

溪流月流量短期觀測資料之代表性及選用附近 水文測站較長期觀測資料之模擬與應用研究

Representance of Short Record of Monthly Streamflow as Well as Its Simulation and Application by Taking Information from Nearby Hydrological Stations with Longer Observed Data

國立臺灣大學土木工程學系講師

(Instructor of Civil Engineering, National Taiwan University)

黃 光 政

Kuang-Cheng Huang

摘 要

利用數學統計方法，模擬推衍水文時列資料，有助於水資源規劃與水文設計上問題之解決。就成功地模擬水文時列而言，適當地估算有關之統計序率參數與求定數學模擬式，實為十分重要。唯如所用水文觀測資料之紀錄年數短暫，則對於長年水文時列特性之推估，將缺乏足夠之資料代表性，其合成水文時列之適用性，便有問題。因之，如何使短年溪流月流量觀測紀錄，從具有較長期觀測紀錄的附近水文測站，獲取更多的資料內涵，以便更有效地模擬溪流月流量時列，特別是當附近有許多水文測站，且測站之觀測資料間可能有相當關係時，如何適當而合理地予以取捨運用，實須加以研究。

本文研究之基本目的，乃在於研析及探討溪流月流量短期觀測紀錄，對於水資源規劃與水文設計上之資料代表性及其模擬推衍方法技術與運用。文中，經使用長達八十年觀測紀錄年數的月溪流流量與月降水量觀測資料，研析不同紀錄年數時所估算之統計序率參數的穩定性，探討一個合理可用的水文時列模擬時，所應具有的觀測紀錄年數，結果指出，約為三十五年。關於在許多個附近水文測站中，取捨運用其長期觀測資料方法，文中係採用逐步正相關迴歸分析法，而在兼顧合理、實用與簡便原則下，結果指出，由本研究區裡九個附近其他溪流集水區的流量站中，只需選取分處不同地理位置方向的兩個站，便已能滿足實用需要。結果也指出，如果單靠取用附近其他集水區月降水量觀測資料內涵，實未能相當精確地推估或有效地模擬目標地的溪流月流量。

根據上述研析探討結果並基於資料分析，從而確定溪流月流量模擬推衍過程中之數學統計模擬式。作為短期觀測資料的目標地溪流月流量的觀測紀錄年數，分成十五年、二十一年及三十年三種。引用之附近水文觀測紀錄年數，在流量站法與降水量站法中，分別為三十七年及八十年。文中，分別就其模擬推衍溪流五百年月流量之結果，研討合成月流量時列之適用性。大抵言之，越長紀錄年數者越佳，流量模式之模擬成果優於降水量模式。本文中，進一步應用五十組五十年的月流量合成資料，研究與蓄水庫容量設計有關之某些參數，例如最長連續枯水月數，最長累計乾旱月數，最大缺水量與最大蓄水量等參數之統計特性與所屬之機率分佈曲線型。

Abstract

Simulation and generation of hydrological data by means of mathematic-stochastic method benefits the solution of problems in respect to water resources planning and hydrological design. For successfully synthesizing hydrological time

series, it is very important to estimate statistic-stochastic parameters concerned and to determine proper mathematical models for simulation. In order to estimate the characteristics of long-term hydrological time series, it would be lack of representance of data, if hydrological data used is based on short observation record. In this case, the reliability of synthesized data would be questionable. Therefore, it is quite valuable to improve the content of information of short observation record of monthly streamflow by taking more information from nearby hydrological stations with longer observed records, so that the simulation of its time series could be carried out more effectively. If there are many nearby stations located, it should be noticed to select and use them properly and reasonably, especially when the correlations between their data show statistically significant.

The main purpose of this investigation is to study the representance of short record of monthly streamflow as well as its simulation technique and application with respect of water resources planning and hydrological design. For simulating appropriate hydrological time series reasonably, the required length of observation record in years has been investigated by stability analysis of statistic-stochastic parameters estimated from various length of records of monthly streamflow and monthly precipitation, which had been observed at Weser River Basin in Germany for a long period as 80 years. The result has pointed out that the length of record as 35 years is required. For selecting appropriate nearby hydrological stations and taking their more sufficient information, the positive step-wise correlation and regression analysis is used in the investigation. The result shows that instead of all of 9 stations only 2 stations located at different geographical directions can already satisfy the practical purpose. The result shows further that taking information from nearby precipitation stations with longer observed records can not very accurately estimate and effectively simulate data of the objective monthly streamflow desired, if streamflow factor is not included in the simulation model. Therefore, a streamflow factor as data of previous month should be involved in simulation model by means of taking information from nearby precipitation stations with longer records.

Based on data analysis and results of above investigation procedures, appropriate mathematical simulation models have been determined. The length of short record of objective monthly streamflow is investigated as 15, 21 and 30 years respectively. The record length of nearby stations is 37 and 80 years respectively by application of streamflow and precipitation. The goodness of fit of simulation models has been investigated by comment and judgement on results of synthesized 500 years monthly streamflow. In general, the longer the observed record, the better is the simulation. The result of simulation by streamflow model is better than that by precipitation model. In the investigation, 50 sets of 50 years synthesized monthly streamflow are offered further to investigate the characteristics and fitted types of probability distribution functions of some parameters concerning the design of reservoir capacity, such as, adjusted longest cumulative deficit months, adjusted deficit, adjusted longest continual dry months and adjusted range.

一、概 說 (Introduction)

(一) 本研究之意義

足夠而合用的水文資料，為成功的水資源規劃與水文設計所不可或缺。可惜限於種種因素，歷史性資料的水文觀測紀錄，常因紀錄年數不足，難以直接據為規劃設計之用。如何使現地短暫的水文紀錄，有效地推估較長期而足以應用的水文時列，以應規劃設計上解決實際問題之用，實為一項十分重要的課題。水文時列的模擬推衍技術，乃成為近十幾年來極受重視的水文研究要題。

水文時列的模擬推衍，係根據統計機率與序率的分析，自有限的短暫水文事件紀錄中，求取最多的資料內涵，藉電子計算機之便，利用數學模式和求定的水文事件隨機成份特性，人為方法合成相當長期的水文時列資料，而據以應用於實際規劃設計問題，作更佳而有效的解決。唯水文時列的模擬推衍技術，根本上係設法使歷史上發生的水文事件，在未來時代依相同或某種特定的統計機率與序率特性予以出現，其本質並非在正確預報未來實際發生的水文事件，也非擁有比原來的短暫觀測紀錄更多的真正資料內涵，此點概念非常重要，務應有所認識^(1,5,7,20,34)。

雖然短暫水文紀錄，可以設法予以模擬推衍，但模擬推衍技術與方法的使用，並非毫無限制。就成功地模擬推衍合用的水文時列而言，有關參數的估算與模擬程序中數學模式的適當選定，均屬十分重要。由較長的觀測紀錄資料估算的有關參數與研析選定的數學模式，比較由短期觀測資料所估算的，應具較佳的資料代表性。如果現地水文觀測資料年數很短，據以估算的有關統計機率與序率參數和選定的數學模擬模式，其適用性，實堪懷疑，而合成的水文時列的可用性，自成問題，因此水文觀測資料擁有何種程度的資料代表性問題，實待深入研析探討。

對於紀錄年數不長的水文觀測資料，勢需設法予以延長，如果附近水文測站具有較長期而完整的觀測紀錄，則可利用相關與迴歸法，予以引用，假如有數個具有較長期觀測紀錄的水文測站存在於附近時，由於這些水文測站資料相互間很可能也有某種程度的相關存在，則如何適當而合理引用這些測站的長期觀測資料，實應深入予以研討。

溪流流量模擬時，選用附近流量測站較長期而完整的觀測資料固為最佳，不過在一流域內，具有長期觀測紀錄且位於附近地區的流量站，並非經常可得，

倒是降水量 (Precipitation) 的觀測，常相對地比較容易找到具有長期紀錄的測站。唯因溪流流量與降水量在特性上有所差異，因之，選用附近不同種類的水文測站長期觀測紀錄資料以模擬溪流流量時的適用情形，自應加以比較與深入研析探討⁽¹⁴⁾。

本論文之寫作，係就上述亟待探討問題而為以前之有關研究者所研討不足或者未及研析之處，著予以研究，俾對於水文資料之代表性問題與溪流流量之模擬及應用上之研究，能夠有所貢獻。

(二) 本研究之目標

本文研究之水文時列，為月溪流流量與月降水量資料。本論文研究第一重點，在由研析長期水文觀測資料的統計序率參數 (Statistic-stochastic parameters) 在不同紀錄年數時的穩定性，探討一個合理可用的水文時列模擬時所應具有的觀測紀錄年數。論文研究第二重點，在於研析從數個具有長期觀測紀錄的附近流量測站或降水量測站中，選定代表性測站以為引用之方法與準則。本研究第三重點，在於研析與評定引用附近代表性水文測站較長期紀錄時所作溪流流量模擬的適用性程度，並就不同的模擬方法程序予以比較討論。本研究第四重點，在於探討水文模擬時列參數的穩定性，以及應用合成水文資料以研析蓄水規劃有關的設計參數，例如最大蓄水量 (adjusted range)、最長連續枯水月數 (adjusted longest continual dry months)、最長累計乾旱月數 (adjusted longest cumulative deficit months) 等之特性。

本論文研究之基本目的，乃在於研究分析及探討有關溪流月流量的短期觀測時列對於水資源規劃與水文設計上的資料代表性。

(三) 研究方法及資料來源

本論文之研究，主要係採用統計方法技術與機率序率分析，利用高速大型的電子計算機，進行有關水文資料之分析及機率分佈曲線之研判與檢驗，以及水文資料隨機因子特性之研析與模擬推衍，並合成年數相當長的溪流月流量時列，以供應用及研討。

在從許多個擁有較長期觀測紀錄的附近水文測站中，選定較具代表性測站的過程裡，主要係運用逐步相關迴歸分析法 (Step-wise correlation and regression analysis)。此法之採用，對於數個水文時列間相互關係與綜合關係的分析探討，有其特別之優點⁽¹⁴⁾。

溪流月流量之短期紀錄，經引用附近具代表性水文測站較長期而完整的觀測紀錄資料內涵，將提高資料之代表性，所模擬之水文資料，也因之能有較佳之合用性。

在本研究中，水文資料與有關參數以及數學模擬式中各項隨機因子，均就皮氏第一與第三型 (Pearson type I, Pearson type III)、查氏第四與第三型 (Charlier IV, Charlier III)、常態分佈 (normal)、極端值分佈第一型 (Extremal I) 及厄氏第四與第三型 (Edgeworth IV, Edgeworth III) 等八種常用的機率分佈曲線 (probability distribution functions) 作適合性檢驗。由於資料有時可分成算術值與對數值分別處理研析，故實際上共計使用十六種不同的機率分佈曲線型式。這些機率分佈曲線的特性，在許多統計機率的書籍或專文上，多被詳細說明，可以參閱^(5,21,22,23)，故在本文中從略。

關於本研究之詳細研究理論與方法，將在以下各章裡分別予以說明。至於本研究所用之水文觀測紀錄資料，主要採自德國哈茲 (Harz) 山區的許多相鄰小集水區⁽¹³⁾，由於這些水文資料紀錄年期比較長而且相當完整，尤其難得的，這些水文測站，如圖 1 所示，均位於威色河 (Weser) 流域內，且都在上游源流地區，使本文之研究，能有長年紀錄而又相離不遠的許多水文測站資料可資根據。

由於在德國，水年 (Water year) 係自上年十

一月起至當年十月為一年，故在本文中，觀測年度一律採用此項水年算法。為了方便，降水量 (Precipitation) 紀錄也化成水年算法，以資統一。在單位方面，若無其他特別標明，在本文中，流量為每月流量總量 (百萬立方公尺)，降水量為每月降水深度 (公厘)。為了使研析工作更合理與更有效，本文中月流量紀錄一律採用溪流每月的天然流量。

在本研究中，指定歐克溪 (Oker) 優溜斯套流量站 (Juliusstau Gauging Station) 作為研究溪流月流量模擬及應用的目的站，在圖 1 上註記為 Q2607，該站自 1926 水年起已被觀測。其他附近水文測站，經分別標示其位置、溪流集水區名稱及測站編號於圖 1。這些附近的流量測站係經由下列準則而予採用的：(1)此測站應位於哈茲地區歐克溪外的其他溪流集水區。(2)此測站應位於水庫的上游 (如果建有水庫的話)。(3)此測站應儘可能具有完整而且超過三十年的觀測紀錄資料。(4)此測站之觀測值應對其所處的溪流集水區具有代表性。至於降水量測站，係採用歐克溪集水區外其他集水區裡具有七十年以上長期觀測紀錄而且資料相當完整者，由於資料收集不易之故，僅得四站。有關這些水文站觀測年代及標號名稱，參見表 1 及表 2：

此外，為助於探討月流量觀測資料時間上代表性，另外選用位於歐克溪下游，阿勒溪 (Aller) 的塞勒流量站 (Celle Gauging Station) 長達八十餘年的觀測紀錄 (1891-1971)，作為研析之用。

表 1. 流 量 測 站

Table 1. Streamflow gauging stations

標 號 Mark	流 量 測 站 Station	溪 流 Stream	觀 測 年 代 Observed period	紀 錄 年 數 Years
Q2 607	Juliusstau	Oker	1926—1971	46
Q2 201	Pionierbruecke	Sieber	1937—1971	35
Q2 301	Riefensbeek	Soese	1935—1971	37
Q2 102	Erikabrueck	Oder	1937—1971	35
Q2 302	Gross Schacht	Soese	1932—1971	40
Q2 202	Herzberg	Sieber	1937—1971	35
Q2 701	Harzburg	Radau	1935—1971	37
Q2 501	Luettenberg	Grane	1941—1969	29
Q2 801	Gitterkopf	Ecker	1939—1968	30
Q2 401	Huettschenthal	Innerste	1941—1970	30

威色河流域哈茲山區主要水文站分佈圖

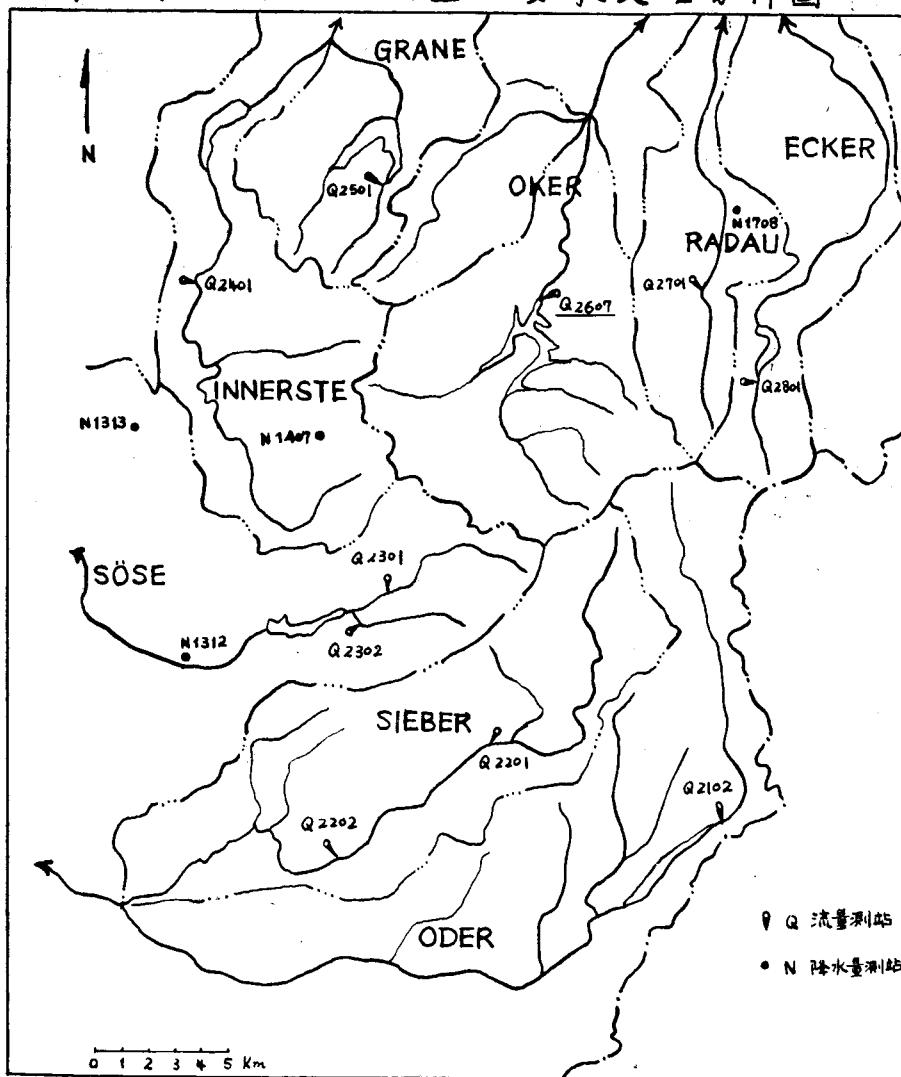


圖 1. 威色河流域上游哈茲山區主要水文站分佈圖

Fig. 1 Main hydrological Stations located in Harz Mountains, Germany

表 2. 降水量測站

Table. 2. Precipitation gauging stations

標 號 Mark	降水量測站 Station	降 水 區 域 Basin	觀 測 年 代 Observed period	紀 錄 年 數 Years
N1 312	Osterode	Soese	1892—1971	80
N1 407	Clausthal	Innerste	1892—1971	80
N1 708	Bad Harzburg	Radau	1892—1971	80
N1 313	Bad Grund	Soese	1892—1971	80

二、水文觀測資料之代表性 (Representance of hydrological observed data)

(一)概述

本文所謂的水文觀測資料之代表性，係指一段水文觀測紀錄對於長期水文時列的特性所具有的說明與表示的能力而言。一般言之，紀錄年數越長，對於長期水文時列的特性，將能有相對較佳的代表性^(16, 25, 31, 32)。水文時列的特性，常用各項統計機率與序率等參數予以表示和衡量。因之，探討一段水文觀測紀錄所得資料，對於長期水文時列特性所具有的說明與表示能力，可就各項有關特性之參數的穩定性，予以客觀衡量研析。換句話說，如果某一定觀測年數觀測資料，所估算的特性參數的變異範圍相對地大，則其代表性便相對地小。

有關統計機率與序率等參數種類繁多，本文之研究，僅就其中較重要與常用的參數，如算術平均值 \bar{X} (arithmetic mean)、標準誤差 S (standard error)、歪度係數 C_s (skewness coefficient) 及相關係數 r (correlation coefficient) 進行探討。由於本研究以溪流月流量為主，而溪流月流量在一年中常有明顯的季節性變動，故此處所指的相關係數，是特指相鄰兩個月間觀測資料之相關係數而言，例如八月份資料與七月份資料間的相關係數。至於這些參數的估算法，各統計書本多有詳細介紹，故在本文中從略。

本文對於水文觀測資料代表性之探討，概要地說，係以水文測站全紀錄期長達八十年左右之觀測資料作為基準，將自此全期資料估算而得之統計參數值視為族羣之推估值，而後將此全期紀錄分成某種欲探討的觀測年期長度，將自此欲探討的觀測年期長度資料所估算而得之統計參數值視為樣本，而研析樣本與被視為族羣推估值間之變異程度。試以塞勒流量站水文觀測資料為例，其紀錄年數長達81年，則研析觀測年數20年之資料代表性時，就每個月份資料而言，均可得 62 個不同樣本，即對每個月份而言，可分別得到 62 個算術平均值、標準誤差、歪度係數以及其與前個月份資料間之相關係數值，則就每一項不同之統計參數而言，均可由其 62 個樣本值，再進一步分析其變異係數 C_v (coefficient of variation)，從 C_v 值的大小而討論其穩定性，亦即討論觀測年數20年時，此統計參數之穩定性。綜合研究各主要參數值

之穩定性後，便可導至觀測年數 20 年時水文資料代表性之研判。

在本研究中，乃依上法，求取不同觀測紀錄年數時，各項參數值之變異係數值，並分別將其十二個月份所得之變異係數值予以平均，作為探討不同觀測紀錄年數時水文資料代表性之衡量。有關變異係數之定義和估算法，可查閱統計書本。

(二)月溪流量資料之研析

由於哈茲山區流量測站紀錄均短於 50 年，不宜逕自採用為研析憑據，故借用歐克溪下游阿勒溪塞勒流量站 (Celle Gauging Station) 長達八十一年之觀測紀錄，以作研析。

由圖 2，可以對不同觀測年數的溪流月流量資料統計與序率參數的 12 個月份平均變異係數值，有個簡明的一覽。

比較各項統計參數的變異係數 C_v 值的大小，很顯然地看出，相對穩定性的大小依次為：算術平均值 \bar{X} ，標準誤差 S ，相鄰兩月間相關係數 r ，歪度係數 C_s 。至於其趨向較佳穩定度的變化趨勢，則依大小次序為 C_s 、 r 、 S 、 \bar{X} 。在觀測年數短暫而應用這些統計參數時， C_s 、與 r 顯得很不穩定，換言之，要想合理而有效地用 C_s 與 r 兩種參數時，應有較長的觀測年數作為估算憑據，至於 \bar{X} 與 S ，在觀測年數達三十年時，已可望有相對高度的可用性了。若以 C_v 值 ≤ 0.25 來看，則標準誤差 S 須由至少 20 年的紀錄資料估算才合用，而相對的，歪度係數 C_s 及相鄰兩月相關係數 r 應分別由 45 年及 40 年的觀測資料估算才合用。大抵上，標準誤差 S 的變異係數值約略為歪度係數 C_s 的變異係數值的二分之一，並約略為算術平均值 \bar{X} 的變異係數值的二至三倍。

惟各不同統計參數值應用在機率理論上時，就同一數值的變異係數而言，其影響並不相同，此點見解，吾人應有認識才是。

就圖 2 上各統計參數穩定性隨紀錄年數增加而提高的曲線變化看來，月溪流量觀測資料年數在 35 年左右時便已達到可用之資料代表性了。

(三)月降水量資料之研析

月降水量資料與月溪流流量在特性上有不少差異^(4, 5, 18, 19, 20)。一般而言，相鄰兩個月份間之月流量資料常可發現具有顯著程度的相關存在，而月降水量資料則通常並不顯著，故本節僅就不同觀測年數資料所估算之算術平均值 \bar{X} ，標準誤差 S 及歪度係數 C_s 三項主要統計參數的變異係數 C_v 值予以研析。

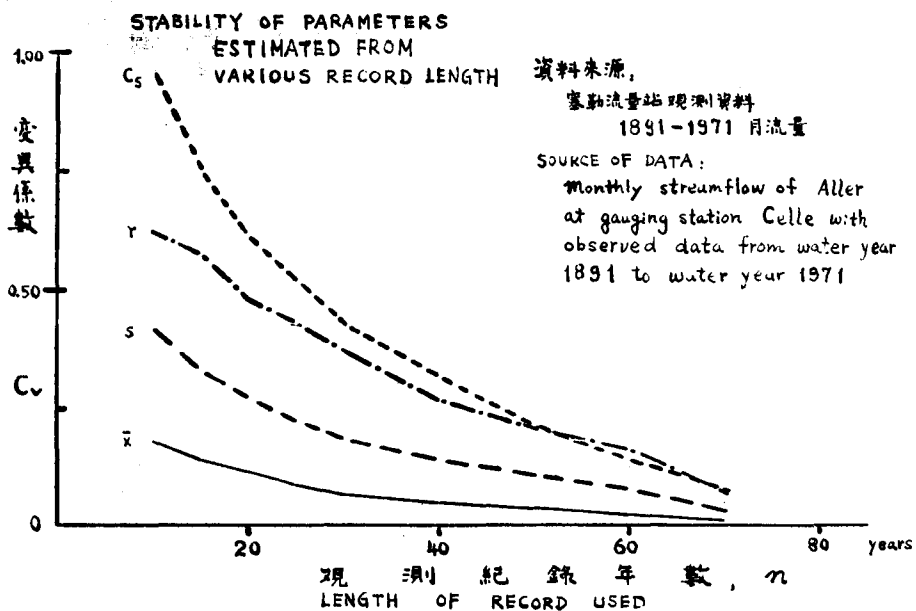


圖 2. 阿勒溪塞勒流量站月流量觀測資料不同紀錄年數時所估算統計參數值之變異係數

Fig. 2 Coefficients of variation of statistical parameters estimated from monthly streamflow data of Aller River at Celle Gauging Station with various record length

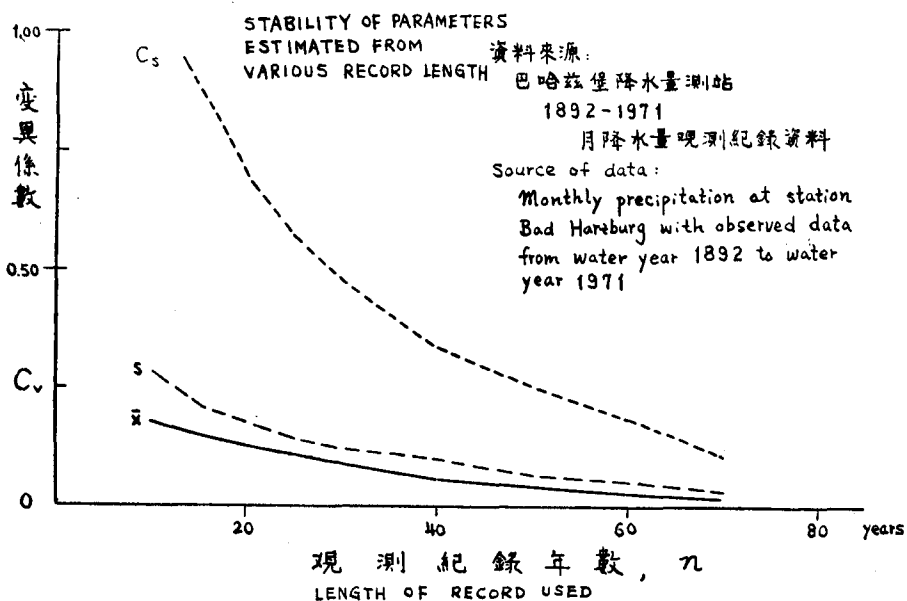


圖 3. 巴哈茲堡降水量測站觀測資料不同紀錄年數時所估算統計參數值之變異係數

Fig. 3 Coefficients of variation of statistical parameters estimated from monthly precipitation data at Bad Harzburg Precipitation Station with various record length

圖 3 所示，係採用歐克溪鄰近地方之拉道溪 (Radau) 集水區內巴哈茲堡降水量測站 (Bad Harzburg Precipitation station)，自 1892 至 1971 水年全期觀測紀錄資料分析的結果。巴哈茲堡降水量測站的位置可參看圖 1。

就算術平均值 \bar{X} ，標準誤差 S 與歪度係數 C_s 在不同觀測紀錄年數時其十二個月份平均變異係數的大小來比較，依序為 C_s 、 S 、 \bar{X} ，換句話說，各統計參數的穩定性大小依次為 \bar{X} 、 S 、 C_s 。就觀測年數增長時穩定性變高的變化趨勢量而言，則依大小分別為 C_s 、 S 、 \bar{X} 。若以 C_v 值 ≤ 0.25 來看，則 S 與 \bar{X} 均可在短暫觀測年數，例如 15 年，便已達到，相對地， C_s 則需要由 50 年的觀測年數估算才合用。

由圖 3 各曲線變化看來，月降水量觀測資料年數在略少於 30 年時，已具可用之資料代表性。

四、討論

比較圖 2 與圖 3 並探討月溪流流量與月降水量資料研析結果，大抵上，當觀測年數長達 40 年以上時，二者的 \bar{X} 參數的穩定性大致相同，當觀測年數少於 40 年時，月流量之 \bar{X} 參數較月降水量之 \bar{X} 參數有些微較佳之穩定性。就二者之 S 參數比較，月降水量資料有較佳之穩定性。至於 C_s 參數之比較，則月溪流流量資料具稍佳之穩定性。

由於月流量資料估算之標準誤差 S 之穩定性比月降水量資料估算者具較差之穩定性，則一旦直接應用月流量模擬時列以研析有關蓄水設計參數時，因 S 係一重要參數^(5,20,34)，其結果，比起先模擬降水量資料而後將之轉為模擬月流量時列，以研析有關蓄水設計參數所得數值，將可能較大。

不同觀測年數之水文觀測資料代表性，已如上面兩節研析成果有所了解，則可知道，憑藉很短暫觀測紀錄資料，是不應濫作時列模擬的，尤其不應亂採多參數的模擬式子，否則其可用性，實堪懷疑，此點結論，十分重要，應予注意。

三、選定具代表性之附近水文測站 (Selection of representative nearby stations)

(一) 理論及方法

本文研究，重點在於以優溜斯套流量站 (Juliusstau Station, 標號 Q2607) 歐克溪月流量之短暫紀錄，經挑選及運用歐克溪集水區外之附近其他集水區流量或降水量觀測之較長期紀錄資料，以提高資料之代表性，得以更有效地模擬歐克溪月流量時列，推

衍極長之合成月流量資料，並以之應用於有關蓄水設計參數特性之研究。因之，在前章之研討，確認月流量觀測資料應具 35 年左右及更長之紀錄才有相當之資料代表性後，對於如何設定標準及採用方法，在許多其他鄰近集水區較長期水文觀測資料中，挑選最具代表性之附近測站，以資應用，乃是十分重要的，也是本章研究重點所在。

有關挑選最具代表性之附近水文測站方法，係採用逐步線性相關與迴歸分析法。在分析過程中，優溜斯套站歐克溪月流量資料 (標號 Q2607)，按照需要定作迴歸式上的因變數，其他擬選用之附近水文測站資料，作為獨立變數。關於逐步相關與迴歸分析法的特點，概要地說，能將相關程度較高的變數，儘先選出而採納在迴歸式中，如果在以後的迴歸過程步驟中，發現原先已被採納的變數，因為迴歸式繼續納入其他的一個或多個變數，而變成不顯著時，則此原先已被採納之變數，便被排出迴歸式。換句話說，迴歸的結果，將選出能達到與因變數有最高相關程度的若干變數的組合。這對於水文時列的研析有著特別優點，為的水文時列彼此之間常有某種程度的關係存在，所謂的變數，實非彼此之間完全沒有關係影響，經採用逐步迴歸法，便可以克服此中相互複雜關係之困擾。有關逐步迴歸分析法的進一步解說，可參閱許多統計書本與文獻^(5,8,10,14,19,21,29,33)。

逐步相關與迴歸分析法過程中，所採納於迴歸式中之變數，均經過 F -檢驗法之顯著性試驗，本研究中採用 95% 之顯著水準。另外，凡是會使因變數的推計值變成負值或極可能造成負值的帶著負的迴歸係數的變數，在本文研究中均予以排除，為的此種負的水文量實際上並不真實之故。此點應有的概念和認識是十分重要的，可惜却常被許多從事水文時列模擬之研究者，於失察中而予以忽略。

經過研判迴歸分析過程中，每一步驟所得之複相關係數 R (multiple correlation coefficient) 增大與估算的標準偏差 S (standard deviation of estimate) 變小情形，以及實用問題之考慮，最後可以選定所要的複迴歸式。這些被採納之變數，便是所應選定之最具代表性的數個附近水文測站。

分析過程，實際上分成兩段進行，亦即以歐克水庫完成的 1956 年 3 月為界，將各水文資料分作兩部分，分別研究，並探討其結果。由於各測站觀測資料紀錄年期起迄年代未必齊一，本文研究中，注意採用其同期之觀測資料以作研析。

□代表性流量測站之選定

經使用表 1 所列各流量站同期之溪流月流量觀測資料，並依前節所述分成歐克水庫完成前與完成後兩期，採用逐步正迴歸分析法及必要之顯著性檢驗，其結果列於表 3、表 4（前期）及表 5、表 6（後期）。在迴歸分析中，作為變數的各個歐克溪附近其他

溪流流量站觀測資料，及標號所代表的流量站，參見表 1。

在列於表 3 及表 5 的迴歸分析中，作為變數的附近流量站月流量資料計有 9 個，而在列於表 4 及表 6 的分析中，則使用其中紀錄比較長些的 5 個。

表 3. 逐步線性相關與迴歸法分析歐克溪與其附近其他溪流 1940 年 11 月至 1956 年 3 月之月流量觀測資料之相關情形

Table 3. Stepwise linear correlation and regression analysis on independent variables: Q2201, Q2301, Q2102, Q2302, Q2202, Q2701, Q2501, Q2801, Q2401 for period Nov. 1940-Mar. 1956.

步 驟 Step	複 相 關 係 數 R	複 決 定 係 數 D=R ²	估 算 之 標 準 偏 差 S	誤 縮 小 差 度 S'	被採納於迴歸方程式中變數的 Beta 係數值 Beta coefficients in the regression equation				
					Q2301	Q2701	Q2501	Q2401	Q2201
1	0.9668	0.9348	1.298	0.256	0.9668				
2	0.9795	0.9541	1.027	0.201	0.6416	0.3611			
3	0.9836	0.9674	0.923	0.182	0.5405	0.2841	0.1954		
4	0.9842	0.9687	0.907	0.178	0.4270	0.2853	0.1846	0.1270	
5	0.9850	0.9702	0.888	0.175	0.2859	0.2455	0.1858	0.1497	0.1599

通過顯著性檢驗，而能被採納在迴歸方程式中的變數並不多，這些變數對於因變數（標號為 Q2607）的影響力大小，可依其 β 係數（Beta coefficient）值大小而定。由複決定係數 D（multiple coefficient of determination）的大小，可以知道此迴

歸方程式所能解說與決定的因變數變方的程度。誤差縮小度 S' 係估算之標準偏差對因變數標準偏差估值的比值，可以用作衡量迴歸成果。這些係數與參數的估算公式與方法，見諸許多統計書本，此處不再贅言。

表 4. 逐步線性相關與迴歸法分析歐克溪與其附近其他溪流 1936 年 11 月至 1956 年 3 月之月流量觀測資料之相關情形

Table 4. Stepwise linear correlation and regression analysis on independent variables: Q2201, Q2301, Q2302, Q2202, Q2701 for period Nov. 1936-Mar. 1956

步 驟 Step	複 相 關 係 數 R	複 決 定 係 數 D=R ²	估 算 之 標 準 偏 差 S	誤 縮 小 差 度 S'	被採納於迴歸方程式中變數的 Beta 係數值 Beta coefficients in the regression equation		
					Q2301	Q2701	Q2201
1	0.9608	0.9231	1.363	0.278	0.9608		
2	0.9754	0.9513	1.087	0.222	0.6348	0.3668	
3	0.9756	0.9518	1.084	0.221	0.5619	0.3493	0.0914

從表 3 至表 6 結果予以綜合研判，如欲達到與因變數最高之相關程度，將需採用三個至五個變數，亦即選用三個至五個附近測站資料。惟本研究目的在於針對月流量模擬應用而採用附近測站長期紀錄，為了

使數學模擬式在合用前題下能够儘量簡化並避免用到太多參數，更為了考慮增加變數是否能大量提高複決定係數值或大量減小誤差縮小度等實用問題，似宜只採用兩個變數，便已滿足選站需要，此點可由表中迴

表 5. 逐步線性相關與迴歸法分析歐克溪與其附近其他溪流 1956 年 4 月至 1968 年 10 月之月流量資料之相關情形

Table. 5. Stepwise linear correlation and regression analysis on independent variables: Q2201, Q2301, Q2102, Q2302, Q2202, Q2701, Q2501, Q2801, Q2401 for period Apr. 1956-Oct. 1968

步 驟 Step	複 相 關 係 數 R	複 決 定 係 數 D=R ²	估 算 之 標 準 偏 差 S	誤 縮 小 差 度 S'	被採納於迴歸方程式中變數的 Beta 係數值 Beta coefficients in the regression equation				
					Q2301	Q2701	Q2501	Q2202	Q2401
1	0.9515	0.9504	1.389	0.277	0.9515				
2	0.9835	0.9672	0.821	0.182	0.5126	0.5044			
3	0.9869	0.9740	0.733	0.163	0.4607	0.3517	0.2161		
4	0.9889	0.9780	0.677	0.150	0.2701	0.2760	0.2462	0.2408	
5	0.9892	0.9785	0.671	0.149	0.2453	0.2775	0.2292	0.2271	0.0565

表 6. 逐步線性相關與迴歸法分析歐克溪與其附近其他溪流 1956 年 4 月至 1971 年 10 月之月流量觀測資料之相關情形

Table. 6. Stepwise linear correlation and regression analysis on independent variables: Q2201, Q2301, Q2302, Q2202, Q2701 for period Apr. 1956-Oct. 1971

步 驟 Step	複 相 關 係 數 R	複 決 定 係 數 D=R ²	估 算 之 標 準 偏 差 S	誤 縮 小 差 度 S'	被採納於迴歸方程式中變數的 Beta 係數值 Beta coefficients in the regression equation			
					Q2301	Q2701	Q2202	Q2302
1	0.9624	0.9263	1.279	0.272	0.9624			
2	0.9864	0.9730	0.777	0.166	0.5368	0.4773		
3	0.9872	0.9746	0.755	0.161	0.4056	0.4404	0.1700	
4	0.9876	0.9753	0.747	0.159	0.3231	0.4383	0.1394	0.1170

歸步驟在三個以上時，複判定係數僅能再有極微量的增加一事，得到判定。同時由各表指出，利芬斯北克流量站 (Riefensbeek Gauging Station, 標號為 Q2301) 與哈茲堡流量站 (Harzburg Gauging Station, 標號為 Q2701) 的資料總是最先被迴歸分析過程採納於迴歸式中的，其聯合效應也甚佳，就是在其他測站資料也被採納於迴歸式中的情形下時，亦即在第三至五迴歸步驟時，此二站資料仍具相對較大的 β 係數值。因之，可以確定此二站資料對於歐克溪月流量具有最佳之代表性，應予選用。

被選定作為代表性流量測站的標號為 Q2301 及 Q2701 兩站，均擁有 37 年的紀錄年數，按照本文第二章研析，其資料代表性已達合用程度。

(三) 代表性降水量測站之選定

由表 2 得知，歐克溪附近其他溪流集水區內，具長期紀錄而又資料相當完整被本研究使用來研析的計

有四站，每站均有 80 年的長期觀測紀錄。

經採用與前節相同方法進行研析，其結果列於表 7 及表 8。由此二表結果得知，只有標號為 N1407 的克勞斯塔降水量測站 (Clausthal Precipitation Station) 與標號為 N1708 的巴哈茲堡降水量測站 (Bad Harzburg Precipitation Station) 資料被迴歸方程式所採納為變數，其餘兩站資料因在逐步迴歸分析中不顯著而被排除。巴哈茲堡降水量資料對於迴歸式而言，在表 8 中比在表 7 中有較大的作用，亦即歐克水庫完成後，歐克溪天然月流量特性多少有變化，亦即，歐克溪受巴哈茲堡一帶水文因素影響的程度，或者與巴哈茲堡一帶受同源影響的程度，略比水庫完成前增高。查看表 5 與表 3，比較迴歸式中 Beta 係數的大小，發現哈茲堡流量站資料對於歐克溪流資料的相關性，在歐克水庫完成後有所增加，可為旁證。其原因可能係因水庫完成後，蓄水面積廣

表 7. 逐步線性相關與迴歸法分析歐克溪月流量與附近其他集水區降水量
測站自 1925 年 11 月至 1956 年 3 月觀測資料之相關情形

Table 7. Stepwise linear correlation and regression analysis
on independent variables: N1312, N1407, N1708,
N1313 for period Nov. 1925-Mar. 1956

步 驟 Step	複相關係數 R	複決定係數 D=R ²	估 算 之 差 標準 偏 差 S	誤 差 縮 小 度 S'	被採納於迴歸方程式中變數的 Beta 係數值 Beta coefficients in the regression equation	
					N1407	N1708
1	0,6459	0,4172	3,410	0,765	0,6459	
2	0,6474	0,4191	3,409	0,765	0,5981	0,0647

表 8. 逐步線性相關與迴歸法分析歐克溪月流量與附近其他集水區降水量測
站自 1956 年 4 月至 1971 年 10 月觀測資料之相關情形

Table 8. Stepwise linear correlation and regression analysis
on independent variables: N1312, N1407, N1708,
N1313 for period Apr. 1956-Oct. 1971

步 驟 Step	複相關係數 R	複決定係數 D=R ²	估 算 之 差 標準 偏 差 S	誤 差 縮 小 度 S'	被採納於迴歸方程式中變數的 Beta 係數值 Beta coefficients in the regression equation	
					N1407	N1708
1	0,6364	0,4050	3,634	0,775	0,6364	
2	0,6501	0,4227	3,589	0,765	0,5028	0,1886

大，流域蒸發情形與水庫完成前有所不同之故⁽¹⁹⁾，其影響程度，對於與歐克溪同屬阿勒河流域（威色河支流）的拉道溪（Radau）集水區測站資料自然較深（參閱圖 1 各水文測站分佈圖）。因之，雖然在表 7 中，標號為 N1708 的巴哈茲堡降水量測站資料，對迴歸式中因變數之影響力不大，仍應予以考慮其可能之積極作用。

因此，巴哈茲堡降水量測站（標號為 N1708）應與相對上最具代表性的克勞斯塔降水量測站，同被選定，作為代表性降水量測站。

此二站紀錄均達八十年，其資料代表性極高，惟因其與歐克溪月流量資料之關係並非相當高，因之在引用作溪流模擬時，應再採用適當技術，例如考慮溪流資料本身序率關係及以月份為基礎，建立數學模擬式等。

四討論

因為溪流量與降水量之特性本有不同，特別是溪流有滯蓄等特性^(5,20,28)，再者溪流量季節性變化，在本研究資料來源地區，比降水量者大^(18,15)，若要提

高降水量資料對溪流月流量的解說與表示能力，應以月份為分析對象為宜。另外，由於夏季月份蒸發之影響，特別是水庫完成後，以及春季融雪及其時間之或前或後等影響，使得降水量月觀測資料與溪流月流量資料間之相關性受影響，亦即使得降水量測站觀測資料，對於歐克溪月流量資料之代表性有所減弱。

從本章逐步迴歸分析過程中，各變數被採納或排除於迴歸方程式的情形，以及各參數在迴歸方程式中 Beta 係數值大小的比較，並查看圖 1 上各水文站分佈情形，可以了解，惟有將地理上各不同方向的附近集水區的觀測資料綜合起來，才能對一地之水文事件具有最佳之說明與表示能力。測站與測站間直線距離的遠近並不重要，倒是測站所量測之集水區，或所控制之區域之形狀中心間之距離，具有相當的重要性。

比較流量測站與降水量測站資料對於歐克溪月流量所具之資料代表性，很明顯地，流量測站資料之代表性遠高於降水量測站者。數個位於不同方向的附近其他集水區之降水量測站資料之聯合運用，仍然遠遜於一個附近其他溪流觀測資料所具有的對於歐克溪月

流量的解說與表示能力。由此可知，對於一個溪流月流量的資料代表性的提高，應至少引入一個流量因子，才能有效而合用。

四、溪流月流量之模擬 (Simulation of monthly streamflow)

(一)理論及方法

基於統計序率理論，藉電子計算機之便，利用數學模式，以模擬溪流月流量的研究專文，近幾年來，屢有所見，也各有其不同的研究目的和內容^(1,2,6,7,9,11,12,15,17,18,24,26,27,30,35)。概要言之，如何決定適當的數學模式及其有關參數，如何運用模擬上諸般實際技術並構成合理妥當的模擬程序，均是十分重要而與模擬時列是否合用密切關連。

本文研究之基本目的，在於探討溪流月流量短期觀測紀錄如何用以模擬合用的月流量時列的方法。根據前面兩章的研析結果，優溜斯套流量站的歐克溪月流量，將因引用附近其他溪流集水區被選定的代表性站長期觀測紀錄資料內涵，及適當的模擬技術與模擬程序，予以模擬推衍。

在模擬程序過程上，首先根據被選定的代表性站全部紀錄期觀測資料分析，研定其適當的數學模擬式與有關參數。其次將此模擬時列經由先前已經決定的歐克溪月流量資料對於代表性站資料的迴歸方程式，加上適當的隨機成分數值，以合成歐克溪之月流量時列。

在本章研究中，歐克溪觀測紀錄之前期及後期部份，即 1956 年之前與後的資料，分別被視作一段短期觀測紀錄，而研究其引用代表性站全部紀錄期觀測資料所作之 500 年月流量模擬成果的適用性。為便於區別和比較，在本文中，分別稱為前期 (VOR) 與後期 (NACH)。

由於正確決定模擬程序中數學模擬式與有關參數，以及深入了解各數學模擬式中隨機成分之統計機率序率特性，對於時列之合理與妥當模擬，非常重要，故本研究中各數學模擬式之決定，特別是其隨機成分之特性和適用之機率分佈曲線之檢驗，均以觀測資料之研析結果為據。關於此點，每易為初學時列模擬者所疏忽，實應注意。本研究中，並以實用觀點，避免採用過分繁冗之模擬式，故模擬過程中，力求模擬式之合用與簡化。

一個用以模擬歐克溪月流量的模擬式，按照本文

第三章研討結果，可以式(1)表示：

$$X_1 = \bar{X}_1 + S_1 \left[\beta_2 \frac{(X_2 - \bar{X}_2)}{S_2} + \beta_3 \frac{(X_3 - \bar{X}_3)}{S_3} + \beta_4 \frac{(X_4 - \bar{X}_4)}{S_4} + t_R \sqrt{1 - R^2} \right] \dots \dots \dots (1)$$

式(1)中， X_1 與 \bar{X}_1 及 S_1 分別表示歐克溪月流量之模擬值與觀測紀錄資料之算術平均值及標準誤差值。 X_2 、 X_3 與 \bar{X}_2 、 \bar{X}_3 及 S_2 、 S_3 以及 β_2 、 β_3 則分別表示代表性測站月資料之模擬值與同期觀測紀錄資料之算術平均值及標準誤差以及 Beta 係數值。 X_4 與 \bar{X}_4 及 S_4 、 β_4 分別表示歐克溪上月流量之模擬值與觀測紀錄資料之算術平均值及標準誤差值以及 Beta 係數值。 R 係複相關係數， t_R 係標準化的隨機數 (standardized random deviate)。 X_4 、 \bar{X}_4 、 S_4 與 β_4 只有在應用代表性降水量測站資料時才予使用，而對流量測站資料之引用時則不用，為的此時 R 值甚高，已合用，故不必用 X_4 等，模擬程序仍能合用，又可簡化。

由於被選定的代表性站資料之間彼此可能具有顯著的關係，應加以分析，如果存在有顯著關係時，則最具代表性的測站，當被指定作為模擬程序之始源。在此情況下， X_3 的模擬依式(2)所示：

$$X_3 = \bar{X}_3 + S_3 \left[\frac{R_{23}}{S_2} (X_2 - \bar{X}_2) + t_{23} \sqrt{1 - R_{23}^2} \right] \dots \dots \dots (2)$$

式(2)中， X_2 係最具代表性的附近水文測站 (詳見第三章) 模擬值， X_3 係另一被選定之代表性測站模擬值。 R_{23} 係兩代表性測站資料間之相關係數。 t_{23} 係一標準化的隨機數。

原則上，式(3)被採用來模擬一個獨立的代表性測站資料，例如 X_2 ：

$$X_i = \bar{X}_i + S_i \left[\frac{r_{i,i-1}}{S_{i-1}} (X_{i-1} - \bar{X}_{i-1}) + t_s \sqrt{1 - r_{i,i-1}^2} \right] \dots \dots \dots (3)$$

式(3)中， X 與 \bar{X} 及 S 分別代表某月份模擬值與觀測資料的算術平均值及標準誤差。 i 及 $i-1$ 分別表示一年中第 i 月份及其上月份。 t_s 係一標準化的隨機數。

然而，假使在式(3)中， r 值於 $P=0.05$ 顯著性試驗不顯著時，便以式(4)代替式(3)以模擬獨立代表性測站資料：

$$X_i = \bar{X}_i + t_r S_i \dots \dots \dots (4)$$

式(4)中， t_r 係一標準化的隨機數。 i 代表月份。

關於上列諸式中 t_R 、 t_{23} 、 t_s 的機率及序率特性

應由資料分析，予以了解， t_r 的機率特性亦應加以分析。

此外，作為獨立的代表性測站如 X_2 之資料，應詳加分析，如果其符合皮氏第三型 (Pearson type III) 機率分佈曲線，則式(3)中 t_s 的歪度係數 Cs' ，將由式(5)計算⁽²³⁾：

$$Cs'_i = (Cs_i - r_i^3) / (1 - r_i^2)^{3/2} \dots \dots \dots (5)$$

式(5)中， Cs_i 係式(3)中 X_i 之觀測資料之歪度係數。

在經由資料分析而了解上列各式中隨機數特性後，便可確定各模擬式，則整個模擬程序便可以執行了。如果各式中標準化的隨機數係屬標準常態分佈者，則可依式(6)或式(7)予以模擬製造⁽²⁾：

$$N_1 = (-2 \ln \xi_1)^{1/2} \cos 2\pi \xi_2 \dots \dots \dots (6)$$

$$N_2 = (-2 \ln \xi_1)^{1/2} \sin 2\pi \xi_2 \dots \dots \dots (7)$$

式(6)及式(7)中， ξ_1 與 ξ_2 係在 (0,1) 區間內均勻密度函數 (uniform density function) 的獨立隨機數 (independent random number)。 N_1 及 N_2 係屬同一個平均值 (mean) 為零、變方 (variance) 為 1 的常態分佈的一組獨立變數。

如果各式中標準化的隨機數有屬於皮氏第三型分佈者，則式(8)將被用來轉化式(6)或式(7)之 N 而模擬製造：

$$P_i = 2/Cs_i (1 + Cs_i N_i/6 - Cs_i^2/36)^3 - 2/Cs_i \dots \dots \dots (8)$$

式(8)中， N_i 係式(6)或式(7)之 N_1 或 N_2 。 P_i 係一屬皮氏第三型分佈之標準隨機數，其期待值為零，變方為 1，歪度係數為 Cs_i 。 i 指第 i 月份。

至於式(6)與式(7)中之 ξ_1 或 ξ_2 則由式(9)製造：

$$K_{i+1} = (2^{i+3}) K_i (\text{mode } 2^{3^i}) \dots \dots \dots (9)$$

在本研究中，歐克溪月流量資料，與代表性站全期紀錄同時期之算術平均值係依式(10)估算，並用來檢算模擬推衍資料之成果：

$$\bar{X}_{1n} = \bar{X}_{1K} + B_{2K}(\bar{X}_{2n} - \bar{X}_{2K}) + B_{3K}(\bar{X}_{3n} - \bar{X}_{3K}) \dots \dots \dots (10)$$

式(10)中， \bar{X} 代表歐克溪月流量資料及代表性測站觀測資料之算術平均值， B 表迴歸係數， K 係迴歸期， n 係代表性測站觀測紀錄全期。 $n > K$

在模擬推衍進行中，若是合成時列將出現負值，當即置之為零，以免不合理的情形發生。

在本文研究中，採用代表性流量測站與代表性降水量測站長期資料，以使歐克溪短期觀測時列得以模

擬之模擬法，稱為 S1 模擬情況 (Case S1)，並依選用代表性站種類之不同，分別稱為流量模式 (Model Q) 與降水量模式 (Model N)，以資分別。

為檢查與判定本文所採模擬方法 (即 S1 模擬情況) 之可行性與適用情形，除比較模擬結果之統計序率參數是否與推估之長期者一致以外，在本研究中，另以相似於 S1 模擬情況，但只採用代表性站紀錄之部分資料，亦即與目的站紀錄資料迴歸期資料，作歐克溪月流量之模擬推衍，稱為 S2 模擬情況 (Case S2)，以其模擬成果，與另外利用歐克溪短期觀測時列資料而採用式(3)自作模擬 (稱為 S3 模擬情況，Case S3) 之成果，進行比較。因為 S2 模擬情況與 S3 模擬情況，係基於同長且同期之觀測年數，若其結果相近，將可間接用來佐證本文研究所採模擬方法 (即稱為 S1 模擬情況者) 所得成果的合用。

(二) 應用代表性流量測站較長期觀測記錄資料之溪流量模擬

1. 資料分析：

(1) 關於歐克溪月流量觀測紀錄資料 (1935-1971)：

歐克溪天然月流量前期及後期觀測紀錄資料的統計特性參數，分別列於表 9(A) 及表 9(B)，資料係以歐克水庫完成的 1956 年為界，分成前期 (VOR)，即 1935-1955 水年，與後期 (NACH)，即 1957-1971 水年。大致上，冬半年的月流量的算術平均值 M 約為夏半年者之二倍。相鄰兩個月份資料間的相關係數 r 值並不高，多數不太顯著，且由於春雪融解的時間與久暫，年年情況並不一致，以致在春天月份的 r 值有的出現負值。表中， S 、 Cs 、 Cv 分別代表標準誤差、歪度係數、變異係數。 r 值在 $P=0.05$ 顯著水準時呈現顯著的，為前期的九——十月，以及後期的四——五月與七——八月。

(2) 關於模擬模式中的變數 (代表性站觀測資料)：

模擬模式中作為變數的利芬斯北克流量站 (Riefensbeek Station，標號為 Q2301) 與哈茲堡流量站 (Harzburg Station，標號為 Q2701) 全期觀測紀錄 (1935-1971) 資料分析顯示，二者間之平均相關係數高達 $r=0.86$ ，因之，不宜將二者皆作為模擬過程中之模擬始源，由於利芬斯北克站在本文第三章研析中已被確定為最具代表性站，故宜以之為唯一模擬始源。

由利芬斯北克站觀測資料分析，發現有些相鄰兩

月間資料之相關係數在 $P=0.05$ 顯著水準時呈現顯著，例如四——五月，八——九月與九——十月。又

以卡方試驗 (χ^2 -test) 並以 $\alpha=5\%$ 的顯著水準，檢驗利芬斯北克站資料值及其對數值對常態與皮氏第

表 9. 歐克溪優溜斯套流量站流量觀測紀錄資料的統計參數

Table 9. Statistical parameters estimated from observed data of monthly streamflow of Oker at Juliusstau Station (Q2607)

	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Annual
M: ($10^6 M^3$)	7.38	7.75	8.20	8.14	8.07	8.86	3.36	3.21	4.22	(A) 1935-1955 3.72	3.08	VOR(Q) 前期Q 4.98	70.98
S: ($10^6 M^3$)	4.76	5.58	6.22	7.05	3.29	4.24	1.64	2.00	3.46	3.37	2.34	4.27	15.22
Cs:	0.73	1.47	1.32	1.93	0.03	0.85	0.57	0.71	1.78	2.29	0.89	0.93	-0.61
R:	0.22	0.30	0.30	0.14	-0.15	-0.26	0.40	0.12	-0.09	0.24	0.23	0.75	
Cv:	0.64	0.72	0.76	0.87	0.41	0.48	0.49	0.62	0.82	0.90	0.76	0.86	
Median: ($10^6 M^3$)	6.20	6.29	6.54	6.16	7.48	7.99	3.02	2.73	3.26	2.76	2.46	3.78	72.52
M: ($10^6 M^3$)	5.38	8.96	7.11	7.46	7.65	10.05	6.29	4.66	4.30	(B) 1957-1971 3.80	3.20	NACH 後期 4.79	73.64
S: ($10^6 M^3$)	3.68	6.87	3.61	5.77	3.85	6.90	4.04	3.51	3.24	1.98	2.40	4.15	24.92
Cs:	0.56	0.59	-0.41	0.64	0.75	0.94	0.84	0.74	0.66	0.37	2.47	1.38	-0.38
R:	0.46	0.00	0.50	0.29	0.19	-0.11	0.75	0.42	0.45	0.53	0.25	0.34	
Cv:	0.68	0.77	0.51	0.78	0.50	0.69	0.64	0.75	0.75	0.52	0.75	0.87	
Median: ($10^6 M^3$)	4.44	7.11	6.34	5.88	6.83	8.29	5.29	3.72	3.44	3.37	2.57	3.62	75.20
M: ($10^6 M^3$)	7.89	7.46	8.45	6.41	7.27	8.49	3.46	3.36	4.51	(C) 1926-1955 3.76	3.22	VOR(N) 前期N 5.62	69.89
S: ($10^6 M^3$)	5.06	5.55	5.89	4.42	3.42	3.96	1.69	2.29	3.85	3.07	2.47	4.27	17.14
Cs:	0.97	1.55	1.08	0.54	0.32	1.71	0.78	1.39	1.54	1.54	0.98	0.74	0.33
R:	0.31	0.11	0.32	0.18	-0.07	-0.23	0.43	-0.01	0.20	0.39	0.45	0.54	
Cv:	0.64	0.74	0.70	0.69	0.47	0.47	0.49	0.68	0.85	0.82	0.77	0.76	
Median: ($10^6 M^3$)	6.64	5.98	6.93	5.27	6.58	7.70	3.11	2.77	3.43	2.91	2.55	4.47	68.94

三型分佈的符合情形，結果指出皮氏第三型分佈具相對上較好的符合性和實用性，因之，在模擬過程中，利芬斯北克站資料，作為皮氏第三型分佈予以模擬。(3)關於模擬模式中隨機數 (random deviates) 的特性：

各種前節中所述隨機數之特性，特別是其所適用之分佈曲線型與時序關係性 (serial dependency)，均經過深入之資料分析及作有關之顯著性試驗。由結果所示，並考慮其在模擬技術運用上與模擬過程中之合用性， t_n 、 t_{23} 均適宜在模擬時，做為常態分佈處理。雖二者在某幾個迴歸月份裡之時序關係性呈現顯著，但為了免於過份強調而使模擬時列造成誇張性的後果，決定不考慮此部分之時序關係性，換句話說， t_n 、 t_{23} 均較適宜在模擬時，做為無時序關係性予以處理。

因為 Q2301 被判明宜屬皮氏第三型分佈，故式(3)中 t_n 為皮氏第三型分佈，其歪度係數應先經式(8)計算之。

2. 適當模擬模式的確定：

基於前面之資料分析，可知式(3)中 t_n 模擬值應由具有以式(5)計算之歪度係數值的式(8)予以製出 (generating)，式(2)中 t_{23} 模擬值以及式(1)中 t_n 模擬值應分別由式(6)或式(7)製出。式(9)則為製造之源。

模擬模式與程序內容，如今可以確定。首先製出一個 t_n 模擬值，代入以利芬斯北克站(Q2301)全期觀測資料 (1935-1971) 估算參數值所構成之式(3)中，以模擬 Q2301 值。其次將此值代入基於利芬斯北克站與哈茲堡站 (Q2701) 全期觀測資料 (1935-1971) 所建立之關係式(2)，及製出一個 t_{23} 的模擬值，以製出一個 Q2701 模擬值。然後將此二值代入依歐克溪

月流量資料 (Q2607) 與 Q2301 及 Q2701 之觀測資料迴歸期 (前期 1935-1955, 後期 1957-1971) 所建立的式(1), 及製出一個 t_R , 以製出一個 Q2607 模擬值。模擬時列按照水年順序連續製造, 如此便完成歐克溪月流量的模擬合成時列。此即本文主要之月流量模擬方法 (S1 模擬情況) 之流量模式法 (Model Q)。

至於 S2 模擬情況, 依照與 S1 模擬情況相似的方法予以完成, 惟式(3)與式(2)所用之統計參數, 係由與 Q2607 迴歸同期者 (亦即前期 1935-1955, 後期 1957-1971) 所估算。至於 S3 模擬情況, 係基於 Q2607 前期及後期資料, 分別直接運用式(3)予以完成

, 其 t_s 模擬值係依照皮氏第三型分佈予以製出者。

3. 結果與討論

應用 Q2301 及 Q2701 全期觀測紀錄資料所作歐克溪 500 年月流量模擬推衍結果, 列於表 10 及表 11。此二表顯出, 模擬結果中, 每一月份的算術平均值及年流量的算術平均值, 與根據式(10) 估算之 Q2607 長期資料算術平均值相當一致。最大的算術平均值之差異出現在二月份, 却僅為 5 % (前期) 及 4 % (後期)。在累計相對頻率大於 70 % 而小於 95 % 間, 模擬時列於前期有稍大現象, 於後期則有稍小情形。相鄰兩月間相關係數 r , 與觀測資料一樣地, 在春季月份出現負值。

表 10. 應用附近其他溪流全期觀測資料所作歐克溪 500 年月流量之模擬結果 (前期)
Table. 10. Result of simulation of 500 years monthly streamflow of Oker by application of full observed data of nearby stations (VOR)

Simulated 500 Years Natural Monthly Flow by $Q_{2607} = F(Q_{2301}, Q_{2701})$												Model Q Case S1-VOR	
	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Annual
M: ($10^6 M^3$)	6.43	8.22	7.91	8.26	7.86	9.26	4.20	3.91	4.47	3.78	3.17	4.92	72.38
S: ($10^6 M^3$)	4.28	5.97	5.19	6.63	3.54	5.59	2.76	2.58	3.32	2.68	2.30	3.99	16.97
Cs:	0.78	0.84	1.16	1.12	0.13	1.29	1.45	1.00	1.13	1.29	1.51	0.86	0.50
R:	0.20	0.07	0.20	0.01	-0.12	-0.08	0.56	0.12	0.12	0.25	0.33	0.48	
Cv:	0.67	0.73	0.66	0.80	0.45	0.60	0.66	0.66	0.74	0.71	0.73	0.81	
Median: ($10^6 M^3$)	5.35	6.60	6.61	6.44	7.16	7.93	3.51	3.26	3.59	3.08	2.57	3.82	70.97
Neg value:	15	28	5	35	4	2	4	19	6	14	19	32	
Neg %:	-0.30	-0.62	-0.03	-0.86	-0.05	-0.02	-0.08	-0.55	-0.03	-0.30	-0.60	-0.78	
Specific M:	1.00	1.00	1.00	1.05	0.97	1.00	1.00	0.99	1.03	1.00	1.02	1.00	1.30

表 11. 應用附近其他溪流全期觀測資料所作歐克溪 500 年月流量之模擬結果 (後期)
Table. 11. Result of simulation of 500 years monthly streamflow of Oker by application of full observed data of nearby stations (NACH)

Simulated 500 Years Natural Monthly Flow by $Q_{2607} = F(Q_{2301}, Q_{2701})$												Model Q Case S1-NACH	
	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Annual
M: ($10^6 M^3$)	6.36	8.37	7.56	7.59	7.79	9.47	4.72	3.79	4.44	3.84	3.17	5.04	72.15
S: ($10^6 M^3$)	4.17	6.21	4.78	5.19	3.52	5.45	3.21	2.53	3.49	2.79	2.20	4.19	16.64
Cs:	0.82	0.85	1.13	1.08	0.27	1.35	1.57	1.01	1.08	1.27	1.80	0.87	0.52
R:	0.21	0.06	0.21	0.01	-0.13	-0.10	0.58	0.12	0.13	0.23	0.34	0.50	
Cv:	0.66	0.74	0.63	0.68	0.45	0.59	0.68	0.67	0.78	0.73	0.69	0.83	
Median: ($10^6 M^3$)	5.32	6.72	6.40	6.26	7.10	8.21	3.90	3.16	3.49	3.10	2.61	3.88	70.72
Neg Value:	8	27	4	9	3	0	1	17	23	21	3	48	
Neg %:	-0.13	-0.44	-0.02	-0.12	-0.05	0.00	-0.02	-0.44	-0.42	-0.69	-0.07	-1.04	
Specific M:	0.99	0.99	1.00	1.04	0.98	1.00	1.00	0.99	1.03	1.00	1.00	1.01	1.00

需要注意的是，模擬時列有時出現負值，這些負值隨即被置為零。在所模擬的六千個月流量合成資料數值中，在前期與後期出現的負值，分別為 3.02% 及 2.73%。表中 Neg Value 係負值流量佔估計的月流量總量的百分數，最大的 Neg % 係出現在前期的二月份與後期的十月份，分別為 0.86% 及 1.04%。然而這些負值出現量，對於模擬時列的合用性，影響並不嚴重，為的是所佔的比例非常微小。平均的 Neg % 在前期及後期分別只為 0.35% 及 0.29%。

模擬成果的合用性與有效性，可由比較 S2 模擬情況及 S3 模擬情況，獲得進一步的了解。由於 S2 模擬情況與 S3 模擬情況結果，大致而言均屬相近，因之，S1 模擬情況的合用性，間接獲得佐證。如深入比較 S2 模擬情況與 S3 模擬情況對於歐克溪觀測紀錄資料模擬成果的符合性，則就算術平均值 M 與標準誤差 S 以及合成資料分佈函數之模擬而言，均有良好之符合性，然而就模擬年流量的比算術平均值 (Specific arithmetic mean) 而言，S3 模擬情況反而不及 S2 模擬情況，至於就年流量的標準誤差而言，S3 模擬情況在前期較差，而在後期較佳。此外，就後期而言，比較每月的比算術平均值，S3 模擬情況比 S2 模擬情況較差。至於就歪度係數 C_s 與相鄰兩月的相關係數 r 作比較，則 S3 模擬情況大致上比 S2 模擬情況有較佳的符合性。就模擬時列負值出現的情形予以比較，S3 模擬情況在前期出現較少，而在後期出現較多。

(三) 應用代表性降水量測站較長期觀測紀錄資料之溪流流量模擬

1. 資料分析：

(1) 關於歐克溪月流量紀錄資料 (1926-1971)：

由表 9(c) 所示，相鄰兩月間相關係數，在 $P=0.05$ 顯著性水準時呈現顯著的月份係四——五月、七——八月、八——九月與九——十月。由於表 9(c) 係基於 1926 到 1955 年，計三十年的觀測紀錄，自有較高之資料代表性，由此判斷夏季月份時，歐克溪月流量有其月份間之時序關係存在，因之模擬時列宜具此特性才是。

關於歐克溪月流量觀測資料各統計參數值，均可由表 9 查知。

(2) 關於模擬模式中的變數(代表性站觀測資料)：

分析克勞斯塔站 (Clausthal Station, 標號為 N1407) 與巴哈茲堡站 (Bad Harzburg Station, 標號為 N1708) 全期觀測紀錄 (1892-1971) 資料，

求得二者間之平均相關係數 $r = 0.73$ ，在 $P=0.05$ 顯著水準上，呈現其顯著性，故在模擬過程中，只宜在二者中擇一，作為模擬之起源。據本文第三章研析結果，克勞斯塔站對歐克溪月流量，比較上最具代表性，故確定以之為模擬過程中之起源。巴哈茲站資料應依式(2)，由克勞斯塔站模擬資料來模擬製造。

由於資料分析指出，克勞斯塔站降水量全期資料相鄰兩月間的相關係數值很小，遠離 $P=0.05$ 顯著水準者，故克勞斯塔站降水量資料應依式(4)模擬為宜。又據 $\alpha=5\%$ 顯著水準的卡方試驗，分析克勞斯塔站觀測資料值及其對數值的機率分佈，結果指出，皮氏第三型分佈較適合，故在模擬過程中，克勞斯塔站資料應作為皮氏第三型分佈處理，並予製出。

(3) 關於模擬模式中隨機數 (random deviate) 的特性：

經根據觀測資料，分析各模擬式中隨機數之統計機率與時序相關特性，並予以有關之顯著性試驗，結果指出，式(1)中之 t_R 及式(2)中之 t_{23} 均適宜在時列模擬時作為常態分佈處理。至於式(4)中之 t_r ，由於克勞斯塔站降水量資料已被判明為皮氏第三型分佈，故 t_r 之模擬法已被決定。根據本章第一節式(9)、式(6)、式(8)及式(5)之適當運用，則 t_r 、 t_{23} 及 t_R 可以模擬製出。

2. 適當模擬模式的確定：

基於前述之資料分析，如今可將模擬模式與程序內容予以確定。首先，製出一個 t_r 的模擬值，代入以克勞斯塔站全部觀測紀錄期 (1892-1971) 資料之估算參數所構成之式(4)以製出一個 N1407 的模擬值。其次代入依克勞斯塔站與巴哈茲站全期觀測資料 (1892-1971) 所構成的模擬式 (2)，並製出一個 t_{23} 的模擬值，則可製出一個 N1708 的模擬值。然後將 N1407 及 N1708 模擬值均代入依據歐克溪短期觀測紀錄期 (亦即前期 1926-1955，後期 1957-1971) 觀測資料與代表性站同期資料所建立之模擬式(1)，加上上月份歐克溪流的模擬值，並製出一個 t_R 的模擬值，則製得歐克溪月流量的模擬值，如此，按照水年順序連續製造成時列，此種模擬方法，即降水量模式 (Model N) 之 S1 模擬情況。亦即本文主要之月流量模擬法之降水量模式法。

至於供作間接評判本文模擬成果之 S2 模擬情況及 S3 模擬情況，則以類似於本章第二節及上述方式予以做成。

3. 結果與討論：

歐克溪月流量模擬及推衍 500 年合成時列的結果，列於表 12 與表 13。就水年中每一月份流量的算術平均值來說，與利用式(10)推估者顯示有良好的符合性，其最大差別，發生在前期的三月與九月，差異為 5%，發生在後期的為二月，差異為 6%。合成時列年流量的算術平均值與標準誤差值，在後期的略大於前期的。就同一累計相對頻率值而言，後期的合成流量略大於前期的。就合成時列模擬推衍中，本來將出現負值，但隨即被置為零的情形，在後期中比前期中多些，惟負值量佔估計月流量總量的百分數，亦即 Neg %，在前期與後期，僅分別平均為 1.31

%與 1.63 %而已，此值仍屬很小，不算嚴重。

為進一步評判合成時列模擬成果的適用情形，乃將 S2 模擬情況與 S3 模擬情況兩者合成時列的合用性予以比較，如果 S2 模擬情況與 S3 模擬情況的成果相差不多，便可說 S1 模擬情況的成果，間接獲得證實是可用的。

大致上說，就年流量的標準誤差、每月的歪度係數及相鄰兩月的相關係數的模擬成果而言，S3 模擬情況比 S2 模擬情況好些，同時，模擬時列中負值出現情形，在 S3 模擬情況中也比較少些。然而就最主要參數的模擬，例如每月的算術平均值與標準誤差及

表 12. 應用附近其他集水區降水量測站全期觀測資料所作歐克溪 500 年月流量之模擬結果 (前期)

Table. 12. Result of simulation of 500 years monthly streamflow of Oker by application of full observed data of precipitation stations located at nearby basins (VOR)

	Simulated 500 Years Natural Monthly Flow by $Q_{2607} = F(N_{1407}, N_{1708}, Q_{2607})$												Model N	
	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Annual	Case S1-VOR
M: ($10^6 M^3$)	6.95	8.16	8.93	6.87	7.31	8.33	3.35	3.45	4.45	4.13	3.34	5.04	70.33	
S: ($10^6 M^3$)	4.45	5.22	5.54	4.27	3.51	4.00	1.71	2.19	3.21	2.65	2.23	3.87	14.58	
Cs:	0.51	0.61	0.69	0.39	0.07	0.18	0.23	0.50	0.60	0.59	0.63	0.72	0.26	
R:	0.33	0.04	0.27	-0.08	-0.04	0.04	0.45	-0.01	0.26	0.25	0.20	0.33		
Cv:	0.65	0.66	0.62	0.62	0.48	0.48	0.51	0.63	0.72	0.64	0.67	0.77		
Median: ($10^6 M^3$)	5.84	6.38	7.59	5.84	6.59	7.51	2.99	2.91	3.61	3.48	2.78	4.00	69.69	
Neg Value:	31	28	18	28	9	7	11	30	54	31	34	43		
Neg %:	-1.29	-1.14	-0.48	-1.16	-0.22	-0.32	-0.37	-1.90	-3.91	-1.72	-1.38	-1.82		
Specific M:	1.02	1.01	1.01	1.04	0.95	1.01	0.97	1.01	1.04	1.00	1.05	1.01	1.01	

表 13. 應用附近其他集水區降水量測站全期觀測資料所作歐克溪 500 年月流量之模擬結果 (後期)

Table. 13. Result of simulation of 500 years monthly streamflow of Oker by application of full observed data of precipitation stations located at nearby basins (NACH)

	Simulated 500 Years Natural Monthly Flow by $Q_{2607} = F(N_{1407}, N_{1708}, Q_{2607})$												Model N	
	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Annual	Case S1-NACH
M: ($10^6 M^3$)	6.09	8.50	7.60	7.29	7.22	9.60	5.35	3.72	4.66	3.83	4.12	5.72	73.78	
S: ($10^6 M^3$)	3.96	6.73	4.08	5.03	3.67	6.51	3.56	2.61	3.12	2.23	2.29	4.31	18.45	
Cs:	0.57	0.76	0.66	0.48	0.22	0.39	0.41	0.58	0.50	0.38	0.41	0.80	0.28	
R:	0.41	0.27	0.37	-0.07	-0.04	0.18	0.76	0.37	0.29	0.49	-0.03	0.22		
Cv:	0.65	0.78	0.54	0.69	0.51	0.68	0.66	0.70	0.67	0.58	0.56	0.75		
Median: ($10^6 M^3$)	5.10	6.76	6.70	6.00	6.43	7.95	4.46	3.05	3.87	3.31	3.60	4.57	72.91	
Neg Value:	29	58	9	45	9	40	38	48	34	19	14	39		
Neg %:	-1.08	-3.46	-0.09	-3.01	-0.15	-2.97	-2.01	-2.73	-1.63	-0.90	-0.29	-1.26		
Specific M:	1.01	1.02	1.00	1.06	0.96	1.02	0.99	1.00	1.02	0.99	1.02	0.99	1.01	

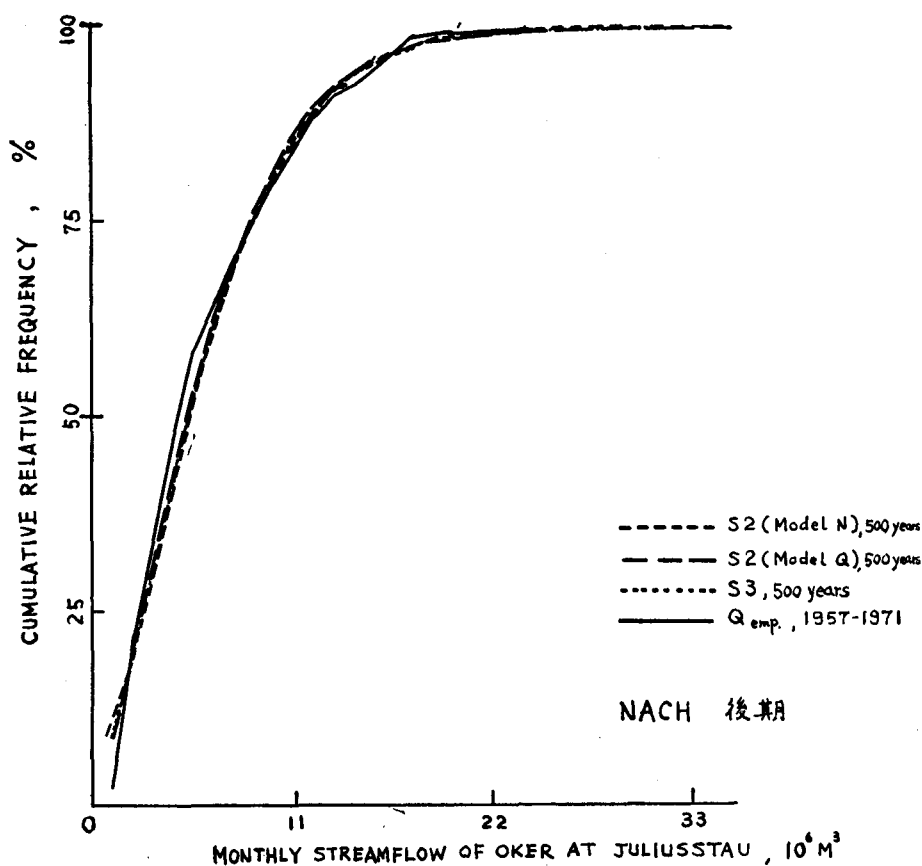


圖 4. 歐克溪優溜斯套站觀測與模擬之月流量資料之累計相對頻率 (後期)

Fig. 4 Cumulative relative frequency of monthly streamflow of Oker at Juliusstau Station with observed data and synthesized data (NACH)

合成資料分佈函數而言，S2 模擬情況的成果大抵上與 S3 模擬情況一樣合用。因之，S1 模擬情況的時列模擬成果，雖有不少缺點，仍然勉強獲得支持。

比較前期與後期的模擬成果，就模擬年流量的算術平均值、標準誤差、分佈函數及避免負值出現的情形而言，後期比前期稍差，推其原因，該是其所據觀測時列較短之故。

四討論

為比較本章第二節流量模式 (Model Q) 與第三節降水量模式 (Model N) 模擬成果何者較優，特以後期之 S2 模擬情況，兩者之模擬 500 年月流量合成資料結果作為評判，為的兩者均係基於同期的觀測資料。從圖 4 上顯出，就中間數 (median) 與小的月流量來比較，流量模式比降水量模式稍佳。就模擬每月的算術平均值與標準誤差而言，流量模式也顯

出稍為較好成果。對於歪度係數與相鄰兩月間資料之相關係數的模擬而言，流量模式有較佳成果。此外，流量模式推衍過程中，出現負值的情形比降水量模式者顯然為少，負值流量對合成月流量總量之平均百分數，分別為 0.23 % 與 1.57 %。因之，可以判斷，在相同的觀測紀錄年數時，應用代表性流量測站較長期紀錄以模擬推衍溪流月流量，比應用降水量測站較長期觀測紀錄者，有較佳成果。

從各方面比較本研究中前期與後期之模擬成果，不論使用流量模擬法或降水量模擬法，前期結果者總是較佳，推其原因，當係前期所使用之迴歸期年數比後期者長之故，由此可知，基於較長迴歸期以引用附近水文測站長年觀測紀錄以模擬推衍月流量之成果，比用短期迴歸者為佳。

**五、模擬溪流月流量對蓄水容量設計
參數研究之應用例**
(Application of synthesized
monthly streamflow on in-
vestigating some paramet-
ers concerning the design of
reservoir capacity)

(一)說明

溪流月流量模擬之基本目的，在於製造任意長之合成時列，並據以解決水資源規劃與水文設計的許多問題。由於連續豐、枯水期，連續累計豐水、乾旱期及水庫蓄水量，對於蓄水庫容量設計，有重要的意義，故本章研究，乃針對有關蓄水庫容量設計，理論上有參考意義的幾個參數，予以探討，作為本文溪流月流量模擬應用例。

假設計經濟期為 50 年，並假設，長年 (long range) 月流量調節目的，在於使每月溪流流出量 (discharge) 等於該月份流量的長期平均值 (long-term mean)。

(二)使用名辭定義：

1. 最長連續枯水月數 (adjusted longest continual dry months, LDM)：在整個月流量紀錄 (亦即 50 年) 中，月流量連續小於每個月份流量個別的長期 (亦即 50 年) 平均值的最長月數。

2. 最長連續豐水月數 (adjusted longest continual wet months, LSM)：在整個月流量紀錄中，月流量連續大於每個月份流量個別的長期平均值的的最長月數。

3. 流量的差值累計曲線 (residual mass curve of flow)：月流量與每個月份流量個別的長期平均

值之差值的累計曲線。

4. 最長累計乾旱月數 (adjusted longest cumulative deficit months, GNL)：在整個月流量紀錄中，流量的差值累計曲線一直為負值的最長月數。

5. 最長累計豐水月數 (adjusted longest cumulative surplus months, GPL)：在整個月流量紀錄中，流量的差值累計曲線一直為正值的最長月數。

6. 最大豐水量 (adjusted surplus, SUR)：在流量的差值累計曲線上最大的正值，單位為百萬立方公尺。

7. 最大缺水量 (adjusted deficit, DEF)：在流量的差值累計曲線上最大的負值，單位為百萬立方公尺。

8. 最大蓄水量 (adjusted range, RAN)：豐水量與缺水量絕對值的和，單位為百萬立方公尺。

(三)研析結果

本應用例中，以前期資料，分別應用流量模式與降水量模式，模擬 50 組 50 年的歐克溪合成月流量紀錄，研析按照本章第二節所定義之有關蓄水庫容量設計參數的統計參數。結果分列於表 14 與表 15，顯然地，GPL 與 GNL 有較大的變異係數值，此表示 GPL 與 GNL 變化情形不穩定，實際上，某些模擬所得之資料幾乎接近他們的極限值。LDM 的算術平均值大約為一年，LSM 算術平均值約為九至十個月，RAN 的算術平均值對合成成年流量標準誤差的算術平均值的比值約為 8.4，不僅是應用流量模式或降水量模式，而且即便在以後期所作的研析，都顯出此項一致性。比較算術平均值時，SUR 略大於 DEF，而 GPL 則大於 GNL。

表 14. 由 50 組用流量模式合成之歐克溪 50 年月流量資料所得之各項參數值 (S1 模擬情況——前期)

Table 14. Parameters obtained from 50 sets of 50 years synthesized flows of Oker by Model Q (Case S1-VOR)

50 Sets of 50 Years Synthesized Flows of Oker by Model Q							Case S1-VOR
GPL (Months)	GNL (Months)	SUR (10 ⁶ M ³)	DEF (10 ⁶ M ³)	RAN (10 ⁶ M ³)	LSM (Months)	LDM (Months)	
132	263	61.20	104.08	165.28	8	10	
82	291	32.77	95.02	127.79	9	9	
161	117	99.33	67.22	166.55	8	10	
163	169	58.10	58.98	117.08	9	13	

533	9	125.86	14.65	142.51	8	12
120	77	74.22	70.79	145.01	7	15
429	24	195.61	20.73	216.34	10	12
521	11	187.91	17.81	205.72	9	14
425	41	93.85	20.27	114.12	7	12
91	336	68.20	129.20	192.39	8	10
11	443	16.66	128.28	144.94	12	9
287	19	123.12	9.13	132.25	8	13
202	117	80.21	51.50	136.71	12	10
25	416	20.35	111.96	132.31	8	11
190	224	78.37	131.70	210.07	8	12
177	158	92.98	46.14	139.11	11	15
22	516	15.64	135.31	150.95	7	11
58	183	42.71	77.29	120.01	10	14
15	298	26.02	71.47	97.49	8	18
467	23	131.51	12.93	149.44	8	10
226	96	98.66	56.78	158.45	10	15
37	516	36.15	122.30	158.45	7	12
534	19	173.87	21.17	195.04	7	13
39	144	35.31	116.32	151.63	8	17
12	460	23.87	136.26	160.13	6	9
48	239	25.43	96.46	121.89	14	12
356	15	81.40	81.77	100.16	9	15
98	121	56.91	78.06	131.97	10	14
16	229	14.23	145.73	159.66	8	10
555	25	120.28	34.42	154.70	11	12
420	112	135.34	39.82	175.17	7	11
576	9	100.16	11.07	111.22	10	15
138	41	52.91	26.51	79.42	7	14
231	42	92.70	24.52	117.21	16	10
240	25	94.47	33.60	128.06	8	12
106	78	51.84	53.30	105.14	10	15
296	128	90.29	48.86	139.15	8	13
407	39	97.10	26.25	123.35	6	9
90	262	42.77	146.61	194.38	7	13
33	333	33.83	89.15	122.98	9	19
360	38	119.61	20.82	140.43	12	16
142	197	82.47	53.63	136.10	8	15
110	170	50.92	76.31	127.23	8	10
440	36	91.54	23.17	114.71	6	9
326	37	122.66	26.31	148.97	10	11
590	1	96.87	5.27	102.14	13	19
268	162	55.48	95.62	151.10	9	10
14	507	13.36	139.25	157.60	9	11
125	358	72.77	110.87	183.64	7	11
201	277	71.36	124.63	195.99	8	13

M:	222.90	169.02	77.38	67.67	145.05	8.60	12.50
S:	179.84	153.20	44.05	44.72	31.37	2.07	2.61
Cs:	0.63	0.88	0.69	0.33	0.46	1.33	0.71
Cv:	0.81	0.91	0.57	0.66	0.22	0.23	0.21

表 15. 由 50 組用降水量模式合成之歐克溪 50 年月流量資料所得之各項參數值 (S1 模擬情況——前期)

Table. 15. Parameters obtained from 50 sets of 50 years synthesized flows of Oker by Model N (Case S1-VOR)

50 Sets of 50 Years Synthesized Flows of Oker by Model N						CaseS1-VOR	
	GPL (Months)	GNL (Months)	SUR (10 ⁶ M ³)	DEF (10 ⁶ M ³)	RAN (10 ⁶ M ³)	LSM (Months)	LDM (Months)
	130	181	80.27	69.29	149.55	8	7
	114	139	85.57	43.25	109.81	10	8
	80	160	37.04	81.10	118.16	8	8
	203	16	63.67	21.42	85.03	7	8
	366	7	86.75	10.01	95.76	8	11
	92	98	84.55	39.24	103.80	9	15
	424	55	183.96	22.45	205.41	10	8
	542	3	193.44	5.16	198.59	10	12
	457	33	81.83	11.83	93.72	9	13
	52	397	32.13	104.29	136.42	8	9
	116	139	57.09	59.21	116.30	8	10
	292	19	87.50	18.60	106.10	8	8
	278	150	76.18	66.07	142.25	11	9
	39	187	33.07	55.49	87.56	11	11
	151	309	35.98	141.77	177.75	13	12
	216	23	99.68	18.32	119.00	12	13
	97	63	38.60	42.46	81.06	10	10
	175	109	44.49	56.94	97.43	10	14
	29	446	27.63	78.19	105.82	9	12
	188	129	82.48	54.59	137.07	11	11
	174	227	40.56	56.98	97.53	9	11
	40	431	32.25	98.92	131.17	10	12
	449	66	149.03	31.90	180.98	8	11
	82	222	34.91	69.63	104.55	12	11
	54	421	41.56	97.53	139.09	10	10
	38	422	33.56	97.29	125.85	8	11
	116	119	59.81	42.08	101.89	7	9
	289	42	63.96	33.25	97.21	9	12
	33	547	12.94	157.68	165.62	10	12
	241	60	77.53	24.52	102.05	11	12
	337	45	69.43	30.23	99.66	10	10
	237	7	62.73	7.64	70.37	9	15

	334	36	68.94	17.01	85.95	7	7
	366	71	104.65	40.80	145.45	9	19
	127	135	81.18	52.91	134.09	10	12
	146	127	64.90	68.48	133.38	9	10
	449	132	77.41	62.80	140.22	8	12
	515	21	128.89	10.95	139.84	6	8
	151	242	62.22	104.68	166.90	7	11
	10	551	16.64	73.97	90.61	8	12
	129	52	30.86	23.39	104.25	9	11
	282	54	93.17	27.37	120.54	11	13
	584	15	86.13	7.34	93.47	6	8
	519	36	62.27	34.63	96.90	11	11
	101	30	46.99	34.57	81.55	6	9
	452	13	98.57	8.39	106.97	10	10
	43	202	24.38	78.50	102.88	9	11
	25	346	16.59	109.51	126.10	13	10
	19	395	27.29	102.64	129.92	7	14
	141	270	66.13	127.02	103.14	10	13
M:	210.54	160.06	67.17	54.37	121.53	9.18	10.92
S:	162.77	153.91	38.00	37.18	32.32	1.70	2.29
Cs:	0.74	1.10	1.40	0.75	0.93	0.15	0.78
Cv:	0.77	0.96	0.57	0.68	0.27	0.19	0.21

表 16. 以 $\alpha=5\%$ 顯著水準用卡方試驗檢驗最長連續枯水月數之機率分佈曲線型

Table. 16. Test on goodness of fit by χ^2 -test for $\alpha=5\%$ (LDM)

機率分佈曲線 Distribution	流量模式 By Model Q			降水量模式 By Model N			判定 Comment
	前期 S1	期 S2	VOR S3	前期 S1	期 S2	VOR S3	
arith. Pearson Type I	V	A	V	V	V	A	
" III	V	A	A	A	A	A	
Charlier IV	V	A	A	A	A	A	
" III	V	A	A	A	A	A	
Normal	V	A	A	A	A	A	
Extremal I	V	A	A	A	A	A	
Edgeworth IV	V	A	A	A	A	A	
" III	V	A	A	A	A	A	
log. Pearson Type I	A	V	A	A	V	A	
" III	A	A	A	A	A	A	*
Charlier IV	A	A	A	A	A	A	*
" III	V	A	A	A	A	A	
Normal	A	A	A	A	A	A	
Extremal I	V	V	A	A	A	A	
Edgeworth IV	A	A	A	A	A	A	
" III	V	A	A	A	A	A	

A: accepted 接受

V: rejected 棄却

LDM: adjusted longest continual dry months

有關這些參數間的關係程度，研析結果清楚地指出，GNL 與 DEF 之間有相關係數 $r=0.87$ 的高度相關。GPL 與 SUR 之間，則為 $r=0.84$ 。

這些被探討的參數，均曾用 $\alpha=5\%$ 的顯著水準，利用卡方試驗 (χ^2 -test) 予以檢定其機率分佈曲線的型式 (參見本文第一章第三節)。其結果分別列於表16至表22。爲了對照和比較，運用 S2 模擬情況

與 S3 模擬情況所合成之水文資料，也被用來研析，並同列於上述表中。

有關這些參數特性的深入了解，對於蓄水庫容量設計問題的研究，實有相當價值。根據判定之所屬機率分佈曲線型以及有關統計機率參數，便可推估某種機率值時此項設計參數的值。

表 17. 以 $\alpha=5\%$ 顯著水準用卡方試驗檢驗最長累計豐水月數之機率分佈曲線型
Table 17. Test on goodness of fit by χ^2 -test for $\alpha=5\%$ (GPL)

機率分佈曲線 Distribution	流量模式 By Model Q			降水量模式 By Model N			判定 Comment
	前期 S1	期 S2	VOR S3	前期 S1	期 S2	VOR S3	
arith. Pearson Type I	A	A	A	A	A	A	
" III	A	A	A	A	A	A	
Charlier IV	A	A	A	A	A	A	
" III	A	A	A	A	A	A	
Normal	A	A	V	A	A	V	
Extremal I	V	V	A	A	V	A	
Edgeworth IV	A	A	A	A	A	A	
" III	A	A	A	A	A	A	
log. Pearson Type I	A	A	A	A	A	A	*
" III	A	A	A	A	A	A	*
Charlier IV	A	A	A	A	A	A	*
" III	A	A	A	A	A	A	*
Normal	A	A	A	A	A	A	*
Extremal I	V	V	V	V	V	V	
Edgeworth IV	A	A	A	A	A	A	*
" III	A	A	A	A	A	A	*

A: accepted 接受

V: rejected 棄却

GPL: adjusted longest cumulative surplus months

表 18. 以 $\alpha=5\%$ 顯著水準用卡方試驗檢驗最長累計乾旱月數之機率分佈曲線型
Table 18. Test on goodness of fit by χ^2 -test for $\alpha=5\%$ (GNL)

機率分佈曲線 Distribution	流量模式 By Model Q			降水量模式 By Model N			判定 Comment
	前期 S1	期 S2	VOR S3	前期 S1	期 S2	VOR S3	
arith. Pearson Type I	A	A	V	V	A	V	
" III	A	A	V	V	A	V	
Charlier IV	A	A	A	V	A	V	
" III	A	A	A	V	A	V	
Normal	A	V	V	V	A	V	
Extremal I	A	V	V	V	A	V	
Edgeworth IV	A	A	A	V	A	V	
" III	A	A	A	V	A	V	
log. Pearson Type I	A	A	V	A	A	A	*
" III	A	A	A	A	A	A	
Charlier IV	V	V	V	A	A	A	*
" III	A	A	A	A	A	A	*

Normal		A	A	A	A	A	A
Extremal	I	V	A	V	V	V	V
Edgeworth	IV	A	A	V	A	A	A
"	III	A	A	V	A	A	A

A: accepted 接受

V: rejected 棄却

GNL: adjusted longest cumulative deficit months

表 19. 以 $\alpha=5\%$ 顯著水準用卡方試驗檢驗最大蓄水量之機率分佈曲線型

Table. 19. Test on goodness of fit by χ^2 -test for $\alpha=5\%$ (RAN)

機率分佈曲線 Distribution	流量模式 By Model Q			降水量模式 By Model N			判定 Comment
	前 S1	期 S2	VOR S3	前 S1	期 S2	VOR S3	
arith. Pearson Type I	A	V	A	V	V	A	
" III	A	V	A	V	V	A	
Charlier IV	A	V	A	V	A	A	
" III	A	V	A	V	A	A	
Normal	A	V	A	V	V	A	
Extremal I	A	V	A	V	V	A	
Edgeworth IV	A	V	A	V	A	A	
" III	A	V	A	V	A	A	
log. Pearson Type I	A	A	A	A	A	A	*
" III	A	A	A	A	A	A	*
Charlier IV	A	A	A	A	A	A	*
" III	A	A	A	A	A	A	*
Normal	A	A	A	A	A	A	*
Extremal I	A	V	V	A	A	V	
Edgeworth IV	A	A	A	A	A	A	*
" III	A	A	A	A	A	A	*

A: accepted 接受

V: rejected 棄却

RAN: adjusted range

表 20. 以 $\alpha=5\%$ 顯著水準用卡方試驗檢驗最長連續豐水月數之機率分佈曲線型

Table. 20. Test on goodness of fit by χ^2 -test for $\alpha=5\%$ (LSM)

機率分佈曲線 Distribution	流量模式 By Model Q			降水量模式 By Model N			判定 Comment
	前 S1	期 S2	VOR S3	前 S1	期 S2	VOR S3	
arith. Pearson Type I	V	V	A	A	A	A	
" III	V	A	A	A	A	V	
Charlier IV	V	V	A	A	A	V	
" III	V	A	A	A	A	V	
Normal	V	A	A	A	A	V	
Extremal I	V	A	A	A	A	V	
Edgeworth IV	V	V	A	A	A	V	
" III	V	A	A	A	A	V	
log. Pearson Type I	V	A	V	A	V	V	
" III	A	A	A	A	A	V	
Charlier IV	A	A	A	A	A	V	*
" III	A	A	A	A	A	V	*

Normal		A	A	A	A	A	V	
Extremal	I	A	A	A	V	V	V	
Edgeworth	IV	A	A	A	A	A	V	*
"	III	A	A	A	A	A	V	*

A: accepted 接受

V: rejected 棄却

LSM: adjusted longest continual wet months

表 21. 以 $\alpha=5\%$ 顯著水準用卡方試驗檢驗最大豐水量之機率分佈曲線型

Table. 21. Test on goodness of fit by χ^2 -test for $\alpha=5\%$ (SUR)

機率分佈曲線 Distribution	流量模式 By Model Q			降水量模式 By Model N			判定 Comment
	前 S1	期 S2	VOR S3	前 S1	期 S2	VOR S3	
arith. Pearson Type I	A	A	A	A	A	A	
" III	A	A	A	A	A	A	
Charlier IV	A	A	A	A	A	A	*
" III	A	A	A	A	A	A	*
Normal	A	A	A	A	A	A	
Extremal I	V	A	V	A	A	A	
Edgeworth IV	A	A	A	A	A	A	*
" III	A	A	A	A	A	A	
log. Pearson Type I	A	A	A	V	A	A	
" III	A	A	A	V	A	A	
Charlier IV	A	A	A	A	A	A	
" III	A	A	A	A	A	A	
Normal	A	A	A	A	A	A	
Extremal I	V	V	V	V	V	V	
Edgeworth IV	A	A	A	A	A	A	
" III	A	A	A	A	A	A	

A: accepted 接受

V: rejected 棄却

SUR: adjusted surplus

表 22. 以 $\alpha=5\%$ 顯著水準用卡方試驗檢驗最大缺水量之機率分佈曲線型

Table. 22. Test on goodness of fit by χ^2 -test for $\alpha=5\%$ (DEF)

機率分佈曲線 Distribution	流量模式 By Model Q			降水量模式 By Model N			判定 Comment
	前 S1	期 S2	VOR S3	前 S1	期 S2	VOR S3	
arith. Pearson Type I	A	A	A	A	A	A	
" III	V	A	A	A	A	A	
Charlier IV	V	A	A	A	A	A	
" III	V	A	A	A	A	A	
Normal	V	A	A	A	A	A	
Extremal I	V	V	V	A	A	A	
Edgeworth IV	V	A	A	A	A	A	
" III	V	A	A	A	A	A	
log. Pearson Type I	A	A	V	V	A	A	
" III	A	A	A	A	A	A	
Charlier IV	A	A	V	A	A	A	*
" III	A	A	V	A	A	A	

Normal		A	A	A	V	A	A
Extremal	I	V	V	V	V	V	V
Edgeworth	IV	A	A	V	A	A	A
"	III	A	A	V	A	A	A

A: accepted 接受

V: rejected 棄却

DEF: adjusted deficit

六、結 論 (Conclusion)

1. 水文時列之資料代表性，有其重要意義，不容忽視。短期觀測紀錄，在運用時，尤須注意其資料所具代表性程度的大小，以及用於解決某特定問題時，是否其紀錄年數合用。就水文觀測資料所估算統計參數，在某一固定紀錄年數時的穩定性而言，平均值大於標準偏差，後者則大於歪度係數。由於歪度係數，以及溪流月流量相鄰月份資料間之相關係數，在短暫觀測年數時穩定性較低，故利用此二參數時，應有深切認識。就本研究所用觀測資料分析，月流量資料的標準誤差的穩定性，比月降水量資料為差。概要地說，水文觀測資料，應具 35 年左右觀測年數時，才具較充分的資料代表性。因之，短暫紀錄的月流量觀測資料，雖可予以模擬，唯如模擬所需參數多時，因代表性較差，所得合成時列的合用性，實堪懷疑。宜設法引用附近其他較長期觀測的水文時列資料所具之較豐富資料內涵，以增加資料代表性。

2. 引用附近水文測站較長期觀測資料，需要適當的方法技術，特別是由多個附近水文測站中，以何種方法選取具代表性測站，是一項應加注意問題。本研究中，以逐步正相關與迴歸法，選取較具代表性附近測站，目的上，兼顧合理、實用與簡便原則，結果顯示，在本研究區中，由九個附近其他集水區的流量站中，只需選取二個，便已能滿足需要。此二個流量站分處兩個不同的位置方向。在研究中，也經確信，一個流量站資料，應由位於不同方向的數個鄰近集水區測站資料，綜合運用地予以推計。如果附近無可用的其他流量站，而需引用降水量站長期紀錄月降水量資料時，其推計結果將較不理想，相關程度將較差。本文研究結果指出，單靠附近月降水量觀測資料，實未能高度可靠地推估目標地的月流量，換句話說，想要精確地推估月流量時，僅採用附近月降水量資料仍嫌不够，應至少引入一個流量因子才好。

3. 本研究所用的引用附近水文測站較長期觀測資料，以模擬只具備短期紀錄的溪流月流量方法，所擬

之模擬模式，悉經資料分析與有關之顯著性試驗，據以確定。結果指出，具有合用性。流量模式與降水量模式之構成方式略有不同，其部份模擬式中之隨機成分特性，有所差別。在本研究中，所採用之兩個具代表性附近測站資料間，亦有顯著之相關存在，故在實際模擬時，其中之最具代表性的附近測站，乃被指定為模擬程序與過程中，唯一的發源地，亦即，另一測站資料也將由此一測站模擬值予以模擬。模擬時列所依據的觀測紀錄年數越長，則成果越合用。比較流量模式與降水量模式的模擬成果，前者優於後者，此當歸溯於流量模式原具較高之迴歸效果之故。合成時列統計參數的穩定性，以較長的合成時列為較佳。

4. 關於合成月流量時列的應用，本研究中，以探討與蓄水庫容量設計理論上有參考價值的某些參數，例如最長連續枯水月數、最長累計乾旱月數、最大的缺水量與最大蓄水量等，作為例子。這些參數，在本文中有其特別定義，其統計參數以及適合之機率分佈曲線型，均經判定(參見表 14 至表 22)。各參數間彼此的關係，亦經研析。最大蓄水量(adjusted range)的算術平均值對於年流量標準誤差的算術平均值的比值，在本研究中，發現其值為 8.4。另外，最長累計豐水月數的算術平均值，大於最長累計乾旱月數者，又此二參數的變異係數值大，顯得不穩定。此外，結果指出，最長累計乾旱月數與最大缺水量間有相當顯著之相關。

5. 本研究之結果顯示，溪流月流量之短期觀測時列，可以本文所述之研究方法，利用統計技術，自附近測站引入較長期之觀測資料內涵，提高其資料代表性，及以統計序率的數學模擬式，予以模擬，而得到合用的任意長的合成時列。

參 考 文 獻 (References)

1. Beard, L. R.: "Monthly streamflow simulation", Hydrologic engineering Center, Computer Program 723-X6-L2340, Vol.
2. Hydrologic engineering methods for

- water resources development, HEC, Corps of Engineers, U. S. Army, April 1972
2. Beard, L.R.: "Use of interrelated records to simulate streamflow", Journal of the Hydraulics Division, ASCE, HY5, pp. 13-22, Sep. 1965
 3. Box, G. E. P. & Muller, M.E.: "A note on the generation of random normal deviates", Annual Mathematical Statistics, Vol. 27, pp. 610-611, 1958
 4. Bretschneider, H.: "Verfahren der Wassermengenwirtschaft", Taschenbuch der Wasserwirtschaft, 5. Auflage, S. 297-306, 1971
 5. Chow, V. T.: "Handbook of applied hydrology", section VIII, McGraw-Hill Book Company, New York, 1964
 6. Chow, V. T.: & Ramaseshan, S.: "Sequential generation of rainfall and runoff data", Journal of the Hydraulics Division, ASCE, HY4, pp. 205-223, July 1965
 7. Clarke, R. T.: "Mathematical models in hydrology", Irrigation and drainage paper, No 19, FAO, Rome, 1973
 8. Dixon, W. J.: "Stepwise regression", BMD02R, Biomedical computer programs, University of California Press, Berkely, 1970
 9. Dyck, S. & Schramm, M.: "Stochastische Methoden der Speicherwirtschaft", Nr.28, Mitteilungen des Institutes fuer Wasserwirtschaft, Institut fuer Wasserwirtschaft, Berlin, 1968
 10. Efroymsen, M.A.: "Mathematische Methoden fuer Digitalrechner", Kapitel 17, Mehrfache Regressionsanalyse, A. Ralston und H. S. Wilf, R. Oldenbourg Verlag Muenchen-Wien, 1967
 11. Fiering, M. B.: "Streamflow synthesis", 1967
 12. Fiering, M. B. & Jackson, B. B.: "Synthetic streamflows", Water resources monograph 1, American Geophysical Union, 1971
 13. Hasse, H., Schmidt, M & Lenz, J.: "Der Wasserhaushalt des Westharzes", Hydrologische Untersuchungen 1941-1965, Kommissionsverlag Gebr. Wurm KG, Goettingen, 1970
 14. Huang, K.-C.: "Auswahl der repraesentativen Nachbarstationen mittels schrittweiser linearer Regression", Bericht, Leichtweiss Institut fuer Wasserbau der Technischen Universitaet Braunschweig, Nov. 1973
 15. Huang, K.-C.: "Synthese und Aufbau mathematischer Modelle zur Simulation", zweiter Teilbericht von "Synthese natuerlicher Monatsabfluesse unter Verwendung laengerer Beobachtungsdaten benachbartener Pegel bzw. Niederschlagsmessstationen mittels mehrfacher linearer Regression", unveroeffentlicher Bericht, Leichtweiss-Institut fuer Wasserbau der TU Braunschweig, Maerz 1974
 16. Huang, K.-C.: "Signifikanz der zur Simulation von hydrologischen Zeitreihen erforderlichen Parametern", unveroeffentlicher Bericht, Leichtweiss-Institut fuer Wasserbau der TU Braunschweig, Mai 1974
 17. Huang, K.-C.: "Minimum erforderliche Speicherkapazitaet", unveroeffentlicher Bericht, Leichtweiss-Institut fuer Wasserbau der TU Braunschweig, Sep. 1974
 18. Huang, K.-C.: "Synthesis of monthly streamflow by application of longer observed data of nearby stations", Mitteilungen aus dem Leichtweiss-Institut fuer Wasserbau, Heft 49, 1975
 19. Huang, K.-C.: "Die Uebertragbarkeit von Daten aus einem forstlich-hydrologischen Repraesentativgebiet auf ein groesseres Flusseinzugsgebiet", Mitteilungen aus dem Leichtweiss-Institut fuer Wasserbau, Heft 49, 1975
 20. Kisiel, C.C.: "Advances in hydroscience", Vol. 5, Time series analysis of hydrologic data, ed. by Chow, V. T., Academic Press, New York and London, 1969
 21. Kreyszig, E.: "Statistische Methoden und ihre Anwendungen", Goettingen, Vandenhoeck & Rupprecht, 1968
 22. Maniak, U. & Grobe, B.: "Verteilungsfunktionen fuer Hochwasserhaeufigkeiten

- und ihre Eignung", Mitteilungen aus dem Leichtweiss-Institut fuer Wasserbau, Heft 35, S. 3-11, 1973
23. Matalas, N.C.: "Mathematical Assessment of synthetic hydrology", No. 4, Water Resources Research, pp. 937-945, Fourth Quarter, 1967
 24. McMahon, T. A., Codner, G. P. & Philips, C.: "Single and Multisite operational hydrology", Nordic Hydrology, 3, pp. 214-238, 1972
 25. Moran, M. A.: "On estimators obtained from a sample augmented by multiple regression", Vol. 10, No. 1, Water Resources Research, pp. 81-85, Feb. 1974
 26. Moss, M. E. & Karlinger, M. R.: "Surface water network design by regression analysis simulation", Water Resources Research, 10(3), pp. 427-433, Washington, D. C., June 1974
 27. Raudkivi, A. J.: "Simulation von Regenniederschlaegen", Wasserbau-seminar, Leichtweiss-Institut der TU Braunschweig, Mai 1973
 28. Roesner, L.A. & Yevjevich, V.: "Mathematical models for time series of monthly precipitation and monthly runoff", Hydrology Papers, No. 15, Colorado State University, Fort Collins, U. S. A. Oct. 1966
 29. Teuber, W.: "Kontinuierliche Abflussvorhersagen Mittels mehrfacher linearer Regression", Mitteilungen aus dem Leichtweiss-Institut fuer Wasserbau, Heft 26, 1970
 30. Thomas, H. A. Jr. & Fiering, M. B.: "Mathematical synthesis of streamflow sequences for the analysis of river basins by simulation", Design of water resource system, 3th Edi., pp. 459-493, Harvard, 1967
 31. Vahl, H.: "Die Mittelbildung von Wasserbilanzen am Beispiel des Oker-Aller-Einzugsgebietes", Mitteilungen aus dem Leichtweiss-Institut, Heft 30, 1971
 32. Wallis, J. R. & O'Connell, P. E.: "Brief Reports, small sample estimation of f_1 ", Vol. 8, No. 3, Water Resources Research, pp. 707-712, June 1972
 33. Yevjevich, V.M.: "Probability and statistics in hydrology", Chap. 11, Correlation and regression, Water Resources Publication, Fort Collins, Colorado, 1972
 34. Yevjevich, V. M.: "Stochastic processes in hydrology", Water Resources Publication, Fort Collins, Colorado, 1972
 35. Young, G. K. & Pisano, W.C.: "Operational hydrology using residuals", Journal of the Hydraulics Division, ASCE, pp. 909-923, July 1968

華王水電工程行

甲級水管承裝

甲級電氣承裝

地址：臺南市北園街 12 之 60 號

TEL : 5 1 2 4 4