

淡水河流域無因次單位歷線之演繹及實務探討

蘇騰鉉⁽¹⁾、宋建樺⁽²⁾、江孟容⁽³⁾、林祺恒⁽⁴⁾

⁽¹⁾ 淡江大學水文技術服務團	執行秘書/水利技師
⁽²⁾ 淡江大學水文技術服務團	高級研究專員
⁽³⁾ 淡江大學水文技術服務團	研究專員
⁽⁴⁾ 淡江大學水文技術服務團	研究專員

摘要

近年因應河川治理規劃、區域劃設及易淹水治理計畫等水文分析設計所需，其規劃區域由整體流域逐漸向上游區域進行規劃，甚至於支流或次支流等小面積集水區，然上述集水區多數均未設立水位流量站，致使流量資料短缺，一般多利用合理化公式、比面積法、三角形單位歷線及無因次單位歷線等相關水文模式進行推估，然而早期水利規劃人員多以紙本或電子計算機進行上述水文分析模式之設計規劃，致使每一規劃設計步驟需逐步建立，也亦因此不斷加深及強化實務水文概念。目前因應社會環境發展迅速，水文設計之複雜性計算業已由電腦進行取代，不但容易產生結果，且計算時不易出錯，惟缺點為新進人員進入水利相關產業後，隨即傳承前人之電腦程式，因其程式之自動化，造成無須深入瞭解相關理論及計算過程即可進行演算，致使水文觀念無法強化。爰此，本文即針對淡水河流域無因次單位歷線之整體推算過程始末，進行詳細說明及其應用時機，希冀相關從業人員參考與應用。

關鍵字：單位歷線、無因次單位歷線

一、前言

單位歷線於水文分析上扮演非常重要之角色，自民國 60 年起，台灣省水利局規劃總隊（經濟部水利署水利規劃試驗所前身），曾利用民國 60 年左右以前之代表性暴雨記錄資料，直接分析流量紀錄值，陸續完成全省各流域主要水文控制站平均無因次歷線之推求，據以推導流域各控制點代表之單位歷線，進行洪水頻率分析。另，

於民國 79 年水利署前身台灣省水利局亦曾先後完成數種單位歷線推求方法之測試，其中包括：無因次單位歷線法、瞬時單位歷線法、拉氏轉換法及 HEC-1 克拉克法。同時亦針對全省各主要流量站，利用瞬時單位歷線動差法分析其代表之無因次單位歷線，進而將其座標無因次化，據以推求所代表之無因次單位歷線。

二、單位歷線之推演

本研究首先針對淡水河水系流域之流量站記錄資料品質進行篩選，若該測站受感潮、蓄水、分洪及其他異常因素影響，

則不予納入分析。經篩選後，採取福山、三峽(2)、橫溪、五堵、介壽橋及寶橋等共計 6 流量站進行分析，其相關資訊如表 1

蘇騰鉉、宋建樺、江孟容、林祺恒《淡水河流域無因次單位歷線之演繹及實務探討》

及圖 1 所示。

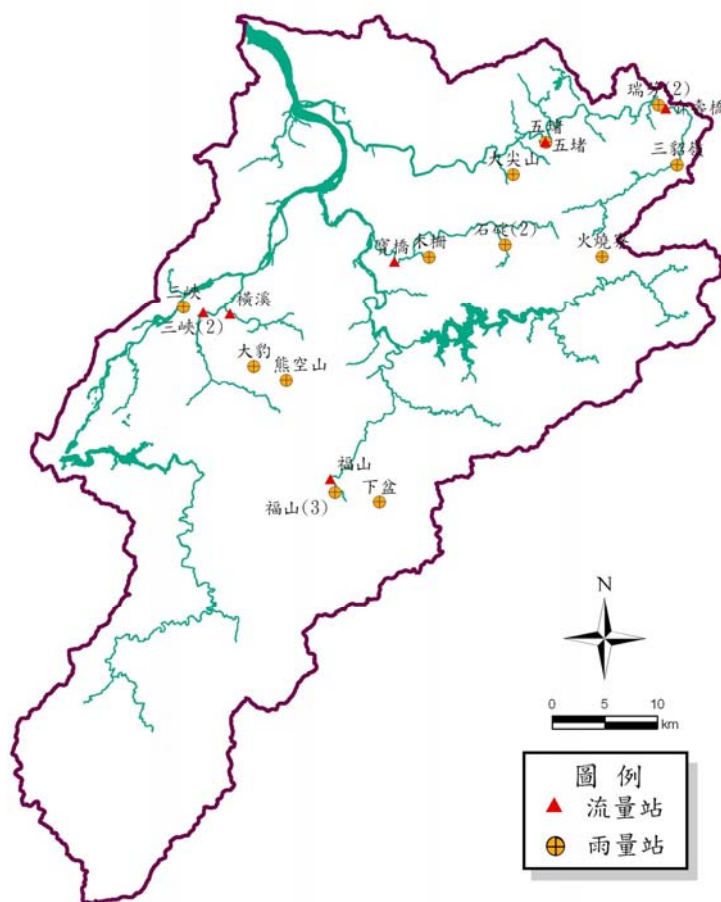


圖 1 淡水河水文測站位置概況圖

表 1 淡水河流域無因次單位歷線分析採用之水文站表

站號	站名	集水面積 (km ²)	位置			記錄時期 (民國)
			TM2_X(m)	TM2_Y(m)	高程(m)	
1140H010	福山	160.40	298991.3	2742949.3	352.3	50-迄今
1140H048	三峽(2)	125.34	286928.4	2758776.6	30.0	46-迄今
1140H049	橫溪	52.88	289452.4	2758619.3	20.0	47-迄今
1140H058	五堵	204.41	319419.4	2774923.7	3.0	52-迄今
1140H078	介壽橋	94.75	330866.3	2778107.6	43.0	70-迄今
1140H082	寶橋	109.22	305069.0	2763628.3	8.5	76-迄今

茲將單位歷線分析步驟簡述如下：

- (一)收集歷史(至 96 年)之時雨量、時流量資料(包含水利署、氣象局等具有實測資料者)，並整理之。
- (二)將步驟(一)之時流量資料重新整理排列，以供繪製流量歷線圖，並列出各

場颱風事件之洪峰流量值，供後續實際分析場次之取捨。

- (三)依據步驟(二)之結果，選取流量站歷年發生較大洪水歷線之暴雨或颱風場次資料，以供模式參數檢定驗證之用，如圖 2 所示。

蘇騰鉉、宋建樺、江孟容、林祺恒《淡水河流域無因次單位歷線之演繹及實務探討》

- (四)挑選流量站上游集水區之雨量站，尤以記錄年限較長之測站為佳，本研究以水利署及氣象局所管轄之雨量站為主，配合步驟(三)挑選出颱風暴雨期間之時雨量紀錄，利用徐昇式法推求得各水位流量站上游集水區之平均時雨量。
- (五)將步驟(四)所選取之每一場暴雨，扣除入滲指數 Φ 及基流(相關理論詳後面章節說明)得後可有效降雨及直接逕流量，需確認前述兩者之總體積需相同，若不同則需調整入滲指數 Φ 直至兩者體積平衡為止。
- (六)利用步驟(五)檢出之有效降雨及逕流資料場次，將最近發生年之颱風時期場次作為驗證場次，其餘場次則進行單位歷線之參數檢定。本次分析所得 D 小時單位降雨延時之單位歷線 $U(D, t)$ ，係以那徐模式(Nash Model)演算之

瞬時單位歷線經轉換而得。

- (七)利用步驟(六) 得出各流域單站瞬時單位歷線後，各隔 D 小時求其相鄰之 IUH 值，再將為兩相鄰 IUH 予以平均即得 D 小時單位歷線 $U(D, t)$ 。本研究配合目前河川治理規劃及區域劃設水文分析作業須知，利用 $D=0.15$ 小時、 0.4 小時、 0.8 小時與 1.0 小時等共計四種單位降雨延時進行單位歷線之轉換，並推估四種單位歷線之峰值時間 T_p ，最後依據民國 82 年水利局所建議之 $D=0.167T_p$ ，故採用單位降雨延時 D 與峰值時間 T_p 最應為接近上述關係者，以視為該站最適降雨延時 D 之單位歷線。

本研究利用上述步驟，於福山、三峽(2)、橫溪、五堵、介壽橋及寶橋等共計 6 流量站之單位歷線分析結果如表 2 及圖 3 所示。

以淡水河五堵站(1140H058)為例

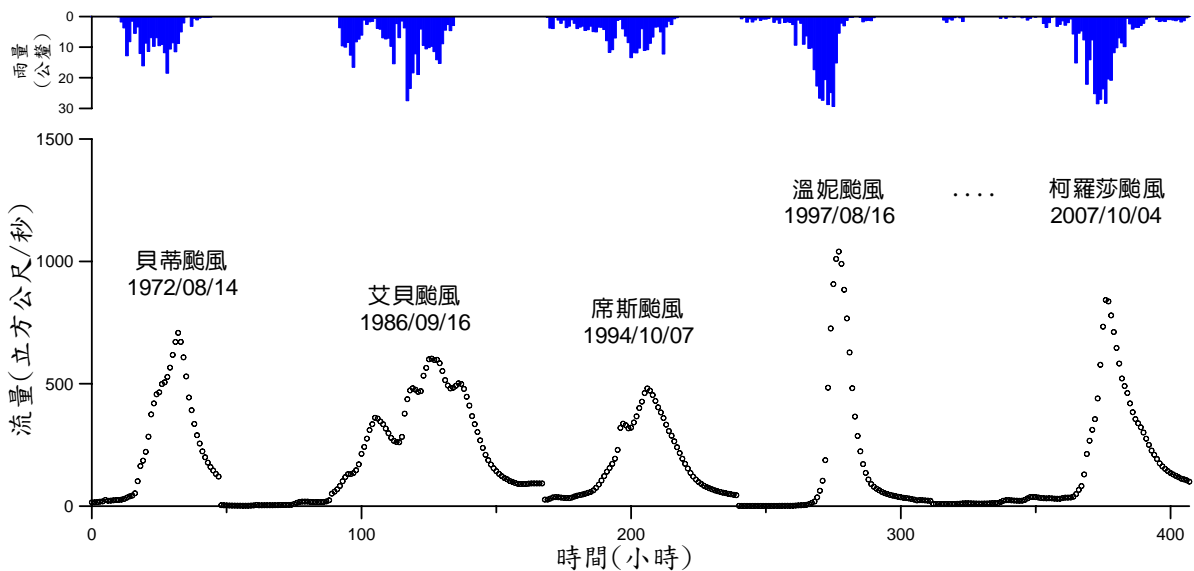


圖 2 颱風暴雨場次歷線圖(淡水河五堵站)

蘇騰鉉、宋建樺、江孟容、林祺恒《淡水河流域無因次單位歷線之演繹及實務探討》

表 2 淡水河流域單站單位歷線參數表

名稱	單位降雨延時 $D(\text{hr})$	峰值時間 $T_p(\text{hr})$	峰值 $Q_p(\text{cms})$	基期 $T_b(\text{hr})$
福山	0.40	2.98	60.37	35.20
三峽	0.15	0.65	99.78	23.10
橫溪	0.15	0.51	45.92	20.85
五堵	0.40	1.88	75.48	44.40
介壽橋	0.15	0.57	78.53	22.50
寶橋	0.15	1.21	60.78	28.50

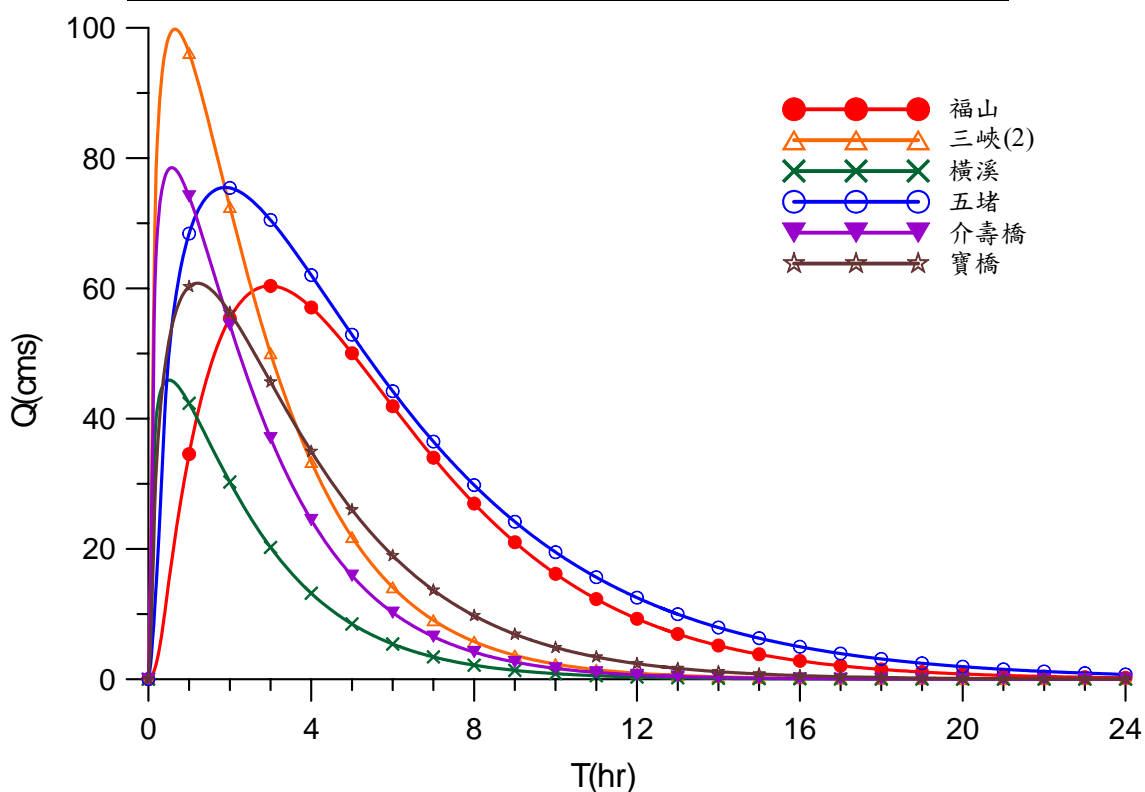


圖 3 淡水河流域內 6 水位流量站之單位歷線圖

三、無因次單位歷線之研究

經由上一節決定各站單位降雨延時 D 小時之單位歷線 $U(D, t)$ 後，可利用積分概念推算出直接逕流體積 DCMS，從歷線一開始積分至直接逕流體積 DCMS 一半之時間即為 T_s ，將單位歷線之時間 T 除以 T_s 乘以 100，可得無因次單位歷線之橫座標；將單位歷線之流量 Q 乘以 T_s 除以

DCMS，得無因次單位歷線之縱座標，點繪於半對數紙上得無因次單位歷線。最後再將同一流域內各站之無因次單位歷線直接利用算數平均法予以平均，即得流域之無因次單位歷線，所推求之無因次單位歷線示意圖如圖 4 所示。

蘇騰鉉、宋建樺、江孟容、林祺恒《淡水河流域無因次單位歷線之演繹及實務探討》

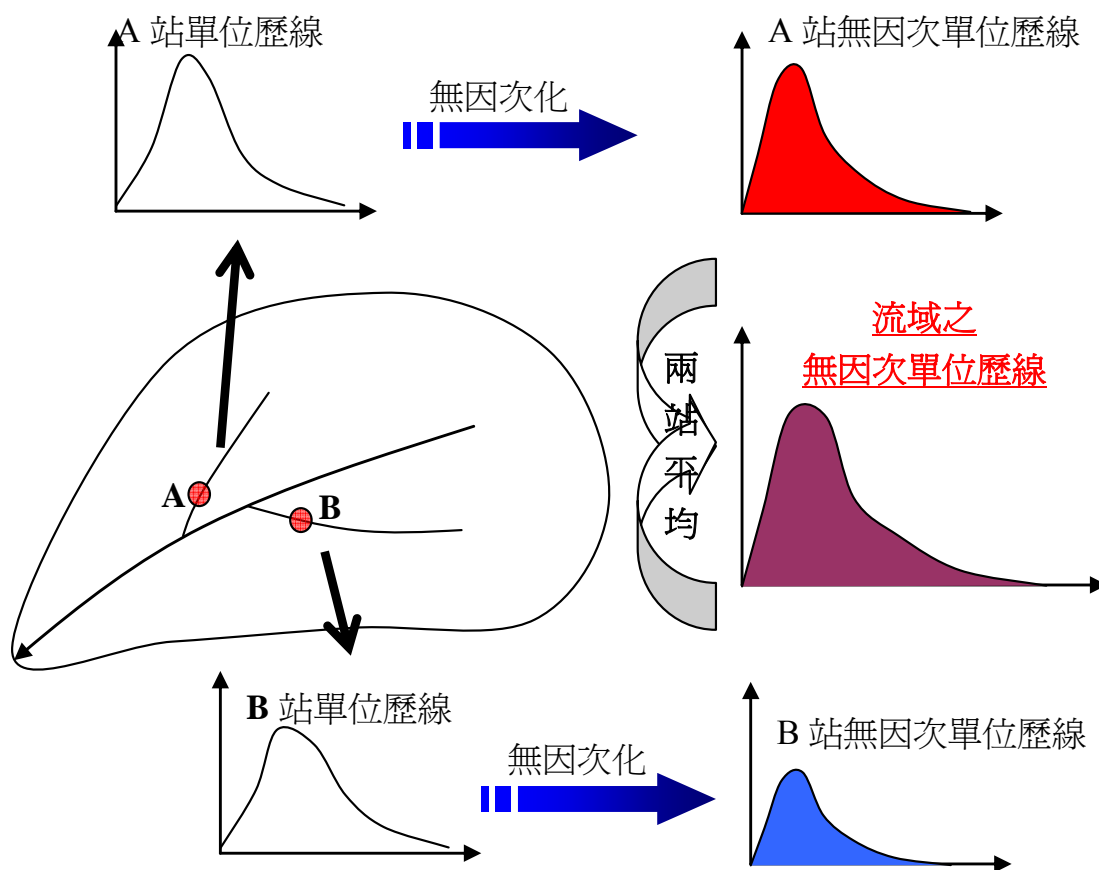


圖 4 流域無因次單位歷線演算過程圖

茲以淡水河五堵站為例，係採用單位延時 0.4 小時單位歷線，直接逕流體積除可由歷線積分得出，另可利用一簡便方式推算，因單位歷線之假設係在集水區上平均降下 1 單位(10 毫米)有效降雨所產生之洪水歷線，故利用面積乘上有效降雨即為直接逕流體積，五堵站面積 204.4 平方公里，乘上一單位降雨(10 毫米)，並由單位換算為秒立方公尺-天，推算方式如下：

$$DCMS = 204.4\text{km}^2 \times 10\text{mm} = (204.4 \times 10^6 \text{m}^2) \times (10 \times 10^{-3} \text{m}) \\ = 2044000\text{m}^3 \times \left(\frac{1\text{day}}{86400\text{sec}}\right) = 23.65\text{cms} \cdot \text{day}$$

T_s 之計算係用歷線一開始積分至直接逕流體積 DCMS 一半，如圖 5 所示，即為 4.48 小時， T_s 稽延時間 T_{slag} 計算方式如下：

$$T_{slag} = T_s - D/2 = 4.48 - 0.4/2 = 4.28$$

(二)縱軸流量 Q 部分，依序乘上 T_s 再除以

將單位歷線之時間 T 除以 T_s 乘以 100；將流量 Q 乘以 T_s 除以 DCMS，並點繪於半對數紙上得無因次單位歷線。茲以五堵站之單位歷線為例(單位降雨延時 D 採 0.4 小時)，作為轉換說明，計算方式如下：

(一)橫軸時間 T 部分，依序除以 T_s (4.48 小時)乘上 100，即：

$$T = 0 : 100T/T_s = 0$$

$$T = 0.4 : 100 \times 0.4/4.48 = 8.9$$

$$T = 0.8 : 100 \times 0.8/4.48 = 17.9$$

$$T = 1.2 : 100 \times 1.2/4.48 = 26.8$$

其餘依此類推

(1)

DCMS，即：

$$Q = 0 : (Q \times T_s) / DCMS = 0$$

$$Q = 40.71 : (40.71 \times 4.48) / 23.65 = 7.71$$

$$Q = 63.34 : (63.34 \times 4.48) / 23.65 = 11.99$$

$$Q = 71.69 : (71.69 \times 4.48) / 23.65 = 13.58$$

依此類推

淡水河五堵站單位歷線轉換無因次單位歷線之分析結果如圖 6 及表 3 所示。

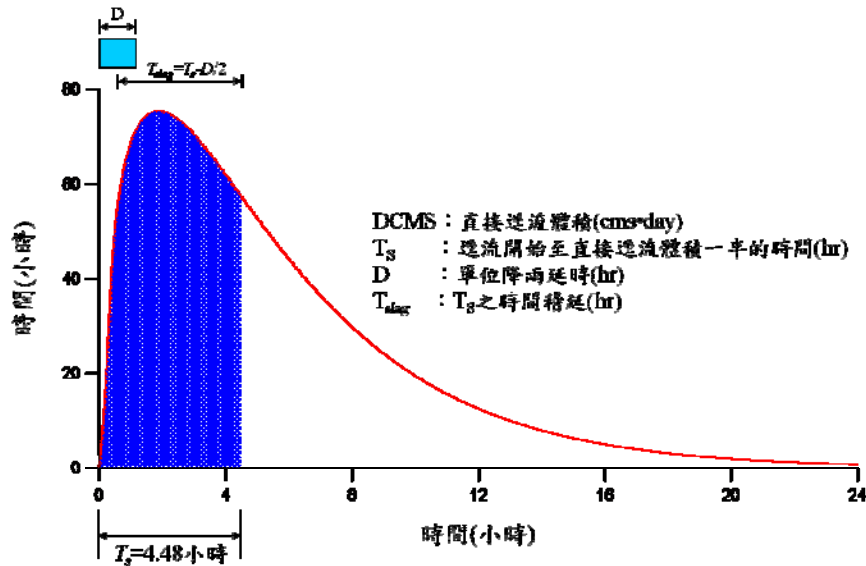


圖 5 無因次單位歷線相關參數示意圖(以淡水河五堵站為例)

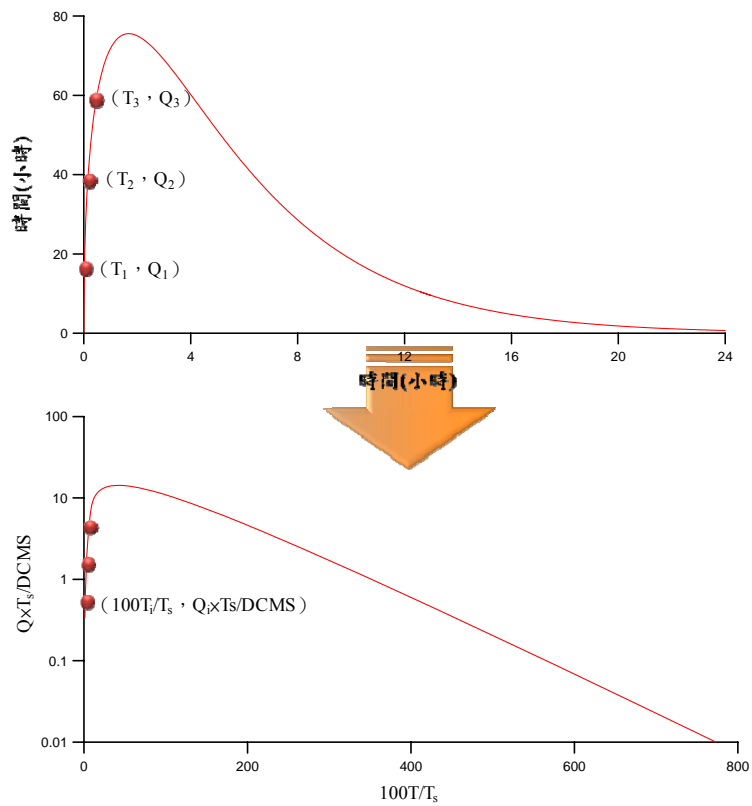


圖 6 單位歷線轉換無因次單位歷線示意圖

蘇騰鉉、宋建樺、江孟容、林祺恒《淡水河流域無因次單位歷線之演繹及實務探討》

表3 淡水河流域單位歷線轉換無因次單位歷線演算表(五堵站爲例)

單位歷線		無因次單位歷線		單位歷線		無因次單位歷線	
T	Q	$100T/T_s$	$\frac{Q \times T_s}{DCMS}$	T	Q	$100T/T_s$	$\frac{Q \times T_s}{DCMS}$
0.0	0.00	0.0	0.00	19.6	2.12	437.5	0.40
0.4	40.71	8.9	7.71	20.0	1.92	446.4	0.36
0.8	63.34	17.9	11.99	20.4	1.75	455.4	0.33
1.2	71.69	26.8	13.58	20.8	1.59	464.3	0.30
1.6	74.94	35.7	14.19	21.2	1.44	473.2	0.27
2.0	75.41	44.6	14.28	21.6	1.31	482.1	0.25
2.4	74.18	53.6	14.05	22.0	1.19	491.1	0.22
2.8	71.90	62.5	13.62	22.4	1.08	500.0	0.20
3.2	68.95	71.4	13.06	22.8	0.98	508.9	0.19
3.6	65.60	80.4	12.42	23.2	0.89	517.9	0.17
4.0	62.03	89.3	11.75	23.6	0.81	526.8	0.15
4.4	58.36	98.2	11.05	24.0	0.73	535.7	0.14
4.8	54.69	107.1	10.36	24.4	0.66	544.6	0.13
5.2	51.09	116.1	9.67	24.8	0.60	553.6	0.11
5.6	47.58	125.0	9.01	25.2	0.54	562.5	0.10
6.0	44.21	133.9	8.37	25.6	0.49	571.4	0.09
6.4	40.99	142.9	7.76	26.0	0.45	580.4	0.08
6.8	37.93	151.8	7.18	26.4	0.41	589.3	0.08
7.2	35.05	160.7	6.64	26.8	0.37	598.2	0.07
7.6	32.34	169.6	6.12	27.2	0.33	607.1	0.06
8.0	29.80	178.6	5.64	27.6	0.30	616.1	0.06
8.4	27.42	187.5	5.19	28.0	0.27	625.0	0.05
8.8	25.21	196.4	4.77	28.4	0.25	633.9	0.05
9.2	23.16	205.4	4.39	28.8	0.22	642.9	0.04
9.6	21.26	214.3	4.03	29.2	0.20	651.8	0.04
10.0	19.49	223.2	3.69	29.6	0.18	660.7	0.03
10.4	17.86	232.1	3.38	30.0	0.17	669.6	0.03
10.8	16.35	241.1	3.10	30.4	0.15	678.6	0.03
11.2	14.97	250.0	2.83	30.8	0.14	687.5	0.03
11.6	13.69	258.9	2.59	31.2	0.12	696.4	0.02
12.0	12.51	267.9	2.37	31.6	0.11	705.4	0.02
12.4	11.43	276.8	2.16	32.0	0.10	714.3	0.02
12.8	10.44	285.7	1.98	32.4	0.09	723.2	0.02
13.2	9.53	294.6	1.80	32.8	0.08	732.1	0.02
13.6	8.70	303.6	1.65	33.2	0.08	741.1	0.01
14.0	7.93	312.5	1.50	33.6	0.07	750.0	0.01
14.4	7.23	321.4	1.37	34.0	0.06	758.9	0.01
14.8	6.59	330.4	1.25	34.4	0.06	767.9	0.01
15.2	6.00	339.3	1.14	34.8	0.05	776.8	0.01
15.6	5.47	348.2	1.04	35.2	0.05	785.7	0.01
16.0	4.98	357.1	0.94	35.6	0.04	794.6	0.01
16.4	4.53	366.1	0.86	36.0	0.04	803.6	0.01
16.8	4.13	375.0	0.78	36.4	0.03	812.5	0.01
17.2	3.75	383.9	0.71	37.6	0.03	839.3	0.00
17.6	3.41	392.9	0.65	38.0	0.02	848.2	0.00
18.0	3.10	401.8	0.59	39.6	0.02	883.9	0.00
18.4	2.82	410.7	0.53	40.0	0.01	892.9	0.00
18.8	2.57	419.6	0.49	44.0	0.01	982.1	0.00
19.2	2.33	428.6	0.44	44.4	0.00	991.1	0.00

蘇騰鉉、宋建樺、江孟容、林祺恒《淡水河流域無因次單位歷線之演繹及實務探討》

同理可證，淡水河流域內其餘測站如福山站、三峽站、橫溪站、介壽橋站及寶橋站等 5 站，均可應用相同方法求其單站之無因次單位歷線，其相關參數如表所示。因各站無因次單位歷線時間軸部分略

有不同，故利用線性內差方式藉以固定時間軸，以便予以平均最終將同一流域內所有測站之無因次單位歷線利用算數平均法直接予以平均，即得流域無因次單位歷線，如圖 7 及表 5 表示。

表 4 淡水河流域無因次單位歷線推導所採用之參數表

名稱	D (hr)	T_s (hr)	T_{slag} (hr)	DCMS (cms · day)
福山	0.40	4.78	4.58	18.56
三峽	0.15	2.05	1.98	14.51
橫溪	0.15	1.90	1.83	6.12
五堵	0.40	4.48	4.28	23.66
介壽橋	0.15	1.98	1.91	10.97
寶橋	0.15	2.92	2.84	12.64

註： D 為單位降雨延時；
 T_s 為降雨逕流開始至逕流體積一半之時間；
 T_{slag} 為單位降雨延時中心至 T_s 之稽延時間；
 DCMS 為 10mm 單位歷線體積。

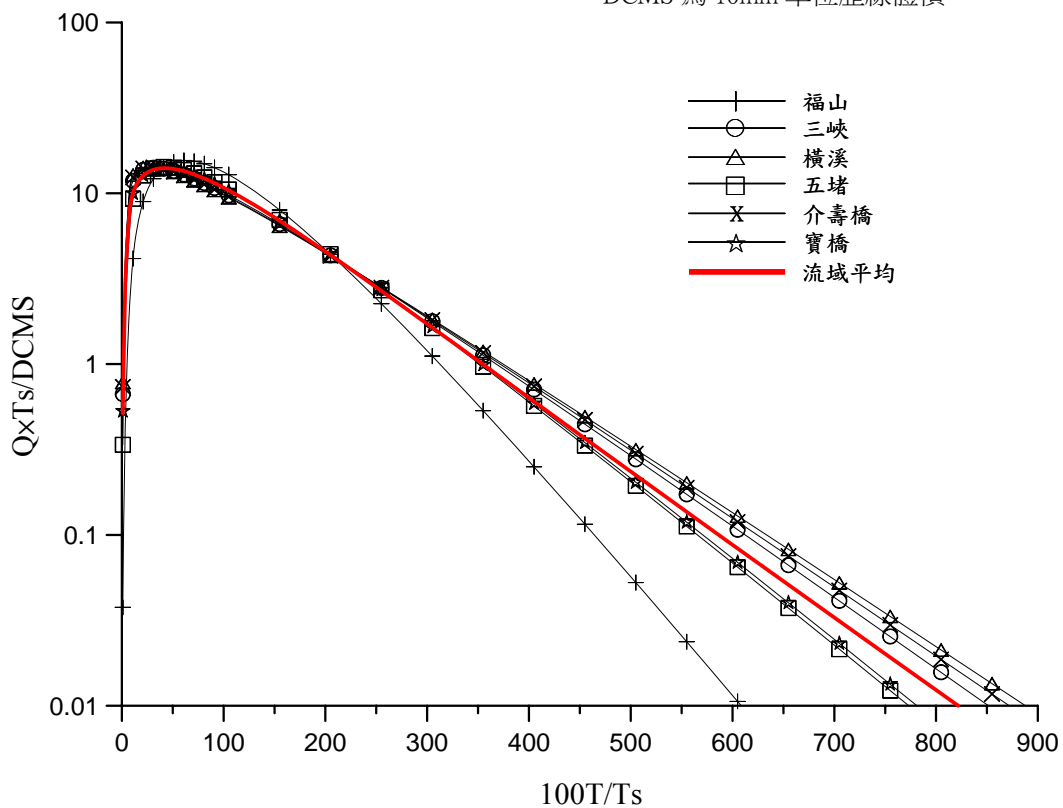


圖 7 流域無因次單位歷線示意圖(以淡水河流域為例)

蘇騰鉉、宋建樺、江孟容、林祺恒《淡水河流域無因次單位歷線之演繹及實務探討》

表 5 淡水河流域無因次單位歷線表

$T \times T_s/100$	$Q \times T_s/DCMS$						
	(1) 福山	(2) 三峽	(3) 橫溪	(4) 五堵	(5) 介壽橋	(6) 寶橋	(7)= 〔(1)+(2)+...+(6)〕/6 流域平均
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.95	5.88	6.39	3.43	6.21	5.63	4.75
10	3.58	11.41	12.46	8.63	12.01	9.53	9.60
15	6.27	12.90	13.64	11.11	13.32	11.39	11.44
20	8.54	13.62	14.11	12.50	13.90	12.52	12.53
25	10.40	13.98	14.27	13.35	14.14	13.24	13.23
30	11.91	14.11	14.25	13.87	14.19	13.68	13.67
35	13.09	14.09	14.11	14.16	14.10	13.93	13.91
40	14.00	13.97	13.90	14.28	13.93	14.02	14.02
45	14.67	13.78	13.64	14.27	13.70	13.99	14.01
50	15.13	13.53	13.33	14.16	13.42	13.88	13.91
55	15.41	13.25	13.01	13.98	13.11	13.71	13.74
60	15.54	12.94	12.66	13.75	12.78	13.47	13.52
65	15.54	12.60	12.30	13.46	12.43	13.20	13.26
70	15.43	12.25	11.94	13.15	12.07	12.90	12.95
75	15.22	11.89	11.57	12.81	11.71	12.57	12.63
80	14.94	11.53	11.20	12.45	11.34	12.22	12.28
85	14.60	11.16	10.83	12.07	10.97	11.86	11.92
90	14.21	10.80	10.47	11.69	10.61	11.49	11.54
95	13.78	10.43	10.11	11.30	10.25	11.12	11.17
100	13.33	10.07	9.76	10.91	9.89	10.74	10.78

註：因表格較長，故僅呈現至無因次單位歷線峰值前後之相關數據。

四、結論與建議

本研究產出淡水河流量測站最適降雨延時 D 值之單位歷線，並計算單位歷線之直接逕流體積 $DCMS$ 、直接逕流開始至體積一半之時間 T_s 。將單位歷線之時間 T 除以 T_s 乘以 100，可得無因次單位歷線之橫座標；將單位歷線之流量 Q 乘以 T_s 除以 $DCMS$ ，得無因次單位歷線之縱座標，點繪於半對數紙上得無因次單位歷線。最後

再將流域內福山、三峽(2)、橫溪、五堵、介壽橋及寶橋等共計 6 站無因次單位歷線予以平均，平均方式係採用算數平均法，即得淡水河流域之無因次單位歷線。

若將來欲規劃區域鄰近已分析之流量測站或與鄰近測站之水文地文條件相仿者，建議可直接引用鄰近測站之無因次單位歷線，以獲得較精確之設計成果。

五、參考文獻

1. 「台灣水文資料電腦檔應用之研究-(8)全省主要流量站單位歷線之推求(一)」，台灣省水利局，民國 79 年 6 月。
2. 「台灣水文資料電腦檔應用之研究-(9)全省主要流量站單位歷線之推求(二)」，台灣省水利局，民國 80 年 6 月。
3. 「台灣水文資料電腦檔應用之研究-(10)全省主要流量站單位歷線之推求(二)續」，台灣省水利局，民國 80 年 12 月。
4. 「台灣水文資料電腦檔應用之研究-(11)全省各流域代表之無因次單位歷線推求」，台灣省水利局，民國 81 年 12 月。
5. 「台灣水文資料電腦檔應用之研究-(12)三角形單位歷線參數之研究」，台灣省水利局，民國 82 年 6 月。
6. 王如意、易任，應用水文學，國立編譯館，民國 85 年 7 月。
7. 「水文設計應用手冊」，經濟部水資源局，民國 90 年 12 月。
8. 「水文業務現代化綜合計畫(1/2)」，經濟部水利署，民國 95 年 12 月。
9. 「水文業務現代化綜合計畫(2/2)」，經濟部水利署，民國 96 年 12 月。
10. Ven Te Chow, David R. Maidment, Larry W. Mays, Applied Hydrology, McGraw-Hill, 1988.

蘇騰鉉、宋建樺、江孟容、林祺恒《淡水河流域無因次單位歷線之演繹及實務探討》