



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

游景雲／國立臺灣大學土木工程學系 副教授

王元亨／亞利桑那大學 博士生

楊智傑／以樂工程公司 工程師

台灣地區的水資源規劃已由過去傳統水資源開發規劃朝向整合性水資源經理方式辦理，因此，如何使未來水資源工程規劃方案更為周延，應對於現有水資源規劃方案經濟評估內容與架構進行探討。本文對於水利工程規劃決策時，對於規劃相關之評價概念進行探討，由成本效益分析之架構與精神，風險分析之概念，及風險管理之架構進行介紹。由於國家政策，目前各項相關規劃均積極展開，如何對於相關規劃合理評價均為水利從業人員相當棘手之工作，因此本文就各項層面之議題進行探討。針對成本估算、經濟效益評估方面，本文就其的基本內涵、架構、理論、工具、假設與作業流程等進行逐步討論。後續之風險識別分析部分，就其風險及不確定性之精神、數值分析方法、重要風險因子與流程等一一探討。並對於風險管理之措施、我國國內之內控制度、風險圖像概念及其運用進行介紹，並建議適用於國內之功能失效樣態與效應分析流程。藉此期望補足現行相關水利工程規劃中較為缺乏之面向，健全相關規劃作業，以利國計民生。

前言

台灣地區的水資源規劃已由過去傳統水資源開發規劃朝向整合性水資源經理方式辦理，因此，在現今社會環境下更需要考慮，如何使未來水資源工程規劃方案更為周延，應對於現有水資源規劃方案經濟評估內容與架構進行探討，規劃建置適當且合於趨勢之分析模式與方法。因此，本文其為就整體經濟分析之概念，並針對成本估算、經濟效益評估所需的基本內涵、架構、與作業流程等進行討論。此外也就規劃設計時如考量風險與不確定性之概念與工作方法，可能影響之因子，整體之主要目標包含風險及不確定性因子定義探討與資料彙整、風險及不確定性因子分析方法說明討論、提出規劃或設計階段，適時依據不確定性因子種類與其影響權重，如何採取一定合理統計模

式或方法，求得規劃設計風險與成本效益之關聯性，由所獲得之相關分析結果，擬定在不同成本效益與風險性下之策略或方案，提供決策者進行最終方案選擇之參考等進行說明。

成本效益分析

公共建設投資除帶動經濟成長外，也希望藉由基礎建設之改善，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構面，因而其評估也必須針對不同構面進行可行性分析評估。計畫評估乃是任何投資決策之基礎，投資

決策需考量計畫的目的、執行能力、外在環境條件、衍生問題、風險與不確定性；而公共建設所涉構面更為複雜，計畫評估所應含括之可行性分析應包含七個構面：「市場可行性」、「技術與生產可行性」、「經濟可行性分析」、「財務可行性分析」、「政治可行性分析」、「環境可行性分析」與「管理可行性分析」。而我國政府所規定之公共建設計畫先期規劃作業尚納入「法律可行性」、「土地可行性」與初步財務規劃。應編製周延、完整之經濟效益評估及財務計畫，俾提升預算效益。

成本效益分析 (Benefit-Cost Analysis) 是屬於一種經濟面的系統分析方法，常被政府相關單位與計畫研究人員用來評估工程開發或政策規劃等公共計畫是否值得投資的決策工具。主要以社會整體的觀點來考慮、比較所有和計畫相關利弊得失，或可以將相關利弊得失思考成經濟成本和效益，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。在此準則下，社會淨效益為正，公共投資即有推動之可行性。

實務上，成本效益分析的應用範圍相當廣泛，跨越公私部門各種領域的計畫；例如，交通建設、健康衛生、犯罪防治、教育訓練、資源管理以及環境保護等領域的計畫評估，相關分析常作為政策或投資進行之參考，除完整之成本效益分析外，類似之工具也包含經濟衝擊影響評估 (Economic Impact Analysis)，成本有效性分析 (cost-effectiveness) 等。

追溯成本效益分析的發展沿革，近代第一位正式提出公共工程建設成本效益分析方法者是十九世紀法國土木工程師暨經濟學家 Jules Dupuit，其後義大利社會科學家 Vilfredo Pareto 及 1940 年代英國經濟學家 Nicholas Kaldor 與 John Hicks 都進一步修正改進此方法，成本效益分析開始納入政府決策程序中。

有關成本效益分析在西方的應用情形，最早應用於公共建設係見諸於美國聯邦政府用來評估水資源計畫，提供政府決策上的之參考。1920 年末期的河川暨海港法 (River and Harbor Act of 1927 and 1928) 授權美國陸軍兵工團 (Army Corps of Engineers) 針對國境內主要河川的整治計畫進行成本分析，為後來的經濟性評估分析奠定初步的雛形。其後，1936 年的洪水控制法 (Flood Control Act of 1936)，授權農業部對洪水控制計畫應作成本效益分析，明文規定水利計畫的經濟可行性必須是「所有可能產生的效益大於成本」之準則。1946 年美

國聯邦河流委員會正式成立成本效益委員會，1952 年美國預算局鼓勵編製預算時應以成本效益分析為參考。至 1960 年代，美國政府將成本效益分析與預算程序聯結，構成設計計畫預算制度 (The Planning Programming Budgeting System, PPBS) 之相關作業要求，且其實施範圍亦由原來水利、港灣等公共工程建設計畫逐步擴展至國防、衛生與社會福利等支出。

1981 年，美國雷根總統首開先河，簽署的 12291 號行政命令 (Executive Order 12291) 規定美國各聯邦機關對所有新的管制都必須事先評估其成本與效益，始能決策，同時要求白宮的管理與預算辦公室 (Office of Management and Budget, OMB) 建立一個正式的評估程序，成本效益分析成為美國政府決策的重要工具。發展至今，成本效益方法廣為各國公共投資決策時所用，其他國家如歐盟、加拿大、澳洲與韓國等都有制定類似的成本效益分析手冊；國際組織包括世界銀行與聯合國評估開發中國家公共投資之決策工具亦以成本效益分析為主。

至於我國，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，包含「預算法」、「行政院所屬各機關中長程計畫編審要點」、「部審核處 準則」、「行政院所屬各機關主管法案報院審查應注意事項」、「稅式支出評估作業應注意事項」、「環境影響評估法」等相關法案；建置的指導手冊包括經濟部水利署 (2007)《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 (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)》、經濟部水利署水利規劃試驗所 (2009)《防洪工程經濟效益評估之檢討修正總報告》及交通部運輸研究所 (2009)《交通設計計畫經濟效益評估作業之研究》、於環保署「環境政策與開發計畫成本效益分析作業參考手冊」(2012)。

經濟與財務效益分析之區別

進行成本效益評估時必須完整考慮所有成本效益項目，依據經濟部水利署 (2004)「水資源開發經濟分析與財務計畫評估手冊」，將水資源開發計畫之成本效益項目分為財務面、經濟面與環境面三種。財務面成本效益為水資源開發計畫本身所產生之會計成本與收益，也就是計畫內部產生的現金流出或流入；經濟面和環境面之成本效益皆為水資源開發計畫所產生之外部成本效益。

經濟面的成本效益為公共投資所產生的外部成本效益，為公共政策或投資對經濟體系產生的直接影響，也就是透過市場機制產生市場性的影響，例如對產業產值的影響，現有資本財的改變，私人財產的影響等，因此經濟面成本效益是對有市場性財貨或勞務的影響，可轉換為對產值、所得、就業等之影響。經濟面成本效益又可分為直接或間接的成本效益，直接經濟成本效益為公共投資直接產生之市場性財貨或勞務的影響，間接經濟成本效益是由直接經濟成本效益延伸出來的產業關聯效果。

環境面的成本效益也是一種外部性成本效益，即公共投資對環境體系所產生的影響，社會面及其他成本效益都是公共投資所產生之外部成本或效益。若以興建水庫為例，其會計成本為水壩的興建成本、人工成本、用地取得費用、設計作業費等，發電收入則為會計收入；社經效益為水庫興建後，因發電而引起的就業和所得之提升等，另外水庫的防洪、灌溉等效益也是社經效益的一種；環境成本則為河川斷流後對生態的影響等，一般而言，環境面影響多同時歸納為經濟面之成本效益一併討論。

在成本效益分析中，包含經濟效益分析與財務效益分析。經濟效益分析乃針對社會效益與社會成本之觀點進行，估計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；而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採成本效益之定量分析方法，同時亦均追求投資計畫之利潤極大化，但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。意即此兩種分析方式主要是評價角度不同所導致的差異，因此其評估項目便有所不同，如成本效益只是在部門間移轉時，並未涉及社會資源使用，則不應納入經濟效益分析中，雖然財務面之分析項目較為固定，但經濟面之影響則牽涉廣泛，因各個案例不同而有所差異，在應用上產生相當之困難，是進行水資源開發計畫經濟效益分析與評估前必須注意與釐清之處，經濟概念與財務概念的差別如圖 1 所示。

經濟評估概念

公共建設之工程計畫作業程序大致分為規劃、設計及施工等三階段；重大之公共工程計畫則可依其程序目標及管考之需要，可進一步細分為先期規劃（可行性研究）、綜合規劃、基本設計（初步設計）、細部設計及施工等五階段。先期規劃部分會在細分為初步規劃或先期研究階段、以及可行性研究階段。然此階段均應提出可行性報告，包括技術可行性、市場可行性、法律可行性、土地可行性、經濟可行性、財務可行性、環境可行性、管理可行性及初步財務規劃等；部分規劃內容可簡略或合併。

經濟評價部分一般而言需於可行性評估階段提出，兩個面向包括正面的社會福利稱為經濟效益，付出的資源或是代價稱為經濟成本。成本效益分析乃在衡量政策或是規劃方案對社會所形成的所有成本和所有利益，其中亦包括了難用貨幣的成本和利益加以衡量之各種結果。簡單而言，成本與效益的計算，第一牽涉到牽涉到服務或財貨數量上的變動，第二牽涉到其價格上的變動。然而價格與數量均會相互影響，透

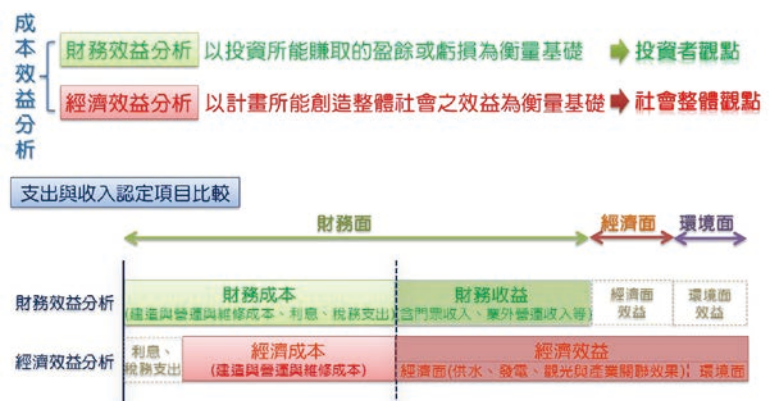


圖 1 財務效益分析與經濟效益分析之差別

過供給需求來決定，供給和需求的經濟學模型被應用作解釋市場均衡價格和均衡產量，求或者供給價格分別跟消費者的需求量和生產者的供給量相關，形成市場兩種力量決定價格和產量的均衡。

公共投資一般影響到供給曲線，主要為牽涉到財貨或服務增加或成本的減少，而公共政策則有可能影響到需求曲線或供給曲線，例如透過政策工具如稅賦補助等，來影響需求面或增加面。當執行相關公共投資或政策時，造成市場的變動即造成相關的效益或成本變動。在效益面計算的，為經濟學上所稱的社會總剩餘 (social surplus) 的增加，同時包含消費者剩餘 (consumer surplus) 與生產者剩餘 (surplus)，在外部性已經被合理考慮的條件下，社會剩餘可以當作是社會福利的一個計算參考，如圖 2 所示。消費者剩餘是指購買者的支付意願減去購買者的實際支付量，消費者剩餘可考慮為的淨收益，是指買者的支付意願減去買者的實際支付量，則為消費者從參與市場活動中得到的利益。生產者剩餘則為出售一種物品或服務得到的價格減去生產者的成本，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，也是生產者於市場交易中實際獲得的金額與其願意接受的最小金額之間的差額。

社會剩餘或是經濟剩餘則指消費者剩餘和生產者剩餘的總和，可以衡量社會的經濟福利，也是一般成本效益所計算的經濟效益。因此，當政府無論進行公共投資建設計畫或執行相關政策時，會造成經濟活動之改變，如圖 2 所示，當相關作為影響到供需平衡時，會造成社會剩餘的改變，其增加的部分即所謂的

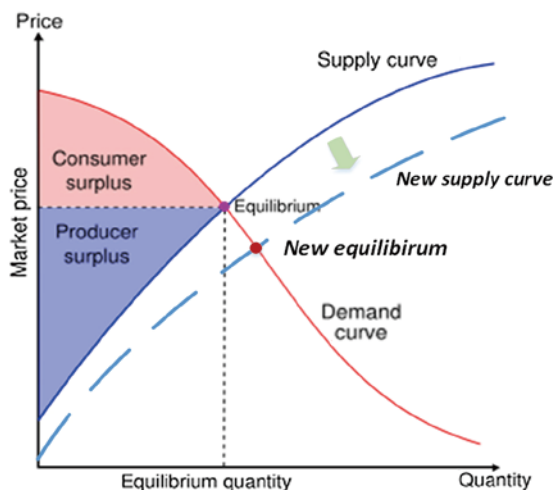


圖 2 供需均衡、消費者剩餘、生產者剩餘、以及社會剩餘於效益估計上之概念

方案效益。然由說明可知，效益同時涉及數量、價值的改變，再加上相關經濟面之統計資料常相當缺乏，因此常假設價格不變、而探討數量改變的影響，如價格彈性較低時勉強可以代表，由於公共投資多為針對基本需求，該假設或許可以接受，但與完整之效益計算是有誤差的。

分析上常把一項政策所需要的各種資源投入視為成本項目，並以機會成本 (opportunity costs) 的概念來看待，亦即觀察這些投入資源的最佳替代使用 (best alternative use) 之價值，舉例來說，如一項計畫需要一定的勞工投入，而勞工的主要來源來自失業人口，其機會成本則相對較低；但如果勞工來源是自勞力市場而造成其他人力的排擠，則需考慮其因為投入所造成無法參與其他建設工作的成本。

法規、政策 (或公共投資) 的成本與效益，理論上應透過足以反應社會成本或效益的價格評價。當市場價格合理，未受扭曲時，可以市場價格來評價；當市場價格受到扭曲，無法正確反應社會價值時，則需以影子價格 (shadow price) 衡量。當重大公共政策或大型公共投資計畫的推動，嚴重改變市場價格，不宜再採原市場價格，須以影子價格評價。扭曲原因主要為外部性存在，使得社會與私人成本、效益產生差異，市場價格不足以反應社會價值，例如教育、人才培訓、研究發展等活動具正外部性；汙染具負外部性。又如租稅課徵、價格管制、自然獨占等的存在，使得市場價格不能真正反應，當無市場價格時或市場價格扭曲時，在估計上常以願付價格 (Willingness-to-Pay, WTP) 來衡量。

經濟成本效益分析、經濟衝擊影響評估、成本有效性分析之差異

經濟學理論中，政策的評估通常採用成本效益分析為主，以整體社會的角度，分析評估各替選投資案或計畫，對社會所有產生的一切效益及成本予以估計分析。以福利經濟學為理論根源，社會福利函數為本。對所有經濟效果估計其數量，然後效益為各成員之願付貨幣值，成本則以資源之社會機會成本貨幣值計。將未來之效益與成本流量，依所選之折現率 (如社會時間偏好率) 折算為現值，並經所有成員之效益與成本加總後，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。

然而除此之外，另外相關分析評估工具尚包含經濟衝擊影響評估、成本有效性分析等。成本有效性分析（cost-effectiveness analysis）計算政策的實施成本及欲評估的效益項目之效果，依據政策的總成本與單位效果之成本作為評估準則，選擇較低單位成本的政策，比較各種達到相同效益的選擇方案成本，並決定何者成本較低，而有較高之有效性。故在效益有貨幣化之困難時，可以因此不將效益全部貨幣化，由各替選案中，效益或效果相同時，僅計算其成本以作比較；或於成本相同時，僅計算其效果以作比較。其為成本效益分析之簡易版，其分析之負擔較低，且以其作比較之對象簡化單一，往往更易為民眾瞭解接受。

經濟衝擊影響分析（economic impact analysis, EIA）在與環境政策相關的決策分析架構中，「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。當成本效益分析以社會規劃者的角度說明，其所分析討論的福利變動面向，經濟衝擊影響分析 EIA 主要是考量不同利益關係群體的福利變動總和，經濟衝擊影響分析所涵蓋的分析範疇，主要是聚焦在政策計畫實施前後，直接或間接衍生自經濟體系中，相關市場交易活動所產生的損益分配變動情形。大致可分為「總體經濟面向」、「產業經濟面向」、「區域與社群面向」、及「其他利益相關群體面向」。

常見的總體經濟衡量變數包含如總國內生產毛額（Gross Domestic Product, GDP）、經濟成長率、就業率變動、物價波動、總勞動所得、總資本盈餘等。產業經濟面向則包含市場供需變化及就業變動影響等。因為公共政策或投資透過產品生產方法之改善、影響生產投入要素之使用、或改變最後生產總量的方式，進而對相關產業的生產供給面產生影響。對於就業市場勞動投入數量產生需求效果之影響，如因需求上升而帶來的人力需求提升，成本效果之影響如生產成本因特定政策而增加時；生產單位的總生產量將可能因而減少，進而也降低了勞動力的雇用；「要素移轉效果主要說明當生產單位為了因應政策規範而採用新式的生產或汙染防制技術時，所衍生而來的勞動需求變化效果等。

基本上經濟衝擊影響分析與經濟成本效益分析在基本分析觀點、分析面向並不相同，經濟成本效益分析著重的是淨效果的呈現，而經濟衝擊影響在在意但在這政策考量層面的衝擊效果，而非淨值。在經濟影

響衝擊上之分析、可以用投入產出模型、部分均衡模型、而成本效益分析則多需運用一般均衡模型。

投入產出模型、部分均衡模型及一般均衡模型

投入產出模型（input-output model）為諾貝爾經濟學獎獲得者 Leontief 在 20 世紀 30 年代首先提出的一種經濟計量分析方法，早期主要是用來研究美國的經濟結構和整體經濟活動影響。投入產出表的編製可供學者專家分析研究，為國家擬定經濟計劃之方針，並且也可提供企業投資方向之參考依據。投入產出表是以矩陣表示各產業間投入與產出的相互依存關係，也可同時表現出國民所得統計；而投入產出分析可以明確認識具有不同的生產需要及用途的特殊商品，亦能顯示各別商品需要的增加對經濟中其他部門的不同影響，反映一個經濟體系的內部結構。產出模型可於早期用來估算公共政策對其他部門影響常用的模型，但投入產出模型的不可替代和價格固定的假設和真實世界有所差距。以美國為例，較常被使用的投入產出模型分析軟體分別為 The Impact Analysis for Planning (IMPLAN)、The Regional Economic Models Inc. (REMI)、Regional Input-Output Model (RIMS II)。此三種軟體分別具有不同之架構，投入產出模型其搭配社會會計矩陣（Social Accounting Matrix, 簡稱 SAM），在輸入給定下條件下，可直接計算直接（direct）、間接（indirect）、以及引發（induced）之成本效益，作為工程計畫之效果評估分析，但其對於連動造成之市場平衡常無法進行探討致使無法進行完整淨效益之計算。

部分均衡模型（partial equilibrium model）主要用以描繪特定少數市場裡，生產者與消費者之間的互動關係。當特定投資或實施後，若受到直接及間接影響的產業或市場進行估算。可計算一般均衡模型（computable general equilibrium model, CGE）相對於部分均衡模型只考量少數的特定市場，CGE 模型能夠涵蓋經濟體系中多數的市場與部門，且能同時將這些相關市場或部門之間的連動關係納入分析。因此公共政策或開發計畫實施後，受影響的產業、市場或面向數量眾多、且互動關係複雜時，採用 CGE 模型較能全面性地涵蓋這些影響效果。舉例而言，以高鐵建設而言，其第一部份提供地面運輸的服務，因此增加效益，然而連動也造成航空或鐵路運輸的需求降低，在成本效益因需考慮整體淨效益，需要一併考慮各項各

產業部門彼此間與產業和最終需求部門間的關聯性。基本上僅有 CGE 模式可以達成完整分析。CGE 模型的分析在國際上的運用甚廣，在早期發展中，大都用來探討與國際貿易、租稅改革及經濟發展等有關的政策性議題經濟影響評估。世界銀行、各國政府等都常採用其來分析經濟之影響。舉凡環境、產業、能源、貿易、農業、氣候變遷等重大政策，皆可藉由一個理想的 CGE 模型來執行經濟影響的評估，並提供決策者可資參考的經濟資訊，雖然一般均衡經濟模型雖在經濟政策規劃上常作為決策分析工具，然其比較常被運用於大尺度及長時間之經濟政策分析，在條件限制下無法獲得較為細微尺度之差異，較不適合為單項工程之評估，且需要足夠經濟相關知識才能妥善運用。以目前單項工程建設計畫的相關成本效益分析而言，多簡化成價格數量上之估算，嚴格而言與完整之分析有所落差，在完整淨值上之仰賴特殊假設條件，而且估計會有誤差，然而其為現條件下不得已之簡化，在非全國性之影響下，情有可原且仍屬可以接受之範圍。

成本效益項目探討

關於效益與成本的分類，一般可將社會效益與成本分為直接的 (direct) 與間接的 (indirect)、有形的 (tangible) 與無形的 (intangible)。經濟面直接與間接效益，依據「公共建設計畫經濟效益評估及財務計畫作業手冊」之定義，直接效益係指在投入直接成本之後，產出直接財務與勞務之價值，對投資使用者直接產生影響之經濟效益。間接效益為計畫源生或衍生活動之結果所產生之價值，其屬間接影響，可歸屬於特定受影響團體之經濟效益。以公共建設而言，其投資耗費甚鉅，效益影響層面廣且時間久，因此可能對相關部門或區域發生連鎖效應，產生向前或向後的關聯效果，若此連鎖效應可產出效益，即為該公共建設之間接收益。

經濟面效益不論是直接或間接，同時可以分為有形與無形效益 (tangible or intangible benefit)，有形效益乃是可以以貨幣計量之效益，如農業或城市供水之市場價值、或減少洪水損壞的結構及損失。無形效益則是無法簡易的透過市場價值以貨幣為單位來衡量，但可以透過一些非市場方法予以估計，例如參訪一個保育區對於個人產生的休閒價值、或是對於該區生態保育的肯定 (現有價值、existence value)；該保護區域因保育而可能在未來對社會提供的價值 (選擇價值、option value)；或是該地區被保

護為人類後代運用之價值 (遺贈價值、bequest value)。對於不存有交易市場之經濟影響項目，則需透過非市場方法評估，不易直接由市場交易結果定價，或是市場交易價額無法充分反應其正確價值時，也需運用加入其無形價值之部分，以水價為例、在社會壓力與政府管制措施下，也難以充分反應供水成本、更遑論其實際價值。

成本部分類似，成本效益分析中之經濟性成本，係指公共建設之成本投入，包括直接成本和社會成本 (間接成本)，直接成本指為建立、維護、經營以及為提供使用或銷售目的，所必須實際支付的財貨和勞務價值，例如規劃設計費用、興建成本和營運及維修成本等，因此直接成本之估算係以預期將來必須實際支付之支出為主。直接成本可能因評估立場與目的性不同，對直接成本項目的計算會略為不同，比較國內主要公共建設相關評估手冊彙整如表 1 所示，水資源開發經濟效益評估的直接成本以「公共建設計畫經濟效益評估及財務計畫作業手冊 (97 年版)」所羅列的項目為主要採納準則，再配合實務上應用加以調整。就水資源開發規劃經濟效益分析的直接成本的涵蓋範圍包括規劃階段作業費用 (含先期規畫及綜合規劃)、建造成本 (工程經費)、營運及維修成本等。

經濟成本間接成本多屬環境面，財務成本分析時並未考慮，因此在經濟分析應編列納入水資源建設對環境產生之負面影響 (成本) 項目。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，若因水資源建設或管理方案而改變環境或自然資源的服務流量，減少服務流量者稱為環境成本。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。運及維修成本等，其也多屬於無形成本，缺乏市場價格，在

表 1 國內公共建設與水資源相關手冊之直接成本整理比較

	規劃階段作業費用	建造成本				營運及維修成本	重置成本	利息	社會成本
		設計階段作業費用	用地取得及拆遷補償費	直接工程成本	間接工程成本 (含環境監測、空氣污染防制費等)				
經建會《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《水資源開發經濟分析財務計畫評估手冊》	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
經濟部水利署《防洪工程經濟效益評估之檢討修正 (2/3)》	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
經濟部水利署《水再生利用經濟效益評估模式研究 (1/2)》	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
交通部《交通建設經濟效益評估手冊》	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
環保署《環境政策與開發計畫成本效益分析作業參考手冊》	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

價格與數量品質等之估計更為困難。

對於不同成本效益項目之評估方法，針對有形與無形效益兩大類別的適用方法有「市場價值評估法」包括生產函數法、災損函數法、替換（重置）成本法、預防性支出等方法。以及「非市場價值評估法」來進行估算，包括旅行成本法、特徵價格法、條件評估法、效益移轉法、單日價值法等。依據不同效益之項目，及對應之不同形式之願付價格，評價方法運用上也有所差異，各方法之優缺點及使用上之考量初步列於表 2。如前所言，水資源規劃案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。在財貨、服務的價值上，理論上即是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而予以估計，在市場經濟，以貨幣作為量測之單位，即是民眾或社會願意以定量金錢所換取之商品或服務為基礎做估計，在經濟效益評估即是以願付價格（Willingness to pay）之概念來衡量。願付價格在估計或評估基本上可分成大至三大類、依其不同之特性而需要以不同方法估計之，分別為外顯願付價格（revealed willingness to pay）、替代願付價格（imputed willingness to pay）、調查願付價格（expressed willingness to pay）等來估計。

外顯願付價格是當計畫案提供之財貨、服務存在市場，則可以利用市場價格來估算其價值時，估計方法則會依據不同形式之市場價格來估計。替代願付價格則是計畫效益根據降低的成本、損失，或可取代方案的概念予以估計，此法並非直接根據民眾的購買意願估計經濟價值，而是假設民眾願意付出的代價等同於替代方案或是計畫可減少之成本及損失估計之。調查願付價格則是估計並不存在市場之價格，或沒有和其他具有市場的商品有強烈直接的關聯性，水資源即是很好的例子。此種情況下，無法直接從市場機制直接估計出願意付出多少價值來換取財貨服務，則需要透過情況的假設（如市容美化、缺水的情況）來對評估，抑或是用不同的選擇來權衡其效益以估算其價值。依據不同之效益項目，因其特性而需要依據不同之評估方法估計，本研究將整理以往之研究進行統整。

隨著不同之水資源或防洪規劃開發等相關計畫而言，無論是經濟成本或效益均因方案之不同而有所差異，需透過分析者依據本身對於計畫之瞭解，儘量完備周詳，過去針對相關水資源規劃初步歸納出水資源開發經濟效益分析的各項成本與效益範疇如圖 3 所示，經濟成本部分可由財務成本扣除內部轉移部份、

表 2 各種經濟效益評估方法比較

計價方式	方法	優點	缺點
外顯願付價格 (revealed willingness to pay)	市場價格法 (Market Price)	<ul style="list-style-type: none"> 價格、數量、花費資訊相對容易取得 使用實際觀察到的消費者喜好數據 使用標準、公認且經濟的評價技術 	<ul style="list-style-type: none"> 因無市場機制無法估計生態等面向 會因季節變化或其他因素影響而無法用價格來反映真正的經濟價值 價格無法反映出對於環境上面的消費 受可用數據的條件所限制
	生產函數法 (Productivity)	<ul style="list-style-type: none"> 需要可以代表消費和生產的相關數據 使用標準、公認且經濟的評價技術 	<ul style="list-style-type: none"> 需要知道在生產過程中資源間的具體關係 此法難以適用於資源可用性改變的情況
	特徵價格法 (Hedonic Pricing)	<ul style="list-style-type: none"> 使用實際觀察到的消費者喜好數據 市場價格是良好指標 銷售數據易取得 	<ul style="list-style-type: none"> 被特徵價格所相關的環境效益所限制 對於環境方面只有特定人士的願付價格被考慮 在執行和解釋較為複雜 高度依賴相關統計專業知識
	旅行成本法 (Travel Cost)	<ul style="list-style-type: none"> 使用實際觀察到的消費者喜好數據 大量樣本將有助於現場調查 結果相對容易解釋 	<ul style="list-style-type: none"> 若消費者參訪多個景點將會造成分析複雜 旅行時間的機會成本難以估機 替代點的可用性將會影響結果 引用的測繪技術可能有誤 高度依賴相關統計專業知識
替代願付價格 (imputed willingness to pay)	災損趨避法 (Damage Costs Avoided)	<ul style="list-style-type: none"> 這些方法提供了概估之經濟指標 用於衡量產生效益之成本易於衡量其效益價值 	<ul style="list-style-type: none"> 這些方法假設損失是可恢復的，此假設需再進一步評估
	重置成本法 (Replacement Cost)	<ul style="list-style-type: none"> 這些需要較少之資源及數據 	<ul style="list-style-type: none"> 這些方法需要知道替代品與評價目標之間的關係
	替代成本法 (Substitute Cost)	<ul style="list-style-type: none"> 適用於因數據過少而導致其他方法不能操作時之替代 	<ul style="list-style-type: none"> 替代品不可能提供如環境、自然之效益，因此有可能被低估 只有在替代方案被大眾接受時這些方法才可行。
調查願付價格 (expressed willingness to pay)	條件評價法 (Contingent Valuation)	<ul style="list-style-type: none"> 不管商品有沒有在市場上流通皆可此法 	<ul style="list-style-type: none"> 對於此種方法是否適用於衡量人民對環境改善之願付價格具有爭議性
	權變選擇法 (Contingent Choice)	<ul style="list-style-type: none"> 通常使用於估計無法使用的商品 較適用於大眾容易了解且可單位化之商品或服務 	<ul style="list-style-type: none"> 會因為錯誤的假設強導受訪者了解真正的問題 存在對於受訪者於假設性的決定和真實決定之間的誤差 "願付價格"和"所願意放棄之環境"於理論上有所差異
效益轉移 (Benefit Transfers)		<ul style="list-style-type: none"> 典型的簡化的估算方式 可作為是否需要進一步進行其他更精細方法之考量 	<ul style="list-style-type: none"> 除非原參考點和預估點特性類似、政策轉移點相信，不然方法未必準確， 有時難以取得現有的資料 對於部分評價項目很難以瞭解對於是否有類似的研 參考點的資料不全導致偏誤

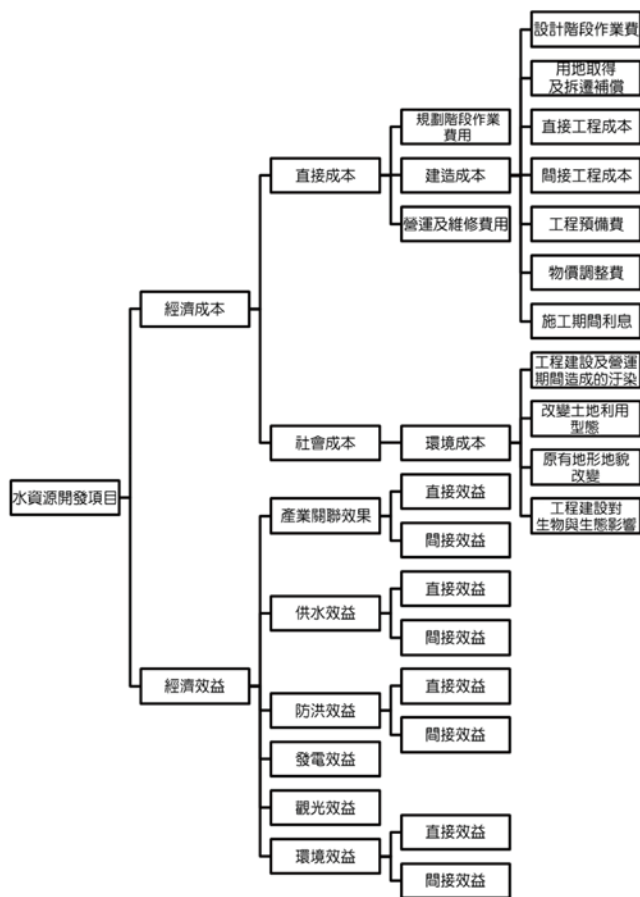


圖 3 水資源開發經濟效益評估之成本與效益範疇

在加上社會環境成本予以估計，經濟效益則大致分為常見之分為產業關聯效果、供水、觀光、防洪、發電這些項目，然其他各計畫特有之效益，應依據個案特性再與分析估計。

社會折現率

在確定水資源開發計畫的所有相關資訊後，需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。折現率與利率相似，但並非等同之概念。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，社會機會成本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，此一概念較為偏向現有資源分配，折現率較接近銀行或公債利率，以現在低利率的狀況，可採用較低數值；然而以社會時間偏好概念則為現在與未來

消費偏好的時間偏好率作為社會折現率，舉例而言，現在進行相關開發所需要的成本，與再過十年所開發的成本中間之差別，即為社會時間偏好的概念，以工程而言，由於社會認知或是公民意識的改變，造成對於服務與成本上時間上的偏好差別，則為社會時間偏好的概念。整體而言，目前折現率選擇仍未達成共識，通常使用政府借款利率，爰經濟效益分析之貼現率，亦可參酌中長期公債平均值利率訂定之。

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，前經建會（2004）建議水利建設的折現率為 6.91%，台經院（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%，目前建議水利工程採 6% 的社會折現率做作為成本效益值的折現率，或考量銀行利率可以採較低之數值。然如需更精確或針對專案計畫使用之社會折現率，則建議主管機關或執行單位未來再統一公布或進一步計算。

經濟成本效益分析流程

過去作者於水利署「水資源規劃經濟效益分析與評估」計畫中參考國內公共建設與水資源開發相關計畫參考手冊之經濟效益評估流程，包含「公共建設計畫經濟效益評估及財務計畫作業手冊（97 年版）」、「水資源開發經濟分析與財務計畫評估手冊」、「水再生利用經濟效益評估模式研究（1/2）」、「環境政策與開發計畫成本效益分析作業參考手冊」以及「交通建設計畫經濟效益評估手冊」等，根據成本效益分析之概念與架構，提出經濟效益評估的流程步驟如圖 4 所示，分別包含

- 基本假設與參數設定：相關參數包括評估基礎年、評估期間、物價上漲率、社會折現率、經濟成長率、工資上漲率
- 界定所有成本效益範疇：進行的是開發計畫所牽涉的所有成本與效益範疇界定，規劃出經濟效益分析的各项成本與效益範疇，作為分析基礎。
- 認定水資源成本與效益項目：依據前步驟所界定的水資源開發經濟評估之成本與效益範疇，認定範疇內的各成本與效益項目。

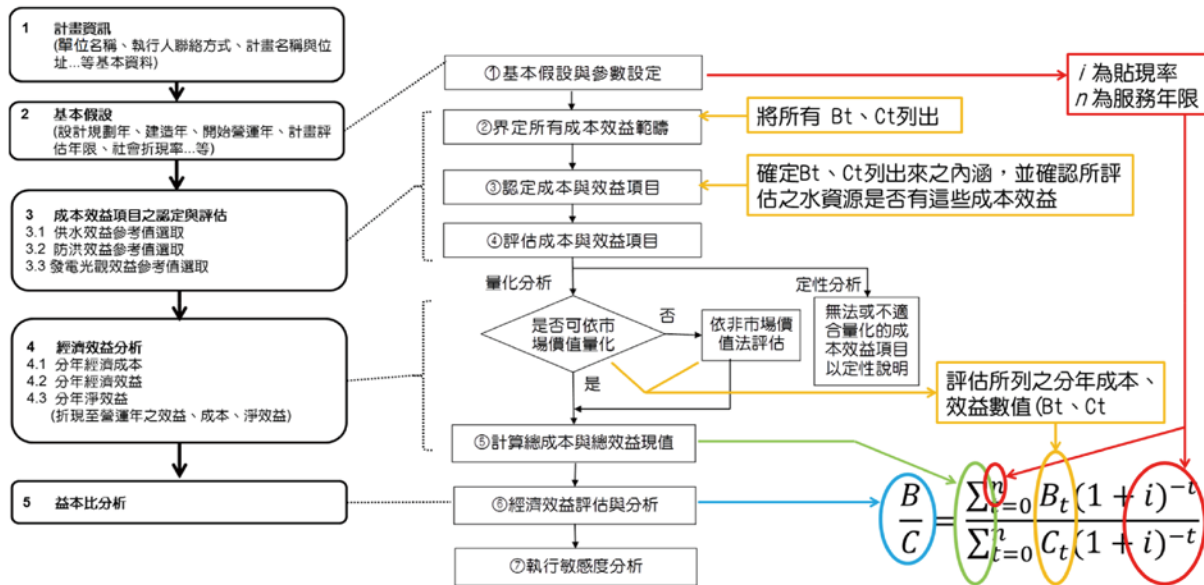


圖 4 水資源開發經濟持成本效益評估流程

- 評估水資源成本與效益項目：根據前步驟所認定的成本與效益項目，對各項目進行評估，決定該項目是否能予以量化，若是無法量化或不適合量化的項目，將以文字方式定性說明不可量化項目的分析結果；若是可量化分析的項目，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。
- 步驟 5：計算總成本與總效益現值：根據評估出來的各成本與效益價值，彙整所有成本與效益項目，加以年化處理，因水資源開發建設的使用與效益往往具有長時間的影響，各期成本效益經過折現換算現值。
- 經濟效益評估結果分析：最後依據計算出的總成本與總效益現值，選定適當的評估準則，採用的經濟效益評估準則可包含經濟淨現值、經濟內部報酬率、經濟益本比等。
- 執行敏感度或風險分析：進行計畫經濟效益分析有許多重要參數具有相當的不確定性存在，而這些參數的設定攸關計畫的投資效益，故需針對影響計畫的重大參數進行敏感性分析，以了解參數變動對計畫效益的影響程度，並藉由評估這些變動擬定風險控管計畫。

風險分析架構探討

風險或不確定性一詞常用於描述不能明確掌握的結果或事件，兩者就其意義上仍有所差別，其中風險用來描述未知結果但從中能獲得不同結果或事件發生之可能性，用以推測合理結果。不確定性則適用在無

法將發生機率量化或不在所預期事件當中之情況。水利工程上可將不確定性歸納來自以下幾方面，包括如自然界物理特性、模式與其參數、觀測資料及系統運作等。自然界之不確定性源自於自然過程中本來就存在的亂度，例如降雨的發生時機及其規模一向不是人力可以全盤掌控，而未來氣候將如何改變則更無法透過目前模式模擬就足以釐清，僅能就合理假設去探索其可能的趨勢與影響範圍。發展模式為常見的研究方法之一，為簡化實際問題而往往難以避免設立假設條件，以求模式結果不會趨於發散或無法運作，不確定性因素則因而產生，進而使得相關參數在率定上也同樣存在誤差。

在風險分析架構下，如圖 5，相較於傳統設計架構，在預定之水文條件與超越機率下，將對於潛在的各種不確定性因子進行更完整之探討，應用風險和不確定性的分析方法，進行防洪排水工程規劃及經濟效益的完整分析和評估工作的實施步驟及內容的關聯性，可詳細規劃探討控制參數之風險和分析過程中所遭遇參數和係數的不確定性。除了可以依據現況條件進行分析外，在合理推估下，也可以加入環境因素變遷的分析，由於此一架構下計算的結果具體量化風險、以機率分布的形式探討結果，因此在方案選擇時及決策參考時提供了較明確詳細的資訊，因此尤其牽涉到工程經濟效益時，更是不可或缺的資訊，這對工程方案的選擇或改善，以及工程時程的掌握和經費的來源

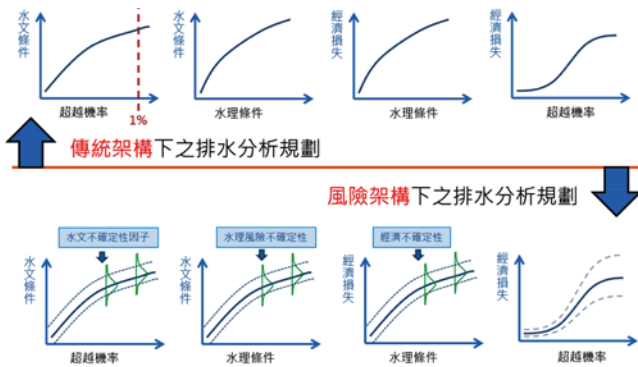


圖 5 防洪風險架構概念

和分攤等，更是提供了最實際的資訊。由於考慮與計算相關參數之機率分布，因此能夠推算出具風險分布意義的量化的數據，以供方案選擇和決策的參考，且其結果探討各種可能性，而且也較具量化的機率分析。

風險架構的分析下可以運用瞭解增加的保護風險以及提供評估是否過於經濟面合理執行。在重要的保護標的，被要求要加強達到保護的風險時，則需有一系列風險與對應的工程經濟效益分析，作為評估，若增加的預算幅度，財務負擔是否可行、經濟效益是否合理等。規劃時有更為實際量化供作各項影響風險的參數或因子之選擇，再而風險與對應的工程經濟效益分析，達到降低風險並盡量兼顧節約經費。當規劃設計工程於完工後，若遭遇超出保護風險的失敗，由於規劃時有完整的風險分析，也可有效解釋減少其他非水利相關領域人士的誤解與歸責。例如過去排水工程，在遭遇超出保護標準的豪雨事件後，水利領域以外以及一般民眾或媒體，對於所謂保護標準 20 年或是保護在多大的流量有錯誤認知，然這些規劃都帶有不確定性與風險，因此將風險和不確定性以及工程效益分析納入工程規劃，就較能呈現出規劃選擇的全貌。

風險與不確定性定義探討

風險或不確定性在不同學門都有其不同之定義，然而在概念上主要為在某一特定環境下，以及某一特定時間段內，預期達到目標與實際出現結果間產生之差距。一般而言，其反應了損失發生的可能性，簡而言之，其具有不確定性、有損失可能、及需屬將來性。最早定義何謂風險與不確定性者為美國著名經濟學家 Frank Knight，在其 1921 年出版之「Risk, Uncertainty and Profit」一書中，將決策者所面臨之事件與情況分

為完全確定 (Complete Certainty)、風險 (Risk)、以及不確定性 (Uncertainty) 三大類，通常以機率概估與分析之事件少屬完全確定。而風險被其定義為，決策者於某情況下了解所有可行之選擇，然各選擇卻有一定數量之可能結果，導致決策者無法了解各選項之結果，於此情況下機率將被指派至各個結果。不確定性被定義為無法指派機率至可能結果。決策者對於某情況下之所有可行選擇有所了解，卻無法指派機率至所有或部分之可行選項。於極端之情形下，決策者對於所有之可行選擇甚至將一無所知。美國工兵團 (US Army Corps of Engineers) 根據 Frank Knight 對於風險與不確定性之定義，及其本身對於水利工程實務內涵之了解為基礎，於 1992 年出版之「Guidelines for Risk And Uncertainty Analysis in Water Resources Planning」報告，提供對於工兵團於往後水資源規劃相關議題下之風險與不確定性之建議定義與說明。工兵團將風險定義為，為理解已發生之潛在不期盼與不利之結果，風險之推估通常基於事件於條件機率下發生之預期結果，乘以事件之後果。而不確定性則被定義為其潛在結果之機率與其結果之產生，無法為客觀之機率分布描述，又或其結果自身、結果之產生為無法確定的。

國外針對風險與不確定性進行其定義探討的尚有近代之水資源管理之學者 Daniel P. Loucks，其於 2005 年發表之著作「Water Resources Systems Planning and Management」中，亦同時對於風險與不確定性提出看法。Daniel P. Loucks 認為風險為機率可被用於不同事件或結果之可能性討論；而不確定性為不同事件或結果無法用機率量化，且其事件之自身不可被預測，但其亦指出，風險與不確定性定義雖然有時容易混淆，但對於應用上並不會造成重大影響。

基於水資源規劃設計之角度視具體量化事件風險為分析上之首要，對於風險不確定性利用機率指派量化之可行評估，利用主客觀機率風險作為論述主軸並提供工程師一檢視風險與不確定性兩者分際之概念，圖 6 為實務上面臨含有不同完整程度之資訊與知識，其所應因應採取之不同評估可能策略。兩端分別為完全確定 (Complete Certainty) 以及一無所知 (Complete Ignorance)，實務上為幾乎不存在之兩極端情形，而大部分探討之情境為坐落於兩者間之風險 (Risk) 與不確定性 (Uncertainty)。風險情境即當面臨之條件為工

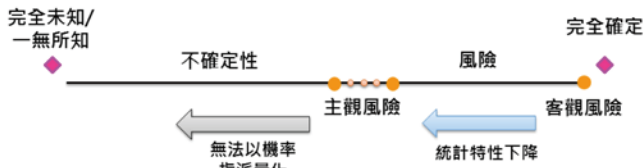


圖 6 風險不確定性之概念

工程師可憑藉自身過往經驗與對課題之了解，主觀或客觀地對於目標參數使用統計做為量化分析工具。主觀觀機率概念上，主觀機率因缺乏相關資料可供參考，故其概念將事件發生的機率由經驗或認知予以決定的。而客觀機率的觀念乃藉由重複多次試驗、觀測，事件出現機率為是該事件出現次數與試驗的總次數之比。簡言之、客觀風險為已經經歷之預期經驗中，事實結果之可能變化。在風險不確定性之思維下，兩者並無清楚之分界與明確之限制，規劃者應具備所有情境均座落於完全確定（Complete certainty）與一無所知（Complete Ignorance）兩極端情況之間的概念，且分析時應著重探究與完全確定（Complete certainty）情況之差距確定分析問題之立基點，即確認資訊之掌握與理解程度是否可運用主客觀機率概念量化風險，主客觀機率描述的對應如表 3 所示。

工程系統之不確定性來源很多，從自然到人為因素，從技術性因素到非技術性因素，不確定性分析之目的在於推求系統或模式輸出結果之統計特性（例如平均值、標準差），作為風險分析模式之基礎。風險分析之目的主要於計算系統輸出結果所受外部因素變化之影響程度，其概念上乃藉由將系統和其變數以機率密度函數運算達到量化的效果，再由量化結果可比較不同變數之顯著性，以利辨識重要因子並做後續於深入討論。

表 3 量化主客觀機率之敘述論述

可能性描述 (富經驗者之主觀判斷)	機率描述	信心程度描述	信心程度
幾乎確定(Virtually certain)	> 99%	非常高度信心度 (Very high confidence)	$> \frac{9}{10}$
極為可能(Extreme likely)	> 95%		
非常可能(Very likely)	> 90%	高度信心度 (High confidence)	$\frac{8}{10}$
較可能(Likely)	> 66%		
稍傾可能(More likely than not)	> 50%	中度信心度 (Medium confidence)	$\frac{5}{10}$
約略各半(About as likely as not)	33~66%		
較不可能(Unlikely)	< 33%	低度信心度 (Low confidence)	$\frac{2}{10}$
非常不可能(Very unlikely)	< 10%		
極為不可能(Extreme unlikely)	< 5%	非常低度信心度 (Very low confidence)	$< \frac{1}{10}$
幾乎不可能(Exceptionally unlikely)	< 1%		

不確定性模擬方法概述

排水系統之功能不足，其風險可能來自於規劃治理過程，存在水文與水理分析之各種水文、水理與地文風險因子本身之不確定性，而各風險因子之不確定性計算方法隨因子本身特性，以及其是否可予以量化而有所不同。早期計算風險之方法以重現期法最具代表性，但此法忽略變數的不確定性，且僅能考慮少數的水文因子；雖然有上述的缺點，此法在目前仍廣泛應用於水工結構物的風險計算（Borgman, 1963）。多數不確定性分析方法運用於線性或接近線性的系統中能有較佳的效能，但當處理非線性系統時有些方法之分析能力迅速降低，尤其若以解析求解的方式處理此類問題時，實際計算過程中易遭遇困難。目前序率數值近似求解的技術已發展成熟，其如主要可將求解方法歸類為點估計法、二矩法與抽樣法，如圖 7，各方法之優缺點則列於表 4。

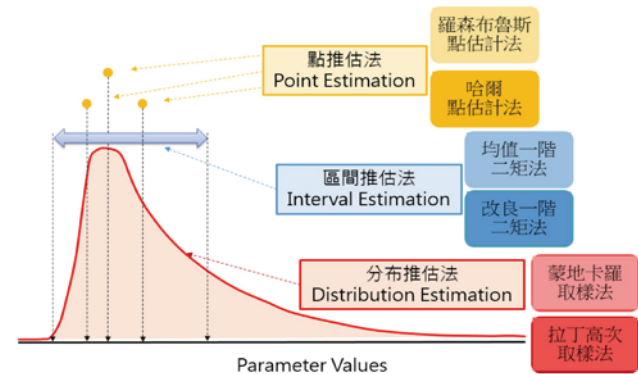


圖 7 不確定性推估概念方法類別

表 4 不確定性分析方法優缺點

名稱	優點	缺點
均值一階二矩法	較簡便分析，當各項影響因子呈現常態分佈可得相當準確結果。	當影響因子呈現極值分佈時，利用一階二矩法所估計的風險可能產生可觀的誤差。不考慮各影響因子間的關聯性。
改良一階二矩法	工程危險時一些影響因子常呈極端值分佈，利用改良一階二矩法較均值一階二矩法可得較準確結果。	計算較均值一階二矩法複雜。較適合極端事件之計算。
羅森布魯斯點估計法	影響因子可為統計上相關或不相關的變數。	當不確定性變數增多時，計算量會大增。
哈爾點估計法	利用主軸轉換的方法，大大減少了羅森布魯斯點估計法所需之計算量。	主軸轉換會將相關性忽略，而造成羅森布魯斯點估計法些微之差異。程式撰寫較羅森布魯斯點估計法複雜。
蒙地卡羅取樣法	最基本、最簡單的不確定性分析方法。	取樣效率較差。計算量過大，所需模擬數組的數目又無法準確估計，以致無法確知所得之輸出函數是否具有足夠的代表性及準確性。
拉丁高次取樣法	取樣效率佳，採樣均勻，因此可將模擬組數減少，節省時間。	與蒙地卡羅法同屬於取樣法，因此模擬次數關係輸出函數的代表性，因此也需要大量計算。

排水規劃之不確定性因子分析探討

風險架構排水規劃分析之首要工作為風險及不確定性因子的確定，風險分析之目的主要於計算系統輸出結果所受外部因素變化之影響程度，概念上藉由將系統和其變數以機率密度函數運算達到量化的效果，再由量化結果可比較不同變數之顯著性以利辨識重要因子，且若了解各重要因子中風險與不確定性之分際，即釐清各因子於機率下之風險主客觀性，將有助於掌握各關鍵因子之風險量化可能性與其不確定性程度，故針對各排水規劃設計分析過程之相關因子進行其主客觀風險機率之探討。排水規劃的設計同時牽涉到內水與外水之影響，內水的規劃設計主要為都市內匯入排水系統之量體，於分析計算上，風險來源主要是歷史降雨資料不準確、降雨延時的不確定、雨型的不確定，降雨逕流機制上另有而地文因子的不確定性，包含有入滲條件之分析，如CN number、入滲係數等，地形因素，集流時間，單位歷線分析等，而外水部分其水文不確定性因子有入流線、流量、潮位的不確定性，明渠分析上有河道計算時所需要的曼寧 n 值或阻力係數等，另還有分洪量、跨河構造物這些結構設施上的不確定性，於排水上之結構設施之影響方面也包含主要為排水系統設施、跨河構造物，抽水站操作等的不確定性等，本文就各類別之不確定性因子，如列其風險主客觀性、資料來源、分析方式與其於排水規劃上之影響性，彙整於表 5 供規劃分析時之初步參考。

建議之規劃流程架構

導入風險不確定性之概念，未來條件下之不確定漸趨複雜，導致單一條件不足分析要求等因素，提出一風險架構下之排水規劃流程，供國內未來規劃評估所需。提出一以國內流程為主軸，風險架構下之排水規劃流程作法以供參考。初步提出建議兩階段之四個工作流程納入國內區排流程中，如圖 8 所示。其中包括：

(1) 目標確立暨條件之盤點、推估與分析

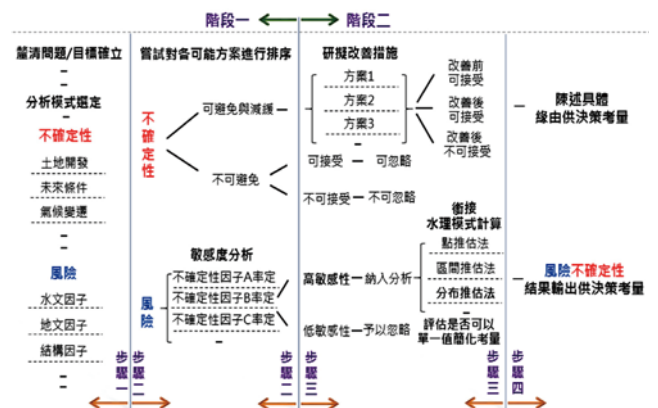
於綜合治水對策規劃階段，風險規劃之主要工作為評估治水對策目標，並依據治水對策可能衍生之風險及不確定進行盤點、推估、與分析。此步驟著重於先行全面盤點治水對策衍生之風險及不確定性因子，以及辨識各因子於此目標下之風險主客觀性來源，甚至是更甚於主觀風險之全然不確定性，以進一步探討其影響性。

表 5 各不確定因子探討彙整

不確定性因子類別	各類別因子	風險主客觀性	資料來源	分析方式	影響性
水文	降雨強度	客觀	氣象局水利署	皮爾森第三型、對數皮爾森第三型等	高
	延時	客觀	氣象局水利署	指數分布等	中、高
	雨型	主、客觀	水利署	連續、不連續分布	中
	上、下游水位	客觀	水利署	常態分布、偏態分布等	中、高
	空間分布差異	客觀	氣象局水利署	空間獨立及關連性分析	中、高
	潮位	客觀	氣象局自行分析	常態分布等	高
地文	流量	客觀	水利署	皮爾森第三型等、時間序列方法	高
	CN 值	主觀	相關手冊	常態分布等	中
	土地利用	主觀	營建署自行分析	常態分布等	中
	土壤性質	主觀	農委會	常態分布等	中
	入滲參數	主、客觀	相關手冊	常態分布等	中高
	集流時間	主觀	相關手冊	常態分布等	中高
	單位歷線	主觀	相關手冊	個別機率	中
結構、設施水位	曼寧 n 值	主觀	相關手冊	常態分布等	中、低
	渠道斷面高程	主觀	測量資料	常態分布等	低
	堰流係數	主觀	相關手冊	常態分布等	中
	跨河構造物形狀係數	主觀	相關手冊	常態分布等	中
	束縮開展係數	主觀	相關手冊	常態分布等	中
	可能破壞條件	主觀	自行分析	個別機率、工程師經驗	中



(a) 建議架構流程



(b) 建議架構一般性工作內容細部示意

圖 8 建議之架構流程暨其一般性工作內容對照

(2) 風險不確定性審視與方案初步評估

第二步驟於前項工作之基礎上，進一步釐清風險及不確定性之重要性，作為方案採用之初步評估工作，不確定性因子需探討其可規避性，風險因子則可初步進行敏感度分析，以瞭解其對於治水策略之影響性。風險及不確定性因子之重要性需做為方案是否採納之審視條件，以決定其執行時之優先考量順序，作為方案選定之基礎與後續分析條件率定之參考。

(3) 方案規劃之細部分析

在於排水整治方案選定後，需進一步根據治水對策規劃時之瞭解，進行風險不確定性之細部分析。主要探討是否需要採取措施以減緩或避免不確定之影響，若無法避免，則需評估其危害性程度是否可將之忽略。此外也需對於可評估的風險因子進一步評估造成之影響，對於高敏感度之因子，建議利用風險架構之各種方法進行分析，以詳實研擬及評估方案。

(4) 分析結果評定

不論是針對可量化之主客觀風險之序率輸出結果，或根據不確定性所研擬之各改善前後規劃方案，於此步驟均需完整於報告中呈現與條列，經各方權衡與評估決定其適宜性。若未能達成決議，則風險分析需退至階段一步驟二選取次要之排序方案，再進入階段二之細部分析，如此直到達成設計所需與取得共識。此外最後選定之規劃內容，建議詳實呈現風險及不確定性之規劃，包含呈現序率風險數據和方案選定考量之具體緣由，與執行需注意之事項，以求周延。

風險控制管理作業

依據較為傳統之觀點，以水文學作為保護標準之架構下，選擇合適之排水規劃策略，在一定之水文學風險下，達到提供保護區域與保全對象對於免於洪災威脅之目的，為排水計畫之任務目標。然選擇不同策略下，均會造成水理條件之改變，甚至相同水理條件下，損失也會可能有差別。以圖9為例，假設現有一排水計畫，將其保護標準提升，但採用之手段如背水堤防或抽水站等，造成相同流量條件下，如果失去保護功能反而會造成更嚴重之淹水，甚至相同淹水條件下，其損失因應時間也會有所不同，而造成超過保護標準後之預期損失也會有所差異。

圖9呈現之概念，為保護標準提高後，高過保護標準時會造成更大之損失，概念上應包含因設施功能失效，所導致於相同保護標準下之損失增加，以及發生超過保護標準事件所產生之損失增加。因此是否為合理之規劃，則需考量計畫所能創造之效益及成本為衡量基礎進行之成本效益分析。排水效益之計算主要是根據工程能減少之洪水損失為主，因此以本例而言，其產生之效益則為圖9中，藍色斜線區域與綠色斜線區域之面積差別，當綠色區域小於藍色區域時，代表計畫執行下可以使災損減少，則為合理方案。

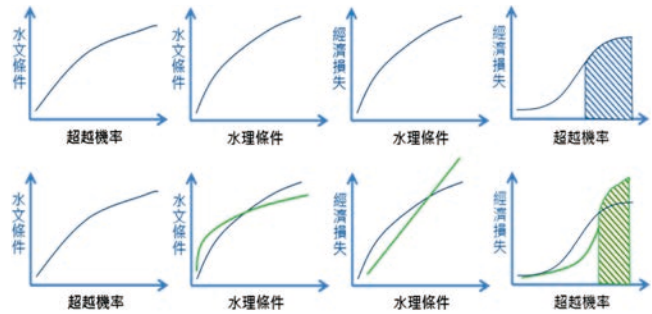


圖9 超過保護標準造成之影響分析評估概念

考量現有之區域排水分析架構，以單一個案而言，應完整分析排水規劃下施行前後之水文水理面向之衝擊影響，以確實分析各項效益，同時考慮提高保護標準之損失減少效益，以及超過保護標準後之可能增加之損失部分，作為成本效益評估基礎。而以政策規劃部分，則需要提供規劃者各項措施所可能造成之後果，尤其是超過保護標準後需考量之風險及不確定性影響部分，從水文方面如流量歷線差異，水理方面如淹水高度差異、以及災損改變部分予以探討，作為階段一綜合治水對策提出時之規劃基礎。其次則為提出風險控制作業，作為階段二排水整治方案分析之參考，使單一個案可以遵循以檢視是否合理納入風險架構，探討該案之各項效益增減，作為方案評定依據。

我國內部控制制度概念彙整

國內內部控制制度操作上主要分作兩個階段程序。第一階段程序為辦理風險評估，首先須由上而下確認整體與作業層級目標，是否依據當初機關單位設立之使命、願景、施政目標及中長程個案計畫等確認整體層級目標。此外目標之關鍵策略是否納入整體或作業層級目標，以及是否配合整體層級目標，依各單位內部職掌以作業類別、項目為基礎設定作業層級目標，亦須再次確認與檢核。同時必須注意組織架構調整或業務增減變動時，整體與作業層級目標與之相應修正之實際情況。此階段另外一項重點即為進行風險評估，大致上遵循風險辨識、風險分析、風險評量等脈絡進行分析探討。風險評估之重點在於，盡可能考量影響目標達成之內、外在風險因素，以避免遺漏潛在之相關風險。待風險如列完畢，將依其影響程度及發生可能性予以量化風險值，而後依超出可容忍風險值及基於相關重要性因素，經討論後決定其需要優先處理之項目。

第二階段程序主要包含選定業務項目以及設計控制作業兩項工作。前者須區分業務性質屬跨職能性、共通性、亦或個別性，而後進入設計與修正控制項目部分。需依優先處理風險項目進行控制作業設計及評估，確認控制重點須包含核准、驗證、調節、覆核、定期盤點、記錄核對、職能分工、實體控制以及計畫、預算或前期績效分析比較等程序。並即時修正已發生內部控制設計缺失業務項目之控制重點，最終評估需修正項目是否列入後續稽核之工作，以確保風險項目控制制度之完備性。表6為國內内部控制制度檢核表，其流程步驟與檢核事項，延續自「風險管理及危機處理作業手冊」中之風險管理架構五項程序，建立風險管理執行背景體系、風險辨識、風險分析、風險評量、風險處理。為使達成風險控管之目的，内部控制制度將建立風險管理執行背景體系與風險處理，調整為確認目標層級及決定風險容忍度與設計、修正控制重點。風險值之量化範圍與風險優先度亦存在差異，其通用量化範圍與功能失效風險樣態與效應分析不同。功能失效風險樣態與效應分析以評比嚴

重度、發生頻率、偵測度之等級量化方式計算風險優先度，並配合危害程度矩陣界定風險層級。國內於考量指標量化上，多半基於簡單操作之原則，僅依據所屬程度簡單劃分為三個等級。主要考量可能為實務上之風險偏屬主觀性，因此具有不易量化之特質。此外若當風險偏重於不確定性之一方，又或於資訊不充足之情形下，少量之等級分際對於工程師於實務之處理與應對上，應較有利於清晰傳達與各方單位。國內所採用之評估方式，為採用如表7之簡化方式計算風險優先度，採風險圖像之概念，以二分法作為風險容忍範圍之區分，簡化危害程度矩陣之風險層級呈現。其中，所需處理之高風險項目包括、非常嚴重之情形、嚴重且發生機率有一定可能性以上、輕微經常發生的狀況，均應優先處理。

排水系統風險控制之一般性功能失效樣態探討

為對於排水規劃設計乃至後續之操作維護階段，進行相關防洪措施功能失效樣態之控管，考量國內風險控

表6 我國内部控制制度檢核表

步驟	首長與高階主管及內部各單位人員	檢核事項		
		階段	是否	
辦理風險評估	實現施政效能提供可靠資訊 遵循法令規定及保障資產安全 確認目標及決定風險容忍度 整體層級目標： ■ 願景 ■ 施政目標 ■ 中長期個案計畫 作業層級目標 風險辨識 風險分析 風險評量 設計控制重點 修正控制重點	第一階段程序 第二階段程序	<input type="checkbox"/> 1. 是否由上而下確認整體與作業層級目標。 <input type="checkbox"/> 2. 是否依機關設立使命、願景、施政目標及中長期個案計畫等確認整體層級目標。 <input type="checkbox"/> 3. 機關關鍵策略目標是否納入整體或作業層級目標。 <input type="checkbox"/> 4. 是否配合整體層級目標，依內部各單位業務職掌，以作業類別或作業項目為基礎設定作業層級目標。 <input type="checkbox"/> 5. 組織架構調整或業務增減變動時，是否一併檢視修正整體與作業層級目標。	<input type="checkbox"/> 1. 是否全面發掘影響目標達成之內、外在風險因素，避免遺漏機關潛在施政風險。 <input type="checkbox"/> 2. 依風險影響程度及發生可能性決定風險值。 <input type="checkbox"/> 3. 是否依超出可容忍風險值及基於重要性因素，透過充分討論，據以決定需優先處理風險項目。
			<input type="checkbox"/> 1. 是否依優先處理風險項目，選定業務項目，以進行控制作業設計及評估。 <input type="checkbox"/> 2. 控制重點是否包括核准、驗證、調節、覆核、定期盤點、記錄核對、職能分工、實體控制以及計畫、預算或前期績效分析比較等程序。 <input type="checkbox"/> 3. 已發生內部控制設計缺失之業務項目，是否即時修正應有之控制重點。 <input type="checkbox"/> 4. 自行評估結果，倘有非屬機制設計不當而未落實遵循者，是否由內部稽核小組列入年度稽核項目。	

註：請各機關(單位)於內控制度訂定或修訂過程，逐項檢核於□勾選。

管之既有具體作法，與國外功能失效風險樣態與效應分析之差異，建議之架構流程暨其一般性工作內容對照作為基礎，納入並改良修正國內外之作法，提出適合國內排水規劃風險控制作業之分析流程。因首先參考彙整各設施可能之失效風險樣態，考量以排水系統性之觀點下，具體之失效風險樣態應與前述單項設施之考量有所不同，因此據此依據規劃面，以及設計、操作、維護面等如列須評估之失效風險樣態於表8。

對於排水系統而言，上、下游邊界條件分別為流量與河川外水位高程。超過保護標準之

表7 國內常用之嚴重度、發生頻率偵測等級量化及風險圖像概念(灰色：風險容忍範圍)

嚴重度	等級	發生頻率	等級	偵測度	等級
非常嚴重	3	幾乎確定	3	難以偵測	3
嚴重	2	可能發生	2	中等偵測	2
輕微	1	發生機率低	1	容易偵測	1

嚴重度	風險分布		
非常嚴重(3)			
嚴重(2)			
輕微(1)			
	發生機率低(1)	可能(2)	幾乎確定(3)
	發生頻率		

表 8 排水系統之可能失效風險樣態

項目類別	規劃面功能失效風險樣態	設計、操作、維護面功能失效風險樣態	項目類別	規劃面功能失效風險樣態	設計、操作、維護面功能失效風險樣態
整體系統風險	超過保護標準	人為操作效應與影響	截流或分洪工程	淹水轉移風險(不同條件下取水量)	過洪能力不足
	氣候變遷條件	氣候變遷條件		分洪量差異	草木植被管理不當
	外水條件不一致(過高過低)	外水條件不一致(過高過低)		新建截流分洪渠道風險(參考 B)	泥砂淤積
	保護標準改變	保護標準改變		風險轉移	基礎侵蝕
	排水系統銜接	排水系統銜接		其他	結構物本體破壞、外部效應
	短延時強降雨風險	短延時強降雨風險			不充分與不適當維護
	風險轉移	風險轉移			不適當之建造材料選取、設計
排水路整治	其他	其他	滯蓄洪工程	所在區位淹水風險	達到設施年限
	超過保護標準	漫頂溢、射流		下游區位淹水風險	風險轉移
	溢堤風險	邊坡侵蝕、堤面侵蝕、滑動		地下水水位高度	其他
	潰堤風險	內部侵蝕與管湧		系統運用操作	設計容量不足
	渠道崩塌	土壤液化		風險轉移	草木植被管理不當
	風險轉移	草木植被管理不當		其他	泥砂淤積
	其他	波浪效應			基礎侵蝕
		結構物本體破壞、外部效應			結構物本體破壞、外部效應
		不充分與不適當維護			不充分與不適當維護
		不適當之建造材料選取、設計			不適當之建造材料選取、設計
閘門工程	操作條件	草木植被管理不當	一般性工程	超過保護標準	達到設施年限
	通水断面與上游渠道断面之演算	基礎侵蝕		風險轉移	風險轉移
	配套措施風險(滯、抽水設施等)	結構物本體破壞、外部效應		其他	其他
	風險轉移	不充分與不適當維護			草木植被管理不當
	其他	不適當之建造材料選取、設計			泥砂淤積
抽水站工程	抽水站操作條件	機具建造與設置	其他	基礎侵蝕	基礎侵蝕
	收集水路條件	機械相關設備		結構物本體破壞	結構物本體破壞
	應變措施	電力系統因素		不充分與不適當維護	不充分與不適當維護
	風險轉移	人為因素		不適當之建造材料選取	不適當之建造材料選取
	其他	結構物本體破壞、外部效應		達到設施年限	達到設施年限
		不充分與不適當維護		風險轉移	風險轉移
		不適當之建造材料選取、設計		其他	其他
		達到設施年限		自我評估相關風險	自我評估相關風險
	風險轉移				
	其他				

功能失效樣態產生，並非完全伴隨邊界條件超過設計標準之情境。因此評判各排水項目類別之規劃面功能失效樣態重要性，應當參酌各邊界條件存在差異下之搭配情形，與其所造成系統與個別項目之危害程度，從而揀選重要之規劃面功能失效樣態進行考量，促使整體風險評估與控制更為周全。一般而言，當考量上游流量維持接近設計標準條件下，下游河川外水位可能存在低於、接近、高於等三種可能情形。當外水位低於設計標準時，可能造成排水路流況改變，進而引發如下游水位過快造成之渠道沖刷等風險；而當外水位低於設計標準時，首當注意的即為下游水位過高所造成之迴水影響。此外，當考量上游流量過大而高於設計標準之條件下，若下游水位過低，則亦容易誘發各區位之可能淹水風險，因此考量上述邊界條件之組合，為篩選重要規劃功能失效樣態之基本依據。

對規劃面之整體系統風險而言，應將兼具外部性與整體性考量之功能失效樣態列為主要評估項目，因此

如風險轉移與短延時強降雨等項目，建議可歸類於其餘子項目分析時再做細部性之考量。以系統而言，應當重點檢視如外水條件、與整體系統超過保護標準、氣候變遷與其餘排水系統銜接等牽涉範圍廣泛且兼具整合性議題之功能失效樣態為主要調查對象。外水條件之影響通常伴從上游流量、天文潮與颱風暴潮等條件而定，於前所述可能致使發生整體區域淹水、下游區域迴水與渠道安全性等規劃面失效課題，雖若發生將產生一定程度之危害，然於實務上外水之考量，除本身適逢大、滿潮造成外水過高等影響外，亦應同步考量內陸區域因如颱風暴雨、區域性空間不均勻降雨導致內水邊增外水過低，以及該排水系統本身因地勢特性所具有頻繁發生之特有問題，考量上需滿足成立之條件較為繁雜，故本團隊將其發生機率歸類介於發生機率性低與可能之間。另一方面，內水所導致超過保護標準之淹水災害則較為頻繁，故將其發生度列為可能之層級，而淹水區位之不確定性，使得嚴重度之考量應界於非常嚴重與嚴重之間。此

外，排水系統銜接失效之嚴重度與發生度評比上，其若搭配發生於內水遽增之時期，將可預期產生非常嚴重之後果，惟此情況發生之頻率於實務上較不顯著；另外，氣候變遷之長期趨勢效應，於功能失效樣態案例中，應不致產生過於嚴重之影響。

對於排水路整治工程於規劃面上所需考量之功能失效樣態，應主要探討潰、溢堤、以及超過保護標準之項目。因考量渠道崩塌之影響未若如背水堤溢、潰堤所造成之災損效應嚴重，因此建議其應歸類於後續操作維護之面向進行考量。背水堤於實務上主要設置於低地區域，故其水路溢堤除高流量之前提下，其發生尚須配合下游措施與外水條件之失效與改變，本研究將其發生度定為發生機率低與可能發生之間，而其嚴重度則定為輕微與嚴重之間。若考量潰堤之情況下，其發生度應與溢堤之可能性類似且具較高度之嚴重度。此外，超過保護標準於排水路整治工程中之面向更為廣泛，因此具有較高度之發生可能，以及介於背水溢、潰堤之間之嚴重程度。

截流及分洪工程主要需著重於探討分洪量差異、淹水轉移風險、風險轉移等規劃風險項目。截流及分洪道之設置，最常面臨分洪區域渠道之分洪量難以確實掌握之課題。惟其與主流量體分配之不確定，於實務上較不易發生大量轉移至分洪道之情境，故尚不致構成過大之渠道危害，其嚴重度被定義介於輕微與嚴重之間，而發生度則為可能發生中偏屬較高之情形。另一方面，淹水轉移風險多半源自於分洪量差異之不確定性，因此當上游流量過大時，不均勻之流量分配極可能導致淹水轉移至分洪區域。鑑於此，淹水轉移風險之發生度與危害度，應分別略低於與高於分洪量差異之特性。

上游滯蓄洪設施首當注重其所在區位淹水之問題，即當上游流量過大超過其所可儲蓄之水量時，是否誘發區域之超過保護標準淹水問題。所在區位淹水之發生度應於可能發生中偏屬保守，然若發生其嚴重度可能將介於相當嚴重與嚴重之間。此外，量體過大進而使淹水範圍擴及下游之情境，因其非首當其衝之危害範圍，因此相較於所在區位，其發生度與嚴重度之評估考量上均應較為樂觀，然考量下游防護措施規避災害程度之不確定性，以及上游措施策略之設置，可能導致下游土地利用與標的之增值，故亦建議危害度之界定不宜過於保守。另一方面，風險轉移之考量

邏輯則較為不同，因難以界定下游區位之實際利用狀況，且考量排水系統上游與下游區位之距離範圍不致過小，故風險轉移之發生度與危害度，分別介於發生機率低與可能、嚴重與輕微之間。上游滯蓄洪設施系統之運用操作，則為淹水風險與風險轉移兩功能失效樣態之樞紐，故指標量化上亦應當介於兩者之間。

開門之操作條件須於規劃上謹慎思量，因若不甚操作，其將於下游外水過高之情形下導致內陸迴淹、並於上游內水流量過大下，造成排水不彰等淹水問題。其甚至可能誘發抽水機淹沒失效等連帶問題，造成排水系統等連鎖功能失效樣態。因此操作條件之嚴重度應可歸類介於非常嚴重與嚴重之間，同時存在一定程度之發生可能。考量通水斷面與上游渠道斷面演算之原因在於，不恰當之估算將使得後續配套措施（滯洪、抽水設施等），以及可能產生之風險轉移面臨不確定性。然推估上因種種外部不確定性要素，使其發生後果偏屬可能且存在一定程度之嚴重後果。風險轉移則主要集中於排水系統下游，上游流量或下游水位過大均可能因淹水與迴淹等現象造成抽水站失效，進而轉移淹水風險至渠路之外部區域，惟若相關配套措施設置得宜，可顯著減緩其所造成之衝擊。一般而言，兩者之發生機率應不致過高，影響層面將侷限於局部區位，故嚴重度之評比亦不致過高。另一方面，抽水站之考量可適度搭配開門工程一併進行討論。不適當之操作條件以及不正確之收集水路條件，均會導致抽水機淹沒失效之產生，其中人為操作因需配合內、外水條件，故其尤須於規劃過程中嚴加考量。風險轉移與相關應變措施則類似於開門工程之概念，主要評估各因素導致抽水站失去功能後，下游區域之可能擴及風險範圍規模，與其相因應之應對策略。

自各可能之排水設施類別功能失效樣態進行彙整，先行篩選重要類別，並依據排水系統之可能上下游邊界條件，進一步收斂各類別細部功能失效樣態後，將其利用國內風險地圖量化嚴重度與發生度指標。惟於實際分析上，工程師對於規劃面向之細部考量均存在主觀性，因此為保留後續操作上之彈性，且因應各排水系統案例，於考量功能失效樣態指標量化時之獨特性等因素。認為應提出一更為一般性之功能失效樣態考量架構如下圖 10，提供從業人員於往後排水系統規劃面上，對於功能失效樣態定性考量之一方向上之初步架構。

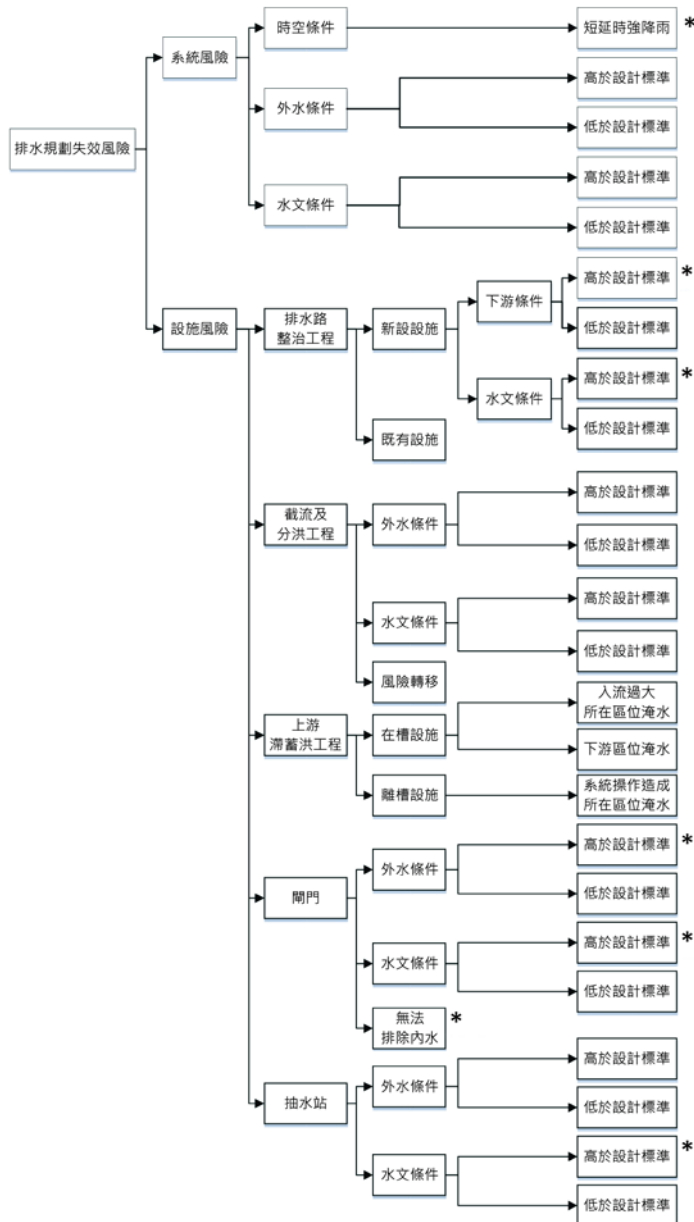


圖 10 建議之排水系統規劃面功能失效樣態考量架構
(* 為建議為優先考量項目)

建議適用於國內之功能失效樣態與效應分析流程

本文建議之排水規劃風險控制作業可依循圖 11 之流程進行分析。概念上分為兩階段進行探討、階段一綜合治水對策以及階段二排水整治方案。首先於階段一進行綜合治水對策初步風險功能失效樣態探討，依據各類排水相關設施類別之規劃部分，進行定性失效風險樣態之條列評估，以利於綜合治水對策階段提出風險可行性之分析。接著進入擇定排水整治方案之第二階段，配合定量之水理分析結果執行排水整治方案風險影響分析，若經判斷方案須於規劃階段予以修

正，則退回方案擇定之步驟，重新評估各排水整治方案之可行性，最終並將整體分析過程，適度於正式報告中敘明定性風險功能失效樣態之過程內容，以及方案擇定之篩選結果。

經由前述分析排程之研擬後建議採用，建議以表 9 進行評比。即於排水系統規劃面之定性功能失效樣態探討後，隨即進入研究目標之方案擇定步驟。於實務分析上，排水改善規劃應比較各種工程與非工程方法，並對適合集水區之可能方案做可行性評估，待分析與檢討過後，選定最為適當之可行方案（或組合方案）作為計畫案之選定。其選定考慮之因素除比較改善效果及改善經費外，亦含括評估安全、技術、經濟、財務、政治、社會、環保等因素之可行性。

結語

本文對於水利工程規劃決策時，對於規劃相關之評價概念進行探討，由成本效益分析之架構與精神，風險分析之概念，及風險管理之架構進行介紹。由於國家政策，目前各項相關規劃均積極展開，如何對於相關規劃合理評價均為水利從業人員相當棘手之工作，因此本文就各項層面之議題進行介紹。包括如何未來水資源工程規劃方案更為周延，研擬針對規劃方案的成本及效益評估內容與架構，規劃建置適當且合於趨勢之分析模式與方法。考量風險與不確定性之概念與工作方法，水力規劃設計風險與成本效益之關聯性，以及如何將風險分析應用於工程分

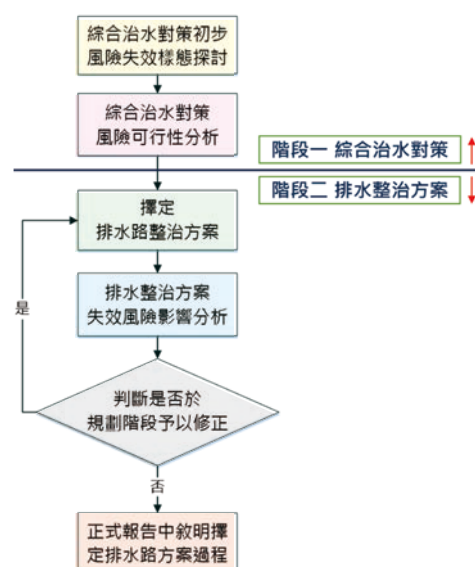


圖 11 建議適用於國內排水規劃之風險控制作業流程圖

表 9 建議之排水綜合治水改善方案比較表

方案	工程內容	經費概算	改善效果			優劣分析		風險 可行性評估	益本比	可行性評估	高	中	低	建議
			平均淹水深度 (公尺)	淹水面積 (公頃)	淹水體積 (萬立方公尺)	優勢	劣勢							
現況	—	—				—	—	—	—	—	—	—	—	
									技術可行性					
									經濟可行性					
									用地取得性					
									民意接受度					
									維護管理					
									技術可行性					
									經濟可行性					
									用地取得性					
									民意接受度					
									維護管理					

參考文獻

- California Department of Water Resources, (2008). Economic Analysis Guidebook, Department of Water Resources, Sacramento California.
- Daniel P. Loucks, Eelco van Bee, (2005). Water Resources Systems Planning and Management.
- Frank H Knight, (1921). Risk, Uncertainty, and Profit. Hart, Schaffner, and Marx Prize Essays, no. 31. Boston and New York: Houghton Mifflin.
- United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, (1998). "Water Resources Handbook for Economics." All U.S. Government Documents (Utah Regional Depository). Paper 168. <http://digitalcommons.usu.edu/govdocs/168>
- United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, (1998). "Water Resources Handbook for Economics." All U.S. Government Documents (Utah Regional Depository). Paper 168. <http://digitalcommons.usu.edu/govdocs/168>

析設計規劃上，以及風險控制作業流程項目，提出風險控制作業項目於現行架構之框架下操作方法，以供未來相關從業人員架構改善與具體落實之參考。

本文主要就概念進行一相關介紹，各項工作細節，也建議參閱本團隊過去完成之「水資源規劃經濟效益分析與評估」、「排水規劃設計風險及不確定性因子之探討」、「水規劃納入風險分析可行性評估」等計畫報告。基本上基於各項水利工程計畫之相關規劃，工程師應有站在較高位階去思考其整體影響，以經濟成本效益分析概念進行整體計畫評價，絕對正確的貨幣化價值實際上難以達成，但其本質為系統化的進行正面效益與負面成本之整體分析，以確定其對於國家社會是有所助益，而非不必要之投資或勞民傷財的作為。而在實際規劃時，則必須實際考慮各項風險不確定的影響，減少計畫失敗機會，然而在一定風險下，則需納入一併評估，除水文條件外，各項系統上之風險如表五建議一併納入，討論系統失效下是否減損計畫效益，以免過於樂觀的假設造成對於效益過度預期，目前規劃多以保守為主，假設集水區水文條件維持現狀不允許更改，然而長期上水文風險、相關設施都有效能減損之可能性，也會有風險轉移之威脅，常造成民眾無法接受相關處置，也需一併考量。在此條件下，規劃時則可以進行合理風險控管，預期各項設施失效下之衝擊，一可以嘗試避免系統失效下造成過高之損失，適當降低整體風險，二則可以修正或擬定因應對策，作為防災作為上之參考，避免可能之嚴重後果，以期計畫能具體完整。

- US Army Corps Engineer, (1992), Guidelines for Risk and Uncertainty Analysis in Water Resources Planning Volume I.
- US Army Corps Engineers, (1992). Risk-based Analysis for Evaluation of Hydrology/Hydraulics and Economics in Flood Damage Reduction Studies (EC 1105-2-205)
- Water Resources Council (US), (1983). Economic and environmental principles and guidelines for water and related land resources implementation studies. Water Resources Council.
- 經濟部水利署 (2008), 「水患治理之經濟效益評估」, 台灣經濟研究院。
- 經濟部水利署 (2007), 「水資源建設與管理環境成本評估手冊」, 台灣經濟研究院。
- 經濟部水利署之水利規劃試驗所 (2006), 「流域綜合治理計畫」。
- 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」。
- 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」, 周嫦娥等編著。
- 經濟部水利署水利規劃試驗所 (2009), 「防洪工程經濟效益評估之檢討修正總報告」。
- 經濟部水利署水利規劃試驗所 (2009), 「防洪工程經濟效益評估之檢討修正總報告」。
- 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」, 游景雲編著。
- 經濟部水利署水利規劃試驗所 (2015), 「排水規劃設計風險及不確定性因子之探討」, 游景雲編著。
- 經濟部水利署水利規劃試驗所 (2016), 「水規劃納入風險分析可行性評估」, 游景雲編著。
- 行政院 (2009), 「風險管理及危機處理作業手冊」,
- 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)」, 台北: 行政院經濟建設委員會。

