

葫蘆墩圳集水區整體治理調查規劃

溫惠鈺¹、陳耐錦¹、許世孟²、林中正³、陳柏安⁴、徐森彥⁵

- 1.財團法人中興工程顧問社大地工程研究中心 副研究員
- 2.財團法人中興工程顧問社大地工程研究中心 組長
- 3.行政院農業委員會水土保持局臺中分局 工程師
- 4.行政院農業委員會水土保持局臺中分局 課長
- 5.行政院農業委員會水土保持局臺中分局 分局長

摘要

葫蘆墩圳集水區位於臺中市中央，其集水區面積為 4,855 公頃，範圍含蓋臺中市石岡區、神岡區、豐原區及新社區。目前集水區內之現況問題主要為於豪大雨時，將導致邊坡崩塌破壞與河道土砂運移，造成兩岸農地與民宅損壞等災害；而部分崩落土砂可能下移至坑溝而造成河道淤積，減小通水斷面，進而引起淹水等。有鑑於此，本調查規劃透過基本資料蒐集、現地調查、集水區特性分析、治理目標與對策擬定及效益評估等，以指出集水區內之可能災害類型與區位、檢討既有工程功能與保育治理需求性制定、以及擬定分年分期治理計畫，期透過整體治理調查規劃達到減緩洪水及土石災害，以保障人民生命財產安全。

經過整體現地調查後，於葫蘆墩圳集水區內共有 21 處，其中包含野溪治理 11 處、道路治理 1 處、淹水治理 1 處、橋樑修改 6 處，以及清淤 2 處。於集水區土砂產量部分，利用土壤流失公式(USLE)及土砂遞移率(SDR)推估集水區範圍內之土砂產量，其年平均沖蝕量約為 176.8 ton/ha，約為 11 mm，年平均土砂生產量約為 24,514 m³。而於淹水潛勢部分，本調查規劃利用 FLO-2D 模式模擬 50 年重現期降雨量下(24 小時 647 mm)集水區內之淹水範圍，其模擬結果顯示淹水地區主要分布在石岡區九房里、新社區大南里、新社區永源里、新社區崑山里及新社區協成里。分年分期治理計畫部分，其分為 4 年進行治理，總治理經費共編列 28,100 仟元；土砂整治率經集水區面積加權平均後可達 32.7%，預計可保護之效益金額約為 14,007 仟元；分為 4 年整治後，每年預計之保護效益約為 3,502 仟元，每年之治理預算成本約為 2,800 仟元，故預計整治後之益本比可達 1.25。

透過集水區整體現況調查及特性分析，可完成葫蘆墩圳集水區整體安全性之檢討與評估，而藉由治理對策研擬及分年分期治理計畫擬定，可抑止土砂下移，減低災損程度，以達成易淹水區域水患治理計畫執行成效。

關鍵詞：集水區、調查規劃、集水區特性分析、葫蘆墩圳

ABSTRACT

Hu-Lu-Tun Canal watershed is the subwatershed of Ta-Chia river basin, and the watershed area is about 4,855 hectares with the elevation ranging from 96 to 859 meters. The study watershed is located in the central region of

Taichung, covered of Shengang District, Fengyuan District, Shinkang District, and Xinshe District, Taichung City. The current disaster types in this watershed are the rainfall induced slope collapse and sediment transport. These damage the agricultural land and houses on both sides of the river, river channel siltation, the reduction of cross section of the river, and flooding. In order to mitigate the sediment and flood disasters, we collected the basic data, and performed field investigation and watershed characteristic analyses to attain the goal of integrated management plan so that people's lives and property are expected to be protected.

After the field investigation, 21 dangerous sites are planned to implement remediation measures, including 11 sites for gully controls, 1 site for road control, 1 sites for flooded areas controls, 6 sites for bridge repairs, and 2 sites for sediment removal. In addition, the USLE and SDR formula were used to estimate sediment yield. Results show that the annual average amount of erosion is 176.8 ton/ha, the average annual erosion depth is 11 mm, and the average annual sediment yield is 24,514 m³. For flooded-prone areas, we use FLO-2D model to simulate the inundation area under the 50-year return period rainfall condition (accumulated rainfall in 24 hours is 647 mm), and the results show that inundation areas are mainly distributed among Jiufang Village, Shinkang District, Danan Village, Yongyuan Village, Kunshan Village, and Xiecheng Village, Xinshe District.

From the field investigation and watershed characteristic analysis results, we proposed the integrated management plan implemented by 4 years for the sites remediation. The total expense is 28,100 thousand dollars; the treatment ratio for the sediment is up to 32.7%, and the value of benefit demand is 14,007 thousand dollars. For each year, the value of benefit is 3,502 thousand dollars, the the value of cost is 2,800 thousand dollars, and the benefit-cost ratio is 1.25.

In this study, we completed the overall security investigation and assessment in the Hu-Lu-Tun Canal watershed. Moreover, an integrated control measure by a stage plan can be used to restrain the sediment moving down stream and further reduce the damage cost to achieve the execution benefit in the regulation project of flood-prone areas.

Keywords: Watershed, investigation and planning, watershed characteristic analysis, Hu-Lu-Tun Canal Watershed

I、緒論

葫蘆墩圳集水區位於臺中市中央，其集水區面積為 4,855 公頃，規劃範圍含蓋臺中市石岡區、神岡區、豐原區及新社區，區內有車籠埔斷層經過。

考慮集水區整體治理調查規劃，因此將葫蘆墩圳集水區依水系再劃分為四個子集水區，分別為葫蘆墩圳區域（約 1467.72 公頃）、食水料溪集水區（約 2779.77 公頃）、上坑野溪集水區（約 266.81 公頃）

及下坑野溪集水區(約 340.70 公頃)，另行政院農業委員會水土保持局所劃定之山坡地範圍，主要涵蓋本研究區內之下坑野溪、上坑野溪及食水料溪集水區，其研究區域位置、山坡地範圍及集水區劃分如圖 1 所示。本集水區內坡度較陡或岩層較破碎的區域常因劇烈的降雨而新生崩塌地，在颱風或豪大雨來時，易有土砂從野溪上游冲刷而下，而部分溪流尚有不安定土砂，如遭受豪雨恐下移並嚴重影響附近民宅、農田及下游道路橋樑等公共設施之安全。為徹底解決洪水及土砂災害、保障人民生命財產安全，達成易淹水地區水患治理計畫執行成效，故針對此集水區辦理整體規劃，以求整體性、安全性、生態性及人文性之整治。

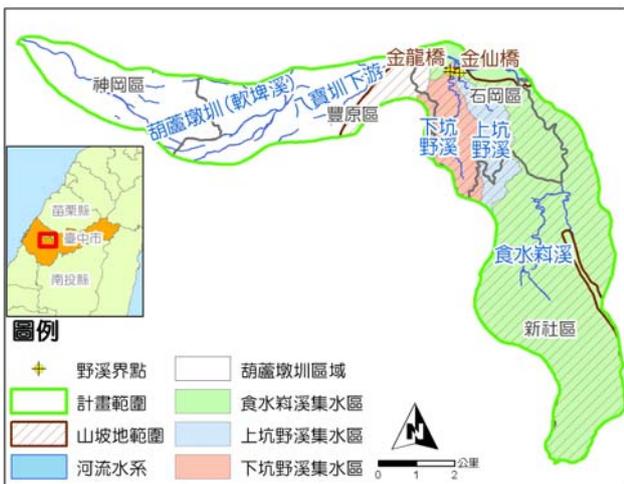


圖 1 研究區域範圍及集水區分區圖

本調查規劃透過基本資料蒐集、現地調查、集水區特性分析、治理目標與對策擬定及效益評估等，以指出集水區內之可能災害類型與區位、檢討既有工程功能與保育治理需求性制定、以及擬定分年分期治理計畫，期透過整體治理調查規劃達到減緩洪水及土石災害，以保障人民生命財產安全。

II、集水區現況調查

2.1 3S 技術輔助調查

本研究之現地調查工作成果為提供後續各項分析所需使用相關資料之重要來源，故野外現地調查之技術，對計畫整體之品質與效率影響甚大。本計畫提出以 3S 技術(RS、GPS、GIS)來輔助集水區現地調查之軟硬體運用規劃構想，以增進前端與後端資料處理與現地調查之工作品質與效率，其構想如圖 3.1.1 所示。

依上述相關技術與軟硬體運用規劃可將現地調查工作分為「野外行動辦公室」與「室內資料接收與處理中心」兩部分。於「野外行動辦公室」部分，包含了硬體設備(NB、GPS、印表機等)，軟體程式

(GIS 及導航相關軟體)以及無線網路(wireless)環境進行資料上傳至本研究之「室內資料接收與資料處理中心」，迅速完成調查資料新增與修改之任務。

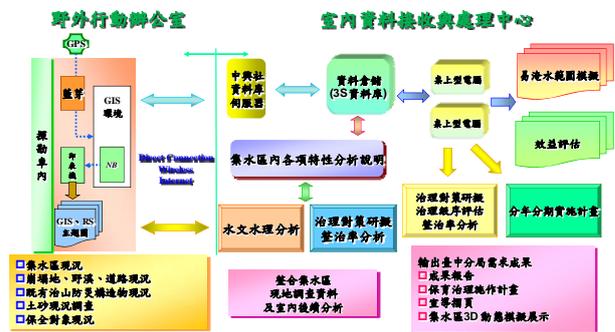


圖 1 以 3S 技術輔助現地調查資料整合之構想圖

「室內資料接收與處理中心」則扮演野外工作聯繫以及室內分析工作之重要中繼站，透過上述行動辦公室即時的資料上傳機制，可避免因累積過多資料而造成處理不易，同時也可藉此讓室內工作人員同步處理資料，縮短資料處理時間，並於資料有遺漏之時，即時反應給野外調查工作人員立即補遺。主要工作可分為資料彙整、集水區內各項個性初步彙整歸納、室內分析及成果輸出等。

2.2 現況調查內容

本研究針對葫蘆墩圳集水區境內之崩塌地、野溪、道路橋樑現況、及易淹水區域進行現地調查，並參考水土保持局「集水區整體調查規劃參考手冊」(2008)內之崩塌地、野溪及道路現地調查表，逐項進行現地勘查填列，以下針對各類型災害之現調表格內容作一簡述。

2.2.1 崩塌地現地調查內容

(一)基本資料：包含崩塌地編號、崩塌地座落行政區、集水區名稱、坐標及顯著地標等等。

(二)現場情形：包括崩塌原因、崩塌類型、崩塌地岩層、岩層組成材料、崩塌規模、殘土狀況、崩塌物質描述、植被狀況、植被覆蓋程度、土地利用等。

(三)保全對象：包括建築物、公共設施、災害歷史及崩塌危害程度等。

(四)治理建議及經費概估。

2.2.2 野溪現地調查內容

(一)基本資料：包括行政區域、溪流名稱、所屬流域、所屬集水區、溪流坐標(坐標定位位於溪流匯流或與主要道路交會處)、溪流平均坡度、長度及蜿蜒度、歷史災害時間、類型、原因、災損情形及治理工程種類等。

(二)河床沖刷或兩岸淘刷現況：包括在水流沖淤激烈河段或兩岸邊坡土體易遭水流淘刷而滑崩之樁號(或坐標範圍)、危害類型、河床質分布、通水斷面及現況描述(含兩岸崩塌、構造物基礎及毀損、致災危險性)等。

(三)河床淤積抬升現況：包括樁號(或坐標範圍)、淤積高度、河床質分布、通水斷面及現況描述(含通水斷面變化、嚴重程度、土砂處理建議)等。

(四)可能致災地點及保全對象：包括溪流可能致災地點(如谷口、地形開闊處、坡度變陡、河道轉彎、障礙物、橋樑、保全對象地勢低窪等)、野溪危害度、保全對象說明及住戶地址、建議治理對策、經費概估等。

2.2.3 道路橋樑現地調查內容

(一)道路調查：道路調查包括基本資料(含道路名稱、道路別、行政區域、集水區名稱、道路長度、寬度及其起迄坐標等)、道路毀損與現況及道路狀況(含路面、上下邊坡、既有排水設施狀況等)說明等。

(二)橋樑調查：道路現況調查如遇橋樑箱涵等，將記錄包括橋名、位置及坐標、橋樑寬度、淨空高度、橋致溪流坡度、橋墩數、通水淨寬、橋樑所在位置及橋樑現況等。

上述現調表格內容本研究按實際現地狀況適當調整填列。

III、集水區特性分析

本研究內之集水區特性分析包含各橋樑處之洪峰流量分析及水力檢算，集水區內之土砂產量分析，以及淹水潛勢區位分析等，分別敘述如下。

3.1 洪峰流量分析方法

集水區水文分析之目的係掌握集水區水文特性及相關資料以推算足夠設計之洪峰流量。本研究參照水土保持技術規範(2010)內之方法，面積小於1,000公頃之集水區，以合理化公式推估洪峰流量；面積大於1,000公頃之集水區則加入單位歷線演算。

3.1.1 合理化公式

$$Q_p = \frac{1}{360} C I_t^{50} A \quad (3-1)$$

式中， Q_p 為洪峰流量(m^3/s)； C 為逕流係數(參考水土保持技術規範第 18 條)； I_t^{50} 為重現期五十年之設計降雨強度； A 為集水區面積(ha)。其設計降雨強度及逕流係數之詳細之計算方式詳見水土保持技術規範(2010)。

3.1.2 三角形單位歷線

三角形單位歷線法之基本概念，係假定單位降雨量所造成之逕流歷線呈三角形分布，該法假設同一個集水區之三角形單位歷線的基期為固定值，而洪峰流量之大小則與降雨量多寡成正比。因此三角形單位歷線之洪峰流量可表示為：

$$Q_p = \frac{0.208 \times A \times R_c}{T_p} \quad (3-2)$$

$$T_p = \frac{t_d}{2} + 0.6 t_c \quad (3-3)$$

$$t_c = \frac{L}{W}; W = 72 \left(\frac{H}{L} \right)^{0.6} \quad (3-4)$$

$$T_b = T_p + T_r = 2.67 T_p \quad (3-5)$$

式中， Q_p 為洪峰流量(m^3/s)； A 為集水面積(km^2)； R_c 為單位有效雨深度(mm)； T_p 為三角形單位歷線之尖峰到達時間(hr)； t_d 為單位有效降雨延時； t_c 為集流時間； T_r 為尖峰至歷線終點之時間； T_b 為三角形單位歷線基期。因此藉由上述公式，先推求集水區之集流時間 t_c 值、尖峰至歷線終點之時間 T_r 與尖峰到達時間 T_p ，而後將 T_p 分別代入以求得三角形單位歷線之洪峰流量 Q_p 。

另本研究根據區域排水整治及環境營造規劃參考手冊(2006)可知，三角形單位歷線法各控制點洪峰流量之計算僅用於幹線出口、幹線之支線匯入後、支線出口，而支分線上游斷面及分線出口之洪峰流量可由下式計算

$$Q_1 = \left(\frac{A_1}{A_2} \right)^n \times Q_2 \quad (3-6)$$

式中， Q_1 為計算點之洪峰流量(m^3/s)； Q_2 為已知點之洪峰流量(m^3/s)； A_1 為計算點之集水面積； A_2 為已知點之集水面積； n 為迴歸係數，本研究以 $n=1$ 計算。

3.1.3 洪峰流量分析結果

本研究依據各子集水區之面積大小，分別採用不同之洪峰流量分析方法。其分析結果如表 1 至表 4 所示，並可作為後續水力演算之依據。

3.2 水力檢算方法

水力分析之目的係為了檢討河溪及橋涵之通洪能力，本研究以水土保持技術規範(2010)及水保局「集水區整體調查規劃參考手冊」(2008)之方式—曼寧公式來進行通水能力之分析。

3.2.1 曼寧公式分析方法

曼寧公式普遍運用於水土保持坡地排水及河溪整治工程中，可表為：

表 1 食水料溪集水區內各主要橋樑之流量峰值

橋名	50 年重現期 洪峰流量 Q_p (cms)	集水面積 (ha)
石岡橋(主流)	794.25	3387.28
登峰橋(主流)	776.36	3311.00
萬安橋(主流)	629.64	2685.27
廣興橋(主流)	609.19	2598.03
盤安橋(主流)	591.47	2522.46
食水料橋(主流)	550.30	2346.91
新料橋(主流)	362.01	1543.88
番社嶺橋(主流)	309.55	1320.14
水源橋(九溝渠)	153.33	653.92
興中橋(九溝渠)	152.08	648.58
新盛橋(番仔埤)	86.46	368.74
復盛橋(番仔埤)	73.77	314.61
馬力埔橋(涌堀)	65.71	280.24

備註：以單位歷線法分析，石岡橋及登峰橋集水面積包含上坑野溪及下坑野溪集水區面積

表 2 上坑野溪集水區內各主要橋樑之流量峰值

控制點	逕流 係數 C	50 年重現期 設計降雨強度 I_t^{50} (mm/hr)	集水 面積 A(ha)	50 年重現期 洪峰流量 Q_p (cms)
金仙橋上游	0.85	135.29	264.41	84.46
縣議橋上游	0.85	140.51	220.53	73.16

備註：以合理化公式分析

表 3 下坑野溪集水區內各主要橋樑之流量峰值

控制點	逕流 係數 C	50 年重現期 設計降雨強度 I_t^{50} (mm/hr)	集水 面積 A(ha)	50 年重現期 洪峰流量 Q_p (cms)
金龍橋上游	0.85	146.35	325.70	112.54
生豐橋上游	0.85	148.51	312.38	109.53
五福橋上游	0.85	148.99	285.66	100.49
無名版橋上游	0.85	150.79	278.99	99.33
自強橋上游	0.85	152.31	270.78	97.38
福星橋上游	0.85	154.56	227.93	83.18
瑞興橋上游	0.85	164.11	121.37	47.03
金坪橋上游	0.85	164.91	119.31	46.46
萬歲橋上游	0.85	167.83	73.57	29.15
無名版橋上游	0.85	168.34	52.07	20.70

備註：以合理化公式分析

表 4 葫蘆墩圳區域內各主要橋樑之流量峰值

控制點	逕流 係數 C	50 年重現期 設計降雨強度 I_t^{50} (mm/hr)	集水 面積 A(ha)	50 年重現期 洪峰流量 Q_p (cms)
師範街末端 野溪 無名版橋上游	0.85	168.83	23.71	9.45

備註：以合理化公式分析

$$Q_s = \frac{A}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (3-7)$$

式中，A：通水斷面積；R：水力半徑(=A/P；P：潤周長)；S：底床坡度；n：曼寧粗糙係數。

上式中，曼寧粗糙係數 n 值，可依據現調觀測結果，參考水土保持手冊內之建議，選取適當之 n 值。若由曼寧公式所檢算之 Q_s 小於洪峰流量分析所得之 Q_p 值，則其水理檢算不通過，亦即目前既有之通洪斷面不足以容納 50 年重現期之洪峰流量通過。

3.2.2 曼寧公式分析結果

研究區域內各主要橋樑水理檢算結果如表 5 所示。由表中可知，位於食水料溪九溝渠支流上之永源橋、興中橋，食水料溪涌堀支流上之馬力埔橋，食水料溪主流上之番社嶺橋、石岡橋，以及葫蘆墩圳區域內之師範街末端野溪無名版橋，於 50 年重現期洪峰流量下，其水理檢算不通過，亦即會發生溢流現象。

表 5 研究區域內各主要橋樑水理檢算結果

集水區 名稱	橋名	檢算 斷面長 L(m)	檢算 臨界橋涵 高 H(m)	Q_p (cms)	Q_s (cms)	50 年 檢核 結果
食水料溪 主流	石岡橋	42	2.175	794.25	681.68	不通過
	登峰橋	70	3.75	776.36	1395.66	通過
	萬安橋	54	1.8	629.64	767.36	通過
	廣興橋	35.5	2.7	609.19	740.22	通過
	盤安橋	35	3.75	591.47	719.11	通過
	食水料橋	26	3.375	550.30	871.92	通過
	新料橋	12	4.35	362.01	522.65	通過
	番社嶺橋	10	1.5	309.55	103.57	不通過
九溝渠	永源橋	5.4	1.125	153.33	28.51	不通過
	興中橋	10.5	1.875	152.08	106.02	不通過
番仔埤	新盛橋	15	2.25	86.46	236.52	通過
	復盛橋	16	3	73.77	467.75	通過
涌堀	馬力埔橋	3.5	0.9	65.71	10.99	不通過
上坑 野溪	金仙橋	10	1.575	84.46	141.64	通過
	縣議橋	6	2.55	73.16	146.70	通過

集水區名稱	橋名	檢算斷面長 L(m)	檢算臨界橋涵高 H(m)	Q _p (cms)	Q _s (cms)	50 年檢核結果
下坑野溪	金龍橋	5	2.475	112.54	120.49	通過
	生豐橋	15	2.325	109.53	202.68	通過
	五福橋	7	1.875	100.49	75.02	通過
	無名版橋	4.5	3.375	99.33	128.18	通過
	自強橋	10	2.3625	97.38	136.30	通過
	福星橋	3.5	3.225	83.18	92.16	通過
	瑞興橋	5.1	1.9875	47.03	84.82	通過
	金坪橋	5.7	2.925	46.46	75.83	通過
	萬歲橋	6	2.025	29.15	80.17	通過
葫蘆墩圳	師範街	2.5	1.125	9.45	6.61	不通過
	無名版橋					

3.3 集水區土砂產量計算

研究區域內之土砂生產量估算，原本應包含土壤沖蝕量及崩塌土砂量，唯經現調後發現，於研究區域內並無明顯之淺層崩塌區塊，故本研究將以土壤沖蝕量來計算計畫區域內之土砂產量。

3.3.1 土壤沖蝕量計算方式

依據水土保持技術規範(2010)內所述，本計畫採用萬用土壤流失公式(Universal Soil Loss Equation, USLE)來進行土壤流失量之估算，其公式如下：

$$A_m = R_m \cdot K_m \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (3-1)$$

式中，Am=土壤流失量(公噸/公頃·年)；Rm=降雨沖蝕指數(106 焦耳·毫米/公頃·小時·年)；Km=土壤沖蝕性指數(公噸·公頃·小時·年/106 焦耳·毫米·公頃·年)；L=坡長因子；S=坡度因子；C=覆蓋與管理因子；P=水土保持處理因子。

3.3.2 坡面土砂遞移率

坡面土砂遞移率受到降雨、土壤、地形、植生與人為等因子之影響極大，各因子間亦會互相影響，實用上並無法逐一考量。為簡易計算坡面土砂之遞移率，假設坡面土砂主要係由坡面地表水所帶動，運移至渠道(常流水)而流失，所以集水區坡面上任一格點之土砂遞移率假設為流入該格點上游之地表水流長度和(L_u ； $L_u = \sum L_i$)與流經該格點之總地表水流長度(L_t)的比值($SDR = L_u/L_t$ ； $L_t = L_u + L_d$ ； L_d 為網格點至常流渠道之地表水流長度)；意即濱水區愈靠近渠道之格點，其坡面沖蝕之土砂愈容易進入渠道，而增加河道之土砂產量，土砂遞移率愈高。

3.3.3 土砂生產量分析結果

經由上述土壤沖蝕量及坡面土砂遞移率之計算後，可得知研究區域內之土砂產量結果如表 6 所示，其分布圖如圖 2 所示。由圖表中可知，研究區內之土砂產量空間分布，主要集中於上、下坑野溪河道兩側以及食水料溪中游部份，其中以食水料溪集水區最多，其值為 60,071 m³/yr；下坑野溪集水區次之，其值為 21,184 m³/yr；上坑野溪集水區土砂產量為第三，其值為 12,315 m³/yr；葫蘆墩圳區域最少，其值為 4487 m³/yr。而此計算成果後續將提供集水區整治率分析。

表 6 研究區域內各子集水區之年平均土壤沖蝕量、沖蝕深度及土砂生產量

集水區名稱	集水區面積 (ha)	年平均沖蝕量 (ton/ha/yr)	年平均沖蝕深度 (mm/yr)	土砂生產量 (m ³ /yr)
下坑野溪集水區	340.70	294.97	18.48	21,183.60
上坑野溪集水區	266.81	229.66	16.40	12,315.07
食水料溪集水區	2,779.77	116.37	8.31	60,070.76
葫蘆墩圳區域	1467.72	66.17	0.75	4487.20

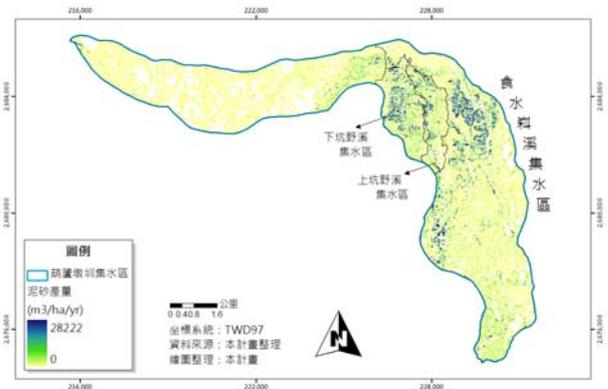


圖 2 研究區域內土砂生產量分布圖

3.4 淹水潛勢分析

本研究為詳細分析區域內之淹水情況，故利用所蒐集之地形、雨量及土壤等相關資料，以 FLO-2D 二維模式，選擇由現地訪談而得，較易有淹水狀況之食水料溪集水區(包含上、下坑野溪集水區)進行模擬，並利用不同重現期距之雨量分別模擬淹水深度與範圍，以便將來可提供給相關單位作為排水改善方案之規劃依據。

本研究進行 50 年重現期降雨量(24 小時設計降雨量為 625mm)之淹水模擬，其淹水潛勢分布如圖 3 所示。將 50 年降雨重現期之淹水潛勢分布成果套疊行政區域圖層，顯示出淹水範圍主要分布在石岡區

九房里、新社區大南里、新社區永源里、新社區崑山里及新社區協成里，這些區域需嚴防大雨來臨可能導致淹水之情況。

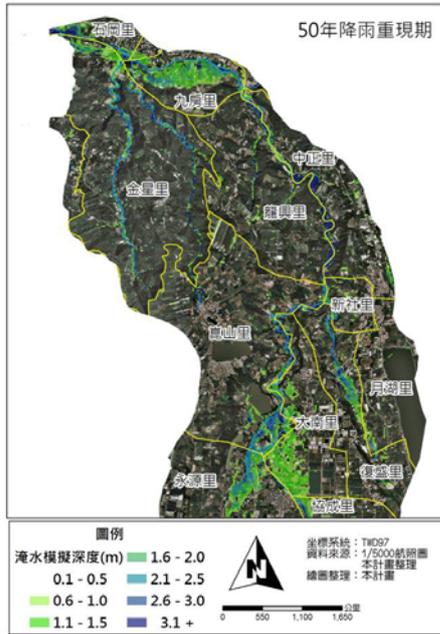


圖 3 研究範圍內 50 年重現期降雨量之淹水模擬成果

IV、重點治理區域及分年分期治理規劃

4.1 重點治理區位

經過整體現地調查及相關集水區特性分析後，本研究提出於葫蘆墩圳集水區內共有 21 處重點治理區域，其中包含野溪治理 11 處、道路治理 1 處、淹水治理 1 處、橋樑修改 6 處，以及清淤 2 處，如表 7 所列，其位置分布如圖 4 所示。

項次	治理類別	集水區分區	點位說明
14	橋樑修改	食水料溪	石岡橋，50 年重現期洪峰流量下之水理檢算不通過
15			番社嶺橋，50 年重現期洪峰流量下之水理檢算不通過
16			永源橋，50 年重現期洪峰流量下之水理檢算不通過
17			興中橋，50 年重現期洪峰流量下之水理檢算不通過
18			馬力埔橋，50 年重現期洪峰流量下之水理檢算不通過
19	橋樑修改	下坑野溪	金龍橋，曾有歷史淹水災害發生
20	清淤	食水料溪	番社嶺橋至半山橋河段土砂淤積
21		上坑野溪	金仙橋橋段土砂淤積



圖 4 研究區域內重點治理區位分布圖

4.2 分年分期治理規劃

本研究之分年分期經費編列，係針對水保局臺中分局權管者為主，共計有 11 件。而治理計畫中各項治理工程之工程經費，本研究參考 2009 年 8 月水土保持局所公布最新之水土保持工程(G1)及其他農水路工程(H3)土石災害處理項目平均單價表、最新之營建物價及行政院公共工程委員會網站上之各項材料單價以及財團法人臺灣營建研究院之營建物價等作為標準，進行各項工程治理經費之估算；並依據治理工程所在地點，考量其材料、運費及假設性工程等進行單價調整。本研究將整治計畫劃分為 4 年，總治理經費為 28,100 仟元，如表 8 所示。

表 7 研究區域內重點治理區位表

項次	治理類別	集水區分區	點位說明
1	野溪治理	食水料溪	新社區食水料溪護岸損壞處(新料橋附近)
2			新社區新料橋鄰近坑溝整治工程施作不足
3			新社區食水料溪支流(崑南枝 28 右 13)整治工程施作不足
4			新社區永源里山腳巷蝕溝排水問題
5			新社區崑南街支線坑溝整治工程施作不足
6			新社區聯勤第 3 彈藥庫旁坑溝整治工程施作不足
7			新社區中正里第 10 鄰清水緣餐廳對面坑溝土砂淤積
8			石岡區農中石 007 支線旁坑溝
9			新社區第 3 彈藥庫後方坑溝整治工程施作不足
10			葫蘆墩圳
11	聯合新村旁野溪坑溝未整治		
12	道路治理	食水料溪	新社區農中新 004 道路修復
13	淹水治理	食水料溪	新社區中正里第 9 鄰新第一公墓下方淹水

表 8 研究區域分年分期實施計畫一覽表

編號	年度	集水區	工程名稱	概估經費(仟元)
1	第一年	葫蘆墩圳	師範街旁野溪整治工程	2,500
2	第一年	葫蘆墩圳	聯合新村旁野溪整治工程	1,000
3	第二年	食水料溪	中正里 10 鄰排水改善工程	1,000
4	第二年	食水料溪	食水料上游新料橋鄰近坑溝整治工程	2,000
5	第二年	食水料溪	新社區崑山里番社嶺橋改善工程	3,500

編號	年度	集水區	工程名稱	概估經費(千元)
6	第三年	食水料溪	農中石 007 支線旁坑溝整治工程	4,000
7	第三年	食水料溪	永源里坑溝整治工程	3,000
8	第三年	食水料溪	崑南街支線坑溝整治工程	3,000
9	第四年	食水料溪	農中新 004 道路修復工程	2,000
10	第四年	食水料溪	聯勤第 3 彈藥庫旁坑溝整治工程	3,600
11	第四年	食水料溪	聯勤第 3 彈藥庫後方坑溝整治工程	2,500
共計				28,100

V、效益評估、整治率及益本比

5-1 效益評估

本研究參考水保局「集水區整體調查規劃參考手冊」(2008)及結合災害治理和受災機率概念，提出預期效益之說明及計量方式如表 9 所示。

表 9 直接效益與間接效益計量方式一覽表

效益	項目	計量方式	單位	說明
直接效益	人員生命保護效益	人口數×生命價值×可能受災機率 1%	元	生命價值：以生前所能獲得之收入計算。依勞動基準法，工作 25 年以上者勞工自請退休，故以工作年資 25 年之收入計算，約 1,193 萬。
	土地利用效益	土地遭淹埋保護效益=土石量×清除單價	元	土石量為以影響範圍推估道路淤埋長度，乘上寬度與估計土石深度。清除單價每立方公尺 75~150 元(參考工料分析手冊概估)。
		土地流失保護效益=保護土地流失面積×土地生產(或利用)單價	元	受保護避免流失面積。依據臺中市政府地政局之「臺中市土地公告現值查詢」進行計算。
	地上物保護效益	作物保護效益=(面積×單位面積收益)×可能受災機率 1%	元	依據行政院農業委員會農糧署「2009 年期臺灣農產品生產成本調查報告」，每公頃生產費用為 150,329 元。
保護效益=(戶數×修建費用)×可能受災機率 1%		元	本計畫參照臺灣 建築師公會公布之 2007 年「臺中市建築物總工程費單價」，將以每戶 17,300 元 m ² 進行計算。	
間接效益	社會效益 生態環境效益 風險管理效益	直接效益總和之 20%。	元	因間接效益 以量化，以直接效益總和之 20%作為間接效益之量化依據。

經過治理計畫後，本研究預計之保護效益計如表 10 所示，再經由上述計算方式，總計可保護之效益金額為 14,006,859 元。

表 10 本研究評估預期保護效益 計表

項目	保護數量
人員生命保護效益	80 人

項目	保護數量
土地利用效益	保護道路 750 公尺
	保護土地面積 22.5 公頃
地上物保護效益	保護作物面積 22.5 公頃
	保護 33

5-2 整治率評估

本研究之土砂整治率運算，為參照 2004 年水土保持局「集水區整體調查治理規劃作業研究及土砂生產量推估模式之建立」報告 中所提出集水區整治率計算公式：

1. 土砂整治率(F) (防砂量)/(砂生產量) %
2. 防砂量(m³) 防砂 (高× 長×10 高×3) 崩塌地處理(面積×2)+護岸(有效高 H×2×長度 L) 蝕溝控制(溝長 L×溝寬 W×溝深 D)。
3. 砂生產量(m³) 依據土壤沖蝕量估算得本區砂生產量×10。

防砂量之計算結果如表 11 所示。

表 11 各子集水分區治理工程及防砂量 計表

集水分區	防砂(座)	護岸長(m)	清淤量(m ³)	崩塌地處理面積(m ²)	防砂量(m ³)
上坑野溪	—	774	10,000	3,570	22,534
下坑野溪	—	9,150	—	—	54,900
食水料溪	3	20,721	22,100	7,452	209,730

砂生產量部分，根據表 6 土砂量計算結果，可知各子集水分區每年之 砂產量，由於本研究歷年治理工程之 計與防砂量計算，主要針對近 10 年之治理工程進行推估，因此以 10 年之 砂生產量進行推估；再與表 10 防砂量之結果進行分析，即可得到各子集水區之土砂整治率，如表 12 所示。

表 12 各集水分區預期土砂整治率 計表

集水分區	總 砂 生產量(m ³)	防砂量(m ³)	土砂 整治率(%)
上坑野溪	123,150.7	22,534	18.30%
下坑野溪	211,836	54,900	25.92%
食水料溪	600,707.6	209,730	34.91%

5-3 益本比分析

而本研究分為 4 年整治後，每年預計之保護效益約為 3,502 千元，每年之治理預算成本約為 2,800 千元，故預計整治後之益本比可達 1.25。

VI、結論

透過集水區整體現況調查及特性分析，可完成葫蘆墩圳集水區整體安全性之檢討與評估，而藉由治理對策研擬及分年分期治理計畫擬定，可抑止土砂下移，減低災損程度，以達成易淹水區域水患治理計畫執行成效。

VII、參考文

1. 行政院農業委員會水土保持局，2003 修，水土保持法，網址：<http://www.swcb.gov.tw/class2/index.asp?ct=laws&m1=10&m2=55&AutoID=71>。
2. ，2005，水文。：五南出版社。
3. 中水土保持會，2006，水土保持手冊。：中水土保持會發行。
4. 行政院農業委員會水土保持局－石水庫集水區保育治理網，2008，集水區整體調查規劃參考手冊，網址：<http://smr.swcb.gov.tw/laws.asp?block=3>。
5. 行政院農業委員會水土保持局，2004，集水區整體調查治理規劃作業研究及土砂生產量推估模式之建立成果報告。
6. 行政院農業委員會水土保持局，2010，水土保持技術規範，網址：<http://www.swcb.gov.tw/class2/index.asp?ct=laws&m1=10&m2=55&AutoID=91>。
7. 行政院農業委員會水土保持局臺中分局，2011，葫蘆墩圳集水區整體治理調查規劃成果報告。
8. 經濟部水利署易淹水地區水患治理計畫屬網站，區域排水整治及環境營造規劃參考手冊-核定本，網址：<http://file.wra.gov.tw/public/Data/671014125171.pdf>。