

第四章 重點集水區水文水理及泥砂分析

4.1 水文水理分析檢討及泥砂收支分析

本計畫編列六處重點集水區，包括坑內坑溪排水系統、拔馬溪排水系統、中崎地區排水系統、濁水大排排水系統、獅尾堀排水系統及清水溝排水系統等重點區排之排水系統規劃經水利署第三河川局及南投縣政府等中央與縣府單位委託發包，部分已規劃完成。由於此等重點區排之排水系統規劃亦包括區排之上游集水區，本計畫收集已經完成之重點區排排水系統規劃報告成果，透過檢討原報告中有關對於各重點集水區就氣象站、雨量站所求出之各頻率年降雨強度、規劃區內各地之逕流係數C、規劃區之洪峰流量等，探討其在水文水理分析結果的合理性及土砂生產量。推估結果，以作為後續集水區野溪治理規劃之參採。

4.1.1 水文分析檢討

水文分析檢討包含野溪及主要河道洪水量與收支分析。

(1) 降雨強度

可收集各雨量站之年平均最大一日暴雨量，透過頻率分析及雨型分析來訂出降雨強度公式及設計雨型；亦可根據水文資料收集各雨量站十年內之年平均雨量，並依據水土保持技術規範公式第16條規定之降雨強度公式(如下列公式所示)，來推求各雨量站25年、50年、100年及200年降雨強度。

$$I_t^T = (G + H \log T) \frac{A}{(t_c + B)^c} I_{60}^{25} \quad (\text{mm/hr})$$

式中，
$$I_{60}^{25} = \left(\frac{P}{25.29 + 0.09 P} \right)^2, \quad A = \left(\frac{P}{-189.96 + 0.31 P} \right)^2, \quad B = 55,$$

$$C = \left(\frac{P}{-381.71 + 1.45 P} \right)^2, \quad G = \left(\frac{P}{42.89 + 1.33 P} \right)^2,$$

$$H = \left(\frac{P}{-65.33 + 1.83 P} \right)^2, \quad P = \text{年平均降雨量(mm)},$$

$t_c = \text{集流時間(min)}, \quad T = \text{重現期距(yr)}。$

(2) 洪峰流量

依據水土保持技術規範第 17 條，合理化公式可表為：

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

式中， Q_p =洪峰流量(cms)

C=逕流係數

I=重現期距五十年之設計降雨強度(mm/hr)

A=集水區面積(ha)

計算清水流洪峰流量時，降雨強度是依前節計算結果，逕流係數是依據表 4-1-1 之水土保持技術規範第 18 條規定各項 C 值參考表，並配合現地土地利用情形決定。

表 4-1-1 逕流係數 C 值的選擇參考表

集水區狀況	陡峻山區地	山嶺地	丘陵地或 森林地	平坦耕地	非農業使用
無開發計畫區 逕流係數	0.75~0.90	0.70~0.80	0.50~0.75	0.45~0.60	0.75~0.95
有開發計畫區 開發後逕流係數	0.95	0.9	0.9	0.85	0.95

4.1.2 水理分析檢討

水理分析檢討包含河道與部落重要聯外橋樑通洪能力檢討等。

(1) 各治理界點之最大洪峰流量

根據前節計算結果，依據劃分之治理界點上游小集水區，可計算各治理界點之洪峰流量，本計畫將規劃區分為多個小集水區，並依照各小集水區之區域降雨強度(I)及逕流係數(C)，並代入各小集水區之面積即可求得各小集水區之洪峰流量，其中本規劃區內之治理界點，在各單位之權責區分下，期以分區分責之原則下作好集水區整體之治理。

(2) 各治理界點之集流時間

降雨與洪峰流量之關係可用圖 4-1-1 表示，其中： R_e ：單位超滲雨量(mm)、 T_p ：開始漲水至尖峰流量發生之時間、 T_r (hr)：超

滲雨量單位時間(hr)、 Q_p ：洪峰流量(cms)、 T_c ：集流時間(hr)、 T_b ：流量歷線基期(hr)、D：有效降雨延時(hr)。

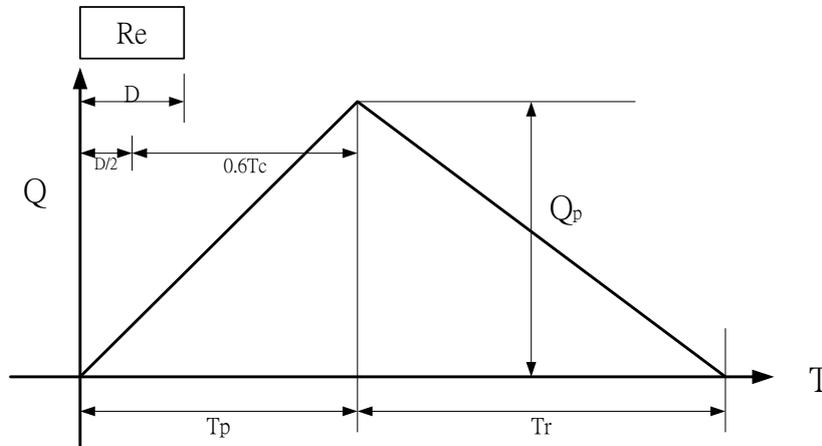


圖 4-1-1 三角形單位歷線圖

最大洪峰流量係由集水區內所有網格相加所得結果，故當降雨時間超過最遠網格洪水流至控制點之時間(集流時間)時，此時即為最大洪峰流量發生時。

依據水土保持技術規範第 19 條規定，集流時間(t_c)係指逕流自集水區最遠一點到達工程地點出水口所需時間，一般為流入時間與流下時間之和。計算公式如下：

$$t_c = t_o + t'$$

$$t_o = \lambda / v$$

式中， t_c =集流時間(小時)； t_o =流入時間(雨水經地表面由集水區邊界流至河道所需時間)(小時)； t' =流下時間(雨水流經河道由上游至下游所需時間)(小時)； λ =坡面長度(公里)(不大於 300 公尺為原則)； v =漫地流流速(一般採用 0.3~0.6 m/sec)。

4.1.3 土砂收支分析

土砂收支分析包含坡面及河溪之土砂生產量與流出量分析。

集水區泥砂主要來自於流域內地表之沖蝕、山崩及溪岸之崩塌，再者以人為過度開發所造成之崩塌，其中包含道路邊坡崩塌所導致的沖蝕量，以及坡地利用所造成之沖蝕與崩塌量居次，此外，挖土方之

任意棄置等亦為流域泥砂之來源。為求得泥砂確實來源，除一般土地利用、崩塌地調查之外，對於集水區內之道路水土保持、林業經營等因素亦需加以考量。尤其 921 地震之後，本規劃集水區產砂的量與質均有顯著的改變，其中又以土石流和崩塌所攜出的土砂量最為可觀，必須加以重視。

利用航照正射影像與衛星影像判釋及崩塌量推估由攝影測量的照片做航照分析，就地表地形特徵，分別依山崩、地滑、土石流災害做成室內分析，再經由現場踏勘做地表地質調查，評定其災害的可能性，最後補充必要之地球物理探勘，評估其災害的潛能及不穩定土石的数量，以供整體評估問題，並據以擬定必要之治理規劃。上述之工作應針對部落居住地、開發保留地及進出道路分別進行。遙測影像分析評估方法依水土保持地質應用手冊(2005 年)實施。

本區域之土砂收支分析由於缺乏過去現地崩塌地實測資料，無法分析其量化的收支量，唯有藉由溪床坡度變化推估其土砂為增或減的狀況。當溪床為增高，淤積時代表土砂為增加的，而當溪床為降低，沖刷流失，則代表土砂為減少，溪床高不變則達收支平衡的穩定狀況，可以下表作為調查的依據，並以淤積和沖刷或達平衡來表示其土砂收支分析的結果，目前並無法量化分析其真正的數量。

表 4-1-2 河道與野溪不穩定現象與可能原因

現地現象	可能原因
1.河岸保護設施或橋樑基礎淘空	河床下切，過度疏濬
2.結構物淹埋，橋底通水斷面不足	淤積
3.河道兩岸淘刷	河床下切，設計不良
a.無河中淤砂	
b.有河中淤砂	淤積
4.河道堵塞，側面受縮，植生入侵，流量變小，成瓣狀流(變淺，細河床質，梯度變小)	淤積(aggradation)
5.河道變大，流量變大 (變深，粗河床質，梯度變大)	河床下切，且側向沖蝕
6.河岸沖蝕擴大，在蜿蜒河段有部分淤積	刷深(Degradation)

1. 土壤流失量之推估

本計畫在山坡地土壤流失量，採用國內常用之美國通用土壤流失公式(USLE)進行坡面沖蝕估算，山坡地土壤流失量之估算，得採用通用土壤流失公式(Universal Soil Loss Equation USLE)，其公式如下：

$$A_m = R_m \cdot K_m \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

A_m ：土壤流失量(公噸/公頃-年)

R_m ：降雨沖蝕指數(106 焦耳-毫米/公頃-小時-年)

K_m ：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

利用農林航測所出版之 40mDEM 資料分析集水區地形分佈後(包括坡度及坡向)，利用集水區自動化分系統切割集水區，代入 USLE 進行土壤沖蝕量計算。

本計畫依照水土保持技術規範進行土壤流失量分析，應用坡地集水區分析系統的坡面泥砂產量推估可求得集水區內的泥砂產量如表 4-1-3 所示。

表 4-1-3 排水系統土壤流失量

編號	排水系統	土壤流失量 (tons/yr)	年沖刷深度 (mm/yr)
1	坑內坑溪排水系統	618,593	0.64
2	拔馬溪排水系統	180,462	1.82
3	清水溝溪排水系統	826,831	2.55
4	濁水大排排水系統	100,529	0.32
5	獅尾堀排水系統	36,662	0.16
6	中崎地區排水系統	11,393	0.14
總計		1,774,469	

2. 崩塌地崩塌量估算

崩塌深度因與坡度、坡向、地質土壤、地表覆蓋情形等因素相關，由於本計畫幅員廣大，因此崩塌深度採用國家災害防救技術中心(NCDR)建立之模式作為崩塌深度之參考，如表 4-1-4 所示。表中，崩塌深度隨坡面坡度增加而減低，採用平均深度估算崩塌量。計算出各排水系統推估崩塌量，其中埔里盆地排水系統崩塌總量為 1,891,960 立方公尺，其次蜈蚣崙排水系統崩塌總量為 1,378,580 立方公尺，本計畫區內推估總土砂量為 442 萬方，如表 4-1-5 所示。

表 4-1-4 崩塌深度估計參考表

坡面坡度(度)	深度(m)
< 30	5
30~40	4
40~60	3
> 60	2

表 4-1-5 易淹水排水系統崩塌地崩塌量估算

編號	排水系統	崩塌面積 (平方公尺)	崩塌總量 (立方公尺)
1	坑內坑溪排水系統	17,060	59,710
2	拔馬溪排水系統	32,580	114,030
3	清水溝溪排水系統	12,580	44,030
4	濁水大排排水系統	0	0
5	獅尾堀排水系統	0	0
6	中崎地區排水系統	0	0
7	蜈蚣崙排水系統	393,880	1,378,580
8	埔里盆地排水系統	540,560	1,891,960
9	木屐蘭溪排水系統	224,700	786,450
10	外轆排水系統	0	0
11	南埔地區排水系統	32,520	113,820
12	溪州埤排水系統	0	0
13	頭社武登排水系統	10,620	37,170
總計			4,425,750

4.1.4 水筒模式模擬

本計畫參考「易淹水地區水患治理計畫」坑內坑溪、拔馬溪與清水溝溪排水系統規劃書的資料，並選取此 3 條排水系統進行水文分析。

1. 分析方法

依據水利署民國 95 年 4 月訂定之「區域排水整治及環境營造規劃參考手冊」建議一般排水規劃洪峰流量之推估主要採用三角形單位歷線，且「易淹水地區水患治理計畫」坑內坑溪、拔馬溪與清水溝溪排水系統規劃書中各重現期距洪峰流量計算值以 Horner 兩型配合三角形單位歷線法為最佳，加上區域排水之保護標準以 10 年重現期洪水設計，25 年重現期不溢堤為目標，故本計畫採用此 3 條排水系統規劃報告書之 10、25 年的 Horner 兩型，配合旱田水筒模式進行出流口的流量模擬，但本計畫鄰近區域，目前並無設置任何水位流量站，所以旱田水筒模式中之參數來源是利用台中市西屯區之大肚山以東之山坡旱田，為一具有坡度之旱田與計畫區域之地形相類似，其參數率定是利用報告書中三角形單位歷線計算出的洪峰量與模擬出來的洪峰量進行調整，並分析其結果。

2. 頻率分析

本計畫頻率分析結果是採用坑內坑溪、拔馬溪與清水溝溪排水系統規劃書中計算出的資料進行運用，其各一日最大暴雨頻率分析成果整理如表 4-1-6 所示。

表 4-1-6 一日最大暴雨頻率分析成果表

排水系統	適合之機率分佈	重現期距 (年)						
		2	5	10	20	25	50	100
坑內坑溪	皮爾遜 III 型	173.6	234.9	272.7	307.2	317.7	349.5	379.9
拔馬溪	皮爾遜 III 型	181.2	275.9	333.9	386.4	402.6	450.9	497.1
清水溝溪	對數皮爾遜 III 型	176	259	324	394	417	496	583

資料來源：「易淹水地區水患治理計畫」坑內坑溪、拔馬溪、清水溝溪排水系統規劃

3. 降雨型態分析

雨型分析為設計一種能代表該集水區降雨延時分佈特性又能形成所設計洪峰流量之降雨分配型態。故本計畫延用報告書中之站址，以及依據水利署民國 92 年「台灣地區雨量測站降雨強度—延時 Horner 公式分析」報告中，查得各站址之 Horner 雨型公式中之相關參數，其設計結果作為旱田水筒模式的降雨強度，其 Horner 雨型公式如 (4-1) 所示。

$$I_t = \frac{A}{(t+B)^c} \quad (4-1)$$

式中； I_t ：降雨延時 t 小時內之平均降雨強度 (mm/hr)；

t ：降雨延時 (min)；

a 、 b 、 c ：常數。

該 3 條排水系統各採用的站址名稱與 Horner 降雨強度公式之常數 a 、 b 、 c 分別如表 4-1-7 所示；而將不同頻率年暴雨量代入設計雨型後，即可得到此 3 條排水系統之 24 小時設計暴雨。圖 4-1-2~4-1-7 分別代表各排水系統 10、25 年一日暴雨之設計雨型，其 Horner 之 24 小時雨型之設計步驟如下：

- (1) 以該強度公式求出各場暴雨延時 (0.1666=10min、0.3333=20min、.....、24hr) 之降雨強度，其對應之各延時降雨量為各延時降雨強度乘以降雨延時的乘積，再將各延時降雨量相減，即得 24 小時雨型之每個單位時間降雨量。
- (2) 將每個單位時間降雨量除以 24 小時總降雨量，可得每個單位時間降雨量佔全部降雨量之百分比。再依中間最大，其次按右大左小排列，即為設計雨型。

表 4-1-7 各站址與 Horner 公式參數表

排水系統	站址選定	重現期距(年)	2	5	10	20	25	50	100
坑內坑溪	六分寮	a	1454.015	1634.596	1870.346	2177.628	2355.720	2785.395	3359.857
		b	20.917	27.388	32.887	41.695	46.762	57.208	69.182
		c	0.7096	0.6671	0.6580	0.6563	0.6607	0.6658	0.6762
拔馬溪	龍神橋	a	1148.221	823.135	682.096	620.881	606.102	572.485	560.949
		b	28.075	15.917	5.635	0.341	-0.904	-3.977	-5.682
		c	0.6652	0.5638	0.5117	0.4784	0.4693	0.4457	0.4295
清水溝溪	集集(2)	a	1583.045	1358.428	1210.222	1126.201	1,093.279	1011.800	952.112
		b	17.954	17.034	15.609	16.277	15.729	16.060	16.974
		c	0.7169	0.6320	0.5780	0.5346	0.5205	0.4799	0.4434

資料來源：經濟部水利署「台灣地區雨量測站降雨強度-延時 Horner 公式分析」(2003)

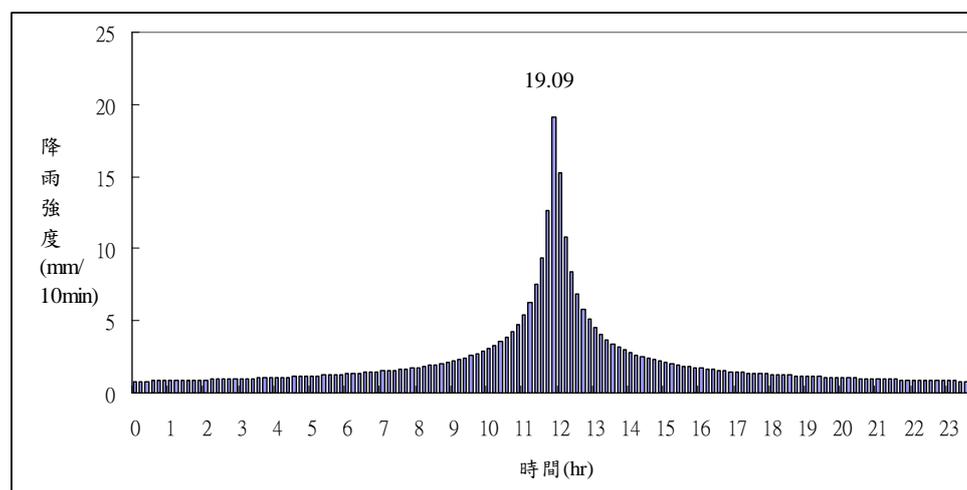


圖 4-1-2 坑內坑溪排水系統 10 年頻率年之 24 小時暴雨分配型態圖

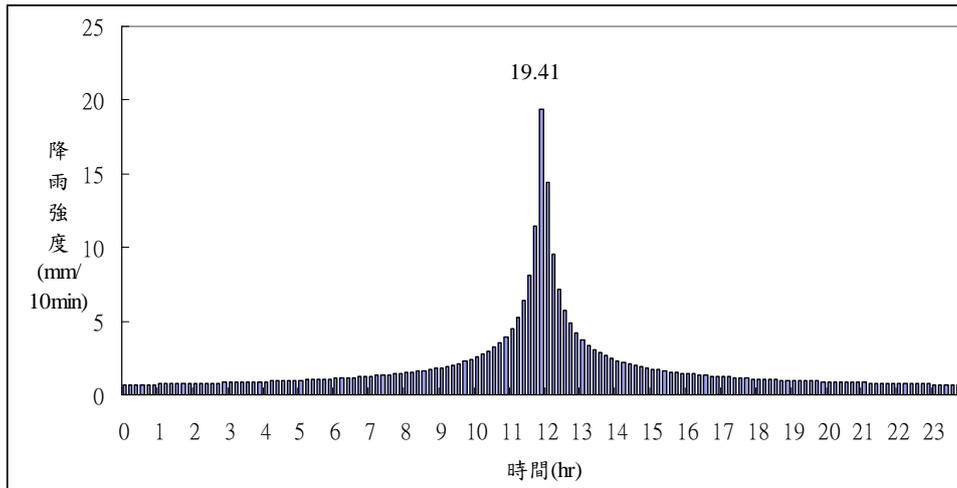


圖 4-1-3 坑內坑溪排水系統 25 年頻率年之 24 小時暴雨分配型態圖

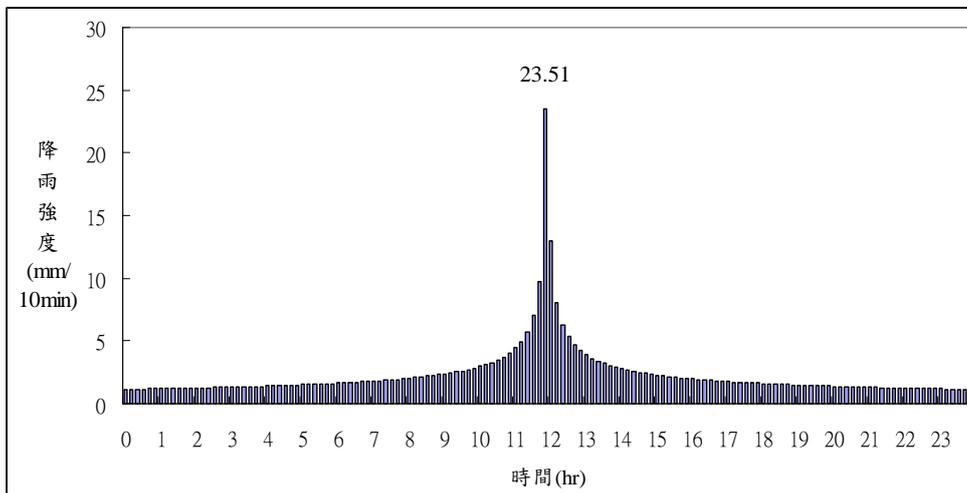


圖 4-1-4 拔馬溪排水系統 10 年頻率年之 24 小時暴雨分配型態圖

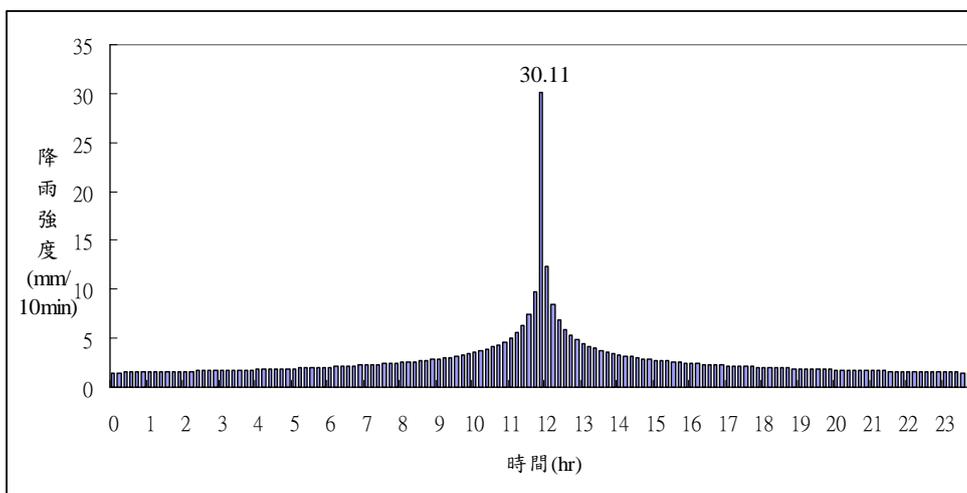


圖 4-1-5 拔馬溪排水系統 25 年頻率年之 24 小時暴雨分配型態圖

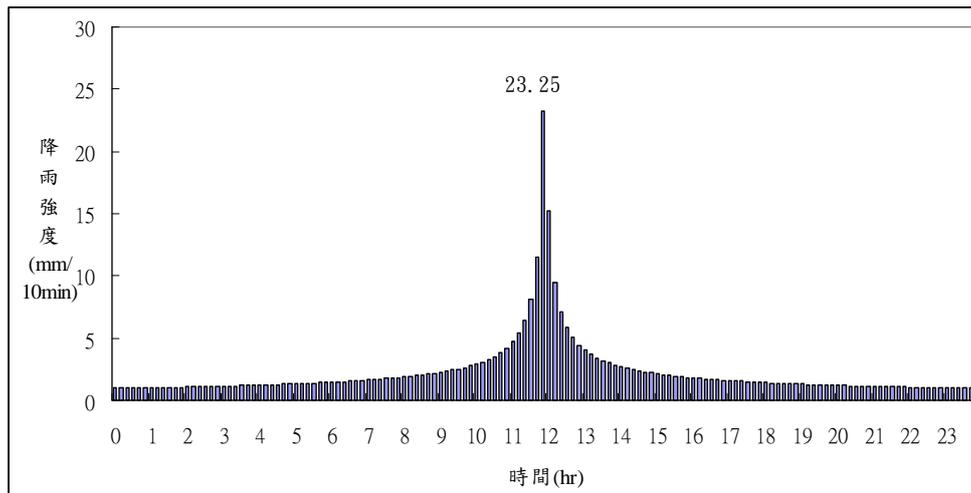


圖 4-1-6 清水溝溪排水系統 10 年頻率年之 24 小時暴雨分配型態圖

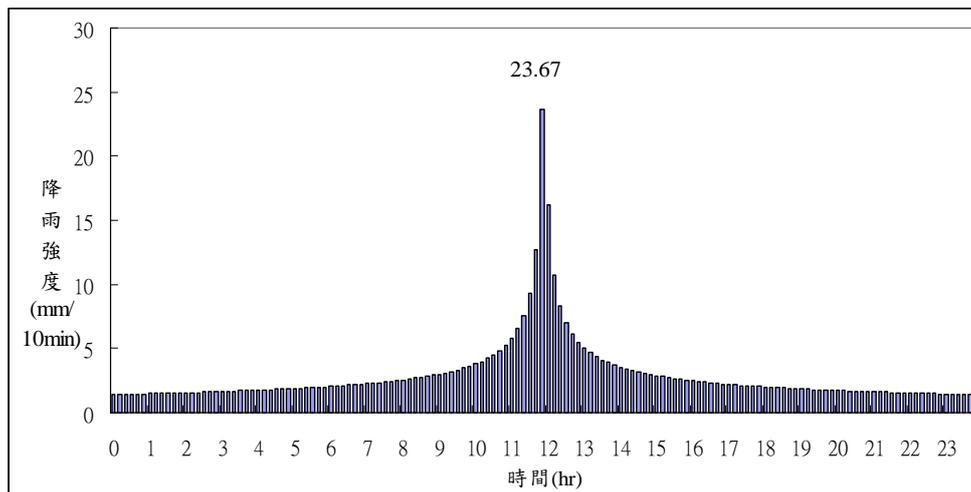


圖 4-1-7 清水溝溪排水系統 25 年頻率年之 24 小時暴雨分配型態圖

4. 洪峰流量分析

本計畫延用「易淹水地區水患治理計畫」坑內坑溪、拔馬溪、清水溝溪排水系統規劃書中的頻率分析各重現期距之降雨深度值，並配合設計雨型所推求之設計暴雨。由於區域排水之保護標準以 10 年重現期洪水設計，25 年重現期不溢堤為目標，且加上集水區的特性及土地利用情形，故本計畫選定三角形單位歷線法以及旱田水筒模式分析重現期距為 10、25 年之出口洪峰流量值。

(1) 三角形單位歷線法

三角形單位歷線法對於海島嶼型小集水區運算上更為方便，其概念是假設單位時間雨量所造成之洪水歷線呈三角型分布，分布歷

線的基期固定而且洪峰流量之大小與降雨量成正比，其形狀及各參數可依經驗公式推求。依據坑內坑溪、拔馬溪與清水溝溪排水系統規劃書中，各重現期距洪峰流量計算值以三角形單位歷線法為最佳，故本計畫延用此 3 條排水系統之出流口重現期距為 10、25 年洪峰量計算成果，如表 4-1-8 所示。

表 4-1-8 各排水系統出流口三角形單位歷線法計算結果表

排水系統	洪峰流量 (cms)						
	Q_2	Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{25}	Q_{50}	Q_{100}
坑內坑溪	592	717	804	878	901	975	1049
拔馬溪	53.83	85.70	105.49	123.57	129.14	145.85	161.88
清水溝溪	179	257	306	343	358	391	424

資料來源：「易淹水地區水患治理計畫」坑內坑溪、拔馬溪、清水溝溪排水系統規劃

(2)水筒模式

水筒模式 (tank model) 係由前日本科學技術廳防災研究中心所長菅原正巳氏 (Sugawara) 在 1971 年所倡導的一種具物理性概念性之水文模式，本法是將流域逕流機構置換成數個貯蓄型模式容器 (tank)。流域內考慮複雜存在之水文因子，諸如入滲、滲漏、貯留、蒸發、地表逕流、中間流及基流等現象，藉以模擬流域內降雨—逕流之定率關係，並將其表示為四段水桶。各段水筒所代表的物理意義如圖 4-1-8 所示。

由圖 4-1-8 中，第一段水筒代表流域的表面逕流，第二段水筒代表流域的中間流，第三段水筒代表流域的副基流，第四段水筒代表流域的基流。若降雨落在最上面的水筒(第一段水筒)時，一部份的雨水被貯留在水筒之內，剩下的水繼續往筒底的滲漏孔入滲至第二段水筒。雨量繼續增強的話，上段水筒內的蓄水量超過筒邊的孔口高度時，則筒邊的孔口就產生地表逕流。第二段水筒也是如此，依此類推。若是將上段水筒到下段水筒，依序計算出流出量，將所有的流出量總加起來，即為流域的總逕流量。由於水筒模式具有單位歷線法 (Unit Hydrograph Method)、逕流函數法 (Runoff Function Method)、貯蓄函數法 (Storage Function Method) 等特點，易於使用且模擬效果良好，因此廣泛為各界所採用。其計算逕流量之方法與其特徵如下：

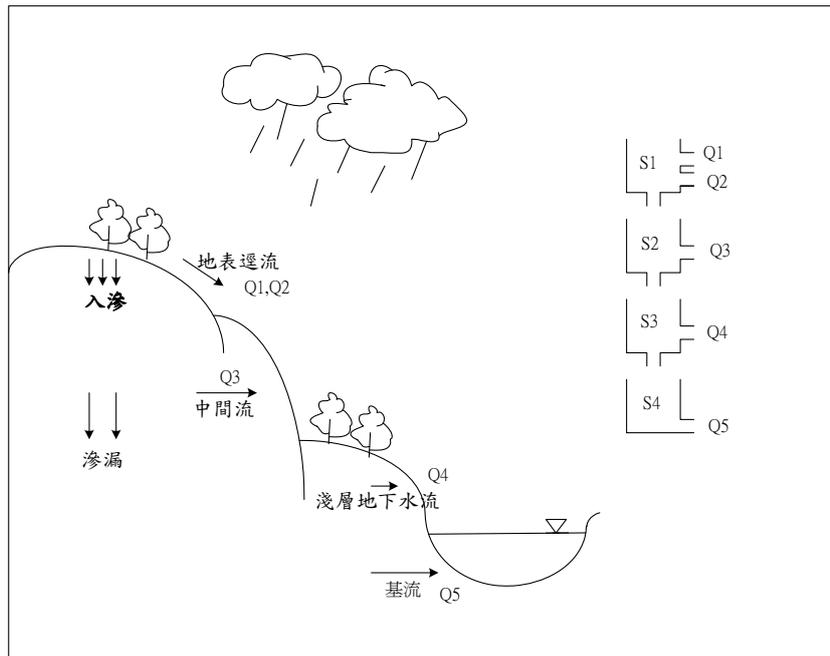


圖 4-1-8 水筒模式原理示意圖

- A. 初期損失及損失量，隨著降雨時間之經過所產生之變化現象自動地包含在模式中。(由最上段水筒之流出孔的高度與滲透孔可決定)。
- B. 降雨增大時逕流亦加速增大之特性包含在模式中。(因最上段之水筒可含有數個流出孔)。
- C. 降雨強度增大時，最上段水筒之貯蓄高會增加，河川流出量會變大，降雨強度變小時，則雨水大部份會滲透於下方之水筒，之後緩慢地流入河道。(利用單一個直列配置型之水筒模式)。
- D. 各水筒之流出量各有固定之遞減曲線形態。如此，流出量可由數個具不同遞減性質之逕流成分之和表示之。(利用數個直列配置型水筒之組合)。
- E. 雨水經由水筒而移至下方水筒時，自動產生時間稽延 (time lag)，故下方水筒之逕流成分自然產生時間稽延。(利用單一個直列配置型之水筒)
- F. 具有單位歷線、逕流函數法、貯蓄函數法共同之特徵。
- G. 逕流計算利用加、減、乘之運算即可。
- H. 水筒模式之最大缺點在於模式中需決定之參數(各水筒之流出孔高度，孔乘係數，各水筒貯蓄高之初期值等)，需由試誤法

(trial and error method) 決定之。

I. 無法表現洪水之傳播特性。河道流下距離較長之時，有必要設定河道之水筒模式，否則會影響演算精度。

然而管原正巳氏的水筒模式基本上只考慮了集塊 (Lumped) 模式，並不能推估流域中各點的流量，因此就有複合水筒模式的觀念。複合水筒模式是由傳統管原水筒模式簡化而來，其是基於土地利用狀況之不同，將流域依各種不同使用情形劃分成水田、旱田、山地以及都市等，而各個不同地目配套不同之水筒模式。其中水田及旱田一般都是屬於低平地區，其參數大都可由流域現場量得，如此在實際運用上則更為方便，亦可省去參數優選的步驟，且參數則更具有田區之實際物理意義。

本計畫鄰近區域土地利用情形多屬於種植旱作田為主，因此假設集水區為一個旱田水筒並進行出口流量模擬，由於本計畫鄰近區域，目前並無設置任何水位流量站，故旱田水筒模式中之參數來源是利用台中市西屯區之大肚山以東之山坡旱田，為一具有坡度之旱田與計畫區域之地形相類似，並配合表 4-1-7, 10、25 年的 Horner 雨型，其參數率定方面是參照表 4-1-8，採取 10、25 年三角形單位歷線計算出的洪峰量與模擬出來的洪峰量進行調整，之後進一步探討其分析之結果。其旱田水筒模式概念如下：

A. 旱田水筒模式之理論分析

一般旱田作物是考量需有較佳的排水性，因此為了不易發生淹水，所以一般旱田不一定設有田埂，如蔬菜等。而旱田的形式有很多種，不過其有一共同之特性，即是排水速度快。此點與都市區域是相同的，不過都市相較於旱田區域排水更加快速。旱田水筒依其特性架構分為上下兩段水筒如圖 4-1-9 所示，其上段水筒，代表著旱田的地表部分，而下段水筒則表示土層部分。故上段水筒的流出孔表示為旱田之地表逕流，而滲透孔則表示為垂直滲透；下段水筒的流出孔表示為地下水流出。

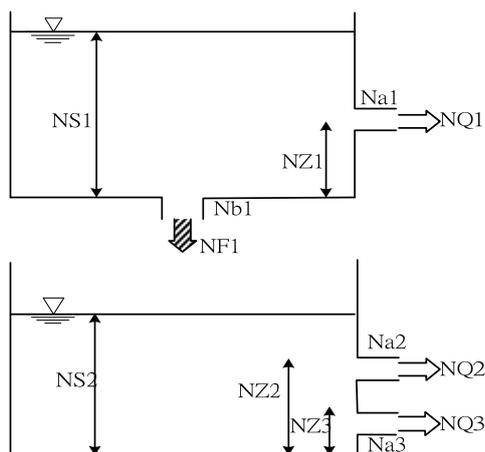


圖 4-1-9 旱田水筒模式示意圖

(其中 NS1~NS2 分別為上段及下段水筒之初始儲蓄水深，NZ1、NZ2 及 NZ3 分別為上段及下段水筒之出流水深，而 Na1、Na2、Na3 則分別為上段及下段水筒之側流孔口係數，Nb1 為上段水筒下滲孔之孔口係數。)

a. 上段水筒的流出量、滲透量以 NQ1、NF1 表示之，計算方法如下：

I. 當 $NS1 > NZ1$ 時

$$NQ1 = Na1 \times (NS1 - NZ1) \quad (4-2)$$

$$NF1 = Nb1 \times NS1 \quad (4-3)$$

II. 當 $NS1 < NZ1$ 時

$$NQ1 = 0 \quad (4-4)$$

$$NF1 = Nb1 \times NS1 \quad (4-5)$$

b. 下段水筒的流出量以 NQ2、NQ3 表示之，計算方法如下：

I. 當 $NS2 > NZ2$ 時

$$NQ2 = Na2 \times (NS2 - NZ2) \quad (4-6)$$

$$NQ3 = Na3 \times (NS2 - NZ3) \quad (4-7)$$

II. 當 $NZ3 < NS2 < NZ2$ 時

$$NQ2 = 0 \quad (4-8)$$

$$NQ3 = Na3 \times (NS2 - NZ3) \quad (4-9)$$

總流出量為 $NQ = NQ1 + NQ2 + NQ3$

B. 旱田水筒模式參數之修正

旱田水筒模式與水田水筒模式一樣，某些參數具有某種程度之物理意義。如圖 4-1-9 之旱田水筒模式，其上段水筒可視為旱田地表面部分，出流水深 $NZ1$ 即為旱田之窪地容量（0~50mm 左右），下段水筒則表示地下水出流部分，與水田水筒模式相同 $NS2$ 所代表之水筒水深可視為地下水位之對應水深，而地下水流出孔高 $NZ3$ 並無太大意義，可視為相當於土壤水分不變土層中之保有水分轉換為水筒之水位高，由土壤成分決定之，並不影響出流量。因此與水田水筒相同為避免 $NZ3$ 在率定無法決定之困擾，將旱田水筒模式及其參數修正為如圖 4-1-10 所示。

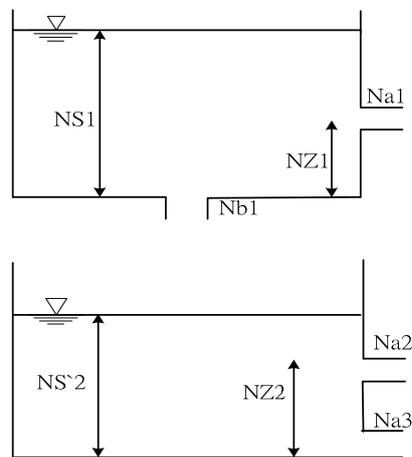


圖 4-1-10 修正後之旱田水筒模式參數示意圖

（其中 $NS1$ 為上段水筒初始儲蓄水深， $NS'2$ 為下段水筒初始有效出流儲蓄水深（相當於圖 4-1-9 中 $NS2-NZ3$ ）， $NZ1\sim NZ2$ 為水筒出流水深， $Na1\sim Na3$ 為側流孔孔口係數， $Nb1$ 為下滲孔孔口係數。）

C. 旱田水筒模式之參數

旱田水筒模式之參數，係利用台中市西屯區之大肚山以東之山坡旱田，為一具有坡度之旱田與計畫區域之地形相類似（如表 4-1-9 所示），並參照表 4-1-10 旱田水筒參數上下限值表，以及表 4-1-8 之 10、25 年洪峰量與模擬出來的洪峰量進行參數率定，其參數率定與洪峰流量模擬的結果如表 4-1-11、4-1-12 所示。

表 4-1-9 引用之旱田水筒參數值

參數	單位	參數值
Na1	-	0.21
Na2	-	0.0006
Na3	-	0.0005
Nb1	-	0.05
NZ1	mm	12.4
NZ2	mm	150.13
NS1	mm	0
NS ²	mm	214.64

資料來源：國立中興大學土木工程研究所碩士論文：坡地旱田降雨逕流分析研究

表 4-1-10 旱田水筒參數上下限值表

參數	單位	下限值	上限值
Na1	-	0	1.0
Na2	-	0	1.0
Na3	-	0	1.0
Nb1	-	0	1.0
NZ1	mm	0	50
NZ2	mm	0	500
NS1	mm	0	50
NS2	mm	0	1000

表 4-1-11 各排水系統之旱田水筒參數值

排水系統	旱田水筒參數值							
	Na1	Na2	Na3	Nb1	NZ1 (mm)	NZ2 (mm)	NS1 (mm)	NS2 (mm)
坑內坑溪	0.022	0.0005	0.0005	0.048	12.4	150.13	0	183.64
拔馬溪	0.013	0.0005	0.0005	0.04	12.4	150.13	0	190.64
清水溝溪	0.018	0.0005	0.0005	0.04	12.4	150.13	0	190.64

表 4-1-12 10、25 年洪峰流量模擬結果

排水系統	洪峰流量 (cms)	
	Q_{10}	Q_{25}
坑內坑溪	818.34	902.45
拔馬溪	118.03	129.67
清水溝溪	320.46	358.52

5. 結果與討論

三角形單位歷線法適用於海島嶼型小集水區雖屬方便，但將其應用在已經過人為開發之集水區時，其預測洪峰流量的誤差將會明顯變大，此外該模式的應用應侷限於與原特定集水區相近之水文與地文特性，否則亦將導致較大的模擬誤差。反觀水筒模式，其具有單位歷線法、逕流函數法、貯蓄函數法等特點，透過參數最佳化方法的利用可非常快速地求得當地集水區的代表性參數，對於較大的流域面積模擬效果也相當良好，相當有利於現場水文出水事件的模擬與預測。然而在模擬之前若能在流域內架設流量站及雨量站長期收集實測降雨事件之水文資料，將可充份發揮該模式的模擬與預測功能。此外由三角形單位歷線法與早田水筒模式對於出口模擬結果如表 4-1-8、4-1-12 所示，由表中結果可發現早田水筒模式對於集水區洪峰流量的估算上面也能得到良好的模擬效果。假使於流域內架設流量站，其對於參數的率定上會更加精確，且對於洪峰流量的推估也會更適用於當地的集水區。

4.1.5 通洪能力檢討

依據排水路各重現期之一維定量流水理分析結果，以通過 10 年重現期洪峰流量，25 年重現期洪峰流量不溢堤為原則各排水系統通水能力如表 4-1-13。

表 4-1-13 通洪能力檢討表

(整理自各年度易淹水報告)

排水系統	排水名稱	分析結果
坑內坑溪排水系統	坑內坑溪排水幹線	該渠段已有部分區段完成整治，完成整治之渠段大致而言目前可達 25 年之洪水保護標準。坑內坑幹線(樁號 0K+000~0K+700、2K+100~2K+800、4K+980~5K+100)，目前僅達 2 年之洪水保護標準。樁號 0K+825~1K+700 段，除部份斷面為 5 年洪水保護標準外，其餘可達 20 年洪水保護標準。樁號 3K+300~4K+500 段，則多處出現河道右岸溢淹之情況，右岸洪水保護標準明顯不足。
	嘉興排水	此排水樁號(0K+000~0K+700)段，及茄苳排水匯流口處上游(0K+800 上游)僅達 2 年洪水標準。茄苳排水分線匯流口處上游斷面，除 0K+934.4~1K+906.5 渠段間之板橋上游處僅為 2 年洪水標準外，其餘多數斷面可達 25 年洪水保護標準。

表 4-1-13(續) 通洪能力檢討表

(整理自各年度易淹水報告)

排水系統	排水名稱	分析結果
坑內坑溪排水系統	大莊排水	該渠段目前大部分斷面洪水保護標準可達100年之洪水保護標準，於新街排水匯入處上游(樁號0K+000~0K+758)附近僅2年之洪水保護標準。新街段橋上游(樁號1+867上游則僅有5年之洪水保護標準。樁號2K+400~3K+400之渠段，僅有2年之洪水保護標準。
	新街排水支線	全段多僅達2年之洪水保護標準。
	新街排水分線	全段除0K+000~0K+300(匯入新街排水支線處上游)及0K+000~1K+000(新街排水支線-1匯入處上游)外，其餘渠段大部份可達25之洪水保護標準。
	新街排水支線-1	全段可達100年洪水保護標準。
	東勢坑排水支線	該渠段除樁號0K+800護岸高度不足處為5年洪水保護標準外，其餘皆可達25年洪水保護標準。
	東勢坑排水支線-1	該渠段除與東勢坑排水支線匯流口處上游(樁號0K+000~0K+200)之渠段為2年洪水保護標準外，其餘渠段皆可達50年洪水保護標準。
	坑內坑排水幹線-1	該渠段匯入坑內坑幹線處上游(0K+000~0K+100)，及箱涵(樁號0K+533)、無名橋之上游(樁號0K+629)為2年洪水保護標準外，其餘渠段皆可達50年洪水保護標準。
	番子寮排水支線	該渠段除出口段、虎子橋(樁號1K+238處)上游及涵管(樁號2K+734)上游處為2年洪水保護標準外，其餘渠段皆可達100年洪水保護標準。
	番子寮排水支線-1	該渠段均可達100年洪水保護標準。
	坑內坑排水幹線-2	該排水路與坑內坑幹線2-2匯流口處上游(樁號0K+400~0K+500)、樁號0K+800~1K+000處、樁號1K+600處及板橋上游(1K+900~2K+100渠段)為2年洪水保護標準外，其餘渠段可能50年洪水保護標準。
	坑內坑排水幹線2-1	該排水路主要易淹水渠段為與坑內坑幹線2-1-1匯入口處上游(1K+600~1K+800)、樁號2K+254~2K+900段，除上述兩區段均僅有2年洪水保護標準外，其餘各斷面可達50年洪水保護標準。
	坑內坑排水幹線2-2	該排水路包括各橋樑(板橋)、涵洞之上游面(包含樁號0K+489、樁號0K+500~0K+600、樁號1K+411~1K492等渠段)，上述斷面目前僅有2年洪水保護標準。
	坑內坑排水幹線2-1-1	該渠段目前除渠段內之各水工構造物上游面為2年或5年洪水保護標準外，其餘部分斷面可達50年洪水保護標準。
	水圳頂排水	大部分之渠段僅有2年洪水保護標準。
三崙排水	全段多僅有2年之洪水保護標準。	

表 4-1-13(續) 通洪能力檢討表

(整理自各年度易淹水報告)

坑內坑溪排水系統	三崙排水支線	全段多僅有2年至5年之洪水保護標準。
	茄苳排水分線	除出口段(0K+000~0K+400)僅2年洪水保護標準外，其餘可達100年洪水保護標準。
拔馬溪排水系統	拔馬溪主流	拔馬溪主流通洪能力皆在保護基準之內。現有跨渠構造物南湖橋、萬善橋、社子橋均無法達到保護基準。
	拔馬溪支流一(流木坑溪)	拔馬溪支流一(流木坑溪)在中下游部分部份通洪能力明顯不足，部分區段幾乎無法容納2年重現期距之洪水量。現有所有跨渠橋樑均無法到達保護標準。
	拔馬溪支流二	拔馬溪支流二大部分排水路已地下化，通水能力大致可滿足需求，因此不建議做更動。
清水溝溪排水系統	清水溝溪排水幹線	<p>清水溝溪排水幹線現況斷面大部分可通過 25 年保護標準，部分斷面(29、31、31-1、32、34、50)因護岸保護高度不足或未施作，而有局部淹水之情形。</p> <p>1.斷面 29 (樁號 2k+666) 及斷面 31 至 32 (樁號 2k+860~2k+972) 位於初中橋至八張橋河段，在 HEC-RAS 模式計算中得知斷面 29、31-1、32 左岸高度不足，斷面 31 右岸高度不足，未能通過 25 年重現期距，該處坡度平緩，泥沙容易淤積，進而使通水斷面減少，而造成斷面不足。</p> <p>2.斷面 34 (樁號 3k+183)，在 HEC-RAS 模式計算中得知，該處左岸高度不足，未能通過 25 年重現期距。</p> <p>3.斷面 49、50 (樁號 4k+677~4k+794)，位於永明橋上游處，該處右岸高度不足，由於斷面 49、50 位於清水溝與北勢溪之主支流匯流處，主流外水高漲，支流不易排出，加上護岸過低，且現況有泥沙淤積情形，造成通水斷面減小。</p>
	坑口埤排水支線	<p>坑口埤排水現況大部分水面均可通過 25 年重現期距的洪水，排洪斷面較無問題。</p> <p>依據現況調查，七二水災與各次暴雨，確實造成局部溪床有沖刷情形，七二水災之暴雨經分析小於 10 年重現期距，因此本計畫分析各重現期距斷面有流速過快之情形，與實際情形相符。然而七二水災後，由現況調查，溪床植生相當良好，生態亦相當豐富，對保護對象並無立即之影響。</p>
	北勢溪排水支線	<p>北勢溪現況大部分水面均可通過 25 年重現期距的洪水，部分斷面如北勢溪斷面 0 至斷面 1 (樁號 0k+000~0k+085) 位於北勢溪與清水溝匯流處，未能通過 25 年重現期距。</p> <p>北勢溪支流排水上游部分，由於坡度較大，北勢溪支流有流速較大之情形，現況調查該處植生狀況良好，既有整治工程有受損情形，但應不會造成立即之危害。</p>
	頭埤排水支線	頭埤排水現況斷面均可通過 25 年重現期距之洪水。由於本支流之溪床坡度較大，與其他支流一致流速有過大之情形，目前並不會有立即影響保護對象之情形。

4.2 集水區問題分析

每個重點集水區區排淹水問題，應逐一依地區特性詳加分析。將用水的問題與土的問題兩方面思考分析區排淹水問題。水與土致災主因如下：

1. 區排排水設計時未考慮土石堵塞區排問題。
2. 區域排水的排水路徑，因人為開發利用，河道受限，路徑不符排水原則導致排水不良。

本節為整體調查評估之重點，依各區排報告，經由現況檢討分析，為本期工作之主要內容。

4.3 集水區土地利用變化

利用不同年份之地圖，說明集水區的土地利用變化情形，在此以東埔野溪為範例來說明。

在埔里盆地的東側，東埔野溪於今年的卡玫基颱風暴發土石流，大量的土石沿谷地宣洩而出，淹沒了農地與產業道路，並造成下游區排淹水氾濫，後續的颱風亦陸續有災情傳出。

從地形與土地利用的演變的觀點來看，易淹水地區的上游集水區如何考量其影響，以三份地圖分別為最早的 1904 年台灣堡圖(圖 4-3-1)到 1940 年的日治時期的地圖(圖 4-3-2)，到近代現況的地圖(圖 4-3-3)來做比對，可以看到以下的變化，以標示點位於圖上來看不同區位的地形演變。

從①，埔里鎮的範圍來看，百年來居住地不斷的擴大荒野變成農地，再變成都市用地，這個過程中讓區域排水的負擔不斷的加重，逕流係數提高，人為的排水系統逐步的建立。

從②，大約水裡城位置來看，這原是河川地，在 1904 年的地圖中為多條河道的辮狀河，到了 1940 年的圖，開始集中水流，到了現代已成了人工的渠道，即枇杷城排水系統的下游，匯入南港溪之前。

從③，大約水門的位置，這是下游灌溉區的水門，匯集上中游區域的水，於此控制，水門也控制了河道及河床的排水坡度。

從④，大樹橋以下的區域，大樹橋為區域排水規劃的最上游，以上屬上游集水區，本區位以下大致平坦，河道及地面的坡度都極小，不利排水系統，有部分取水工的設施。

⑤的位置大致為水頭里所在，顧名思義，可見其為水源頭位置，本區為土石流堆積地，從堡圖可見其坡度均勻，為典型的野溪沖積扇狀地，後期則逐漸開發成各式用地，也建有排水系統，不過本區為灌排兼用。再往上游到了⑥的位置，為幾處野溪匯流處，在堡圖中可見其平坦處頗大，到了1940年代，則漸有居民開發，河道開始切深有了排水系統與護岸。

⑦的位置大致為東埔野溪的南坑支流，為今年度土石災害發生主要的位置，在百年前並無開發，1940年代亦無，後來的期間陸續開發道路、農地及野溪整治，其上方有卓社林道通過其集水區。

從土地的開發利用可以評估其對區域原有排水能力與型態的影響，這一點在水患易淹水地區的治理規劃是很重要的，後續應從此方向著手評估問題，尋找對策。

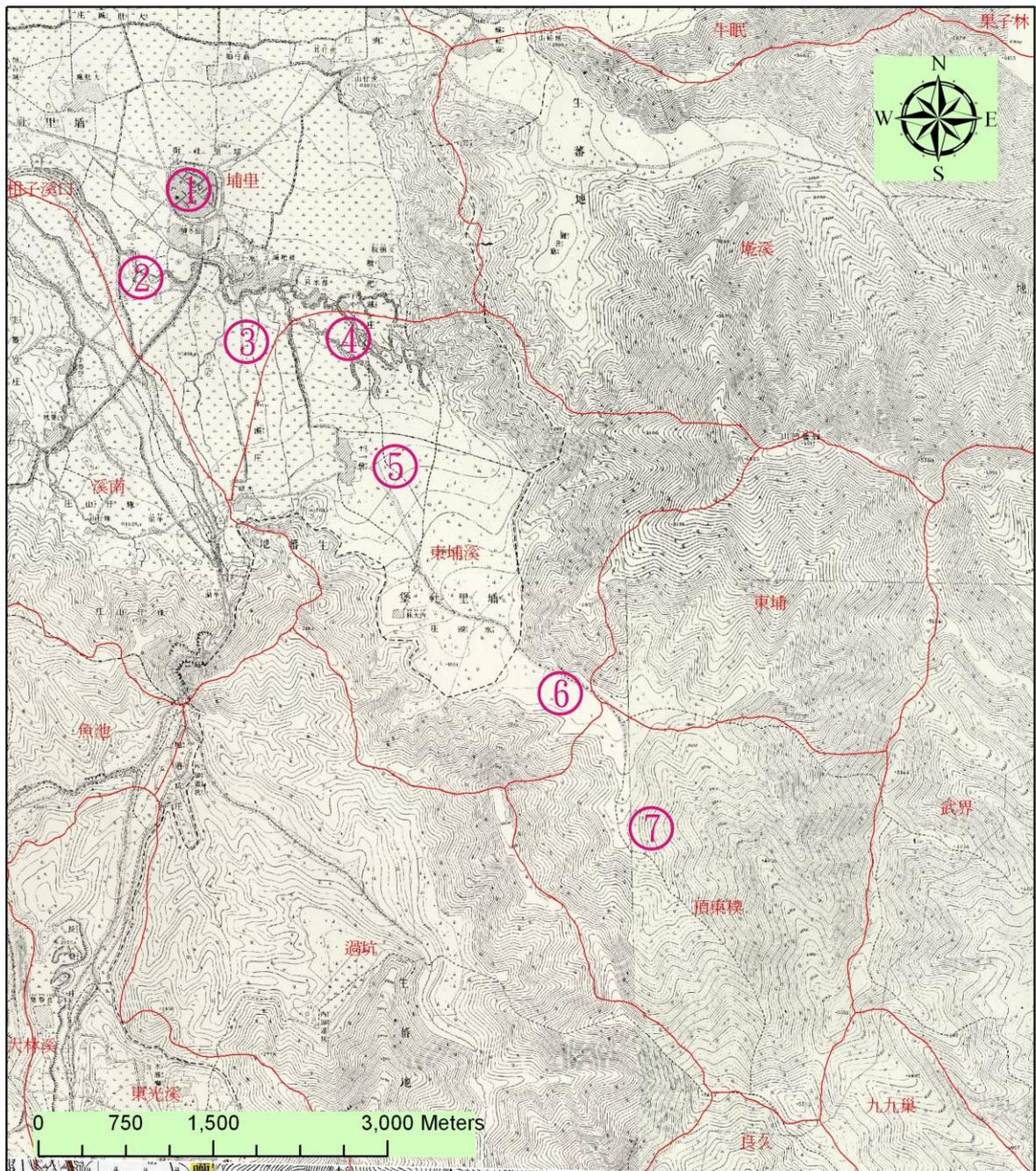


圖 4-3-1 東埔野溪範圍 1904 年台灣堡圖地形圖

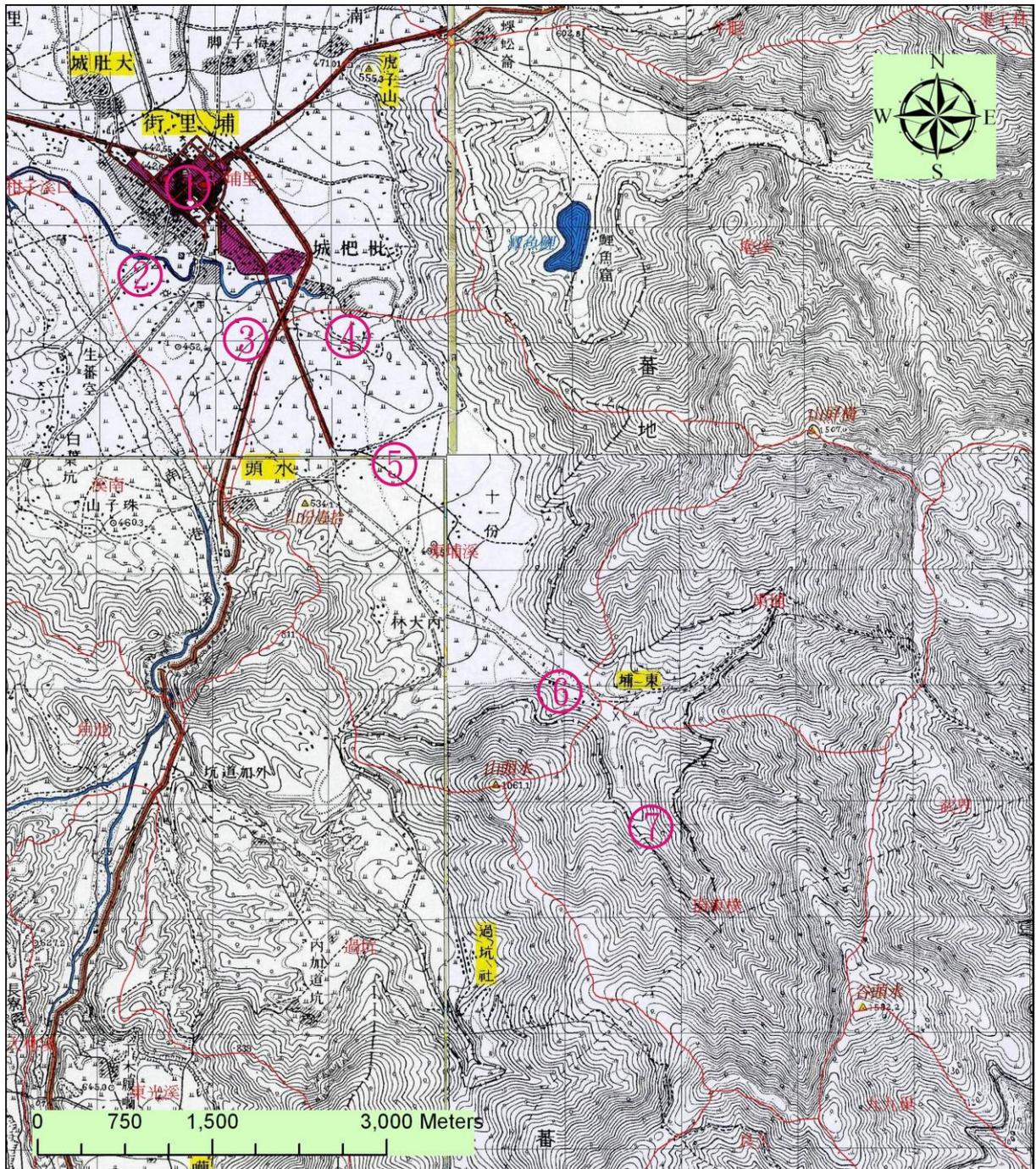


圖 4-3-2 東埔野溪範圍 1940 年日治時期地形圖



圖 4-3-3 東埔野溪範圍近代現況地形圖

4.4 保育治理對策及規劃

依相關規範進行下述四點工作。

- (1)崩塌地處理
- (2)防砂治水(野溪土石流)
- (3)道路水土保持
- (4)坡面沖蝕

4.5 治理目標及對策研擬

瞭解重點集水區問題與災害發生原因後，將進行治理目標的訂定與對策研擬，並決定重點集水區治理優先順序。規劃完成後進行下列三點分析：

- 1.規劃後土砂收支分析：坡面及河溪之土砂生產量與流出量檢算
- 2.規劃後水文分析：流量收支分析
- 3.規劃後水理分析：河道與部落重要聯外橋樑通洪能力檢算

4.5.1 地形特徵分析

隨著科技進步，針對大的區域進行全盤性且快速的瞭解，利用數值航空攝影測量是個好選擇。航空攝影具有即時、拍照範圍大、可進行多光譜調查、影像直接可視等優點，並且能產出具有大地座標之正射化影像與數值地形模型(DTM)，在精度許可下可取代許多須在交通不便區域所進行的測量工作。這些特點剛好能夠彌補前人研究中，無法進行精確評估的缺點。

對於地形研究來說，航空照片的重要性不光是可以建立DTM資料，最重要的是航空照片保留了拍攝當時的地貌。地貌是隨著時間與營力作用不斷的改變且不可回復。此時定期拍攝的航空照片，就成為極重要的歷史地形資料保存庫。直接使用航空照片影像時，可以得到過去的地貌資料。如果建立航空照片的DTM時，過去的地形資料也一同被顯現出來。

如今，數值航空攝影測量的技術已經趨於成熟穩定，加上電腦運算程式的進步，使數值地形模型(DTM)的製作與運算變得比過去更方便，精度亦大幅提昇。在需要精確資料來進行的地形計測以及剖面

觀察、模式運算等研究時，即可自行產出DTM 資料，可提高地形發育資料分析的品質。運用數值航空攝影測量方法產出DTM，並加以比較。使用不同時期的遙測資料可以評估出不同年間的崩塌土石變異量，這樣的技術放到整體集水區上游，可作土石變異量及河道的評估，可以提供快速且正確的資料。

前述可見分段作業最主要者為地形的分析，以地理資訊系統來作是最快速有效的。以最新現況的遙測影像可以做地表地形的各種量化分析，包括高程坡度坡向、集水路徑等等，做為地形分析的基本結果，應用不同時期的地表地形分析結果可以比對出地形的變異，亦即新生崩塌的範圍及堆積的位置，並可以計算得堆積土石在不同時期的運移情況，這對上游集水區評估其土石安定程度及不穩定土砂量是非常重要的。

在問題的評定方面，「因地制宜」，因應地的特性制定適宜的土地利用或管理事項或治理工程。地可以是地點、地質、地形或地貌的演變，最有效的就是應用地理資訊系統，不僅是作為圖資與資料庫的建立，而是利用作為分析的工具。

地貌學(Geomorphology)主要討論“土地外觀的演變及其道理”，其中又可分土地的部分(Land Geomorphology)及河溪的部分(River Geomorphology，一般稱為河相學)，利用各種相關理論，進行上游集水區的整體問題調查評估與治理對策的擬定，是現代化的集水區經營管理的基礎。

依 B.C. YEN (1992)有關集水區的降雨逕流估算與合理化公式的檢討，大致有以下的界定：

- a.小區(Small lot)，小區域假定降雨強度在時間與空間上無變異，可適用 $Q=C \cdot I \cdot A$ 合理化公式(rational formula)，曾用於 65~1300 公頃範圍的個案，建議可用於 1000 公頃以下。
- b.小集水區(Small basins, small catchment)，小集水區通常考慮降雨強度時間上有變化，空間上則不變，應使用單位歷線法(unit hydrograph)，曾用於 25,000~500,000 公頃，建議最大可適用於 50,000 公頃的範圍。
- c.中型流域(Midsize basins)，應使用洪水演算(flood routing)，考慮降雨強度有時空上的變化。
- d.大型流域(Large basins)，應使用實際觀測驗算與推估(observed flow)降雨逕流關係。

由上述，烏溪及濁水溪整體流域應屬中大型流域，整體的水文分

析已有水利單位諸多觀測系統及經常性水文分析，上游集水區如依分區應屬小區及小集水區範圍，可以用合理化公式及單位歷線法分析其流量。

小於 1000 公頃的野溪集水分區中，小於 100 公頃者則不再視為溪流，以源頭(headwaters)處理，沖蝕溝及坡面來看，各溪床坡度並以 4% 及 10% 為界限作分段作業，特別注意在有坡度不連續，如瀑布及人工構造物的地點。在濁水河流域中，有部分支流本身具上、中、下游河段特性，在分段作業上應就個案情況另行分類，並特別注意匯入主流的關係，上述為通則，實際進行時應加特例的考量。

集水區的分區作業應以最新的航照圖像對進行判釋，判定相關橋樑、構造物位置、土地利用、崩塌地等後，依實際完成分區作業，供後續調查與現勘。基本上坡面的調查以全區有土地開發利用或有崩塌裸露地為主，以 0.1 公頃為界限，若由航照判釋自然狀況良好則可不用進行現地踏勘，野溪段若自然良好亦同。

集水區的整體地形特徵可以從河道或河谷的分佈型態以及河流下切的程度來決定，它提供了上游集水區野溪特性探討的第一步。1945 年美國的工程師 何頓(Horton)，發展了一套描述集水區型態特徵的數學方法，就是今日所稱的地形計量分析(Morphometric Analysis)，何頓探討的範圍包括地形計量特徵、水文、以及地景發育間的關係，可以應用來作集水區問題背景的探討。

地形計量分析的第一步工作，是劃出集水區的範圍。在等高線圖上，根據分水嶺的位置描繪出集水區的邊界，再將河道的位置標出，可以掌握範圍裏河道的分佈型態。

4.5.2 平衡河道與穩定溪床評估

自然河道之形式是降雨流動形成的輸送路線，輸送水的過程中，又兼具有輸送泥砂的能力。在上游地區坡趾流急產生侵蝕，並將大量泥砂輸送至下游平緩地區，發展成沖積及洪積平原。排水與泥砂輸送的過程中，遭遇地形、地質的變化，兼以降雨的時空分佈變異、日照、氣候變遷等種種因素，河道會不斷的變遷。防洪方法不外「蓄、分、防、導」四類，過去台灣中下游的治水，多採「防」，也就是築堤防洪的方法。

一個集水區中的水土資源，可以用生產、輸送及消費的觀點，再來作區隔。對河道與野溪中的土石來說，上游集水區因沖蝕崩塌等有土砂的生產，在中游地區因坡度仍足夠運輸土砂會藉由水力傳送至下

游產生沉積，如圖 4-5-1 所示，對水土保持工作的推動而言，上游的控制與下游的控制是不同的，尤其下游沈積物堆積的扇狀地，往往是山溝穀口，很多人居住與使用的地點，很容易造成災害，穩定平衡的野溪溪床坡降為首要的目標。

有效的應用地理資訊系統，依不同時期河道沿線河床高程的變化，可以推估河道的安定程度，土石流發生的可能性與輸砂變化特性，並進而推測較適宜的河道平衡(或穩定)的較佳坡度(或河床高程)分佈。以下分項來看各個主題的基本原理。

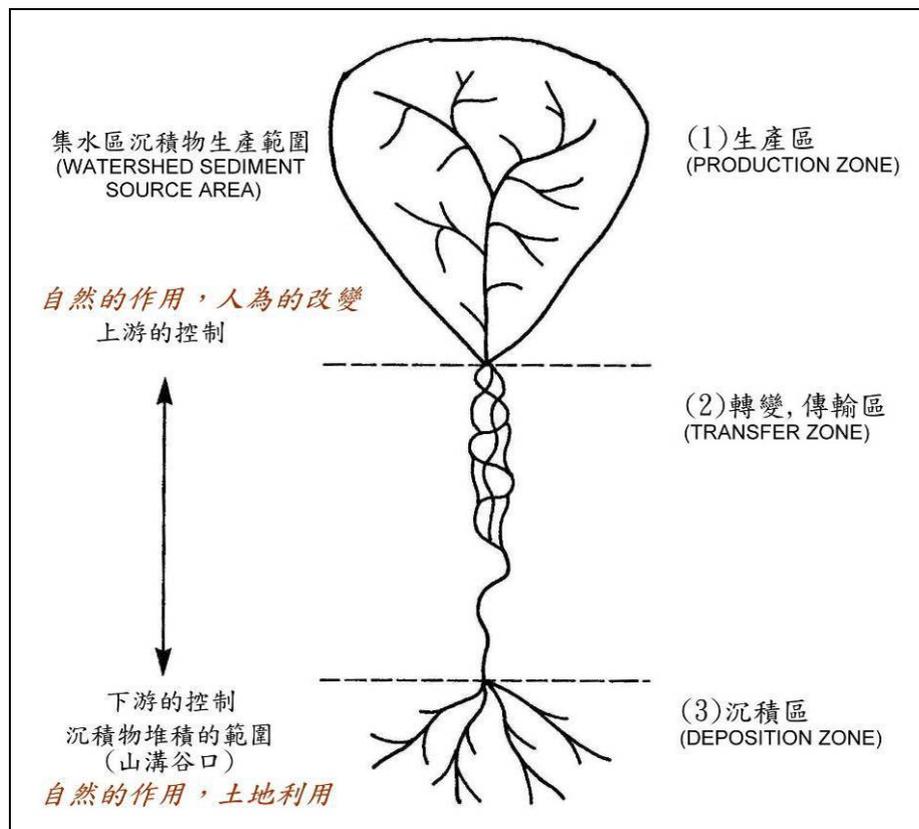


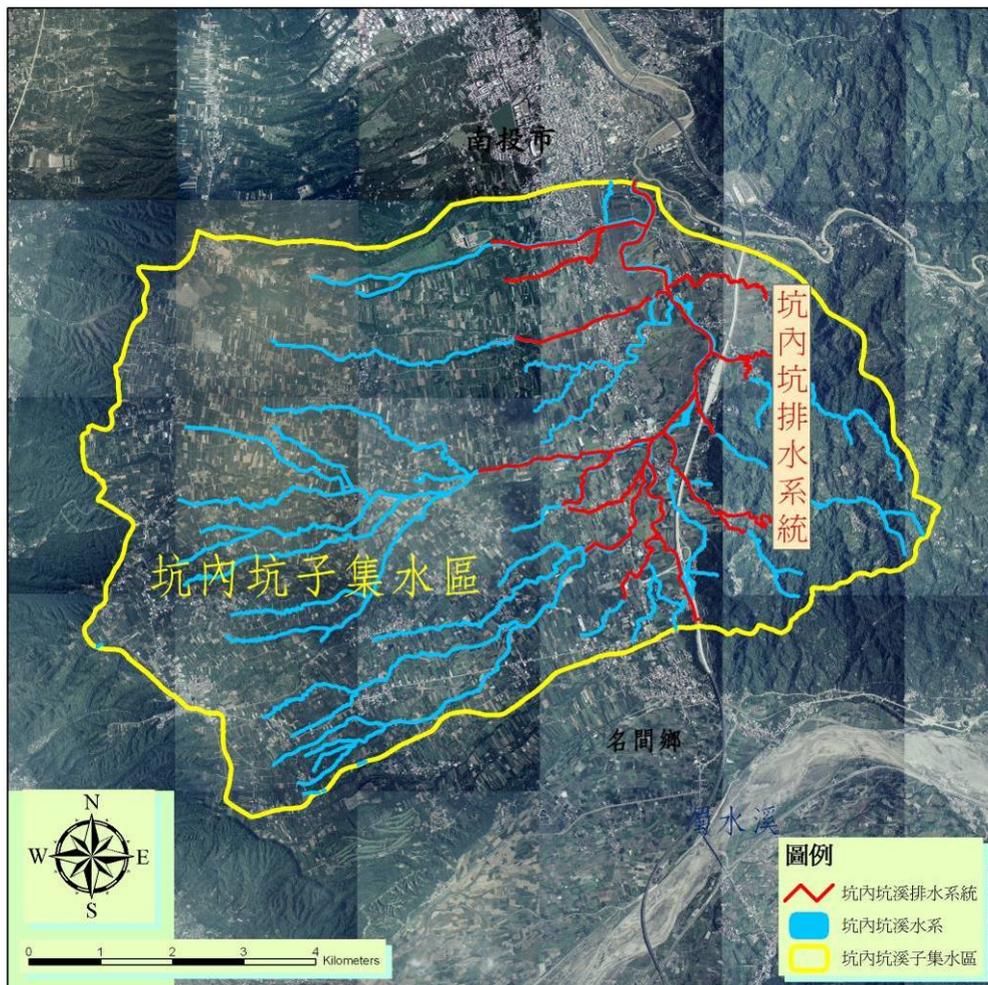
圖 4-5-1 理想化的集水區系統

第五章 重點集水區問題分析

5.1 致災原因分析

5.1.1 坑內坑溪排水系統

過去洪災主要集中在下游河段，主要原因為坑內坑溪排水兩岸除下游河段為平地外，其餘主流及各支流皆屬於山地或台地之排水路，其集水範圍約全集水區之 80%，因此產生暴雨洪水急洩而下，洪峰皆集中在下游段，再加上坑內坑溪排水出口匯入貓羅溪支流平林溪，受迴水影響，造成下游河段淹水情形。



洪災原因分析如下：

- 1.河道淤積，造成排水路通水斷面不足，部份跨河道溝造物樑底

- 太低或跨距不足，造成上游水位湧高，造成淹水狀況。
- 2.部份排水尚未整治改善，或中下游排水路斷面或堤岸高度不足，造成洪水溢頂而淹水。
 - 3.部份河道左右岸高程不等高，於洪水來臨時形成缺口段，導致洪水由該缺口段溢流，造成淹水。
 - 4.迴水影響，坑內坑溪排水幹線出口段因匯入貓羅溪，因受貓羅溪外水限制，影響坑內坑幹線內水排出。
 - 5.通水斷面不足，上游部份支分線匯入其他渠段之斷面寬不足，導致淹水情形發生。

5.1.2 拔馬溪排水系統

拔馬溪主流下游渠道內泥沙淤積、雜草叢生，於1K+531處，經當地居民表示，此處為拔馬溪中、下游河段最易發生溢堤的位置，此處渠道內部部分土地有種植經濟作物情形。

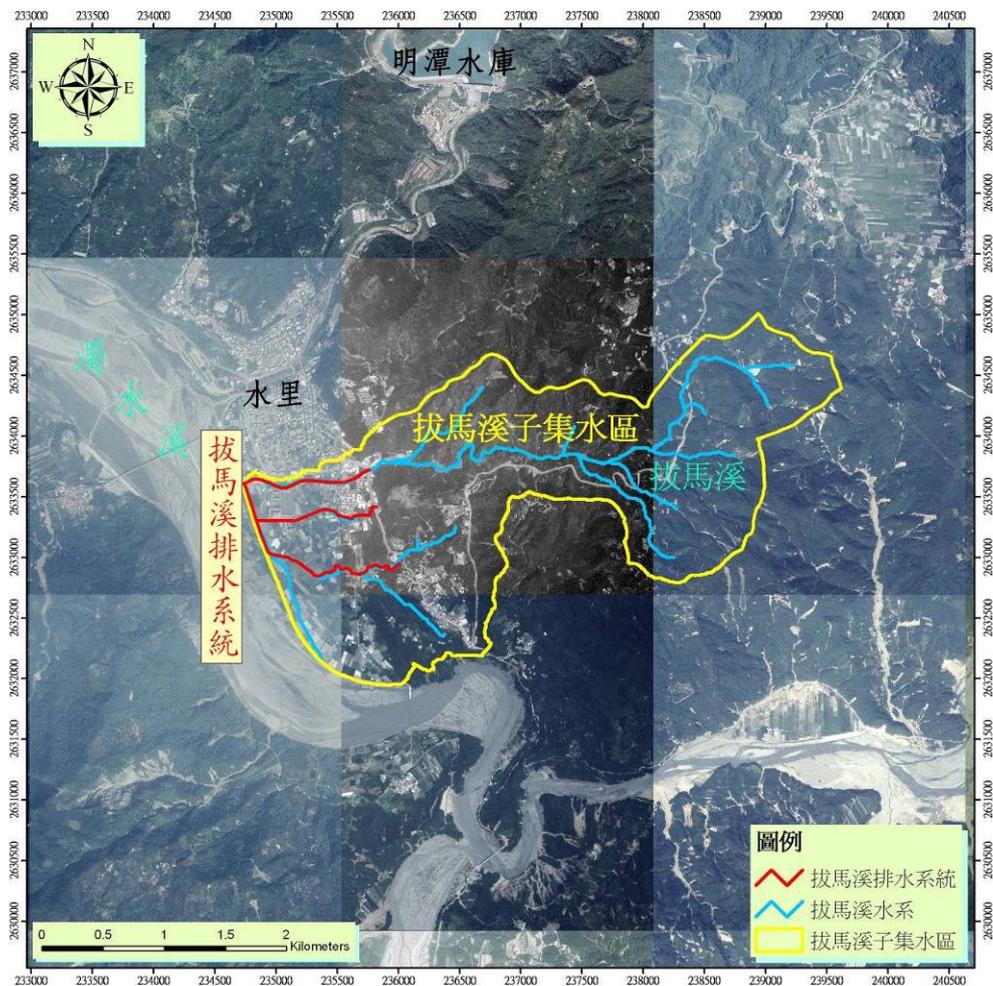


圖 5-1-2 拔馬溪排水系統正射航空影像

洪災原因分析如下：

1. 拔馬溪主流

拔馬溪主流河道通洪能力大致良好，除橋樑部份通洪能力較弱，南湖橋、萬善橋因河床淤積嚴重且既有封底已被掏刷破壞，使通洪能力減弱，社子橋通洪斷面則因兩側橋墩而束縮，且其底床於橋樑底部抬升，使得大雨來時，水會漫淹至橋面上。

2. 拔馬溪支流一(流木坑溪)

拔馬溪主流一(流木坑溪)沿濁水溪堤防處通洪斷面過小，使得通洪能力嚴重不足，根據當地居民表示，當地發生豪大雨時，該處就會淹水，也使得沿線一系列橋樑，路面都難以倖免。

3. 拔馬溪支流二

拔馬溪支流二已大部分地下化，然所埋設的箱涵管涵過小，造成匯流口處通水斷面不足，如遇水位高時造成水體排出困難或是迴流。

5.1.3 清水溝溪排水系統

集水區上游地區(德昌橋上游)，邊坡與溪床坡度較為陡峭，集流時間短促、洪峰快速集中；集水區之中游地區(德昌橋~集福一號橋)為都市計畫區範圍，土地利用較為密集，河道斷面受都市化土地使用因素，使其通水斷面受到限制而無法擴大；集水區之下游地區(集福一號橋~集集攔河堰)以下河段，考量攔河堰之迴水因素，兩岸堤防均可達 100 年重現期距之保護標準。圖 5-1-3 為清水溝溪排水系統正射航空影像。

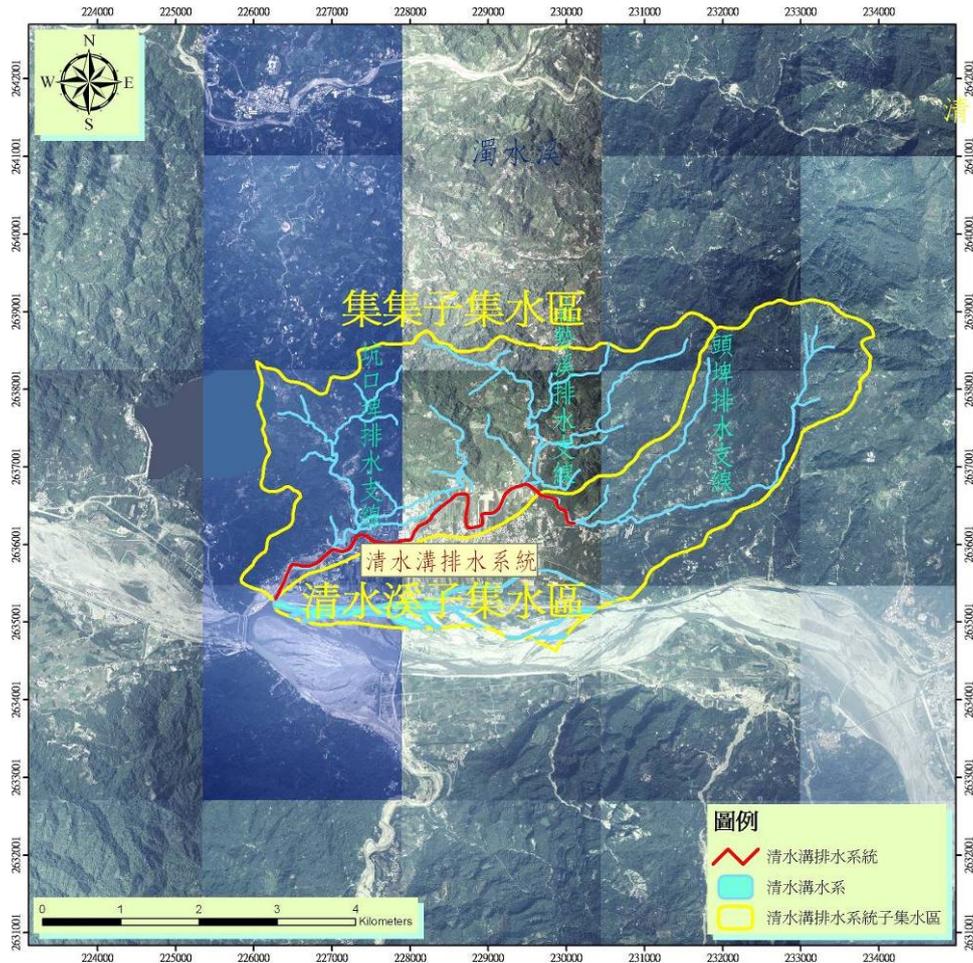


圖 5-1-3 清水溝溪排水系統正射航空影像

洪災原因分析如下：

由於上游坡度較為陡峭，集流時間短促、洪峰快速集中；中游河道斷面受都市化因素影響，其通水斷面無法擴大；下游河段攔河堰之迴水因素，兩岸堤防均可達 100 年重現期距之保護標準。導致洪峰無法順利排出，現況護岸並未施作、現有護岸高程不足或淤積嚴重之河段易造成淹水災害。其中，七二水災影響最大，淹水範圍約 42.28 公頃。

5.1.4 濁水大排排水系統

名間鄉濁水村濁水大排兩側護岸，至今已老舊不堪，且部分基礎掏空，造成區域排水不良；為保障週邊居民環境衛生，及改善目前大雨過後淹水情形，為利濁水大排系統整體防洪規劃完成，應將系統內農田排水、山坑野溪之水土保持規劃範圍、名間鄉都市計畫雨水下水道一併納入檢討。圖 5-1-4 為濁水大排排水系統正射航空影像。



圖 5-1-4 濁水大排排水系統正射航空影像

洪災原因分析如下：

1. 部分排水路維護管理不良，斷面不足；部分地區排水設施老舊，排水渠道破損，影響排水通路，致民宅淹水而損失不貲。
2. 因經濟及工商業發展，住宅及工廠範圍擴大逐漸逼近農業地區，然而區域排水系統卻未能及時改善，致使相關地區降雨逕流多就近借道農田排水宣洩，造成農田排水容量不足產生溢淹。

5.1.5 獅尾堀排水系統

本排水幹線位於竹山鎮中央里附近合流隆恩圳南圳及社寮橋附近匯流隆恩中圳之灌溉雨水與山間、社區排水後，經長年由上游挾帶之砂石沖刷而淤積於下游，逐漸使下游河床趨於平坦且斷面漸窄，所以每遇豪雨或排水量稍大時，總因上游廣大面積所匯集之水量向下排洩，由於現有斷面狹小、排水功能不佳，無法容納而溢向兩岸，致使約 41 公頃左右之社區及農田作物遭受浸水之災。圖 5-1-5 為獅尾堀排水系統正射航空影像。

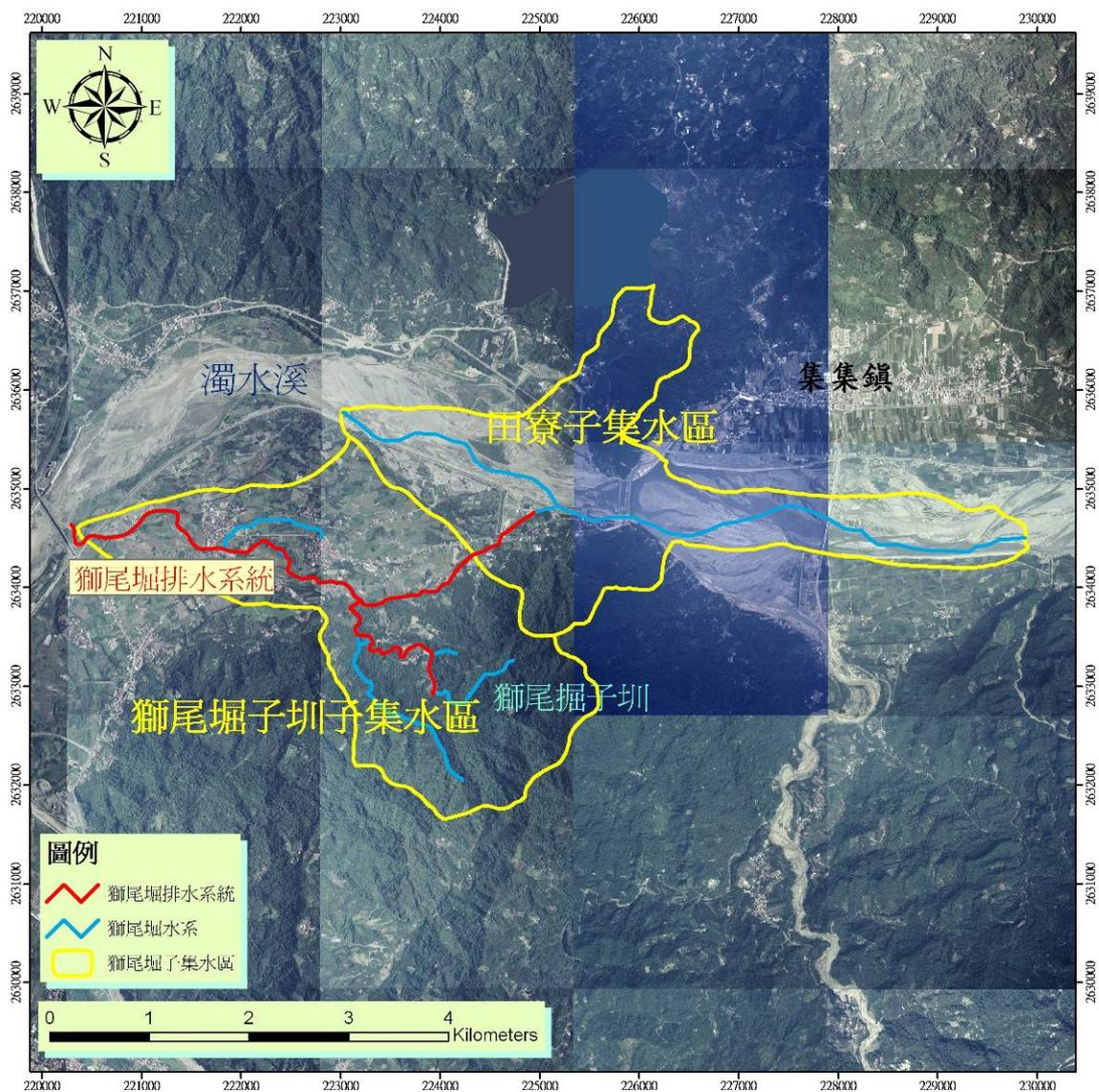


圖 5-1-5 獅尾堀排水系統正射航空影像

洪災原因分析如下：

獅尾堀排水發源於粗坑頭山嶺，集水區面積近半為山嶺區域，集水區坡度陡急，暴雨集流時間短，洪峰流量極大。經水文分析洪水量估計結果，排水出口頻率 5 年一次之洪水比流量達 9.6 cms/km^2 ，比平地一般排水之比流量 $Q_5=2\sim5 \text{ cms/km}^2$ 高出甚多。排水幹線現況斷面狹窄，寬幅不一，兩岸雜草叢生，加以攔水堰、橋樑等構造物斷面不足，故每逢豪雨，中下游兩岸經常遭受浸水災害，尤其社寮里淹水情形非常嚴重。

5.1.6 中崎地區排水系統

中崎地區排水管轄權隸屬縣政府區排範疇，由於排水堤(護)岸無完整規劃，大部分都為零星整治，下游匯流口處易於發生災害。

由於中崎地區排水歷經多次暴雨，排水河床雜草叢生、嚴重淤積及部分河道通水斷面不足造成嚴重水患，造成漫淹，人民生命財產遭受嚴重損害及威脅，急需辦理排水路整理(包括排水斷面拓寬、滯洪生態池研議等)，以減少災害損失。圖 5-1-6 為中崎地區排水系統正射航空影像。

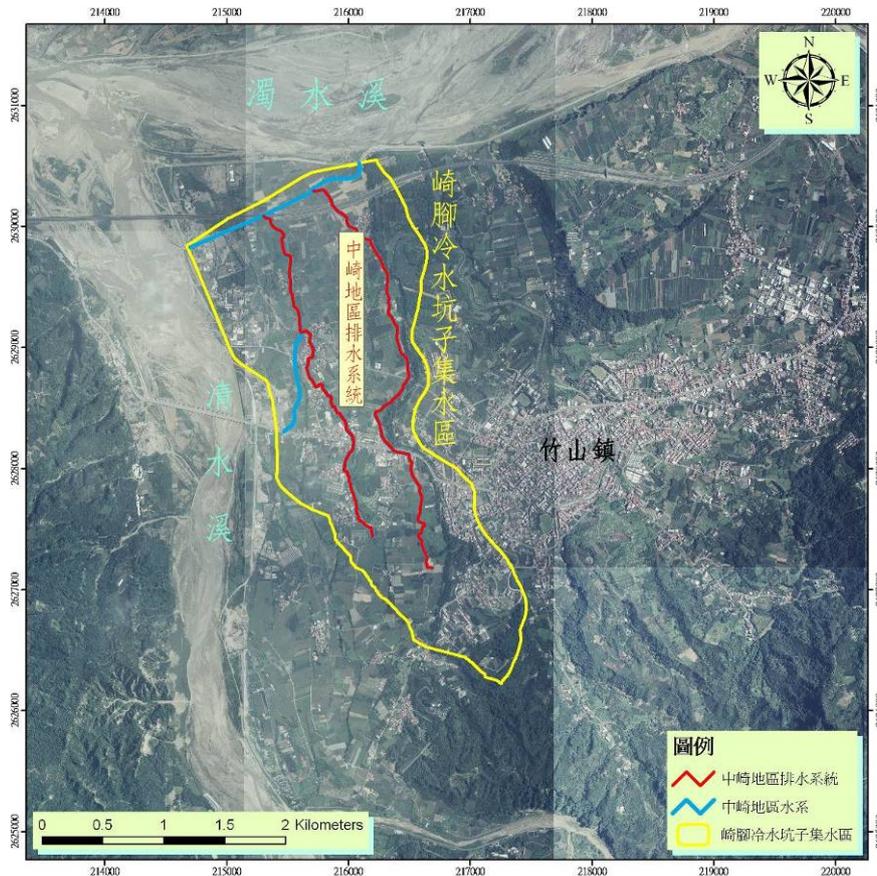


圖 5-1-6 中崎地區排水系統正射航空影像

洪災原因分析如下：

民國 94 年 7 月 19 日泰利颱風曾因為中崎排水河床淤積及部分河道通水斷面不足，且從中游段未整治的河段中沖毀，造成嚴重水患，初步估計淹水深度約 1.1 公尺，淹水面積約 300 公頃，淹水時間約 18 小時，本排水路於枯水期時可見河床乾涸，雜草叢生影響水流，而豐水期時則水位暴漲，受河床淤積阻塞，水流減慢，造成洪水位暴漲溢流淹沒兩岸之農地，進而影響到附近民房及道路淹水。

5.2 現行治理成效評估

集水區治理成效之優劣可藉由集水區整治率作為評量指標，其指標是以集水區治理計畫目標所需投入之總治理工作規模與現階段已完成工作規模之比值，評估易淹水地區水患治理計畫第一階段水土保持工程內容，其可提供作為集水區整體調查規劃工作成效之量化指標。

整治率依其問題屬性內容可分為土砂、水流整治率，分述如下：

1. 土砂生產整治率

分別計算重點集水區土壤沖蝕量，各項計算方式詳第肆章。

依照水土保持局 97 年度『集水區整體調查規劃工作參考手冊』內所述土砂生產整治率如下式：

$$CR_s(\%) = \frac{S_{so} - S_s}{S_{so} - S_{sp}} \quad (5-2-1)$$

式中， S_{so} ：治理規劃前土砂生產量； S_{sp} ：集水區內合理土地利用情形下之土砂生產量； S_s ：現況土砂可能生產量。

由於無實際量測土砂生產量，在此以土砂收支減少量結果評估。

2. 洪峰流量整治率

依照水土保持局 97 年度『集水區整體調查規劃工作參考手冊』內所述洪峰流量整治率如下式：

$$CR_Q(\%) = \frac{Q_{SO} - Q_S}{Q_{SO} - Q_{SP}} \quad (5-2-2)$$

式中， Q_{so} ：治理規劃前集水區設計降雨強度之洪峰流量，以採用集水區歷史重大災害(如 921 地震、桃芝颱風)之後的現況為原則； Q_{sp} ：規劃時所設定之合理洪峰流量； Q_s ：現況洪峰流量。

由於無法推算合理洪峰流量，在此以洪峰消減成效來表示。

表 5-2-1 治理成效評估結果

排水系統	土砂收支減少量(%)	洪峰流量消減量(%)
坑內坑排水系統	11.45%	13%
拔馬溪排水系統	12.22%	10%
清水溝溪排水系統	13.03%	14%

5.3 水土保持保育治理需要性分析

本章節針對現況調查及分析後之治理點位進行需求性評估，對重點集水區進行水土保持保育治理需要性分析。

治理點位水土保持需求性評估係依據『防砂效益』、『保全對象』、『保水效益』、『生態保育』等標的進行評估，並採用定性方式區分高、中及低予以評定。水土保持效益主要可分為防砂效益、保全對象、保水效益及生態環境維護效益等四種，分述如下。

5.3.1 防砂效益

防砂效益係指對處理地區實施工程措施後土砂生產量之減低程度。惟因防砂效益與保全對象息息相關，故防砂效益之評估亦應考量保全對象，而集水區內之崩塌地及野溪作有計畫之整治後可減少土砂下移至主河道。

1. 野溪整治工程

野溪整治工程包含防砂壩、固床工及護岸等設施，主要功效除為攔阻砂石下移，並可調節河床坡度及控制水流流向，可減少河床縱向或橫向之沖刷及避免河岸崩塌。

2. 崩塌地整治工程

崩塌地整治工程包含坡面保護、坡腳保護及排水等設施，主要功效除為控制現有崩塌地避免繼續擴展，並可恢復坡面植生減低坡面沖蝕能力。

5.3.2 保水效益

保水效益係指對擬處理地區實施工程措施後水源涵養能力之提升程度。由於水土保持工程措施均具有不同程度之涵養水源功能，故依據不同水土保持工程措施可評估其保水效益。

5.3.3 保全對象

保全對象係指對擬處理地區實施工程措施後保全對象安全提升程度。由於水土保持工程措施均以保全對象之安全為出發點，故依據不同水土保持工程措施目標可評估保全對象的保護效益。

5.3.4 生態環境維護效益

生態環境維護效益則指對擬處理地區實施工程或非工程措施後生態棲息環境之維護程度。維護生態棲地環境是促進生態復育、種豐和歧異之最佳手段，除非有立即或重大致災可能，否則任何水土保持工程措施均應儘量避免破壞生態棲地環境之正常發展。

- 1.流域水土資源涵養功能增加，提高區域土壤地力，減少侵蝕。
- 2.美化大地改善動植物生態棲息環境、減少污染促使區域生活環境提升。
- 3.強化山坡地監測管理，確保水土資源永續利用。
- 4.自然、人文環境協調，塑造水與綠之生活環境。
- 5.規劃親水性及自然型態之整治工法，強化自然生態環境，增強環境抗災能力。

5.3.5 水土保持效益評估表

處理點位之選取，可依現地調查及分析成果，參考『防砂效益』、『保水效益』、『保全對象』、『生態環境維護效益』等因素，擬訂各項問題水土保持處理和維護之需要性，以確立集水區治理目標及對策。如表 5-3-1 所示。

表 5-3-1 重點集水區水土保持需求性評估一覽表

崩塌地編號	鄉鎮	村里	子集水區	面積 (ha)	X	Y	防砂效益	保全對象	保水效益	生態維護	水土保持處理等級	現況照片
坑內坑溪排水系統												
南投縣 3732	名間鄉	萬丹村	坑內坑排水	0.155	221065	2641100	中	低	中	中	中	
南投縣 4205	名間鄉	仁和村	坑內坑排水	0.645	220800	2639630	高	低	中	中	中	
南投縣 4303	名間鄉	炭腳村	坑內坑排水	0.906	214590	2636465	中	低	中	中	中	

表 5-3-1(續) 重點集水區水土保持需求性評估一覽表

崩塌地編號	鄉鎮	村里	子集水區	面積 (ha)	X	Y	防砂效益	保全對象	保水效益	生態維護	水土保持處理等級	現況照片
拔馬溪排水系統												
南投縣 4363	水里鄉	鉅工村	水里	0.323	236080	2634290	高	低	低	中	中	
南投縣 4364	水里鄉	鉅工村	水里	0.353	236710	2634430	中	低	低	高	中	
南投縣 4365	水里鄉	鉅工村	水里	0.242	235610	2634435	高	中	中	高	高	

表 5-3-1(續) 重點集水區水土保持需求性評估一覽表

崩塌地編號	鄉鎮	村里	子集水區	面積 (ha)	X	Y	防砂效益	保全對象	保水效益	生態維護	水土保持處理等級	現況照片
南投縣 4366	水里鄉	鉅工村	水里	0.702	236000	2634705	高	中	中	高	高	
南投縣 4393	水里鄉	頂崁村	水里	0.759	237830	2633280	低	低	中	中	低	
南投縣 4396	水里鄉	頂崁村	水里	0.381	236185	2633810	低	低	低	中	低	

表 5-3-1(續) 重點集水區水土保持需求性評估一覽表

崩塌地編號	鄉鎮	村里	子集水區	面積 (ha)	X	Y	防砂效益	保全對象	保水效益	生態維護	水土保持處理等級	現況照片
南投縣 4397	水里鄉	頂崁村	水里	0.498	236265	2633885	低	低	低	中	低	
清水溝溪排水系統												
南投縣 4206	集集鎮	永昌里	清水溪	0.702	232680	2638435	高	低	中	中	中	
南投縣 4207	集集鎮	永昌里	清水溪	0.566	232870	2638655	高	低	中	高	高	

表 5-3-1(續) 重點集水區水土保持需求性評估一覽表

土石流 編號	縣市	鄉鎮	村里	名稱	位址	道路 名稱	危險 分級	防砂 效益	保全 對象	保水 效益	生態 維護	水土保 持 處理等 級	現況照片
投縣 DF126	南投縣	名間鄉	仁和村	坑口野溪	坑口	山腳巷	中	低	高	高	中	中	
投縣 DF176	南投縣	水里鄉	鉅工村	濁水溪支流	社子橋	台16甲	低	高	高	高	高	高	
投縣 DF127	南投縣	集集鎮	廣明里	中村二號橋野溪	中村二號橋	投151	中	高	高	高	高	高	

表 5-3-1(續) 重點集水區水土保持需求性評估一覽表

土石流 編號	縣市	鄉鎮	村里	名稱	位址	道路 名稱	危險 分級	防砂 效益	保全 對象	保水 效益	生態 維護	水土保持 處理等級	現況照片
彰縣 DF004	彰化縣	二水鄉	倡和村	152 線道野溪	無	縣 152	中	中	低	低	中	中	
彰縣 DF005	彰化縣	二水鄉	倡和村	外埔	新民國小	縣 152	中	中	低	低	中	中	
投縣 DF128	南投縣	竹山鎮	中央里	獅尾堀仔野溪	獅尾堀仔	投 151	中	高	高	中	高	高	

表 5-3-1(續) 重點集水區水土保持需求性評估一覽表

野溪治理	縣市	鄉鎮	村里	名稱	位址	危險分級	防砂效益	保全對象	保水效益	生態維護	水土保持處理等級	現況照片
千秋橋上游河道清淤工程	南投市	千秋里	坑內坑排水	218386	2643604	中	高	中	中	中	高	
明德橋上游野溪整治工程	水里鄉	鉅工村	水里	235610	2634435	中	高	高	中	中	高	

5.4 保育治理對策規劃內容

重點集水區根據現地勘察資料及分析，搭配現況之水文、水理、土砂分析，及水土保持需求性一覽表，針對本集水區之坡面沖蝕、崩塌地、河道沖淤、道路水土保持、土石流潛勢溪流等問題，提出治理對策說明。

5.4.1 坡面沖蝕

本計畫區內坡地水土保持，主要對象為坡面排水不當或不足之情形。

1. 規劃原則

- (1) 以穩定坡面沖蝕及溝蝕，防止沖蝕擴大、攔阻泥砂、減少下游災害及公共設施損壞為目的；
- (2) 截導水設施依坡面地形變化調整，並以原坡面排水溝排除為原則；
- (3) 源頭、裸露面(沖蝕面)、堆積區等不同位置，採用不同工法處理。分述如下：

- ① 源頭處理：截水、裂隙處理等。
- ② 裸露面(沖蝕面)處理：坡面截導水、溝蝕處理、植生工程等。
- ③ 堆積區處理：泥砂清除、擋土牆構造物、整流工程等。

2. 治理對策

坡面崩塌及沖蝕情形可考慮以掛網植生、打樁編柵、箱籠護坡及坡面縱橫向排水等工法處理。另可利用抗沖蝕網治理，其優點為：

- (1) 可替代混凝土、瀝青、拋石等坡面防護材料；
- (2) 在草皮沒長成之前，可以保護土地免遭風雨侵蝕；
- (3) 植物生長起來之後形成的複合保護層可以承受高水位、大流速的沖刷。
- (4) 由於採用高分子材料以及 UV 抗紫外線穩定劑，其化學穩定性高，對環境無污染；
- (5) 施工簡便，在地表平整後，即可施工。

3. 規劃內容

依據第參章現況調查與分析及集水區問題分析與水土保持需求性，本計畫區坡面沖蝕主要治理工程內容請參閱第六章。

5.4.2 崩塌地

1. 規劃原則

崩塌地處理經現場調查與崩塌地發生崩塌原因統計後(參考第參章及第肆章、第五章問題分析)，瞭解其發生原因或機制與規模後，才進行崩塌地之處理。處理方式大多以消除或減除其導致崩塌之誘因著手，或以各種工程結構物之設置，保護其坡腳，以達成邊坡安定之目的。

2. 治理對策

(1) 崩塌地處理-工程措施

① 源頭處理

- a. 裂縫的勘尋與填補:先勘查崩塌坡面之上緣及兩側，尋找地震造成的地表裂縫，予以填補，以避免雨水滲入地底造成更大規模的土石滑動。
- b. 崖頂排水:把山頂懸崖上的水導引到安全的地方，以防坡頂地表逕流水漫流之坡面，沖蝕裸露的坡面。
- c. 坡面排水:可利用打樁編柵等方式於裸露坡面每隔兩公尺、三公尺進行橫向排水，減緩地表逕流對坡面沖刷。

② 抑制工程

包括改變邊坡幾何形狀減少崩塌滑動力、降低地下水減少水壓力之作用及減緩雨水之沖蝕等，例如規劃適當之挖方工程，以及改變滑動體自重之作用;進行地表水與地下水排水工程，以減少表面沖蝕及降低地下水壓力之作用，如噴凝土或植生護坡，各工法之適用範圍及特點，詳表 5-4-1。

③ 抑止工程

增加抵抗力(抑止工程)之方法，除了作適度之土壤改良外，大多為設計強度足夠之工程構造物來抵抗崩塌之發生，如排樁、地錨、擋土牆或坡腳填土增加抵抗力等，崩塌地治理抑止工程項目及適用性，詳表 5-4-2。

④植生處理方法

植生處理方法，應先行施作植生基礎工程後，再種植適生植物、加強覆蓋。交通不便處，可以空中撒播方式處理。植生處理依崩坍類型及崩坍位置可單獨使用或與抑制工程、抑止工程合併使用

表 5-4-1 崩塌地治理抑制工程項目及適用性

分類	主要目的	工程治理	適用範圍及特點	
抑制工法	減緩雨水沖蝕影響	地表排水工程	最基本的整治工法之一，多與其他工法搭配使用。 1.經濟且效果佳。 2.幾乎應用在所有的治理方法	
		植生工程	1.原則上應用在湧水少，且具標準坡度之切土壤邊坡。 2.可調節邊坡週遭景觀環境。	
		噴凝土	1.適用於裂隙小，無大規模崩塌之處，且無湧水之邊坡。 2.應考量雨周圍環境景觀的協調。	
		護坡	砌石、混凝土	坡度比 1:1 緩，且不適於植生工的泥岩或粘質土邊坡，可採砌石或混凝土塊護坡。
			自由梁護坡	坡度較 1:1 陡，且節理發達的岩石邊坡或噴漿、固定框等工法不易施工之處；可考慮混凝土護坡。
			預鑄框	1.預鑄框使用於較 1:1 緩的邊坡。 2.場鑄混凝土框使用於較陡的邊坡。
		源頭處理	1.工法簡單，人人可參與。 2.就地取材，降低成本。 3.生態工法為主，減少對環境的衝擊。	
	其他坡面保護工	只應用於局部或臨時工程設施。		
	降低驅動力	切土工(A)	1.移除不穩定的土石。 2.常與其他工程搭配使用。	
		切土工(B)	1.整坡工程，改變邊坡形狀。 2.常搭配其他工程。	

表 5-4-2 崩塌地治理抑止工程項目及適用性

分類	主要目的	工程項目	適用範圍及特點
抑止工法	增加外抗阻力	砌石擋土牆	適用於坡度 1:0.3~1:0.5，且土壓較小的邊坡。治理邊坡腳部小規模崩塌。
		半重力式擋土牆	適用於山區道路拓寬路段，但應注意基礎地盤的穩定性。
		重力式擋土牆	維持坡腳穩定，並可作為其他坡面保護工的基礎。
		石籠式擋土牆	透水性與曲撓性俱佳，適用於湧水多或軟弱的邊坡。
		打樁編柵	在較緩的切土坡面上，與植生工或固定框搭配使用。
		填土工程	適用於較長的邊坡，其施工並不會影響現有植生的保全。
	微型樁	維持坡腳及坡面穩定，適用於交通不便地區。	
增加內抗阻力	灌漿工程	多應用層縫處理，提高層縫強度。	

(2)崩塌地處理-非工程設施

當崩塌地並無直接保全對象或崩塌土石並不直接危及人民或造成二次災害時可考慮採非工程設施方式如下:

①自然復育

由於地震豪雨所造成的大量塌方，並不為及安全時，若急於進行整治穩定邊坡工程，有可能造成投資大量金額，但只得到短期穩定，而後續的塌方必須於雨季後重複不斷作修復工作，可考慮以自然復育方式，而原有不穩定邊坡穩定之後，再考慮進行工程修復。

②管制計畫

當崩塌造成之塌方危及道路通行，而無法及時清除或修復時可採豎立警告標誌或採交通管制、引導車流改道措施。

③加強山坡地管理及監測

利用衛星遙測影像提供全面性、持續性土地變遷資訊，及早發現山坡地違規開發使用資訊，通報事業主管單位稽查違規利用情形，依據「維護公共安全方案-山坡地保育利用管理」，加強山坡地違規使用之查報、制止與取締，並加強公有山坡地及原住民保留地超限利用之輔導處理。

配合「水土保持法」施行，加強山坡地開發水土保持計畫審核及施工中督導、技師簽證、水土保持保證金、代為履行等制度。

(3)配合措施

- ①由於崩塌地區位可能涉及林班地、山坡地或道路養護單位未來需各單位協調執行。
- ②加強居民自救及防災意識宣導，以減免災害發生或損失。
- ③增列國土保安替代役，結合民間生態、防救災組織共同參與相關工作，以充裕國土保安人力。

3.規劃內容

依據第參章現況調查與分析及集水區問題分析與水土保持需求性，本計畫區主要針對上游明顯坡面崩塌或河岸崩塌者進行規劃治理，崩塌地主要治理工程內容請參閱第六章。

5.4.3 河道沖淤

河道沖淤情形受天然因素或人為開發之影響，致使溪岸溪床發生侵蝕、淘刷、崩塌、土石淤積河道及亂流等現象，而有發生洪患與土石流之可能。

1.規劃原則

而河道沖淤問題首要重點是研判河道發生沖淤之原因分析析，而這與上游來砂量和河道輸砂能力間之消長密切相關、因此可分為三方面加以考量：

- (1)當上游來砂量大於河段輸砂能力時，河床將朝著淤積之趨勢發展。淤積抬升型河段具有排洪斷面不足、取排水效率降低、流路擺盪不穩、河床質細化、河床縱向坡度上升等問題。
- (2)當上游來砂量小於河段輸砂能力時，則河床勢必會朝著沖刷下降的趨勢演變。沖刷下降型河段具有河工構造物因基礎裸露而危及安定和功能、取水效率降低、河岸邊坡土體易坍塌

等問題。

- (3)來砂量為坡面沖蝕量、兩岸近岸崩塌土砂量、支流土砂入流量、支流土石流潛勢溪流可能攜出土砂量等之總和;輸砂能力為以適當公式估算水流中懸浮載及河床載之總輸移量。接著再配合地形、地質、人文等基本資料與崩塌地調查結果，至現場實地調查野溪之溪流與集水區現況、不穩定土砂量;水工構造物情形及溪流和保全對象之相對關係。

2. 規劃內容

依據第參章現況調查與分析及集水區問題分析與水上保持需求性，本計畫區河道沖淤問題主要治理工程內容請參閱第六章。

5.4.4 野溪、土石流潛勢溪流治理

1. 規劃原則

(1) 野溪治理方法

野溪治理係指防止或減輕野溪沖蝕、淘刷與溪岸崩塌並有效控制土砂生產與移動，達成穩定流心，減少洪水、泥沙與土石流等災害所實施之治理工程;主要針對河床及河岸沖刷，利用護岸或固床工保護道路、堤防基腳、橋樑基礎及河床穩定，另可以壩工或導流工程維持流路安定。野溪治理與主河道治理工作應納為整體考量，對於都是發展區之野溪與位於山地之野溪，因當地人民不同的活動，野溪治理策略區分為生態型、近自然型或防災型野溪，同時也運用不同治理技術，包含生態工程及近自然工法。九二一震災後之野溪治理也須因應震災特性做調整，治山防工程洪構造物可因，地制宜採較具彈性之柔性設計或剛柔並濟之結構物，以避免於震災期間受破壞。

治理之基本對象是針對泥砂來源及沿溪流容易發生災害之地區為主，以經濟有效之處理對策，降低災害規模與損失程度。野溪因流量與輸砂來源不穩定而特異於一般常流性河川，可能造成的災害自然不同於一般河道，其治理方法除需符合治理目標外，尚需參酌當地之自然環境、工程環境及社會經濟狀況，來選定適當之治理工法。茲將災害之治理對象與相關治理工程列表 5-4-3，以供規劃參考。

表 5-4-3 野溪災害治理對象與相關治理工程

治理對象	相關治理工程
1.坡面沖蝕，沖蝕溝發達地區	造林、植生、蝕溝治理、綜橫向排水、山腹工、節制壩
2.岸坡崩塌	防砂壩、固床工、潛壩、護岸、丁壩、植生、排水
3.亂流河段	潛壩、整流工程、堤防、丁壩
4.淤沙嚴重河段	清淤工程
5.縱向沖蝕河段	防砂壩、固床工、潛壩
6.土石流地區	防砂壩、固床工、梳子壩
7.洪泛地區	滯洪壩、堤防、護岸、疏濬

(2) 土石流治理

土石流治理是指在土石流潛勢溪流上構築各種工程設施，有效降低土石流撞擊、淤埋、堵塞...等有害行為，以維護保全對象生命、財產、生活環境及自然生態環境等為目的所制定之方案。因此，治理重點旨在依現場地文、水文及溪流等條件規劃適當的工程與非工程手段，以達到避免發生、避免發展、避免成災之『三避』防治目標，即：

- ①『避免土石流發生』是在溪流上游(包括源頭)實施結構性措施(如植生、造林、蓄水、引水、排水、防砂壩、回床工...等)的治理手段，以抑制邊坡斜面土體和溪床土砂的異常流失，降低土石流土砂供給料源，大幅減低土石流發生之機會。
- ②『避免土石流發展』係指針對已發生的土石流，透過有效地結構性治理措施(如透過性壩及非透過性壩)將土石流流出規模予以破壞、消滅或調節，以減輕其對下游的可能影響。
- ③『避免土石流成災』乃通過結構性措施和非結構性措施將土石流危害程度降低，前者包括攔阻、疏導、淤積及緩衝等災害治理工法，後者則包括災害預警、避災措施、社會保險、土地政策、有害行為限制...等成災預防措施。致有數種基本治理方案，土石流防治對策詳表 5-4-4。

表 5-4-4 土石流防治對策一覽表

對策種類	工程種類	名稱	主要作用		
治理措施	工程措施	攔擋工程	非透過性霸系	防砂、穩坡、固床、降坡	
			透過性霸系	攔粗排細、減勢、貯砂	
		排導工程	渡槽、隧道、急流槽、明洞	集中排洩土石流	
			導流堤、丁壩	調整土石流流路、有利於排導	
		固床工程	系列固床工	穩定底床，防止沖刷下切	
			潛壩系	穩定底床，防止沖刷下切	
		護岸及護坡工程	護坡工	控制坡面蝕溝發生及發展，降低坡面土砂生產	
			護岸工	加固河岸坡腳，免遭淘刷	
			源頭處理	減少崩塌及土砂生產	
		截排水工程	引、排水渠道	引排洪水，消滅下洩水量	
			截水溝	攔截崩塌土體上方逕流，降低土砂生產	
			蓄水工程	調節洪水，消滅洪峰	
	停淤工程	停淤場	攔蓄、停積固體物質		
		溢流堤	排洩部分淤積物		
	生物措施	造林	恢復森林植被	控制沖蝕；減少水土流失、防止沖刷、涵養水源、減少地表逕流、攔蓄土石	
	預防措施	避災措施	減損措施	劃分危險區域	確定危險區域及危險度，限制區域開發行為
				判釋潛勢溪流	確定土石流潛勢溪流，以利整治管理
			警戒措施	建立觀測系統	進行土石流監測及預警
				雨量警戒	提供災前預報和警戒功能
居民避難遷移			規劃緊急疏散避難路線及措施	提供緊急疏散避難路線及時機	
			規劃避難處所	提供緊急何安全避難場所	
		住戶遷移	避災		
管理管制措施		現制措施	劃定特定水土保持特區	限制危險區開發行為，並執行治理減災措施	
			危險區災害保險	規範危險區居民強制保險，實現風險自付	
		防救災組織	自主防災社區	進行災前整備、災時應變及災後復原之各種防災工作	
			土石流專員	提供回報現地及時資訊，以避免災害發生	
			疏散避難演練	熟稔災害來臨前之疏散避難行為	
		集水區管理	山坡地管理	管理與管制違規農業使用及違規非農業使用	
			林班地管理	違規土地利用之查報、制止、取締	
		教育宣導	防救災宣導及展覽	增強防災減災意識	
	教育土石流知識		瞭解土石流基本特點與危害方式		

2. 規劃內容

依據第參章現況調查與分析及集水區問題分析與水土保持需求性說明，本計畫區野溪、土石流問題主要治理工程內容請參閱第六章。

5.4.5 生態維護

近年來，生態保育觀念意識日漸增高，集水區治理的工作除了在保土蓄水之外，更須配合野生動植物棲息環境的改善，而使許多整流工程與防砂工程的設計須作調整，以避免阻斷魚類迴游或破壞棲息環境。因此規劃設計之初，需考慮當地民眾之參與，融入民眾之需求，故應有生態專業人員參與，作為工程與生態之媒介。以下注意事項提供參考：

1. 強調治理工程與流域景觀的和諧性及必要性。
2. 溪流自然生態工程的選定須先對現地生態環境做充分了解，除強化堤防、護岸、維持高灘地存在為目的外，對於自然環境保護、植生復舊、水流流速、流量等更需多加考慮。
3. 現有溪流改善，避免過度截彎曲宜維持及保存原有多樣性之環境。
4. 離岸緩流深潭、淺灘、小溪溝、瀉湖及濕地等多樣化之水邊環境是生物生息最佳場所，應加以保留或創造。
5. 防止工程規劃設計的完全一致性：溪流斷面避免採用上、下游一致之標準斷面對於原有寬廣河幅加以保存，可維持河道滯洪能力亦可提供自然工程所需用地。
6. 護岸所採用之工法須考量溪流水理特性、坡面之狀況，建設出最適合生物生存之環境及自然景觀之多孔隙工程面。
7. 考慮工程方案與其他規劃的銜接性：設計時需考量是否對人類及自然均有，益，採用之工法須加以考慮施設後維護管理之方便性及可能性。
8. 重視完成工程後的景觀管理技術性：加強對附近居民之宣導教育可降低自然生態工程推展阻力，減低維護管理成本。
9. 溪流生態環境調查之期間至少須延續整年度，以免以偏概全，導致錯誤判斷，研究並評價工程治理後的景觀動態性。
10. 採用多樣性溪流斷面，例如依現地狀況配置深潭淺灘，若需設置橫構造物時，落差不宜過大。

- 11.詳查流域中植被恢復的可能性:保留現有植物、保護鄉土動植物，少用外來植物，使工程完工後，保留鄉土景觀，避免改變原有生態環境。
- 12.以木、石等自然資材構築之多孔質護岸，但在河岸安全性要求較高地區，須詳加考慮或以混凝土樁替代。
- 13.由於攔砂壩有相當的高度，不僅對河道造成阻隔，也因水流落差大而使魚群不能跳躍回溯，所以為使魚類能溯上水壩、急流或其他水流障礙物而設計之魚道。

此外，引入生態檢核表概念，以迴避(工程設施避免設置於生態豐富度高或指標生物物種棲息地)、縮小(在工程設計容許下，盡可能縮小工程規模及尺度)及減輕(透過工程施做的配套措施，減輕工程進行對生態系所產生的衝擊)的觀念，補償工程對生態所產生的負面影響，並藉由工程及生態專業人士進行理念的搭配，更進而朝向生態工程概念的落實。

第六章 重點集水區治理目標及對策研擬

6.1 重點集水區治理目標

治理目標在檢討災害成因、制定改善方案及具體實施計畫，並且研提細部工程計畫區。在本章節中，依據第五章重點集水區問題分析與水土保持需求性，進而研擬本重點集水區之治理對策，並且期使計畫區能符合永續、自然及安全的主軸，以維繫集水區長期之功效。

歸納整理本規劃區主要問題如下：

- 1.本計畫區位最主要的問題為各坑溝、野溪中上游地區，尚存在許多陡峭且裸露之集水區邊坡崩塌地，加上卵礫石、泥岩、頁岩等地質及斷層帶分布，邊坡不穩定，容易在颱風豪雨侵蝕下崩滑、潰散，崩落土石易隨豪雨逕流下移，淤塞河道，造成排洪安全問題。
- 2.溪床兩岸近岸邊坡崩塌或沖蝕所造成的河道泥砂淤積及道路水土保持問題，仍是上游集水區普遍課題，由土砂堆積或流失而造成災害，其一為大量崩塌之土砂阻塞河道，影響通洪斷面而造成淹水災害。其二則造成道路上下邊坡崩塌或路基流失坍塌等災害，由於規劃區內多數產業道路及農路大多沿著溪流構築，除了道路上下邊坡會因崩塌，造成土石堆積於道路上，或沖至道路下邊坡外。道路下邊坡亦極易受水流沖蝕而導致路基掏空、流失及路面坍塌、無法通行等問題。
- 3.洪患問題，除了超大暴雨、排洪斷面不足所導致的洪水災情外，『土砂淤積河道』所造成的洪患問題亦是本計畫治理規劃關鍵問題之一。由於本規劃區域地質因素之影響，土砂容易因雨水或水流淘刷流入河道，造成溪流中下游嚴重淤積，通洪斷面明顯減少。

6.2 重點集水區治理對策研擬

重點集水區水土保持策略之研擬，著眼在各區排之集水區，依整體治理規劃成果，縱使採用各個研擬的方案，實施後仍無法達成原定區排的要求者，只能從上游集水區的規劃治理來著手。經第六章上游集水區整體評估作業之分析後，提出以下各分區的水土保持策略。

6.2.1 坑內坑溪排水系統

1. 入滲補注的增加

坑內坑溪集水區在地形上有其特殊的地方，本集水區西部整片為八卦山背斜之東翼，受彰化斷層之影響，八卦山背斜之東翼為較緩坡，從圖6-2-1濁水溪中游集水區地質略圖(引用自中央地質調查所報告)，可見本區地表為頭嵙山層的礫岩相，伏在地表下數百公尺厚的礫石層。

從地質報告中詳細來看本區域的地形地質特性，本區域地形分區上屬八卦丘陵及其低處的沖積地，見圖6-2-2八卦山南段的地形圖。八卦丘陵由大肚溪以南至濁水溪北岸總長約32公里，寬4~7公里，中段較窄而南北兩端較寬，呈北北西-南南東方向且凸面向東之弓形；其西坡較東坡陡，頂上台地原面大致尚被保存，高度則北低南高(見圖6-2-3)，南端的松柏山海拔約430公尺，西北端的八卦山則僅約海拔75公尺左右。其東方之緩坡面向東緩傾，逐漸轉移為南投附近之台中盆地；北部及西緣侵蝕較盛，已呈丘陵地形，而丘陵頂上平坦面與東邊之緩坡面切割度則尚低；北段在八卦山背斜兩側地形大致對稱，但於南段橫山以南部分則極不對稱(見圖6-2-3)。石再添、楊貴三(1985)將八卦山丘陵按其階地地形(geomorphic surface)之分布分為橫山面、六分寮面、南風寮面、埔中面、施厝坪面、豆周寮面、松柏坑面、芬園面、弓鞋面、赤水面、大莊面等不同地形面，並按階地之分布高程對比至LH、LT1、LT2、LT3、LT4及LT5等階地地形面(見圖6-2-3)。但富田芳郎(1932)曾提出八卦丘陵台地表面上有幾個顯著之直線狀斷崖，此些斷崖大致呈東西向，將台地橫切分割成幾塊；以此等斷崖為界，南北台地面呈現30~100公尺之高度差，而斷層崖面下的平坦台地面並無河道遺跡，且斷層崖將侵蝕台地原面的溪谷自由橫斷，認為此等斷崖線為活斷層線。圖6-2-4為橫山位置看大莊面，均勻緩坡面向東，而西側則為下切的陡坡，此位置為八卦台地南側最低的槽狀地形，恰好提供高壓電塔的選線(見圖6-2-5)。圖6-2-6為埔中地區可見均勻緩坡的埔中面，紅棕色的土壤表面偶而有小丘存在。

台中盆地係一狹長盆地，位於八卦丘陵與麓山帶之間，為一背負型盆地(piggyback basin)，於中興新村附近寬約6公里，見圖6-2-7，為淤積的沖積地形，往南逐漸縮減至盆地南端名間附近寬度不到800公尺。麓山帶在濁水溪以北地區最高之高度均未達400公尺，於下一節中再針對具有之潛在災害深入探討。

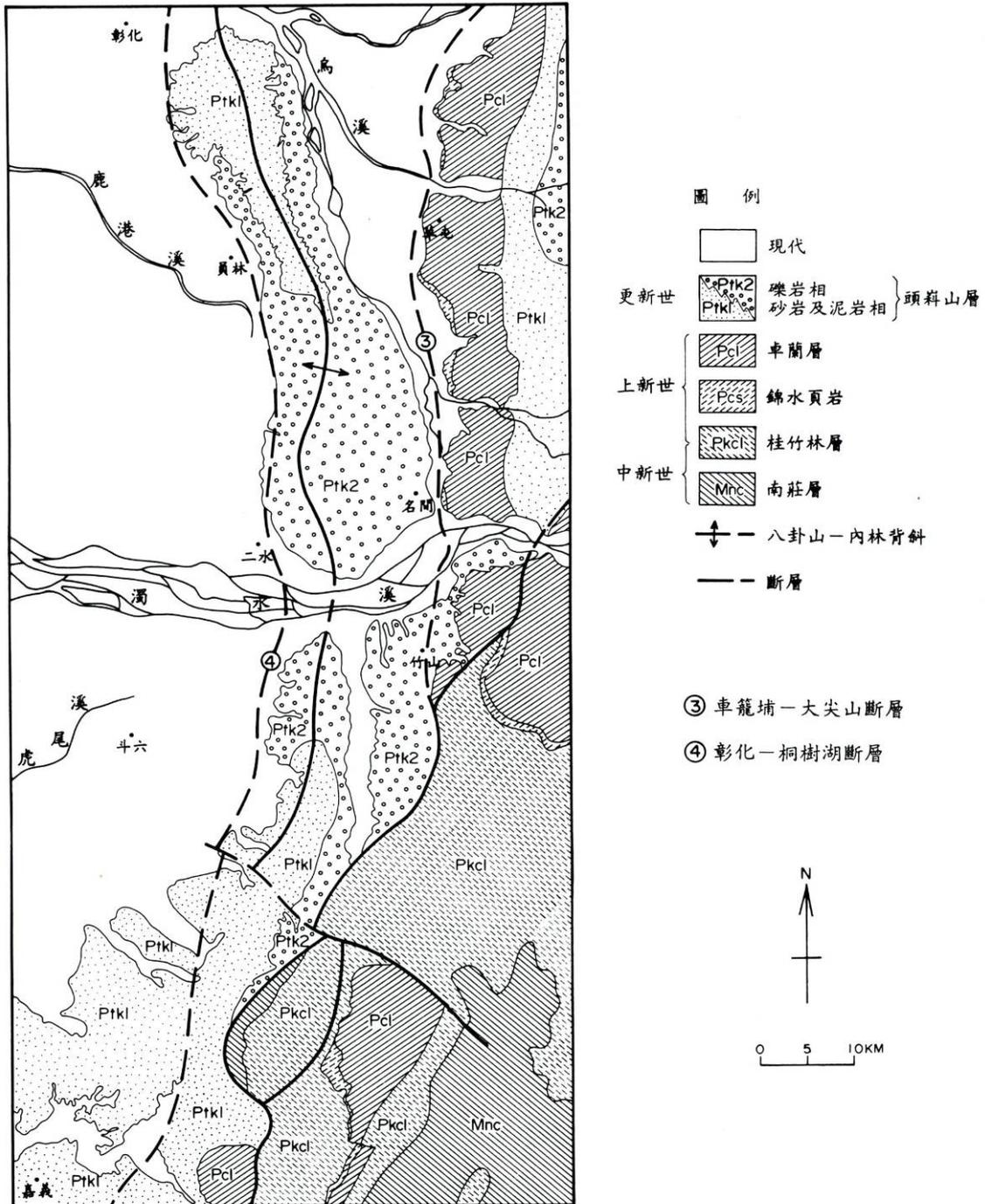


圖6-2-1 濁水溪中游集水區地質略圖



圖6-2-2 八卦山南段的地形圖

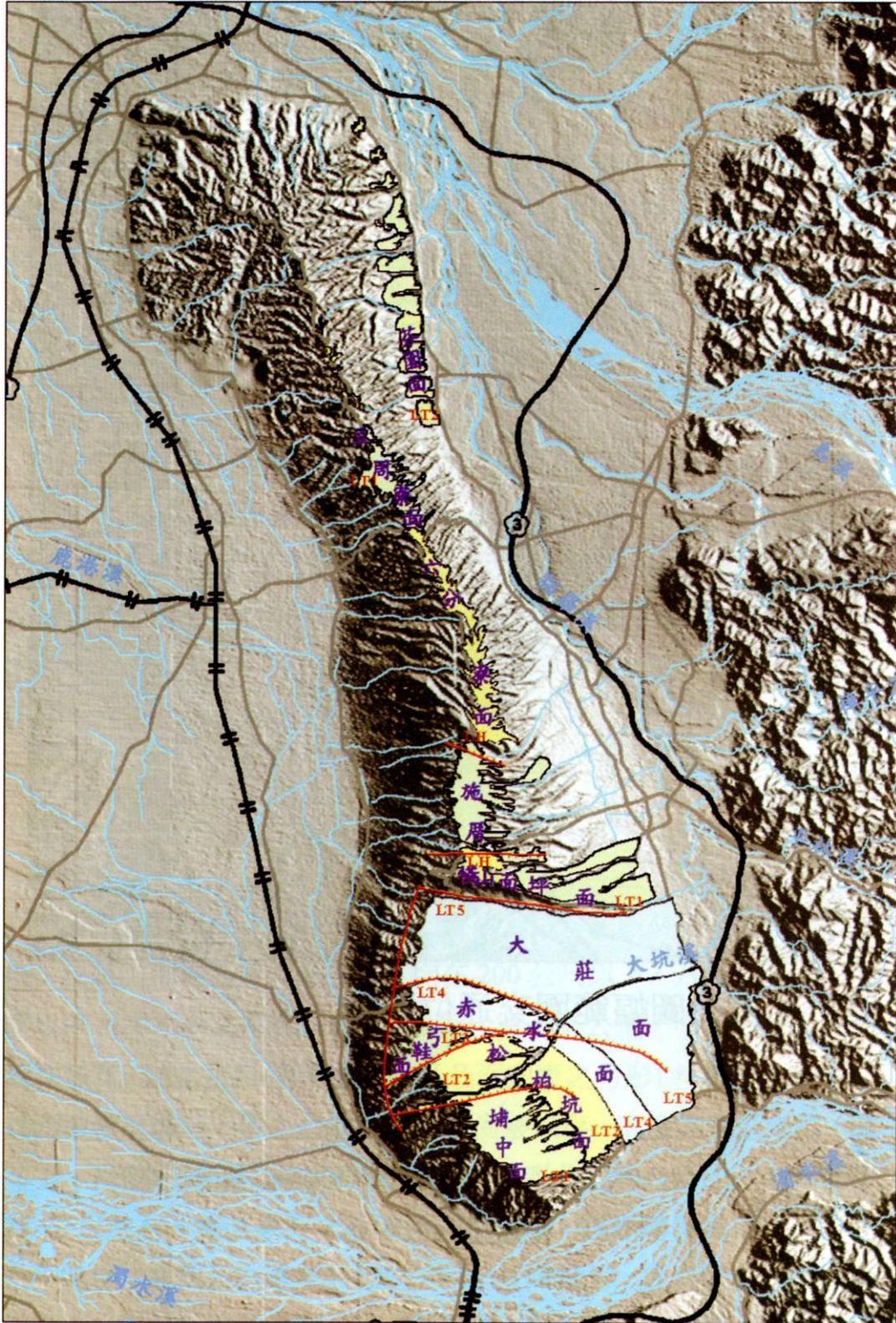


圖6-2-3 八卦台地階地面(修改自石再添、楊貴三，1985)
與活斷層群(標示者，修改自富田芳郎，1932)



圖6-2-4 從橫山位置看大莊面(2009年拍攝)



圖6-2-5 八卦台地最南側(2009年拍攝)



圖6-2-6 埔中地區平緩的農地(2009年拍攝)



圖6-2-7 坑內坑溪下游匯流處(2009年拍攝)

從圖6-2-8八卦山背斜的地表30公分內的地質材料分佈圖，可見藍色部分為卵礫石分佈，主要在接近下游河道的下坡面，代表著長期地表水地下水流動下，厚礫石層上方風化的紅、黃壤土流失，致內部未風化的礫石裸露，也可以說是風化速度較沖蝕為大，致無表土；其他橘色部分則為表土層；黃色部分則為接近河道兩岸之沖積土。

圖6-2-9則為調查地表下30公分至60公分處的地層材料分佈圖，與圖6-2-8相比，可見藍色礫石分佈的區域大了很多，顯示本區的表土很薄，尤其接近背斜軸附近底層都是礫石，接近貓羅溪部分的礫石分佈也明顯的增加。

中央地質調查所在執行濁水溪沖積扇的地下水資源調查中，針對本區域作了一張水文地質剖面圖及地下水流概念模型(見圖6-2-10)，原報告中描述，圖中剖面aa'顯示八卦山台地地下水分水線與背斜軸大體一致，台地上之地下水向東流入台中盆地或貓羅溪，向西則注入濁水溪沖積扇各富水層中，aa'剖面顯示海岸附近為地下水的超抽區，負等水頭線對稱分布於洩降中心之兩側，是重要之地下水輸出區(Discharge area)；台地及山麓沖積扇地下水位面(Groundwater table)最深，然而地下水頭(Groundwater head)最高，為地下水之補注區(Recharge area)，降雨和灌溉應是主要的補注水源；基本上各富水層向西延展入海域後，均逐漸尖滅而封閉於阻水層之中，理論上海水雖可透過阻水層補注進入地下水系統，然而大部分之溶鹽則被阻隔而尚未進入富水層中。從其中可見本區域的地下水流向，八卦山背斜的礫石層屬很容易入滲的材料，降雨入滲持續的補注地下水，地表逕流的部分匯集入貓羅溪，而地下水也會在較低處流入區排及貓羅溪，圖中地下水的最高點在背斜軸部可能不太正確，部分東翼地下的水流應會朝西補注入沖積扇的下游。地下因材料均一，軸線的東西兩側應有水流通，而貓羅溪海拔較高，入滲後的地下水應會向西補注。

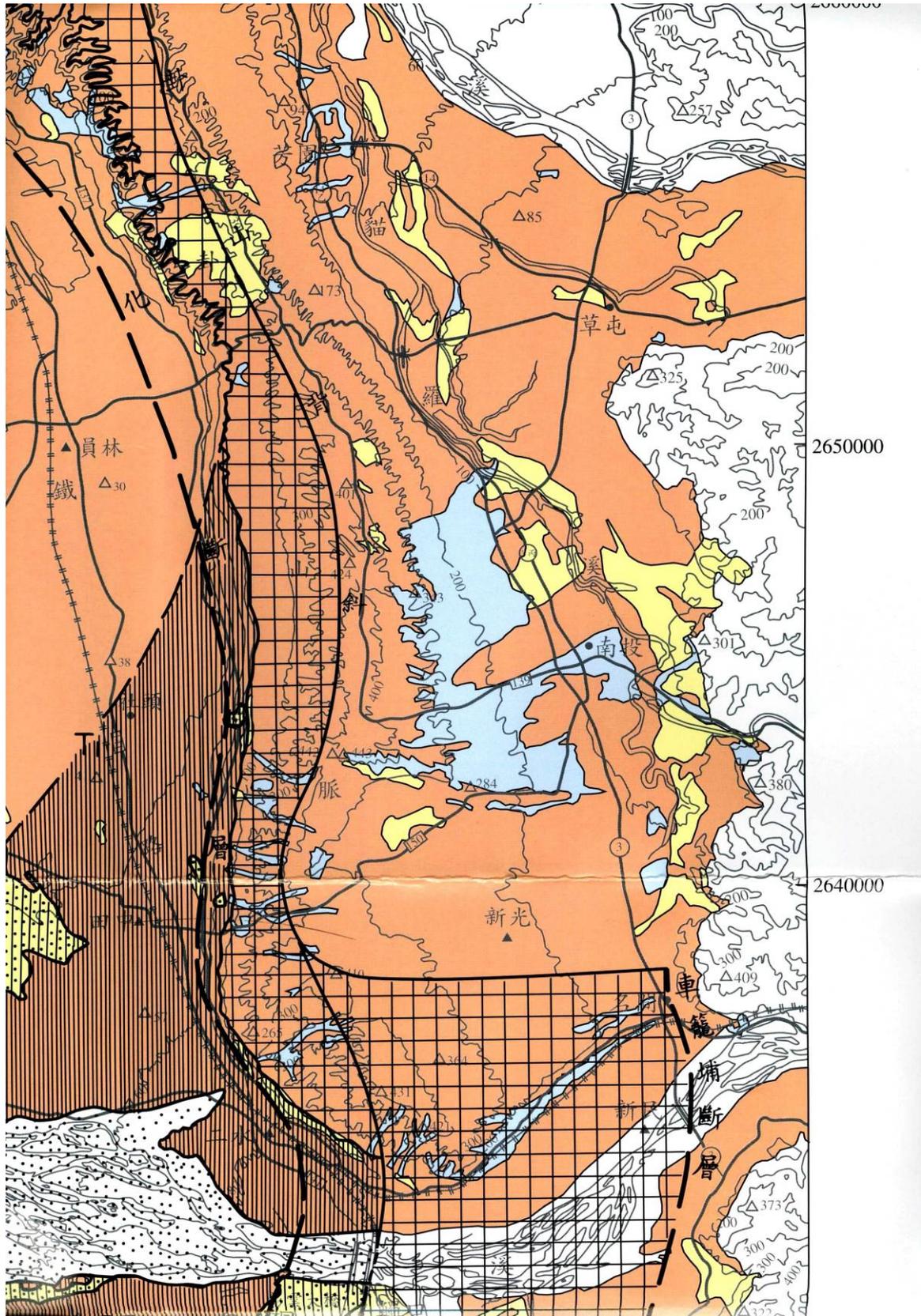


圖6-2-8 八卦山背斜的地表地質材料分佈圖

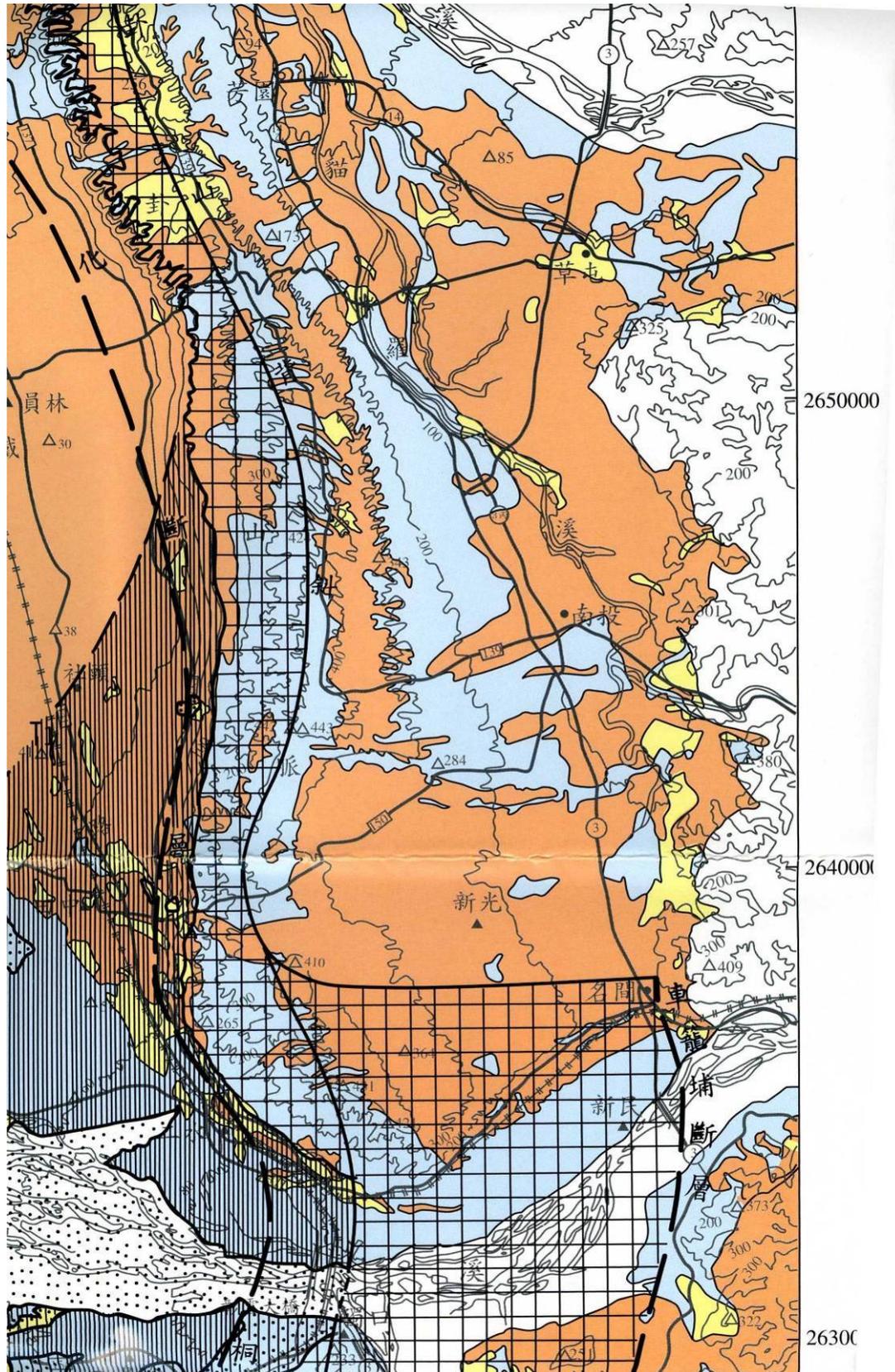
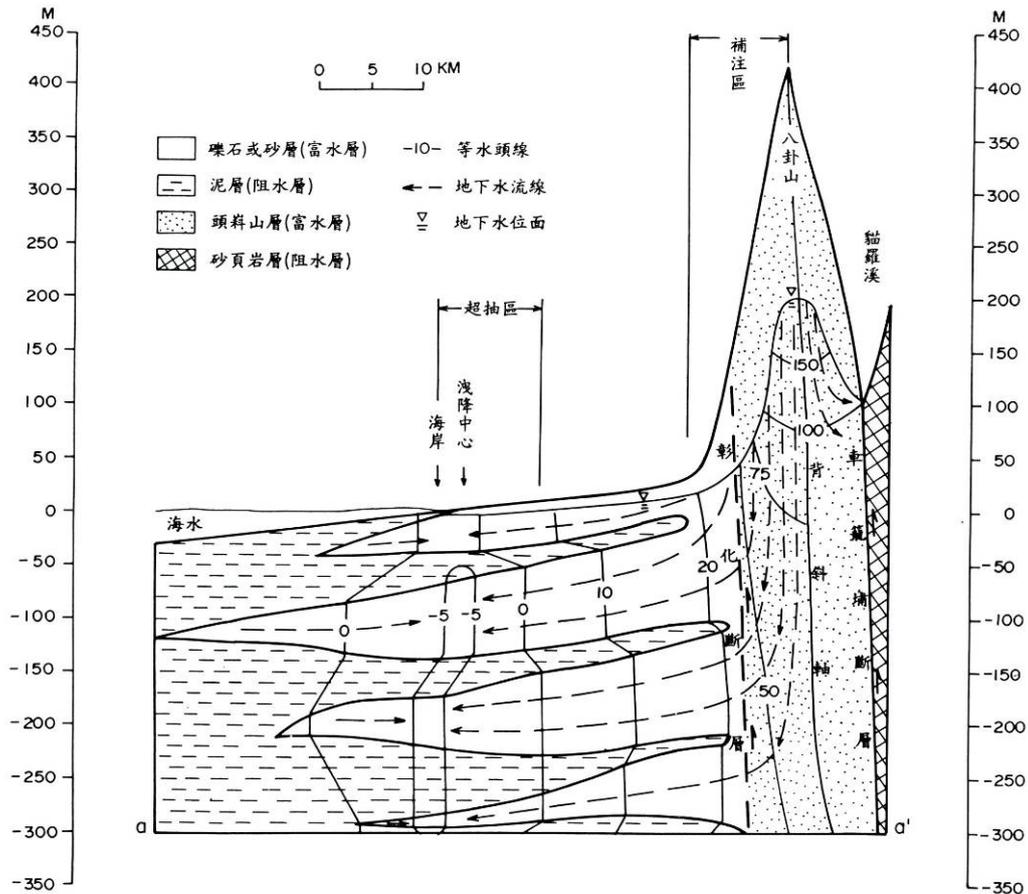


圖6-2-9 八卦山背斜的地下30公分地層材料分佈圖



(引用自經濟部中央地質調查所)

圖6-2-10 濁水溪沖積扇aa'剖面水文地質及地下水流概念模型

圖6-2-11為地下水站網計畫在鄰近地區的調查位置圖，再由站網計畫中的地下水觀測井試驗結果來看，本區域中有一處新光站，於三光國中設有觀測井，首先由探井結果圖6-2-12上顯示，除了地表土層外，250公尺深全是礫石層，只有很小部分有些許變異，可見其地層材料同於其他調查結果，確為完整的頭嵛山層的礫石。圖6-2-13為新光站所設置的兩口深淺層的抽水井與觀測井相對位置，圖6-2-14為各井詳細的建置圖，可以了解實際井深、井篩及地質材料。

圖6-2-15為新光站抽水試驗期間各個不同深度井的水位歷線圖，由於試驗期間遇持續性降雨補注，可見其補注造成水位上升的情形，淺井變化較大而深淺井的水位趨向一致。

由圖6-2-16可見八卦山七號井的岩心柱狀圖在30公尺附近及以上有部分含泥質礫石，較新的分類將其訂為八卦山層，與頭嵛山層作區隔，而在新光井岩心柱狀圖(見圖6-2-17)亦可見此地層分佈。

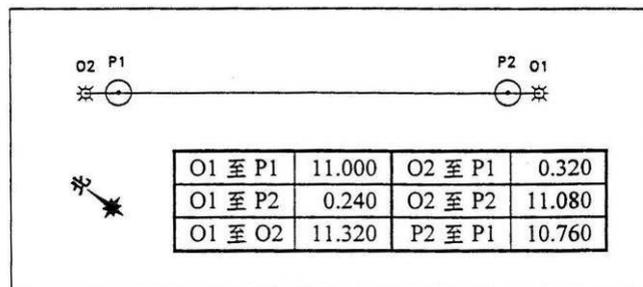
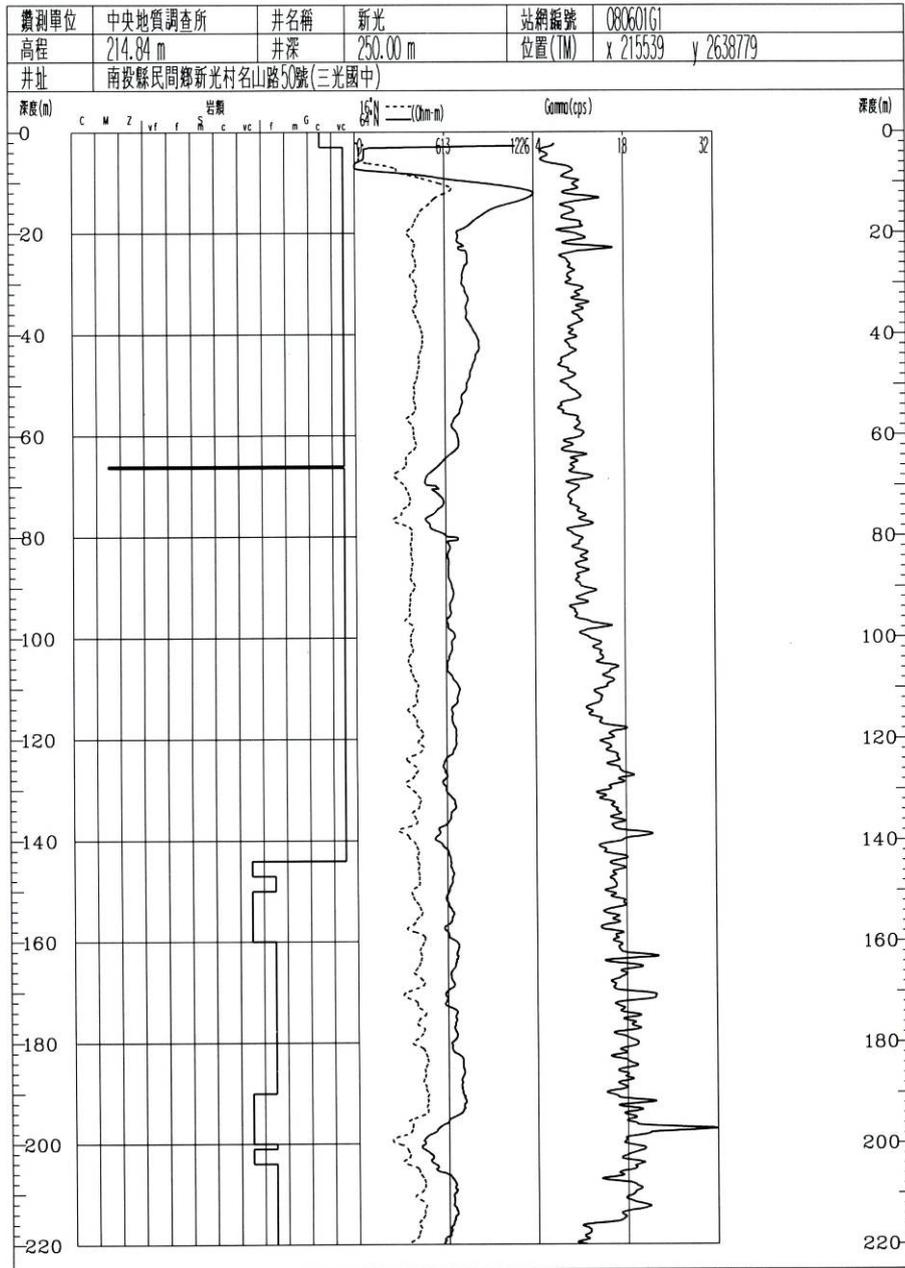


圖6-2-13 新光站各試驗井之相對位置及井距圖

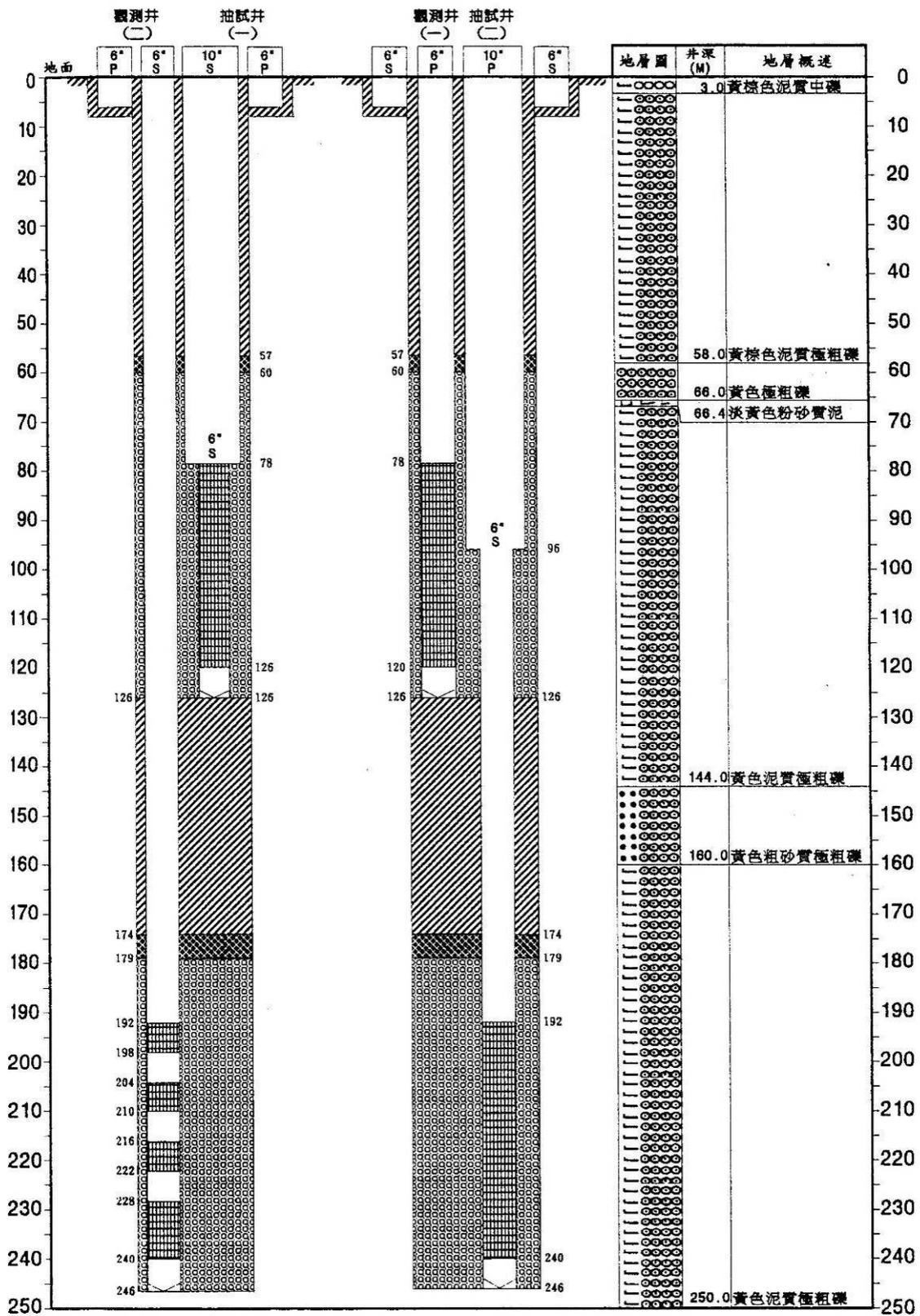


圖6-2-14 濁水溪地區新光觀測站地下水觀測井建置圖

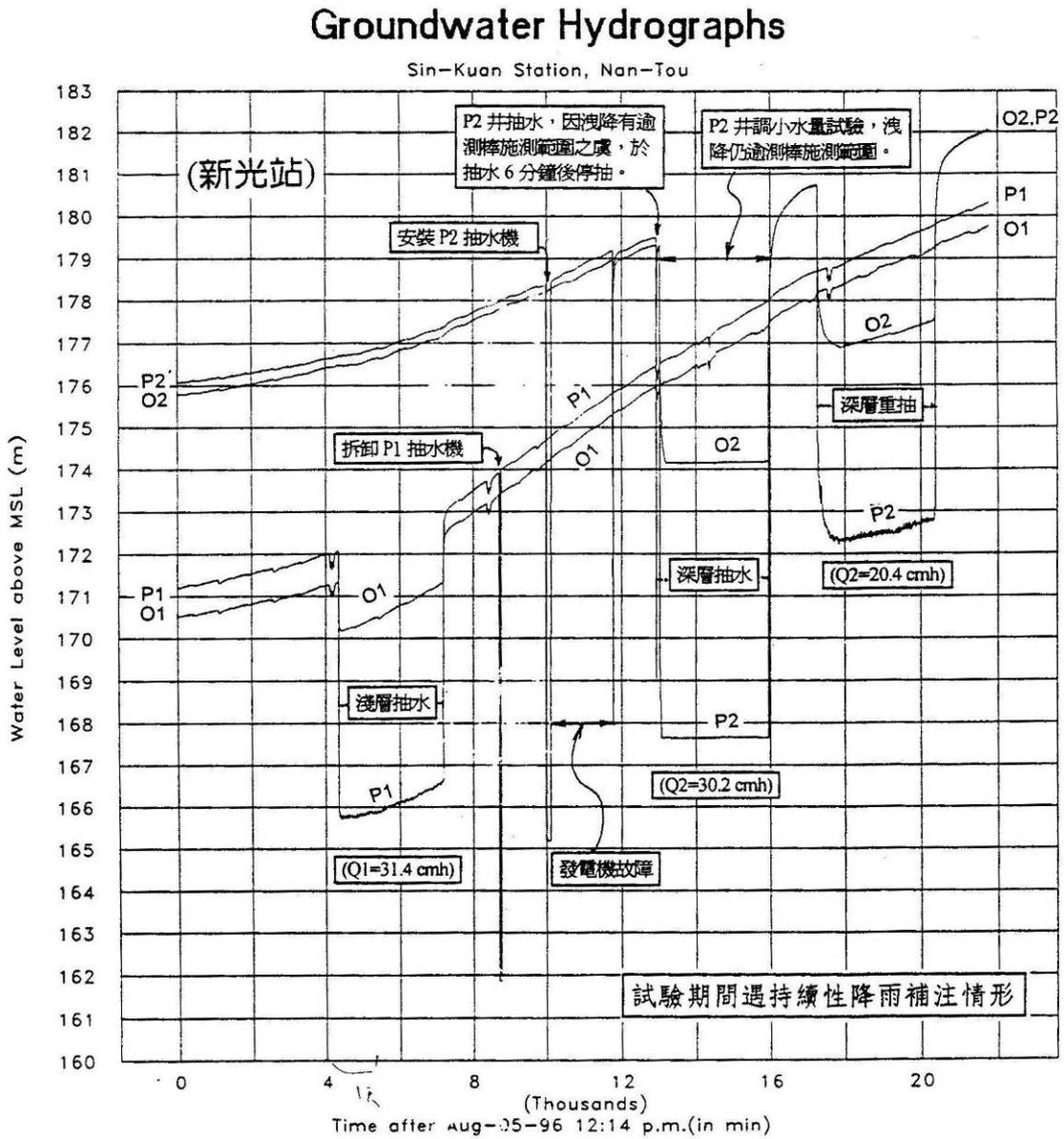
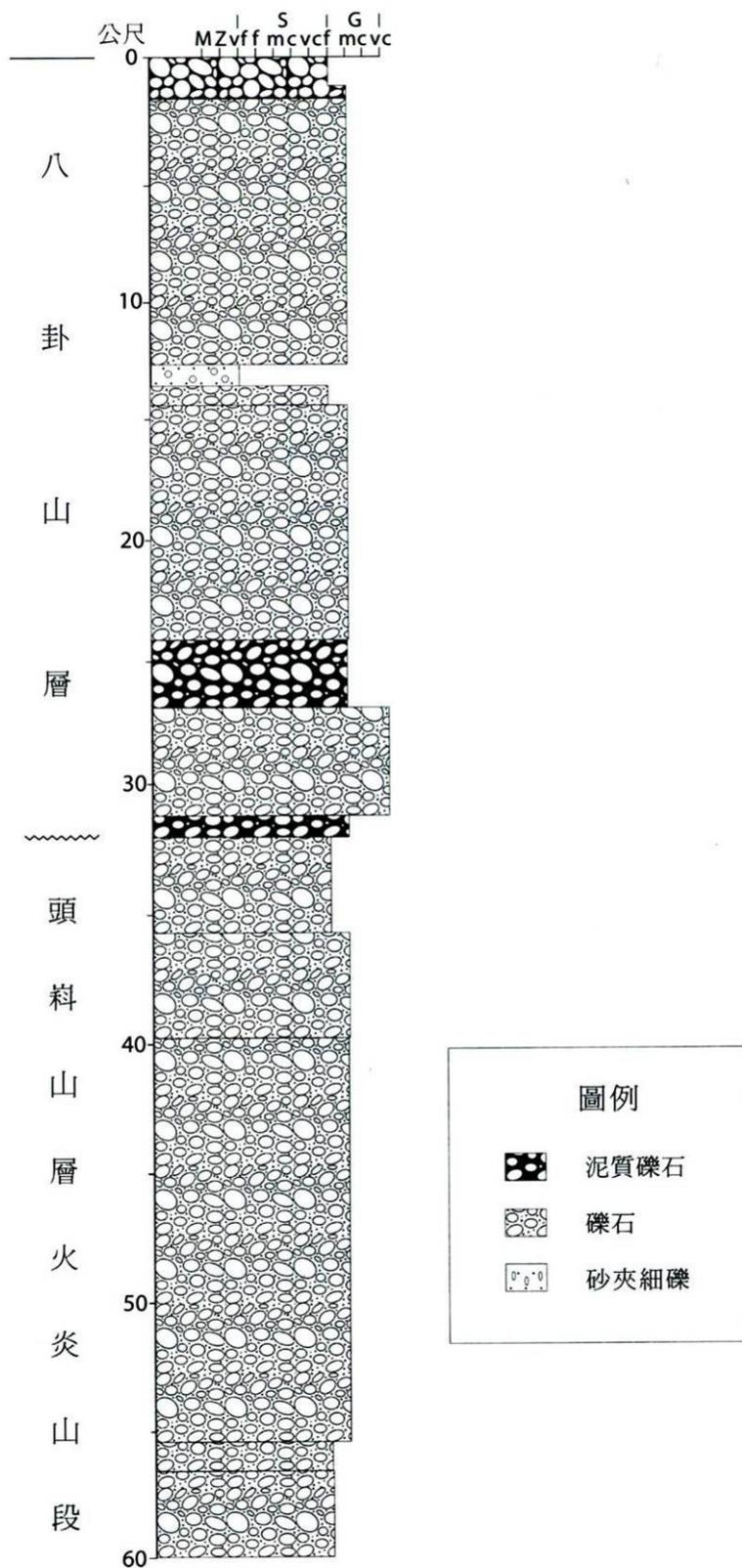
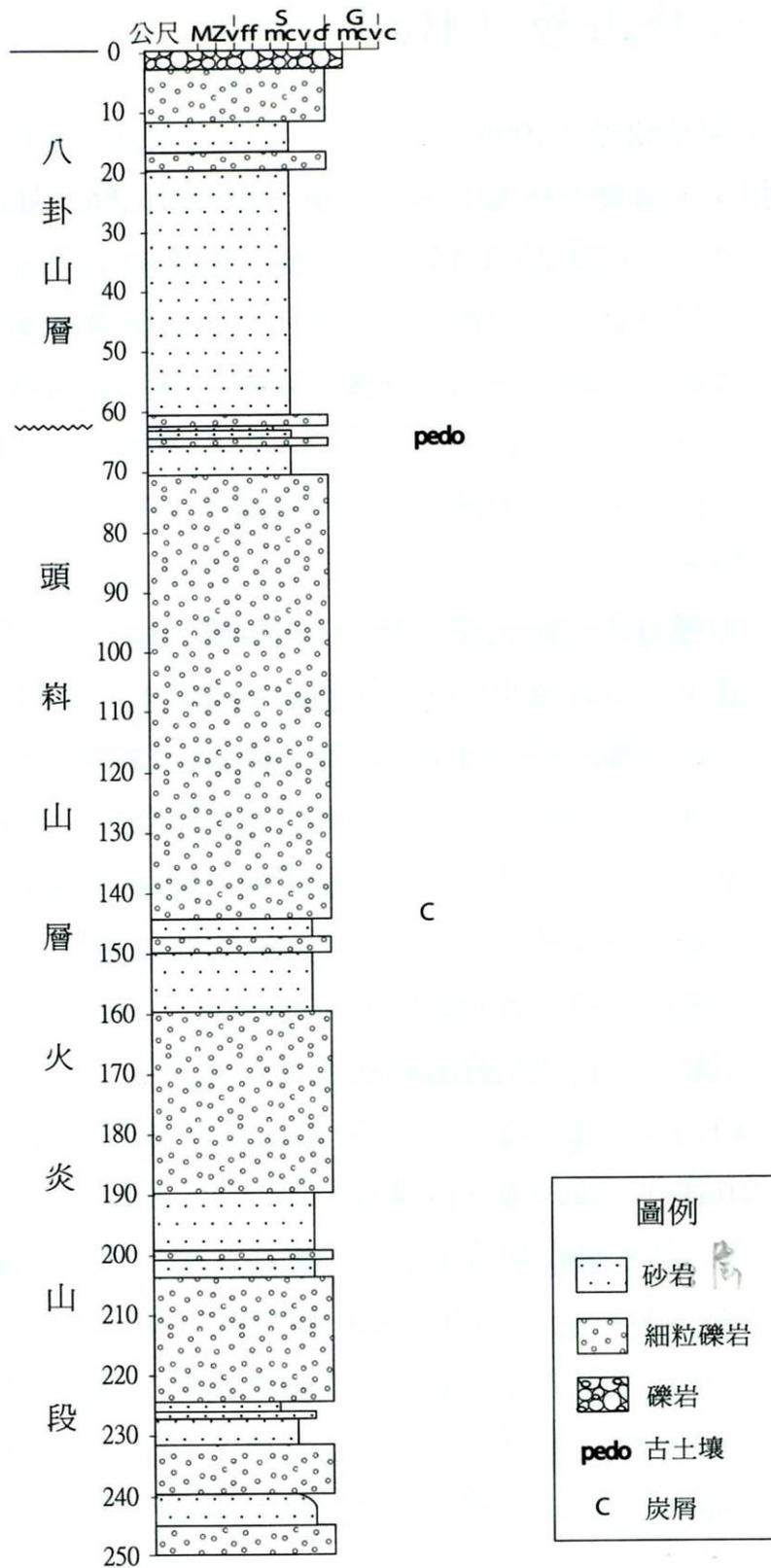


圖6-2-15 新光站抽水試驗期間各含水層之水位歷線圖



(圖片來源：經濟部中央地質調查所，1985)

圖6-2-16 八卦山七號井岩心柱狀圖



(修改自袁彼得，1996)

圖6-2-17 新光井岩心柱狀圖

2 土砂來源之控制

在本區排上游仍有一小部分集水區為淺山區，於平林溪右岸集水部分屬卓蘭層出露的山區，本地層為上新世淺水相的沉積物，由砂岩、粉砂岩、泥岩、頁岩等互層組成。其中砂岩呈淡青色或淺灰色，質地鬆軟，而頁泥岩等呈青灰色或暗灰色，互層中由於抗蝕力不同，常形成順向坡破壞，地形上呈現單面山或豬背地形。少部分靠河岸地區沿著平林溪有錦水頁岩出露，為上新世海相碎屑沉積岩，為深灰色頁岩層，具有發展良好的球狀剝離構造。本區範圍雖不大，但是在車籠埔斷層上盤，921地震時抬高，增加了沖蝕崩落的機率，如較北之包尾山崩塌，阻塞了平林溪的排水，區域內仍見數處崩塌，由於崩塌處離匯流口很近，其遞移比率很高，對區域排水影響很大，應編列專案實施治理工程。

圖6-2-18為921地震的車籠埔斷層經過本區的大致分佈(本圖摘自地工技術所發行之大地裂痕)，也是地表露頭卓蘭層與頭嵛山層的分界，圖6-2-19為斷層線在名間交流道附近的地層，圖6-2-20則是在沿著投25斷層線造成的變化。

由於921造成的斷層上盤升高數公尺，相對的，此區的坡地災害顯著，除了原受損之建物多已修復完成，但數處的崩塌，沒有直接安全威脅者並無後續處理。圖6-2-21為一處自稜線的深層崩落，崩落材料持續的提供下游土砂，圖6-2-22可見的單面山裸露的崩塌。

本區後續處理工程應以野溪整治方式實施，以固床構造，安定河床，並實施兩岸護岸工程以利排水，本區缺乏水資源，應減少農業行為，儘量以保育為主。

二高名間交流道 Min-Chien Interchange, 2nd Freeway

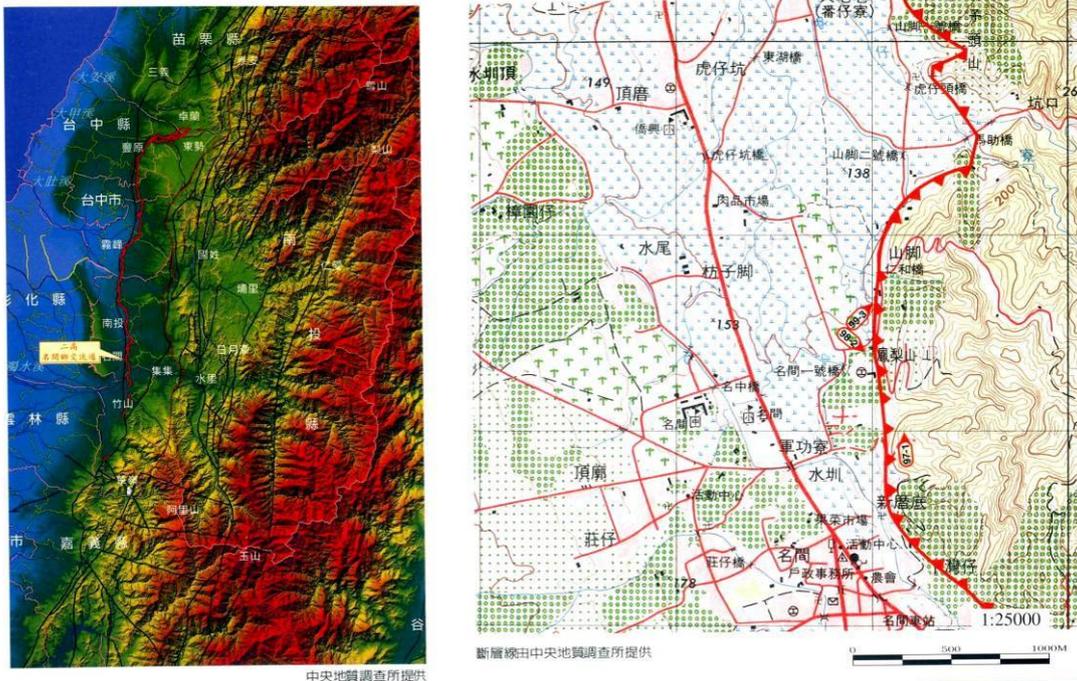


圖6-2-18 名間交流道與附近的斷層線



圖6-2-19 斷層線與正興築中之中部第二高速公路名間交流道南端交會

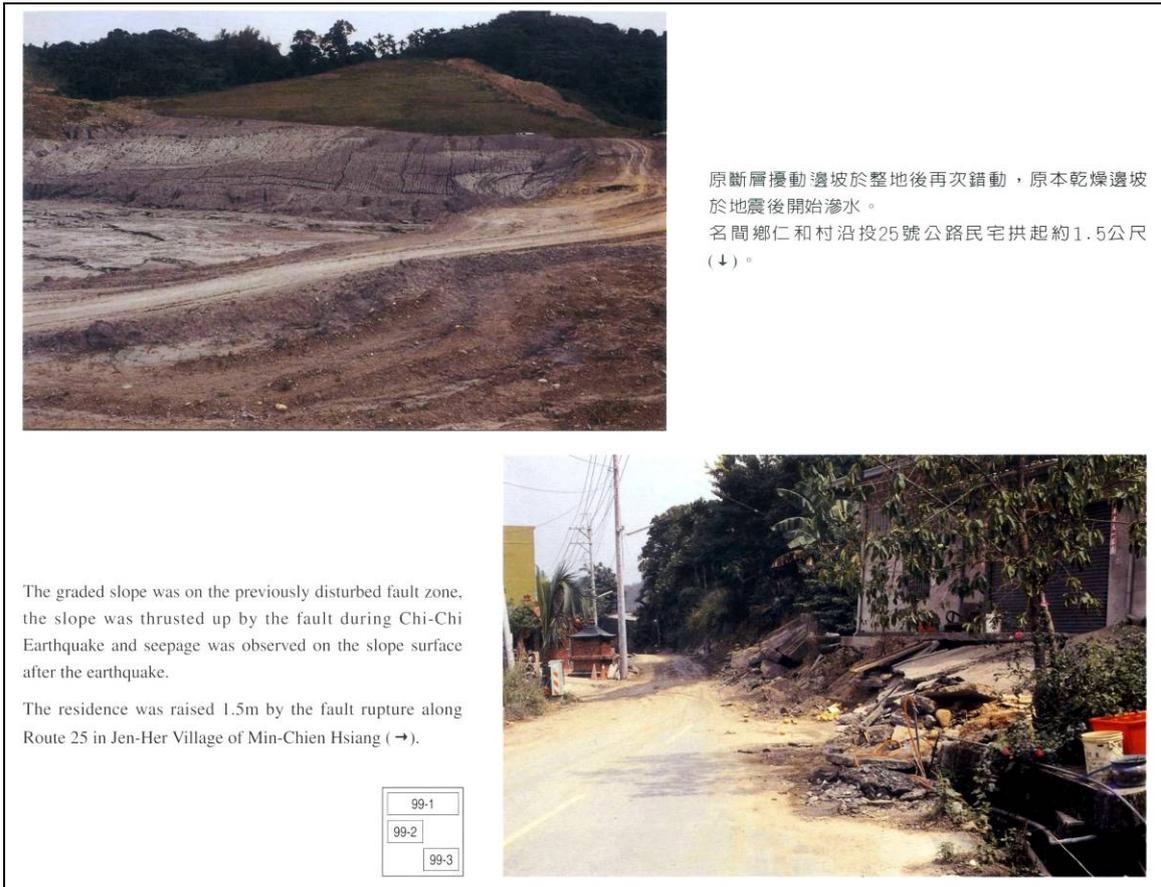


圖6-2-20 斷層線通過的證據



圖6-2-21 崩落的土壤(2008年拍攝)



圖6-2-22 崩落的陡坡(2008年拍攝)

3. 規劃內容

根據現地勘察資料及分析，搭配現況之水文、水理、土砂分析，及水土保持需求性一覽表，針對本集水區之坡面沖蝕、崩塌地、河道沖淤、道路水土保持、土石流潛勢溪流等問題，提出治理對策說明如表6-2-1所示，圖6-2-23為坑內坑溪區域排水上游集水區整體治理規劃圖，提供上游集水區水土保持策略研擬。

表 6-2-1 坑內坑溪排水系統水土保持需求性評估一覽表

工程名稱	工程地點		子集水區	TWD67 座標		工程內容	經費 (仟元)	執行 單位
	鄉鎮	村里		X	Y			
東勢坑崩塌地 治理工程	名間鄉	萬丹村	坑內坑排水	221065	2641100	1.鋪網噴植 1,550 m^2	1,705	南投 分局
坑口野溪崩塌地 治理工程	名間鄉	仁和村	坑內坑排水	220800	2639630	1.護岸 L=50m、H=3m 2.鋪網噴植 1,000 m^2	1,250	南投 分局
炭腳村邊坡崩塌地 治理工程	名間鄉	炭腳村	坑內坑排水	214590	2636465	1.擋土牆 L=90m、H=6m	4,185	南投 分局
千秋橋上游河道 清淤工程	南投市	千秋里	坑內坑排水	218386	2643604	1.清淤 10,000 m^3	2,500	南投縣 政府
八卦山台地入滲池 興建工程	名間鄉	新光村	坑內坑排水	215902	2640127	入滲池 1 座	15,000	南投 分局
八卦山台地入滲池 興建工程	名間鄉	新光村	坑內坑排水	216594	2638044	入滲池 1 座	15,000	南投 分局
合計							39,640 仟元	

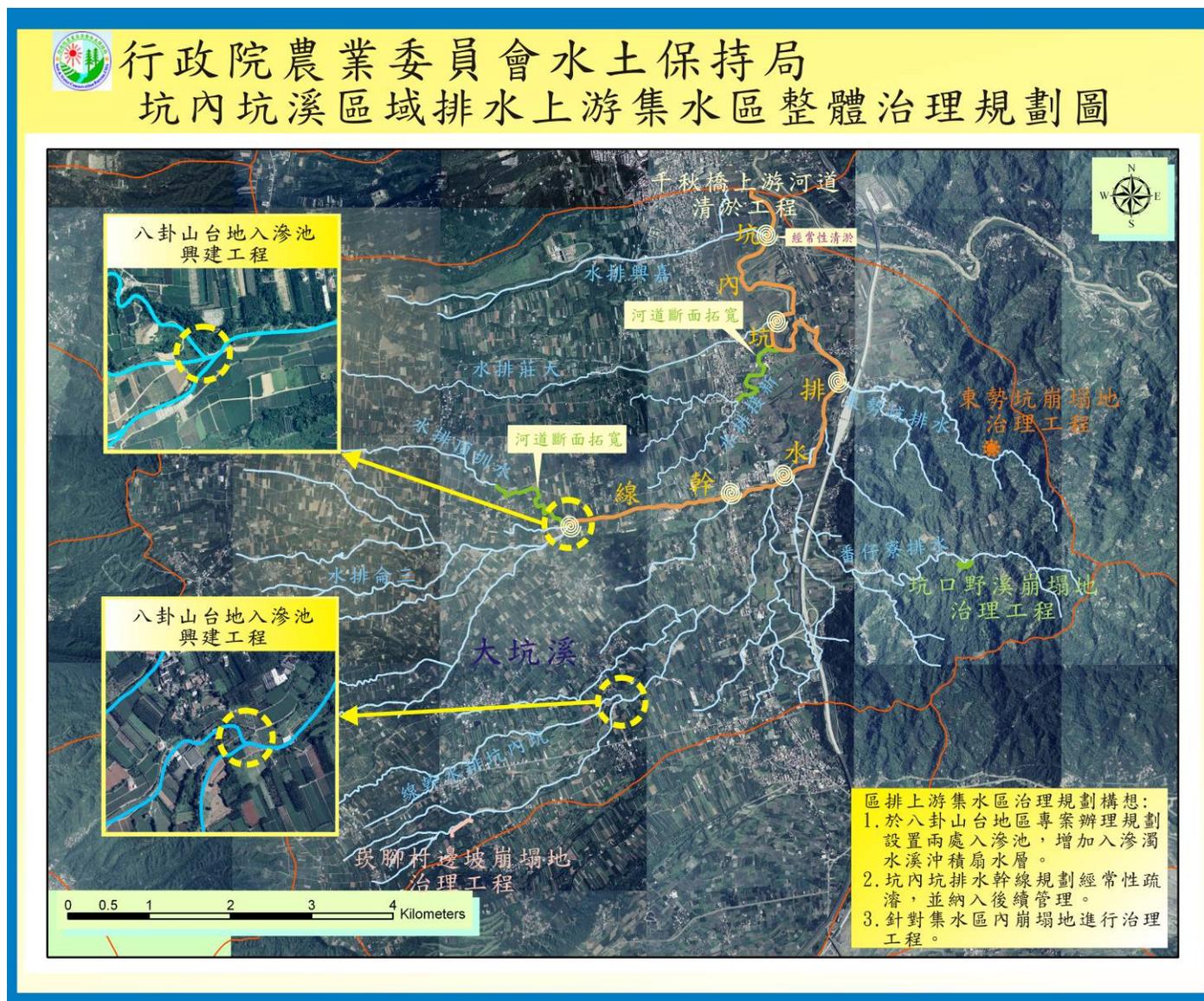


圖 6-2-23 坑內坑溪區域排水上游集水區整體治理規劃圖

6.2.2 拔馬溪排水系統

1 拔馬溪上游，社子橋以上

從圖 6-2-24 上可見，拔馬溪在社子橋以上就進入了較陡的山區，從圖 6-2-25 可以明顯看出山溝谷口的地形，在社子橋上游，另有明德橋，此河段高差相當大，溪床均已淤滿，再往上游仍有多處固床工，並有一較主要的防砂埧與相鄰護岸，見圖 6-2-26，防砂埧上游已全淤滿並淹沒兩岸，溪床變的相當寬，可見本區野溪床已滿載，再有後續泥砂及大洪水，極易帶動土砂向下移動，經社子橋後進入市區，極易引發洪泛淹水。

從圖 6-2-27 往下看有相當的落差，土砂無法停留都會流過社子橋。社子橋往上游看，圖 6-2-28 可見渠道堆積土石與流路刷深破損，有待修復。往下游(見圖 6-2-29)皆已是人工渠道，尚屬安定。再來看更上游的部分，從玉峰大橋往水里看，約略為東向(圖 6-2-30)，左側為二坪仔，接著就是拔馬溪的上游集水區，靈骨塔後方即為台 21 線，右手邊則為頂崁所在，可見一平台的地形，與水里有相當大的高程差，由圖 6-2-31 可見，前方的水里高工為本區域最低窪的地方，為主要易淹水區。

本集水區最上游到達武登村的銃櫃，大致為通谷的地形與頭社相鄰，圖 6-2-32 可見整座山頭地勢緩起伏，遍植檳榔，其中溪谷很深，從圖 6-2-33 可見路邊的下邊坡很深的 V 型谷，沖蝕嚴重，偶見溪岸土石崩落，提供了下游泥砂的來源，黃土深厚的土層，圖 6-2-34 可見溪床刷深土石流失。整體高度風化的紅土礫石層風化之表土，對後續泥沙對下游仍存威脅，應納入治理規劃。在社子橋上游約兩公里內範圍，無名瀑布以下是適合作沉砂的位置，惟仍應考量河道變化及將來清淤後管理的適合性。



圖 6-2-24 水里地區空照圖



圖6-2-25 拔馬溪之山溝谷口(2009年拍攝)

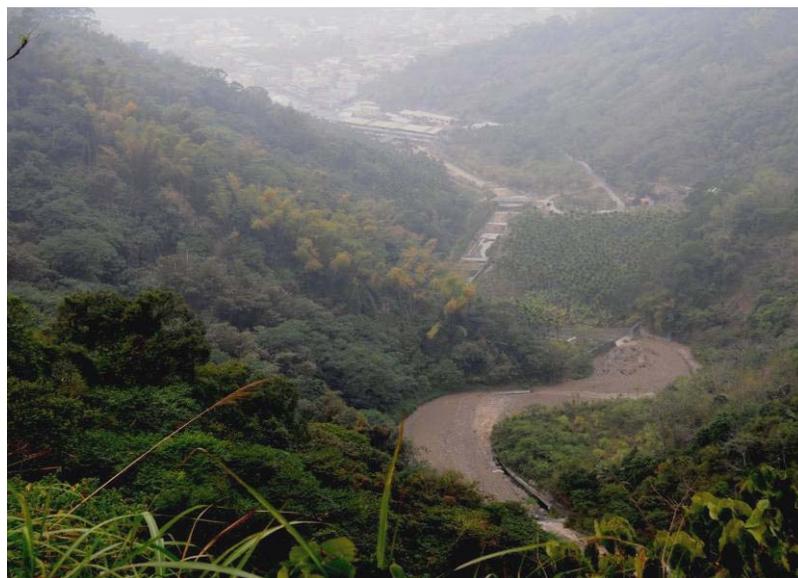


圖6-2-26 拔馬溪之中游溪床(2009年拍攝)



圖6-2-27 明德橋下游之治理工程(2009年拍攝)



圖 6-2-28 社子橋上游面(2009 年拍攝)



圖 6-2-29 社子橋下游面渠道(2009 年拍攝)



圖 6-2-30 由玉峰橋上看水里(2009 年拍攝)



圖 6-2-31 水里高工地處低窪(2009 年拍攝)



圖 6-2-32 武登村之坡地(2009 年拍攝)



圖 6-2-33 本區山地源頭(2009 年拍攝)



圖 6-2-34 本區溪岸崩落處(2009 年拍攝)

2 流木坑溪

流木坑溪為編號支流一，由頂崁地區集水，圖 6-2-35 可見頂崁街道所在的平台，為山區間的平坦地形，為本支流的源頭，因開發已久，有既設的排水系統，無上游集水區治理的問題。從圖 6-2-36 比下游的水里高出許多，中間還經過了相當範圍的坡地與農地，而流木坑流至低處進入了設子堤防內側的排水溝。社子堤防是永興橋位置(圖 6-2-37 著整個水里地區一直連接到玉峰大橋，此段低窪區即名社子，這個濁水溪主流的堤防也限制了區域的排水，堤防相對堤內高出很多(見圖 6-2-38、6-2-39)，是本區易淹水最主要的原因，圖 6-2-40 為堤內的排水溝，大致沿堤後道路構築，圖 6-2-41 為從高處往下下

看堤防內部分為低窪地區，應檢討淹水的可能性。

在流木坑匯入拔馬溪口位置，由圖 6-2-42 可見兩條支流的匯入口，分別為支流 1 的明渠，前述的排水溝及支流 2 的暗渠。拔馬溪此段匯流口往上游，由圖 6-2-43 可見渠道內淤積，環境並無整理，應改善。匯流後穿越堤防到堤外後，仍有大片開發利用的土地，流路引導至一人造石籠護岸的流路，平緩的沿堤防外側到水里溪的匯流口，本段平緩，不利排水(見圖 6-2-44、圖 6-2-45)，會回水影響堤內水的排出，應設法改善。

整體而言，拔馬溪區排的地形不利於排水，目前的排水系統功能不足，應加改善。其策略應朝擴大下游出水能力著手，過去淹水的記錄集中在出口附近的水里工商，可見為出口排水能力不足所致，應打通其出口。

由台灣堡圖本區域(見圖 6-2-46)在一百年前的地形圖上可見，濁水溪在此段分辦流狀，為沖積地形，目前社子堤防所在原為水流路，低窪的地方，再到日治時代的地圖(圖 6-2-47)，可清楚看見原來區域的排水，兩條排水路都是直接向西匯入濁水溪主流，目前的流路受土地利用而改變，應設法恢復或改善，重建分流是不錯的方向。



圖 6-2-35 頂崁地區(2009 年拍攝)



圖 6-2-36 上游高地與下游低地(2009 年拍攝)



圖 6-2-37 社子堤防起點(2009 年拍攝)



圖 6-2-38 社子堤防堤內低窪(2009 年拍攝)



圖 6-2-39 社子堤防堤內住戶處低窪(2009 年拍攝)



圖 6-2-40 社子堤防堤內排水(2009 年拍攝)

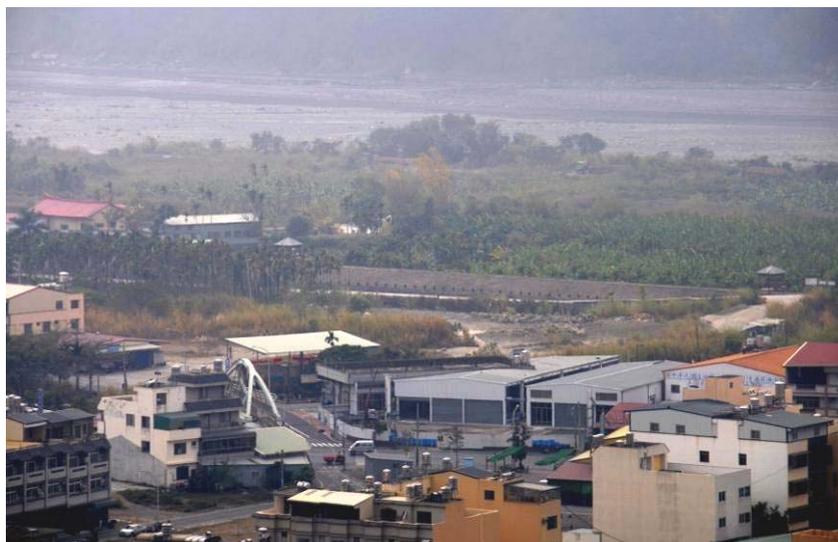


圖 6-2-41 社子堤防堤內易淹水處(2009 年拍攝)



圖 6-2-42 拔馬溪支流匯流口(2009 年拍攝)



圖 6-2-43 拔馬溪最下游段(2009 年拍攝)



圖 6-2-44 拔馬溪區排出口(2009 年拍攝)



圖 6-2-45 拔馬溪區排出口外側(2009 年拍攝)

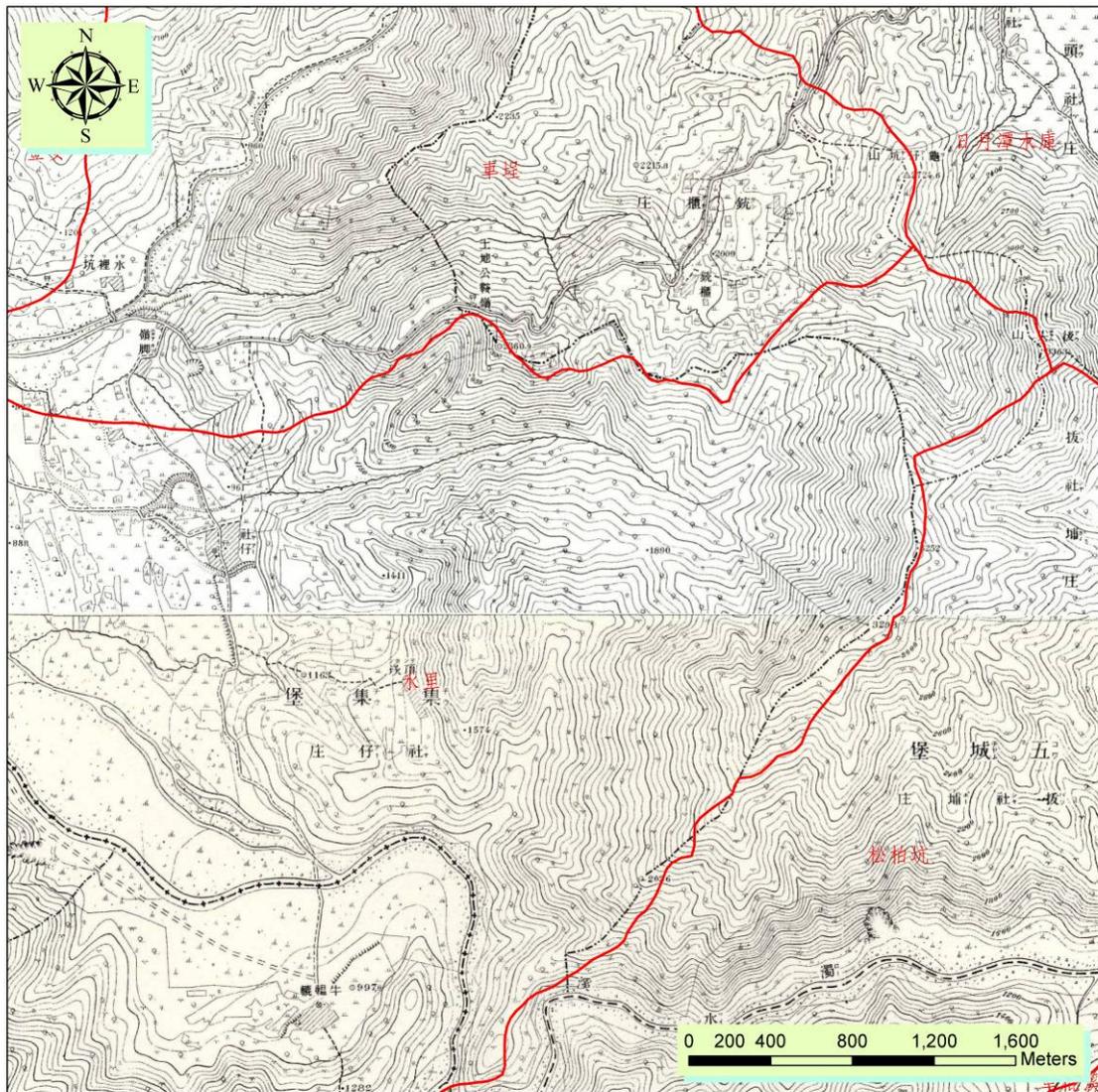


圖 6-2-46 拔馬溪範圍 1904 年台灣堡圖地形圖

表 6-2-2 拔馬溪排水系統水土保持需求性評估一覽表

工程名稱	工程地點		子集水區	TWD67 座標		工程內容	經費 (仟元)	執行單位
	鄉鎮	村里		X	Y			
土地工鞍嶺崩塌 治理工程	水里鄉	鉅工村	水里	236710	2634430	蛇籠護坡 L=80m、H=4m	1,600	林務局 南投林管處
明德橋上游野溪 整治工程	水里鄉	鉅工村	水里	235610	2634435	1.箱籠護岸 L=30m、H=4m 2.坡面排水設施 3.河道疏濬 10,000 m^3	3,200	南投分局
社子橋上游河道 清淤工程	水里鄉	鉅工村	水里	235050	2633983	1.清淤 8,400 m^3	2,100	南投縣政府
拔馬溪分洪渠道 興建工程	水里鄉	永豐村	水里	234111	2633197	1.分洪堰 1 座 2.側流堰 1 座 3.分洪水路新設渠道 360 米 4.出水結構 1 座 5.排砂水門 1 座	6,500	南投分局
合計							13,400 仟元	

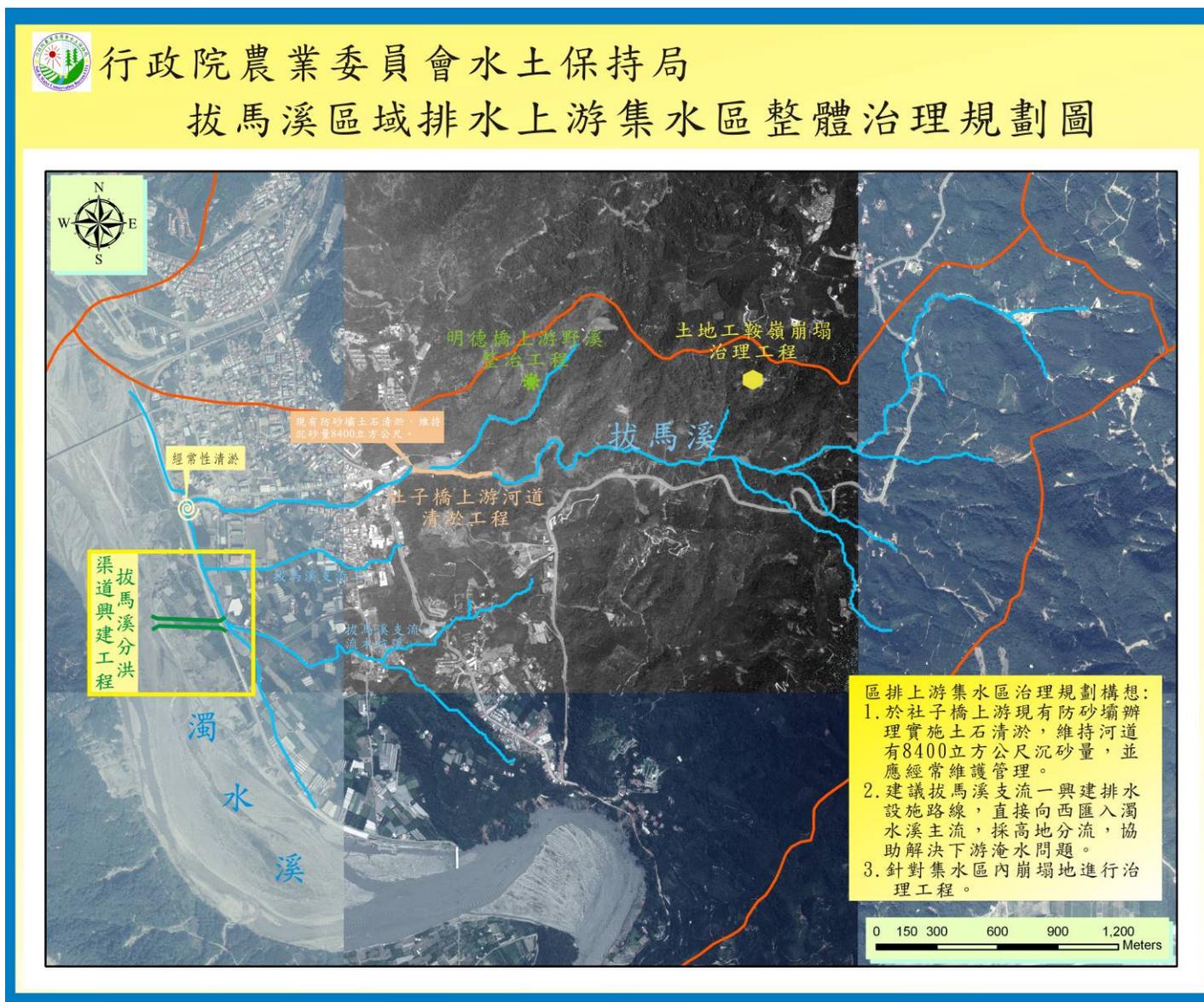


圖6-2-48 拔馬溪區域排水上游集水區整體治理規劃圖

6.2.3 清水溝溪排水系統

分區水土保持檢討

本區範圍上游集水區大致依其地形與地理可分為三區，包括(1)坑口埤支流，由雞籠山鹽水巷流出；(2)主流由北勢坑流出及(3)頭埤支流由集集大山經富山後匯流入北勢坑主流，以下分項描述各區域概況：

1. 匯流口段，集集攔河堰以上大約 1 公里的最下游段

由圖 6-2-49 可見，最下游匯流口段平時積水，受攔河堰影響控制，沿此段河床有刷深跡象，見圖 6-2-50，應是受攔河堰排水影響，到了鐵路橋位置，見圖 6-2-51 有攔河取水，提高水位，再稍往上即為坑口埤匯流口，本段平時有積水，顯示受攔河堰影響控制，現況尚佳，部分有河道刷深，背填土流失，見圖 6-2-52。



圖 6-2-49 匯流口附近(2009 年拍攝)



圖 6-2-50 下游河段刷深(2009 年拍攝)



圖 6-2-51 橋樑保護工(2009 年拍攝)



圖 6-2-52 河岸刷深(2009 年拍攝)

2.坑口埤支流

本區坡度較緩，河道安定，有局部刷深，沒有太多構造物，圖 6-2-53 上顯示的破壞應加以修復，本區有泥岩出露，不利邊坡穩定，崩落會造成土砂來源增加，不過整體而言，並不嚴重，暫無急需治理。在 139 線上有道路路面下陷(見圖 6-2-54)，應為路基材料流失，下邊坡擋土牆很高，應有背填土淘空流失，應加注意。



圖 6-2-53 固床工破壞(2009 年拍攝)



圖 6-2-54 道路填方流失(2009 年拍攝)

3.北勢坑清水溪主流

本區諸多支流匯集後，經人工渠道向下游排出匯流口，北勢橋附近為平坦地，應是過去土石淤積的結果，見圖 6-2-55，兩岸仍可見土石淤積的痕跡。本區土地利用密集，且河道已無法擴充，應尋求沉砂位置，以免後續土砂進入下游影響集集鎮的安全，圖 6-2-56 為頭埤支流的匯流口，本區相對平坦。

往上游走，見圖 6-2-57，河床平坦，應是水流沖刷結果，沒有深槽流路，再看其河道(見圖 6-2-58)，坡地富大粒石頭，河床亦有刷深，圖 6-2-59 可見稜線上到了中寮鄉的界限。由圖 6-2-60 可見植生覆蓋下河道很深。由圖 6-2-61 可見人工渠道尚屬安定。

綜合本區大致情況如下，上游坡面很陡，溪床很深，主要為本區地質材料不耐沖蝕，其他尚屬安全，到了中游段北勢橋附近，為天然沉砂堆積的地點，應整理河道，施設沉砂空間，避免造成災害。



圖 6-2-55 北勢橋附近平坦(2009 年拍攝)



圖 6-2-56 匯流口渠道不整(2009 年拍攝)



圖 6-2-57 本河段平坦不利輸砂(2009 年拍攝)



圖 6-2-58 既有河道下切破損(2009 年拍攝)



圖 6-2-59 稜線附近(2009 年拍攝)



圖 6-2-60 河道刷深兩岸崩壞(2009 年拍攝)



圖 6-2-61 河道刷深(2009 年拍攝)

4.頭埤支流

本區為整體區排之最上游，東側的部分由富山往上大致到石盤橋附近，可以見自來水取水設施，河道有刷深，下游面整治工程不足，建議應有整體治理實施，並重新規劃河道高程(圖 6-2-62、6-2-63、6-2-64)，其更上游處(見圖 6-2-65)大石頭堆積河床嚴重，極易泛濫成災，在上邊坡涼亭停車部分有擋土牆背填流失，顯示地表水控制不好，擋土不穩定，應加改善(見圖 6-2-66)。

綜合而言，頭埤支流土石崩落嚴重，為集集大山以下之上游集水區，本區之土石易造成清水溝易淹水，應實施野溪整體治理及設法分流不再匯入清水溝溪，由特生中心前之平坦地，本區之天然排水路應由此直接流入濁水溪，目前之流路為土石堆積人為整理造成不利下游區排，圖 6-2-67 可見其全貌，而圖 6-2-68 可見濁水溪受集集攔河堰截斷造成的淤積及清水溝匯流口的相關位置。



圖 6-2-62 大型防砂埧深刷(2009 年拍攝)



圖 6-2-63 下游面河道待整理(2009 年拍攝)



圖 6-2-64 河床刷深(2009 年拍攝)



圖 6-2-65 河道待整理(2009 年拍攝)



圖 6-2-66 填方土石流失(2009 年拍攝)



圖 6-2-67 集集兩岸空拍(2004 年拍攝)



圖 6-2-68 集集攔河堰空拍(2004 年拍攝)

3. 規劃內容

根據現地勘察資料及分析，搭配現況之水文、水理、土砂分析，及水土保持需求性一覽表，針對本集水區之坡面沖蝕、崩塌地、河道沖淤、道路水土保持、土石流潛勢溪流等問題，提出治理對策說明如表6-2-3所示，圖6-2-69為清水溝溪區域排水上游集水區整體治理規劃圖，提供上游集水區水土保持策略研擬。

表 6-2-3 清水溝溪排水系統水土保持需求性評估一覽表

工程名稱	工程地點		子集水區	TWD67 座標		工程內容	經費 (仟元)	執行 單位
	鄉鎮	村里		X	Y			
清水溝溪上游野溪 整體治理規劃	集集鎮	永昌里	清水溪	229172	2636522	專案辦理	4,000	南投 分局
清水溝溪高地分流 整治工程	集集鎮	八張里	清水溪	229740	2636389	1.分洪堰 1 座 2.側流堰 1 座 3.分洪水路新設渠道 237 米 4.分洪水路渠道改善 1,237 米 5.出水結構 1 座 6.排砂水門 1 座	14,700	南投 分局
竹仔坑橋上游河道 整治工程	集集鎮	廣明里	集集	228697	2637939	護岸 L=150m、H=4.2m	2,000	南投 分局
合計							20,700 仟元	

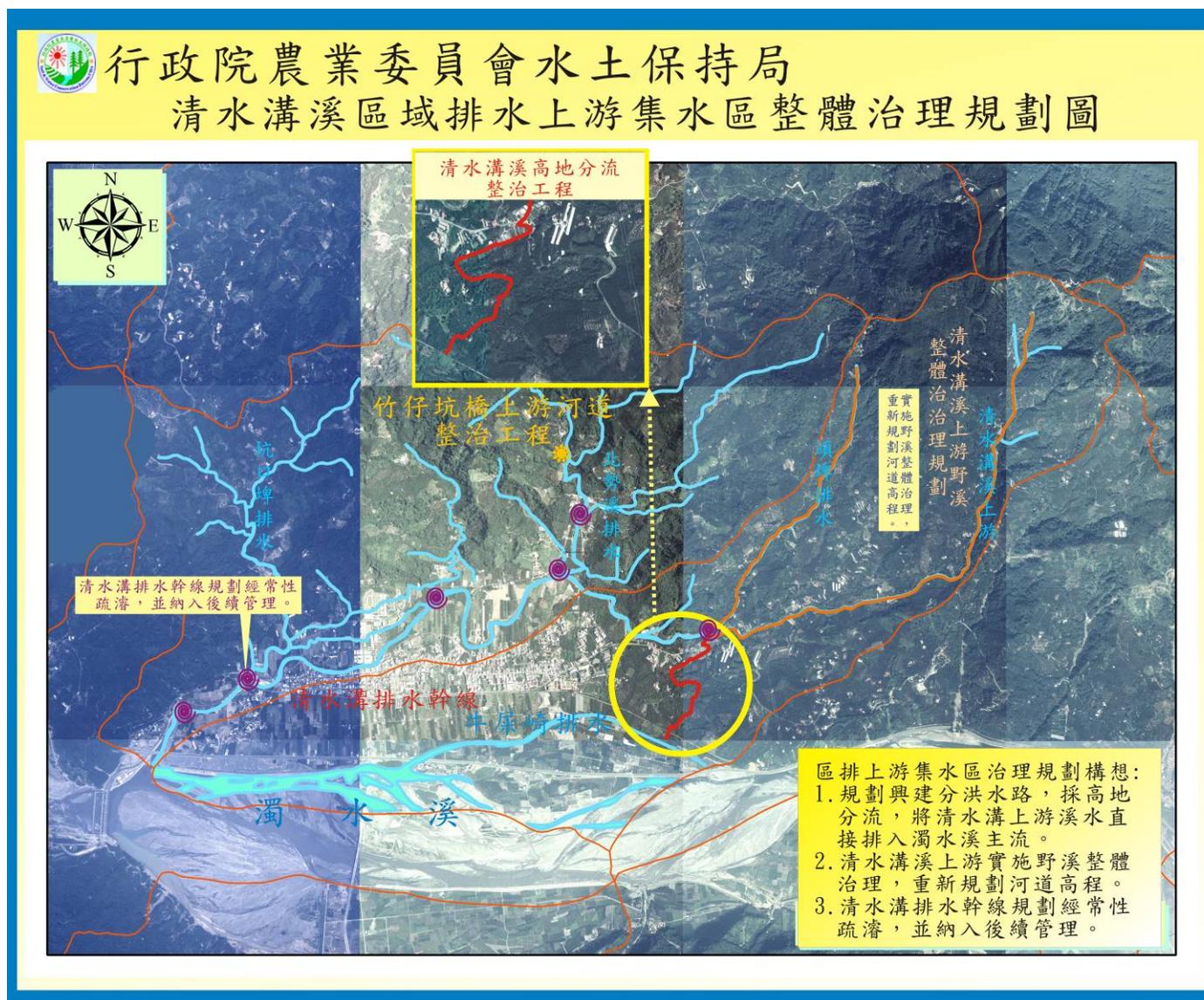


圖6-2-69 清水溝溪區域排水上游集水區整體治理規劃圖

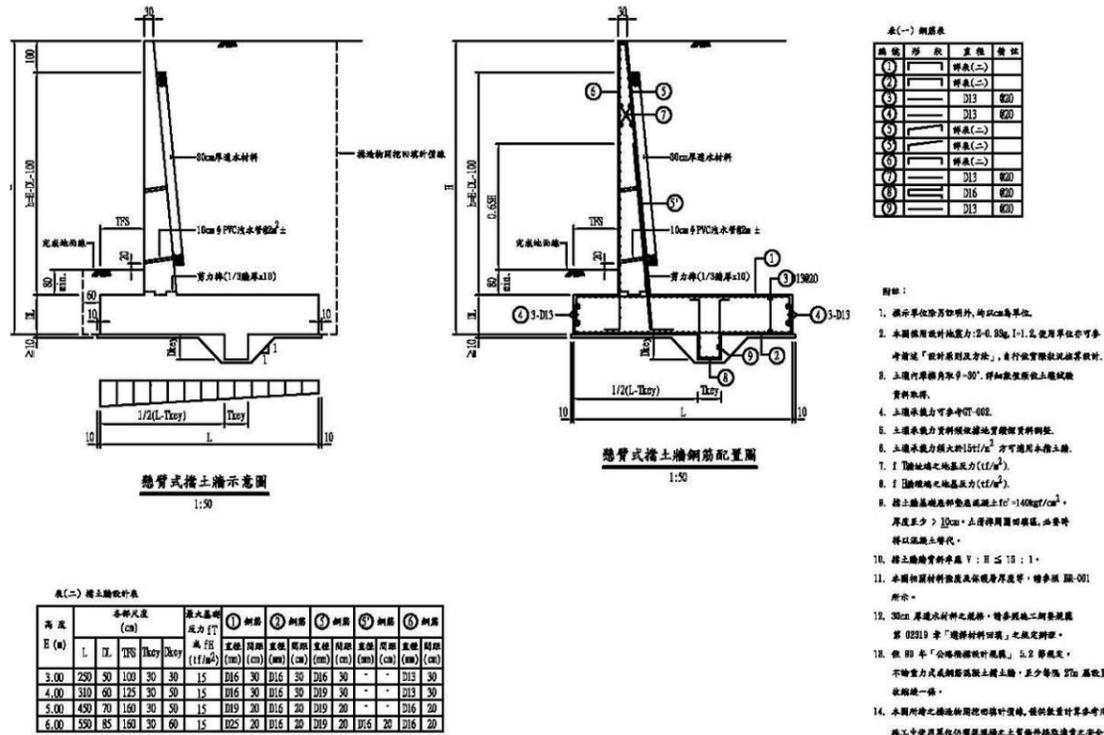


圖 6-2-70 懸臂式擋土牆標準圖

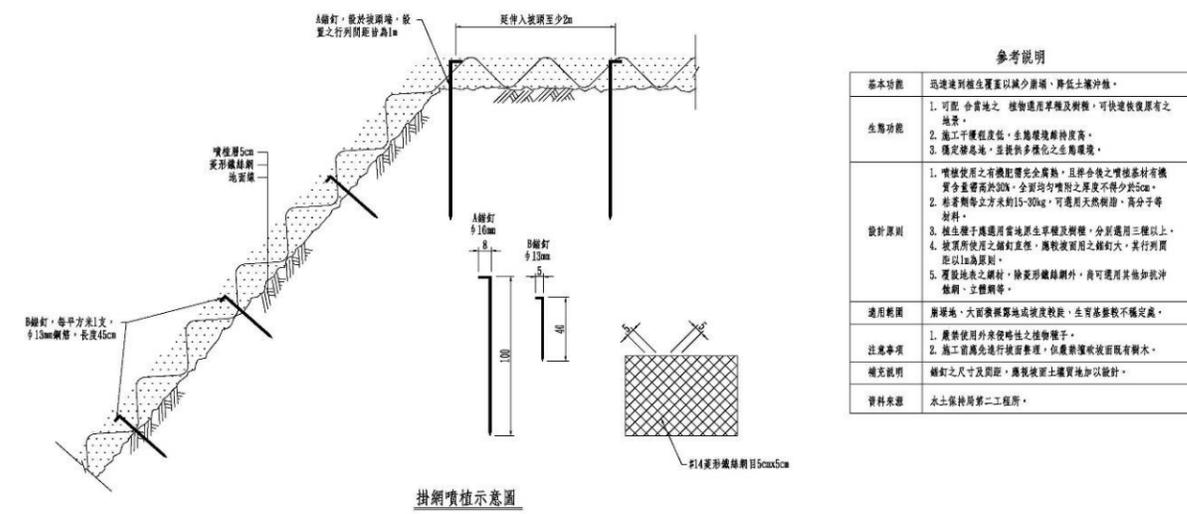


圖 6-2-71 掛網噴植標準圖

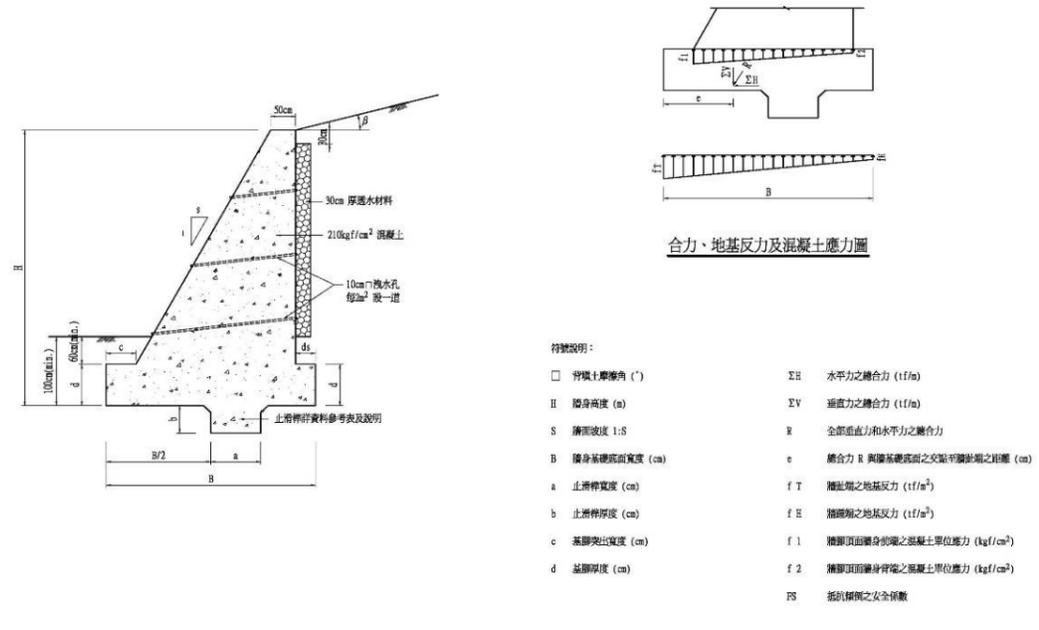


圖 6-2-72 重力式擋土牆標準圖及應用說明

表(三) 各種地層之地基容許反力與附屬參考表

註：以上地基容許反力僅供參考。(參考公路局路-001)

說明：

- 土質性質與設計參數應由實際之地質調查試驗報告中取得，表(一)、(二)、(三)僅供參考。
- 本設計採用土層傾角參數 $\phi = 35^\circ$ ，牆與土層間之摩擦角 $\delta = 22^\circ$ 。本設計僅供參考，實際工程應與地質條件相結合進行設計。
- 本設計僅供參考，應根據實際工程之具體情況進行調整。本設計僅供參考，應根據實際工程之具體情況進行調整。
- 牆土總數應按表(二)之規定，並應根據實際工程之具體情況進行調整。
- 牆土總數應按表(二)之規定，並應根據實際工程之具體情況進行調整。
- 牆土總數應按表(二)之規定，並應根據實際工程之具體情況進行調整。
- 牆土總數應按表(二)之規定，並應根據實際工程之具體情況進行調整。
- 牆土總數應按表(二)之規定，並應根據實際工程之具體情況進行調整。

6.2.4 濁水大排排水系統

由排水系統及野溪調查，濁水大排系統位於名間鄉南方，集水區發源於八卦山脈最南端，集水區中上游多為丘陵，下游地區為濁水溪沖積平原，如圖 6-2-73 所示。

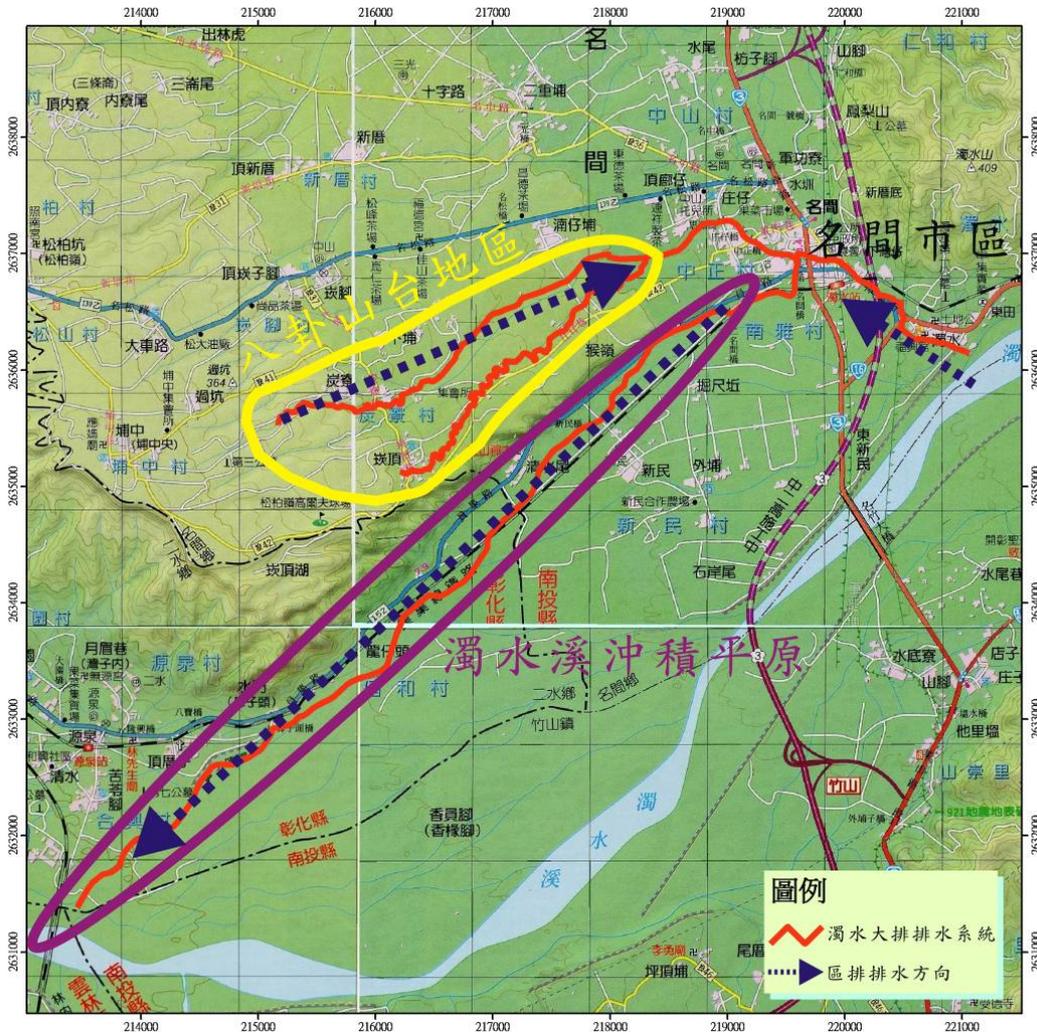


圖 6-2-73 濁水大排位置圖及排水方向

濁水排水幹線與濁水排水幹線-2 發源於八卦山台地區，上游集水區無崩塌，河道旁多種植農作物，土砂來源為八卦山地區表土沖蝕；濁水排水幹線-1 位於濁水村，發源於濁水山，上游集水區無崩塌，河道現況良好。

濁水大排排水幹線匯流位於名間市區，後流向西南方向濁水溪沖積平原，由於中下游位於平原區，此處河道坡度平緩，致使地區降雨逕流多就借道河道旁農田排水宣洩，造成農田排水容量不足產生溢淹。



圖 6-2-74 濁水排水幹線匯流口位名間市區(2009 年 8 月拍攝)



圖 6-2-75 濁水大排上游集水區位於八卦山台地最南端
(2009 年 8 月拍攝)



圖 6-2-76 濁水溪沖積平原地勢平坦(2009 年 7 月拍攝)

整體而言，濁水大排排水系統上游集水區無崩塌、坡面沖蝕災害，上游現況良好，無立即之危害，其主要問題為易淹水地區之淹水災害，發生於中下游排水系統。

6.2.5 獅尾堀排水系統

由排水系統及野溪調查，獅尾堀排水幹線位於竹山鎮北方，主要集水範圍為獅尾堀子集水區。其上游發源於枋寮巷附近之山區，上游屬山嶺區之野溪流，河床質粗大，平時流量極小，是為枋寮坑溪，上游集水區雖處於山嶺區域，但河道邊坡現況良好，無崩塌、坡面沖蝕等災害。



圖 6-2-77 獅尾堀排水系統上游位置圖 (2009 年 7 月拍攝)



圖 6-2-78 上游邊坡現況良好
(2009 年 6 月拍攝)

與隆恩南圳匯流口處，為地形上明顯分界，下游屬平原溪流，河床坡度越往下游越平緩，兩岸均為農田，河道蜿蜒彎曲。

由南圳匯流口以下至濁水溪河口，河道斷面寬度為 5 公尺至 10 公尺，每遇暴雨急流而下時，幾無法容納過大之洪水量，由於下游區排位於地勢平緩、住宅較為密集，造成獅尾堀排水系統區排排洪能力不足，易造成下游地區氾濫。

整體而言，獅尾堀排水系統上游集水區無崩塌、坡面沖蝕等災害，河道無土石堆積，其主要問題為易淹水地區之淹水災害，發生位於中下游排水系統。



圖 6-2-79 匯流口至濁水溪河口屬於平原區

6.2.6 中崎地區排水系統

中崎地區排水系統位於南投縣竹山鎮西側，主要集水範圍於清水溪子集水區東側，分為崎腳排水幹線及冷水坑排水幹線。由圖 6-2-80 高程圖所示，中崎地區排水系統集水區均低於海拔 250 公尺。

區排河道位於地勢平坦處，該集水區無崩塌、坡面沖蝕災害，且無土石來源，應為區排排洪能力不足，兼以濁水溪主流之堤防施作，容易造成堤後使用地相較下低窪，容易產生泥砂淤積及無法排洪之問題。



圖 6-2-80 中崎地區排水系統高程圖

由排水系統及野溪調查，該集水區無崩塌、坡面沖蝕災害，且無土石來源，區排河道位於地勢平坦處，區排排洪能力不足，兼以濁水溪主流之堤防施作，容易造成堤後使用地相形低窪，容易產生泥砂淤積及無法排洪之問題。

枋寮圳為崎腳排水幹線與冷水坑排水幹線匯流之河道，河道護岸安全無慮，唯雜草叢生嚴重，建議河道疏濬。



圖 6-2-81 河道內雜草嚴重叢生(2009年7月拍攝)

整體而言，中崎地區排水系統上游集水區安全無慮，主要災害問題為區排間易淹水之淹水災害。



圖 6-2-82 崎腳排水幹線上游廣角圖，地處平坦，地勢無明顯起伏

6.3 重點集水區治理優先順序

綜合集水區致災原因等分析，未來將全盤考量本計畫重點集水區個別之水土流失程度、保全對象、既有構造物需改善需求、河溪不穩定性等項目，擬定各項問題水土保持處理及維護之需要性，以確立重點集水區研擬其治理之優先順序。

依照第五章水土保持保育治理需要性分析所敘，本計畫優先辦理治理排水系統為坑內坑溪排水系統、拔馬溪排水系統、清水溝溪排水系統、獅尾堀排水系統、濁水大排排水系統、中崎地區排水系統。

表 6-3-1 重點集水區選定說明表

排水系統	原因	選定治理區排順序
坑內坑溪排水系統	已辦理過整體治理調查規劃，但仍是水患治理瓶頸，故列為本計畫重點集水區。	2
拔馬溪排水系統	已辦理過整體治理調查規劃，但仍是水患治理瓶頸，故列為本計畫重點集水區。	1
清水溝溪排水系統	已辦理過整體治理調查規劃，但仍是水患治理瓶頸，故列為本計畫重點集水區。	3
濁水大排排水系統	評估後，雖列為本計畫重點集水區，但不單獨編列治理計畫。	6
獅尾堀排水系統	評估後，雖列為本計畫重點集水區，但不單獨編列治理計畫。	7
中崎地區排水系統	評估後，雖列為本計畫重點集水區，但不單獨編列治理計畫。	8
蜈蚣崙排水系統	評估後，暫不列為本計畫重點集水區。	5
埔里盆地排水系統	已辦理過整體治理調查規劃，評估後，暫不列為本計畫重點集水區。	4
木屐蘭排水系統	評估後，暫不列為本計畫重點集水區。	9
外轆排水系統	評估後，暫不列為本計畫重點集水區。	11
南埔地區排水系統	評估後，暫不列為本計畫重點集水區。	12
溪州埤排水系統	評估後，暫不列為本計畫重點集水區。	13
頭社武登排水系統	已辦理過整體治理調查規劃，評估後，暫不列為本計畫重點集水區。	10

6.4 規劃後水文、水理分析及土砂收支分析

考量集水區整體問題特性後，依據現地環境特性，配合集水區調查，透過規劃後水文、水理及土砂收支分析後，預期其整治成效，期整體治理規劃能達到最經濟且成效最佳之集水區整體治理規劃。

規劃後之水文、水理及土砂收支分析方法乃依據第四章計算方法，求得規劃工程之各分年之治理成效，以瞭解規劃工程是否符合現地之需求。

6.4.1 規劃後水文分析

本計畫以考量集水區整體問題特性後，依據現地環境特性，配合集水區調查，透過規劃後水文、水理及土砂收支分析後，預期其整治成效，期整體治理規劃能達到最經濟且成效最佳之集水區整體治理規劃。分析結果如下：

- 1.坑內坑溪排水系統因在上游八卦山台地兩個入滲池之影響，以集水面積評估後， Q_{50} 減少 13%，從 975cms 降低為 848.25cms。
- 2.拔馬溪排水系統採高地分流，在拔馬溪支流一興建渠道分流，減少拔馬溪主流流量，以分流處上游集水面積佔全集水區大約 20%，經評估後，可分洪原流量 50%， Q_{50} 減少 10%，從 145.85cms 降低為 131.27cms。
- 3.清水溝溪排水系統採高地分流，於頭埤支線興建分洪渠道，減少清水溝溪排水幹線流量，以分流處上游集水面積佔全集水區大約 28%，經評估後，可分洪原流量 50%， Q_{50} 減少 14%，從 391cms 降低為 336.26cms。(Q_{50} 數值由表 4-1-8 各排水系統出流口三角形單位歷線法計算結果表查得)

6.4.2 規劃後水理分析

利用計畫後之洪峰流量，針對各排水系統主要橋樑進行斷面檢算，通過洪水之頻率如表 6-4-1~6-4-3 所示。

表 6-4-1 坑內坑溪排水系統主流跨渠構造物計畫洪水量水理因素及各重現期距洪水位成果表
(坑內坑溪排水系統所列橋樑均為區排內)

橋名	現有渠底標高	河岸高程	各重現期距洪水位					可以通過洪水之頻率
			2 年	5 年	20 年	25 年	50 年	
千秋橋	83.27	91.37	89.7776	90.2735	89.7776	90.9695	91.2566	50
萬丹橋	89.22	94.97	93.2481	93.5961	93.2481	94.1181	94.3269	50
東湖一號橋	111.54	115.04	116.2293	116.4381	116.2293	116.7252	116.8209	2
新街橋	121.97	128.07	122.7008	122.7443	122.7008	122.7965	122.8226	50
箱涵橋	132.27	136.03	136.794	136.9941	136.794	137.2638	137.3508	2
田仔橋	146.59	151.07	148.4779	148.6258	148.4779	148.8259	148.8955	50
渡槽橋	150.11	156.52	155.1038	155.5214	155.1038	156.0521	156.2174	25

表 6-4-2 拔馬溪排水系統主流跨渠構造物計畫洪水量水理因素及各重現期距洪水位成果表
(拔馬溪排水系統所列橋樑均為區排內)

橋名	現有渠底標高	河岸高程	各重現期距洪水位					可以通過洪水之頻率
			2 年	5 年	20 年	25 年	50 年	
拔馬溪								
南湖橋	274.22	277.06	275.624	276.758	278.297	278.459	278.891	5
萬善橋	280.901	283.287	282.3131	282.6461	283.7171	283.8071	284.2391	5
永豐橋	286.469	290.88	288.0899	288.3959	288.7559	288.8009	288.2069	50
社子橋	292.281	295.278	293.6841	295.9521	296.4291	296.6091	297.0591	2
拔馬溪支流一								
無名橋 1	273.533	275.613	276.2213	277.1213	277.9943	278.1383	278.6063	2 以下
無名橋 2	274.229	277.061	277.0469	277.9199	278.8559	278.9999	279.4859	2
無名橋 3	274.909	277.262	277.6999	278.5099	279.5629	279.7249	280.2649	2 以下
無名橋 4	282.048	284.237	282.7518	282.9678	285.0288	285.1638	285.5958	5
無名橋 5	288.84	291.244	289.659	292.197	293.223	293.367	293.844	2
福壽橋	293.98	295.906	294.835	294.952	295.231	295.789	295.213	50

表 6-4-3 清水溝溪排水系統主流跨渠構造物計畫洪水量水理因素及各重現期距洪水位成果表 (林尾大橋至德昌橋為區排內橋樑)

橋名	現有渠底 標高	河岸高程	各重現期距洪水位					可以通過 洪水之頻 率
			2 年	5 年	10 年	25 年	50 年	
林尾大橋	210.28	217.31	214.6918	214.6918	214.6918	214.6918	214.6918	50
林尾橋	209.45	218.7	214.567	214.567	214.5756	214.567	214.567	50
公館橋	212.41	221.38	215.9274	215.6436	215.2566	216.1424	216.2198	50
集福 一號橋	217.23	224.6	219.6294	219.4746	219.208	219.7412	219.1478	50
清水橋	219.25	227.16	222.3546	222.1224	221.701	222.5266	222.604	50
公園橋	221.26	227.56	223.9604	223.7368	223.324	223.453	223.4874	50
集集橋	222.22	229.68	225.8922	225.531	224.8774	226.1502	226.2534	50
初中橋	223.31	229.75	227.4294	227.137	226.535	227.653	227.7476	50
八張橋	230.86	237.5	234.558	234.2484	233.698	234.773	234.8676	50
永明橋	235.77	240.94	239.0036	238.7026	238.1608	239.1842	239.2788	50
無名橋	238.41	245.19	241.1276	240.9298	240.5686	241.2738	241.3254	50
德昌橋	257.45	264.33	259.256	259.127	258.8948	259.3506	259.385	50
十五分橋	272.52	279.26	273.6294	273.5692	273.4488	273.6724	273.6896	50
頭埤橋	302.86	306.85	304.9326	304.7864	304.5112	305.0272	305.0702	50
富山橋	346.35	351.92	347.6142	347.5454	347.3562	347.6744	347.7432	50

6.4.3 規劃後土砂收支

規劃整體治理後，各別探討其土砂生產整治量、洪峰流量整治等，瞭解各集水區之土砂生產可降低多少或土砂輸移量可降低多少後，估算各規劃工程後各集水區之土砂量。

依 4.1 節中所估算，三個重點編列保育計畫的區域，其年土砂生產量如表 6-4-4。

表 6-4-4 規畫後土砂收支表

排水系統	土壤流失量 (tons/yr)	土壤流失體積 (m^3)	崩塌量 (m^3)	合計 (m^3)	Q50 折減量 (%)	治理後土壤流失量 (m^3)	沉砂池 (m^3)	治理後 (m^3)	減少百分比 (%)
坑內坑溪	618,593	441,852	59,710	501,562	13%	384,411	0	444,121	11.45%
拔馬溪	180,462	128,901	114,030	242,931	10%	116,011	16,800	213,241	12.22%
清水溝溪	826,831	590,594	44,030	634,624	14%	507,910	0	551,940	13.03%

假設平均土砂單位重 $1.4 \frac{toss}{m^3}$ ；其中崩塌量所佔比例較少，視為年度可能產量，治理後之土壤流失量以 Q50 比例折減，崩塌量不變，拔馬溪因有沉砂空間，以每年清理兩次計算。

6.4.4 規畫後分析說明

水文：

1.坑內坑溪排水系統因在上游八卦山台地兩個入滲池之影響，以集水面積評估後，Q50 減少 13%，從 975cms 降低為 848.25cms。

2.拔馬溪排水系統採高地分流，在拔馬溪支流一興建渠道分流，減少拔馬溪主流流量，以分流處上游集水面積佔全集水區大約 20%，經評估後，可分洪原流量 50%，Q50 減少 10%，從 145.85cms 降低為 131.27cms。

3.清水溝溪排水系統採高地分流，於頭埤支線興建分洪渠道，減少清水溝溪排水幹線流量，以分流處上游集水面積佔全集水區大約 28%，經評估後，可分洪原流量 50%，Q50 減少 14%，從 391cms 降低為 336.26cms。

水理：

1. 坑內坑溪排水系統：

千秋橋、萬丹橋、新街橋、田仔橋等可通過 50 年重現期洪峰水位，東湖一號橋及箱涵橋通過 2 年重現期洪峰水位。

2. 拔馬溪排水系統：

永豐橋、福壽橋可通過 50 年重現期洪峰水位；南湖橋、萬善橋、無名橋 4 可通過 5 年重現期洪峰水位；社子橋、無名橋 2、無名橋 5 可通過 2 年重現期洪峰水位；無名橋 1、無名橋 3 則只有 2 年以下重現期洪峰水位。

3. 清水溝溪排水系統：

林尾大橋、林尾橋、公館橋、集福橋、一號橋、清水橋、公園橋、集集橋、初中橋、八張橋、永明橋、無名橋、德昌橋、十五分橋、頭埤橋、富山橋等可通過 50 年重現期洪峰水位。

土砂收支：

坑內坑溪排水系統規畫治理後泥砂減少 11.45%；拔馬溪排水系統規劃治理後泥砂減少 12.22%；清水溝溪排水系統規劃治理後減少 13.03%。

第七章 效益評估及風險分析

7.1 直接效益

集水區整體治理規劃最主要的目的即為避免災害、確保區內保全對象之安全。因此在直接效益方面，當以保護居民數和地物價值為主，茲分述如下。

7.1.1 居民財產保護效益

1. 土地保護效益

治理前、後危害範圍之減少，可因而提高土地之使用價值，故可採用『範圍減少面積與土地單價之乘積』計量之。

2. 作物保護效益

採用『範圍減少面積與作物單位面積收益乘積』計量之。

3. 房舍保護效益

擬採用『因範圍縮小而減少之受災房舍數目與房舍單價乘積』計量之。

7.1.2 公共設施保戶效益

1. 公共設施保護效益

透過有效的治理規劃，可以延長公共設施使用生命週期，亦能減輕維護整修或拆除重作之費用。其計量方法可直接採工程經費之5%~10%計算之。

2. 交通設施保護效益

通過有效的治理規劃，可以減少道路中斷及補救損失。其計量方法可直接採工程經費之5%~10%計算之。

7.2 間接效益

除了民眾及地上物保護效益外，由於各種治理措施亦能衍生其他效益，包括可計量效益及不可計量效益，茲分述如下。

7.2.1 可計量效益

1. 居民財產保護效益

本效益係指由於實施工程及非工程治理措施之後，可降低山崩、土石流等災害發生之機率、規模或消弭其致災可能，進而避免或降低傷亡人數之效益，其劑量可採用災害影響範圍內『人口數』及『人口數×生命價值』計量之。

2. 古蹟保護效益

以工程治理前受到災害威脅、治理後受到保障的古蹟計為古蹟效益，可分為一級古蹟、二級古蹟及三級古蹟。

3. 交通效益

水砂災害往往會阻斷道路而影響交通和資源運補，除了引起在地民眾出入交通不便之無形損失外，它直接影響資源運送和觀光人潮(如有觀光遊憩資源時)，故通過工程措施減緩土石流之危害規模及範圍，相對地可減少交通阻斷時間，並能減小產業和觀光效益衝擊。

4. 水源土壤涵養效益

除了防砂工程外，減少集水區地表逕流量，提高水源涵養功能，亦屬重要治理措施之一。此外，良好的水源涵養能力，更能減少土壤肥沃度流失。本項效益係指通過工程治理措施可以提高集水區土壤涵養水源，降低地表逕流量之能力。

5. 河道穩定效益

防砂效益係指經工程措施之後(如崩塌治理、防砂壩等工程)，避免或減少大量土石砂匯入河道，所產生不穩定之流況及水位，進而衍生災害發生之可能性大增。此一河道穩定效益包括河道減淤效益及水庫減淤效益。

7.2.2 不可計量效益

間接效益係指來自於工程治理和非工程措施所衍生出來的一些

效益，茲分述如下。

1. 社會效益

- (1) 居民就業狀況～水土保持處理與維護工程可僱用在地居民進行整治，增加居民就業率。
- (2) 安心感與生活品質之提升～實施工程治理之後，除可提高在地居民之居家安全和生活品質外，且因能增進水源涵養功能，可以減少缺水機率及程度(可無形促進在地產業之發展與繁榮)。

2. 生態環境效益

因整體規劃而增加水土涵養功能、減少土壤沖刷、減少崩塌地面積、改善區域環境，提供動植物較佳之棲息環境、強化山坡地管理監測，確保國土資源永續利用等皆可屬於生態環境效益。而下游部分具有維持河川防災功能、確保河川區域環境安全、河堤美化、親水與自然遊憩功能之水域等具等皆屬此部分之效益。

3. 風險管理效益

除了工程治理措施之外，也應特別重視非工程之風險管理措施，來降低致災風險，他包括規劃疏散避難路線、選定避難處所、建構觀測系統、建立自主防救災組織(或社區)、防災演練等，可以在極短時間內通過社區有效管理制度迅速復原，以減少災害之損失。

4. 觀光遊憩效益

水砂災害往往會阻斷道路而影響交通和資源運補，除了引起在地民眾出入交通不便之無形損失外，它更直接影響觀光人潮及旅遊信心，因此，透過實施工程治理之後，除可提高在地居民之居家安全和生活品質外，更能提升觀光遊憩收入。

5. 永續發展效益

永續發展指標的分析，可對於集水區環境綜合保育規劃進行永續發展效益評估，將集水區導向永續經營的方向。

綜合以上各項可計量效益與不可計量效益之效益分析，茲歸納其計量方式及評估方式於表 7-1-1 預期效益之效益項目與說明表。

表 7-1-1 預期效益之效益項目與說明表

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	人	以影響範圍變更而免除水土災害威脅之人口數計算
		人口數 X 生命價值	元	1.生命價值=1320 萬元(參考鄭惟仁, 2006, 土石流災害評估模式之研究, 私立逢甲大學水利工程研究所碩士論文。) 2.參考「土石流災害救助總類標準」, 人命補助 20 萬/人。
	土地利用效益	增加受保護面積 X 土地生產(或利用)單價	元	工程治理前、後土砂危害範圍之減少, 可因而提高土地之利用價值, 故可採用『增加受保護面積與土地單價乘積』計量之
	地上物保護效益	作物保護效益(面積 X 單位面積收益)	元	參考「土石流災害救助種類與標準」, 農田漁塭埋沒 5 萬/每公頃, 流失 10 萬/每公頃。
		房舍保護效益(數目 X 修建費用)	元	參考 921 房舍毀損補助, 定每間 20 萬元。
		古蹟保護效益(古蹟數量 X 價值)	元	分為一級古蹟(國家)、二級古蹟(直轄市)及三級古蹟(縣市)
		公共設施保護效益(公共設施數量 X 修建費用)	元	分別依各類公共設施計算之。
	防砂效益	河道減淤效益(整理面積 X 深度 X 單價)	元	每立方公尺 75~150 元(參考工料分析手冊概估)
		水庫減淤效益(清淤量(立方公尺)X 單價)	元	採用機械浚淤的清淤單價, 每立方公尺約為 200~500 元, 可採中間值 350 元/立方公尺。
	洪水減量或水源涵養效益或滯洪效益	洪峰流量降低效益(1)(逕流係數)	cms	以合理化公式或單位歷線法計算之。
		洪峰流量降低效益(2)(集流時間)	cms	系列防砂壩可以減緩河溪坡度, 達到增加集流時間及降低洪峰流量之效果。
		防砂壩上游蓄水效益(1)(涵養水量 X 水價)	元	防砂壩上游貯砂之孔隙體積與水價相乘計算之。
		坡面土體蓄水效益(2)(涵養水量 X 水價)	元	以洪峰流量降低量與原水單價相乘績計算之。
	工程維護效益	工程維護效益(工程費 5~10%)	元	水土災害減少所降低之工程維護經費。
	交通及觀光效益	土石量 X 清除單價	元	土石量為以影響範圍推估道路淤埋長度, 乘上路寬與估計土石深度。
可增加觀光或商務人數 X 平均一天消費		元	含食宿平均消費 3000 元/人。	
減少道路阻斷天數 X 平均日生產事業總值		元	事業總值=主要觀光區總產值=主要觀光區遊客人數 X 平均消費。	
間接效益	社會效益	直接效益總和之 20%	元	因間接效益難以量化, 以直接效益總和之 20%作為間接效益之量化依據。
	生態環境效益			
	風險管理效益			

7.3 經濟效益評估方法

7.3.1 計畫成本

年計畫成本包括固定成本及運轉維護成本兩項，說明如下：

1. 固定成本

- (1) 年利息：年利息為投資之利息負擔，依建造成本為準，按統一利息方式計算，一般水利投資利息係以年息 6% 估計。
- (2) 年償債積金：為投資之攤還年金，依建造成本為準，採用積金法，依年息複率計算，在經濟分析年限內，每年平均負擔數。經濟分析年限採 50 年且年利息 6%，此款額約為總建造成本之 0.344%。
- (3) 年中期換新準備金：為維持經濟分析年限內之計畫功能，工程每一部分依其壽齡應於期中予以換新，此費用在經濟分析年限內每年平均分擔之年金，稱為年中期換新準備金。計算時按年息複率計算，經濟分析年限採用 50 年，且年利率採用 6% 之年換新準備金百分率，按總工程建造費之 3%。
- (4) 年稅捐保險費：依事業需要計算在年計成本內，一般以工程建造費之 0.12% 為保險費，0.5% 為稅捐費合計為 0.62%。

2. 運轉及維護成本

包括機械設備之運轉、設施之維修及養護、安全檢查及評估等費用，依計畫大小、結構物、機械種類、運轉方法及其他因素而定，以總工程建造費之 3% 估計。

7.3.2 效益分析

效益分析為以益本比算之，方程式可寫為

$$I=B/C$$

式中，I=益本比；B 整治後計畫區域之年計效益；C=整治計畫投資之年計成本。

易淹水治理計畫完成後，可達成有效降低土砂災害影響範圍、保障土地與房舍、維持產業活動、社會價值提升及生態環境保育等效益，分析計畫年計效益約所得之益本比大於 1，則具有投資價值。

表 7-3-1 坑內坑溪排水系統規劃後效益分析表

排水系統	項目		數量	單價 (仟元)	小計 (仟元)	總計 (仟元)	
坑內坑溪 排水系統	直接效益	防災效益	防砂效益	17,600 m ³	0.075	1,320	4,335
			減洪效益	11,000 m ³	0.003	33	
		減災效益	人命保護效益	0	13,200	0	
			土地利用效益	12ha	50	600	
			地上物保護效益	2 棟	200	400	
			工程維護效益(工程費 5%)		39,640	1,982	
	間接效益	直接總效益總和 20%					867
	年計畫效益						5,202
	項目		利率(%)	小計		總計	
	固定成本		年利息	6		2,378	
			年償債積金	6(複率)		136	
			年稅捐保險費	0.62		246	
	運費與維護成本		3	1,067		1,189	
計畫年計成本						3,949	
效益比=5,202/3,949=1.32							

表 7-3-2 拔馬溪排水系統規劃後效益分析表

排水系統	項目		數量	單價 (仟元)	小計 (仟元)	總計 (仟元)	
拔馬溪 排水系統	直接效益	防災效益	防砂效益	8,400 m ³	0.075	630	1,664
			減洪效益	4,500 m ³	0.003	13.5	
		減災效益	人命保護效益	0	13,200	0	
			土地利用效益	3ha	50	150	
			地上物保護效益	1 棟	200	200	
			工程維護效益(工程費 5%)		13,400	670	
	間接效益	直接總效益總和 20%					333
	年計畫效益						1,997
	項目		利率(%)	小計		總計	
	固定成本		年利息	6		804	
			年償債積金	6(複率)		46.096	
			年稅捐保險費	0.62		83.08	
	運費與維護成本		3	402		402	
計畫年計成本						1,335	
效益比=1,997/1,335=1.50							

表 7-3-3 清水溝溪排水系統規劃後效益分析表

排水系統	項目		數量	單價 (仟元)	小計 (仟元)	總計 (仟元)	
清水溝溪 排水系統	直接效益	防災效益	防砂效益	10,500m ³	0.075	787.5	2,245
			減洪效益	7,500m ³	0.003	22.5	
		減災效益	人命保護效益	0	13,200	0	
			土地利用效益	6ha	50	300	
			地上物保護效益	1棟	200	200	
			工程維護效益(工程費 5%)		20,700	935	
	間接效益	直接總效益總和 20%					449
	年計畫效益						2,694
	項目		利率(%)	小計		總計	
	固定成本		年利息	6		1,242	
			年償債積金	6(複率)		71	
			年稅捐保險費	0.62		128	
	運費與維護成本		3	621		621	
計畫年計成本						2,063	
效益比=2,694/2,063=1.31							

7.4 環境效益

水土保持處理與維護實施階段可能對集水區之物化環境、生態環境、景觀及遊憩及社會經濟人文環境等環境因子造成影響，故針對現況環境因子作為背景值，進行定性的檢討與分析，並對各環境項目之正負影響程度分為 7 級(↑表顯著性正面影響、▲表中度性正面影響、△表輕度性正面影響、▽表輕度性負面影響、▼表中度性負面影響、↓表顯著性負面影響、○表無影響)，評估可能造成之環境影響程度，如表 7-4-1 所示。表中，對各環境項目之正負影響程度可分為七級，分別顯著性正面影響、中度性正面影響、輕度性正面影響、無影響、輕度性負面影響、中度性負面影響、重度性負面影響等七級。

依據環境影響分析成果可知，本計畫之推動在完成集水區治理後對集水區物化環境、生態環境、景觀遊憩及社經人文等環境項目，正面影響均大於負面效應，但在保育治理施工階段則對環境有輕度的負面影響，此部分的影響在強化施工品質的控管，加強工地環境管理、各項污染控制的管理、環境的維護及生態保育等措施的落實與具體執行，可將其對環境影響衝擊降至最低。

表 7-4-1 環境影響綜合分析初步成果

環境類別	環境項目	影響說明	影響評估		預防及減輕對策
			範圍	程度	
物化環境	崩塌地變化	本保育計畫並無大面積開挖或深開挖，保育完畢後崩塌地面積將可獲得有效控制。	集水區內	↑	
	土砂產生量控制	保育完成後，土砂產生量將達到有效控制	集水區內	↑	
	空氣品質	整地時造成地表裸露，導致空氣中懸浮微粒增加。 施工車輛及機具排放之廢棄污染。	集水區內	▽	妥善安排施工順序與時程，檢燒同依時間地表裸露面積，配合灑水、洗車、路面保養及修護、施工機具定期保養等措施
	水文及水質	整地時裸露地面及堆土區經雨水冲刷後造成地面水中懸固物體增加	集水區內	▽	設置逕流廢水設施
		施工中之生活廢水，機具清廢水及不當使用而滲漏之各種油品任意排放造成水質污染	治理區內	▽	加強施工品質管制及施工環境維護
		整治計畫完成後，因土砂產生量達到有效控制，因此水中濁度(NTU)將獲得改善，水質條件將會趨於良好	河道	▲	
廢棄物	施工廢氣及施工人員生活垃圾	治水區及鄰近地區	▽	加強工地品質管理施工環境維護	
噪音及震動	工程進行時，相關車輛及機具所造成之噪音振動	治理區	▽	採用適當噪音改善對策，如定期維修機具，避免多具機具同時施工、減速慢行等。	
生態環境	陸域生物	除必要之工地清除掘除作業造成局部棲地干擾與損失外。整體而言，陸域生物棲地經保育治理後，棲地相對穩定，生物生活環境將獲得改善	治理區	△	1.加強工地各項污染控制設施。 2.加強施工品質。 3.加強施工便道等假設工程對生態的影響評估、對策、審查與監督。
	水域生物	除施工過程對水域環境造成短期干擾及部分防砂工程增加魚類縱向遷移壓力外，本治理計畫對於水域生物並無太大影響	治理區	▽	依據棲地生態敏感與物種特性，配置相關治理工程與棲地保育措施
景觀遊憩	景觀	施工圍籬、施工材料堆放、機具操作等所衍生之視覺景觀衝擊	治理區	▽	1.施工圍籬力求整齊美觀，加強清潔維護。 2.材料、機具堆置排放整齊，廢棄物每日清運。 3.車輛駛出工區前先行清洗。
	遊憩品質	施工車輛及機具來往，造成交通增量，降低道路服務水準	治理區及鄰近地區	▽	制作交通維持計畫書，依計畫紓解交通影響。
社經人文	交通運輸	工作人員所產生的交通量	治理區	▽	妥善規劃交通動線
	產經活動	帶動土木、水利、機電產業發展，並創造就業機會帶動經濟發展	治理區	▲	
	文化資產	施工過程文化遺址，並導致損壞	治理區	▽	若有發現文化遺產，依照「文化資產保護法」之規定向有關機關呈報，並立即停工採取防範對策。

【備註】影響程度分為 7 級：

	顯著	中度	輕度	無影響
正面	↑	▲	△	○
負面	↓	▼	▽	

7.5 集水區土砂災害及下游地區水患之風險分析

風險分析係指有系統地運用有效的資訊，來判斷特定事件發生的機率或其影響的嚴重程度。本計畫風險分析考量分天然災害危害分析、易致災性分析、承受能力分析三大因子。

目前在降低風險方面，多採用防制工法，來降低災害程度，但防制工程除了硬性工程治理措施之外，也應重視軟性非工程之措施，來降低致災風險，含括規劃疏散避難路線、選定避難處所。建構觀測系統、建立自主防救災組織(或社區)、防災演練等，可以在極短時間內通過社區有效管理制度迅速復原，以減少災害之損失，降低災害風險程度。將危害度、易致災性及承受力分為三等級，進行評估分析。

1. 災害危害度

治理需要性評估分析之各子集水區遭受之土砂、河道沖淤災害進行分析。

2. 易致災性分析

易致災分析，由於考慮人有自由移動的能力，若將定位或分配於特定區域中直接計算人命損失，則違反人可以移動的基本要件，甚或過度高估，因此，本計畫在易致災分析部分僅考慮地上物的部分，針對農作地、道路、住宅，進行評估分析。

3. 承受能力分析

承受能力分析主要依據下游地區水患之影響範圍，針對農作地、道路、住宅，進行評估分析。本計畫區土砂災害及下游地區水患之風險分析，重點集水區風險程度如下表 7-5-1 所示。

表 7-5-1 子集水區風險分析表

	災害危害度	易致災性	承受度(對下游淹水區域之影響)	集水區風險分析
坑內坑溪排水系統	低	高	高	高
拔馬溪排水系統	中	高	中	高
清水溪排水系統	中	中	高	高
濁水大排排水系統	低	中	中	中
獅尾堀排水系統	低	中	低	中
中崎地區排水系統	低	低	低	低

【備註】風險等級分為高、中、低三等級

第八章 圖資建立及判釋

由攝影測量的照片作航空分析，就地表地形特徵，分別依山崩、地滑、土石流災害做成室內分析，再經由現場踏勘做地表地質調查，評定其災害的可能性，評估其災害的潛能及不穩定土石的数量，以供整體評估問題，並據以擬定必要之治理規劃。

本次計畫購買 96 年總共二十八張的航空照片，資本資料詳表 8-1 所示，航空照片如圖 8-1~8-29 所示。航空照片範圍涵蓋清水溝溪排水系統、拔馬溪排水系統、獅尾堀排水系統三個重點集水區及非重點集水區頭社武登排水系統，利用 ArcGIS 進行三 D 立體模擬，如圖 8-30~8-31 所示。另外災害嚴重地區及水患治理瓶頸段建議坑內坑溪、拔馬溪、清水溝溪三區，以無人載具進行空拍，進行判釋，以掌握上游集水區現場真實狀況。

航照判釋作業程式如下：

1. 資料蒐集

航照判釋必備的基本資料，包括：

- a. 調查區地質圖；
- b. 調查區地形圖；
- c. 調查區航空照片

就蒐集到的地質圖與地形圖，先作初步的判讀與分析，可提昇航照判釋之效率。

(1) 地質圖判釋

- a. 瞭解分佈於調查區內之地層分佈及岩石種類，如砂岩、礫岩、頁岩、板岩、片岩、安山岩、石灰岩等。
- b. 瞭解調查區內的地質構造(如斷層、背斜、向斜)，及其它不連續面(如層理、節理、片理等)之走向與傾斜。
- c. 配合地形圖，研判山坡地與地層層面或不連續面傾斜方向關係，推測是否為順向坡等。

(2) 地形圖判讀

- a. 山崩(包括落石或表層崩塌)，在 1/5,000 相片基本圖上，可以色調來辨認，其次輔以地形等高線之疏密變化，區分崩崖與崖錐堆積；通常崩崖面為較周圍地區陡之凹坡面，而崖錐堆積則於坡趾處產生緩坡。
- b. 地滑發生後，常出現滑落崖、滑動體、側翼及趾部等地貌特徵。馬蹄狀之崖坡、滑落崖下方有窪地或水池形成、外觀呈畚箕狀凹陷地形、植生林相與周圍林相不協調、趾部為河岸攻擊坡或突出河道致使河道變窄。
- c. 由砂岩與頁岩互層所構成的單斜構造區，由於軟弱的岩層如頁岩、泥岩，常被侵蝕成為谷地，所以主要的河流即順著岩層走向發育，稱為順層河；而主要的支流，即順斜河或逆斜河，常以近乎垂直於主流的方向進入主流。通常順向坡較逆向坡長且緩，因此，順斜河之河道較長且緩，而逆斜河的河道較短且陡。藉由此地貌特徵或支流顯著對比性，可區分出順向坡與逆向坡。

2. 航照初判

(1) 判釋要點

- a. 形狀(Shape)：指一個物體或影像的外形或輪廓，例如橢圓形或長方形的空地，常被作為辨認操場或球場的參考。
- b. 大小(Size)：照片上所看到物體的大小，必須考慮到照片的比例尺，例如山坡地上的農舍，若不考慮其大小時，可能被誤判為工寮。
- c. 型態(Pattern)：指物體的排列情形，例如以往學校的校舍多呈方陣形或平行排列型態。型態可用於表示山脊的排列型態，間接反應出岩層的排列型態，如平行排列的山谷與山脊多為單斜構造。
- d. 色調(Tone)：色調被定義為自白色至黑色間之灰調深淺變化，色調的差異與各物體的反射率有關。就照片判讀而言指的是相對色調，絕對色調會因不同時間、不同底片等而異，不易作為地質判釋之用。相對色調，指不同地

質型態間色調的差異，或稱為對比。

- e. 區位(Site)：某些現象只發生於某些特定區位，例如，崩塌只發生在山坡或河岸。
- f. 共生(Association)：某些現象的發生常會與其他現象有關連性，例如河岸的崩塌常與河岸侵蝕有關；橢圓形操場多與方陣形排列的校舍在一起。

(2)判釋方法

- a. 全區航照快速瀏覽，並規劃判釋之順序。
- b. 以膠帶將透明膠片貼在一條航線上隔張照片上，並用油性筆標示框標、航線編號、照片編號、與指北標示。
- c. 依序取一個航照立體對放在立體鏡下，打開照明。
- d. 調整航照位置，使在立體鏡下能看到最佳立體狀況，然後以紙鎮或膠帶將航照固定在燈光桌或書桌上。
- e. 可依研判之需要，加上放大鏡或移開放大鏡。
- f. 依航照的判釋要點，進行一般性地質與地質災害分析。
- g. 將立體鏡下觀察與分析結果，以油性筆圈繪於粘貼在航照上的透明膠片，並加註記。
- h. 最後再將航照判釋成果轉繪至 1/5,000 或 1/10,000 比例尺地形圖上，供作現場查核之底圖。

3.現場查核

自查核區對岸或高處，確認航照初判之各現象的位置、範圍、型態、地形等。

4.航照複判及綜合解釋

(1)彙整現場查核結果，對於有疑問之處，進行航照複判。

(2)綜合解釋內容，包括：

- a. 調查區地質與地形現況

- b. 災害原因、範圍或規模
- c. 災害現況與可能的後續發展
- d. 後續工作建議與規劃

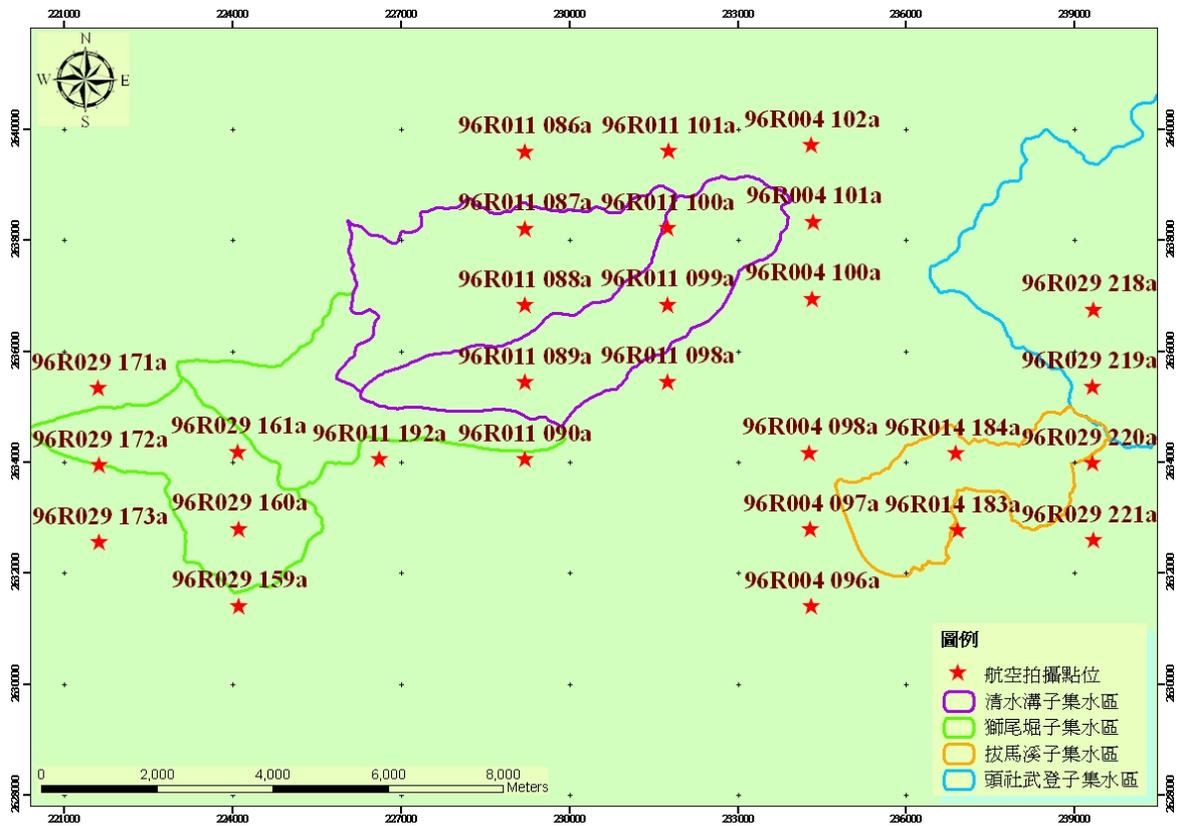
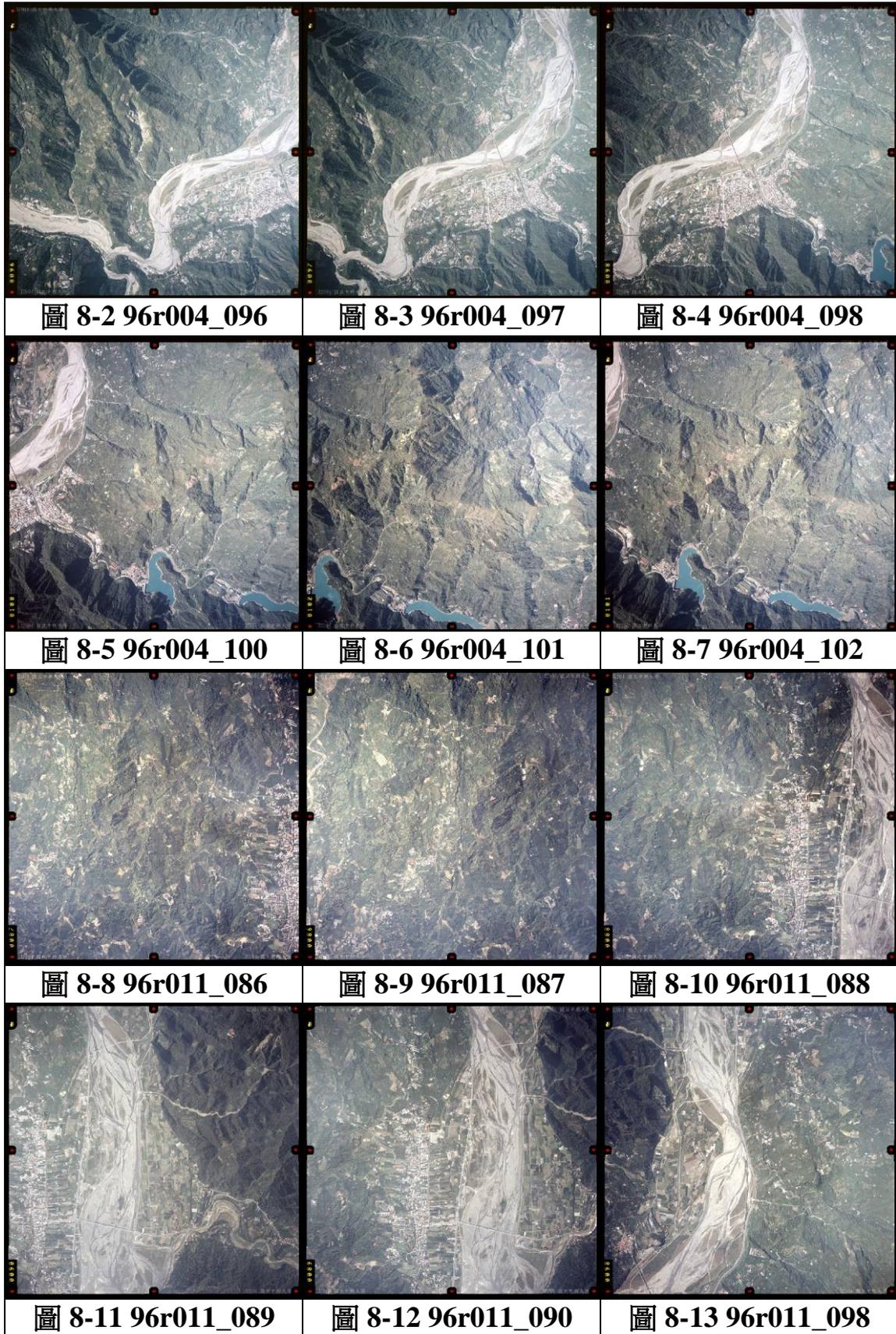


圖 8-1 航空拍攝點位位置圖

表 8-1 本計畫購買航空照片一覽表

年份	照片編號	TWD97 X 座標	TWD97 Y 座標	TWD97 橢球高	TWD67 X 座標	TWD67 Y 座標	TWD67 正高	航線	日期	時分	秒	幾本圖 圖號	相機 代號	航攝 目的	可否 製圖	航向	解算 程式
96R004	096a	234332	2631418	4520	233504	2631624	4497	34	960115	1053	34	95201084	1	1	y	36	POS
96R004	097a	234310	2632802	4519	233481	2633008	4496	34	960115	1053	47	-----	1	1	y	36	POS
96R004	098a	234295	2634186	4519	233467	2634392	4496	34	960115	1053	59	95201074	1	1	y	36	POS
96R004	100a	234349	2636954	4519	233521	2637160	4496	34	960115	1054	24	95201064	1	1	y	36	POS
96R004	101a	234352	2638339	4517	233523	2638545	4494	34	960115	1054	36	-----	1	1	y	36	POS
96R004	102a	234333	2639723	4516	233504	2639929	4493	34	960115	1054	49	95201054	1	1	y	36	POS
96R011	086a	229216	2639608	3406	228388	2639813	3384	32	960131	1308	37	95201052	2	1	y	18	TG
96R011	087a	229218	2638222	3401	228390	2638428	3379	32	960131	1308	50	-----	2	1	y	18	TG
96R011	088a	229218	2636839	3400	228390	2637045	3378	32	960131	1309	3	95201062	2	1	y	18	TG
96R011	089a	229219	2635453	3405	228390	2635659	3383	32	960131	1309	15	-----	2	1	y	18	TG
96R011	090a	229214	2634066	3400	228386	2634272	3378	32	960131	1309	28	95201072	2	1	y	18	TG
96R011	098a	231771	2635460	3405	230942	2635666	3382	33	960131	1316	27	-----	2	1	y	36	TG
96R011	099a	231772	2636845	3398	230944	2637051	3375	33	960131	1316	41	95201063	2	1	y	36	TG
96R011	100a	231768	2638227	3405	230940	2638433	3383	33	960131	1316	55	-----	2	1	y	36	TG
96R011	101a	231774	2639613	3401	230946	2639819	3378	33	960131	1317	10	95201053	2	1	y	36	TG
96R011	192a	226633	2634066	3402	225805	2634272	3380	31	960131	1350	18	95201071	2	1	y	18	TG
96R014	183a	236938	2632786	3393	236110	2632993	3369	35	960203	1302	10	-----	1	1	y	36	POS
96R014	184a	236909	2634171	3392	236081	2634377	3368	35	960203	1302	24	95201075	1	1	y	36	POS
96R029	218a	239354	2636759	3344	238526	2636965	3320	36	961119	1011	10	95201066	2	1	y	18	POS
96R029	219a	239347	2635375	3343	238518	2635581	3320	36	961119	1011	24	-----	2	1	y	18	POS
96R029	220a	239342	2633991	3342	238513	2634197	3318	36	961119	1011	37	95201076	2	1	y	18	POS
96R029	221a	239350	2632607	3347	238521	2632813	3323	36	961119	1011	51	-----	2	1	y	18	POS
96R029	171a	221617	2635344	3380	220789	2635550	3359	29	961104	1308	56	-----	2	3	y	18	POS
96R029	172a	221620	2633960	3380	220792	2634166	3358	29	961104	1309	10	95204079	2	3	y	18	POS
96R029	173a	221627	2632576	3378	220798	2632782	3356	29	961104	1309	24	-----	2	3	y	18	POS
96R029	159a	224126	2631430	3377	223298	2631636	3355	30	961104	1302	2	95204090	2	3	y	36	POS
96R029	160a	224122	2632814	3376	223294	2633020	3354	30	961104	1302	15	-----	2	3	y	36	POS
96R029	161a	224103	2634198	3381	223274	2634404	3359	30	961104	1302	29	95204080	2	3	y	36	POS



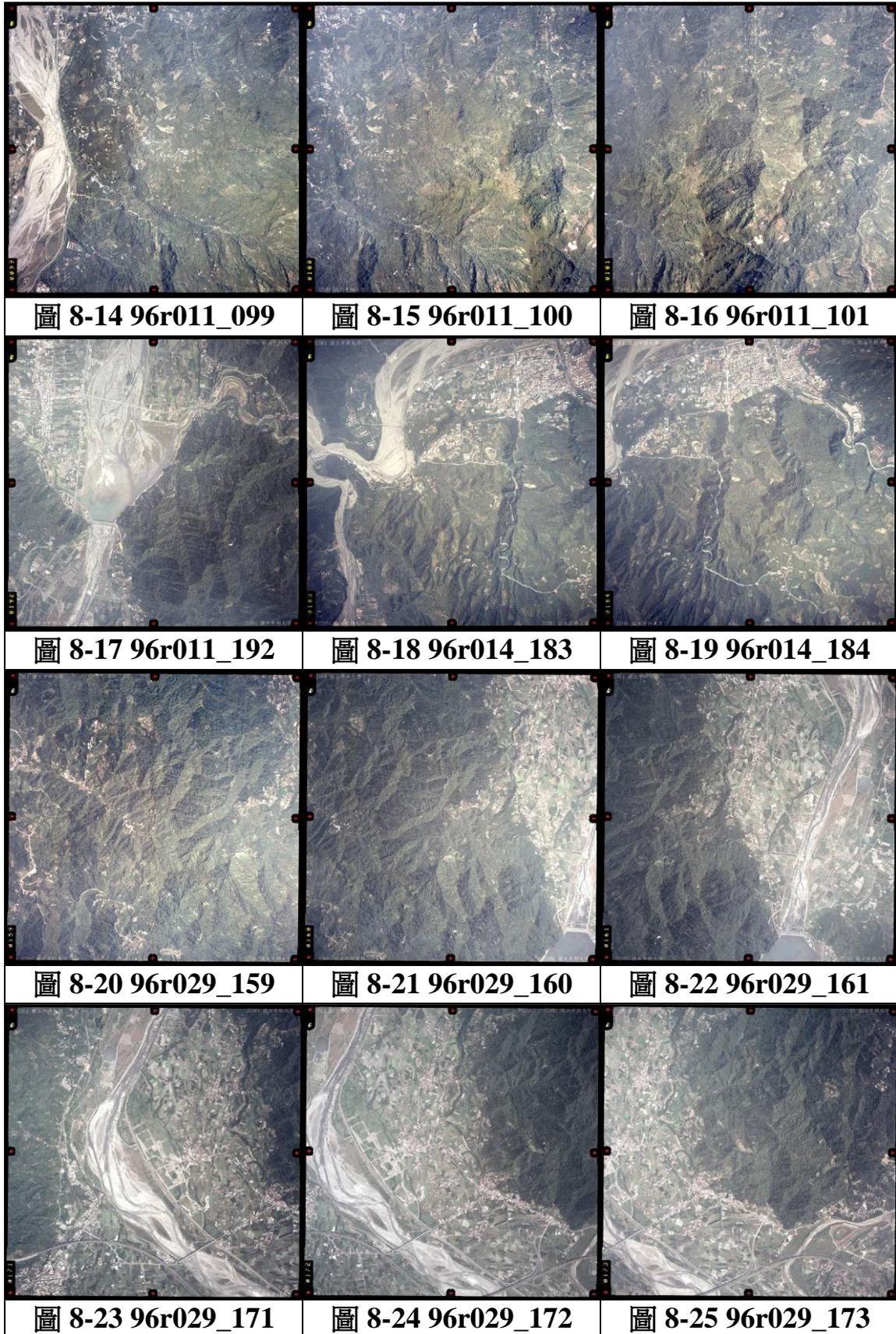




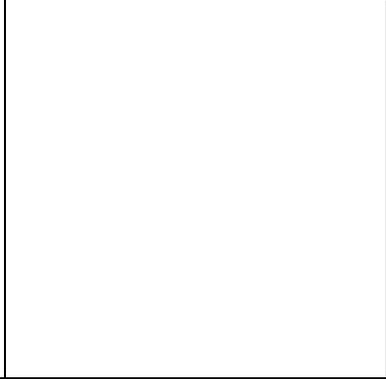
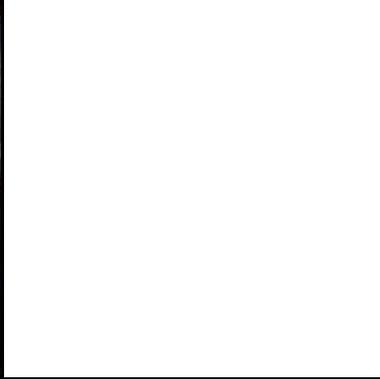
圖 8-26 96r029_218

圖 8-27 96r029_219

圖 8-28 96r029_220



圖 8-29 96r029_221



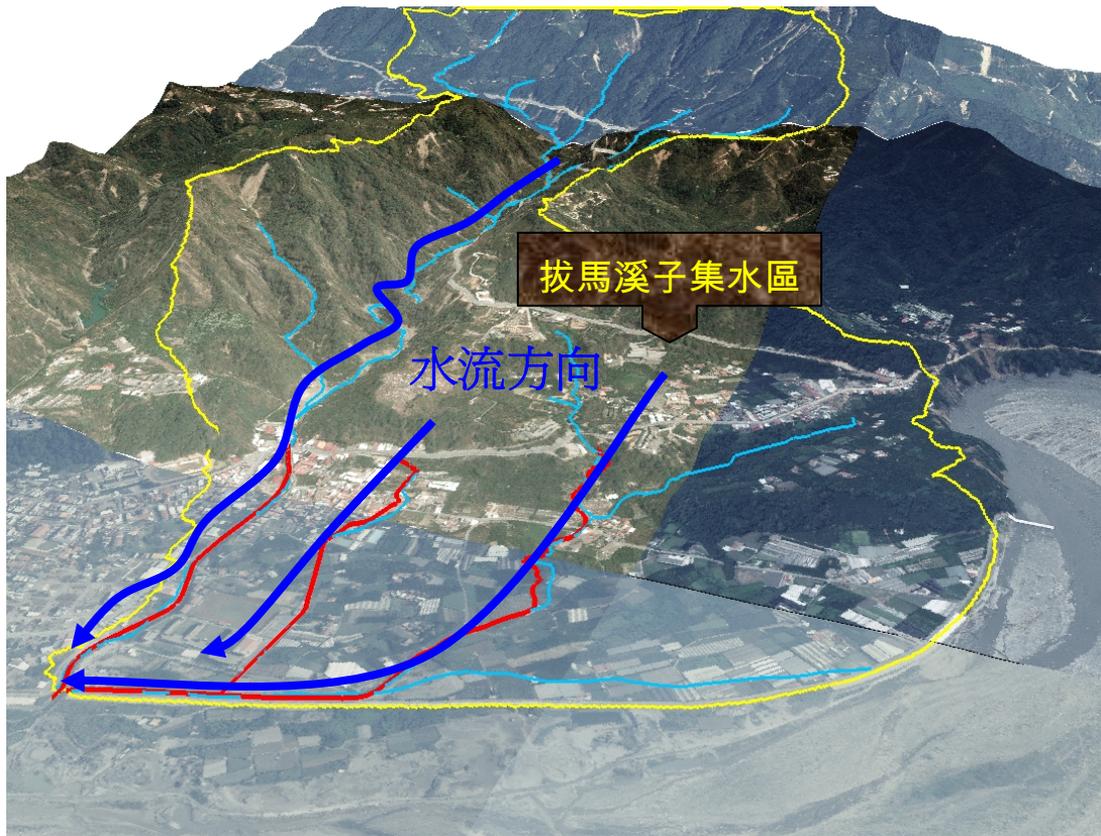


圖 8-30 拔馬溪排水系統 3D 地型模型圖



圖 8-31 清水溝溪排水系統 3D 地型模型圖



圖 8-32 獅尾堀排水系統 3D 地形模型圖

計畫範圍無人載具空拍作業

於計畫區進行無人載具空拍作業，擇定災害嚴重地區及水患治理瓶頸段重點集水區選擇坑內坑溪、拔馬溪、清水溝溪三區三處，以無人載具進行空拍，進行判釋，以掌握上游集水區現場真實狀況。

8.1 坑內坑溪排水系統無人載具空拍

於坑內坑溪排水系統集水區內進行無人載具空拍作業，擇定坑內坑溪排水系統人口稠密處，數個拍攝點位進行無人載具空拍影像後，就地表地形特徵、河道位置、崩塌地以及市區位置，進行災害分析，以下為坑內坑溪排水系統空拍說明，如圖 8-33 所示。(本計畫於 2009 年 8 月 31 日進行坑內坑溪排水系統無人載具空拍)

從①，於名間國小利用無人載具進行空拍作業，圖 8-34 可看到國道三號名間交流道以及濁水山。圖 8-35 可看到坑內坑溪排水系統西南方為平坦的台地，集水區內均低於海拔 400 公尺。

從②，於僑興國小利用無人載具進行空拍作業，圖 8-36 可看到番子寮排水集水區域，番子寮排水位於東湖山及濁水山之間。圖 8-37 可看到坑內坑溪排水系統西方為平坦的台地，集水區內無高山。

從③，於新街橋利用無人載具進行空拍作業，圖 8-38 可看到坑內坑排水幹線河道內土石堆積嚴重，建議河道疏濬。圖 8-39 可看到新街村位於坑內坑溪排水幹線旁。

從④，於新街國小利用無人載具進行空拍作業，圖 8-40 可看到遠方東勢坑與南勢坑。圖 8-41 可看到八卦山橫山位置。

從⑤，於坑內坑溪排水幹線與大莊排水匯流處利用無人載具進行空拍作業，圖 8-42 可看出坑內坑排水幹線中下游位於地勢平坦處。圖 8-43 可看出坑內坑排水幹線與大莊排水幹線匯流處土砂淤積嚴重。

從⑥，於千秋橋利用無人載具進行空拍作業，圖 8-44 可看出坑內坑溪排水幹線土砂淤積嚴重，建議河道疏濬。圖 8-45 可看出坑內坑溪排水系統向北流入貓羅溪。



圖 8-33 坑內坑溪排水系統航空影像及無人載具空拍判釋



圖 8-34 國道三號名間交流道



圖 8-35 坑內坑溪排水系統西南方為平坦的台地地形



圖 8-36 番子寮排水集水區



圖 8-37 坑內坑溪排水系統西方為平坦的台地地形



圖 8-38 坑內坑溪排水幹線空拍圖，河道內土石堆積嚴重



圖 8-39 新街村位於坑內坑溪排水幹線旁



圖 8-40 遠方為東勢坑與南勢坑



圖 8-41 八卦山橫山位置



圖 8-42 坑內坑排水幹線中下游位於地勢平坦處



圖 8-43 坑內坑排水幹線與大莊排水匯流口空拍圖，土砂堆積嚴重



圖 8-44 坑內坑溪排水幹線土砂淤積嚴重



圖 8-45 坑內坑溪排水幹線向北流入貓羅溪

8.2 拔馬溪排水系統無人載具空拍

於拔馬溪排水系統集水區內進行無人載具空拍作業，擇定數個拍攝點位進行無人載具空拍影像後，就地表地形特徵、河道位置、崩塌地以及市區位置，進行災害分析，以下為拔馬溪排水系統空拍說明，如圖 8-46 所示。(本計畫於 2009 年 8 月 25 日進行拔馬溪排水系統無人載具空拍)

從①，為明德橋上游固床工，河道護岸外側土壤基礎流失，造成大約近 30 公尺長、2 公尺深之空洞，建議實施河道護岸修復工程，如圖 8-47 所示。

從②，拔馬溪主河道多處大型崩塌，造成河道上土石堆積嚴重，亦是防砂壩土石來源之一，如圖 8-48 所示。

從③，於省道台 21 線上，利用無人載具空拍拔馬溪上游河道，可由空拍圖上看出上游邊坡屬於未開發區，森林植被坡狀況保持良好，如圖 8-49 所示。

從④，為拔馬溪主河道邊坡最大型崩塌，由於無法由河道踏勘，所以利用無人載具進行空拍，崩塌大小大約 40 公尺*75 公尺，如圖 8-50 所示。

從⑤，於省道台 21 線上，利用無人載具空拍拔馬溪與水里市區，由空拍照片看到水里市區位於拔馬溪下游，而河床土石淤積嚴重，實際現勘拔馬溪主河道，防砂壩土石皆已淤滿，因此拔馬溪有迫切急需整治之需求，建議從明德橋上方 200 公尺處清淤至社子橋上游社區民之防砂壩，清除完畢大約有 420 公尺*20 公尺*1 公尺沉砂池，沉砂量大約 8,400 立方公尺，如圖 8-51~圖 8-53 所示。

從⑥，於拔馬溪河道防砂壩利用無人載具空拍，防砂壩與下方河道並非處於一直線上，若拔馬溪主河道與支流挾帶大量土石，首當其衝的將是這十幾戶人家，如圖 8-54 所示。

從⑦，為拔馬溪支流上方兩個大型崩塌地，該支流曾於民國 90 年桃芝颱風時因逕流量過大，挾帶了大量土石，造成下游居民的災害損失，該河道現仍有大量之土石堆積，如圖 8-55 所示。



圖 8-46 拔馬溪排水系統航空影像及無人載具空拍判釋



圖 8-47 河道護岸外側土壤流失



圖 8-48 拔馬溪主河道邊崩塌



圖 8-49 拔馬溪上游屬未開發區



圖 8-50 為拔馬溪主河道邊坡最大型崩塌



圖 8-51 拔馬溪位於省道台 21 線旁，下游流經水里市區



圖 8-52 紅色線段為建議清淤河段



圖 8-53 此河道清淤後大約有 8,400 立方公尺沉砂量



圖 8-54 防砂壩下游社區現況



圖 8-55 拔馬溪支流上方兩處崩塌，為土石來源之一

8.3 清水溝溪排水系統無人載具空拍

於清水溝溪排水系統集水區內進行無人載具空拍作業，擇定數個拍攝點位進行無人載具區的空拍影像後，就地表地形特徵、河道位置、崩塌地以及市區位置，進行災害分析，以下為清水溝溪排水系統空拍說明，如圖 8-56 所示。(本計畫於 2009 年 8 月 28 日進行清水溝溪排水系統無人載具空拍)

從①，為清水溝溪位於集集大山源頭處，上游處河道大型土石堆積，極易造成災害。由於上游無河道護岸設施，建議實施野溪整體治理規劃，如圖 8-57 所示。

從②，於富山橋利用無人載具空拍清水溝溪上游集水區，如圖 8-58 為清水溝溪上游集集大山集水區現況圖，如圖 8-59 為下游集集鎮方向。

從③，於頭埤橋利用無人載具空拍清水溝溪河道，如圖 8-60 所示。

從④，十五份橋上方匯集了清水溝溪上游及頭埤支流溪水，建議設法分流不再匯入清水溝溪排水系統，由特生中心附近實施分流道直接流入濁水溪，圖 8-61 為特生中心附近進行無人載具空拍。

從⑤，於北勢溪排水利用無人載具空拍上游集水區，由空拍照片看出，北勢溪位於地勢平坦不利輸砂，往下游匯入清水溝溪排水幹線，由圖 8-62~圖 8-63 所示，下游為集集鎮。



圖 8-56 清水溝溪排水系統航空影像及無人載具空拍判釋



圖 8-57 河道土石堆積



圖 8-58 集集大山上游集水區空拍圖(於富山橋進行無人載具空拍)



圖 8-59 往下游為集集鎮(於富山橋進行無人載具空拍)



圖 8-60 於頭埤橋進行無人載具空拍



圖 8-61 由特生中心附近進行清水溝溪流分疏



圖 8-62 北勢溪上游集水區現況



圖 8-63 北勢溪下游地勢平坦

第九章 結論與建議

9.1 結論

針對易淹水區域排水的上游集水區進行整體之治理規劃，首先應就區域排水範圍之現有問題進行了解，並對其易淹水地區透過踏勘與分析評估，研擬在上游集水區中可以實施之對策，以解決或減輕區排易淹水之問題，區排往往因土地利用之日漸增長而造成排洪負擔擴大，不易解決。擬定上游集水區之對策時，應結合整體治山防洪及安全排水之概念，提出適宜的對策與可行的方案。

南投縣境內之易淹水地區之區排共計有 13 處，其中規劃之重點集水區有 6 處，經深入分析評估後，擇定其中 3 處已辦理過整體治理規劃，但仍為水患治理瓶頸者，編列保育治理實施計畫，其中坑內坑溪排水系統採台地入滲設施為主要對策，拔馬溪及清水溝溪排水系統則採高地分流，分別於上游支流興建分洪渠道，減少主流流量。分洪流量以原流量 50% 為規劃目標。

整體而言，南投縣易淹水之區域排水多因下游土地利用日愈密集，束縮或整合原有排水路，兼以用水的考量，有許多取水工程及灌排共用系統，容易造成排洪能力之不足，兼以濁水溪主流之堤防施作，容易造成堤後使用地相較下為低窪，容易產生泥砂淤積及無法排洪之問題，上游集水區應儘量朝減少泥砂生產及高地分洪的方式著手。經規劃三處重點集水區的保育治理計畫，大致可達成效如下說明。

1. 坑內坑溪排水系統：共計規劃 6 件工程，所需經費約 4,000 萬元，可達降低洪峰 Q50 為 848.25cms，減少土砂量 57,440 m^3 ，其效益經評估益本比為 1.32。
2. 拔馬溪排水系統：共計規劃 4 件工程，所需經費約 1,350 萬元，可達降低洪峰 Q50 為 131.27cms，減少土砂量 29,690 m^3 ，其效益經評估益本比為 1.50。
3. 清水溝溪排水系統：共計規劃 3 件工程，所需經費約 2,000 萬元，可達降低洪峰 Q50 為 336.26cms，減少土砂量 826,83 m^3 ，其效益經評估益本比為 1.31。

9.2 建議

上游集水區的整體治理調查規劃應依其涵蓋範圍的大小分等級來實施，如以縣或主要河川大流域的調查規劃應著重大區域的問題，包括水資源利用、土地開發利用、全流域土砂運移、堆積的變化等，其調查結果應為後續應進行的課題。中等範圍則如主要河川支流區域縣級的區排上游，鄉級的原住民地區等的調查規劃則應兼顧水土資源及保育對象，包括居住地、使用地、進出道路等的各項公私資源，評估其問題並研擬對策，從而提出特定需求的保育治理計畫，本階段之成果，可以包括後續應進行之細部規劃及可立即實施之治理工作。小範圍的調查規劃如特定的災害，包括局部山崩、地滑、土石流災害的點位，針對災害的種類進行必需的調查評定項目並依其結果擬定適當處理的保育治理計畫，本階段之成果以可以進行之治理工程項目為主。不同階層的調查規劃其重點與工作內容應有所區隔，才能適切的發揮其功能。

在上游集水區的整體治理規劃中現地的調查工作是很重要的基礎，在不同層級的規劃中應釐清調查之內容，如道路水土保持有另案辦理者，不應納入以免重覆，又無法深入每一個部分。而分析評估作業應特別注意其可行性與正確性，如目前採用之土砂生產量計算，仍不具足夠的之說服力，應有更多的研究評估，而效益評估的方法亦有許多爭議，多以水利工程施作，成本與效益的觀點來看，保育計畫的工作其效益多為間接及無形的，對水土環境的維護，其效益難以用金錢來衡量，勉強計算易橫生枝節。

上游集水區的調查規劃需從全集水區的現況樣貌來看，航空照片是很好的方式，但比例尺太小，不容易看出局部的問題，如輔以無人載具的空中照像，可以換一個角度來看區域的概況，提供了很好的問題研判的基礎，不論無人飛機、遙控直升機或懸浮的載具皆可提供空中俯視或不同視角來看地貌。

上游集水區保育治理工作之進行，對水文水理及泥砂生產運移會有一定程度的影響，本計畫引進水筒模式作評估之工具，可發揮功能，但其實際之成效有賴現地之規劃，過多假設及簡化容易使評估工作流於形式，建議應積極建立並持續現地的觀測系統，以供將來分析模式運用與驗證。

參考文獻

1. 經濟部水利署第三河川局(2007)，易淹水地區水患治理計畫第 1 階段實施計畫縣（市）管區排坑內坑溪排水系統規劃。
2. 經濟部水利署第三河川局(2007)，易淹水地區水患治理計畫第 1 階段實施計畫縣（市）管區排埔里盆地排水系統規劃。
3. 南投縣政府(2007)，易淹水地區水患治理計畫第 1 階段實施計畫縣（市）管區排拔馬溪排水系統規劃。
4. 南投縣政府(2007)，易淹水地區水患治理計畫第 1 階段實施計畫縣（市）管區排清水溝排水系統規劃。
5. 行政院農委會水土保持局(2006)，南投縣治山防洪規劃報告。
6. 行政院農委會水土保持局南投分局(2006)，濁水溪上游集水區整體治理調查規劃。
7. 行政院農委會水土保持局南投分局(2006)，烏溪上游集水區整體治理調查規劃。
8. 王如意、易任（1979），「應用水文學」，茂昌圖書。
9. 李光敦（2005），「水文學」，五南圖書。
10. 張順竹（2004），「坡地旱田降雨逕流分析研究」，中興大學土木工程研究所碩士論文。