

南華大學科技學院永續綠色科技碩士學位學程

碩士論文

Master Program of Green Technology for Sustainability

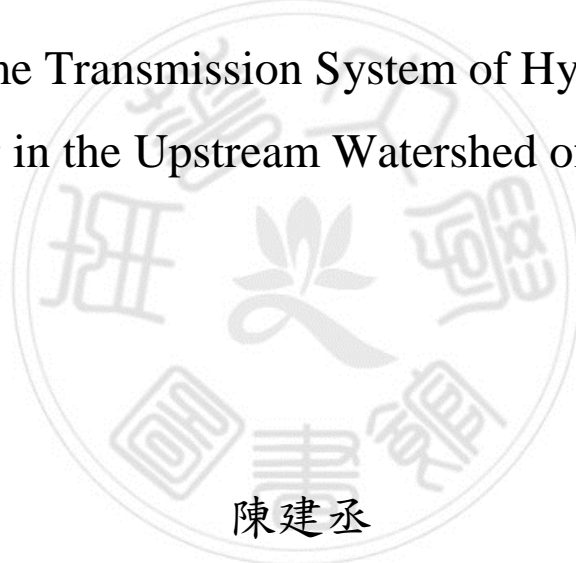
College of Science and Technology

Nanhua University

Master Thesis

臺北市上游水文觀測即時傳輸系統建立之研究

Real-Time Transmission System of Hydrological
Monitoring in the Upstream Watershed of Taipei City



陳建丞

Chien-Cheng Chen

指導教授：洪耀明 博士

Advisor: Yao-Ming Hong, Ph.D.

中華民國 108 年 6 月

June 2019

南華大學
(永續綠色科技碩士學位學程)
碩士學位論文

臺北市上游水文觀測即時傳輸系統建立之研究
Real-Time Transmission System of Hydrological Monitoring in
the Upstream Watershed of Taipei City

研究生：陳建丞

陳建丞

經考試合格特此證明

口試委員：

陳拓青

洪耀明

吳輝龍

指導教授：

洪耀明

系主任(所長)：

洪耀明

口試日期：中華民國 108 年 6 月 26 日

誌謝

在高職電子科畢業後，經高職同學的介紹下與該名同學一起到壓克力廣告招牌公司上班，在廣告招牌公司上班深感本身學歷僅高職畢業略有不足，且經家人的鼓勵，有再往上一層樓學歷邁進的想法；然對高職所學電子修護群這門學科並不感興趣，故想要尋求另類學科的新知識及技能，因此選擇了建築這門學科；亦對本門學科產生了興趣，再加上高職同學陳世雄的建議；故一同邁進腳步去報考了夜二專的建築科，但因對建築相關應考科目完全的不了解，可想而知我落榜了，因此在隔年就先報名了建築科考前衝刺補習班，也認真的上了約莫四個月下班後的的時間，於隔年再度報考北區夜二專的聯招，此時我順利考進了當年的華夏工專(華夏科技大學前身)的建築科營建管理組。

時任華夏工專建築科營建管理組之班導師謝百鈞博士及授課老師邱銓城博士等各科目指導老師的熱心指導下，終於順利地修得所需畢業學分門檻並順利取得了二專的學歷。

經過數年之後發覺本身所學的知識及經驗顯有不足，此時在好友藍平政提議相約一起去報考當時的中華技術學院(中華科技大學前身)，故又提起勇氣報名了中華技術學院獨立招生的二技學程，亦順利考取該校的土木科，經由各科目指導老師的熱心指導下，亦順利取得了二技的學歷及土木工程的相關知識。

在好友顏浚丞技師的介紹下，即相約陳茂誠、陳清煥、陳美如及陳威霖等好友，先行修讀南華大學水土保持技師考照學分班，在此同時間內於工作及照顧親人的壓力之下，造成許多學習上的種種困難及窒礙難行的困擾，後經家人、親友及眾多好友同學的鼓勵及協助下，得以在研習完所有報考水保技師之學分後，於同時間在

顏浚丞、陳茂誠、陳清煥、陳美如及陳威霖等好友皆有共同往碩士班研讀的默契下即繼續往碩士學位攻讀，在經過悠悠漫長的學習及研究撰寫論文時間，亦在此鳳凰花開的畢業期間、本研究論文終於得以順利完成，於此除衷心感謝指導教授洪耀明博士及水保班的諸位指導老師在課業及研究上的悉心教導與觀念的啟迪，讓我習得了有關水土保持及永續綠色科技的相關知識及技能，於論文口試時承蒙吳輝龍博士及陳柏青院長對本論文研究內容詳加且無私的經驗傳承及不吝藏私的指正及對本論文指導，讓此論文得以完成，在此學生陳建丞獻上百分百最誠摯的心，向各位指導老師和相互扶持的向各位同學深深的一鞠躬，並抱持感謝及感恩說聲謝謝。



中文摘要

集水區上游水文觀測資料，可應用於下游水文量體預測及早期洪水預報之用，本研究以臺北市上游山坡地為例，建立集水區降雨、水位及水量觀測系統。首先於河道已設置量水堰之處，設置水位計，並利用嵌入式系統，做資料之即時儲存，透過太陽能供電，再以無線網路將資料回傳至基地台，於基地台設置資料庫進行資料即時儲存，並與現有臺北市雨量站進行資料整合，撰寫展示介面，提供即時展示功能。本即時系統建立後，提供雨量、水位及流量之即時及歷史資訊，透過使用者介面，讓使用者可以做資料之查詢、下載，並預期未來作為大數據分析之用。

關鍵詞：水文觀測、即時傳輸、大數據分析

ABSTRACT

Hydrological monitoring data in upstream can be used to predict the water level in downstream for the flood forecasting. This study established a rainfall, water level and water quantity monitoring system in the upstream watershed of Taipei City. First, the water level gauge was set up in the river channel, and the embedded system was used to store the observation data, which will transport to the base station via the wireless network. The solar energy was used to supply the power energy. The database system was set up in the base station, so as to store the data and integrate with the existing Rainfall Station in Taipei City. A Graphic User Interface (GUI) was created to display instant data. After the establishment of the real-time system, the real-time and historical information such as rainfall, water level and discharge can be obtained. Through the user interface, users can query/download data and anticipate future use as big data analysis.

Keywords: Hydrological observation, Instant transmission, Big data analysis

目錄

誌謝.....	I
中文摘要.....	III
ABSTRACT.....	IV
目錄.....	V
圖目錄.....	VII
表目錄.....	VIII
第一章 緒論.....	1
1.1 研究動機與目的.....	1
1.2 本文架構.....	2
第二章 文獻回顧.....	4
2.1 即時觀測系統.....	4
2.2 即時觀測系統之水文及水理分析.....	5
2.2.1 集流時間.....	5
2.2.2 集水區流量推估.....	6
2.2.3 無因次單位歷線法.....	7
2.2.4 瞬時歷線法.....	8
2.2.5 單位歷線.....	9
2.2.6 合理化公式.....	10
2.2.7 Kirpich 經驗公式.....	11
第三章 研究方法.....	12
3.1 集水區及觀測站.....	12
3.1.1 山豬窟集水區.....	13
3.1.2 四分溪集水區.....	15
3.1.3 挹翠山莊集水區.....	17
3.1.4 指南溪集水區.....	19
3.2 水文觀測系統建置.....	21

3.3 資料庫	22
3.3.1 各集水區感測器總表及感測器表單	22
3.4 流量網頁展示	27
3.4.1 網頁資料分類	27
3.4.2 數據展示	30
3.4.3 圖形展示	33
3.4.4 資料儲存與備援	34
第四章 結果與討論	36
4.1 即時系統分析	36
4.2 觀測資料分析	36
4.2.1 觀測期程及降雨量	36
4.2.2 集水區流量分析	38
4.3 觀測資料趨勢分析	45
4.4 降雨與流量關係初步探討	48
4.5 綜合討論	49
第五章 結論與建議	50
5.1 結論	50
5.2 建議	52
參考文獻	53

圖目錄

圖 1.1 本研究架構圖.....	3
圖 2.1 三角形單位歷線示意圖.....	6
圖 2.2 無因次單位歷線示意圖.....	7
圖 2.3 ERH 與 DRH 示意圖.....	9
圖 3.1 本研究之各集水區水文觀測站設置地點相關位置圖.....	12
圖 3.2(A) 山豬窟集水區觀測站設置位置圖.....	13
圖 3.2 (B) 山豬窟集水區地形圖.....	14
圖 3.3(A) 四分溪集水區觀測站設置位置圖.....	15
圖 3.3(B) 四分溪集水區地形圖.....	16
圖 3.4(A) 挹翠山莊集水區觀測站設置位置圖.....	17
圖 3.4(B) 挹翠山莊集水區地形圖.....	18
圖 3.5(A) 指南溪集水區觀測站設置位置圖.....	19
圖 3.5(B) 指南溪集水區地形圖.....	20
圖 3.6 觀測系統架構設置圖.....	21
圖 3.7 資料庫正規化說明流程圖.....	23
圖 3.8 感測器資料庫正規化說明流程圖.....	25
圖 3.9 臺北市山坡地水文觀測系統網頁.....	28
圖 3.10 使用者與資料庫關係圖.....	35
圖 4.1 挹翠山莊觀測資料圖.....	46
圖 4.2 四分溪觀測資料圖.....	46
圖 4.3 山豬窟觀測資料圖.....	46

表目錄

表 2.1 逕流係數 C 值的選擇參考表	10
表 3.1 山豬窟集水區地文特性	14
表 3.2 四分溪集水區地文特性	16
表 3.3 挹翠山莊集水區地文特性	18
表 3.4 指南溪集水區地文特性	20
表 3.5 資料庫表單說明	24
表 3.6 資料庫欄位說明	24
表 3.7 集水區感測器資料庫說明表	26
表 3.8 集水區資料庫欄位說明表	26
表 3.9 歷史流量資料表	29
表 3.10 集水區時間水位及最大流量表	33
表 4.1 集水區觀測起始日期表	36
表 4.2 最大降雨量分析	37
表 4.3 觀測期間集水區最大流量表	39
表 4.4 觀測期間集水區最小流量表	40
表 4.5 指南溪集水區無常流水狀況流量期間紀錄表	41
表 4.6 山豬窟集水區無常流水狀況流量期間紀錄表	42
表 4.7 四分溪及挹翠山莊集水區無常流水狀況流量紀錄表	43
表 4.8 指南溪觀測期間月平均流量	44
表 4.9 各集水區月平均流量表	45
表 4.10 集水區地文特性與最大流量特性	47
表 4.11 單位面積流量貢獻度	47
表 4.12 各集水區相關水文資料比較表	47

表 4.13 最大暴雨逕流係數計算48



第一章 緒論

1.1 研究動機與目的

氣候變遷導致暴雨常常發生，並因為上游下雨導致下游淹水，而臺北市人口密集，淹水造成損害更大。為充分瞭解並能即時掌握臺北市上游水文資料於時間及空間上之變化特性趨勢，且能維持長期且持續之觀測資料之即時儲存，透過太陽能供電，再以無線網路將資料回傳至基地台，於基地台設置資料庫進行資料即時儲存，撰寫展示介面，提供即時展示功能。

本研究係以臺北市政府工務局大地工程處(2018)所屬山豬窟、四分溪、挹翠山莊及指南溪等四個集水區水文觀測站之設備，包括自記水位雨量計、自記雨量計等由原本設置的自記地下水位計數位式水文紀錄主機，拼接傾斗式雨量計、水壓式感應器組合而成之水文觀測系統，經由 RS-232 介面於各自記型讀取機讀取及存檔水文觀測相關資料之系統功能，利用現行之 Windows + IIS + PHP + MySQL 為架構，利用網際網路功能網頁之即時更新及查詢功能，以達到簡化水文觀測即時性與速度及方便查詢性的功能。

1.2 本文架構

本文分成五章，其研究架構如圖 1.1 所示，各章之內容簡述如下：

第一章為前言，說明研究動機及研究目的，並概述論文架構。

第二章為文獻回顧，內容包括本研究設定之水文觀測站概述與即時觀測系統水文、水理分析相關之文獻回顧。

第三章為研究方法，本研究以臺北市政府工務局大地工程處所轄臺北市上游之山豬窟、四分溪、挹翠山莊及指南溪四區域集水區為例，並利用水文即時觀測系統（Real-time Monitoring System, RTOS）之建置、MySQL 系統資料庫建立、雨量、水位等即時傳輸系統資料庫之建置、集水區感測器相關須使用之表單設計、觀測資料即時系統網頁功能之展示及查詢、相關即時觀測資料之儲存與備援及水位流量關係建立等方式做為即時觀測資料分析，並可用來觀測期間集水區最大流量、最小流量、月平均流量等來做為降雨與流量關係之建立及集流時間與平均降雨強度分析。

第四章為結果與討論，將目前網際網路及相關觀測儀器，運用在現有的即時觀測系統並回饋相關數據，並藉由研究希望能更簡化相關技術及創新的觀測系統，期許能更準確且迅速的回饋相關觀測資料，以利減低或能更早發現水文差異所造成危害之選擇參考。

第五章為結論與建議，主要將上述各章之結果進行綜合歸納，並提出未來可以繼續研究之方向。

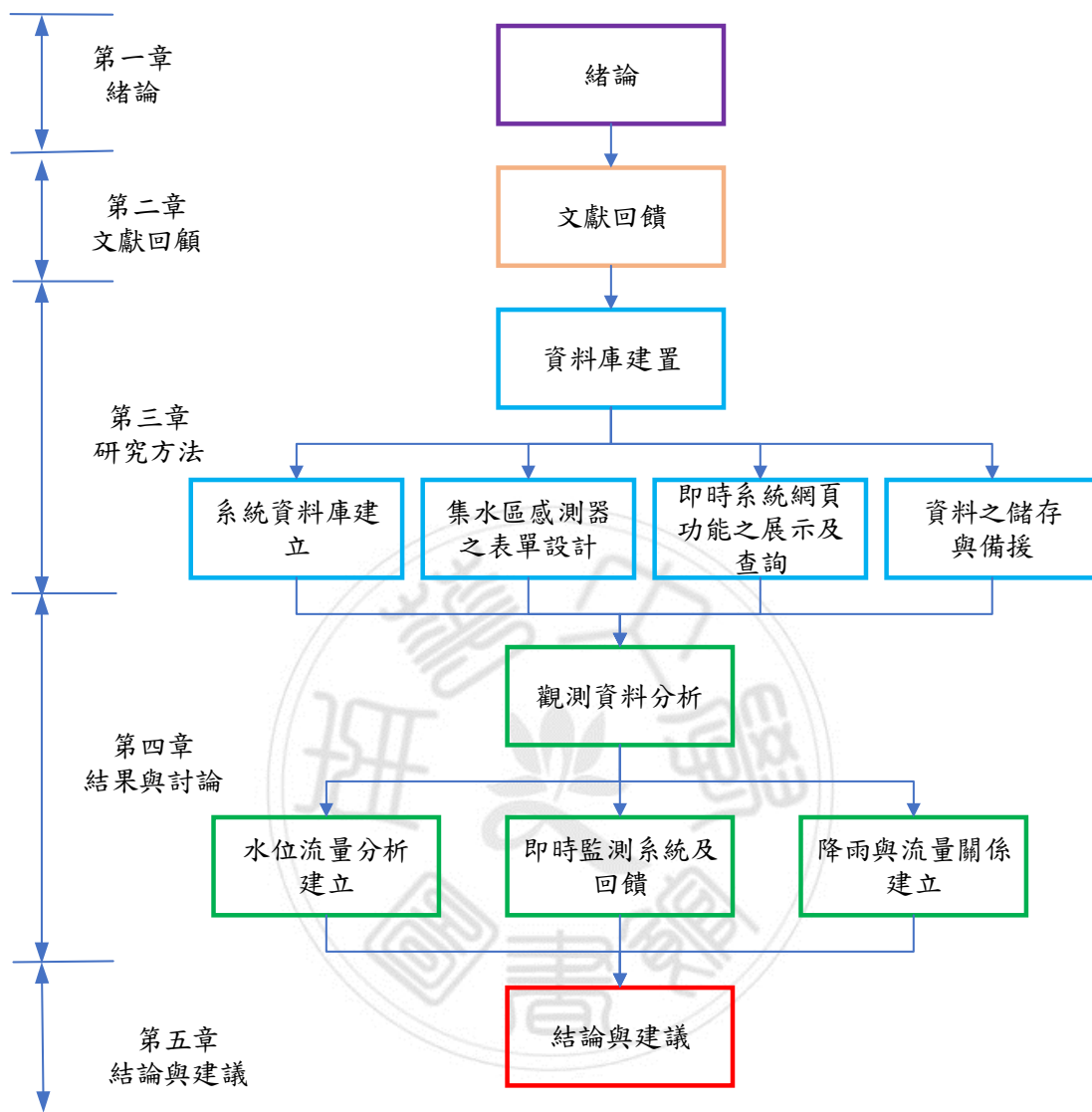


圖 1.1 本研究架構圖

第二章 文獻回顧

2.1 即時觀測系統

即時觀測系統它會依照排序執行及管理系統資源，並為應用程式提供一致的基礎。

即時觀測系統與一般之作業系統比較，其中最大的特色就是「即時性」，就是說，如果有一筆任務需要執行，該即時作業系統會即時執行該項任務，不會有寬裕時間的延時或延遲。在這種特性之下亦可保證各指令任務的及時執行能力。

在設計即時作業系統的首要目標乃在合宜的資料處理量，而是保證系統指派的任務能在特定時間內完成所設定任務，因此在衡量一個即時作業系統是否有足夠強度的重要指標，是系統從接收一個指令，到完成該指令所需要的時間，其時間的變動。

即時觀測系統與一般的作業系統有著不同的排程演算法。普通的作業系統的排程器對於執行緒優先級等方面的處理更加靈活；而即時觀測系統追求最小的中斷延時和執行緒切換延時。通常都會有最基礎的核心，以及外加上去的模組，像是檔案系統、網路協定堆疊和應用、裝置驅動程式模組等。

洪耀明(2009)為解決現場無通訊系統及供電系統，採用低耗電的無線感測器網路銜接感測器，並發展太陽能充放電控制器。洪耀明等(2009)建立氫離子濃度、電導度、溶氧及濁度之水質即時傳輸系統，不需額外電源及有線網路。蘇苗彬(2003)建置梨山地區地層滑動觀測系統，可透過即時有線寬頻網路回傳降雨及地下水位資料。

2.2 即時觀測系統之水文及水理分析

2.2.1 集流時間

依「水土保持技術規範」第十九條規定(行政院農業委員會，2014)，集流時間(t_c)指逕流自集水區最遠一點到達一定地點所需時間，一般為流入時間與流下時間之和，其計算公式如採用芮哈(Rziha)經驗公式：

$$t_c = \frac{(t_1+t_2)}{3600}$$

$$t_1 = \left(\frac{l}{v} \right)$$

式中， t_c ：集流時間(hr)

t_1 ：流入時間(雨水經地表面由集水區邊界流至河道所需時間 (sec))。

t_2 ：流下時間(雨水流經河道由上游至下游所需時間 (sec))

l ：坡面長度(m)

v ：漫地流流速(一般採用 0.3~0.6m/sec)

$$t_2 = L / W$$

$$W = 72 \left(\frac{H}{L} \right)^{0.6} \text{ (km/hr)}$$

亦可寫成 $W = 20 \left(\frac{H}{L} \right)^{0.6} \text{ (m/s)}$

式中， t_2 ：流下時間 (s)

W ：流下速度 (m/s)

H ：溪流縱斷面高程差 (m)

L ：溪流長度 (m)

且漫地流流動長度在集水區應小於 300 公尺。

2.2.2 集水區流量推估

當集水面積小於 1000 公頃，且無實測資料時可依三角單位歷線推估洪峰流量。

$$Q_p = \frac{0.208A R_e}{T_p}$$

$$T_p = \sqrt{T_c} + 0.6T_c$$

$$T_r = 1.67 T_p$$

式中； Q ：單位集水面積總逕流水深 (m)

q_i ：洪峰流量(cms)

A ：流域面積 (km²)

R_e ：超滲降雨 (mm)

T_c ：集流時間 (hr)

T_p ：開始漲水至洪峰發生時間 (hr)

T_r ：洪峰流量發生至歷線終端之時間 (hr)

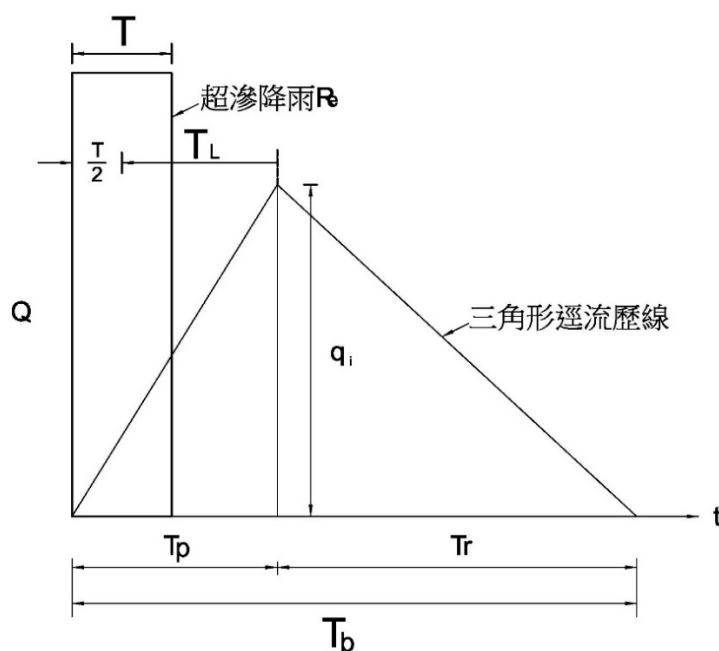


圖 2.1 三角形單位歷線示意圖

資料來源：王如意、易任（1999），應用水文學(上冊)

2.2.3 無因次單位歷線法

無因次單位歷線以美國水土保持署 (Soil Conservation Service, 1957) 所發展之三角形無因次單位歷線，以推求無紀錄地區之降雨逕流關係。如圖 2.8 所示。

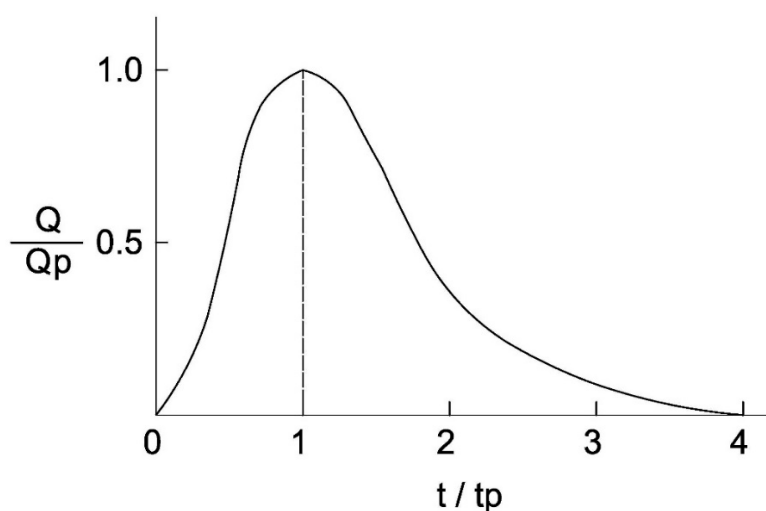


圖 2.2 無因次單位歷線示意圖

資料來源：王如意、易任（1999），應用水文學(上冊)

$$t_L = 0.00526 \frac{L^{0.8}}{S^{0.5}} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}$$

$$t_p = \frac{1}{2} t_d + t_L$$

$$t_b = 2.67 t_p$$

$$Q_p = \frac{0.75 \text{ Vol}}{T_p} = \frac{484A}{t_p}$$

式中； Q_p ：洪峰流量(cms)

A ：流域面積 (km^2)

t_b ：集流時間(hr)；

t_L ：開始漲水至洪峰發生時間 (hr)

T_r ：洪峰流量發生至歷線終端之時間 (hr)

CN ：逕流曲線係數 (無單位， $0 \leq CN \leq 100$)

2.2.4 瞬時歷線法

瞬時單位歷線(Instantaneous Unit Hydrograph, IUH)之定義為 1 單位有效降雨在瞬間，均勻落於集水區所產生之直接逕流歷線(經濟部水利署，2013)。相對於一般之單位歷線為有效降雨延時與時間的函數，因瞬時單位歷線之延時趨近於無限小，所以瞬時單位歷線僅為時間之數。

其公式如下：

$$Q(t) = \int_0^t I(\tau)U(0, t - \tau) d\tau$$

式中 $Q(t)$ ：直接逕流

$I(t)$ ：有效降雨

而根據周文德(1962)的 S 歷線法，若將瞬時單位歷線 $U(0,t)$ 每隔時間 τ 就將其累加，則可得 S 歷線，而當 τ 趨近於零時，即

$$S(t) = \int_0^t U(0, t) dt$$

表 $S(t)$ 歷線是瞬時單位歷線 $U(0,t)$ 之積分，即瞬時單位歷線 $U(0,t)$ 為 $S(t)$ 歷線之微分，即

$$U(0,t) = \frac{dS(t)}{dt}$$

而因 $U(0,t)$ 的 $S(t)$ 歷線平衡流量必需等於 1，故對於任意一個單位歷線 $U(\tau,t)$ 而言，若將有效降雨延時 τ 設定為最小的時間(例如 $\tau=1\text{hr}$)，再求 $U(1,t)$ 的 $S(t)$ 歷線及其平衡流量 $Q_E=(A)(1\text{cm})/1\text{hr}$ ；則 $U(0,t)$ 的近似 $S(t)$ 歷線可由下式求得，即

$$S^*(t) = \frac{S_t}{Q_e}$$

故先由單位歷線推求 $U(1,t)$ ，再推求 $U(1,t)$ 之 $S(t)$ ；則瞬時單位歷線 $U(0,t)$ 可由 $S^*(t)=S(t)/Q_E$ 求得。

2.2.5 單位歷線

單位歷線由 Sherman (1932) 所提出，其定義為集水區內，有效降雨 1 單位，在特定延時 T 內於集水區出口處所形成之直接逕流歷線。

單位歷線之作法如下：

- (1) 繪製某場暴雨所形成之直接逕流流量歷線 DRH (t)；
- (2) 以求積儀求出總直接逕流量，再除以流域面積則可得到 直接逕流深度 R (cm or inch) ；
- (3) $U(T, t) = DRH(t) / R$ ；
- (4) 由有效降雨組體圖(ERH)，使 $PE = R \rightarrow$ 有效降雨延時 T ；
- (5) $U(T, t)$ 即有效降雨延時 T 之單位有效降雨深度下之 流量歷線，即 T 延時之單位歷線。

單位歷線之應用可由單位歷線求取同樣有效降雨延時之情況下任何有效降雨深度 D 之逕流量： $R(T, t) = U(T, t) \times D$
單位歷線為有效降雨延時 T ，時間 t 之函數，可表為 $U(T, t)$

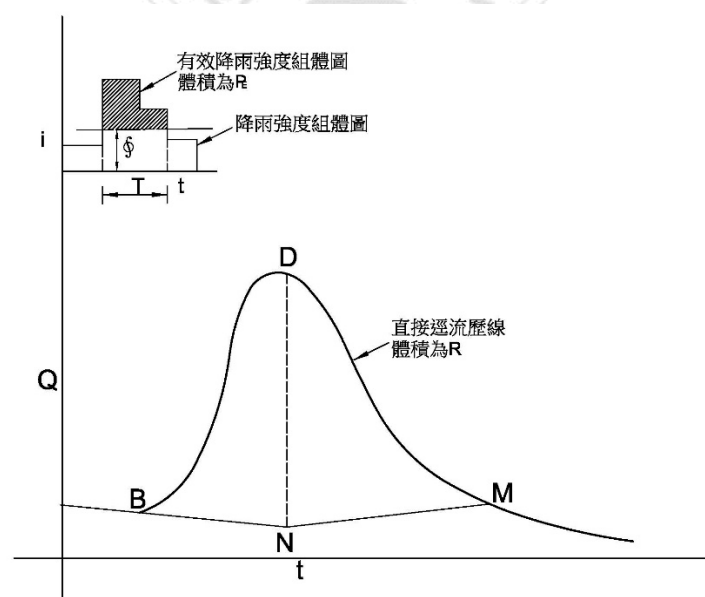


圖 2.3 ERH 與 DRH 示意圖

資料來源：王如意、易任 (1999)，應用水文學(上冊)

2.2.6 合理化公式

依據水土保持技術規範第 17 條，洪峰流量之估算，有實測資料時，得採用單位歷線分析；面積在 1000 公頃以內者，無實測資料時，得採用合理化公式計算。

合理化公式(Rational formula)可表為：

$$Q_p = \frac{1}{360} CIA$$

式中， Q_p = 洪峰流量 (立方公尺/秒，cms)

C = 逕流係數 (無單位)

I = 重現期距之設計降雨強度 (公釐/小時，mm/hr)

A = 集水區面積(公頃，ha)

逕流係數是依據水土保持技術規範第 18 條規定，各項 C 值參考表 b 如表 2.1。

表 2.1 逕流係數 C 值的選擇參考表

集水區狀況	陡峻山地	山嶺區	丘陵地 或森林	平坦耕地	非農業使用
無開發整地區之逕流係數	0.75~0.90	0.70~0.80	0.50~0.75	0.45~0.60	0.75~0.95
開發整地區整地後之逕流係數	0.95	0.90	0.90	0.85	0.95~1.005

資料來源：水土保持技術規範第 18 條，行政院農業委員會(2014)

因此透過最大 30 分鐘降雨強度(I)、集水區面積(A)及尖峰流量(Q)，即可用合理化公式($Q=CIA$)，反推各場暴雨之洪峰逕流係數(C)，提供未來規劃設計之用。

2.2.7 Kirpich 經驗公式

集流時間為降雨開始後流域內最遠處之點其降水流至出口之時間，水土保持技術規範，假設集流時間等於降雨延時，不足 1 小時以 1 小時計算。

本研究採用臺北市政府建設局(2004)之分析方法，選取單峰降雨資料，假設洪峰到達時間為集流時間，也就是集流時間內總降雨量除以集流時間，視為平均降雨強度。

Kirpich 經驗公式

$$t_c = 0.00013 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

t_c ：集流時間 (hr)

L ：主要河川長度 (mi)

S ：主要河川平均坡度

C ：逕流係數 (參考表 2.1)

第三章 研究方法

3.1 集水區及觀測站

本研究區域位於山豬窟、四分溪、挹翠山莊、指南溪集水區等四處，建置水位計等基本資料，其觀測站位置如圖 3.1。

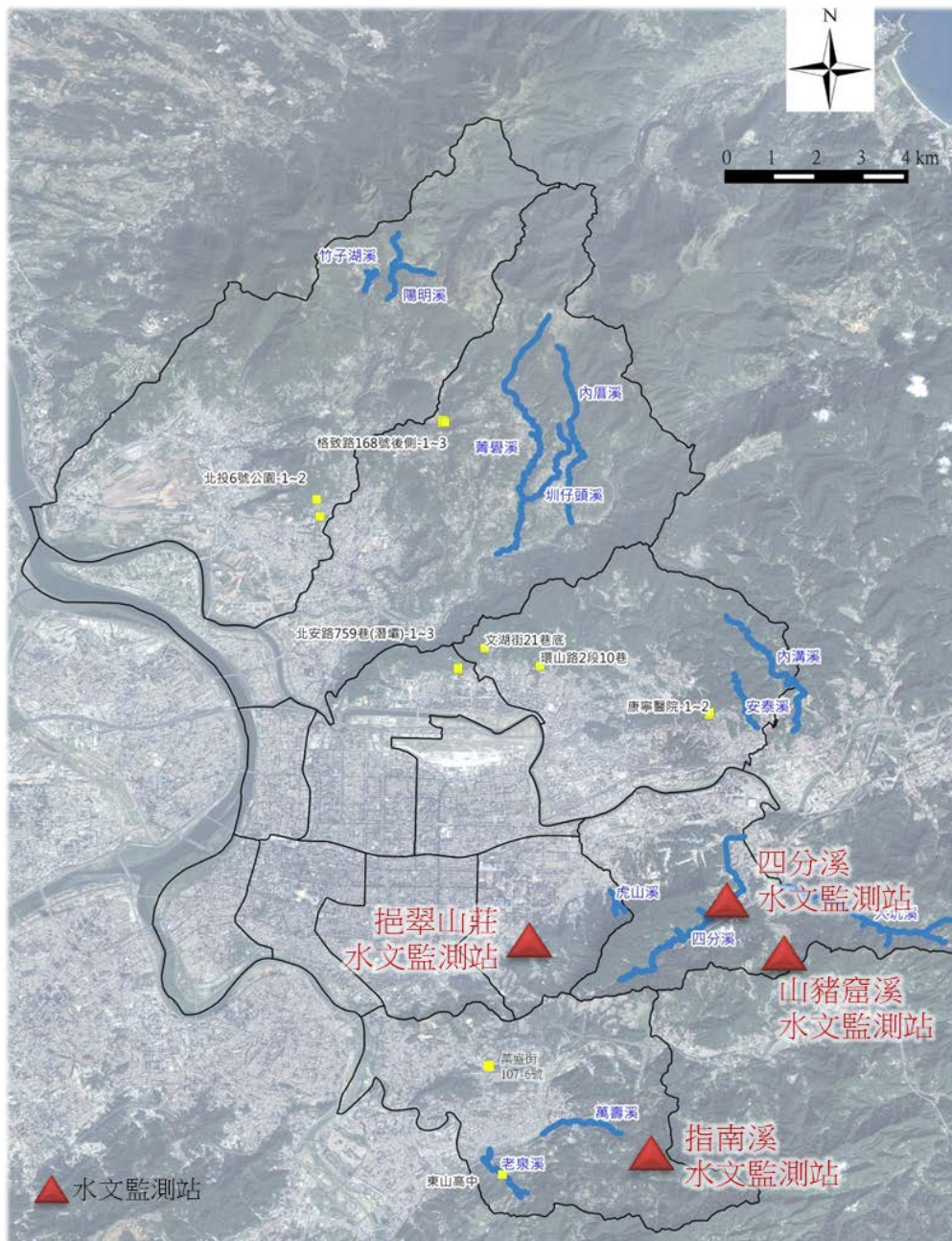


圖 3.1 本研究之各集水區水文觀測站設置地點相關位置圖

資料來源：臺北市政府工務局大地工程處(2018)

3.1.1 山豬窟集水區

本集水區面積 174.39 ha，測站設立於南港區舊莊路一段田園綠莊旁道路轉往垃圾掩埋場路旁，距離垃圾掩埋場行政中心約 300 公尺。屬由南向北之長條型區域，由於垃圾掩埋場設置後造成護堤阻斷天然河道，進而影響相關水文環境之觀測。

觀測站設置位置圖及集水區地形如圖 3.2(A) 及圖 3.2(B)。

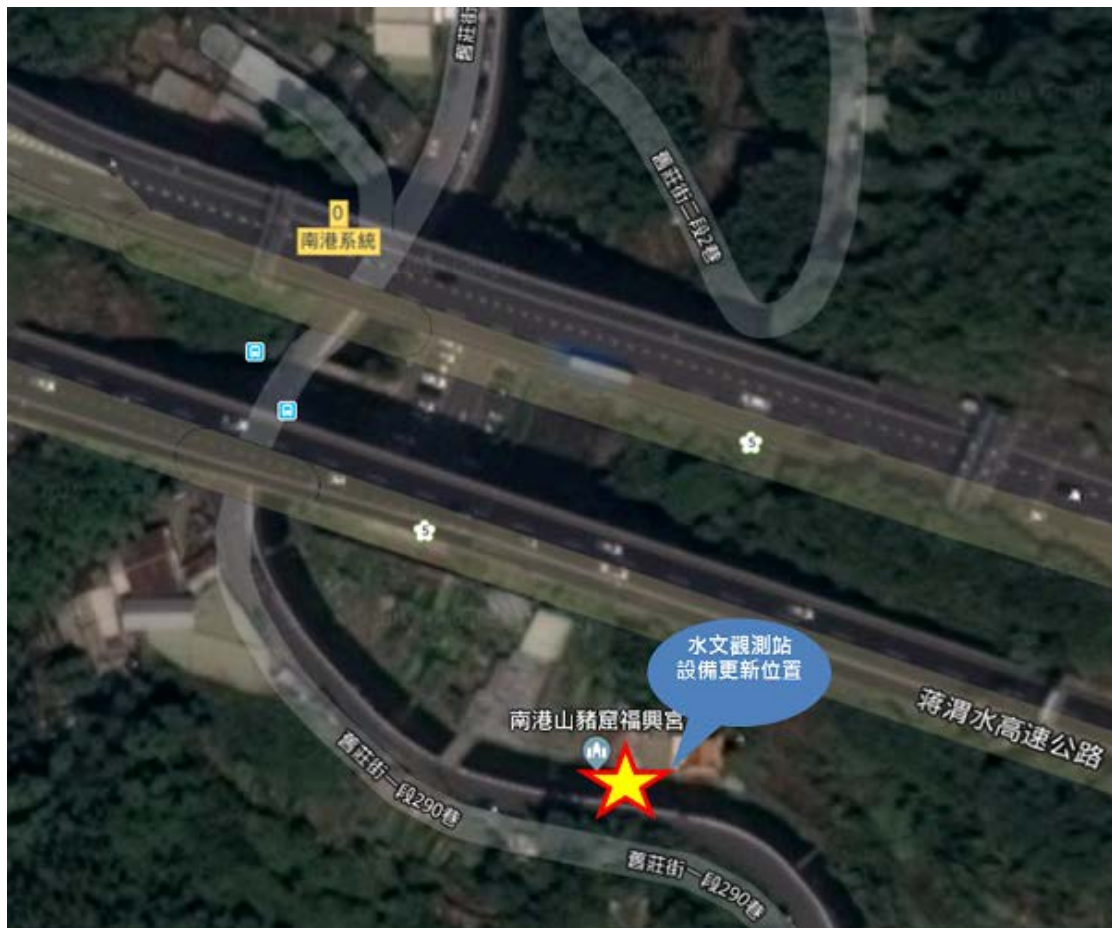


圖 3.2(A) 山豬窟集水區觀測站設置位置圖
資料來源：臺北市政府工務局大地工程處(2018)

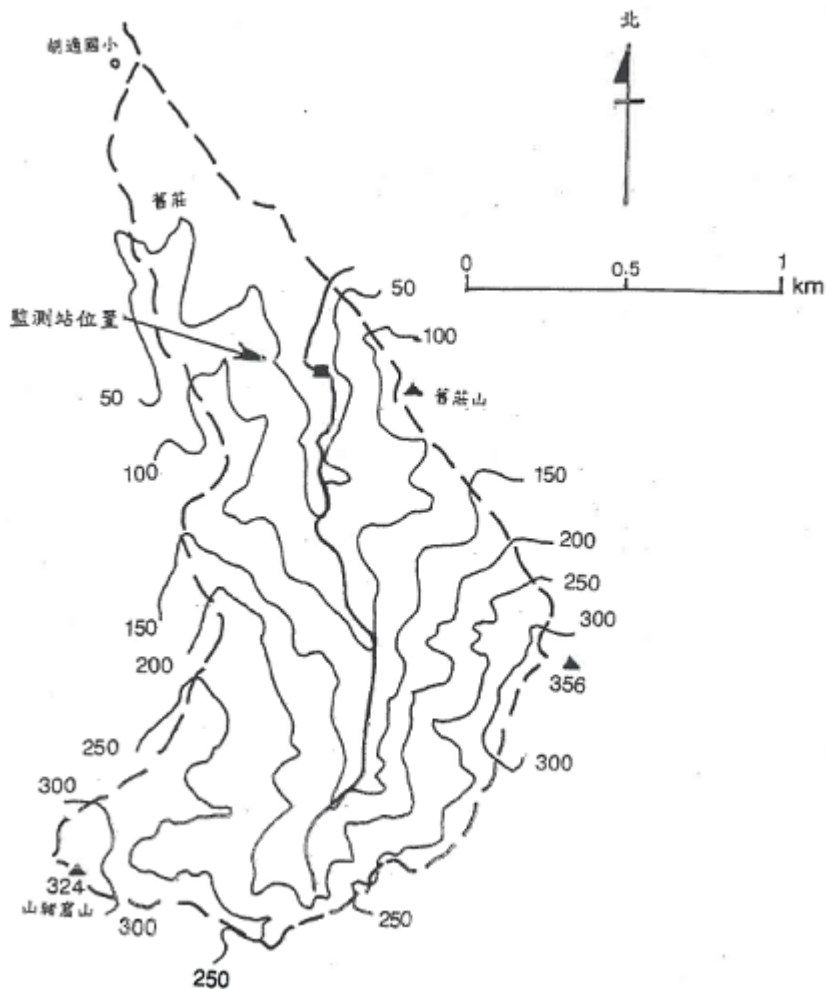


圖 3.2 (B) 山豬窟集水區地形圖

資料來源：臺北市政府工務局大地工程處(2018)

表 3.1 山豬窟集水區地文特性

面積 (ha)	周長 (m)	主流長度 (m)	最大長度 (m)	平均寬度 (m)	形狀因子
174.39	5869	1867	2032	934	0.50
最高標高 (m)	最低標高 (m)	平均高程 (m)	中值高程 (m)	平均坡度 (%)	
364	36	165	273	43	
圓比值	細長比	密集度	河川密度 (10^{-3} m/m^2)	方位	
0.64	0.73	0.80	1.14	北	

3.1.2 四分溪集水區

此集水區面積 534.73 ha 測站坐落於南港區研究院路四段，中華科技大學上游四分溪河段內，地形處於山坡地與平地交接處，本集水區上游有北二高路線經過，且溪溝沿線多數均已整治完成，豪雨來時其周遭環境均已呈現穩定之狀態。

觀測站設置位置圖及集水區地形如圖 3.3(A) 及圖 3.3(B)。



圖 3.3(A) 四分溪集水區觀測站設置位置圖
資料來源：臺北市政府工務局大地工程處(2018)

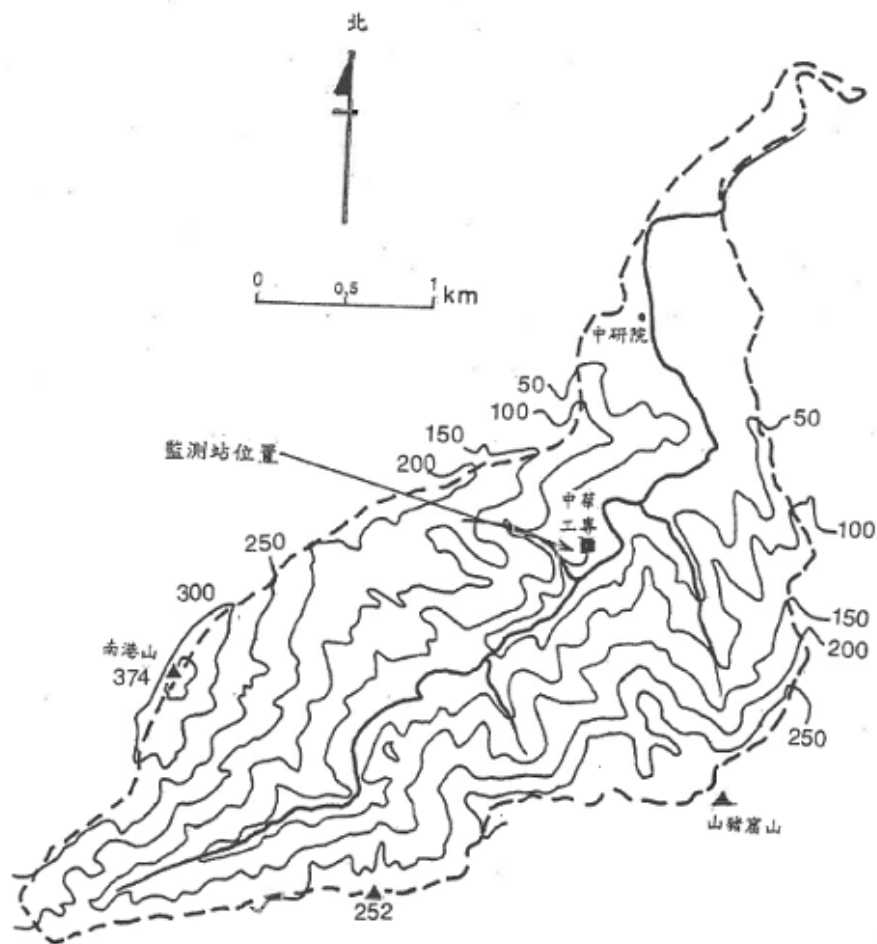


圖 3.3(B) 四分溪集水區地形圖

資料來源：臺北市政府工務局大地工程處(2018)

表 3.2 四分溪集水區地文特性

面積 (ha)	周長 (m)	主流長度 (m)	最大長度 (m)	平均寬度 (m)	形狀因子
534.73	11055	4006	3691	1335	0.33
最高標高 (m)	最低標高 (m)	平均高程 (m)	中值高程 (m)	平均坡度 (%)	
374	25	176	151	47	
圓比值	細長比	密集度	河川密度 (10^{-3} m/m^2)	方位	
0.55	0.71	0.74	1.09	東北	

3.1.3 挹翠山莊集水區

集水區面積 34.72 ha 測站位於松山區吳興街底往挹翠山莊路側，地形為由東南向西北傾斜之舉行流域，此集水區內大約有 44% 的面積屬於挹翠山莊之建築用地，屬密集之山坡地住宅其交通易達。

觀測站設置位置圖及集水區地形如圖 3.4(A) 及圖 3.4(B)。



圖 3.4(A) 挹翠山莊集水區觀測站設置位置圖
資料來源：臺北市政府工務局大地工程處(2018)

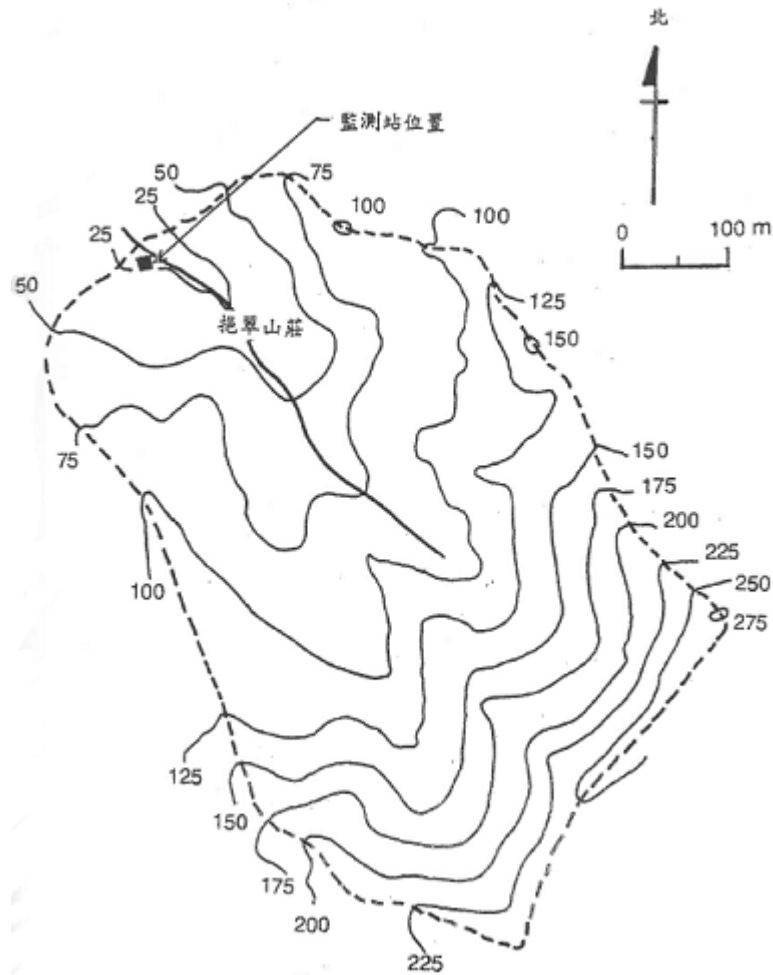


圖 3.4(B) 挹翠山莊集水區地形圖

資料來源：臺北市政府工務局大地工程處(2018)

表 3.3 挹翠山莊集水區地文特性

面積 (ha)	周長 (m)	主流長度 (m)	最大長度 (m)	平均寬度 (m)	形狀因子
34.72	2412	749	823	464	0.62
最高標高 (m)	最低標高 (m)	平均高程 (m)	中值高程 (m)	平均坡度 (%)	
275	18	148	103	51	
圓比值	細長比	密集度	河川密度 (10^{-3} m/m^2)	方位	
0.75	0.81	0.86	2.16	北北西	

3.1.4 指南溪集水區

集水區面積 586.41 ha 位於文山區指南路三段旁之水鋼琴社區西側之指南溪河段集水區內，為起伏較大之山坡地，其改變集水區之地文因子主因係建築用地、茶園等面積的增加，及北二高橫穿本集水區下游等影響致造成此集水區之地文因子的改變甚大。

觀測站設置位置圖及集水區地形如圖 3.5(A)及圖 3.5(B)。



圖 3.5(A) 指南溪集水區觀測站設置位置圖
資料來源：臺北市政府工務局大地工程處(2018)

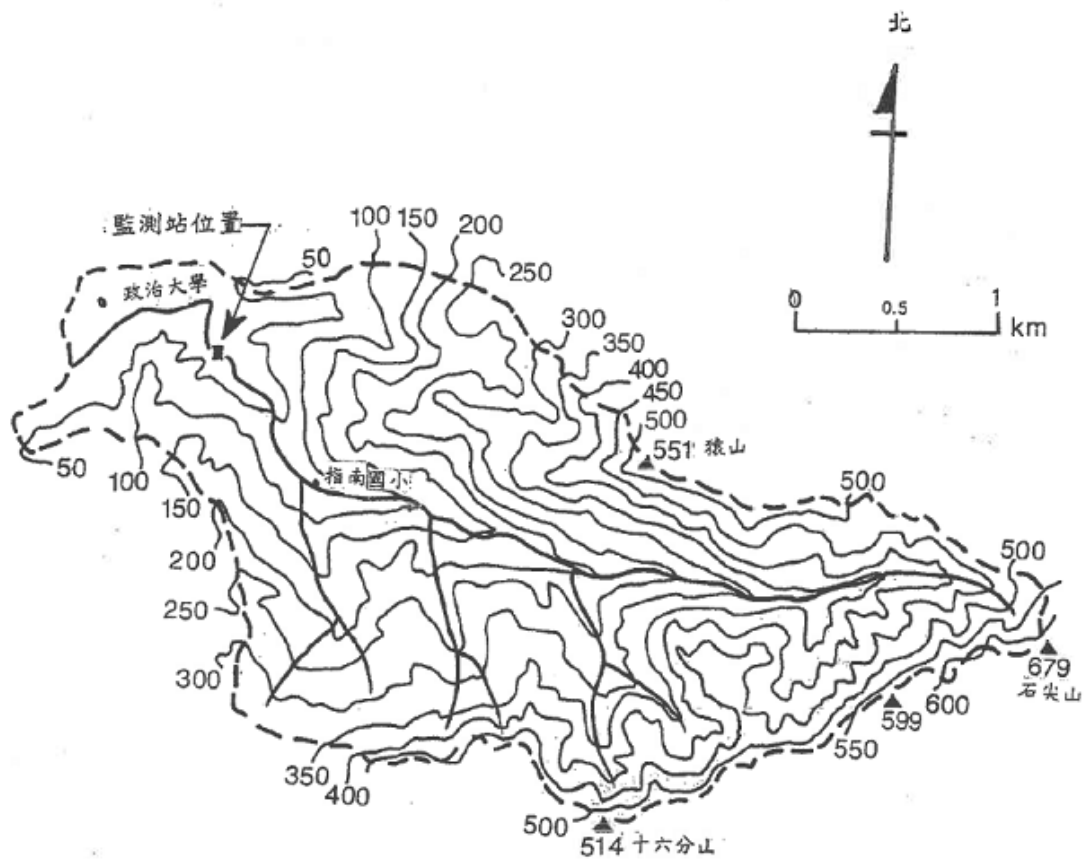


圖 3.5(B) 指南溪集水區地形圖

資料來源：臺北市政府工務局大地工程處(2018)

表 3.4 指南溪集水區地文特性

面積 (ha)	周長 (m)	主流長度 (m)	最大長度 (m)	平均寬度 (m)	形狀因子
586.41	11613	4206	4433	1394	0.33
最高標高 (m)	最低標高 (m)	平均高程 (m)	中值高程 (m)	平均坡度 (%)	
677	25	306	302	58	
圓比值	細長比	密集度	河川密度 (10^{-3} m/m^2)	方位	
0.55	0.62	0.74	1.42	西北西	

3.2 水文觀測系統建置

本觀測系統乃是以 Windows + IIS + PHP + MySQL 為架構所開發之系統。

Windows 為微軟作業系統是微軟公司推出的作業系統。

IIS 全名是 Internet Information Services，是由微軟公司提供基於運行 Microsoft Windows 的網際網路伺服器上，管理各種電腦網路服務的整合介面。

PHP 全名為 Hypertext Preprocessor 是一種開源的通用程式語言，它是個被廣泛運用在網頁程式撰寫的語言，能適用於網頁程式的開發及能夠嵌入 HTML 文件之中，它的語法和 C、Java 及 Perl 等語法相似，且學習起來更容易上手，PHP 的目的地是為了能使網站開發者可以快速地撰寫動態網頁。

MySQL 是一個快速、多執行緒 (multithread)、多使用者且功能強大的關聯式資料庫管理系統 (Relational Database Management System, RDBMS)，其與 C、C++、Java、Perl、PHP 等語言皆能容易連結，是帶有網路管理附加工具功能的資料庫系統。

本研究系統架構設置如圖 3.6。



圖 3.6 觀測系統架構設置圖

目前資料庫與網頁建置於本校南華大學永續中心內，並同步將網頁與資料庫內容存放於臺北市政府工務局大地工程處之虛擬主機中，前端將原始資料回傳並同時上傳雲端平台，南華大學與雲端平台亦同步儲存原始資料，以達到異地備援之目的。原始資料經回傳後再由讀檔程式匯入資料庫，同步生成 SQL 語法文字檔，以達到快速儲存或是搬運資料的功能。

3.3 資料庫

MySQL 資料庫體積小、速度快、總體擁有成本低，開源、支援多種作業系統是開源資料庫，提供的介面支援多種語言連線操作。靈活地為使用者提供服務，而不過多的系統資源。擬建置雨量、水位基本資料，表單說明如下：

3.3.1 各集水區感測器總表及感測器表單

watershed 表單是各集水區感測器總表，例如雨量或水位等，另 PK 主鍵的點數(number)與名稱(name)，皆各具其『主鍵』PK (Primary Key)之唯一性及代表性。

snk、sfx、emv、znx 分別代表的是山豬窟、四分溪、挹翠山莊及指南溪各集水區感測器之表單，是用來定義每個集水區感測器，暨未來可以持續擴充之點數(number)與名稱(name) 之用，其皆各具唯一性及其代表性。其中之『外來鍵』FK (Foreign Key)則為點數(number)與名稱(name)其關聯於分水嶺(watershed)時所使用的表單。

資料庫正規化流程如圖 3.7。

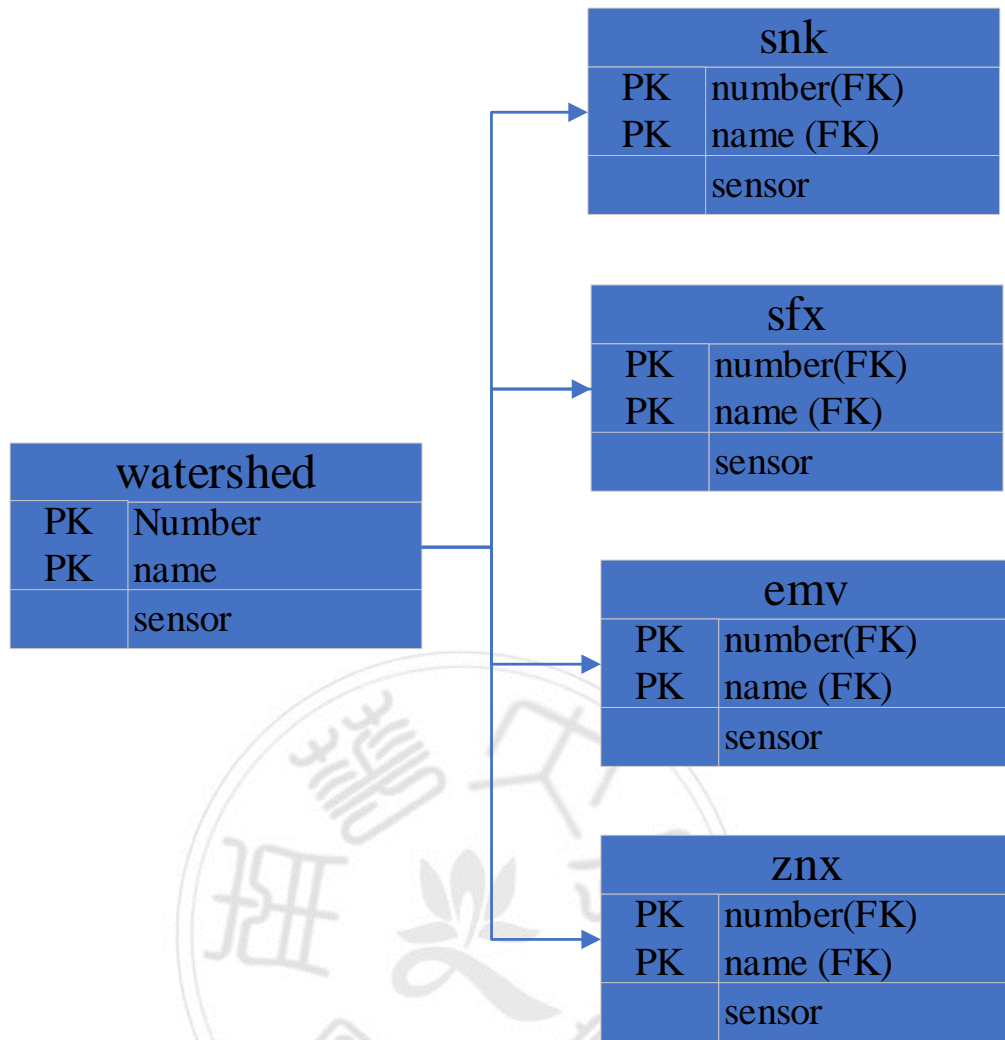


圖 3.7 資料庫正規化說明流程圖

表 3.5 資料庫表單說明

Watershed (分水嶺)	各集水區感測器總表
snk	山豬窟集水區感測器總表
sfx	四分溪集水區感測器總表
emv	挹翠山莊集水區感測器總表
znx	指南溪集水區感測器總表

表 3.6 資料庫欄位說明

number	感測器編號
name	集水區名稱
sensor	感測器名稱

水位計相關運用資料庫表單說明如下：

wl1、wl2、wl3、wl4、ra4 分別為記錄山豬窟水位計表單、記錄四分溪水位計表單、記錄挹翠山莊水位計表單、記錄指南溪水位感測器表單與指南溪雨量感測器表單。wl1 關聯於 snk 表單，wl2 關聯於 sfx 表單，wl3 關聯於 emv 表單，wl4、ra4 關聯於 znx 表單。

感測器正規化流程如圖 3.8。

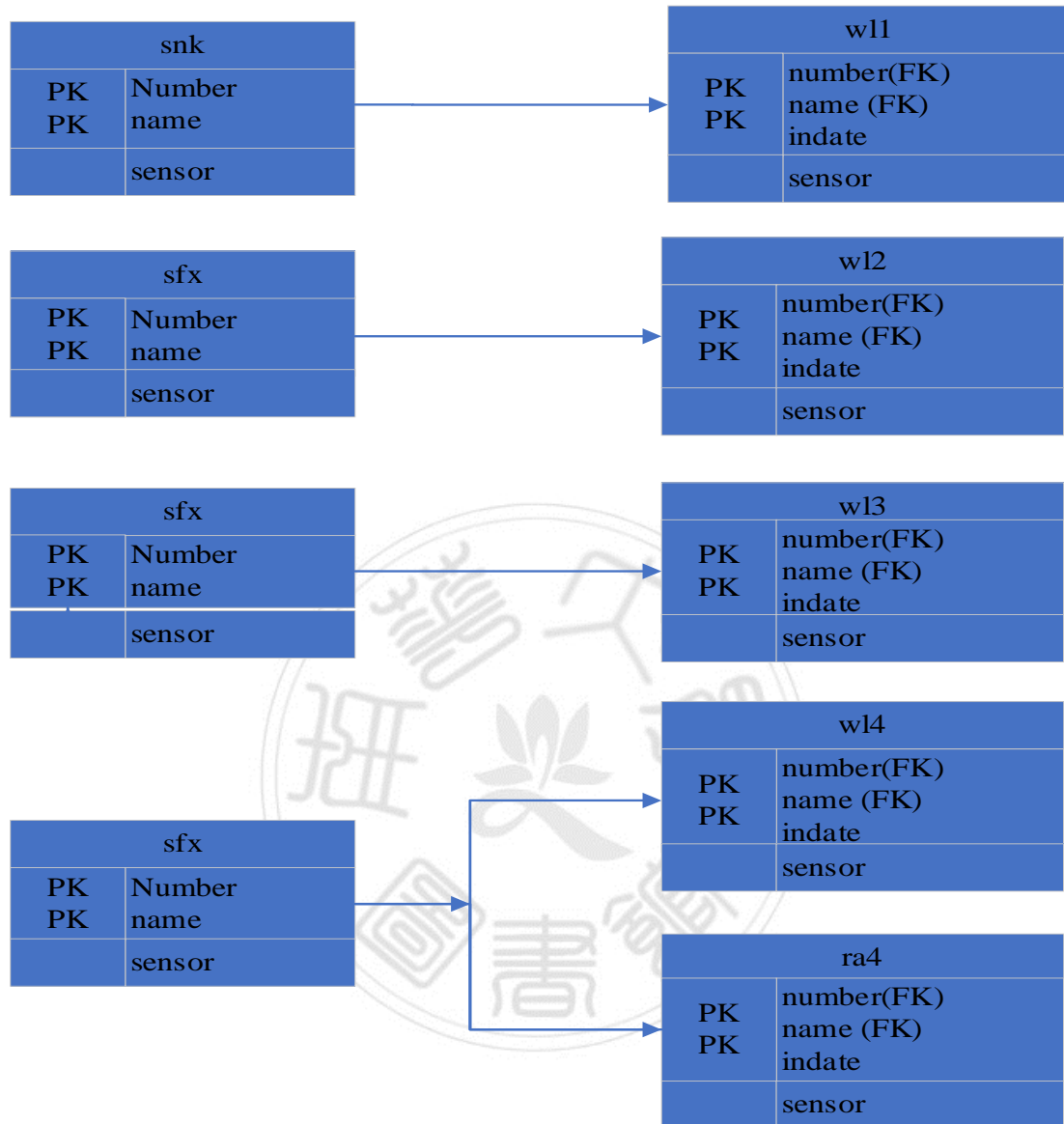


圖 3.8 感測器資料庫正規化說明流程圖

表 3.7 集水區感測器資料庫說明表

snk	山豬窟集水區感測器總表單
sfx	四分溪集水區感測器總表單
emv	挹翠山莊集水區感測器總表單
znx	指南溪集水區感測器總表單
wl1	記錄山豬窟集水區水壓計表單
wl2	記錄四分溪集水區水壓計表單
wl3	記錄挹翠山莊集水區水壓計表單
wl4	記錄指南溪集水區水壓計表單
ra4	記錄指南溪集水區雨量筒表單

表 3.8 集水區資料庫欄位說明表

number	感測器編號
name	集水區名稱
sensor	感測器名稱
indate	記錄日期與時間
WL	記錄水壓值
FL	記錄流量值
RA	記錄雨量值

3.4 流量網頁展示

採用 PHP 方式建立，PHP 是一種『程式語言』可以被用來建立動態網頁。PHP 程式碼可以直接在 HTML 網頁當中嵌入，這種程式語言可以直接在網頁當中編寫，不需要經過編譯即可進行程式的執行。由於具有：自由軟體、跨平台、容易學習及執行效能高等優點。

3.4.1 網頁資料分類

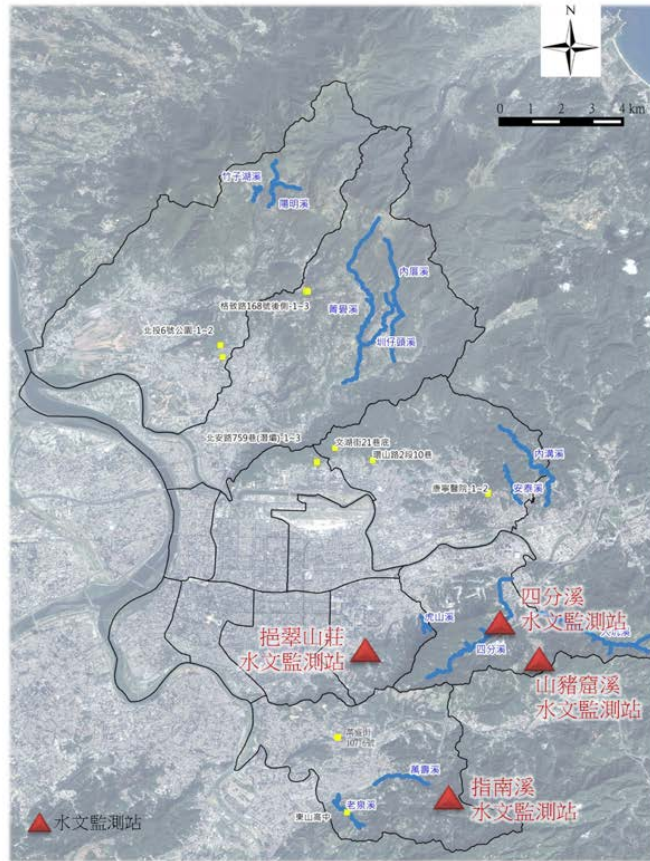
A.即時資料

打開臺北市山坡地水文觀測系統網頁(圖 3.9)，即可看到即時資料如下表即時網頁資料，可看到即時資料：



即時資料	集水區	區段時間	水位(mm)	流量(CMS)
------	-----	------	--------	---------

往下拉可以看到集水區解說資料



山積窟集水區

位於南港區善莊路一段轉往垃圾掩埋場路旁，距離掩埋場行政中心約300公尺因垃圾掩埋場設置後護堤阻斷天然河道，影響水文環境觀測



四分溪集水區

觀測站位於南港區研究院路四段，中華科大上游四分溪河段本集水區有北二高經過，溪溝沿線多數均已整治，豪雨來時周遭環境呈現穩定狀態



挹翠山莊集水區

位於松山區吳興街底往挹翠山莊路旁，本集水區內約有44%面積為挹翠山莊建築用地，因係屬密集之山坡地住宅區且交通易達

圖 3.9 臺北市山坡地水文觀測系統網頁
資料來源：臺北市政府工務局大地工程處(2018)

B. 歷史流量資料

設計目的為方便統計及研究分析使用，分層說明如表 3.9。

表 3.9 歷史流量資料表

第一層	第二層	第三層	第四層	第五層	
歷史資料分析	今日流量	選擇集水區	5 分鐘平均		
			10 分鐘平均		
			30 分鐘平均		
			1 小時平均		
	期間流量	選擇集水區	起始日期、終止日期選取	5 分鐘平均	
				10 分鐘平均	
				30 分鐘平均	
				1 小時平均	
				日平均	
				月平均	
	最大流量	選擇集水區	起始日期、終止日期選取	5 分鐘最大流量	
				10 分鐘最大流量	
				30 分鐘最大流量	
				1 小時最大流量	
				日最大流量	
				月最大流量	

表中第一層級第二層於下拉式選單中選擇，第三至第五層於網頁中選擇。

3.4.2 數據展示

以下為臺北市山坡地水文觀測系統，以山豬窟為例。先在首頁網頁上方選單選擇功能性網頁，目前有今日流量、期間流量、最大流量。如下圖所示。

A. 今日流量網頁

此功能網頁是今日獲得平均流量、點選集水區與時間區段。

集水區選項有山豬窟、四分溪、挹翠山莊、指南溪。此案例選山豬窟。

再選擇時間區段，有5分、10分、30分、1小時、每日。此案例選10分鐘當範例。

臺北市山坡地水文觀測系統

GEO 臺北市政府工務局大地工程處

臺北市山坡地水文觀測系統
THE HYDROLOGICAL MONITORING SYSTEM FOR THE HILLSLOPE OF TAIPEI CITY.

- 首頁
- 觀測資料
- 集水區觀測站
- 資料分析

今日流量
今日雨量
期間流量
期間雨量
最大流量
最大雨量
流量圖表

今日流量
集水區：
山豬窟溪
時間區段：
10分鐘
提交

集水區點選山豬窟，時間區段點選 10 分鐘。由案例可得今日山豬窟 10 分鐘平均流量。

集水區: 山豬窟溪 集水區	今日流量: 10分鐘 區段時間	時間: 2018-08-01 水位(mm)	平均流量(CMS)
山豬窟	2018-08-01 00:00:00	12.419	0.017
山豬窟	2018-08-01 00:30:00	12.873	0.018
山豬窟	2018-08-01 00:40:00	12.57	0.018
山豬窟	2018-08-01 00:50:00	12.722	0.018
山豬窟	2018-08-01 01:00:00	12.57	0.018
山豬窟	2018-08-01 01:10:00	12.268	0.016
山豬窟	2018-08-01 01:20:00	11.966	0.016
山豬窟	2018-08-01 01:30:00	12.117	0.017
山豬窟	2018-08-01 01:40:00	12.268	0.016
山豬窟	2018-08-01 01:50:00	11.663	0.016
山豬窟	2018-08-01 02:00:00	11.361	0.015
山豬窟	2018-08-01 02:10:00	11.058	0.016
山豬窟	2018-08-01 02:20:00	11.814	0.015
山豬窟	2018-08-01 02:30:00	11.663	0.016
山豬窟	2018-08-01 02:40:00	11.512	0.015
山豬窟	2018-08-01 02:50:00	11.361	0.015
山豬窟	2018-08-01 03:00:00	11.058	0.015
山豬窟	2018-08-01 03:10:00	11.966	0.016
山豬窟	2018-08-01 03:20:00	11.058	0.014
山豬窟	2018-08-01 03:30:00	11.663	0.016
山豬窟	2018-08-01 03:40:00	11.966	0.017
山豬窟	2018-08-01 03:50:00	12.57	0.017
山豬窟	2018-08-01 04:00:00	11.814	0.016
山豬窟	2018-08-01 04:10:00	12.117	0.017
山豬窟	2018-08-01 04:20:00	12.268	0.016
山豬窟	2018-08-01 04:30:00	12.117	0.016
山豬窟	2018-08-01 04:40:00	11.21	0.015
山豬窟	2018-08-01 04:50:00	11.814	0.016
山豬窟	2018-08-01 05:00:00	10.907	0.015
山豬窟	2018-08-01 05:10:00	11.21	0.015
山豬窟	2018-08-01 05:20:00	11.21	0.016
山豬窟	2018-08-01 05:30:00	11.814	0.017
山豬窟	2018-08-01 05:40:00	12.117	0.018
山豬窟	2018-08-01 05:50:00	12.57	0.018
山豬窟	2018-08-01 06:00:00	12.722	0.019
山豬窟	2018-08-01 06:10:00	13.326	0.02
山豬窟	2018-08-01 06:20:00	13.175	0.02
山豬窟	2018-08-01 06:30:00	13.78	0.02
山豬窟	2018-08-01 06:40:00	13.478	0.02
山豬窟	2018-08-01 06:50:00	13.326	0.02
山豬窟	2018-08-01 07:00:00	13.629	0.02
山豬窟	2018-08-01 07:10:00	14.385	0.021
山豬窟	2018-08-01 07:20:00	13.931	0.02
山豬窟	2018-08-01 07:30:00	13.78	0.02
山豬窟	2018-08-01 07:40:00	13.478	0.02
山豬窟	2018-08-01 07:50:00	13.78	0.02
山豬窟	2018-08-01 08:00:00	13.326	0.019
山豬窟	2018-08-01 08:10:00	13.326	0.019
山豬窟	2018-08-01 08:20:00	13.629	0.019
山豬窟	2018-08-01 08:30:00	12.57	0.018
山豬窟	2018-08-01 08:40:00	12.873	0.017
山豬窟	2018-08-01 08:50:00	12.722	0.017

B. 期間流量說明

此功能網頁是期間時間獲得平均流量，先點選起始時間與結束時間，再點選集水區與時間區段。

此案例點選 2018 年 8 月 1 號至 2018 年 8 月 31 號。

集水區點選山豬窟，時間區段選擇 1 小時。

期間流量

初始日期: 2018/08/01
 結束日期: 年/月/日
 集水區: 山豬窟
 時間區段: 5分鐘
 提交

集水區點選山豬窟，時間區段選擇 1 小時。

期間流量
 初始日期: 2018/08/01
 結束日期: 2018/08/23
 集水區: 山豬窟
 時間區段: 1小時
 5分鐘
 10分鐘
 30分鐘
 每日
 每月

最後可得 2018 年 8 月 1 號至 2018 年 8 月 31 日每小時的平均流量。

期間流量
 初始日期: 2018/08/01
 結束日期: 2018/12/31
 集水區: 山豬窟溪
 時間區段: 1小時
 提交

集水區: 山豬窟溪	區段時間: 1小時	時間: 2018-08-01~2018-12-31	平均流量(CMS)
集水區	區段時間	水位(mm)	
山豬窟	2018-08-01 00:00:00	12.419	0.017
山豬窟	2018-08-01 01:00:00	11.966	0.016
山豬窟	2018-08-01 02:00:00	11.814	0.016
山豬窟	2018-08-01 03:00:00	11.058	0.016
山豬窟	2018-08-01 04:00:00	12.268	0.016
山豬窟	2018-08-01 05:00:00	11.21	0.017
山豬窟	2018-08-01 06:00:00	13.175	0.02
山豬窟	2018-08-01 07:00:00	13.931	0.02
山豬窟	2018-08-01 08:00:00	13.629	0.017
山豬窟	2018-08-01 09:00:00	11.21	0.016
山豬窟	2018-08-01 10:00:00	11.814	0.015
山豬窟	2018-08-01 11:00:00	11.058	0.015
山豬窟	2018-08-01 12:00:00	11.361	0.015
山豬窟	2018-08-01 13:00:00	11.814	0.016
山豬窟	2018-08-01 14:00:00	12.419	0.016
山豬窟	2018-08-01 15:00:00	11.058	0.016
山豬窟	2018-08-01 16:00:00	11.663	0.015
山豬窟	2018-08-01 17:00:00	11.058	0.016
山豬窟	2018-08-01 18:00:00	11.966	0.016
山豬窟	2018-08-01 19:00:00	11.966	0.016
山豬窟	2018-08-01 20:00:00	11.814	0.016

C. 最大流量網頁說明

此功能網頁是期間時間獲得最大流量，先點選起始時間與結束時間，再點選集水區與時間區段。此案例點選 2018 年 8 月 1 號至 2018 年 8 月 31 號。再點選山豬窟集水區 5 分鐘的時間區段。

最大流量

初始日期：

結束日期：

集水區：

時間區段：

最後可得 2018 年 8 月 1 號至 2018 年 8 月 31 號日的最大流量。

最大流量

初始日期：

結束日期：

集水區：

時間區段：

集水區: 山豬窟溪
集水區
山豬窟

區段時間: 5分鐘
區段時間
2018-09-08 18:25:00

時間: 2018-08-01~2018-12-31
水位(mm)
651.088

最大流量(CMS)
6.54

3.4.3 圖形展示

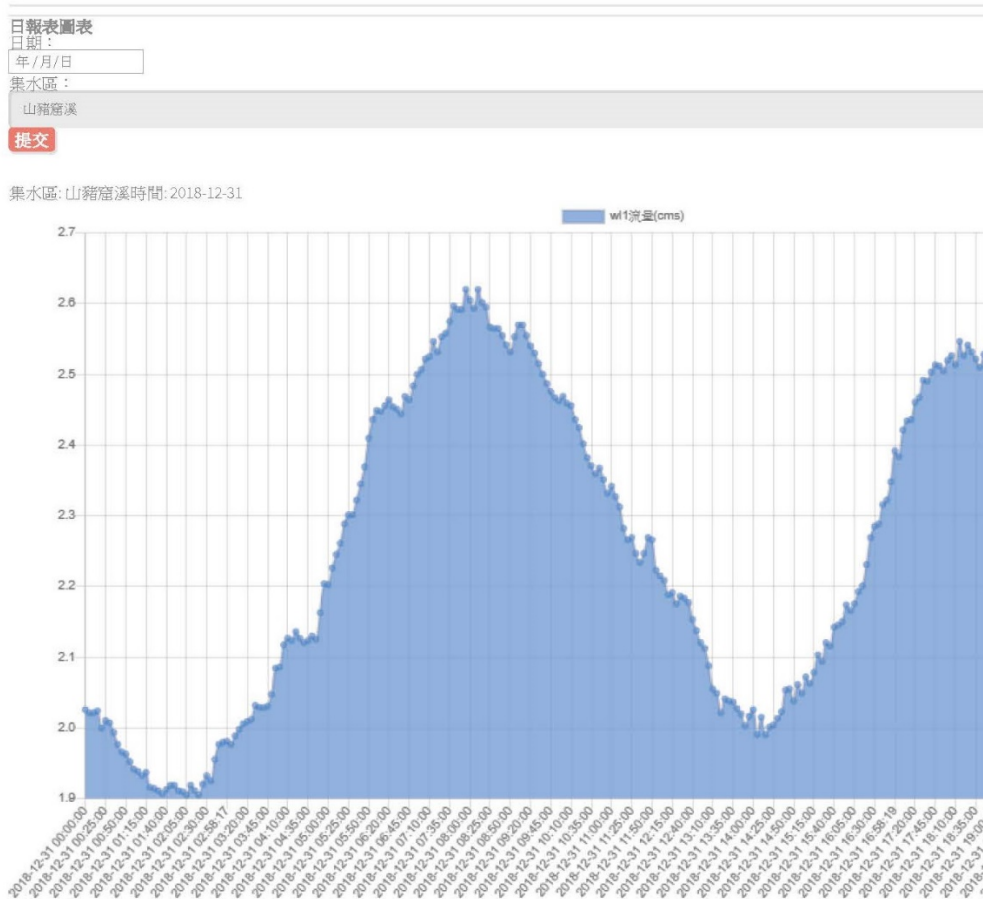
表 3.10 集水區時間水位及最大流量表

集水區	區段時間	水位 (mm)	最大流量 (cms)
山豬窟	2018/08/12 11:45:00	210.642	1.204

可對應不同感測器資料繪製出不同的資料圖表，例如曲線圖或是折線圖。

以下是臺北市山坡地水文觀測系統繪製出的曲線圖。

案例是山豬窟 2018 年 12 月 31 日的日流量圖表(日報表圖表)展示。



3.4.4 資料儲存與備援

目前資料庫與網頁建置於南華大學永續中心，並同步設置於臺北市政府所屬資料庫中，前端廠商將原始資料回傳同時上傳雲端平台，南華大學與雲端平台同步儲存原始資料，達到異地備援的效果。原始資料回傳再由讀檔程式匯入資料庫，同步生成 SQL 語法文字檔，可快速儲存或是搬運資料的功能，如圖 3.10。

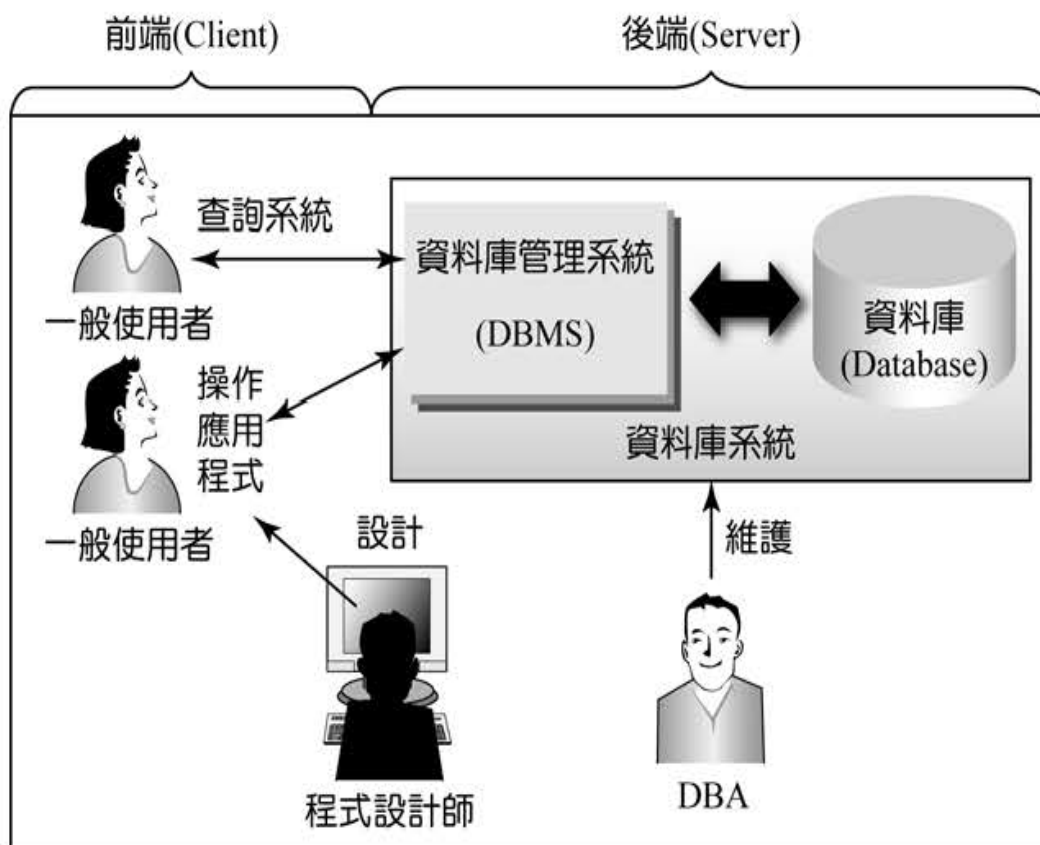


圖 3.10 使用者與資料庫關係圖

資料來源：李春雄(2014)，資料庫學習實務

第四章 結果與討論

4.1 即時系統分析

利用 Windows + IIS + PHP + MySQL 等程式架構，讓使用者及管理維護者都能更快速且正確得到所要查詢該集水區相關水文資料，亦能讓系統管理者能即時修正錯誤或找出系統及觀測儀器是否有故障等，並能以最快速度排除障礙使系統能正常運作觀測資料分析。

4.2 觀測資料分析

4.2.1 觀測期程及降雨量

依據設站日期，各觀測站水位資料起始時程如下，每 5 分鐘回傳一筆水位資料。

集水區觀測起始日期如表 4.1，最大降雨量分析(最大 1 小時、1 日、最大月降雨量)及各集水區 2018 年 4-12 月降雨量如表 4.2 所示。

表 4.1 集水區觀測起始日期表

集水區名稱	起始日期
指南溪	2017/11/15
山豬窟	2018/08/01
四分溪	2018/08/01
挹翠山莊	2018/08/01

表 4.2 最大降雨量分析

(a) 最大 1 小時降雨量

集水區名稱	資料起訖期間	時間(1 小時)	雨量(mm)
指南溪	2018/04/01~2018/12/31	2018/06/21 08:00~09:00	112.5
山豬窟	2018/04/01~2018/12/31	2018/09/08 15:00~16:00	78.0
四分溪	2018/04/01~2018/12/31	2018/09/08 15:00~16:00	81.0
挹翠山莊	2018/04/01~2018/12/31	2018/09/08 15:00~16:00	129.5

(b) 最大 1 日降雨量

集水區名稱	資料起訖期間	時間(日)	雨量(mm)
指南溪	2018/04/01~2018/12/31	2018/6/21	153.5
山豬窟	2018/04/01~2018/12/31	2018/9/8	119.5
四分溪	2018/04/01~2018/12/31	2018/9/8	124.0
挹翠山莊	2018/04/01~2018/12/31	2018/9/8	240.5

(c) 最大月降雨量

集水區名稱	資料起訖期間	時間(月)	雨量(mm)
指南溪	2018/04/01~2018/12/31	9 個月	336.5
山豬窟	2018/04/01~2018/12/31	9 個月	366.5
四分溪	2018/04/01~2018/12/31	9 個月	356.0
挹翠山莊	2018/04/01~2018/12/31	9 個月	426.5

(d) 各集水區 2018 年 4-12 月月降雨量

資料期間	月雨量(mm)			
	指南溪	山豬窟	四分溪	挹翠山莊
2018 年 4 月	137.5	56.5	57.0	71.5
2018 年 5 月	71.5	46.5	51.0	61.0
2018 年 6 月	274.5	202.5	181.5	100.5
2018 年 7 月	150.0	139.5	142.0	111.0
2018 年 8 月	291.0	169.0	170.5	251.0
2018 年 9 月	336.5	366.5	356.0	426.5
2018 年 10 月	257.5	269.5	218.0	221.0
2018 年 11 月	79.5	112.0	112.0	103.0
2018 年 12 月	139.5	255.5	212.0	200.0

4.2.2 集水區流量分析

根據集水區流量紀錄，分析以下重要資訊：

- A. 最大流量：與上游發生土石移動，及下游是否發生洪水之主要因子。
- B. 最小流量：代表枯水期河川是否有常流水，可以維持水生生物棲地，通常與集水區地形地貌、植生覆蓋及面積有關，若最小流量為 0，顯示集水區無常流水，無法提供水生生物長期生存需求。
- C. 月平均流量：每月紀錄可以了解豐水期及枯水期紀錄，作為水文規劃設計依據。
- D. 年平均流量：可進行長期觀測，提供氣候變遷及地貌變更研究依據。

根據所收集資料，分析觀測期間各集水區最大水位與流量如表

4.3。

表 4.3 觀測期間集水區最大流量表

(a) 最大 5 分鐘平均流量

集水區名稱	資料起訖期間	最大 5 分鐘流量	
		時間	流量(cms)
指南溪	2017/11/15 ~2018/12/31	2018/12/29 08:15:39	8.921
山豬窟	2018/08/01 ~2018/12/31	2018/09/08 18:25:00	6.54
四分溪	2018/08/01 ~2018/12/31	2018/09/08 18:10:00	45.732
挹翠山莊	2018/08/01~ 2018/12/31	2018/09/08 17:45:00	8.82

(b) 最大一日平均流量

集水區名稱	資料起訖期間	時間	流量(cms)
指南溪	2017/11/15~2018/12/31	2018/12/28	7.075
山豬窟	2018/08/01~2018/12/31	2018/12/29	3.017
四分溪	2018/08/01~2018/12/31	2018/12/17	18.448
挹翠山莊	2018/08/01~2018/12/31	2018/09/08	2.069

(c) 最大月平均流量

集水區名稱	資料起訖期間	最大月	流量(cms)
指南溪	2017/11/15~2018/12/31	2018/12	4.004
山豬窟	2018/08/01~2018/12/31	2018/12	0.655
四分溪	2018/08/01~2018/12/31	2018/12	13.189
挹翠山莊	2018/08/01~2018/12/31	2018/09	1.604

(d) 各集水區 2018 年 8-12 月月平均流量

資料期間	月平均流量 (cms)			
	指南溪	山豬窟	四分溪	挹翠山莊
2018 年 8 月	0.010	0.048	0.603	0.471
2018 年 9 月	0.171	0.207	3.598	1.604
2018 年 10 月	2.495	0.380	9.060	1.590
2018 年 11 月	2.909	0.080	9.705	1.536
2018 年 12 月	4.021	0.655	13.189	1.529

各集水區最小水位與流量如表 4.4；其中指南溪因接收資料有誤，導致觀測資料之流量過小。

表 4.4 觀測期間集水區最小流量表

集水區名稱	資料起訖期間	最小 5 分鐘流量	
		時間	流量(cms)
指南溪	2017/11/15 ~2018/8/31	參照表 4.5	參照表 4.5
山豬窟	2018/08/01 ~2018/8/31	參照表 4.6	參照表 4.6
四分溪	2018/08/01 ~2018/8/31	參照表 4.7	參照表 4.7
挹翠山莊	2018/08/01 ~2018/8/31	2018/08/23 05:50:00	0.016

因各集水區觀測期間均有無常流水狀況，特將 0 流量期間紀錄摘錄如表 4.5 至表 4.7 說明。

表 4.5 指南溪集水區無常流水狀況流量期間紀錄表

集水區名稱	資料起訖期間	無常流水起訖時間	佔總觀測期間比率 (%)
指南溪	2017/11/15 ~ 2018/8/31	2017/11/16 12:11:49 ~ 2017/11/16 18:16:49 2017/11/17 09:56:50~ 2017/11/18 05:06:50 2017/11/18 05:11:50 2017/11/18 05:16:50 2017/11/18 05:21:50~ 2017/11/18 08:46:50 2018/01/04 13:29:38~ 2018/01/04 17:04:38 2018/01/14 11:34:23~ 2018/01/31 23:32:19 2018/02/01 17:32:19~ 2018/02/01 18:52:19 2018/02/02 02:32:19~ 2018/02/02 14:12:19 2018/02/08 14:57:19~ 2018/02/08 17:37:19 2018-02-08 21:22:19~ 2018-02-11 00:57:20 2018-02-11 01:32:19 2018-02-12 10:17:20~ 2018-02-12 10:37:20 2018-02-13 13:37:20 ~ 2018-02-13 13:47:20 2018-07-04 01:00:11 ~ 2018-08-03 13:35:20	14415/34404

表 4.6 山豬窟集水區無常流水狀況流量期間紀錄表

集水區名稱	資料起訖期間	無常流水起訖時間	佔總觀測期間比率 (%)
山豬窟	2018/08/01 ~ 2018/8/31	2018/08/12 15:30:00~ 2018/08/12 17:20:00 2018/08/13 09:10:00~ 2018/08/13 19:15:00 2018/08/14 12:55:00~ 2018/08/14 14:20:00 2018/08/15 10:20:00 2018/08/15 11:40:00~ 2018/08/15 12:45:00 2018/08/15 13:10:00~ 2018/08/15 13:20:00	150/6384

表 4.7 四分溪及挹翠山莊集水區無常流水狀況流量紀錄表

集水區名稱	資料起訖期間	無常流水起訖時間	佔總觀測期間比率 (%)
四分溪	2018/08/01 ~ 2018/8/31	2018/08/04 11:40:00~ 2018/08/04 16:55:00 2018/08/05 12:05:00~ 2018/08/05 18:10:00 2018/08/06 10:30:00~ 2018/08/06 13:20:00 2018/08/12 14:35:00~ 2018/08/12 17:55:00 2018/08/13 10:20:00~ 2018/08/13 19:15:00 2018/08/14 13:00:00~ 2018/08/14 14:35:00 2018/08/16 12:30:00~ 2018/08/16 18:25:00 2018/08/17 10:10:00~ 2018/08/17 17:55:00 2018/08/18 11:10:00~ 2018/08/18 15:30:00 2018/08/20 13:05:00~ 2018/08/20 15:25:00 2018/08/21 11:10:00~ 2018/08/21 17:15:00 2018/08/22 10:35:00~ 2018/08/22 19:55:00 2018/08/23 09:20:00~ 2018/08/23 11:20:00	760/6390
挹翠山莊	2018/08/01 ~2018/8/31	無	0/6395

指南溪集水區月平均流量如表 4.8，目前資料接收及現場水位感測資訊有誤差，推測 2017 年 12 月正常之外，其餘均有誤差及錯誤。

表 4.8 指南溪觀測期間月平均流量

資料期間	月平均流量 (cms)	月最大流量 (cms)	
		時間	流量
2017 年 12 月	0.21	2017/12/17 08:34:26	0.418
2018 年 1 月	0.07	2018/01/12 09:19:40	0.384
2018 年 2 月	0.06	2018/02/03 22:32:19 2018/02/03 23:02:19 2018/02/03 23:22:19 2018/02/03 23:32:19	0.162
2018 年 3 月	無資料		
2018 年 4 月	無資料		
2018 年 5 月	無資料		
2018 年 6 月	無資料		
2018 年 7 月	0	2018/07/04 01:00:11~ 2018/07/31 23:55:19	0
2018 年 8 月	0	2018/08/01 00:00:19~ 2018/08/03 13:35:20	0

其餘集水區資料如表 4.9，其中四分溪因為集水區面積較大，水位較高。

表 4.9 各集水區月平均流量表

集水區名稱	資料期間	月平均流量 (cms)
山豬窟	2018 年 8 月	0.036
四分溪	2018 年 8 月	0.32
挹翠山莊	2018 年 8 月	0.04

4.3 觀測資料趨勢分析

根據記錄資料，可以直接繪圖如圖 4.1~圖 4.3，由圖中比較得知以下結論：

集水區雖然都位於臺北市，但三集水區降雨時間應該不同，導致流量並沒有相同趨勢，需進一步比對雨量資料。

因為三集水區均屬於上游荒溪型溪流，下雨後立即反應至流量，並迅速降低至基流量，甚至是無常流水。

集水區流量與面積、主流長度等因子成正比，依據臺北市山坡地開發對水文環境及泥沙生產之影響第三階段監測研究計畫(第二期)期末報告(2004)，列出 2018 年 8 月之最大流量、月平均流量及集水區面積、主流長度進行比較如表 4.10~表 4.12：

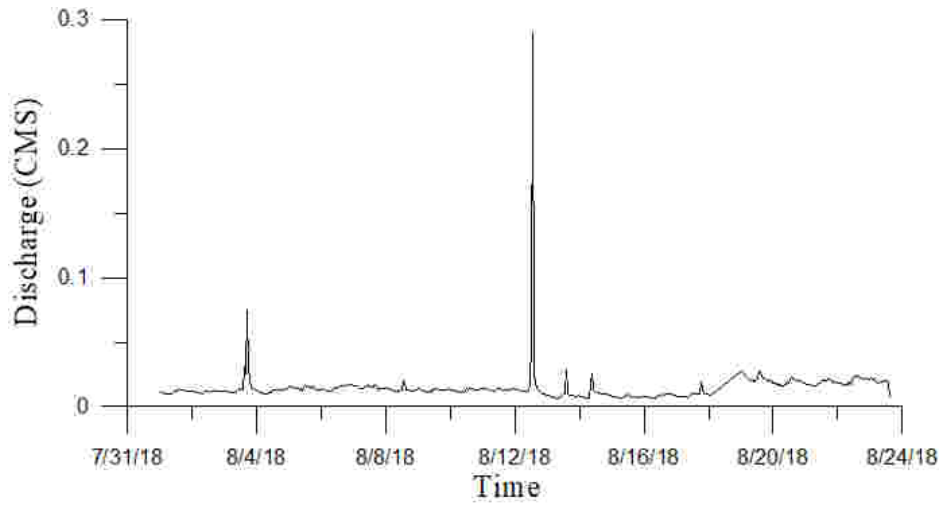


圖 4.1 挹翠山莊觀測資料圖

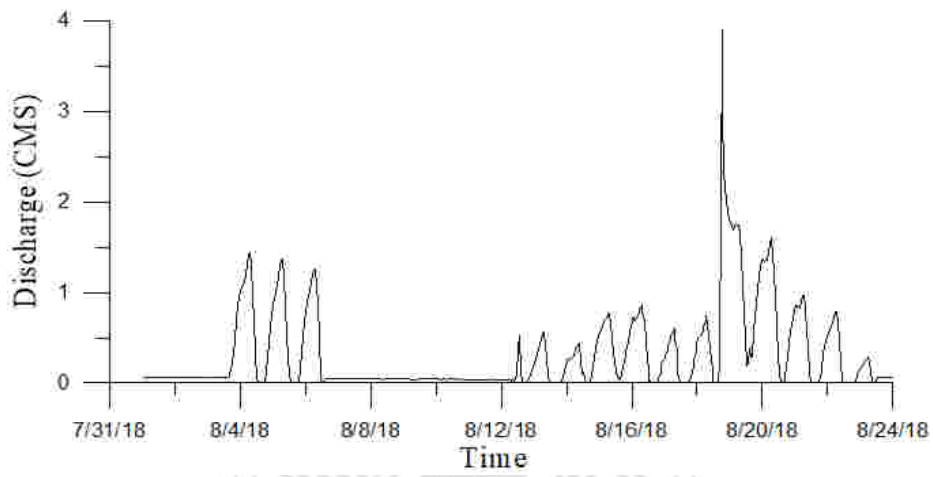


圖 4.2 四分溪觀測資料圖

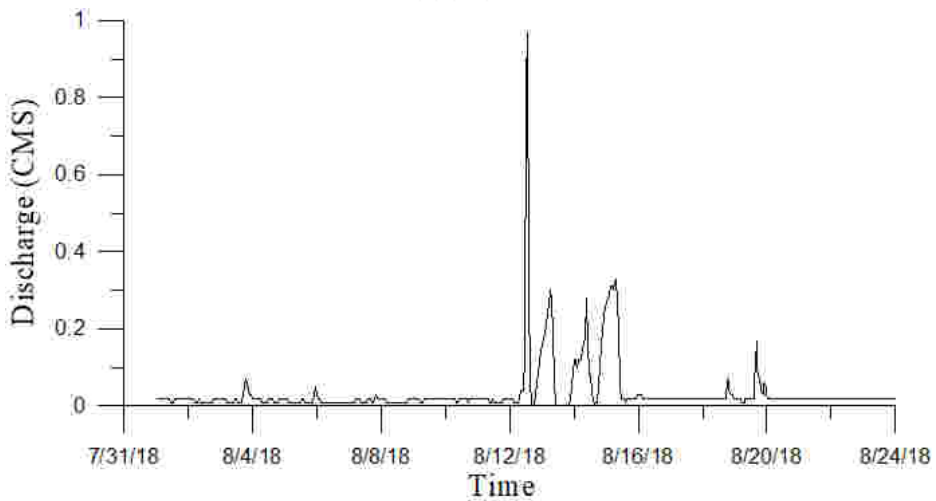


圖 4.3 山豬窟觀測資料圖

表 4.10 集水區地文特性與最大流量特性

集水區	面積 A (ha)	主流長 度 (m)	周長 (m)	最大流量 Q_{max} (cms)		
				5 分鐘	日平均	月平均
指南溪	586.41	4206	11613	8.921	7.075	4.004
山豬窟	174.39	1867	5869	6.54	3.017	0.655
四分溪	534.73	4006	11055	45.732	18.448	13.189
挹翠山莊	34.72	749	2412	8.82	2.069	1.604

表 4.11 單位面積流量貢獻度

集水區	單位面積流量貢獻度 Q_{max} (cms/ha)		
	5 分鐘	日平均	月平均
指南溪	1.52%	1.21%	0.68%
山豬窟	3.75%	1.73%	0.38%
四分溪	8.55%	3.45%	2.47%
挹翠山莊	25.40%	5.96%	4.62%

表 4.12 各集水區相關水文資料比較表

集水區	面積(ha)	主流長度(m)	周長(m)	最大小時流量 (cms)
挹翠山莊	34.72	749	2412	0.289
山豬窟	174.39	1867	5869	0.97
四分溪	534.73	4006	11055	3.895

其中挹翠山莊面積有 44% 為建築用地，增加地表逕流量，而山豬窟測站上游約 300 公尺為垃圾掩埋場，阻斷天然河道，因此降低集水區出流量。四分溪上游面積較大，因此尖峰流量最大，也有較大基流量。

4.4 降雨與流量關係初步探討

依據 $Q = (1/360) CIA$ ，求算流量係數，各參數定義如下：

Q 為洪峰流量，本研究量測最短時間為 5min，故為五分鐘之平均流量。

I 為降雨強度(mm/hr)，定義為洪峰流量發生前之最大一小時累積降雨量。

A 為集水區面積(ha)

C 為逕流係數。

另外計算稽延時間(min)，為尖峰時間到洪峰到達時間之差值。

由表 4.13 顯示，山豬窟因為垃圾掩埋場，阻斷天然河道，導致計算結果不合理，而挹翠山莊因為地表多為建築物，流量係數最大。稽延時間也以挹翠山莊最短，約為 135min，由以上資料顯示，未來若能提供即時雨量資料，可依照稽延時間，推測 135min 至 175min 之後之尖峰流量資料，推測方法可使用時間序列、類神經網路方式推估。

表 4.13 最大暴雨逕流係數計算

集水區	洪峰發生日期	時間	Q (cms)	I (mm/hr)	最大降雨一小時發生的時間	稽延時間 (min)	洪峰流量係數
山豬窟	2018/09/08	18:25	6.54	78	15-16	175	0.173
四分溪	2018/09/08	18:10	45.732	81	15-16	160	0.380
挹翠山莊	2018/09/08	17:45	8.82	129.5	15-16	135	0.706

4.5 綜合討論

集流時間與平均降雨強度分析因尚缺乏各集水區之相關雨量資料，故目前暫無法分析，目前尚需持續觀測各集水區相關降雨量資料以取得單峰降雨資料，方得以持續分析各集水區集流時間與平均降雨強度。

洪峰逕流係數(C)，因需透過最大 30 分鐘降雨強度(I)、集水區面積(A)及尖峰流量(Q)，即可利用合理化公式($Q=CIA$)，反推各場暴雨之洪峰逕流係數(C)，以提供未來規劃設計之用，但因目前尚缺 30 分鐘最大降雨強度，方可滿足合理化公式($Q=CIA$)各項所需計算條件，目前暫時無法分析各集水區之洪峰逕流係數，故持續觀測最大 30 分鐘降雨強度(I)，待 30 分鐘降雨強度之觀測資料足夠時方得以計算出各集水區之洪峰逕流係數(C)。

第五章 結論與建議

5.1 結論

集水區上游水文觀測資料，可應用於下游水文學量體預測及早期洪水預報之用。本研究係以臺北市政府工務局大地工程處(2018) 所屬山豬窟、四分溪、挹翠山莊及指南溪等四個集水區水文觀測站之設備，經由 RS-232 介面於各自記型讀取機讀取及存檔水文觀測相關資料之系統功能，研究是否可利用現行之 Windows + IIS + PHP + MySQL 為架構加以簡化及提升，建立完整水文的基本資料庫與即時線上查詢系統，以達到簡化水文觀測即時性與速度及方便查詢性的功能。

首先於河道已設置量水堰之處，設置水位計，並利用嵌入式系統，做資料之即時儲存，透過太陽能供電，再以無線網路將資料回傳至基地台，於基地台設置資料庫進行資料即時儲存，並與現有臺北市雨量站進行資料整合，撰寫展示介面，提供即時展示功能。本即時系統建立後，提供雨量、水位及流量之即時及歷史資訊，透過使用者介面，讓使用者可以做資料之查詢、下載，並預期未來作為大數據分析之用。

本研究獲致結論如下：

1. 水文觀測即時系統建立工作為各項水文觀測規劃及推動成敗之關鍵，透過資料之整合與分享，來建立高效率之水文觀測即時系統服務體系，且經由網際網路之連線，使得水文資料之蒐集、查閱、擷取與加值分析應用更為準確且快速與便捷，進而達成政府 e 化之目標。

2. 利用簡顯易懂的程式架構來簡化繁雜的程式設計，進而利用更簡單的方式來達到即時訊息的傳遞及正確性，並以資料庫型式來達到網頁查詢的目的。
3. 本研究乃是利用 Windows + IIS + PHP + MySQL 做為核心架構及利用 PHP 程式碼可以直接在 HTML 網頁當中嵌入建立建立動態網頁所做之即時觀測系統及觀測資料即時系統網頁展示。
4. 本研究可以利用網際網路的連結及各集水區相關資料庫、選用之感測器、使用表單之建立及各觀測值的紀錄等，均能經由本研究系統查詢到即時性相關感測器編號之水壓、雨量、流量及水位等資料。

5.2 建議

1. 將研究執行過程中所遭遇之問題與困難，化作具體以便發展後續即時觀測之研究方向，俾供規劃及研擬後續研究的推動，使現有水文觀測即時系統更具高科技化，更能掌握即時水文狀況，以確實達到「技術現代化」、「傳訊即時化」及「資料正確化」。
2. 勇於對新技術；新產品的發明能配合當時創新的思維，來更新及修正原有的水文觀測即時系統，使本研究系統能跟得上資訊潮流，能更簡化即時查詢系統，使本系統能更於查詢利用；另能結合相關集水區的水位警示防災救災系統，讓本系統更趨人性化及能有提早發佈水位溢流警示警戒的功能。
3. 在目前網際網路及相關觀測儀器的發展之下，即時系統的觀測及回饋是可以持續發展的一項技術，藉由研究更簡化的新技術及創新的觀測系統，期許能更準確且迅速的回饋相關觀測資料，以利減低或能更早發現水文差異所造成的危害。
4. 持續觀測各集水區相關雨量資料及 30 分鐘最大降雨強度方能得到各集水區集流時間、平均降雨強度與洪峰逕流係數，以提供未來水文及水理規劃設計之方向及參考依據。

參考文獻

- 王如意、易任 (1999)，應用水文學(上冊)，國立編譯館出版。
- 李光敦(2004)，水文學，五南出版。
- 連惠邦(2017)，土砂災害與防治，五南出版。
- 李春雄(2014)，資料庫學習實務，新文京開發出版。
- 張斐章、張麗秋(2010)，類神經網路導論原理與應用，滄海書局。
- 行政院農業委員會(2014)，水土保持技術規範。
- 行政院農業委員會水土保持局(2008)，集水區整體調查規劃工作參考手冊。
- 經濟部水資源局(2001)，水文設計應用手冊。
- 洪耀明(2009)，無線感應器網路在土石流監控之應用，國科會工程科技通訊 99：123-127。
- 洪耀明、甘堯江、陳映熾 (2007)，研發以無線感測器網路及太陽能供電之坡地降雨量與地下水位即時監測系統—以霧社水庫為例，96 年電子計算機於土木水利工程應用研討會論文，p.366-372。
- 洪耀明、呂鴻廷、洪祈存、傅桂霖、郭炳榮、董志睿(2011)，上游河道泥沙清疏量體預測模式之研究，水保技術 6(2):110-117。
- 洪耀明、陳少鈞、許祐邨、陳映熾、林昭遠(2009)，應用無線感測網路建立蓄洪池水質即時監測系統-以明道大學蠡澤湖為例，水保技術 4(2)：124-136。
- 洪耀明、陳映熾、許祐邨、呂宏璋、甘堯江、呂鴻廷(2010)，地滑地即時監測系統建立之研究，水土保持技師公會，水保技術 5(3):142-150(2010)。

- 孫振哲、莊智瑋、林昭遠(2007)，網格式合理化法推估集水區流量歷線之研究，中華水土保持學會，水土保持學報 39(2):155-171。
- 粘添壽(2019)，資料庫程式設計-PHP+MySQL。
- 經濟部水利署(2012)，融合多重雨量資訊於水庫集水區即時雨量推估及入庫流量預報技術之研究(1/2) (2/2)。
- 經濟部水利署(2013)，台灣地區水文長期整體策略規劃與綜合加值服務 (2/2)。
- 臺北市政府工務局大地工程處(2018)，臺北市山坡地水文觀測系統
<http://210.240.203.156/taipeiwatershed/index.php>
- 臺北市政府建設局(1995)，臺北市山坡地水文環境監測站設置計畫總結報告。
- 臺北市政府建設局(2004)，臺北市山坡地開發對水文環境及泥沙生產之影響第三階段監測研究計畫(第二期)期末報告。
- 蘇苗彬(2003)，梨山地區地層滑動整治計畫成果報告，行政院農業委員會水土保持局。
- 蘇騰鎡、宋建樺、江孟容、林祺恒，淡水河流域無因次單位歷線之演繹及實務探討，學術天地。
- Hong, Y. M. (2010). Experimental Evaluation of Design Methods for In-Site Detention Ponds. *International Journal of Sediment Research*. 25:52-63.
- Hong, Y. M. (2017). Feasibility of Using Artificial Neural Networks to Forecast Groundwater Levels in Real-Time. *Landslides*. 14:1815-1826.
- Hong, Y. M. and Wan, S. (2011a). An information-based system identification for measurements on GLF of hillslope. *Hydrogeology J* 19:1335-1149

- Hong, Y. M. and Wan, S. (2011b). Forecasting GLFs for rainfall-induced landslide. *Nat Hazards* 57:167–184
- Sherman, L. K. (1932). On runoff. *Eos. Transactions American Geophysical Union*, Volume 13, Issue 1.
<https://doi.org/10.1029/TR013i001p00298-1>
- Tang, C., Huang, Y. L. and Hong, Y. M. (2012). The Precipitation Depth Distribution of Small Catchment– A case in South of Taiwan. 2nd International Conference on Electronic & Mechanical Engineering and Information Technology (EMEIT-2012).

