



水保技術

水
保
技
術

Journal of Water and Soil Conservation Technology

Vol.18

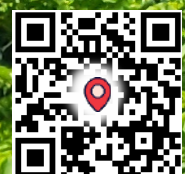
No.1

No.2 合刊

中華民國水土保持技師公會全國聯合會

地址：220 新北市板橋區雙十路 2 段 143 號 4 樓

TEL：02-82581918 / FAX:02-82571900 <http://www.swcpea.org.tw/> e-mail:swcpea@seed.net.tw



中華民國水土保持技師公會全國聯合會暨

臺灣省水土保持技師公會 臺北市水土保持技師公會 新北市水土保持技師公會 臺中市水土保持技師公會
高雄市水土保持技師公會 臺南市水土保持技師公會 桃園市水土保持技師公會 聯合出刊

水保技術



ISSN 1998-2275

第18卷 第1期、第2期合刊

2024.06

水土保持技師從事水土保持相關之調查、規劃、設計、
監造、研究、分析、試驗、評價、鑑定、施工及養護等業務

發行人：陳智誠
出版者：中華民國水保技師公會
全國聯合會
會址：新北市板橋區雙十路2段
143號4樓

網址：<http://www.swcpea.org.tw/>
電話：(02)8258-1918
(02)2254-4483
(02)2253-8151
(02)8258-5680
傳真：(02)8257-1900
(02)2250-0061

主編委員：鍾東宏
編輯委員：劉衍志、吳烘森、吳正義

編輯助理：許婷瑄
本刊為季刊，每年出版四次
本刊版權為水保技師公會所有
訂閱費：每期新台幣 100 元
(國外郵資另加)

印刷者：吉祥數位印刷社
地址：台南市育樂街 55 號 1 樓

電話：(06)2368-880
傳真：(06)2345-085

Publisher: Zhi-cheng Chen
Publication Office: The Union of Soil and Water
Conservation Professional
Engineer Associations
Address: 4F., No.143, Sec. 2, Shuangshi
Rd., Banqiao Dist., New
Taipei City 220, Taiwan
(R.O.C.)

Web Site: <http://www.swcpea.org.tw/>
Tel: +886 2 8258-1918
+886 2 2254-4483
+886 2 2253-8151
+886 2 8258-5680
Fax: +886 2 8257-1900
+886 2 2250-0061

Chief of Editor: Dung-Hung Chung
Board of Editor: Yen-Chih Liu, Hong-Sen Wu,
Cheng-Yi Wu

Assistant Editor: Ting-Hsuan Hsu

This journal is published quarterly.

Institutional subscription fee: NT\$100

Print: Ji Xiang Publishing Inc.
Address: 1F., No.55, Yule St., East
Dist., Tainan City
70145, Taiwan (R.O.C.)
Tel: +886 6 2368-880
Fax: +886 6 2345-085

本刊文責由作者自負，版權概屬本會所有。未經本會同意，禁止翻印或轉載。

水保技術

「水保技術」四字為鄭燮墨跡。鄭燮，字克柔，號板橋，清朝官員、學者、書畫家，擅長畫竹。鄭燮為官清廉，後因老病罷官客居揚州，身無長物，僅寥寥幾捲圖書隨身，賣畫為生。鄭燮為「揚州八怪」之一，其詩、書、畫被世人稱為「三絕」，以篆、隸、草、行、楷等各種書體的字形，並以蘭草畫法入書，形成有行無列、疏密錯落的書法風格，創造了「六分半書」的書體，後人亦稱之為「板橋」體。

鄭燮注重對自然和周圍事物的觀察，師承自然，與水土保持著重於自然變化、演替、行為相同。借板橋體書本刊刊名，實有見微知著、體察民需、難得糊塗之寄情，亦是對水土保持從業人員與學者之期許。



封面介紹：圖為日本富山縣黑部市深 V 黑部峽谷鐵道旁自然景觀-宇奈月湖。阿里山林鐵自 2013 年與日本富山縣黑部峽谷鐵道締結為姊妹鐵道（日語：黒部峽谷鉄道／くろべきょうこくてつどう Kurobe Kyōkoku Tetsudō）是日本富山縣的一家鐵路業者，簡稱為黑鐵。黑部峽谷鐵道最初是日本電力為了搬運修築黑部川水壩的建設物資而建設，之後繼承黑部川水壩的關西電力（第二發電所，昭和 11 年），1971 年時設置全資子公司黑部峽谷鐵道公司，由其營運長度 20.1 公里的黑部峽谷鐵道本線，該路線是日本少有使用 762mm（窄軌）軌距的鐵路路線（維基百科）。

2024 年 1 月日本中部能登半島發生地震 7.6 級地震，受損嚴重，黑部峽谷鐵道宇奈月-樺平段僅部份通行。奈良月湖旁沿線道路，部份崩塌中斷，日本政府決定選擇不修復，停止人為干擾山林與自然景觀，讓它休養生息。

照片提供：鍾鳴峰技師（攝於日本 2024 年 5 月 10 日）

目錄

人物專訪

- 4 桃園市政府 張善政市長

學術/技術論文

- 8 計算集水區平均降雨與實際監測資料之分析比較-以翡翠水庫集水區為例
- 詹翔屹 陳智誠 鄭清江
- 22 以降雨引發地下水位變化探討宜蘭縣南澳鄉東澳嶺之崩塌潛勢
- 陳弘達 唐琦
- 32 無人機智慧技術於山坡地水保工程與工程災害復建地形測繪精進應用
- 鍾鳴峰
- 46 水土保持淨零排放計算與審查
- 潘建中

技術短文

- 54 AIoT 電腦視覺裝置於崩塌地坡面變位即時監測之可行性研究
- 陳毅輝
- 56 碳存量指標在農村再生社區營造效益評估之應用
- 林昭遠

評析專欄

- 58 推廣水保旅遊業務 編印水保景點月曆
- 陳本康

活動花絮

人物專訪

張善政 桃園市長



桃園市市長張善政(右)與桃園市水保技師公會理事長王士章(左)合影

採訪／郭玉麟理事長、鍾東宏技師

文字整理／鍾東宏技師、許婷瑄

日期／2023年11月29日

桃園市為臺灣直轄市之一，更是我國重要的工業及科技重鎮，其為桃園國際機場的存在促進物流和貿易的發展。本期人物專訪特邀請桃園市市長 張善政市長進行人物專訪。

張善政市長有著豐富的背景和經驗，涉及學術界、產業界和政府部門。在多元背景下使市長任內能夠從多方面入手，推動各項政策及計劃，以期帶動桃園市的進步和發展。在科技



與土木與環境工程上也有著相當的學識造詣，亦為城市的智慧化和現代化提供了有力支持。

以下為當日訪談記要：

首先，從「水土保持義務人」的角度，以及您在工程、資訊、行政等產官學經歷經驗，您認為在水土保持法第一條，「為實施水土保持之處理與維護，以保育水土資源，涵養水源，減免災害，促進土地合理利用，增進國民福祉，特制定本法」的開宗明義。

第一個當遇到暴雨及天然災害時，水土保持技師即第一先鋒，再者有些民眾對土地開發利用的種種問題，更是了解到水土保持技師的重要性。桃園市水保工程不計其數，以往委由土木或水利協助，相關環保水利設施都牽涉水土保持工程居多，專業性質更需要水土保持技師大力協助。山坡地開發在一般民眾是極為困難，水土保持必為重要的關卡之一，常因技術門檻較高，導致民眾受到阻礙；為了顧及民眾需求與感受，專業技師固為重要，但我認為如何開始，即是讓民眾願意接受水土保持業務無須感到恐懼主要原因之一，水土保持是親近的，為了達到增進國民福祉始終是一大挑戰。



水土保持業務在「便民」、「防弊」、「行政效率」及「行政人力短缺」之間，如何取得平衡？

一開始提及便民極為重要，在水土保持上第一是有相當的高度技術，第二是法規及條文的限制，如水土保持法等相關規定。為利於提高服務得便捷度，本市府在水土保持業務上提供建議在系統化管理、資訊公開、科技運用及民間團體上作為考量。山坡地開發可透過系統管理之方式，一站式線上化服務使民眾即時取得案件審查資訊、申請進度及審查意見，達到便民之效；也可運用山坡地管理資訊系統列管追蹤相關違規案件，減少查報取締業務人情壓力，並強化山坡地多元資訊來源管道。為落實水土保持案件資訊公開目標，建立桃園市水土保持計畫查詢系統，將近三年山坡地申請及違規案件資訊公開，提供全民查詢閱覽、監督檢視。違規上訂定山坡地違規裁罰基準，依據違規面積級距及樣態事由減輕或加重處以罰鍰，公開透明的基準，可減少關說情事。



另外，為增加行政效率及行政人力短缺上的處理方針，本市府可借助公會及民間團體，如水土保持服務團、山坡地巡守志工隊等，協助政府機關擴大水土保持業務監督管理；更是在各社區中，每年藉由演練講習、防災宣導等方式，將防災觀念深耕至村里，提升基層防救災能量。

山坡地巡查不因人力短缺造成巡查密度不足之情形，在深化智慧科技的運用上，本市府利用空拍機大範圍機動巡查，可提升差報取締效率及機動性。深化智慧科技運用是數位時代發展趨勢，本府期望運用科技及人工智慧（AI），未來能有效提高公務運作效率，解決公務人力短缺問題亦能解決更多市政問題。

對國土利用、糧食自主、農村發展等，是否有政策性、綜合性及科技性的建議？

本市境內石門水庫集水區上游種植水蜜桃、甜柿等為原住民以維生之經濟來源，造成林業用地上進行農業行為之超限利用情形，本市府因應農業部超限利用清查計畫列管處理，分3年執行排除；由於114年國土計畫開始實施，桃園市國土計畫作業已完成功能分區公展，期望中央在制定分區使用的規則上能有明確的土地使用政策，以確保土地資源永續性。

復興區拉拉山的水蜜桃發展非同凡響、供不應求，也希望可以再擴大產業，但現在因超限利用問題，轉作的經濟作物利益遠遠低於水蜜桃，拉拉山的水蜜桃跟甜柿，在我們整個復興區更是一大亮點的農業代表，面對極端氣候不僅影響作物產量，又因超限利用的發生，導致生計等多方問題；對於超限利用等問題，建議農業部和原民會能提出更有效益的土地使用及管理計畫，並提供相應的獎勵措施。

未來，在政策上，希望農業部府成立農村發展及水土保持署，採取更開放補助範圍，結合休閒農業，協助地方政府達成多功能農村再生目標，更是提升社會大眾對於水土保持的認知與參與度。

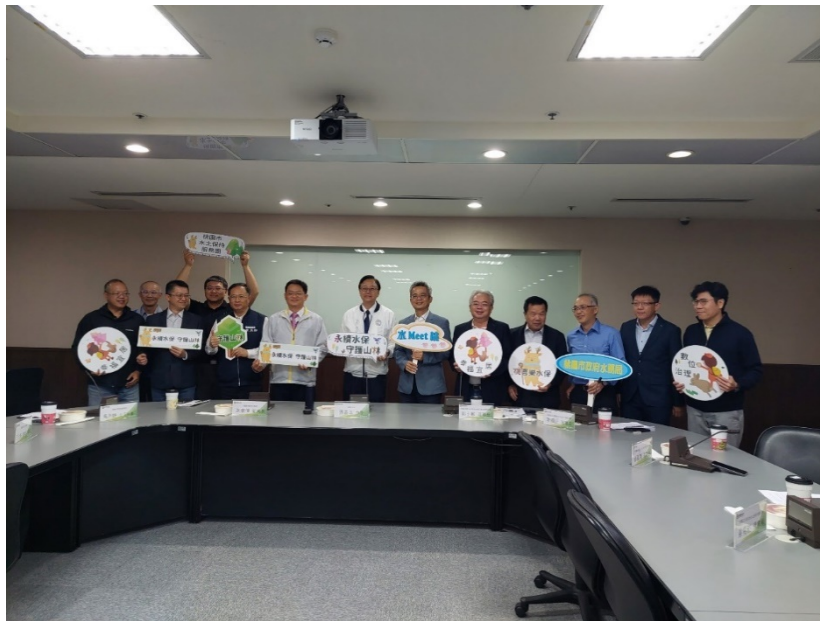
而對於技師公會的角色，是否也能就上述事務的推動上，提出您的期許？

技師針對山坡地主要業務範疇包含治山防災工程、土石流防災及邊坡監測預警等，目前公會協助市府給予專業技術上協助和建議工作包括鑑定、審查、專業服務等協助。土保持技師公會為擴及服務範圍，據聞近期將增設桃園市水土保持技師公會，可就近提供本府支援，後續可建立支援市府天然災害預防、救災及其他專業技術連絡系統以及可協助進入偏鄉宣導



或輔導水土保持相關業務。本市水保服務團將於明(113)年成立滿20年，服務團成員多為各公會成員，也期許桃園市水土保持技師公會成立後，能推薦具熱忱服務的技師加入團隊。

最後，通過提供專業技術支持、推動技術創新、促進政策落實、加強行業自律、解決人力短缺和增強公眾參與，推動水土保持事務的順利進行。希望技師公會能夠繼續發揮其專業優勢，為水土保持事務的發展做出更大的貢獻。



上圖從左至右為：耿彥偉副局長、張善政市長、郭玉麟理事長、李國正理事長、林志憲理事長、林彥志理事長



計算集水區平均降雨與實際監測資料之分析比較

-以翡翠水庫集水區為例

Comparative Analysis of Calculated Average Rainfall and Actual Monitoring Data in Watersheds: A Case Study of the Feitsui Reservoir Watershed

詹翔屹¹、陳智誠²、鄭清江³

Shing-Yi Jhan¹, Chihcheng Chen², Ching-Jiang Jeng³

智全工程技術顧問有限公司

All-wisdom Engineering and Technical Consulting Co., Ltd

摘要

流域平均雨量是河川流量、水庫蓄水量、洪水頻率強度及歷線繪製等水文資料最重要依據之一，一般流域內會設置多個雨量站，而計算集水區平均雨量廣泛使用包含算術平均數法(Arithmetic Averaging Method)、徐昇式多邊形法(Thiessen Polygons Method)、高度平衡多邊形法(Height Balance Polygons Method)等數學方法作計算，本文利用翡翠水庫集水區雨量站實際監測數據，透過機器學習數據分析方法，選擇隨機森林迴歸特徵選取法(Random Forest Regressor)、置換特徵重要性選取法(Permutaion Feature Importance)與算術平均數法(Arithmetic Averaging Method)、高度平衡多邊形法(Height Balance Polygons Method)等方法作計算比較，計算結果不論是徐昇多邊形或是高度平衡多邊形或是算術平均數法都與實際監測數據計算之隨機森林迴歸特徵選取法及置換特徵重要性選取法權重有明顯差異。

以碧湖測站為例，權重差異高達9%以上，權重佔比高的測站也不同，顯示純粹用數學方式計算與實際監測數據透過機器學習的數據分析結果，直接影響後續洪峰演算結果，建議後續蒐集各水庫集水區實際監測數據透過機器學習或深度學習的數據分析與演算，建立數值模型供集水區各項分析使用。

關鍵字：流域平均雨量、水文資料分析、機器學習、翡翠水庫、洪峰流量

Abstract

The average rainfall over a watershed is one of the most important bases for hydrological data such as river flow, reservoir storage, flood frequency intensity, and hydrograph plotting. Generally, multiple rainfall stations are set up within a watershed, and several mathematical methods are widely used to calculate the average rainfall of the catchment area, including the Arithmetic Averaging Method, the Thiessen Polygons Method, and the Height Balance Polygons Method. This paper utilizes actual monitoring data from the rainfall stations in the Feitsui Reservoir catchment area and employs data analysis methods through machine learning. Specifically, we compare the



results of using the Random Forest Regressor, Permutation Feature Importance, Arithmetic Averaging Method, and Height Balance Polygons Method. The calculation results indicate significant differences in the weights derived from the Thiessen Polygons Method, Height Balance Polygons Method, and Arithmetic Averaging Method compared to those derived from the Random Forest Regressor and Permutation Feature Importance based on actual monitoring data. For instance, the weight difference for the BiHu Station is more than 9%, and the stations with high weight ratios also differ. This demonstrates that purely mathematical calculations and data analysis results through machine learning based on actual monitoring data directly affect subsequent flood peak calculations. Therefore, it is recommended to collect actual monitoring data from various reservoir catchment areas and use data analysis and calculation through machine learning or deep learning to establish numerical models for various analyses within the catchment areas.

Key Word : Watershed average rainfall, Hydrological data analysis, Machine learning in hydrology, Feitsui Reservoir, Flood peak

一、前言

計算集水區平均降雨的方法，一般有下列幾種：

1. 算術平均數法
(Arithmetic Averaging Method)
2. 徐昇式多邊形法
(Thiessen Polygons Method)
3. 等雨量線法
(Isohyetal Method)
4. 高度平衡多邊形法
(Height Balance Polygons Method)

其中算術平均數、徐昇多邊形、高度平衡多邊形是利用數學方式計算權重無須實際監測數據作分析，等雨量線法需要一場或多場降雨資料作分析，本研究選擇數學計算方法與利用翡翠水庫自有雨量流量監測資料作分析，比較計算值與監測值之差異，作為後續應用之參考。

翡翠水庫是台灣臺北都會區的主要水庫之一，位於新店溪支流北勢溪之上，是提供北台灣約600萬人口飲用水源，大壩距離臺北市中心區約30公里，水庫集水區範圍涵蓋新北市新店區、石碇區與坪林區，總容量約4億6百萬立方公尺，為臺灣第二大，集水區範圍則涵蓋新北市新店區、石碇區、坪林區與雙溪區，總面積303平方公里。

集水區範圍及與雨量站詳見圖1所示，故翡翠水庫水質水量至關重要，過去陳偉柏等以多變數及類神經網路分析水庫水質，本研究以傳統計算法外，另外採用數據分析之特徵選取權重做比較，利用水庫集水區自設雨量站過去10年時雨量及流量監測數據做分析。

本研究係利用python程式的機器學習作特徵選取，特徵選取採用隨機森林迴歸特徵選取法(Random Forest Regressor)及置換特徵重要性選取法(Permutaion Feature

Importance)作權重計算(Random Forest Classifier)方法計算各項測站之權重與徐昇式多邊形法、算術平均數法及高度平衡多邊形法計算結果比較。

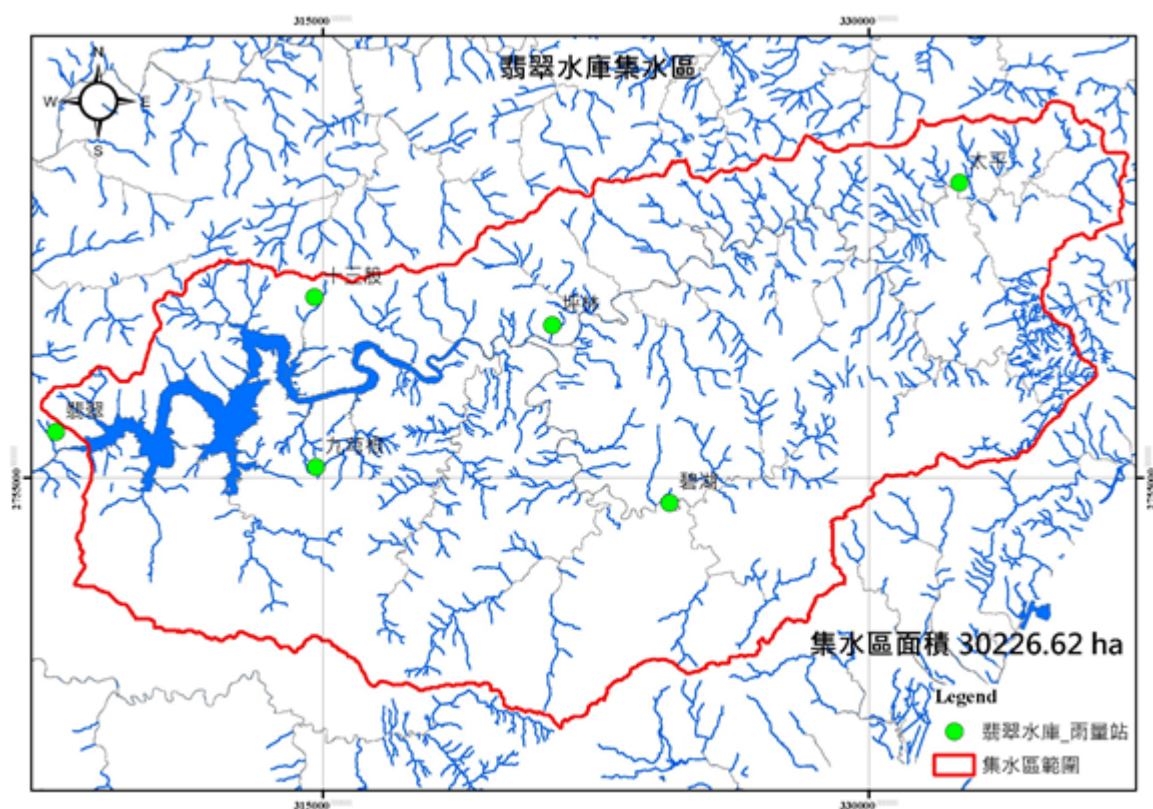
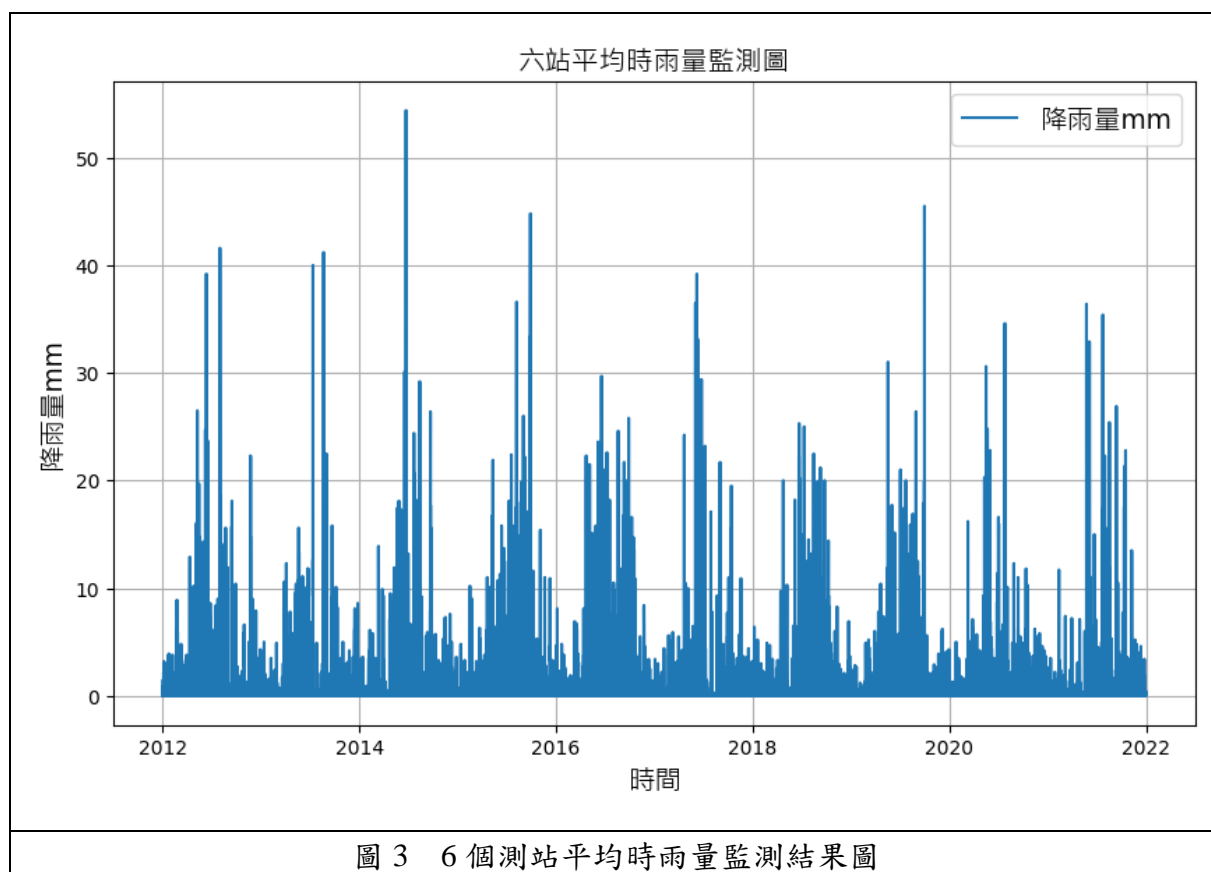
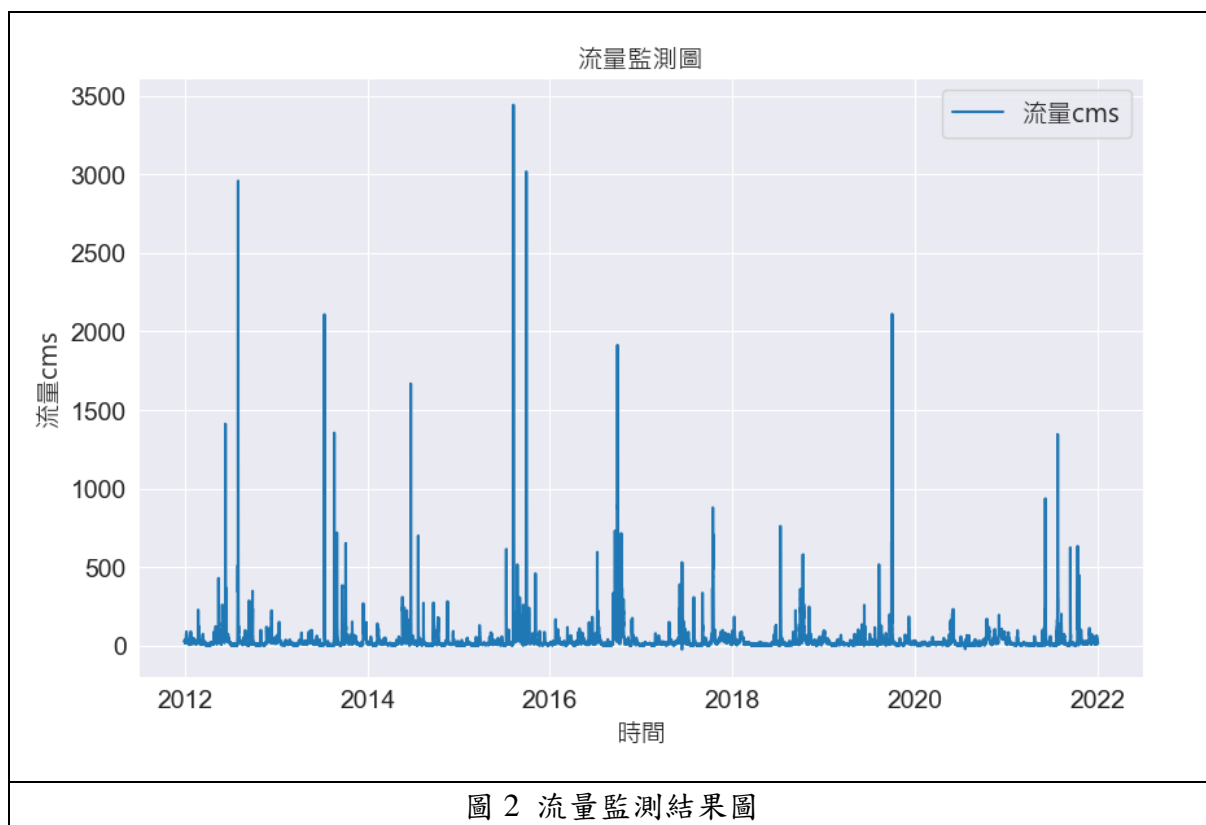


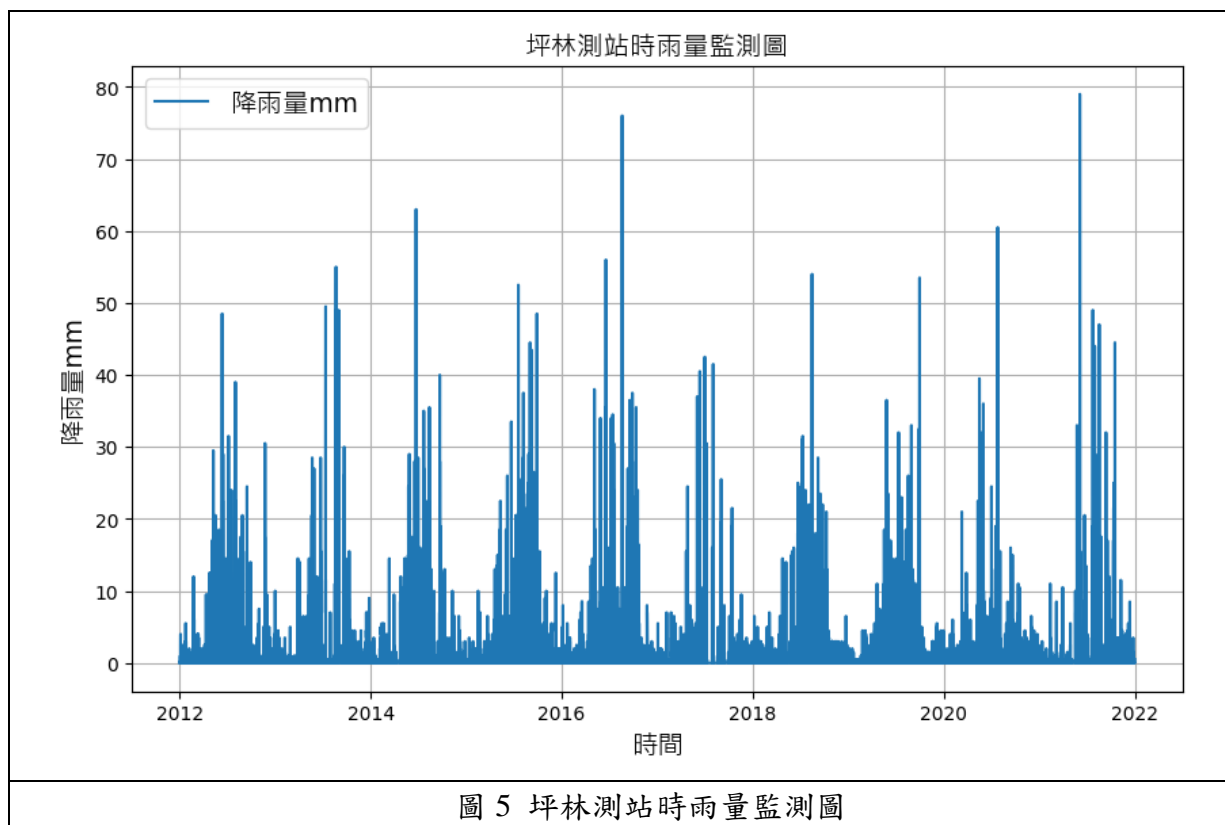
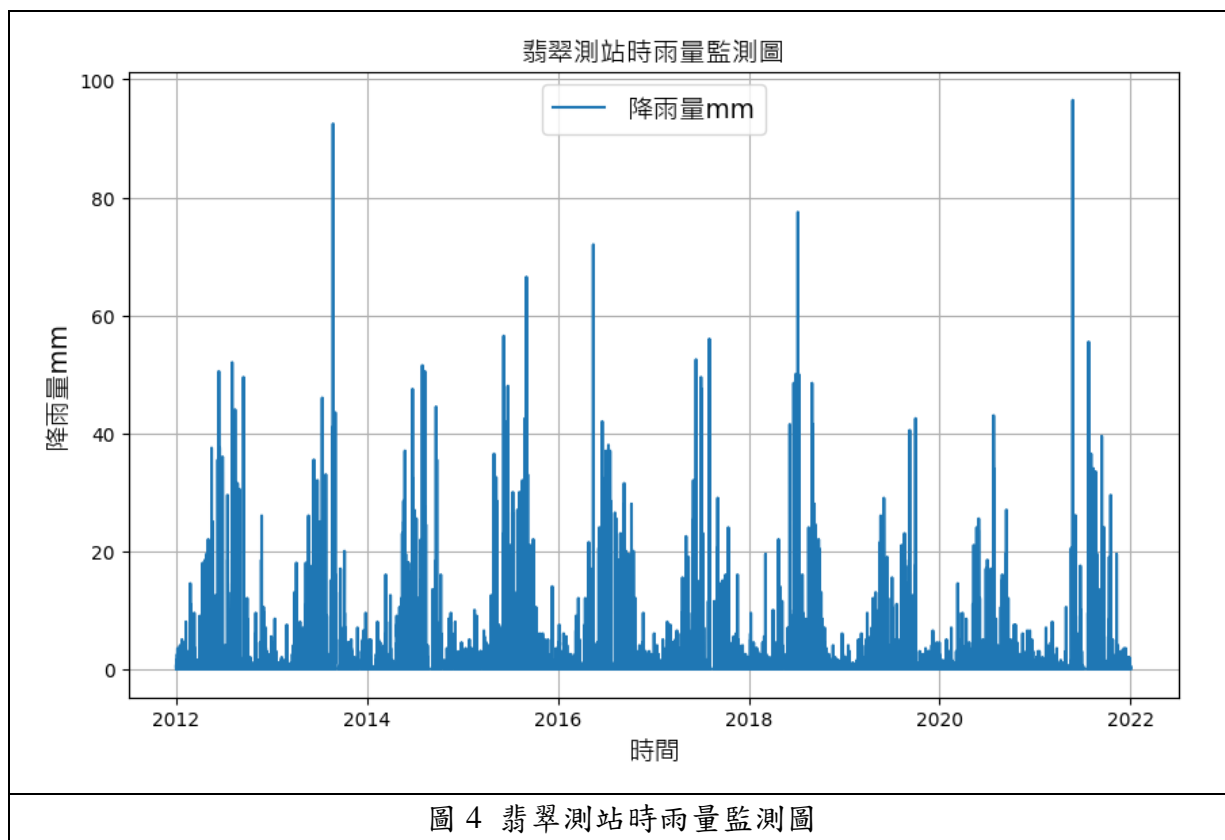
圖1 翡翠水庫集水區與雨量測站位置圖

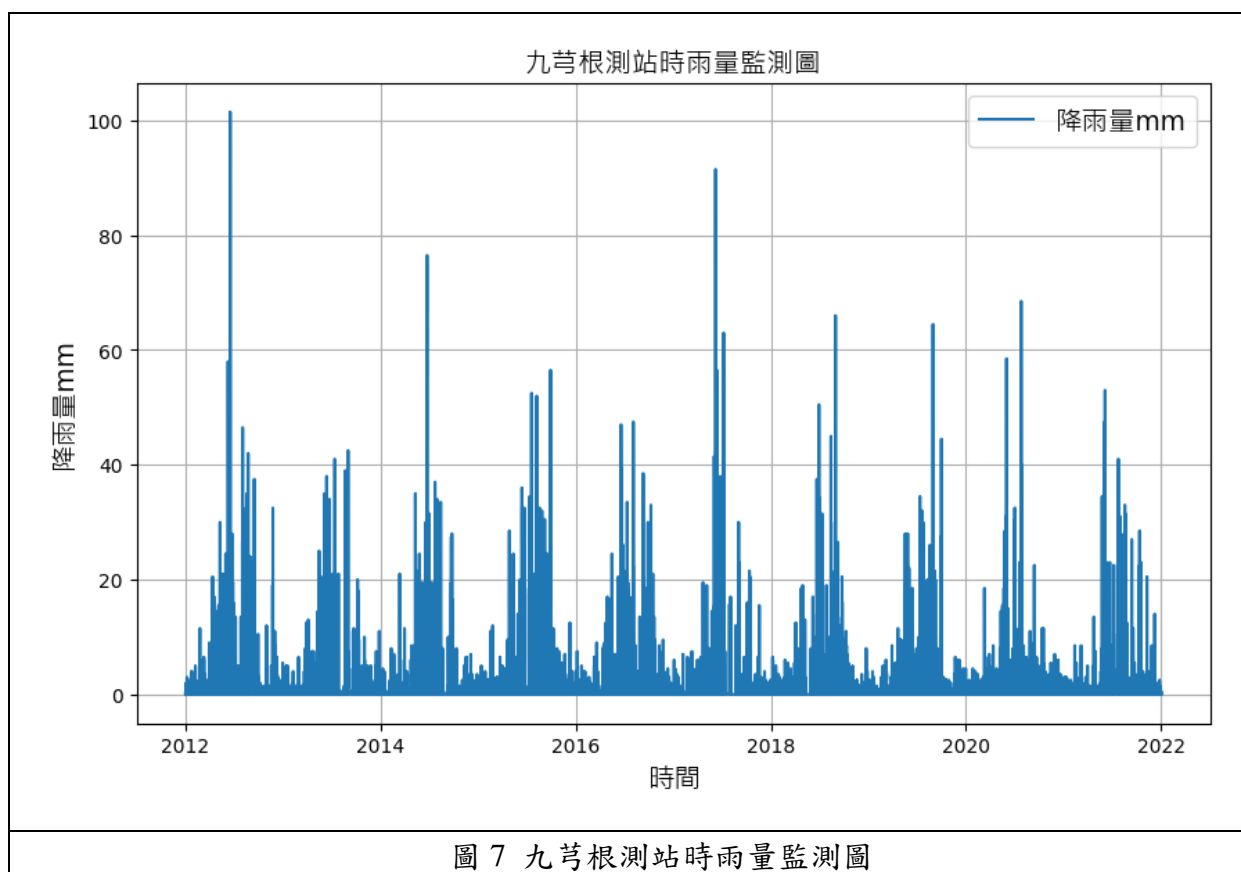
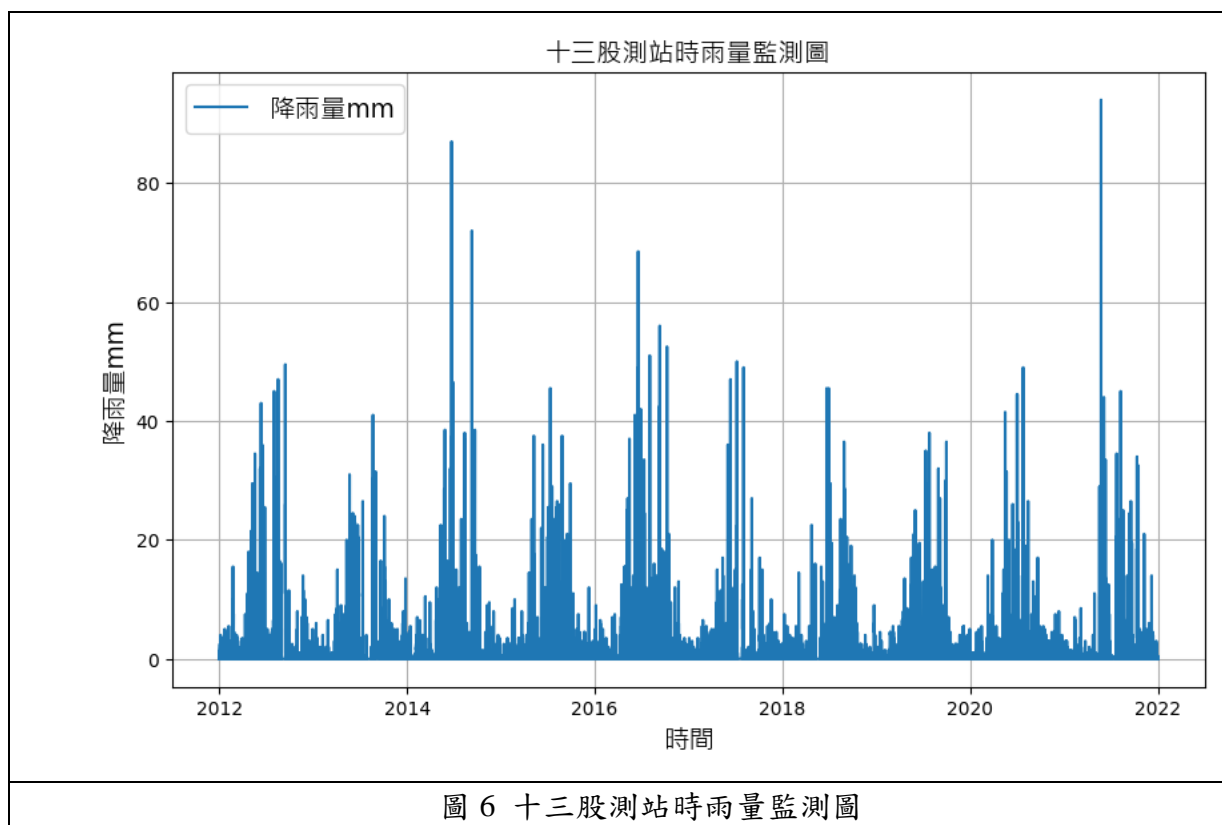
二、集水區監測時雨量與流量資料

依據翡翠水庫集水區六個(翡翠 Emerald、坪林 Pinglin、十三股 Thirteenshares、九芎根 Jiuxionggen、碧湖 Bihu、太平 Taiping)雨量測站及流量監測結

果，監測期間自2012/1/1 01:00至2022/1/1 00:00，每小時的監測統計資料彙整，資料共87672筆監測數據，監測結果包含流量監測結果如下圖2至圖9，監測數據相關性詳見圖10所示。







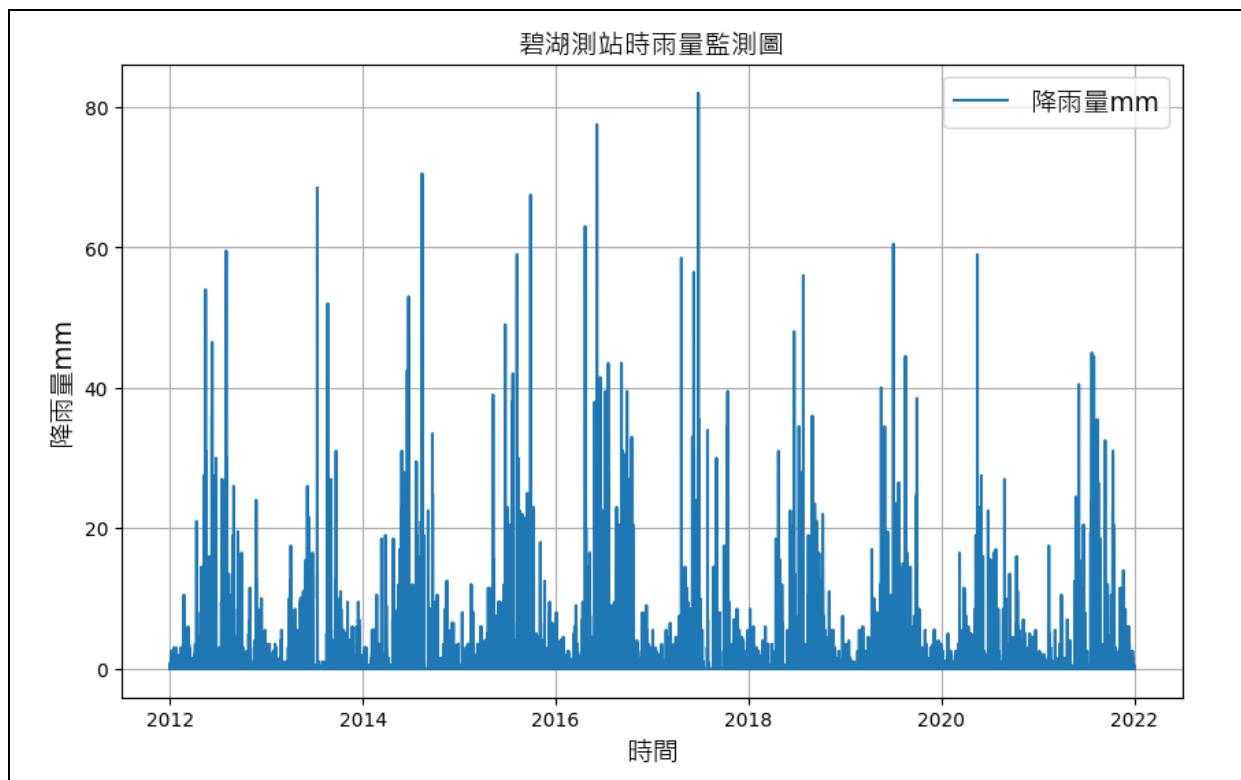


圖 8 碧湖測站時雨量監測圖

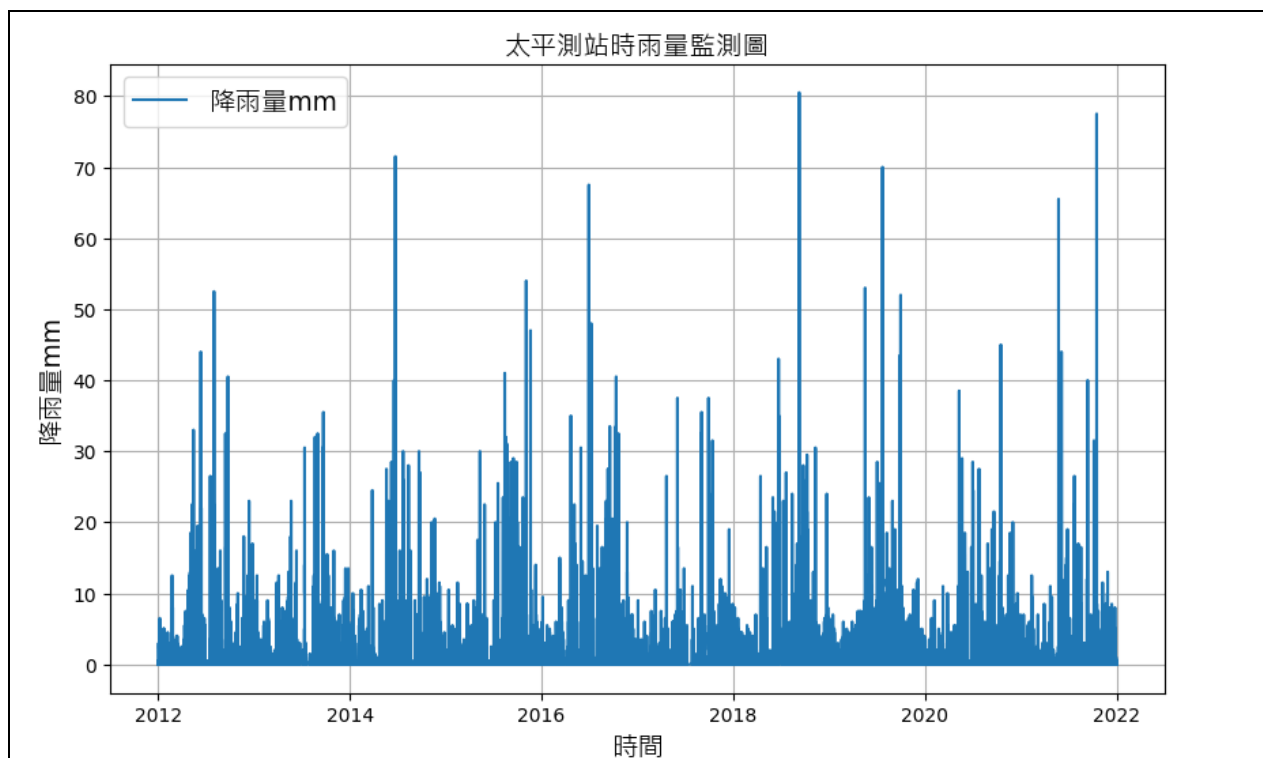


圖 9 太平測站時雨量監測圖

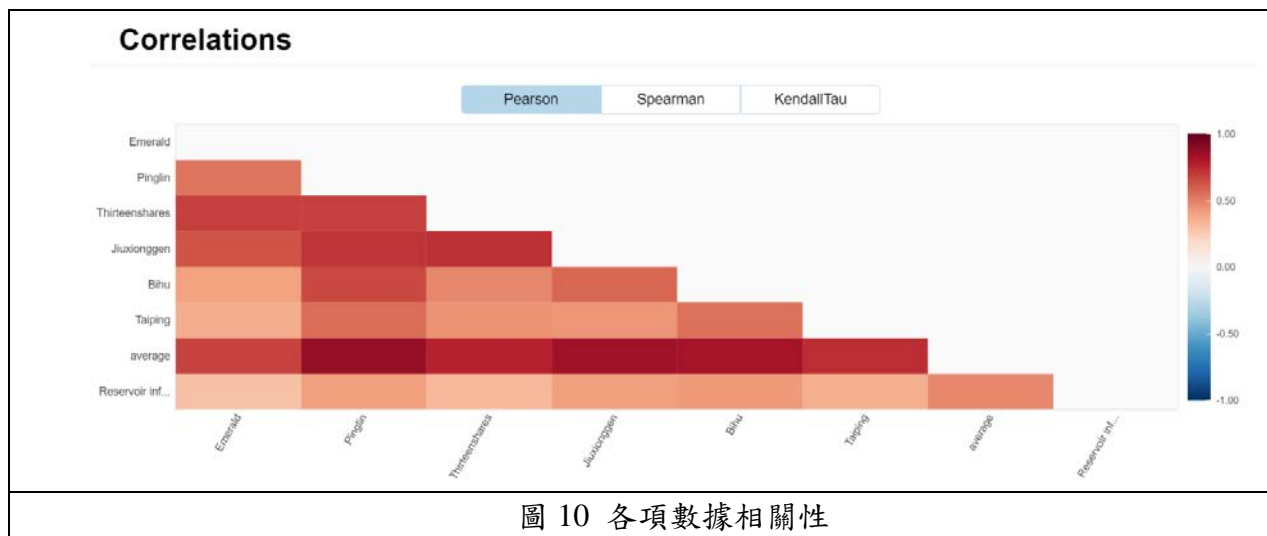


圖 10 各項數據相關性

三、 研究方法與分析

利用傳統水文學計算平均降雨方法(徐昇式多邊形法、高度平衡多邊形法及算術平均數法)與利用python機器學習(Machine Learning)方法以實測監測數據透過特徵選取方法(隨機森林迴歸特徵選取法(Random Forest Regressor)及置換特徵重要性選取法(Permutaion Feature Importance))計算權重，並將分析方法結果整理成表，分析方法分別概要說明如下：

3.1. 徐昇式多邊形法(Thiessen Polygons Method)

徐昇多邊形網法 (Thiessen's Polygon Method) 是一種地理學方法，用於基於雨量站分佈來計算集水區的平均降雨量。該方法通過創建多邊形，每個多邊形圍繞一個雨量站，確保多邊形內的任何點都比其他雨量站更靠近該站。這些多邊形確定了每個雨量站對集水區降雨量計算的貢獻範圍。

平均降雨量的計算採用面積加權平均，公式為

$$P_{avg} = \frac{\sum(A_i \times P_i)}{\sum A_i}$$

其中 A_i 和 P_i 分別是第 i 個多邊形的面積和相應雨量站的降雨量。此方法適用於地形平坦地區，並能有效地利用所有可用的雨量站數據，但可能不適用於地形複雜或降雨變化劇烈的區域。

3.2. 算術平均數法(Arithmetic Averaging Method)

假設集水區有 n 個測站，其觀測值 (X_1, X_2, \dots, X_n) ，算術平均數 (Arithmetic Mean) $X = (X_1 + X_2 + \dots + X_n) / n$

X 即為集水區平均降雨量， n 為測站數目

計算方式最為簡單快速。



3.3. 高度平衡多邊形法 (Height Balance Polygons Method)

高度平衡多邊形法多用於測站地形高程不同、山嶺坡向等區隔之區域，各雨量站除經過高程之修正與加權分配，利用各測站之標高，然後連接相鄰兩站，取其測站標高之高程中點處，再連接各標高中點成多個三角形，再做各三角形之內角等分線，交於各三角形之內心。

連接各內心的代表測站，此面積即為該測站之標高及所控制之面積，適合地形崎嶇多變之地區。

在高度平衡多邊形法中以高程加權雨量站所分配之控制權重，一般認為徐昇多邊形法僅考慮二維平面權值分配，若在地形崎嶇多變之地區，應用高度平衡多邊形法會較徐昇多邊形法為佳。

3.4. 隨機森林迴歸特徵選取法 (Random Forest Regressor)

3-4.1 計算模型

隨機森林由多棵決策樹構成，每棵樹都是獨立訓練的。在訓練每一棵樹時，從原始訓練集中隨機抽取樣本。每個決策節點也是從所有可用特徵中隨機選擇一部分特徵來尋找最佳分割，以便將數據分為兩個子集，使得相同類別的樣本盡可能在同一子集中，這通常是通過最小化 Gini 不純度或最大化信息增益來實現的。接著計算特徵重要性，最後完成模型整體評估。

3-4.2 用python程式分析

利用 python 程式 sklearn 的 Random Forest Regressor 的 feature_importances 屬性可顯示特徵的重要性，得到自變數權重，再

應用主成分分析 PCA (Principal Component Analysis) 設定目標值，主要目的是資料維度減少整理效果更佳，將數據轉換，投影到較低維的特徵空間，是一種以保留最多資訊為前提的數據壓縮方法。

隨機森林特徵選取基於內置的特徵重要性評估，利用模型在訓練過程中自動計算的特徵重要性得分來識別最具影響力的特徵。隨機森林是一種集成學習技術，通過結合多棵決策樹的預測來改善模型性能，在這些決策樹的建立過程中，每次分割節點時都會計算特徵的貢獻度，從而估計其對模型準確性的影響。

特徵重要性是通過分析特徵在決策樹中對降低不純度的貢獻來評估的，通常使用基尼 Gini 不純度作為衡量指標。一個特徵的重要性得分是該特徵在隨機森林中所有樹上減少不純度的平均值。特徵重要性得分越高，表明該特徵在模型中越重要。

3-5 置換特徵重要性選取法 (Permutation Feature Importance)

利用機器學習要建構模型，導入特徵量，python 由 sklearn.inspection 導入 Permutation，計算變數重要性指數，可以用兩種實踐方式，一次拿掉一個特徵，觀察效能指標的降幅，降得愈大，表示該特徵愈重要，或是針對測試資料，一次針對一個特徵重新排列 (Shuffle)，觀察效能指標的降幅，降得愈大，表示該特徵愈重要。

置換特徵重要性 (PFI) 是一種模型無關的特徵選擇方法，用於評估特徵對預測模型性能的貢獻。此方法通過隨機打亂每個特徵的值並觀察這一變化對模型性能的影響來操作。具體而言，對於數據集中的每個特徵，



我們保持其他特徵不變，隨機打亂該特徵的值，然後使用修改後的數據集重新評估模型。

性能的降低程度被視為該特徵重要性的指標：性能下降越大，表明該特徵對模型預測的貢獻越大。這種方法的優點在於其通用性和直觀性，可應用於任何監督學習算法，以識別對提高模型預測精度最關鍵的特徵。

四、分析結果

如前述採用徐昇式多邊形法、算術平均數法及高度平衡多邊形法計算集水區平均雨量，與實際監測資料入流量與雨量站之時雨量分析，依特徵選取計算各雨量站之權重，分析結果說明如下。

4.1. 徐昇式多邊形 (Thiessen Polygons Method)分析結果

根據前述計算方法完成計算結果如表1 徐昇式多邊形分析結果表及圖11徐昇式多邊形分析結果圖。

表 1 徐昇式多邊形分析結果表

| 編號 | 測站 | 權重 |
|----|-----|-------|
| 1 | 翡翠 | 0.063 |
| 2 | 坪林 | 0.171 |
| 3 | 十三股 | 0.071 |
| 4 | 九芎根 | 0.203 |
| 5 | 碧湖 | 0.266 |
| 6 | 太平 | 0.226 |

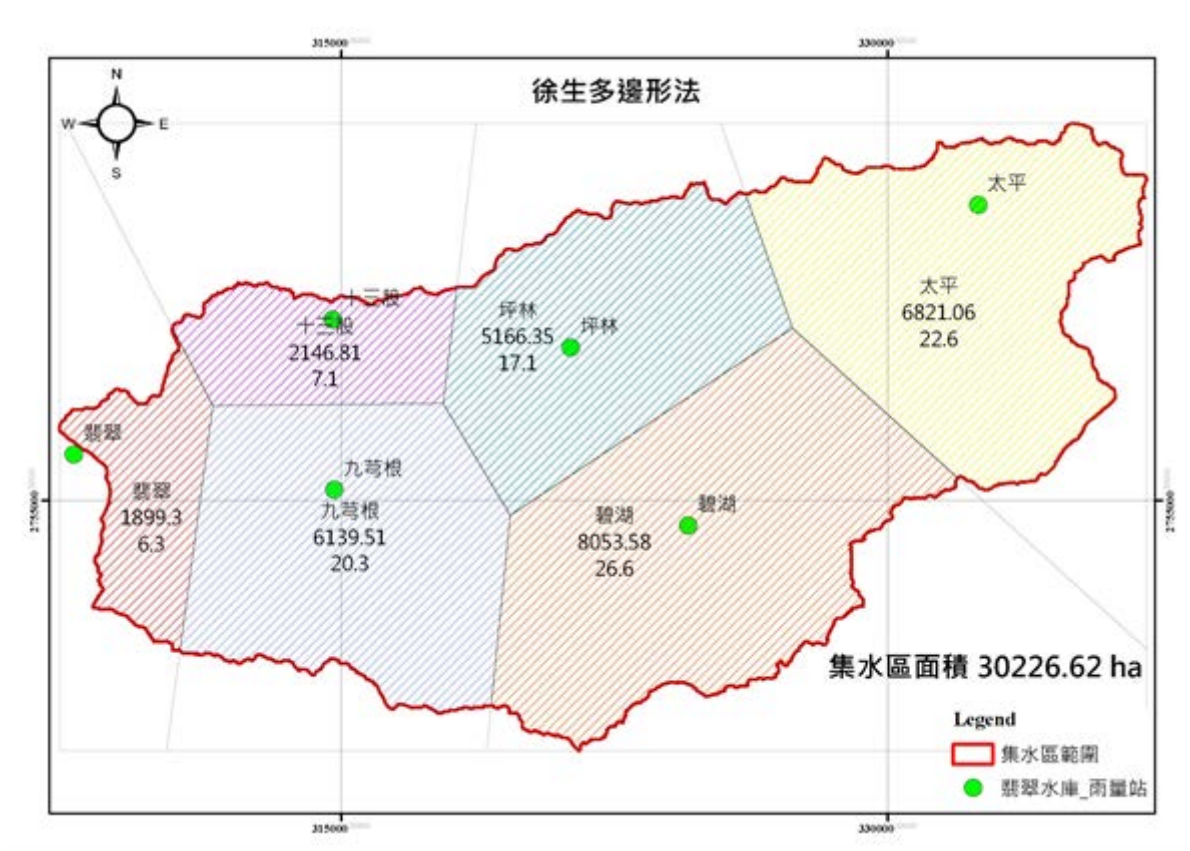


圖11 徐昇式多邊形分析結果圖



4.2. 算術平均數法 (Arithmetic Averaging Method) 分析結果

根據前述計算方法，結果如表2算術平均數分析結果表。

表 2 算術平均數分析結果表

| 編號 | 測站名稱 | 權重 |
|----|------|-------|
| 1 | 翡翠 | 0.167 |
| 2 | 坪林 | 0.167 |
| 3 | 十三股 | 0.167 |
| 4 | 九芎根 | 0.167 |
| 5 | 碧湖 | 0.167 |
| 6 | 太平 | 0.167 |

4.3. 高度平衡多邊形法 (Height Balance Polygons Method) 分析結果

根據前述計算方法完成計算結果如表3高度平衡多邊形法分析結果表及圖12高度平衡多邊形分析結果圖。

表 3 高度平衡多邊形法分析結果表

| 編號 | 測站名稱 | 權重 |
|----|------|-------|
| 1 | 翡翠 | 0.059 |
| 2 | 坪林 | 0.182 |
| 3 | 十三股 | 0.07 |
| 4 | 九芎根 | 0.197 |
| 5 | 碧湖 | 0.281 |
| 6 | 太平 | 0.211 |

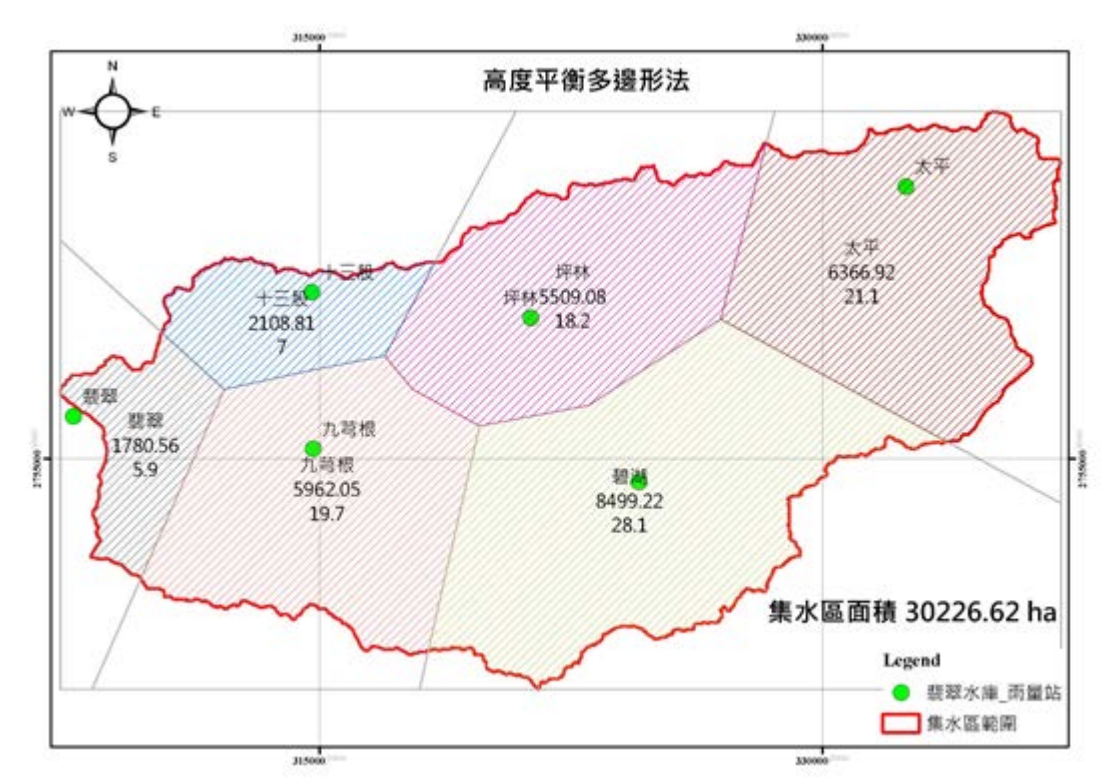


圖12 高度平衡多邊形法分析結果圖



4.4. 隨機森林迴歸特徵選取法 (RandomForestRegressor)

根據前述計算方法完成計算結果如表4
隨機森林迴歸特徵選取法分析結果表及圖13
隨機森林迴歸特徵選取法權重圖。

表 4 隨機森林迴歸特徵選取法分析結果表

| 編號 | 測站名稱 | 權重 |
|----|-------------------|----------|
| 1 | 翡翠 Emerald | 0.094381 |
| 2 | 坪林 Pinglin | 0.230564 |
| 3 | 十三股 Thirtenshares | 0.108791 |
| 4 | 九芎 Jiuxionggen | 0.225337 |
| 5 | 碧湖 Bihu | 0.174635 |
| 6 | 太平 Taiping | 0.166292 |

4.5. 置換特徵重要性選取法 (Permutation Importance)

根據前述計算方法完成計算結果如表5
置換特徵重要性選取法分析結果表及圖14置
換特徵重要性選取法權重圖。

表 5 置換特徵重要性選取法分析結果表

| 編號 | 測站名稱 | 權重 |
|----|-------------------|----------|
| 1 | 翡翠 Emerald | 0.096833 |
| 2 | 坪林 Pinglin | 0.233392 |
| 3 | 十三股 Thirtenshares | 0.099380 |
| 4 | 九芎根 Jiuxionggen | 0.234041 |
| 5 | 碧湖 Bihu | 0.164504 |
| 6 | 太平 Taiping | 0.171850 |

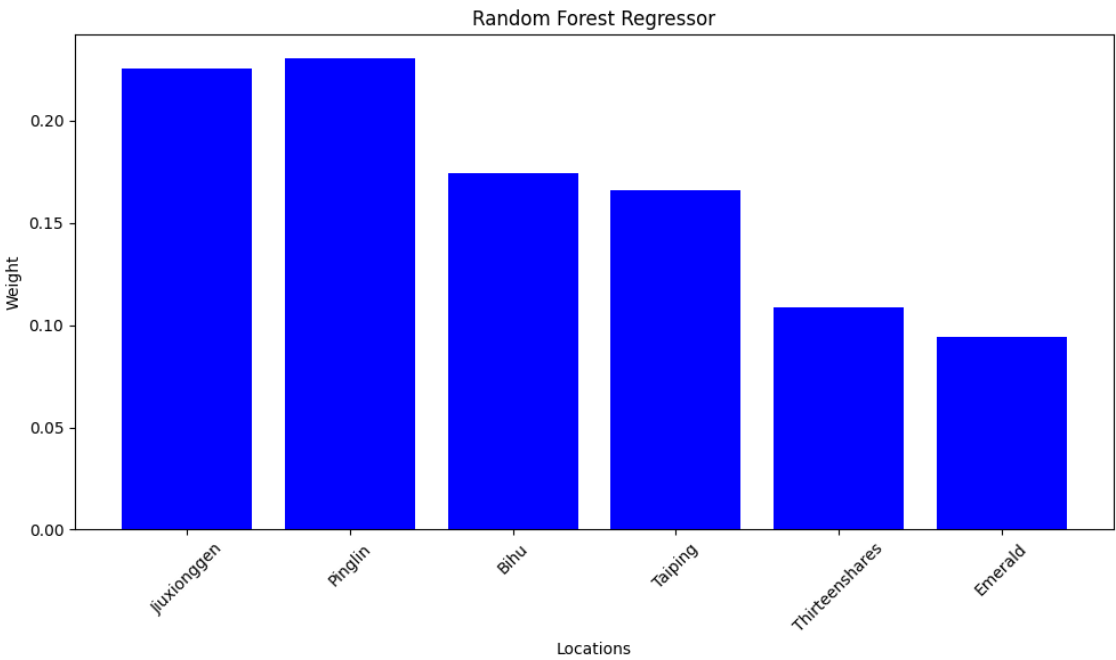


圖 13 隨機森林迴歸特徵選取法權重圖



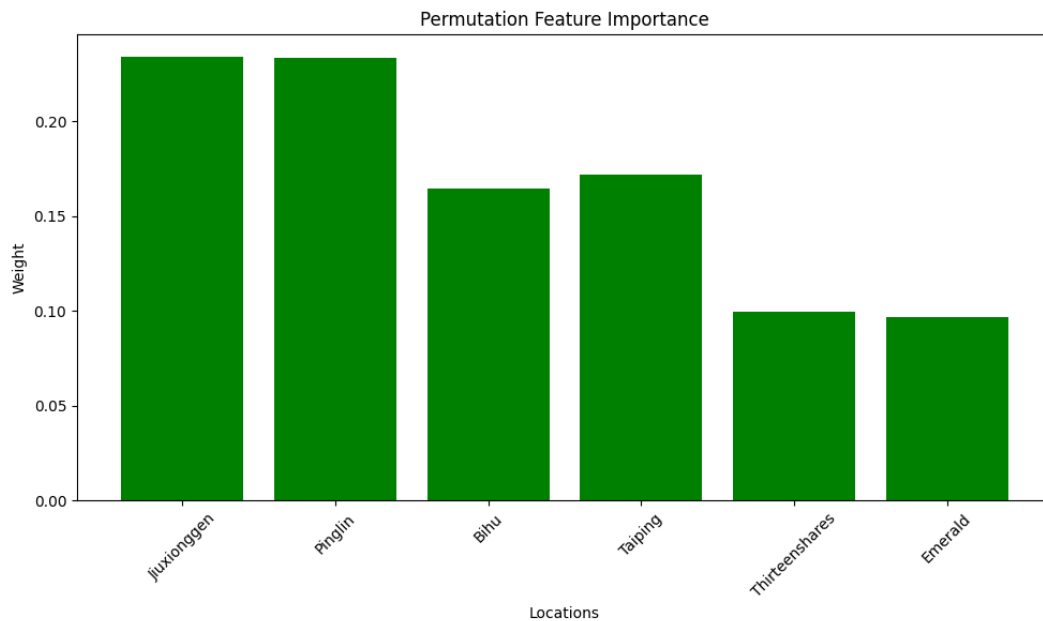


圖 14 置換特徵重要性選取法權重圖

前述各項計算方法所得到結果如表6各項結果統計表所示。

表 6 各項結果統計表

| 編號 | 測站名稱 | 徐昇多邊形 法 | 算術平均數 法 | 高度平衡多 邊形法 | 隨機森林迴歸 特徵選取法 | 置換特徵重 要性選取法 |
|----|------|------------|------------|--------------|-----------------|----------------|
| 1 | 翡翠 | 0.063 | 0.166 | 0.059 | 0.094381 | 0.096833 |
| 2 | 坪林 | 0.171 | 0.167 | 0.182 | 0.230564 | 0.233392 |
| 3 | 十三股 | 0.071 | 0.166 | 0.07 | 0.108791 | 0.09938 |
| 4 | 九芎根 | 0.203 | 0.167 | 0.197 | 0.225337 | 0.234041 |
| 5 | 碧湖 | 0.266 | 0.167 | 0.281 | 0.174635 | 0.164504 |
| 6 | 太平 | 0.226 | 0.167 | 0.211 | 0.166292 | 0.17185 |

由上表分析結果顯示以監測數據透過機器學習方法分析的隨機森林迴歸特徵選取法與置換特徵重要性選取法，結果非常接近，而以數學計算方式的徐昇多邊形與高度平衡多邊形法的結果較接近，實測數據分析與數學模式分析則有明顯差異，以碧湖測站為例，權重差異高達9%以上，測站權重佔比也有明顯差異，徐昇多邊形與高度平衡多邊形法以碧湖及太平測站權重較高，而隨機森林迴歸特徵選取法與置換特徵重要性選取法以坪林及九芎根權重較高。



五、 結論與建議

1. 以監測數據透過機器學習方法分析的隨機森林迴歸特徵選取法與置換特徵重要性選取法結果非常接近，而以數學計算方式的徐昇多邊形與高度平衡多邊形法的結果較接近，實測數據分析與數學模式分析則有明顯差異，以碧湖測站為例，權重差異高達9%以上。
2. 徐昇多邊形與高度平衡多邊形法以碧湖及太平測站權重較高，而隨機森林迴歸特徵選取法與置換特徵重要性選取法以坪林及九芎根權重較高，所以實際監測數據與數學計算方式兩者之間顯然有明顯差異。
3. 目前大部分集水區計算平均降雨量仍以徐昇式多邊形法為主，以翡翠水庫監測數據作權重比較顯然有一定差距，建議應用上可以參酌實際監測數據作調整。
4. 建議國內各水庫集水區可透過監測數據分析，以機器學習或深度學習的數據分析與演算，建立數值模型供集水區各項分析使用。
5. 後續可依據分析結果作洪水頻率、降雨強度頻率、機率分布等演算分析，以推估及預測洪峰流量作為集水區管理之應用。

六、 致謝

特別感謝翡翠水庫管理局提供監測數據作為本研究分析使用。

七、 參考文獻

1. 鄭子璉、周乃昉、胡文盛，「高度平衡多邊形法之數值計算」，1999 中華地理資訊學會學術研討會摘要集，臺灣，台中，第 2 頁，民國 88 年 12 月。
2. 王如意、易任，「應用水文學新編上冊」，國立編譯館，臺灣，台北，第 83 - 84 頁，民國 80 年 1 月。
3. 陳智誠，「山坡地景觀人行吊橋安全監測、數據分析與應用」，2022國立臺北科技大學土木工程系土木與防災所博士學位論文，第67-70頁，民國111年6月。



以降雨引發地下水位變化探討宜蘭縣南澳鄉東澳嶺之崩塌潛勢

To study the collapse potential at Dongao Ridge, Nanao Township, Yilan County by groundwater level variation under heavy rainfall

陳弘達¹、唐琦^{2*}

Hung-Ta Chen¹ Chi Tang^{2*}

1.國立屏東科技大學土木工程系 碩士生

2.國立屏東科技大學水土保持系 副教授

*通訊作者：tangchi@mail.npust.edu.tw

1. Graduate student, Department of Civil Engineering, National Pingtung University of Science and Technology, Neipu, Pingtung, Taiwan

2. Associate professor, Department of Soil and Water Conservation, National Pingtung University of Science and Technology, Neipu, Pingtung, Taiwan.

* Corresponding author: tangchi@mail.npust.edu.tw

摘 要

宜蘭縣南澳鄉東澳嶺附近蘇花公路115K+900 m路段，於2010至2012年期間因暴雨有引發道路邊坡崩塌災情，當經治理工程完成後，即於2015年期間就崩塌跡地建置邊坡崩塌監測系統，故本研究針對該年期間有因颱風、季風所引起豪雨事件時之地層傾斜及地下水位變化進行研判與分析，以期確認淺層崩塌發生潛勢。研究結果可知：宜蘭縣南澳鄉東澳嶺崩塌地於大降雨後會造成崩塌跡地上側區域之地下水位上升幅度約為20 m，崩塌跡地於出現蝕溝區位，受地層含水量偏高影響，會在大降雨後之地下水位上升幅度約為2至3 m，崩塌跡地於不易透水區位之地層多呈現穩定狀態，而本崩塌跡地於地表下約10 m、20 m及30 m處均有出現滑動面，使其因降雨而誘發淺層崩塌潛勢。

關鍵字：地下水位、崩塌潛勢

Abstract

The Landslide disaster happened duration 2010 to 2012 at 115K+900 m road section of Suhua Highway, Dongao Ridge, Nanao Township, Yilan County. After restoration and renovation project had implement on 2015, and then monitoring system be set on side slope. This study focus on heavy rain by typhoon and monsoon that had resulted tilted stratum and groundwater level change, through analysis and judges could helpful for realizing the shallow collapse potential. The results had summarized as follow, after heavy rain by typhoon and monsoon would raise the groundwater level about to 20 m at upper area of landslide slope, meanwhile the soil moisture content of erosion gully could keep in higher state and then raise the groundwater level about to 2-3 m. The



impermeable layer appeared in landslide slope would be in a stable status for groundwater level. During heavy rain could lead the sliding surface within 10, 20 and 30 m under ground of landslide area, and shallow collapse potential could be happen.

Key Word : Groundwater level, Collapse potential

一、前言

闢建坡地道路常需開挖坡面，會造成坡面於坡腳受挖掘，進而擾動邊坡穩定。道路邊坡於暴雨時有誘發岩體崩壞及土石滑動時，會引起大規模土石災害災情(詹勳全等人，2015)。

國內坡地道路因降雨影響而有崩塌災情頻傳者，當以臺灣東北部濱臨海岸區域之蘇花公路(臺9線省道)最受矚目，此係該公路因挖掘坡面會導致砂土材料膠結情形不佳，以致雨水沖刷坡面表土層下易造成基岩土砂風化，極易發生淺層崩塌現象(李三畏，1984)，加以地層多風化破碎，在暴雨後逕流入滲地層易導致地層因水分飽和而增加其自重，造成坡面出現滑動體(呂正安，2021)。

另當公路位於陡峭邊坡區域之道路段，因地理位置受季風影響有長降雨延時或驟雨事件發生，此等降雨易引發道路邊坡崩塌或滑坡等事件發生，常迫使公路交通中斷多日，更甚者有形成孤島效應，嚴重困擾民眾生活及產業發展。

蘇花公路為花蓮地區聯接臺灣北部重要道路，當發生道路邊坡出現崩塌或滑坡災害後，多會進行崩塌邊坡監測，以達到預警道路通行安全。

其中，曾國鈞等人於2016年就臺18線與臺20線崩塌跡地進行地質鑽探分別設置地層傾斜觀測管、地下水位計等設施，藉以進行崩塌邊坡監測，據此，本研究採用其監測設備執行監測之結果配合現地降雨量以探究地下水位變化與崩塌地發生潛勢，期能提供道路邊坡崩塌地相關防護與預警規劃之參考。

二、研究材料與方法

(一)崩塌地概況：

蘇花公路115K+900 m路段位於宜蘭縣南澳鄉東澳嶺附近，該處道路邊坡於2010至2012年期間曾發生崩塌災情，經治理工程後即對該崩塌跡地持續進行地層傾斜及地下水位等監測，崩塌跡地之地理位置示如圖1所示。

崩塌跡地全區之平均高程為821 m，地形呈現上寬下窄如碗狀形態，地勢由西北朝東南傾斜，坡向及坡度分別約朝南方45°，面積 136,530 m²。

依照中央地質調查所臺灣區域地質圖，可知崩塌地屬東澳片岩中的角閃岩出露區域(見圖2)。東澳片岩多成塊狀，具多組節理裂隙，且片理成形良好，相較片岩岩體較為堅硬。

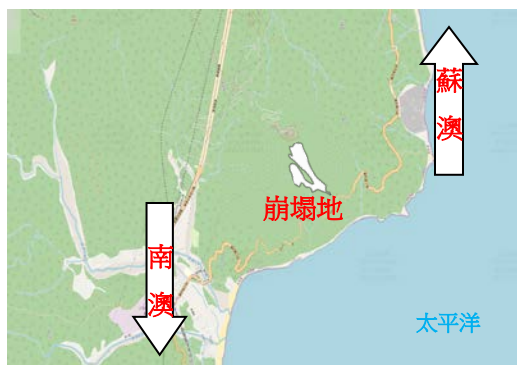


圖 1 研究地點(蘇花公路 115K+900)



圖 2 崩塌地地質圖

本崩塌跡地對照李璟芳等(2014)以鄰近東澳嶺雨量站(站號 C1U840)於2010至2012年期間颱風環流影響下之累積降雨量與崩塌跡地發生範圍整理如表1。

由表1中可知颱風環流影響下有出現較大範圍之崩塌情事，如2010年梅姬颱風環流下之累積降雨量達1,892 mm，期間初始出現崩塌地，現地再於2011年奈格颱風環流及2012年蘇拉颱風環流下之累積降雨量雖低於前者，然崩塌地面積仍逐年分別各增加約29,875、16,956 m²，顯示颱風環流下之降雨量會使崩塌地面積有增加趨勢。

表1 2010~2012年於東澳嶺發生崩塌之面積及致災降雨量(李璟芳等，2014)

| 項次 | 崩塌日期 | 颱風 | 破壞面積(m ²) | 降雨量(mm) |
|----|------------|----|-----------------------|---------|
| 1 | 2010/10/21 | 梅姬 | 89,574 | 1,892 |
| 2 | 2011/10/3 | 奈格 | 119,449 | 1,469 |
| 3 | 2012/8/3 | 蘇拉 | 136,405 | 833 |

(二)崩塌地鑽孔監測

崩塌跡地範圍內曾進行11處地質鑽孔(如圖3)，圖中之各鑽孔深度約50~100 m，而地質鑽孔編號 B-1~B-8為傾斜觀測管共用水位觀測井，以及鑽孔編號W-1~W-3為水位觀測井，依其使用目的整理如表2所示。



圖 3 地質鑽孔位置



表2中之傾斜觀測管係藉由雙軸傾斜感測器(8只)，量測地層各深度之水平變化量，進而研判邊坡滑動型態、滑動深度及滑動速率等資料；水位觀測井係於地質鑽孔後即裝設全開孔之PVC管，內置自記式水壓計(7只)、電子式水壓計(2只)，定期擷取資料蒐集器內水位變化數據。

表 2 崩塌地鑽孔內監測儀器

| 儀器 | 數量 | 用途 | 量測方式及頻率 |
|--|------|----------------|--|
| 傾斜觀測管 (廠牌：基康； 型號：6180) (兼水位觀測井) | 8 孔 | 滑動變位量、 滑動深度 | 手動：每月 1 次 孔號 B-1~B-8 |
| 水位觀測井 (廠牌：基康) | 11 孔 | 地下水位變化 | <ul style="list-style-type: none"> ●手動：每月 1 次 孔號 B-1、B-3 ●自記式水壓計： 監測間隔 5 min 孔號 W-2、W-3、 B-2、B-4、B-5、 B-6、B-8) ●電子式水壓計： 監測間隔 5 min 孔號 W-1、B-7 |

三、 結果討論

本研究為了解崩塌跡地岩層分布情形，先依據採取崩塌跡地冠部地質鑽孔B-4之岩芯(見圖4)，以10 cm間距進行區分，再依岩芯破碎分級以3 m間距進行分段區分。由圖中可知崩塌跡地地層可概分為四個層次：

- (1)風化層
- (2)高度破碎風化岩層
- (3)中度破碎風化岩層
- (4)輕度破碎風化岩層

其岩層情形示如圖4，可知本崩塌地地表100 m內均為風化岩層，且表面近5 m 為風化層，表示邊坡呈現易致生崩塌之料源充足。

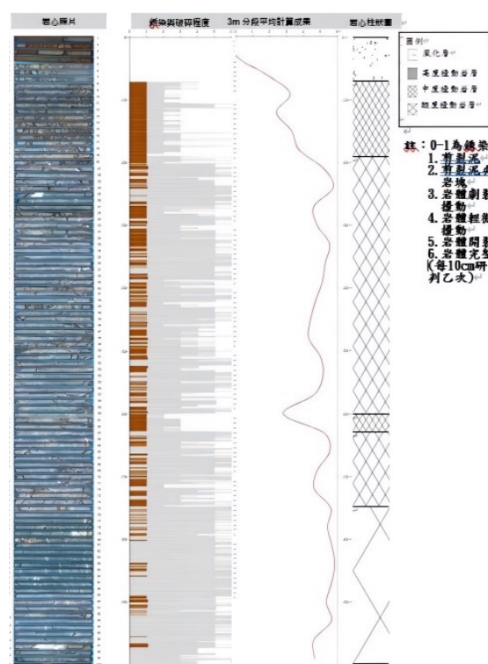


圖 4 鑽孔岩心分層圖(以 B-4 孔為例)

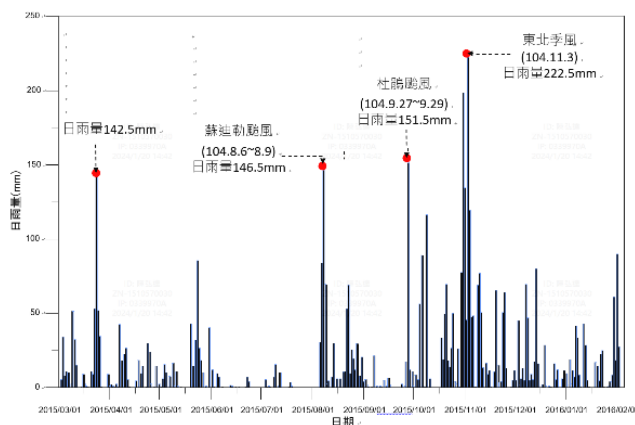


圖5 中央氣象局-東澳嶺雨量站於2015年之降雨量變化

同時蒐集鄰近交通部中央氣象署東澳嶺雨量站於2015年之降雨量分布繪如圖5。由圖中可知2015年期間共有3次較大降雨事件，分別為8月蘇迪勒颱風(累積降雨量為330.5 mm，最大日雨量為146.5 mm)、9月杜鵑颱風(累積降雨量為181 mm，最大日雨量為151.5 mm)及11月受東北季風影響(累積雨量為222.5 mm)。

據此，本研究直接將該三次降雨期間各鑽孔之地下水位與降雨量間之變化分別整理如圖6a-6c。

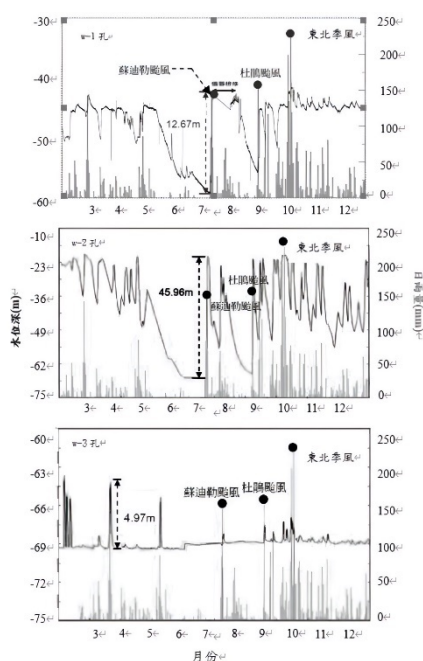


圖 6a 東澳嶺崩塌地於 2015 年期間之日降雨量與各鑽孔地下水位之變化

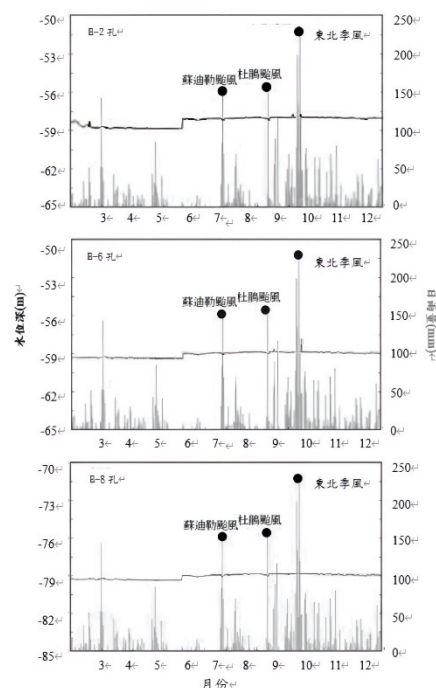


圖 6b 東澳嶺崩塌地於 2015 年期間之日降雨量與各鑽孔地下水位之變化

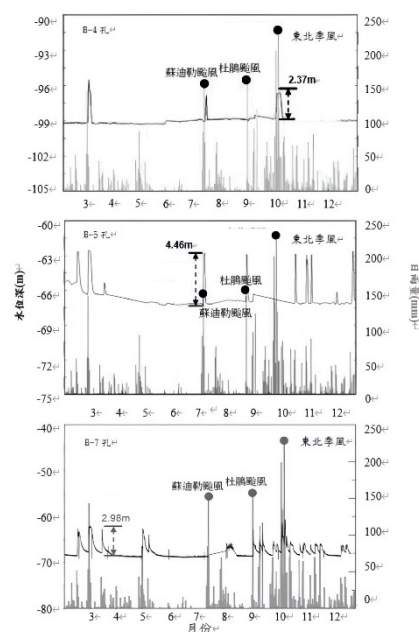


圖 6c 東澳嶺崩塌地於 2015 年期間之日降雨量與各鑽孔地下水位之變化



先由圖6a中可見W-1孔位於監測地下水位常時出現在地表下約50 m處，在經過降雨後之地下水位均上升約5 m，然如2015年5月至7月出現多日無降雨情形，則會使地下水位降至地表下約至59 m處，顯示降雨即會造成本崩塌跡地上側區域地下水位變化，當遇蘇迪勒颱風侵襲，其累積降雨量達146 mm，已使地下水位迅即上升至地表下約至46 m處，由此可看出W-1孔位地下水位變動極其明顯，表示其地層透水速度快。

W-2孔位於本崩塌地下側其地下水位常時落於地表下約至49 m處，經過降雨後，其地下水位上升幅度約為20 m，在2015年5月至7月期間，亦因多日無降雨影響，亦使該孔位地下水位下降至地表下約66 m處，而遇前指颱風期間大降雨後，地下水位迅即上升至約45 m(地表下23 m處)，由此可看出本崩塌地下側區域地下水位變化明顯，意即地層透水速度快。再由本崩塌跡地上側區域右之W-3孔位視之，其常時水位約為地表下69 m，在經過降雨後之地下水位上升幅度約為1.5~5 m，對照前指2015年5月至7月期間有多日無降雨情形，其地下水位仍維持在地表下約69 m處，未有持續下降情形，顯示其地層呈現不易透水之情況。

再由圖6b中可見B-2孔常時水位為地表下58 m，經大雨過後水位無明顯上升幅度，經過長時未降雨時期，其地下水位亦無明顯下降趨勢，表示其地層不易透水且含水情形較明顯，地下水位變化不大。

最後由圖6c可知本崩塌跡地出現蝕溝源頭處附近之B-4孔位視之，其常時水位為地表下約99 m，經大雨過後地下水位上升的幅度約為2 m至3 m不等，惟經過長時未降雨時

期，其地下水位仍維持在地表下99 m處，未有持續下降情形，表示其地層含水情形較明顯。

再續沿蝕溝向其下游延伸之中段區域之B-5孔位視之，其常時水位為地表下約65~67 m，經大雨過後地下水位上升情形較為明顯，多約為4 m至5 m不等，惟經過長時未降雨時期，其地下水位仍維持在地表下67 m處，未有持續下降情形，表示其地層含水情形較明顯。

此外，另配合B-2孔位向本崩塌地上側向右區域之B-6孔位視之，可見常時水位為地表下59 m，經大雨過後水位無明顯上升幅度，經過長時未降雨時期，其地下水位亦無明顯下降趨勢，表示其地層不易透水且含水情形較明顯，地下水位變化不大。

再續由B-6孔位向本崩塌地上側右緣區域之B-8孔位可見常時水位為地表下79 m，經大雨過後水位無明顯上升幅度，且遇長時無降雨時期，其地下水位亦無明顯下降趨勢，表示其地層不易透水且含水情形較明顯，地下水位變化不大。

然就本崩塌地上側居中區域之B-7孔位常時水位為地表下約68 m，經大雨過後地下水位上升情形較為明顯，多約為1.5 m至3 m不等，期間雖經過長時未降雨時期，該孔地下水位仍維持在地表下68 m處，未有持續下降情形，表該地層含水情形較明顯。

以上各孔位地下水位變化情形可知，W-1與W-2孔位之地層透水速度快，因係受透水地層影響而使地下水位升降情形明顯，將易使該區域發生崩塌，反觀W-3孔位之透水情形較不明顯，顯示該處地層較為穩定，不易有崩塌情形發生。

再將B-2、B-4~B-8等孔位之地下水位進行比較，可知B-2、B-6及B-8等孔位係分布在崩塌跡地平緩地帶，使得降雨期間之地下水位上升趨緩僅達約0.2 m，表示其地層透水性偏低；另B-4~B-5及B-7孔位靠近崩塌跡地，其地下水位上升約介於2-4 m。

同樣再以相距約50 m且高程相同的B-5孔(傾斜管開孔兼作水位井)及W-2孔地下水位昇降幅度進行比較，可知二孔位於降雨期間之地下水位昇降幅度分別為5 m-45 m，之間差異相當大，此情形應受觀測井開孔率不同之影響所致。

本研究為再探究較大降雨對邊坡致生明顯位移之關聯，將2015年期間於蘇迪勒颱風、杜鵑颱風及東北季風盛行期間有出現較大降雨者，曾造成本崩塌跡地之地下水位有出現明顯上升情形，並已提高崩塌地邊坡出現再次崩塌潛勢，故本研究將本崩塌跡地邊坡各傾斜觀測管，於2015年3月11日之各地質鑽孔測值設為初始值，經連續監測至2016年2月止，選定期間邊坡有出現明顯位移情形之B-4及B-5孔位之監測變化分別繪如圖7及圖8。

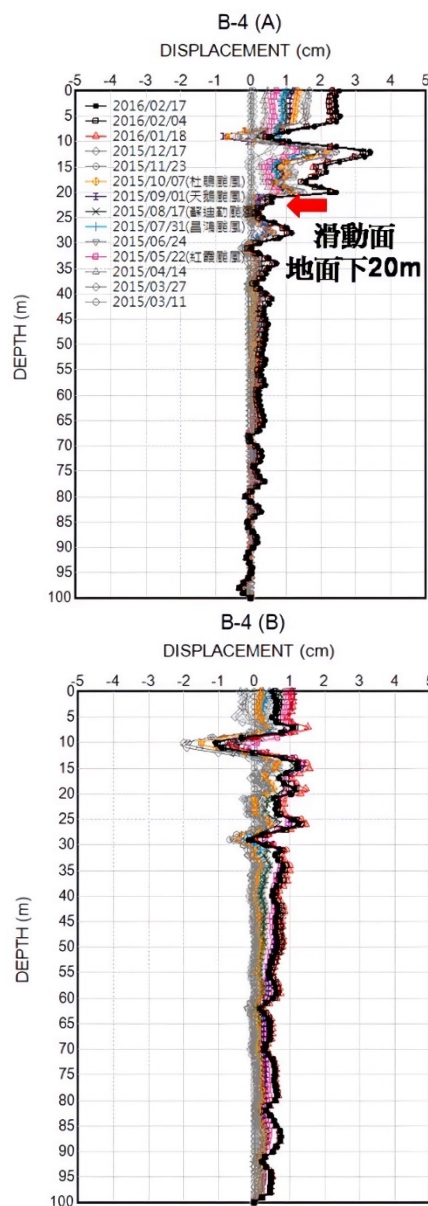


圖 7 B-4 傾斜管量測成果



由圖 7 可見 B-4 孔於 A 方向為邊坡主要滑動方向及 B 方向為垂直邊坡主要滑動方向，而 A 及 B 二方向約自地表下 30 m 開始有滑動面，另於地表下約 10、20 及 30 m 處亦有出現滑動面，由此推知地表下 5、10、15 及 20 m 處均有出現滑動面，據此可知本崩塌跡地具有淺層崩塌潛勢。

再由圖 8 可見 B-5 孔於 A 及 B 方向之滑動面僅於在地表下 22.5 m 處較為明顯，由此可推知其滑動面約略在地表下 22.5 m 處，綜觀 B-4 及 B-5 孔位滑動變位情形可推測該崩塌地邊坡的位移趨勢明顯。

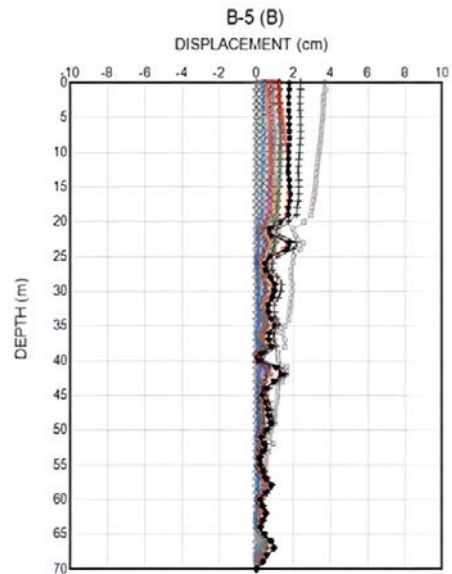
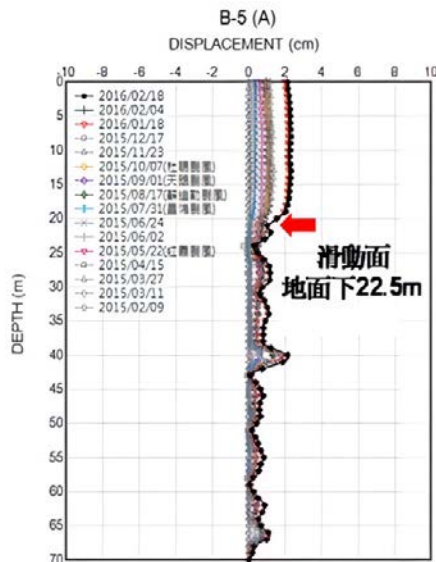


圖 8 B-5 傾斜管量測成果

另就蘇迪勒颱風、杜鵑颱風及東北季風等大降雨期間於B-4及B-5孔位移數據進行比對，並將其地下水位上昇情形及孔位之位移變化如圖9所示。圖中可見出B-4及B-5孔位因颱風及東北季風影響降雨分別造成地下水位上升，孔位也因為地下水位的上升

分別產生0.1~1 cm不等的位移量，當無降雨時，如2015年6月至7月期間，其地下水位逐漸降低，至維持穩定，則二孔位內位移情形無明顯增加趨勢，據此推知本崩塌地邊坡滑動會受到降雨後之地下水位上升影響而出現崩塌潛勢升高。

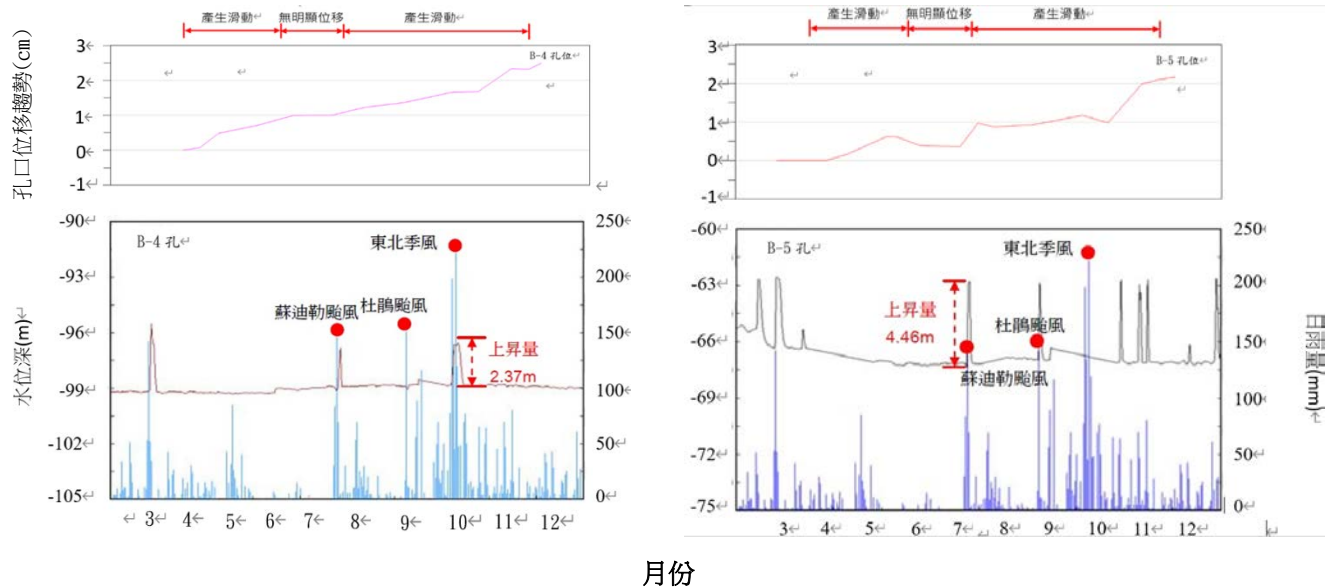


圖 9 崩塌地於 B-4 及 B-5 監測孔之位移、地下水位與降雨量關係

四、結論

綜整前述結果討論可獲致結論如下：

1. 宜蘭縣南澳鄉東澳嶺崩塌地於大降雨後會造成崩塌跡地上側區域之地下水位上升幅度約為20 m，另於地層遇不易透水時之地下水位則變化不大。
2. 崩塌跡地於出現蝕溝區位，在大降雨後之地下水位上升幅度約為2至3 m，此應係受地層含水量偏高影響所致。

3. 崩塌跡地於不易透水區位之地層多呈現穩定狀態，意即不易發生崩塌趨勢。
4. 本崩塌跡地於地表下約 10 m、20 m 及 30 m 處分別出現滑動面，使本崩塌跡地具有淺層崩塌潛勢。



五、參考文獻

1. 李三畏 (1984),「台灣崩塌地問題探討」,地工技術,第7卷,第43-49頁。
2. 李璟芳、周憲德、魏倫瑋、黃韋凱、冀樹勇、陳樹群、黃文昭 (2014),「東澳嶺崩塌地之地形演育分析」,中華水土保持學報,第45卷,第3期,第174-183頁。
3. 詹勳全、張嘉琪、陳樹群、魏郁軒、王昭堡、李桃生 (2015),「台灣山區淺層崩塌地特性調查與分析」,水土保持學報,第46卷,第1期,第19-28頁。
4. 青山工程顧問股份有限公司 (2015),東澳嶺地質鑽探報告。
5. 青山工程顧問股份有限公司 (2016),東澳嶺地質調查評估報告。
6. 曾國鈞、李德河、林宏明、吳建宏 (2016),「降雨引致地下水位變動對公路邊坡穩定影響之研究」,中華防災學刊,第8卷,第2期,第201-211頁。
7. 呂正安、張光宗 (2021),「梨山地滑區之整治-以台7甲線69k+100松茂地滑區為例」,中華水土保持學報,第51卷,第2期,第2805-2824頁。
8. 臺灣地質知識服務網
<https://twgeoref.moeacgs.gov.tw/GipOpenWeb/wSite/sp?xdUrl=/wSite/Literature/list2.jsp&ktNodeId=2956&mp=6>



無人機智慧技術於山坡地水土保持工程與工程災害復建地形測繪精進應用 Advanced Applications of Smart Drone Technology in Slope Land Soil and Water Conservation Engineering

鍾鳴峰¹

Ming-Feng Chung¹

1. 臺北市水土保持技師公會 理事暨技術服務委員會副主委

*通訊作者：ji2342@gmail.com

1. The Director and Deputy Chairperson of the Technical Service Committee of the Taipei
Soil & Water Conservation Professional Engineer Association

* Corresponding author: ji2342@gmail.com

摘要

臺灣山坡地環境因地狹人稠與集中開發，加上地震頻繁與颱風天災影響，汛期雨季容易引發災害。隨著坡地水土保持計畫與災後工程復建案日趨增加，測量與設計、施工階段之結合重要性需迅速與精確。坡地常因崩塌、陡峭等因素存在危險，植生茂密、交通不便等原因，許多地區無法到達。地方政府轄管之山坡地面積範圍廣，人力常無法有效監管。近年來臺灣因人口結構變化，自工程設計、監造與施工端，包含測量工程，皆面臨人力短缺的問題。為有效解決傳統工程人力，傳統地形測量所面臨的問題，並快速有效地取得地形測量資料，需應用UAV無人機智慧技術解決關鍵問題。

無人機技術在山坡地開發監管、地形測繪、危險公路崩塌復建工程等方面的應用已趨成熟，無人機智慧技術具有廣泛的潛力。本文以山坡地水土保持監管業務、山區公路邊坡因災害崩塌，河川野溪土砂淤積土方收方，水土保持計畫地形測量為例，探討無人機智慧技術在減少工程從業人員人力負荷及降低危險方面的應用，彙整典型案例，無人機搭載RTK結合GNSS全球衛星定位系統系統，進行測繪，獲取地形資料（如正射影像、DSM、DEM、點雲資料與3D模型），利用GIS地理資訊系統與CAD數位化軟體，快速處理解析，建立地形資料，提供設計、施工端解決關鍵問題。本文旨在透過無人機精進測繪工作，減輕工程人力負擔及推動無人機UAV數位智慧，精進測繪工作之參考。

關鍵字：UAV無人機、地形測繪、災害復建

Abstract

Taiwan's mountainous terrain, due to its densely populated and concentrated development, combined with frequent earthquakes and typhoon disasters, often leads to hazards during the rainy season. With the increasing number of slope conservation projects and post-disaster reconstruction



projects, the importance of rapid and accurate integration of survey, design, and construction stages has become crucial. Slopes are often dangerous due to factors such as landslides and steepness, and areas with dense vegetation and inconvenient transportation are inaccessible. The local government's jurisdiction over extensive mountainous areas makes effective supervision by manpower difficult. In recent years, due to demographic changes, Taiwan has been facing manpower shortages in engineering design, supervision, construction, and surveying. To effectively address the problems faced by traditional engineering manpower and traditional terrain surveying, and to quickly and effectively obtain terrain survey data, the application of UAV (Unmanned Aerial Vehicle) intelligent technology is essential.

The application of UAV intelligent technology to reduce manpower burden and effectively use it in dangerous slopes, slope development, soil and water conservation projects, disaster prevention, and sediment dredging projects is becoming increasingly important. UAVs, through the Global Navigation Satellite System (GNSS), Real-Time Kinematic (RTK) imaging, LiDAR scanning, and 3D modeling, combined with software such as Pix4Dmapper, AutoCAD Recap pro, and TerraSolid, and integrated with Civil 3D, Global Mapper, and ArcGIS Pro digitalization, can effectively acquire and analyze terrain survey data for slopes.

The application of UAV technology in slope development supervision, topographic mapping, and the reconstruction of dangerous road collapses has become mature. UAV intelligent technology has broad potential. This article explores the application of UAV intelligent technology in reducing engineering manpower load and minimizing risks through the supervision of slope conservation tasks, mountain road slope collapses due to disasters, river and creek sediment accumulation, and terrain surveying for soil and water conservation plans. Typical cases are summarized, where UAVs equipped with RTK combined with GNSS are used for surveying to obtain terrain data (such as orthophotos, DSM, DEM, point cloud data, and 3D models), and processed quickly using GIS (Geographic Information System) and CAD (Computer-Aided Design) digital software to establish terrain data, providing key solutions for design and construction. This article aims to refine surveying work through UAV technology, reduce engineering manpower load, and promote UAV digital intelligence, providing a reference for advancing surveying work. This article aims to enhance surveying work through UAV technology, alleviate the manpower burden in engineering, and promote UAV digital intelligence, serving as a reference for advanced surveying work.

Keywords: UAV, Terrain Mapping, Disaster Recovery

一、前言

臺灣因地狹人稠與山坡地集中開發，加上地震頻繁與颱風豪雨夾擊，雨季期間致災發生機率極高。近年因異常豪雨，2023年8月卡努颱風遠離帶來的西南氣流重創南投縣仁

愛鄉與奧萬大森林遊樂區山區，造成嚴重損害。近期基隆潮境公園入口發生大規模山崩，蘇花公路台9線162.9公里處崇德段亦發生坍方落石，造成雙向交通阻斷。地震及雨季後災情頻傳，對生命財產構成嚴重危害。災害發生後，如何快速測取即時影像與地形資料，



以提供主管機關與專家學者進行研判及即時處置，成為當務之急。無人機智慧技術測繪在此情境下，扮演了即時與緊急獲取地形、地質資料的有效工具。

陳智揚(2013)研究指出，利用無人機(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)進行空中拍照獲取地面影像，其成本較低廉、機動性與彈性也相對較高。成果顯示該系統之絕對定位精度可應用在災後快速提供災情範圍之數位化與測量，若有地面控制點及災害前後之影像，甚至可推估崩塌地之土石流失與堆積量。

陳博宇(2019)指出無人機硬體設施及軟體都逐漸更新，獲得的資料也更加地準確且更接近真實。研究成果顯示1. RTK 定位無人機以1616張像片在不點選控制點情況下建模，並經平差後之平面相對精度為7公分內，高程相對精度為 6 公分內。

邱式鴻等(2014)研究結果顯示於航線規劃後以旋翼型 UAV 航拍取得品質佳之影像，並透過自率光束法空中三角測量(簡稱空三)平差，解決以近景攝影測量程序率定之相機參數無法完全描述以 UAV 航拍取像時的相機參數問題之後，再透過立體模型有效立製測製範圍之概念，實證以旋翼型 UAV 影像局部重測都市區千分之一地形圖的可行性。

林耀宗等(2015)以UAV辦理 1/1000 地形圖測繪作業平面精度可達 30 公分以內，高程精度也可達到 50 公分，若依目前各縣市 1/1000 航測地形圖規定，在平面精度 30 公分(絕對坐標精度)、50 公分(地物相對精度)，及高程精度 50 公分(首曲線之半)的要求下，採用 UAV 辦理局部中小區域 1/1000 地形圖測製方式是絕對可行的。

農業部農村發展及水土保持署2023年持續推動「UAV 應用於輔助水土保持監督管理工作推動」(張廷榮, 2023)專案，所製作之正射影像 GSD 均小於 10 公分。經過合適數量的控制點，縮小正射影像誤差至 5-10 公分。根據拍攝當下的施工階段套疊設計圖製作主題圖，輔助事前與現場監督管理。2023 年臺北市、新北市、臺中市、高雄市、宜蘭縣、臺東縣、苗栗縣等，共 7 個縣市參與推動無人機相關監管水土保持業務應用。高精度主題圖套疊輔助檢查成效良好，提供主管機關勘查人員，快速檢視水土保持業務監管工作。

無人機智慧技術測繪在現今災害頻傳的情況下，具有多項應用及重要性。無人機不僅能提供快速、精確的地形和地質資料，亦兼具有效輔助災害評估與災後重建工作。隨著無人機測繪技術的不斷進步，無人機在災害應變能力上的應用，無疑將持續發揮更大作用，提升災害管理與應變效率。UAV應用於山坡地違規取締、輔助水土保持監督管理專案中，亦證明無人機在水土保持監管中的卓越成效。上述應用研究案例強調了無人機技術於災害管理及山坡地開發與環境監測中的重要地位。

二、無人機技術應用原理與方法

(一) 無人機攝影測量(Drone Photogrammetry)：

無人機攝影測量係為一種利用無人機在指定區域內擷取大量高分辨率影像之技術。此影像彼此之間存在一定程度的重疊，使得地面上的相同點，在多張影像中可以從不同角度觀察到，類似於人類利用雙眼視覺信息來感知深度的方式，圖像的重疊使得地面上



同一點，可在多張照片中以及從不同的有利位置看見，與人類大腦使用來自雙眼的信息來提供深度感知的方式類似，攝影測量通過多角度的影像信息生成三維（3D）地圖。高分辨率的3D重建不僅包括地形高程/高度信息，還包含每個點的紋理、形狀和顏色數據，進而生成更為精確的 2D 影像與 3D數據資料。利用無人機攝影測量技術，相較於傳統方法，不僅成本效益顯著，而且在數據擷取的地點、時間和方式上，具有高度靈活性。這使得該技術在工程測量和建築規劃中具有廣泛的應用前景。

（二）UAV 無人機激光雷達(LiDAR)與 3D 點雲(Point Cloud)

LiDAR 是光檢測和測距之縮寫，LiDAR 傳感器工作原理是發射光脈衝，並測量光束從地面反射回來所需的時間，以及光束反射的強度。無人機 LiDAR 為利用於繪製難以進入、複雜和雜草叢生的地形，產製地形資料。如圖 1 左所示，透過樹梢間隙穿透過，分為單波段、三波段、五波段..等光束能量，計算空間點對象之高度訊息資料，如圖 2 所

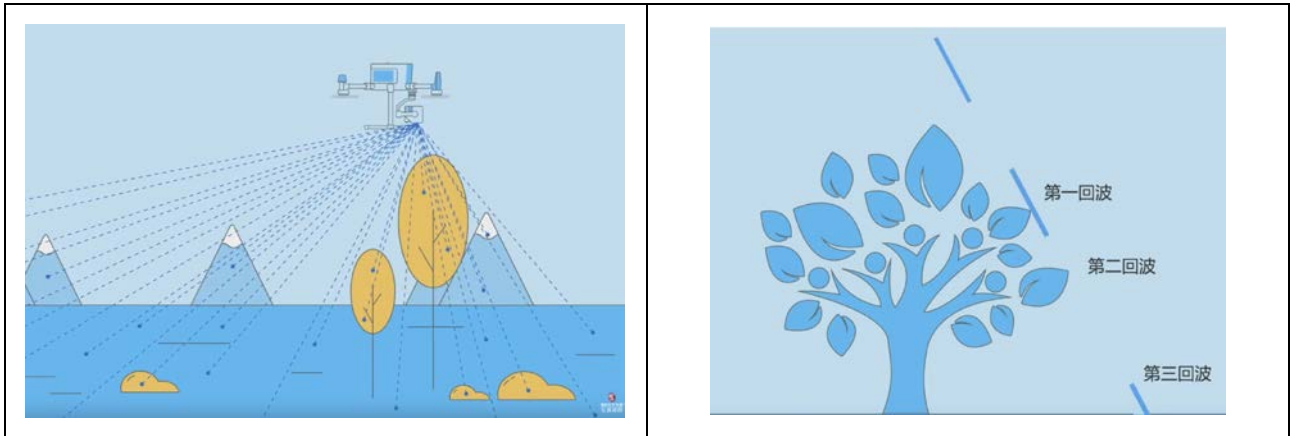
示。光達對於密不透光之林相，不透光物體有其盲點，無法真實獲取地面點高程資訊，但並非萬能。激光雷達技術代表光探測和測距，它使用發射激光束的傳感器，激光束射向地面並反彈回來，測量並記錄激光與傳感器之間的距離，LIDAR激光雷達技術，目前用於產製詳細之 3D 地圖景觀、建築物和人工物體之模型，更進一步使用於工程規劃與創意開發使用。

LIDAR技術常與無人機結合使用，使用於工程規劃、設計項目，準確地完成任務，擷取高質量的高程數據，其數據極為精確，可進行最精細之空間測量。相比一般攝影測量，LIDAR數據測量更加精準。現代無人機 LIDAR技術，依據飛行高度80~100公尺，每平方米可提供150到700個數據點的詳細信息，精度可達2-3公分，可作為1：500甚至更高比例尺規範使用，如圖3 所示。無人機 LIDAR技術為各類工程項目提供了高度精確的數據支援，不僅提升了測量的準確性，也擴展了數據應用的範圍，成為現代工程測量中的重要技術。



資料來源：左圖 深 · 旅行_One Trip，右圖 平靜橋崩塌邊坡 本文繪製

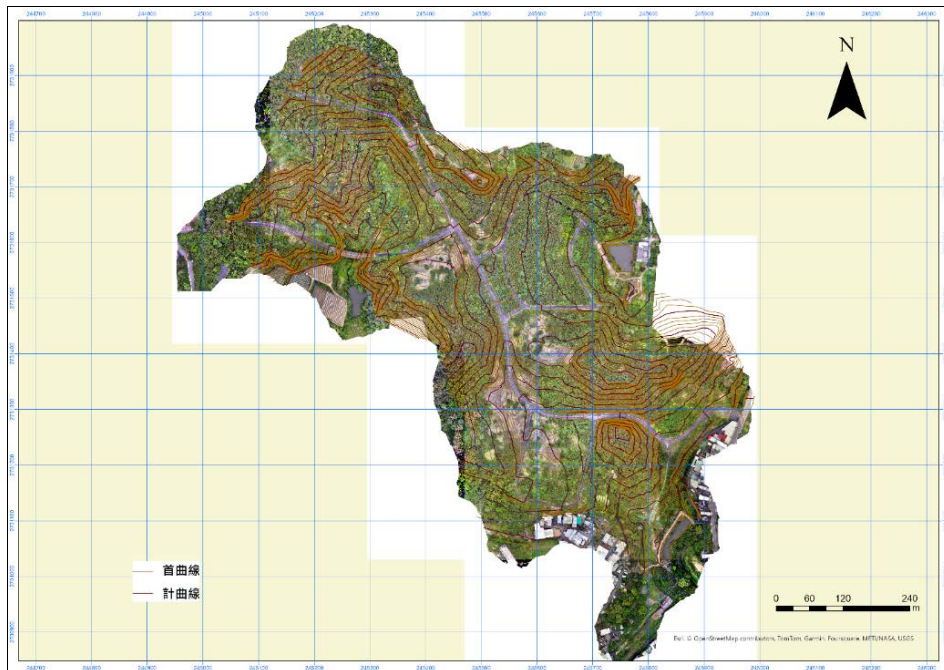
圖 1 光達穿透模擬與點雲剖面厚度檢視



資料影像來源：先創國際股份有限公司

圖2 光達波段穿透獲取測量對象高度訊息示意圖

無人機光達掃描技術係利用激光測距獲取地表高精度點雲數據，數據資料通過 TerraSolid、AutoCAD Recap pro 等軟體處理，濾除植被，地物，產生地面點雲，進而生成數值高程模型（DEM），批次化處理產製之數據產製包括DEM、等高線、3D模型與點雲數據，可為山坡地、崩塌區地形及土方收方測量等，提供詳細的地面三維信息。通過ArcGIS Pro及 Civil 3D軟體，此數據可進一步分析與應用，生成地形資料，並用於計算和檢核各項工程所需的資料，如圖3，水土保持計畫地形測繪正射影像圖套疊等高線成果所示。



資料來源：本文套繪

圖 3 水土保持計畫地形測繪正射影像圖套疊等高線成果





（三）正射鑲嵌圖(Orthomosaic)

正射鑲嵌圖是一種由多個影像集合鑲嵌而成的攝影測量正射校正影像。此影像通常由無人機拍攝以數十、數百或數千張影像重疊的圖像組成。是一種包含大量關鍵地理數據 (GIS) 的無縫鑲嵌數據集合影像。正射鑲嵌圖提供的視圖類數據資料，其細節和準確性更高，快速獲取之數據更新與即時地圖資訊簡便與清晰，使得正射鑲嵌圖在地理測量、工程規劃、設計與監控等領域中發揮了重要作用。

正射鑲嵌圖，利用GNSS全球衛星定位測量獲取地面控制點 (Ground Control Point, GCP)，以及軟體影像糾正，正確辨識影像數據。依據產製圖像比例，從而識別潛在問題和追蹤數據資料。這項技術為工程提供了一種強大而精確的工具，用於進行地理空間分析和決策使用。無論是在城市規劃、農業管理、基礎設施建設與山坡地崩塌監測，正射鑲嵌圖皆能提供精確地理系統資訊資料，提升工作效率和設計成果質量。

（四）地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)

地理信息系統 (GIS) 是一專門用於創建、管理、分析和映射各類數據系統。GIS 通過將數據與地圖相連接，利用位置數據（事物所在的位置）與各類描述性信息（事物的屬性）整合資料，提供科學研究及各領域繪圖和分析。GIS技術幫助使用者理解模式、關係和地理環境，其主要優勢包括改善溝通和效率，以及更好的管理和決策。借助GIS技術，地理科學與各種工具相結合，比較不同事物的位置，發現彼此關連之間關係，從而達成

共同目標：從各類數據中獲取可操作的精準情報。

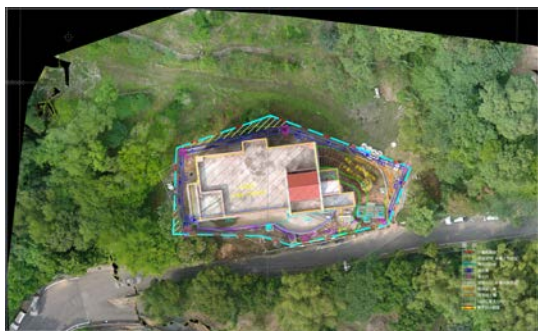
此技術操作，使得 GIS 在多個領域中得到應用，包括但不限於城市規劃、工程環境監測、資源管理、交通運輸和緊急災害應對。GIS 功能不僅在於其能夠處理大量和多樣的地理數據，更可提供直觀的視覺化結果，幫助決策者容易理解和利用數據，提高決策的精準度和有效性。通過此方式，GIS 技術促進現代科學研究和社會管理的發展，應用日廣。

三、無人機技術應用原理與方法

（一）水土保持監督管理應用案例

1. 水土保持計畫設計圖施工管理案例

臺北市水土保持技師公會執行2023年「新北市運用無人飛行載具(UAV)強化水土保持計畫監督管理作業」，某一水土保持計畫於執行施工檢查，利用空拍產製高精度正射影像套疊設計施工圖，檢核發現東側水土保持設施(排水溝施作已完成)似有越界之虞，如圖4，通報主管機關檢查注意與釐清。後續改正後再次空拍檢核後，水土保持排水溝設施已依原水土保持計畫位置施作並改正完成，如圖5所示，本案例提供主管機關新北市政府農業處即時發現錯誤與地面施工檢查之盲點，避免於平面施工檢查無法其越界情事，著實發揮無人機智慧技術於水土保持計畫監督與管理之實效。



資料來源：本文繪製

圖 4 水土保持設施套疊正射影像越界案例



資料來源：本文繪製

圖 5 水土保持設施空拍套疊檢核改正成果

2. 水土保持法違規案例監管

山坡地違規案通常發生後需快速前往並通報報相關主管機關，然因受限於人力不足，或違規案位處偏遠山區隱蔽區，對於監控獲取違規面積，相關地號，無法快速得知，對於主管機關監辦人員實為負擔，致未能有效掌控違規案案件之規模，與週邊保全對象相對之影響。使用無人機建立正射影像利用 GIS 軟體圈繪面積，並建立 3D 模型，可量取面積、長度距離及邊坡違規開挖高度等，掌控違規並保全證據，無人機技術足以在 2 小時內完成作業，對於各地方政府水土保持主管單位人力與減輕業務負擔，可大

量減少違規行政作業時間及效率，無人機可資利用並快速執行違規取締之任務。如圖 6，案例：



資料來源：本文繪製

圖 6 3D 建模山坡地違規案規模範圍監管

如圖 7，案例網址 2：



資料來源：本文繪製

圖 7 3D 建模山坡地違規案規模範圍監管

利用 3D 建模建立之違規案，模型建立後存放於自建網路空間，可使用手機、平板或電腦，將網址輸入後即可利用瀏覽器無限制轉換角度，任意查看違規地點相對周邊位置，影響範圍，對於未曾進入違規地點人員，可全程掌控違規規模與影響範圍，對違規案可清楚掌控其違規事實。



（二）光達點雲地形資料案例應用

1.廬山塔羅灣溪土砂緊急清淤案

南投縣仁愛鄉廬山地區於2023年8月間因卡努風災西南氣流影響，致引發塔羅灣溪上游崩塌，造成廬山溫泉區嚴重土砂災害。施工廠商需於短期內清理及運輸土砂，保護下游霧社水庫，減少河道淤積土砂下移，延長水庫發電之壽命與效益。塔羅灣溪河道所清淤之土砂，清運後先行堆置於 0K+500~800 處，再行利用無人機光達掃描，產製地面點雲資料，經過 TerraSolid 點雲處理軟體，濾除地面低點與干擾資料後，建立地面點，利用 ArcGIS Pro 軟體 產製 DEM 或等高線地形。再利用 Civil 3D CAD 軟體，繪製剖面，如表 1，圖 8 所示，進行土方收方計算，經檢核地面高程精度，誤差於 4 公分內，如表1所示，圖8為土方收方高程抽驗點。土方收方測量計算可應用於河道清淤工程。無人機光達點雲使用產製之資料，達到快速、精確之土方高程測量獲取資料。

（二）光達點雲地形資料案例應用

1.廬山塔羅灣溪土砂緊急清淤案

南投縣仁愛鄉廬山地區於2023年8月間

因卡努風災西南氣流影響，致引發塔羅灣溪上游崩塌，造成廬山溫泉區嚴重土砂災害。施工廠商需於短期內清理及運輸土砂，保護下游霧社水庫，減少河道淤積土砂下移，延長水庫發電之壽命與效益。塔羅灣溪河道所清淤之土砂，清運後先行堆置於 0K+500~800 處，再行利用無人機光達掃描，產製地面點雲資料，經過 TerraSolid 點雲處理軟體，濾除地面低點與干擾資料後，建立地面點，利用 ArcGIS Pro 軟體 產製 DEM 或等高線地形。再利用 Civil 3D CAD 軟體，繪製剖面，如表 1，圖 8 所示，進行土方收方計算，經檢核地面高程精度，誤差於 4 公分內，如表1所示，圖8為土方收方高程抽驗點。土方收方測量計算可應用於河道清淤工程。無人機光達點雲使用產製之資料，達到快速、精確之土方高程測量獲取資料。

資料來源：本文繪製

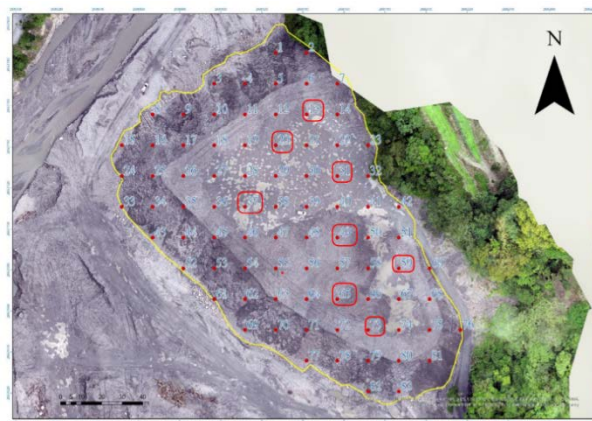
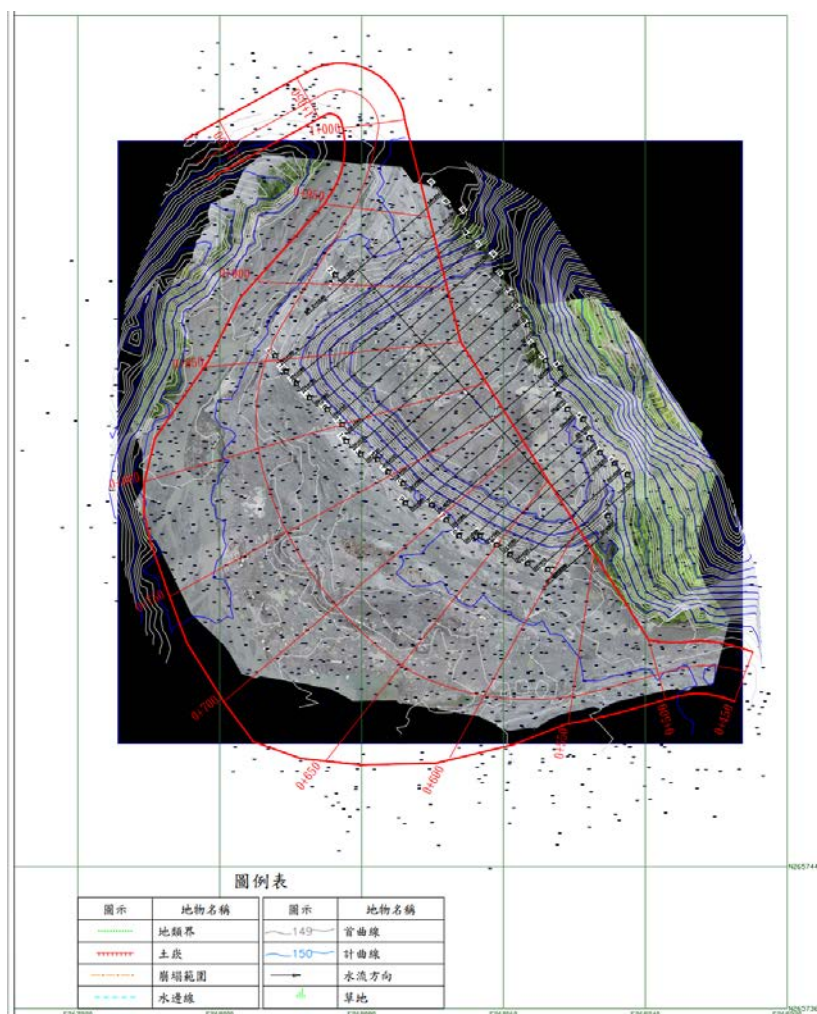


圖 8 廬山土方收方驗收點位檢核分佈

表 1 土方收方高程檢核抽驗誤差表

| 點號 | 查驗高程位置 | | UAV 測繪高程 | 檢查高程 | 高程較差 |
|----|-----------|------------|----------|----------|------------|
| | X (M) | Y (M) | Z1 (M) | Z2 (M) | ΔZ |
| 13 | 268141.75 | 2657770.75 | 1077.251 | 1076.396 | -0.032 |
| 20 | 268141.75 | 2657755.75 | 1076.428 | 1076.438 | -0.022 |
| 31 | 268126.75 | 2657740.75 | 1076.46 | 1076.246 | 0.009 |
| 37 | 268156.75 | 2657725.75 | 1076.237 | 1076.225 | -0.006 |
| 49 | 268111.75 | 2657710.75 | 1076.231 | 1075.965 | -0.032 |
| 59 | 268156.75 | 2657695.75 | 1075.997 | 1075.845 | -0.018 |
| 65 | 268186.75 | 2657680.75 | 1075.863 | 1075.985 | -0.031 |
| 73 | 268156.75 | 2657665.75 | 1076.016 | 1076.007 | -0.030 |

註：本文整理



資料來源：本文繪製

圖 8 塔羅灣溪廬山溫泉區緊急疏浚工程土方收方測量圖



2.公路邊坡崩塌災害復建案

同樣於2023年8月卡努風災發生引進之西南氣流，豪雨重創南投縣仁愛鄉 投85 7K+900，平靜橋上方邊坡嚴重崩塌，本案工程採用噴漿及自由梁框設計，上下邊坡面積1.56公頃，大範圍崩塌於施工中採行無人機光達掃描，獲取地面點雲與正射影像，如圖 9。同時以無人機點雲處理軟體，擷取邊坡因地形凹凸起伏，不平整之表面，擷取邊坡地形高程，如圖 10 所示。將噴漿面積、自由梁框及噴漿溝形狀與長度等，利用 ArcGIS Pro、Civil 3D 等軟體，繪製施工區域範圍，利用高密度點雲濾除植被、低點與雜訊後之高程，繪製數值三角網或等高線地形，計算本案復建工程之面積，檢核設計與完工面積，如圖 11 所示。降低測繪誤差。監造人員無需利用安全繩索工具，登上危險坡頂查驗面積，施作檢查等危險工作。



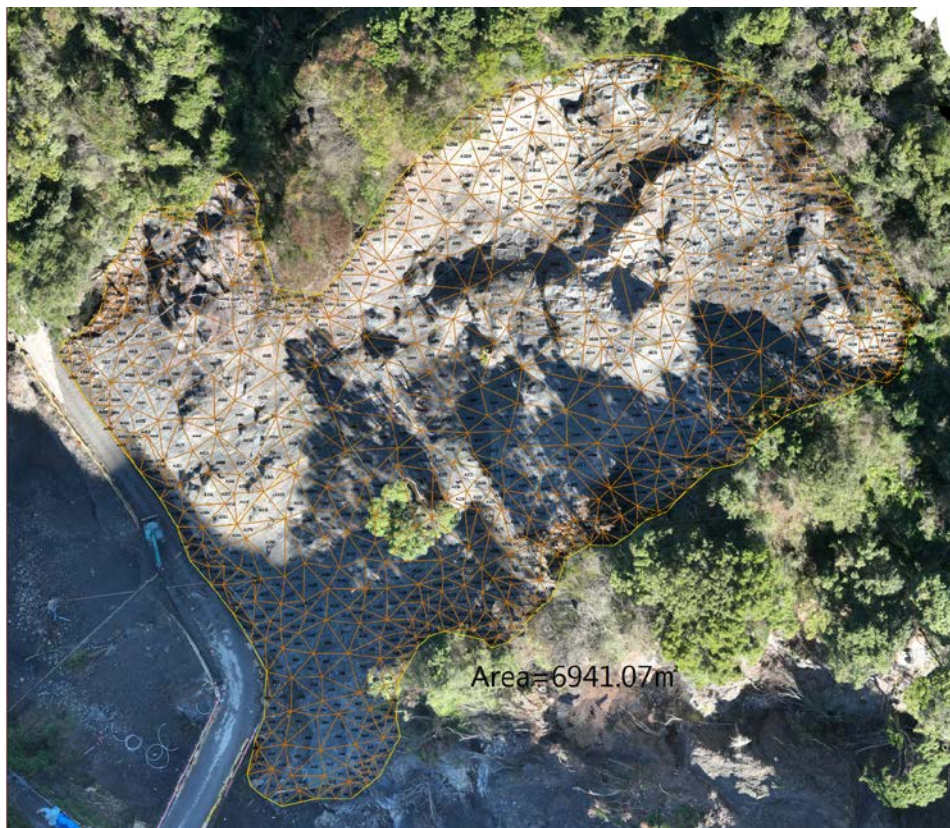
資料來源：本文繪製

圖9 平靜橋邊坡正射影像成果



資料來源：本文繪製

圖 10 無人機濾除植被產製地面點雲



資料來源：本文繪製

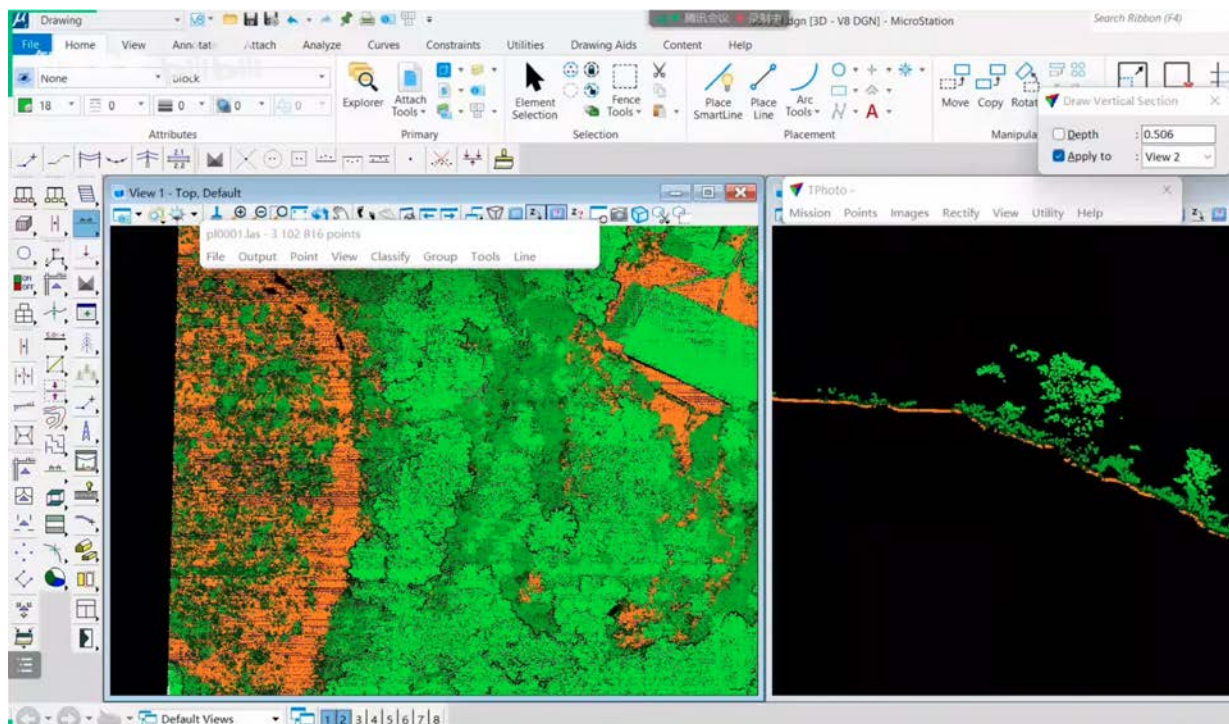
圖 11 無人機點雲坡面點高程擷取與正射影像套疊成果圖



所獲取之三角網面積，利用海龍公式精確計算，減少坡面量取誤差，經監造與施工單位雙方複核，減少工程數量計算爭議，亦可作為日後完工檢算之依據。對於工程人力吃緊，無論是甲方主辦機關，乙方監造端，丙方施工端，免於攀上爬下危險工作，確實減少人力負荷，完成災後復建工作。

3.山坡地水保計畫地形測量

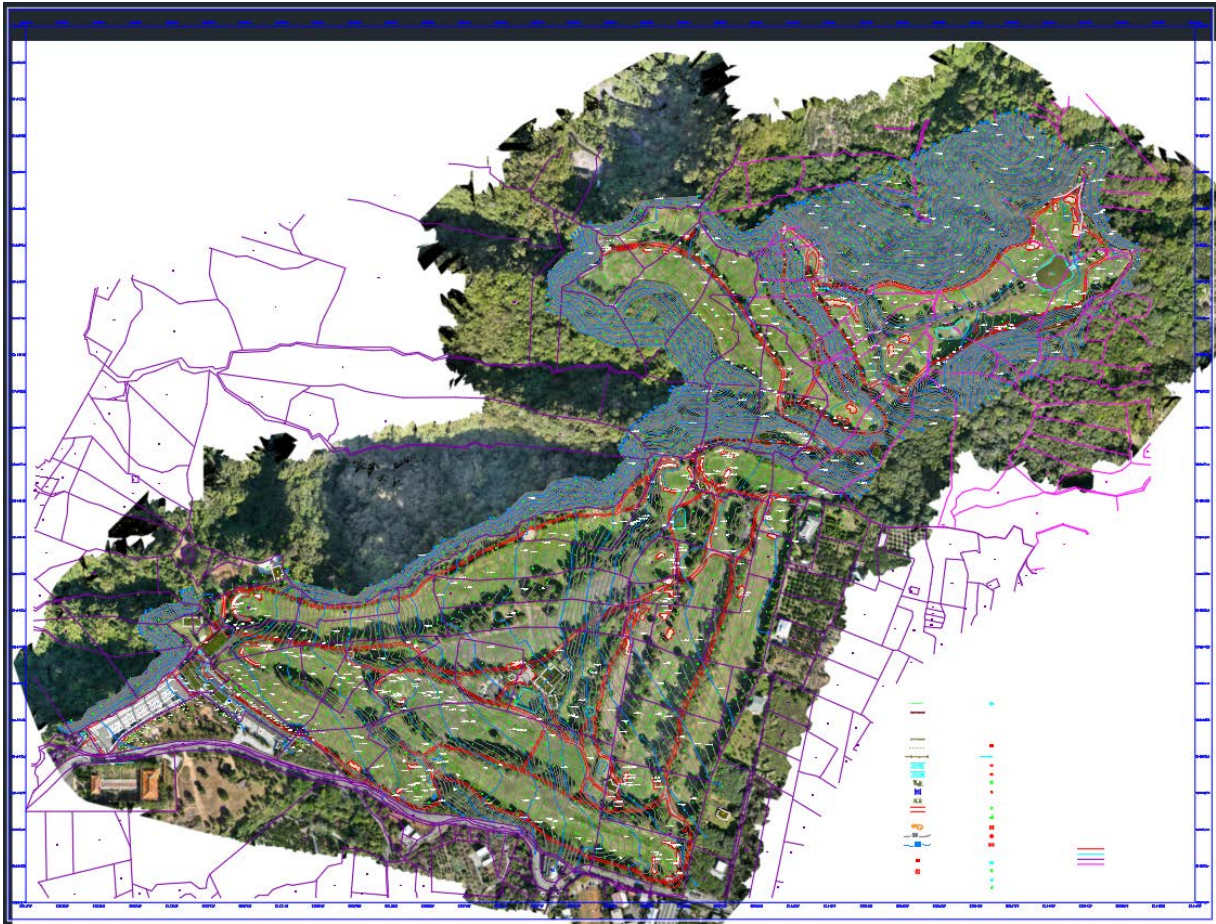
無人機利用航線規劃，並佈設地面控制點(GCP)，依據地形高地，貼地保持淨高80公尺，採用自動飛行掃描，獲取高密度點雲，經由 AutoCAD Recap pro、TerraSolid 軟體自動分類，如圖 12 所示，匯入Civil 3D 建立地形，產製高精度三角網(等高線)地形，。三維高程檢核皆於 5 公分內，符合 1/1000 比例精度，亦符合水土保持審監辦法中現況地形圖 $S \geq 1200$ 比例之要求。



資料來源：本文繪製

圖 12 TerraSolid 軟體處理點雲分類地面點成果

礙於前述因人口結構改變，測量從業人員減少，人力吃緊，山坡地開發因地形多處坡面植生茂密，或崎嶇，地形變化大之坡地，進行傳統測量時，若未砍除植被及雜草樹木，地形測量無法進行，更需付出鉅額測量費用，耗時費工。今經由無人機光達搭配傳部分傳統測量，減少地面測量人力負荷，快速具時效，經濟與精確獲取山坡地地面點雲，所繪製之地形測量圖精度可符合並優於「內政部(2010)建置1/1000數值航測地形圖作業工作手冊規定」之比例，本案例執行完成其約40天，完成山坡地測繪面積75公頃(含水保計畫外擴20公尺區域)，如圖 13 所示。



資料來源：本文繪製

圖 13 豐原球場無人機產製正射影像與點雲生成等高線套疊成果

四、無人機技術測繪精度控制

針對前述案例，地形之建置，需配合地面控制點（GCP），合理佈設並建立控管地面檢核點（Control Check PointCCP）之精度，這些點通常用於地理空間測量和地理信息系統（GIS）中，以確保數據的準確性和精度。可供作參考點，使用者可以檢查和驗證測量數據或地圖數據的準確性。

避免所建立之正射影像、點雲高程三維資料係為錯誤而不自知，影響產製圖資之精度，對於山坡地違規監管、崩塌區、河川淤積量體與坡地地形資料正確性與否相當重要，需有建立一完整程序與遵循相關規範，達到地形測繪精度要求。尤其對崩塌區面積、土砂清淤量工程數量之計算檢核，常有誤解及衍生爭議之事，不可不慎。



五、未來發展與精進

UAV 無人機具有高機動性及低空作業能力，如運用無人機執行地形測繪、區域巡查、水土保持計畫監管業務，植生撒播與防災勘查等，可克服山區因地形複雜，災後交通中斷與崩塌危險區域無法進入問題等限制。在山坡地開發水土保持監管，崩塌、土石流及土砂清淤收方測量防災業務上，扮演重要工具，隨著無人機智慧技術的不斷進步，其在各類自然災害監測與管理中的應用，前景可期。未來結合人工智慧與大數據分析，UAV 無人機將在精準測繪、智慧城市建設與防災科技上等領域發揮更大的作用。

六、參考文獻

- 1.內政部，“建置都會區一千分之一數值航測地形圖作業工作手冊”，內政部，2010
- 2.陳智揚，“定翼型無人機於測繪與直接地理定位之精度分析”，國立成功大學測量及空間資訊學系博士論文，2013
- 3.深・旅行_One Trip，
https://onetrip.pixnet.net/blog/post/348052657?utm_source=PIXNET&utm_medium=Blog_navbar_login，2014
- 4.邱式鴻；顏怡和；丁育群，“旋翼型 UAV 影像局部重測都市區千分之一地形圖之研究”，臺灣土地研究期刊，P57-58，2014
- 5.林耀宗、闕文鏈、顏怡和，“應用無人飛行載具(UAV)辦理 1/1000 地形圖測繪”，《中華技術》，第一零七期，頁 128~138，2015
- 6.陳博宇，“RTK 無人機攝影測量之成果精度評估”，國立臺北科技大學土木工程系土木與防災碩士班，2019
- 7.先創國際股份有限公司，“UTC 無人機課堂激光雷達基礎知識”
<https://youtu.be/AiITd1w0Ctw?si=CCrwB6brb25WplY0>，2021
- 8.張庭榮，“UAV 應用於輔助水土保持監督管理工作推動”，農業部農村發展及水土保持署委辦計畫 經緯航太科技股份有限公司，2023



水土保持淨零排放計算與審查

Soil and Water Conservation Net Zero Discharge Calculation and Review

潘建中¹

Jang-Jung Pan¹

水土保持技師公會 技師

*通訊作者：cccpan5088@yahoo.com.tw

1. Professional Engineer of Soil & Water Conservation.

* Corresponding author: cccpan5088@yahoo.com.tw

摘 要

近來極端氣候的頻繁顯現，氣候變遷對環境、人類生存的威脅愈來愈緊急，全球已有130多國提出「2050淨零排放」的宣示與行動，蔡總統亦於110年4月22日世界地球日宣示，2050淨零轉型也是臺灣的目標。政府於111年3月及12月分別公布「臺灣2050淨零排放路徑及策略總說明」。至此水土保持的淨零排放也已開始了，在減碳的作為中包含環境的減碳、材料的減碳及工法的減碳，都需要相較過去作為有所變革，而變革的同時也需要同時引用更多的彈性作為，對於水土保持淨零之路，相信在大家共同努力下，定能達到淨零的目標。

關鍵字：氣候變遷 淨零排放

Abstract

Frequent occurrence of extreme weather in recent times. The impact of climate change requires urgent attention, and the issue is the focus of attention worldwide. Countries around the world have successively put forward “2050 Net-Zero Emissions” declarations and actions. In response to the global net-zero trend, President Tsai declared on Earth Day on April 22, 2021 that the “2050 Net-Zero Transition” is Taiwan’s goal as well as a global consensus. In March 2022, Taiwan officially published “Taiwan’s Pathway to Net-Zero Emissions in 2050”, which provides the action pathway to achieve “2050 Net-Zero Emissions”. So far, net-zero emissions for soil and water conservation have begun. Carbon reduction actions include environmental carbon reduction, material carbon reduction, and construction method carbon reduction. All need to be changed compared to what they have done in the past. At the same time, change also requires more flexibility. The path to net zero for soil and water conservation. I believe that with the joint efforts of everyone. The goal of net zero can be achieved.

Key Word : Climate Change, Net Zero



一、前言

近來極端氣候的頻繁顯現，氣候變遷對環境、人類生存的威脅愈來愈緊急，全球已有130多國提出「2050淨零排放」的宣示與行動，蔡總統亦於110年4月22日世界地球日宣示，2050淨零轉型也是臺灣的目標。政府於111年3月及12月分別公布「臺灣2050淨零排放路徑及策略總說明」及「12項關鍵戰略行動計畫」，對於淨零碳排目標進行各面向的減緩與調適政策。尤其對於《溫室氣體減量及管理法》修正草案亦於112年1月10日經立法院三讀通過，同年2月15日總統公布施行，名稱修正為《氣候變遷因應法》，並納入2050年淨零排放目標、提升氣候治理層級、徵收碳費專款專用、增訂氣候變遷調適專章、納入碳足跡及產品標示管理機制，不僅對外展現我國邁向淨零排放目標之決心，對內也建構更為韌性的氣候法制基礎。

公共工程委員會於2024年將啟動工程揭露碳排計畫，要求投標廠商自主上傳碳排數據，同時將碳排數據連動至招標平台。內政部於2024年進行低碳建築認證上路，對於低碳建築、低碳工法及建立低碳循環建材平台。水土保持的淨零排放也已開始了。

二、淨零與碳中和

淨零排放（Net Zero）主要指的是溫室氣體淨排放為零，透過植樹、造林、碳捕捉與封存等方式來減少溫室氣體的排放。企業或組織團體即使有排放溫室氣體，亦可透過其他相關技術使溫室氣體淨排放為零，抵銷排放的做法只考慮能實際將溫室氣體從大氣移除的方式。所以在定義上較淨零碳排(碳中

和)廣泛是指所有的溫室氣體而言，並非單指二氧化碳之排放。

淨零碳排又稱為碳中和 (Carbon Neutrality)，是指國家、企業、組織、團體或個人在一定時間內直接或間接產生的二氧化碳排放總量，在透過各種節能減碳策略（例如負碳技術、森林碳匯、使用低碳能源取代化石燃料……等等）或購買其他企業碳權，以抵消自身產生的二氧化碳排放量，實現正負抵消，達到相對「零排放」。

「淨零」的時施方式包括減少或抵銷溫室氣體（GHG）排放量。相較於淨零，「零碳」是指完全不向大氣排放二氧化碳。二氧化碳（CO₂）只是數種溫室氣體之一，其來源包括燃燒化石燃料。「零碳」能源為純再生能源（如風能或太陽能）製造的能源。

「碳中和」的過程指的是，排放至大氣的碳排放量與森林等碳匯從大氣吸收的碳量互相抵銷。「淨零」適用所有溫室氣體（不只CO₂），因此範圍較碳中和廣。

三、公共工程的永續節能

公共工程委員會對於公共工程推動永續節能減碳，考量工程全生命週期的節能減碳作為，從工程計畫的提出開始，可行性評估、規劃設計、發包、施工及維護管理等各階段的工作歷程，藉由經營與管理來達成預期的目標。

經由整體節能減廢的作為，利用植生綠化的固碳做為，並期待低碳新作為，提出五項節能減碳策略：



(一) 整體效益：藉由整體效益的確認考量工程之必要性，以避免重複性高或使用效能低之工程；考量最適營建規模、資源最佳化規劃，避免過度設計，減少不必要之土地利用及材料消耗；應用高效能（如高性能混凝土）、低碳（如木材）、低耗能（如飛灰混凝土）、循環再生材料（如焚化再生粒料、鋼質粒料等），或選用當地材料等。

(二) 節能節水：考量節能規劃及設施（含採光、通風、用水、能源管理），如空調、照明、供水等營運所需設施節能；節能機具設備選用，如選擇節能效益較高之設備，於施工期間選用耗能標準較佳之施工機具（如取得環保單位所核發自主管理標章）、運輸車輛等；優先選用當地材料，減少運輸耗能；採用低耗能材料，如使用飛灰混凝土等生產碳排放較低的材料；採用綠色能源或低碳能源（包含再生能源如風能、太陽能、生質能等），設計或添購使用綠色能源或低碳能源之設備（如設置友善低碳運具設施、汽車充電樁、機車電池交換站）等；工程條件符合再生能源設置條件者，優先裝置再生能源發電設備及儲能設備。

(三) 減廢再利用：在減少廢棄物及再生利用上，如土方挖填平衡及土方交換經以現地廢棄物產生量最少化進行規劃設計，如預鑄、標準化等，並實施廢棄物分類回收經採用再生及環保材料，減少原生材料之開採及二氧化碳；廢水、雨水及廢棄物再利用，如施工時將廢棄用水及廢棄物再利用，經過處理後再次運用於工程使用。

(四) 低碳創意作為：提出其他有利工程節能減碳實質效益之作為，如新技術、新工法、新材料或創新管理措施等。

(五) 植生綠化：加強植生並保留工址植被減少擾動，如整地時，應注意植栽之保留率，避免多餘之砍伐開拓，應以現地保留為首要處理手法，以遷移或再利用次之；加強植生綠化並以達成複層植被為目標；加強表土保存及利用，以利植生復育及固碳等。

四、農村發展及水土保持署淨零減碳

由於農業部考量部內有林業及自然保育署有較多的森林碳匯，提早於2040年訂為淨零碳排目標，為達成臺灣2040年農業部門達成淨零碳排目標，農村水保署訂定減碳路徑於2024年減少10%、2025年減少15%、2030年減少20%、2035減少30%、2040減少50%碳排放量，並配合相關碳匯措施，以達成水土保持工程淨零碳排目標。

農村水保署規劃在水土保持工程淨零碳排以各分署為單位總量管制碳排放量，透過研發低碳工法、低碳材料、低碳機具，並發行「水保局減碳作業參考指引-規劃設計階段」，也預定於113年底前進行第三方機構查證，使水土保持工程碳排計算更具有公信力。對於在水土保持工程淨零上，以2020~2021年為基準年，平均年總碳排量約28萬噸CO₂e。

五、桃園市水土保持淨零排放審查

桃園市政府參考國外減碳指標及國內政策方向訂定水保設施工程之減碳目標。根據市府內三年來之登載資料研究結果，選定以2021年至2023年的平均為減碳基準值，以訂定逐年調整減碳目標，以公正轉型建構具氣候變遷調適之生活環境，落實城市永續淨零目標。園市2024年起將試辦要求水土保持



計畫試算各計畫水土保持計畫之工程內容的每公頃的碳排放量。

減碳目標基準值估算

桃園市政府水務局根據歷史案件(1054件)分析的研究成果，先以水土保持工程核定面積進行分類，其次對不同類型的水土保持設施工程進行了碳排放的估算，統計圖如圖1。

目前有效登載數據案件共計409 件，以面積篩選常態分佈區間共計51 案件，排除極端值案件，並計算出所有水土保持計畫工程案例的總碳排放量為9,396.2 噸，總面積為53.8 公頃，總碳排量除以總面積為174噸/公頃，作為最終的碳排放量基準參數值即為N 值。

考量區間面積級距差異，故以水土保持計畫核定面積(X)於該區間之百分比乘上該碳排量級距寬度(T/ha)加上容許初始值(T/ha)等於本案碳排量容許值，例如核定面積為0.6 公頃屬該區間佔比之20%故碳排上限為207.2 噸，若核定面積為0.999 公頃屬該區間佔99.8%故碳排上限為431.438 噸，各區間碳排細數計算可參考下表1及圖2所示。

計算該區間案件碳排放量容許值公式簡化為 $=(A \times B) + C$

(面積區間百分比 X 碳排量級距寬度)
+ 容許初始值 = 案件容許值

碳排估算

依據ISO 14067：2018 排放係數法，使用排放係數法對各工程項目的碳排放進行計算，同時也考慮到工程實務的應用。為了在

水土保持計畫中進行合理性審查，建議採用工程種類進行碳排放估算的方法。

依據桃園市水土保持淨零排放審查手冊，目前在業界中，有兩種常用的碳排放估算方法：

1.經費法碳排估算：此方法直接利用工程經費，結合已建立的回歸模型，來直接估算碳排放量。優點在於其簡便性，可快速得出結果。

2.工程種類法碳排估算：通過累積多個不同設施所使用的材料種類與數量，來計算出設施單位體積的碳排放量，更具體地考慮了各種工程種類和設施的實際材料消耗。

水土保持設施工程進行了碳排放的估算，如圖1 所示。這些工程包括排水設施、滯洪沉砂設施、坡面保護設施和邊坡穩定措施等，各自因涉及不同的材料、機具使用、土方和廢棄物處理以及電力和能源使用，碳排放量也有所不同，手冊列出常用構造碳排基準表、農業部農村發展及水土保持署工程碳排係數參考表及經濟部水利署工作項目碳排係數參考表，並考量設備類應回歸生產端減碳、部分工作項目碳排過低及不適用碳排計算項目(如抽水機、排水機、告示牌、文件等)免計。

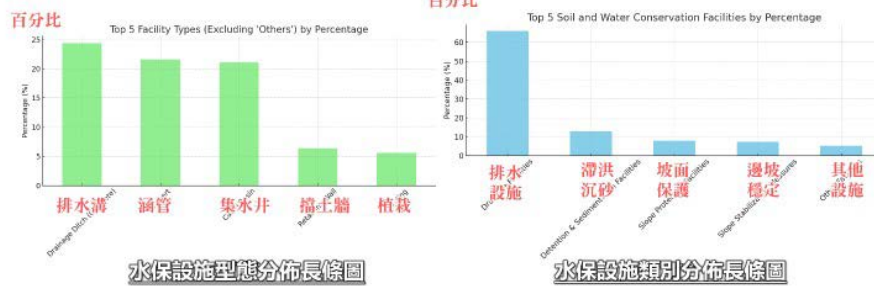
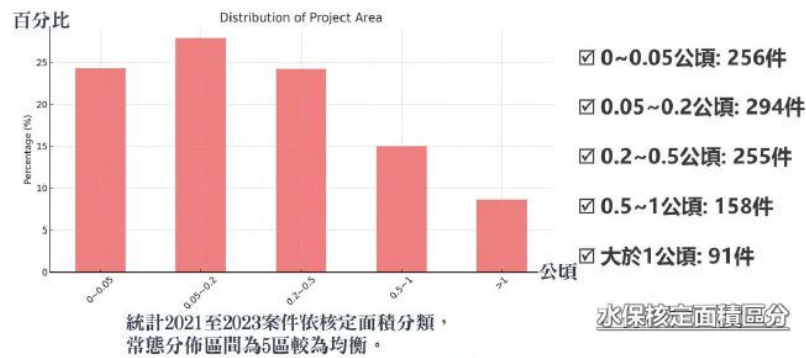
期望在水保計畫設施規劃設計時，承辦技師將工程估算碳排放量填寫於碳排放量檢核表及水土保持計畫減碳簡易檢核表記錄預計進行的工程概況和計畫面積，並且利用面積區間之面積估算法計算出的碳排放上限進行比較，以了解本案之碳排量，並了解碳排高之原因。

桃園本次所提出的淨零路徑，以更具體的H 標與策略，預計在2025 年較基準年

(2021-2023 年)減碳10%、2030 年減碳50%、2050 年達成淨零。桃園市的水土保持計畫工程，不僅是達到淨零排放的目標，更通過精確的計算和嚴格的審核過程，促進減碳的工

作成為日常管理的一部分，進而實現公正轉型建構具氣候變遷調適之生活環境，落實城市永續淨零目標。

減碳基準數據引用圖像化區間分布圖



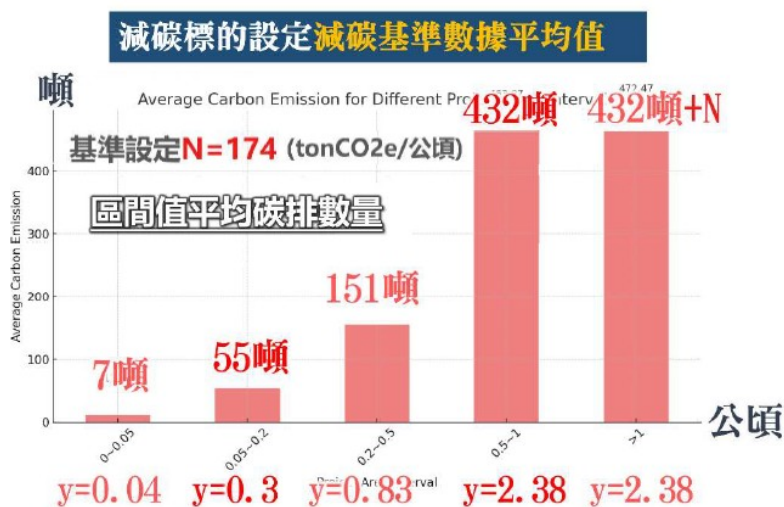
資料來源：桃園市水土保持淨零排放審查手冊

圖 1 桃園市水土保持計畫減碳基準統計圖

表 1 桃園市水土保持計畫各區間碳排係數計算參考表

| 項次 | 面積區間 (ha) | 面積區間 百分比(%) (A) | 探排量級距寬度放 (t /ha) (B) | 容許初始值 (t /ha) (C) | 容許上限 (t /ha) (D) |
|----|---------------------|-----------------|-----------------------|--------------------|-------------------|
| 1 | $0 < X < 0.05$ | $X/0.05$ | 7 | 0 | 7 |
| 2 | $0.05 \leq X < 0.2$ | $(X-0.05)/0.15$ | 48 | 7 | 55 |
| 3 | $0.2 \leq X < 0.5$ | $(X-0.2)/0.3$ | 96 | 55 | 151 |
| 4 | $0.5 \leq X < 1$ | $(X-0.5)/0.5$ | 281 | 151 | 432 |
| 5 | 1 以上 | $(X-1)/1$ | 174 | 432 | 432+N |

資料來源：桃園市水土保持淨零排放審查手冊及本文重繪



資料來源：桃園市水土保持淨零排放審查手冊

圖 2 桃園市水土保持計畫排放量評估計算圖

六、減碳再減碳

工程上的減碳主要在經由設計、施工、工法及維護管理階段等面向來改善：

1.設計階段的減碳作為：在設計時即考量營造出綠色環境，經由環境整體的設計，利用植物來吸碳、藉由生態環境的營造以及其他以自然為本的解決方案，這些方法不僅增加環境的自然抵抗力增加固碳效果，同時亦能減少碳排放。

2.施工階段的減碳作為：施工上採用綠色工法，施工材料選用綠色材料、綠色建材或再生材料，選用當地的材料減省運送路徑，選用耐久性的材料或環保低污染材料。這些材料可以顯著減少在建設過程中產生的碳足跡。

3.施工工法的減碳作為：施工機具選用時考量耗能低的施工機具或施工方法、實施土方挖填平衡或減少工程廢棄物。這些工法可使施工過程優化，減少對環境的破壞。

4.維護管理的減碳作為：注重維護管理維護管理成本及相對應的做法作法，同時納

入設計替代方案評估，以確保後續營運維護階段維持的功能，使用壽命延長並符合設計年限。

藉由不同階段考慮碳足跡的因素，不僅在減少碳足跡，也同時考慮材料生命週期中所有階段產生的直接和間接溫室氣體排放的總和，考量較低碳足跡的材料，並同時提高材料的循環性。

目前低碳建築聯盟也對低碳工法、低碳建材及低碳循環建材分實施認證，在低碳循環建材認定（Low-carbon Recycled Materials Certification，簡稱 LCR）與低碳工法（Low-Carbon Construction Method，簡稱LC工法），依據內政部建築研究所(以下簡稱ABRI)「低碳（低蘊含碳）建築評估手冊草案」(以下簡稱手冊草案，手冊參見 LCBA 網站)所提出的低碳建築評估系統 LEBR（Low Embodied-carbon Building Rating System）所開發的認定機制。



由於材料有系統的認證，碳足跡的完全揭露，未來在計算減碳成果時，均可依其認證之減碳額度與LCR低碳循環建材/LC工法實施之數量，得到認定減碳額度的計算，也有助於營建減碳技術的開發，並落實實質減碳設計。

今年5月3日，公共工程委員會召集產官學界舉行會議，針對「公共工程共通性工項施工綱要規範」其中檢討第03050章-混凝土基本材料及施工一般要求。會議最終做出結論，原本規範「若工程使用水硬性混合水泥時，不得另添加礦物摻料」，新規定增修「惟使用卜特蘭石灰石水泥經工程司提出第三者專業機構驗證，並報經機關同意後，可另添

加礦物摻料」。未來在公共工程上有條件放寬對卜特蘭石灰石水泥使用標準，將較使用傳統的卜特蘭水泥，達到更好的減碳效果。

目前水泥業推出的卜特蘭石灰石水泥性質與傳統卜特蘭水泥相較並未較低於如表4所示，而能減少更多的碳排放如圖3。

對於水土保持之目的就在促進水土資源永續利用，不管在工程、農藝或植生工法上，只要時時刻刻留意，定能達到淨零的目標，定能達到淨零的目標。

表 2 傳統卜特蘭水泥與台泥卜特蘭石灰石水泥性質比較表

| 產品名 | 政府規範值 | | 標檢局檢測值 | | |
|-------------------|---------------------|----------------------------|-------------------|--------------------|------|
| | CNS 61 卜特蘭 I 型水泥 | CNS 15286 卜特蘭石灰石 II 型水泥 | 品牌水泥 卜特蘭 I 型水泥 | 品牌低碳水泥 卜特蘭石灰石水泥 | |
| 氯離子(ppm) | ≤ 240 | - | ≤ 240 | ≤ 240 | |
| 細度比表面積 (m²/kg) | ≥ 260 | - | ≥ 350 | ≥ 450 | |
| 熱壓膨脹(%) | ≤ 0.8 | ≤ 0.8 | ≤ 0.8 | ≤ 0.8 | |
| 初凝時間(min) | 45~375 | 45~420 | 100~140 | 100~130 | |
| 抗壓強度 (MPa) | 3 天 | 12 | 13 | ≥ 22 | ≥ 24 |
| | 7 天 | 19 | 20 | ≥ 30 | ≥ 32 |
| | 28 天 | 28 | 25 | ≥ 40 | ≥ 42 |

資料來源：台灣水泥公司本文整理



資料來源：台灣水泥公司

圖 3 台泥低碳水泥減碳成效

七、參考文獻

1. 桃園市政府水務局(2023),「桃園市水土保持淨零排放審查手冊」
2. 臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明
https://www.ndc.gov.tw/Content_List.aspx?n=DEE68AAD8B38BD76
3. 參考指引-完成水土保持工程減碳參考指引
https://www.ardswc.gov.tw/Home/Seo/prevention_more?id=5832ce25ffad4b2bae7400f06d0e34e
4. 行政院公共工程委員會-永續公共工程先關政策網站
<https://www.pcc.gov.tw/cp.aspx?n=5D06F8190A65710E>
5. 社團法人中華民國全國創新創業總會
https://startup.sme.gov.tw/home/event/net_zero/#link
6. 低碳建築聯盟
https://www.lcba.org.tw/article/?article_item_id=99
7. 台灣水泥公司
<https://www.tccgroup Holdings.com/tw/lowCarbonCompete.html>

農業部農村發展及水土保持署線上技術短講分享

AIoT 電腦視覺裝置於崩塌地坡面變位即時監測之可行性研究

Applying AIoT computer vision system to real-time monitoring of slope displacement in landslides

國立中興大學 陳毅輝 助理教授

摘要

在崩塌地監測中，地表變位量是崩塌地風險評估的重要參考指標，本研究運用非接觸式光學儀器結合電腦視覺之影像辨識功能，監測崩塌地坡面變位量。研究以電腦視覺光學原理，當影像改變時分析規標變位造成影像上的變化量，即可推算待測物相對變位量，分為實驗室及現地試驗進行研究。於實驗室測試以 1 秒 4 幀照片的速率判視規標位移，可以捕捉其變形加速的微趨勢，現地試驗則以本研究創新研發之三目電腦視覺式變位監測儀，結合人工智慧電腦視覺之樹莓派設備進行測試，並比對全測站雷射經緯儀以及光達（LiDAR）雷射掃瞄系統資料。本研究成果可工作距離已達 500 公尺，且具夜間偵測模式能解決邊坡危險不易到達之問題，量測精度達到公厘等級，相較於傳統測量儀器，本電腦視覺裝置只需要十分之一的價格，不論是經濟面或使用性都更具有優勢。

關鍵字：非接觸式光學儀器、電腦視覺、大規模崩塌、地表變位監測

精選內容：

32 AIoT 現地應用

現場試驗儀器配置

現場空拍視攝位置

33 AIoT 現地應用

video.py與Chessboard.py之Python程式碼運作示意圖

34 AIoT 現地應用

雲端伺服器內部資料

35 自動記錄的資料格式

總樑中心點XYZ
像素的座標

總樑中心點XYZ
相對起始點的位置座標

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 10 | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m |
| 2 | 10 | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m |
| 3 | 10 | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m |
| 4 | 10 | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m |
| 5 | 10 | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m |
| 6 | 10 | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m |
| 7 | 10 | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m |
| 8 | 10 | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m |
| 9 | 10 | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m |
| 10 | 10 | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m |
| 11 | 10 | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m |
| 12 | 10 | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m |
| 13 | 10 | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m |
| 14 | 10 | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m |
| 15 | 10 | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m |
| 16 | 10 | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m | 0m |

36 AIoT 現地應用

AIoT地表變位監測5G物聯網系統

比較分析

電腦視覺技術的新儀器可以量測工程結構的變形和邊坡地區的坡體運動。

利用電腦視覺變位監測儀器(CVDM儀器)與傳統監測儀器之比較

| | CVDM儀器 | 雷射雷達 | 全站站儀經緯儀 |
|-------|--------------|-------------|--------------|
| 精度 | 0.1 毫米 | 10~30 毫米 | 0.1 毫米 |
| 測距距離 | 100 ~ 500 公尺 | 450 公尺 | 300 ~ 500 公尺 |
| 價格 | \$3,000 美元 | \$20,000 美元 | \$10,000 美元 |
| 物聯網應用 | 是 | 否 | 否 |

研究計畫科目：111 年水土保持局創新研究計畫

研究報告全文下載：<https://tech.ardswc.gov.tw/Results/ResultsInnovation>

歷次技術短講影音及簡報 PDF 下載：<https://tech.ardswc.gov.tw/Seminar/SeminarDiscussion>

觀看本文簡報影音及 PDF 檔下載

加入 Facebook 社團，即時獲得技術短講公告



農業部農村發展及水土保持署線上技術短講分享

碳存量指標在農村再生社區營造效益評估之應用

Application of Carbon Storage Index in Evaluating the Construction Benefits of Rural Regeneration Communities

國立中興大學 林昭遠 教授

摘要

為減緩氣候變遷，淨零碳排及低碳轉型已成為共識，臺灣因應國際情勢制訂了「溫室氣體減量及管理法」，明定 2050 年溫室氣體排放量須降為 2005 年排放量的二分之一，並逐步達到「淨零排放」的目標。環境部與農業部共同推行「農村低碳社區」之政策，透過農村設施低碳化與增加植栽綠化面積等營造，期望達到農村低碳營造的功效，採「減少碳排放」與「植樹造林」兩項措施來降低二氧化碳排放，並增加綠植行光合作用進行減碳。

碳存量評估研究大多以政府間氣候變化專門委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 之溫室氣體清查準則 (IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories) 為基礎，藉由劃分氣候及生態區即可粗略進行碳存量估算，再以樣區調查數據所得之區域，進行修正以獲取更精細的碳存量推估。然而在農村再生計畫之推動下，由於土地利用、建築與鋪面等大量改變，碳存量之變化甚鉅，對於減碳效益需要經合理的評估，且若僅藉由人力調查，係無法即時反映全臺農村碳存量之時空分佈。本研究以遙測影像結合數值高程模型來提取環境指標，利用常態化差異植生指標 (NDVI)、地形濕度指標 (TWI)、樹冠高度模型 (CHM) 等三者，分別反映植物群落的光合作用能力、土壤化育潛勢及植體的材積，據以建立能即時反映集水區碳存量空間分布之概念模式。

考量農村社區所處區位與反應碳匯能力之差異性，依空間地形及功能區分，以碳存量為指標評估各社區在同類型中碳存量之良窳，並透過時序分析可有效量化農村再生營造前、後之碳存量消長。研究成果可供相關單位於低碳綠環境投入時，營造優先順序及效益之有利參據。

關鍵字： 農村低碳社區、碳存量、環境指標

精選內容：

碳存量評估成果分析

- 利用衛星中萃取環境指標配合概念模式，建立流域不同時期碳儲量之分布。
- 利用兩期碳存量可計算碳通量之空間分布，再以碳通量指標評估各農村再生社區之營造效益。
- 碳通量指標可反映社區災害韌性及社區營造效益，其空間分布較碳存量變異較大



2003年農再社區
平均碳存量

2012年農再社區
平均碳存量

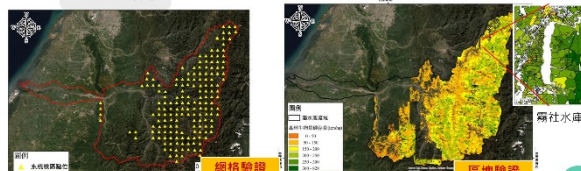
2003-2012年
平均碳通量

準確性評估

為了驗證模式推估準確度，採用隨機取樣進行驗證，評估前先產生隨機檢核點，檢核點之點數依照分類影像之像元數決定，透過調查數據類型可分為網格驗證(系統樣區-樹高-材積公式)與區塊驗證(蓋積量為單元)，採用Yamane(1967)所提出之公式計算隨機檢核點數量，公式如下：

$$n = \frac{N}{1 + N(e^2)}$$

式中：n=隨機檢核點數；N=母體數；e=標準差。



21

農再社區營造效益評估成果分析

- 農村再生營造效益評估標準給分，主要是以相同時期同樣社區類型之碳存量平均值為其營造基準，其評分標準以5顆星為最高等級。

● 評分標準可分為：

1. 營造初期探區碳存量低於同樣社區類型均值
 2. 營造後期社區碳存量高於同樣社區類型均值
 3. 社區兩期之平均碳通量為正值
 4. 社區碳通量差異係數(0<cv<5)
 5. 社區碳通量負值(劣化)面積占比(%)
- 等五個評估項目，每符合一個項目給定1顆星，最高給定5顆星。

農村再生社區營造效益評估成果

| 序 | 社區 | 類型 | 2003 碳存量 (kg) | 2012 碳存量 (kg) | 2012 碳通量 (kg) | 2003- 2012 碳通量 (kg) | 評分 (顆星) |
|----|----|----|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------------|------------|
| 1 | 北港 | 一般 | 157.77 | 157.77 | 157.77 | 157.77 | 5 |
| 2 | 北港 | 一般 | 157.77 | 157.77 | 157.77 | 157.77 | 5 |
| 3 | 北港 | 一般 | 157.77 | 157.77 | 157.77 | 157.77 | 5 |
| 4 | 北港 | 一般 | 157.77 | 157.77 | 157.77 | 157.77 | 5 |
| 5 | 北港 | 一般 | 157.77 | 157.77 | 157.77 | 157.77 | 5 |
| 6 | 北港 | 一般 | 157.77 | 157.77 | 157.77 | 157.77 | 5 |
| 7 | 北港 | 一般 | 157.77 | 157.77 | 157.77 | 157.77 | 5 |
| 8 | 北港 | 一般 | 157.77 | 157.77 | 157.77 | 157.77 | 5 |
| 9 | 北港 | 一般 | 157.77 | 157.77 | 157.77 | 157.77 | 5 |
| 10 | 北港 | 一般 | 157.77 | 157.77 | 157.77 | 157.77 | 5 |
| 11 | 北港 | 一般 | 157.77 | 157.77 | 157.77 | 157.77 | 5 |
| 12 | 北港 | 一般 | 157.77 | 157.77 | 157.77 | 157.77 | 5 |
| 13 | 北港 | 一般 | 157.77 | 157.77 | 157.77 | 157.77 | 5 |
| 14 | 北港 | 一般 | 157.77 | 157.77 | 157.77 | 157.77 | 5 |
| 15 | 北港 | 一般 | 157.77 | 157.77 | 157.77 | 157.77 | 5 |
| 16 | 北港 | 一般 | 157.77 | 157.77 | 157.77 | 157.77 | 5 |
| 17 | 北港 | 一般 | 157.77 | 157.77 | 157.77 | 157.77 | 5 |
| 18 | 北港 | 一般 | 157.77 | 157.77 | 157.77 | 157.77 | 5 |
| 19 | 北港 | 一般 | 157.77 | 157.77 | 157.77 | 157.77 | 5 |
| 20 | 北港 | 一般 | 157.77 | 157.77 | 157.77 | 157.77 | 5 |

30

農再社區營造效益評估成果分析

- 以群集分析將農村再生社區營造效益評分等級分為高、中、低三類，再藉由社區之面積、戶數、人口數、平均高程、平均坡度、計畫數等相關資訊，以典型判別分析進行分類，分類準確度達70.9%

農村再生營造效益與社區之區位、開發度及計畫數有關

| 典型判別分析結果 | | | | 農村再生社區相關資訊與營造效益等級類別 | | | | | | | | | | | | |
|----------|----|---------|-------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 類別 | 個數 | 預測的各個成員 | | | 高 | 中 | 低 | 總計 | 分類準確度 | 誤差率 | 高 | 中 | 低 | 總計 | 分類準確度 | 誤差率 |
| | | 高 | 中 | 低 | | | | | | | | | | | | |
| 原始類別 | 高 | 25 | 10 | 2 | 37 | 1 | 1 | 1 | 100.0 | 0.0 | 1 | 1 | 1 | 3 | 100.0 | 0.0 |
| | 中 | 1 | 8 | 1 | 10 | 1 | 1 | 1 | 100.0 | 0.0 | 1 | 1 | 1 | 3 | 100.0 | 0.0 |
| | 低 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 100.0 | 0.0 | 1 | 1 | 1 | 3 | 100.0 | 0.0 |
| | 總計 | 27 | 19 | 3 | 49 | 3 | 3 | 3 | 100.0 | 0.0 | 3 | 3 | 3 | 9 | 100.0 | 0.0 |
| % | 高 | 0.76 | 27.8 | 5.4 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 0.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 0.0 |
| | 中 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 0.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 0.0 |
| | 低 | 12.5 | 12.5 | 0.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 0.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 0.0 |
| | 總計 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 0.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 0.0 |

32.76% 預測高類別和實際高類別一致

| | | | | | |
|----|-----|----|----|-------|-----|
| 高 | 預測高 | 37 | 37 | 100.0 | 0.0 |
| 中 | 預測中 | 10 | 10 | 100.0 | 0.0 |
| 低 | 預測低 | 3 | 3 | 100.0 | 0.0 |
| 總計 | 總計 | 49 | 49 | 100.0 | 0.0 |

註：70.9% 係指判別結果與實際分類一致之比例。

31

農再社區營造效益評估成果分析

- 第1函數軸之主要解釋因子為平均高程
- 第2函數軸為平均坡度、計畫數量、社區戶數、社區人口數、社區面積

| 函數 | 解釋因子 | 解釋因子 | 解釋因子 |
|----|------|------|-------|
| 1 | 232 | 76.4 | 76.4 |
| 2 | 162 | 23.6 | 100.0 |

※分析時會使用第2函數區別函數。

典型判別分析結構矩陣

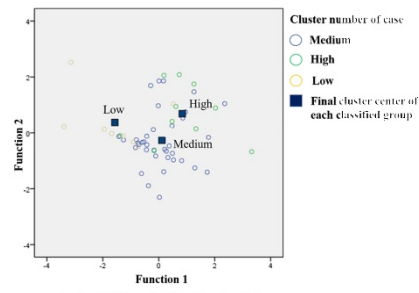
| 函數1 | 函數2 |
|-------|------|
| 平均高程 | 252 |
| 平均坡度 | 338 |
| 計畫數量 | -678 |
| 社區戶數 | -646 |
| 社區人口數 | -824 |
| 社區面積 | 670 |

註：分析結果顯示，第1函數主要解釋因子為平均高程，第2函數主要解釋因子為平均坡度、計畫數量、社區戶數、社區人口數、社區面積。

標準化的典型區別函數係數

| 函數1 | 函數2 |
|-------|---------|
| 社區面積 | -334 |
| 社區戶數 | -10.994 |
| 社區人口數 | 11.111 |
| 計畫數量 | -249 |
| 平均坡度 | -324 |
| 平均高程 | -200 |

該係數為重要性指標，係數絕對值越大者，表示其重要性越高。
函數1與正值係數以「社區戶數」最高
負值部分以「社區人口數」較大，為函數1重要判別變數



32

33

33

研究計畫科目：111 年水土保持局創新研究計畫

研究報告全文下載：<https://tech.ardswc.gov.tw/Results/ResultsInnovation>

歷次技術短講影音及簡報 PDF 下載：<https://tech.ardswc.gov.tw/Seminar/SeminarDiscussion>

觀看本文簡報影音及 PDF 檔下載

加入 Facebook 社團，即時獲得技術短講公告



推廣水保旅遊業務 編印水保景點月曆

作者：陳本康 技師



水土保持局為振興農遊，特整合全臺 60 家優遊農村業者合作推出「農村 FUN 心玩」

深度體驗(圖源：水土保持署)

引言：

依據總統於民國 83 年公告的水土保持法第一條的宗旨為”為實施水土保持之處理與維護，以保育水土資源，涵養水源，減免災害，促進土地合理利用，增進國民福祉。”因此，各級政府的水土保持相關單位，每年編列預算，用在保育、防災等相關工作，以減免災害，促進土地合理利用，增進國民福祉，多年來也投入相當多的經費。

基本上，水土保持相關單位就政府主管財務主計單位來講，就是經費支出較大也花錢的單位。

而再依據水土保持法的相關簽證規定，許多執業的水土保持技師或顧問公司，執行許多各級政府水土保持相關單位委託的業務，也是技師收入的主要來源之一！

有人說，水土保持技師是大地的醫生，大地生病了，水土保持技師工作就多，所以若風調雨順，大地不生病沒有災害，業務反而變少！每每有災害來時，意味著工作就快來了…！

但是，隨著社會進步，水土保持技術的多元發展過程中，納入更多的專業人才，如景觀、文化資產、生態、農村、地質、水利、大地及土木等等，往往能設計出更多元多目標的工程案例，且能帶動地方的發展，例如，早年台北市竹子湖地區及雲林縣古坑地區，因為土石流災害，而進行綜合規畫整治後，不僅保障了水土保持安全，也能藉由相關創意設施，帶動觀光旅遊，提升了地方經濟發展。

所以，水土保持相關單位雖然是花錢的單位，但是，若加上有創意綜合性的規劃，也可以是賺錢的單位，也是值得努力的方向。

結合資源 創意水保：

水土保持局近年來持續推動的”農村旅遊評鑑計畫”，就是利用水土保持農村建設後 來辦理帶動地方的發展，例如最近公告的“112 年優遊農村體驗品質評鑑作業簡章”(112 年 4 月 23 日截止報名)，每隔 2 年都會舉辦 1 次優遊農村體驗品質評鑑，透過評鑑的四大指標與內容，引導農村業者檢視自身於體驗環境、行程特色、經營管理及環境社會責任等 4 大面向的完備性與競爭力，並依分級分眾策略協助通過評鑑者，導入各項精進與優化的軟硬體資源，逐步扶植發展成具在地特色且符合旅遊市場趨勢的農村體驗。

還有農業委員會(現稱農業部) 推出「農遊券 888 農村好禮週週發」計畫，攜手雄獅旅遊、可樂旅遊等超過 30 家旅行同業合作推出「農村 FUN 心玩」優惠方案，並積極盤點全臺優遊農村及部落之合作與輔導計畫，以台中「梨之鄉」與「軟埤坑」休閒農業區，以及高雄「旗山糖廠社區」為主打，帶領近千名遊客走入農村、感受農遊樂趣。



另外，濟部中央地質調查所從 2012 年起分年分區出版「創意地質旅遊」刊物，10 年來召集數十位專家依序整理出北北基 12 條、中彰投 6 條、花東 10 條、恆春半島 7 條、高屏 9 條、雲嘉南 11 條、桃竹苗 10 條，加上離島地區至少百條路線、數百個景點，以簡單而生動的文字和圖片寫出來，內容有地質私房景點，以及著名的名勝與名產，各地區又依閱眾需求採不同型式出刊，例如像 2021 年 12 月最新完成的桃竹苗地區專家勘查的 10 條路線，為方便民眾安排行程，便歸納為臺地地質、海岸地質、河階地質、山水地質、山區地質及能源地質等 6 種主題。



以上所舉的三個例子，就是水土保持及地質相關單位，加上有創意綜合性的規劃，讓政府投資的許多工作，產生更大的效益，都是值得相當的肯定的。

而實際進行工程設計或地質調查的水土保持相關專業技師，能扮演什麼樣的角色呢！？

本文作者依據多年來的工作經驗，建議可以結合，水保戶外教室、生態保育、科普教育、社區發展及觀光旅遊等五個面向，再藉由安排參訪優良或得獎的工程案例，配合政府相關政策，來進行水保旅遊，加值水保業務相關的工作，包含有：

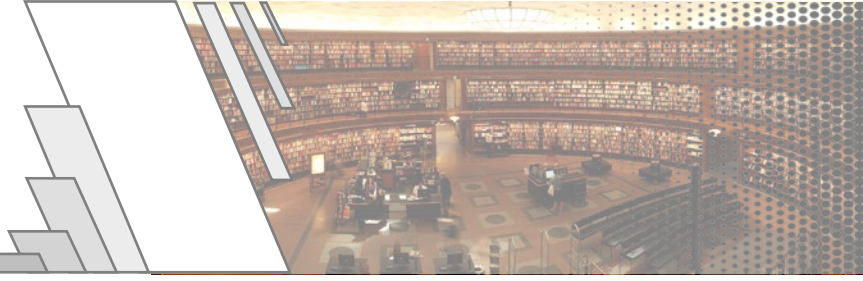
1. 進行工程設計的多元化，納入更多元的專業技術。
2. 擔任工程景點的解說導覽。
3. 建議水保旅遊行。
4. 建立水保工程景點資料庫等等。

推出水保工程景點月曆：

而為推廣上述的水保旅遊業務，可以先藉由編印水保工程景點的 2024 年桌上型小月曆來進行公益行銷義賣，一方面可以推廣水保旅遊的概念，另一方面也可進行公益活動，善盡水土保持技師的社會責任，初步提出的景點有以下九個，供後續的討論：

1. 宜蘭三層坪農塘水土保持教育園區。
2. 台南龍崎虎形山公園。
3. 阿里山森林遊樂區木蘭園
4. 台中東勢林場四角林野溪整治工程
5. 臺北市竹子湖綜合規劃工程
6. 雲林華山古坑土石流整治工程
7. 臺北市內湖區碧山巖旁白石湖吊橋工程
8. 桃園大有梯田生態公園
9. 台南牛埔泥岩水土保持戶外教室





參考資料：

1. 社團法人中華水土保持學會 103 年度年會一大會手冊暨研討會論文摘要集-從地質遺跡探討地質公園之發展(陳本康, 2014)。

2. 水土保持生態旅遊也可以是一大賣點(農業知識入口網)。

3. 水保局優遊農村評鑑助攻農村旅遊(亞虎新聞, 金武鳳)。

農遊夯爆!水保局攜手雄獅、可樂旅遊共推「農村 FUN 心玩」(農業部農村發展及水土保持署南投分署)。

4. 旅遊新玩法 x 地質好好玩 地質旅遊百點大串遊推薦(中央地質調查所)。

地質旅遊(MBA 智庫擺科)。

不只猛男!新北消防月曆女力應援「護國神 Q」也來了(TVBS 新聞, 李昱堃, 2023)。

可樂旅遊與水保局聯合推廣「優遊農村 Fun 心玩」遊程(行政院農業委員會水土保持局, 2021)。

龍崎。虎形山公園之旅(台南市龍崎數位機會中心, 2016)

★113年3月11日(一) 臺北市公會一舉辦「臺北市府大地工程處-臺北市已完工檢查暨臺北施工檢查教育訓練」



★113年4月13日新北市公會與全國聯合會召開「113年第3次理監聯席會」



Activity Highlights



★113 年 4 月 19 日(五) 全國聯合會理事長交接典禮



★113年5月27日(一)臺中市公會召開第五屆第二次會員大會



★113年6月2日(日)臺南市公會-參與臺南市環保局舉辦「海洋水水通四海活動」



Activity Highlights



★113 年 7 月 24 日(三)、7 月 28 日(日)兩日臺中市公會與其他友會共同舉辦「2024 臺中城市建設七師運動會」



★113 年 7 月 31 日(三) 臺中市公會舉辦—「連江縣水土保持服務團駐點服務」

