

《人文及社會科學集刊》
第七卷第二期(84/9), pp.223-275
©中央研究院中山人文社會科學研究所

臺灣經濟-環境-能源互動關係之研究*

楊浩彥** 王塗發***

* 作者感謝曾國雄教授、許志義教授、張四立教授、朱雲鵬教授、周添城教授、王連常福教授及本刊兩位匿名審查委員對本文初稿所提供的建議與指正，惟文中如有疏漏之處，仍應由作者自負全責。

** 國立中興大學經濟學博士

*** 國立中興大學經濟學研究所教授

(收稿日期：1995年3月22日；接受刊登日期：1995年5月8日)

摘要

一個落後國家，爲了追求國民生產毛額或每人國民所得的快速成長，往往忽視環境品質的維護與改善，而長期忍受公害與污染。不過，隨著每人國民所得水準的提高，一般人所願意忍受公害與污染的程度則有遞減的趨勢，環境污染問題也會愈來愈受重視。而如何兼顧經濟成長與環境品質的維護，已經成爲當前臺灣所面臨的重大問題之一。經濟成長與環境品質呈現的是何種關係？環境品質的維護對經濟活動有何影響？環境品質要求的提高對我國未來產業結構的衝擊和調整又是如何呢？爲了分析這些問題，本文試圖建立一個多目標多部門規劃模型，來探討經濟、環境和能源的互動關係。我們利用互動妥協規劃法，並納入1989年臺灣現況資料，模擬臺灣經濟、環境與能源的互動關係，及其對產業生產、就業與資源配置的影響效果。

大綱

- 一、前言
- 二、基本模型的設定
- 三、規劃模型的設定
- 四、模擬分析
- 五、結論

一、前言

化石燃料是現代經濟社會裡，重要的生產與消費的要素之一。大量的化石能源的消費及其排放出來的污染物質對環境系統的壓力已經受到了公共政策上的重視。同時，由於化石能源的耗竭與環境污染的惡化主要係來自於經濟體系的生產與消費活動，因此，研究經濟活動與環境和能源之間的關聯，在經濟學的領域裡也引起了廣泛的探討(Blitzer et al., 1991)。雖然環境與能源的本身在物理和化學的性質上仍存在不確定性，但環境與能源問題的研究日益重要。這不僅是由於未來潛在的能源匱乏與環境惡化等問題，而且是因為這些問題會影響整體經濟的成長與結構的變化。

在經濟、環境和能源的研究範疇裡，新古典經濟分析法(neo-classical economic approach)佔有重要的地位。在極大化所得(生產)或效用(消費)的分析架構之下，環境與能源的限制所產生的效益和成本，對評估環境品質效益有其重要的貢獻(Blitzer et al., 1989, 1990a, 1990b, 1991)。而在有限的資源限制之下，生產與消費的行為與績效以經濟目標為主導的單維(uni-dimension)特性，正是新古典經濟分析法的重要內涵(Zhu, 1992)。事實上，從現實經濟社會來看，全球輿論自地球高峯會議之後，揭示了經濟成長、環境保護和能源供需三位一體之發展原則，同時強調了三者兼顧之必要性。因此，若是不能針對上述整合的特質來建立模型，則面臨實際經濟社會體系，在評估環境品質效益的解釋能力上必有所不足。永續性發展分析法(sustainable development approach)便是從正視經濟發展之多維(multi-dimension)的特性著手，探討在不同發展目標之下，生產與消費的行為和績效，其目的也就在增強對現實問題的分析 and 解釋能力(Zhu, 1992)。

永續性發展(sustainable development)所討論的範疇包羅甚廣，本文無意一一為其檢視，僅擬利用多維分析法(multi-dimensional approach)來探討經濟、環境和能源規劃(Economic-Environmental-Energy planning, 文獻上又稱之為3 “E” planning)之研究範疇裡的兩個重要議題。這兩個議題分別是「環境決策分析」和「環境品質效益」兩項。

第一個研究議題是探討環境決策(environmental decision-making)。所謂的環境決策，簡單的說就是部門選擇的決策(Nijkamp, 1977)。當納入環境與能源的限制因素於生產與消費活動的經濟體系裡，將導致生產部門內產業之間相對生產優勢的變動，因而產生選擇性成長(selective growth)的產業策略問題。該策略意指降低高污染產業的成長，提高低污染產業的成長，並進一步導致能源需求和污染的減少。其目的也就在於對低污染、低耗能源及高附加價值產業的認定。因此爲了適當評估環境決策效果，一般是採用分部門結構的特性進行分析(Nijkamp, 1983)。第二個研究議題是探討環境品質效益。所謂的環境品質效益，簡單的說就是在探討經濟活動水準與環境品質程度的關係(Nijkamp, 1977)。傳統文獻透過最佳化或最適化的解決方式，來探討經濟活動水準與環境品質程度的關係，近年來受到了學者廣泛的討論和批評。Lakshmanan and Nijkamp (1983)就指出，單一層面的評估方式窄化了福利的定義，而無法涵蓋經濟成長以外其它重要的目標(諸如環境品質、所得分配等)。由於上述的認知，社會福利的多維本質，也就漸漸被提出討論，繼而發展出所謂的多維廓面(multi-dimensional profiles) (Hafkamp and Nijkamp, 1982)，結合經濟成長以外其它重要的目標，建立起多維的綜合性指標。而多目標分析法即能在目標衝突的兩難情境下，折衝各個層面目標之間的衝突，使資源規劃朝向多維發展。簡言之，本文的目的即在建立一個多目標多部門(multi-objective multi-sector)的整合規劃模型(integrated planning model)來探討上述兩個議題。

在既存文獻研究方面，利用多目標多部門的整合規劃方式來探討經濟計劃(economic planning)，可追溯到Loucks (1975)的研究。Loucks指出，經濟發展的策略通常是多重目標的，涵蓋了經濟、政治、社會等層面。由於這些目標通常具有抵換(trade-off)效果，因此這方面的研究也就不同於傳統的最適化問題。在國內利用多目標多部門分析法探討經濟-環境-能源相關研究方面，主要有Hsu (1985)、Hsu, Leung and Ching (1987)、Tzeng, Lin, Teng and Tsaur (1989)、張四立(1992)等。Hsu (1985)和Hsu, Leung and Ching (1987)利用非劣

解集合法(NISE)，結合傳統的投入產出模型，探討能源-經濟規劃問題。Tzeng, Lin, Teng and Tsaur (1989)利用分析階層程序法(Analytical Hierarchical Process, AHP)結合傳統的投入產出模型，分析能源-環境規劃問題。張四立(1992)利用目標規劃分析法和傳統的投入產出模型，針對石油供需規劃問題進行研究。而在應用上述之分析法來探討經濟-環境-能源規劃的國外文獻方面，則以Hafkamp and Nijkamp (1982)、Bannink, Broekhof and Nijkamp (1983)、Hafkamp (1984)和Nijkamp, Rietveld and Voogd (1990)的研究較具代表性。Hafkamp and Nijkamp (1982)建立一個多維廓面(multi-dimensional profiles)，來探討多重目標的整合問題。Bannink, Broekhof and Nijkamp (1983)從理論上說明，運用規劃分析法(programming approach)來設計經濟發展策略之可行性。他們認為採用此一分析法可以允許多重目標之政策函數的納入，同時也可以輕易的整合與政策目標有關的層面。Hafkamp (1984)利用Hafkamp and Nijkamp (1982)所共同發展的多維廓面(multi-dimensional profiles)，來建立一個多重目標函數，並納入一個以荷蘭體系為主的經濟-環境-能源-就業規劃模型來探討環境品質效益。Nijkamp, Rietveld and Voogd (1990)的研究則由Hafkamp (1984)延伸而來。

由前述的文獻來看，Hsu(1985)和Hsu, Leung and Ching (1987)考慮的是所得和能源的關係。Tzeng, Lin, Teng and Tsaur (1989)係一專案計劃模型(projected planning model)，用以規劃未來的可行方案。張四立(1992)針對石油供需規劃問題進行研究。Bannink, Broekhof and Nijkamp (1983)僅從理論上來探討。Hafkamp(1984)則著重在經濟活動水準與環境品質程度之關係的研究。而Hafkamp and Nijkamp (1982)和Nijkamp, Rietveld and Voogd (1990)的研究則與Hafkamp (1984)相關。上述文獻僅以Hafkamp (1984)的研究主題與本文重點相似。但是經濟活動水準與環境品質程度之間的關係，屬於何種狀況應視研究的對象而定。例如Hafkamp (1984)以荷蘭為研究對象，發現環境污染的減少較經濟活動水準減少的幅度來得大。由於每個國家的產業結構與環境污染程度不同，因此經濟活動水準與環境品質程度關係的探討，

本質上即是屬於實證上的問題。是故爲了有效分析臺灣經濟活動水準與環境品質程度的關係，必須將多目標與多部門的特性同時納入模型加以考慮。

在分析方法方面，多目標規劃法至少又包括移動法、偏好法和互動法。由於在本文研究的過程當中，缺乏足夠的決策者的訊息來源，因此擬採用無偏好法。本文對基本模型裡，經濟、環境和能源三個目標的整合問題，係採用Yu (1973)之妥協規劃的理想點法(ideal point methods)來建立多維評準函數。此外，對各種目標優先改善順序決策的狀況分析，係採用Hafkamp (1984)的互動限制集合法(interactive constrained set methods)來建立決策函數。至於在多部門分析法方面，投入產出模型是多部門分析法中最常用的架構。過去文獻將投入產出模型納入整合規劃模型中，大多採用傳統的簡單開放式投入產出架構進行分析，而在該架構下必須對最終需求的配置效果先予決定，再對部門產出的配置效果進行規劃(Hsu, 1985)。而本文則採用Bannink et al. (1983)提出的擴大式(extended)投入產出架構之觀念進行分析，放寬了過去文獻對最終需求的主觀設定，而允許部份最終需求的配置效果與產業產出的配置效果同時在規劃過程中被決定。簡言之，本文採用的研究方法是整合了Yu (1973)的「妥協規劃法」、Hafkamp (1984)的「互動限制集合法」，以及Bannink et al. (1983)提出的「擴大式投入產出架構」之觀念，來探討上述兩個議題。

本文章節安排如下：第一節載明研究動機、目的和方法；第二節爲基本模型的設定；第三節爲規劃模型的設定；第四節爲模擬結果之分析；第五節爲結論；最後說明本文之研究限制。

二、基本模型的設定

本節採用Hafkamp and Nijkamp (1982)的多維廓面(multi-dimensional profiles)整合經濟、環境和能源三個層面，而以生產與消費體系予以連結。首先，在商品生產與消費上，是以極大化所得或產出爲目標；其次，在商品之生產與消費所投入的大量能源，構成能源面；最後，

商品之生產與消費的環境層面，則是表現在污染排放。各個層面代表整合體系的一個子系統。而代表這些子系統的目標也就構成多維函數 (multi-dimensional function) 的基本要素。

根據前述說明，以下建立一個經濟、環境和能源整合分析的基本模型，並說明分析流程和求解步驟。首先，定義社會成員的組成集合 (\bar{I})：

$$(1) \quad \bar{I} = (1, 2, \dots, I)$$

社會成員對經濟、環境和能源的目標分別反映在所得水準 (VA)、污染排放量 (APE) 和能源投入量 (Ed) 上。因此，社會狀態 (s) 可以表示為：

$$(2) \quad s = (VA, APE, Ed),$$

$$(3) \quad s \in S$$

式(3)中， S 為一緻密 (compact) 和凸型 (convex) 的可行集合 (feasible set)。第(2)和(3)式表示社會體系可達到的狀態。至於社會狀態 (s) 處於何種可能的狀態 (S) 下，則應視社會狀態 (s) 內各個目標之間的相互權重而定。在 S 集合下，決策者可以運用各種政策工具達成社會預擬之目標。

該體系下的社會成員，皆面臨一組狀態的集合 (Z)，

$$(4) \quad Z = \{z \mid z = (VA, APE, Ed) \in R_+^3\}$$

該狀態同樣分別反映在所得水準 (VA)、污染排放量 (APE) 和能源投入量 (Ed) 三個目標上。因此，假設個別的多維函數 (multi-dimensional function) 可以表示為：

$$(5) \quad w_i(z), \quad i \in \bar{I}$$

從社會成員的觀點，不同羣體(如環保聯盟、工會、產業公會等)之間的目標及不同的目標之間，在整合的過程中，因無法同時獲得滿足，故在決策上，也就無法確認單一的全域性極值。是故，從整體經濟的觀點，決策的形成必須在各目標間尋求一妥協解。

其次，假若爲了改變原有的社會狀態(s)，在所有的目標皆無法同時改善的前提之下，必須權衡各目標間優先改善的次序。因此定義選擇集合(C)爲，

$$(6) \quad C = \left\{ c \in R^3 \mid c_j = (c_1, c_2, c_3), \sum_{j=1}^3 c_j \in [0, 1] \right\}$$

式(6)中， c_j 表示社會成員對不同目標的選擇。至於決策者在決策過程當中，對於那一個目標應優先改善，則需設訂決策法則。分析上，可建立各種狀況進行狀況分析(scenario analysis)；實務上，則可由投票程序(如多數決)來決定。

因此，整合的社會狀態集合(SS)可以表示爲：

$$(7) \quad SS = \{\bar{I}, S, (Z, w_i, C)\}$$

簡言之，上述的基本模型是一個兼顧經濟成長、環境污染和能源使用的多維規劃問題，並納入了選擇集合設定決策法則。而此一多維規劃問題，本文是採用互動妥協規劃法進行求解，步驟如下。

由多目標規劃法配合本文的基本模型(即(2)和(3)式)，可以重新定義模型如下：

$$(8) \quad \max s,$$

$$(9) \quad s.t. \quad s \in S$$

在式(8)和(9)中， S 是指在改變不同決策目標下，決策形成的條件，爲決策空間； s 則在衡量決策的形成，爲目標空間。因此，完整的經濟-環境-能源之多目標規劃問題可以表示爲：

$$(10) \quad s = (\max VA, \min APE, \min Ed),$$

$$(11) \quad s.t. s \in S$$

式(10)中， VA 為所得指標， APE 為環境污染指標， Ed 為能源需求指標。至於經濟-環境-能源多目標規劃程序如下。

第一：最適化個別目標，建立經濟-環境-能源三維的償付矩陣。首先，將各個目標獨立處理，然後逐次最適化各個目標，亦即，

$$(12) \quad \max VA, \quad s.t. s \in S$$

$$(13) \quad \min APE, \quad s.t. s \in S$$

$$(14) \quad \min Ed, \quad s.t. s \in S$$

將上述步驟處理的結果列於償付矩陣中。該矩陣中對角線上之值代表三個目標的理想解；而矩陣中非對角線部份為非最適化結果，表示與最適目標的距離以及三個目標間的抵換關係。

第二：由償付矩陣建立三個目標的距離函數，並極小化距離函數以求得各目標間的妥協解。在這裡的距離函數為可行集合和最適解之間距離的總和。此步驟由於經濟成長、環境污染和能源使用之間的維度並不相同，因此需經過標準化過程，我們採用的是Hafkamp and Nijkamp (1982)提出的標準化距離公式。透過上述標準化距離公式，經濟成長、環境污染和能源使用的標準化距離的結果可以分別表示為：

$$(15) \quad W_{VA}^{max} = \frac{O_{VA}^{max} - O_{VA}}{O_{VA}^{max} - O_{VA}^{min}}$$

$$(16) \quad W_{APE}^{min} = \frac{O_{APE} - O_{APE}^{min}}{O_{APE}^{max} - O_{APE}^{min}}$$

$$(17) \quad W_{Ed}^{min} = \frac{O_{Ed} - O_{Ed}^{min}}{O_{Ed}^{max} - O_{Ed}^{min}}$$

式(15)~(17)中， O_k 為第 k 個目標的目標值($k \in \{VA, APE, Ed\}$)， O_k^{max} 與 O_k^{min} 分別為第 k 個目標的極大化值與極小化值。由上述標準化距離公式，我們採用歐幾里德距離函數(Euclidean distance function)為衡量指標加總各個目標的距離，表示為：

$$d(s, (s^{max}, s^{min})) = \left\{ \sum_k \omega_k (W_k^i)^2 \right\}^{\frac{1}{2}},$$

$$i \in \{max, min\},$$

$$(18) \quad k \in \{VA, APE, Ed\}$$

在(18)式中，當 k 目標為所得成長時(即 $k = VA$)， i 為極大值(即 $i = max$)，當 k 目標為環境污染(即 $k = APE$)或能源使用(即 $k = Ed$)時， i 為極小值(即 $i = min$)。因此，各目標間的妥協解為極小化距離函數，表示為：

$$(19) \quad \min d(s, (s^{max}, s^{min}))$$

第三：建立各種狀況(scenarios)。由前兩步驟所求算的解，代表各目標間的妥協結果，為一有效解，而非最適解。其所蘊含的訊息並不代表最後結果，而是提供決策者制定決策的重要參考。目的當個別目標的重要性改變後，妥協解如何變化。如前述說明，決策之制定是透過選擇集合的考量。方法上，乃是選擇應優先改善的目標，併入多目標規劃過程(因此一開始各目標值的權重相同)。首先，調高所得目標值(狀況A)；亦即決策者強調所得成長的目標，而以最小的能源消費和污染排放的條件來達成。限制集合的調整方法，表示為：

$$(20) \quad O_{VA(NEW)}^{min} = O_{VA}^{min} + \lambda_{VA}(O_{VA}^{com} - O_{VA}^{min})$$

$O_{VA(new)}^{min}$ 為新的所得成長目標值的下限， O_{VA}^{com} 為附加價值的妥協解； λ_{VA} 為調整速度，介於 0 和 1 之間。同理，能源消費量極小(狀況 B) 和污染排放極小(狀況 C) 的調整，也是由限制集合來調整，所不同的是調整上限值，即：

$$(21) \quad O_{APE(new)}^{max} = O_{APE}^{max} - \lambda_{APE}(O_{APE}^{max} - O_{APE}^{com})$$

$$(22) \quad O_{Ed(new)}^{max} = O_{Ed}^{max} - \lambda_{Ed}(O_{Ed}^{max} - O_{Ed}^{com})$$

$O_{APE(new)}^{min}$ 和 $O_{Ed(new)}^{min}$ 為新的污染排放量和能源消費量目標值的上限， O_{APE}^{com} 和 O_{Ed}^{com} 為污染排放量和能源消費量的妥協解；同樣， λ_{Ed} 和 λ_{APE} 為調整速度，介於 0 和 1 之間。

第四：分別納入調整所得成長、環境污染和能源使用的限制集合於整合規劃模型中進行狀況分析(scenarios analysis)，同時模擬 $\lambda = 0.25$ 、 0.5 、 0.75 三種情況，因此共可得九種結果。

簡言之，上述流程可簡化為下列幾個步驟。首先，建立決策空間(decision space)(即 S)，和目標空間(objective space)(即 s)，形成一個多目標規劃問題。其次，使用多目標規劃法尋找妥協解，產生社會可接受的狀態。最後，決策者對妥協解是否滿意作出決策，並在選擇集合(C)中認定應優先改善之目標重新求解。反覆上述決策過程，所得到的解集，可用來分析目標間優先順序變化的影響，透過模擬各種決策方案，進行敏感度分析，即可探討環境品質效益與環境決策效果。

三、規劃模型的設定

1. 模型的結構和特性

本節建立的規劃模型主要由七個部份組成，分別包括了物品平衡限制式、生產技術和投入需求、最終需求、附加價值和所得、能源需求和污染、外匯平衡限制式以及多目標函數等。模型的特性包括了：

(1) 多部門產業結構：納入產業關聯效果；(2) 考慮能源使用和環境污

染；(3) 政策目標的納入：可兼顧各項政策目標對模型中總體經濟和資源配置的效果；(4) 資本限制：傳統投入產出架構並沒有考慮到資本的限制；惟在實際經濟體系，產業部門之產能或資源的不足將導致瓶頸，而使部門產出和消費受到限制；(5) 循環性：部份最終需求的內生化，使得古典一般均衡理論中，所得之產生 (income generation) 和所得之支用 (income spending) 可納入考慮；亦即消費部門受所得影響，所得產生自生產部門。而此種特性在傳統的簡單開放式投入產出架構並沒有納入考慮。因此，文獻上對於具備上述特性的分析架構，通常又稱之為擴大式 (extended) 的投入產出分析 (Bannink et al., 1983; Schumann, 1989)。茲將模型結構內的方程式和限制式之意義，分別說明如下。

(1) 物品平衡限制式

物品平衡限制式的目的，主要在使每個產業 (或每項物品) 的總供給等於總需求，表示為：

$$(23) \quad X_i + M_i = Z_i + C_i + I_i + G_i + E_i$$

式(23)中，等號左式為總供給，包括國內生產 (X_i) 和進口 (M_i)；等號右式為總需求，包括中間需求 (Z_i)、民間消費 (C_i)、投資 (I_i)、政府消費 (G_i) 和出口 (E_i)， i 表示產業的類別。本文主要將我國產業區分為農業、礦業、製造業、水電燃氣業、營造業、運輸倉儲業、商業和服務業等七個部門，另外將製造業部門按中分類分為二十分類，總共二十七個產業類別進行分析。

(2) 生產技術和投入需求

中間需求或產業關聯的生產技術是固定係數的假設，表示為：

$$(24) \quad Z_i = \sum_j a_{i,j} X_j$$

式(24)中， $a_{i,j}$ 為 j 產業生產使用 i 產業產出作為投入佔 j 產業產出的比例，一般都將此係數稱之為「直接需求係數」或「技術係數」。式(24)表示投入與產出之技術關係為固定不變的。

勞動投入的需求可以表示為：

$$(25) \quad L^d = \sum_l \sum_j l_{l,j} X_j$$

式(25)中， $l_{l,j}$ 為 j 產業生產使用 l 型職業別勞動的投入係數。表示產業勞動投入需求為產業產出的固定比例。而勞動投入需求受限於固定的勞動供給，以(26)式表示：

$$(26) \quad L^d \leq \bar{L}^s$$

式(26)中， \bar{L}^s 為固定的勞動供給。至於勞動投入職業別(l)，主要分為專門技術和非專門技術人員兩類。另將非專門技術人員區分為：行政主管、監督行政、買賣工作、服務工作、農林漁牧人員和生產作業員等六類。此外，假定專門技術人員的勞動投入受限於專門技術人員的固定供給，表示為：

$$(27) \quad L_{skill}^d = \sum_j l_{skill,j} X_j$$

$$(28) \quad L_{skill}^d \leq \bar{L}_{skill}^s$$

式(27)和(28)中， L_{skill}^d 為專門技術勞動的投入需求， $l_{skill,j}$ 為 j 產業生產使用專門技術勞動的投入係數， \bar{L}_{skill}^s 為專門技術勞動的固定供給。式(28)表示專技人員的勞動投入需求無法由非專技勞動來供給。此一方式類似Blitzer et al. (1989)的處理方法。

最後，設定資本的限制。資本的限制以(29)式表示(Dervis et al., 1982)。

$$(29) \quad k_i X_i \leq K_i$$

式(29)中， K_i 為資本， k_i 為資本產出率。該式表示產值在規劃的重新分配下，受限制於資本。而在實際模擬操作，通常假設 $K_i/k_i =$

$f\bar{X}_i$ (\bar{X}_i 為當年實際產值, f 為常數)。表示規劃的產值不能超過原實際產值的某一倍數。此外, 部份的文獻 (如 Hafkamp, 1984) 亦曾對規劃的產值設定了下限值, 而使規劃的產值限制在實際產值上下幅度的某一比例。

(3) 最終需求

最終需求的部份, 主要包括了民間消費、投資和政府消費三個項目。分別說明如下。

(3.1) 消費函數

消費函數的設定, 是採用線型支出體系 (Linear Expenditure System, LES) 來描繪消費者行爲。線型支出體系是建立在 Stone-Geary 的效用函數下。該效用函數可以表示爲:

$$(30) \quad U(E_c) = \sum_k \beta_k \ln \left\{ \frac{C_k}{\bar{N}} - \gamma_k \right\}$$

式(30)中, E_c 為平均每人總消費支出, β_k 為第 k 種商品扣除最低消費量 (subsistence minima) 所餘可支配用在第 k 種商品之比例, C_k 為第 k 種商品的消費支出, \bar{N} 為人口數, γ_k 為第 k 種商品的最低消費量, 而括號內為第 k 種商品超越最低消費之多餘消費量。在預算限制下, 極大化該效用函數, 可得一般化的民間消費需求的線型支出體系, 表示在(31)~(33)式 (同 Blitzer et al., 1989, 1990a, 1990b, 1991 的處理方式)。

$$(31) \quad P_k C_k = \bar{N} (P_k \gamma_k + \beta_k (E_c - E_\gamma))$$

$$(32) \quad E_c = \frac{\sum_k P_k C_k}{\bar{N}}$$

$$(33) \quad E_\gamma = \sum_k P_k \gamma_k$$

式(31)~(33)中, P_k 為商品別消費物價指數。 E_γ 為最低消費支出。另外, 各商品扣除最低消費量所餘用在各商品之比例加總為1。可以表示爲:

$$(34) \quad \sum_k \beta_k = 1$$

式(34)為恩格爾(Engel)加總條件，即 $\beta_k = \eta_k \alpha_k$ (η_k 為第 k 種商品的所得彈性， α_k 為第 k 種商品的恩格爾係數)。在式(31)~(34)的民間消費的商品類別(k)中，本文主要按照國民所得帳的分類，將商品類別區分為：食品、飲料、煙草、衣著鞋襪及服飾用品、燃料和燈光、租金和水費、家庭器具和設備、家庭管理、醫療及保健、娛樂及文化服務、運輸交通及通訊、其它等十二類。由於上述的民間消費是建立在商品別的需求體系，因此，需要商品別和部門別的轉換矩陣，以連繫物品平衡式之部門別的民間消費。處理方式為：

$$(35) \quad C_i = \sum_k T_{i,k}^C C_k$$

式(35)中， $T_{i,k}^C$ 為商品別和部門別的民間消費轉換矩陣。

(3.2) 投資函數

投資方面，包括固定資本形成和存貨變動兩項。表示為：

$$(36) \quad I_i = FINV_i + INV_i$$

式(36)中， I_i 為部門別投資， $FINV_i$ 為部門別固定資本形成， INV_i 為部門別存貨變動。

首先，在固定資本形成函數的設定，是採用類似Coupé(1976)的設定方式。假設廠商的固定資本形成依其動機可區分為誘發性投資和重置性投資。因此，固定資本形成函數可以表示為：

$$(37) \quad FI_s = FI_s^N + FI_s^R$$

式(37)中， FI_s 為固定資本形成， FI_s^N 為誘發性投資， FI_s^R 為重置性投資，下標(s)為固定資本形成到達(destination)的產業別。假定誘發性投資是由於前期實際資本存量和當期意願資本存量存有差距產生，而兩者之間具部份調整的性質；重置性投資則假設與前期實際資本存量維持固定比例關係。因此，(37)式可改寫為：

$$(38) \quad FI_{t,s} = \lambda_s(K_{t,s}^* - K_{t-1,s}) + \delta_s K_{t-1,s}$$

式(38)中， λ_s 為當期意願資本存量和前期實際資本存量的調整參數， $K_{t,s}^*$ 為當期意願資本存量， $K_{t-1,s}$ 為前期實際資本存量， δ_s 為設備折舊率。經整理可以得到(39)式，

$$(39) \quad FI_{t,s} = \lambda_s(K_{t,s}^* - (1 - \delta_s)K_{t-1,s}^*) + (1 - \lambda_s)FI_{t-1,s}$$

另由簡單加速原理，假設意願投資為產出的固定比例，表示為：

$$(40) \quad K_{t,s}^* = \psi_s X_{t,s}$$

式(40)中， ψ_s 為最適資本產出率。因此，(39)和(40)式即為本文設定的固定資本形成函數。但是，上述設定的固定資本形成函數和(36)式中之最終需求的固定資本形成並不相同。前者是指固定資本形成的到達面(destination)，後者則是指產業提供用作固定資本形成的最終需求。因此，需要由固定資本轉換矩陣來連繫。處理的方法類似民間消費轉換矩陣。表示為：

$$(41) \quad FINV_i = \sum_s T_{i,s}^I FI_s$$

式(41)中， $T_{i,s}^I$ 為固定資本轉換矩陣。至於式(36)的存貨變動(INV_i)在此視為殘差項，以外生處理。

(3.3) 政府消費

政府消費是外生假定，表示為：

$$(42) \quad G_i = \eta_i \bar{G}$$

式(42)中， \bar{G} 為總政府消費， η_i 為政府消費對各部門需求的分配參數。

(4) 附加價值和所得

各產業的附加價值是以(43)式表示。

$$(43) \quad VA_j = X_j - \sum_i a_{i,j} X_j$$

式(43)中， VA_j 為第 j 個產業的附加價值。

由於模型中考慮了所得的產生和分派，因此，必須對所得的來源和支出加以定義。首先，假設所得的來源可以區分為勞動報酬和非勞動報酬，分別以(44)和(45)式表示。

$$(44) \quad Y^l = \sum_l \sum_j w_{j,l} l_{l,j} X_j$$

$$(45) \quad Y^k = \sum_j r_j X_j$$

式(44)和(45)中， $w_{j,l}$ 為平均工資率， r_j 為非勞動所得佔各產業產出的比率。其次，將勞動報酬和非勞動報酬加總，扣除儲蓄率再除以總人口，即為平均每人總消費支出。表示為：

$$(46) \quad E_c = (1 - \theta)(Y^l + Y^k)/\bar{N}$$

式(46)中， θ 為儲蓄率。此種處理方法類似Bannink et al. (1983)。

(5) 能源需求和污染

(5.1) 能源需求

能源需求的項目在模型中，包括了中間需求消費和最終需求消費兩個部份。分別表示為：

$$(47) \quad E_m^I = \sum_j e_{m,j}^i X_j$$

$$(48) \quad E_m^F = \sum_n e_{m,n}^f F_n$$

$$(49) \quad E_m^d = E_m^I + E_m^F$$

式(47)和(49)中， E_m^I 為產業部門能源投入需求， E_m^F 為最終需求部門能源消費需求， $e_{m,j}^i$ 為產業部門(j)對各種能源種類(m)的投入係數， $e_{m,n}^f$ 為最終需求部門(n)對各種能源種類(m)的需求係數， F_n 為最終需求部門(n)的總需求， E_m^d 為總能源需求(同Blitzer et al., 1989, 1990a, 1990b, 1991的處理方式)。下標(n)為最終需求部門別，主要為民間消費。下標(m)為能源別。而能源需求受限於固定的能源供給，表示為：

$$(50) \quad \sum_m E_m^d \leq \bar{E}^s$$

式(50)中， \bar{E}^s 為總固定能源供給。

一般而言，能源類別可區分為：(1)初級能源—係指原始型態的能源(如煤炭、原油、天然氣、水力等)。(2)次級能源—經由初級能源轉換而來(如煤製品、石油製品、火力發電等)。而本文模型中的能源種類，主要包括煤、原油、天然氣和電力四類；其中煤、原油、天然氣為初級能源，電力則包括初級能源(如水力)和次級能源(如燃油、燃煤、燃氣等)。惟一般產業部門和最終需求部門對初級能源的需求並無法直接消費，而必須加工轉換。因此本文對能源別的需求，係依能源平衡表的區分方法，分為煤炭、焦炭和煤氣、液化石油氣、汽油、柴油、燃料油、其它油品、天然氣和電力等主要的九項能源別，在部門之間的投入和消費來加以分析。此外，假設電力需求受限於固定的電力供給。表示為：

$$(51) \quad E_{elec}^I = \sum_j e_{elec,j}^i X_j$$

$$(52) \quad E_{elec}^F = \sum_n e_{elec,n}^f F_n$$

$$(53) \quad E_{elec}^d = E_{elec}^I + E_{elec}^F$$

$$(54) \quad E_{elec}^d \leq \bar{E}_{elec}^s$$

式(51)~(54)中， E_{elec}^I 為產業部門電力投入需求， E_{elec}^F 為最終需求部門電力消費需求， $e_{elec,j}^i$ 為產業部門(j)的電力投入係數， $e_{elec,n}^f$ 為最終需求部門(n)的電力需求係數， \bar{E}_{elec}^s 為固定的電力供給。

(5.2) 污染排放

污染排在模型中僅考慮了 CO_2 空氣污染排放總量，而未考慮到其它污染，主要因為本文將重點放在 CO_2 空氣污染排放上。一般而言，污染性物質可區分為：氣態(如燃燒污染排放、廢氣、惡臭等)，液態(如廢水、熱污染等)，固態(如垃圾)和放射性污染物(如核能)。而這些污染物分別對環境(如空氣、水、土壤)有不同程度的影響。過去文獻(如Blitzer et al., 1990a, 1990b, 1991; Ghosh, 1990)著重在空氣污染排放上的研究，係因空氣污染排放對氣候改變和地球生態影響甚劇(如 CO_2 、 NO_2 造成溫室效應， SO_2 、 NO_x 造成酸雨， CFC 造成臭氧層破壞等)；另一方面，此種傳統性產業公害問題，也造成國內環境危機(如生活品質降低等)。本文的分析僅考慮了 CO_2 的空氣污染排放。基於前述說明，污染物排放量可以表示為：

$$(55) \quad D_p^{pull} = \sum_m \tau_{p,m} \left(\sum_j e_{m,j}^i X_j + \sum_n e_{m,n}^f F_n \right)$$

式(55)中， $\tau_{p,m}$ 為各種能源(m)燃燒排放污染物(p)的污染排放係數，採用的是固定比例法則(law of constant proportions)，表示單位能源的投入釋放出的空氣污染物質的量為固定比例的(Ghosh, 1990; Bergman, 1990; Blitzer et al., 1990a, 1990b, 1991)。其次，空氣污染物可依其性質區分為兩類：(1)一次污染物(primary pollutant)—即由污染源直接排入大氣中的污染物，如懸浮微粒、一氧化碳、硫氧化物、氮氧化物、二氧化碳、碳氫化合物等；(2)二次污染物(secondary pollutant)—係一次污染物之物理和化學性質發生改變而成，如硝酸霧、硫酸霧等。一般而言，空氣污染主要由一次污染物所造成，而以懸浮微粒、一氧化碳、硫氧化物、氮氧化物、二氧化碳的影響最為廣泛。行政院環境保護署自民國75年以來，亦嘗試估計和建立臺灣地區上項污染物質的

污染總量程度。由前述的說明可知，本文考慮的空氣污染物別(p)，僅包括 CO_2 污染排放物。只考慮此一污染物的原因，係因目前全球氣候變化綱要公約將要管制 CO_2 污染排放量，因此有必要對 CO_2 限量的影響進行評估。是故，(55)的下標 p 指的是 CO_2 污染物。

在此考慮污染總量的原因，是因為在探討環境保護，污染物質之排放總量在區域內有一定的自然淨化力，謂之環境涵容量。假若污染超過環境涵容量，必造成環境保護上的困難，因此，先進各國在環境保護方面，都已對污染排放總量加以限制。而臺灣未來如欲在環境保護方面達成預定成效，則亦有必要對污染排放總量加以管制。因此，污染排放的限制式，可以表示為：

$$(56) \quad D_p^{pull} \leq \bar{D}_p;$$

式(56)中， \bar{D}_p 為污染排放限制總量。

(6) 外匯平衡限制式

外匯平衡限制式的目的，主要在限制進口的的外匯支出小於或等於出口與資本淨流入的外匯收入，以式(57)表示：

$$(57) \quad \sum_i P_i^m M_i \leq \sum_i P_i^e E_i + \bar{N}F$$

式(57)中， P_i^m 為進口品世界價格指數， P_i^e 為出口品世界價格指數， $\bar{N}F$ 為國外資本淨流入(net foreign capital inflow)。該限制式在模型的意義，表示在實證模擬的規劃，進出口模擬值發生改變，仍限制維持在外匯支出小於或等於出口與資本淨流入的外匯收入(同Blitzer et al., 1989的處理方式)。至於進口的處理是採用Dervis et al. (1982)的處理方式，即假設進口包括非競爭性進口和競爭性進口。非競爭性進口是與產出和固定資本形成維持固定係數關係，剩餘部份即為競爭性進口(Dervis et al., 1982)，但這一類的進口僅包括在貿易部門，至於非貿易部門(如水電燃氣業、營造業、運輸倉儲業、商業和服務業等)的進口理應不存在，但是實際資料並不為0，這些數字主要係因對貿易部門提供服務而來。因此假定這些產業的進口和貿易部門的進口維持固定的比例(張鴻章等，1981)。

(7) 多目標函數

首先，設定經濟的目標函數。表示為：

$$(58) \quad \max. GDP = \sum_j VA_j;$$

式(58)中， GDP 為國內生產毛額，為產業附加價值的總和。

其次，設定能源的目標函數。表示為：

$$(59) \quad \min. Ed = \sum_m E_m^d;$$

式(59)中， Ed 為總能源需求，即各種能源類別的總合，而以各種能源之熱能單位加總。

最後，設定環境的目標函數。建立環境指標的方法通常可由：

(1) 濃度指標—常以空氣污染指標(Pollutant Standard Index; PSI)來衡量。該指標是依據監測站當日空氣中粒徑小於10um之懸浮微粒，與二氧化硫濃度、二氧化氮濃度、一氧化碳濃度及臭氧濃度等數值，來換算出空氣污染指標值(PSI)。計算該指標必須瞭解個別污染源與測站的距離和地形以及風向和溫度等氣候條件，並以此建立個別污染源污染排放量(總量)與測站測值(濃度)之間的污染擴散函數(pollution dispersion function)，來估算污染源排放的空氣污染濃度。Coupé(1976)即依此利用高斯分配(gaussian distribution)建立擴散函數計算空氣污染濃度。惟此法所需資料較多且較為不易計算。

(2) 總量指標—即污染源排放量不經由擴散函數即予加總。惟需將各個空氣污染物予以加權等值(Air Pollution Equivalence, APE)，而其權數則在反應各個污染物的不利效果(adverse effect)的程度。Hordijk et al. (1983)、Hafkamp(1984)等人即依此建立空氣污染總量指標值(APE)，分析環境品質的影響效果。由於模型中考慮的空氣污染物僅包括二氧化碳(CO_2)污染物，因此係依後者來設定環境目標函數，同時環境目標僅含一種污染物，因此並不涉及不同污染物之間的權數加總問題。據此，設定的環境目標函數可以表示為：

$$(60) \quad \min. APE = D_p^{pull}$$

2. 資料、估計和參數調整

本文強調是模型的可操作性，以評估各項決策的影響效果。我們採用的是民國78年臺灣地區的資料進行模擬分析。為了配合前節設定的規劃模型，收集到的相關資料，除部份的資料可以直接引用之外，其他部份的資料有必要進一步調整以配合模型的需要。以下將針對這些資料的出處和處理方法分別加以說明。

(1) 產業關聯表與國民所得帳

投入產出或產業關聯交易表是根據主計處出版之《中華民國臺灣地區七十八年產業關聯表(一二三部門)》。採用如此細分的產業關聯表是為了便於對產業分類和合併的工作。由先前的說明可知，本文的產業類別計二十七類。此一分類係配合其它相關資料(如國民所得帳、能源平衡表、勞動投入表等)的產業分類對照而得。

除了前述資料來源的差異有不同的產業分類可由合併解決外，另一方面，資料本身數值的不一致亦有必要加以處理(例如國民所得帳和產業關聯表的數值並不相同)。本文對資料不一致的處理方式，係以產業關聯表的資料為基準，相關資料按比例調整而得。譬如以民間消費支出為例來說，國民所得帳的商品別民間消費支出總額並不等於產業關聯表的部門別民間消費支出總額。調整步驟是假定產業關聯表的部門別民間消費支出總額不變，而商品別民間消費則以產業關聯表的民間消費支出總額，按國民所得帳的商品別民間消費支出比例分攤而得。處理方式如下：

$$(61) \quad C_k = \left(\frac{C_k^u}{\sum_k C_k^u} \right) \sum_i C_i$$

式(61)中， C_k 為調整後的商品別民間消費支出， C_k^u 為未調整(指原始國民所得帳的資料)的商品別民間消費， C_i 為部門別民間消費支出。同理，其它資料(如固定資本轉換矩陣)與產業關聯表有不一致的地方，採用相同的處理方式。

除此之外，不同部門分類編製之投入產出表(四十九部門、九十九部門和一二三部門)本身亦有不一致的處理。由九十九部門和一二三部門的投入產出表來看，九十九部門最終需求的政府支出項在一二三部門是被列於公共行政服務業一欄。主要是因為九十九部門和一二三部門對政府經常性購買支出有不同處理的方式。由於本文對產業部門的合併係採一二三部門的投入產出表來處理，因此公共行政服務業的中間交易額，在產業合併的過程當中歸併至最終需求的政府支出項。如此處理的數值即可使不同部門分類編製之投入產出表產生一致性的結果。

(2) 轉換矩陣(bridge matrix)

轉換矩陣是兩種不同分類型態的資料相互轉換的橋樑。譬如說，如何將商品別民間消費轉換為部門別民間消費，或由部門別民間消費轉換為商品別民間消費。首先，假設兩種不同分類向量，表示為 $C_{m \times 1}$ 和 $R_{n \times 1}$ ，其中 C 為 m 種類別的資料結構， R 為 n 種類別的資料結構。若 $C_{m \times 1}$ 和 $R_{n \times 1}$ 之間的轉換矩陣為 $B_{n \times m}$ ，則 $C_{m \times 1}$ 、 $R_{n \times 1}$ 和 $B_{n \times m}$ 之間的關係可以分別表示為：

$$B = [b_{ij}],$$

$$R = [r_i],$$

$$C = [c_j],$$

$$r_i = \sum_j b_{ij},$$

$$c_j = \sum_i b_{ij},$$

$$(62) \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, \dots, m$$

式(62)中， b_{ij} 為 i 型分類對應 j 型分類的數量或金額， r_i 為 i 型分類的數量或金額， c_j 為 j 型分類的數量或金額。簡言之， R 為 B 的列(row)

和， C 為 B 的行 (column) 和，而 $\sum_i r_i = \sum_j c_j$ ，因此兩種分類型態的資料可以被完全轉換。

至於 C 和 R 兩種型態的資料如何轉換，則視何者為已知而定。如果 R 為已知，欲知 C 資料結構，可由轉換係數矩陣 (D^R) 求得。表示為：

$$(63) \quad d_{ij}^R = \frac{b_{ij}}{r_i}$$

$$(64) \quad D^R = [d_{ij}^R]$$

$$(65) \quad c_i = \sum_j d_{ij}^R r_j$$

式 (63)~(65) 中， D^R 為轉換結構矩陣 (B) 內的各元素除以列和表示的轉換係數矩陣。因此，當 R 為已知，可透過轉換係數矩陣得到相對應的 C 向量元素。同理，如果 C 為已知，欲知 R 資料結構，亦可由轉換係數矩陣 (D^C) 求得。不同之處是 D^C 為轉換結構矩陣 (B) 內的各元素除以行和表示的轉換係數矩陣。處理如下。

$$(66) \quad d_{ij}^C = \frac{b_{ij}}{c_i}$$

$$(67) \quad D^C = [d_{ij}^C]$$

$$(68) \quad r_i = \sum_j d_{ij}^C c_j$$

由上述說明可知，透過轉換結構矩陣，建立轉換係數矩陣即可使兩種不同分類型態資料之間進行轉換。本文所需的轉換矩陣，主要包括商品別和部門別民間消費轉換矩陣，以及到達別和部門別的固定資本形成轉換矩陣。分別說明如下。

(2.1) 消費轉換矩陣

國民所得帳的民間消費年資料係以商品類別區分為十二類，而對於產業關聯表的部門別民間消費，本文則區分為二十七類。因此需要有一連結商品別和部門別之 12×27 的民間消費轉換係數矩陣 ($T_{i,k}^C$; $i=1, 2, \dots, 27$; $k=1, 2, \dots, 12$)。

本文對於民間消費轉換結構矩陣的處理，是根據主計處編製的《七十三年臺灣地區產業關聯表家計部門與國民所得統計消費支出項目之對照表》整理成 12×27 的轉換結構矩陣。首先，由於該表是以購買者價格為基準編製，因此有必要調整成生產者價格表。處理方式是將運輸費用和商業差距按等比例由各部門分攤加總至運輸部門和商業部門。其次，根據雙比例調整法(RAS)以78年為基準年調整。處理方式是以78年產業關聯表部門別的民間消費量和調整後的十二類商品別民間消費支出為邊界條件調整而成。方法如下：

$$(69) \quad TT_{i,k}^{C(78)} = R^C [TT_{i,k}^{C(73)}] S^C$$

式(69)中， $TT_{i,k}^{C(73)}$ 和 $TT_{i,k}^{C(78)}$ 分別為73和78年的民間消費轉換結構矩陣， R^C 和 S^C 分別表示行和與列和之比例調整值的累計乘積向量(處理方式見 Miller and Blair, 1985)。由於本文估算的是商品別民間消費體系，因此民間消費轉換係數矩陣 ($T_{i,k}^{C(78)}$) 是以各種商品消費總額除以民間消費轉換結構矩陣 ($TT_{i,k}^{C(78)}$) 內的各元素而得。

(2.2) 固定資本轉換矩陣

國民所得帳的固定資本形成年資料係以到達別區分為八類，而產業關聯表的部門別固定資本形成最終需求則區分為二十七類。因此需要有一連結到達別和部門別之 8×27 的固定資本轉換係數矩陣 ($T_{i,s}^I$; $i=1, 2, \dots, 27$; $s=1, 2, \dots, 8$)。

在固定資本轉換矩陣的處理方面，是根據主計處《七十五年臺灣地區產業部門固定資本形成關聯表》，整理成 8×27 轉換結構矩陣。由於該固定資本形成關聯表部門別的固定資本形成和本文的分類並不相同，處理的方法是依75年的投入產出表(一二三部門)先行歸併與本文相同的分類，再依此結構等比例分攤(值得注意的是，75年的一

二三部門投入產出表和78年的一二三部門投入產出表在產業對照上有些不同)。同樣我們採用的處理方法，以雙比例調整法(RAS)將該矩陣調整成78年的資料。由於本文估算的是到達別的固定資本形成，因此固定資本形成轉換係數矩陣($T_{i,s}^{I(78)}$)是以到達別固定資本形成總額除以固定資本形成轉換結構矩陣($TT_{i,s}^{I(78)}$)內的各元素而得。

(3) 最終需求方程式

在最終需求方程式部分，估計了民間消費支出體系和固定資本形成函數兩項。茲分別說明如下。

(3.1) 消費支出體系

消費支出體系的未知參數分成兩階段取得。首先是採用統計方法取得參數，其次利用參數調整法消去殘差項。由於民間消費僅有以商品別分類的年資料，而無部門別分類的年資料，因此消費支出體系僅能建立在商品別的分類上。本文建立的民間消費的線型支出體系表示在(31)~(33)式。爲了估計民間消費的線型支出體系的未知參數，首先將(31)~(33)式合併得到式(70)，

$$(70) \quad \frac{P_k C_k}{\bar{N}} = P_k \gamma_k + \beta_k \left(\frac{\sum_k P_k C_k}{\bar{N}} - \sum_k P_k \gamma_k \right)$$

並將確定型函數改爲隨機型函數，表示爲：

$$(71) \quad \frac{P_k C_k}{\bar{N}} = P_k \gamma_k + \beta_k \left(\frac{\sum_k P_k C_k}{\bar{N}} - \sum_k P_k \gamma_k \right) + \varepsilon_k$$

式(71)中， ε_k 爲殘差項。理論上，各商品扣除最低消費量所餘用在各商品的比例加總爲1，即 $\sum_k \beta_k = 1$ ，因此假設第十二種商品中的其它項的邊際預算份額(β_{12})爲 $1 - \sum_{k=1}^{11} \beta_k$ 。估計(71)式所需的資料是取自《中華民國國民所得(中華民國八十年)》的年資料。在估計時，由於商品別的誤差項間與解釋變數之間，可能存在相關而造成估計值的偏誤和無效性，因此，本文採用充份訊息最大概似法(Full Information Maximum Likelihood, FIML)聯立估計消費需求體系。估計後，取得這些參數帶回原來估計式(71)。可得估計後的消費支出體系，表示在(72)式。

$$(72) \quad \frac{P_k C_k}{\bar{N}} = P_k \hat{\gamma}_k + \hat{\beta}_k \left(\frac{\sum_k P_k C_k}{\bar{N}} - \sum_k P_k \hat{\gamma}_k \right) + \hat{\varepsilon}_k$$

接著，原先隨機式(72)轉為確定式(70)必須進行參數調整，處理的方式是將基準期的隨機項予以常數化調整(見Hafkamp, 1984)。首先確定 $\hat{\beta}_k$ ，但對 $\hat{\gamma}_k$ 重新進行參數調整。將(70)式改寫為(73)式。

$$(73) \quad \frac{P_k C_k}{\bar{N}} - \hat{\beta}_k \left(\frac{\sum_k P_k C_k}{\bar{N}} \right) = P_k \gamma_k - \hat{\beta}_k \sum_k P_k \gamma_k$$

在(73)式， $\hat{\beta}_k$ 為已知，但 γ_k 為待調整的參數估計值。由於每一條方程式含有十二個未知數($\gamma_k, k=1, 2, \dots, 12$)，而同時存在十二條方程式，因此可得到新的參數值($\check{\gamma}_k$)。使原先 $\hat{\beta}_k$ 估計值和 $\check{\gamma}_k$ 參數調整值，滿足基準期(78年)的民間消費支出體系，產生與基準期一致性的結果。表示為：

$$(74) \quad \frac{P_k C_k}{\bar{N}} = P_k \check{\gamma}_k + \hat{\beta}_k \left(\frac{\sum_k P_k C_k}{\bar{N}} - \sum_k P_k \check{\gamma}_k \right)$$

(3.2) 固定資本形成函數

固定資本形成僅有以到達別分類的年資料，而無部門別分類的年資料。因此固定資本形成函數僅能建立在到達別的分類上。固定資本形成函數的未知參數亦由統計方法和參數調整法取得。首先，將(39)式和(40)式合併，得下式：

$$(75) \quad FI_{t,s} = \lambda_s (\psi_s X_{t,s} - (1 - \delta_s) \psi_s X_{t-1,s}) + (1 - \lambda_s) FI_{t-1,s}$$

經整理可以得到：

$$(76) \quad FI_{t,s} = \lambda_s \psi_s X_{t,s} - \lambda_s (1 - \delta_s) \psi_s X_{t-1,s} + (1 - \lambda_s) FI_{t-1,s}$$

最後，將此一確定式改為隨機式，表示為：

$$(77) \quad FI_{t,s} = a_1 + a_2 X_{t,s} + a_3 X_{t-1,s} + a_4 FI_{t-1,s} + \varepsilon_{t,s}$$

式(77)中， a_1 、 a_2 、 a_3 、 a_4 分別為待估計的參數，而其與 λ_s 、 ψ_s 、 δ_s 的關係可以表示為：

$$(78) \quad \lambda_s = 1 - a_4$$

$$(79) \quad \psi_s = \frac{a_2}{1 - a_4}$$

$$(80) \quad \delta_s = \frac{a_2 + a_3}{a_2}$$

因此估計後的參數適足以認定 λ_s 、 ψ_s 、 δ_s 值。

估計所需的資料是取自《中華民國國民所得(中華民國八十年)》的年資料。理論上，部門別價格平減指數應採用雙面平減表的部門別價格指數，但現有雙面平減表僅有自70年以後的資料。因此，本文是以躉售物價替代。式(77)的估計，由於解釋變數有被解釋變數的落遲項， ε_s 可能使估計模型無法滿足統計上的充分理想條件(full ideal condition)。所謂的充分理想條件是指 ε_s 在自我相關、異質性和常態性檢定皆能合乎統計上的要求。因此，如果模型估計後的檢定值不佳，則需加以適當修正估計後的參數。首先，使用最小平方法(Ordinary Least Square, OLS)估計第(77)式。根據本文的估計結果，這些估計方程式在自我相關、異質性和常態性檢定方面，各業別固定資本形成函數的p檢定值皆不是很好。若以百分之0.1的顯著水準來看，在自我相關檢定方面，農業、礦業、營造業、商業、服務業並不顯著；在異質性檢定方面，製造業、營造業、商業、服務業並不顯著；在常態性檢定方面，礦業、製造業、水電燃氣、運輸倉儲並不顯著。顯示八條固定資本形成函數皆未能合乎統計上的充分理想條件。因此，我們採用Wallis (1969)建議的三階段最小平方法(Three Pass Least Square, TPLS)來修正估計模型的參數，使估計後的參數合乎一致性的要求。

TPLS處理方式的步驟如下：首先，對第(77)式進行迴歸分析，取得參數估計值和殘差值。其次，對殘差項進行一階迴歸分析，將估計的參數值拿來調整被解釋變數與解釋變數值，以便修正解釋變數存

在被解釋變數的落遲項造成的殘差項偏誤。最後，反覆調整上述步驟，使模型參數的估計值具漸近有效性(asymptotic efficiency)。在本文估計的過程，約在50-100次的調整次數下，參數值即漸趨穩定。比較OLS和TPLS的結果可以發現，參數值有若干變動，而本文是採用TPLS結果進行模擬分析。根據上述步驟，估計後的固定資本形成函數可以表示為：

$$(81) \quad FI_{t,s} = \hat{a}_1 + \hat{a}_2 X_{t,s} + \hat{a}_3 X_{t-1,s} + \hat{a}_4 FI_{t-1,s} + \hat{\varepsilon}_{t,s}$$

同樣的，隨機式改為確定式的調整方式和消費函數相同。調整的方法是確定 \hat{a}_2 、 \hat{a}_3 、 \hat{a}_4 參數估計值，但對 \hat{a}_1 重新調整。調整結果列於(82)式。

$$(82) \quad FI_{t,s} = \check{a}_1 + \hat{a}_2 X_{t,s} + \hat{a}_3 X_{t-1,s} + \hat{a}_4 FI_{t-1,s}$$

式(82)中， \check{a}_1 等於 $\hat{a}_1 + \hat{\varepsilon}_{t,s}$ 。

(4) 能源平衡表和污染係數

十二種能源類別的能源投入和消費是取自「能源平衡表」，以熱能單位表示。至於能源平衡表和投入產出表之產業部門合併的對照，主要是參考陳家榮(1990)。

在污染係數方面，採用一般文獻(Ghosh, 1990; Bergman, 1990; Blitzer et al., 1990a, 1990b, 1991)之處理方法，假設各種能源燃燒排放污染物的污染排放係數是固定比例的。我們採用的係數是取自氣候變遷跨國小組(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)。由於氣候變化綱要公約要求各國抑制溫室氣體的排放，因此首要工作是在建立各國的排放資料，以供日後國際談判的依據。氣候變遷跨國小組發展的估計方法目前已初步完成，將可能成為國際間採用之標準方法，因此本文採用此法(見黃肇英等，1993)。

(5) 勞動投入表和所得

(5.1) 勞動投入表

勞動投入表是由勞動職業別和行業別組成的7×27矩陣。由於該矩陣僅有以受雇員工(不包括雇主、自營者等)區分的資料，而缺乏

按就業人口區分的行職業矩陣，本文以《中華民國統計年鑑》登錄的行職業別就業人口為邊界條件，另以行職業別的受雇員工投入矩陣為結構，進行雙比例調整(RAS)而得。也就是以受雇員工之行職業矩陣的結構等比例分攤就業之行職業人口。

(5.2) 所得

廣義的所得是指各產業的附加價值。因此勞動所得和非勞動所得可由產業的附加價值來加以區分。附加價值在投入產出表被視為原始投入，包括勞動報酬、經營盈餘、資本折舊和間接稅；其中經營盈餘包括利息、租金、移轉支出、基金及利潤。本文則按生產要素報酬計算所得，包括勞動報酬和經營盈餘兩項。

四、模擬分析

本節分析經濟、環境和能源三個個別目標的最適解、三個目標整合的妥協解、以及三個目標的狀況解。本節僅就初步結果來分析(以下的分析皆是以基準解產值的10%為上限進行分析)。

1. 最適解分析－目標值

首先由目標值的變動來看(表1)，當策略是由極大化所得目標改變為極小化能源目標時，附加價值由4,001,824.714百萬元降為3,919,932.267百萬元(下降約2.079個百分點)，而能源消費量由282,942.790(10^9 千卡)降為251,824.058(10^9 千卡)(下降約10.998個百分點)。倘若策略是由極大化所得目標改變為極小化污染目標時，附加價值由4,001,824.714百萬元降為3,930,746.520百萬元(下降約1.805個百分點)，而 CO_2 污染排放量則由107,655.952千公噸降為98,068.867千公噸(下降約8.905個百分點)。由上述目標估計值的變化所呈現的數據顯示：所得目標和能源目標，以及所得目標和污染目標存在相互間的抵換關係。此一結果是根據各單一目標最適解之間所作的比較進行分析。若是由各單一目標最適解相對於基準解的變化來看，並不一定存在抵換效果。主要是因為實際現況的基準解並非在非劣解集上。換言之，在實際現況

表1 各單一目標最適解與多目標妥協解

目標值	極大化所得解		極小化能源解		極小化污染解		妥協解	
	基準解	模擬值	模擬值	模擬值	模擬值	模擬值	模擬值	模擬值
目標值								
所得(百萬元)	3939207.000	4001824.714	3919932.267	3930746.520	3948657.706			
能源(10^9 千卡)	282942.790	282942.790	251824.058	255961.509	282942.790			
污染(千公噸)	107655.952	107655.952	102939.642	98068.867	107020.460			
部門產出(百萬元)								
1. 農業	369467.000	316205.247	364863.849	345853.722	365564.474			
2. 礦業	46592.000	51251.200	51251.200	51251.200	44069.795			
3. 食品業	397494.000	321229.274	437243.400	392408.129	397544.520			
4. 飲料和煙草	104262.000	114688.200	114688.200	114688.200	114688.200			
5. 紡織業	369575.000	342849.168	161267.523	406532.500	369603.333			
6. 成衣和服飾	149213.000	41806.108	164134.300	164134.300	149076.108			
7. 皮革毛皮及其製品	79723.000	87695.300	87695.300	87695.300	79740.783			
8. 木材與木製品	110896.000	121985.600	121985.600	121985.600	111169.290			
9. 造紙和印刷	202776.000	223053.600	223053.600	188936.404	202515.055			
10. 化工原料	389813.000	428794.300	428794.300	373287.827	387019.673			
11. 化學製品	115498.000	100739.973	95889.750	127047.800	127047.800			
12. 石油和煤製品	163097.000	179406.700	179406.700	179406.700	173282.262			
13. 橡膠業	45962.000	31608.898	50558.200	50558.200	46261.932			
14. 塑膠業	312423.000	343665.300	152924.429	343665.300	312638.297			
15. 其他非金屬礦物製品	148423.000	122193.546	118175.765	115238.170	116265.267			
16. 基本金屬	388703.000	365811.108	362252.738	312906.175	387961.762			
17. 金屬製品	237707.000	261477.700	261477.700	139418.216	238168.750			
18. 機械業	190419.000	209460.900	209460.900	189979.459	190025.987			
19. 電機業	785255.000	863780.500	863780.500	863780.500	785387.097			
20. 運輸工具	304668.000	335134.800	335134.800	335134.800	301298.371			
21. 精密機械	51758.000	56933.800	56933.800	56933.800	51856.363			
22. 雜項製品	154468.000	169914.800	169914.800	169914.800	154513.264			
23. 水電燃氣	205629.000	207846.623	226191.900	201459.696	203905.721			
24. 營造工程	481576.000	511458.122	490097.703	477042.279	482755.089			
25. 商業	670695.000	737764.500	737764.500	737764.500	666579.696			
26. 運輸倉儲業	401770.000	435171.491	300007.532	301719.961	436122.806			
27. 服務業	1680706.000	1659533.489	1687510.026	1686382.933	1675877.056			
人力資源配置(千人)	8258.000	8258.000	8258.000	8258.000	8258.000			
專門技術	588.000	588.000	588.000	588.000	588.000			
行政主管	83.000	82.813	79.011	83.966	83.451			
監督行政	1290.000	1318.523	1267.555	1276.101	1300.971			
買賣工作	1220.000	1324.090	1313.969	1330.988	1214.448			
服務工作	746.000	769.424	769.758	770.683	744.232			
農林漁牧人員	1055.000	903.260	1042.018	987.826	1043.890			
生產作業員	3276.000	3271.890	3197.689	3220.436	3283.008			
能源需求(10^9 千卡)	282942.790	282942.790	251824.058	255961.509	282942.790			
焦煤與煤氣	29571.900	27840.715	27569.957	23827.880	29503.875			
油	148953.590	152909.671	129437.603	132489.126	153458.850			
液化石油氣	14179.910	14229.059	13936.032	14000.666	13996.481			
汽油	38517.850	41576.511	29198.483	29354.262	41666.027			
柴油	35310.590	36224.748	29654.637	29311.581	37081.653			
燃料油	57446.960	57329.957	53311.493	56495.206	57160.977			
其它油品	3498.280	3549.395	3336.958	3327.411	3553.713			
天然氣	8363.980	8372.326	8285.146	8226.221	8081.513			
電力	66217.330	66217.330	61268.410	65836.251	66029.744			

資料來源：本研究。

下，透過多目標的資源規劃方式，可以使所得增加，同時使能源消費降低與污染排放改善。

2. 最適解分析－產業產值

其次分析產業產值的變化。在極大化所得目標的估計結果方面，27個產業當中，有18個產業的產值會增加，9個產業的產值會減少，產值減少的產業分別是農業、食品業、紡織業、成衣及服飾業、化學製品業、橡膠業、其他非金屬礦物製品業、基本金屬業、服務業等。在這9個產業當中，除了農業和服務業以外，其它產業的附加價值係數低於全體產業的平均值(表2)。在極小化能源目標的估計結果方面，27個產業當中，有20個產業的產值會增加，7個產業的產值會減少，產值減少的產業分別是農業、紡織業、化學製品業、塑膠業、其他非金屬礦物製品業、基本金屬業、運輸倉儲業等。在這7個產業當中，除了農業和塑膠業以外，其它產業的能源投入係數高於全體產業的平均值(表2)。由極小化污染目標的估計結果來看，在27個產業當中，有16個產業的產值會增加，11個產業的產值會減少，產值減少的產業分別是農業、食品業、造紙和印刷業、化學原料業、其它非金屬礦物製品業、基本金屬業、金屬製品業、機械業、水電燃氣業、營造工程業、運輸倉儲業等。在這11個產業當中，僅化學原料業、其它非金屬礦物製品業、基本金屬業、水電燃氣業、運輸倉儲業等產業的污染排放係數高於全體產業的平均值(表2)。

上述三個目標的變化對產業結構的影響並不同，主要是受到了產業別附加價值係數、直接能源消費係數和直接污染排放係數的差異所影響，但是，這些係數值的高低並不完全主宰了產業產值的變動趨勢，而產業關聯程度的效果亦不容忽視。舉例來說，農業的附加價值係數高於全體產業的平均值，但該產業在極大化所得目標時，產值會減少，係因食品業主要投入來自於農業，而食品業的附加價值低於全體產業的平均值，故食品業產值的減少，將會影響到農業產值的變化。由此可見，高附加價值係數的產業在極大化所得時，產值並不一定會增加，同理，高直接能源係數的產業或高直接污染排放係數的產

業，在極小化能源目標或極小化污染目標時，產值不一定會減少。此種效果除了受係數值影響外，仍應視該部門相關產業的係數值而定。本文設計的模式，即可將產業別附加價值係數、能源消費係數和污染排放係數等直接效果，以及產業關聯的間接效果同時納入模型中加以考慮。

由上述的分析結果來看，極大化所得目標、極小化能源目標及極小化污染目標等三種策略對於產業產值的影響並不一致。因此納入環境與能源的因素，將導致生產部門之間相對生產優勢的變動，並產生選擇性成長(selective growth)的產業策略問題。在此，所謂的選擇性成長策略，是指由降低高污染產業的成長，提高低污染產業的成長，並進一步導致能源需求減少的策略(Hafkamp, 1984)。而本文的研究方法則有助於對低污染、高耗能源、及高附加價值產業的認定。

表2 1989年臺灣所得-能源-污染指標

部門別 \ 指標	所得指標			能源指標			污染指標		
	附加價值 ¹	比例	係數	能源消費 ²	比例	係數 ³	污染排放 ⁴	比例	係數 ⁵
1. 農業	178048	0.045198	0.481905	1003325	0.039599	0.027156	2643.495	0.025565	0.007154
2. 礦業	26164	0.006641	0.561555	101824	0.004018	0.021854	250.025	0.002418	0.005366
3. 食品業	72604	0.018431	0.182654	547198	0.021596	0.013766	1220.569	0.011804	0.003070
4. 飲料和煙草	68957	0.017505	0.661381	143502	0.005663	0.013763	320.097	0.003095	0.003070
5. 紡織業	106674	0.027080	0.288639	1474250	0.058186	0.039890	2723.924	0.026343	0.007370
6. 成衣和服飾	45287	0.011496	0.303505	26270	0.001036	0.001760	55.67	0.000538	0.000373
7. 皮革毛皮及其製品	27336	0.006939	0.342887	9231	0.000364	0.001157	19.562	0.000189	0.000245
8. 木材與木製品	40529	0.010288	0.365468	70167	0.002769	0.006327	28.676	0.000277	0.000258
9. 造紙和印刷	72044	0.018288	0.355288	905294	0.035730	0.044645	2231.883	0.021584	0.011006
10. 化工原料	111352	0.028267	0.285654	1708891	0.067446	0.043838	5469.012	0.052891	0.014029
11. 化學製品	36161	0.009179	0.313087	486429	0.019198	0.042115	360.343	0.003484	0.003119
12. 石油和煤製品	65160	0.016541	0.399516	1110431	0.043826	0.068084	3033.87	0.029341	0.018601
13. 橡膠業	16241	0.004122	0.353357	147371	0.005816	0.032063	320.064	0.003095	0.006963
14. 塑膠業	90234	0.022906	0.288819	892986	0.035244	0.028552	1790.952	0.017320	0.005732
15. 其他非金屬礦物製品	62483	0.015861	0.420979	2843347	0.112221	0.191570	9264.13	0.089595	0.062417
16. 基本金屬	92902	0.023583	0.239005	3924427	0.154890	0.100962	13334.51	0.128960	0.034305
17. 金屬製品	83343	0.021157	0.350612	284992	0.011248	0.011989	254.7	0.002463	0.001071
18. 機械業	66395	0.016854	0.348678	117209	0.004626	0.006155	91.97	0.000889	0.000482
19. 電機業	208307	0.052880	0.265273	377164	0.014886	0.004803	324.044	0.003133	0.000412
20. 運輸工具	98497	0.025004	0.323292	133739	0.005278	0.004389	180.16	0.001742	0.000591
21. 精密機械	14787	0.003753	0.285694	30648	0.001209	0.005921	43.523	0.000420	0.000840
22. 雜項製品	51131	0.012980	0.331013	91462	0.003609	0.005921	129.883	0.001256	0.000840
23. 水電燃氣	102264	0.025960	0.497322	441446	0.017423	0.021468	37468.05	0.362361	0.182211
24. 營造工程	175223	0.044481	0.363853	152601	0.006022	0.003168	418.218	0.004044	0.000868
25. 商業	503432	0.127800	0.750612	677461	0.026738	0.010100	518.635	0.005015	0.000773
26. 運輸倉儲業	242183	0.061480	0.602790	6196660	0.244571	0.154234	18046.12	0.174527	0.044916
27. 服務業	1281469	0.325311	0.762458	1438487	0.056774	0.008558	2857.634	0.027636	0.001700
平均或加總	3939207 ⁶		1 0.460264 ⁷	25336812 ⁶		1 0.029604 ⁷	103399.7 ⁶		1 0.012081 ⁷

說明：¹ 百萬元，² 10⁷ 千卡，³ 10⁷ 千卡/百萬元，⁴ 千公噸，⁵ 千公噸/百萬元，⁶ 加總，⁷ 平均

資料來源：

1. 所得與能源指標取自中華民國臺灣地區能源指標季報(1994)。

2. 污染指標係根據黃登英等(1993)計算而得。

3. 最適解分析－人力資源配置

在人力資源配置方面，三種個別目標規劃的結果，顯示出勞動力在產業間呈現了分配殆盡的現象，表示勞動力在不同的發展目標策略之下，都將會呈現匱乏。此一結果與Hsu et al. (1987)僅利用所得和能源兩目標所做的實證結果類似。我們進一步將勞動力區分為專門技術人員和非專門技術人員兩項，來比較不同職業別之間的差異。在專門技術人員的需求方面，三種個別目標的規劃結果也都呈現了短缺的現象。而在非專門技術人員的需求方面，三種個別目標的規劃則有不同程度的調整結果。在極大化所得目標下，監督行政、買賣工作、服務工作人員會增加，行政主管、農林漁牧人員、生產作業員會減少。在極小化能源目標下，買賣工作、服務工作人員會增加，行政主管、監督行政、農林漁牧人員、生產作業員會減少。在極小化污染目標下，買賣工作、服務工作會增加，行政主管、監督行政、農林漁牧人員、生產作業員會減少。這主要受勞動投入比例與勞動投入係數的影響(表3和表4)。舉例來說，在極大化所得目標下，運輸倉儲業對監督行政人員以及商業對買賣工作和服務工作人員有較大投入係數，同時監督行政人員在運輸倉儲業以及買賣工作和服務工作人員在商業的投入比例亦較高，因此該產業產值的提高會對這些人員的需求增加較多。因此，上述勞動力需求的規劃主要是受到產值的變化所作的調整。

4. 最適解分析－能源需求

在能源需求方面，極大化所得目標對於油、天然氣的需求會增加，而煤的需求會減少，電力則被使用殆盡。而煤的需求減少，主要是受到非金屬礦物製品與基本金屬兩產業的產值減少所致，因煤在這兩個產業有很大的投入比例(表5和表6)。極小化能源目標對於總能源需求會減少，特別是汽油和柴油需求的減少，同時電力由原先基準解66,217.330(10^9 千卡)減為65,876.251(10^9 千卡)(下降了7.474個百分點)，減少了電力的需求。而極小化污染目標也會使總能源需求減少。比較值得注意的是，個別能源之間的減幅並不同，減幅最少的依

表3 勞動投入比例

部門別 \ 職業別	專門技術	行政主管	監督行政	買賣工作	服務工作	農林漁牧	生產作業
1. 農業	0.003401	0	0.005426	0	0.001340	0.996208	0.001221
2. 礦業	0.001700	0.012048	0.001550	0	0	0	0.006105
3. 食品業	0.006802	0.024096	0.017829	0.004098	0.005361	0.000947	0.028083
4. 飲料和煙草	0.001700	0	0.005426	0	0.001340	0	0.003357
5. 紡織業	0.005102	0.060240	0.025581	0.021311	0.005361	0	0.048229
6. 成衣和服飾	0.003401	0.048192	0.016279	0.003278	0.002680	0	0.060134
7. 皮革毛皮及其製品	0	0.024096	0.006976	0.001639	0.001340	0	0.015567
8. 木材與木製品	0.001700	0.024096	0.011627	0.001639	0.001340	0	0.038461
9. 造紙和印刷	0.008503	0.024096	0.024031	0.006557	0.001340	0	0.026862
10. 化工原料	0.005102	0.012048	0.010077	0.001639	0.001340	0	0.007631
11. 化學製品	0.005102	0.024096	0.013178	0.008196	0.001340	0	0.007326
12. 石油和煤製品	0.005102	0.012048	0.000775	0	0.002680	0	0.002136
13. 橡膠業	0	0.012048	0.009302	0.001639	0.001340	0	0.018009
14. 塑膠業	0.006802	0.072289	0.024806	0.001639	0.004021	0	0.051282
15. 其他非金屬礦物製品	0.005102	0.012048	0.005426	0.000819	0.004021	0	0.024420
16. 基本金屬	0.010204	0	0.008527	0.000819	0.001340	0	0.013431
17. 金屬製品	0.001700	0.036144	0.031782	0.002459	0.005361	0	0.076312
18. 機械業	0.010204	0.024096	0.019379	0.000819	0.002680	0	0.032661
19. 電機業	0.047619	0.156626	0.068992	0.007377	0.008042	0	0.111111
20. 運輸工具	0.008503	0.012048	0.018604	0.000819	0.002680	0	0.024725
21. 精密機械	0	0	0.006201	0.001639	0	0	0.007936
22. 雜項製品	0.003401	0.036144	0.019379	0.001639	0.001340	0	0.044566
23. 水電燃氣	0.011904	0	0.007751	0	0.002680	0	0.004884
24. 營造工程	0.025510	0.048192	0.041085	0.004918	0.006702	0	0.165445
25. 商業	0.018707	0	0.131782	0.887704	0.373994	0	0.021367
26. 運輸倉儲業	0.032312	0.072289	0.115503	0.004098	0.022788	0	0.077533
27. 服務業	0.770408	0.253012	0.352713	0.035245	0.537533	0.002843	0.081196
平均	1	1	1	1	1	1	1

資料來源：本研究。

表4 勞動投入係數

部門別 \ 職業別	專門技術	行政主管	監督行政	買賣工作	服務工作	農林漁牧	生產作業
1. 農業	0.005413	0	0.018946	0	0.002706	2.844638	0.010826
2. 礦業	0.021462	0.021462	0.042925	0	0	0	0.429258
3. 食品業	0.010063	0.005031	0.057862	0.012578	0.010063	0.002515	0.231450
4. 飲料和煙草	0.009591	0	0.067138	0	0.009591	0	0.105503
5. 紡織業	0.008117	0.013529	0.089291	0.070351	0.010823	0	0.427518
6. 成衣和服飾	0.013403	0.026807	0.140738	0.026807	0.013403	0	1.320260
7. 皮革毛皮及其製品	0	0.025086	0.112890	0.025086	0.012543	0	0.639715
8. 木材與木製品	0.009017	0.018034	0.135261	0.018034	0.009017	0	1.136199
9. 造紙和印刷	0.024657	0.009863	0.152878	0.039452	0.004931	0	0.433976
10. 化工原料	0.007695	0.002565	0.033349	0.005130	0.002565	0	0.064133
11. 化學製品	0.025974	0.017316	0.147188	0.086581	0.008658	0	0.207795
12. 石油和煤製品	0.018393	0.006131	0.006131	0	0.012262	0	0.042919
13. 橡膠業	0	0.021757	0.261085	0.043514	0.021757	0	1.283669
14. 塑膠業	0.012803	0.019204	0.102425	0.006401	0.009602	0	0.537732
15. 其他非金屬礦物製品	0.020212	0.006737	0.047162	0.006737	0.020212	0	0.539000
16. 基本金屬	0.015435	0	0.028299	0.002572	0.002572	0	0.113196
17. 金屬製品	0.004206	0.012620	0.172481	0.012620	0.016827	0	1.051714
18. 機械業	0.031509	0.010503	0.131289	0.005251	0.010503	0	0.561918
19. 電機業	0.035657	0.016555	0.113338	0.011461	0.007640	0	0.463543
20. 運輸工具	0.016411	0.003282	0.078774	0.003282	0.006564	0	0.265863
21. 精密機械	0	0	0.154565	0.038641	0	0	0.502337
22. 雜項製品	0.012947	0.019421	0.161845	0.012947	0.006473	0	0.945179
23. 水電燃氣	0.034041	0	0.048631	0	0.009726	0	0.077810
24. 營造工程	0.031147	0.008306	0.110055	0.012459	0.010382	0	1.125471
25. 商業	0.016400	0	0.253468	1.614742	0.415986	0	0.104369
26. 運輸倉儲業	0.047290	0.014933	0.370858	0.012444	0.042312	0	0.632202
27. 服務業	0.269529	0.012494	0.270719	0.025584	0.238590	0.001784	0.158266
加總	0.068703	0.009697	0.150726	0.142547	0.087164	0.123268	0.382774

說明：單位為千人/百萬元。

資料來源：本研究。

表5 能源投入比例

部門別	能源別	煤							油	天然氣	電力
		煤炭	焦炭	煉化石油	汽油	柴油	燃料油	其它油品			
1. 農業		0.000087	0	0	0.000133	0.191484	0.030675	0.000111	0	0.028080	
2. 礦業		0.004028	0	0	0.000061	0.007553	0.002057	0	0.103013	0.002922	
3. 食品業		0.001033	0	0.004348	0.000902	0.006089	0.059499	0.000488	0.041583	0.030271	
4. 飲料和煙草		0.000271	0	0.001141	0.000236	0.001597	0.15603	0.000128	0.010905	0.007938	
5. 紡織業		0.003247	0	0.000465	0.000306	0.001973	0.144349	0.000122	0.001917	0.117146	
6. 成衣和服飾		0	0	0	0.000050	0.000058	0.002952	0.000065	0.000034	0.001660	
7. 皮革毛皮及其製品		0	0	0	0.000017	0.000020	0.001037	0.000022	0.000011	0.000583	
8. 木材與木製品		0	0	0	0.000107	0.000486	0.001204	0.000017	0	0.011428	
9. 造紙和印刷		0.067082	0	0.013799	0.000522	0.001741	0.076753	0.000265	0	0.047286	
10. 化工原料		0.182131	0	0.004466	0.000254	0.006792	0.173187	0.002832	0.082165	0.021569	
11. 化學製品		0.003391	0	0.006781	0.000327	0.001219	0.15913	0.000051	0.008220	0.070122	
12. 石油和煤製品		0	0.000405	0.133255	0.000888	0.008988	0.154272	0.000305	0	0.029433	
13. 橡膠業		0.000397	0	0.032790	0.000112	0.000256	0.15842	0.000008	0	0.008671	
14. 塑膠業		0.099112	0	0.054688	0.000578	0.001020	0.031517	0.000005	0.001005	0.074359	
15. 其他非金屬礦物製品		0.608000	0.001948	0.426659	0.000238	0.008635	0.081059	0.000774	0.355236	0.057382	
16. 基本金屬		0.027584	0.994395	0.090241	0.000314	0.004573	0.073877	0.001329	0	0.081283	
17. 金屬製品		0	0	0.011669	0.000248	0.001421	0.012035	0.002103	0.007127	0.038159	
18. 機械業		0.000054	0.002568	0	0.000313	0.000468	0.002793	0.000017	0.001903	0.016810	
19. 電機業		0	0.000467	0.046291	0.001145	0.002248	0.009636	0.000305	0.095188	0.049499	
20. 運輸工具		0	0.000191	0.001207	0.001555	0.003209	0.006790	0.000122	0	0.014311	
21. 精密機械		0	0.000005	0.034186	0.000031	0.000170	0.001132	0.000034	0.000029	0.002917	
22. 雜項製品		0	0.000017	0.102020	0.000092	0.000509	0.003378	0.000102	0.000081	0.008706	
23. 水電燃氣		0	0	0	0.001653	0.006309	0.003038	0	0	0.073939	
24. 營造工程		0	0	0	0.000756	0.019275	0.010903	0.000031	0	0.003549	
25. 商業		0	0	0.030971	0	0.005823	0.009334	0.060275	0.253187	0.091269	
26. 運輸倉儲業		0	0	0	0.956700	0.631488	0.020988	0.215325	0	0.016072	
27. 服務業		0.003576	0	0.005015	0.032452	0.086584	0.040164	0.703348	0.038387	0.094624	
加總		1	1	1	1	1	1	1	1	1	

資料來源：本研究。

表6 能源投入係數

部門別	能源別	煤							油	天然氣	電力
		煤炭	焦炭	煉化石油	汽油	柴油	燃料油	其它油品			
1. 農業		0.000703	0	0	0.001396	1.830052	0.476962	0.000105	0	0.406380	
2. 礦業		0.257984	0	0	0.005043	0.572480	0.253627	0	0.760903	0.335400	
3. 食品業		0.007758	0	0.002490	0.008744	0.054098	0.859902	0.000430	0.036003	0.407191	
4. 飲料和煙草		0.007759	0	0.002493	0.008747	0.054094	0.859737	0.000431	0.035995	0.407099	
5. 紡織業		0.026213	0	0.000286	0.003192	0.018851	2.243780	0.000116	0.001785	1.694814	
6. 成衣和服飾		0	0	0	0.001293	0.001380	0.113663	0.000154	0.000080	0.059485	
7. 皮革毛皮及其製品		0	0	0	0.000852	0.000915	0.074746	0.000100	0.000050	0.039122	
8. 木材與木製品		0	0	0	0.003724	0.015491	0.062418	0.000054	0	0.551038	
9. 造紙和印刷		0.987030	0	0.015494	0.009917	0.030319	2.174433	0.000458	0	1.246848	
10. 化工原料		1.394017	0	0.002608	0.002514	0.061526	2.552269	0.002542	0.072539	0.235854	
11. 化學製品		0.087611	0	0.013368	0.010909	0.037273	0.791520	0.000155	0.024493	3.246246	
12. 石油和煤製品		0	0.007357	0.186030	0.020975	0.194595	5.433858	0.000656	0	0.964934	
13. 橡膠業		0.025803	0	0.162438	0.009442	0.019733	1.980157	0.000065	0	1.008724	
14. 塑膠業		0.946508	0	0.039856	0.007131	0.011529	5.579531	0.000006	0.001107	1.272588	
15. 其他非金屬礦物製品		12.22196	0.038814	0.654521	0.006185	0.205453	3.137418	0.001825	0.823686	2.067179	
16. 基本金屬		0.211729	7.565200	0.052860	0.003115	0.041543	1.091841	0.011816	0	1.118103	
17. 金屬製品		0	0	0.011177	0.004021	0.021110	0.290862	0.003096	0.010319	0.858333	
18. 機械業		0.000861	0.039890	0	0.006338	0.008680	0.084272	0.000031	0.003439	0.472016	
19. 電機業		0	0.001761	0.013422	0.005618	0.010110	0.070500	0.000136	0.041717	0.337040	
20. 運輸工具		0	0.001854	0.000902	0.001960	0.037194	0.128047	0.000141	0	0.251165	
21. 精密機械		0	0.000328	0.150392	0.002318	0.011650	0.125642	0.000231	0.000193	0.301383	
22. 雜項製品		0	0.000336	0.150380	0.002317	0.011652	0.125631	0.000233	0.000181	0.301376	
23. 水電燃氣		0	0	0	0.030968	0.108340	0.084890	0	0	1.922608	
24. 營造工程		0	0	0	0.006050	0.141333	0.130064	0.000022	0	0.039406	
25. 商業		0	0	0.010514	0	0.030660	0.079954	0.031439	0.129915	0.727603	
26. 運輸倉儲業		0	0	0	9.171921	5.549996	0.300102	0.187487	0	2.13893	
27. 服務業		0.006349	0	0.000679	0.074374	0.181909	0.137284	0.146397	0.007860	0.301027	
平均		0.348608	0.345523	0.026603	0.450050	0.412575	0.671221	0.040874	0.040210	0.624734	

說明：單位為 10⁵ 千卡/百萬元。
資料來源：本研究。

次是電力(下降了0.575個百分點)、液化石油氣(下降了1.264個百分點)、天然氣(下降了1.647個百分點)，此結果顯示高污染性能源的需求大幅減少，取而代之的是使用低污染性的能源。此一結果與上述勞動投入的變化所作的調整相同，主要是受到產值的變化的影響。

5. 妥協解分析

妥協解的結果顯示(表1)，在有限的資源限制與污染排放下，所得仍能成長，表示國內產業之能源使用並未達最有效率的境界；同時，妥協解的污染排放量也都低於實際值，表示國內環境污染可以改善。而在個別產業部門的產值變動方面，則有不同程度上的變化。惟此一結果並無法告訴我們這三個個別目標變化對妥協解的影響效果，因此以下我們將進一步設定各種狀況進行模擬分析。

6. 狀況解分析

狀況解的模擬包括三種狀況，分別為狀況A、狀況B和狀況C。狀況A是模擬最低附加價值水準的提高對決策解的影響，狀況B模擬最高能源消費水準的降低對決策解的影響，而狀況C則模擬最高污染排放水準的降低對決策解的影響。

根據先前最適解與妥協解彼此之間比較的分析結果，我們發現所得目標和能源目標，以及所得目標和污染目標存在彼此間的抵換關係。而為了計算彼此間的抵換程度，我們採用抵換率指標來進行分析。本文分別計算了所得相對於能源消費量，以及所得相對於污染排放量的抵換率。由於個別目標值的單位皆不相同，在計算抵換率之前，必須將個別目標值換算以指數表示。我們計算指數的方法是以模擬值除以基準值而得。經由此步驟，所得-能源抵換率，以及所得-污染抵換率可以表示為：

$$(83) \quad TR_{VA-Ed} = \frac{Index_{VA}^{max} - Index_{VA}^{min}}{Index_{Ed}^{max} - Index_{Ed}^{min}}$$

$$(84) \quad TR_{VA-APE} = \frac{Index_{VA}^{max} - Index_{VA}^{min}}{Index_{APE}^{max} - Index_{APE}^{min}}$$

式中， TR_{VA-Ed} 為所得與能源消費量的抵換率， TR_{VA-APE} 為所得與污染排放量的抵換率， $Index_{VA}^{max}$ 為償付矩陣中附加價值的極大值(以指數表示)， $Index_{VA}^{min}$ 為償付矩陣中附加價值的極小值(以指數表示)， $Index_{Ed}^{max}$ 為償付矩陣中能源消費量的極大值(以指數表示)， $Index_{Ed}^{min}$ 為償付矩陣中能源消費量的極小值(以指數表示)， $Index_{APE}^{max}$ 為償付矩陣中污染排放量的極大值(以指數表示)， $Index_{APE}^{min}$ 為償付矩陣中污染排放量的極小值(以指數表示)。當 TR_{A-B} (表示 A 與 B 的抵換率) > 0 ，表示 A 與 B 存在抵換關係。當 $TR_{A-B} < 0$ ，表示 A 與 B 不存在抵換關係。當 $0 < TR_{A-B} < 1$ ，表示 A 與 B 存在抵換關係，且 A 的變動幅度小於 B 的變動幅度。當 $1 < TR_{A-B}$ ，表示 A 與 B 存在抵換關係，且 A 的變動幅度大於 B 的變動幅度。由上述計算公式，所得到的結果列於表 7。由表 7 來看，狀況 A、狀況 B 和狀況 C 在未調整的狀況(即 $\lambda=0$)及調整後的狀況(即 $\lambda = 0.25$ 、 0.5 、 0.75)所產生的估計結果來看，抵換率的估計值皆在 0 和 1 之間，顯示所得目標和能源目標，以及所得目標和污染目標存在彼此間的抵換關

表 7 各種狀況抵換率的估算

	狀況 A	狀況 B	狀況 C
$\lambda=0$			
TR_{VA-Ed}	0.1890	0.1890	0.1890
TR_{VA-APE}	0.2334	0.2334	0.2334
$\lambda=0.25$			
TR_{VA-Ed}	0.1756	0.2126	0.1897
TR_{VA-APE}	0.2130	0.2069	0.2542
$\lambda=0.5$			
TR_{VA-Ed}	0.1621	0.2502	0.2136
TR_{VA-APE}	0.1921	0.1878	0.2827
$\lambda=0.75$			
TR_{VA-Ed}	0.1520	0.3159	0.2693
TR_{VA-APE}	0.1812	0.1946	0.3406

資料來源：本研究。

係，而能源目標與污染目標則存在一致性的關係，同時顯示所得小幅度的變動將使能源消費量和污染排放量有較大幅度的變動。

接著由償付矩陣設定距離函數，來整合經濟、環境和能源三個目標，並依個別狀況分別加以估計，我們將估計後的狀況解列於表8、表9和表10，依序是狀況A、狀況B和狀況C的結果。由這三種狀況進行分析，首先我們從目標值的變化來看，根據先前最適解與妥協解的分析結果，所得目標和能源目標，以及所得目標和污染目標存在彼此間的抵換關係，同時所得小幅度的變動將使能源消費量和污染排放量有較大幅度的變動。而此種關係我們可另從各方案目標估計值的變動所產生之邊際效果來分析。將表8、表9和表10目標估計值所計算出來的變動效果列於表11。表11計算各方案的目標估計值相對於原先妥協解的變化，目的在比較原先妥協解在納入不同程度的限制集合後對決策解所造成的影響。由表11各方案的變化來看，我們可以發現所得減少的幅度皆小於能源和污染的減少幅度。舉例而言，在狀況B ($\lambda=0.25$)的模擬中，所得下降了0.238，而能源消費量下降了2.332，污染排放量則下降了1.239。顯示犧牲小幅度的所得將可使能源消費量有較大幅度的減少量，同時也使污染排放量有較大幅度的改善。值得注意的是，由於狀況A在 $\lambda=0.5$ 與 $\lambda=0.75$ 的情況下已達到能源消費量與污染排放量的上限值，因此造成的變動幅度會較小。同樣的，前述的分析，主要是根據非劣解集相互比較的結果，若是將非劣解集相對於實際狀況來比較，可以發現：多目標的資源規劃方式，可同時使所得增加、能源投入減少、與污染排放改善。因此，除非實際現況已達非劣解，否則可在不犧牲所得的前提下，使能源投入與污染排放獲得改善。

再回到表8、表9和表10來分析「產業產值」、「人力資源配置」與「能源需求」的變化。在產業產值的變動方面，首先由表8來看，提高最低所得(狀況A)會使5個產業的產值增加，6個產業的產值減少，其他產業增減不一。其次由表9來看，降低最高能源消費量(狀況B)會使10個產業的產值增加，10個產業的產值減少，其他產業增減不一。最後由表10來看，降低最高污染排放量(狀況C)會使6個產

業的產值增加，7個產業的產值減少，其他產業增減不一。此一結果與最適解的結果並不相同，主要是因為最適解僅針對單一目標進行規劃，而上述結果是在整合三個目標的情況下，同時調整個別目標的限制水準所得到的。由上述的分析來看，有些產業因應目標值的調整，會有同一趨勢的變動方向，產生了產業羣(industrial blocks)的特徵。

表8 狀況解—A

目標值	$\lambda = 0.25$ $\lambda = 0.5$ $\lambda = 0.75$			
	基準解	模擬值	模擬值	模擬值
目標值				
所得 (百萬元)	3939207.000	3935723.173	3948694.989	3956418.905
能源 ⁹ (10 ⁹ 千卡)	282942.790	263561.211	282942.790	282942.790
污染 (千公噸)	107655.952	101369.293	107029.226	107031.541
部門產出 (百萬元)				
1. 農業	369467.000	346017.052	365561.846	346550.677
2. 礦業	46592.000	51251.200	44087.769	44064.275
3. 食品業	397494.000	393225.311	397547.677	393761.580
4. 飲料和煙草	104262.000	114688.200	114688.200	114688.200
5. 紡織業	369575.000	369611.804	369603.633	369624.813
6. 成衣和服飾	149213.000	149036.400	149075.702	149093.300
7. 皮革毛皮及其製品	79723.000	79616.057	79740.473	79728.409
8. 木材與木製品	110896.000	107148.605	111166.831	111078.692
9. 造紙和印刷	202776.000	202693.161	202518.747	203034.722
10. 化工原料	389813.000	388634.813	386976.291	387084.374
11. 化學製品	115498.000	122899.437	127047.800	127047.800
12. 石油和煤製品	163097.000	168563.238	173212.220	173265.331
13. 橡膠業	45962.000	45132.700	46257.500	46295.096
14. 塑膠業	312423.000	314326.871	312641.939	312956.201
15. 其他非金屬礦物製品	148423.000	119467.317	116273.418	116243.542
16. 基本金屬	388703.000	393192.934	388813.589	387996.322
17. 金屬製品	237707.000	239552.872	238182.140	238188.860
18. 機械業	190419.000	190221.079	190033.223	190018.924
19. 電機業	785255.000	784398.375	785376.881	785292.691
20. 運輸工具	304668.000	316495.325	301359.246	301695.777
21. 精密機械	51758.000	51375.148	51855.049	51782.024
22. 雜項製品	154468.000	154584.650	154513.894	154563.374
23. 水電燃氣	205629.000	204245.344	203934.631	204130.428
24. 營造工程	481576.000	499923.536	482744.818	482592.304
25. 商業	670695.000	734794.417	666756.189	689453.862
26. 運輸倉儲業	401770.000	302351.217	435571.775	437714.790
27. 服務業	1680706.000	1692485.700	1675911.803	1674644.058
人力資源配置 (千人)				
專門技術	8258.000	8258.000	8258.000	8258.000
行政主管	588.000	588.000	588.000	588.000
監督行政	83.000	81.848	83.443	83.451
買賣工作	1290.000	1275.084	1300.851	1306.572
服務工作	1220.000	1323.133	1214.729	1251.345
農林漁牧人員	746.000	771.057	744.293	753.439
生產作業員	1055.000	988.304	1043.883	989.791
	3276.000	3230.575	3282.802	3285.402
能源需求 (10 ⁹ 千卡)				
煤	282942.790	263561.211	282942.790	282942.790
煤炭	59407.890	56227.540	55439.441	55381.243
焦炭	29835.990	26326.680	25871.122	25874.761
低煤與煤氣	29571.900	29900.860	29568.319	29506.483
油	148953.590	132865.089	153381.361	153295.947
液化石油氣	14179.910	14017.557	13997.076	14023.876
汽油	38517.850	29411.640	41615.546	41810.733
柴油	35310.590	29418.376	37051.494	36825.058
燃料油	57446.960	56668.143	57164.359	57074.223
其它油品	3498.280	3349.373	3552.886	3562.057
天然氣	8363.980	8251.251	8082.002	8119.914
電力	66217.330	66217.330	66039.985	66145.685

資料來源：本研究。

表9 狀況解—B

目標值	$\lambda = 0.25$ $\lambda = 0.5$ $\lambda = 0.75$			
	基準解	模擬值	模擬值	模擬值
所得(百萬元)	3939207.000	3940339.666	3939301.169	3933507.703
能源(10^9 千卡)	282942.790	276345.539	269748.288	263151.037
污染(千公噸)	107655.952	105687.379	103761.210	101485.419
部門產出(百萬元)				
1. 農業	369467.000	366240.458	346119.229	345888.747
2. 礦業	46592.000	46564.693	46563.209	45125.230
3. 食品業	397494.000	397394.787	393202.262	392894.007
4. 飲料和煙草	104262.000	114688.200	114688.200	114688.200
5. 紡織業	369575.000	369571.549	369584.414	369578.361
6. 成衣和服飾	149213.000	149220.462	149290.864	149398.627
7. 皮革毛皮及其製品	79723.000	79707.799	79686.893	79689.066
8. 木材與木製品	110896.000	110947.164	111061.607	111701.847
9. 造紙和印刷	202776.000	203375.651	204052.859	203234.188
10. 化工原料	389813.000	391686.227	394838.725	401151.528
11. 化學製品	115498.000	111818.395	106170.410	99642.309
12. 石油和煤製品	163097.000	163186.016	163152.777	169728.643
13. 橡膠業	45962.000	45581.044	45235.474	45112.017
14. 塑膠業	312423.000	312828.592	313402.357	313895.986
15. 其他非金屬礦物製品	148423.000	148431.163	148447.863	123543.089
16. 基本金屬	388703.000	387584.510	386998.834	386013.114
17. 金屬製品	237707.000	238565.090	238704.230	239223.604
18. 機械業	190419.000	190433.170	190373.436	190061.173
19. 電機業	785255.000	784973.040	784685.197	784461.141
20. 運輸工具	304668.000	309560.033	314689.015	316471.210
21. 精密機械	51758.000	51597.690	51440.606	51346.921
22. 雜項製品	154468.000	154526.256	154585.296	154553.189
23. 水電燃氣	205629.000	205539.432	205710.711	204362.181
24. 營造工程	481576.000	481368.283	481587.567	499188.720
25. 商業	670695.000	691382.162	733177.652	736891.125
26. 運輸倉儲業	401770.000	357819.335	316255.856	302128.184
27. 服務業	1680706.000	1686897.562	1692280.345	1694700.206
人力資源配置(千人)	8258.000	8258.000	8258.000	8258.000
專門技術	588.000	588.000	588.000	588.000
行政主管	83.000	82.389	81.755	81.482
監督行政	1290.000	1281.243	1277.015	1273.386
買賣工作	1220.000	1252.729	1319.343	1324.722
服務工作	746.000	754.326	771.139	772.384
農林漁牧人員	1055.000	1045.832	988.594	987.942
生產作業員	3276.000	3253.481	3232.153	3230.085
能源需求(10^9 千卡)	282942.790	276345.539	269748.288	263151.037
煤	59407.890	59355.654	59363.115	56308.580
煤炭	29835.990	29868.269	29919.968	26949.283
焦煤與煤氣	29571.900	29487.385	29443.147	29359.297
油	148953.590	142378.855	135712.692	133068.031
液化石油氣	14179.910	14177.160	14197.875	14034.610
汽油	38517.850	34492.814	30684.578	29390.701
柴油	35310.590	32836.556	30184.057	29379.573
燃料油	57446.960	57440.892	57271.677	56910.780
其它油品	3498.280	3431.433	3374.504	3352.366
天然氣	8363.980	8393.701	8455.152	8242.203
電力	66217.330	66217.330	66217.330	65532.224

資料來源：本研究。

表10 狀況解—C

	基準解	$\lambda = 0.25$ 模擬值	$\lambda = 0.5$ 模擬值	$\lambda = 0.75$ 模擬值
目標值				
所得(百萬元)	3939207.000	3942227.341	3939687.670	3934771.962
能源(10^9 千卡)	282942.790	278729.909	271631.694	264276.708
污染(千公噸)	107655.952	105331.450	103666.136	101766.724
部門產出(百萬元)				
1. 農業	369467.000	365825.360	346215.010	345907.981
2. 礦業	46592.000	43995.075	44823.711	44896.679
3. 食品業	397494.000	397192.619	393361.473	392910.730
4. 飲料和煙草	104262.000	114688.200	114688.200	114688.200
5. 紡織業	369575.000	369578.287	369614.230	369579.624
6. 成衣和服飾	149213.000	149022.136	148969.702	149413.246
7. 皮革毛皮及其製品	79723.000	79722.265	79683.914	79692.206
8. 木材與木製品	110896.000	111676.529	111682.225	111790.312
9. 造紙和印刷	202776.000	202291.920	203316.885	203040.105
10. 化工原料	389813.000	388924.962	386670.757	401604.457
11. 化學製品	115498.000	127047.800	127047.800	99619.222
12. 石油和煤製品	163097.000	174497.815	171088.965	170777.769
13. 橡膠業	45962.000	46257.989	45633.316	45219.144
14. 塑膠業	312423.000	313218.719	314029.596	313882.410
15. 其他非金屬礦物製品	148423.000	119626.439	119485.221	119516.192
16. 基本金屬	388703.000	339436.003	386259.047	386052.133
17. 金屬製品	237707.000	238520.452	239298.801	239265.910
18. 機械業	190419.000	189791.699	190104.163	190028.274
19. 電機業	785255.000	785416.620	784614.133	784475.535
20. 運輸工具	304668.000	301327.967	310219.817	315181.549
21. 精密機械	51758.000	51802.737	51569.452	51382.775
22. 雜項製品	154468.000	154453.028	154556.640	154544.941
23. 水電燃氣	205629.000	202344.573	204032.284	204175.011
24. 營建工程	481576.000	504597.726	500498.412	502018.096
25. 商業	670695.000	656230.705	709726.909	731572.793
26. 運輸倉儲業	401770.000	436031.325	360192.487	314308.812
27. 服務業	1680706.000	1676597.707	1684386.539	1692912.836
人力資源配置(千人)	8258.000	8258.000	8258.000	8258.000
專門技術	588.000	588.000	588.000	588.000
行政主管	83.000	83.689	82.632	81.638
監督行政	1290.000	1299.773	1288.446	1276.113
買賣工作	1220.000	1197.930	1283.620	1316.245
服務工作	746.000	740.278	761.201	770.215
農林漁牧人員	1055.000	1044.633	988.853	987.993
生產作業員	3276.000	3303.697	3265.249	3237.795
能源需求(10^9 千卡)	282942.790	278729.909	271631.694	264276.708
煤	59407.890	52040.640	55653.162	55821.502
煤炭	29835.990	26206.535	26276.830	26460.776
焦煤與煤氣	29571.900	25834.105	29376.332	29360.726
油	148953.590	153140.437	141601.050	134817.958
液化石油氣	14179.910	13970.524	14021.168	14010.886
汽油	38517.850	41658.019	34710.170	30506.395
柴油	35310.590	37098.460	32574.636	30047.125
燃料油	57446.960	56867.694	56857.850	56882.690
其它油品	3498.280	3545.741	3437.225	3370.863
天然氣	8363.980	8086.789	8170.499	8201.016
電力	66217.330	65462.043	66206.983	65436.232

資料來源：本研究。

表 11 各種狀況模擬方案之目標值的邊際變動率

	所得	能源	污染
狀況 A			
$\lambda=0.25$	-0.328	-6.850	-5.250
$\lambda=0.5$	+0.001	+0.000	+0.008
$\lambda=0.75$	+0.197	+0.000	+0.010
狀況 B			
$\lambda=0.25$	-0.211	-2.332	-1.239
$\lambda=0.5$	-0.238	-4.663	-3.028
$\lambda=0.75$	-0.385	-6.995	-5.142
狀況 C			
$\lambda=0.25$	-0.163	-1.489	-1.569
$\lambda=0.5$	-0.228	-3.998	-3.116
$\lambda=0.75$	-0.353	-6.597	-4.880

說明：係由狀況解相對於妥協解的變動計算而得。
資料來源：本研究。

表 12 各種模擬狀況產業結構的調整

部門別 \ 指標	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1. 農業	高	低	低	-	-	-	-	-	-
2. 礦業	高	低	低	+	+	+	-	-	+
3. 食品業	低	低	低	-	+	-	-	-	-
4. 飲料和煙草	高	低	低	+	+	+	+	+	+
5. 紡織業	低	低	低	-	-	+	-	-	-
6. 成衣和服飾	低	低	低	-	+	+	+	+	-
7. 皮革毛皮及其製品	低	低	低	+	+	+	-	-	-
8. 木材與木製品	低	低	低	+	+	+	-	+	+
9. 造紙和印刷	低	高	低	+	+	-	-	-	-
10. 化工原料	低	高	高	+	+	-	-	+	-
11. 化學製品	低	高	低	-	-	+	+	-	-
12. 石油和煤製品	低	高	高	+	+	+	-	-	-
13. 橡膠業	低	高	低	-	+	+	+	-	-
14. 塑膠業	低	低	低	+	-	+	-	+	-
15. 其他非金屬礦物製品	低	高	高	-	-	-	-	-	-
16. 基本金屬	低	高	高	-	-	-	-	-	-
17. 金屬製品	低	低	低	+	+	-	-	+	-
18. 機械業	低	低	低	+	+	-	-	-	-
19. 電機業	低	低	低	+	+	+	-	-	-
20. 運輸工具	低	低	低	+	+	+	-	+	+
21. 精密機械	低	低	低	+	+	+	-	-	-
22. 雜項製品	低	低	低	+	+	+	-	-	-
23. 水電燃氣	高	低	高	+	+	-	-	-	+
24. 營造工程	低	低	低	+	+	-	-	+	-
25. 商業	高	低	低	+	+	+	-	+	+
26. 運輸倉儲業	高	高	高	+	-	-	+	-	-
27. 服務業	高	低	低	-	+	+	-	+	-

說明：
 A：附加價值係數 B：直接能源投入係數 C：直接污染排放係數
 D：極大化所得解 E：極小化能源解 F：極小化污染解
 G：調高所得解 H：調低能源解 I：調低污染解
 高：高於平均值 低：低於平均值
 +：產值增加 -：產值減少
 資料來源：本研究。

所謂產業羣是指一羣產業會隨發展目標不同程度的變化作同一趨勢的調整。此在政策上也就涉及到發展目標與產業結構的調整策略(表12)。而三種不同目標限制水準的變化會使得產業產值有不同趨勢的調整，則顯示了產業結構的調整會隨著不同目標限制水準的變化存在不同的調整方向。

產業結構的調整亦影響著人力資源配置的效果。由表8來看，在勞動力的配置方面，最低所得水準的提高(狀況A)，對專門技術人員的需求會呈現匱乏，而行政主管、監督行政、生產作業員的勞動需求會增加，其他職業別的勞動力則增減不一。由表9來看，最高能源消費水準的降低(狀況B)，對專門技術人員的需求也呈現匱乏，而行政主管、監督行政、農林漁牧人員、生產作業員的需求減少，買賣工作、服務工作的需求則增加。由表10來看，最高污染排放水準的降低(狀況C)，得到與狀況B類似的結果。雖然上述狀況的調整不會因產業產值的變動而對不同職業別的勞動力需求有一致性的調整結果，但在各種狀況之下，勞動力的需求皆顯示出相對的匱乏，特別是專門技術人員。這種現象表示勞動力在未來不同發展目標之下將成爲稀有財。在能源需求方面，由表8來看，最低所得水準的提高(狀況A)，會使汽油的需求增加，煤的需求減少，其他能源別的需求增減不一。由表9來看，最高能源消費水準的降低(狀況B)，會使油的需求減少，而電力的需求也會減少。由表10來看，最高污染排放水準的降低(狀況C)，會使汽油、柴油的需求大幅減少，而天然氣的需求會增加。此結果顯示高污染性能源的需求大幅減少，取而代之的是使用低污染性的能源。

五、結論

1. 本研究之特色

(1) 本文採用的規劃方法是整合了Yu (1973)的「妥協規劃法」與Hafkamp (1984)的「互動限制集合法」。採用妥協規劃法所規劃出的解必定是非劣等解，而利用妥協規劃法配合互動限制集合法，即可對

非劣解的變動進行分析，且不會產生無解的現象。

(2) 常見的線性(多目標)規劃-投入產出模式(如張鴻章等, 1981; Hsu, 1985; Hsu et al., 1987; Tzeng et al., 1989), 都隱含了規劃者主觀的設定訊息, 特別是在最終需求的決定(見Hsu, 1985的討論)。本研究應用Bannink et al. (1983)提出的擴大式投入產出架構之觀念, 可將部門產出與最終需求量同時在規劃過程中決定。

(3) 本文採用的研究方法整合了Yu (1973)的「妥協規劃法」、Hafkamp (1984)的「互動限制集合法」, 以及Bannink et al. (1983)提出的「擴大式投入產出架構」之觀念, 並以此一特定方法對臺灣1989年現況資料進行實證分析。由於採用此一特定方法和過去文獻的模式架構有所不同, 因此對臺灣現況資料的處理所涵蓋的範圍也就不同。

2. 主要發現與政策涵意

根據本文的分析, 得到下列幾點結論:

(1) 環境品質效益

由本文對臺灣地區1989年現況資料所規劃的非劣解集相互間比較的結果顯示: 所得目標和能源目標, 以及所得目標和污染目標之間存在彼此間的抵換關係。而其彼此的抵換程度, 若以本文9種狀況模擬所計算出的抵換率指標來看, 所得-能源抵換率是介於0.1520 ~ 0.3159之間, 而所得-污染抵換率則介於0.1812 ~ 0.3420之間, 顯示小幅度所得的變動會使能源消費量和污染排放量有較大幅度的變動。上述的結果主要是根據目標之間的償付矩陣所得到的分析結果。若由各種狀況解的目標值之邊際變動率來分析, 當能源目標或環境目標的改善程度愈大, 所得減少的幅度相對較小, 亦可得到相同的結果。此種現象顯示犧牲小幅度的所得將可使能源消費量有較大幅度的減量效果, 同時污染排放量也會有較大幅度的改善; 反之亦然。此一結果, 主要是根據非劣解集相互比較的結果, 若是將非劣解集相對於實際狀況來比較, 可以發現: 多目標的資源規劃方式, 可同時使所得增加、能源投入減少、與污染排放改善。因此, 除非實際現況已達非劣解, 否則可在不犧牲所得的前提下, 使能源投入與污染排放獲得改善。

(2) 環境決策效果

由於極大化所得目標、極小化能源目標及極小化污染目標等三種策略對於產業產值的影響並不一致。因此納入環境與能源的因素，將導致生產部門之間相對生產優勢的變動，並產生選擇性成長(selective growth)的產業策略問題。雖然如此，高附加價值係數的產業在極大化所得時，產值並不一定會增加，同理，高直接能源消費係數的產業或高直接污染排放係數的產業，在極小化能源目標或極小化污染目標時，產值並不一定會減少。此種效果除了受直接係數值的影響之外，尚需視該部門相關產業的產業關聯程度而定。雖然在本文的研究中，產業產值的變動受到了產業之間相互關聯的交互影響而有不同程度的變化，但是有些產業因應目標值不同程度的調整，會有同一趨勢的變動方向，產生了產業羣(industrial blocks)的特徵。在此所謂的產業羣是指一羣產業會隨發展目標的變化作同一趨勢的調整，因此在政策上也涉及發展目標與產業結構的調整策略。由於三種不同目標限制水準的變化會使得產業產值有不同變動趨勢的調整，也顯示了產業結構的調整會隨著不同目標限制水準的變化存在衝突的性質。在人力資源配置方面，三種個別目標最適化規劃的結果皆顯示出勞動力在各種產業間呈現分配殆盡的現象，表示勞動力在不同的發展目標策略之下，都將會呈現匱乏，特別是專門技術人員。此種現象表示勞動力在未來不同發展目標下將成為稀有財。

3. 研究限制與未來研究方向

(1) 模型方面

(1.1) 由於本文係以投入產出模型為基本架構，此一方法之假設，即構成本文研究方法的限制。其他如技術係數固定、資源投入係數固定等，也構成本文研究方法的限制。

(1.2) 而在模型延伸方面，如何將模型保留原先已考慮到的最終需求決定方式，並納入量值混合單位(hybrid-units)的投入產出模型，以避免僅考慮到直接係數所估算的能源消費量，也仍待進一步研究。

(1.3) 此外，如何將各種政策工具(如碳稅、可轉換排放許可證等)

納入模型中加以考慮，並透過價格機能的調整達到政策目標，¹也可進一步加以研究。

(2) 資料方面

(2.1) 由於本文設立的模型所需的資料項目繁多，且為了配合模型對於資料的型態的需求，因此所收集的資料多需進一步處理。這些步驟包括了模型估計、參數調整和資料轉換等等。因此透過這些過程所取得的資料，其可信度也仍待進一步加以確認。雖然目前國內所能提供的相關資料已慢慢增加，但資料的一致性，仍需研究者自行加以調整，譬如說國民所得帳和投入產出表數值上的差異。諸如此此一問題，仍有待進一步建立資料庫以增進可信度。

(2.2) 本文將研究範圍侷限在 CO_2 污染排放物，係將重點放在未來國際社會將會對各個國家的 CO_2 污染排放物進行管制，因此有必要對 CO_2 污染物的影響效果進行評估。惟身為國際社會的一份子，對於可能影響環境變遷的因素仍需加以關注，因此若有足夠的資料，可將研究範圍擴大到其他空氣污染物、水污染、固定廢棄物、毒性物質等污染物，以衡量全面管制對臺灣總體經濟的影響。

(3) 規劃方法方面

本文利用妥協規劃法，並透過互動限制集合法來模擬決策者可能產生的狀況進行分析。未來如何將模擬的各種方案付諸實施，則有賴對決策者實際的偏好結構進行調查。諸如應用分析階層程序法取得決策者對目標權重的設定，或是在有限的資料下應用模糊的多參數規劃法來分析，都是未來值得我們繼續努力研究的課題。

註釋

- 1 目前政策上所面臨的重要課題是臺灣若要符合氣候變化綱要公約之規定，必須於2000年將二氧化碳排放量抑制在1990年排放水準。根據臺灣經濟研究院(1994)的預估，臺灣在2000年二氧化碳排放量將比1990年的排放水準成長約80%，因此臺灣要在短短幾年之間達到國際公約上的

規定，幾乎是不可能，且直接限量管制所造成的衝擊，也非現階段經濟體系所能承受。比較可行的方法是逐年減少二氧化碳排放量成長率，先穩定二氧化碳排放量的成長，再降低二氧化碳的排放水準，惟此論點必須有更多的資料來加以佐證，這也是作者未來將努力的研究課題。

參考資料

陳家榮

1990 《臺灣地區能源投入產出表之編製和應用研究》，能源研究發展基金研究計畫報告(No.791-F1)。經濟部：能源委員會。

張四立

1992 《我國石油工業整體供需規劃模型之建立和應用》。臺北：國立中興大學公共政策研究所。

張鴻章、李高朝、許嘉棟、李繼祥

1981 《能源供給和價格變動對臺灣經濟的影響》。臺北：經濟部能源委員會。

黃肇英、楊任徵、朱育華

1993 〈臺灣地區與能源相關的二氧化碳排放量計算〉，《能源季刊》23(2)：69-82。

楊浩彥、王塗發

1995 〈整合環境-經濟多目標規劃模型之研究-臺灣實證分析〉，《人文及社會科學集刊》7(1)：27-63。臺北：中央研究院中山人文社會科學研究所。

臺灣經濟研究院

1994 《抑制二氧化碳排放課徵碳稅之可行性研究》。台北：經濟部能源委員會。

Bannink, R., C. Broekhof, and P. Nijkamp

1983 "A Programming Approach as a Design for Economic Development Policy," in Lakshmanan, T. R. and P. Nijkamp (eds.), *Systems*

and Models for Energy and Environmental Analysis. London: Gower.

Bergman, L.

1990 "Energy and Environmental Constraints on Growth: A CGE Modeling Approach," *Journal of Policy Modeling* 12: 671-691.

Blitzer, C. R., R. S. Eckaus, and S. Lahiri

1989 "An Economy-Wide Energy Model for Egypt," *MIT Working Paper* (No. 530), Cambridge, MA: The MIT Press.

Blitzer, C. R., R. S. Eckaus, S. Lahiri, and A. Meeraus

1990a "A General Equilibrium Analysis of the Effects of Carbon Emission Restrictions on Economic Growth in a Development Country," *MIT Working Paper* (No. 558), Cambridge, MA: The MIT Press.

1990b "The Potential for Reducing Carbon Emissions from Increased Efficiency: A General Equilibrium," *MIT Working Paper* (No. 559), Cambridge, MA: The MIT Press.

1991 "Growth and Welfare Losses from Carbon Emissions Restrictions: A General Equilibrium for Egypt," *MIT Working Paper* (No. 600), Cambridge, MA: The MIT Press.

Chenery, H. and P. G. Clark

1959 *Interindustry Economics*. New York: John Wiley & Sons.

Cohon, J. L.

1978 *Multiobjective Programming and Planning*. London: Academic Press.

Coupé, B. E. M. G.

1976 *Regional Economic Structure and Environmental Pollution*. Hague: Martinus Nijhoof.

Dervis, K., J. De Melo, and S. Robinson

1982 *General Equilibrium Models for Development Policy*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.

Despontin, M., P. Nijkamp, and J. Spronk

- 1984 "Conflict Analysis in Macroeconomic Planning Models," in M. Despontin, P. Nijkamp, and J. Spronk (eds.), *Macro-Economic Planning with Conflicting Goals*. Berlin: Springer.

Ghosh, P.

- 1990 "Simulating 'Greenhouse Gases' Emissions Due to Energy Use by a Computable General Equilibrium Model of a National Economy," Ph. D. Dissertation, Pittsburgh: University of Carnegie Mellon.

Hafkamp, W. A. and P. Nijkamp

- 1982 "An integrated Interregional Model for Pollution Control," in T. R. Lakshmanan and P. Nijkamp (eds.), *Economic Environmental Interactions Modelling and Policy Analysis*. Boston: Martinus Nijhoff.

Hafkamp, W. A.

- 1984 *Economic-Environmental Modelling in A National-Regional System*. Amsterdam: North-Holland.

Hordijk, L., H. M. A. Jansen, A. A. Olsthoorn, J. B. Opschoor, H. F. M. Reijnder, J. H. A. Stapel, and J. B. Vos

- 1983 "Economic Structure and the Environment: Production, Pollution and Energy Consumption in the Netherlands, 1973/1985," in T. R. Lakshmanan and P. Nijkamp (eds.), *Systems and Models for Energy and Environmental Analysis*. London: Gower.

Hsu, G. J. Y.

- 1985 *An Integrated Energy Planning Model for Taiwan: Multi-objective Programming and Input-output Approachs*. Taipei: Chung-Hua Institution for Economic Research.

Hsu, G. J. Y., P. Leung, and C. T. K. Ching

- 1987 "A Multiobjective Programming and Interindustry Model for Energy-Economic Planning in Taiwan," *Energy System and Policy* 11: 185-204.

Lakshmanan, T. R. and P. Nijkamp (eds.)

1983 *Systems and Methods for Energy and Environmental Analysis*.
London: Gower.

Loucks, D. P.

1975 "Planning for Multiple Goals," in C. R. Blitzer, P. Clark, and L. Taylor (eds.), *Economy-Wide Models and Development Planning*. London: Oxford University Press.

Miller, R. E. and P. D. Blair

1985 *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*. New Jersey: Prentice-Hall.

Nijkamp, P.

1977 *Theory and Application of Environmental Economics*. Amsterdam: North-Holland.

1983 "Multidimensional Analysis of Economic-Environmental-Energy Problem: A Survey," in T. R. Lakshmanan and P. Nijkamp (eds.), *Systems and Models for Energy and Environmental Analysis*. London: Gower.

1986 "Equity and Efficiency in Environmental Policy Analysis: Separability Versus Inseparability," in A. Schnaiberg, N. Watts, and K. Zimmermann (eds.), *Distributional Conflicts in Environmental-Resource Policy*. London: Gower.

Nijkamp, P., P. Rietveld, and H. Voogd

1990 *Multicriteria Evaluation in Physical Planning*. Amsterdam: North-Holland.

O'Connor, R., and E. W. Henry

1975 *Input-Output Analysis and Its Application*. London: Charles Griffin.

Schachter, G., A. La Bella, M. Gastaldi, R. Danielis, and D. Campisi

1989 "Conflicting Goals in the Italian Multiregional Economy: A Multi-objective Compromise Analysis," Paper Presented at Ninth Inter-

national Conference on Input-Output Techniques, Keszthely.

Schumann, J.

- 1989 "On Some Basic Issues of Input-Output Economics: Technical Structure, Price, Imputations, Applied General Equilibrium," Paper Presented at Ninth International Conference on Input-Output Techniques, Keszthely.

Tzeng, Gwo-hsiung, Chien-yuan Lin, Junn-yuan Teng, and Sheng-hsiung Tsaur

- 1989 "Multiobjective Optimal Strategies for Energy System and Ecological Environment in Taiwan," *Energy Quarterly* XIX: 106-124.

Wallis, K. F.

- 1967 "Lagged Dependent Variables and Serially Correlated Errors: A Reappraisal of Three-Pass Least Squares," *The Review of Economics and Statistics* 49: 555-567.

World Commission of Environment and Development(WCED)

- 1987 *Our Common Future (The 'Brundtland Report')*. New York: Oxford University Press.

Yu, P. L.

- 1973 "A Class of Solution of Group Decision Problems," *Management Science* 14: 319-376.

Zeleny, M.

- 1982 *Multiple Criteria Decision Making*. Amsterdam: North-Holland.

Zhu, M.

- 1992 "A Multiple Objective Approach to Evaluate Economic and Environmental Impacts of Agricultural Management System from a Sustainable Development Perspective," Ph. D. Dissertation, Blacksburg: Virginia Polytechnic Institute and State University.

Economic-Environmental-Energy Interactions in Taiwan

Hao-yen Yang To-far Wang

Abstract

In this paper, a multi-objective multi-sector programming model is constructed and is applied to analyze the interactions of economic-environmental-energy policy issues in Taiwan. The interactive compromise programming approach and simulation technique are applied to investigate the effects of economic-environmental-energy interactions on industrial production, employment and resources allocation. Empirical results basing on Taiwan's data in 1989 are discussed and some comments on the limitations of the analysis and suggestions for further work are included.