

逢甲大學學生報告 ePaper

乾溪流域水文分析

Hydrological Analysis of Qianxi Basin

作者：陳筑涵、陳珮蓁

系級：水利三乙

學號：D0781526、D0742287

開課老師：陳昶憲 老師

課程名稱：水文分析與模式應用

開課系所：水利工程與資源保育學系

開課學年：109 學年度第 2 學期

中文摘要

本報告以乾溪流域作為研究區域，乾溪排水路線彎曲，上游坡陡流急，河道兩岸多私有土地，因此主流草湖溪匯流點容易使外水頂托，洪水排除不易而造成洪水災害，因此如何有效地分析流量是水利系學生需思考的問題。本報告分析該集水區內之降雨特性、頻率分析、設計雨型以及洪峰流量推估，並至現場實地探勘流域附近的地理狀況。

操作流程先採用霧峰、國姓、土城三個雨量站為乾溪流域之雨量資料，針對出口、菜園溪排水匯入前、牛欄貢溪排水匯入前與光復排水匯入前等四個控制點作頻率分析，決定控制點最適配機率分佈下的最大一日頻率雨量，接著利用 Horner 公式以及高斯馬可夫法設計雨型計算各頻率年設計暴雨，最後利用三角形單位歷線和設計暴雨褶合積分，演算各控制點各頻率年的洪水流量歷線，再取其洪峰流量和合理化公式計算的洪峰流量進行比較。

本報告經計算結果分析，初步建議以合理化公式作為各控制點設計洪水量採用值，其原因在於合理化公式各重現期距之洪峰流量相對合理與較大，在後續設計排水設施上為最為保守。

關鍵字：頻率分析、設計雨型、Horner 降雨強度法、SSGM 雨型法、

三角形單位歷線

Abstract

In this report, we use the Qianxi Basin as the research area. The Qianxi drainage route is curved, the upstream slope is steep and the flow is rapid, and there are many private lands on both sides of the river. Therefore, the mainstream Caohuxi confluence point is easy to support the external water, and it is not easy to remove floods and cause flood disasters. Therefore, how to effectively analyze the flow is a question that the students of the department of water resources engineering and conservation need to think about. This report analyzes the rainfall characteristics, frequency analysis, design hyetograph and peak discharges estimation in the catchment area, and on-site exploration of the geographical conditions near the watershed.

First, the operation process uses the three rainfall stations of Wufeng, Guoxing, and Tucheng as the rainfall data of the Qianxi River Basin. Focusing on the export, before the drainage of Laiyuan River, before the drainage of Niulangong River and before the drainage of Guangfu, etc. Four control points are used for frequency analysis to determine the maximum daily frequency rainfall under the most suitable probability distribution of the control points, and then use Horner formula and Gauss-Markov method to design rain patterns to calculate the design storm for each frequency year, and finally use the triangular unit hyetograph and the design storm Convolution integral is used to calculate the total runoff hydrograph history of each frequency year at each control point, and then compare its peak discharge with the peak discharge calculated by the Rational formula.

According to the analysis of calculation results in this report, it is initially suggested to use the Rational formula as the value of the design flood volume for each control point. The reason is that the peak flow of each return period of the Rational formula is relatively reasonable and large, and it is the most conservative in the subsequent design of drainage facilities.

Keyword : frequency analysis, design hyetograph, Horner rainfall intensity formula, SSGM hyetograph method, triangular unit hyetograph



目次

中文摘要.....	1
Abstract.....	2
圖目錄.....	5
表目錄.....	6
第一章緒論.....	7
一、研究目的.....	7
二、研究流程.....	7
第二章集水區資料.....	8
一、概述.....	8
二、現地探勘.....	9
三、水文站.....	12
第三章降雨分析.....	13
一、集水區雨量站徐昇式權重.....	13
二、集水區雨量資料.....	14
第四章頻率分析.....	18
一、機率分佈.....	18
二、卡方檢定.....	21
三、適合機率分佈.....	23
第五章雨型分析.....	24
一、Horner 公式雨型.....	24
二、集流時間.....	24
三、高斯馬可夫雨型(SSGM 雨型).....	29
第六章設計暴雨.....	30
一、Horner 公式雨型.....	30
二、高斯馬可夫雨型(SSGM 雨型).....	38
第七章設計洪水量推估.....	46
一、三角形單位歷線配合 Horner 降雨強度公式.....	51
二、三角形單位歷線配合 SSGM 雨型法.....	57
三、合理化公式(rational formula).....	62
第八章結論與心得.....	64
一、結論.....	64
二、心得.....	65
參考文獻.....	66

圖目錄

圖 2-1	乾溪流域圖.....	8
圖 2-2	乾溪級坡圖.....	9
圖 2-3	現地探勘路線圖.....	9
圖 3-1	乾溪排水集水區域內及鄰近地區水文觀測站位置圖.....	13
圖 4-1	出口二參數對數常態分佈圖.....	18
圖 4-2	出口三參數對數常態分佈圖.....	19
圖 4-3	出口皮爾遜第三型分佈.....	19
圖 4-4	出口對數皮爾遜第三型分佈.....	20
圖 4-5	出口極端值第一型分佈.....	20
圖 5-1	Horner2 年重現期距降雨強度雨型.....	27
圖 5-2	Horner5 年重現期距降雨強度雨型.....	27
圖 5-3	Horner10 年重現期距降雨強度雨型.....	27
圖 5-4	Horner25 年重現期距降雨強度雨型.....	28
圖 5-5	Horner50 年重現期距降雨強度雨型.....	28
圖 5-6	Horner100 年重現期距降雨強度雨型.....	28
圖 5-7	SSGM 第二型降雨百分比圖.....	29
圖 7-1	三角形單位歷線示意圖.....	48
圖 7-2	出口三角形單位歷線.....	49
圖 7-3	菜園溪排水匯入前三角形單位歷線.....	49
圖 7-4	牛欄貢溪排水匯入前三角形單位歷線.....	50
圖 7-5	光復排水匯入前三角形單位歷線.....	50
圖 7-6	三角形-Horner2 年重現期距洪水流量歷線圖.....	53
圖 7-7	三角形-Horner5 年重現期距洪水流量歷線圖.....	54
圖 7-8	三角形-Horner10 年重現期距洪水流量歷線圖.....	54
圖 7-9	三角形-Horner25 年重現期距洪水流量歷線圖.....	55
圖 7-10	三角形-Horner50 年重現期距洪水流量歷線圖.....	55
圖 7-11	三角形-Horner100 年重現期距洪水流量歷線圖.....	56
圖 7-12	三角形-SSGM 第二型 2 年重現期距洪水流量歷線圖.....	59
圖 7-13	三角形-SSGM 第二型 5 年重現期距洪水流量歷線圖.....	59
圖 7-14	三角形-SSGM 第二型 10 年重現期距洪水流量歷線圖.....	60
圖 7-15	三角形-SSGM 第二型 25 年重現期距洪水流量歷線圖.....	60
圖 7-16	三角形-SSGM 第二型 50 年重現期距洪水流量歷線圖.....	61
圖 7-17	三角形-SSGM 第二型 100 年重現期距洪水流量歷線圖.....	61

表目錄

表 2-1	現地探勘圖.....	10
表 2-2	雨量站資料.....	12
表 3-1	各控制點三個雨量站權重表.....	13
表 3-2	三個雨量站歷年平均最大一日暴雨量表.....	14
表 3-3	各控制點集水區歷年平均最大一日暴雨量表.....	16
表 4-1	出口各重現期距一日暴雨量表.....	21
表 4-2	萊園溪各重現期距一日暴雨量表.....	21
表 4-3	牛欄貢溪各重現期距一日暴雨量表.....	22
表 4-4	光復各重現期距一日暴雨量表.....	22
表 4-5	各控制點檢定分析結果表.....	23
表 4-6	各控制點各重現期距一日暴雨量皮爾遜第三型分佈表.....	23
表 5-1	水利署草屯(4)雨量站 Horner 公式參數表.....	25
表 5-2	各重現期距降雨百分比.....	25
表 5-3	SSGM 第二型降雨百分比.....	29
表 5-4	SSGM 各重現期距降雨深度.....	29
表 6-1	出口各重現期距 Horner 設計暴雨降雨深度.....	30
表 6-2	萊園溪各重現期距 Horner 設計暴雨降雨深度.....	32
表 6-3	牛欄貢各重現期距 Horner 設計暴雨降雨深度.....	34
表 6-4	光復各重現期距 Horner 設計暴雨降雨深度.....	36
表 6-5	出口各重現期距 SSGM 設計暴雨降雨深度.....	38
表 6-6	萊園溪各重現期距 SSGM 設計暴雨降雨深度.....	40
表 6-7	牛欄貢各重現期距 SSGM 設計暴雨降雨深度.....	42
表 6-8	光復各重現期距 SSGM 設計暴雨降雨深度.....	44
表 7-1	乾溪排水系統各各控制點集水區地文因子採用表.....	48
表 7-2	乾溪集水區各控制點三角形單位歷線計算成果表.....	48
表 7-3	三角形單位歷線配合 Horner 降雨強度之流量分析成果表.....	51
表 7-4	三角形單位歷線配合 Horner 降雨強度之洪峰流量分析成果表.....	56
表 7-5	三角形單位歷線配合 SSGM 高斯馬可夫雨型之流量分析成果表.....	57
表 7-6	三角形單位歷線配合 SSGM 高斯馬可夫雨型之洪峰流量分析成果表.....	62
表 7-7	各控制點暴雨逕流係數採用表.....	63
表 7-8	各控制點之降雨強度分析成果表.....	63
表 7-9	合理化公式之洪峰流量分析成果表.....	63
表 8-1	各控制點於不同方法之洪峰流量比較.....	64

第一章 緒論

本報告為大三修習水文模式與應用課程所做的期末報告，其引用水利署 98 年 4 月之臺中縣管區域排水乾溪排水系統治理規劃報告中之水文資料，另加上虛擬的五年資料，並採用水利署官方使用的淡江模式重新演算與分析，又為了解研究區乾溪的排水現況，過程中亦進行現地探勘。

(一)研究目的

本報告以霧峰、土城及國姓等三站降雨記錄資料作為水文分析依據，又集水區內排水幹支分線坡陡流急，降雨後洪水從遠點流至集水區出口之時間僅 1 個多小時，故本計畫僅對一日暴雨量做分析。

(二)研究流程

1. 降雨分析

計算雨量站於集水區內的控制面積權重，並以徐昇多邊形法計算各個控制點的平均時雨量資料。

2. 頻率分析

本報告於四個控制點進行五種理論機率分布的頻率分析，並以卡方檢定確定所使用的機率分佈是否合理。本報告將水文資料分為 7 個區間去計算，再篩選與比較計算成果中最合適的機率分布，並推求各控制點各頻率年的日降雨量。

3. 雨型分析

本報告採用降雨強度 Horner 公式與高斯馬可夫法來設計雨型。

4. 設計暴雨

採用各控制點頻率分析所得各重現期距最合適的一日降雨量，分別與 Horner 百分比設計雨型及 SSGM 百分比設計雨型進行相乘，可得各控制點各重現期距的一日設計暴雨量。

5. 洪水量/設計洪峰量推估

本報告採用三種方法推估，包括美國水土保持局三角形單位歷線與 Horner 一日設計暴雨摺合積分法、美國水土保持局三角形單位歷線與 SSGM 一日設計暴雨摺合積分法及合理化公式法。

第二章 集水區資料

(一)概述

乾溪排水系統行政區隸屬台中縣霧峰鄉，發源於南投縣火炎山，上游的南坑、北坑在峰谷二號橋雙溪口會合後，流經峰谷村、北柳村，匯入草湖溪。集水區面積 29.81 平方公里，為烏溪水系大里溪支流草湖溪排水路之一，幹線總長 14.95 公里。乾溪排水路彎曲，坡陡流急，因河岸兩側多為私有土地，出口段受草湖溪外水頂托，洪水排除不易，屢釀洪災(引自台中縣管區域排水乾溪排水系統治理規劃報告，水利署 98 年 4 月)。

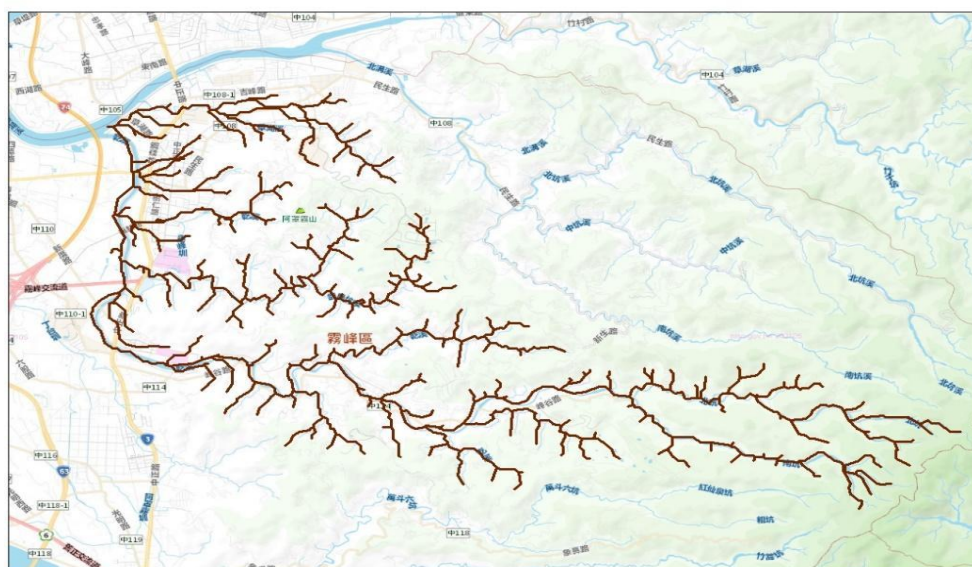


圖 2-1 乾溪流域圖

集水區上游部份地勢陡峭，溪流坡度陡急，輸砂迅速。加上邊坡地質脆弱，較易形成自然崩落與崩塌，表土質地易受冲刷流失；中游部份，由於有許多溪流整治工程，如固床工、系列潛壩等，故中游段淤積嚴重；下游部分，由於地質因素，河床底部岩盤裸露，故不易縱向淘刷，反而是兩岸淘刷嚴重。因此，土砂來源主要為河道堆積土砂、溪谷兩岸山崩落石、源頭崩塌及地表沖蝕所形成土石鬆動等原因(引自台中縣管區域排水乾溪排水系統治理規劃報告，水利署 98 年 4 月)。

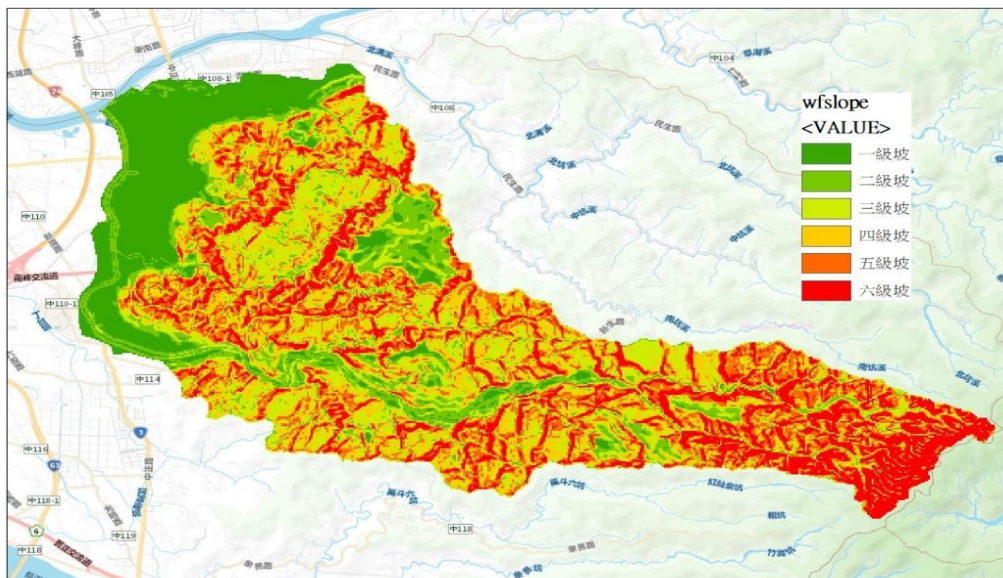


圖 2-2 乾溪級坡圖

(二) 現地探勘

乾溪排水幹線為草湖溪支流，屬台中縣縣管區域排水，公告起點為草湖溪匯流口，終點為峰谷橋，排水集水面積 29.81 平方公里，幹線流長 14.95 公里。我們以橋作為分界，從下游北峰橋為起點，依序向上游經過中正橋、福新橋、新厝橋、乾溪橋及終點峰谷橋如圖 2-3，並於每座橋的上下游進行探勘如表 2-1。

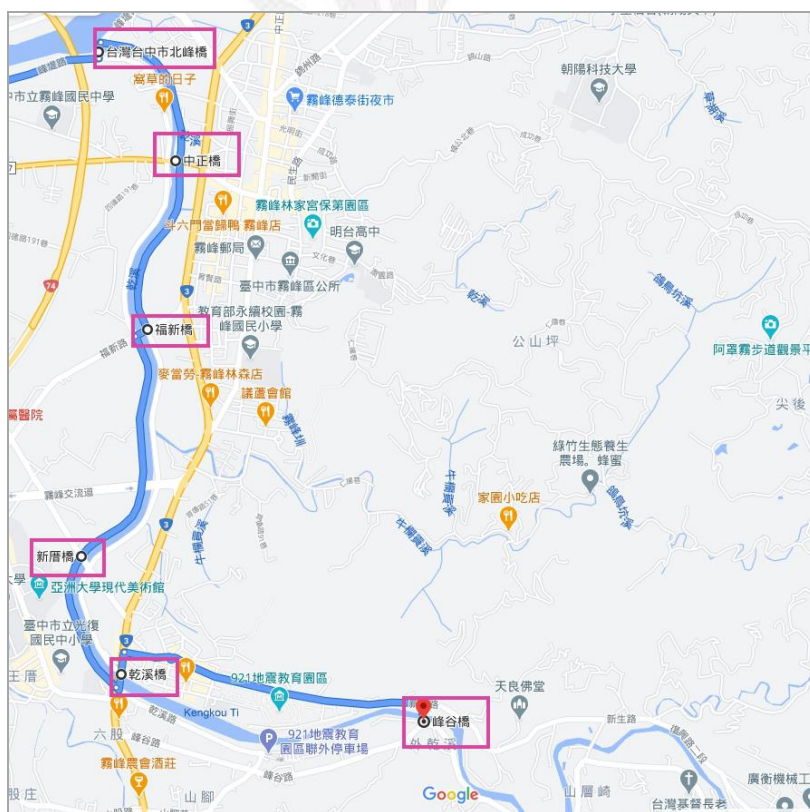
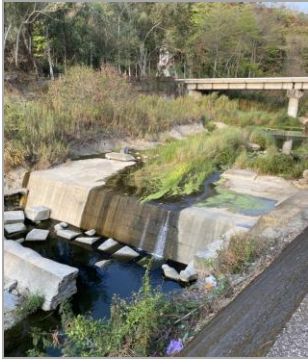





圖 2-3 現地探勘路線圖

表 2-1 現地探勘圖

地點	現地狀況	現況照片
北峰橋	左右岸皆為箱型石籠護岸保護邊坡護岸外側再以扶壁式擋土牆擋土以利施作防汛道路	
中正橋	左右岸皆為複式護岸，底部混凝土護岸保護邊坡，頂部採用格框排塊石	
福新橋	右岸為混凝土護岸保護邊坡加以擋水胸牆防洪，部分為箱型石籠護岸；左岸底部混凝土護岸保護邊坡頂部採用格框排塊石，部分為箱型石籠護岸	
新厝橋	左右岸皆為箱型石籠護岸保護邊坡護岸外側再以扶壁式擋土牆擋土以利施作防汛道路	
乾溪橋	左右岸皆為混凝土護岸保護邊坡	

<p>峰谷橋</p>	<p>左右岸皆為混凝土護岸保護邊坡</p>	
<p>坑口橋</p>	<p>左右岸皆為混凝土護岸保護邊坡</p>	
<p>福新橋 附近之 農田</p>	<p>平原水源充足灌溉便利 ，以種植水稻為主</p>	
<p>峰谷橋 附近之 地質</p>	<p>主要以砂頁岩為主</p>	

牛欄貢溪排水	由於乾旱季缺水， 且水質不佳	
峰谷橋下水質	由於乾旱季缺水， 且水質不佳	

註：參訪日期為 110 年 3 月 26 日

(三)水文站

研究集水區域範圍內及鄰近，有紀錄之雨量站雖有農田水利會、台灣糖業公司、菸酒公賣局、經濟部水利署、中央氣象局及農業試驗所等 14 處雨量站。本報告採用具完整與連續性之霧峰站、土城站、及國姓站自民國 38 年~民國 95 年，另增加歷年前 5 大之一日暴雨量為虛擬值，共 63 年的雨量資料作為分析資料，並將排水幹線區分為出口、菜園溪排水匯入前、牛欄貢溪排水匯入前與光復排水匯入前等 4 個控制點，各控制點之徐昇氏權重面積分配。另因本集水區面積為 29.81 平方公里，屬於小集水面積，且山地面積佔 80%，平均河床坡降為 1/70，集水區內排水幹支分線坡陡流急，降雨後洪水從遠點流至集水區出口之時間僅 1 個多小時，故本報告僅對一日暴雨量做分析(引自台中縣管區域排水乾溪排水系統治理規劃報告，水利署 98 年 4 月)。

表 2-2 雨量站資料

站名	所屬單位	TM 二度分帶		標高 (m)	資料年分	站別
		X 坐標	Y 坐標			
土城	南投農田水利	222865.3	2653212	187	1944-2006	普通
國姓	南投農田水利	235591	2659500	300	1949-2006	普通
霧峰	南投農田水利	219493.1	2662448	54	1947-2006	普通

註：引自台中縣管區域排水乾溪排水系統治理規劃報告，水利署 98 年 4 月

第三章 降雨分析

(一) 集水區雨量站徐昇式權重

本報告採用水利署 98 年 4 月「易淹水地區水患治理計畫-台中縣管區域排水乾溪排水系統治理規劃報告」中雨量站於集水區內的面積權重，去計算各控制點之雨量如表 3-1。

表 3-1 各控制點三個雨量站權重表

控制點	出口	菜園溪排水	牛欄貢溪排水	光復排水
雨量站	權重			
霧峰	80.90%	78.92%	71.67%	69.86%
土城	19.02%	0.210	0.283	30.08%
國姓	0.04%	0.04%	0.06%	0.60%

註：引自台中縣管區域排水乾溪排水系統治理規劃報告，水利署 98 年 4 月

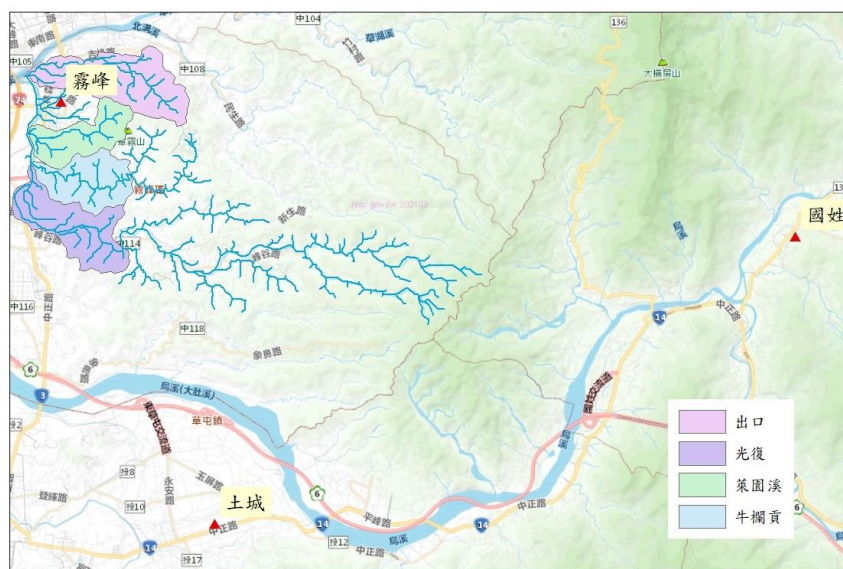


圖 3-1 乾溪排水集水區域內及鄰近地區水文觀測站位置圖

在計算徐昇多邊形法時須考慮集水區周圍的雨量站，因在包含周圍雨量站一起計算徐昇多邊形法時，集水區內的權重可能受到周圍的雨量站影響。

(二)集水區雨量資料

本次採用共 63 年的霧峰站、土城站、及國姓站雨量資料作分析，並將排水幹線區分為出口、菜園溪排水匯入前、牛欄貢溪排水匯入前與光復排水匯入前等四個控制點，以徐昇多邊形法計算各個控制點的平均時雨量資料。

表 3-2 三個雨量站歷年平均最大一日暴雨量表 單位：mm

時間	霧峰	土城	國姓
1949	205	162.5	255.8
1950	146	157	97.7
1951	168.5	169.9	248.1
1952	130	137.6	57.3
1953	120.8	228.9	216.8
1954	98	101.9	88
1955	105	128.5	142.8
1956	295	220.6	235.6
1957	163.2	118.9	118.2
1958	121.2	137.7	96.6
1959	352	250.7	445
1960	193.5	165.6	182.6
1961	87.1	68	37.7
1962	201.7	172.3	204
1963	211.1	179.5	626.5
1964	49.1	173	26.3
1965	213	182	135.9
1966	166.8	143	189.8
1967	107.2	177	131.2
1968	124.6	98	96.3
1969	113.1	82.3	109.2
1970	323.8	226	421
1971	103	99.2	85.4
1972	305.4	192	355
1973	84.2	76.5	71
1974	158	60	80
1975	115	101.5	129
1976	220.2	296.5	295
1977	226	212	268

乾溪流域水文分析

1978	110	74.7	38
1979	96.1	36.7	91
1980	214.9	303.9	369.8
1981	188.9	344.8	271.4
1982	110.4	90.6	116
1983	89	154.7	245
1984	130.7	130	38
1985	150.6	82.3	61
1986	150	37.3	174.8
1987	154.8	74	79.2
1988	106.8	125	169.3
1989	312.3	211	329.7
1990	401.7	214	350.5
1991	136	103	106
1992	150.6	90.5	119.5
1993	158	135.7	12.2
1994	176.7	45.5	84.4
1995	293.2	213	221.5
1996	286.2	214.6	368.2
1997	93.1	50.5	100.9
1998	127	82	92.5
1999	127.8	98	157.5
2000	122.3	56	47
2001	251	31	47
2002	105	105.8	63
2003	85.5	87	74
2004	463.5	373	508
2005	318.8	162.5	206
2006	180	214.3	257
*2007	436.5	373	626.5
*2008	401.7	344.8	508
*2009	352	303.9	445
*2010	323.8	296.5	421
*2011	318.8	250.7	369.8

註:引自台中縣管區域排水乾溪排水系統治理規劃報告，水利署 98 年 4 月
*為虛擬資料

表 3-3 各控制點集水區歷年平均最大一日暴雨量表 單位：mm

時間	出口	菜園溪	牛欄貢	光復
1949	196.9	196.1	193.0	192.2
1950	148.1	148.3	149.1	149.3
1951	168.8	168.8	168.9	169.0
1952	131.4	131.6	132.1	132.2
1953	141.4	143.6	151.4	153.4
1954	98.7	98.8	99.1	99.2
1955	109.5	110.0	111.7	112.1
1956	280.8	279.3	273.9	272.6
1957	154.8	153.9	150.6	149.8
1958	124.3	124.7	125.8	126.1
1959	332.8	330.7	323.4	321.6
1960	188.2	187.6	185.6	185.1
1961	83.4	83.1	81.7	81.3
1962	196.1	195.5	193.4	192.9
1963	205.3	204.6	202.4	201.8
1964	72.7	75.2	84.1	86.4
1965	207.1	206.4	204.2	203.6
1966	162.3	161.8	160.1	159.7
1967	120.5	121.9	126.9	128.2
1968	119.5	119.0	117.1	116.6
1969	107.2	106.6	104.4	103.8
1970	305.2	303.3	296.2	294.4
1971	102.3	102.2	101.9	101.8
1972	283.9	281.6	273.4	271.3
1973	82.7	82.6	82.0	81.9
1974	139.3	137.3	130.2	128.5
1975	112.4	112.2	111.2	110.9
1976	234.7	236.3	241.8	243.2
1977	223.4	223.1	222.1	221.8
1978	103.3	102.5	100.0	99.3
1979	84.8	83.6	79.3	78.2
1980	231.9	233.7	240.2	241.8
1981	218.6	221.7	233.0	235.8
1982	106.6	106.2	104.8	104.4
1983	101.6	102.9	107.7	108.9

乾溪流域水文分析

1984	130.5	130.5	130.4	130.4
1985	137.6	136.2	131.2	130.0
1986	128.6	126.3	118.2	116.1
1987	139.4	137.8	131.9	130.5
1988	110.3	110.7	112.0	112.3
1989	293.0	291.0	283.7	281.8
1990	366.0	362.2	348.6	345.2
1991	129.7	129.0	126.7	126.1
1992	139.2	137.9	133.6	132.5
1993	153.7	153.2	151.6	151.2
1994	151.7	149.1	139.6	137.2
1995	277.9	276.3	270.5	269.0
1996	272.6	271.2	266.0	264.7
1997	85.0	84.1	81.1	80.3
1998	118.4	117.5	114.3	113.4
1999	122.1	121.5	119.4	118.9
2000	109.7	108.3	103.5	102.3
2001	209.1	204.6	188.7	184.7
2002	105.1	105.2	105.2	105.2
2003	85.8	85.8	85.9	85.9
2004	446.3	444.5	437.9	436.3
2005	289.0	285.9	274.5	271.7
2006	186.6	187.2	189.7	190.4
2007	446	444.5	438	439.8
2008	391	389.8	386	387.4
2009	343	341.9	338	340
2010	319	318.1	316	317.9
2011	306	304.5	300	300.3

第四章 頻率分析

應用頻率分析(frequency analysis)分析水文資料，是希望評估適配歷史極端事件水文量的機率分佈。頻率分析的前提為樣本事件為獨立而且屬於同一分佈，此樣本資料是由該水文系統隨機產生而得，不論在空間上或時間上均應符合獨立之假設(引自水文學，李光敦，93年2月)。

(一) 機率分佈

針對表 3-3 四個控制點進行頻率分析，水文學上常用以機率分佈分析水文學量，本報告採用二參數對數常態分佈、三參數對數常態分佈、皮爾遜第三型分佈、對數皮爾遜第三型分佈及極端值一型分佈等五種常用於極端事件之機率分佈進行頻率分析。

針對表 3-3 四個控制點的集水區歷年平均最大一日暴雨量進行頻率分析。頻率分析出來的結果因為有四個控制點，每個控制點有五張最大一日累積暴雨量超越機率百分比圖，以出口為例如圖 4-1~圖 4-5 所示。

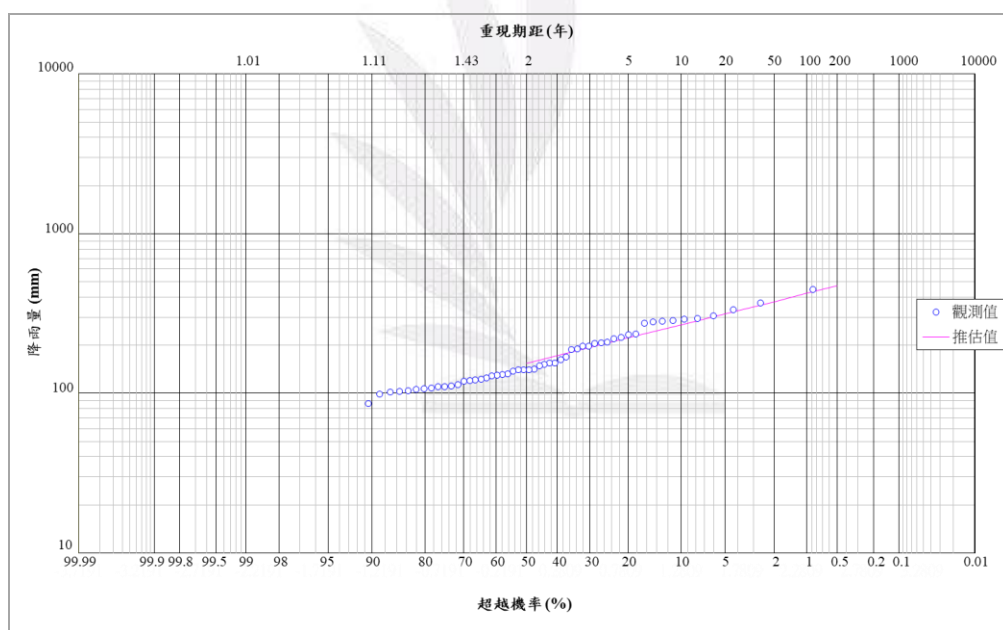


圖 4-1 出口二參數對數常態分佈圖

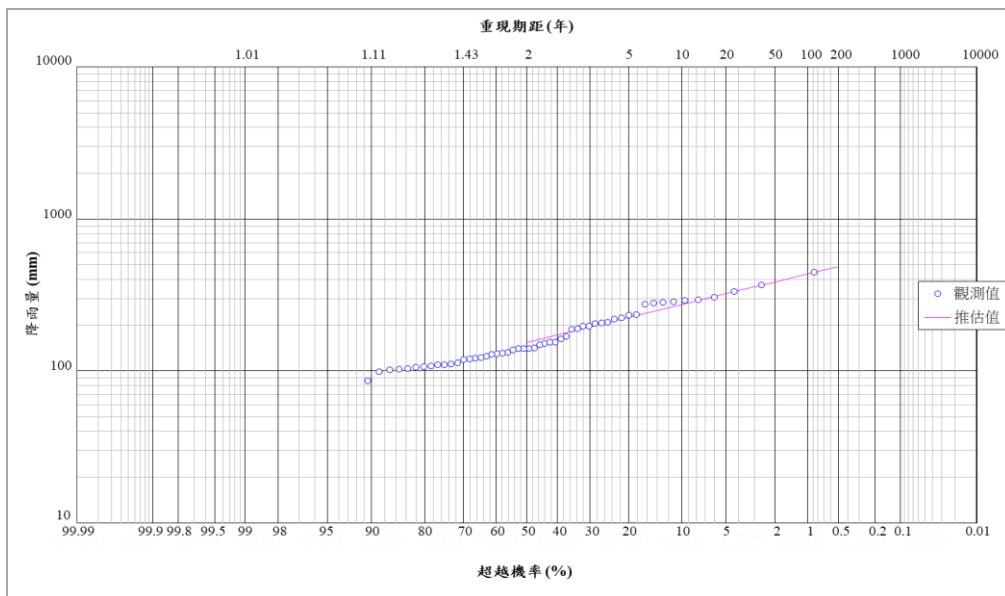


圖 4-2 出口三參數對數常態分佈圖

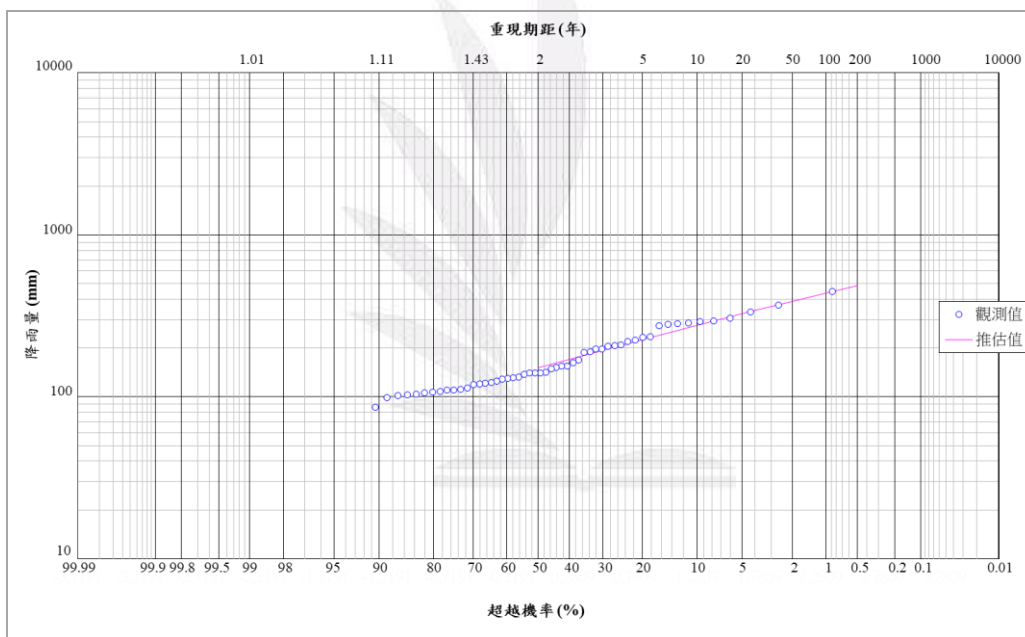


圖 4-3 出口皮爾遜三型分佈圖

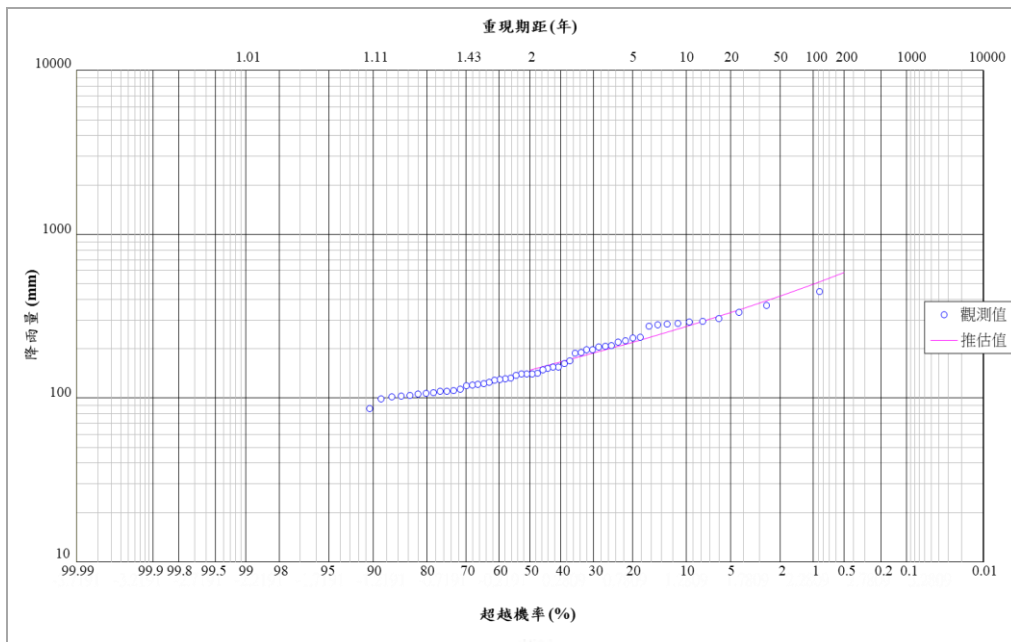


圖 4-4 出口對數皮爾遜三型分佈圖

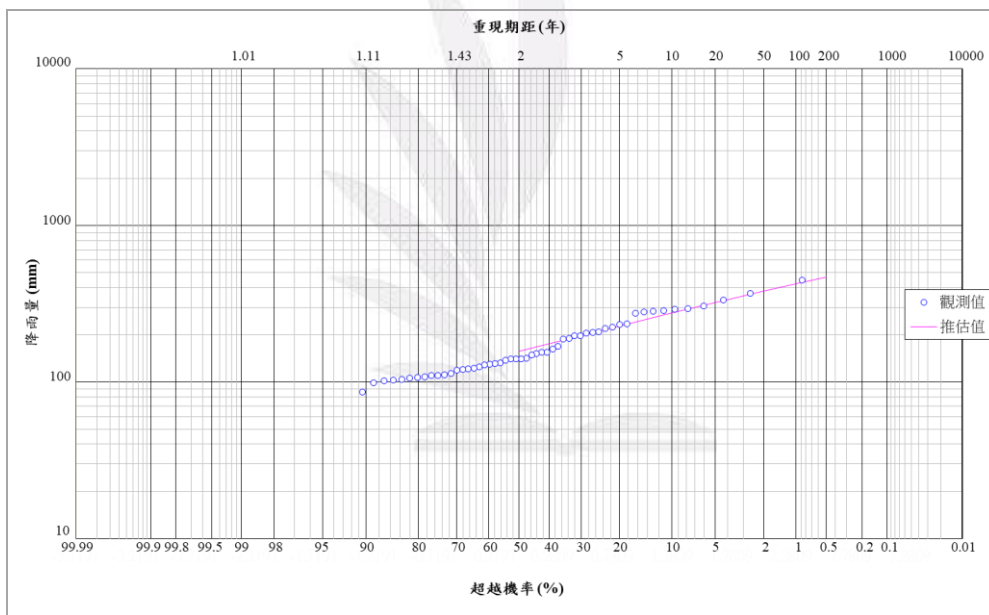


圖 4-5 出口極端值一型分佈圖

(二)卡方檢定

常用以檢定水文資料機率分佈的方法為 χ^2 檢定(chi-square test)，其基本架構是在計算樣本之發生機率與所假設分佈之理論機率值的差異，以確定所假設的機率分佈是否合理(引自水文學，李光敦，93年2月)。

本報告將水文資料分為7個區間，引用淡江軟體模式進行演算。計算結果如表4-1~表4-4所示。

表 4-1 出口各重現期距一日暴雨量表

重現期距 (年)	Ln2	Ln3	PT3	LPT3	EV1
2	164.7	168.2	166.3	159.5	169.1
5	244.6	250.7	251.5	241.5	251.0
10	300.8	305.4	307.9	305.8	305.3
25	375.1	374.5	377.7	399.3	373.8
50	432.5	426.0	428.5	478.4	424.7
100	491.7	477.6	478.3	566.1	475.2
200	552.9	529.6	527.3	663.5	525.5
卡方檢定	13.556	15.333	10.889	11.556	17.111
卡方臨界值	9.488	7.815	7.815	7.815	9.488
檢定結果	不通過檢定	不通過檢定	不通過檢定	不通過檢定	不通過檢定

表 4-2 菜園溪各重現期距一日暴雨量表

重現期距 (年)	Ln2	Ln3	PT3	LPT3	EV1
2	164.7	168.2	166.3	159.1	169.2
5	245.2	251.7	252.6	241.8	252.1
10	302.0	307.1	309.6	307.2	307.0
25	377.0	377.2	380.4	402.9	376.4
50	435.2	429.4	432.0	484.4	427.9
100	495.1	481.7	482.5	575.2	478.9
200	557.1	534.5	532.3	676.6	529.8
卡方檢定	12.667	14.667	10.667	9.333	17.333
卡方臨界值	9.488	7.815	7.815	7.815	9.488
檢定結果	不通過檢定	不通過檢定	不通過檢定	不通過檢定	不通過檢定

表 4-3 牛欄貢溪各重現期距一日暴雨量表

重現期距 (年)	Ln2	Ln3	PT3	LPT3	EV1
2	162.9	166.3	164.4	157.3	167.2
5	241.7	248.1	248.9	238.4	248.5
10	297.2	302.4	304.8	302.5	302.3
25	370.5	371.0	374.1	396.4	370.3
50	427.2	422.1	424.6	476.3	420.7
100	485.5	473.2	474.0	565.4	470.8
200	545.8	524.9	522.7	665.1	520.7
卡方檢定	12.222	13.778	7.778	9.333	13.778
卡方臨界值	9.488	7.815	7.815	7.815	9.488
檢定結果	不通過檢定	不通過檢定	通過檢定	不通過檢定	不通過檢定

表 4-4 光復各重現期距一日暴雨量表

重現期距 (年)	Ln2	Ln3	PT3	LPT3	EV1
2	163.3	166.8	164.8	157.7	167.6
5	242.4	248.9	249.7	239.1	249.2
10	298.1	303.3	305.7	303.4	303.1
25	371.6	372.0	375.1	397.6	371.3
50	428.5	423.2	425.7	477.8	421.9
100	487.0	474.5	475.2	567.2	472.1
200	547.6	526.2	524.0	667.2	522.2
卡方檢定	12.222	11.333	7.778	8.000	11.333
卡方臨界值	9.488	7.815	7.815	7.815	9.488
檢定結果	不通過檢定	不通過檢定	通過檢定	不通過檢定	通過檢定

(三)適合機率分布

兩型設計各延時所使用的機率分布，經以卡方檢定篩選後，由四個控制點的計算成果可知皮爾遜第三型分布通過檢定的符合控制點最多，如表 4-5，因此本次成果最適合分布為皮爾遜第三型分布，如表 4-6。

表 4-5 各控制點檢定分析結果表

分析方法	出口	萊園溪	牛欄貢溪	光復
二參數對數常態	不通過檢定	不通過檢定	不通過檢定	通過檢定
三參數對數常態	不通過檢定	不通過檢定	不通過檢定	不通過檢定
皮爾遜第三型分布	不通過檢定	不通過檢定	通過檢定	通過檢定
對數皮爾遜第三型	不通過檢定	不通過檢定	不通過檢定	不通過檢定
極端值第一型分布	不通過檢定	不通過檢定	不通過檢定	不通過檢定

表 4-6 各控制點各重現期距一日暴雨量皮爾遜三型分布表

重現期距	出口	萊園溪	牛欄貢溪	光復
2	166.3	166.3	164.4	164.8
5	251.5	252.6	248.9	249.7
10	307.9	309.6	304.8	305.7
25	377.7	380.4	374.1	375.1
50	428.5	432.0	424.6	425.7
100	478.3	482.5	474.0	475.2

第五章 雨型分析

設計雨型的經驗公式有 Horner 公式、物部公式、無因次降雨強度公式、Talbot 公式、Sherman 公式、Cleveland 公式、石黑公式等，本報告採用 Horner 公式與高斯馬可夫來設計雨型。

(一) Horner 公式雨型

$$i = \frac{a}{(t_d + b)^c} \quad (5-1)$$

i 為降雨強度(mm/hr)； t_d 為降雨延時(min)； a 、 b 、 c 為參數

(二) 集流時間

集流時間採 Rziha 公式推估，採用水利署 98 年 4 月「易淹水地區水患治理計畫-台中縣管區域排水乾溪排水系統治理規劃報告」的地文資料。區域山地面積佔 80%，平均河床坡降為 1/70，考量擇用較小集流時間為原則，選擇 Rziha 公式推估成果。

$$t_c = 0.00083 \frac{L}{S^{0.6}} \quad (5-2)$$

t_c 為集流時間(min)； L 為逕流長度(m)； S 為集水區平均坡度(m/m)

1. 根據「水土保持手冊調查篇，2016」之設計原則如下：

- 降雨於時間及空間分布均勻。
- 降雨延時通常大於集流時間。
- 可以忽略河川調蓄效應

2. 根據「余濬，水利會訊第十二期」，依集流時間 T_c 選擇單位時間 T_r 如下：

$$\begin{aligned} T_c \leq 1 \text{ hr} &\rightarrow T_r = 0.15 \text{ hr} \\ 1 \text{ hr} < T_c \leq 3 \text{ hr} &\rightarrow T_r = 0.4 \text{ hr} \\ 3 \text{ hr} < T_c \leq 6 \text{ hr} &\rightarrow T_r = 0.8 \text{ hr} \\ 6 \text{ hr} < T_c &\rightarrow T_r = 1.0 \text{ hr} \end{aligned}$$

採用水利署民國 92 年「台灣地區雨量測站降雨強度—延時 Horner 公式分析」之草屯(4)自記雨量站 Horner 降雨強度公式設計雨型，其參數如表 5-1，單位時間演算間距採用 0.4hr，表 4-6 為各重現期距匯入軟體之一日暴雨量。

表 5-1 水利署草屯(4)雨量站 Horner 公式參數表

參數	重現期距(年)					
	2年	5年	10年	25年	50年	100年
a	2252.191	2540.74	2085.773	1593.442	1151.717	863.555
b	30.426	34.725	30.582	28.054	20.834	15.902
c	0.8017	0.7633	0.7013	0.6231	0.5489	0.4809

註：引自台中縣管區域排水乾溪排水系統治理規劃報告，水利署 98 年 4 月

依前述建立之降雨強度公式，以交替組體法建立設計雨型列表呈現設計雨型資料如表 5-2，並繪製設計雨型圖，分別畫出 2 年、5 年、10 年、25 年、50 年、100 年之設計雨型如圖 5-1~圖 5-6。

表 5-2 各重現期距降雨百分比

時間 間距	各重現期降雨百分比(%)					
	2	5	10	25	50	100
0.4	0.361	0.427	0.525	0.651	0.768	0.877
0.8	0.372	0.439	0.539	0.666	0.783	0.892
1.2	0.383	0.452	0.553	0.681	0.799	0.908
1.6	0.395	0.466	0.568	0.698	0.815	0.924
2	0.409	0.481	0.584	0.715	0.833	0.941
2.4	0.423	0.497	0.601	0.733	0.852	0.960
2.8	0.439	0.514	0.620	0.753	0.872	0.979
3.2	0.455	0.533	0.640	0.774	0.893	1.000
3.6	0.474	0.553	0.662	0.797	0.916	1.022
4	0.494	0.575	0.685	0.822	0.940	1.046
4.4	0.516	0.599	0.711	0.849	0.967	1.071
4.8	0.540	0.626	0.739	0.878	0.995	1.099
5.2	0.567	0.655	0.770	0.910	1.026	1.128
5.6	0.597	0.688	0.804	0.945	1.061	1.161
6	0.631	0.725	0.843	0.984	1.098	1.196
6.4	0.670	0.766	0.885	1.027	1.140	1.235
6.8	0.714	0.814	0.934	1.075	1.186	1.279
7.2	0.765	0.868	0.989	1.130	1.238	1.327
7.6	0.825	0.932	1.053	1.193	1.297	1.381
8	0.896	1.007	1.128	1.266	1.364	1.443
8.4	0.981	1.097	1.216	1.351	1.442	1.514
8.8	1.087	1.207	1.323	1.452	1.535	1.598
9.2	1.220	1.345	1.456	1.576	1.646	1.697

9.6	1.394	1.523	1.624	1.731	1.783	1.817
10	1.630	1.763	1.846	1.932	1.958	1.969
10.4	1.968	2.101	2.154	2.204	2.190	2.167
10.8	2.493	2.616	2.612	2.598	2.518	2.442
11.2	3.406	3.490	3.369	3.229	3.030	2.860
11.6	5.344	5.272	4.872	4.429	3.977	3.610
12	11.528	10.533	9.216	7.732	6.550	5.589
12.4	23.420	19.516	16.789	13.351	11.281	9.399
12.8	7.373	7.060	6.352	5.574	4.865	4.298
13.2	4.166	4.200	3.972	3.717	3.419	3.171
13.6	2.879	2.989	2.937	2.871	2.742	2.626
14	2.199	2.329	2.358	2.381	2.338	2.292
14.4	1.782	1.916	1.986	2.057	2.065	2.061
14.8	1.502	1.634	1.727	1.825	1.865	1.888
15.2	1.301	1.428	1.534	1.649	1.711	1.754
15.6	1.149	1.272	1.386	1.511	1.588	1.645
16	1.031	1.149	1.267	1.399	1.487	1.554
16.4	0.936	1.050	1.170	1.306	1.402	1.477
16.8	0.858	0.968	1.089	1.228	1.329	1.411
17.2	0.794	0.899	1.020	1.160	1.266	1.353
17.6	0.738	0.840	0.961	1.102	1.211	1.302
18	0.691	0.789	0.909	1.050	1.162	1.256
18.4	0.650	0.745	0.863	1.005	1.118	1.215
18.8	0.614	0.706	0.823	0.964	1.079	1.178
19.2	0.582	0.671	0.787	0.927	1.043	1.144
19.6	0.553	0.640	0.754	0.893	1.011	1.113
20	0.528	0.612	0.725	0.863	0.981	1.085
20.4	0.504	0.587	0.698	0.835	0.953	1.058
20.8	0.483	0.564	0.673	0.809	0.928	1.034
21.2	0.464	0.543	0.651	0.786	0.904	1.011
21.6	0.447	0.523	0.630	0.764	0.882	0.989
22	0.431	0.505	0.611	0.743	0.861	0.969
22.4	0.416	0.489	0.593	0.724	0.842	0.950
22.8	0.402	0.473	0.576	0.706	0.824	0.933
23.2	0.389	0.459	0.560	0.689	0.807	0.916
23.6	0.377	0.446	0.546	0.673	0.791	0.900
24	0.366	0.433	0.532	0.659	0.776	0.885

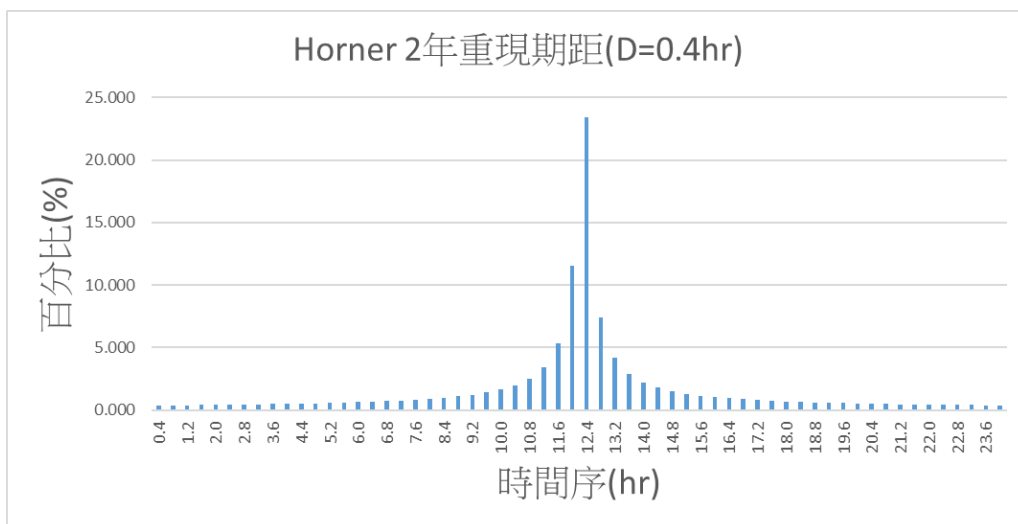


圖 5-1 Horner2 年重現期距降雨強度雨型

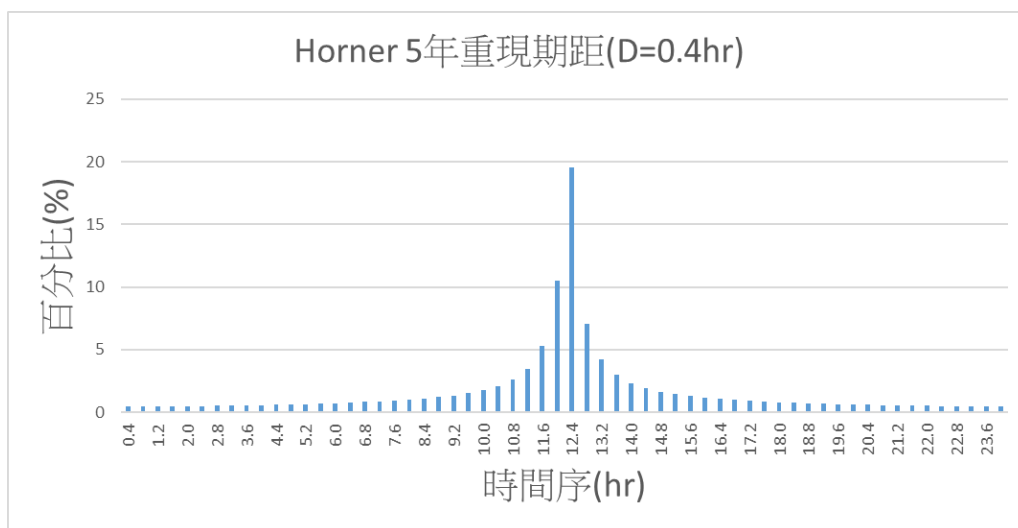


圖 5-2 Horner5 年重現期距降雨強度雨型

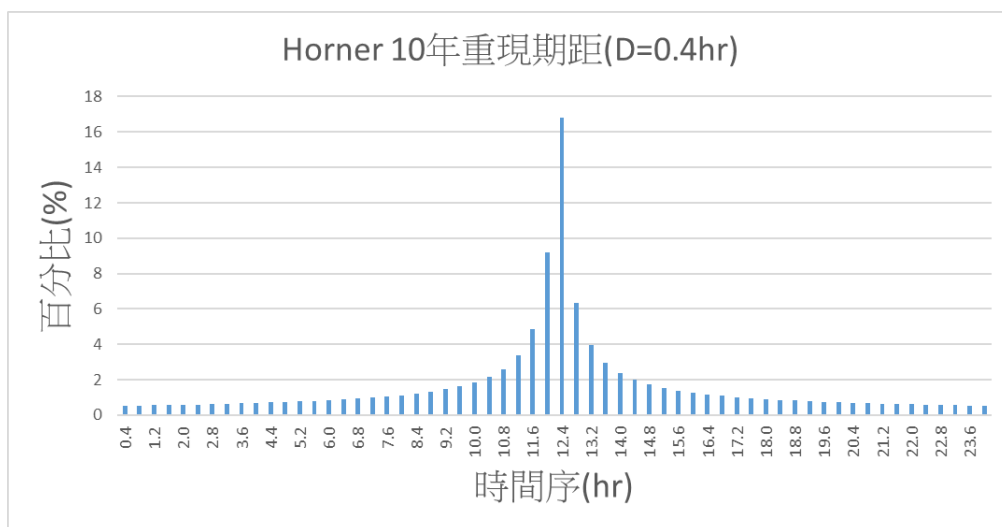


圖 5-3 Horner10 年重現期距降雨強度雨型

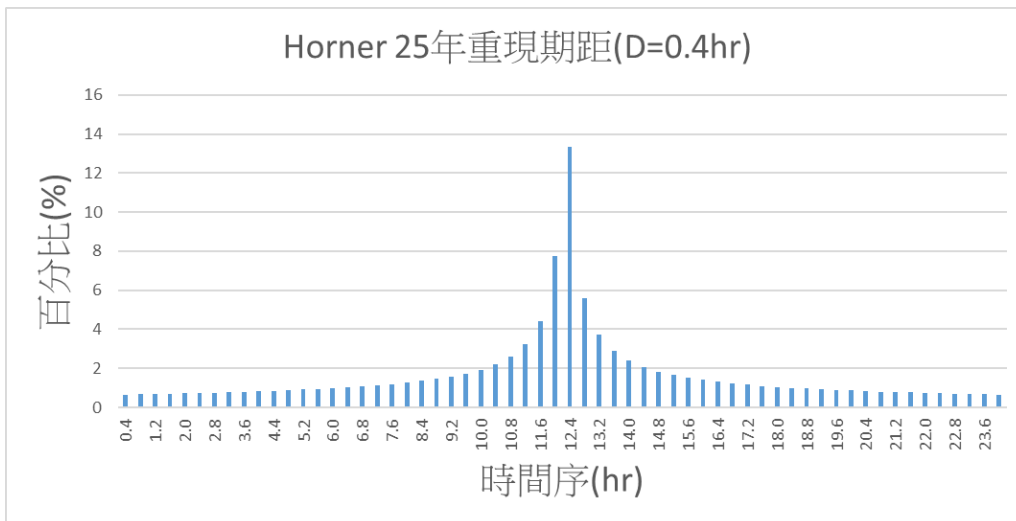


圖 5-4 Horner25 年重現期距降雨強度雨型

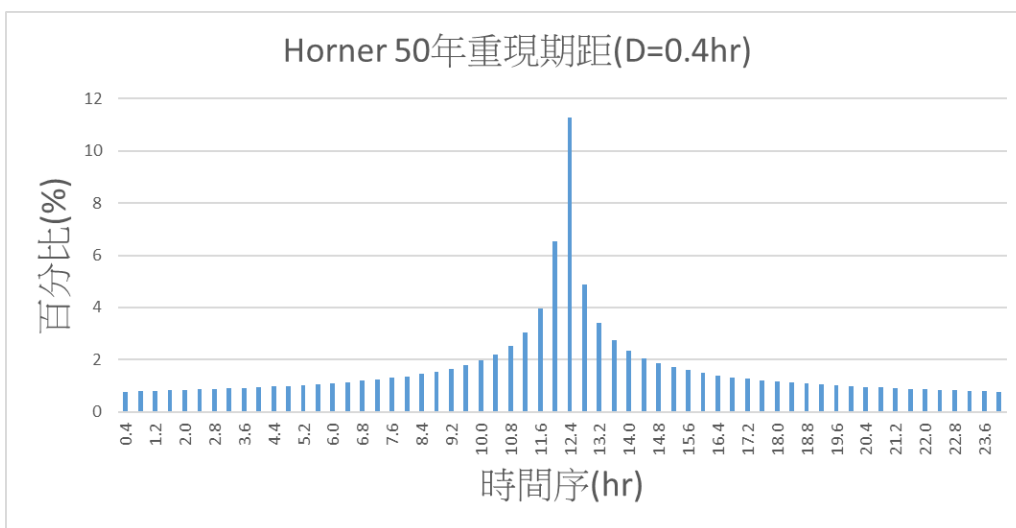


圖 5-5 Horner50 年重現期距降雨強度雨型

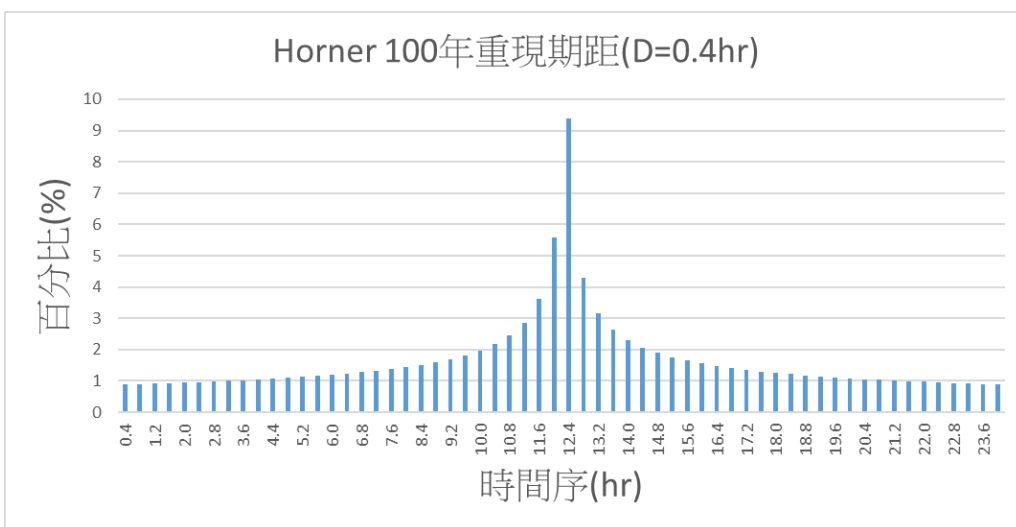


圖 5-6 Horner100 年重現期距降雨強度雨型

(三)高斯馬可夫雨型(SSGM 雨型)

簡單尺度不變性高斯馬可夫雨型 (Simple Scaling Gauss-Markov)，為一符合隨機碎形特性與高斯馬可夫歷程的無因次雨型(引自余濬，水利會訊第十二期)。

本報告以中部區域第二類雨型作為集水區之設計雨型，其成果詳如表 5-3 所示，再繪其降雨百分比圖如圖 5-7。

表 5-3 SSGM 第二型降雨百分比

時間間距	SSGM 第二型降雨百分比(%)	時間間距	SSGM 第二型降雨百分比(%)
1	0.413	13	12.211
2	1.154	14	8.997
3	1.647	15	6.980
4	1.924	16	5.237
5	2.433	17	4.108
6	2.620	18	3.524
7	3.166	19	2.985
8	3.714	20	2.438
9	4.693	21	2.176
10	6.201	22	1.779
11	8.242	23	1.310
12	11.275	24	0.836

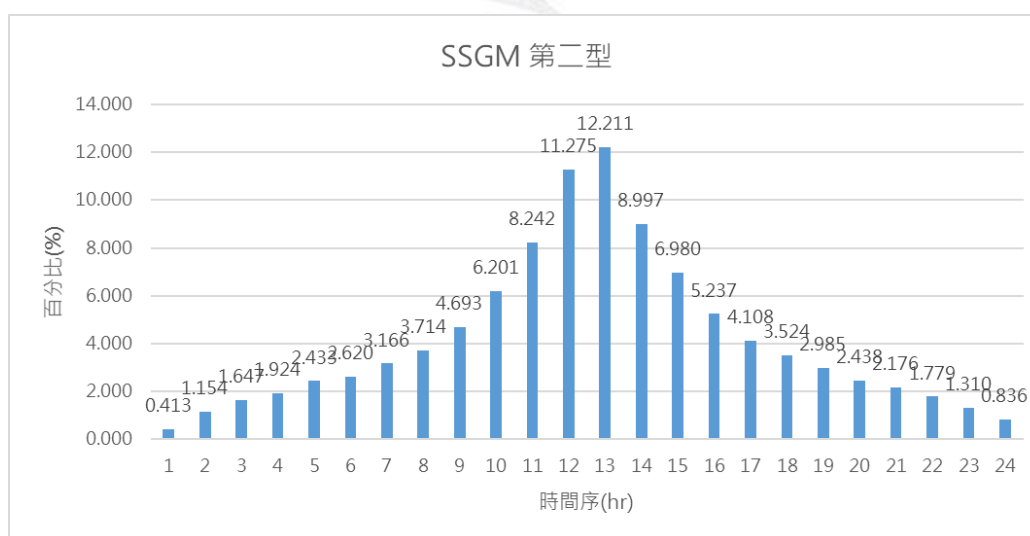


圖 5-7 SSGM 第二型降雨百分比圖

第六章 設計暴雨

採用頻率分析所計算成果各控制點各重現期距皮爾遜第三型一日暴雨量如表 4-6，分別與 Horner 設計雨型及 SSGM 設計雨型進行相乘，可得設計暴雨量。計算成果如表 6-1~表 6-8。

(一) Horner 公式雨型

表 6-1 出口各重現期距 Horner 設計暴雨降雨深度

時間 間距	降雨深度(mm)					
	2	5	10	25	50	100
0.4	0.600	1.075	1.618	2.461	3.293	4.197
0.8	0.618	1.105	1.659	2.515	3.356	4.267
1.2	0.637	1.138	1.702	2.573	3.423	4.341
1.6	0.658	1.172	1.749	2.635	3.494	4.419
2	0.680	1.210	1.799	2.700	3.569	4.502
2.4	0.704	1.250	1.852	2.770	3.649	4.590
2.8	0.729	1.293	1.909	2.845	3.735	4.683
3.2	0.757	1.340	1.971	2.925	3.826	4.782
3.6	0.788	1.390	2.038	3.011	3.923	4.888
4	0.821	1.446	2.110	3.104	4.029	5.001
4.4	0.858	1.507	2.189	3.205	4.142	5.123
4.8	0.898	1.574	2.276	3.315	4.265	5.255
5.2	0.943	1.648	2.371	3.436	4.398	5.397
5.6	0.993	1.730	2.477	3.568	4.545	5.552
6	1.050	1.823	2.594	3.715	4.705	5.722
6.4	1.114	1.927	2.726	3.878	4.883	5.909
6.8	1.187	2.047	2.875	4.061	5.081	6.116
7.2	1.272	2.184	3.046	4.268	5.304	6.347
7.6	1.371	2.344	3.242	4.506	5.556	6.607
8	1.489	2.533	3.472	4.780	5.845	6.902
8.4	1.632	2.759	3.745	5.102	6.181	7.243
8.8	1.807	3.036	4.074	5.486	6.577	7.641
9.2	2.029	3.383	4.482	5.953	7.053	8.115
9.6	2.318	3.832	5.000	6.539	7.641	8.692
10	2.710	4.433	5.684	7.296	8.388	9.417
10.4	3.273	5.285	6.632	8.324	9.383	10.365

10.8	4.145	6.579	8.042	9.812	10.790	11.680
11.2	5.664	8.778	10.375	12.195	12.985	13.681
11.6	8.887	13.260	15.000	16.729	17.042	17.268
12	19.172	26.490	28.376	29.206	28.066	26.735
12.4	38.948	49.082	51.692	50.428	48.337	44.955
12.8	12.262	17.755	19.559	21.052	20.849	20.557
13.2	6.929	10.562	12.231	14.039	14.649	15.166
13.6	4.787	7.516	9.043	10.845	11.750	12.562
14	3.657	5.857	7.260	8.992	10.019	10.963
14.4	2.964	4.819	6.116	7.768	8.847	9.856
14.8	2.498	4.109	5.316	6.891	7.990	9.032
15.2	2.163	3.592	4.724	6.229	7.331	8.388
15.6	1.911	3.199	4.267	5.707	6.803	7.867
16	1.715	2.890	3.901	5.285	6.370	7.434
16.4	1.557	2.640	3.602	4.934	6.006	7.066
16.8	1.428	2.434	3.353	4.638	5.695	6.749
17.2	1.320	2.261	3.140	4.383	5.426	6.473
17.6	1.228	2.113	2.958	4.162	5.189	6.228
18	1.149	1.985	2.798	3.967	4.979	6.009
18.4	1.081	1.873	2.658	3.794	4.792	5.813
18.8	1.021	1.775	2.534	3.640	4.623	5.635
19.2	0.967	1.688	2.423	3.500	4.470	5.473
19.6	0.920	1.610	2.322	3.374	4.330	5.324
20	0.877	1.539	2.232	3.259	4.202	5.188
20.4	0.839	1.476	2.149	3.154	4.084	5.061
20.8	0.804	1.418	2.073	3.057	3.975	4.943
21.2	0.772	1.364	2.004	2.967	3.874	4.834
21.6	0.743	1.316	1.939	2.884	3.779	4.731
22	0.716	1.271	1.880	2.806	3.691	4.635
22.4	0.691	1.229	1.825	2.734	3.609	4.545
22.8	0.668	1.191	1.773	2.667	3.531	4.460
23.2	0.647	1.155	1.725	2.603	3.458	4.380
23.6	0.627	1.121	1.680	2.544	3.389	4.304
24	0.609	1.090	1.638	2.488	3.324	4.232

表 6-2 萊園溪各重現期距 Horner 設計暴雨降雨深度

時間 間距	降雨深度(mm)					
	2	5	10	25	50	100
0.4	0.600	1.080	1.626	2.478	3.320	4.234
0.8	0.618	1.110	1.668	2.533	3.384	4.305
1.2	0.637	1.143	1.712	2.592	3.451	4.379
1.6	0.658	1.177	1.759	2.653	3.523	4.458
2	0.680	1.215	1.808	2.719	3.599	4.542
2.4	0.704	1.255	1.862	2.790	3.679	4.630
2.8	0.729	1.299	1.920	2.865	3.765	4.724
3.2	0.757	1.345	1.982	2.946	3.857	4.824
3.6	0.788	1.397	2.049	3.032	3.956	4.931
4	0.821	1.452	2.122	3.126	4.061	5.045
4.4	0.858	1.513	2.201	3.228	4.176	5.168
4.8	0.898	1.581	2.289	3.339	4.300	5.301
5.2	0.943	1.655	2.384	3.460	4.434	5.444
5.6	0.993	1.738	2.490	3.594	4.582	5.601
6	1.050	1.831	2.609	3.741	4.744	5.772
6.4	1.114	1.936	2.741	3.906	4.923	5.961
6.8	1.187	2.056	2.891	4.090	5.123	6.169
7.2	1.272	2.193	3.063	4.299	5.347	6.402
7.6	1.371	2.354	3.260	4.538	5.601	6.665
8	1.489	2.544	3.491	4.814	5.893	6.963
8.4	1.632	2.771	3.765	5.138	6.231	7.306
8.8	1.807	3.049	4.097	5.525	6.631	7.708
9.2	2.029	3.398	4.507	5.996	7.111	8.186
9.6	2.318	3.848	5.028	6.585	7.703	8.768
10	2.710	4.453	5.715	7.349	8.457	9.500
10.4	3.273	5.308	6.668	8.383	9.459	10.456
10.8	4.145	6.608	8.086	9.882	10.878	11.783
11.2	5.664	8.816	10.432	12.282	13.091	13.801
11.6	8.887	13.318	15.083	16.849	17.181	17.420
12	19.172	26.606	28.532	29.414	28.295	26.969
12.4	38.948	49.297	51.978	50.788	48.732	45.350
12.8	12.262	17.833	19.667	21.203	21.019	20.738
13.2	6.929	10.608	12.299	14.139	14.768	15.299
13.6	4.787	7.549	9.093	10.923	11.846	12.672

14	3.657	5.883	7.300	9.056	10.101	11.059
14.4	2.964	4.840	6.149	7.823	8.919	9.943
14.8	2.498	4.127	5.346	6.941	8.056	9.112
15.2	2.163	3.608	4.750	6.273	7.390	8.462
15.6	1.911	3.213	4.290	5.748	6.859	7.936
16	1.715	2.903	3.923	5.322	6.422	7.499
16.4	1.557	2.652	3.622	4.969	6.055	7.128
16.8	1.428	2.445	3.371	4.671	5.742	6.809
17.2	1.320	2.271	3.158	4.414	5.470	6.529
17.6	1.228	2.122	2.974	4.191	5.231	6.282
18	1.149	1.994	2.814	3.995	5.020	6.062
18.4	1.081	1.882	2.673	3.821	4.831	5.864
18.8	1.021	1.783	2.548	3.666	4.661	5.685
19.2	0.967	1.695	2.436	3.525	4.506	5.521
19.6	0.920	1.617	2.335	3.398	4.365	5.371
20	0.877	1.546	2.244	3.282	4.236	5.233
20.4	0.839	1.482	2.161	3.176	4.117	5.105
20.8	0.804	1.424	2.085	3.078	4.008	4.987
21.2	0.772	1.370	2.015	2.988	3.905	4.876
21.6	0.743	1.321	1.950	2.904	3.810	4.773
22	0.716	1.276	1.890	2.827	3.722	4.676
22.4	0.691	1.235	1.835	2.754	3.638	4.585
22.8	0.668	1.196	1.783	2.686	3.560	4.499
23.2	0.647	1.160	1.735	2.622	3.487	4.418
23.6	0.627	1.126	1.689	2.562	3.417	4.342
24	0.609	1.095	1.647	2.505	3.351	4.269

表 6-3 牛欄貢各重現期距 Horner 設計暴雨降雨深度

時間 間距	降雨深度(mm)					
	2	5	10	25	50	100
0.4	0.593	1.064	1.601	2.437	3.263	4.159
0.8	0.611	1.094	1.642	2.491	3.326	4.229
1.2	0.630	1.126	1.685	2.549	3.392	4.302
1.6	0.650	1.160	1.731	2.610	3.462	4.380
2	0.672	1.197	1.780	2.674	3.537	4.462
2.4	0.696	1.237	1.833	2.743	3.616	4.548
2.8	0.721	1.279	1.890	2.817	3.701	4.641
3.2	0.749	1.326	1.951	2.897	3.791	4.739
3.6	0.779	1.376	2.017	2.982	3.888	4.844
4	0.812	1.431	2.089	3.074	3.992	4.956
4.4	0.848	1.491	2.167	3.175	4.104	5.077
4.8	0.888	1.557	2.253	3.284	4.226	5.207
5.2	0.932	1.631	2.347	3.403	4.358	5.349
5.6	0.982	1.712	2.452	3.534	4.503	5.502
6	1.038	1.804	2.568	3.679	4.662	5.671
6.4	1.101	1.908	2.699	3.841	4.839	5.856
6.8	1.174	2.026	2.846	4.022	5.035	6.061
7.2	1.258	2.161	3.015	4.228	5.255	6.289
7.6	1.356	2.320	3.210	4.463	5.505	6.547
8	1.472	2.506	3.437	4.734	5.792	6.840
8.4	1.613	2.731	3.707	5.053	6.124	7.178
8.8	1.786	3.005	4.033	5.433	6.517	7.572
9.2	2.005	3.348	4.437	5.897	6.989	8.042
9.6	2.291	3.792	4.950	6.476	7.571	8.614
10	2.679	4.388	5.626	7.227	8.312	9.332
10.4	3.235	5.230	6.565	8.245	9.297	10.272
10.8	4.098	6.511	7.961	9.718	10.692	11.575
11.2	5.600	8.687	10.270	12.078	12.867	13.558
11.6	8.785	13.123	14.849	16.570	16.887	17.113
12	18.953	26.216	28.090	28.927	27.810	26.494
12.4	38.503	48.574	51.172	49.947	47.897	44.551
12.8	12.121	17.572	19.362	20.852	20.659	20.372
13.2	6.849	10.453	12.108	13.905	14.515	15.030
13.6	4.732	7.439	8.952	10.742	11.643	12.449

14	3.615	5.797	7.187	8.906	9.928	10.864
14.4	2.930	4.769	6.054	7.694	8.767	9.768
14.8	2.469	4.066	5.263	6.826	7.918	8.951
15.2	2.138	3.555	4.677	6.169	7.264	8.313
15.6	1.889	3.166	4.224	5.653	6.741	7.796
16	1.695	2.860	3.862	5.234	6.312	7.367
16.4	1.539	2.613	3.566	4.887	5.952	7.003
16.8	1.411	2.409	3.319	4.593	5.643	6.689
17.2	1.305	2.237	3.109	4.341	5.376	6.414
17.6	1.214	2.091	2.928	4.122	5.142	6.172
18	1.136	1.965	2.770	3.929	4.934	5.955
18.4	1.068	1.854	2.632	3.758	4.748	5.761
18.8	1.009	1.757	2.508	3.605	4.581	5.584
19.2	0.956	1.670	2.398	3.467	4.429	5.424
19.6	0.910	1.593	2.299	3.342	4.291	5.277
20	0.867	1.523	2.209	3.228	4.164	5.141
20.4	0.829	1.460	2.127	3.124	4.047	5.015
20.8	0.795	1.403	2.052	3.027	3.939	4.899
21.2	0.763	1.350	1.984	2.939	3.839	4.790
21.6	0.735	1.302	1.920	2.856	3.745	4.689
22	0.708	1.258	1.861	2.780	3.658	4.594
22.4	0.684	1.217	1.806	2.708	3.576	4.504
22.8	0.661	1.178	1.755	2.641	3.499	4.420
23.2	0.640	1.143	1.708	2.579	3.427	4.341
23.6	0.620	1.110	1.663	2.520	3.359	4.265
24	0.602	1.078	1.621	2.464	3.294	4.194

表 6-4 光復各重現期距 Horner 設計暴雨降雨深度

時間 間距	降雨深度(mm)					
	2	5	10	25	50	100
0.4	0.595	1.067	1.606	2.444	3.271	4.170
0.8	0.612	1.097	1.647	2.498	3.334	4.240
1.2	0.631	1.130	1.690	2.555	3.401	4.313
1.6	0.652	1.164	1.736	2.616	3.471	4.391
2	0.674	1.201	1.786	2.681	3.546	4.473
2.4	0.697	1.241	1.839	2.751	3.626	4.560
2.8	0.723	1.284	1.896	2.825	3.710	4.652
3.2	0.750	1.330	1.957	2.904	3.801	4.751
3.6	0.781	1.380	2.023	2.990	3.898	4.856
4	0.814	1.436	2.095	3.083	4.002	4.969
4.4	0.850	1.496	2.174	3.183	4.115	5.090
4.8	0.890	1.562	2.260	3.292	4.237	5.220
5.2	0.935	1.636	2.354	3.412	4.370	5.362
5.6	0.984	1.718	2.459	3.544	4.515	5.516
6	1.040	1.810	2.576	3.689	4.675	5.685
6.4	1.104	1.914	2.707	3.851	4.851	5.870
6.8	1.177	2.032	2.855	4.033	5.048	6.076
7.2	1.261	2.168	3.024	4.239	5.269	6.305
7.6	1.359	2.327	3.219	4.475	5.520	6.564
8	1.476	2.514	3.447	4.747	5.807	6.858
8.4	1.617	2.739	3.718	5.067	6.140	7.196
8.8	1.791	3.014	4.045	5.448	6.534	7.591
9.2	2.010	3.359	4.450	5.912	7.007	8.062
9.6	2.297	3.804	4.964	6.494	7.591	8.636
10	2.686	4.402	5.643	7.246	8.334	9.356
10.4	3.243	5.247	6.584	8.267	9.322	10.298
10.8	4.108	6.532	7.984	9.744	10.720	11.604
11.2	5.613	8.715	10.300	12.111	12.900	13.592
11.6	8.807	13.165	14.893	16.614	16.930	17.156
12	18.999	26.301	28.173	29.005	27.882	26.561
12.4	38.597	48.731	51.323	50.081	48.021	44.664
12.8	12.151	17.628	19.419	20.907	20.712	20.424
13.2	6.866	10.487	12.144	13.942	14.553	15.068
13.6	4.744	7.462	8.979	10.771	11.673	12.480

14	3.624	5.816	7.208	8.930	9.954	10.892
14.4	2.937	4.785	6.072	7.714	8.789	9.792
14.8	2.475	4.079	5.278	6.844	7.938	8.974
15.2	2.143	3.566	4.691	6.186	7.283	8.334
15.6	1.894	3.176	4.236	5.668	6.759	7.816
16	1.699	2.870	3.874	5.248	6.329	7.386
16.4	1.543	2.621	3.577	4.900	5.967	7.020
16.8	1.415	2.417	3.329	4.606	5.658	6.706
17.2	1.308	2.245	3.118	4.353	5.390	6.431
17.6	1.217	2.098	2.937	4.133	5.155	6.187
18	1.139	1.971	2.778	3.940	4.947	5.970
18.4	1.071	1.860	2.639	3.768	4.761	5.775
18.8	1.011	1.762	2.516	3.615	4.593	5.599
19.2	0.959	1.676	2.405	3.476	4.441	5.438
19.6	0.912	1.598	2.306	3.351	4.302	5.290
20	0.870	1.528	2.216	3.237	4.175	5.154
20.4	0.831	1.465	2.134	3.132	4.057	5.028
20.8	0.797	1.407	2.058	3.036	3.949	4.911
21.2	0.765	1.355	1.989	2.947	3.849	4.803
21.6	0.736	1.306	1.926	2.864	3.755	4.701
22	0.710	1.262	1.867	2.787	3.667	4.605
22.4	0.685	1.220	1.812	2.716	3.585	4.516
22.8	0.662	1.182	1.761	2.648	3.508	4.431
23.2	0.641	1.146	1.713	2.585	3.436	4.352
23.6	0.622	1.113	1.668	2.526	3.367	4.276
24	0.603	1.082	1.626	2.471	3.302	4.204

(二)高斯馬可夫雨型(SSGM 雨型)

在設計高斯馬可夫雨型上，因為軟體間距僅能由 1 小時呈現，因此本報告設計暴雨上將時間間距由 1 小時再細切為 0.4 小時，以利與後續之短延時三角形單位歷線進行褶合積分。

表 6-5 出口各重現期距 SSGM 設計暴雨降雨深度

時間 間距	降雨深度(mm)					
	2	5	10	25	50	100
0.4	0.275	0.416	0.509	0.624	0.708	0.790
0.8	0.275	0.416	0.509	0.624	0.708	0.790
1.2	0.521	0.788	0.965	1.184	1.343	1.499
1.6	0.768	1.161	1.421	1.744	1.978	2.208
2	0.768	1.161	1.421	1.744	1.978	2.208
2.4	1.096	1.657	2.028	2.488	2.823	3.151
2.8	1.096	1.657	2.028	2.488	2.823	3.151
3.2	1.188	1.796	2.199	2.698	3.060	3.416
3.6	1.280	1.936	2.370	2.907	3.298	3.681
4	1.280	1.936	2.370	2.907	3.298	3.681
4.4	1.618	2.448	2.996	3.676	4.170	4.655
4.8	1.618	2.448	2.996	3.676	4.170	4.655
5.2	1.681	2.542	3.112	3.817	4.330	4.834
5.6	1.743	2.636	3.227	3.958	4.491	5.012
6	1.743	2.636	3.227	3.958	4.491	5.012
6.4	2.106	3.185	3.899	4.783	5.426	6.057
6.8	2.106	3.185	3.899	4.783	5.426	6.057
7.2	2.288	3.461	4.237	5.197	5.896	6.581
7.6	2.470	3.736	4.574	5.611	6.366	7.106
8	2.470	3.736	4.574	5.611	6.366	7.106
8.4	3.122	4.721	5.780	7.090	8.044	8.979
8.8	3.122	4.721	5.780	7.090	8.044	8.979
9.2	3.623	5.480	6.709	8.229	9.336	10.421
9.6	4.125	6.238	7.637	9.368	10.628	11.864
10	4.125	6.238	7.637	9.368	10.628	11.864
10.4	5.482	8.292	10.151	12.452	14.127	15.768
10.8	5.482	8.292	10.151	12.452	14.127	15.768
11.2	6.491	9.817	12.019	14.743	16.726	18.670

11.6	7.500	11.343	13.886	17.034	19.325	21.571
12	7.500	11.343	13.886	17.034	19.325	21.571
12.4	8.123	12.284	15.039	18.448	20.930	23.362
12.8	8.123	12.284	15.039	18.448	20.930	23.362
13.2	7.054	10.668	13.060	16.021	18.175	20.288
13.6	5.985	9.051	11.081	13.593	15.421	17.213
14	5.985	9.051	11.081	13.593	15.421	17.213
14.4	4.643	7.022	8.596	10.545	11.964	13.354
14.8	4.643	7.022	8.596	10.545	11.964	13.354
15.2	4.063	6.145	7.523	9.229	10.470	11.687
15.6	3.484	5.268	6.450	7.912	8.976	10.020
16	3.484	5.268	6.450	7.912	8.976	10.020
16.4	2.733	4.133	5.060	6.206	7.041	7.860
16.8	2.733	4.133	5.060	6.206	7.041	7.860
17.2	2.538	3.839	4.700	5.765	6.541	7.301
17.6	2.344	3.545	4.340	5.324	6.040	6.742
18	2.344	3.545	4.340	5.324	6.040	6.742
18.4	1.986	3.003	3.676	4.510	5.116	5.711
18.8	1.986	3.003	3.676	4.510	5.116	5.711
19.2	1.804	2.728	3.340	4.096	4.648	5.188
19.6	1.622	2.453	3.003	3.683	4.179	4.664
20	1.622	2.453	3.003	3.683	4.179	4.664
20.4	1.448	2.189	2.680	3.288	3.730	4.163
20.8	1.448	2.189	2.680	3.288	3.730	4.163
21.2	1.315	1.989	2.436	2.988	3.389	3.783
21.6	1.183	1.790	2.191	2.688	3.049	3.404
22	1.183	1.790	2.191	2.688	3.049	3.404
22.4	0.872	1.318	1.613	1.979	2.245	2.506
22.8	0.872	1.318	1.613	1.979	2.245	2.506
23.2	0.714	1.080	1.321	1.621	1.839	2.053
23.6	0.556	0.841	1.030	1.263	1.433	1.600
24	0.556	0.841	1.030	1.263	1.433	1.600

表 6-6 萊園溪各重現期距 SSGM 設計暴雨降雨深度

時間 間距	降雨深度(mm)					
	2	5	10	25	50	100
0.4	0.275	0.417	0.512	0.628	0.714	0.797
0.8	0.275	0.417	0.512	0.628	0.714	0.797
1.2	0.521	0.792	0.970	1.192	1.354	1.512
1.6	0.768	1.166	1.429	1.756	1.994	2.227
2	0.768	1.166	1.429	1.756	1.994	2.227
2.4	1.096	1.664	2.040	2.506	2.846	3.179
2.8	1.096	1.664	2.040	2.506	2.846	3.179
3.2	1.188	1.804	2.211	2.717	3.085	3.446
3.6	1.280	1.944	2.383	2.928	3.325	3.713
4	1.280	1.944	2.383	2.928	3.325	3.713
4.4	1.618	2.458	3.013	3.702	4.204	4.696
4.8	1.618	2.458	3.013	3.702	4.204	4.696
5.2	1.681	2.553	3.129	3.844	4.366	4.876
5.6	1.743	2.647	3.245	3.986	4.527	5.056
6	1.743	2.647	3.245	3.986	4.527	5.056
6.4	2.106	3.199	3.921	4.817	5.471	6.110
6.8	2.106	3.199	3.921	4.817	5.471	6.110
7.2	2.288	3.476	4.260	5.234	5.944	6.639
7.6	2.470	3.753	4.600	5.651	6.418	7.168
8	2.470	3.753	4.600	5.651	6.418	7.168
8.4	3.122	4.742	5.812	7.141	8.110	9.058
8.8	3.122	4.742	5.812	7.141	8.110	9.058
9.2	3.623	5.504	6.746	8.288	9.412	10.513
9.6	4.125	6.266	7.679	9.436	10.715	11.968
10	4.125	6.266	7.679	9.436	10.715	11.968
10.4	5.482	8.328	10.207	12.541	14.242	15.907
10.8	5.482	8.328	10.207	12.541	14.242	15.907
11.2	6.491	9.860	12.085	14.849	16.863	18.834
11.6	7.500	11.392	13.963	17.156	19.483	21.761
12	7.500	11.392	13.963	17.156	19.483	21.761
12.4	8.123	12.338	15.122	18.580	21.101	23.567
12.8	8.123	12.338	15.122	18.580	21.101	23.567
13.2	7.054	10.714	13.132	16.135	18.324	20.466
13.6	5.985	9.090	11.142	13.690	15.547	17.364

14	5.985	9.090	11.142	13.690	15.547	17.364
14.4	4.643	7.052	8.644	10.621	12.062	13.472
14.8	4.643	7.052	8.644	10.621	12.062	13.472
15.2	4.063	6.172	7.565	9.295	10.556	11.790
15.6	3.484	5.292	6.486	7.969	9.050	10.108
16	3.484	5.292	6.486	7.969	9.050	10.108
16.4	2.733	4.151	5.087	6.251	7.099	7.928
16.8	2.733	4.151	5.087	6.251	7.099	7.928
17.2	2.538	3.856	4.726	5.806	6.594	7.365
17.6	2.344	3.561	4.364	5.362	6.090	6.801
18	2.344	3.561	4.364	5.362	6.090	6.801
18.4	1.986	3.016	3.697	4.542	5.158	5.761
18.8	1.986	3.016	3.697	4.542	5.158	5.761
19.2	1.804	2.740	3.358	4.126	4.685	5.233
19.6	1.622	2.463	3.019	3.710	4.213	4.705
20	1.622	2.463	3.019	3.710	4.213	4.705
20.4	1.448	2.199	2.695	3.311	3.760	4.200
20.8	1.448	2.199	2.695	3.311	3.760	4.200
21.2	1.315	1.998	2.449	3.009	3.417	3.817
21.6	1.183	1.798	2.203	2.707	3.074	3.434
22	1.183	1.798	2.203	2.707	3.074	3.434
22.4	0.872	1.324	1.622	1.993	2.264	2.528
22.8	0.872	1.324	1.622	1.993	2.264	2.528
23.2	0.714	1.084	1.329	1.633	1.854	2.071
23.6	0.556	0.845	1.035	1.272	1.445	1.614
24	0.556	0.845	1.035	1.272	1.445	1.614

表 6-7 牛欄貢各重現期距 SSGM 設計暴雨降雨深度

時間 間距	降雨深度(mm)					
	2	5	10	25	50	100
0.4	0.272	0.411	0.504	0.618	0.702	0.783
0.8	0.272	0.411	0.504	0.618	0.702	0.783
1.2	0.515	0.780	0.955	1.172	1.331	1.486
1.6	0.759	1.149	1.407	1.727	1.960	2.188
2	0.759	1.149	1.407	1.727	1.960	2.188
2.4	1.083	1.640	2.008	2.464	2.797	3.123
2.8	1.083	1.640	2.008	2.464	2.797	3.123
3.2	1.174	1.778	2.177	2.672	3.032	3.385
3.6	1.265	1.916	2.346	2.879	3.268	3.648
4	1.265	1.916	2.346	2.879	3.268	3.648
4.4	1.600	2.422	2.966	3.641	4.132	4.613
4.8	1.600	2.422	2.966	3.641	4.132	4.613
5.2	1.661	2.515	3.080	3.781	4.291	4.790
5.6	1.723	2.608	3.194	3.920	4.450	4.968
6	1.723	2.608	3.194	3.920	4.450	4.968
6.4	2.082	3.152	3.860	4.738	5.377	6.003
6.8	2.082	3.152	3.860	4.738	5.377	6.003
7.2	2.262	3.425	4.194	5.148	5.843	6.522
7.6	2.442	3.698	4.528	5.558	6.308	7.042
8	2.442	3.698	4.528	5.558	6.308	7.042
8.4	3.086	4.672	5.722	7.023	7.970	8.898
8.8	3.086	4.672	5.722	7.023	7.970	8.898
9.2	3.582	5.423	6.641	8.151	9.251	10.328
9.6	4.078	6.174	7.560	9.279	10.532	11.757
10	4.078	6.174	7.560	9.279	10.532	11.757
10.4	5.420	8.206	10.049	12.333	13.998	15.627
10.8	5.420	8.206	10.049	12.333	13.998	15.627
11.2	6.417	9.715	11.898	14.603	16.574	18.502
11.6	7.414	11.225	13.746	16.872	19.150	21.377
12	7.414	11.225	13.746	16.872	19.150	21.377
12.4	8.030	12.157	14.888	18.272	20.739	23.152
12.8	8.030	12.157	14.888	18.272	20.739	23.152
13.2	6.973	10.557	12.928	15.868	18.010	20.105
13.6	5.916	8.958	10.969	13.463	15.280	17.058

14	5.916	8.958	10.969	13.463	15.280	17.058
14.4	4.590	6.949	8.510	10.445	11.855	13.234
14.8	4.590	6.949	8.510	10.445	11.855	13.234
15.2	4.017	6.082	7.447	9.141	10.375	11.582
15.6	3.444	5.214	6.385	7.837	8.894	9.929
16	3.444	5.214	6.385	7.837	8.894	9.929
16.4	2.702	4.090	5.008	6.147	6.977	7.789
16.8	2.702	4.090	5.008	6.147	6.977	7.789
17.2	2.509	3.799	4.652	5.710	6.481	7.235
17.6	2.317	3.508	4.296	5.273	5.985	6.682
18	2.317	3.508	4.296	5.273	5.985	6.682
18.4	1.963	2.972	3.639	4.467	5.070	5.660
18.8	1.963	2.972	3.639	4.467	5.070	5.660
19.2	1.783	2.700	3.306	4.058	4.605	5.141
19.6	1.603	2.427	2.972	3.648	4.141	4.622
20	1.603	2.427	2.972	3.648	4.141	4.622
20.4	1.431	2.166	2.653	3.256	3.696	4.126
20.8	1.431	2.166	2.653	3.256	3.696	4.126
21.2	1.300	1.969	2.411	2.959	3.359	3.749
21.6	1.170	1.771	2.169	2.662	3.022	3.373
22	1.170	1.771	2.169	2.662	3.022	3.373
22.4	0.862	1.304	1.597	1.960	2.225	2.484
22.8	0.862	1.304	1.597	1.960	2.225	2.484
23.2	0.706	1.068	1.308	1.606	1.822	2.034
23.6	0.550	0.832	1.019	1.251	1.420	1.585
24	0.550	0.832	1.019	1.251	1.420	1.585

表 6-8 光復各重現期距 SSGM 設計暴雨降雨深度

時間 間距	降雨深度(mm)					
	2	5	10	25	50	100
0.4	0.272	0.412	0.505	0.620	0.703	0.785
0.8	0.272	0.412	0.505	0.620	0.703	0.785
1.2	0.517	0.783	0.958	1.176	1.334	1.489
1.6	0.761	1.153	1.411	1.732	1.965	2.194
2	0.761	1.153	1.411	1.732	1.965	2.194
2.4	1.086	1.645	2.014	2.471	2.804	3.131
2.8	1.086	1.645	2.014	2.471	2.804	3.131
3.2	1.177	1.783	2.183	2.679	3.040	3.394
3.6	1.268	1.922	2.353	2.887	3.276	3.657
4	1.268	1.922	2.353	2.887	3.276	3.657
4.4	1.604	2.430	2.975	3.650	4.143	4.625
4.8	1.604	2.430	2.975	3.650	4.143	4.625
5.2	1.666	2.523	3.089	3.791	4.302	4.802
5.6	1.727	2.617	3.204	3.931	4.461	4.980
6	1.727	2.617	3.204	3.931	4.461	4.980
6.4	2.087	3.162	3.871	4.750	5.391	6.018
6.8	2.087	3.162	3.871	4.750	5.391	6.018
7.2	2.268	3.436	4.206	5.161	5.858	6.539
7.6	2.448	3.710	4.542	5.572	6.324	7.060
8	2.448	3.710	4.542	5.572	6.324	7.060
8.4	3.094	4.687	5.739	7.041	7.991	8.920
8.8	3.094	4.687	5.739	7.041	7.991	8.920
9.2	3.591	5.440	6.661	8.173	9.275	10.354
9.6	4.088	6.194	7.582	9.304	10.559	11.787
10	4.088	6.194	7.582	9.304	10.559	11.787
10.4	5.433	8.232	10.078	12.366	14.034	15.666
10.8	5.433	8.232	10.078	12.366	14.034	15.666
11.2	6.433	9.747	11.933	14.642	16.617	18.549
11.6	7.432	11.262	13.787	16.917	19.199	21.432
12	7.432	11.262	13.787	16.917	19.199	21.432
12.4	8.050	12.196	14.932	18.321	20.793	23.211
12.8	8.050	12.196	14.932	18.321	20.793	23.211
13.2	6.990	10.591	12.967	15.910	18.056	20.156
13.6	5.931	8.986	11.002	13.499	15.320	17.102

14	5.931	8.986	11.002	13.499	15.320	17.102
14.4	4.601	6.972	8.535	10.473	11.886	13.268
14.8	4.601	6.972	8.535	10.473	11.886	13.268
15.2	4.027	6.101	7.470	9.165	10.402	11.611
15.6	3.452	5.231	6.404	7.858	8.918	9.954
16	3.452	5.231	6.404	7.858	8.918	9.954
16.4	2.708	4.103	5.023	6.164	6.995	7.808
16.8	2.708	4.103	5.023	6.164	6.995	7.808
17.2	2.516	3.811	4.666	5.726	6.498	7.253
17.6	2.323	3.520	4.309	5.288	6.001	6.698
18	2.323	3.520	4.309	5.288	6.001	6.698
18.4	1.968	2.982	3.650	4.479	5.083	5.674
18.8	1.968	2.982	3.650	4.479	5.083	5.674
19.2	1.787	2.708	3.316	4.068	4.617	5.154
19.6	1.607	2.435	2.981	3.658	4.152	4.634
20	1.607	2.435	2.981	3.658	4.152	4.634
20.4	1.434	2.173	2.661	3.265	3.705	4.136
20.8	1.434	2.173	2.661	3.265	3.705	4.136
21.2	1.304	1.975	2.418	2.967	3.367	3.759
21.6	1.173	1.777	2.175	2.669	3.029	3.382
22	1.173	1.777	2.175	2.669	3.029	3.382
22.4	0.864	1.308	1.602	1.966	2.231	2.490
22.8	0.864	1.308	1.602	1.966	2.231	2.490
23.2	0.707	1.072	1.312	1.610	1.827	2.040
23.6	0.551	0.835	1.022	1.254	1.424	1.589
24	0.551	0.835	1.022	1.254	1.424	1.589

第七章 設計洪水量推估

本報告採用三種方法推估，包括合理化公式法、三角形單位歷線配合 SSGM 雨型法、及三角形單位歷線配合 Horner 降雨強度公式雨型法。

而要進行洪水量推估之前，須先推求三角形單位歷線，本報告使用美國水土保持局(U. S. Soil Conservation Service)三角形單位歷線法來推求三角形單位歷線，其時間間距對應 Horner 公式採用 0.4 小時，推估流程說明如下。

美國水土保持局(U. S. Soil Conservation Service)經由水文紀錄分析之經驗公式推求單位歷線，公式如下。

1. 稽延時間(time lag) t_L (hr)

稽延時間為有效降雨中心至尖峰流量的時距。

$$t_L = 0.000526 \frac{L^{0.8}}{S^{0.5}} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7} \quad (7-1)$$

L 為集水區長度(ft); S 為集水區平均坡度(%); CN 為 SCS 入滲法之曲線值

2. 三角形單位歷線之尖峰發生時刻 t_p (hr)

$$t_p = t_L + \frac{1}{2} t_d \quad (7-2)$$

t_p 為三角形單位歷線之尖峰到達時間; t_L 為稽延時間(hr) ; t_d 為降雨延時(hr)

3. 基期 t_b (hr)

$$t_b = 2.67 t_p \quad (7-3)$$

t_b 為三角形單位歷線之基期時間(hr) ; t_p 為歷線之尖峰到達時間(hr)

4. 尖峰流量 Q_p

$$Q_p = \frac{2vol}{t_b} \quad (7-4)$$

若此三角形單位歷線為 1.0 cm 超量降雨所產生之歷線，則

$$Q_p = \frac{0.75vol}{t_p} \quad (7-5)$$

$$Q_p = 0.02 \frac{A}{t_p} \quad (7-6)$$

Q_p (m³/s) 為尖峰流量； Vol 為三角形單位歷線之體積；
 t_b 為三角形單位歷線之基期時間(hr)； A 為集水區面積(ha)；
 t_p 為歷線之尖峰到達時間(hr)

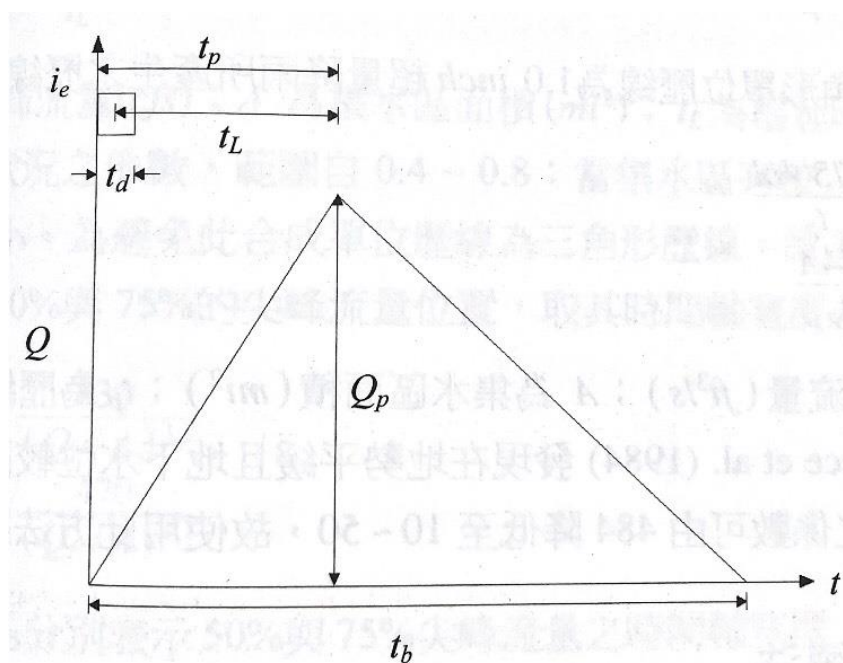


圖 7-1 三角形單位歷線示意圖

註：引自水文學，李光敦，93 年 2 月

乾溪排水之三角形單位歷線所採用水利署 98 年 4 月「易淹水地區水患治理計畫-台中縣管區域排水乾溪排水系統治理規劃報告」之地文因子如表 7-1。降雨損失一般依土地利用及土壤種類不同而定，此報告採 3mm/hr。

表 7-1 乾溪排水系統各控制點之集水區地文因子採用表

排水路名稱	控制點	集水區面積 A(km ²)	河川長度 L(km)	高程差 H(km)	坡度 S(%)
乾溪排水幹線	出口	29.81	16.67	0.59	3.52
	萊園溪排水匯入前	23.46	15.77	0.58	3.7
	牛欄貢溪排水匯入前	17.42	14.61	0.58	3.96
	光復排水匯入前	16.3	14.16	0.57	4.05

註：引自台中縣管區域排水乾溪排水系統治理規劃報告，水利署 98 年 4 月

將地文因子如表 7-1 代入三角形單位歷線計算公式(7-1)~(7-6)，就可算出各控制點的三角形單位歷線如表 7-2，並利用表 7-2 繪出各控制點的三角形單位歷線如圖 7-2~圖 7-5。

表 7-2 乾溪集水區各控制點三角形單位歷線計算成果表

時間	流量(cms)			
	出口	萊園溪	牛欄貢	光復
0	0	0	0	0
0.4	10.576	9.24	8.027	7.891
0.8	21.153	18.479	16.054	15.782
1.2	31.729	27.719	24.081	23.673
1.6	39.403	31.546	23.886	22.448
2	33.07	26.013	19.079	17.722
2.4	26.737	20.481	14.272	12.997
2.8	20.404	14.948	9.466	8.272
3.2	14.071	9.415	4.659	3.547
3.6	7.737	3.882	0	0
4	1.404	0		
4.4	0			
計算 結果	Tc=1.719 hr	Tc=1.589 hr	Tc=1.406 hr	Tc=1.352
	Tp=1.531 hr	Tp=1.453 hr	Tp=1.344 hr	Tp=1.311
	Tb=4.089 hr	Tb=3.881 hr	Tb=3.588 hr	Tb=3.500
	Qp=40.490 cms	Qp=33.573 cms	Qp=26.965 cms	Qp=25.862

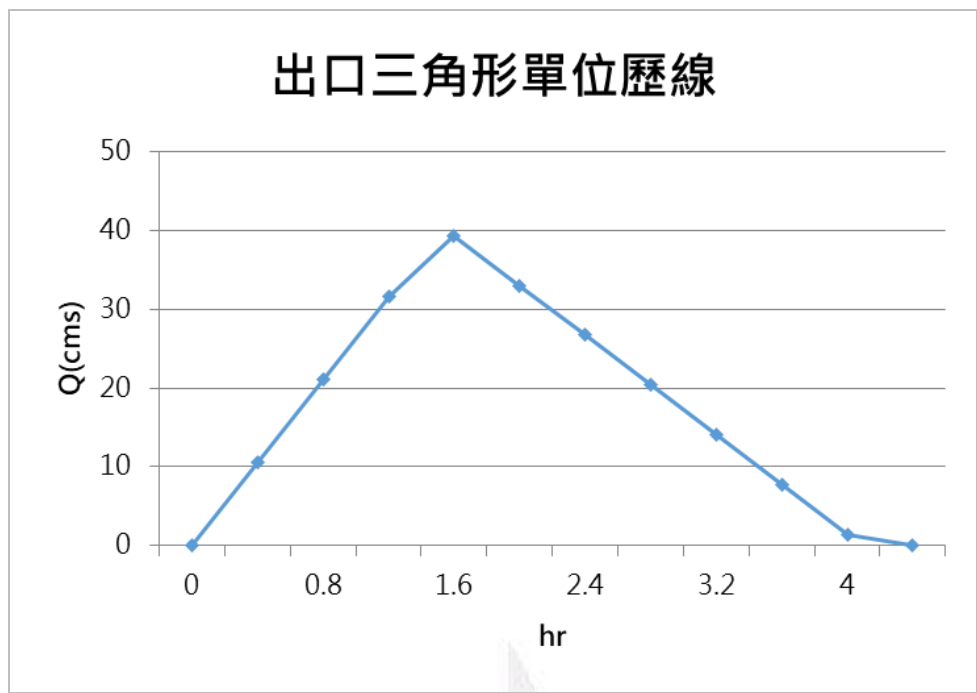


圖7-2 出口三角形單位歷線

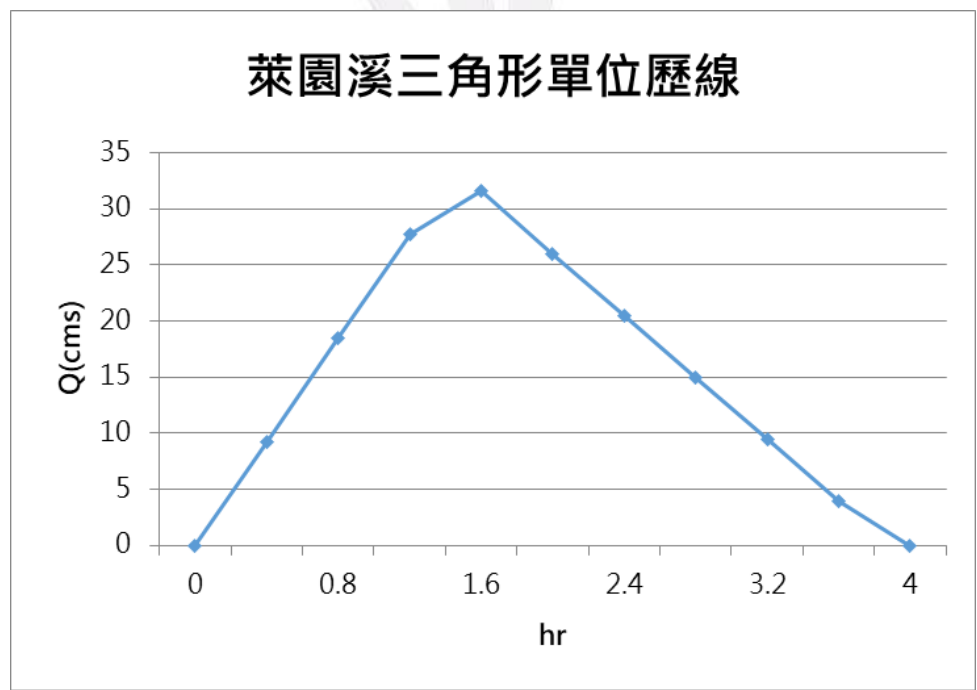


圖7-3 萊園溪排水匯入前三角形單位歷線

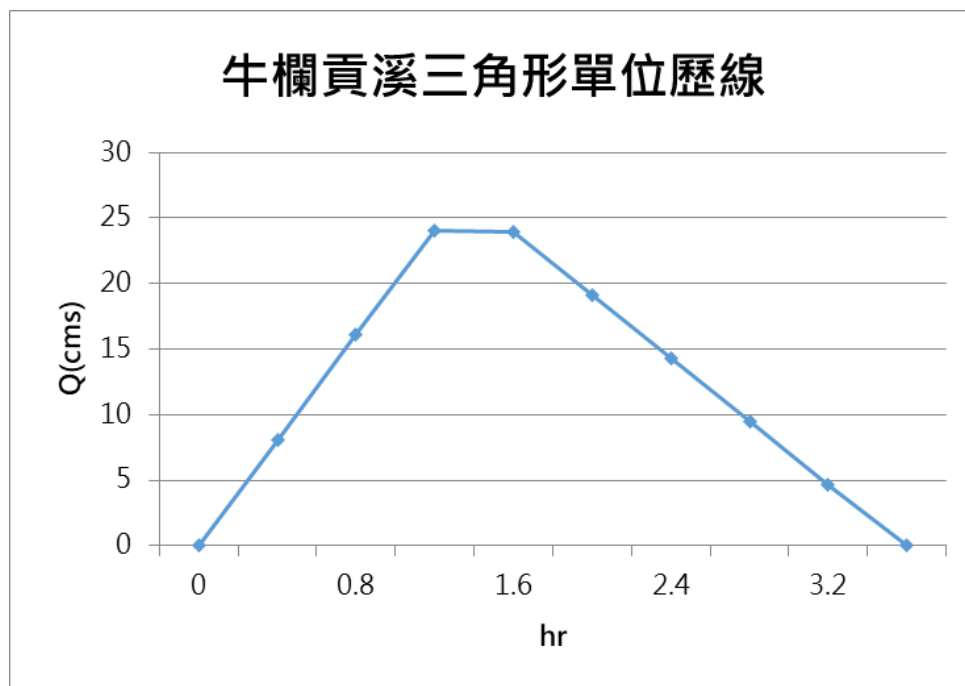


圖7-4 牛欄貢溪排水匯入前三角形單位歷線

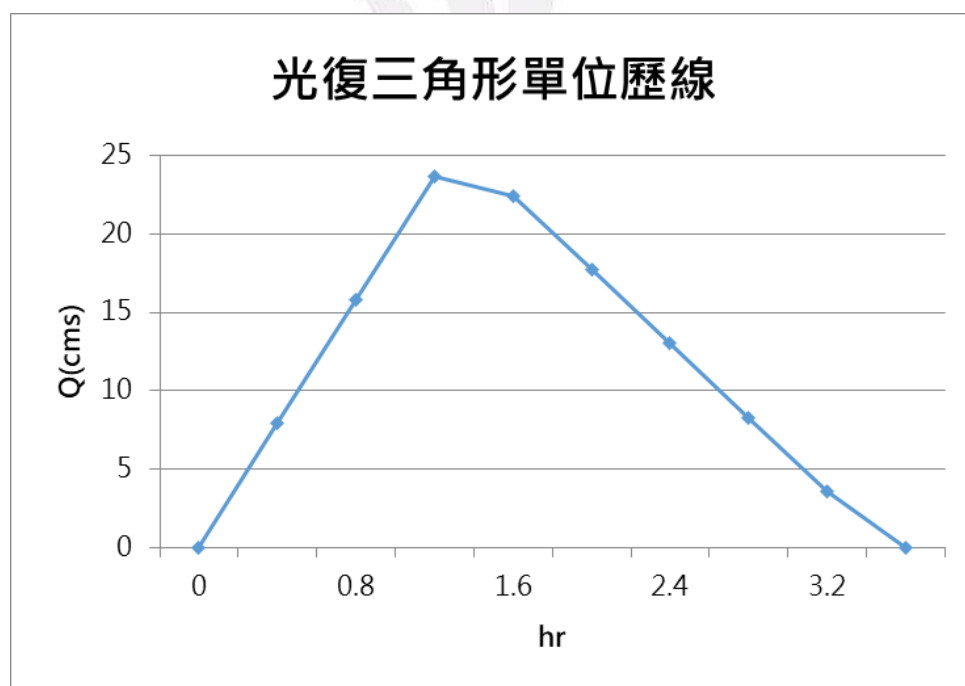


圖7-5 光復排水匯入前三角形單位歷線

(一) 三角形單位歷線配合 Horner 降雨強度公式

依據各控制點集流時間訂定單位時間演算刻度，再依單位時間間距及三角形單位歷線理論建立各控制點三角形單位歷線；雨型則採用 Horner 降雨強度公式分析，滲漏損失採 3mm/hr 進行演算，計算結果以出口為例列於表 7-3。將表 7-3 結果繪圖如圖 7-6~圖 7-11 所示。而各控制點的三角形單位歷線配合 Horner 降雨強度之洪峰流量分析成果如表 7-4 所示。

表 7-3 三角形單位歷線配合 Horner 降雨強度之流量分析成果表

時間 間距	出口各重現期流量(cms)					
	2	5	10	25	50	100
0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.310	1.266
0.8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.996	3.872
1.2	0.000	0.000	0.000	0.000	2.131	7.897
1.6	0.000	0.000	0.000	0.000	3.703	13.076
2.0	0.000	0.000	0.000	0.000	5.364	17.799
2.4	0.000	0.000	0.000	0.000	7.089	22.039
2.8	0.000	0.000	0.000	0.000	8.855	25.768
3.2	0.000	0.000	0.000	0.000	10.638	28.957
3.6	0.000	0.000	0.000	0.011	12.410	31.577
4.0	0.000	0.000	0.000	0.133	14.148	33.599
4.4	0.000	0.000	0.000	0.472	15.969	35.582
4.8	0.000	0.000	0.000	1.140	17.919	37.698
5.2	0.000	0.000	0.000	2.225	20.015	39.964
5.6	0.000	0.000	0.000	3.704	22.275	42.398
6.0	0.000	0.000	0.000	5.561	24.723	45.022
6.4	0.000	0.000	0.000	7.779	27.385	47.864
6.8	0.000	0.000	0.000	10.343	30.295	50.955
7.2	0.000	0.000	0.048	13.246	33.492	54.335
7.6	0.000	0.000	0.353	16.491	37.029	58.053
8.0	0.000	0.000	1.157	20.133	40.970	62.171
8.4	0.000	0.000	2.735	24.259	45.399	66.769
8.8	0.000	0.038	5.316	28.984	50.425	71.950
9.2	0.000	0.482	8.987	34.467	56.200	77.854
9.6	0.000	1.805	13.896	40.930	62.932	84.676
10.0	0.000	4.633	20.288	48.704	70.927	92.694

10.4	0.289	9.716	28.586	58.304	80.654	102.333
10.8	1.788	17.807	39.561	70.590	92.885	114.280
11.2	6.106	30.428	54.777	87.171	109.041	129.775
11.6	16.571	51.229	77.997	111.630	132.231	151.482
12.0	43.425	92.636	121.773	155.460	172.491	187.886
12.4	105.922	176.090	208.278	238.527	248.859	256.045
12.8	172.773	264.097	299.119	325.343	328.252	326.554
13.2	230.840	339.107	376.430	398.803	395.523	386.229
13.6	257.712	373.079	411.651	432.247	426.636	414.119
14.0	232.237	342.066	379.970	402.970	399.794	390.529
14.4	192.783	291.441	327.878	353.473	354.658	350.598
14.8	147.911	232.170	266.546	294.457	300.679	302.542
15.2	101.818	169.720	201.679	231.616	243.003	250.965
15.6	58.082	108.820	138.231	169.919	186.144	199.924
16.0	23.144	58.069	84.893	117.676	137.537	155.920
16.4	8.194	31.604	56.010	88.147	109.729	130.215
16.8	2.858	17.997	39.717	70.600	92.766	114.061
17.2	0.759	9.909	28.411	58.037	80.311	101.938
17.6	0.092	5.110	19.943	48.357	70.526	92.259
18.0	0.000	2.353	13.477	40.571	62.530	84.247
18.4	0.000	0.894	8.611	34.122	55.817	77.448
18.8	0.000	0.237	5.127	28.662	50.068	71.571
19.2	0.000	0.028	2.818	23.961	45.068	66.418
19.6	0.000	0.000	1.375	19.859	40.665	61.847
20.0	0.000	0.000	0.555	16.239	36.748	57.754
20.4	0.000	0.000	0.158	13.014	33.233	54.058
20.8	0.000	0.000	0.020	10.119	30.055	50.698
21.2	0.000	0.000	0.000	7.536	27.163	47.625
21.6	0.000	0.000	0.000	5.313	24.516	44.799
22.0	0.000	0.000	0.000	3.497	22.083	42.189
22.4	0.000	0.000	0.000	2.130	19.835	39.768
22.8	0.000	0.000	0.000	1.189	17.751	37.514
23.2	0.000	0.000	0.000	0.585	15.811	35.408
23.6	0.000	0.000	0.000	0.235	14.000	33.436
24.0	0.000	0.000	0.000	0.065	12.303	31.582
24.4	0.000	0.000	0.000	0.008	10.433	28.605
24.8	0.000	0.000	0.000	0.000	8.440	24.564

25.2	0.000	0.000	0.000	0.000	6.376	19.517
25.6	0.000	0.000	0.000	0.000	4.364	13.855
26.0	0.000	0.000	0.000	0.000	2.803	9.242
26.4	0.000	0.000	0.000	0.000	1.639	5.620
26.8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.822	2.936
27.2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.306	1.136
27.6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.046	0.173
27.8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

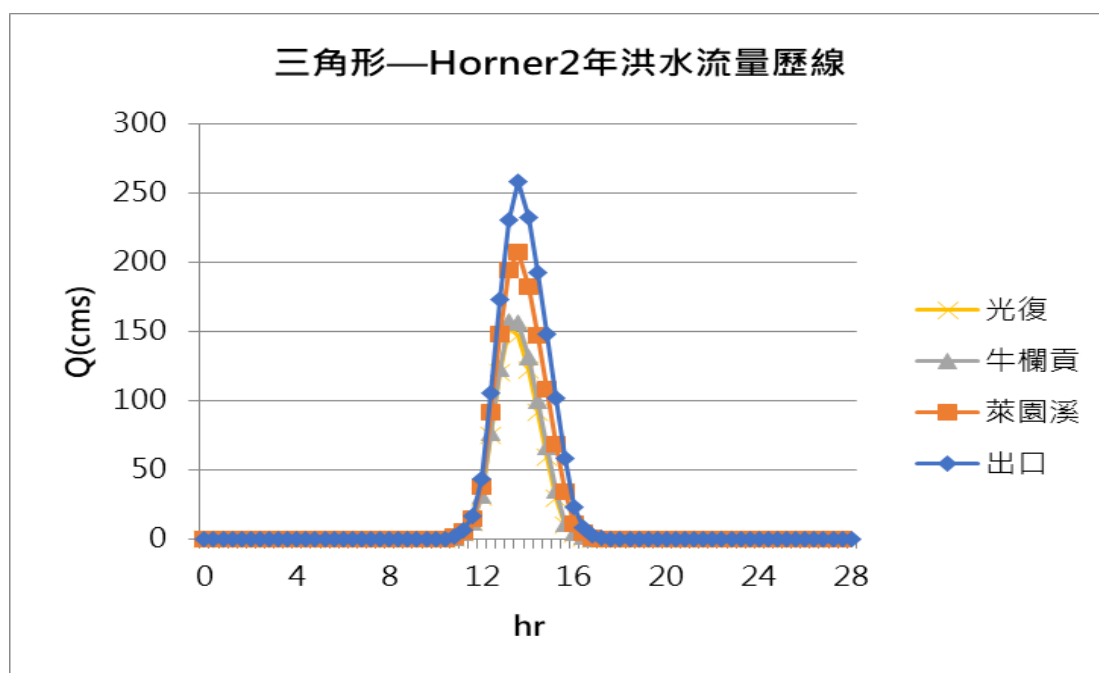


圖 7-6 三角形-Horner2 年重現期距洪水流量歷線圖

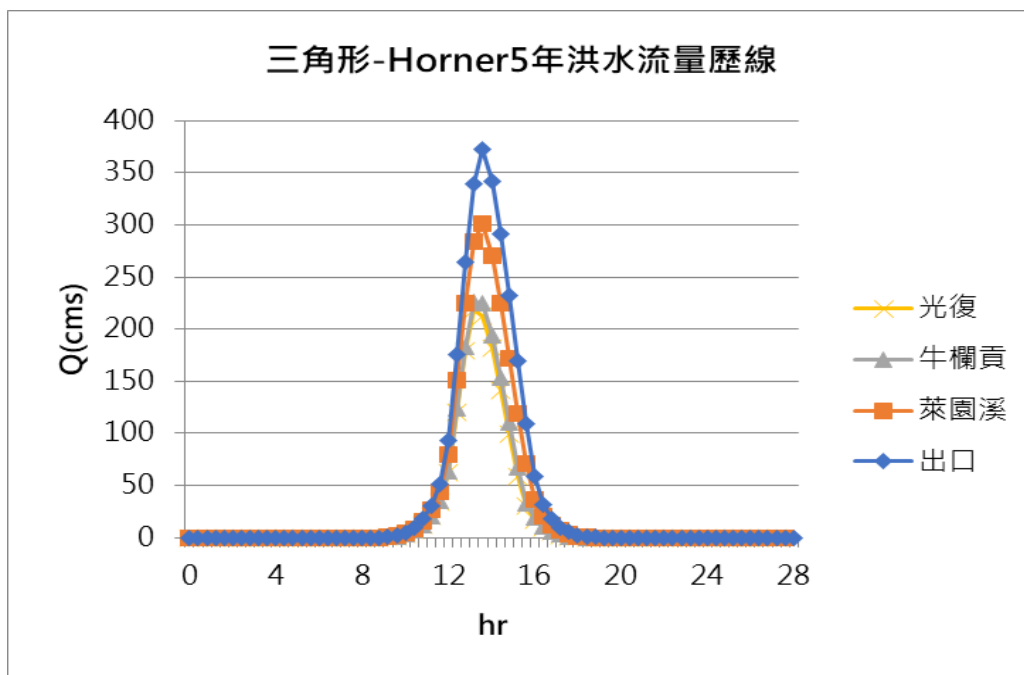


圖 7-7 三角形-Horner5 年重現期距洪水流量歷線圖

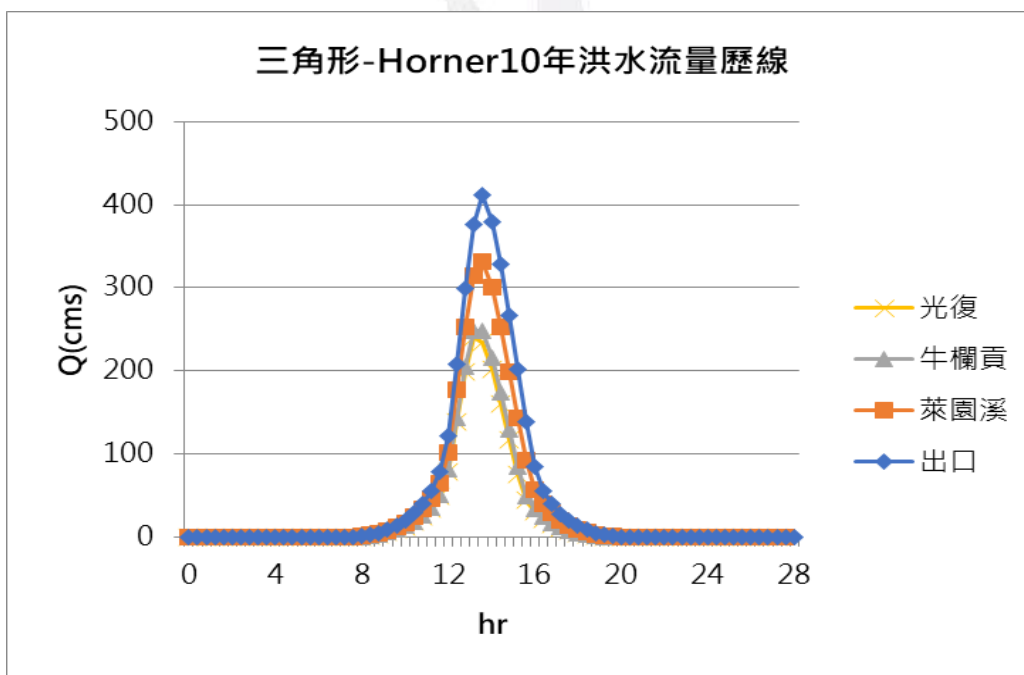


圖 7-8 三角形-Horner10 年重現期距洪水流量歷線圖

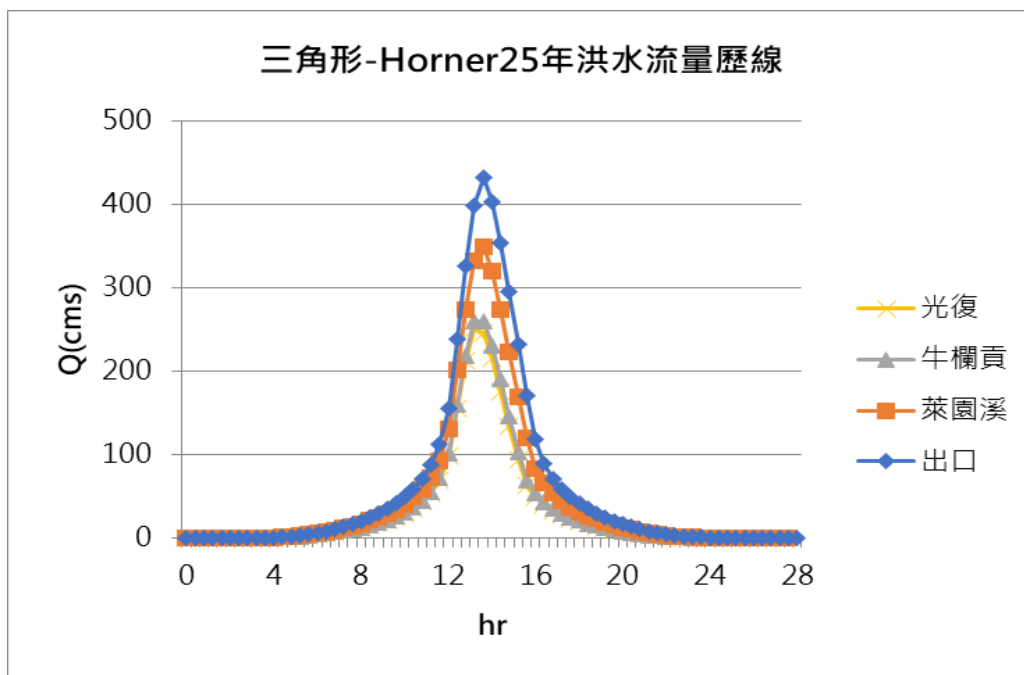


圖 7-9 三角形-Horner25 年重現期距洪水流量歷線圖

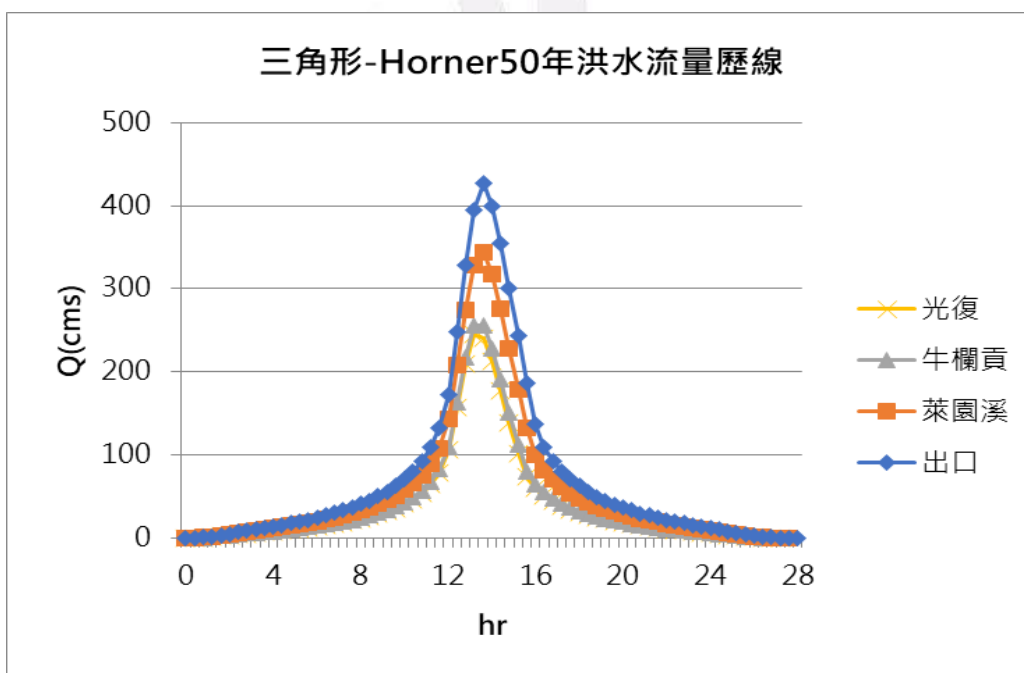


圖 7-10 三角形-Horner50 年重現期距洪水流量歷線圖

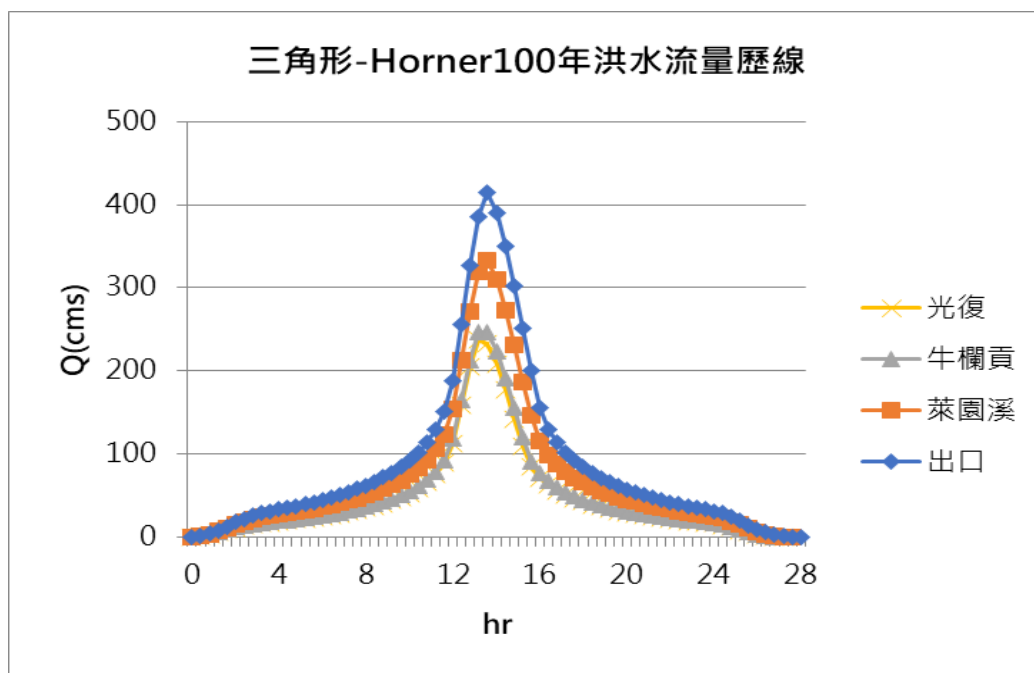


圖 7-11 三角形-Horner100 年重現期距洪水流量歷線圖

表 7-4 三角形單位歷線配合 Horner 降雨強度之洪峰流量分析成果表

控制點	重現期距(年)之流量(cms)					
	2	5	10	25	50	100
出口	257.712	373.079	411.651	432.247	426.636	414.119
菜園溪排水匯入前	207.276	300.954	332.003	348.635	343.986	333.624
牛欄貢溪排水匯入前	157.228	226.370	248.847	260.043	255.760	247.221
光復排水匯入前	152.365	218.720	239.991	250.141	245.688	237.104

(二) 三角形單位歷線配合 SSGM 雨型法

根據各重現期距最大一日暴雨量，配合 SSGM 雨型，套疊各控制點之三角形單位歷線，滲漏損失採用「九二一霧峰圳重建規劃報告，90 年」採用值 3mm/hr 進行演算，成果以出口為例列於表 7-5 所示。將表 7-5 繪圖如圖 7-12~圖 7-17 所示。而各控制點的三角形單位歷線配合 SSGM 高斯馬可夫雨型之洪水流量分析成果如表 7-6 所示。

表 7-5 三角形單位歷線配合 SSGM 高斯馬可夫雨型之流量分析成果表

時間 間距	出口各重現期流量(cms)					
	2	5	10	25	50	100
0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2.4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.160
2.8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.480
3.2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.064	1.240
3.6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.442	2.676
4.0	0.000	0.000	0.000	0.000	1.135	4.576
4.4	0.000	0.000	0.000	0.715	3.048	7.894
4.8	0.000	0.000	0.000	2.144	6.028	12.182
5.2	0.000	0.000	0.118	4.437	9.912	17.258
5.6	0.000	0.000	0.476	7.548	14.616	23.028
6.0	0.000	0.000	1.074	10.530	18.918	28.129
6.4	0.000	0.195	2.590	14.214	23.762	33.687
6.8	0.000	0.586	4.835	18.362	28.876	39.423
7.2	0.000	1.464	8.005	23.213	34.561	45.769
7.6	0.000	3.068	12.261	28.966	41.169	53.146
8.0	0.000	5.137	16.661	34.465	47.422	60.126
8.4	0.129	8.635	22.383	41.488	55.389	69.020
8.8	0.386	13.094	28.856	49.429	64.398	79.076
9.2	1.302	18.930	36.645	58.982	75.238	91.176
9.6	3.373	26.661	46.454	71.013	88.889	106.413
10.0	6.428	34.906	56.610	83.471	103.023	122.189

10.4	11.757	45.708	69.834	99.693	121.427	142.731
10.8	18.512	57.811	84.650	117.867	142.046	165.745
11.2	27.057	71.900	101.899	139.027	166.051	192.540
11.6	38.066	89.169	123.041	164.962	195.473	225.381
12.0	49.637	106.781	144.601	191.410	225.478	258.873
12.4	62.195	125.772	167.852	219.933	257.835	294.991
12.8	74.052	143.704	189.805	246.862	288.385	329.093
13.2	82.912	157.101	206.208	266.983	311.212	354.572
13.6	87.780	164.462	215.220	278.038	323.754	368.573
14.0	87.855	164.573	215.358	278.207	323.946	368.788
14.4	82.697	156.771	205.808	266.492	310.655	353.953
14.8	74.305	144.078	190.268	247.430	289.029	329.814
15.2	64.059	128.583	171.297	224.159	262.630	300.346
15.6	52.376	110.914	149.665	197.622	232.525	266.742
16.0	41.275	94.126	129.112	172.410	203.923	234.816
16.4	30.721	77.738	109.049	147.798	176.001	203.649
16.8	21.781	63.364	91.451	126.210	151.511	176.313
17.2	14.742	51.124	76.467	107.829	130.657	153.035
17.6	9.065	40.014	62.865	91.143	111.728	131.906
18.0	5.278	31.398	52.316	78.203	97.046	115.518
18.4	2.721	23.786	42.997	66.772	84.077	101.041
18.8	1.204	17.390	35.167	57.168	73.181	88.879
19.2	0.442	12.188	28.447	48.923	63.828	78.438
19.6	0.068	7.781	21.991	41.004	54.844	68.409
20.0	0.000	4.807	16.580	34.365	47.313	60.002
20.4	0.000	2.705	11.622	27.867	39.942	51.775
20.8	0.000	1.320	7.493	21.971	33.253	44.308
21.2	0.000	0.508	4.485	16.733	27.294	37.658
21.6	0.000	0.083	2.373	11.987	21.520	31.213
22.0	0.000	0.003	1.109	8.228	16.489	25.599
22.4	0.000	0.000	0.367	5.136	11.794	19.989
22.8	0.000	0.000	0.054	3.000	7.879	14.882
23.2	0.000	0.000	0.003	1.616	4.991	10.551
23.6	0.000	0.000	0.000	0.723	2.845	6.783
24.0	0.000	0.000	0.000	0.263	1.447	4.068
24.4	0.000	0.000	0.000	0.040	0.573	2.161
24.8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.162	0.990

25.2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.045	0.369
25.6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.057
26.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

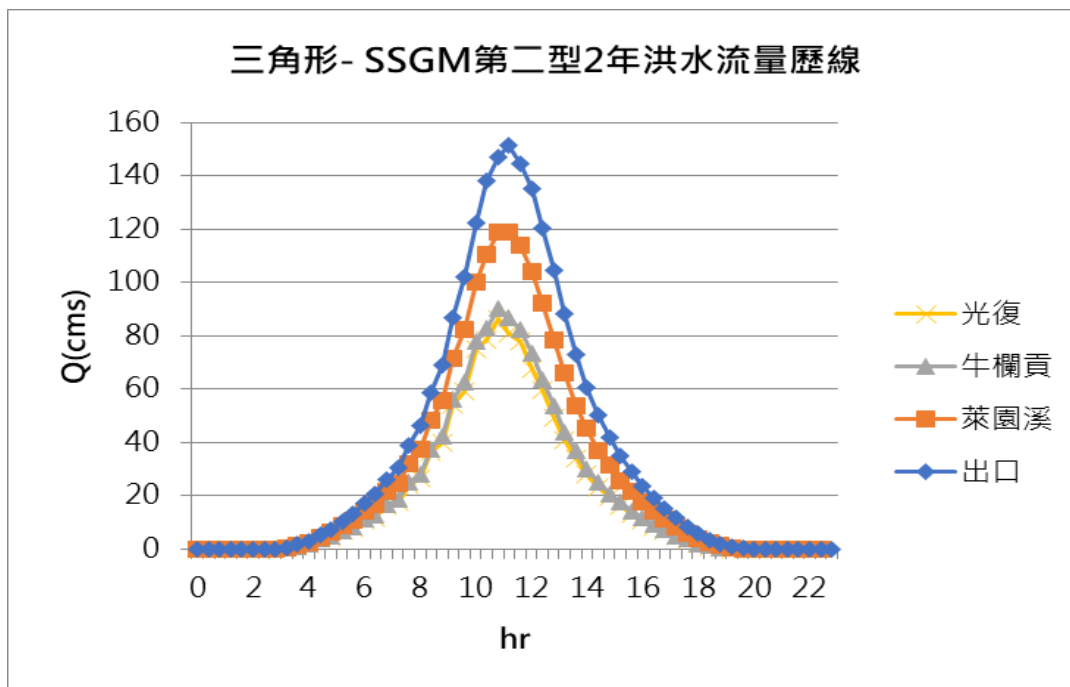


圖 7-12 三角形- SSGM 第二型 2 年重現期距洪水流量歷線圖

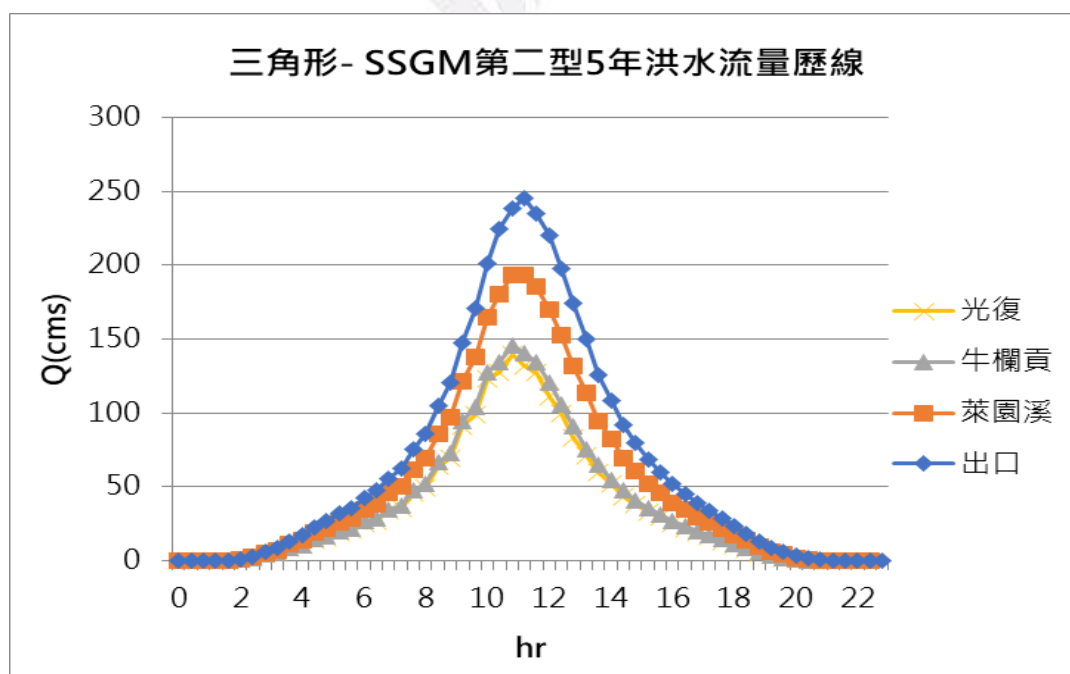


圖 7-13 三角形- SSGM 第二型 5 年重現期距洪水流量歷線圖

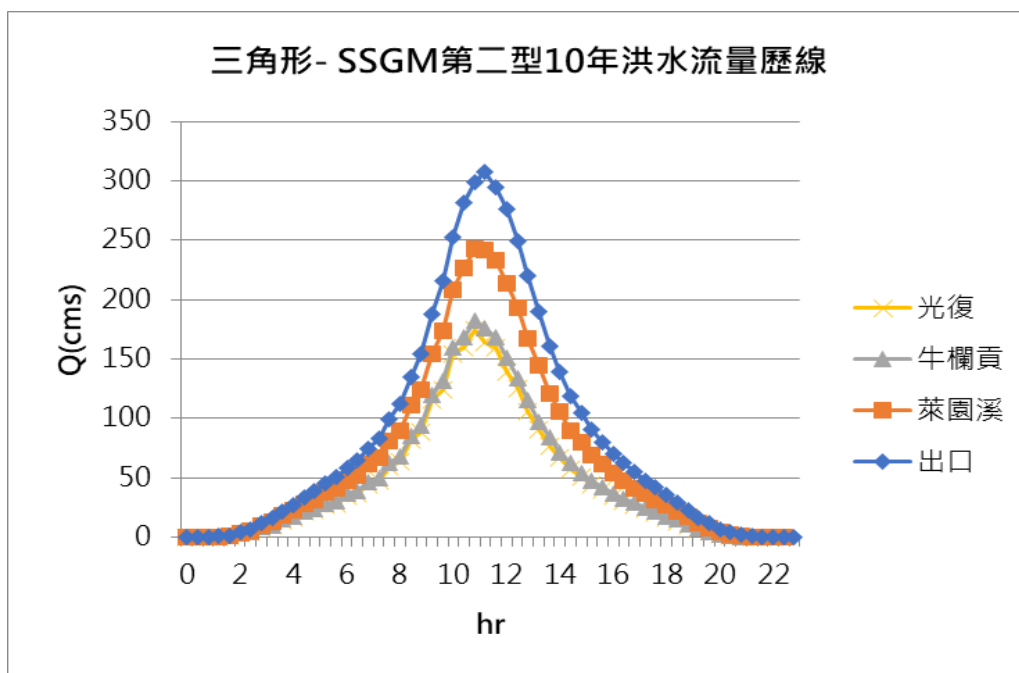


圖 7-14 三角形- SSGM 第二型 10 年重現期距洪水流量歷線圖

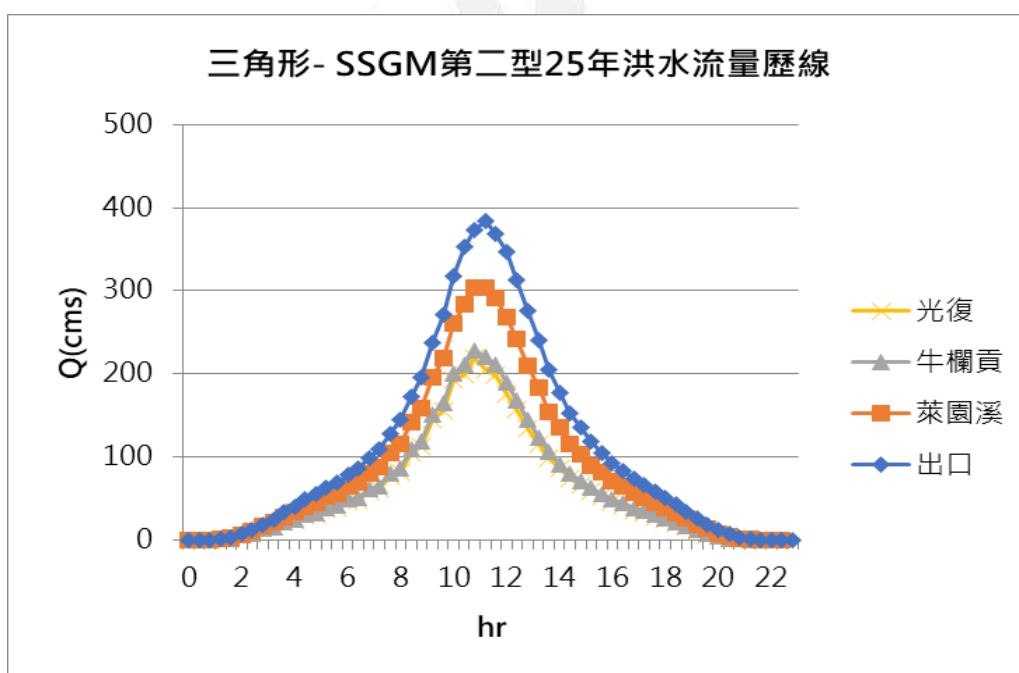


圖 7-15 三角形- SSGM 第二型 25 年重現期距洪水流量歷線圖

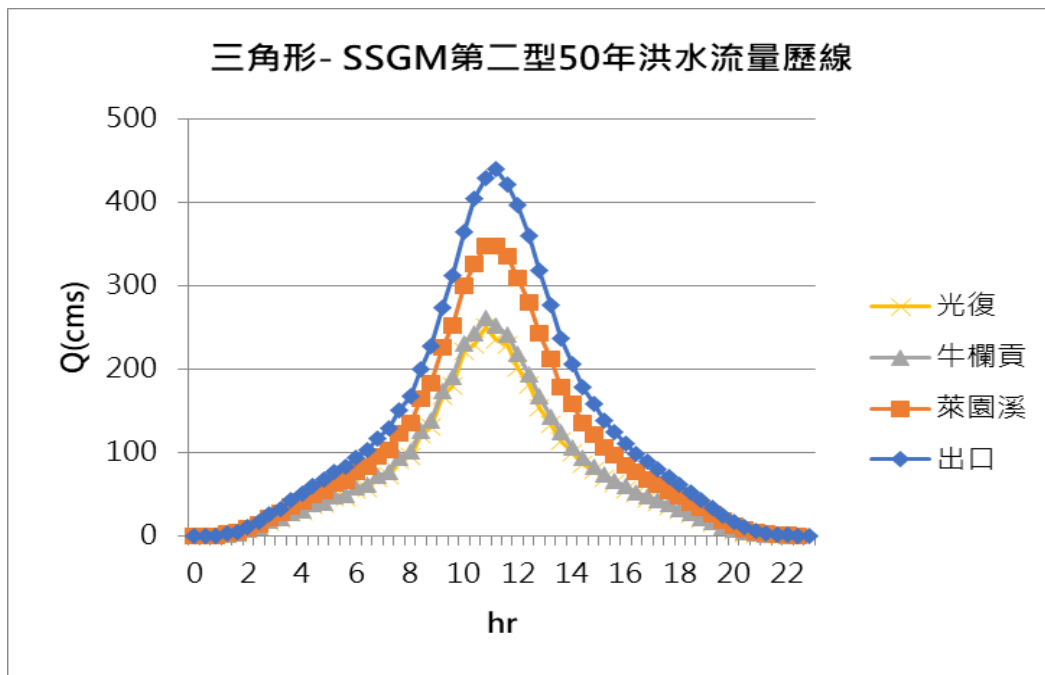


圖 7-16 三角形- SSGM 第二型 50 年重現期距洪水歷線圖

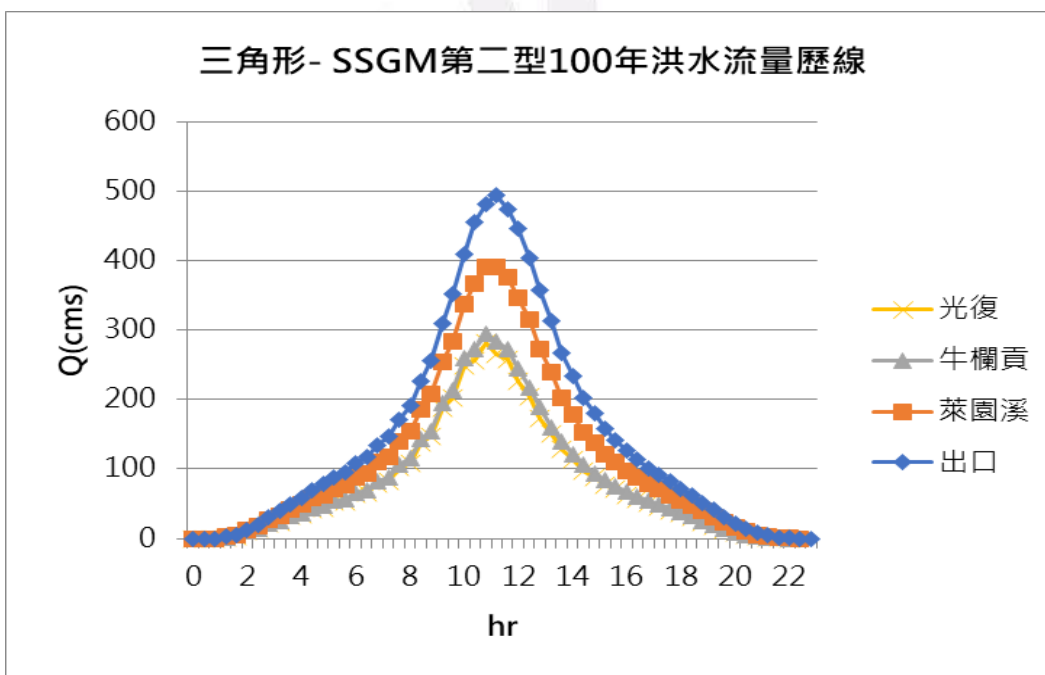


圖 7-17 三角形- SSGM 第二型 100 年重現期距洪流水歷線圖

表 7-6 三角形單位歷線配合 SSGM 高斯馬可夫兩型之洪峰流量分析成果表

控制點	重現期距(年)之流量(cms)					
	2	5	10	25	50	100
出口	87.855	164.573	215.358	278.207	323.946	368.788
菜園溪排水匯入前	70.051	131.583	172.221	222.703	259.493	293.000
牛欄貢溪排水匯入前	51.931	97.053	126.904	163.910	190.877	217.255
光復排水匯入前	49.218	91.935	120.111	155.028	180.487	205.394

(三) 合理化公式(rational formula)

適用於集水區面積小於 10 km²(1000ha)或集流時間小於 1 小時之小型集水區，在缺乏水文站及實測流量資料之地區常以此法推估洪峰流量，但因其逕流係數之採用難準確，因此通常僅作比較參考用。

根據「水土保持手冊調查篇，2016」之合理化公式係為設計都市或公路及小集水區系統之洪峰流量，其基本假設包括：

- 一穩定均勻降雨強度將造成集水區設計出口點之逕流在集流時間時達到最大流量；換言之，均勻降落於一集水區內某已知強度降雨所能產生之最大流量必須在降雨延時等於或大於集流時間。(理論假設)
- 預估之洪峰流量與降雨強度~延時~頻率中估算之降雨強度具有相同之迴歸週期。
- 逕流係數不隨降雨特性而改變，此係數通常決定於集水區地表之不透水程度與入滲容量。

合理化公式如下。

$$Q_p = 0.278 C I A \text{ (公制)} \quad (7-7)$$

Q_p ：尖峰流量(m³/s)

C ：逕流係數

I ：降雨強度(mm/hr)

A ：集水面積(km²)

1. 逕流係數

採用水利署 98 年 4 月「易淹水地區水患治理計畫-台中縣管區域排水乾溪排水系統治理規劃報告」，根據日本逕流係數公式($C = 1 - (5.65 / \sqrt{R_d})$), R_d : 一日暴雨量)推估逕流係數，成果如表 7-7 所列。

表 7-7 各控制點暴雨逕流係數採用表

控制點	暴雨逕流係數 C 值					
	2	5	10	25	50	100
出口	0.5384	0.6186	0.6582	0.6984	0.7227	0.7438
菜園溪排水匯入前	0.5378	0.6177	0.6573	0.6974	0.7219	0.7431
牛欄貢溪排水匯入前	0.5342	0.6140	0.6540	0.6946	0.7196	0.7412
光復排水匯入前	0.5337	0.6134	0.6533	0.6939	0.7189	0.7405

註：引自台中縣管區域排水乾溪排水系統治理規劃報告，水利署 98 年 4 月

2. 降雨強度

利用公式(5-1)進行演算，引用表 5-1 之 abc 參數，並令 $t_d = t_c$ ， t_c 值採用表 7-2 之 t_c 值代入，以推求控制點各頻率降雨強度值如表 7-8 所列。

表 7-8 各控制點之降雨強度分析成果表

控制點	降雨強度 i 值(mm/hr)					
	2	5	10	25	50	100
出口	44.508	59.145	67.323	76.325	81.718	86.713
菜園溪排水匯入前	46.707	61.833	70.221	79.296	84.685	89.586
牛欄貢溪排水匯入前	50.257	66.139	74.861	84.037	89.428	94.177
光復排水匯入前	51.423	51.423	76.377	85.582	90.977	95.676

3. 洪峰流量

綜合上述，乾溪集水區各控制點各重現期距合理化公式法洪峰流量利用公式(7-7)推算，可得洪峰分析成果如表 7-9 所列。

表 7-9 合理化公式之洪峰流量分析成果表

控制點	重現期距(年)之流量(cms)					
	2	5	10	25	50	100
出口	198.426	302.959	366.926	441.269	489.028	534.074
菜園溪排水匯入前	163.694	216.704	300.784	360.378	398.391	433.823
牛欄貢溪排水匯入前	129.910	196.505	236.906	282.456	311.395	311.395
光復排水匯入前	124.264	142.82	225.923	268.885	296.133	320.785

第八章結論與心得

(一)結論

表 8-1 各控制點於不同方法之洪峰流量比較

控制點	方法	重現期距(年)之流量(cms)					
		2	5	10	25	50	100
出口	三角形 x Horner	257.712	373.079	411.651	432.247	426.636	414.119
	三角形 x SSGM	87.855	164.573	215.358	278.207	323.946	368.788
	合理化公式	198.426	302.959	366.926	441.269	489.028	534.074
菜園溪排水匯入前	三角形 x Horner	207.276	300.954	332.003	348.635	343.986	333.624
	三角形 x SSGM	70.051	131.583	172.221	222.703	259.493	293.000
	合理化公式	163.694	216.704	300.784	360.378	398.391	433.823
牛欄貢溪排水匯入前	三角形 x Horner	157.228	226.37	248.847	260.043	255.76	247.221
	三角形 x SSGM	51.931	97.053	126.904	163.910	190.877	217.255
	合理化公式	129.91	196.505	236.906	282.456	311.395	311.395
光復排水匯入前	三角形 x Horner	152.365	218.72	239.991	250.141	245.688	237.104
	三角形 x SSGM	49.218	91.935	120.111	155.028	180.487	205.394
	合理化公式	124.264	142.82	225.923	268.885	296.133	320.785

由表 8-1 之比較，可看出三角形單位歷線配合 Horner 公式在重現期為 25 年時為最大值，依據經驗，最大值應為重現期 100 年，因此這個演算方式有誤差，而誤差來源推回至本報告之頻率分析，加上歷年前五大之暴雨量後，許多控制點未通過檢定，因此在設計暴雨上所乘上之各重現期距暴雨量之間距甚小，會被雨型之百分比影響，因此在折合積分上形成誤差。透過三角形單位歷線配合 SSGM 進行演算，可避免上述之問題。以後兩者洪峰流量推估方法作比較，本報告建議以合理化公式作為成果採用值，其原因在於各重現期距之流量較三角形單位歷線配合 SSGM 來的大，在後續設計排水設施上為最保守採用值。

(二)心得

本學期「水文分析與模式應用」課程，參考「台中縣管區域排水乾溪排水系統治理規劃報告，水利署 98 年 4 月」中的排水系統及水文資料，實際到乾溪的主幹排水去現地查看，流域中每座橋的左右岸考量當地的需求而有不同形式的護岸，在探勘的過程中，農業用地最為廣泛，因此乾溪附近的農田興建了許多設施進行灌溉。實地探勘控制點牛欄貢溪之匯流點，其左右岸皆為混凝土護岸，以防止洪水氾濫，但由於探勘時期為 3 月，台灣中部目前的水情狀況為缺水，因此照片上的水流甚小。乾溪流域上游因缺水而使水流流動不佳，造成優養化的現象，到現場察看時有聞到些許臭味，因此乾溪的水質狀況以及缺水狀況是目前應注意的問題。

本報告利用淡江模式進行乾溪排水系統的水文分析，從過程中明白降雨百分比與降雨深度的不同，設計暴雨則需要頻率分析暴雨量與百分比雨型相乘，才能利用算出的降雨量配合三角形單位歷線分別與 Horner 降雨強度公式、SGMM 兩型法及合理化公式進行洪水量推估。藉由實際操作模式，了解到每個步驟所需資料以及各個步驟的含意，從降雨量分析到洪峰流量推估，需要層層之間資料的應用與搭配，才能計算出最後的結果。

藉由這次的報告中，了解到資料的整合及軟體的運用，也對於實際的水文模式應用，有更進一步的認識及領悟。

參考文獻

1. 「易淹水地區水患治理計畫-臺中縣管區域排水乾溪排水系統治理規劃報告」，經濟部水利署，98年4月。
2. 「水文分析實作報告」，牟彥蓁、于子恩、楊子漩等，105年。
3. 「台灣地區雨量測站強度-延時 Horner 公式分析報告」，經濟部水利署，92年2月。
4. 「水土保持手冊教育訓練_基本資料調查與分析篇」，連惠邦，107年。
5. 「由雨型推估流量方法之差異探討—以河川治理與區域排水整治為例」，余濬，水利會訊第十二期。
6. 「九二一霧峰圳重建規劃報告」，水利處水利規劃試驗所，90年12月。
7. 水文學，李光敦，93年2月。
8. 水文分析審查輔助工具，淡江大學水資源管理與政策研究中心。
9. WRA-HydroTool 操作手冊，淡江大學水資源管理與政策研究中心。

