

逢甲大學學生報告 ePaper

報告題名：

水文分析實作報告

The Report of Hydrological Analysis

作者：牟彥蓁、于子恩、楊子漩

系級：水利工程與資源保育學系 三年乙班

學號：D0235858、D0235892、D0236404

開課老師：陳憲宗

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：105 學年度第 1 學期

摘要

本研究之水文分析為水利工程規劃設計之前置作業，水文分析結果之設計流量為水利工程據以設計之標準。本研究利用集水區內雨量站及流量站的水文資料，推求各重現期的洪峰流量。操作流程先用徐昇式多邊形法求取集水區平均雨量，並據以進行集水區的暴雨頻率分析，製作出降雨強度—延時—頻率曲線，接著利用降雨強度公式求出各重現期的降雨量值；採用交替組體法的道設計雨型。接著採用三角形單位歷線法及合理化公式推估洪峰流量，經由評估後採用合理化公式之推估尖峰流量作為設計流量。

關鍵字：水文分析、徐昇式多邊形法、降雨強度—延時—頻率曲線、
交替組體法、三角形單位歷線法、合理化公式

Abstract

In this study, we calculated the design flow in the watershed for various return periods. The first step is using Thiessen's polygon method to estimate the average rainfall data over the watershed. Then, the rainfall frequency analysis was performed to make the intensity-duration-frequency curves. The design hyetographs was made by using the alternating block method. Both the triangular unit hydrograph and the rational formula were used to calculate the peak discharges under different return periods. Finally, the peak discharges calculated by the rational formula were used as the design flows.

Keywords : hydrologic analysis, thiessen's polygon method, intensity-duration- frequency curves,alternating block method,triangular unit hydrograph,rational formula

目錄

摘要.....	5
Abstract.....	6
圖目錄.....	9
表目錄.....	11
第一章流域基本資料及水文測站選用.....	13
第二章雨量資料整理及平均雨量計算.....	15
一、降雨資料補遺與校正.....	15
二、集水區平均降雨量 (此作業使用徐昇多邊形法).....	15
三、不同延時之歷年最大降雨量.....	16
第三章降雨頻率分析.....	21
一、頻率分析.....	21
二、各延時雨量之機率分布套配.....	21
三、適合度檢定.....	25
四、決定最適機率分布及暴雨頻率分析成果.....	30
第四章降雨強度公式.....	31
一、降雨強度-延時-頻率曲線.....	31
二、降雨強度公式.....	33
三、降雨強度公式結果.....	33
第五章設計雨型.....	35
一、雨型延時與單位時間之設計原則.....	35
二、雨型設計常用方法.....	35
三、降雨強度法.....	36
四、集流時間.....	46
第六章洪峰流量推估.....	48
一、集流時間.....	48

二、水利署三角單位歷線.....	48
三、合理化公式.....	53
第七章分析結果討論.....	55
一、洪峰流量分配圖.....	55
二、不同重現期設計流量結果之比較及討論.....	55
三、不同方法分析結果之比較及討論.....	55



圖目錄

圖 1-1 集水區河系與雨量站.....	13
圖 1-2 集水區高程.....	13
圖 1-3 集水區土地利用圖.....	14
圖 2-1 集水區流量、雨量站利用圖.....	15
圖 4-1 集水區降雨強度-延時-頻率曲線示意圖.....	31
圖 4-2 流量站一降雨強度-延時-頻率曲線示意圖.....	32
圖 4-3 流量站二降雨強度-延時-頻率曲線示意圖.....	32
圖 5-1 集水區出口之重現期 2year 設計雨型.....	36
圖 5-2 集水區出口之重現期 5year 設計雨型.....	36
圖 5-3 集水區出口之重現期 10year 設計雨型.....	37
圖 5-4 集水區出口之重現期 25year 設計雨型.....	37
圖 5-5 集水區出口之重現期 50year 設計雨型.....	37
圖 5-6 集水區出口之重現期 100year 設計雨型.....	38
圖 5-7 集水區出口之重現期 200year 設計雨型.....	38
圖 5-8 流量站一之重現期 2year 設計雨型.....	39
圖 5-9 流量站一之重現期 5year 設計雨型.....	39
圖 5-10 流量站一之重現期 10year 設計雨型.....	40
圖 5-11 流量站一之重現期 25year 設計雨型.....	40
圖 5-12 流量站一之重現期 50year 設計雨型.....	41
圖 5-13 流量站一之重現期 100year 設計雨型.....	41
圖 5-14 流量站一之重現期 200year 設計雨型.....	42
圖 5-15 流量站二之重現期 2year 設計雨型.....	42
圖 5-16 流量站二之重現期 5year 設計雨型.....	43

圖 5-17 流量站二之重現期 10year 設計雨型.....	43
圖 5-18 流量站二之重現期 25year 設計雨型.....	44
圖 5-19 流量站二之重現期 50year 設計雨型.....	44
圖 5-20 流量站二之重現期 100year 設計雨型.....	45
圖 5-21 流量站二之重現期 200year 設計雨型.....	45
圖 6-1 水利署三角單位歷線圖.....	50
圖 7-1 Sherman 法重現期 2 年 24 小時流量分配圖.....	55



表目錄

表 1-1 雨量站資料.....	14
表 1-2 流量站資料.....	14
表 1-3 土地使用資料.....	14
表 2-1 集水區出口各延時之年最大暴雨量序列.....	16
表 2-2 流量站一各延時之年最大暴雨量序列.....	17
表 2-3 流量站二各延時之年最大暴雨量序列.....	19
表 3-1 選定之機率分布.....	28
表 3-2 集水區出口之機率分布 KS 檢定結果.....	28
表 3-3 流量站一之機率分布 KS 檢定結果.....	28
表 3-4 流量站二之機率分布 KS 檢定結果.....	29
表 3-5 集水區出口之機率分布 SE 指數檢定結果.....	29
表 3-6 流量站一之機率分布 SE 指數檢定結果.....	29
表 3-7 流量站二之機率分布 SE 指數檢定結果.....	29
表 3-8 集水區各延時雨量之機率分布套配.....	30
表 3-9 流量站一各延時雨量之機率分布套配.....	30
表 3-10 流量站二各延時雨量之機率分布套配.....	30
表 4-1 集水區出口 Sherman 公式參數.....	34
表 4-2 流量站一 Sherman 公式參數.....	34
表 4-3 流量站二 Sherman 公式參數.....	34
表 5-1 集水區出口之集流時間.....	47
表 5-2 流量站一之集流時間.....	47
表 5-3 流量站二之集流時間.....	47
表 6-1 各集水區之集流時間分析結果.....	49

表 6-2 各集水區之水利署三角單位歷線參數.....	49
表 6-3 集水區出口頻率年 2 年流量歷線.....	50
表 6-4 集水區出口頻率年 5 年流量歷線.....	52
表 6-5 水利署法之 Sherman 法流量站的各重現期洪峰流量表	53
表 6-6 集水區出口土地利用型態及逕流係數.....	54
表 6-7 Sherman 法 24 小時洪峰流量分析成果比較表	54
表 7-1 水利署法之 Sherman 法流量站的各重現期洪峰流量表	55



第一章流域基本資料及水文測站選用

某集水區如圖 1-1 所示，集水區內具長期雨量紀錄之雨量站共有二站，集水區高程及土地利用狀況分別如圖 1-2 及圖 1-3，欲推估集水區出口、流量站及主流匯流點之設計洪峰流量，重現期分別為 2、5、10、25、50、100、200 年，時雨量資料另載於電子檔案。雨量站資料，如表 1-1；流量站資料，如表 1-2；土地利用情形，如表 1-3。

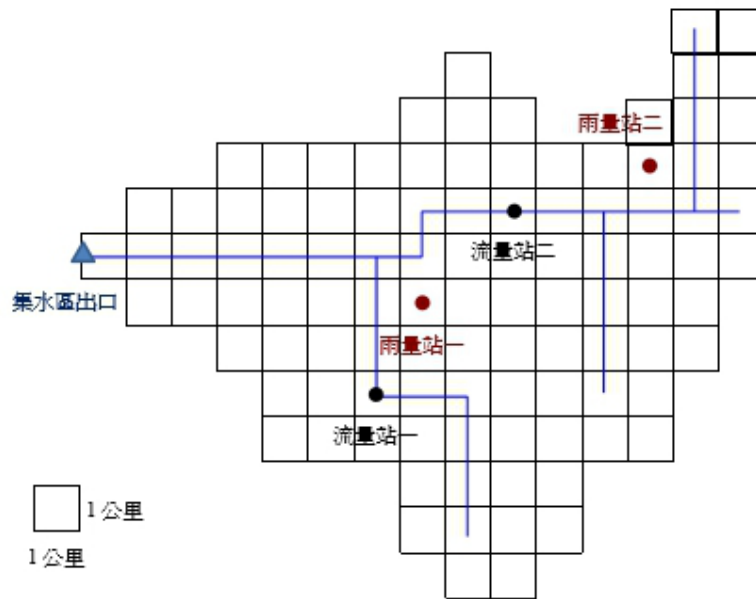


圖 1-1 集水區河系與雨量站

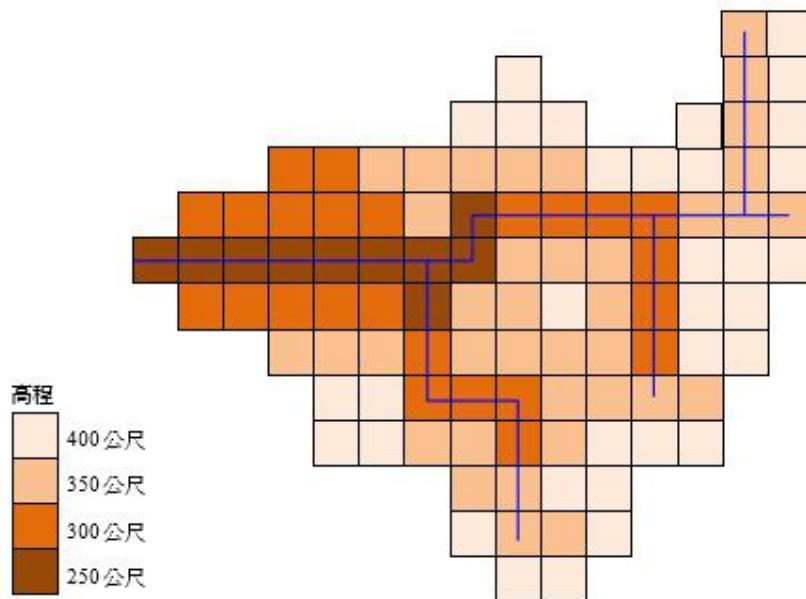


圖 1-2 集水區高程

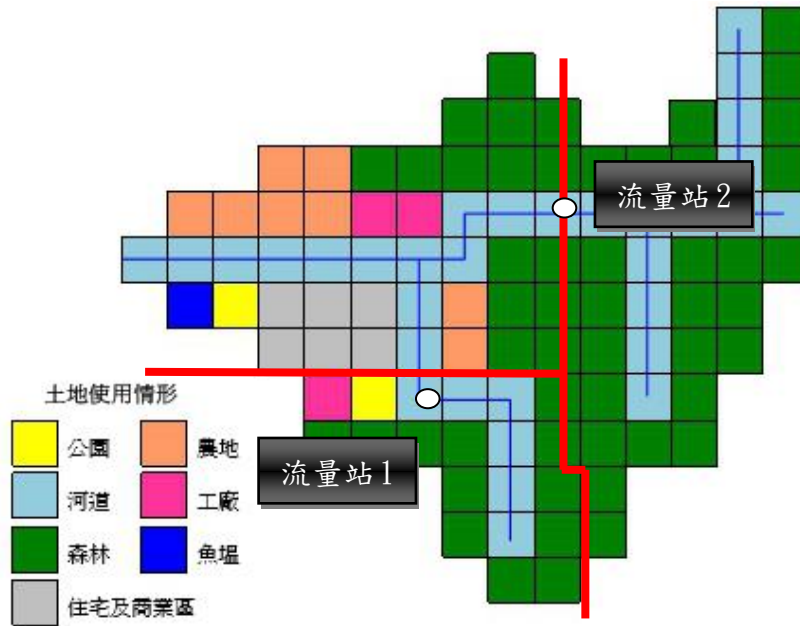


圖 1-3 集水區土地利用圖

表 1-1 雨量站資料

站名	標高(m)	資料年份(年)	資料年數
雨量站一	300	1967~2014	48
雨量站二	300	1967~2014	48

表 1-2 流量站資料

站名	標高(m)	面積(km ²)	高差(m)	平均長度(m)	平均坡度(%)	坡度(m/m)	主流長度(m)
集水區出口	250	104	100	15338	0.652	0.00652	18.5
流量站一	300	19	100	4472	2.24	0.0224	5
流量站二	300	42	100	6403	1.56	0.0156	8

表 1-3 土地使用資料

站名	面積(km ²)	公園	河道	森林	住宅及商業區	農地	工廠	魚塢
集水區出口	104	2	32	52	6	8	3	1
流量站一	19	1	6	11	0	0	1	0
流量站二	42	0	13.5	28.5	0	0	0	0

第二章雨量資料整理及平均雨量計算

一、 降雨資料補遺與校正

(一) 降雨資料補遺 (無須補遺)

方法：內差法、正比法、四象限法 (參考「水文學」, 李光敦著, 第 58 頁)。

(二) 降雨資料校正 (與老師的檔案相比較, 差異較小, 無須校正)

方法：累積雙曲線圖 (參考「水文學」, 李光敦著, 第 61 頁)

二、 集水區平均降雨量 (此作業使用徐昇多邊形法)

方法：算術平均法、徐昇多邊形法、等雨量線法(參考「水文學」, 李光敦著, 第 64 頁)。

本作業採徐昇式多邊形法, 而徐昇多邊形法是依各雨量站之相對位置, 以決定各雨量之控制面積, 本作業將雨量站一跟二連線, 再由中間作垂直平分線, 即可求出其控制面積比例。

$$\text{權重} = \frac{\text{某雨量站控制面積}}{\text{集水區總面積}} \times 100\%$$

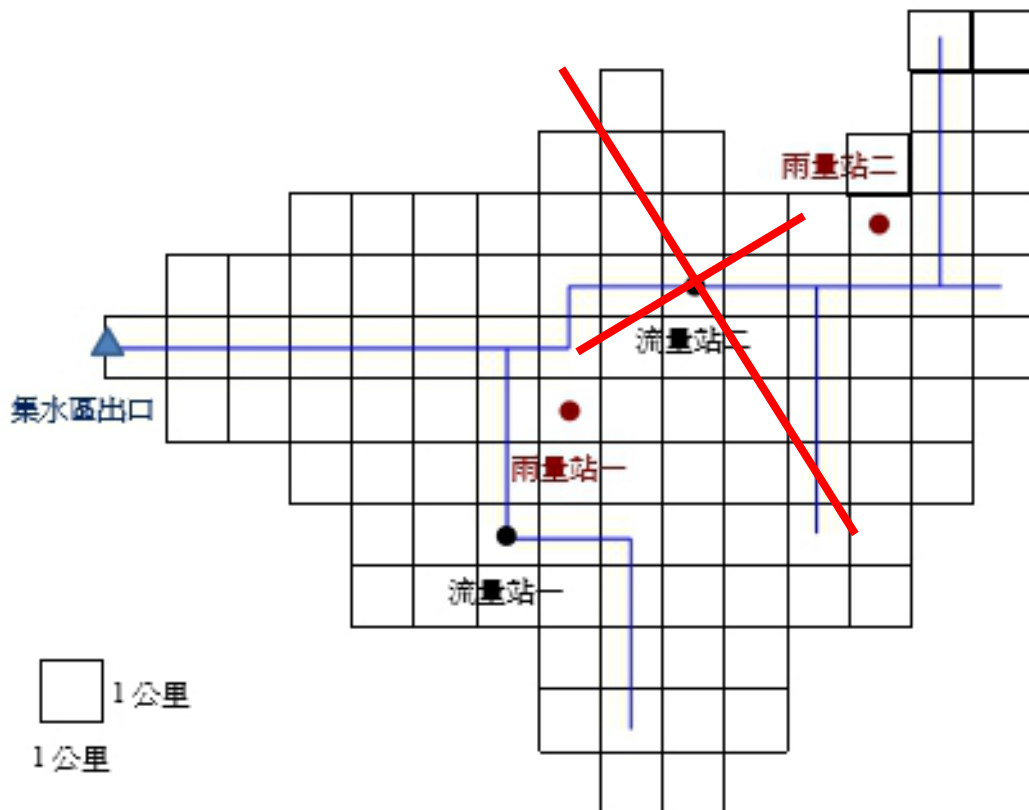


圖 2-1 集水區流量、雨量站利用圖

三、 不同延時之歷年最大降雨量

針對集水區平均雨量資料，採年最大值選用法整理出集水區出口、流量站一及流量站二在不同延時之歷年最大降雨量延時，且採用 3、6、12、24、48 小時，列表呈現，如表 2-1、表-2 及表 2-3。

表 2-1 集水區出口各延時之年最大暴雨量序列單位：mm

年	3 小時	6 小時	12 小時	24 小時	48 小時
1967	61.929	75.514	90.486	96.057	108.529
1968	56.371	98.257	160.429	207.071	270.600
1969	74.214	119.943	172.386	265.257	410.657
1970	84.986	99.914	176.271	238.743	263.829
1971	44.500	82.614	113.086	146.500	167.414
1972	77.157	126.400	126.829	189.471	222.271
1973	70.357	70.857	71.000	71.000	115.586
1974	75.900	116.400	127.400	164.171	165.686
1975	53.471	63.200	78.314	132.571	176.557
1976	70.657	89.000	140.900	176.200	210.086
1977	179.414	266.686	288.514	302.243	316.386
1978	62.700	98.929	161.657	178.143	245.686
1979	67.700	75.957	138.714	173.143	247.243
1980	80.371	136.100	182.414	188.743	191.871
1981	97.771	162.771	223.071	321.871	341.514
1982	75.229	98.029	101.529	157.586	223.271
1983	80.929	85.943	94.029	99.700	123.514
1984	139.929	191.571	214.257	215.914	233.114
1985	83.257	116.943	158.200	164.086	182.814
1986	62.886	113.443	140.157	182.643	249.443
1987	64.214	86.043	139.286	249.543	329.014
1988	90.557	118.043	135.414	142.043	169.700
1989	61.314	82.286	111.657	144.157	224.314
1990	115.257	175.571	214.929	223.043	223.043
1991	100.314	105.443	119.300	124.286	220.057
1992	80.371	81.229	93.171	100.486	134.986
1993	68.643	86.314	104.329	114.557	125.814
1994	54.957	71.343	112.729	168.714	206.486
1995	57.214	67.386	91.457	103.300	166.886
1996	70.714	124.429	182.929	219.329	245.600

表 2-1(續) 集水區出口各延時之年最大暴雨量序列單位：mm

1997	74.929	106.014	158.543	190.557	208.343
1998	117.929	185.214	276.643	397.300	458.829
1999	55.714	63.214	69.786	108.714	138.000
2000	86.857	149.500	245.357	376.929	408.000
2001	167.643	254.357	380.214	542.786	721.071
2002	46.286	55.214	78.643	110.929	129.357
2003	43.000	58.857	82.429	109.500	112.857
2004	106.786	187.929	291.786	337.357	413.929
2005	72.857	117.000	150.357	224.929	267.500
2006	68.000	96.714	144.857	170.714	224.000
2007	87.571	128.929	189.429	232.643	259.714
2008	92.357	119.143	199.857	283.929	525.786
2009	85.500	114.857	126.071	143.214	148.357
2010	70.643	77.214	106.643	130.529	190.571
2011	51.357	75.571	106.786	116.857	145.714
2012	99.971	162.057	281.629	303.871	304.586
2013	110.643	124.714	154.500	225.286	351.000
2014	126.286	178.929	219.000	301.214	370.571

表 2-2 流量站一各延時之年最大暴雨量序列單位：mm

年	3 小時	6 小時	12 小時	24 小時	48 小時
1967	67.000	89.300	111.200	148.500	218.200
1968	53.300	92.100	151.700	185.000	239.600
1969	98.800	131.300	205.000	356.400	608.700
1970	109.500	147.200	238.400	293.600	305.100
1971	51.000	83.600	146.800	183.000	204.200
1972	73.800	85.900	125.000	196.000	211.200
1973	61.100	68.900	72.100	83.200	123.900
1974	71.900	87.800	119.400	135.600	160.300
1975	47.400	64.100	84.600	138.000	198.900
1976	82.200	115.200	176.900	206.700	238.800
1977	212.900	243.400	267.700	278.300	313.100
1978	63.100	103.900	171.300	246.500	370.600
1979	104.800	121.600	185.500	218.500	299.100
1980	56.800	82.100	99.700	103.100	128.900

1981	146.300	202.200	266.700	328.500	341.300
1982	105.100	123.100	131.600	198.800	264.100
1983	89.500	104.800	114.900	114.900	143.300
1984	91.500	111.900	142.300	176.600	200.000
1985	105.400	156.400	196.200	200.000	200.600
1986	138.500	180.800	208.200	289.800	362.400
1987	78.700	119.300	197.900	315.900	430.400
1988	158.600	224.400	270.200	283.400	286.700
1989	77.100	138.000	178.600	188.800	265.100
1990	128.100	157.700	179.400	189.000	262.300
1991	52.000	62.900	62.900	85.400	123.300
1992	61.300	62.800	92.900	175.400	227.300
1993	112.600	114.200	115.500	115.500	129.100
1994	77.600	107.200	139.300	210.500	252.200
1995	39.800	50.400	84.600	140.300	165.500
1996	91.300	123.500	181.500	221.400	243.700
1997	107.300	174.300	214.500	235.800	238.400
1998	81.000	145.000	207.000	306.800	346.600
1999	45.400	56.000	88.000	110.300	110.300
2000	108.500	194.000	337.500	529.500	562.500
2001	113.500	195.000	257.500	392.000	615.000

表 2-2(續) 流量站一各延時之年最大暴雨量序列單位：mm

2002	74.500	85.500	95.500	153.500	161.500
2003	37.000	42.500	82.500	95.000	96.000
2004	100.000	124.500	143.000	214.000	251.000
2005	137.500	151.500	194.500	268.500	288.500
2006	97.500	156.500	237.000	312.500	377.500
2007	114.000	155.000	205.500	239.500	275.800
2008	84.500	146.500	216.000	288.500	495.500
2009	74.000	112.000	130.000	131.800	142.900
2010	94.500	128.500	133.500	157.000	175.000
2011	46.500	76.500	112.500	121.500	132.000
2012	116.500	180.500	318.500	355.000	420.000
2013	104.000	165.500	192.000	239.500	403.500
2014	103.000	144.000	162.000	181.500	257.000

表 2-3 流量站二各延時之年最大暴雨量序列單位：mm

年	3 小時	6 小時	12 小時	24 小時	48 小時
1967	61.929	75.514	90.486	96.057	108.529
1968	56.371	98.257	160.429	207.071	270.600
1969	74.214	119.943	172.386	265.257	410.657
1970	84.986	99.914	176.271	238.743	263.829
1971	44.500	82.614	113.086	146.500	167.414
1972	77.157	126.400	126.829	189.471	222.271
1973	70.357	70.857	71.000	71.000	115.586
1974	75.900	116.400	127.400	164.171	165.686
1975	53.471	63.200	78.314	132.571	176.557
1976	70.657	89.000	140.900	176.200	210.086
1977	179.414	266.686	288.514	302.243	316.386
1978	62.700	98.929	161.657	178.143	245.686
1979	67.700	75.957	138.714	173.143	247.243
1980	80.371	136.100	182.414	188.743	191.871
1981	97.771	162.771	223.071	321.871	341.514
1982	75.229	98.029	101.529	157.586	223.271
1983	80.929	85.943	94.029	99.700	123.514
1984	139.929	191.571	214.257	215.914	233.114
1985	83.257	116.943	158.200	164.086	182.814
1986	62.886	113.443	140.157	182.643	249.443
1987	64.214	86.043	139.286	249.543	329.014
1988	90.557	118.043	135.414	142.043	169.700
1989	61.314	82.286	111.657	144.157	224.314
1990	115.257	175.571	214.929	223.043	223.043
1991	100.314	105.443	119.300	124.286	220.057
1992	80.371	81.229	93.171	100.486	134.986
1993	68.643	86.314	104.329	114.557	125.814
1994	54.957	71.343	112.729	168.714	206.486
1995	57.214	67.386	91.457	103.300	166.886
1996	70.714	124.429	182.929	219.329	245.600
1997	74.929	106.014	158.543	190.557	208.343
1998	117.929	185.214	276.643	397.300	458.829
1999	55.714	63.214	69.786	108.714	138.000

2000	86.857	149.500	245.357	376.929	408.000
2001	167.643	254.357	380.214	542.786	721.071

表 2-3(續) 流量站二各延時之年最大暴雨量序列單位：mm

2002	46.286	55.214	78.643	110.929	129.357
2003	43.000	58.857	82.429	109.500	112.857
2004	106.786	187.929	291.786	337.357	413.929
2005	72.857	117.000	150.357	224.929	267.500
2006	68.000	96.714	144.857	170.714	224.000
2007	87.571	128.929	189.429	232.643	259.714
2008	92.357	119.143	199.857	283.929	525.786
2009	85.500	114.857	126.071	143.214	148.357
2010	70.643	77.214	106.643	130.529	190.571
2011	51.357	75.571	106.786	116.857	145.714
2012	99.971	162.057	281.629	303.871	304.586
2013	110.643	124.714	154.500	225.286	351.000
2014	126.286	178.929	219.000	301.214	370.571



第三章暴雨頻率分析

一、 頻率分析

水文歷程存在不確定性及隨機性，尤其是極端事件。應用統計及機率觀點分析水文變量，將水水量套配到適合的機率分布，再決定不同的重現期得到相對應的機率值，將機率值代入機率分布轉換得到水水量。

二、 各延時雨量之機率分布套配

機率分布採用對數常態、常態分布、皮爾森三型、對數皮爾森三型、極端值一型分布等。

(一) 對數常態

1. 方法一

使用程式語言 Fortran、Matlab 等計算某區間中 $f(y)$ 曲線下面積即為區間機率，對數常態分布機率密度函數如下式；將原始資料 x 取對數，即 $y = \ln x$ ，取對數後之平均值和標準偏差為 μ_y 、 σ_y 。Fortran 計算方式為取 y 區間間距為極小值，累加每個 y 區間所對應的 $f(y)$ 的面積，即區間間距乘上機率密度，可達到積分效果。Matlab 計算方式為直接使用內建積分公式即可。

$$f(y) = \frac{1}{\sigma_y \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{y - \mu_y}{\sigma_y} \right)^2}$$

2. 方法二

為使用 Excel，找出標準常態變量 z 並運用 Excel 內建標準常態累積分布函數計算；將原始資料 x 取對數，即 $y = \ln x$ ，取對數後之資料 y 符合常態分布。平均值和標準偏差為 μ_y 、 σ_y 。

$$z = \frac{x - \mu_y}{\sigma_y}$$

$$F(x) = \text{NORMSDIST}(z)$$

3. 本次作業採用方法二，使用 Excel 進行分析。

(二) 常態分布

1. 方法一

為使用程式語言 Fortran、Matlab 等計算某區間中 $f(x)$ 曲線下面積即為區間機率，常態分布之機率密度函數如下式； μ 為平均值、 σ 為標準偏差。Fortran 計算方式為取 x 區間間距為極小值，累加每個 x 區間所對應的 $f(x)$ 的面積，即區間間距乘上機率密度，可達到積分效果。Matlab 計算方式為直接使用內建積分公式即可。

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-u}{\sigma}\right)^2}$$

2. 方法二

為使用 Excel，求出 x 對應之標準常態變量值 z，並運用 Excel 內建的標準常態累積分布函數(NORMSDIST)計算累積機率；μ 為平均數，σ 為標準偏差。

$$z = \frac{x - u}{\sigma}$$

$$F(x) = \text{NORMSDIST}(z)$$

3. 本次作業採用方法二，使用 Excel 進行分析。

(三) 皮爾森三型

1. 方法一

為使用程式語言 Fortran、Matlab 等計算某區間中 f(x) 曲線下面積即為區間機率，皮爾森 III 型之機率密度函數如下式；μ 為平均值、σ 為標準偏差、Cs 為偏態係數、Cs' 為修正偏態係數，α、β、γ 為參數。 Fortran 計算方式為取 x 區間間距為極小值，累加每個 x 區間所對應的 f(x) 的面積，即區間間距乘上機率密度，可達到積分效果。 Matlab 計算方式為直接使用內建積分公式即可。

$$f(x) = \frac{1}{\alpha\Gamma(\beta)} \left(\frac{x-\gamma}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{x-\gamma}{\alpha}\right)}, x \geq \gamma$$

$$\beta = \left(-\frac{2}{C_s}\right)^2$$

$$\alpha = \sigma/\sqrt{\beta}$$

$$\gamma = u - \sigma\sqrt{\beta}$$

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum \left(\frac{x-u}{\sigma}\right)^3$$

$$C_s' = C_s \left(1 + \frac{8.5}{n}\right) \sqrt{\frac{n(n-1)}{n-2}}$$

2. 方法二

為使用卡方值χ²推求變量資料 x 所對應的標準常態變量值，再藉由標準常態變量值推求皮爾森 III 型的累積機率，公式如下；μ 為平均值、σ 為標準偏差、Cs 為偏態係數、Cs' 為修正偏態係數、χ² 為卡方值，α、β、γ 為參數。

$$x^2 = 2\left(\frac{x-\gamma}{\alpha}\right)$$

$$z = \sqrt{9\beta}\left(\frac{1}{9\beta} - 1 + \sqrt[3]{\frac{x^2}{2\beta}}\right)$$

$$F(x) = \text{NORMSDIST}(z)$$

$$\beta = \left(-\frac{2}{C_s'}\right)^2$$

$$\alpha = \sigma/\sqrt{\beta}$$

$$\gamma = u - \sigma\sqrt{\beta}$$

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum \left(\frac{x-u}{\sigma}\right)^3$$

$$C_s' = C_s \left(1 + \frac{8.5}{n}\right) \sqrt{\frac{n(n-1)}{n-2}}$$

3. 方法三

為使用頻率因子 K_T 查表，由偏態係數 C_s 找出與頻率因子 K_T 相對應的超越機率(或重現期)，再進而推算皮爾森 III 型分布之累積機率，若偏態係數 C_s 與頻率因子 K_T 介於某兩數之間，則再以內插法求得； μ 為平均值、 σ 為標準偏差。

頻率因子 K_T 查表放於附錄。

$$K_T = \frac{x-u}{\sigma}$$

4. 本次作業採用方法二，使用 Excel 進行分析。

(四) 對數皮爾森三型

1. 方法一

為使用程式語言 Fortran、Matlab 等計算某區間中 $f(x)$ 曲線下面積即為區間機率，對數皮爾森 III 型之機率密度函數如下；將原始資料 x 取對數即 $y = \ln x$ ， μ_y 為平均數、 σ_y 為標準偏差、 C_{sy} 為偏態係數、 C_{sy}' 為修正偏態係數， α 、 β 、 γ 為參數。Fortran 計算方式為取 y 區間間距為極小值，累加每個 y 區間所對應的 $f(y)$ 的面積，即區間間距乘上機率密度，可達到積分效果。Matlab 計算方式為直接使用內建積分公式即可。

$$f(x) = \frac{1}{\alpha\Gamma(\beta)} \left(\frac{y-\mu_y}{\alpha_y}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{y-\mu_y}{\alpha_y}\right)}, x \geq \gamma$$

$$\beta = \left(-\frac{2}{C_{s'y}}\right)^2$$

$$\alpha = \sigma/\sqrt{\beta}$$

$$\gamma = u - \sigma\sqrt{\beta}$$

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum \left(\frac{y - \mu_y}{\alpha_y}\right)^3$$

$$C_{s'} = C_s \left(1 + \frac{8.5}{n}\right) \sqrt{\frac{n(n-1)}{n-2}}$$

2. 方法二

為將原始資料 x 取對數後(即 $y = \ln x$)轉換為變量 y ，再依皮爾森 III 型分布之機率推求方法二計算； μ_y 為平均值、 σ_y 為標準偏差、 C_{sy} 為偏態係數、 $C_{sy'}$ 為修正偏態係數， α 、 β 、 γ 為參數。

$$x^2 = 2\left(\frac{y - \gamma}{\alpha}\right)$$

$$z = \sqrt{9\beta} \left(\frac{1}{9\beta} - 1 + \sqrt{\frac{x^2}{2\beta}}\right)$$

$$F(x) = \text{NORMSDIST}(z)$$

$$\beta = \left(-\frac{2}{C_{s'y}}\right)^2$$

$$\alpha = \sigma_y/\sqrt{\beta}$$

$$\gamma = u_y - \sigma_y\sqrt{\beta}$$

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum \left(\frac{y - u_y}{\sigma_y}\right)^3$$

$$C_{s'} = C_s \left(1 + \frac{8.5}{n}\right) \sqrt{\frac{n(n-1)}{n-2}}$$

3. 方法三

為頻率因子 K_T 查表，先將原始資料 x 取對數後(即 $y = \ln x$)轉換為變量 y ，再依皮爾森 III 型分布之機率推求方法三計算；由偏態係數 C_s 找出與頻率因子 K_T 相對應的超越機率(或重現期)，再進而推算皮爾森 III 型分布之累積機率，若偏態係數 C_{sy} 與頻率因子 K_T 介於某兩數之間，則再以內插法求得； y 為資料 x 取對數、 μ_y 為平均值、 σ_y 為標準偏差。

頻率因子 K_T 查表放於附錄。

$$K_T = \frac{y - \mu_y}{\sigma_y}$$

4. 本次作業採用方法二，使用 Excel 進行分析。

(五) 極端值一型分布

1. 方法一

為使用程式語言 Fortran、Matlab 等計算某區間中 $f(x)$ 曲線下面積即為區間機率，極端值 I 型之機率密度函數如下式； μ 為平均值、 σ 為標準偏差，其中參數 $\alpha=1.2825/\sigma$ ， $\beta=\mu-0.45\sigma$ 。Fortran 計算方式為取 x 區間間距為極小值，累加每個 x 區間所對應的 $f(x)$ 的面積，即區間間距乘上機率密度，可達到積分效果。Matlab

$$\text{計算方式為直接使用內建積分公式即可。} f(x) = \alpha \exp\{-\alpha (x - \beta) - \exp - [\alpha (x - \beta)]\}$$

2. 方法二

為使用極端值 I 型的累積機率分布函數，如下式； μ 為平均值、 σ 為標準偏差，其中參數 $\alpha=1.2825/\sigma$ ， $\beta=\mu-0.45\sigma$ 。

$$F(x) = \exp\{-\exp - [\alpha (x - \beta)]\}$$

3. 方法三

為使用極端值 I 型頻率因子 K_T ，公式如下； μ 為平均值、 σ 為標準偏差、 T 為重現年、 K_T 為某重現年下的頻率因子， X_T 為使用某重現年的頻率因子 K_T 帶入頻率因子 K_T 通式所得到的降雨量。

使用頻率因子 K_T 通式求出頻率因子 K_T 。

$$X_T = \mu + \sigma K_T$$

將頻率因子 K_T 帶入極端值 I 型頻率因子 K_T 公式回推累積機率。

$$\exp\{\exp [(KT + \sqrt{6}) \pi - 0.5772]\} = 1 - 1/T$$

$$\text{累積機率} = 1 - 1/T$$

4. 本次作業採用方法二，使用 Excel 進行分析。

三、適合度檢定

採 KS 檢定等方法，並參考誤差分析之結果，採用最適合之機率分布，並列表呈現機率分布適合度檢定結果。

(一) 合適機率分布選定

1. 卡方檢定參考方法與流程

(1) 將觀測樣本分成 k 組，組數 k 可以使用 $k=1+1.33 \log n$ 推估， n 為樣本個數。分組之區間邊界選擇會影響結果，降雨量區

間選擇可以使用下列三者之一：

- 每個區間間距相同(一般常用的區間劃分方法)
- 每個區間觀測到的樣本次數相同
- 每個區間的區間機率相同

- (2) 計算觀測樣本介於各區間內的次數 O_i 。若某區間內的觀測次數較少，可以將此區間與其它區間合併或重新設定降雨量區間。假設觀測樣本服從某機率分布，則此觀測樣本的累積機率 $P(X \leq x_i)$ 可由此機率分布求得(方法參閱第 3-1-2 節，機率分布函數之累積機率估計)，累積機率最後一列給定 1。區間機率 $P(X_i)$ 為累積機率下列減去上列，如表 3-1，區間機率第二列等於累積機率第二列減去第一列(即 $0.1605=0.4159-0.2554$)。
- (3) 理論次數 E_i 為累積機率乘上樣本數，如表 3-1，理論次數第一列等於區間第一列乘上樣本數(即 $12.2578=0.2554 \times 48$)。
- (4) 計算卡方值 χ^2 ，如下式。
$$\chi^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$
 合計同一欄的每組區間的卡方值 χ^2 ，再將合計後的卡方值 χ^2 進行臨界值 $\chi_{k-r-1, \alpha}^2$ 檢驗通過與否。計算臨界值 $\chi_{k-r-1, \alpha}^2$ ，臨界值下標的 $k-r-1$ 為自由度，其中 k 為降雨量區間的組數， r 為某機率分布的估計參數個數，後方的 α 為顯著水準此處採用 0.05，決定這些條件後查表(可參考「水文學」，李光敦著，第 326 頁)找出這些條件相對應的臨界值。比較卡方值 χ^2 與臨界值 $\chi_{k-r-1, \alpha}^2$ ，若 $\chi^2 > \chi_{k-r-1, \alpha}^2$ 為不通過；若 $\chi^2 < \chi_{k-r-1, \alpha}^2$ 為通過。

2. KS 檢定(Kolmogorov-Smirnov test)參考方法與流程

- (1) 將觀測樣本由小至大排列， x_1, x_2, \dots, x_n 。
- (2) 給定每個觀測樣本一個累積機率 $S(X_i)$ ，如下式； i 為序列， n 為樣本數。

$$S(x_i) = \frac{i}{n}$$

- (3) 假設觀測樣本服從某機率分布，計算各觀測樣本的理论累積機率 $P(X_i)$ ，計算方法參閱第二節，機率分布函數之累積機率估計。
- (4) 計算出各列的偏差量 D 後選擇最大的偏差量 D 做 KS 檢定。
$$D = P(x_i) - S(x_i)$$
- (5) 查表臨界值 $C_{n, \alpha}$ ， n 為樣本數， α 為顯著水準此處採用 0.05，KS 檢定查表放於附錄。

- (6) 比較最大偏差量 D 與臨界值 $C_{n,\alpha}$ ，若 $D > C_{n,\alpha}$ ，則不通過；
若 $D < C_{n,\alpha}$ ，則通過。

決定最大偏差量 D 通過與否後，可能有數個機率分布同時通過檢定，後續決定設計雨型時，可以於此檢定中通過的機率分布中選擇最大偏差量 D 最小的機率分布作為設計雨型之用。



表 3-1 選定之機率分布

站名	各延時所選定之機率分布				
	3hr	6hr	12hr	24hr	48hr
集水區出口	極端值一型分布	對數常態	皮爾森三型	對數皮爾森三型	對數皮爾森三型
	3hr	6hr	12hr	24hr	48hr
流量站一	對數皮爾森三型	皮爾森三型	皮爾森三型	對數皮爾森三型	對數皮爾森三型
	3hr	6hr	12hr	24hr	48hr
流量站二	對數皮爾森三型	對數皮爾森三型	對數皮爾森三型	對數皮爾森三型	對數皮爾森三型
	3hr	6hr	12hr	24hr	48hr

表 3-2 集水區出口之機率分布 KS 檢定結果

延時 機率分布	3hr	6hr	12hr	24hr	48hr
常態	0.1206	0.0900	0.0907	0.1071	0.1154
對數常態	0.0779	0.0737	0.0974	0.0593	0.0554
極端值 I 型	0.0822	0.0799	0.1010	0.0663	0.0640
皮爾森 III 型	0.1179	0.0816	0.0784	0.0612	0.0545
對數皮爾森 III 型	0.0782	0.0812	0.1164	0.0577	0.0565
臨界值	0.1963				
通過與否	通過	通過	通過	通過	通過

表 3-3 流量站一之機率分布 KS 檢定結果

延時 機率分布	3hr	6hr	12hr	24hr	48hr
常態	0.1002	0.0704	0.0846	0.0986	0.1344
對數常態	0.0734	0.0702	0.0853	0.0545	0.0629
極端值 I 型	0.0658	0.0737	0.0848	0.0524	0.0644
皮爾森 III 型	0.0723	0.0592	0.0582	0.0545	0.0609
對數皮爾森 III 型	0.0751	0.1082	0.1019	0.0629	0.0639
臨界值	0.1963				
通過與否	通過	通過	通過	通過	通過

表 3-4 流量站二之機率分布 KS 檢定結果

延時 機率分布	3hr	6hr	12hr	24hr	48hr
常態	0.1502	0.1588	0.1382	0.1419	0.1740
對數常態	0.0818	0.0838	0.0599	0.0594	0.0846
極端值 I 型	0.0818	0.0936	0.0676	0.0737	0.1054
皮爾森 III 型	0.2405	0.0765	0.0449	0.0779	0.1656
對數皮爾森 III 型	0.0522	0.0590	0.0492	0.0562	0.0597
臨界值	0.1963				
通過與否	通過	通過	通過	通過	通過

表 3-5 集水區出口之機率分布 SE 指數檢定結果

	常態	對數常態	極端值 I 型	皮爾森 III 型	對數皮爾森 III 型
3hr	7.891501	5.845002	5.788468	6.179097	5.887864
6hr	9.865938	6.102542	6.739774	6.8414	6.315898
12hr	12.41135	9.290315	9.946924	8.975295	11.81976
24hr	24.37613	12.76235	14.04531	14.00143	12.49447
48hr	38.75246	19.51419	20.64847	17.79343	15.75443

表 3-6 流量站一之機率分布 SE 指數檢定結果

	常態	對數常態	極端 I 型	皮爾森 III 型	對數皮爾森 III 型
3hr	9.1520	6.1575	6.5105	6.8857	6.1247
6hr	6.4315	6.7810	6.8339	4.4753	13.0351
12hr	12.0637	8.4648	9.3398	7.8450	11.7950
24hr	23.5904	12.7566	14.3513	14.5283	12.7266
48hr	37.8944	18.1776	20.5519	18.8136	17.5374

表 3-7 流量站二之機率分布 SE 指數檢定結果

	常態	對數常態	極端 I 型	皮爾森 III 型	對數皮爾森 III 型
3hr	10.59269	7.35875	6.06756	5.28042	4.61807
6hr	16.79163	10.64103	9.59478	8.21190	7.54684
12hr	21.06182	11.04175	10.93323	9.49003	8.64630
24hr	31.93366	17.30332	17.61083	15.48546	13.35929
48hr	47.65065	29.84187	28.66932	24.08615	20.23818

四、 決定最適機率分布及暴雨頻率分析成果

請列表呈現頻率分析成果，分析成果應包含集水區、流量站一及流量站二，2年、5年、10年、25年、50年、100年及200年不同重現期之降雨量。

表 3-8 集水區各延時雨量之機率分布套配

延時 回歸年	3 小時	6 小時	12 小時	24 小時	48 小時
2	24.55024	17.6380	12.37846	7.734552	4.726096
5	32.28096	24.08548	16.89008	11.01190	6.923373
10	37.39937	28.34537	19.59883	13.27368	8.538293
25	43.86650	33.72128	22.76934	16.22605	10.76107
50	48.66418	37.7248	24.97862	18.49047	12.55035
100	53.42644	41.73037	27.07755	20.80856	14.45516
200	58.17132	45.76789	29.09366	23.19551	16.49150

表 3-9 流量站一各延時雨量之機率分布套配

延時 回歸年	3 小時	6 小時	12 小時	24 小時	48 小時
2	27.79922	20.17584	13.36262	8.159324	5.017538
5	38.56188	27.0947	18.26109	11.71513	7.389126
10	46.12636	31.08103	21.18986	14.23511	9.074916
25	56.18326	35.62412	24.60879	17.59978	11.32577
50	64.03927	38.72400	26.98622	20.23463	13.08606
100	72.20930	41.62569	29.24164	22.97788	14.91536
200	80.75567	44.37721	31.40534	25.84886	16.82535

表 3-10 流量站二各延時雨量之機率分布套配

延時 回歸年	3 小時	6 小時	12 小時	24 小時	48 小時
2	25.00939	17.32253	11.78541	7.413430	4.529739
5	33.27284	24.16798	16.80053	10.79624	6.633678
10	39.45460	29.35286	20.46799	13.29522	8.271935
25	48.12813	36.69985	25.50457	16.75217	10.64495
50	55.25367	42.78633	29.55505	19.54881	12.64867
100	62.98142	49.42907	33.86672	22.53884	14.86843
200	71.40430	56.71050	38.47803	25.74910	17.33568

第四章降雨強度公式

一、 降雨強度-延時-頻率曲線(intensity-duration-frequency curves, IDF curves)

降雨的特性可以降雨強度與降雨延時來表示，水資源規劃與設計時，除了需要考慮降雨強度與延時之間的關係外，還需要考慮某特定降雨強度與延時之降雨發生頻率。這種由降雨強度、延時與頻率三種變數所畫出的關係圖，稱為降雨強度-延時-頻率曲線，簡稱 IDF 曲線。IDF 曲線通常以圖呈現，表示某一特殊發生機率情況下降雨強度與降雨延時之關係，此發生機率一般以重現期稱之。(參考「水文學」，李光敦著，第 67 頁)

(一) IDF 曲線製作流程(參考老師上課筆記)

1. 針對某延時降雨，整理歷年最大降雨資料，常用方法為年最大值序列法。
2. 進行暴雨頻率分析，決定最適合該延時降雨量的機率分布。
3. 利用機率分布推估不同重現期的降雨量，並將降雨量除以延時，得到降雨強度，得到該延時下不同重現期的降雨強度資料。
4. 針對其他延時，重複上述步驟，得到其他延時下不同重現期的降雨強度資料。
5. 針對各重現期下的延時與強度資料，分別建立降雨強度公式及得到 IDF curves。

(二) 降雨強度-延時-頻率曲線示意圖

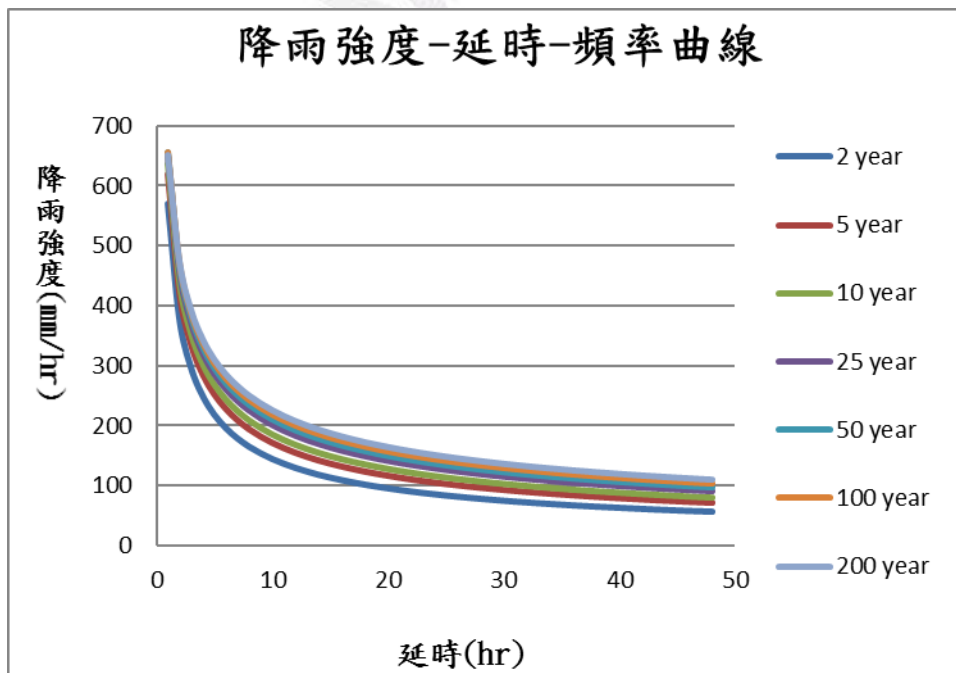


圖 4-1 集水區降雨強度-延時-頻率曲線示意圖

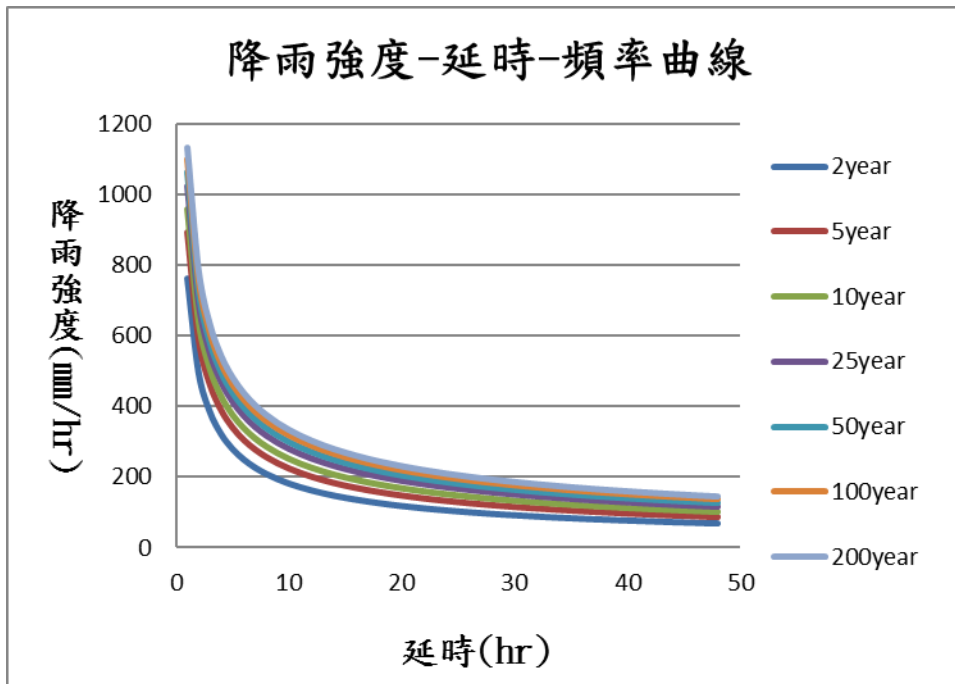


圖 4-2 流量站一降雨強度-延時-頻率曲線示意圖

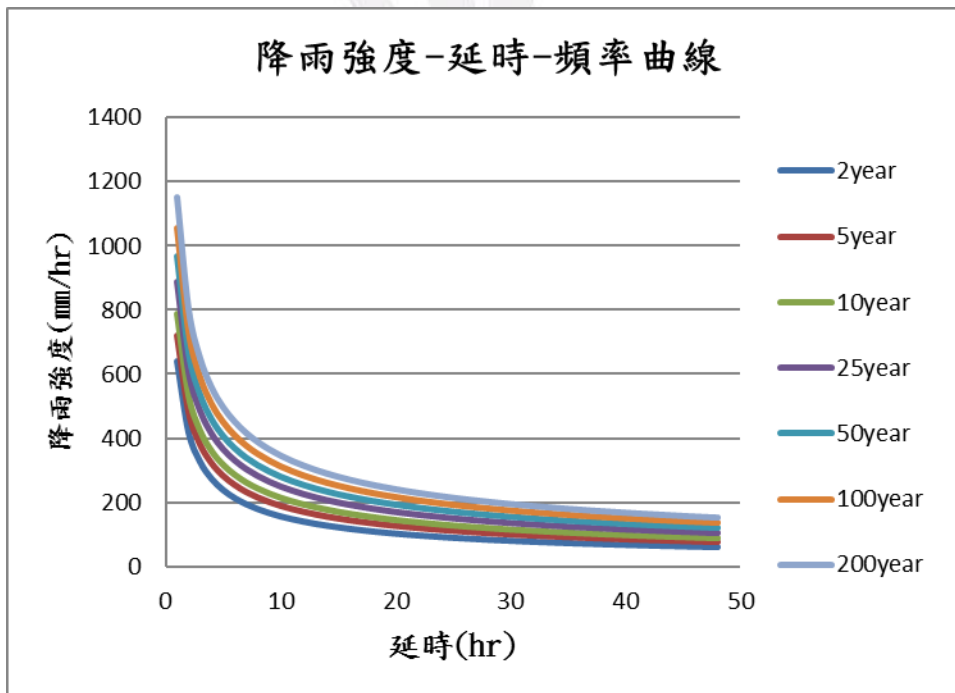


圖 4-3 流量站二降雨強度-延時-頻率曲線示意圖

二、 降雨強度公式

建立各重現期之降雨強度公式，可採 Sherman 公式或其他公式：

(一) Kirpich 公式(hr)

$$t_c = 0.02 * \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

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

(二) Rziha 公式(hr)

$$t_c = 0.00083 * \frac{L}{S^{0.6}}$$

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

(三) 加州公路局公式

$$t_c = \left(\frac{0.87L^3}{H} \right)^{0.385}$$

t_c 是集流時間(hr)；L是逕流長度(Km)；H是集水區高程差(m)

(四) 周文德公式

$$t_c = 0.0083 * \left[\frac{1000L}{(100S)^{0.5}} \right]^{0.64}$$

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

三、 降雨強度公式結果

本作業計算集水區出口、流量站一與流量站二的各重現年 2、5、10、25、50、100、200 年之 a、b、n 參數，如表 4-1、4-2、4-3，藉由降雨強度公式推求的延時 3、6、12、24、48 小時之降雨強度，如表 4-4、4-5、4-6。再利用各參數求得降雨強度及降雨深度。

(一) Sherman 公式

$$I_t = \frac{a}{t^n}$$

I_t 是降雨延時 t 分鐘之降雨強度(mm/hr)；t 是降雨延時(min)；a、n 是回歸係數。

表 4-1 集水區出口 Sherman 公式參數

重現年	a	n
2	570.1643	0.594
5	619.4411	0.557
10	636.7955	0.535
25	651.6284	0.511
50	654.6362	0.493
100	654.6362	0.477
200	650.1297	0.461

表 4-2 流量站一 Sherman 公式參數

重現年	a	n
2	762.079	0.624
5	893.3055	0.597
10	957.1941	0.581
25	1020.939	0.563
50	1061.696	0.551
100	1099.006	0.540
200	1129.796	0.530

表 4-3 流量站二 Sherman 公式參數

重現年	a	n
2	638.2635	0.615
5	721.1075	0.581
10	788.8601	0.565
25	887.156	0.548
50	966.0509	0.538
100	1054.387	0.529
200	1150.8	0.522

第五章設計雨型

一、 雨型延時與單位時間之設計原則(參考上課筆記)

- (一) 雨型延時需與推求降雨強度之延時一致
- (二) 雨型單位時間需與流量歷線單位時間一致
- (三) 設計雨量之延時與單位時間須配合
集水區之集流時間特性
 1. 延時應大於等於集流時間，以能形成設計洪峰流量
 2. 一般區域排水集流時間為數小時以內，延時常採一日
 3. 河川或淹水分析，延時常採用一日至三日造成較大洪峰流量者
- (四) 依集流時間 T_c 選擇雨型單位時間 T_r
 - $T_c \leq 1.5\text{hr} \rightarrow T_r = 0.15\text{ hr}$
 - $1\text{ hr} < T_c \leq 3\text{ hr} \rightarrow T_r = 0.4\text{ hr}$
 - $3\text{ hr} < T_c \leq 6\text{ hr} \rightarrow T_r = 0.8\text{ hr}$
 - $6\text{ hr} < T_c \rightarrow T_r = 1.0\text{ hr}$

二、 雨型設計常用方法

雨型設計常用方法有交替組體法、同位序平均法、實際暴雨雨型及序率馬可夫雨型(來自水文設計應用手冊)，本作業使用交替組體法來建立重現期2、5、10、25、50、100及200年之設計雨型。

(一) 交替組體法，又稱交替區塊法或降雨強度法

1. 將降雨延時 T_c 依照單位時間 Δt 分成 n 個時段，及 $T_c = n * \Delta t$
2. 由降雨強度公式分別計算延時為 $\Delta t, 2\Delta t, 3\Delta t \dots$ ， T_c 的降雨強度，再計算總降雨深度
3. 推求個時刻增量所對應的降雨增量，以此增量作為各單位時間的降雨量
4. 將最大降雨量置於延時 T_c 中間，接著將雨量由大至小交替置於最大降雨量之兩側，即形成延時 T_c 的設計雨型
5. 組體圖排列順序，由先右後左、或先左後右皆可，本作業為求降雨延時較短即達到尖峰流量之工程保守設計考量，採先右後左之設計。

(二) 同位序平均法

1. 求出多場具代表性降雨的各時段雨量百分比
2. 將各時段雨量百分比依大小順序重新排列
3. 計算相同級序的雨量百分比的平均
4. 將平均雨量百分比最大值置於延時中間，或考慮前進係數置於適當處

5. 將其餘平均雨量百分比，由大到小交替置於尖峰雨量之兩側

(三) 實際暴雨雨型

(四) 序率馬可夫雨型

三、 降雨強度法

依前述建立之降雨強度公式，以交替組體法建立設計雨型請列表呈現設計雨型資料並繪製設計雨型圖，分別以集水區出口、流量站一及流量站二畫出 2 年、5 年、10 年、25 年、50 年、100 年、200 年之設計雨型。

(一) 集水區出口之設計雨型

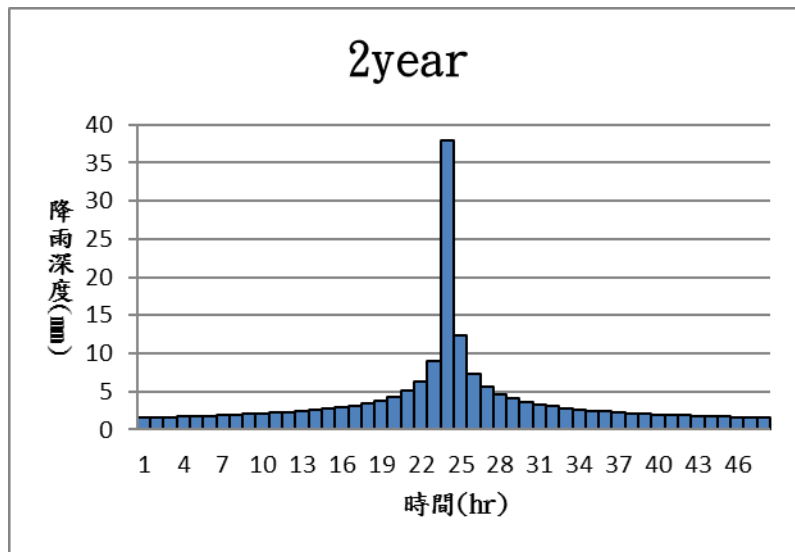


圖 5-1 集水區出口之重現期 2year 設計雨型

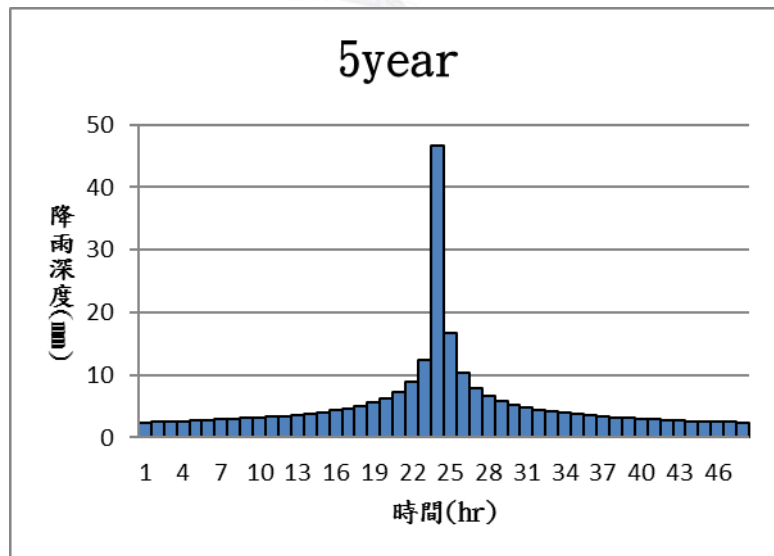


圖 5-2 集水區出口之重現期 5year 設計雨型

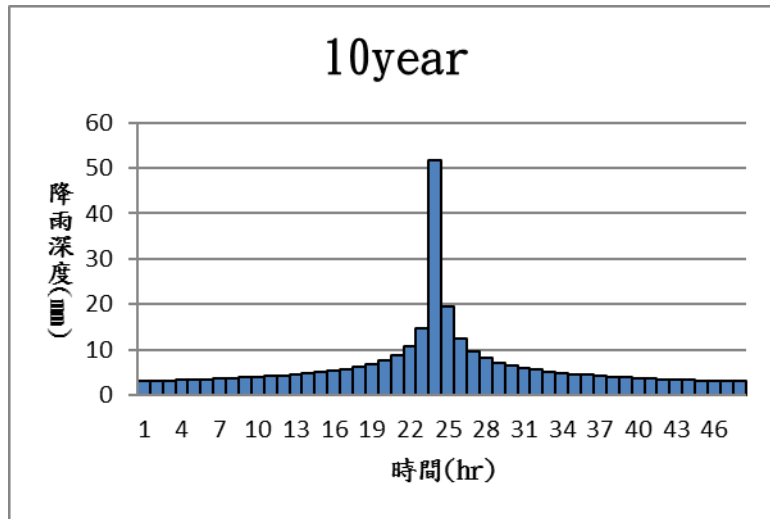


圖 5-3 集水區出口之重現期 10year 設計雨型

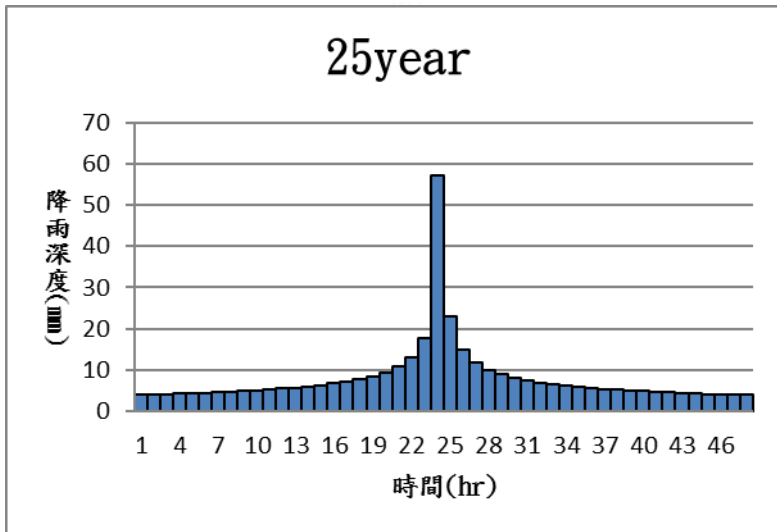


圖 5-4 集水區出口之重現期 25year 設計雨型

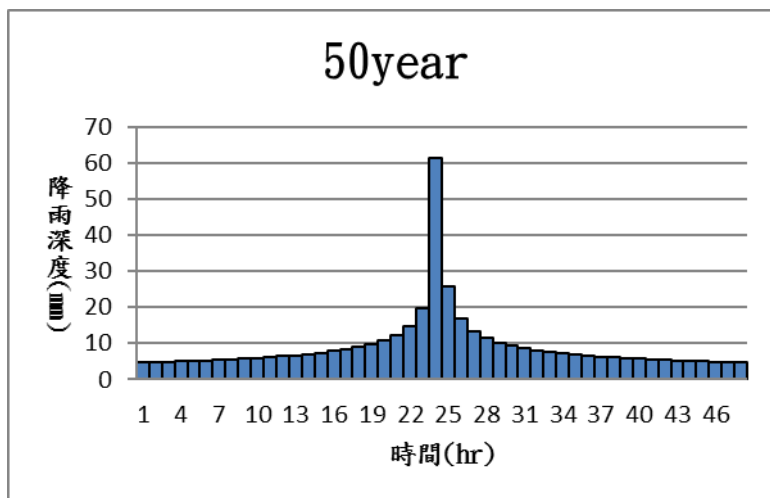


圖 5-5 集水區出口之重現期 50year 設計雨型

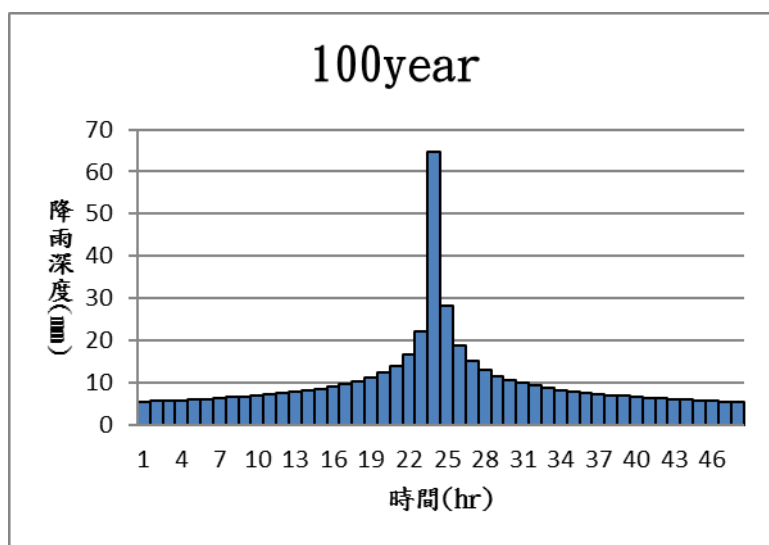


圖 5-6 集水區出口之重現期 100year 設計雨型

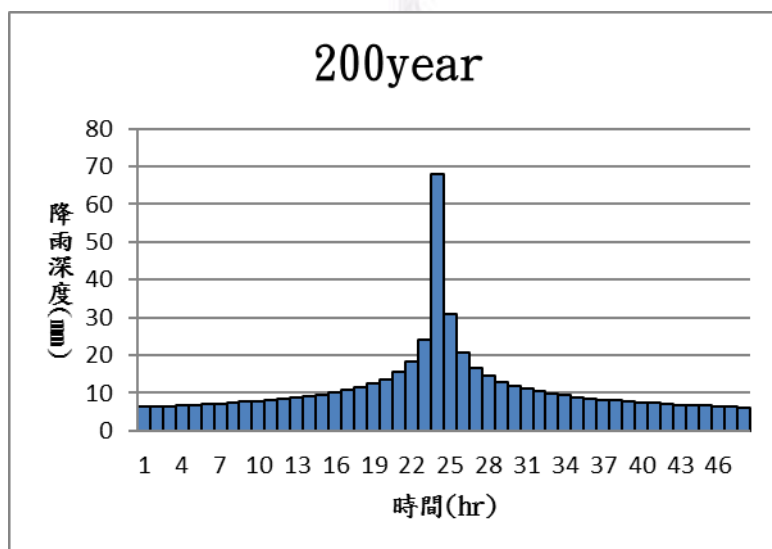


圖 5-7 集水區出口之重現期 200year 設計雨型

(二) 流量站一之設計雨型

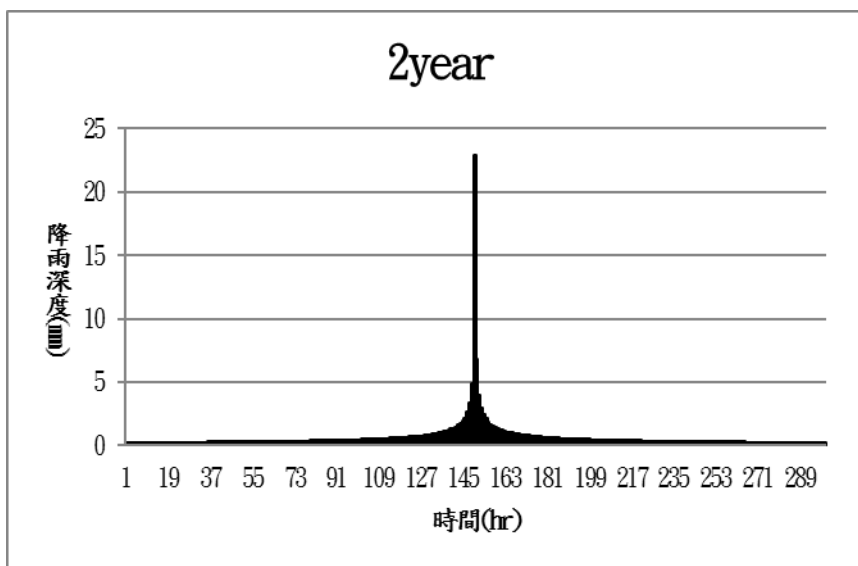


圖 5-8 流量站一之重現期 2year 設計雨型

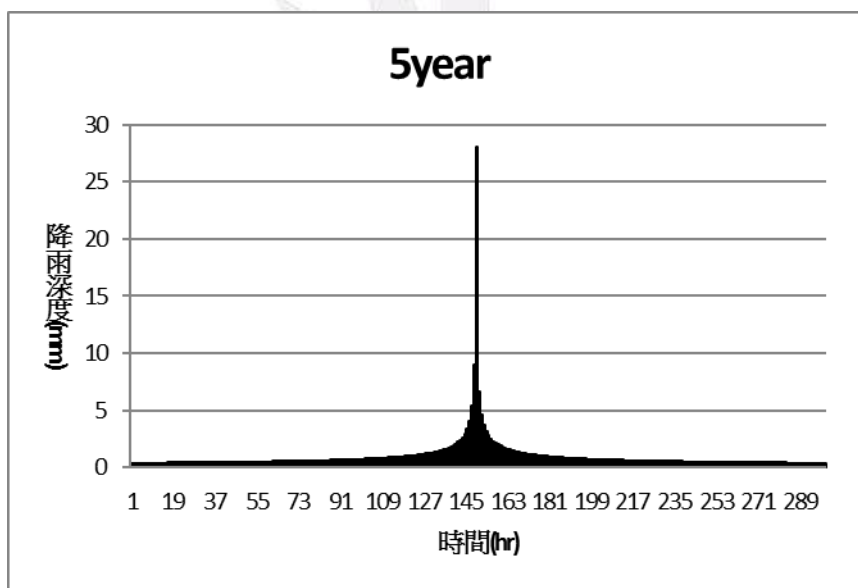


圖 5-9 流量站一之重現期 5year 設計雨型

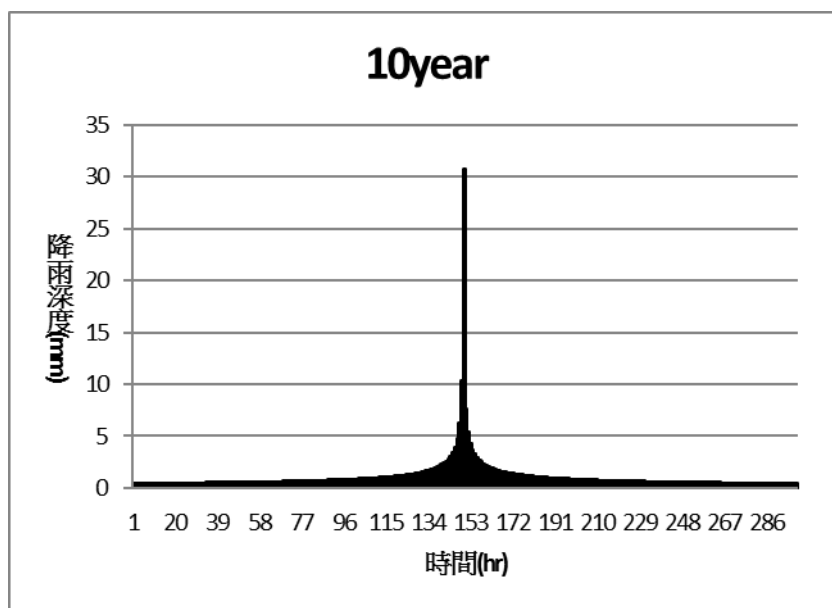


圖 5-10 流量站一之重現期 10year 設計雨型

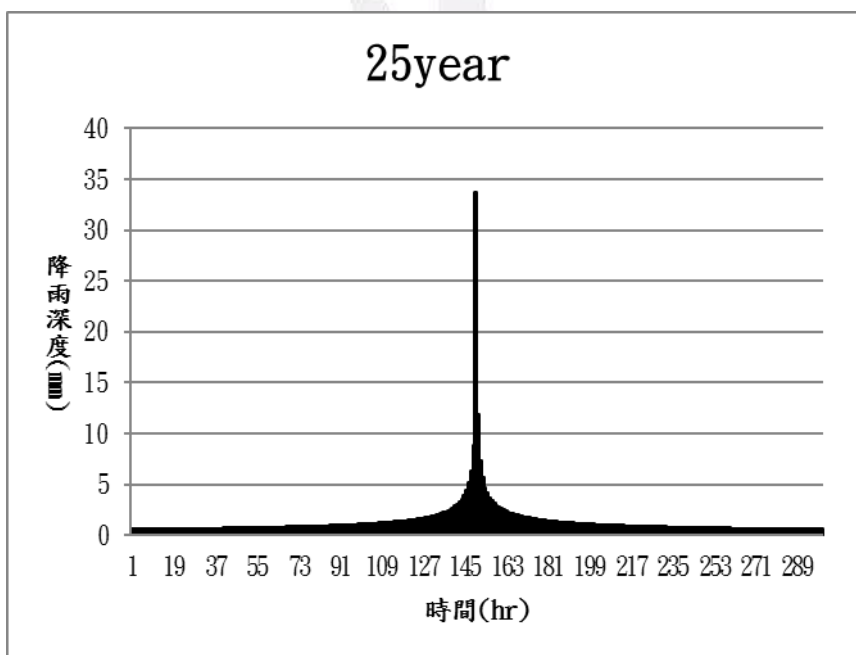


圖 5-11 流量站一之重現期 25year 設計雨型

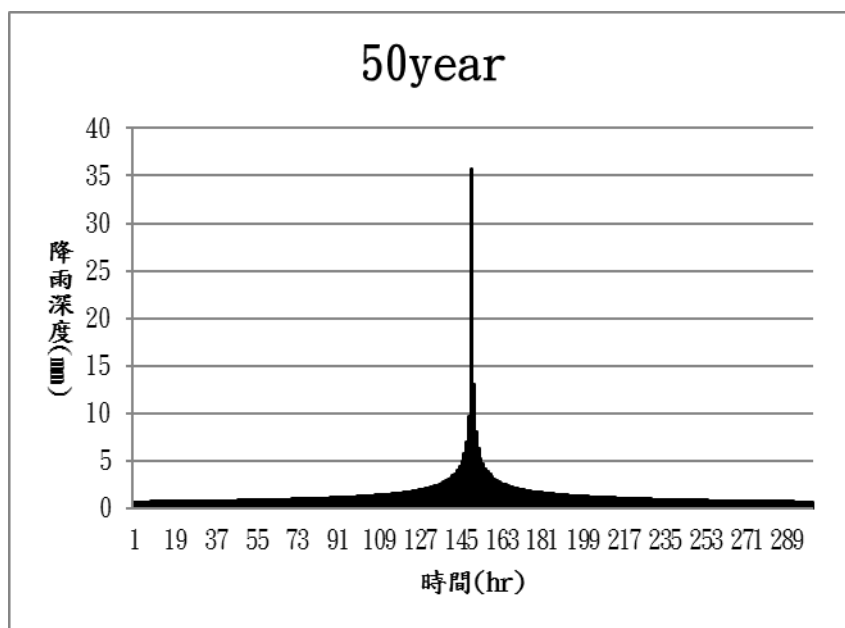


圖 5-12 流量站一之重現期 50year 設計雨型

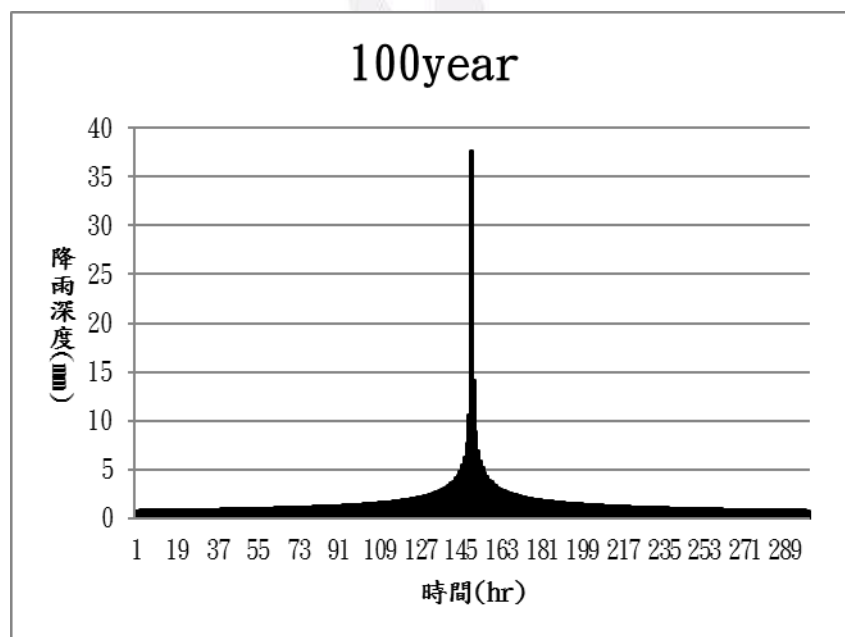


圖 5-13 流量站一之重現期 100year 設計雨型

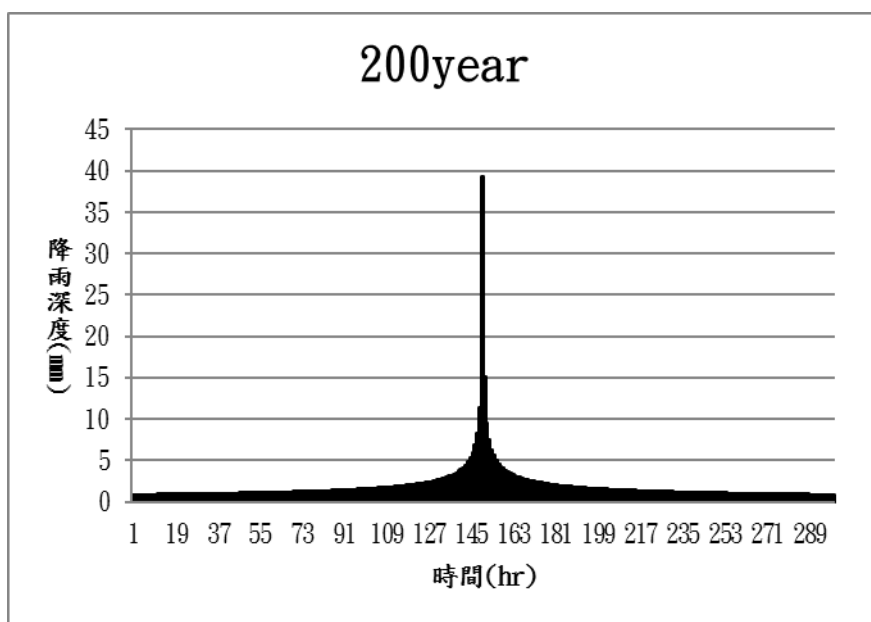


圖 5-14 流量站一之重現期 200year 設計雨型

(三) 流量站二之設計雨型

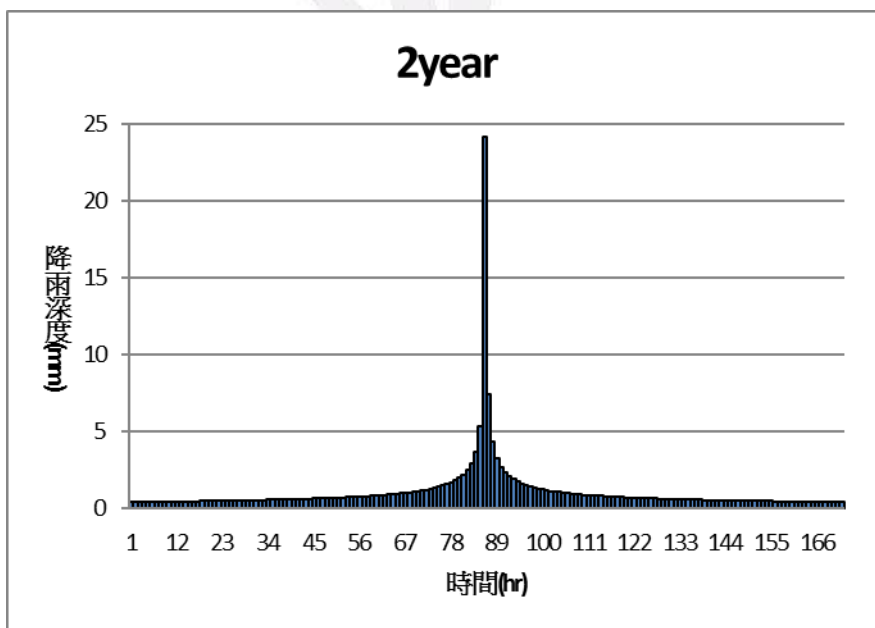


圖 5-15 流量站二之重現期 2year 設計雨型

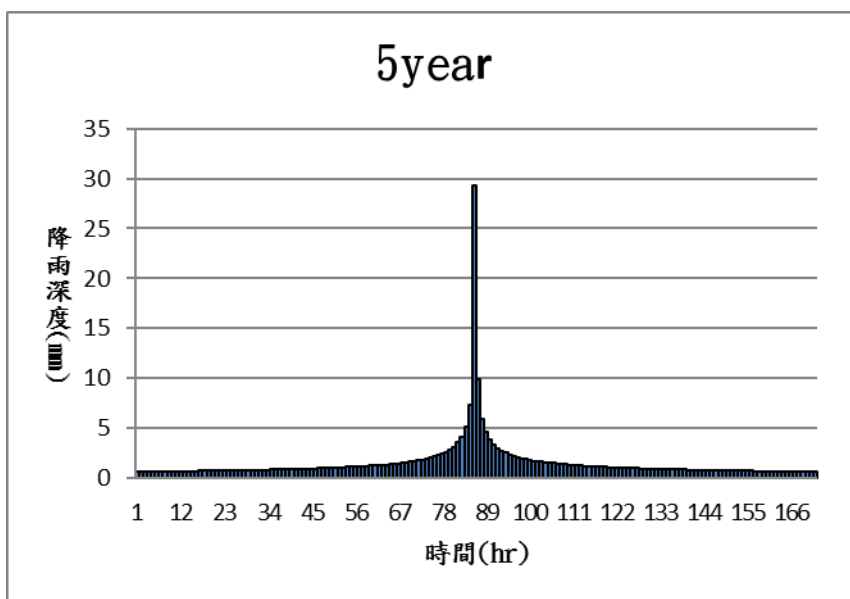


圖 5-16 流量站二之重現期 5year 設計雨型

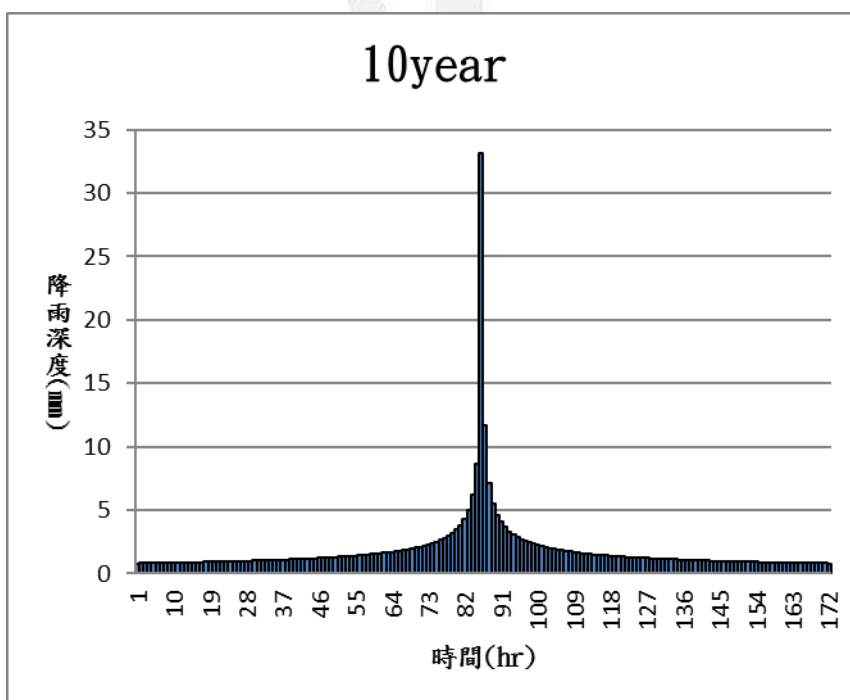


圖 5-17 流量站二之重現期 10year 設計雨型

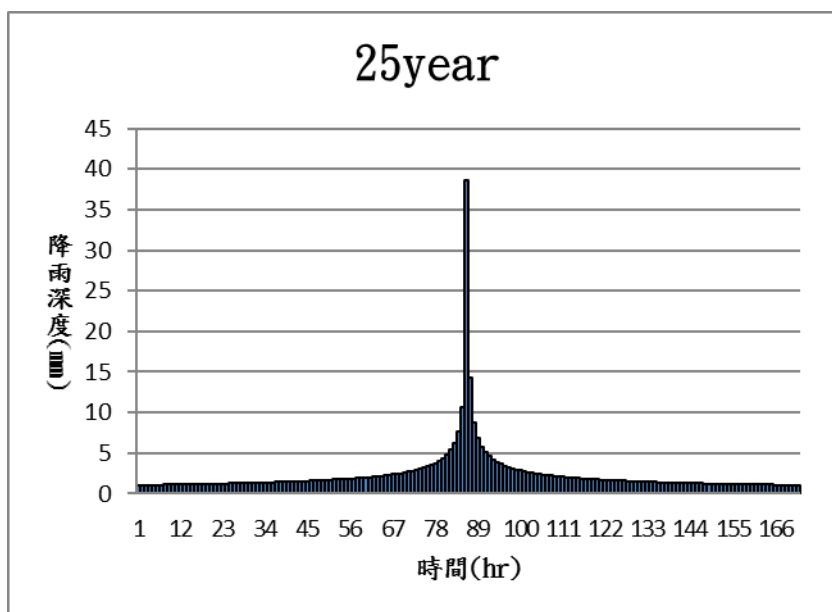


圖 5-18 流量站二之重現期 25year 設計雨型

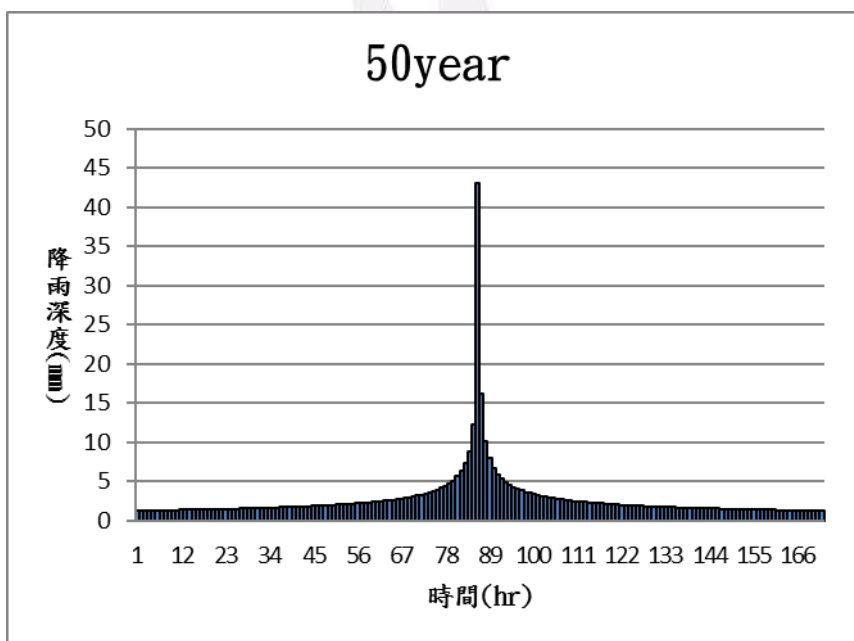


圖 5-19 流量站二之重現期 50year 設計雨型

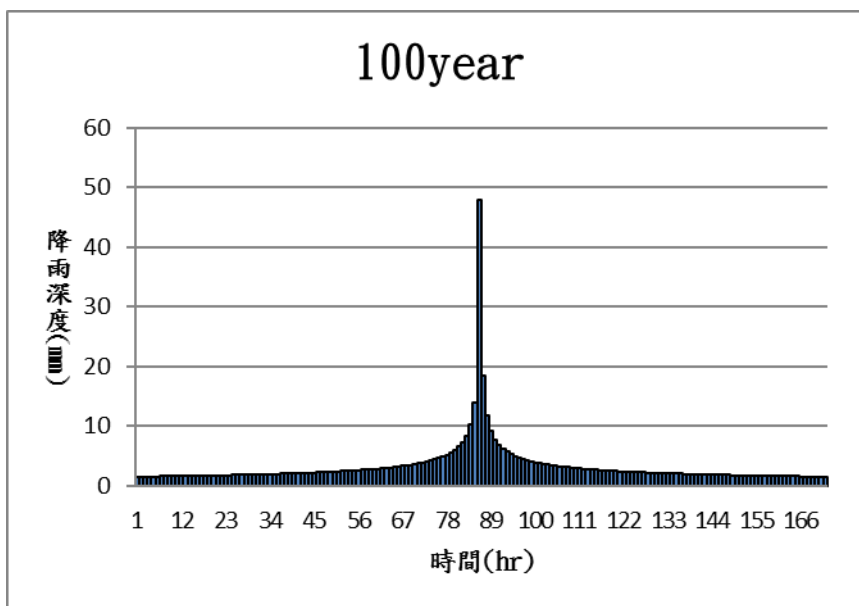


圖 5-20 流量站二之重現期 100year 設計雨型

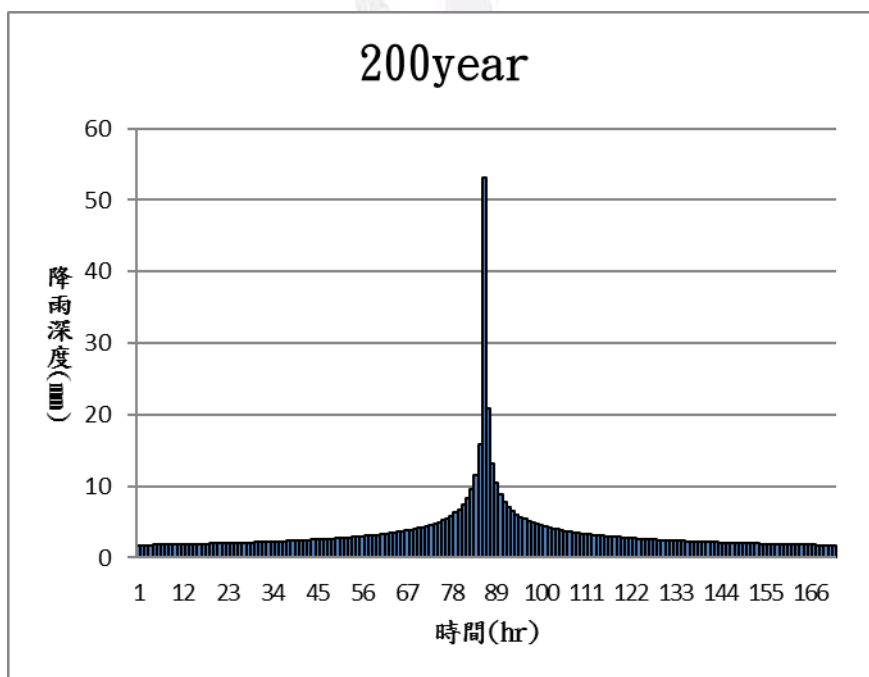


圖 5-21 流量站二之重現期 200year 設計雨型

四、集流時間

(一) 集流時間(time of concentration)

水流由集水區內水力學上的最遠點流至出口所需時間。

1. 集流時間基本計算公式

$$t_c = \frac{L}{V}, t_c \text{ 是集流時間；} L \text{ 是逕流長度；} V \text{ 是逕流流速}$$

⊙地表覆蓋或坡度變異較大地區應分段計算

$$t_c = \sum_{i=1}^N (t_c)_i \sum_{i=1}^N \frac{L_i}{V_i}$$

2. 漫地流

(1) 水流由集水區邊界流至排水管或河道的過程

(2) 大集水區之漫地流運行時間所占比例相對較小

(3) 小集水區之逕流運行主要為漫地流

(二) 集流時間推估方法

1. 漫地流與渠道流流速法

(一) 集流時間 t_c =漫地流時間(流入時間) t_1 +渠流時間(流達時間) t_2

$$t_c = \frac{L_1}{V_1} + \frac{L_2}{V_2}, L_1 \text{ 是漫地流長度, } V_1 \text{ 是漫地流速度, } L_2 \text{ 是渠流長度, } V_2 \text{ 是渠流速度}$$

(二) 漫地流流速

$$V = KS^{\frac{1}{2}}, V \text{ 是流速(m/s); } K \text{ 是漫地流速度常數(參考「水文學」, 李光敦著, 第 205 頁); } S \text{ 是坡度}$$

(三) 渠流流速

曼寧公式(Manning eq.)

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}, V \text{ 是流速(m/s); } S \text{ 是坡度; } n \text{ 是糙度係數(參考「水文學」, 李光敦著, 第 206 頁); } R \text{ 是水力半徑}$$

2. 利用降雨-逕流紀錄推求

逕流歷線退水段之反曲點代表地表逕流結束之時間點

集流時間可定義為超量降雨結束至逕流歷線之反曲點的時距

3. 集流時間經驗公式

請參照第四章第二項之降雨強度公式

(三) 集流時間推估成果

本作業使用集流時間經驗公式求得集水區出口、流量站一及流量站二支集流時間。

表 5-1 集水區出口之集流時間

公式	集流時間(hr)	原建議兩型單位時間(hr)	採用兩型單位時間(hr)
Kirpich 公式	3.87	0.8	0.5
Rziha 公式	4.35	0.8	0.5
加州公路局公式	3.77	0.8	0.5
周文德公式	4.54	0.8	0.5

*備註：為配合單位歷線之降雨延時 D(hr)，故調整兩型單位時間。單位歷線降雨延時公式 $D \leq 0.133T_c$ (T_c :集流時間)。

表 5-2 流量站一之集流時間

公式	集流時間(hr)	原建議兩型單位時間(hr)	採用兩型單位時間(hr)
Kirpich 公式	0.93	0.15	0.08
Rziha 公式	0.60	0.15	0.08
加州公路局公式	0.91	0.15	0.08
周文德公式	1.39	0.4	0.08

*備註：為配合單位歷線之降雨延時 D(hr)，故調整兩型單位時間。單位歷線降雨延時公式 $D \leq 0.133T_c$ (T_c :集流時間)。

表 5-3 流量站二之集流時間

公式	集流時間(hr)	原建議兩型單位時間(hr)	採用兩型單位時間(hr)
Kirpich 公式	1.41	0.4	0.14
Rziha 公式	1.07	0.15	0.14
加州公路局公式	1.37	0.4	0.14
周文德公式	1.96	0.4	0.14

*備註：為配合單位歷線之降雨延時 D(hr)，故調整兩型單位時間。單位歷線降雨延時公式 $D \leq 0.133T_c$ (T_c :集流時間)。

第六章 洪峰流量推估

本作業以水利署三角形單位歷線法及合理化公式進行洪峰流量分析。

一、 集流時間

此作業計算集流時間經驗公式採用 Kirpich 公式、Rziha 公式、加州公路局公式及周文德公式推估，公式如下。

(一) Kirpich 公式

$$t_c = 0.02 * \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

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)

(二) Rizha 公式

$$t_c = 0.00083 * \frac{L}{S^{0.6}}$$

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)

(三) 加州公路局公式

$$t_c = \left(\frac{0.87L^3}{H} \right)^{0.385}$$

t_c 為集流時間(hr)， L 為排水路最上游點至控制點之水路距離(km)， H 為排水路最上游點至控制點之高程差(m)

(四) 周文德公式

$$t_c = 0.0083 * \left[\frac{1000L}{(100S)^{0.5}} \right]^{0.64}$$

t_c 為集流時間(hr)， L 為排水路最上游點至控制點的水路距離(km)， S 為排水路最上游點至控制點的平均坡度(m/m)

(五) 上述方法依集水區各控制點地文條件分別計算集流時間結果如表 6-1。

二、 水利署三角形單位歷線

(一) 水利署三角形單位歷線

方法：

1. 計算集流時間 T_c (hr)，採用集流時間公式。
2. 決定降雨延時 D (hr)， $D \leq 0.133T_c$ ，視集流時間 T_c 決定降雨的單位時段。

3. 計算尖峰發生時刻 T_p (hr), $T_p = \frac{D}{2} + 0.6T_c$
4. 計算基期 T_b (hr), $T_b = 2.67T_p$
5. 計算尖峰流量 Q_p (m^3/s), $Q_p = 0.208 \frac{A \cdot Re}{T_p}$, A 是流域面積(km^2);

Re 是有效降雨(mm)

(二) 各集水區之水利署三角單位歷線參數

(三) 將雨量組體圖扣掉入滲量(假設 $i=4mm/hr$)得到超滲降雨, 並與單位歷線相互套配, 即可得到個頻率年之集水區流量歷線。

表 6-1 各集水區之集流時間分析結果

	集水區面積 (km^2)	高差 (m)	集水區坡面平均長度 (m)	集水區平均坡度 (%)	Kirpic h 公式 (hr)	Rziha 公式 (hr)	加州公路局公式 (hr)	周文德公式 (hr)
集水區出口	104	100	15338	0.6519	3.87	4.35	3.77	4.54
流量站一	19	100	4472	2.2361	0.93	0.60	0.91	1.39
流量站二	42	100	6403	1.5617	1.41	1.07	1.37	1.96

表 6-2 各集水區之水利署三角單位歷線參數

站名	面積 (km^2)	道路長度 (m)	高差 (m)	集流時間 (hr)	降雨延時 (hr)	洪峰時間 (hr)	基期時間 (hr)	洪峰流量 (cms)
集水區出口	104	15338	100	3.77	0.50	2.5120	6.7070	8.6115
流量站一	19	4472	100	0.6	0.08	0.4000	1.0680	9.8800
流量站二	42	6403	100	1.07	0.14	0.7120	1.9010	12.2697

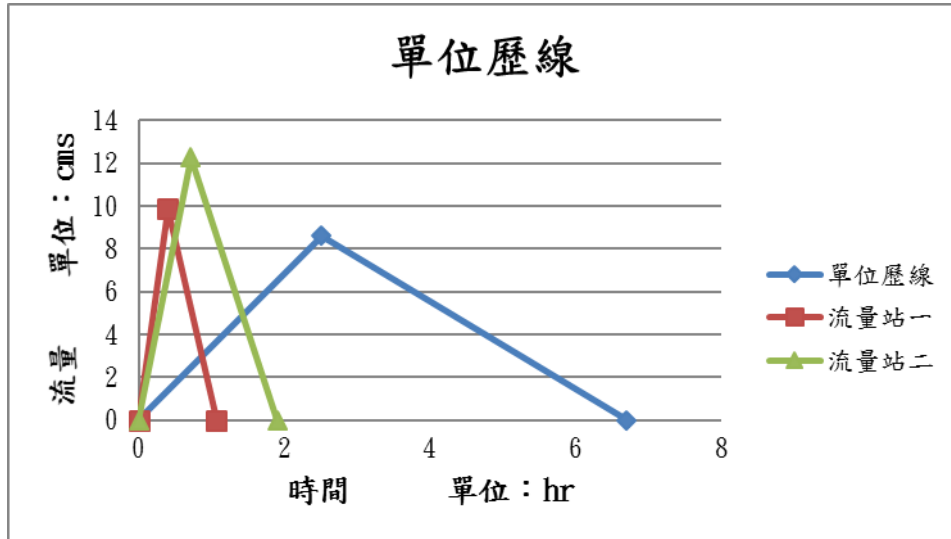


圖 6-1 水利署三角單位歷線圖

表 6-3 集水區出口頻率年 2 年流量歷線

時間(hr)	流量(cms)
0	0.00
0.5	0.00
1	0.00
1.5	0.00
2	0.00
2.5	0.00
3	0.00
3.5	0.00
4	0.00
4.5	0.15
5	1.02
5.5	2.69
6	5.26
6.5	8.70
7	12.61
7.5	17.11
8	22.35
8.5	28.56
9	36.08
9.5	45.44
10	57.55

表 6-3(續) 集水區出口頻率年 2 年流量歷線

時間(hr)	流量(cms)
10.5	74.09
11	98.82
11.5	143.35
12	432.12
12.5	494.48
13	503.30
13.5	474.15
14	188.25
14.5	117.08
15	85.03
15.5	65.10
16	51.07
16.5	40.49
17	32.13
17.5	25.32
18	19.63
18.5	14.78
19	10.59
19.5	6.93
20	3.86
20.5	1.76
21	0.50
21.5	0.00
22	0.00

表 6-4 集水區出口頻率年 5 年流量歷線

時間(hr)	流量(cms)
0	0.00
0.5	3.70
1	7.91
1.5	12.69
2	18.06
2.5	20.38
3	22.88
3.5	25.59
4	28.54
4.5	31.76
5	35.29
5.5	39.21
6	43.56
6.5	48.45
7	53.98
7.5	60.33
8	67.69
8.5	76.39
9	86.87
9.5	99.85
10	116.52
10.5	139.13
11	172.59
11.5	231.87
12	578.74
12.5	660.15
13	671.82
13.5	633.39
14	290.42
14.5	197.05
15	153.98
15.5	126.87
16	107.62

16.5	92.99
17	81.37

表 6-4(續) 集水區出口頻率年 5 年流量歷線

時間(hr)	流量(cms)
17.5	71.85
18	63.87
18.5	57.04
19	51.13
19.5	45.93
20	41.32
20.5	37.20
21	33.48
21.5	30.11
22	27.03
22.5	24.21
23	21.60
23.5	19.20
24	16.96
24.5	11.89
25	7.40
25.5	3.45
26	0.00
26.5	0.00

表 6-5 水利署法之 Sherman 法流量站的各重現期洪峰流量表單位:cms

站名	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年	100 年	200 年
集水區出口	494.48	660.15	779.15	902.60	996.40	1081.21	1164.11
流量站一	282.82	371.67	422.62	479.99	519.76	557.96	592.40
流量站二	378.47	496.37	582.97	706.42	803.64	912.07	1026.78

三、合理化公式

以合理化公式推估洪峰流量進行比較，說明降雨強度及逕流係數之估算過程與結果。

$$Q_p = 0.278CIA \text{ (公制)}$$

Q_p 是尖峰流量(m^3/s , cms)；C 是逕流係數(無因次)；I 是降雨強度(mm/hr)；A 是集水區面積(km^2)

表 6-6 集水區出口土地利用型態及逕流係數

區域	C 值	面積	權重	綜合 C 值
公園	0.475	2	0.019231	0.399327
河道	0.6	32	0.307692	
森林	0.22	52	0.5	
住宅	0.5	6	0.057692	
農牧地	0.53	8	0.076923	
工業地	0.65	3	0.028846	
魚塭地	0.75	1	0.009615	

表 6-7 Sherman 法 24 小時洪峰流量分析成果比較表

流量站	面積	分析方法	重現年						
			2	5	10	25	50	100	200
集水區出口	104	合理化公式	314.99	447.87	540.30	658.32	753.86	846.88	994.84

第七章分析結果討論

一、 洪峰流量分配圖

各控制斷面計畫流量分配若未針對各控制點估算設計流量，本作業採面積比例法進行推估繪製洪峰流量分配圖。

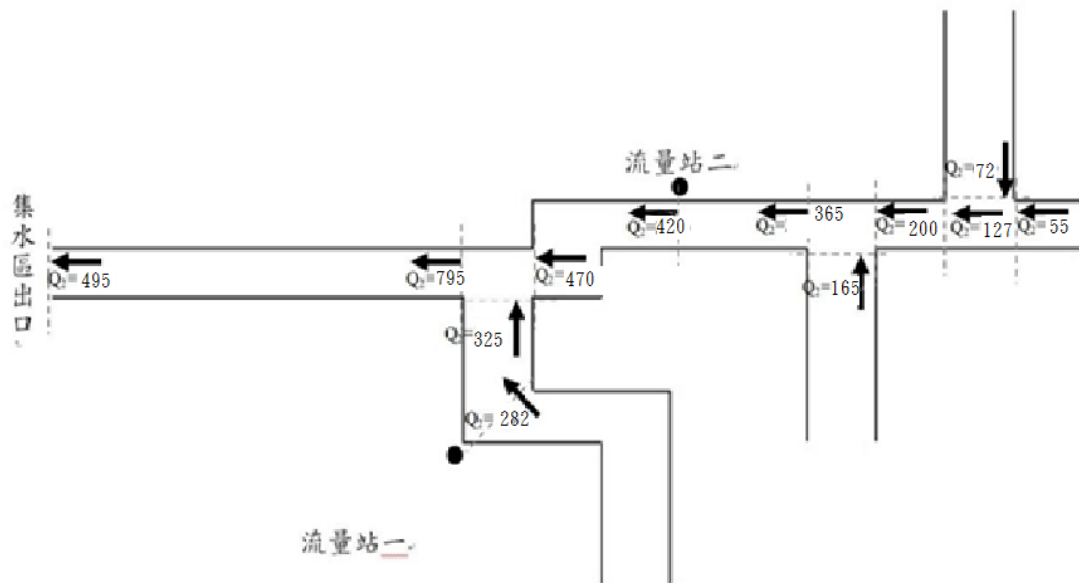


圖 7-1 Sherman 法重現期 2 年 24 小時流量分配圖

二、 不同重現期設計流量結果之比較及討論

可由表 7-1 得知，當重現期愈長，其設計流量將隨之增加。

表 7-1 水利署法之 Sherman 法流量站的各重現期洪峰流量表單位:cms

站名	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年	100 年	200 年
集水區出口	494.48	660.15	779.15	902.60	996.40	1081.21	1164.11
流量站一	282.82	371.67	422.62	479.99	519.76	557.96	592.40
流量站二	378.47	496.37	582.97	706.42	803.64	912.07	1026.78

三、 不同方法分析結果之比較及討論

三角單位歷線做出之結果比合理化公式大一些，本組認為，水利署三角單位歷線法做出之結果應較符合真實情況，一來是因為台灣地質條件與美國有不小差異，二來是因應近年氣候變遷，水利署法之發展年代較合理化公式接近現代，其結果應較為準確。