

## 水文歷線分析及繪製電腦程式

陸象豫<sup>1)</sup> 黃良鑫<sup>1)</sup> 魏新洵<sup>2)</sup>

### 摘 要

流量歷線圖係顯示集水區流量在時間上變化之關係圖，雨量歷線圖則係表示降水在時間上分佈之關係圖。由流量歷線圖並配合相應之雨量歷線圖即可反應出一集水區之地形與氣候特性，因此分析此二圖形間之關係往往被視為研究集水區水文特性之主要途徑。然而此一繪圖分析過程既複雜又費時，且坊間無針對此需要而設計之套裝軟體可資利用。本文介紹一套適用於IBM PC之電腦程式，能快速、精確地繪出流量及雨量歷線圖，並可分析降雨與逕流間有關之各個水文因子(包括有效降雨量、有效降雨延時、洪峰流量、稽延時間、總逕流量、總基流量、 $\Phi$ 指數、逕流係數等因子)，以及推求1至6小時延時之單位歷線。此外，由於若干水文因子之值會因基流分離方法之不同而差異甚大，程式提供四種基流分離方法並於比較其差異。希望藉由此程式能對分析集水區各項水文因子有所助益。

關鍵字：流量歷線、雨量歷線、直接逕流、基流、單位歷線。

陸象豫、黃良鑫、魏新洵 1995 水文歷線分析及繪製電腦程式。林業試驗所研究報告季刊, 10(1):51-58。

### A Computer Program for Hydrograph, Hyetograph and Rainfall-Runoff Analysis

Shiang-yue Lu<sup>1)</sup>, Liang-shin Hwang<sup>1)</sup> and Shin-shyun Wey<sup>2)</sup>

### 【Summary】

The study of the relationship between hydrograph and hyetograph is a key to understand the hydrologic characteristics of a watershed. Unfortunately, drawing these graphs and analysis of their relation are complex and time consuming, and there is no suitable software available on market. For these reasons, a computer program for IBM or IBM compatible PC was developed. The program can be used not only to draw hydrograph and hyetograph accurately but also to calculate many hydrologic factors concerning rainfall-runoff relationship such as: effective rainfall, effective rainfall duration, lag time, baseflow volume, total runoff volume, peak discharge,  $\Phi$  index and runoff coefficient etc. In addition, the program provides four methods for baseflow

<sup>1)</sup> 台灣省林業試驗所集水區經營系 Division of Watershed Management, Taiwan Forestry Research Institute.

<sup>2)</sup> 益川工程顧問股份有限公司 ES Engineering Consultant Co. Ltd.

1994年9月送審 1994年11月通過 Received September, 1994. Accepted November, 1994.

separation and can compute one- to six-hour unit hydrograph. It may be useful for hydrologic analysis and design.

**Key words:** hydrograph, hyetograph, direct runoff, baseflow, unit hydrograph.  
 Lu Shiang-yue, Liang-shin Hwang, and Shin-shyun Wey. 1995. A Computer Program for Hydrograph, Hyetograph and Rainfall-Runoff Analysis. Bull. Taiwan For. Res. Inst. New Series, 10(1):51-58.

## 一、緒 言

流量歷線圖(hydrograph)為顯示河川流量對時間關係之曲線圖;雨量歷線圖(hyetograph)則為顯示降水(precipitation)量或強度在各時段分佈之柱狀圖(histogram)或曲線圖。流量歷線圖可視為反應一集水區地形及氣候特徵的最佳指標。記錄完整的流量歷線圖並配合相應的雨量歷線圖常可明確地顯示一集水區有關的水文特性。因此,研究水文歷線(hydrograph and hyetograph)的特徵,為探討一集水區對水文循環作用的最佳途徑。

逕流(runoff)為以常年性(perennial)或間歇性(intermittent)形式出現於地表或河川的水流,依其發生源可分為:地表逕流(surface runoff)、次地表逕流或地表下逕流(subsurface runoff)、及地下水逕流(ground water runoff)等三種。在逕流分析(runoff analysis)時,通常將之分為直接逕流(direct runoff或quick-flow)與基流(baseflow)兩大類。直接逕流為降水後即刻流入溪河的水流,為地表逕流、快速次地表逕流(prompt subsurface runoff)、及落入河道內之降水的總和;而產生直接逕流的降水稱為有效降水(effective precipitation)。基流則係指來自地下水或遲滯性次地表流(delayed subsurface runoff)的水流,常被視為旱季水流(Chow, 1964)。降雨與逕流分析之主要目的為瞭解一集水區對降水之反應;而為確有分辨流量的來源並對各有關之水文因子作整體性之探討,方能達到此目的。因此,降雨與逕流分析的第一步驟亦是最重要的步驟即是將逕流分為直接逕流與基流兩部份(Pearce et al., 1976)。

繪製水文歷線圖以及分析降水與逕流間各因子之關係為一複雜且費時之工作。由於該項工作的繁雜,常導致對降水與逕流分析的限制。雖大多水文學者使用電腦進行各項分析已甚久,但仍無一適用的電腦程式可供繪製水文歷線圖及進行降水與逕流相關因子之分析。有鑑於此,作者等合力發展出一相容性甚高、操作簡便,適用於IBM

PC的電腦程式(命名為HYGRAPH),希望此一程式能對水文學研究有所助益,並歡迎使用。

## 二、水文歷線圖及基流分離

### (一)水文歷線圖

HYGRAPH係將雨量柱體圖顯現於電腦螢幕之上半部,螢幕下半部則為流量歷線圖,如Fig. 1所示。畫面之最大資料(雨量與流量記錄)容量為1,000筆,且唯有顯現於螢幕上之資料方可用於分析。HYGRAPH為擷取資料時段而設計了若干副程式,使用者可輕易地選取所要分析之資料段,並可將水文歷線圖藉印表機或繪圖機(plotter)印出。

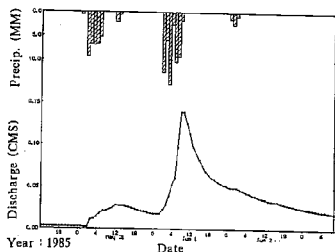


Fig. 1. Example of hydrograph and hyetograph made by HYGRAPH.

### (二)基流分離

因基流量無法確實量測,故所有之基流分離方法多為經驗或半經驗法則,且受主觀因素影響(Pearce and Mokerchar, 1979)。HYGRAPH提供四種基流分離方法,使用者可依需要而選擇其中一種方式。各方法描述如下:

#### 1. 變動斜率法(variable slope method)

此方法係假定基流分離線上任何一點之基流量( $P_t$ )係等於前一點量測時間之基流量( $P_{t-1}$ )加上一增值量( $U_t$ ),其關係如下(見Fig. 2):

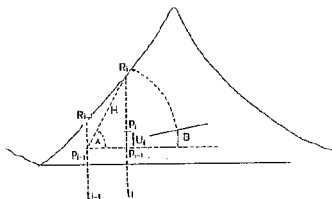


Fig. 2. Parameters used to locate points along baseflow line (adapted from Bethalmy, 1972).

$$P_i = P_{i-1} + U_i$$

$$U_i = \exp [-(1.0 + \sin A)] \times (\Delta t \times \Delta R \times \tan B)^{1/2}$$

其中  $\Delta R = R_i - P_{i-1}$

$$\Delta t = t_i - t_{i-1} \text{ (時間)}$$

$$A = \arctan (\Delta R / \Delta t)$$

$$B = (H \times A - \Delta R) / H$$

$$H = (\Delta R^2 + \Delta t^2)^{1/2}$$

流量歷線上任一點可作為計算基流量新值( $P_i$ )之依據;而直接逕流結束於基流量等於總逕流量之時刻,亦即 $P_i = R_i$ 之處。暴雨事件(storm event)開始於流量歷線之上升點,並假設 $R_{i-1} = P_{i-1}$  (Bethalmy, 1972)。

#### 2. 固定斜率法(constant slope method)

此一基流分離法係根據Hewlett與Hibbert二位水文學者之提議,自流量歷線上升點起,基流量以0.05 cfs/hour/mile<sup>2</sup>或0.0055 l/sec/hour/ha之斜率增加,直至與流量歷線相交為止(Hewlett and Hibbert, 1967)。於HYGRAPH程式中,使用者可自行調整此基流分離線之斜率。

#### 3. 固定基座法(fixed base method)

此一方法係根據Linsley氏之經驗法則,由流量歷線上升點起,繪一水平線段至尖峰流量(peak discharge)發生處,再由此水平線段之終點取 $0.8 \times A^{0.2}$ 之時段(單位為日,A為集水區面積以平方英里計),相交於流量歷線上(Linsley et al., 1982)。

#### 4. 直線法(straight line method)

由流量歷線上升點起繪一水平線至歷線反曲點止即為基流分離線。採用此法時,HYGRAPH會將對數(log<sub>10</sub>)坐標之流量歷線圖顯示於螢幕上方,以利使用者選取退水曲線之反曲點。

### 三、分析項目

HYGRAPH可單獨地分析降水與逕流,亦可合併降水與逕流記錄而進行暴雨分析(storm analysis)。降雨或逕流單獨分析係以求得總量及分佈百分比為主;暴雨分析可求得幾乎所有降水與逕流有關之水文因子,較適合於較小時間間距(小於一小時)之資料分析,並以單獨一場暴雨為原則。茲將程式可分析之水文因子說明如下及Fig. 3(Chow, 1964):

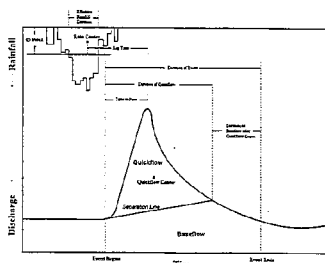


Fig. 3. Definition diagram for the hydrologic factors

#### (一) 暴雨延時(duration of event)

為自暴雨起始點(通常為流量歷線上升點)至逕流消退點(亦即流量恢復至起始流量之處)之時間間距。

#### (二) 直接逕流延時(duration of quickflow或duration of direct runoff)

自暴雨起始點至直接逕流終了處之時間間距。

#### (三) 總降水量(total precipitation)

為資料分析期間內之降水總和,發生於直接逕流結束後之降水將摒除不計。

#### (四) 有效降雨量(effective rainfall)

產生直接逕流之降雨為有效降雨量,亦即總降雨量扣除入滲、截留(interception)及地表滯留(surface detention)後之降雨量。

#### (五) 有效降雨延時(effective rainfall duration)

雨量歷線圖上,降雨強度大於有效降雨量之歷時。

#### (六) $\Phi$ 指數( $\Phi$ index)

$\Phi$ 指數為一集水區之平均入滲率。大於此指

數之降雨即為超滲雨量(excess rainfall)，而超滲降雨之總量則為直接逕流量。

#### (七) 洪峰流量(peak discharge)

暴雨事件中，流量歷線上之最大值即為洪峰流量。

#### (八) 尖峰流量時間(time to peak)

流量上升點到洪峰時刻之時間間距。

#### (九) 雨量中心(rain center)

當累積雨量等於總降雨量之半時，此一時刻為降雨中心。而有效降雨中心則為有效降雨延時半處之時刻。

#### (十) 直接逕流中心(direct runoff center或quick-flow center)

為直接逕流之質量中心。

#### (十一) 滯延時間(lag time)

為雨量中心至洪峰發生時之時間間距，另一定義為有效降雨中心至洪峰發生時之時間間距，HYGRAPH程式採用前者。

#### (十二) 消退時間(recession time)

由洪峰點至暴雨事件結束點之時間間距。

#### (十三) 起始基流量(initial baseflow)

基流分離線起始處之流量，通常即為流量歷線上升點處之流量。

#### (十四) 逕流係數(runoff coefficient)

為有效降雨量與總降雨量之比值(直接逕流發生前之雨量須先扣除)。

所有分析結果均可輸出至使用者指定之檔案中，或列印至印表機。Fig. 4為暴雨分析結果之範例；除Fig. 4所列之項目外，HYGRAPH亦可求得延時1至6小時之單位歷線。

```
***** STORMFLOW ANALYSIS *****
Date: 7-31-1996 Time: 17:16:10.66

Data: 9 3 1995
Watershed Name: 9 14-CHL No. 12
Location Descriptive Method: Variable Slope
Collection Interval: From 1-1-1985 To 2-4-1995 9: 0: 0
Duration of Collection: From 7-1-1985 To 7-3-1995 23: 0: 56
Total Rainfall: 7051.7181 mm
Effective Rainfall: 3513.589 mm
Peak Discharge: 9.4143 CFS Occurred at 7-3-1995 16:11:12
Peak Discharge Time (hr): 0.184 hour
Peak Discharge Time (min): 11.04 min
Peak Discharge Time (sec): 662.4 sec
Average Rainfall: 0.0000 CFS Occurred at 7-1-1985 14:05:11
Average Rainfall Time (hr): 0.0000 hr
Average Rainfall Time (min): 0.0000 min
Average Rainfall Time (sec): 0.0000 sec
Lag Time: 0.117 hour
Lag Time (min): 7.02 min
Lag Time (sec): 421.2 sec
Time from Peak to End of C.F.: 10.00 hour
Time from Peak to End of C.F.: 10.00 hr or 3.632 mm
Quickflow Below Base: 104.100 m³ or 0.000 mm
Baseflow in the C.F. of C.F.: 2000.000 m³ or 12.387 mm
Total Rainfall: 7051.7181 mm
Total Rainfall Time: 0.2143 hour
Total Rainfall Time (min): 12.86 min
Total Rainfall Time (sec): 771.6 sec
Discharge at Quickflow End: 0.2426 CFS
```

Fig. 4. Example of results of stormflow analysis.

## 四、程式簡介及使用說明

### (一) 概說

HYGRAPH 為層狀結構(hierarchical structure)程式，以Turbo Pascal電腦語言撰寫，並經Turbo Pascal Compiler 5.0版編譯而成。除 HYGRAPH.PAS 主程式外，尚包括 HYINC.PAS, HYREL.PAS, HYANA.PAS及 PLOTTER.PAS 等子程式，原始檔案(source code)共計115,328 bytes，程式大小為133,232 bytes。適用範圍及相關設備如下：

1. IBM系列個人電腦或IBM相容之個人電腦，記憶容量在384 KB以上。
2. HCG, CGA, VGA, 或EGA螢幕。
3. 平行界面連接之印表機。唯螢幕圖形僅可直接列印至Epson系列之印表機，其他類形印表機須借助Hardcopier程式。
4. X-Y Plotter (DXY系列繪圖機)，並以平行界面與主電腦相連。
5. IBM PC-DOS 2.0版本以上或MS-DOS 2.0以上之作業系統。

### (二) 使用說明

在DOS下，鍵入HYGRAPH即可執行程式。進入程式後首先出現的為程式標題，當按下任何鍵或過數秒鐘後，標題畫面會自動消失。接著依交談式提示輸入適當之選擇(鍵入highlight之字母以進行選擇)或資料，其步驟為：

1. 選擇雨量及流量記錄之單位。分Metric (公制)及English (英制)兩種。使用公制時，流量單位為cms，雨量單位為mm。英制之流量單位為cfs，雨量則為inch。鍵入M或E字母選擇之。
2. 選擇資料檔案之類別。分Compressed及ASCII兩種形式，ASCII形式之檔案又可分為定間距(constant time interval)及不定間距(variable time interval)兩種。請鍵入C或A字母選擇之。
3. 輸入資料檔案之名稱。任何DOS認可之資料檔名HYGRAPH均接受。先輸入流量檔，再輸入雨量檔。
4. 選擇歷線圖之時段及起始時刻。包括：
  - Auto. display: 為由雨量資料起始時刻起，繪製機定(default)時距之歷線圖。
  - Jump: 由使用者輸入之時間起，繪製機定時距之歷線圖。
  - Set display interval: 由雨量資料起始時刻起，以使用者輸入之時間間距(以日計)繪製歷線圖。

輸入完畢後, 水文歷線圖即顯示於螢幕上, 如圖1所示。使用者可依指令欄內所列之項目操作程式。各項操作之選擇鍵為大寫之英文字母或阿拉伯字, 而按下“Enter”鍵則為選擇機定項目。

HYGRAPH程式包括ANALYSIS, DATA-WINDOW, HARDCOPY, PLOTTER, OPTION, 等副程式。ANALYSIS副程式以水文分析為主, 由PRECIPITATION, DISCHARGE, STORM, OUTPUT等子程序(sub-routine)組成。PRECIPITATION可求取不同延時之最大降雨強度, 總降雨量及累積降雨量等項目。DISCHARGE可分離基流, 並求出基流與直接逕流之分佈及總量。STORM以暴雨分析(storm analysis)為主, 除可計算降雨與逕流相關之水文因子外, 並可求得延時1至6小時之單位歷線。OUTPUT子程序則可將分析結果輸出至印表機或開啟之檔案中。當使用者選取所欲輸出之設備後, HYGRAPH僅作一“開檔”之動作, 必須在選擇“S”(Storm), “P”(Precip.)或“D”(Discharge)方可將分析所得輸出至目的地。

因唯有顯現於螢幕上之資料方可進行分析, 故本程式針對資料段擷取而設DATAWINDOW副程式, 以供使用者快速有效地選取資料片段。DATAWINDOW副程式下含NEXT, BACK, LEFT, RIGHT, FIND, SCALE, CLIP及HOME等子程序。各子程序之功能略述如下:

Next: 前進至下一資料段;

Back: 返回至上資料段;

Left: 向後位移(shift)N日(輸入值)之長度;

Right: 向前位移N日之長度;

Find: 搜尋大於某一特定值(由使用者輸入)之雨量或流量記錄, 並將第一筆合適之資料顯現於螢幕之中央部分, 當再按下“Enter”鍵時HYGRAPH會繼續搜尋下一筆超過記錄;

Scale: 依輸入之比值, 將時間作標(橫坐標)放大或縮小;

Clip: 擷取所需之資料段。當選取此一功能後, 螢幕右方會出現一擷取線, 可以游標鍵移動此線並以“Enter”鍵選取起給及終止之時刻;

Home: 返回至流量起始點處之資料段。

HARDCOPY副程式可將螢幕上之歷線圖複印至印表機上。Epson系列之印表機可直接列印螢幕圖形, 其他類形印表機HYGRAPH則會靜待Hardcopier程式複印。PLOTTER副程式則可將螢幕上之歷線圖轉繪至繪圖機上。在進行複印或轉繪之前(按“G”鍵), 使用者可借“Title”功能改變

歷線圖名稱, 縱座標軸(Y1為雨量坐標軸名稱, Y2為流量坐標軸名稱)及橫座標軸名稱。

OPTION副程式提供多種與繪製水文歷線圖及分析方法相關之選擇功能, 使程式更具功能且較具彈性。其中包括下列各項:

Unit: HYGRAPH採用公制(Metric或SI)及英制(English)兩種度量, 唯雨量及流量資料需採同一度量制。借此程序, 可相互轉換所使用之度量制。

F\_missing: 為流量遺失資料處理方式之選擇程序, 計有顯示(display)及忽略(ignore)兩種方式。選擇display時, HYGRAPH會將遺失之資料展示出(林試所試驗集水區之缺失記錄以-1.0表示, 故甚易於螢幕上查得遺失資料發生之時刻); 而選擇ignore, 則程式在讀取資料時即跳過遺失之記錄, 且該筆記錄不顯現於螢幕上。

P\_missing: 為雨量遺失資料處理方式之選擇程序, 功能同F\_missing程序。

Separator: 此程序可設定基流分離線之斜率, 機定值為0.0055 l/sec/ha/hour。

sep\_Method: 為設定基流分離方式之程序, 機定為變動斜率分離法。

sTartpoint: 設定流量資料分析時, 起始流量之選取方式, 計分automatic與manual兩種, 機定方法為automatic方式。

Hyeto: 為設定雨量歷線組體圖寬度、圖色方式以及縱座標軸範圍之程序。寬度計有0分鐘(直線形)、5分鐘、10分鐘、30分鐘與1小時等時間間距可供選擇, 或可採取使用者自定之寬度。組體圖圖色方式計有: Emptyfill, Solidfill, Linefill, Itslashfill, Itbkslashfill等方式。由使用者設定縱座標軸之範圍, 可使所繪製的水文歷線圖具有相同之座標刻度, 以便於比較。機定值為零寬度, Solidfill方式圖色。

Hydro: 可設定水文歷線之規格, 包括顯示或取消節點(node), 設定縱座標軸之範圍等。

(三)檔案格式

資料(雨量及流量檔)檔案之型式計有ASCII code及binary code (compressed)兩種。ASCII code型式之檔案又分等時距(constant time interval)與變時距(variable time interval)二種格式。而binary code檔案之格式則與變時距ASCII code檔案之格式相同, 係係以binary code方式儲存以節省空間。雨量及流量檔之格式相同, 且各列間資料之位置不拘(position free), 變間距檔案格式如下:

|                      |                                                  |
|----------------------|--------------------------------------------------|
| Line                 |                                                  |
| (1)File Description  | (String, maximum 75 characters)                  |
| (2)Station Name      | (String, maximum 23 characters)                  |
| (3)Area of Watershed | (Real, in km <sup>2</sup> or mile <sup>2</sup> ) |
| (4)Date 1    Data 1  | (Real, date in days)                             |
| (5)Date 2    Data 2  |                                                  |
| (6)Date 3    Data 3  |                                                  |
| (7)...               | ...                                              |

其中，時間(date)是以日計，並以1901年1月1日0時為基點，如1901年1月10日12時0分之時間記錄

為9.5 days。雨量之單位為mm或inch，流量之單位為cms或cfs。等間距檔案之格式為：

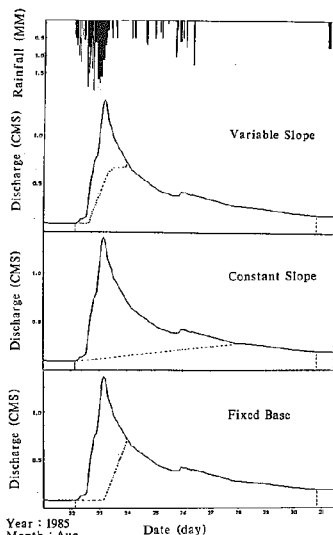
|                         |                                                  |
|-------------------------|--------------------------------------------------|
| Line                    |                                                  |
| (1)File Description     | (String, maximum 75 characters)                  |
| (2)Station Name         | (String, maximum 23 characters)                  |
| (3)Area of Watershed    | (Real, in km <sup>2</sup> or mile <sup>2</sup> ) |
| (4)Date of First Record | (Integer, year month day hour min)               |
| (5)Time Interval        | (Real, in minute)                                |
| (6)Data 1               |                                                  |
| (7)Data 2               |                                                  |
| (8)Data 3               |                                                  |
| (9)...                  |                                                  |

## 五、討 論

(一)  $\Phi$ 指數常用來估算超滲雨量及集水區之平均入滲率，為一重要之水文參數。本程式以二位元搜索法(binary search method)求取此指數之值。程式引用一變數“tempmm”，以與所求之 $\Phi$ 指數相比較；若所求 $\Phi$ 指數之值與“tempmm”相當(小於某一認可之微小值)，則終止搜索，否則將所欲搜索之資料分為二，繼續搜索包含 $\Phi$ 指數之部分。而經過J次比較後，所餘待搜索之資料最多為 $N/2^J$ 個N為資料筆數。Binary search法迅速且正確，其程式片段示於附錄(Horowitz and Sahni, 1984)。

$\Phi$ 指數之單位為mm/hour或in/hour，但對變間距之資料，HYGRAPH分析結果僅以mm或in表示，其所依之時間單位則取決於輸入之雨量記錄。

(二) 流量記錄為“sample data”，為量測瞬間之流量，通常以cms或cfs為單位。雨量記錄則為“pluse data”，係量測瞬間某一時距內或兩量測瞬間之累積量。林試所各試驗集水區之流量資料係以cms為單位。雨量資料則通常以十分鐘為一“計時單位”；因此，某一時刻之雨量記錄，係指此時刻前十分鐘起之降雨累積量。本程式雨量坐標並非為降雨強度，但可依所採用之“計時單位”轉換為強度單位(mm/time或in/time)。



Year: 1985  
Month: Aug

Fig. 5. Diagrams for comparison of different base-flow separation methods.

(三)由於流量歷線圖無法顯示其與集水區流路(flow pathway)間的關係,因此沒有一通用之基流分離方法可適用於所有之集水區(Brooks *et al.*, 1991)。不同的基流分離方法,會導致差異相當大之分析結果;諸如:直接逕流量、基流量、流量中心、有效降雨量、 $\Phi$ 指數等都會隨不同之基流分離方法而不同。Fig. 5及Fig. 1比較同場暴雨

經三種基流分離方法(Bethalmy氏之變動斜率法、Hewlett氏之固定斜率分離法、固定基底法)所得分析結果之差異性。當流量歷線退水肢(recession limb)較長時,則此三種方法所得結果之差異即顯著增加。何種基流分離法最適合於台灣河川上游之集水區,仍待水文研究者作進一步之探討。

Table 1. Comparison of results of stormflow analysis using different baseflow separation methods

| Method         | Duration of quick flow (min) | Effective rainfall (min) | Effective rainfall duration (min) | $\Phi$ Index (mm/hr) | Runoff coeff. | Lag time (min) | Total direct runoff (m <sup>3</sup> ) | Total baseflow (m <sup>3</sup> ) |
|----------------|------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|----------------------|---------------|----------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| Variable slope | 2,818                        | 21.47                    | 872                               | 5.292                | 0.285         | 513            | 51,839                                | 149,253                          |
| Constant slope | 8,578                        | 69.56                    | 1,949                             | 0.211                | 0.7692        | 384            | 167,932                               | 159,748                          |
| Fixed base     | 2,888                        | 35.34                    | 1,530                             | 0.558                | 0.4394        | 505            | 85,313                                | 110,781                          |

\* Constant slope = 0.0055 l/sec/ha/hour.

(四)程式分析的精確度取決於流量及雨量資料的取樣間距。小集水區(因有效降雨量及有效降雨延時敏感地隨取樣間距而變動)或進行暴雨分析,宜採用較密之取樣間距,且流量歷線各變化點之流量記錄均須讀取。較大之集水區或僅進行流量及雨量分析,則取樣間距在一小時內,即可達到所需之精確度。

(五)HYGRAPH程式螢幕上最大之容量為1,000筆資料。若展示之資料量過多,歷線將呈過度擁擠,而難於辨示;最適合之螢幕顯現資料筆數視螢幕解析度而定,一般以小於100筆資料為佳,但小於5筆程式則不接受。此外,程式最初所顯現之資料長度,是取決於流量資料檔或使用自定之長度。

#### 引用文獻

- Brooks, K. N., P. F. Efolliott, H. M. Gergesen, and J. L. Thames. 1991. Hydrology and the management of watersheds. Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- Chow, V. T. 1964. Handbook of applied hydrology. McGraw-hill Book Company. New York. pp:14-8 to 14-19.
- Horowitz E. and Sahni S. 1984. Funda-

mentals of data structures in pascal. Computer Science Press, Inc. pp:327-330.

- Hewlett, J. D., and A. R. Hibbert. 1967. Factors affecting the response of small watersheds to precipitation in humid areas. Symposium Forest Hydrology. Pergamon Press, New York. pp:275-290.
- Linsley, R. K., M. A. Kohler, and J. L. Paulhus. 1982. Hydrology for engineers. 3d ed. New York: McGraw-Hill, 340p.
- Bethalmy N. 1972. Hydrograph analysis: A computerized separation technique. USDA Forest Service Research Paper INT-122.
- Pearce A. J., and A. I. Mckerchar. 1979. Upstream generation of storm runoff. Physical Hydrology New Zealand Experience.
- Pearce, A. J., C. L. O'Loughlin, and L. K. Rowe. 1976. Hydrologic regime of small, undisturbed beech forest catchment, North Westland. New Zealand Forest Service Report No. 1046.

## 附錄：Binary Search方法之程式說明

```

Const accuracy = 0.000001;
Var tempmm: real;
f_phi, s_phi: real;
phi      : real;      {The value of  $\Phi$  index}
RainPeak : real;      {Maximum rainfall intensity}
RainTerm  : integer;   {Number of rainfall records}
FlowDate  : Onedimarray; {Array of date for dis. records}
RainDate  : Onedimarray; {Array of date for precip. records}
Rain      : Onedimarray; {Array of data for rainfall intensity}
Eff_Rain  : real;      {Effective rainfall}
i          : integer;

begin
    f_phi := 0.0;
    s_phi := RainPeak;
repeat
    phi := (f_phi + s_phi)/2;
    tempmm := 0.0;
    for i := 1 to RainTerm do
        if (Raindate[i] < FlowDate[EndPoint]) then
            tempmm := tempmm + Max((Rain[i]-phi), 0);
            if tempmm > Eff_Rain then
                f_phi := phi
            else
                s_phi := phi;
            until (Abs(s_phi - f_phi) <= accuracy);
        end;
    end;

```