

出國報告（出國類別：進修 線上訓練課程）

參加國際道路協會(IRF)「道路安全  
設計：提供用路人安全的道路環境」  
線上課程報告

服務機關：國家運輸安全調查委員會

姓名職務：曾仁松/公路調查組首席調查官

謝家慧/公路調查組調查官

陳昌顯/公路調查組調查官

曾婕茵/公路調查組副調查官

派赴國家：臺灣，中華民國（線上訓練課程）

線上訓練期間：民國 112 年 05 月 02 日至 05 月 11 日

報告日期：民國 112 年 08 月 11 日

# 目次

壹、	目的.....	1
貳、	過程.....	2
參、	課程摘要與心得.....	6
肆、	建議.....	71

# 壹、 目的

國家運輸安全調查委員會（以下簡稱本會）自民國 108 年 8 月成立至今，公路調查組已完成 10 件調查案，目前進行之調查案計有 3 件（統計至民國 112 年 8 月 10 日）。為提升公路運輸安全調查能量，本會加入國際道路協會（International Roads Federation，IRF）之團體會員，即時接收與道路安全相關之最新資訊；本會選派公路調查組 4 名同仁參與「道路安全設計：提供用路人安全的道路環境」(Safe Roads by Design: Making Roads Safe for All Users) 線上訓練課程，瞭解道路安全設計之相關概念與做法。

本訓練課程學習目標臚列如下：

- 認識可能造成嚴重傷亡的不良道路設計
- 瞭解考量人為因素的道路設計理念
- 因地制宜選擇交通控制設施
- 辨別支援道路安全工作之合適資料
- 理解國內外相關參考手冊之適用範圍並正確應用
- 透過進階方法預測並分析交通安全狀況
- 學會如何向決策者呈現研究成果，並提出具有說服力的安全投資建議

## 貳、 過程

### 一、課程介紹

本次線上課程時間為民國 112 年 5 月 2 日至 4 日及 5 月 9 日至 11 日，共計 6 日，每日共 2.5 小時，總時數 15 小時（每日美國東部夏令時間上午 8 時至 10 時 30 分，換算臺灣時間為下午 8 時至 10 時 30 分）。

第一堂課介紹零死亡願景（Vision Zero），包含安全系統方法、道路交通事故可能肇因、安全速度的原則、世界銀行（World Bank）對於道路安全整合設計的理念等；第二堂課介紹人本道路設計，包含行為與限制等人為因素、使用者期望、心智負荷、風險補償，以及道路自明性概念、主動引導與一致性設計之說明；第三堂課介紹交通控制設施，包含美國交通管制設施標準手冊（Manual on Uniform Traffic Control Devices, MUTCD）及其他標誌、標線、號誌之設置規則與維護原則；第四堂課介紹路側寬容設計的概念，包含淨空區、路側與道路分隔、施工區域等；第五堂課介紹弱勢用路人（Vulnerable Road Users, VRU）之定義及實踐保護弱勢用路人之手段，如交通寧靜區、城市與學區之速度管理等；第六堂課則是介紹如何衡量道路安全措施的有效性，例如建立案例研究、道路星級評等系統，甚至涵蓋人工智慧（Artificial Intelligence, AI）的應用，以及事前事後的案例分析等績效評估做法。

課程架構如圖 2-1 所示。

Safe Roads by Design: Making Roads Safe for All Users

**S** Session 1   **N** Session 2   **E** Session 3   **I** Session 4   **O** Session 5   **6** Session 6

<b>MAY 2 • TUESDAY</b>		
8:00am – 10:30am	S	<b>Factors that contribute to road crashes</b>
8:00am – 10:30am	S	<b>Integrating Safety into Road Design: perspectives of the World Bank</b>
8:00am – 10:30am	S	<b>Introduction to the Safe System Approach</b>
8:00am – 10:30am	S	<b>Safe Speed Principles</b>
<b>MAY 3 • WEDNESDAY</b>		
8:00am – 10:30am	N	<b>Human behavior, limitations and Parameters</b>
8:00am – 10:30am	N	<b>Positive guidance and Design consistency</b>
8:00am – 10:30am	N	<b>Self-explaining roads Concept</b>
8:00am – 10:30am	N	<b>User expectations, Mental Workload &amp; Risk Compensation</b>
<b>MAY 4 • THURSDAY</b>		
8:00am – 10:30am	E	<b>Introduction to the MUTCD</b>
8:00am – 10:30am	E	<b>Measuring and maintaining TCD assets</b>
8:00am – 10:30am	E	<b>Road Markings</b>
8:00am – 10:30am	E	<b>Vertical Signaling</b>
<b>MAY 9 • TUESDAY</b>		
8:00am – 10:30am	I	<b>Clear Zone concepts</b>
8:00am – 10:30am	I	<b>Roadside &amp; Median Safety</b>
8:00am – 10:30am	I	<b>Work Zone Safety</b>
<b>MAY 10 • WEDNESDAY</b>		
8:00am – 10:30am	O	<b>Defining VRUs (Pedestrians, Cyclists, Elderly, Children, mobility restrained people)</b>
8:00am – 10:30am	O	<b>Speed Management in Urban Areas and School Zones</b>
8:00am – 10:30am	O	<b>Traffic Calming Concepts and Management</b>
<b>MAY 11 • THURSDAY</b>		
8:00am – 10:30am	6	<b>AI applications</b>
8:00am – 10:30am	6	<b>Building a business case for road safety investments</b>
8:00am – 10:30am	6	<b>Examples of before &amp; after case studies (including black spot interventions)</b>
8:00am – 10:30am	6	<b>Star Rating Systems</b>

圖 2-1 課程架構圖

## 二、參與人員及講師

本次線上課程參與學員共計 13 名，其中 4 名為本會公路調查組同仁，其餘學員為其他國家公路運輸安全之從業人員。講師 Jean-François Gysel 博士是加拿大魁北克無疆界工程師學會（Engineers Without Borders Quebec）理事長，身兼加拿大運輸協會（Transportation Association of Canada，TAC）執行董事，專長包含交通規劃、交通管理、智慧運輸系統（Intelligent Transportation System，ITS）、道路設計、公共運輸、慢行交通（Active Mobility）與道路安全，累積超過 35 年道路安全專業領域的經驗。



**Lead Instructor**

**Dr. Jean-François Gysel,**  
**P.Eng., M.A.Sc., Ph.D.**

Jean-François is a civil Engineer whose expertise includes Transportation Planning, Traffic Management, ITS, Road Design, Public Transit, Active Mobility and Road Safety. He has more than 35 years of professional experience in over thirty countries. In addition to his technical expertise, Jean-François has a strong strategic business experience related to Project Management, Business Development, Mergers and Acquisitions and has prepared and facilitated numerous training courses in Transportation.

Jean-François is an independent consultant in Transportation Engineering and Strategic Development, but he is also the President of Engineers Without Borders Quebec, Executive Director of the Transportation Association of Canada (TAC) Foundation, Past-Chair of the TAC Workforce Development Committee and Past-Chair of the Canadian national committee of the World Road Association (PIARC). He is also a member of the Board of the TAC Foundation, of the Quebec Transport Association (AQTR) and of the Order of Engineers of Quebec Foundation.

圖 2-2 課程講師專業背景

### 三、授課方式

受新冠肺炎 (Covid-19) 疫情影響，本次課程採視訊會議方式辦理。課程講師以 Microsoft Teams 為授課平台，參訓學員可透過內建功能舉手示意，亦可直接透過留言板進行提問、表達其他意見或感想，以達雙向甚至多方交流之目的；六次課程結束後，參訓學員必須通過線上測驗（正確率達 80%以上）方可取得結訓證書，本次參訓人員皆取得結訓證書。

The screenshot displays a Microsoft Teams meeting interface. The main content is a slide titled "Vision Zero Long Term Measures" with the following bullet points:

- Deploy improved data collection and analysis (to support long term targets)
- Set robust interim targets based on agreed strategy
- Define an ambitious long term vision, building on agreed strategy with innovations
- Implement a Safe Systems Approach in all initiatives
- Improve key institutional management functions
- Support research and development through knowledge transfer
- Establish adequate funding for effective safety programs
- Build political support

The slide footer includes the logo for "Safer Roads by Design", the page number "37", and the logo for "IRF".

On the right side of the meeting, a chat window titled "會議聊天" is open, showing messages from participants:

- CH ChiaHui Hsieh (來賓) 下午10:26: Some areas in Taiwan, the speed limit is higher than the design speed, but the road design conditions are unsafe. However, the road manager and users may think traffic flow smoothly is more important.
- RA Reem Almaazmi - RLTS... 下午10:30: When should we expect the recording?
- EJ Emmanuel Jallah (Gues... 下午10:31: Looking forward to getting the slides and the assignment soon

The chat window also features a text input field labeled "輸入新訊息" and a send button.

圖 2-3 實際上課情況

## 參、課程摘要與心得

課程正式開始之前，講師提供與道路安全相關之設計準則或手冊提供學員參考，例如美國州公路及運輸官員協會（American Association of State Highway and Transportation Officials，AASHTO）所發布之「公路與城市道路幾何設計政策」（A Policy on Geometric Design of Highways and Streets）及「公路安全手冊」（Highway Safety Manual，HSM）、美國運輸部（Department of Transportation，DOT）聯邦公路管理局（Federal Highway Administration，FHWA）所修訂之「交通管制設施標準手冊」（Manual on Uniform Traffic Control Devices，MUTCD）、美國國家公路交通安全管理局（National Highway Traffic Safety Administration，NHTSA）與美國州立公路安全協會（Governors Highway Safety Association，GHSA）共同編纂之「最少且一致性之交通事故資料規範」（Model Minimum Uniform Crash Criteria，MMUCC）、美國運輸研究委員會（Transportation Research Board，TRB）國家合作公路研究計畫（National Cooperative Highway Research Program）發布之報告「道路系統的人為因素指南」（NCHRP Report 600 – Human Factors Guidelines for Road Systems）等，詳如圖 3-1 至圖 3-3。



圖 3-1 道路設計準則或手冊



圖 3-2 道路安全相關之參考手冊



圖 3-3 人為因素相關設計之準則或手冊

## 一、零死亡願景 (Vision Zero)

### (一) 道路交通事故影響因素 (Contributing Factors to Road Crashes)

交通是「人、車、路」三要素互相運作之結果，若三者之間失衡，則可能導致事故的發生，講師引用了著名的事故風險矩陣 (Haddon Matrix)，說明事故發生前、發生時、發生後可能存在的風險因素，詳如表 3-1。

表 3-1 事故風險矩陣

	事故發生前	事故發生時	事故發生後
人為因素	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 身體狀況 (Physical Conditions)</li> <li>• 生理條件 (Physiological Conditions)</li> <li>• 社會與人口狀況 (Socio-Demographic Profile)</li> <li>• 經驗與技能 (Experience And Skills)</li> <li>• 駕駛行為 (Action)</li> <li>• 防禦駕駛 (Self-Protection)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 身體狀況 (Physical Conditions)</li> <li>• 錯誤 (Error)</li> <li>• 駕駛行為 (Action)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 身體狀況 (Physical Conditions)</li> <li>• 生理條件 (Physiological Conditions)</li> <li>• 經驗與技能 (Experience And Skills)</li> <li>• 駕駛行為 (Action)</li> </ul>
車輛因素	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 車體狀況 (Physical Factors)</li> <li>• 機械條件 (Mechanical Conditions)</li> <li>• 損壞情況 (Damage)</li> <li>• 運作狀態 (Running State)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 被動安全系統的啟用 (Activation Of Passive Safety)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 處理受損車輛 (Handling Of Damaged Vehicle)</li> </ul>
道路環境因素	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 幾何線形 (Geometry)</li> <li>• 路面特性 (Surface Characteristics)</li> <li>• 周圍環境 (Surroundings)</li> <li>• 道路設施 (Equipment)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 回復區域 (Recovery Area)</li> <li>• 路側狀況 (Roadside Conditions)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 事故警示 (Accident Warning)</li> <li>• 事故現場清理作業 (Cleaning Up The Road)</li> </ul>

## 人為錯誤

道路交通事故的發生往往與人為因素有關，其中，人為錯誤就是事故發生時影響甚鉅的因素之一。人為錯誤包含認知上的錯誤（**Perceptual Errors**）、覺察失效與分心（**Failed Detection And Distraction**）、決策錯誤（**Decision Errors**）。

認知上的錯誤，主要為關鍵資訊或認知誤判，如車輛軌跡、距離誤判、情境誤解等，或是源自於不同駕駛人對於同一現象的不同詮釋與理解方式；覺察失效或分心，主要是因為心理資源（**Mental Resource**）仍在他處未能成功知覺周遭環境變化而導致所謂「不注意視盲」（**Inattentive Blindness**），可能源自於疲勞、習慣、壓力而造成警覺性降低，或是駕駛人訊息處理的過程已達到飽和狀態，此時通常稱之為「資源溢流」（**Resource Overflow**）；決策錯誤，則是指資訊處理過程妥當，但駕駛人未能選擇正確的應變方式，或是駕駛人決策正確但執行上有誤。

為了彌補駕駛人可能會犯的錯誤，道路設計者必須制定相關策略來應對駕駛人的行為跟表現，而道路基礎建設則必須遵循以人為本且全面的設計理念，以營造出一個使用者友善的安全道路。

### **（二） 零死亡願景（Vision Zero Principles）**

在聯合國（**United Nations, UN**）道路安全行動十年（**Decade of Action for Road Safety**）及世界衛生組織（**World Health Organization, WHO**）2020年於瑞典斯德哥爾摩舉行的部長級會議（**Global Ministerial Conference on Road Safety**）之後，各界對於道路安全的壓力逐漸增長。

過去總是普遍認為交通事故死亡是不可避免的、駕駛人行為都是完美的，若發生道路交通事故並造成死傷，最終須歸究於道路使用者，只要遵守交通規則就很安全，如果要挽救道路上的生命必定要花費高昂的成本。

但零死亡願景的理念則恰恰相反，交通事故死亡應該是可以避免的，駕駛人不可能都不犯錯，各界已逐漸瞭解並容忍道路使用者的限制，但是道路設計必須要考量人為的錯誤；若事故必然發生，應著重如何減少死亡與重傷，且須廣納資料或意見並建立系統性的方法，事故死傷之影響固然甚鉅，但人命價值絕對遠遠大於投資，因此對於零死亡的目標有越來越多的承諾與資源投入。

### 零死亡願景的六大準則

為了達成零死亡願景的理念，必須以減少道路交通事故死亡或重傷為目的，且相關改善策略應有政策的支持，以全面提供道路使用者安全的用路環境，因此決策者必須理解以下六個原則：

1. 死亡與重傷是不被允許的，應以民眾的生命安全為第一優先。
2. 只要是人都有可能會犯錯，但也不該因此而受重傷甚至死亡。
3. 人類是相當脆弱的，任何人都需要且值得被保護。
4. 達成零死亡的責任應該是由大家分攤，雖然道路設計者需要負起絕大部分的責任，但所有的利益關係人都可能扮演重要的角色。
5. 安全得仰賴積極的方式來爭取，應善用任何可能的工具來緩解風險。
6. 重複性相當重要，應該透過不同面向的對策來預防人為錯誤。

講師建議，既然要改善道路安全，決策者必須要有破釜沉舟的決心，設立一個相當具野心的目標，訂定各階段性的中期目標輔以滾動式檢討，並發展出一套安全系統方法以達到擬定目標，採行有效性已經過驗證的安全改善作為。過程中，須充分進行資料蒐集與分析，以瞭解可能的事故風險，並運用現階段資料建立安全績效的基準，以期能強化整體道路安全管理系統，甚至能促進知識的傳遞（如經驗分享）與道路安全投資，最終實踐最高決策階層的允諾，才能由上至下、朝向共同的目標努力。

## 短期策進作為

講師分別以下列六個面向來說明達成零死亡願景之短期策進作為。

1. 速度管理：應透過法規調整不合時宜的道路速限，並考量路側風險、弱勢用路人、交通流量等因素，來讓所有駕駛人的行車速度符合不同的車流環境。
2. 減少失能駕駛：可透過隨機進行酒測等加強執法作為，或是針對累犯加重處罰。
3. 安全束緊裝置的使用：透過大量的媒體宣導手段，加強民眾使用安全帶及安全帽之觀念。
4. 道路及路側安全：以道路安全改善為目標，推動路側淨空等措施。
5. 提升車輛安全：強化被動安全裝置，如車體結構、安全帶、氣囊等；以及主動安全裝置，如車輛穩定性電子式控制系統（Electronic Stability Control systems, ESC）、車道偏移警示系統（Lane Departure Warning System, LDWS）等。
6. 減少年輕駕駛的風險：延長訓練、夜間駕駛及陪伴駕駛的限制，推動酒駕零容忍、分級違規記點制度等。

## 長期策進作為

為了達成中長程目標，決策者亦須推動長期的策進作為：

- 改善資料蒐集與分析作為達成長期目標的基礎
- 依據被決策者所制定的策略來設定階段性的中期目標
- 依據被決策者所制定的策略及創新作為來定義長期目標
- 在所有推動的改善作為中實踐安全系統方法
- 改善相關機關構的管理職能
- 透過經驗傳承來推動研究與發展
- 籌備充足的資金予有效的安全計畫
- 零死亡願景須獲得政策上的支持

### (三) 安全系統原則 (Safe System Principles)

實現零死亡願景的唯一途徑便是採行安全系統方法 (Safe System Approach)。

所謂安全系統方法，即是透過安全用路人、安全車輛、安全速度、安全道路、事故後照護等五大面向，全面性地提升運輸系統的安全，旨在要求道路系統設計應能預期並容忍人為錯誤，進一步消除那些可預期也可預防的嚴重傷亡。

講師亦提及安全系統原則的基本假設與特點。其理念是，儘管在各面向採用預防措施，道路使用者仍然會犯錯、事故也必然會發生，因此參與道路設計的利益關係人應對系統的安全負起責任，道路使用者則是有責任遵守系統規則和限制，使安全決策與交通規劃得以保持一致的立場，並透過合適的改善措施實現長期目標，而非僅仰賴「傳統的」短期改善作為，兩者須相輔相成以達安全效益。

#### 安全系統架構

1. 1 個終極的目標：零死亡與重傷。
2. 6 個安全系統互動支柱：安全用路人、安全車輛、安全道路、安全速度、安全的土地規劃使用、事故後照護。
3. 6 個零死亡的指導原則：死亡與重傷是不可被接受的、是人都會犯錯、人是脆弱的、事故後果不能只讓用路人來承擔、安全是要靠積極進取的、重複性的重要性。
4. 10 個成功的重要因素：政策上的允諾、多專業的領導、駕照管理、安全文化的改變、資料與研究評估的支持、各方合作、規則制定與執法落實、平權、能量建立、經費支援等。

#### 從 3E 到 6E

過去交通安全改善有所謂的「3E 政策」，僅著重工程 (Engineering)、教育 (Education)、執法 (Enforcement)；現在國際上正逐步推動「6E 政策」，以現行的

3E 外加事故後照護 (Emergency Response)、評估 (Evaluation)、平權 (Equity)。其中，評估係指透過交通安全評估依照需求調整經費投入，而平權的概念則是強調應該投入更多的資源給低收入的社區或社群。

另外，講師特別針對運輸系統功能及提升弱勢用路人 (Vulnerable Road User, VRU) 安全舉出幾個實踐範例，前者強調改善運輸系統機動性 (Mobility, 亦稱易行性) 與可及性 (Accessibility)，後者則是旨在提供行人、自行車一個安全舒適的用路環境。

表 3-2 實踐安全系統原則之作為

運輸系統功能	弱勢用路人安全
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 落實道路分級制度，確保道路設計與其功能一致</li> <li>• 實施安全速度管理措施，在低交通量的街道上設置交通寧靜設施 (Traffic Calming Devices) 以達到預期的安全速度</li> <li>• 交岔路口的設計應確保所有用路人的安全，透過現代圓環 (Modern Roundabout) 增加交岔路口的容量與安全性；在低流量的社區街道則配置傳統圓環 (Traffic Circle)</li> <li>• 最佳化較低成本、較高影響力的改善作為</li> <li>• 充分利用新興技術，但亦不忽視傳統的解決方案</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 優先考量道路網絡中弱勢使用者的安全</li> <li>• 促進用路人將運具轉移至非機動性的交通方式</li> <li>• 提供設計良好的自行車道與人行道</li> <li>• 提供所有用路人通用化設計的道路</li> <li>• 為各個年齡層與不同行為能力者設計友善的行人設施</li> <li>• 優先考量所有利益關係人之間的平權與參與度</li> <li>• 鼓勵社區居民參與街景改善工程</li> <li>• 建立社區對街道改善自豪感與共同責任 (共榮共存的理念)</li> </ul>

道路設計者者與決策者有責任將安全視為設計與政策的優先考量，每個道路使用者也有責任遵守規則，如果道路使用者不小心犯了錯，設計者與決策者應該想辦法提供改善之道。

#### (四) 速度管理原則 (Speed Management Principles)

全世界約有 3 成的道路交通事故死亡是因為超速造成的，講師強調，動能公式為  $KE = \frac{1}{2}mV^2$ ，所以行人被時速 65 公里車輛撞擊的死亡風險，是被時速 50 公里車輛撞擊的 4 倍，可想而知，超速影響事故嚴重程度甚鉅。

而所謂「超速」可能不一定是駕駛人的行駛速率超過速限，也可能是車速不符合當時的行車環境，例如土地使用、交通量、天氣、弱勢用路人等不同情況的影響，車輛行駛速度也會影響駕駛人是否能準確且可靠地處理接收到的資訊。行駛過程中，部分資訊的處理過程相當複雜，在弱勢用路人較為普遍之處更應該考量，因此，速度管理是保護弱勢用路人的最基本原則。

速度管理流程如圖 3-4 所示。



圖 3-4 速度管理流程

講師亦說明，要釐清超速問題，必須實地進行現場考察，檢視道路是否有煞車痕跡、受損的基礎設施、磨損的標線等，並瞭解民眾投訴的狀況，輔以分析事故資料、進行點速度實測以驗證資料，進一步分析公告速限值與周圍環境之間的一致性，以及釐清是否有其他意外情況或當地是否有弱勢用路人，乃至於分析道路工程設計與幾何、路面、標誌標線號誌及照明。

表 3-3 不同速率的定義

速率	定義
設計速率 (Design Speed)	係指道路幾何設計中所使用的速率
行駛速率 (Operating Speed)	在自由車流情況下所觀察到的車輛行駛速率
公告速限值 (Posted Speed)	在特定地點以禁制標誌告示車輛可行駛的最高速率
法定速限值 (Statutory Speed)	政府機關針對各類道路所頒布的道路速限
85百分位速率, V 85 (85th Percentile Speed, V 85)	在速率分布曲線中, 有85%的車輛以該速度以下行駛, 被視為良好天氣和能見度條件下該地點的最大安全速度

### 超速可能造成的影響

超速所帶來的影響層面甚廣, 對駕駛人的影響包含視野縮減、處理資訊的能力降低、感知反應時間 (Perception - Reaction Time, PRT) 增加、連帶讓反應距離 (Reaction Distance) 與煞停距離 (Stopping Distance) 增加, 也會提升駕駛人失去對車輛掌控的可能性; 對弱勢用路人的影響可能包含增加不安全感、必須以更少的時間來穿越道路、對於突發事件的反應時間更短、事故後的傷亡嚴重程度更高等; 而對整體社會的影響, 則是增加油耗、增加噪音、增加地面震動、增加汙染等。

過去速限總會儘量滿足駕駛人高速行駛的偏好, 駕駛人傾向低估因為超速導致事故而受傷的可能性, 往往也會高估超速行駛的安全性, 因為駕駛人總會認為自己開車開得比別人好, 但其實駕駛人並不善於察覺來自路側的風險或危害。

### 速度管理的手段

速度管理並不是為了要全面降低所有道路速限, 而是旨在考量使用者需求、周邊環境、道路設施與安全, 且道路使用者的行駛速率通常最直接受道路或街道周邊環境的影響, 因此速限必須要考量道路使用者人體生物力學的耐受極限, 而公告速限通常是對駕駛人來說最有力的影響機制。

速限必須考量道路使用著的類型，如對於可預期事故類型的容忍程度，或是道路設施的安全品質等。因此速限不應該只要求安全，對道路使用者來說也應該要可信，因此設定適當且可信速限的同時，應調整基礎建設和道路幾何以符合目標速度，並針對速限落實執法，以確保道路速限符合道路特徵與周圍環境，並區別不同等級道路的易行性與可及性功能。

### 道路功能與分級

每種道路類型都有特定的功能，有些著重可行性功能、部分則偏重可及性功能，如圖 3-5。大部分國家的道路主要可分為高速公路（Freeway）、主要道路（Arterial）、集散道路（Collector）、地方道路（Local）四個等級，高速公路的功能著重可行性，地方道路的功能則強調可及性。

不論何者，道路使用者必須瞭解道路等級制度，並且遵守相對應的規範；相關機關或機構亦應管制弱勢用路人與商業活動，以減少不相容的混合功能，道路設計者和土地規劃者應著重人為本的道路設計理念，而非偏袒機動車輛卻忽略弱勢用路人。

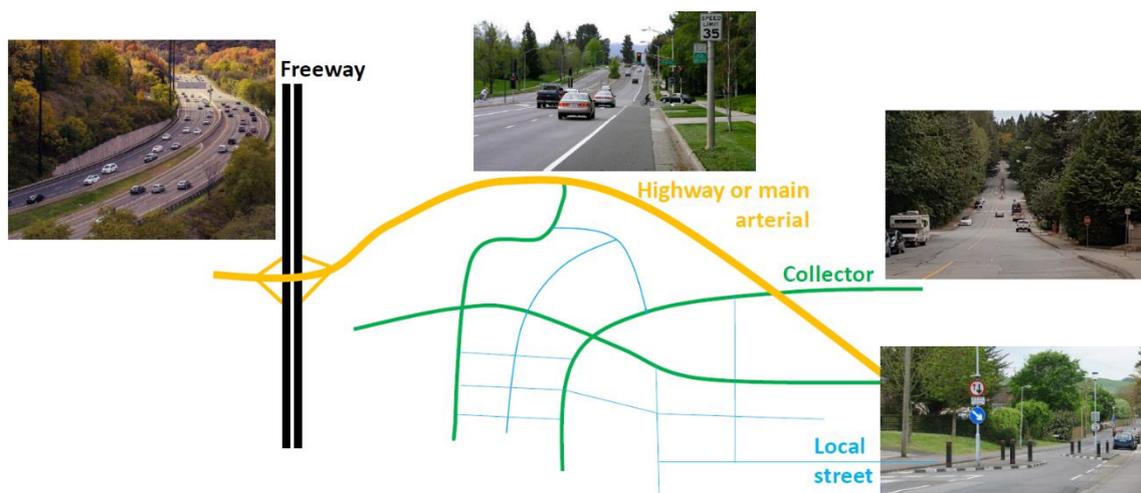


圖 3-5 道路分級範例

## 速度管理的實踐

要實施速度管理，應透過安全系統方法協调用路人、車輛、道路、速度等各方努力，確保道路或街道的基礎設施可向道路使用者傳達正確的訊息。透過設置交通減速設施（Traffic Calming Devices）可落實減速措施；透過標誌等牌面公告，可幫助駕駛人瞭解速限並認知到用路風險；透過教育，能向所有道路使用者傳達有關道路危害、潛在風險以及事故影響的知識，而執法、宣導雙管齊下，方能落實限速規定。

由此可知，適當的工程與設計速率、一致的公告速限值、針對道路使用者的教育宣導、針對運行速率的執法落實、交通減速設施的實行，實為速度管理的主要方針。工程上，可採行的方案則包含警告標誌及禁制標誌（Advisory Speed Warning Signs）、動態速率顯示標誌（Speed Activated Signs）、車道寬縮減（Reduced Lane Width）、速限標字（Pavement Speed Limit Markings）、視覺化減速標線（Optical Speed Bars）、提供行人臨時庇護之中央分隔帶/中央分隔島（Center Island/Raised Median）、圓環（Roundabouts）、門戶<sup>1</sup>（Gateways）等，實際案例如表 3-4。

---

<sup>1</sup> 參考紐約市（New York City）街道設計手冊（Street Design Manual）。門戶，是在速率較低的街道入口處，採用交通寧靜化和視覺相結合的方式，以降低駛入車輛的速度並且儘量減少通過性車流。門戶適用於所有道路過渡到低速環境的情況，特別適合住宅區及行人徒步區的入口，其設計元素包括延伸的路緣、墊高的人行道或車道、交通島、景觀或行道樹，以及座椅和公共藝術等社區設施。網址：<https://www.nycstreetdesign.info/geometry/gateway>

表 3-4 速度管理實際案例

車道寬縮減	動態速率顯示標誌	警告、禁制標誌	速限標字	視覺化減速標線
				
門戶		中央分隔島	圓環	
				

## 二、人本道路設計（Human Centered Approach）

### （一）人為因素之限制與特性（Human Factors Limitations and Parameters）

#### 駕駛任務

講師分享，一項分析駕駛任務的研究<sup>2</sup>（McKnight & Adams，1970）顯示，駕駛人在行駛過程中可能有上千個狀況需要反應，包括交通控制設施、其他車輛、天氣和駕駛疲勞等。如果駕駛人每趟旅次都要正確執行超過一千項任務，毫無錯誤的表現幾乎是「不可能的任務」，而道路設計者的工作就是透過人性化的設計盡量幫助道路使用者，並且透過安全系統設計減少人為錯誤所帶來的後果。與駕駛行為有關的身心理因素包含生理特徵（如智力、學習能力、動機、慾望、氣質、情緒穩定度、態度等）、感官能力（如視覺、聽覺、觸覺等）、身體能力（如反應時間、生理限制）、醫學因素（如酒精藥物、疾病、疲勞、生理障礙之影響）。

<sup>2</sup> McKnight, A. J., & Adams, B. B. (1970). Driver Education Task Analysis. Volume II: Task Analysis Methods. Final Report.

感官能力中，視覺、觸覺、聽覺對駕駛任務有相當大的幫助，而觸覺與聽覺對道路設計與交通決策的影響較小，但仍有部分例外情況，如減速條、減速丘、具備警示聲響的行人號誌等，仍可能會同時仰賴觸覺與聽覺所接收到的資訊。人類感官之說明詳如表 3-5。

表 3-5 與駕駛行為相關之人類感官

感官	特性
視覺	提供用路人 90%以上的資訊
觸覺	提供縱向及橫向加減速度的資訊
聽覺	幫助評估速度並提醒道路使用者注意其他用路人或車輛
嗅覺	部分罕見情況下會協助偵測菸味、燃燒的橡膠、車輛故障或其他環境變化
味覺	-

道路環境達到以下條件時，才能實現所謂的最佳道路設計：

1. 道路使用者能預期會遇到什麼
2. 道路使用者的注意力會自然而然地被重要的資訊所吸引
3. 道路使用者有足夠的時間對任何情況做出反應

開車、騎車、走路都是自主性相當高的活動，因此不同難度的駕駛任務基本上都是由用路人依據他們對安全的容忍度而自行選擇的。

另外，駕駛任務則可區分為三個階層，如圖 3-6 所示。導航 (Navigation)，是基於知識的宏觀表現，資訊來源為地圖與指示標誌，是整個駕駛任務結構中最複雜的，但同時重要性也最低，即使表現不佳影響駕駛安全的程度也最低，至多走錯路線；引導 (Guidance)，是基於規則的情境表現，資訊來源為道路交通控制設施；控制 (Control)，是基於技能的微觀表現，資訊來源為車輛回饋，雖然複雜度最低，但是就駕駛任務來說是最重要的，一旦這個階層的駕駛任務出了錯，就很容易會發生與安全相關的事件。



圖 3-6 駕駛任務結構

就資訊的優先順序而言，能夠防止駕駛嚴重錯誤再犯的資訊應該是最為重要的，因此當不同資訊同時被駕駛人接收時，高度重要性的需求應該先被滿足，而次要的需求則應該適當被延遲，而這些資訊應該要在駕駛人執行任務需求時提供。然而，為了駕駛人的安全，控制及引導級別的任务應該優先提供，因此道路及其附屬設施所傳達控制及引導級別的資訊應該具有優先權。

所有資訊同時分散駕駛人注意力時，不需要或是優先程度較低的資訊就會被捨棄，當駕駛人處理比較不重要的資訊且錯失了重要的資訊，就會發生錯誤；未立即使用的相關資訊雖然會儲存在暫存記憶中，但如果不立即使用很快就會忘記，而透過重複強化的方式，資訊就會被轉移到長期記憶中。

講師特別在課程中舉了許多駕駛任務失敗的案例，提醒學員任何駕駛人都有可能偵測資訊及反應動作的過程中出現錯誤。例如駕駛人行經路面邊緣的高低落差時有可能會因為過度轉向而翻車，又或是因為延遲煞車或煞車制動力道不足而與前方車輛追撞等。道路設計者須適時提供引導資訊，例如道路線形、坡度、幾何特性、路口危害、路肩等道路資訊，甚至足夠的禁制標誌、警告標誌、引導標誌、號誌、標線等交通管制設施，以及車輛速度、相對位置或車速、弱勢用路人等與所有用路人相關的資訊，方能使駕駛人在有限時間內做出合理決策。

90%的道路資訊是來自道路使用者的視覺，因此瞭解基本的視覺功能至關重要。與道路安全有關的視覺功能包含視野（Vision）、視力（Visual Acuity）、對比敏感度（Contrast Sensitivity）、彩色視覺（Color Vision）、眼球運動及視覺搜尋（Eye Movement And Visual Search）、深度知覺（Distance Perception）、速度知覺/動態感測（Speed Perception/Motion Detection）等。

## 視野（Vision）

所謂視野，可區分為以下三種：

1. 中央視野（Central Vision）：目標（針對視覺清晰度、標誌號誌）
2. 中央邊緣視野（Fringe Vision）：深度和位置（參考、行進路徑）
3. 周邊視野（Peripheral Vision）：感知（動態和顏色變化）

人類視野的水平範圍大概在 120 度左右，包括周邊視野在內大約 180 度（左右各 90 度），而垂直視野範圍在大約 125 度的範圍內（相對於視線上方 50 度和下方 75 度）。由此可知，駕駛的水平視野（Full Horizontal View）最多可達 180 度，但不一定能夠感知到呈現在視覺範圍內的事物，僅有在 20 至 30 度內的範圍是實用視野（Useful Field of View），駕駛可以察覺到此視野範圍內的資訊，2 至 4 度範圍內則是準確視野（Accurate Vision），能看見清晰的物體，而中央邊緣視野可以讓駕駛在不需要低頭的情況下留意道路情況。

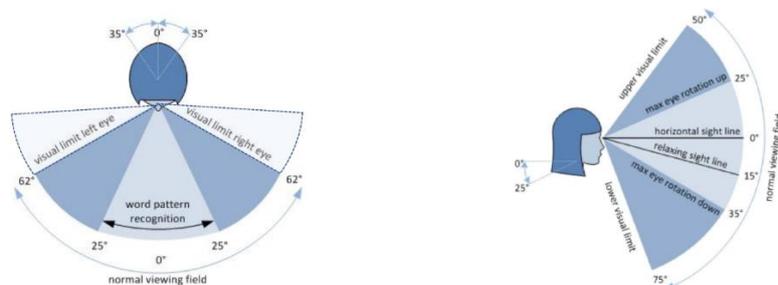


圖 3-7 人類的視野範圍

在駕駛時，後照鏡和側邊側照鏡可以增強視野。這些輔助設備幾乎可以提供 360 度的視野，但還是會有兩個盲點區域，駕駛人亟需特別留意。另外，隨著速度增加，視野範圍會變窄，當時速從每小時 20 公里增加到每小時 100 公里時，側邊視角會從 100 度減少到 40 度，中央視野的範圍會縮小並且模糊不清，周邊視野也會開始變得模糊和扭曲。因此在高速行駛時，駕駛人可能無法注意到他們在低速下可以留意的事件、交通標誌或危險情況，如果周邊視野以外的情況相當重要，則道路設計者必須給予駕駛人指示和動機去觀察該方向。

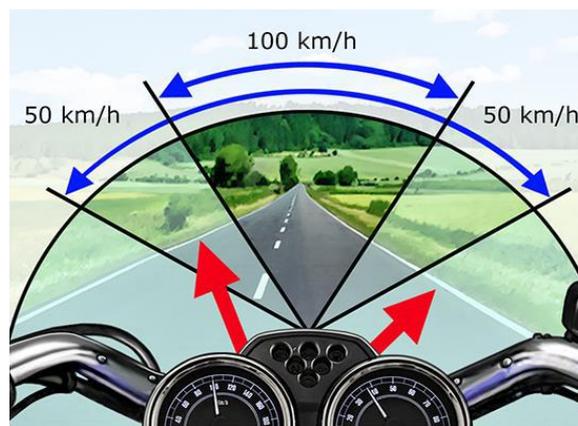


圖 3-8 車速對視覺的影響

### 視力 (Visual Acuity)

視力，又稱為視覺敏銳度、視覺清晰度，係指眼睛解析細節的能力。在道路安全工程中，靜態清晰度用於分析字母和符號的大小和高度，儘管它是大多數駕駛員視力測試的基礎，但視力清晰度似乎與事故之間關聯性較弱。由於道路使用者通常都是在移動，動態視力清晰度更能反映駕駛員的視覺能力，且儘管人眼具有相當寬廣的視野，但能夠解析細節的部分只有 2 至 4 度非常狹窄，在這個錐形區域以外，很難在不移動目光或轉動頭部的情況下辨認物體；因此，周邊視野可以廣泛掃描視野區域而不必識別物體，並透過眼球快速運動 (Saccades) 將感興趣的物體帶入中心視野。

## 對比敏感度 (Contrast Sensitivity)

另一個重要的視覺功能，指的是識別物體與背景之間所需的最小亮度（明亮度）對比。對比敏感度與事故、違規行為有較強的關聯性，隨著年齡增長，對比敏感度會降低並取決於物體大小。另外，人類眼睛需要時間來適應不同的光線條件（瞳孔會透過放大或收縮來調整），從明亮到黑暗所需時間較多，尤其在進入隧道時就會是非常重要的議題。



圖 3-9 隧道明暗適應

## 彩色視覺 (Color Vision)

少部分人類會有紅綠色弱問題，因此透過各種方式加強傳達號誌的訊息至關重要，這也說明了行車管制號誌燈面（交通號誌的顏色）必定是紅色在上、綠色在下，且圓形綠燈下方也可能還會有直行箭頭綠燈、左轉箭頭綠燈、右轉箭頭綠燈；橫排號誌則是紅色在左、綠色在右，且圓形綠燈的右側也可能還會有直行箭頭綠燈及右轉箭頭綠燈，顏色跟位置的配置方式都傳達相同的訊息。

但某些地方如加拿大魁北克省，燈面顏色還會以不同的形狀來加強區別，如紅色以方型呈現、黃色以菱形呈現、綠色以圓形呈現等，如圖 3-10。



圖 3-10 加拿大魁北克省行車管制號誌燈面

### 眼球運動及視覺搜尋 (Eye Movement And Visual Search)

若在周邊視野範圍內有瞥見任何物體，我們就會轉移視野讓這個物體置於中央視野才能看清楚，人類透過視覺收集資訊的速度，取決於視線從一個物體轉移到另一個物體並聚焦的速度。一般情況下，人類每秒可以注視 4 個不同的物體，但繁忙的行車狀況下，一位精神狀況良好的駕駛人每秒至多注視 2 個不同的物體。由於駕駛人通常都要在操控車輛的同時觀察道路，所以基於安全考量，我們同常會採用每秒 1 至 1.5 個物體的注視頻率。

與視覺搜尋相關的資訊，對於駕駛人保持適當的行車速度並跟「視覺訊號」(Visual Signals) 保持適當間距將當重要，儘管眼睛的移動範圍大約可以涵蓋 50 度，但駕駛人通常會透過轉動頭部把目光聚焦在物體上，而眼睛的左右移動範圍大約為 15 度左右，如圖 3-11 所示。另外，從看近的物體轉換到看遠處的物體時，眼睛需要時間來調整焦距，反之亦然。

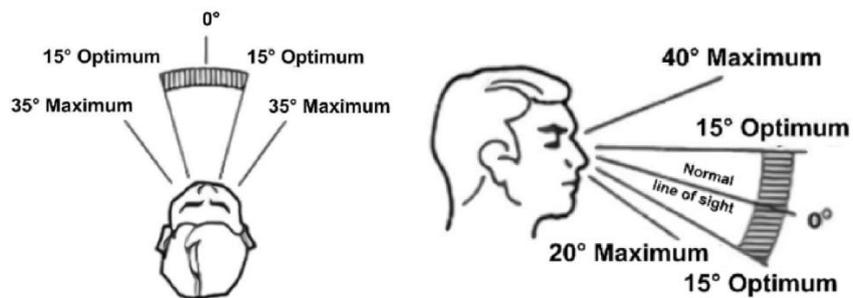


圖 3-11 眼球運動範圍示意圖

### 深度知覺 (Distance Perception)

深度知覺是判斷自己與其他物體之間距離的能力，必須兩隻眼睛同時作用，才能擁有立體視覺並且能夠判別深度及距離。物體在不同距離的大小變化就是物體在移動的主要線索，遠處的物體看起來很小、接近中的物體就會越來越大，但駕駛人往往會高估短距離、低估長距離。

### 速度知覺 (Speed Perception)

周邊視覺刺激對於駕駛人判斷自己的速度非常重要，因為在視覺周邊區域的角速度更大，周邊視野對於光流變化更敏感。換言之，如果周邊視野的刺激降低(例如黑暗或是濃霧)，駕駛人判斷自身速度的能力就會到影響。儘管駕駛人可以透過觀察車速錶來得知自己的速度，但是駕駛人也會由環境中的各種線索來判斷車速，因此，環境中的線索對於駕駛人調整車速相當重要。



圖 3-12 周邊視野的速度知覺

### 速度知覺 (Motion Detection)

兩個不同行車方向的用路人在接近路口時剛好都維持在相對位置而無相對運動，也因此除非有其他刺激，否則他們無法透過周邊視野來察覺彼此。這也將連帶影響交通設計，交通標誌和號誌都必須在駕駛人的視野範圍內，並考量兩者的速度；必須在無號誌路口提前預警駕駛人，讓他們及時轉動頭部並注意到其他可能產生衝突的車輛。

## **其他限制**

眩光是另一個道路安全問題，可能會在太陽升起或落下時，或是因為對向車輛的大燈過亮而造成，尤其是在沒有中央分隔帶的道路上。

### **(二) 道路使用者之預期心理 (User Expectations)**

預期 (Expectation)、期待 (Expectancy) 的概念是道路設計和運輸系統中一個重要且普遍存在的因素，前者是一種期待的行為，把事物視為可能發生的情況、預料中的事件；後者則是使用者對於各種條件、情況或事件成功回應的準備程度。

駕駛任務的安全和效率受到駕駛員和道路使用者的期望心理影響，這也說明了要發展出一套並且落實使用道路標誌標線設置規則的原因。人類對於預期事件的反應速度及準確性較佳，安全執行任務的關鍵是快速且準確地處理資訊；滿足或加強使用者期望的道路配置、幾何設計、交通控制設施，可以讓道路使用者能夠更快速及有效率地反應並且減少失誤的可能性。

### **先驗知識的預期 (A Priori Expectancies)**

根據過去長時間的駕駛經驗、文化、學習或教育而形塑的一種預期心理。道路安全相關從業人員應該要能依此降低用路人所需的心力，並且儘量減少事故發生的機會。例如，世界各國的「停車再開標誌」都是八角形紅色的，所以即使看不懂當地文字，也還是能夠憑著過去自身經驗猜測此標誌之意涵。

### **特定經驗的預期 (Ad Hoc Expectancies)**

對於特定地點與情況的期待心理，是因為一次特定經驗而產生的預期心理。由於用路人通常都會依據自身經驗來駕駛，因此道路安全相關從業人員必須提供

設計一致的道路，並且應極力避免不常見的、模糊不清的、不合乎法規的設計或資訊呈現；若無法避免，應該要預先提供充分的警示。

### 其他預期心理

駕駛人預期過去所經歷過的事件或狀態未來也會繼續發生，例如在高速公路行駛時我們並不會預期前方的車輛會突然煞車，稱之為「持續性預期」(Continuation Expectancy)；針對過去沒有發生過的事情，駕駛人也將不會預期未來會發生，例如沒看過的車道或是平交道上沒有軌道，稱之為「事件性預期」(Event Expectancy)；而在周期性的事件中，假設給定的狀態時間越長，駕駛人預期這件事會發生的機會越高，例如在接近號誌路口時就已經是綠燈了，引此駕駛人預期該號誌晚點可能會變成紅燈，則稱之為「暫時性預期」(Temporal Expectancy)。

如果沒有任何作為比較的資訊，用路人就會假設他們跟平常一樣繼續應對平常可能遇到的情況。

### 認知反應時間 (Perception Reaction Time, PRT)

由以下四階段組成：

1. 感知 (Detection)：駕駛人感覺到物體的存在，通常是透過視覺，但少部分情況可能透過聽覺或觸覺。
2. 辨識 (Identification)：駕駛辨認出刺激來源的物體並瞭解自己遇到了什麼情況。
3. 決策 (Decision)：選擇該如何採取行動以處理這樣的情況。
4. 反應 (Response)：駕駛人執行甫決定採取的行動。(但採取行動後車輛的反應狀況與作動時間，則取決於車輛的型號與大小，因此並不會算在反應的時間內。)

由於駕駛人已有相似的經驗及習慣，其預期心理會減少認知反應時間。但認

知反應時間並不是一項常數，而是因人而異的，因此雖然部分研究指出，大部分駕駛人的認知反應時間僅需 1.2 至 2 秒左右，道路安全工程上還是會採用 2.5 秒，因為每個駕駛人的特性、道路環境、駕駛情境都不一樣。有些特性或因素會影響認知反應時間，如駕駛人的駕駛經驗、駕駛技術、疲勞、動機、警覺程度、願意承擔風險的程度、預期心理、血液中的酒精濃度等。道路安全從業人員的職責，就是致力於降低認知反應時間，並透過以下途徑減少差異：

1. 滿足期望：資訊能夠放置在用路人預期的位置，那麼用路人就能夠依據相似的情境以最短的時間反應。
2. 替代最小化：認知反應時間會隨著可能的替代方案數量增加而拉長。
3. 提供正確的指引：如果提供駕駛人正確的資訊，駕駛人就不必耗費更多時間或心力尋找替代方案，那麼認知反應時間就能降低。
4. 提供預先警示：有助於駕駛人建構對於下游的預期情況，並減少即將發生事件的認知反應時間。
5. 提供清楚的視距：充足的視距可以讓駕駛人有更多的時間進行決策，並為錯誤或修正預留餘地。
6. 使用象徵性的符號：駕駛人對於圖示的認知反應時間少於文字，且更能打破語言的藩籬。

### （三） 心智負荷與風險補償（Mental Workload & Risk Compensation）

#### 心智負荷（Mental Workload）

係指特定工作條件所產生的精神壓力，以及處理這些工作所需要的能力，取決於該工作的任務數量及複雜程度。每個駕駛人的特性都會影響到工作負荷，例如年齡、經驗、心理狀態、疲勞、生理受損的狀況。當駕駛人面臨到多過於他們所以可以承受的資訊時（過載）他們就會傾向減速、延遲或錯失操作、採取不當的替代路線、忽略或錯失重要的資訊、未能注意其他交通狀態或是留意不必要資訊的時間過長。道路安全從業人員應該要確保心智負荷並不會超過每個人所可以處理資訊的能力，亦不會過低以至於讓駕駛人分心。

## 減載 (Load Shedding)

道路使用者能夠留意並捨棄不重要或不具有立即實用性的資訊，這個能力就稱為減載。道路安全從業人員應透過以下途徑幫助道路使用者將相對不重要的資訊減載：

1. 提供連續的資訊：高速公路匝道出口的連續標誌
2. 避免施加突然的心智需求：道路速限標誌應該要設置在路口的前一段距離，而不要設置在路口
3. 減少呈現出的資訊：指示標誌不應該提供過多的資訊，也不要同一個地點設置太多的標誌
4. 呈現一系列的單一決策，而非單一的複雜決策：採行轉彎號誌而非讓駕駛人自行找到空檔然後轉彎（保護左轉與機會左轉）
5. 控制駕駛員做出決策的速度：確保駕駛人看到標誌與號誌之間有足夠的時間反應

以圖 3-13 為例，標誌牌面上的資訊太多，會使得駕駛人無法在公告速限的速度下閱讀完畢。因為過多的資訊已超出了駕駛人可負荷的範圍，駕駛人並不會仔細注意內容，這樣的交通控制設施也會分散駕駛人的注意力，甚至會讓駕駛人為了看標誌牌內容而停下或是以過慢的速率行駛。



圖 3-13 資訊量過大可能超出駕駛人可負荷範圍

## 風險補償 (Risk Compensation)

道路使用者會因為觀察到的風險而修正他們的行為，這種不經意的機制就稱為調適行為 (Behavioral Adaptation)。風險補償通常有三種基本狀況：

1. 特定行為適應 (Ad Hoc Behavioral Adaptation)：因為用路人的駕駛經驗，一項特定措施並不會影響用路人行為。
2. 延遲行為適應 (Delayed Behavioral Adaptation)：一項措施會讓駕駛人行為產生立即性的變化，但久了之後駕駛人會開始熟悉因此這樣的變化並不會持久。
3. 曝光量變化 (Changes in Exposure)：一項會影響用路人旅運型態的措施，例如現有道路提升道路容量，但也可能會吸引更多的交通量，間接導致事故風險的增加。

最經典的風險補償例子就是道路照明，如果道路相當明亮，用路人就會傾向以較快的速率行駛；而道路如果筆直且寬大，駕駛人風險補償的機制就會導致行車速率增加，雖然該道路的路側狀況並不適合以過快的速率行駛，但駕駛人通常並不會意識到這樣的行車風險；另外在機會左轉的交岔路口，車輛為了要等待左轉時機而在路口停等，但視野通常會被來車遮擋，等待時間越長，轉彎需求無法被滿足的挫折感就會越大，而這種挫折感就會增加駕駛人的風險行為。



圖 3-14 可能會讓駕駛人產生風險補償的道路

對此，道路設計者應該要考量駕駛人感知反應各階段的特性，如高速公路上的設計要將可視性與視距最大化，並且提供相關資訊輔助用路人決策，此為感知階

段的設計原則；避免讓用路人資訊過載或是分散他們的注意力，要幫助駕駛人決策而且不需要耗費太多的判斷，並且維持可預測性及一致性，以符合用路人預期，此為認知階段的設計原則；要讓駕駛人具備一般技能即可順利駕駛，而不需要過多複雜的操控，且必須預期用路人可能會處於疲勞、高齡、分心的狀態，甚至也可能會違規，此為行動階段的設計原則。

要傳達重要資訊給駕駛人的關鍵在於可視性(Conspicuity，標誌或號誌必須要能被看到)、易讀性(Legibility，訊息要容易閱讀)、易懂性(Comprehensibility，要能被理解)、可靠性(Credibility，要能讓駕駛人覺得可信)，而且需要駕駛相似反應的情況，應該要採用類似的改善作為，才能確保道路傳達一致、可靠的訊息。

#### (四) 自明性道路 (Self-Explaining Roads Concepts and Principles)

道路使用者會不斷地「閱讀道路」，所以所有道路設計跟交通控制決策一個重要而且根本的因素視訊息要能如預期地及時被看見且理解。道路使用者會不斷地尋找相關資訊以做出適合的導航、引導、控制決策，駕駛人則會在給定的地點與時間內檢視道路環境並且尋找重要的資訊，每一步更新的過程駕駛人都要決定是否要做出必要的修正控制。

在「視覺與決策」的過程中，駕駛人僅能以有限的時間查看前方場景，但是當盯著一塊區域過久，就容易錯失其他事務。為了協助駕駛人彌補此漏洞，道路之間的連續性便顯得相對重要，這樣的概念也點出了安全道路重要元素—自明性。

#### 自明性道路之定義

不同功能的道路，可能會因為道路型態、道路使用者、土地使用而造成道路無法清楚傳達資訊給用路人的複雜情況；或是因為道路系統的行政階級，有些道路屬於國家、有些屬於地方政府、甚至鄉鎮市區公所，甚至還有私人的道路，每個轄

區可能都有自己的設計標準或作業特性，這些差異可能向駕駛員傳達與他們預期相衝突的訊息。

自明性道路是一種可以透過設計直接促使安全行為反應的交通環境，並符合使用者期望。自明性道路在道路設計中並不是獨立存在的理念，而是要跟寬容性道路、被動安全等積極的手段結合。所謂「自明性」，主要是為了影響道路使用者的行為進而減少事故發生；而「寬容性」，則是為了要減緩道路使用者不正確的行為引發的負面後果，兩種設計原則應為相輔相成而非互相排斥。

自明性道路仰賴使用者的先驗期望原則，人類以主觀分類為簡化感知複雜情況的基本機制，當訊息處理的過程中，當前資訊會與先前儲存的相似經驗進行比較，如果找到相似之處，就會形成對當前情況的期望。而行車速率、注視行為、車道位置、超車行為等，都會因為特定的道路特徵跟預期行為而受影響，自明性道路就是依據道路使用者的視覺對道路進行分類，並且做出相對應的選擇。

高速公路就是自明性道路中的最佳範例，通常高速公路會有中央分隔島、單向至少兩車道、立體交叉、僅限汽車通行（不會有行人或自行車），也因此道路的外觀向道路使用者傳達可以高速行駛的明確訊息。由此可知，自明性道路的成功條件，就是必須持續提供獨特的視覺識別元素，以便道路使用者可以知道他們自己所在的道路類型，如表 3-6。

綜上所述，自明性道路的應用概念如下：

1. 道路類別不應過多，以提高識別準確性和速度。
2. 易行性與可及性的功能應區分，以減少同一類別道路內的速度差異。
3. 當允許不同使用者進入同一類別的道路時，較高速率的設施應該要被設計成能夠將弱勢使用者跟汽車交通區隔開來。
4. 每個道路類別都應該使用獨特的視覺識別元素來區分。

5. 同一類道路的視覺識別元素應該都要具有同質性，而不同類別之間的則須具有異質性。
6. 這些獨特識別符號必須持續可見（標線、橫斷面設計、中央分隔帶等）。

表 3-6 視覺識別元素

	高速公路 (Freeway)	主要道路 (Arterial)	集散道路 (Collector)	地方道路 (Local)
道路功能 (Function)	易行性	易行性	主、次要道路之聯絡功能	可及性
交通組成 (Traffic)	快速通行之機動車輛	快速通行之混合車流	混合車流以及弱勢用路人	慢行交通及弱勢用路人
出入管制 (Access)	完全或部分出入管制	完全或部分出入管制	必要時得部分出入管制	無出入管制
斷面配置 (Cross-section)	雙向分隔行車且單向多車道	2 或 3 車道	2 車道	1 或 2 車道
道路線形 (Alignment)	採行最高之幾何設計標準	幾何設計標準高	配合地形地貌	完全配合地形地貌
路口距離 (Distance Between Intersections)	較長距離 (>3km)	中長距離 (1-3km)	中短距離 (1-2km)	較短距離
交岔路口 (Intersections)	立體交叉	部分為立體交叉	平面交叉與圓環	號誌化或無號誌平面交叉
速度限制 (Speed Limit)	>100 km/h	80-100 km/h	60-80 km/h	30-60 km/h
超車 (Overtaking)	允許	禁止或有限度開放	不建議	幾乎不可能

### 三、交通控制設施 (Using Traffic Control Devices)

#### (一) 設計一致性 (Design Consistency)

道路使用者將道路和周圍環境視為一體的，所以要能讓道路使用者採用正確的駕駛行為，基本條件就是要讓所有道路和環境元素向道路使用者傳達清晰、明確

且一致的資訊。如果因某些視覺場景元素不清楚、模稜兩可或相互衝突而缺乏一致性，駕駛人反應時間會拉長，或在速度和路徑選擇上做出不恰當的反應，因此設計一致性被定義為道路幾何和操作特徵應該要符合道路使用者的預期。

### **縱向一致性 (Longitudinal Consistency)**

縱向一致性指的是道路使用者沿著道路移動時，道路上連續元素的相似性。測量道路線形一致性的方法包括道路線形特徵 (Roadway Alignment Characteristics)、行車速度模型 (Operating Speed Models)、駕駛表現 (Driving Performance) 和人類工作負荷評估 (Human Workload Evaluations) 等。

衡量一致性的指標則包含單一轉彎半徑與平均轉彎半徑之比率 (CRR)、連續道路設計元素間彎曲程度差異 ( $\Delta DC$ )、轉彎半徑變化的比率 (CCR) 等三項。

### **橫向一致性 (Cross-section Consistency)**

必須同時考慮道路橫斷面上的各個要素，以及它們是否與道路線形相互協調。在決定速度和行進路徑時，無意識中會使用到一些暗示性的線索，其中之一就是道路的「尺寸」，即與周圍環境相比較的大小。

較寬闊的道路會讓駕駛人傾向以更高的速率行駛，並讓駕駛人誤以為相較於其他道路使用者具有優先權，道路設計者可以採行部分方法，以縮減道路視覺寬度，如中央分隔帶種植植物、鄉村地區使用碎石路肩代替柏油路肩、實體分隔的道路採用獨立的道路線形、道路造景和邊坡特色等。

另外，預期行車速度相似的道路，都應該具有類似的斷面設計，並且應該符合環境要求。

## 心智負荷與一致性

協調工作負荷與增加一致性應符合下列原則：

1. 避免過於單調的道路線形，適度的複雜性會讓駕駛人保持警覺。
2. 考量疲勞駕駛人的需求，提供休息區域、振動帶（rumble strips）。
3. 避免設置過多的標誌，或引起駕駛人過高的警覺狀態，如快速行駛的道路上應該避免過多的資訊。
4. 當駕駛人可能要處理重要資訊時應該避免讓駕駛人分心。
5. 設計道路時應考量駕駛人的預期心理。
6. 提供寬容性道路以接納駕駛人可能產生的錯誤（詳見第四章）。
7. 提供良好、必要且實用的資訊，如在關鍵道路位置提供速度指引。
8. 透過資訊可變標誌（Changeable Message Sign，CMS）提供回饋資訊給駕駛人。

## 道路設施的一致性

交岔路口設施的統一，是道路系統安全有效運作的重要因素，所以道路設計者應該遵循交通管制設施標準手冊（Manual on Uniform Traffic Control Devices，MUTCD）的規範，以確保道路設施的一致性。為了實踐一致性，以下幾點原則非常重要：

1. 避免出現直行車道變成轉彎專用車道的情況（尤其在中央分隔帶旁）。
2. 避免加速車道或多車道匯集為單一車道的長度過短。
3. 保持交岔路口類型和交通控制設施外觀上的一致性。
4. 確保交通控制設施適合因地制宜。
5. 移除可能分散駕駛人注意力的廣告。
6. 為犯錯超速或路徑錯誤的駕駛人提供返回原先行車道之回復區域（Recovery Area，屬於容錯概念）。

7. 監控交岔路口以隨時掌握異常行為。
8. 確保每個路口的路權對於所有道路使用者來說都是顯而易見的。

## MUTCD

交通管制設施標準手冊(Manual on Uniform Traffic Control Devices, MUTCD), 是美國交通控制設施(含標誌、標線、號誌等)之設置標準。講師亦介紹了其他國家的設置規則, 如圖 3-15。



圖 3-15 各國的道路交通標誌標線號誌設置規則

這本規範中, 重點便是「一致」(Uniform), 因為交通控制設施必須傳達一致的訊息給道路使用者, 並考量道路使用者的期望、能力與限制。

## 標誌 (Traffic Signs)

對比我國道路交通標誌標線號誌設置規則, 標誌包含以下四種類型:

1. 禁制標誌 (Regulatory Signs): 用以表示道路上之遵行、禁止、限制等特殊規定, 告示車輛駕駛人及行人嚴格遵守。
2. 警告標誌 (Warning Signs): 用以促使車輛駕駛人及行人瞭解道路上之特殊狀況、提高警覺, 並準備防範應變之措施。
3. 指示標誌 (Guide Signs): 用以指示路線、方向、里程、地名及公共設施等, 以利車輛駕駛人及行人易於識別。

4. 輔助標誌 (Informational Signs)：除前述三款標誌外，用以便利行旅及促進行車安全所設立之標誌或標牌。

MUTCD 不同功能類別的標誌都有不同的設計特徵，通常可以從形狀顏色區分，例如禁制標誌通常是紅色的，黃底黑邊菱形的通常是警告標誌。常見的標誌包含紅色八角形的停車再開標誌、白底紅邊三角形的讓路標誌、交叉形狀的鐵路平交道標誌、五角形螢光綠的學校標誌（部分國家為藍色，我國即是藍底白字）、橙底黑字菱形的施工標誌等。



圖 3-16 常見的標誌

除了一致性的設計，道路上的標誌亦須具備一定程度的反光功能。尤其在夜間環境中，標誌周圍的光線通常較暗，而標誌所發出的大部分光線取決於其反射效能，因此標誌材料的類型會影響對比度。而隨著時間推移，反射率會降低，對比度也會減少，增加了駕駛人無法成功辨識的可能性。

另外，護欄上的反光標誌以及反光箭頭提供對比效果，以引起駕駛人注意。部分道路的車道標線上，還會設置具有反光特性的凸起式路面標記（貓眼），也可提供有效的道路線形資訊。

### 號誌 (Traffic Signals)

交通號誌對交通流量有著深遠的影響。透過為不同的交通行動提供優先權，交通號誌可以對受其控制的道路使用者產生正面或負面的作用。正面影響包含交通號誌的正確使用、設計、設置、營運和維護對於交通在指定地點的有序流動至關

重要，增加道路使用者的安全性；負面影響則可能會因為缺乏合理的設置依據、設計不良、操作不當或維護不足的交通號誌，引起過度和不必要的延誤，降低路口容量並對道路使用者產生危險。

## **標線 (Markings)**

主要用於引導交通（包括車輛和行人）在道路上保持正確的位置，有時也適用於輔助其他交通控制設施（停止線、禁止超車區域等）。主要的標線類型包括路面和路邊標線、指示、彩色鋪地材料、引導、分隔等。可分為縱向標線、橫向標線、輔助標線等形式。

1. 縱向標線 (Longitudinal Marking)：依遵循路線或行車方向劃設，用於中心線、車道線、路面邊界線和引導車道。每種類型的縱向標線傳達不同訊息，例如雙實線 (Double Line) 表示最高或特殊限制，實線 (Solid Line) 表示禁止穿越，斷虛線 (Broken Line) 表示允許通行，點虛線 (Dotted Line) 表示提供指引或警告下游車道功能變化。
2. 橫向標線 (Transverse Marking)：與路線或行車方向成角度劃設，包括直接畫在地面上的直線、文字和符號，停車標誌線，人行穿越道以及停車位等。
3. 輔助標線 (Special Markings)：不依縱向或橫向，而依其他方式劃設，包括物體標記（用於警示危險）、車道減少轉換、障礙物逼近標記、彩色路面和凸起式路面標記。

由於雪、碎屑、沙子或水可以影響能見度，並且材料特性、交通量、天氣和位置會影響其耐久性，因此標線使用有一定的限制。另外，大多數標線是白色或黃色，但也可以使用其他顏色，例如紅色表示禁止，藍色表示停車，綠色表示自行車，最近歐美地區還出現了紫色用於收費站。

除了標誌、號誌、標線，還有其他各種交通控制設施，如拒馬 (Barricade)、交通錐 (Traffic Cone)、減速振動帶 (Rumble strip) 等。

## 四、路側寬容設計（Forgiving Roadside Safety Concepts）

### （一）路側安全與危害（Road Safety and Hazard）

Task Force 13（TF13）為一個由工程界、學術界、州政府以及聯邦交通部門中有豐富經驗的代表所組成的協會，主要負責制定與推廣路側設施與橋梁的相關規範，其中有關路側設施、危害以及施工區的安全部分，講師推薦以下較為常用之手冊或參考文件，如圖 3-17。



圖 3-17 路側設施相關手冊或參考文件

道路使用者會有犯錯的時候，所以在設計道路時必須要考量其寬容值，盡量降低事故嚴重程度，尤其路側危害常為道路事故上造成死亡的因素之一，所以更需

要推動以人為本的道路設計來避免事故發生以及降低風險。而會導致車輛失控之原因包含車輛故障、超速、氣候不佳、分心駕駛、不良的道路設計、障礙物等，其中可透過道路設計改善並輔以適當的防護措施，則可有效減少事故發生率以及嚴重度。講師所綜整出合理的道路設計必須考慮下列幾點：

1. 適當的縱向與橫向設計
2. 足夠的車道寬度與路肩（包含淨空區概念）
3. 為所有使用者提供良好視距
4. 提供適當的標誌、標線、號誌
5. 鋪面要有良好的維護及排水
6. 對於交叉路口的衝突要有適當的管理
7. 適當之車速管理

### 路側安全原則-危害識別

路側障礙物對於交通安全有可能造成危害的因素分為連續與不連續兩類（如表 3-7），而可以降低其危險性之作法包含清除障礙、調整障礙物位置、重新設計使車輛可以順利穿越、利用非一體成形之設計來降低撞擊後的嚴重程度，以及利用縱向的護欄或防、緩撞設施遮擋障礙物；針對路側危害的處理流程如下圖 3-18。

表 3-7 路側障礙物之類別

連續性	不連續性
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 溝渠</li> <li>• 路堤</li> <li>• 橋梁、擋土牆</li> <li>• 天然岩石山坡</li> <li>• 隔音牆或類似牆體</li> <li>• 緣石</li> <li>• 其他縱向元素（如：鐵軌）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 剛性物體（如：電桿、樹木）</li> <li>• 建築物</li> <li>• 橋墩</li> <li>• 隧道或橋梁引道</li> <li>• 危險終端（護欄兩端）</li> <li>• 排水設施</li> <li>• 施工區</li> </ul>

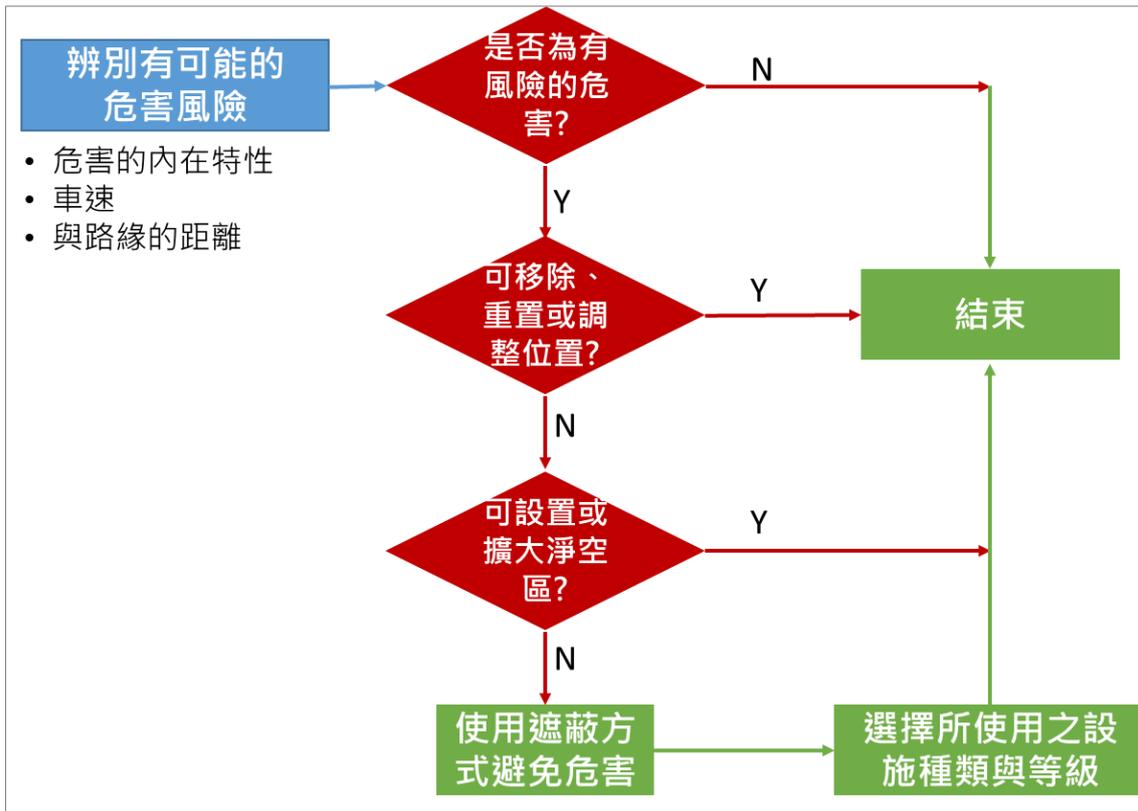


圖 3-18 路側危害之處理流程

### 緩衝（寬容）的重要性

護欄種類多樣，包含剛性、半剛性及柔性護欄，位於路側時可防止車輛衝出路面，位於中央分隔帶時可避免車輛衝入對向車道產生對撞，係為重要之道路防護設施，但也常成為道路中嚴重的危害風險之一，故此類縱向護欄的選用需要經過撞擊測試以及做好適當的終端處理，降低本身於道路環境中造成之風險，講師也分享許多護欄撞及測試影片（關鍵字：MASH TL-3、MASH TL-4、NCHRP350）以及多種終端處理之範例，如下圖 3-19。國內目前於路側護欄終端處理多以銜接鋼板護欄落地收邊，以避免產生銳角，部分位於槽化鼻端處則會採用此類緩撞設施來降低衝擊力道。



圖 3-19 護欄終端之緩撞設施

其他位於路側可能產生危害之設施例如電線桿、燈桿、標誌號誌基礎座等，應考量其可吸收撞及之能量或防護方式，以降低車輛衝撞之嚴重性。而美國的美國交通管制設施標準手冊（Manual on Uniform Traffic Control Devices，MUTCD）則有明確規定所有淨空區內的標誌號誌基礎座必須要有防護遮蔽或為分離式之結構，範例如下圖 3-20。

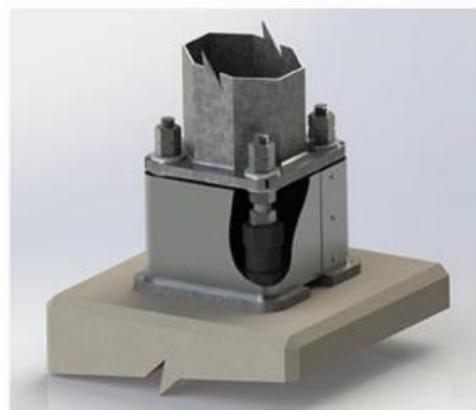


圖 3-20 標誌號誌基礎座之防護



圖 3-20 標誌號誌基礎座之防護（續）

講師也提到，只要是人都可能有犯錯的可能，道路設計者也不例外，所以在道路安全檢核（Road Safety Audit，RSA）的階段，必須要注意以下幾個危險要素：

1. 沒有做終端處理的設施
2. 沒有經過測試的護欄及終端處理
3. 不正確的設置位置
4. 遭撞擊過但未修護的護欄
5. 路面超高不足
6. 終端處理選用了不適當的緩撞設施
7. 轉彎半徑不足
8. 未依規定安裝、錨定、連接混凝土護欄
9. 不同種類護欄之銜接界面固定不足

## （二） 施工區安全（Work Zone Safety）

道路不免除有施工維護的時候，在路上的施工區是有危險性的，而施工人員必須在周邊都是車輛通行的狀況下完成自己的職責，所以必須慎重的保障施工人員以及道路使用者的安全，同時減少對交通的干擾及有可能造成的壅塞。在交通維

持的部分也必須要有相關的規定，並且選用經過合格測試的設備，以維護工區安全，施工區的範圍如圖 3-21，與國內施工之交通管制區範圍定義相同。

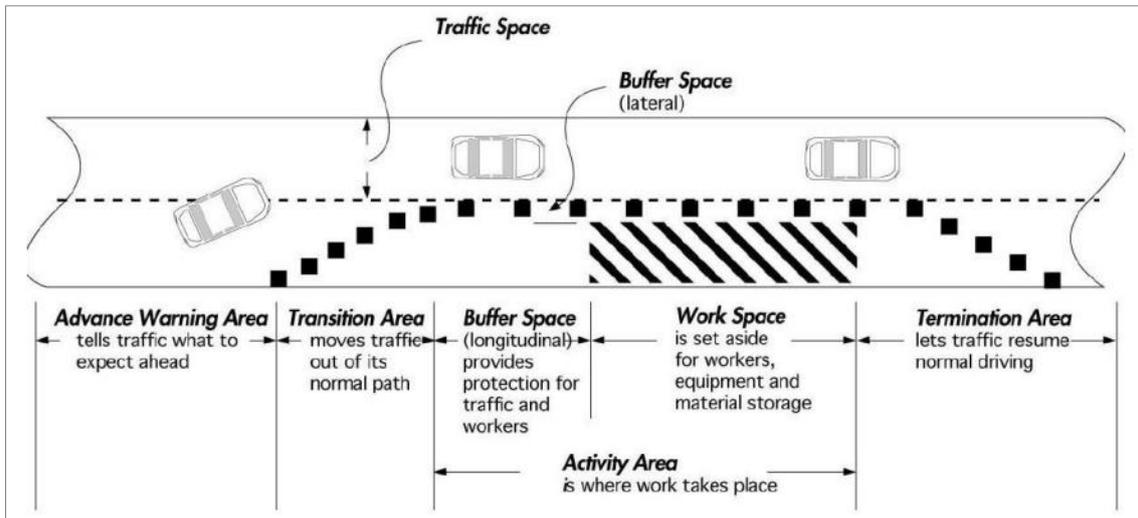


圖 3-21 施工區範圍

在路上施工的人員，必須將他們視為在道路上的行人。在此，講師則提到了速度管理的重要性，在時速 45 公里的撞擊速度下，行人可能有 50%的存活率，而僅略提升至 50 公里時，其存活率大幅降低至 20%以下。通常在施工區所發生的死亡事故，約有 80%是由道路使用者所造成的，然與施工人員相比，駕駛人或行人通常在施工區的傷亡率較高。

### 前置警示區段 (Advance Warning Area)

正確地提供前方施工區之資訊予駕駛人，以便其有足夠的感知反應時間，可做為減速或判斷距離之參考，因必須在足夠的距離前提供資訊，故該範圍通常是標示最多的區域，但仍要避免過多的資訊造成駕駛人混亂。必須確保標誌的反光效果，或利用資訊可變標誌來提供正確資訊。

### 前漸變區段 (Transition Area)

利用交維設施（如：護欄、交通錐、標誌等）將車輛導引至指定的車道，以便車輛可安全經過施工區域，而在該範圍內的標線則必須考量現況做調整，如有需要則使用路面標記覆蓋之設備或將原有之標線塗銷，並使用新的且有效的反光標記，其餘設施也必須注意其反光效果是否足夠，以及確保雨天或夜間也可清楚辨識，更重要的是設定可安全通過施工區域之行車速度。

### 緩衝區段 (Buffer Space)

可讓駕駛人適應新的道路線型及車道分配，但此區段常因駕駛人未注意前方施工資訊以導致衝入緩衝區內，是容易發生車輛失控的範圍，所以此區域為施工人員提供一個安全的空間，避免車輛闖入後直接對施工人員造成危害。此範圍的重點在於速度管理以及隔開施工區的距離，標誌數量會較上游區段較少。

通常會在緩衝區段擺放緩撞車，在國外，若為固定停放時會稱為防護車 (Barrier Vehicles)，若於移動性施工時則稱為影子車 (Shadow Vehicles)。緩撞車後方所附掛之緩衝設施 (Truck Mounted Attenuators, TMAs) 除了吸收車輛衝撞的能量外，更能避免小型車直接衝入大型車下方，保留足夠的生存空間。有無安裝 TMAs 之差異性如圖 3-22。



With TMA protection



Without TMA protection

圖 3-22 小型車撞及有無安裝 TMAs 大型車之差異

## 工作區段 (Work Space)

為主要的施工區域，也是施工人員最容易受到傷害的地方，所以必須要將車流與施工區安全的分開，在交維布設區間內，仍必須將工作區與車道保持一定以上之安全空間，車道配置如圖 3-23。

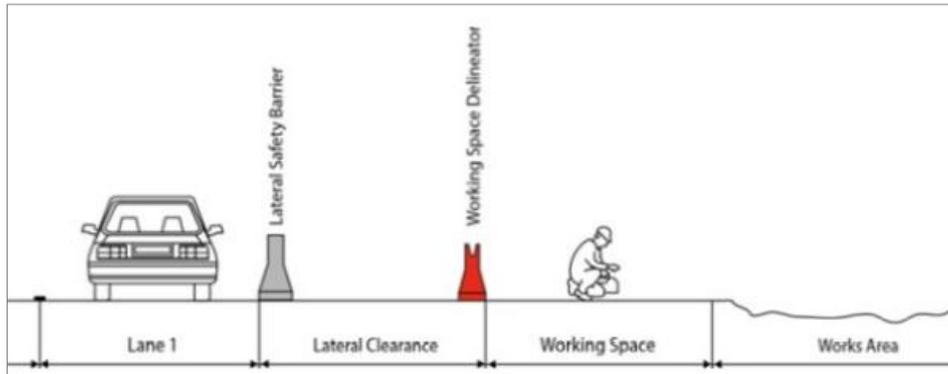


圖 3-23 工作區內之車道配置

而在此範圍內之防護設施則盡可能使用優質的反光材料，並且選用經過測試的護欄及緩撞設施。在美國，混凝土護欄的價格低廉，若是為交通部轄下之設施，則可免費使用，雖然混凝土護欄可以保護施工區內的人員，但可能無法保護駕駛人。國外較常使用便攜式的混凝土護欄及鋼護欄，其佈設方式快速，安裝簡便，如圖 3-24，另近期則有創新的類護欄功能的防護車輛，考量其長度限制，可能較適用於短期性或短暫性施工，如圖 3-25。



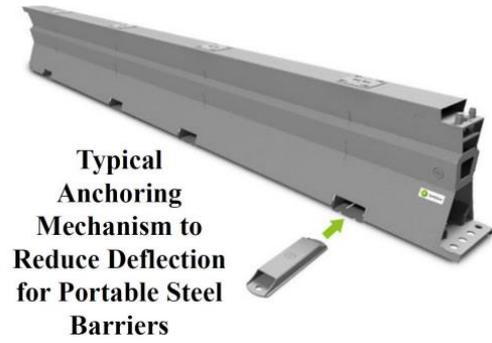


圖 3-24 便攜式的混凝土護欄及鋼護欄



圖 3-25 新式車型護欄

但國內於短期性施工時惟多使用交通錐替代，但在擺放及收取交通錐時其實也是對施工人員產生極大風險的狀況，而國外目前也有在使用可以自動擺放交通錐的工程車，如圖 3-26。



圖 3-26 自動擺放交通錐之工程車

而國內外常使用的塑膠注水式護欄，雖然注水後亦有一定的重量，但對於車輛撞及的承受度遠不及混凝土或金屬護欄，只能有縱向導引與分隔之功能，雖然對於駕駛人是較為寬容的設施（撞到後比較不會受傷），但對於施工人員沒有辦法達到保護的功用，所以仍視狀況選擇適合的護欄。

## 五、弱勢用路人（Vulnerable Road Users，VRU）

### （一） 弱勢用路人

弱勢用路人指的是缺乏外部保護的人，包含行人、自行車騎士、大眾運輸的使用者，但不包含機車騎士（仍為機動車輛）。要當一名「行人」不像車輛駕駛人須要經過考試，所以我們無法假設所有 VRU 都有足夠的交通安全概念與知識。此外，講師也特別提出，「分心」已成為所有道路使用者在交通安全上的主要影響因素之一，例如：使用手機。

弱勢用路人也是由不同的群體組成，如年長者、幼童、孕婦等，每個人的生理條件亦不相同，包括視力、聽力的差異，反應時間的快慢、注意力的高低、行走的速度、有限的認知能力等，尤其人類對於外部力量的承受度有限，當發生事故時，傷亡最嚴重的往往都是弱勢用路人，所以當交通工程師規劃時，需要將 VRU 的能力及需求納入考量，講師亦提供有關 VRU 的設計指引或規範，如圖 3-27。

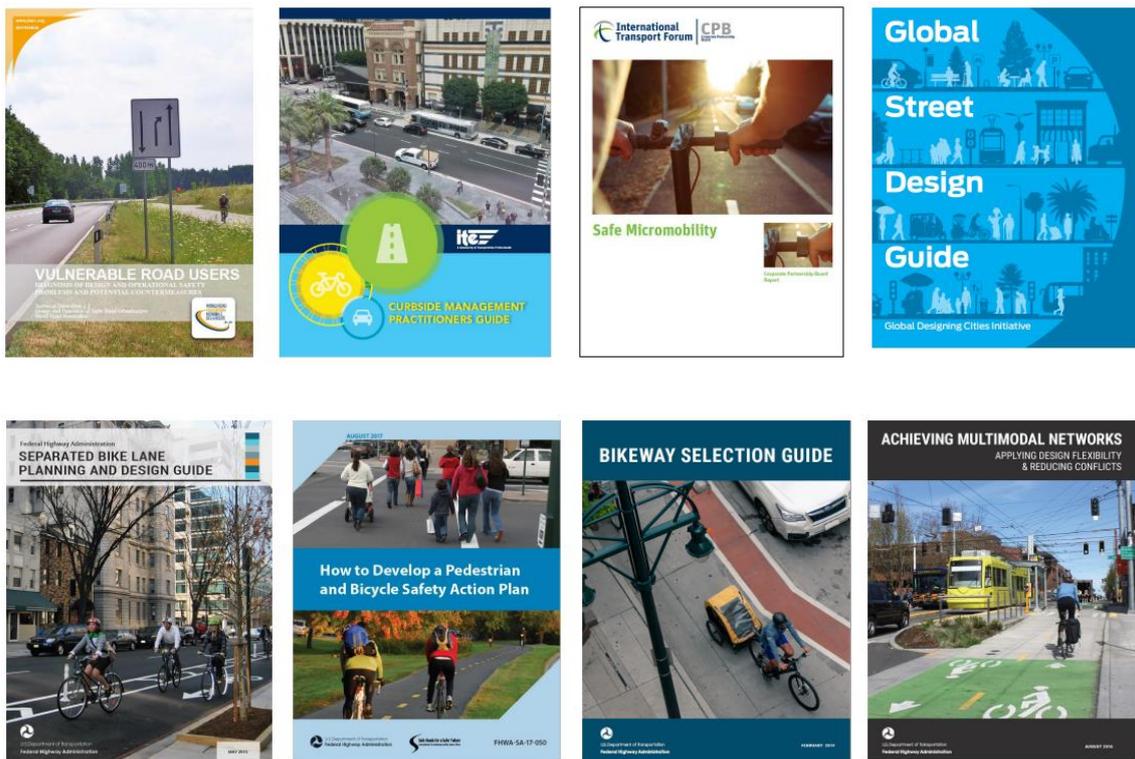


圖 3-27 VRU 的道路規劃設計參考文件

## 速度管理

當人被時速 50 公里/小時的車輛撞及時，其受力等同於 10 公尺高的自由落體，但行人往往沒有意識到車輛以這個速度（或更高）從旁經過的危險性，所以改善行人安全最有效的方法就是執行「動能管理」，而當中的一個方式就是減少車輛與行人之間的速度差異，例如時速 50 公里/小時車輛之煞停距離即為時速 30 公里/小時車輛之 2 倍；另在不同速度下，駕駛人之視野範圍也會隨著距離提高而縮小，行人的存活率也隨之降低，如下圖 3-28。

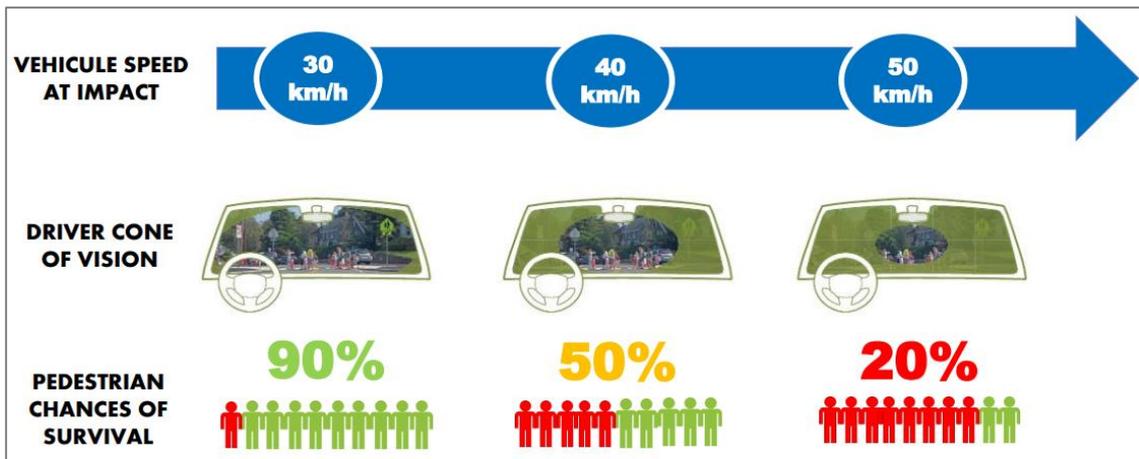


圖 3-28 速度對於駕駛人視野之差異性與行人存活率之關係

講師所整理出幾個可以增進行人安全之方案如下：

1. 速度管理：根據道路層級與實際交通狀況調整速限，例如在學校、商業區、行人區、醫院、公車站、行人穿越道周邊降低速限。
2. 善用標誌與標線：確保駕駛人可以瞭解周邊環境狀況，例如設置學校、醫院等標誌。
3. 物理性的隔離：將行人、汽車、機車、自行車騎士等分流，例如設置地下道、路側防護設施、自行車道、機車專用道。
4. 增加視距：確保可以使駕駛人可清楚看見道路上之 VRU，例如增加照明、清除道路周邊不必要之障礙物。
5. 建置適當的基礎設施：提供給 VRU 可安全行走的地方，例如足夠寬敞的人行道，並確保沒有障礙物、排水良好、照度充足。

### 自行車騎士

騎乘自行車亦不需要通過任何考試，而部分自行車騎士無視交通法規，在大多數與車輛碰撞的事故中，自行車騎士有 50% 的肇事責任，多為不遵守標誌之規定、逆向行駛等，且兒童騎士對於自行車之控制力以及危險的意識都較為薄弱。

造成自行車騎士發生事故的一個特殊狀況，係路邊停車的駕駛人突然開車門，導致反應不及撞上，所以對於路邊停車開門的空間規劃，也是在道路設計時必須考

量的要素之一，開門空間至少要有 3 英尺（約 92 公分）的寬度，車道配置示意如圖 3-29。



圖 3-29 友善自行車騎士的車道配置示意圖

## 年長駕駛

已開發國家的人口成長正逐漸老化，且人類壽命不斷增長，人口老年化的比例會越來越高，而開車是可以維持獨立生活以及與社會聯繫的必要條件。通常在事故統計資料中較少看到年長駕駛的事故，是因為其曝光度較低（行駛里程短），若進行曝光度的調整後，70 歲以上的駕駛發生事故的比例則大幅增加，而年長者發生事故後所造成的死亡風險也比年輕人高出 3 倍，且涉及年長者駕駛的事故，所造成其他道路使用者的死亡率也更高。

年齡增長後對於駕駛判斷或反應都會逐漸不敏感，或需要更多的時間，導致年長駕駛無法快速的做出正確的反應。在身體部分，其力量、靈活度（身體疾病），都會造成其協調能力下降；在知覺部分，其視覺能力退化，造成視力不佳、對對比度及眩光的敏感性都降低；而在認知部分，則會有記憶力下降、選擇性注意及分心的狀況。所以在道路設計時，必須將年長駕駛的使用狀況考量進去，例如增加照明、放大標誌與號誌、在交通量大的路口設置更多的保護時相、加強人車分流等隔離設施，以降低年長駕駛發生事故的機會。

## 年長行人

通常要通過一個路口，需要經由路線規劃、觀察交通情況、判斷（車輛的距離、速度、移動方向）以及決策等四個步驟，而年長者行走在交通環境中其實是很危險的，因為其視力和聽力較為退化、注意力較低且行走速度慢，且在行走的過程中常需要注意路面避免遭絆倒，而有些人為了保持平衡所以走得更慢更謹慎，所以導致其專注力並不會完全注意周邊環境。導致年長者發生事故的原因如下：

- 間距判斷：當車輛接近時的距離與間隔
- 注意力：分心時踏出人行道至道路上
- 視覺搜索：注意看號誌而未注意車輛
- 期待：預期駕駛人會禮讓
- 匆忙：等待後不耐煩的過馬路，或是從停等中的車陣穿越

不同年齡差距的步行速度差異很大，60 歲以上的年長者步行速度中位數約為 1.28 公尺/秒，所以仍有一半的年長者步行速度更慢，而道路設計應用第 15 百分位的速度（每秒 0.9 至 1 公尺）來規劃。另在號誌轉換為綠燈時，年長者起步的時間約為 2.48 秒，年輕人約為 1.93 秒。

## 殘疾行人

除身體殘疾會影響行人在道路上的安全外，亦有其他身體上或精神上的狀況會影響該類行人的安全，例如：視障、聽障、智力障礙、文盲等。交通工程師在設計道路時，應為殘疾人士所考量之要素如下：

- 輪椅的寬度
- 使用防滑表面及充足的照明
- 坡度不超過 5%，路緣不高於 1.5 公分
- 利用行人主動號誌
- 減少物理障礙（變電箱、電線桿、垃圾桶等）
- 設定足夠的通行路口的時間

- 在路口處設置觸覺導引或聲音信號導引

## 兒童行人

改善兒童行人安全通常不是將道路上之提示內容給兒童看，而是給駕駛人看，通常駕駛人在經過兒童較多的區域時，車速都已經有降低，但仍然會比實際規定的速度來的高，所以在學區、公園或其他兒童較多的區域時，速度管理是非常重要的管理手段，並可搭配設置 LED 號誌或其他燈光來提醒駕駛人減速。

### (二) 交通寧靜化 (Traffic Calming)

設置的主要目的是對社區巷道進行交通管制措施，改變汽機車駕駛人的行為，降低車速、減少車流，提升當地居民生活品質與交通安全。通常適用於速限 50 公里/小時以下的道路，常設置減速墊 (Speed Humps)、路口升高 (Raised Intersections)、彎道 (Chicanes) 迫使車輛減速，或是利用路緣延伸 (Curb Extension)、窄點 (Pinch-Points)、路邊停車 (On-Street Parking) 來縮減道路寬度，亦可達到使車輛減速之目的。

## 道路瘦身 (Traffic Diets)

道路瘦身之定義係重新進行車道分配，以平均分配適當的車道給不同的用路族群，例如：轉彎車道、自行車道、更寬敞的人行道，以滿足所有道路使用者的需求，示意如圖 3-30。美國聯邦公路管理局 (Federal Highway Administration, FHWA) 也曾表示道路瘦身是一種有效的安全改善政策。



圖 3-30 道路瘦身前、後示意圖

### 強化路口改善

不論是在何處的交叉路口，都應提供安全與舒適的設置，使用路人可以安全地通過路口，行人穿越道的設置亦應考量車輛有足夠的停等空間，並且鼓勵駕駛人停、讓的行為。號誌控制是一項非常好的管理手段，可有效的分配不同行向的通行時間，也可避免衝突，也可為所有使用者提供一個可預測的安全環境。但西雅圖一項 2015 年的研究指出，在左轉時所產生的事故，行人佔 49%、自行車佔 26%，而右轉時的事故，行人佔 21%、自行車佔 24%；車輛在轉彎時會產生盲點，尤其是大型車輛亦有內輪差之狀況，所有道路使用者在路口時須更加注意周遭狀況。

## 六、道路安全風險診斷方法 (How to Diagnose Road Safety Risks)

### (一) 道路安全審核 (Road Safety Audits, RSA)

道路安全審核係指由獨立且合格的審核員或審核員團隊對道路或交通計畫進行正式的道路安全檢查，為所有類型的使用者提出該交通計畫之事故可能性和安全績效報告。值得注意的是，道路安全審核不是對設計或設計團隊的批評，亦非內部同行評審或非正式流程，更不是檢查是否遵守標準和規範，而審核員認識到設計團隊亦可能存在利益衝突。

進行道路安全審核前必須有「道路使用者常犯錯」的認知，如開車時使用手機、未能注意到停車標誌或紅綠燈或未停車、疲倦時開車而難以保持清醒、駕駛速度超過限速 20 公里/小時、不小心駛離了預定的行駛路線等。在道路設計過程唯有承認、預測和面對這些道路使用者常犯的錯誤，並融入道路設施之配置中，方能確實提供一安全的交通系統環境。其目標包含：

- 最大限度地減少因設計缺陷可能導致道路碰撞事故的風險和嚴重程度。
- 確定所有道路使用者潛在的道路或交通安全問題。
- 最大限度地減少補救工作的需要。
- 降低計畫的生命週期成本。
- 提高參與計畫的每個人的安全設計實踐意識。

道路安全審核可依道路生命週期分為以下 6 階段，計畫變更的可能性會隨資訊可用性增加而下降。

1. 可行性或規劃階段審核（概念設計），項目包含：

- 道路的功能和目的（如機動性與可及性）
- 整體路網和路線（如單線圖）
- 路口幾何形狀（如立體交叉、圓環、號誌化路口）
- 車道數量、通路控制、速度限制
- 預期交通量、容量、道路使用者的類型
- 土地利用整合
- 預期的通過性和當地的運輸活動

2. 初步設計階段審核，項目包含：

- 道路性能預期措施（如成本估算、服務水準、事故和傷害預測）
- 替代方案比較
- 可用於檢查技術可行性的工程圖說（如幾何平面圖、縱剖面圖和橫斷面圖）

3. 細部設計階段審核，項目包含：

- 發布施工圖說
- 招標圖說包括每一個細節
- 與初步設計的比較

- 有關交通控制裝置、路面標記、標誌等更多詳細資訊（如路邊防護設施、照明、排水）
  - 若已進行初步設計審核，通常沒有必要重新審視基本的幾何問題
4. 施工階段工作區審核，項目包含：
- 審核圖說、參觀工作區和正在進行的工作區（兩者皆進行為佳）
  - 隨著工作的進展，通常會進行一系列審核
  - 許多導致死亡的交通事故發生在施工區（占美國所有事故死亡人數的 2%，即每年超過 700 人）。
  - 大多數施工區死亡者為道路使用者，而非工人
  - 人為因素是施工區審核的重點
5. 通車（營運）前審核，項目包含：
- 施工缺陷
  - 與原始設計的差異
  - 路側安全和交通控制設施
  - 標誌和標線
  - 意外的人為因素問題
  - 分別在白天和夜間進行檢查，以識別特定危害
6. 通車（營運）後/服務中審核（道路安全檢查，Road Safety Inspection，RSI），項目包含：
- 查看事故歷史記錄
  - 檢視與人為因素相關之行為與衝突
  - 識別關鍵風險因素及改進機會
  - 作為系統檢查計畫的一部分，審核時間點通常在：
    - ✓ 計畫完成後 1-2 年
    - ✓ 確定為事故多發地點後
    - ✓ 修復工作之前

### 道路安全審核啟動時機

- 所有具有一定價值的計畫
- 所有容易發生碰撞的位置
- 所有具有特定功能的計畫
- 地方政策可對上述計畫可提供準則
- 系統、定期的審核流程

表 3-8 例行審核與複雜審核比較

項目	例行審核	複雜審核
範圍	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 號誌化路口</li> <li>• 都市路廊（1-4 公里）</li> <li>• 鄉村路口</li> <li>• 鄉村路廊（1-20 公里）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 高速公路、立體交叉橋</li> <li>• 多重工作區</li> <li>• 高密度行人或騎自行車區域</li> <li>• 城市路廊（&gt; 4 公里）</li> <li>• 農村路廊（&gt;20 公里）</li> <li>• 快速公車路廊</li> </ul>
團隊	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 兩人即可，但兩人皆應具備道路安全經驗</li> <li>• 至少一位工程師</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 需要考量其他專業的團隊成員，如幾何設計、交通管理與 ITS、慢行交通、人為因素、執法等</li> </ul>
成效	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 每個階段 2 至 10 人日</li> <li>✓ 啟動會議</li> <li>✓ 實地考察</li> <li>✓ 文件分析</li> <li>✓ 報告</li> <li>✓ 調查結果會議</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 每個階段 10 至 40 以上人日</li> <li>✓ 啟動會議</li> <li>✓ 實地考察</li> <li>✓ 文件分析</li> <li>✓ 報告</li> <li>✓ 調查結果會議</li> </ul>

### 道路安全審核流程

1. 確定計畫
2. 選擇團隊成員
3. 召開啟動會議
4. 進行現場審查
5. 進行分析並準備報告
6. 向計畫業主報告調查結果
7. 準備正式回應
8. 整合研究結果

## 名義安全與實質安全(Nominal vs Substantive Safety)



圖 3-31 名義安全與實質安全概念比較

表 3-9 名義安全與實質安全於交通工程設計案例比較

名義安全 (Nominal Safety)	實質安全 (Substantive Safety)
 <p>1<sup>st</sup> Step</p>	 <p>2<sup>nd</sup> Step</p>
<p>先進警告標誌(按設計標準常規道路警告標誌)</p>	<p>雙重超大標誌 = 事故發生率↓ 35%                      頭頂黃色閃光 = 事故發生率↓ 25%</p>

撰寫道路安全審核報告時，應避免評判性語言，如「缺乏」、「監督」、「不合格」、「不安全」、「忽視」；並且儘量使用建設性或事實性語言，如「情況 X 存在此類碰撞類型的風險」、「由於情況 A 而存在傷害風險 B 或嚴重程度 C」、「方法 XYZ 可以提高安全性」、「研究顯示，方法 123 會帶來好處 456」等。

表 3-10 審核期間尋找行人風險之重點

行人活動	審核項目	尋找風險重點
行人沿著道路行走	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 在右側</li> <li>• 在左側</li> <li>• 在路肩上</li> <li>• 行動不便的行人</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 行人期望路線</li> <li>• 視線障礙</li> <li>• 駕駛員主要注意力（視野）</li> <li>• 違反駕駛員或行人預期</li> <li>• 照明條件</li> <li>• 排水條件</li> <li>• 穿越距離</li> <li>• 避難機會</li> <li>• 通過車速和車速影響</li> <li>• 轉彎車輛速度</li> <li>• 可用性缺口</li> <li>• 同時允許的衝突動線</li> </ul>
行人穿越路口	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 有或沒有路權</li> <li>• 被直行車輛撞倒</li> <li>• 被轉彎車輛撞倒</li> <li>• 被進出車輛撞倒</li> </ul>	
行人穿越路段中央	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 在指定的路口地點</li> <li>• 指定地點外</li> </ul>	
行人在道路外活動	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 公園和遊樂場</li> <li>• 學區</li> <li>• 商業活動</li> <li>• 醫院、老人院等</li> </ul>	

表 3-11 審核期間尋找騎乘自行車者之風險之重點

自行車狀態	審核項目	尋找風險重點
騎乘自行車與卡車相撞	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 卡車轉彎動線</li> <li>• 卡車車道變更</li> <li>• 卡車盲區中的騎自行車者</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 騎乘自行車者期望路線</li> <li>• 騎自行車者的行為和可能的違規行為</li> <li>• 騎自行車者逆向騎行</li> <li>• 視線障礙</li> <li>• 駕駛員主要注意力（視野）</li> <li>• 違反司機或騎車人預期</li> <li>• 照明條件</li> <li>• 排水條件</li> <li>• 通過車速和車速影響</li> <li>• 轉彎車輛速度</li> <li>• 可用性缺口</li> <li>• 同時允許的衝突動線</li> </ul>
騎乘自行車者沿著道路騎行	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 自行車設施的可用性</li> <li>• 自行車設施類型</li> <li>• 開門（路邊停車）</li> </ul>	
騎乘自行車者穿越路口	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 在路口</li> <li>• 遠離路口</li> </ul>	
與轉彎車輛發生衝突	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 車道上</li> <li>• 右轉和左轉</li> <li>• 雙向自行車道</li> </ul>	

## (二) 風險定義和衡量

定義風險所需之資料包含已顯現的潛在風險、可能出現負面結果的嚴重性和概率、不符合安全標準或參照點等三類資料，在資料應用上須謹慎注意兩重點，一為可被量測的資料就必須有所整理，經整理過的資料才可用；二為並非所有重要的事情皆可被量測，故並非所有被量測的資料都重要。

### 風險之所在及其衡量因素

就公路運輸而言，可能的風險存在於道路使用者、基礎設施、車輛及事故發生後的應變等四面向，各面向風險的決定因素與影響，及衡量風險所需之資料整理如下表。

表 3-12 衡量風險所需資料

風險存在面向	風險決定因素與影響	衡量風險所需資料
道路使用者	<ul style="list-style-type: none"><li>• 監理和執法環境</li><li>• 培訓和技能</li><li>• 知識和理解</li><li>• 信念和態度</li><li>• 年齡和性別</li><li>• 情感與文化</li><li>• 物理限制</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 速度</li><li>• 合規性</li><li>• 注意力集中或分心</li><li>• 間隙接受</li><li>• 危險駕駛</li><li>• 使用約束裝置、頭盔等。</li><li>• 酒後駕駛</li></ul>
基礎設施	<ul style="list-style-type: none"><li>• 設計準則</li><li>• 工程文化和案例</li><li>• 養護標準</li><li>• 路側設施</li><li>• 預算和支出執行狀況</li><li>• 環境因素</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 星級評等系統 (iRAP)</li><li>• 具體條件評估 (例如護欄)</li><li>• 道路安全審核</li><li>• 事故資料</li><li>• 替代資料</li></ul>
車輛	<ul style="list-style-type: none"><li>• 監理、標準和執行</li><li>• 新興技術-安全設備</li><li>• 消費者偏好</li><li>• 車隊周轉率</li><li>• 維護和檢查要求</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 車輛安全星級評級系統</li><li>• 卡車尺寸和重量合規性</li><li>• 遵守維護法</li><li>• 檢查結果</li></ul>

風險存在面向	風險決定因素與影響	衡量風險所需資料
事故發生後的應變	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 獲得緊急服務</li> <li>• 急救培訓和技能</li> <li>• 危險物質洩漏</li> <li>• 應急設備可用性</li> <li>• 易於接近車輛和受害者</li> <li>• 次要風險因素(交通、火災等)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 車輛和受害者安全設備</li> <li>• 緊急服務的可用性</li> <li>• 緊急響應延遲</li> <li>• 現場院前護理能力</li> <li>• 適當的醫院護理(創傷中心)</li> </ul>

## 事故資料基本概念

道路安全資料為改善方案之依據，故其事故資料具有以下特點：

- 不能是軼事或聳人聽聞的訊息
- 必須是可衡量的、穩健的和客觀的
- 可應用於識別和量化問題領域
- 可作為研擬改善方案之依據
- 可提供道路安全專業人員評估解決方案的有效性

表 3-13 事故資料使用和課題

積極面（優點）	消極面（課題）
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 資料有助於了解問題的規模和特徵</li> <li>• 有助於了解正在取得哪些進展及是否成功</li> <li>• 有助於確定是否需要對改善方案進行調整</li> <li>• 最終幫助決策者選擇優先干預措施</li> <li>• 增加安全促進措施的應用和遵守</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 樣本數通常不足以在統計上有效</li> <li>• 存在事故資料未揭示的隱形潛在風險因素（特別是弱勢使用者）</li> <li>• 源頭存在資料記錄錯誤</li> <li>• 不精確的診斷和不完整的訊息</li> <li>• 存在比事故發生（虛驚事故）更多的風險</li> </ul>

風險評估所需資料類型如下：

- 事故相關元素（地點、日期、時間、類型等）
- 道路資料元素（功能、幾何、速度限制等）
- 車輛資料元素（類型、功能、操縱等）
- 人員資料元素（使用者類型、傷害、損傷等）

上述資料可作為事故原因分析（速度、設計、天氣、能見度等）之基礎，用以發展降低未來風險所需的改善措施類型，亦有助於法律方面（如立法、處罰、公共風險等）或制定事故相關資料指標及其他關鍵績效指標之參考。

事故紀錄的生命週期及其資料處理內容如下表所示。

表 3-14 事故紀錄的生命週期及其資料處理內容

背景資料	事故事件資料	事故事件資料	資料庫	資料時效性
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 基礎設施</li> <li>• 能見度</li> <li>• 交通量</li> <li>• 使用者類型</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 天氣</li> <li>• 標誌/標記</li> <li>• 車輛/弱勢道路使用者</li> <li>• 現場圖</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 報告架構</li> <li>• 寫作技巧</li> <li>• 事件條件</li> <li>• 報告重點</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 資料庫類型</li> <li>• 輸入條件</li> <li>• 內部規則</li> <li>• 倫理與使用權</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 計算機</li> <li>• 法規</li> <li>• 維護</li> <li>• 資料結構</li> </ul>

### **MMUCC (Model Minimum Uniform Crash Criteria) 指南簡介**

MMUCC，係由 NHTSA 與 GHSA 共同編纂的交通事故資料規範，為機動車輛事故的資料元素集合，內容資料描述人物、地點、時間、方式、內容和原因，主要以全面的方式記錄事故期間和之後發生的情況，以便用於決策目的。

表 3-15 MMUCC 指南架構

事故層級	車輛層級	人員層級	道路層級	其他
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 日期、時間</li> <li>• 地點</li> <li>• 事故類型</li> <li>• 天氣、光線</li> <li>• 道路類型</li> <li>• 嚴重性</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 類型和型號</li> <li>• 行駛方向</li> <li>• 交通</li> <li>• 等級</li> <li>• 交通控制開發</li> <li>• 車輛損壞</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 人員資料</li> <li>• 受傷狀況</li> <li>• 其他涉及的</li> <li>• 約束系統</li> <li>• 駕駛員資料</li> <li>• 違規代碼</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 基礎設施</li> <li>• 曲率、坡度</li> <li>• 道路功能</li> <li>• AADT</li> <li>• 訪問控制</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 致命部分元素</li> <li>• 大型車輛和危險物品</li> <li>• 非駕駛者元素</li> </ul>

### (三) 黑點辨識和管理

由於過去總是針對觀察到明顯存在的事故或過去的事故型態問題，因此界定道路安全問題的方法較為被動（Reactive Approach），而這些被篩選出來的高風險區域或地點則稱為「熱點」（Hot Spot）或「黑點」（Black Spot）。被動性黑點研究步驟說明如表 3-16 所示。

而相對於被動方法，主動方法（Proactive Approach）則使用安全績效函數（Safety Performance Functions, SPFs）來判定區域內預期事故次數或事故頻率較高的位置，可用於決定待改善地點的優先順序。之所以稱為「主動方法」，是因為該方法目的是解決潛在的風險，而不是已發生的問題；換言之，主動方法不是在特定位置管理風險，而是採取更廣泛的觀點並評估整體道路系統的風險。

表 3-16 被動性黑點研究步驟

黑點識別	問題診斷	研擬改善對策	確定優先順序並實施	後續評估
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 事故發生率</li> <li>• 事故發生頻率</li> <li>• 事故嚴重性指數</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 事故型態</li> <li>• 事故類型</li> <li>• 傷害類型</li> <li>• 當地條件</li> <li>• 風險因素</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 幾何設計</li> <li>• 槽化</li> <li>• 速度限制</li> <li>• 交通控制設備</li> <li>• 路側設施</li> <li>• 能見度、視距</li> <li>• 路面</li> <li>• 排水</li> <li>• 照明</li> <li>• 標誌和標線</li> <li>• 弱勢道路使用者分離</li> <li>• 減速標線</li> <li>• 維護</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 風險降低因素</li> <li>• 效益估計</li> <li>• 成本估算</li> <li>• 成本效益分析</li> <li>• 成本效益審查</li> <li>• 定義優先順序</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 設定基準</li> <li>• 交通特性</li> <li>• 分析期</li> <li>• 測量方法</li> <li>• 績效指標</li> <li>• 環境變化控制參數</li> <li>• 事故遷移</li> <li>• 統計分析</li> </ul>

## 系統方法和組合方法

基礎系統方法認為，僅憑事故資料並不足以確定要實施的對策。尤其在低交通量的地區和鄉村道路，此類道路事故密度較低，且車輛與弱勢道路使用者之間僅在特定地點會產生衝突。而系統性改善措施旨在對事故類型或風險因素與特定道路或交通要素相關的所有路段實施一套特定交通安全對策。區位分析不是僅依據某位置的事故頻率或發生率，而是基於對哪些路段可藉由改善措施以減輕風險因素或事故類型的分析。不同方法的比較如表 3-17。

表 3-17 不同方法的比較

正式詳細的檢查	對局部問題的被動分析	標準化證據驅動流程
道路安全審核	黑點研究	iRAP 計劃
<ul style="list-style-type: none"><li>• 由獨立審核員或審核員小組進行正式的安全績效檢查</li><li>• 可以在計畫的不同階段完成（RSA 階段）</li><li>• 改善設計或計畫元素的建議</li><li>• 包括路側和中央分隔帶的安全性能</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 高事故集中地點識別</li><li>• 通常在 500 m 長的路段或路口</li><li>• 需要涵蓋 3 年以上受傷或死亡的資料</li><li>• 嚴重性指數、事故傾向指數（API）和加權嚴重性指數（WSO）的估計</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 預防傷害和死亡的可靠、基於證據的策略</li><li>• 檢查高風險路線，提供星級、風險地圖和安全投資計畫</li><li>• 追蹤道路安全績效</li><li>• 為當地社區提供培訓、技術和援助</li></ul>

每種方法都有其自身的優點和局限性，但無論是哪一種方法，共同目標皆是減少道路傷害。因此，採用組合方法，可同時具有傳統方法和主動方法的特性，例如結合 RSA 和 iRAP 即稱為道路安全審核星級（SR4RSA），其優點如下：

- 利用道路安全審核員的經驗和獨立性，根據在事故資料和證據建立標準。
- 產生客觀的風險指標來估計死亡和重傷情況
- 能夠對安全對策和建議進行經濟分析
- 可以在計畫的設計、建造和通車前的所有階段進行
- 確保在審核過程中特別考慮弱勢道路使用者及車輛乘客



圖 3-32 道路生命週期中的組合方法

#### (四) 道路安全星級系統 (Star Rating System for Road Safety)

##### iRAP 簡介

國際道路評估計畫 (International Road Assessment Program, iRAP) 致力於消除全世界的高風險道路以挽救生命，該組織與各國政府、道路管理權責機關、交通組織、開發銀行、非政府組織和研究組織合作，主要檢視高風險道路並制定星級評等、風險地圖和更安全的道路投資計畫，並提供培訓、技術和支援，以建立和維持國家、地區和當地的能力，進而追蹤道路安全績效，以便資助機構可以評估其投資收益。

其風險地圖使用詳細的事故資料來說明道路路網上的實際死亡和受傷人數，星級評等系統 (Star Ratings) 則提供道路設計一簡單而客觀的安全衡量標準；而更安全的道路投資計畫 (Safer Roads Investment Plans, SRIP) 借鑒了大約 90 個經過驗證的道路改善方案，以產生可負擔且經濟合理的基礎設施方案，最後，其績效追蹤允許使用星級和風險地圖 (如圖 3-33) 來評估高風險路網。

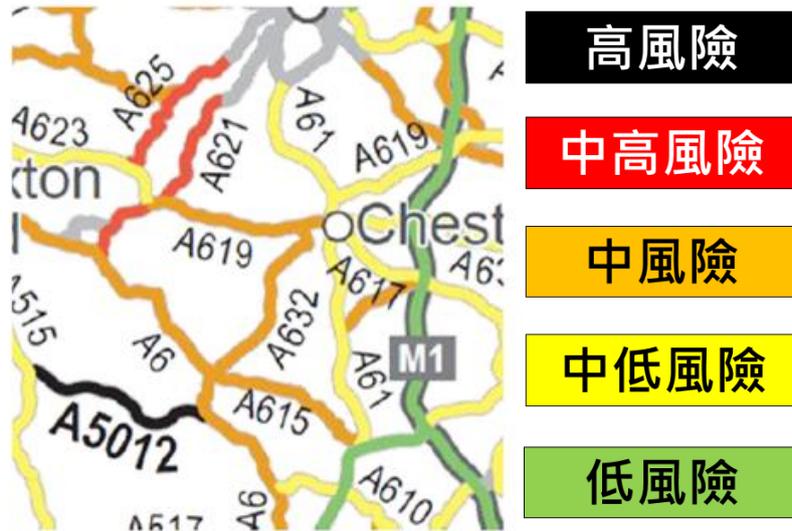


圖 3-33 風險地圖案例

### iRAP 星級評等系統

星級評等系統涉及對道路基礎設施屬性的檢查，這些屬性已知會影響事故發生的可能性及其嚴重程度。道路安全從業人員則根據道路預設的安全級別授予 1 至 5 顆星，最安全的道路（4 星和 5 星）具有適合當前交通速度的道路安全屬性。

### iRAP 更安全的道路投資計畫

為改善對策優先順序清單，可以成本效益提高星級評級並降低與基礎設施相關的風險。對改善對策的經濟分析，係將實施改善對策的成本與其實施所導致的事務成本降低進行比較。而投資計畫包含廣泛的規劃和工程資訊，例如路網 100 公尺路段的道路屬性記錄、改善對策建議和經濟評估。

### iRAP ViDA

ViDA 是一套線上軟體，用於計算和管理星級、死亡率估計、投資計劃和績效評估，允許使用者以各種方式過濾評估並查看績效資料。

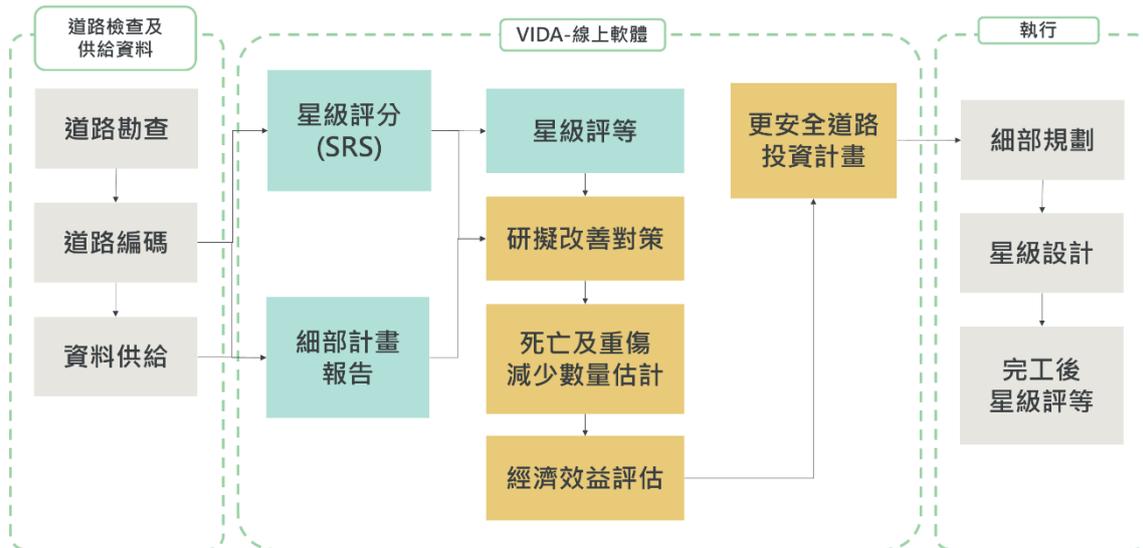


圖 3-34 iRAP 星級評等和 SRIP 流程



圖 3-35 星級評等系統案例

### (五) 預測方法與人工智慧 (Artificial Intelligence, AI) 之應用

當風險難以準確理解時，就會變得難以緩解。例如道路安全從業人員，常常不知道事故是隨機的還是代表潛在的風險，或是不知道該地區還存在哪些其他風險因素，甚至投入資源進行改善後，也不確定是否能確實減少事故風險。

事故資料也往往因為其資料樣本數低，以及準確性較差的特性，無法讓道路

安從業人員有效利用。尤其是故具有隨機性，道路上實際存在的風險或虛驚事故（Near Miss），遠遠比已發生事故所顯現的問題還要來得多；再加上事故資料與相關報告在碰撞動態的細節上，往往較少著墨，因此僅透過死亡事故統計來衡量道路風險並不可靠。

### 衡量碰撞風險的其他方法

- 碰撞時間（Time-To-Collision，TTC）：兩條道路使用者軌跡相交之前的預計剩餘時間。
- 後侵占時間（Post Encroachment Time，PET）：從一名道路使用者清除衝突區域開始到衝突的道路使用者進入同一區域時結束所經過的時間。
- 安全系統變異（Safe System Variants）：TTC 和 PET 的變異可使用速度、撞擊角度、質量和道路使用者類型，依據嚴重傷害的潛在碰撞風險進行分類。

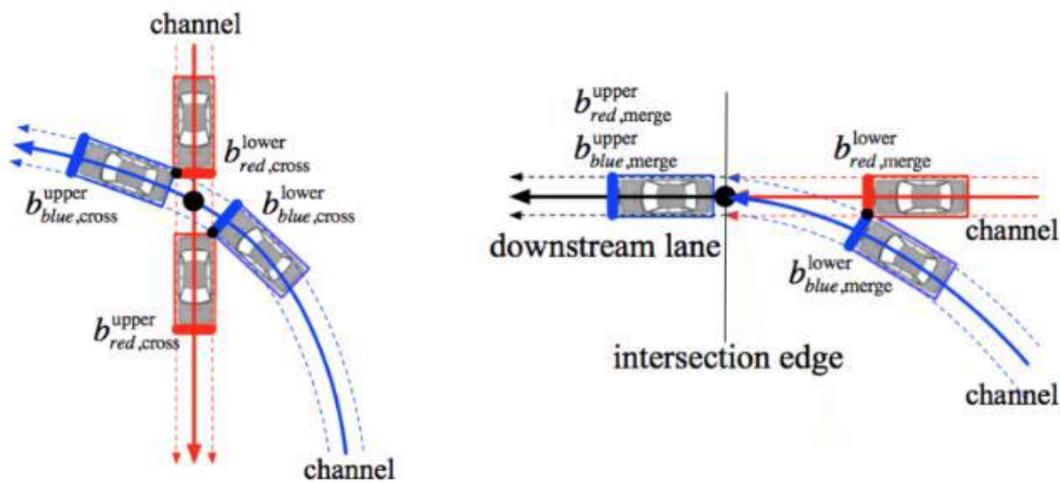


圖 3-36 碰撞風險評估示意圖

有別於傳統上僅分析事故資料的被動方法，透過電腦演算方式與現有的技術與設備，如閉路電視攝影機（Closed-Circuit Television，CCTV），可針對虛驚事故進行主動式的風險診斷（如圖 3-37），自動將軌跡轉換為有意義的判斷資訊，以協助進行風險評估及安全決策。

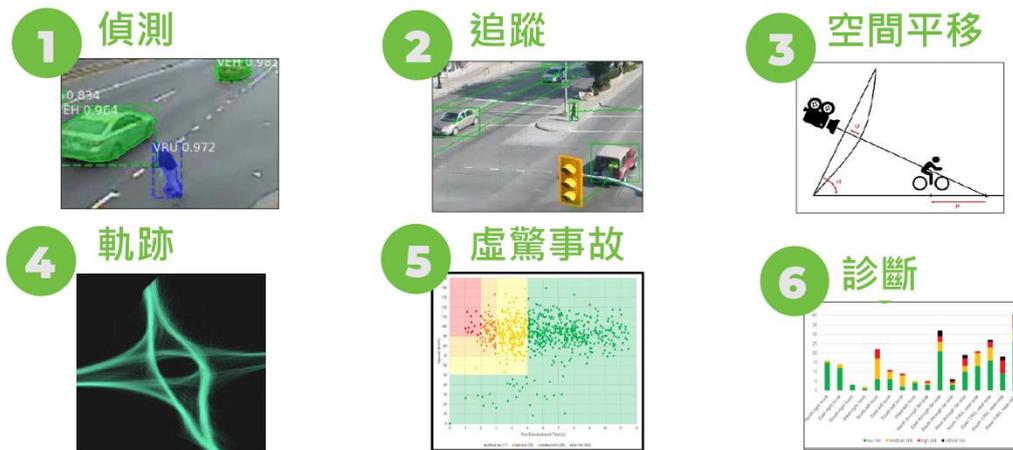


圖 3-37 分析程序

### 虛驚事故

所謂虛驚事故，用來指稱「差一點發生、有驚無險的事故」，這些事件通常不會在現場留下任何痕跡，因此也不會在事故資料中留下任何資訊。要觀察虛驚事故，可透過電腦來追蹤衝突軌跡，並紀錄所有運具的交通動線，以利評估潛在風險及動能轉移的可能性。

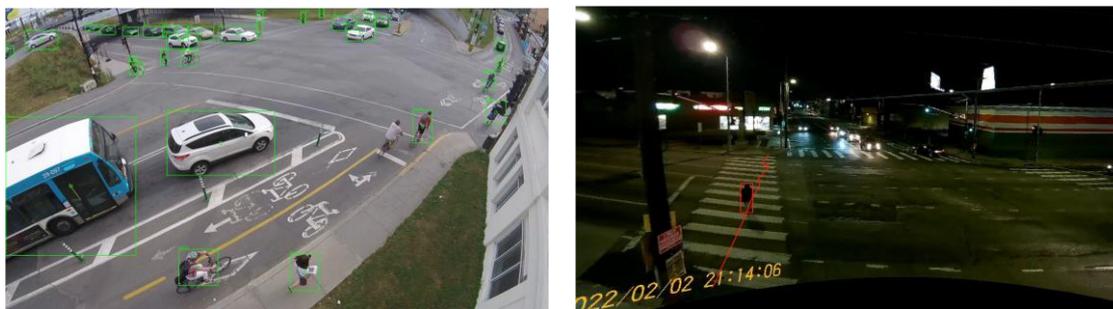


圖 3-38 觀察虛驚事故

目前加拿大已有業者透過 AI 技術，精準診斷並量化道路上的風險，釐清各類型道路使用者的安全風險，提出降低風險的對策；以及分析虛驚事故或碰撞事故的影片，瞭解次事件發生的根本原因；甚至可進行事前與事後比較研究，評估道路安全改善的效益。相較於傳統分析事故資料的方法，其效率及有效性皆大幅提升。

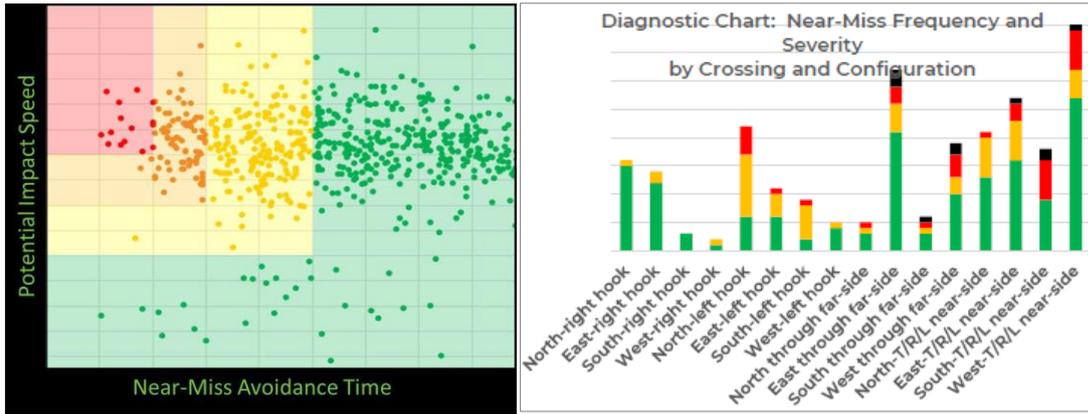


圖 3-39 識別關鍵風險事件及風險最高之行車狀態

Site rate of high-risk conflicts for west crosswalk pedestrians Vs. northbound left vehicles	1.0%
Regional benchmark rate for signalized arterial protected permissive	0.2%
<b>Relative Risk</b> (site rate / benchmark rate)	<b>5X</b>

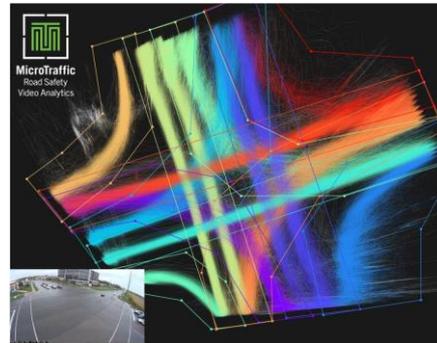


圖 3-40 分析相對風險

未來透過影像分析，可望作為路網篩選計畫之替代方法，只要在路口依序部署相關設備，道路管理單位便能瞭解所有高風險的路口或路段位置，並排定投入改善資源的優先順序，而大型的資料庫更可作為其他預測模型之參考，

## 肆、 建議

本次參與國際道路協會辦理之線上訓練課程「道路安全設計：提供用路人安全的道路環境」內容涵蓋零死亡願景、考量人為因素之道路設計、交通控制設施之設置規則與維護原則、路側寬容設計之概念、道路安全措施有效性之評估方法等，對於本會進行公路事故調查及提出運輸安全改善建議皆有所助益，未來應持續派員參與道路安全相關課程與交流活動，並積極關注國內外相關科技應用及法規革新，以提升本會公路事故調查人員之專業知能。另，亦建議參訓人員彙整本次課程內容，向會內同仁進行知識分享，以推廣與道路安全相關之設計理念。

## 參加國際道路協會(IRF)「碰撞分析和道路安全績效」線上課程報告

服 務 機 關：國家運輸安全調查委員會

出 國 人 職 稱：公路調查組首席調查官

姓 名：曾仁松

出 國 人 職 稱：公路調查組調查官

姓 名：陳昌顯

出 國 人 職 稱：公路調查組調查官

姓 名：謝家慧

出 國 人 職 稱：公路調查組副調查官

姓 名：曾婕茵

出 國 地 區：臺灣，中華民國（線上訓練課程）

出 國 期 間：民國 112 年 05 月 02 日至 05 月 11 日

報 告 日 期：民國 112 年 08 月 11 日

建議事項：

	建議項目	處理
1	持續派員參與道路安全相關課程與交流活動，並積極關注國內外相關科技應用及法規革新，以提升本會公路事故調查人員之專業知能。	<input type="checkbox"/> 已採行 <input checked="" type="checkbox"/> 研議中 <input type="checkbox"/> 未採行
2	參訓人員彙整本次課程內容，向會內同仁進行知識分享，以推廣與道路安全相關之設計理念。	<input type="checkbox"/> 已採行 <input checked="" type="checkbox"/> 研議中 <input type="checkbox"/> 未採行