

建立高速公路事件管理系統之研究



交通部運輸研究所

中華民國八十四年十月

交通部運輸研究所出版品摘要表

出版品名稱：建立高速公路事件管理系統之研究			
國際標準書號（或叢刊號）		政府出版品統一編號 009104840497	運輸研究所出版品編號 84-55-3122
主辦單位：運輸安全組 主管：林豐福 計畫主持人：林豐福 研究人員：王穆衡 電話：(02) 349-6854 傳真：(02) 545-0429			研究期間 自 83 年 11月 至 84 年 10月
關鍵詞：高速公路、事件管理、事件偵測、事件偵測演算法、交通控制			
摘要：針對國內高速公路網的蓬勃發展及使用車流量的不斷成長，國內高速公路系統有必要建立一套有效率之事件管理系統以應付每天公路上所發生之各類型意外事件，以減輕因為意外事件的發生而可能帶來之影響。針對此一目的，本研究報告分別就事件偵測、交通控制及制訂實施管制策略等三個研究方向分別探討一個完整的高速公路事件管理系統所應俱備之功能及在規劃設計時所須注意之要點，並藉由國內外相關之研究與實證經驗中尋求較適合於國內交通特性之系統設計。			
出版日期	頁數	工本費	本出版品取得方式
84 年 10月	99	100元	凡屬機密或限閱性出版品均不對外公開。一般性出版品，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工本費價購。
管制等級： <input type="checkbox"/> 機密（ <input type="checkbox"/> 解密日期為 年 月 日， <input type="checkbox"/> 主辦單位視情況辦理解密） <input type="checkbox"/> 限閱（ <input type="checkbox"/> 解密日期為 年 月 日， <input type="checkbox"/> 主辦單位視情況辦理解限） <input checked="" type="checkbox"/> 一般			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

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

TITLE: The Establishment of Freeway Incident Management System			
ISBN(OR ISSN)	UNIFORM SERIAL CODE FOR GOVERNMENT PUBLICATIONS 009104840497	IOT SERIAL NUMBER 84-55-3122	
DIVISION: Transportation Safety Division DIVISION CHIEF: Fong-Fu Lin PRINCIPAL INVESTIGATOR: Fong-Fu Lin PROJECT STAFF: Mu-Han Wang PHONE : 886-2-3496854 FAX : 886-2-5450429		PROJECT PERIOD FROM Nov., 1994 TO Oct., 1995	
KEY WORDS: Freeway, Incident Management, Incident Detection, Incident Detection Algorithm, Traffic Control			
ABSTRACT : <p>According to the continuous trend of freeway network expansion and its traffic volume increase, it is necessary to have an efficient control and management system to deal with the problems caused by incidents every day in the freeway network. To have a complete review, according to their different functions, in this study the freeway incident management system is divided into three major units which are incident detection, traffic control and control strategy design. Related studies about this issue made in Taiwan and other countries have provided a lot of valuable information for designing a system which may satisfy the special freeway traffic conditions at Taiwan.</p>			
DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE	CLASSIFICATION <input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED
October, 1995	99		
The views expressed in this publication are not necessarily those of Ministry of Transportation and Communications			

建立高速公路事件管理系統之研究

目錄

	頁次
壹、前言	1
一、研究緣起.....	1
二、研究目的.....	3
三、研究內容.....	4
貳、高速公路事件管理系統.....	6
一、高速公路事件管理之定義.....	6
二、高速公路事件管理之效益.....	9
三、高速公路事件管理系統技術之發展.....	12
四、國內當前之挑戰.....	14
五、未來之發展方向.....	16
參、事件偵測.....	20
一、事件偵測之方法.....	20
二、主要事件偵測演算法.....	24
三、事件偵測演算法之評估比較.....	44

肆、事件處理.....	50
一、高速公路事件處理流程.....	50
二、高速公路事件處理之規劃原則.....	54
三、事件程序說明.....	54
(一)一般事件處理之標準程序.....	56
(二)隧道事件處理時之特別注意事項...	56
四、高速公路事件處理單位之權責關係.....	62
伍、高速公路控制策略.....	66
一、高速公路控制策略的類型.....	66
二、高速公路控制策略的整合.....	73
三、交通控制軟體的規劃.....	81
陸、結論與建議.....	85
一、結論.....	85
二、建議.....	91
柒、參考資料.....	94
附件：美國各州高速公路事件管理系統發展概況..	96

表目錄

	頁次
表1 高速公路事件管理系統之功能與應用設施.	13
表2 高速公路基本路段服務水準評估準則表...	23
表3 事件偵測演算法之分類.....	26
表4 加州演算法在不同狀況之績效比較.....	30
表5 ARIMA演算法之績效比較表.....	32
表6 雙指數平滑演算法之測試比較.....	35
表7 事件偵測演算法之比較.....	46
表8 模擬各演算法之偵測績效比較表.....	48
表9 高速公路事件處理機關職掌說明.....	64
表10 高速公路控制策略考慮要項對照表.....	67
表11 高速公路控制策略與設備需求對照表.....	68
表12 高速公路控制策略整合建議.....	75
表13 國內外高速公路事件管理系統使用成果 彙整表.....	90

圖目錄

	頁次
圖1 高速公路收費站例年通過車流量統計圖...	2
圖2 高速公路事件管理之功能組成.....	8

圖3	重現性擁塞發生時管制與無管制之累積 流量變化示意圖.....	10
圖4	非重現性擁塞發生時管制與無管制之累積 流量變化示意圖.....	11
圖5	加州演算法之決策樹狀圖.....	28
圖6	APID演算法之判斷邏輯流程圖.....	31
圖7	由流量/佔有率所界定之四種車流狀態....	37
圖8	Fambro演算法之基本邏輯.....	42
圖9	高速公路事件管理系統作業流程.....	51
圖10	事件處理流程與時間關係圖.....	54
圖11	高速公路事件處理機關之工作關係圖.....	65
圖12	事件處理過程之時間空間關係圖.....	77
圖13	高速公路事件管理廣播範圍界定法.....	79

建立高速公路事件管理系統之研究

壹、前言

一、研究緣起

高速公路由於設計及施工條件遠高於其它道路系統，所以它所能提供之服務水準也遠高於其它道路系統，再加上由於一般民眾經濟實力的提升，小客車自有比例的提高，在近十年之間高速公路的使用率平均每年都有10%至15%的成長率（見圖1），使得高速公路已然成為台灣南北交通運輸的主要動脈。近年來雖然高速公路的交通量成長有稍見減緩的趨勢，但這並不完全是因為需求減緩所導致，主要還是因為現有的使用量已經逐漸接近現有高速公路系統的最大服務容量。

在過去高速公路的興建對我國近年的經濟發展有著相當大的貢獻，同樣的在可預見的將來，它仍然必須在我國未來的經濟成長中扮演著重要的角色。面對這一可預期的責任，高速公路質與量的提升型成國家建設中重要的一環。

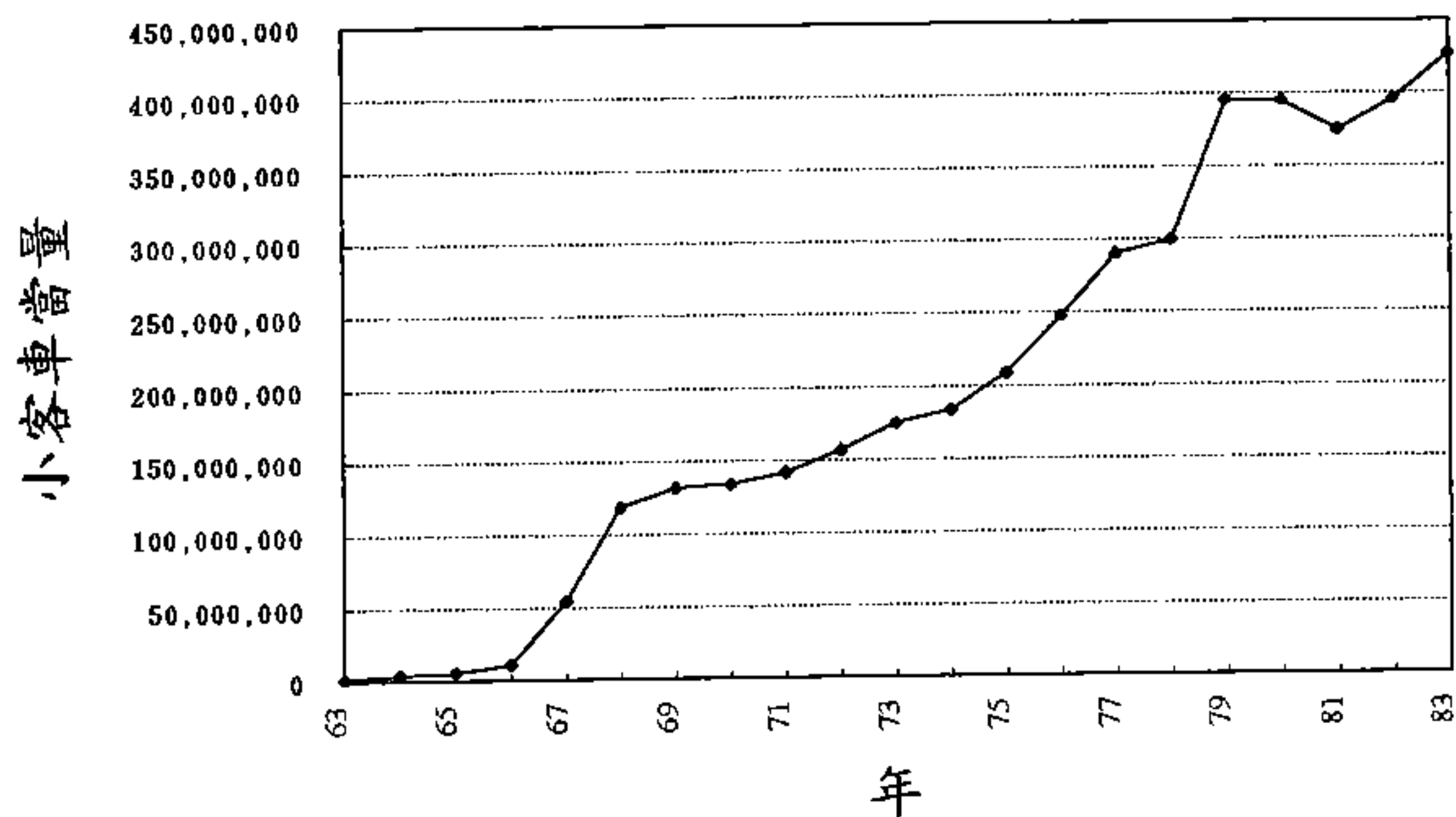


圖 1 高速公路收費站例年通過車流量統計

隨著國內交通建設的持續推動，現有的高速公路網已由原來的第一高速公路擴展到北部第二高速公路，長期而言未來更有中部與南部第二高速公路、北宜快速道路以及八條東西向快速道路等新路線的加入服務。高速公路網的擴充可以舒解第一高速公路的部份負擔，但是隨著服務水準的改善，由國內外的發展經驗中我們可預期的是高速公路的使用率也會隨之迅速的增加。面對這樣一個循環性的問題，我們必須思考未來的改善方針除了繼續擴展公路系統之外還有什麼？以台灣地區的地理環境而言，當第二高速公路系統完成之後，未來繼續擴展的空間也就相形的有限了，而且一條新高速公路的興建所必須投入的時間與成本相當的龐大，未來是否能符合經濟效益的要求？也是一個值得深思的議題。類似的問題也同樣的發生在世界上各

公路系統發達的國家及地區，許多國內外的專家學者在思考此一問題之後，提出高速公路事件管理系統的設置，不失為可行之替代方案。且由國外之設置經驗得知該系統是一個低成本、高效益的投資，值得推廣運用。

正如同一般的道路，高速公路上行車事件的發生相當的頻繁，而且無法完全避免，但是當高速公路上發生意外事件時，卻極可能產生嚴重之延滯、財物的損失、甚至人員的傷亡，其直接和間接的影響範圍遠超過於一般道路系統。為能加強舊有系統之服務能力，提高未來高速公路網運轉效率，節省運輸能源消耗，以及減少整體社會成本支出，高速公路必須有一個完善的事件處理系統來處理事件發生後的一連串問題。

本研究有鑑於國內對於此一系統的研究發展尚處於初始階段，未能有一個規範可循。因此，計畫以國內現有高速公路事件管理系統之設計為基礎，並參考國內外相關研究結果，研擬適用於國內高速公路事件處理系統之整體設計觀念，以供國內高速公路未來設計管理系統時參考。

二、研究目的

本研究之緣起是希望藉由對於高速公路事件管理系統的內涵研究所得，提供未來國內該系統研究與發展之基礎。針對此目標，本研究之目的可以具體的歸納為以下三點：

- 1、整理現有國內高速公路事件管理系統的設計，以作為未來全省高速公路網事件管理系統的設計基礎。
- 2、蒐集國外先進高速公路事件管理系統設計案例資料以供參考。
- 3、逐步建立台灣地區高速公路事件管理系統規範，以供相關單位在規劃該系統時參考。

三、研究內容

為能達成以上研究目的，本研究共完成以下幾項重要工作內容：

1、文獻蒐集與回顧

蒐集國內外有關高速公路事件發生的種類與特性、國內一般駕駛者行為、現有或正在研究發展當中的高速公路交通監控設施、高速公路車流管制策略，交通資料的處理與管理規定，以及統計資料等相關文獻。

2、系統規劃

一個完整的高速公路事件管理系統必須具有事件偵測、資料處理、交通控制等三項基本功能。但這些功能的發揮必須要賴各相關子系統的互相配合。依據管理上的需要，並參考現行國內外類似系統的設計，

介紹各子系統之重要設備組成，軟體應用程式之設計，及各子系統間彼此的互動關係。

3、高速公路事件處理策略之探討

依據國內高速公路的特性，現行高速公路相關管理規定，以及先進國家對於高速公路事件之處理經驗，探討適合我國交通環境特性之管理策略及這些策略在施行時之應注意事項。

貳、高速公路事件管理系統

一、高速公路事件管理之定義

隨著交通量的成長而來的行車擁擠、肇事頻繁、環境污染、能源消耗、經濟發展受阻、生活品質降低等問題普遍困惱著全世界各大都市。台灣地區由於地狹人稠，加上經濟發展迅速，個人所得增加，促成機動車輛快速的成長，使得上述問題無不一一困擾著我們每一個人的生活。特別是高速公路事件的發生，幾乎每一天都使得原本已經負擔沉重的高速公路行之不得，許多的成本都在這樣的情況下不斷的付出，以美國為例，每年據估計都有數十億美元的損失與高速公路的事件發生有關，而且這些損失最後幾乎均會分配到每一個用路人的身上。我國雖然沒有相對的資料可供比較，但是在國內公路建設上的投資與技術上的發展相對較低下，我國在此一問題上的嚴重程度應該不下於美國。

這裏所謂高速公路意外事件（incident）並不僅僅是我們直覺可想到的意外肇事（accident），尚包括諸如車輛拋錨、異物掉落路面、路面破壞、道路施工、甚至局部地區所發生之惡劣天候狀況等都屬於它的範籌。事實上，依據統計，道路上所發生的意外事件中有80%是屬於這些輕微的事故，真正的意外肇事所佔比例並不太多，只不過意外肇事所造成之衝擊往往令人印象深刻。由交通管理的角度

而言，其實凡是會造成高速公路上車流狀態異常的原因，無論大小都可以稱為高速公路意外事件。

高速公路事件管理是以在受到事件影響的狀況下，利用交通控制的手段儘量維持高速公路最佳之服務水準為目標。一般而言，交通控制主要功能可以包括：

1. 減少重現性交通壅塞(Recurrent Congestion)，如都會區每日尖峰時段所發生之壅塞。重現性交通壅塞的起因非常單純，主要是因為經常性的交通需求超過高速公路原設計所能提供之最佳服務容量。
2. 減低非重現性交通壅塞(Non-Recurrent Congestion)之影響，如直接觀測到意外事件的發生或經由偵測資料發現車流開始有不正常之現象，應立即採取必要之措施以防止繼續惡化。非重現性交通壅塞的起因為偶發事件的發生，這裡所謂的偶發事件包含車禍、施工、車輛故障甚至異物阻塞車道等臨時狀況。
3. 促進行車安全，遇有道路、交通或天候狀況不良時，應迅速發現問題所在位置及問題的型態並警告車輛駕駛，促其提高警覺以降低意外肇事的發生機率。
4. 提供用路人必要之資訊，助其有效使用公路設施，並減少其身心之壓力。
5. 為遭遇困難的用路人提供迅捷之救援。
6. 迅速排除障礙，恢復道路暢通。

而高速公路事件處理系統之工作要求可歸納為以下四項：

- 1、以最短的時間發現問題，
- 2、以最適當的步驟完成事件處理，
- 3、以最佳的路徑分散車流，
- 4、以最短的時間解除管制回復正常。

為能達到以上所作的要求，一個完整的高速公路事件管理系統必須具備有事件偵測、交通控制及制訂實施管制策略的功能始能克竟其功。

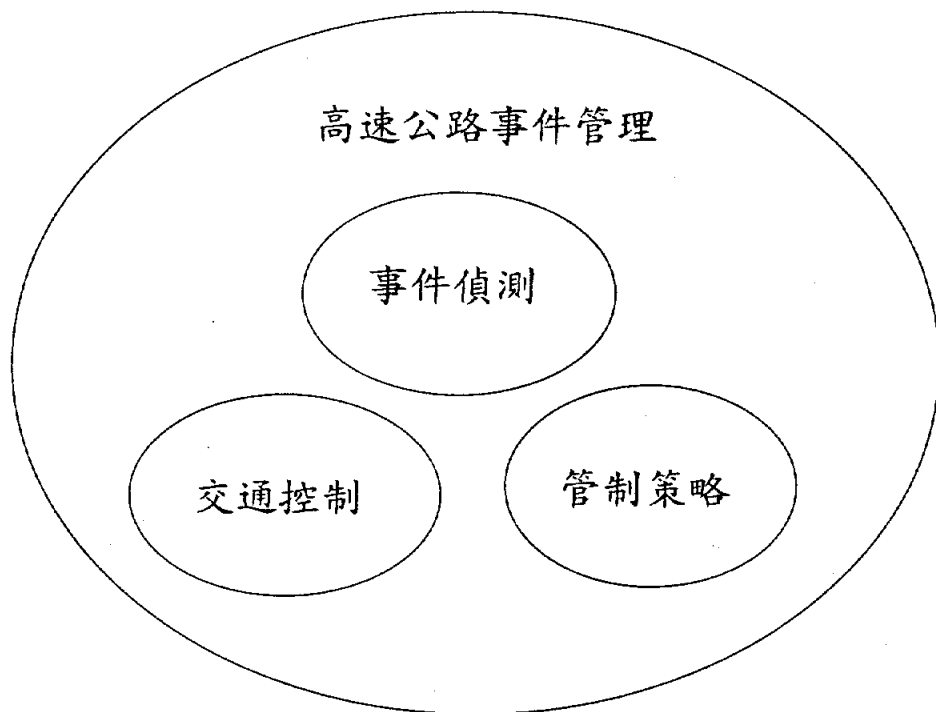


圖 2 高速公路事件管理之功能組成

二、高速公路事件管理之效益

高速公路事件管理系統所能提供之效益可分為直接效益與間接效益兩類，以下就此二類型之效益作一詳細之探討。

高速公路上事件發生後最直接的衝擊就是造成公路上的壅塞，但是由於發生的原因不同，處理的方式自然也就不盡相同，但是從車流管理的角度來看，它們都是希望透過交通控制的方式達到降低瓶頸路段車流到達量的目的，藉此縮短公路上發生擁擠的路段長度及車流回復常態所需要的時間。這類可以直接反應到車流本身的效益，可以歸類為第一類型效益，傳統的累積流量圖可以用來解釋這類型效益是如何發生，進而可以了解我們該如何運用管制的手段以確保這些效益可以被正確的維護。

圖 3 是在一般重現性壅塞(Recurrent Congestion)情況下，管制與無管制時之累積流量變化示意圖。由圖中可以看出，在無管制的情況下，於自然尖峰時段內，該路段的累積到達車流量會高過道路本身之飽和容量，於是壅塞現象隨之產生。因為壅塞而產生之直接負面影響，可以利用總車流延滯時間 (Total Delay) 來作為衡量的依據。以圖型表示，累積到達量與公路飽和容量曲線間的面積值即是因為壅塞所導致的總車流延滯時間。管制也許並無法完全避免壅塞的形成，但至少它可減少壅塞的程度，以圖 3 為例，位於公路飽和容量曲線上方，介於管制與無管制下的累積到達量曲線間所形成的區域面積即代表管制所能帶

來之減少總車流延滯的效益。在無管制的情況下，壅塞現象的紓解必須等到車流自然減少後才能逐漸消散。然而在管制的情況下，藉由交通管理的手段，可以使得累積到達車流在各個時段內都儘量的控制在道路飽和服務容量的水準以下。與無管制情況相比較，妥善的管制最直接的效益是使該路段經常性的壅塞狀況得以紓解，也就是可以縮短該路段上所發生之車流排隊長度及壅塞時間。

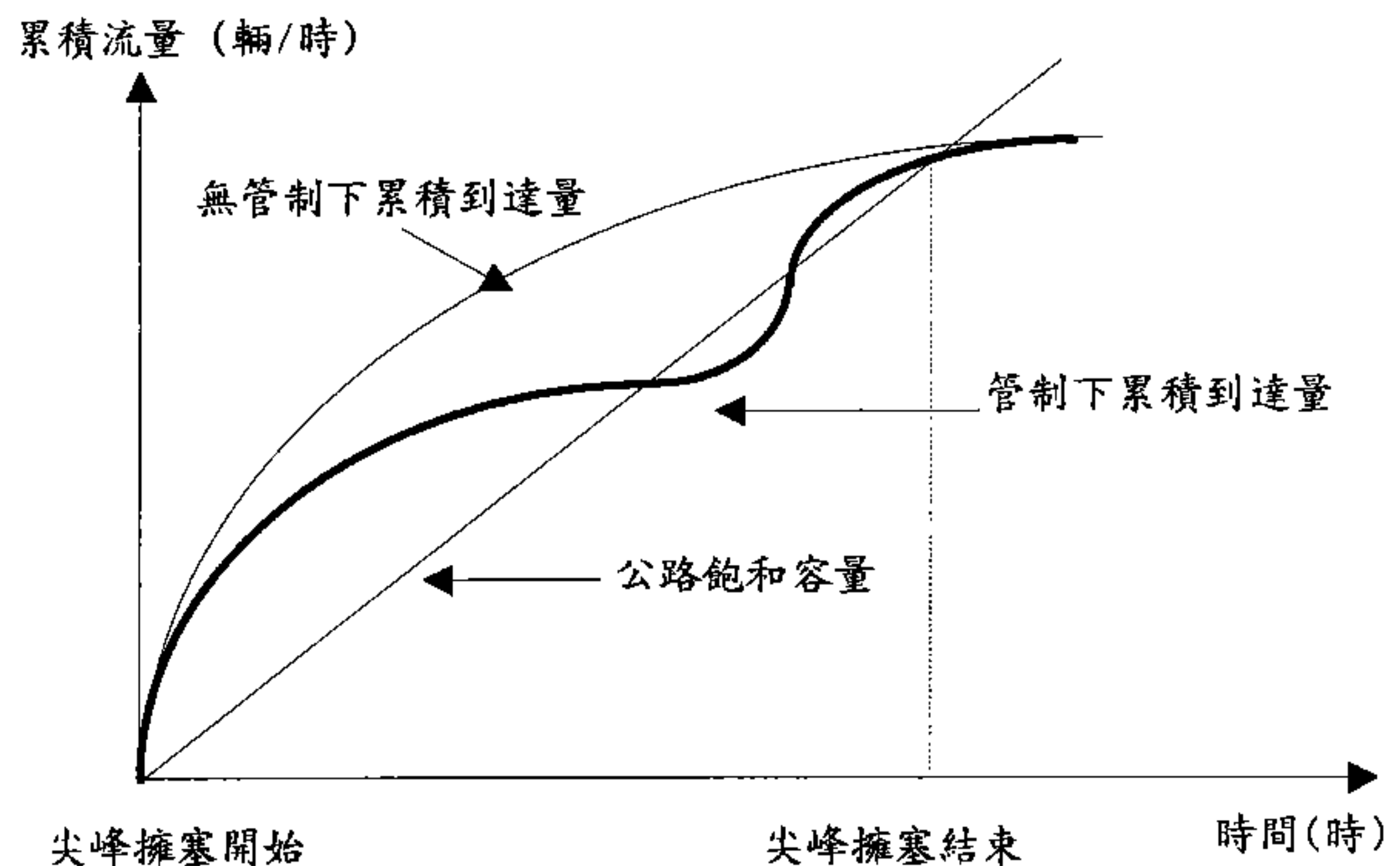


圖 3 重現性壅塞發生時管制與無管制時之累積流量變化示意圖

圖 4 是在非重現性壅塞(Non-Recurrent Congestion)情況下，管制與無管制時之累積流量變化示意圖。由圖中可

以看出，在無管制的情況下，由於受到意外事故之影響，道路本身之服務容量降低，以至累積到達車流量高過最大可服務容量，於是壅塞現象隨之發生。在無管制的情況下，壅塞現象的紓解除有賴到達車流的自然減少外，主要有賴於公路上障礙的排除及早恢復通車。在管制的情況下，藉由交通管理的手段，累積到達車流量將會被儘量控制在接進道路最大可服務容量的水準。同樣的，與無管制情況相比較，管制的最直接效益也是紓解路段上的壅塞狀況，也就是減少總車流延滯時間。

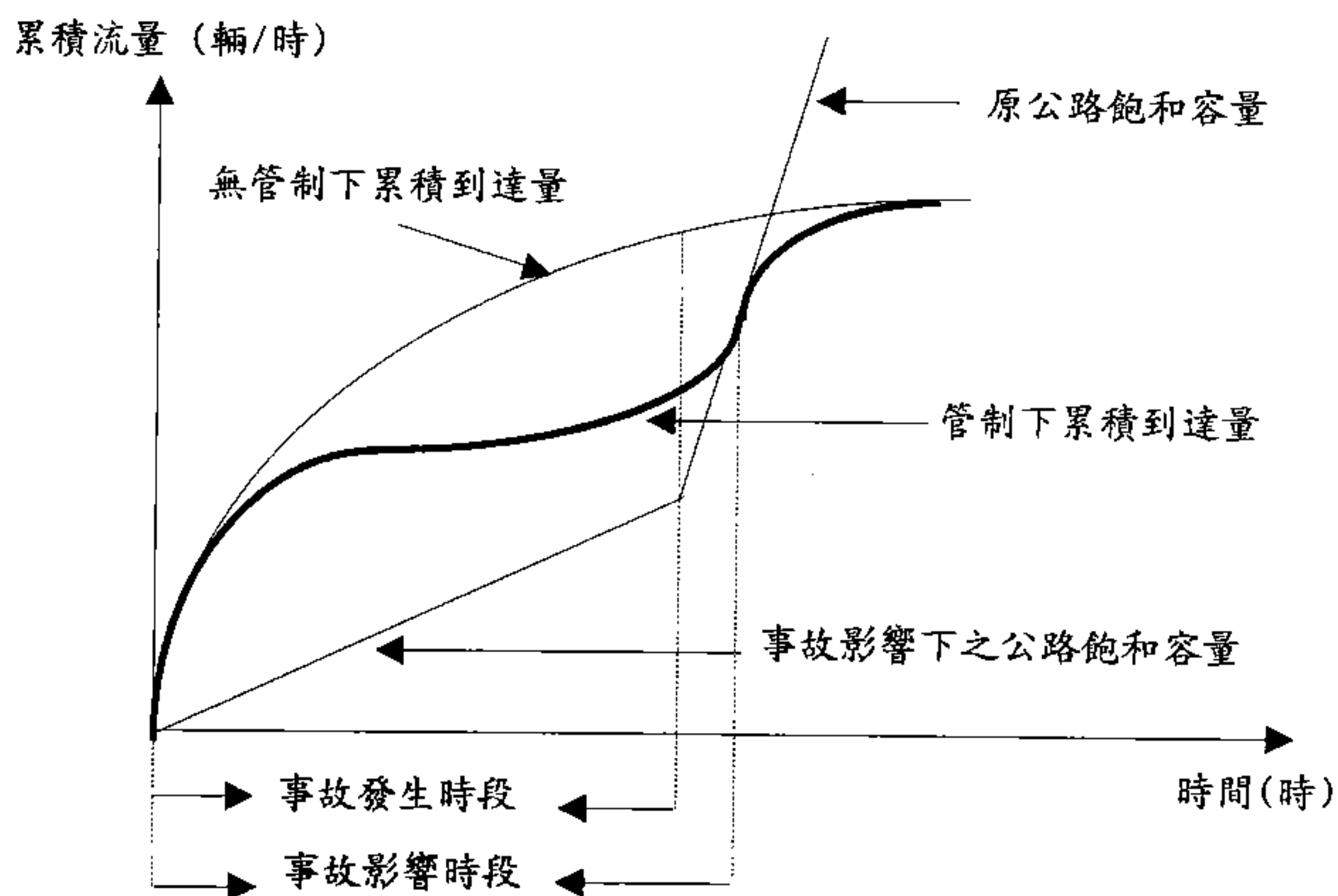


圖 4 非重現性壅塞發生時管制與無管制時之累積流量變化示意圖

必須注意的是除了自然到達流量超過公路飽和容量及公路受事件影響造成公路飽和容量降低會導致壅塞產生外，仍有一些因素是無法直接用流量、容量示意圖表示的。例如，高速公路事件發生後，除了發生事件的方向車流會受到影響外，其逆向車流雖無實體受阻，但往往也會產生壅塞，這些現象是導因於駕駛人的好奇心。人爲的心態反應較難以這類簡單的圖形表示。在日常實際處理的過程中，這類型的壅塞也必須有適當的作法以減少負面影響程度。

除了減少總車流延滯時間所帶來的直接效益之外，由於路段上壅塞狀況得以紓解，間接產生的效益尚可以包括再次肇事機率降低、能源消耗減少、廢氣排放量減少等效益。從經濟的觀點而言，有效的交通管制更可以提升車輛的機動性、減少人員及貨物運送的時間及成本，對於增進國家整體經濟力量的貢獻更是難以估計。

三、高速公路事件管理系統技術之發展

完整的高速公路事件管理系統必須包括有事件偵測、事件管理與交通控制等子系統，現有國內外的高速公路事件管理系統由於設計時期不同，以及工作要求不一，所以各系統之組成內容也不盡相同，僅能以較常見與較重要之部分作介紹。表 1 為高速公路事件管理系統之基本功能組合與可應用設施之組成。基本上一個高速公路事件管理子

系統應包括有：（1）交通資料蒐集系統，（2）路旁資料顯示系統，（3）資料傳輸通訊系統，（4）路況資料處理系統，（5）使用者介面系統，（6）資料存取系統，及（7）即時處理系統。經由適當的配置，各子系統彼此互相連動以完成事件處理過程中必須完成之各項工作。以下章節將繼續探討它們是如何互相配合運作的。

表 1 高速公路事件管理系統之功能與應用設施

系統功能	應用設施
1. 交通資料蒐集	車輛偵測器、天候偵測器、坍方及橋樑偵測器與閉路電視（CCTV）等設備。
2. 路邊資訊顯示	資訊可變標誌、圖誌可變標誌、速限可變標誌、車道管制號誌、警示標誌與匝道管制號誌。
3. 資料傳輸通訊	有線及無線傳輸系統。
4. 路況資料處理	路線規劃及路線導引系統。
5. 使用者介面	區分為語音及影像等系統，可提供地圖、交通指引、標誌標線資料、事件位置及旅次分佈資料等。
6. 資料存取	地理資料庫、歷史性車流資料庫及即時性車流資料檔等。
7. 即時處理	拖救車輛、警勤巡邏車及人員救援車輛等。

四、國內當前之挑戰

公路的建設大多是爲了配合人們活動的需要而開展，台灣地區因爲受到中央山脈南北走向及河川東西走向的影響，人口與主要都市的分佈多是位於其西部的平原地區，因此現有的主要公路幹道也多呈南北走向。未來台灣西部地區運輸走廊將以中山高速公路、第二高速公路及西濱快速公路爲南北運輸主軸，十二條東西向快速道路則與三條南北向高快速公路網互相交會而形成一綿密的路網。因此對於用路人而言，未來用路人所面對行駛路徑規劃時將不再會是傳統單一路徑的選擇，因爲綿密的路網將會提供用路人可相互替代的路徑選擇。如果一旦有事件發生阻礙了行進的路線，用路人可以利用最近之替代路線避開事故路段，繼續以最有利的路徑行進。處於如此複雜的路網之內，要能達到以上所描述的理想，亟需要有一個規劃完善的交通控制及管理系統。該系統必須能提供適時且正確的行車資訊，以便協助駕駛者迅速且正確的找出可以達到目的地的最佳行駛路徑，同時並提醒用路人下游路段可能存在的危險因素，例如：壅塞、濃霧、積水等，以促使駕駛人小心駕駛。假若發生意外事件，該系統必須能夠儘快偵知及確認，繼而採取有效的緊急處理措施，清除障礙疏導車流，避免事故影響程度繼續擴大。

現有中山高速公路及北部第二高速公路之管理系統大致已能提供交通資料收集，路況資訊提供，主線速率控制，匝道出入口管制，及轉向建議等功能。但是面對未來

之交通管理需求，未來在規劃新舊高速公路的管理系統更新或設計時除應具備現有中山高、北二高系統所具備的功能外，還應該加強事件自動偵測、駕駛人即時資訊之功能。如何更迅速的排除現場障礙，所涉及之問題不單是新設備的購置，諸如各單位與介面間的協調、人員的訓練等，也是未來必須時常注意檢討改進的。

高速公路系統之服務週期長達數十年，公路管理系統自然應該配合公路主體系統長期的運作，因此所建立的公路管理系統應該具備有延續發展之空間及易於長期維護之特性。另外，爲了配合未來公路興建時“分段施工，分段通車”的實際要求，交控系統也必須配合做到能夠分段運作及全線完工後順利連線作業的要求。其實這種分段運作之需求，不僅在施工階段有其必要性，在正常運轉之後仍有其一定的價值，例如：因爲道路施工不慎或部份機件故障而導至部份傳輸系統中斷，以致於原設定的中央整合控制模式無法正常運作，此時若能降級至分段控制操作，則局部監控仍可維持，系統仍可發揮其所剩之最佳功能。

基於分段施工及權責單位不同等現實的考慮之下，未來高速公路網內的各個交通管理系統不易達到互相緊密整合的要求，但是關鍵性系統規範（例如通訊協定）如果可以確立，則未來可以考慮以“直接移植核心系統”的方式，則不但可以減少系統開發所需的時程，又可以避免系統發展成本的重覆投資。如果此一方式若是可行，則日後

延續發展不再是各系統獨立進行，維護費用也不必倍增，這對於促進系統整合成功之效益不容忽視。

五、未來之發展方向

依據先進國家對於智慧型運輸系統 (Intelligent Transportation System, ITS) 之發展經驗，可以發現該系統的發展主要是利用傳統交通科技與最新的電腦及通訊科技結合，以達到導引車流、減低擁擠、增進行車的安全性及提高舒適性的目的。這些可能涉及之技術有影像處理、無線電通訊、電腦操作及交通控制理論。其實這些科技並非全新的創作，在高機密且高價值的航空工業或國防工業的領域內，這些科技都已經有多年的發展經驗，而且大都已經達到成熟的階段，目前只不過是將這些科技應用到運輸系統上而已。

由於世界各國的重視與支持，在1994年11月於巴黎舉行了第一屆智慧型交通系統研討會，會中各國交通界的重要人士在充分的溝通之下達成了數項重要的決定。其中最主要的決議是各國必須有一套共同的標準以建立智慧型交通系統。如同1950年代全世界開始發展航空用飛航管制系統一般，智慧型交通系統將在全球各地迅速展開。會中也認識到未來智慧型交通系統的發展有賴於政府與民間企業的充分合作，因此未來有關智慧型交通系統之發展政策必將會受到各國民間工業技術及民間企業財力的影響，但是

無論如何各國政府仍必須在獎勵發展與系統管理上扮演者主要領導的角色。

當前智慧型運輸系統的發展，主要集中在下列五大項目：

1. 先進交通管理系統 (Advanced Traffic Management System, ATMS)

先進交通管理系統之設計主要是針對交通流動之變化，因此將系統可蒐集到之即時 (Real Time) 交通資訊，經處理判斷後，以最快的方式轉換為控制信號，並利用可變標誌或無線電廣播與用路人作有效之溝通，以達到交通管理最佳化之目標。

2. 先進用路人資訊系統 (Advanced Traveler Information System, ATIS)

先進用路人資訊系統將允許用路人，透過視覺或聽覺的資訊導引系統以了解當前及未來的交通狀況，並配合駕駛人之特定目的尋找出最佳之行駛路線。為了駕駛人之便利，此系統亦可以提供一些交通和非交通之資訊服務，例如，提供臨近之加油站、修護站、停車場、旅館、重要光觀點等之相關位置。

3. 先進車輛控制系統 (Advanced Vehicle Control System, AVCS)

先進車輛控制系統之設計主要是希望減少行車操作時因人為疏失而發生意外，短期之發展目標是希望透過車內自動導航及操控系統加強行車安全，長期目標則是希望在維持行車安全的原則下能顯著提升高速公路的服務容量。

4. 營業車輛操作系統 (Commercial Vehicle Operation , CVO)

與ATIS系統類似，營業車輛操作系統主要也是利用電子通訊科技，以改善商業運轉車隊之整體營運效率及車輛調度之彈性。配合自動化車輛辨識技術 (AVI) 的開發，未來更可以減少長程貨運所花費在過站繳費及過磅的時間。

5. 先進大眾運輸系統 (Advanced Public Transportation System , APTS)

先進大眾運輸系統之設計主要是為了加強大眾運輸工具的運轉服務，利用資訊系統以保持更精確的服務時程，適時適地的提供大眾選擇運輸工具的方式，以增加用路人對於大眾運輸系統的接受程度。同時以積極的方式改善大眾運輸工具的操作，進而加強該系統與其它運輸方式之競爭能力。

然而在以上各系統中，AVCS係以汽車生產製造為中心之技術發展範疇，與高速公路事件管理系統之發展

較無直接關係，CVO與APTS則屬於大型商業車輛及大眾運輸工具之管理範圍，未來與高速公路事件管理系統之關係將會是類似路上交通資訊的使用者與供應者之間的關係。因此它們的發展，彼此之間必須互相配合。ATMS與ATIS則與高速公路事件管理系統之發展有最直接且密切的關係，這兩類系統的發展將會直接促成高速公路事件管理技術的更新，其重要性也就不言而喻了。

參、事件偵測

依據前面章節對於高速公路事件所作的定義，可知對於一個管制人員而言，高速公路上所發生的事件包括可事前預知的事故，例如道路施工與養護，及事後才可偵知的事故，例如交通事故、壅塞、車輛故障與天然災害等兩類。此處所討論之事件偵測主要係針對後者而言，當交通事件發生之後，系統必須迅速且正確的測知發生時間、地點及規模大小，甚至瞭解發生的原因，此關係到高速公路事件管理系統之功能能否完全發揮，而在高速公路事件管理系統中負起這項工作任務的單元稱作事件偵測系統。

一、事件偵測之方法

事件偵測之方式可以分為人工偵測及機械偵測兩種方式。

(一) 人工偵測方式

最簡單的偵測方式是以人工偵測為主，這類偵測方式不須太多精密的設備，而且這類偵測方式往往會運用到管制單位本身以外的力量。這類型偵測方式可包含：

1. 用路人通報系統

用路人可包括各型車輛駕駛人及乘客，當發現危險路況或發生事故時，事故當事人或其他經

過之用路人可以路邊緊急電話、用路人呼救箱、車上行動電話與控制中心人員或主管機關聯繫，以台灣地區而言，用路人亦可向警察電台報告。

2. 巡邏車通報

巡邏車包括巡邏警車、工程巡迴車及巡迴檢修車等，於發現突發事件後，除作必要之立即處理外，也可利用所配備之無線電通訊設備或路旁緊急電話向管制中心報告並請求支援。

3. 閉路電視監視器 (CCTV)

經由閉路電視監視器與管制中心連線，中心的管制人員可以直接經由電視螢幕觀察路段上的實際車行狀況。由於設置成本較高，閉路電視監視器主要安裝在高速公路延線上之重要路段，例如：交流道、橋樑、隧道及易肇事路段等。其功能除了監視路況及必要時協助蒐集車流資料外，事故發生後可以協助確認事故發生之地點、阻斷之車道數、事故的型態及道路壅塞的程度。

4. 空中偵測

空中偵測主要是使用直昇機定時沿高速公路上空巡邏，以監視高速公路及其臨近路段上的車流狀況。空中巡邏隊除負有監視與回報之任務外，必要時亦可以予以緊急支援，例如傷患後送及設備運送。

高速公路發生嚴重事故後往往會導至道路嚴重阻塞，路面救援設施難以到達現場，這時直昇機就可以發揮其機動性強之特長超越障礙率先抵達現場。除了可以立即展開必要之救援行動外，亦可以立即回報交控中心回報事故情形，若能配備攝影器材，尚可以從空中將現況畫面傳回交控中心，則對於事故處理將更有幫助。然而直昇機能否直接參與救援，有時也會受到地形地物的影響，若未來考慮要推廣這項任務，則在公路的設計及人員的訓練上都必須早作安排。

除了觀察高速公路上的壅塞狀況，直昇機亦可利用其空中觀測之特長，隨時觀察附近可替代道路上之交通狀況，以建議交控中心引導車流轉向，而達到紓解事故路段之壅塞程度的目的。

（二）儀器偵測方式

相對於傳統人工事件偵測方式，儀器偵測主要是運用電子偵測與邏輯判斷的技術，以達到自動偵測事件的目的，這類系統包括：

1. 車輛偵測器

依據車輛偵測器所偵得之交通變數資料，經處理分析後，可用以研判事件發生之地點、時間及對交通產生的衝擊。依設備種類作區分，最常

見的車輛偵測器有傳統環路線圈偵測器、紅外線、雷達、微波偵測器、影像偵測器等之不同，但是無論何種偵測器，他們所蒐集之資料不外乎車道上之車流量（Flow）、車道佔有率（Occupancy）、車速（Speed）及車輛種類（Vehicle Type）等變數資料。藉由指標值的設定，可以將公路上的壅塞程度給予分級，再參照車輛偵測器所提供之即時路況參數資訊（如表2），交控中心的人員即可以進而決定必須之管制步驟。

表2 高速公路基本路段服務水準評估準則表

服務水準等級	V/C	平均旅行速率 (公里/小時)	密度 (輛/公里-車道)	佔量 (%)
A	≤0.35	≥95	≤10	≤7.5
B	≤0.54	≥91	≤17	≤12.8
C	≤0.77	≥83	≤21	≤15.8
D	≤0.93	≥75	≤26	≤19.5
E	≤1.00	≥60	≤35	≤26.3
F	>1.00	<60	>35	>26.3

註：資料來源：交通部運輸研究所「台灣地區公路容量手冊」

然而僅以直接測得之資料作為研判依據，偵測器必須密集埋設，才能避免對壅塞偵測有所遺漏。此外，依賴一固定偵測器於短時間內獲得之

參數，僅能判斷是否壅塞，並無法確認是否有突發性事件發生。

2. 天候偵測器

主要偵測對象為影響行車安全之自然不良天候狀況，包括濃霧、大雨及強風等。蓋在天候狀況不良的路段，由於行車條件不佳易生事故，若不事先將不良天候之訊息告知駕駛人，促其小心駕駛，恐會造成嚴重之事件，傳統氣象預測無法針對小區域之天候狀況提出預警，因此必須有天候偵測器的設置。

3. 坍方與橋樑沉陷偵測器

此二型偵測器雖然主要是用以提供一般工程養護之資訊，但是由於台灣處於不穩定之地質帶，無預警的自然力量（例如：大雨、洪水、地震）對於工程結構所造成的破壞不容忽視，其所造成的影響面不僅止於工程維護，有時也會影響到交通控制之考量。

二、主要事件偵測演算法

事件偵測演算法則係針對一組偵測器判斷法則功能不足而改良之邏輯推演方法，重要的是這些演算過程中增加了群組偵測器差異比對的觀念，事件發生的確認必須經過層層校核的過程。

通常評估事件偵測演算法所考慮的因素為偵知率 (Detection Rate)、誤報率 (False Alarm Rate) 及平均偵知時間 (Average Detection Time)，以下就這三項參數給予分別定義：

1. 偵知率 (Detection Rate)：事件實際發生後，能被系統偵測出來的比例。
2. 誤報率 (False Alarm Rate)：在所有由系統作出之判斷訊號中，所發生之誤判比例，誤判的定義應該包括無意外事件卻判斷為有意外事件及有意外事件發生卻無法判斷出來兩種情形。
3. 平均偵知時間 (Average Detection Time)：從事間實際發生到事件被偵知之平均延誤時間。

高速公路事件偵測演算法發展至今已約有30年的歷史，依據不同理論所發展出來的事件偵測演算法也相當的多。依據各演算法所憑藉之理論基礎的不同，事件偵測演算法可概分為形態辨識法、統計分析法、劇變理論法、人工智慧法與微觀車流法等五類（見表3）。

表3 事件偵測演算法之分類

類別	演算法則
型態辨識法	加州演算法、APID演算法、澳州演算法、Minnesota 演算法、HIOCC演算法、PATREG演算法、荷蘭演算法。
統計分析法	SND演算法、貝式演算法、ARIMA演算法、雙指數平滑法。
劇變理論法	McMaster演算法。
人工智慧法	類神經網路演算法。
微觀車流法	Fambro演算法。

以下就上述探演算法則之理論基礎、偵測邏輯、及應用經驗進行探討，以做為未來設計高速公路事件偵測方式時之參考。

1. 加州演算法 (California Algorithm)

加州演算法發展至今，經由不斷的修正已衍生發展出許多不同代之法則，其中TSC (Technology Service Corporation) 發展出十種不同演算法，分別為加州演算法 1 至加州演算法 10 ；美國伊利諾州交通局 (IDOT) 也修正發展出加州演算法 14-16。加州演算法之基本結構為二元決策樹 (Binary Decision Tree)，包括一系列的決策點 (Decision Node)，每一決策點包括某一特徵 (Feature) 與門檻值之比較，比較之結果分為真或假，之後依比較結果之真假，再

至其下端的決策點進行另一特徵值與門檻值之比較，直至決策之端點。加州演算法已經實際運作於洛杉磯高速公路監控計畫（Los Angeles Freeway Surveillance and Control Project）及芝加哥快速公路系統中。配合演算法之運作，兩處公路系統上皆埋設有迴路線圈車輛偵測器，埋設密度為每800公尺（1/2英里）一組。

偵測邏輯：

加州演算法之邏輯為若是事件發生於兩組偵測器之間，則事件發生處下游之佔有率會減少，而上游佔有率會增加，相鄰的兩組偵測器所得之佔有率差異會較正常交通狀況下高出許多，以此現象進行事件的偵測。最早的加州演算法利用以下三個條件以確認事件。

- A. $OCC(i,t) - OCC(i+1,t) \geq T1$
- B. $[OCC(i,t) - OCC(i+1,t)]/OCC(i,t) \geq T2$
- C. $[OCC(i+1,t-2) - OCC(i+1,t)]/OCC(i+1,t-2) \geq T3$

註： t：時間 i：上游偵測器 i+1：下游偵測器

OCC(i, t)：在時間t偵測站i所測得之佔有率

T1, T2, T3：門檻值

條件A及B為檢查兩相鄰偵測站所測得之佔有率的絕對與相對差異。條件C則為檢查下游偵測站所連續測

得之佔有率是否有劇烈的變化，也就是繼續檢查條件A及B之後再加以確認擁擠是否是由事件所引起而非正常交通瓶頸所造成。圖5為加州演算法之基本偵測架構。

由TSC所發展的十種加州演算法，可分為三大類。第一類包括演算法1至演算法7，為傳統加州演算法加以變化而來的；第二類包括演算法8及9，則加入壓縮波（Compression Wave）測試，其中演算法8與演算法9之差異，在於演算法9具持續性測試（Persistence Test）；第三類為演算法10，主要為嘗試在低、中交通流量狀況下偵測事件。

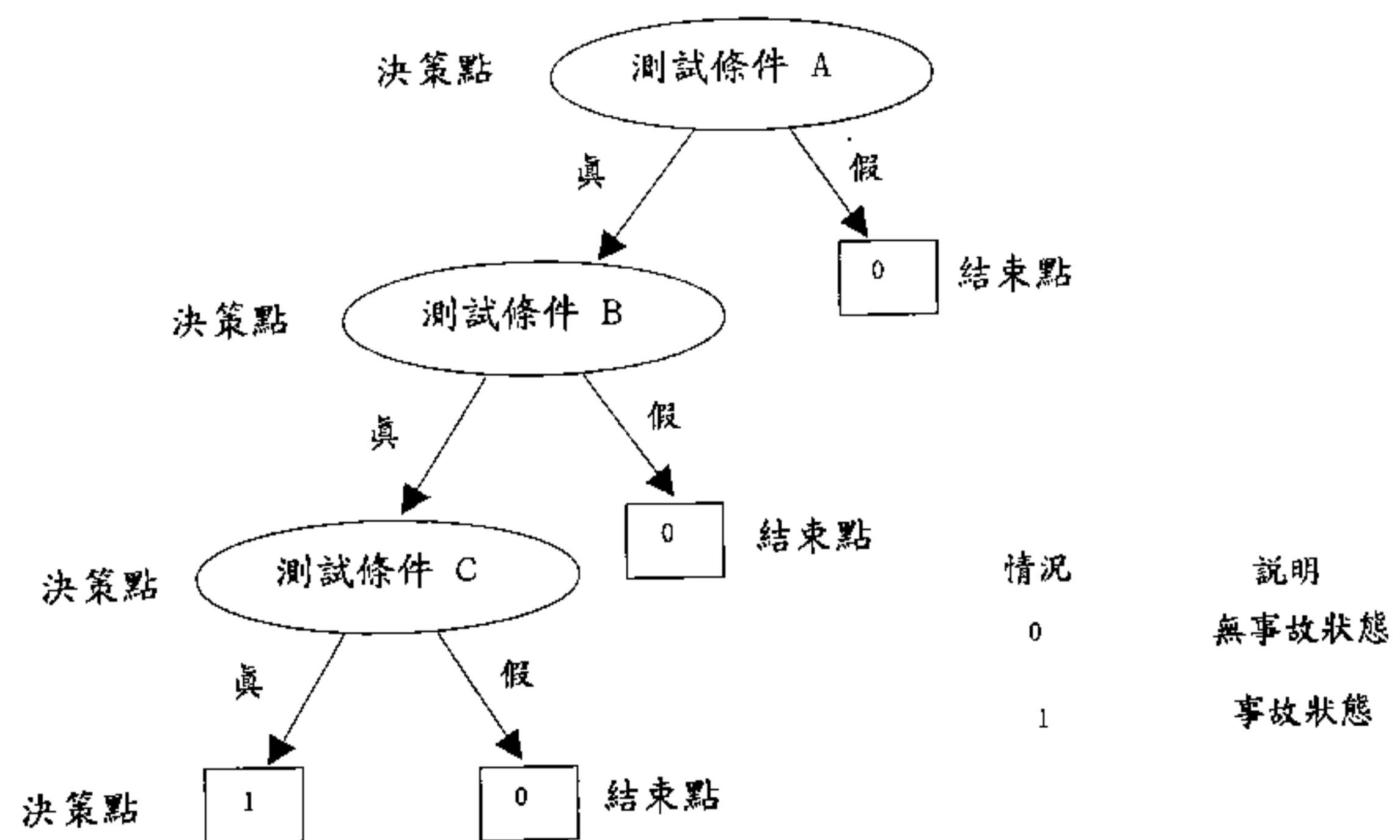


圖5 加州演算法二元決策樹狀圖

績效評估：

Payne 和 Tignor 曾利用 Los Angeles 和 Minneapolis 高速公路監控系統之資料進行離線測試加州演算法之績效，被測之演算法共有演算法 2、7 和 8 三種。測試結果以演算法 8 最佳，演算法 7 次之，而演算法 2 最差。類似的測試比較，也曾被 Levin 和 Kranse 在不同道路狀況下完成，結果彙整如表 4。各演算法在不同的道路狀況中互有優異，但結果卻顯示在 0.05 顯著水準的統計測試條件下，各演算法並無顯著差異，也就是無任何演算法明顯的優於其他演算法。

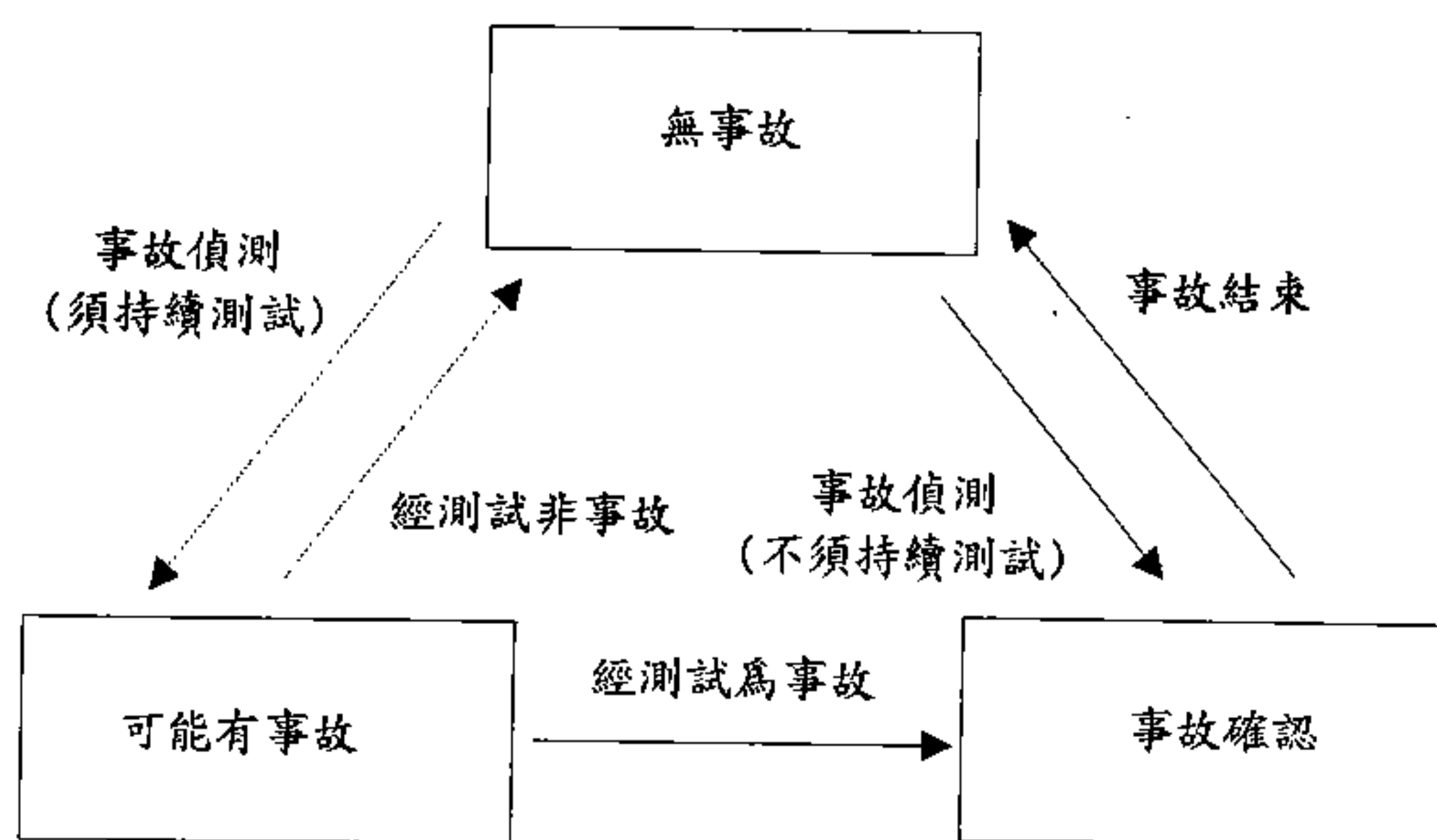
加州演算法之理論相當簡單且經廣泛之測試，在門檻值的校估上亦有一系統的方法，所以常被用來作為與其他演算法評估比較之用。總結使用者的評價，加州演算法中以演算法 7 較佳，且其結構較為簡單。另外值得注意的是，演算法 8 雖不如演算法 7，但其具有壓縮波測試之功能，在高交通流量狀況下可有效減少壓縮波所造成的誤報。

DELCAN 顧問公司曾於 1991 年以加州法則為基礎，針對中山高速公路之行車狀況，提出了 APID (All Purpose Incident Detection Algorithm) 演算法。與加州演算法相比較，APID 演算法同時增加了壓縮波及持續性之測試。APID 演算法適用於高、中流量之交通狀況，若再經門檻值修正，該演算法也應可適用於

低流量之交通狀況。經 DELCAN 顧問公司測試該演算法無論是在偵知率、誤報率或平均偵知時間等績效評估指標皆有不錯的水準，值得發展國內高速公路事件演算法時參考。圖 6 為 APID 演算法之判斷邏輯流程圖。

表4 加州演算法在不同狀況之績效比較

交通狀況	樣本數	績效比較項目	演算法 7	演算法 8	演算法 10	最佳之 演算法
全 部	99	誤報率 (%)	0.019	0.030	0.023	7
		平均偵知時間 (分鐘)	3.39	2.85	3.68	8
擁 擠 乾燥路面	54	誤報率 (%)	0.056	0.079	0.067	7
		平均偵知時間 (分鐘)	2.23	2.75	2.88	7
擁 擠 濕 路 面	6	誤報率 (%)	0.033	0.0	0.045	8
		平均偵知時間 (分鐘)	2.83	3.99	2.50	10
非擁擠 乾燥路面	32	誤報率 (%)	0.002	0.002	0.005	7
		平均偵知時間 (分鐘)	3.73	3.56	2.87	10
非擁擠 濕 路 面	8	誤報率 (%)	0.005	0.005	0.005	7、8、 10
		平均偵知時間 (分鐘)	2.71	2.63	2.50	10



註：圖中實線箭頭表該判斷流程必須仰賴人工查證

圖6 APID演算法之判斷邏輯流程圖

2. ARIMA事件偵測演算法

ARIMA事件偵測演算法是由Ahmed 和Cook於1979年所發展的，此演算法係運用Box-Jenkins所提出之整合性自我迴歸移動平均模式（Autoregressive Integrated Moving Average Model，ARIMA）處理及預測時間序列之交通資料，藉以偵測高速公路之事件發生。

偵測邏輯：

ARIMA演算法所建立之偵測邏輯為

- (1) 以無事件發生狀況下之歷史資料（佔有率），建立ARIMA模式；

- (2) 線上 (On-Line) 計算95%信賴區間；
- (3) 若觀察之佔有率超出95%信賴區間之外，則發出事件發生之警告。

績效評估：

ARIMA事件偵測演算法曾經於美國密西根州底特律附近之John C. Lodge Freeway上測試。分別以移動平均 (Moving Average) 所得之參數及95%信賴區間以固定或隨機比較判斷值為測試類別，測試績效比較如表5。由表5可知變動參數之績效較固定參數為佳。

表5 ARIMA演算法之績效比較表

	固定參數	變動參數
偵測率 (%)	100	100
誤報率 (%)	2.6	1.4
平均偵知時間 (分鐘)	0.58	0.39

ARIMA事件偵測演算法之門檻值隨交通狀況動態變化，可減少交通擁擠變化對其績效的影響。但是天候、環境甚至時間的不同皆可能會對交通特性及模式偵測的能力產生實質的影響。以底特律的測試為例，所有的測試是在每車道1200至2000輛/時之交通狀況下

其中， α 為單指數平滑係數，決定以往資料對預測值之影響的權重。

B. 建立追蹤信號 $TS(t)$

$$TS(t) = y(t)/m(t-1)$$

$y(t)$ 累積誤差， $y(t) = y(t-1) - e(t)$ 。

$e(t)$ 預測誤差， $e(t) = X(t) - S_2(t)$ 。

$m(t)$ 平均絕對誤差， $m(t) = \beta |e(t)| + (1-\beta)m(t-1)$ 。

$m(t)$ 係以單指數平滑預測誤差之絕對值，平滑係數取0.1。

C. 若追蹤信號 $TS(t)$ 顯著偏離零，則產生事件之警訊。其門檻值須經試誤法加以決定。根據文獻資料，追蹤信號之門檻值介於 ± 1.5 及 ± 8 之間。

績效評估：

雙指數平滑演算法曾以離線方式進行測試，資料蒐集地點也是來自於美國密西根州底特律附近之John C. Lodge Freeway。經由13種不同交通變數之測試，以單一偵測站之流量、佔有率及不連續性等三項之績效較佳。表6為該測試研就結果。

由測試過程中發現，由於追蹤信號之門檻值為固定值，因此車流中擁擠狀態的改變會對偵測績效造成影響。以佔有率為判斷標準時，必須注意交通組成變化也會影響偵測績效。其優點是，因演算法中交通趨

其中， α 為單指數平滑係數，決定以往資料對預測值之影響的權重。

B. 建立追蹤信號 $TS(t)$

$$TS(t)=y(t)/m(t-1)$$

$y(t)$ 累積誤差， $y(t)=y(t-1)-e(t)$ 。

$e(t)$ 預測誤差， $e(t)=X(t)-S2(t)$ 。

$m(t)$ 平均絕對誤差， $m(t)=\beta|e(t)+(1-\beta)m(t-1)$ 。

$m(t)$ 係以單指數平滑預測誤差之絕對值，平滑係數取0.1。

C. 若追蹤信號 $TS(t)$ 顯著偏離零，則產生事件之警訊。其門檻值須經試誤法加以決定。根據文獻資料，追蹤信號之門檻值介於 ± 1.5 及 ± 8 之間。

績效評估：

雙指數平滑演算法曾以離線方式進行測試，資料蒐集地點也是來自於美國密西根州底特律附近之John C. Lodge Freeway。經由13種不同交通變數之測試，以單一偵測站之流量、佔有率及不連續性等三項之績效較佳。表6為該測試研就結果。

由測試過程中發現，由於追蹤信號之門檻值為固定值，因此車流中擁擠狀態的改變會對偵測績效造成影響。以佔有率為判斷標準時，必須注意交通組成變化也會影響偵測績效。其優點是，因演算法中交通趨

勢之預測已隱含不同天候變化所造成之交通影響，所以天候變化對演算法之績效影響可以減輕。

表6 雙指數平滑演算法之測試比較

誤報率	比較參數	誤報率	偵測率	平均偵知時間
低	佔有率	0.26%	48%	1.46 min.
	流量	0.19%	54%	2.18 min.
	不連續性	0.26%	44%	0.82 min.
中	佔有率	1.87%	92%	0.74 min.
	流量	1.90%	90%	0.82 min.
	不連續性	1.67%	84%	1.14 min.
高	佔有率	5.73%	96%	0.35 min.
	流量	5.37%	54%	0.30 min.
	不連續性	6.50%	44%	0.64 min.

註： 樣本中50件為車道封閉，1554件為無事件發生狀態。

4. McMaster事件偵測演算法

McMaster事件偵測演算法係以劇變理論為基礎所發展出來的。其概念架構是在1965年由Athol提出，而由Persaud和Hall在1989年加以發展而成，接著Forbes更進一步修正。以下就McMaster事件偵測演算法進行討論。

McMaster事件偵測演算法之主要功能為偵測擁擠及判別造成擁擠之原因為重現性或非重現性。McMaster事件偵測演算法是一種利用單一偵測站之演算法（與加州法則利用兩相鄰偵測站不同），必要時也可僅利用道路中單一車道（內車道）之資料進行偵測。其所使用之交通參數為30秒之流量、速度及佔有率資料。

偵測邏輯：

McMaster事件偵測演算法之演算邏輯中乃藉由低速率、高佔有率或壅塞車流等資料偵測擁擠，其利用流量與佔有率將交通狀況區分為四種狀態（如圖7）：
（1）正常、（2）事件發生導致容量減少之下游交通狀態、（3）Slow-and-Go 壅塞行進狀態及（4）重現性交通瓶頸下游之交通狀態。

圖7中用以區分非壅塞與壅塞之界線為一個指數函數式，其數學方程式為：

$$g(OCC) = k * b * OCC^a$$

註：k：參數，0-1

a，b：參數

OCC：佔有率

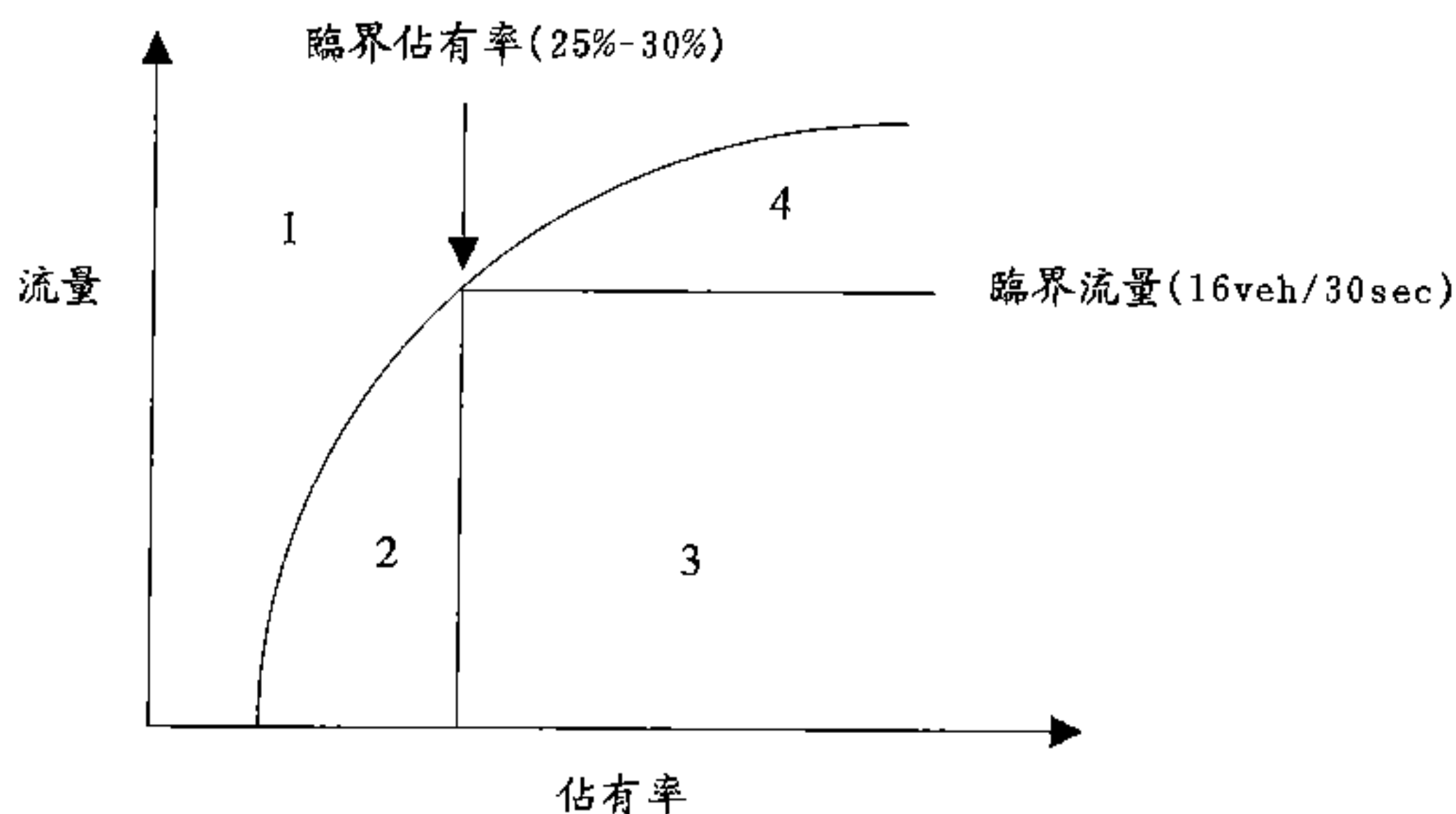


圖7 由流量/佔有率所界定之四種車流狀態

偵測的方式是沿車流方向，評估每一偵測站之交通狀況。若偵測站 (i) 之交通狀態經判斷為1，則繼續判讀下一個偵測站 ($i+1$)，並重複此一步驟；若交通狀態經判斷為2或3，則必須針對其下游偵測站作進一步評估，而評估結果有三種可能之情況：

- (1) 若為狀態1或2，則可能在偵測站 i 及 $i+1$ 之間因事件發生而導致壅塞。
- (2) 若為狀態4，則可能在偵測站 i 及 $i+1$ 之間由於額外流量的匯入或車道縮減等因素造成壅塞，這類型壅塞可定義為重現性壅塞。
- (3) 若為狀態3，則壅塞可能發生在更下游處，須進一步評估偵測站 $i+2$ 。

Forbes進一步在McMaster事件偵測演算法中結合壅塞原因偵測邏輯（Cause-of-Congestion Logic，CCL），以修正原有之McMaster演算法。CCL僅利用流量、佔有率及速度之變化量作為判斷之依據。變化量依事件位置可能為正或負，例如事件發生使三車道縮減為一車道，則事件將同時會影響到上下游偵測站，下游偵測站可能會發現速度加快（當然這又決定於偵測站佈設的間距）和佔有率減少的現象；反觀上游偵測站則可能會發現佔有率增加及速度降低等現象。

績效評估：

經修訂後之McMaster事件偵測演算法（Modified McMaster Algorithm）曾運用於加拿大安大略省的Queen Elizabeth Way以離線方式進行測試。所得出之偵測率為100%，誤報率為0.043%，結果顯示McMaster事件偵測演算法有較高之偵測率及較低之誤報率，頗值得更進一步研究。

劇變理論為一新興之數學方法，其功能在說明描述具有不連續變化的問題，並可對事物未來的變化進行預測，在交通方面目前已於高速公路事件之車流特性上有良好的應用。McMaster事件偵測演算法之主要優點有：

- (1) 使用流量、速度及佔有率為判斷資料，一般實際使用之偵測器皆可以提供這些所需要的資料。如果偵測過程中有任何一資料漏失，透過車流關係式皆可以反推取得，所以對於事件之偵測及判斷的影響可降低。
- (2) 以單一偵測站為基礎，可較不受到道路幾何條件之影響，當某一偵測站失效時，系統仍然能運作。
- (3) 單一偵測站之邏輯較不受到可能因為事故地點與偵測站之間的距離太近而有所影響。

5. Fambro事件偵測演算法

Fambro事件偵測演算法係由Fambro和Ritch所發展，此演算法是針對高速公路低交通量狀況所發展。在低交通流量狀況下，車輛之速度較高且較為穩定，同時駕駛人因車輛少、狀況較少，而注意力較不易集中，因此對於非預期的事件通常需要較長的反應時間。這些問題在眼睛的視距受到道路幾何受到限制時（例如高架及隧道路段）更為重要。一般之事件偵測演算法大多適用於中、高交通流量狀況下，對於離峰或深夜之低流量交通狀況，大多無法適用。基於對駕駛人生命的重視及財產的保護，低交通流量下之事件偵測實不容忽視。中、高流量的事件偵測演算法主要是依據事件發生後造成容量的降低而使流量形成不連

續或佔有率的變化。但在低交通流量狀況下，事件發生雖然也可能造成道路容量的降低，但由於實際流量較小，所剩之道路容量仍足以負荷當時的交通需求，所以交通狀態上所顯現之不連續或衝擊波等現象可能並不明顯，甚至不會發生。因此許多用作於事件偵測的交通參數，例如流量及佔有率等，並不適用於低交通流量的狀況。

偵測邏輯：

Fambro事件偵測演算法，即係針對低交通流量下之事件偵測所設計，它捨棄了一般演算法所採用的巨觀及平均的觀念，而採用了微觀的觀念。其主要邏輯是認為當車輛通過某一偵測站之後，若是在一合理的時段內未能通過下游偵測站，則可以推斷在上下兩組偵測站間有某種事件發生。預測通過下游偵測站所需之時間是利用該車輛通過前一偵測站時之速度及兩偵測站之間的距離推算而得

$$t(i+1)=t(i)+d/v$$

註： $t(i+1)$ ：預估通過下游偵測站的時間

$t(i)$ ：通過上游偵測站的時間

d ：兩偵測站間之距離

v ：測得之車行速度

上式是假設車輛在兩偵測站間之速度不變，但實際上的差異仍然必須考慮（特別是在偵測站安裝密度不高的路段），所以預測車輛通過下游偵測站的時間應為一"時間段"而非一"時間點"。圖8 可以用來說明Fambro事件偵測演算法之偵測邏輯。圖中假設第一部車於A1時通過上游偵測站，經由公式推測該車將於B1到達下游偵測站，考量可能產生的誤差，所以針對到達下游偵測站的時間給予一可能的前置量（E1）及延滯量（L1）。

依據Fambro演算法之基本邏輯，在不同的到達下游的"預測時間段落"中有互相重疊的情況時，如圖中在A1及A2時通過上游偵測站的兩部車，則取其預測時間段落的聯集。未有重疊之車輛，則維持各自獨立。

績效評估：

Fambro演算法曾經測試於美國德州休士頓I-610高速公路，利用所埋設之三組環路感應線圈蒐集車流資料，總計蒐集20小時15,700筆車輛資料。由德州的經驗中可以發現Fambro演算法在100-400輛/時之流量狀況下，其在偵測率、誤報率及平均偵知時間等績效比較上皆有不錯之表現。

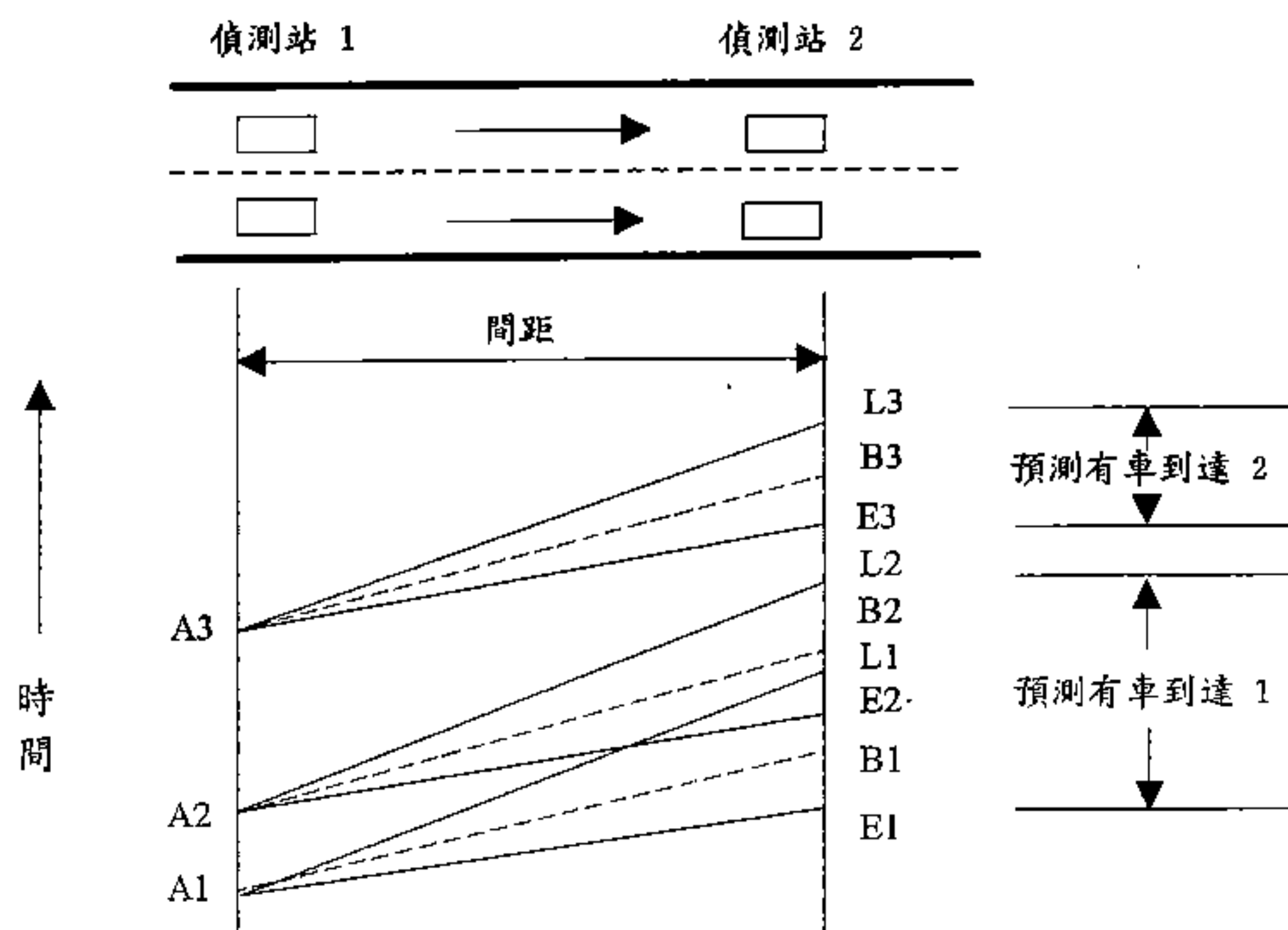


圖8 Fambro演算法之基本邏輯

6. 類神經網路 (Neural Network) 事件偵測演算法

類神經網路模式應用在高速公路事件偵測是首見於Cheu在1991年提出的三層之類神經法規（輸入層、隱藏層及輸出層）。其利用車流模擬程式INTRAS（Integrated Traffic Simulation）所產生之高速公路事件資料來進行偵測演算法的學習及測試，輸入之資料為上下游偵測站每30秒之流量及佔有率，交通狀況則規劃為四個狀態，分別為：

- 1、無事件狀態
- 2、等候車隊開始形成
- 3、等候車隊集結
- 4、等候車隊消除

狀態2表示事件之開始，狀態3及4表示因事件發生而形成的衝擊演變。當所觀測到的交通狀況由狀態2變化至狀態3，同時在狀態3持續數個連續時段時，則宣告事件發生。測試結果發現在無誤報率之狀況下，事件發生60秒後可以偵測出事件發生，相同之資料，加州演算法則需時180秒。

國內也曾經利用類似之架構，以中山高速公路之實際車流資料從事學習及判斷的工作。受限於資料取得之困難，所運用的資料僅有13組事件資料。網路架構包括有二個處理單元之輸入層和具有一個處理元件之輸出層，隱藏層在經試誤之結果，以具有三個處理元件的單一隱藏層對事件資料的學習效果最佳，交通狀況則僅分為意外事件發生和未發生兩種狀態。經離線測試之結果，偵測率可達85%以上，而誤報率則為0%。但是該研究本身分析誤報率為零之可能原因有：

- 1、 偵測器之間隔距離過長，使其間所發生之非事件所引起的車流不穩定狀況得以紓緩。
- 2、 樣本數太小。

國內之研究也嘗試利用以模糊理論（Fuzzy Theory）為基礎的事件偵測演算法，其研究結論認為倒轉傳遞類神經網路雖然有不錯的偵測率，但學習階段費時較長，較不符合即時管制需求，且需利用試誤法來決定隱藏層之層數及各層之處理單元的個數，並為了達到較佳的學習結果還須調整參數，而且學習過

程及學習資料會使得演算法移轉性受到限制，這些都可能會限制其在事件偵測上之發展。

三、事件演算法之評估比較

本節就前面所探討之六種事件偵測演算法所具備之功能、所需資料及績效等予以彙整，並以國外的使用經驗及國內實際測試應用之績效分析與評估，以供國內發展自有偵測系統時之參考。

就發展年代而言，多數之演算法發展於1970年代，1990年代左右發展之演算法大多引用當時較為風行之理論，例如劇變理論、類神經網路及模糊理論等。茲將各重要事件演算法之發展源起、資料需求、測試時所用偵測器、所用演算法之特殊功能、門檻值校估方式、測試績效比較及應用之狀況等整裡成表7以供查閱。

特別須注意的是各演算法的績效評比大多是以偵測率、誤報率及平均偵知時間等三項指標為基準。各演算法之優劣雖然可以由績效值中大致看出，但此一比較結果並非絕對合理，因為各演算法之測試環境及所取得之資料等都並不相同，且上述三項績效指標間尚無一有系統之權衡標準，因此不宜據此判定各演算法之優劣。例如六項演算法之測試過程中，在低交通流量狀況下以Fambro演算法之績效最佳，而雙指數平滑法在加拿大COMPASS系統之實際運作中，雖然誤報率及平均偵知時間皆在滿意水準之

下，但偵測率卻尚可，所以在低交通流量下該法仍是可以嘗試研究改善的。

回顧事件偵測演算法雖已有將近三十年的發展歷史，但是能被實際運用者卻極為有限。在六項法則中，目前真正有被實際運用於高速公路控制者，主要是以型態辨識為基礎之演算法，這包括有加州演算法 7、加州演算法 8、McMaster演算法及雙指數平滑法等。

為能提供國內發展高速公路事件管理系統進一步參考資料，本研究期望能提供不同演算法則在相同車流狀況下，所做之績效測試比較。中華工程司曾利用模擬之方式，同時對加州法則 7、加州法則 8、雙指數平滑法及McMaster法等四項法則做出比較。其研究方式及所得之結論將節錄如後。表8 表示針對八個利用MISSION模擬程式所產生的事件資料，四個演算法則績效評比的結果。

表8 顯示就偵測率而言，加州法則 7 及 8 有較佳之偵測績效，七個事件當中，僅一筆資料未能測出，而此一事件之特徵是低流量（1800輛/時-車道）、三車道且單一車道因事件而封閉。雙指數平滑法對於事件發生的偵測以單車道資料進行事件偵測績效會較佳，但仍不如加州法則來得有效。至於McMaster演算法在本測試中，偵測率並不理想，僅達50%，所有有關單車道封閉的測試事件，皆無法判斷出。

表7 事件偵測演算法之比較

比較事項		加州演算法7	加州演算法8	ARIMA演算法	雙指數平滑演算法
源	發展年代	1976	1976	1979	1973
	發展國家	美國	美國	美國	美國
起	作者	TSC	TSC	Ahmed & Cook	Cook & Cleveland
	所需偵測資料	佔有率	佔有率	佔有率	流量、速度、佔有率
資料需求	運用前處理方式	無	無	資料平滑處理	資料平滑處理
	資料更新週期(秒)	20、30、60	20、30、60	60	60
	推估時段長(秒)	60	60	60	60
	偵測器之間距(m)	800	800	445-1468	445-1468
偵測器	演算法對偵測器配置的要求	兩鄰偵測站為一組	兩鄰偵測站為一組	每一偵測站各為一組	每一偵測站各為一組
	壓縮波測試	X	O	X	X
演算法功能	持續性測試	O	O	X	X
	事件結束測試	O	O	X	X
	重現與非重現判別	X	X	X	X
	低交通量下測試	X	X	X	O
校估	門檻值校估法	試誤法	試誤法	歷史資料推估	試誤法
	門檻值是否更新	X	X	O	X
績	測試方式	離線及線上	離線及線上	離線	離線及線上
	偵測率	95%、53%	93%、41%	100%	92%、62%
	誤報率	0.02%、0.63%	0.03%、0.74%	1.4%	1.87%、0.28%
	平均偵知時間(分)	3.39、7.5	2.85、5.3	0.39	0.75、5.05
效	低交通量下之績效	X	X	X	尚可
	適用之交通狀況	中、高	中、高	中、高	中、高
應用	實際運用	O	O	X	O
綜合評估		在加州法則中結構最簡單且受使用者評價最高。	在高流量狀態下可有效減少壓縮波所造成的誤差。	交通壅塞之變化對其偵測績效之影響較小，但易受天候及環境因素影響。	天候變化對其偵測績效之影響較小，但車流中擁擠狀態的改變會對其績效造成影響。

資料來源：東西向快速公路建設計畫交通控制系統工程
規劃期末報告，中華顧問工程司

表7 事件偵測演算法之比較 (續)

比較事項		McMaster 演算法	類神經網路演算法	Fambro 演算法
源起	發展年代	1989	1991	1980
	發展國家	加拿大	美國	美國
	作者	Persuad & Hall	Cheu & Ritch	Fambro & Ritch
資料需求	所需偵測資料	流量、速度、佔有率	流量、佔有率	速度、過偵測站時間
	運用前處理方式	X	X	X
	資料更新週期(秒)	20	30	測知車輛通過即傳回
	推估時段長(秒)	20	30	預測到達下游的時間
偵測器	偵測器之間距(m)	800	1630	152.4
	演算法對偵測器配置的要求	每一偵測站各為一組	兩鄰偵測站為一組	兩鄰偵測站為一組
演算法功能	壓縮波測試	X	X	X
	持續性測試	O	O	X
	事件結束測試	O	X	X
	重現與非重現判別	O	X	X
	低交通量下測試	X	X	O
校估	門檻值校估法	試誤法	由歷史資料學習而得	試誤法
	門檻值是否更新	O	X	X
績效	測試方式	離線及線上	以模擬資料離線測試	離線
	偵測率	88%、68%	83%	100%
	誤報率	0.001%、0.001%	1.94%	0.0%
	平均偵知時間(分)	3.2、2.1	2.1	0.44
	低交通量下之績效	X	X	O
應用	適用之交通狀況	中、高	中、高	低
	實際運用	無資料	X	X
綜合評估		該演算法僅需使用單一偵測站之資料，且可分辨重現性或非重現性壅塞。	具有自我學習及判斷之能力，但以目前之技術，學習階段所需時間較長，尚不符合即時管制之需求。	可適用於低流量交通狀態。

資料來源：東西向快速公路建設計畫交通控制系統工程
規劃期末報告，中華顧問工程司

表8 模擬各演算法之偵測績效比較表

資料型態	車道平均 資料	車道平均 資料	單車道 資料	車道平均 資料	車道平均 資料
演算法則	加州法則 7	加州法則 8	雙指數法	雙指數法	McMaster
偵測率	87.5%	87.5%	75.0%	62.5%	50.0%
誤報率	0.01%	0.10%	0.87%	0.91%	0.96%
偵知時間	3.3min.	3.8min.	1.5min.	1.2min.	3.0min.

以誤報比例作比較，仍以加州法則 7 及 8 最佳，雙指數平滑法其次，McMaster演算法則仍是最差。但值得注意的是McMaster演算法在低流量狀態下，其誤報比例值曾低至0.06%，值得在未來繼續研究發展時注意。以平均偵知時間作比較，則雙指數平滑法所需的時間最短，加州法則最長，同樣的McMaster演算法在高低流量不同的情況下，所需偵測時間也有長短之明顯不同（120秒 V.S. 240秒）。

綜合以上比較，加州法則 7 與加州法則 8 有較佳之績效，而McMaster具有較佳之車流理論基礎，未來仍十分具有發展潛力。

當我們在歸納整理以往這些高速公路事件偵測演算法則的發展過程中可以發現它們都曾面臨一個共同的問題，那就是事件資料的不足。事件資料的不足將會導致演算法則對於事件本身的特性不易掌握，以至於在實際運作時其

肆、事件處理

一、高速公路事件處理流程

高速公路由於具有流量大及速度快的特性，所以一旦有事件發生（包括車禍、車輛故障、橋樑塌陷、危險物品外洩等），其所連帶產生出來的衝擊將遠超過一般道路上所見。所以當高速公路有事件發生時，如果能迅速有效的處理則必能大量減少車流延滯，降低財務及生命的損失。

完整之事件處理流程應包含有事件本身的處理及交通管制兩部分。基本上，當事件發生後，事件本身可以經由車輛偵測器配合事件偵測演算法、路旁監視器、公路巡邏隊或用路人通報等方式通報交控中心而得知。交控中心的人員則於獲知事件發生後應立即進行確認步驟，經確認後再立即通知相關處理單位到現場支援處理，同時並啟動相關交控設施，進行交通疏導及管制的步驟。圖9 為高速公路事件管理系統作業之大致流程。

有效的事件管理策略或技術，將可以縮短事件處理時所持續的時間，以使得因事件發生所導致的負面影響能夠降至最低。自事件發生起到事件由現場排除並解除管制止之時間可以定義為事件處理時間，依據處理的先後順序及工作內容的不同，事件處理時間可大致劃分為七個時期，分別是：（一）偵測時期、（二）確認時期、（三）評估時期、（四）工作擬訂時期、（五）援助到達時期、（六）處理時期及（七）恢復時期。每一時期的工作內容是：

肆、事件處理

一、高速公路事件處理流程

高速公路由於具有流量大及速度快的特性，所以一旦有事件發生（包括車禍、車輛故障、橋樑塌陷、危險物品外洩等），其所連帶產生出來的衝擊將遠超過一般道路上所見。所以當高速公路有事件發生時，如果能迅速有效的處理則必能大量減少車流延滯，降低財務及生命的損失。

完整之事件處理流程應包含有事件本身的處理及交通管制兩部分。基本上，當事件發生後，事件本身可以經由車輛偵測器配合事件偵測演算法、路旁監視器、公路巡邏隊或用路人通報等方式通報交控中心而得知。交控中心的人員則於獲知事件發生後應立即進行確認步驟，經確認後再立即通知相關處理單位到現場支援處理，同時並啟動相關交控設施，進行交通疏導及管制的步驟。圖9 為高速公路事件管理系統作業之大致流程。

有效的事件管理策略或技術，將可以縮短事件處理時所持續的時間，以使得因事件發生所導致的負面影響能夠降至最低。自事件發生起到事件由現場排除並解除管制止之時間可以定義為事件處理時間，依據處理的先後順序及工作內容的不同，事件處理時間可大致劃分為七個時期，分別是：(一)偵測時期、(二)確認時期、(三)評估時期、(四)工作擬訂時期、(五)援助到達時期、(六)處理時期及(七)恢復時期。每一時期的工作內容是：

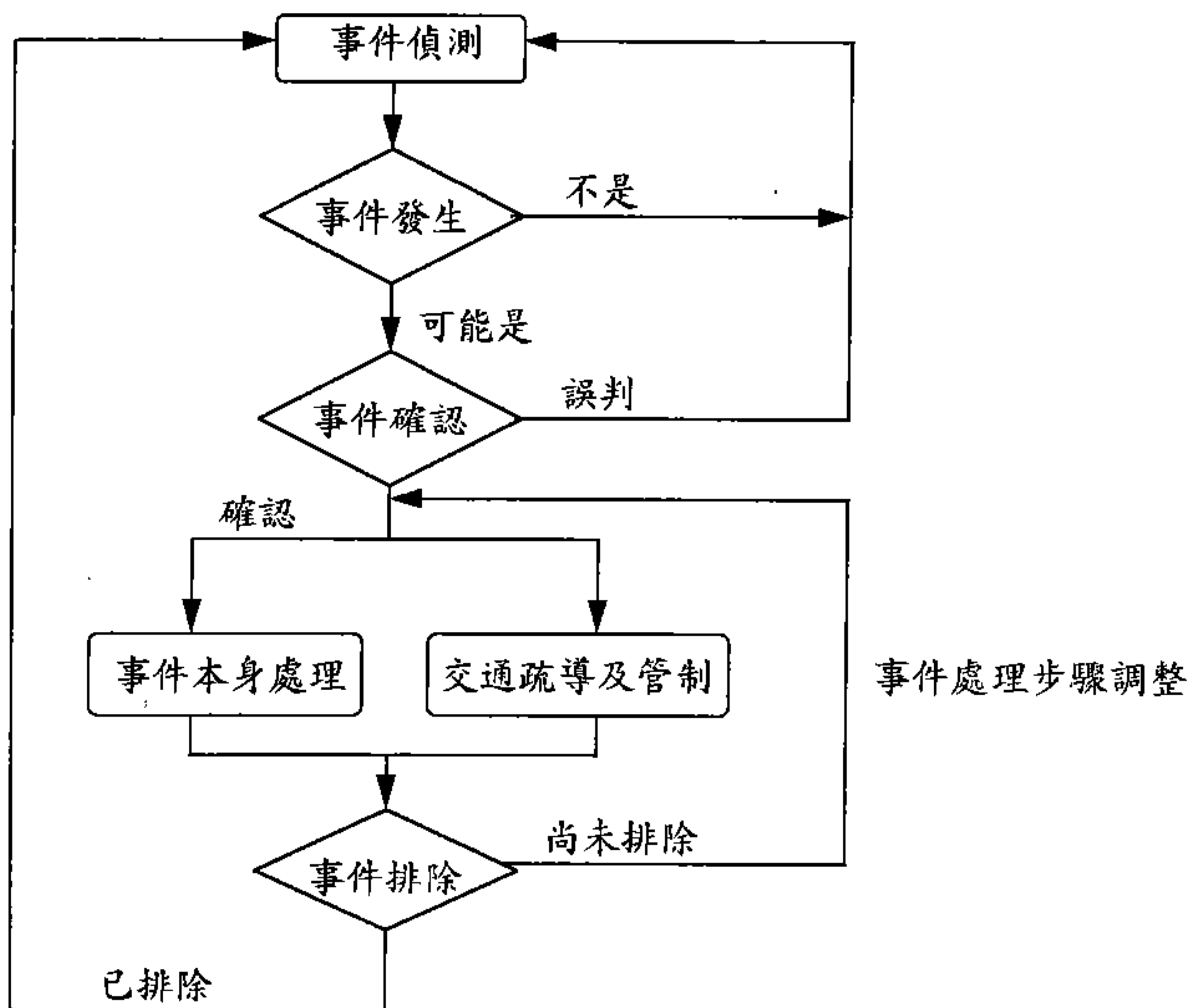


圖9 高速公路事件管理系統作業流程

一、偵測時期

偵測公路上否有異常狀況發生，事件偵測的工作是屬於經常性的任務。

二、確認時期

- 1、確認是否真有事件發生，
- 2、確認事件發生的位置，
- 3、確認是何種性質之事件。

三、評估時期

- 1、預估處理事件所需的時間，
- 2、預估處理事件所需的人力及設備，
- 3、預估事件處理可能對交通帶來的衝擊，
- 4、評估可能之交通疏導路線及該路線之服務現況。

四、工作擬訂時期

- 1、通知有關單位並完成工作指派，
- 2、擬定現場交通管制與維持計畫，
- 3、擬定受交通衝擊範圍內之交通疏導計畫，
- 4、依據疏導計畫啟動連鎖號誌及相關交通管制設施，及發佈即時交通資訊。

五、援助到達時期

- 1、先遣人員立即展開急救處理、
- 2、先遣人員處理現場肇事記錄並維持現場交通秩序。

六、處理時期

- 1、現場傷患急救處理及進行傷患後送，
- 2、路面上之障礙物及故障車輛排除，
- 3、道路恢復服務狀態，
- 4、現場工作人員協助維持交通，並指揮車輛儘速通過事件發生地區，
- 5、依據現況調整管制對策。

七、恢復時期

- 1、逐步結束管制狀態，
- 2、調整即時路況資訊。

當事件發生後，道路容量將會受到事件的嚴重不同而產生或大或小的衝擊，此時如果實際到達車流超過所剩餘的道路服務容量時，則壅塞現象隨之產生，也就是行車速度降低，行車狀況形成走走停停之情形。此時車輛僅能以所剩餘之道路服務容量流動，直到事件被排除為止，車隊始能恢復以原路段之容量流動，當最後一部等候通過的車輛達到正常車流速度後，此時才算是事件被完全排除。在這段時間之內，所有每一部車輛因事件發生的影響而延誤的車行時間總和就是所謂的總延誤時間（Total Delay）。明顯的，總延誤時間會是一個與事件處理總時間成正向關係的函數。花費在事件處理的時間越短，總延誤時間也就會越少，換言之若事件能提早排除，駕駛人可能遭至的總延誤也將會減少。

由圖10 中可以看出七個不同的處理時期在全部事件處理過程中的相對關係，每一個時期都有其特訂的工作內容及無可取代的地位，但是為了縮短全部的處理時間，有必要將所需的工作步驟作一有系統的整理，除了儘量縮短花費在每一個單獨步驟上的時間外，有些步驟如果能夠提前處理，也不應該等待其它步驟完成時再作處理，例如有些現場處理的工作，可以就能力所及的範圍內立即處置，不必要等到所有的救援工具到齊後才開始。除此外，工作人員對於事件處理動作的熟悉程度也是影響全部事件處理時間的一項重要因素，擬訂工作手冊及加強事前演練等都有助於工作人員對實際處理步驟的熟悉。

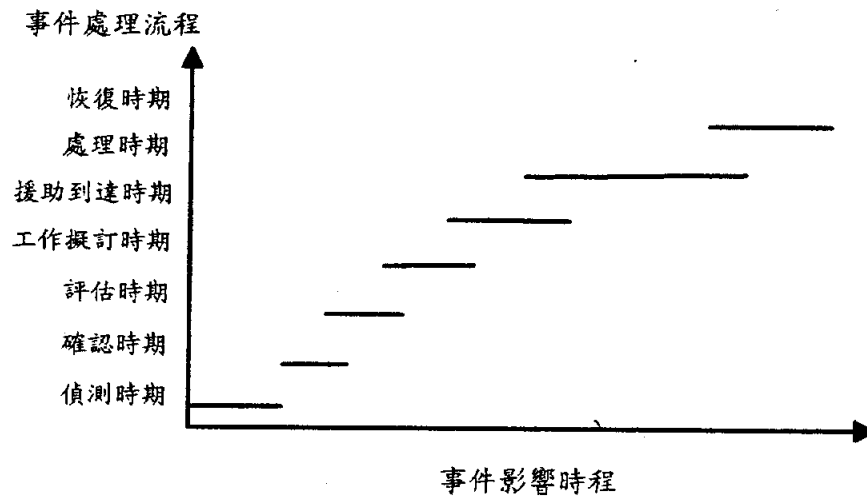


圖10 事件處理流程與時間關係圖

二、高速公路事件處理之規劃原則

如前面所討論的，基本上一個理想的事件處理程序能夠做到的是儘量縮短事件影響總時程。在規劃事件處理步驟的過程中有些重要的原則可供未來實際作業時參考。以下就這幾項原則作介紹：

- 1、 交控/勤務指揮中心負責事件通報，因此必須與權責單位及新聞傳播媒體隨時保持密切的聯繫，除了下達管制策略外，交控中心也必須監控事件之發展並做成紀錄。警察單位負責現場事件處理及指揮，並協調各權責單位進行救援工作。現場指揮人員（一般是由警察人員擔任）應與交控/勤務指揮中心保持聯絡，隨時回

報事件處理的進度及狀況，必要時得向交控中心要求特殊需求之支援。

- 2、各權責單位於接獲事件通報後，應立即調派適當之人員、機具及車輛趕赴現場救援。無論是車輛及人員的調派或現場處理等相關作業皆應以達成最短時間為原則。
- 3、交控/勤務指揮中心應該負責規劃及建議各權責單位的馳援路徑，在同樣的救援工作項目下，卻有一個以上的單位（例如：醫院、拖吊場）可提供支援時，應考慮選擇最近且最符合實際需求之單位，以確保迅速、確實的原則。
- 4、除了有立即擴散危險可能之事件（例如：危險物質外洩）應以封閉現場及疏散人員和車輛為優先外，其他事件之處理以人員搶救為第一優先，其次依續為排除障礙物恢復通車，減少設備財務損失，維持交通儘速安全通過事件影響區域，必要時得指揮車輛疏散及改道。
- 5、當事件發生在隧道區時，若有爆炸、濃煙、毒性物質外洩等嚴重事件發生時，應以封閉雙向孔道、迅速疏散隧道內車輛為原則。
- 6、一般路段與隧道路段之交控設施，由於設計時考量之事件特性不同，所以在事件處理時步驟不盡相同，應予以分開處理。

7、事件發生後交控/勤務指揮中心須依事件類別及特性通知相關權責單位到現場支援處理事件。

以下就一般路段事件處理及隧道事件處理兩種不同特性之事件處理過程中，在每一時期之工作重點與應注意的事項分別說明。

三、事件處理程序說明

一般路段與隧道路段由於交控設施及設計時考量特性不同，在事件處理時之程序稍有不同。以下先就一般事件處理之標準程序作說明，對於隧道事件處理時之特別注意事項則補充說明於後。

（一）一般事件處理之標準程序

一、偵測時期

工作內容： 事件自動偵測與用路人通報。

重點說明： 自動偵測是藉由車輛偵測器收集車流現況資料，並利用事件偵測演算法則判斷是否有異常。通報人則包括巡邏警員，工務段人員，受損車輛駕駛人及乘客，以及熱心民眾，於觀察到實際狀況後再主動回報。

二、 確認時期

工作內容： 以人員到達現場確認為主，但若有監視器輔助則也可以直接利用監視器作影像辨別。

重點說明： 第一梯次到達現場人員之主要工作是回報有無事件發生、確切的發生位置、及事件的型態等，監視器之功能亦類似。

三、 評估時期

工作內容： 交控中心依據所得之即時資訊並配合同類型歷史事件處理紀錄，預估事件嚴重程度，例如：影響範圍及事件影響時間總長度。

重點說明： 事件狀態未完全確認前，有部份處理的工作即可逐步展開，例如可變資訊看板可以顯示“前方車多，請小心駕駛”，待事件狀態逐漸被確認的情況下，可變資訊看板的訊息可以配合管制實施改變為“前方有事件發生，請減速慢行”或“前方有事件發生，請改道”等更具體的訊息。

四、工作擬訂時期

工作內容： 交控/勤務指揮中心依據事件類型及工作職掌通報有關單位，一般而言以通報警察單位為優先，其他單位則視需要循序通報。

重點說明：

1. 一般交通事故（無人員傷亡）通報警察單位、公路維修單位及拖吊單位。
2. 重大傷亡事件應通報警察單位、消防/救護單位、公路維修單位及拖吊單位。
3. 單純車輛故障事件應通報警察單位及拖吊單位。
4. 坍方、路基沖毀及物件散落等應通報警察單位、公路維修單位及拖吊單位。
5. 火災及危險物品事件應通報警察單位、消防/救護單位、公路維修單位、拖吊單位、及特殊物品處理單位，必要時須通知危機事件處理小組。

五、 援助到達時期

工作內容： 各權責單位於接獲交控/勤務指揮中心通知後必須立即派人員及設備趕赴事件現場，於到達事件現場後立即向現場指揮人員報到，現場指揮人員則向交控/勤務指揮中心回報工作進度及現場狀況。

重點說明： 交控/勤務指揮中心必須要能隨時掌握馳援單位之動態，並建議最佳救援路線，必要時可以配合車輛管制措施（例如：准予逆向行駛並配合警車開道）以利馳援車輛到達現場。
現場人員回報內容應包括到達時間、到達機具、已經到達之救援車輛種類及數量、佈設位置及現場車輛流動狀態。

六、 處理時期

工作內容： 1. 警察單位到達現場後應先確認事件的嚴重程度，例如：受影響車道數、死傷人數、受損車輛種類及數量等。現場指揮人員必須掌握後續支援所需之設備及人力，並依據所

需回報交控/勤務指揮中心請求協調支援。

2. 現場警察及工務單位成立現場處理協調指揮中心，各馳援單位應配合現場處理協調指揮中心之要求進行搶救作業。
3. 現場處理指揮協調中心，每隔一段時間即須就最新的處理狀況回報交控/勤務指揮中心。
4. 火災及險物品洩漏等應由消防單位確認危險物品類別及執行清除及後送步驟。
5. 必要時現場指揮中心可要求交控/勤務指揮中心實施車輛疏散改道措施。

- 重點說明：
1. 傷患應優先處理，路面運送有困難時可請求以直昇機載運以爭取時效。
 2. 危險物品後送必須注意路線規劃，儘量避開人車聚集處。
 3. 實施車輛改道建議時，主管單位必須事先規劃替代路線，除啓動與高速公路連線之號誌系統外，並協調地方警察單位注意替代道路的行車

狀況，並將路況隨時回報交控/勤務指揮中心。

4. 現場清理作業應儘量減少對行進中的車輛造成干擾，且先清理完之車道應先行開放。
5. 事件影響範圍內雙向的車流必須予以指揮導引，僅量協助車輛快速但安全的通過管制區。

七、恢復時期

- 工作內容：
1. 各馳援單位於離開現場時，均應通報交控/勤務指揮中心。
 2. 警察單位應於其他馳援單位均離開現場，車流回復正常後，方可撤離現場。

- 重點說明：
1. 交控/勤務指揮中心於收到完成通知後必須記錄最後結束時間，並完成事件處理資料建檔工作。
 2. 工務單位應通報道路損壞情形、交通管制設施回收狀況以及撤離路線。
 3. 馳援單位於離開現場時，均應向現場指揮人員報告，現場指揮人員並向交控/勤務指揮中心通報。

(二) 隧道事件處理時之特別注意事項

隧道事件處理之程序與原則大致上與一般事件處理之標準程序與原則相類似，所不同於一般路段的是，隧道區有如一個特殊的封閉空間，其發生問題後危險程度較一般開放路段為高，所幸的是，一般隧道內道路設計標準及交控設施皆較一般高速公路路段為嚴格，尤其是偏遠山區之高速公路長隧道，其燈光照明、車輛偵測及路況監視設備（CCTV）的安裝密度應高於一般路段，這些安排對於隧道區的事件處理提供了不少協助。基於實際環境以及設施的不同，此一特殊地區事件的處理步驟必須強調以下注意事項。

1. 妥善運用車輛偵測及路況監視設備，迅速發現異常狀況並予以確認。
2. 若經判斷事件可能會引發火災、濃煙、坍方等狀況時，交控/勤務指揮中心應立即利用連線裝置啟動通風、排煙及緊急照明系統，啟動導引裝置指引隧道內車輛及人員儘速離開隧道區，隧道外之車輛則利用車道管制號誌及可變資訊看板指揮車輛行進，必要時禁止車輛繼續進入。
3. 隧道內車輛疏導路線必須妥善預先規劃，若隧道設計是採雙向各自獨立，則單向受阻必須封閉時，可臨時調撥另一方向之車道以繼續維持雙向通車。隧道內由於視線較差，所以在實施車道調撥及現場處理時，除了利用燈

光、可變標誌等設備引導車輛行進外，仍應多派遣人員至現場協助指揮。

4. 隧道區外的替代路線必須事先規劃，車輛改道及隧道緊急應變作業皆應預作演練。事件發生後，若評估發現隧道無法立即恢復暢通，而且可能造成的延滯時間過長（其標準由交控/勤務指揮中心依事件發生位置及替代道路的路況衡量決定），立即實施車輛改道計畫。

四、高速公路事件處理單位之權責關係

經由以上的探討，與高速公路事件處理工作直接相關的單位及其職掌任務可以歸納如表9，圖11則顯示各單位彼此之間的聯繫關係。由於在行政劃分上這些單位平時分屬不同的主管機關，為確保在事件發生時真能發揮協調一致的效果，在平常時即應針對可能發生之狀況實施演練，彼此之間的通訊網路必須維持暢通，各單位實際聯絡人名單及聯絡方式變更時必須主動告知各機關。由於功能及使用率上的不同，高速公路在全國公路系統內之地位應高於一般道路，所以在事件處理時，各單位都必須有“迅速排除事故、以維護高速公路暢通為優先”的共識。

表9 高速公路事件處理機關職掌說明

機關	主要工作職掌
交控中心	<ul style="list-style-type: none"> *統籌通報與指揮協調工作 *執行交通管制 例如：啟動號誌連鎖、實施匝道儀控等 *發佈行車導引資訊 例如：透過CMS（Changeable Message Signs）及HAR（Highway Advisory Radio）傳達訊息
警察單位	<p>公路警察</p> <ul style="list-style-type: none"> *現場搶救指揮及交通維持 *肇事資料蒐集 <p>地區警察</p> <ul style="list-style-type: none"> *協助地方道路交通管制 *必要時提供警力支援
工程養護單位	<ul style="list-style-type: none"> *道路、橋樑及隧道等搶修 *安放臨時警告標誌
消防單位	<ul style="list-style-type: none"> *救火 *協助受困人員脫離 *危險物品清除
拖吊單位	<ul style="list-style-type: none"> *故障車輛拖離 *掉落物清除
醫療救護單位	<ul style="list-style-type: none"> *現場傷患急救 *傷患後送
其它協調單位	<p>視實際需要，例如：</p> <ul style="list-style-type: none"> *電力公司協助緊急斷電或電力恢復 *危險物質外洩時地方政府協助人員疏散

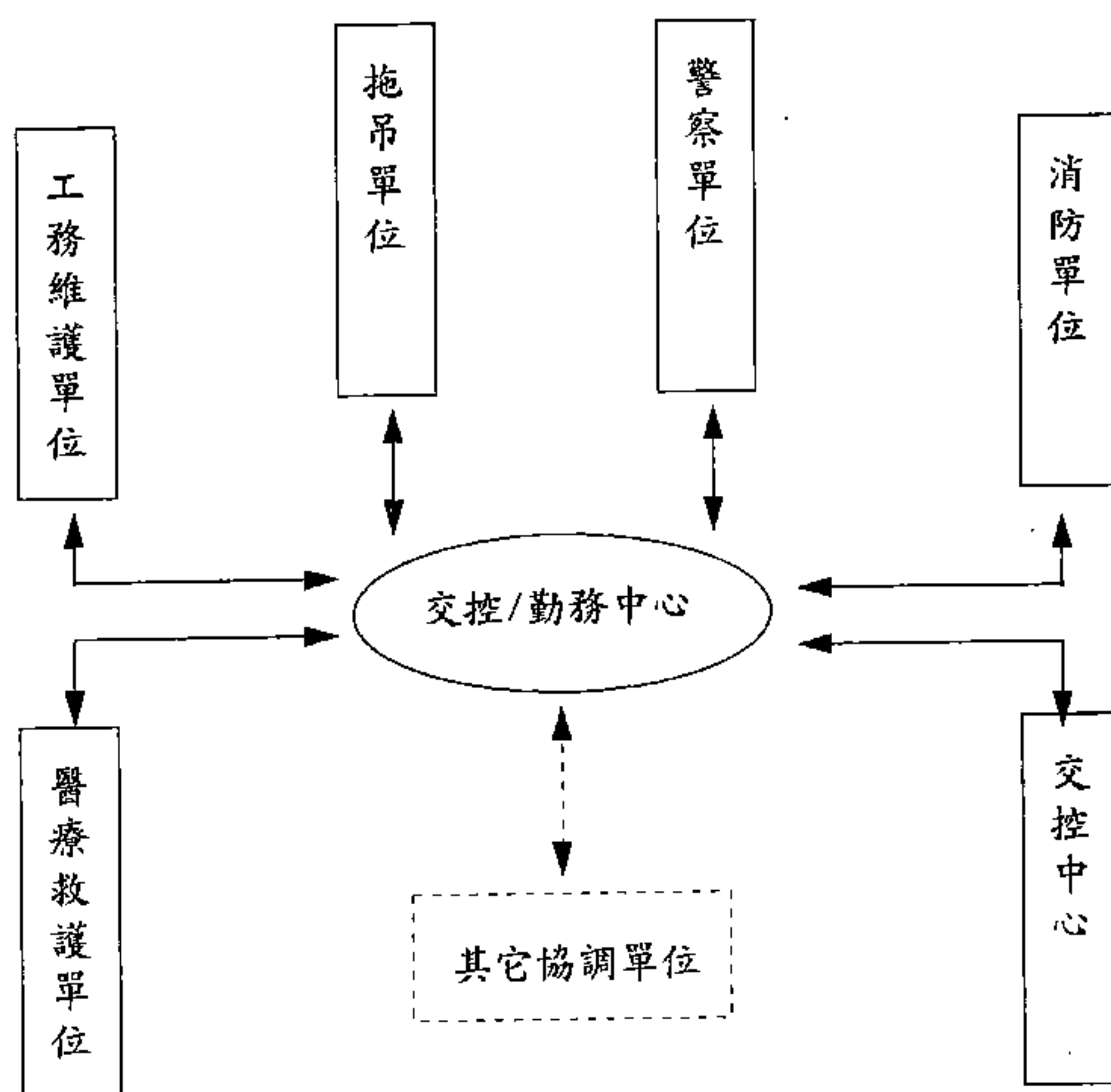


圖11 高速公路事件處理機關之工作關係圖

伍、高速公路控制策略

一、高速公路控制策略的類型

爲了應付高速公路發生意外事件後的特殊交通狀況，常見的高速公路控制策略有：

- | | |
|-----------|-------------|
| 1. 匝道儀控 | 2. 主線速率控制 |
| 3. 車道封閉 | 4. 提供駕駛人資訊 |
| 5. 交通轉向控制 | 6. 旅次前之規劃建議 |

以上六項控制策略在實施時都必須考慮事件發生當時之主客觀因素（如表10），方能使控制策略之實施可達到預期的效果，管制人員對於這些因素必須深刻體認。此外，不同的管制策略在實際運用時，也並非一定彼此互相獨立運作，在許多情況下爲能達到最佳的管制效果，它們是必須作適當的整合。

各種不同交通控制策略之實施皆有賴於軟硬體雙方面的配合，方可達到預期的效果。硬體方面是指策略運作時所需使用到的設備（歸納整理如表11），軟體方面則是指事件處理策略本身及與策略執行有關之電腦應用程式。特別是在考慮到管制策略整合的需求時，更須要有類似專家系統之應用軟體，以便能夠立即提供管制者可能的管制建議供其參考。

表10 高速公路控制策略考慮要項對照表

	匝道 儀控	主線速率 控制	車道封閉	提供駕駛人 資訊	交通轉向 控制	旅次前之 規劃建議
實施 時機	主線行車需求超過道路可提供之服務容量	天候狀況不佳或前方有事件處理	車道前方有事件處理或有施工，必須封閉	前方有事件發生或前方有管制實施	前方行車嚴重受阻且預期處理時間長	高速公路行車嚴重受阻且預期處理時間長
策略 實施之 要求	車流管制量大小由系統本身掌控，但必須反映實際需要	行車速度之設定必須能配合行車安全考量	管制路段前後必須有足夠的緩衝區	交通資訊必須能反映實際狀況	選定之替代路線必須有配合之管制措施	所作之建議必須有相當的參考價值
駕駛人 配合之 要求	於匝道上減速慢行，遵照號誌行進並隨時準備停車	依照指示速度小心行駛並提高警覺	提前變換車道或改變路徑	隨時注意路旁指示並收聽路況報導	遵照導引指示行進	儘量避開擁擠路段及時段，必要時選擇替代運具
其它 注意 事項	平面道路必須配合管制	速度變化須採漸進的方式	現場必須有人員監控	各媒體傳播的內容必須一致	受指派的路徑也必須能夠提供適當的服務水準	傳播媒體必須充分配合，使訊息的傳播面儘量擴大

表11 高速公路控制策略與設備需求對照表

	匝道 儀控	主線速 率控制	車道 封閉	提供駕駛 人資訊	交通轉 向控制	旅次前之 規劃建議
車輛偵測器	○	○	○	○	○	○
資訊可變標誌	○	○	○	○	○	○
監視器	*	*	*		*	
指示標誌（固定或活動）	○		○	○	○	○
交通號誌	○				○	
天候偵測器		○	○			
速限可變標誌		○	*			
HAR（交通專業電台）	*	*	*	○	○	○
匝道儀控設備	○				*	*
通訊協定				○		○
車輛使用者介面				*	*	*
168專線電話			*	○		○
資料處理及管制中心	○	○	○	○	○	○

註：○必要設備 *輔助設備

配合高速公路控制策略實施所須使用到的設備種類及數量相當多，基於成本及效率的考量，各種設備在高速公路上的分佈密度並非一成不變。以下僅就國內現有西部高速公路系統使用中及規劃中之佈設準則，及國內外相關文獻中之建議注意事項作一綜合討論，以供未來新系統安裝時參考，必要時亦可依據這些基本原則予以適度調整。

車輛偵測器

設備型式：傳統以環路線圈為主，隨著科技的進步，影像式、微波式等也有逐步推廣的趨勢。

- 功能：取得車流特性資料（流量、佔有率、速度及車輛種類等）。
- 安裝位置：主線車道、入口匝道、交流道及隧道區。
- 安裝密度：傳統環路線圈之佈設，依據國外之經驗於一般路段每隔1/2英哩（約800公尺）一組，然而這一距離可隨應用之事件偵測邏輯的靈敏度而調整。

資訊可變標誌

- 設備型式：可分為固定式及活動式兩種。
- 功能：依字幕顯示的功能可以區分為預先設定及可臨時輸入兩種型式。此外不同規格的資訊可變標誌，也有可容納字數多寡的不同。
- 安裝位置：固定式可變標誌通常安設於高速公路主線中途、隧道入口前方、長隧道中途、危險路段前方、天候不良路段前方、交流道（含系統交流道）前方、收費站前方及平面道路臨近交流道處。活動式可變標誌則一般是臨時安放在事件處理路段的前方，由於可以移動，所以使用的彈性較大。
- 安裝密度：固定式資訊可變標誌在每一重要路段的每一行車方向以一組為原則，如有臨時需要，且無固定式可變標誌可供運用時則輔以活動式資訊可變標誌。

監視器

- 設備型式：可分為單功能及多功能兩類。
- 功能：基本功能是直接提供影像資訊，但已有部分監視器將影像蒐集與車輛偵測之功能相

結合，平時為車輛偵測器，經判斷可能有異常狀況發生時則可同時啟動監視器之功能，以提供路況影像。

安裝位置：主要安設於高速公路主線中途、隧道入口前方、長隧道中途、危險路段區、天候不良路段區、交流道（含系統交流道）及收費區。

安裝密度：由於成本較高，所以無法像傳統事件偵測器大量安裝，但每組監視器經由鏡頭的調整及配合安裝位置的選擇，在視界良好的路段，其監控的範圍將可包括雙向廣達數公里。

指示標誌

設備型式：可分為固定及活動兩類型。

功能：輔助其它管制設施，例如、提醒駕駛人注意前方號誌、提醒駕駛人收聽路況廣播及顯示替代路徑等。

安裝位置：依據標誌本身所設計之功能選擇安裝位置。

安裝密度：一般轉向指示標誌，為了加強駕駛人注意力，可分別設置於分岔點前適當距離（一般為一公里前）及分岔入口處連續安裝。

交通號誌

設備型式：如同一般交通號誌。

功能：執行管制策略（例如入口匝道儀控及下匝道車流管制）。

安裝位置：主要設置於與高速公路相鄰之平面道路路口。

安裝密度：決定於與高速公路有連鎖之號誌路口數量。

天候偵測器

設備型式：主要有能見度偵測、雨量偵測及風速偵測三類。

功能：預先測出危險天候狀況以提醒駕駛人小心駕駛，同時並提醒交控中心預作緊急事件處理準備。

安裝位置：危險天候狀況經常發生的路段（例如：山區及河谷）。

安裝密度：視實際需要。

速限可變標誌

設備型式：如同特殊型態的資訊顯示板。

功能：規訂安全之行車速度。

安裝位置：主要設置於易肇事路段（一般發生在不良天候經常發生區、隧道、交流道、急轉彎等區域）前。

安裝密度：每區以一組為原則，但區域過長時可視實際需要增加。

匝道儀控設備

設備型式：設備外表型式如同一般路口交通號誌（兩燈或三燈），但配合儀控率制訂模式則有預訂式（pre-time）匝道儀控及即時性（real-time）匝道儀控兩類。依據整合的程度，即時性匝道儀控又可細分為局部性

- (local) 匝道儀控及整合性 (intergated) 匝道儀控兩類。
- 功能：舒解高速公路重現性及非重現性壅塞，作法是利用號誌管制通過入口匝道之總車輛數。
- 安裝位置：主要設置於重要入口匝道（可包含系統交流道）。
- 安裝密度：每一重要入口匝道安置一組。

168專線電話

- 設備型式：如同一般專線電話。
- 功能：提供駕駛人路況資料查詢。
- 安裝位置：可設置於交控中心，駕駛人可利用電話直接查詢。

資料處理及管制中心

- 設備型式：主要是電腦主機、週邊設備、通訊網路、及使用者界面等設備的組成。
- 功能：統籌交通管制計畫。
- 安裝位置：主要設置於各交控中心。

HAR (Highway Advisory Radio 交通專業電台)

- 設備型式：如同一般電台。
- 功能：配合其它管制設施，發佈交通資訊。除了現有路況報導的功能外，目前也有學者建議利用附載波的方式，隨著音頻的發送，傳送經過整理的數據資訊給駕駛人使用。
- 安裝位置：電台位置的選擇以能滿足最大之服務範圍為要求。

車輛使用者介面

- 設備型式：目前仍在開發過程中，型式仍未統一。如果僅是單純的路況廣播接收，則以一般的廣播收發設備即可。目前最新的發展方向則是朝向數據化傳送，因此未來車輛使用者介面之發展將是走向如何將資料轉變為數據型態，並發送給一般駕駛人，駕駛人則於車上利用簡易裝置收取資訊以便使用。
- 功能：執行其它管制策略（例如交通轉向控制、旅次前之規劃建議等）。
- 安裝位置：主機安裝於交控中心，中繼轉播站則沿高速公路主線佈設。

通訊協定

通訊協定並不是一般的硬體設施，它是不同資料處理及應用單位間針對彼此共同會使用到的資料格式、資料傳輸方法、資料使用方法及保密原則等所作的協議，各單位對於這些協定有遵守的義務。在現今高速公路事件管理功能不斷擴充的趨勢下，處理過程中必須涉及的單位越來越多，為能整合各方之功能，在溝通方式上務必要統一，因此通訊協定也就越來越重要。

二、高速公路控制策略整合

就管制設備而言，在實際運作上各種必要設備的齊全與否會決定那些類型的管制策略可供利用，但當有一個以

上的管制策略可供運用時，該選擇那一種？是否可以整合？如果考慮整合時又該以何種為主？何種為輔？如何才能達到最佳的管制效果？這些問題的答案目前大多有賴於交控中人員身的經驗與智慧了。交通事件的處理其實是一個充滿變化的過程，每一個單獨的管制策略都有其先天上的弱點，所以在實際運作上為了達到最佳的管制效果，交控中心一般都會同時運用到多個管制策略，其實也就是某種型式的策略整合，但是正如前面所說的這些工作並有一定的準則可行，管制員本身的經驗固然可貴，但它很難轉承累積，無論是對於交控中心或用路人這樣都是一種損失。

表12 是舉例當高速公路事件發生時，依據影響程度的大小交控中心可運用之策略整合建議。必須強調的是表11 僅是一般性的建議，在實際運作時這些組合都會因時、因事、因地甚至因人（管制人員）而有所差異。製作本表的最主要的目的是在於顯示不同的事件影響程度必須施以不同的控制策略，而且在事件處理的過程中所使用到的策略的絕對不應該是獨立運作的。

由表11 也可以看出，對高速公路的交控中心而言，它在事件發生後的處理過程中所扮演的角色不外乎是下達交通管制措施及提供交通資訊兩種類型。交通管制是以嚴謹的管制方式使主線上的流量降低（匝道儀控、主線速率控

表12 高速公路控制策略整合建議

事件 類型	影響程度	匝道 儀控	主線速 率控制	車道 封閉	提供駕駛 人資訊	交通轉 向控制	旅次前之規 劃建議
交通 事故	輕微	*			0		
	嚴重	*	0	0	0	*	*
擁 塞	一般尖峰	0			0		
	假日尖峰	0	*		0	*	0
施 工	路旁施工		*	*	0		
	車道施工	*	*	0	0	*	*
坍 方	部分車道封閉	*	0	0	0	*	*
	完全封閉	0	0	0	0	0	0
天候 不良	局部短暫發生		0	*	0	*	*
	全線且長時間延續		0	*	0	*	0

註：0最常用、*常用、空白表示較少運用

制及車道封閉），在管制的範圍、管制的程度及預期的實施成效上都比較容易掌握。同樣是爲了降低某些路段上的主線車流，提供交通資訊方式（提供駕駛人資訊、轉向控制及旅次前的規劃建議）則是傾向以提供建議的方式，促使駕駛主動轉向、改道，甚至更改行程或改變所使用的旅次運具。正是由於必須依賴每位駕駛人的配合，所以利用提供交通資訊的方式，較難掌握其實施的成效。但是隨著經驗的累積及歸納，大致上的趨勢仍然是可以取得的，這些趨勢的掌握對於未來發展以提供交通資訊爲手段之交控策略將會有重要的影響。

其實無論是那一種類型的管制策略，僅就現有的設備而言，我們都很難宣稱我們已經充份的發揮到了它們應有的功能，仍有許多潛在的功能有待我們繼續去開發。

誠如前面所說在整個事件處理的過程中，依據實際的需要往往會同時運用到多種控制策略，策略的整合是不可避免的。為能達到良好的整合效果，在整合的過程中有兩項原則是必須注意的，它們分別是（1）管制必須適時適量及（2）管制策略彼此間應該互助互補。以下就這兩項注意事項分別說明：

1、管制必須適時適量

過與不及的管制都是在高速公路控制策略設計時所不願見到的。管制過量指的是流量管制過嚴或管制時間過長，可能導致的結果是高速公路的服務能力無法充份的受到運用，而用路人及其它相關的道路系統會受到多餘不必要的影響。管制不及指的則是流量管制過鬆或管制時間過短，導致的結果則可能是高速公路上的車流仍然超過道路實際可提供的服務能力，使原本想要避免的壅塞現象仍然發生。當然百分之百的精確管制，僅是學理上的目標與理想，在實際運作上真正能夠做到的則是使期望與實際間的差距越小越好。為了縮小誤差的範圍，管制策略的制訂與實施必須能夠與道路服務容量的預期變化互相配合。

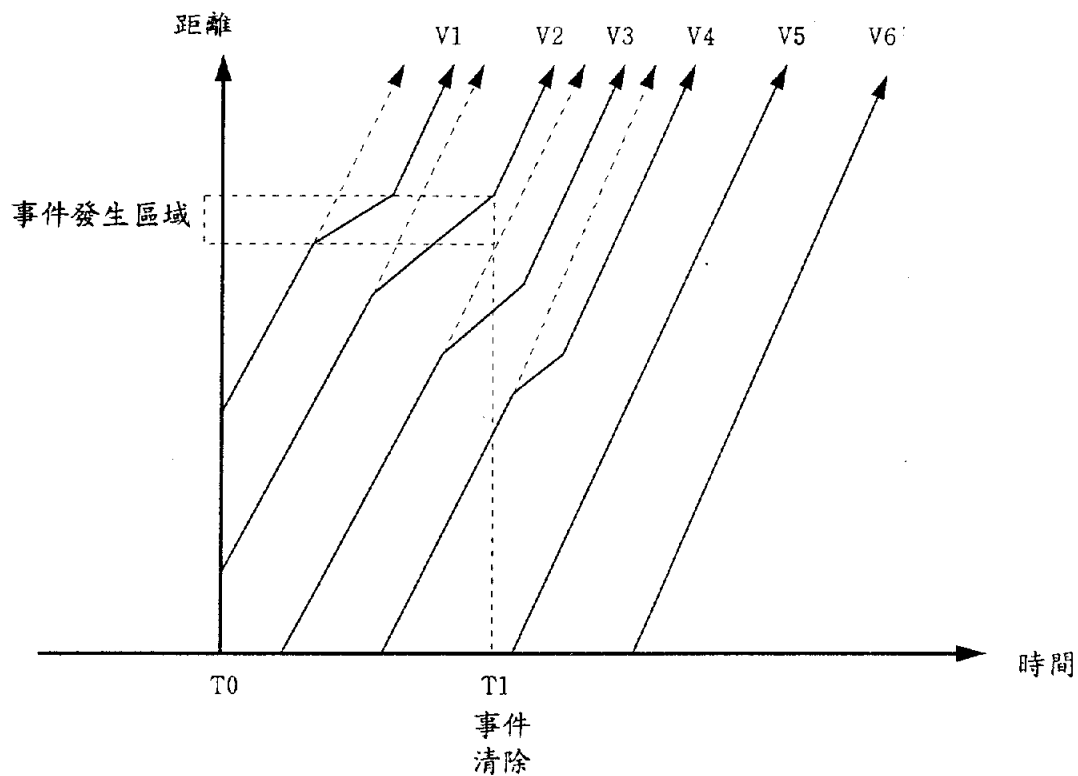


圖12 事件處理過程之時間空間表示圖

圖12 是利用時間與距離的相對關係圖顯示車輛行進與管制策略間的互動關係。圖中虛線箭頭表示每部車在沒有事件影響下的正常行進軌跡，實線箭頭則是表示受事件影響且無管制情況下的行進軌跡。對應到每部車輛，這兩種軌跡之間的水平間距代表著每部車因事件發生的影響所預期產生的延誤時間長度。

在時間 T_0 的時候控制中心預測事件將可在時間 T_1 的時候完全清除，透過車輛偵測器，位於事件發生區域上游的車輛相對位置及其可能的行進軌跡，皆可透過相關的車流理論法則推算得之。基於這些的認識，爲了免除道路

上形成壅塞，在時間 T_0 的時候必須擬定適當的控制策略，而這些策略所希望影響的車輛應該包括編號 1 至 4 的車輛。由圖上可以發現，即使是在不作任何管制的情況下，編號 4 以後的車輛都不應該會受到這個事件的影響，所以在 T_0 時所規劃之控制策略也應以不影響 V_4 以後的車輛為原則。事實上，假設以正常的行車速度行駛，在 T_1 以前僅編號 3 以前的車輛會到達事件區邊緣，所以如果適當的管制能使壅塞現象在 T_1 以前不致發生，則編號 2 以後的車輛也不會受到延誤。由圖中可以看出，3 號及 4 號車之所以會遭致延誤，是受到車流衝擊波現象 (shockwave) 的影響，如果管制能夠使衝擊波不發生或使範圍縮小，則類似型態的延誤將不致發生或減少。

以匝道儀控而言，理論上，經過非常精確計算後的管制，我們可以將編號 1 及 2 的車輛暫時延滯在上游的匝道，對他們而言，他們在匝道上所受到的延誤可能與他們在主線上可能受到的延誤相當。但是由於他們的犧牲，車流衝擊波現象不致產生，所以後續原本預期會發生的延誤也就不會發生。依據實際經驗，高速公路上因為壅塞而形成的衝擊波往往可延續數公里，受影響的車輛數相當大。在這方面的延誤時間節省，可以作為實施高速公路事件管理下的重要績效之一。

依據以上這個原則，控制區域的範圍可以被界定出來，最理想的管制範圍應該以不超過 V_3 在 T_0 時的所在位置為原則。以匝道儀控而言，唯有在這個範圍內的交流

道才有必要實施儀控，而不同位置的交流道，實施儀控的時間長度及儀控率也不盡相同（原則上越接近事件發生位置的匝道，實施儀控管制的時間會越長）。

同樣的道理可以用來定義公路廣播需要的大致範圍（如圖13），所不同的是它可能是一個以高速公路為中心並配合廣播發射涵蓋的範圍，在正常狀況下，這個範圍內的車輛都預期可以在時間點 T1 前到達事件發生處，在此範圍外之車輛原則上以不影響為原則。

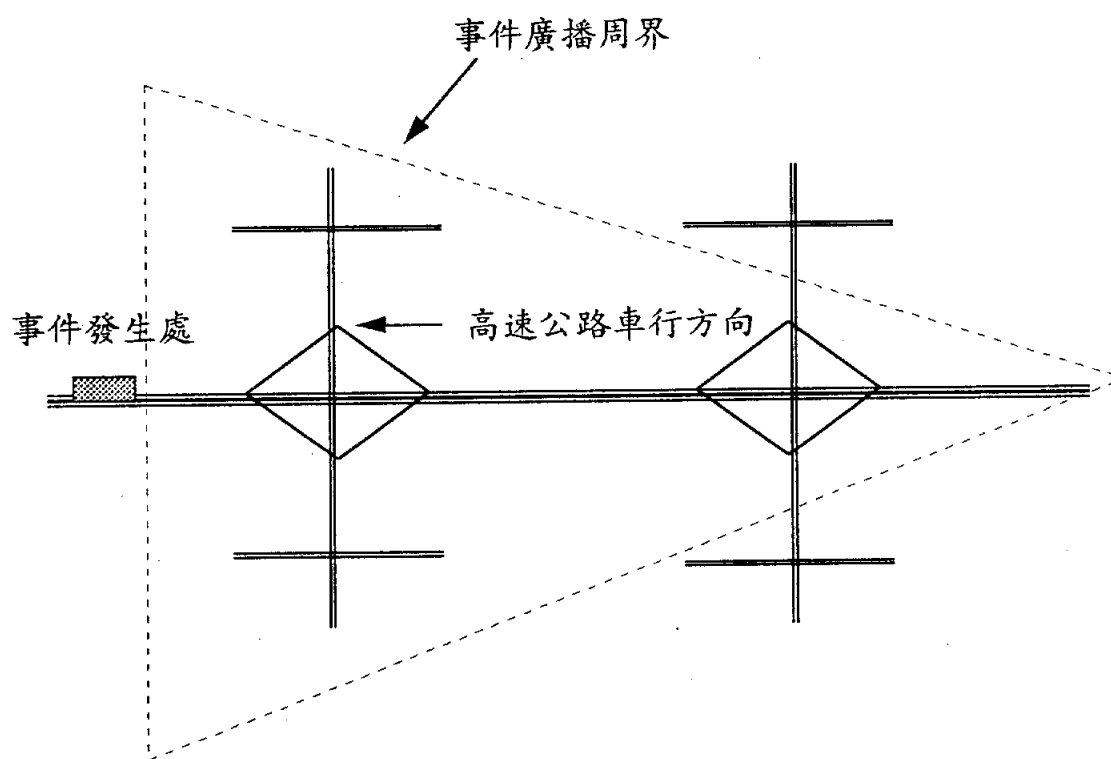


圖13 高速公路事件廣播範圍界定法

所有必須使用到之控制策略都可以利用相同的原理去定義它的執行範圍，唯有如此駕駛人才可以獲得一致而且可靠的訊息，長期而言也才可以建立起一般駕駛人對控制策略的信心，進而使管制的效果確實發揮。

2、管制策略彼此間應該互助互補

任何一種單一的管制策略，因為會受到本身功能及設備分佈位置的影響，可能無法構成一個完整的管制面。例如，匝道儀控對於即將要進入高速公路的車輛能夠產生直接的影響力，但是對於已經進入高速公路主線的車輛則毫無作用。在這種情況下，交控中心如果要嘗試減少進入事件發生區的车流，則主線速率控制及主線轉向建議較能發揮效果。對於仍在平面道路上行進的車輛，以上三種管制策略都無法發揮影響力，這時則以提供駕駛人資訊及旅次前之規劃建議等策略較適當。唯有各項管制策略能發揮互助互補的功能，管制的層面才能達到廣且密的要求。

在事件處理的過程中，隨著現場車輛流動狀態的改變，管制量（希望藉由管制減少的到達事件現場的車流量）的大小也必須隨著調整，這時就有賴於各管制策略間的彼此配合。在配合運作時，必須注意的是所有的管制要能一致且連貫。管制一致是指是不同的管制策略所傳達的訊息必須一致，以免讓駕駛人產生疑惑不知何者為是。管制連貫則是指在指引車輛行進的過程中，必須利用各種方式與駕駛人保持互動的關係，不應有管制中斷的情形，因

爲這樣容易使駕駛人失去方向感，造成駕駛人的不便，進而失去對行車指引的信心。

三、交通控制軟體的規劃

隨著科技的進步，現有的管制策略功能會越來越強，而新的管制策略則會不斷應運而生。面對工作量的成長，大量電腦技術運用於高速公路控制已成爲一必然的趨勢。規劃完善的高速公路事件管理系統除有賴於完善的硬體系統設備及週詳的功能規劃外，尚須有詳盡的軟體功能設計，使整體高速公路系統能夠發揮最大的服務能力。在規劃交通控制軟體時必須以下幾項基本原則：

1. 軟體之開發必須有使用者的全程參與

以往交控軟體之開發工作，主要是從資訊人員的角度來設計，難以真正滿足實際使用者例如交通管制人員及交通規劃人員等之需求。因此在實際運作時，往往會形成雙頭馬車（人工操作與自動系統）的運作情形，部份由系統所提供之功能會形成備而不用之現象。

雖然依照現行的作業辦法，在最初的軟體規格製訂及事後的驗收都可會有相關之使用單位派員參加，但是可能會由於不同領域人員間的溝通隔閡及指定參與者本身並無法深入瞭解整個系統之運作狀況，所以仍然無法反映出真正的問題以及實際的需求。建議未來有關交控軟體的開發務必要求有交通工程或交通管理爲專長的人員參與，以作

為使用者與軟體開發者間的溝通橋樑，並可運用其本身的專業知識提供軟體設計需求。對於未來實際操作者之訓練也必須加強，以確實發揮系統應有之功能。此外，未來的軟體使用者對於使用過程中所發生的困難應該要有回報與作紀錄的規定，在合約規定的保固期間內可以據以要求承包單位修正，承包單位也可利用這些紀錄判斷問題出處，長期而言類似的經驗紀錄也可作為未來訂定規格時之依據。

2. 配合執行交通控制策略的需要

基本上系統軟體的規劃設計，必須能滿足執行控制策略的需要。一般的交通控制策略都需要利用到歷史與真時偵測所得到之交通資料，透過交通控制軟體的處理分析後決定實施的方法、實施的範圍及實施的程度。因此在軟體開發時就必須特別注意到（1）交通資料的蒐集與儲存方式、（2）制訂控制策略時所使用的資料分析及演算方法、（3）交通狀況的預測方式及（4）控制策略選擇的原則等，這些都應詳細的規定在軟體的規格上。

3. 系統必須具備自我偵錯及應變的能力

隨著使用設備及系統功能的擴增，自動化控制將會成為一必然的趨勢。但是系統本身決非萬能，它能否運作正常實有賴於諸多因素的配合，例如正確的高速公路管制策略必須仰賴車輛偵測系統、資料傳輸系統、電腦分析系統

及控制設備的正常運作。在這麼複雜的過程中，其間任何一個環節發生問題，都可能造成系統自動產生之管制策略偏離現實要求。因此在軟體開發時即應特別注意系統自動偵錯之設計，以利在實際運作時能適時發現問題發生之原因及所在位置，以便利即時派員修復。此外，當問題被偵測出之後，系統本身也必須具備有產生應變處置建議的功能，以便系統在部份功能無法正常執行的情況下，仍然能夠提供一項較佳的管制策略。以往這些工作都主要仰賴於管制人員本身之經驗判斷，但是在實務上經驗豐富的管制人員的延攬及維持皆十分不易，且隨著系統的擴充，加諸於少數專家人員之工作負擔也會隨之迅速增加，在此一現實環境下，傳統的人力將難以確保系統之正常運作。近年來專家系統之設計概念，已被廣泛運用在複雜的控制設計，其基本精神即在於累積專家之經驗以推斷問題之發生原因及提供可能之應變方案。但是必須注意的是專家系統主要是提供輔助建議，而非取代操作人員之地位，畢竟目前現實環境中所發生的問題，仍然遠超過電腦系統所能理解的程度。因此為能達成最佳之效果，操作人員必須熟習專家系統之操作運用，並注重資料及控制過程之紀錄，以供專家系統更新時之增修參考。

4. 完整的軟體開發設計資料

交控系統完成之後，往往被會使用相當長的一段時間，且甚少整體汰換。當部份設備必須更新時，系統軟體

亦必須配合作局部的修正。由於發展時程的不同及軟體開發單位的更異，因此在轉換的過程中常會發生新舊軟體銜接發生困難的問題。問題之一即在於軟體本身的開發資料（例如：系統設計流程圖、系統使用說明書、程式說明文件、輸出入檔案說明文件等）不完整，在未來開發新系統時，在系統軟體規格書中除了功能需求及程式設計要求外，對於軟體開發資料及文件的保存和彙編也必須有詳細的規定。在開發過程中必須嚴格要求軟體承包單位詳細撰寫與系統開發相關之資料，在驗收審查時必須針對此一部分加強審議，如此才可維護系統之服務壽命及擴充潛能。

陸、結論與建議

一、結論

一個完善的高速公路事件管理系統對於我國未來高速公路網之服務能力提升有著相當重要的影響，本報告內容僅針對事件本身的定義及高速公路事件管理工作中所必須涉及之三項主要單元，事件偵測、事件處理及管制策略分別作探討，以了解一完整之高速公路事件管理系統所必須具備之功能及組成要件，至於詳細的工程施工與設計由於與設備之選擇有密切的關係，不在本報告之探討範疇。事實上，以上所探討之系統架構及功能是屬於現有類似系統之綜合整理，基於實際需求的考量，現有最新之系統也未必能夠提供以上所討論之完整功能。特別是交控技術發展迅速，很多理想中之概念設計，也可能在極短的時間之內推陳出新，而形成技術上的大變革，所以在觀念上也不應拘泥於現有之技術。

如果依嚴格的定義，高速公路事件管理並非一項全新的技術，它主要是許多運用於其它管理領域中之技術的整合運用，在國外的發展已有將近三十年的歷程，只不過在這一歷程中不斷的有新技術及新觀念的產出。但是伴隨這些技術的發展過程中，也不斷的有一些非技術層面之問題影響著它的運作，即早認識這些問題並預作安排，將有助於此一系統未來建設的推動及功能的發揮。綜合國內外之經驗這些困難的產生原因可能與下列因素有關：

1、責任的劃分

責任制度的設計原本是爲了讓每一個單位明確的了解其所應負責的任務，以避免發生工作互相推諉的情形。但是對於高速公路事件處理，其最重要的精神即在於迅速的排除問題、恢復正常通車，特別是事件發生的原因及結果差異性甚大，有些現象更是可能在當初責任劃分時所未能料想，於是極有可能事件發生後反而無法明確判斷出究竟責任應該歸屬何一單位。等待責任的釐清及負責單位的到達只會使事件影響的時間延長，這樣的結果對於高速公路事件處理而言將是非常不利的。

在目前政府要求各單位人員精減及提高效率的要求下，高速公路管理單位決不可能無限制的擴大而將所有之責任歸納於單一的單位之下。所以爲能解決責任劃分的問題，仍有賴於各單位發揮「團隊的精神」，事件發生之後，所有單位都必須有「救人及舒導交通」爲第一要務之體認。

2、工作角色重疊

前項問題是發生在責任未作區分設定的情形之下，在實務經驗上也有可能會發生同一項任務卻劃屬多個單位負責的問題，以致於形成多頭馬車，甚致會造成資源與人力的浪費。在平時若有這類型問題發生時，各單位應秉持先到先負責處理的原則，但長期而言仍應召集各單位以確定協調分工的作業辦法。

3、權責單位彼此間工作目標衝突

由於責任劃分不同，不同管理單位對於同一件事情其處理原則可能並不一致。例如以高速公路車流分散管制及匝道儀控管制而言，高速公路管制單位，當然希望在事件發生時公路上的車流能夠越少越好，但是如同水流一樣，車流一旦產生之後絕不會無緣消失，勢必須藉其它替代道路或空間暫時儲存或服務這些多餘無法負荷之車流，此時對於那些被指派協助之道路主管單位而言，在他們所管轄範圍內之行車狀態將勢必會遭受影響，不僅會增加他們的工作負荷，有時也會招致用路人因為不了解而形成之抱怨。因此對於這些道路的主管單位而言，主觀上並不樂於見到這種情況發生。

以國內現況而言，高速公路皆隸屬於國道高速公路局負責管轄，但是與高速公路所銜接之道路則分別屬於省市地方政府管轄，這一類的問題似乎很難避免。解決之方式有賴於各單位間之溝通與協調，彼此都必須明確瞭解問題的整體互動關係及合作的重要性，各級道路負責單位不僅對內在工作上必須分工合作，對外也必須團結一致。依據道路重要性作區分，在管理上必須以維持高速公路一定的服務水準為優先，地方道路則扮演輔助之功能。地方主管單位固然應該全力配合高速公路主管單位，但是畢竟地方單位較能了解該地區之實際狀況，地方單位有義務提供該管轄範圍內的最新路況給高速公路主管單位，而高速公路

主管單位則應該重視地方主管單位之反映意見以適時修正管制措施。

4、工作人員缺乏對問題的瞭解

工作人員本身對事件發生後之處理方式的熟練與否也會影響事件處理的效果，這裏所謂的工作人員不單指現場第一線的作業人員，管制中心之監控人員，各單位之協調連絡人員等都應包括在內。在平時的工作上，個人工作經驗的累積固然重要，但是人員的培訓及經驗的傳承亦不可忽視。特別是當有些特殊狀況發生時，由於平時甚少發生，工作人員可能會因經驗不足而不知所措，而導致失去處理的先機。標準作業手冊的製作可以提供工作人員（特別是新進人員）臨場處理時之依據，適當的在職訓練也是一個可以提供工作人員經驗交流及學習的良好機會。

5、事件本身具有不確定的特性

事件本身具有難以掌握的特性，往往會導致管制成效不彰的結果，進而使人對於花費長時間及大量經費完成的事件管理系統失去信心，甚至排斥類似系統的繼續興建。事實上，正如同人類學習的過程，當一套系統的完成，它只代表著某些基本功能或工具的齊備，致於它能否正確運作仍有賴使用者及設備彼此間不斷的適應及嘗試，所以經驗的累積非常重要。

經驗的累積應包含所執行的控制策略及在該控制策略影響下的車流狀況，吸收不同系統之實作經驗當然也是經驗累積的一種方式，但是必須注意的是由於時間與空間的差異，這些經驗並非能夠百分之百的轉移適用。在經驗累積的過程中，除了將資料蒐集、彙整、編檔及儲存外，也應該定期分析檢討，特別是對於經常性問題的研究（例如：民俗假期的交通管制），藉此管制單位本身對於資料整理分析之能力可以逐步建立。

6、成本

凡是與管理有關的課題，投資成本的問題都不免會被人提出討論，甚至質疑，高速公路事件管理系統自然無法例外。特別是由於現有之高速公路系統皆是由政府投資建造，民意機關基於職責必然會針對該系統的成本效益提出質詢，因此管裡單位也必須針對這些方面的資料（例如事前事後肇事次數、肇事型態、肇事程度、應變措施及壅塞改善情形等）加以蒐集與評估。其實這些工作也並非只是爲了答覆外界的質疑，一個現代化的單位本身即必須予以重視。

高速公路事件管理系統之效益應該是非常廣泛的，僅以交控系統的設置爲例（事件管理系統範圍應大於單純之交控系統），根據「中山高速公路交控系統效益評估報告」，交控系統設置後所產生之具體效益主要有：

- 1.減低交通事故死亡、受傷人數之損失
- 2.減低因工程維護所導致之交通延滯時間
- 3.減低尖峰時段壅塞所導致之交通延滯時間
- 4.縮短故障車輛等待時間
- 5.提高尖峰時間行駛速率
- 6.減少能源消耗
- 7.降低環境污染程度

依據國外相關文件之報導，有部分的數據也可以提供我們更清楚的認識高速公路事件管理系統所可能產生之效益。

表13 國外高速公路事件管理系統使用成果彙整表

系統所在地區	實際成果
Chicago	平均每年提供 108,000人次的駕駛人協助
Los Angeles	<ul style="list-style-type: none"> * 平均尖峰車流降低6%，卡車尖峰車流降低6-15%。 * 設立 Rseponse Team 的成本效益比為 10:1
Houston	<ul style="list-style-type: none"> * 設立 Accident Investigation Sites 的成本效益比是 28:1 * Motorist Assistance Program 在尖峰時間內平均每小時處理四次意外事件
Long Island	由於 Standby Crews 的設置使事件的平均反應處理時間降低一小時

註：資料來源 Freeway Incident Management Handbook

二、建議

綜合前面所討論之問題，對於未來高速公路管理系統的發展有以下幾項建議：

1、重視人才培訓

我們曾多次的討論到人才在高速公路管理系統發展中的重要性，以專案的形式委託給學術基構或顧問公司固然可節省部份高級人力設置的必要性，但是仍有許多經常性的資料以及事件的處理工作，是無法以委外辦理的方式處理的，所以唯有人力素質的提升才能確保設備功能的發揮，而且人材的獲得有時比設備的購置更為困難，因此人材的培育及晉用都必須有詳細的計畫。

2、組織的地位必須提升

系統功能之能否發揮及人才能否保留與該組織之地位有相當密切的關係，交控中心之組織位階如果過低，則其扮演的功能往往僅及於提供建議，將無法發揮其應有之監督與協調指揮之功能，再加上位階過低，專業人員之升遷亦恐受到限制而難以延攬或保留有經驗及能力的人才，因此未來對於交控中心在整個高速公路管理單位中之地位必須予以適當的安排。

3、重視新舊科技的整合應用

現代科技日新月異發展非常的迅速，以智慧型運輸系統（Intelligent Transportation System）的發展過程為例，數年前僅有概念性的提出，到今日已有多項具體的計畫和成果已在世界各地逐步的呈現。高速公路事件管理系統本身，也是處於此一先進系統發展過程中重要的一環，它將成爲一個高度科技運用下的產物。新的技術與設備不斷產出，舊有之系統不可能一成不變，但是爲能顧及系統的穩定度及可靠性，所以系統更新必然是以逐步漸進的方式推動，因此可以預期的是新舊科技之間整合的問題將會不斷的被提出。有許多的問題，可能是以往從事類似系統管理之從業人員所不曾接觸的，例如人、車、與管制系統之間的互動關係，這些都是高速公路主管單位未來必須要面對的課題。高速公路主管單位對於這些新舊科技間的變化，必須時時關心，進而主動參與研究。

4、與民間的力量相結合

在我國的公路規劃、興建及管理，傳統都是於政府部門負責，但近年來由於民營化的風潮，逐漸有部份的工作已經轉由民間承包。公營與民營各有其理論與實務上的優缺點，這是需要我們仔細思考以便能夠找出一種符合最大多數利益的一種組合。但是可以確定的是，對於類似高速公路事件管理的工作，民間仍有許多可以提供協助的力量有待發掘與利用。例如：在國內外都有將高速公路拖救業

務委託民間經營的實例，這對於減少公家購置這些設備的成本有相當多的貢獻。除了這類有營利目的工作之外，國外也有以民間力量自動組成的公路緊急救援小組的經驗，他們確實也對高速公路上的行車安全有著不可磨滅的貢獻，特別是在公家救援能力不足或救援不及的時候。類似的志願服務組織在國內也逐漸有興起的趨勢，這正是社會進步的一種表現。回顧以上所介紹的高速公路事件管理工作，有許多方面其實民間的力量存有相當大的發揮空間，例如：傷患急救、事件回報、甚致車流資料蒐集等。我們未來所應該注意的是該如何去推動、整合及訓練這些力量，以便將民間的力量納入高速公路事件管理工作中經常性的一環。

柒、參考資料

1. 交通部台灣區國道新建工程局，「第二高速公路南部區域沿線交流道特定區計劃類型及土地使用規模之研究」，民國83年。
2. 交通部台灣區國道新建工程局，「高速公路隧道監控設施設置準則及行車事故因應措施之研究」，民國81年。
3. 交通部台灣區國道新建工程局，「台灣地區高速公路整體路網交通管理策略及交控系統設置準則之研究」，民國81年。
4. 中華顧問工程司，「第二高速工路後續計畫交通控制系統工程規劃報告」，民國81年。
5. 中華顧問工程司，「台灣區高（快）速公路網路沉廣播模式之研究」，期中報告，民國84年。
6. 中華顧問工程司，「東西向快速公路建設計畫之交通控制系統工程規劃」，期末報告（初稿），民國84年。
7. 中華顧問工程司，「路網交控策略系統發展規劃」，期末報告，民國83年。
8. 國道高速公路局，「中山高速公路入口匝道儀控系統工程規畫報告」，民國84年。
9. 國道高速公路局，「中山高速公路入口匝道儀控系統工程第一次技術研討會論文集」，民國84年。
7. 交通部臺灣區國道新建工程局，「台灣北部第二高速公路交通控制系統工程交通控制系統工程標技術規範」，民國79年。
8. 中華顧問工程司，「高（快）速公路之用路人資訊需求與系統架構之研究」，期末報告（初稿），民國84年。
9. 交通部運輸研究所，「台灣地區西部公路網交通資訊系統之建立與高速公路台北都會區交通壅塞改善」，民國80年。
10. 交通部運輸研究所，「中山高速公路連續假期匝道儀控管制計畫試辦檢討與技術移轉報告」，民國83年。

11. 交通部運輸研究所，「高速公路匝道儀控現場督導、實施績效與衝擊評估」，民國83年。
12. U.S. Department of Commerce, National Technical Information Service, "Freeway Incident Management Handbook", 1991.
13. U.S. Department of Transportation, "Massachusetts Incident Management Conference Proceedings", 1991.
14. Ritchue, S.G. and Prosser, N.A., "Real Time Expert System Approach to Freeway Incident Management", Transportation Research Record 1320, 1992.
15. Gall A.I. and Hall F.L., "Distinguishing Between Incident Congestion and Recurrent Congestion: A Proposed Logic", Preprints 68th Annual Meeting, Transportation Research Board, 1989.
16. McDermott, J.M., "Incident Detection and Response", Transportation Research Circular No. 326, 1987.

附件、美國各州高速公路事件管理系統發展概況

Incident Management Programs in the United States

SYSTEM TYPE AND LOCATION	DETECTION & VERIFICATION						RESPONSE				MOTORIST INFO				GENERAL COMMENTS
	OPER. CENTER	SERVICE PATROL	ELEC. TRONIC	CCTV	CB RADIO	CALL BOXES	OTHER	TEAMS	WRITING APPARAT.	AGENCY EQUIP.	OTHER ROUTES	VAR	MEDIA	VMS	
Anaheim, CA	X		P	P		X		X			X	P	P	P	Integrated Freeway/Arterial System
Chicago, IL	X	X	X	X	X		X	X		X		X	X	X	Illinois DOT
Cincinnati, OH															Feasibility study underway
Columbus, OH															System under development
Connecticut															Feasibility study underway
Detroit, MI	X		X	X	X	X			X				X	X	Major expansion underway
Fairfax, Co. VA	X						X	X	X		P		X		Nonfreeway - County Police
Fort Worth, TX	P	X	P	P			P	X	X		P	P	X	X	20 year project; over 260 mi. of freeways
Georgia	X						X			X			X		Georgia DOT, major incidents
Houston, TX	P	X	P	P				X			P		X	P	20 year project; over 555 mi. of freeways
Jacksonville, FL		X						X	X		X		X		Corridor Management Team
Los Angeles, CA	X	P	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	450 miles of freeway
Massachusetts Fwy's	P				X	X	X	P			P				Boston Central Artery/Tunnel
Miami, FL								X	X		X		X		Feasibility study
Minneapolis/St. Paul, MN	X	X	X	X	X	P		X	X		X	X	X	X	Systems expansion underway
Milwaukee, WI															Feasibility study underway
Northern Virginia	X	X	X	X	X			X	X		P		X	X	
Phoenix, AZ	P		P	P				X	X		P			P	20 year project
Richmond, VA								X							System under development

AREA-WIDE SYSTEMS

X = IN PLACE P = PLANNED OR PROPOSED

Incident Management Programs in the United States

SYSTEM TYPE AND LOCATION		DETECTION & VERIFICATION								RESPONSE				MOTORIST INFO				GENERAL COMMENTS
		OPER. CENTER	SERVICE PATROL	FLEC. TRONIC	CCTV	CB RADIO	CALL BOXES	OTHER	TEAMS	WRK. AGENCY ACRME.	WRK. AGENCY EONT.	OTHER	ALT. ROUTES	IAR	MEDIA	VMS		
AREA-WIDE SYSTEMS		P		P	P				X									
San Antonio, TX		P		P					X									
San Diego, CA		P	X	X					X		X			P	X	X		
San Francisco, CA		P	X	P	P		P		X					X	X	P	20 year plan	
Seattle, WA		X		X	X				X	P		X	P	X	X	X	FAME Project	
Tampa Bay, FL		P		P	P				X	X			X	P	X	P	2 Corridor Management Teams	
Tidewater Area, VA		P		P	P				X		X	P	P	X	X	P	Tie fwy systems w/existing bridges	
TRANSCOM, NY/NJ		X						X	X		X		P		X		14 Agencies	
T.L. P-40, TX/I-10				P	P				X	X	X	X				X	Const orientel, will be permanent	
Fort. Lauderdale, FL/I-95									X								Corridor Management Team	
Los Angeles, CA/ I-10		X	X	X	X	P	X	P	X	P	P	X	X	X	X	X	Smart Corridor Demo Project	
Maryland (West)/ US-40									X			X						
Maryland/US-50			X			X			X			X	X		X		"Reach the Beach" Program Capital Beltway. Wash. D.C. Area	
Maryland/I-95 & 495			X						X	X						P		
Michigan/I-75									X			X				X	DOT District 6	
NJ Turnpike		X	X	X	P					X		X			X	X		
NY/Long Island Expy		X		X	P	X			X	X	X	X			X	X	INFORM-30 mi x 5 mi Corridor	
NY State Thruway		X	X		P	X			X	X	X	P	X	X	X	X	559 mi. of Toll Road	
Orlando, FL/I-4			X	X			X		X	X		X			X		2 Coridor Management Teams	
Rhode Island/I-95									X			X				X		

X = IN PLACE P = PLANNED OR PROPOSED

Incident Management Programs in the United States

SYSTEM TYPE AND LOCATION	DETECTION & VERIFICATION								RESPONSE				MOTORIST INFO				GENERAL COMMENTS
	OPER. CENTER	SERVICE PATROL	ELEC- TRONIC	CCTV	CB RADIO	CALL BOXES	OTHER	TEAMS	WRCKR. ACRMT.	AGENCY EOMT.	OTHER	ALT. ROUTES	HAR	MEDIA	VMS		
Baltimore, MD, Tunnels	X			X						X		X	X	X	X		
Eisenhower Tunnel I-70, CO	X		X	X						X		X			X		
East St. Louis, IDOT		X			X	X				X			P	X			
Elizabeth River Tunnels Norfolk/ Portsmouth VA	P	X	P	P	X	X	X			X				X	P		
Escambia Bay Drs, (2) I-10/US98	X					X		X	X						X		
Hampton Roads, Bridge & Tunnel/ I-64 VA	X	X	X	X	X		X	X		X			X	X	X		
Howard Frankland Br Tampa, Florida	X	X	X	X		X		X	X			X		X	X	4 mi. of 4-lane divided with no shoulders	
James River Dr/SR I7 Newport News, VA	X	X		X	X	X				X							
Lehigh Tunnel Penna. Turnpike, PA	X	X	X	X		X				X					X		
Lincoln & Holland Tunnels, NY/NJ	X	X	X	X			X		X	X			X		X		
Oakland Bay Bridge, CA	X	X	X	X		X	X	X		X	X			X	X		
Sunshine Skyway, FL	X			X		X		X	X			X		X	X		
Tappan Zee Bridge, NY/NJ	X	X		P	X			X		X		X		X	X	3 mi. across Hudson River	
Triborough Bridge & Tunnel Auth., NY	X		P	X		X				X				X	X	7 Bridges, 2 Tunnels	
Albany, NY		X														Corporate sponsored vans operated by Samaritanis, Inc.	
Boston, MA		X															
Bridgeport, CT		X															
Hartford, CT		X															

BRIDGES, TUNNELS AND SPOT LOCATIONS

X = IN PLACE P = PLANNED OR PROPOSED

Incident Management Programs in the United States

SYSTEM TYPE AND LOCATION	DETECTION & VERIFICATION						RESPONSE				MOTORIST INFO				GENERAL COMMENTS
	OPER. CENTER	SERVICE PATROL	ELEC. TRONIC	CCTV	CB RADIO	CALL BOXES	OTHER	TEAMS	WRECK AGENCY	OTHER	ALL ROUTES	HAR	MEDIA	VMS	
BRIDGES, TUNNELS & SPOT LOCATIONS		X													Corporate sponsored vans operated by Samaritania, Inc.
New Haven, CT		X													
Stamford, CT		X													
Providence, RI		X													
Westchester Co, NY		X													
Los Angeles Co, CA						X									
Orange County, CA						X									
Riverside Co, CA						P									
San Bernardino Co, CA						P									County Opt. - Auto. Reg. Surcharge
San Diego Co, CA						P									
SF Bay Area, CA						P									
Ventura Co, CA						X									
Connecticut, I-91						X									
DEI-95, 295, & 495						X									360 push button boxes/1 mile spacing
Florida Turnpike						X									
Florida Rural Interstates						X									434 push button boxes/1-mile spacing
Louisiana, I-10						X									64 push button boxes/2-mile spacing
MA/I-93, 95, & 91						X									
New York/I-87						X									

X = IN PLACE P = PLANNED OR PROPOSED

建立高速公路事件管理系統之研究

著者：交通部運輸研究所

發行人：張有恆

發行所：交通部運輸研究所

地址：台北市敦化北路240號

電話：(02)3496789

經銷處：交通部運輸研究所運輸資訊組

正中書局：台北市衡陽路20號3樓

台中市雙十路二段62號

三民書局：台北市重慶南路一段61號

青年書局：高雄市青年一路141號

印刷者：全能複印行

地址：台北市復興北路66號8F之2

電話：(02)7734633・7734634

中華民國八十四年十月初版一刷

本書印製150冊・每冊工本費100元