

集水區經營效益的評價—生產函數法之應用

鄭欽龍*

(收件日期：民國84年1月19日、接受日期：民國84年2月17日)

【摘要】集水區經營增加可用水量的經濟效益，可利用生產函數法，建立適當的分析模型加以評價。在應用上，本研究採取六項多用水製造業的工商普查資料。首先，估計其Cobb-Douglas生產函數，再估算出各製造業用水的影子價格，其平均值為新臺幣21.56元。經與其他研究比較，顯示本方法有適當的理論架構，而其評價結果亦具可靠性。

【關鍵詞】集水區經營、效益評價、生產函數、水的影子價格。

VALUING THE BENEFIT OF WATERSHED MANAGEMENT — AN APPLICATION OF THE PRODUCTION FUNCTION APPROACH

Chinlong Zheng*

(Received January 19, 1995 ; Accepted February 17, 1995)

【Abstract】A production function approach can be used to value the economic benefit of increasing the available water supply by watershed management. This study utilizes data on six water-intensive industries obtained from a 1986 business survey. The Cobb-Douglas production functions of these industries are estimated first; their shadow prices for water are then calculated. The mean value of these prices is 21.56 NT dollars. Comparison with other studies shows this proposed approach has a sound theoretical framework and yields a reliable application result.

【Key words】Watershed management, Benefit valuation, Production function, Shadow price of water.

I、前言

由於用水需求的增加，具有保護水源增加可用水量功能的集水區經營，在臺灣森林資源管理上扮演日益重要的角色。森林對於集水區有顯著的效益，森林可以避免集水區土壤裸露，使地表雨水滲入地下，減少地表逕流的沖蝕，降低含沙量，改善水質，同時又將水份儲存於地層，調節出水時間，增加可被利用的水量。在進行集水區經營規劃時，對於增加之水量以及水的價格的評估至為必要，猶如在傳統林業經營必

* 中華經濟研究院研究員。

Research Fellow, Chung-Hua Institution for Economic Research.

須事先評估木材生產林所生產之林木蓄積和立木的價格，方能有效率的達成經營目標（Gregersen *et al.*, 1987）。

傳統森林評價 (valuation) 對於立木價格之計算，一般係以殘值法 (residual value approach) 將鄰近木材市場之木材市價扣除從立木所在之林地至該市場所需之採伐、集材、運輸和營銷之成本而估算出立木價格。但在評估集水區所增加之可用水量的價格時，因多數用水未必有消費市場存在，如部分用戶係直接從河川或地下水源取水，故無法用市價以殘值法估計水源供水的價格。此外，部分用水雖由自來水廠收費供給，但因自來水為公用事業，自來水價受到管制並不能反映其實際價值。在缺乏適當的市場價格時，社會成本效益分析 (social cost benefit analysis) 一般都以影子價格 (shadow price) 代替市價（Gregersen *et al.*, 1987; Gittinger, 1982）。

眾所週知，水廣泛用於農、礦、工、商等經濟生產活動中，被做為灌溉、洗滌、鍋爐、冷卻以及製程添加之用，因此吾人可視水為生產要素 (input factor) 之一。其他的生產要素包括勞力、土地、廠房設備、原料以及能源等。臺灣的水資源利用，農業用水占77%，生活用水占14%，工業用水占9%（經濟部水資會，1994）。近年農業成長停滯，農業用水漸少；相反的，工業用水則呈不足，尤其以南部地區在旱季時更為嚴重。近幾年來新建之水利計畫主要為增加工業用水和家庭用水。因此，本文在應用上，係針對製造業用水的影子價格加以評估。

依據經濟學的廠商生產理論，廠商在追求生產成本最小化的動機以及既有的生產技術下，各種生產要素的邊際生產力與其價格的比值應均為相等（Varian, 1992）。本文的目的首先在應用生產函數發展出估算廠商用水的影子價格的評價方法。其次，利用工商普查所得到之廠商生產資料，推估出主要用水製造業的生產函數，再進一步算出製造業用水的影子價格。然後，將此評價結果與其他相關研究比較，用來驗證本研究方法在應用上是否可靠。從本研究之實際比較結果顯示，本方法應屬可靠。誠如，森林評價在森林資源管理規劃上的重要性，水的效益評估在集水區經營上亦有其必要性，而本研究所發展之評價方法不失為一項可用之工具。

II、文獻回顧

集水區經營的效益在森林資源管理上素受重視，國內在此一方面的研究文獻大多為探討集水區植被、坡度、土壤型態、土地利用或森林作業方式對於水質和水量的影響，進而分析集水區經營在改善水質及增加儲水的實體 (physical) 效益（陳信雄，1993、1984）。國內對於改善水質和增加水量效益的評價研究尚在起步階段，目前相關文獻不多，大抵可依 Gregersen 等人（1987）的分類，將國內有關研究的評價方法分為市場價格法、替代市場價格 (surrogate market prices) 法以及使用者調查 (user surveys) 法三大類。

市場價格法係以市場價格如自來水價或水庫開發成本作為評價增加水量效益的基礎。林務局（1985）以興建翡翠水庫的費用評價該水庫涵養水源效益。任憶安等（1988）則以10座水庫每立方公尺水量的平均開發工程費來評價森林資源的水源涵養效益。以水庫開發成本做為效益的評價，須事先假設此一成本等於其效益，否則其效益評價有高估或低估的可能。

使用者調查法一般係以假設條件評估法 (contingent valuation method) 利用面談或問卷向受訪者詢問其願意支付 (willingness to pay)。李慶餘 (1982) 利用此法調查用水家庭對於公共給水計畫的願付價格。劉錦添 (1990) 利用封閉式假設市場評估法以大臺北地區居民為調查對象，評估淡水河水質改善的經濟效益。

替代市場價格法係以用水來生產的產品的市場價格間接算出水的影子價格或願付價格。Hexem和Heady (1978) 利用穀物產出與灌溉和其他生產要素投入之間的關係，建立計量的生產函數，再分析灌溉用水的影子價格。黃宗煌 (1987) 應用生產函數評估臺灣養蝦業使用地下水的影子價格。此外，數學規則法亦可被應用於評估水的影子價格。Burt (1964) 首先應用線性規劃法，分析農戶在一定的經營預算下，如何將預算分配在灌溉用水及其他生產要素而達成利潤最大化的目標，再藉此評估灌溉用水的影子價格。Young和Gray (1985) 應用線性規劃法配合產業關聯模型來評價區域供水計畫的經營效益。鄭欽龍 (1994) 也應用線性規劃法配合臺灣地區22部門的產業關聯模型，分析供水不足時國內生產毛額的損失，再由損失值與用水短缺量的比數，估算出每單位用水量的經濟價值。

III、研究方法

(I) 生產函數

本研究首先假設廠商的生產函數型態為Cobb-Douglas型，廠商的產出 (output) 為其所使用之固定資本財 (包括土地、廠房及設備)、勞力、原料、能源和水等生產要素使用量的函數。在短期(short run) 情況下 (註一)，固定資本財受時間限制無法調整使用量，故短期生產函數中可不包括固定資本財。此一短期之Cobb-Douglas生產函數可用下式表示：

$$Y = AL^{\alpha} M^{\beta} E^{\gamma} W^{\delta} \dots \dots \dots (1)$$

其中，Y為產出量，A為常數項，L、M、E、W各分別為勞力、原料、能源和水的使用量，而 α 、 β 、 γ 、 δ 各為上述四項生產要素對應之參數。令 $\alpha + \beta + \gamma + \delta = \epsilon$ ，而 ϵ 之經濟意義為規模彈性(elasticity of scale)。若 $\epsilon = 1$ 表示固定規模報酬，即所有生產要素都增加 (或減少)k倍時，產出亦增加 (或減少) k倍。若 $\epsilon > 1$ 表示遞增之規模報酬，即所有生產要素都增加k倍時，產出之增加大於k倍。反之， $\epsilon < 1$ 表示遞減的規模報酬，即所有生產要素增加k倍時，產出之增加小於k倍。

廠商的生產成本為各項生產要素使用量乘以其價格的總和，其數學式如下：

$$C = C_1 L + C_m M + C_e E + C_w W \dots \dots \dots (2)$$

其中，C為生產成本， C_1 、 C_m 、 C_e 以及 C_w 分別為勞力、原料、能源以及水的價格，其價格水準係由生產要素市場所決定，不受任一廠商使用量的影響。若廠商欲有某一定量之產出，在追求最小成本的動機下，其行為模式可如下式表示：

註一：本研究的資料來源是1986年工商普查報告，調查對象是該一年度內所有的廠商，因此在時間上可視為短期。

$$\text{Min } C = C_l L + C_m M + C_e E + C_w W$$

$$\text{s.t. } Y = A L^\alpha M^\beta E^\gamma W^\delta \quad \dots \dots \dots (3)$$

上式可改寫成 Lagrangian 函數如下：

$$\xi = C_l L + C_m M + C_e E + C_w W + \lambda (Y - A L^\alpha M^\beta E^\gamma W^\delta) \quad \dots \dots \dots (4)$$

其中 λ 為 Lagrangian 乘數 (multiplier)。

為求最小成本，可將上述 Lagrangian 函數對勞力 L 偏微分，即 $\partial \xi / \partial L$ 再令其為零，其餘生產要素 M 、 E 、 W 以及 λ 亦同，故可改寫成：

$$\frac{\partial \xi}{\partial L} = C_l - \lambda A \alpha L^{\alpha-1} M^\beta E^\gamma W^\delta = C_l - \lambda \alpha (Y/M) = 0 \quad \dots \dots \dots (5.1)$$

同理可得

$$\frac{\partial \xi}{\partial M} = C_m - \lambda \beta (Y/M) = 0 \quad \dots \dots \dots (5.2)$$

$$\frac{\partial \xi}{\partial E} = C_e - \lambda \gamma (Y/E) = 0 \quad \dots \dots \dots (5.3)$$

$$\frac{\partial \xi}{\partial W} = C_w - \lambda \delta (Y/W) = 0 \quad \dots \dots \dots (5.4)$$

以及

$$\frac{\partial \xi}{\partial \lambda} = Y - A L^\alpha M^\beta E^\gamma W^\delta = 0 \quad \dots \dots \dots (5.5)$$

式(5.5)即限制條件 $Y = A L^\alpha M^\beta E^\gamma W^\delta$ 。整理式(5.1)至式(5.4)，可得

$$\frac{C_l}{\alpha(Y/L)} = \frac{C_m}{\beta(Y/M)} = \frac{C_e}{\gamma(Y/E)} = \frac{C_w}{\delta(Y/W)} = \lambda \quad \dots \dots \dots (6)$$

因勞力之邊際生產力為 $\partial Y / \partial L = A^\alpha L^{\alpha-1} M^\beta E^\gamma W^\delta = \alpha(Y/L)$ ，故式(5.1)亦可將分母以勞力之邊際生產力表示而改寫成： $C_l / (\partial Y / \partial L) = \lambda$ ；同理式(5.2)、式(5.3)和式(5.4)亦可改寫同一型式，所以式(6)可改寫如下：

$$\frac{C_l}{\partial Y / \partial L} = \frac{C_m}{\partial Y / \partial M} = \frac{C_e}{\partial Y / \partial E} = \frac{C_w}{\partial Y / \partial W} = \lambda \quad \dots \dots \dots (7)$$

式(6)和式(7)皆表示廠商的生產成本最小化時，各生產要素的價格與其邊際生產力的比值應均相等，且等於 Lagrangian 乘數 λ 。

(II) 生產要素需求函數

由式(6)可以求出生產成本最小化時的生產要素需求函數。要導出勞力的需求函數時先透過式(6)分別將原料、能源和水以勞力和生產要素價格表示，即

$$M = \left(\frac{\beta Cl}{\alpha C_m} \right) L, E = \left(\frac{\gamma Cl}{\alpha C_e} \right) L, W = \left(\frac{\delta Cl}{\alpha C_w} \right) L, \quad ,$$

再將之代入式(1)而得到廠商生產成本最小化時的勞力需求函數如下：

$$L^* = \left[\frac{Y}{A} \left(\frac{\alpha C_m}{\beta Cl} \right)^\beta \left(\frac{\alpha C_e}{\gamma Cl} \right)^\gamma \left(\frac{\alpha C_w}{\delta Cl} \right)^\delta \right]^{1/\epsilon} \quad \dots \dots \dots (7.1)$$

其中， ϵ 為前文所說之規模彈性。

同理，吾人亦可導出廠商生產成本最小化時之原料、能源以及水等生產要素的需求函數各分別如下：

$$M^* = \left[\frac{Y}{A} \left(\frac{\beta Cl}{\alpha C_m} \right)^\alpha \left(\frac{\beta C_e}{\gamma C_m} \right)^\gamma \left(\frac{\beta C_w}{\delta C_m} \right)^\delta \right]^{1/\epsilon} \quad \dots \dots \dots (7.2)$$

$$E^* = \left[\frac{Y}{A} \left(\frac{\gamma Cl}{\alpha C_e} \right)^\alpha \left(\frac{\gamma C_m}{\beta C_e} \right)^\beta \left(\frac{\gamma C_w}{\delta C_e} \right)^\delta \right]^{1/\epsilon} \quad \dots \dots \dots (7.3)$$

$$W^* = \left[\frac{Y}{A} \left(\frac{\delta Cl}{\alpha C_w} \right)^\alpha \left(\frac{\delta C_m}{\beta C_w} \right)^\beta \left(\frac{\delta C_e}{\gamma C_w} \right)^\gamma \right]^{1/\epsilon} \quad \dots \dots \dots (7.4)$$

(III) 成本份額 (cost share)

由式(7.1)至式(7.4)可見，各生產要素的需求為產出以及所有生產要素價格的函數。同時，生產成本最小化的成本函數 C^* 為最小成本時的最適生產要素需求量，即 L^* 、 M^* 、 E^* 和 W^* 乘以其價格的總和，故將式(7.1)至式(7.4)帶入可以得到最小生產成本 C 的函數如下：

$$\begin{aligned} C^* &= ClL^* + C_m M^* + C_e E^* + C_w W^* \\ &= \left(\frac{\epsilon}{\alpha} \right) \left[\frac{Y}{A} \left(\frac{\alpha}{\beta} \right)^\beta \left(\frac{\alpha}{\gamma} \right)^\gamma \left(\frac{\alpha}{\delta} \right)^\delta Cl^\alpha C_m^\beta C_e^\gamma C_w^\delta \right]^{1/\epsilon} \quad \dots \dots \dots (8) \end{aligned}$$

另外，在生產成本最小化時，最適的勞力成本等於勞力價格乘以最適勞力需求量，即 ClL^* ，將 L^* 以式(7.1)帶入，並經整理可得最適勞力成本如下：

$$ClL^* = \left[\frac{Y}{A} \left(\frac{\alpha}{\beta} \right)^\beta \left(\frac{\alpha}{\gamma} \right)^\gamma \left(\frac{\alpha}{\delta} \right)^\delta Cl^\alpha C_m^\beta C_e^\gamma C_w^\delta \right]^{1/\epsilon} \quad \dots \dots \dots (9)$$

因此，將式(9)除以式(8)，吾人可得知最適勞力成本占最小化生產成本的份額 S_L 為：

$$S_l = C_{lL}^* / C^* = \alpha / \varepsilon \quad \dots \dots \dots (9.1)$$

同理，原料成本、能源成本和用水成本所占最小化生產成本的份額 S_m 、 S_e 、 S_w 各分別如下：

$$S_m = C_{mE}^* / C^* = \beta / \varepsilon \quad \dots \dots \dots (9.2)$$

$$S_e = C_{eE}^* / C^* = \gamma / \varepsilon \quad \dots \dots \dots (9.3)$$

$$S_w = C_{wE}^* / C^* = \delta / \varepsilon \quad \dots \dots \dots (9.4)$$

從式(9.1)至式(9.4)可知，各生產要素的成本份額的總和等於1，因為 $S_l + S_m + S_e + S_w = (\alpha + \beta + \gamma + \delta) / \varepsilon = 1$ 。

在實際應用上，各生產要素的成本份額可以利用Cobb-Douglas生產函數加以測定。若將式(1)兩邊都取自然對數（以 $\ln$ 表示），則式(1)可改寫成雙對數式如下：

$$\ln Y = \ln A + \alpha \ln L + \beta \ln M + \gamma \ln E + \delta \ln W \quad \dots \dots \dots (10)$$

式(10)便於利用多元迴歸法以其迴歸係數推估 α 、 β 、 γ 和 δ ，再進而估算出各生產要素成本的份額。

(IV) 水的影子價格之估算

在未知水價的狀況下，吾人可藉由其他已知的生產要素成本及由迴歸法推估之成本份額估計出最小化的生產成本，再將其乘以用水成本份額推算出用水成本，此用水成本除以用水量即可估算出水的影子價格。若以已知勞力使用量、工資及用水量為例，則水的影子價格可以下式估算之。

$$C_w = \left(\frac{C_{lL}}{S_l} \right) S_w / W \quad \dots \dots \dots (11)$$

式(11)等號右邊的括弧項係用勞力成本 C_{lL} 除以勞力成本份額 S_l ，估得之生產成本，再將生產成本乘以用水成本份額 S_w 可得用水成本，再將用水成本除以用水量 W ，即算出單位用水的影子水價 C_w 。

(V) 圖解說明

本節以上所述，可用圖1加以表示。為使圖形簡化為二維空間，此處只討論勞力和水兩項生產要素，另二項生產要素，原料及能源設為固定。圖1之 $Y_0(L, W)$ 表示產量為 Y_0 之等產量曲線，即 $Y_0 = A L^\alpha W^\delta$ ，且 $\alpha + \delta = \varepsilon$ 。因在等產量曲線上，故其全微分 $dY_0 = 0$ ，所以

$$dY_0 = \left(\frac{\partial Y}{\partial L} \right) dL + \left(\frac{\partial Y}{\partial W} \right) dW = \left(\frac{\alpha Y}{L} \right) dL + \left(\frac{\delta Y}{W} \right) dW = 0$$

故可得此等產量曲線之斜率 $-dL/dW$ 如下：

$$-\frac{dL}{dW} = \frac{L/\alpha}{W/\delta} = \frac{L/(\alpha/\varepsilon)}{W/(\delta/\varepsilon)} = \frac{L/S_l}{W/S_w}$$

同時，如圖1所示，等成本線： $C = C_l L + C_w W$ 可改寫成斜率式如下： $L = (C/C_l) - (C_w/C_l)W$ ，其斜率為 C_w/C_l ；然而此斜率亦可改寫如下：

$$\frac{C_w}{C_l} = \frac{C^*/C_l}{C^*/C_w} = \frac{L^*/S_l}{W^*/S_w}$$

上式之 C^* 表示最小化生產成本， L^* 及 W^* 分別表示最適之勞力和水的需求量，而其產量以圖上之 Y_0 (L^*, W^*)表示之。因等成本線與等產量曲線相切於 $Y_0(L^*, W^*)$ 點，故等產量曲線在 $Y_0(L^*, W^*)$ 點其斜率等於等成本線之斜率，即

$$\frac{L^*/S_l}{W^*/S_w} = \frac{C_w}{C_l} = \frac{L/S_l}{W/S_w}$$

由上式可證明 $Y_0(L^*, W^*)$ 點為等產量曲線上生產成本最小化的點。由圖1觀之，亦可證明除 $Y_0(L^*, W^*)$ 點以外，等產量曲線上的其他點之生產成本都大於 $Y_0(L^*, W^*)$ 點。

另外，吾人從圖1也可以知道，若廠商追求生產成本最小化，則其既已使用之勞力和用水量即為最適量 L^* 和 W^* ，而等產量曲線上 $Y_0(L^*, W^*)$ 點的斜率等於水和工資的價格比值 (C_w/C_l)，所以若已知工資即可藉此價格比值而推估出影子水價。

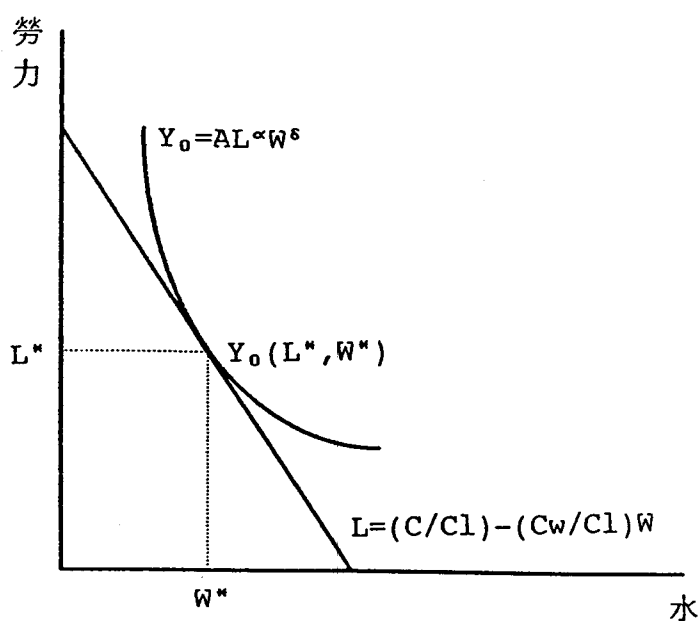


圖1 勞力與水的最適投入組合

Fig.1 Optimal input combination of labor and water

IV、製造業用水影子價格之評估

(I) 資料來源

在應用上，本文係針對用水量占製造業總用水量5%以上的主要用水製造業加以評估。這些用水量多的製造產業包括造紙及紙製品業、食品業和紡織業等三項民生輕工業，其用水量占製造業總用水量的比例分

表 1 1986年臺灣製造業用水量

Table 1 Water consumption of Taiwan's industries in 1986

製 造 業 別	用 水 量 (千立方公尺)	百分比 (%)	累 計 百分比 (%)
造紙及紙製品業	220,059	19.16	19.16
化學材料業	208,353	18.14	37.30
食品業	181,567	15.81	53.11
紡織業	136,838	11.92	65.03
非金屬礦物製品業	82,644	7.20	72.23
金屬基本工業	62,950	5.48	77.71
石油及煤製品業	45,538	3.97	81.68
電力及電子機械業	41,169	3.59	85.27
塑膠製品業	38,479	3.35	88.62
飲料及菸草業	25,799	2.25	90.87
金屬製品製造業	23,332	2.03	92.90
運輸工具製造業	17,679	1.54	94.44
化學製品業	13,317	1.16	95.60
橡膠製品業	9,610	0.84	96.44
木材及家具業	7,652	0.67	97.11
皮革、毛衣業	7,059	0.61	97.72
成衣及服飾品業	3,477	0.30	98.02
機械設備製品修配業	3,337	0.29	98.31
印刷業	2,186	0.19	98.50
精密器械製造業	1,975	0.17	98.67
雜項製造業	15,229	1.33	100.00
合 計	1,148,250	100.00	100.00

資料來源：整理自行政院主計處1986年工商普查資料。

別為19.16%、15.81%和11.92%；以及包括化學材料業、非金屬礦物製品和金屬基本工業等三項重化工業，其用水的比例分別為18.14%、7.2%和5.48%。以上六項主要用水製造業合計的用水量占製造業總用水量的77.71%。其他15項製造業用水量合計只占22.29%，個別產業都少於4%，有8項製造業介於1%至4%之間，有7項少於1%。表1為1986年臺灣製造業用水量的統計。

就集水區規劃而言，這15項製造業的重要性相對較低。同時，因為其水量不多，在應用生產函數推估其用水成本份額時，此份額甚小故其迴歸係數易呈統計上不顯著，而影響水的影子價格評估的有效性。基於前述二理由，本研究在應用上只就以上六項多用水製造業進行評估。

本研究的實證資料係取自1986年臺灣地區23縣市之工商普查報告，此為最近一期有效之資料來源，蓋因1991年之工商普查未調查製造業的用水量，故無法引用。配合前節之式(10)之生產函數，本研究將各縣市工商普查報告中造紙及紙製品業等六項多用水製造業之產出（Y）、工資（C_{IL}）、原料費用（C_{mM}）、電力及燃料能源費用（C_{eE}）以及用水量（W）等普查資料帶入，應用最小平方方法（OLS）進行多元迴歸分析。以上普查資料除用水量係以物理量計算以外，其他之產出、勞力、原料以及能源皆以貨幣單位計算，故可視這些產出和生產要素的價格為單位元（unit price），即視C_I、C_m和C_e都為1。

（II）生產函數之推估

表2所列係依據式(10)應用最小平方方法估計之六項多用水製造業Cobb-Douglas生產函數的迴歸係數及其統計值。茲分別說明其意義如下：

首先就Cobb-Douglas生產函數的配適程度來論，六項製造業的F統計檢定都呈極顯著，同時，六項製造業配適Cobb-Douglas生產函數所得之判定係數R²值都超過0.92，介於0.9254至0.9932之間，顯示Cobb-Douglas生產函數模型具有92%以上的解釋能力。

其次，六項製造業Cobb-Douglas生產函數的推估係數 α 、 β 、 γ 和 δ 都大於零，此與理論預期值符合。因為由式（9.1）至式（9.4）可知，這些係數分別表示勞力、原料、能源和用水四項生產要素的成本份額，而成本份額理論上必須大於零，由此可見，這些推估係數大於零，具有經濟上之意義。

第三，除了非金屬礦物製品業以外的五項製造業其規模彈性係數 ϵ ，在以t檢定 $\epsilon = 1$ 的假說時都被接受，故設定其 $\epsilon = 1$ ，表示這五項製造業為固定規模報酬。因為 $\epsilon = 1$ ，所以依據式(9.1)至式(9.4)，這五項製造業的生產函數 α 、 β 、 γ 和 δ 即分別為其勞力、原料、能源和用水的成本份額。另外，非金屬礦物製品業的規模彈性係數在10%顯著水準下未通過 $\epsilon = 1$ 的假說檢定，其規模彈性係數為0.9556小於1，故表示此產業為規模報酬遞減。並且非金屬礦物製品業的各項生產要素的成本份額需用生產函數的各項係數再除以0.9556而得之。

第四，吾人亦可就表中之各製造業生產函數與其產業性質加以檢定。造紙及紙製品業、紡織業為民生輕工業，而其勞力成本份額（即 α ）超過7成。非金屬礦物製品業和金屬基本工業為重工業，勞力成本份額低於25%，而原料和能源合計之成本份額超過7成。化學材料業和食品業則介於前述之民生輕工業和重工業之間，勞力成本和原料及能源成本都各占4成餘。

表 2 多用水製造業之Cobb-Douglas生產函數估計

Table 2 The estimation of Cobb-Douglas production functions for water-intensive industries

	造紙及紙製品業	化學材料業	食 品 業	紡 織 業	非金屬礦物 製 品 業	金 屬 基本工業
截 距 項 ($\ln A$)	1.8625 (0.3197)**	1.5020 (0.2306)**	1.1840 (0.4714)*	1.7933 (0.3140)**	1.7533 (0.2811)**	1.2778 (0.3082)**
勞 力 (α)	0.7733 (0.1236)**	0.4602 (0.0914)**	0.4105 (0.1484)*	0.7203 (0.1731)**	0.2286 (0.0626)**	0.2464 (0.1523)
原 料 (β)	0.0937 (0.1696)	0.4034 (0.0995)**	0.4245 (0.1645)*	0.1355 (0.1691)	0.5782 (0.0615)**	0.5958 (0.1604)*
能 源 (γ)	0.0513 (0.0845)	0.0613 (0.0869)	0.0254 (0.1601)	0.0673 (0.0873)	0.1437 (0.0460)**	0.1190 (0.0905)
用 水 (δ)	0.0817 (0.0860)	0.0751 (0.0731)	0.1396 (0.0953)	0.0769 (0.0481)	0.0051 (0.0442)	0.0389 (0.1324)
規模彈性 (ϵ)	1.0000 [1.300]	1.0000 [0.906]	1.0000 [1.354]	1.0000 [1.748]	0.9556 [-2.021] [▽]	1.0000 [-0.828]
F 值	82.683**	435.617**	147.685**	326.819**	806.722**	269.883**
R ²	0.9245	0.9841	0.9524	0.9790	0.9932	0.9746

註：() 內數據為標準差，[] 內數據為檢定假說： $\epsilon = 1$ 之t檢定值。**、*以及[▽]各表示在1%、5%和10%顯著水準下，t檢定為顯著。

第五，除食品業稍高為13%以外，其他五項產業的用水成本份額都在1成以下，與其他生產要素成本比較而論，這是合理的成本範圍。

從以上的討論，吾人認為此六項製造業的Cobb-Douglas生產函數之估計結果應為合理。

(III) 影子水價之估算

影子水價的估計可用表2之生產函數係數，再依據式(11)算出。首先利用表3所列之某一製造業的工資除以其勞力成本份額而估算出其最小化生產成本，其次再乘以用水成本份額算出用水成本，然後以此用水成本除以用水量可得出該製造業每立方公尺用水的影子價格。

表3所列即為六項製造業用水的影子價格之估計值。各項製造業之工資及用水量係取各縣市該產業之平均值。各產業之勞力成本份額(α / ϵ)和用水成本份額(δ / ϵ)，除了非金屬礦物製品業因其規模彈性係數 ϵ 不等於1之外，其餘五項產業之 ϵ 皆等於1，故可直接取自表2所列各產業生產函數之 α 以及 δ 之迴歸係數。非金屬礦物製品業之勞力成本份額以及用水成本份額，則為該產業之 α 和 δ 迴歸係數再除其規模彈性係數0.9556而得之。

表 3 多用水製造業用水的影子價格

Table 3 Shadow prices of water for water-intensive industries

製 造 業 別	工 資 (千元)	勞力成本份額	用 水 量 (立方公尺)	用水成本份額	影 子 水 價 (元/立方公尺)
造紙及紙製品業	478,181	0.7733	10,478,524	0.0817	4.82
化學材料業	695,549	0.4602	9,470,000	0.0751	11.99
食品業	831,044	0.4105	7,894,217	0.1396	35.80
紡織業	2,052,733	0.7203	6,219,500	0.0769	35.24
非金屬礦物製品業	630,832	0.2392	3,592,783	0.0053	3.89
金屬基本工業	681,604	0.2464	2,860,864	0.0389	37.61
平均影子水價	-				21.56

註：此處之工資及用水量係臺灣地區各縣市該產業工資及用水量的平均值。水的影子價格之推算方式如式(11)。勞力成本在實證資料中直接以工資支出表示。

此六項製造業的影子水價視各產業的生產技術條件而異，每立方公尺的價格如表3所示，介於3.89元至37.61元之間。造紙及紙製品業和非金屬礦物製品業的影子水價較低，各分別為每立方公尺4.82元和3.89元。化學材料業為11.99元。另外，食品業、紡織業和金屬基本工業三項產業的影子水價相當接近，每立方公尺各分別為35.80元、35.24元和37.61元。以上六項製造業用水的影子價格平均值為21.56元。

V、研究結果討論

本研究利用生產函數再配合工商普查資料所估計之製造業用水的影子價格，此估計結果，有必要與其他研究比較，才能驗證是否可靠。然而，就吾人所知，國內尚無其他應用同樣方法估計製造業用水價格之研究，故無法直接引援比較。因此本節只以國內已有之不同研究方法及不同研究對象所估計之用水價格的三項研究作為參考比較。以下分別就此三項他人研究加以說明。

首先供參考之研究為黃宗煌（1987）利用生產函數，以臺灣蝦類養殖業為研究對象，所得到之地下水影子價格介於每立方公尺0.018元至65.887元之間，而平均值為14.53元。此平均值約為本研究所估之製造業用水平均影子價格21.56元的三分之二。兩研究之對象產業不同，應是發生差異的主要原因。

第二個相關研究結果係取自任憶安等（1988）調查之水庫每立方公尺水量開發工程費。若水庫開發計畫事先已有詳細之經濟評估，則單位水量開發成本應至少為其單位用水價值之下限。任氏等之調查中原有10座水庫之資料，在此僅採取後期在1984年至1987年四年內完工之五座水庫成本資料加以比較。省略部分資料的理由有二。第一，本研究之資料基期為1986年，所以採較接近時間內完工之水庫資料。第二，1979年第二次石油危機後，物價大幅波動，若用另五座在1979年至1980年完工之水庫成本資料，則比較時易生偏差。

由表4可見，五座1986年左右完工水庫每立方公尺水量開發成本介於7.69元（1986年幣值）和42.98元之間，平均水庫開發成本為每立方公尺24.29元。此一平均開發成本較本研究估計之製造業用水影子價格平均值21.56元高出12.7%。考慮研究對象和方法的不同，此12.7%的差距應屬在合理的範圍之內。

表4 1984年至1987年完工水庫單位水量開發成本

Table 4 Unit construction cost of dams built from 1984 to 1987

水庫名稱	寶山	永和山	鳳山	仁義潭	翡翠	平均成本
完工年度	73	73	73	75	76	-
開發成本 (元/m)	42.96	20.00	7.69	37.72	13.04	24.29

註：資料來源為任億安等(1988)之報告研究。原始資料為1981年幣值，本表係以消費者物價指數調整成1986年幣值。

再其次，根據鄭欽龍（1994）應用1986年臺灣地區包括農、礦、製造、營造、服務和家計等22部門用水量以及產業關聯表，以線性規劃法所估計出在假設供水量不足時之用水經濟價值為每一立方公尺26元（1986年幣值）。此一價值比本研究所得之製造業平均影子水價21.56元高出20.6%，但前者之研究產業範圍較大，包括用水價值較高之服務和家計部門，以及較低之農、礦部門。考慮兩項研究在分析部門的差異和研究方法以及假設條件的不同之下，吾人認為20.6%的差距尚在合理的範圍內。

綜合以上三項他人研究結果的比較，顯示本研究估計製造業用水的影子價值應具可靠性。

VI、結 論

集水區經營日漸重要，如何評估涵養水源增加可用水量之效益，做為經營規劃和決策上之參考，實屬必要。本文首先以生產函數導出在生產成本最小化下的廠商的用水需求函數及用水的影子價格，建立評價用水價值的理論架構。其次，利用工商普查資料估計出六項主要用水製造業用水的影子價格。最後，再將此一估計之結果與他人相關研究加以比較，以確認本研究結果之可靠性。吾人認為從方法論和估計結果之可靠性上而言，本研究所用之生產函數法在評價集水區經營效益上應為一項可用之方法。

VII、參考文獻

- 1.台灣省林務局（1985）森林水源涵養功能及其社會效益的評估，研討報告。
- 2.任億安、王鴻濬、賴柳英（1988）台灣森林對水資源涵養之經濟效益評估 中華林學季刊 21(3): 17~25。

- 3.李慶餘等（1982）烏溪國姓水庫可行性規劃 台灣省水利局。
- 4.陳信雄（1993）不同土地利用對水資源涵養效益之調查研究 中華林學季刊 26(3):41~61。
- 5.陳信雄（1984）森林在水資源涵養效益評估之研究（一） 台大實驗林研究報告151號。
- 6.黃宗煌（1987）台灣蝦類養殖業之外部效果及受水污染之影響的經濟評估 清華大學經濟系，行政院農業委員會補助研究計畫。
- 7.經濟部水資會（1994）台灣地區之水資源。
- 8.鄭欽龍（1991）台灣地區工業用水需求及其經濟價值分析 中華經濟研究院，經濟部水資會委託研究計畫。
- 9.鄭欽龍（1994）水的經濟價值評估—線性規劃法之應用 台大實驗林研究報告 8(2):149~160。
- 10.劉錦添（1990）淡水河水質改善的經濟效益評估—封閉式假設市場評估法之應用 經濟論文 18(2): 99~128。
- 11.Burt, O.R. (1964) Optimal resource use over time with an application to ground water. *Management Science* 11:80-93.
- 12.Colby, B.G. (1989) Estimating the value of water in alternative uses. *Natural Resources Journal* 29:511-527.
- 13.Hexem, R.W. and E. Heady (1978) Water production function for irrigated agriculture. Iowa State Univ. Press.
- 14.Gibbons, D.C. (1986) The economic value of water. Resources for the Future, Inc. Washington D.C.
- 15.Gittinger, J.P. (1982) Economic analysis of agricultural projects. Johns Hopkins Univ. Press.
- 16.Gregersen, H.M. *et. al.* (1987) Guidelines for economic appraisal of watershed management projects. FAO.
- 17.Varian, H.R. (1992) Microeconomic analysis 3rd. ed. New York: Norton Company.
- 18.Young, R.A. and S.L. Gray (1985) Input-output models, economic surplus, and the evaluation of state or regional water plans. *Water Resources Research* 21(12):1819-1823.

