

台灣地區廿四小時設計雨型之研究

A Study on Design 24-Hours Duration Rainfall Hyetographs in Taiwan

國立臺北科技大學土木工程技術系副教授

張 守 陽
Shou-young Chang

摘 要

本研究目的在於開發新觀念設計雨型，並初步建立客觀的評估方法。文中主要考慮降雨事件中之降雨量機率分佈特性，藉此降雨特性研發 24 小時延時設計雨型，繼而比較現有設計雨型與個人發展設計雨型。主要成果分述如下：

本研究共研發 PAR 法、NOR 法及 LNOR 法等三種新設計雨型，新雨型可避免一般設計雨型之線性套配缺點。各雨型求算之降雨重心差異不明顯。HUFF 法與 PILG 法雨型呈現扁平起伏形狀，雖平均估計誤差最小，但對尖峰時間之掌握較不理想，於尖峰雨量明顯低估。其餘設計雨型類似單峰狀三角形，具有較大之尖峰雨量，尖峰時間較為一致。

由於實際降雨事件特性參數離散度頗大，因此各設計雨型之平均估計誤差值都不小，而且其誤差值皆頗接近，即使選擇較小誤差之設計雨型方法，亦難以判斷此設計雨型之代表性。

以尖峰降雨位序百分比而言，除了 LNOR 法雨型約為 98%，其餘各雨型皆小於 50%，其中 HUFF 法與 PILG 法之參數百分比過低，僅約為 3%，YEN 法雨型尖峰設計值亦約為實際降雨事件該參數之三分之一，以 IDF 法雨型及 PAR 法雨型較為接近事件平均值。

各設計雨型於尖峰降雨與尖峰時間之整體考量下，傳統之 HUFF 法與 PILG 法有著較大差異。各雨量站皆以 PAR 法之「均值偏差」最小，其次為 NOR 法及 MAM 法。綜言之，PAR 法與 NOR 法雨型總體表現不錯，且於不同地區模擬結果穩定。

關鍵詞：設計雨型，統計特性，位序百分比評估，均值偏差評估。

ABSTRACT

According to the statistics' properties of rainfall event, several new concepts for design hyetographs of twenty-four hours duration were constructed in this study. Consequently,

various impartial evaluation methods were also developed to have a better understanding of characteristics of design hyetographs. The primary conclusions may be stated as follows:

Three new probability-based design hyetographs (namely, PAR pattern, NOR pattern and LNOR rainfall pattern) were constructed. Those newly developed rainfall hyetographs can keep away from the linear fitness from which the existing rainfall hyetographs were derived. The weighting times for all design hyetographs resembled each other. The HUFF and PILG patterns had an undulate shape; therefore, their time to peak was difficult to estimate. Moreover, the rainfall peak of these two methods were pretty underestimated compared with actual rainfall events. The design hyetographs except for HUFF and PILG methods had a single peak triangular shape not only with a larger rainfall peak and but also with consistency of time to peak.

Due to the diversity of the characteristics parameters for the actual rainfall events, the 'mean of sum of square error' for the rainfall hyetographs are all with large amounts and with the approximately same values. The so-called 'representative rainfall hyetograph' can not proposed easily even though the hyetographs with the least 'mean of sum of square error' was chosen. Therefore, an objective evaluation method is needed.

The Ranking-percents of rainfall peak for LNOR patterns reached up to 96 % and were the highest rankings among those rainfall patterns. Except for LNOR, the Ranking-percents of the rainfall peak for other patterns were generally less than 50 %. Furthermore, the design rainfall peak for three patterns, Huff, PILG and YEN, were highly underestimated compared to those for actual rainfall events. For example, the design rainfall peak for YEN pattern only had one third of actual rainfall event peak.

A new method named 'Mean deviate percentage' is used to evaluate the peak intensity and time to peak together. On the whole, the PAR pattern has the least deviations, and those resulting from NOR and MAM follow. In contrast, the design hyetographs obtained from the traditional methods such as Huff and PILG have larger deviations. In a word, all the hyetographs designed in this study performed well and stably with various evaluations.

Keywords : Design rainfall hyetograph, Statistical properties, Ranking-percents evaluation, Mean deviate percentage analyses.

一、緒論

1-1 前言

降雨量於時間上之分佈稱為降雨組體圖或簡稱為雨型。於降雨—逕流模式演算中，雨型為模式系統之輸入(input)，其特性影響著系統之輸出(output)—流量歷線，對流量歷線之尖峰流量與尖峰流量時間等之影響甚鉅。當需考量流量歷線之相關水資源工程規劃與設計時，如防洪、排水設

計、滯洪池設計及水庫操作等，雨型扮演極為重要的角色。

降雨組體圖之影響因素包括水文、氣象、地理環境等複雜條件，其設計有賴於對該研究區域之地域特性與氣象水文等特性之了解，然而在此深入探討者不多。現有降雨組體圖設計方法[余濤，1988]多源自於國外[Huff，1967，Pilgrim and Cordery, 1975、Chen,1976, Yen and Chow, 1980等]地區，各降雨組體圖分別反映了其降雨結構或其

特殊地理配置，以此等條件所得之設計降雨組體圖，是否符合台灣地區工程規劃之降雨特性，而得以直接套配使用，即有待進一步研究。

1-2 前人研究

有關前人之設計雨型：Keifer 及 Chu(1957) 首先以平均降雨強度公式 $i = \frac{a}{t_b + c}$ 及尖峰時間參數 γ 應用於美國芝加哥排水 (Chicago sewers) 之雨型設計；其中 γ 為瞬時尖峰降雨時間與降雨延時 t_d 之比值，Keifer 依不同降雨延時之平均降雨分別累減，經調整為 γ 值後，推導出降雨組體圖，此法雖為美國氣象局 (U.S. Weather Bureau) 所採用，但其參數 γ 固定 (= 3/8) 及未考量實際降雨之統計特性為部份後來學者所保留 [Yen and Chow, 1980]；其後有多位學者如：Bandyopadhyay(1972)，張守陽(1995a) 等以不同降雨強度公式設計雨型。此等降雨強度公式設計之雨型整合了各延時最大降雨，以作為分配至各延時之降雨量比例。Wenzel(1982) 提出組合法設計雨型 (composition method)，藉由降雨強度-延時-頻率公式 (Intensity-Duration-Frequency, IDF 公式)，求取不同重現期距下不同延時之最大降雨量。再將延時為 T 之最大降雨量，減延時為 T-1 之最大降雨量，並除以總降雨量，得不同重現期距下之設計降雨。各延時同時發生最大降雨之機率極微，而且求算之設計雨型之百分比隨降雨時間由大至小排列，形成一指數衰減現象，因此結果不甚合理。後有考慮降雨之尖峰時間，如美國水土保持局之二號分佈 (SCS type II distribution) [Bedient and Huber, 1988] 將尖峰降雨前後之降雨量依大小重新分配，套配結果，仍未考慮事件中降雨量之機率分佈特性。

Huff [Huff, 1967, Chow et al., 1988] 提出平均法設計雨型 (Huff method)：針對 3 ~ 48 小時降雨事件，依暴雨之嚴重程度分成四組 (quartile)，對較嚴重之降雨組，求出各場降雨無因次累積曲線 (dimensionless mass curve)，藉此建立雨型。另外 Pilgrim 與 Cordery(1975) 提出級序平均法 (Pilgrim 與 Cordery method)：將每場降雨分為 m 個時段，將每一時段之降雨量百分比給予級序。總級序最小者給予最小之平均降雨量百分比，總級序最大者給予最大之平均降雨量百分比，此即為級序平均法

設計雨型，計算結果與 m 值有關，計算方法近似於平均法設計雨型，對於設計雨型有尖峰衰減 (damping) 之虞。

Yen 與 Chow(1980) 提出三角形法設計雨型 (Yen's Method)：求算各場降雨之重心時間，加以無因次化並平均之，以此計算尖峰前及尖峰後直線公式，即得三角形法設計雨型。此法僅考慮降雨之重心時間，應用上頗為便利，可用於短延時簡易雨型之設計 (張守陽, 1994a)；但是尖峰降雨前後之降雨量以線性套配，仍未能考慮其間降雨量之機率分佈特性，勢將間接影響逕流量於時間之分佈。

張守陽(1983) 利用序率水文學原理，以馬可夫一階歷程 (Markovian first order process) 觀念，求取逐時雨量之轉移機率矩陣 (transitional probability matrix)，依此矩陣推求序率法設計雨型。此法所得雨型雖考慮降雨之持續特性，但並非唯一且無特定變化趨勢可尋，較不適於工程設計規劃之使用。另外，顏清連等(1989) 提出無因次移動平均法設計雨型 (dimensionless moving average method)，以移動平均法求算每三小時平均雨量並予以無因次化後，將各場降雨累加平均之，以求取設計雨型。但其無因次化時間 (即時間除以尖峰降雨時間) 之上限值並無規則可尋，使設計雨型之重心時間無法完全符合實際降雨資料。

1-3 研究目的

上述各設計雨型對降雨事件內之降雨量機率分佈特性皆未能加以考慮，對於降雨-逕流模式演算深具影響，是有斟酌之必要。有鑑於此，本研究即以台灣為應用對象，進行降雨事件分割，深入探討降雨事件特性，藉此統計特性開發嶄新之設計雨型，並建立客觀的評估方法，研析整個地區內各主要雨量站各雨型之特性，希冀提供工程規劃設計應用之參考。

二、理論探討

2-1 降雨事件分割

於逕流量設計時，大都藉由特定降雨事件進行雨型設計，繼而作為降雨逕流模式演算中之輸入。為客觀設計暴雨，不以少數特殊暴雨事件為分析對象，前人多將龐大降雨資料分割為降雨事

件後，再來探討降雨於時間上的分佈。因此設計雨型時即面臨降雨事件之定義問題。前人研究多以一連續降雨之始末作為降雨事件開始與結束，此對於一長延時之降雨，如颱風事件，即可能因其間之間歇降雨而被分割為數個降雨事件，造成不合理現象。徐享崑等 [徐享崑、游保杉，1994] 曾以指數分佈法分割二獨立暴雨，其臨界延時為 3 至 5 小時，與實際暴雨相比較，似乎略為保守。

有鑑於此，林國峰與張守陽 [1991-1994] 初步將降雨事件分割方法分成三種方案。方案一仿前人方法為連續降雨事件，中間不容許停雨；方案二為降雨事件中容許一小時之停雨，亦即降雨開始及結束前後兩小時並無降雨量；方案三則為降雨事件前後三小時並無降雨量，亦即降雨事件中容許一或二小時之中斷降雨。針對河川及集水區之治理計畫時之所需長延時降雨 (18 小時 ~ 30 小時)，如實際颱風事件，可能發生短暫歇雨，即可用方案三降雨事件進行雨型之分析研究。而於都市排水計畫或區域排水工程需較短延時雨型，如雷雨事件，則可用方案一加以探討。

由於歷年來侵襲台灣且造成災害之降雨多分佈於每年 5 月至 10 月之汛水期，針對工程需要且不擬被較小降雨事件影響雨型設計結果，張氏擷取發生於各年汛水期間且總雨量大於中值總雨量 (以總雨量累積分佈圖中，累積機率為百分之五十之總雨量命名之) 之較大降雨事件，做為設計雨型分析的對象。張守陽 [1995b] 深入分析逐時雨量之降雨特性與評估降雨事件分割方法，研析不同降雨分割事件之特性參數，以作為設降雨事件之參考。經廣泛研析後，本文採發生於每年五月至十月之汛水期，總雨量大於中值總雨量之 18 ~ 30 小時延時降雨事件，並以方案三 (事件中得以二小時之中斷降雨) 條件分割降雨事件。

2-2 前人設計雨型

本研究所採用之前人設計雨型，分別為平均法雨型、級序平均法雨型、三角形法雨型及降雨強度公式法雨型，並修改無因次移動平均法。各雨型詳細回顧可參考 Pilgrim 與 Cordery (1976)，Chen (1976) 及 Yen and Chow (1980)，張守陽 (1994 a, 1995a)，本文不再贅述。其設計方法簡述如下：

1. 平均法 (Huff method) [Huff, 1967, Chow et al., 1988]:

本文主要求取均值平均法設計百分比雨型。

- (1) 由逐時降雨量資料，求出各場降雨之總降雨量。
- (2) 依暴雨之嚴重程度，篩選出總降雨量為前百分之五十之各場降雨。
- (3) 求出各場降雨各小時降雨量佔總降雨之百分比，而後累加之，即得各場降雨之累積百分比雨型。
- (4) 將各場降雨之累積百分比雨型平均，最後再予累減，即得機率為 50 % 之平均法設計百分比雨型。

2. 級序平均法 (Pilgrim & Cordery method) [Pilgrim and Cordery, 1975, Bras, 1990]

- (1) 將每場降雨分為 m 個時段。Pilgrim & Cordery 建議：當延時為 6 小時或 12 小時， m 採 6，延時大於 24 小時，則 m 採 8。
- (2) 求出各場降雨每時段之降雨量百分比，並平均之，求得各時段平均降雨量百分比。
- (3) 將每一時段之降雨量百分比給予級序，降雨量百分比最小者級序為 1，次小者級序為 2，最大者級序為 m 。
- (4) 將各場降雨相同時段之級序相加，按總級序大小分配上述之平均降雨量百分比。總級序最小者給予最小之平均降雨量百分比，總級序最大者給予最大之平均降雨量百分比，此即為級序平均法設計雨型。

3. 三角形法 (Yen & Chow's Method) [Yen and Chow, 1980]

- (1) 由小時降雨量資料 P_j ，求出各場總降雨量 D_i 。
- (2) 求算各場降雨之重心時間 t_{cg} (降雨量對時間取一次轉距 first moment arm)。

$$t_{cg} = \frac{\Delta t \sum_{j=1}^n (j-0.5) P_j}{D_i} \quad (2-1)$$

其中： t_d = 降雨延時。

- (3) 將各場降雨之重心時間 t_{cg} 加以無因次化並平均之，求得無因次平均降雨重心 \bar{t}_w 。

$$\bar{t}_w = \frac{1}{k} \left(\sum_{i=1}^k \frac{t_{ci}}{t_d} \right) \quad (2-2)$$

其中， k = 降雨事件數。

- (4) 計算降雨事件之尖峰時間 $T_p = 3\bar{t}_w - 1$ 。
- (5) 計算尖峰前及尖峰後直線公式。
- (6) 由直線公式求得每時段之降雨百分率，即為三角形法設計雨型。

4. 降雨強度公式法雨型

降雨強度公式法雨型為依據雨量強度—延時—頻率關係（簡稱 IDF 公式）推導而得，於各雨型中唯一具有再現期（recurrence interval）特性之雨型，常為工程實務界所採用。本文依不同重現期距之 Horner 之 IDF 公式： $I = \frac{\alpha T^b}{(t+b)^n}$ ，進行雨型設計。

- (1) 由下列公式設計尖峰時間前後不同之降雨強度，若尖峰前時間為 $t_b = r \times T$ ，尖峰後時間為 $t_a = (1-r) \times T$ ，則尖峰前公式為 [Bandyopadhyay, 1972]

$$i_b = \frac{a [b + (1-r) \frac{t_b}{r}]}{(\frac{t_b}{r} + b)^{n+1}} \quad (2-3)$$

而尖峰後公式為

$$i_a = \frac{a [b + (1-r) \frac{t_a}{1-r}]}{(\frac{t_a}{1-r} + b)^{n+1}} \quad (2-4)$$

- (2) 將 i_b 在 t_{b1} 至 t_{b2} 積分 ($t_{b2} > t_{b1}$)，得該時段降雨量為：

$$\int_{t_{b1}}^{t_{b2}} i_b dt_b = ar^n \left[\frac{t_{b2}}{(t_{b2} + rb)^n} - \frac{t_{b1}}{(t_{b1} + rb)^n} \right] \quad (2-5)$$

將 i_a 在 t_{a1} 至 t_{a2} 積分 ($t_{a2} > t_{a1}$)，得該時段降雨量為：

$$\int_{t_{a1}}^{t_{a2}} i_a dt_a = a(1-r)^n \left[\frac{t_{a2}}{(t_{a2} + (1-r)b)^n} - \frac{t_{a1}}{(t_{a1} + (1-r)b)^n} \right] \quad (2-6)$$

分別對尖峰時間前後不同時段加以積分，分由尖峰值逐段積分至降雨開始及至降雨停處止。

- (3) 經以錯誤嘗試法 (trial and error) 比較不同之 r 值，使與實際降雨尖峰時間之誤差為最小。

5. 無因次移動平均法 (dimensionless moving

average method) [顏清連等 (1989)，林國峰與張守陽 (1991)]

- (1) 由降雨事件記錄求算尖峰降雨時間 T_p 與尖峰降雨及其前後一小時之平均降雨量。
- (2) 以移動平均法求算每三小時平均雨量。
- (3) 以無因次雨量 (將每三小時之平均雨量除以最大之三小時平均雨量) 為縱座標，無因次時間 (即時間除以尖峰降雨時間) 為橫座標，即為各場降雨之無因次移動平均雨型。
- (4) 將各場降雨之無因次移動平均雨型累加，再予以平均。

由於前人於應用此法時，其橫座標無因次時間之上限多以經驗法則判斷，並未考量實際降雨事件重心，因此本文修改如下：以錯誤嘗試法測試在不同最大無因次時間上限下，求取無因次重心時間平均值，使符合實際降雨資料之無因次降雨重心 \bar{t}_w 。繼以符合 \bar{t}_w 之無因次時間作為橫座標之上限，重新分配各延時之降雨量比例，即得該站之設計雨型。

2-3 雨型設計

現有雨型設計多利用每場暴雨事件之無因次累積降雨組體圖加以平均，求算而得 (如：Huff 雨型)，或考慮降雨重心與尖峰降雨條件，加以線性套配，以求算雨型 (如：三角形雨型)。因此前人設計雨型未考慮實際降雨事件中降雨量分佈之統計特性。因此本文藉降雨量統計分析結果，開發二次多項式分佈雨型、常態分佈法雨型及對數常態分佈法雨型。各雨型設計方法概述如下：

1. 二次多項式分佈雨型 [林國峰、張守陽，1991，1992]

若將一降雨事件之雨量值加以由小至大排序 (sorting)，排序後之降雨組體圖形狀大致近似拋物線，可以以下列不同二次多項式形式加以描述：

$$P(t) = a_1 t^2 + b_1 t + c_1 \quad (2-7)$$

$$P(t) = a_2 t^2 + b_2 t \quad (2-8)$$

$$P(t) = a_3 t^2 \quad (2-9)$$

其中 $P(t)$ 為經過排序後之降雨組體圖；式 (2-7) 為任意拋物線；式 (2-8) 代表之拋物線通過原點；

式(2-9)之拋物線不但通過原點而且對稱於y軸。以實際資料配合迴歸分析可求得各二次多項式多項式係數，再加以位序排列，使成單峰形狀，並使排序後之重心時間符合實際降雨事件之重心時間，即為二次多項式分佈雨型。由於式(2-7)並無限制條件，其迴歸式於較小時間t求算雨量時，可能產生負值或較大雨量，不甚合理。而式(2-9)之二次多項式套配時，由於化為百分比雨型後，其係數 a_3 雖不同，但於相同延時之百分比雨型分析時，即出現相依(dependent)現象，使各雨量站雨型相同[林國峰、張守陽(1991)]，例如：以二十四小時延時之二次多項式而言，百分比雨型之計算如下：

$$P(t) = \frac{a_3 t^2}{\sum_{i=1}^{24} a_3 t_i^2} \times 100\% = \frac{t^2}{\sum_{i=1}^{24} t_i^2} \times 100\%, \quad t=1 \text{ to } 24 \quad (2-10)$$

由上式可知，式(2-9)之百分比雨型不因 a_3 之相異而有不同。因此式(2-9)不適於描述降雨事件中降雨量分佈。因此本研究以式(2-8)探討二次多項式分佈之雨型。

2. 機率分佈雨型

為進一步探討降雨事件之降雨量分佈之統計特性，本文假設降雨事件之降雨量可符合某函數分佈，並且以柯司檢定(K-S test)[王如意、易任(1990)]進行降雨量機率分佈與某函數分佈之密合度檢定。若經檢定得知降雨分佈密度函數(probability density function)呈現某一函數分佈(如：對數常態分佈或常態分佈等)，即可以此機率分佈配合各統計參數，合成適切之降雨時列(generation of synthetic sequences of rainfall)，進而推導機率分佈雨型。合成方法如下：

- (1) 求出各場降雨事件各時段之降雨量 P 占該事件總雨量之百分比，繼而計算各降雨事件降雨量(百分比)之平均值 \bar{P} ，標準偏差 SD 及偏態係數 C_s 。
- (2) 當一降雨事件之降雨量分佈密度函數已知，可以雨型之設計延時 t_d 配合分佈密度函數，將此密度函數圍成之面積分割成 t_d 個等分，亦即合成「相等發生機率」之降雨值，再推求各等分下所對應之標準變量

(standardized variate) 值 Z 。(其中 $Z = (P - \bar{P})/SD$)；

- (3) 例如降雨分佈密度函數呈現常態分佈時，求得 t_d 個 Z 值後，以 $P(Z) = \bar{P} + Z \times SD$ ，求算 t_d 個降雨百分比值(若為對數常態分佈，則： $P(Z) = 10^{(\bar{P} + Z \times SD)}$)；

- (4) 求算出 t_d 個設計降雨百分比值 $P(Z)$ 後，使排序成單峰形狀，並使排序後之重心時間符合實際降雨事件之重心時間，即得符合降雨量分佈統計特性之機率分佈雨型。

本文中各種設計雨型之代碼如下：分別以HUFF、PILG、YEN、IDF與MAM表示平均法、級序平均法、三角形法、降雨強度公式法與移動平均法；二次多項式機率分佈法及PAR表示；對數常態機率分佈法與常態機率分佈法表示為LNOR與NOR。

2-4 設計雨型評估方法

1. 一般性雨型評估

前人對雨型評估多直接以雨型與所蒐集之降雨事件相比較，計算其累積之差值，進行所謂之「誤差」評估。前人之一般評估準則[顏清連等，1989]如下：

- (1) 降雨重心誤差(error of weighting time)

$$EWT = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \left(\frac{|t_{cg} - \bar{t}_{cg}|}{t_{cg}} \right)_i \quad (2-11)$$

式中， t_{cg} ：實際降雨之降雨重心； \bar{t}_{cg} ：設計雨型之降雨重心。

- (2) 尖峰降雨誤差(error of rainfall peak)

$$ERP = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \left(\frac{|P_p - \bar{P}_p|}{P_p} \right)_i \quad (2-12)$$

式中， P_p ：實際尖峰降雨； \bar{P}_p ：設計雨型尖峰降雨。

- (3) 尖峰時間誤差(error of time to peak)

$$ETP = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \left(\frac{|T_p - \bar{T}_p|}{T_p} \right)_i \quad (2-13)$$

式中， T_p ：實際降雨之尖峰時間； \bar{T}_p ：設計雨型降雨之尖峰時間。

- (4) 平均估計誤差(mean of sum of square error)

$$SSE = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \left[\frac{1}{t_d} \sum_{j=1}^{t_d} (P_i - \bar{P}_i)^2 \right]^{1/2} \quad (2-14)$$

式中， P_i ：實際降雨量百分比； \bar{P}_i ：設計雨型降雨量百分比。

2. 雨型評估新方法

(1) 標準變量評估

由於降雨現象變化萬千，為選擇得以說明該地區之合理降雨型態，宜比較設計雨型與所有實際降雨事件之關係，再配合工程需要，以求取符合降雨特性之設計雨型。初步開發之雨型評估方法如下：
藉所有降雨事件參數（如：降雨重心、尖峰雨量及其尖峰降雨時間）之平均值及標準偏差，分別求算設計雨型參數之標準變量如下：

$$Z_x = \frac{(x_i - x_M)}{X_{SD}} \quad (2-15)$$

其中： Z_x 為雨型設計參數 x_i 之標準變量， x_M 與 X_{SD} 分別為實際降雨事件該參數之平均值及標準偏差值。依據統計學原理 [Haan, 1979]，標準偏差代表資料對其平均值之離散程度，若設計參數之標準變量等於零時，表示此參數設計值等於降雨事件該參數之平均值；若設計參數之標準變量為1，則表示該設計參數值比降雨事件之參數平均值大一個標準偏差值。藉標準變量分析，可避開上述傳統之誤差評估方法，進而了解設計雨型之參數設計值位於所探討降雨事件參數之範圍，如此可提供雨型設計之參考。

(2) 位序百分比評估

若假設降雨事件參數之機率分佈得以常態分佈套配，上述之標準變量便可以依常態分佈下標準變量涵蓋之面積換算為機率百分比值，本文稱為「位序百分比」值。例如：標準變量為零時，參數設計位序值恰為實際降雨事件該參數之平均值，其位序百分比值則為百分之五十；若參數之標準變量為1，則其位序百分比值則為84.1，亦即有84.1%之降雨事件之該參數值小於雨型參數設計值。因此藉位序百分比可直接

了解參數設計值與實際降雨事件參數之位序關係，以提供水利工程設計規劃風險之參考。

(3) 均值偏差百分比評估

一般設計雨型之評估，多以尖峰降雨及尖峰時間二參數設計值為最重要考量。為綜合探討設計雨型二參數設計值與實際降雨事件參數平均趨勢，本文以中值數 (median) 代表此參數平均趨勢，將此二參數之位序百分比各減均值50後，求取均方根（取平方和、再開根號），本文將此稱為「均值偏差百分比」，以作為設計雨型尖峰降雨與尖峰時間之總體表現評估。

三、結果與討論

本研究以中央氣象局台灣地區二十五個主要雨量站逐時雨量資料，進行設計雨型之研究。為進行地域性差異之初步解析，將台灣分割為北部、東部及西南部三大區域。其中以中部三義火燄山為界，區分北部地區與西南部地區；並以中央山脈隔出西南部地區與東部地區。其中七成雨量測候站為平地測候站，其高程小於一百公尺；而玉山、阿里山與日月潭海拔較高，大於一千公尺。各雨量站採用之逐時降雨記錄年限，以蘇澳雨量站記錄最短，而創立年份較早之台北、花蓮、台東、台南及台中五個雨量站記錄最長，各採用39年逐時雨量記錄，其餘雨量站則大多採30年記錄。

3-1 降雨事件統計特性

經分析逐時雨量之降雨特性，分割降雨事件 [張守陽, 1995a, 1995b] 並研析其特性參數後，採總雨量大於中值總雨量之降雨事件，且於每年五月至十月之汛水期發生，事件中得以二小時之中斷降雨，以此條件分割出18~30小時延時之降雨事件。完成事件分割後，將各事件降雨組體圖換算為「百分比降雨」（各小時降雨量除以該事件總降雨量再乘以100%），而後累加之，求出各場降雨之累積百分比雨型，再分別轉換為24小時延時之百分比降雨組體圖，以此組體圖進行降雨事件統計特性分析。

將台灣地區主要雨量站18至30小時延時降雨

事件依上述方式分別轉換為 24 小時延時之百分比降雨組體圖後，求算各主要參數(降雨重心、尖峰降雨及尖峰降雨發生時間)發生機率分佈繪圖於圖 1。圖 1-1 為台灣地區主要雨量站降雨重心發生機率分佈圖，其橫座標為降雨重心百分比，由圖可知降雨重心值集中於 45% 至 50%，呈現左右對稱之鐘型分佈，若以常態分佈套配頗為恰當。

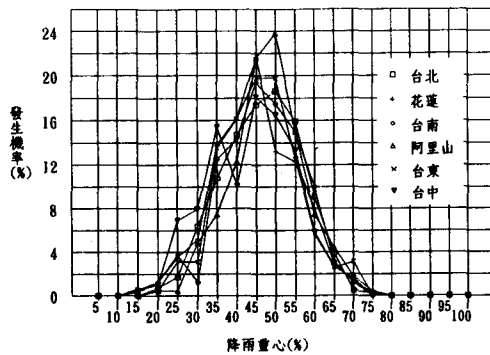


圖 1-1 台灣地區主要雨量站降雨重心發生機率分佈圖

尖峰降雨機率分佈(圖 1-2)則略為向右偏斜(positive skewness)，其橫座標為尖峰降雨占該降雨事件總雨量之百分比值，除了少數幾場具不尋常之高尖峰降雨事件外，亦呈現左右對稱之鐘型分佈。

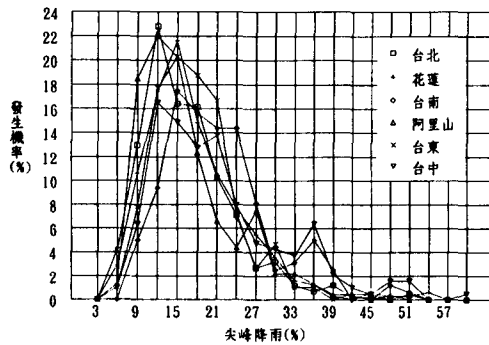


圖 1-2 台灣地區主要雨量站尖峰降雨發生機率分佈

尖峰降雨發生時間之機率分佈如圖 1-3 所示，其橫座標為尖峰降雨發生時間除以該降雨事件之降雨延時之百分比值，除部份尖峰降雨時間發生

於降雨初期與末期之降雨事件外，其餘時段發生尖峰降雨之機率略呈均勻分佈，集中現象較不明顯。

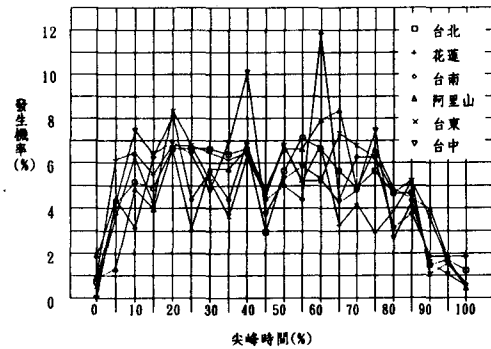


圖 1-3 台灣地區主要雨量站尖峰時間發生機率分佈圖

3-2 雨型設計

本文共探討五種現有雨型：平均法、級序平均法、三角形法及降雨強度公式法雨型，修改移動平均法雨型，以及三種與自行開發之設計雨型：對數常態機率分佈法、常態機率分佈法與二項式機率分佈法雨型，各設計雨型皆以百分比形式表示之。

由於降雨強度公式法雨型於各雨型中唯一具有再現期(recurrence interval)特性之雨型，其雨型設計可能依再現期距而改變。為探究此方法與再現期距特性之關係，本文藉台灣大學水工試驗所之 IDF 公式研究成果[許銘熙等，民國 83 年]，進行 IDF 公式法雨型分析。

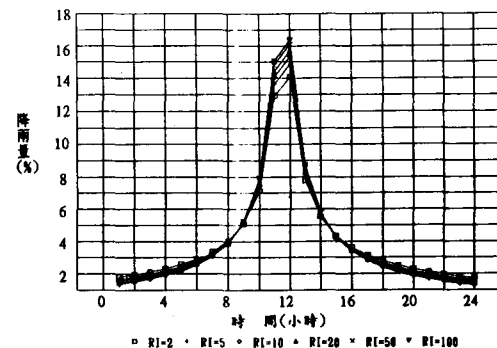


圖 2 降雨強度公式法雨型(24 小時延時)

圖 2 為例舉台北站於不同重現期距之 24 小時延時 IDF 法雨型。由圖可知各重現期距求算之雨型形狀近似，且尖峰時間一致。表 1 則為各雨量站不同重現期距 IDF 法雨型之尖峰降雨百分比，由表 1 可發現，大部份雨量站以 IDF 法雨型求得之尖峰降雨與重現期距具一致性，但不見得具備增或減之必然趨勢，各重現期距對於 IDF 法雨型尖峰降雨差值影響約在百分之二以下。亦由表 1 得知，少數雨量站於不同重現期距之尖峰降雨呈現不尋常增減之必然現象，例如澎湖(站號 735)、東吉島(730)與梧棲(777)等三雨量站。經配合許氏之 IDF 公式研究報告初步研析，可發現此三站之 IDF 公式求算迴歸式過程之相關係數偏低，即本身與實際降雨資料相關性較不理想[許銘熙、黃宏斌，民國 83 年]，因

此影響 IDF 法雨型之設計。

圖 3 所示分別為本文探討之八種雨型，用以比較不同設計雨型之差異。由於平均法與級序平均法設計雨型，經以實際降雨資料中各對應時刻雨量相加直接平均，造成尖峰消滅，故曲線變化較為緩和，呈現扁平且起伏不定之不規則雨型。其它設計雨型皆類單峰狀三角形，因此相對於平均法設計雨型，單峰狀設計雨型具有較大之尖峰雨量。其中對數常態機率雨型之尖峰明顯突出，其雨型尖峰值約為常態機率雨型與二次多項式機率雨型三倍左右。

表 2 為台灣各區雨型參數之平均值。由於各雨型設計時皆配合實際降雨事件之重心平均值，所以各求算所得之降雨重心相當近似。相對的，各經

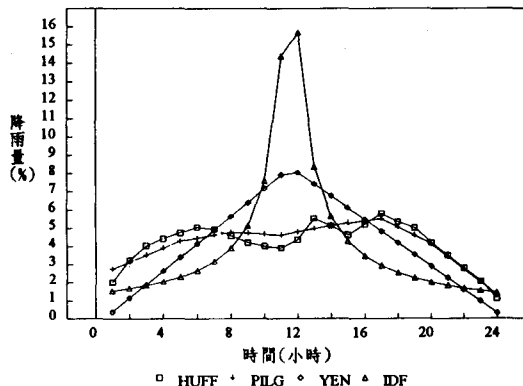


圖 3-1 前人研展雨型之比較

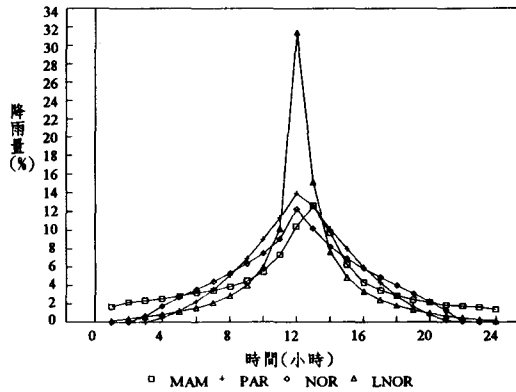


圖 3-2 個人研展雨型之比較

表 1. 以 IDF 公式設計二四小時延時雨型之尖峰值(%)

重現期距\站號	690	692	694	695	699	708	730	735	741	744	748
2	13.54	14.09	12.35	15.01	12.13	12.39	14.56	12.68	13.38	13.21	13.03
5	13.01	14.88	12.39	16.28	11.85	12.33	15.42	15.53	12.69	14.45	12.55
10	12.56	15.33	12.48	16.98	11.71	12.14	16.35	18.48	12.19	15.54	12.42
20	12.05	15.69	12.56	17.53	11.59	11.91	17.49	22.76	11.73	16.69	12.44
50	11.36	16.11	12.72	18.11	11.40	11.58	25.62	33.08	10.73	18.37	12.53
100	10.80	16.36	12.84	18.43	11.28	11.30	20.98	53.48	11.15	19.76	12.60
尖峰值趨勢	↘	↗	↗	↗	↘	↘	---	↗	---	↗	→
重現期距\站號	749	753	754	755	757	759	761	762	765	766	777
2	13.09	9.63	12.40	9.33	14.66	12.97	11.09	14.45	14.19	11.70	17.38
5	12.97	9.50	12.00	9.55	14.39	13.11	10.74	14.25	14.00	11.22	14.73
10	13.49	9.52	11.75	9.87	14.46	13.23	10.74	13.82	13.61	11.22	12.98
20	14.12	9.37	11.56	10.25	14.62	13.29	10.82	13.39	13.19	11.33	11.43
50	14.85	8.57	11.26	10.84	14.91	13.38	10.97	12.65	12.65	11.59	9.74
100	15.17	7.81	11.05	11.33	15.21	13.45	11.12	12.13	12.31	11.86	8.68
尖峰值趨勢	---	↘	↘	↗	→	↗	→	↘	↘	→	↘

* ↗(↘)：雨型尖峰值隨重現期距增加而增加(減少)；→；變化不明顯；--- 變化不規則

表 2. 臺灣各區雨型參數及一般性評估

雨型	地區	降雨重心	尖峰降雨 (%)	尖峰時間 (時)	降雨重心誤差	尖峰降雨誤差	尖峰時間誤差	平均估計誤差
YEN	西南部	0.485	8.319	11.400	0.092	0.487	0.203	4.743
NOR	西南部	0.490	12.509	12.000	0.093	0.292	0.205	5.210
LNOR	西南部	0.489	32.368	12.000	0.093	0.993	0.205	7.777
PILG	西南部	0.487	5.848	10.900	0.092	0.640	0.236	4.553
MAM	西南部	0.485	12.430	13.000	0.092	0.300	0.204	5.050
IDF	西南部	0.481	13.947	12.000	0.092	0.314	0.205	5.394
HUFF	西南部	0.485	6.309	11.600	0.092	0.611	0.215	4.529
PAR	西南部	0.490	14.354	12.000	0.093	0.259	0.205	5.804
YEN	北部	0.469	8.344	10.222	0.097	0.473	0.221	4.743
NOR	北部	0.489	12.335	12.000	0.098	0.293	0.219	5.258
LNOR	北部	0.489	30.192	12.000	0.098	0.934	0.219	7.532
PILG	北部	0.474	5.268	10.000	0.097	0.665	0.236	4.451
MAM	北部	0.469	12.102	12.556	0.097	0.299	0.222	5.038
IDF	北部	0.481	14.604	12.000	0.097	0.297	0.219	5.406
HUFF	北部	0.470	5.812	9.889	0.097	0.631	0.248	4.439
PAR	北部	0.490	14.021	12.000	0.098	0.266	0.219	5.869
YEN	東部	0.493	8.332	12.000	0.085	0.488	0.213	4.773
NOR	東部	0.489	12.408	12.000	0.086	0.289	0.213	5.288
LNOR	東部	0.489	31.781	12.000	0.086	0.959	0.213	7.822
PILG	東部	0.492	5.294	11.500	0.086	0.674	0.232	4.515
MAM	東部	0.494	12.439	13.333	0.085	0.290	0.215	5.083
IDF	東部	0.484	11.994	12.000	0.086	0.307	0.213	5.028
HUFF	東部	0.493	5.696	11.833	0.085	0.650	0.228	4.499
PAR	東部	0.490	14.185	12.000	0.087	0.253	0.213	5.917

位序排列後成單峰狀雨型之尖峰時間皆頗接近；但平均法與級序平均法設計雨型尖峰時間經由各對應時刻相加，顯得無規則可尋，尤其東吉島站級序平均法設計雨型之尖峰時間為第 1 小時 [張守陽，1994a]、蘭嶼及台北站平均法設計雨型之尖峰時間為第 17 小時 [張守陽，1993]；又平均法與級序平均法設計雨型，經尖峰消滅結果，其雨型尖峰百分比位於 4.89 ~ 7.03 % 之間。而對數常態機率雨型尖峰可高達 27.76 ~ 36.36 %，二者尖峰降雨設計值差值頗為懸殊。

表 2 僅為台灣各區雨型參數之平均值，有關各雨量站詳細內容，請參閱台灣大學水工試驗所研究報告第 144、163、193 號及「台灣地區降雨歷時分佈之特性」(張守陽，1994a，1995a)。

3-3 各設計雨型之一般性評估

為瞭解各設計雨型之特性，首先對各設計雨型進行一般性評估，各地區評估結果亦列於表 2，並繪圖於圖 4。由於重心時間皆接近實際降雨資料之平均值，因此各延時設計雨型之降雨重心誤差

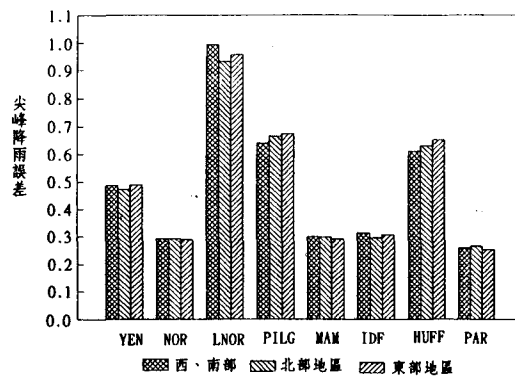


圖 4-1 台灣各區各雨型「尖峰降雨誤差」

頗為接近(表 2)。

由圖 4-1 之台灣各區各雨型尖峰降雨誤差評估可發現：各設計雨型於不同區域之誤差變動不大。亦即各設計雨型於北部、東部及西南部具相同趨勢。於本研究之延時範圍降雨而言，以二次多項式最佳，常態分佈法、移動平均法及 IDF 法雨型次之，此可能較充分資料迴歸下所得之二次

多項式，可對尖峰降雨求得較佳之模擬。而對數常態機率雨型尖峰誤差，在各區域設計雨型中皆為最高。

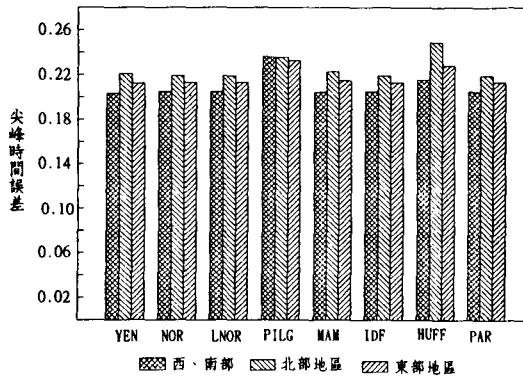


圖 4-2 台灣各區各雨型「尖峰時間誤差」

大體上，降雨事件各參數以尖峰時間之變異係數（標準偏差除以平均值）最大，亦即降雨事件之尖峰時間較無趨勢可言[張守陽，1995b]，所以於尖峰時間誤差之比較（圖 4-2），由於各數值為地區平均值，因此各設計雨型誤差值差異不大，其中以平均法與級序平均法設計雨型之誤差略大。

圖 4-3 為各區域設計雨型平均估計誤差。由於各設計雨型與各場實際降雨經逐時比較後累加其差值，其誤差皆不小，除對數常態機率雨型外，各誤差值皆頗接近。其中以平均法誤差最小，次為級序平均法，無因次移動平均法及三角形法亦有較小誤差。

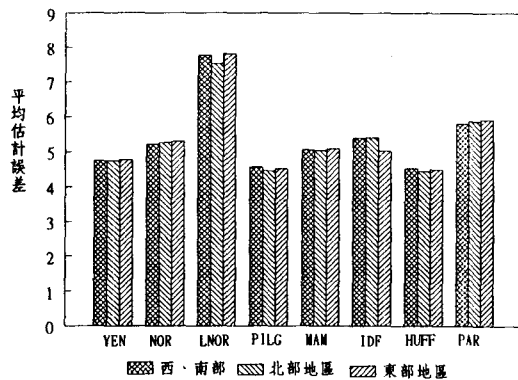


圖 4-3 台灣各區各雨型「平均估計誤差」

3-4 降雨事件法評估

由於實際降雨事件特性參數離散度頗大，因此各設計雨型之平均估計誤差值都不小，而且誤差值皆頗接近，即使選擇較小誤差之設計雨型，亦難以判斷此設計雨型之代表性。有鑑于此，因此本文將各設計雨型主要參數與降雨事件比較，計算各設計雨型之參數標準變量，客觀的比較其與實際事件參數之差異，本文將此稱為「降雨事件法評估」。

1. 標準變量分析

分別計算各雨量站設計雨型主要參數標準變量，各地區求算後平均值列於表 3，並繪於圖 5。由圖 5-1 可知，各設計雨型之降雨重心標準變量絕對值近於零，因此設計雨型降雨重心大致接近實際降雨事件降雨重心平均值。雨型尖峰值之標準變量（圖 5-2）除了對數常態分佈法雨型遠大於零外，其餘雨型皆小於零，尤其平均法雨型、級序平均法雨型及三角形法雨型更是小於 -1，明顯的低估降雨尖峰值。其中以二次多項式與 IDF 法模擬雨型尖峰較接近平均值，其次為常態機率分佈與移動平均法。

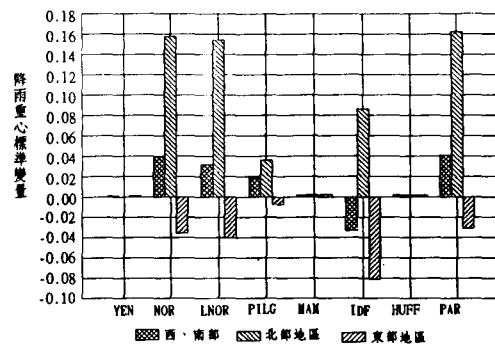


圖 5-1 台灣各區各雨型重心時間標準變量

如前節所述，事件尖峰降雨之生時間較無規則可尋，但各區雨量站平均後，尖峰時間標準變量雖於各區域無共同趨勢，但其絕對值近於零；除無因次移動平均法雨型標準變量值略大於 0.2 外，其餘各區設計雨型之尖峰時間值平均值頗符合實際降雨事件之平均值。

表 3. 台灣各區雨型標準變量及位序百分比評估

地區	雨型	降雨重心標準	尖峰降雨標準	尖峰時間標準	降雨重心位序	尖峰降雨位序	尖峰時間位序
		變量	變量	變量	百分比	百分比	百分比
西南部	YEN	0.001	-1.605	-0.126	50.04	5.43	44.99
西南部	NOR	0.039	-0.910	-0.024	51.88	18.14	49.04
西南部	LNOR	0.032	2.384	-0.024	51.35	99.14	49.04
西南部	PILG	0.018	-2.031	-0.176	50.72	2.11	43.02
西南部	MAM	0.002	-0.951	0.149	50.08	17.08	55.92
西南部	IDF	-0.033	-0.642	-0.024	48.58	26.04	49.04
西南部	HUFF	0.002	-1.947	-0.066	50.08	2.58	47.36
西南部	PAR	0.041	-0.606	-0.024	51.96	27.23	49.04
北部	YEN	-0.000	-1.393	-0.156	50.00	8.18	43.80
北部	NOR	0.158	-0.809	0.132	56.28	20.93	55.25
北部	LNOR	0.154	1.810	0.132	56.12	96.49	55.25
北部	PILG	0.036	-1.840	-0.177	51.65	3.29	42.98
北部	MAM	0.002	-0.842	0.224	50.08	19.99	58.89
北部	IDF	0.086	-0.481	0.132	56.44	28.67	55.25
北部	HUFF	0.002	-1.761	-0.170	50.08	3.91	43.25
北部	PAR	0.162	-0.563	0.132	53.43	31.53	55.25
東部	YEN	0.001	-1.592	-0.010	50.04	5.57	49.60
東部	NOR	-0.036	-0.919	-0.009	48.35	17.91	49.64
東部	LNOR	-0.041	2.280	-0.009	48.04	98.87	49.64F 東部
	PILG	-0.007	-2.098	-0.086	49.72	1.80	46.57 東部
	MAM	0.002	-0.918	0.211	46.77	16.06	49.64 東部
	IDF	-0.081	-0.992	-0.009	50.08	17.93	58.36 東部
	HUFF	0.002	-2.032	-0.031	50.08	2.11	48.73 東部
	PAR	-0.031	-0.626	-0.009	48.73	26.57	49.64

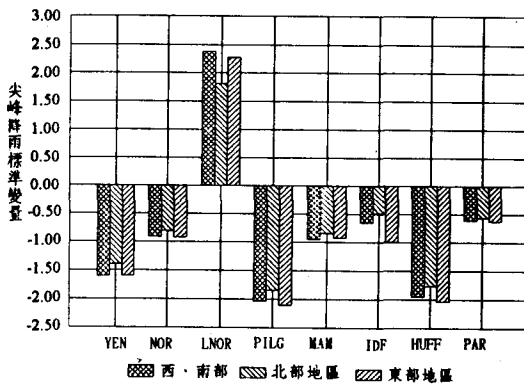


圖 5-2 台灣各區各雨型尖峰降雨標準變量

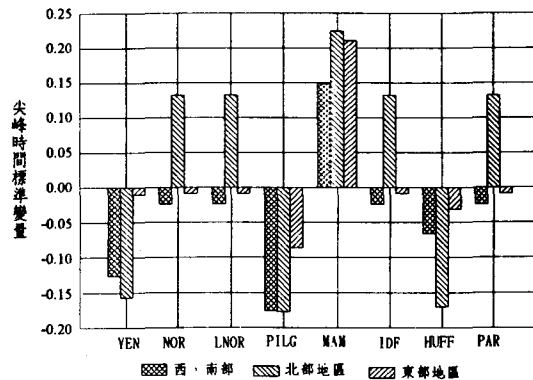


圖 5-3 台灣各區各雨型尖峰時間標準變量

2. 位序百分比法評估

位序百分比評估需假設各參數分佈為常態分佈，為說明以常態分佈套配各參數機率分佈之適切性，本研究進行如下分析：

如 3-1 節所述，由台灣地區主要雨量站降雨重

心發生機率分佈圖(圖 1-1)可知：重心值集中於 45%至 50%降雨重心，以常態分佈套配是屬合理。

尖峰降雨機率分佈(圖 1-2)則略為向右偏斜，除了少數幾場不尋常之高尖峰降雨外，大致呈現左右對稱之鐘型分佈。然而設計暴雨是由暴雨總

量配合降雨組體圖計算而得，基本上水文學者於暴雨「總量」之研究是以極端值事件加以分析，但若暴雨總量與降雨組體圖皆以極端值事件設計，則二者可能同時發生之機率過小及尖峰降雨量設計過大等不合理現象皆值得斟酌。(例如：以民國八十五年賀伯颱風連續二十四小時之日雨量為 1748.5mm) 為例，若依雨型尖峰降雨(時雨量)極端值 40 ~ 60 % (圖 1-2) 加以設計，其尖峰時降雨量即達 714 ~ 1071mm，遠超過世界時雨量極大值 417mm[Linsley and Kohler, 1988]，已然失去物理意義。因此本文建議暴雨於時間上分佈應考量整體降雨事件之一般趨勢。所以若少數不尋常之高尖峰降雨事件不予考量，尖峰降雨之機率分佈仍適以常態分佈描述之。

由於尖峰降雨發生時間機率分佈圖呈現左右對稱，經以二雨量站之尖峰時間發生累積分佈圖與常態分佈累積分佈圖(圖 6-1, 圖 6-2) 加以比較，可發現若以常態分佈套配尖峰時間機率分佈，雖其前後值略具差異，但對近於中值數(median)附近之差異則較不明顯。由於各設計雨型配合降雨重心，並多以單峰形狀套配，因此尖峰時間值多設計於降雨之事件中值數上下，若以常態分佈描述，可獲致近似之位序值。本文為比較各設計雨型尖峰時間於整體降雨事件之位序，仍以常態分佈估算其位序百分比值。

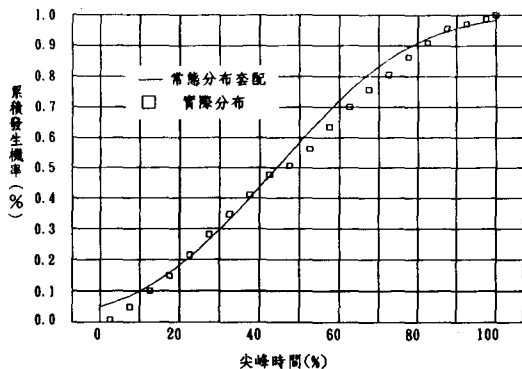


圖 6-1 台北站尖峰時間發生機率累積分佈圖

既然降雨重心、尖峰降雨及尖峰時間之機率分佈皆得以常態分佈描述，則上述之標準變量便可以依常態分佈下變量值涵蓋之面積換算為機率百分比值，可用來說明參數之位序。各位序百分

比平均值亦列於表 3。

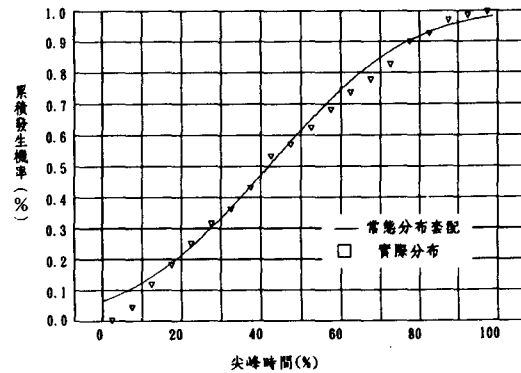


圖 6-2 台中站尖峰時間發生機率累積分佈圖

由於各設計雨型重心時間皆位於 50 % 左右，差異不大，尤其各平均法與三角形法雨型更接近 50 %，符合物理意義。圖 7-1 及圖 7-2 為台灣各區雨量站雨型尖峰降雨與尖峰時間之位序百分比平均值，其縱座標為雨型參數設計值小於真實降雨該參數之事件數百分比。以尖峰降雨而言，除了對數常態分佈法雨型為 96 % 以上，遠大於平均值外，其餘各雨型皆小於 50 %，其中以 IDF 法雨型及二次多項式分佈雨型略為接近平均值；而平均法、級序平均法與三角形法雨型之參數百分比幾乎皆小於 6 %，明顯小於實際降雨事件該參數之平均值。其中三角形法雨型尖峰設計值為 5 % ~ 6 % 之間，約為實際平均降雨尖峰 16 % ~ 19 % [張守陽, 1994a] 之三分之一，因此三角形法雨型法尖峰降雨設計過低，此說明此法雨型法於設計長延時降雨事件不如短延時降雨事件之適切設計。

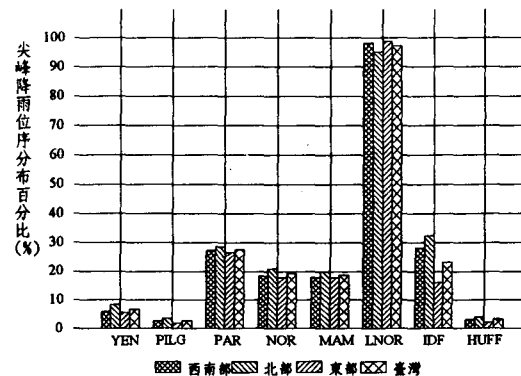


圖 7-1 台灣地區各雨型尖峰降雨位序百分比

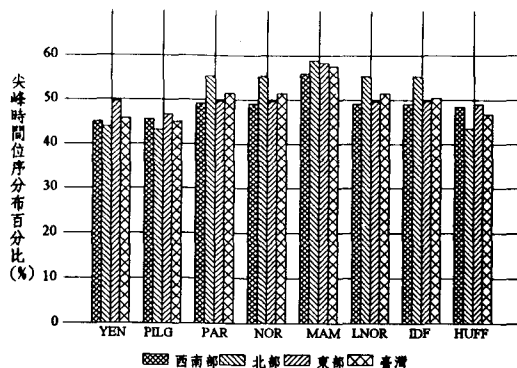


圖 7-2 台灣地區各雨型尖峰時間位序百分比

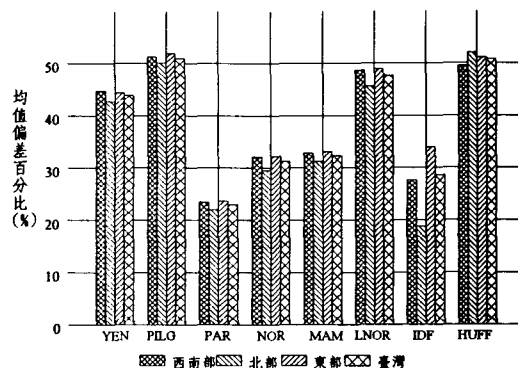


圖 8 台灣地區各雨型均值偏差百分比評估

3. 均值偏差百分比評估

最後為評估設計雨型尖峰值與尖峰時間之整體表現程度，將此二參數之位序百分比各減均值 50 後，求取均方根，各雨量站「均值偏差百分比」求算結果繪於圖 8。由圖可發現，各設計雨型於尖峰降雨與尖峰時間之整體考量下，各雨量站皆以多項式分佈法之「均值偏差」最小，其次為常態機率法及移動平均法，IDF 法雨型於北部地區似有較小之均值偏差，但於東部地區則排名第

四，經研析後，本文認為：此方法受限於 IDF 公式之準確性，因而呈現不穩之現象；至於傳統之平均法與級序平均法有較大差異。

3-5 設計雨型綜合比較

綜合上述，將各區設計雨型之降雨重心、尖峰降雨及尖峰時間等特性參數及其標準變量加以整合，求算台灣整個地區設計雨型特性參數及其標準變量代表值(見表 4)。由表 4 可說明各雨型應用於台灣地區之主要參數設計值及範圍。其中以

表 4. 台灣地區設計雨型特性參數

雨型	降雨重心	尖峰降雨 (%)	尖峰時間 (時)	降雨重心標準變量	尖峰降雨標準變量	尖峰時間標準變量
YEN	0.481	8.33	11.12	0.001	-1.525	-0.109
NOR	0.489	12.42	12.00	0.064	-0.876	0.036
LNOR	0.489	31.44	12.00	0.058	2.153	0.036
PILG	0.484	5.51	10.72	0.019	-1.978	-0.155
MAM	0.481	12.31	12.92	0.002	-0.904	0.191
IDF	0.482	13.72	12.00	-0.002	-0.668	0.036
HUFF	0.481	5.98	11.04	0.002	-1.900	-0.095
PAR	0.490	14.19	12.00	0.067	-0.595	0.036

表 5. 台灣地區設計雨型綜合評估

雨型	一般性評估				降雨事件法評估			
	降雨重心誤差	尖峰降雨誤差	尖峰時間誤差	平均估計誤差	降雨重心位序百分比	尖峰降雨位序百分比	尖峰時間位序百分比	均值偏差百分比
YEN	0.092	0.482	0.212	4.750	50.04	6.36	45.66	43.9
NOR	0.093	0.282	0.212	5.246	52.56	19.05	51.65	31.2
LNOR	0.093	0.963	0.212	7.700	52.31	98.43	51.65	47.6
PILG	0.092	0.657	0.235	4.507	50.76	2.40	43.84	51.0
MAM	0.092	0.297	0.213	5.054	50.08	18.30	57.57	32.3
IDF	0.092	0.306	0.212	5.310	49.92	25.21	51.65	28.6
HUFF	0.092	0.628	0.230	4.489	50.08	2.87	46.22	50.7
PAR	0.093	0.260	0.212	5.854	52.68	27.29	51.65	23.0

尖峰降雨言之，對數常態分佈法雨型最高，達31.44%；而以二平均法雨型最低，分別為5.51%與5.98%。

台灣地區設計雨型綜合評估結果列於表5。其中，各雨型之降雨重心誤差與尖峰時間誤差大致相同，而尖峰降雨誤差以二次多項式分佈雨型最小，常態分佈法雨型與無因次移動平均法雨型亦有較小誤差。除了對數常態分佈法雨型外，各設計雨型之平均估計誤差值都不小，而且皆頗接近，難以判斷此設計雨型之代表性，因此本文不建議以此法進行雨型評估。均值偏差百分比評估為設計雨型尖峰值與尖峰時間之總體表現程度，以二次多項式分佈雨型最佳，常態分佈法雨型與IDF法雨型次之。

針對本文之八種設計雨型及各種評估結果，歸納了各雨型之設計依據、特性及缺點整理於表6。表6為各設計雨型之比較，整體言之，二次多項式分佈雨型與常態分佈法雨型能配合實際降雨量之機率分佈，並得以掌握其尖峰降雨及其發生時間，可提供工程規劃與設計之參考。

四、結論與建議

4-1 結論

本研究以台灣地區主要雨量站逐時雨量資料，經適切之降雨事件分割，進行雨型之研究。文中共探討五種現有及三種自行開發之設計雨型；由於實際降雨資料之離散程度頗大，因此進行各設計雨型設計相關參數之標準變量分析，以瞭解設計雨型之參數設計值與實際降雨事件之相關性。主要成果分述如下：

1. 雨型設計

對數常態機率分佈法、常態機率分佈法與二項式機率分佈法等三種自行開發之設計雨型反映了實際降雨事件降雨量之機率分佈特性，避免尖峰降雨前後降雨量之線性套配。

2. 設計雨型分析

不同重現期距 IDF 法雨型之尖峰時間一致，尖峰值差異小於2%，與重現期距不具明顯相關。各雨型求算之降雨重心均相當近似。除平均法與級序平均法雨型，呈現扁平起伏形狀且尖峰時間無規則可尋外，其它設計雨型類似單峰狀三角形，具有較大之尖峰雨量，其尖峰時間亦頗為一致。

由於各雨型以實際數據平均或依實際降雨重心加以位序排列，使重心時間皆接近實際降雨重心之平均值，因此各延時設計雨型之重心誤差頗為接近。由尖峰降雨誤差評估可發現：二次多項

表 6. 各設計雨型之比較

雨型	設計依據	特性(一)	特性(二)	缺點
HUFF	累積百分比雨型加以平均	雨型呈現扁平起伏形	平均估計誤差值最小	尖峰時間無規則可尋，尖峰降雨位序過低
PILG	區分時段，予以級序再平均	雨型呈現扁平起伏形	平均估計誤差值較小	尖峰時間無規則可尋，尖峰降雨位序過低
YEN	配合降雨重心，線性套配為三角形雨型	求算簡易	較適用於短延時暴雨	尖峰降雨位序偏低
MAM	以尖峰降雨及其時間進行無因次化	尖峰時間位序略高	各項評估介於平均法及機率法之間	無因次時間之求算過程煩瑣
IDF	藉由 IDF 公式推導而得	受限於 IDF 公式之準確性	均值偏差僅次於 PAR	模擬結果不穩
LNOR	使降雨量符合對數常態之機率分佈	避免降雨量線性套配	尖峰降雨位序最高	平均估計誤差及尖峰降雨誤差最高
NOR	使降雨量符合常態之機率分佈	避免降雨量線性套配	均值偏差僅次於 PAR 及 IDF	(可提供工程設計參考)
PAR	使降雨量符合二次多項式之機率分佈	避免降雨量線性套配	均值偏差最小 (i.e. 尖峰降雨與尖峰時間之整體考量最佳)	(可提供工程設計參考)

式法雨型，可對尖峰降雨求得較佳之模擬。而對數常態機率雨型之尖峰降雨誤差在各區域設計雨型中皆為最高。

大體上，降雨事件各參數以尖峰時間之變異係數最大，亦即降雨事件之尖峰時間較無趨勢可尋。除對數常態機率雨型外，各設計雨型平均估計誤差值皆頗接近，其中以平均法雨型誤差較小，次為級序平均法，無因次移動平均法及三角形法等雨型亦有較小誤差。

3. 降雨事件法評估

以尖峰降雨位序百分比而言，除了對數常態分佈法雨型為 96 % 以上，遠大於平均值外，其餘各雨型皆小於 50 %，其中以 IDF 法雨型及二次多項式分佈雨型較為接近平均值；而平均法、級序平均法與三角形法雨型之參數百分比幾乎皆小於 6 %，遠小於實際降雨事件該參數之平均值。其中如三角形法雨型尖峰設計值約為實際平均降雨尖峰之三分之一，因此尖峰降雨參數設計過低。

以降雨事件各參數之中值數為依據之均值偏差評估，各雨型表現較佳者，依序為二次多項式分佈雨型、IDF 法雨型、常態分佈法雨型及無因次移動平均法雨型。其中 IDF 法雨型於不同地區呈現不穩之現象；至於傳統之平均法與級序平均法則有較大均值偏差。

4-2 建議

1. 若得知降雨事件中之降雨量分佈呈現某一函數分佈，擬由此密度函數求取 n 個降雨量資料，以代表一降雨事件之降雨量時，藉均勻分割密度函數圖內函蓋之面積，以合成「相等發生機率」之降雨值，進而推導機率分佈雨型，是為一簡易且可行之辦法。

2. 本文之常態分布及均值誤差百分比評估是以各降雨事件中值數 (50 %) 為評估依據，若擬考慮水文極端值事件之發生機率，或若加強考量其風險性，例如以百分之七十五等予以評估時，各雨型之適切性亦可能有所不同。

3. 設計暴雨是由暴雨總量配合降雨組體圖計算而得，若二者皆以極端值事件設計，則其可能之發生機率及過大設計之尖峰降雨皆值得斟酌。因此本文認為若於暴雨「量」之研究是採用極端值事件時，則暴雨量於時間上分佈則建議考量整體

降雨事件之一般趨勢。

4. 由各設計雨型之綜合分析比較 (表 6)，二次多項式分佈雨型與常態分佈法雨型較能符合實際降雨之機率分佈，並得以掌握其尖峰降雨及其發生時間，可提供工程規劃與設計之參考。

五、謝 誌

本研究承蒙行政院國家科學委員會經費補助 (計畫編號：NSC-83-0209-E-027-001)，謹此致謝。研究期間，多承國立台灣大學土木工程學研究所顏清連教授、林國峰教授，農業工程學研究所王如意教授、許銘熙教授不時賜與寶貴意見與指正，美國加州柏克萊大學沈學汶教授指正，敬致謝忱。

六、參考文獻

1. 張守陽，「基隆河集水區系統降雨分析與水文預測之研究」，台灣大學農業工程學研究所碩士論文，民國七十二年六月。
2. 余濬，「降雨設計雨型之研究」，台灣大學土木工程學研究所碩士論文，民國七十七年六月。
3. 顏清連，「台北都會區大眾捷運系統防洪排水設計之研究」，台灣大學水工試驗所研究報告第一百號，民國七十八年十二月。
4. 王如意、易任，應用水文學，上、下冊，國立編譯館出版，茂昌圖書有限公司發行，民國 79 年 9 月。
5. 王如意、張斐章，「台灣地區重現期雨量之研究 (三)」，台灣大學水工試驗所研究報告第一百九十二號，民國八十三年六月。
6. 林國峰、張守陽，「台灣地區雨型之初步研究」，台灣大學水工試驗所研究報告第一一八號，民國八十年七月。
7. 林國峰、張守陽，「台灣地區雨型之研究 (一)」，台灣大學水工試驗所研究報告第一百四十四號，民國八十一年十二月。
8. 林國峰、張守陽，「台灣地區雨型之研究 (二)」，台灣大學水工試驗所研究報告第一百六十三號，民國八十二年六月。
9. 林國峰、張守陽 (1994)，「台灣地區雨型之研

- 究(三)」,台灣大學水工試驗所研究報告第一百九十三號,民國八十三年六月。
10. 許銘熙、黃宏斌(1994),「台灣地區雨量強度—延時—頻率關係之研究(三)」,台灣大學水工試驗所研究報告第一百九十四號,民國八十三年六月。
 11. 徐享崑、游保杉(1994),「雨量分佈之研究」,國科會專題研究計畫成果報告,計畫編號: NSC-82-0410-E-006-177,民國83年。
 12. 張守陽(1994a),「台灣地區降雨歷時分佈之特性(一)北部地區」,國科會專題研究計畫成果報告,計畫編號: NSC-82-0115-E-027-032,民國83年3月。
 13. 張守陽、林國峰(1994b),「臺灣北部降雨特性與時間分佈之研究—以二十四小時延時為例」,第七屆水利工程研討會論文集,民國83年7月。
 14. 張守陽(1995a),「台灣地區降雨歷時分佈之特性(二)台灣地區」,國科會專題研究計畫成果報告,計畫編號: NSC-83-0209-E-027-001,民國84年7月。
 15. 張守陽(1995b),「降雨事件分割之研究」,中國農業工程學報, vol. 41, No. 3, 民國八十四年9月。 pp47 ~ 60。
 16. Bandyopadhyay, M. (1972). "Synthetic Storm Pattern and Runoff for Gauhati, India," Journal of the Hydraulic Division, ASCE, Vol. 98, pp. 845-857.
 17. Bedient, P. B. and Huber, W. C. (1988). *Hydrology and Floodplain Analysis*, Addison-wesley publish company.
 18. Bras, R. L. (1990). *Hydrology*, Addison-wesley publish company.
 19. Chow V. T., Maidment, D. R. and Mays, L. W. (1988). *Applied Hydrology*, McGraw-Hill series in water resources and environmental engineering.
 20. Chen, C. L. (1976). "Urban Storm Runoff Inlet Hydrograph Study, Vol. 4: Synthetic Storms for Design of Urban Highway Drainage Facilities," Report No. FHWA-RD-76-119, U. S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Office of Research and Development, Washington D. C.
 21. Haan, C. T. (1979). *Statistical Methods in Hydrology*, The Iowa State University Press, Ames, Iowa.
 22. Huff, F. A. (1967). "Time Distribution of Rainfall in Heavy Storms," Water Resour. Res., 3(4), 1007-1019.
 23. Keifer, C. J., and H. H. Chu. (1957), "Synthetic Storm Pattern for Drainage Design," Journal of the Hydraulic Division, ASCE, Vol. 83 p.1332.
 24. Linsley, R. K. and Kohler, M. A. (1988), *Hydrology for Engineers*, McGraw-Hill Series in Water Resources and Environmental Engineering, McGraw-Hill Book Company.
 25. Pilgrim D. H. and Cordery, I. (1975). "Rainfall Temporal Patterns for Design Floods," Journal of the Hydraulic Division, ASCE, Vol, pp. 81-95.
 26. Wenzel, H. G. [1982], "Rainfall for Urban Stormwater Design," Water Resources Monograph 7, AGU, Washington, D. C., pp. 335-67.
 27. Yen, B. C. and Chow, V. T. (1980). "Design Hyetographs for Small Drainage Structures", Journal of the Hydraulic Division, ASCE, Vol. 106, pp.1055-1076.

收稿日期：民國 86 年 5 月 14 日

修正日期：民國 86 年 7 月 23 日

接受日期：民國 86 年 7 月 29 日