

南化水庫防淤清淤方案研究

顏沛華¹ 呂珍謀¹ 蔡長泰² 洪武雄³ 陳聯鑒⁴ 沈文宗⁵ 胡偉德⁶

摘 要

興建水庫為達成有效利用天然降水的方法，惟水庫有其壽命限制，水庫一旦淤滿，則防洪之效喪失，灌溉，發電、民生、工業用水立受威脅。因此水庫淤砂、營運、管理、清淤及防淤等問題之研究刻不容緩。

南化水庫位於台南縣南化鄉境內曾文溪支流後堀溪之中上游，在曾文水庫南方約 15 Km 處，集水面積 108.3 Km²，集水區內大小支流計 36 條，與主流成「非」字形分佈，沖刷作用盛行，常因淘刷造成溪岸崩塌而淤積於南化水庫。台灣省自來水公司第六區管理處為明瞭南化水庫之有效蓄水容量、淤積量及淤積分佈狀況，從而進行防淤、清淤措施，以供水庫永續經營運用，遂委辦「南化水庫防淤清淤方案研究」計畫，主要工作內容有：(1)南化水庫淤積量調查，(2)南化水庫集水區調查治理規劃，(3)南化水庫防淤對策之研究及(4)南化水庫清淤對策之研究。

本計畫以 DGPS 方式從事定位，以測深儀完成水深測量，輔以傳統人工測量，加上衛星圖形資料及水面上之數值地圖高程數據，經水庫迴水改正後，估得南化水庫在 180m 滿水位下蓄水容積為 $1.38 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，水庫由完工蓄水至今，淤積量達 1,700 萬 m^3 ，相當於地表年沖蝕量 27mm，高過水庫規劃時之預估值 15mm，因水庫 82 年 7 月甫完工蓄水，其間又受到 85 年 7 月底賀伯颱風之暴雨沖蝕，導致有較大之地表沖蝕量，至於長期之地表沖蝕情況尚待持續之現場觀測方可獲致。南化水庫集水區之主要問題在於土地利用不當，缺少水土保持措施，加上地質不良間接造成部份地區崩坍，據現場實測數據分析顯示，南化

-
1. 國立成功大學水利及海洋工程系副教授
 2. 國立成功大學水利及海洋工程系教授兼系主任
 3. 台灣省自來水公司第六區管理處經理
 4. 台灣省自來水公司供水處生產組組長
 5. 台灣省自來水公司南化給水廠廠長
 6. 台灣省自來水公司南化水庫管理小組股長

水庫淤積嚴重區域多在芒果坑及痢坑之上游入庫段以及水庫下游之姜黃坑入庫段，至於在水庫順向坡鄰近，在 88 年 4 月至 9 月期間，可能有近 8cm 滑移之趨向，宜持續觀測之！

南化水庫集水區調查治理規劃原則上分別按造林撫育、農地水土保持、崩坍地處理、道路水土保持、防砂工程、溪流整治、水庫保護帶等七大項實施之，並排定優先次序分年執行。整體保育治理計畫五年實施計畫經費共約 364,996,000 元。又依水土保持法第二十條規定，水土保持區之水庫集水區應設置水庫保護帶，南化水庫保護帶面積約 1.57Km²。在水質方面，區內過去多使用低毒性農藥，對水庫水質之影響尚不嚴重，但現階段果樹更新之趨勢為種植芒果及其他作物，農藥使用量大增，應加強監視。另於惡劣天候之水質現場檢測中得知，水質在夏季(6~8 月)較差，若以環保署公告之卡爾森多變數指數(TSI)判定水庫水質，則南化水庫在惡劣天候短時間內之水質係介於中養至優養程度。在居民意願調查部份則以反對水庫加高者佔多數，雖該問卷調查之信賴度待查，但宜未雨綢繆，加強和集水區內居民之溝通連繫。

南化水庫防淤對策之研究上，需從事溪流之治理，即防砂工程(建攔沙壩，經費估計需 100,040,000 元)及護岸整流工程(經費估計需 12,750,400 元)、農牧地水土保持(經費估計需 18,748,760 元)、道路護坡排水治理(經費估計需 70,777,000 元)、崩坍地及水庫岸壁保護(含崩坍地處理經費估計需 25,737,520 元、溪流整治經費估計需 88,445,000 元、水庫保護帶造林植草經費估計需 12,750,400 元)、林業經營(經費估計需 158,077,930 元)等五項，再加上工程維護及突發性災害處理、訓練、研究、宣導及評估等費用之防淤治理工程，總經費概估約需 364,995,860 元(無林班地)或 529,152,910 元(含林班地)。

南化水庫清淤對策之研究方面，由於南化水庫無排砂道設計，因此清淤方面傾向以浚漂方式為之。其作法分為：(1)防砂壩浚漂、(2)陸面機械開挖及(3)水力抽泥三部分，南化水庫尾端後堀溪及平坑兩溪流現有之防砂壩均應於每年枯水季(10 月至次年 5 月)予以挖清。假設現有 35 座防砂壩能攔蓄 591,304m³，加上新設之攔砂壩 7 座，預計可攔蓄 96,000m³ 淤砂，故總共可蓄積及清除 687,304m³ 之淤砂。而陸面機械開挖適合於每年 4 月份水位最低、降雨最少之時期實施浚漂，浚漂時機以 3 月份次之，1 月~2 月份又次之。估計在四號橋以上應開挖 1,030,000m³ 淤砂。至於水力抽泥船在壩前庫區可全年作業，庫區之中上游段則限於在高水位季節進行。考慮南化水庫平均每年淤積 2,956,522m³，

而防砂埧只能攔截 $687,304\text{m}^3$ ，上游庫區陸面機械開挖平均每年也只能浚漂 $1,030,000\text{m}^3$ ，其餘之 $1,239,218\text{m}^3$ 估計需以水力抽泥船 28 艘(一年作業 300 天，每天作業 10 小時，一天清除 155m^3 之淤砂)來從事浚漂清除庫區水底淤泥。

一、計畫背景、目的、重要性：

南化水庫位於台南縣南化鄉境內之曾文溪支流後堀溪(主流長約 28Km)中上游，在曾文水庫正南方約 15Km^2 處(圖 1-1)，集水面積 104Km^2 ，若增加甲仙鄉大田村葡萄田及又太仙莊一帶山區，則集水面積共計 108.3Km^2 (摘自南化水庫集水區長期治理調查規劃報告，財團法人資源及環境保護服務基金會，中華民國 84 年 9 月 20 日，2-1 頁)，水庫於民國 77 年興建，於 82 年 7 月 6 日封壩蓄水，82 年 11 月 1 日南化水庫正式通水，當日南化給水廠奉準成立，83 年 6 月 13 日正式生產給水，年供水量可達 2 億 9 千 2 百萬噸(每日可出水 80 萬噸)，可滿足台南及高雄縣市(不包括山地鄉鎮)至民國九十年之公共及工業用水，供水區域總面積 5141Km^2 ，約佔台灣地區總面積之 14.3%，人口約 500 萬人。由於南化水庫集水區內大小支流計 36 條之多，與主流成「非」字形分佈，且支流河谷多呈 V 字形，沖刷作用盛行，為典型之幼年期河川，該水系蜿蜒明顯，常因淘刷造成溪岸崩塌而淤積於水庫。

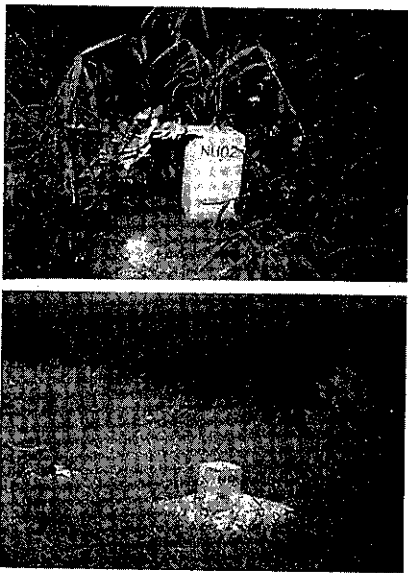
由於興建水庫之優良壩址日益難尋，水庫之興建或對週遭環境造成衝擊，或造價太高，或因環保意識高漲而易遭民眾抗爭，或被轉移成為政治事件，使得水庫治理、防淤、清淤等延長現有水庫壽命之作業更值得吾人重視！因此台灣省自來水公司第六區管理處為明瞭南化水庫現今之有效蓄水容量、淤積量及淤積分佈狀況，從而進行防淤清淤措施，以供水庫永續經營運用之宗旨，遂委託成大水利海洋研究發展文教基金會從事為期 1 年之「南化水庫防淤清淤方案研究」計畫，期能經由本計畫之執行，獲得水庫淤積及蓄水容積等有關數據，作為爾後南化水庫營運、集水區整治、淤積情況改善工程(清淤、防淤工程)等之參考依據。為達成上述目標，本計畫乃依據台灣省自來水公司之需求，擬訂以下四項主要研究工作：

- (一)南化水庫淤積量調查。
- (二)南化水庫集水區調查治理規劃。
- (三)南化水庫防淤對策之研究。
- (四)南化水庫清淤對策之研究。

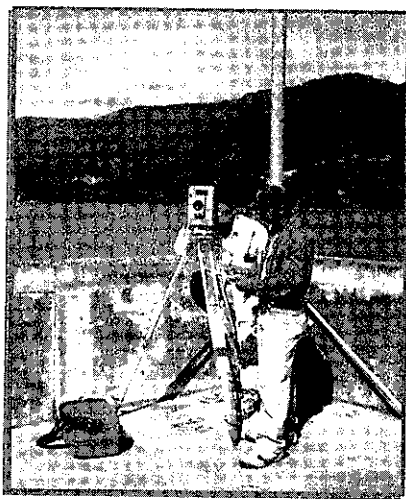
後，即作為導線測量之基點，利用全測站儀配合稜鏡覘標分別對 21 個導線點作測角、量距作業(照片 2-2)，將其測得之角度、距離經由程式換算後即可求得各導線點之座標(表 2-2)。

(二)水準引測：

利用精密水準儀及木質水準尺引測至各控制點及水工結構物。高程測量採用台灣省一等水準點系統，經過初步踏勘，發現南橫公路玉山村附近之一等水準點只剩下路檢 420(El.103.339m)存在。此次高程測量以加掛測微器之精密水準儀配合木製精密水準尺由路檢 420 作水準引測(照片 2-3)，同時也由路檢 425 水準點(EL.304.171m)檢測路檢 420 之高程，經來回檢測發現，路檢 420 之一等水準點有近 4.952cm 之沉陷，故路檢 420 之高程經檢測應為 103.290m。在水準測量作業過程中，共設置了 45 個參考水準點。作業過程



照片 2-1 南化水庫現場設置之永久控制點及導線點



照片 2-2 導線點之測角、量距作業



照片 2-3 南化水庫水準引測

表 2-2 導線點之二度分帶座標

點位	E(m)橫座標	N(m)縱座標	點位	E(m)橫座標	N(m)縱座標
N01	201694.039	2553387.088	E01	204769.267	2558350.074
N02	201892.275	2553918.383	E02	204804.805	2558364.963
N03	201768.209	2553810.467	E03	204858.206	2558402.814
N04	201709.168	2553305.640	E04	205416.892	2559220.724
N05	203141.124	2555806.840	E05	205584.393	2559465.581
N06	204605.903	2557415.031	E06	205609.566	2559472.937
N07	204174.129	2557305.756	E07	206676.407	2560325.425
N08	204106.839	2557902.071	E08	206698.780	2560266.021
N09	205168.070	2559506.170	E09	205517.781	2559392.058
N10	205561.589	2559842.826	E10	205450.671	2559230.815
N11	205750.783	2560100.293			

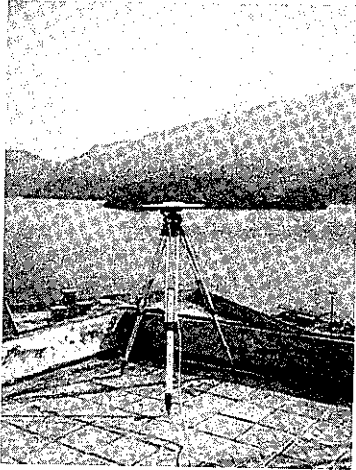
並檢測大壩上面之 10 個沉陷點(表 2-3)高程。由表 2-3 可知，在 6 年間大壩兩端沉陷約 12cm，而在大壩居部分沉陷約 24cm，仍在允許範圍之內。

表 2-3 水準點高程

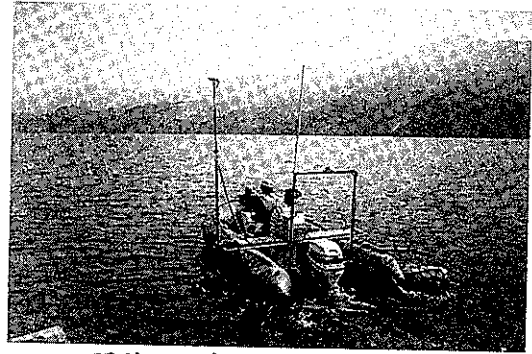
參考水準點				大壩沉陷點			
點位	高程(m)	點位	高程(m)	點位	原高程(m) 82.08.25設置	實測值(m) 88年實測值	沉陷量 (m)
路檢420	103.290	路檢425	304.171	D10(H1)	187.978	187.898	-0.080
CH1	102.548	CH31	299.673	D9(H2)	188.216	188.062	-0.154
CH2	104.777	CH32	294.029	D8(H3)	188.279	188.071	-0.208
CH3	106.350	CH33	283.207	D7(H4)	188.291	188.071	-0.220
CH4	113.033	CH34	282.894	D6(H5)	188.447	188.194	-0.253
CH5	109.959	CH35	270.226	D5(H6)	188.664	188.397	-0.267
CH6	118.091	CH36	261.026	D4(H7)	188.683	188.432	-0.251
CH7	130.012	CH37	256.064	D3(H8)	188.578	188.346	-0.232
CH8	124.090	CH38	250.477	D2(H9)	188.297	188.133	-0.164
CH9	117.409	CH39	249.122	D1(H10)	188.099	188.014	-0.085
CH10	122.219	CH40	243.119				
CH11	127.305	CH41	242.569				
CH12	138.652	CH42	236.609				
CH13	143.886	CH43	224.940				
CH14	147.131	CH45	217.316				
CH15	159.290	CH46	208.185				
CH16	172.308	CH47	201.915				
CH17	182.824	G5065	214.095				
CH18	195.249	CH48	210.997				
CH19	187.509	CH49	198.290				
CH20	187.774	CH50	184.799				
CH21	188.117	CH51	169.138				
C5	199.761	CH52	157.057				
F6	199.829	CH53	147.531				
F3	186.712	CH54	137.261				

(三)水深測量/斷面測量：

利用本系自備 12 呎長玻纖橡皮艇搭載測深儀及全球衛星定位接收儀以 DGPS 方式定位進行水深及斷面測量(照片 2-4、照片 2-5)。



照片 2-4 南化水庫 GPS 基站



照片 2-5 南化水庫水深測量

水深測量前先從事測深儀之 Bar Check 檢定(照片 2-6)，至於在不適合 GPS 使用的地方，如在 GPS 接收訊號被遮蔽問題之處、水中突出的小島、水底有障礙物使測量船無法進入或水深過淺超出測深儀的量測範圍或淤積嚴重測量船無法進入，必須以人工跑點的方式進行輔助測量工作(照片 2-7)。除了上述測深資料外，輔以 SPOT 衛星影像(照片 2-8)來處理水庫水面的邊界，並由農林航測所取得其所生產的 40 公尺 DTM 獲得滿水位以上的地形數值，故在內業分析的網格計算中能有完整的地形表現，可繪製完整的等深線圖再經由印表機輸出。整個水庫淤積測量作業流程如圖 2-1 所示，圖 2-2 為等深線圖，而圖 2-3 為南化水庫水位~蓄水面積~蓄水容積關係圖。

(四) 平板測量：

以電子平板方式測繪大壩區之人工結構物及水工結構物。

(五) 水庫一號順向坡位移觀測樁檢測

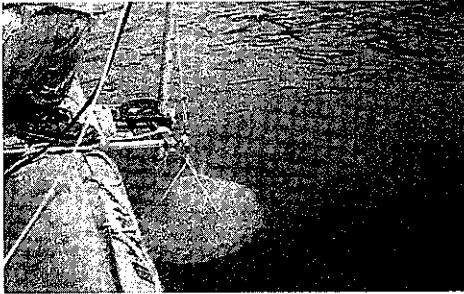
順向坡觀測樁經 88 年 4 月 18 日、88 年 5 月 23 日及 88 年 6 月 27 日三次檢測，在此 3 個月內，除 B2 點值得懷疑外，未見有明顯之滑動現象，惟在 9 月 6 日第四次之檢測中，發現其有 8.4cm 之可能滑移，宜持續觀測。

三、南化水庫集水區調查治理規劃

南化水庫集水區調查治理規劃從事以下項作業：

(一) 集水區基本資料蒐集與整理

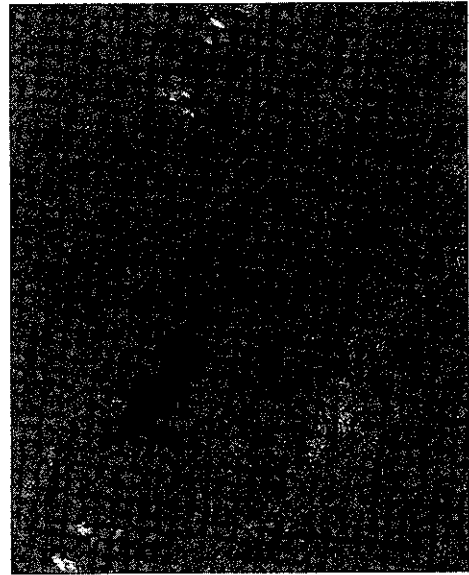
主要蒐集與整理以下集水區既有之基本資料：



照片 2-6 測深儀 Bar check 檢定



照片 2-7 南化水庫地形輔助測量



照片 2-8 南化水庫 SPOT 衛星影像

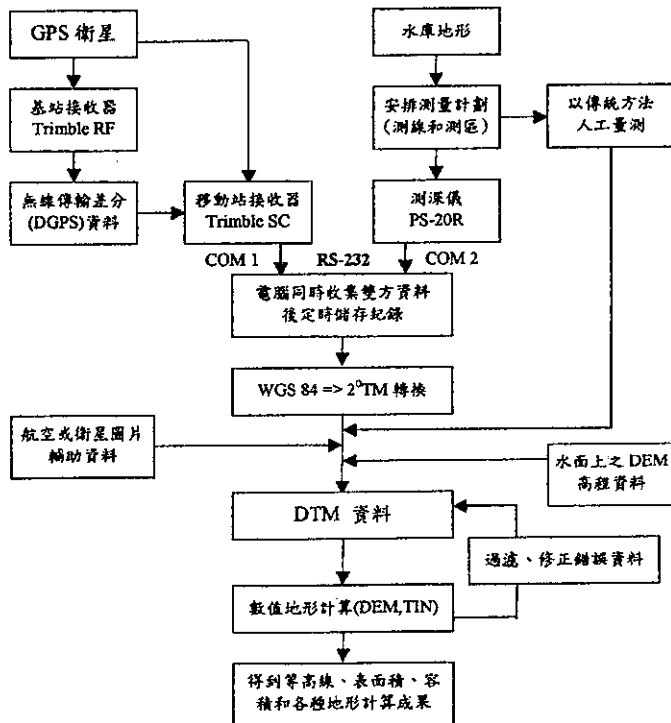


圖 2-1 GPS 應用於水庫淤積測量作業流程

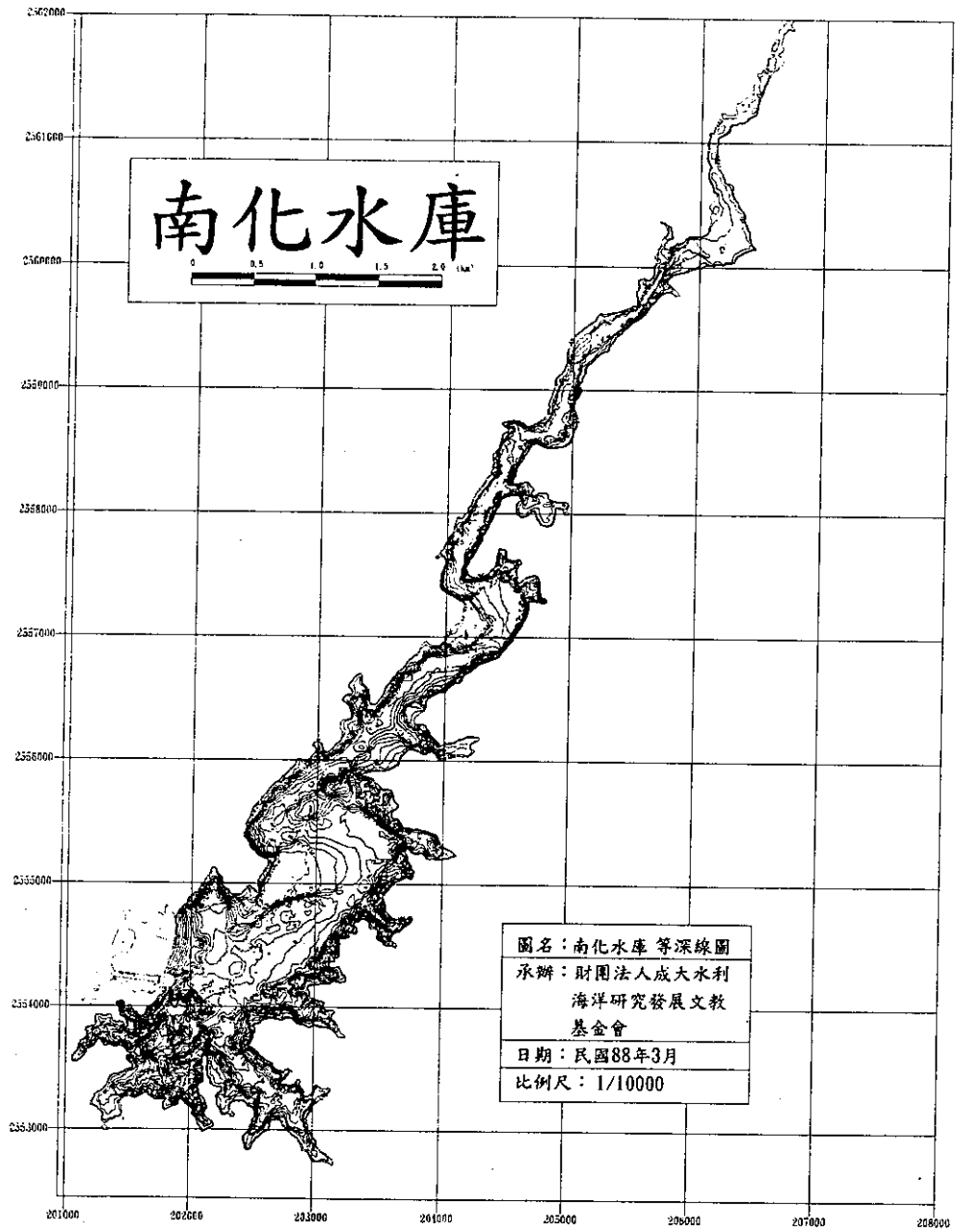


圖 2-2 南化水庫等深線圖

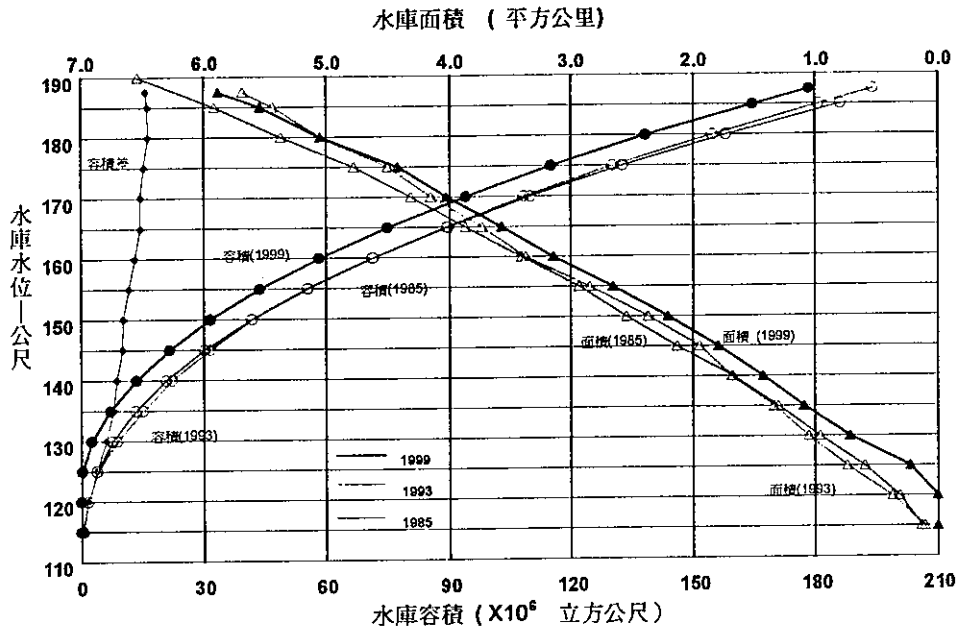


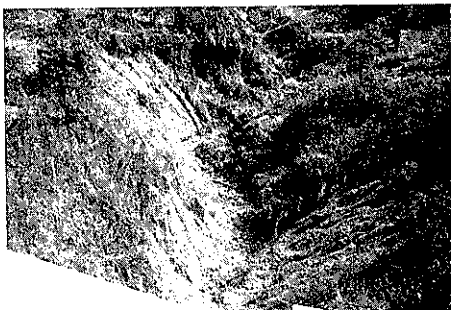
圖 2-3 南化水庫水位~蓄水面積~蓄水容積係圖。

- | | | |
|---------|----------|---------|
| 1. 地理位置 | 5. 人文 | 9. 土地利用 |
| 2. 地形 | 6. 交通 | 10. 生態 |
| 3. 地質 | 7. 氣候與水文 | 11. 水質 |
| 4. 土壤 | 8. 溪流概況 | |

(二) 治理需要性調查與分析

從事以下治理需要性現場調查與分析：

- | | |
|-----------------|--------------------|
| 1. 山坡地利用調查 | 4. 集水區產砂量 |
| 2. 崩坍地(照片 3-1) | 5. 水庫興建與集水區土地利用之變遷 |
| 3. 道路沖蝕(照片 3-2) | 6. 水庫及保護帶 |



照片 3-1 左十二坑現況



照片 3-2 南 179 道路路基流失

(三)治理工作規劃與設計

主要從事以下之治理工作規劃與設計：

- | | |
|---------------|-------------|
| 1. 規劃原則 | 6. 道路水土保持 |
| 2. 林業經營 | 7. 溪流治理 |
| 3. 農地水土保持 | 8. 水庫經營 |
| 4. 崩坍地處理 | 9. 預期效果 |
| 5. 防砂工程(圖3-1) | 10. 治理計畫與經費 |

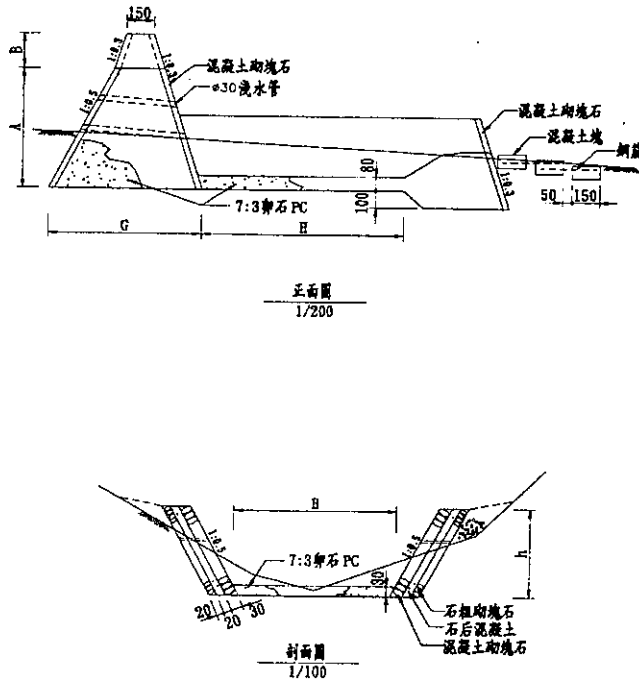


圖3-1 防砂壩設計圖例

(四)行政管理

主要從事下列事項之行政管理作業，至於整體保育治理計畫總目標所需經費如下表3-1所示。

- | | |
|------------|--------------|
| 1. 治理權責機構 | 5. 工程施工與維護 |
| 2. 管理單位組織 | 6. 經營資訊系統 |
| 3. 中長程治理計畫 | 7. 基本資料蒐集研究 |
| 4. 治理經費 | 8. 單項經營之配合措施 |

(五)水質現場檢測

取樣點之標定係先於兩萬五千分之一之地形圖上，確定19條支流之點位座標，經現場配合美製GARMIN GPS 12XL 型GPS進行定位後，確定19條支流及大壩鄰近、湖心、水庫流出點等座標(視表3-2)。確定位置座標後，再以本所自製的訊標標定之(照片3-1)，在作水質檢測前，水質檢測儀器(視照片3-2)均事先檢定校正之。

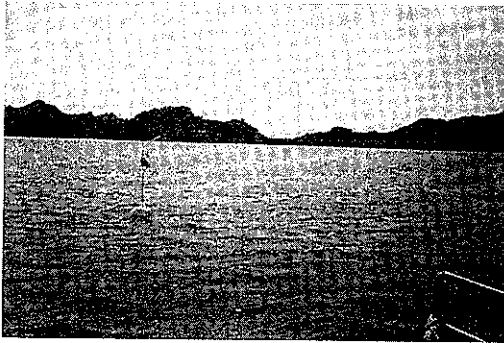
表3-1 整體保育治理計畫總目標 經費單位：仟元

計畫項目	治理項目	數量	經費
林班地造林計畫	補植造林	8,869.04公頃	147,226.06
山坡宜林地造林計畫	補植造林	653.60公頃	10,851.87
農地水土保持	安全排水	50.42公頃	5,745.45
	安全排水、覆蓋草帶	64.20公頃	7,939.42
	(果園)山邊溝	26.49公頃	607.39
	山邊溝、排水	3.43公頃	491.50
	山邊溝、覆蓋草帶	25.88公頃	3,965.00
崩塌地處理	截水溝	2處	19.11
	縱向排水	3處	264.60
	石籠護岸	15處	19,480.50
	混凝土護岸	5處	4,011.15
	石籠擋土牆	2處	1,023.80
	懸臂式擋土牆	1處	914.55
	坡面植生	31處	23.81
防砂工程	防砂壩	7座	100,040.00
道路水土保持	覆坡	4,090平方公尺	15,542.00
	擋土牆	2,568平方公尺	22,033.00
	排水溝	5,075公尺	6,852.00
	路面改良	7,000公尺	18,410.00
	植生	31,700平方公尺	7,925.00
	橫向排水	9處	15.00
溪流整治	整流	9處	88,445.00
水庫保護帶	補植造林	139公頃	2,307.40
	植草覆蓋	17.7公頃	10,443.00
合計(含林班地)			474,576.60
工程維護及突發性災害處理		5式	47,457.66
訓練、研究、宣導及評估		5式	7,118.65
總計(含林班地)			529,152.91
合計(無林班地)			327,350.54
工程維護及突發性災害處理		5式	32,735.05
訓練、研究、宣導及評估		5式	4,910.26
總計(無林班地)			364,995.86

表 3-2 水質取樣點座標

編號	橫座標	縱座標	名稱	編號	橫座標	縱座標	名稱
1	201323	2553330	姜黃坑	12	205603	2559884	啞湖坑
2	202985	2552852	內潛坑	13	205686	2559820	左十二坑
3	203255	2554275	圳頭坑	14	206175	2560663	左十五坑
4	203573	2554539	牛欄坑	15	206300	2560413	左十四坑
5	203991	2555253	左六坑	16	206375	2560163	左十三坑
6	203559	2555697	滴水坑	17	205688	2560150	大竹坑
7	204009	2556089	芒果坑	18	204477	2557730	竹仔坑
8	203318	2556593	痢坑	19	204456	2558729	番仔坑
9	204562	2556999	古董坑	20	202437	2554406	湖心
10	204032	2557963	粗坑	21	202242	2554869	近大壩
11	204728	2558158	流藤坑	22	201817	2554118	流出處

水質檢測之部分以德製水質取樣器將水樣取回實驗室，經先期減壓濃縮後添加各式檢驗藥劑，最後以德製微電腦雙光束比色計判讀之。部分無法現場監測之檢驗項目、則由外業工作人員以取樣瓶將水樣先借用南化淨水場之水質化驗室將試樣濃縮後，攜回本所交予內業分析人員分析，分析完成後將所有數據輸入Excel製表。另以美製多功能水質監測紀錄系統於現場測定水樣之水溫、導電度、DO、葉綠素、照度、透明度、PH值、SS值等數據。



照片3-1 水質取樣點之標定



照片3-2 水質監測紀錄系統

今以環保署規定之卡爾森多變數指數(TSI)來評估水庫優養程度，則必須參考以下指標(表3-3)：

表3-3 卡爾森多變數指數判定優養化之標準

營養程度	卡爾森指數(TSI)
貧養	<40
中養	40~50
優養	>50

註： $TSI(SD) = 60 - 14.42 \ln SD$ SD：透明度(m)
 $TSI(CHA) = 9.81 \ln CHA + 30.6$ CHA：葉綠素($\mu g/l$)
 $TSI(TP) = 14.42 \ln TP + 4.15$ TP：總磷($\mu g/l$)
 $TSI = [TSI(SD) + TSI(CHA) + TSI(TP)] / 3$

下表3-4為88年5月份之水質檢驗結果，而表3-5則為88年2月至88年4月之卡爾森多變數指數(TSI)值。

表3-4 八十八年五月水質檢測成果

編號	樣座標 E(X)	縱座標 N(Y)	樣座標	名稱	溫度 (°C)	PH	濁度 NTUs	葉綠素 μg/L	照度 μE/s/m ²	透明度 %	透明度 m	DO mg/l	導電度 UTN	SS mg/l	N03-N mg/l	氨氮 mg/l	總磷 mg/l	總氮 mg/l	COD mg/l	鹼度 mg/l	硬度 mg/l
1	201323	2553330		姜黃	26.5	8.48	0	3.53	523	21.6	0.496	9.577	366.00	未檢	未檢	未檢	未檢	未檢	未檢	未檢	未檢
2	202985	2552852		內灣	28	8.32	0	4.30	967	15.9	0.423	8.915	413.50	未檢	未檢	未檢	未檢	未檢	未檢	未檢	未檢
3	203255	2554275		頭坑	18.2	8.4	0	1.50	811.6667	39.25	0.842	5.83	249.00	2	0.06	0.1	0.04	0.03	4.6	120	90
4	203573	2554539		牛欄	27.4	8.38	0	2.15	1438.5	17.3	0.439	8.575	382.50	6.5	0.07	0.1	0.03	0.31	3.2	120	99
5	203991	2552553		左六	27.4	8.36	0	2.25	1397.5	16.05	0.425	9.41	413.00	未檢	未檢	未檢	未檢	未檢	未檢	未檢	未檢
6	203559	2555697		滴水	26.9	8.42	0	2.30	1366.5	46.05	1.023	9.31	436.00	未檢	未檢	未檢	未檢	未檢	未檢	未檢	未檢
7	204009	2556089		芒果	27.3	8.23	0	6.25	1101	12.15	0.385	9.41	494.50	未檢	未檢	未檢	未檢	未檢	未檢	未檢	未檢
8	203318	2556393		鄉坑	27.3	8.24	0.133	3.03	710.6667	12.5	0.388	9.45	511.33	未檢	未檢	未檢	未檢	未檢	未檢	未檢	未檢
9	204562	2556999		古董	27.1	8.19	1.6	7.75	734.5	6.25	0.341	9.365	517.50	12	0.31	0.2	0.16	0.54	5.4	120	99
10	204032	2557963		細坑	27.3	7.99	16.7	10.77	402	0	0.316	8.36	551.67	44	0.31	0.35	0.48	0.78	7.2	140	135
11	204728	2558158		流藤																	
12	205603	2559884		啞湖																	
13	205686	2559820		左十																	
14	206175	2560663		左十																	
15	206300	2560413		左十																	
16	206375	2560163		左十																	
17	205688	2560150		大竹																	
12	205603	2559884		竹仔	27.6	8.19	1.4	6.65	524	5.5	0.336	9.565	499.00	16	0.27	0.15	0.16	0.52	5.9	120	90
13	205686	2559820		番仔																	
14	206175	2560663		鄉心	26.2	8.42	0	3.60	503.3333	44.9	0.990	8.697	384.33	2.5	0.1	0.07	0.04	0.31	4.6	100	90
				中層	21.7	7.77	0	2.63	141.6667	16.5		4.643	394.33	5	0.28	0.21	0.1	0.48	3.5	100	99
				底層	21.6	7.75	0	2.20	142.6667	21.3		5.313	409.33	7	0.31	0.2	0.09	0.54	5.2	120	90
21	202242	2554869		近大	26.3	8.42	0	3.70	445	39.7	0.853	8.813	389.00	2.5	0.07	0.1	0.04	0.31	4.2	120	90
				中層	21.7	7.76	0	1.53	142	33.2667		5.053	400.67	6	0.3	0.15	0.09	0.47	3.5	100	81
				底層	21.6	7.86	0	1.67	141.6667	30.9333		5.98	412.00	8.5	0.28	0.1	0.6	0.53	5.2	120	90
22	201817	2554118		流出	26.5	8.41	0	1.80	1165.333	47.7667	1.073	9.707	411.67	0	0.08	0.1	0.04	0.26	4.8	120	99
				中層	25.4	8.35	0	3.30	223	37.8333		9.84	410.33	1	0.07	0.05	0.02	0.32	4.7	100	99
				底層	21.9	7.83	0	3.25	141	42.8		5.415	435.00	2	0.26	0.1	0.02	0.47	3.9	100	81

表3-5 南化水庫水質TSI值

時間	編號	橫座標	縱座標	名稱	TSI
八十八年二月	3	203255	2554275	頭坑	56.96
	4	203573	2554539	牛欄坑	48.66
	9	204562	2556999	古董坑	53.24
	17	205688	2560150	大竹坑	58.31
	20	202437	2554406	湖心	49.78
	21	202242	2554869	近大壩	45.72
	22	201817	2554118	流出處	51.78
八十八年三月	1	201323	2553330	善黃坑	62.8
	2	202985	2552852	內灣坑	51.3
	10	204032	2557963	粗坑	55.9
	11	204728	2558158	流藤坑	62.5
	18	204477	2557730	竹仔坑	55.3
	20	202437	2554406	湖心	49.3
	21	202242	2554869	近大壩	49.7
八十八年四月	22	201817	2554118	流出處	50.5
	3	203255	2554275	頭坑	51.5
	4	203573	2554539	牛欄坑	54.4
	9	204562	2556999	古董坑	67.9
	10	204032	2557963	粗坑	74.6
	18	204477	2557730	竹仔坑	67.4
	20	202437	2554406	湖心	53.5
21	202242	2554869	近大壩	54.4	
22	201817	2554118	流出處	50.9	

由表3-5可知，若以卡爾森多變數指數評斷南化水庫水質，則都介於中養至優養程度，惟該值係於惡劣天候採樣檢測短時期之現象。

(六)居民意願調查

為使南化水庫治理規劃方向能滿足鄉民之生活需求，希望當地鄉民能提供寶貴意見，以供規劃單位參考研究，因此發出問卷，從事居民意願調查。問卷共發出100份，僅回收得30份，居民意願調查經分析結果如圖3-1所示。

(七)水庫保護帶界定

水庫保護帶之界定係於1/5000基本圖上先行圈選滿水位180m之等高線，再沿此180m等高線水平量出相距50m之點位，由圖上讀取其座標，爾後可提供工作人員現場訂樁。保護帶界樁座標據誤差分析結果顯示(表3-6)，信賴度在95%之情況下，定位誤差在2.4 m以內。

表 3-6 保護帶界樁座標誤差分析

誤差值(m)	百分比	累積百分比
0~0.5	22%	22%
0.51~1.1	26%	48%
1.01~1.5	24%	72%
1.51~2.0	18%	90%
2.01~2.5	7%	97%
2.51~3.0	1%	99%
3.01~	1%	100%

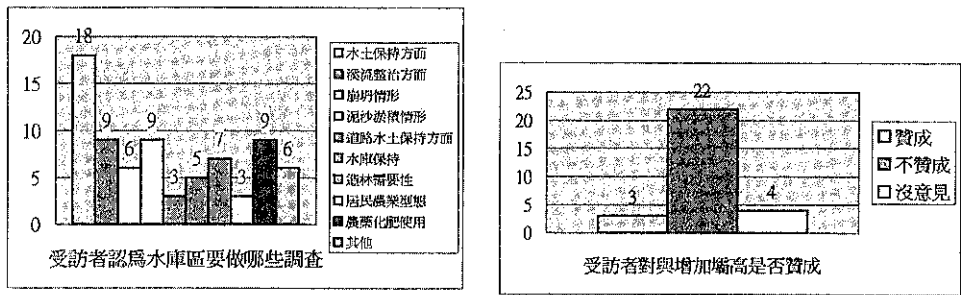


圖 3-1 居民意願調查

利用保護帶界樁座標數據，再配合現場實際情況，在人能到達且能測量及訂樁之處設置參考樁，根據該樁點，以後可據以設立水庫保護帶。

四、南化水庫防淤對策之研究

防淤之目的係在上游集水區實施水土保持措施和完善的集水區管理以控制土壤沖蝕而減少流入水庫之泥沙，南化水庫在興建之初，曾有區分前庫、後庫之意，後庫主要用於蓄水，前庫則擬仿尖山埤水庫空庫排砂成功之案例，主要用於淤砂及排砂，後因其他因素而作罷。以下對於南化水庫防淤方式之探討經研究後建議如下：

(一) 溪流治理

由於南化水庫之水源後堀溪及平坑支流眾多，於左右兩岸分別注入本流，全部水系成非字形，右岸支流河谷呈V字形，河床母岩裸露，河流下游有河床載堆積，河道兩旁沿岸有部份崩坍地。左岸支流河床斷面多呈U字形，沒有河曲，河床載覆蓋層厚，河川侵蝕為橫向擴張。因此對溪流之治理可分為兩方面來處理：

1. 防砂工程

主要以攔砂壩為主，南化水庫目前在內灣坑、左十五坑、亞美坑、龜頭坑及鳳梨坑等處共有46處防砂工程(水保局執行10座，林務局執行36座)，其設置之防砂壩近於淤滿，因此宜另設防砂工程，基於治理原則，配合農地水土保持措施之坑溝整治項目及崩坍地治理措施，在後堀溪右岸之大竹坑、高水坑、芋仔寮坑、老藤湖坑(3處)設置6處防砂壩，而在平坑左岸之柚子腳溝設置1處防砂壩，總共新建7處防砂壩，預計可攔蓄96,000立方公尺之淤砂，防砂壩壩高均在10公尺左右以策安全，所有防

砂壩均為混凝土壩，其興建位置視圖4-1。

2. 護岸整流工程

主要以暢流為目標，並修建溪流護岸，避免河岸崩坍或沖毀，護岸以建3公尺高為原則，加封底，以免低水期時溪底長高莖茅草，阻礙高水期之水流暢通。護岸整流工程設置於頭坑、大竹坑、左十五坑，亞美坑、高水坑、柚子腳溝、平坑、苓仔寮坑、鳳梨坑等9處，其位置如圖4-1。

(二)農牧地水土保持

南化水庫集水區內宜農牧地共170.4198公頃。宜農牧地中I、II級地有114.6244公頃，依水保局之規定平台階段每5年須改善一次，依現地勘查建議整修安全排水系統。III、IV級地共55.7954公頃，主要處理措施為開設果園山邊溝、連絡道，及修建安全排水，其處理需要數量及經費見表4-1。

(三)道路護坡排水治理

南化水庫集水區內需整治之道路有關山產業道路，總長29.13公里，平坑產業道路，總長7.19公里，至於台20線及嘉149線暫時無需道路水土保持治理工程，今將擬治理之工程數量及經費概算列於表4-2，道路水保工程位置則見圖4-2。

(四)崩坍地及水庫岸壁保護

南化水庫集水區內崩坍地(含水庫岸壁崩坍)總計有103處，其中本流有65處，佔63.11%，左支流有22處，佔21.36%，右支流有16處，佔15.53%，崩坍原因分析中，溪流淘刷所佔百分比為20.38%且在下游近水庫處，因該區地層之泥岩成份高，故溪流向側向淘刷造成崩坍。崩坍地發生位置主要發生在溪邊，其中亦包含了蓄水區之邊坡總計約佔37.86%為最多數。按崩坍之安定性，為害水庫之程度並考量技術之可行性等，區分崩坍地為亟需處理、需處理、不需處理、無法處理等四類，依據治理原則對需要處理之崩坍地及經費列於表4-3。

(五)林業經營

南化水庫集水區之造林計畫依坡地水土保持治理分區之治理經費列於表4-4。已查定之山坡宜林地653.6公頃需1,085萬元，林班地8869公頃則需1億4,722萬元。加強保育地0.125公頃則需0.2萬元。

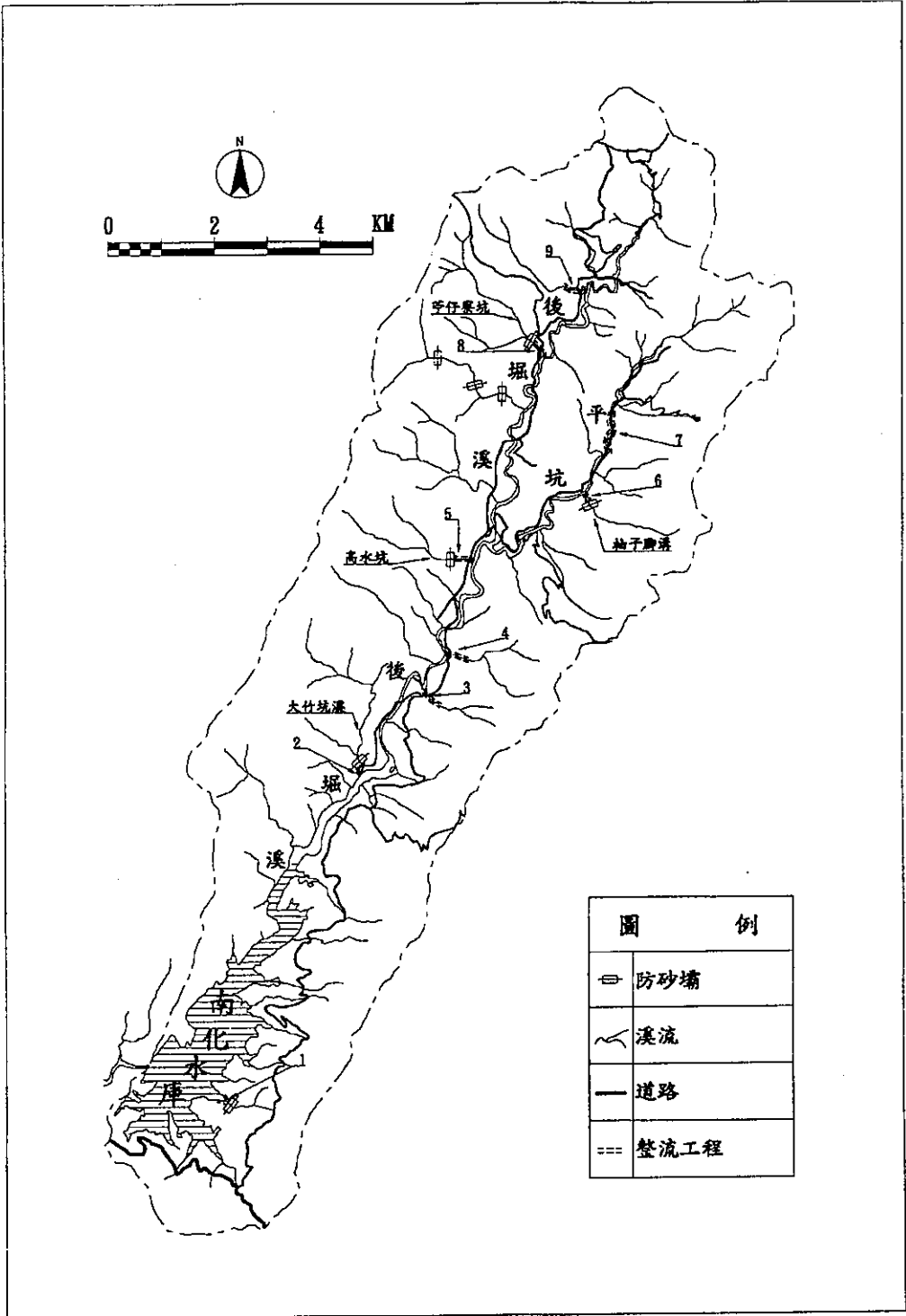


圖 4-1 南化水庫集水區防砂壩及整流護岸工程位置圖

表4-1 南化水庫集水區所需農牧地水土保持處理分析

處理措施	區分	單位	I級、II級	III級、IV級
安全排水	數量	公頃	50.4208	
	經費	仟元	5745.4502	
安全排水， 覆蓋草帶	數量	公頃	64.2036	
	經費	仟元	7939.4172	
山邊溝 (含植草)	數量	公頃		26.4888
	經費	仟元		607.3882
山邊溝， 縱向排水	數量	公頃		3.4254
	經費	仟元		491.5106
山邊溝，排水 ，覆蓋草帶	數量	公頃		25.8812
	經費	仟元		3964.9998
合計	數量	公頃	114.6244	55.7954
	經費	仟元	13684.8674	5063.8986

表 4-2 道路水土保持治理工程數量與經費概算

道路名稱	長度 (KM)	工程措施 單位：	護坡 (M ²)	擋土牆 (M ²)	排水溝 (M)	路面改良 (M)	植生 (M ²)	橫向排水 (處)	合計
關山產業道路	29.13	數量	4,050	2,500	4,830	6,000	31,400	7	67,003
		費用(仟元)	15,390	21,450	6,521	15,780	7,850	12	
平坑產業道路	7.19	數量	40	68	245	1,000	300	2	3,774
		費用(仟元)	152	583	331	2,630	75	3	
合計	36.32	數量	4,090	2,568	5,075	7,000	31,700	9	70,777
		費用(仟元)	15,542	22,033	6,852	18,410	7,925	15	

註：依78年水土保持局區域綜合水土保持單價及「西部地區治山防洪計畫單價表」之估算
單價表，並以物價指數105調整至88年：

- | | | | |
|--------|------------------|----------|---------------------|
| 1.護坡 | : 3.8仟元/公尺(1公尺高) | 2.懸臂式擋土牆 | : 8.58仟元/公尺(1.5公尺高) |
| 3.排水溝溝 | : 1.35仟元/公尺 | 4.抽油路面 | : 2.63仟元/公尺(5公尺寬) |
| 5.橫向排水 | : 1.63仟元/處 | 6.植生 | : 0.25仟元/公尺 |

表 4-3 南化水庫實施之崩塌地處理所需經費

編號	溪流名	攔水溝	縱向 排水	石籠 護岸	泥織土 護岸	石籠 擋土牆	懸臂式 擋土牆	坡面 植生	合計 費用
8	頭坑			222				0.01	222.01
9				444				0.03	444.03
11	阿羅漢			222				0.03	222.03
13	左六坑				143.65			0.01	143.66
27	流車坑溪							0.28	0.28
31	左十四坑			1665				0.74	1665.74
33	左十五坑				552.50			0.41	552.91
34				5590				1.65	5591.65
35	左基坑			1665				0.25	1665.25
36				555				0.33	555.33
37				1110				0.83	1110.83
39	銀羅漢							0.32	0.32
44	平二坑			1110				0.23	1110.23
45	平坑							0.92	0.92
47	抽子脚溝				1105.00			0.33	1105.33
48					1105.00			1.49	1106.49
50	平坑							0.41	0.41
52	平六坑	14.70	108.00			444		3.02	569.72
53	平坑			1110				0.43	1110.43
54			81.00				914.55	1.07	996.62
55								0.22	0.22
64	長水坑	4.41	75.60			579.8		0.43	660.24
67	穿竹寮坑							0.23	0.23
68				832.5				1.11	833.61
69				1110				0.40	1110.40
72	杏羅坑							1.39	1.39
73				1665				1.24	1666.24
77				1110				0.69	1110.69
78					1105.00			0.69	1105.69
79	龜頭坑			1110				1.32	1111.32
81	大竹坑溪							3.30	3.30
合計	19.11	264.60	19481	4011.15	1023.8	914.55	23.81	23737.52	

註：價碼主要依據78年「西部治山防洪計畫調查報告案規定及說明」之建議單價，
以年物價指數105估計至88

- 1.總費單位：仟元
2.費用單價為：
(1)攔水溝 : 24.50 千元/公頃 (5)石籠擋土牆 : 2.22 千元/公尺(0.5公尺高)
(2)縱向排水 : 1.80 千元/公尺 (6)懸臂式擋土 : 14.0 千元/公尺(5.0公尺高)
(3)石籠護岸 : 11.10 千元/公尺 (7)坡面植生 : 0.33 千元/平方公尺
(4)泥織土牆 : 11.05 千元/公尺

五、南化水庫清淤對策之研究

南化水庫之設計年平均輸砂量為 190 萬公噸(156 萬 m^3)，相當於集水區內年刷深 15 厘米，水庫完工後歷次測量結果如表 5-1 所示，由該表可知，民國 82 年 6 月至民國 88 年 3 月在 5.75 年間即淤積了 1.7×10^7 立方公尺，年平均淤砂量達 2.96×10^6 立方公尺，相當於集水區內年刷深 27 厘米，高出原設計之輸砂量，約為原設計值之 1.8 倍。

表 5-1 南化水庫歷年量測成果表

測量日期	總水庫容量	蓄水容積差	淤積量
74.04	1.58×10^8	0	0
82.06	1.55×10^8	3.00×10^6	-
88.03	1.38×10^8	1.70×10^7	1.70×10^7

南化水庫為一丘陵型水庫，庫區之淤積情況大致由後堀溪左右兩岸支流冲刷、崩坍入庫，由於大埧未有排沙底孔之設置，因此不適於使用水力排沙方式來清淤。本案就可能之機械浚渫方式予以探討。

(一)陸面機械開挖

陸面機械開挖可適用於南化水庫上游面庫區。陸面機械開挖適於乾枯季節在露出水面四號橋以上之庫區實施。單就水位來看，3月~5月為最佳作業期間。就降雨而論，實施陸面機械開挖之時機以11~12月最佳，1月~3月次之，4月~6月又次之。如進一步同時考慮水庫水位(見圖5-1)及降雨情況(見圖5-2)，則以4月為水位最低、降雨最少之月份，因此4月為最佳浚渫時機，3月次之，1月~2月又次之。

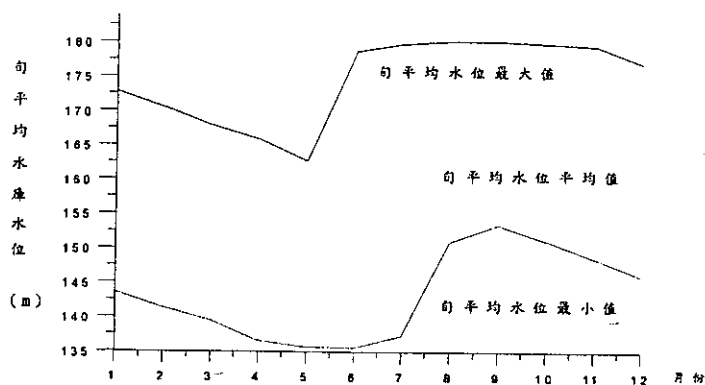


圖5-1 南化水庫旬水位變化

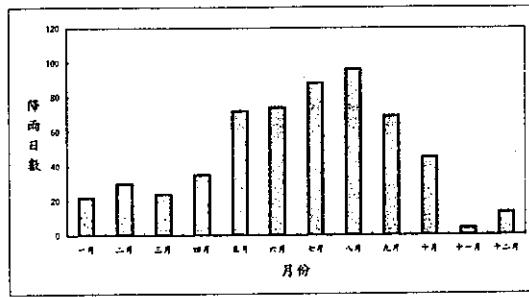


圖5-2 南化水庫降雨日數統計

(二)水力抽泥

南化水庫可考慮以浚漂船來實施清淤。水力抽泥適用於南化水庫。輸泥管長度對虹吸及氣力泵抽泥為一限制因素，其輸泥管線通常多短於400公尺。南化水庫大壩前庫區之清淤輸泥距離將長達2,000公尺，依此，以水力抽泥較適於擔負如此長距離之輸送。

以白河水庫現有之一組抽泥船為例，每天作業10小時，一天計可清除150~160立方公尺之淤沙。水力抽泥可全年進行，且可以更多機組加入作業。假設一年中，在扣除颱風期間及定期維修後可作業300天，則每一抽泥機組之年浚漂量為45,000~48,000立方公尺，平均年浚漂量約46,500立方公尺。水力抽泥適於在大壩及進水塔附近實施。此一區域目前的底床高程約在122~130公尺之間，由於此一庫區多浸沒在水面下，無法以陸面機械開挖方式實施。

(三)上游攔沙

水庫可在其上游設置防砂壩以攔阻粗沙，可以達到減淤效果。南化水庫來沙主要來自後堀溪及平坑各主流，因此，可在該二溪流入庫點之略上游處，覓得適當壩址興建防砂壩，並每年於乾季挖除其內淤沙，以維持長期攔沙容積。

目前南化水庫在內灣坑、左十五坑、亞美坑、龜頭坑及鳳梨坑等處計有46處防砂工程，目前所有防砂壩近於淤滿，溪流下游附近已開始大量淤積。一般而言，台灣中上游河川之推移質輸沙量約佔總輸沙量之15~20%。若以年平均淤砂量276萬噸之20%計算，則在後堀溪及平坑之支流上之來砂量可能達到591,304立方公尺之砂石。

(四)綜合清淤方式

南化水庫最佳清淤方式應以下列方式組合實施：

1. 以水力抽泥船在埧前實施浚淤。
2. 以陸面機械開挖方式，於枯水季在四號橋(24斷面)以上庫區實施浚淤，再經由舊關山產業道路輸送淤砂。
3. 於後堀溪及平坑各主流入流點上游設置防砂埧，現有攔沙埧之淤砂則給予清除。

(五)浚淤物處理

南化水庫之浚淤物處理方式可規劃如下：

1. 棄土場棄土

南化水庫似可規劃下游溢洪道鄰近作為棄土場(據悉，溢洪道右側空地將規劃為公園)。永久棄土場容積只有一次使用之功能，因此，對持續性之水庫清淤而言，並非最佳之棄土方式。應儘早規劃以其他方式來處理浚淤物。

2. 填土利用

陸面機械開挖所清出之庫泥可運至集水區外，用來填平窪地或砂石地以改良為農田。南化水庫管理單位或可探訪附近農民，建立有意願利用浚淤物者之名單，俾便將來協調安排浚淤物之處理作業。

3. 建築骨材利用

防砂埧或現有攔砂埧所攔截之粗沙可於每年枯水季予以挖除，以維持容積。這些砂石或可做為建築骨材出售，其收益可用以抵消防砂埧之部份興建工程費。

4. 河道棄土

南化水庫水力抽泥所抽出之泥水可導至沉沙池以分離水沙。水庫之沉沙池可設置於大壩下游溢洪道(為無閘門控制U型溢流堰)右側空地(原規劃為公園預定地)。由於沉沙池之容積有限，而且適當地址不多，因此應規劃定時清除池內之淤泥，以維持其沉沙功能。南化水庫平均溢流量86年為 $7.07 \times 10^7 \text{m}^3$ (歷經8月28/29日之安珀颱風)，87年為 $1.94 \times 10^7 \text{m}^3$ (歷經9月28日之楊妮颱風，10月13/16日之瑞伯颱風，10月26/27日之芭比絲颱風)，平均每年溢流量達 $4.51 \times 10^7 \text{m}^3$ ，因此可考慮將沉沙池內之泥沙，於溢流時釋入後堀溪下游河道，由洪水挾帶入海。

5. 灌渠棄土

由於南化水庫為自來水公司管轄之給水水庫，故灌渠棄土或許並不適用本案。

(六)清淤方案規劃

依以上之探討，對南化水庫清淤初步規劃如下：

1. 清淤與浚淤物處理之規劃

(1)上游四號橋(24斷面)以上庫區之陸面機械開挖：

上游四號橋(24斷面)以上之庫區可在枯水季以陸面機械開挖方式來清除庫泥。浚淤物可以棄土場永久棄土、低窪地填土、農地改良及建地填充地基等方式來處理。

(2)埧前庫區之水力抽泥：

埧前庫區之底床長年浸沒於水下，可採用水力抽泥船來清淤。目前埧前庫區最低底床高程約128.387公尺，按82年實測之紀錄埧前庫區最低底床高程則約120.390公尺，在5.75年間其淤積了近8公尺，故有待予以清除以恢復有效容積。水力抽泥所抽出之泥水可先輸至沈沙池以分離水沙，再於汛期洩洪時釋入下淤河道輸送入海。

(3)新設防砂埧及現有攔砂壩新設挖砂：

除現有之防砂工程外，可規劃在後堀溪及平坑兩溪流主支流之入庫處，分別設置防砂埧以攔砂減淤。防砂壩位置視圖4-1，防砂壩數量及經費概算視表5-1。新設防砂埧之總設計容積預定為96,000立方公尺。防砂埧之砂石應於每年枯水季予以挖清，以維持其攔砂庫容。所清出之砂石可做為建築骨材出售。

表5-1 南化水庫集水區防砂壩工程經費概算

編號	工程名稱	壩高 (公尺)	溢洪口		工程單價 (仟元)	壩長 (公尺)	預估工程費 (仟元)
			底寬(公尺)	高(公尺)			
1	大竹坑防砂壩	10	25	2.0	381	40	15,240
2	高水坑防砂壩	8	25	2.5	298	40	11,920
3	柚子湖防砂壩	8	20	2.0	298	40	11,920
4	老藤湖坑一號防砂壩	10	25	2.5	381	45	17,145
5	老藤湖坑二號防砂壩	10	25	2.0	381	40	15,240
6	老藤湖坑三號防砂壩	10	25	2.0	381	40	15,240
7	牛仔寮坑防砂壩	10	25	2.0	381	35	13,335
合計							100,040

註：工程費採民國78年「西部地區治山防洪計畫單價表」之單價估算，並以物價指數105調整至88年度

2. 清淤時機之規劃

(1)防砂壩浚淤：

南化水庫尾端後堀溪及平坑兩溪流現有之防砂埧均應於每年枯水季（11月至次年5月）予以挖清。預計防砂埧可清出591,304立方公尺（假設現有防砂埧能攔蓄之數量），加上新設之攔砂壩7座，預計可攔蓄96,000立方公尺淤砂，故總共可蓄積及清除687,304立方公尺之淤砂。

(2)陸面機械開挖：

由雨量及水庫水位分析指出，每年4月之水位最低、降雨最少，為最佳之浚漂時機，3月次之，1月~2月又次之。估計四號橋以上庫區應開挖1,030,000立方公尺淤砂。（據白河、大浦、明德水庫浚漂之經驗，以3部推土機、10部挖土機、33部卡車在4個月之作業期約可清除550,000立方公尺）。

(3)水力抽泥：

水力抽泥船在壩前下游段庫區可全年作業，庫區之中上游段則限於在高水位季節進行。考慮南化水庫平均每年淤積2,956,522立方公尺，而防砂埧只能攔截687,304立方公尺，上游庫區陸面機械開挖平均每年也只能浚漂1,030,000立方公尺，其餘之1,239,218立方公尺需以水力抽泥船28艘（抽泥能力155m³/day，一年作業300天，每天作業10小時，一年清除46,500立方公尺之淤砂）方能清除。

(七)不同浚漂方式及浚漂物後續處理方式對環境的影響

1. 浚漂方式對環境的影響

浚漂之方式很多，如浚漂、水力排砂及水庫運轉策略等，不同方式的使用，會因其特性對環境產生不同的影響，可參考表5-2。

2. 浚漂物後續處理方式之影響

浚漂物後續處理包含棄土、水力排砂、農田淤灌土地改良、建築骨材利用及回收處置等，其影響視表5-3。

(八)水庫浚漂計畫評估方法與程序

水庫浚漂在實施之前應予以妥善規劃，規劃時，應廣泛搜集相關資料，以下為水庫浚漂計畫所需蒐集之相關資料及評估程序：

1. 基本資料
2. 淤積及水文分析
3. 浚漂計劃之經濟效益分析

4. 浚渫計畫書及審核

表5-2 浚渫方式與環境之影響

影響 層面	空氣		噪音		水質		水文		生態	
	浚渫期	完工後	浚渫期	完工後	浚渫期	完工後	浚渫期	完工後	浚渫期	完工後
水力抽泥	○	○	○	○	--	++	-	+	-	○
虹吸抽泥	○	○	○	○	--	++	-	+	-	○
氣力抽泥	-	○	-	○	--	++	-	+	-	○
機械挖泥	--	○	--	○	-	+	○	+	-	○
機械開挖	--	○	--	○	○	+	-	+	-	○
水力排沙	○	○	○	○	--	+	--	+	-	○
管理策略	○	○	○	○	++	++	○	○	○	○

註： ++：中等正面影響 --：中等負面影響 ○：幾無影響
 +：輕微正面影響 -：輕微負面影響

表5-3 後續處理方式與環境之影響

	水文	水質	空氣	土壤污染	穩定	生態
棄土場	○	○	--	?	--	-
水力排沙	-	--	-	?	○	--
農田淤灌	○	-	-	?	○	-
回收處置	○	○	○	○	○	○

註： --：中等負面影響 ○：幾無影響
 -：輕微負面影響 ?：視個案情況而定

浚渫計畫書應由有關之水庫管理單位呈送上級單位審查與核定。計畫

書中應包括：

- (1) 呈遞文
- (2) 浚渫計畫之摘要
- (3) 目前水庫淤積狀況之評估
- (4) 浚渫作業之需要性
- (5) 浚渫量及浚渫部位
- (6) 浚渫替代方案之擬定與分析
- (7) 浚渫替代方案之評估（成本、效益、環境影響及公共政策等）
- (8) 最佳替代方案之選定
- (9) 財務計畫（財務來源及還本）
- (10) 執行計畫
- (11) 棄土場之後續監控計畫
- (12) 浚渫作業完工報告之編寫與呈送

六、結論與建議

(一)結論

1. 南化水庫淤積量調查

- (1) 據88年3月之實測數據分析顯示，南化水庫在滿水位(標高180公尺)情況，其蓄水面積為5.05平方公里，蓄水容積為 1.38×10^8 立方公尺。
- (2) 由民國82年6月至民國88年3月間之實測數據分析，在5.75年間水庫淤積了17,000,000立方公尺，平均年淤積量約為2,956,522立方公尺，以南化水庫集水面積 108.3Km^2 估算，相當於集水區每年約有27公厘之沖蝕量，為規劃時預估年刷深值15公厘之1.8倍。這應是水庫剛完工蓄水即逢暴雨之必然現象，如曾文水庫在規劃設計階段原預估之輸砂量為561萬立方公尺/年，民國62年4月完工蓄水，檢視民國64年6月~民國65年6月數據知(水庫甫完工蓄水後之實測數據)，其在1年內即淤積了1362.4萬立方公尺，為先前預估值之2.4倍。又據經濟部水利處南區水資源局提供之曾文水庫各期淤積分析表知，曾文水庫在82年至84年之淤積量分別為256萬2千立方公尺、893萬立方公尺及638萬立方公尺，而85年(即賀伯颱風發生之年)一年之淤積量卻暴增為1,620萬2千立方公尺，由此可見在台灣水庫淤積之主因確為颱風暴雨之沖蝕所導致。
- (3) 曾文水庫集水面積 481Km^2 ，南化水庫集水面積 108.3Km^2 ，曾文水庫集水面積約為南化水庫集水面積之4.4倍，若以曾文水庫85年(即賀伯颱風發生之年)一年之淤積量1,620萬2千立方公尺按比例估計，南化水庫在該年淤積量估計應為365萬立方公尺，因此據本計畫實測數據分析顯示，截至目前，南化水庫之年平均淤積量約296萬立方公尺應屬合理之值，長期之年平均淤積量尚需仰賴水庫各期淤積分析才能得知。
- (4) 本計畫已設立並施測得25個控制點座標，同時將位於大壩上游的20個控制點設置為永久性樁點，供日後檢校。
- (5) 現場設立45個水準點，本計畫以精密水準測量檢測大壩10個沉陷點，由實測數據得知，在民國82年至88年近六年間，大壩兩端有約12cm之沉陷，在大壩中央有約24cm之沉陷，惟仍處於允許範圍。
- (6) 完成標高187.5公尺以下蓄水量(滿水位180公尺以下)之估算，並求得每公分變化之蓄水量可供水庫管理單位查詢。
- (7) 完成南化水庫大壩断面位置圖及等深線圖之繪製，可據以瞭解施測大壩

面位置及水庫周遭地形。

(8) 完成水庫60個大斷面圖之繪製，可據以瞭解水庫60個大斷面在民國82年至88年近六年間之變化情況。

(9) 完成「南化水庫水位~蓄水面積~蓄水容積」關係圖，可供水庫管理單位查詢對應之水位(標高)~蓄水面積~蓄水容積。

(10) 由繪製完成之等深線圖及各大斷面圖研判，淤積嚴重區域有：

- 斷面 3 前後，在大壩前約 300m 處，尚未危及出水口。
- 斷面 15 前後，在芒果坑和痢坑西南約 300 m 處。
- 斷面 24 前後，在關山產業道路 3 號橋附近。
- 斷面 28 前後，在流藤坑出口附近。
- 斷面 30 前後，在大地谷附近。
- 斷面 34 前後，在舊 6 號橋西南約 100 m 處。
- 斷面 51 前後，在中天橋附近。
- 斷面 55，56 前後，在芒果坑附近。
- 斷面 58，59 前後，在流藤坑附近。

(11) 完成嚴重淤積區域之研判，該圖可供水庫管理單位作為水庫淤積整治之依據，由圖可知，淤積嚴重區域多在芒果坑及痢坑之上游入庫段以及水庫下游之姜黃坑入庫段。

(12) 完成水庫深槽平面圖及水庫深槽縱剖面圖之繪製，據該圖可得知水庫深槽位置及淤積變化嚴重之縱斷面。

(13) 順向觀測樁完成3次(88年4月至6月)檢測，除B2點值得懷疑外，尚未見明顯之滑動。惟據88年9月8日之四度檢測，B2點有8.4cm可能滑移之趨勢，值得持續監測！

2. 南化水庫集水區調查治理規劃

(1) 南化水庫集水區之主要問題在於土地利用不當，缺少水土保持措施，間接造成部份地區崩坍。

(2) 對於一般已開發利用之土地，現階段應輔導做合理有效之利用，對低度利用之土地亦應減少新開發或復耕的誘因，以利水庫集水區之水土資源保育。

(3) 保育治理計畫係依據調查測量分析結果及治理之對策原則編擬整體保育治理計畫五年實施計畫經費，分別按造林撫育、農地水土保持、崩

坍地處理、道路水土保持、防砂工程、溪流整治、水庫保護帶等七大項共同實施，並排定優先次序分年執行。

- (4) 規劃水庫保護帶界樁及參考樁，設立濾砂林帶及草帶可有效防止庫岸泥砂進入水庫，南化水庫保護帶面積約1.57平方公里。
- (5) 水庫集水區防砂壩可防止大顆粒淤砂大量進入水庫，部份仍隨水流進入水庫內之懸移質土砂，則可以水庫清淤方式排出庫外。
- (6) 區內過去多使用低毒性農藥，對水庫水質之影響尚不嚴重，但現階段果樹更新之趨勢為種植芒果及其他作物，農藥使用量將大增，應加強監視。

(7) 水質現場檢測

- 完成87年8月至88年8月份之水質檢測，水質在夏季(6~8月)較差。
- 據調查水質較已往惡化，但若單一以葉綠素-a作為優養之研判，則南化水庫尚未達優養程度。若以環保署採用之卡爾森多變數指數(TSI)判定，則南化水庫水質在短時期係介於中養至優養程度，惟此為惡劣天候短期之檢測成果。
- 在臺灣水庫優養之判定加入總磷及透明度之研判或許有待探討，因這兩項因素深受沖刷入庫之沉滓影響，而在臺灣之水庫一般因地形、地質之故，地表沖蝕較嚴重，若納入總磷及透明度之研判，或將高估水庫水質優養之程度，以單一以葉綠素-a作為優養之研判或許較為合適。

(8) 居民意願調查

- 居民意願調查問卷回收率僅約 1/3。
- 受訪者以不贊成水庫加高者佔大多數(76%)。
- 由於回收率偏低，信賴度待查。

3. 南化水庫防淤對策之研究

(1) 溪流之治理可分為兩方面來處理：

● 防砂工程

主要以攔砂壩為主，南化水庫可在後堀溪右岸之大竹坑、高水坑、芋仔寮坑、老藤湖坑(3處)設置6處防砂壩，而在平坑左岸之柚子腳溝設置1處防砂壩，總共新建7處防砂壩，預計可攔蓄96,000立方公尺之淤砂，防砂壩壩高均在10公尺左右以策安全，

所有防砂壩均設計為混凝土壩。

● 護岸整流工程

護岸整流工程設置於頭坑、大竹坑、左十五坑，亞美坑、高水坑、柚子腳溝、平坑、芋仔寮坑、鳳梨坑等9處。

(2) 農牧地水土保持

南化水庫集水區內宜農牧地共 170.4198 公頃。宜農牧地中 II 級地有 114.6244 公頃，依水保局之規定平台階段每 5 年須改善一次，依現地勘查建議整修安全排水系統。而 III、IV 級地共 55.7954 公頃，主要處理措施為開設果園山邊溝、連絡道，及修建安全排水，其處理需要數量亦列表以供參考。

(3) 道路護坡排水治理

南化水庫集水區內需整治之道路有關山產業道路，總長 29.13 公里，平坑產業道路，總長 7.19 公里，本案編列擬治理之工程數量及經費概算表以供參考。

(4) 崩坍地及水庫岸壁保護

南化水庫集水區內崩坍地(含水庫岸壁崩坍)總計有103處，其中本流有65處，佔63.11%，左支流有22處，佔21.36%，右支流有16處，佔15.53%，按崩坍之安定性，為害水庫之程度並考量技術之可行性等，區分崩坍地為亟需處理、需處理、不需處理、無法處理等四類，本案依據治理原則對需要處理之崩坍地編列必要之經費。

(5) 林業經營

南化水庫集水區依坡地水土保持治理分區區別編列治理經費。已查定之山坡宜林地 653.6 公頃需 1,085 萬元，林班地 8869 公頃則需 1 億 4,722 萬元。加強保育地 0.125 公頃則需 0.2 萬元。

4. 南化水庫清淤對策之研究

(1) 在清淤對策之研究方面，由於南化水庫無排砂道之設計，因此清淤方面傾向以浚漂方式為之。

(2) 防砂填浚漂：

南化水庫尾端後堀溪及平坑兩溪流現有之防砂填均應於每年枯水季（10月至次年5月）予以挖清。預計原防砂填可清出 591,304 立方公尺(假設現有 46 座防砂填能攔蓄之數量)，加上新設之攔砂壩

7座，預計可攔蓄 96,000 立方公尺淤砂，故總共可蓄積及清除 687,304 立方公尺之淤砂。

(3) 陸面機械開挖：

陸面機械開挖需要在乾晴氣候與低水位情況下，才能有效實施。由雨量及水庫水位分析指出，每年 4 月之水位最低、降雨最少，為最佳之浚滌時機，3 月次之，1 月~2 月又次之。估計在 4 號橋以上應開挖 1,030,000 立方公尺淤砂。

(4) 水力抽泥：

水力抽泥船在壩前庫區可全年作業，庫區之中上游段則限於在高水位季節進行。南化水庫水力抽泥措施應依此特性來規劃。考慮南化水庫平均每年淤積 2,956,522 立方公尺，而防砂埧只能攔截 687,304 立方公尺，上游庫區陸面機械開挖平均每年也只能浚滌 1,030,000 立方公尺，其餘之 1,239,218 立方公尺需以水力抽泥船 28 艘(一年作業 300 天，每天作業 10 小時，一天清除 155 立方公尺之淤砂)來清除。

(二)建議

1. 由於保護帶參考樁為臨時之木樁，時間一久可能遺失，若有急迫需要，建議盡早圍圍保護帶。
2. 在水庫淤積量的量測上，國內並無相關的規範規定，所量測的結果有極大的差異，往往無法互相參考，因此建議建立水庫淤積測量之量測技術、標準與作業步驟相關技術規範。
3. 在水庫水質方面，不同之評估方法將得到互異之結果，故有必要建立本土化之水庫水質優養指標。
4. 宜研究防砂壩淤積清除之法令依據。
5. 強烈地震有時會造成土壤液化現象，因此在強震後(如 88 年 9 月 21 日之集集大地震)宜盡速檢查壩體沉陷情況。
6. 建議每年(或 1~5 年之測量頻率)從事水庫淤積測量，一方面可掌握水庫蓄水容積之變化，另一方面亦可經由長期水庫淤積測量所獲得之淤積量數據，檢測水庫集水區之年地表沖蝕量與其在設計規劃階段所預估年地表沖蝕量之差異。