

國立中央大學

水文科學研究所

碩士論文

桃園大圳灌區降雨量之研究分析

指導教授：楊明仁 博士

研究生：彭炯博

中華民國九十四年七月



國立中央大學圖書館

碩博士論文電子檔授權書

(93年5月最新修正版)

本授權書所授權之論文全文電子檔，為本人於國立中央大學，撰寫之碩/博士學位論文。(以下請擇一勾選)

- ()**同意** (立即開放)
- ()**同意** (一年後開放)，原因是：_____
- ()**同意** (二年後開放)，原因是：_____
- ()**不同意**，原因是：_____

以非專屬、無償授權國立中央大學圖書館與國家圖書館，基於推動讀者間「資源共享、互惠合作」之理念，於回饋社會與學術研究之目的，得不限地域、時間與次數，以紙本、微縮、光碟及其它各種方法將上列論文收錄、重製、公開陳列、與發行，或再授權他人以各種方法重製與利用，並得將數位化之上列論文與論文電子檔以上載網路方式，提供讀者基於個人非營利性質之線上檢索、閱覽、下載或列印。

研究生簽名： 彭炯博

論文名稱： 桃園大圳灌區降雨量之研究分析

指導教授姓名： 楊明仁

系所： 水文科學研究所 所 博士 碩士班

學號： 91625010

日期：民國 94 年 7 月 19 日

備註：

1. 本授權書請填寫並親筆簽名後，裝訂於各紙本論文封面後之次頁(全文電子檔內之授權書簽名，可用電腦打字代替)。
2. 請加印一份單張之授權書，填寫並親筆簽名後，於辦理離校時交圖書館(以統一代轉寄給國家圖書館)。
3. 讀者基於個人非營利性質之線上檢索、閱覽、下載或列印上列論文，應依著作權法相關規定辦理。

國立中央大學碩士班研究生
論文指導教授推薦書

水文科學研究所 彭炯博 研究生所提之論文

桃園大圳灌區降雨量之研究分析

係由本人指導撰述，同意提付審查。

指導教授 楊明仁 (簽章)

94 年 7 月 19 日

國立中央大學碩士班研究生
論文口試委員審定書

水文科學 研究所 彭炯博 研究生所提之論文

桃園大圳灌區降雨量之研究分析

經本委員會審議，認定符合碩士資格標準。

學位考試委員會召集人

委

員

吳端賢

李明旭

楊明仁

中華民國 94 年 7 月 6 日

論文名稱：桃園大圳灌區降雨量之研究分析

校所組別：國立中央大學水文科學研究所

畢業時間及提要別：九十三年度第二學期 碩士

研究生：彭炯博

指導教授：楊明仁 博士

論文提要內容：

本研究是依據桃園農田水利會自 1955~2003 年灌溉區域內九個雨量站所量測之日雨量資料，以此資料希望能解析本地區降雨之特性與變化，就全球環境氣候變化角度討論其如何影響本地區之降雨。

另就桃園農田水利會灌溉計畫所採取各測站之雨量值進行討論，希望藉由逐步切分技巧快速計算徐昇多邊形法權重法，計算出各工作站灌區內平均雨量值，以便在計算有效雨量有更正確之數值，以期能在水資源寶貴的今天，桃園農田水利會能更加有效率的利用水資源。

致 謝

能拿到碩士學位，首先要感謝我的會長 李總集先生，因為李會長的好學精神的鼓勵，並同意我在職進修，才有今天機會寫下致謝的感言，感謝我的指導老師 楊明仁副教授三年來在我學習及論文上之指導，使我能在水利的工作外，能在學術的領域中學習及成長，順利的完成本篇論文；也要感謝口試委員吳瑞賢老師及李明旭老師提供許多寶貴的意見，使本篇論文能更加完整。

所有幫助過我的師長、助理、同學、學長、學弟妹，尤其士杰幫助我在論文研究上，都讓我受益良多，在此一併誌謝。

最後，感謝我摯愛的父親、母親、愛妻、及兄妹、妹夫繼孟、桃園水利會同事，你們對我的支持及照顧，是我奮發向上及支撐下去最大的勇氣，使我能在工作與學業中兼顧，在此將這份成就與喜悅與你們一同分享。

目 錄

中文摘要

目錄

表目錄

圖目錄

第一章 緒論	1
1.1 前言	1
1.2 研究動機及目的	3
第二章 背景資料	4
2.1 地理位置	4
2.2 雨量資料整理	7
第三章 資料分析	8
3.1 雨量資料之校正	8
3.2 桃園大圳灌區歷年雨量統計	15
3.3 統計結果討論	34
第四章 桃園大圳灌區有效雨量討論與分析	38
4.1 有效雨量討論	38
4.2 有效雨量模式建立	43

4.3	計算模式建立	47
4.4	模式分析結果	49
第五章	區域平均雨量計算方法及應用	53
5.1	逐步切分技巧快速計算徐昇多邊形法權重介紹	53
5.2	桃園大圳灌區之應用	57
第六章	結論與建議	61
6.1	結論	61
6.2	建議	62
	參考文獻	63

圖目錄

圖 1.1 桃園農田水利會灌溉計劃制定之程序(參考桃園農田水利會灌溉計畫書)	2
圖 2.1 桃園農田水利會灌溉區域圖	5
圖 2.3 桃園大圳原取水口大漢溪(今石門水庫大壩原址)	6
圖 2.4 桃園大圳原取水口大漢溪(今石門水庫大壩原址)	6
圖 3.1 桃園工作站與 9 站平均之累積年雨量曲線圖	9
圖 3.2 大竹工作站與 9 站平均之累積年雨量曲線圖	10
圖 3.3 大園工作站與 9 站平均之累積年雨量曲線圖	10
圖 3.4 大崙工作站與 9 站平均之累積年雨量曲線圖	11
圖 3.5 草漯工作站與 9 站平均之累積年雨量曲線圖	11
圖 3.6 新坡工作站與 9 站平均之累積年雨量曲線圖	12
圖 3.7 觀音工作站與 9 站平均之累積年雨量曲線圖	12
圖 3.8 新屋工作站與 9 站平均之累積年雨量曲線圖	13
圖 3.9 湖口工作站與 9 站平均之累積年雨量曲線圖	13
圖 3.10 桃園工作站歷年年降雨量其趨勢線有上升現象	15
圖 3.11 桃園工作站歷年年降雨日數其趨勢線為持平	16
圖 3.12 桃園工作站歷年日降雨量>5mm 之日數其趨勢線微上揚	16
圖 3.13 桃園工作站歷年日降雨量>50mm 之日數其趨勢線微上揚	17

圖 3.14 大竹工作站歷年年降雨量其趨勢線有下降現象	18
圖 3.15 大竹工作站歷年年降雨日數其趨勢線為下降之現象	18
圖 3.16 大竹工作站歷年日降雨量>5mm 之日數其趨勢線微下降	19
圖 3.17 大竹工作站歷年日降雨量>50mm 之日數其趨勢線微上揚	19
圖 3.18 大園工作站歷年年降雨量其趨勢線有下降現象	20
圖 3.19 大園工作站歷年年降雨日數其趨勢線為下降之現象	20
圖 3.20 大園工作站歷年年日降雨量>5mm 日數其趨勢線為下降之現象	21
圖 3.21 大園工作站歷年日降雨量>50mm 之日數其趨勢線微上揚	21
圖 3.22 大崙工作站歷年年降雨量其趨勢線有下降之現象	22
圖 3.23 大崙工作站歷年年降雨日數其趨勢線為下降之現象	22
圖 3.24 大崙工作站歷年日降雨量>5mm 之日數其趨勢線下降之現象	23
圖 3.25 大崙工作站歷年日降雨量>50mm 之日數其趨勢線明顯上揚	23
圖 3.26 草濼工作站歷年年降雨量其趨勢線有下降之現象	24
圖 3.27 草濼工作站歷年年降雨日數其趨勢線為下降之現象	24
圖 3.28 草濼工作站歷年日降雨量>5mm 之日數其趨勢線微下降	25
圖 3.29 草濼工作站歷年日降雨量>50mm 之日數其趨勢線持平	25
圖 3.30 新坡工作站歷年年降雨量其趨勢線有下降之現象	26
圖 3.31 新坡工作站歷年年降雨日數其趨勢線下降之現象	26

圖 3.32 新坡工作站歷年日降雨量>5mm 之日數其趨勢線下降現象	27
圖 3.33 新坡工作站歷年日降雨量>50mm 之日數其趨勢線微下降	27
圖 3.34 觀音工作站歷年年降雨量其趨勢線有下降之現象	28
圖 3.35 觀音工作站歷年年降雨日數其趨勢線為微小下降	28
圖 3.36 觀音工作站歷年日降雨量>5mm 之日數其趨勢線微小下降	29
圖 3.37 觀音工作站歷年日降雨量>50mm 之日數其趨勢線持平	29
圖 3.38 新屋工作站歷年年降雨量其趨勢線持平	30
圖 3.39 新屋工作站歷年年降雨日數其趨勢線為微小下降	30
圖 3.40 新屋工作站歷年日降雨量>5mm 之日數其趨勢線趨近持平	31
圖 3.41 新屋工作站歷年日降雨量>50mm 之日數其趨勢線上揚	31
圖 3.42 湖口工作站歷年年降雨量其趨勢線有微小下降	32
圖 3.43 湖口工作站歷年年降雨日數其趨勢線為上揚	32
圖 3.44 湖口工作站歷年日降雨量>5mm 之日數其趨勢線上揚	33
圖 3.45 湖口工作站歷年日降雨量>50mm 之日數其趨勢線上揚現象	33
圖 3.46 各工作站年平均降雨量之比較(由東而西)	35
圖 3.47 各工作站年平均降日數之比較(單位:天)	36
圖 3.48 各工作站年平均日降雨量>5mm 之日數之比較(單位:天)	36
圖 3.49 各工作站年平均日降雨量>5mm 之日數之比較(單位:天)	37
圖 4.1 計劃月有效雨量計算流程圖	48

圖 5.1 切分方法說明示意圖	55
圖 5.2 正六邊形範例圖	56
圖 5.3 採用徐昇多邊型法計算平均雨量權重	58
圖 5.4 使用逐步切分技巧快速計算徐昇多邊形法權重之方法所繪製 之各雨量站權重面積	58

表目錄

表 1.1 台灣地區單位面積降雨量與單位人口分配降雨量	2
表 3.1 各工作站面積及年降雨量及降雨日數表	35
表 4.1 桃園大圳灌區降雨日數、雨量與斷水日數關係表	40
表 4.2 桃園大圳灌區土壤一日灌溉需水量對照表（單位：mm/次）	42
表 4.3 模式分析 1~6 月之計劃有效雨量值	49
表 4.4 模式分析 7~12 月之計劃有效雨量值	50
表 4.5 模式分析計劃有效雨量值與王心怡研究計劃有效雨量值比較	51
表 4.6 模式分析計劃有效雨量值與桃園農田水利會計劃有效雨量值比較	51
表 5.1 正六邊形範例所控制面積結果	56
表 5.2 修正有效雨量權重新分配表	59
表 5.3 模式分析權重新分配計劃有效雨量值與桃園農田水利會計劃有效雨量值比較	60

第一章 緒論

1.1 前言

水對於人類的生活、生存、歷史、及文化扮演非常重要之角色，歷史上許多的古文明就是因水源之枯竭而消失，水是生命基本，有水才有農業，有農業人類才有食物，有飽足食物人類才發展出輝煌的歷史及文化。

我們生活的台灣，雖然年平均雨量超過 2500 公釐，約為世界平均降雨量之 2.6 倍，雖屬雨量豐沛之地區，但降雨時間卻分配不均，其中豐水期雨量佔 78%且集中 5~10 月，枯水期雨量僅佔 22%且集中於 11~4 月。而台灣島地型東西狹窄，中間中央山脈高聳，所降雨量雖多，但因地表坡度陡峭，雨水停滯時間既短又少，使得每人平均降雨量分配卻只有世界平均的 1/6 弱(見表 1.1)，因此台灣目前依舊是缺水的國家之一。而就水資源分配來說，農業用水是佔最大的比例，若是能就降雨量對農業灌溉之關係加以分析研究，而將有限的水資源做更有效率之應用，在水資源日益珍貴的今天，灌溉配水計畫(見圖 1.1)應如何調整以因應減少之水資源，將能提高農業用水效率以解決台灣水資源缺乏之難題。

表 1.1 台灣地區單位面積降雨量與單位人口分配降雨量

國別	單位面積降雨量		單位人口分配降雨量	
	mm/yr	比值	m ³	比值
世界平均	730	1.00	28300	1.00
台灣	2510	3.44	4595	0.16
日本	1820	2.49	6060	0.21
印度	1220	1.67	6600	0.23
大陸	840	1.15	9720	0.34
美國	830	1.14	36500	1.29
英國	800	1.10	3490	0.12

參考文獻：經濟部水利司八十二年 - 大自然的恩賜 - 水

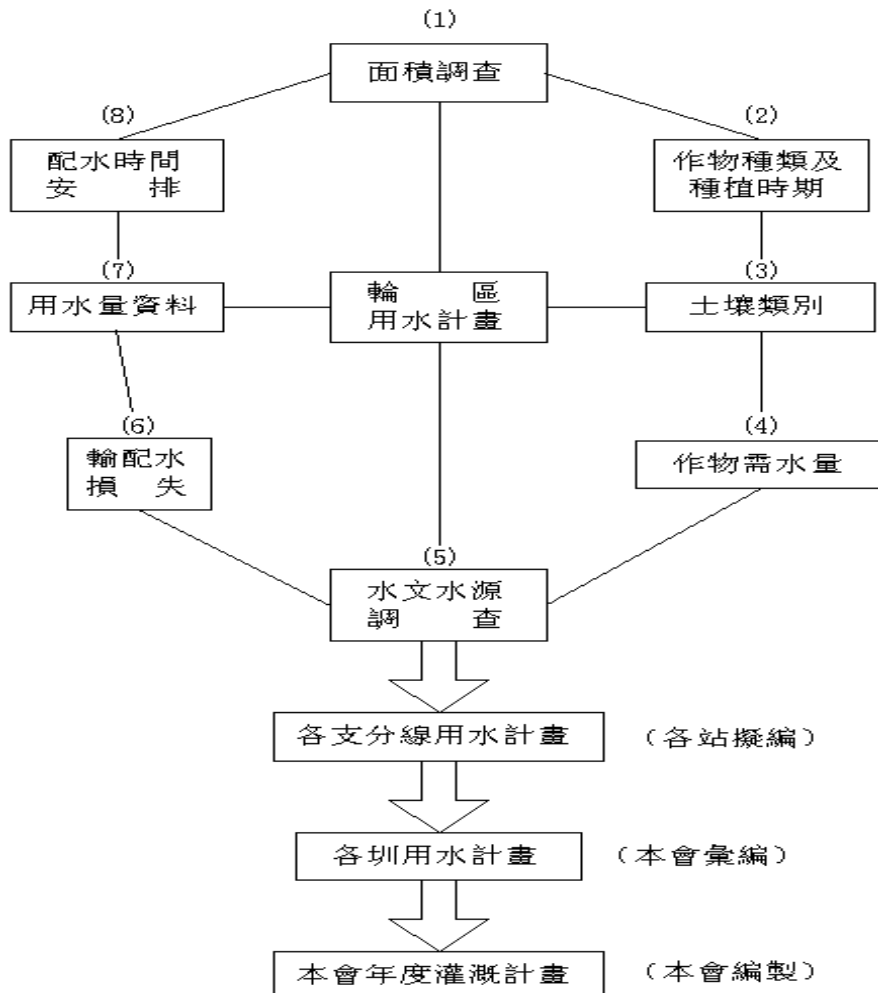


圖 1.1 桃園農田水利會灌溉計劃制定之程式(參考桃園農田水利會灌溉計畫書)

1.2 研究動機及目的

農田水利會服務農民最重要的項目就是：提供農民所種植農作物在成長期間所需之水量，扣除降雨以外不足之水量以灌溉方法加以補足，使農作物能正常之生長而致豐收。

長久以來水利會對於雨量資料之處理，是以每一灌區之工作站所在位置之雨量計所量測之雨量代表為該灌區之降雨量。雨量計裝設在工作站之屋頂量測雨量，但是依照世界氣象組織規定之雨量計設置標準（應放置於平地）是不相符。所以所測得之雨量需經過校正。另外工作站之雨量計所量測之雨量是該點的雨量，就降雨分佈情形討論，其並非能完全代表該區域雨量值；更何況每一工作站區域形狀不規則，工作站位置也不一定在該區域中心。故本論文研究對各灌區之降雨量做重新計算分配，使農田水利會有更精確降雨量資訊來估算各灌區之有效雨量。

另一部份就有效雨量進行討論，有效雨量的計算關係著灌溉水量調配，對於農田灌溉有重要影響。本論文研究是以過去二十年降雨資料計算有效雨量，並推估以後可能發生有效雨量值即為計劃有效雨量，同時與桃園農田水利會現行有效雨量值進行比較，並討論相關之經濟效益比較。

第二章 背景資料

2.1 地理位置

本研究之區域為桃園農田水利會桃園大圳灌溉區域(見圖 2.1)，本區域位於台灣西北部，即桃園縣境內桃園、中壢一帶，俗稱桃園臺地，其地勢自東南向西北傾斜與台灣海峽相界，由東南部高亢地勢，以百分之一坡度向西北沿海延伸。區內河流短促，雨水貯留時間甚短，可引用為灌溉水源有限。故自先民開闢本區域時，即挖掘許多埤塘以儲蓄天然降雨以供灌溉。1916 年日本政府決定派由水利技師八田與一(見圖 2.2)負責規劃開闢自大漢溪上游，即「石門」(見圖 2.3,2.4)地方築設攔河堰，並設一進水口，開鑿管道，架設水橋以穿越山嶺，橫渡溪谷，築設導水路 20467 m，幹線 25376m，及支線 258872m，即稱桃園大圳灌溉系統。在當時缺乏施工機具的年代這是堪稱浩大之工程，當桃園大圳灌溉系統工程於 1924 年完工時，使桃園臺地 27000 公頃原為「看天田」之常旱田地，頓時成為有穩定灌溉水源之良田；使得桃園臺地成為台灣北部最大之糧倉，因此有「南嘉南，北桃園」之美名。

本研究區域為桃園大圳灌溉區域，約在東經 120° 58.771 度至 121° 19.20 度及北緯 24° 52.30 度至 25° 06.630 度之間之區域。本區域行政區域約包括部份臺北縣，桃園縣，及新竹縣面積約 32000 公頃，

灌溉區域內分桃園、大竹、大園、草漯、大崙、新坡、觀音、新屋、湖口等 9 個工作站，由桃園大圳沿線以北像扇型分佈，各工作站掌管 1~3 條支線，灌溉面積約 21300 公頃。

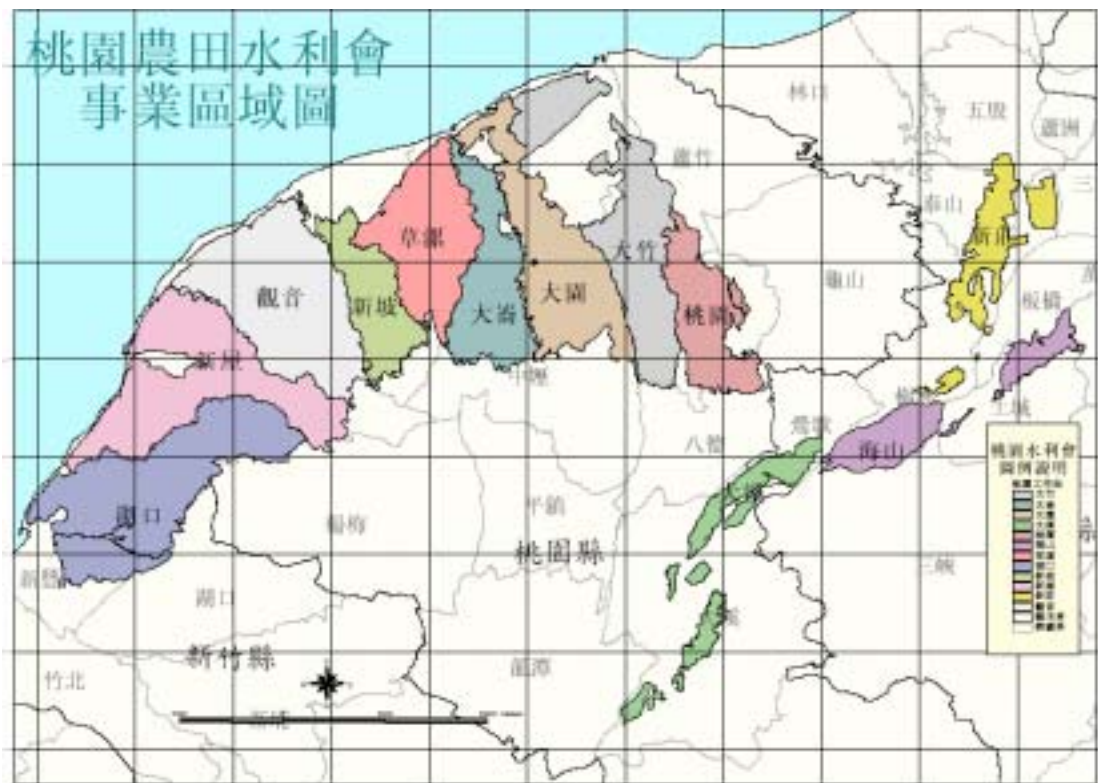


圖 2.1 桃園農田水利會灌溉區域圖



圖 2.2 桃園大圳原取水口大漢溪（今石門水庫大壩原址）

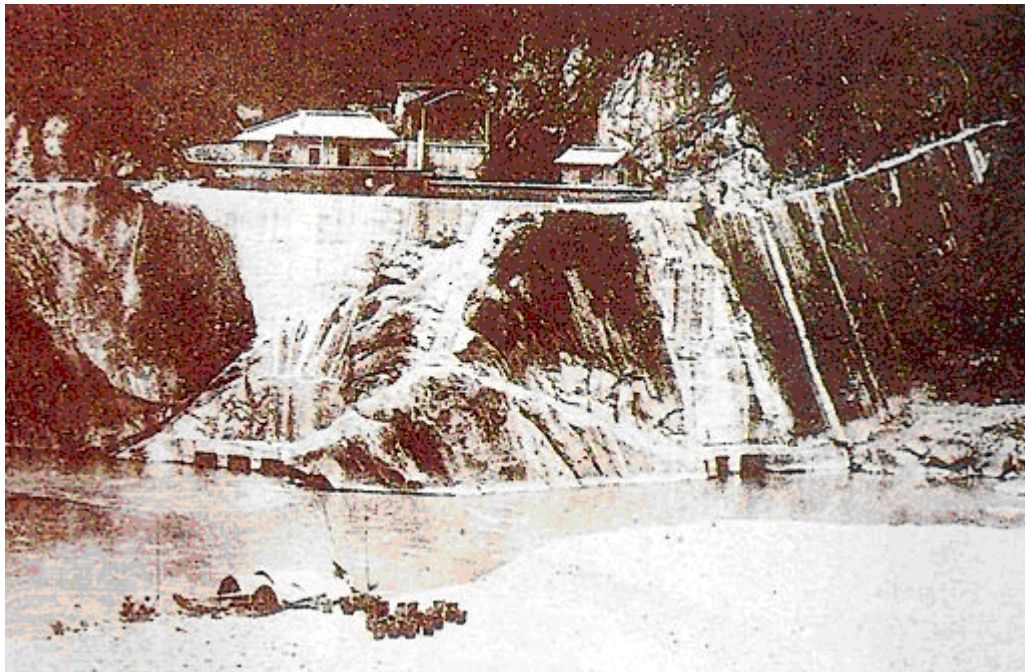


圖 2.3 桃園大圳原取水口大漢溪（今石門水庫大壩原址）

2.2 雨量資料整理

本研究所分析降雨量是桃園大圳灌區九個工作站自 1955~2003 之日降雨量資料約 157680 筆，討論本區域降雨之特性如：(1) 南北位置降雨特性是否有差異？(2) 降雨量年平均值之變化，(3) 微量降雨 (<5mm/day) 之變化趨勢，(4) 暴雨 (>50mm/day) 之變化趨勢，與 (5) 進而探討大環境氣候變化是否影響小區域降雨變化。再由降雨資料推算月有效雨量，由月有效雨量再求得計畫月有效雨量，作為新年度灌溉計畫灌溉水量之需求計算。

第三章 雨量資料分析

3.1 雨量資料之校正

在長時期的雨量觀測資料中，可能有量測儀器誤差、或觀測之錯失、雨量站位置改變等人為或天然因素之變化，均會對雨量觀測數據產生差異與變化。所以為預防測量誤差之產生，就必須對所量測雨量資料進行校正，令其恢復原來之正確紀錄。所用之方法乃以雙累積曲線（Double mass curve）來作雨量資料之校正，故名為「雙累積曲線法」。雙累積曲線法所根據之原則，為相鄰之數雨量站具有相同之水文環境，即有「水文均一性」(Hydrologic homogeneity) 換句話說，校正雨量站之累積雨量應與四周各雨量站之平均累積雨量呈線性或比例關係。該雨量站之雨量紀錄若無誤差，則由各點所繪之直線，其斜率應為一定；否則該直線之斜率必有變化，成為兩段不同斜率之直線或錯開之平行線。

校正方法為桃園農田水利會灌溉區域內均勻選取桃園、大竹、大園、大崙、新坡、觀音、草漯、新屋、及湖口等九個工作站自1955至2003年日雨量資料進行校正分析。其中選定需校正工作站將該站計算累積年平均降雨量，再計算該區域內全部工作站平均之累積年雨量，由以上資料繪製雙累積曲線圖，再觀察曲線斜率是否出現轉折變化，若發現變化則以原有斜率延伸進行校正。

圖 3.1 至圖 3.9 的縱軸代表該工作站自 1955 至 2003 年每年降雨量累積值，而橫軸代表 9 個工作站每年降雨量平均累積值，其中曲線代表該工作站每年降雨量累積值與 9 個工作站每年降雨量平均累積值之比值。

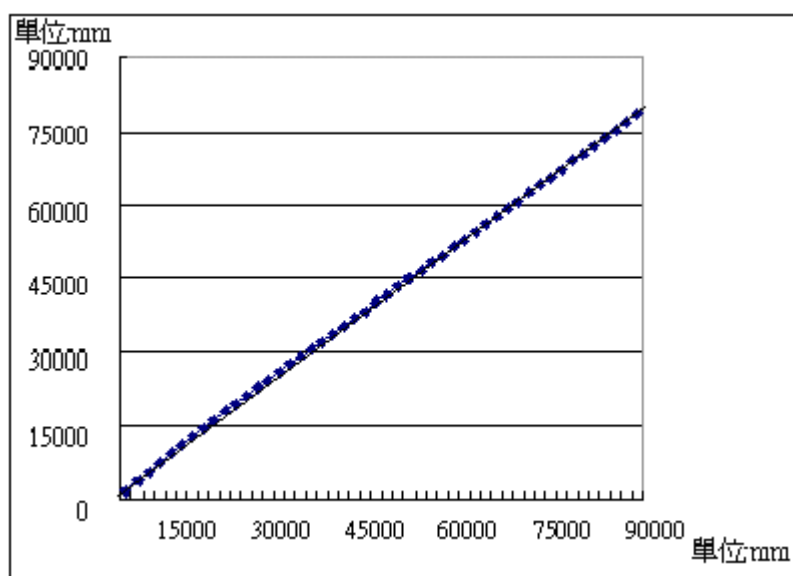


圖 3.1 桃園工作站與 9 站平均之累積年雨量曲線圖

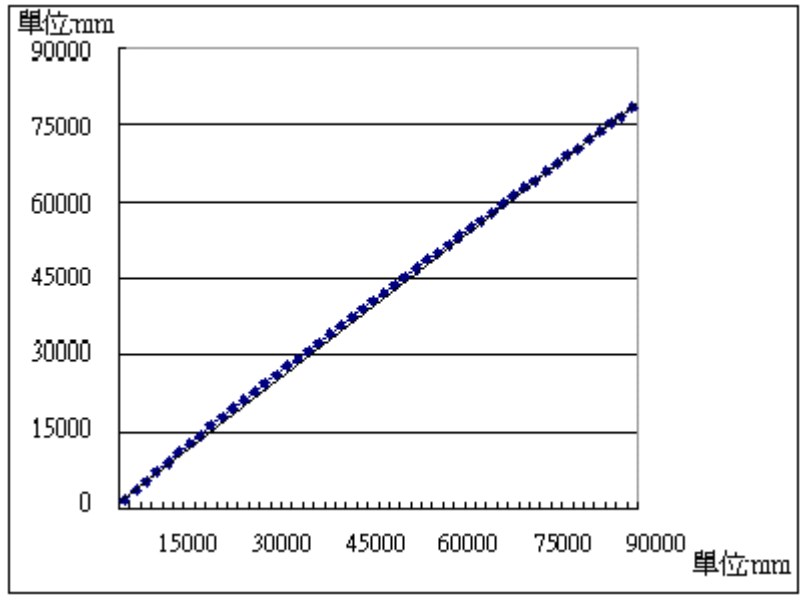


圖 3.2 大竹工作站與 9 站平均之累積年雨量曲線圖

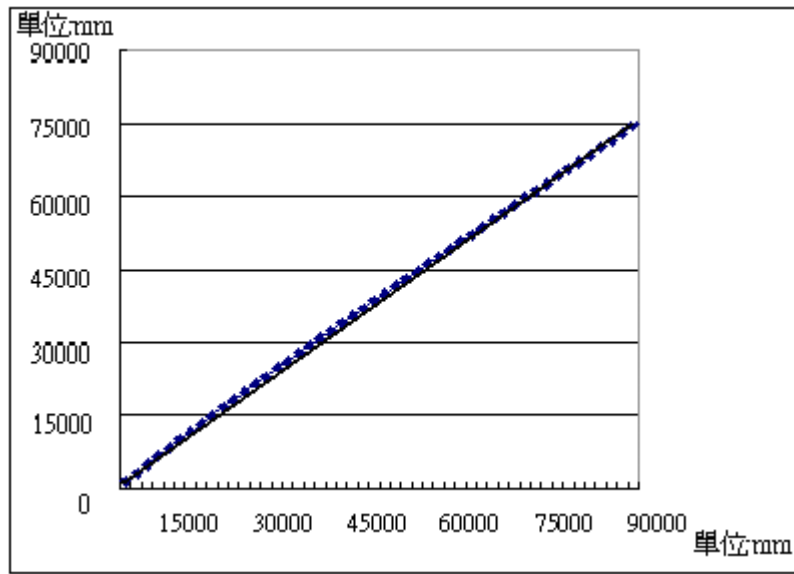


圖 3.3 大園工作站與 9 站平均之累積年雨量曲線圖

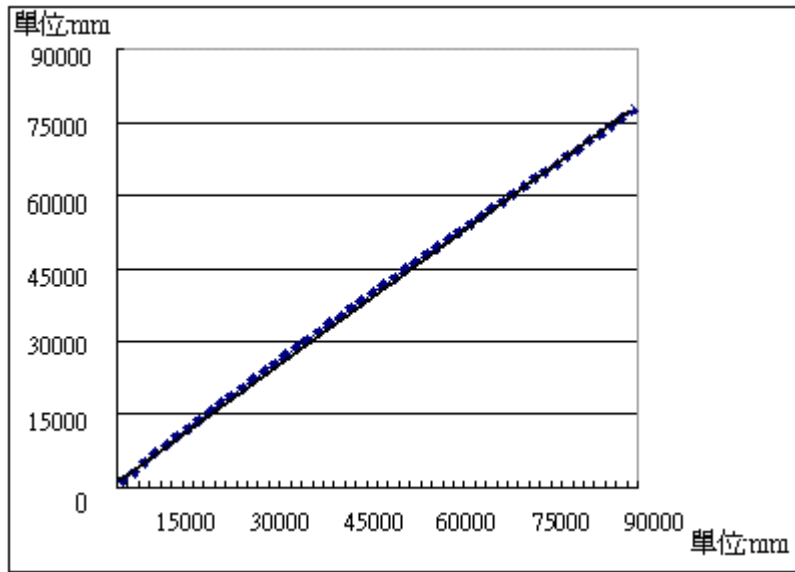


圖 3.4 大崙工作站與 9 站平均之累積年雨量曲線圖

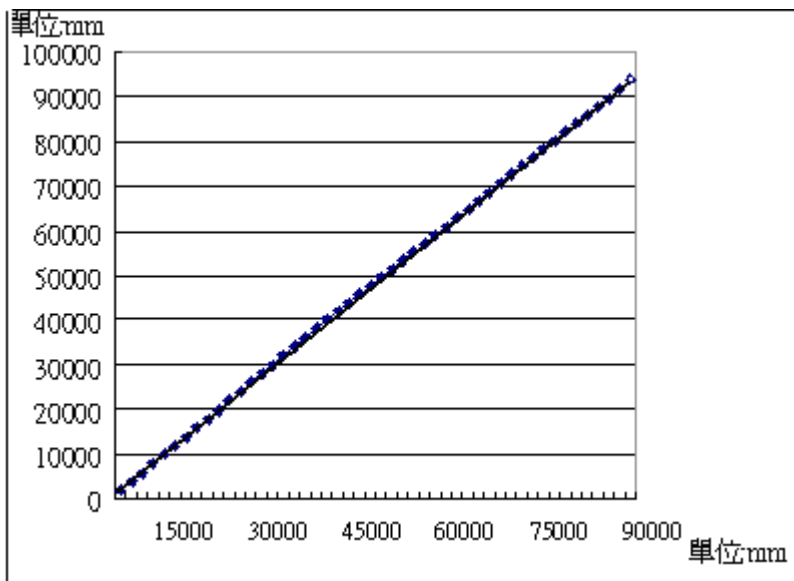


圖 3.5 草濼工作站與 9 站平均之累積年雨量曲線圖

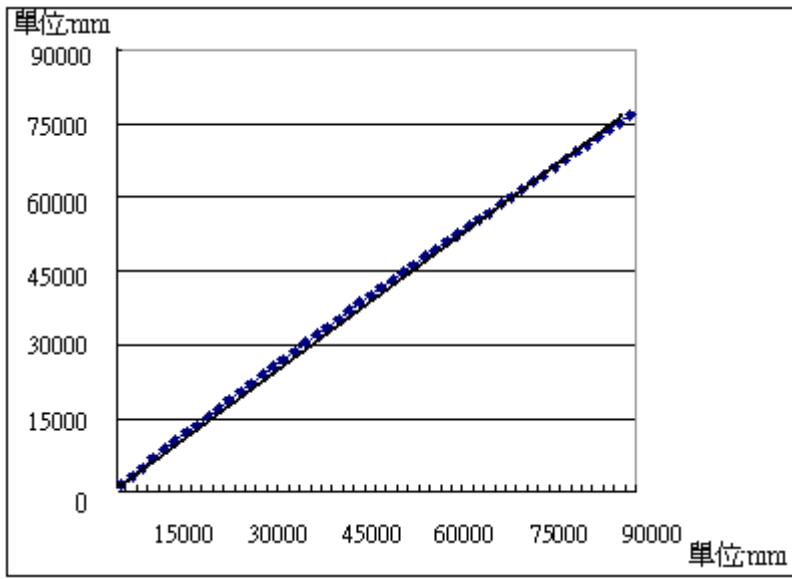


圖 3.6 新坡工作站與 9 站平均之累積年雨量曲線圖

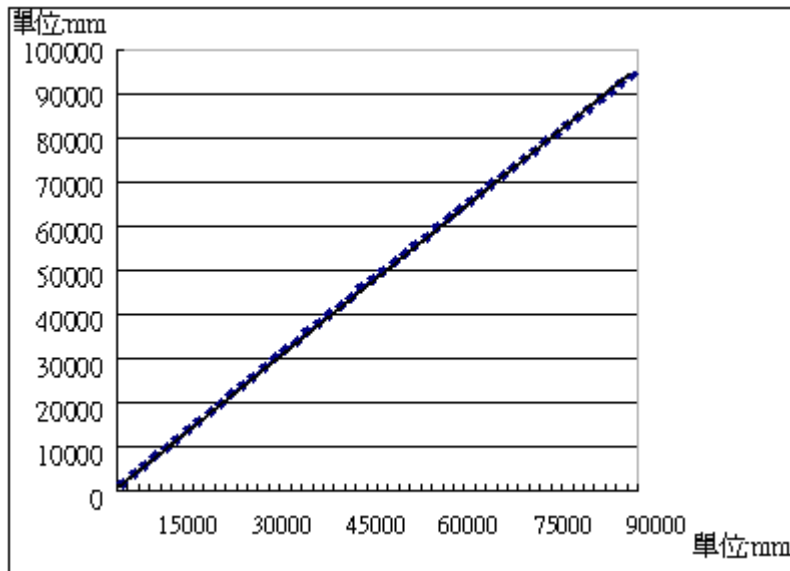


圖 3.7 觀音工作站與 9 站平均之累積年雨量曲線圖

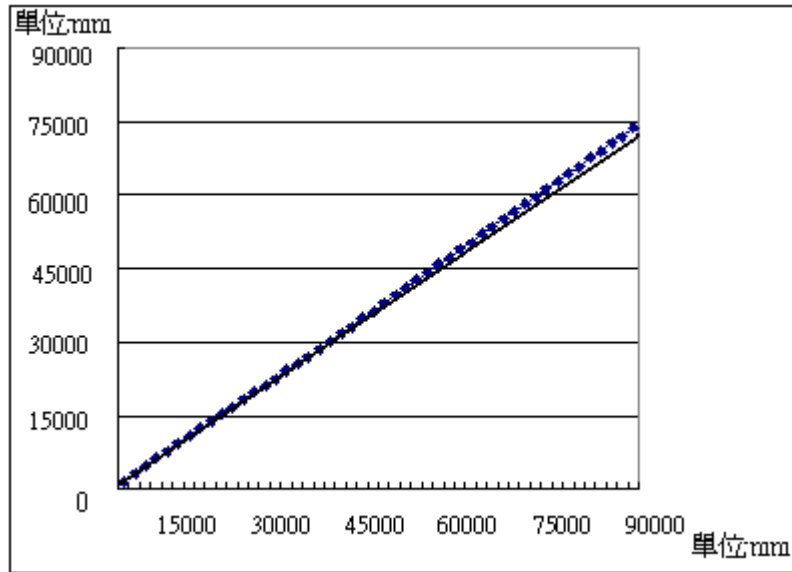


圖 3.8 新屋工作站與 9 站平均之累積年雨量曲線圖

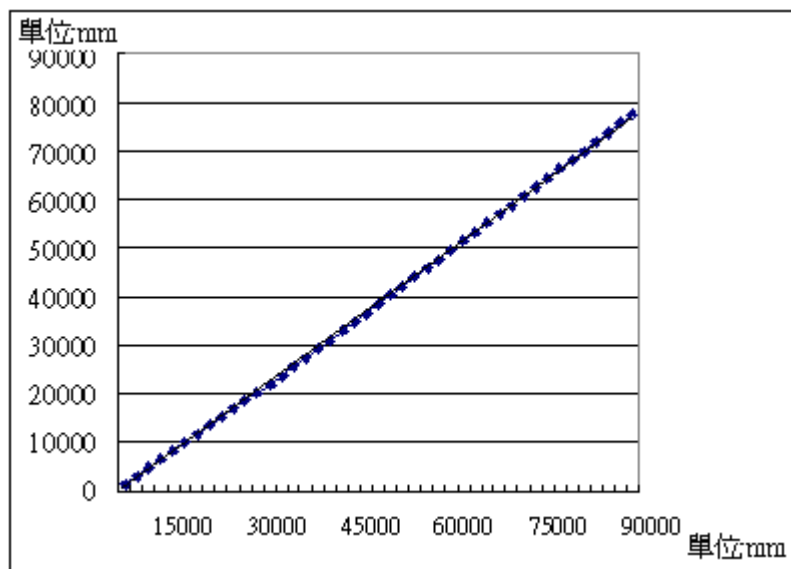


圖 3.9 湖口工作站與 9 站平均之累積年雨量曲線圖

經各工作站進行校正檢測，除新屋工作站外，各工作站累積年雨量曲線圖斜率近乎直線並無需校正，後經查新屋工作站確於 1984 曾經搬遷，兩地相距約 3 公里，故雨量數據斜率產生轉折需進行校正。

3.2 桃園大圳灌區歷年雨量統計分析

本研究在雨量部分是以 1955 至 2003 年，就桃園大圳灌區內 9 個工作站年降雨量變化、及降雨日數變化逐個工作站討論，再由工作站資料比較差異，探討是否大環境氣候變遷，會在小區域的灌區雨量產生明顯影響，進而討論對農田灌溉的用水調整。

1、桃園工作站區域面積約 2174.9 公頃，1955 至 2003 年平均年雨量為 1829.3 mm，年降雨日數為 119 天，平均每年日降雨量>5mm 日數為 67.6 天，平均每年日降雨量>50mm 日數為 7.6 天。

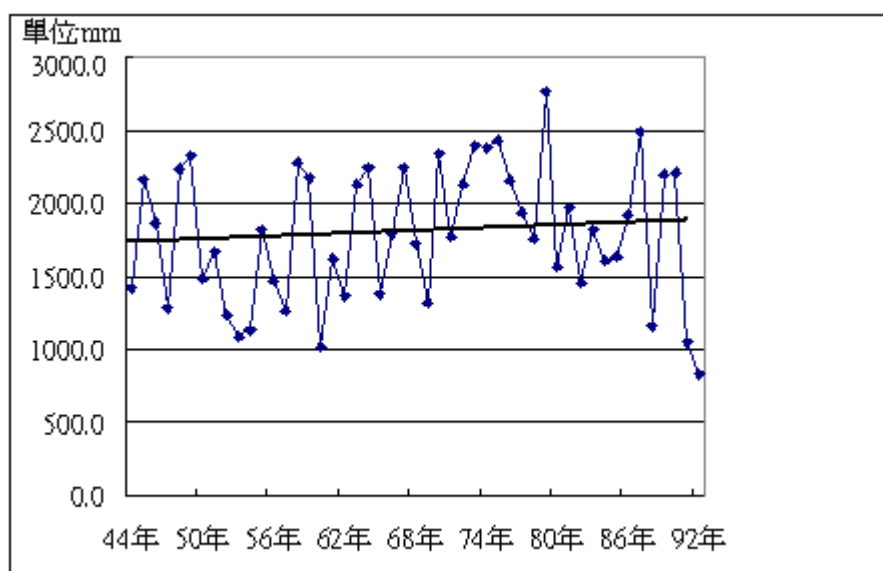


圖 3.10 桃園工作站歷年年降雨量 (mm) 其趨勢線有上升現象

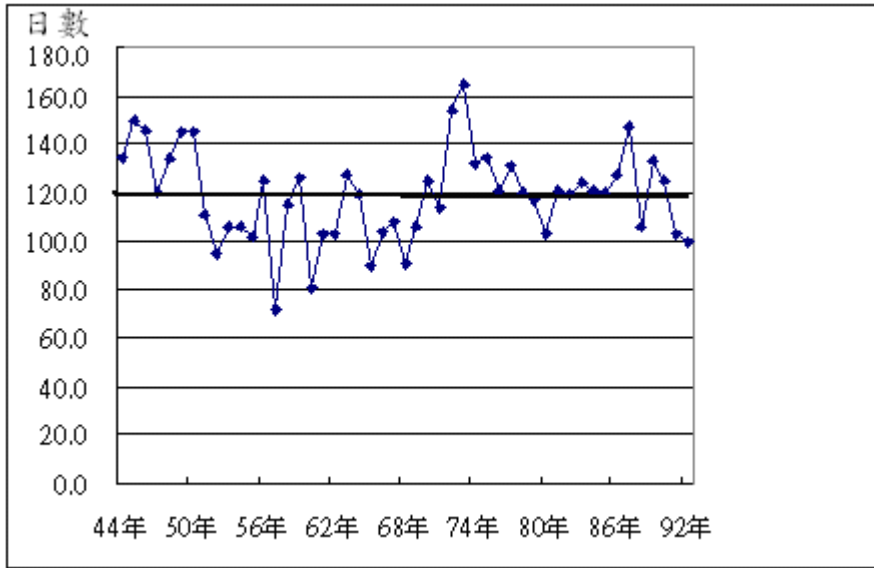


圖 3.11 桃園工作站歷年年降雨日數其趨勢線為持平

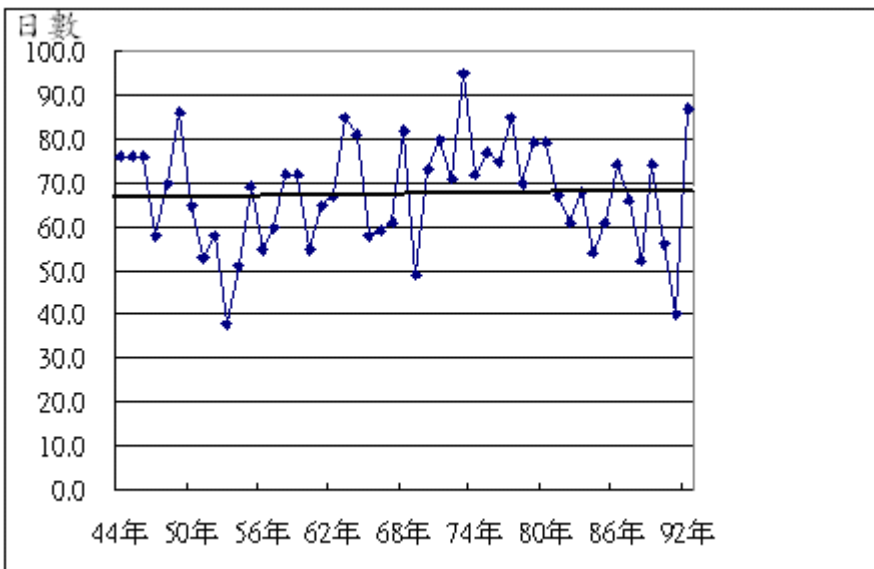


圖 3.12 桃園工作站歷年日降雨量>5mm 之日數其趨勢線為持平

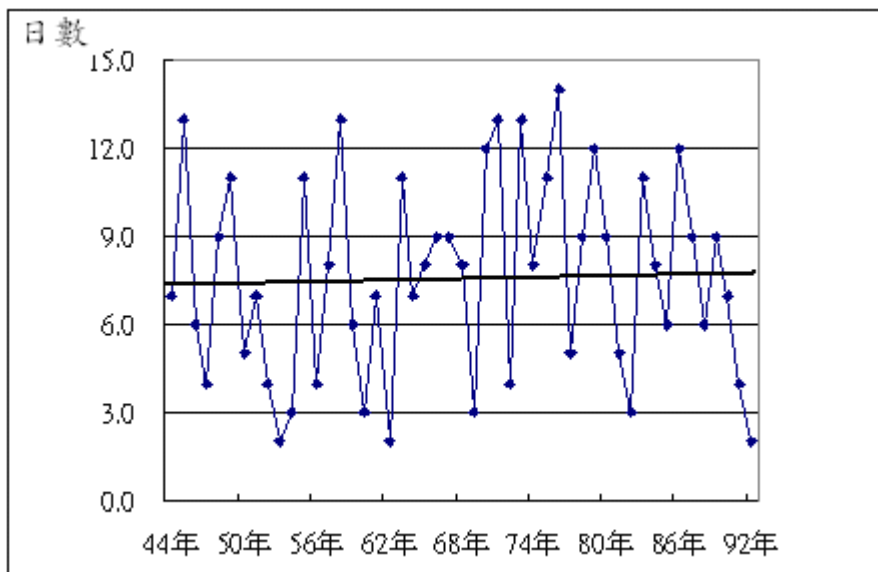


圖 3.13 桃園工作站歷年日降雨量>50mm 之日數其趨勢線微上揚

2、大竹工作站區域面積約 4056.4 公頃，1955 至 2003 年平均年雨量為 1714.7 mm，年降雨日數為 117 天，平均每年日降雨量>5mm 為日數 67.6 天，平均每年日降雨量>50mm 日數為 7.6 天

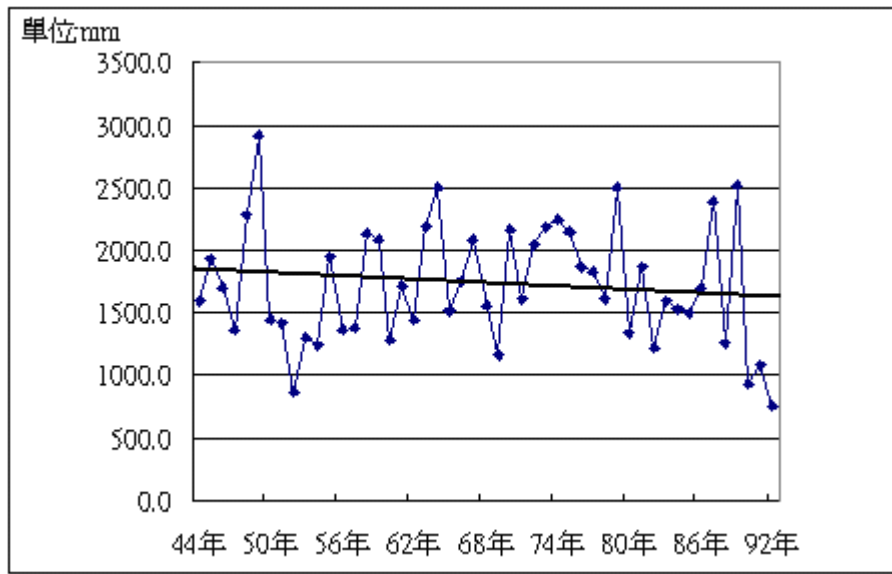


圖 3.14 大竹工作站歷年年降雨量其趨勢線有下降現象

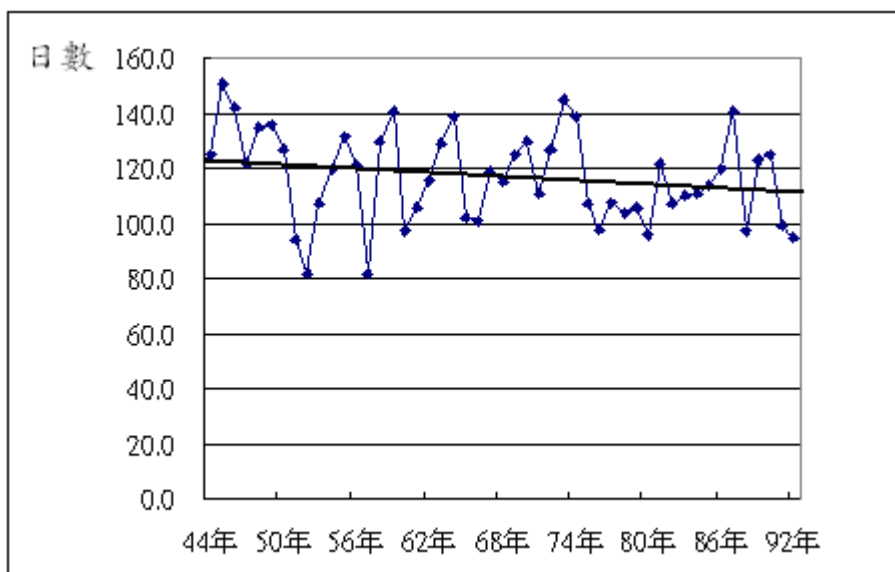


圖 3.15 大竹工作站歷年年降雨日數其趨勢線為明顯之下降

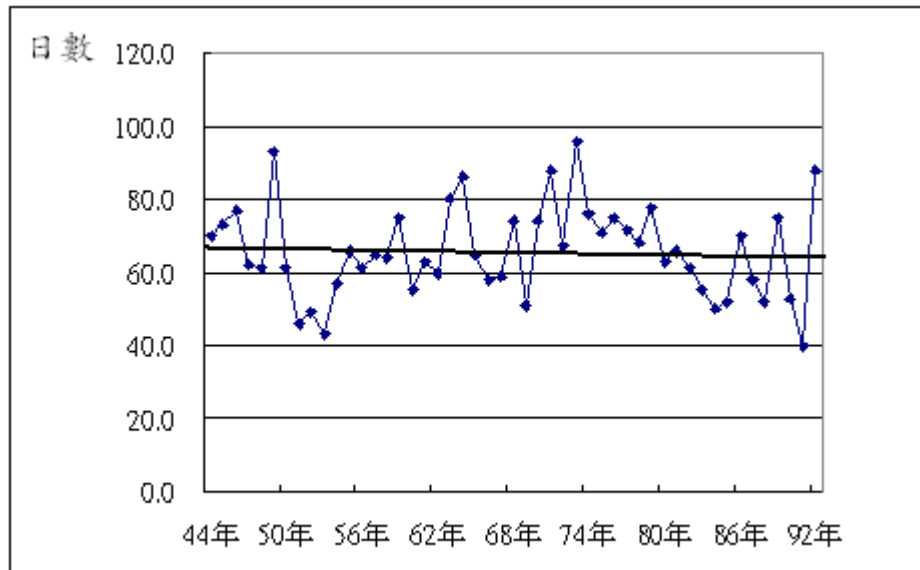


圖 3.16 大竹工作站歷年日降雨量>5mm 之日數其趨勢線微下降

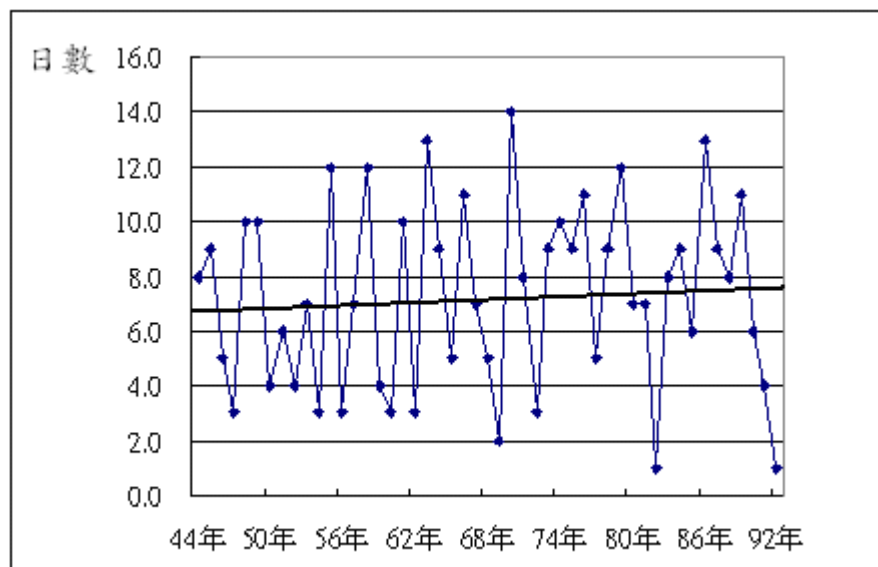


圖 3.17 大竹工作站歷年日降雨量>50mm 之日數其趨勢線微上揚

3.大園工作站區域面積約 3614.0 公頃, 1955 至 2003 年平均年雨量為 1608.8 mm, 年降雨日數為 111.3 天, 平均每年日降雨量>5mm 日數為 62.2 天, 平均每年日降雨量>50mm 日數為 6.6 天

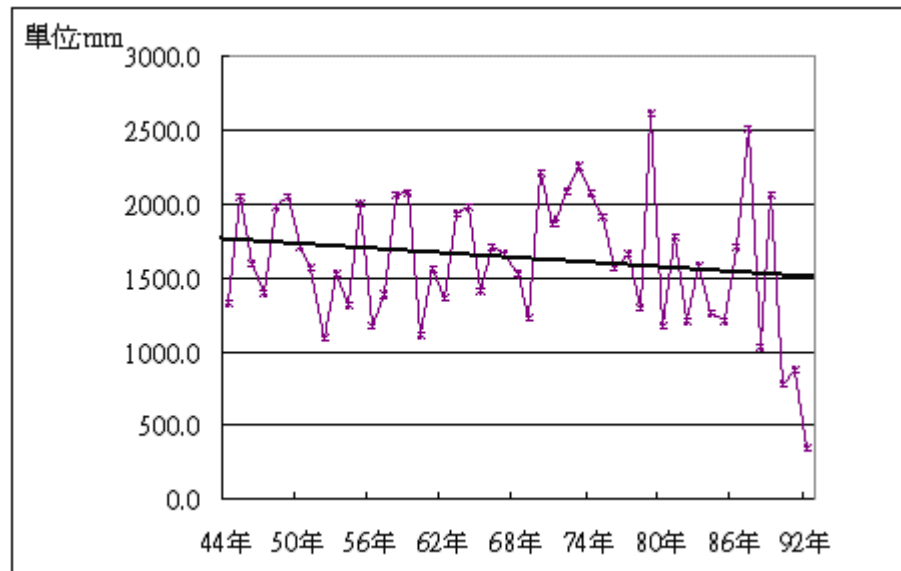


圖 3.18 大園工作站歷年年降雨量其趨勢線有下降現象

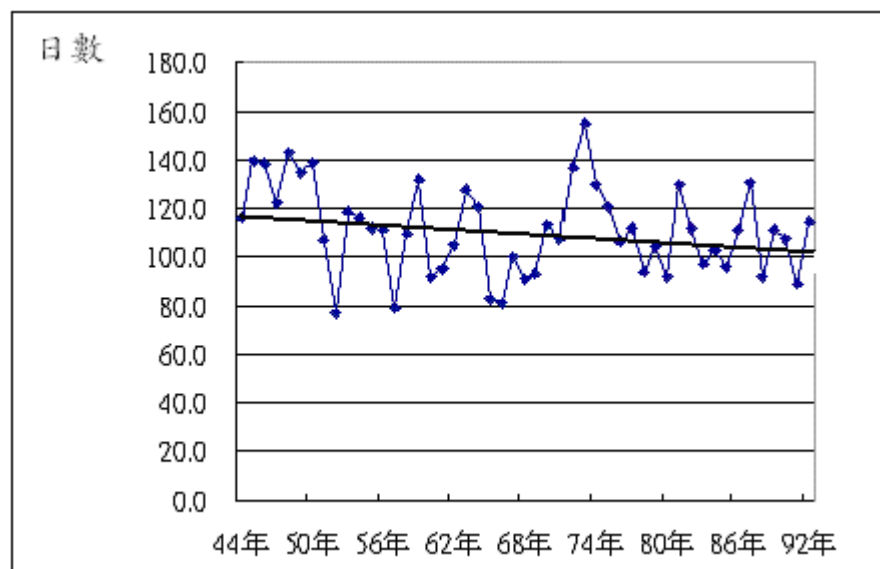


圖 3.19 大園工作站歷年年降雨日數其趨勢線為下降現象

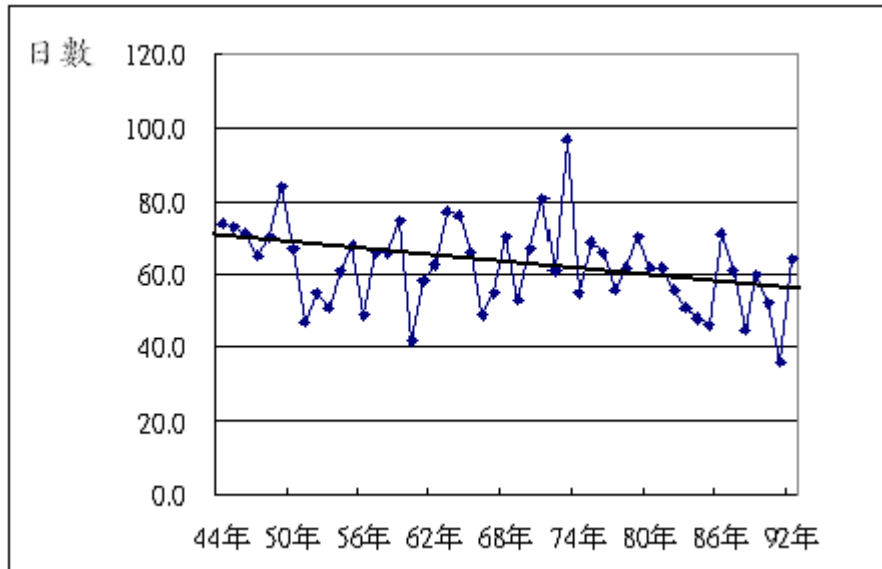


圖 3.20 大園工作站歷年年日降雨量>5mm 日數其趨勢線為下降現象

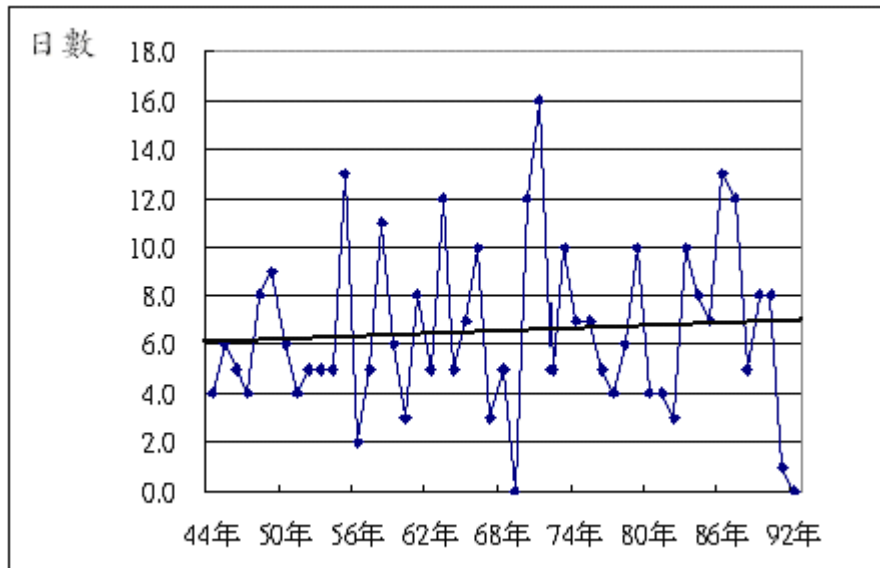


圖 3.21 大園工作站歷年年日降雨量>50mm 之日數其趨勢線微上升現象。

4. 大崙工作站區域面積約 2575.9 公頃，1955 至 2003 年平均年雨量為 1703.4 mm，年降雨日數為 111.3 天，平均每年日降雨量>5mm 日數為 65.5 天，平均每年日降雨量>50mm 日數為 7 天。

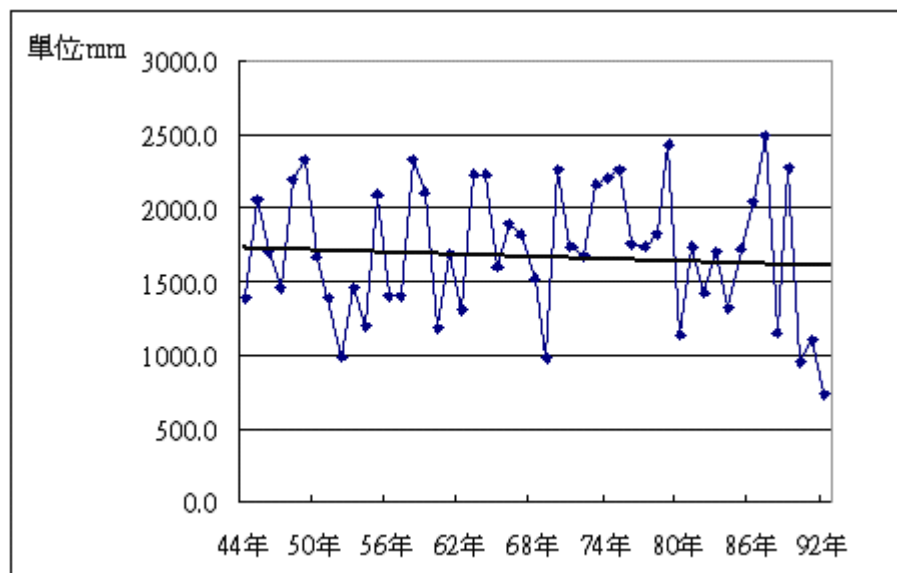


圖 3.22 大崙工作站歷年年降雨量其趨勢線有下降現象

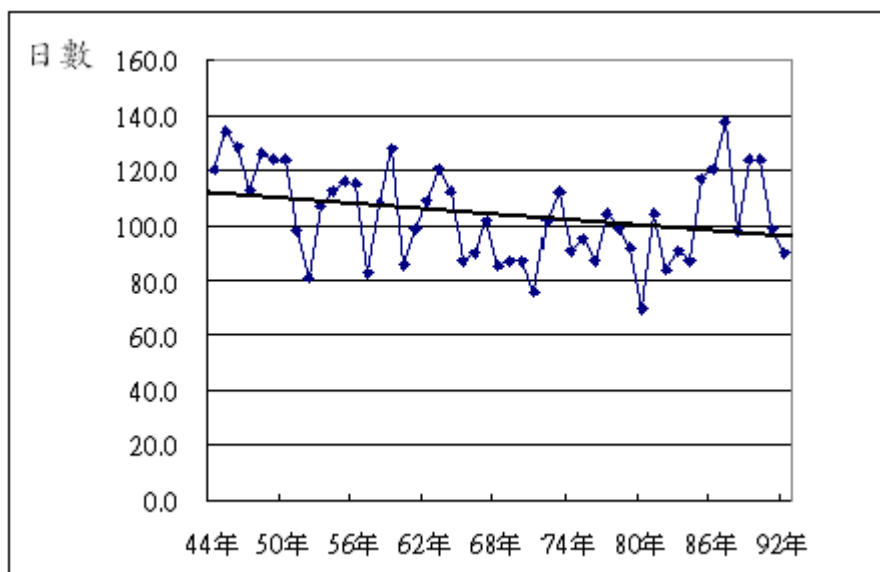


圖 3.23 大崙工作站歷年年降雨日數其趨勢線為下降現象

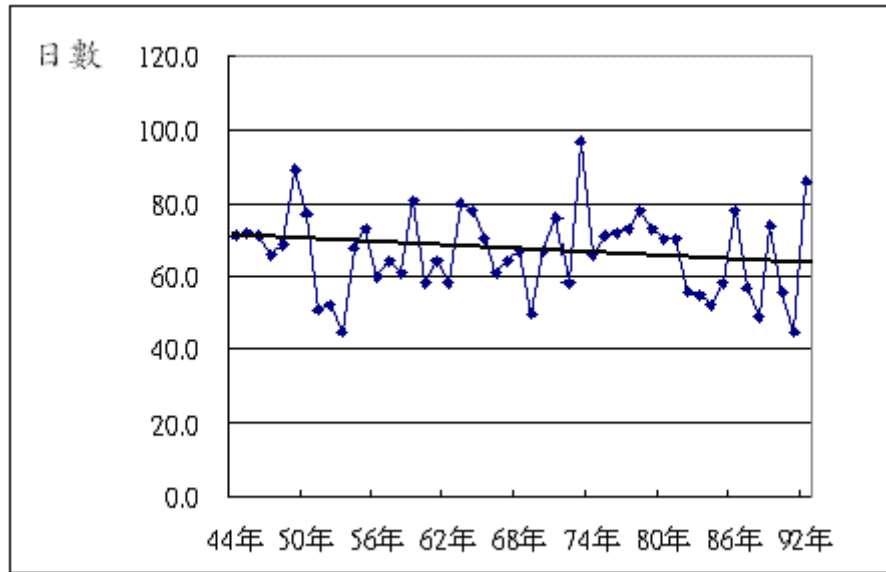


圖 3.24 大崙工作站歷年日降雨量>5mm 之日數其趨勢線有下降現象

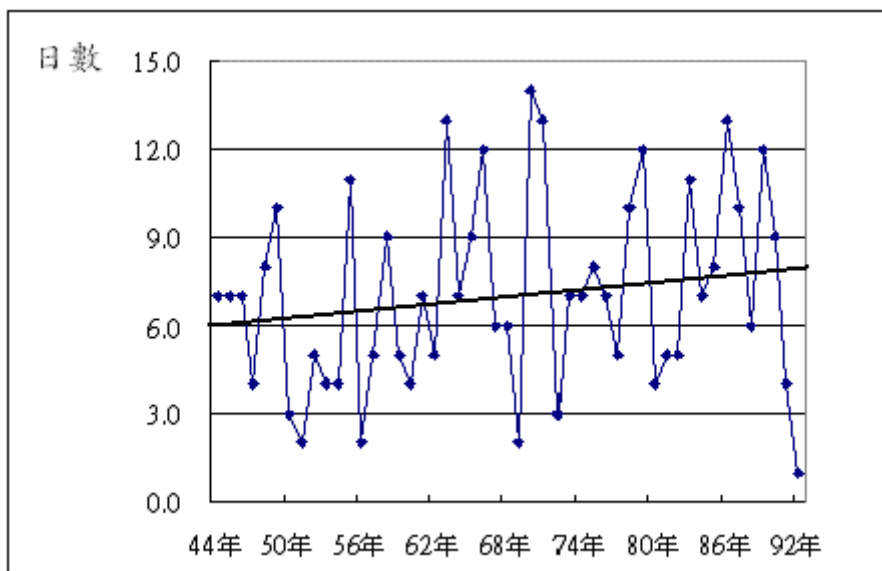


圖 3.25 大崙工作站歷年日降雨量>50mm 之日數其趨勢線上升現象

5. 草漯工作站區域面積約 3095.1 公頃，1955 至 2003 年平均年雨量為 1539.1 mm，年降雨日數為 104.8 天，平均每年日降雨量>5mm 日數為 59.9 天，平均每年日降雨量>50mm 日數為 6.5 天

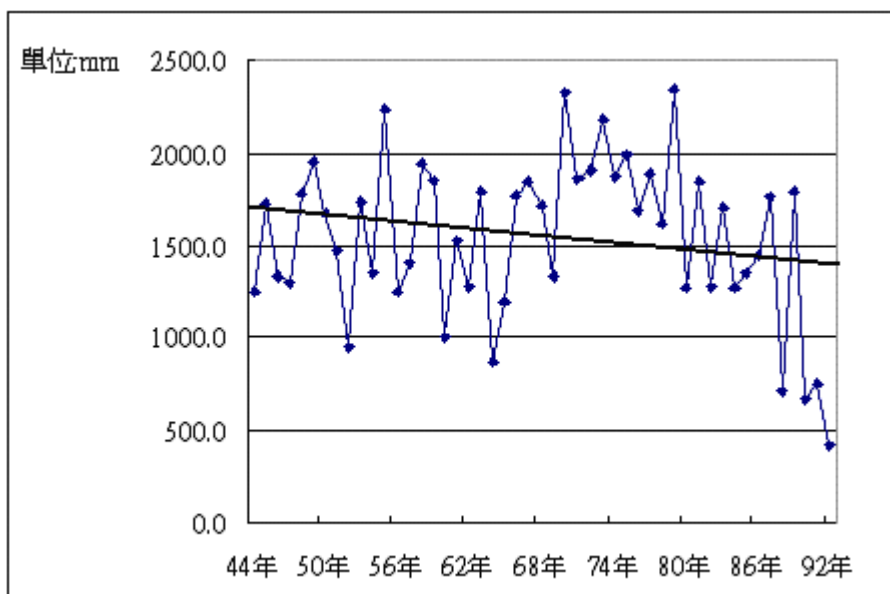


圖 3.26 草漯工作站歷年年降雨量其趨勢線有明顯下降現象

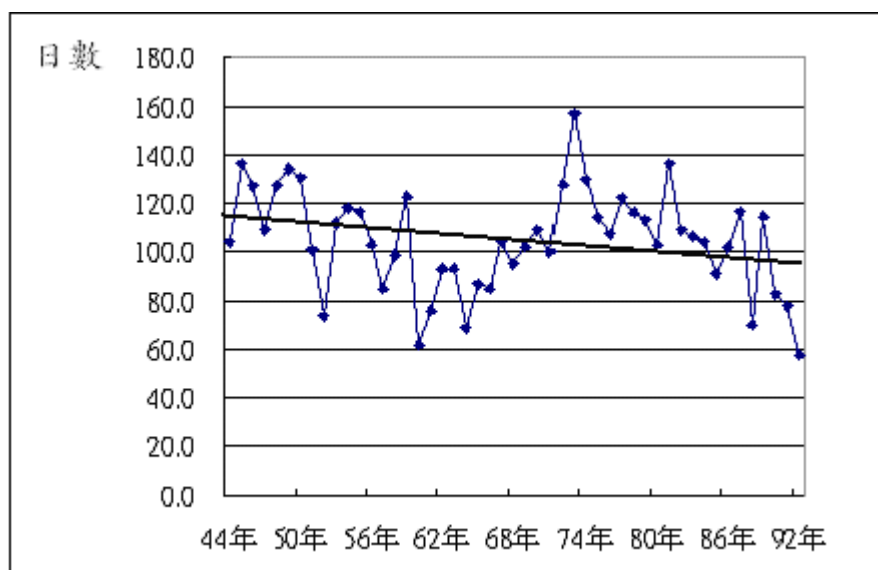


圖 3.27 草漯工作站歷年年降雨日數其趨勢線有下降現象

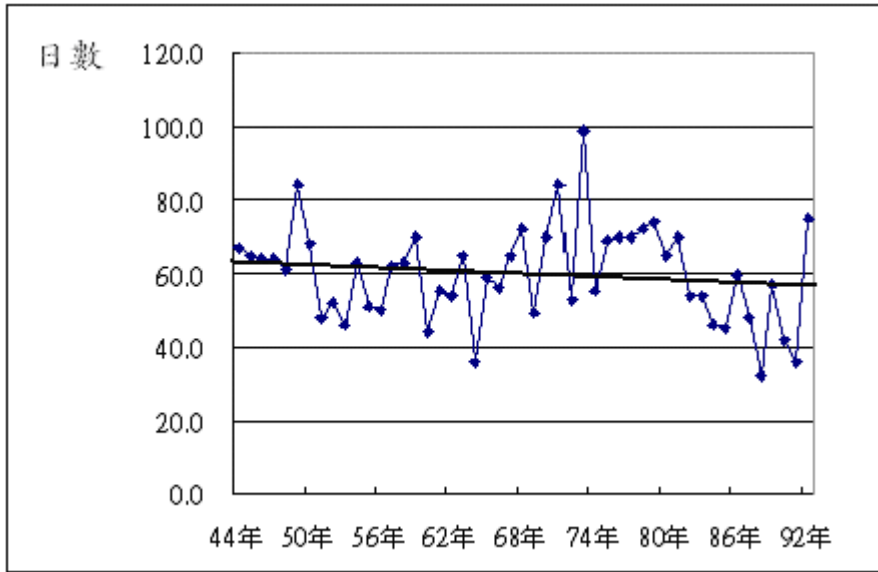


圖 3.28 草潔工作站歷年日降雨量>5mm 之日數其趨勢線有下降

現象

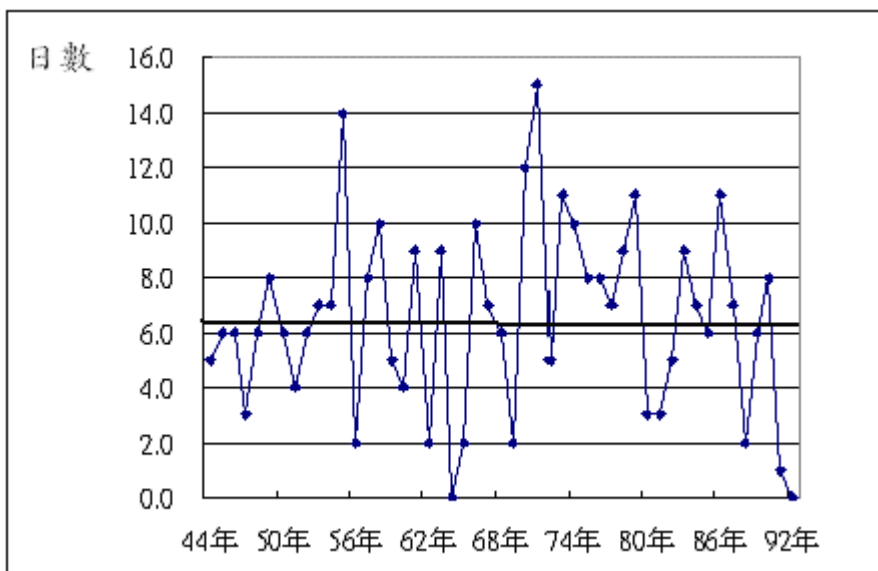


圖 3.29 草潔工作站歷年日降雨量>50mm 之日數其趨勢線持平

6. 新坡工作站區域面積約 1873.8 公頃，1955 至 2003 年平均年雨量為 1669.3 mm，年降雨日數為 108.5 天，平均每年日降雨量>5mm 日數為 65.5 天，平均每年日降雨量>50mm 日數為 7 天。

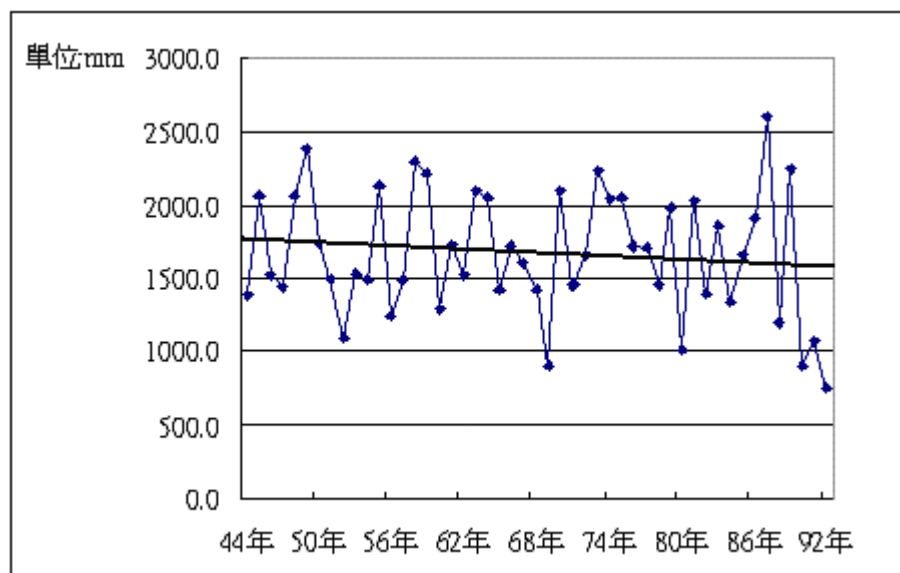


圖 3.30 新坡工作站歷年年降雨量其趨勢線有下降現象

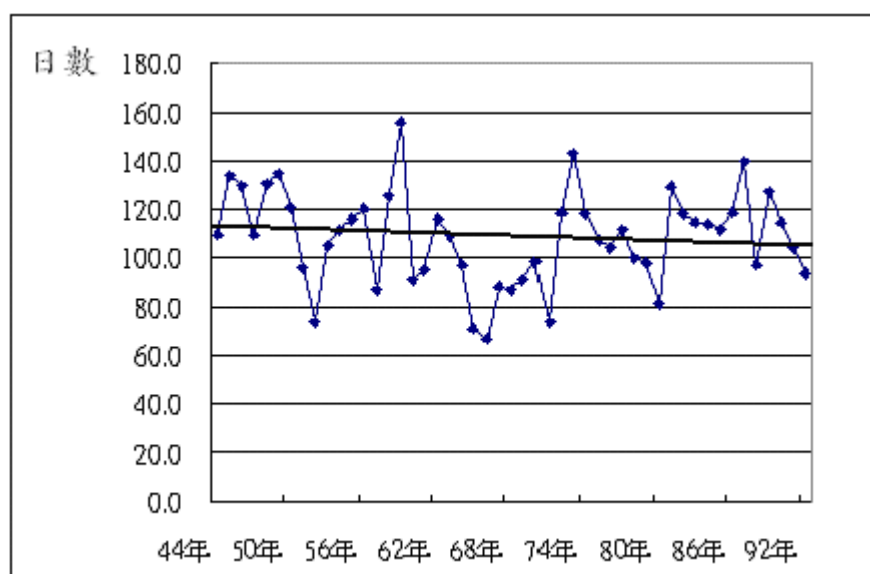


圖 3.31 新坡工作站歷年年降雨日數其趨勢線有下降現象

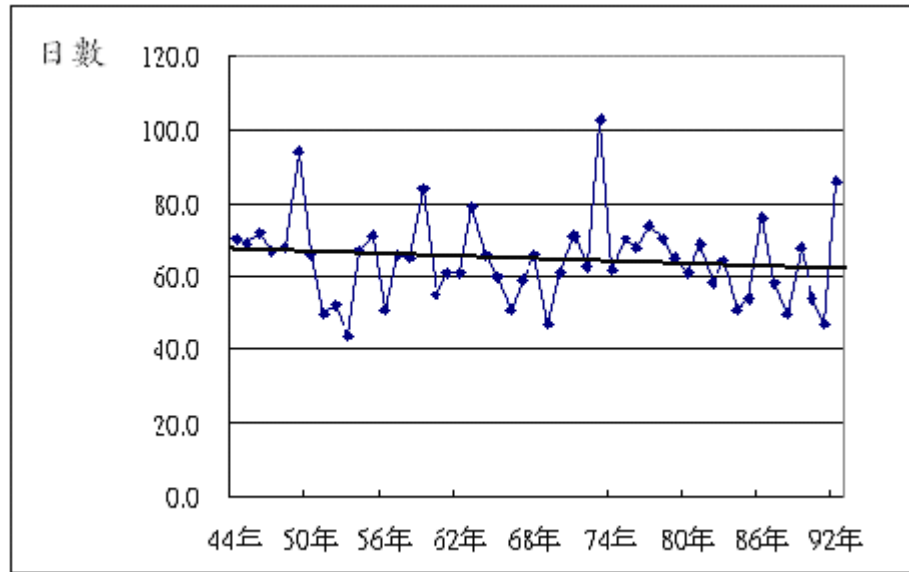


圖 3.32 新坡工作站歷年日降雨量>5mm 之日數其趨勢線有下降現象

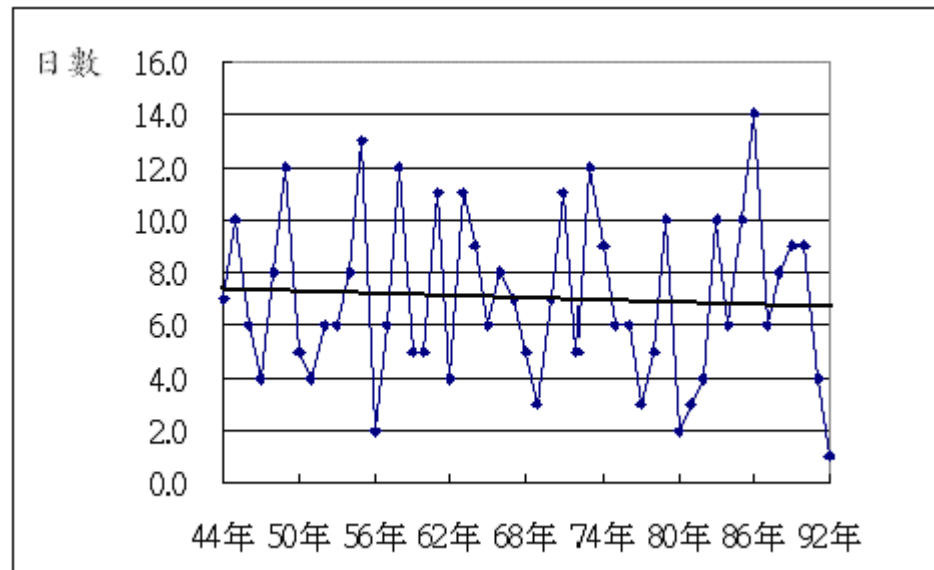


圖 3.33 新坡工作站歷年日降雨量>50mm 之日數其趨勢線微下降

7. 觀音工作站區域面積約 4772.6 公頃，1955 至 2003 年平均年雨量為 1669.3 mm，年降雨日數為 101.1 天，平均每年日降雨量>5mm 日數為 59.1 天，平均每年日降雨量>50mm 日數為 6.8 天。

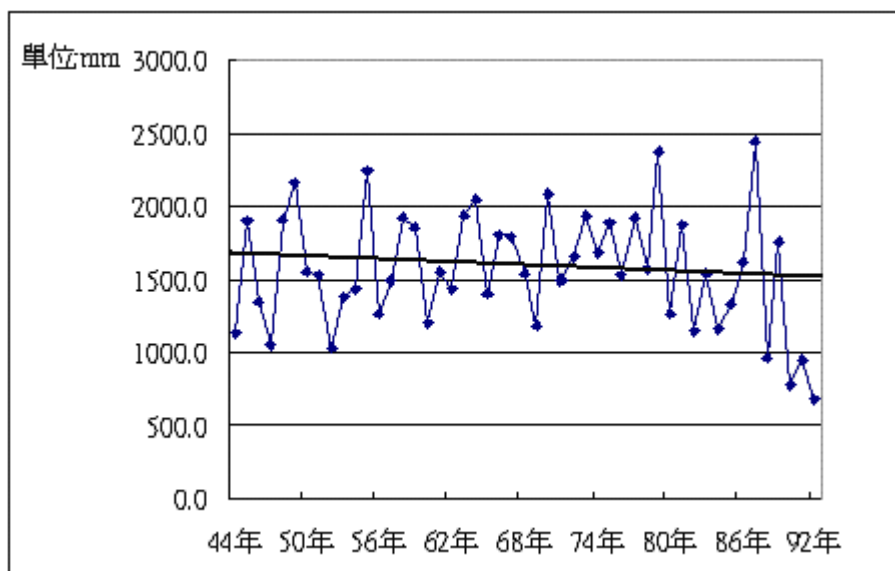


圖 3.34 觀音工作站歷年年降雨量其趨勢線有下降之現象

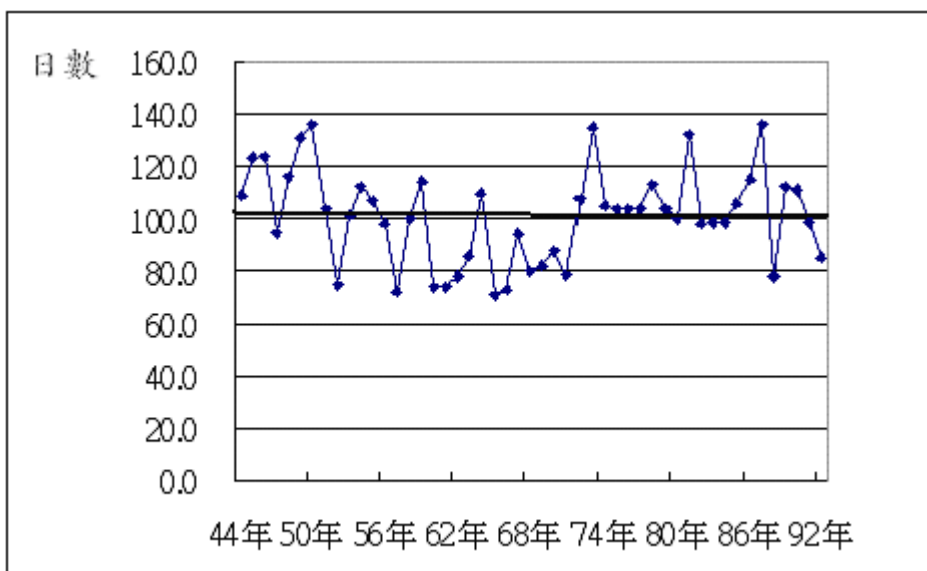


圖 3.35 觀音工作站歷年年降雨日數其趨勢線為微小下降現象

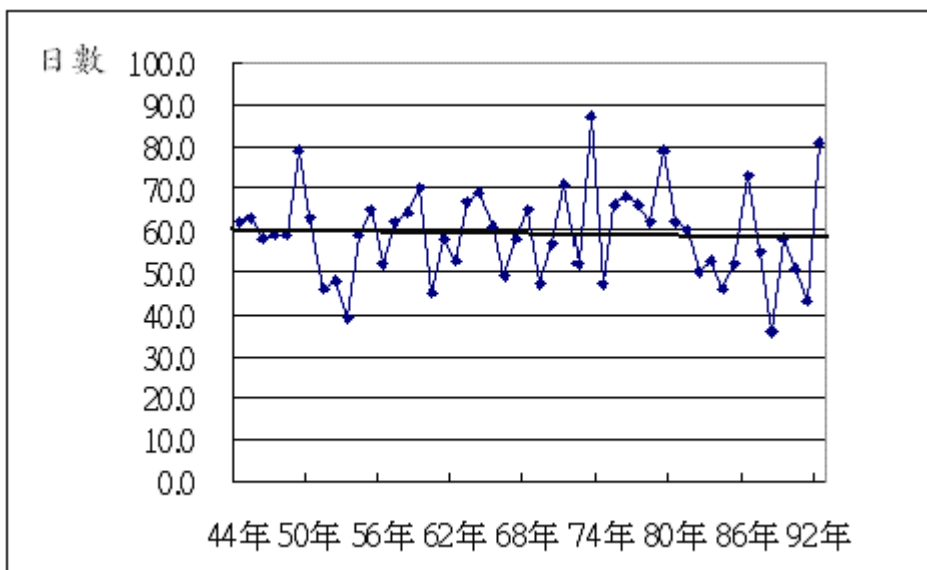


圖 3.36 觀音工作站歷年日降雨量>5mm 之日數其趨勢線微小下降

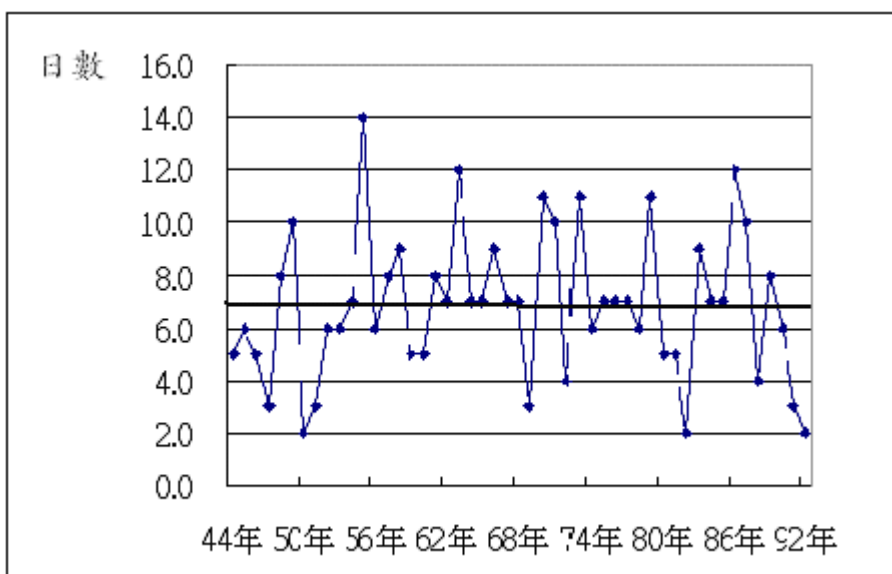


圖 3.37 觀音工作站歷年日降雨量>50mm 之日數其趨勢線微小下降

8. 新屋工作站區域面積約 4579.2 公頃，1955 至 2003 年平均年雨量為 1686.2 mm，年降雨日數為 102.1 天，平均每年日降雨量>5mm 日數為 63.5 天，平均每年日降雨量>50mm 日數為 7.6 天。

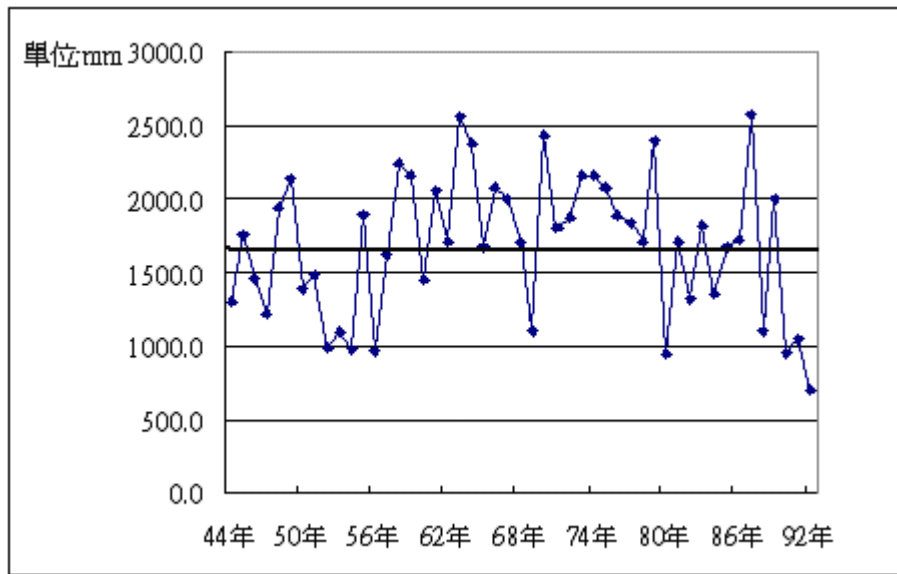


圖 3.38 新屋工作站歷年年降雨量其趨勢線持平

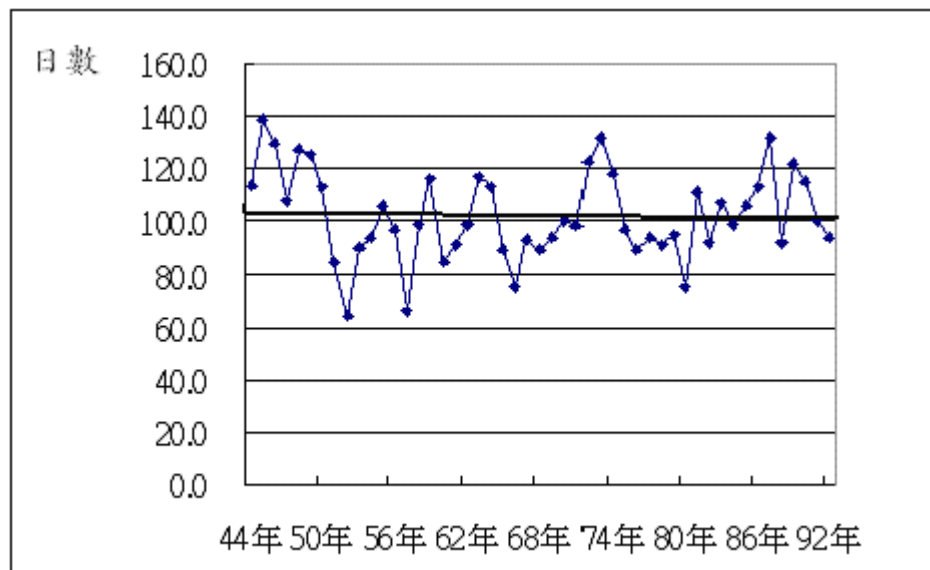


圖 3.39 新屋工作站歷年年降雨日數其趨勢線為微小下降

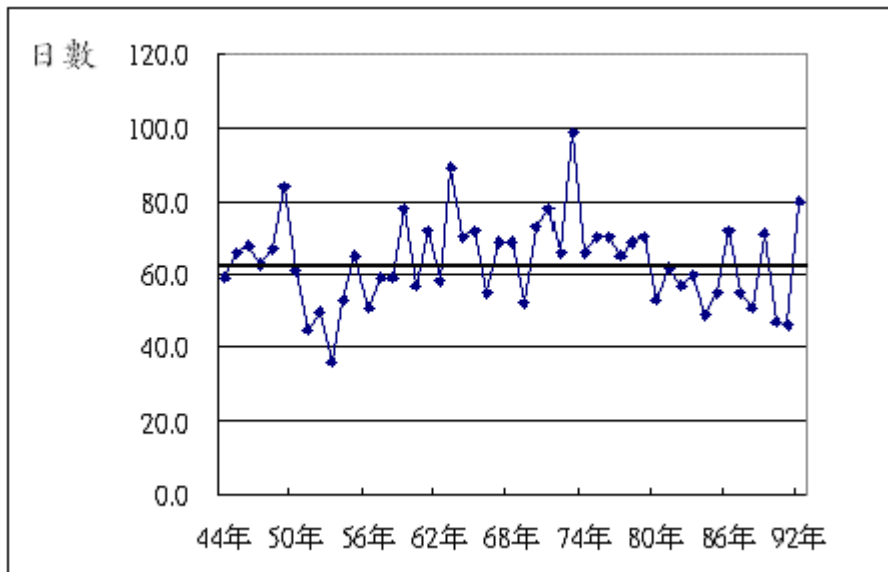


圖 3.40 新屋工作站歷年日降雨量>5mm 之日數其趨勢線趨近持平

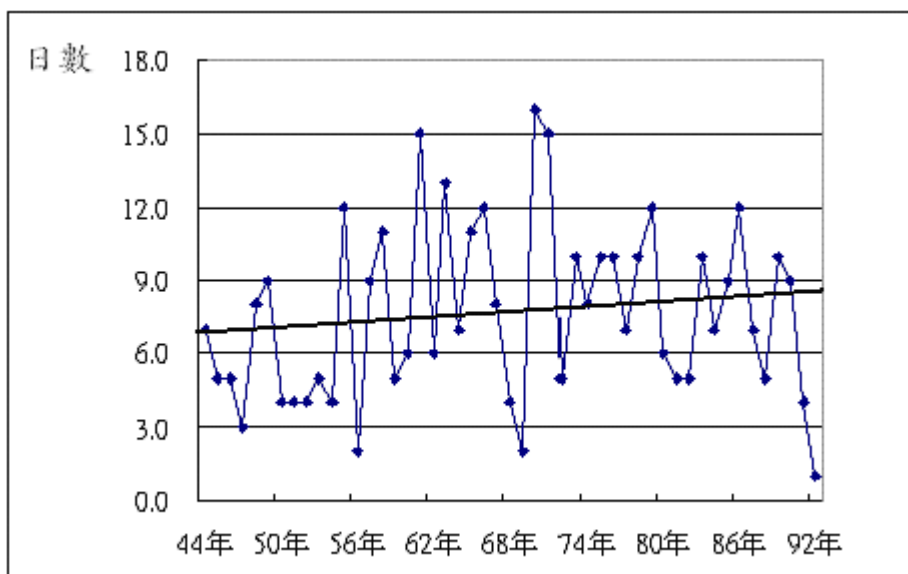


圖 3.41 新屋工作站歷年日降雨量>50mm 之日數其趨勢線上升現象

9. 湖口工作站區域面積約 5273.6 公頃, 1955 至 2003 年平均年雨量為 1564.5 mm, 年降雨日數為 94.3 天, 平均每年日降雨量>5mm 日數為 57.3 天, 平均每年日降雨量>50mm 日數為 7.5 天。

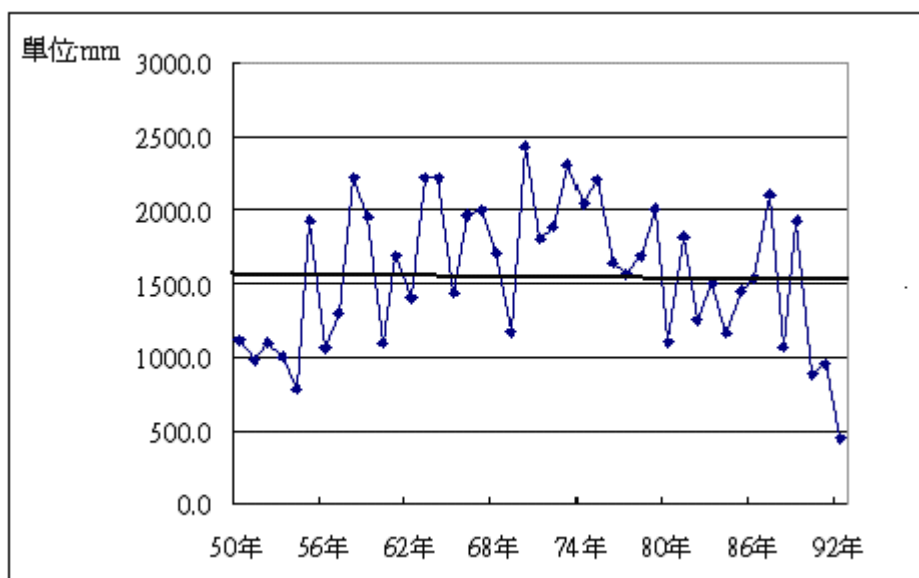


圖 3.42 湖口工作站歷年年降雨量其趨勢線有微小下降

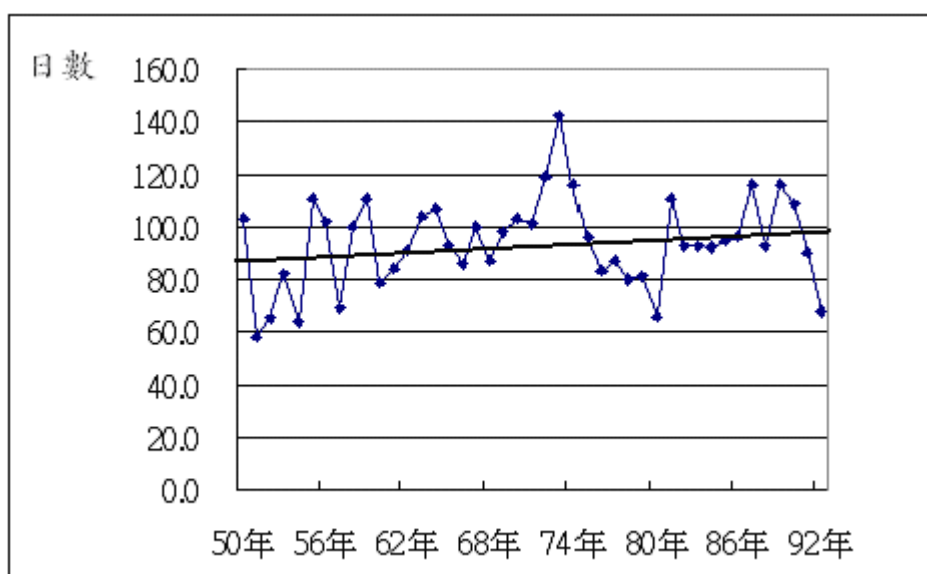


圖 3.43 湖口工作站歷年年降雨日數其趨勢線有上升現象

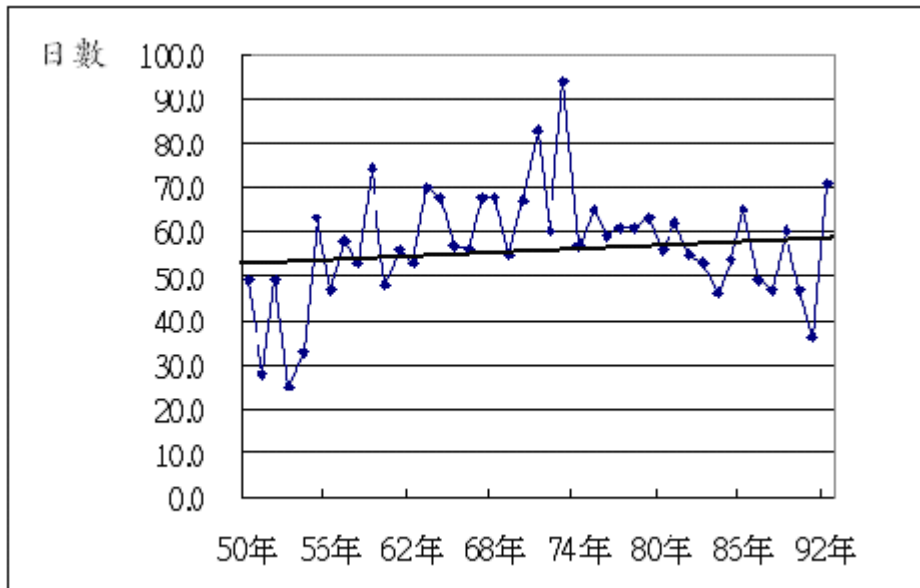


圖 3.44 湖口工作站歷年日降雨量>5mm 之日數其趨勢線上升現象

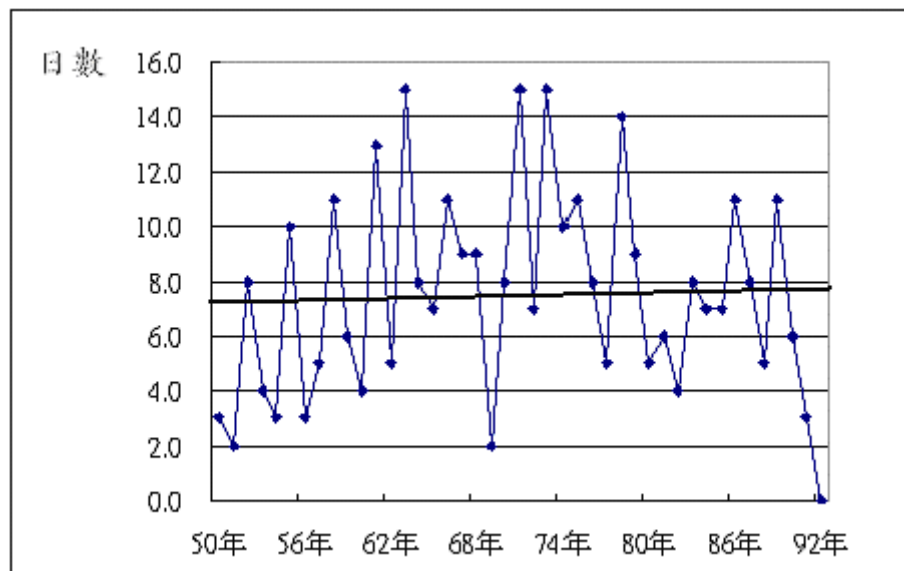


圖 3.45 湖口工作站歷年日降雨量>50mm 之日數其趨勢線上升現象

3.3 統計結果討論

由以上討論：

1. 年平均降雨量方面：除桃園、新屋工作站灌區外，其他七個工作站灌區在年平均降雨量趨勢線均逐年減少現象（如圖 3.14，3.18，3.22，3.26，3.30，3.34，3.34），其中以大竹、大園、草漯、大崙、新坡等工作站趨勢線均逐年減少現象較明顯。
2. 年降雨日數方面：大竹、大園、草漯、大崙、新坡等工作站趨勢線均逐年減少現象（如圖 3.15，3.19，3.23，3.27，3.31），其中以大園、草漯、大崙等工作站趨勢線均逐年減少現象較明顯。
3. 日降雨量 $>5\text{mm}$ 之日數：大竹、大園、草漯、大崙、新坡等工作站趨勢線均逐年減少現象（如圖 3.16，3.20，3.24，3.28，3.32），其中以大園、大崙等工作站趨勢線均逐年減少現象較明顯。
4. 日降雨量 $>50\text{mm}$ 之日數：桃園、大竹、大園、大崙、新屋、湖口等工作站趨勢線均逐年增加現象（如圖 3.13，3.17，3.21，3.25，3.32，3.41，3.45），其中以大竹、大園、大崙、新屋等工作站趨勢線均逐年增加現象較明顯。

由桃園大圳全灌區觀察：年降雨量及年降雨日數與年平

均日降雨量>5mm 之日數趨勢線由東向西有逐漸減少現象（如圖 3.46，3.47，3.48），而年平均日降雨量>50mm 之日數由北而南有逐漸增加現象（如圖 3.49），顯示降雨產生極端化（即豪大雨），對農業是非常不利。因為這種現象代表雨量分佈不平均，旱災、水災之發生機率會增加，也說明大環境氣候變化會影響小區域降雨變化。

表 3.1 各工作站面積及年降雨量及降雨日數表

	區域面積(公頃)	年平均雨量	年降雨天數	降雨量>5mm天數	降雨量>50mm天數
桃園	2174.9	1829.3	119	67.6	7.6
大竹	4056.4	1714.7	117	65.8	7.2
大園	3614	1608.8	111.3	62.3	6.6
大崙	2575.9	1703.4	103.9	66.5	7
新坡	1873.8	1669.3	108.5	64.6	7
草漯	3095.1	1539.1	102.7	58.9	6.4
觀音	4772.6	1618.6	101.1	59.1	6.8
新屋	4579.2	1686.2	102.3	63.5	7.6
湖口	5273.6	1564.5	94	57	7.5

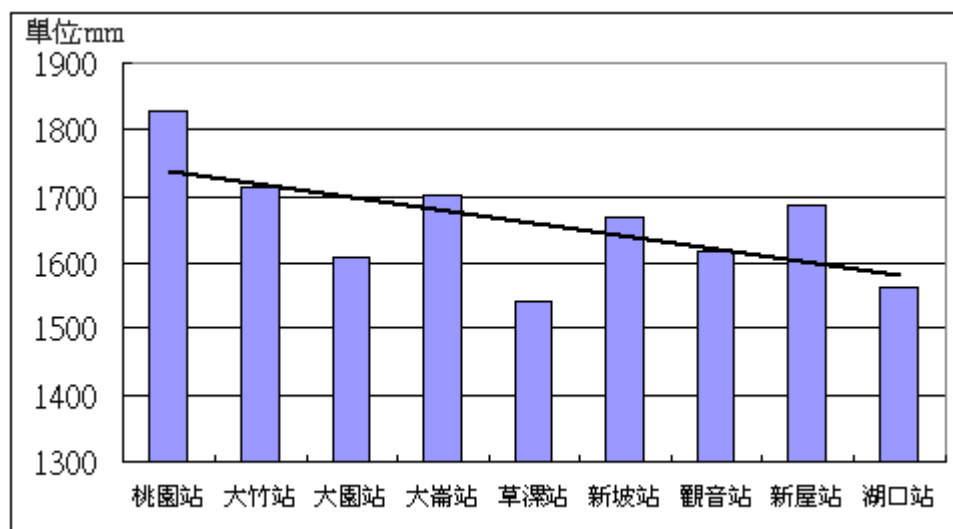


圖 3.46 各工作站年平均降雨量之比較（由東而西）

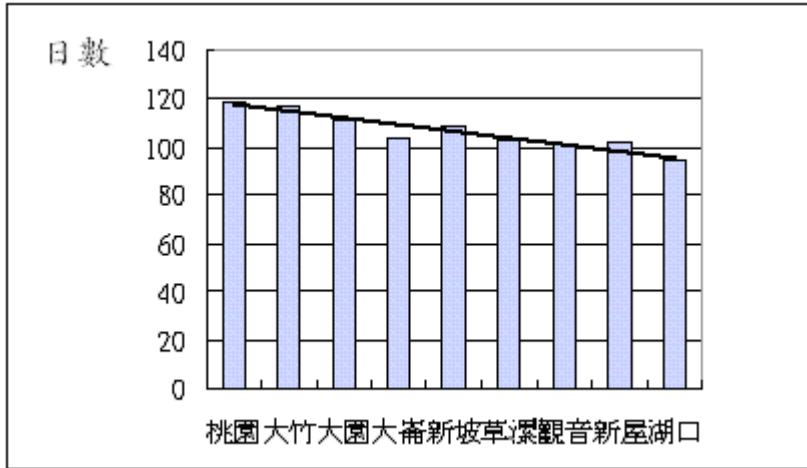


圖 3.47 各工作站年平均降日數之比較(單位:天)

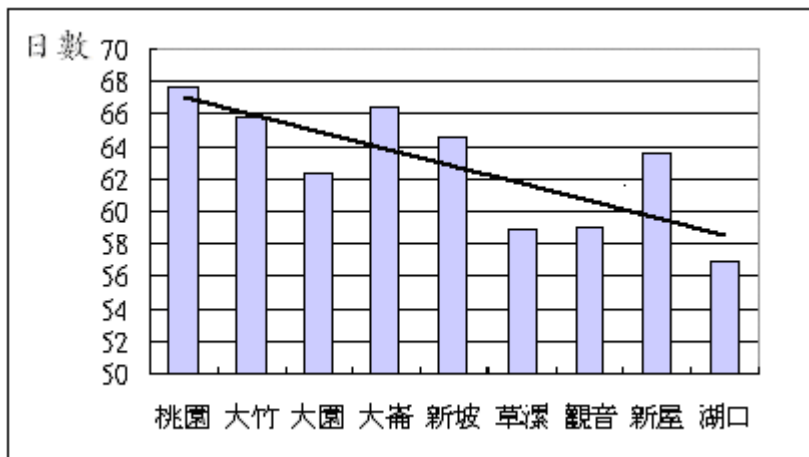


圖 3.48 各工作站年平均日降雨量>5mm 之日數之比較(單位:天)

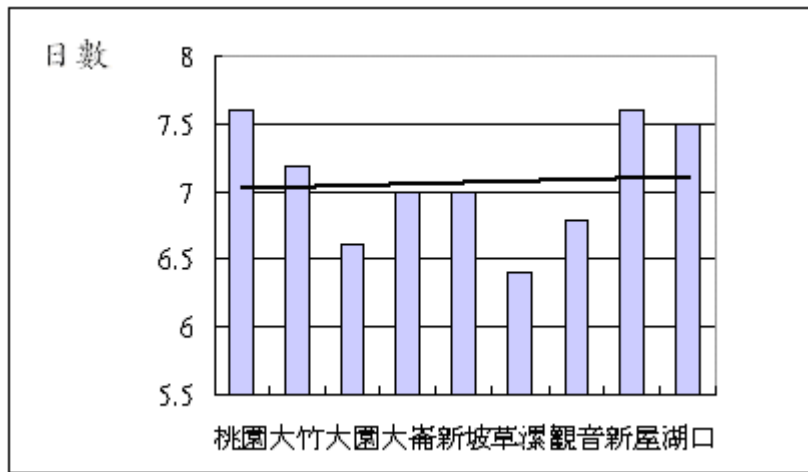


圖 3.49 各工作站年平均日降雨量>50mm 之日數之比較(單位:天)

第四章 桃園大圳灌區有效雨量討論與分析

4.1 有效雨量討論

就農民而言，「有效雨量」，是指降雨期間農作物可以直接利用之天然雨量，進而減少自水庫或埤池引水灌溉。桃園農田水利會於擬定年度灌溉用水計劃時，則將有效雨量列入其作灌溉用水量之估算，而石門水庫則依桃園農田水利會所提出各月份計劃灌溉用水量實施放水，因此若有效雨量推估與灌溉期間實際降雨狀況愈接近，則農業用水效率越高，反之有效雨量推估過高，易造成水田灌溉水量不足，過低則有浪費水資源之虞。而在有效雨量定義上，「有效雨量」(Effective rainfall)，與「可利用雨量」(Available rainfall)是不相同；「可利用雨量」乃為「有效雨量」之先決條件，所有天然降雨降於農作物生長季節者，皆稱可利用雨量，但非全部有效。因此「可利用雨量」未必是「有效雨量」，而「有效雨量」則必為「可利用雨量」之一部份。

依照陳獻⁽¹⁾用立場與操作方法不同，將「有效雨量」定義以下四種：

1. 【田間型有效雨量】：此乃以田間用水者之立場所定義之有效雨量。即降雨發生後，雨水貯留於田間取代部分灌溉水源者，亦即因降雨而減少引取灌溉水量，此為田間有效雨量之定義；依其定義可以瞭

解有效雨量之上限，亦可說是有效雨量之最大量。

2.【水源型有效雨量】：以水源管理者（農田水利會、灌區工作站）立場定義之有效雨量，其定義為降雨後，水庫或貯水池因該場降雨可減少放出之灌溉水量，而將其節省水量部份貯留於貯水池待日後利用；此一減少放水量級為水源型有效雨量。

3.【實際型有效雨量】：為灌溉執行期間實際有效雨量值，其定義為灌溉計畫執行期間遇上降雨，依上述一；或二之定義扣除之灌溉水量，水利會各工作站每年每月均有紀錄該有效雨量值，或可稱為有效雨量之紀錄值。

4.【計劃有效雨量】：依某種定義之有效雨量，擬定有效雨量計算模式。此模式以過去歷年之作物、土壤、降雨紀錄，並依灌溉操作步驟，模擬演算所得過去某段時間內發生之有效雨量，並依某發生機率分佈，取某一機率值為推估值。通常用以預估未來各月份有效雨量可能發生值，供農田水利會擬定下年度灌溉用水計劃預知扣除支用，因此又稱計劃有效雨量。

本研究以王心怡⁽²⁾所發展之水門操作原則反推計算有效雨量，此法在有效雨量運用上採預扣與後扣法兼用，即於擬定灌溉用水計劃時預先扣除有效雨量，並於灌溉期間依實際降雨狀況予以減少供水或停水之措施。由於本方法利用田間水門實際操作以配合灌區實際降雨狀

況，此一考量較預扣法更能符合灌區實際有效雨量，因此本研究採用此法研究有效雨量。

本研究所採用水門操作法有四原則：

1. 單獨日雨量在 5 mm 以下時照常放水。
2. 日雨量 5 mm 至 9 mm 者斷水一日，每增加 6 mm 增加斷水一日，但有效雨量以 30 mm 為限。
3. 如果降雨持續至二日以上，應就上述 2. 之標準加每日田間消耗水深 6 mm 為有效雨量，予以計算斷水日數。
4. 秧田用水及理作用水之有效雨量不在此範圍內。

表 4.1 桃園大圳灌區降雨日數、雨量與斷水日數關係表

降雨日數 N	降雨量 R(mm)	斷水時間 K(日)
1 日	R ≤ 5	不斷水
	5 < R ≤ 9	1
	9 < R ≤ 30	1+(R-9)/6
	30 < R	1+(30-9)/6
N 日	R ≤ 5	1
	9 < R ≤ 30	1+(R-9)/6
	30 < R	1+【(30-9)/6】+N

而上表中 K 代表斷水日數，若乘上一日灌溉所需水量則為有效雨量值，亦即 $ER=K \times d$ （有效雨量=斷水日數×一日需水量）。如降雨量小於 5 mm，則不計有效雨量。多日有效雨量的計算是依降雨權重來

計算方式如下：

a. 一日降雨狀況

$R \leq 5 \text{ mm}$ 視為無效雨量

$$ER=0$$

$5 < R \leq 9$

$$ER=K \times d=1 \times d=d$$

$9 < R \leq 30$

$$ER= \left[1+(R-9)/d \right] \times d$$

$30 < R$

$$ER= \left[1+(30-9)/d \right] \times d$$

b. 若降雨日數延續 N 日

$5 < R \leq 9$

$$ER=d$$

$9 < R \leq 30$

$$ER= \left[1+(R-9)/d \right] \times d$$

$30 < R$

$$ER= \left[\left[1+(30-9)/d \right] \times N \right] \times d$$

$$ER_i = (ER \times R_i) / R$$

$$ER_m = \sum_i (ER_i), \text{其中 } i=1 \sim 30 \text{ or } 31 \text{ 日}$$

其中

ER：一次降雨有效雨量 (mm)

ER_i：日有效雨量 (mm)

ER_m：月有效雨量 (mm)

R：日降雨量 (mm)

d：一日灌溉用水量 (mm/day)

上式中之 d 代表一次灌溉最大水深，在灌溉技術上每次灌溉水深亦應隨時變化以配合各時期水稻之需水量，另外還要配合各種土壤其在水田中一日滲漏水深均不相同(如表 4.2)，本研究採保守估算採用 6 mm 為標準。

表 4.2 桃園大圳灌區土壤一日灌溉需水量對照表 (單位：mm/次)

		第一期作				第二期作			
		輕粘土	粘質壤土	砂質粘壤土	砂質壤土	輕粘土	粘質壤土	砂質粘壤土	砂質壤土
日水深	自插秧完 30 天內	7.2	7.6	8.1	10.1	7.6	8.1	8.4	10.8
	自插秧完 31 天候	6.0	6.4	6.7	8.4	6.4	6.7	7.0	9.0

4.2 有效雨量模式建立

「計劃有效雨量」定義是依以往之水文資料與灌溉管理方式，於計算「有效雨量」時是依某種可能發生機率推估往後可能發生的有效雨量，即為「計劃有效雨量」。

計劃有效雨量之計算方式目前種類有四種，分別為：

1. 五年平均日雨量法：一般採用每日 30 mm 以下降雨量為有效雨量之預扣方法計算，將連續五年各地日雨量實際紀錄，以日降雨量 30 mm 以下為有效雨量，再累積成各月之有效雨量，取平均值做為各月之平均有效雨量。
2. 月平均雨量百分比法：以歷年各月平均雨量之百分比計算，通常以 60% 計算，但以不超過 180 mm 為限，此法雖計算簡便，但未考慮降雨時間分佈，較不精確。
3. 二十年第四枯水月法：以過去 20 年間每月有效雨量之第四枯水月值為計劃有效雨量，亦即過去 20 年間每月之倒數第四位月有效雨量為計劃月有效雨量值。桃園農田水利會便採用此法，此法亦有計算簡便之優點，但易發生某些月份之有效雨量值偏小。此法並無考慮統計分佈型態，但已略具機率觀念，「二十年第四枯水月」相當於發生機率為 80%。
4. 機率分佈法：亦是本研究討論所採用之方法，由各雨量站紀錄之

日降雨量，計算各灌區日有效雨量，再累積成月有效雨量；然後依據各雨量站各年之有效雨量以伽瑪機率分佈或常態分佈對不同月進行分析，以獲得不同發生機率之計劃月有效雨量。

本研究是以 20 年月有效雨量檢驗常態分佈與伽瑪分佈發生機率 75% 為計算有效雨量值，其中常態分佈與伽瑪分佈公式如下：

1. 常態分佈：依統計學理論常態分佈之函數為

$$n(x; \mu, \sigma) = \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \right) e^{-\frac{1}{2} \left[\frac{(x-\mu)}{\sigma} \right]^2}, \quad -\infty < X < \infty$$

$\pi = 3.14159$; $e = 2.71828$

要求某一值不發生機率小於 25%，即將上式積分

$$P(X_1 < X_2 < X_3) = \int_{X_1}^{X_3} n(x; \mu, \sigma) dx = \int_{X_1}^{X_3} \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \right) e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x-\mu}{\sigma} \right)^2} dx = 25\%$$

所謂不發生機率小於 25% 亦即是發生機率大於 75%。故可利用上式求出計劃月有效雨量之值。

2. 伽瑪分佈：依統計學理論常態分佈之函數為

$$\text{當 } x > 0 \text{ 時 } F(x) = \left(\frac{1}{\Gamma(k)} \right) x^{(k-1)} e^{-x/\theta}$$

$$\text{當 } x = \text{elsewhere} \text{ 時 } F(x) = 0$$

$$\text{又當 } k > 0 \text{ 及 } \theta > 0$$

伽瑪函數(Gamma function)

$$\Gamma(k) = \int_0^{\infty} x^{(k-1)} e^{-x} dx \quad 0 < x < \infty$$

$k > 0$ 利用 integrating by parts 可算出 $\Gamma(k)$ 之值

$$\text{當 } x > 0 \quad (x) = (x-1) \quad (x-1)$$

$$\text{當 } x = n \quad (n) = (n-1) !$$

$$P(X_1 < X_2 < X_3) = \int_0^{\infty} F(x) dx = \int_0^{\infty} (1 - e^{-x})^2 e^{-x} dx$$

$$dx = 25\%$$

$$\mu = \quad ; \quad \sigma^2 = \quad^2$$

同樣亦可以依照其不發生機率 25%，再利用上式計算出計劃月有效雨量之值。

當以二十年第四枯水月法、機率分佈法計算出有效雨量時，需要一方法選擇最佳值為有效雨量，常用之統計試驗方法有兩種包括 Chi-Square 與 Kolmogorov-Smirnov 試驗法，本研究採用 Chi-Square 來檢定 20 年月有效雨量檢驗常態分佈與伽瑪分佈發生機率 75% 作為計劃月有效雨量之值，用以判定月有效雨量之值適用於那一種分佈。

Chi-Square 方法：

設某種隨機變數有 n 個觀測樣本值，Chi-Square 適合度試驗，便是比較 k 個區域內，觀測值所產生之機率 $n_1, n_2, n_3, \dots, n_k$ ，與假設的理論機率分佈，在同樣區間內所產生之機率 $e_1, e_2, e_3, \dots, e_k$ 。此種比較是否密合，可是下列之隨機變數之分布情形而定

$$X_i^2 = \sum_{i=1}^k ((n_i - e_i))^2 / e_i \quad \text{當 } n \rightarrow \infty \quad \text{時，上述隨機變數成 Chi-Square } (X_i^2) \text{ 分佈，其中 } f = k - 1 \text{ 代表自由度，若理論模式中之參數未知，得}$$

由觀測資料來推定時，上式之敘述仍能成立，僅需將自由度之數目減
需要推定之未知數參數之個數。

以此為基礎，若某依假設的機率模式會使：

$X_r^2 = \sum_{i=1}^k ((n_i - e_i))^2 / e_i < C_{1-\alpha, f}$ 此處 $C_{1-\alpha, f}$ 為 X_r^2 的分佈，在其分
布函數值為 $(1-\alpha)$ 處之值。此假設之理論分佈，在顯著水準
(significance level) α 之下，是可被接受之模式，否則此理論
模式在顯著水準 α 之條件下應被放棄，一般多選用 95% 之信賴區間，
即顯著水準 α 值為 0.05。

用 X^2 試驗來做適合度試驗時，一般均須使 $k \geq 5$ 及 $e_i \geq 5$ ，由以上
自由度 (f) 與顯著水準 (α) 可經由計算得到理論值之 X_r^2 ，比較計
算值之 X_r^2 並據以虛無假設 (null hypothesis) 之成立與否。

- | | |
|-----------------------------|--------|
| X_r^2 (計算) > X_r^2 (理論) | 駁斥虛無假設 |
| X_r^2 (計算) < X_r^2 (理論) | 接受虛無假設 |

我們可藉由 X_r^2 檢定樣品機率分佈與最出虛無假設之分布是否相
符。

4.3 計算模式建立

本研究模式建立包括二部份

1. 20 年每月有效雨量：

是以 20 年之日降雨量經由斷水日數 K ，反求日有效雨量，將日有效雨量累積成月有效雨量。

2. 計劃月有效雨量：

分析 20 年月有效雨量之分佈情形，依照其分佈型態找出最適合分佈，依其最適合發生機率 75%時求算計劃月有效雨量，並繪出所有分佈型態，讓使用者瞭解三種分析方式其計劃月有效雨量值之差異。

我們瞭解要寫計算模式，必先瞭解我們要尋求問題解答之方法，步驟，解析過程，所以我們先行劃出流程圖，是以圖 4.1 桃園大圳灌區降雨日數、雨量與斷水日數關係表作為依據，並在計算出月有效雨量後，利用 Chi-Square 檢定是常態分佈、還是迦瑪分佈是最適合發生機率 75%時，求算計劃月有效雨量。

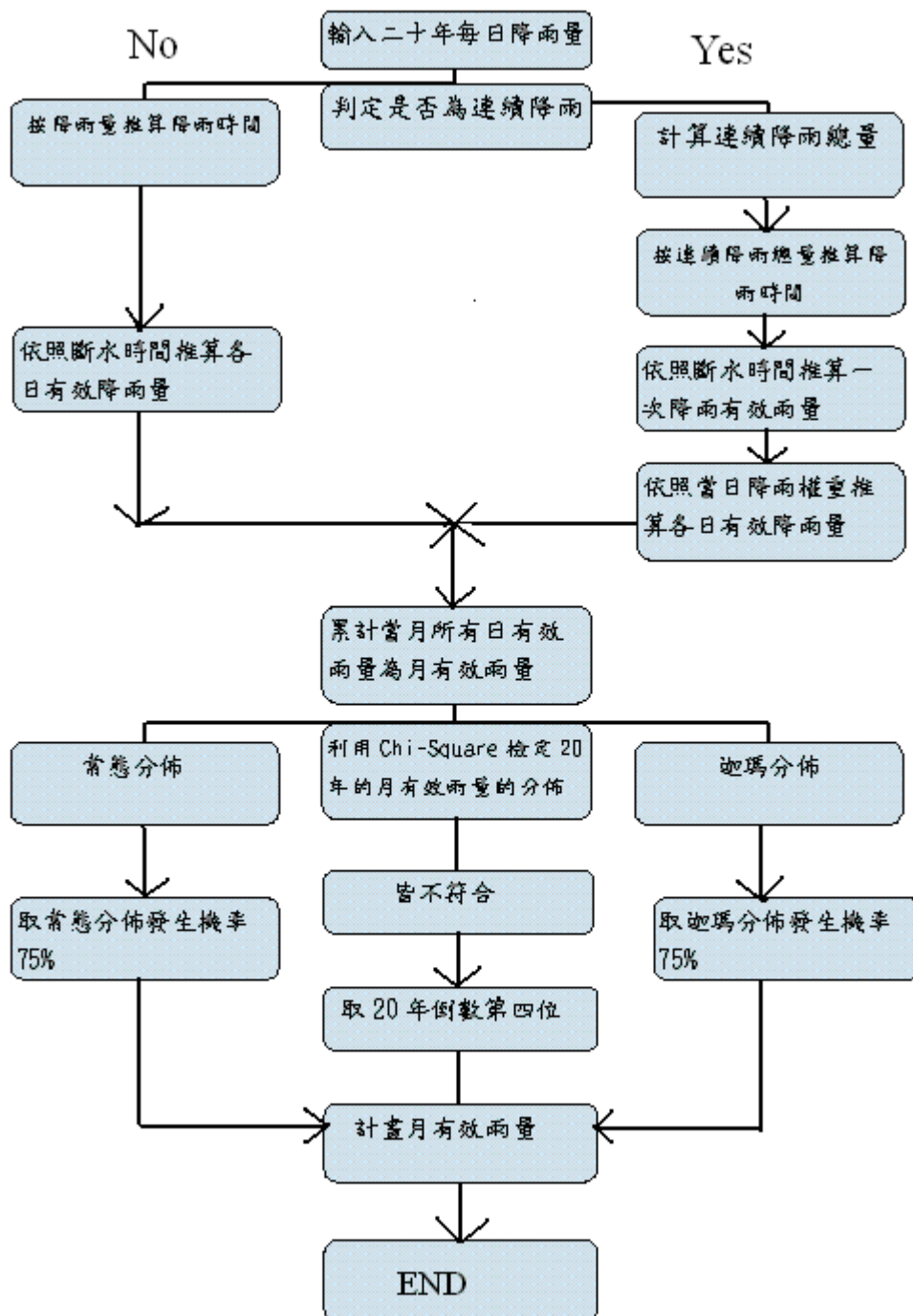


圖 4.1 計畫月有效雨量計算流程圖

4.4 模式分析結果

表 4.3 模式分析 1~6 月之計劃有效雨量值

一月	桃園 A0	大竹 B0	大園 C0	大崙 D0	草漯 E0	新坡 F0	觀音 G0	新屋 H0	湖口 I0
常態75%	30.7	37.0	31.4	37.9	23.5	42.3	32.8	37.5	27.3
伽瑪75%	28.7	35.5	29.7	36.3	21.5	40.6	31.2	36.1	25.8
倒數25%	32.0	35.0	33.0	43.7	17.5	48.2	31.6	40.0	16.5
最適分佈	G	G	N	G	G	*	N	N	N
計畫雨量	28.7	35.5	31.4	36.3	21.5	48.2	32.8	37.5	27.3
二月	桃園 A0	大竹 B0	大園 C0	大崙 D0	草漯 E0	新坡 F0	觀音 G0	新屋 H0	湖口 I0
常態75%	45.6	41.5	43.4	47.1	38.2	45.1	39.0	39.3	39.2
伽瑪75%	42.0	37.8	39.8	43.5	34.7	41.5	35.5	35.8	35.6
倒數25%	22.0	17.5	23.0	41.5	28.5	25.7	22.5	23.7	18.8
最適分佈	N	N	N	N	N	N	N	N	N
計畫雨量	45.6	41.5	43.4	47.1	38.2	45.1	39.0	39.3	39.2
三月	桃園 A0	大竹 B0	大園 C0	大崙 D0	草漯 E0	新坡 F0	觀音 G0	新屋 H0	湖口 I0
常態75%	91.8	94.0	80.0	97.1	77.0	93.9	82.9	93.8	80.2
伽瑪75%	90.2	92.4	77.9	95.3	74.5	91.9	81.1	91.9	78.1
倒數25%	93.4	95.0	76.0	96.0	75.0	91.0	79.5	87.5	78.0
最適分佈	G	N	G	G	G	N	*	*	*
計畫雨量	90.2	94.0	77.9	95.3	74.5	93.9	79.5	87.5	78.0
四月	桃園 A0	大竹 B0	大園 C0	大崙 D0	草漯 E0	新坡 F0	觀音 G0	新屋 H0	湖口 I0
常態75%	65.0	64.0	55.2	68.1	56.5	66.8	57.0	65.7	58.4
伽瑪75%	61.5	60.8	52.0	65.1	53.1	63.9	53.8	62.6	55.0
倒數25%	57.0	57.0	51.0	63.0	46.5	58.0	50.0	51.5	42.3
最適分佈	N	G	G	*	G	G	G	N	G
計畫雨量	65.0	60.8	52.0	63.0	53.1	63.9	53.8	65.7	55.0
五月	桃園 A0	大竹 B0	大園 C0	大崙 D0	草漯 E0	新坡 F0	觀音 G0	新屋 H0	湖口 I0
常態75%	73.9	70.5	60.6	73.0	70.4	70.2	73.1	67.7	64.8
伽瑪75%	71.3	67.9	57.2	70.3	67.4	67.3	70.3	64.8	62.1
倒數25%	81.6	59.5	56.0	76.0	60.5	66.5	72.0	66.5	46.0
最適分佈	N	N	*	N	N	N	N	G	N
計畫雨量	73.9	70.5	56.0	73.0	70.4	70.2	73.1	64.8	64.8
六月	桃園 A0	大竹 B0	大園 C0	大崙 D0	草漯 E0	新坡 F0	觀音 G0	新屋 H0	湖口 I0
常態75%	60.4	50.3	44.2	54.4	52.4	50.4	52.3	56.0	55.1
伽瑪75%	57.0	47.1	41.8	51.8	50.6	48.2	50.1	53.9	52.7
倒數25%	47.0	45.0	33.0	47.5	47.0	46.5	37.0	54.0	54.0
最適分佈	G	*	G	*	G	N	G	G	G
計畫雨量	57.0	45.0	41.8	47.5	50.6	50.4	50.1	53.9	52.7

表 4.4 模式分析 7~12 月之計劃有效雨量值

七月	桃園 A0	大竹 B0	大園 C0	大崙 D0	草漯 E0	新坡 F0	觀音 G0	新屋 H0	湖口 I0
常態75%	44.2	33.1	25.0	32.1	22.4	27.1	20.7	25.0	30.8
伽瑪75%	41.4	30.7	22.9	30.0	20.6	25.1	18.9	22.9	28.8
倒數25%	15.0	16.7	16.8	23.4	15.5	27.0	6.1	24.0	33.0
最適分佈	N	N	N	N	N	N	N	*	G
計畫雨量	44.2	33.1	25.0	32.1	22.4	27.1	20.7	24.0	28.8
八月	桃園 A0	大竹 B0	大園 C0	大崙 D0	草漯 E0	新坡 F0	觀音 G0	新屋 H0	湖口 I0
常態75%	57.2	38.2	29.9	39.4	33.5	37.3	32.6	38.1	29.3
伽瑪75%	54.5	35.4	27.2	36.6	30.9	34.4	30.1	35.1	26.4
倒數25%	66.0	33.0	7.6	27.0	30.5	38.3	30.7	27.0	27.0
最適分佈	N	N	N	N	G	G	G	N	G
計畫雨量	57.2	38.2	29.9	39.4	30.9	34.4	30.1	38.1	26.4
九月	桃園 A0	大竹 B0	大園 C0	大崙 D0	草漯 E0	新坡 F0	觀音 G0	新屋 H0	湖口 I0
常態75%	53.1	49.9	40.5	46.3	39.9	46.0	41.5	46.2	42.7
伽瑪75%	50.1	46.9	38.0	43.1	37.1	43.4	38.5	43.2	40.1
倒數25%	46.1	45.0	41.2	38.9	33.0	46.4	45.0	45.0	39.0
最適分佈	G	G	N	G	G	N	G	G	G
計畫雨量	50.1	46.9	40.5	43.1	37.1	46.0	38.5	43.2	40.1
十月	桃園 A0	大竹 B0	大園 C0	大崙 D0	草漯 E0	新坡 F0	觀音 G0	新屋 H0	湖口 I0
常態75%	21.4	18.0	13.1	21.8	12.7	15.6	14.1	16.4	12.3
伽瑪75%	19.7	16.4	11.7	20.1	11.5	14.0	12.8	14.9	11.0
倒數25%	19.8	19.4	11.1	21.1	6.0	9.5	10.5	16.5	7.0
最適分佈	G	G	G	G	N	G	G	G	G
計畫雨量	19.7	16.4	11.7	20.1	12.7	14.0	12.8	14.9	11.0
十一月	桃園 A0	大竹 B0	大園 C0	大崙 D0	草漯 E0	新坡 F0	觀音 G0	新屋 H0	湖口 I0
常態75%	12.7	13.4	11.5	14.4	7.9	16.8	12.2	11.7	7.2
伽瑪75%	11.4	12.1	10.2	12.9	7.1	15.4	10.9	10.4	6.4
倒數25%	7.0	6.0	6.0	6.0	0.0	14.0	6.0	6.0	0.0
最適分佈	G	G	G	N	N	G	N	N	G
計畫雨量	11.4	12.1	10.2	14.4	7.9	15.4	12.2	11.7	6.4
十二月	桃園 A0	大竹 B0	大園 C0	大崙 D0	草漯 E0	新坡 F0	觀音 G0	新屋 H0	湖口 I0
常態75%	20.3	18.4	19.7	26.6	14.8	24.2	16.1	20.5	13.6
伽瑪75%	18.7	16.6	18.1	24.7	13.4	22.4	14.7	18.9	12.3
倒數25%	10.5	8.5	7.6	18.0	12.0	51.0	38.3	42.5	25.5
最適分佈	N	*	N	N	N	*	*	*	*
計畫雨量	20.3	8.5	19.7	26.6	14.8	51.0	38.3	42.5	25.5

表 4.5 模式分析計劃有效雨量值與王心怡研究計劃有效雨量（3月~10月）值比較

雨量站	桃園雨量站	大竹雨量站	大園雨量站	大崙雨量站	草仔雨量站	新坡雨量站	雙管雨量站	新園雨量站	湖口雨量站
A.本研究之計畫有效雨量	456.6	404.6	334.8	413.5	351.7	480	368.6	391.3	356.8
B.王心怡研究之計畫有效雨量	523.6	474	434.9	445.2	485	426.4	416.2	450.9	408.4
差異值 (A-B)/A	-0.13	-0.17	-0.30	-0.08	-0.15	-0.07	-0.13	-0.15	-0.14

表 4.6 模式分析計劃有效雨量值與桃園農田水利會計劃有效雨量（3月~11月）值比較

雨量站	桃園雨量站	大竹雨量站	大園雨量站	大崙雨量站	草仔雨量站	新坡雨量站	雙管雨量站	新園雨量站	湖口雨量站
A.桃園水利會計畫有效雨量	474.5	385.6	329.8	375.2	352	333.3	330.3	370.7	366.7
B.本研究之計畫有效雨量	468	417	345	427.9	359.6	415.4	370.8	403	363.2
差異值 (B-A)/B	-0.01	0.08	0.05	0.14	0.02	0.25	0.12	0.09	-0.01

討論： 1.由表 4.5 本研究模式分析計劃有效雨量值與王心怡研究計劃有效雨量（3月~10月）值比較：因使用相同之模式分析，但模式分析所採用之時間不同本研究分析採用（1984~2003）有效雨量值，而王心怡研究分析採用（1975~1994）有效雨量值做比較，但由其差異值可知王心怡研究計劃有效雨量各雨量站均大於本研究分析值，原因是因為近十年（1994~2003）降雨量減少使有效雨量估計值也減少之原因。由差異值 $((A-B)/A)$ （註 1）可知大園灌區等降雨量近十年（1994~2003）降雨量減少，使有

些雨量站的有效雨量減少比例高達百分之三十。

2. 模式分析計劃有效雨量值與桃園農田水利會計劃有效雨量（3月~11月）值比較差異不大（其中桃園農田水利計劃有效雨量計算方法是以二十年第四枯水月法），其差異值（註2）其中以大崙、新坡雨量站差異較大，可能是因為雨量站彼此距離關係，所造成之影響。

註1：A代表本研究模式分析計劃有效雨量值，B代表王心怡研究計劃有效雨量。

註2：A代表桃園農田水利會計劃有效雨量，B代表本研究模式分析計劃有效雨量值。

第五章 區域平均有效雨量計算方法及應用

5.1 逐步切分技巧快速計算徐昇多邊形法權重介紹

平均有效雨量之計算對於農田灌溉是重要之資料，因為降雨隨地形、空間、與時間分布不同造成區域降雨量差異，而計算平均降雨量方法一般有四種方法推算區域之平均降雨量。其中包括算術平均法 (Arithmetical averaging method)、徐昇多邊型法 (Thiessen polygons method)、高度平衡多邊型法 (Height-balance polygons method) 及等雨量線法 (Isohyetal method) 等，各種方法有各種方法之優缺點，本研究採用謝錦志³改良自徐昇多邊型法之逐步切分技巧快速計算徐昇多邊形法權重 (Fast calculating the weight of Thiessen polygons method by continuous divided scheme) 以計算平均降雨量。我們知道徐昇多邊型法常被用以推估流域平均降雨量，若以傳統方式人工手繪多邊形網後，再量算各控制權重；當雨量站增減時，則必須重新繪製多邊形網，重新量算各控制權重，讓研究變成複雜而無效率。本研究使用之方法依最接近之原則，以逐步切分技巧劃分出各雨量站之控制區域，並可得其權重正解，進而容易推估區域平均降雨量。本法有匯集上述各法之優點，如計算快速方法簡易，避免三角型外心錯置等優點。

逐步切分技巧快速計算徐昇多邊形法權重：

1. 切分方法說明：依最接近雨量站之原則，為便於說明切分方法，假定目前流域僅二雨量站存在，如圖 5.1 所示，其中 A 點為欲計算控制面積之待求雨量站，而 B 點為任一相鄰之雨量站，外圍繞之實線為流域之邊界；連接 AB 線段取其中垂線並交於流域邊界 P、Q 兩點，其中等分垂點為 M 點。最後將流域由 PQ 線段切分而下，則圖 5.1 中交叉格線之區域就為待求雨量站 A 點所控制。
2. 切分方法計算程序：上述切分方法只是觀念上之說明，必須轉化成可用以計算之程序才具實質用處。茲先定義圖 5.1 中交叉格線之區域為 S 集合，由圖 5.1 中 PQ 線段為 AB 線段之等分垂線之關係，可發現屬於 S 集合之流域邊界點，其距 A 點較近而距 B 點較遠，另 P、Q 兩點則恰距 A、B 二點相等之距離，據此，可依序計算流域各邊界點與 A、B 二點之距離，若判定邊界距離距 A 點較近，則納入 S 集合，反之則排除，但若前後相鄰二邊界點屬於納入及排除 S 集合時，如圖 5.1 中 5,6 二邊界點，則找出該邊界線段距 A、B 二點相等距離 Q 點，同理亦可找出途中之 P 點，完成後可得 S 集合內之邊界點依序為 (1, 2, 3, 4, 5, Q, P, 16, 17, 18, 19, 1) 其中最後回到點

1 係為將邊界封閉之用，可避免遺漏。

3. 逐步切分技巧：

將前述待求雨量站 A 點目前所控制區域之邊界 集合作為新的流域邊界，並保留待求雨量站 A 點，然後以其餘相鄰雨量站為 B 點，依前述切分方法再切分一次。

重複此步驟逐步切分，直到所有其餘相鄰雨量站 B 點加入執行完成，最後如圖 5.1 之交叉格線之區域，即為待求雨量站 A 點之控制區域；並可簡單以行列式法求其控制面積，再除以區域總面積得權重，其餘各雨量站同上述逐步切分過程，則可求出所有雨量站控制面積極權重。

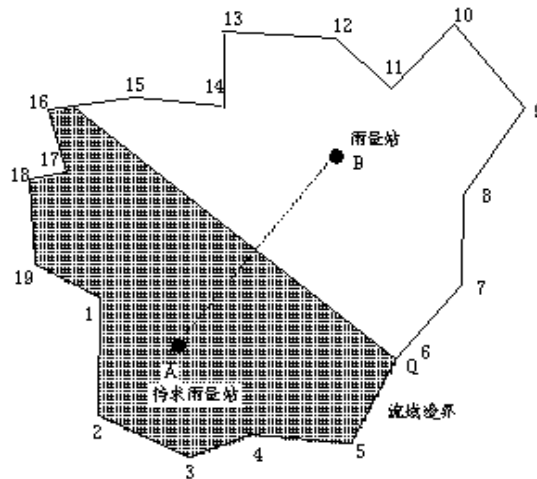


圖 5.1 切分方法說明示意圖

5. 方法驗證：正六邊形如圖 5.2 假定區域形狀為半徑 2 之正六邊形，而雨量站共有六站，分別於六個頂點，其各雨量站控制區域正解簡單可知，將是以正中心劃分而成之相同菱鑽扇形，所得結果如表 5.1 所示，顯示各雨量站控制面積之結果正確。

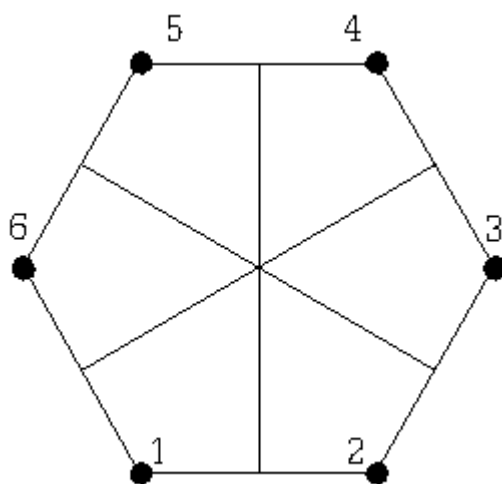


圖 5.2 正六邊形範例圖

表 5.1 正六邊形範例所控制面積結果

雨量站編號	控制面積	權重%
1	1.732	16.67
2	1.732	16.67
3	1.732	16.67
4	1.732	16.67
5	1.732	16.67
6	1.732	16.67

5.2 桃園大圳灌區之應用

長久以來水利會對於雨量資料之處理是以每一灌區之工作站所在位置之雨量計所量測之雨量代表為該灌區之降雨量，另外工作站之雨量計所量測之雨量是該點的雨量。就降雨分佈情形討論，此並非能代表該區域雨量值，更何況每一工作站區域形狀不規則，工作站位置也不一定在該區域之中心；故本研究對各灌區之降雨量權重新做計算分配，使水利會有更精確降雨量來估算各灌區之有效雨量。

首先必須先將桃園農田水利會灌溉區域圖座標化，將工作站(亦即是雨量站)之位置藉 GPS 定位，到各工作站取得座標後標定於桃園農田水利會灌區上，以上作業均在 AutoCAD2004 上作業，因為要使用逐步切分技巧快速計算徐昇多邊形法權重之方法作業環境必須劃中垂線，求面積等程序，在 AutoCAD2004 環境上作業能夠較精確。原本研究是要採用徐昇多邊型法 (Thiessen polygons method) 計算平均雨量 (如圖 5.3)，但因工作站位置灌區呈長條狀閉合不易，要畫出各工作站權重面積有困難，使用逐步切分技巧快速計算徐昇多邊形法權重之則方法較容易，也能清楚畫出各工作站權重面積所繪製之各雨量站權重面積成果圖 (如圖 5.4)。

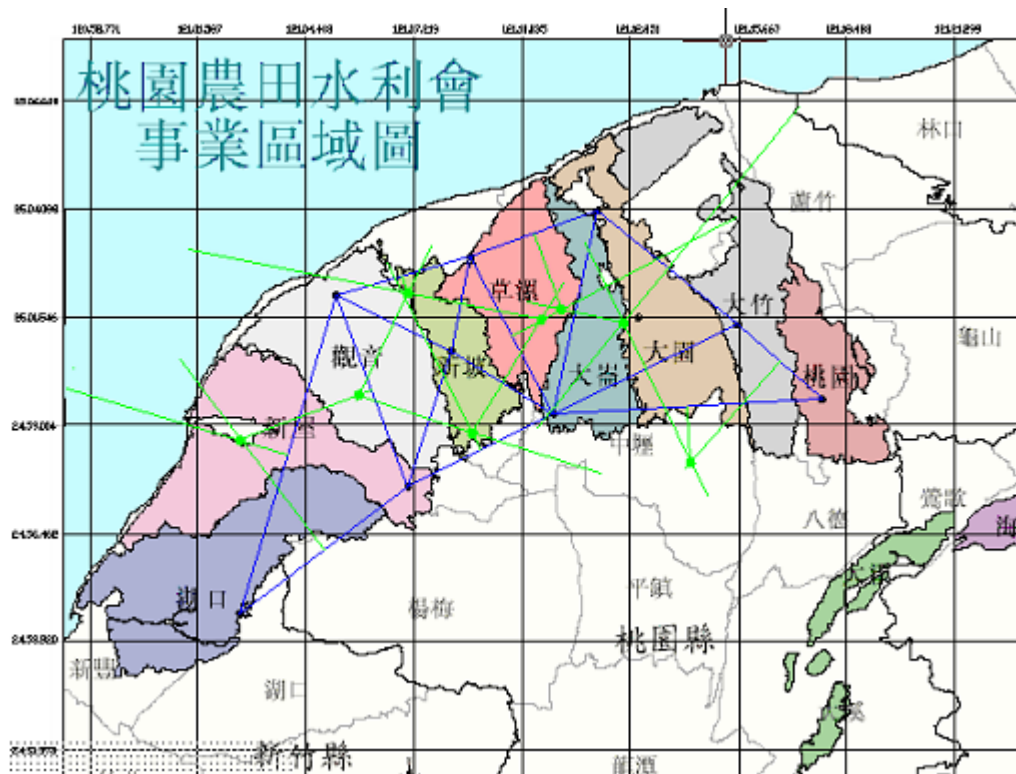


圖 5.3 採用徐昇多邊型法計算平均雨量權重

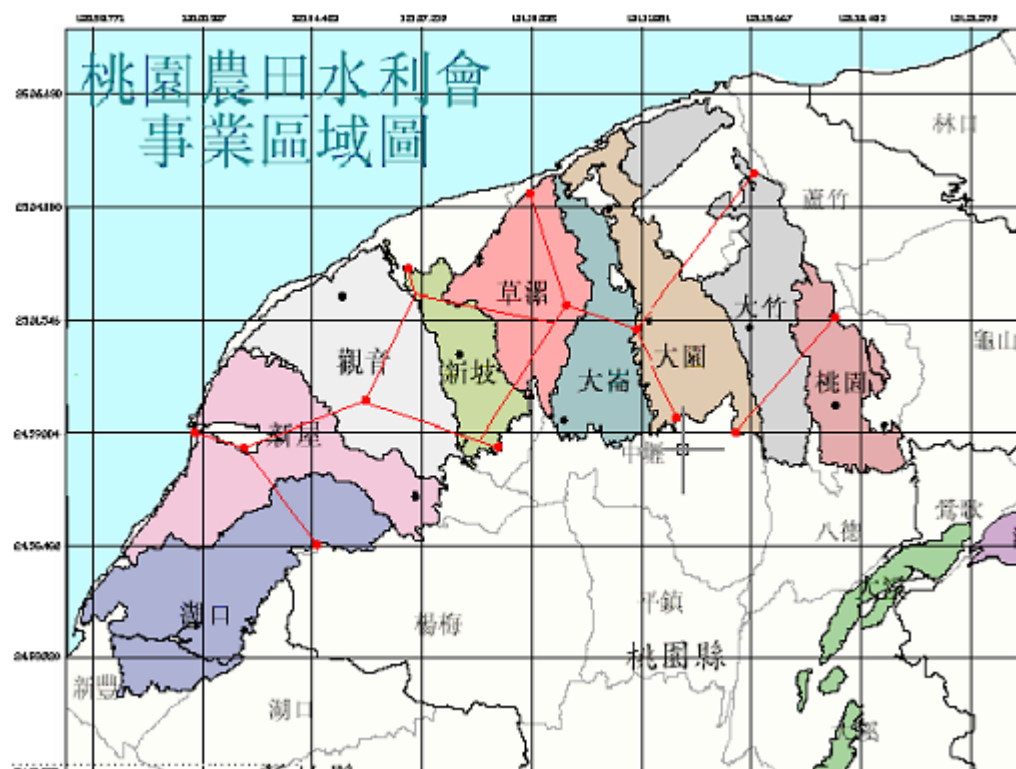


圖 5.4 使用逐步切分技巧快速計算徐昇多邊形法權重之方法所繪製

之各雨量站權重面積

表 5.2 修正有效雨量權重新分配表

雨量站	包含區域	面積(公頃)	總面積(公頃)	權重	原有效雨量(mm)	修正有效雨量(mm)
桃園雨量站	桃園灌區	1760.34	2523.55	0.697565	468	363.53
	大竹灌區	684.44		0.271221		
	大園灌區	78.77		0.031214		
大竹雨量站	桃園灌區	414.51	4661.96	0.088913	417	428.36
	大竹灌區	2266.2		0.486105		
	大園灌區	1981.25		0.424982		
大園雨量站	大竹灌區	1106.09	3865.08	0.286175	345	351.45
	大園灌區	1254.16		0.324485		
	大崙灌區	884.99		0.228971		
	草漯灌區	619.84		0.160369		
大崙雨量站	大園灌區	299.8	2690.42	0.111432	427.9	347.93
	大崙灌區	1690.9		0.628489		
	草漯灌區	491.53		0.182696		
	新坡灌區	208.19		0.077382		
新坡雨量站	草漯灌區	480.09	2917.96	0.164529	415.4	279.36
	新坡灌區	1334.72		0.457415		
	觀音灌區	1103.15		0.378055		
草漯雨量站	草漯灌區	1503.55	1709.29	0.879634	359.6	518.16
	新坡灌區	205.74		0.120366		
觀音雨量站	觀音灌區	2703.28	3938.77	0.686326	370.8	513.65
	新坡灌區	22.72		0.005768		
	新屋灌區	1212.77		0.307906		
新屋雨量站	觀音灌區	966.14	3820.32	0.252895	403.8	397.07
	新坡灌區	102.38		0.026799		
	新屋灌區	1710.01		0.447609		
	湖口灌區	1041.79		0.272697		
湖口雨量站	新屋灌區	1656.46	5889.31	0.281265	363.2	371.159
	湖口灌區	4232.85		0.718734		

表 5.3 模式分析權重重新分配計劃有效雨量值與桃園農田水利會

計劃有效雨量值比較

各工作站權區	桃園	大竹	大園	大崙	草漯	新坡	觀音	新屋	湖口	合計
A. 桃園水利會計畫有效雨量(mm)	474.5	385.6	329.8	375.2	352	333.3	330.3	370.7	366.7	
B. 本研究之計畫有效雨量(mm)	468	417	345	427.9	359.6	415.4	370.8	403	363.2	
C. 本研究重新分配之計畫有效雨量(mm)	363.5	428.4	351.5	347.9	518.2	279.4	513.7	397.1	371.2	
D. 桃園水利會計畫有效雨量與新屋雨量(mm)	32.2	48.9	37.2	30.2	34.0	19.5	49.2	53.0	60.4	364.7
E. 本研究重新分配之計畫有效雨量與新屋雨量(mm)	24.7	54.3	39.7	28.0	50.1	16.4	76.6	56.8	61.2	407.6
差異值(1)=(B-A)/B. (未分配)	-0.01	0.08	0.04	0.12	0.02	0.20	0.11	0.08	-0.01	
差異值(2)=(C-B)/C. (已分配)	-0.31	0.10	0.06	-0.08	0.32	-0.19	0.36	0.07	0.01	

討論：模式分析計劃有效雨量值及重新分配之計劃有效雨量值與桃園農田水利會使用之二十四枯水月法數值比較，各雨量站差異較大，在經權重重新分配後以桃園、草漯、觀音、及新坡雨量站差異較大，可能是因為雨量站彼此距離關係所造成之影響。

差異值（1）未分配：代表以模式分析權重所計算出之計畫有效雨量與桃園農田水利會使用之二十年第四枯水月法數值比較所得之差異值。

差異值（2）已分配：代表以模式分析權重所計算出之計畫有效雨量再經逐步切分技巧快速計算徐昇多邊形法權重之方法重新分配之月計畫有效雨量與未分配月計畫有效雨量之差異值。

第六章 結論與建議

6.1 結論

1. 經校正檢測除新屋工作站外，各工作站累積年雨量曲線圖斜率近乎直線並無需校正。後經查新屋工作站確於 1994 曾經搬遷，兩地相距約 3 公里，故雨量數據斜率產生轉折需將以前雨量值進行校正，1994 年以前雨量值需乘以校正係數 1.02。
2. 由討論可以發現，除桃園工作站灌區外，其他八個工作站灌區年平均降雨量趨勢線均逐年減少，越往南區逐漸減少，由東向西亦逐漸減少，區域降雨日數趨勢線亦逐年減少，而其中大竹、大園、大崙、新坡、新屋、湖口等工作站灌區一年中日降雨量 $>50\text{mm}$ 之日數增加，代表降雨產生極端化（豪大雨），對農業是非常不利。因為這種現象代表雨量分佈極不平均，此種現象可能與全球氣候變遷有關，也印證大環境氣候變化會影響小區域降雨變化。另外考量對桃園大圳末端地區如湖口新屋地區更需增加灌溉用水，以彌補降雨量之減少。
3. 在有效雨量方面，桃園農田水利會所採用之現行以逐日推估法求出當月之有效雨量，再以 20 年第四枯水月法決定之月有效雨量值，與本研究是以 20 年月有效雨量檢驗常態分佈與迦瑪分佈發生機率 75% 為計算有效雨量值相近，僅在大崙、

新坡、觀音工作站有較大之差異，其餘各工作站差異很小，代表桃園農田水利會所採用之方法簡便務實有效。

6.2 建議

1. 建議桃園農田水利會能重視雨量資料之量測，及各工作站之雨量計能依世界氣象組織規定安置於平地上，以求得較精確之量測。
2. 對於全球氣候轉變遷影響桃園大圳灌區，降雨產生兩極化現象，桃園農田水利會應對用水灌溉提出對策。
3. 對有效雨量能多方研究，始能更精確估算有效雨量，以提高用水效率。
4. 建議桃園農田水利會能採用本研究所計算出各雨量站修正權重面積，來修正月計劃有效雨量。

參考文獻

1. 陳獻，「有效雨量之估算」，中國農業工程學會特刊第五號，1979年。
2. 林龍海、蔡西銘、陳獻、王心怡，「桃園大圳灌區有效雨量之檢討與應用」，財團法人桃園農田水利研究發展基金會研究報告，1999年。
3. 王心怡，「桃園大圳灌區有效雨量實用模式之研究及其應用」，中原大學土木工程研究所碩士論文，1999年。
4. 王如意、易任，「應用水文學上冊」，國立編譯館，1982年。
5. 桃園農田水利會，「72~93年度灌溉計劃書」。
6. 陳獻、蔡西銘、陳豐文、陳靖薇，「水田有效雨量推估模式建立及其應用研究-以石門大圳灌區為例」，水資源管理 2002 研討會。
7. 謝錦志，「逐步切分技巧快速計算徐昇多邊形法權重」，水利雜誌 12 期。