



經濟成本效益 概念探討及 水利工程 分析架構

游景雲／國立臺灣大學土木工程學系 教授、水工試驗所 主任

建設投資帶動經濟成長並提升國民生活品質，公共建設因牽涉到國家資源投入與社會民眾福祉的影響，在資源有限情況下，有賴周延完整的經濟效益評估及財務規劃，以妥適分配國家資源，發揮公共建設計畫效益，達成經濟成長與社會發展目標。公共建設影響範疇涉及多層面向，因此必須針對此些面向進行可行性分析評估。水利工程建設投資，屬公共建設之一環，基於國家發展立場，必須評估其經濟可行性，但由於經費與時間的限制，在執行上經常有所限制，再加上工程人員於財務分析與經濟分析概念間常有混淆，致分析時常有誤用之情形。經濟分析乃是水利工程規劃過程的關鍵要素之一，其不僅可以評估替代計畫的經濟合理性，還可以幫助制定計畫。雖然傳統上經濟分析是由經濟學家進行的，但透過瞭解經濟分析的內涵、概念、方法與工具，也可以使其他參與可行性分析的專業人員、需要進行決策管理人員、以及參與決策的利害關係者瞭解此一程序。

隨著時代演進、水利工程牽涉面向日益廣泛且複雜，經濟分析也相對困難，單一工程項日常帶有多種用途與目的，影響許多不同的利益相關單位，因此嚴謹地進行經濟分析也相對重要。過去筆者曾在 2017 年於會刊發表「水利工程規劃決策評價概念探討成本效益分析、風險分析架構及風險控管」，就水利工程成本效益的相關問題進行討論，本文於先前基礎上，就相關問題及架構的釐清上，再予以著墨，希望可以給讀者於作法上有更明確的瞭解。

成本效益分析基礎、原理與常見問題

成本效益分析基本概念

常見經濟分析方法包括成本效益分析 (Cost-Benefit Analysis, CBA)、經濟衝擊影響分析 (Economic Impact Analysis) 與成本有效性分析 (Cost-Effectiveness Analysis)，成本效益分析、經濟衝擊影響分析及成本有效性分析，概念上有所差異，常有混淆誤用情形，過去有當多探討，在操作時應審慎避免誤用。政策的評估通常採用成本效益分析，相關法規規定也多要求進行經濟成本效益評估，成本效益分析是為了決定計畫是否可行以及作為選擇之用，而進行計畫成本與效益的計算，以社會整體的觀點來考慮，比較計畫經濟成本和效益，衡量能否增進整體福利作為決定是否推動公共投資的準則，成本效益分析是站在決策者觀點，通過比較項目的全部成本和效益來評估項目價值

的一種方法，以公共工程而言，決策觀點應該站在社會規劃者的角色，追求社會效益最大化，理論上也是政府應該扮演的角色。由於公共工程基於國家立場規劃進行，因此所討論的福利變動面向，主要是考量國內不同利益關係群體的福利變動總和，非針對特定利益關係，也不考慮群體間的利益交換，用於評估需要量化社會效益的公共事業項目的價值。

成本效益分析需考慮計畫的規劃分析期間的社會效益是否超過社會成本，分析範疇需包括社會內的一切實際的社會效益及投入的資源。權衡有限的資源機會成本與實際產生的效益之間的關係，在效益與成本的比較之下，計畫產出的價值必須大於投入的價值，使社會財富及福利因有計畫而增加，則該計畫方具有經濟合理性。由成本效益分析乃為透過貨幣化確定衡量計畫的不同收益和成本，透過效益與成本加總後，比較各替選案之益本淨值、益本比等，對效益與執行

需要之成本做評比後，以作為計畫選擇之依據，比較以確定經濟可行性的程序。一般而言，除估計總收益超過估計的總經濟成本，也希望在各可單獨項目效益（例如，供水、發電、洪水災害減少、生態系統恢復等）提供的利益至少與其成本相等，且計畫規模可以提供最大的淨收益，並確定沒有其他更經濟的手段來達成同樣目標。成本效益分析是針對計畫執行帶來之效益與執行需要之成本做評比後，以作為計畫選擇之依據，然而，通常計畫之某些效益是很難具體量化成貨幣值，如人命、健康、醫療等，這些效益可能難以評估，或是評估結果會引起比較大之爭議。

各種經濟方法下，還是以成本效益分析為主要且必須的決策工具，以下主要說明成本效益分析的相關概念。

成本效益分析概述

成本效益分析是一個可以用於所有決策的工具，包括私人事務與公共事務的決策。對於私人決策者來說，比如個人或民營公司，成本和效益的形式是該公司的財務成本和收入，但另一方面，對於一個社會的公共事務之決策，我們應該考量一個計畫或政策對該社會所有成員所導致的所有效益和成本，無論該社會中誰得到這些效益或誰承擔這些成本，所以又稱為「社會成本效益分析（social benefit cost analysis）。一個計畫或政策的成本效益分析是評價與整個社會有關的總效果，成本是指社會所有成員所承擔該計畫或政策之執行會造成的機會成本，故稱為社會成本，包含內部成本及外部成本二部份。效益是指該計畫或政策之執行對社會所有成員之福利改善的影響，故稱為社會效益，也包含內部效益及外部效益二部份。

內部與外部成本或效益之分類與定義乃根據外部性理論，在任何生產與消費過程中，都會產生一些廢棄物，假設在高屏溪上游的一個工廠排放其廢棄物於河流中，這些廢棄物會減少河中魚群數目，降低漁民漁獲量，迫使下游河岸與海岸遊憩區關門，因為游泳、釣魚、泛舟等活動皆不適宜了。在該工廠之生產決策中，並未考慮到排放廢棄物到河中對下游漁民與遊憩區所造成的成本，這種情況就是外部性，當某人(A)不論是個人或廠商的福利水準會受到別人(B)的影響，而此人B並不在意他對A的福利之影響時，就存在了外部性。外部性可能是負面的，亦可能是正面的，上例的水污染是負面的外部性，稱為公害，正面的外部性通稱為公益，

植花、種草、修剪整齊的私人庭院即提供公益給過往的路人。負面的外部性會造成下列的後果：(1) 產量過多，(2) 排放過多廢棄物，(3) 產品價格過低，(4) 廠商沒有誘因去減少廢棄物之排放量，(5) 廠商亦無誘因回收與再利用廢棄物，因為排放於河中是免費的。這些無效率的市場配置效果會經由產品市場與投入市場逐漸波及整個經濟系。公益的效果與公害正好相反，因此在一個不受管制的市場中，會生產過多的公害，但過少的公益，這都是資源配置無效率的現象。

在上例中，上游的工廠對下游的漁民與遊憩區造成外部性，外部成本（external cost）就是下游的漁民與遊憩區所承受的損失，而此工廠為了經營管理此工廠所有的支出為內部成本（internal cost），包括建廠與營運成本，也包括汙染防治成本，內部成本與外部成本之和為經營此工廠的社會成本（social cost）。就上述正面外部性的例子而言，一個人（或廠商）植花、種草、修剪整齊的私人庭院即提供外部效益（external benefit）給過往的路人，此個人（或廠商）自己欣賞其私人庭院所到的快樂就是內部效益（internal benefit），二者之和就是此庭院的社會效益（social benefit）。

任何國家與經濟體系為達成環境與經濟永續發展的目標，會制定相關的環境保護政策，並且進行不同類型的開發計畫案。然而在尋求經濟發展之際，投資者本身、受開發計畫影響的利害關係人或是許可開發的決策單位，都想知道各種公共事務的決策是否能增進社會整體福利，換言之，公共工程建設等開發計畫或公共政策，除了帶來經濟成長外，是否能兼顧環境保護、資源保育，預防、減輕開發行為對環境之不良影響，使社會整體因為政府公共事務獲得正面的淨效益，都是決策者首要之考量。

在各種經濟分析方法中，成本效益分析是廣泛應用於分析政府公共事務如公共投資計畫以及公共政策的工具。成本效益分析之優點在於，可將開發計畫對社會所有成員的影響納入，有別於一般的私人決策，只計算單一生產者或消費者受到的影響。相較於較一般性、概念性的環境政策或開發計畫目標，使用成本效益分析可以用具體的指標，衡量政策或開發計畫執行對社會福利的影響。另外就成本與效益的種類來看，成本效益分析亦能同時計算有市場價值與無市場價值的成本與效益，也就是將環境、生態與健康等非市場型態的財貨與勞務價值同時納入決策之考量。

整體而言，成本效益分析是基於社會整體考量的

一種公共決策工具，可做為具備公共性質的環境政策與開發計畫是否應執行的參考。

機會成本

如前所述，成本效益分析的概念為社會需要投入多少資源以創造希望的效益，因此成本部分則是資源的投入價值。因此，在討論成本時，基本上應該去分析投入資源的機會成本。機會成本是經濟分析裡重要的概念，也是成本效益分析的基礎。機會成本一般定義為：將資源用於某一種用途的機會成本，是這些資源本來可以做的其他用途中，最有價值的那個用途的價值，為用來生產特定財貨的生產資源之次佳替代方案代價。

簡而言之，如果是無其他用途的資源，實際上對於社會並無實際的成本，將其投入在相關建設中，社會並無實際的支出或損失。換言之，其機會成本為零，而當資源有其他實際用途，將其轉移到規劃的建設方案中，對於社會而言則會排擠到原來其他用途，也為社會實際付出的成本，即為他的機會成本。舉例而言如果你有三個工作機會（A、B、C），同樣工作一個月，其他條件一樣，A 職位可得三萬元，B 職位可得四萬元，C 職位可得五萬元。則選擇 A 或 B，其所放棄的最有價值的工作都是 C，因此機會成本都是五萬元；選擇 C 則只有四萬元的機會成本。再舉一個例子，假如張三以 2,000 元買到一張炙手可熱且已經售完的演唱會門票，如果你的好友李四，願意以 4,000 元跟張三買手上的門票，另一位朋友王五，願意出價 3,500 元，幾經掙扎，張三最後還是去看了演唱會，沒把票賣給任何人。這時張三看演唱會的機會成本就是放棄原本可以轉售的 4,000 元，這即是真正的成本。

成本效益分析的成本需要以機會成本的概念衡量，機會成本所指的機會必須是決策者可選擇的項目。若不是決策者可選擇的項目便不屬於決策者的機會。雖然大部分的情形下，資源的機會成本會等於其價格成本（dollar cost），然而在水利工程部分，需要實際思考其放棄價值（value forgone），才是成本效益在乎的機會成本。

邊際效益與成本，與市場供需

邊際分析（marginal analysis），是經濟學的基礎概念，邊際在經濟學的定義中，是在某個基礎上，增加一單位的財貨或服務，其他變數變化的程度。在市場供需的分析中，需求曲線上任何一點表示在給定的財貨數量下，消費者對於獲取該單位財貨最高的願付價值，其中，每增加一單位財貨或勞務消費，帶來的滿足程度變化，可稱為邊際效用（marginal utility）或是邊際效益

（marginal benefit），而人們對每增加一單位財貨與勞務消費，願意支付的代價（價格）則稱為邊際效益（marginal benefit）。隨著財貨或勞務的消費量增加，人們可獲得的邊際效益逐漸遞減，因此消費最後一單位的財貨或勞務，可獲得之邊際效益最少，人們心中的願付價值隨財貨或勞務消費量增加而降低，故需求曲線呈現負斜率，就是常說的邊際效益遞減。假設其他人對某財貨的需求，都可以以需求曲線表示，每個人的需求曲線可能相同或不同，那麼在任一個價格下，將所有的需求水平加總，就可以獲得市場對某商品的總需求曲線。所以，多一單位的財貨，總需求曲線反映的是所有人對這商品的效用變化，也反映出所有人對這商品的邊際願付價格。

相同的邊際成本的意思為，生產者每多提供一個商品或服務，其所增加的成本為何。對追求最大利潤的生產者而言，生產者只有在市場價格高於每單位財貨或勞務的邊際成本時，才會願意生產與出售該項產品，所以生產者的邊際成本線可視為其提供財貨的供給曲線。經濟學中一般均假設財貨每單位產出的邊際成本呈遞增，故其供給曲線為正斜率。經濟分析注重邊際效果，在邊際收益等於邊際成本的情況下，收益會達到最大化。邊際成本是指將產量增加一個單位所導致的總成本變化，邊際效益是指將產量增加一個單位所帶來的總收益變化，當邊際成本與邊際效益相等，邊際淨效益為零，代表增加規模不會增加任何效益。供給曲線上任一點為表示每單位產出的邊際成本，與總需求曲線之概念相同，總供給曲線也是透過對個別生產者供給曲線水平加總而來，故總成本即為總社會供給曲線下的陰影面積。

市場均衡與經濟效率

一般而言，在完全競爭市場的假設下，藉由市場機能自由運作，財貨或勞務會達成均衡（equilibrium），決定了市場均衡價格與數量。若是市場不在均衡狀態，例如某財貨的市價在某時高於平常的價格，市場上沒那多的需求，產生了過多的商品，生產者會想辦法將商品賣出去，降價是其中一種方法，直到價格降低到將產品賣完。反之，若財貨的市價在某時低於平常的市場價格，市場上的出現大量需求，產生供不應求的現象，生產者會想多提供財貨，因為要多生產，因此提高了生產成本，售價跟著提高，消費者也因為價格的提高而減少了需求，逐漸市場到達一個供需相等的狀態，亦即均衡。圖 1 說明供需均衡的情況，此時社會均衡的財貨或勞務之數量為 Q_e ，均衡的財貨或勞務之價格則為 P_e ，隱含社

會邊際效益 (MB) 等於社會邊際成本 (MC)，在此條件下，增加生產或減少生產，都只會讓整體淨效益下降，也是數學上最大值必須要滿足一階微分為零的充要條件。在有效率的市場中，透過市場價格機能自由運作決定的產出量與價格，具有經濟效率 (economic efficiency)。具體而言，經濟效率是指商品與生產分配到「不可能使每個個體皆更好」的狀態，隱含社會資源同時達成消費效率 (consumption efficiency)、生產效率 (production efficiency) 以及配置效率 (allocation efficiency)。對生產者而言，經濟效率可應用於決定最適的生產要素投入量；而對消費者來說，經濟效率則可應用於決定消費者的最適消費量，也就是生產者的最適生產量。

執行相關公共政策或開發計畫時，若想比較社會執行前後的優劣情況，可使用柏瑞圖準則 (Pareto criterion) 做為價值判斷標準。柏瑞圖準則是決定資源重新配置是否有效的判斷標準，取決於資源重新配置後，社會是否能達到經濟效率。當社會達到經濟效率時，表示此時社會福利達到最大，此狀況亦稱為柏瑞圖最適境界 (Pareto optimum)。當社會處於柏瑞圖最適境界時，表示社會的邊際願付價值與社會的邊際成本相等，在供給需求沒有改變下，此時決定的財貨產出水準，對社會整體來說最具經濟效率，社會福利也最大。以圖 1 為例，如前節所述，當社會的均衡產出水準為 Q_e 時，總社會效益是從原點累積至 Q_e 時社會邊際願付價值曲線以下的面積，即 $A + B + C$ 以下區域，而總社會成本是社會邊際成本曲線以下 C 的區域，此時社會福利為總社會效益減去總社會成本、即是 $(A + B + C) - C = A + B$ 的範圍。由上可知，社會均衡產出水準 q_e 以外的任一產出水準社會福利均小於 $(A + B)$ 。在經濟理論上，而圖 1 中 A 的部分也被稱為消費者剩餘 (consumer surplus)，而 B 的部分也被稱為生產者剩餘 (producer surplus)，兩者合起來即為社會福利。

社會福利的衡量指標：消費者剩餘與生產者剩餘

執行開發計畫可能會直接對財貨或勞務的供給或需求造成影響，此時為評估開發計畫對社會整體福利的影響，可以消費者剩餘 (consumer surplus) 與生產者剩餘 (producer surplus) 衡量福利變動，也可進一步分析願付價值 (willingness to pay, WTP) 及願受價值 (willingness to accept, WTA)。在公共工程規劃中，一般而言，消費者剩餘與生產者剩餘可做為消費者與生產者的福利衡量指標，消費者剩餘與生產者剩餘的合計值即為社會福利。消費者

剩餘為消費者在購買商品時所願意支付的價格與實際支付價格之間的差額。若消費量為 Q_e ，則消費者願付的總額是圖 1 中 A 、 B 與 C 總和的面積，與實際所支付金額之間的差額 (圖 1 的 B 、 C 總和)，即為消費者剩餘 (圖 1 的 A 部分)。消費者剩餘可以解釋計畫產生的中間或最終財貨於供給的數量或品質上變化造成願付價格的改變，而增加的社會福利。以圖 2，假設一個地區的航運市場，其需求曲線為 D ，也為其邊際效益函數，而假設航運的供給其單位價格不隨數量而改變，其供給曲線為水平為 S ，表示航運的供應成本函數為常數 P_d 。供給需求曲線相交為市場均衡條件，其價格為 P_d 會有 Q_d 的需求，因此消費者剩餘則為價格線上方和需求函數下方標記為 A 的三角形區域，也就是說，它代表了托運人的駁船運輸願付價格，超出了他們實際使用這些服務所支付的費用。

假設現在政府考慮進行一個運輸水路改善的計畫，將會使得船運的成本降低，供給曲線會由 S 下降為 S^* ，如附圖 4 表示，運輸成本的降低導致托運人支付的船運的市場價格從 P_d 降至 P_d^* ，而運輸總量從 Q_d 至 Q_d^* ，因此消費者剩餘會增加梯型的 A_+ 的區域變為 $(A + A_+)$ ，因此 A_+ 為本計畫造成消費者剩餘增加量，也可以代表為社會效益的增加。

生產者剩餘概念與消費者剩餘相似，是指生產要素所有者、產品提供者由於生產要素、產品的供給價格與當前市場價格之間存在差異而給生產者帶來的額外收益。因此，當市場價為 P_e ，供給量為 Q_e 時，生產者的生產成本總額為圖 1 的 C ，收益總額為 B 、 C 總和，生產者的供給價格為 C ，而 B 即為生產者剩餘，也就是生產要素所有者、產品提供者因擁有生產要素或提供產品，在市場提供產品獲得的淨收入。因為公共建設或計畫，造成生產條件改變不只會增加消費者剩餘，也會影

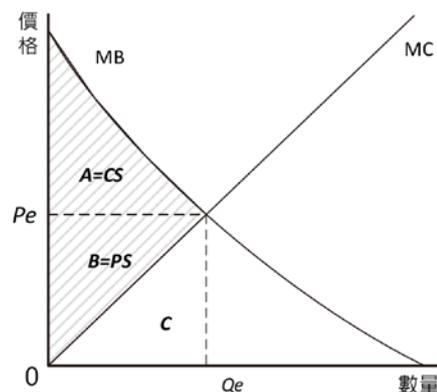


圖 1 市場均衡及社會福利

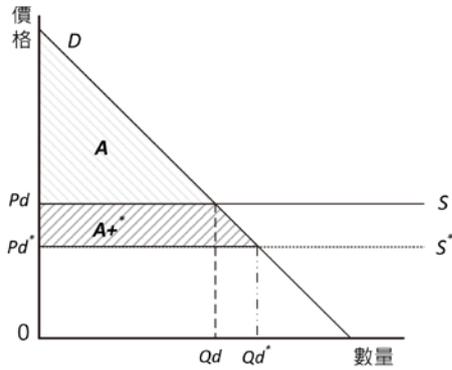


圖 2 消費者剩餘改變增加社會福利

響生產者剩餘，增加社會福利。而以圖 3 來解釋，假設一個灌溉排水改善計畫，可以減少作物生產成本，而使生產增加。原來的供給曲線 S ，會下移到 S^* ，代表了生產者在相同產量下減少灌溉的成本，在其他情況不變下，作物供給增加。在沒有計畫下，原來的市場均衡為價格 P_d 、供給量 Q_d ，而有灌溉排水改善計畫後，均衡價格降為 P_{d^*} 、供給量增為 Q_{d^*} 。就有無計畫來說，原來消費者剩餘為 A 的區域，增大為 A^* 。然而除了消費者剩餘之外，生產者剩餘也從 B 的區域、增加 B^* 。因此，若比較消費者剩餘與生產者剩餘前後的總量差別，其為 $(A^* + B^*) (A + B)$ ，即是增加的社會福利。

消費者剩餘與生產者剩餘可做為消費者與生產者的福利衡量指標，消費者剩餘與生產者剩餘的合計值即為社會福利，社會福利的變動是一種效益，因此衡量公共工程開發計畫效益時，需將消費者剩餘與生產者剩餘變動納入考量。當政策或計畫影響到供需曲線與均衡狀況，消費者剩餘與生產者剩餘就會變動，社會福利可能會隨著變動，而變動的正負效果及大小，可作為計畫決策的依據。然而，並不是任何計畫對社會整體福利水準的變動都能用消費者剩餘與生產者剩餘變化顯示。對有市場價格的財貨或勞務而言，社會福利水準變動，可透過消費者剩餘與生產者剩餘變化表示，但是當受到計畫影響的是無市場價格環境資源之品質或數量的變動時，對此類無市場價格的財貨，在沒有供需曲線、或是供需曲線難以估計的限制下，將無法利用需求與供給曲線計算消費者剩餘與生產者剩餘，為解決這個問題，此時須改以願付價值與願受價值做為衡量社會福利水準變動的指標。

成本效益分析比較情境： 有 vs. 無 (with vs. without)

進行成本效益分析，必須找一個基準情境 (baseline) 並與此計畫做比較，才能反映出有這個計

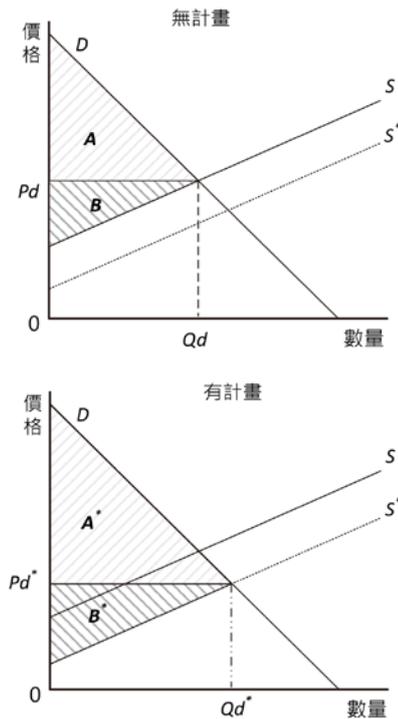


圖 3 計畫前後的消費者剩餘、生產者剩餘改變情形

畫的成本與效益。成本效益分析必須確認基準情境定義與概念架構，就定義上來說，不執行計畫的情境稱為基準情境 (baseline) 或是零方案。基準情境可定義為未實施計畫 (without the project) 的情況下，對未來可能情境的最適切假設。設定基準情境之目的是為了提供一個參考點，藉由基準情境與新計畫情境的比較，決策者可以藉此估算執行新計畫額外增加的社會效益及社會成本 (incremental benefits and costs)，並進一步衡量總社會福利變動量，以做為制訂決策參考。因此，為了解執行新計畫對社會成本與社會效益帶來的增額衝擊 (incremental impacts)，分析人員應比較有、無新政策下的增額成本與效益，且在估算社會成本與社會效益時，只須將受新計畫影響的社會成本與社會效益項目納入計算。

經濟分析與財務分析

經濟分析與財務分析有許多不同，經濟分析 (特別是成本效益分析) 的目的在於判斷用於計畫的資源是否有效率，也就是經濟可行性 (economic feasibility) 分析；而財務分析的目的在於分析是否有足夠的資金來提供計畫所需，稱為財務可行性 (financial feasibility)。

經濟分析與財務分析觀點差異

經濟效益分析乃針對社會效益與社會成本之觀點進

行，評估計畫對整體社會與民眾可能產生之效益，衡量其經濟合理性；經濟分析目標乃是要確定一個計畫是否為分析期內資源的最佳利用，如果項目產生的總收益超過項目產生的收益超過項目成本，則可通過經濟可行性評估。而其中需要分析有無計畫的差異，因為部分效益即使在無計畫下也會發生。財務效益分析則針對營運收支之觀點進行，從財務角度對該計畫分析，衡量財務盈利能力。雖然財務與經濟效益分析均可採成本效益之定量分析方法，然此兩種分析方法在定義成本與效益之內涵上有些差異，例如財務效益分析可從不同參與者角度分析財務之報酬率，如以民間投資者觀點、政府觀點等來分析其所關心的報酬率指標；經濟效益分析則從社會整體之觀點，估計該計畫對整體國民經濟或整個社會可產生之效益；另估算淨收入之差異，財務效益分析乃估算計畫參與者產生之財務淨效益，而經濟效益分析是估算計畫之社會淨效益。

經濟效益分析乃針對社會效益與社會成本之觀點進行，是從總體經濟與社會角度對項目分析，衡量項目的經濟合理性；而財務效益分析主要係針對營運收支之觀點進行，是從財務角度對項目分析，衡量項目的財務盈利能力，此兩種分析方式評價角度不同導致了差異，所以評估項目也會有所不同。如成本效益對項目只是在部門間移轉，卻未涉及社會資源使用，則不納入經濟效益分析中（如稅或就業），財務成本則可能納入。財務分析與經濟分析之差異比較，列於表 1 供參。公共工程計畫可能在經濟上可行，但在財務上是不可行的，反之亦然。例如，一個計畫可能帶來正的社會淨效益，但可能沒有足夠的資金以營運。另一方面也可能在財務上具有可行性，然而卻無法證明計畫對國家社會有淨經濟效益。

基期、複利與折現率

無論在評估公共工程計畫時，或是進行財務投資時，時間的差異是一個很重要的因素，因為在不同時間的貨幣有不同的價值，其原因眾多，包括未來的不確定性，市場技術的差異，價值關的改變等等。我們不確知在未來某時點這個世界是否還存在？以及我個人是否還存在？手上的資源是否還有相對的價值。因此我們現在對於十年後的 100 萬元所賦予的價值會低於現在手中的 100 萬元的價值。換句話說，十年後 100 萬元的價值，可能僅等於現今 90 萬元的價值，這就是折現（discounting）。一般而言，大型的公共工程會有較長的施工期，完工後的效益也會延續很長的時間，而不同的時間點的成本與效益的貨幣價值不能直接比較與加減，那麼，如何進行成本效益的計算？答案是先處理時間差異的因素。第一步作法是先決定基期（base year），再決定將基期之後的成本與效益的價值折現（discount）至基期，同時也要將基期之前的成本與效益換算到基期時的價值。

價值或金錢的轉換，以折現（discount）來處理基期之後不同時期貨幣價值時間差異的方法，折現是將不同時期下的貨幣價值，換算成基期的貨幣價值。折現需要使用折現率（discount rate），以整體社會觀點下所採用的折現率，稱為社會折現率，其實就是利率。舉例來說，假設年利率為 i ，在第一年存款 x 元，到了第 T 年，貨幣價值為 $x(1+i)^T$ ，此值稱為後值（future value），這就是以利滾利或複利（compound）的作法。 x 稱為現值（present value），因為在 T 年後的後值 $x(1+i)^T$ 元，換算成現在（或基期）的價值，也只有 x 元，也就是等於 $(x(1+i)^T) / (1+i)^T$ 。基期之後將

表 1 經濟與財務分析之差異

	經濟分析	財務分析
觀點	社會觀點	計畫的投資者
分析期間	經濟壽齡	經費償還期
通貨膨脹的調整	一般不考慮通貨膨脹效果；除非計畫分析期間，物價有異於通貨膨脹率	考慮通貨膨脹效果
投入於資源價值的計算	用機會成本計算，即用於此計畫投入的人力、物力，若投入於其他用途的成本	用支付的經費來算
折現率	用實質折現率（已排除通貨膨脹影響）	一般用名目利率（未排除通貨膨脹率）
隨時間調整的成本與效益	用實質利率，採現值法來反映時間變化下的成本與效益	用名目利率，同樣以現值法來反映時間變化下的成本與效益
融資的利息支出	不計算	計入
資源用於此計畫，所失去用於其他投資機會的報酬	計入	不考慮

不同時間貨幣價值轉換至基期的作法，就是折現。無論在比較不同計畫或同一計畫的跨期成本效益時，需要將未來的成本與效益折為現值，得以在相同的時間點進行比較與加減，這就是現值的觀念。折現率就是利率，折現率的數字要用哪一個，有以下的說法。若為一般私人企業的投資，折現率可以採用市場利率、預期投資報酬率，或是企業的借款利率。若是攸關公眾利益的計畫，折現率就可依據計畫影響的主要對象來做選擇，一般將社會上的群體簡單分為兩類，一是消費者，一是生產者（或投資者）。消費者關心的是放棄今日一單位的消費，心中希望未來能獲得多少補償。生產者關心的是今天投資一塊錢，未來能獲得多少報酬。理論上，在沒有課稅與市場失靈（market failure）之下，透過市場機能，消費者與生產者的利益可獲得調和，市場利率可充分反映這兩類個體的希望，所以社會折現率可由市場利率來選取。

國內外文獻對社會折現率的探討，以「社會機會成本」及「社會時間偏好」為主要論點，前者認為若資金用於政府投資，即無法為民間部門使用，民間投資報酬率即為公共投資的社會機會成本；後者則建議以跨期消費、儲蓄決策所考慮的利率，即顯示現在與未來消費偏好的時間偏好率作為社會折現率。整體而言，目前折現率多少還牽涉到人為判斷。我們團隊綜合國內的研究報告與美國水利計畫的政府規定，建議以政府長期公債利率作為社會折現率的選取。以公債利率而非債券殖利率做為社會折現率的理由在於，政府基於財政考量，以公債融通公共建設所需資金而發行不同年期的公債，以標售方式由債券交易商投標並以決定債券發行的票面利率，未來即以此利率付息。而債券殖利率為投資人在債券次級市場投資的報酬率，目的在於獲取投資的報酬，與政府發行公債的目的並不一致。因此，本計畫以政府發行公債的目的，採用公債利率（即票面利率）做為公共工程的社會折現率；同時依據多數文獻的建議，採行發行期數較長的公債，我國最長年期為 30 年，做為公債利率計算的標的。依據中央銀行中央公債標售概況表，2001 年至 2019 年 30 年期公債發行的次數有 32 次，平均名目公債利率在這期間呈現減少趨勢，從 2004 年的 3.875% 減少至 2019 年的 1.125%，年平均名目公債利率為 2.255%。若考慮發行年的通貨膨脹率，2001 年至 2019 年 30 年期公債的年平均實質公債利率為 1.257%。因此，如前所述，進行成本效益分析的計算若未考慮物價上漲率（通貨膨脹率），可以採用 2.255% 的名目公債利率做為社會折現率；然而，若是分析項目的貨幣值已

經過物價調整，那麼可取 1.257% 的實質公債利率做為社會折現率。未來政府若持續發行 30 年期公債，可再納入公債發行的票面利率再次更新社會折現率。

另外施工期間利息多建議納入成本考量，「公共建設工程經費估算編列手冊」也如此建議但並未明確說明施工期間利息歸屬於經濟成本的原因，一般而言利息屬內部移轉不應納入成本計算。個人見解建議不需分別計算「施工期間利息」，因其可能因循為會計上利息資本化之處理，乃為設備資產之購置或建造，須經一段期間始可完成，則此購置或建造期間為該資產所付款而負擔的利息，轉列為資產成本的會計處理過程。另外一個概念為若改以施工起始日為基期，分析上就不會有「施工期間利息」之出現，其之項目引含為現值之轉換，換言之施工期間利息其實就是施工期間成本的一部份，已內含在成本效益淨現值中，無須刻意再額外增列出來，容易重複計算之嫌。

物價上漲與利率

前文提到使用折現率的理由，而這裡在於提醒折現率所採用的利率，是實質利率（real interest rate）還是名目利率（nominal interest rate）。物價水準並不會永遠固定不變，會隨著時間有所不同，若我們考慮不同期間物價的變動並加以調整，我們可以獲得實質價格（real dollars）。反之，若是不考慮價格的調整，我們在任一時間點上觀察到的價格為名目價格（nominal dollars）。同樣的，利率也有名目與實質之分，在進行成本效益分析時，不論是成本、效益或是做為折現的利率（discount rate），皆應保持一致，使用名目（實質）單位就全部用名目（實質）單位。成本和效益可能隨時間而有不同變化，因此有必要計算不同時間的成本與效益的現值，也就是將不同時間的成本與效益折現至同一時點，始能進行成本與效益的比較。由於未來的成本與效益都需要折現，故沒有必要預測通貨膨脹率，因為若未來成本與效益的預測內含物價上漲率，則折現率亦需含物價上漲率，此二種方法最後得到的現值是相同。成本效益分析真正關心的是資源的有效配置問題，較不關心價格變化等名目因素，所以較偏好使用實質變數，如實質利率等。

常見成本效益分析問題

移轉性支付（transfer payment）

經濟分析是以社會的角度來討論實際消耗資源的機會成本與增加的社會福利，當社會內資源的使用權從某部門移轉到另一部門，此內部移轉或是移轉性支付的現

象，對社會資源的使用或福利的增加均沒有任何影響，故不可納入成本或效益的增加（或減少）。例如以一個家庭的角度來看，家庭內的成員將 1000 塊交給另一成員，對於這個家庭來說，家庭內的總效益與支出並沒有實際的變化，因此以家庭的觀點只能算是一種家庭成員間資源的移轉，成本效益並沒有產生實際的變化。

依據此一觀點思考，經濟分析中，稅收、利息、補貼、貸款返還，均視為移轉性支付，而非真正使用資源所發生之成本。由開發單位將資金交給政府或銀行，並無實際使用資源，只是在社會內進行資源使用權利的轉換。若民營企業進行成本效益分析時，未來工廠營運之後所繳交的稅，從廠商的角度而言是一種成本，但從整體社會的角度而言，則不能視為成本，因為繳稅的效果，對整體社會而言，只是內部的所得重分配而已，並未對整體社會帶來福利改善或機會成本。

社會內不同團體內的利益轉換也需視為內部轉移，舉例而言例如透過公共建設，促進周邊土地開發，是否應計算為社會的經濟效益。然而如果在相同條件下，社會本來就有成長的需求，透過建設將其他區位的開發需求轉移到附近，那其實週邊土地開發的效益實質上可能是另一區位開發效益的減損。因此，在無外部資源額外投入下，觀光效益、土地開發效益、產業效益、就業效益等，都可能應該視為內部移轉，因此美國工兵團的評估作法，基本上對於所謂的產業效益經常不予計算，而觀光效益則需針對價值的增加及或區域旅次的轉換，進行分析，避免重複計算。

就業

一般概念上，常將一個開發計畫所增加的就業視為該計畫的社會效益，然而就業增加帶來的貨幣效益計算，需視情況而定。

1. 受僱者來自於失業者

- (1) 增加的就業不計效益：這是在失業很嚴重時，而一旦有機會去工作時，幾乎不會排擠失業時所要做的事，亦即機會成本幾乎為零，所以貨幣效益為零。
- (2) 增加的就業要算效益：一般情形下，失業者再就業也會有機會成本的損失，例如放棄在家休息或與家人相處的機會，因此開發計畫支付的薪資至少要滿足其放棄其他機會的成本，所以機會成本精確的作法，應計算每位受聘人員對接受此工作的願受價值（即機會成本），但實務上較難做到。因此有文獻認為在特定假設下，可以以市場薪資水準的 1/2 做為

所有新增受僱者的平均機會成本，之後再乘上增僱就業人數，即為此開發計畫的新增就業貨幣效益。

2. 受僱者來自於其他工作的移轉

在接近完全就業的狀況下，開發計畫所聘僱的就業者一定來自於其他的工作，只是一種工作的移轉，實際上並無創造任何的工作，既無任何就業的創造，也就沒有任何效益的產生。但是要去分辨此計畫的受僱者在接受此工作之前是屬於失業狀態，還是從其他工作轉換而來，可能有些困難。建議可採以下作法：

- (1) 增加失業者的就業機會是開發計畫重要的目的，就該計算就業效益。以失業者也有機會成本的假設下，進行計算。
- (2) 增加就業機會不是開發計畫所關心的，就不計就業效益。可以假設受僱者是來自於其他工作的移轉，所以無新工作的創造。

一般條件下，不考慮就業為效益，避免估計概念混淆，直接將就業人數乘上薪資，絕對是錯誤的計算方式，應該予以避免。如就業影響重大，應進行完整之就業條件分析，在水利工程中較為少見。

沉沒成本 (sunk cost)

進行成本效益分析時，應該以前瞻的方法評估社會成本，因為沉沒成本（過去已發生的成本）之機會成本為零，所以過去已發生的成本或影響應該被忽視，只有未來的或新增的成本才是相關的。舉例來說，如果某人預訂了一張電影票，已經付了票款且假設不能退票。此時付的價錢已經不能收回，就算不看電影錢也收不回來，電影票的價錢算作沉沒成本。如果人是理性的，那就不該在做決策時考慮沉沒成本。以看電影的例子中，會有兩種可能結果。一是付錢後發覺電影不好看，但忍受著看完、二是付錢後發覺電影不好看，中途離開退場去做別的事情。兩種情況下都已經付錢，所以不應該考慮退錢這件事情。如果後悔買票了，那麼當前的決定應該是基於是否想繼續看這部電影，而不是為這部電影付了多少錢。此時的決定不應該考慮到買票的事，而應該以看免費電影的心態來作判斷。以公共工程計畫而言，在計畫初期提出成本效益分析時，後續可行性研究的成本和之後規劃成本視為計畫成本的一部分。然而如果經濟成本效益分析在相關初期研究之後才進行，初期研究中已經投入的成本理論上不應視為規劃成本的一部份，由於這些成本實際上已經發生，目前的決策是在既有研究的基礎

上，探討是否需要進行此一項目，因此過去的投入為沈沒成本，不再包括在計畫成本中。類似的情形，如可行性研究完成後進行成本效益分析，可行性研究成本也不應視為成本的一部分。

外部性 (externality)

基於外部性理論，計畫所產生的外部成本與外部效益都應納入考量，再加上內部成本與內部效益，求得較完整的成本與社會效益，以公部門計畫而言，計畫所計算的社會的成本與效益雖然許多外部成本與外部效益源於無交易市場之財貨，雖然其價值較不易估計，但仍須根據具有一致性理論的方法，對社會成本以及社會效益進行估計。

貨幣效果 (pecuniary effect)

計畫執行可能造成的另一種效果稱為貨幣效果，有別於計畫的實質主要效果 (primary effect)，故亦稱為次要效果 (secondary effect)。例如，計畫之執行，可能會使投入於該計畫之生產要素 (土地、房價) 的價格上漲，而使與計畫有替代性之產出的價格下降。然而，一個運作完全的市場，計畫對這些相關產出與投入之正負向影響應會互相抵銷。因此，一般認為這種次要效果不必包括在成本效益的分析中。由於這種在私有市場的相對價格改變，所牽涉的只是一種重分配的效果 (redistribution effect)，對於社會整體而言，沒有淨的利得或損失，為了避免重覆計算，這些次要效果不應包括在成本或效益的計算中。

經濟成本效益分析流程

經濟分析各項工程工程規劃流程的一環，水利工程也並不另外，與其他水文水理分析等步驟互有關聯，很難明確區分步驟。不同性質的工程計畫其規劃流程可能略有不同，舉例而言，美國工兵團、墾務局等各單位都會有部分差異，臺灣河川治理及區域排水整治也各有規範其作業流程。就規劃流程，大致可歸納為下列步驟。

1. 釐清規劃問題
2. 確立計畫目標
3. 對於外在條件進行蒐集、評估與預測
4. 研擬相關方案
5. 評估比較選擇方案
6. 選擇替代方案

經濟成本效益分析主要用於「評估比較選擇方案」此一步驟，但與其他步驟彼此有相關，因此很難獨立出來，本手冊雖然獨立說明經濟成本效益分析的操作流程，但實際執行上仍需配合相關規劃流程進行。單就經濟分析而言，本團隊過去在彙整相關步驟流程，於「水利工程經濟效益分析作業流程及參考手冊」中建議將其區分為：(1) 界定計畫範疇；(2) 選定相關參數；(3) 確定評估之成本效益項目；(4) 量化成本效益與計算現值；(5) 最後依據決策準則評估計畫可行性；(6) 敏感度分析等步驟。整體流程如圖 4 所示，相關流程因分析者觀點會略有差異，步驟也可以參考環保署 (2012)「環境政策與開發計畫成本效益分析作業參考手冊」或其他經濟分析相關手冊。

界定計畫範疇

計畫分析首先需明確設定其規劃範圍、規劃目的、計畫目標以及其影響範圍。雖然經濟成本效益分

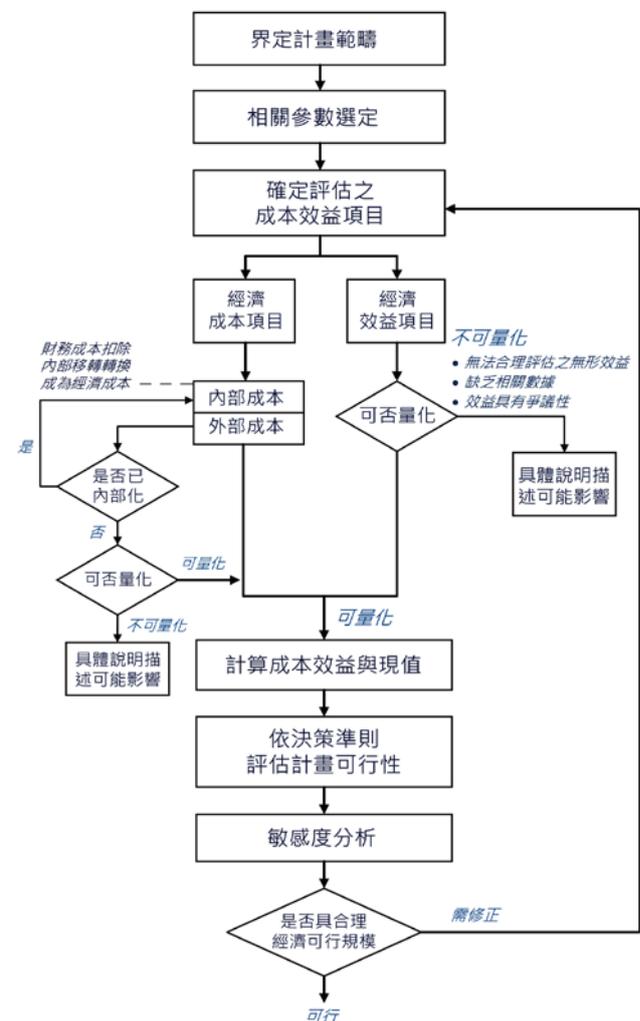


圖 4 成本效益分析計算流程

析是站在社會的角度進行評估，而界定相關影響評估範圍，通常係視該計畫或政策之決策者而定，也依據工程的規模而有所差異，分析人員必須界定評估範疇，包括界定社會範疇、空間範疇以及時間範疇，範疇外的部分就不予以考慮，以避免發散。

界定社會範疇是為了明確指出社會成本與社會效益須計算的範圍，以藉此確定成本與效益的擁有者。一般而言，水利工程建設多基於國家角度進行，其次界定空間範疇有助於釐清工程建設的影響範圍，所以在範疇的認定上，開發計畫的空間範疇則是相對明確的。時間範疇的界定與成本效益分析須涵蓋的期程有關，依據不同的水利工程建設，會有採用不同的經濟週期，以防洪工程而言，建議經濟分析年期採 50 年為基準，與使用年限一致，大型水資源設施如水庫等，建議也採 50 年為基準，部份小型設施年限較短，則依據實際狀況考慮其經濟年限。

假設與參數設定

由於經濟效益評估係以社會觀點，透過經濟分析方法，評估計畫之成本與效益，以確定計畫妥適性及提高公部門資源使用效率，使有限資源達到最適配置，其基本假設與參數設定，部分與財務評估有所差異，經濟分析所需要的相關參數大致如下：

基礎年

評估基礎年是設定一基礎年期，將各項開發計畫之經濟成本與效益以設定之評估基礎年幣值為基準推估計算，利用社會折現率折算為基礎年的價值。

分析年期

防洪工程經濟效益評估年期，係以計畫對社會整體可產生經濟效益之年限為依據。個案分析時採用時依據不同的水利工程建設，會有採用不同的經濟週期，以工程而言，建議與預估使用年限一致。

折現率

折現率前節已有討論，行政院公共工程委員會研究報告（2012）建議公共工程的社會折現率為 6%，經濟部水利署水庫、人工湖可行性規劃報告多以內部資本報酬率 6% 作為折現率，經建會（2004）建議水利建設的折現率為 6.91%，臺經院（2012）參考國內中長期公債利率與相關文獻的建議折現率參考區間約為 5.2% ~ 5.5%。本團隊建議應以當時實質折現率進行分析做為參考，2001 年至 2019 年 30 年期公債的年平均實質公債利率為 1.257%。

其他參數

國發會「公共建設計畫經濟效益評估及財務計畫作業手冊」在經濟分析上也要求列出物價上漲率、工資上漲率、經濟成長率等。物價上漲率、工資上漲率 f 此多屬於名目而非實質成長，一般來說也不受水利工程計畫之影響，因此在經濟分析時，並未實際採用。經濟成長率可用於衡量對於整體經濟的影響，然而如前述，一般水利工程計畫難對總體經濟產生效果，而一般的經濟成長率該反映於社會折現率來計算時間偏好，一般也不會使用於經濟成本效益分析。

評估之成本效益項目

本步驟是確定水利工程計畫所牽涉的所有成本與效益項目，水利工程相關的成本與效益之項目繁雜，然而由於各計畫不同，並非每項計畫均涵蓋所有相關項目，分析者應就個案計畫評估效益項目的重要性及分析資源，確定需進行評估之經濟成本與經濟效益項目，儘可能在有限資源下，能以最佳的認知進行合理評估，儘量完整包含計畫範疇內各面向之影響。

前節有強調經濟分析與財務分析的差異，雖然財務與經濟分析均採成本效益之定量分析方法，也都追求投資計畫效益最大化，但因財務與經濟分析所引用之理論基礎不同，此兩種分析方法在定義成本與效益之內涵上也有差異，也常導致許多評估者在進行經濟效益分析時常發生錯誤，甚至混淆財務與經濟之觀念。經濟成本主要為實際的資源投入或減損，然而實務上因財務成本較易取得，故通常是由財務成本轉換為經濟成本。

在公共工程的成本效益分析上，其範疇通常是基於國家角度，在成本效益所討論之成本為前述的經濟成本。成本又包括內部成本與外部成本，內部成本一般於計畫內所產生，進行相關公共工程建設的實質成本投入，比如水資源設施興建等工程所需的費用，整體而言，開發計畫的內部成本又可區分為總投資成本與總營運成本二大類。外部成本開發計畫的外部成本，也就是開發計畫導致的環境損害，舉例而言，水資源工程如對現有河川生態造成危害，水資源工程成本效益分則須生態外部成本納入考量。

估算經濟成本之步驟是以財務分析中之成本作為基礎，將財務價值轉換為經濟價值，然經濟成本與財務成本的最大差異在於，經濟成本不包含內部移轉，也需考慮外部成本，因此其步驟為先重新定義計畫的成本，將屬於或不屬於經濟成本之因素從財務帳中予

以納入或排除，再加入外部成本。

財務成本－工程預算編列

公共工程計畫之財務成本編列，主要依據「公共建設工程經費估算編列手冊」相關規定辦理，該手冊於民國 82 年初始編撰，92 年由工程會進行通盤檢討修訂，後隨著各類工程內容的演化與工程實務的精進，及因應相關法規的變動，於 106 年度再次就總則篇辦理檢討修訂，在財務成本項目部分，公共建設工程計畫成本可分為規劃作業費用（含可行性評估及綜合規劃）、用地取得及拆遷補償費、建造成本（工程經費）、利息、營運及維修成本等五項，其內容及架構如圖 5 所示。

相關工程預算編列，工程會也建構有「公共工程技術資料庫」（網址：<http://pcces.pcc.gov.tw/>），其中包含「價格資料庫」、「施工綱要規範」、「工程編碼及細目碼」及「公共工程經費電腦估價系統（PCCES, Public

Construction Cost Estimating System) 等，透過公共工程預算編列軟體之資訊應用平台，可做為中央、地方機關及工程業界編製工程預算書等，對縮短預算編製時間、增加預算精準度及節省公帑，甚有助益，相關工程預算編列再請參閱其他相關資料。

經濟成本

經濟內部成本

經濟內部成本，主要為於計畫內所產生，進行相關公共工程建設的實質成本投入，因此就前述財務成本的内容予以檢視，探討是否需要納入。

規劃階段作業費（含可行性評估及綜合規劃）

本費用為公共工程計畫或工程自籌備開始至規劃階段作業所需要之一切費用，編列此階段作業費用，以支應規劃階段必要之作業及實質投入，如在進行成本效益時尚未發生，及應該納入，如已發生之費用，應視為沈沒成本排除。

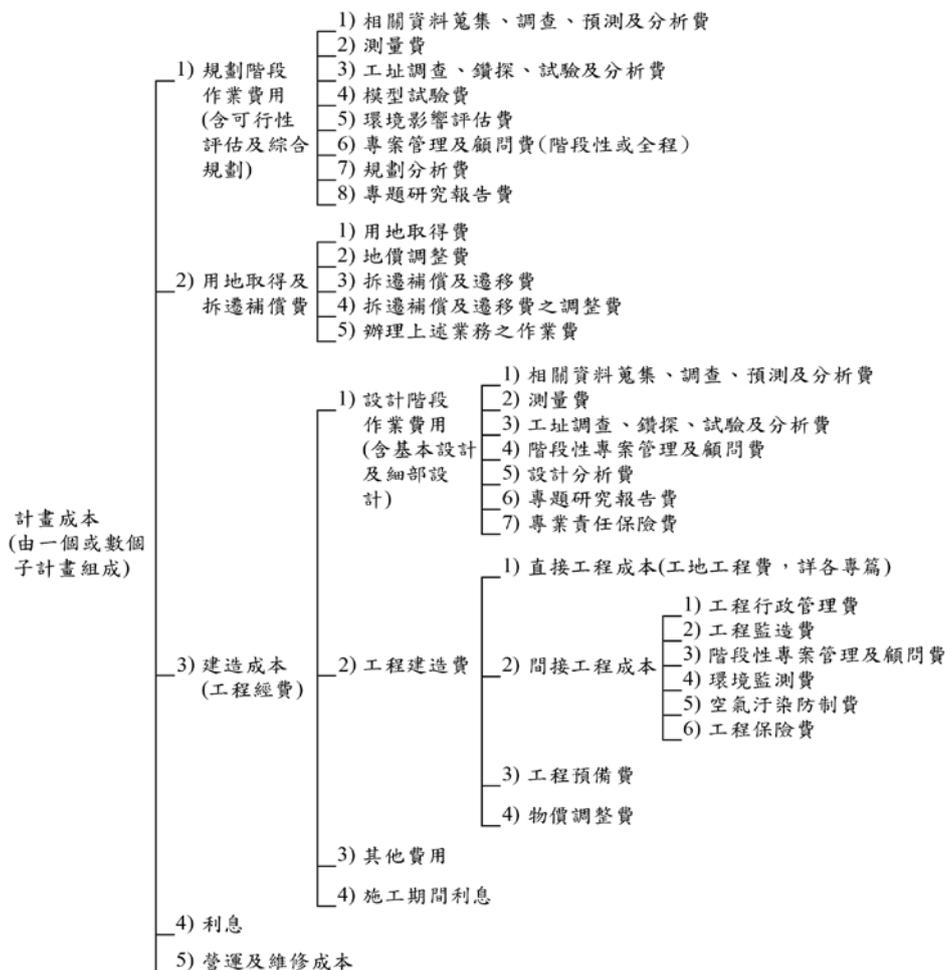


圖 5 公共建設工程計畫成本

資料來源：公共建設工程經費估算編列手冊（106 年版）

用地取得費及拆遷補償費

用地取得及拆遷補償費包括用地取得費、地價調整費、拆遷補償及遷移費、拆遷補償及遷移費之調整費、辦理上述業務之作業費等五大項，各項內容依本手冊本次編修時（106年10月）之相關法規（如土地徵收條例、各級政府機關互相撥用公有不動產之有償與無償劃分原則等），雖然其為財務成本，但可以視為該用地使用於計畫的機會成本，故應納入為經濟成本。

建造成本（工程經費）

防洪工程如堤防、分洪隧道、滯洪池等屬於公共工程建設之一環，水資源計畫包括水源開發、取水、原水輸水、淨水處理及輸配水等設施，均需當依規定辦理各部分的成本估計。建造成本（工程經費）由設計階段作業費用、工程建造費、其他費用、施工期間利息等四大項所組成，多數屬經濟成本，詳細原因可另做探討。項目中施工期間利息有其模糊地帶，已於前節討論。另外物價調整費乃因工程計畫施工通常會延續數年，其未來所投入的資源成本也會有所變化，物價調整費的目的即是為了反映資源成本的變化所做的推估，因此是經濟成本；但也有包含物價因素的名目效益，在實質成本與實質效益進行計算時，就無須使用物價調整費進行調整。所以物價調整費要依照是否採用名目或實質單位來決定，是屬於經濟成本計算的考量範圍。一般水利工程，主要考慮應為實質部分，而非名目上之效益成本，因此物價調整費一般不建議納入作為經濟成本，建議予以剔除。另外利息是為推動公共工程計畫，以借貸融資方式取得資金之財務成本，而此成本與主辦機關之財務調度方式、資金來源及借貸比例等因素相關（與工程實體建造成本無關），應配合公共工程計畫之財務規劃所研擬之財務方案進行估算，以供財務評估及財務計畫使用。利息之編列方式屬財務分析範疇，不應納入成本效益的分析項目中。

針對財務成本轉換成經濟內部成本的部分進行說明，如表 2 就相關成本轉換列表供分析參考，環境社會外部成本部分於後節討論。

經濟外部成本

經濟外部成本是由於工程建設，對社會內第三者產生負面影響，主要是開發計畫導致的環境損害，財務成本分析時並不會考慮，因此在經濟分析應編列納入水利工程建設對環境產生之負面影響（成本）項目。環境外部成本主要探討的是非透過市場行為所產生的

表 2 財務成本與經濟成本轉換列表

項目		財務成本	經濟成本	
規劃階段作業費用		○	○	
拆遷補償及遷移費		○	○	
建造成本	設計階段作業費用	○	○	
	工程建造費	直接工程成本	○	○
		間接工程成本	○	○
		工程預備費	○	○
	物價調整費	○	○	
	其他費用	○	○	
施工期間利息		○	○	
利息		○		
營運及維修		○	○	
環境社會外部成本			○	

環境面之外部成本效益。環境面的成本是指公共政策或投資對環境體系所產生的負面影響，若因水利工程建設或管理方案而改變環境或自然資源的服務的質或量，減少者稱為環境成本。以興建水庫為例環境成本為水庫建設對附近生態棲地之影響、地形地貌的改變及興建期間所造成的污染等。但對於現在的水利工程而言，目前要求必須對於環境的影響降到最低，在生態保育及策略手法上，依據下列策略來降低開發造成的影響，包括迴避、縮小、減輕、補償。在這些環境為主考量下，基本上工程理應滿足各項生態要求，方能適當執行，相關環境影響部分由環境影響評估相關法規所規範。假設水利工程透過上述策略，改變相關設計或增加因應設施，我們稱為外部成本內部化的過程，代表相關外部影響已經在工程內部成本反映，將大部分的環境成本已納入工程費中，如對於環境的污染衝擊，已將其納入施工前、施工中及完成階段環保經費中，也將為保護水源區、改變土地利用型態納入總工程費中，或是前述所的空氣污染防治費，也是透過定價方式，將工程期間對於空氣污染的部分，內化成內部成本，反映在工程成本上。

執行上建議首先列出影響項目並看是否能被內部化或減輕。接著將過於不確定或無法量化之項目予以個案研究，或以定性之方式描述。最後將可量化與貨幣化之項目予以計算，評估其成本。

當外部成本有重大影響，又未被內部化時，理論上還是必須對其進行分析，然而對於這種環境成本，將其量化或貨幣化評估相對困難，其牽涉到不同價值的權衡考量，建議另案委由相關單位進行經濟評價。如果相關的外部成本、效益可以合理的進行評價，以

納入成本效益分析。相關作法有相當專業程度，建議另行分析。

經濟效益

水利工程產生的效益的部分，來自潛在損失的減少及相關社會成本降低，以及提供相關的經濟服務，增加社會福利。從計畫所能增加之財貨、服務價值，亦包含成本、災害、損失減少的價值；財貨、服務價值即等同民眾願意放棄之其他財貨之最大量值以換取該項財貨服務並予以估計，水利工程大致可以分為防洪與水資源工程等，相關效益的項目與計算於後章再行討論。

計算成本效益與現值

根據前項步驟所認定的成本與效益項目，本步驟將對可量化各項目進行評估，對於無法量化或不適合量化的項目，建議以文字方式敘明其影響，說明不可量化項目因素及是否對計畫評價會以所影響。若是可量化分析的項目，則需明確說明計算採用之數據及來源，清楚呈現相關計算流程。可量化分析的項目，將依該項目是否具市場價格決定評估方法，再進一步貨幣化價值。若為市場財貨，可採用「市場價值評估法」透過詢價等方式進行評估。若為非市場財貨，則可以「替代市場價值評估法」或是「假設市場價值評估法」進行評估，如無相關經濟專業背景，應審慎運用相關方法進行評估，可以諮詢相關經濟背景專家以免產生錯誤。

計算經濟成本

依據前節所描述方法，先就原有財務效益項目進行檢視，如項目內有內部轉移項目、物價調整費等，則予以扣除，如無明確資訊，則需瞭解成本可能有高估之虞，規劃上較為保守，本益比或淨效益都會較實際上較為低估。考慮社會環境外部成本是否已經予以內部化，如未予以內部化，則考量是否需要進行進一步的計算，如不需進一步計算，需說明相關理由。如需進行進一步的計算，先行蒐集文獻，瞭解是否有可靠可供參考之數值，如無相關數據資料，則需委託進行相關研究，量化其影響。

各種經濟效益及計算總成本與總效益現值

根據所評估出來的各成本與效益價值，分析上需要依據折現的概念，計算可能會產生的成本與效益項目，並折現至基礎年之成本效益現值。因公共工程建設的使用與效益往往具有長時間的影響，故應將計畫後的各期成本效益經過折現換算現值。

在確定水利工程計畫的所有相關資訊後，決定折現率與基礎年，逐年列出計畫年期內之各年期的成本與效益，再以折現率將每年成本效益計算為現值，最後將各年期成本現值或效益現值加總後，即為總成本現值與總效益現值。貨幣價值在時間上之轉換，概念不算複雜，但計算上需根據分析參考點進行轉換，屬於分析尚須具備之基本能力，此一部份如使用者較不熟悉請參閱相關之工程經濟教科書或資料。

依據決策準則評估計畫可行性

依據前一計算出的總成本與總效益現值，選定適當的評估準則，一般而言常見的採用的經濟效益評估準則主要為淨現值與益本比，說明如下。淨現值法是一般投資計畫獲益性評估常用的方法，為一種考量貨幣時間價值的折現現金流量法，係將投資計畫年期中各項支出與收入折現後評估其現值總額。此法係將投資計畫或方案在未來服務年限內的成本與效益估計值的差額，益本比法係將投資計畫未來服務年限內所有的效益與支出，但務必注意在決策上，益本比大於一即可，益本比的計算有部分操控的空間在。但淨現值較為客觀，基本上選擇淨現值越大越好，某些條件下，過大的益本比也可能隱含計畫規模可能並不適宜，應該可以再予以檢討。

另外如有需要也建議執行敏感度，分析之目的乃是進一步檢視具有風險與不確定性的變數對成本效益分析結果的影響，所以各種變數如有不確定性之考量均可視分析者之需要執行之，因為進行成本效益分析時，有許多狀況是無法事先完全掌握，各種風險與不確定性都將對成本效益分析結果造成影響，所以應該將風險與不確定性，以適當的方式納入成本效益分析中，增加成本效益分析之完整性，傳統的敏感度分析可將風險與不確定性納入成本效益分析的方法。

選擇方案與編製報告

前述透過經濟分析，可以依據淨現值或益本比依據規劃考量選擇適當方案。相關在經濟分析過程中的資料搜集、分析及相關建議，都需要經過報告撰寫，呈現適當資訊，經濟分析報告必須將整個經濟分析流程中的不確定性、分析時採用的重要假設，以及效果雖然難以量化但是卻極其重要的項目，有效且完整的呈現出來。是故，釐清經濟分析報告撰寫的基本原則、報告須揭露的內容，均為不可忽略的重要環節。

報告在呈現經濟分析的估計結果時，除了可以被貨幣化的效益與成本都必須揭露外，報告中也應該納入無法被量化及與無法被貨幣化的效益和成本，以提供更整體且豐富的訊息。簡言之，撰寫經濟分析結果報告時務求清楚、詳盡，藉由評估報告之內容，應該提供以下的資訊：

- (1) 摘要、問題背景描述、定義政策目標
- (2) 經濟分析的主要結論
- (3) 進行經濟分析使用的效益與成本估計方法，包括描述分析架構極重要參數
- (4) 重要且無法被量化或是貨幣化的效果
- (5) 進行成本效益分析時使用的重要假設
- (6) 分析過程中主要的不確定性因素
- (7) 不確定性因素對成本效益分析結果的可能影響

在不同的計算之後，透過詳實的報告資訊呈現，方能成為完整的經濟分析成果。

水利工程經濟效益項目

防洪工程、水資源工程、集水區保育工程經濟效益項目及估計

由於各項工程可能回有不同考量及規劃設計，因此效益面向也可能不盡一致，然過去經濟成本效益分析之操作流程未臻明確，成本效益項目不明確，個案無法一致，因此無法合理進行的問題存在，再加上經濟成本效益分析常主要由主辦工程師進行，然因為訓練背景不一，經濟成本效益分析上之概念或操作常有錯誤情形發生。因此為增加經濟成本效益執行上之可行性，需要為由相關主管機關標準化相關流程，以供規劃者參考。再加上水利工程有其共同性，因此建議就項目上將常見的項目予以率定釐清，有助於實際操作。如參考美國陸軍工兵團經濟效益分析手冊主要工程類別，主要分為航運、洪災消滅、水力發電、休閒以及供水，然對應國內相關工程項目大致為防洪工程、水資源供水工程。水利工程產生的效益的評估，也主要基於願付價格的概念，對於計畫實施後，社會對這項工程產生影響對應的支付意願，也就是對應的願付價格。

防洪計畫係指透過工程或非工程手段，降低以有效減輕淹水災害，保障人民生命財產安全，提升居民生活品質及土地利用價值，並維護生態環境，確保區域產業

之發展與自然資源之永續利用之相關規劃。相關規劃可能包含河川治理、區域排水整治、都市排水改善、農田排水、坡地排水等。以水資源相關計畫而言，相較於防洪面向，其牽涉更為廣泛，除民生工業供水外，舉凡環境營造、遊憩休閒、生態服務、社會影響等，均包括在內。水資源計畫多數需要進行經濟效益分析依其計畫項目之效益與成本來評估其是否具可行性，亦即研究水資源供水計畫之可行性時不僅需要評估農業、工商業及公共用水之需求，也需要分析河川之用途，傳統上即分析河川應用如發電、航運，而近年來多重視非傳統的用水評估，如休閒娛樂、水質等非使用（nonuse values）之價值；因此，Economic Nonmarket Valuation of Instream Flows (2001) 著重娛樂性與非使用價值之評估，娛樂之價值評估是一個廣為接受的概念，然非使用價值之評估仍有些爭議，非使用價值之評估主要參考願付價格（willingness to pay），即為社會保護資源所付出的價值。

防洪工程之主要效益來自潛在損失的減少及相關社會成本降低，本手冊整理淹水損失相關項目，以實際淹水損失與其他淹水損失分類，實際淹水損失為淹水直接造成的災損；其他淹水損失包括應變成本、復舊成本、產業活動中斷損失等，淹水損失的減少視為防洪工程的直接效益，其他效益還包括可能附加的遊憩效益、生態價值等。防洪工程效益項目列如表 3。

水資源工程計畫所帶來的經濟效益不單只是供水而已，在興建與營運階段公共投資的建設亦會帶動周邊經濟發展，在暴雨來臨時可利用水庫操作達到蓄洪之效果，降低洪峰流量減低下游易淹水地區之淹水情形。而水資源工程計畫主要效益來自於該計畫所能增加之財貨、服務價值，亦包含成本、災害、損失減少的價值；財貨、服務價值即等同民眾願意放棄之其他財貨之最大量值以換取該項財貨服務並予以估計。參考工兵團 P&G 以及 ER 1105-2-100 之規定，衡量工程計畫之經濟可行性時，主要評估直接、有形效益，表 4 羅列不同水資源工程計畫可能之經濟效益項目。

另外一項具有特殊性的為水庫集水區的相關保育工作經濟效益如何評估，水庫集水區保育計畫之主要效益來自於該計畫所能增加之財貨、服務的價值，也包括了成本、災害、損失減少的價值。台灣水庫集水區保育治理計畫之執行策略為「植樹防砂保土」、「監測巡查護水」、「削污減肥保源」和「強化民眾參與」，以期減少水庫集水區土砂災害和改善集水區水體水質。而水庫集

表 3 防洪工程效益項目表

效益	項目		計量方式	單位	說明
實際 淹水 損失	結構物損失		各損失建物實際價值 × 損失比例	元	1. 依可能損失比例與實際價值予以估算，如淹水未造成結構物損害，則不計算其損失。 2. 如有明確建物脆弱區域，依據市場價格估計
	附屬 內容 損失	建物	淹水深度 - 損失曲線 單位損害面積 - 損失曲線	元	1. 可參考水利規劃試驗所 (104 ~ 105 年)「洪水災害損失區域調整機制及系統建置之研究 (1/2)」其評估淹水深度 - 損失曲線之方法，進行分析相關淹水損失。
		公共			
		工商業 農業			
車輛損失		車輛數目 × 折舊市價 × 深度損失比例	元	1. 可依據監理所統計之車輛數目、或依據戶數估計車輛數目。 2. 車輛折舊市價可參考二手車折舊市價表 3. 參考「USACE, 2006」車輛深度 - 損失曲線，唯需調整市場車價係數	
減少 淹水 損失 效益	應變 成本	安遷	戶數 × 安置時間 (日) × 每日安置費用	元	1. 可依現況安置情形予以估計，可依據市面保單之生活不便險予以估計。 2. 投入人力、機具未有實際參考之資料，可依災後現況予以估計
		投入人力、機具	評估未有防洪工程而事後所需投入之人力、機具	元	
	復舊清理成本		受淹水影響面積 × 單位面積清理費用	元	1. 住宅、工商主要項目包含汗水抽除、傢俱擦拭、牆面清潔、地板清潔，清理費用可參考市價依坪數大小進行估計 2. 農業，可依據「水災災害生活救助金核發標準」或依行政院農業委員會公告之「農業天然災害救助辦法」 3. 若農地、魚塭有受土砂問題影響，應將納入成本予以估計 4. 需避免重複計算之情形，釐清淹水之損失、清理復舊之成本等項目
	產業活動中斷損失		1. 國民生產毛額 × 受影響比例 2. 受影響人口 × 平均薪資 × 時間	元	1. 針對淹水造成無法移轉經濟活動中斷之成本予以估計 2. 主要評估區間為復舊期間受影響人口之薪資或 GDP 3. 依平均薪資評估則會有低估之情形，若依 GDP 進行計算有高估之趨勢
其他 效益	休閒遊憩效益		增加之觀光遊憩區之遊客人天次 × 單位人天遊憩價值	元	單日價值法，可參考手冊 (防洪篇) 整理表 3 ~ 5
	生態系統服務效益		單位面積 × 每人願付價格 區域人口數	元	願付價值，本計畫參考內政部 (2017)「105 年至 106 年度國家重要濕地社會經濟價值評估計畫成果報告」

表 4 水資源工程建議之效益項目及計量方式

效益	計量方式	單位	說明
增加 供水	<p>計算有 / 無計畫不同風險條件下之社會剩餘，可分為下列幾種情形：</p> <p>1. 無供水可靠度曲線 (Reliability Yield Curve)，僅知水資源工程計畫之供水量，假設均為常態供水：</p> $B_S = (Q_{T2} - Q_{T1}) \times P_{ave}$ <p>B_S：水資源工程計畫增加供水量效益； Q_{T1}：無水資源工程計畫時之供水量； Q_{T2}：有水資源工程計畫之供水量； P_{ave}：平均水價；</p> <p>2. 無供水可靠度曲線 (Reliability Yield Curve)，但可推估乾旱或緊急供水風險：</p> $B_S = R \times (Q_{T2} - Q_{T1}) \times P_{ave}$ <p>R：發生乾旱之風險、或需緊急供水之風險</p> <p>3. 有供水可靠度曲線 (Reliability Yield Curve)：</p> $B_S = \int_0^R [Q_{T2}(R) - Q_{T1}(R)] \times P_{ave} dR$ $= \sum_{i=1}^N P_{ave} \times \frac{1}{2} \times (R_{i+1} - R_i) \times \{ [Q_{T2}(R_{i+1}) + Q_{T1}(R_{i+1})] - [Q_{T2}(R_i) + Q_{T1}(R_i)] \}$ <p>R_i：供水可靠度 i；</p>	元	<p>1. 若有水量之需求曲線：</p> $P_{ave} = \frac{P(Q_{T1}) + P(Q_{T2})}{2}$ <p>$P(Q_{T1})$： 無水資源工程計畫供水量之水價 $P(Q_{T2})$： 有水資源工程計畫供水量之水價</p> <p>2. 供水可靠度曲線、缺水情形，主要依據水資源供水條件相關分析推估。</p> <p>3. 若為濁度過高造成缺水，其需以區域自來水廠供水百分比作為評估之依據。</p> <p>4. 如水資源工程計畫之定位含常態供水及緊急備援供水，應避免重複計算。</p> <p>5. 水資源工程計畫所增加之庫容可以增加供水量之效益計算，增加供水量： 水庫平均運轉次數 × 水資源工程計畫目標增加庫容</p>
發電	$B_p = Q_p \times WTP_p$ <p>B_p：水資源工程計畫發電效益； Q_p：水資源工程計畫可增加之發電量； WTP_p：發電願付價格</p>	元	發電願付價格評估建議參照臺灣電力公司所提供之報表，臺灣一直都處於電力剛好或不足的狀態，因此，實際供電邊際效益應大於其邊際成本，本計畫以每度售電成本替代願付價格。

表 4 水資源工程建議之效益項目及計量方式 (續)

效益	計量方式	單位	說明
替代高環境社會成本水源	$B_{GW} = Q_{GW} \times P_{GW}$ B_{GW} ：水資源工程計畫替代高環境社會成本水源效益； Q_{GW} ：水資源工程計畫可減少地下水抽取量； P_{GW} ：地下水影子價格	元	地下水影子價格，本計畫參考 Huang (1990) 針對屏東區之地層下陷作為分析範圍，然因區域性之問題，每單位水量抽取所影響之物理條件因地下集水分區之不同而有極大差異，且不同區域社會環境問題不一樣，故此參數值引用上需多加考量。
砂源	$B_{VS} = Q_{VS} \times P_{VS}$ B_{VS} ：水資源工程計畫砂源效益； Q_{VS} ：水資源工程計畫可增加之有價砂原量； P_{VS} ：單位有價料之價格	元	單位有價料之價格可參考經濟部礦物局調查各縣市所產各類砂石之價格，如「106 年度砂石產銷調查報告」(2018)。另外，無價料效益如防淤工程之洩水所挾帶之泥砂，補充下游河川砂源，其對於河道的沖刷與海岸的沖蝕將有所助益。砂石可視為成本，亦可視為效益，須依分析案例而定。
生態系統服務效益	$B_H = \text{單位面積} \times \text{每人願付價格} \times \text{區域人口數}$ B_H ：水資源工程計畫生態系統服務效益	元	本計畫建議參考內政部營建署城鄉發展分署「105 年至 106 年度國家重要濕地社會經濟價值評估計畫成果報告」
休閒遊憩	1. 增加之觀光遊憩區遊客人次 \times 單位人天遊憩價值 2. 水資源工程計畫所增加休閒遊憩面積 \times 單位面積休閒遊憩願付價值	元	單位人天遊憩價值可參考本計畫整理「每人旅遊價值費用」。單位面積休閒遊憩願付價值建議可參考「105 年至 106 年度國家重要濕地社會經濟價值評估計畫成果報告」相關研究。
減輕災害風險	$B_{DB} = D \times \left(\frac{1}{T_{after}} - \frac{1}{T_{before}} \right)$ B_{DB} ：水資源工程計畫減輕災害風險效益 D ：特定重現期距下水庫集水區保全對象之災害損失； T_{after} ：水資源工程計畫下同災害強度之重現期距； T_{before} ：零方案時原災害強度之重現期距	元	可針對不同災害進行評估，計算有 / 無水資源工程計畫下減輕之災害風險效益： 潰壩風險 淹水災害風險 即可參考 107 年度「水利工程經濟效益分析方法研究 (1/2)」所建議之防洪工程效益項目及其計量方式 土砂災害生命財產保護

水區保育計畫治理面向所對應之效益，主要效益項目為減淤增加庫容、水質提升、減輕天然災害、水源涵養、集水區內產業發展、遊憩觀光和生態服務，本文將較明確的效益項目計量方式整理如表 5 所示。

本文以通案性質進行各項效益之討論，本節所列出的為一般性列出之具有之可能經濟效益。然對於具有特殊情形之個案，應不侷限於上述效益，仍應視計畫內容，就其影響層面，基於相關經濟理論，探討相關對於社會福利改變情形，評估可能之效益，必要時可另案辦理相關經濟評估工作，以臻完善。

效益計算

就前節所述之相關效益計算，均有其依據與論點，受限於本文篇幅無法逐一介紹，細節內容在請參閱「水利工程經濟效益分析方法研究」、「水利工程經濟效益分析作業流程及參考手冊 (稿)」、「水庫集水區保育計畫之經濟效益評估研究架構」、「108 年度水庫集水區保育計畫之經濟效益評估研究」等計畫報告，並有相關案例可供參考，而本文希望供水量增加之效益

計算上進一步就其觀念進行探討。

水資源開發計畫核定或規劃之計畫供水量 (出水量) 與需求量透過水資源系統分析之供需模擬可計算出年缺水量值，選定區位之供水潛能限制及蓄水設施之供水量、供水穩定度存有相互影響之關係。水利署之「水資源規劃規範」中規定，水源運用需對計畫範圍內用水現況及未來用水成長充分瞭解，再依水文資料，分析不同設施規模下之供水潛能以及區域水源調度，滿足計畫供水區域內用水需求。依據水利署擬具之「臺灣地區水資源開發綱領計畫」中說明，水資源開發計畫供水量評估係使用可容忍缺水為條件來計畫其出水量，此一可容忍缺水之條件即為水資源設施供水規劃之準則。近年來，臺灣進行水資源規劃時，多採用缺水指數 (Shortage Index, SI) 作為供水潛能設計準則，然一般常以缺水指數 $SI = 1.0$ 之供水標準為計畫供水量 (出水量) 訂定之準則，但受水文年豐枯之影響，在各時段並無一致之缺水狀況，因此會有不確定性存在而造成供水之風險，故在各區域內供水設施供水標準均採與原規劃或檢討報告相同。缺水指數之優

表 5 集水區保育效益項目記量方式

效益項目	計量方式	單位	說明
減淤增加庫容			
(1) 供水	一般：增加的水庫庫容*水庫運轉次數*供水願付價格；緊急：單位間提供水效益*年用水量*缺水機率	元	
(2) 發電	減淤可供發電之水量(水庫增加容量*發電庫容比例)*發電願付價格	元	
(3) 防洪	-	N/A	考量淤積對於防洪庫容之影響並不顯著，且可透過調整操作規線減少衝擊；對防洪庫容影響小於30%，則建議不予估計；對防洪庫容有顯著影響(>30%)，則建議以個案檢討
水質提升			
(4) 避免高濁度	濁度過高造成無法供水 維持原有供水需增加之替代方案成本、或失去原有供水造成損失	元	
	濁度不佳增加處理成本 當淨水設備充足時，每噸原水所需增加投藥的處理成本	元	注意避免與水量有重複計算問題
	當淨水設備不足時，擴充淨水設施所需之替代成本	元	
(5) 一般水質維護	水質不佳造成無法供水 維持原有供水需增加之替代方案成本、或失去原有供水造成損失	元	
	水質不佳增加處理成本 當淨水設備充足時，每噸原水所需增加投藥的處理成本	元	
	當淨水設備不足時，擴充淨水設施所需之替代成本	元	
減輕天然災害			
(6) 河道變遷淹水災害風險	以疏浚替代成本估計	元	一般而言上游集水區保育計畫與下游生命財產保護較不相關，如有明確關連方與計算
(7) 土砂災害生命財產保護	保護標的生命財產價值*(執行計畫前機率-執行計畫前機率)	元	
(8) 水源涵養	增加利用水量*供水願付價格	元	
(9) 集水區內產業發展(限制)	-	N/A	《水庫集水區治理辦法》、《山坡地保育條例》、《水庫集水區保育綱要》、集水區內應擬定「長期水土保持計畫」，禁止任何開發行為
(10) 遊憩觀光	增加之觀光遊憩區遊客人天次*單位人天遊憩價值	元	
生態服務			
(11) 生態多樣性	-	N/A	濕地：參考內政部營建署城鄉發展分屬(2017)「105年至106年度國家重要濕地社會經濟價值評估計畫成果報告」
(12) 減碳	林地復育面積*林地單位面積二氧化碳固碳量*碳匯價格	元	

點為可以顯示長期之缺水狀況，有明確之規範包含缺水程度、發生頻率、及缺水嚴重性等意義；反之，缺點則無法瞭解某一年內之缺水程度及所持續的時間。因此，本計畫參考 Hashimoto, *et al.* (1982) 提出之可靠度 (reliability)、恢復度 (resiliency)、以及脆弱度 (vulnerability) 三風險指標做為評估供水系統之特性標準；可靠度主要是利用頻率或者機率的角度來看系統滿足需求的情況；而恢復度主要描述一旦系統發生失敗情形時，多快能從失敗的情況中恢復到正常狀態；脆弱度則是反應系統發生失敗情況時所帶來的最大損失有多大。

進行供水相關規劃時，其供水量並非一定，以增加水庫庫容而言，在豐水年可能並無多大效益，因本來水量即已足夠，在枯旱年可能也落入巧婦難為無米之炊的困境，有庫而無水。因此探討不同風險條件下的供水量能是有其必要。圖 6 表示供水量 (Q) 與可靠度 (R) 之關係； R_T 為有 / 無計畫下目標供水量之可靠度； Q_{T1} 為零方案時之目標供水量； Q_{T2} 為水資源工程計畫之目標供水量； ΔQ 為有 / 無計畫下之目標供水量之差。由圖可知，當供水量減少的情況下，可靠度會提高，意思是越容易達成。然在目標供水量下，不同的供水程度，反

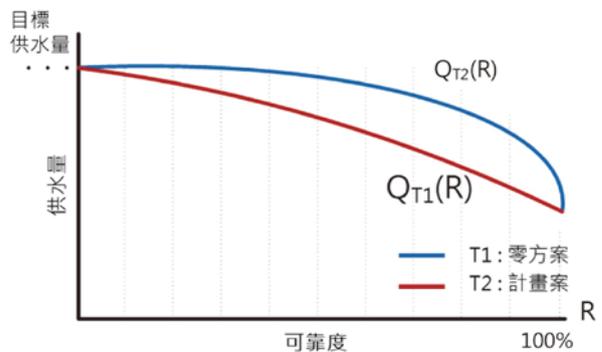


圖 6 供水量與可靠度之關係示意圖

應其滿足目標得程度，以該圖為例，在同一個超越機率下 (可靠度)，會有不同 Q_{T2} 與 Q_{T1} 即是不同風險條件下之供水量，其均與目標供水量有所差異，為在既有設施下之供水程度。

因次在分析效益時，進行水資源工程計畫可行性評估時應針對不同風險程度下之供水量及其價值進行相關分析，先不考慮風險程度，考慮因為有無計畫，造成供水量 Q_{T2} 與 Q_{T1} 的差異，而 Q_{T2} 與 Q_{T1} 又反應不同的缺水比例，因此價值上也會有所差異，供水比例高及缺水率低，因次單位價值會較低，供水比例低而缺水率高，則單位價值會偏高，其反映在需求函數上，因此，因為

增供水量造成之效益可以如圖 7 所示藍色梯形部份，以差分概念可以估計為方程式 (3)，可以解釋為增加水量之平均價值。

$$\begin{aligned}
 & [Q_{T1}(R) - Q_{T1}(R)] \times \frac{P(Q_{T1}(R)) + P(Q_{T2}(R))}{2} \\
 &= [Q_{T1}(R) - Q_{T1}(R)] \times P_{ave}(Q_{T1}(R), Q_{T2}(R)) \\
 &= [Q_{T1}(R) - Q_{T1}(R)] \times P_{ave}(R) \quad (1)
 \end{aligned}$$

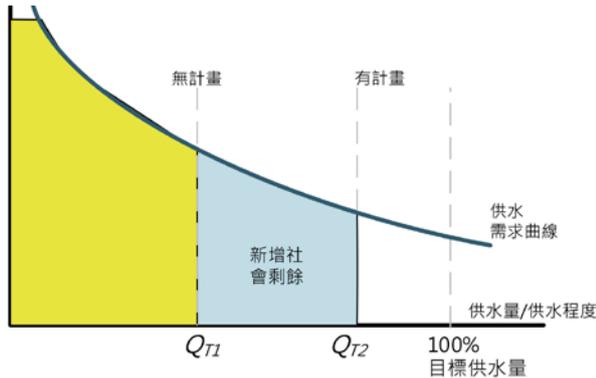


圖 7 增供水量造成新增社會剩餘

當考慮不同可靠度下之供水差距時，就需依據不同可靠度之供水條件進行推估，實際上當可靠度低代表供水量大時，會發生有無計畫，其實都很難達到此一目標之情形，當供水量小時代表枯旱嚴重，也會發生有無計畫其實差距不大的狀況。因此而供水之潛能即水資源工程計畫在不同風險條件下，可增加之供水量效益 (B_S)，即為方程式 (3) 依據不同條件逐次積分，可表示如下：

$$\begin{aligned}
 B_S &= \int_0^R [Q_{T2}(R) - Q_{T1}(R)] \times P_{ave}(R) dR \\
 &= \sum_{i=1}^N (R_{i+1} - R_i) \\
 &\quad \times \frac{P_{ave}(R_{i+1})(Q_{T2}(R_{i+1}) - Q_{T1}(R_{i+1})) + P_{ave}(R_i)(Q_{T2}(R_i) - Q_{T1}(R_i))}{2} \quad (2)
 \end{aligned}$$

其中 R_i 為供水可靠度或風險程度 i ； P_{ave} 為該條件下計畫供水量之平均水價，乃由無水資源工程計畫供水價與有水資源工程計畫供水價取平均； Q_{T1} 為無水資源工程計畫時之供水量； Q_{T2} 為有水資源工程計畫時之供水量。

理論上各水資源系統分析均需要有供水 - 風險可靠度曲線 (Reliability-Yield Curve)，如此才能完整分析。然但現有相關分析報告此一部份常未完整呈現，考量可操作性，故若水資源工程計畫缺乏不同可靠度之供水量之相關資料 (即 $\int_{R=R_i}^1 Q_{T2}(R) - Q_{T1}(R) dR$)，但可推估乾旱或緊急供水風險時，則可以簡化分析：

$$B_S = R \times (Q_{T2} - Q_{T1}) \times P_{ave} \quad (3)$$

若僅知水資源工程計畫之供水量，假設均為常態供水：

$$B_S = (Q_{T2} - Q_{T1}) \times P_{ave} \quad (4)$$

如能同時考量，也可以根據不同風險及條件依據此原則進行推估

$$\begin{aligned}
 B_S &= R_1 (Q_{T2} - Q_{T1}) \times P(R_1)_{ave} \\
 &\quad + R_2 (Q_{T2} - Q_{T1}) \times P(R_2)_{ave} \quad (5)
 \end{aligned}$$

而供水效益則可透過增加之供水量與願付價格進行評估，然在經濟學用語中，水的願付價格即以用水者的觀點給予水的評價，這通常可以用經濟學中的需求曲線來表示，亦即給予不同的使用水量給予不同的貨幣評價，此需求曲線通常是負斜率的，也就是用水越多，給予的價值越低，願意支付的價格也就越低。若在一定水量範圍下，願付價格不變，或是缺乏供水願付價格之需求曲線，則可假設 WTP 為定值，進行分析供水效益 (BS)。

過去 Hung, et al. (2017) 之臺灣家戶用水需求之相關研究，其中整理臺灣自來水公司 (TWC)、臺北自來水事業處 (TWD) 之水費統計資料平均水價為每噸 14.182 元，此平均水價包含淨水成本等，而非原水之成本。本團隊建議可以參考「水資源規劃經濟效益分析與評估」，依據經濟部水利署水庫資料冊之營運中水庫單位原水成本予以分析增加供水量之效益，此概念即以願付價格大於單位售水成本的概念來評估，其以社會折現率進行轉換，故民國 108 年單位原水成本為每噸 11.90 元，也可視各區域不同採用適當參考值。

較為完整的用水需求曲線估計，團隊過去採取臺灣自來水公司與臺北自來水處的一般用水戶的資料，推估自來水需求函數。估計結果大致符合理論預期，亦即自來水需求函數多數區域符合價量為負向關係的判斷，另外考慮自來水處理成本，及供水率之關係。其立論為自來水公司為用水需求之代理人，可以反應其市場偏好，但須加入水公司之輸水損失及相關成本，進而推求臺灣地區不同供水條件之需求曲線，下圖 8 為本計畫蒐集臺水公司相關用水資料所推估之用水需求曲線，本計畫假設供水可靠度 100% 為供水目標達平均水量。另外，此需求曲線之水價為原水之單位成本，以扣除淨水成本等相關費用。

雖供水應透過水資源模式於不同水文風險下進行供水能力推估，但實際上部分計畫並為進行此一分析，如水資源工程計畫之目標為擴充水庫等蓄水設施現有之防淤能力，使其可持續利用，如排砂工程設施等。考量可行性，其相關效益主要效益為增加庫容、降低潰壩之風險。然增

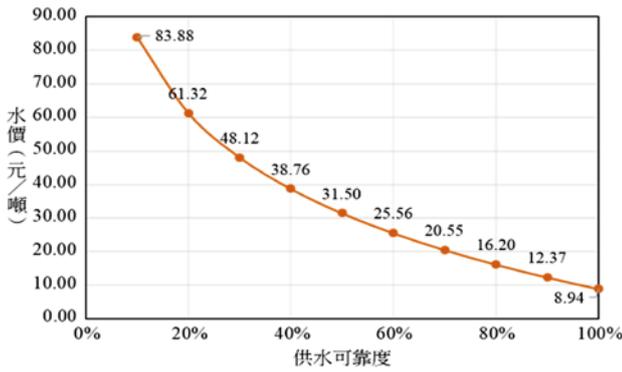


圖 8 原水需求曲線估計結果

加庫容亦屬於增加水庫等蓄水設施可供水量，並可以平均水庫運轉次數、水之願付價格進行評估，如式 (8)。

$$B_s = \text{增加水庫庫容} \times \text{平均水庫運轉次數} \times WTP \quad (8)$$

本計畫蒐集民國 90 年至 106 年 18 座重要水庫蓄水設施調節量統計表。平均水庫運轉次數即以歷年水文量、有效蓄水量和總用水量（包含農業、生活及工業用水等）進行評估（式 (9)），結果如表 6 所示。

$$\text{平均水庫運轉次數} = \frac{\text{總用水量 (m}^3\text{)}}{\text{有效蓄水量 (m}^3\text{)}} \quad (9)$$

依民國 106 年其量測翡翠水庫等重要水庫有效容量合計為 18 億 5,072 萬立方公尺，占 40 座主要水庫量測有效容量 19 億 992 萬立方公尺之 96.90%、占 95 座公告水庫量測有效容量 19 億 5,074 萬立方公尺之 94.87%。本計畫主要探討分析此 18 座重要水庫之平均各標的供水，希望藉由各水庫供水情形提供未來開發

新興水庫參考。

經濟成本效益分析運用觀點

然我國成本效益分析方法的應用，主要規範於我國的預算與審計法規體系中以「預算法」為主，因此國內相關分析仍以基於成本效益分析進行，水利相關指導手冊包括經濟部水利署（民國 96 年）「水資源建設與管理環境成本評估手冊」、行政院經濟建設委員會「公共建設計畫經濟效益評估及財務計畫作業手冊（97 年版）」、經濟部水利署（民國 95 年）「區域排水整治及環境營造規劃技術手冊」、經濟部水利署（民國 95 年）「河川治理及環境營造規劃參考手冊」，在前兩年，團隊則完成「水利工程經濟效益分析方法研究」、「水利工程經濟效益分析作業流程及參考手冊（稿）」、「水庫集水區保育計畫之經濟效益評估研究架構」、「108 年度水庫集水區保育計畫之經濟效益評估研究」等，希望能在相關基礎上建構更完整的成本效益分析架構。

工程人員應該如何看待成本效益分析呢？過去成本效益常被視為計畫所必需、但多為上級單位所要求，必須呈現出想要的預期結果的一項工作，因此常見難為之處常是如何在帳面上調整使計畫看起來可行，因此也常被質疑。然而，成本效益分析應該用更為正面的態度去檢視，分析者應該從不同的面向去看計畫是否值得進行，舉例來說如果一項供水工程結果其土砂的效益過高，或是防洪工程結果大部分的正面效益皆為提供環境正向服務，就有檢視相關計畫定位的問題，透過成本效益分析，可以用於自己檢

表 6 北中南水庫單位庫容供給量統計數值

區別	水庫名稱	每單位有效庫容供給水 + 灌溉		每單位有效庫容供發電	
		平均 (m ³)	標準差	平均 (m ³)	標準差
北部	新山	0.79	0.20	-	-
	翡翠	0.68	0.73	2.61	0.56
	石門	3.55	0.75	2.64	1.17
	寶山	6.35	1.80	-	-
	寶二	1.59	2.29	-	-
中部	永如山	2.09	0.64	0.17	0.67
	明德	2.64	0.59	-	-
	德基	-	-	5.59	2.44
	霧社	-	-	8.74	3.90
	日月潭	0.01	0.01	8.80	11.11
	鯉魚潭	3.82	5.29	-	-
	湖山水庫	0.68	-	-	-
南部	仁義潭	2.42	0.72	0.16	0.65
	蘭潭	2.74	0.84	-	-
	曾文	1.29	0.36	2.63	1.04
	烏山頭				
	南化	1.87	0.60	-	-
	牡丹	1.74	0.41	-	-

資料來源：經濟部水利署各項用水統計資料庫

視計畫的內涵，也可以用來與民眾溝通，而非僅為呈報上級單位審核而已。過去一年我們面對大旱，民眾對於各項工程多有期盼，如海水淡化、污水回收在利用等。在有限資源下，並非所有事情都是有備無患，備則牽涉到多少資源的投入、而患的機率、影響等等，均應仔細檢視。舉例來說，如果相關的備援措施，耗費鉅資、但未來僅僅數十年才啟用一次，則站在國家立場，都需要思考是否有更合理得替代方案。

檢視國內目前重大水資源工程相關建設，雙溪水庫預計增加供水量 12 萬 CMD，經費約為 120 億元。板新地區供水改善計畫預計增供水量 105 萬 CMD，經費目前約為 160 億元。臺南海水淡化場興建成本約 93 億元，且單位營運成本約為 17.47 元 / 噸，但第一階段僅增加 5 萬 CMD、第二階段約為 10 萬 CMD，烏嘴潭人工湖約可供水 18.7 ~ 25 萬噸，計畫經費約為 199 億元。曾文水庫越域引水工程計畫（風災前規劃），增供水量 60 萬 CMD，經費約為 243 億。曾文水庫防淤隧道工程（以減淤庫容之實質效益計算），第五十年可增加 7,300 萬立方公尺供水量、換算約為 20 萬 CMD，操作期間平均可考慮為 10 萬 CMD，所需經費約為所需經費為 57 億。由上述資料可以大致推估，國內原水開發成本，10,000 CMD 大約介於 1.5 ~ 10 億元間。如單純以水資源之價值推估，假設單位水之價值為 10 元 / 噸，每年 365 天、50 年期折現率 3%，10,000 CMD 供水其現值約為 9.67 億元，依此可作為一初步判斷標準。有此可見各項計畫的成本差異，相較於其他工程，海淡為相當昂貴的水資源，本文未探討廢水再生之計畫，但其是否值得大量開發，或是在那個條件下的乾旱是不可或缺的，都需要仔細探討。然此一部份討論單純以相關成本與供水條件進行探討，非完整之成本效益分析計算，當成本面有所變動，或效益面不單純以供水為主時，相關計畫評價會有所改變。

成本效益分析基本上需要協助決策者客觀的檢視相關政策、計畫、方案，來進行對於國計民生最有利的選擇。不管對於政府或民眾，各項主張都不宜主觀認定，基於相關量化分析基礎更能協助來思考各項利弊得失。成本效益分析即以整體社會的角度分析、評估各替選方案或計畫，對社會所有產生的一切效益及成本予以估計分析，並以作為計畫選擇之依據。而經濟影響分析是一種用以了解政策計畫執行後，損失與受益於不同利益關係群體之間分配情形的分析方法。本計畫建議水利工程相關評估，或是國內相關評估，仍須以成本效益分析為

主，主要評估公共建設、政策等方案，如何最大社會整體福利，並於考量國家資源與社會公益上，討論是否有其必要性及優先性。團隊過去就水利工程所需要提出之相關架構提出建議，包含各項成本效益，執行上而言，需對可量化之項目予以估計，然對於不可量化之項目，為避免造成資訊或數據的扭曲而影響決策，建議以文字定性說明。價值的估計仍有一定複雜性，可以依據有無市場存在進行研究，有市場價值可依市場之資訊進行評估，若無市場存在則利用替代市場或是建立一個假設的市場來評估其價值，雖假設市場價值評估法為普遍使用方法，由於其常使用問卷之方式進行調查，資料取得或是樣本數仍有些爭議，故在效益有貨幣化之困難時，可以不將效益全部貨幣化；亦即並未將相關環境效益量化。

本文就成本效益的一些面向進行論述，並以水利工程為主體進行探討，希望能給相關工程從業人員對於成本效益分析有進一步的認識，瞭解其內涵，可以合理運用於相關計畫評價與分析上，避免誤解或誤用。經濟成本效益分析屬於事前之評估，以目前國內條件，全國相關的經濟參數、資料仍相當缺乏，需要相關資料庫之調查與建立，未來希望逐年更新相關資料庫與案例，協助各項分析日臻完善。

誌謝

本文主要內容來自水利署研究計畫「水利工程經濟效益分析方法研究」及「108 年度水庫集水區保育計畫之經濟效益評估研究」，謹致謝忱。

參考文獻

1. Ming-Feng Hung, Bin-Tzong Chie, Tai-Hsin Huang. (2017). Residential water demand and water waste in Taiwan. *Environmental Economics and Policy Studies*.
2. 行政院經濟建設委員會 (2008), 「公共建設計畫經濟效益評估及財務計畫作業手冊 (97 年版)」。
3. 經濟部水利署 (2007), 「水資源建設與管理環境成本評估手冊」。
4. 經濟部水利署 (2008), 「水患治理之經濟效益評估」。
5. 經濟部水利署 (2018), 「水庫集水區保育計畫之經濟效益評估研究架構」。
6. 經濟部水利署 (2019), 「108 年度水庫集水區保育計畫之經濟效益評估研究」。
7. 經濟部水利署水利規劃試驗所 (2004), 「水資源開發經濟分析財務計畫評估手冊」。
8. 經濟部水利署水利規劃試驗所 (2013), 「水資源規劃經濟效益分析與評估」。
9. 經濟部水利署水利規劃試驗所 (2019), 「水利工程經濟效益分析方法研究」。
10. 經濟部水利署水利規劃試驗所 (2019), 「水利工程經濟效益分析作業流程及參考手冊 (稿)」。