

# 都市運輸生產性能源節約技術之評估

交通部運輸研究所

中華民國七十四年十月

# 運輸研究所出版品摘要表

管 制 等 級			
本出版品： <input type="checkbox"/> 機密 ( <input type="checkbox"/> 解密日期為 年 月 日， <input type="checkbox"/> 承辦單位視情況通知資料組解密) <input checked="" type="checkbox"/> 一般			
本 表： <input type="checkbox"/> 機密 ( <input type="checkbox"/> 解密日期為 年 月 日， <input type="checkbox"/> 承辦單位視情況通知資料組解密) <input checked="" type="checkbox"/> 一般			
出版品名稱： 中文：都市運輸生產性能源節約技術之評估 外文：Technology Assessment of Productive Conservation in Urban Transportation.			
行政機關出版品統一編號		運輸研究所出版品編號	
09139740025		74—20—507	
研究工作主持人：藍章仁（編譯） 主要研究人員：藍章仁（編譯）		研究期間：自 73 年 7 月至 74 年 6 月 研究經費： 經費來源：本所預算	
研究方式： <input type="checkbox"/> 自行辦理—主辦單位： 地 址： 聯 絡 電 話： <input checked="" type="checkbox"/> 委託辦理—受委託單位：國立交通大學交通運輸研究所 地 址：臺北市忠孝西路 1 段 114 號 4 樓 聯 絡 電 話：3146515			
關鍵詞：			
摘 要：在 1975 年當中，美國都市地區的旅次活動量約占總延人哩的三分之一以及 5 夸脫（quad）的能源消費量。在對生活方式及整個經濟體系產生最少干擾的着眼點下，為達到降低總體之能源消耗，特地為都市運輸部門訂定兩種能源節約策略，分別在三個典型的都市中實施試驗過，證實兩種策略皆能節約能源。			
出版日期	頁 數	工 本 費	本 出 版 品 取 得 方 式
74年10月	30	69	洽本所免費贈閱 <input checked="" type="checkbox"/> 洽本所訂購 <input type="checkbox"/> 其他( ) <input type="checkbox"/>
備註：			

# 都市運輸生產性能源節約技術之評估

## 摘 要

在1975年當中，都市地區的旅次活動量約占總延人英里之三分之一，以及5夸脫 (quad) (約等於  $5.3 \times 10^{18}$  焦耳) 的能源消費量。在對生活方式及整個經濟體系產生最少干擾的著眼點下，為達到降低總體之能源消耗，特別是石油消耗量的目標，特地為都市運輸部門訂定了兩種能源節約策略。這些生產性能源的節約策略分別在三個典型的都市中實施試驗過；其實行之成效曾擴展至全國的都市地區，並與當地政策 (in-place policy) 實施的參考性預測成果相互做個比較。其中一個策略強調以羣體 (Group) 為基礎的交通，另一策略則注重以個體 (individual) 為主之交通。為瞭解都市運輸問題之現況及未來展望，利用一種情節描述 (Scenario) 的方法提出各種經濟和社會的變數，證實兩種策略皆能節約能源。在羣體交通策略下，個人的旅次數將減少，且在犧牲某些移動性 (mobility) 的代價下，能獲得更大的能源節省量，對於減緩生活環境品質的降低與交通不幸事故發生所帶來的衝擊，亦具有相當顯著的效果，優於個體交通策略或當地政策實施下所帶來的影響。

運輸部門能源的直接消耗量占了全國的四分之一，而汽車行駛就需運輸部門能源供給量的一半。由於燃料價格的不斷上漲，和世界間歇性能源供應的短缺，聯邦政府，州政府和各地方政府開始設法引進各種不同的策略 (包括政策和技術)，來節約都市運輸能源的消耗量，以維持一個具有生產力的經濟社會型態。

由於許多節約政策未充分考慮到對環境影響的評估，就此原因，一項由美國能源部 (D. O. E) 所支持提出的技術評估計畫於1979末開始實施。此項計畫的主要目標係在提供：

(1)於都市旅客運輸部份，對促進能源節約的幾個策略做一些描述。

(2)對這些策略給環境所帶來的影響有較佳的了解。

(3)對實施這些策略可能遭遇的限制做一番認定。

本研究係探討「都市運輸生產性能源節約技術的評估」(Technology Assessment of Productive Conservation in Urban Transportation 以下簡稱 TAPCUT)，有關於 TAPCUT 的背景、架構、和初步實施的結果將在以下的文章中提到。

## 背 景

運輸部門幾乎全部需要仰賴石油 (1-3)。過去30年來，運輸部門已消耗了全國超過半數的石油使用量，和全國能源消耗量的四分之一，其中光小汽車一項就占去運輸部門能源使用量的一半。

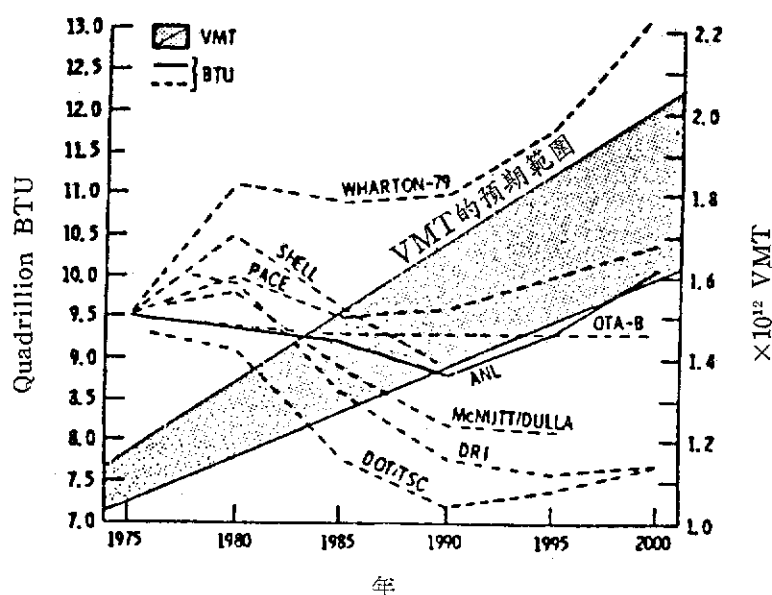
城內的交通量 (即發生於都市地區的交通) 約占總延人英里 (Passenger Mile Travel, 簡稱 PMT) 的三分之一。在缺乏運輸管制的措施下 (目前為實施空氣品質管制的計畫已發展出減少延車英哩數的策略)，都市交通量隨著人口數變動的比率會有預期性的增加。

大部份的預測皆假設小汽車將繼續成為都市交通的主要工具，主要係因為一般家庭平均收入的成長速度較擁有與使用一部車所需的費用成本之增加快速。自從第二次世界大戰以來，大眾運輸工具的乘載率即呈現穩定減緩的趨勢。但自1973年發生石油禁運事件以來，這種趨勢已逐漸安定下來，甚至顯現出些微回升的現象。縱然如此，現行的政策，對於大眾運輸系統雖實施贊助支持的行動，但在大部份地區

僅占都市交通量的百分之二，即使有任何成長，所能期望達到的比率仍有限。

目前對於改善都市交通效率唯一最有效的力量係於1975年所訂定的合作促進「平均燃油經濟效率」(Corporate Average Fuel Economy 以下簡稱 CAFE) 立法案。在1985年以前，汽車燃油的總消耗量由於車輛運行效率的改善應較1975年時期來得少。但是因為旅次數持續增加的結果，終將致使效率改善所獲得的優勢被抵消掉，故預期公元2000年的能源消耗量會凌駕於1975年之上。

圖1詮釋了行駛里程增加的範圍以及汽車之能源使用量在各種不同策略下的預測值，並顯示了與下列之敘述一致的觀點，那就是車輛燃油效率的改善對於總能源的消耗，特別指汽油，只具有暫時性的影響。



註：V. M. T. 為總延車英里數 (Vehicle Mile Travel之簡稱)

B. T. U. 為英制熱值單位 (1 B.T.U.=0.252 Kcal)

圖 1 汽車能源選擇性計畫展望

自1950年代以來，隨著汽油實際價格的降低，除了1973年及1980年在實際價格方面稍有上升以外，幾乎無明顯的跡象顯示，國內的汽車駕駛人對於能源的節省認為是一種想做的或必要的行為。由於汽油供應的間歇性短缺和價格的不斷提高已針對現行運輸系統的一般弊病提出一個尖銳的警告，並導致對高燃油效率車輛的大量需求與總旅次數的短期性降低現象。

由於汽車消費者之購買行為和大眾運輸工具乘載率的改變，社會大眾正在尋求一個解決現存車輛在旅行時間及費用方面無重大節省效益的問題。在公元2000年以前，美國石油的產量將逐漸減少，加上對各種不同的燃料及車輛缺乏市場眼光的現值預期（即使於1985年電動汽車所造成的累積性影響，仍不被預期成為2000年的主流）之情況下，將直接導入前述問題的核心：即在此時間能夠做些什麼以及實施這些行動會造成那些影響。

在美國能源部中，有一個必須實行的任務，即驗證在各種不同的能源政策下對環境所造成影響的技術評估。技術評估是一種以系統化的定義、調查評估社會上新引進之技術與政策，對於經濟、社會、環境及教育的直接與間接影響。

## 問題的精簡

一種對於運輸問題引起廣泛的學術分析研究，係產生於最近幾年間，但由於可資利用的資料來源和已確定的研究主題不是在問題本質的分析上不完善，就是研究主題本身對於政策的實質影響不大。綜合現存於運輸部門的幾個主要研究主題經由學術分析所獲得的情報，提供給我們於正待進行之技術評估研究一張初始的表列。

為簡化如圖2所示之表列，採用下列三個規範準則：

1. 此研究必須著眼於能源部對於減少由國外進口石油之依賴性的

範圍內。

2. 此研究係強調減少需求量而非增加供給量的策略。

3. 此研究將採取更為廣泛的市場範圍或以運輸需求為導向的方法（與單一運具為導向的方向正好相反）；這種方法其羣體交通之運具係根據使用之用途來選擇，考慮到運具之間的轉換性，以及相對的使用效益。

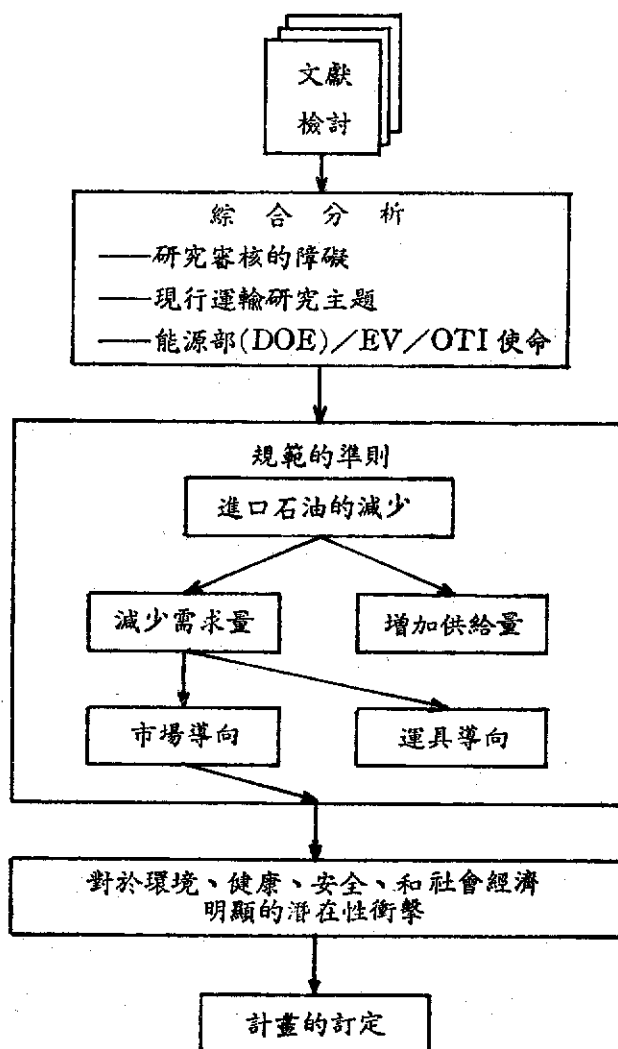


圖 2 問題精簡的過程

這項正待進行的研究將由審查以決定在環境遭遇的衝擊下，技術的評估是否必需。

就問題精簡之過程所得的結論，一項技術評估的訂定必須符合下列幾點要求：

1. 涵蓋整個都市旅客運輸的市場。
2. 強調減少對外國進口石油需求量的能源節約政策。
3. 時間必須橫跨現在到公元2000年包含兩種未來景象之時段。
4. 考慮政策性及技術性之方案。
5. 正視對環境的衝擊影響（重要性已被廣泛的確認）。

由上述的定義敘述，即可發展出技術評估計畫的特定目標。

## 計畫目標

在這篇文章所述及的技術評估係擬定來調查在兩種生產性能源節約策略方案下，對於環境、健康及安全方面的潛在性衝擊。生產性能源節約策略既非被訂定用來挽救經濟結構的分裂，亦非被用來改善國人的生活方式，而是被用來代替現行於包括運輸部門在內之各個部門的鼓勵性節約政策（5）。

就上述的定義，因為生產性能源節約政策係用來促進能源的節省，而非用來改善經濟及社會方面分裂之現象，故對於策略對未來不可預期與所帶來日益擴張之影響特別關切，期望能尋求一種適合於技術評估形式的方法。

技術評估所要達到的重要目標計有下列幾項：

1. 確定在本質上與生產性能源節約策略能互相吻合（遵循特定主題的強化政策或技術元件），期望對於減低國內都市運輸依賴石油之程度有所助益。
2. 在各種不同的生產性能源節約策略下，對於能源節省量及環境



衝擊影響的相互比較分析。

3.對於各種可能束縛這些生產性能源節約政策所帶來成效之主題或障礙作一適當的分析。

下面將繼續廣泛探討每一個目標

## 能源節省策略潛力的確認

生產性能源節約觀念被應用在都市旅客的交通方面，部份被認為只是在減低能源消耗量，特別是以石油為主的燃料，但其本質上仍與社會保持著交互作用的關係。這種觀念影響的潛力是物質性的，只因為能源從未是影響都市運輸系統財政及運作制度的重要因素。

這些以汽車為導向的都市運輸系統在現行的運作制度下具有相當的能源集約性（Energy Intensive）。在能源價格便宜的時代，駕駛單人乘坐的車輛純粹只為達到舒適感及速度感的要求。許多已發表的論文辯證說：即使在能源節約政策受到種種限制的情況下，能源集約度的降低仍是有可能的。對於不同型態的當地系統（在研究的時間架構上只能逐步地做實體方面的改變）在三個都市等級實施的結果，包含政策及技術兩種層面的策略之相互配合，在尋求有效的節約方式上，其潛力是無可限量的。

## 對環境、健康及安全衝擊影響之比較

就跟環境品質的改善所須的措施一樣，運輸能源節約政策亦大都類似，亦即在各個不同的次環境系統下所遭遇之衝擊影響之間存在著一些取捨選擇（trade-offs）。而且在某些情況下，當能源節約策略對環境造成負的影響時，就必須設計一種較為緩和的策略或就初始的策略重新研擬出一套新的策略，以適應當時的情況。

都市運輸生產性能源節約技術的評估計畫包括在每一策略下，對環境的影響作一廣泛的分析。且由分析之結果顯示，進一步的緩和環

境所遭受的衝擊影響是非常必要的。

### 對實行策略障礙之分析

對任何一種新的建議政策或技術所造成影響的研究，皆須考慮到其彈性。本研究雖曾考慮其實施之彈性，但並未做任何商業市場的評估或詳細的障礙分析，對上述爭議或關切的主題大致可合併歸納為兩點：策略的發展及環境影響的分析，除了這兩點之外，在選擇一個適當的生產性能源節約策略時，成本及行政管理之障礙亦為重要的考慮因素。

關於環境影響評估研究的定義，涵蓋了許多在障礙分析中所包含之爭議主題：如對資源的使用，教育、社會及經濟方面的衝擊影響等等。其他如以徵稅為主政策之公平性，對勞工聯盟的衝擊影響，小汽車與大卡車在混合路況之安全性，燃料效率的經濟性和引擎散放廢棄物等種種問題皆在考慮範圍內。

若將社會狀態的未來假設與社會經濟影響分析合併一起考慮，亦能提供一個伴隨著技術發展的施行而引起的社會變化之評估架構。這些假設對未來社會的經濟及社會系統、人口統計的決算、教育結構，乃至於社會態度及價值觀之種種特徵做了一番描述。

### 計畫架構

本計畫所有的流程如圖3所示。在當地各種政策下，對每一個典型的都市皆實施交通需求（Travel Demand）分析，並將繼續實施下去。未來交通量的預測所可能帶來對環境之衝擊影響亦同樣以特定的都市作分析，於是在已發展的兩種生產性能源節約策略——羣體交通策略（group travel strategy）與個體交通策略（individual travel strategy）之下，皆能預估對交通及環境所帶來的衝突影響。計畫最後的步驟係對於在上述兩種策略的推動下所獲致之成效，與在當地政策下實施之結果做一個全面性的比較。

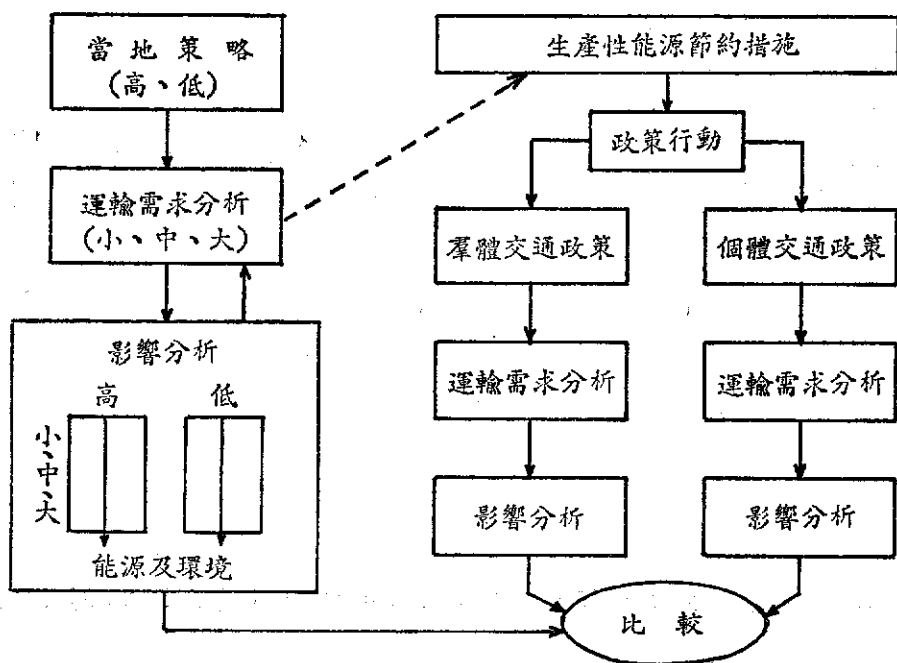
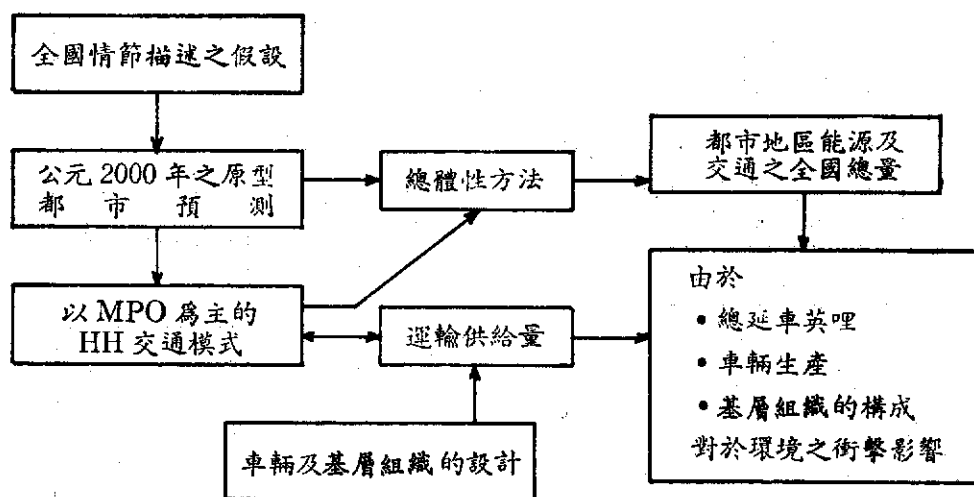


圖 3 TAPCUT計畫流程

為達到計畫的目標所設計之研究架構如圖 4 所示。關於 TAPCUT 架構進一步之文獻記錄將在另一篇文章中提到。在此只作一簡述，Hudson 和 Putnam 二人討論到這種技術之設計；Saricks, Vyas 和 Bunch 三位則論及運輸部門供給之預測；Peterson 涵蓋了都市選擇的條件和對於國民總所得的解釋；Kaplan, Gur 和 Vyas 三氏陳述了家庭交通需求預測的方法；Stuart, LaBelle, Kaplan 和 Johnson 等人則強調由於政策所引起在運輸需求量的變化。在以情節描述為背景下所作的分析和能源節約政策是本文中敘述的主要部份，同時亦論及環境影響分析的方法和初步實施的結果，於更進一步的細節在本計畫的最後報告中將詳細提到（6）



註：MPO係都會區規劃組織(Metropolitan Planning Organization)之簡稱

圖 4 TAPCUT 計畫架構

## 情節描述 (Scenario)

本計畫所訂定的兩種情節所描述的選擇性特徵如圖 5 所示。圖中所示之變數之所以被納入情節中，主要係因這些變數超乎熱衷於此計畫的決策者所能直接控制的範圍之外。很明顯地，其中的一些變數將間接地被依循運輸能源節約政策所做之決策所影響；但是，這些相互關係在本計畫中並非占首要的地位，亦非被直接地塑造而成。這兩種情節主要可區分為情節Ⅰ（高科技成就的富有環境）與情節Ⅲ（低科技成就的較窮環境），分別影響交通之需求量，其間主要的差別在於對零售燃料價格及一般平均收入（1975年幣值）的預期值。而其他變數差別的範圍並非大到足以充分解釋對未來交通量推估有明顯差別的現象。

都會區人口數 73%          66%	HH尺寸 2.36          2.41
年成長率 25% 之 國民生產毛額 (GNP) 3.6%          2.2%	HH收入 美元16.147   美元14.086
能源供應 1,140 全部      940 370 液化能源    340	燃料價格變化 3.75%          %5.3
環境的調整 於 1980 年 如計畫所述    後無變化	社會組織 競爭性          分裂性
情節 I	情節 III
情節 I	情節 III

圖 5 情節描述概要

在燃料價格方面，其變化的比率係由1990年至2000年的年平均値。自1980年到1990年變化的比率在兩種情節中皆高於這20年來的變化率。在國民生產毛額（G. N. P）方面，其變化的比率係由1975年到2000年的平均值，其每年水準的變化呈現每5年一個循環的現象。

在每一情節中，相對於全國總數，公元2000年的都會區人口代表全國人口居住在標準大都會統計區（SMSAs）的比率。在全國普查系列Ⅱ中，預測公元2000年全國的基準人口數將有兩億六千零三十七萬八千人之譜。

能源供應量雖有預測，但並不直接用在需求分析裏。都市地方性交通對能源的需求量可相對地與各部門消耗的需求量與各種不同的供應預測量做比較。在環境調整的情節假設中，對於汽車排放物排放標準也使用在空氣品質的影響分析中；情節Ⅲ對於這種改變於1983年生

效，以後則消失。在社會組織的總體性假設情節下，主要影響到土地使用的型態，情節Ⅰ所導致土地使用密度的增加較情節Ⅱ來得高。

## 城市預測

就 237 個都會地區的資料庫，找出三個典型的都會地區以做為本計畫研究的對象。關於都市選擇的方法，係根據下列幾種與運輸能源的消耗有關的特性；如每日平均交通量，家庭所得和人口密度等而發展出來的。這三個典型的都市就是根據上述三種影響運輸能源使用的城市特性所訂定的三個衡量尺度而選擇的。第一個尺度確認大城市需具備令人滿意的大眾運輸系統，如 Megatown 市。第二個尺度則牽涉新的且快速成長的城市，如 Sprawlburg 市。第三個尺度確認在中西部的工業城市，其人口較前二者為少的 Slowtown 市。全國所選擇的都會區皆與這三個尺度有關。另外一種線性擴展的方法也同時被發展，亦即利用這三個典型的都市做為預測全國都市成長趨勢的詳細指標。

整個 TAPCUT 計畫的預測皆著重在以這三個都市的實際交通及土地使用資料為基礎，並以這些城市的預測做為特定情節預測的參考。對於不同類型之工作活動及居住區位的預測，在每個情節的狀況下的每個城市皆實施過，並就政策所遭遇之衝擊影響做些許的修正。以下列出 TAPCUT 計畫下三個典型城市的預測獨立變數：

1. 居住區位——家庭總數、居家人口大小、每家的收入、平均所得和居家的地點，如中心商業區（C. B. D），都市中心，副都市區或郊區等。

2. 工作活動——工作總數，工作的地點，發展的密度和職業的種類：如製造業、零售業、服務業或其他。

## 交通需求預測

先前所描述的對特定城市預測的資料組織化後，便能輸入交通需

求模式的程式集 (package) 內做分析。由基準年起在每個城市的交通調查 (都會區規劃組織 MPO 所提供) 所得的住家特性資料構成了交通需求預測方法之基礎。為決定城市預測分布情形對住家交通行為的影響，將其轉換輸入模式中，以比例迴歸方法反覆推求之。

利用交通需求模式時，需在一定範圍的期間內，綜合修正後的住家資料以及運輸服務水準 (LOS) 的預測資料。運輸服務水準之變數則包括了大眾運輸服務與小汽車的特性：如速度、運行成本和排放率等的詳細分類。工作旅次與非工作旅次則就家庭所得分三等級，和位於都市地區 (都市中心、副都區和郊區) 之三種區位分別做預測。

為實例研究交通需求預測，利用「都市運輸政策分析程式集」(UTPAP) 做為分析的工具 (如圖 6 所示)。它包括一套擴充的版本，稱為 XRGP，係以短期一般化運輸規劃模式 (SRGPmodel) 為基礎核心。這套模式使用一種邏輯的組成方法，提供工作旅次、行人旅次及非工作旅次的運具選擇。對每一個等級的家庭來說，總延車英哩的變化 (UTPAP 的主要輸出資料) 提供許多環境影響分析的一個起點。

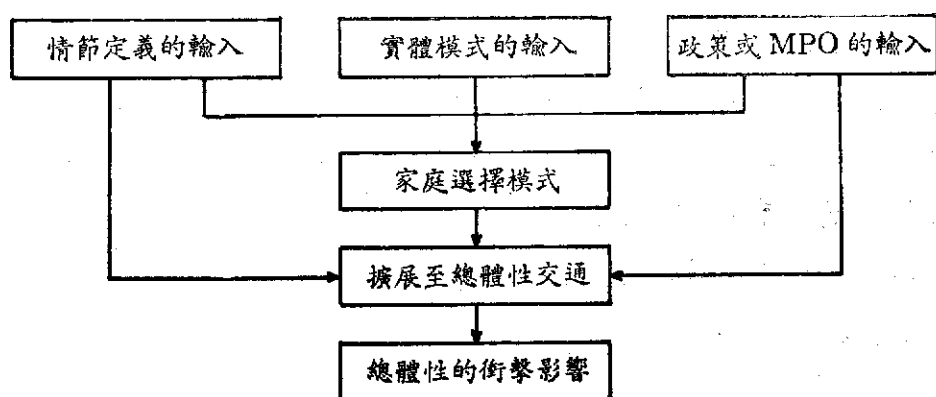


圖 6 TAPCUT 交通需求模式化巨觀圖 (macro view)

## 技術特性

家庭使用汽車的特性已詳細地陳述過。同時也設計了三組不同的新車以為政策測試之用。對每輛汽車的初期購買價格，運行費用成本，動力與重量之比率，乘載容量，燃油經濟性，以及污染物的排放量等皆列出詳列的說明。許多的特性被用來決定每種選擇運具所需花費的旅行成本。其他的特性，如動力與重量之比率就只被用於車輛的實體模式（vehicle stock model）內。那個模式決定什麼類型的汽車將被都市家庭所購買以及在末年預測年限裏汽車持有家庭之分布狀況將如何。

汽車的設計反應出政策及情節裏所考慮的因素。在當地的政策下，兩種情節皆假設供應相同的車輛組；只有家庭所選擇購買車輛的混合型態稍有不同。在個體交通策略下新車的燃油效率增加，情節Ⅲ中，這種增加是溫和的（只超過當地政策的百分之四），但在情節Ⅰ中却相當大（超過當地政策的百分之23）。公元2000年時，情節Ⅰ的平均新車燃油效率到達每加崙40英哩。當然，特殊的車子更能到達高燃油經濟性；這種燃油經濟效率值包括對消費者選購車子之行為的影響。

所有大小不同等級的新車重量在每一個技術層次下皆有減輕的趨勢，自1980年起，平均降低了百分之25。在個體交通策略下，情節Ⅰ的車體重量較當地政策減輕百分之十，而情節Ⅲ只有百分之三。原因是情節Ⅲ中的消費者在公元2000年選擇了實際已增加重量的車。一般而言，車體重量的減輕受限於在TAPCUT計畫下，對於動力與車重比率的合理實施標準。

## 環境的衝擊影響

本研究主要著重於決定環境所受之衝擊影響應與能源節約策略合併考慮。因此，環境影響分析是非常詳細的。由於汽車所產生的排放



物及延車英哩的增加造成對空氣及水質的污染，同樣影響到人類的健康。對於交通安全、工作者的安全，甚至對所有的資源，包括能源和礦物，亦同時做了衡量。尤有進者，由於交通量、汽車的製造，運輸之基層組織的改變對社會經濟的影響亦同樣被強調，如運輸工業、都市地區的次人口（subpopulation）系統以及利益團體等。

## 運輸能源節約策略

本研究的第一件事是準備一個預測時之參考基準，也就是建立一個基準項以便於比較各種能源節約策略。當地的策略已經被認為與目前現行之策略一樣，是對家庭單位在運輸能源之使用消耗上有直接之關係的。當地政策之主要概念彙總如圖7所示。一般而言，「政策」通常被解釋為除了1980年已記載者外，更加上超過此期限之任何計畫之變動。例如，CAFE（Fuel Economy）要求在1985年預定設計之新汽車，每加侖須行駛27.5英哩，超過則沒有限制。其他重要之政策包括將汽油燃料稅之金額固定，這意味着通貨膨脹式金額的增加，而非實質所得金額支出之增加。

雖然我們期望運輸技術能得到相當的改善，但事實上即使再經過20年之努力，運輸技術在公元2000年以前，一點也不能預期會有所改善。在目前任何典型之都市中，並沒有新的外來運輸技術在他們自己的計畫案中被考慮。而只考慮到些微之改變，如輕軌，公共巴士，和快速鐵路之測試。關於服務老年人及殘障者之政策，被認為可適度緩和他們1980年之意見，而使得現行運輸系統得以繼續營運，雖然資源將是被用於服務老年人與殘障者之準備（在那些政策中，預期的改變已經發生效果）。

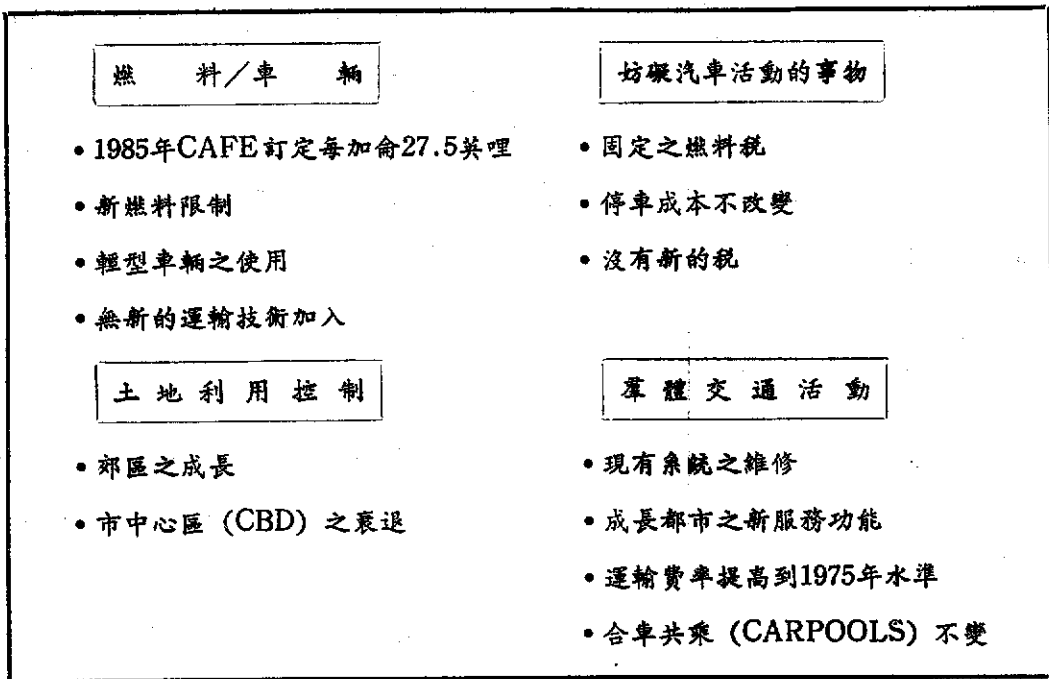


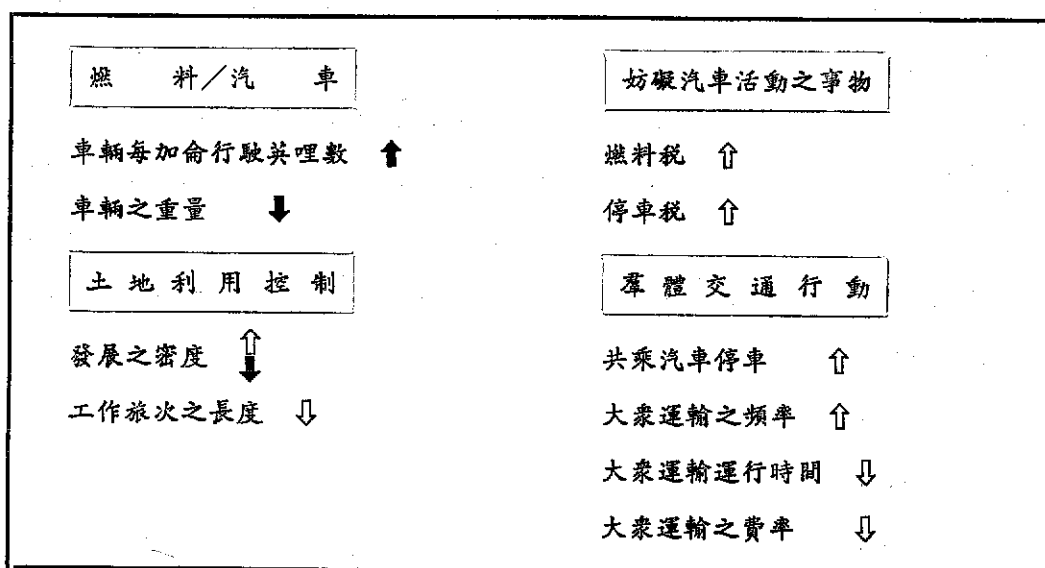
圖 7 運輸能源之當地 (in-place) 政策

當地的政策已被視為一種變數，足以用來作為選擇方案之套裝軟體模式。這些被解釋成「政策槓桿」之變數，本質上可用這些槓桿來定義任何的公益政策。如圖7所示，這五個主要的政策槓桿是燃料、車輛、妨礙汽車運行之事物、羣體交通行動、及土地使用控制。其他的政策槓桿雖亦曾被考慮，但最後並不被列入分析；因為並無法用這些槓桿變數來定義出一些合理之政策，而且沒有充分之理論研究以便定義政策活動並反映其關係。第一個個案之例子，粗略之土地使用控制歸因於工作旅次長度上主要之改變。第二個個案之例子是電訊和運輸之間的關係。

目前已有兩種策略被發展出，而且此二者均能致力於降低都市運輸能源之消耗。羣體交通策略致力於減少能源之使用，且透過增加有

效使用能源之羣體交通方式來達成。而個別之交通策略也致力於此相同之目標，但其方式是透過有效的汽車技術之改善來達到節約能源的目的。下面圖 8 之箭頭指出變動方向，而不是規模大小之改變。

羣體交通策略 (Group Travel Strategy) 改變汽車之燃料稅及停車稅。在某些情況下可以較低之運輸費率，廣泛地改善運輸系統，且透過誘導土地使用之改變來增進運輸系統之使用。關於當地的政策，汽車之技術將不做改變。



(註) ↑：表個別交通政策。 ↑：表羣體交通政策

圖 8 TAPCUT之政策槓桿

個別交通策略 (Individual Travel Strategy) 則只需要在汽車燃料之節約上來改善，透過新汽車之設計以達到節約能源之目的。在情節描述 III 中，少部分之土地使用改變，是可使汽車使用率也跟着變動的。

## TAPCUT 之燃料價格

TAPCUT中之燃料價格乃是由情節之假定和策略改變兩種因素所產生之結果。無稅之基本價格乃是情節假設之特定變數，而此價格之稅值則是一個政策變數。如圖9所示，消費者最後之淨價格乃是以1975年之幣值來表示。圖9中可看出1975年到2000年之情節假設與政策二者所造成之影響，情節Ⅲ（2.55美元，在2000年時）之價格高於情節Ⅰ（1.89美元）之價格。但是情節Ⅰ之羣體交通（group travel）策略所課之燃料稅乃是情節Ⅲ在同樣政策下之燃料稅的兩倍，最後於西元2000年在羣體交通政策下各種情節之價格幾近於相同。

在情節Ⅲ，價格增加之高比率乃是由於在尋找國內自有原油燃料來源方面沒有新的進展，且美國在買入進口油料時，其國際地位無法有滿意之結果所致。情節Ⅰ中國內自有產地的原油燃料之價格偏低，乃因技術進步所致。

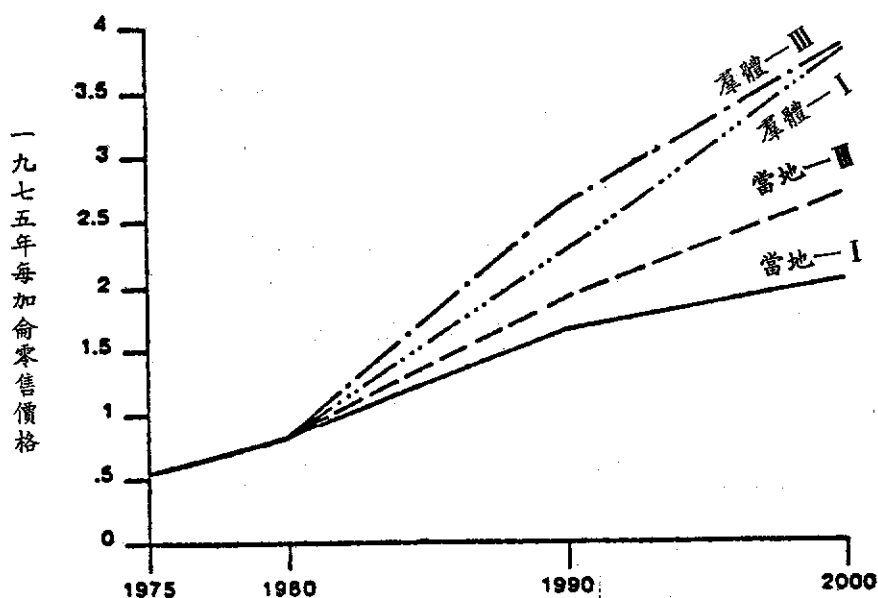


圖 9 TAPCUT之燃料價格

由於所有的液態燃料均競爭同一個市場，顯而易見的，燃料價格間相對的差異會很小，就如目前之情形一般。因而即使一種燃料之生產成本高於平均液態燃料成本時，仍須將價格定得與市場中大多數之燃料價格相近，才能在這個強烈競爭之市場中賣出燃料。這就是為什麼大多數的大量生產者，生產各種不同的燃料的理由——因為唯有如此，某些成本較高，較無利益可得之燃料的成本才可由其他生產成本低而利潤高所得之燃料利益來加以彌補而達到平衡。

## 選擇分析之結果

交通之總體性衡量 (Aggregate Measures of Travel)

情節Ⅲ由都市家庭單位調查得到之延人英里 (PMT) 和延車英里 (VMT) 資料結果如圖10所示。該圖所列乃每年資料，其中包含非家庭 (Non-home-base) 旅次之估算。在當地的政策下，延人英里數總體來看並無很大之改變，但延車英里數則有略增之現象。在情節Ⅲ中，1980到2000年之都會區人口預測僅有百分之六的成長，因此預期未來之交通量將不會有大幅之成長。雖然這些圖畫出來近乎平直 (延人英里數只增加百分之0.1，延車英里數增加百分之3.5)，但主要是旅行交通價格增加的一個結果。

在情節Ⅰ中，都會區人口成長了百分之十七，家庭經濟也較以前更為富有，個人旅次比二十年前增加百分之6.7，且車旅次數亦增加了百分之17。

這策略導致總體交通之衡量產生不同的結果，關於適當的政策在兩個情節中，羣體交通策略均導致延車英里數減少百分之23；然而延人英里數在情節Ⅰ中增加百分之0.6，在情節Ⅲ中則減少了將近百分之10。同樣策略在情節想像中所造成之不同結果，有人認為乃是情節Ⅰ中位於高密度土地使用型態區之住家，較易有滿意之大眾運輸來滿

足交通旅次需求而引起的。而有些差異乃被認為是由政策實施行動所引起的，如在情節Ⅱ中，平均工作旅次之長度減少了百分之14。而在情節Ⅰ中，延人英里數之改變僅發生在非工作而任意性之交通上，工作旅次之長度及頻率數並不因政策行動而改變。

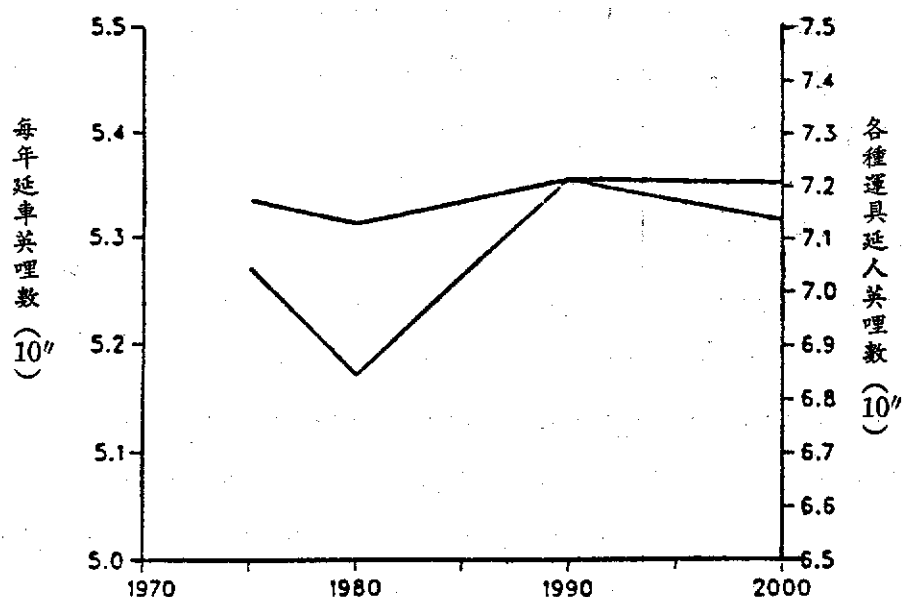


圖10 在當地政策下情節Ⅱ之總體旅次需求結果

個體交通策略實際上對延車英里數及延人英里數之總體旅次量測並不產生影響。燃料之節約雖然有顯著之增加，但對於以現金支付費用之旅次需求之增加則未有充分影響。庭家選用稍大之汽車，期望能滿足燃料節約之要求，但並沒有達到最佳之燃料節約；在適當政策下，對於用現金支付費用的影響實際上並無改變。

在適當的政策下，檢查策略耗費的成本，燃料稅及費率之收益後發現成本佔了百分之80，而收益下降了百分之40。在相同情況下，個體交通策略結果較差，但羣體交通策略則較佳。在羣體交通策略中，公共運輸工具之費率正好彌補營運成本，燃料稅之收入則和計畫資金開支相當。

## 能源消耗 (Energy Consumption)

圖11及圖12顯示三個政策在每個情節之總直接能源之消耗狀況。在適當政策下，都市運輸之能源使用下降得很明顯，自1980年到2000年約下降了40%。另兩個策略之能源消耗亦下降了不少。由於高燃油效率車輛的大量採用，致使每單位旅次所使用的能源減少，正足說明了整體使用量降低的原因。在無大量增加大眾運輸服務的情況下，汽車旅行價格的提高有助於降低在適當政策下的能源使用量。

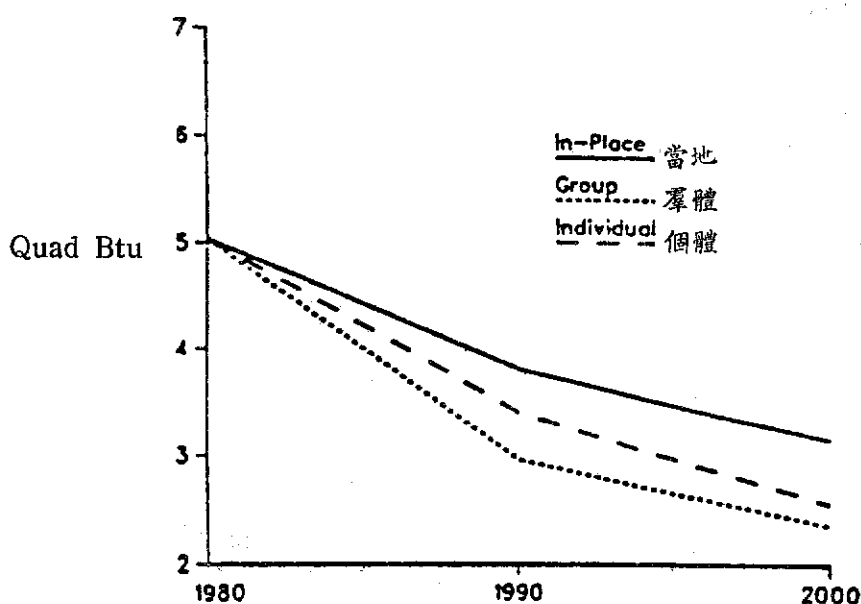


圖11 情節Ⅰ中都市家庭的地區性旅次之直接能源消耗

情節Ⅰ中在2000年時羣體交通策略之直接能源消耗和當地政策相比減少了25%，而在情節Ⅲ中則減少了18%。在直接能源之節省上，個體交通策略雖較少，但仍很顯著——在情節Ⅰ中19%，在情節Ⅲ中則節省了7%。然而，若同時考慮直接和間接之能源消耗，個體交通策略之能源節省在情節Ⅰ中有9%，而在情節Ⅲ只有1%。羣體交通

策略呈現同樣之減少。在延入英里基礎上（有別於道路英里）汽車及公路比公車巴士，輕軌系統及優良之TAPCUT運輸工具都能產生較高之能源集約性（energy intensive）。

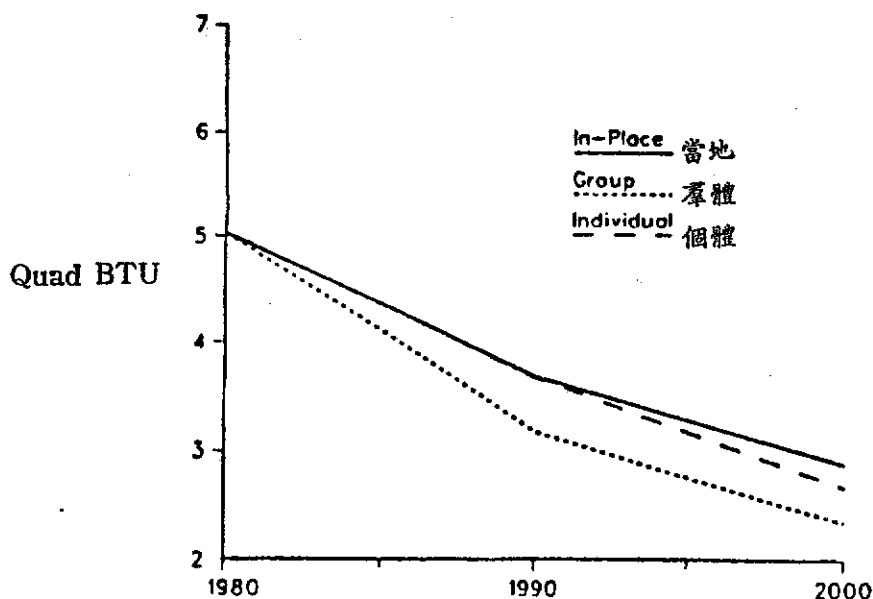


圖12 情節Ⅲ中都市家庭之地區性交通的直接能源消耗

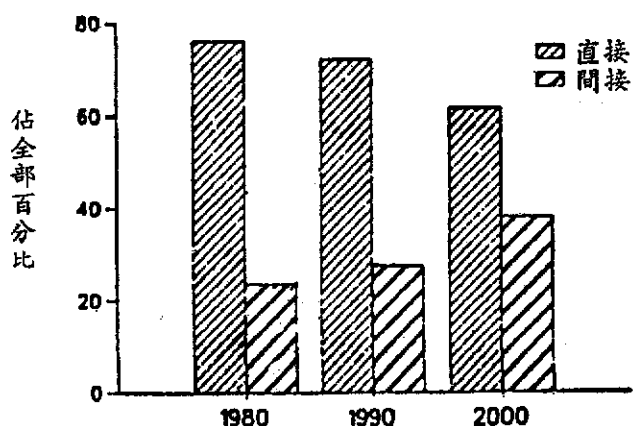


圖13 在個體交通策略下情節Ⅲ之都市交通的直接與間接能源使用比較圖



表 1 選擇TAPCUT的結果：國家都會區交通之能源及  
總體交通之改變。

政 策 與 年 度 比 較	情 節	改 變 百 分 比				
		VMT	PMT	直 接 能 源	間 接 能 源	總 能 源
① 1980年適當政策到2000年適當政策	I	+17	+ 8	-37	+53	-16
	III	+ 4	+0.1	-43	- 4	-34
② 2000年適當政策到2000年羣體交通政策	I	-23	+0.6	-25	-22	-25
	III	-23	-9.7	-18	-17	-18
③ 2000年適當政策到2000年個別交通政策	I	+0.1	+0.2	-19	+ 4	- 9
	III	- 1	-0.6	- 7	+10	- 1

(註) 每個情節之總都會區人口數均不相同。

直接能源消耗（即用於車輛操作上的）和間接能源消耗（即用於車輛製造，維修油料及道路上使用的）對時間而改變之關係如圖13所示。在個體交通策略下，都市運輸的間接能源使用佔總能源使用將近百分之40。在情節 I 中，使用人造合成燃料增加了間接能源使用之總數，進而燃料效率更佳之車輛對能源之利用產生更佳的能源集約性。

在羣體交通策略下，增加使用大眾運輸工具並沒有明顯地改變直接能源和間接能源消耗之關係，即使再具能源集約性型式的大眾運輸工具也比汽車製造業之能源集約性為低。情節 I 中之羣體交通策略之汽油節省很可觀，而情節 III 之能源節省量更大於情節 I。這些汽油之節省乃由其他同價位之高消耗量的燃料替代（如情節 I 所述）所產生之結果。

最後將這三個圖併起來可顯示能源節約可以用很多不同的方法來達到目的，只是這些達成節約能源的方法，其各別成本有顯著之不同罷了。

情節 I 中之每人總旅次及能源使用消耗關係圖14所示。由圖14中，我們可見到在個體交通策略下雖然能源使用量有明顯的減少，旅次數仍呈現增加之趨勢。相反的，羣體交通策略則是旅次數及能源使用均呈現下降之情形。羣體交通策略之結果較個體交通策略要引人注目得多了。每人之旅次數可被視為移動性(mobility)的一種衡量單位。雖然不是一個完善之量度，但仍可想見的，羣體交通策略之能源大量節省乃是以稍許之移動性減低為代價而得來的。在圖14中，只包括家庭成員之大眾運輸旅次及汽車旅次(不含行人徒步旅行在內)之資料。

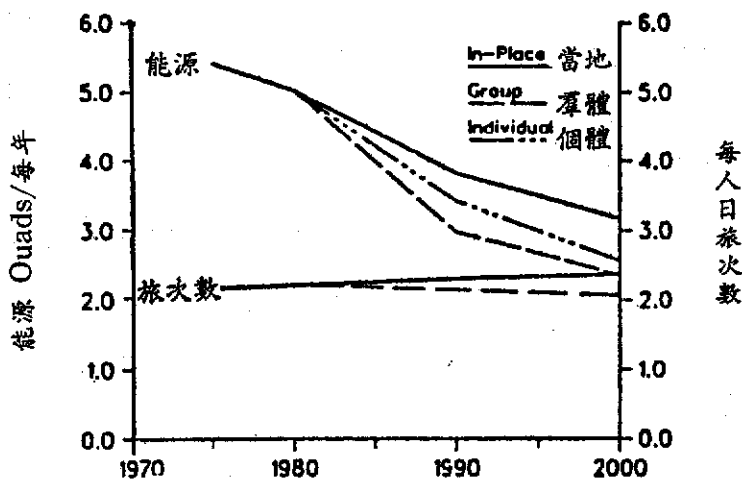


圖14 情節 I 中旅次及直接能源使用於交通旅行上之變化

### 健康影響：空氣品質

車輛操作運行時對於人類健康之影響已經有人以一特定的城市為基礎做過估計。對健康之影響主要是由於車輛污染物之排放所引起的，包括一氧化碳 (CO)，臭氧 (O<sub>3</sub>)，一氧化氮 (NO)，懸浮微粒，及碳氫化合物 (CH) 等。對於人類健康之影響乃由漸增之死亡人

數，不舒服之小時數，及罹病率等幾個項目來衡量。這些變化，乃由人口中不同之組羣的人來衡量估算，包括這些羣組之人們對上述各別污染物之敏感度反應。

一氧化碳對健康之影響已引起顯著注意，包括了整區長時間之暴露在其中和都市內旅行時之部分暴露均有影響。

在1980年中，降低汽車產生一氧化碳排放物的污染生效後，每汽車約可減少到每英哩7克的標準。對全部與健康有影響之變數來看，這個減少值對人類健康是最大且唯一有益之衝擊。若此減少量仍可繼續維持，則在國家水準上因策略不同而造成之影響可能很小。但若是車輛排放之污染物又回到1980年以前之水準，或是延車英哩數之增加很明顯地超過TAPCUT之預測（例如，由於較低之燃料價格出現），則預測對健康有害之影響的減少將不可能發生。這種現象在不同之都市有不同的結果，如在 Sprawlburg 市，其一氧化碳污染物於2000年之情節Ⅲ將有上昇之跡象。在情節Ⅲ中，Sprawlburg 市之人口成長很快，而且在1980年以後對於一氧化碳物之排放控制並無一令人信服之標準出現。預測在1990年到2000年由一氧化碳污染物所引起之不適將會漸增，而又回到1980年之水準。而 Megatown 市及 Slowtown 市則在預測中不會有回升之現象。

## 交通安全

圖15顯示小汽車行駛哩程在交通安全上之影響。很明顯的可由每百萬人因車輛所造成之死亡率和旁邊所繪之小汽車之汽車所駛英哩數看出，對於交通安全之影響。這些數值乃由典型城市中選出較近於全國趨勢之其中一個而得到的。由圖15可知，小汽車之延車英哩數因汽車而造成之死亡數有很大的關聯。除非其他和小汽車不同之車種的每百萬車公里之死亡率可以減少，否則小汽車成長預測將使全部之汽車

死亡率提高。若是這個理論推測很嚴謹，則可看出當小汽車增加的愈多時，死亡數所佔之比例將呈現下降之趨勢；但這僅是一個沒有實證基礎下之結論。

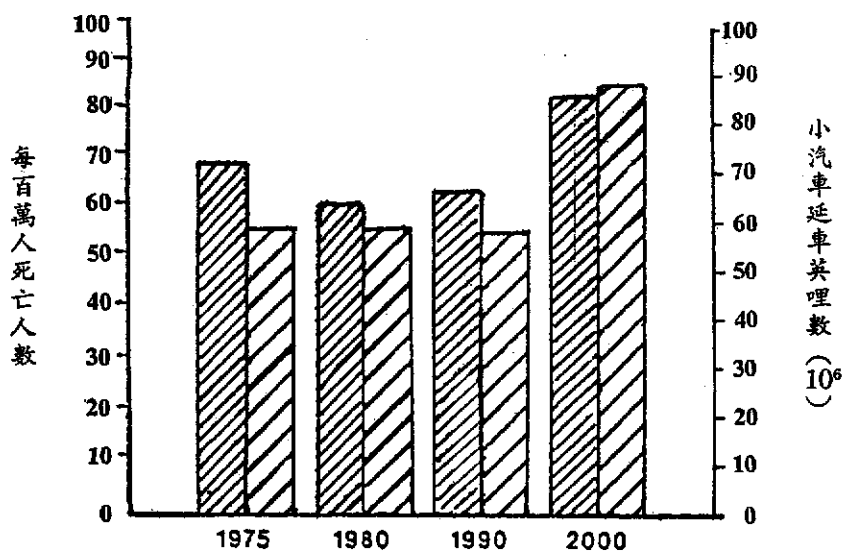


圖15 Megatown 市在情節 I 中之適當政策的交通安全影響及小汽車使用情形。

## 經濟衝擊

經濟分析考慮到這個節約政策是否真能產生利益？結果顯示，確實在國家經濟規模行動中可產生預期之利益。對於無衝擊之非運輸工業亦被列入計畫中考慮。而在運輸工業中，如公路建造和汽車巴士製造業成長之預測均因策略之實施而定。交易平衡之改變是可預估的，且可看出和其他影響交易平衡之因素並無很大的關聯。

值得注意的是只預測都會區之旅行及汽車製造之改變。都會區內之家庭只擁有四分之三個汽車車庫，因此汽車產量之影響幾乎可由市場研究來支配。不過非都會區內之家庭的汽車旅行、全部為城際間之

交通和全是貨物之運送，這三種型態之交通運行在TAPCUT中並不列入考慮。影響假期中旅遊減少之原因，可能是由於TAPCUT所訂之燃料價格太高所引起，此亦不被列入分析。因此關於各種策略生產力之結論是有所限制的。由於四個交通旅行市場是互相有關聯的，若是只研究其中一個，將很難對所有旅行之淨影響獲得一個結論。當運送貨物之卡車被個人用自用車取代用來購物時，運送貨物之行為將增加，而城際間旅行之汽車旅次則可能減少。

### 對實體環境之影響

整體來看，羣體交通策略對環境有害之影響遠較適當政策及個體交通策略要來得少。經由都市中空氣品質，水質及有毒污染物之水準分析後可支持以上之結論。

汽車行駛車英里數之減少乃是羣體交通策略優越性之最有力解釋。並且在這個策略下並不會產生新的污染問題。環境影響的預測對於延車英里數之預測是具有敏感性的；在 Sprawlburg 市中，由於汽車行駛英里數和污染成長的太快，因此1990年以後空氣品質便開始惡化。

## 結 論

TAPCUT計畫乃是以三個目標為主要前提：(1)於都市旅客運輸部分，對促進能源節約之幾個策略做一描述。(2)對這些策略之環境影響有較佳之了解。(3)對這些策略之實行所遭遇之限制做一個定義。下面之結論乃根據上面這些目標而提出。

(1)二種不同之都市旅客運輸節省能源之方法已被使用。在國家經濟行動中，這兩個方法均是屬於有很好節約能源功能的政策。而且這二個方法均超越目前使用之政策來達到能源節約目的。用羣體交通策略減少了家庭之總車輛旅次，而因此節省了大部分之能源。由於某些

家庭生活型態之改變而造成旅次之減少，可被解釋為非生產性的。一項更有生產性之考慮為羣體交通策略產生了足夠的利益以支付道路及大眾運輸之資本及營運成本，而在適當政策下之個體交通策略則產生了更為惡化之赤字計畫。

(2)在環境背景上，注重羣體交通之政策比其他測試之策略有較良性之結果。同時在適當政策中，羣體交通策略降低了每人所產生之旅次數。很明顯的，假定之汽車排放標準在這結果中佔了很重要的角色。燃料經濟之改善和個人汽車選定之績效中的TAPCUT技術所得到之排放率並無相連之關係。無法達到所要求之汽車污染排放物標準，將使得個體交通策略之環境衝擊更為惡化，而燃料節約將會上升到最高值。

(3)一些實行能源節約策略所遇到之障礙均已被找出了。

①個體交通策略需要一個健全的汽車工業，足以系統化的改進一個可維持20年期的新型汽車，並因消費者之偏好加入一些改變，如車子大小，推進系統等等。需要一個強而有力的政府支持研究發展及零件測試以增進這個策略下之汽車工業活力。政府政策之連續變動將使這個汽車工業增加許多障礙，特別是對於長期性之研究發展，更是影響重大。

②羣體交通策略則需要各個不同的政府部門之合作，而這種服務之改善將可由燃料稅之收入來充實財源。提供服務者之組織結構將必須變成一個更具競爭性之系統，具有更多之效率與彈性，以迎合新的市場需求。

土地使用管制之假設，雖然對淨影響很溫和，但在成長型態上仍構成一個明顯地引導方向。這二個策略（羣體交通及個體交通）之改善實施方法雖已被提出，但仍須進一步地審查看看這些方法是否正當且合法，並著重在實行之方式以使羣體交通所使用之運具可有效地運

用。雖然羣體交通對於汽油及停車課稅在模擬中是個有效的方法，但對於某些羣體則是不受歡迎的措施。這些稅可說明交通運輸課稅架構改變時，對於旅行者行為也有必要做明顯之改變以適應此架構。由於對經濟活動有所妨礙之汽車運行之運輸管制措施缺乏有效的經驗，將使得部分的地方政府在實施這些策略時遭受到強烈的反抗。

### 參 考 文 獻

1. Transportation Energy Conservation Data Book, 3rd ed. Report ORNL 5493. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tenn., Feb. 1979.
2. National Transportation Policies Through the Year 2000. Final Report. National Transportation Policy Study Commission, Washington, D. C., June 1979.
3. R. E. Knorr and M. Millar. Projections of Direct Energy Consumption by Mode: 1975-2000 Baseline. Report ANL/CNSV-4. Argonne National Laboratory, Argonne, Ill., Aug. 1979.
4. S. J. Labelle. Technology Assessment in Transportation: Survey of Recent Literature. Report ANL/CNSV-TM-44. Argonne National Laboratory, Argonne, Ill., March 1980.
5. R. Stobaugh and D. Yergin, eds. Energy Futures: Report of the Energy Project at Harvard Business School, Harvard University, Cambridge, Mass., 1979.
6. S. J. LaBelle et al. Technology Assessment of Productive Conservation in Urban Transportation, Final Report. Report ANL/ES-130. Argonne National Laboratory, Argonne, Ill.,

Nov. 1982.

7. M. K. Singh. Energy Consumption due to Local Travel by Urban Households Under Three Alternative Policies, 1980-2000. Report ANL/EES-TM-172. Argonne National Laboratory, Argonne, Ill., Nov. 1981.
8. M. K. Singh and S. J. Labelle. Analysis of Total Energy Use of Urban Transportation Energy Conservation Strategies. In Transportation Research Record 935, TRB, National Research Council, Washington, D. C., 1983, pp. 19-26.
9. M. D. Rowe and M. A. Crowther. Health Impacts of Productive Conservation in Urban Transportation. Report BNL 51575. Brookhaven National Laboratory, Upton, Long Island, N. Y., Jan. 1982.
10. J. R. Gasper and S. W. Rotenberg. Public Safety Impacts of Policies Developed for Productive Energy Conservation in Urban Transportation. Report ANL/EES-TM-186. Argonne National Laboratory, Argonne, Ill., May 1982.