-21 所示，2010 年全國道路交通事故二氧化氮污染為 0.08 百萬元，A3 事故為 0.05 百萬元，A2 事故為 0.03 百萬元，A1 事故為 0 元。另外，觀察不同道路型態發現，高速公路總二氧化氮污染為 0.05 百萬元，地區道路總能二氧化氮污染為 0.03 百萬元，高速公路佔全國二氧化氮污染 50% 以上。二氧化氮值得注意的是，由於二氧化氮排放很微量，因此，在 A1 事故中二氧化氮的污染成本為 0，僅有 A2 及 A3 事故有其污染成本。

表 8-21 2010 年全國道路交通事故二氧化氮污染成本(百萬元)

項目	道路	事故型態			總計
		A1	A2	A3	
非重現性交通壅擠	高速公路	0.00	0.01	0.03	0.05
	地區道路	0.00	0.02	0.01	0.03
事故排除 事故調查	高速公路	0.00	0.00	0.00	0.00
	地區道路	0.00	0.00	0.00	0.00
傷者後送醫療	高速公路	0.00	0.00	0.00	0.00
	地區道路	0.00	0.00	0.00	0.00
設施損毀	高速公路	0.00	0.00	0.00	0.00
	地區道路	0.00	0.00	0.00	0.00
車輛損毀	高速公路	0.00	0.00	0.00	0.00
	地區道路	0.00	0.00	0.00	0.00
傷者後續照護	高速公路	0.00	0.00	0.00	0.00
	地區道路	0.00	0.00	0.00	0.00
小計	高速公路	0.00	0.01	0.03	0.05
	地區道路	0.00	0.02	0.02	0.03
總計		0.00	0.03	0.05	0.08

歸納 2010 年總外部成本，如表 8-22 所示，2010 年全國道路交通事故外部成本共 116,153.45 百萬元，其中，以時間成本占 99.15% 最高，能源消耗成本占總外部成本 0.75% 次之，二氧化碳污染成本為 0.1%，二氧化氮成本則為 0%。本研究將根據此結果與內部成本整合，估算我國道路交通事故總成本。

表 8-22 2010 年全國道路交通事故外部成本(百萬元)

項目	道路	事故型態			總計	%
		A1	A2	A3		
時間成本	高速公路	2,737.14	54,156.84	45,448.61	102,342.59	88.11
	地區道路	604.42	2,928.36	9,290.00	12,822.77	11.04
小計		3,341.56	57,085.20	54,738.60	115,165.36	99.15
能源消耗成本	高速公路	22.88	111.87	361.73	496.48	0.43
	地區道路	10.55	201.96	161.22	373.73	0.32
小計		33.43	313.83	522.95	870.21	0.75
二氧化碳汙染成本	高速公路	3.1	15.15	48.97	67.21	0.06
	地區道路	1.43	27.34	21.83	50.59	0.04
小計		4.53	42.49	70.80	117.80	0.10
二氧化氮汙染成本	高速公路	0	0.01	0.03	0.05	0.00
	地區道路	0	0.02	0.02	0.03	0.00
小計		0.00	0.03	0.05	0.08	0.00
總計		3,379.52	57,441.55	55,332.40	116,153.45	

8.2.2 內部成本推估

根據 2012 年交通部運輸研究所委託之「道路交通事故成本推估之研究」案，大規模問卷調查 99 年交通事故傷亡者實際填答之賠償金額，推估之每人及每車傷亡之平均成本，研究中估算交通事故衍生之「人力成本」(勞動生產力損失、生活品質降低成本、醫療成本)，以法院判決資料進行估算，以「人數」為單位；至於「財物損失成本」部分，本研究僅探討「車輛毀損成本」，並以肇事「車輛數」作為推估單位。結果如表 8-23 所示。因我國民法中並無規範死亡生產力損失項目，故法院並交通事故賠償中，並無實際求償死亡生產力損失項目，因此該研究該項成本則依據問卷中當事者之社會經濟條件，依照陳高村及許志誠(2003)提及之賠償預期利益法計算死亡者生產力損失成本。其概念為用於估算個人勞動工作損失、勞動能力減損與扶養預期利益，原理係將被害人因事故傷殘(或死亡)勞動能力(或扶養利益)

損失預期之期間，按事故前原有所得估算(將被害人家屬之扶養利益視為其所得)，再扣除中間利息，計算方法如(式 8-13)所述：

$$L_{LD} = \sum_{t=x}^{x+n-1} \frac{S_x(1+r)^{t-x} \times P_x^t}{(1+i)^{t-x}} \quad (8-13)$$

表由表中可得知，平均一個人死亡為 10,014,634 元，平均一個人受傷為 193,515 元；而死亡財物損失成本相較於受傷則較低，死亡的大型車成本平均為 1900 元/輛、小型車成本為 1000 元/輛、機車成本為 40,368 元/輛；而受傷的大型車平均成本為 95,182 元/輛、機車成本為 89,778 元/輛，機車成本為 14,772 元/輛。

表 8-23 交通事故之每人/每車死傷之平均成本

傷亡程度	成本項目	每人平均金額
死亡	生產力損失	9,261,815
	生活品質降低	680,857
	醫療成本	71,962
	小計	10,014,634
	大型車	1,900
	小型車	1,000
	機車	40,368
受傷	生產力損失	87,300
	生活品質降低	61,965
	醫療成本	44,250
	小計	193,515
	大型車	95,182
	小型車	89,778
	機車	14,772

總成本之估算流程包含：

- (1) 統計問卷資料之人力與財物各項成本值。首先由問卷資料統計獲得受傷之人力與財物(小型車與機車)之單位成本
- (2) 統計受傷之人數與車輛數。進一步統計受傷之人數與車輛數(如表 8-24)；

- (3) 推估我國一年道路事故 A1,A2 不同受傷程度之人數。由於警政署資料庫僅可統計受傷與死亡人數。因此為了推估不同受傷程度之人數，爾後可透過問卷所推算的不同受傷程度的人數比例，利用警政署 99 年之道路交通事故統計中 A1, A2 中受傷總人數(293,806 人)，依比例放大推估出 99 年度我國一年道路事故 A1,A2 不同受傷程度之人數；
- (4) 推估 A1,A2,A3 資料庫之不同傷亡程度之車輛數。可以透過問卷分別推算出大型車、小型車與機車之受傷比例，再以警政署資料庫統計 99 年小型車與機車肇事總數，推估 99 年 A1,A2,A3 不同傷亡程度之小型車與機車車輛數。
- (5) 推估 99 年全國道路交通事故成本總金額。最後將各項成本單位金額與車輛數或人數相乘積並加總，則可推估出我國 99 年全國道路交通事故成本總額，約為 426,684 百萬元。

表 8-24 2010 年道路交通事故之總內部成本推估結果

成本項目		總成本 (單位：百萬元)	%	
人力成本	死亡	生產力損失	20,065	4.7
		生活品質降低	12,085	2.8
		醫療成本	35	0.0
	受傷	生產力損失	149,473	35.0
		生活品質降低	73,826	17.3
		醫療成本	126,230	29.5
小計		381,714	89.3	
財物損失成本	大型車	3,868	0.9	
	小型車	33,931	7.9	
	機車	7232	1.7	
小計		45,031	10.5	
總計		426,684	100.0	

8.2.3 道路交通事故成本分析

綜整前述外部成本及內部成本，估算我國 2010 年事故總成本如表 8-25，2010 年道路交通事故之總成本為 542,898 百萬元，其中內部成本佔 78.6%，外部成本占 21.4%。為確認本研究之估算正確，進一步與我國 GDP 相比，我國 2010 年國內生產 GDP 總額為 13,614,221 百萬元，道路事故成本佔 GDP 為 3.99%，與其他國家相比如表 8-26，我國道路事故成本佔 GDP 略高於其他國家。另外，將事故成本與我國 99 年道路交通安全總預算及 2010 年全年交通罰鍰相比，2010 年交通部編列 3 億 3,199 萬 1,000 元道路交通安全預算，事故總成本與道路交通安全預算之比值為 1635.28，2010 年交通罰鍰 5,600.05 百萬元，交通罰鍰與事故總成本之比值為 96.94，隱含總預算每一塊錢須降低約 1,635 元的事務成本，而交通罰鍰每一塊錢須補償約 96.94 元因交通事故產生之成本。

表 8-25 2010 年道路交通事故之總成本推估結果

成本項目		總成本(百萬元)	%
內部成本	人力成本	381,714	70.31
	財物損失成本	45,031	8.29
小計		426,745	78.60
外部成本	時間成本	115,165.36	21.21
	能源消耗成本	870.21	0.16
	二氧化碳汙染成本	117.80	0.02
	二氧化氮汙染成本	0	0.00
小計		116,153	21.40
總計		542,898	
道路事故成本佔 GDP 百分比		3.99%	

表 8-26 泰國、英國、加拿大、美國 2010 年道路事故成本佔 GDP 百分比之統計

國家	交通事故總成本 (百萬美金)	GDP(百萬美金)	百分比
泰國	7,765	318,847	2.44
英國	28,478	2,246,079	1.27
加拿大	25,056	1,574,052	1.59
美國	299,500	14,119,000	2.12

資料來源：2012 年交通部運輸研究所委託之「道路交通事故成本推估之研究」

8.3 道路交通事故成本分析系統

依據本研究建構之道路交通事故道路衝擊系統化架構及能源消耗和碳排放推估架構，並結合 2012 年交通部運輸研究所委託之「道路交通事故成本推估之研究」，推估出 2010 年全年事故總成本。為方便後續相關單位在決策時應用，本研究依據研究成果建構一道路交通事故成本分析系統，供相關單位決策時應用。本系統建構之情境主要功能為協助政府在擬定道路交通安全預算時，提供一平台評估投入之預算將獲得多少效益，以便面對預算審查時可提出有利數據，作為政策推行之支持。

8.3.1 系統輸入輸出介面

1. 系統輸入介面

此系統整合能事故衝擊、能源消耗及碳排放之結果，包含延滯時間、能源消耗及二氧化碳等事故所產生之負面效益，為衡量這些負面效益，在前述分析過程中，已將這些負面效益貨幣化，本系統得以進一步進行投入與產出之分析。此系統設定交通部編列之道路交通安全預算為減少事故之投入，而事故減少而降低之成本為產出，在此概念下，系統輸入設計界面如圖 8.1 所示。圖 8.1 為系統主要頁面，頁面右邊為主要參數設定之區域，包含地區道路及高速公路 A1、A2 及

A3 事故變動數量，全國死傷人數及損毀車輛數等，因本研究以推估 2010 年完整之事故成本，因此，本系統預設之數值為 2010 年情境。另外，本研究考量各縣市地區道路之差異性，提供各縣市事故件數微調功能，如圖 8.2 所示，使用者可針對需求調整各縣市各類型事故件數。系統介面左半邊為主要輸出區域，此部分可根據輸入之事故件數或其他參數，即時觀察成本之變動情形，左下方則提供成本結構分析。另外，為供決策者在擬定預算時參考使用，在系統介面中加入預算欄位及益本比欄位，供擬定預算時參考之用。



圖8.1道路交通事故成本分析系統參數輸入介面

縣市	A1	A2	A3	A1	A2	A3
新北市	160	18,032	12,915	-	-	-
臺北市	84	18,899	48,957	-	-	-
臺中市	206	43,727	31,376	-	-	-
臺南市	154	15,386	5,019	-	-	-
高雄市	225	32,622	18,464	-	-	-
宜蘭縣	56	4,941	1,661	-	-	-
桃園縣	131	18,301	12,514	-	-	-
新竹縣	70	5,258	5,268	-	-	-
苗栗縣	64	3,989	2,463	-	-	-
彰化縣	131	12,284	9,164	-	-	-
南投縣	68	4,569	4,437	-	-	-
雲林縣	110	5,735	2,518	-	-	-
嘉義縣	85	3,596	1,972	-	-	-
屏東縣	155	9,774	4,472	-	-	-
臺東縣	55	2,151	969	-	-	-
花蓮縣	59	3,767	2,893	-	-	-
澎湖縣	5	711	551	-	-	-
基隆市	20	2,356	3,000	-	-	-
新竹市	18	5,697	5,600	-	-	-
嘉義市	20	3,285	2,389	-	-	-
金門縣	7	386	303	-	-	-

關閉

圖8.2 各縣市件數調整介面

2.系統輸出介面

此系統主要輸出介面除主畫面左半邊之成本輸出結果，亦提供延滯推估、能源消耗推估、二氧化碳及二氧化氮推估結果，供使用者查詢。以延滯推估及能源消耗推估輸出畫面為例，如圖 8.3 及圖 8.4，各推估結果畫面可觀察各縣市數值及高速公路各類型事故之數值。畫面左半邊之數值，可針對各縣市事故件數調整而變動。

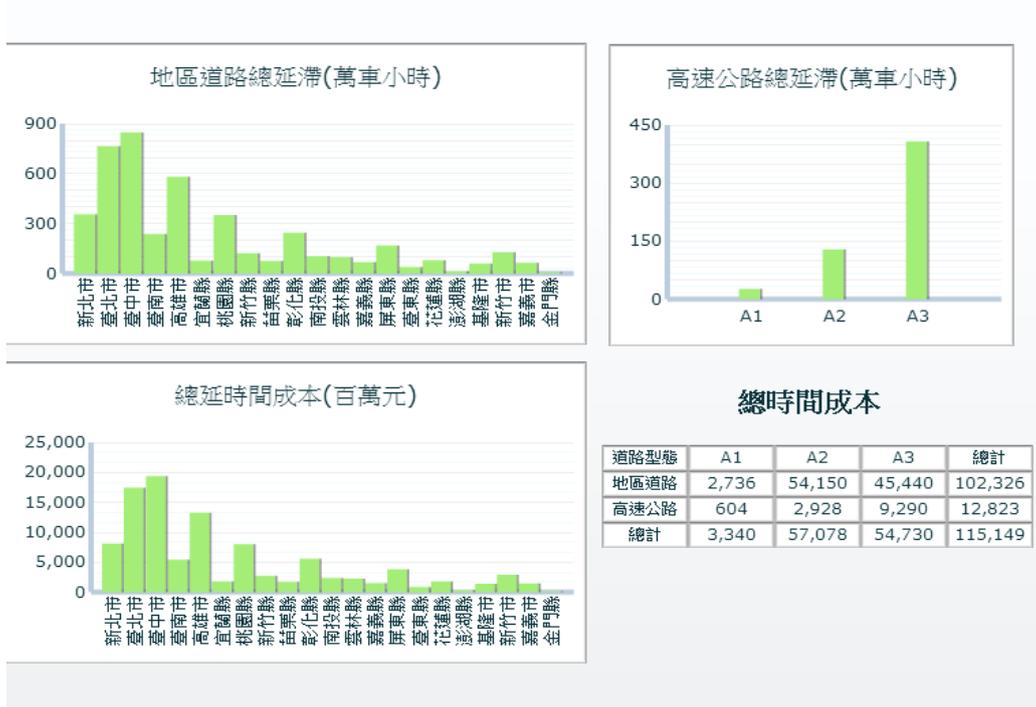


圖8.3 延滯時間推估輸出介面

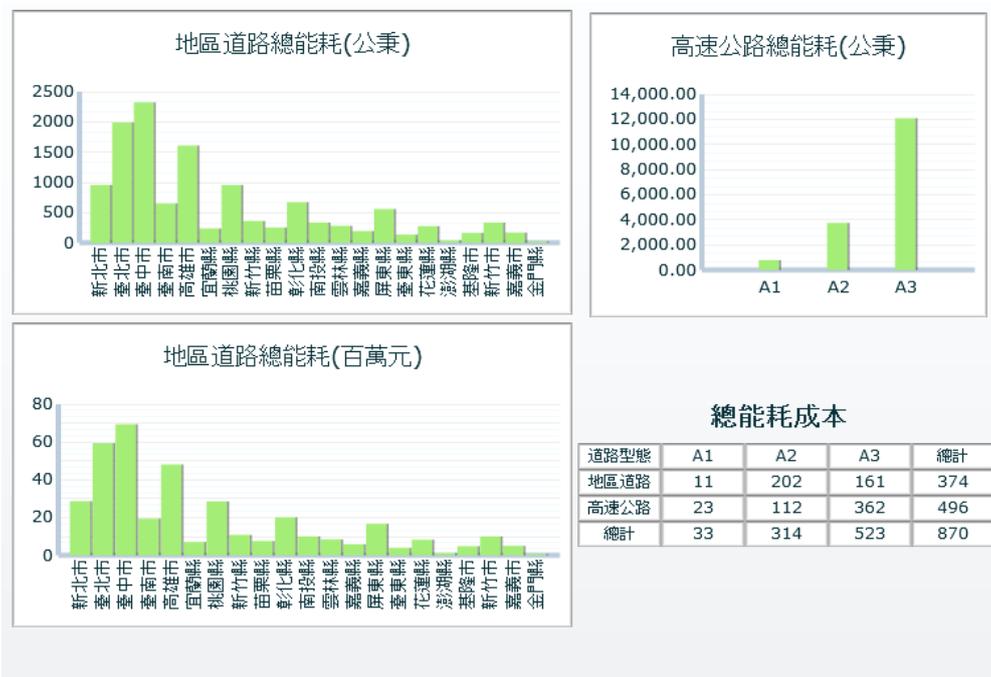


圖8.4 能源消耗推估輸出介面

8.3.2 系統分析範例

範例一

說明本系統之功能，於此假設一情境進行範例說明。根據 2010 年交通部編列之 3 億 3,199 萬 1,000 元道路交通安全預算，本研究嘗試以本系統試算預算產生之效益與益本比。假設 3 億 3,199 萬 1,000 元之投入，可減少 0.5%地區道路之 A1 事故、1%地區道路 A3 事故，0.5%的高速公路 A1 及 A2 事故，1%的 A3 事故，設定如圖 8.5 所示。在此情境下，可減少 375 百萬元，與交通安全預算相比，其益本比為 1.13 大於 1，顯示這此狀況下，預算之投入可達到其效益，如圖 8.6 所示。

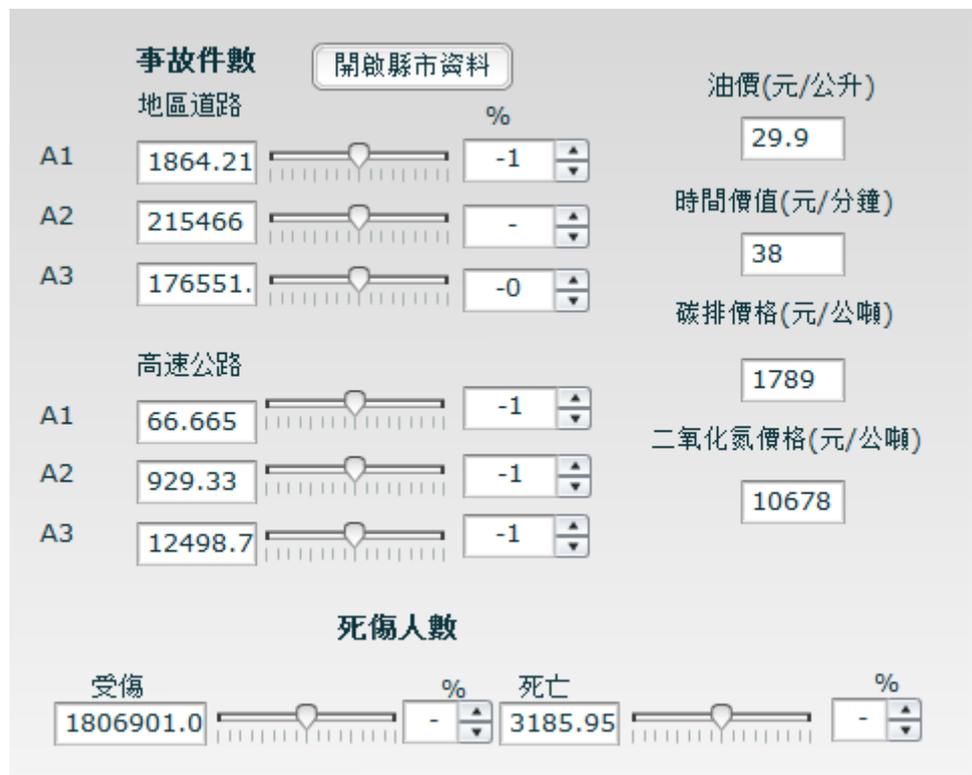
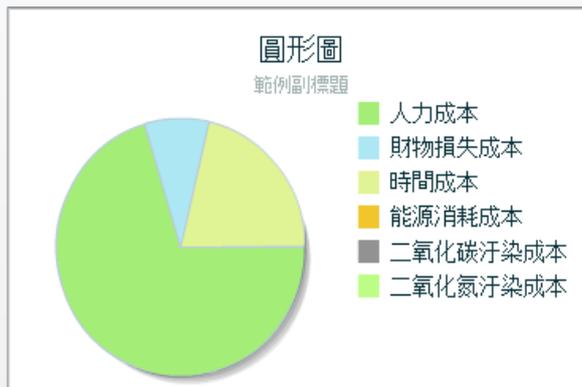


圖8.5 系統輸入參數範例

成本項目	內部成本(百萬元)	%	改善增減幅度
人力成本	381,569	70.33	-142
財物損失成本	44,982	8.29	-49
小計	426,551	78.63	-191
成本項目	外部成本(百萬元)	%	改善增減幅度
時間成本	114,970	21.19	-179
能源消耗成本	866	0.16	-4
二氧化碳汙染成本	117	0.02	-1
二氧化氮汙染成本	0	0	0
小計	115,953	21.37	-184
總計	542,504	100	-375



交通安全投入預算(百萬元)

331.99

事故成本減少成本	375
益本比	1.13

圖8.6 系統輸出範例

範例二

本系統除可計算預算投入及產出之益本比，亦可進一步觀察各縣市減少事故之作為減少之延滯時間與能源消耗情形。假設以臺中市為例，在改善前臺中市事故所衍生之延滯為 849 萬車小時(如圖 8-7)，能源消耗為 2321 公秉(如圖 8-8)，均為全臺灣之首，若臺中市針對地區道路事故進行改善，A1、A2 及 A3 事故分別各降低 30%(如圖 8-9)，事故產生之延滯可降低至 593 萬車小時(圖 8-10)，能源消耗降低至 1625 公秉(圖 8-11)。

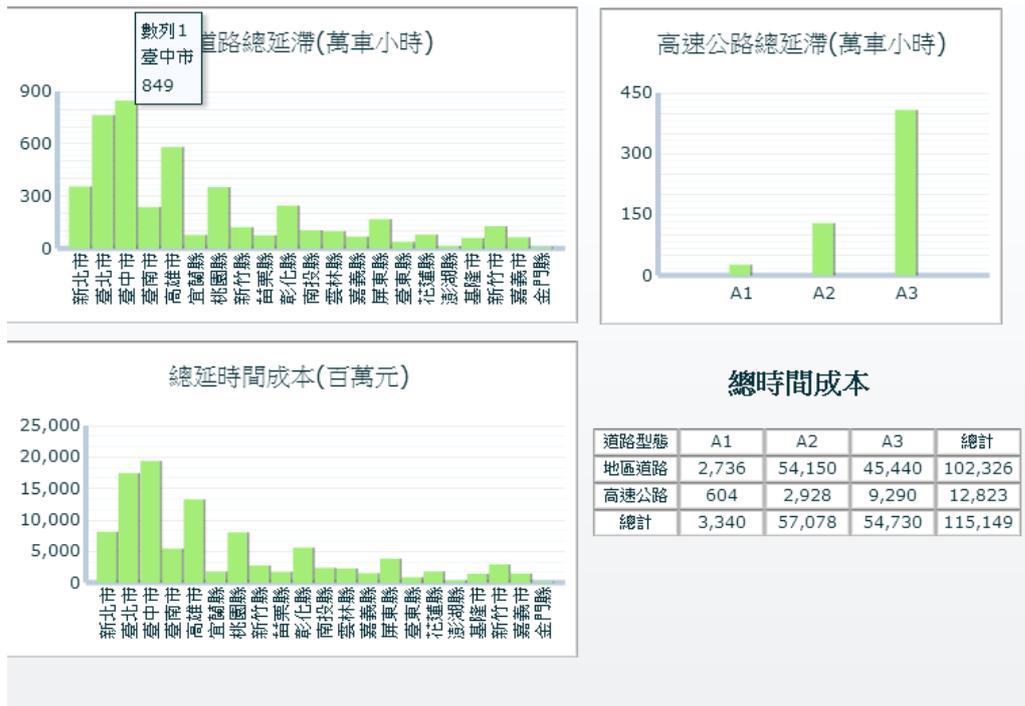


圖8.7 系統延滯時間推估輸出範例



圖8.8 系統能源消耗推估輸出範例

縣市	A1	A2	A3	A1	A2	A3
新北市	160	18,032	12,915	-	-	-
臺北市	84	18,899	48,957	-	-	-
臺中市	144	30,609	21,963	-30	-30	-30
臺南市	154	15,386	5,019	-	-	-
高雄市	225	32,622	18,464	-	-	-
宜蘭縣	56	4,941	1,661	-	-	-
桃園縣	131	18,301	12,514	-	-	-
新竹縣	70	5,258	5,268	-	-	-
苗栗縣	64	3,989	2,463	-	-	-
彰化縣	131	12,284	9,164	-	-	-
南投縣	68	4,569	4,437	-	-	-
雲林縣	110	5,735	2,518	-	-	-
嘉義縣	85	3,596	1,972	-	-	-
屏東縣	155	9,774	4,472	-	-	-
臺東縣	55	2,151	969	-	-	-
花蓮縣	59	3,767	2,893	-	-	-
澎湖縣	5	711	551	-	-	-
基隆市	20	2,356	3,000	-	-	-
新竹市	18	5,697	5,600	-	-	-
嘉義市	20	3,285	2,389	-	-	-
金門縣	7	386	303	-	-	-

開啟

圖8.9 縣市別事故改善輸入範例

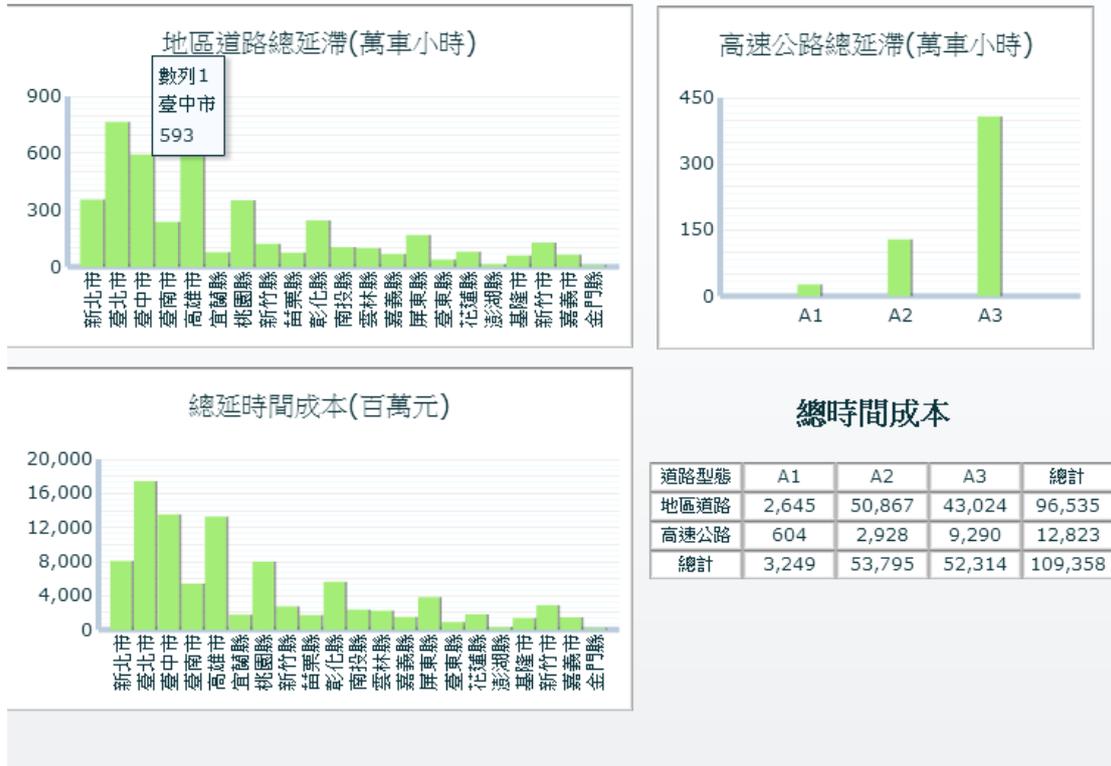


圖8.10 縣市別事故延滯時間改善範例

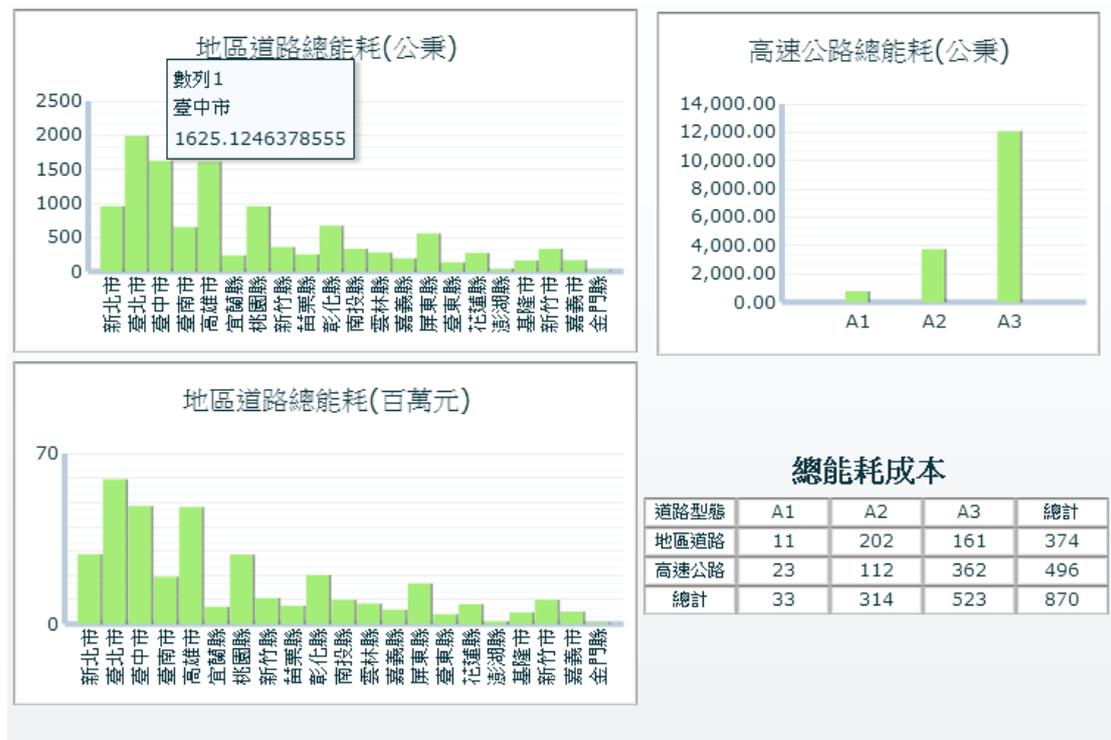


圖8.11 縣市別事故能源消耗改善範例

第九章 結論與建議

9.1 結論

1. 本研究分別提出道路交通事故衝擊分析架構及道路交通事故耗能及排碳量推估之系統化架構，以前者架構分析因事故造成之衝擊，將此架構之輸出資訊，如流量、密度及速度，納入道路交通事故耗能及排碳量推估架構，分別根據不同事故類別推估事故衍生之耗能及排碳量。
2. 本研究分別蒐集高速公路及地區道路事故資料，並根據資料蒐集建構事故持續時間、占用車道時間及事故延滯模式。高速公路資料較完整，因此可分別推估每件事務之持續時間、占用車道及事故延滯模式。而地區道路由於道路資料及事故資料取得不易，僅透過抽樣的方式，根據事故比例抽取事故，以人工判別方式閱讀事故現場圖並將資料建檔。進一步以此建檔資料推估占用車道及延滯時間。
3. 地區道路事故持續時間則參考相關文獻及與警員和專家學者訪談結果，將事故持續時間劃分為反應時間及現場處理時間。
4. 本研究蒐集並綜整國道高速公路警察局之交通事故資料以及國道高速公路局事故通報簡訊資料共 4,074 筆，並利用脆弱性存活模式建構國內高速公路之交通事故持續時間推估模式，且分析影響國道高速公路交通事故持續時間之重要變數。
5. 根據各變數對事故持續時間邊際效果之估計結果，以死亡事故的影響最為顯著，其次為起火及翻車事故；事故若包含這幾個特性，事故持續時間明顯較長。
6. 依據模式估計結果，推估 2010 年高速公路事故持續時間，A1 類事故平均持續時間較其他嚴重度長，碰撞類型則以擦撞類型較長，此推估結果與模式反映之影響變數特性相符，顯示此模式可反映實際之事故持續時間。

7. 本研究選擇順序性羅吉特模式進行占用車道數分析，結果顯示受傷事故、事故車輛數愈多、大型車輛事故、翻車事故、夜間事故、發生在暴雨時的事故、發生在國道 3 號的事故、在第四及第五警察隊管轄範圍發生的事故，其占用車道數相對較多。此外，各類型事故大多占用 1 車道，其次則為占用 2 車道。
8. 事故延滯係採用 Dagnazo(1994)提出格位傳遞模式(CTM)進行估計，國內已有許多研究利用國內國道資料進行驗證。藉由本研究設定之車流參數，透過車流模式可估算不同事故下車流狀態。
9. 由於國內無針對道路交通事故點進行流量統計，為推估故事產生之延滯，本研究分別針對高速公路流量及市區道路流量建構流量參數設定流程。
10. 經本研究建構之分析架構，估算得 2010 年高速公路事故總延滯時間為 5,62.4 萬小時，其中，A1 事故為 26.5 萬車小時佔總延滯 5%，A2 事故為 128.4 萬車小時佔總延滯 23%及 A3 事故為 407.46 萬小時佔 73%。估算 2012 年及 2010 年全國地區道路因事故造成之延滯共 5,221.59 萬車小時及 4,488.71 萬車小時。
11. 耗能及碳排放部分，2010 年高速公路因事故衍生之能源消耗為 16,536 公秉，污染氣體以二氧化碳排放總量為 3.74 公噸。2012 年全國總能源消耗為 13,348.34 公秉，2010 年全國總能源消耗為 11,480.17 公秉。2012 年全國地區道路事故二氧化碳總排放量為 3.28 萬公噸，2010 年全國地區道路事故二氧化碳總排放量為 2.82 公噸。
12. 本研究最後以問卷調查推估時間價值及空氣污染願付價格，作為污染成本及時間成本貨幣化指標。最後估算 2010 年全年事故總成本，總外部成本為 116,153 百萬元，整合前期計畫內部成本為 426,684 百萬，估算全年總事故成本為 542,898 百萬元。並將總成本與 GDP 比較，發現我國事故總成本占 GDP 3.99%。
13. 本研究為方便相關單位應用此研究成果，將估算之結果建立一決

策支援系統，可分別依據全國構面及縣市構面分析事故成本、能源消耗及碳排放等重要指標。

9.2 建議

1. 本研究雖可推估全國事故延滯、能耗及碳排放量，但囿於資料蒐集限制，地區道路無法根據各事故進行推估，建議未來整合相關資料庫，供相關推估研究使用。
2. 本研究發現，事故持續時間(反應時間及現場處理時間)，為推估事故道路衝擊重要參數，但國內事故調查均未紀錄，建議可將現場處理時間納入事故調查。
3. 本研究以九宮格方式衡量路口受事故占用而減少之道路容量，經本計畫應用後，確實可透過此方式估計道路之衝擊，建議相關單位可參考本研究之評估流程，建立完善之道路衝擊分析流程。
4. 由於本研究所建立我國道路交通事故衝擊分析之系統化架構及道路交通事故耗能及排碳量推估之系統化架構，以構建國內完整之交通事故衝擊模式及耗能及排碳量推估模式，並推估我國一年道路交通事故的總成本。然而本研究之相關資料礙時間因素及資料取得不易，僅針對 99 年之道路事故資料與成本進行推估，為了能夠讓資料完整，以達到推估精確性，建議未來可延續本研究計劃，繼續針對我國事故成本推估持續投入，以進行長期研究與追蹤。

參考文獻

- 交通部運輸研究所(2012)，道路交通事故成本推估之研究。
- 許啟明 (2010)，模擬微觀車流下雙十字型鐵路平交道路口號誌時制計畫整合設計之研究，*國立高雄大學都市發展與建築研究所碩士論文*。
- 行政院環保署排放清冊資料庫，
http://ivy2.epa.gov.tw/air-ei/new_main2.htm
- 行政院環保署 (2002)，台灣地區空氣污染排放量推估手冊 TEDS 7.0 版。
- 李新峰 (2004)，以衝擊路徑法評估 SO₂ 之外部成本—以中部空品區為例，*朝陽科技大學環境工程與管理系碩士論文*。
- 李金平、王志石 (2006)，空氣污染損害價值的 WTP、WTA 對比研究，*地理科學進展*，第 21 卷，第 3 期，頁 250-255。
- 沈良珍 (1999)，高速公路事故發生對車流衝擊之即時預測，*國立台灣大學土木工程研究所碩士論文*。
- 吳錫政 (1995)，台北都會區空氣污染的價格估算—特徵價格法之應用，*國立中興大學資源管理研究所碩士論文*。
- 吳怡潔 (2012)，考量混合車流污染排放濃度影響之適應性號誌控制模式，*交通大學交通運輸研究所碩士論文*。
- 林月麗 (1996)，降低機動車輛空氣污染排放量之效益的研究，*成功大學交通管理科學系碩士論文*。
- 邱煜勝 (2011)，混合車流污染排放與擴散模式之建構，*國立交通大學交通運輸研究所碩士論文*。
- 邱裕鈞、謝志偉 (2012)，混合車流格位傳遞模式之建立與驗證，*中華民國運輸學刊*，第 24 卷，第 2 期。
- 徐保羅、劉興漢 (2006)，交通路網之適應模糊代理人控制系統，*交通大學電機與控制工程學系碩士論文*。

- 徐道國 (1996)，高速公路意外事故車輛延滯時間之研究，*國立交通大學交通運輸研究所碩士論文*。
- 陳協昌 (2000)。市區道路事故發生對車流衝擊之即時預測，*國立台灣大學土木工程學研究所碩士論文*。
- 陳昌斐 (2005)，交通空氣品質監測站污染特性探討及改善策略研擬-以苗栗公館測站為例，*國立中山大學環境工程研究所碩士論文*。
- 陳惠國、邱裕鈞、朱致遠 (2011)，*交通工程*，五南文化事業。
- 張耀仁 (1992)，環境資源的經濟效益評估與加總問題，*台灣經濟研究月刊*，第 15 卷，第 12 期，頁 108-112。
- 張庭嘉 (2006)，機車與柴油車的污染排放總量推估模式建立，*國立中興大學機械工程研究所碩士論文*。
- 張學孔、郭瑜堅 (2007)，都市旅次總成本模式構建之研究，*運輸計劃季刊*，第 36 卷，第 2 期，頁 147-182。
- 粘曾誼 (2003)，道路交通事故與健保門診資料之整合分析與資料探勘技術應用，*國立中央大學機械工程研究所碩士論文*。
- 鄭宗岳、林鴻祥 (2005)，*空氣污染防治理論及設計*，第三版，新文京開發，台北。
- 簡正銓 (2003)，車流模擬軟體之應用與分析，*中興工程*，第 78 期，頁 89-103。
- Abdel-Aty, M. A., & Radwan, A. E. (2000). Modeling traffic accident occurrence and involvement. *Accident Analysis & Prevention*, 32(5), 633-642.
- Al-Deek, H., & Kanafani, A. (1993). Modeling the benefits of advanced traveler information systems in corridors with incidents. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 1(4), 303-324.
- Al-Deek, H., Garib, A., & Radwan, A. E. (1995). New method for estimating freeway incident congestion. *Transportation Research Record*, (1494), 30-39.

- Al-Deek, H. M., Khattak, A. J., & Thananjeyan, P. (1998). A combined traveler behavior and system performance model with advanced traveler information systems. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 32(7), 479-493.
- Al-Ghamdi, A. S. (2002). Using logistic regression to estimate the influence of accident factors on accident severity. *Accident Analysis & Prevention*, 34(6), 729-741.
- Alkaabi, A. M. S., Dissanayake, D., & Bird, R. (2011). Analyzing clearance time of urban traffic accidents in Abu Dhabi, United Arab Emirates, with hazard-based duration modeling method. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2229(1), 46-54.
- Akcelik, R. (1981). Fuel efficiency and other objectives in traffic system management. *Traffic Engineering and Control*, 22(2), 54-65.
- Arya, S. P. (1995). Modeling and parameterization of near-source diffusion in weak winds. *Journal of Applied Meteorology*, 34(5), 1112-1122.
- Bachman, W., Sarasua, W., Hallmark, S., & Guensler, R. (2000). Modeling regional mobile source emissions in a geographic information system framework. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 8(1), 205-229.
- Carlsson, F., Kataria, M., Krupnick, A., Lampi, E., Löfgren, Å., Qin, P., ... & Sterner, T. (2012). Paying for mitigation: a multiple country study. *Land Economics*, 88(2), 326-340.
- Caughey, S. J., Wyngaard, J. C., & Kaimal, J. C. (1979). Turbulence in the evolving stable boundary layer. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 36(6), 1041-1052.
- Chandana Wirasinghe, S. (1978). Determination of traffic delays from shock-wave analysis. *Transportation Research*, 12(5), 343-348.
- Chang, M. F., Evans, L., Herman, R., & Wasielewski, P. (1976). *Gasoline consumption in urban traffic* (No. HS-020 305).
- Chang, M. F., & Herman, R. (1981). Trip time versus stop time and fuel consumption characteristics in cities. *Transportation Science*, 15(3), 183-209.

- CHEN, K., & YU, L. (2007). Microscopic traffic-emission simulation and case study for evaluation of traffic control strategies. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 7(1), 93-99.
- Chiou, Y. C., & Lan, L. W. (2004, March). Adaptive traffic signal control with iterative genetic fuzzy logic controller (GFLC). In *Networking, Sensing and Control, 2004 IEEE International Conference on* (Vol. 1, pp. 287-292). IEEE.
- Chiou, Y. C., & Huang, Y. F. (2013). Stepwise genetic fuzzy logic signal control under mixed traffic conditions. *Journal of Advanced Transportation*, 47(1), 43-60.
- Chung, Y. (2010). Development of an accident duration prediction model on the Korean Freeway Systems. *Accident Analysis & Prevention*, 42(1), 282-289.
- Chung, Y., Walubita, L. F., & Choi, K. (2010). Modeling accident duration and its mitigation strategies on south Korean freeway systems. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2178(1), 49-57.
- Clawson, M. (1959). *Methods of measuring the demand for and value of outdoor recreation* (No. 10). Resources for the Future: Washington, D.C.
- Cohen, S., & Nouveliere, C. (1997). *Modelling incident duration on an urban expressway* (No. Volume 1).
- Daganzo, C. F. (1994). The cell transmission model: A dynamic representation of highway traffic consistent with the hydrodynamic theory. *Transportation Research Part B: Methodological*, 28(4), 269-287.
- DeRose Jr, F. (1964). An analysis of random freeway traffic accidents and vehicle disabilities. *Highway Research Record*, 59, 53-65.
- Dissanayake, S., & Lu, J. J. (2002). Factors influential in making an injury severity difference to older drivers involved in fixed object-passenger car crashes. *Accident Analysis & Prevention*, 34(5), 609-618.

- Evans, L., Herman, R., & Lam, T. (1976). Multivariate analysis of traffic factors related to fuel consumption in urban driving. *Transportation Science*, 10(2), 205-215.
- Evans, L., & Herman, R. (1978). Automobile fuel economy on fixed urban driving schedules. *Transportation Science*, 12(2), 137-152.
- Everall, P. F. (1968). *The effect of road and traffic conditions on fuel consumption*. Road Systems Section, Road Research Laboratory.
- Fu, L., & Rilett, L. R. (1997). Real-time estimation of incident delay in dynamic and stochastic networks. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1603(1), 99-105.
- Fu, L. (2004). A fuzzy queuing model for real-time, adaptive prediction of incident delay for ATMS/ATIS. *Transportation Planning and Technology*, 27(1), 1-23.
- Ganguly, R., & Broderick, B. M. (2008). Performance evaluation and sensitivity analysis of the general finite line source model for CO concentrations adjacent to motorways: A note. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 13(3), 198-205.
- Ganguly, R., & Broderick, B. M. (2010). A hybrid model for better predicting capabilities under parallel wind conditions for NOx concentrations from highways in Ireland. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 15(8), 513-521.
- Garib, A., Radwan, A. E., & Al-Deek, H. (1997). Estimating magnitude and duration of incident delays. *Journal of Transportation Engineering*, 123(6), 459-466.
- Giuliano, G. (1989). Incident characteristics, frequency, and duration on a high volume urban freeway. *Transportation Research Part A: General*, 23(5), 387-396.
- Golob, T. F., Recker, W. W., & Leonard, J. D. (1987). An analysis of the severity and incident duration of truck-involved freeway accidents. *Accident Analysis & Prevention*, 19(5), 375-395.
- Goolsby, M. E. (1971). Influence of incidents on freeway quality of service. *Highway Research Record*, (349).

- Goyal, P., & Rama Krishna, T. V. B. P. S. (1999). A line source model for Delhi. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 4(4), 241-249.
- Greibe, P. (2003). Accident prediction models for urban roads. *Accident Analysis & Prevention*, 35(2), 273-285.
- Hall, R. W. (2002). Incident dispatching, clearance and delay. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 36(1), 1-16.
- Hanemann, W. M. (1984). Welfare evaluations in contingent valuation experiments with discrete responses. *American journal of agricultural economics*, 66(3), 332-341.
- Holland, M., Hunt, A., Hurley, F., Navrud, S., & Watkiss, P. (2005). Methodology for the Cost-Benefit Analysis for CAFE: Volume 1: Overview of Methodology. Didcot. UK: AEA Technology Environment.
- Ivan, J. N., Pasupathy, R. K., & Ossenbruggen, P. J. (1999). Differences in causality factors for single and multi-vehicle crashes on two-lane roads. *Accident Analysis & Prevention*, 31(6), 695-704.
- Jones, B., Janssen, L., & Mannering, F. (1991). Analysis of the frequency and duration of freeway accidents in Seattle. *Accident Analysis & Prevention*, 23(4), 239-255.
- Joumard, R., Jost, P., Hickman, J., & Hassel, D. (1995). Hot passenger car emissions modelling as a function of instantaneous speed and acceleration. *Science of the Total Environment*, 169(1), 167-174.
- Juge, J., K. Kennedy, and T. Wang (1974). Early detection and rapid removal of disabled vehicles and other hazards from the freeway. *Final report to California Department of Transportation and California Highway Patrol*.
- Karlaftis, M. G., & Golias, I. (2002). Effects of road geometry and traffic volumes on rural roadway accident rates. *Accident Analysis & Prevention*, 34(3), 357-365.

- Khattak, A. J., Schofer, J. L., & Wang, M. H. (1995). A simple time sequential procedure for predicting freeway incident duration. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 2(2), 113-138.
- Kotchen, M. J., Boyle, K. J., & Leiserowitz, A. A. (2013). Willingness-to-pay and policy-instrument choice for climate-change policy in the United States. *Energy Policy*, 55, 617-625.
- Kriström, B. (1997). Spike models in contingent valuation. *American journal of agricultural economics*, 79(3), 1013-1023.
- Kumbaroğlu, G., Karali, N., & Arıkan, Y. (2008). CO₂, GDP and RET: An aggregate economic equilibrium analysis for Turkey. *Energy Policy*, 36(7), 2694-2708.
- Lee, R. (2010). *Hidden Costs of Energy: Unpriced Consequences of Energy Production and Use*. Oak Ridge National Laboratory (ORNL).
- Lera-López, F., Faulin, J., & Sánchez, M. (2012). Determinants of the willingness-to-pay for reducing the environmental impacts of road transportation. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 17(3), 215-220.
- Li, J., Lan, C. J., & Gu, X. (2006). Estimation of incident delay and its uncertainty on freeway networks. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1959(1), 37-45.
- Lin, J., & Ge, Y. E. (2006). Impacts of traffic heterogeneity on roadside air pollution concentration. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 11(2), 166-170.
- Lindley, J. A. (1987). *A methodology for quantifying urban freeway congestion* (No. 1132).
- Lindley, J. A. (1987). Urban freeway congestion: quantification of the problem and effectiveness of potential solutions. *ITE journal*, 57(1).
- Lindley, J. A. (1989). Urban freeway congestion problems and solutions: an update. *ITE Journal*, 59(12).

- List, G. F., Falcocchio, J. C., Ozbay, K., & Mouskos, K. C. (2008). *Quantifying Non-Recurring Delay on New York City's Arterial Highways* (No. RF 55657-1215).
- Loehman, E. T., Park, S., & Boldt, D. (1994). Willingness to pay for gains and losses in visibility and health. *Land Economics*, 478-498.
- Luhar, A. K. (2011). Analytical puff modelling of light-wind dispersion in stable and unstable conditions. *Atmospheric Environment*, 45(2), 357-368.
- Marmur, A., & Mamane, Y. (2003). Comparison and evaluation of several mobile-source and line-source models in Israel. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 8(4), 249-265.
- McCartt, A. T., Rohrbaugh, J. W., Hammer, M. C., & Fuller, S. Z. (2000). Factors associated with falling asleep at the wheel among long-distance truck drivers. *Accident Analysis & Prevention*, 32(4), 493-504.
- McShane, W. R., & Roess, R. P. (1990). *Traffic engineering*.
- Miaou, S. P., Song, J. J., & Mallick, B. K. (2003). Roadway traffic crash mapping: A space-time modeling approach. *Journal of Transportation and Statistics*, 6, 33-58.
- Milton, J., & Mannering, F. (1998). The relationship among highway geometrics, traffic-related elements and motor-vehicle accident frequencies. *Transportation*, 25(4), 395-413.
- Morales, J. M. (1987). Analytical procedures for estimating freeway traffic congestion. *ITE J.; (United States)*, 57(1).
- Nagendra, S. M. S., & Khare, M. (2002). Line source emission modelling. *Atmospheric Environment*, 36(13), 2083-2098.
- Nam, D., & Mannering, F. (2000). An exploratory hazard-based analysis of highway incident duration. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 34(2), 85-102.
- Ngassa, C. K. (2006). *Estimation of Network Based Incident Delay in a Transportation Network Using Dynamic Traffic Assignment* (Doctoral dissertation, The City University of New York).

- Ozbay, K., & Noyan, N. (2006). Estimation of incident clearance times using Bayesian networks approach. *Accident Analysis & Prevention*, 38(3), 542-555.
- Palmer, K., Butraw, D., & Shih, J. S. (2004). *Reducing emissions from the electricity sector: the costs and benefits nationwide and in the empire state*. Resources for the Future.
- Pelensky, E., Blunden, W. R., Munro, R. D., SAGGERS, W., Clark, N. D., Soloman, T., & Fisher, N. W. (1968). Operating costs of cars in urban areas. In *Australian Road Research Board Conference Proc.*
- Pierce, R. A., Sun, C. C., & Lemp, J. D. (2005). Incident Delay Modeling with the Use of Video Reidentification. In *84th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC.*
- Poch, M., & Mannering, F. (1996). Negative binomial analysis of intersection-accident frequencies. *Journal of Transportation Engineering*, 122(2), 105-113.
- Post, K., Maunder, A., Gibson, T., Kent, J. H., & Bilger, R. W. (1980). Fuel economy and emissions research: annual report by the University of Sydney for 1979-80.
- Qi, Y., & Teng, H. (2008). An information-based time sequential approach to online incident duration prediction. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 12(1), 1-12.
- Qi, Y. G., Teng, H. H., & Martinelli, D. R. (2009). An investigation of incident frequency, duration and lanes blockage for determining traffic delay. *Journal of Advanced Transportation*, 43(3), 275-299.
- Richardson, A. J. & Akçelik, R. (1983). Fuel Consumption and Data Needs for the Design and Evaluation of Urban Traffic Systems. Research Report ARR 124. Australian Road Research Board, Vermont South, Australia.
- Savolainen, P., & Mannering, F. (2007). Probabilistic models of motorcyclists' injury severities in single-and multi-vehicle crashes. *Accident Analysis & Prevention*, 39(5), 955-963.

- Schneider, C. (2004). *Power plant emissions: particulate matter-related health damages and the benefits of alternative emission reduction scenarios*. Abt Associates, Bethesda, MD (United States); Computer Sciences Corp.(United States); EH Pechan Associates, Inc.(United States); Clean Air Task Force, Boston, MA (United States).
- Shafie-Pour, M., & Ardestani, M. (2007). Environmental damage costs in Iran by the energy sector. *Energy Policy*, 35(9), 4413-4423.
- Shankar, V., Mannering, F., & Barfield, W. (1996). Statistical analysis of accident severity on rural freeways. *Accident Analysis & Prevention*, 28(3), 391-401.
- Skabardonis, A., Petty, K., Noeimi, H., Rydzewski, D., & Varaiya, P. P. (1996). I-880 field experiment: Data-base development and incident delay estimation procedures. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1554(1), 204-212.
- Smith, K. W., & Smith, B. (2001). *Forecasting the clearance time of freeway accidents* (Doctoral dissertation, University of Virginia).
- Smith, B. L., Qin, L., & Venkatanarayana, R. (2003). Characterization of freeway capacity reduction resulting from traffic accidents. *Journal of Transportation Engineering*, 129(4), 362-368.
- Soguel, N., & van Griethuysen, P. (2000). *Evaluation contingente, qualité de l'air et santé: une étude en milieu urbain*. Institut de hautes études en administration publique, IDHEAP.
- Solomon, B. D., & Johnson, N. H. (2009). Valuing climate protection through willingness to pay for biomass ethanol. *Ecological Economics*, 68(7), 2137-2144.
- Spadaro, J. V., & Rabl, A. (1998). External costs of energy: Application of the ExternE methodology in France. *ARMINES (Ecole des Mines), Paris*.
- Stamatiadis, C., Gartner, N. H., Winn, J., & Bond, R. (1998). Evaluation of the Massachusetts motorist assistance program: Assessment of congestion and air quality impacts. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1634(1), 1-9.

- Sullivan, E. C. (1997). New model for predicting freeway incidents and incident delays. *Journal of Transportation Engineering*, 123(4), 267-275.
- Thomson, D. J., & Manning, A. J. (2001). Along-wind dispersion in light wind conditions. *Boundary-layer meteorology*, 98(2), 341-358.
- Vincent, R. A., Mitchell, A. I., & Robertson, D. I. (1980). *User guide to TRANSYT version 8* (No. LR 888 Monograph).
- Wang, Y., & Zhang, Y. S. (2009). Air quality assessment by contingent valuation in Ji'nan, China. *Journal of environmental management*, 90(2), 1022-1029.
- Wang, H., & Mullahy, J. (2006). Willingness to pay for reducing fatal risk by improving air quality: a contingent valuation study in Chongqing, China. *Science of the Total Environment*, 367(1), 50-57.
- Wang, J. S., Chan, T. L., Ning, Z., Leung, C. W., Cheung, C. S., & Hung, W. T. (2006). Roadside measurement and prediction of CO and PM_{2.5} dispersion from on-road vehicles in Hong Kong. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 11(4), 242-249.
- Wang, X. J., Zhang, W., Li, Y., Yang, K. Z., & Bai, M. (2006). Air quality improvement estimation and assessment using contingent valuation method, a case study in Beijing. *Environmental Monitoring and Assessment*, 120(1-3), 153-168.
- Wei, C. H., & Lee, Y. (2007). Sequential forecast of incident duration using Artificial Neural Network models. *Accident Analysis & Prevention*, 39(5), 944-954.
- Wong, S. C., Sze, N. N., & Li, Y. C. (2007). Contributory factors to traffic crashes at signalized intersections in Hong Kong. *Accident Analysis & Prevention*, 39(6), 1107-1113.
- World Health Organization. (2004). Health Aspects of air pollution: results from the WHO project "Systematic review of health aspects of air pollution in Europe". *WHO*, June.

- Xia, L., & Shao, Y. (2005). Modelling of traffic flow and air pollution emission with application to Hong Kong Island. *Environmental Modelling & Software*, 20(9), 1175-1188.
- Yamamoto, T., & Shankar, V. N. (2004). Bivariate ordered-response probit model of driver's and passenger's injury severities in collisions with fixed objects. *Accident Analysis & Prevention*, 36(5), 869-876.
- Yu, X., & Abler, D. (2010). Incorporating zero and missing responses into CVM with open-ended bidding: willingness to pay for blue skies in Beijing. *Environment and Development Economics*, 15(5), 535-556.
- Zegras, C. (1998). The costs of transportation in Santiago de Chile: analysis and policy implications. *Transport Policy*, 5(1), 9-21.

附件 1 交通事故調查表 A 及 B

交通事故調查表-A

警察局名稱	轄區分局名稱	處理編號	事故類型： <input type="checkbox"/> A1 <input type="checkbox"/> A2 <input type="checkbox"/> A3 <input type="checkbox"/> 息事案件	
			事故發生時間：民國 年 月 日 時 分（請以 24 小時時制填寫）	
警員接獲通報時間	時 分	事故現場描述 <input type="checkbox"/> 撞及道路設施： <input type="checkbox"/> 路燈 <input type="checkbox"/> 路樹 <input type="checkbox"/> 柵欄 <input type="checkbox"/> 民宅 <input type="checkbox"/> 起火 <input type="checkbox"/> 液(固)體散落： <input type="checkbox"/> 車體或散落物 <input type="checkbox"/> 油料 <input type="checkbox"/> 活體動物 <input type="checkbox"/> 危險化學物品 <input type="checkbox"/> 固體物品____ <input type="checkbox"/> 車輛翻覆： <input type="checkbox"/> 1 輛 <input type="checkbox"/> 2 輛 <input type="checkbox"/> 3 輛以上 <input type="checkbox"/> 以上均無		
警員到達現場時間	時 分			
事故現場恢復通行時間	時 分			
員警處理完畢時間	時 分			
現場車道數	同向車道： <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 以上 對向車道(僅對撞事故填寫)： <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 以上			
事故發生地點及佔有道路位置（路段或路口）				
<input type="checkbox"/> 路段事故	佔用車道數	同向車道： <input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 以上 對向車道： <input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 以上		現場車流狀況 (依處理人員主觀認定) <input type="checkbox"/> 擁擠 <input type="checkbox"/> 普通 <input type="checkbox"/> 不擁擠
	佔用車道位置	同向車道： <input type="checkbox"/> 內側(快)車道 <input type="checkbox"/> 外側(慢)車道 <input type="checkbox"/> 中間車道 <input type="checkbox"/> 路肩 對向車道： <input type="checkbox"/> 內側(快)車道 <input type="checkbox"/> 外側(慢)車道 <input type="checkbox"/> 中間車道 <input type="checkbox"/> 路肩		事故處理耗用資源 <input type="checkbox"/> 警車 (輛 人) <input type="checkbox"/> 救護車 (輛 人) <input type="checkbox"/> 消防車 (輛 人) <input type="checkbox"/> 拖吊車 (輛 人) <input type="checkbox"/> 環保局車輛 (輛 人) <input type="checkbox"/> 其他救援車輛_____ (輛 人)
<input type="checkbox"/> 路口事故	交叉路口數	<input type="checkbox"/> 三叉路口 <input type="checkbox"/> 四叉路口 <input type="checkbox"/> 五叉以上路口		事故資訊來源 <input type="checkbox"/> 勤務指揮中心 <input type="checkbox"/> 民眾 <input type="checkbox"/> 警員巡邏發現 <input type="checkbox"/> 義交
	佔用路口位置	<input type="checkbox"/> 路口中心 <input type="checkbox"/> 臨近路口處		備註： 1. A1 及 A2 請影附交通事故調查表及現場圖，並免填次頁「 交通事故調查表-B 」。 2. A3 及息事案件請繼續填寫次頁「 交通事故調查表-B 」。
其他註記事項：				

交通事故調查表-B

事故類型及型態 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				天候		光線				
(一)人與汽(機)車	(二)車與車	(三)汽(機)車本身		(四)平交道事故						
01 對向通行中 02 同向通行中 03 穿越道路中 04 在路上嬉戲 05 在路上作業中 06 衝進路中 07 從停車後(或中)穿出 08 佇立路邊(外) 09 其他	10 對撞 11 對向擦撞 12 同向擦撞 13 追撞 14 倒車撞 15 路口交岔撞 16 側撞 17 其他	18 路上翻車、摔倒 19 衝出路外 20 撞護欄(樁) 21 撞號誌、標誌桿 22 撞收費亭 23 撞交通島 24 撞非固定設施 25 撞橋樑、建築物	26 撞路樹、電桿 27 撞動物 28 撞工程施工 29 其他	30 衝過(或撞壞)遮斷器 31 正越過平交道中 32 暫停位置不當 33 在平交道內無法行動 34 其他	<input type="checkbox"/> 1 暴雨 <input type="checkbox"/> 2 強風 <input type="checkbox"/> 3 風沙 <input type="checkbox"/> 4 霧或煙 <input type="checkbox"/> 5 雪 <input type="checkbox"/> 6 雨 <input type="checkbox"/> 7 陰 <input type="checkbox"/> 8 晴		<input type="checkbox"/> 1 日間自然光線 <input type="checkbox"/> 2 晨或暮光 <input type="checkbox"/> 3 夜間(或隧道、地下道、涵洞)有照明 <input type="checkbox"/> 4 夜間(或隧道、地下道、涵洞)無照明			
事故位置 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		路面狀況 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			飲酒情形	第一當事者	第二當事者	第三當事者	第四當事者	
(一)交岔路口 01 交岔路口內 02 交岔口附近 03 機車待轉區 04 機車停等區 (二)路段 05 交通島 (含槽化線) 06 迴轉道 07 快車道 08 慢車道 09 一般車道 (未劃分快慢車道) 10 公車專用道 11 機車專用道 12 機車優先道 13 路肩、路緣		(三)交流道				飲酒情形				
		(1)路面鋪裝	(2)路面狀態	(3)路面缺陷						
		1 柏油 2 水泥 3 碎石 4 其他鋪裝 5 無鋪裝	1 冰雪 2 油滑 3 泥濘 4 濕潤 5 乾燥	1 路面鬆軟 2 突出(高低)不平 3 有坑洞 4 無缺陷	1 未飲酒 2 經檢測無酒精反應 3 經呼氣檢測未超過 0.25 mg/L 或血液檢測未超過 0.05% 4 經呼氣檢測 0.26~0.40 mg/L 或血液檢測 0.051%~0.08% 5 經呼氣檢測 0.41~0.55 mg/L 或血液檢測 0.081%~0.11% 6 經呼氣檢測超過 0.55 mg/L 或血液檢測超過 0.11% 7 無法檢測 8 非駕駛人，未檢測 9 不明					
		道路障礙								
		障礙物 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	視距 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>							
		1 道路工事(程)中 2 有堆積物 3 路上有停車 4 其他障礙物 5 無障礙物	(一)不良 1 彎道 2 坡道 3 建築物 4 樹木、農作物 5 路上停放車輛 6 其他 (二)良好 7 良好							

附件 2 交通事故現場圖建檔之各事故分類抽樣件數

事故嚴重度	路口/路段	時段	有無大車	牽涉車輛數	抽樣件數
A1	路口	尖峰	無	一車以下	1
A1	路口	尖峰	無	二車	2
A1	路口	尖峰	無	三車以上	1
A1	路口	尖峰	有	一車以下	0
A1	路口	尖峰	有	二車	1
A1	路口	尖峰	有	三車以上	0
A1	路口	日間離峰	無	一車以下	3
A1	路口	日間離峰	無	二車	3
A1	路口	日間離峰	無	三車以上	1
A1	路口	日間離峰	有	一車以下	1
A1	路口	日間離峰	有	二車	2
A1	路口	日間離峰	有	三車以上	0
A1	路口	昏峰	無	一車以下	4
A1	路口	昏峰	無	二車	1
A1	路口	昏峰	無	三車以上	0
A1	路口	昏峰	有	一車以下	0
A1	路口	昏峰	有	二車	1
A1	路口	昏峰	有	三車以上	0
A1	路口	夜間	無	一車以下	9
A1	路口	夜間	無	二車	6
A1	路口	夜間	無	三車以上	1
A1	路口	夜間	有	一車以下	2
A1	路口	夜間	有	二車	1
A1	路口	夜間	有	三車以上	1
A1	路段	尖峰	無	一車以下	0
A1	路段	尖峰	無	二車	0
A1	路段	尖峰	無	三車以上	0
A1	路段	尖峰	有	一車以下	1
A1	路段	尖峰	有	二車	1
A1	路段	尖峰	有	三車以上	0
A1	路段	日間離峰	無	一車以下	5
A1	路段	日間離峰	無	二車	1
A1	路段	日間離峰	無	三車以上	1
A1	路段	日間離峰	有	一車以下	0

事故嚴重度	路口/路段	時段	有無大車	牽涉車輛數	抽樣件數
A1	路段	日間離峰	有	二車	0
A1	路段	日間離峰	有	三車以上	0
A1	路段	昏峰	無	一車以下	5
A1	路段	昏峰	無	二車	0
A1	路段	昏峰	無	三車以上	0
A1	路段	昏峰	有	一車以下	1
A1	路段	昏峰	有	二車	0
A1	路段	昏峰	有	三車以上	0
A1	路段	夜間	無	一車以下	12
A1	路段	夜間	無	二車	4
A1	路段	夜間	無	三車以上	0
A1	路段	夜間	有	一車以下	1
A1	路段	夜間	有	二車	2
A1	路段	夜間	有	三車以上	1
A2	路口	尖峰	無	一車以下	36
A2	路口	尖峰	無	二車	47
A2	路口	尖峰	無	三車以上	35
A2	路口	尖峰	有	一車以下	7
A2	路口	尖峰	有	二車	35
A2	路口	尖峰	有	三車以上	13
A2	路口	日間離峰	無	一車以下	39
A2	路口	日間離峰	無	二車	53
A2	路口	日間離峰	無	三車以上	45
A2	路口	日間離峰	有	一車以下	33
A2	路口	日間離峰	有	二車	37
A2	路口	日間離峰	有	三車以上	28
A2	路口	昏峰	無	一車以下	40
A2	路口	昏峰	無	二車	37
A2	路口	昏峰	無	三車以上	39
A2	路口	昏峰	有	一車以下	18
A2	路口	昏峰	有	二車	28
A2	路口	昏峰	有	三車以上	5
A2	路口	夜間	無	一車以下	51
A2	路口	夜間	無	二車	51

事故嚴重度	路口/路段	時段	有無大車	牽涉車輛數	抽樣件數
A2	路口	夜間	無	三車以上	45
A2	路口	夜間	有	一車以下	16
A2	路口	夜間	有	二車	35
A2	路口	夜間	有	三車以上	15
A2	路段	尖峰	無	一車以下	35
A2	路段	尖峰	無	二車	44
A2	路段	尖峰	無	三車以上	40
A2	路段	尖峰	有	一車以下	6
A2	路段	尖峰	有	二車	24
A2	路段	尖峰	有	三車以上	14
A2	路段	日間離峰	無	一車以下	36
A2	路段	日間離峰	無	二車	44
A2	路段	日間離峰	無	三車以上	36
A2	路段	日間離峰	有	一車以下	21
A2	路段	日間離峰	有	二車	37
A2	路段	日間離峰	有	三車以上	31
A2	路段	昏峰	無	一車以下	38
A2	路段	昏峰	無	二車	42
A2	路段	昏峰	無	三車以上	43
A2	路段	昏峰	有	一車以下	8
A2	路段	昏峰	有	二車	20
A2	路段	昏峰	有	三車以上	17
A2	路段	夜間	無	一車以下	39
A2	路段	夜間	無	二車	42
A2	路段	夜間	無	三車以上	41
A2	路段	夜間	有	一車以下	8
A2	路段	夜間	有	二車	35
A2	路段	夜間	有	三車以上	21
A3	路口	尖峰	無	一車以下	6
A3	路口	尖峰	無	二車	27
A3	路口	尖峰	無	三車以上	12
A3	路口	尖峰	有	一車以下	0
A3	路口	尖峰	有	二車	22
A3	路口	尖峰	有	三車以上	3

事故嚴重度	路口/路段	時段	有無大車	牽涉車輛數	抽樣件數
A3	路口	日間離峰	無	一車以下	14
A3	路口	日間離峰	無	二車	41
A3	路口	日間離峰	無	三車以上	15
A3	路口	日間離峰	有	一車以下	6
A3	路口	日間離峰	有	二車	28
A3	路口	日間離峰	有	三車以上	12
A3	路口	昏峰	無	一車以下	8
A3	路口	昏峰	無	二車	39
A3	路口	昏峰	無	三車以上	14
A3	路口	昏峰	有	一車以下	3
A3	路口	昏峰	有	二車	21
A3	路口	昏峰	有	三車以上	6
A3	路口	夜間	無	一車以下	14
A3	路口	夜間	無	二車	36
A3	路口	夜間	無	三車以上	17
A3	路口	夜間	有	一車以下	4
A3	路口	夜間	有	二車	28
A3	路口	夜間	有	三車以上	7
A3	路段	尖峰	無	一車以下	15
A3	路段	尖峰	無	二車	23
A3	路段	尖峰	無	三車以上	31
A3	路段	尖峰	有	一車以下	6
A3	路段	尖峰	有	二車	16
A3	路段	尖峰	有	三車以上	5
A3	路段	日間離峰	無	一車以下	25
A3	路段	日間離峰	無	二車	32
A3	路段	日間離峰	無	三車以上	30
A3	路段	日間離峰	有	一車以下	14
A3	路段	日間離峰	有	二車	23
A3	路段	日間離峰	有	三車以上	23
A3	路段	昏峰	無	一車以下	20
A3	路段	昏峰	無	二車	23
A3	路段	昏峰	無	三車以上	23
A3	路段	昏峰	有	一車以下	1

事故嚴重度	路口/路段	時段	有無大車	牽涉車輛數	抽樣件數
A3	路段	昏峰	有	二車	20
A3	路段	昏峰	有	三車以上	11
A3	路段	夜間	無	一車以下	27
A3	路段	夜間	無	二車	36
A3	路段	夜間	無	三車以上	26
A3	路段	夜間	有	一車以下	11
A3	路段	夜間	有	二車	14
A3	路段	夜間	有	三車以上	8
總計					2432

附件 3 市區道路事故專家學者座談會會議紀錄

市區道路事故專家學者座談會會議紀錄

採購案編號：MOTC-IOT-102-SDB001

採購案標的名稱：道路交通事故之能源消耗與碳排放量推估研究

時間：102年08月30日（五）14點00分

地點：交通大學台北校區第二會議室

出席者：中央警察大學交通學系 曾平毅教授、臺灣警察專科學校 許志誠教授、臺北市政府交通警察大隊信義分局交通分隊 謝易達分隊長、新竹市政府警察局交通警察大隊、臺中市政府警察局交通警察大隊、臺南市政府警察局交通警察大隊、高雄市政府警察局交通警察大隊、交通部運輸研究所運輸安全組

研究團隊：邱裕鈞 教授、謝志偉、劉佳欣、白舜豪、林佳樺

記錄：謝志偉、劉佳欣、白舜豪、林佳樺

會議內容：

1.延時問題討論：

(謝易達 分隊長)

處理時間與事故的範圍比較有關，跟傷亡比較沒關，基本上作業是同步平行的處理作業，可以塞的上救護車大概都可以在20分鐘左右解決，只有少數例外，而死亡、傷重及內出血，必須通知鑑識小隊，時間增加約半小時。占用車道數與車種類型較相關，與大車撞(例如大客車、大貨車)會占滿一個車道，造成車流明顯擴散，對於佔用車道數有很大的影響，與處理時間較沒關。若發生事故會盡量將車輛排除至路側，若須拖吊車，至少需要多花半小時以上。通常雨天，當事人自己排除到路邊的案例比白天晴天多，因此占用道路時間比較短。

以台北市來講，需要檢察官到達，會躺在現場的實在很少數，一年大概不到10；在台南市大概也不到20件。

(台南市)

一個分局負責三個行政區，事故地點與分局的距離近或遠與事故延時有很大的關係。且員警數不夠，尖峰時段可能有很多案件排隊等著處理，一天大概處理 7-8 件，尤其在南部地區，專責處理的員警數對於事故的延時有很大的影響。

(曾平毅 教授)

台灣各縣市處理方式不同，有些縣市有推專責員警，有些縣市派出所的警可以直接處理 A3，除部分郊區，大部分都可以很快到達事故現場。之前曾做過相關分析，事故發生時間預估大約是報案時間前 5 分鐘，事故型態(A1、A2 及 A3)影響的主要是筆錄處理的時間。現場延時時間與轄區特性、勤務有關，因此每個地區處理時間也會有影響。(台北市一個區一個分隊)

(新竹市)

晚上較沒有差異，尖峰時刻與台北市相差較大。A3 的平均處理時間大約 30 分鐘，A2 的平均處理時間大約 60 分鐘。

(台南市)

警局到事故地點路程時間會影響，台南市的平均處理時間大約 30 分鐘。

延時因素可以考慮平日或假日的差異，有些熱門景點會塞車，假日會影響員警處理時間，假日事故處理的人力可能比較少，會分派至交通疏導，因此處理事故會更久。

(曾平毅 教授)

將研究分為兩種情況，一般情況為主和特殊為例外，找出基本需要的時間，延時可切成”現場處理時間”和”反應時間”，現場處理時間在各縣市的差異時間可能差異小，各縣市現場處理時間較為一致。

(許志誠 教授)

以事故型態來分類的延時再討論

1. 事故現場，是否有人協助封閉現場的時間差異
2. 事故類型的型態的處理機制，應該就現在的警力體制，推估現場的延時時間

3. 處理過程之救護狀況對於時間的影響
4. 車輛是否需要移置
5. 現場是否需要清理

依據上述的因素探討，可能會比事故型態更適合。

(曾平毅 教授)

在事故調查表裡面沒有的變數，可能就只能用平均的方法。而只要提供 110 報案的時間，加上警員到達現場的時間，可以知道事故的反應時間(110 有報案時間和員警到達時間的紀錄)，看局勤務中心是否願意提供資料。各縣市在現場的處理時間差異真的不太大，大概 5 分鐘後就可以移除道路，除非是有發生特殊情形，例如高於兩台車，有特殊大型車，有散落物等等，在另外加上他們可能會多花的時間之救援車輛。

(邱老師)

將時間分兩部分，第一部分為反應時間(接受通報至到現場的時間)，第二部分為現場處理時間(現場處理及排除時間)。反應時間蒐集 110 的資料(只有控管到現場的時間，處理完畢時間不包含)做地區性的統計，現場處理時間會有一個基準，再根據不同情況做延時時間的增減。(101 的通報跟事故資料庫有沒有關聯)並分個案、特殊案件、地區及時間探討。而現場處理時間若須鑑識小組，則進一步探討會增加多少時間，比例多少。並以幾個會影響市區道路延滯比較嚴重當作基準，反映城鄉差距。

(運安組)

鑑識小組到達時間受限於編制，對於城鄉差距一定有差。城鄉差距會影響救援資源的人力，也有不同標準，因此是否能依照不同情況呈現出來，且必須反映城鄉差距如何影響現在所探討之課題，並探討哪些因素影響足夠再區分。

(曾平毅 教授)

考慮以法律上對重大事故事件的定義來做分類，可以知道哪些是處理時間較長，而非一般的事故，且 A1 可以利用特殊事故來做處理。

2. 占用車道數的部分，有沒有哪些變數是重點影響？

(謝易達 分隊長)

追撞為一個車道，側撞則 1.5~2 車道。

(許志誠 教授)

現場圖的事故之中止位置，從現場圖可以瞭解。

(台南市)

路口的話，於填表一時，定義為單一車道。

(曾平毅 教授)

拿台北市兩個月，現場圖的來抽樣紀錄，做一個分布的統計，再確定哪些變數。

(邱老師)

利用佔用車道數的分布，並進一步探討分布，與什麼車撞有關或某些因素有關。

(側撞(轉彎)，路口交叉撞(直交互撞))

3.救援車輛部分：

台南市部分：按照現在規定，A3 兩輛警車，A2 兩輛警車一輛救護車，會用拖吊車情形不多或是放在路邊等拖吊。

臺北市部分：專責開車(巡邏車)，派出所騎機車，拖吊車於 A1 事故會比較多。

新竹市部分：專責開車

(曾平毅)

一些稀少事件很難估計，件數很少，做後續的備註討論或是統一當作重大事故討論。

附件 4 地區道路路段事故占用道路模式

本研究共蒐集有 2012 年臺北市地區道路 1,220 筆路段交通事故資料，在刪除遺漏值過多之記錄後，剩餘 743 筆事故資料；其占用車道數基本特性如附表 4-1 所示，占有四分之三的事故占用車道數為一車道或更少，約 20% 占用兩車道，占用三車道或以上僅有 20 筆、占 2.69%。

附表 4-1 地區道路路段交通事故占用車道數

占用車道數	事故數	百分比 (%)	累積百分比 (%)
0	251	33.78	33.78
1	314	42.26	76.04
2	158	21.27	97.31
3	19	2.56	99.87
4	1	0.13	100.00

占用車道數屬於順序性 (ordered) 尺度的變數，因此必須用順序性回應模式進行校估，本研究選擇順序性羅吉特模式進行占用車道數分析。

1. 被解釋變數

欲發展模式之被解釋變數為占用車道數，由於占用四車道之事故數僅有一筆，因此將占用三或四車道合併為「占用三車道或以上」。

2. 解釋變數

本研究共考慮三大類解釋變數：事故特性、道路及環境特性以及時間空間特性。在事故特性方面，共包含事故嚴重度 (以死傷程度分)、事故牽涉車輛數、是否為大型車事故、是否為機車事故、事故車輛的撞擊型態以及是否酒駕等變數；其中除事故車輛數為連續變數外，其餘變數為類別變數。當事故的嚴重度愈高、牽涉車輛數愈多、為大型

車或酒駕等事故類型，預期會占用較多車道。本研究針對連續變數進行轉換 (transformation)，測試如對數 (log)、指數 (exponential) 等不同型式對占用車道數的解釋能力。

在道路及環境變數方面，主要考慮道路型態 (例如是否發生在彎道、坡道或其他)、天候狀態 (例如晴天、陰天、暴雨等)、事故發生的位置 (例如隧道或其他)、道路狀態 (例如是否有施工區) 及道路設計 (例如速限) 等變數，以上變數除速限外皆為類別變數。

時間與空間因素主要嘗試從時間及地理區位的角度來解釋無法被前兩類因素解釋之變異。在時間因素方面，以尖離峰方式定義事故發生在每天的時間；由於尖離峰時間並無一定的定義方式，本研究測試不同時間區隔對占用車道數的影響，以解釋能力最佳的間隔作為尖、離峰及夜間時間的定義。另外，本研究也考慮事故發生在工作日或非工作日，作為另一個時間變數。在空間因素方面，本研究區隔事故發生的地點在不同的道路等級 (例如縣道、鄉道等)。上述變數皆為類別變數。

附表 4-2 地區道路路段事故占用車道模式解釋變數一覽表

因素	變數	變數型態
事故特性	嚴重度：死亡、受傷、財損	類別
	事故車輛數	連續
	大型車事故	類別
	機車事故	類別
	車輛撞擊型態：翻車、追撞、其他	類別
	事故原因：酒駕、其他	類別
道路及環境	道路型態：彎路、其他 (例如直路)	類別
	天候：晴或陰天、暴雨、其他 (例如雨天)	類別
	速限	連續
	道路狀態：施工區	類別
	事故位置：隧道、其他	類別
時間空間	事故發生時間：	類別
	1) 晨峰、昏峰、夜間、離峰	
	2) 工作日、非工作日	
	省道、縣道、鄉道等	類別

2. 模式校估結果

本研究首先以簡單順序性羅吉特迴歸 (即僅包含單一解釋變數) 篩選變數，接著將有顯著解釋能力的變數納入迴歸，再利用向前及向後選取的方式選入或剔除變數，模式發展結果如附表 4-3 所示。結果顯示非昏峰事故、涉入之事故車輛數愈多以及大型車輛事故，其占用車道數相對較多。

附表 4-3 占用車道數順序性羅吉特模式校估結果

變數	估計係數	z 值	勝算比
昏峰 (5—7pm)	-0.353*	(-2.12)	0.703*
Ln(事故車輛數)	1.610***	(9.58)	5.004***
大型車輛 (Yes = 1)	0.477**	(3.21)	1.611**
門檻值 0 vs. 1 車道	0.380		
門檻值 1 vs. 2 車道	2.444		
門檻值 2 vs. 3 車道	4.991		
Log-Likelihood		-800.636	
LR Chi-Square		118.216	
McFadden Pseudo-R Square		0.069	
Cox-Snell Pseudo-R Square		0.147	
McKelvey & Zavoina's Pseudo-R Square		0.159	
AIC		1613.272	
BIC		1640.937	

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

附件 5 地區道路路口事故占用道路模式

本研究共蒐集有 2012 年臺北市地區道路 1,212 筆路口交通事故資料，在刪除遺漏值過多之記錄後，剩餘 850 筆事故資料。由於路口事故之占用不似路段事故有清楚之占用車道數目，本研究將所蒐集之事故路口區域劃分為 3 乘 3 之九宮格，其格位之大小依路口面積等比例縮放。其占用車道數基本特性如附表 5-1 所示，約有四成事故未占用任何格位，而另外四成占用一個格位，另外有 12% 占用兩個格位，占用六個格位只有兩筆事故。

附表 5-1 地區道路路段交通事故占用車道數

占用格位數	事故數	百分比 (%)	累積百分比 (%)
0	348	40.94	40.94
1	337	39.65	80.59
2	102	12.00	92.59
3	46	5.41	98.00
4	15	1.76	99.76
6	2	0.24	100.00

本研究同樣應用順序性回應模式進行路口占用格數之校估，選擇羅吉斯特 (logistic) 分配進行分析。

1. 被解釋變數

欲發展模式之被解釋變數為路口占用格位數，由於占用六格位之事故數僅有兩筆，因此將占用四或六格位合併為「占用四格位或以上」，因此占用格位數為一具有 {0, 1, 2, 3, 4 或以上} 五類別之順序性尺度變數。

2. 解釋變數

發展路口占用格位數模式之解釋變數與發展路段占用車道數模

式之解釋變數大致相同，區別在於路口占用格位數模式新增號誌類別變數（例如行車管制號誌、閃光號誌等）以及交岔路口類別（例如三岔路、四岔路等），考慮之解釋變數綜整如附表 5-2。在發展此模式時，本研究同樣針對連續變數進行轉換（transformation），測試如對數（log）、指數（exponential）等不同型式對占用格位數的解釋能力。

附表 5-2 地區路口事故占用格位數模式解釋變數一覽表

因素	變數	變數型態
事故特性	嚴重度：死亡、受傷、財損	類別
	事故車輛數	連續
	大型車事故	類別
	機車事故	類別
	車輛撞擊型態：翻車、追撞、其他	類別
	事故原因：酒駕、其他	類別
道路及環境	道路型態：彎路、其他（例如直路）； 交叉路口型態（例如三岔路、四岔路等）	類別
	天候：晴或陰天、暴雨、其他（例如雨天）	類別
	速限	連續
	號誌類別（例如行車管制號誌、閃光號誌等）	類別
	道路狀態：施工區	類別
	事故位置：隧道、其他	類別
	時間空間	事故發生時間： 1) 晨峰、昏峰、夜間、離峰 2) 工作日、非工作日
省道、縣道、鄉道等		類別

2. 模式校估結果

本研究首先以簡單順序性羅吉特迴歸（即僅包含單一解釋變數）篩選變數，接著將有顯著解釋能力的變數納入迴歸，再利用向前及向後選取的方式選入或剔除變數，模式發展結果如附表 5-3 所示。結果顯示夜間事故、事故牽涉大型車輛、未牽涉機慢車輛、非翻車事故、速限低以及發生在非行車管制號誌路口的交通事故，其占用格位數相

對較多。

附表 5-3 占用格位數順序性羅吉特模式校估結果

變數	估計係數	z 值	勝算比
夜間 (10pm—4am)	0.420*	(2.13)	1.522
大型車輛 (Yes = 1)	0.431**	(3.10)	1.539
機慢車輛 (Yes = 1)	-0.278*	(-2.02)	0.757
翻車 (Yes = 1)	-1.504~	(-1.87)	0.222
速限	-0.020~	(-1.80)	0.980
號誌種類 (行車管制號誌 = 1)	-0.416**	(-3.02)	0.660
門檻值 0 vs. 1 個格位	-1.478		
門檻值 1 vs. 2 個格位	0.377		
門檻值 2 vs. 3 個格位	1.500		
門檻值 3 vs. 4 或以上個格位	2.874		
Log-Likelihood		-1019.704	
LR Chi-Square		39.567	
McFadden Pseudo-R Square		0.019	
Cox-Snell Pseudo-R Square		0.045	
McKelvey & Zavoina's Pseudo-R Square		0.050	
AIC		2059.408	
BIC		2106.860	

~ $p < 0.1$; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

附件 6 交通事故延滯造成能源消耗及碳排放量之問
卷調查-輕度事故

【交通事故延滯造成能源消耗及碳排放量之問卷調查】

各位先生、女士，您好：

道路交通事故傷亡從經濟面而言可能造成民眾財產損失、勞動力減損及增加用路者旅行時間，從環境層面而言，交通事故延滯衝擊產生之能源消耗與碳排放量亦造成空氣污染與溫室效應，目前已為交通安全研究重視的課題。本研究為求進一步瞭解民眾對於「交通事故產生空氣污染及能源消耗」的認知與態度，以及補償因交通事故造成空氣污染與碳排放量的願付價格，在此耽誤您幾分鐘時間，請您依照問卷內容逐一回答，而您的回答並無對錯之分，只要將您的意見告訴我們即可，研究成果未來可提供政府施政參考。

敬祝 鈞安

交通部運輸研究所 運輸安全組
國立交通大學 運輸與物流管理學系
國立暨南國際大學 土木工程學系

【第一部分】旅次行為特性

1. 本次旅次目的：上/下班 上/下學 開會/洽公 旅遊/休閒 探訪親友 購物 其他_____
2. 本次單趟預估總旅行時間：高速公路_____小時_____分鐘；一般道路_____小時_____分鐘
3. 本次旅行是否有時間急迫性？是 否
4. 本次旅行的身分為：駕駛 乘客
5. 本次使用(乘坐)車種：油電混合車 小客車(汽油)小客車(柴油) 小貨車(柴油) 大客車(柴油)
大貨車(柴油) 油電混合車 液化石油車(LPG) 不清楚
6. 本次同行人數(含本人)：1 人 2 人 3 人 超過 4 人，實際為_____人
7. 本次出發縣市為：
基隆市 臺北市 新北市 桃園縣 新竹縣(市) 苗栗縣 臺中市 南投縣 彰化縣
雲林縣 嘉義縣(市) 臺南市 高雄市 屏東縣 宜蘭縣 花蓮縣 臺東縣
8. 本次上高速公路之交流道為：國道_____號，_____ (請參考交流道代碼表)
9. 本次欲到達之縣市為：
基隆市 臺北市 新北市 桃園縣 新竹縣(市) 苗栗縣 臺中市 南投縣 彰化縣
雲林縣 嘉義縣(市) 臺南市 高雄市 屏東縣 宜蘭縣 花蓮縣 臺東縣
10. 本次預計下高速公路之交流道為：國道_____號，_____ (請參考交流道代碼表)
11. 請問本次旅行在之前的「高速公路」上是否有塞車？ 是，塞車時間 _____ 分鐘 否

【第二部份】 假設情境—「願付價格」

【問題一：輕微事故-二氧化氮(NO₂)】

車輛在行駛的時候主要會排放出兩類有害的氣體：一氧化碳(CO)和氮氧化物(NO_x)。根據 2011 年環保署統計，公路運輸中一氧化碳約有 70 萬公噸(佔總排放量的 77.13%)，氮氧化物約有 27 萬公噸(佔總排放量的 49.62%)。根據英國醫學期刊研究報告，長時間身處在交通廢氣的環境中，心臟病發作的風險會增高。世界衛生組織《空氣質量標準》指出，短期接觸一氧化碳及二氧化氮污染物，將導致肺部炎症和呼吸道症狀等；如長期接觸，將會降低肺功能，影響心血管和中樞神經系統，提高死亡率。

請您想像一下，假設高速公路發生一起輕微交通事故，造成車輛總共約排放 1 公噸的二氧化氮(需設置 2 公頃空氣品質淨化區種植喬木)，造成 3 個車道、回堵長度約 2 公里，總計約 1500 輛車受到影響。請問您若為該次交通事故當事者，是否願意支付 1 萬元來避免此次交通事故，以降低空氣污染？

(A1)願意 (續答 A)

(A)請問您願意付 1.5 萬元避免此次交通事故，以降低空氣污染？

B1.願意 (續答 C-1)

(C-1)請問您願意付 3 萬元避免此次交通事故，以降低空氣污染？

1.願意，那您願意支付多少？_____元

2.不願意

B2.不願意 (續答 C-2)

(C-2)請問您願意付 1 萬 2,000 元避免此次交通事故，以降低空氣污染？

1.願意

2.不願意

(A2)不願意 (續答 B)

(B)請問您願意付 5,000 元避免此次交通事故，以降低空氣污染？

B3.願意 (續答 C-3)

(C-3)請問您願意付 7,500 元避免此次交通事故，以降低空氣污染？

1.願意

2.不願意

B4.不願意 (續答 C-4)

(C-4)請問您願意付 3,500 元避免此次交通事故，以降低空氣污染？

1.願意

2.不願意，那您願意支付多少元避免此次交通事故，以降低空氣污染？_____元

(最低 0 元)

● 假設您的回答是 0 元，請問您的理由？

「空氣污染」對我而言沒有影響。

我已繳稅，因此改善「空氣污染」不是我的責任。

我願意付，但是因為所得低，無法負擔此項費用。

其他_____

【問題二：輕微事故-二氧化碳(CO₂)】

台灣二氧化碳(CO₂)排放總量目前已居世界第 21 名，在運輸部門排放總量一年約 36 百萬公噸，以公路運輸為主要來源。車輛排放廢氣中的二氧化碳雖不至於立即對健康造成危害，但將可能造成南北極冰帽融化、海平面上升、洪氾或乾旱的發生機率增高，間接衝擊及妨害生活環境，嚴重時將威脅人類的生存空間，為導致全球暖化效應及氣候變遷的主要關鍵。

請您想像一下，假設高速公路發生一起輕微的交通事故，造成車輛總共排放 1 公噸的二氧化碳(需設置 500 平方公尺空氣品質淨化區種植喬木)，造成 3 個車道、回堵長度約 2 公里，總計約 1500 輛車受到影響。請問您若為該次交通事故當事者，是否願意繳納 1,000 元 來避免此次交通事故，以降低空氣污染？

(A1)願意 (續答 A)

(A)請問您願意付 1,500 元 避免此次交通事故，以降低空氣污染？

B1.願意 (續答 C-1)

(C-1)請問您願意付 2,500 元 避免此次交通事故，以降低空氣污染？

- 1.願意，那您願意支付多少？_____元
 2.不願意

B2.不願意 (續答 C-2)

(C-2)請問您願意付 1,200 元 避免此次交通事故，以降低空氣污染？

- 1.願意
 2.不願意

(A2)不願意 (續答 B)

(B)請問您願意付 500 元 避免此次交通事故，以降低空氣污染？

B3.願意 (續答 C-3)

(C-3)請問您願意付 750 元 避免此次交通事故，以降低空氣污染？

- 1.願意
 2.不願意

B4.不願意 (續答 C-4)

(C-4)請問您願意付 350 元 避免此次交通事故，以降低空氣污染？

- 1.願意
 2.不願意，那您願意支付多少避免此次交通事故，以降低空氣污染？_____元
(最低0元)

● 假設您的回答是 0 元，請問您的理由？

- 「溫室效應」對我而言沒有影響。
 我已繳稅，因此改善「溫室效應」不是我的責任。
 我願意付，但是因為所得低，無法負擔此項費用。
 其他_____

【問題三：輕微事故—時間價值】

請您想像一下，假設您於上述第一部份1、2題填寫之相同旅次目的及旅行時間中，高速公路途中因他人發生一起交通事故，而您身為此次交通事故受影響者，造成您的旅行時間多出10分鐘，請問您是否願意支付100元來避免這次交通事故造成的時間延誤？

✚ 參考102年3月底「行政院主計處公布平均工資率」

◆ 工業及服務業每月平均薪資為 41,652 元，平均工時為 179.5 小時，每小時工資為 232 元。

✚ 提示：可藉由『上述的平均工資率，推估您自己每小時的平均工資。』

(A1)願意（續答 A）

(A)請問您願意付 150 元避免這次交通事故造成之「時間延誤」？

B1.願意（續答 C-1）

(C-1)請問您願意付 250 元避免這次交通事故造成之「時間延誤」？

- 1.願意，那您願意支付多少避免這次交通事故造成之「時間延誤」？_____元
 2.不願意

B2.不願意（續答 C-2）

(C-2)請問您願意付 125 元避免這次交通事故造成之「時間延誤」？

- 1.願意
 2.不願意

(A2)不願意（續答 B）

(B)請問您願意付 50 元避免這次交通事故造成之「時間延誤」？

B3.願意（續答 C-3）

(C-3)請問您願意付 75 元避免這次交通事故造成之「時間延誤」？

- 1.願意
 2.不願意

B4.不願意（續答 C-4）

(C-4)請問您願意付 35 元避免這次交通事故造成之「時間延誤」？

- 1.願意
 2.不願意，那您願意支付多元避免這次交通事故造成之「時間延誤」？_____元
(最低為 0 元)

【第三部分】個人、家庭及車輛特性(資料僅供研究用並且加以保密，請您放心填寫)

1. 性別：男 女
2. 年齡：18歲以下 19歲~20歲 21歲~30歲 31歲~40歲 41歲~50歲
51歲~60歲 61歲~64歲 65歲以上
3. 婚姻狀況：已婚 未婚
4. 教育程度：小學 國中 高中(職) 大學(專科) 碩士 博士
5. 職業：無/待業家管軍公教農林漁牧工商服務業學生(跳答第7題)其它_____
6. 承上題，請問您的職業的身分為：主管(或老闆)級 非主管級(正式員工) 非主管級(約聘僱員工)
7. 個人每月收入(未扣稅前)：
無收入 25,000以下 25,001~40,000 40,001~60,000 60,001~80,000
80,001~100,000 100,001~150,000 150,001~200,000 200,000以上：約_____萬元
8. 家庭(含本人)平均每月所得(未扣稅前)：
無收入 25,000以下 25,001~40,000 40,001~60,000 60,001~80,000
80,001~100,000 100,001~150,000 150,001~200,000 200,001~250,000 250,001~300,000
300,001~350,000 400,001~450,000 450,001~500,000 500,001以上：約_____
9. 家庭人數(含本人)：1人(單身) 2人 3人 4人以上，_____人
10. 請問您居住縣市為：
基隆市 臺北市 新北市 桃園縣 新竹縣(市) 苗栗縣 臺中市 南投縣 彰化縣
雲林縣 嘉義縣(市) 臺南市 高雄市 屏東縣 宜蘭縣 花蓮縣 臺東縣 離島
11. 請問您目前是否有以下狀況：
無 眼睛過敏 呼吸道過敏 氣喘 呼吸系統疾病(如：咳嗽、慢性支氣管炎)
心肺疾病(如：心臟病、肺炎) 癲癇 抽菸 懷孕(跳答15題)
12. 承上題，請問您有上述情況已經持續多久時間？1年以下 2年以上-未滿3年 3年以上-未滿5年
5年以上-未滿10年 10年以上
13. 您有意願參與哪些環保活動(複選)？
無 單車活動(低碳) 環保遊行(反核四) 環保系列講座 淨灘(山)活動
植樹活動 垃圾不落地(跨年) 環保競賽(設計標語) 世界地球日(熄燈) 其他_____
14. 本次使用車輛的排氣量：601-1200 c.c. 1201-1800 c.c. 1801-2400 c.c. 2401-3000 c.c.
3001-4200 c.c. 4201-5400 c.c. 5401 c.c.以上
15. 本次使用車輛平均每月油錢：_____元
16. 本次使用車輛平均一天使用的時間為：30分鐘以下 31-90分鐘 91-120分鐘 120分鐘以上

【問卷到此結束，感謝您的填答】

附件 7 交通事故延滯造成能源消耗及碳排放量之問
卷調查-中度事故

【交通事故延滯造成能源消耗及碳排放量之問卷調查】

各位先生、女士，您好：

道路交通事故傷亡從經濟面而言可能造成民眾財產損失、勞動力減損及增加用路者旅行時間，從環境層面而言，交通事故延滯衝擊產生之能源消耗與碳排放量亦造成空氣污染與溫室效應，目前已為交通安全研究重視的課題。本研究為求進一步瞭解民眾對於「交通事故產生空氣污染及能源消耗」的認知與態度，以及補償因交通事故造成空氣污染與碳排放量的願付價格，在此耽誤您幾分鐘時間，請您依照問卷內容逐一回答，而您的回答並無對錯之分，只要將您的意見告訴我們即可，研究成果未來可提供政府施政參考。

敬祝 鈞安

交通部運輸研究所 運輸安全組
國立交通大學 運輸與物流管理學系
國立暨南國際大學 土木工程學系

【第一部分】旅次行為特性

1. 本次旅次目的：上/下班 上/下學 開會/洽公 旅遊/休閒 探訪親友 購物 其他_____
2. 本次單趟預估總旅行時間：高速公路_____小時_____分鐘；一般道路_____小時_____分鐘
3. 本次旅行是否有時間急迫性？是 否
4. 本次旅行的身分為：駕駛 乘客
5. 本次使用(乘坐)車種：油電混合車 小客車(汽油)小客車(柴油) 小貨車(柴油) 大客車(柴油)
大貨車(柴油) 油電混合車 液化石油車(LPG) 不清楚
6. 本次同行人數(含本人)：1 人 2 人 3 人 超過 4 人，實際為_____人
7. 本次出發縣市為：
基隆市 臺北市 新北市 桃園縣 新竹縣(市) 苗栗縣 臺中市 南投縣 彰化縣
雲林縣 嘉義縣(市) 臺南市 高雄市 屏東縣 宜蘭縣 花蓮縣 臺東縣
8. 本次上高速公路之交流道為：國道_____號，_____ (請參考交流道代碼表)
9. 本次欲到達之縣市為：
基隆市 臺北市 新北市 桃園縣 新竹縣(市) 苗栗縣 臺中市 南投縣 彰化縣
雲林縣 嘉義縣(市) 臺南市 高雄市 屏東縣 宜蘭縣 花蓮縣 臺東縣
10. 本次預計下高速公路之交流道為：國道_____號，_____ (請參考交流道代碼表)
11. 請問本次旅行在之前的「高速公路」上是否有塞車？ 是，塞車時間 _____ 分鐘 否

【第二部份】 假設情境—「願付價格」

【問題一：中度事故-二氧化氮(NO₂)】

車輛在行駛的時候主要會排放出兩類有害的氣體：一氧化碳(CO)和氮氧化物(NO_x)。根據 2011 年環保署統計，公路運輸中一氧化碳約有 70 萬公噸(佔總排放量的 77.13%)，氮氧化物約有 27 萬公噸(佔總排放量的 49.62%)。根據英國醫學期刊研究報告，長時間身處在交通廢氣的環境中，心臟病發作的風險會增高。世界衛生組織《空氣質量標準》指出，短期接觸一氧化碳及二氧化氮污染物，將導致肺部炎症和呼吸道症狀等；如長期接觸，將會降低肺功能，影響心血管和中樞神經系統，提高死亡率。

請您想像一下，假設高速公路發生一起中度交通事故，造成車輛總共約排放 3 公噸的二氧化氮(需設置 6 公頃空氣品質淨化區種植喬木)，造成 3 個車道、回堵長度約 4 公里，總計約 2500 輛車受到影響。請問您若為該次交通事故當事者，是否願意支付 3 萬 5000 元 來避免此次交通事故，以降低空氣污染？

(A1) 願意 (續答 A)

(A) 請問您願意付 6 萬元 避免此次交通事故，以降低空氣污染？

B1. 願意 (續答 C-1)

(C-1) 請問您願意付 8 萬元 避免此次交通事故，以降低空氣污染？

1. 願意，那您願意支付多少？ _____ 元
 2. 不願意

B2. 不願意 (續答 C-2)

(C-2) 請問您願意付 4 萬元 避免此次交通事故，以降低空氣污染？

1. 願意
 2. 不願意

(A2) 不願意 (續答 B)

(B) 請問您願意付 2 萬元 避免此次交通事故，以降低空氣污染？

B3. 願意 (續答 C-3)

(C-3) 請問您願意付 3 萬元 避免此次交通事故，以降低空氣污染？

1. 願意
 2. 不願意

B4. 不願意 (續答 C-4)

(C-4) 請問您願意付 1 萬元 避免此次交通事故，以降低空氣污染？

1. 願意
 2. 不願意，那您願意支付多少元避免此次交通事故，以降低空氣污染？ _____ 元
(最低 0 元)

● 假設您的回答是 0 元，請問您的理由？

- 「空氣污染」對我而言沒有影響。
 我已繳稅，因此改善「空氣污染」不是我的責任。
 我願意付，但是因為所得低，無法負擔此項費用。
 其他 _____

【問題二：中度事故-二氧化碳(CO₂)】

台灣二氧化碳(CO₂)排放總量目前已居世界第 21 名，在運輸部門排放總量一年約 36 百萬公噸，以公路運輸為主要來源。車輛排放廢氣中的二氧化碳雖不至於立即對健康造成危害，但將可能造成南北極冰帽融化、海平面上升、洪氾或乾旱的發生機率增高，間接衝擊及妨害生活環境，嚴重時將威脅人類的生存空間，為導致全球暖化效應及氣候變遷的主要關鍵。

請您想像一下，假設高速公路發生一起中度的交通事故，造成車輛總共排放 3 公噸的二氧化碳(需設置 1500 平方公尺空氣品質淨化區種植喬木)，造成 3 個車道、回堵長度約 4 公里，總計約 2500 輛車受到影響。請問您若為該次交通事故當事者，是否願意繳納 2,500 元 來避免此次交通事故，以降低空氣污染？

(A1)願意 (續答 A)

(A)請問您願意付 4,000 元 避免此次交通事故，以降低空氣污染？

B1.願意 (續答 C-1)

(C-1)請問您願意付 6,000 元 避免此次交通事故，以降低空氣污染？

- 1.願意，那您願意支付多少？_____元
 2.不願意

B2.不願意 (續答 C-2)

(C-2)請問您願意付 3,000 元 避免此次交通事故，以降低空氣污染？

- 1.願意
 2.不願意

(A2)不願意 (續答 B)

(B)請問您願意付 1,250 元 避免此次交通事故，以降低空氣污染？

B3.願意 (續答 C-3)

(C-3)請問您願意付 2,000 元 避免此次交通事故，以降低空氣污染？

- 1.願意
 2.不願意

B4.不願意 (續答 C-4)

(C-4)請問您願意付 1,000 元 避免此次交通事故，以降低空氣污染？

- 1.願意
 2.不願意，那您願意支付多少避免此次交通事故，以降低空氣污染？____元
(最低0元)

● 假設您的回答是 0 元，請問您的理由？

- 「溫室效應」對我而言沒有影響。
 我已繳稅，因此改善「溫室效應」不是我的責任。
 我願意付，但是因為所得低，無法負擔此項費用。
 其他_____

【問題三：中度事故—時間價值】

請您想像一下，假設您於上述第一部份1、2題填寫之相同旅次目的及旅行時間中，高速公路途中因他人發生一起交通事故，而您身為此次交通事故受影響者，造成您的旅行時間多出30分鐘，請問您是否願意支付300元來避免這次交通事故造成的時間延誤？

✚ 參考102年3月底「行政院主計處公布平均工資率」

◆ 工業及服務業每月平均薪資為 41,652 元，平均工時為 179.5 小時，每小時工資為 232 元。

✚ 提示：可藉由『上述的平均工資率，推估您自己每小時的平均工資。』

(A1)願意 (續答 A)

(A)請問您願意付 450 元 避免這次交通事故造成之「時間延誤」？

B1.願意 (續答 C-1)

(C-1)請問您願意付 700 元 避免這次交通事故造成之「時間延誤」？

- ⋮ 1.願意，那您願意支付多少避免這次交通事故造成之「時間延誤」？_____元
⋮ 2.不願意

B2.不願意 (續答 C-2)

(C-2)請問您願意付 350 元 避免這次交通事故造成之「時間延誤」？

- ⋮ 1.願意
⋮ 2.不願意

(A2)不願意 (續答 B)

(B)請問您願意付 150 元 避免這次交通事故造成之「時間延誤」？

B3.願意 (續答 C-3)

(C-3)請問您願意付 250 元 避免這次交通事故造成之「時間延誤」？

- ⋮ 1.願意
⋮ 2.不願意

B4.不願意 (續答 C-4)

(C-4)請問您願意付 125 元 避免這次交通事故造成之「時間延誤」？

- ⋮ 1.願意
⋮ 2.不願意，那您願意支付多元避免這次交通事故造成之「時間延誤」？_____元
(最低為 0 元)

【第三部分】個人、家庭及車輛特性(資料僅供研究用並且加以保密，請您放心填寫)

1. 性別：男 女
2. 年齡：18歲以下 19歲~20歲 21歲~30歲 31歲~40歲 41歲~50歲
51歲~60歲 61歲~64歲 65歲以上
3. 婚姻狀況：已婚 未婚
4. 教育程度：小學 國中 高中(職) 大學(專科) 碩士 博士
5. 職業：無/待業家管軍公教農林漁牧工商服務業學生(跳答第7題)其它_____
6. 承上題，請問您的職業的身分為：主管(或老闆)級 非主管級(正式員工) 非主管級(約聘僱員工)
7. 個人每月收入(未扣稅前)：
無收入 25,000以下 25,001~40,000 40,001~60,000 60,001~80,000
80,001~100,000 100,001~150,000 150,001~200,000 200,000以上：約_____萬元
8. 家庭(含本人)平均每月所得(未扣稅前)：
無收入 25,000以下 25,001~40,000 40,001~60,000 60,001~80,000
80,001~100,000 100,001~150,000 150,001~200,000 200,001~250,000 250,001~300,000
300,001~350,000 400,001~450,000 450,001~500,000 500,001以上：約_____
9. 家庭人數(含本人)：1人(單身) 2人 3人 4人以上，_____人
10. 請問您居住縣市為：
基隆市 臺北市 新北市 桃園縣 新竹縣(市) 苗栗縣 臺中市 南投縣
雲林縣 嘉義縣(市) 臺南市 高雄市 屏東縣 宜蘭縣 花蓮縣 臺東縣 離島
11. 請問您目前是否有以下狀況：
無 眼睛過敏 呼吸道過敏 氣喘 呼吸系統疾病(如：咳嗽、慢性支氣管炎)
心肺疾病(如：心臟病、肺炎) 癲癇 抽菸 懷孕(跳答15題)
12. 承上題，請問您有上述情況已經持續多久時間？1年以下 2年以上-未滿3年 3年以上-未滿5年
5年以上-未滿10年 10年以上
13. 您有意願參與哪些環保活動(複選)？
無 單車活動(低碳) 環保遊行(反核四) 環保系列講座 淨灘(山)活動
植樹活動 垃圾不落地(跨年) 環保競賽(設計標語) 世界地球日(熄燈) 其他_____
14. 本次使用車輛的排氣量：601-1200 c.c. 1201-1800 c.c. 1801-2400 c.c. 2401-3000 c.c.
3001-4200 c.c. 4201-5400 c.c. 5401 c.c.以上
15. 本次使用車輛平均每月油錢：_____元
16. 本次使用車輛平均一天使用的時間為：30分鐘以下 31-90分鐘 91-120分鐘 120分鐘以上

【問卷到此結束，感謝您的填答】

附件 8 交通事故延滯造成能源消耗及碳排放量之問
卷調查-嚴重事故

【交通事故延滯造成能源消耗及碳排放量之問卷調查】

各位先生、女士，您好：

道路交通事故傷亡從經濟面而言可能造成民眾財產損失、勞動力減損及增加用路者旅行時間，從環境層面而言，交通事故延滯衝擊產生之能源消耗與碳排放量亦造成空氣污染與溫室效應，目前已為交通安全研究重視的課題。本研究為求進一步瞭解民眾對於「交通事故產生空氣污染及能源消耗」的認知與態度，以及補償因交通事故造成空氣污染與碳排放量的願付價格，在此耽誤您幾分鐘時間，請您依照問卷內容逐一回答，而您的回答並無對錯之分，只要將您的意見告訴我們即可，研究成果未來可提供政府施政參考。

敬祝 鈞安

交通部運輸研究所 運輸安全組
國立交通大學 運輸與物流管理學系
國立暨南國際大學 土木工程學系

【第一部分】旅次行為特性

1. 本次旅次目的：上/下班 上/下學 開會/洽公 旅遊/休閒 探訪親友 購物 其他_____
2. 本次單趟預估總旅行時間：高速公路_____小時_____分鐘；一般道路_____小時_____分鐘
3. 本次旅行是否有時間急迫性？是 否
4. 本次旅行的身分為：駕駛 乘客
5. 本次使用(乘坐)車種：油電混合車 小客車(汽油)小客車(柴油) 小貨車(柴油) 大客車(柴油)
大貨車(柴油) 油電混合車 液化石油車(LPG) 不清楚
6. 本次同行人數(含本人)：1 人 2 人 3 人 超過 4 人，實際為_____人
7. 本次出發縣市為：
基隆市 臺北市 新北市 桃園縣 新竹縣(市) 苗栗縣 臺中市 南投縣 彰化縣
雲林縣 嘉義縣(市) 臺南市 高雄市 屏東縣 宜蘭縣 花蓮縣 臺東縣
8. 本次上高速公路之交流道為：國道_____號，_____ (請參考交流道代碼表)
9. 本次欲到達之縣市為：
基隆市 臺北市 新北市 桃園縣 新竹縣(市) 苗栗縣 臺中市 南投縣 彰化縣
雲林縣 嘉義縣(市) 臺南市 高雄市 屏東縣 宜蘭縣 花蓮縣 臺東縣
10. 本次預計下高速公路之交流道為：國道_____號，_____ (請參考交流道代碼表)
11. 請問本次旅行在之前的「高速公路」上是否有塞車？ 是，塞車時間 _____ 分鐘 否

【第二部份】 假設情境—「願付價格」

【問題一：嚴重事故-二氧化氮(NO₂)】

車輛在行駛的時候主要會排放出兩類有害的氣體：一氧化碳(CO)和氮氧化物(NO_x)。根據2011年環保署統計，公路運輸中一氧化碳約有70萬公噸(佔總排放量的77.13%)，氮氧化物約有27萬公噸(佔總排放量的49.62%)。根據英國醫學期刊研究報告，長時間身處在交通廢氣的環境中，心臟病發作的風險會增高。世界衛生組織《空氣質量標準》指出，短期接觸一氧化碳及二氧化氮污染物，將導致肺部炎症和呼吸道症狀等；如長期接觸，將會降低肺功能，影響心血管和中樞神經系統，提高死亡率。

請您想像一下，假設高速公路發生一起嚴重交通事故，造成車輛總共約排放9公噸的二氧化氮(需設置18公頃空氣品質淨化區種植喬木)，造成4個車道、回堵長度約6公里，總計約4000輛車受到影響。請問您若為該次交通事故當事者，是否願意支付10萬元來避免此次交通事故，以降低空氣污染？

(A1)願意 (續答 A)

(A)請問您願意付 15 萬元 避免此次交通事故，以降低空氣污染？

B1.願意 (續答 C-1)

(C-1)請問您願意付 25 萬元 避免此次交通事故，以降低空氣污染？

1.願意，那您願意支付多少？_____元

2.不願意

B2.不願意 (續答 C-2)

(C-2)請問您願意付 12 萬元 避免此次交通事故，以降低空氣污染？

1.願意

2.不願意

(A2)不願意 (續答 B)

(B)請問您願意付 5 萬元 避免此次交通事故，以降低空氣污染？

B3.願意 (續答 C-3)

(C-3)請問您願意付 7 萬元 避免此次交通事故，以降低空氣污染？

1.願意

2.不願意

B4.不願意 (續答 C-4)

(C-4)請問您願意付 3 萬元 避免此次交通事故，以降低空氣污染？

1.願意

2.不願意，那您願意支付多少元避免此次交通事故，以降低空氣污染？____元

(最低 0 元)

● 假設您的回答是 0 元，請問您的理由？

「空氣污染」對我而言沒有影響。

我已繳稅，因此改善「空氣污染」不是我的責任。

我願意付，但是因為所得低，無法負擔此項費用。

其他_____

【問題二：嚴重事故-二氧化碳(CO₂)】

台灣二氧化碳(CO₂)排放總量目前已居世界第 21 名，在運輸部門排放總量一年約 36 百萬公噸，以公路運輸為主要來源。車輛排放廢氣中的二氧化碳雖不至於立即對健康造成危害，但將可能造成南北極冰帽融化、海平面上升、洪氾或乾旱的發生機率增高，間接衝擊及妨害生活環境，嚴重時將威脅人類的生存空間，為導致全球暖化效應及氣候變遷的主要關鍵。

請您想像一下，假設高速公路發生一起中度的交通事故，造成車輛總共排放 9 公噸的二氧化碳(需設置 4500 平方公尺空氣品質淨化區種植喬木)，造成 4 個車道、回堵長度約 6 公里，總計約 4000 輛車受到影響。請問您若為該次交通事故當事者，是否願意繳納 8,000 元 來避免此次交通事故，以降低空氣污染？

(A1)願意 (續答 A)

(A)請問您願意付 1 萬 2,000 元 避免此次交通事故，以降低空氣污染？

B1.願意 (續答 C-1)

(C-1)請問您願意付 1 萬 8,000 元 避免此次交通事故，以降低空氣污染？

- 1.願意，那您願意支付多少？_____元
 2.不願意

B2.不願意 (續答 C-2)

(C-2)請問您願意付 9,000 元 避免此次交通事故，以降低空氣污染？

- 1.願意
 2.不願意

(A2)不願意 (續答 B)

(B)請問您願意付 4,000 元 避免此次交通事故，以降低空氣污染？

B3.願意 (續答 C-3)

(C-3)請問您願意付 6,000 元 避免此次交通事故，以降低空氣污染？

- 1.願意
 2.不願意

B4.不願意 (續答 C-4)

(C-4)請問您願意付 3,000 元 避免此次交通事故，以降低空氣污染？

- 1.願意
 2.不願意，那您願意支付多少避免此次交通事故，以降低空氣污染？____元
(最低0元)

● 假設您的回答是 0 元，請問您的理由？

- 「溫室效應」對我而言沒有影響。
 我已繳稅，因此改善「溫室效應」不是我的責任。
 我願意付，但是因為所得低，無法負擔此項費用。
 其他_____

【問題三：嚴重事故—時間價值】

請您想像一下，假設您於上述第一部份1、2題填寫之相同旅次目的及旅行時間中，高速公路途中因他人發生一起交通事故，而您身為此次交通事故受影響者，造成您的旅行時間多出60分鐘，請問您是否願意支付500元來避免這次交通事故造成的時間延誤？

✚ 參考102年3月底「行政院主計處公布平均工資率」

◆ 工業及服務業每月平均薪資為 41,652 元，平均工時為 179.5 小時，每小時工資為 232 元。

✚ 提示：可藉由『上述的平均工資率，推估您自己每小時的平均工資。』

(A1)願意 (續答 A)

(A)請問您願意付 750 元避免這次交通事故造成之「時間延誤」？

B1.願意 (續答 C-1)

(C-1)請問您願意付 1,200 元避免這次交通事故造成之「時間延誤」？

- ⋮ 1.願意，那您願意支付多少避免這次交通事故造成之「時間延誤」？_____元
⋮ 2.不願意

B2.不願意 (續答 C-2)

(C-2)請問您願意付 600 元避免這次交通事故造成之「時間延誤」？

- ⋮ 1.願意
⋮ 2.不願意

(A2)不願意 (續答 B)

(B)請問您願意付 250 元避免這次交通事故造成之「時間延誤」？

B3.願意 (續答 C-3)

(C-3)請問您願意付 400 元避免這次交通事故造成之「時間延誤」？

- ⋮ 1.願意
⋮ 2.不願意

B4.不願意 (續答 C-4)

(C-4)請問您願意付 200 元避免這次交通事故造成之「時間延誤」？

- ⋮ 1.願意
⋮ 2.不願意，那您願意支付多元避免這次交通事故造成之「時間延誤」？_____元
(最低為 0 元)

【第三部分】個人、家庭及車輛特性(資料僅供研究用並且加以保密，請您放心填寫)

1. 性別：男 女
2. 年齡：18歲以下 19歲~20歲 21歲~30歲 31歲~40歲 41歲~50歲
51歲~60歲 61歲~64歲 65歲以上
3. 婚姻狀況：已婚 未婚
4. 教育程度：小學 國中 高中(職) 大學(專科) 碩士 博士
5. 職業：無/待業家管軍公教農林漁牧工商服務業學生(跳答第7題)其它_____
6. 承上題，請問您的職業的身分為：主管(或老闆)級 非主管級(正式員工) 非主管級(約聘僱員工)
7. 個人每月收入(未扣稅前)：
無收入 25,000以下 25,001~40,000 40,001~60,000 60,001~80,000
80,001~100,000 100,001~150,000 150,001~200,000 200,000以上：約_____萬元
8. 家庭(含本人)平均每月所得(未扣稅前)：
無收入 25,000以下 25,001~40,000 40,001~60,000 60,001~80,000
80,001~100,000 100,001~150,000 150,001~200,000 200,001~250,000 250,001~300,000
300,001~350,000 400,001~450,000 450,001~500,000 500,001以上：約_____
9. 家庭人數(含本人)：1人(單身) 2人 3人 4人以上，_____人
10. 請問您居住縣市為：
基隆市 臺北市 新北市 桃園縣 新竹縣(市) 苗栗縣 臺中市 南投縣 彰化縣
雲林縣 嘉義縣(市) 臺南市 高雄市 屏東縣 宜蘭縣 花蓮縣 臺東縣 離島
11. 請問您目前是否有以下狀況：
無 眼睛過敏 呼吸道過敏 氣喘 呼吸系統疾病(如：咳嗽、慢性支氣管炎)
心肺疾病(如：心臟病、肺炎) 癲癇 抽菸 懷孕(跳答15題)
12. 承上題，請問您有上述情況已經持續多久時間？1年以下 2年以上-未滿3年 3年以上-未滿5年
5年以上-未滿10年 10年以上
13. 您**有意願**參與哪些環保活動(複選)？
無 單車活動(低碳) 環保遊行(反核四) 環保系列講座 淨灘(山)活動
植樹活動 垃圾不落地(跨年) 環保競賽(設計標語) 世界地球日(熄燈) 其他_____
14. 本次使用車輛的排氣量：601-1200 c.c. 1201-1800 c.c. 1801-2400 c.c. 2401-3000 c.c.
3001-4200 c.c. 4201-5400 c.c. 5401 c.c.以上
15. 本次使用車輛平均每月油錢：_____元
16. 您使用汽車行駛時間通常界於：30分鐘以下 31-90分鐘 91-120分鐘 120分鐘以上

【問卷到此結束，感謝您的填答】

附件 9 高速公路各類事故平均每件事務延滯、能源消耗及汙染氣體排放量推估結果

類別編號	事故型態	尖離峰	占用車道數	大車事故	件數	事故持續時間(分鐘)		延滯時間(小時)	
						平均值	標準差	平均值	標準差
1	A1	夜間	0	無大車	3	81.75	19.55	0.00	0.00
2	A1	夜間	0	有大車	1	75.49	-	0.00	-
3	A1	夜間	1	無大車	9	73.91	20.12	0.00	0.00
4	A1	夜間	1	有大車	3	98.01	45.18	0.00	0.00
5	A1	夜間	2	無大車	10	74.64	10.94	5,510.53	11,981.37
6	A1	夜間	2	有大車	3	100.26	19.10	0.00	0.00
7	A1	夜間	3	無大車	2	102.52	0.00	30,282.93	0.00
8	A1	昏峰	0	有大車	1	66.36	-	0.00	-
9	A1	昏峰	1	無大車	5	61.09	19.28	157.53	352.25
10	A1	昏峰	1	有大車	1	80.08	-	0.00	-
11	A1	昏峰	2	無大車	1	77.93	-	3,599.41	-
12	A1	晨峰	1	無大車	2	56.38	0.00	0.00	0.00
13	A1	晨峰	1	有大車	2	106.75	7.32	2,181.64	3,085.31
14	A1	晨峰	2	有大車	1	116.63	-	20,648.33	-
15	A1	離峰	0	有大車	3	69.81	11.70	0.00	0.00
16	A1	離峰	1	無大車	8	57.10	8.63	0.00	0.00
17	A1	離峰	1	有大車	5	85.68	11.47	0.00	0.00
18	A1	離峰	2	無大車	6	71.63	9.59	2,418.04	1,459.14
19	A1	離峰	2	有大車	1	105.59	-	105,517.94	-
20	A2	夜間	0	無大車	23	40.72	4.65	0.00	0.00

類別編號	事故型態	尖離峰	占用車道數	大車事故	件數	事故持續時間(分鐘)		延滯時間(小時)	
						平均值	標準差	平均值	標準差
21	A2	夜間	0	有大車	5	52.36	0.02	0.00	0.00
22	A2	夜間	1	無大車	59	38.73	2.22	0.00	0.00
23	A2	夜間	1	有大車	6	47.51	0.00	0.00	0.00
24	A2	夜間	2	無大車	140	44.52	3.68	1,756.60	3,623.51
25	A2	夜間	2	有大車	40	59.05	5.19	2,154.76	6,121.37
26	A2	夜間	3	無大車	4	53.08	3.16	3,898.60	4,578.72
27	A2	昏峰	0	無大車	13	34.70	1.35	0.00	0.00
28	A2	昏峰	0	有大車	2	43.89	3.01	0.00	0.00
29	A2	昏峰	1	無大車	67	33.72	1.04	56.65	129.00
30	A2	昏峰	1	有大車	7	43.01	3.15	0.00	0.00
31	A2	昏峰	2	無大車	43	40.44	3.92	4,120.53	7,559.97
32	A2	昏峰	2	有大車	11	52.85	2.97	4,404.65	9,141.40
33	A2	昏峰	3	無大車	3	53.25	5.39	23,752.95	5,459.86
34	A2	晨峰	0	無大車	15	41.64	4.33	0.00	0.00
35	A2	晨峰	0	有大車	2	52.93	0.00	0.00	0.00
36	A2	晨峰	1	無大車	86	40.59	3.45	150.89	263.42
37	A2	晨峰	1	有大車	15	53.39	3.09	197.36	411.06
38	A2	晨峰	2	無大車	6	52.41	7.62	9,765.10	12,769.68
39	A2	晨峰	2	有大車	6	66.25	8.13	27,825.63	35,127.51
40	A2	離峰	0	無大車	31	34.82	2.89	0.00	0.00

類別編號	事故型態	尖離峰	占用車道數	大車事故	件數	事故持續時間(分鐘)		延滯時間(小時)	
						平均值	標準差	平均值	標準差
41	A2	離峰	0	有大車	14	47.54	4.45	0.00	0.00
42	A2	離峰	1	無大車	171	34.27	2.13	0.00	0.00
43	A2	離峰	1	有大車	21	44.74	2.57	0.00	0.00
44	A2	離峰	2	無大車	96	40.19	4.38	1,939.28	4,128.09
45	A2	離峰	2	有大車	44	51.80	2.85	3,599.77	7,528.40
46	A2	離峰	3	無大車	4	40.42	2.06	12,482.24	943.86
47	A3	夜間	0	無大車	210	30.34	3.03	0.00	0.00
48	A3	夜間	0	有大車	26	42.27	6.52	0.00	0.00
49	A3	夜間	1	無大車	252	29.10	2.71	0.00	0.00
50	A3	夜間	1	有大車	48	38.92	1.22	0.00	0.00
51	A3	夜間	2	無大車	985	33.46	3.16	619.46	1,675.22
52	A3	夜間	2	有大車	211	44.85	2.70	598.28	2,256.59
53	A3	夜間	3	無大車	6	34.85	4.36	2,118.79	1,641.21
54	A3	夜間	3	有大車	3	61.64	0.00	3,650.64	6,323.09
55	A3	昏峰	0	無大車	545	26.20	1.91	0.00	0.00
56	A3	昏峰	0	有大車	47	36.21	1.77	0.00	0.00
57	A3	昏峰	1	無大車	2,160	25.86	1.32	25.55	68.58
58	A3	昏峰	1	有大車	84	35.05	2.73	54.04	150.91
59	A3	昏峰	2	無大車	427	31.62	3.22	1,314.02	3,385.61
60	A3	昏峰	2	有大車	112	41.23	3.64	2,924.51	6,294.81

類別編號	事故型態	尖離峰	占用車道數	大車事故	件數	事故持續時間(分鐘)		延滯時間(小時)	
						平均值	標準差	平均值	標準差
61	A3	昏峰	3	無大車	13	33.48	5.82	8,958.40	4,423.78
62	A3	晨峰	0	無大車	450	30.31	2.64	0.00	0.00
63	A3	晨峰	0	有大車	83	43.37	6.31	0.00	0.00
64	A3	晨峰	1	無大車	1,398	30.06	1.99	46.88	103.21
65	A3	晨峰	1	有大車	295	41.57	2.47	86.77	206.20
66	A3	晨峰	2	無大車	25	40.18	6.19	3,253.13	2,224.51
67	A3	晨峰	2	有大車	7	57.70	6.76	9,014.60	8,992.94
68	A3	晨峰	3	無大車	1	30.24	-	9,830.40	-
69	A3	離峰	0	無大車	772	26.39	2.13	0.00	0.00
70	A3	離峰	0	有大車	137	36.25	3.00	0.00	0.00
71	A3	離峰	1	無大車	2,980	26.01	1.62	0.00	0.00
72	A3	離峰	1	有大車	292	34.48	1.64	0.00	0.00
73	A3	離峰	2	無大車	590	31.57	3.16	1,067.98	2,990.02
74	A3	離峰	2	有大車	444	41.42	3.21	2,722.18	5,540.02
75	A3	離峰	3	無大車	21	34.11	6.81	7,881.48	4,851.70
76	A3	離峰	3	有大車	1	39.35	-	0.00	-
總計					13,626	30.85	7.35	412.74	2,474.31

類別編號	事故型態	尖離峰	占用車道數	大車事故	件數	能源消耗(公升)		二氧化碳排放量(公斤)		甲烷排放量(公斤)		二氧化氮排放量(公斤)	
						平均值	標準差	平均值	標準差	平均值	標準差	平均值	標準差
1	A1	夜間	0	無大車	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	A1	夜間	0	有大車	1	0.00	-	0.00	-	0.00	-	0.00	-
3	A1	夜間	1	無大車	9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	A1	夜間	1	有大車	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	A1	夜間	2	無大車	10	15,585.13	33,889.64	35,271.23	76,696.76	12.72	27.65	4.07	8.85
6	A1	夜間	2	有大車	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	A1	夜間	3	無大車	2	84,967.82	0.00	192,293.46	0.00	69.33	0.00	22.18	0.00
8	A1	昏峰	0	有大車	1	0.00	-	0.00	-	0.00	-	0.00	-
9	A1	昏峰	1	無大車	5	482.46	1,078.82	1,091.88	2,441.51	0.39	0.88	0.13	0.28
10	A1	昏峰	1	有大車	1	0.00	-	0.00	-	0.00	-	0.00	-
11	A1	昏峰	2	無大車	1	9,814.63	-	22,211.82	-	8.01	-	2.56	-
12	A1	晨峰	1	無大車	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	A1	晨峰	1	有大車	2	6,487.09	9,174.13	14,681.14	20,762.27	5.29	7.49	1.69	2.39
14	A1	晨峰	2	有大車	1	61,792.12	-	139,843.78	-	50.42	-	16.13	-
15	A1	離峰	0	有大車	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	A1	離峰	1	無大車	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	A1	離峰	1	有大車	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	A1	離峰	2	無大車	6	6,624.56	3,966.93	14,992.26	8,977.68	5.41	3.24	1.73	1.04
19	A1	離峰	2	有大車	1	304,076.63	-	688,165.81	-	248.13	-	79.36	-
20	A2	夜間	0	無大車	23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

類別編號	事故型態	尖離峰	占用車道數	大車事故	件數	能源消耗(公升)		二氧化碳排放量(公斤)		甲烷排放量(公斤)		二氧化氮排放量(公斤)	
						平均值	標準差	平均值	標準差	平均值	標準差	平均值	標準差
21	A2	夜間	0	有大車	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	A2	夜間	1	無大車	59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	A2	夜間	1	有大車	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	A2	夜間	2	無大車	140	4,955.99	10,224.94	11,216.06	23,140.40	4.04	8.34	1.29	2.67
25	A2	夜間	2	有大車	40	6,089.90	17,304.05	13,782.24	39,161.36	4.97	14.12	1.59	4.52
26	A2	夜間	3	無大車	4	10,833.91	12,726.80	24,518.58	28,802.43	8.84	10.39	2.83	3.32
27	A2	昏峰	0	無大車	13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28	A2	昏峰	0	有大車	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29	A2	昏峰	1	無大車	67	178.86	407.26	404.78	921.67	0.15	0.33	0.05	0.11
30	A2	昏峰	1	有大車	7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31	A2	昏峰	2	無大車	43	12,090.96	22,261.61	27,363.45	50,380.98	9.87	18.17	3.16	5.81
32	A2	昏峰	2	有大車	11	12,909.72	26,910.49	29,216.41	60,902.02	10.53	21.96	3.37	7.02
33	A2	昏峰	3	無大車	3	66,859.80	13,504.30	151,312.60	30,562.02	54.56	11.02	17.45	3.52
34	A2	晨峰	0	無大車	15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
35	A2	晨峰	0	有大車	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
36	A2	晨峰	1	無大車	86	468.22	814.45	1,059.65	1,843.21	0.38	0.66	0.12	0.21
37	A2	晨峰	1	有大車	15	601.99	1,253.61	1,362.39	2,837.09	0.49	1.02	0.16	0.33
38	A2	晨峰	2	無大車	6	28,605.81	37,629.37	64,738.75	85,160.27	23.34	30.71	7.47	9.82
39	A2	晨峰	2	有大車	6	80,589.32	103,273.20	182,384.33	233,720.98	65.76	84.27	21.03	26.95
40	A2	離峰	0	無大車	31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

類別編號	事故型態	尖離峰	占用車道數	大車事故	件數	能源消耗(公升)		二氧化碳排放量(公斤)		甲烷排放量(公斤)		二氧化氮排放量(公斤)	
						平均值	標準差	平均值	標準差	平均值	標準差	平均值	標準差
41	A2	離峰	0	有大車	14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
42	A2	離峰	1	無大車	171	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
43	A2	離峰	1	有大車	21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
44	A2	離峰	2	無大車	96	5,588.54	11,980.49	12,647.61	27,113.45	4.56	9.78	1.46	3.13
45	A2	離峰	2	有大車	44	10,341.18	21,852.09	23,403.47	49,454.18	8.44	17.83	2.70	5.70
46	A2	離峰	3	無大車	4	35,493.58	3,280.49	80,326.68	7,424.19	28.96	2.68	9.26	0.86
47	A3	夜間	0	無大車	210	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
48	A3	夜間	0	有大車	26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
49	A3	夜間	1	無大車	252	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50	A3	夜間	1	有大車	48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
51	A3	夜間	2	無大車	985	1,744.67	4,719.17	3,948.41	10,680.10	1.42	3.85	0.46	1.23
52	A3	夜間	2	有大車	211	1,687.92	6,366.53	3,819.99	14,408.30	1.38	5.20	0.44	1.66
53	A3	夜間	3	無大車	6	5,830.64	4,516.39	13,195.51	10,221.20	4.76	3.69	1.52	1.18
54	A3	夜間	3	有大車	3	10,170.27	17,615.42	23,016.67	39,866.04	8.30	14.37	2.65	4.60
55	A3	昏峰	0	無大車	545	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
56	A3	昏峰	0	有大車	47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
57	A3	昏峰	1	無大車	2,160	82.14	220.12	185.89	498.16	0.07	0.18	0.02	0.06
58	A3	昏峰	1	有大車	84	169.31	469.81	383.16	1,063.24	0.14	0.38	0.04	0.12
59	A3	昏峰	2	無大車	427	3,928.62	9,953.81	8,890.99	22,526.79	3.21	8.12	1.03	2.60
60	A3	昏峰	2	有大車	112	8,624.28	18,515.09	19,517.89	41,902.10	7.04	15.11	2.25	4.83

類別編號	事故型態	尖離峰	占用車道數	大車事故	件數	能源消耗(公升)		二氧化碳排放量(公斤)		甲烷排放量(公斤)		二氧化氮排放量(公斤)	
						平均值	標準差	平均值	標準差	平均值	標準差	平均值	標準差
61	A3	昏峰	3	無大車	13	25,893.40	10,686.88	58,600.20	24,185.82	21.13	8.72	6.76	2.79
62	A3	晨峰	0	無大車	450	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
63	A3	晨峰	0	有大車	83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
64	A3	晨峰	1	無大車	1,398	148.89	327.61	336.95	741.43	0.12	0.27	0.04	0.09
65	A3	晨峰	1	有大車	295	269.11	639.18	609.02	1,446.55	0.22	0.52	0.07	0.17
66	A3	晨峰	2	無大車	25	9,353.12	6,490.42	21,167.35	14,688.68	7.63	5.30	2.44	1.69
67	A3	晨峰	2	有大車	7	26,508.84	26,292.17	59,993.02	59,502.67	21.63	21.45	6.92	6.86
68	A3	晨峰	3	無大車	1	26,869.50	-	60,809.25	-	21.93	-	7.01	-
69	A3	離峰	0	無大車	772	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
70	A3	離峰	0	有大車	137	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
71	A3	離峰	1	無大車	2,980	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
72	A3	離峰	1	有大車	292	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
73	A3	離峰	2	無大車	590	3,119.08	8,668.12	7,058.89	19,617.11	2.55	7.07	0.81	2.26
74	A3	離峰	2	有大車	444	7,857.77	16,076.83	17,783.18	36,384.00	6.41	13.12	2.05	4.20
75	A3	離峰	3	無大車	21	22,401.31	12,291.75	50,697.15	27,817.87	18.28	10.03	5.85	3.21
76	A3	離峰	3	有大車	1	0.00	-	0.00	-	0.00	-	0.00	-
總計					13,626	1,195.87	7,154.60	2,706.42	16,191.81	0.98	5.84	0.31	1.87

附件 10 期中報告審查意見處理情形表

期中報告審查意見處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫

■期中□期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：MOTC-IOT-102-SDB001道路交通事故之能源消耗與碳排放量推估研究

執行單位：國立交通大學

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	報告書修改
<p>(一) 林大煜委員</p> <p>1.問卷調查部分</p> <p>(1)請修改問卷頁數及內容，並讓填答者確實知道問卷問題及內容。</p> <p>(2)請改正問卷 P.1 第一部分第 8 題的「承上題」錯字，問卷 P.2 第二部分第二段敘述沒有結尾。</p> <p>(3)問卷 P.3、P.4、P.5 第三部分情境部分之「問題一」</p> <p>A.應區別二氧化氮嚴重性程度。</p> <p>B.一般人對於二氧化氮的重量並無概念，建議可以</p>	<p>1.</p> <p>(1)本計畫問卷調查包含五頁，受訪者需填答兩個情境(汙染、時間價值)，本問卷根據事故程度可分為 3 種類型，會於問卷中加以說明。</p> <p>(2)遵照辦理。</p> <p>(3)</p> <p>A.遵照辦理。</p> <p>B.本研究採用車禍影響程度區別排放量的差</p>	<p>1.</p> <p>已修正於問卷中。</p>

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	報告書修改
<p>轉化成大家可以認知的說明。如：事故造成兩車道於尖峰時間塞車長度 100 公尺，需要 15 分鐘疏解。</p> <p>C.「抵銷」這個字不適當，因空氣污染不會因收錢而消失，改用「補償」較佳。</p> <p>D.問卷 P.3 與問卷 P.4 抬頭「問題一」重複。</p> <p>E.問卷 P.4 文字敘述與前面幾乎一樣，請簡化文字提出有差別的文字即可。</p> <p>(4)問卷 P.6、P.7、P.8 第三部分情境部分之「問題二」</p> <p>A.與上述「相同事故」不知道是指類似的旅次還是相同的交通事故，請說明清楚。</p> <p>B.問題中是「受影響者」還是「當事者」?若為受影響者應該不是需支付者。</p> <p>C.由於事故已經造成，時</p>	<p>異。問卷中會將氣體之排放量轉換為受訪者可認知之說明。</p> <p>C.「抵銷」是沿用財貨市場 CVM 的用語，會修改為「補償」。</p> <p>D.問題一、問題二及問題三主要差別為嚴重事故、中度事故及輕微事故，此部分為筆誤，於問卷發放前會加以修正。</p> <p>E.此部分為筆誤，於問卷發放前會加以修正。</p> <p>(4)</p> <p>A. 相同事故是指前述相同嚴重程度之事故。</p> <p>B.該付與願付在問卷中得到之效果不會有太大差別，但同意委員意見，應以該付會讓人比較容易理解。</p> <p>C.第 6 頁問題二，「避免」</p>	

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	報告書修改
<p>間價值應該不適用「避免」及「願付」來描述。</p> <p>D.列出四個基本工資，反而讓人困惑不知屬於哪一類。</p> <p>(5)問卷 P.9 第五部分 A.第 7 題，家庭(含本人)平均每月所得請增加「25,000 以下」選項；且所得級距應與第 6 題選項一致較好閱讀。 B.第 12 題，考量現在有很多油電車，是否應多出「油電車」選項方便填答。</p> <p>2.報告書面內容 (1)由交通事故衝擊分析架構圖與能耗碳排放架構圖，最後可計算出總事故能耗，是 Macro 的結果，但每一個事故是 Micro 事件，如何能得到 Micro 事件之「理賠」？</p>	<p>一詞主要參考國外之問卷，會再問題前加上假設，讓人容易理解。</p> <p>D.提供參考之平均工資率則遵照委員意見修改僅列舉一個供參考。</p> <p>(5)遵照辦理。</p> <p>2. (1)此研究案是以整體的模式(Macro)推估能耗及碳排放。此外，將事故細分 168 個類別，透過類目分析法，針對每一種類去推估其能耗與碳排放，並了解一整年該類型事故件數。以微觀(Micro)的角度，可根據事故資料劃分</p>	<p>2.</p>

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	報告書修改
<p>(2)報告書 P.129 肇事者污染「願付」價格不同於停車可以選擇願不願意，應改為「應付或不應付」。</p> <p>(3)此研究案以臺北市為例來推估能耗污染，且主要集中在信義分隊並無公警局員警填寫，是否存在偏誤？</p>	<p>該事故屬於那一個類型，對應該類型的能耗與碳排放量。如以巨觀的角度，則可將各類型的件數及排碳量或能耗相乘，即可得到整年該類型之總量。</p> <p>(2)遵照辦理。</p> <p>(3)各縣市 A1、A2 及 A3 事故蒐集情形不同，且在分析上需要搭配該地區的道路線型及車流資料，目前以臺北市資料較完整，因此，以臺北市作為基礎進行推估。此外，本研究委託員警調查以取得事故處理延時及占用車道數，後續研究將邀請其他縣市警員進行座談，以盡可能了解各縣市差異。</p>	<p>(3) 以補充說明餘 5.2.1。</p>

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	報告書修改
<p>(4)報告書 P.144 表 4-15 須加上單位「次」，避免造成讀者困擾。</p> <p>(5)報告書 P.210 後續推估能耗與碳排放量部分，依照報告書 P.124 的 42 種事故類型及發生時段共有 168 種，是否全部推估或部分推估？</p>	<p>(4)遵照辦理。</p> <p>(5)本研究會分析每一種事故特定類型，並將推估之碳排放及能源消耗加以加總。</p>	<p>(4) 已修正於表 4-15。</p> <p>(5) 本研究根據模式推估結果，已修正分類方式，請參考第七章。</p>
<p>(二) 林祥生委員</p> <p>1.報告書 P.2 研究目的部分有三點，應調整順序將第三點調整為第一點，後兩點依序往後推，較符合先後次序。</p> <p>2. 研究範圍提到針對臺北市和高速公路，是否有代表區域和案例？</p> <p>3. 報告書 P.6 研究流程圖部分，僅呈現進行污染願付價格推估，並無污染與時間價值關聯性，應重新做調整。</p> <p>4. 報告書 P.146 公式 5-1 及公式 5-2 符號有問題。</p>	<p>1.遵照辦理。</p> <p>2.本研究之研究範圍以整個臺北市作為地區道路之代表性範圍，另以全國國道作為高速公路之代表。</p> <p>3. 流程圖部分會加入污染價格與時間價值與整個計畫之關聯性。</p> <p>4.此部分為印刷問題，會在期末報告書特別加以注意及修正。</p>	<p>1.已修正於 1.2 研究目的。</p> <p>3. 已修正於圖 1.1。</p> <p>4. 以修正於期末報告書。</p>

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	報告書修改
<p>5. 報告書 P.211，更正「王瑞民、許啟明(民 99)」敘述，前面為老師。</p> <p>6. 問卷部分：</p> <p>(1) 問卷內容有很多不同的「費用名稱」造成混淆，請改正。</p> <p>(2) 第二部分探討受訪者對空氣污染的認知與態度，而問卷 P.2 兩個框格內均為「感知」，建議分為認知與態度兩部分，讓受訪者更易理解。</p>	<p>5. 於期末報告書中修正。</p> <p>6. 遵照辦理。</p>	<p>5. 已修正於參考文獻。</p> <p>6. 已修正於問卷。</p>
<p>(三) 楊豐碩委員</p> <p>1. 整體分析架構有三個面向，是否造成部分類別樣本數較少？</p> <p>2. 報告書 P.123 將道路分為一般道路與高速公路，請問一般道路根據市區、省道和鄉道再細分的可能性？</p>	<p>1. 在分類時，將類型劃分較細，以降低誤差。確定每種類型的屬性後，進一步先確定類型的樣本，並分析各類型間是否類似，如有類似會加以整合。</p> <p>2. 道路劃分係依事故處理權責的角度來加以劃分。故市區、省道和鄉道為同依權責單位，本研究所蒐集資料無法在細分。</p>	<p>1. 調整後分類補充於第七章。</p>

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	報告書修改
<p>3. 報告書 P.129 能耗係數是如何取得？總延滯如何計算？是否考慮使用車輛種類或使用燃料類型的不同？碳排放與空氣污染物不同，且不清楚污染排放係數引用數據，故需再釐清能耗係數與污染排放係數，避免有錯誤的解讀。</p> <p>4. 問卷部分</p> <p>(1) 受訪者對於二氧化碳幾乎沒有什麼感覺，可能造成高估。</p> <p>(2) 條件評估法 (Contingent Valuation Method, 簡稱 CVM) 可分為願付價格與願受補償(損失)，且兩種分類不同，應釐清這兩個概念並有所區隔。</p> <p>(3) 問卷 P.6 列出相關平均工資率，可能造成受訪</p>	<p>3. 總延滯之計算(期中報告書 5.1.3 節)，係先暫以 Garib et al. (1997) 公布之公式估測，已初步了解整個估測架構的操作結果，後續會改以車流模擬模式估測總延滯，並將車輛使用種類納入考量，惟並不考慮使用燃料類型的不同。此外，後續在推估能耗、二氧化碳或其他污染物時，將會明確說明所引用之能耗與污染排放係數的資料來源。</p> <p>4.</p> <p>(1) 問卷中將提及二氧化碳對環境影響以及因事故造成二氧化碳排放量提供受訪者填答。</p> <p>(2) 參考委員意見修改問卷描述。</p> <p>(3) 參考委員意見修改問卷。</p>	<p>3. 補充說明於期末報告書第七章。</p> <p>4. 已修正於問卷。</p>

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	報告書修改
<p>者對於工資與支付費用補償有所疑慮，請針對金額的適用性再強化說明。</p> <p>(4) 問卷 P.2 第二部分關於溫室氣體與空氣污染物敘述上應有所區隔且影響層面不同，應將感知與態度兩者分開避免混淆。</p>	<p>(4) 參考委員意見修改問卷。</p>	
<p>(四) 楊宗璟委員</p> <p>1. 報告書 P.37 和報告書 P.73 公式符號印刷上有缺漏。</p> <p>2. 報告書 P.98 存活理論部分，公式(2-66)的 a 代表意思？公式(2-69)對數常態分配之分母 x 沒有減 θ，請再作檢查或增加敘述。</p> <p>3. 報告書 P.134 不清楚「最小和最大兩排數字」的意義。</p> <p>4. 報告書 P.135 危險函數中，N_i 不代表「交通事故數」，應改為「尚未排除的</p>	<p>1. 於期末報告修正。</p> <p>2. a 為筆誤應為 α 尺度參數。另外，在對數常態分配之一般式 (general formula) 之分母 x 有減 θ，然在標準對數常態分配中，假設 θ 為 0，將重新檢視及補充說明，並於期末報告修正。</p> <p>3. 最小與最大值兩排數字分別為事故持續時間最小與最大的四個值。</p> <p>4. 依委員意見修正。</p>	<p>1. 已修正</p> <p>2. 已加註說明於期末報告書第 98 頁。</p> <p>3. 已補充說明於期末報告書 4.1.2 節。</p> <p>4. 已修正於期末報告書第 134 頁。</p>

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	報告書修改
<p>交通事故數」。</p> <p>5. 報告書 P.140 發生地點有「路段+路口」，是否代表該地點剛好有路段也有路口？以及針對表中「同向和對向」均加以說明。</p> <p>6. 報告書 P.147 存活理論的描述不正確，應改正「假設服從標準常態…」整段敘述。</p> <p>7. 報告書 P.148-149 中，「事故車輛數」大多是 0,1,2,3 部以下，3 部以上可能有但很少見，以及「事故佔用車道數」兩變數考慮是否適合以連續變數處理？建議使用類別變數較適合且單純。</p>	<p>5. 此部分是根據警員填答之資料進行分析，「路段+路口」部分為事故地點勾選路段及路口，路口與路段之區分係以路口停止線作為劃分，超越停止線即為路口範圍。同向為同向車道受影響之件數，對向為對向車道受此事故影響之件數，將重新檢視及補充說明，並於期末報告修正。</p> <p>6. 於期末報告修正。</p> <p>7. Rhemtulla, M. (2012) 指出若類別變數在 6~7 個類別，其在 CFA 的結果與視作連續變數並無顯著差異。因此事故車輛數以連續變數處理。事故佔用車道數將依委員建議以類別變數處理，並於期末報告修正。</p>	<p>5. 補充說明於期末報告書 145 頁。</p> <p>7. 比較類別與連續型態之事故佔用車道數後發現，以連續型態的模式結果較佳，因此維持佔用車道數為連續變數。</p>

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	報告書修改
<p>8.報告書 P.152 及報告書 P.153 模式為指數次方模型，變數數值增加 1 單位造成原來資料比例放大 2.78 倍而不是增加 1.72，才符合公式的意義。</p> <p>9.報告書 P.154 公式(5-36) 之 j 應該是要從 0 開始。</p> <p>10.報告書 P.157 依序性羅吉特模式為趨勢函數，所以變數說明並非每增加一個車道的增加機會，而是占用更多車道的機會。</p> <p>11.報告書 P.158 至 P.159 由於延滯及占用車道數均為概估求得，推論研究團隊未來不蒐集佔用车道數和延滯時間，故透過幾種組合加以推估。如此模式是否有自我相關問題？於報告書中並未提到相關解決方法。</p> <p>12.報告書 P.159 提到 15 分鐘交通流量，請再說明單位。</p> <p>13.事故清除完畢不等於結束，因後面還有長時間回</p>	<p>8.依委員意見修正。</p> <p>9.依委員意見修正。</p> <p>10.依委員意見修正。</p> <p>11.本研究將參酌委員建議，檢視延滯與占用車道數間關聯對模式校估之影響，並於期末報告說明。</p> <p>12.此部分談及事故發生前的 15 分鐘的交通量，是以小時為單位。</p> <p>13.本研究後續在進行延滯之推估時，會利用車流</p>	

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	報告書修改
<p>堵，若沒有估算回堵的部分模式，可能造成低估。</p> <p>14.報告書 P.151 至 P.152 僅交代常用之存活模式，請針對列舉之諸多存活模式註記重要公式及代表意義。(如：脆弱性方法)</p> <p>15.事故資料的部分，臺中市已針對 A3 建檔也有 VD 資料，可以儘量促成資料的獲取。</p> <p>16.問卷部分</p> <p>(1)關於碳排放的部分，是否可請教醫師針對 NO_x 和 CO 等化合物吸到何種程度或濃度會得到何種疾病，及需要花多少時間及金錢才能治癒？方可貼近民眾，以利作答。</p> <p>(2)該付和願付金額有實質上的差異，通常該付(補償)會較多，願付會較少；因此贊同用願付作為敘述，因該付較像別人該付多少</p>	<p>模式進行分析及推估，因此，一定會將車輛回堵的衝擊加以考量。</p> <p>14.遵照委員建議，於期末報告加以補充。</p> <p>15.台中市的資料在執行過程中研究團隊已接洽過，因需要警察同仁的協助，跟交通大隊溝通後該單位執行上有困難，因此尚無進行蒐集。目前就還是用台北市的資料。</p> <p>16.</p> <p>(1)本研究主要探討補償交通事故造成汙染排放之願付價格，故以重量為推估單位，而不探討後續疾病醫療之經濟支出。</p> <p>(2)敬悉。</p>	

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	報告書修改
<p>錢，數字可能會無限上綱。 (3)問卷總共有五大部分，請檢查是否缺少第四部分？</p>	<p>(3)第四部份為筆誤，會進行修正。</p>	
<p>(五) 交通部公路總局</p> <p>1. 問卷提及補償及支付額外金錢，使民眾認為涉及加收污染稅部分，應要解釋清楚未來是否課徵。</p> <p>2. 在實務上事故需經過一個鑑定程序，請加註肇事原因為主因或次因。</p> <p>3. 附近居民可能會受到污染影響，問卷中是否能加註是否為事故當事人選項？使得分析較為客觀。</p>	<p>1. 在問卷調查裡雖然寫到假設徵收費用，但只是作為汙染成本單位金額推估使用，在計劃裡不會建議之後這樣做。事故的外部成本結果是事故改善的成本效益評估，是提供給政府單位參考用的，不是作為課稅之用。</p> <p>2. 本研究之成果並不會作為肇事人課稅或罰款之用，故不必考量肇事雙方責任歸屬問題。</p> <p>3. 問卷是以事故當事人角度設計，已可區分填答人之預設身分。</p>	
<p>(六) 臺北市政府警察局 交通警察大隊</p> <p>1. 請問是否會持續蒐集臺北市員警額外登錄之資料？</p>	<p>1. 我們很希望能持續蒐集資料，還在與警察單位溝通中。另外接下來的作法可能會邀請一些實際</p>	

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	報告書修改
<p>2. 報告書 P.144 臺北市交通事故均以交通大隊作為處理，建議名稱一致化為中正二分隊。</p> <p>3. 問卷部分</p> <p>(1) 並無統計機車部分，是否一開始即排除機車或職業駕駛者？另外，問項中詢問「是否有 12 歲以下孩童」的原因為何？</p> <p>(2) 問卷 P.9 問項「有多少家中 12 歲以下孩童」部分，考慮到可能有的是單身者，建議加上 0 人選項。</p>	<p>第一線的警員，召開一個座談會，以了解不同事故影響因素大概導致的影響時間多久，也是可以互相結合。</p> <p>2. 遵照修正。</p> <p>3.</p> <p>(1) 問卷部分僅以高速公路作為示範案例，因此排除機車車種。「是否有 12 歲以下孩童」已於問卷中刪除。</p> <p>(2) 此題項已於問卷中刪除。</p>	<p>2. 已修正於期末報告書。</p> <p>3. 已修正於問卷。</p>
<p>(七) 新北市政府交通局</p> <p>1. 請問在計畫中說明清楚事故補償費是用來計算社會成本還是未來有可能會作實施？避免問卷調查時造成民眾疑慮。</p>	<p>1. 補償費只是進行問卷調查時所假設的一個情境，以利受訪者作答。問卷中並未提及政府擬徵收此一費用。為避免不必要的誤解，會進行問卷文字之修正。</p>	<p>1. 已於問卷中修正。</p>

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	報告書修改
<p>2. 計畫中提到事故型態跟排碳量的關係，對政府單位政策推動有很大的幫助。</p> <p>3. 若向民眾收取事故補償費 300 元，與跟大型工業污染補償一次只收 1 萬元，以此比例來看，可能造成民眾認為 300 元太多。請在報告書裡提出是否有國外事故補償費實施的文獻。</p> <p>4. 由員警的處理效率可能會影響到污染費用徵收的高低，可能造成民眾質疑其合理性。</p> <p>5. 報告書 P.123 表三的道路特性分類及報告書 P.124 的事故型態分配，是否為因應研究作的分類還是根據一般道路的分類？</p> <p>6. 移動污染源是否除了公路運輸外還有其他方式造成？</p>	<p>2. 感謝委員意見。</p> <p>3. 補償費用會進一步針對事故發生時造成之塞車長度進行估算，會再重新估算一個合理的費用。</p> <p>4. 此問卷主要只是推估事故造成之污染價格，並無課徵此一費用的規劃。因此，沒有民眾質疑合理性的問題。</p> <p>5. 道路劃分係依事故處理權責的角度先加以劃分，再依交通運作的空間特性細分。事故型態分類則是依據文獻及相關估測模式之顯著結果加以分類。</p> <p>6. 移動污染源主要即是指公路機動車輛。而本研究也僅針對道路交通事故所造成的能耗與排汙</p>	

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	報告書修改
	進行推估。	
<p>(八) 內政部營建署</p> <p>1. 請說明如何在高速公路上進行問卷調查？</p> <p>2. 建議問卷對象應該分族群而作區隔設計，例如分成學者專家、特定團體、用路人等，避免一般用路人答案較多為不願意。</p> <p>3. 研究計算之平均事故延時，是否考量當時車流量？由推估數據顯示似乎與一般人認知為低。</p>	<p>1. 此問卷預計於清水休息站以面訪方式發放。</p> <p>2. 本研究問卷調查對象是一般用路人，旨在了解民眾對願付價格的概念</p> <p>3. 事故發生的延時和延滯是兩件事，延時是事故開始到移除車道的時間，延滯是有加上車流影響而塞車的時間，兩者有所不同。</p>	
<p>(九) 內政部警政署國道公路警察局</p> <p>1. 實務上，人命傷亡結果與事故延時(事故處理時間)的相關性不高；或可做為事故延時的代替指標—車損嚴重、道路被破壞範圍、搶救物資種類及困難度。</p> <p>2. 高速公路事故排除時間影響因子之研究—影響國道 1 號以及 3 號上事故排</p>	<p>1. 敬悉。</p> <p>2. 敬悉。</p>	

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	報告書修改
<p>除時間的因素有下列幾項：車道占用數、涉及總車輛數、受傷人數以及晚上(光線)。以上四種影響因素皆對事故排除時間有顯著性影響。</p>		
<p>本所運輸安全組</p> <p>1. 依據簡報第 25 頁，本案道路類型分為「高速公路」與「一般道路」兩類，因研究單位將「高架道路」列入一般道路中計算，宜請研究單位補充說明「快速道路」是否列入一般道路。另本案調查之「地區道路」易受「號誌」因素影響能源消耗以及碳排放量，建議評估「號誌」之影響，考量是否納入變數。</p> <p>2. 建議本案推估之數據，再使用可獲得之資料加以驗證。例如簡報第 60 頁 A1 類事故平均延滯時間為 52.05 車小時(標準差 15.18)。</p>	<p>1. 快速道路之事故是由該地區轄區員警記載，因此，地區道路事故已涵蓋快速道路。另外，號誌之影響可於車流模式模擬時加以反應。</p> <p>2. 後續會以車流模式推估結果，並與目前估算之結果進行比較，以檢視資料之正確性。</p>	<p>1. 模式推估時已考量號誌影響。補充說明於報告書 5.2 節。</p> <p>2. 期中報告推估模式已於期末報告書修正。</p>
<p>結論</p> <p>1. 請研究團隊根據與會委員及相關單位提出之意見</p>	<p>1. 遵照辦理。</p>	

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	報告書修改
<p>修正報告。</p> <p>2. 請研究團隊針對模式應用、問卷調查內容參照與會代表意見，再進一步檢討，尤其是問卷調查內容，請與運安組進行討論確認後，再進行調查。</p> <p>3. 本案有賴內政部警政署、警察同仁及地方政府(如新北市政府、臺北市政府)等相關單位的協助，後續仍有勞警政署及縣市政府繼續給予支持與協助。</p> <p>4. 本案期中報告之審查原則通過。</p>	<p>2. 本案會擇重要之課題及案例加以探討。問卷部分遵照辦理。</p> <p>3. 謝謝主席支持，後續會再進一步與警察單位洽談，並召開座談會。</p> <p>4. 敬悉。</p>	