

後龍溪流域逕流係數與逕流曲線值之研究

謝平城⁽¹⁾ 褚思穎⁽²⁾

摘要

目前台灣對於集水區內洪峰逕流量之推估，常採用合理化公式，公式中有關逕流係數之選定，由於水土保持技術規範中逕流係數參考表之訂定範圍過大，常令使用者在選用時感到困惑。由於逕流係數直接影響逕流量之推估，對於工程施做規模之決策影響甚鉅，實有必要進行深入之研究。為此，本研究擬針對後龍溪流域內各種水文因子(如降雨、逕流等)及地文因子(如土地利用型態、土壤類別等)進行相關資料之蒐集與調查，同時配合美國土壤保持局(The U. S. Soil Conservation Service, SCS) 通用之曲線值法(Curve Number method, CN method)，求得實測及估測之逕流係數 C 、 C' 與實測及估測之曲線值 CN 、 CN' ，並試圖找出其間之相互關係。

由結果發現，利用 SCS 法推估之逕流係數 C' 多大於實測之逕流係數 C ，而逕流曲線值部份，根據 GIS 技術及面積加權概念所得之實測逕流曲線值 CN ，與利用降雨、逕流量推估之逕流曲線值 CN' 相比較，則 CN' 多小於 CN 。本研究之數據顯示：後龍溪流域之推估逕流係數 C' 約為 0.90，而實測逕流係數 C 則介於 0.76 至 0.82 之間。彼岸橋、打鹿坑及北勢大橋三集水分區之實際平均逕流曲線值 CN 分別為 63.04、61.82 及 61.83；而推估平均逕流曲線值 CN' 則分別為 44.98、37.74 與 45.94。

(**關鍵詞**：逕流係數、SCS 法、逕流曲線值)

Study on the Runoff Coefficient and Curve Number in Hou-long Watershed

Ping-Cheng Hsieh⁽¹⁾, *Szu-Ying Chu*⁽²⁾

Associate Professor⁽¹⁾ and Master⁽²⁾, Department of Soil and Water Conservation

National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan 402.

ABSTRACT

At present, the rational formula is often applied to estimate the peak flow of watershed in Taiwan. The determination of runoff coefficient of rational formula is usually confused to users

(1) 國立中興大學水土保持學系副教授

(2) 國立中興大學水土保持學系碩士

because the range of runoff coefficient is so big as shown in the Technical Regulation of Soil and Water Conservation. Runoff coefficient will directly affect peak flow and thus will affect the decision of the engineering construction scale, so we have to do further investigation. In view of this, we consider some factors of hydrology (rainfall, runoff and etc.) and geography (landuse, soil texture and etc.) in Hou-long watershed to calculate the runoff coefficient C and curve number CN by observed data, and to estimate the runoff coefficient C' and curve number CN' by the SCS method. The relationship among these four numbers is also discussed.

The results show that the estimated runoff coefficients C' by SCS method are usually larger than the observed C values. On the other hand, these CN' calculated by rainfall and runoff records are usually smaller than the CNs those are calculated by GIS technology and area-weighting conception. For example, in Hou-long watershed the estimated runoff coefficient C' is about 0.90, and the observed C values are between 0.76 and 0.82. Real average curve numbers CN in Pian-Chou, Ta-Lu-Keng and Pei-Shih-Bridge basin are respectively 63.04, 61.82 and 61.83, and the estimated CN' values are 44.98, 37.74 and 45.94.

(Keywords : Runoff Coefficient, SCS Method, Runoff Curve Number)

前言

近年來台灣地區受颱風侵襲頻繁，山坡地所在的集水區上游產生之各種土石流失及水的危害問題愈演愈烈，對各種公、私有設施及民生造成十分嚴重的影響。而農、林、礦、路、舍及墓地等各種土地利用型態，相對產生集水區內植生、裸露、開挖、崩塌、水池、坑溝等之各種地表條件的變化，在在影響了集水區內局部或整體之水文特性。因此，對於山坡地各項土地利用之開發或變更，實有必要就整體集水區經營、管理之層面來考量，才能了解其水文動態對下游環境的影響，並進而檢討、改善山坡地水土保持之對策。而水文動態包括了：降水、截留、蒸發散、窪蓄、入滲、逕流…等，其中造成現今土石嚴重流失問題的最主要因素即為「逕流」。

目前台灣對於集水區內洪峰逕流量之推

估，多採用合理化公式，公式中有關逕流係數之選定，係多憑經驗，此乃由於國內工程設計、規劃者一般仍以引用國外經驗值為主，並依據簡易之分類表格來決定採用之逕流係數值，不過如水土保持技術規範之逕流係數參考表，表內之訂定範圍過大(參見表1)，常令使用者於選用時感到困惑。事實上，王如意等(2003)曾指出逕流係數 C 之決定為一頗為困難之工作，需學理及經驗相互配合。逕流係數 C 之大小與地表特性、地表坡度、地表蓄水量、土壤飽和程度及降雨強度及延時等皆有相關。由此可知，影響逕流係數之因子繁多且互為因果關係，實非單一簡易之分類表格所能涵蓋，更遑論選用值之精確度了。又由於逕流係數直接影響逕流量之推估結果，對於工程施做規模之決策影響甚鉅，實有必要進行深入研究。

為此，本研究針對後龍溪集水區內各種水文因子(如降雨、逕流等)及地文因子(如土

地利用型態、土壤類別等)進行相關資料之蒐集與調查，同時配合美國土壤保持局(The U. S. Soil Conservation Service, SCS) 通用之曲線值法 (Curve Number Method, CN Method)

求得實測及估測之逕流係數 C 、 C' 與實測及估測之曲線值 CN 、 CN' ，並試圖找出其間之相互關係。

表 1. 逕流係數 C 值參考表(摘錄自水土保持技術規範，2004)

Table 1. Table of runoff coefficient C (From the Technical Regulation for Soil and Water Conservation)

集水區狀況	陡峻山地	山嶺區	丘陵地或森林地	平坦耕地	非農業使用
無開發整地區之逕流係數	0.75 ~ 0.90	0.70 ~ 0.80	0.50 ~ 0.75	0.45 ~ 0.60	0.75 ~ 0.95
開發整地區整地後之逕流係數	0.95	0.90	0.90	0.85	0.95 ~ 1.00
開發中	以 1.0 計算				

前人研究與理論介紹

1. 文獻回顧

盧惠生(1976) 收集 1968~1975 年間，高雄鳳山園藝試驗分所、集集試驗所和新化畜產試驗分所等不同坡面處理與土地利用方式之大量降雨和逕流數據，建立直線迴歸方程式，並依逕流率區分逕流指數。爾後又於 1985 年，參考美國土壤保持局(SCS)通用之逕流估測模式，假設 CN 值 (介於 1~100)，帶入公式 (15) 求出最大潛在滯留量 S ，再由台灣各種作物與水土保持處理之逕流試驗小區之實測降雨量紀錄 P 及以上所求得之 S 利用公式 (13) 估算逕流量 P_e' 。由不同試區與土地利用方式估算得知逕流量 P_e' ，與逕流試驗小區觀測所得之地表實測逕流量 P_e ，經由標準偏差(Standard Error, SE)、檢定係數(Calibration Coefficient, CC)、累積差異(Mass Balance, MB)、相關係數(R-square, r^2)及 F 值檢定 (F -test)等相關統計分析檢定後，以統計檢定

結果誤差最小之上、下限 CN 為最佳 CN 值範圍。且以檢定結果 SE 、 CC 、 MB 最小， r^2 相關係數及 F 值檢定最佳之 CN 值，作為該作物與水土保持處理下之最佳 CN 值，以建立台灣地區重要坡地作物於不同水土保持處理時之逕流曲線值(Runoff curve number, CN)，以作為坡地開發規劃時，進行逕流量之預估。

呂建華(1991) 藉由遙測影像分類技術獲取鯉魚潭水庫集水區有關土地利用情形，然後以地理資訊系統之技術建立地形與土壤分布之相關資料，並進而利用地理資訊系統整合土地利用資料與水文、地文資料以決定集水區之 SCS 曲線值(CN)，進而應用於推估該集水區在降雨期間之有效降雨量。

林維侃(1993) 以位於苗栗縣後龍溪上游，面積約為 111 平方公里之彼岸橋集水區作為研究試區，運用地理資訊系統迅速處理大量資料之特性，探討結合土地利用、土壤、地形等資料及無因次單位歷線之概念，以推估流量歷線之可行性，其中並嘗試將國內林

務局農林航測所所作土地利用調查之分類對照至美國土壤保持局(SCS) 於逕流曲線值法(CN Method)中之土地利用分類，以求出該試區之 CN 值，作為水文模式 HEC-1 之參數。

賴裕森(2000) 採用法國 SPOT 衛星影像經影像處理與分析後，運用美國土壤保持局的 SCS 曲線值法，對翡翠水庫集水區內之土地利用、土壤含濕程度與植生覆蓋密度等條件予以掌控，經地理資訊系統(GIS) 之整合，以網格化的方式推求出各網格 SCS 曲線值，並就春、夏、秋、冬四個季節分別建立整個翡翠水庫集水區季節性之逕流係數。

陳鈺雯(2005) 參考美國土壤保持局根據土壤分類、土地利用狀況、臨前水分條件(Antecedent Moisture Condition, AMC)等，建立 CN 值參考表的方式，採用發生逕流當天與臨前五日以內總降雨量為臨前降雨指數(Antecedent Precipitation Index, API)，加上實測逕流量資料，經由率定和驗證建立一個比較適合台灣地區使用的 CN 值參考表。

宋仁良(2005) 以基隆河流域之上游集水區為例，蒐集地表特性影響因子之相關資料，配合蒐集之電子圖檔與地圖判釋，建立基隆河上游集水區地表特性資料。再根據雨量站及水文站所測得之水文資料，配合地表特性資料，進行降雨逕流關係之統計分析，求得該區逕流係數。另由 SPOT 衛星影像判釋 1990 年、1993 年、1997 年、1998 年、1999 年等五個時期之土地利用情形，發現具有林地持續減少，建地逐漸增加之趨勢。以 SCS 曲線值法估算出逕流曲線值(CN)，經臨前降雨條件修正後，求出年逕流係數和各季節逕流係數，與實際逕流係數作比較，發現秋冬

季節逕流係數較高，應與降雨量集中於此二季節有關。最後，更進一步運用多元迴歸分析方法評估在地表特性的不同變化下，運用 SCS 曲線值法預測所產生之逕流係數變化，以供集水區規劃時洪峰逕流量精確估算之參考。

2. SCS 逕流曲線法

SCS 逕流曲線法由美國土壤保持局(The U.S. Soil Conservation Service, SCS) 所首創，美國土壤保持局即現今美國自然資源保育局(National Resources Conservation Service, NRCS) 的前身。其原理、方法詳細介紹如下：

集水區降雨損失量之推求，為水文分析中推估逕流之重要基礎工作。在損失量之推求過程中，降水特徵、土壤種類、土壤含水量、地形、土地利用與地表覆蓋等皆為重要之影響因子。

降雨至地面後，先經地表窪蓄、地表滯留及枯枝落葉層之截蓄等作用，然後過剩的水再逐漸入滲於土壤中，而有效的降雨則形成逕流，因此可將降雨總量 P 區分為初期降雨損失量 I_a 、有效降雨總量 P_e 以及入滲總量 F 等三部分，以(1)式表示。

$$P = I_a + P_e + F \quad (1)$$

式中， P ：降雨總量

I_a ：初期降雨損失量(含入滲、窪蓄、截留等)，即發生降雨後至地表逕流開始之前的降雨量

P_e ：有效降雨總量

F ：入滲總量，即逕流發生後之累積入滲量

當降雨量 $P \rightarrow \infty$ 時：

$$\lim_{P \rightarrow \infty} (P - I_a) = P \quad (\text{因 } I_a \ll P) \quad (2)$$

$$\lim_{P \rightarrow \infty} (P - Q) = S \quad (3)$$

$$\lim_{P \rightarrow \infty} \left(\frac{Q}{P} \right) = 1 \quad (4)$$

S 稱為集水區最大蓄水量(potential maximum retention)，其值之大小受土壤特性、水文臨前狀況、土地利用狀況與水土保持工程措施等因素所影響。

然而(4)式中之降雨量 P 若以有效降雨量(Effective rainfall) $P - I_a$ 代替，則逕流量與有效降雨量的比例更能符合接近於 1 (Rallison, 1980)，即：

$$\lim_{P \rightarrow \infty} \left(\frac{Q}{P - I_a} \right) = 1 \quad (5)$$

此時 $P \rightarrow \infty$ ，就實際情況衡量可知，累積入滲量(F)與最大土壤涵蓄量(S)亦約略相等，即：

$$\lim_{P \rightarrow \infty} \left(\frac{F}{S} \right) = 1 \quad (6)$$

則由(5)式及(6)式可得：

$$\lim_{P \rightarrow \infty} \left(\frac{F}{S} \right) = \lim_{P \rightarrow \infty} \left(\frac{Q}{P - I_a} \right) \quad (7)$$

由(1)式知：

$$F = P - I_a - P_e \quad (8)$$

將(8)式代入(7)式可得：

$$\lim_{P \rightarrow \infty} \left(\frac{P - I_a - P_e}{S} \right) = \lim_{P \rightarrow \infty} \left(\frac{Q}{P - I_a} \right) \quad (9)$$

則知當 $P \rightarrow \infty$ 時：

$$\frac{P - I_a - P_e}{S} = \frac{Q}{P - I_a} \quad (10)$$

$$\Rightarrow P_e = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S} \quad (11)$$

美國土壤保持局分析小集水區的水文記錄資料，顯示初期降雨損失量與集水區最大蓄水量之經驗關係公式為：

$$I_a = 0.2S \quad (12)$$

將(12)式代入(11)式，得：

$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (P > 0.2S) \quad (13)$$

(13)式即 SCS 曲線值法中由暴雨量估計直接逕流量所導出降雨與有效降雨之關係，而有效降雨總深度(P_e)即等於集水區之直接逕流總深度(Q)，其中 P 必須大於 $0.2S$ ；若 $P \leq 0.2S$ ，則將無逕流產生，即 $Q = 0$ 。而美國土壤保持局將集水區最大蓄水量 S 值，轉換為曲線值(CN)之關係經驗式如下：

$$S_{(inch)} = \frac{1000}{CN} - 10 \quad \dots \text{英制} \quad (14)$$

$$\text{或 } S_{(mm)} = \frac{25400}{CN} - 254 \quad \dots \text{公制} \quad (15)$$

式中 CN 稱為曲線值(curve number)，為土壤類別、水文臨前狀況、土地利用狀況與水土保持工程措施等因素所影響。

CN 值由土壤種類及土壤覆蓋條件所決

定。土壤種類依美國 SCS 所訂定之土壤分類表而定，依排水特性區分為 A、B、C 與 D 四類；A 類表示滲水性良好之土壤，即不易產生直接逕流，由 A 類至 D 類，土壤之可滲水性逐漸降低，因此 D 類表示滲水性最低之土壤，即該位置最容易產生直接逕流。

土壤覆蓋條件則依不同土地利用、耕作方式、水文條件而異，則不同土地利用、耕作方式、水文條件及土壤分類下之 CN 曲線值可由 SCS 法之逕流曲線值表查得之。

研究材料與方法

本研究藉地理資訊系統之技術建立地形、土壤分佈、土地利用之相關資料，以決定集水區之 SCS 曲線值，進而將其與水文資料整合，以推估集水區在降雨期間之有效降雨量。

1. 研究流程與步驟

主要研究流程如圖 1 所示。主要研究步驟列舉如下：

(1) 試區選定：以苗栗縣後龍流域為試區。

(2) 資料蒐集：

(2-a) 水文資料蒐集：

本研究採用經濟部水利署水文水資源資料管理供應系統的紀錄資料，雨量站包含和興、橫龍山及大湖(1)等三個，流量站由上游至下游依序為彼岸橋、打鹿坑及北勢大橋等三個，站況資料詳見。

(2-b) 地文資料蒐集：

採用行政院農業委員會水土保持局所提供之土壤分布圖及土地利用狀況分布圖，該圖資由 20m×20m 之網格所構成。

(3) 由蒐集之基本資料求得平均 CN 值及實測逕流係數(C)：

(3-a) 利用 GIS 技術整合所蒐集之地文資料，可得每一網格的土壤質地及土地利用類別，經由查表可分別輸入其相對應之 CN 值，如此可得各集水分區之 CN 值分布圖，進而利用面積加權概念可獲得該集水分區之平均 CN 值。

(3-b) 整合所蒐集之水文資料，首先利用徐昇氏多邊形法計算出各集水分區的平均雨量(P)，再運用基流分離的概念處理逕流量數據得直接逕流量(Q)，最後將 Q 除以 P 即可求得實測逕流係數 C。

(4) 由蒐集之基本資料配合 SCS 方法求得推估 CN' 值及推估逕流係數(C')：

(4-a) 利用上述(3-b)步驟處理過之平均雨量及直接逕流量數據，配合 SCS 方法可求得推估逕流曲線值 CN'。

(4-b) 根據(3-a)步驟求得各集水分區之平均 CN 值，配合相對應之平均雨量，套用 SCS 方法可得推估逕流量(Q')，進而可得推估逕流係數(C')。

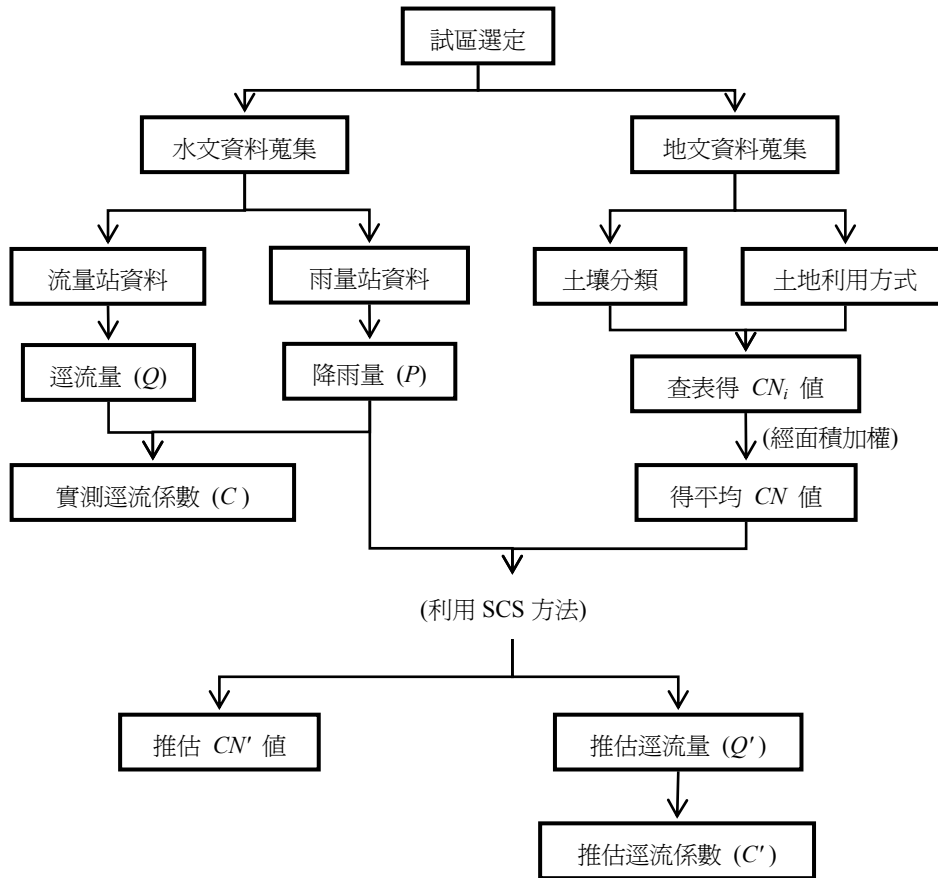


圖 1. 研究流程圖

Figure 1 . Flow chart of the study

2. 試區概述

後龍溪橫貫苗栗縣的中部，為苗栗縣境內最重要的河川，發源於苗栗縣東側加裡山山脈與鹿場大山之間，為苗栗縣第一大河。河源標高 2,850 公尺，幹流長 58.3 公里，流域面積為 536.6 平方公里，河床平均坡降為 1：160，計畫洪水量為 5,300 立方公尺/秒。流域海拔高度相差兩千多公尺，因此氣候條件差異很大，由苗栗、公館、二本松、錦子村及觀霧等氣象站的資料得知，流域年平均最高溫是七月份，最低溫則是一月份，溫度梯度沿海拔高度而遞降。而雨量有沿海拔升

高而遞增的趨勢，高海拔地區接近迎風面，雨量較高，年平均降雨量約為 1,962.6 mm，豐枯季雨量懸殊，5~10 月為豐水期，11 月至翌年 4 月則為枯水期。

3. 水文資料蒐集與整理

本研究所應用之降雨量及逕流量數據，乃引用自經濟部水利署水文水資源資料管理供應系統的紀錄資料。根據紀錄資料顯示，現有之雨量站包含和興、橫龍山及大湖(1)等三個，而流量站由上游至下游依序為彼岸橋、打鹿坑及北勢大橋等三個。後龍溪集水

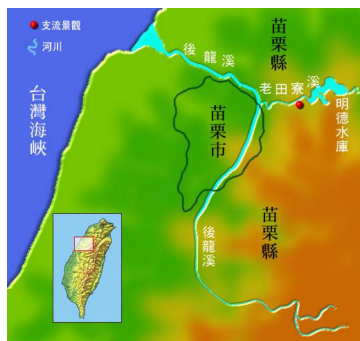


圖 2. 後龍溪流域水系地理圖(經濟部水利署網站)
Figure 2 . Location of Hou-long watershed

區內現有之雨量站及流量站分布如圖 3 所示。

和興、橫龍山及大湖(1)為苗栗縣後龍溪流域內現今仍在用中之三個雨量站，其經辦單位皆為經濟部水利署，各站況資料詳見表 2。而彼岸橋、打鹿坑及北勢大橋左岸(簡稱北勢大橋)等三個流量站，亦為苗栗縣後龍溪流域現有之流量測站，經辦單位為經濟部水利署，水資源分區屬中區，隸屬第二河川局管轄範圍，各站況資料詳見表 3。

(1) 雨量站資料

本研究自水文水資源資料管理供應系統蒐集和興、橫龍山及大湖(1)等三個雨量站最近 10 年的日雨量紀錄資料，將其統整為月雨量，並計算近 10 年來的平均月雨量。針對和興站及大湖(1)站的紀錄資料缺測部分，本研究參考王如意等(2003)介紹雨量資料補遺方法之內插法 (Interpolation method)，利用其餘兩站於同一期間之完整雨量紀錄以填補缺測之空缺。

在進行集水區降雨逕流模擬過程中，往往需要知道集水區於各不同時段之空間上的

平均降雨量。而集水區內常置有多個雨量站，如本研究選取的苗栗縣後龍溪流域，就有和興、橫龍山及大湖(1)等三個雨量站。根據王如意等(2003)及李光敦(2002)的書中介紹，一般可應用算術平均法 (arithmetic averaging method)、徐昇多邊形法 (Thiessen polygons method)及等雨量線法 (isohyetal method)等三種方法以推算集水區內之平均雨量。

在求集水區平均降雨量方面，本研究採用徐昇氏多邊形法來計算彼岸橋、打鹿坑及北勢大橋各集水分區內，在不同時期的平均降雨量。另外因後龍溪集水區的豐枯季雨量懸殊，每年的 5~10 月為豐水期，因此本研究針對豐水期來探討。

(2) 流量站資料

本研究蒐集彼岸橋、打鹿坑及北勢大橋左岸等三個流量站最近 10 年的流量紀錄資料。在水文水資源資料管理供應系統記錄中，彼岸橋及打鹿坑兩站目前紀錄僅更新至 2005 年，因此本研究採用 1997 至 2005 年共 9 年的數據；而北勢大橋(左岸)流量站雖有更新至 2006 年，但在最近 10 年期間，獨缺 2002 年的資料，因此北勢大橋流量站採用 1997 至 2001 年及 2003 至 2006 年，一樣共 9 年的數據。由於河川流量站的紀錄數據，為地表逕流、中間流及地下水流三者之總和，而本研究針對逕流係數之討論，僅需要直接逕流部份，即紀錄數據需扣除基流量後才能應用。因此，本研究將每年豐水期的最小日逕流量，視作該年豐水期之基流量來進一步計算、應用。

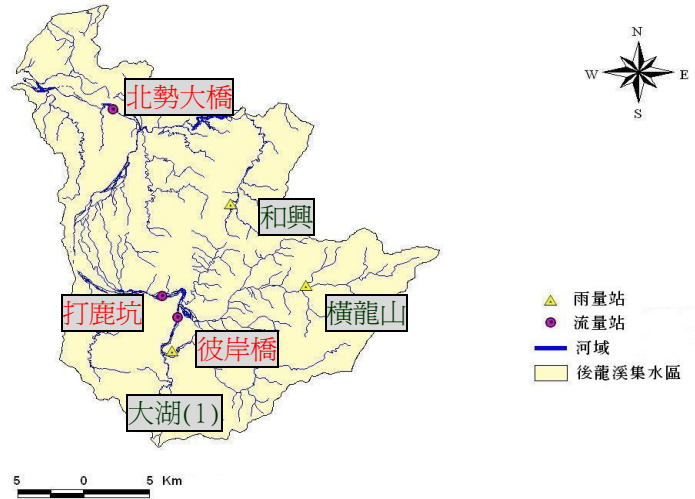


圖 3 . 後龍溪流域現有雨量站及流量站分布圖

Figure 3 . Rain stations and flow stations location of Hou-long watershed

表 2 . 現有雨量測站資訊

Table 2 . Information of rain-gauge stations in Hou-long watershed

站名	站號	水利署 新站號	TM2 度分帶		標高 (m)	站址	記錄年份
			X 座標	Y 座標			
和興	01E370	1350P016	240366.5	2713711.3	203	苗栗縣獅潭鄉和興村 8 鄰 6 號	1980~2006
橫龍山	01E030	1350P002	246006.5	2707271.2	550	苗栗縣泰安鄉錦水村 10 鄰橫龍山 52 號(橫龍山派出所)	1925~2006
大湖(1)	01E270	1350P003	235971.4	2702153.5	275	苗栗縣大湖鄉民族路 42 號 (農林廳蠶業改良場)	1903~2006

(資料來源：水文水資源資料管理供應系統)

表 3 . 現有流量測站資訊

Table 3 . Information of flow-gauge stations in Hou-long watershed

站名	站號	TM2 度分帶		集水面積 (km ²)	站址	記錄年份
		X 座標	Y 座標			
彼岸橋	1350H013	236338.8	2704725.6	109.95	苗栗縣大湖鄉富興村	1985~2005
打鹿坑	1350H001	235174.2	2706422.7	247.28	苗栗縣公館鄉福德村	1955~2005
北勢大橋左岸	1350H012	231500.1	2721123.4	472.20	苗栗縣後龍鎮豐富里	1991~2001 2003~2006

(資料來源：水文水資源資料管理供應系統)

4. 地文資料蒐集與整理

本研究採用之地文資料，包括土壤質地分布圖及土地利用分布圖，皆由行政院農業委員會水土保持局所提供，兩者分別詳述如下：

(1) 土壤質地分布圖

本研究參考美國農業部(United States Department of Agriculture, *USDA*)自然資源保育局(National Resources Conservation Service, *NRCS*)訂定 *CN* 值時的土壤分類標準表，與水土保持局所訂定之台灣土壤質地分類編號表作比較與整合。台灣土壤質地分類編號為 0~9，本研究根據土壤的質地與性質，將其對應至美國 *SCS* 的土壤分類 A、B、C 及 D 四類，兩者之對照表如表 4 所示。

(2) 土地利用分布圖

本研究蒐集之水土保持局提供的土地利用分布圖資料，該圖資之土地利用分類總共分為 27 類，如表 5。

水土保持局所分的 27 類，由於項目太過繁雜，本研究予以刪減並合併：其中 A 水田、RI 河流、S 水庫及 T 水池四類，因其皆為水體、在逕流係數的探討上具有特殊性，本研究不予討論；另外，Q 崩塌地因考慮其為植物尚未入侵之短暫過渡期，當有植物入侵後崩塌地將會成為草地或林地等，因此 27 類刪除 5 類，仍有 22 類。剩下的 22 類，依其各自的性質，將性質相近者予以合併，最後合併為 5 大類，分別為農耕地、林地、草地、其他用地及非農業用地等，兩者相對應之對照表如表 6 所示。

整理出土壤質地及土地利用分布圖後，

即可利用 ArcView 3.2 軟體將兩者套疊、整合，以查表得每一網格之 *CN* 值。

本研究歸納的土壤質地共分 A、B、C、D 四類，與 *SCS* 法之土壤分類相對應，但土地利用僅分農耕地、草地、林地、非農業用地及其他用地等五類，因此，必須將 *SCS* 法之 *CN* 值表中的土地利用類別依其性質，整合成本研究所分之五類(表 7)，始能查表 8 得各網格之 *CN* 值。

表 4. 台灣土壤質地分類與 *SCS* 土壤分類對照表

Table 4 . Contrast of soil classification

水土保持局土壤質地分類	<i>SCS</i> 土壤分類
0、1、3	A
2、4、5	B
6、7	C
8、9	D

(本研究整理)

表 5. 土地利用分類代碼表

Table 5 . Codes of landuse

代碼	名稱	代碼	名稱
A	水田	P	草地
B	旱田	Q	崩塌地
C	闊葉林	RO	道路
D	針葉林	RI	河流
E	竹林	R	高爾夫球場
F	灌木林	S	水庫
G	建築區	T	水池
H	墓地	U	荒地
I	花園	V	公園
J	檳榔	W	伐木地
K	香蕉園	X	開墾地
L	茶園	Y	景觀區
M	鳳梨	Z	雞豬舍寮
O	果園		

表 6. 本研究與水土保持局之土地利用分類對照表

Table 6 . Contrast of landuse classification (1)

本研究分類	水土保持局之分類
農耕地	B 旱田、I 花圃、K 香蕉園、L 茶園、M 鳳梨、O 果園、X 開墾地
林地	C 闊葉林、D 針葉林、E 竹林、F 灌木林、W 伐木林
草地	P 草地、R 高爾夫球場、V 公園
非農業用地	G 建築區、H 墓地、RO 道路、Y 景觀區
其他用地	J 檳榔、U 荒地、Z 雞豬舍寮

表 7. 本研究與 SCS 法之土地利用分類對照表

Table 7 . Contrast of landuse classification (2)

本研究之土地利用分類	SCS 法之土地利用類別
農耕地	休耕地、行栽作物、細粒穀物、密播豆類或輪作草地
林地	森林
草地	牧地或牧野、草地
非農業用地	道路
其他用地	農場

表 8. 本研究所合併之 SCS CN 值表
Table 8 . Curve number CN of the study

土地利用分類	土壤分類			
	A	B	C	D
農耕地	62.8	73.9	81.5	84.9
林地	35.3	60.3	73.3	79.7
草地	37.7	61.1	76.6	83.0
非農業用地	73.0	83.0	88.5	90.5
其他用地	59.0	74.0	82.0	86.0

結果與討論

整合本研究所蒐集之地文資料—土壤質地及土地利用分布圖，經由查表可得逕流曲線值 CN ；整合本研究所蒐集之水文資料—雨量站及流量站紀錄數據，經整理計算可得實測逕流係數 C ，配合 SCS 方法，可反求推估逕流曲線值 CN' ；將水文資料之雨量紀錄數據配合地文資料之 CN 值，再代入 SCS 方法，可得推估逕流量 Q' ，進而可得推估逕流係數 C' ；最後整合實測及推估的逕流係數、逕流曲線值，即 C 、 C' 、 CN 、 CN' 四者，並比較其結果。

1. 各集水分區 CN 值分布情形

將土壤質地及土地利用分布圖利用 GIS 技術整合後，可得每一網格的土壤質地及土地利用類別，再新增一欄以輸入其相對應之 CN 值，如此可得各集水分區之 CN 值分布圖。

由於本研究欲利用實測降雨量套用至 SCS 方法以求得推估逕流量，所以需要計算各集水分區之平均 CN 值，因此已知各網格的 CN 值，再利用面積加權的概念，以計算出各集水分區內之平均 CN 值。而面積加權所需利用的式子如下所示：

$$CN = \frac{\sum_{i=1}^n CN_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (16)$$

彼岸橋及打鹿坑集水分區的 CN 值分布面積比例，皆以 B 類土壤之林地佔絕大部分面積，分別約佔 47.14% 及 44.64%；而 D 類土壤之各種土地利用所佔面積皆偏小，甚至於缺了 D 類土壤的其他用地這一種類。而北勢大橋集水分區的 CN 值分布面積比例，在不考慮無資料區的情況下，亦以 B 類土壤之林地佔絕大部分面積，約 40.29%；而 D 類土壤

之各種土地利用所佔面積則普遍偏小。

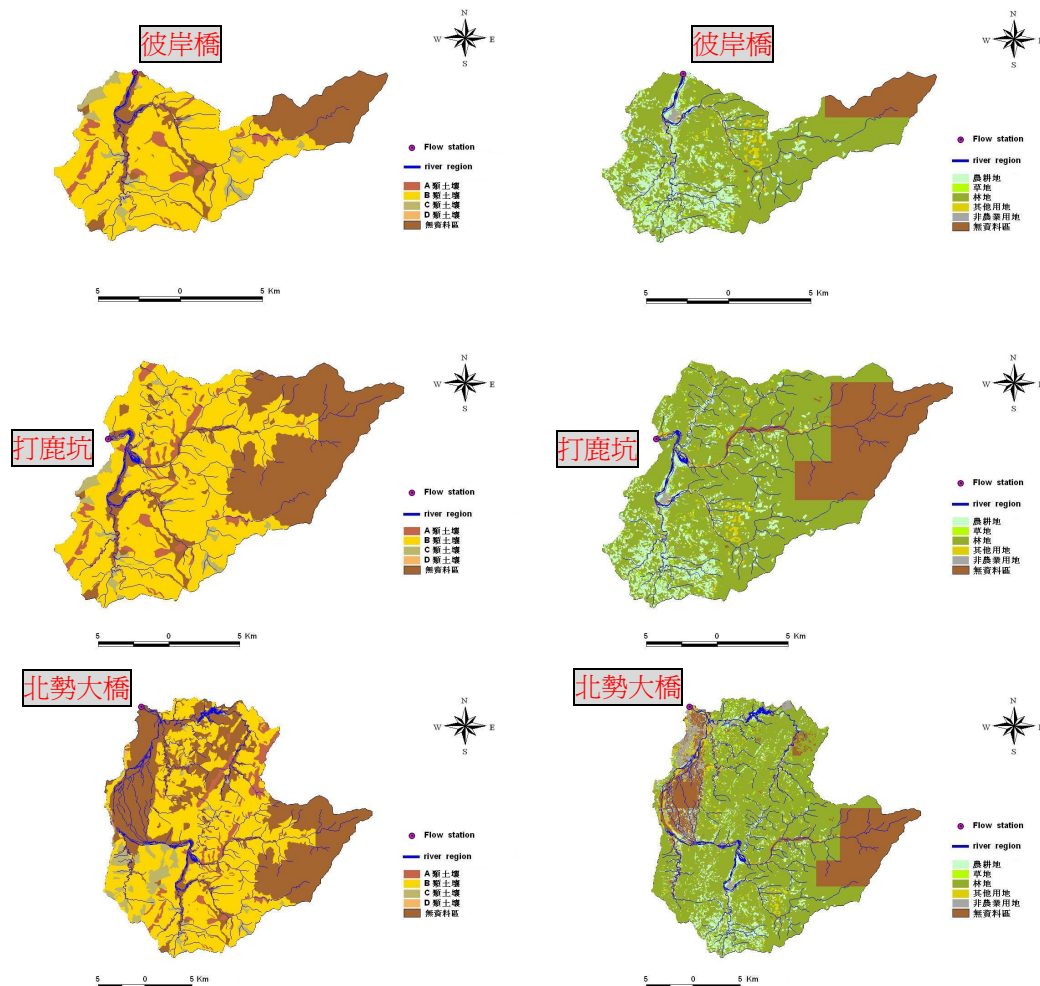


圖 4 . 三集水分區之土壤及土地利用分布圖

Figure 4 . Soil and landuse distribution of Pian-Chou, Ta-Lu-Keng and Pei-Shih-Bridge basin

為求各集水分區內之平均 CN 值，先將無資料區予以刪去，再配合表 8，利用面積加權 (16) 式的概念，計算出彼岸橋、打鹿坑及北勢大橋集水分區內之平均 CN 值分別為：63.04、61.82 及 61.83。

2. 各集水分區之實測逕流係數及推估 CN' 值

整合本研究所蒐集之水文資料，首先利用徐昇氏多邊形法計算出各集水分區的平均雨量，再運用基流分離的概念處理逕流量數據，最後整合求得實測逕流係數 C ，配合 SCS 方法推估逕流曲線值 CN' 。以下分三項說明：

(1) 實測降雨量

本研究採用徐昇氏多邊形法，將後龍溪

流域內和興、橫龍山及大湖(1)三個雨量站記錄，利用面積加權的概念來求得每個集水分區的平均降雨量。

根據後龍溪流域的雨量特性：每年 5 至 10 月為豐水期，因此本研究就彼岸橋、打鹿坑及北勢大橋三集水分區之豐水期總降雨量來作相關研究。

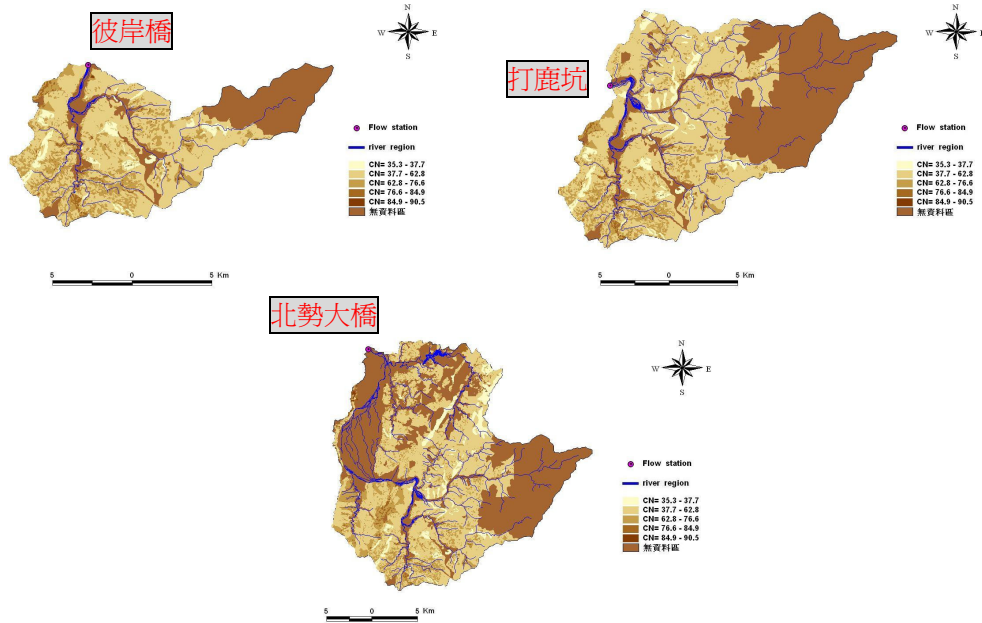


圖 5 . 三集水分區之 CN 值分布圖

Figure 5 . CN distribution of Pian-Chou, Ta-Lu-Keng and Pei-Shih-Bridge basin

(2) 實測直接逕流量

由於本研究為針對逕流係數的探討，僅需要直接逕流部份之逕流量，亦即流量站的原始紀錄數據需扣除基流量後才能使用。而本研究決定以每年豐水期的最小日逕流量，視作該年豐水期之基流量，來處理河川流量站的紀錄數據，以作進一步的計算及運用。

基流量為每年豐水期(5 至 10 月)期間之最小日逕流量，而各月份之直接逕流量為原始紀錄扣除分別扣除「(基流量) 乘以當月的日數」所得。

最後將每年 5 至 10 月共六個月份之直接

逕流量相加，可得豐水期總直接逕流量(單位： m^3/s)。

為配合雨量資料，須將目前的豐水期總直接逕流量作單位換算，由 $m^3/s \rightarrow mm/day$ ：首先要將豐水期總直接逕流量(m^3/s) $\times 60(sec/min) \times 60(min/hr) \times 24(hr/day)$ ，而後再與各集水分區面積相除，即可得豐水期總直接逕流量(單位為 mm)。各集水分區之面積如下：

彼岸橋集水分區：110.36 km^2

打鹿坑集水分區：244.18 km^2

北勢大橋集水分區：475.85 km^2

單位 m^3/s 的豐水期總直接逕流量，將之運用 (17) 式加以計算，可求得單位為 mm 的豐水期總直接逕流量。

$$\frac{\text{豐水期總直接逕流量} [m^3/s] \times 60 \times 60 \times 24 (\text{sec/day})}{\text{各集水分區面積} [km^2] \times 10^6 (m^2/km^2)} \times 10^3 (mm/m) = \text{豐水期總直接逕流量} (mm) \quad (17)$$

(3) 實測逕流係數與推估逕流曲線值 CN'

根據前二項所得之實測豐水期總降雨量 (P) 及實測豐水期總直接逕流量 (Q)，我們可利用逕流係數公式 (18) 求得各集水分區，每年豐水期之實測逕流係數 C 。

$$C = \frac{Q}{P} \quad (18)$$

另一方面，利用 SCS 法有效降雨 (P_e) 與降雨 (P) 之關係式 (13)，其中有效降雨即我們所要運用之直接逕流量 (Q)，可改寫為：

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (19)$$

利用 (19) 式可推導出 S 與 P 、 Q 的關係式，如下：

$$S = 5(P + 2Q) \pm 5\sqrt{(P + 2Q)^2 - (P^2 - PQ)} \quad (20)$$

['+' 不合，取 '-']

再利用 (14) 或 (15) 式可得由 S 求 CN 的轉換式：

$$CN = \frac{1000}{10 + S_{(inch)}} \quad \dots \text{英制} \quad (21)$$

$$CN = \frac{25400}{254 + S_{(mm)}} \quad \dots \text{公制} \quad (22)$$

如此即可運用豐水期實測之總降雨量 (P) 及總直接逕流量 (Q)，求得推估之逕流曲線值 CN' 。

3. 各集水分區之推估逕流係數

利用 GIS 技術整合地文資料—土壤質地及土地利用類別，得到各網格所對應之逕流曲線值 CN ，最後經面積加權得到每一集水分區之平均 CN 值，本研究將此一平均 CN 值視作實際 CN 值，配合豐水期總降雨量，代入 SCS 法一 (15) 及 (19) 式，以求得豐水期之推估直接逕流量 Q' ，進而利用 (18) 式求得豐水期推估逕流係數 C' 。

4. 各集水分區之逕流係數及逕流曲線值比較

整合前三項之結果並加以比較、討論，而彼岸橋、打鹿坑及北勢大橋三集水分區之豐水期平均逕流係數與逕流曲線值比較表如表 9 所示。

由結果看來，推估逕流係數 C' 通常大於實測逕流係數 C ，顯示理論推估值的確會大於實測值，造成高估現象。其中彼岸橋集水分區之平均逕流係數高估 11.58%，打鹿坑高估 17.91%，而北勢大橋之平均則高估 9.43%，由此可知高估現象的比例並不一定，顯現現實中水文的變異性相當之大。

另外，本研究發現，由實測總降雨量及總直接逕流量套用 SCS 方法反求得之推估逕流曲線值 CN' 皆偏小，但其大致與實測逕流係數 C 成正相關關係，即 C 愈大 CN' 愈大。將各集水分區之推估逕流曲線值 CN' 與實際逕流曲線值 CN 做比較，彼岸橋集水分區之平均 CN' 值較 CN 小了 28.65%，打鹿坑則小了 38.95%，而北勢大橋之 CN' 月平均較 CN 小

25.75%，由此可知 CN 與 CN' 相差之比例並不一定，再次顯示現實中水文的變異性相當之大。

利用實測總降雨量及平均逕流曲線值所求得之推估逕流係數，雖與實測逕流係數比較後皆偏大，但在工程設計時，為安全起見，仍考慮採用較大之理論推估值。

表 9. 各集水分區豐水期期間平均逕流係數與逕流曲線值比較表
Table 9. Results of the study

集水分區		彼岸橋	打鹿坑	北勢大橋
逕流係數	實測值 C	0.81	0.76	0.82
	推估值 C'	0.90	0.90	0.90
逕流曲線值	實測值 CN	<u>63.04</u>	<u>61.82</u>	<u>61.83</u>
	推估值 CN'	44.98	37.74	45.94

結論與建議

1. 結論

- (1) 根據行政院農業委員會水土保持局提供之土壤質地及土地利用分布圖，利用 GIS 技術整合後查表，經由面積加權概念可得後龍溪流域彼岸橋、打鹿坑及北勢大橋三集水分區之平均逕流曲線值 CN 分別為 63.04、61.82 及 61.83。
- (2) 利用前項之平均逕流曲線值 CN ，配合各集水分區 1997 至 2006 年每年豐水期 (5 至 10 月) 之總降雨量，套用 SCS 方法可求得推估逕流量 Q' 及推估逕流係數 C' ，本研究發現彼岸橋、打鹿坑及北勢大橋三集水分區之推估逕流係數平均值

約為 0.90。

- (3) 本研究採用 1997 至 2006 年間之豐水期作相關參數之研究，除了以年為單位外，還整合了這幾年豐水期的平均總降雨量、總直接逕流量、逕流係數、逕流曲線值等，由結果發現，僅以年為單位之數據，變異性很大，如實測逕流係數，除資料不全可能導致結果不合理者不計，三集水分區內大至 0.91、小至 0.34；但就幾年下來的平均值而言，範圍馬上縮小，僅介於 0.76 至 0.82 之間。
- (4) 本研究利用蒐集到之水文資料數據，求得三集水分區之實測平均逕流係數 C 介於 0.76 至 0.82 間，皆小於推估平均逕流係數 C' 。

- (5) 本研究利用蒐集到之實測水文數據,配合 SCS 方法可求得推估逕流曲線值 CN' : 彼岸橋之月平均 CN' 為 44.98, 打鹿坑之月平均 CN' 為 37.74, 而北勢大橋之月平均 CN' 為 45.94, 皆小於第(1)項所示之實際逕流曲線值 CN 。
- (6) 由上述各項結論, 可得利用 SCS 方法求得之推估逕流係數 C' 較實測逕流係數 C 為大, 若就工程設計面考慮, 採用推估值會較為安全。不過, 由於工程仍牽扯到經費開銷, 因此實際設計工程時應多方面考慮, 包括該工程之保全對象、經費預算... 等。
- ## 2. 建議
- (1) 本研究在蒐集資料過程中, 強烈感受到台灣地區之各種資料庫明顯不足, 或紀錄不全、或紀錄無定期更新, 導致各項研究的起步—蒐集資料即遭遇困難, 進而難以深入探討。
- (2) 參照結論之第(3)項, 可知做相關研究若蒐集之年份愈多, 則平均後之數據較為穩定。
- (3) 本研究僅選擇後龍流域當研究試區探討, 建議往後如有學者要進一步深入研究, 可多選幾個流域當試區來整合比較。
3. 台北市政府工務局新建工程處(1969) 「台北市雨水下水道系統規劃」報告。
4. 行政院農業委員會水土保持局(2003) 水土保持技術規範。
5. 宋仁良(2005) 「基隆河上游集水區地表特性與降雨逕流之關係研究」, 碩士論文, 中國文化大學地學研究所地理組。
6. 李光敦(2002) 水文學, 五南圖書出版股份有限公司。
7. 呂建華(1991) 「應用遙測與地理資訊系統推求 SCS 曲線值」, 中華水土保持學報, 第二十二卷, 第二期, 第 89~98 頁。
8. 林維侃(1993) 「應用地理資訊系統及 HEC-1 水文模式探討台灣中部上游集水區降雨逕流之關係」, 碩士論文, 國立中興大學水土保持學研究所。
9. 陳鈺雯(2005) 「逕流曲線值應用於農業非點源污染模式之探討」, 碩士論文, 國立中興大學水土保持學研究所。
10. 鄭皆達、林維侃、蘇瑞榮(1994) 「應用 GIS 及 HEC-1 水文模式探討臺灣中部上游集水區降雨逕流之關係」, 中華水土保持學報, 第二十五卷, 第三期, 第 143~150 頁。
11. 盧惠生(1976) 「鳳山、集集、新化坡地果園流失小區逕流指數之估測」, 碩士論文, 國立中興大學水土保持學系研究所。
12. 盧惠生(1985) 「坡地不同作物水土保持方法之逕流曲線指數」, 中華水土保持學報, 第十六卷, 第二期, 第 36~47 頁。
13. 賴裕森(2000) 「以 SCS 曲線值法推求翡翠水庫集水區逕流係數之研究」, 碩士論文, 國立中興大學水土保持學系研究所。
14. Bruneau P. M., S. J. Twomlow (1999) "Hydrological and physical responses of a semi-arid soil to tillage," Journal of Agricultural Engineering, Vol. 72, pp. 385~391.
15. Ven Te Chow, David R. Maidment, Larry

參考文獻

(一) 期刊與教科書

1. 王如意、易任(2003) 應用水文學, 國立編譯館。
2. 王瑞民(2001) 地理資訊系統, 高立圖書有限公司。

- W. Mays (1988) Applied Hydrology, McGraw-Hill Book Company. <http://www.water.tku.edu.tw/>。
16. Viessman, Warren, Jr., Gary L. Lewis, and John W. Knapp (1989) Introduction to Hydrology, 3rd ed., Harper and Row, N. Y.
- (二)相關網站
17. 水文水資源資料管理供應系統網站，<http://gweb.wra.gov.tw/wrweb/>。
18. 台灣河川，<http://contest.ks.edu.tw/~river/file/Default.htm>。
19. 淡江大學·經濟部水利署—水資源管理與政策研究中心網站，
20. 經濟部水利署網站，<http://www.wra.gov.tw/>。
21. 經濟部水利署第二河川局網站，<http://www.wra02.gov.tw/>。
-
- 97年3月16日收稿
97年4月2日修改
97年4月10日接受