學術天地

# 流域經理之理念

羅 慶 瑞
台灣省水利技師公會 監事
亞洲理工學院　　工學博士
亞太工程師　國際工程師

## 一. 介紹:

本省之河川分類，常依其所經地區之政經重要性，洪峰流量，人口之發展與社會經濟之成長等因素予以分成中央管河川及縣(市)管河川二級，在一般規劃防洪要件中，更以 100 年及 50 年之洪峰頻率流量為中央管河川之基準（淡水河則以 200 年洪峰頻率流量為主），縣(市)管河川則以 25 年之洪峰流量之基準而進行規劃。事實上，此種基準之訂定，係作為一種依據，而不一定全然依此準則而行，因為〝洪水痕跡〞、〝生態系統〞與〝經濟系統〞之關聯性，才是流域經理中所需慎重審思者。爰此，流域之綜合調查與系統診斷，生態與經濟系統之開發，綜合治理規劃，以及綜合防治體系與治理模式設計、實施組織機構之成立與管理機制之運行所形成的全套綜合理念與方法，誠然是流域經理之重要工作也。當然，流域之經理必需是有其基本法則，但卻仍需因地制宜，而且要整體最優化，更要進行方法之優選及效益評估，如此，始能將治理成效淋漓盡致的展現。

## 二. 流域之生態系統:

山區小流域乃是以分水嶺和出口斷面為界，形成自然集水區小單元。在小流域所屬之經緯度、高程、流域面積、坡度、流域形狀因素及河溝密度等均反應出小流域之外在輪廓。觀諸小流域的地貌類型則係造山或造陸運動與水力、風力或重力長期侵蝕所致，然而大地形卻有的是一般地貌分佈規律。由於地貌分佈之規律及地質、高程、坡向、氣候、土壤特性、水資源分佈等等自然因素之差異，故而使每一小流域各具有不同之特徵。

流域生態系統是由生命系統（有機組成）與環境系統（無機組成）在特定空間下之組合。在小流域中，動植物、微生物，以直接或間接之關連有機地組合，形成了小流域生態族群。在生物與生物、生物與環境之間，不斷有能量形態之改變，能量之交換，物質質量之循環及生存訊息的傳遞，因而構成了彼此間的相互關係，相互制約及相互依存的微妙系統，從而形成一個相對穩定的整體。由此可知，小流域之生態系統是一個具有一定結構，功能和自我調節機能與機制的開放系統。

### (一)生態系統之功能:

能量流動、物質（質量）循環及信息傳遞三者乃是小流域生態系統之三大功能。試分述如下：

**1. 能量流動：**

通過綠色植物，將太陽能轉變成化學能，再沿食物鏈營養級單向，遂

漸向頂部方向流動，在每一級上以熱的形式由呼吸作用過程中消耗，而生態系統中再由外界環境源源不斷地吸入能量以補充。

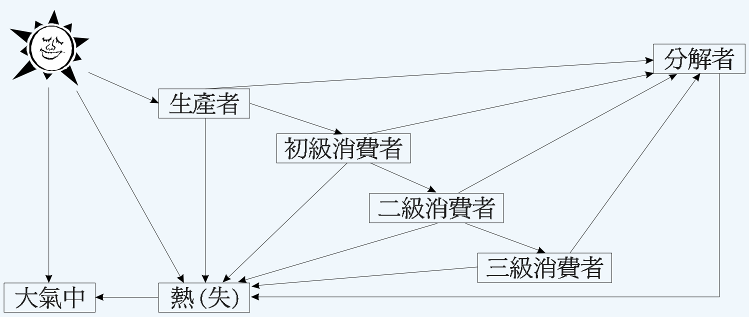
**2. 物質（質量）循環：**

物質亦同樣按能量流動途徑而行，惟所不同者，物質轉運中是循環不減的。環境中之營養物質被生產者吸收後，經過消費者取用，使物質逐級轉移，再由分解者分解成無機質返回環境中，供再次利用，C，H2，O2，N2，P，S，是構成生命有機體之主要物質，占有 97%之原生質成份，也是自然界之主要元素。因此，上述元素之循環是生態系統基本物質循環。此外，Mn，Zn，Cu，Mo，Co，Ca，Mg，K，等生物需要之微量元素，亦有其各自循環體系。在自然界中，由於太陽能量、大氣循環及土壤性質與流域特性，亦形成一種循環，稱之為〝水文循環〞這種經過〝發散、降水、地表逕流、地下水滲、截留、窪蓄〞之作用下，水資源才能有循環作用，水資源才能予以開發、利用與分配。

〝水〞是一切生命有機體的基本組成物質，也是新陳代謝活動所必需的物質，水在流域經理中是一種能量流動與物質循環的介質，對調節氣候和淨化環境有著不可取代的重要作用。

**3. 資訊傳遞：**

在能量流動及物質循環中、營養傳送、物化改變、行為溝通便主導者資訊的傳遞。




**營養傳送資訊：**

基於營養交換的形成，食物鏈或食物網便成為一種營養資訊系統。若其中有一不能連續，則營養訊息便會中斷，生態組成便會有大的改變或危機。

**A.化學變化資訊：**

生物在某種條件下，或某一生長發育階段，分泌出某些特殊化學物質，此一物質不是提供營養，而是用在生物的個體或群體間起著某種訊息之傳送。如螞蟻之分泌物及狗之排尿標記活動區域等。

**B.物理遞送資訊：**

鳥鳴、獸吼、顏色及光等構成物理遞送訊息。其音調、音色、明暗均可代表某種狀況的輕重程度資訊。

**C.行為資訊：**

行為訊息著重在彼此間的溝通作用，例如燕子之空中特殊盤旋～以示求偶。雄熊的順時鐘方向遶圈求偶等方式均是。

由於能量轉換、物質循環及訊息傳遞，形成生命系統與環境系統的相互影響、相互作用，也推動著系統的演替及進化。

在一般狀況下，小流域生態系統中物與物間，或物與週遭間均可保持相對穩定，即使有外來干擾，只要程度不嚴重，也能通過系統本身的自我調節，恢復到比較穩定的狀況，此即所謂〝生態系統的動態平衡〞，在此過程中，一定有額外的能量損失，而造成短期內物質分配的重組，這時，生態系統中生物族群在數量與比例上定保有相對之穩定，以符合能量流動規律之金字塔營養級。能量的輸入及輸出間達到平衡，物質循環也較長時間地保持平衡狀態。其實〝生態平衡〞乃是由於生物強大的繁殖力和一定的適應能力及環境資源有限等三個因素共同組成的綜合體表現而已。隨著生態系統的演化，生物族群與環境間日漸協調，系統內分化出越來越多的供不同生物適應之小環境，為系統中生物的多樣化提供出生存之基礎。由於生態環境之自我調適能力是有其限度的，否則系統的結構及功能必遭破壞，甚而令系統崩潰。生態平衡的破壞有自然因素亦有人為因素。自然因素破壞一般有其規律性，有其互補性，而且是漸近地進行及完成，故而其遺害一般較小，而且不明顯。但人為因素之破壞，則是瞬間地，無互補性地，遺害是數代、數十代之問題，真不可不慎！人為之破壞可分成下面三類：

**(一)生物種類成分的改變：**

例如人類不合理的經濟活動所造成者，其中以森林破壞，過度開發利用地表，破壞大地植被。此外，不合理的引進某種生物，例如：福壽螺，例如：鬱金香均有其負面影響，故只看重短期利益，而不注重循環平衡之生態問題，真得不償失也！

**(二)環境因素之改變：**

工商業發展，使用大量水資源，製造大量污染，使這有限的能流與物流之介質〝水〞，更形不足，水庫水質優養化，水中有效溶氧量(DO)減少，生化需氧量增大(BOD5，COD)，造成溫室及熱島(heat island)效應，更助長聖嬰效應之肆虐。

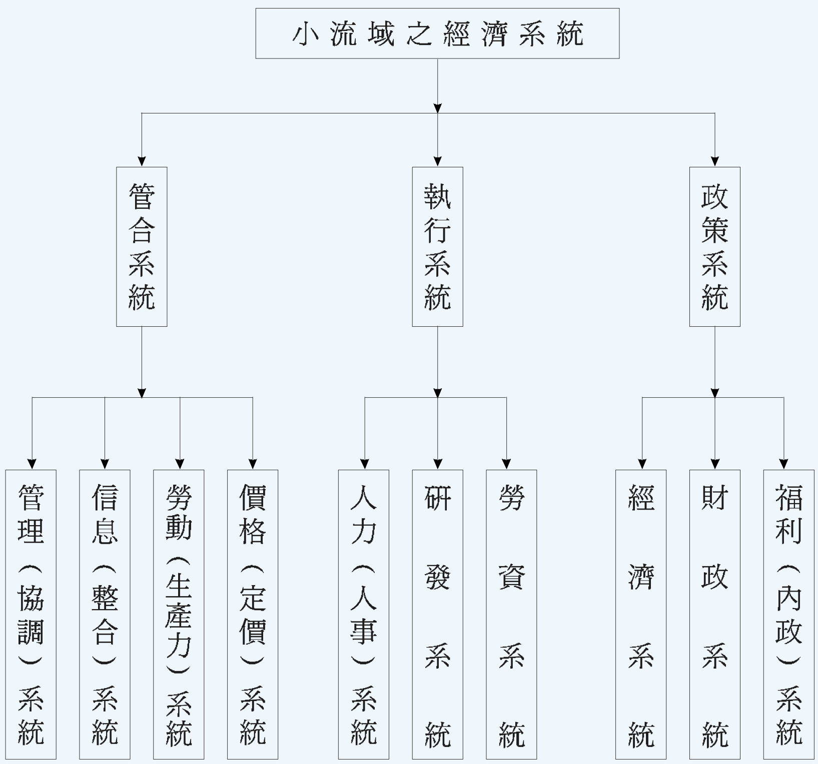
**(三)資訊傳送系統的破壞:**

在生態系統中，某些動物在生殖時期，會排出一種性激素，達成配偶及繁殖後代之歷史始命。當人為排放之污染物抑制了此種激素之排放件用，則繁殖系統破壞，從而造成生物種群之改變，在質能不足狀況下，生態平衡之金字塔組織崩潰，即使人類～這最頂部的消費者，將是第一個被毀滅之物種。

流域的生態系統乃係由流域內生物群落與無機環境間通過能量流動、物質循環及資訊傳遞而成的既分別又合一的統一體。由於此三種流動的不停轉移，而又相對穩定且平衡之趨勢，才使生態系統有活力，因此，“動態平衡”應是流域經理中，進行各方面規劃工作時，最重要的一種理念吧！

### 三. 流域之經濟系統:

在流域範圍內之各種經濟成份及各種社會經濟關係之經濟系統細分如下，在一定的地理環境與社會制度下之整合體，稱為〝小流域經濟系統〞。小流域經濟系統是國民經濟系統的一部份，屬區域經濟範圍。此種系統乃是經由生產、交換、分配及消費四個環節週而復始，連續不斷的進行著。然而經濟系統亦同生態系統一般，它有一定的改變或破壞承受力，它也是一種動態平衡的產物，過大的衝擊，對民生經濟及國力的影響之鉅是可想而知的。




### 四. 流域生態經濟系統平衡理念與系統分析

流域生態經濟系統乃是由小流域之生態系統和小流域經濟系統相互交疊而成的複雜系統。它具有獨立之特性與結構，有其自身運轉的規律，而且與系統外部亦存在著微妙且多變的聯連，是一個能夠最佳化利用小流域內各種資源，組成生態經濟合成力，而產生生態經濟功能與效益之開放系統。

此地所謂平衡係指保持生態平衡條件下之經濟平衡，是生態平衡與經濟平衡之有機結合，相互衝擊但又整合一體的綜合體，是在〝自然選擇〞與〝人為選擇〞的演進過程中，小流域綜合治理的生態目標與經濟目標統合的平衡狀態。其是客觀存在且具體表現小流域中生態經濟系統的結構平衡，機制平衡與功能平衡三方面特質。在系統之運化過程中，因結構不斷變化，因此，選擇最佳化之生態經濟結構模式，實現小流域綜合治理之生態經濟目標，並經常保持此種結構之平衡，這便是經濟、社會發展的客觀需要。經濟生態系統之演進是相對性的，是良性的，只有在能量流動，物質傳送及信息傳遞之條件下，以不斷傳動變化的內部與外部動態平衡下，

通過一個規律，沿著要求之目標發展，才能生生不息，開創新的系統。

根據生態目標與經濟目標之不同組合，可歸納成下列三種典型的生態經濟平衡模式：

**(一)穩定的生態經濟平衡模式:**

此種平衡下，因系統自我調節力由於抵消外在不當的干預力而減弱，但仍能夠勉強維持系統原有之結構與功能，生態系統與經濟系統均處在原有水準和規模的再生產運動中，且運動中不會出現不正常的改變。

**(二)自控的生態經濟平衡模式:**

此種平衡狀態下，因各種內外因素的激發使生態經濟系統出現各種改變時，系統可憑借自身的自我調節機制，迅速恢復新的穩定狀態，以保障生態經濟系統的正常運行和功能的正常發揮，保持原有的生態經濟平衡狀態。

**(三)最佳化的生態經濟平衡模式:**

此種平衡狀態下，系統中各要素以及結構與功能間都處於融洽協調之關係中，生態經濟系統在自我控制，穩定之同時，不斷完善與進化。生態　系統與經濟系統同步協調發展，並進行良性循環。

要實現小流域之生態經濟最佳平衡，必需堅持〝因地制宜〞,〝整體最佳化〞與〝綜合效益〞原則，在〝自然選擇〞與〞人為選擇〞之進化中，把握人口、自然、經濟三個再生產系統相互平衡與協調發展的內在聯繫，合理利用水土資源,採用先進科技,掌握生態經濟之適合度,正確調整生態經濟系統的空間結構、回饋結構及輸出輸入結構,發揮能量流動,物質循環及價值增值與信息傳遞之功能，提高生態經濟轉化及循環效率，以達自然生態與社會經濟同步協調發展。

經濟效益係因勞動消耗量與物化消耗量符合社會需求之勞動成果的比較,而生態效益則是人們勞動耗費與耗費這些勞動對生態環境的影響間之比較關係。所謂生態經濟效益,便是指社會物資生產過程中同時產生一定的經濟效益與生態效益的綜合體。它集中反應出生態經濟系統的整體性、協調性與秩序性特徵及程度。生態效益與經濟效益是相對立、相衝突的，但卻可以折衡的，只要找出其平衡點。生態效益是經濟效益的基礎，講求生態效益是保障經濟效益之重要條件，生態效益差，則即使經濟效益好，也只是短暫的，最終仍要受生態效益之制約，轉化為差的經濟效益。

**生態經濟效益綜合評估計算步驟如下：**

1. 確定基數年，求出各種生態平衡指標之指數，以衡量該系統之生態平衡水準之提升幅度。
2. 分配權重，以求出上述各項指標指數的加權平均值，作為生態平衡綜合指數。因此綜合指數(生態方面)=$\sum$(生態平衡指標×權重)
3. 從投入、產出、人口增長之方面求出經濟效益綜合指數。
4. 生態平衡綜合指數與經濟效益綜合指數進行加權平均，求得生態經濟效益綜合指數。

**流域生態經濟系統之分析:**

**(一)系統分析程序:**

系統中雖有一定的程序分野，惟每一過程中，若有新資料，或新變數之加入，則應再重新回頭進行上一步驟之考量與修正，直到整體系統均考量完整。有關程序步驟如下：

**1.提出問題；2.資料搜集、分析；3.建立模式；4.綜合判斷；5.確定方案。**

**(二)系統分析方法**

**1.系統流量分析法；2.系統關聯分析法；3.系統統計分析法；**

生態體系及經濟體系分析中，各要素間之關聯性一般可用確定函數關係表示，亦可用數理統計方法先尋得隨機規律，以回歸方式表達。回歸分析中能從一群基本量的數據統計出其定量的數學關係，而再帶回一般通用數學方程式中，去推求或預測其他較複雜或高次之變數量，以便能更進一步的去分析模式中之主要因素與次要因素（敏感度分析），並推求出實際事件與模擬事件之差異（不確定性分析），而進一步給定每一參數之權重，使模式之運用更實際且更具廣泛性。

## 五. 流域治理中有關問題剖析

**(一) 水庫或滯蓄水量之組合:**

河川逕流調節計算數理統計之主要依據乃係頻率組合原理，例如：通過水庫年進水量與年供水量的頻率組合，以推求不同年差值水量的組合頻率；由水庫蓄水量與年差值水量的頻率組合，以計算各種庫位狀況下的可靠率等，這類問題都屬於二元隨機變量函數的概率分佈問題。由此可見，頻率組合是水庫調節計算數理統計法的核心內容。

頻率組合主要是用機率理論中的兩個基本定理，如下述：

事件相斥定理　若干事件如彼此相斥，則出現其中任意個事件的總機率等於這些任意個事件分別出現的機率之和。

獨立事件定理　若干事件如相互獨立，則其中任意個事件同時出現的機率等於這些任意個事件分別出現的機率之積。

兩隨機變量 x、y 的頻率組合，當兩變量自身的頻率曲線都可用某種理論頻率曲線來模擬和概括，且其組合函數關係又較簡單，但限於 $z=x\pm y$ 或 $z=xy$ 時，則不論兩者之間的相關情況如何，都可由兩變量序列的統計參數，按給定的組合函數關係，推求組合函數的統計參數。為獲得組合函數頻率曲線，除了經由上述諸式推求組合函數的各統計參數外，尚須確定組合函數頻率曲線的線型。對於一般情況，這是一個至今尚未深入研究和解決的複雜問題，也是廣泛應用頻率組合參數法的主要障礙。當前，僅對其中個別特殊情況有明確的結論，如：相互獨立的 n 個正態分布變量，其組合頻率曲線仍屬正態分布。對於其它一般情況下的組合頻率曲線的線型，則應作具體分析，不能任意主觀斷定。只有具備了組合頻率曲線的各統計參數，又能正確地判定其線型，才可獲得合理的組合頻率曲線。上述的頻率組合參數法，由於對於一般情況下的組合頻率曲線的線型很難予以判定，有的甚至無法用目前常見的一些理論頻率曲線線型

加以模擬和描述，這些原因都使頻率組合參數法的推廣受到許多限制。

水文水利計算中最常遇見的兩 Gamma 分布隨機變量的和、差的組合頻率函數，並根據概率論基本原理，尋找出用初等函數表達的組合頻率函數的解析解。

**(二) 馬斯金甘洪水演算法之討論:**

馬斯金甘洪水演算是由美國工程師 Mc Carthy 於 1939 年在馬斯金甘河上所使用之方法而得名。此一方法係在尋求入流歷線與出流歷線之線性組合與河段槽蓄量成一種函數單向變化之關係法。在此一方法中，有兩種參數有待探討，其一為入、出流歷線之分配權重，x；另一則為槽蓄歷線之坡度 K，此一參數用以表明調蓄能力之大小，其單位為時間，故此 K 值又名之為〝調蓄遲滯時間〞，若 K 值大，表示調蓄能力大，反之則小。x 值其限度一般為 $0 \leqq x < 1/2$ ，而所取分析時段 $\Delta t$，則有 $2Kx < \Delta t < 2K(1-x)$之限制，這是一般在教科書，或運用上未去探討之所在。其實，馬斯金甘洪水演算法是一種 steady-state flow 之產物，而非一般通式。因此，其通式為何？也將予以探討之。x 及 K 值可否運用統計方法求之？亦將一併予以說明，並以例題予以演算，以供實用之參考。

在一般運用水文—水理方法推求洪水歷線時，常用到：

$$\bar{I} - \bar{Q} = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad \cdots\cdots (1)$$

$$S = K[xI + (1-x)Q] \quad \cdots\cdots (2)$$

其中 K、x 各表第一節中所提之定義。而且 $0 \leqq x \leqq 1$。運用式(1)連續方程式及式(2)水文運動方程式，可求出:

$$Q_2 = C_0 I_2 + C_1 I_1 + C_2 Q_1 \quad \cdots\cdots (3)$$

式中
$$\left.\begin{aligned} C_0 &= \frac{0.5\Delta t - Kx}{K(1-x) + 0.5\Delta t} \\ C_1 &= \frac{Kx + 0.5\Delta t}{K(1-x) + 0.5\Delta t} \\ C_2 &= \frac{K(1-x) - 0.5\Delta t}{K(1-x) + 0.5\Delta t} \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots (4)$$

式(4)中，則有 K 與 x 兩個參數待定，一般常用者，係假定 x 值，再由式(2)中所得之 loop 為近直線之情況，而定出此一直線之斜率，即為 K 或 1/K 也！但定 x 值，則就成了一種關鍵，其實 $0 \leqq x \leqq 1$，是一般數學定義，在實用上，則不是如此。

1.x 值之探討：

由式(2)中，在洪水脹水肢時，其必定 I＞Q 而且，此時要留有足夠空間，以儲

存流入量，則必定 Q＞S0/Δt 其中 S0 表示起始蓄水量，因此，若在(Δt≧k)時，則可得：

$$\left(\frac{I+Q}{2}\right) > S_0 = xI + (1-x)Q$$

故得：$\left(\frac{1}{2} - x\right)\left(1 - \frac{Q}{I}\right) > 0$ ；

因為 I>Q，故得 $x<\frac{1}{2}$ $\therefore 0 \leqq x < \frac{1}{2}$

若式(2)在退水肢時，則 I＜Q 且此時蓄水量必定夠大，而且不可再有大的放水，故 $S/_{\Delta t}$ >Q，因此$\left(\frac{I+Q}{2}\right) < S_0 = xI + (1-x)Q$，即 $\left(\frac{1}{2} - x\right)\left(1 - \frac{Q}{I}\right) < 0$

∵Q>I $\therefore x < \frac{1}{2}$ ； 即表示 $0 \leqq x < \frac{1}{2}$

綜上可得，x 做範圍已由 0≦x≦1，縮減為 $0 \leqq x < \frac{1}{2}$ ，這便是一般所取用之範圍值。

2. △t 值之探討：

運用公式(3)與(4)；初始條件 I0=Q0=0，Ii=0，則可得：

$Q_1 = C_0 I_1$; $Q_2 = (C_1 + C_0 C_2)I_1$; $Q_3 = C_2(C_1 + C_0 C_2)I_1$; 如此類推，

則 $Q_n = (C_2)^{n-2}(C_1 + C_0 C_2)I_1$

由 $Q_1 = C_0 I_1$ 中，因 $I_1 > 0$，$Q_1 > 0$，故 $C_0 > 0$；而又因為 $0 \leqq x < \frac{1}{2}$，

（若 $x = \frac{1}{2}$，成等權重線性渠道），且又在 (Δt≧K)下，則：

$$\frac{\Delta t - 2Kx}{\Delta t + 2K(1-x)} > 0 \text{ ......................................(5)}$$

故：Δt>2Kx 且Δt>－2K(1－x)即上式表示Δt>2Kx 也！

又由 $Q_2 = (C_1 + C_0 C_2)I_1$，而 $I_1 > 0$，$Q_2 > 0$，故得 $(C_1 + C_0 C_2) > 0$，而又 $Q_3 = C_2(C_1 + C_0 C_2)I_1$，$Q_3 > 0$，$I_1 > 0$，又 $(C_1 + C_0 C_2) > 0$，故 $C_2 > 0$；

$$\text{因此 } \frac{2K(1-x) - \Delta t}{\Delta t + 2K(1-x)} > 0 \text{ ................................(6)}$$

故[2K(1－x)－Δt]>0 即：Δt<2K(1－x)

綜上可知 $2Kx < \Delta t < 2K(1-x)$ ……………………….(7)

一般合理狀況下，出流歷線之退水肢必定比入流歷線之退水肢來得平緩，在式(7-7)中，若Δt＝2Kx，或Δt=2K(1－x)，則會有出水歷線退水肢變陡之不合理情況，而且若Δt＜2Kx，則出流歷線在起始段內會有負值之流量，相同地，若Δt＞2K(1－x)則出流歷線會出現正負值上下震盪之不穩定情況，因此，Δt之取用，亦不得不慎也！

若運用 $\Delta S = \Delta V = \overline{A} \cdot \Delta L$，則由：

$\overline{A} = xAu + (1-x)Ad$ 代入　　　u：上游；　　d；下游；

$\left(\frac{I_1 + I_2}{2}\right)\Delta t - \left(\frac{Q_1 + Q_2}{2}\right)\Delta t = \Delta S$ 中，則得：

$$\frac{(I_1 + I_2)}{2\Delta L} - \frac{(Q_1 + Q_2)}{2\Delta L} = \frac{\left[XA_{u_2} + (1-x)A_{d_2}\right] - \left[XA_{u_1} + (1-x)A_{d_1}\right]}{\Delta t} \quad \text{………(8)}$$

運用續方程式Q=AV代入上式(8)中：

$$I_1 + I_2 - Q_1 - Q_2 + \frac{2\Delta L}{\Delta t}\left[x \cdot \frac{I_1}{V_{u_1}} + (1-x)\frac{Q_1}{V_{d_2}}\right]$$

$$-\frac{2\Delta L}{\Delta t}\left[x\frac{I_2}{V_{u_2}} + (1-x)\frac{Q_2}{V_{d_2}}\right] = 0$$

即：

$$Q_2\left[1 + (1-x)\frac{2\Delta L}{\Delta t V_{d_2}}\right]$$

$$= I_2\left[1 - \frac{2x \cdot \Delta L}{\Delta t V_{u_2}}\right] + I_1\left[1 + \frac{2x \cdot \Delta L}{\Delta t V_{u_1}}\right] + Q_1\left[\frac{2(1-x)\Delta L}{\Delta t V_{d_1}} - 1\right]$$

$$Q_2 = C_0 I_2 + C_i I_1 + C_2 Q_1 \quad \text{……………………………….(9)}$$

$$\text{式中}\left.\begin{aligned} G_0 &= \frac{0.5\Delta t - (x\Delta L / V_{u_2})}{0.5\Delta t + (\Delta t / V_{d_2}) - (x\Delta L / V_{d_2})} \\ G_1 &= \frac{0.5\Delta t - (x\Delta L / V_{u_1})}{0.5\Delta t + (\Delta t / V_{d_2}) - (x\Delta L / V_{d_2})} \\ G_2 &= \frac{(\Delta L / V_{d_1})(x\Delta L / V_{d_1}) - 0.5\Delta t}{0.5\Delta t + (\Delta L / V_{d_2}) - (x\Delta L / V_{d_2})} \end{aligned}\right\} \text{…………(10)}$$

在steady state時： $V = const = V_{u_1} = V_{u_2} = V_{d_1} = V_{d_2}$

則 $G_0 + G_1 + G_2 = 1$ ……………………………(11)

若令 $\frac{\Delta L}{V_{u_1}} = \frac{\Delta L}{V_{u_2}} = \frac{\Delta L}{V_{d_1}} = \frac{\Delta L}{V_{d_1}} = K$

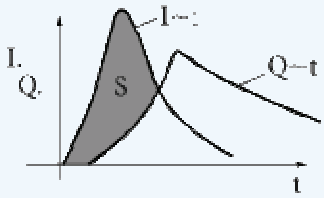
則可得 $\left.\begin{aligned} G_0 &= C_0 \\ G_1 &= C_1 \\ G_2 &= C_2 \end{aligned}\right\}$ …………………………………(12)

即為Maskingum公式！

**3. 運用最小二乘法原理探討線性洪水演算中　K與x之求法:**

基於K與x之推求中，必需先求出所予定之x值而得之最小迴路之狀況，故而是否可直接由所予之資料來得到x→K是所需思考者：

由於S=K[xI+(1－x)Q]，兩邊同除以Δt，而令 $S' = \frac{S}{\Delta t}$ ；




$K' = \frac{K}{\Delta t}$ ，則有： $S' = K'[xI + (1-x)Q]$

要使得相關直線S'(Q)為最佳化，應使得誤差平方和達最小值也！由誤差平方和公式：

$$\delta^2 = \sum_{i=1}^{n}\{S_i' - K'[xI_i + (1-x)Q_i]\}^2$$
$$= \sum_{i=1}^{n}\{S_i' - K'[Q_i + x\Delta Q_i^*]\}^2$$

式中： $\Delta Q_i^* = I_i - Q_i$，$(C.M.S.)$

因為 $\delta^2$ 為x及K'之函數，為使 $\delta^2$ 達到極小值，則由多變數函數極值化定義必須 $\frac{\partial \delta^2}{\partial x} = 0$ 及 $\frac{\partial \delta^2}{\partial K'} = 0$ ，因此

即: $K'\sum_{i=1}^{n} Q_i \Delta Q_i^* + K'x\sum_{i=1}^{n} \Delta Q_i^{*2} - \sum_{i=1}^{n} S_i \Delta Q_i^* = 0$

$$\frac{\partial \delta^2}{\partial x} = 0 = \sum_{i=1}^{n}\{2[S_i' - K'(Q_i + x\Delta Q_i^*] \cdot (-K'\Delta Q_i^*)\}$$
$$= 2K'\sum_{i=1}^{n}\{K'Q_i\Delta Q_i^* + K'x\Delta Q_i^* - S_i'\Delta Q_i^*\}$$

………………………………………(13)

$$\frac{\partial \delta^2}{\partial K'} = 0 = \sum_{i=1}^{n} \{2[S_i' - K'(Q_i + x\Delta Q_i^*] \cdot (-Q_i - x\Delta Q_i^*)\}$$

$$= -2\sum_{i=1}^{n} \{S_i'Q_i + xS_i'\Delta Q_i^* + K'(x\Delta Q_i^* + Q_i)^2\}$$

$$\text{即}: \sum_{i=1}^{n} S_i'Q_i + x\sum_{i=1}^{n} S_i'\Delta Q_i^* - K'\sum_{i=1}^{n}(x\Delta Q_i^* + Q_i)^2 = 0$$

……………………………………………(14)

由(13)、(14)兩式求出x及K’即是！

運用

$$S_i' = \frac{1}{2}\Delta Q_1^* + \frac{1}{2}(\Delta Q_1^* + \Delta Q_2^*) + \frac{1}{2}(\Delta Q_2^* + \Delta Q_3^*) + \ldots$$

$$\ldots + \frac{1}{2}(\Delta Q_{i-1}^* + \Delta Q_i^*)$$

$$= \Delta Q_1^* + \Delta Q_2^* + \ldots\ldots + \Delta Q_{i-1}^* + \frac{1}{2}\Delta Q_i^*$$

及 $\Delta Q_1^* = I_i - Q_i$

則可得式中之 $\sum_{i=1}^{n} S_i'\Delta Q_i^* = 0$

故式(13)、(14)則可得:

$$K'\sum_{i=1}^{n} Q_i\Delta Q_i^* + K'x\sum_{i=1}^{n}\Delta Q_i^{*2} = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(15)$$

$$\sum_{i=1}^{n} S_i'Q_i - K'x\sum_{i=1}^{n}(x\Delta Q_i^* + Q_i)^2 = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(16)$$

解聯立方程式，則：

$$x = \frac{-\sum_{i=1}^{n} Q_i\Delta Q_i^*}{\sum_{i=1}^{n}\Delta Q_i^{*2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(17)$$

$$K' = \frac{\sum_{i=1}^{n} S_i'Q_i}{\sum_{i=1}^{n}(x\Delta Q_i^* + Q_i)^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(18)$$

$$K = K'\Delta t = \frac{(\Delta t)\sum_{i=1}^{n} S_i'Q_i}{\sum_{i=1}^{n}(x\Delta Q_i^* + Q_i)^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(19)$$

## 六. 結論

流域之開發、經營及治理與管理中，其實是一種層層相連，環環相扣之循環問題，而且也是近年來因澇旱而起之迫切課題，因此，有關之相關課題亦不厭其煩的在此提及，以供日後能深入之研析探討。

水庫在豐水期或洪水期間常有洩洪之情況，而在水庫下游之河川整治，也常以水庫之最大洩洪量為規劃基準，然而此種思考模式是否正確，則值得深思。當水庫之洩洪時序下游河道之支流其洪水波傳送同時考量時，是否其極端事件之發生會有特異之現象？是否會大於上述之最大洩洪量之結果，實在值得我們去進一步探討。

綜觀國內之環境工程，似乎已漸漸走入化學及化學工程之範圍，而忘了流體之特性的基本理念與其應用。以“水”這個天然資源為例，從水文循環，到流體特性以至雨、污水下水道渠流規劃與設計，均是非常重要的專業技術，而卻往往在環境工程之國家考試與訓練中，不被重視，這正如不去加強體之訓練及運用本有之抗體，而靠外在抗生素，豈非捨本逐末，因小失大？加藥後之化學反應物中，其是否有二次公害？是否再次增大處理成本及破壞生態更劇？且讓我們來共同努力解決此一問題吧！

參考文獻

1.”集水區保育” 陳秋楊、林裕彬、郭瓊瑩 中國文化大學 (2000)
2.”水資源系統動態規劃” 張超 中國水利水電叢書水利電力出版社(1986)
3.”模糊水文學與水資源系統模糊優化原理” 陳守煜 大連理工大學出版社 (1990)
4.”實用暴雨洪水預報理論與方法” 張文華 水利電力出版社 (1990)

投稿 104.03.13
校稿 104.04.01
定稿 104.05.12