

郊區二車道公路禁止超車區 超車道佈設方法¹

GUIDELINES FOR PASSING LANES ON NO-PASSING ZONES OF TWO-LANE RURAL HIGHWAYS

戴佐敏 Melody D. M. Dai²
徐福聲 Crux F. S. Hsu³
陳文琦 Wenchi Chen⁴

(93年9月7日收稿，94年1月24日第一次修改，94年6月6日
第二次修改，95年2月10日定稿)

摘 要

本研究利用澳洲開發的 TRARR 車流模擬模式，針對郊區二車道公路的禁止超車區，發展一系列不同道路幾何與交通特性下的跟車百分比變化曲線。使用者只需取得縱坡度、平曲線半徑等道路幾何資料，並決定改善路段沿線的雙向設計小時流量、方向分布、重車比率與期望跟車百分比（服務水準）等道路交通特性，即可應用本研究所建立的跟車百分比變化曲線獲得沿線超車道的建議設置位址、長度與間距。本研究發展的超車道佈設方法，特性為使用簡單、適用於各種道路幾何與交通狀況，以及容易配合工程成本與工程可行性進行調

-
1. 本研究為前臺灣省公路局（今交通部公路總局）委託計畫「郊區二車道公路超車道設置準則」之部分研究成果。感謝該局於經費與資料蒐集上的支持與協助，以及計畫審查委員所不吝賜予的寶貴意見，使得本研究得以順利完成。謹此致上研究團隊最誠摯的謝意。
 2. 國立成功大學交通管理科學研究所副教授（聯絡地址：701 臺南市大學路 1 號成功大學交通管理科學研究所）。
 3. 臺北縣政府交通局運輸規劃課課長。
 4. 交通部公路總局規劃組規劃科副工程司。

整等，極具實務應用價值。

關鍵詞：二車道公路；禁止超車區；超車道；跟車百分比；TRARR

ABSTRACT

In this study, we developed practical guidelines for passing lanes under various geometric and traffic characteristics on no-passing zones of two-lane rural highways, whereby a series of car-following percentage curves were developed using the TRARR model. Road authorities can obtain the alternative location, lengths and spacing of passing lanes by applying the car-following percentage curves. The road geometric data that need to be collected include grades and curve radii. The traffic characteristics that need to be determined are the two-way design hourly volume, directional split, percentage of heavy vehicles and expected car-following percentage (level of service). The developed guidelines for passing lanes have the features of easy use and adaptability to various geometric and traffic conditions.

Key Words: *Two-lane highway; No-passing zone; passing lane (overtaking lane); car-following percentage; TRARR*

一、前言

駕駛人在道路上行駛時，如果遭遇的前車車速低於本身期望速率，即有超車需求的產生。由於二車道公路單向僅有一車道，後車欲超越前車必須利用對向車道才能進行超車。因為這種超車機會的供給受限於道路視距與對向車輛間隙 (gap)，一旦視距受限或對向可供超車的車輛間隙不足，道路的超車機會供給將無法滿足駕駛人的超車需求。如果超車需求長時間無法獲得滿足，將使駕駛人感到挫折與不耐。一旦駕駛人不耐久候而冒險進行超車，則可能發生事故。當同向交通需求越高，駕駛人遭遇前方慢車的機遇越多，超車需求將會增加；當對向交通需求越高，可供超車的車輛間隙越少，道路的超車機會供給也將越少。因此當交通需求愈高，駕駛人超車需求無法滿足的情形也愈嚴重。

針對前述問題，將道路拓寬為四車道不失為可行的解決方法。但根據美國 2000 年版公路容量手冊 (highway capacity manual, HCM2000)，二車道公路所能提供的最高雙向流量約為每小時 3200 輛小客車 (3200 pc/h)，四車道公路容量則可達每小時 8800 輛^[1]；可見二車道與四車道公路在運輸能力上有相當大的落差。當交通需求尚未到達需要全線四車道或經費有限時，可考慮於道路適當位置增設超車道，適時提供超車機會來滿足駕駛人的超車需求。如此除能有效提升道路服務水準、改善行車安全、節省工程經費之外，更由於超車道的設置並非全線拓寬，對環境的影響也相對較小。

超車道定義為「為增加超車機會，於傳統二車道公路某個行車方向所增設的車道」^[1]

或「設於二車道公路以提供超車機會的輔助車道」^[2]。其設置目的不外乎提供額外的超車機會以紓解車隊、降低延滯、減少旅行時間、提高安全，以及避免駕駛人長時間處於跟車狀態，提高駕駛過程的舒適感^[3-5]。

最早研究超車道的國家有澳洲、加拿大、印度、瑞典與美國等國家^[5]。過去數十年，美、加、澳等國的官方規範對於超車道的功能與設置條件亦有相關敘述^[6]。許多學者也曾針對超車道設置準則進行探討，但準則中所提的需求、位址、長度與間距等要件皆被視為獨立而分開說明處理，或者研究對象僅針對特定路線^[4,5,7]。事實上，超車道的位址、長度與間距三者息息相關，因此有必要發展一套綜合考量、適用於各種地形且實務上易於應用的超車道設置方法。

本研究的目的是為發展一套使用簡單、適用於各種道路幾何與交通特性的超車道佈設方法。國外經驗顯示，三車道路段若雙向皆可利用中間車道進行超車，則有安全上的顧慮，因此目前已放棄此種設計^[8]。此外若超車道設於二車道公路的可超車路段，將限制對向車流的超車機會。因此本研究將僅針對郊區二車道公路的禁止超車區進行探討。同時所針對之郊區二車道公路為路段中無交叉路口或路旁無重大商業活動干擾車流運作者。交通組成方面，本研究所考慮的車種為大、小客車與大、小貨車四類，機車暫不列入研究範圍。

本研究在考慮跟車狀態車頭間距門檻值、超車道所需最短長度與超車道起終點跟車百分比門檻值後，就各種道路幾何與交通特性組合，發展一系列的跟車百分比變化曲線。使用者可根據研究路段的縱坡度、平曲線半徑等道路幾何資料，以及雙向設計小時流量、方向分布、重車比率等交通特性資料，在決定研究路段的期望跟車百分比後，即可依據本方法求得超車道的建議設置位址與長度。使用者可再依工程成本與工程可行性，儘量避開橋樑、隧道、聚落等施工相對困難的地點。

本文第二節為從二車道公路服務水準與超車道設置準則進行文獻回顧；第三節介紹 TRARR 模式並說明驗證過程；第四節說明跟車百分比變化曲線建立程序；第五節說明跟車百分比變化曲線建立過程與結果；第六節說明超車道設置分析步驟；第七節提出跟車百分比變化曲線的應用範例；最後為結論與建議。

二、文獻回顧

2.1 二車道公路服務水準評估

在雙向二車道公路服務水準概念的發展上，美國從 1965 年版公路容量手冊 (1965 HCM) 開始提出以速率及流量／容量比 (V/C) 來衡量道路的服務品質，而將道路服務水準分為 A 至 F 等六級。但許多學者建議以其他指標來衡量郊區二車道公路的服務水準或容量。如澳洲 Underwood 於 1963 年即建議採用車隊來描述車流狀態並實際說明如何設計車隊計數器以進行資料蒐集。英國 Fletcher 則於 1968 年定義郊區公路的容量為「車隊生成較

紓解為快的車流狀態」，並認為要減少車隊的生成，不但要充分利用可超車區，還要改善容易導致車速降低的線形（縱坡度與彎道）。南非的 Slavik 與 Bester 於 1983 年提出「車隊指數 (platooning index)」與「追上點密度 (density of catch points)」以分別衡量服務水準中的舒適與安全。

澳洲 Hoban 於 1984 年提出以車隊衡量二車道公路服務品質的公式^[2,9]，而車隊可以 (1) 與前車車頭間距 (headway) 小於某定值的車輛比率，(2) 旅行過程跟車時間所占比率，(3) 車流中車隊大小的分布等三種方式衡量^[2]。就第一種方式而言，Hoban 建議以 30%、65%、75%、80% 的跟車百分比作為服務水準 A 至 E 級的分界^[10]。Werner 則提到以 20%、40%、60%、80%、95% 的跟車百分比來區分服務水準 A 至 F 級^[11]。Morrall 亦認為以車隊及超車供需來衡量服務水準較能反映駕駛人對於道路服務品質的實際感受^[2,4]。此外 Werner 與 Morrall 於 1984 年甚至提出結合超車供給與需求來衡量二車道公路服務水準的概念^[4]。

美國在 1985 年版公路容量手冊 (1985HCM)，將衡量二車道公路服務水準的準則修正為平均旅行速率 (average travel speed)、延滯時間百分比 (percent time delay) 與容量使用 (capacity utilization) 等三項，同時在服務水準等級的解釋上引進了超車需求及車隊的概念^[8]。

Morrall 與 Werner 於 1990 年進一步建議以超車比 (overtaking ratio) 來量度服務水準。超車比定義為「已知平面、縱斷線形及禁止超車區的一段二車道公路，其所達成超車數與平面、縱斷線形類似但有連續超車道的二車道公路所能達成超車數的比值」。Morrall 與 Werner 將其研究結果與 1985HCM 比較，發覺在駕駛人對服務水準最敏感的流量下 (200 ~ 800veh/hr)，超車比下降的速率較延滯時間百分比上升的速率來得快。顯示在評估超車道方面，1985HCM 較超車比低估超車道的效益^[12]。

美國最近的 2000 年版公路容量手冊 (HCM2000) 放棄了以容量使用來評估二車道公路的服務水準，而以跟車時間百分比 (percent time-spent-following) 與平均旅行速率，作為第一級 (Class I) 公路的服務水準衡量指標，另單以跟車時間百分比作為第二級 (Class II) 公路的服務水準衡量指標。此處第一級公路係指駕駛人期望以高速 (70kph 以上) 行駛的主要道路、幹道及通勤路線，第二級公路則為駕駛人並不期望以高速行駛的聯絡道路、景觀休閒路線及地形崎嶇的道路^[1]。

以跟車百分比或車隊評估郊區二車道公路服務水準所引申而來的課題為跟車狀態車頭間距門檻值的決定。過去相關研究所建議的跟車狀態車頭間距門檻值從 3.75sec 到 8sec 不等^[3,10]。Hoban 建議以 4sec 作為門檻值^[10]。HCM2000 則將該值從 1985HCM 的 5sec 修正為 3sec^[1]。

2.2 超車道設置準則

國外對於超車道設置準則的研究，大致上可從以下幾方面說明：

(一) 超車道的必要性

加拿大安大略省運輸通訊部認為當保證超車機會 (assured passing opportunity) 小於 30% 時，就有必要興建超車道^[2]。Staba 等人則認為當超車需求大於超車機會的供給，在二車道公路上就會產生車隊，而需要針對超車進行改善^[5]。澳洲道路研究委員會 (Australian Road Research Board, ARRB) 認為超車道的必要性與年平均每日交通量 (Annual Average Daily Traffic, AADT) 及道路沿線上游 3.2 ~ 9.6km 的超車機會有關^[5]。

(二) 超車道設置位址

從 Morrall 與 Hoban 所提的看法，以及 Staba 等人所做的整理，可將超車道選址時所需考慮的因素綜整如後^[2,4,5]：

1. 選擇最經濟的位址興建超車道，亦即避免大規模的挖填。
2. 超車道設於禁止超車區可以增加淨超車機會 (net overtaking opportunity) 而且可以避免何時要限制對向超車的問題。
3. 超車道在超車需求大於超車機會供給的平原區也能發揮效果。
4. 超車道的設置位址仍須依上游的超車機會而定。
5. 應將超車道起、終點 (分出及併入段) 所需要的適當視距納入考慮。
6. 超車道設在上坡路段最為有效，但設在某些下坡路段也有安全上的效益。
7. 超車道亦可納入道路改線計畫的一部分。
8. 直線路段長度若不小於超車視距，則不建議興建超車道。
9. 若分析路段的設計速率有所改變，則超車道避免設於速率降低之處。
10. 盡量避開交叉路口，以免轉彎車輛利用超車道進行轉向，而與超車車輛發生衝突。
11. 超車道最好避開無法提供連續路肩的橋樑或涵洞。
12. 在超車道有效範圍內不宜再有四車道等其他高容量設施。

(三) 超車道長度

澳洲國家州際公路主管機關協會 (National Association of Australian State Road Authorities, NAASRA) 認為兩條相隔數公里的短超車道比一條長超車道更具成本效益，因此其建議的超車道長度從設計速率 50kph 的 0.35km 到 100kph 的 0.8km 不等^[6]。

加拿大 Alberta 省所興建的超車道一般為 2km (不含漸變段)。Banff 國家公園內建議興建的超車道長度為 2km。英屬哥倫比亞省 (British Columbia) 認為超車道的最短長度與可接受的最短長度 (desirable minimum lengths) 分別為 0.8km 與 1km。安大略省 (Ontario) 運輸通訊部則發現大部分的超車道長度只需要 1.5 ~ 2km^[6]。

Harwood 與 Hoban 從交通延滯百分比與超車道設計長度進行成本效益分析，認為單向

流率 (flow rates) 在 100 ~ 700vph 時，最佳的超車道長度為 0.8 ~ 3.2km^[5]。Staba 等人認為超車道的標準長度為 1.6 ~ 2.4km^[5]。May 利用 TRARR 車流模擬模式，比較 0.4、0.8、1.2、1.6、2.4 與 3.2km 等 6 種超車道長度的效益，結果認為 0.4 ~ 1.2km 的短超車道最具成本效益^[13]。

(四) 超車道間距

澳洲認為超車道的間距，剛開始可採用 10 ~ 15km，之後再縮短為 3 ~ 5km。加拿大 Alberta 省認為超車道的間距需視研究路段的長度與所需超車道的數量而定^[6]。Harwood 等人亦注意到同向超車道的間距一開始多在 16km 以上，之後再增加超車道時，才將間距縮短為 3.2 ~ 8.0km^[5]。

(五) 超車道佈設形式

Hoban 所建議的超車道佈設形式依雙向超車道相對位置，可分為頭對頭與尾對尾兩類。雙向超車道彼此間的交互作用有兩種^[6]：

1. 若雙向禁止超車，則超車道對向的服務水準將會降低。
2. 超車道方向的車隊紓解將造成對向車輛缺乏可超車的間隙，導致對向容易生成車隊而使得超車道方向有更多的長間隙可供超車，形成超車機會兩極化的現象。

Morrall 與 Blight 發現尾對尾的佈設形式有助於先行生成車隊，然後在下游的超車道予以紓解，而頭對頭佈設形式容易導致車輛以車隊的形式離開路段，而抵銷了超車道所產生的效益^[6]。

2.3 小結

由相關文獻回顧可知，以跟車百分比或車隊的概念評估郊區二車道公路的服務水準，已為國際間的共識。但對於跟車狀態的車頭間距門檻值的建議，則從 3sec 到 8sec 不等，也因此各級服務水準所涵蓋的跟車百分比範圍尚無一致的看法。在超車道的設置必要性方面，相關文獻雖建議從 AADT、保證超車機會或超車供需等方面進行考量，但並無法據以獲得特定路段所需的超車道數量。超車道設置位址方面，過去文獻雖提出相關考量因素，但由於僅為概念性、原則性的建議，實務應用上亦無法根據所提考量因素直接獲得欲改善路段的超車道設置位址。超車道長度方面雖有具體建議，但相關研究在探討超車道最佳長度時，至多僅考慮流量因素，並未將道路線型納入考量。超車道間距方面，更僅有籠統地建議從十數公里至數公里。實務上就特定設計流量與幾何線型的道路而言，並無法據以獲得所需的超車道間距。

由於上述各項超車道設置因素彼此之間乃息息相關，同時各因素也與道路幾何、交通狀況密切相關。因此本研究認為有必要發展一套能綜合考量道路幾何與交通狀況的超車道佈設方法。

三、TRARR 模式介紹與驗證

欲發展一套適用於國內的超車道佈設方法必須有適當的工具。由於 TRARR 車流模擬模式發展已有相當時日，並經過許多研究者實際應用於二車道公路的改善，同時價格低廉，因此本研究認為可利用該模式發展超車道的佈設方法。

3.1 TRARR 模式介紹

TRARR 車流模擬模式為 ARRB 所發展的微觀、隨機及兼具事件掃描與時間掃描的郊區公路車流模擬模式；所考慮的郊區公路為無交叉路口或重大路旁活動，車輛僅能於道路兩端進出的雙向二車道公路。TRARR 即為 TRAFFIC on Rural Roads 的縮寫，該模式具備以下功能^[14]：

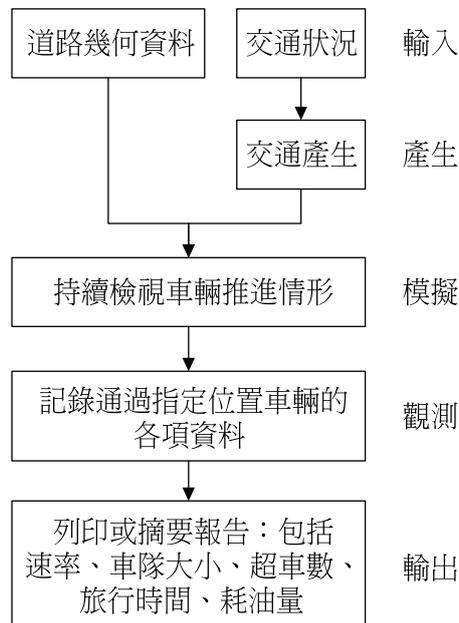
1. 可詳細模擬道路實際的交通運作；
2. 可比較不同道路改善方案的效果；
3. 可研究交通特性改變所造成的影響，如增加流量、提高重車比率、改變車輛尺寸或性能等；
4. 可研究禁止超車區、輔助車道、不同平豎曲線、各種視距狀況的交通運作；
5. 除二車道之外，尚可模擬爬坡道、超車道、三車道與四車道的交通運作；
6. 可改變車輛性能與駕駛人自由行駛、跟車、超車及併入等行為。

TRARR 的模擬過程如圖 1 所示，所需輸入資料包括交通組成、流量、方向分布、期望速率等交通參數；車長、加速率、跟車與超車行為等車輛與駕駛人參數；每 100m 的縱坡度、平曲線半徑、禁止超車區、視距與輔助車道等道路參數；以及指定的輸出資訊型式、觀測點與觀測區間的位置、暖機時間 (settling down time) 與模擬時間等。模式的輸出資料則包括超車數量、超車率、跟車百分比、現點速率、跟車時間百分比、車隊分布、旅行時間、旅行速率與耗油量等^[14]。

3.2 模式驗證

由於 TRARR 為澳洲所發展的车流模擬模式，因此須先進行模式驗證，以確認是否適用於國內郊區二車道公路。一般而言，超車道效益的評估指標可採車隊大小、跟車百分比、跟車時間百分比、旅行時間、旅行速率、超車數及燃油消耗等^[14]。相關研究^[10-12]多認為車隊大小或跟車時間百分比比較能反映駕駛人對於二車道公路服務水準的實際感受。HCM2000 亦將跟車時間百分比列為評估二車道公路服務水準的重要指標 (Class I) 或唯一指標 (Class II，臺灣的郊區二車道公路多屬此類)^[1]。因跟車時間百分比在現場不易量測，故可以跟車百分比替代^[1]。跟車百分比係指通過定點的車流中，位於車隊內的車輛數比率，所呈現為車隊大小分布的平均表現。由於超車道最主要的功能為紓解車隊，因此本研

究認為車隊大小分布為最適合的驗證指標。



資料來源：[14]

圖 1 TRARR 車流模擬模式的組成

模式驗證所需現場資料蒐集地點係位於省道九號南迴公路 446k+700 至 449k+500 (舊樁號為 460k+200 至 463k+000) 長 2.8km 的路段，該路段路況單純，沿線並無交叉路口供車輛進出。道路幾何方面，平均平曲線半徑約為 50m，平均縱坡度約為 5% (往屏東為上坡)，整個 2.8km 的路段皆禁止超車。現場車隊大小資料於雙向各蒐集五組，共為十組。用以比較的模擬結果資料皆是 30 次模擬所得結果的平均。驗證方式為利用 χ^2 檢定法就模擬與觀測結果的車隊大小分布進行適合度 (goodness of fit) 檢定。其中虛無假設 H_0 為模擬與觀測結果無差異，對立假設 H_1 為兩者有差異。

表 1 為模式驗證結果，可知往屏東方向各組檢定結果皆接受 H_0 ，往臺東方向則依顯著水準不同分別有 2 組或 3 組結果接受 H_0 。觀察拒絕 H_0 的各組，主要皆為觀測的車隊大小過於集中在 1 與 2，呈現過度右偏 (skewed to the right) 的型態。整體而言，本研究認為 TRARR 模式仍可適切反映國內郊區二車道公路的車隊分布特性，可用來發展決定超車道建議位址所需的跟車百分比變化曲線。

表 1 TRARR 模式驗證結果

| 組別 | 方向 | $\sum \frac{(\text{模擬}-\text{觀測})^2}{\text{觀測}}$ | 自由度 | $\chi_{0.05}^2$ | 拒絕或 接受 H_0 | $\chi_{0.01}^2$ | 拒絕或 接受 H_0 |
|----|-----|--|-----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1 | 往屏東 | 2.02 | 3 | 7.81 | 接受 | 11.34 | 接受 |
| 2 | | 4.68 | 4 | 9.49 | 接受 | 13.28 | 接受 |
| 3 | | 4.84 | 6 | 12.59 | 接受 | 16.81 | 接受 |
| 4 | | 10.55 | 7 | 14.07 | 接受 | 18.48 | 接受 |
| 5 | | 10.98 | 8 | 15.51 | 接受 | 20.09 | 接受 |
| 6 | 往臺東 | 12.70 | 4 | 9.49 | 拒絕 | 13.28 | 接受 |
| 7 | | 50.83 | 5 | 11.07 | 拒絕 | 15.09 | 拒絕 |
| 8 | | 38.48 | 5 | 11.07 | 拒絕 | 15.09 | 拒絕 |
| 9 | | 6.57 | 4 | 9.49 | 接受 | 13.28 | 接受 |
| 10 | | 7.89 | 5 | 11.07 | 接受 | 15.09 | 接受 |

四、跟車百分比變化曲線建立程序

4.1 跟車百分比變化曲線建立程序架構

本研究的目的為發展一套使用簡單、適用於各種道路幾何與交通狀況、容易配合工程成本與工程可行性進行調整的超車道佈設方法。由文獻回顧可知，超車道設置位址不僅受該處道路幾何與交通特性的影響，亦與超車道上游的線形密切相關。為使超車道能充分發揮功能，宜俟車隊累積到一定程度再予以紓解。由於車隊大小會影響道路沿線的跟車百分比，因此超車道的設置位址可由跟車百分比來決定。

若採用傳統模擬方式，欲根據跟車百分比決定超車道設置位址時，需經過以下步驟（以 TRARR 模式為例）：

1. 決定禁止超車區沿線跟車百分比上限；
2. 輸入研究路段的道路幾何與交通資料檔；
3. 進行模擬並觀察道路沿線跟車百分比的變化；
4. 在跟車百分比達到步驟一所設定上限的位置提供一段適當長度的超車道；
5. 變更道路幾何資料檔；
6. 重複步驟二至五，逐一獲得全線所需的超車道位址。

依上述步驟所得超車道設置位址僅適用於特定路段的某一種交通狀況。當分析路段改變或設計的交通狀況改變時，則必須重新進行模擬。因此，本研究認為有必要建立一套完

整(涵蓋不同道路幾何與交通狀況)的跟車百分比變化曲線,直接於圖上獲得超車道的設置位址與長度,以供實務界方便使用。

為此,本研究發展跟車百分比變化曲線的建立程序如圖 2 所示。整個程序首先需設定所欲探討的道路幾何與交通特性情境組合類型,以決定跟車百分比變化曲線的適用範圍。其次設定跟車狀態車頭間距(headway)門檻值,以於模擬過程中獲得沿線跟車百分比資料。之後設定道路沿線跟車百分比上限,以決定超車道的起點位置。超車道長度方面,本研究係考量以下三點:

1. 利用超車道進行超車所需最短長度;
2. 超車道所需下降跟車百分比的最小程度;
3. 單位有效長度。超車道的有效長度為超車道下游(含超車道本身)沿線跟車百分比低於超車道起點所設定門檻的距離。超車道的單位有效長度即超車道有效長度除以超車道設置長度。

因此在超車道長度的選擇過程中,首先須推算不同設計速率下所需的最短超車道長度。其次為測試該超車道長度能否使跟車百分比下降至所預期的程度。若是,則以 200 公尺增量逐一測試單位有效長度,至 2 公里為止。之後從各種超車道長度中,選擇單位有效長度最大者作為超車道的長度建議。若否,則以 200 公尺的增量逐一測試,直至跟車百分比下降程度達到所設定的下限為止。如此執行該程序一次即可獲得一條特定道路幾何與交通特性組合的跟車百分比變化曲線。

整個程序執行之前所需確定項目如後—其評估、推算過程與結果將依序說明於以下各小節:

1. 道路幾何與交通特性情境組合類型;
2. 跟車狀態車頭間距(headway)門檻值;
3. 超車道起點與超車道路段跟車百分比上限;
4. 不同設計速率所需最短超車道長度。

4.2 道路幾何與交通特性情境

禁止超車區沿線跟車百分比的主要影響因素為道路幾何與交通特性。道路幾何因素包括縱坡度與平曲線半徑;交通特性因素則有雙向流量、方向分布與重車比率。由於不同道路幾何與交通特性的組合型式甚多,因此在發展跟車百分比變化曲線之前,必須先決定代表性的縱坡度、平曲線半徑、雙向流量、重車比率與方向分布。為使所設計的模擬實驗能涵蓋國內郊區二車道公路大多數狀況,本研究蒐集省道九號安朔至香蘭段,總長 53.2km,橫跨丘陵區與山嶺區的水平曲線資料與平常日、假日的交通資料,以進行道路交通狀況的分類。

在道路幾何的縱坡度部分,該路段超過 7% 的路段長度多在 100m 以下,總和為 1589m,占路段總長度的 3% 左右。本研究選擇 0、1、3、5、7% 等五種代表值,分別代表

< 0.5%、0.5 ~ 2%、2 ~ 4%、4 ~ 6%、> 6% 等 5 種坡度狀況。平曲線半徑方面，該路段依不同平曲線半徑共分為 514 段。除直線之外，最常採用的曲線半徑為 200、150、125、100、75、50、25m 等七種半徑。因此以半徑 200m 為界，以下分為 < 80m 與 80 ~ 200m 兩類，代表值為 60 與 120m；以上則分為 200 ~ 800m 與 > 800m 兩類，代表值為 500 與 2000m。由此可知模擬實驗中共有 20 個道路幾何情境。

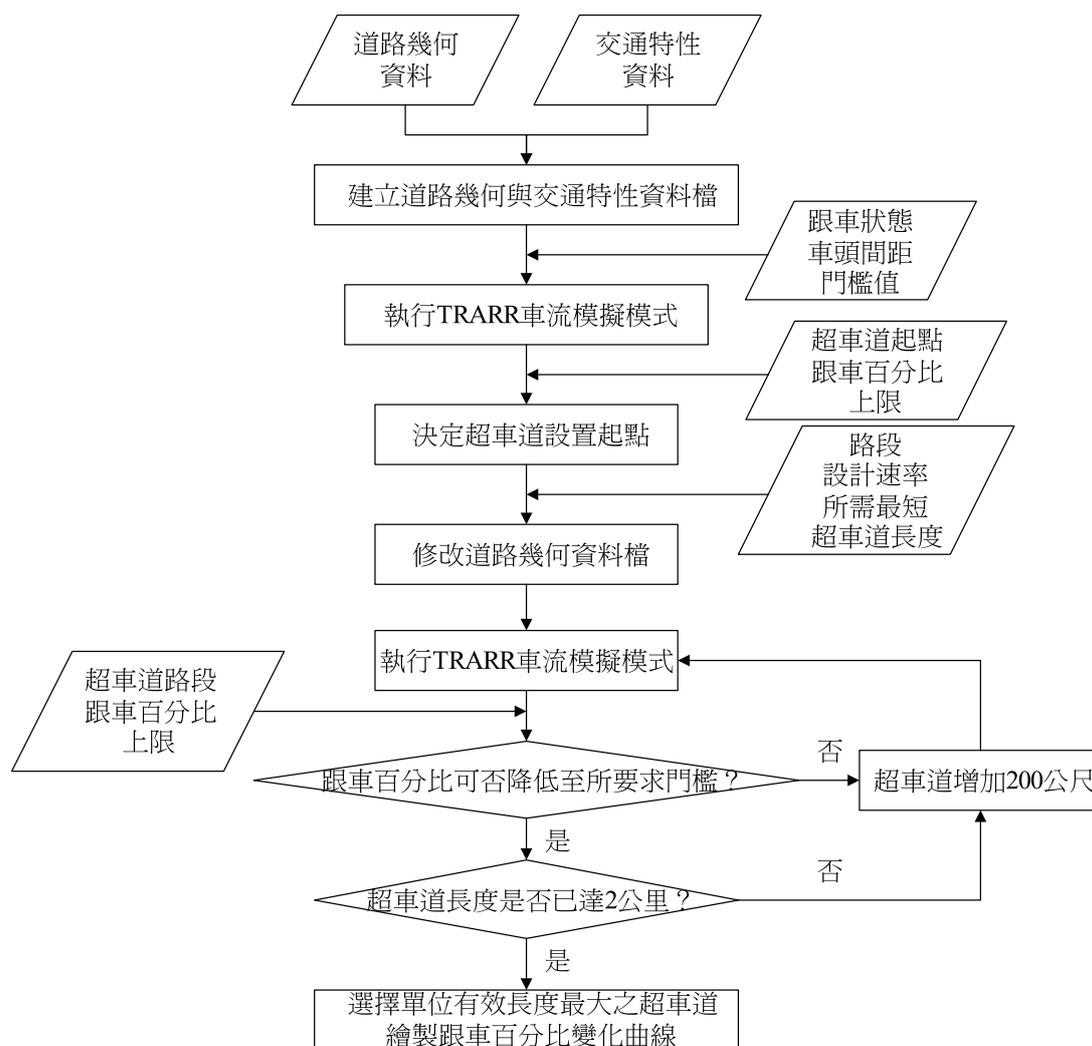


圖 2 跟車百分比變化曲線建立程序

交通狀況方面，由該路段平常日、例假日、連續假期與春節假期的交通量，推估其於民國 85 年全年小時交通量的時數分布如表 2 所示。表中可知該路段於該年的第 30 高小時交通量約為 1200vph，因此本研究在流量方面採 800、1200、1600vph 三種情境。重車比率

方面，該路段的重車比率從 2.7 ~ 12.1% 不等。由於重車對於車隊的生成影響甚大，因此本研究將重車比率分為 0、3、7、10、13、17 及 20% 等七種情境。方向分布則採用 0.4、0.5、0.6 三種。由此可知模擬實驗共設計 63 個交通特性情境。

表 2 研究路段民國 85 年全年小時交通量分布推估

| vph | 小時數 | vph | 小時數 | vph | 小時數 | vph | 小時數 |
|-------------|-----|-------------|-----|-----------|-----|-----------|------|
| 1800 ~ 1900 | 1 | 1300 ~ 1400 | 8 | 800 ~ 900 | 35 | 300 ~ 400 | 1615 |
| 1700 ~ 1800 | 2 | 1200 ~ 1300 | 10 | 700 ~ 800 | 356 | 200 ~ 300 | 1463 |
| 1600 ~ 1700 | 3 | 1100 ~ 1200 | 24 | 600 ~ 700 | 481 | 100 ~ 200 | 2382 |
| 1500 ~ 1600 | 5 | 1000 ~ 1100 | 18 | 500 ~ 600 | 399 | <100 | 1323 |
| 1400 ~ 1500 | 4 | 900 ~ 1000 | 21 | 400 ~ 500 | 610 | - | - |

4.3 跟車狀態車頭間距門檻值

欲以跟車百分比作為超車道設置位址的評估指標，必須釐清車頭間距多少時屬於跟車狀態。Hoban 注意到車隊分布對於跟車狀態所設定的車頭間距門檻值相當敏感，門檻值些微的調整就會造成車隊大小明顯的改變。因此，本研究嘗試自行推導該門檻值，以得合理建議。

首先定義自由行駛的狀態為「前車緊急煞停時，後車仍能以舒適的減速率煞停於前車後方」。令 a 為前車，b 為後車，則上述過程前後車輛的相關位置可以圖 3 表示。

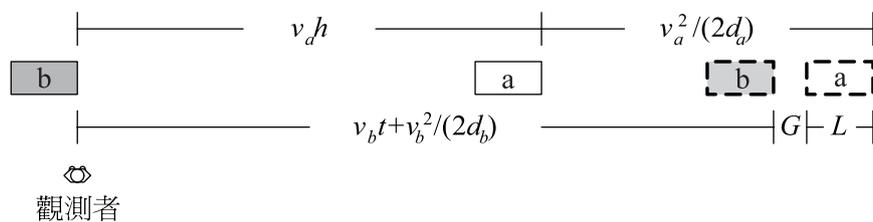


圖 3 前車緊急煞車，後車由自由行駛到舒適煞停，兩車相關位置

由圖 3 可得式(1)如後，

$$v_a h + \frac{v_a^2}{2d_a} = v_b t + \frac{v_b^2}{2d_b} + G + L \quad (1)$$

其中

v_a ：前車初速；

v_b ：後車初速；

d_a ：前車緊急煞車的減速率；假設在平坡、乾燥路面、胎況良好狀況下，時速 20、30、40、50、60、70km 時分別為 7.3、7.4、7.6、7.7、7.4、7.2m/sec²^[15]；

d_b ：後車以舒適方式煞停的減速率，假設為 3.4m/sec²^[16]；

h ：前、後車輛通過觀測者的車頭間距；

t ：後車見前車緊急煞車後，採取煞車的認知與反應時間，假設為 2.5sec^[16]；

G ：前、後車輛停止時，兩車的間隙，假設為 1m；

L ：前車車長，假設為 5m。

將前述假設值與建議值代入式(1)，可得前、後車車速相等時，不同速率下跟車狀態的車頭間距門檻值介於 3.88 與 4.32sec 之間 (如表 3)。因此，本研究認為可參考澳洲的建議，以 4sec 的車頭間距作為跟車狀態的門檻值。

表 3 不同前、後車車速下跟車狀態車頭間距門檻值

| 前、後車車速 (km/sec) | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|
| 車頭間距門檻值 (sec) | 4.02 | 3.88 | 3.94 | 4.07 | 4.18 | 4.32 |

4.4 超車道起點與超車道路段跟車百分比上限

由於超車道在臺灣仍屬新引進的觀念，初期以小規模辦理，並以能改善郊區二車道公路到一定的服務水準為宜；本研究認為可針對服務水準已惡化為 E、F 級的二車道公路，將之改善到 D 級服務水準。

有關 D 級服務水準的跟車百分比範圍，Hoban 建議為 75 ~ 80%^[10]；Werner 的論文中為 60 ~ 80%^[11]；HCM2000 對 Class II 的道路建議為 70 ~ 85%^[1]。因 HCM2000 對跟車狀態車頭間距門檻值的建議值為 3sec，而根據 Hoban 的研究，跟車狀態車頭間距門檻值設定為 3sec 的跟車時間百分比會較設定為 4sec 時低 5% 左右。因此就 HCM2000 的建議而言，當跟車狀態車頭間距門檻值設為 4sec 時，Class II 道路的 D 級服務水準跟車百分比範圍可調整為 75 ~ 90%。

由於臺灣的郊區二車道公路速限一般多在 60kph 以下，屬 HCM2000 分類的 Class II 道路。由前段分析知，其 D 級服務水準的跟車百分比範圍介於 60 ~ 90% 之間。本研究建議初期可以 80% 與 90% 作為超車道起點跟車百分比的上限，而超車道路段的跟車百分比必須至少下降 20% 而不超過 60% 或 70%。

4.5 不同設計速率所需最短超車道長度

由文獻回顧可知，過去研究在探討超車道長度時，頂多考慮流量因素，並未將道路線

型納入考量。但超車道必須讓超車車輛有足夠時間趕上前方車隊並進行超車，同時讓被超車隊併入主線時，能與超車車輛保持安全距離。因此，不同設計速率路段有所需的最短超車道長度。本研究嘗試自行推導超車道所需的最短長度。推導過程所用相關參數儘可能引用自國內規範，國內規範缺乏者則參考國外文獻。

假設令 A 為被超車隊，B 為超車車輛，則利用超車道超車的車輛與被超車隊的相關位置可以圖 4 表示。

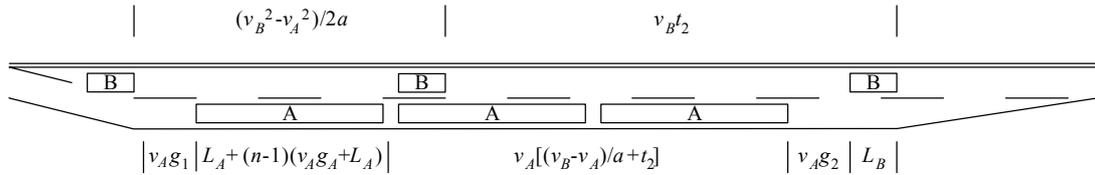


圖 4 利用超車道超車車輛與被超車隊的相關位置

由圖 4 可得超車道所需最短長度 L 如式 2 所示，

$$L = \frac{v_B^2 - v_A^2}{2a} + v_B t_2 = v_A g_1 + L_A + (n-1)(v_A g_A + L_A) + v_A \left(\frac{v_B - v_A}{a} + t_2 \right) + v_A g_2 + L_B \quad (2)$$

其中

- v_A ：被超車隊車速；道路設計速率為 30、40、50、60、70、80kph 時分別假設為 29、36、44、51、59、65kph^[16]，即 8.1、10.0、12.2、14.2、16.4、18.1m/sec；
- v_B ：超車車輛車速，假設較被超車隊高 15kph^[16]，即 $v_B = v_A + 4.2$ (m/sec)；
- a ：超車車輛之加速率，假設超車車輛起初之速率與前方車隊同為 v_A ，之後加速至 v_B ；假設超車車輛為性能 150lb/hp 的大客車⁵，其自 29、36、44、51、59、65kph 加速 15kph 之平均加速率⁶分別為 0.51、0.45、0.37、0.31、0.25、0.21m/sec²；
- t_2 ：超車車輛以 v_B 行駛至超車道終點所花時間；
- L_A ：被超車隊中車輛平均長度，假設為全聯結車，長 20m^[17]；
- L_B ：超車車輛長度，假設為巴士，長 12m^[17]；
- g_A ：被超車隊中車輛之間平均時間間隙 (time gap)，假設為 0.5sec；
- g_1 ：超車前超車車輛與被超車隊之時間間隙，假設為 0.5sec；
- g_2 ：超車後超車車輛與被超車隊之時間間隙，假設為 1.5sec；

5. 臺北市公車處 90.02.09 所訂定之冷氣大客車規範為總重須達 15 噸，馬力 250hp 以上，相當於 132lb/hp^[18]。

6. 此處平均加速率係利用參考文獻 [15] 中，p.37 之 Table 2-8，以平滑曲線法推算而得。

n ：為車隊大小。

將前述各項假設值代入式(2)，可得不同設計速率下超越不同大小車隊所需的最短超車道長度如表 4。

表 4 不同設計速率下超越不同大小車隊所需的最短超車道長度

| 車隊大小 | 設計速率 (kph) | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 |
|------|-------------|-----|-----|-----|-----|------|------|
| | 最短超車道長度 (m) | | | | | | |
| 1 | | 174 | 223 | 290 | 360 | 455 | 542 |
| 2 | | 244 | 308 | 393 | 480 | 594 | 697 |
| 3 | | 315 | 393 | 496 | 599 | 733 | 852 |
| 4 | | 385 | 478 | 599 | 718 | 872 | 1007 |
| 5 | | 456 | 563 | 701 | 837 | 1011 | 1162 |

於道路實際觀察，全為全聯結車的車隊一般不超過 3 輛。在超車道的長度至少需能提供巴士超越 3 輛全聯結車車隊的假設下，不同設計速率道路的最短超車道長度（不含前後漸變段）建議如表 5。由於臺灣一般郊區二車道公路設計等級不若高速公路，因此最大設計速率設定為 80kph。

表 5 不同設計速率道路建議最短超車道長度

| 設計速率 (kph) | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 最短超車道長度 (m) | 300 | 400 | 500 | 600 | 750 | 900 |

五、跟車百分比變化曲線建立過程與結果

5.1 模擬設定

由於 TRARR 為隨機性的車流模擬模式，為使所發展的一系列跟車百分比變化曲線能呈現穩定狀態，本節探討每組資料的模擬次數、暖機時間與模擬時間對於旅行時間、跟車時間百分比與跟車百分比等輸出結果的影響。

為了減少模擬時間與節省電腦資料儲存空間，本研究以一段 10km 長的虛擬路段測試模擬次數減少對於輸出結果所造成的影響。結果顯示模擬 5 次與模擬 30 次的旅行時間相差約 0.24%；跟車時間百分比相差 0.1%；沿線跟車百分比變化最多亦相差不到 1%；兩者

可謂相當一致。故在模擬次數方面，係採用每組資料模擬 5 次。

暖機是為了在蒐集交通運作資料之前，先讓模擬路段中有車輛存在。一般暖機時間至少要能讓一輛非常慢的車輛走完模擬路段^[14]。本研究為避免暖機時間不足而導致不必要的誤差，亦就不同暖機時間進行測試。假設兩種最慢車輛的平均速率分別為 15 與 30kph，則其走完 10km 虛擬路段的時間分別為 40min 與 20min。結果顯示 40min 與 20min 的暖機時間在旅行時間的模擬結果相差約 0.33%；跟車時間百分比相差 0.1%；沿線跟車百分比變化最多亦相差不到 1%。故在暖機時間方面，採用 20min。

模擬時間方面，本研究分別比較 60、80、90min 三種模擬時間與 100min 的模擬結果差異，比較結果如表 6。顯示在旅行時間與跟車時間百分比方面，模擬 90min 與 100min 的差異幾可忽略。沿線跟車百分比方面，各個模擬時間與模擬 100min 的差異亦不到 1%。尤其模擬 90min 與 100min 的差異皆在 0.2% 以內，幾乎一致，顯示系統已達穩定狀態。因此在模擬時間方面，採用 90min。

表 6 不同模擬時間結果差異比較

| 模擬時間 (min) | 旅行時間 (sec) | 跟車時間百分比 (%) | 旅行時間差異 (%) | 跟車時間百分比差異 (%) |
|------------|------------|-------------|------------|---------------|
| 60 | 462.8 | 78.4 | 0.19 | 0.1 |
| 80 | 463.8 | 78.2 | 0.41 | 0.3 |
| 90 | 462.5 | 78.4 | 0.13 | 0.1 |
| 100 | 461.9 | 78.5 | - | - |

5.2 模擬實驗數量與結果

假設郊區二車道公路設計速率最高為 80kph，則 4.2 節所述 20 種道路幾何情境所對應的設計速率與最短超車道長度可整理如表 7 所示。又由 4.1 節知超車道長度的評估係從最短長度開始，以 200m 的增量比較不同超車道長度的單位有效長度，從中選擇單位有效長度最大者。因此就表 7 的 400、600 與 900m 三種超車道最短長度而言，分別需比較 9 種、8 種與 7 種超車道長度。

由 4.2 節知本研究共設計 63 種交通特性情境。由 4.4 節知超車道起點跟車百分比上限值有 2 個情境。由前段分析又可知 20 種道路幾何情境中，每種道路幾何情境需比較 7 到 9 種超車道長度。因此模擬實驗情境共有 $63 \times 2 \times (9 \times 5 + 8 \times 7 + 7 \times 8) = 19782$ 種，而每一種情境需進行 5 次模擬，因此所需模擬次數將近 10 萬次。

表 7 不同道路幾何型態所對應設計速率與最短超車道長度

| 平曲線半徑 (m) | 縱坡度 (%) | 0 | 1 | 3 | 5 | 7 |
|--------------|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 設計速率 (kph) — 最短超車道長度 (m) | | | | | |
| 60 | | 40—400 | 40—400 | 40—400 | 40—400 | 40—400 |
| 120 | | 60—600 | 60—600 | 60—600 | 60—600 | 60—600 |
| 500 | | 80—900 | 80—900 | 80—900 | 80—900 | 60—600 |
| 2000 | | 80—900 | 80—900 | 80—900 | 80—900 | 60—600 |

模擬結果顯示，表 7 中各個道路幾何情境所對應的最短超車道長度皆能使得跟車百分比至少下降 20%。與其他長度的超車道相較，各最短超車道長度的單位有效長度又皆為最大。因此本研究於各個道路幾何情境所採用的超車道長度皆為表 5 所建議的最短長度。此亦與 Harwood 的研究結果^[19]—短超車道通常較具經濟性相吻合。

圖 5 為模擬所得跟車百分比變化曲線的其中一例。由圖中可知，於路段起點開始，跟車百分比由 70% 逐漸上升，至里程 2k+000 時到達 80%。此時若設置一段長 400m 的超車道，則跟車百分比會馬上降低，在超車道 200m 處 (2k+200) 下降至 60%。之後在超車道路段，跟車百分比大致維持在 60% 左右。超車道結束後，跟車百分比隨即攀升，到 4k+400 處跟車百分比到達 80%。該 400m 超車道的有效長度即為 2k+00—4k+400 長 2.4km 的路段。若欲維持路段跟車百分比在 80% 以下，則第二條超車道的起點即位於 4k+400。

觀察本研究所發展的一系列跟車百分比變化曲線，發現有以下特性：

1. 超車道路段影響範圍之跟車百分比曲線可分為三個區間：第一個區間位於超車道前段，因車隊首車讓出內側車道，使後方車隊得以紓解，因此跟車百分比大幅下降，跟車百分比曲線呈現陡降現象；第二區間位於超車道後段，因車道數維持單向二車道，因此跟車百分比大致維持穩定；第三區間位於超車道終點下游，若道路幾何線型較差或交通量較高，則快速車很快便會追上前方慢速車，使得跟車百分比曲線呈現陡升現象；若道路幾何線型較佳或交通量較低，則低的跟車百分比可維持一段距離，直至快速車追上前方慢速車，跟車百分比才大幅提高。
2. 當重車比率、平曲線半徑與坡度固定時，流量越高，跟車百分比上升越快。表示高流量時，超車道的設置地點會較接近模擬路段入口，且超車道的有效長度會越短。若欲維持在某指定跟車百分比之下，則所需的超車道間距會越短。
3. 當流量、平曲線半徑與坡度固定時，若重車比率大於 15%，則跟車百分比上升速度明顯較重車比率小於 15% 時來得慢。原因應為高重車比率時的自由狀態車輛數比低重車比率時還多，因而影響跟車百分比的大小。

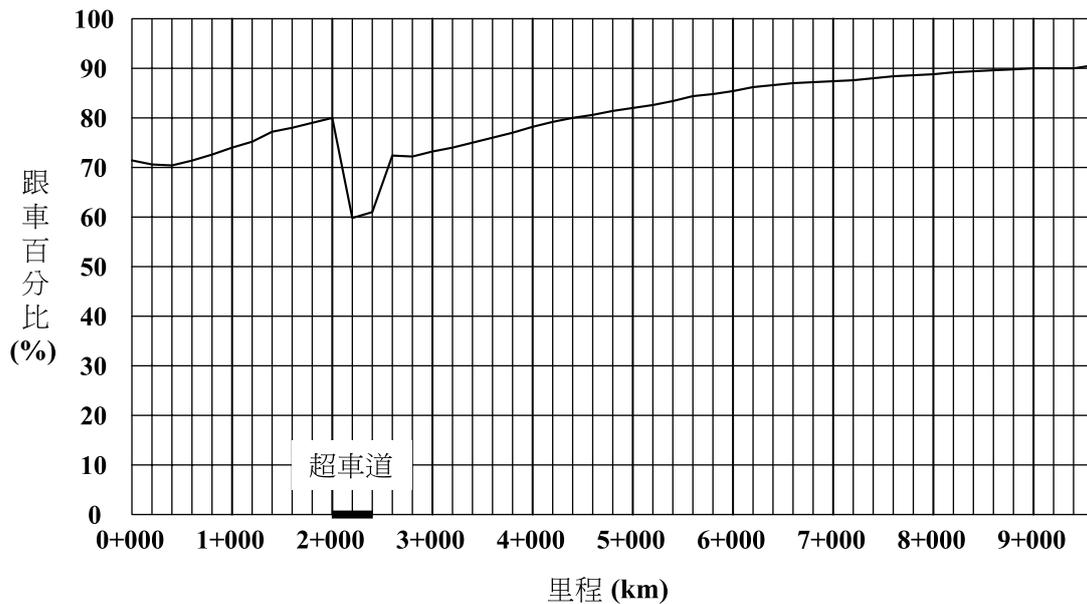


圖 5 跟車百分比變化曲線例圖

4. 當流量、重車比率與坡度固定時，於和緩上坡路段，平曲線半徑越小，跟車百分比上升越快。若上坡坡度超過 5%，則跟車百分比上升速度與平曲線半徑大小之間就缺乏明確的關係。此乃因上坡坡度和緩時，重車車速主要受平曲線半徑的影響。當上坡坡度增大，坡度對於重車車速的影響也加大，導致平曲線半徑的影響力相對而言較不顯著。
5. 當流量、重車比率與平曲線半徑固定時，於平面線形和緩的路段上，上坡坡度越大，跟車百分比上升越快。若平曲線半徑減小至 120m 以下，則跟車百分比上升速度與上坡坡度之間的關係則不明顯。此乃因平面線形和緩時，重車車速主要受坡度影響。當平曲線半徑越小，道路平面線形對於重車車速的影響也越大，使得上坡坡度的影響力相對減弱。
6. 當流量與重車比率固定時，於平坡與下坡路段，跟車百分比上升的速度主要受平曲線半徑的影響。平曲線半徑越小，跟車百分比上升越快。下坡坡度對於跟車百分比上升速度的影響則不明顯。原因應為在平坡與下坡路段，重車與小車之間的速率差異主要受到平曲線半徑的影響，而非坡度。
7. 若路段中全為小車，當坡度固定時，平曲線半徑越小，跟車百分比上升越快；當平曲線半徑固定時，跟車百分比上升的速度與坡度大小之間的關係則不明顯。此乃因小車期望速率主要受平曲線半徑的影響，而較不受坡度的影響。

六、跟車百分比變化曲線應用原理與操作步驟

由於跟車百分比為道路上特定位置所有車頭間距的平均表現，屬於巨觀的車流現象。本研究以模擬方式獲得各個不同道路幾何與交通特性下的跟車百分比變化曲線，即是假設在禁止超車區內，一旦道路幾何與交通特性確定，則超車道前、中、後的跟車百分比大小即為確定。在上述假設下，就特定的交通特性而言，若應用對象的道路幾何固定，則可直接選用某個適當的跟車百分比變化曲線尋找超車道建議位址；若道路幾何有所變化時，亦可從數個不同道路幾何的跟車百分比變化曲線，選擇適當的跟車百分比曲線段落進行接續。若前後曲線接續點落於超車道設置範圍內，仍可視前段曲線在接續位置的跟車百分比變化趨向與大小，決定後段曲線接續的起點位置。如此所得的超車道長度可能會介於表 7 所建議的長度之間。

以下歸納說明本研究所建立郊區二車道公路禁止超車區超車道佈設方法的操作步驟：

1. 研究路段選擇：儘可能選擇無交叉路口以及路旁無重大商業活動的禁止超車區進行超車道設置分析。
2. 道路幾何資料蒐集與道路分段：蒐集研究路段的縱坡度與平曲線資料，依(1)設計速率、(2)縱坡度、(3)平曲線半徑的順序進行道路分段。各分段內的幾何線形力求一致。
3. 交通特性資料蒐集：蒐集研究路段尖峰小時雙向交通量、方向分布及重車比率資料。
4. 跟車百分比變化曲線選擇：計算研究路段各分段的平均平曲線半徑及平均縱坡度，由平均每日交通量選擇適當的設計服務流量 (800、1200 或 1600vph)，並依據方向分布及重車比率選擇適當的跟車百分比變化曲線。
5. 應用跟車百分比變化曲線可得初步的超車道建議設置位址，如建議位址遇有隧道、橋樑、大挖填或聚落等施工成本高昂或土地取得不易的狀況，可依工程實務經驗將超車道略微挪移至適當地點。

七、應用範例

本節以一個範例說明跟車百分比變化曲線的應用方式。首先假設一段長 10km 的禁止超車區，其沿線的道路幾何如下：

1. 0k+000 ~ 5k+000，平均平曲線半徑 2000m，平均上坡坡度 0%。
2. 5k+000 ~ 8k+000，平均平曲線半徑 500m，平均上坡坡度 3%。
3. 8k+000 ~ 10k+000，平均平曲線半徑 120m，平均上坡坡度 5%。

在設計服務流量為 800vph，重車比率為 10%，方向分布為 0.5 的交通特性下，當以跟車百分比 80% 作為超車道設置門檻時，上坡方向的超車道設置位址可由本研究所發展的跟車百分比變化曲線求得。步驟如後：

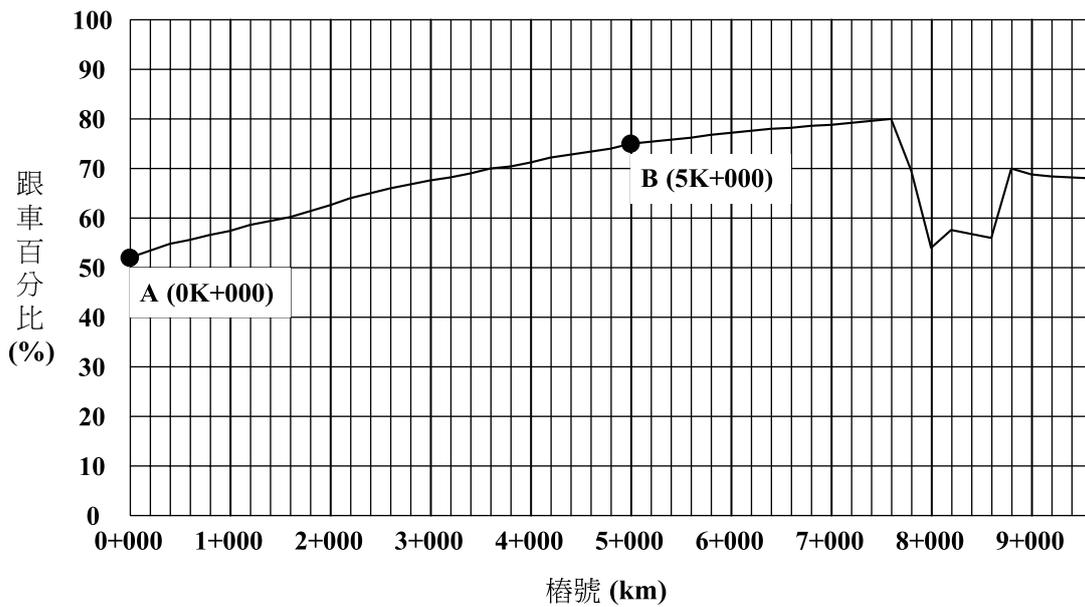


圖 6 平曲線半徑 2000m，縱坡度 0%，上坡方向跟車百分比變化

1. 選擇平曲線半徑 2000m、縱坡度 0% 的跟車百分比變化曲線如圖 6。由該圖可看出從樁號 0k+000 的 A 點到樁號 5k+000 的 B 點，沿線跟車百分比為由 50% 上升到 75%。
2. 5k+000 之後道路幾何改變，因此改用平曲線半徑 500m、縱坡度 3%、上坡方向的跟車百分比變化曲線如圖 7。該曲線跟車百分比為 75% 的位置在 B' 點，因此將 B' 點的樁號設定為 5k+000。經過 1.6km，跟車百分比在 6k+600 的 C 點上升到 80% 的門檻，因此以 C 點為起點在 6k+600 ~ 7k+500 設置 900m 長的超車道。到 8k+000 的 D 點，跟車百分比回升至 69%。
3. 8k+000 之後由於道路幾何再度改變，因此改用平曲線半徑 120m、縱坡度 5%、上坡方向的跟車百分比變化曲線如圖 8。同步驟二，該曲線在超車道下游跟車百分比 69% (即樁號 8k+000) 的位置為 D'。到 10k+000 的 E 點時，跟車百分比上升到 79%。
4. 將圖 6 到圖 8，應用於虛擬路段的各段跟車百分比變化曲線合併，可得虛擬路段設置超車道之後的跟車百分比變化如圖 9，可知該 10km 虛擬路段的超車道建議設置位址為 6k+600 ~ 7k+500 處。

若跟車百分比曲線需要於超車道範圍內接續時，則接續位置可能為於第五節所述之第一或第二區間。若前一曲線終點位於跟車百分比陡降之第一區間，則後一曲線起點亦需於第一區間處尋找。若前一曲線終點位於跟車百分比曲線較為平坦之第二區間，且根據跟車百分比會有數個可能的接續點時，可依前後曲線所需之超車道長度進行折衷處理；如前段曲線所需之超車道長度為 400m，而後段曲線所需之超車道長度為 600m 時，則接續後所得之超車道長度應介於 400 與 600m 之間。觀察本研究各個模擬結果，在相同交通特性下，

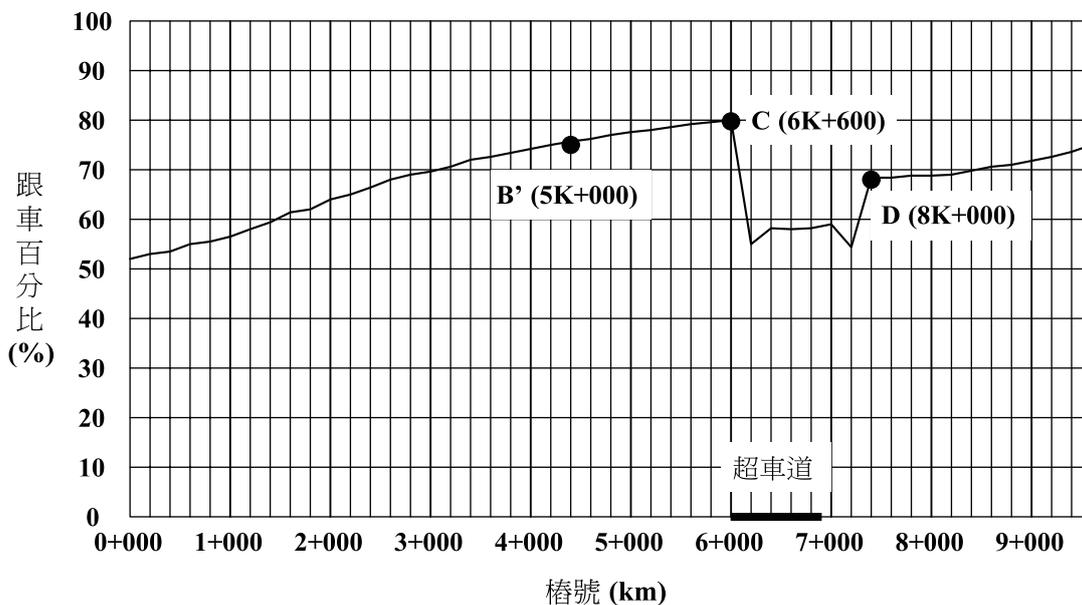


圖 7 平曲線半徑 500m，縱坡度 3%，上坡方向跟車百分比變化

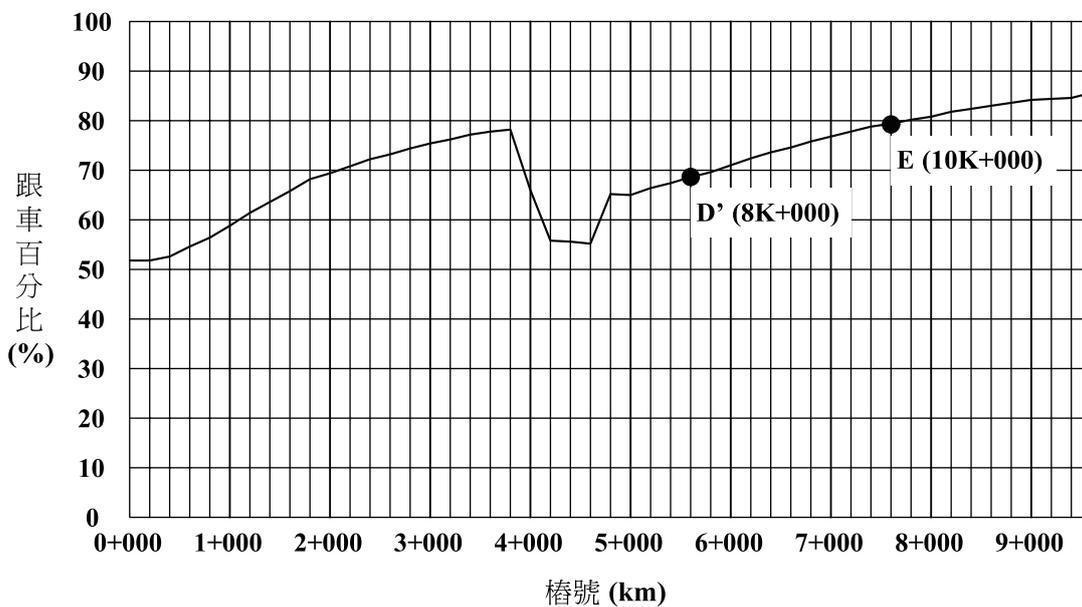


圖 8 平曲線半徑 120m，縱坡度 5%，上坡方向跟車百分比變化

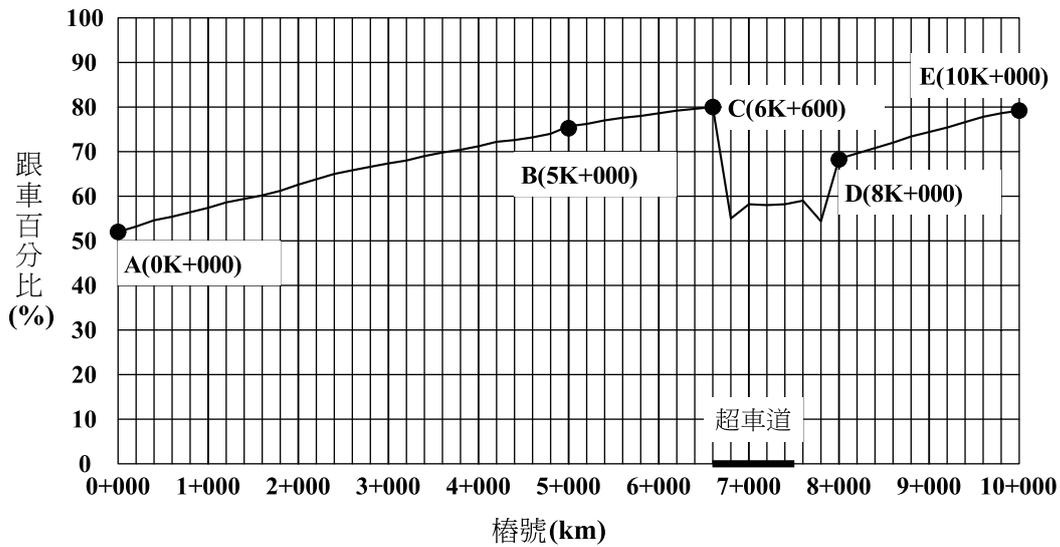


圖 9 虛擬路段設置超車道後跟車百分比變化

不同幾何特性路段超車道之跟車百分比曲線所能下降之最低程度大致相同，因此就本研究所探討之交通與道路幾何特性範圍內，原則上皆可進行跟車百分比曲線之接續。

八、結論與建議

本研究應用 TRARR 車流模擬模式進行郊區二車道公路禁止超車區超車道設置設計方法的研究。本節說明最後所得的結論與建議。

8.1 結論

1. 本研究針對郊區二車道公路的禁止超車區，提出一套使用簡單、適用於各種道路幾何與交通特性、容易配合工程成本或工程可行性進行調整的超車道佈設方法。研究所得的一系列跟車百分比變化曲線，可供使用者直接應用獲得建議的超車道設置位址與長度。與傳統模擬方式相較，本研究成果可大幅節省輸入資料與重複執行模擬所需的作業與時間，極具實務應用價值。
2. 本研究所提出郊區二車道公路禁止超車區超車道佈設方法的操作步驟為：(1)選擇適當的路段，(2)蒐集道路幾何資料並進行道路分段，(3)蒐集交通特性資料，(4)選擇適當的跟車百分比變化曲線，(5)應用跟車百分比變化曲線獲得超車道建議設置位址與長度。
3. 本研究針對不同交通狀況，以車隊大小分布作為驗證指標，進行 TRARR 車流模擬模式

驗證。結果顯示 TRARR 車流模擬模式能適切反映國內郊區二車道公路的車隊大小分布情形，適用於發展佈設超車道所需的跟車百分比變化曲線。

4. 在自由行駛的狀態為「當前車緊急煞停時，後車仍能以舒適之減速率煞停於前車後方」的假設下，本研究推算出不同速率下的跟車狀態車頭間距門檻值介於 3.88 與 4.32sec 之間。因此本研究認為可採用澳洲的建議，以 4sec 的車頭間距作為跟車狀態門檻值。
5. 基於超車道須至少能提供大客車超越 3 輛全聯結車車隊的假設，本研究經過推算，建議設計速率 30、40、50、60、70 與 80kph 的最短超車道長度分別為 300、400、500、600、750 與 900m。在考慮：(1)完成超車動作所需最短長度，(2)跟車百分比需下降 20% 以上，(3)單位有效長度最大等三項因素後，研究中所推算之最短超車道長度皆能符合(2)的要求且具有最大的單位有效長度，因此被採用作為超車道的長度建議。

8.2 建議

1. 本研究僅針對禁止超車區發展超車道佈設方法，後續研究可再針對不同比率可超車區的二車道公路作進一步探討。
2. 本研究所發展的跟車百分比變化曲線涵蓋 2520 種情境，其中道路幾何情境共 20 種，適用於設計速率 40 至 80kph；交通流量情境共 3 種，適用於為雙向設計流量 800 ~ 1600vph；交通組成情境共 7 種，適用於重車比率 20% 以下；方向分布情境亦為 3 種，適用於 0.4 ~ 0.6；服務水準情境共 2 種，適用於跟車百分比不超過 80% 或 90%。後續研究若欲探討上述應用範圍以外的情境，可依本研究所用方法擴大情境設計範圍或做更為細緻的分類，進行深入探討。
3. TRARR 模式驗證部分，本研究僅針對二車道公路禁止超車區進行驗證。後續研究可再針對二車道公路之可超車區、超車道甚至四車道路段進行驗證工作，以確認該模式是否能適用於本地各種不同類型的郊區公路。
4. 本研究所推算的超車道最短長度，係保守地假設超車道需能供 1 輛巴士超越 3 輛全聯結車的車隊。後續研究可針對不同性質超車車輛與不同被超車隊大小（或長度）探討所需超車道長度與跟車百分比變化之間的關係，以獲得更多更為適當的超車道長度建議。
5. 本研究並未將機車納入研究範圍，然而臺灣某些地區性二車道公路仍有相當比率的機車，後續研究可就汽機車混流情況，探討適當的超車道設計型式。
6. 本研究並未將超車道設置成本納入研究範圍，後續研究亦可從設置成本的角度探討超車道的佈設方法。
7. 本研究並未探討超車道車道縮減路段，慢速車併入主線時對於後方快速車所可能帶來之減速效應，因此建議後續研究可針對車道縮減路段的交通運作行為作更深入的探討，以確認超車道在行車安全方面所可能帶來的負面作用。
8. 超車道是否能充分發揮功能與漸變段設計以及標誌、標線的設置方式有相當大的關係。本研究由於人力、物力與時間的限制，無法實地調查實驗，後續研究可針對此主題進一

步實地分析與探討。

9. 超車道於國內尚未系統化地設置，建議相關單位能在超車道設置計畫中納入事前一事後分析，以期能更完整地分析超車道的影響。
10. 本研究於幾何資料蒐集方面，遭遇極大困難。由於國內郊區二車道公路道路等級一般較低，相關幾何資料缺漏甚多。建議主管單位於道路總清查時，能構建完整道路幾何資料庫並定期加以更新，以利相關研究或改善計畫的進行。

參考文獻

1. *Highway Capacity Manual-HCM 2000*, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 2000. Ch.2, Ch.12, Ch.20, Ch.21.
2. Morrall, J. F. and Hoban, C. J., "Design Guidelines for Over-taking Lanes", *Traffic Engineering and Control*, 26(10), 1985/10, pp. 476-484.
3. Hoban, C. J., "Overtaking Lanes on Two-Lane Rural Highways", Ph.D. Dissertation Department of Civil Engineering, Monash University, 1980.
4. Morrall, J. F. and Thompson, W., "Planning and Design Passing Lanes for the Trans-Canada Highway in Yoho National Park", *Canadian Journal of Civil Engineering*, 17, 1990, pp. 79-86.
5. Staba, G. R., May, A. D., and Phung, H. O., *Development of Comprehensive Passing Lane Guidelines*, Vol. 1, California University, Berkeley, Institute of Transportation Studies, Berkeley, CA, 1991/01.
6. Morrall, J. F. and Hoban, C. J., "A Comparison of Canadian and Australian Passing Lane Design Practice", *Transportation Forum*, 2(4), 1986/03, pp. 9-21.
7. Morrall, J., Miller, E. Jr., Smith, G. E., Feuerstein, J., and Yazdan, F., "Planning and Design of Passing Lanes Using Simulation Model", *Journal of Transportation Engineering*, 121(1), 1995/01, pp. 50-62.
8. *Highway Capacity Manual*, Special Report 209, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1985.
9. Morrall, J. F. and Kilburn, P., "Planning and Design Guidelines for the Development of a System of Passing Lanes for Alberta Highways", Proceedings of 13th ARRB-5th REAAA Combined Conference, 13(7), 1986, pp. 58-69.
10. Hoban, C. J., "Measuring Quality of Service on Two-Lane Rural Roads", Proceedings of 12th ARRB Conference, 12(5), 1984, pp. 117-131.
11. Werner, A. and Morrall, J. F., "A Unified Traffic Flow Theory Model for Two-Lane Rural Highways," *Transportation Forum*, 1(3), 1985, pp.79-87.
12. Morrall, J. F. and Werner, A., "Measuring Level of Service Two-Lane Highways by Overtakings", *Transportation Research Record* 1287, 1990, pp. 62-69.
13. May, A. D., "Traffic Performance and Design of Passing Lanes", *Transportation Research Record* 1303, 1991, pp. 63-73.

14. Hoban, C. J., "A Model for Simulation Traffic on Two-Lane Rural Roads", *User Guide and Manual for TRARR Version 3.2*, Australian Road Research Board, Australia, 1991/02.
15. ITE, *Traffic Engineering Handbook*, 4th Edition, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1992, pp. 37-41.
16. *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, 4th Edition, American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2001.
17. 交通部，*公路路線設計規範*，幼獅文化事業公司印行，民國八十八年。
18. <http://www.citybus.gov.tw/%E6%8B%9B%E6%A8%99%E5%85%AC%E5%91%8A/190%E5%85%AC%E5%91%8A.htm>
19. Harwood, D. W., Hoban, C. J., and Warren, D. L., "Effective Use of Passing Lanes on Two-Lane Highways", *Transportation Research Record* 1195, 1988, pp. 79-91.

