

102-46-3402
MOTC-IOT-100-SDB007

道路節能設施與交通安全 關聯議題探討



交通部運輸研究所
中華民國 102 年 3 月

ISBN

ISBN 條碼

GPN : 1010200602

定價 170 元

102-46-3402

MOTC-IOT-100-SDB007

道路節能設施與交通安全 關聯議題探討

著者：汪進財、葉文健、鐘易詩、黃士軒、姚佳億、
張開國、葉祖宏、孔垂昌

交通部運輸研究所

中華民國 102 年 3 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

道路節能設施與交通安全關聯議題探討 / 汪進財
等著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部運研所, 民
102. 03
面 ; 公分
ISBN 978-986-03-6406-4(平裝)

1. 交通管理 2. 能源節約

557

102005341

道路節能設施與交通安全關聯議題探討

著 者：汪進財、葉文健、鐘易詩、黃士軒、姚佳億、張開國、葉祖宏、
孔垂昌

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：10548 臺北市敦化北路 240 號

網 址：www.iot.gov.tw (中文版>圖書服務>本所出版品)

電 話：(02)23496789

出版年月：中華民國 102 年 3 月

印 刷 者：承亞興企業有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 110 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定 價：170 元

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸資訊組・電話：(02)23496880

國家書店松江門市：10485 臺北市中山區松江路 209 號・電話：(02)25180207

五南文化廣場：40042 臺中市中山路 6 號・電話：(04)22260330

GPN：1010200602 ISBN：978-986-03-6406-4 (平裝)

著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部分內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：道路節能設施與交通安全關聯議題探討			
國際標準書號(或叢刊號) ISBN 978-986-03-6406-4(平裝)	政府出版品統一編號 1010200602	運輸研究所出版品編號 102-46-3402	計畫編號 100-SDB007
本所主辦單位：運輸安全組 主管：張開國 計畫主持人：張開國 研究人員：孔垂昌 聯絡電話：(02) 2349-6858 傳真號碼：(02) 2545-0429	合作研究單位：中華民國運輸學會 計畫主持人：汪進財 研究人員：葉文健、鐘易詩、黃士軒、 姚佳億 地址：臺北市南京東路5段102號10樓之3 聯絡電話：(03) 5912587		研究期間 自 100 年 2 月 至 100 年 11 月
關鍵詞：道路設施；交通安全；節能減碳			
摘要： 道路設施在節能減碳與交通安全均扮演重要的角色，在節能減碳備受重視的今日，如何在維護交通安全的同時，達成節能減碳的目標成為道路設施管理的關鍵課題。本研究從生命週期的概念，全面性探討道路設施在交通安全與節能減碳之關聯。藉由文獻收集分析國際發展趨勢與相關作法，據以訂定國內道路設施安全與節能減碳議題架構，並透過問卷調查了解國內在道路設施安全管理與節能減碳的現況作法，利用專家座談確認議題架構之完整性、重要性與可行性。本研究共綜整出四大議題及 11 項子議題，其中四大議題分別為「路網安全績效改善潛力之篩選」、「道路安全設施節能策略之擬定」、「道路安全設施設置方案之評估」以及「道路安全設施實施效果之監督」。研究分析顯示，雖然安全為道路設施應首重之議題，從生命週期的角度來看，道路設施在節能減碳仍具一定潛力，其中又以安全與節能道路設施之規劃設計尤為重要。國內目前在道路設施安全與節能議題已有一定作為，相關單位並具備安全與節能減碳的思維與態度，但較缺乏系統化管理以及基本資料的建置與分享。本研究最後提出具有研究價值及應用可行性的系列研究項目，做為後續推動相關研究之參考依據，並提供相關主管機關在制定政策與修訂道路設施規範或相關標準的參考			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
102 年 3 月	214	170	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
機密等級： <input type="checkbox"/> 密 <input type="checkbox"/> 機密 <input type="checkbox"/> 極機密 <input type="checkbox"/> 絕對機密 （解密條件： <input type="checkbox"/> 年 <input type="checkbox"/> 月 <input type="checkbox"/> 日解密， <input type="checkbox"/> 公布後解密， <input type="checkbox"/> 附件抽存後解密， <input type="checkbox"/> 工作完成或會議終了時解密， <input type="checkbox"/> 另行檢討後辦理解密） <input checked="" type="checkbox"/> 普通			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE: Addressing the Issues of the Association between Energy-Saving Road Infrastructure and Traffic Safety			
ISBN(OR ISSN) ISBN 978-986-03-6406-4(pbk.)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010200602	IOT SERIAL NUMBER 102-46-3402	PROJECT NUMBER 100-SDB007
DIVISION: Safety Division DIVISION DIRECTOR: Kai-kuo Chang PRINCIPAL INVESTIGATOR: Kai-kuo Chang PROJECT STAFF: Chui-Chang Kung PHONE: 886-2-2349-6858 FAX: 886-2-2545-0429			PROJECT PERIOD FROM February 2011 TO November 2011
RESEARCH AGENCY: Chinese Institute of Transportation PRINCIPAL INVESTIGATOR: Jinn-Tsai Wong PROJECT STAFF: Wen-Chien Yeh, Yi-Shih Chung, Shih-Hsuan Huang, Chia-Yi Yao ADDRESS: 10F-3, 102, Sec. 5, Nanking E. Rd., Taipei, Taiwan, R.O.C. PHONE: 886-2-27476673			
KEY WORDS: roadway facilities, traffic safety, energy conservation and carbon reduction			
ABSTRACT: <p>Roadway facilities play a significant role in both energy conservation & carbon reduction and traffic safety. With the current growing importance of energy conservation & carbon reduction, achieving the goal of energy conservation & carbon reduction while maintaining a certain level of traffic safety has become a critical issue in the management of roadway facilities. Based on the concept of life cycle, in this project, the role of roadway facilities in the correlation between traffic safety and energy conservation & carbon reduction has been comprehensively discussed. Relevant data were collected through a literature review and an analysis of the international development trends and related methods in this issue was conducted to regulate a framework for addressing the issues of the safety of roadway facilities and energy conservation & carbon reduction in Taiwan. A questionnaire survey was conducted to understand the current management of the safety of roadway facilities, as well as the energy conservation & carbon reduction in Taiwan. Moreover, a panel of experts was invited to verify the comprehensiveness, significance and feasibility of the framework. A total of four issues and eleven sub-issues were summarized; the four issues include: "Screening the road network for safety performance and improvement potential", "Formulating energy conservation strategies for road safety facilities", "Assessing the installation plans for road safety facilities" and "Supervising the effectiveness of the implementation of road safety facilities". The analysis showed that although safety is the most important issue of roadway facilities, there is still a certain potential for energy conservation & carbon reduction from the perspective of life cycle, regarding which, the planning and design of safe and energy-saving roadway facilities are especially important. Currently, the government has enjoyed some achievement in regard to the safety of roadway facilities and energy conservation & carbon reduction; the related units reflect a positive attitude toward safety and energy conservation & carbon reduction. However, systemic management and the establishment and sharing of basic information are still lacking. This project finally proposes a series of research projects that are worth conducting and practically applicable as references for promoting subsequent relevant researches. It also provides related competent agencies with references for formulating policies and amending regulations or relevant standards of roadway facilities.</p>			
DATE OF PUBLICATION March 2013	NUMBER OF PAGES 214	PRICE 170	CLASSIFICATION <input type="checkbox"/> RESTRICTED <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> TOP SECRET <input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

目錄

目錄.....	III
圖目錄.....	V
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 研究範圍.....	3
1.4 研究架構.....	4
1.5 章節安排.....	7
第二章 運輸部門節能減碳政策與措施.....	9
2.1 能耗與碳排概況.....	9
2.1.1 全球概況.....	9
2.1.2 我國概況.....	10
2.1.3 減排挑戰.....	11
2.2 節能減碳策略.....	11
2.2.1 策略方針.....	12
2.2.2 策略評估.....	14
2.3 節能減碳政策.....	16
2.3.1 國外運輸部門減排政策.....	16
2.3.2 我國運輸部門減排政策.....	17
2.3.3 運輸部門節能減碳政策探討.....	20
第三章 道路交通安全設施.....	23
3.1 道路安全措施手冊.....	23
3.2 公路安全手冊.....	24
3.3 道路安全設施成效.....	30
3.3.1 照明設備.....	30
3.3.2 車道、路肩及中央分隔.....	34
3.3.3 標線.....	36
第四章 道路設施與安全之關聯.....	41
4.1 道路設施與交通事故之形成.....	41
4.1.1 事故鏈.....	41
4.1.2 道路設施與重現型事故型態.....	43
4.2 道路設施與駕駛人行為.....	45
4.2.1 駕駛人行為.....	45

4.2.2	駕駛人資訊與道路環境.....	47
第五章	道路設施安全與節能議題.....	53
5.1	道路設施安全與節能策略藍圖.....	53
5.1.1	道路設施的節能手段.....	53
5.1.2	道路設施的節能效果.....	54
5.1.3	道路設施的節能藍圖.....	56
5.2	道路安全管理之流程.....	58
5.3	安全與節能之議題探討.....	61
5.3.1	路網安全績效改善潛力之篩選.....	62
5.3.2	道路安全設施節能策略之擬定.....	63
5.3.3	道路安全設施設置方案之評估.....	65
5.3.4	道路安全設施實施效果之監督.....	66
第六章	道路設施安全與節能管理現況之檢討.....	69
6.1	問卷調查.....	69
6.2	問卷分析.....	72
6.3	道路設施管理現況.....	82
第七章	道路設施安全與節能議題之重要性與可行性分析.....	83
7.1	專家問卷調查.....	83
7.1.1	決策群體建立.....	83
7.1.2	目標間獨立性.....	83
7.1.3	問卷設計與調查.....	84
7.2	問卷分析.....	84
7.2.1	層級一致性檢定.....	84
7.2.2	重要性分析結果.....	85
7.2.3	可行性分析結果.....	87
7.2.4	重要性及可行性綜合分析.....	88
7.2.5	分群差異性.....	89
7.3	行動方案.....	93
第八章	結論與建議.....	97
8.1	結論.....	97
8.2	建議.....	100
參考文獻	103
附錄 A	問卷.....	115
附錄 B	議題評估問卷.....	121
附錄 C	行動方案.....	131
附錄 D	期中審查意見.....	155
附錄 E	期末意見審查.....	165
附錄 F	期末簡報.....	173

圖目錄

圖 1.1 研究範圍.....	3
圖 1.2 道路安全設施、交通事故與環境衝擊之關係.....	5
圖 2.1 1970-2005 年全球人為 GHG 排放統計.....	9
圖 2.2 全球不同產業部門溫室氣體 CO ₂ 排放量變化趨勢.....	10
圖 2.3 我國不同產業部門溫室氣體 CO ₂ 排放量變化趨勢.....	11
圖 2.4 運輸部門溫室氣體減量的架構.....	13
圖 2.5 低碳能源方案之生命週期分析架構.....	15
圖 3.1 I-35W 橋俯視圖.....	31
圖 3.2 道路鋪面亮度與夜間/日間事故比率之關係圖.....	32
圖 3.3 國家人口密度與提供照明所降低的夜間車禍風險之間的關係.....	34
圖 3.4 箭型紋減速標記.....	37
圖 4.1 事故鏈分析架構.....	42
圖 4.2 智慧型運輸安全系統架構.....	48
圖 5.1 道路設施節能減碳策略.....	54
圖 5.2 事故碳足跡.....	56
圖 5.3 道路設施節能策略藍圖.....	57
圖 5.4 運輸系統的發展程序.....	58
圖 5.5 道路安全管理流程.....	59
圖 5.6 道路設施安全與節能議題架構.....	62
圖 6.1 道路安全設施電費使用比例.....	75
圖 7.1 道路節能設施與交通安全議題架構.....	84
圖 7.2 議題架構重要性之相對權重分配.....	86
圖 7.3 議題架構之可行性.....	87
圖 7.4 重要性與可行性散布圖.....	89
圖 7.5 學者專家與政府機關代表重要性與可行性散布圖.....	92
圖 7.6 行動方案之重要性、可行性與執行現況.....	95
圖 B.1 道路設施安全與節能議題架構.....	123

表目錄

表 1.1 交通工程設施分類.....	4
表 1.2 新型耗能道路交通設施.....	4
表 2.1 IPCC 建議之運輸部門溫室氣體減量方針.....	12
表 2.2 生命週期模式對不同運具的 GHG 排放推估.....	16
表 2.3 國外運輸部門溫室氣體減量的政策.....	17
表 2.4 我國運輸部門溫室氣體減量的政策.....	19
表 2.5 研考會建議運輸部門優先推動措施.....	20
表 3.1 路段之交通安全改善對策.....	25
表 3.2 路口之交通安全改善對策.....	27
表 3.3 交流道之交通安全改善對策.....	29
表 3.4 鐵路平交道之交通安全改善對策.....	29
表 3.5 評估交通安全對策績效所需資料.....	30
表 3.6 I-35W 橋照明設計及照度衡量.....	31
表 3.7 增加照明對事故的影響.....	33
表 3.8 增加不同程度照明對事故的影響.....	33
表 3.9 縮減一半照明對事故的影響.....	33
表 3.10 標線反光度門檻.....	38
表 3.11 標線材質.....	39
表 3.12 標線施工成本 (美元/英尺).....	40
表 3.13 白色標線設置年化成本.....	40
表 6.1 問卷回覆概況.....	70
表 6.2 各題項填答狀況.....	71
表 6.3 傳統式與 LED 道路安全設施使用比例.....	72
表 6.4 道路安全設施維護方式比例.....	74
表 6.5 事故資料維護負責單位.....	76
表 6.6 易肇事地點改善順序排序考量因素與事故肇因鑑定方法.....	77
表 6.7 易肇事地點常用改善策略優先順序.....	78
表 6.8 改善方案選擇準則.....	80
表 6.9 道路安全改善方案評估考量成本項目.....	80
表 6.10 道路安全改善方案評估考量效益項目.....	81
表 7.1 子議題重要性之權重.....	86
表 7.2 子議題架構之可行性.....	88
表 7.3 議題重要性與可行性分群分析結果.....	90
表 7.4 子議題重要性與可行性分群分析結果.....	90
表 7.5 道路設施安全與節能管理之執行計畫.....	94
表 B.1 重要性評估尺度語義等級之定義與說明.....	127

表 B.2 可行性評估尺度語義等級之定義與說明	129
表 C.1 議題 A1 之行動方案	133
表 C.2 議題 A2 之行動方案	135
表 C.3 議題 B1 之行動方案	137
表 C.4 議題 B2 之行動方案	139
表 C.5 議題 C1 之行動方案	141
表 C.6 議題 C2 之行動方案	143
表 C.7 議題 C3 之行動方案	145
表 C.8 議題 C4 之行動方案	147
表 C.9 議題 D1 之行動方案	149
表 C.10 議題 D2 之行動方案	151
表 C.11 議題 D3 之行動方案	153

第一章 緒論

1.1 研究緣起

氣候變遷是當前全球面臨到最嚴重的挑戰之一，全球各國也都體認到政府及民間應合作，共同建構一個有效率的全球低碳經濟體；有鑑於此，交通部 99 年度所訂定的 2 大施政主軸之一：「建構綠色運輸系統」，即以生命週期概念（規劃設計、施工、運轉），全面推動節能減碳交通建設與服務，而道路交通建設在運轉階段的最大耗能來源即為道路交通設施；舉例而言，在道路設施的能源消耗方面，目前台灣的公路照明用電量占國內總用電量的 1.3% 以上。因此落實道路設施的節能設計理念，正是符合「建構綠色運輸系統」的政策方向。

安全的道路與設施為先進國家提升道路交通安全的主要策略之一，例如美國運輸研究委員會 (Transportation Research Board, TRB) 自 2000 年起即與 AASHTO (American Association of State Highway Transportation Officials) 及 ITE (Institute of Transportation Engineers) 開始合作訂定公路安全手冊 (Highway Safety Manual, HSM)，目的在提供道路規劃、設計、營運、維護等各階段，安全面向的全面驗證檢核工具；另外如道路安全的查核 (Auditing) 也是各個先進國家積極推動的措施之一。近年來，先進國家更強調必須在環境影響評估當中審慎考量道路交通安全的影響，例如美國聯邦公路管理局 (Federal Highway Administration, FHWA) 即發布報告提供州政府參考，如何在環境影響評估決策過程中，引入道路交通安全專家的協助以及各項道路交通安全的評估技術 (FHWA, 2011)。

而國內政府除了戮力執行騎乘機車戴安全帽、汽車乘客繫安全帶、禁止駕駛人行駛道路使用手持式行動電話，以及加強取締酒後駕車與超速等各項措施之外，每年更彙總臺灣地區之道路交通事故資料 (A1 類與 A2 類)，由交通部運輸研究所進行統計分析，篩選出易肇事地點，函送各縣市道安聯席 (督導) 會報，並於彙整各縣市道安聯席 (督導) 會報所提報之易肇事地點後，依各地點特性進行書面審查或會同相關單位前往現場勘查，從工程 (engineering)、教育宣導 (education) 以及執法 (enforcement) 等層面研提改善方案。然而，過去在評估道路安全設施的效益時大多著重在事故減少的效益，鮮少考量其對環境的衝擊 (Elvik and Vaa, 2004)。

道路安全設施在生命週期的各個階段，對環境衝擊的影響各有不同。在施工時，施工本身會造成一定的環境影響 (例如噪音或空氣污染)，施工所需的材料同時也隱含一定的環境成本 (即碳足跡)。在施工完成後，因道路安全設施的不同而造成駕駛行為的改變或旅運行為的改變而改變曝光量 (例如旅次的增加或減少)、行車速度或其他各種改變，進而造成對周遭環境的衝擊。另外，因為道路安全設施施工完成可能減少的交通事故，也隱含著因交通事故所造成車輛擁擠或道路 (或醫療) 救援的減少，而降低對環境的影響。

事故的發生為一複雜的過程，駕駛人在因應新增或修正之道路安全措施時，

可能會出現適應性 (adaptation) 行為而對交通安全有不同的影響。以照明為例，當改善街道照明時，駕駛人可能因為有了更好的視距而增加反應時間，因此減少車禍發生的可能性，但同時也可能因為更好的視距而增加行車速度，因此提升了事故發生的可能性與嚴重度。因此為了配合節能減碳的世界潮流，除了應用新世代節能 LED 光源取代傳統光源已獲得較佳的節能效益外，如何配合人類駕駛視覺需求，因應道路屬性與區域特性，檢討照明的必要條件與駕駛安全所應達到的照明水準，進一步追求能源使用最佳化及最有效率的道路照明，是為一個應該更進一步詳加探討的方向。

道路設施之存在基本上都與道路安全有所相關，目的是使車流安全順暢的運轉，所以廣義而言，良好的道路設施均可稱得上是道路安全設施；而只要是設施，其必然或多或少會引發出直接或間接能源使用與消耗的問題，因此如何讓各種道路（安全）設施能夠節能（簡稱道路節能設施），亦即如何使節能的道路安全設施得以實現，便成為重要議題。綜合言之，字面上「道路節能設施」雖不等同於「道路安全設施」，但新一代的道路（安全）設施必然要朝向成為道路節能設施的目標前進；此外，就定義而言，只要能較傳統設施節能，即可視為節能設施，然而，道路安全措施的種類繁多且對駕駛行為的影響各有不同，同時每一種措施在生命週期的各個階段對環境影響的衝擊各自不同，並非僅有透過資源與能源消耗才會造成碳排放，加上過去在道路安全措施效益評估時，僅著重交通事故減少的效益，未能考量環境衝擊的影響，而無法完整地評估道路安全措施的整體效益與成本，因此有必要進行本研究，進一步探討節能設施之意義，以及相關議題之探討。

1.2 研究目的

在道路設施執行節能的設計理念下，首要考量的就是道路設施必須維持一定的服務水準及功能，以達到安全標準。安全標準的訂定，除了與國際各國的現行標準接軌外，也可以從人因工程的角度切入，考量人的因素，設計符合用路人可以接受的，容易辨識道路資訊的，以及不會產生干擾的合宜標準。而道路設施必須根據上述的標準，應用較為便利、穩定及節約能源的方式，以達成安全舒適與節能的服務水準，本研究以安全為優先，在維持安全水準下盡量達到節能減碳之目的，亦即探討道路安全改善過程中，如何應用節能減碳技術，以達成既安全又兼顧節能之效果

本研究針對道路設施之節能減碳做為目標，藉由文獻收集與分析、專訪或座談，找出相關議題，及各議題對交通安全的影響，並了解國際發展趨勢與相關作法，研提具有研究價值及應用可行性的系列研究項目，做為後續推動相關研究之參考依據，以提供相關主管機關在制定政策與修訂道路設施規範或相關標準的參考。綜合言之，本研究之目的包括下列各點：

1. 回顧國內外關於交通安全設施與節能減碳相關聯之文獻；
2. 綜整交通安全設施與節能減碳關聯之重要議題；
3. 根據專家學者之意見篩選關鍵議題；

4. 彙整各重要議題在交通安全與節能減碳之相關資料；
5. 規劃未來可行之研究項目。

1.3 研究範圍

交通安全的改善一般區分成工程、教育與執法三大手段，其中工程面又可再細分為道路工程 (road engineering) 與車輛工程 (vehicle engineering) 兩個層面 (Elvik and Vaa, 2004)。本研究所指稱之交通安全措施乃是以道路工程為主，其包含道路設計與道路設備、道路維護，以及交通控制等三個類別，如圖 1.1 所示。此外，工業技術研究院 (2010) 綜整我國交通工程手冊對交通工程設施分類，並參考美國與日本分類方式，將交通工程設施整理如表 1.1 所示。

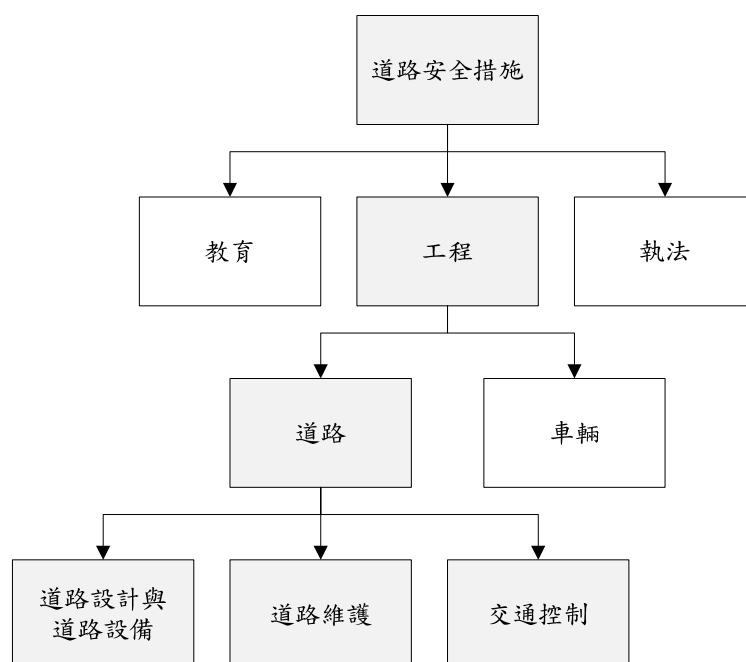


圖 1.1 研究範圍

隨著科技的進步，交通設施日新月異發展，除了上述傳統的交通標誌標線號誌外，為改善舊有交通設施存在的問題，提升用路人的安全與便利，開始導入先進技術的新型設施。相關能耗設施，經工業技術研究院 (2010) 的整理歸類後，分為「道路照明/隧道照明」、「交通標誌/標誌照明」以及「交通安全防護設施」三大項 (如表 1.2)，本研究也以此作為本研究的主要範疇；其中，由於 LED 照明已於運研所 99 年計畫中探討，本研究僅回顧整理且不再投入較多資源。此外，對於新型設施的衍生性效益，如資訊可變標誌系統 (Changeable Message Sign, CMS) 指引駕駛人避開壅塞路段，達到節能減碳之效果，則適度考量納入研究所提評估架構之中。

表 1.1 交通工程設施分類

分類標準	分類項目
我國「交通工程手冊」	標誌、標線、號誌、交通島、道路照明、交通安全防護設施、停車設施，以及道路施工之交通安全管制設施。
美國交通控制設施標準化手冊 (MUTCD)	標誌、標線、公路交通號制、低流量道路交通控制設施、臨時性交通控制設施、學校區域之交通控制設施、鐵路和輕軌鐵路平交道之交通控制設施、自行車之交通控制設施。
美國交通安全服務協會 (ATSSA)	交通指揮設備、柵欄&護欄、照明、雜項設備與材料、鋪面標線與材料、鋪面標線設備、道路安全設施、標誌&相關材料&設備、交通號誌。
日本道路交通法	交通號誌、道路標誌、道路標示、人行道 (含天橋／地下道)、道路標誌、防護柵、道路照明、視線誘導標示、道路反射鏡、分離帶 (安全島等) 以及其他等八大類。

資料來源：工業技術研究院 (2010)

表 1.2 新型耗能道路交通設施

分類	項目
道路照明/隧道照明	LED 路燈/街燈、智慧化 LED 路燈/街燈、陶瓷複金屬路燈/街燈、LED 隧道燈
交通標誌/標誌照明	LED 指示標誌、紫外光指示標誌、資訊可變標誌 (CMS)
交通安全防護設施	LED 路面標記、LED 施工警告燈號

資料來源：工業技術研究院 (2010)

1.4 研究架構

本研究擬從道路安全設施之生命週期概念，全面性探討其在交通安全與節能減碳之關聯性，概念性架構如圖 1.2 所示。本研究將道路安全設施之生命週期分為施作、營運以及回收/再利用三個階段：1) 施作時期對環境造成的可能影響，例如為改善道路幾何或道路設施，在進行道路施工時因封閉車道所造成的車流擁擠而增加的空氣污染，或道路施工本身 (例如鋪面重整) 所排放的廢氣等。2) 營運時期最為顯著的如照明設備或不節能之交通號誌、標誌所過度消耗的能源，抑或是為了增加安全而因此降低車速或增加停等的道路措施，而改變對環境的衝擊；例如圓環可減少特定類型車禍，但相對於非號誌化路口，由於車速減慢而增加一氧化碳 (CO) 與氧化硫 (SOx) 排放約 4-6%，相對於號誌化路口卻可降低 20-29% (Hydén and Várhelyi, 2000)。3) 在道路安全設施的回收/再利用方面，不同設施之使用耐久度與期限不同，回收與可再利用的程度也不同，將間接影響環境；例如國內一直在推行的瀝青混凝土挖 (刨) 除料回收再利用，即可降低對環境的衝擊。

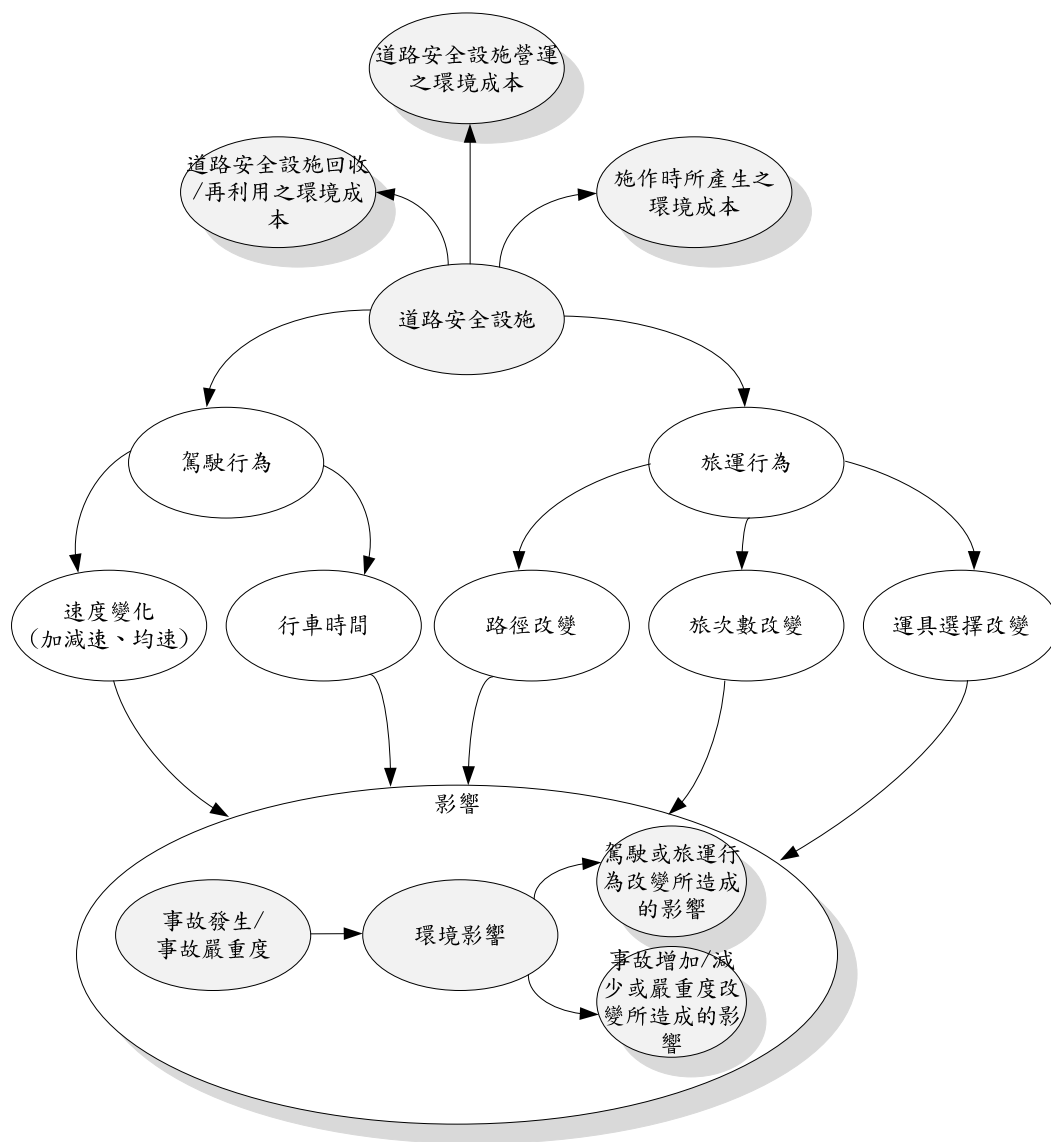


圖 1.2 道路安全設施、交通事故與環境衝擊之關係

在道路安全設施的營運階段，除了本身的能耗成本之外，也可能透過對駕駛與旅運行為的影響而對環境產生不同程度的衝擊。某些道路安全設施著重在藉由駕駛行為的改變而期望降低事故的發生，當此駕駛行為改變時，對環境將產生不同的影響；例如圓環可減少特定類型車禍，但相對於非號誌化路口，由於車速減慢而增加一氧化碳 (CO) 與氧化硫 (SOx) 排放約 4-6%，相對於號誌化路口卻可降低 20-29% (Hydén and Várhelyi, 2000)。另外一些安全設施則是著重或造成旅運行為的改變，例如增加左轉專用時相以減少交叉路口的車流衝突，以進一步減少該交叉路口事故，但可能會造成部分車流因該路口等候秒數增加而改變路徑，進而影響其他路口的事故發生與增加環境衝擊。

道路安全設施除了上述因駕駛與旅運行為改變而造成環境衝擊外，由於設置道路安全措施造成事故種類、事故數以及事故嚴重度的改變，對環境的影響也有不同 (Åkerman, 2011)。交通事故發生時，因事故嚴重度、發生時間以及地點等狀況不同，對環境的衝擊也不相同。當在交通尖峰期間發生一重大事故，可能會

造成車流大幅度且長時間的擁塞，而明顯增加空污排放及噪音污染，另外如伴隨交通事故的救援措施也會增加對環境的衝擊。

為了同時降低事故發生以及減緩對環境的衝擊，科技為一不可或缺的手段。以道路安全資訊為例，目前路側的警示標誌或號誌大都提供固定的訊息給所有用路人，但不同的駕駛人需要的訊息可能不同，未來透過車機或其他個人通信設備(如智慧型手機)傳遞個人化安全訊息，不但可更針對性地提高駕駛安全，更可降低路側警示標誌或號誌運作上的能源消耗。

道路安全措施與教育及執法也必須互相配合，才能達成雙贏的局面。例如區域交通寧靜 (traffic calming area) 措施確實可降低事故，但其對二氧化碳排放的影響則取決於駕駛的行為；若駕駛在經過如跳動路面後，為了補償因減速而損失的駕駛時間，而重踩加速，則容易導致空污的顯著增加；因此若能教育民眾在行經區域交通寧靜區時採取適當的駕駛行為，將可更有效達成事故降低與環境衝擊減緩之雙贏局面 (Ahn and Rakha, 2009)。另外像透過環保駕車 (eco-driving) 概念的宣導也可達成此目的：環保駕駛以降低車速變異為主要目的，可行做法包括降低急速加速、降低高速事件以及保持一定的速度，研究顯示此做法可同時顯著地改善空污排放並增加交通安全 (Barth and Boriboonsomsin, 2009)。

最後，適當的政策可以改變民眾旅運的選擇行為，以同時達成節能減碳與交通安全兩個目的。例如選擇較小的車型通常被認為可降低油耗及環境衝擊，然而在交通事故的研究中，重量小的車種通常是受損害較為嚴重的一方。Greene (2009) 認為，若能透過合適的能源獎勵措施的設計，誘導消費者選擇重量稍微降低的車種，可能達到較全面性的降低道路上行駛車輛的重量，達到顯著改善排放，但卻不會增加撞擊風險。另一方面，Tolouei and Titheridge (2009) 針對英國地區的車種資料進行調查，其研究結果發現某些車種在安全與排放上各擅勝場，但也有部分車種能同時兼顧安全與空污排放。

綜合言之，本研究擬從以下方面蒐集並分析文獻，以探討交通安全與節能減碳相關議題：

1. 從生命週期的概念分析道路安全設施與節能減碳之間的關聯。
 - (1) 道路安全設施在施作時可能產生之環境衝擊；
 - (2) 道路安全設施在營運時可能產生之環境衝擊；
 - (3) 道路安全設施在回收/再利用時可能產生之環境衝擊
2. 從經濟的概念分析道路安全設施建置前後，可能對交通安全與環境造成的直接或間接性影響。
3. 從科技的角度探討道路安全設施與節能減碳之間的關聯。
4. 為達成交通安全與節能減碳，道路安全設施與其他交通安全措施如何相互配合，以及相關佈設與配置方式。
5. 一般性目的之政策措施與交通安全之關聯，及其如何同時達成交通安全與降低環境衝擊。

1.5 章節安排

在後續章節的安排上，第二章回顧運輸部門的能耗與碳排概況，以及各國節能減碳政策與改善對策，掌握交通安全設施在運輸部門節能減碳主軸中所扮演的角色。第三章從事故鏈的概念闡述交通事故形成的原因，了解道路安全設施與道路環境及駕駛行為間的關聯，以及可能發揮的節能減碳效果。第四章條列與綜整道路交通安全設施的種類與其功用，以及不同地點的安全改善對策，並且透過相關研究報告，了解照明設備、道路幾何、路面標線等道路設施的實際安全效果。第五章提出道路設施在節能與安全關聯上的策略藍圖及相關議題。為了解實務上的相關作法，第六章進一步設計道路安全設施實行現況之調查問卷，以作為發掘現行制度與措施不足之處的工具。第七章則依據第五章所建立之系統化道路設施安全與節能議題架構，依據 AHP 的分析程序，進行專家問卷與座談，分析所建立之道路設施安全與節能議題及子議題重要性與可行性。第八章提供結論與建議，交通部門在道路設施安全與節能減碳現況作法、專家問卷以及行動方案則分列於附錄 A、B 與 C。

第二章 運輸部門節能減碳政策與措施

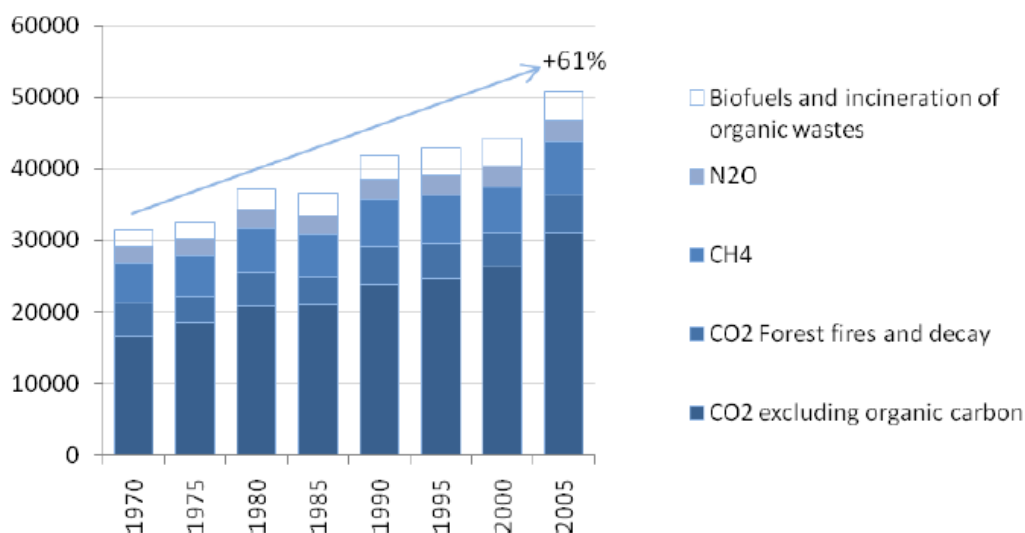
本章回顧全球與我國運輸部門的能耗與碳排概況，了解運輸部門在節能減排上的挑戰；接著，綜整運輸部能在節能減碳的策略方針，以及各國所提出的減排政策，掌握交通安全設施在運輸部門節能減碳主軸中所扮演的角色。

2.1 能耗與碳排概況

2.1.1 全球概況

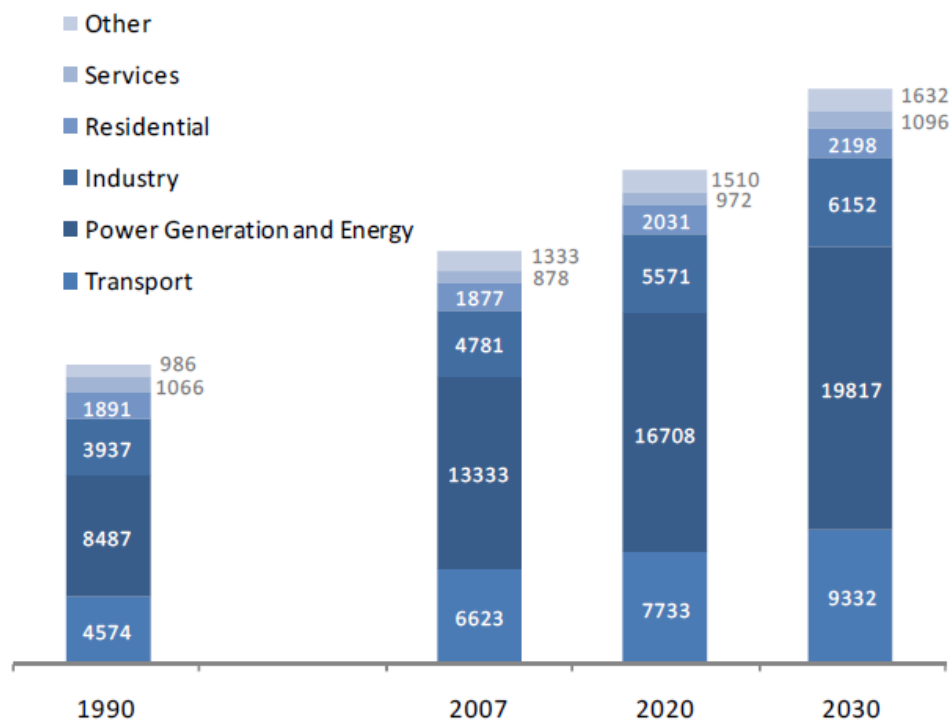
全球溫室氣體 (Greenhouse Gas, GHG) 排放量如圖 2.1所示，在1970-2005年間共增加61%，平均每年約成長1.4%；其中，CO₂排放量，不含森林焚燬，占有86%的多數。在2005年，全球大約排放45.4 Gt (十億噸) 的溫室氣體，其中59%來自於石化燃料 (fossil fuel) 的使用。

根據國際能源總署 (International Energy Agency, IEA) 的資料，全球運輸部門的CO₂排放量如圖 2.2所示占全球石化燃料燃燒所產生量的23%，約為總體GHG排放的15%。自1990到2007年間，運輸部門的CO₂排放量增加了45%，其中最大的排放源為公路運輸部門，而成長率最高的則是航運與空運部門。此外，根據基線 (Business-As-Usual, BAU) 成長量的預測，2007-2030年間運輸部門的CO₂排放量仍會持續增加40%，並於2030年超過9 Gt (IEA, 2009b)。



資料來源：IEA (2009b)

圖 2.1 1970-2005 年全球人為 GHG 排放統計



資料來源：IEA (2009a)

單位：Mt (百萬噸)

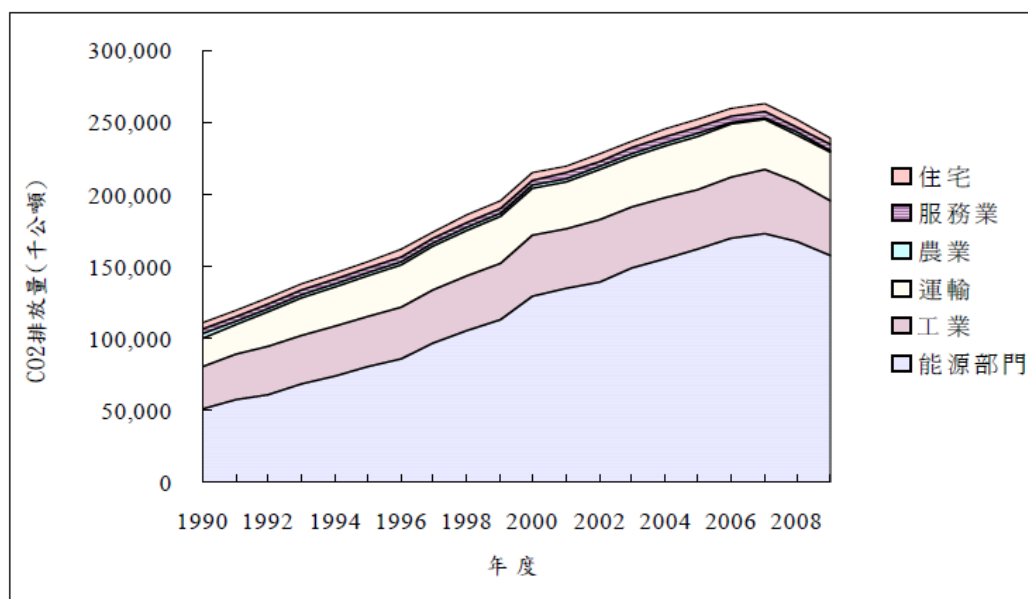
圖 2.2 全球不同產業部門溫室氣體 CO₂ 排放量變化趨勢

2.1.2 我國概況

根據行政院環境保護署 (2010) 的溫室氣體排放統計，我國溫室氣體總排放量之成長趨勢，從1990年147.1百萬公噸二氧化碳當量，上升至2008年284.5百萬公噸二氧化碳當量，約計成長93.4%，其中CO₂為我國所排放溫室氣體中最大宗，約占92.6%。

我國1990年的全國CO₂排放量為110.9百萬公噸，每年約以4.1%的幅度持續成長，直到2007年達到262.8百萬公噸的最高峰，其後受到環保意識抬頭以及金融海嘯導致產業成長衰退之影響，2008年與2009年的全國CO₂排放量分別以-4 %與-5%的幅度衰退，然而在2010年經濟復甦後，碳排放量又以6.2%幅度往上攀升，成長率為2000年之後最高 (黃宗煌等人，2009；環保署，2010；經濟部能源局，2011)。總計，1990 年至2009 年整體年平均CO₂ 排放成長率為4.1%，至於各部門之年平均成長率依序為能源部門之5.9%、運輸3.2%、服務業1.8%、工業1.5%及住宅0.9%，而農業則減少-3.4 %。此外，2009年台灣各部門能源燃燒排放CO₂ 貢獻度，由部門分攤電力消費加以計算後，能源工業 (能源轉換) 之CO₂排放占燃料燃燒總排放的10.4%，工業占46.1%，運輸占14.3%，服務業占14.2%，住宅占13.9%，農業占1.1%。其中，運輸部門的排放量如圖 2.3所示為33.4 百萬公噸，較2008 年的33.1百萬公噸成長1.0%，而公路運輸所占的比例在各運具中最為顯著，約為92~95%之間，其次為水運，占約2.5~3%，鐵路部門最少，占約0.8~2%

(黃宗煌等人，2009)。



資料來源：黃宗煌等人 (2009)

圖 2.3 我國不同產業部門溫室氣體 CO₂ 排放量變化趨勢

2.1.3 減排挑戰

國際運輸論壇 (International Transport Forum, ITF) 於「減少運輸部門溫室氣體排放-機會與成本」的年度會議中，指出運輸部門在減少溫室氣體排放的三大主要挑戰 (ITF, 2009)：首先，運輸部門的溫室氣體排放量大，約占總體GHG排放量的13%，而且仍持續顯著地成長，所以必須積極擬定減排政策；其次，運輸工具所使用的能源，95%倚賴高碳密度的石化燃料，所以必須提高能源使用效率並及早進行能源除碳化發展；最後，運輸部門容易遭受氣候變遷效應之衝擊，如水災破壞地面運輸設施、強風影響海空航運運行，所以必須立即投資調適與應變的相關措施。尤其，當石油天然氣產業確定納入排污交易機制 (Cap and Trade Program)第一優先群中之際，政策制訂者應開始著手尋求互補性方法來減少運輸部門的GHG 排放，包括提升運具效率標準、制訂低碳燃油標準、以及其他創新的措施。

美國Pew全球氣候變化中心 (Pew Center, 2011) 的研究也指出，運輸部門除了需面對全球運輸需求大幅成長下的能源使用量壓力外，油價的大幅變動、科技的發展趨勢、生活的都市化、經濟的成長率與國家的政策制訂等因素，都是影響運輸部門減排成效的不確定因素。

2.2 節能減碳策略

2.2.1 策略方針

在聯合國政府間氣候變遷問題小組(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 的年度報告中 (IPCC, 2007), 針對各國政府運輸部門溫室效應減緩技術與政策措施所提出之四項建議, 包括: 1. 更節約燃料的機動車 (如混合動力車、清潔柴油車、生物燃料車); 2. 使用非機動化運具 (自行車、步行); 3. 將公路運輸改為軌道與公共運輸模式; 4. 土地利用和交通運輸規劃。這四項建議的本質就是建構一個綠色運輸網, 相關內容如表 2.1 所示 (行政院研究發展考核委員會, 2008)。

表 2.1 IPCC 建議之運輸部門溫室氣體減量方針

關鍵減緩技術和做法	已證明在環境上有效的政策、措施和手段	關鍵制約因素
更節約燃料的機動車; 混合動力車、清潔燃油; 生物燃料; 軌道運輸與公車系統; 非機動化交通運輸 (自行車、步行); 土地使用和交通運輸規劃等	道路交通運輸的強制性節約燃料、生物燃料混合物和二氧 化碳排放標準	涵蓋部分車型也許會影響成效
	車輛購置稅、註冊稅和機動車 燃料稅; 道路和停車費用定價	隨著收入增加, 成效也許 會降低
	通過土地利用規章和基礎設 施規劃影響流動需求; 投資有 吸引力的公共交通設施和非 機動交通運輸	適合正在建設交通體系 的國家

資料來源: 行政院研究發展考核委員會 (2008)

國際運輸論壇 (ITF, 2009) 認為, 運輸部門的節能與減碳, 必須考量大眾對運輸部門溫室氣體減排政策的接受度、執行的障礙、與現有政策的兼容性和評估的問題, 同時也須考量排放量的生命週期和成本效益評估, 整體系統架構如圖 2.4 所示。此外, 針對溫室氣體減量, 運輸部門的相關對策應該從以下四個範疇同時著手:

1. 運輸需求 (transport demand):

包括調整土地使用、提升乘載率、改變運輸需求型態與規模等措施; 也就是由運輸的活動面 (activity) 著手, 不論是客運或貨運, 達到使用量減少的目的。

2. 運具使用 (mode share):

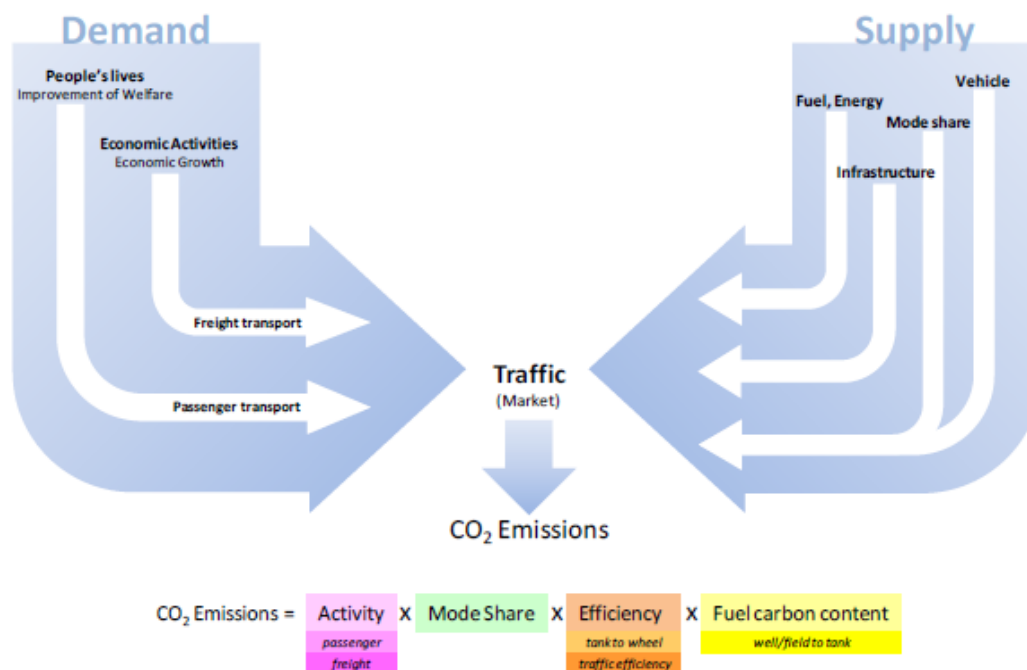
提倡使用高效能或低排放的交通運輸工具, 如鼓勵使用大眾運輸工具或非動力交通運輸工具 (腳踏車、步行)。

3. 燃油選擇 (fuel choice):

政府應該給予支持，在發展與宣導替代燃油科技、或是其他新型態能源。

4. 燃油效率 (fuel efficiency)：

主要分成「車輛燃油效率」與「交通流量效率」兩個部分：前者是指發展與宣導新的車輛節能科技，如經濟駕駛、引擎改進，也就是油箱到車輪的部分 (tank to wheel)；後者則包括交通管理手段與交通擁擠減緩措施，讓車流更順暢以減少延滯與停等所造成的廢氣排放。



資料來源：ITF (2009)

圖 2.4 運輸部門溫室氣體減量的架構

美國運輸部 (U.S. Department of Transportation) 針對 GHG 減量也提出四項策略主軸：採用低碳燃油 (introduce low-carbon fuels)、增加車輛燃油經濟性 (increase vehicle fuel efficiency)、改善運輸系統效率 (improve transportation system efficiency) 與減少碳密集旅次活動 (reduce carbon-intensive travel activity)，以及兩項橫向連貫 (cross-cutting) 策略：結合運輸規劃與投資方式 (transportation planning)、以及制訂碳價格 (pricing carbon) (DOT, 2010)。

1. 採用低碳燃油

發展與採用替代燃料，包括乙醇、生質柴油、天然氣、液態石油氣、有機油料、氫能源與電能。

2. 增加車輛燃油經濟性

發展新一代引擎、傳動設計與輕量化材質，改進空氣動力與減少滾動阻力。

3. 改善運輸系統效率

透過減少貨車引擎空轉、發展先進交通管理系統、鼓勵私人運具使用者移轉至大眾運輸等方式，提升整體運輸系統的運作效率。

4. 減少碳密集旅次活動

改變旅運活動型態，轉移至更具能源效率的運具、增加運具乘載率、以及減少非必要性旅次。

5. 結合運輸規劃與投資方式

透過運輸規劃改善複合運輸網路 (multi-modal network)，並結合土地使用規劃來減少旅運距離。

6. 制訂碳價格

透過碳交易系統、碳稅或燃料稅等方式，探討二氧化碳的合理使用價格，將能源使用的外部成本內部化，間接性鼓勵新燃料與新科技的發展，以及購買及使用具有能源效率的運輸工具。

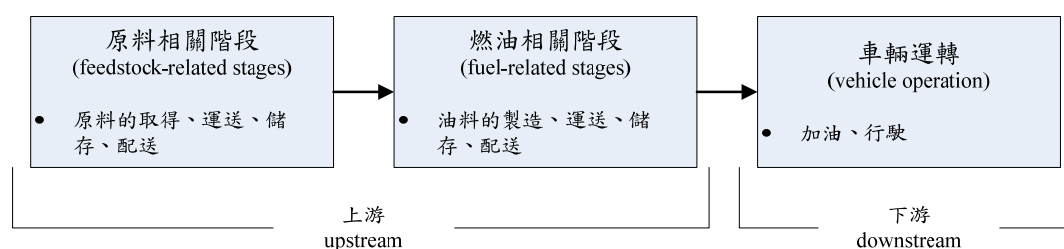
2.2.2 策略評估

運輸政策規劃初期，應進行可行性評估工作，對於節能減碳政策而言，各項政策對環境影響的評估，包括 GHG 降低的效果、每減少一噸碳的成本、以及其他相關效益（空氣品質、民眾健康），更是不可缺少的部分 (DOT, 2010)。然而，在運輸的節能減碳政策評估上，一般僅著重於車輛或設施使用時的能耗，而忽略設施、油料與車輛在製造、維護與回收的部分 (Chester and Horvath, 2008)。

生命週期評估 (Life-cycle Assessment, LCA) 模式，係由產品的完整生命週期階段，包括：產品設計、生產/建設、使用/營運、廢棄/回收等，完整考量相關能源的使用並換算出廢氣的排放量。LCA 模式的操作步驟有四，分別為：

1. 定義研究的目標與範疇，以及系統的邊界；
2. 計算與分析排放量，包含所有功能組件及其各生命週期階段對環境所產生的負荷；
3. 評估所產生廢氣對於區域/全球的衝擊與人民健康的影響；
4. 解析研究的結果，包括所面對的不確定因素及其敏感性分析。

美國運輸部使用生命週期分析法，由整體週期的上游與下游著手，評估不同低碳能源方案的溫室氣體排放量 (DOT, 2010)。上游 (upstream) 是指「油井到幫浦 (well-to-pump)」，下游 (downstream) 是指「幫浦到車輪 (pump-to-wheel)」，整個週期就是指「油井到車輪 (well-to-wheel)」；上游階段包含原料與燃油相關階段，包括取得/製造、運送、儲存與配送時的排放，而下游階段除了車輛行駛時的排放外，還包括加油時所產生的排放 (圖 2.5)。



資料來源：DOT (2010)

圖 2.5 低碳能源方案之生命週期分析架構

根據 Chester (2008) 針對各種客運運具的碳排放量計算結果 (表 2.2)，僅考量運具運轉階段的模式比採用 LCA 模式的推估值比，在每延人公里的二氧化碳排放當量 ($\text{CO}_2\text{e/PMT}$) 指標上，公路運輸與鐵路運輸各約低估 44%-67% 與 92%-146% 的排放量；甚至，大眾運輸系統如果不能提升離峰時間的載客量，其單位碳排放量反而高於私人運具。由此顯示，LCA 模式較一般推估方式，較能完整反映不同運具的真實能耗與排放狀況。

表 2.2 生命週期模式對不同運具的GHG排放推估

Vehicle Type	Operational emissions, g CO ₂ e/ PMT	Fuel, Vehicle, and Infrastructure Cycle emissions, g CO ₂ e/PMT	Total emissions, g CO ₂ e/ PMT	Percent Increase over Operational Emissions Alone
On-Road Vehicles				
Sedan	230	150	380	65%
SUV	270	180	450	67%
Pickup	420	200	620	48%
Bus (Off-Peak Times)	470	210	680	45%
Bus (Peak Times)	59	26	85	44%
Rail Transit Systems				
Bay Area Rapid Transit (BART)	64	76	140	119%
Caltrain	74	86	160	116%
San Francisco Municipal Transit Agency (Muni)	69	101	170	146%
Massachusetts Bay Transit Authority (MBTA)—Green Line	120	110	230	92%
Aircraft				
Embraer 145	230	60	290	26%
Boeing 737	170	40	210	24%
Boeing 747	150	50	200	33%

Source: Chester, Mikhail Vin (2008). *Life-Cycle Environmental Inventory of Passenger Transportation Modes in the United States*. Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley.

Notes: Calculations are based on average occupancies. The researchers analyzed particular rail systems as the rail life cycle emissions vary greatly by system.

2.3 節能減碳政策

2.3.1 國外運輸部門減排政策

一般國內外討論運輸系統節能減碳之相關政策措施，以提升運輸工具能源使用效率、減少其 CO₂ 排放為主要重點。整體而言，各國運輸部門的溫室氣體排放大致上都僅次於工業部門，美國運輸部門溫室氣體排放量佔總體 28%，歐盟平均為 21%，日本約為 20%，我國約占 14-15%，可見運輸部門為二氧化碳排放之主要來源之一。然而運輸需求為社會經濟發展之衍生需求，環顧世界各國運輸部門能源消耗量，均呈現易升難降之勢，因此如何兼顧社會經濟發展與節能減碳之原則，成為各國運輸部門制定節能減碳政策之挑戰。目前主要國家運輸部門節能減碳的政策，大致上朝向四大領域：提高運具耗能標準、推廣大眾運輸、推廣省能運具、獎勵省能運具研發。有關日、韓、美、歐盟等國運輸部門節能減碳整體

政策彙總如表 2.3 所示 (交通部運輸研究所, 2010)。

對各國運輸部門節能減碳的政策整理, 可以看出, 首先著重於運具的節能減碳, 包括制定車輛燃料效率標準、制定車輛 CO₂ 排放標準、發展替代燃料、節能運具獎勵、推動車商節能運具製造自願性協議等等, 其次為運輸管理系統的導入, 例如智慧型運輸系統、車輛數量管制與時速管制等等。

2.3.2 我國運輸部門減排政策

我國在 1998 年第一次全國能源會議之結論, 宣示節約能源、提升能源使用效率、研發新能源科技與開發淨潔能源都是「無悔」的工作, 應優先推動, 在工業、運輸、住商、電力等各部門大力推動節約能源措施, 以達成 2010 年累積節約能源 16%, 2020 年累積節約能源 28% 之目標。會議中設定, 運輸部門 1997-2010 年累計節能率為 15.5%, 2011-2020 年則累計至 23.7%, 亦即由 1997-2020 年平均每年節能率約為 1%, 平均每年節能量為 28.7 萬公秉油當量。

表 2.3 國外運輸部門溫室氣體減量的政策

一、提高運具耗能標準		
國家	相關政令	規劃內容
美國	2005 年能源政策法	5 年內(2006~2010)提供六百萬美元, 供運輸部制定聯邦運具燃料效率標準。
	2006 年先進能源倡議	提高小貨車與 SUV 之燃料效率標準, 將現行 2007 年車款的標準由 20.7 mpg 提升至 22.2 mpg。
	2007 再生燃料法	自 2010 年起, 每年由能源部長公告當年汽車平均油耗標準值, 至 2020 年時, 美國最低油耗標準必須達到 35 英里/加侖。另外亦授權能源、交通及環保部長制定商用中型或重型公路車輛油耗標準。
歐盟	歐盟汽車燃料耗能標準	2012 年後汽車 CO ₂ 排放量應小於 100 公克/公里。
日本	節約能源法	引進汽車燃料效率標準 (top-runner) 制度, 以提高汽車燃料效率, 並於 2004 年將該制度由小型自用車定義擴大至 2.5 公噸以上之貨車及 11 人座之中型車。
二、運具系統管理		
(一)發展整合性交通計畫		
日本	節約能源法	積極改進交通物流, 鼓勵使用大眾運輸系統, 在重要交通區域採用交通需求管理系統 (traffic demand management system, TDMS), 並開發智慧型運輸系統 (ITS), 以利改進交通阻塞, 改進交通運輸能源效率。
歐盟	智慧型汽車倡議	運用 ICT 技術於交通運輸系統基礎設施及汽車, 達成更具智能、更安全及更順暢之交通運輸系統。
(二)公路系統規劃修建自行車道		
美國	2005 年能源政策法	鼓勵發展使用自行車代替其他交通工具
(三)貨車、小客車時速管制		
日本	京都議定書達成目標計畫	對貨車進行速度管制
(四)執行車輛數量管制		
韓國	汽車星期制	於首爾試辦汽車星期制, 開車族從週一至週五, 自願選擇一天不開車, 可享受有免費車檢, 在居住地有優先停車權, 以及在公有停車場停車費減少 20 % 等優惠。

表 2.3 國外運輸部門溫室氣體減量的政策 (續)

三、推廣省能運具		
(一)提供租稅優惠：油電車採購所得稅抵減		
美國	2005 年能源政策法	推廣使用雙燃料的交通工具，針對使用替代燃料之中、重型交通工具者提供優惠；通過 2 億美元的先進交通工具計畫，提倡使用具替代燃料、燃料電池、複合式及低硫柴油之交通工具。
	2006 年先進能源倡議	建議國會立法通過每輛車的稅金優惠提高至 3400 美元，以鼓勵購買油電混合環保車輛集潔淨柴油車。
日本	節約能源法	提供租稅優惠及低利貸款，鼓勵引進高效率混合引擎車輛。
	氫能車示範計畫	以每個月 42 萬日幣租用馬自達公司氫能汽車 30 個月，做為中央政府的公務車使用。
四、獎勵省能運具研發		
(一)研發補助		
美國	車輛技術專業	資助混合動力技術和輕質材料技術專業
	2005 年能源政策法	鼓勵聯邦政府及工業界提高飛機、火車燃油效率及促進環保的研究
	2005 年能源政策法	獎助民間企業發展使用氫能及燃料電池運具，計畫於 2015 年前商業化量產。
(二)導入暫停熄火裝置		
日本	節約能源法	鼓勵設置汽車停車怠轉時間自動將引擎關機減少汽油耗能。

資料來源：交通部運輸研究所 (2010)

第二次全國能源會議於 2005 年召開，訂定較第一次全國能源會議高的目標，提升能源效率每年達 2% 以上。我國運輸能源發展政策，為實現「發展永續運輸、追求健康臺灣」之願景，除依永續發展的理念，研擬整體的交通運輸政策；另研擬運輸部門能源行動方案。我國運輸部門能源行動方案主要三項策略方向為：(1) 發展綠色運輸系統、(2) 紓緩汽（機）車使用與成長、(3) 提升運輸系統能源使用效率等。以上措施預計共可節約能源 1,000 萬公秉油當量，降低二氧化碳目標則為 2,300 萬公噸。詳細行動計畫詳表 2.4。

為規劃出兼顧環保與經濟成長的節能減碳政策措施，同時提升全民減少使用碳基能源的意願，進而在能源、環境、經濟 3E 三贏的情況下，達成節能減碳目標，行政院研究發展考核委員會 (2008) 針對我國節能減碳政策績效進行實質檢討，並針對運輸部門提出優先推動措施。在技術措施上，建議推動節/潔能運具、發展大眾運輸系統、強化運輸管理；在政策措施上，建議提升車輛能耗標準（滾動式修定「能源管理法」）、投資大眾運輸及規劃非機動車輛交通設施。相關措施內容如表 2.5 所示。

表 2.4 我國運輸部門溫室氣體減量的政策

政策	行動計畫
1. 發展綠色運輸系統	1. 健全完善的軌道運輸服務 (1)完成高速鐵路建設計畫；(2)持續推動臺鐵捷運化計畫；(3)推動其他臺鐵改善計畫；(4)持續推動都會區捷運系統建設；(5)興建高雄臨港線輕軌運輸系統。
	2. 提升公車客運及市區公車服務功能 (1)持續推動公車動態資訊系統建置計畫；(2)鼓勵興建公車捷運系統；(3)市區級公路汽車客運業老舊客車汰舊換新與偏遠及服務路線營運虧損補貼計畫。
	3. 提供民眾無遠弗屆的交通轉乘服務 (1)高鐵車站聯外接駁系統規劃及開放營運；(2)縣市政府購建大眾運輸轉運中心；(3)推動大眾運輸 IC 票證整合。
	4. 落實以綠色運輸系統為導向之土地使用規劃 (1)推動自行車道規劃與設置；(2)改善行人交通環境；(3)推動大型土地使用新開發案以綠色運輸系統為導向。
2. 紓緩汽(機)車使用與成長	1. 合理化汽(機)車成長管理 (1)紓緩汽機車成長數量及強化車籍管理；(2)落實汽機車監理檢驗；(3)落實機車排氣檢驗。
	2. 強化私人運具使用管理 (1)推動路邊停車收費制度；(2)推動路外停車場附近地區道路禁止路邊停車；(3)推動機車退出騎樓；(4)強化路邊違規停車取締作業；(5)推動特定地區、期間限制私人運具通行。
3. 提升運輸系統能源使用效率	1. 運用先進科技 (1)推動高速公路電子收費系統；(2)建置高快速公路整體路網交通管理系統；(3)持續推動智慧交控系統建置計畫；(4)擴充與推廣用路人資訊建置與應用計畫。
	2. 強化運輸需求管理 (1)推動高快速公路之高乘載運具優先措施
	3. 提昇貨物運輸之運作效率 (1)推動港區自動化門禁管制系統；(2)推廣貨物運輸排程合理化暨經營管理系統整合。
	4. 推廣低汙染省能源運具或交通設施 (1)鼓勵大眾運輸業者汰舊換新及使用低汙染大客車；(2)加強低汙染、低油耗車輛宣導；(3)推動各縣市辦理 LED 交通號誌設施，納入 96 年擴大公共建設計畫；(4)逐步檢討提高汽機車能源效率標準。
4. 教育與宣導(配套措施)	1. 推廣與宣導綠色大眾運輸系統 2. 推廣節能活動
5. 行動方案之基礎研究(配套措施)	1. 辦理能源領域科技計畫

表 2.5 研考會建議運輸部門優先推動措施

運輸部門	技術措施	<ul style="list-style-type: none"> 推動節/潔能運具 發展大眾運輸系統、強化運輸管理 	<ul style="list-style-type: none"> 綠色交通運輸規劃之土地利用模式 	<ul style="list-style-type: none"> 第二代生物燃料 高效運具 先進的電動車、混合動力車，其電池儲電能力更強、使用更可靠 	主辦機構：交通部 協辦機關：經濟部、國科會、內政部
	政策措施	<ul style="list-style-type: none"> 提升車輛能耗標準：滾動式修定「能源管理辦法」 投資大眾運輸及規劃非機動車輛交通設施 	<ul style="list-style-type: none"> 道路交通運輸的強制性潔約燃料 生物燃料混合物和 CO₂ 排放標準 通過土地利用規章和基礎設施規劃影響流動需求 		主辦機關：交通部 協辦機關：經濟部、內政部

資料來源：行政院研究發展考核委員會 (2008)

2.3.3 運輸部門節能減碳政策探討

1. 資源運用的政策

ITF (2009) 指出優先改善各種運輸工具在能源使用效率是溫室氣體減排的必要手段，進一步為避免資源的浪費，在運輸工具效能提升上，成本與效益評估是政策擬定時的必要基礎。大規模運輸投資往往吸引政策擬定者的注意，然而大量投資並不一定能獲得充分的效果；例如，根據 ITF (2009) 報告，推展經濟駕駛方案，包括平順駕駛習慣的教育訓練、離合器調整與燃油經濟計算器 (fuel economy metering)，可以極低成本的投入，快速達到 15% 減排成效，相對之下，大規模、高成本的去推展生質燃油技術，根據國際經濟合作發展組織 (OECD) 預估，至 2010 年最高僅可能有 10% 的使用比例，低使用率將導致其節能減碳效益受限。此外，國外實際案例顯示，發展大眾運輸與發展替代能源車輛均為鉅額投資，在有限資源下應該謹慎選擇符合民眾使用習性、成本低且效益高的方案，例如歐洲或日本等地區在促進使用大眾運輸系統的成效上極為顯著，但是在美國或加拿大等地廣人稀且長久依賴私人運具的地區，低能耗車輛能獲致較高的成效。

2. 交通管理的效益

相關報告指出，改善交通管理，深具減排潛力。妥善的交通管理措施，

能達到車速平穩與車流穩定的效果，減少車輛行駛的延滯與停等，並且讓溫室氣體排放量顯著下降。交通部運輸研究所 (2010) 指出積極改進交通物流，鼓勵使用大眾運輸系統，在重要交通區域採用交通需求管理系統 (Traffic Demand Management System, TDMS)，並開發智慧型運輸系統 (ITS)，確實能減少交通阻塞並改進交通運輸能源效率。雖然，因交通改善而釋放出來的道路容量將吸引更多的流量，不過在很多情況下，即使在整體旅次增加的情形下，只要能以最有效率的速度行駛，整體 CO₂ 排放量仍可低於原來的總排放量，關鍵在於如何管理新增的有效容量以確保減少擁擠的效益 (ITF, 2009)。

相對於車輛燃油效率的提升，交通流量的改善所直接減少的 GHG 排放量較不立即、也不顯著，但是因為交通改善所衍生的重要外部利益，如空氣品質提升、環境噪音降低、交通擁擠舒緩，不應被忽略。

3. 減碳措施的安全考量

在相關節能減碳措施的探討上，運輸安全是較被漠視的一環。在新科技的導入上，不論生質燃油的使用、新世代引擎的導入、非動力運輸 (自行車/行走) 的提倡等，均應考量相關措施是否會對車輛結構、駕駛行為、道路車流有所影響，甚至促使交通事故的發生。當然，部分措施，如大眾運輸的提倡、交通管理的改善，除了節能減碳的效果外，也能減少道路交通事故的發生。

4. 道路安全設施的減碳措施

道路設施為交通管理之必要工具，根據我國「交通工程手冊」之定義，交通設施包括標誌、標線、號誌、交通島、道路照明、交通安全防護設施、停車設施，以及道路施工之交通管制設施；此外，依據「道路交通標誌標線號誌設置規則」第二條：「標誌、標線、號誌之設置目的，在於提供車輛駕駛人及行人有關道路路況之警告、禁制、指示等資訊，以便利行旅及促進交通安全。」換言之，道路設施除了具有順暢車流的功用，更有節能減碳與促進安全的功效

道路安全設施在生命週期的各個階段，對環境衝擊的影響各有不同。在施工時，施工本身會造成一定的環境影響 (例如噪音或空氣污染)，施工所需的材料同時也隱含一定的環境成本 (即碳足跡)。在施工完成後，因道路安全設施的不同而造成駕駛行為的改變或旅運行為的改變而改變曝光量 (例如旅次的增加或減少)、行車速度或其他各種改變，進而造成對周遭環境的衝擊。另外，因為道路安全設施施工完成可能減少的交通事故，也隱含著因交通事故所造成車輛擁擠或道路 (或醫療) 救援的減少，而降低對環境的影響。

由上述可知，道路安全設施為節能減碳不可忽視的一環，然而過去相關研究卻付諸闕如，因此，實有必要由道路設施層面切入，由安全面進一步探討道路設施對碳排放之影響。

第三章 道路交通安全設施

道路交通安全設施為本研究主要對象，其與節能減碳之關聯如前所述，本章進一步分析道路交通安全設施之效果。前兩節參考道路安全措施手冊與公路安全手冊，條列與綜整相關設施種類與其功用，以及不同地點的安全改善對策；第三節進一步針對照明設備、道路幾何、路面標線等設施，透過文獻了解相關道路設施的實際安全效果。

3.1 道路安全措施手冊

提升道路安全的措施有許多，Elvik and Vaa (2004) 在其道路安全措施手冊 (The Handbook of Road Safety Measures) 中，將所有的交通安全措施分成八大類：(1) 道路設計與道路設備、(2) 道路維護、(3) 交通控制、(4) 車輛設計與保護措施、(5) 車輛檢驗、(6) 駕駛人訓練及職業駕駛規範、(7) 公眾教育與資訊、(8) 執法，其中第 1-3 類為本研究主要研究目標：道路安全設施。

道路設計與道路設備共包含 20 項可能之交通安全措施：(1) 人行道與自行車專用道、(2) 道路品質/等級、(3) 外環道、(4) 主要道路設計與維護、(5) 交叉路口分流、(6) 圓環、(7) 交叉路口幾何重新設計、(8) 重設十字路口為雙丁字路口、(9) 立體交叉、(10) 易肇事地點改善、(11) 道路橫斷面改善、(12) 路側安全改善、(13) 道路線型及視線改善、(14) 一般道路維護與重建、(15) 安全護欄、(16) 車撞動物防範措施、(17) 水平曲線措施、(18) 照明、(19) 隧道安全措施、(20) 路側休息及服務區域。根據過去的文獻分析結果，這些措施對交通事故降低的效果變異很大；其中如外環道、路側安全措施的改善以及照明可以降低事故的發生，而安全護欄則以降低事故嚴重度為主，對事故發生的降低可能沒有影響。另外，這些措施對事故改善的效果與措施的設計以及當地環境有很大的關係。交叉路口行車分流設計可以減少部分的車禍型態，但無法全面性地降低所有的車禍型態。圓環的設置雖可減少傷害事故，但卻有可能增加財損的事故。而像建造人行道或自行車道，可以塑造更怡人的生活環境，有可能吸引更多的車流，事故發生次數不見得降低，而事故發生率（單位行車公里發生次數）則有可能降低。最後，某些交通安全措施在降低當地的交通事故的同時，可能會造成鄰近地區的交通事故增加，而產生所謂的事故遷移 (accident migration) 的現象。

道路維護共包含 9 項可能之交通安全措施：(1) 鋪面改善、(2) 路面平整改善、(3) 路面摩擦力改善、(4) 發亮鋪面 (e.g. 玻璃瀝青)、(5) 邊坡滑落保護、(6) 道路冬季維護、(7) 道路鋪面/人行道/自行車道及其他公共區域冬季維護、(8) 錯誤交通號誌改正、(9) 施工區交通控制。過去針對這些道路維護設施對交通事故的影響具有一定的差異，例如在道路鋪面重設方面，重鋪鋪面會增加路面的摩擦力，縮短剎車距離，但同時駕駛人也可能因此會提高行車速度，造成事故數目或嚴重度的增加。另一方面，將不平整的鋪面修平，雖可降低行駛時的不舒適感，但也可能因此提升行車速度，降低交通安全。至於改正錯誤的交通號誌時制以符合規範，以及正確的施工區交通控制，皆可提升交通安全。

交通控制共包含 21 項可能之交通安全措施：(1) 區域交通寧靜計畫、(2) 環境街道、(3) 人行道、(4) 都市遊憩街道、(5) 可及性控制、(6) 優先性控制、(7) 交叉路口”讓”標誌、(8) 交叉路口”停”標誌、(9) 交叉路口號誌控制、(10) 號誌化路口行人穿越、(11) 速限、(12) 減速措施、(13) 道路標線、(14) 行人與自行車之交通控制、(15) 停車管制、(16) 單行道、(17) 調撥車道、(18) 公車道與公車站設計、(19) 動態路徑指引、(20) 可變訊息標誌、(21) 平交道保護措施。在這 21 項交通控制措施當中，若措施可減化駕駛人的工作時 (e.g. 降低速限) 即可增加交通安全，相關措施包括區域交通寧靜計畫、環境街道、人行道、都市遊憩街道、可及性控制、交叉路口”停”標誌、交叉路口號誌控制、號誌化路口行人穿越、速限、減速措施、停車管制、公車道與公車站設計、可變訊息標誌以及平交道保護措施被認為能夠有效降低交通事故。當措施目的在增加移動性 (mobility) 或增加交通車流 (traffic flow) 時，則可能降低交通安全，例如交叉路口號誌控制 (e.g. 允許紅燈右轉或閃燈)、速限提高、增加行穿線而無其他任何保護措施以及公車道的設置，則被認為會增加事故的發生。而優先性控制、交叉路口”讓”標誌、道路標線、行人與自行車之交通控制、單行道以及調撥車道對交通事故的影響並不顯著。

3.2 公路安全手冊

公路安全手冊 (Highway Safety Manual, HSM) 為美國 AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) 所發展出之手冊，其目的在提供實務者一個量化工具，評估交通安全措施的客觀績效。茲就路段 (roadway segment)、交叉路口 (intersection) 以及鐵路平交道相關之安全設施說明如下。

1. 路段 (roadway segments)

公路安全手冊將路段之交通安全改善對策概分成七大類進行討論：

- (1) 路段主體：指道路中幾何線型、車流特性與運作狀況類似之連續道路區段，包含用路人使用之部分及路肩的部分。
- (2) 路側 (roadside)：指路肩外側邊緣至路權邊界或中央分隔帶之區域。
- (3) 縱斷面線型：指道路縱斷面之幾何設計。
- (4) 道路標誌：道路標誌可依內容分為禁止、警告與指示等三種類型。
- (5) 道路標示：道路標示 (delineation) 是指針對道路使用區域制定規則的方法，可分為禁止、警告與指示等三種類型。
- (6) 跳動路面：跳動路面可以利用震動 (vibration) 和聲音 (noise) 來提醒駕駛人，其目的是為了降低因為駕駛人疲勞駕駛或是分心所造成之交通意外事故。

(7) 交通寧靜 (traffic calming)：其目的是為了減少交通量，以降低當地人車衝突之情形或是減少交通噪音，以維持社區之寧靜。

(8) 公路照明：提供駕駛人明亮的駕駛環境，其目的是為了減少因光線不足而導致視線不良之情形。

各類交通安全改善對策主要之手段整理如表 3.1 所示，惟其中所列之策略僅為相關單位進行安全改善時可考慮採取之方式，其最終效果是否真能改善安全仍須經整體評估。。

表 3.1 路段之交通安全改善對策

類別	對策	潛在安全改善效果
路段主體	中央分隔帶 (median)	<ul style="list-style-type: none"> ● 避免對向來車干擾。 ● 提供失控車輛回復正常的區域。 ● 提供車輛緊急停車之場所。 ● 提供車輛變換速率或作為左轉、迴車之暫停等候空間。
	變動車道寬度	以標準車道寬(12 英尺)為基準，部分道路類型(例如：鄉村公路)越窄之車道寬有越高的交通事故風險。
	縮減車道或路肩以增加車道數	以標準車道寬(12 英尺)為基準，縮減車道或路肩寬度以增加車道數，以增加道路容量。
路側	裝設分隔護欄	為縱向長條形，面向車道之雙面防護設施，可以減少兩向車輛闖越分隔帶而撞及對向來車。
	裝設衝撞緩衝器 (crash cushions)	為縱向長條形，面向車道之單面防護設施，佈設於道路內 (中央分隔帶)、外側，具有降低兩向車輛對撞及減少車輛意外駛出路外而遭受傷害之功能。
	設置緣石 (curbs)	可以用來控制排水，也可使路面的邊緣整齊，益於道路美觀。
	裝設路側護欄 (roadside barrier)	使用人造障礙物或天然障礙物佈設於道路兩側，用以保護駕駛人，避免其衝出道路，也可用來避免行人或腳踏車受到車輛之干擾。
	降低邊坡斜率(flatten sideslopes)	降低邊坡斜率，以降低路側危害威脅。
	增加距離路側設施距離	增加距離路側設施的距離，以降低駕駛者衝撞路側設施風險。
	變更路側柵欄材質	減少使用剛性材質。
	增加電線桿間距離	增加路旁電線桿間的距離，以降低駕駛者衝撞路旁電線杆風險。

表 3.1 路段之交通安全改善對策 (續)

類別	對策	潛在安全改善效果
縱斷面線型	變更水平曲線半徑及長度，並提供螺旋緩和曲線	於彎道部分加入螺旋緩和曲線以順應地形，減少彎道對於駕駛人的衝擊，增加行車安全與舒適。
	改善水平曲線超高	配合路面線型及當地地形條件調整超高，以降低離心力的作用，增加行車安全與舒適。
	改變縱坡度 (change vertical grade)	配合路面線型及當地地形條件調整道路坡度，以增加行車安全與舒適。
道路標誌	整合水平線型與速度警示標誌	安裝於線型發生變化之路段前，用以提醒駕駛人注意並減速。
	裝設事故預警可變標誌	給予駕駛人及時之交通意外事故相關資訊。
	裝設擁塞預警可變標誌	給予駕駛人及時之路況資訊。
	裝設速度警示可變標誌	提示駕駛人目前行駛速度。
	裝設插杆式導引 (post-mounted delineators)	裝設於路側，用以引導駕駛人車輛行進之方向。
道路標示	劃設標準路緣線	劃設於路緣，用以提醒駕駛人道路邊界或是引導車輛行進之方向。
	劃設加寬型路緣線	劃設於路緣，用以提醒駕駛人道路邊界或是引導車輛行進之方向。
	劃設中央分隔線	劃設於路面，用以分隔同向或對向之車流，或是引導車輛行進之方向。
	裝設反光標鈕	在視線不良之環境中，用以提示駕駛人相關路面標線之位置及訊息。
	在水平彎道裝設雪佛龍標誌 (chevron signs)	裝設雪佛龍標誌，有助於降低城市或郊區幹道彎道上之各類事故。
	提供距離標記	可幫助駕駛人與前面車輛保持足夠之安全距離。
跳動路面	裝設連續型路肩跳動路面 (rumble strips)	在道路上安裝橫向跳動路面 (transverse rumble strips)，用以提醒駕駛人即將到來的路型變化。
	裝設中心線 (centerline) 跳動路面	安裝在中央分隔線上，用以提醒駕駛人已橫越中央分隔線。

表 3.1 路段之交通安全改善對策 (續)

交通寧靜	裝設減速丘 (speed humps)	當車輛通過時會對車輛造成振動、顛簸用以強迫駕駛人減速。
	裝設橫向跳動路面 (transverse rumble strips)	為一組六條橫過道路的白色標線。當車輛經過時會產生跳動及聲音，用以提醒駕駛人應該減速。
公路照明	提供公路照明	用以提供駕駛人明亮的駕駛環境，減少視線不良之情形。

2. 路口

路口區域包括實體 (physical area) 及功能區域 (function area)。公路安全手冊將路口安全對策概分為路口類型、路口設計要素及路口交通運轉與控制三大部分，其中路口類型可以從幾何特性及設置之交通管制設施來分類，通路安全手冊將路口控制分為次要道路停等路口 (minor road)、非號誌均停路口 (all-way)、三岔路口 (3-leg) 及四岔路口 (4-leg) 等四類，表 3.2 歸納並說明路口相關安全改善對策：

表 3.2 路口之交通安全改善對策

類別	對策	潛在安全改善效果
路口類型	四岔路口轉換為兩個三岔路口	轉換道路類型，以 right-left (R-L)及 left-right (L-R)兩種補償措施來減少車流衝突點。
	號誌化路口轉換為圓環	以交織代替直接交叉，而保持交通之順暢。
	非號誌化路口轉換為圓環	以交織代替直接交叉，而保持交通之順暢。
	針對單行道，移除不符合規定的號誌	移除不符合美國交通控制設施標準化手冊 (Manual on Uniform Traffic Control Devices, MUTCD)規定之號誌，以減少號誌對於單行道車流之干擾。
路口設計要素	提供交叉路口照明	用以提供駕駛人明亮的駕駛環境，減少視線不良之情形。
	設置凸起行人穿越道 (raised pedestrian crosswalk)	用以降低車輛速度，並避免行人與一般車輛產生衝突。
	設置自行車穿越道 (bicycle crossing)	用以降低車輛速度，並避免自行車與一般車輛產生衝突。
	減少路口傾斜角 (skew angle)	減少路口傾斜角，增加車輛轉彎順暢度，以提高路口車流紓解效率
	於接近三岔路口處設置左轉車道	避免車輛在路口待轉而影響後續車輛之行進，以提高路口車流紓解效率。

表 3.2 路口之交通安全改善對策 (續)

類別	對策	潛在安全改善效果
路口設計要素	於接近四岔路口處設置左轉車道	避免車輛在路口待轉而影響後續車輛之行進，以提高路口車流紓解效率。
	於三岔路口設置槽化式左轉車道	避免車輛在路口待轉而影響後續車輛之行進，以提高路口車流紓解效率。
	於四岔路口設置槽化式左轉車道	避免車輛在路口待轉而影響後續車輛之行進，以提高路口車流紓解效率。
	於接近交岔路口處設置右轉車道	用以減少車流衝突。
	於未有控制之地點、路口或路段中標示人行穿越道	用以凸顯人行穿越道，以降低駕駛人和行人之衝突。
路口交通運轉與控制	設置禁止左轉、迴轉標示	用以提示駕駛人禁止左轉及迴轉。
	提供”停”路面標線	用以提示駕駛人臨近交岔路口。
	裝設闖紅燈照相機	設置於路口，用以記錄駕駛人闖紅燈之違規駕駛行為。
	裝設行人號誌燈	用以提示行人是否可以通行。
	裝設行人倒數號誌	用以提示行人可以通行之剩餘時間，以降低行人強行穿越之機會。
	裝設自動行人偵測器	可以自動感測路人，以彈性調整路人綠燈時相之時間長短。
	設置停等線及其他行人穿越設施	鋪設於路面上，用以提醒駕駛人臨近行人穿越區，以降低駕駛人和行人之衝突。
	在接近路口處裝設減速標線	為一組六條橫過道路的白色標線。當車輛經過時會產生跳動及聲音，用以提醒駕駛人應該減速。
	非號誌化路口提供閃爍號誌	用以提示駕駛人減速慢行並且確認路口是否淨空。
	變更左轉時相	增加左轉時相，減少左轉車流與直行車流衝突，以提高路口車流紓解效率。
	利用右轉/迴轉組合取代直接左轉	利用右轉及迴轉組合的方式替代直接左轉，以減少車流衝突。
	允許紅燈右轉	避免車輛在路口待轉而影響後續車輛之行進，以提高路口車流紓解效率。
	設定號誌為“夜間閃光”模式	減少號誌對於車流之干擾。
	提供預先靜態警告標示	用以提示駕駛人臨近交岔路口。
	提供預先閃爍警告號誌	用以提示駕駛人臨近交岔路口。
	改變自行車穿越道鋪面顏色	用以凸顯腳踏車穿越道，以降低駕駛人和自行車之衝突。

3. 交流道

交流道 (interchange) 為高架道路與其他公路交匯處，由立體交叉與數條匝道組成之系統，用以引導車輛轉換於不同公路的交通設施。公路安全手冊將交流道分為全苜蓿葉型 (full cloverleaf)、環狀型 (all directional four leg)、喇叭型 (trumpet)、Y 型 (three leg directional)、部份苜蓿葉型 (partial cloverleaf)、鑽石型 (diamond)、四分之一象限型 (one quadrant)、單點都市交流道 (single point urban interchange) 等八類，以針對於實行於交流道之措施或設施進行分析與探討。交流道之對策共有七項，整理如表 3.3 所示。

表 3.3 交流道之交通安全改善對策

對策	潛在安全改善效果
將交岔路口轉換為立體交流道	以立體交叉方式減少車流衝突。
變更交流道間距	增加交流間距，以減少車流交織行為對於主線之影響。
增加匝道水平曲線半徑	增加匝道曲線半徑，以提供駕駛人較佳之視距及舒適度。
增加匝道車道寬度	增加匝道車道寬度，以提供駕駛人較佳之視距及舒適度。
增加匝道出入車流交織區域面積	用以減少車流交織行為對於主線之影響。
於匝道終點設置自行車設施	用以降低車輛速度，並避免自行車與一般車輛產生衝突。
於匝道終點設置人行設施	用以降低車輛速度，並避免行人與一般車輛產生衝突。

4. 鐵路平交道

鐵路平交道之對策共有七項，整理如表 3.4 所示。

表 3.4 鐵路平交道之交通安全改善對策

對策	潛在安全改善效果
裝設閃光燈及警示音號誌	用以提示駕駛人有列車即將通過鐵路平交道。
裝設自動柵門	用以避免駕駛人因違反號誌，闖入鐵路平交道而發生交通意外事故。
裝設 crossbucks	用以提示駕駛人臨近鐵路平交道，有時輔以閃爍警示燈、鐘聲及柵門，以防止駕駛人闖入鐵路平交道。
裝設車輛觸動式閃光燈及輔助號誌	用以提示駕駛人有列車即將通過鐵路平交道。
裝設四向自動柵門	用以避免駕駛人因違反號誌，闖入鐵路平交道而發生交通意外事故。
裝設四向閃光燈號誌	用以提示駕駛人有列車即將通過鐵路平交道。
裝設預警號誌	用以提示駕駛人臨近鐵路平交道，以防止駕駛人闖入鐵路平交道。

為評估上述各項交通安全手段之客觀績效 (如事故折減因子，AMFs) 所需之主要資料包括：年平均日交通量 (AADT)、事故類別及道路類別等，整理如表

3.5 所示。

表 3.5 評估交通安全對策績效所需資料

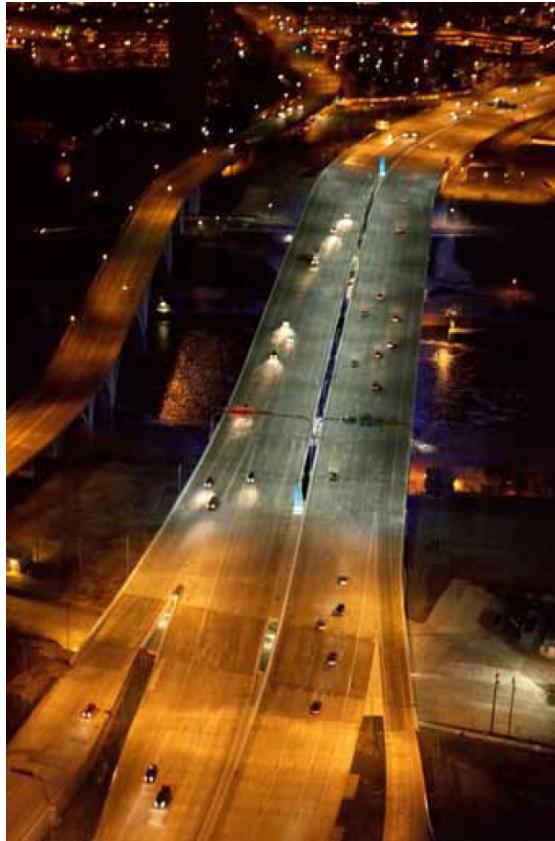
對策	評估 AMF 所需資料
變動車道寬度、縮減車道或路肩以增加車道數、加寬路肩寬度、設置凸起行人穿越道、於三/四岔路口設置槽化式左轉車道、設置禁止左轉、迴轉標示	年平均日交通量 (AADT)
裝設分隔護欄、裝設連續型路肩跳動路面、裝設中心線跳動路面、非號誌化路口轉換為號誌化路口、於接近三/四岔路口處設置左轉車道、於接近交岔路口處設置右轉車道、非號誌化路口提供閃爍號誌、變更左轉時相、利用右轉/迴轉組合取代直接左轉、四岔路口轉換為兩個三岔路口	年平均日交通量 (AADT) 及事故類別
裝設衝撞緩衝器、變更路側柵欄材質、改變道路縱坡度、整合水平線型與速度警示標誌、裝設擁塞預警可變標誌、裝設插杆式導引、劃設標準路緣線、劃設加寬型路緣線、劃設中央分隔線、提供公路照明、非/號誌化路口轉換為圓環、將次要道路停等路口轉換為非號誌均停路口、移除不必要號誌、提供「停」路面標線、裝設闖紅燈照相機、允許紅燈右轉、將交岔路口轉換為立體交流道	事故類別
減少路口傾斜角(傾斜度)、裝設反光標鈕(道路類別及年平均日交通量 (AADT))、降低路側斜率(道路及事故類別)、變更路肩類型(路肩寬度與類型)、中央分隔帶(道路及事故類別)	其他

3.3 道路安全設施成效

道路安全設施種類諸多，設置成效不一，本節茲就較具安全成效與節能潛力之道路安全設施進一步說明如下。

3.3.1 照明設備

Minneapolis 政府 2008 年在 I-35W 的一座新橋上設置 LED 燈，期能節省能耗成本，並保持一定之安全績效。其將此橋照明區分 3 個區塊功能 (如圖 3.1)：考量駕駛人開車靠近 (approach) 橋時需要較佳的視線，因此在橋的兩端設置高壓鈉燈，以提供較高的亮度；另一方面，在橋主要延展 (span) 處，考量駕駛人主要以保持行向、順暢通過為主，因此採用亮度較低的 LED 照明；最後，為了幫助駕駛人的視覺能平順地適應「純高壓鈉燈區」及「純 LED 燈區」的亮度，Minneapolis 政府另設計了亮度漸變區 (transition zone)，即採高壓鈉燈與 LED 燈混合配置，提供中間亮度照明。I-35W 橋之照明亮度狀況如表 3.6 所示。



資料來源：Kinzey and Myer (2009)

圖 3.1 I-35W 橋俯視圖

表 3.6 I-35W 橋照明設計及照度衡量

	<i>Bridge Span</i> LED Luminaires Only¹	<i>Transition Zone</i> HPS & LED Luminaires²	<i>Approach</i> HPS Luminaires Only³
Average	0.91 fc	1.28 fc	1.69 fc
Maximum	1.97 fc	3.62 fc	3.46 fc
Minimum	0.26 fc	0.27 fc	0.92 fc
Avg:Min	3.51	4.74	1.84
Max:Min	7.58	13.41	3.76

1. 244W LED luminaires.

2. Combination of 289W LED and 250W (nominal, 291W including ballast) HPS luminaires.

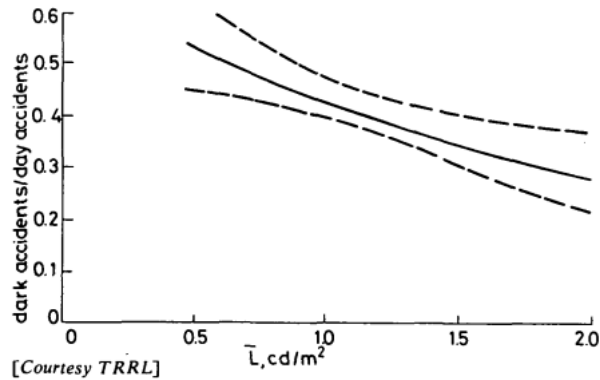
3. 400W (nominal, 453W with ballast) HPS luminaires.

資料來源：Kinzey and Myer (2009)

Minneapolis 政府針對 3,384 位駕駛人進行問卷調查，回收 671 份問卷 (回收率 20%)，其結果顯示，超過半數的駕駛人認為 LED 燈可幫助看清路況，將近四成的駕駛人認為 LED 燈產生的眩光與一般的路燈沒有明顯差異，約四成五的駕駛人認為 LED 燈對開車是安全的，研究並發現年長駕駛與年輕駕駛的回應並無顯著差異 (Kinzey and Myer, 2009)。

經過戶外照明專家施工前後的踏勘，專家們一致認為此橋提供均勻 (uniform) 的照明，而且 LED 並無產生眩光的問題。然而，專家也提出過於均勻的照明、缺乏變化，可能對駕駛行為有不良的影響，此議題需進一步研究。

Scott (1980) 曾經建立一個道路鋪面亮度 (以每平方公尺燭光數衡量) 與夜間/日間事故比率的關係圖 (如圖 3.2)，作者發現當道路鋪面亮度愈高時，夜間/日間事故的比率愈低，在 0.5-2.0 每平方公尺燭光數的範圍內，當每平方公尺增加一燭光數，事故發生比率約下降 35%。



資料來源：Scott (1980)

圖 3.2 道路鋪面亮度與夜間/日間事故比率的關係圖

在都市主要道路，當道路從非常差的照明增加至足夠的照明，其夜間死傷事故可望降低 30% (Schreuder, 1988)。日本的研究 (Oya *et al.*, 2003) 顯示，交叉路口的照明從無到有，可以減少約 43% 的夜間事故。研究中並顯示，當照明的照度 (illuminance) 愈高時，對事故的預防效果愈好，但該研究並無提出，照度提高對事故改善的上限。荷蘭的 SWOV (Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid) 報告指出，大部分的夜間事故都是發生在沒有照明的道路，且在彎道事故的平均事故嚴重度與事故發生比例在沒有照明的道路上較高 (Vis, 1994)。Murrey *et al.* (1998) 研究發現低照明是造成夜晚死亡率高的主因之一。其後續研究進一步得到以下結論 (Plainis *et al.*, 2006)：

1. 在有照明的公路 (motorways) 上發生的事故，其中 2.6% 為死亡事故；而在沒有照明的公路上發生的事故，其中 4.3% 為死亡事故。
2. 在有照明建成道路上 (built-up roads，一般指速限在每小時 40 英哩之道路) 發生的事故，其中 1.3% 為死亡事故；在無照明建成道路上發生的事故，其中 1.9% 為死亡事故。
3. 在有照明的未建成道路上發生的事故，其中 3.1% 為死亡事故；在無照明未建成道路上發生的事故，其中 4.9% 為死亡事故。

就算考慮駕駛者會因為燈光照明而增加行車速度的風險補償 (risk compensation) 行為，道路照明從無到有的狀況仍能有效減少交通事故 (Assum *et al.*, 1999)。美國肯塔基州研究發現，夜間事故明顯較高的效區道路可透過適當的鋪面標記加以改善；道路照明則可透過簡單的设计，即可達到 ASSHTO 照明規定的要求 (Green *et al.*, 2003)。

Elvik and Vaa (2004) 回顧相關文獻發現，夜間事故發生的風險約是日間事故發生風險的 1.5 至 2 倍；在夜間，年輕駕駛人事故風險增加的機會較年長駕駛人

事故風險增加的機會多，行人事故風險增加的機會較車輛駕駛人事故風險增加的機會多。約有 35% 的交通事故發生在黃昏、黎明或是晚上，行人事故與衝出路外事故以發生在夜間的機會最高。Elvik and Vaa (2004) 以 meta analysis 得出下列結果：相對於沒有照明，增加照明可有效降低各種不同事故嚴重度的夜間事故 (如表 3.7)；將照度加倍，其降低夜間事故的成效也跟著提升，但改善結果的變異大 (如表 3.8)；縮減一半照度會顯著增加事故約 15-25% (如表 3.9)。

表 3.7 增加照明對事故的影響

事故嚴重度	受影響的事故類型	事故次數變化百分比	
		平均結果	95%信賴區間
死亡事故	夜間事故	-64	(-74; -50)
受傷事故	夜間事故	-28	(-32; -25)
財損事故	夜間事故	-17	(-21; -13)

表 3.8 增加不同程度照明對事故的影響

		事故次數變化百分比	
受影響的事故類型		平均結果	95%信賴區間
比原先增加 2 倍照明			
受傷事故	夜間事故	-8	(-20; +6)
財損事故	夜間事故	-1	(-4; +3)
比原先增加 2-5 倍照明			
受傷事故	夜間事故	-13	(-17; -9)
財損事故	夜間事故	-9	(-14; -4)
比原先增加 5 倍照明			
死亡事故	夜間事故	-50	(-79; +15)
受傷事故	夜間事故	-32	(-39; -25)
財損事故	夜間事故	-47	(-62; -25)

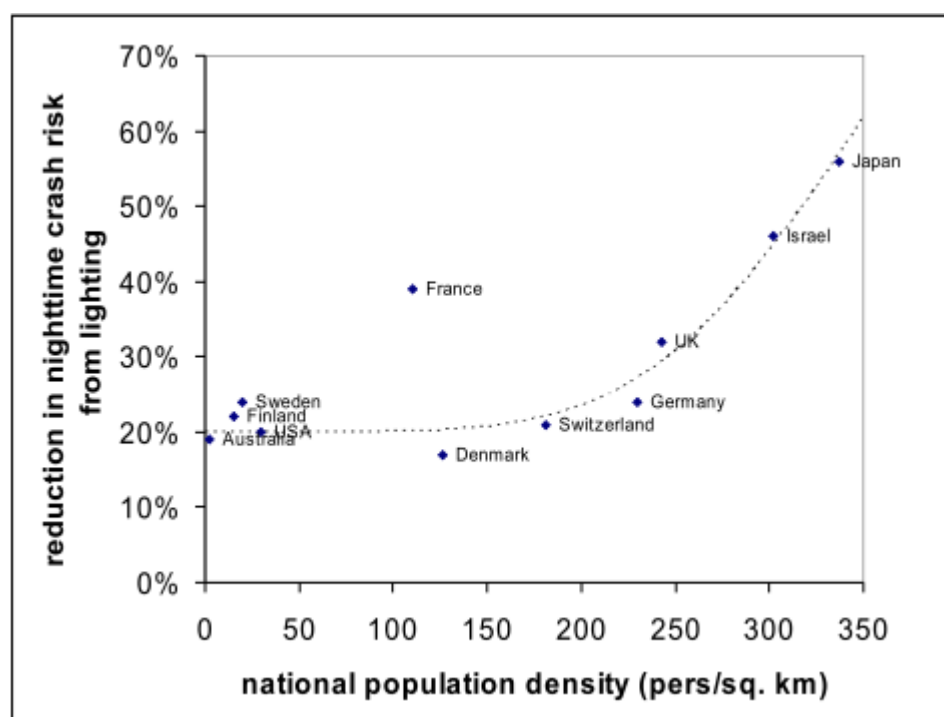
表 3.9 縮減一半照明對事故的影響

事故嚴重度	受影響的事故類型	事故次數變化百分比	
		平均結果	95%信賴區間
受傷事故	夜間事故	+17	(+9; +25)
財損事故	夜間事故	+27	(+9; +50)

Donnell *et al.* (2009) 利用負二項迴歸 (negative binomial regression) 及對數線性迴歸 (log-linear regression) 模式研究交叉路口、高速公路匝道以及高速公路

路段之交通事故與固定道路照明之間關係發現，在控制住道路幾何設計以及交通控制措施後，有固定照明交叉路口的夜間交通事故比例明顯較無固定照明交叉路口的夜間交通事故比例來的低，但此關係在高速公路匝道與高速公路路段並不明顯。

提供照明對於道路幾何設計較複雜的道路或人口密度較高的地區（人口密度高所衍生的行人活動多，相對的人車潛在衝突可能較多）的成效較高。如圖 3.3 所示，當人口密度愈高，提供照明所能降低的夜間交通事故風險愈多，且當人口密度超過每平方公里 200 人時，降低率大幅增加。台灣人口密度約為每平方公里 639.85 人，因此提供照明對降低事故風險更顯重要。雖然增加照明可減少（夜間）車禍的關係已大致被肯定，然而各項照明參數（亮度、眩度、均勻性、照度分布、發光頻譜等）與車禍的關係仍未有相關的結論 (Rea *et al.*, 2009)。



資料來源：Donnell *et al.* (2009)

圖 3.3 國家人口密度與提供照明所降低的夜間車禍風險之間的關係

綜合言之，與照明相關之節能策略包括：降低照度、太陽能高架路燈、LED 燈、增加路燈間距、照明時間管理、使用高反射性的路面標線及標誌、以及利用感應 (sensors) 方式管理照明。

3.3.2 車道、路肩及中央分隔

Zegeer and Deacon (1987) 指出同時考量車道寬度及路肩寬度對於雙車道公路的安全水準有極大影響，甚至大於單獨考量兩種設施。但卻有資料顯示同樣的組合對於四車道高速公路並無任何影響。因此，很明顯並不是所有的道路幾何元素皆對於安全和營運效率有相同的影響，其所選擇的元素及設計值也會影響其他元素。因此，許多專家學者希望能夠藉由模式來研究各別道路幾何元素為對於道

路安全的影響。Zegeer *et al.* (1987; 1992) 重新確認了車道寬及路肩寬與交通事故的關係，並量化且提出交互式公路安全設計模式 (Interactive Highway Safety Design Model, IHSDM)。

AMF 值是用以表達當道路幾何元素規模改變時，其預期隨之改變的安全性。其估計值部分是利用模式推導出，部分則是藉由專家小組回顧相關文獻訂定出來。其推導模式有兩個假設：

1. 由於模式參數間彼此相互獨立，因此 AMFs 值間也相互獨立。
2. 交通事故符合指數分配。

車道

通常大部分都認為寬車道可提供具有較高的行駛速度及安全性。美國公路容量手冊 (Highway Capacity Manual, HCM) 中指出寬車道可以提升車流速度，但卻很少證據直接顯示出寬車道有助於提升道路安全。

Hadi *et al.* (1995) 回顧相關文獻發現，目前大部份的研究都注重於車道寬度對於雙向雙車道的影響，很少提到對於多車道公路的影響，其中，Hauer (2000) 曾經嘗試利用模式去找尋車道寬對於多車道公路之影響，但卻發現其不具顯著影響。

路肩

路肩為道路中鄰近車道的部分，其功用包含：緊急停車、失控回復等 (AASHTO, 2001)。然而，過去的研究指出 11% 的高速公路死亡事故與停在路肩的車輛有關 (Agent *et al.*, 1989)。此外，也有資料指出越寬的路肩會導致駕駛者以越高的車速行駛，因為駕駛者認為有足夠的空間可以反應。

Hadi *et al.* (1995) 研究路肩寬度對於多車道高速公路事故的影響，其指出當有中央分隔的四車道鄉村道路的路肩每增加 1 英尺，可有效降低 1 至 3 % 的交通事故率；此外，當道路含路肩寬度為 10 至 12 英尺時，也會有較低肇事率，但這些數據僅限於未鋪砌的路肩。

Harwood *et al.* (2003) 藉由調整兩車道鄉村道路的 AMFs 值，來獲得多車道高速公路的 AMFs 值，因為其認為路肩寬度對於多車道高速公路的影響與兩車道鄉村道路相差無幾。

Rogness *et al.* (1982) 利用將道路類型由有路肩兩車道鄉村公路轉換為無中央分隔及路肩四車道鄉村公路所得前後肇事率進行分析，其研究結果指出道路類型的改變對於車流量為每日 1000 至 3000 輛的道路來說，會提昇其肇事率。

中央分隔

中央分隔最重要的目標為車流分離，其他功用包括：緊急停車、提供左轉區域及失控回復等，先前相關設計規劃議題大多是針對中央分隔設施的寬度及類型。近年來，中央分隔在安全運用之設計規劃研究則有逐漸增加的趨勢。

Council *et al.* (1999) 分別研究有分隔及無分隔四車道鄉村公路與兩車道公路間之安全水準差異，其研究結果指出，中央分隔會因道路車流量不同而對交通事故產生不同的程度的影響。此外，Hadi *et al.* (1995) 利用負二項迴歸 (negative binomial regression) 模式研究與中央分隔寬度與多車道高速公路交通事故之間關係，發現確實有一定程度影響。Fitzpatrick *et al.* (2008) 指出在有裝設中央分隔的四車道及六車道公路上，左邊路肩寬度每增加 1 英呎，可以有效降低 1.6 % 的交通事故。

但其他文獻卻指出中央分隔會增加交通事故數。Miaou *et al.* (2005) 比較裝設中央護欄前後的肇事資訊發現，中央護欄提升裝設道路的交通事故的風險。Elvik (1995) 分析了 39 個研究結果發現在一般的情況下，裝設中央分隔島會增加交通事故數，但是卻會降低交通事故的嚴重程度。

Elvik and Vaa (2004) 以 meta analysis 分別分析增加中央分隔後之受傷事故及財損事故，其 AMFs 值分別為 0.88 和 0.82，顯示佈設中央分隔確實可有效減少交通事故，其他相關研究也指出中央分隔可有效降低交通事故數 (Council *et al.*, 1999; Strathman *et al.*, 2001)。此外，Elvik and Vaa (2004) 另外指出中央分隔類型也會對於交通事故有所影響，其藉由分析有中央分隔多車道高速公路的受傷事故，發現混凝土柵欄的 AMFs 值為 1.15，鋼鐵柵欄為 0.65，而鋼索柵欄為 0.71，其說明裝設混凝土式中央分隔可能會提升發生交通事故風險。

Hauer (2000) 指出無法正確的定義出中央分隔寬度的 AMFs 值，但是其結果可顯示三個趨勢，而其他相關研究也提出類似的看法 (Neuman *et al.*, 2003)：

1. Cross-median crashes 會因中央分隔寬度增加而減少。
2. Median-related crashes 會因中央分隔寬度增加而增加。
3. 中央分隔寬度對於所有交通事故的影響是有疑慮的。

3.3.3 標線

標線係指以線條、圖形、標字或其他導向裝置，劃設於路面或其他設施上，用以管制道路上車輛駕駛人與行人行止之交通管制設施，其目的在於提供駕駛人及行人有關道路路況之警告、禁制、指示等資訊，以維持交通安全 (道路交通標誌標線號誌設置規則，2011)。駕駛人常見之標線包含用於分隔車道與對象車輛的白虛線、雙白實線、黃虛線或雙黃實線，禁止臨時停車或提示駕駛人注意之網狀線，以及透過圖示或文字呈現之標字 (如禁行機車等)。

除傳統標線外，近年來諸多研究嘗試將原本透過標誌傳遞之禁制資訊透過標線傳達予駕駛人。以速限為例，多數道路速限資訊必須藉由裝設於路側或道路上方之標誌牌顯示，然而於駕駛過程當中，為收集諸如速限等資訊，駕駛人必須將其視線自道路前方移轉至路側或道路上方，於此過程中將導致駕駛人無法維持對車流之情境察覺，進而增加發生事故之風險；反之，若駕駛人過於專注在駕駛操作上，可能導致無法成功接收到相關標誌所提供之訊息，Charlton (2004) 以彎道事故為題，回顧駕駛人於彎道的速度選擇與速限標誌對駕駛人之影響，發現90%的駕駛人在彎道的車速高於限速，即便設置速限標誌，也僅有6%的駕駛人看到，顯見一個標誌的有效性仰賴於其是否足夠明顯，可讓駕駛人所辨識與接收。因此，考量駕駛過程中，駕駛人注意力與視線多集中在車輛前方，相關研究將速限以標字型態繪於路面上，使駕駛人不必轉移視線即可接收相關訊息，研究顯示，透過標字提供限速訊息可成功被駕駛人所辨識，且可降低駕駛人心智負荷，此外，研究亦發現，車輛行駛軌跡在有標線提示的情境下比較接近中央線，顯示標線提示可以減少駕駛人必須轉頭看速限標誌的機會，並增加行車穩定度 (Charlton, 2004; Daniels *et al.*, 2010)。除了以傳遞禁制資訊為目的之外，透過不同形狀標線之繪製亦可改變駕駛人之行為，以桃園縣本年度於蘆竹鄉仁愛路三段試辦之中央箭型紋為例 (如圖 3.4)，藉由在車道中央設置箭型紋標線，可使駕駛人產生車道寬較窄且行車速度較快之錯覺，並使駕駛人自動減速，進而降低因超速造成之事故風險 (李容萍，2011)。



資料來源：李容萍 (2011)

圖 3.4 箭型紋減速標記

標線是否能發揮預期效果取決於其是否能被駕駛人有效辨識，尤其在夜間視線條件較差的狀態下，駕駛人需要耗費較多之心力觀察路面，導致道路交通事故死亡率遠高於日間，而當地面呈現濕滑狀態時，道路標線難以清楚判讀，更增加事故死亡之風險。Horberry *et al.* (2006) 透過模擬方式，評估不同標線設計條件對駕駛操作與駕駛心智負荷之影響；該研究要求駕駛人分別在一般傳統標線與加強

反光度標線兩情境下，盡量以接近速限與貼近車道中央的方式行駛，研究結果發現，駕駛人在加強標線反光度的情境下，車輛平均水平位置變異、越線次數、越線時間皆較低，顯示改良後的標線得以更有效導引車輛行進方向，並使駕駛人得以分配更多心智資源於車速控制上，使平均車速較接近速限且平均車速變異較低，此外，駕駛人於改善過後之標線情境當中，心智負荷顯著較低，且對駕駛信心度較高，認為改良後的標線可使駕駛工作困難度降低。

反光度為評估標線是否能有效被駕駛人辨識的重要指標，Lee (2011) 將標線反光度定義為車輛前燈光線經標線反射回駕駛人的比例，當反光度越高時，代表駕駛人越能清楚看到標線存在。於道路設計規劃過程中，必須考量在不同環境、光線、時間下，各種標線材質、顏色的反光度，以確保標線發揮其預期效果，道路安全設施維護單位必須確保標線反光度高於門檻值，若反光度低於門檻時，則必須加以重鋪或更新。標線反光度的最低門檻受到該路段速限與標線本身顏色之影響，Migletz *et al.* (2001) 將設置於不同等級道路的標線反光度門檻歸納如表 3.10；當速限越高時，標線反光度門檻也越高，此外，白色標線的反光度門檻應比黃色標線高。

表 3.10 標線反光度門檻

標線顏色	反光度門檻 (mcd/m ² /lux)		
	非高速公路 (速限低於64 kph)	非高速公路 (速限高於72 kph)	非高速公路 (速限高於89 kph)
白色	85	100	150
黃色	55	65	100

資料來源：Migletz *et al.* (2001)

不同材質的標線特性不一，其初始反光度、反光度衰減率、成本也不相同。標線材質主要可分為三大類：傳統式 (conventional)、耐久式 (durable)、臨時用 (temporary)，其特性與優缺點歸納如表 3.11。

為探討不同材質標線在各種交通、天候條件下反光度之衰退狀況，Lee (2011) 以熱塑性塑膠 (thermoplastic)、水性塗料 (waterborne paint)、inlaid tape三種標線為例，實際調查道路標線在不同時期反光度，並收集其對應時間之累積交通量、降雪量、降雨量等資料，並以迴歸分析 (包含linear、log、nonlinear、nonlinear log四種模式) 建構標線反光度衰退模式，然而由於並未能完全控制各抽樣路段的每一變因，導致模式成效不佳，其中以線性迴歸模式調整後R²最高。模式校估結果顯示，降雪量對標線反光度衰退率影響最大，遠高於降雨量與交通量，顯示在高緯度地區的鏟雪操作必須考量其對路面與標線之傷害，相關單位在標線維護時必須將降雪量作為生命週期評估之參數。

表 3.11 標線材質

類別	材質	材料成本 (美元/英尺)	生命週期	優點	缺點
傳統	橡漿 (latex)	\$0.03-0.05	9-36 月	<ul style="list-style-type: none"> 便宜 快乾 低流量下生命週期長 方便清除 不會產生有毒廢棄物 	<ul style="list-style-type: none"> 高流量下生命週期短 容易受沙塵影響 較不適用於剛性路面 僅適用於溫暖的環境條件下 須使用玻璃砂
	醇酸樹脂 (alkyd)	\$0.03-0.05	9-36 月	<ul style="list-style-type: none"> 便宜 快乾 在低溫環境下可使用 	<ul style="list-style-type: none"> 高流量下生命週期短 容易受沙塵影響 較不適用於剛性路面 材質可燃 可能產生臭味 須使用玻璃砂
耐久式	mid-durable paint	\$0.08-0.10	9-36 月	<ul style="list-style-type: none"> 便宜 快乾 低流量下生命週期長 方便清除 不會產生有毒廢棄物 	<ul style="list-style-type: none"> 高流量下生命週期短 容易受沙塵影響 較不適用於剛性路面 僅適用於溫暖的環境條件下 須使用玻璃砂
	環氧樹脂 (epoxy)	\$0.20-0.30	4 年	<ul style="list-style-type: none"> 低流量下生命週期長 高反光度 	<ul style="list-style-type: none"> 較不易乾 須搭配施工區管制 須大量使用玻璃砂 高建置成本 容易受沙塵影響
	tape	\$1.50-2.65	4-8 年	<ul style="list-style-type: none"> 生命週期長 高反光度 	<ul style="list-style-type: none"> 高建置成本 較適合新鋪之鋪面 易受鏟雪車影響
	熱塑性塑膠 (preformed thermoplastic)	N/A	3-6 年	<ul style="list-style-type: none"> 生命週期長 高反光度 不須使用玻璃砂 (Beads) 	<ul style="list-style-type: none"> 僅能使用在標字或圖示 容易受沙塵影響 易受鏟雪車影響
臨時性	temporary tape	\$1.10-1.50	N/A	<ul style="list-style-type: none"> 可快速設置、移除 可搭配施工期間設置 不影響道路鋪面 	<ul style="list-style-type: none"> 僅適用於施工區

資料來源：Lee (2011)

依據生命週期評估結果，Lee (2011) 進一步探討不同材質標線的設置、維護總成本。標線成本項目主要可分為三類：設置成本、施工造成延滯成本、事故成本；經由Lee (2011) 所建構之反光度衰退模式可評估各種標線材質在不同環境下的生命週期，進而可推估在單位時間內之總設置成本，低成本之標線材質設置花費雖低，然而其生命週期短，在單位時間內必須多次重新鋪設，每次重新鋪設除了必須投入標線材料與施工人力等成本外，施工時對車流造成之影響也必須納入計算，部分易乾材質可縮短工程時間，降低對車流之影響，此外，施工區亦造成事故風險增加。表 3.12為每次施工必須耗費之成本，表 3.13為考量在不同交通量、降雪量與標線反光度衰退的標線設置年化成本，以本研究所提之案例顯示，在多數降雪與交通量的情境下，熱融性塑膠年化成本最低。

表 3.12 標線施工成本 (美元/英尺)

標線材質	設置成本	車流延滯成本	事故成本	總成本
水性塗料	0.144	0.004	0.0008	0.148
熱融性塑膠	0.760	0.0144	0.00068	0.777
Inlaid Tape	3.168	-	-	3.168

資料來源：Lee (2011)

表 3.13 白色標線設置年化成本

環境條件	Inlaid Tape	熱融性塑膠	水性塗料
低交通量與低降雪量	1.32	0.68	1.64
低交通量與中降雪量	1.58	1.00	2.47
低交通量與高降雪量	4.73	4.31	4.93
中交通量與低降雪量	1.43	0.85	0.99
中交通量與中降雪量	1.83	1.20	2.47
中交通量與高降雪量	4.95	4.86	4.93
高交通量與低降雪量	2.02	1.20	0.99
高交通量與中降雪量	2.31	1.20	2.47
高交通量與高降雪量	2.28	4.85	4.93

資料來源：Lee (2011)

第四章 道路設施與安全之關聯

道路設施的設置與改變會直接或間接地影響駕駛 (driving) 及旅運 (trip) 行為，進而影響交通事故的型態並對環境造成不同程度的影響。由於交通事故之發生通常非由單一因素造成，而是人、車、路及環境四個系統內各個因子交互作用而成，為同時達成道路設施安全與節能減碳之目標，必須有效考量道路設施對交通行為的影響以及交通事故形成之複雜性。本章首先從事故鏈的概念闡述交通事故形成的原因，接著分析駕駛人行為與道路設施之間的關係。

4.1 道路設施與交通事故之形成

交通事故的產生除了本身生命及財產的損失外，會引發車流擁擠、二次事故 (secondary crashes) 等負面結果，進而造成環境的衝擊；因此為減少道路設施對環境的影響，除了道路設施本身的節能減碳設計外，也必須考慮其對交通事故的影響。

4.1.1 事故鏈

早期的事故研究大都將事故發生因素歸責於事故近端因素 (closest-to-event factor)，但近年來許多學者已體認到，事故的發生並非由單一因素造成，而是由一連串的因素組合而成 (Baker and Ross, 1961; Elvik, 2003; Fleury and Brenac, 2001; Reason, 1997; Wong and Chung, 2007a; 2007b; 2008a; 2008b)。事故鏈之概念中 (如圖 4.1 所示)，事故預防主要影響範圍為行前、駕駛途中與事故發生三個階段。單一事故的發生受到各個階段不同因素影響，事故鏈分析之意義即在於解構事故發生的過程，以建立該事故發生之雛形原貌。因此，在探討道路設施對交通事故的影響與環境衝擊時，除了行車階段外，也須考量行前與發生事故後的各項因子。

道路設施為駕駛途中至事故發階段之重要因素，不良的道路設計不但會增加駕駛人不必要之車輛操縱，增加車輛之碳排放，並會提高事故發生之可能性。另一方面，道路之幾何設計、號誌時相、類型等級等各項特徵也會影響駕駛人之旅次產生、旅次分配、運具選擇以及路徑選擇等行前階段的狀態，進而影響道路上之車流及事故型態。例如 Eby *et al.* (2000) 與 Simos (2003) 的研究發現，老年人傾向採取某些行車策略，以彌補其在視覺或反應等生理機能上的退化，像是避免在沒有左轉專用時相或專用道的地方左轉或避免在高速公路等速限較高的道路上開車。因此，在進行道路設施節能減碳及交通事故研究時，應將節能減碳的影響以及交通事故的產生視作一個動態的過程並盡量考慮所有可能影響因素，以避免分析結果發生偏誤。

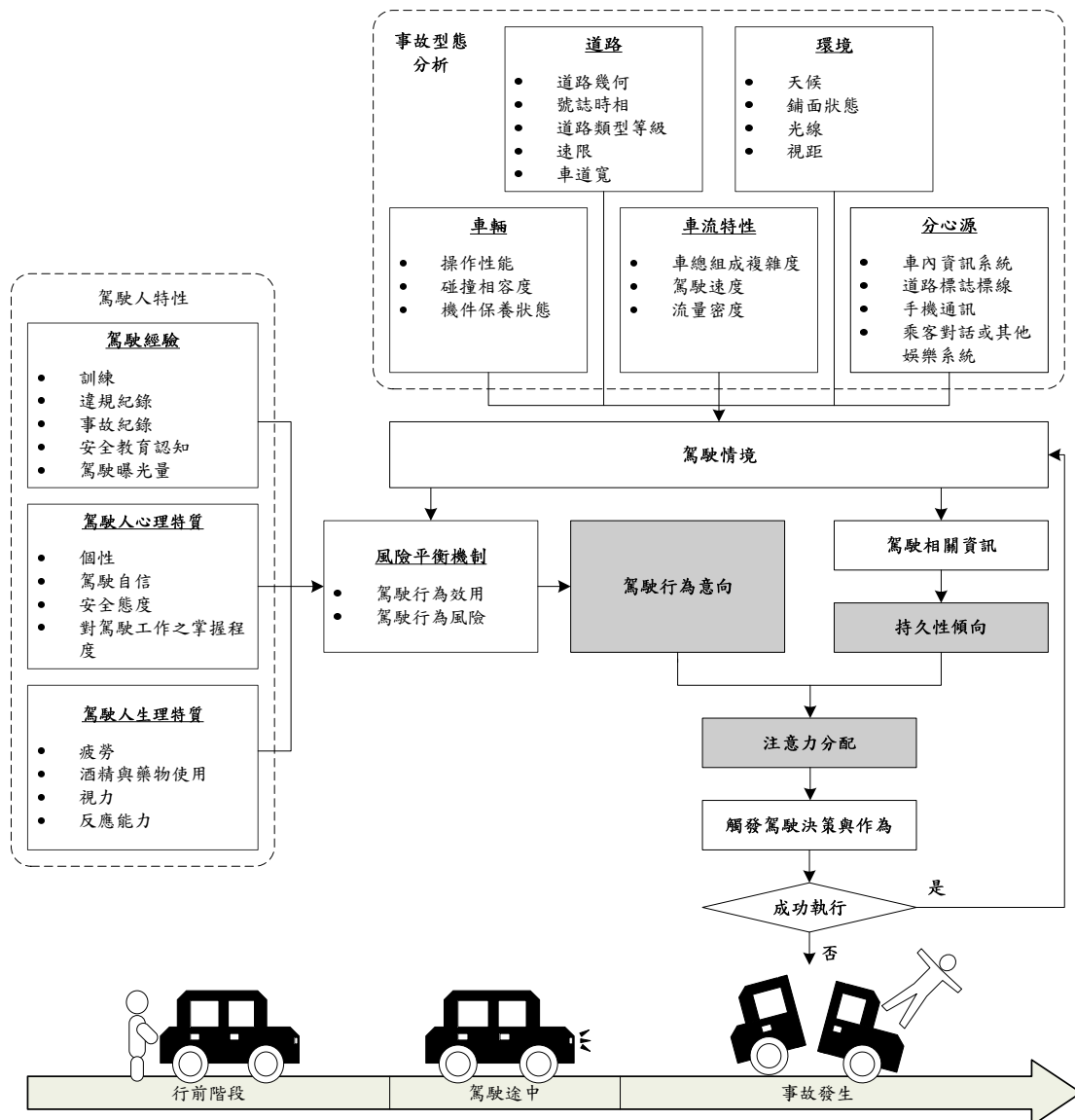


圖 4.1 事故鏈分析架構

另外，後送救援的效率也是影響交通事故對環境衝擊的因素之一，交通事故後送救援的即時性取決於該地區是否有完善的緊急醫療體系與救援設備，其影響車輛受到撞擊後事故當事人的存活率。車種被視為是影響事故嚴重度與駕駛人事故存活率的最重要影響因素 (Chang and Wang, 2006)，車輛對於人體的保護產生極大的作用，車輛本身的保護力會影響車輛事故的存活率。Mizuno and Kajzer (1999) 依據各種不同車型的堅固度、耐撞度、重量等因素評估車種的碰撞相容度 (compatibility)，碰撞相容度越高，代表駕駛人越容易在與該車種相關的事故當中存活；結果顯示，於該研究所包含的車型中，SUV 與 mini car 兩種車型的碰撞相容度最低，顯示該兩種車種重量為研究範圍當中最大與最小的兩極端，當發生車禍時，最大型的車輛雖能保護車內的駕駛與乘客，但卻會造成其他車輛較大的傷害，反觀 mini car 為最小型的車輛，當發生車禍時最容易受到嚴重損傷；Albertsson and Falkmer (2005) 研究結果同樣顯示重車相關事故所造成的傷亡比例遠較於小型車高。車速為另一影響事故嚴重度的重要因素，車速越快意味著可

供緊急反應避讓的反應時間較少，同時也增加在撞擊時所產生之動能與傷害，過去研究多顯示發生在速限較高（通常代表駕駛人行車速度亦較高）的狀態下，事故的死亡率顯著提升 (Aarts and van Schagen, 2006; Dissanayake and Lu, 2002; Gårder, 2006)，Christoforou *et al.* (2010) 進一步分析車速在不同車流狀態下的事故嚴重度，發現在高車流狀態下，車速與事故嚴重度的關係更為顯著。此外，車輛內的保護設施（例如安全帶、安全氣囊等）在碰撞發生當下亦可發揮保護駕駛人免受致命傷害的作用，然而此一安全防護措施有時卻會造成事故風險的增加，Peltzman 效應即為探討某些駕駛會因為擁有高等級的安全設施而採取較危險的駕駛行為，最後反而導致事故嚴重度的增加 (Peltzman, 1975)。

4.1.2 道路設施與重現型事故型態

事故的發生為隨機但非屬均質，對於完全獨特且隨機發生的事故，其事故型態並不固定或其事故型態在歷史資料中為獨一無二，也就是說在近乎類似的狀況下，同樣的事故產生的機率非常低；相對地，事故資料中屬於事故型態重現性高的事故，代表著過去在類似的狀況下皆發生相同的事故。

由於事故的產生受到許多因素交互影響，事故一般被視作隨機發生且難以預測；然而，在某些特定的情況下，事故仍有跡可尋。例如交通部運輸研究所長期進行的台灣地區易肇事路段改善計畫，即假設道路上可能潛藏著某些陷阱，造成許多駕駛人容易在同樣的地點發生車禍；例如路燈設計不良造成駕駛者視線不良，或一段下坡後需要大角度轉彎造成駕駛者反應不急，而容易衝撞道路設施或衝出路外。若進行改善，即可能避免同樣的事故再度發生。

根據 Elvik (2008) 之定義，易肇事地點為在同類型的環境、道路條件下，事故發生頻率或件數偏高的地點¹。易肇事地點分析主要為呈現重現性之事故型態，過去研究顯示，各路段的事故頻率主要受到該路段交通量（例如 Annual Average Daily Traffic 等）、道路幾何（例如視距、水平曲線、垂直曲線、彎度等）與環境（例如天候、鋪面、光線等）等相關因素影響 (Abdel-Aty and Pande, 2007; Caliendo *et al.*, 2007; Chang and Chen, 2005; Oh *et al.*, 2006)。建構易肇事地點之分析與預測模式可幫助進行既有路段的安全評估，同時亦可作為改善工程或道路設計之參考。

不同的事故類型（例如對撞、擦撞、追撞、交叉撞等）代表車輛與車輛或其他障礙物之間不同的衝突。以追撞事故為例，追撞為多車事故當中最常發生的碰撞型態，從道路幾何相關因素進行追撞事故分析可以發現，當該路段號誌時相較多、安全島寬度較大、速限較高或車道數較多時，發生追撞事故的可能性會大幅提升 (Chin and Quddus, 2003; Wang and Abdel-Aty, 2003; Yan *et al.*, 2005)；安全島寬度、速限、車道數等特性反映該路段的等級，一般而言，設計等級與預期流量

¹ 原文：Any location that has a higher expected number of accidents than other similar locations as a result of local risk factors present at the location.

較高的路段會傾向設定較高的速限、較多車道數與較寬安全島，當車流量增加時，前後車發生碰撞的機會亦隨之增加，此外，號誌時相數增加意味著車輛需要加減速的頻率增加，若駕駛人對前車動態稍不注意則可能造成追撞事故。Kostyniuk and Eby (1998) 認為追撞事故主要受到前車動態影響，後車駕駛常會將自身之行車操作特性投射至前車上，換言之，若前車的操作不如預期，例如預期前車應加速通過路口而非減速停止，而後車駕駛又未能即時察覺時，兩車即有可能發生事故；Golob and Recker (2003) 與 Neyens and Boyle (2007) 探討駕駛人分心與事故類型的相關性，研究結果顯示當駕駛人受到車內資訊系統、手機等非駕駛作業的分心因素影響時，較傾向發生追撞或與固定物碰撞的事故。上述研究有一共同之處，駕駛人對於車前狀態必須要維持高度的警覺性，在駕駛的過程當中，直行占了絕大多數的時間，掌握車前狀態為行車安全的關鍵，尤其是在走走停停的擁擠車流當中更是如此；因此，若駕駛人無法有效掌握車前狀態，或是注意力被移轉至他處時，即有可能產生追撞事故。

過去有許多研究分析交通事故與道路幾何 (Roadway Geometrics) 或道路設施之間的相關，考慮的主要變數包括道路類型 (例如從功能性或從實體特性區分)、路面標線、路旁設施或路樹、道路鋪面、車道數及寬度、路緣寬度、水平曲率以及垂直坡度等，並發展出一系列的統計模式，以更貼近事故發生本質的方式進行分析，包括：波瓦松 (Poisson) 或負二項 (Negative Binomial) 等傳統統計模式、Zero-inflated 負二項模式、具有隨機效果的負二項模式、具有隨機參數的負二項模式、雙態馬可夫轉換負二項模式 (dual-state negative binomial Markov switching model) 以及各式的羅吉特 (logit) 等 (e.g. Lee and Mannering 2002, Chin and Quddus 2003, Flahaut 2004, Haynes *et al.* 2007, Easa and You 2009, Wang *et al.* 2009, Malyshkina and Mannering 2010)。例如 Lee and Mannering (2002) 以 zero-inflated count model 以及巢氏羅吉特模式 (nested-logit model) 分析美國華盛頓州 (Washington state, USA) 某條高速公路約 96.6 公里路段的衝出路外 (run-off-roadway) 事故與道路幾何以及路邊設施之間的關係，呈現顯著的相關變數包括路緣與護欄之間的距離、行道樹的數目以及路緣與路燈之間的距離等。另外像 Malyshkina and Mannering (2010) 以雙態馬可夫轉換負二項模式分析美國印地安那州 (Indiana state, USA) 2003-2007 的事故資料，研究結果發現水平曲率 (horizontal curvature) 是在進行道路設計時影響安全的重要變數，而是否設置路肩則對於多車道高速公路的安全有顯著相關，瀝青 (asphalt) 路面的道路相對於其他鋪面道路的事故少。

除了道路設施相關因素外，部分研究也另外考慮了天候因素對事故發生的影響。例如 Shankar *et al.* (2004) 的分析發現，天候對事故的影響不但有主效果也與道路設施有交互效果，包括降雨量、降雪量以及降雪量與道路水平曲率的交互作用。另外像 Jung *et al.* (2010) 也發現，在控制住駕駛人特性與安全帶使用後，降雨的強度風速會顯著影響事故發生的嚴重程度，而當天氣變的惡劣的時候，事故往往較為嚴重。

除了直接以事故發生現場之道路與環境特性與事故發生數或嚴重度進行分析的文獻外，也有少部分的研究以該區域的道路特性為對象進行分析。例如：Haynes *et al.* (2007) 利用地理資訊系統 (Geographic Information System, GIS) 計

算英格蘭 (England) 及威爾斯 (Wales) 地區的道路曲度，包括平均每公里的道路彎曲次數、直線路段占總路段長的比例、每公里路段的累積彎曲角度以及道路彎曲的平均度數，並利用負二項模式分析以上變數與道路交通事故之間的關係。在控制住人口、社會經濟以及曝光量變數之外，研究結果發現交通事故與道路曲度有顯著的負相關，其中又以累積彎曲角度與重大傷亡事故的相關性最高。另外像 Wang *et al.* (2009) 為衡量區域平均行駛速度 (area-wide road speed) 以及區域平均道路曲率 (area-wide road curvature) 與交通事故之間的關係，將英格蘭地區分成 8019 個空間分區，以負二項模式為基礎，並以納入啞變數 (dummy variables) 的方式考量空間異質性，捕捉因資料無法取得卻可能在空間上呈現變異的影響因素 (例如天候狀況) 對事故發生的影響。其研究結果顯示，在控制住道路設施特性、車流特性、人口特性以及空間變異後，當區域平均行駛速度提高，對於嚴重事故的發生有顯著正向的關係，對輕微事故的發生則為負向關係，而區域內的道路曲率指數越高，交通事故的發生率較低。最後，由代表空間變異的啞變數校估結果可以發現，就算控制住可能的影響因素，空間在交通事故發生的異質性仍然存在。

4.2 道路設施與駕駛人行為

駕駛行為是節能減碳的關鍵因素之一，良好的駕駛行為 (如 eco-driving) 可至少降低能源消耗與碳排放約 10 % (Barkenbus, 2010)。另一方面，駕駛人為事故鏈當中最重要的一個環節，相同的道路安全措施，因駕駛行為的不同而可能導致不同的結果。本節首先分析駕駛人行為特性，接著闡述駕駛人資訊與道路環境的關係。

4.2.1 駕駛人行為

駕駛行為乃駕駛人不斷在解決問題，包括思考 (thinking)、選擇 (choosing) 並在不同的替選方案間進行決策 (Vaa, 2001)。Wilde (2001) 提出一個駕駛行為風險的自我調適模式 (risk homeostasis model)：假設所有的駕駛者都有一個本身設定的目標風險 (target level of risk)，這個目標風險即反應該駕駛人的風險偏好。當駕駛人在道路上行駛遇到狀況時，其將根據所有可能的方案 (例如：加速、減速、變換車道等) 衡量施行該方案可能之成本與效益，再選擇一個最靠近自己目標風險的方案加以施行；例如：一個小心的駕駛人，可能覺得減速行為的效益大於成本，但一個追求刺激的駕駛人，可能覺得減速行為是一個高成本的決策。當駕駛人決定一個想要的改變 (desired adjustment) 後，依據其本身的決策能力與駕駛技巧施行該項行動，該行動結果並不一定會與預想的結果百分之百相符；駕駛人改變動作後，週遭環境會根據這個刺激回覆一個反應給駕駛人 (lagged feedback)。駕駛人接受到訊息後即累積一個經驗，將影響其下一個駕駛決策行為。

Reason *et al.* (1990) 將不當駕駛行為分為違規 (violations)、無害疏失 (harmless lapses)、危險失誤 (dangerous errors) 三大類型，後續研究多數皆依循其

所提之架構進行。Blockey and Hartley (1995) 針對澳洲 Murdoch 大學職員與學生進行調查，利用因子分析後發現，危險性違規駕駛行為可解釋不當駕駛行為的總變異量所占百分比比較高，此一差異係由於收集樣本之年齡層較為偏低 (72%低於 26 歲)，顯示年齡愈低違規行為愈頻繁，因此造成兩研究在因子組成間的差異。Parker *et al.* (1995) 發現若駕駛人在違規構念之因子得點愈高，其事故發生次數愈頻繁；此外，該研究同時發現男性與年輕駕駛更容易發生事故，作者認為可針對上述駕駛族群進行教育，提升其安全駕駛之態度。Parker *et al.* (2000) 採用 Parker *et al.* (1995) 所改良之 Driving Behavior Questionnaire (DBQ) 分析高齡駕駛 (50~90 歲) 人之行為特性，因子分析結果可將問項分為四個構念，其中違規行為可細分為侵略性違規 (aggressive violation) 與一般性違規 (ordinary violation) 兩類型，然而相較於一般年齡層駕駛之調查，高齡駕駛出現侵略性違規行為之頻率極低，此外，由於高齡駕駛者心智能力之退化，導致駕駛過程中發生疏失之機會較高；因此作者認為，針對高齡族群應給予駕駛技術複習之課程，藉以提升安全認知與操作之熟稔程度。

相較於 DBQ 探討駕駛人發生異常駕駛行為之頻率，駕駛行為量表 (Driver Behaviour Inventory, DBI) 目的在於瞭解駕駛人的壓力來源。為瞭解駕駛人面臨不同壓力可能造成不同的異常駕駛行為，Westerman and Haigney (2000) 引用 Glendon *et al.* (1993) 發展之 DBI 與 Parker *et al.* (1995) 使用之 DBQ，針對英國地區持照至少一年以上之駕駛人進行調查，發現男性駕駛人較常發生違規之行為，隨著年齡增加，違規行為之頻率會隨之降低，但發生疏失行為呈現增加之趨勢。另外，DBQ 與 DBI 交叉分析可發現，常常感到壓力的駕駛人較容易發生失誤駕駛行為以及違規駕駛行為。

由上述關於駕駛行為之分析可知，不同類型駕駛人常常會傾向採取不同類型的駕駛行為，例如男性駕駛人被發現較常發生違規行為，進而較容易發生道路交通事故 (Reason *et al.*, 1990; Westerman and Haigney, 2000)，為更進一步了解駕駛人在事故發生的過程當中扮演了何種角色，因此，許多研究針對駕駛人特性對行車安全之關連性進行研究。駕駛人特性可被視為事故鏈當中影響事故發生的「行前」因素，受到駕駛人在生心理狀態差異之影響，其旅次計畫，包括使用的車輛或運具、行走的路線、旅次起始的時間以及預期結束的時間，以及後續在「駕駛途中」的駕駛操作都會有所不同。

駕駛人特性主要可由年齡與性別兩外顯因素加以分析。首先就駕駛者之生理能力而言，不同年齡族群間的駕駛行為存在極大差異，其中又以高齡族群最為顯著，綜整過去研究可知，高齡駕駛的資訊處理量、心智能力、駕駛技術與分割注意力的能力都呈現顯著退化 (Bayam *et al.*, 2005; Clarke *et al.*, 1998)，為了維持與社會活動之連結，老年族群常會採取不同方法加以因應。Baltes and Baltes (1990) 提出「選擇、最佳化以及補償 (Selection, Organization, Compensation, SOC)」策略之概念，認為年長者會針對呈現下降趨勢之駕駛能力採取「選擇」的策略，減

少較不重要的活動以降低駕駛需求，但為保持一定駕駛能力的老年族群仍會採取「最佳化」策略，盡量達成所有的活動需求，至於駕駛能力已不足以應付駕駛需求者會採取「補償」策略，使用其他交通運具取代親自駕駛。Nasvadi and Varik (2007) 發現不同類型的老年族群適用於不同之策略，因此，針對駕駛能力已有所退化但仍會選擇開車的駕駛者，應提供相關資訊以降低其事故之風險。性別為另一重要駕駛人特性，Chang and Yeh (2007) 發現，男性駕駛人相關的事故通常肇因於其高風險性的駕駛行為，相較之下，女性駕駛則主要是因為較缺乏經驗或駕駛技術不足而造成事故的發生。

為結合駕駛人生理與行為的特性對事故鍵在「事前」與「事故發生」兩階段之影響，Ulleberg and Rundmo (2003) 透過 Ajzen (1991) 所提出之計畫行為理論 (Theory of Planned Behavior, TPB)，探討駕駛人格特質、安全態度對駕駛行為之影響。奠基於 Ulleberg and Rundmo (2003) 所提出之模式架構，Wong *et al.* (2010) 進一步納入 Hoyes *et al.* (1996) 所提出之風險平衡理論 (risk homeostasis theory) 之概念，發現駕駛人在執行高風險性駕駛行為時，不只會考量該行為所帶來之事故風險，同時亦會考量該行為帶來的效用，例如時間節省或刺激感。Wong *et al.* (2010) 將年輕機車駕駛族群分為三大類型；第一類為隨和性較高且相對較安全的駕駛人；第二類則為冒險性的駕駛人，此類駕駛人自信心高，較能接受高風險性駕駛行為且能從當中獲得正面效益，由於該類型駕駛人擁有良好的技術，對於道路環境與週遭車流掌握度高，反而較不容易發生事故，然而一但發生事故，其嚴重度則較其他類型駕駛人嚴重；第三類為容易感到不耐煩的駕駛人，此類駕駛人較缺乏自信心，同時對於道路環境與週遭車流的掌握能力不足，但卻又傾向在高風險駕駛行為當中獲得效益。由於過去研究多將異質性議題忽略，基於同一模式架構，Wong *et al.* (2011) 進一步探討不同類型駕駛人在高風險駕駛行為模式的異質性，研究結果顯示，對不同類型駕駛人而言，其高風險駕駛行為決策的形成邏輯亦不同，不可一概而論。

4.2.2 駕駛人資訊與道路環境

隨著資訊與通訊等科技的快速發展，使得許多先進科技運用於傳統運輸系統的構想變得日益可行，發展智慧型安全運輸系統 (ITS-Safety)，利用車上單元 (On-Board Unit, OBU) 以傳送即時的安全資訊或輔助車輛控制，遂成為世界各國交通運輸的主流，也成為節能減碳的利器之一。交通部國道高速公路局即藉由網站、1668 電話語音系統，提供行前及行駛途中之旅行時間資訊、路網轉向資訊、都會區路網資訊，用路人可透過行動通訊設備如手機或透過加值業者車上機獲得高快速公路即時路況資訊，以減少用路人行車時間，並達成節能減碳的效果。

智慧型運輸系統 (Intelligent Transportation System, ITS) 結合資訊科技、電子控制、感應技術與資訊傳輸之技術，得以監控駕駛人之行車操控，避免因注意力分配不佳導致無法妥善進行情境察覺而造成危險，此外，針對不同需求與管制目的，主動給予不同等級之客製化與即時資訊，減少駕駛人主動搜尋造成分心狀態。然而，透過先進科技提供大量資訊的同時仍須考量駕駛人注意力資源的限

制，不適當的資訊內涵、傳遞方式與資訊量，不但無法幫助駕駛人，反而容易因分心造成更嚴重的事故。

智慧型運輸安全系統架構如圖 4.2 所示，以下即分別從交通管制與路徑指引資訊、警示、自動化操控回顧相關文獻。

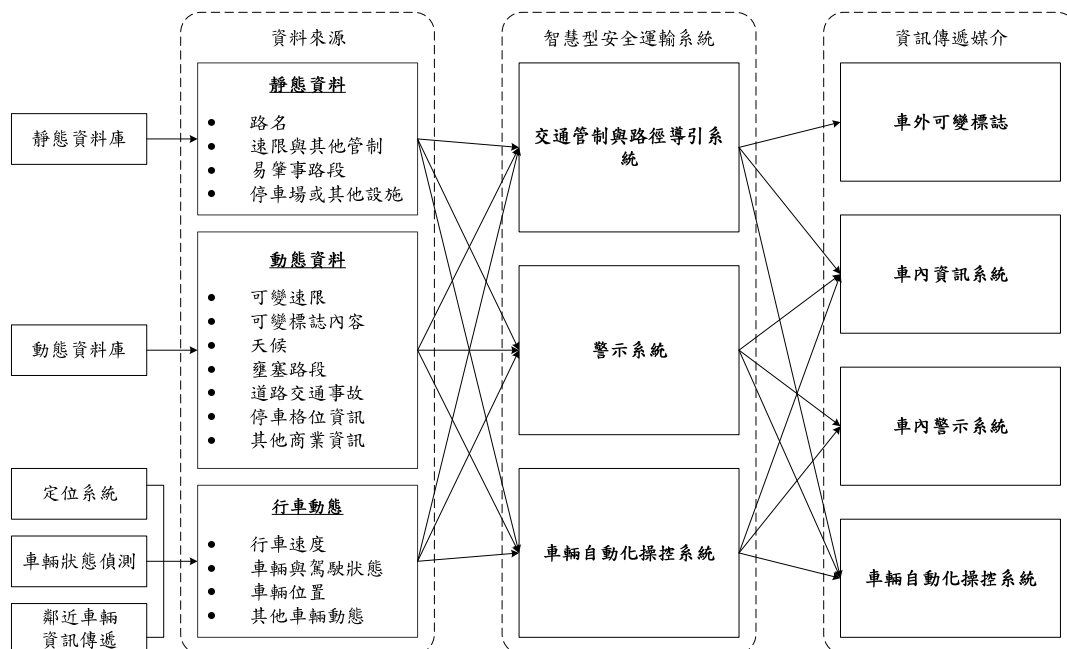


圖 4.2 智慧型運輸安全系統架構

1. 交通管制與路徑指引資訊

提供交通管制與路徑指引資訊目的在於增進駕駛人對即時性交通狀況的了解與掌握，從使用者的觀點，多數駕駛人認為資訊量越大越能幫助駕駛行為的決策 (Brookhuis and de Waard, 1999; Creaser *et al.*, 2007)，同時，取得即時性的行車資訊可增進駕駛人對車流狀態與整體旅次的掌握度，藉以降低煩躁不安，並預先分配注意力至適當目標，避免突發事件的發生 (Boyle and Mannering, 2004; van Driel *et al.*, 2007; Vashitz *et al.*, 2008)。

交通管制與路徑指引資訊可透過可變標誌系統 (Changeable Message Sign, CMS) 將相關資訊傳遞與駕駛人；可變標誌系統係針對全體駕駛族群之需求，其資訊內涵反映當地交通特性或管制策略。Al-Ghamdi (2007) 於高速公路路段設置濃霧偵測器與減速可變標誌，並偵測該路段車輛的車速、車間距等資料，探討該偵測器是否能夠有效降低事故風險，研究顯示駕駛人平均速度會因減速可變標誌而下降；另外，有些研究提出於交叉路口設置決策輔助 (Intersection Decision Support, IDS) 系統，以協助駕駛人安全行駛於無號誌管制之路口，提供駕駛人垂直方向車流狀態並建議可安全通過路口的安全車間距 (Creaser *et al.*, 2007; Laberge *et al.*, 2007; Neale *et al.*, 2007)，研究

結果顯示資訊的提供在一般駕駛的認知中，對安全是有助益且有需要的，不過清晰資訊的傳遞以及資訊的有用性亦是不可忽視的重要課題。

設於道路之可變標誌系統仍須仰賴駕駛人對標誌的搜尋，因此，若駕駛人行經該路段時未能即時發現路旁標誌則無法達到設置該標誌之目的；車內資訊系統 (In-Vehicle Information System, IVIS) 則是透過車內設備與外界環境資訊的鏈結，直接將資訊傳遞至車內予駕駛人，由於車內資訊系統為車載型設備，得以針對個別駕駛人需求進行客製化，以提供諸如導航、路徑指引、塞車路段、天候、易肇事地點、測速照相與其他商業資訊。Vashitz *et al.* (2008) 以長隧道行車安全為例，提出透過車內 ITS 系統提供相關車流與緊急事件資訊，藉以降低駕駛人之心智負荷量 (mental workload)，然而研究成果亦發現駕駛人在接收資訊的同時，其車輛水平位置穩定度下降，顯示資訊的接收仍會與駕駛操控產生互動，造成行車風險增加。車內資訊系統亦可作為先進駕駛輔助系統 (advanced driver assistance) 的資訊平台，藉由駕駛人事先設定目的地與行駛路徑，以及即時更新設定路徑上的車流狀態，先進駕駛輔助系統得以提早告知駕駛人可能的雍塞路段，並即時提供替代路徑的選擇，或是告知駕駛人還有多少時間或距離方能通過雍塞路段，以降低身陷車陣中駕駛人的疲勞與煩躁 (van Driel *et al.*, 2007)。

過去研究顯示駕駛人較為偏好交通管制與路徑指引資訊的提供，然而無論是在車外或車內搜尋資訊皆會將注意力移轉至非駕駛作業，進而增加行車風險 (Liang *et al.*, 2007; Vashitz *et al.*, 2008)，分心與資訊過載之議題必須要審慎評估。

2. 警示資訊

第二類智慧型運輸安全系統為提供駕駛人可能造成行車風險的警示資訊，該類型資訊目的在於幫助駕駛人偵測潛在之行車風險，並轉移駕駛人之注意力至關鍵事件或安全威脅上，藉以加強情境察覺能力，避免行車安全盲點的威脅。透過偵測與監控的技術，警告型資訊系統得以辨識可能危及安全的物體車輛，確保駕駛人得以察覺相關風險，並降低搜尋潛在安全威脅的工作量。

車輛防撞警示系統 (Vehicle Collision Warning System, CWS) 透過車載的偵測器搜尋道路上的障礙物，並且量測該行車威脅與駕駛人之間的距離，當系統所設定的安全範圍內出現安全威脅，系統將警告駕駛人並提供相關操作建議 (Kumar *et al.*, 2005; Maltz and Shinar, 2007; Shaheen and Niemeier, 2001; Tan and Huang, 2006; Vahidi and Eskandarian, 2003)。近年來，互動式車輛防撞系統 (Cooperative Collision Warning System, CCWS) 之概念已逐漸受到重視，不同於傳統 CWS 僅由車輛上的單向偵測器提供資訊，互動式車

輛防撞系統之概念仰賴車輛之間的通訊功能，若道路上的所有車輛皆裝有相關的定位與通訊設備，偵測並傳遞本身的車速、行向、加減速度等，透過該系統之定位得以判斷鄰近區域內所有車輛的位置，並且針對該特定範圍內的所有車輛建議最佳的行車操作 (Polychronopoulos *et al.*, 2007; Tan and Huang, 2006)。然而此一互動式的防撞系統於發展上仍有困難必須突破，並非所有車輛都配備有互動與偵測設備，道路上任一未配備互動防撞系統之車輛即為資訊傳遞與防撞偵測的黑洞 (Tan and Huang, 2006)。

除了上述針對存在於周遭環境的安全威脅，警告型資訊系統亦可偵測駕駛人的行車動態，在可能產生危險狀況時提供警訊，以速度控制為例，於行車過程當中，駕駛人必須頻繁的檢視儀表板與路旁速限標誌，以確認行車速度並未超過規定，自動速度偵測與警示系統可透過 GPS 定位或路側設施取得該路段之速限資訊，當駕駛人車速超過速限時則可給予警告 (Marell and Westin, 1999; Young and Regan, 2007)。此外，為避免駕駛人因過多外界環境刺激而導致分心，車內警告性資訊系統透過追蹤駕駛人眼球或頭部轉動，判斷駕駛人於單位時間內的分心狀態，若駕駛人花費過多時間在掃視非駕駛相關區域時，系統可警告駕駛人已出現分心狀況，並回饋至車內資訊系統以調整資訊內容 (Donmez *et al.*, 2007)。

3. 自動化操控

自動化操控資訊屬於行車資訊系統的強制性介入，藉以避免人為誤失對行車安全造成傷害，安全防護資訊的主要功能包含車輛的自動控制以及限制危險駕駛行為。

自動化公路 (Automated Highway System, AHS) 之目標為達成駕駛人完全無須主動採取任何行為操作的自動駕駛，其核心技術為先進車輛控制系統 (Advance Vehicle Control System, AVCS)，包含透過適應性巡航系統 (Adapted cruise control, ACC) 控制速度與行車方向 (Young and Regan, 2007)，藉由強制介入車輛操作，自動化公路可降低車流速度的變異，並且限制超車、變換車道等行為，藉以提升行車安全與公路容量 (Carbaugh *et al.*, 1998; Vahidi and Eskandarian, 2003; Young and Regan, 2007)。

上述警告型資訊系統亦可加入自動化控制之功能。例如智慧型速度控制 (Intelligent Speed Adapter, ISA) 不僅能在超速時提供警示，更可自動切斷油門避免駕駛人超速 (Molin and Brookhuis, 2007; Young and Regan, 2007)。變換車道支援系統 (Emergency Lane Assists, ELA) 則可透過偵測周圍環境的車流狀況，當駕駛人欲在危險狀態下變換車道時，系統會產生一逆向的力矩，將車輛導回原行駛車道 (Eidehall *et al.*, 2007)。此外，考量到駕駛人在使用資訊系統或行動通訊時，往往低估其分心帶來的風險，車內通訊管理系

統在駕駛人處於高負荷狀態下時，會限制行動通訊或車內資訊系統之使用，以避免駕駛人分心造成事故發生 (Bruyas *et al.*, 2009; Nunes and Recarte, 2002; Piechulla *et al.*, 2003)。

在理想狀態下，自動化系統的運作可使行車過程完全不會受到人為因素所干擾，駕駛人僅需分配注意力在監控系統的正常運作；然而自動化系統的應用取決於駕駛人的接受度。過去研究顯示，一般駕駛人對於智慧型運輸系統的接受度極高，其中唯有自動化系統的使用率偏低；此類自動化系統剝奪駕駛人對車輛的主控權，因此駕駛人偏向使用提供資訊或警示功能的資訊系統，而非自動化操控系統 (Al-Ghamdi, 2007; Bruyas *et al.*, 2009; Donmez *et al.*, 2007; Marell and Westin, 1999; Molin and Brookhuis, 2007; Vashitz *et al.*, 2008; van Driel *et al.*, 2007; Young and Regan, 2007)。

除了資訊內涵與複雜度會對行車安全與注意力分配造成影響外，資訊傳遞媒介亦會造成駕駛人面對多重資訊源之下的不同反應。一般而言，資訊可透過視覺、聽覺與觸覺三種方式傳遞。

視覺資訊通常被使用在諸如路徑導引之類的行車輔助型資訊系統，行車過程當中，道路環境當中絕大多數的安全威脅必須倚靠視覺搜尋，因此，透過視覺化的表達方式可能造成的分心風險遠大於其他媒介 (Hatfield and Chamberlain, 2008)；為降低衝擊，若採用視覺化的平台呈現行車資訊必須考量置放資訊源的位置，根據研究，駕駛人的中央視野區域（儀表板附近）為造成最小分心的位置 (Neale *et al.*, 2007)。

對於警告型資訊而言，考量到安全警示並非持續性的資訊，駕駛人不可能將視覺注意力隨時分配至車內資訊系統，藉以觀察是否有警告訊息出現，此外，與其專心於觀察車內資訊系統，駕駛人寧願將注意力投注在道路駕駛環境當中，藉以觀察潛在威脅 (Maltz and Shinar, 2007; Neale *et al.*, 2007)；因此，可提供的資訊量有限，警告型資訊系統仍適用以聽覺或震動的觸覺方式傳遞資訊 (Maltz and Shinar, 2007; Neale *et al.*, 2007)。然而警示型資訊系統關鍵在於該訊息是否能被駕駛人清楚辨識，例如語意的簡單警示，例如「接近前方車輛，請小心！」，此類型警示可以清楚傳達訊息，然而當資訊量過於複雜（文字或語音過長）或時間過長，皆有可能造成駕駛者分心，增加行車的危險；然而若將資訊簡化至震動或警示聲響（例如嗶嗶聲），雖可降低分心的風險，然而過於簡短的警示可能造成駕駛人無法判斷意涵，導致資訊傳遞的失敗。

第五章 道路設施安全與節能議題

道路安全措施的種類繁多且對駕駛行為的影響與節能減碳的效果各有不同，為能清楚掌握道路設施在節能與安全兩者間的關聯性，本章首先提出相關策略藍圖，以作為後續研究推動與議題探討的綱要。接著，依循道路安全管理流程架構，提出道路設施安全與節能之相關議題。

5.1 道路設施安全與節能策略藍圖

整合上述章節對道路設施安全效果及減碳策略之回顧與探討，由道路設施的節能策略與節能效果，提出道路設施安全與節能策略藍圖。

5.1.1 道路設施的節能手段

就節能減碳的角度來看，道路設施屬於交通管理的工具之一，主要功能在於順暢車流，所以可歸屬於運輸部門四大節能減碳策略方針之「燃油效率」類別中；亦即完善的交通設施有助於交通效率的維持與提升，減少交通擁擠狀況的發生。

依據國際運輸論壇 (ITF, 2009) 所提出的運輸部門節能與減碳對策，減少運輸需求對應於道路安全措施方面，首要策略即為減少相關設施設置的需求。道路規劃與設計應以自我規範 (self-regulated) 為原則，係透過較佳之道路規劃與設計，創造出一個可預測、一致性的道路駕駛環境，以自然地引導出一個符合駕駛人期望的駕駛型態 (van Vliet and Schermers, 2000)；根據 Hassan and Easa (2003) 與 Heger and Schlag (2003) 的研究，約 50% 的事故可歸因於不當的資訊、虛幻的感知、多元資訊的接收、環境因素與誤導的道路特徵等，以速限為例，當駕駛人感知到的安全行駛速度超過設計標準時，交通管理單位往往必須透過設置速限標誌、測速照相等方式，使駕駛人減速，然而每一標誌的設置都必須耗費物料資源，同時為加強駕駛人在夜間對標誌的辨識度，還需另外透過 LED 或其他外在光源予以加強，此等措施都會增加碳排放而背離節能減碳的原則。另外，道路自明性亦為減少道路照明需求的重要策略，若能有效率應用車輛本身車燈光源，搭配鋪面、標線或貓眼石的反光能力，駕駛人無需透過路燈的照明即可辨明方向。綜合以上，若能落實道路設計與規劃階段的自明性與安全性考量，即能大幅減少人為處理與設施使用的需要。

其次，在道路自明性概念充分考量下，若必須設置相關道路設施時，則應該確保相關設施能夠充分發揮預期效果。亦即，應以整體地點為考量，整合同鄰近所有設施，減少設施重複設置或交互干擾，以及調整設施的布設方式，特別是未經實際案例充分驗證的新型態設施，發揮設施的最大功效；以道路照明為例，市區道路照明常被隱沒在行道樹當中，導致光線受到遮蔽，反而必須增加路燈設置

以補足陰影處，且不同目的之光源（包含治安、行車安全、景觀等考量）往往互相重疊，而造成電力能源與設置資源的浪費。為確保效果，設施設置必須搭配定期的道路稽核，了解環境特性，並從駕駛人角度觀察設施效果是否充分發揮，並整合道路養護作業，減少植栽或燈桿的遮蔽。

接著，在設施使用的能源選擇上，應以低成本、低排碳能源為優先，包括反光與螢光等不需額外能源供應的材質，以及太陽能板或壓力發電器等自償供應能源的使用，以避免額外能源供應上的需求。最後，在設施使用的能源效率上，除應積極導入創新科技器材並提高標準，提升設施能耗效率，更可搭配環境照度與交通流量，調整設施運作方式以節省能源使用。

在設施需求、設施效果、能源選擇與能源效率等主軸下，整體道路設施節能減碳策略架構表示於圖 5.1。

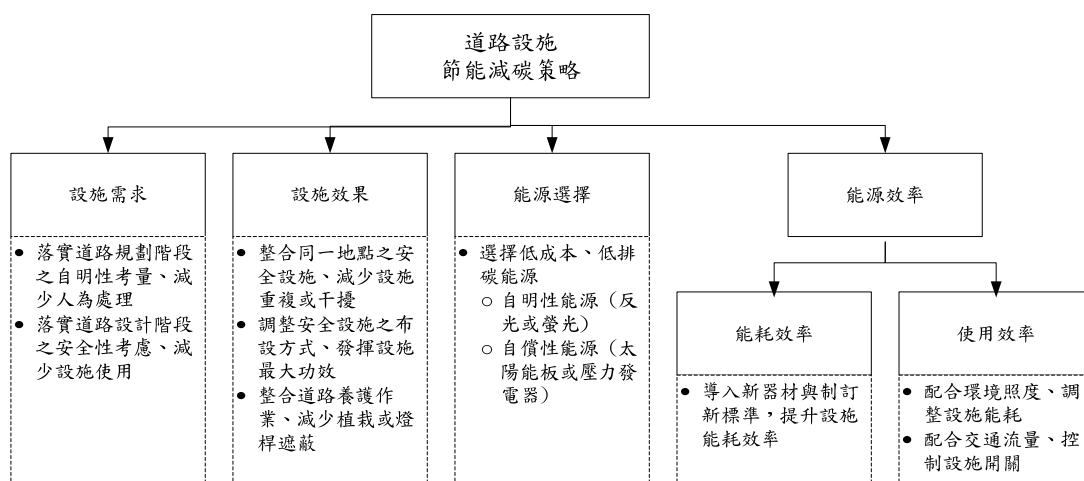


圖 5.1 道路設施節能減碳策略

5.1.2 道路設施的節能效果

就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駕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。

換言之，設施設置必須考量其對節能減碳造成之淨效果，雖然設施本身於製造、施工、運作等階段皆會造成碳排放，有時甚至必須採用高耗能方可使其發揮改善安全之預期效果，然而若該設施能在既有道路環境下，有效降低事故風險、順暢車流，即便設施本身並不節能，但因其減少事故發生可造成之碳排放降低，

以總效果而言，該設施仍舊具有節能之特性。以交叉路口設置決策輔助 (Intersection Decision Support, IDS) 系統為例 (Creaser *et al.*, 2007; Laberge *et al.*, 2007; Neale *et al.*, 2007)，相較於不設置標誌或傳統標誌，IDS 系統必須額外增加偵測器與訊號傳送之設備，就設施本身而言會較耗能，然而該標誌可以提供駕駛人判斷是否能夠安全通過路口，減少無謂的停等以及因錯誤判斷而造成之事故，總體而言，該標誌的設置表面上與節能減碳背道而馳，但實際上仍是具有節能減碳效果之道路設施。

本節由事故風險出發，探討事故發生到排除的每一環節當中，可能造成碳排放的項目，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，並且增加燃油消耗；此外，部分駕駛人可能採取繞道而行的方式，然而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；設施本身修復過程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，良好的道路設施，其直接效果除可減少事故發生與嚴重程度外，如圖 5.2 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。

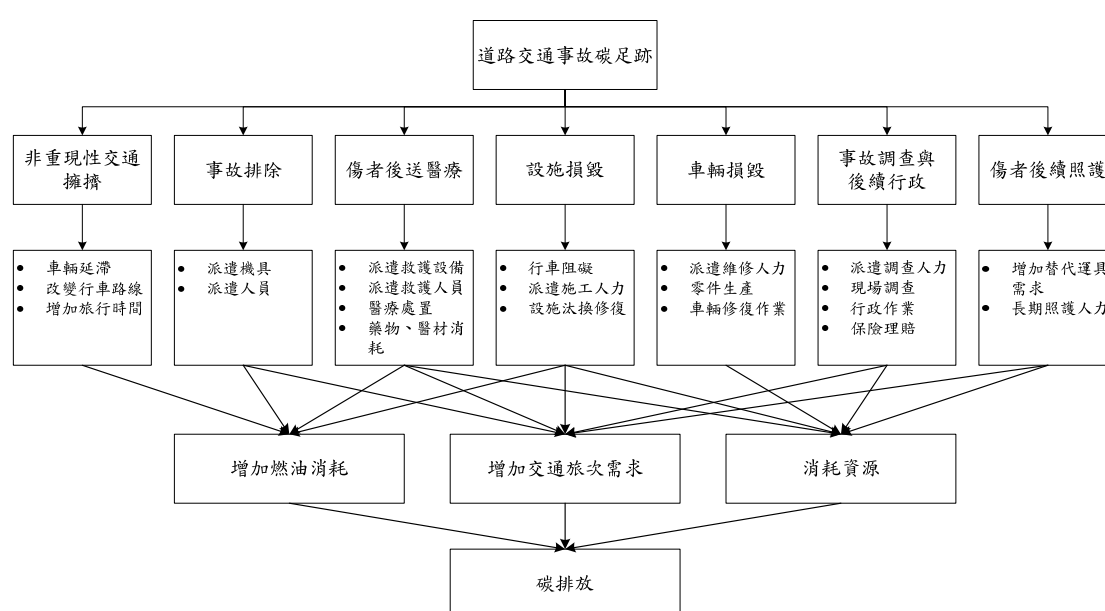
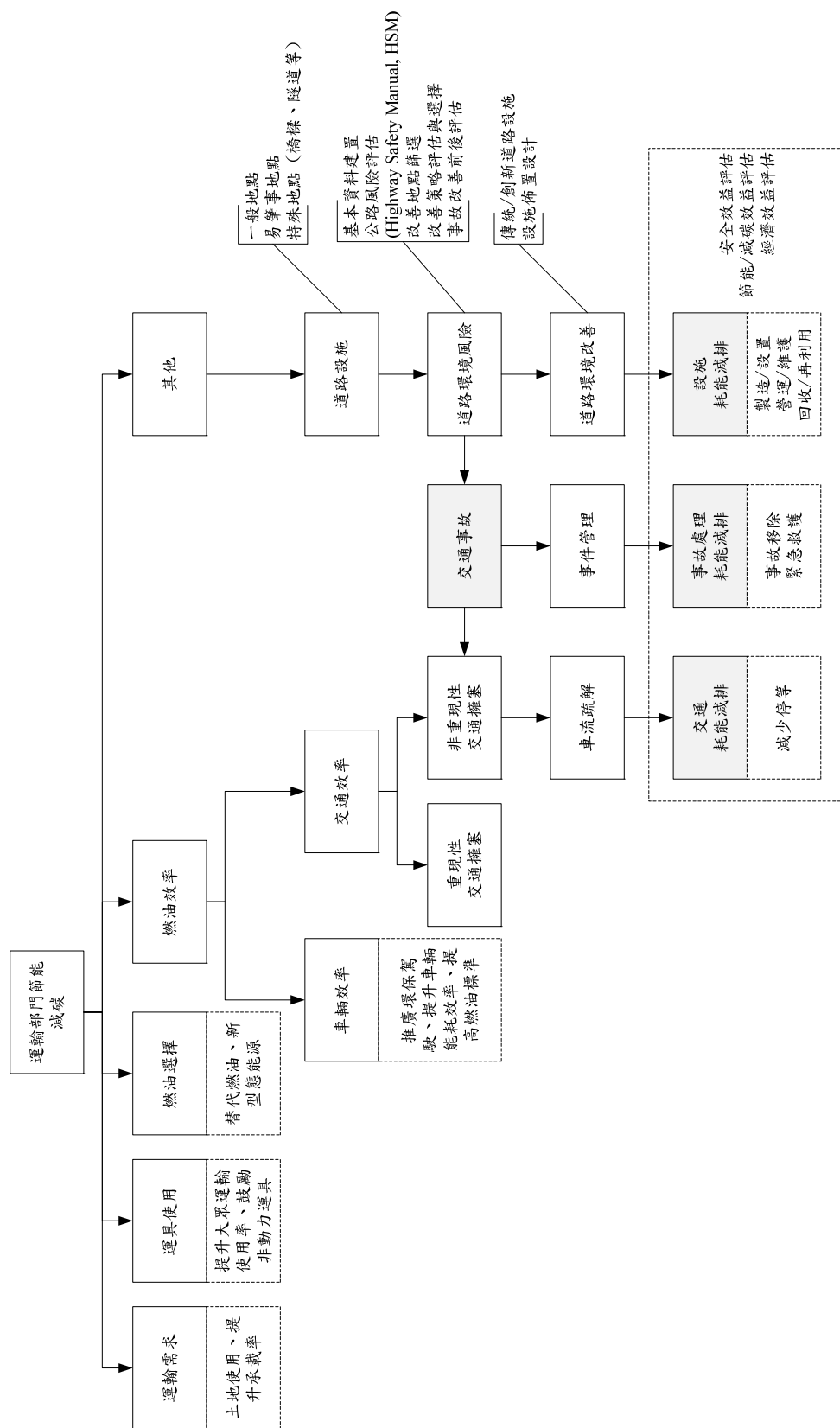


圖 5.2 事故碳足跡

5.1.3 道路設施的節能藍圖

由道路設施節能的手段與效果來看，相關設施的設置必須同時考量安全、節能/減碳、及經濟等三種效益。在安全效益上，在不增加道路環境風險的前提下，評估其對交通事故發生可能性的降低效果；在節能/減碳效益上，評估新設施在製造/設置、營運/維護、回收/再利用等各生命週期階段的能耗與排放，以及安全提升後對事故處理與交通車流的節能減排效益；在經濟效益上，計算新型節能道路設施的生命週期總和成本以評估其節能減碳之效益。本研究所提出的道路設施節能藍圖，即如圖 5.3 所示。



5.2 道路安全管理之流程

在整合設施節能管理之前，在此先回顧與整理道路安全管理之完整流程。依據運輸系統的發展程序，可概分為系統規劃、計畫規劃、設計與建設、營運與維護等四大階段如圖 5.4 所示；而道路安全管理流程 (roadway safety management process)，可提供各階段有用的參考資訊。其主要效益如下：

1. 提供一套系統性與可重複性的流程，使用成本效益的排序方法，確認降低事故的機會與確認可能的改善措施；
2. 提供一套量化與系統化流程，全面性思考道路安全條件及其權衡取捨；
3. 提供一個機會，提高資金效益並與其他已規劃改善計畫進行協調整合；
4. 提供一套完整的方法，思索交通流量、碰撞資料、交通運作、道路幾何與使用者期望；
5. 提供一個機會，使用積極的方式增加改善措施在事故預防上的效益。

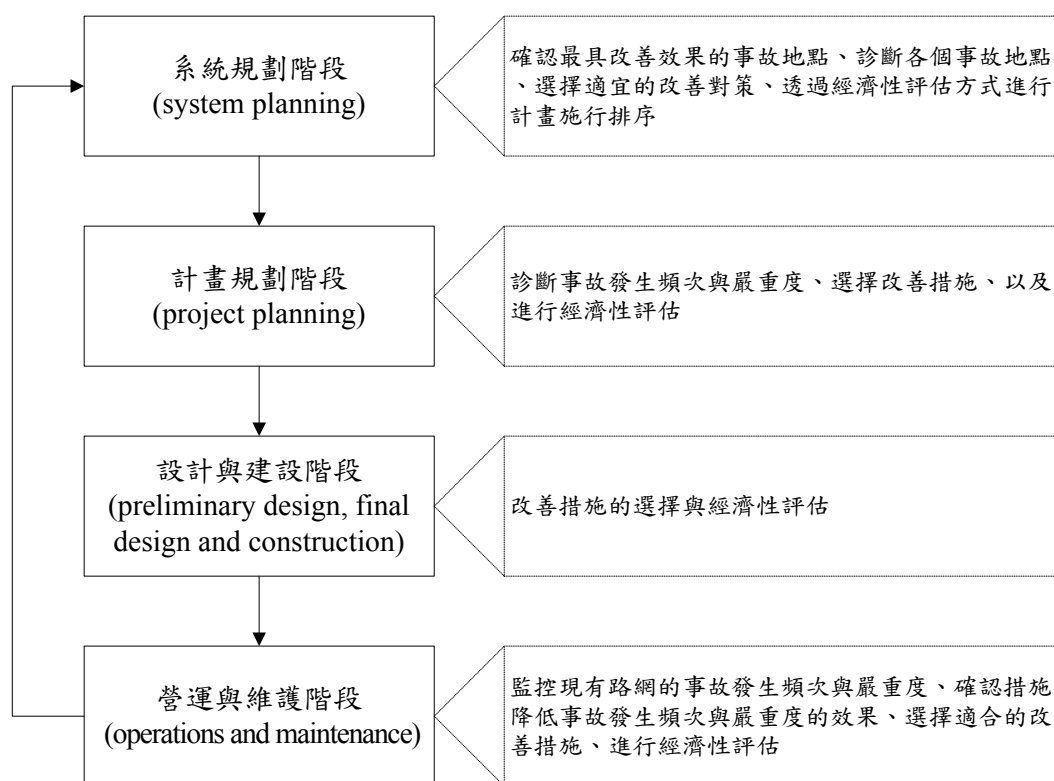


圖 5.4 運輸系統的發展程序

道路安全管理流程如圖 5.5 所示共分六個步驟，包括的路網篩選 (network screening)、肇因診斷 (diagnosis)、方案擬定 (select countermeasures)、經濟評估

(economic appraisal)、方案排序 (prioritize projects)、安全效果評估 (safety effectiveness evaluation)，相關內容介紹如下：

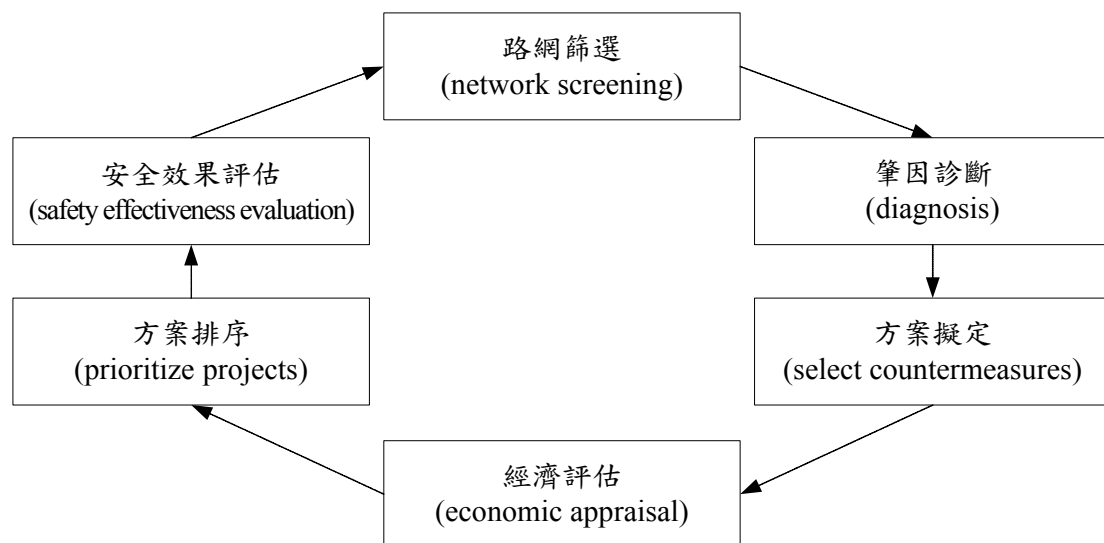


圖 5.5 道路安全管理流程

1. 路網篩選

檢視既有路網，並依據各地點或路段的平均事故頻次降低潛力 (potential for reducing average crash frequency) 加以排序，潛在安全改善效果最佳的地點或路段即進入調查分析與其他安全管理程序。路網篩選步驟：

- (1) 建立焦點 (establish focus)：針對分析之目的，例如減低事故件數或針對特定事故型態，以建立可供後續分析之焦點路段。
- (2) 建立參考母體 (identify network and establish reference populations)：將納入分析焦點路段加以分類，例如交通控制類別 (號誌化路口、非號誌化路口、圓環、設置停等標誌)、路口數 (三岔路、四岔路)、車道配置 (直行車道數、轉彎專用車道數)、功能性 (主要幹道、非主要幹道)、地域特性 (都會區、郊區)、交通量 (AADT、total entering volume)、地形 (平地、山區)。
- (3) 選擇衡量指標 (select network screening performance measures)：選擇衡量潛在安全改善效果的一或多個指標，例如事故率、平均事故件數、事故嚴重度等。
- (4) 選擇分析方法 (select screening method)：HSM 提供三種主要的分析方法，針對路段可使用移動視窗法 (sliding window) 或尖峰蒐尋法 (peak searching method)，針對路口可使用簡單排序法 (simple ranking method)，針對同時包含路段與路口之設施 (facilities) 則應結合上述二

類的分析方法。

(5) 執行路網篩選分析。

2. 肇因診斷

分析與特定易肇事地點或路段相關之事故歷史資料與現場道路設施、幾何條件，以判斷事故型態。肇因診斷步驟包含：

- (1) 事故資料回顧 (safety data review)：藉由過去事故資料的回顧，可了解該地點或路段的常見事故型態，可納入分析之資料包含事故統計（日期、時間、種類、嚴重度與其他相關狀況）與事故現場報告。
- (2) 取得其他可供協助之資料 (assess supporting document)：除了事故本身之記錄外，必須進一步取得與事故相關的其他資料或專家意見，藉以釐清事故的原貌，相關資料包含養護紀錄、異常天候狀況紀錄、當地民眾意見反應等。
- (3) 現場觀察 (assess field condition)：於現場以駕駛人或行人的觀點實際駕駛，以觀察在駕駛過程中，人與環境之互動，觀察重點包含道路與路側狀況、交通車流狀況、駕駛人（或自行車騎士、行人等）行為、道路功能與現場行為特性是否與預期相符、土地使用、天候、現有缺失。

3. 方案擬定

找出影響事故發生之因素，並研擬可降低平均事故件數之潛在方案。Hassion matrix 常被應用於分析事故影響因素，其中，影響事故發生的因素包含人為因素、車輛因素、道路因素三大類，各個因素影響事故發生的時間點可分為事故前、事故發生、事故後。在了解事故成因後，參考各項改善對策的安全成效資訊，進一步提出相關方案，以降低事故發生之可能性；各項改善對策的安全成效資訊，分為三類：

- (1) 有充分可靠之事故修正因素 (Crash Modification Factors, CMFs)；
- (2) 有諸多證據顯示事故發生傾向與駕駛者可能行為，但尚不足以提供可靠之事故修正因素；
- (3) 未有安全成效之量化資訊可供使用。
- (4) 在方案擬定上，有具體成效的設施宜優先妥善設置，成效仍不明確的設施宜謹慎為之，而不必要之設施宜避免設置。

4. 經濟評估

計算各潛在方案之成本與效益，以評估其經濟可行性。評估方法主要分為成本效益分析與成本效果分析，成本效益分析將不同方案預期可減少之事故件數加以貨幣化，並與改善策略投入成本比較，成本效果分析則直接比較各方案的投入成本與預期可減少事故件數。其中成本效益分析的工作項目包含，

- (1) 評估改善方案可減少之事故件數
- (2) 事故減少效益貨幣化：針對不同嚴重度之事故給予貨幣價值
- (3) 評估投入成本：建設成本、後續維護成本之現值、路權成本 (the cost of right of way)、已開發與未開發土地價值、養護營運成本
- (4) 選擇成本效益分析方法：例如 NPV、BCR 等。

5. 方案排序

針對具經濟可行性之潛在方案加以排序，主要方法包含直接針對特定成本效果指標加以排序（包含成本、事故減少數、死亡事故減少數、成本效果指標、淨現值等）、增額成本效益分析排序法 (incremental benefit-cost analysis ranking)、最佳化。

6. 安全效果評估

評估特定安全改善策略方案實施後，對於該地點事故件數與嚴重度的改善成效，若該方案已被在多個類似地點實施，則可作為計算事故修正因素 (CMFs) 之用。

5.3 安全與節能之議題探討

依循道路安全管理流程架構，整合上述章節對道路設施安全效果及減碳策略之回顧與探討，整合後針對「路網安全績效改善潛力之篩選」、「道路安全設施節能策略之擬定」、「道路安全設施設置方案之評估」、「道路安全設施實施效果之監督」等四大主題，提出道路設施安全與節能相關之研究性議題，如圖 5.6 所示。

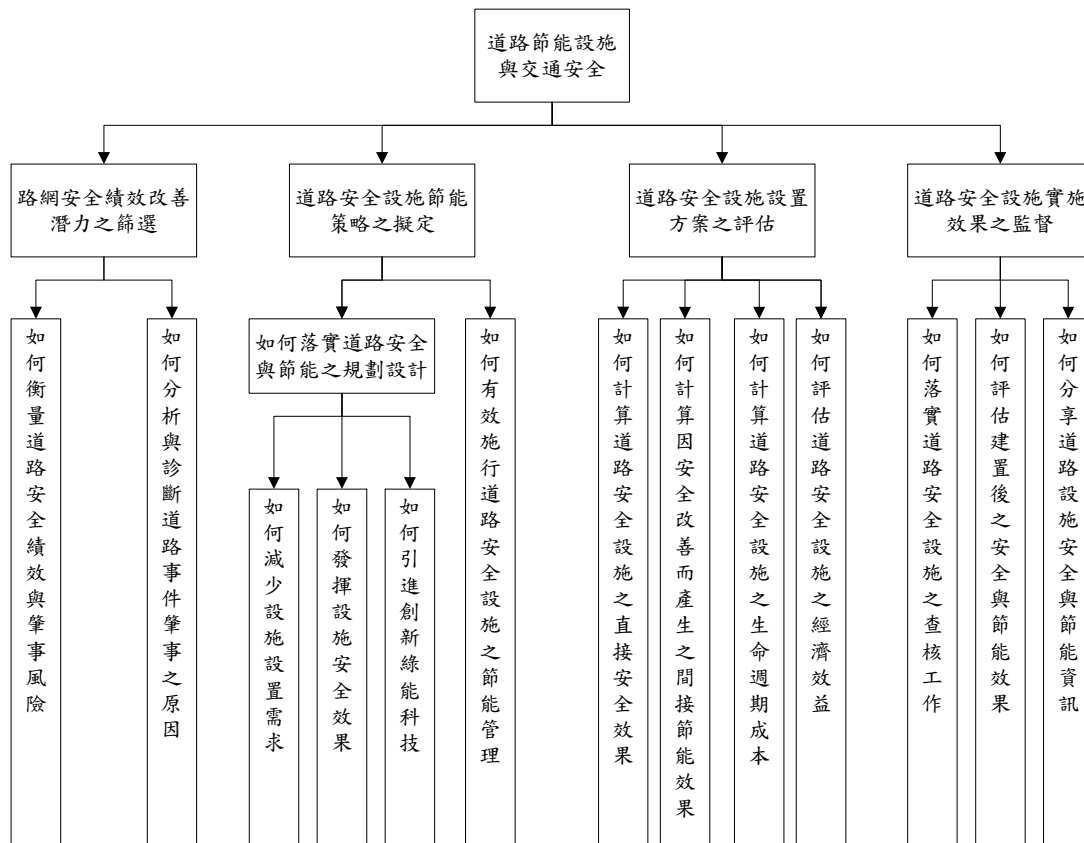


圖 5.6 道路設施安全與節能議題架構

5.3.1 路網安全績效改善潛力之篩選

1. 如何衡量道路安全績效與肇事風險

為有效降低交通事故的發生，必須針對地點特性選擇適合的道路設施，必須篩選出肇事風險高，具改善潛力之地點，優先進行安全改善，因此有必要衡量各種道路之安全績效與肇事風險，再針對選出待改善之地點選擇適合的道路安全設施進行安全改善之作業。不過，如何確實衡量道路安全績效，並篩選出具潛力的易肇事地點即為重要的議題。

2. 如何分析與診斷道路事件肇事之原因

對於道路事件肇事原因之分析與診斷，主要取決於完整的事件資料庫與有效的分析技術。

(1) 完整的事件資料庫

為客觀評估道路安全設施或新式道路安全設施之效果，必須仰賴基本交通資料的收集與分析。以美國公路安全手冊為例，大部分道路安全在道路事故診斷當中，通常會利用 AADT 計算道路之安全績效函數

(SPF)，做為篩選易肇事地點之依據，而其他車流狀況（如車速、車種組成等）則有幫助於地點肇因之診斷。然而國內除高速公路及主要城市內少數的重要路口、路段有持續收集交通流量資料外（例如台北市交通管制工程處網站），其他地點之基本資料較為缺乏。

(2) 有效的分析技術

安全績效函數主要在以車流量為基礎之事故頻次預測模式，通常考慮的分配為 Poisson 或 negative Binomial 兩種。由於事故發生本質上為一 Bernoulli 試驗因此事故的發生可用 Poisson 分配描述，而早期的事故分析通常以 Poisson 迴歸或其變型（如 zero-inflated Poisson model）進行校估（Ivan *et al.*, 2000; Shankar *et al.*, 1997）。然而，每一個通過路口或路段的駕駛人與車輛的特性皆不相同，換句話說，每一個 trial 發生事故的機率皆不相同；在這樣的條件之下，事故發生的平均值與變異數通常不會相等，變異數與平均數的比率（variance-to-mean ratio）可能大於或小於 1。為捕捉此一特性，相對於 Poisson 迴歸僅具單一參數（平均數與變異數限制相等），研究學者改用雙參數模型進行事故分析，最常見的模型包括 Poisson-gamma（或稱 negative binomial）以及 Poisson-lognormal 兩類模型；其中負二項（negative binomial）模型在參數估計式為封閉型式（closed form），在計算上較為容易，也成為實務應用上最常見的模型（Caliendo *et al.*, 2007; Donnell and Mason, 2006; Hiselius, 2004; Lord *et al.*, 2005; Wong *et al.*, 2007）。

由於不同地理區域的車流與駕駛行為可能不同，因此也應根據地理區域的差異建立 SPF (Safety Performance Function)。以美國喬治亞州交通廳 (Georgia Department of Transportation) 為例，其將轄下區域依路型、區位以及道路設施差異分成八類，分別進行易肇事路口分析，包括：(1) 都市地區、州路與州路交叉、號誌化路口；(2) 鄉村地區、州路與州路交叉、號誌化路口；(3) 都市地區、州路與州路交叉、非號誌化路口；(4) 鄉村地區、州路與州路交叉、非號誌化路口；(5) 都市地區、州路與其他路交叉、號誌化路口；(6) 鄉村地區、州路與其他路交叉、號誌化路口；(7) 都市地區、州路與其他路交叉、非號誌化路口；以及(8) 鄉村地區、州路與其他路交叉、非號誌化路口。國內可沿用國外建議之機率分配、函數型式等測試適合自身環境之 SPF，然而同時也必須考量國內 SPF 之適合分類，以及如何應用校估出之 SPF 界定易肇事地點。

5.3.2 道路安全設施節能策略之擬定

1. 如何落實道路安全與節能之規劃設計

(1) 如何減少設施設置需求

在道路規劃設計階段就即充分考量安全議題納入評估，儘可能減少道路安全設施的使用。例如透過道路線型規劃，增加駕駛人之可視範圍，降低駕駛人對道路環境之不確定性，對道路線型變化（例如前方彎道等）得以及早反應，即可道路安全設施設置上的需求；此外，標誌主要功能為提供駕駛人資訊，在駕駛過程中必須同時處理大量資訊與執行多重工作，包含操控方向盤、加減速、觀察週遭車流等，駕駛人可分配至標誌的注意力與時間有限，因此，標誌所提供資訊必須與行車安全相關，且能夠符合駕駛人的需求，若否，則會造成駕駛人分心，同時增加非必要性標誌之設置。

(2) 如何發揮設施安全效果

為確保駕駛人得以在適當時機取得重要行車管制資訊，標誌、號誌不應被其他障礙物遮蔽；目前常見之遮蔽物包含行道樹、樑柱、廣告看板等，以及標誌之間互相重疊，導致新設之標誌遮擋住原有標誌，使駕駛人無法有效辨識解讀；或者，由於現行道路照明燈桿高度與行道樹相近，導致燈具被樹葉遮蔽，失去原有照明之功效。此外，當標誌標示所包含的資訊量越大時，必須要預留駕駛人較多的時間閱讀並理解，若可供駕駛人閱讀資訊的時間不足時，反會使駕駛人減速以求理解資訊內涵，進而增加事故的機會。

在照明方面，受到路側廣告看板、建築燈光、店家招牌與對向車輛頭燈干擾，駕駛人容易因環境背景資訊過於複雜，或是環境背景建築顏色與標誌、號誌過於相近，導致無法清楚辨識標誌與號誌，而使其失去效用。此外，新型態照明器具，如 LED，雖然具有能源省、亮度高與壽命長的優點，但如何安排燈具最適高度與間距，以最少燈具發揮最適功效，以及如何掌握燈具亮度的光衰，在照度不足前進行養護更換，仍待進一步研究。

因此，如何透過道路安全設施建置與養護的整合，減少設施間的干擾並發揮設施的整合效用，為發揮設施安全效果之關鍵議題。

(3) 如何引進創新綠能科技

隨著科技的發展，新型態的綠能技術不斷推陳出新，讓節能減碳的效果更為卓著。例如，在能源使用方面，不需能耗的反光及螢光標牌、或是足以提供自償性能源的太陽能板，可減少對高碳密度能源使用的需求；亦或是在工程技術方面，透過隧道出入口的亮度漸變設計，隧道內反光式路面標線與標記的導引、或外界光源的導入，可減少對照明器具的使用需求。

2. 如何有效施行道路安全設施之節能管理

傳統光源大多以時間作為開啟與關閉的依據，往往造成能源消耗與浪費；若能依循環境背景照度或道路車輛流量，視使用需要而開啟部分或全部，則可有效減少不必要的能源消耗。

此外，落實生命週期的環保概念，如何回收被淘汰之道路安全設施，並且進行維護與再製，或者是將高照度需求公路上的半衰燈具，移轉至低照度需求的巷弄裡使用，則可充分發揮物料的殘存價值。

5.3.3 道路安全設施設置方案之評估

1. 如何計算道路安全設施之直接安全效果

道路安全設施之直接安全效果包括事故次數的減少以及事故嚴重度的降低，其在不同道路環境預期產生之安全效果也不盡相同。國外通常參考已建立之事故折減因子 (Crash Reduction Factor, CRF)，再考量易肇事地點特性，以估算各道路安全設施對該地點可能產生之安全影響。然而，國內尚未建立符合自身特性之事故折減因子，多以專家意見評選道路安全設施可能效果，較缺乏客觀的評量準則。

2. 如何計算因安全改善而產生之間接節能效果

道路安全的改善可以減少事故的發生，同時也減少因事故而衍生的能源消耗與碳排放，包含二次事故 (secondary incident)² 的發生、事故排除、傷者後送醫療與後續照護、設施與車輛損毀修復、非重現性交通擁擠、事故調查與後續行政作業等。以二次事故為例，Khattak *et al.* (2009) 分析美國維吉尼亞地區之 Hampton 道路區域 (Hampton roads area, Virginia) 交通事故紀錄發現，在所有的事故當中有 7.5 % 的事故會引發二次事故，平均每天在該區域約發生二至三起的二次事故。另外，二次事故占用道路的時間約為 18 分鐘，比主要事故多了四分鐘；主要事故在道路上占用的時間每多 10 分鐘，則會提高二次事故發生的機會多 15 %。由此可見，交通事故對安全與車流產生之間接影響並不一定亞於直接影響；因此，如何計算因安全改善而產生之間接節能效果為一關鍵課題。

3. 如何計算道路安全設施之生命週期成本

² 二次事故即為因主要事故 (primary incident) 所引發之車流改變而造成的交通事故，通常以與主要事故發生的距離與時間加以定義；在主要事故上游一定距離及時間內發生之事故，即為二次事故。

道路安全設施的完整生命週期階段，包括：產品設計、生產/建設、使用/營運、廢棄/回收等，不同階段均需使用能源並產生廢氣排放；此外，在道路安全設施施工時，施工本身會造成一定的環境影響（例如噪音或空氣污染），施工所需的材料同時也隱含一定的環境成本（即碳足跡）；在施工完成後，因道路安全設施的不同而造成駕駛行為的改變或旅運行為的改變而改變旅次量、行車速度或其他各種改變。再者，相同的道路安全設施，往往受到本身的耐用性設計與設置方式，以及設置地點的氣候條件與交通流量等因素之影響，其實際使用的生命週期長度也不盡相同。因此，如何以生命週期的角度，完整計算道路安全設施的能耗使用，及其衍生的環境成本，即為關鍵議題。

4. 如何落實道路安全設施之經濟效益評估

在道路安全設施之方案選擇時，經濟效益評估為必要之步驟。其中，如何貨幣化道路安全設施之直接效益與衍生之間接效益，以及其不同生命週期階段的能耗成本與環境成本，更為能否進行評估的關鍵。

5.3.4 道路安全設施實施效果之監督

1. 如何落實道路安全設施之查核工作

根據本研究調查，除少數縣市設有交通安全專門單位外，大部分縣市政府的交通安全相關權責分散在各所屬單位，目前的主要運作方式大抵以各縣市政府交通安全聯席會報為主，針對易肇事或重大肇事地點進行改善，而缺乏針對道路進行常態性的安全查核。

此外，為落實道路設施安全與節能查核工作，如何培訓合格的安全查核人員，規劃安全查核任務及相關工作派遣，以及建置完整道路安全設施資料庫（設施建置清單、設施安全效果、設施能源使用清冊），更是不可或缺。

2. 如何評估建置後之安全與節能效果

為有效評估道路安全設施建置後對交通事故的影響，通常會採用事前事後研究 (before-and-after study)，並可利用所建置之 SPF 評判其交通事故次數是否已落在可接受範圍內，例如美國科羅拉多州交通廳 (Colorado Department of Transportation) 即是以 1.5 倍標準差作為評判之標準，當該地點之交通事故次數高於 SPF 函數相對應之期望事故次數加上 1.5 倍標準差，則視為極度需改善區域 (high potential for accident reduction)。但要注意的是，由於事故具有隨機特性，為正確評估安全效果，通常會持續追蹤至少三年（期）的資料。綜合言之，SPF 的建置、資料的持續蒐集以及評估的準則，

為道路安全設施建置後安全效果評估之主要關鍵項目。道路安全設施之直接節能效果評估，可由其耗能狀況直接衡量而得，而間接效果則必須考量因事故減少或嚴重度降低所衍生之能耗減少。

3. 如何分享道路設施安全與節能資訊

依據道路設施建置後安全與節能效果的評估結果，如何回饋至道路安全設施資料庫中，進一步更新與修正各項設施的實際安全效果與能源使用量，並且以此資訊平台作為安全溝通的媒介，分享道路設施之安全與節能知能，作為教育和訓練相關人員的依據，實為關鍵議題。

第六章 道路設施安全與節能管理現況之檢討

為了解政府機關對於設施設置、維護、道路安全與改善措施評選之執行概況，釐清實務上相關議題，並初步建置道路安全設施庫存資料庫，以進一步評估在道路安全設施應用節能減碳技術之潛力，本研究針對全國與道路安全設施管理相關之各級政府機關，發放道路安全設施管理現況問卷，除調查各級政府機關負責道路安全以及設施建置維護單位之基本資料外，另調查其轄下道路安全設施建置與維護狀況、事故地點篩選與改善策略、重大改善方案評估與追蹤機制三大議題。問卷詳細內容如附錄 A。

6.1 問卷調查

問卷發放對象主要分為兩類，第一類為各縣市政府，透過問卷調查地區性道路所屬安全設施之概況，第二類為交通部所屬單位，包含公路總局與臺灣區國道高速公路局，其所轄道路為跨縣市的省道與國道。此外，鑒於交通安全相關事務以及道路安全設施之規劃、設置、維護等屬於跨局處之業務，包含交通局處、工務單位、警察局與鄉鎮市公所，無法直接向單一機關發放調查，且各縣市組織架構與任務執掌亦不盡相同，因此本研究以各縣市道路交通安全聯席會報與道路交通安全督導會報（以下皆簡稱道安會報）為發放窗口，再由各縣市道安會報依據問卷內容與職掌發送至各單位；針對交通部所屬單位，則直接發送至公路總局與臺灣區國道高速公路局，再由該局轉發至各工務段或分區工程處。

問卷自民國 100 年 8 月 15 日開始發放並回收，自同年 9 月 25 日止，共回收 54 份問卷，表 6.1 為問卷回覆概況。交通部所屬單位僅回收三份問卷，包含高速公路局與公路總局共三個工務段；由縣市政府交通相關局處回覆問卷計 7 份，包含基隆市、台北市、新北市、新竹縣、台中市、台南市、高雄市，另有 4 份問卷由該縣市交通警察大隊回覆肇事概況，包含苗栗縣、雲林縣、台南市、澎湖縣。部分縣市係由基層鄉鎮市區公所回覆問卷，包含新北市（8 行政區）、苗栗縣（12 行政區）、雲林縣（15 行政區），宜蘭縣與台東縣各僅有 2 個與 1 個行政區回覆，較難反映該縣道路安全設施管理現況；其餘桃園縣、新竹市、彰化縣、嘉義市、嘉義縣、屏東縣、花蓮縣、連江縣與金門縣等並未取得問卷回覆。

表 6.2 為各題項填答狀況，其中「部分填答」代表該縣市針對某一題項的填答狀況雖有部分缺漏，但大部分回覆內容可做後續討論，「填答闕漏較多」代表該單位針對某一題項回答闕漏過多，後續討論則不納入；由表 6.2 之彙整可知，此次問卷調查的回覆狀況不甚理想，同時由於部分縣市問卷係由各公所回覆，導致非其執掌之業務即無法填答，此外，不分題項亦可能出現重複填答的狀況，例

如道路設施庫存或電費調查等，其在不同單位的填答結果上，有可能重覆計算。即便問卷調查效果不如預期，依據現有成果仍可對各級政府機關對道路安全設施、事故防範與節能減碳的認知與現況進一步釐清。

表 6.1 問卷回覆概況

交通部所屬單位	縣市政府相關局處	地方鄉鎮市區公所
<ul style="list-style-type: none"> ● 高速公路局北區工程處中壢工務段 ● 公路總局第五區養護工程處水上工務段 ● 公路總局第三區養護工程處澎湖工務段 	<ul style="list-style-type: none"> ● 基隆市政府 ● 台北市政府 <ul style="list-style-type: none"> ■ 警察局交通大隊 ■ 交通管制工程處 ● 新北市政府 <ul style="list-style-type: none"> ■ 工務局 ● 新竹縣政府 <ul style="list-style-type: none"> ■ 交通旅遊處 ● 苗栗縣 <ul style="list-style-type: none"> ■ 警察局交通隊 ● 台中市政府 <ul style="list-style-type: none"> ■ 交通局 ● 雲林縣 <ul style="list-style-type: none"> ■ 警察局交通警察隊 ● 台南市政府 <ul style="list-style-type: none"> ■ 交通局 ■ 警察局交通大隊 ■ 工務局公共管理處公園管理一科 ● 高雄市政府 <ul style="list-style-type: none"> ■ 交通局 ● 澎湖縣政府 <ul style="list-style-type: none"> ■ 警察局 	<ul style="list-style-type: none"> ● 新北市 (8/29) <ul style="list-style-type: none"> ■ 五股、中和、永和、金山、板橋、三重、深坑、樹林 ● 苗栗縣 (12/18) <ul style="list-style-type: none"> ■ 苗栗、南庄、頭屋、泰安、銅鑼、三灣、竹南、大湖、公館、頭份、苑裡、三義 ● 雲林縣 (15/20) <ul style="list-style-type: none"> ■ 四湖、水林、二崙、土庫、斗南、東勢、斗六、北港、台西、西螺、元長、林內、口湖、虎尾、麥寮 ● 宜蘭縣 (2/12) <ul style="list-style-type: none"> ■ 宜蘭、冬山 ● 台東縣 (1/16) <ul style="list-style-type: none"> ■ 綠島

表 6.2 各題項填答狀況

題項	縣市	台北市	新北市	基隆市	桃園縣	新竹縣	苗栗縣	台中市	雲林縣	台南市	高雄市	宜蘭縣	台東縣	澎湖縣
第一部份	道路安全設施建置與維護資料概況	*	√	*	*	*	√	*	√	*	*	*	*	*
	每年使用於道路安全設施之電費	*	#	*	*	*	#	*	#	*	*	*	*	*
	道路安全查核施行概況 (查核方式、道路選擇指標)	*	#	*	*	*	#	*	#	*	*	*	*	*
第二部份	常態性事故資料收集概況 (負責單位、資料來源、相關統計)	*	#	*	*	*	#	*	#	*	*	*	*	*
	近三年易肇事路段改善預算編列狀況	*	#	*	-	*	#	*	#	*	*	*	-	*
	易肇事地點改善計畫施行概況 (擬改善地點選擇指標、優先順序、事故肇因分析方法)	*	#	*	*	*	#	*	#	*	*	*	*	*
第三部份	主要改善道路交通的方式	*	#	*	*	*	*	*	#	*	*	*	*	-
	選擇改善方案之準則/方式	*	#	*	*	*	*	*	#	*	*	*	*	-
	道路安全改善方案評估所考量之成本項目	*	#	*	*	*	*	*	#	*	*	*	*	-
	道路安全改善方案評估所考量之效益項目	*	#	*	*	*	*	*	#	*	*	*	*	*
	是否有納入或引進節能減碳技術	*	#	*	*	*	*	*	#	*	*	*	*	*
	安全改善方案是否有考慮節能減碳效益	*	#	*	*	*	*	*	#	*	*	*	*	*
	是否有追蹤與記錄已實施方案的安全改善成效	*	#	*	-	*	*	*	#	*	*	*	*	*
是否有追蹤已實施方案的節能減碳成效		*	#	*	-	*	*	*	#	*	*	*	*	*

√：完整填答 #：部分填答 *：填答闕漏較多 -：未填答

6.2 問卷分析

以下針對問卷各問項進行分析，並說明調查結果：

1. 道路安全設施建置與維護

問卷第一部分目的為調查該單位管轄範圍內道路安全設施之現況，包含各類型道路安全設施總量、維修頻率、維護方式，以及年耗電量，藉此評估各設施可採取節能減碳策略之潛力；此外，本研究另調查各級政府機關是否有對道路施行道路安全查核，以預先預防事故發生。

(1) 道路安全設施建置與維護資料庫建置狀態

本研究欲了解各機關是否有建置道路安全設施建置與維護資料庫，與各道路安全設施數量、年更換維護數量，以評估各類設施若採取節能減碳策略可產生之潛在效果，問卷包含之安全設施項目包含道路照明（傳統與 LED）、號誌（傳統與 LED）、標誌（傳統與 LED）、標線、槽化島、偵測器、影像監視系統、資訊可變標誌等 11 項；此外，該題要求填答各類設施計畫性維護（亦即主管機關定期安排維護）與反應性維護（接受通報才維護）所占之比例，若反應性維護比例過高，代表該項設施有較高機會沒辦法發揮應有效果。

目前 LED 技術於道路安全設施之應用以道路照明、號誌與標誌為主，表 6.3 彙整該技術目前在各縣市的應用狀況，其中道路號誌已朝向全面更新為 LED 號誌之方向進行，以本研究調查發現，目前僅剩少數路口仍使用傳統號誌，且在近年內皆會逐步汰換；標誌目前以傳統型式為主，僅有少部份路口更新為 LED 標誌；現行道路照明亦以傳統燈具為主，LED 燈具應用比例偏低，僅有新北市轄內部份行政區 LED 燈具所占比例達 3% 外，其餘縣市約僅有 1% 道路照明已更換為 LED 燈具，部分縣市使用 LED 做為道路照明之比例更低於 1%，顯見新式燈具仍在發展當中；傳統燈具每年約有 20% ~ 30% 必須進行維修或更新，LED 燈具多屬新裝設，年維修量皆低於 10%，此一現象應持續觀察，並藉此評估新式燈具應用在實際道路環境的可靠度與壽命。

表 6.3 傳統式與 LED 道路安全設施使用比例

縣市	道路照明		號誌		標誌	
	傳統式	LED 式	傳統式	LED 式	傳統式	LED 式
台北市	-	-	0%	100%	100%	0%
新北市	97%	3%	-	-	100%	0%
基隆市	98%	2%	-	-	-	-
桃園縣	100%	0%	-	-	100%	0%
新竹縣	-	-	-	-	-	-

表 6.3 傳統式與 LED 道路安全設施使用比例 (續)

縣市	道路照明		號誌		標誌	
	傳統式	LED 式	傳統式	LED 式	傳統式	LED 式
苗栗縣	98%	2%	56%	44%	100%	0%
台中市	-	-	0%	100%	-	-
雲林縣	99%	1%	56%	44%	100%	0%
台南市	100%	0%	0%	100%	-	-
高雄市	-	-	-	-	-	-
宜蘭縣	100%	0%	-	-	-	-
台東縣	100%	0%	-	-	100%	0%
澎湖縣	-	-	0%	100%	100%	0%

表 6.4 為各設施維護方式調查，多數道路安全設施皆採取反應性維護，以道路照明為例，高達 60%~100%的道路照明係經民眾或其他單位通報後才派員進行維護，其中僅有低於 40%的道路照明係由權責單位定期進行維護。在維護方式調查結果當中，本研究發現部屬單位（臺灣區國道高速公路局、公路總局）所轄之道路安全設施多數由權責單位定期進行維護，以臺灣區國道高速公路局北區工程處中壢工務段為例，高達 80%的槽化島、70%的標誌、70%的道路照明為定期維護，其可能因素在於國道與省道事權集中且里程數較短，得以採定期檢查方式設施運作狀況相較之下，縣市政府轄下道路路網綿密，沒有足夠人力與經費執行設施狀況定期檢查，必須仰賴設施發生故障異常時，透過用路人進行通報。

表 6.4 道路安全設施維護方式比例

設施 縣市	道路安全設施維護方式比例（計畫性/反應性） 單位：百分比										
	傳統道路 照明	LED 道路 照明	傳統號誌	LED 號誌	標誌	LED 標誌	標線	槽化島	偵測器	影像監視 系統	資訊可變 標誌
台北市	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
新北市	10/90	40/60	-	-	45/55	-	50/50	-	-	25/75	-
基隆市	-	-	-	60/40	-	-	60/40	-	-	-	-
桃園縣	70/30	-	-	-	70/30	-	80/20	60/40	-	-	-
新竹縣	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
苗栗縣	22/78	25/75	10/90	35/65	25/75	-	30/70	-	0/100	43/57	-
台中市	-	-	50/50	50/50	-	-	-	-	50/50	50/50	50/50
雲林縣	2/98	50/50	50/50	85/15	63/37	-	50/50	-	-	33/67	-
台南市	40/60	-	-	40/60	-	-	-	-	-	-	-
高雄市	-	-	-	-	-	40/60	-	-	0/100	0/100	0/100
宜蘭縣	0/100	0/100	-	-	-	-	-	-	-	-	-
台東縣	100/0	-	-	-	-	-	0/100	-	-	-	-
澎湖縣	-	-	-	-	-	-	95/5	100/0	-	-	-

(2) 每年使用於道路安全設施之電費

本題目的在於計算各類道路安全設施所耗之電費，藉以推估設施營運所造成之碳排放，並評估各類設施若採取節能減碳策略可產生之潛在效果；調查的安全設施項目包含標誌牌面、道路照明、號誌燈、影像監視系統、資訊可變標誌。

由填答結果發現，各縣市政府每年耗費在道路安全設施之電費皆以千萬計，其中又以道路照明所消耗之電量最高，圖 6.1 擷取資料較完整之鄉鎮的道路安全設施電費使用狀況，發現超過九成以上電費為道路照明所使用。若以台南市為例，該市每年道路照明電費高達八千萬，而新北市轄下有填答該題項的八行政區每年則是花費近億元電費在道路照明上，由前題調查發現，台南市目前共有五萬餘盞路燈，其中僅有 24 盞為 LED 路燈，新北市調查所彙整之行政區當中四萬餘盞路燈當中也僅有 1,500 盞 LED 路燈，顯見透過 LED 技術或其他具節能效果之照明技術以降低道路照明之耗電量尚有相當的潛力空間。

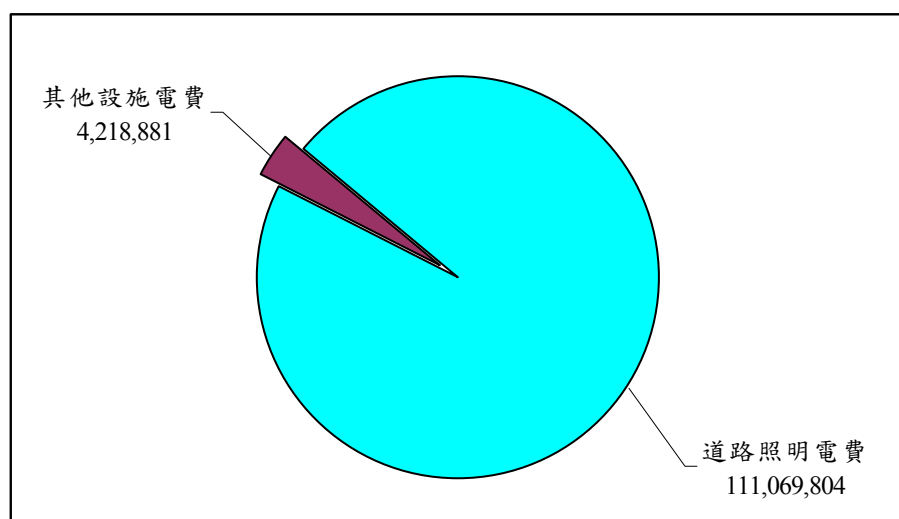


圖 6.1 道路安全設施電費使用比例³

(3) 各單位是否有建立道路安全查核計畫

調查各單位執行道路安全查核之狀況，了解各級主管機關是否對所管轄之道路施行道路安全查核，檢視道路設施現況，評估其對行車安全之影響並採取必要改善策略；本題項可與後續題項結合，以期未來將節能減碳概念融入道路安全查核計畫。

³考量資料必須將道路照明電費與總電費分開記載，故圖 6.1 僅包含新北市（永和區、金山區）、基隆市政府、苗栗縣（銅鑼鄉、三灣鄉、竹南鎮、大湖鄉、公館鄉）、雲林縣（斗南鎮、西螺鎮、口湖鄉）等鄉鎮資料

調查結果顯示，多數縣市並未針對轄下道路施行安全查核，僅有少數填答有定期查核制度，然而當進一步詢問其道路安全查核進行之方式時，發現上述縣市多採取不定時巡查或於道安會報中討論，再依據民眾反映、事故資料與台灣年度地區易肇事路段改善計畫之地點清單選擇查核地點。由此可知，目前我國對於安全查核之認識與執行多屬巡查並修復損壞設施階段，尚未發展系統性之查核計畫，更遑論將節能減碳與事故防範融入查核機制，未來應針對道路安全查核議題更進一步探討。

2. 事故地點篩選與改善

第二部分問項主要希望了解各級政府單位如何透過事故資料收集與分析，篩選值得進行改善之易肇事地點與方案評估。此外，本研究並調查各單位執行易肇事地點改善之現況，包含執行經費、易肇事地點選定程序、與各地點重要性排序方式，作為後續改善方案評估之基礎。

(1) 事故資料收集機制

調查是否有收集事故相關統計資料，以及近年因道路交通事故死傷人數與事故件數，並調查該單位是否有將事故資料進行後續統計分析，作為後續安全改善之用。

表 6.5 為現行制度下負責事故資料維護的單位，目前絕大多數縣市政府皆由警察單位進行事故資料進行維護，少部分設有交通安全科之縣市則由安全專責單位負責，所收集事故資料來源多數為警政單位，相關事故資料可進一步透過碰撞圖與現場設施狀況探究其肇因，再交由工程單位進行設施改善，並由警察單位規劃進行重點勤務改善。

表 6.5 事故資料維護負責單位

事故資料維護負責單位	警政單位	台北市政府警察局交通大隊 基隆市政府 新竹縣政府交通旅遊處 苗栗縣警察局交通隊 雲林縣警察局交通警察隊 雲林縣斗六市公所 雲林縣北港鎮公所 台南市政府警察局交通大隊 宜蘭縣冬山鄉公所 國道公路警察局
	交通局處	新北市永和區公所 台中市政府交通局 高雄市政府交通局

(2) 易肇事地點之改善編列狀況

本題調查近三年各單位可支配作為易肇事地點改善之預算。各縣市易肇事地點改善預算不一，預算額度大致介於兩百萬至八百萬之間；然而，在實務上並非所有針對易肇事地點之改善計畫皆由專款預算支應，多數列入年度工程案進行辦理，所以本研究調查之預算額度可能有低估的現象。

(3) 易肇事地點改善計畫內容

調查各單位易肇事地點改善計畫之擬定與排序之準則依據，了解各級主管機關如何選出具有改善潛力之地點，以及如何評估相關事故肇因，作為後續擬定改善策略之參考；考量本題為複選題項，且未限制勾選數，表 6.6 彙整各易肇事地點改善順序排序考量因素，以及各種事故肇因鑑定方法被所屬單位採納的次數，越高者代表該因素或方法越常被採用。

表 6.6 易肇事地點改善順序排序考量因素與事故肇因鑑定方法

	題項	有採納
如何決定易肇事地點改善優先順序 (共 25 份有效問卷)	事故發生次數	21
	專家意見	14
	事故嚴重性	16
	改善所需經費多寡	10
如何決定易肇事地點之事故肇因 (共 24 份有效問卷)	現場勘查	21
	專家學者會議	11
	委託研究	4

調查結果發現，各級政府主管機關最常根據其主動進行分析篩選之結果選定易肇事地點，其中以縣市政府道安會報為最常見之管道，其次為交通部運輸研究所易肇事路段分析與常態性事故資料分析結果。選定待改善之易肇事地點後，再以事故發生次數與事故嚴重性兩指標決定改善優先順序，並以現場勘查方式歸納肇因作為後續改善依據。

3. 重大改善方案評估與追蹤

第三部份問項，首先調查各級政府為改善重大易肇事地點時，最常採用之改善方案，以及在選擇改善方案時所納入之指標與成本效益項目；此外，本階段問項亦針對節能減碳議題，調查各級政府是否有納入節能減碳技術，並將減少碳排視為改善方案之效益評估項目。

(1) 常用改善策略

本研究列出 19 項常見之改善策略，要求填答者選擇其中五項最常用的策略並加以排序；改善策略主要分為非道路設施相關的管理策略（例如調整速限、加強執法等）與道路設施相關策略（例如新設號誌、加強道路照明等）兩大類，藉此了解各單位認為對安全助益較大的道路安全設施，以及可減少道路安全設施設置或耗能之管理策略，作為後續擬定設施節能減碳議題重要度之參考。

表 6.7 易肇事地點常用改善策略優先順序之現況彙整。回收問卷當中，共有 30 份問卷填答本題，本研究首先將每一改善策略被選為第一優先至第五優先策略的次數列出，以「調整號誌時比或週期」策略為例，該策略在回收的有效問卷⁴當中，有三份問卷選擇該策略為最優先策略，一份問卷選擇為次優先策略，以此類推；依據此一結果，本研究另採三種加總方式進行評估，首先計算各策略被選為常用策略的次數，亦即無論被選的優先順序，只要有被列為優先策略即視為被選一次，越高者代表越常被採用，其次計算被選為最優先與次優先策略的次數，第三部份則是納入優先順序作為權重以計算得分，最優先者得分為 5 分，次優先者得分為 4 分，直至第五優先者得分為 1 分，其餘得分為 0 分，越高者代表越優先被政府單位採用，同樣以「調整號誌時比或週期」策略為例，該策略在所有回收的有效問卷當中，一共被選擇 12 次，加總分數為 35 分。

表 6.7 易肇事地點常用改善策略優先順序

	各優先順序被選次數					被選次數	優先被選次數	優先順序加總
	1	2	3	4	5			
增加標誌	10	6	3	0	2	21	16	85
裝設反光標誌或反光條	3	8	3	4	2	20	11	66
加強執法	7	1	2	2	0	12	8	49
加強道路照明	4	3	1	2	0	10	7	39
調整號誌時比或週期	3	1	3	3	1	11	4	35
新設號誌	1	3	2	4	3	13	4	34
裝設減速墊	1	1	2	3	2	9	2	23
槽化島或安全島加裝警示設施	1	2	2	1	2	8	3	23
改善道路幾何(車道寬、安全島)	2	0	2	1	3	8	2	21
裝設測速照相	2	1	1	0	3	7	3	20
增加交通管理措施(禁止左轉)	0	1	2	1	2	6	1	14
移除非必要之標誌	0	1	1	1	1	4	1	10
調整鄰近公車站牌位置	0	0	0	1	0	1	0	2
增加轉彎專用車道與號誌	0	0	0	0	1	1	0	1

⁴ 此處所指之有效問卷係指該單位有完整填答改善策略優先順序者。

表 6.7 易肇事地點常用改善策略優先順序 (續)

	各優先順序被選次數					被選 次數	優先被 選次數	優先順 序加總
	1	2	3	4	5			
調整速限	0	0	0	0	0	0	0	0
於既有標誌上裝設 LED	0	0	0	0	0	0	0	0
加設槽化島或槽化線	0	0	0	0	0	0	0	0

透過策略被選次數與優先順序比較可知，於易肇事路段增加標誌警告駕駛人為最常使用的改善策略，其次為裝設反光板或反光條，增加駕駛人對道路設施的可視性，第三優先策略為加強執法，第四優先策略為加強道路照明，第五優先策略為新設調整與調整號誌時比；由此結果可知，優先採取之策略多具有低耗能之特性，以裝設反光板為例，加強設施可視性與道路自明性仍優先於加強照明，其原因可能在於耗費成本較低，此一結果亦與節能減碳趨勢相符。此外，最不常被使用的改善策略包含在既有標誌上裝設 LED、加設槽化島或槽化線、調整鄰近公車站牌、調整速限、增加轉彎專用車道與號誌等；加設槽化島、增加轉彎專用車道與號誌兩策略成本較高；且需要較長期的施工，容易影響車流，導致採用頻率與優先順序較低，調整速限影響層面較廣，若非經過長期分析與監控車流，一般地方主管機關不會輕易進行調整；此外，在既有標誌上裝設 LED 的被使用次數與優先順序最低，雖然可加強標誌的可視性，但與道路安全設施庫存資料調查結果一致，目前各縣市政府採取此策略的案例較少。

(2) 改善方案評估準則

本研究列出六項改善方案評選準則，包含事故嚴重度與次數降低、專家意見、益本比、改善方案經費與委外評估等，調查各單位選擇改善策略所考慮之評估準則，了解現行道路安全改善計畫擬定之決策機制。

表 6.8 彙整 31 份有效問卷當中，各個準則有被採納用來評估改善方案的次數；上述六項改善方案評選準則當中，各級政府最常使用的改善方案評選準則為預測事故嚴重度與發生次數的降低幅度，其次為邀集專家勘查提供意見與依改善方案所需經費排序，最少採取的準則為益本比與委外評估。雖然目前最常採取的方式係以事故嚴重度與發生次數為依據，然而值得注意的是，目前我國並沒有適合的 SPF 或 CRF 可做為評估改善策略對事故減少與降低嚴重度之參考，同時設施改善後是否對安全提升產生預期效果的相關資料亦付諸闕如，由此可知建構安全資訊平台與相關模式對道路安全管理具有極大影響。

表 6.8 改善方案選擇準則

	題項	有採納
選擇改善方案之準則/方式	事故嚴重度之降低	24
	發生次數之降低	24
	專家意見	13
	改善方案之成本（經費）	12
	委外評估（顧問公司或研究單位）	4
	益本比	2

(3) 道路安全改善方案成本項目

表 6.9 彙整在 31 份有效問卷當中，各個成本項目有被採納用來評估改善方案的次數；各級政府最常將維護與營運成本、設施成本、施工成本三者納入考量，因施工造成諸如車流壅塞與生活品質降低之外部成本較少考慮，顯示目前較常使用的成本項目仍屬設施的直接成本，尚未納入環境與車流之間接外部成本，此外，值得注意的是本研究回收 50 份問卷中，高達 9 份問卷回覆該單位並未考慮改善方案之成本，此一現象可能係目前並未有完整之改善方案選擇機制，主管單位較常依過去經驗直接決策，未能全面性針對不同改善方案進行評估。

表 6.9 道路安全改善方案評估考量成本項目

	題項	有採納
道路安全改善方案評估考量成本項目	設施成本	15
	維護與營運成本	14
	施工成本	14
	未考慮	9
	因施工導致之車流壅塞成本	8
	因施工導致周遭生活品質降低	8

(4) 道路安全改善方案效益項目

調查各級政府單位在改善方案評估所納入之效益項目，包含預期可降低的死亡人數、預期可降低的事故次數、預期事故嚴重度降低程度、因事故降低導致交通擁擠減少、節能減碳效益等，藉以了解各單位針對道路安全改善方案所考量之效益項目，評估該設施設置後可能產生之安全與節能減碳效益，以更精確計算各改善方案之成本效益。

表 6.10 為彙整在 31 份有效問卷當中，各個效益項目有被採納用來評估改善方案的次數。各級政府最常將預期事故的降低次數作為改善方案的效益，其次為預期可降低的死亡人數與事故嚴重度，因事故降低導致車流擁擠減少與節能減碳效益較少被考量；此一結果與改善方案評估準則一致，然而預測事故次數、嚴重程度與死亡人數的降低程度必須透

過完整的資料與 SPF，目前各級單位多靠經驗與有限的資料加以評估，如何建立全國性資訊分享平台與適用於本土交通特性之 SPF 為未來研究之重點。

表 6.10 道路安全改善方案評估考量效益項目

	題項	有採納
道路安全改善方案評估所考量之效益項目	預期事故降低次數	30
	預期事故嚴重度降低程度	24
	預期可降低之死亡人數	22
	事故降低造成交通擁擠減少	17
	節能減碳效益	7
	未考慮	2

(5) 是否有引進節能減碳技術

調查目前各單位已引進或未來規劃引進之節能減碳技術（例如應用 LED 或太陽能於照明、標誌等道路安全設施），作為後續議題研擬之參考。

調查結果發現，目前實務單位已引進或規劃引進的節能減碳技術皆以 LED 為主，目前已廣泛運用於號誌燈之汰換，未來近期將引進之技術為 LED 路燈，或是以省電燈具汰換傳統燈具，以及使用太陽能作為道路安全設施之電源。以問卷調查所得結果可知，現階段在道路安全設施上運用節能減碳技術以道路照明為主，然而改變道路照明亮度或採不同形式燈具可能改變駕駛人行為並危及行車安全，在引進節能技術同時如何維持安全水準為一重要課題。

(6) 道路安全改善策略之節能減碳效益

調查是否有將節能減碳效益納入道路安全改善計畫評估流程中，並調查各單位評估節能減碳效益之準則為何。調查結果顯示，絕大多數主管機關並未評估上述節能減碳技術所帶來之效益，僅有少數單位已耗電量降低作為指標，並未能針對安全改善所衍伸之間接效果進行節能減碳評估，由此可知，節能減碳技術實際效益仍被低估，若無法呈現其完整全貌，將對推廣節能減碳造成障礙。

(7) 追蹤已實施方案之安全改善成效

調查是否有持續追蹤已實施方案的安全改善成效，以評估既有方案是否有效達成提升安全之目標，並了解各單位計算安全成效之準則。縣市政府交通局處回覆之問卷顯示，該單位皆有針對各改善方案的死亡人數、事故件數與事故嚴重度進行持續追蹤，然而以鄉鎮市公所為主的回覆問卷則並未追蹤紀錄相關指標，其中各鄉鎮市公所多以工務課為執行

道路安全設施改善之單位，其業務執掌仍以工程面為主，相關成效追蹤應以縣市政府局處為主。

(8) 追蹤已實施方案之節能減碳成效

調查是否有持續追蹤已實施方案的節能減碳成效，以評估既有方案是否有效達成節能減碳之目標，並了解各單位計算節能減碳之準則。調查結果顯示，絕大多數單位皆未針對實施之改善策略進行節能減碳持續追蹤。

6.3 道路設施管理現況

針對我國道路設施安全與節能管理現況來看，中央主管機關或地方政府對道路設施的管理機制仍有相當的改善空間，特別是在管轄權責分工與設施資料建置上，以致對於道路設施安全與節能相關資訊難以充分回答，甚至無法回覆。

根據問卷分析，在「道路安全設施建置與維護狀況」議題部分，資料庫建置與維護尚未健全，多數道路安全設施維護方式仍仰賴用路人通報之被動方式，而主要節能技術著重於 LED 相關設施，在應用相關節能技術 (LED 或其他照明技術) 降低道路照明之耗電量上有相當的潛力空間。此外，多數縣市並未針對轄下道路施行完整的安全查核，對於安全查核之認識與執行多屬巡查並修復損壞設施階段，尚未發展系統性之查核計畫，更遑論將節能減碳與事故防範融入查核機制。

在「事故地點篩選與改善策略」議題部分，大多數縣市政府皆由警察單位進行事故資料進行維護，少部分設有交通安全科之縣市則由安全專責單位負責，然而目前事故資料僅有 A1 事故較為完整正確，A2、A3 事故可能因當事人當場和解等因素影響，導致資料的完整性與正確性維持不易，未來主管機關應加強事故資料庫的維護，方能作為後續事故風險分析之依據；在改善地點的篩選上，道安會報討論為最主要方式，其次為運研所的常態性事故資料分析結果；其所編列改善經費，除年度固定之工程案外，額度大致介於兩百萬至八百萬之間。

在「重大改善方案評估與追蹤機制」議題部分，在改善策略上，於易肇事路段增加標誌警告駕駛人為最常使用的改善策略，其次為裝設反光板或反光條增加可視性。對於改善策略的效果評估技術尚未健全，設施改善後是否對安全提升產生預期效果的相關資料不足，安全改善與事故降低等評估指標，包括成本與效益分析項目與方法、以及追蹤紀錄的制度，仍待積極發展。

第七章 道路設施安全與節能議題之重要性與可行性分析

根據第五章所建立之系統化道路設施安全與節能議題架構，本研究採用最普遍且可行的層級分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP) 分析議題架構各議題及子議題之重要性與可行性。為使本研究所擬之道路設施安全與節能議題架構能兼顧多方意見，本文依據 AHP 的分析程序，進行專家問卷與座談。首先利用腦力激盪法 (brainstorming) 以及專家學者座談方式，從高階分解至低階的前進過程方式 (forward process hierarchy) 確定議題架構之適當性與完整性，再利用成對比較法 (pairwise comparison method) 並透過一致性檢定，分析所建立之道路設施安全與節能議題及子議題重要性與可行性。

7.1 專家問卷調查

7.1.1 決策群體建立

本研究發展的議題架構為道路設施安全與節能的整合性課題，其內容的落實乃以公部門為主，從道路設施的規劃、設計、建造、營運、維護、回收及再利用皆包含在內，又以運輸部門為核心。因此本研究以國內交通運輸與能源領域之專家學者與政府機關代表為對象，邀請進行專家座談與專家問卷填答。問卷調查對象包含下列專家學者：

- 國立台灣大學土木工程系交通組許教授添本
- 國立中央大學土木工程學系運輸工程組吳教授健生
- 中央警察大學交通系曾教授平毅
- 國立交通大學交通運輸研究所黃教授承傳
- 國立交通大學交通運輸研究所邱教授裕鈞
- 國立交通大學運輸科技與管理系吳教授宗修
- 逢甲大學運輸科技與管理學系楊教授宗璟
- 國立成功大學交通管理科學系胡教授守任
- 交通部國道高速公路局吳副總工程司木富
- 交通部鐵路改建工程局方副局長文志

7.1.2 目標間獨立性

本研究依循道路安全管理流程架構，在達成道路設施安全與節能的雙重目標下，提出道路設施安全與節能相關之研究性議題，如圖 7.1 所示 (建立之過程與議題細節請見第五章)。所建立之四大議題 (路網安全績效改善潛力之篩選、道路安全設施節能策略之擬定、道路安全設施設置方案之評估、道路安全設施實施

效果之監督) 在道路安全管理流程架構中雖有施行上的先後順序，但國內在各個議題上皆已有一定作為，且各議題對於道路設施安全與節能目標的貢獻是相對獨立，符合 AHP 方法之前提假設。

7.1.3 問卷設計與調查

本研究之問卷設計與調查共分為三個步驟：首先利用文獻回顧與腦力激盪方式建立初步之議題架構，在徵詢選定之專家學者與政府機關代表意願後，將問卷郵寄給受訪者；在回收問卷後，召開專家學者座談會以討論所提議題架構之內涵與其完整性；若專家學者座談對所提之議題架構有所修正，則再發送第二次專家樣本，若無修正，則以第一次受訪結果進行分析。根據本研究在 2011 年 8 月 10 日所召開之座談會，專家學者對議題內容有諸多討論，但對議題架構並無進行修正。因此本研究以第一次問卷調查結果，進行 AHP 分析。專家問卷說明於附錄 B。

本研究之問卷共分成三部分。第一部分先就圖 7.1 中之各項議題及子議題進行說明，俾讓受訪之專家學者了解本研究之目的及各議題與子議題的意涵，接著第二部分與第三部分分就各議題及子議題之重要性與可行性進行評估。本研究共發放 18 份問卷，回收有效問卷 13 份，有效回收率為 72.2%。

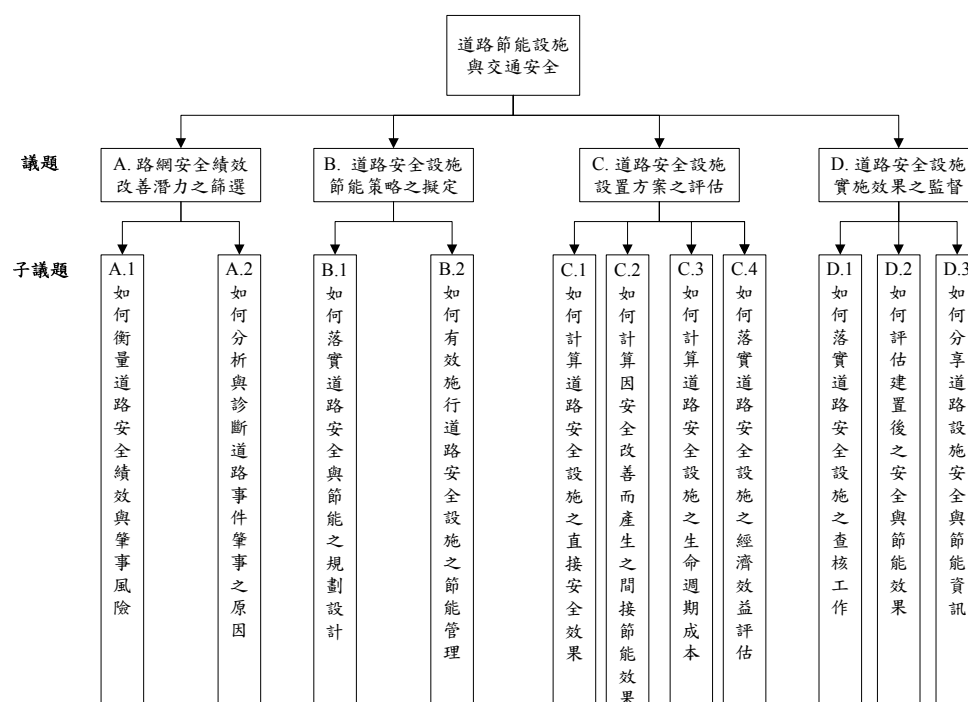


圖 7.1 道路節能設施與交通安全議題架構

7.2 問卷分析

7.2.1 層級一致性檢定

本研究首先進行所有問項之一致性檢定，即 C.R. (Consistency Ratio) 值必須小於 0.1，才能進行後續分析；分析結果發現，回收結果之 C.R. 值介於 0.006 與 0.011 之間，顯示回收問卷適合進行 AHP 分析。

7.2.2 重要性分析結果

專家學者對議題架構重要性之相對權重分配如圖 7.2 所示。在第一層之四個議題當中，以路網安全績效改善潛力之篩選 (A) 最為重要，其次為道路安全設施節能策略之擬定 (B)、道路安全設施設置方案之評估 (C)，最後為道路安全設施實施效果之監督 (D)。此重要性之排序與道路安全管理流程相符，亦即專家學者認為流程中愈上游的議題愈加重要，可能原因為上游議題之績效會影響其下游議題之績效。但值得注意的是，道路安全管理流程實際上為一循環流程，亦即道路安全設施實施效果監督 (D) 之成果也會影響路網安全績效改善潛力篩選之成果 (A) (請參考圖 5.5)。

在第二層的子議題當中，如何分析與診斷道路事件肇事之原因 (A2) 略重要於如何衡量道路安全績效與肇事風險 (A1)，而如何落實道路安全與節能之規劃與設計 (B1) 則遠重要於如何有效施行道路安全設施之節能管理 (B2)。在 (B) 項子議題顯現如此顯著之差異，反應專家學者認為若能在一開始就做好道路設施的安全與節能規劃與設計，則營運階段的節能管理相對來說較為次要；另一方面，雖然直接耗能的道路設施如交通號誌、照明設備等在節能管理上具有一定的節能潛力，但大部分的道路安全設施如交通標誌、標線、交通島等皆非直接耗能設施，若能做好安全與節能的規劃與設計，可能產生極大之效果。

在議題 C 的四個子議題當中，以如何計算道路安全設施之直接安全效果 (C1) 之重要性最高，其次為如何落實道路安全設施之經濟效益評估 (C4)，如何計算因安全改善而產生之間接節能效果 (C2) 及如何計算道路安全之生命週期成本 (C3) 則相對不重要。此結果可能反應，道路設施之首要目的為交通安全，而道路設施之節能績效必須建立在安全之基本需求上。最後在議題 D 之三個子議題當中，以如何落實道路安全設施之查核工作 (D1) 之重要性最高，其次為如何評估建置後之安全與節能效果 (D2)，最後為如何分享道路設施安全與節能資訊 (D3)。

各子議題之絕對權重整理如表 7.1 所示；其中，子議題絕對權重之計算方式為其所屬議題之相對權重乘以該議題內部之相對權重，例如子議題 (A1) 之權重為議題 (A) 之權重乘上子議題 (A1) 在議題 (A) 之內部相對權重，亦即 $0.139 = 0.338 \times 0.411$ 。

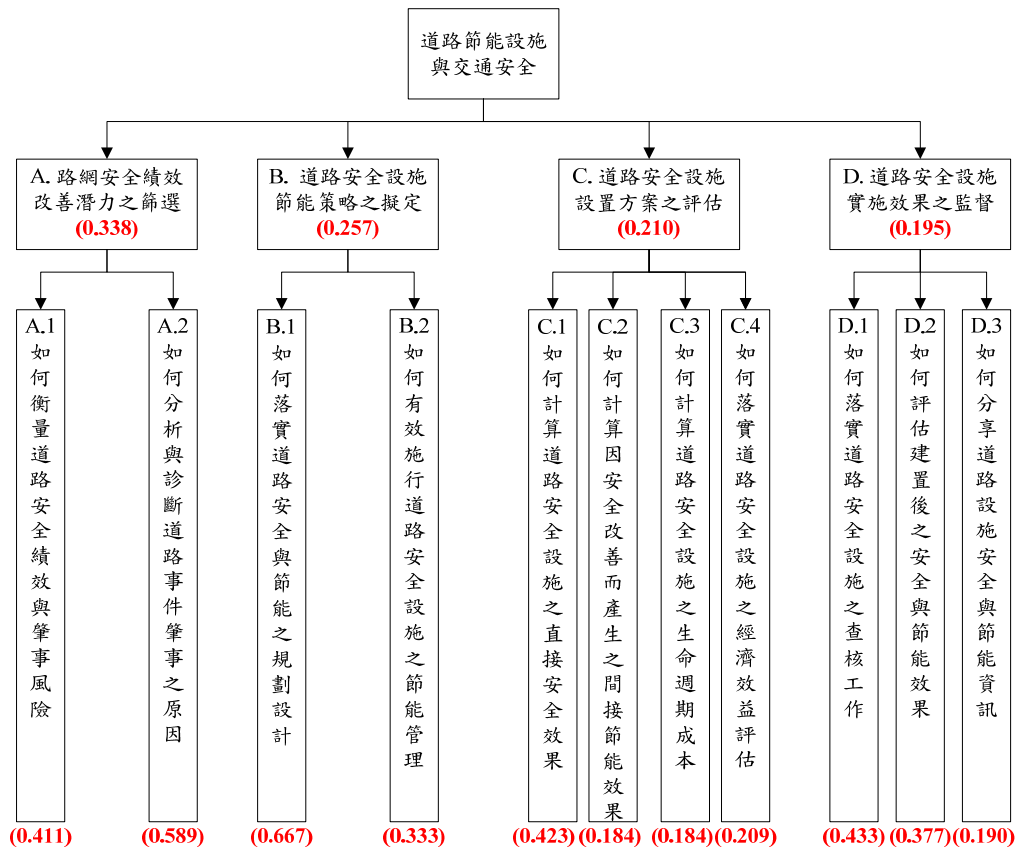


圖 7.2 議題架構重要性之相對權重分配

各子議題當中以如何分析與診斷道路事件肇事之原因 (A2)、如何落實道路安全與節能之規劃與設計 (B1)、如何衡量道路安全績效與肇事風險 (A1) 三者權重最大，且其權重值遠高於其他子議題，再次說明專家學者認為上游議題之重要性。值得注意的是，在議題權重中排名最後的議題 (D)，其兩個子議題：如何落實道路安全設施之查核工作 (D1)，以及如何評估建置後之安全與節能效果 (D2)，在絕對權重中之排名遠高於議題 (C) 大部分之子議題，顯見道路安全設施之查核工作及效果評估之重要性。

表 7.1 子議題重要性之權重

子議題		議題之相對權重	子議題	
			相對權重	絕對權重 (排序)
A1	如何衡量道路安全績效與肇事風險	0.338	0.411	0.139 (3)
A2	如何分析與診斷道路事件肇事之原因	0.338	0.589	0.199 (1)
B1	如何落實道路安全與節能之規劃設計	0.257	0.666	0.172 (2)
B2	如何有效施行道路安全設施之節能管理	0.257	0.334	0.086 (5)
C1	如何計算道路安全設施之直接安全效果	0.210	0.424	0.089 (4)
C2	如何計算因安全改善而產生之間接節能效果	0.210	0.184	0.038 (9)
C3	如何計算道路安全設施之生命週期成本	0.210	0.184	0.038 (9)
C4	如何落實道路安全設施之經濟效益評估	0.195	0.209	0.044 (8)
D1	如何落實道路安全設施之查核工作	0.195	0.433	0.084 (6)
D2	如何評估建置後之安全與節能效果	0.195	0.377	0.073 (7)
D3	如何分享道路設施安全與節能資訊	0.195	0.190	0.037 (11)

7.2.3 可行性分析結果

專家學者對議題架構之可行性分析結果如圖 7.3 所示。在第一層之四個議題當中，以道路安全設施節能策略之擬定 (B) 可行性最高，其次為路網安全績效改善潛力之篩選 (A)、道路安全設施設置方案之評估 (C)，最後為道路安全設施實施效果之監督 (D)。專家學者認為議題 (B) 之可行性最高，可能與國內在道路安全設施節能策略已擬定相關策略並持續推動當中有關，例如 LED 交通號誌、瀝青鋪面材料再利用等。相對於議題 (B)，欲推動議題 (A)、(C) 與 (D) 皆必須要相關資料支持，在國內許多基礎資料缺乏或尚未整合的狀況下，可行性相對較低。

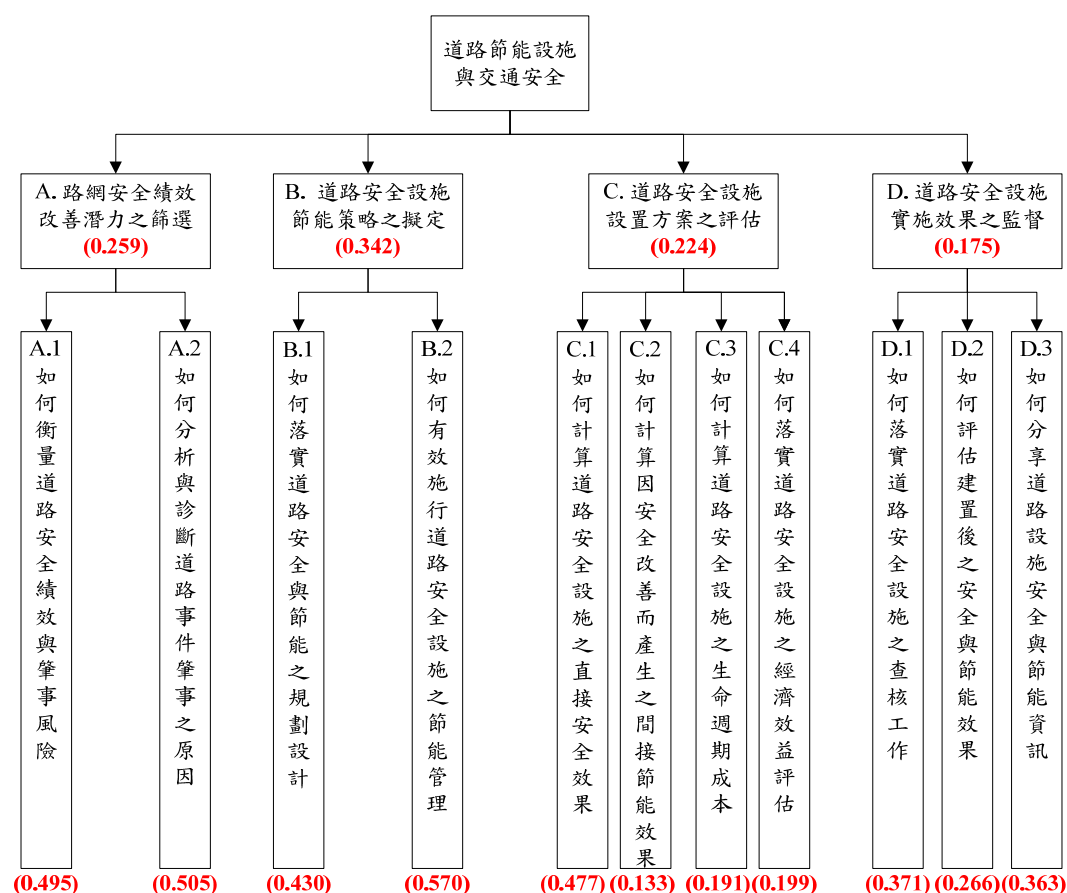


圖 7.3 議題架構之可行性

在第二層的子議題當中，如何分析與診斷道路事件肇事之原因 (A2) 與如何衡量道路安全績效與肇事風險 (A1) 可行性相當，如何有效施行道路安全設施之節能管理 (B2) 相較如何落實道路安全與節能之規劃與設計 (B1) 可行性較高。此也反應國內外已有許多道路安全設施節能管理的案例，但在道路安全與節能規劃與設計上仍在發展相關的準則與標準；例如已發展許多替代傳統路燈 (如高壓鈉燈) 的燈具，或照明管理的方式 (如依車流量調整照明)，然而各項照明參數如亮度、眩度、均勻性、照度分布、發光頻譜等與交通安全的關係仍未有相關

的結論 (Rea *et al.*, 2009)，因此在規劃與設計上目前並無一絕對標準可依循。

在議題 C 的四個子議題當中，以如何計算道路安全設施之直接安全效果 (C1) 之可行性最高，如何落實道路安全設施之經濟效益評估 (C4) 以及如何計算道路安全之生命週期成本 (C3) 可行性次之，可行性最低為如何計算因安全改善而產生之間接節能效果 (C2)；此可行性之排序明顯與評估之複雜度有關，國內外已發展許多道路安全設施之直接安全效果評估方法，其中也有以發生事故數直接評估的方法 (Tsai *et al.*, 2009)，因此不但方法可行，所需資料也較為單純。最後在議題 D 之三個子議題當中，以如何落實道路安全設施之查核工作 (D1) 之可行性最高，其次為如何分享道路設施安全與節能資訊 (D3)，最後為如何評估建置後之安全與節能效果 (D2)。

各子議題之絕對可行性整理如表 7.2 所示。各子議題當中以議題 (B) 之子議題：如何有效施行道路安全設施之節能管理 (B2) 以及如何落實道路安全與節能之規劃與設計 (B1) 之可行性最高。值得注意的是，在議題可行性排名第三的議題 (C)，其兩個子議題之絕對可行性敬陪末座，分別是如何計算道路安全設施之生命週期成本 (C3) 以及如何計算因安全改善而產生之間接節能效果 (C2)；此結果反應國內在道路安全設施節能績效相關資料之缺乏，且相關理論並未若交通安全完整，因此不管是設施之間接節能效果或設施之經濟效益評估之可行性皆非常低。

表 7.2 子議題架構之可行性

子議題		議題之相對可行性	子議題	
			相對可行性	絕對可行性 (排序)
A1	如何衡量道路安全績效與肇事風險	0.259	0.494	0.128 (4)
A2	如何分析與診斷道路事件肇事之原因	0.259	0.506	0.131 (3)
B1	如何落實道路安全與節能之規劃設計	0.342	0.430	0.147 (2)
B2	如何有效施行道路安全設施之節能管理	0.342	0.570	0.195 (1)
C1	如何計算道路安全設施之直接安全效果	0.224	0.477	0.107 (5)
C2	如何計算因安全改善而產生之間接節能效果	0.224	0.133	0.030 (11)
C3	如何計算道路安全設施之生命週期成本	0.224	0.191	0.043 (10)
C4	如何落實道路安全設施之經濟效益評估	0.224	0.199	0.044 (9)
D1	如何落實道路安全設施之查核工作	0.175	0.371	0.065 (6)
D2	如何評估建置後之安全與節能效果	0.175	0.266	0.047(8)
D3	如何分享道路設施安全與節能資訊	0.175	0.363	0.064 (7)

7.2.4 重要性及可行性綜合分析

為綜整分析議題之重要性與可行性，本研究根據前述分析結果，將各子議題之絕對重要性與可行性以散布圖呈現如圖 7.4 所示，其中以平均數將散布圖切分成四個象限。

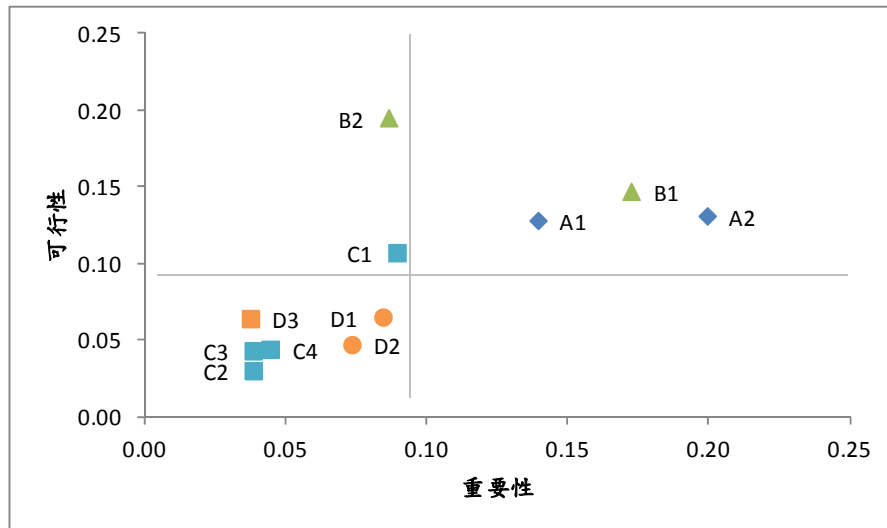


圖 7.4 重要性與可行性散布圖

由圖中可以看出，落於第一象限的子議題為 A1、A2 及 B1，屬於重要性高且可行性高之子議題，建議應優先處理。路網安全績效改善潛力之篩選為政府一直都有在推動的議題項目，例如交通部運輸研究所自民國 69 年起，每年皆推動臺灣地區易肇事路段改善計畫，並持續更新易肇事地點改善作業技術參考手冊之內容（張立言等人，2010）；由於議題（A）為其他議題之基礎，且政府已有相當作為，建議應持續推動。B2 及 C1 落於第二象限，屬於相對較不重要、但可行性高之子議題，此兩議題皆為國內已持續推動之議題，其重要性雖較前述三個子議題略低，但仍具備一定重要性，仍建議持續推動。其餘子議題座落於第三象限，則屬於相對不重要且可行性相對較低之子議題，建議可列為長期推動計畫。

7.2.5 分群差異性

為了解受訪者特性差異對議題架構重要性與可行性認知的影響，本研究特別將樣本分成學者與政府機關代表兩群，分別計算學界專家 ($n = 11$) 與實務專家 ($n = 2$) 受訪者對議題及子議題之重要性與可行性看法，最後並利用 Wilcoxon 符號等級檢定群體間權重分配之差異性。

議題重要性與可行性分群分析結果如表 7.3 所示。在議題重要性方面，學者與政府機關代表在權重分配上並無顯著差異 (p 值為 0.8857)，而且兩群受訪者在議題重要性排序上也一致 ($A \succ B \succ C \succ D$)，因此學者與政府機關代表在議題重要性之看法可謂一致。

在議題可行性方面，雖然 Wilcoxon 符號等級檢定未具顯著差異 (p 值為 0.4857)，但在各議題可行性排序上，學者與政府機關代表卻有些許不同；學者與政府機關代表皆認為道路安全設施節能策略之擬定 (B) 重要性最高，但另外三項議題之可行性排序卻不相同。學者認為其餘三項議題之可行性排序為 $A \succ C \succ D$ ，但是政府機關代表對此三議題之可行性排序為 $D \succ C \succ A$ ，亦即兩

群專家的排序恰好相反。可能原因在於，實務上部分政府機關已實施道路安全設施實施效果之監督 (D)，例如各縣市政府每年皆會檢討轄內之易肇事地點，檢討相關工程設計並加以改善；在已建立一定實施基礎的狀況下，要延伸或周延議題 (D) 之實施，具備相當之可行性。然而從學者的角度而言，為分析道路安全設施實施效果，必須持續蒐集許多基礎資料，並針對實施前後進行嚴密之評估；在國內目前缺乏許多基本資料的狀況下，學者認為此議題之可行性較低。

表 7.3 議題重要性與可行性分群分析結果

	重要性		可行性	
	學者	政府機關代表	學者	政府機關代表
A 路網安全績效改善潛力之篩選	0.3246	0.4032	0.2914	0.1116
B 道路安全設施節能策略之擬定	0.2526	0.2824	0.3040	0.5378
C 道路安全設施設置方案之評估	0.2117	0.1949	0.2416	0.1258
D 道路安全設施實施效果之監督	0.2111	0.1195	0.1630	0.2249
Wilcoxon 符號等級檢定顯著性	0.8857		0.4857	

學者與政府機關代表對各子議題之重要性與可行性分群分析結果如表 7.4 所示。學者與政府機關代表對子議題重要性分配權重並無顯著差異 (p 值為 0.6457)，對大部分子議題重要性排序也無顯著差別。唯一較顯著的差別在於如何落實道路安全設施之經濟效益評估 (C4) 及如何落實道路安全設施之查核工作 (D1)，學者專家認為 $D1 \succ C4$ ，但政府機關代表卻認為 $C4 \succ D1$ 。可能原因在於，經濟效益為政府機關在規劃設計道路安全設施時重要的考慮項目之一，因此在此子議題的重要性排序非常前面。

表 7.4 子議題重要性與可行性分群分析結果

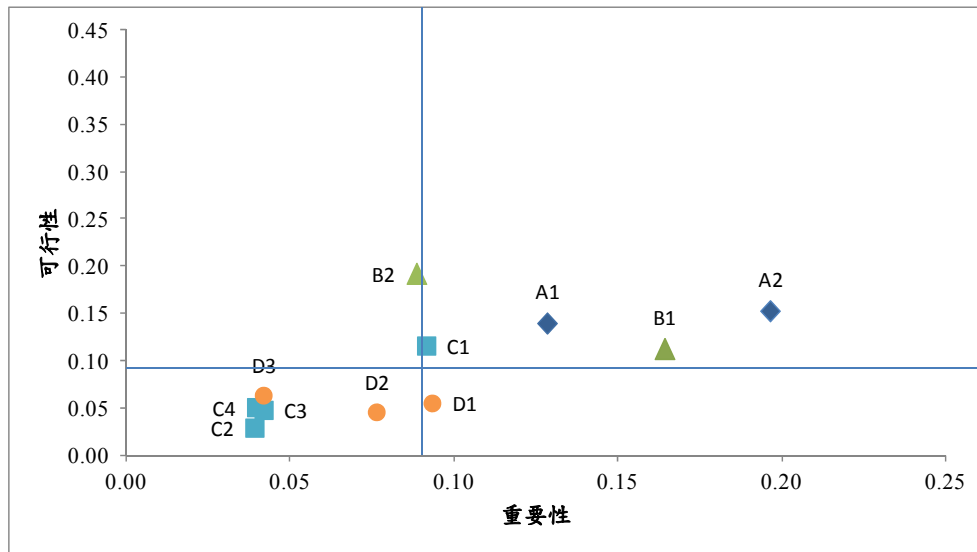
	重要性		可行性	
	學者	政府機關代表	學者	政府機關代表
A1 如何衡量道路安全績效與肇事風險	0.1283 (3)	0.2016 (2)	0.1392 (3)	0.0654 (4)
A2 如何分析與診斷道路事件肇事之原因	0.1963 (1)	0.2016 (2)	0.1522 (2)	0.0462 (7)
B1 如何落實道路安全與節能之規劃設計	0.1641 (2)	0.2118 (1)	0.1123 (5)	0.4033 (1)
B2 如何有效施行道路安全設施之節能管理	0.0884 (6)	0.0706 (5)	0.1917 (1)	0.1344 (2)
C1 如何計算道路安全設施之直接安全效果	0.0914 (5)	0.0687 (6)	0.1154 (4)	0.0561 (5)
C2 如何計算因安全改善而產生之間接節能效果	0.0390 (11)	0.0327 (9)	0.0286 (11)	0.0297 (9)
C3 如何計算道路安全設施之生命週期成本	0.0418 (8)	0.0224 (10)	0.0474 (9)	0.0206 (10)
C4 如何落實道路安全設施之經濟效益評估	0.0395 (10)	0.0712 (4)	0.0503 (8)	0.0193 (11)
D1 如何落實道路安全設施之查核工作	0.0932 (4)	0.0451 (8)	0.0547 (7)	0.1305 (3)
D2 如何評估建置後之安全與節能效果	0.0762 (7)	0.0562 (7)	0.0453 (10)	0.0420 (8)
D3 如何分享道路設施安全與節能資訊	0.0417 (9)	0.0181 (11)	0.0630 (6)	0.0524 (6)
Wilcoxon 符號等級檢定顯著性	0.6457		0.3653	

在子議題可行性方面，學者與政府機關代表的分配權重也無顯著差異 (p 值為 0.3653)，但在部分子議題之排序上有較顯著的差異。例如政府機關代表認為落實道路安全與節能之規劃設計 (B1) 及落實道路安全設施之查核工作 (D1) 的可行性非常高 (分別排名第 1 及第 3)，但學者認為此兩個子議題的可行性約中等 (分別排名第 5 及第 7)。反之，學者認為分析與診斷道路事件肇事原因 (A2) 的可行性很高 (排名第 2)，但政府機關代表認為此子議題之可行性約略中等 (排名第 7)。

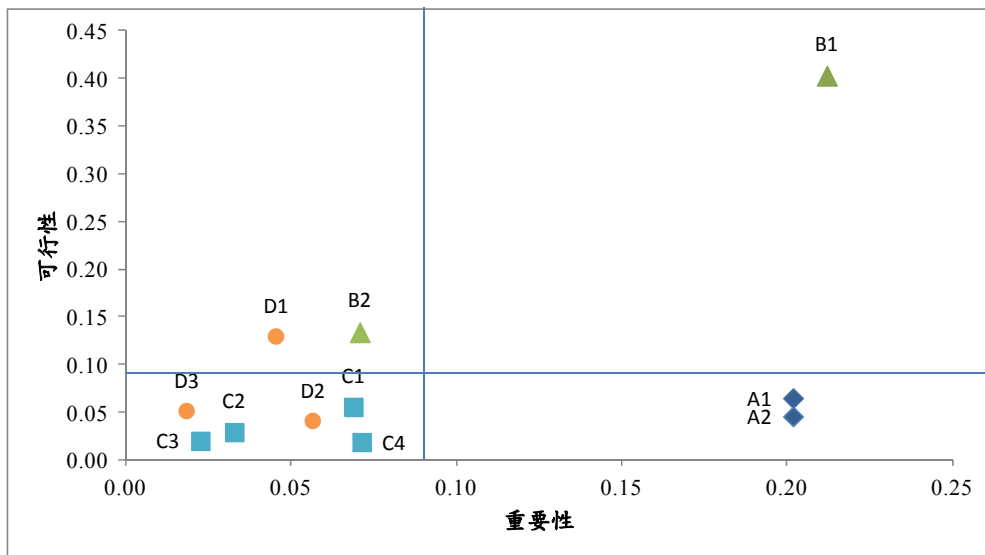
學者專家與政府機關代表重要性與可行性綜合分析結果如圖 7.5 所示。圖 7.5 (a) 之結果顯示，學者專家對子議題重要性與可行性綜合分析結果與全體樣本大致相同，子議題 A1、A2 及 B1 落於第一象限，B2 落於第二象限，C2、C3、C4 及 D2、D3 子議題則落於第三象限。然而，在全體樣本分析中座落於第二象限的 C1 轉移至第一象限，而原本在第三象限的 D1 則轉移至第四象限，顯示學者專家對此兩子議題的重要性相對提升。政府機關代表之綜合分析結果與全體樣本分析結果也呈現部分差異，圖 7.5 (b) 顯示僅有 B1 落於第一象限；原位於第一象限的 A1 及 A2 則落於第四象限；除了 B2 仍落於第二象限外，原落於第二象限的 C1 變換至第三象限，而原落於第三象限的 D1 則變換至第二象限。此四子議題的象限轉換，顯示政府機關代表對其可行性的看法與學者專家有些許出入。

綜合言之，不論學者專家或政府機關代表皆認為 B1 屬於重要性及可行性最高之子議題，應優先實施；而如何有效施行道路安全設施之節能管理 (B2) 屬於重要性相對較低但可行性高子議題，因此建議為中期發展議題；最後，C2、C3、C4、D2 及 D3 則為重要性與可行性相對較低之子議題，建議可做為長期發展議題。

相對於學者專家，政府機關代表認為 A1 與 A2 的可行性低，因此從重要性且可行性高之第一象限議題，變成重要性高但可行性相對較低之第四象限議題。政府機關代表主要考量可能在於此兩個子議題需要完整之事故資料以及其他相關資料之支持 (例如車流量、道路幾何等)。但從學者專家的角度，目前在路網安全績效改善潛力篩選之相關理論已發展至一定程度，尤其在如何衡量道路安全績效與肇事風險 (A1) 議題，已針對不同資料完整度，發展相對應的分析方法。因此，若能逐步建置基本資料庫，應可提高 A1 與 A2 議題之可行性。



(a) 學者專家



(b) 政府機關代表

圖 7.5 學者專家與政府機關代表重要性與可行性散布圖

學者專家與政府機關代表對於 C1 與 D1 的可行性有不同的看法；政府機關代表認為計算道路安全設施之直接安全效果 (C1) 之可行性較低，而專家學者認為如何落實道路安全設施之查核工作 (D1) 之可行性較低，主要原因仍在於學界已發展許多計算道路安全設施安全效果之分析方法，但國內囿於資料缺乏，目前仍沿用較早期之計算方法，而查核工作屬於可直接進行之工作，但學者專家認為若要真正落實，仍有其困難處。由此可知，若要執行這兩個議題，必須有效結合實務與學術界之資源。此外，就實務執行單位觀點，目前應用節能技術之道路設施在法規上並無統一規範可依循，無法保證新式節能設施得以發揮與傳統設施相當之效果，同時亦導致相關單位無法統一設施之規格，造成推動不易，未來相關主管機關應統合相關資源，針對道路設施訂定相關規範，供設施製造廠商與實務單位依循參考。

7.3 行動方案

綜合本研究之分析結果，議題行動方案之因果關係可繪如圖 7.6 所示，其中專家對各議題行動方案重要性與可行性之意見，以及各縣市政府及交通主管單位在各行動方案的執行現況亦標示在圖 7.6 中。

道路安全設施之實施基本上依循「路網績效改善潛力之篩選」、「道路安全設施節能策略之擬定」、「道路安全設施設置方案之評估」以及「道路安全設施之實施與效果監督」等四階段循環實施；亦即，先篩選出具改善潛力之地點，接著擬定各種可行策略，並進行各方案之評估以選擇方案，在實施後則持續進行效果監督。值得注意的是，各階段都需要道路安全與節能資訊，以客觀有效進行行動方案，或會因該行動方案的實施而產生相關資訊，做為未來類似改善方案之參考。因此，道路安全設施與節能資訊平台 (D3) 與各階段行動方案之關係密切，且為行動方案是否能有效執行之重要關鍵。

除了四大階段具有順序關係外，各階段內之行動方案也隱涵實施之先後順序，當前步驟之行動方案之品質提升時，亦會同時提升接續行動方案之品質。在路網績效改善潛力之篩選階段，若能有效篩選值得改善之地點 (A1)，將更容易提升道路事件肇因診斷之正確性 (A2)。而在道路安全設施節能策略擬定階段，若在道路安全與節能規劃設計階段 (B1) 有效減少道路設施的使用，即可減輕道路安全設施節能管理 (B2) 之壓力。在道路安全設施設置方案評估階段，為能有效評估設施之經濟效益 (C4)，必須先了解設施之安全效果 (C1)、因安全而產生之間接節能效果 (C2) 以及設施之生命週期成本 (C3)。最後在實施之效果監督階段，透過道路安全設施之查核 (D1)，可提供相關資訊進行設施建置後之安全與節能效果評估 (D2)。

道路設施之安全與節能管理為永續運輸之關鍵議題，因此本研究所研提之各行動方案皆為需長期持續推動之方案。由專家問卷分析可知，受訪專家對於各議題重要性之看法一致，但對於可行性之看法卻有些許差異，反應出受訪專家在學術專業或實務經驗著眼點不同。可以確定的是，子議題 B1 為重要性與可行性最高之議題，B2 則為可行性高但重要性相對較低之子議題，子議題 C2、C3、C4、D2 及 D3 則為重要性與可行性相對較低之議題；而子議題 A1、A2 屬重要性高但可行性需進一步確認，C1、D1 為重要性相對較低而可行性則需進一步確認之子議題。

從目前相關政府單位運作現況檢視，議題 D3「如何分享道路設施安全與節能資訊」為各行動方案分析與評估之基礎，也是目前實務單位最欠缺的部分；議題 D2「設施建置後之安全及節能效果評估」、議題 A1「道路安全績效與肇事風險之衡量」、以及議題 A2「道路事件肇因之診斷」為資訊蒐集與分析的主要工具，也是道路改善策略擬定與設施選用之依據；而議題 B1「道路安全與節能之規劃

設計」為專家認為重要性與可行性高之議題，所以此五項議題建議為立即推動之項目。在基礎資料庫與分析技術逐步成形後，接著就是提升資訊內容與分析技術的精確性，以及掌握道路設施在安全與節能間的關聯性，包括議題 B2「道路安全設施之節能管理」、四項 C 類議題：「道路設施安全效果之衡量」、「道路安全設施間接節能效果之計算」、「道路安全設施生命週期分析」、「道路安全設施經濟效益評估」以及議題 D1「道路安全設施之查核工作」的推動。以確保道路設施在節能與安全上效果的兼顧，完成整體運作與執行的機制。各子議題推動優先順序之建議綜整如表 7.5 所示，對於各子議題的執行內容則說明於附錄 C 中。

表 7.5 道路設施安全與節能管理之執行計畫

編號	議題	建議立即推動	建議接續推動
A1	道路安全績效與肇事風險之衡量	✓	
A2	道路事件肇因之診斷	✓	
B1	道路安全與節能之規劃設計	✓	
B2	道路安全設施之節能管理		✓
C1	道路設施安全效果之衡量		✓
C2	道路安全設施間接節能效果之計算		✓
C3	道路安全設施生命週期分析		✓
C4	道路安全設施經濟效益評估		✓
D1	道路安全設施之查核工作		✓
D2	設施建置後之安全及節能效果評估	✓	
D3	道路安全設施與節能資訊平台	✓	

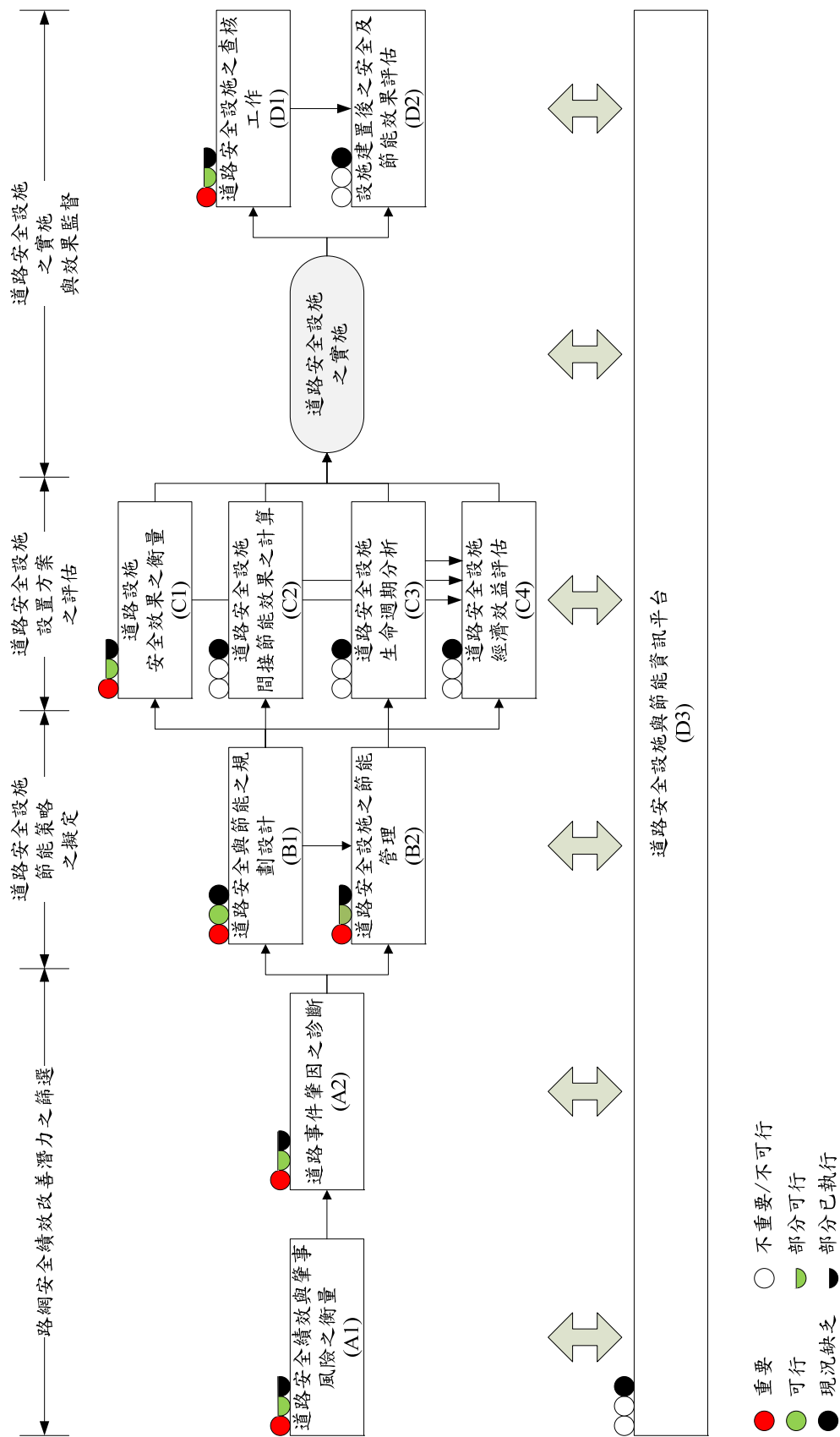


圖 7.6 行動方案之重要性、可行性與執行現況

第八章 結論與建議

本研究從道路安全設施之生命週期概念，全面性探討其在交通安全與節能減碳之關聯性，藉由文獻收集與分析、專家座談，找出相關議題，及各議題對交通安全的影響，並了解國際發展趨勢與相關作法，本研究並提具有研究價值及應用可行性的系列研究項目，作為後續推動相關研究之參考依據，以提供相關主管機關在制定政策與修訂道路設施規範或相關標準的參考。

8.1 結論

1. 目前主要國家運輸部門節能減碳的政策，大致上朝向四大領域：提高運具耗能標準、推广大眾運輸、推廣省能運具、獎勵省能運具研發。我國運輸部門能源行動方案主要三項策略方向為：(1) 發展綠色運輸系統、(2) 紓緩汽（機）車使用與成長、(3) 提升運輸系統能源使用效率等。在這些節能減碳的政策中，運具是最受關注的一環，而道路安全設施則未受到應有的關注。
2. 道路安全設施之生命週期可分為施作、營運以及回收/再利用三個階段。施作時期主要為進行道路施工時因封閉車道所造成的車流擁擠而增加的空氣污染，或道路施工本身（例如鋪面重整）所排放的廢氣等。營運時期的影響為設施本身之能耗，亦或是因造成旅運或駕駛行為改變，進而產生對環境的衝擊。道路安全設施最後因使用耐久度與期限不同，回收與可再利用的程度也不同，將間接影響環境。除了設施本身對節能減碳的直接效果外，道路安全設施乃為了順暢車流與提升道路交通安全而設，其品質良窳對事故之發生不無影響，而事故減少對節能減碳直接與間接之效果甚大，因此，道路安全設施可能引發之節能減碳效果實不容忽視。
3. 交通事故之發生通常非由單一因素造成，而是人、車、路及環境四個系統內各個因子交互作用而成，為同時達成道路設施安全與節能減碳之目標，必須有效考量道路設施對交通行為的影響以及交通事故形成之複雜性，避免因道路安全設施的不當設置，而造成安全的疑慮與增加能源的消耗。
4. 駕駛人為事故鏈當中最重要的一個環節，相同的道路安全措施，因駕駛行為的不同而可能導致不同的結果，良好的駕駛行為（如 eco-driving）不但可減少事故的發生，亦可降低能源消耗與碳排放約 10 %，顯見駕駛行為也是節能減碳的關鍵因素之一，如何透過良好的道路安全設施改變駕駛人行為，使駕駛人得以採取良好的駕駛行為，進而達到提升安全與節能減碳目的，實為一重要議題。
5. 道路安全設施在先進國家是受到高度重視的議題，為提供實務者一個量化工

具，客觀評估交通措施的安全績效，美國 AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) 已發展出公路安全手冊，供道路安全改善分析之用，值得我們參考。

6. 新一代的道路設施必然要朝向綠色節能設施的方向邁進，因此，道路安全設施首要的節能策略為減少相關設施設置的需求，在道路自明性概念充分考量下，若必須設置相關道路安全設施時，應確保相關設施能夠充分發揮預期效果。在設施使用的能源選擇上，應以低成本、低排碳能源為優先，以避免額外能源供應上的需求。最後，在設施使用的能源效率上，應積極導入創新科技器材並提高標準，提升設施能耗效率，並可搭配環境照度與交通流量，調整設施運作方式以節省能源使用。
7. 交通事故對環境造成的影響主要包括：非重現性交通所產生的擁擠，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。凡此種種均造成龐大的社會與環境成本，不容小覷，因此，如何有效利用安全設施之改善以降低事故的發生，實為節能減碳中重要的一環，相關議題經綜整分析後，可歸納為下列四大議題：路網安全績效改善潛力之篩選、道路安全設施節能策略之擬定、道路安全設施設置方案之評估、道路安全設施實施效果之監督，其下共包含 11 項子議題。
8. 為了完整考慮道路設施之成效，道路設施設置的評估必須考量安全、節能/減碳、及經濟等三種效益。道路設施設置的安全效益主要為交通事故發生可能性的降低效果；節能減碳效益則包括各生命週期階段的能耗與排放，以及安全提升後對事故處理與交通車流的節能減排效益；而經濟效益主要指新型節能道路設施的生命週期總和成本。
9. 為了提升道路安全，充分發揮安全設施改善的安全效果與節能減碳之潛力，有必要發展一套完整的道路安全管理系統，其應包括路網篩選、肇因診斷、方案擬定、經濟評估、方案排序以及安全效果評估。
10. 相關議題重要性與可行性評估方面，綜整專家學者意見調查之結果如下：
 - (1) 如何分析與診斷道路事件肇事之原因、如何落實道路安全與節能之規劃與設計、如何衡量道路安全績效與肇事風險三者重要性最高，顯見上游議題之重要性。
 - (2) 各子議題當中以如何有效施行道路安全設施之節能管理以及如何落實道路安全與節能之規劃與設計之可行性最高。值得注意的是，如何計算道路安全設施之生命週期成本以及如何計算因安全改善而產生之間接節能效果可行性最低；此結果反應國內在道路安全設施節能績效相關資料之缺乏，且相關理論並未若交通安全完整，因此不管是設施之間接節

能效果或設施之經濟效益評估之可行性皆較不被看好。

- (3) 如何衡量道路安全績效與肇事風險、如何分析與診斷道路事件肇事之原因以及如何落實道路安全與節能之規劃設計，屬於重要性高且可行性高之子議題，建議應優先處理。前兩項子議題為其他議題之基礎，且政府已有相當作為，建議應持續推動。
 - (4) 如何有效施行道路安全設施之節能管理及如何計算道路安全設施之直接安全效果屬於相對較不重要、但可行性高之子議題，此兩議題皆為國內已持續推動之議題，其重要性雖較前述三個子議題略低，但仍具備一定重要性，仍建議持續推動。
 - (5) 學者專家與政府機關代表對於各議題重要性看法較為一致，但對於可行性之看法卻有部分差異，反應出受訪專家在學術專業或實務經驗著眼點不同。看法分歧之子議題為如何衡量道路安全績效與肇事風險、如何分析與診斷道路事件肇事之原因、如何計算道路安全設施之直接安全效果、如何落實道路安全設施之查核工作，建議作進一步研究以確認其實施優先性。
11. 本研究調查交通部所屬單位、縣市政府相關局處、地方鄉鎮市區公所對於道路設施設置、維護、道路安全與改善措施評選之執行概況。分析結果顯示：
- (1) 多數道路安全設施皆採取反應性維護，即經民眾或其他單位通報後再派員進行維護。
 - (2) 各類道路安全設施所耗之電費，以道路照明所消耗之電量最高，約占大部分鄉鎮九成以上之道路安全設施電費支出；另一方面，實務單位已引進或規劃引進的節能減碳技術皆以 LED 為主。
 - (3) 多數縣市之道路施行安全查核多採取不定時巡查或於道安會報中討論，尚未發展系統性之查核計畫。
 - (4) 多數縣市政府之事故相關統計資料由警察單位進行，易肇事地點篩選多以現場勘查為主，改善優先順序則多數採用事故發生次數以及事故嚴重性指標。
 - (5) 國內常見之易肇事地點改善策略包括增加標誌、裝設反光板或反光條、加強執法等，而改善方案之選擇多以事故嚴重度之降低、發生次數之降低作為篩選準則，較少考慮方案之益本關係。
 - (6) 維護與營運成本、設施成本、施工成本為各級政府最常考慮的改善方案成本，而預期事故的降低次數作為改善方案的效益。
 - (7) 多數縣市政府並未評估道路安全改善策略之節能減碳效益，但有針對各

改善方案的死亡人數、事故件數與事故嚴重度進行持續追蹤。

8.2 建議

1. 過去在道路設施對節能減碳效益的衡量，僅針對營運時期的能耗進行評估，例如交通號誌或路燈的能耗，較少從整個生命週期進行評估。為完整評估道路設施之節能減碳效益，建議後續進行評估時，應盡量朝向規劃設計、建造營運、維修、回收再利用各階段完整評估，並依國外經驗，將節能減碳與安全相關議題納入環境影響評估當中，以完整評估設施設置對安全改善與減少碳排放的成效。
2. 過去對道路設施對節能減碳效益的衡量，大都針對其直接節能效益進行評估；然而，道路設施對環境的影響另包括因改變駕駛與旅運行為及交通安全績效所衍生之間接效果。為完整評估道路設施之節能減碳效益，建議後續進行評估時，應同時考量道路設施對節能減碳之直接效果以及間接之節能效果。
3. 為完整且客觀地評估道路設施之節能減碳效果，需要完整之資料庫支持，包括道路設施安全績效、道路設施生命週期成本、道路設施節能等，另需要其他支援性資料包括車流、道路基礎設施等。根據本研究專家座談及會議結果，相關資料庫的建立是道路設施節能效果評估之重要關鍵，然而國內在相關資料建置上甚為缺乏，或已有部分資料，卻缺乏一統合機制。建議後續應積極強化相關資料庫之建置，並能進行現有資料庫之橫向整合或建立分享機制。
4. 不論是學者專家或政府機關代表皆認為路網安全績效改善潛力之篩選為最重要之議題，顯見如何選擇「對」的地點進行改善是道路設施安全與節能的基礎。國內目前主要依據嚴重性指標（即嚴重性 死亡人數 受傷人數 件數）的選擇易肇事地點，此指標雖簡單易行，但較無法反應事故發生的隨機特性，也無法客觀判斷可能之改善潛力。由於路網安全績效改善潛力篩選之相關理論已發展相當成熟，建議未來在基本資料漸趨完備後，可利用更有效之方法進行地點篩選。
5. 在道路安全設施節能策略之擬定方面，學者專家與政府機關皆認為如何落實道路安全與節能之規劃設計是最為重要的議題，意即減少道路設置之需求、有效發揮道路設施安全效果，以及引進創新綠能科技，為道路設施是否能有效節能減碳的關鍵。國內在創新綠能科技的引進已有部分作為，包括交通號誌與路燈採用 LED 燈等；然而如何做到減少道路設施的設置以及發揮道路設施安全效果，不論在理論與實務上，都需要進一步努力。另一方面，如何有效施行道路安全設施之節能管理的重要性相對較低，但學者專家與政府機

關代表皆認為其可行性非常高，屬於可立即執行之措施。

6. 在道路安全設施設置方案之評估方面，除了安全效果之計算的可行性較高外，道路安全設施之間接節能效果、生命週期評估、經濟效益評估之落實等議題之可行性皆敬陪末座，顯見國內在道路設施節能減碳基礎資訊的缺乏，相關評估理論與實務運作方式也未若道路設施安全效果計算完備，建議後續可針對此議題進行長期之規劃與發展。
7. 在道路安全設施實施效果之監督，有助於了解道路設施設置後是否達成預期之安全與節能效果，可作為未來相關設施設置之參考。專家問卷分析結果顯示，此議題之重要性相對較低，鑒於其係道路節能設施與交通安全不可或缺之一環，建議作為長期發展之議題。
8. 學者專家與政府機關代表對大部分議題的重要性與可行性的看法雷同，對於未來在議題實施的先後順序具有相當之參考價值。然而值得注意的是，對於部分議題的可行性（包括如何衡量道路安全績效與肇事風險、如何分析與診斷道路事件肇事之原因、如何落實道路安全設施之查核工作），學者專家與政府機關代表的看法較為分歧，顯示此些議題在理論發展與實務運作可能存有較大的落差，且法規面缺乏對新式設施統一的規範與規格，建議後續研究可進行更深入之探討。

參考文獻

- 工業技術研究院 (2010)，符合節能目標之道路設施安全標準評估與應用，期末報告定稿。
- 行政院研究發展考核委員會 (2008)，我國節能減碳政策檢討與規劃。
- 行政院環境保護署 (2010)，溫室氣體排放統計，擷取日期：2011 年 6 月 26 日，網址：<http://www.epa.gov.tw/ch/artshow.aspx?busin=12379&art=2009011715443552&path=12437>
- 交通部運輸研究所 (2010)，運輸設施節能減碳整體發展策略規劃與資訊平台建置。
- 李容萍 (2011 年 3 月 23 日)，箭型紋減速標記 蘆竹首試辦，自由時報 (<http://www.libertytimes.com.tw/2011/new/mar/23/today-north2.htm>)。
- 道路交通標誌標線號誌設置規則 (2011)
- 黃宗煌等人 (2009)，運輸部門能源與溫室氣體資料之構建與盤查機制之建立 (3/3) — 建立運輸能源效率指標與運輸成長預測模式，期末報告，交通部運輸研究所委託。
- 張立言、劉霈、林大傑、李伊婷、李薇婷、林秉諭、蕭元傑、黃競元、陳振邦 (2010)，易肇事路段改善專案研究，交通部運輸研究所委託。
- Aarts, L. and van Schagen, I. (2006), "Driving Speed and the Risk of Road Crashes: A Review," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 38, No. 4, pp. 652-661.
- Abdel-Aty, M. and Pande, A. (2007), "Crash Data Analysis: Collective vs. Individual Crash Level Approach," *Journal of Safety Research*, Vol. 38, No. 5, pp. 581-587.
- Agent, K. and J. Pigman (1989), Accidents Involving Vehicles Parked on Shoulders of Limited Access Highways, KTC-89-36, Kentucky Transportation Center, Lexington, KY.
- Ahn, K. and Rakha, H. (2009), "A Field Evaluation Case Study of the Environmental and Energy Impacts of Traffic Calming," *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol. 14, pp. 411-424.
- Ajzen, I. (1991), "The Theory of Planned Behavior," *Organizational Behavior and Human Decision Process*, Vol. 50, pp. 179-211.
- Åkerman, J. (2011), "The Role of High-speed Rail in Mitigating Climate Change - The Swedish Case Europabanan from a Life Cycle Perspective," *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, In Press.
- Al-Ghamdi, A. S. (2007), "Experimental Evaluation of Fog Warning System," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 39, No. 6, pp. 1065-1072.
- Albertsson, P. and Falkmer, T. (2005), "Is there a Pattern in European Bus and Coach

- Incidents? A Literature Analysis with Special Focus on Injury Causation and Injury Mechanisms,” *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 37, No. 2, pp. 225-233.
- Assum, T., Bjornskau, T., Fosser, S., and Sagberg, F., (1999), “Risk Compensation - The Case of Road Lighting,” *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 31, No. 5, pp. 545-553.
- Baker, J. S. and Ross, H. L. (1961), “Concepts and Classification of Traffic Accident Causes (Part 1),” *International Road Safety and Traffic Review*, Vol. 9, No. 31, pp. 11-18.
- Baltes, P. B. and Baltes, M. M. (1990), “Psychological Perspectives on Successful Aging: The Model of Selective Optimization with Compensation,” In Baltes, P. B. and Baltes, M. M. (Eds.), *Successful Aging: Perspectives from the Behavioural Sciences*. New York: Cambridge University Press, pp. 1-34.
- Barkenbus, J. N. (2010), “Eco-driving: An Overlooked Climate Change Initiative,” *Energy Policy*, Vol. 38, No. 2, pp. 762-769.
- Barth, M., and Boriboonsomsin, K. (2009). “Energy and Emissions Impacts of a Freeway-based Dynamic Eco-driving System,” *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol. 14, No. 6, pp. 400-410.
- Bayam, E., Liebowitz, J., and Agresti, W. (2005), “Older Drivers and Accidents: A Meta Analysis and Data Mining Application on Traffic Accident Data,” *Expert Systems with Applications*, Vol. 29, No. 3, pp. 598-629.
- Blockey, P. N. and Hartley, L. R. (1995), “Aberrant Driving Behaviour: Errors and Violations,” *Ergonomics*, Vol. 38, No. 9, pp. 1759-1771.
- Boyle, L.N. and Mannering, F. (2004), “Impact of Traveler Advisory Systems on Driving Speed: Some New Evidence,” *Transportation Research Part C*, Vol. 12, No. 1, pp. 57-72.
- Brookhuis, K. and De Waard, D. (1999), “Limiting Speed, towards an Intelligent Speed Adapter (ISA),” *Transportation Research Part F*, Vol. 2, No. 2, pp. 81-90.
- Bruyas, M. P., Brusque, C., Debailleux, S., Duraz, M., and Aillerie, I. (2009), “Does Making a Conversation Asynchronous Reduce the Negative Impact of Phone Call on Driving?,” *Transportation Research Part F*, Vol. 12, No. 1, pp. 12-20.
- Caliendo, C., Guida, M., and Parisi, A. (2007), “A Crash-prediction Model for Multilane Roads,” *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 39, No. 4, pp. 657-670.
- Carbaugh, J., Godbole, D. N., and Sengupta, R. (1998), “Safety and Capacity Analysis of Automated and Manual Highway Systems,” *Transportation Research Part C*, Vol. 6, No. 1-2, pp. 69-99.

- Chang, L. Y. and Chen, W. C. (2005), "Data Mining of Tree-based Models to Analyze Freeway Accident Frequency," *Journal of Safety Research*, Vol. 36, No. 4, pp. 365-375.
- Chang, L. Y. and Wang, H. W. (2006), "Analysis of Traffic Injury Severity: An Application of Non-parametric Classification Tree Techniques," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 38, No. 5, pp. 1019-1027.
- Chang, H. L. and Yeh, T. H. (2007), "Motorcyclist Accident Involvement by Age, Gender, and Risky Behaviors in Taipei, Taiwan," *Transportation Research Part F*, Vol. 10, No. 2, pp. 109-122.
- Charlton, S. G. (2004), "Perceptual and attentional effects on drivers' speed selection at curves," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 36, No. 5, pp. 877-884.
- Chin, H. C. and Quddus, M. A. (2003), "Applying the Random Effect Negative Binomial Model to Examine Traffic Accident Occurrence at Signalized Intersections," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 35, No. 2, pp. 253-259.
- Chester, M. (2008), Life-Cycle Environmental Inventory of Passenger Transportation Modes in the United States, Ph.D. Thesis, Institute of Transportation Studies, UC Berkeley.
- Chester, M. and Horvath, A. (2008), Environmental Life-cycle Assessment of Passenger Transportation: A Detailed Methodology for Energy, Greenhouse Gas and Criteria Pollutant Inventories of Automobiles, Buses, Light Rail, Heavy Rail and Air, UC Berkeley Center for Future Urban Transport: A Volvo Center of Excellence, Institute of Transportation Studies, UC Berkeley.
- Christoforou, Z., Cohen, S. and Karlaftis, M. G. (2010), "Vehicle Occupant Injury Severity on Highways: An Empirical Investigation," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 42, No. 6, pp. 1606-1620.
- Clarke D. D., Forsyth R., and Wright R. (1998), "Machine Learning in Road Accident Research: Decision Trees Describing Road Accidents During Cross Flow Turns," *Ergonomics*, Vol. 41, No. 7, pp. 1060-1079.
- Council, F. and Stewart, J. (1999), "Safety Effects of the Conversion of Rural Two-Lane to Four-Lane Roadways Based on Cross Sectional Models," *Transportation Research Record: Journal of Transportation Research Board*, No. 1665, pp. 35-43.
- Creaser, J. I., Rakauskas, M. E., Ward, N. J., Laberge, J. C., and Donath, M. (2007), "Concept Evaluation of Intersection Decision Support (IDS) System Interfaces to Support Drivers' Gap Acceptance Decisions at Rural Stop-Controlled Intersections," *Transportation Research Part F*, Vol. 10, No. 3, pp. 208-228.
- Daniels, S., Vanrie, J., Dreesen, A. and Brijs, T. (2010), "Additional road markings as

- an indication of speed limits: Results of a field experiment and a driving simulator study,” *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 42, No. 3, pp. 953-960.
- Dissanayake, S. and Lu, J. J. (2002), “Factors Influential in Making an Injury Severity Difference to Older Drivers Involved in Fixed Object-passenger Car Crashes,” *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 34, No. 5, pp. 609-618.
- Donmez, B., Boyle, L. N., and Lee, J. D. (2007), “Safety Implications of Providing Real-time Feedback to Distracted Drivers,” *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 39, No. 3, pp. 581-590.
- Donnell, E. T. and Mason, J. M. (2006), “Predicting the Frequency of Median Barrier Crashes on Pennsylvania Interstate Highways,” *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 38, No. 3, pp. 590-599.
- Donnell, E. T., Shankar, V. N., and Porter, R. J. (2009), Analysis of Safety Effects for the Presence of Roadway Lighting: Thomas D. Larson Pennsylvania Transportation Institute, The Pennsylvania State University, University Park, PA.
- DOT (2010), Transportation’s Role in Reducing U.S. Greenhouse Gas Emissions, Center for Climate Change and Environmental Forecasting, U.S. Department of Transportation.
- Easa, S. M., and You, Q. C. (2009), “Collision Prediction Models for Three-dimensional Two-lane Highways Horizontal Curves,” *Transportation Research Record*, No. 2092, pp. 48-56.
- Eidehall, A., Pohl, J., Gustafsson, F., and Ekmark, J. (2007), “Toward Autonomous Collision Avoidance by Steering,” *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol. 8, No. 1, pp. 84-94.
- Elvik, R. (1995), “The Safety Value of Guardrails and Crash Cushions: A Meta-analysis of Evidence from Evaluation Studies” *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 27, No. 5, pp. 523–549.
- Elvik, R. (2003), “Assessing the Validity of Road Safety Evaluation Studies by Analysing Causal Chains” *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 32, No. 6, pp. 849-851.
- Elvik, R. (2008), “A Survey of Operational Definitions of Hazardous Road Locations in Some European Countries,” *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 40, No. 6, pp. 1830-1835.
- Elvik, R. and Vaa, T. (2004), *The Handbook of Road Safety Measures*, UK: Elsevier Ltd.
- FHWA (2011). Integrating Road Safety into NEPA Analysis: A Primer for Safety and Environmental Professionals. FHWA-SA-11-36, U.S. Department of Transportation.

- Fitzpatrick, K., Lord, D., and Park, B. (2008), "Accident Modification Factors for Medians on Freeways and Multilane Highways in Texas," *Transportation Research Record: Journal of Transportation Research Board*, No. 1665, pp. 62-71.
- Flahaut, B. (2004), "Impact of Infrastructure and Local Environment on Road Unsafety: Logistic Modeling with Spatial Autocorrelation," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 36, No. 6, pp. 1055-1066.
- Fleury, D. and Brenac, T. (2001), "Accident Prototypical Scenarios: A Tool for Road Safety Research and Diagnostic Studies," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 33, No. 2, pp. 267-276.
- Gårder, P. (2006), "Segment Characteristics and Severity of Head-on Crashes on Two-lane Rural Highways in Maine," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 38, No. 4, pp. 652-661.
- Green, E., Agent, K. R., Barrett, M. L., and Pigman, J. G., (2003), *Roadway Lighting and Driver Safety*. University of Kentucky, Kentucky.
- Glendon, A. I., Dorn, L., Matthews, G., Gulian, E., Davies, D. R., and Debney, L. (1993), "Reliability of the Driving Behaviour Inventory," *Ergonomics*, Vol. 36, No. 6, pp. 719-726.
- Golob, T. F. and Recker, W. W. (2003), "Relationships among Urban Freeway Accidents, Traffic Flow, Weather, and Lighting Conditions," *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 129, No. 4, pp. 342-353.
- Greene, D. L. (2009), "Feebates, Footprints and Highway Safety," *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol. 14, No. 6, pp. 375-384.
- Hadi, M. A., Aruldas J., Chow, L., and Wattleworth, J. (1995), "Estimating Safety Effects of Cross-Section Design for Various Highway Types Using Negative Binomial Regression," *Transportation Research Record 1500*. Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., pp. 169–177.
- Harwood, D. W., Rabbani, E. R., Ricard, K. R., McGee, H. W., and Gittings, G. L. (2003), "NCHRP Report 486: Systemwide Impact of Safety and Traffic Operations Design Decisions for 3R Projects" Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C.
- Hassan, Y. and Easa, S. M. (2003), "Effect of Vertical Alignment on Driver Perception on Horizontal Curves," *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 129, No. 4, pp. 399–407.
- Hatfield, J. and Chamberlain, T. (2008), "The Effect of Audio Materials from a Rear-seat Audiovisual Entertainment System or From Radio on Simulated Driving," *Transportation Research Part F*, Vol. 11, No. 6, pp. 52-60.
- Hauer, E. (2000), *Lane Width and Safety*, website: www.trafficsafetyresearch.com.

- Haynes, R., Jones, A., Kennedy, V., Harvey, I., and Jewell, T. (2007), "District Variations in Road Curvature in England and Wales and their Association with Road-traffic Crashes," *Environment and Planning A*, Vol. 39, pp. 1222-1237.
- Heger, R. and Schlag, B. (2003), "Driver Perception of Roadway, Traffic and Environment: A Basic Human Factor to Be Considered in Road Design Standards," *XXIIInd PIARC World Road Congress*, Durban, South Africa.
- Hiselius, L.W. (2004), "Estimating the Relationship between Accident Frequency and Homogeneous and Inhomogeneous Traffic Flows," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 36, No. 6, pp. 985-992.
- Horberry, T., Anderson, T. and Regan, M. A. (2006), "The Possible Safety Benefits of Enhanced Road Markings: A Driving Simulator Evaluation," *Transportation Research Part F*, Vol. 9, No. 1, pp. 77-87.
- Hoyes, T. W., Stanton, N. A., and Taylor, R. G. (1996), "Risk Homeostasis Theory: A Study of Intrinsic Compensation," *Safety Science*, Vol. 22, No. 1-3, pp. 77-86.
- Hydén, C. and Várhelyi, A. (2000), "The Effects on Safety, Time Consumption and Environment of Large Scale Use of Roundabouts in an Urban Area: A Case Study," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 32, No. 1, pp. 11-23.
- IEA (2009a), CO2 Emissions from Fuel Combustion, Paris: International Energy Agency.
- IEA (2009b), World Energy Outlook – 2009, Paris: International Energy Agency.
- IPCC (2007), Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change, Summary for Policy Maker.
- Ivan, J. N., Wang, C. Y., and Bernardo, N. R. (2000), "Explaining Two-lane Highway Crash Rates using Land Use and Hourly Exposure," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 32, No. 6, pp. 787-795.
- Jung, S. Y., Qin, X., and Noyce, D. A. (2010), "Rainfall Effect on Single-vehicle Crash Severities using Polychotomous Response Models," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 42, No. 1, pp. 213-224.
- Kostyniuk, L. and Eby, D. (1998), Exploring Rear-End Roadway Crashes from the Driver's Perspective, Human Factors Division, Transportation Research Institute, Michigan University, Ann. Arbor.
- Kumar, P., Singh, V., and Reddy, D. (2005), "Advanced Traveler Information System for Hyderabad City," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol. 6, No. 1, pp. 26-37.
- Kinzey, B. R. and Myer, M. A. (2009), "Demonstration Assessment of Light-emitting Diode (LED) Roadway Lighting at the I-35w Bridge," Pacific Northwest National Laboratory, Richland, Washington 99352, Minneapolis MN.

- Khattak, A. J., Wang, X., Zhang, H. and Cetin, M. (2009), Primary and Secondary Incident Management: Predicting Durations in Real Time, VCTIR 11-R11, Virginia Center for Transportation Innovation and Research.
- Laberge, J. C., Creaser, J. I., Rakauskas, M. E., and Ward, N. J. (2007), "Design of an Intersection Decision Support (IDS) Interface to Reduce Crashes at Rural Stop-controlled Intersections," *Transportation Research Part C*, Vol. 14, No. 1, pp. 39-56.
- Lee, Y. J. (2011), Life Cycle and Economic Efficiency Analysis Phase II: Durable Pavement Markings, MD-11-SP808B4P, State Highway Administration, Maryland Department of Transportation.
- Lee, J. and Mannering, F. (2002), "Impact of Roadside Features on the Frequency and Severity of Run-off-roadway Accidents: An Empirical Analysis," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 34, No. 2, pp. 149-161.
- Liang, Y., Reyes, M. L., and Lee, J. D. (2007), "Real-Time Detection of Driver Cognitive Distraction Using Support Vector Machines," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol. 8, No. 2, pp. 340-350.
- Lord, D., Washington, S. P., Ivan, J. N. (2005), "Poisson, Poisson-gamma and Zero-inflated Regression Models of Motor Vehicle Crashes: Balancing Statistical Fit and Theory, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 37, No. 1, pp. 35-46
- Maltz, M. and Shinar, D. (2007), "Imperfect In-Vehicle Collision Avoidance Warning Systems Can Aid Distracted Drivers," *Transportation Research Part F*, Vol. 10, No. 4, pp. 345-357.
- Malyshkina, N. V. and Mannering, F. L. (2010), "Empirical Assessment of the Impact of Highway Design Exceptions on the Frequency and Severity of Vehicle Accidents," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 42, No. 1, pp. 131-139.
- Miaou, S., Bligh, R. and Lord, D. (2005), "Developing Median Barrier Installation Guidelines: A Benefit/Cost Analysis Using Texas Data," *Transportation Research Record 1904*. Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., pp. 3-19.
- Murray, I. J., Plainis, S., Chauhan, K. and Charman, W. N. (1998), "Road Traffic Accidents: The Impact of Lighting," *The Lighting Journal*, Vol 63, No. 3, pp. 42-46.
- Marell, A. and Westin, K. (1999), "Intelligent Transportation System and Traffic Safety – Drivers Perception and Acceptance of Electronic Speed Checkers," *Transportation Research Part C*, Vol. 7, No. 2-3, pp. 131-147.
- Mizuno, K. and Kajzer, J. (1999), "Compatibility Problems in Frontal, Side, Single

- Car Collisions and Car-to-pedestrian Accidents in Japan,” *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 31, No. 4, pp. 381-391.
- Molin, E. J. E. and Brookhuis, K. A. (2007), “Modeling Acceptability of the Intelligent Speed Adapter,” *Transportation Research Part F*, Vol. 10, No. 2, pp. 99-108.
- Nasvadi, G. E. and Varik J., (2007), “Crash Risk of Older Drivers after Attending a Mature Driver Education Program,” *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 39, No. 6, pp. 1073-1079.
- Neale, V. L., Perez, M. A., Lee, S. E., and Doerzaph, Z. R. (2007), “Investigation of Driver-Infrastructure and Driver-Vehicle Interfaces for an intersection Violation Warning System,” *Journal of Intelligent Transportation Systems*, Vol. 11, No. 3, pp. 133-142.
- Neuman, T., Pfefer, R., Slack, K., Hardy, K., McGee, H., Prothe, L., Eccles, K., and Council, F. (2003), NCHRP Report 500, Volume 4: A Guide for Addressing Head-On Collisions. Transportation Research Board of the National Academies, Washington, DC.
- Neyens, D. M. and Boyle, L. (2007), “The Effect of Distractions on the Crash Types of Teenage Drivers,” *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 39, No. 1, pp. 206-212.
- Nunes, L. and Recarte, M. A. (2002), “Cognitive Demands of Hands-Free-Phone Conversation while Driving,” *Transportation Research Part F*, Vol. 5, No. 2, pp. 133-144.
- Oya, H., Ando, K., Kanoshima, H. (2003), “Research on the Interrelation between Illuminance at Intersections and the Reduction in Traffic Accidents,” *The Lighting Journal*, Vol. 68, No. 1, pp. 14-15, 17-19, 21.
- Oh, J., Washington, S. P., and Nam, D. (2006), “Accident Prediction Model for Railway-highway Interfaces,” *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 38, No. 2 pp. 346-356.
- Pew Center (2011), Reducing Greenhouse Gas Emissions from U.S. Transportation, Prepared for the Pew Center on Global Climate Change.
- Plainis, S., Murray, I. J., Pallikaris, I. G. (2006), “Road Traffic Casualties: Understanding the Night-time Death Toll,” *Injury Prevention*, Vol. 12, No. 2, pp. 125-138.
- Parker, D., McDonald, L., Rabbit, P., and Sutcliffe, P. (2000), “Elderly Drivers and Their Accidents: The Aging Driver Questionnaire,” *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 32, No. 6, pp. 751-759.
- Parker, D., Reason, J. T., Manstead, A. S. R., and Stradling, S. G. (1995), “Driving

- Errors, Driving Violations and Accident Involvement,” *Ergonomics*, Vol. 38, No. 5, pp. 1036-1048.
- Peltzman, S. (1975), “The Effects of Automobile Safety Regulation,” *Journal of Political Economy*, Vol. 83, No. 4, pp. 677-721.
- Piechulla, W., Mayser, C., Gehrke, H., and König W. (2003), “Reducing Drivers’ Mental Workload by Means of an Adaptive Man-machine Interface,” *Transportation Research Part F*, Vol. 6, No. 4, pp. 233-248.
- Polychronopoulos, A., Tsogas, M., Amditis, A. J., and Andreone, L. (2007), “Sensor Fusion for Predicting Vehicles’ Path for Collision Avoidance Systems,” *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol. 8, No. 3, pp. 549-562.
- Rea, M. S., Bullough, J. D., Fay, C. R., Brons, J. A., and Derlofske, J. V. (2009), Review of the Safety Benefits and Other Effects of Roadway Lighting: Lighting Research Center, Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, NY & Pennsylvania State University, State College, PA.
- Reason, J. (1997), *Managing the Risks of Organizational Accidents*, Aldershot: Ashgate.
- Reason, J., Manstead, A., Stradling, S., Baxter, J., and Campbell, K. (1990), “Errors and Violations on the Roads: A Real Distinction?,” *Ergonomics*, Vol. 33, No. 10, pp. 1315-1332.
- Rogness, R., Fambro, D., and Turner, D. (1982), “Before-After Accident Analysis for Two Shoulder Upgrading Alternatives,” Transportation Research Record 855. Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC, pp. 41–47.
- Schreuder, D. A. (1988), R-88-10: Leidschendam, SWOV.
- Scott, P. P. (1980), The Relationship between Road Lighting Quality and Accident Frequency: Transport and Road Research Laboratory, Report LR 929, Crowthorne Berks.
- Shaheen, S. A. and Niemeier, D. A. (2001), “Integrating Vehicle Design and Human Factors: Minimizing Elderly Driving Constraints,” *Transportation Research Part C*, Vol. 9, No. 3, pp. 155-174.
- Shankar, V. N., Chayanan, S., Sittikariya, S., Shyu, M., Juvva, N., Milton, J. (2004), “Marginal Impacts of Design, Traffic, Weather, and Related Interactions on Roadside Crashes,” *Transportation Research Record: Journal of Transportation Record Board*, No. 1897, pp. 156-163.
- Shankar, V., Milton, J., and Mannering, F. (1997), “Modeling Accident Frequencies as Zero-altered Probability Processes: An Empirical Inquiry,” *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 29, No. 6, pp. 829-837.

- Tan, H. S. and Huang, J. (2006), "DGPS-Based Vehicle-to-Vehicle Cooperative Collision Warning: Engineering Feasibility Viewpoints," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol. 7, No. 4, pp. 415-428.
- Tolouei, R. and Titheridge, H. (2009), "Vehicle Mass as a Determinant of Fuel Consumption and Secondary Safety Performance," *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol. 14, No. 6, pp. 385-399.
- Ulleberg, P. and Rundmo, T. (2003), "Personality, Attitudes and Risk Perception as Predictors of Risky Driving Behavior among Young Drivers," *Safety Science*, Vol.41, No. 5, pp. 427-443.
- Vahidi, A. and Eskandarian, A. (2003), "Research Advances in Intelligent Collision Avoidance and Adaptive Cruise Control," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol. 4, No. 3, pp. 143- 153.
- van Driel, C.J.G., Hoedemaeker, M., and van Arem, B. (2007), "Impacts of a Congestion Assistant on Driving Behaviour and Acceptance Using a Driving Simulator," *Transportation Research Part F*, Vol. 10, No. 2, pp. 139-152.
- van Vliet, P. and Schermers, G. (2000), *Sustainable Safety: A New Approach for Road Safety in the Netherlands*, Rotterdam: Traffic Research Centre.
- Vashitz, G., Shinar, D., and Blum, Y. (2008), "In-Vehicle Information Systems to Improve Traffic Safety in Road Tunnels," *Transportation Research Part F*, Vol. 11, No. 1, pp. 61-74.
- Vis, A. A., 1994. *Street Lighting and Road Safety on Motorways: SWOV*
- Wang, C., Quddus, M., and Ison, S. (2009), "The Effects of Area-wide Road Speed and Curvature on Traffic Casualties in England," *Journal of Transport Geography*, Vol. 17, No. 5, pp. 385-395.
- Chin H. C. and Quddus M. A. (2003), "Applying the Random Effect Negative Binomial Model to Examine Traffic Accident Occurrence at Signalized Intersections," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 35, No. 2, pp. 253-259.
- Westerman, S. J. and Haigney, D. (2000), "Individual Differences in Driver Stress, Error and Violation," *Personality and Individual Differences*, Vol. 29, No. 5, pp. 981-998.
- Wong, J.-T. and Chung, Y.-S. (2007a), "Rough Set Approach for Accident Chains Exploration," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 39, No. 3, pp. 629-637.
- Wong, J.-T. and Chung, Y.-S. (2007b), "Accident Analysis and Prevention from the Chain Perspective," *Journal of the Eastern Asia Society For Transportation*, Vol. 7, No.1, pp. 2844-2859.
- Wong, J.-T. and Chung, Y.-S. (2008a), "A Rule Comparison Approach for Identifying Causal Factors of Accident Severity," *Transportation Research Record*, No. 2083,

pp. 190-198.

- Wong, J.-T. and Chung, Y.-S. (2008b), "Analyzing Heterogeneous Accident Data from the Perspective of Accident Occurrence," *Accident Analysis and Prevention*, Vol.40, No. 1, pp.357-367.
- Wong, J.-T., Chung, Y.-S., and Huang, S.-H. (2010), "Determinants behind Young Motorcyclists' Risky Riding Behavior," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 42, No. 1, pp. 275-281.
- Wong, J.-T. and Chung, Y.-S. (2011), "Structure Discrepancy of Riding Behavior among Heterogeneous Young Motorcyclists in Taiwan," *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 2194, pp. 107-114.
- Wong, S. C., Sze, N. N., Li, Y. C. (2007), "Contributory Factors to Traffic Crashes at Signalized Intersections in Hong Kong," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 39, No. 6, pp. 1107-1113.
- Yan, X., Radwan, E., and Abdel-Aty M. (2005), "Characteristics of Rear-end Accidents at Signalized Intersections Using Multiple Logistic Regression Model," *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 37, No. 6, pp.983-995.
- Young, K. L. and Regan, M. A. (2007), "Use of Manual Speed Alerting and Cruise Control Devices by Car Drivers," *Safety Science*, Vol. 45, No. 4, pp. 473-485.
- Rea, M. S., Bullough, J. D., Fay, C. R., Brons, J. A., Derlofske, J. V. (2009), Review of the Safety Benefits and other Effects of Roadway Lighting. Lighting Research Center, Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, NY & Pennsylvania State University, State College, PA.
- Tsai, Y. C., Chung, Y. S., Shen, J., Cressman, N. (2009), "A Poisson-based Wavelet Shrinkage Site Selection (WASSS) Method," *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 2136, pp. 20-27.
- Zegeer, C., Hummer, J., Herf, L., Reinfurt, D., and Hunter, W. (1987), Safety Effects of Cross Section Design for Two-Lane Roads, FHWARD- 87-008, Federal Highway Administration, Department of Transportation, Washington, D.C.
- Zegeer, C. and F. Council. (1992), Safety Effectiveness of Highway Design Features, Volume III: Cross Sections, FHWA-RD-91-046. FHWA, Washington, D.C.

附錄A 問卷

敬啟者：

感謝您百忙中抽空填答本問卷。氣候變遷是全球當前面臨到最嚴重的挑戰之一，道路設施如何在節能的設計理念下，達到其服務水準與安全標準，為關鍵的研究議題。交通部運輸研究所與中華民國運輸學會合作進行「道路節能設施與交通安全關聯議題探討」之研究計畫，希望藉由問卷調查，了解政府機關對 (1) 設施設置、(2) 設施維護、(3) 道路安全之概況，以作為後續相關議題探討之依據。至盼您的熱心協助，誠摯感謝您的合作。敬祝

平安 喜樂

交通部運輸研究所
中華民國運輸學會 敬上

連絡人：黃士軒 先生
聯絡電話：02-23494995 / 0939000561
Email：andyhuang.tt96g@nctu.edu.tw

一、基本資料

- 服務單位：_____
- 填答人職稱：_____
- 貴機關負責道路設施建置維護之單位為：_____，人力編制有_____人。
負責道路安全之單位為：_____，人力編制有_____人。
- 聯絡人姓名：_____ 電話：_____ Email：_____

二、道路安全設施建置與維護

- 貴單位是否有道路安全設施建置與維護資料庫？

☐ 有 (請填寫下列資料) ☐ 無

安全設施項目	數量	年維修或更新數量	維護方式 (註 1)		是否委外維護
			計畫性	反應性	
傳統道路照明	_____盞	_____盞	_____ %	_____ %	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
LED 道路照明	_____盞	_____盞	_____ %	_____ %	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
傳統號誌	_____座	_____座	_____ %	_____ %	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
LED 號誌	_____座	_____座	_____ %	_____ %	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
標誌	_____面	_____面	_____ %	_____ %	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
LED 標誌	_____面	_____面	_____ %	_____ %	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
標線	_____公尺	_____公尺	_____ %	_____ %	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
槽化島	_____處	_____處	_____ %	_____ %	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
偵測器	_____組	_____組	_____ %	_____ %	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
影像監視系統	_____座	_____座	_____ %	_____ %	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
資訊可變標誌	_____面	_____面	_____ %	_____ %	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
其他	_____	_____	_____ %	_____ %	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否

註 1：維護方式請填入比例，計畫性維護係指由負責單位定期進行維護，反應性維護則是經通報反應後進行維護，對每一道路安全設施，兩維護方式比例相加應為 100%。

2. 貴單位是否有對所管轄之道路施行道路安全查核，檢視道路設施現況、評估其對行車安全之影響，並採取必要改善策略，以預防事故發生或降低事故嚴重性？

☐ 有

(1) 有無制式的年度道路安全查核計畫？ ☐ 有 ☐ 無

(2) 道路安全查核進行的方式為何？煩請提供相關查核計畫。

(3) 如何選擇擬進行安全查核之道路？

☐ 無施行道路安全查核作業

3. 每年使用於道路安全設施之電費 (註 2)

維護項目	年電費
標誌牌面 (例如 LED 標誌)	_____
道路照明	_____
號誌燈	_____
影像監視系統	_____
資訊可變標誌	_____
其他	_____
總計	_____

註 2：若無細目，請填總計電費。

三、事故地點篩選與改善

1. 有無常態性進行事故資料收集

☐ 有 (請回答下列問題) ☐ 無

(1) 由何單位負責收集/維護事故資料？

(2) 資料來源為何 (警政單位、醫療院所)？

(3) 是否有進行事故統計分析？

☐ 無

☐ 有，最近一年事故件數：_____

最近一年死亡人數：_____

最近一年受傷人數：_____

(4) 分析結果是否有做為道路安全改善之應用？

☐ 無

☐ 有，如何應用？_____

2. 最近三年 (97—99 年) 每年編列多少預算進行易肇事地點之改善？

97 年：_____；98 年：_____；99 年：_____。

3. 貴單位是否有例行性易肇事地點改善計畫？

- ☐ 有 (請回答下列問題) ☐ 無

(1) 如何選定擬改善之易肇事地點，1 為最常之管道來源、2 次之，以此類推：

- ☐ 民眾反映
☐ 民意代表建議
☐ 主管機關主動分析篩選，依據：
☐ 常態性事故資料分析
☐ 交通部運輸研究所易肇事路段分析
☐ 縣市政府道安會報
☐ 近期發生之重大交通事故
☐ 其他：_____

(2) 如何決定易肇事地點改善優先順序，依據：

- ☐ 事故發生次數 ☐ 專家意見
☐ 事故嚴重性 ☐ 改善所需經費之多寡
☐ 其他：_____

(3) 如何決定易肇事地點之事故肇因？

- ☐ 現場勘查 ☐ 委託研究
☐ 專家學者會議
☐ 其他：_____

四、重大改善方案評估與追蹤

1. 請依順序填入最常使用之五個改善方式 (1 為最常、2 次之，以此類推)：

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> 調整號誌時比或週期 | <input type="checkbox"/> 新設號誌 |
| <input type="checkbox"/> 增加轉彎專用車道與號誌 | <input type="checkbox"/> 調整速限 |
| <input type="checkbox"/> 裝設測速照相 | <input type="checkbox"/> 裝設減速墊 |
| <input type="checkbox"/> 增加標誌 | <input type="checkbox"/> 移除非必要之標誌 |
| <input type="checkbox"/> 於既有標誌上裝設 LED | <input type="checkbox"/> 調整鄰近公車站牌位置 |
| <input type="checkbox"/> 加強執法 | <input type="checkbox"/> 增加交通管理措施 (如禁止左轉) |
| <input type="checkbox"/> 加強道路照明 | <input type="checkbox"/> 裝設反光標誌或反光條 |
| <input type="checkbox"/> 改善道路幾何 (車道寬、安全島等) | <input type="checkbox"/> 加設槽化島或槽化線 |
| <input type="checkbox"/> 於槽化島或安全島加裝警示設施 | <input type="checkbox"/> 其他_____ |

2. 選擇改善方案之準則/方式為何？(可複選)

- | | |
|---------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> 事故嚴重度之降低 | <input type="checkbox"/> 專家意見 |
| <input type="checkbox"/> 發生次數之降低 | <input type="checkbox"/> 益本比 |
| <input type="checkbox"/> 改善方案之成本 (經費) | <input type="checkbox"/> 委外評估 (顧問公司或研究單位) |
| <input type="checkbox"/> 其他_____ | |

3. 道路安全改善方案評估所考量之成本項目包括 (可複選)：

- | | |
|-----------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> 未考慮 | <input type="checkbox"/> 維護與營運成本 |
| <input type="checkbox"/> 設施成本 | <input type="checkbox"/> 因施工導致之車流壅塞成本 |
| <input type="checkbox"/> 施工成本 | <input type="checkbox"/> 因施工導致周遭生活品質降低 |
| <input type="checkbox"/> 其他 _____ | |

4. 道路安全改善方案評估所考量之效益項目包括 (可複選)：

- | | |
|--------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> 未考慮 | <input type="checkbox"/> 事故降低造成交通擁擠減少之效益 |
| <input type="checkbox"/> 預期事故降低次數 | <input type="checkbox"/> 節能減碳效益 |
| <input type="checkbox"/> 預期事故嚴重度降低程度 | |
| <input type="checkbox"/> 預期可降低之死亡人數 | |
| <input type="checkbox"/> 其他 _____ | |

5. 貴單位之安全改善方案是否有納入或引進節能減碳技術 (例如應用 LED 或太陽能於照明、標誌等道路安全設施)? 若有, 請列出實際執行計畫。

- ☐ 有： _____
- ☐ 規劃中： _____
- ☐ 尚未考慮

6. 安全改善方案是否有考慮節能減碳效益？

- ☐ 有，節能減碳效益之計算方式為何？
- _____
- _____
- _____
- ☐ 無

7. 是否有追蹤與記錄已實施方案的安全改善成效？(可複選)

- ☐ 有，安全改善成效之計算方式為何？
- | | |
|--------------------------------|------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 死亡人數 | <input type="checkbox"/> 事故件數 |
| <input type="checkbox"/> 事故嚴重度 | <input type="checkbox"/> 其他： _____ |
- ☐ 無

8. 是否有追蹤已實施方案的節能減碳成效？(可複選)

- ☐ 有，請回答節能減碳效益之計算方式 (可複選) ☐ 無
- | | |
|------------------------------|------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 耗電量 | <input type="checkbox"/> 平均車流延滯 |
| <input type="checkbox"/> 碳排放 | <input type="checkbox"/> 其他： _____ |

附錄B 議題評估問卷

敬啟者：

感謝您百忙中抽空填答本問卷。氣候變遷是全球當前面臨到最嚴重的挑戰之一，道路設施如何在規劃、設計、營運、維護等各階段中，考量道路的服務水準與安全標準，並納入道路設施節能的理念，即為關鍵的研究議題。交通部運輸研究所與中華民國運輸學會合作進行「道路節能設施與交通安全關聯議題探討」之研究計畫，本研究藉由相關文獻之回顧與系統性問題之探討，初步提出道路設施安全與節能相關之研究性議題；在此，希望藉由問卷調查，評估相關議題的「重要性」與「可行性」，以作為評估各項議題推動之優先順序。請您於會前事先填寫本問卷調查表，並於座談會當日擲回。至盼您的熱心協助，也誠摯感謝您的合作。敬祝

平安 喜樂

交通部運輸研究所
中華民國運輸學會 敬上

連絡人：黃士軒 先生
聯絡電話：02-23494995 / 0939000561
Email：andyhuang.tt96g@nctu.edu.tw

一、議題說明

本研究依循道路安全管理流程架構，回顧與探討道路設施安全效果及減碳之策略與文獻，綜整提出包含：「路網安全績效改善潛力之篩選」、「道路安全設施節能策略之擬定」、「道路安全設施設置方案之評估」、「道路安全設施實施效果之監督」等四大議題構面，詳如圖 B.1 所示。

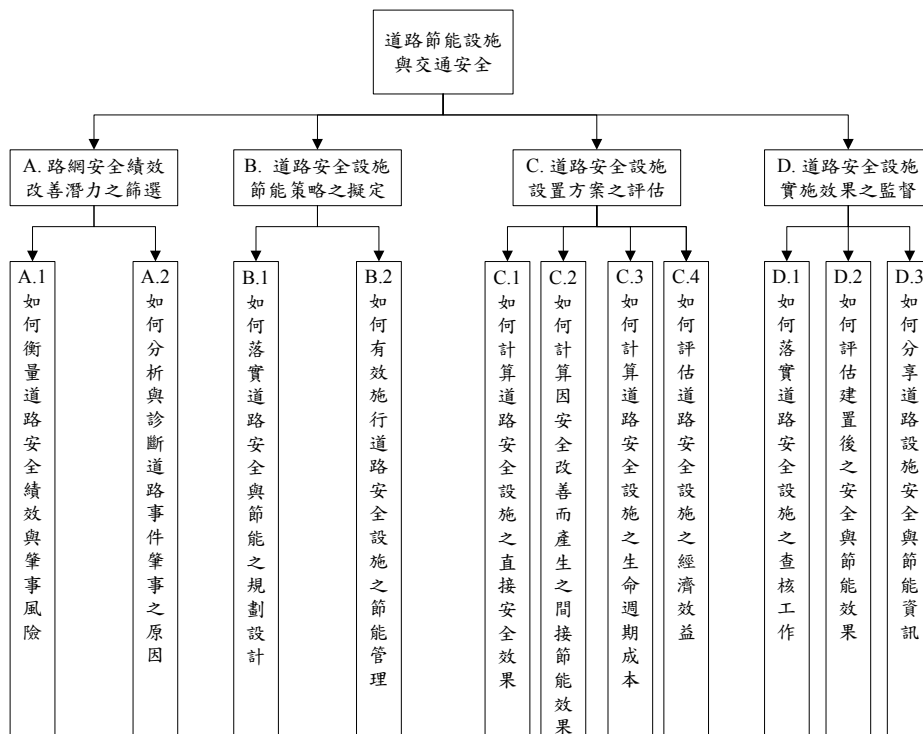


圖 B.1 道路設施安全與節能議題架構

（一）路網安全績效改善潛力之篩選

1. 如何衡量道路安全績效與肇事風險

為有效降低交通事故的發生，必須篩選出肇事風險高，具改善潛力之地點，優先進行安全改善，因此有必要衡量路網中各道路之安全績效與肇事風險，再針對選出待改善之地點選擇適合的道路安全設施進行安全改善之作業。不過，如何確實衡量道路安全績效，並篩選出具潛力的易肇事地點即為重要的議題。

2. 如何分析與診斷道路事件肇事之原因

對於道路事件肇事原因之分析與診斷，主要取決於完整的事件資料庫與有效的分析技術。

（1）完整的事件資料庫

為客觀評估道路安全設施或新式道路安全設施之效果，必須仰賴基本交通資料的收集與分析。以美國公路安全手冊 (Highway Safety Manual) 為例，大部分道路安全設施效果的評量，交通流量為最基本的輸入資料，然而國內除高速公路及主要城市內少數的重要路口、路段有持續收集交通流量資料外，其他地點之基本資料較為缺乏。

（2）有效的分析技術

安全績效函數 (Safety Performance Function, SPF) 主要係以車流量為基礎，在假設的機率分配型態下，如 Poisson、Negative Binomial、Poisson-gamma 及 Poisson-lognormal，推估事故發生的頻次；此外，由於不同地理區域的車流與駕駛行為可能不同，應根據地理區域的差異建立 SPF。國內可沿用國外建議之機率分配、函數型式等測試適合自身環境之 SPF，然而同時也必須考量國內 SPF 之適合分類，以及如何應用校估出之 SPF 界定易肇事地點。

（二）道路安全設施節能策略之擬定

1. 如何落實道路安全與節能之規劃設計

（1）如何減少設施設置需求

在道路規劃設計階段就即充分考量安全議題納入評估，儘可能減少道路安全設施的使用。例如透過道路線型規劃，增加駕駛人之可視範圍，降低駕駛人對道路環境之不確定性，對道路線型變化（例如前方彎道等）得以及早反應，即可減少道路安全設施設置上的需求；此外，標誌主要功能為提供駕駛人資訊，在駕駛過程中必須同時處理大量資訊與執行多重工作，包含操控方向盤、加減速、觀察周遭車流等，駕駛人可分配至標誌的注意力與時間有限，因此，標誌所提供資訊必須與行車安全相關，且能夠符合駕駛人的需求，若否，則會造成駕駛人分心，同時增加非必要性標誌之設置。

（2）如何發揮設施安全效果

為確保駕駛人得以在適當時機取得重要行車管制資訊，標誌、號誌不應被其他障礙物遮蔽；目前常見之遮蔽物包含行道樹、樑柱、廣告看板等，以及標誌之間互相重疊，導致新設之標誌遮擋住原有標誌，使駕駛人無法有效辨識解讀；或者，由於現行道路照明燈桿高度與行道樹相近，導致燈具被樹葉遮蔽，失去原有照明之功效。此外，當標誌標示所包含的資訊量越大時，必須要預留駕駛人較多的時間閱讀並理解，若可供駕駛人閱讀資訊的時間不足時，反會使駕駛人減速以求理解資訊內

涵，進而增加事故的機會。因此，如何透過道路安全設施建置與養護的整合，減少設施間的干擾並發揮設施的整合效用，為發揮設施安全效果之關鍵議題。

(3) 如何引進創新綠能科技

隨著科技的發展，新型態的綠能技術不斷推陳出新，讓節能減碳的效果更為卓著。例如，在能源使用方面，不需能耗的反光及螢光標牌、或是足以提供自償性能源的太陽能板，可減少對高碳密度能源使用的需求；亦或是在工程技術方面，透過隧道出入口的亮度漸變設計，隧道內反光式路面標線與標記的導引、或外界光源的導入，可減少對照明器具的使用需求。

2. 如何有效施行道路安全設施之節能管理

傳統光源大多以時間作為開啟與關閉的依據，往往造成能源消耗與浪費；若能依循環境背景照度或道路車輛流量，視使用需要而開啟，則可有效減少不必要的能源消耗。此外，落實生命週期的環保概念，如何回收被淘汰之道路安全設施，並且進行維護與再製，或者是將高照度需求公路上的半衰燈具，移轉至低照度需求的巷弄裡使用，則可充分發揮物料的殘存價值。

(三) 道路安全設施設置方案之評估

1. 如何計算道路安全設施之直接安全效果

道路安全設施之直接安全效果包括事故次數的減少以及事故嚴重度的降低，其在不同道路環境預期所產生之安全效果也不盡相同。國外通常參考已建立之事故折減因子 (Crash Reduction Factor, CRF)，再考量易肇事地點特性，以估算各道路安全設施對該地點可能產生之安全影響。然而，國內尚未建立符合自身特性之事故折減因子，多以專家意見評選道路安全設施可能效果，較缺乏客觀的評量準則。

2. 如何計算因安全改善而產生之間接節能效果

道路安全的改善可以減少事故的發生，同時也減少因事故而衍生的能源消耗與碳排放，包含二次事故 (Secondary Incident)⁵ 的發生、事故排除、傷者後送醫療與後續照護、設施與車輛損毀修復、非重現性交通擁擠、事故調查與後續行政作業等；因此，為能適切評估道路安全設施之衍生性效果，如何計算因安全改善而產生之間接節能效果為一關鍵課題。

3. 如何計算道路安全設施之生命週期成本

道路安全設施的完整生命週期階段，包括：產品設計、生產/建設、使用/營運、廢棄/回收等，不同階段均需使用能源並產生廢氣排放；此外，在道路安全設施施工時，施工本身會造成一定的環境影響 (例如噪音或空氣污染)，施工所需的材料同時也隱含一定的環境成本 (即碳足跡)；在施工完成後，因道路安全設施的不同而造成駕駛行為的改變或旅運行為的改變而改變旅次量、行車速度或其他各種改變。再者，相同的道路安全設施，往往受到本身的耐用性設計與設置方式，以及設置地點的氣候條件與交通流量等因素之影響，其實際使用的生命週期長度也不盡相同。因此，如何以生命週期的角度，完整計算道路安全設施的能耗使用，及其衍生的環境成本，即為關鍵議題。

4. 如何落實道路安全設施之經濟效益評估

⁵ 二次事故即為因主要事故 (primary incident) 所引發之車流改變而造成的交通事故，通常以與主要事故發生的距離與時間加以定義；在主要事故上游一定距離及時間內發生之事故，即為二次事故。

在道路安全設施之方案選擇時，經濟效益評估為必要之步驟。其中，如何貨幣化道路安全設施之直接效益與衍生之間接效益，以及其不同生命週期階段的能耗成本與環境成本，更為能否進行評估的關鍵。

(四) 道路安全設施實施效果之監督

1. 如何落實道路安全設施之查核工作

根據本研究調查，除少數縣市設有交通安全專門單位外，大部分縣市政府的交通安全相關權責分散在各所屬單位，目前的主要運作方式大抵以各縣市政府交通安全聯席會報為主，針對易肇事或重大肇事地點進行改善，而缺乏針對道路進行常態性的安全查核。此外，為落實道路設施安全與節能查核工作，如何培訓合格的安全查核人員，規劃安全查核任務及相關工作派遣，以及建置完整道路安全設施資料庫（設施建置清單、設施安全效果、設施能源使用清冊），更是不可或缺。

2. 如何評估建置後之安全與節能效果

為有效評估道路安全設施建置後對交通事故的影響，通常會採用事前事後研究 (Before-and-after study)，並可利用所建置之 SPF 評判其交通事故次數是否已落在可接受範圍內，或是極度需要改善區域；此外，由於事故具有隨機特性，為正確評估安全效果，通常會持續追蹤至少三年（期）的資料。因此，SPF 的建置、資料的持續蒐集以及評估的準則，為道路安全設施建置後安全效果評估之主要關鍵項目。

3. 如何分享道路設施安全與節能資訊

依據道路設施建置後安全與節能效果的評估結果，如何回饋至道路安全設施資料庫中，進一步更新與修正各項設施的實際安全效果與能源使用量，並且以此資訊平台作為安全溝通的媒介，分享道路設施之安全與節能知能，作為教育和訓練相關人員的依據，實為關鍵議題。

二、議題重要性評估

請您就下述所列各項議題「重要性」之認知，於評估尺度適當處進行圈選。各問項中的評估尺度分為 1~7 代表 7 個語意等級（如表 B.1），來評量各個構面、議題間相互之權重，越接近 1 分表示兩議題同樣重要，越接近 7 分表示其一重要性程度越高。

表 B.1 重要性評估尺度語義等級之定義與說明

評估尺度	定義	說明
1	同等重要	對道路設施安全與節能研究之重要性程度兩議題「同等重要」
3	稍為重要	對道路設施安全與節能研究之重要性程度某一議題相對另一議題「稍為重要」
5	頗為重要	對道路設施安全與節能研究之重要性程度某一議題相對另一議題「頗為重要」
7	極為重要	對道路設施安全與節能研究之重要性程度某一議題相對另一議題「極為重要」
2, 4, 6	兩相鄰尺度之中間值	折衷值

範例：

1. 您認為「路網安全績效改善潛力之篩選」與「道路安全設施節能策略之擬定」兩構面之相對重要性為何？

Ans：如您認為「路網安全績效改善潛力之篩選」與「道路安全設施節能策略之擬定」兩議題具有同等重要重要，則如 A 行中所示圈選數字 1。

2. 您認為「路網安全績效改善潛力之篩選」與「道路安全設施設置方案之評估」兩構面之相對重要性為何？

Ans：如認為相對於「道路安全設施設置方案之評估」，「路網安全績效改善潛力之篩選」極為重要，則如 B 行中所示圈選數字 7。

議題構面		
A 路網安全績效改善潛力之篩選	7 6 5 4 3 2 ① 2 3 4 5 6 7	道路安全設施節能策略之擬定
B 路網安全績效改善潛力之篩選	⑦ 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7	道路安全設施設置方案之評估

以下開始填答問卷。

議題構面重要性評比

在道路設施安全與節能研究中，您認為「路網安全績效改善潛力之篩選」、「道路安全設施節能策略之擬定」、「道路安全設施設置方案之評估」、「道路安全設施實施效果之監督」等四大議題構面及其子議題，其相對重要性為何？請於下列數字中圈填。

議題構面	圈選處	議題構面
A.路網安全績效改善潛力之篩選	7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7	B.道路安全設施節能策略之擬定
A.路網安全績效改善潛力之篩選	7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7	C.道路安全設施設置方案之評估
A.路網安全績效改善潛力之篩選	7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7	D.道路安全設施實施效果之監督
B.道路安全設施節能策略之擬定	7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7	C.道路安全設施設置方案之評估
B.道路安全設施節能策略之擬定	7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7	D.道路安全設施實施效果之監督
C.道路安全設施設置方案之評估	7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7	D.道路安全設施實施效果之監督
A.1 衡量道路安全績效與肇事風險	7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7	A.2 分析與診斷道路事件肇事之原因
B.1 落實道路安全與節能之規劃設計	7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7	B.2 有效施行道路安全設施之節能管理
C.1 計算道路安全設施之直接安全效果	7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7	C.2 計算因安全改善產生之間接節能效果
C.1 計算道路安全設施之直接安全效果	7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7	C.4 落實道路安全設施之經濟效益評估
C.1 計算道路安全設施之直接安全效果	7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7	C.3 計算道路安全設施之生命週期成本
C.2 計算因安全改善產生之間接節能效果	7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7	C.4 落實道路安全設施之經濟效益評估
C.2 計算因安全改善產生之間接節能效果	7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7	C.3 計算道路安全設施之生命週期成本
C.3 計算道路安全設施之生命週期成本	7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7	C.4 落實道路安全設施之經濟效益評估
D.1 落實道路安全設施之查核工作	7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7	D.2 評估建置後之安全與節能效果
D.1 落實道路安全設施之查核工作	7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7	D.3 分享道路設施安全與節能資訊
D.2 評估建置後之安全與節能效果	7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7	D.3 分享道路設施安全與節能資訊

三、議題可行性

請您就下述所列各項議題推動「可行性」之認知，於評估尺度適當處進行圈選。各問項中的評估尺度分為 1~7 代表 7 個語意等級（如表 B.2），來評量各個構面、議題間相互之權重，越接近 1 分表示兩議題同樣可行，越接近 7 分表示其一可行性程度越高。

表 B.2 可行性評估尺度語義等級之定義與說明

評估尺度	定義	說明
1	同等可行	對道路設施安全與節能研究之可行性程度兩議題「同等可行」
3	稍為可行	對道路設施安全與節能研究之可行性程度某一議題相對另一議題「稍為可行」
5	頗為可行	對道路設施安全與節能研究之可行性程度某一議題相對另一議題「頗為可行」
7	極為可行	對道路設施安全與節能研究之可行性程度某一議題相對另一議題「極為可行」
2, 4, 6	兩相鄰尺度之中間值	折衷值

以下開始填答問卷。

議題構面可行性評比		
在道路設施安全與節能研究中，您認為「路網安全績效改善潛力之篩選」、「道路安全設施節能策略之擬定」、「道路安全設施設置方案之評估」、「道路安全設施實施效果之監督」等四大議題構面及其子議題，其相對可行性為何？請於下列數字中圈填。		
議題構面	圈選處	議題構面
A.路網安全績效改善潛力之篩選	7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7	B.道路安全設施節能策略之擬定
A.路網安全績效改善潛力之篩選	7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7	C.道路安全設施設置方案之評估
A.路網安全績效改善潛力之篩選	7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7	D.道路安全設施實施效果之監督
B.道路安全設施節能策略之擬定	7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7	C.道路安全設施設置方案之評估
B.道路安全設施節能策略之擬定	7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7	D.道路安全設施實施效果之監督
C.道路安全設施設置方案之評估	7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7	D.道路安全設施實施效果之監督
A.1 衡量道路安全績效與肇事風險	7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7	A.2 分析與診斷道路事件肇事之原因
B.1 落實道路安全與節能之規劃設計	7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7	B.2 有效施行道路安全設施之節能管理
C.1 計算道路安全設施之直接安全效果	7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7	C.2 計算因安全改善產生之間接節能效果
C.1 計算道路安全設施之直接安全效果	7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7	C.4 落實道路安全設施之經濟效益評估
C.1 計算道路安全設施之直接安全效果	7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7	C.3 計算道路安全設施之生命週期成本
C.2 計算因安全改善產生之間接節能效果	7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7	C.4 落實道路安全設施之經濟效益評估
C.2 計算因安全改善產生之間接節能效果	7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7	C.3 計算道路安全設施之生命週期成本
C.3 計算道路安全設施之生命週期成本	7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7	C.4 落實道路安全設施之經濟效益評估
D.1 落實道路安全設施之查核工作	7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7	D.2 評估建置後之安全與節能效果
D.1 落實道路安全設施之查核工作	7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7	D.3 分享道路設施安全與節能資訊
D.2 評估建置後之安全與節能效果	7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7	D.3 分享道路設施安全與節能資訊

問卷結束！謝謝您的熱心協助，感恩不盡

附錄C 行動方案

表 C.1 議題 A1 之行動方案

議題名稱	道路安全績效與肇事風險之衡量
預定期程	<input checked="" type="checkbox"/> 一年 <input type="checkbox"/> 二年 <input type="checkbox"/> 三年 <input type="checkbox"/> 三年以上
經費需求	<input type="checkbox"/> 100 萬元 <input checked="" type="checkbox"/> 100-200 萬元 <input type="checkbox"/> 200-300 萬元 <input type="checkbox"/> 300 萬元以上
一、議題說明：	
<p>確實衡量道路安全績效，並篩選出具潛力的易肇事地點是交通安全改善的第一步。國內為減少特定地點之交通事故發生頻率及降低嚴重程度，每年皆進行易肇事地點改善計畫，對於交通事故安全之提升具有一定的幫助。</p> <p>國內過去在篩選易肇事地點時，通常以嚴重性指標（即嚴重性=9.5×死亡人數+3.5×受傷人數+件數）為依據；此指標雖然簡單易用，但僅以死傷人數與事故件數進行加權，可能會忽略事故隨機性的特性，且無法反應候選地點可以改善的潛在空間。反觀先進國家如美國，即積極推動以客觀資料篩選易肇事地點，並妥善利用安全績效函數（safety performance function, SPF），分析候選地點可改善之潛在空間。</p> <p>目前國內外道路安全績效與肇事風險衡量的理論，已發展至相當成熟的程度。隨著資訊科技的進步與交通資料蒐集漸趨完備，國內過去囿於基本資料缺乏而無法以較成熟方法評估道路肇事風險與潛在改善空間應可獲得一定改善。因此，本研究之目的有二：首先，根據國內各類型道路或地區交通資料完整度，分別提出適用之道路安全績效與肇事風險衡量方法；第二，建議應持續或新增蒐集之資料項目與方式，以利未來進行更精確之道路安全績效衡量，以及篩選具改善潛力之易肇事地點。</p>	
二、議題內容：	
<p>（一）回顧道路安全績效與肇事風險衡量文獻</p> <p>針對國內及國外相關文獻作廣泛的蒐集與回顧，包括道路安全績效與肇事風險衡量的理論、安全績效函數（safety performance function, SPF）之評估與結果、易肇事地點之篩選方式以及改善潛力之評估方式等。</p> <p>（二）了解國內在相關資料蒐集項目與內容之完整度</p> <p>根據道路類型或地區，了解國內在道路安全績效與肇事風險衡量所需資料的完整程度，包括項目完整度及資料長度完整度，例如估計安全績效函數至少需要幾年的資料。</p> <p>（三）針對國內各級道路或地區特性，提出相對應之安全績效與肇事風險衡量方法</p> <p>根據文獻之建議，提出適合國內之道路安全績效與肇事風險衡量方法，其中應就國內各級道路或地區特性提出相對應之方法。</p> <p>（四）實證分析</p> <p>針對資料較為完備之道路（例如國道）或地區，進行實際資料分析，其中應包含安全</p>	

績效函數 (SPF) 之校估，並建議候選之易肇事路段及路口，同時評估建議地點之可改善空間。

(五) 建議應持續蒐集或新增之資料項目與內容以及可行之蒐集方式

根據目前國內相關資料蒐集現況，建議應持續蒐集或新增之資料項目與內容，同時應提出可行之蒐集方式，包括蒐集之相關單位、如何蒐集、設備之需求以及經費之概估。

三、預期成果、效益及其應用：

(一)預期成果

1. 了解道路安全績效與肇事風險衡量方法及資料需求；
2. 了解國內在相關資料之完整性與缺失；
3. 提出適合國內之道路安全績效與肇事風險衡量方法；

(二)效益

1. 將資源應用在真正需要改善的地點，以提升道路設施之安全並避免資源浪費；
2. 提升交通安全相關資料蒐集之完整度。

(三)應用

1. 發展適合國內之道路安全績效與肇事風險衡量方法；
2. 提供各道路主管機關可用之安全績效與肇事風險衡量方法。

表 C.2 議題 A2 之行動方案

議題名稱	道路事件肇因之診斷
預定期程	<input type="checkbox"/> 一年 <input checked="" type="checkbox"/> 二年 <input type="checkbox"/> 三年 <input type="checkbox"/> 三年以上
經費需求	<input type="checkbox"/> 100 萬元 <input checked="" type="checkbox"/> 100-200 萬元 <input type="checkbox"/> 200-300 萬元 <input type="checkbox"/> 300 萬元以上
一、議題說明：	
<p>了解事故肇因是預防交通事故的重要步驟，過去在事故肇因的判斷通常只著重在最靠近事故發生或影響事故發生最高之單一或少數幾個因素，但隨著事故理論的演進，事故的發生已逐漸被認為是一連串不期望事件 (undesired events) 所造成。</p> <p>國內在易肇事地點或重大肇事地點的原因判斷與改善，大都直接以專家會勘的方式進行現場診斷；藉由實際了解現場路況並綜整警察筆錄與現場事故圖，以推測重大事故或多起事故發生之原因。然而在肇事地點數量較多時，全數進行現場勘察，往往需要耗費許多的資源，且各專家主觀之判斷可能有所出入，造成易肇事地點肇因判斷及改善策略選擇上的困難。</p> <p>隨著科技的進步，交通資料的蒐集漸趨完備，也提供給道路事件肇因診斷一個契機。國外如美國國會所支持的第二期公路策略研究計畫(Strategic Highway Research Program 2, SHRP2)，即積極利用現代科技，廣泛蒐集駕駛人行為與肇事資料，期能更進一步了解事故發生的原因，進而提出對策、提升交通安全。</p> <p>如何利用現代科技、發展相關理論與實作方式，協助各縣市政府與交通主管機關進行事故肇因的判斷，作為提出道路設施改善對策之基礎，為本研究最主要的精神。綜合言之，本研究目的包括以下四點：第一、如何更加了解交通事故發生的原因；第二、如何善用科技蒐集相關資料；第三、如何利用蒐集的資料分析出有用的資訊；第四，如何利用分析之結果以及相關科技幫助各縣市政府發現事故可能肇因，作為現場勘察或改善對策制定之基礎。</p>	
二、議題內容：	
<p>(一) 回顧道路事故肇因分析相關文獻</p> <p>廣泛蒐集與回顧國內外相關文獻，包括道路事故發生肇因理論之演進、道路事故肇因分析之方法等。</p> <p>(二) 回顧國內外事故肇因判斷之實務方式</p> <p>廣泛蒐集與回顧國外交通單位如何進行事故肇因判斷，包括所採用之資訊、判斷之流程、採用之科技等。</p> <p>(三) 提出完整分析事故肇因所需之資訊</p> <p>根據前述蒐集之理論，提出完整分析事故肇因所需之資訊，資訊內容至少需包括：該</p>	

地點事故資料、警察筆錄與現場圖等。

(四) 建議可行之資訊蒐集方式

針對前述所需資訊項目，建議可行之蒐集方式，包括負責之主管單位、所需之設備以及經費概估等。

(五) 提出肇因分析之方式

根據前述研究結果，提出事故肇因之分析方式，包括如何利用所蒐集之資料進行分析以及結果之判讀，以利進行實際會勘之前，提供專家學者有用之客觀資訊，了解該地點事故發生之可能原因，並就現場會勘之肇因方式提出建議。

(六) 提出改善現有肇因判斷之實務流程

就現有各縣市政府之組織架構與現行運作方式，提出改善現有肇因判斷可行之流程。

三、預期成果、效益及其應用：

(一)預期成果

1. 了解道路事故肇因分析理論與實務之進展；
2. 了解道路事故肇因分析所需之資訊項目；
3. 提出相關資訊可行之蒐集方式；
4. 提出道路事故肇因分析之可行方式；
5. 改善現有道路事故肇因分析之流程。

(二)效益

1. 提升道路事故肇因理論分析之水準；
2. 提升相關資訊蒐集之完備性；
3. 提升道路事故肇因實務分析之客觀性與完備性。

(三)應用

1. 提供各道路主管機關發展可行且完備之道路設施肇因分析作法；
2. 提供各道路主管機關相關資訊蒐集項目與可行蒐集方式。

表 C.3 議題 B1 之行動方案

議題名稱	道路安全與節能之規劃設計
預定期程	<input type="checkbox"/> 一年 <input type="checkbox"/> 二年 <input checked="" type="checkbox"/> 三年 <input type="checkbox"/> 三年以上
經費需求	<input type="checkbox"/> 100 萬元 <input type="checkbox"/> 100-200 萬元 <input type="checkbox"/> 200-300 萬元 <input checked="" type="checkbox"/> 300 萬元以上
一、議題說明：	
<p>氣候變遷是當前全球面臨到最嚴重的挑戰之一，全球各國也都體認到政府及民間應合作，共同建構一個有效率的全球低碳經濟體，有鑑於此，交通部 99 年度所訂定的 2 大施政主軸之一：「建構綠色運輸系統」，全面推動節能減碳交通建設與服務，而道路交通建設在運轉階段的最大耗能來源即為道路設施，因此落實道路設施的節能設計理念，正是符合「建構綠色運輸系統」的政策方向。</p> <p>在道路規劃設計階段就即充分考量安全議題，儘可能減少道路安全設施的使用，為節能減碳與減少浪費之根本。例如透過道路線型規劃，增加駕駛人之可視範圍，降低駕駛人對道路環境之不確定性，對道路線型變化（例如前方彎道等）得以及早反應，即可道路安全設施設置上的需求；此外，標誌主要功能為提供駕駛人資訊，在駕駛過程中必須同時處理大量資訊與執行多重工作，包含操控方向盤、加減速、觀察週遭車流等，駕駛人可分配至標誌的注意力與時間有限，因此，標誌所提供資訊必須與行車安全相關，且能夠符合駕駛人的需求，若否，則會造成駕駛人分心，同時增加非必要性標誌之設置。</p> <p>為確保駕駛人得以在適當時機取得重要行車管制資訊，標誌、號誌不應被其他障礙物遮蔽；目前常見之遮蔽物包含行道樹、樑柱、廣告看板等，以及標誌之間互相重疊，導致新設之標誌遮擋住原有標誌，使駕駛人無法有效辨識解讀；此外，當標誌標示所包含的資訊量越大時，必須要預留駕駛人較多的時間閱讀並理解，若可供駕駛人閱讀資訊的時間不足時，反會使駕駛人減速以求理解資訊內涵，進而增加事故的機會。</p> <p>隨著科技的發展，新型態的綠能技術不斷推陳出新，讓節能減碳的效果更為卓著。例如，在能源使用方面，不需能耗的反光及螢光標牌、或是足以提供自償性能源的太陽能板，可減少對高碳密度能源使用的需求；亦或是在工程技術方面，透過隧道出入口的亮度漸變設計，隧道內反光式路面標線與標記的導引、或外界光源的導入，可減少對照明器具的使用需求。</p> <p>本研究針對道路設施之安全提升與節能減碳作為目標，主要的研究目的有三：第一、如何減少設施設置需求，依據不同駕駛人之用路需求與道路情境，擬定道路設施規劃與設置之準則；第二、如何發揮設施安全效果，透過道路安全設施建置與養護的整合，減少設施間的干擾並發揮設施的整合效用；第三，如何引進創新綠能科技，包括新型態材質與能源之導入、以及規劃的思維與方法，降低道路設施所需能耗。研究所得成果，期能作為主管機關在制定道路設施規劃設置與維護管理之參考依據。</p>	

二、議題內容：

(一) 回顧道路設施節能規劃文獻

針對國內及國外相關文獻作廣泛的蒐集與回顧，包括道路設施的規劃設計、維護管理與創新技術，以及駕駛人的用路需求、訊息接受與注意力管理，探討提升道路安全水準與減少設施能源使用之方法。

(二) 了解駕駛人對道路設施與用路資訊需求

在不同的道路環境情境下，針對駕駛人的用路需求與訊息接受之特性，了解維持駕駛安全所需的道路安全設施與訊息提供方式，確保駕駛人得以在適當時機取得重要行車管制資訊。

(三) 掌握新型態綠能科技與道路規劃思維

了解新型態材質與能源的發展趨勢，探討相關道路設施導入的可行性，以及導入後與現行道路設施間的整合問題，並且在安全與節能兼顧的目標下，提出道路設施規劃與管理的新思維。

(四) 探討道路設施規劃設置與維護管理之準則

依據駕駛人需求特性與新興綠能科技，探討道路規劃與設施維護管理的準則，藉由道路整體規劃的方式減少安全設施的使用，整合道路安全設施養護管理減少設施間的干擾並發揮設施的效用。

三、預期成果、效益及其應用：

(一) 預期成果

1. 了解不同駕駛人對道路設施與用路資訊的需求；
2. 提出結合綠能科技之道路設施規劃新思維；
3. 研提道路設施規劃設置與維護管理之準則。

(二) 效益

1. 減少道路設施之使用與設施間之干擾；
2. 提升道路設施對駕駛人交通安全之水準；
3. 提升道路設施能源使用效率。

(三) 應用

1. 提供各道路主管機關發展的道路設施規劃設置與維護管理作法；
2. 發展駕駛人與道路設施互動之分析技術。

表 C.4 議題 B2 之行動方案

議題名稱	道路安全設施之節能管理
預定期程	<input checked="" type="checkbox"/> 一年 <input type="checkbox"/> 二年 <input type="checkbox"/> 三年 <input type="checkbox"/> 三年以上
經費需求	<input type="checkbox"/> 100 萬元 <input checked="" type="checkbox"/> 100-200 萬元 <input type="checkbox"/> 200-300 萬元 <input type="checkbox"/> 300 萬元以上
一、議題說明：	
<p>氣候變遷是當前全球面臨到最嚴重的挑戰之一，全球各國也都體認到政府及民間應合作，共同建構一個有效率的全球低碳經濟體，有鑑於此，交通部 99 年度所訂定的 2 大施政主軸之一：「建構綠色運輸系統」，全面推動節能減碳交通建設與服務，而道路交通建設在運轉階段的最大耗能來源即為道路設施，因此落實道路設施的節能設計理念，正是符合「建構綠色運輸系統」的政策方向。</p> <p>道路相關設施之光源大多以時間作為開啟與關閉的依據，無法配合背景照度變化或用路人使用需求，而造成不必要的能源消耗或浪費；若能依循環境背景照度或道路車輛流量，視使用需要而開啟，則可有效減少不必要的能源消耗。此外，落實生命週期的環保概念，如何回收被淘汰之道路安全設施，並且進行維護與再製，或者是將高照度需求公路上的半衰燈具，移轉至低照度需求的巷弄裡使用，則可充分發揮物料的殘存價值。</p> <p>本研究針對道路設施之節能減碳作為目標，藉由文獻收集與分析來釐清減少道路設施能耗與提升設施使用效率之方法，依據不同用路人之用路需求，擬定道路設施照度管理、以及設施汰換與再利用的可行作法，再透過相關經濟效益與節能減碳效果的評估，作為相關主管機關在制定道路設施使用管理與維護之參考依據。</p>	
二、議題內容：	
<p>(一) 回顧道路設施節能管理文獻</p> <p>針對國內及國外相關文獻作廣泛的蒐集與回顧，包括道路設施的可視性、道路照明的設施條件、道路設施的照度控制、道路設施的汰換與再利用等，探討減少道路設施能耗與提升設施使用效率之方法。</p> <p>(二) 了解不同用路人對道路照度與設施可視性需求</p> <p>針對行人與駕駛人等不同用路人的使用型態，探討可能面對的道路設施組成與布設方式，了解維持用路人交通安全所需的道路照度及設施可視性。</p> <p>(三) 擬定不同情境之設施照度管理作法</p> <p>依據道路條件、環境照度</p> <p>(四) 擬定設施汰換與再利用之管理作法</p> <p>依據用路人對道路照度與設施可視性的需求，擬定道路設施的檢查與維護方式，以及針對不符合使用標準的設施，擬定汰換、回收與在利用的作法。</p>	

(五) 評估所擬節能管理作法之效益

由道路設施生命週期概念 (規設/施工、運轉/維護、回收/再利用)，針對計畫所擬定設施照度管理、以及設施汰換與再利用等作法，評估其可能經濟效益與節能減碳效果。

三、預期成果、效益及其應用：

(一)預期成果

1. 了解不同用路人對道路照度與設施可視性需求；
2. 了解道路設施能耗與提升設施使用效率之可行方法；
3. 提出道路設施管理之經濟效益與節能減碳效果評估方法；
4. 研提道路設施照度管理、以及設施汰換與再利用之管理作法。

(二)效益

1. 提升道路設施對用路人交通安全之水準；
2. 提升道路設施能源使用效率、以及設施回收與再利用比率。

(三)應用

1. 提供各道路主管機關發展成熟的道路設施節能管理作法；
2. 發展道路設施經濟效益與節能減碳效果之評估方法。

表 C.5 議題 C1 之行動方案

議題名稱	道路設施安全效果之衡量
預定期程	<input type="checkbox"/> 一年 <input checked="" type="checkbox"/> 二年 <input type="checkbox"/> 三年 <input type="checkbox"/> 三年以上
經費需求	<input type="checkbox"/> 100 萬元 <input checked="" type="checkbox"/> 100-200 萬元 <input type="checkbox"/> 200-300 萬元 <input type="checkbox"/> 300 萬元以上
一、議題說明：	
<p>安全與效率是衡量道路設施設置績效的兩大主要指標，其中又以安全格外重要；良好的道路設施可減少交通事故的發生及降低交通事故發生後的嚴重程度。不同的設施對駕駛人行為具有不同的影響，因此也產生不同的安全效果；另一方面，同樣的設施在不同的地區，由於駕駛人特性不同、地方駕駛文化不同、天候環境不同等因素，其所展現的安全效果可能也有所不同。因此，如何因地制宜、根據當地交通問題設置「對」的設施，成為一個重要的課題。</p> <p>了解道路設施之安全效果是設置「對」的道路設施的主要前提條件之一。過去國外已有許多的文獻提出各種不同道路設施的安全效果分析結果，例如美國聯邦公路管理局 (Federal Highway Administration, FHWA) 即出版各種不同道路設施之事故折減因子 (Crash Reduction Factor, CRF) 供各州政府交通廳參考，做為設置道路安全設施的依據之一。美國更在近年出版公路安全手冊 (Highway Safety Manual)，內容詳述在不同車流條件下，各種不同道路設施可能達成的安全績效之估算。</p> <p>由於交通環境的不同，已發展之道路設施安全效果之理論以及國外校估出之事故折減因子如何應用到國內，成為一個值得討論的課題。另一方面，國內在基本資料未若部分先進國家完備，在此限制下如何有效評估道路設施之安全效果，也是國內必須積極面對的問題。隨著節能減碳議題日漸重要，許多新式道路設施（例如 LED 路燈）或道路設施節能運作措施（例如依車流狀況調整路燈明暗）逐漸上路，新式設施或措施對安全之影響為何仍是未知數，此為國內外皆須進行研究的課題。因此，本研究之目的有三：1) 提出一套適合國內之道路設施安全效果評估機制（包括流程步驟、分析方法及結果應用）；2) 建構道路設施安全效果資料庫；3) 提出道路設施安全效果資料庫之維護方式。</p>	
二、議題內容：	
<p>(一) 回顧道路設施安全效果評估文獻</p> <p>針對國內及國外相關文獻廣泛地蒐集與回顧，包括各類道路設施安全效果以及道路設施安全評估方法之綜整。回顧內容必須分析各類設施安全效果之顯著性與應用之特性與限制，尤其針對國內環境特性進行可能之差異評估，若要將國外數據移轉至國內使用，應如何修正。另應強化新式道路設施（尤其是節能道路設施）與措施之安全效果，並就目前對其安全效果未臻完整之設施做一綜整。</p> <p>(二) 綜整國內常見易肇事地點改善措施之效果</p>	

根據前述已蒐集分類之道路設施安全效果評估之結果，就其評估條件與程序，根據國內交通環境特性不同，針對國內易肇事地點常使用之改善措施，分析其評估結果應用至國內之移轉適用性。

(三) 提出適合國內資料環境之道路設施安全效果評估辦法

根據國內目前具備之資料項目與完整性，提出可行之安全效果評估辦法，可依地點或資料完備性不同分別提出建議，例如資料較完備之國道可個別提出建議。

(四) 提出道路設施安全評估所需資料之建議

根據前述道路設施安全效果評估之建議方法，提出所需資料項目之建議。

(五) 評估新式道路設施或措施之安全效果

針對國內目前主要之新式道路設施或措施評估其安全效果。

(六) 建置道路設施安全效果評估之標準作業流程

根據文獻評析結果與國內狀況，建議一適合國內之道路設施安全效果評估之標準作業流程，包括所需蒐集的資料項目與時間、分析的流程以及安全效果的估算等。

三、預期成果、效益及其應用：

(一)預期成果

1. 了解不同道路設施之安全效果；
2. 了解目前道路設施安全效果評量結果在國內的適用性；
3. 提出適合國內使用之道路設施安全評量架構，包括評估方法與所需資料項目；
4. 分析國內主要之易肇事地點改善對策之設施安全效果；
5. 分析國內主要之節能減碳道路設施之設施安全效果；
6. 建議未來進行道路設施安全效果完整評估所需之資料項目與蒐集方式。

(二)效益

1. 提升安全改善方案之效果；
2. 提升道路安全資料庫之品質。

(三)應用

1. 提供各道路主管機關選擇設施改善方案在安全效果之依據；
2. 提供各道路主管機關建置完整之效果評估資料庫之依據。

表 C.6 議題 C2 之行動方案

議題名稱	道路安全設施間接節能效果之計算
預定期程	<input checked="" type="checkbox"/> 一年 <input type="checkbox"/> 二年 <input type="checkbox"/> 三年 <input type="checkbox"/> 三年以上
經費需求	<input type="checkbox"/> 100 萬元 <input checked="" type="checkbox"/> 100-200 萬元 <input type="checkbox"/> 200-300 萬元 <input type="checkbox"/> 300 萬元以上
一、議題說明：	
<p>節能減碳是全世界必須共同面對的課題，其中交通部門為能源消耗的主要部門之一，各國政府也積極發展策略，致力降低交通部門對環境造成的負擔。過去道路設施在節能減碳的策略，多為利用新型耗能道路交通設施（例如 LED 路燈）取代舊式設施，以減少對能源的直接消耗。然而，道路設施除了與能效有直接關聯之外，其對駕駛行為的改變及交通事故的影響，也會間接影響能耗的多寡。</p> <p>設置道路設施的主要目的之一在預防交通事故的發生，發生交通事故不但可能造成人員傷亡、財貨損失，也可能增加因事故而衍生的能源消耗與碳排放，包含二次事故 (secondary incident) 的發生、事故排除、傷者後送醫療與後續照護、設施與車輛損毀修復、非重現性交通擁擠、事故調查與後續行政作業等。另一方面，某些道路安全設施也可能增加環境的負擔；例如在路口設置左轉專用時相可減少路口衝突，但同時也會延長車輛在路口的停等，而增加碳排放。因此，為能適切評估道路安全設施之衍生性效果，如何計算因安全改善而產生之間接節能效果為一關鍵課題。</p> <p>本研究的主要目的在建立道路安全設施間接節能效果之評估架構，根據各項道路安全設施之特性，妥善衡量其對節能減碳的影響，並建立一道路安全設施間接節能效果資料，作為各縣市政府與交通主管機關設置道路安全設施之依據。</p>	
二、議題內容：	
<p>(一) 回顧道路設施節能管理文獻</p> <p>針對國內及國外相關文獻作廣泛的蒐集與回顧，包括道路設施對安全以及交通的影響、碳排放及節能相關統計、衡量方式等。</p> <p>(二) 提出道路安全設施間接節能效果之衡量架構</p> <p>根據文獻分析結果，提出道路安全設施間接節能效果之衡量架構，包括各類道路設施因為安全效果的改變對節能的影響，以及道路設施的設置因駕駛及旅運行為的改變對節能效果的影響。</p> <p>(三) 進行道路安全設施間接節能效果之實證分析</p> <p>就國內常見之易肇事地點改善對策，至少選擇其中兩項，進行道路設施衍生之間接節能效果案例評估。</p> <p>(四) 建立道路安全設施間接節能效果之資料庫雛型</p>	

建立道路安全設施間接節能效果之資料庫雛型，包括間接節能效果評估所需之資料項目、分析方式以及輸出結果（例如節能指標）等。

(五) 針對現有之交通安全與節能資訊提出改善建議

就現有之交通安全與節能資訊提出改善建議，包括應持續蒐集及新增蒐集之資訊項目、蒐集之方式與設備，以及經費概估等。

三、預期成果、效益及其應用：

(一)預期成果

1. 了解道路安全設施所衍生之間接節能效果；
2. 建立道路安全設施間接節能效果之資料庫雛型；

(二)效益

1. 提升對道路安全設施所造成環境衝擊之了解；
2. 作為選擇道路安全設施之基礎；
3. 強化道路安全設施節能資訊之完備性。

(三)應用

1. 提供各道路主管機關道路設施節能效果資訊；
2. 提供各道路主管機關道路設施節能效果衡量架構。

表 C.7 議題 C3 之行動方案

議題名稱	道路安全設施生命週期分析
預定期程	<input checked="" type="checkbox"/> 一年 <input type="checkbox"/> 二年 <input type="checkbox"/> 三年 <input type="checkbox"/> 三年以上
經費需求	<input type="checkbox"/> 100 萬元 <input checked="" type="checkbox"/> 100-200 萬元 <input type="checkbox"/> 200-300 萬元 <input type="checkbox"/> 300 萬元以上
一、議題說明：	
<p>氣候變遷是當前全球面臨到最嚴重的挑戰之一，全球各國也都體認到政府及民間應合作，共同建構一個有效率的全球低碳經濟體，有鑑於此，交通部 99 年度所訂定的 2 大施政主軸之一：「建構綠色運輸系統」，全面推動節能減碳交通建設與服務，而道路交通建設在運轉階段的最大耗能來源即為道路設施，因此落實道路設施的節能設計理念，分析各設施於不同生命週期階段所產生之能耗與碳排放，以更全面的角度評估一設施設置之總成本，正是符合「建構綠色運輸系統」的政策方向。</p> <p>道路安全設施的完整生命週期階段，包括：產品設計、生產/建設、使用/營運、廢棄/回收等，不同階段均需使用能源並產生廢氣排放；此外，在道路安全設施施工時，施工本身會造成一定的環境影響（例如噪音或空氣污染），施工所需的材料同時也隱含一定的環境成本（即碳足跡）；在施工完成後，因道路安全設施的不同而造成駕駛行為的改變或旅運行為的改變而改變旅次量、行車速度或其他各種改變。再者，相同的道路安全設施，往往受到本身的耐用性設計與設置方式，以及設置地點的氣候條件與交通流量等因素之影響，其實際使用的生命週期長度也不盡相同。因此，如何以生命週期的角度，完整計算道路安全設施的能耗使用，及其衍生的環境成本，即為關鍵議題。</p> <p>本研究以道路安全設施生命週期分析為核心，由碳排放觀點出發，研提分析安全設施總環境成本之架構以及環境成本分析項目。藉由回顧國內外相關研究，釐清道路安全設施生命週期當中各個階段之定義，歸納各階段造成直接資源使用、能源消耗與碳排放的環境成本項目，以及因設施設置所造成之間接環境成本；後續再以過去相關文獻與我國交通環境特性為基礎，探討影響各階段生命週期的長度之因素，藉以建立符合本土特性之道路安全設施生命週期分析之架構。</p>	
二、議題內容：	
<p>(一) 回顧道路安全設施生命週期相關文獻</p> <p>回顧國內外道路安全設施與生命週期分析相關文獻，包含道路安全設施種類、設施與安全關聯議題、生命週期分析方法、設施於生命週期各階段對行車安全與節能減碳之影響等，探討生命週期分析必須考量之重要成本項目。</p> <p>(二) 定義道路安全設施生命週期</p> <p>一般而言，道路安全設施之生命週期可分為產品設計、生產/建設、使用/營運、廢棄/回收等階段，然而並非所有設施種類皆適用此分類方式，應針對其使用特性，定義適</p>	

當之生命週期階段，了解不同設施在不同階段的操作、效能與碳排放相關議題。

(三) 研提道路安全設施於生命週期各階段直接碳排放之成本項目

道路安全設施直接碳排放來自於設置、使用等階段時的直接資源投入，例如設施材料、運送、電能等，根據不同類型設施於各階段必須消耗之資源與能源，提出分析碳足跡所應包含之成本項目，並研擬評估生命週期直接環境成本之方法。

(四) 研提道路安全設施於生命週期各階段間接碳排放之成本項目

道路安全設施間接碳排放來自於因設施設置、使用時，對用路人、周圍環境造成之影響，例如因施工增加旅行時間、施工區事故風險等，根據各階段設施對環境造成之衝擊，提出分析碳足跡所應包含之成本項目，並研擬評估生命週期間接環境成本之方法。

(五) 探討影響各階段生命週期長度之因素

各階段生命週期長度受到車流、自然環境、設施品質、維護頻率等因素影響，考量本土交通與環境特性，提出適用於我國之道路安全設施生命週期分析準則，訂定適宜之效能衡量方式與其對應之設施汰換標準，以作為實務單位操作使用。

三、預期成果、效益及其應用：

(一) 預期成果

1. 歸納道路安全設施碳排放之直接成本項目；
2. 歸納安全設施碳排放之間接成本項目；
3. 提出設施生命週期分析準則與方法。

(二) 效益

1. 將環境議題納入道路安全設施設置成本評估；
2. 提升節能減碳技術應用於道路安全改善之可行性。

(三) 應用

1. 提供各級政府單位作為評估道路安全設施成本投入之參考；
2. 做為後續經濟效益評估之基礎；
3. 由碳足跡觀點，評估節能減碳技術對於道路安全與環境衝擊的成本。

表 C.8 議題 C4 之行動方案

議題名稱	道路安全設施經濟效益評估
預定期程	<input checked="" type="checkbox"/> 一年 <input type="checkbox"/> 二年 <input type="checkbox"/> 三年 <input type="checkbox"/> 三年以上
經費需求	<input type="checkbox"/> 100 萬元 <input checked="" type="checkbox"/> 100-200 萬元 <input type="checkbox"/> 200-300 萬元 <input type="checkbox"/> 300 萬元以上
一、議題說明：	
<p>氣候變遷是當前全球面臨到最嚴重的挑戰之一，全球各國也都體認到政府及民間應合作，共同建構一個有效率的全球低碳經濟體，有鑑於此，交通部 99 年度所訂定的 2 大施政主軸之一：「建構綠色運輸系統」，全面推動節能減碳交通建設與服務，而道路交通建設在運轉階段的最大耗能來源即為道路設施，因此在維持安全之前提下，落實道路設施的節能設計理念，分析各設施於不同生命週期階段所產生之能耗與碳排放，以及設施改善對安全產生之效益，正是符合「建構綠色運輸系統」的政策方向。</p> <p>在道路安全設施之方案選擇時，經濟效益評估為必要之步驟。其中，如何貨幣化道路安全設施之直接效益與衍生之間接效益，以及其不同生命週期階段的能耗成本與環境成本，更為能否進行評估的關鍵。本研究以前期針對道路安全設施安全效益與生命週期分析為基礎，並根據國內外對交通建設與設施設置經濟效益分析相關文獻為基礎，將因道路安全設施造成之安全改善與其生命週期中所造成之環境成本予以貨幣化，並研提道路安全設施經濟效益分析機制，作為各級政府單位評估設施設置可行性評估之用。</p>	
二、議題內容：	
<p>(一) 回顧道路安全設施經濟效益分析相關文獻</p> <p>廣泛回顧國內外道路安全設施經濟效益分析相關文獻，包含道路安全設施生命週期分析、道路設施安全改善效益、成本與效益貨幣化等議題，以作為建構道路安全設施經濟效益分析之基礎。</p> <p>(二) 以生命週期觀點評估道路安全設施貨幣化成本</p> <p>以前期「道路安全設施生命週期分析」為基礎，探討適用於經濟效益分析之環境成本項目，並研提將設施於生命週期各階段造成的直接資源投入與衍伸之環境成本予以貨幣化之參數與方法，作為後續經濟效益分析之成本評估。</p> <p>(三) 評估道路安全設施事故風險改善貨幣化效益</p> <p>以前期「道路安全設施主要安全效果與間接節能效果」為基礎，探討適用於經濟效益分析之安全與節能效益項目，其中以改善安全而造成事故次數、嚴重度降低為焦點，將駕駛人傷亡、財損與事故間接影響（包含二次事故、車流延滯、事故處理等）貨幣化，做為道路安全設施效益評估之依據。</p> <p>(四) 研提道路安全設施經濟效益分析機制</p>	

透過將成本與效益貨幣化，進一步建構道路安全設施經濟效益分析機制，其中需考量安全與設施節能優先順序之差別，透過問卷調查或專家訪談方式，制定兩者間的重要程度權重分配，藉以評估各設施的總體經濟效益。

(五) 案例分析

透過實際道路安全設施設置之案例為題，實行道路安全設施經濟評估，呈現其在操作流程與參數使用之範例，並探討納入碳排放議題與外部成本效益，與傳統經濟效益分析之差異。

三、預期成果、效益及其應用：

(一) 預期成果

1. 道路安全設施效益與成本貨幣化機制；
2. 道路安全設施經濟效益分析機制；
3. 案例分析。

(二) 效益

1. 將碳排放、節能減碳與安全效益納入經濟效益評估；
2. 提升節能減碳技術應用於道路安全改善之可行性。

(三) 應用

1. 提供各級政府單位作為評估道路安全設施可行性之參考；
2. 做為評估設施節能減碳與安全改善效益分析之依據。

表 C.9 議題 D1 之行動方案

議題名稱	道路安全設施之查核工作
預定期程	<input type="checkbox"/> 一年 <input type="checkbox"/> 二年 <input checked="" type="checkbox"/> 三年 <input type="checkbox"/> 三年以上
經費需求	<input type="checkbox"/> 100 萬元 <input type="checkbox"/> 100-200 萬元 <input type="checkbox"/> 200-300 萬元 <input checked="" type="checkbox"/> 300 萬元以上
一、議題說明：	
<p>氣候變遷是當前全球面臨到最嚴重的挑戰之一，全球各國也都體認到政府及民間應合作，共同建構一個有效率的全球低碳經濟體，其中，道路安全的查核 (auditing) 也是各個先進國家積極推動的措施之一。因為當交通事故發生時，會因事故嚴重度、發生時間以及地點等狀況，對環境產生不同的衝擊及影響，例如因事故而擁塞並增加空汙及噪音排放等。雖然事故的發生並非由單一因素造成，但是道路安全設施在事故發生的過程中扮演著關鍵重要的角色。有鑑於此，落實道路安全設施之查核工作，將可更有效達成事故降低與環境衝擊減緩之雙贏局面。</p> <p>目前除少數縣市設有交通安全專門單位外，大部分縣市政府的交通安全相關權責分散在各所屬單位，其主要運作方式大抵是以各縣市政府道路交通安全聯席會報與道路交通安全督導會報為主，針對易肇事或重大肇事地點進行改善，而缺乏針對道路進行常態性的安全查核。因此，為落實道路設施安全與節能查核工作，如何培訓合格的安全查核人員，規劃安全查核任務及相關工作派遣，以及建置完整道路安全設施資料庫（設施建置清單、設施安全效果、設施能源使用清冊），便為道路交通安全管理之一大課題。</p> <p>本研究針對道路安全設施之安全與節能查核工作為目標，藉由設施相關資料之收集與分析來釐清道路安全設施之營運效果及能耗，並依據不同類型之道路安全設施，擬定各項道路安全設施之查核項目及機制，構建完整之道路安全設施查核系統及資料庫，以作為主管機關在實行道路安全設施管理與維護之參考依據。</p>	
二、議題內容：	
<p>(一) 回顧道路安全設施相關資料</p> <p>針對國內及國外道路安全設施相關資料作廣泛的蒐集與回顧，包括道路安全設施的適用性、道路安全設施的施設條件、道路安全設施的養護方法、道路安全設施的汰換與再利用等，全面性的探討道路安全設施之營運效果及能耗。</p> <p>(二) 規劃各項道路安全設施之查核項目</p> <p>針對各種類型的道路安全設施，探討其可能面臨的耗損及毀壞風險，了解為維持等效之交通安全效果所需之設施狀態及能耗，並擬定各項道路安全設施所需之查核標準及項目。</p> <p>(三) 擬定相關之道路安全設施查核機制</p>	

依據查核標準及項目，擬定道路安全設施的檢查與維護方式，並建立完整的查核流程及回報機制，針對不符合使用標準的設施，擬定汰換、回收與在利用的作法。

(四) 建立合格安全查核人員培養計畫

針對設施狀態維護管理、查核標準、項目及回報機制等規範，建立合格且完整的安全查核培訓人員計畫，從師資、教材甚至到證照考核皆符合標準化及系統化的規劃及建立。

(五) 建置完整之道路安全設施資料庫

依據道路安全設施查核及回報機制，建立完整的查核檢驗單、設施建置清單、設施安全效果、設施能源使用清冊等資料庫，並針對計畫所擬定設施維護管理及汰換等做法，評估其可能經濟效益與節能減碳效果。

三、預期成果、效益及其應用：

(一)預期成果

1. 了解不同類型道路安全設施之營運成效及能耗；
2. 建立完整道路安全設施查核標準及機制；
3. 規劃合格安全查核人員培養計畫；
4. 建置完整之道路安全設施資料庫。

(二)效益

1. 提升道路安全設施對用路人交通安全之水準及能源使用效率；
2. 建置完整之道路安全設施資料庫以有效控管道路安全設施之投資及維護管理。

(三)應用

1. 提供各道路主管機關實行道路安全設施管理與維護之參考依據；
2. 發展完整的道路安全設施查核之機制。

表 C.10 議題 D2 之行動方案

議題名稱	設施建置後之安全及節能效果評估
預定期程	<input type="checkbox"/> 一年 <input type="checkbox"/> 二年 <input checked="" type="checkbox"/> 三年 <input type="checkbox"/> 三年以上
經費需求	<input type="checkbox"/> 100 萬元 <input type="checkbox"/> 100-200 萬元 <input checked="" type="checkbox"/> 200-300 萬元 <input type="checkbox"/> 300 萬元以上
一、議題說明：	
<p>氣候變遷是當前全球面臨到最嚴重的挑戰之一，全球各國政府開始極力推行節能減碳政策，在交通運輸方面，我國政府也全面推動節能減碳交通建設與服務。而道路交通建設在運轉階段的最大耗能來源即為道路交通安全設施。道路安全設施的種類繁多，每一種設施對駕駛行為的影響及環境衝擊各有不同，必須能夠完整地評估道路安全設施的整體效益與成本。</p> <p>為有效評估道路安全設施建置後對交通事故的影響，通常會採用事前事後研究(before-and-after study)，並可利用所建置之 SPF (Safety Performance Function) 評判其交通事故次數是否已落在可接受範圍內，或是極度需要改善區域；此外，由於事故具有隨機特性，為正確評估安全效果，通常會持續追蹤至少三年（期）的資料。因此，SPF 的建置、資料的持續蒐集以及評估的準則，為道路安全設施建置後安全效果評估之主要關鍵項目。</p> <p>本研究針對道路安全設施之營運效果及節能減碳作之評估為目標，藉由文獻收集與分析來釐清道路設施之營運效果及能耗評估之相關評估指標，依據不同類型的道路安全設施，擬定道路安全設施安全及節能效果之評估準則並建立模式，再透過相關資料庫的收集及建立，作為相關主管機關在評估道路安全設施設置後效用之參考依據。</p>	
二、議題內容：	
<p>(一) 回顧道路安全設施相關文獻</p> <p>針對國內及國外相關文獻作廣泛的蒐集與回顧，包括道路安全設施的設計與規劃、道路安全設施設置條件、道路安全設施安全及節能效果評估、道路設施的汰換與再利用等，探討設置道路安全設施後安全與能耗評估之指標與方法。</p> <p>(二) 擬定道路安全設施安全及節能效果評估指標</p> <p>針對不同類型的道路安全設施，擬定適合台灣地區之道路設施安全及節能效果之評估指標及準則，以做為後續模式建立及資料收集之依據。</p> <p>(三) 建立道路安全設施安全及節能效果評估模式</p> <p>依據道路安全設施安全及節能效果評估指標及準則，建構合適且具可靠度之評估模式，以做為相關主管機關在評估道路安全設施設置後效用之依據。</p> <p>(四) 建置完整之道路安全設施評估資料庫</p> <p>依據道路安全設施後安全與能耗評估之指標與模式，擬定具系統性之資料收集及分析</p>	

程序，並建立合格且完整的道路安全設施評估資料庫。

三、預期成果、效益及其應用：

(一)預期成果

1. 了解不同類型道路安全設施之設計、設置條件及效用；
2. 建立本土化之道路安全設施安全與節能評估準則及指標；
3. 提出道路安全設施之安全與節能減碳效果評估方法；

(二)效益

1. 提升道路安全設施對用路人交通安全之水準；
2. 提升道路安全設施設置、管理及維護之效率。

(三)應用

1. 提供相關主管機關在評估道路安全設施設置後效用之依據；
2. 協助相關主管機關擬定道路安全設施運轉維護及回收再利用之方法。

表 C.11 議題 D3 之行動方案

議題名稱	道路安全設施與節能資訊平台
預定期程	<input type="checkbox"/> 一年 <input checked="" type="checkbox"/> 二年 <input type="checkbox"/> 三年 <input type="checkbox"/> 三年以上
經費需求	<input type="checkbox"/> 100 萬元 <input type="checkbox"/> 100-200 萬元 <input checked="" type="checkbox"/> 200-300 萬元 <input type="checkbox"/> 300 萬元以上
一、議題說明：	
<p>氣候變遷是當前全球面臨到最嚴重的挑戰之一，全球各國也都體認到政府及民間應合作，共同建構一個有效率的全球低碳經濟體，有鑑於此，交通部 99 年度所訂定的 2 大施政主軸之一：「建構綠色運輸系統」，全面推動節能減碳交通建設與服務，而道路交通建設在運轉階段的最大耗能來源即為道路交通設施，因此，於各級政府單位、民間各界落實道路設施的節能設計理念，正是符合「建構綠色運輸系統」的政策方向。</p> <p>將節能減碳概念融入道路安全設施設計、設置與使用的最大關鍵在於資訊取得與分享，依據道路設施建置後安全與節能效果的評估結果，如何回饋至道路安全設施資料庫中，進一步更新與修正各項設施的實際安全效果與能源使用量，並且以此資訊平台作為安全溝通的媒介，分享道路設施之安全與節能知能，作為教育和訓練相關人員的依據，實為關鍵議題。</p> <p>本研究之主要目的為建立道路安全設施與節能資訊的分享平台，藉由回顧國內外道路安全設施與節能資訊相關文獻回顧，釐清行車安全與節能減碳之關鍵資訊，並以國內設施庫存資料與主管機關管轄業務之現況，綜整道路安全設施與節能資訊分享平台所需資料種類、收集方式與負責收集之單位，藉此研提資訊平台架構，並透過舉辦教育訓練，培訓各級單位了解道路安全設施與節能減碳之重要性，以期建構完整資料庫供後續學術研究與實務單位之運用。</p>	
二、議題內容：	
<p>(一) 回顧國內外道路安全設施與節能資訊相關文獻</p> <p>廣泛收集並回顧國內外道路安全設施與節能資訊相關文獻，包含生命週期、安全改善效益、道路安全設施經濟效益分析等，主要目的為釐清並歸納道路設施安全與節能資訊平台所需之資料。</p> <p>(二) 道路安全設施庫存資料現況調查</p> <p>道路安全設施設置地點、狀態、數量等資料為資訊分享平台之基礎，研究須先調查目前國內設施設置現況，藉以分析設施耗能狀況，以及評估未來在道路安全設施上應用節能減碳技術潛力。</p> <p>(三) 各級政府道路安全主管機關管轄業務現況調查</p> <p>鑒於國內道路安全主管機關事權分散，道路安全設施之規劃、設置、施工、管理與維</p>	

護往往由不同機關負責，不利於推動道路安全設施之節能減碳，因此，應針對資訊平台所需資料，調查各級政府道路安全主管機關管轄業務現況，以釐清資料來源與資料收集可行性。

(四) 道路設施安全與節能資訊平台架構

依國內現況，歸納目前已建置與待建置之資料庫，根據國內各級政府組織架構，釐清負責收集與維護各項資料之單位，並以過去研究為基礎，提供分析道路設施安全效益與環境成本等議題之重要參數，作為政府機關、學術研究與實務單位參考。

(五) 教育訓練

舉辦教育訓練，邀集各縣市交通安全主管機關，使其了解各項資料之定義、內涵與收集目的。

三、預期成果、效益及其應用：

(一) 預期成果

1. 建置道路安全設施庫存資料庫；
2. 建構道路設施安全與節能資訊平台；
3. 舉辦教育訓練。

(二) 效益

1. 廣泛收集道路安全設施與節能減碳相關資料，並建置完整資料庫供後續使用。

(三) 應用

1. 提供各級政府交通安全主管機關做為評估設施節能與安全效果之參考。
2. 做為學術研究與實務界分析節能減碳現況、相關技術之用。

附錄D 期中審查意見

交通部運輸研究所合作研究計畫(具委託性質)

☒期中 ☐期末報告審查意見處理情形表

編號：MOTC-IOT-100-SDB007

計畫名稱：「道路節能設施與交通安全關聯議題探討」

執行單位：中華民國運輸學會

參與審查人員及其所提之意見		合作研究單位 處理情形	本所計畫承 辦單位審查 意見
逢 甲 大 學 楊 宗 璟 教授	可先釐清研究目標，是為了安全影響環保、為了環保影響安全或是同時影響同時改善？則其研究內容會有所不同。	本研究以安全為優先，探討如何在維持安全水準下盡量達到節能減碳之目的。期末報告將於第一章加強研究目標之釐清。	同意辦理。
	再一次確認 LED 照明、LED 號誌是否納入研究範圍。	LED 相關技術在道路設施之運用已包含在前期計畫當中，本研究並不特別針對 LED 照明、LED 號誌等議題進行探討。	同意辦理。
	績效評估的項目包括安全、節能減碳以及經濟，則需說明何者的權重較重較輕，才能綜合評估何種措施最宜優先改善。	本研究以安全為優先，在維持安全水準下盡量達到節能減碳之目的。亦即，本研究探討道路安全改善過程中，如何應用節能減碳技術，以達成既安全又兼顧節能之效果，綜合績效評估分析有關權重之課題或可納入相關議題探討。 安全與節能減碳優先順序已於 1.2 節研究目的第一段說明，績效評估分析之權重課題已於附錄 C 之行動方案 C3、C4 中說明。	同意辦理。
	第 21 頁起，以及第 38 頁、第 40 頁，時向可能是時相的誤繕。	感謝委員指正，文字誤繕部份已做修正。	同意辦理。
	第 35 頁部分內容之修辭待改善(表 4.1 名稱為路段之交通安全改善對策，但表格內容部分對策會降低道路安全性，建議修正)。	依委員建議，已於第 25 頁(原第 35 頁)說明方案可能同時造成負面影響，應整體考量。	同意辦理。
	第 37 頁部分內容之修辭待改善(何謂移除單行道不必要號誌)。	依委員建議。已於第 27 頁(原第 37 頁)進行修正。	同意辦理。
	第 43 頁部分內容之修辭待改善	依委員建議，已於第 33 頁(原第	同意辦理。

參與審查人員及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承 辦單位審 查 意見
(文中提出最佳效果一詞，應為平均效果，建議修正)。	43 頁) 進行修改。	
第 60 頁部分內容之修辭待改善(文中提到沒有切確的資料庫，後面指出例如流量資料，但沒有相關的描述，建議補充說明)。	依委員建議，已於第 62 頁「完整的事件資料庫」處加強說明流量資料之描述。	同意辦理。
在台灣地區有無哪些條件或環境可適於施行交通寧靜措施，因為在第 55 頁內容似乎看不到此種可能。	本研究列舉出國內外相關安全措施，交通寧靜措施為眾多改善行車安全策略其中之一，研究目的在於提出可能的安全改善策略以及評估各策略成本效益時，必須將生命週期各階段的碳排放與安全改善效果納入評估，並不針對個別策略探討可行性與施行細節。	同意辦理。
人無遠慮，必有近憂；若多著重於已發生事故的改善，則預防式的作為就比較欠缺，如此循環，就只能被眼前的事故問題追著跑，故建議酌情考慮預防式的措施或設施。	本研究於所提「如何計算道路安全設施之主要安全效果」、「如何落實道路安全設施之查核工作」、「如何評估建置後之安全與節能效果」等議題，即包含預防性的作為。將參考委員意見，適度對相關議題加以解釋說明於後續行動方案當中。	同意辦理。
施工時，交通查核計畫之審核，需要足夠人力，故執行的組織之適度籌建或擴編也可納入考慮。	依委員意見納入行動方案當中。	同意辦理。
除了五都之外，桃園縣也納入考慮，有無特殊原因？	基本上，所有縣市均將納入問卷發放對象，修正後發放對象如 6.1 節所示。	同意辦理。
可利用院頒道安秩序方案，以及各縣市時制重整時機，納入道安之前事後分析，以增加收集資料之境。	感謝委員意見。	悉。
以幹支道關係為例，距路口多少公尺立一標誌來律定駕駛行為動止，可同時改善路口安全並提升通行效率來節能減碳，或可納入此種	感謝委員意見，本團隊已將類似案例補充說明於第 54 頁 5.1.2 節第二段。	同意辦理。

參與審查人員及其所提之意見		合作研究單位 處理情形	本所計畫承 辦單位審 查 意見
	設施改善問題。		
交通大學 吳宗修教授	資源與能源最好能區分，而不混為一談。	依委員意見，將能源與資源做明確界定。	悉
	CO ₂ 與 CO ₂ 可在報告中一致。	文內統一使用 CO ₂ 。	同意辦理。
	「道路節能設施」與「交通安全」關聯議題，似應以交通安全的基礎，探討當前「節能減碳」在道路設施的影響程度。	同意委員意見。	悉。
	希望所有引用內容都在文獻目錄中可對照。	依委員意見重新檢視文獻對照。	同意辦理。
	經濟面建議先不納入。	謝謝委員建議。	悉。
高速公路局 吳木富副 總工程 司	道路安全之文獻回顧內容豐富，實質內容則尚待充實。	依委員意見收集相關文獻並補充至期末報告中。	同意辦理。
	研究流程圖應請增列，以了解研究範圍與架構。	依委員意見修改。	同意辦理。
	研究內容為「道路安全設施」與節能減碳之關聯，亦或「道路節能設施」與交通安全之關聯，請釐清。	道路設施之存在基本上都與道路安全有所相關，目的是使車流安全順暢的運轉，所以廣義而言，良好的道路設施均可稱得上是道路安全設施；而只要是設施，其必然或多或少會引發出直接或間接能源使用與消耗的問題，因此如何讓各種道路（安全）設施能夠節能（簡稱道路節能設施），亦即如何使節能的道路安全設施得以實現，便成為重要議題。綜合言之，字面上「道路節能設施」雖不等同於「道路安全設施」，但新一代的道路（安全）設施必然要朝向成為道路節能設施的目標前進。 本研究題目為「道路節能設施與交	同意辦理。

參與審查人員及其所提之意見		合作研究單位 處理情形	本所計畫承 辦單位審查 意見
		通安全關聯議題探討」，但主要議題針對道路交通安全設施在設置與效果兩階段的節能減碳。或許更貼切點，應如同委員所言，較偏向道路安全設施與節能減碳之關聯，期末報告將於第一章 1.1 節最末段加強說明與定義研究方向。	
	第 60 頁，如何衡量各種道路安全設施之安全效果？安全績效並非單一設施或因子所致，故如何評估？是否有足夠之分析樣本？	同意委員意見，事故發生並非受到單一因素影響，而是包含行前、行中各階段因素的交互作用所致，如何納入適切的變數與選擇適用的方法本身即為重要的研究課題，故本研究將其納入做為重要議題之一。	同意辦理。
	問卷調查中之問題二.1 題所列安全設施並非全部，如何處理？	問卷僅列示最常見之安全設施，若有未列於問卷上之設施可填於「其他」項。	同意辦理。
	問卷三.2 題若機關預算中無獨立易肇事地點之預算科目時，應如何填列？	無論是否有獨立預算科目，只要該機關有針對易肇事地點篩選與改善，即應有相關預算編列；若無相關預算或在包含在定期養護預算中，則不包含在本研究中。	同意辦理。
	節能設施之探討，建議擴大至規範之檢討(如照明規範之照度規定)、可行措施(如有反光功能之標誌，不需再加外部照明、ETC、RMS 等等)、具節能之安全設施適用場合等，以達到節能及安全之目標。	本研究主要內容為相關議題之探討，委員所提之規範檢討、可行措施、適用場合等將適度歸入相關議題，但並不針對個別節能設施進行細部規範之探討。	同意辦理。
	建議探討節能設施對交通安全究竟是正相關或負相關或不相關，亦可洽相關單位提供已設置之節能設施、安全統計資料交叉比較以獲得結論。對節能「措施」與安全之關聯亦可加以探討。	各項節能設施（或應稱節能安全設施）的引進都必須在維持安全水準的前提下，是故，本研究僅探討在不危及安全或可增進安全之下如何達成節能減碳的目標，對節能「措施」與安全之關聯議題進行探討，但不針對個別類型的節能設	同意辦理。

參與審查人員及其所提之意見		合作研究單位 處理情形	本所計畫承 辦單位審 查 意見
		施探討其安全成效。	
高 雄 市 工 務 局 新 建 工 程 處	台灣存在標誌設置過多的問題，關於標誌的設置依據及評估標準的建立建議納入探討。	本研究不針對個別設施類別進行探討，但已包含在 5.3.2 節「如何減少設施設置需求」的相關議題討論。	同意辦理。
高 雄 市 交 通 局	是否探討目前關於道路設施節能技術的應用？例如號誌 LED 化的節能減碳效果或是「內照式標誌」的成效探討。	LED 相關技術在道路設施之運用已包含在前期計畫當中。	同意辦理。
	目前所強調的綠色運輸包括人、自行車及公共運輸三部份，過去道路規劃與設計大多針對「車」，建議未來在探討道路規劃與設計相關議題時，納入人行及自行車部分。	本研究係針對車用之道路安全設施，人行與自行車雖為綠色運輸系統重要之環節，然而本研究並未將其納入研究範圍。	同意辦理。
台 北 市 工 務 局	道路照明會因道路交通流量而有不同影響，然而目前對於照度規範不完整，建議納入道路照明與交通流量關係相關議題探討。	道路照明需求應隨著交通流量及其他現場狀況即時調整，此一議題已包含在 5.3.2 節關於「如何有效施行道路安全設施之節能管理」的討論中。	同意辦理。
內 政 部 營 建 署	請問該案是否包含綠色材料之應用？	本研究並未納入綠色材料之應用。	悉。
	依本案之研究範圍來看（P.3），係分為道路設計與道路設備、道路維護及交通控制三個方向，但後續的章節內容與研究範圍略有出入，請研究團隊說明。	道路設施對安全之影響可由道路設計與道路設備、道路維護及交通控制三個層面進行探討，此一定義與後續章節內容並無不一致，唯本研究將於期末報告加強研究範圍與後續內容之連結。	同意辦理。
	續上，若依研究範圍分為三個部分，則建議，後續之內容應分三部分進行分析及研究。	依委員意見，加強研究範圍與後續內容之連結。	同意辦理。
	第 4 頁，在表 1-2 中說明新型耗能道路交通設施，路名牌、標誌牌等由內部發光的設備，太陽能續電之指示牌面，或以綠色能源（如風力	綠色能源已包含在 5.3.2 節「如何引進創新綠能科技」之議題中。	同意辦理。

參與審查人員及其所提之意見		合作研究單位 處理情形	本所計畫承 辦單位審 查 意見
	發電) 等是否應納入探討?		
	本案附件一之問卷之填寫, 各大議題可能需由不同單位填寫, 建議應做分類且請預先設定需要之精細程度, 另有部分資料可能運研所或警政署等公部分已有現成資料(如事故資料)可直接申請使用, 以減少填寫人員之負擔。	道安督導會報為一跨部門的平台, 問卷以各縣市道安督導會報為發放窗口, 藉由該平台再將問卷發送至各個相關單位填寫。	同意辦理。
	在材質或標準之使用, 建議應以國內現有的標準優先為分析依據, 如CNS、交通工程手冊、市區道路附屬工程設計規範等。	本研究不探討各設施材質與標準。	同意辦理。
	資料來源部分, 仍建議將完整資料寫在圖表下方, 不要以附表列於參考文獻, 以便於閱讀。	圖表資料來源將依據一般刊物慣用之引用格式。	請依本所出版品管理作業要點規定辦理。
交通部 運研所 運輸安全組	本研究旨在探討道路交通安全設施與節能減碳之關聯, 並找出前述關聯下可供後續研究發展的相關議題, 主要為有價值議題的發現, 而非議題的解決, 期中報告以後的工作則主要為議題的篩選與排序。	謝謝說明。	悉。
	期中報告中所列文獻回顧範圍廣泛, 符合本研究「發現議題」的宗旨, 報告撰寫系統分明, 章節間關聯性闡述多屬嚴謹, 且多以圖表方式描述關聯, 易於理解, 顯示研究團隊的用心。	感謝指教。	悉。
	2.1 節與 2.2 節所引用資料多已老舊, 希望蒐集截至 2010 年的資料。	已將部分資料更新至 2010 年。	同意辦理。
	第 56 頁, 5.2 節內容分別闡述「運輸系統發展程序」與「道路安全管理流程」, 但其間相互關係為何, 且與本研究主題之貢獻應可加強研析。	過去運輸系統發展過程與道路安全管理流程並未將節能減碳概念納入, 未來在對交通安全措施進行評估的每一階段, 宜將其對環境衝擊與碳排放納入成本與效益的計	同意辦理。

參與審查人員及其所提之意見		合作研究單位 處理情形	本所計畫承 辦單位審查 意見
		算。依主辦單位意見，期末報告將加強該節與研究主題之連結。	
	建議本次期中報告審查通過，並請研究團隊就各審查意見逐點撰擬回覆意見，併入期末報告內修正。	感謝指教，相關意見將做回覆與修正。	同意辦理。
	第 21 頁，3.1.1 節第 1 段第 5 列，...可繪如所示...，請更正。	已修正。已於第 41 頁（原 21 頁）進行修正。	同意辦理。
	第 33 頁，4.1 節「道路安全設施手冊」中譯譯名不完整，且與 4.2 節公路安全手冊語義太過接近，建議修正。	依主辦單位意見，將 3.1 節（原 4.1 節）「道路安全設施手冊」更改為「道路安全措施手冊」。	同意辦理。
	第 37 頁，表 4.2 內第 2 列第 3 欄，”轉換道路類型，以減少車流衝突點”，語意模稜兩可，建議修正。	依主辦單位意見，在第 27 頁（原第 37 頁）進行修改。	同意辦理。
	第 45 頁，”車道”下第 1 段第 2 列，...自車流速度...，所指為何，請予更正。	已於第 35 頁（原第 45 頁）進行修正。	同意辦理。
	第 62 頁，(2)如何發揮設施安全效果，第 2 段倒數第 2 行，...半衰期...，通常燈具亮度的衰減現象稱為”光衰”，請予修正。	依主辦單位意見，已於第 63 頁進行修正。	同意辦理。
主席	各委員與出席單位提供之寶貴意見以及本所主辦單位之書面意見，請研究團隊列表整理並逐項回應處理，納入期中報告修訂及後續研究之依據。	依主席意見辦理。	同意辦理。
	針對研究題目與報告內容彼此間產生之疑義，請本所主辦單位與研究單位研處，並在第一章適當章節中加以說明釐清。	依主席意見辦理。	同意辦理。
	本期中報告審查原則通過，後續工作請依契約規定辦理。	依主席意見辦理。	同意辦理。

附錄E 期末意見審查

交通部運輸研究所合作研究計畫(具委託性質)

□期中 ☒ 期末報告審查意見處理情形表

編號：MOTC-IOT-100-SDB007

計畫名稱：「道路節能設施與交通安全關聯議題探討」

執行單位：中華民國運輸學會

參與審查人員及其所提之意見		合作研究單位 處理情形	本所計畫 承辦單位 審查意見
逢甲大學 楊宗璟教授	報告內容中的第 94 頁，綜整了專家問卷以及現況調查的結果，其表達方式相當有創意，另外在規畫未來可行研究項目方面，本報告提出了 11 項行動方案，夠做為未來努力的方向，均值得肯定。	感謝委員指教。	悉
	第 17 頁，表 2.3 中的歐盟那一列內容中的「CO ₂ 」是剪貼上去的，可以改成打字的，比較清楚。	感謝委員指正，已將表 2.3「CO ₂ 」修改。	同意辦理
	第 78 頁的優先順序加總，是否能提供有效的填答人數有多少，以及每人勾選的項目是多少項，另以 5、4、3、2、1 的分數去當權重加總，其方法值得商榷，或許可統計前 2 名的勾選次數佔有效填答人數的比例，當作另一欄位，來看何者較優先。	該題項共有 30 份問卷填答，填答人於每份問卷應選擇五項優先策略，然其中有部分問卷將選填不到五項策略，故總被選次數不達 150 次。依據委員建議，增加勾選前兩名的次數之欄位，依據三種不同計算方式所得之改善策略優先順序大致相同，僅 7 至 10 名順序有些微差異，然此差異對結果解讀並未造成影響。相關修正內容請見第 78 頁。	同意辦理
	第 84 頁內容中，專家問卷的數目是否有增加的可能，又政府機關的代表是否可再增加，又問卷中問題的順序是否會影響重要性與可行性的不小，若重新安排順序，其結果是否會有所不同，若考慮新增問卷或可嘗試不同順序的問卷。	本研究所擬之議題架構乃根據道路安全風險管理的系統概念擬定，為使受訪專家易於了解整體議題架構與其背後意涵，因此議題順序即依照系統安全管理概念編排。就問卷份數而言，13 份專家問卷已足以作為 AHP 分析之用，然而若要將學術單位與實務單位分別討論則略不足，但依現階段問卷調	同意辦理

參與審查人員及其所提之意見		合作研究單位 處理情形	本所計畫 承辦單位 審查意見
		查顯示，研究團隊認為兩者觀點大致相同，細節部分雖可能存在差異，顯見問卷仍具相當參考價值	
	各縣市的道安單位有兩種名稱，其一是聯席會報，另一是督導會報(請見第 69 頁以及第 149 頁)，可以補充之。	感謝委員指正，已修改如第 69 頁與第 149 頁。	同意辦理
	專家問卷的結果，B2 與 C1 似比 D2 與 D3 優先，在論述上，本報告在第 95 頁的建議，與專家問卷不一致的部分，可補充。	議題 B2 與 C1 之重要性與可行性雖然相對高於 D2 與 D3，但本研究考量 D2 與 D3 為各行動方案分析與評估之基礎(7.3 節最後一段所述)，因此將其列為立即推動之議題。	同意辦理
	事故資料在 A2、A3 部分，仍有相當多的縣市不完整，可提出說明，建請各縣市道安單位多努力蒐集。	感謝委員意見，關於 A2、A3 資料不完整之說明，已於第 82 頁 6.3 節第二段補充說明。	同意辦理
	期中報告的問題，大都已回應，但有部分未修改或頁數章節位置不對，請再斟酌回應並修改或補充。	感謝委員指正，將重新檢視修正。	同意辦理
高速公路 局吳木富 副工程 司	第 3 頁第四行，交通安全「措」施應為交通安全「設」施。	感謝委員意見，本處所指「措施」包含教育、工程與執法，「設施」屬於工程措施其中之一。	同意辦理
	第四章論述較多探討道路設施與交通事故之關聯，章名是否需調整？	感謝委員意見，本章章名更改為「道路設施與安全之關聯」。	同意辦理
	第 42 頁說明 SUV 與 mini car 兩種車型為最大與最小的兩極端，是否應界定為「小型車種」中之兩極端，並非所有車型之兩極端。	感謝委員意見，已於第 42 頁處補充說明。	同意辦理
	第五章許多名詞易混淆，如「道路設施安全與節能」、「道路安全設施」、「道路設施」，建議適當加以統一或區分。	感謝委員意見，已將相關名詞統一為「道路設施」。	同意辦理
	第 59 頁檢「試」既有路網，應為檢「視」既有路網。	感謝委員指正，已於第 59 頁處修正。	同意辦理

參與審查人員及其所提之意見		合作研究單位 處理情形	本所計畫 承辦單位 審查意見
第 63 頁「2.如何有效施行道路安全設施之節能管理」本段與第 65 頁重複應刪除，但缺少「2.如何分析與診斷道路事件肇事之原因」說明。		感謝委員指正，已於第 63 頁與第 65 頁修正。	同意辦理
第 65 頁 1.如何計算道路安全設施之「主要」安全效果，應為 1.如何計算道路安全設施之「直接」安全效果。		感謝委員指正，已於第 65 頁修正。	同意辦理
第 72 頁道路號誌「已全面」更新為 LED 號誌，與表 6.3 所呈現之內容不一。		感謝委員意見，已將第 72 頁對 LED 號誌之說明改為「已朝向全面更新為 LED 號誌之方向進行」。	同意辦理
第 75 頁第二段末「顯見透過 LED 技術以降低道路照明之耗電尚有相當之潛力」，對與減少照明耗電是否僅 LED 一種選項，此表達方式建議修正。(第 82 頁亦有同樣之論述)		感謝委員意見，LED 照明為未來可繼續發展節能照明技術的選項之一，並非唯一選項。相關修正請見第 75 頁與第 82 頁處。	同意辦理
第 79 頁第一段末，「仍屬推廣階段」，是否已確定在推廣中？		感謝委員意見，已將「仍屬推廣階段」刪除。	同意辦理
第 88 頁以平均數將散布圖切分成四象限，平均數係以何種數據加以平均，請補充。		平均數為各子議題之絕對權重之簡單平均，例如圖 7.5 之分隔線為表 7.4 之各欄平均值。	同意辦理
第 91 頁專家與學者兩類之象限分隔線是否應個別統計。專家與學者分別統計，是否因樣本數較少易產生偏差？		第 91 頁即為個別統計之結果，只是本研究調查結果中，專家與學者兩類之象限分隔線十分接近。就整體而言，13 份專家問卷已足以作為 AHP 分析之用，然而若要將學術單位與實務單位分別討論則略不足，但依現階段問卷調查顯示，研究團隊認為兩者觀點大致相同，細節部分雖可能存在差異，顯見問卷仍具相當參考價值。	同意辦理
第 98 頁 7.「抒」解車流，應為「紓」解車流。		感謝委員指正，已於第 98 頁處修正。	同意辦理

參與審查人員及其所提之意見		合作研究單位 處理情形	本所計畫 承辦單位 審查意見
	第 76 頁高速公路事故資料維護單位為執法之公路警察局，請更正。	感謝委員指正，已於第 76 頁表 6.5 修正。	同意辦理
臺北市 交通管 制工程 處陳榮 明總工 程司	由於問卷中，各個部份分別由不同單位部門，因此不容易找到適合填答的人，也因此造成問卷無法完整的被填答。	同意委員意見，然而國內各級政府道路安全與設施相關業務往往分散在多個單位，在有限時間內無法逐一發放問卷，故透過各縣市道安會報，依據該縣市組織編制與業務職掌發放至適合單位填寫。	悉
	研究方法應用尚稱合宜，唯問卷調查（含政府部分）對象及基本資料填具似嫌不足。	道路設施現況調查問卷之調查對象已於 6.1 節說明，專家座談與問卷調查對象說明已補充於 7.1.1 節。	同意辦理
	問卷的分析沒有問題。但表 3.1 所指之成本，應為施工成本，請確認。	感謝委員意見，經確認原始文獻，該處所指之成本為「材料成本(materials cost)」。	悉
	專家學者的觀點與實務界的認知間之差距，在於法規面上的規範，應從法規面上進行檢討，建議納入後續探討之議題。	感謝委員意見，已將規範制定議題納入第 93 頁 7.2.5 節最末段，以及 8.2 節補充說明。	同意辦理
	個人認為生命週期的概念及整體評估非常重要，建議可以納入立即探討的部分。	同意委員意見，生命週期的概念及整體評估非常重用，然而考量完整之生命週期評估牽涉到基本資料之蒐集，因此仍維持為接續推動之議題。若就國內實務運作而言，在完整之生命週期評估資料建立之前，或可參考國外相關數據。	同意辦理
	文中所提到之「節能設施」，其所指的應是與舊式設施相互比較之下較節能，應為相對性的關係，建議釐清。	同意委員意見，事實上，節能設施必須要從設施本身的節能與設施的安全效果綜合評估，若在能源消耗與事故預防的碳排放淨效果上，可較傳統設施更為節能減碳，則可定義為節能設施。相關說明已補充於 1.1 節最末段。	同意辦理
	行動方案中，部分方案之年限太短，是否可研議延長年限之可能	本研究所提之行動方案預算年限僅供參考，後續應由運研所需視實	同意辦理

參與審查人員及其所提之意見		合作研究單位 處理情形	本所計畫 承辦單位 審查意見
	性。	際研究範圍與工作項目內容而定。	
	由於目前對於 LED 路燈設置之規範並未建立，因此難以推動，建議將規範等議題納入後續探討中。	感謝委員意見，已將規範制定議題納入第 93 頁 7.2.5 節最末段，以及 8.2 節補充說明。	同意辦理
	所提結論及建議尚稱具體，唯所提議題似可再細分基礎性研究議題及整合性議題，並建議能否補充基礎設施性議題之研究內容。	感謝委員意見，文中所提之議題與對應之行動方案確可再細分為多個子議題，然而研究團隊提出各個行動方案之目的為提供後續研究參考，各研究與實務單位可以所提之行動方案為出發點，設定相關基礎性與整合性議題，進行更深入的研究分析。	同意辦理
	建議安全設施與節能之相關性，在未來推動上或立法規範上予以納入。	感謝委員意見，已將設施節能相關議題予以立法規範之概念納入 8.2 節第一點當中。	同意辦理
台北市 工務局	在 LED 路燈推動過程中，實務單位面臨有關施做、色溫、成本及後續管理等問題，建議研究團隊能夠將推動 LED 所需面臨的問題，做一個較深入的研究與說明。	本研究並未探討個別設施之細部議題，此外，針對 LED 應用於道路設施之相關議題，運研所已於前一年度委託工研院進行，該報告即將出版，實務單位可參閱該份研究。	悉
高雄市 政府交 通局	報告書建議補充說明目前相關縣市所採用節能設施(如太陽能反光標鈕、彩繪標線及單體行人號誌等)施行現況，並納入與道路交通安全效益關聯性及相關設計原則，以供後續研究參考。	本研究目的為提出相關議題架構，供後續研究參考，並未針對個別設施安全效益與設計原則探討。	悉
	建議本報告書所提行動方案可檢討納入國內相關案例輔助說明，俾利閱讀者更加了解研究成果。	本研究所提之行動方案可提供後續規畫研究議題參考，不針對個別案例進行探討。	悉
交通部 運輸研 究所運 輸安全 組	期末報告中所列文獻回顧範圍廣泛，符合本研究「發現議題」的宗旨，報告撰寫系統分明，章節間關聯性闡述多屬嚴謹，且多以圖表方式描述關聯，易於理解，顯示研究團隊的用心。	感謝指教。	悉

參與審查人員及其所提之意見		合作研究單位 處理情形	本所計畫 承辦單位 審查意見
	期中報告審查回應表內有關頁碼、圖表號與章節編號等，多有誤植，請改善。	感謝指教，已重新檢視修正。	同意辦理
	期末報告內容已於 11/2 工作會議中討論與修正，故本組無其他意見。	感謝指教。	悉
	建議本次期末報告審查通過，並請研究團隊就各審查意見逐點撰擬回覆意見，整理修正為期末報告定稿。	感謝指教，相關意見將做回覆與修正。	悉
主席	本研究計劃屬於探索性的研究，經過研究團隊的研究分析，也提出一個具體的說明及行動方案規畫，也以提供運安組後續的推動及辦理各項議題的參考。	依主席意見辦理。	悉
	關於期中的審查，各委員所提供的建議及意見，尚未處理之部分，請研究團隊務必再作一檢視，在期末報告中一併加以處理。	依主席意見辦理。	同意辦理
	請研究團隊針對期末報告審查意見逐項加以回應跟處理，並納入期末報告初稿修正及定稿，依契約規定提送定稿報告。	依主席意見辦理。	同意辦理

附錄F 期末簡報



道路節能設施與交通安全 關聯議題探討

期末簡報

中華民國運輸學會

中華民國一〇〇年十一月十七日



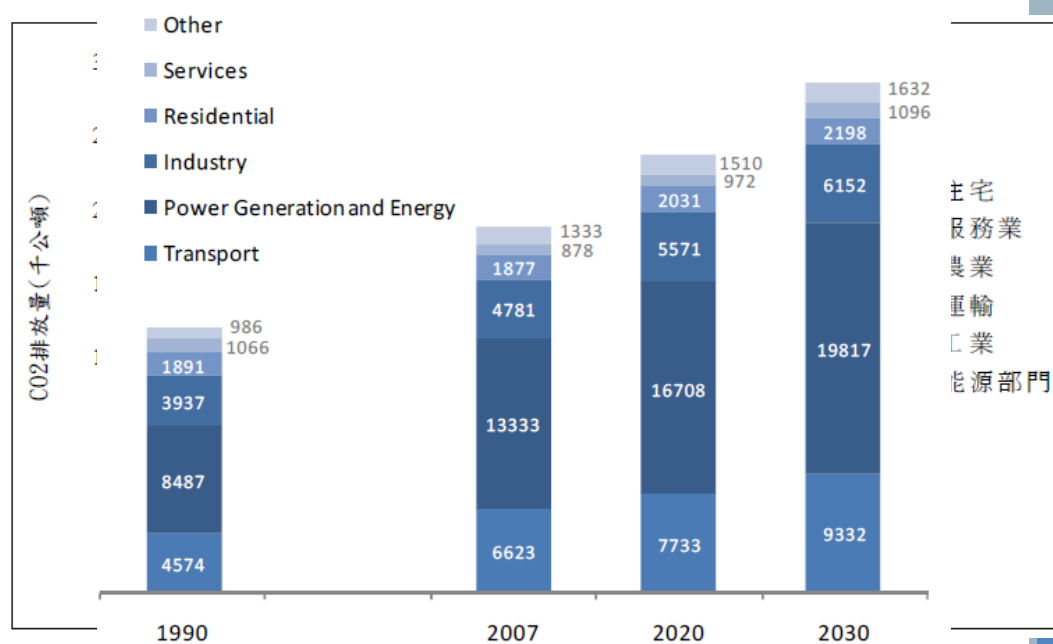
簡報大綱

- ❖ 計畫背景與目的
- ❖ 工作項目
- ❖ 計畫執行結果
 - 道路設施安全與節能之關聯
 - 道路設施安全與節能管理現況之檢討
 - 道路設施安全與節能議題之重要性與可行性分析
 - 設施安全與節能議題
- ❖ 結論與建議

計畫背景與目的

計畫背景

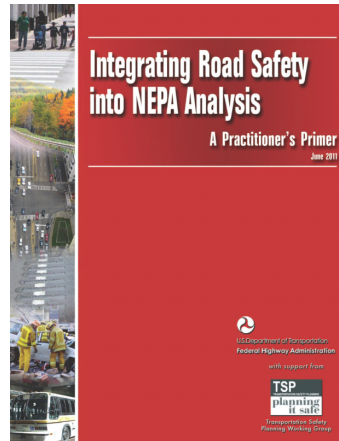
❖ 氣候變遷、節能減碳、運輸系統





計畫背景

- ❖ 運輸系統：綠色(節能減碳) + 安全
- ❖ 節能減碳與安全彼此相關
- ❖ 如何關聯？國內現況？



5



計畫目的

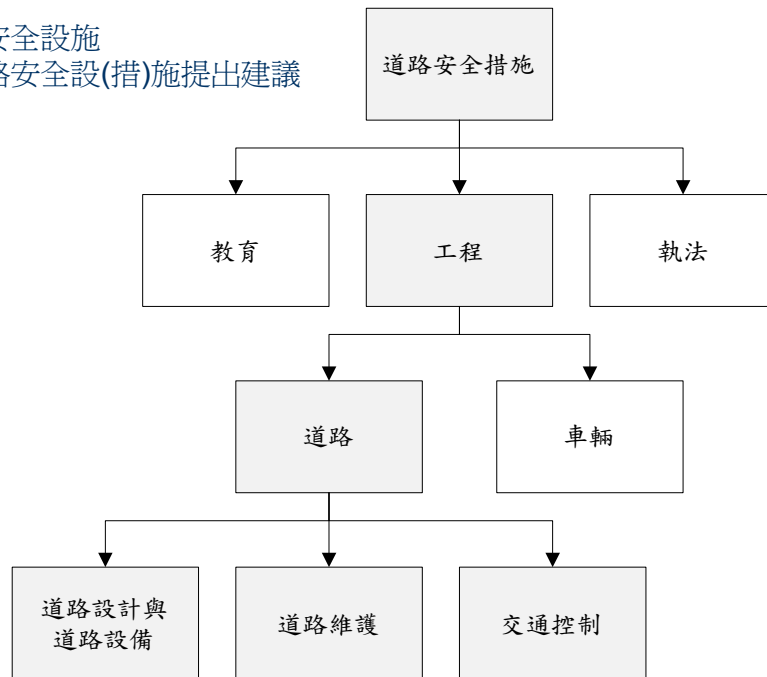
- ❖ 回顧國內外關於交通安全設施與節能減碳相關之文獻；
- ❖ 綜整交通安全設施與節能減碳關聯之重要議題；
- ❖ 根據專家學者之意見篩選關鍵議題；
- ❖ 彙整各重要議題在交通安全與節能減碳之相關資料；
- ❖ 規劃未來可行之研究項目。

6



研究範圍

對象：道路安全設施
不對特定道路安全設(措)施提出建議



7



工作項目

8



工作項目



計畫執行結果

- ❖道路設施安全與節能之關聯
- ❖道路設施安全與節能議題
- ❖道路設施安全與節能管理現況之檢討
- ❖道路設施安全與節能議題之重要性與可行性分析

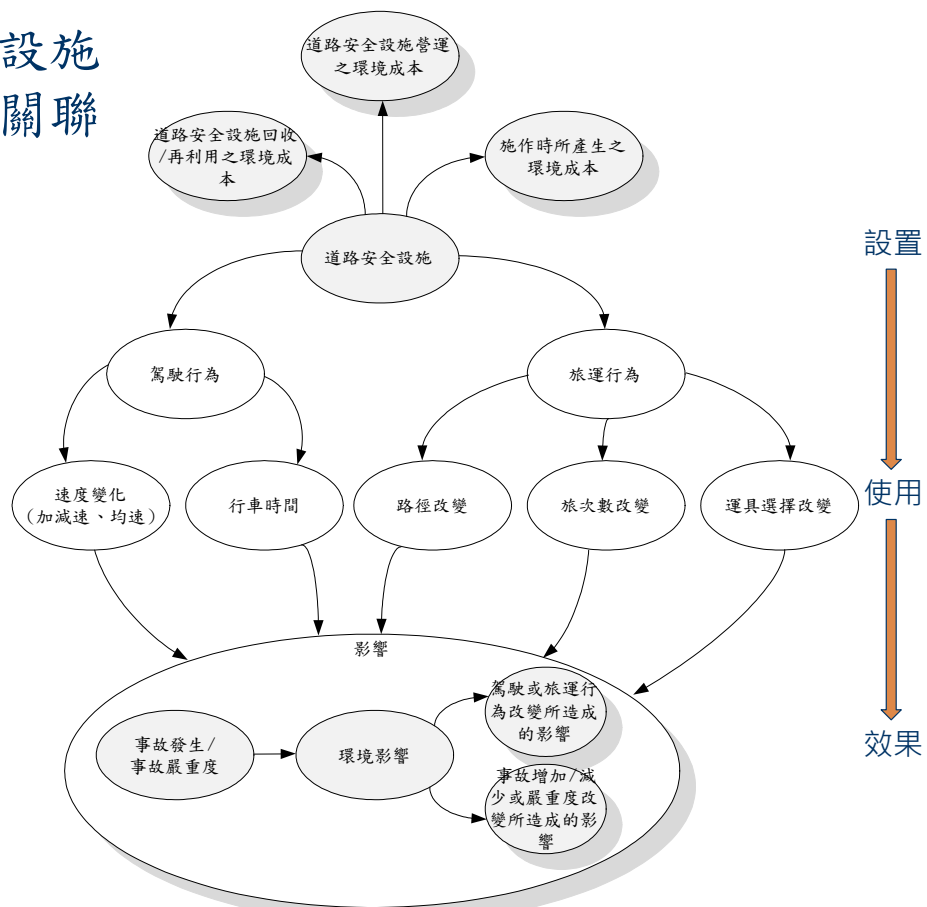


計畫執行結果

- ❖道路設施安全與節能之關聯
- ❖道路設施安全與節能議題
- ❖道路設施安全與節能管理現況之檢討
- ❖道路設施安全與節能議題之重要性與可行性分析

11

道路安全設施 與節能之關聯





道路設施之生命周期成本

❖ 部分道路設施已有相關評估

類別	材質	成本 (美元/英尺)	生命週期	優點	缺點
傳統 標線	橡漿 (latex)	\$0.03-0.05	9-36月	<ul style="list-style-type: none"> 便宜 快乾 低流量下生命週期長 方便清除 不會產生有毒廢棄物 	<ul style="list-style-type: none"> 高流量下生命週期短 容易受沙塵影響 較不適用於剛性路面 僅適用於溫暖的環境條件下 須使用玻璃砂
	醇酸樹脂 (alkyd)	\$0.03-0.05	9-36月	<ul style="list-style-type: none"> 便宜 快乾 在低溫環境下可使用 	<ul style="list-style-type: none"> 高流量下生命週期短 容易受沙塵影響 較不適用於剛性路面 材質可燃 可能產生臭味 須使用玻璃砂



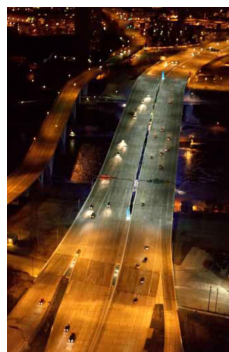
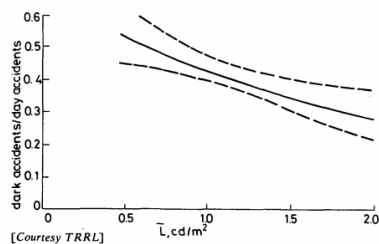
道路設施之安全效果

❖ 理論發展完整

❖ 傳統道路設施已有相當完整之安全效果評估

- 事故折減因子(Crash Reduction Factor, CRF)
- 道路安全手冊(Elvik and Vaa, 2004; 2009)
- 美國公路安全手冊(Highway Safety Manual, HSM)

❖ 新式道路設施之安全效果仍待評估



Minneapolis
I-35W
2008



道路設施安全與節能成本綜合評估

❖ 相關案例非常少

標線材質	設置成本	車流延滯成本	事故成本	總成本
水性塗料	0.144	0.004	0.0008	0.148
熱融性塑膠	0.760	0.0144	0.00068	0.777
Inlaid Tape	3.168	-	-	3.168

單位：美元/英尺

細節請參閱報告書第三、四章

15



計畫執行結果

- ❖ 道路設施安全與節能之關聯
- ❖ 道路設施安全與節能議題
- ❖ 道路設施安全與節能管理現況之檢討
- ❖ 道路設施安全與節能議題之重要性與可行性分析

16



道路安全設施與節能策略藍圖

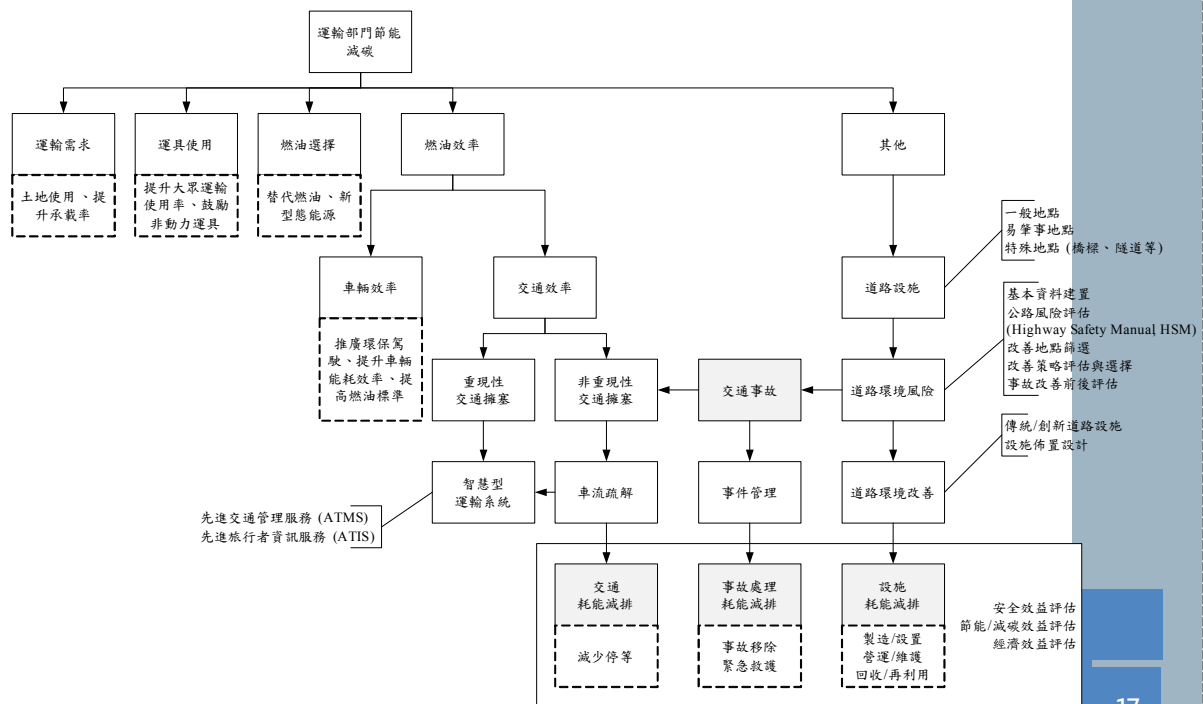


圖 5.3 道路安全設施節能策略藍圖

17



道路安全設施與節能策略藍圖

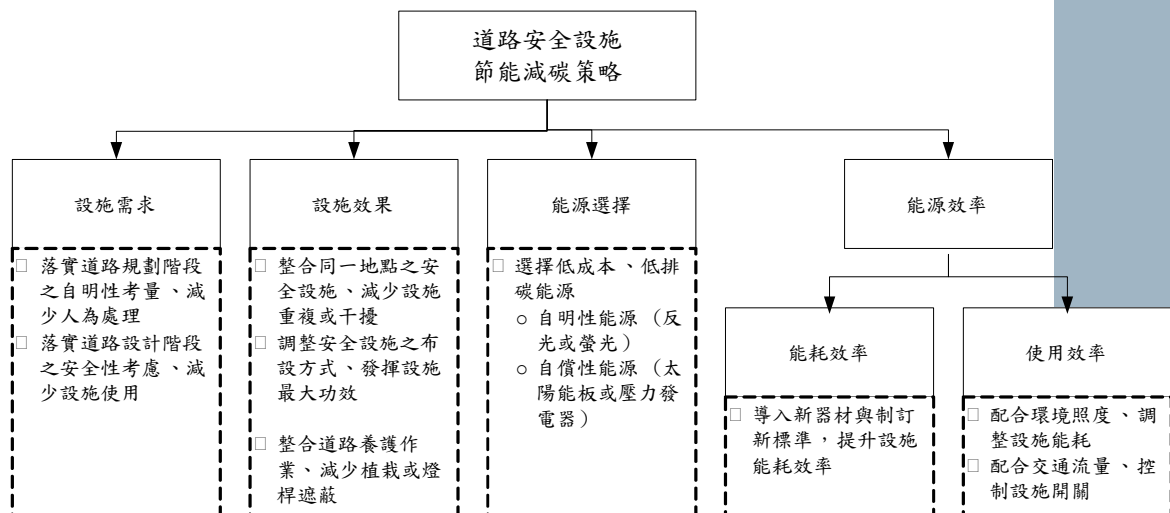


圖 5.1 道路安全設施節能減碳策略

18



道路交通事故碳足跡

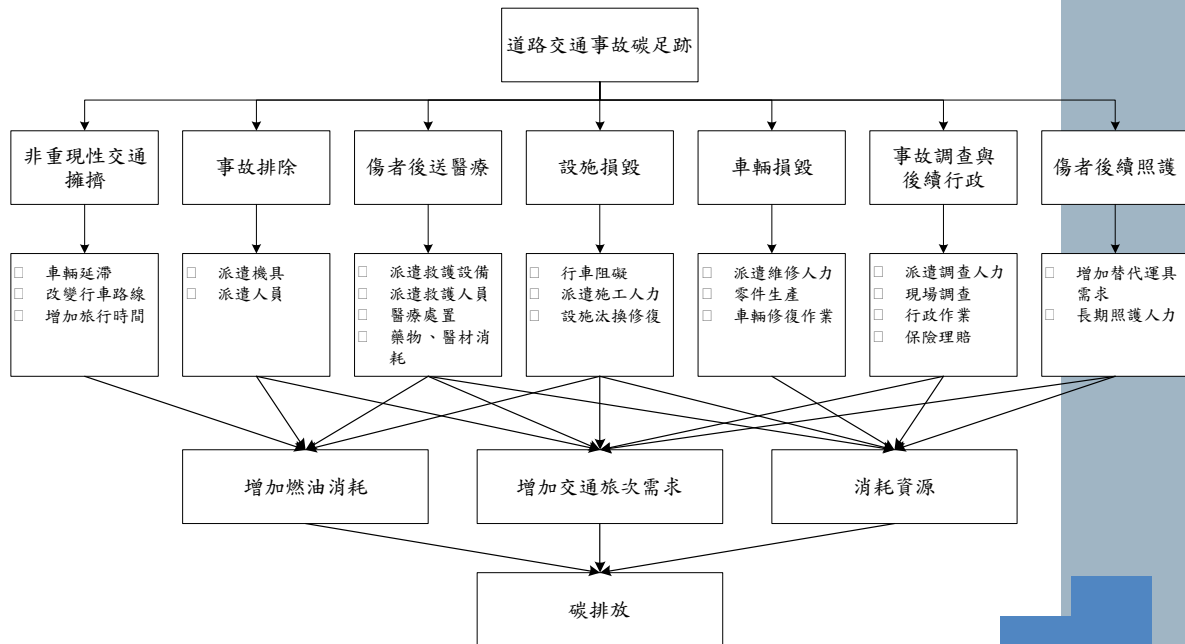


圖 5.2 事故碳足跡

19



整合節能與道路安全管理

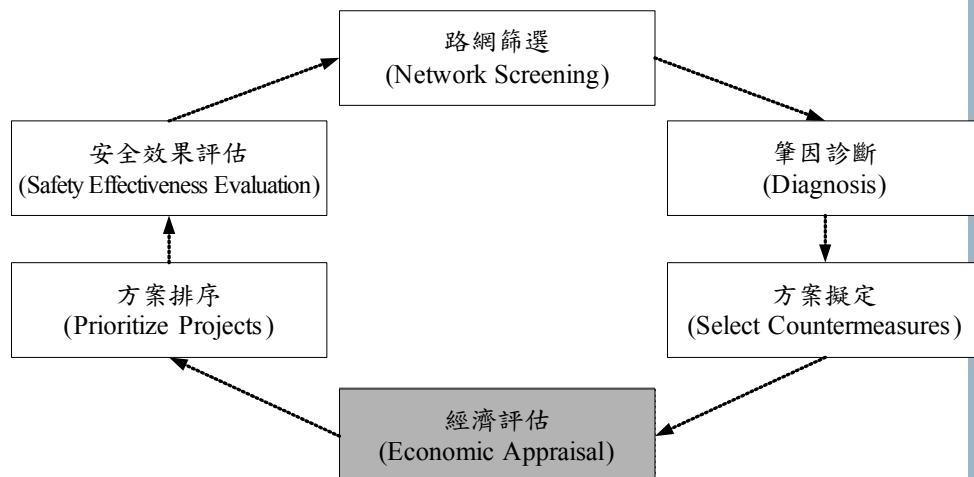


圖 5.5 道路安全管理流程

20



安全與節能之議題探討

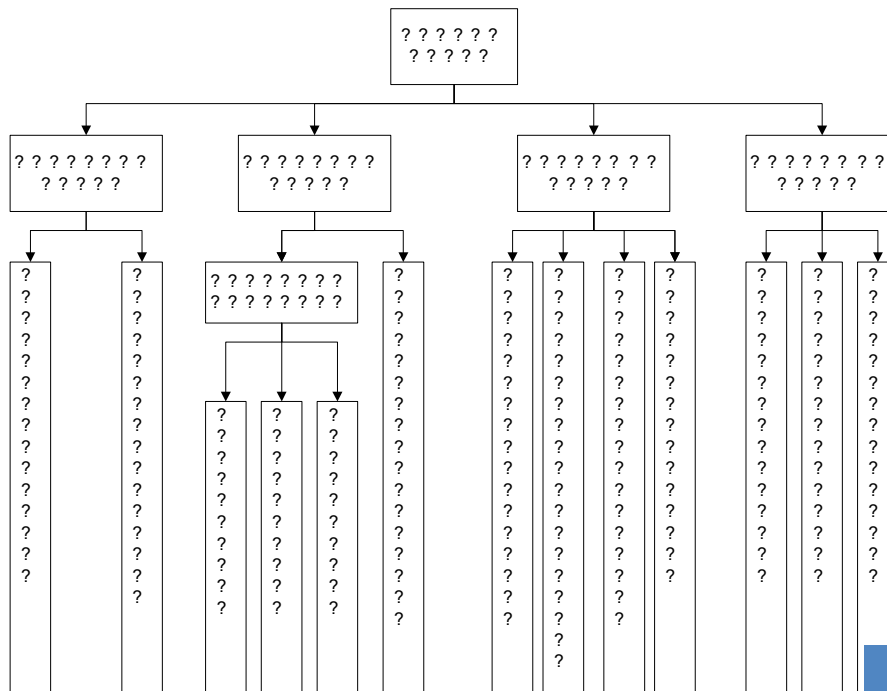


圖 5.6 道路設施安全與節能議題架構

21



計畫執行結果

- ❖道路設施安全與節能之關聯
- ❖道路設施安全與節能議題
- ❖道路設施安全與節能管理現況之檢討
- ❖道路設施安全與節能議題之重要性與可行性分析

22



問卷調查

- ❖ 目的：了解政府機關對於設施設置、維護、道路安全與改善措施評選之執行概況
- ❖ 問卷架構：
 - 轄下道路安全設施建置與維護狀況
 - 事故地點篩選與改善策略
 - 重大改善方案評估與追蹤機制三大議題。
- ❖ 問卷發放對象
 - 各縣市政府
 - 交通部所屬單位 (公路總局與臺灣區國道高速公路局)
- ❖ 以各縣市道路交通安全聯席會報 (道安會報) 為發放窗口。

23



問卷調查

表 6.1 問卷回覆概況

交通部所屬單位	縣市政府相關局處	地方鄉鎮市區公所
<ul style="list-style-type: none"> ● 高速公路局北區工程處中壢工務段 ● 公路總局第五區養護工程處水上工務段 ● 公路總局第三區養護工程處澎湖工務段 	<ul style="list-style-type: none"> ● 基隆市政府 ● 台北市政府 <ul style="list-style-type: none"> ■ 警察局交通大隊 ■ 交通管制工程處 ● 新北市政府 <ul style="list-style-type: none"> ■ 工務局 ● 新竹縣政府 <ul style="list-style-type: none"> ■ 交通旅遊處 ● 苗栗縣 <ul style="list-style-type: none"> ■ 警察局交通隊 ● 台中市政府 <ul style="list-style-type: none"> ■ 交通局 ● 雲林縣 <ul style="list-style-type: none"> ■ 警察局交通警察隊 ● 台南市政府 <ul style="list-style-type: none"> ■ 交通局 ■ 警察局交通大隊 ■ 工務局公共管理處公園管理一科 ● 高雄市政府 <ul style="list-style-type: none"> ■ 交通局 ● 澎湖縣政府 <ul style="list-style-type: none"> ■ 警察局 	<ul style="list-style-type: none"> ● 新北市 (8/29) <ul style="list-style-type: none"> ■ 五股、中和、永和、金山、板橋、三重、深坑、樹林 ● 苗栗縣 (12/18) <ul style="list-style-type: none"> ■ 苗栗、南庄、頭屋、泰安、銅鑼、三灣、竹南、大湖、公館、頭份、苑裡、三義 ● 雲林縣 (15/20) <ul style="list-style-type: none"> ■ 四湖、水林、二崙、土庫、斗南、東勢、斗六、北港、台西、西螺、元長、林內、口湖、虎尾、麥寮 ● 宜蘭縣 (2/12) <ul style="list-style-type: none"> ■ 宜蘭、冬山 ● 台東縣 (1/16) <ul style="list-style-type: none"> ■ 綠島

24



問卷調查

表 6.2 各題項填答狀況

題項	縣市	台北市	新北市	基隆市	桃園縣	新竹縣	苗栗縣	台中市	雲林縣	台南市	高雄市	宜蘭縣	台東縣	澎湖縣
第一部份	道路安全設施建置與維護資料概況	*	√	*	*	*	√	*	√	*	*	*	*	*
	每年使用於道路安全設施之電費	*	#	*	*	*	#	*	#	*	*	*	*	*
	道路安全查核施行概況 (查核方式、道路選擇指標)	*	#	*	*	*	#	*	#	*	*	*	*	*
第二部份	常態性事故資料收集概況 (負責單位、資料來源、相關統計)	*	#	*	*	*	#	*	#	*	*	*	*	*
	近三年易肇事路段改善預算編列狀況	*	#	*	-	*	#	*	#	*	*	*	-	*
	易肇事地點改善計畫施行概況 (擬改善地點選擇指標、優先順序、事故肇因分析方法)	*	#	*	*	*	#	*	#	*	*	*	*	*
第三部份	主要改善道路交通的方式	*	#	*	*	*	*	*	#	*	*	*	*	-
	選擇改善方案之準則/方式	*	#	*	*	*	*	*	#	*	*	*	*	-
	道路安全改善方案評估所考量之成本項目	*	#	*	*	*	*	*	#	*	*	*	*	-
	道路安全改善方案評估所考量之效益項目	*	#	*	*	*	*	*	#	*	*	*	*	*
	是否有納入或引進節能減碳技術	*	#	*	*	*	*	*	#	*	*	*	*	*
	安全改善方案是否有考慮節能減碳效益	*	#	*	*	*	*	*	#	*	*	*	*	*
	是否有追蹤與記錄已實施方案的安全改善成效	*	#	*	-	*	*	*	#	*	*	*	*	*
	是否有追蹤已實施方案的節能減碳成效	*	#	*	-	*	*	*	#	*	*	*	*	*

√：完整填答 #：部分填答 *：填答關漏較多 -：未填答



問卷分析 - 道路安全設施建置與維護

(1) 道路安全設施建置與維護資料庫建置狀態

- 各機關是否有建置道路安全設施建置與維護資料庫
- 各道路安全設施數量、年更換維護數量
- 以評估各類設施若採取節能減碳策略可產生之潛在效果

❖ LED技術應用

- 道路號誌幾乎已全面更新為LED號誌
- LED燈具應用比例偏低

❖ 維護方式

- 縣市政府：主要採取反應式維護
- 部屬單位：主要採取定期進行維護



問卷分析 - 道路安全設施建置與維護

(2) 每年使用於道路安全設施之電費

- 計算各類道路安全設施所耗之電費
- 推估設施營運所造成之碳排放與潛在節能減碳效果

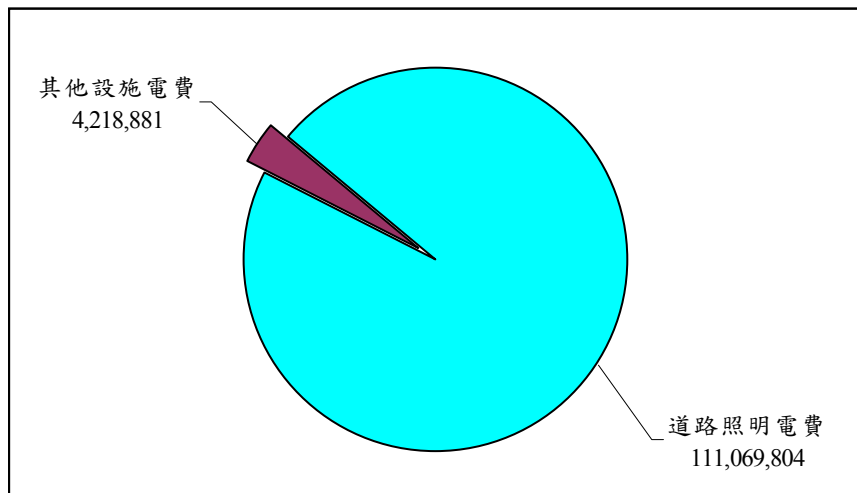


圖 6.1 道路安全設施電費使用比例

27



問卷分析 - 道路安全設施建置與維護

(3) 是否有建立道路安全查核計畫

- 調查各單位執行道路安全查核之狀況
- ❖ 尚未發展系統性之查核計畫。
- 多數縣市並未施行安全查核。
 - 少數填答「有安全查核」之縣市多採取不定時巡查道路，或以道安會報中討論方式執行查核。

28



問卷分析 - 事故地點篩選與改善

(1) 事故資料收集機制

- 調查是否有收集事故相關統計資料
- 事故統計相關主管單位

表 6.5 事故資料維護負責單位

事故資料維護負責單位	警政單位	台北市政府警察局交通大隊 基隆市政府 新竹縣政府交通旅遊處 苗栗縣警察局交通隊 雲林縣警察局交通警察隊 雲林縣斗六市公所 雲林縣北港鎮公所 台南市政府警察局交通大隊 宜蘭縣冬山鄉公所
	交通局處	新北市永和區公所 高速公路北區工務處中壢工務段 台中市政府交通局 高雄市政府交通局

29



問卷分析 - 事故地點篩選與改善

(2) 易肇事地點之改善編列狀況

- 調查近三年各單位可支配作為易肇事地點改善之預算
- ❖ 各縣市易肇事地點改善預算不一，預算額度大致介於兩百萬至八百萬之間。
- ❖ 多數列入年度工程案進行辦理，所以本研究調查之預算額度可能有低估的現象。

30



問卷分析 - 事故地點篩選與改善

(3) 易肇事地點改善計畫內容

- 各級主管機關如何選出具有改善潛力之地點
- 調查各單位易肇事地點改善計畫之擬定與排序之準則依據

❖ 如何選定易肇事地點

- 縣市政府道安會報為最常見之管道
- 其次為交通部運輸研究所易肇事路段分析與常態性事故分析

表 6.6 易肇事地點改善順序排序考量因素與事故肇因鑑定方法

	題項	有採納
如何決定易肇事地點改善優先順序 (共25份有效問卷)	事故發生次數	21
	專家意見	14
	事故嚴重性	16
	改善所需經費多寡	10
如何決定易肇事地點之事故肇因 (共24份有效問卷)	現場勘查	21
	專家學者會議	11
	委託研究	4

31



問卷分析 - 重大改善方案評估與追蹤

(1) 常用改善策略

- 本研究列出19項常見之改善策略，要求填答者選擇其中五項最常用的策略並加以排序
- 了解各單位認為對安全助益較大且可減少耗能的道路安全設施與策略

❖ 改善策略類別

- 非道路設施相關的管理策略 (例如調整速限、加強執法等)
- 道路設施相關策略 (例如新設號誌、加強道路照明等)

32



問卷分析 - 重大改善方案評估與追蹤

(1) 常用改善策略

表 6.7 易肇事地點常用改善策略優先順序

	各優先順序被選次數					被選次數	優先順序加總
	1	2	3	4	5		
增加標誌	10	6	3	0	2	21	85
裝設反光標誌或反光條	3	8	3	4	2	20	66
加強執法	7	1	2	2	0	12	49
加強道路照明	4	3	1	2	0	10	39
調整號誌時比或週期	3	1	3	3	1	11	35
新設號誌	1	3	2	4	3	13	34
裝設減速墊	1	1	2	3	2	9	23
槽化島或安全島加裝警示設施	1	2	2	1	2	8	23
改善道路幾何(車道寬、安全島)	2	0	2	1	3	8	21
裝設測速照相	2	1	1	0	3	7	20

優先策略多屬低成本且低耗能

33



問卷分析 - 重大改善方案評估與追蹤

(2) 改善方案評估準則

- 調查各單位選擇改善策略所考慮之評估準則
- 了解現行道路安全改善計畫擬定之決策機制

表 6.8 改善方案選擇準則

	題項	有採納
選擇改善方案之準則/方式	事故嚴重度之降低	24
	發生次數之降低	24
	專家意見	13
	改善方案之成本(經費)	12
	委外評估(顧問公司或研究單位)	4
	益本比	2

- ❖ 目前我國並沒有適合的SPF、CRF與足夠歷史資料可做為評估改善策略對事故減少與降低嚴重度之參考。

34



問卷分析 - 重大改善方案評估與追蹤

(3) 道路安全改善方案成本項目

- 調查各級政府單位在改善方案評估所納入之成本項目

表 6.9 道路安全改善方案評估考量成本項目

	題項	有採納	
道路安全改善方案評估考量成本項目	設施成本	15	直接成本
	維護與營運成本	14	
	施工成本	14	
	未考慮	9	間接環境成本
	因施工導致之車流壅塞成本	8	
	因施工導致周遭生活品質降低	8	

35



問卷分析 - 重大改善方案評估與追蹤

(4) 道路安全改善方案效益項目

- 調查各級政府單位在改善方案評估所納入之效益項目

表 6.10 道路安全改善方案評估考量成本項目

	題項	有採納	
道路安全改善方案評估所考量之效益項目	預期事故降低次數	30	直接效益
	預期事故嚴重度降低程度	24	
	預期可降低之死亡人數	22	
	事故降低造成交通擁擠減少	17	環境相關效益
	節能減碳效益	7	
	未考慮	2	

36



問卷分析 - 重大改善方案評估與追蹤

(5) 是否有引進節能減碳技術

- 調查目前各單位已引進或未來規劃引進之節能減碳技術
- ❖ 已引進或規劃引進的節能減碳技術皆以LED與太陽能為主，例如號誌燈、道路照明等。

(6) 道路安全改善策略之節能減碳效益

- 調查是否有將節能減碳效益納入道路安全改善計畫評估流程
- 調查各單位評估節能減碳效益之準則為何
- ❖ 大多數並未評估節能減碳技術所帶來之效益，僅有少數單位已耗電量降低作為指標。

37



問卷分析 - 重大改善方案評估與追蹤

(7) 追蹤已實施方案之安全改善成效

- 調查是否有持續追蹤已實施方案的安全改善成效
- 了解各單位計算安全成效之準則
- ❖ 縣市政府：主要針對各改善方案的死亡人數、事故件數與事故嚴重度持續追蹤。
- ❖ 鄉鎮市公所：並未追蹤紀錄相關指標。

(8) 追蹤已實施方案之節能減碳成效

- 調查是否有持續追蹤已實施方案的節能減碳成效
- 了解各單位計算節能減碳之準則
- ❖ 絕大多數單位皆未針對實施之改善策略進行節能減碳持續追蹤。

38



計畫執行結果

- ❖道路設施安全與節能之關聯
- ❖道路設施安全與節能議題
- ❖道路設施安全與節能管理現況之檢討
- ❖道路設施安全與節能議題之重要性與可行性分析

39



專家座談與問卷調查

- ❖對象：國內交通運輸與能源領域之專家學者與政府機關代表為對象
- ❖程序：
 - 座談會前先行發放問卷
 - 座談會(2011/8/10)進行議題討論並回收問卷
 - 後續電訪不克參與座談會專家以回收問卷
- ❖問卷回收：
 - 共發放18份問卷，回收有效問卷13份，有效回收率為72.2%。
 - 有出席座談會(10)
 - 未出席座談會(3/8)

40



專家問卷調查

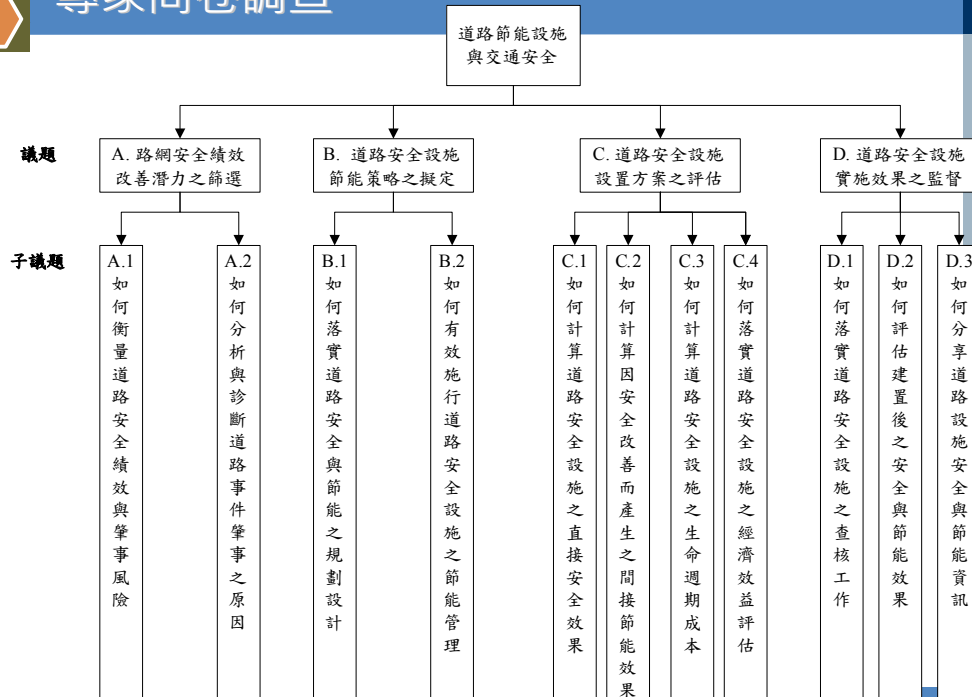


圖 7.1 道路節能設施與交通安全議題架構

41



問卷分析

❖ 一致性檢定

- AHP要求，各問項一致性 (C.R., Consistency Ratio) 必須小於0.1，才能進行後續分析。
- 分析結果發現，回收結果之C.R.值介於0.006與0.011之間，顯示回收問卷適合進行AHP分析。

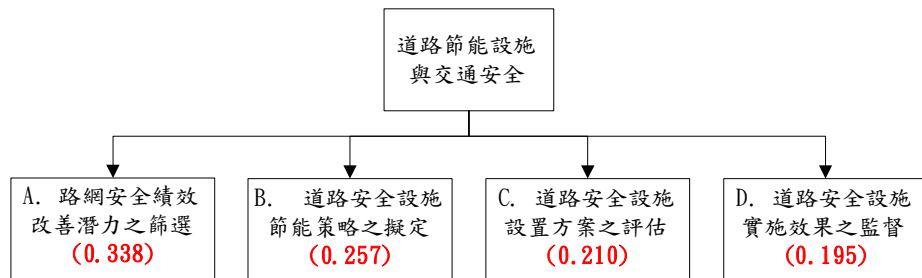
❖ 重要性分析

❖ 可行性分析

42



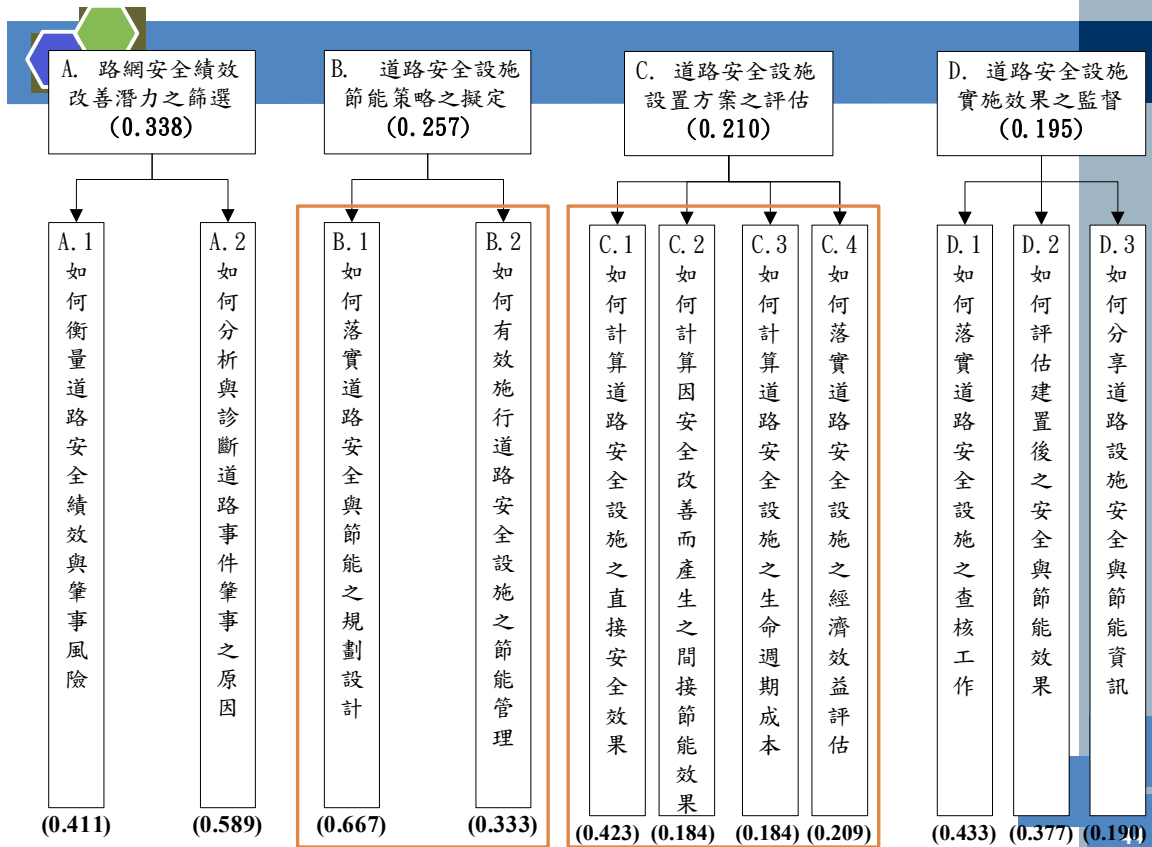
重要性



❖ $A > B > C > D$

❖ 愈上游的議題愈加重要

43





問卷分析 – 重要性

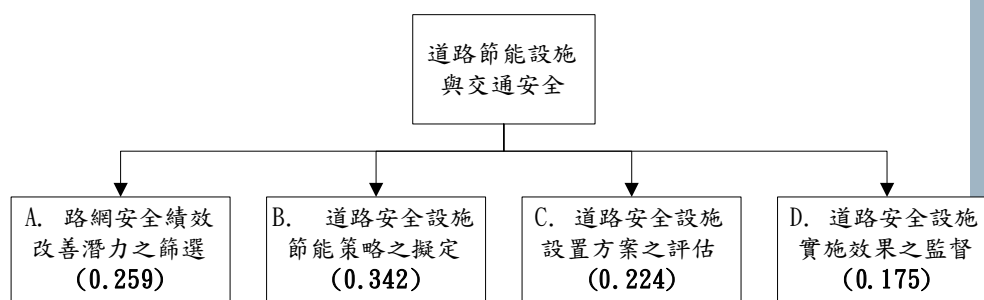
表 7.1 子議題重要性之權重

	子議題	議題之 相對權重	子議題	
			相對權重	絕對權重 (排序)
A1	如何衡量道路安全績效與肇事風險	0.338	0.411	0.139 (3)
A2	如何分析與診斷道路事件肇事之原因	0.338	0.589	0.199 (1)
B1	如何落實道路安全與節能之規劃設計	0.257	0.666	0.172 (2)
B2	如何有效施行道路安全設施之節能管理	0.257	0.334	0.086 (5)
C1	如何計算道路安全設施之直接安全效果	0.210	0.424	0.089 (4)
C2	如何計算因安全改善而產生之間接節能效果	0.210	0.184	0.038 (9)
C3	如何計算道路安全設施之生命週期成本	0.210	0.184	0.038 (9)
C4	如何落實道路安全設施之經濟效益評估	0.195	0.209	0.044 (8)
D1	如何落實道路安全設施之查核工作	0.195	0.433	0.084 (6)
D2	如何評估建置後之安全與節能效果	0.195	0.377	0.073 (7)
D3	如何分享道路設施安全與節能資訊	0.195	0.190	0.037 (11)

45

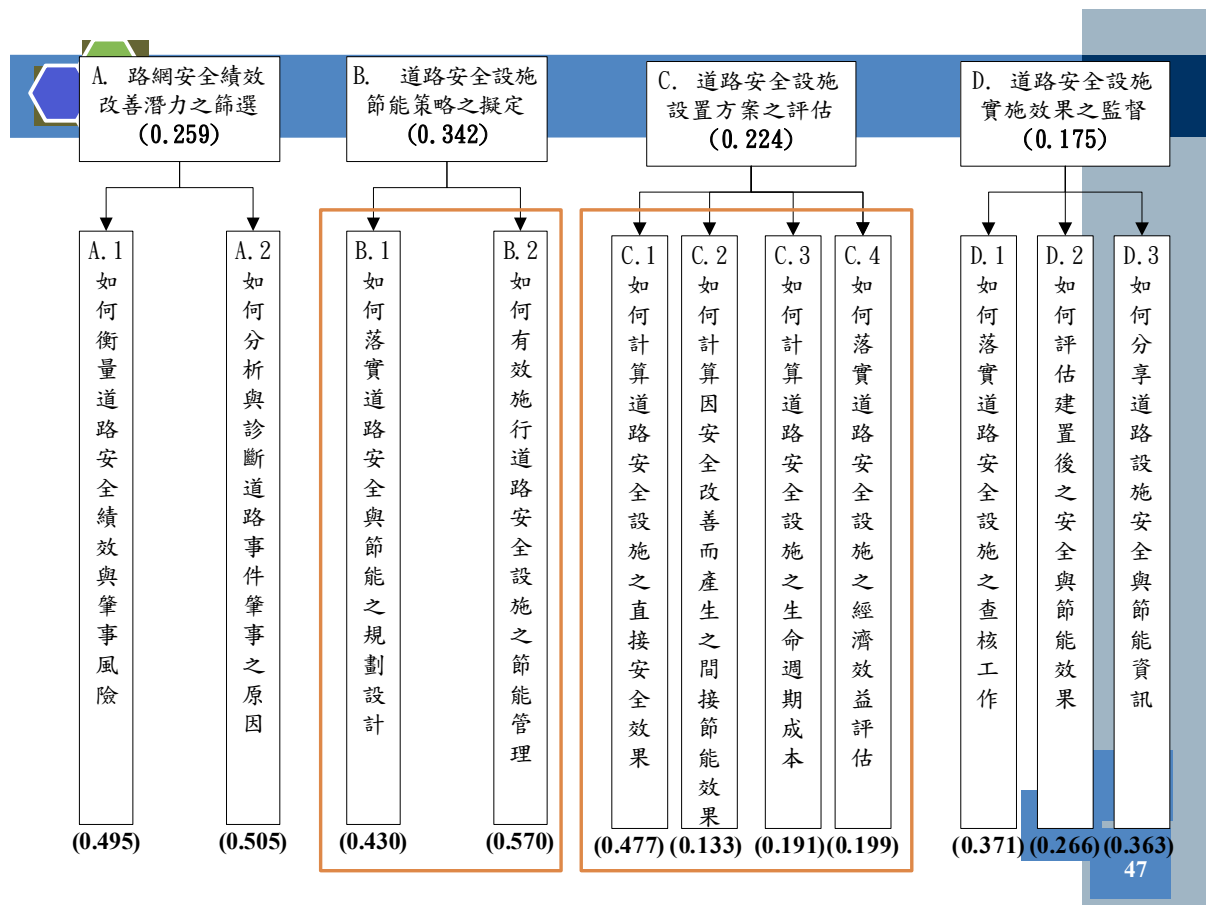


問卷分析 – 可行性



- ❖ $B > A > C > D$
- ❖ 議題(B)：國內在道路安全設施節能策略已擬定相關策略並持續推動當中有關。
- ❖ 議題(A)、(C) 與 (D) 皆需要相關資料支持

46



問卷分析 – 可行性

表 7.2 子議題架構之可行性

	子議題	議題 相對 可行性	子議題	
			相對可行性	絕對可行性 (排序)
A1	如何衡量道路安全績效與肇事風險	0.259	0.494	0.128 (4)
A2	如何分析與診斷道路事件肇事之原因	0.259	0.506	0.131 (3)
B1	如何落實道路安全與節能之規劃設計	0.342	0.430	0.147 (2)
B2	如何有效施行道路安全設施之節能管理	0.342	0.570	0.195 (1)
C1	如何計算道路安全設施之直接安全效果	0.224	0.477	0.107 (5)
C2	如何計算因安全改善而產生之間接節能效果	0.224	0.133	0.030 (11)
C3	如何計算道路安全設施之生命週期成本	0.224	0.191	0.043 (10)
C4	如何落實道路安全設施之經濟效益評估	0.224	0.199	0.044 (9)
D1	如何落實道路安全設施之查核工作	0.175	0.371	0.065 (6)
D2	如何評估建置後之安全與節能效果	0.175	0.266	0.047 (8)
D3	如何分享道路設施安全與節能資訊	0.175	0.363	0.064 (7)



問卷分析 – 重要性及可行性綜合分析

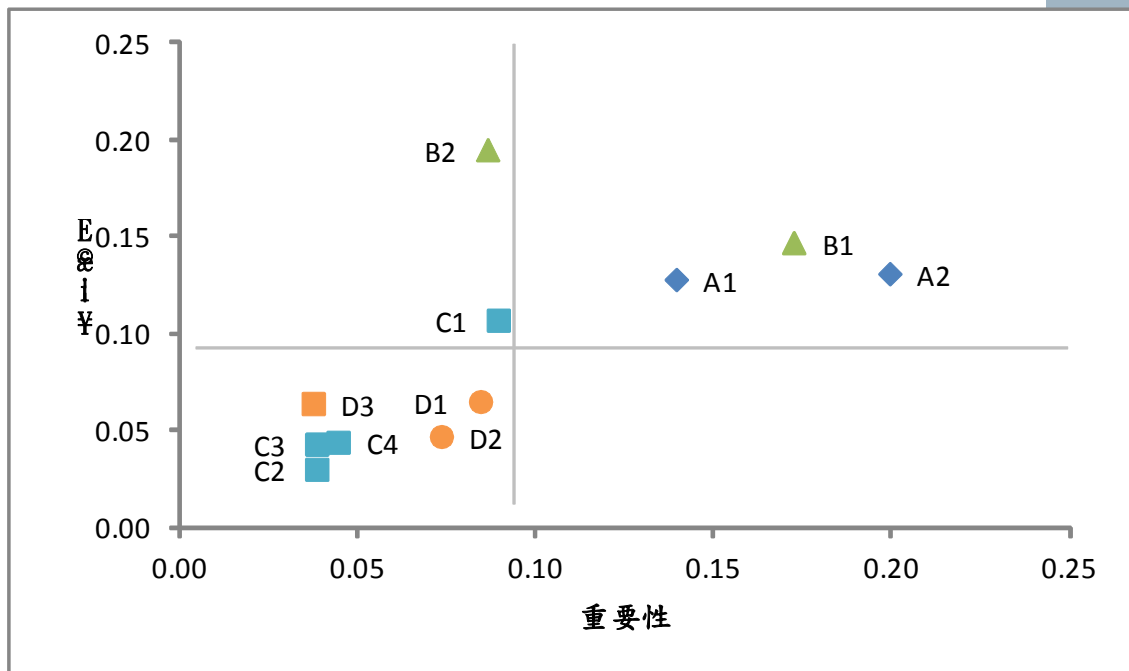


圖 7.4 重要性與可行性散佈圖

49



分群差異性：學者專家 vs. 實務專家

表 7.3 議題重要性與可行性分群分析結果

		重要性		可行性	
		學者	政府機關代表	學者	政府機關代表
A	路網安全績效改善潛力之篩選	0.3246(1)	0.4032(1)	0.2914(2)	0.1116(4)
B	道路安全設施節能策略之擬定	0.2526(2)	0.2824(2)	0.3040(1)	0.5378(1)
C	道路安全設施設置方案之評估	0.2117(3)	0.1949(3)	0.2416(3)	0.1258(3)
D	道路安全設施實施效果之監督	0.2111(4)	0.1195(4)	0.1630(4)	0.2249(2)
Wilcoxon符號等級檢定顯著性		0.8857		0.4857	

- ❖ 權重差異中位數無顯著差異
- ❖ 排序有部分差異，尤其是可行性權重

50



分群差異性：學者專家 vs. 實務專家

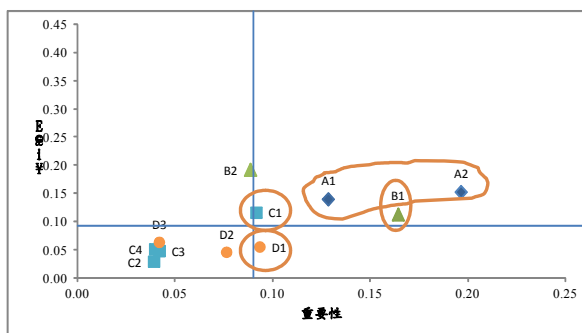
表 7.4 子議題重要性與可行性分群分析結果

		重要性		可行性	
		學者	政府機關代表	學者	政府機關代表
A1	如何衡量道路安全績效與肇事風險	0.128(3)	0.202(2)	0.139(3)	0.065(4)
A2	如何分析與診斷道路事件肇事之原因	0.196(1)	0.202(2)	0.152(2)	0.046(7)
B1	如何落實道路安全與節能之規劃設計	0.164(2)	0.212(1)	0.112(5)	0.403(1)
B2	如何有效施行道路安全設施之節能管理	0.088(6)	0.071(5)	0.192(1)	0.134(2)
C1	如何計算道路安全設施之直接安全效果	0.091(5)	0.069(6)	0.115(4)	0.056(5)
C2	如何計算因安全改善而產生之間接節能效果	0.039(11)	0.033(9)	0.029(11)	0.030(9)
C3	如何計算道路安全設施之生命週期成本	0.042(8)	0.022(10)	0.047(9)	0.021(10)
C4	如何落實道路安全設施之經濟效益評估	0.040(10)	0.071(4)	0.050(8)	0.019(11)
D1	如何落實道路安全設施之查核工作	0.093(4)	0.045(8)	0.055(7)	0.132(3)
D2	如何評估建置後之安全與節能效果	0.076(7)	0.056(7)	0.045(10)	0.042(8)
D3	如何分享道路設施安全與節能資訊	0.042(9)	0.018(11)	0.063(6)	0.052(6)
Wilcoxon符號等級檢定顯著性		0.6457		0.3653	

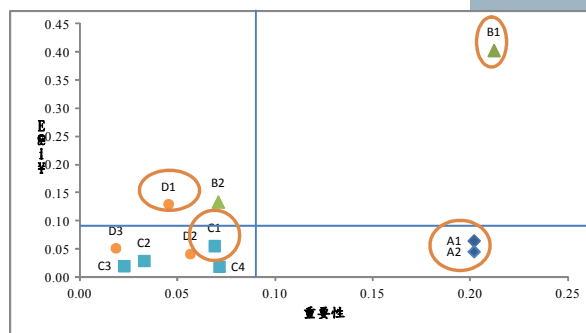
51



問卷分析 - 分群差異性



(a) 學者專家



(b) 政府機關代表

圖 7.5 學者專家與政府機關代表重要性與可行性散布圖

52



行動方案

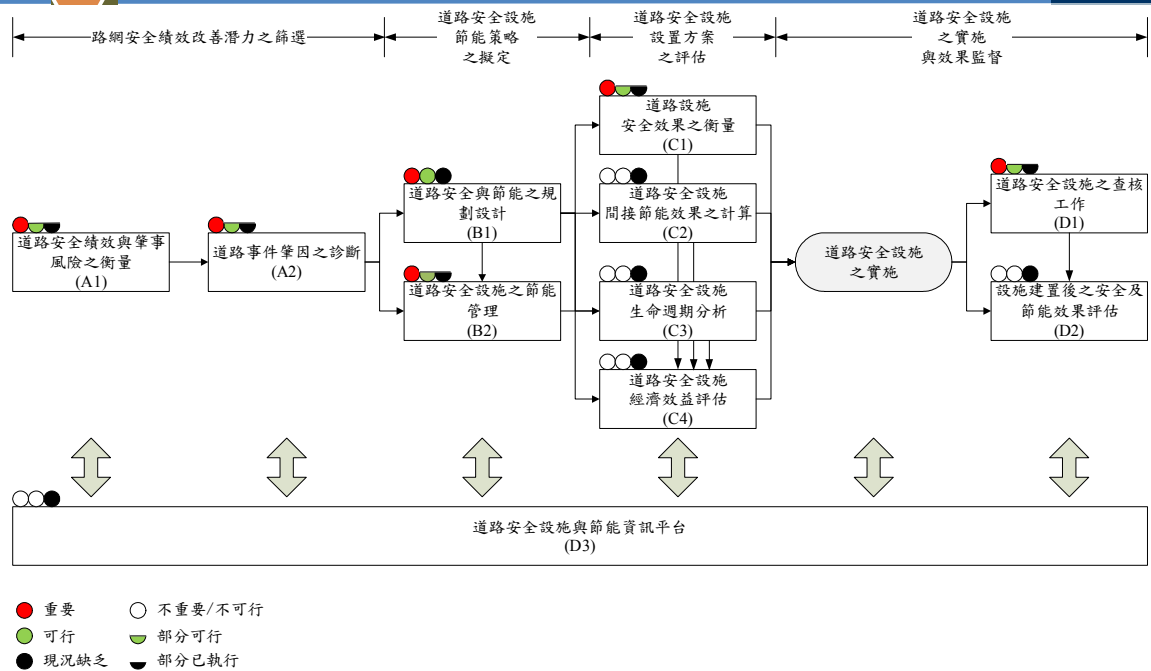


圖 7.6 行動方案之重要性、可行性與執行現況

53



行動方案

表 7.5 道路設施安全與節能管理之執行計畫

編號	議題	建議立即推動	建議接續推動
A1	道路安全績效與肇事風險之衡量	✓	
A2	道路事件肇因之診斷	✓	
B1	道路安全與節能之規劃設計	✓	
B2	道路安全設施之節能管理		✓
C1	道路設施安全效果之衡量		✓
C2	道路安全設施間接節能效果之計算		✓
C3	道路安全設施生命週期分析		✓
C4	道路安全設施經濟效益評估		✓
D1	道路安全設施之查核工作		✓
D2	設施建置後之安全及節能效果評估	✓	
D3	道路安全設施與節能資訊平台	✓	

54



結論與建議

55



結論

- ❖ 道路安全設施之節能效果未受到應有的關注
- ❖ 應從生命週期角度評估道路安全設施之節能減碳效果
- ❖ 道路安全設施之節能效果包括直接與間接
- ❖ 綠色道路安全設施
 - 減少需求 → 發揮效果 → 低排碳 → 創新科技管理策略
- ❖ 應重視交通事故碳足跡
- ❖ 重要之道路設施安全與節能議題包括：
 - 路網安全績效改善潛力之篩選
 - 道路安全設施節能策略之擬定
 - 道路安全設施設置方案之評估
 - 道路安全設施實施效果之監督

56



結論

❖ 相關議題重要性與可行性評估

- 上游議題重要性
- 可行性低之議題反應國內在道路安全設施節能績效相關資料之缺乏
- 安全第一：議題A
- 安全與節能道路設施之規劃設計
- 強化理論與實務的結合

❖ 國內現況

- 具備安全與節能減碳的思維與態度
- 缺乏道路安全與節能系統化管理
- 基本資料的缺乏

57



建議

- ❖ 積極強化相關資料庫之建置，並能進行現有資料庫之橫向整合或建立分享機制。
- ❖ 建議未來在基本資料漸趨完備後，可利用更有效之方法篩選?對?的地點進行改善。
- ❖ 國內在創新綠能科技的引進已有部分作為（如交通號誌與路燈採用LED燈），然而如何做到減少道路設施的設置以及發揮道路設施安全效果，不論在理論與實務上，都需要進一步努力。
- ❖ 國內在道路設施節能減碳基礎資訊的缺乏，相關評估理論與實務運作方式也未若道路設施安全效果計算完備，建議後續可針對此議題進行長期之規劃與發展。

58



建議

- ❖ 監督道路安全設施實施效果有助於了解道路設施設置後，是否達成預期之安全與節能效果，建議作為長期發展之議題。
- ❖ 學者專家與政府機關代表對於部分議題的可行性的看法較為分歧，顯示此些議題在理論發展與實務運作可能存有較大的落差，建議後續研究可進行更深入之探討。

59



報告完畢
敬請指教

