

# Horner 暴雨率公式運用電腦之求法及其在台北市雨水下水道之應用

台灣省住宅及都市發展局工程師

余 潛

Yu Jiunn

## 摘 要

一般常用暴雨率公式有 Talbot、Sherman 及 Horner 等三類公式，其中 Talbot 及 Sherman 皆為 Horner 之特例，其精確度自然不及 Horner；惟 Horner 公式之求算，其計算過程繁雜，需有賴電腦之運用。本文乃以臺北市降雨資料為實例，運用電腦求算上述三類暴雨率公式及其誤差，驗證 Horner 之精確度優於 Talbot 及 Sherman，並建議本省雨水下水道暴雨率選用 Horner 公式。

## Abstract

There are three types of rainfall-intensity formulas used widely: the formula of Talbot, Sherman and Horner. Talbot and Sherman are particular cases of Horner and have less accuracy. But Horner calculated with complicated process must accomplish through computer calculation. In this paper, the data of precipitation in Taipei are adopted as an example to calculate and compare above formulas in accuracy by using a computer and that is to check what Talbot and Sherman formula are less accuracy. Finally, there is a suggestion that Horner rainfall-intensity formula in storm can be used in sewage planning and design.

## 一、前 言

1. 暴雨率公式為雨水下水道系統規劃及工程設計之最主要依據，其公式推導之精確與否，影響流量估算及建設工程費甚大。

2. 常用暴雨率公式有 Talbot, Sherman 及 Horner 三類，而 Talbot 公式為 Horner 公式  $i = \frac{A}{(t+d)^K}$  中  $K=1$  時之特例，Sherman 公式為 Horner 公式  $i = \frac{A}{(t+d)^K}$  中  $d=0$  時之特例，其精確度自然不及 Horner 公式；惟 Horner 公式中之  $d$  值求法十分繁瑣，有賴電腦之反復求算。

3. 臺灣省公共工程局於民國47年曾編印有「

臺北地區暴雨率公式之推算與研究」一書，有關暴雨率公式之推導，其中 Horner 公式係採用相等暴雨率間距之近似求法，致其誤差較大，故最後決定選用 Talbot 公式。近年來由於電腦技術大為進步，由電腦反復計算，可求得精確度較 Talbot 及 Sherman 為佳之 Horner 暴雨率公式。本文謹就此目的加以研討，並以臺北市雨水下水道系統規劃原始資料為實例加以推演，提供日後從事雨水下水道系統規劃者之參考。

## 二、常用暴雨率公式之種類

常用暴雨率公式一般可分為下述三類：

(1) Talbot 公式； $i = \frac{A}{t+d}$

(2) Sherman 公式： $i = A/t^k$

(3) Horner 公式： $i = A/(t+d)^k$

以上三類公式若以降雨延時  $t$  為橫座標，降雨強度  $i$  為縱座標，繪成圖形皆為一曲線，若將其分別取不同座標，使其圖形接近一直線，再以最小二乘方 (Method of least Squares) 求出迴歸直線，其直線方程式及正常方程式 (Normal Equation) 分別如下：

(1) Talbot 公式： $i = A/t + d$

直線方程式： $t = A \cdot \frac{1}{i} - d$

橫座標為  $\frac{1}{i}$ ，縱座標為  $t$ ，斜率為  $A$ ，截距為  $-d$ 。

正常方程式：
$$\begin{cases} -nd + A \sum \frac{1}{i} - \sum t = 0 \\ -d \sum \frac{1}{i} + A \sum (\frac{1}{i})^2 - \sum t \cdot \frac{1}{i} = 0 \end{cases}$$

式中  $n$  為已知降雨資料之個數。

(2) Sherman 公式： $i = A/t^k$

直線方程式： $\log i = \log A - K \log t$

橫座標為  $\log t$ ，縱座標為  $\log i$ ，斜率為  $-K$ ，截距為  $\log A$ 。

正常方程式：

$$\begin{cases} n \log A - K \sum \log t - \sum \log i = 0 \\ \sum \log A \cdot \log t = \log A \sum \log t - K \sum (\log t)^2 \end{cases}$$

式中  $n$  為已知降雨資料之個數。

(3) Horner 公式： $i = A/(t+d)^k$

直線方程式： $\log i = \log A - K \log (t+d)$

橫座標為  $\log (t+d)$ ，縱座標為  $\log i$ ，斜率為  $K$ ，截距為  $\log A$ 。

正常方程式：

$$\begin{cases} \sum \log i = n \log A - K \sum \log (t+d) \\ \sum \log i \cdot \log (t+d) = \log A \cdot \sum \log (t+d) - K \sum [\log (t+d)]^2 \end{cases}$$

式中  $n$  為已知降雨資料之個數。

### 三、Horner 公氏運用電腦之求法

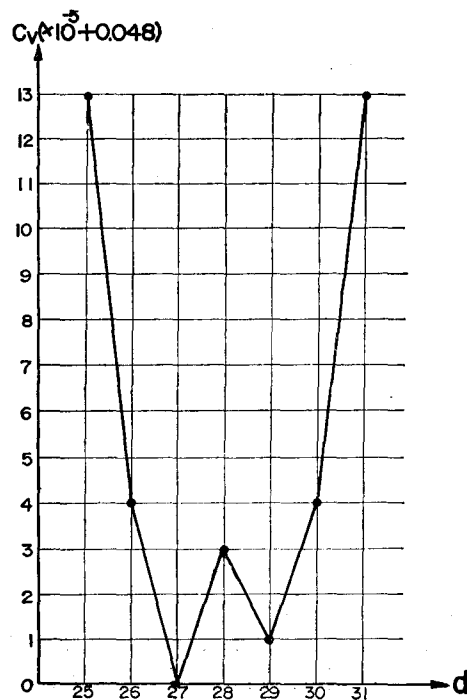
首先假設 Horner 公氏  $i = A/(t+d)^k$  中之  $d=10$ ，再將輸入電腦之已知雨量資料以最小二乘方計算其直線方程式，並求出其百分率誤差之變異係數 (The Coefficient of Variation)  $C_v$ ，

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum \left( \frac{i_0 - i}{i} \right)^2}{n-1}}$$

求出之後，重新假設  $d=10, 20, 30, \dots, L$  (即每間距

$\Delta d=10$ )，其中  $L$  可取至 200 ( $L$  值當然取愈大愈安全，亦即  $d$  值可能很大，而 Horner 公式中之  $A$  值亦將會很大，不合實際上使用，故  $L$  取一般範圍之上限 200，其精確度即已夠用，另請參見六、結論與建議④)，同樣用上述最小二乘方分別求出各  $d$  值之  $C_v$ ，然後比較各  $C_v$  選出其值為最小者時之  $d$ ，即為公式中所欲求之初步  $d$  值。

初步之  $d$  值求得後，因其間距  $\Delta d=10$  較大，精確度仍嫌不夠，此時可再將間距  $\Delta d'$  取為原間距  $\Delta d$  之十分之一 (即  $\Delta d'=1$ )，然後以  $d$  值為中心，求左右各 9 個間距  $\Delta d'$  值之  $C_v$ ，即重新假設  $d'$  為  $d-9, d-8, d-7, \dots, d-1, d, d+1, \dots, d+8, d+9$  (例如  $d$  之初步值為 30，則重新假設  $d'$  為 21, 22, 23, \dots, 38, 39)，分別求出各  $d'$  值之  $C_v$ ，同樣再比較各  $C_v$  選出其值為最小者時之  $d'$ ，即為公式中所欲求次步之  $d$  值。同理，若欲求更高之精確度時，可再將間距  $\Delta d''$  取為前間距  $\Delta d'$  之十分之一 (即  $\Delta d''=0.1$ )，重新假設  $d''$  為  $d'-0.9, d'-0.8, d'-0.7, \dots, d-0.1, d, d+0.1, \dots, d+0.8, d+0.9$ ，其餘作法依此類推，直至其精確度合於要求為止。實際上，以電腦推算 Horner 公式時，若所選之間距已使得  $C_v$



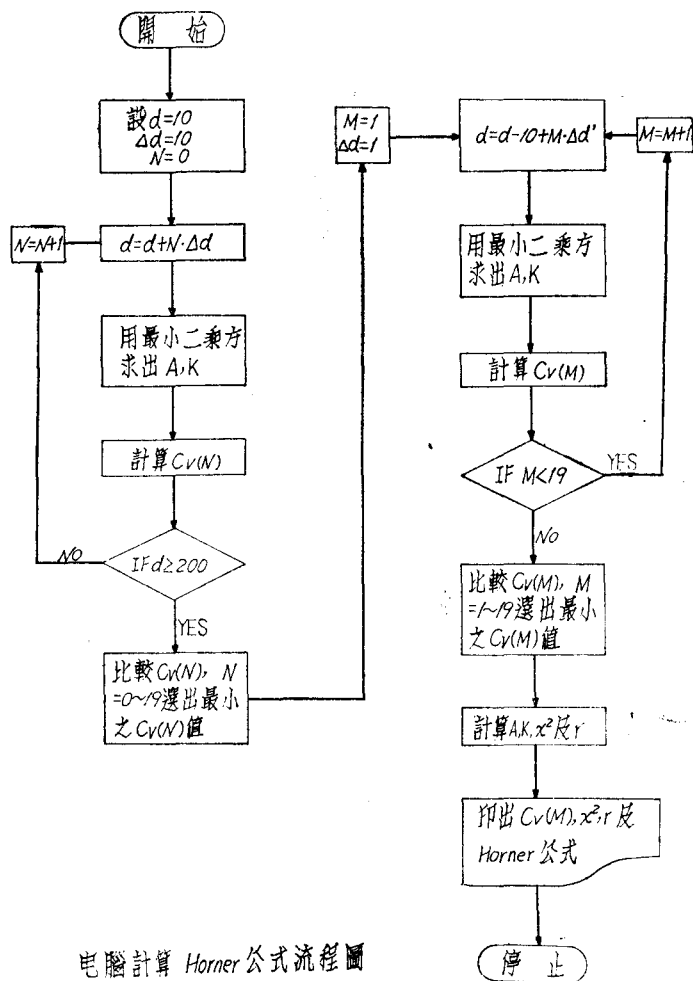
圖

值呈不規則變化時，即  $C_v$  值（縱座標）與  $d$  值（橫座標）所繪之曲線已有兩個以上之反曲點時，其精確度已趨向一定值，毋需再取次一步較小之間距了（茲將電腦計算臺北市五年一次頻率之 Horner 暴雨率公式，當間距取  $\Delta d=1$  時，其  $C_v$  與  $d$  值繪如圖一，數據見報表紙中 Horner 公式  $d, z$  部份，圖形已成波浪狀，反曲點不只一個，其  $C_v$  值之間差距已甚為微小，即其間距取至此即可）。

當  $d$  值決定之後，公式中之  $A, K$  常數亦同時可求得，最後再求其相關係數 (Coefficient of correlation)  $r$  及統計檢定  $\chi^2$ 。相關係數  $r = \frac{\sum(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sqrt{(\sum(X - \bar{X})^2)(\sum(Y - \bar{Y})^2)}}$ ，其變動範圍在  $-1 \leq r \leq 1$  之間，若  $r > 0$  表示該迴歸直線由左下往右上升，為正相關；若  $r < 0$  表示迴歸直線由左上往右下降，為負相關； $|r| = 1$  為完全相

關，表示統計資料與迴歸直線完全密合， $|r| = 0$  為完全不相關，表示統計資料與迴歸直線散佈極大，可信度為零。亦即  $r$  之絕對值愈大，自變數與應變數間之相關程度愈大，可信度愈高， $r$  之絕對值愈小，可信度愈低。至於統計檢定  $\chi^2 = \sum(i_0 - i)^2 / i_0$ ， $i$  為觀測值， $i_0$  為公式值，即當觀測分佈與理論分佈十分相近時， $\chi^2$  值愈小；相差愈多時， $\chi^2$  值愈大，當  $\chi^2$  大於某顯著水準之臨界值（即理論期）時，其實際分佈與假設者不合，即誤差超出合理範圍。 $\chi^2$  之理論值在其  $f$  自由度下，某一程度顯著水準  $\alpha$ ，可由  $\chi^2$  分佈數值表查得。

茲將 Horner 公式以電腦計算之流程圖及其程式分列如下：（Talbot 及 Sherman 之流程圖及程式非本文之重點，故該部份未予列出）



電腦計算 Horner 公式流程圖

```

RAAA3 .3334
10 PARAM t(*),i(*),N
20 DIM TT(N),ASQ(201),II(N)
30 FOR d=10 TO 200 STEP 10
40 LET B=0:C=0:D=0:E=0:AWE=0
50 FOR J=1 TO N
60 TT(J)=t(J)+d
70 NEXT J
80 CALL RAC(i(*),TT(*),N,X,Y):FREE
90 FOR I=1 TO N
100 AWE=AWE+((X/(TT(I)**Y)/i(I))**2-1)**2
110 NEXT I:ASQ(d)=SQR(AWE/(N-1))
120 PRINT "d=";d;"The Coefficient of Variation ="ASQ(d)
130 NEXT d
140 d=0
150 FOR I=10 TO 200 STEP 10
160 IF I=10 GOTO 190
170 IF ASQ(I)<=ASQ(I-10) THEN d=I:GOTO 190
180 ASQ(I)=ASQ(I-10)
190 NEXT I
200 PRINT "d=";d;"FOR ZX=-9 TO 9
210 LET B=0:C=0:D=0:E=0:AWE=0
220 LLL=LLL+1
230 FOR JJ=1 TO N
240 TT(JJ)=t(JJ)+d+ZX
250 NEXT JJ
260 CALL RAC(i(*),TT(*),N,X,Y):FREE
270 FOR I=1 TO N
280 AWE=AWE+((X/(TT(I)**Y)/i(I))**2-1)**2
290 NEXT I:ASQ(LLL)=SQR(AWE/(N-1))
300 PRINT #9;"d.Z=";d+ZX;"The Coefficient of Variation ="ASQ(LLL)
310 NEXT ZX
320 AJ=2
330 FOR I=2 TO 19
340 IF ASQ(I)<=ASQ(I-1) THEN DS=d-10+AJ:GOTO 350
350 ASQ(I)=ASQ(I-1)
360 AJ=AJ+1
370 NEXT I
380 FOR I=1 TO N
390 PRINT #9," << Horner Formula >>"
400 LET B=0:C=0:D=0:E=0:AWE=0
410 PRINT #9," t i LOG(i) LOG(t+d) LOG(t+d)**2 LOG(i)
) * LOG(t+d)"
420 PRINT #9,"=====
=====
430 FOR I=1 TO N
440 LET A=LGT(i(I)):B=B+A:F=LGT(t(I)+DS):C=C+F:D=D+F**2:E=E+A*F
450 PRINT #9, USING 460 t(I),i(I),A,F,F**2,A*F
460 FORMAT ###.## !###.## !###.##### ! ###.##### ! ###.##### ! ###.#####
##
470 FORMAT ###.## !###.## ! ###.##### ! ###.##### ! ###.#####
#####
480 NEXT I
490 PRINT #9,"-----
"
500 LET B=FIX5(B,7):C=FIX5(C,7):D=FIX5(D,7):E=FIX5(E,7)
510 PRINT #9, USING 520 B,C,D,E
520 FORMAT ###.##### ###.##### ###.##### ###.#####
##
530 FORMAT #####
#####
540 PRINT #9,:PRINT #9,
550 LET X=((B*(-D))-E*(-C))/(D*(-N)-((-C)*C))
560 LET Y=(N*E-B*C)/(D*(-N)-((-C)*C))
570 LET X=10**X
580 LET X=FIX5(X,2):Y=FIX5(Y,4)
590 PRINT #9," t i i=";X;"/(t+";DS;"**";Y;" phi (phi)**
2/i"
600 PRINT #9,"=====
=====
610 FOR I=1 TO N
620 PRINT #9, USING 470 t(I),i(I),X/((t(I)+DS)**Y),X/((t(I)+DS)**Y)-i(I),X/((
t(I)+DS)**Y)-i(I)**2/(X/((t(I)+DS)**Y))
630 AW=AW+(X/((t(I)+DS)**Y)-i(I))**2/(X/((t(I)+DS)**Y))
640 NEXT I
650 PRINT #9,"-----
"
660 PRINT #9, USING 530 AW
670 FOR I=1 TO N:TT(I)=LGT(t(I)+DS):II(I)=LGT(i(I)):NEXT I
680 CALL CAR(TT(*),II(*),N):FREE
690 PRINT #9,"a=";X:PRINT #9,:PRINT #9,"b=";Y:PRINT #9,FEED(2)
700 PRINT #9," i=";X;"/(t+";DS;"**";Y;" "
710 PRINT #9,"=====
=====
720 PRINT #9,FEED(3)
730 END

```



表二 台北地區各年發生一次之暴雨率與持續降雨時間關係表

一年一次			二年一次			三年一次			五年一次		
n	i	t	n	i	t	n	i	t	n	i	t
1	52.50*	60*	1	65*	60*	1	70.83*	60*	1	77.5*	60*
2	55	56.25	2	70	54	2	75	55.83	2	80	57.5
3	60	50.77	3	75	47.5	3	80	50.83	3	85	56
4	65	43.33	4	80	42.5	4	85	45.33	4	90	50
5	67*	40*	5	81.67*	40*	5	90	43.33	5	94*	40*
6	70	36.67	6	85	36	6	91.33*	40*	6	95	38
7	75	31.25	7	90	30	7	95	32.67	7	100	36.67
8	76.25*	30*	8	95	25	8	100	32.22	8	105	35
9	80	22.5	9	100	23.33	9	103.33*	30*	9	110	30
10	81.67*	20*	10	105	22	10	105	28.67	10	115	27.5
11	85	18	11	110	21.43	11	110	26.19	11	120	25
12	90	16.25	12	115	20	12	115	24.17	12	123.75*	20*
13	91.43*	15*	13	120	16.25	13	120	20.56	13	125	18.33
14	95	11.88	14	121*	15*	14	120.42*	20*	14	130	16.67
15	98.75*	10*	15	121.67*	10*	15	124.33*	15*	15	132.5*	15*
16	100	9.58	16	125	7.14	16	124.44*	10*	16	135	12.5
17	105	7.27	17	130	5.83	17	125	9.52	17	140	12.5
18	108.57*	5*	18	135	5.83	18	130	8.61	18	145	10
			19	137.5*	5*	19	135	8.61	19	150	10
						20	140	7.925	20	155	8.33
						21	143.89*	5	21	160	6.67
									22	165	5

(註：i 單位為毫米/小時，t 單位為分鐘)

五、運用電腦計算台北市 Talbot, Sherman 及 Horner 暴雨率公式及其精確度比較

茲將電腦演算臺北市五年一次頻率之 Talbot, Sherman 及 Horner 三類暴雨率公式之過程。附電腦報表紙如下(按：限於篇幅 Talbot 及 Sherman 部份未予刊出)

d.Z= 21 The Coefficient of Variation = 0.048799590761675  
d.Z= 22 The Coefficient of Variation = 0.048537996076472  
d.Z= 23 The Coefficient of Variation = 0.048351907597408  
d.Z= 24 The Coefficient of Variation = 0.048235425451232  
d.Z= 25 The Coefficient of Variation = 0.04813076151834  
d.Z= 26 The Coefficient of Variation = 0.048036452949548  
d.Z= 27 The Coefficient of Variation = 0.0480029637599374  
d.Z= 28 The Coefficient of Variation = 0.048031280376418  
d.Z= 29 The Coefficient of Variation = 0.048005250845996  
d.Z= 30 The Coefficient of Variation = 0.048037445384852  
d.Z= 31 The Coefficient of Variation = 0.048127103507525  
d.Z= 32 The Coefficient of Variation = 0.048156488299638  
d.Z= 33 The Coefficient of Variation = 0.048241482077911  
d.Z= 34 The Coefficient of Variation = 0.048323349000718  
d.Z= 35 The Coefficient of Variation = 0.048459303578688  
d.Z= 36 The Coefficient of Variation = 0.048592346015606  
d.Z= 37 The Coefficient of Variation = 0.048658539064557  
d.Z= 38 The Coefficient of Variation = 0.048839316917366  
d.Z= 39 The Coefficient of Variation = 0.04895040257201

<< Horner Formula >>

t	i	LOG(i)	LOG(t+d)	LOG(t+d)**2	LOG(i)*LOG(t+d)
60.00	77.50	1.8893017	1.9395192	3.7617349	3.6643370
57.50	80.00	1.9030899	1.9268567	3.7127767	3.6669817
56.00	85.00	1.9294189	1.9190780	3.6828607	3.7027055
50.00	90.00	1.9542425	1.8864907	3.5588472	3.6866603
40.00	94.00	1.9731278	1.8260748	3.3345491	3.6030790
38.00	95.00	1.977236	1.8129133	3.2866548	3.5854415
36.67	100.00	2.0000000	1.8039348	3.2541809	3.6078696
35.00	105.00	2.0211892	1.7923916	3.2126679	3.6227629
30.00	110.00	2.0413926	1.7558748	3.0830965	3.5844300
27.50	115.00	2.0606978	1.7363965	3.0150728	3.5781885
25.00	120.00	2.0791812	1.7160033	2.9446674	3.5678819
20.00	123.75	2.0925452	1.6720978	2.7959112	3.4989403
18.33	125.00	2.0969100	1.6563857	2.7436136	3.4732917
16.67	130.00	2.1139433	1.6401831	2.6902009	3.4672543
15.00	132.50	2.1222158	1.6232492	2.6349382	3.4448854
12.50	135.00	2.1303337	1.5965970	2.5491222	3.4012847
12.50	140.00	2.1461280	1.5965970	2.5491222	3.4265017
10.00	145.00	2.1613680	1.5682017	2.4592566	3.3894610
10.00	150.00	2.1760912	1.5682017	2.4592566	3.4125500
8.33	155.00	2.1903316	1.5481436	2.3967487	3.3909480
6.67	160.00	2.2041199	1.5272431	2.3324715	3.3662270
5.00	165.00	2.2174839	1.5051499	2.2654764	3.3376459
		45.4808368	37.6175846	64.7232281	77.4793291

t	i	i = 1968.29/(t+ 27)** 0.7175	φi	(φi)**2/i
60.00	77.50	79.888455010236000000000000	2.3884550	0.0714085
57.50	80.00	81.577313181406000000000000	1.5773131	0.0304976
56.00	85.00	82.632435775887000000000000	-2.3675642	0.0678348
50.00	90.00	87.203113390958000000000000	-2.7968866	0.0897052
40.00	94.00	96.356366556277000000000000	2.3563665	0.0576242
38.00	95.00	98.474492803328000000000000	3.4744928	0.1225911
36.67	100.00	99.946095186693000000000000	-0.0539048	0.0000290
35.00	105.00	101.870408765350000000000000	-3.1295912	0.0961451
30.00	110.00	108.205385615290000000000000	-1.7946143	0.0297641
27.50	115.00	111.744098363170000000000000	-3.2559016	0.0948676
25.00	120.00	115.573079913750000000000000	-4.4269200	0.1695690
20.00	123.75	124.267875303460000000000000	0.5178753	0.0021581
18.33	125.00	127.535865155190000000000000	2.5358651	0.0504219
16.67	130.00	130.995882747660000000000000	0.9958827	0.0075710
15.00	132.50	134.712445500770000000000000	2.2124455	0.0363360
12.50	135.00	140.776664146160000000000000	5.7766641	0.2370410
12.50	140.00	140.776664146160000000000000	0.7766641	0.0042848
10.00	145.00	147.538155275140000000000000	2.5381552	0.0436648
10.00	150.00	147.538155275140000000000000	-2.4618447	0.0410787
8.33	155.00	152.509194105470000000000000	-2.4908058	0.0406802
6.67	160.00	157.867288627440000000000000	-2.1327113	0.0288119
5.00	165.00	163.735924606440000000000000	-1.2640753	0.0097589

1.3318445

$$\bar{X} = 2.0673107634479$$

$$\bar{Y} = 1.7098902095562$$

$X-\bar{X}$	$Y-\bar{Y}$	$(X-\bar{X})(Y-\bar{Y})$	$(X-\bar{X})^2$	$(Y-\bar{Y})^2$
-0.1780090	0.22962	-0.0408760	0.03168722	0.0527
-0.1642207	0.21696	-0.0356304	0.02696846	0.0470
-0.1378918	0.20918	-0.0288453	0.01901415	0.0437
-0.1130682	0.17660	-0.0199679	0.01278443	0.0311
-0.0941829	0.11618	-0.0109426	0.00887042	0.0134
-0.0895871	0.10302	-0.0092295	0.00802585	0.0106
-0.0673107	0.09404	-0.0063302	0.00453073	0.0088
-0.0461214	0.08250	-0.0038050	0.00212718	0.0068
-0.0259180	0.04598	-0.0011918	0.00067174	0.0021
-0.0066129	0.02650	-0.0001752	0.00004373	0.0007
0.0118704	0.00611	0.0000725	0.00014090	0.0000
0.0252344	-0.03779	-0.0009536	0.00063677	0.0014
0.0295992	-0.05350	-0.0015836	0.00087611	0.0028
0.0466325	-0.06970	-0.0032506	0.00217459	0.0048
0.0549051	-0.08664	-0.0047570	0.00301457	0.0075
0.0630230	-0.11329	-0.0071400	0.00397189	0.0128
0.0788172	-0.11329	-0.0089294	0.00621216	0.0128
0.0940572	-0.14168	-0.0133268	0.00884676	0.0200
0.1087804	-0.14168	-0.0154129	0.01183319	0.0200
0.1230209	-0.16174	-0.0198982	0.01513415	0.0261
0.1368092	-0.18264	-0.0249878	0.01871676	0.0333
0.1501731	-0.20474	-0.0307464	0.02255198	0.0419
		-0.2879085	0.20833385	0.4012

Coefficient of Correlation  $r = -0.99454793764471$

$$a = 1968.29$$

$$b = 0.7175$$

$$* \quad i = 1968.29 / (t + 27) ** 0.7175 \quad *$$

其它三年一次、二年一次及一年一次频率之演算过程皆相同，不再附电脑报表纸，谨将其结果整理于表三、表四及表五。

表三 电脑计算台北市各類暴雨率公式

公 式 \ 頻 率	一 年 一 次	二 年 一 次	三 年 一 次	五 年 一 次
Talbot	$i = \frac{5888}{t + 49.24}$	$i = \frac{6814}{t + 43.82}$	$i = \frac{8028}{t + 49.56}$	$i = \frac{8442}{t + 47.32}$
Sherman	$i = \frac{192.01}{t^{0.2397}}$	$i = \frac{231.07}{t^{0.2778}}$	$i = \frac{240.98}{t^{0.2845}}$	$i = \frac{295.92}{t^{0.3044}}$
Horner	$i = \frac{14404.96}{(t + 63)^{1.1614}}$	$i = \frac{1716799.74}{(t + 116)^{1.9898}}$	$i = \frac{851879146.06}{(t + 209)^{2.9094}}$	$i = \frac{1968.29}{(t + 27)^{0.7175}}$

表四 相 關 係 數 r 比 較 表

公 式 \ 頻 率	一 年 一 次	二 年 一 次	三 年 一 次	五 年 一 次
Talbot	0.9953	0.9910	0.9862	0.9937
Sherman	-0.9718	-0.9424	-0.9400	-0.9791
Horner	-0.9959	-0.9894	-0.9889	-0.9945



表五  $\chi^2$  觀測值與理論值比較表

公 式	一年一次		二年一次		三年一次		五年一次	
	觀測值	理論值	觀測值	理論值	觀測值	理論值	觀測值	理論值
Talbot	0.532	6.408	3.041	7.015	3.748	7.015	1.522	7.633
Sherman	3.481	$\left(\begin{matrix} n=18 \\ d, f=17 \end{matrix}\right)$	11.552	$\left(\begin{matrix} n=19 \\ d, f=18 \end{matrix}\right)$	10.421	$\left(\begin{matrix} n=21 \\ d, f=18 \end{matrix}\right)$	5.297	$\left(\begin{matrix} n=22 \\ d, f=19 \end{matrix}\right)$
Horner	0.520	$\alpha=0.99$	2.294	$\alpha=0.99$	2.237	$\alpha=0.99$	1.332	$\alpha=0.99$

附註：n——降雨資料個數 d, f——自由度,  $\alpha$ ——顯著水準。

表五之一 原台北市暴雨率公式  $\chi^2$  觀測值與理論值比較表

公 式	一年一次		二年一次		三年一次		五年一次	
	觀測值	理論值	觀測值	理論值	觀測值	理論值	觀測值	理論值
Talbot	0.2659	2.558	2.6240	4.660	2.3379	4.107	1.3069	5.229
Sherman	1.3163	$\left(\begin{matrix} n=11 \\ d, f=10 \end{matrix}\right)$	9.659	$\left(\begin{matrix} n=15 \\ d, f=14 \end{matrix}\right)$	5.6287	$\left(\begin{matrix} n=14 \\ d, f=13 \end{matrix}\right)$	6.2052	$\left(\begin{matrix} n=18 \\ d, f=15 \end{matrix}\right)$
Horner	0.3696	$d=0.99$	88.9047	$\alpha=0.99$	33.7674	$\alpha=0.99$	3.2037	$\alpha=0.99$

(資料來源：省公共工程局——台北地區暴雨率公式之推算與研究) 附註：n——降雨資料個數, d, f——自由度,  $\alpha$ ——顯著水準。

## 六、結論與建議

結論：

①由表四可知除 Talbot 二年一次頻率之相關係數  $r$  0.9910 (絕對值) 大於 Horner 之  $r$  0.9894 (絕對值) 外, 其餘之  $r$  (絕對值) 於相同頻率下皆為 Horner 大於 Talbot, 而 Talbot 又大於 Sherman。亦即其可信度 Horner 優於 Talbot, 而 Talbot 又優於 Sherman。

②由表五可知統計檢定  $\chi^2$ , 其三類公式之觀測值皆小於理論值, 而於相同頻率下之  $\chi^2$  觀測值, Horner 皆小於 Talbot; 而 Talbot 又小於 Sherman。亦即其精確度 Horner 優於 Talbot, 而 Talbot 又優於 Sherman。另見表五之一中, Horner 之  $\chi^2$  觀測值為採用相等暴雨率間距法求得, 致全部數值較 Talbot 為大, 且部份  $\chi^2$  觀測值亦比  $\chi^2$  理論值大, 故知相等暴雨率間距法之誤差超出合理範圍, 不可採用為推算 Honner 公式。

③由圖一可知, 當 Horner 公式求算時, 若間距  $\Delta d$  取至 1, 其變異係數  $C_v$  相差已十分微小

, 精確度已趨近一定值, 故間距無需再取至更小。

④由表三可知, 臺北市三年一次頻率 Horner 暴雨率公式  $i=851879146.06/(t+209)^{3.9094}$ , 其  $d$  值為 209, 即初步之  $d$  值已至上限  $L (=200)$ , 而  $C_v$  仍非最小值, 若將  $L$  增大至 500, 可得出公式  $i=\frac{9.3862 \times 10^{19}}{(t+509)^{6.875}}$ , 其  $r=-0.9897$ ,  $\chi^2=2.097$ , 初步之  $d$  值也已達 500, 可知此時之  $C_v$  仍非最小值, 但比較兩者之  $r$ ,  $\chi^2$  其相差已十分微小, 而後者公式中之  $A$  值為  $9.3862 \times 10^{19}$ , 數值已太大, 於實際應用上甚為不便, 故  $L$  值一般只需選至 200 即可。

建議：

①臺北市或本省其它地區於推算暴雨率公式時可選用 Horner 公式, 其  $d$  值算至整數位, 精確度即已足夠。

②倘無電腦可運用求算 Horner 公式時, 可暫以 Talbot 公式代用, 其可信度亦高 (參見表四, 相關係數  $r$  之絕對值 Talbot 十分接近 Horner), 精度亦佳 (參見表三,  $\chi^2$  觀測值 Talbot 也接近 Horner), 但其求法較 Horner 簡略許多。至於 Sherman 公式可信度最低, 精確度也

最差，且其演算步驟也比 Talbot 稍繁，故最不足選用。

### 參考資料

1. 王如意、易 任：「應用水文學」(上、下)，國立編譯館，民國68年10月及71年11月。
2. 徐世大、朱紹鎔、雷萬清：「實用水文學」，東華書局，民國59年6月。
3. 臺灣省水利局：「水文資料分析與電子計算機應用手冊

」，民國71年8月

4. 臺灣省公共工程局：「臺北地區暴雨率公式之推算與研究」，民國47年。
5. 臺灣省公共工程局：「臺北市雨水下水道系統規劃報告」，民國58年12月。
6. 索 明：「應用水文統計學」，偉成書局，民國66年。
7. 鄧漢忠、洪華生：「工程或然率」，土木水利學會，民國68年2月。

(上接41頁)

能在噴氣時傷及根羣及生長點之程度有所不同而導致上項結果。

四在  $10 \text{ kg/cm}^2$  壓力下之噴氣中耕，對促進葡萄之發芽並非一有效之方法。

### 五、謝 誌

本試驗承經濟部農業機械化基金保管運用委員會之經費補助，系主任黃陽仁博士之提供寶貴意見，農試所園藝系劉邦基、王爲一等先生概允借用試驗場地及協助試驗，研究助理吳良坤先生及本系奚同熙、江耀宗同學等幫忙試驗工作，始克順利進行，謹於此致最高之謝忱！

### 六、參 考 文 獻

1. 陳振鐸，1971. 土壤物理學。正中書局。
2. 陳振鐸，1982. 基本土壤學。徐氏基金會。

3. 郭魁士，1974. 土壤學。中國書局。
4. 彭錦樵、黃陽仁，1982. 噴氣式管理機械之田間試驗研究，中國農業工程學報，第 28 卷第 4 期。
5. 彭錦樵，1983. 噴氣式深耕機對土壤物理性及其空氣動力學特性之影響。科學發展月刊，第 11 卷第 1 期。
6. 譚克終，1978. 果樹園藝大要汎論，徐氏基金會。
7. 岩崎一男，1981. 作物栽培と土壤空氣。岩谷產業株式會社。
8. 島根縣農業試驗場，1978. 農業試驗場研究成果發表會。發表要旨集。
9. 農業生產工學研究會，1981. 壓縮空氣の注入によ爲土層改良および作物の生育效果に關する試驗成績概要—(1)果樹園に對する效果；(2)野菜園に對する效果。
10. George E. P. Box. etc. 1978. Statistics for Experimenters. John Wiley & Sons. Inc.

承包土木、水利、建築等工程

正明營造有限公司

負責人：曾 瓊 耀

地址：臺北市敦化北路 155 巷 1 號 5 樓