

南華大學旅遊管理學系休閒環境管理碩士班碩士論文

MASTER PROGRAM OF LEISURE ENVIRONMENT MANAGEMENT

DEPARTMENT OF TOURISM MANAGEMENT

NAN HUA UNIVERSITY

台灣缺水危機暨因應措施之研究－以曾文溪流域為例

Research on the crisis of water shortage and corresponding measures
in Taiwan -- Taking the Tsengwen River watershed as the example

研究生：陳泰佳

GRADUATE STUDENT : Chen Tai-Chia

指導教授：王健良博士

ADVISOR : Wang Chien-liang Ph.D.

指導教授：陳中獎博士

ADVISOR : Chen Chung-Chiang Ph.D.

中華民國 103 年 6 月

南 華 大 學

旅遊管理學系休閒環境管理碩士班

碩士論文

台灣缺水危機暨因應措施之研究-以曾文溪流域為例

研究生：陳泰佳

經考試合格特此證明

口試委員：何卓飛
許澤宇
王健良

指導教授：王健良
陳中獎

系主任(所長)：陳友吟

口試日期：中華民國 103 年 6 月 4 日

謝誌

終於可以寫謝誌告訴各位親朋好友，我的論文總算完成了！這段日子帶給我的不只是論文的完成，更是訓練我獨立自主、培養邏輯思考能力的機會，這對我來說是個難忘的經驗，也讓我更有自信迎接下一個人生階段。

本論文雖非精彩鉅作，但卻是我得到許多師長、同學、家人的協助的研究成果。由於自己緩慢的個性，要求完善，但心志不堅，所以三年多來，蒐集資料、研究撰寫一直在斷斷續續中拖行著，若不是王健良老師以及陳中獎老師的督促，我實在很難想像能在短短的幾個月內，於龐雜混亂的文獻資料中，完成了論文的後半部份。特別要感謝恩師王健良博士的悉心指導。在論文撰寫期間，舉凡題目的擬定、資料的取捨、觀念的啟發與論文架構的建立等，乃至於論文之竣稿，恩師均不辭辛勞地悉心指導與不厭其繁地逐字修正，甚至於平常為人處世的細節，老師都耐心的給予親切的指導。老師的教誨之恩，永誌難忘。尤其，最後一個月內，每週一至二次，驅車飛奔於南投中寮道上，前往王老師山上別緻的山莊，去品嚐人生的淬鍊。回家晚間又要挑燈夜戰，面對電腦苦苦整理。誰知手中論文，頁頁皆辛苦啊。

關於這三年收穫的豐盈，這本論文的出產，我有好多好多的感謝要說。首先我要感謝我的指導教授王健良老師以及陳中獎老師，如果沒有老師的督促指導，我可能沒辦法完成這篇論文。同時老師也教導了我很多做人處事的道理，實在是非常的感謝。

其次，感謝學校的師長：陳貞吟所長、于健老師、趙家民老師、吳淳肅小姐、石燕儒小姐以及其他師長同學，感謝你們的幫助及鼓勵，使我在求學的路上沒有迷惘。

此外，也感謝二位論文口試委員何卓飛博士、許澤宇博士的不吝指導諸多斧正及提供寶貴的意見，使本論文更為完備。

最後，我要感謝我的父母親，感謝你們在這段日子裡對我的付出，以及陪伴我走過這段求學的日子。

總之，我真的很感激每一位在這三年多來支持過、指引過、鼓勵過、陪伴過、提攜過我的親朋好友、師長同學，謝謝你/妳們，謝謝，謝謝。

陳泰佳謹誌 103年6月

南華大學旅遊管理學系休閒環境管理碩士班
102 學年度第 2 學期碩士論文摘要
論文題目：台灣缺水危機暨因應措施之研究-以曾文溪流域為例
研究生：陳泰佳
指導教授：王健良博士
陳中獎博士

論文摘要內容：

各種資源中，水資源是最重要者之一，台灣受到氣候與地理因素影響，使得降雨時期與降雨地區分配不平均，加上河川逕流短且水質污染嚴重，造成水資源供需失衡的現象；與傳統的都市規劃一直較欠缺水資源管理及其永續利用之考量，致使都市人口與產業之發展往往帶來急速增加之用水需求，將嚴重影響經濟發展與居民生活。台灣缺水危機已成為不可忽視之問題。

本研究以曾文溪流域為對象，探討有關水資源利用上的問題，藉由對曾文溪水資源供需的調配，了解水資源對於各種開發上的使用情形。對須節約資源的時期，該如何分配水資源的使用，對於水資源供水、缺水的情況與各種開發上會產生何種影響。

本研究利用文獻研究探討曾文溪流域水資源供給與需求的時空特性。將曾文溪流域各相關生活用水、工業用水，以及農業用水分別說明，並比較 10 年歷史資料與現況資料，分析台灣缺水的原因與嚴重。配合問卷調查，以瞭解一般人對於曾文溪流域及其供水現況、台灣缺水危機等方面的認知，以及對於節約用水省水的行為表現。再以 SWOT 方法分析研擬有效之因應措施以供推動節約用水方案之參考。

關鍵詞：曾文溪、生活用水、水質污染、缺水危機

Title of Thesis : **Research on the crisis of water shortage and corresponding measures in Taiwan - Taking the Tsengwen River watershed as the example**

Name of Institute : Master Program of Leisure Environment Management,
Department of Tourism Management, Nan Hua University

Graduate Date : June 2014 Degree Conferred : M.B.A

Name of Student : **Chen Tai-Chia** Advisor : **Wang Chien-Liang Ph.D**
Chen Chung-Chiang Ph.D.

Abstract

Of all resources, water resources are one of the most important. Climate and geographical factors give rise to the uneven distribution in rainfall areas and rainfall period. In addition, the flows of rivers are short, and the water pollution is serious. The above makes imbalances between supply and demand of water resources. The traditional urban planning has been short on water resources management and sustainable use of account. Urban population and industrial development often lead to the rapid increase in water demand, and they will seriously affect the economy and people's living. Taiwan water crisis has become a noticeable problem.

This research focuses on the Tsengwen River watershed as object. Study on water resources utilization problems. Through the deployment of Tsengwen Stream water resource supply and demand try to understand on the development of water resources for a variety of use cases. Time of the need to conserve resources, the division of water resources use, sources of water supply, and water shortage situation will impact on the development.

This study used a literature review study. Study on spatio-temporal characteristics of the Tsengwen River basin water resource supply and demand. Tsengwen River basin the water intended for human consumption, the industrial water use, and agricultural water use will be discussed respectively. And 10 year historical data and status data will be employed to analyze the reason and rigorous of water shortages. Combine with questionnaires to understand the Tsengwen River watershed, the water supply situation, and Taiwan water crisis and other aspects of cognition, and water conservation. SWOT analysis of developing effective responses and some references for promoting water conservation will be given.

Keywords : Tsengwen River, living water, water pollution, water crisis

目錄

謝誌.....	i
中文摘要.....	ii
英文摘要.....	iii
目錄.....	iv
表目錄.....	vi
圖目錄.....	viii
第一章 緒論.....	1
1.1 研究動機與目的.....	2
1.2 研究內容	3
1.3 研究流程	4
1.4 研究範圍.....	5
1.4.1時間範圍.....	5
1.4.2空間範圍.....	5
第二章 文獻探討.....	7
2.1 個案曾文溪流域之簡介.....	7
2.1.1曾文溪流域之介紹.....	8
2.1.2曾文溪流域供水情形與管理問題.....	15
2.2 台灣的缺水危機.....	33
2.2.1水資源開發與利用.....	33
2.2.2 缺水危機	48
2.3 水資源的管理策略.....	52
2.3.1水資源的重要性.....	53
2.3.2水資源的管理策略.....	54
第三章 研究方法	64

3.1	文獻研究法.....	64
3.1.1	文獻研究法之應用.....	64
3.1.2	有關水資源管理相關文獻之介紹.....	66
3.1.3	台灣水資源管理重要相關文獻之整理.....	68
3.1.4	曾文溪流域水資源管理問題之剖析.....	69
3.2	SWOT 分析法	74
3.2.1	SWOT分析法之運用.....	74
3.2.2	台灣水資源管理之SWOT分析.....	75
3.2.3	可行之有效管理方案.....	77
3.3	問卷調查法.....	79
3.3.1	問卷之設計.....	80
3.3.2	問卷之實施發放與統計.....	81
第四章	研究結果.....	90
4.1	問卷調查結果之分析.....	90
4.2	曾文溪流域供水分析結果之探討.....	100
4.3	曾文溪流域水資源有效管理之策略.....	102
4.4	曾文溪流域水資源管理方法之研擬.....	103
第五章	結論與建議.....	105
5.1	結論.....	105
5.2	本研究遭遇的困難與解決方式.....	106
5.3	建議.....	106
	參考文獻.....	111
	附錄一 問卷.....	116

表目錄

表2.1	曾文溪流域現有水資源設施基本資料.....	16
表2.2	曾文水庫基本資料.....	17
表2.3	烏山頭水庫基本資料.....	18
表2.4	南化水庫基本資料.....	20
表2.5	鏡面水庫基本資料.....	21
表2.6	曾文水庫供給各標的用水量統計.....	22
表2.7	南化水庫供給各標的用水量統計.....	23
表2.8	烏山頭水庫供給各標的用水量統計.....	24
表2.9	鏡面水庫供給各標的用水量統計.....	25
表2.10	玉峰堰供給各標的用水量統計.....	26
表2.11	曾文溪主要蓄水設施進水量及各標的用水統計總和表.....	27
表2.12	臺灣地區水資源運用供需概況－各標的用水.....	28
表2.13	水資源有效利用體系.....	31
表2.14	流域管理定義表.....	36
表2.15	水的功能.....	44
表2.16	台灣地區水資源利用之組成.....	46
表2.17	系統動態於水資源之應用.....	58
表3.1	水資源相關文獻之彙整.....	66
表3.2	SWOT分析.....	75
表3.3	效度分析表.....	82
表3.4	信度分析表.....	84
表3.5	基本屬性資料分析總表.....	85
表3.6	問卷結果分析表.....	86

表3.7	民眾對曾文溪流域供水現況之認知作答情形.....	88
表3.8	居民對台灣缺水危機之認知作答情形.....	89
表3.9	民眾對政府推動「節約用水行動方案」之認知作答情形....	89
表3.10	居民對節約用水行為表現之情況作答情形.....	89
表5.1	莫拉克風災前後曾文、南化及烏山頭水庫蓄水容量及淤積量 差異表.....	108



圖目錄

圖1.1	研究流程圖.....	4
圖1.2	曾文溪流域鄉鎮分布圖.....	6
圖1.3	曾文溪流域鄉鎮區分布圖〈新改制名稱〉.....	6
圖2.1	曾文溪所流經的範圍.....	10
圖2.2	曾文溪平均溫度與降雨量統計圖.....	12
圖2.3	台灣地區99年各標的用水概況.....	29
圖2.4	曾文溪水資源供水系統線路圖.....	30
圖2.5	台灣與各國每人平均分配雨量比較	42
圖2.6	水資源計畫整體架構層次.....	47
圖2.7	水資源管理工具分類.....	60
圖2.8	台灣既有水資源需求面經濟工具.....	61
圖3.1	民國96年南區水資源利用總量.....	70
圖3.2	民國120年南區水資源需求總量.....	70
圖5.1	多元化水源開發.....	107

第一章 緒論

水是維持人類生命、生活與生產等三生的重要物質，同時也是自然界可再生的資源，藉由雨量變化經各流域匯集而生生不息，是人類及動植物生存發展所依賴的重要資源。水在社會與經濟發展初期，主要以供應為主，經過相當時期發展，因開源不易而開始各種節流措施。展望未來，水資源利用將日益缺乏。聯合國可持續發展世界首腦會議 (World Summit on Sustainable Development)，2002 年 8 月 28 日舉行的全體會議將水危機列為未來 10 年人類面臨的最嚴重的挑戰之一。代表們呼籲讓更多的人喝上安全的飲用水，享受用水衛生設施，並加強水資源管理。大會發表的資料說，全世界目前有 11 億人未能喝上安全的飲用水，24 億人缺乏充足的用水衛生設施。聯合國預計到 2025 年，全世界淡水需求量將增加 40%。聯合國警告，到 2025 年世界將有近一半人口生活在缺水地區，現在缺水或水資源緊張的地區正不斷擴大，北非和西亞尤為嚴重。水危機已經嚴重制約了人類的可持續發展。

據 WSSD 公佈之資料，台灣位於亞熱帶海島，卻為全球缺水排名第 18 的國家。缺水危機在台灣已經變成常態現象，應以節流為主，開源為輔，期使寶貴之水資源，不僅可滿足目前的需要，亦能供未來後代使用；因此，應該重視水資源未來永續發展等諸多課題。

台灣地區由於水文氣象與河流地形等特性，形成降雨及流域水量的顯著變化，全島平均降水量雖為全球平均降水量的 2.6 倍，惟受到氣候及地形因素的影響，有約 78% 降雨是集中在每年的五月到十月之間，雨量分布並不平均。尤其是在南部地區的曾文溪流域，豐水期與枯水期降雨落差更達 90% 而形成台灣地區水資源開發利用上的瓶頸，影響水量取用及水源開發。

因此，如何落實節流與開源並重之理念，掌握並合理分配可靠的水資源，因應缺水危機問題之產生，研擬有效措施，提高水資源利用效率，為水資源利用當務之急。

1.1 研究動機與目的

近年來，隨著地方發展時代的來臨，各地方都市為追求都市成長與經濟發展，競相鼓勵產業之開發與引進，都市無限制擴張與成長的結果常導致環境品質的犧牲；例如都市水患問題，每年造成的損失難以估算。水資源的限制以及遲早到來的水荒時代，已使得未來的都市發展必需及早實施都市成長管理制度，才得以有效因應。根據聯合國人口基金會(1999年)，世界人口的成長自從1960年開始都以兩倍以上的速度成長，每年7800萬的世界人口增加，這樣的增加反映出了水資源發展的問題，以及在大多發展中的城市其他的問題。

各種資源中，水資源是最重要者之一，台灣受到氣候與地理因素影響，使降雨時期與降雨地區分配不平均，加上河川逕流短且水質污染嚴重，造成水資源供需失衡的現象。與傳統的都市規劃一直較欠缺水資源管理及其永續利用之考量，致使都市人口產業之發展往往帶來急速增加之用水需求。未來，水資源之使用限制，將嚴重影響都市之發展，實宜及早籌謀因應。

因此，本研究以永續發展的理念為前提，水源開發因環境限制而日益困難，都市與區域規劃內容欠缺考量水資源的限制，水資源開發關係地方產業發展暨產業的轉型，以及需求管理策略應用在水資源開發管理已漸成趨勢而進行之區域環境管理問題研究。在水資源開發困難，用水需求不斷增加的情況下，大多數缺水國家之水資源管理，已由供給面管理策略轉向需求面管理策略。同樣的觀念，也應用在產業

的發展，地方與區域產業政策勢必不能忽略水資源的先天限制，不論是住宅、農業、工業或商業等等開發，都應導入需求管理的觀念，因此產業發展與水資源規劃亦有整合之必要。

研究者世居此流域，時聞地方賢達對此問題之關心，亦發覺此現象日趨嚴重，故選此問題做為研究主題。

綜上所述，本研究主要之**研究目的**如下：

1. 探討曾文河流域利用現況及水資源供需問題。
2. 瞭解台灣缺水的嚴重性。
3. 研擬水資源管理的有效措施。

1.2 研究內容

本研究將以曾文溪為對象，探討有關於水資源調配與管理上的問題，藉由對曾文溪水資源的供需調配，了解水資源對於各種開發上的使用情形；對須節約資源的時期，該如何分配水資源的使用；對於缺水危機，該如何因應措施。

1. 研究問題的界定

分別為研究動機、目的和研究範圍。

2. 缺水問題對策之研擬

列舉水資源管理及應用相關文獻說明，回顧整個流域管理的定義與發展，說明流域管理已不再過度開發利用；說明流域管理中水資源的重要性，畢竟水是生活與產業運用最重要的資源。說明缺水危機及研擬因應措施。

3. 研究方法

- (1) 過文獻研究法，瞭解曾文溪流域之供水、用水情形，以及枯水期之用水調配情形。
- (2) 利用SWOT分析法，研擬有效措施。
- (3) 用問卷調查法，瞭解居民對缺水危機之認知，再據以推動有效措施。

4. 結論與建議

歸納結果，提出說明及建議以供參考。

1.3 研究流程

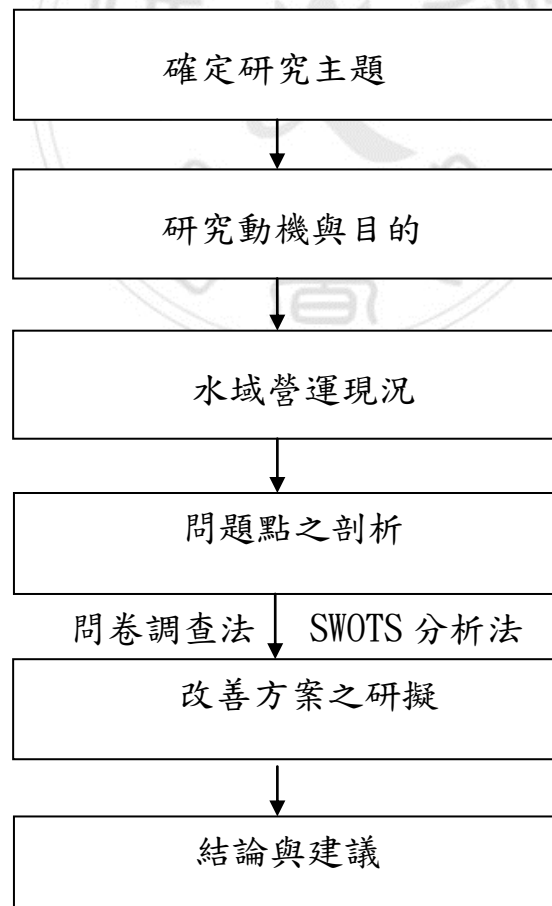


圖 1.1 研究流程圖

1.4 研究範圍

1.4.1 時間範圍

本研究欲以約 90 至 100 年 10 年的期間為選取範圍，由歷年的農業用水、家庭用水、工業用水、各鄉鎮人口數、自來水供給量、各月份的降雨量資料、每人用水量、地下水補注量、相關產業面積、蓄水壩容量(水庫)，了解曾文溪流域集水區的降雨情形與供給的水量。

1.4.2 空間範圍

曾文溪流域依行政區分(舊行政區名稱)，上游段(分屬嘉義縣及高雄縣)，中游段(分屬曾文水庫壩址以下，由台南縣楠西鄉至官田鄉台一線)，下游段(分屬官田鄉台一線至台南縣、市界河口處)。

主流流經地區包括嘉義縣阿里山鄉、番路鄉、大埔鄉，高雄縣三民鄉，台南縣東山鄉、六甲鄉、楠西鄉、玉井鄉、南化鄉、左鎮鄉、山上鄉、大內鄉、官田鄉、善化鎮、麻豆鎮、安定鄉、西港鄉、七股鄉及台南市安南區等四縣市十九鄉鎮區。

曾文溪流域鄉鎮分布圖，如圖 1.2 所示(顏色區分由上而下分別為嘉義縣、台南縣、高雄縣)。圖 1.3 係依九十九年十二月二十五日行政區新改制之鄉鎮名稱，原台南縣、高雄縣的鄉鎮改名為區(橙色圈內即為曾文溪流域之範圍)。

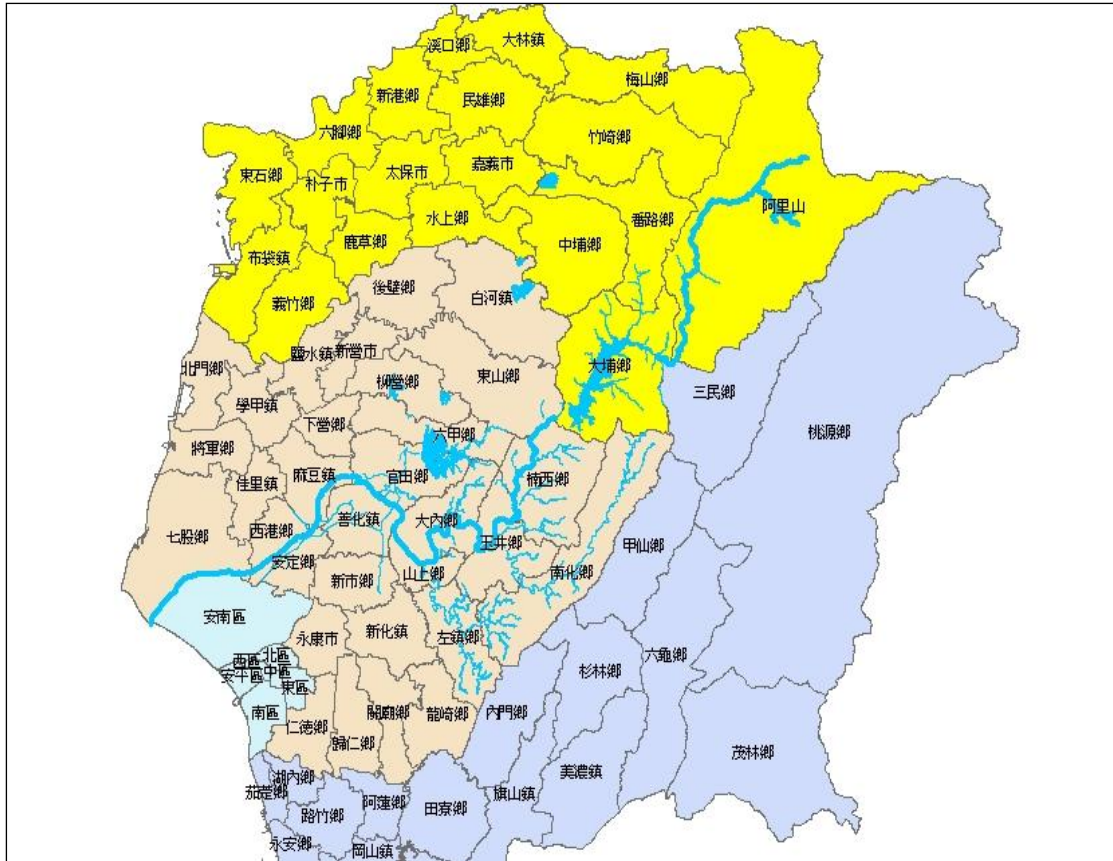


圖 1.2 曾文溪流域鄉鎮分布圖 資料來源：內政部營建署



圖 1.3 曾文溪流域鄉鎮區分布圖〈新改制名稱〉
資料來源：內政部營建署 土地合理規劃利用

第二章 文獻探討

本研究依照研究動機、方法、目的，進行曾文溪流域供水用水情況及缺水危機因應措施之探討

2.1 個案曾文溪流域之簡介

參考行政院莫拉克颱風災後重建推動委員會有關報導資料略述如下：

曾文溪是本省南部第二大川，流域內建有烏山頭水庫、曾文水庫、鏡面水庫及南化水庫等 4 個水庫，是南部很重要的水利設施，發揮給水、灌溉、防洪、發電等多項功能。

2009 年八八水災後，地方縣府多次向中央爭取把曾文溪列入行政院重要河川流域，事實上曾文溪在供水防洪上有迫切需求性，流域內的三大水庫曾文水庫、烏山頭水庫和南化水庫為南部地區用水的主要提供來源，重要性不亞於高屏溪。

行政院於 99 年 1 月 5 日召開「行政院重要河川流域協調會報」第一次會議，決議將曾文溪納入重要河川流域範圍，以提升該流域整治及管理，2011 01 21 修正通過。目前全國重要河川流域有淡水河、大甲溪、濁水溪、高屏溪等流域，再加上此次納入的曾文溪，已有 5 條重要河川流域，而在此次莫拉克颱風期間，其中就有 3 條流域包括濁水溪、曾文溪、高屏溪流域受到重創，莫拉克重建計畫將以國土復育保育為上位綱領，以整體河川流域系統為重建整治方向，落實水、土、林整體規劃，強化山、路、橋、河共治協調整合，以確保重建績效，永續經營。

2.1.1 曾文河流域之介紹

1. 地理位置、幅員

參考 經濟部水利署 2011 年更新之相關資料分述如下：

曾文河流域位於台灣西南部，北鄰急水溪，東界高屏溪，南接鹽水溪，西臨台灣海峽。主流發源於阿里山脈之水山(標高 2,609 公尺)，上游蜿蜒於山谷中，途經嘉義縣吳鳳鄉、番路鄉、大埔鄉及高雄市三民區，流入曾文水庫；出水庫壩址後再經台南市東山區、楠西區、玉井區、左鎮區，於大內與山上兩區之間轉西向進入嘉南平原；再流經左岸東勢寮、安定、海寮、溪南寮及右岸新中、渡子頭、麻豆、西港、九塊厝等地後，於台南市安南區青草崙西北方流入台灣海峽，幹流長 138 公里，流域面積 1,176 平方公里。

曾文溪重要支流有後堀溪、官田溪及菜寮溪。後堀溪發源於三角南山(標高 1,186 公尺)，流經南化區，於玉井區西南方匯入曾文溪，流路長 51.4 公里，流域面積 161 平方公里。菜寮溪發源於牛湖山(標高 798 公尺)，流經左鎮區，於山上東北方匯入主流，流路長 39.5 公里，流域面積 133 平方公里。官田溪位於台南市官田區，發源於標高 572 公尺之烏山嶺一帶，出烏山頭水庫後，向西流至渡頭村附近匯入主流，流路長 27.3 公里，流域面積 66.7 平方公里。

曾文溪為台灣地區水資源利用率最高之河川水系，流域內建有烏山頭水庫(官田溪上游，集水面積 58 平方公里)、曾文水庫(曾文溪上游，集水面積 481 平方公里)、鏡面水庫(菜寮溪上游，集水面積 2.7 平方公里)及南化水庫(後堀溪中游，集水面積 103.5 平方公里)，水庫總集水面積達 645 平方公里，約佔全流域面積 55%，以曾文水庫集水面積約佔全流域面積 41%為最大。各水庫兼具蓄洪、發電、給水、灌溉等多目標功能，故其運轉對流域下游流況及防洪工程設施安全影響

至鉅。

曾文溪流域上游段分屬嘉義縣及高雄市之一小部分，曾文水庫壩址以下至西港大橋隸屬台南市，西港大橋至河口則為台南市。主流流經地區包括嘉義縣吳鳳鄉、番路鄉、大埔鄉，高雄市三民區，台南市東山區、楠西區、南化區、六甲區、玉井區、官田區、麻豆區、善化區、西港區、安定區、七股區及安南區等四縣市十九鄉鎮區。流域內交通運輸極為發達，重要幹道有濱海公路、中央公路、高速公路、縱貫鐵路等貫穿流域中、下游；沿岸分由縣道通達各鄉鎮上游，對內交通亦極稱便；空運方面則有台南機場，能與全台各大都市聯繫。

本流域下游段位於嘉南平原農業區，中游為丘陵地農業區，上游為高山林區。居民多以務農為生，主要農產品有稻米、甘蔗、甘薯、芒果、雜穀等，而以稻米為最大宗，故曾文溪流域乃以「米穀之倉」著稱全台。流域內以阿里山林場為最重要林場，但在曾文溪流域內所佔面積不大，其餘地區由於地形多較陡峻，天然針葉林分布極稀，蓄材量不豐，主要林相為闊葉樹、竹林或雜木，中游則多芒果及龍眼等果園。畜牧業大部分分布於丘陵地以下，上游集水區內尚無大規模之蓄牧場，中游段有高雄牧場善化分處一處，及少數養雞、鴨場，豬、家禽等為農家兼養，整體而言蓄牧業尚未推廣發展。流域內工業區有官田及北勢洲二處，另有台糖公司玉井糖廠、善化糖廠、總爺糖廠、台南市肉品市場、善化成功酒場等較具規模之工廠；其餘私人加工類型小工廠，分散於中下游交通要道旁及各鄉鎮。商業則集中於各鄉鎮，因近年來台灣經濟發展迅速，本流域已漸由工業直接帶動商業的繁榮及農業生產之提昇。

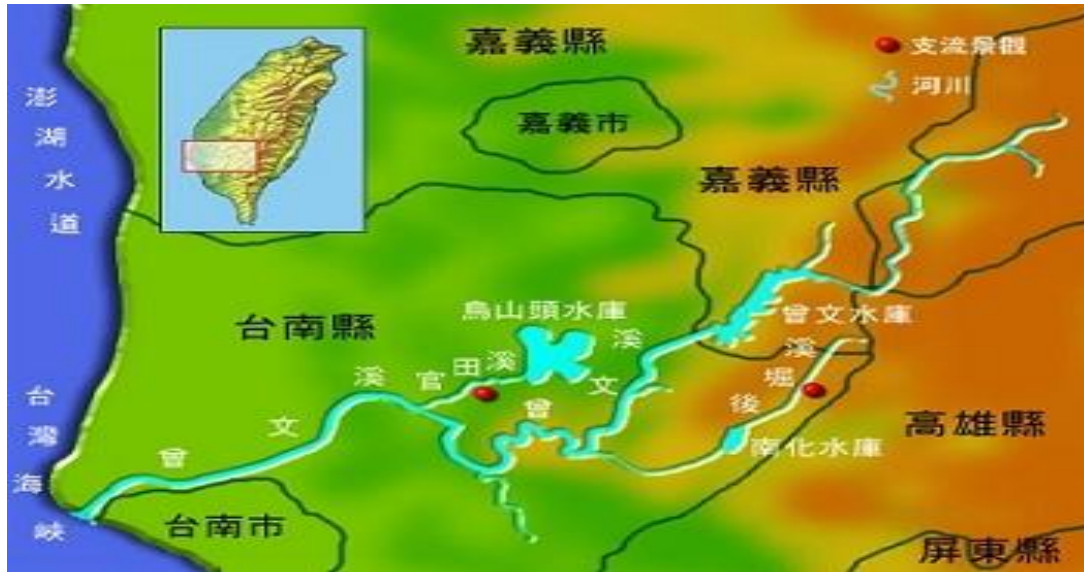


圖 2.1 曾文溪所流經的範圍

資料來源：經濟部水利署水利規劃試驗所(95),河川情勢調查成果

2. 流域內社經概況

曾文溪流域人口分布，根據民國 99 年行政院主計總處人口普查，流域涵蓋鄉鎮人口數以台南市安南區居住人口數 187,219 人為最多，而高雄縣三民鄉那瑪夏鄉（那瑪夏鄉）1,652 人為最少。其中未超過 1 萬居住人口數之鄉鎮，計有嘉義縣的阿里山鄉及大埔鄉，台南縣的山上鄉、南化鄉及左鎮鄉，高雄縣的三民鄉（那瑪夏鄉）等六鄉鎮。若以人口密集度來看，亦是台南市安南區每平方公里所居住之人口最為密集，高達 1,571 人/km²，而以三民鄉之 13.4 人/km² 為最低。

曾文溪流域根據民國 92 年版各鄉鎮已登錄土地利用統計，流域內鄉鎮市已登錄土地面積共 127,335 公頃(因部份鄉鎮不全於流域內，故總面積大於流域面積)，其中建築用地(建築基地、雜種地、寺廟用地、鐵道用地、公園地和墓墳地)有 106,956 公頃，佔約 84%，直接生產用地(水田、旱田、山林、漁池、牧場、礦泉池、池沼)8,935 公頃，佔約 7.02%，交通水利用地(鐵道線路、道路、灌溉水路、溜地、溝渠)有 8,429 公頃，約佔 6.62%，其他(堤防、原野)2,541 公頃，

約占 2.0%，可見農業生產於曾文河流域的重要。

隨著工業科技的發展，人文產業結構型態亦隨之逐漸變化，除農業生產外，流域內工業區有官田及北勢洲二處，另有台糖公司善化糖廠、台南縣肉品市場、善化成功酒場等較具規模之工廠；私人加工類型小工廠，分散於中下游交通要道旁及各鄉鎮；高科技產業如台南科學園區、台南科技工業區等在台南地區的興起，也帶動了整個嘉南平原的經濟結構提昇。商業則集中於各鄉鎮，因近年來台灣經濟發展迅速，本流域已漸由工業直接帶動商業的繁榮及農業生產之提昇。

3. 氣象、水文與歷史記述

參考歷年中央氣象局之統計資料，摘錄分述如下：

(1) 氣溫

氣象站年平均氣溫約 11.1°C，月平均最高氣溫約在 15.3°C，月平均最低氣溫約在 4.7°C 可代表近山區部分；台南氣象站全年平均氣溫約在 24.5°C，月平均最高氣溫約在 29.2°C，月平均最低氣溫約在 15.8°C，可代表近海岸地區。本流域內之氣溫自五月開始逐月上升，其中以六、七及八月之天氣最熱，直到十月氣溫才逐漸下降(中央氣象局 2008 年)。

山區之阿里山氣象站之月平均相對溼度約為 71~95%；而平地台南氣象站之月平均相對溼度約為 71~84%。阿里山氣象站蒸發量為 479.3mm，嘉義氣象站蒸發量為 1,146mm。(台南氣象站無統計蒸發量，故以嘉義氣象站為代表。)

(2) 降雨量

流域內之年平均降雨量約 2,294.1mm，雨量分布由平地往高山漸

增，每年五月至九月為雨季，約佔全年總雨量之 86%以上，十月至翌年四月則為旱季。降雨量在山區為 1,900~4,000mm 之間，在平地近海處則為 1,300~1,900mm 之間。

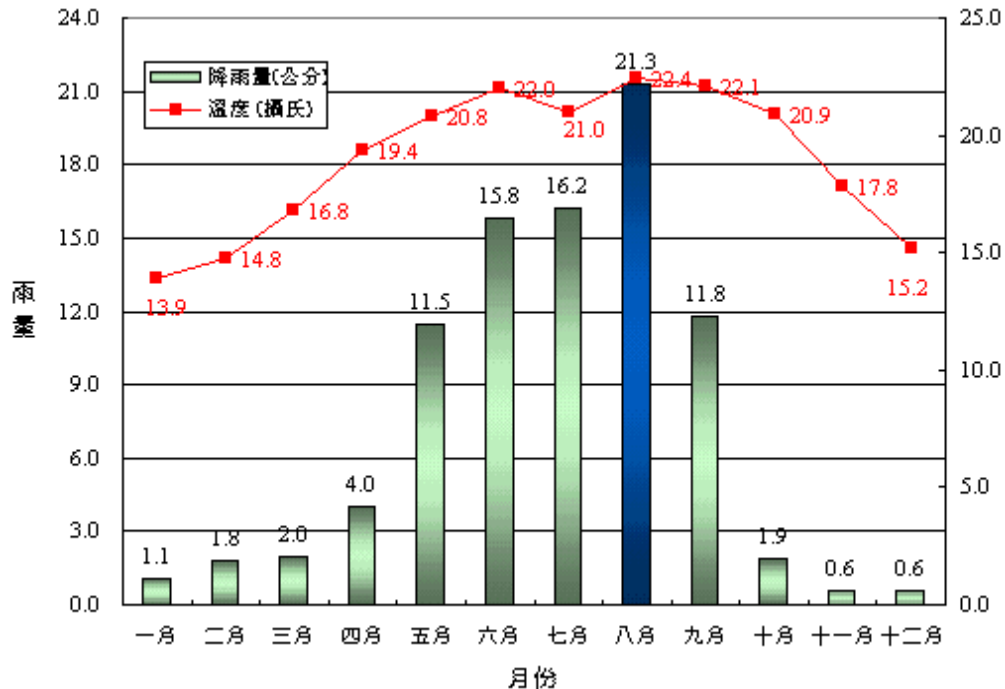


圖 2.2 曾文溪平均溫度與降雨量統計圖
資料來源：林筱婷等人山河巡禮(2012)

台灣地區歷年(民國 38 年至 99 年)平均年雨量為 2,500 毫米。就降雨的時間而言，歷年變異不小。91 年及 92 年雨量低於歷年平均年雨量甚多，分別為 36.69%、31.51%，形成乾旱；而 94 年雨量則高於歷年平均年雨量甚多為 45.40%，96 年雨量高於歷年平均年雨量 30.69%。

就降雨的空間分布而言，94 年南部地區高於歷年平均年雨量達 71.66%，中部地區亦高於歷年平均年雨量 50.71%；而 91 年東部地區，92 年中部地區均低於歷年平均年雨量甚多，分別為 40.04%、39.09%。另 100 年臺灣地區雨量不豐低於歷年平均年雨量，但東部地區年雨量則高於歷年平均年雨量，與其他地區明顯不同。

過去數十年的氣候資料顯示，台灣平均年降雨量為 2,500 釐米（但最高為 3,568 釐米，最低為 1,572 釐米，顯示台灣降雨量相當不穩定），約為世界平均值的 2.6 倍，唯台灣 78%降雨量集中在雨季（每年 5 月至 10 月），且多數降雨來自颱風，而乾季（每年 11 月至 4 月）時降雨量只有年降雨量的 10%，即空間分佈不均，山區最高大於 8000 釐米，平原最低小於 1200 釐米；時間分佈不均，豐枯水期比差異大〈年差異大於 2000 釐米，由圖 2.2 曾文溪流域雨量月差異大於 190 釐米〉南部地區尤其顯著〈北部區域 6:4、中部區域 8:2、南部區域 9:1〉。加上台灣河川短且急，使台灣的水文及水資源充滿相當大的不確定性。

據地方耆老稱：曾文溪重要支流中的菜寮溪，是發掘古代哺乳動物遺骸的重要地點，出產的化石證明為冰河時期遺物，極具意義。曾文溪流域在台南縣的官田有史前遺址分布，在考古文獻上記載，這些遺址都是距今 2500 年到 3500 年之間的新石器時代中期的牛稠子文化。這裡也曾是原住民西拉雅平埔族聚居的地方。依據歷史文獻的記載，延平郡王鄭成功來台迄今，曾文溪曾歷經了許多次的改道的紀錄，對沿岸人民(包含大埔鄉民)的生活產生了長久的影響。居民因此戲稱曾文溪是「青暝蛇」。在資料蒐集期間，與本流域水利人員交談瞭解到，在清道光三年(西元 1823 年)，曾文溪曾歷過一次改道，其後百餘年，也發生過幾次改道。清同治十年(西元 1871 年)，曾文溪第二次的改道，使河水變成從鹿耳門出海，而導致建於清康熙五十九年(西元 1720 年)，在鹿耳門南岸的天后宮被沖毀。到了日治時期，明治 37 年(西元 1904 年)曾文溪又改道一次，明治 44 年(西元 1911 年)曾文溪山洪再度暴發，蚵殼港整個村庄被毀，庄民四散，之後又因為整治曾文溪而興工治水使得曾文溪沿岸的許多村庄又被迫大舉遷庄。

到了昭和 13 年(西元 1938 年)六月，治水工程告一段落後，四處亂竄的曾文溪才比較安靜，而居民備受威脅的生活環境也才安定下來。

由於台灣島狹山脈高且南北縱走，因此在山高坡陡地形影響之下，河水下切營力甚巨。曾文溪在大埔以上為山地，故河川侵蝕山地，形成峽谷地形。從大埔至大內之間，切穿丘陵地，其間有大埔，玉井兩盆地。至於大內以下，河流奔放於嘉南平原南側，由於坡陡山高，故有遇豪雨時，河水沖刷力特強，滾滾濁水攜帶大量泥沙迅速下流，往往就會造成溪流改道。曾文溪的河道蜿蜒曲折，雖然深槽明顯，但是河面狹窄，通水斷面參差不齊，所以洪水宣洩比較緩慢，遇到大雨就容易氾濫成災。曾文溪除了供給南區主要水源外，也曾經孕育了繁榮的大埔鄉。

小結:

1. 曾文溪位於台灣本島西南部，流經嘉義、台南、高雄三個縣市，全長 138 公里，流域面積 1176 平方公里，年平均逕流量約 18.37 億立方公尺
2. 流域內人口數約 20 萬登錄使用土地共 127,335 公頃，足見曾文溪水域對農業生產之重要性。流域內工業區、商業區對台灣經濟發展具有舉足輕重的影響。
3. 流域內之年平均降雨量約為 2,294.1mm，略低於台灣之年平均降雨量 2500 毫米。大多集中在每一年的 5 月到 9 月。豐枯水期比差異極大，曾文溪流域雨量月差異量大於 190 釐米。
4. 台南氣象站年平均溫度約 24.5 度 C，曾文溪流域氣溫，自 5 月開始上升，6 到 8 月最熱，10 月以後漸下降。
5. 曾文溪支流菜寮溪發掘古代哺乳動物遺骸化石，證實為冰河時期

遺物。官田有史前遺址，證實為西拉雅平埔族新石器時代中期的牛稠子文化。曾文溪有許多次改道的紀錄，居民因此戲稱曾文溪是「青瞑蛇」。

6. 曾文溪流域上游部份，由於山高坡陡，遇豪雨即河水沖刷，大量泥沙往下流，造成下游淤積嚴重，且易氾濫成災。

2.1.2 曾文溪流域供水情形與管理問題

參考 經濟部水利署之相關資料摘錄如下：

1. 曾文溪流域的水資源

曾文溪流域為台灣地區水資源利用率最高之河系，幹流全長約138.5km，流域面積達1,176.6km²，年平均逕流量為18.37億m³(民國93年水文年報)，嘉南地區各標的用水來源均倚賴其供給。(表2.1)流域內建有烏山頭水庫(官田溪上游，集水面積60km²，供灌溉及公共給水)、曾文水庫(曾文溪上游，集水面積481km²，供公共給水及防洪發電)、鏡面水庫(菜寮溪上游，集水面積2.7km²，供灌溉及公共給水)及南化水庫(後堀溪中游，集水面積104km²，供工業及公共給水)，水庫總集水面積達647.7km²，約佔全流域面積55%，其中以曾文水庫集水面積最大，約佔全流域面積之41%。

曾文溪流域各水庫兼具蓄洪、發電、給水、灌溉等多項功能，故其運轉對流域下游流況及防洪工程設施安全影響甚鉅。烏山頭及曾文水庫串聯後之供水量約為11億m³，受益面積廣達4,143km²，約佔南部地域面積41.3%。此外，於曾文溪主流與菜寮溪匯流口下游約500m處設有玉峰堰(臺南市山上區，集水面積378.32km²)，以攔取豐水期剩餘流量，並配合南化水庫聯合運用，增加出水量，可供應台南地區公共用水。

表 2.1 曾文河流域現有水資源設施基本資料

名稱	位置	流域別	水源	85 年容量 (10^6m^3)	年供水量 (10^6m^3)	標的	備註
鏡面水庫	台南縣 南化鄉	曾文溪	鏡面溪	0.99	0.83	給水、 灌溉	
曾文水庫	台南縣 楠西鄉	曾文溪	曾文溪	616.85	1,020	防洪、 給水、 灌溉、 發電	曾文 - 烏山頭 聯合運 用
烏山頭 水庫	台南縣 官田鄉	曾文溪	大埔溪	83.76	698.56	灌溉、 給水	離槽水 庫 曾文 - 烏山頭 聯合運 用
南化水庫	台南縣 南化鄉	曾文溪	後堀溪 旗山溪	144.33	290.75	給水	
玉峰攔河 堰	台南縣 山上鄉	曾文溪	曾文溪	0.5	20.0	給水	88 年 6 月完工

資料來源：經濟部水利署(1996 年)

(1) 曾文水庫

曾文水庫位於嘉義縣大埔鄉曾文溪主流上游，總容量達 7 億立方公尺，為台灣地區容量最大之水庫，湖面面積達 17 平方公里，亦為台灣地區最大者。

曾文水庫直接效益為發電及防洪，其給水與灌溉效益則由所串聯之烏山頭水庫提供。由於南部地區人口成長及工商發展，本水庫原占小比例的給水功能益形重要，惟因水文條件限制，水庫容量雖夠大，其滿庫時間卻甚少，顯示其功能尚有再發揮與加強之空間，故提出曾文越域引水之構想，計畫將高屏溪支流的荖濃溪或旗山溪水經隧道導引入庫調蓄。

表 2.2 曾文水庫基本資料

水庫名稱:曾文水庫
管理機關:台灣省曾文水庫管理局
計畫標的:灌溉、給水、發電、防洪
計畫概述:曾文水庫興建於曾文溪上游，壩址距台南市約 60km，本計畫主要目標為調節並充分利用曾文溪之水資源，以改善與擴充嘉南區耕地之灌溉，完成後後兼具發電、給水(公共給水及工業用水)及防洪等效益。
位 置:嘉義縣大埔鄉
河 系:主流曾文溪
水 庫:集水面積 481 平方公里 正常蓄水位標高 225 公尺，最高洪水位標高 232.5 公尺 滿水位面積 1714 公頃 總蓄水量 780 X 1000000 立方公尺計畫有效蓄水量 598 X 1000000 立方公尺計畫年運用水量 1047 X 1000000 立方公尺
壩 型: 不透水牆分區填築滾壓式土壩
壩頂標高 235 公尺
最大壩身高度 133 公尺
壩頂長度 400 公尺
壩頂寬度 10 公尺
壩體積 9,296,100 立方公尺
灌 溉:面積 75,828 ha
計畫年供水量 45,000,000 立方公尺
發 電:裝機容量:50,000KW 計畫年發電量 224,000,000 KWH
防 洪:調節曾文溪下游洪峰由 100 年頻率洪水降至河道安全輸送流量

資料來源：海洋大學水資源管理研究室全球資訊網(2013)

(2) 烏山頭水庫

烏山頭水庫位於台南縣六甲鄉與官田鄉交界、曾文溪北支流官田溪上，其水面狀似珊瑚，故又名珊瑚潭，主要水源來自曾文水庫之放流水，於曾文溪東口堰攔引經 3.1 公里烏山嶺隧道西送至西口堰調節後由喇叭口溢流管自由溢流入庫，供應台南地區公共給水與嘉南大圳廣大灌區灌溉用水之需。

水庫興建於民國初年，為台灣最早期之大型水庫，主壩為水力淤

填式土壩，與近年採用之分區滾壓者不同，為台灣唯一採此工法興建之土石壩。西口堰於民國 36 年興建完成，主要功能為調節水流以改善烏山嶺隧道內之水力沖刷，溢流管喇叭口直徑達 15 公尺，為西口堰最具特色之景觀。

本水庫為嘉南平原最大灌溉渠圳嘉南大圳之主要水源，堪稱嘉南水利會之命脈，其放流水由出水工直接放進嘉南大圳，放流口水量澎湃洶湧甚為壯觀，目前已新建出水工以取代服役多年的舊出水工，益發教人懷念舊出水工放流景觀及烏山頭水庫原設計者日本技師八田與一。嘉南水利會正籌劃將舊放水口改建為水利博物館以供戶外教學與參觀。

烏山頭水庫風景怡人、景色優美，西口堰更有「小瑞士」之稱，為台南縣重要風景區。

表 2.3 烏山頭水庫基本資料

水庫名稱:烏山頭水庫	
管理機關:嘉南農田水利會	計畫標的:灌溉、給水
計畫概述:烏山頭庫為豐水式土壩，大壩高 1273 公尺，集水面積 60 平方公里，溢道洪是為自然溢流式，長 636 公尺，送水工程含送水塔送水隧道、送水管、蝶形閘門、車門渠道、西口溢流堰等。	
位 置:台南縣	河 系:主流曾文溪、支流官田溪
水 庫:集水面積 60 平方公里，正常蓄水位標高 58.18 公尺，最高洪水位標高 60.6 公尺，滿水位面積 1300 公頃，總蓄水量 154,158,000 立方公尺，計畫有效蓄水量 103,770,000 立方公尺，現有效蓄水量 82,450,000 立方公尺(民國 78 年測量)，計畫年運用水量 1,000,000,000 立方公尺。	
壩 型：半水力式土壩，壩頂標高 166.66 公尺，最大壩身高度 56 公尺，壩頂長度 1273 公尺，壩頂寬度 9 公尺，壩體積 11,020,928 立方公尺。	
計畫效益:灌溉、給水	
灌 溉:面積 69,084 ha	計畫年供水量 146,820,000 立方公尺
發 電:裝機容量: 50 kw	計畫年發電量 438,000 kw

資料來源：海洋大學水資源管理研究室全球資訊網(2013)

(3) 南化水庫

南化水庫位於台南市南化區曾文溪支流後堀溪上，在曾文水庫南方約 10 公里，以阿里山山脈與之相隔，其水源除本身集水區外，另由高屏溪支流旗山溪的甲仙攔河堰（攔河堰係橫跨於河道上之水工構造物，其堰體規模通常較水庫為小。主要是利用堰體本身的高度將河水位加以抬升，俾得以自流方式引水利用，同時兼具控制及調節河川水量的功能。尤其可攔蓄汛期間的洪水。）於豐水期越域引水。甲仙攔河堰上游另有高雄水利會的公館圳取水口，規劃之初曾有與之合併為共同引水口之構想。

南化水庫規劃時以後堀溪命名為後堀水庫，核定實施時即改採所在南化區名。水庫容量達 1 億 5,000 萬立方公尺，為台灣公共給水單標的水庫之最大者，自 82 年 11 月主壩完工蓄水起，即擔任南區公共給水之吃重角色。88 年 4 月甲仙堰工通水更可使水庫經常保持滿盈狀態，提升水庫供水效益甚大。

南化水庫現由台灣自來水公司六區處管理，甲仙攔河堰則由經濟部水利署南區水資源局管理。

表 2.4 南化水庫基本資料

水庫名稱:	南化水庫
管理機關:	台灣省自來水公司
計畫標的:	公共給水
計畫概述:	在曾文溪支流後堀關山村附近興建水庫及在旗山溪甲仙村附近興建攔河堰越域引水進入南化水庫併同運用。
位置:	台南縣南化鄉
河系:	主流曾文溪 支流 後堀溪
水庫:	集水面積 104 平方公里 正常蓄水位標高 180 公尺，最高洪水位標高 184.9 公尺 滿水位面積 537.1 公頃 總蓄水量 158,050,000 立方公尺 計畫有效蓄水量 149,460,000 立方公尺 計畫年運用水量 292,000,000 立方公尺
壩型:	土石壩(分區型中央直立心層式滾壓土石壩) 壩頂標高 187.5 公尺 最大壩身高度 87.5 公尺 壩頂長度 509 公尺 壩頂寬度 10 公尺 壩體積 4,991,000 立方公尺
計畫效益:	年可供應台南高雄地區公共給水及工業用水二億九仟萬噸並滿足至民國 90 年之需要。
自來水:	800,000CMD 計畫年供水量 292,000,000 立方公尺
奉行政院 75 年 3 月 20 日台 75 經字 5438 號函核定實施	

資料來源：海洋大學水資源管理研究室全球資訊網(2013)

(4) 鏡面水庫

鏡面水庫規模很小，類似南化山間的一處水塘，蓄水量有一百萬噸。水源主要來自曾文溪與菜寮溪水，現以供應台南地區公共用水為主，過去並提供農業灌溉用水。陽光下宛如鏡面反照周邊山水的

鏡面水庫，集水面積 2.73 平方公里，滿水位面積達 12.50 公頃，混凝土重力壩的壩頂標高 145 公尺，壩身高度 36 公尺。

表 2.5 鏡面水庫基本資料

水庫名稱:	鏡面水庫
管理機關:	台灣省自來水公司(第六區管理處)
計畫標的:	公共給水為主，農業用水為輔
計畫概述:	
位 置:	台南縣南化鄉
河 系:	主流 曾文溪 支流 菜寮溪
水 庫:	集水面積 2.73 平方公里
	正常蓄水位標高 143 公尺, 最高洪水位標高 144 公尺
	滿水位面積 12.50 公頃
	總蓄水量 1,150,000 立方公尺
	計畫有效蓄水量 987,000 立方公尺
	現有效蓄水量 869,000 立方公尺(民國 78 年測量)
壩 型 :	混凝土重力壩
	壩頂標高 145 公尺
	最大壩身高度 36 公尺
	壩頂長度 120 公尺
	壩頂寬度 5 公尺
	壩體積 24,000 立方公尺
灌 溉:	面積 15,7ha(目前已停灌)
自 來 水:	2,100CMD 計畫年供水量 766,500 立方公尺

資料來源：海洋大學水資源管理研究室全球資訊網(2013)

2. 曾文溪流域之供水情形

(1) 依據水利署，近十年來曾文溪流域各主要蓄水設施曾文水庫、南化水庫、烏山頭水庫、鏡面水庫及玉峰堰供應各標的用水統計如表 2.6 至表 2.10，加以總和如表 2.11：

表 2.6 曾文水庫供給各標的用水量統計

蓄水設施調節量統計						單位：百萬立方公尺			
水庫名稱	年度	當年度總容量	當年度量測有效容量	進水量	放水量	溢流量	各標的用水		
							供發電	供灌溉	供給水
曾文	90	597.45	564.63	1405.6	984.34	372.81	807.38	0	0
	91	597.45	564.63	567.47	1042.79	0	895.39	0	0
	92	629.75	600.56	514.74	733.08	0	602.16	0	130.92
	93	707.53	643.96	1111.69	765.44	66.58	636.58	0	128.84
	94	602.5	598.53	2247.39	987.51	1203.32	987.51	0	0
	95	602.5	598.53	1706.25	1044.51	566.5	1044.52	674.38	166.94
	96	591.53	573.39	1642.2	963.06	580.5	963.06	0	0
	97	582.21	568.42	1990.27	1000.54	0	1000.56	0	0
	98	748.4	490.58	1612.62	809.74	998.8	809.77	0	0
	99	491.59	491.59	1009.54	476.96	108.72	479.12	0	0
	100			798.08			527.17	0	0
101			1640.29			492.72	0	0	

資料來源：水利署各項用水統計資料庫(2012)

表 2.7 南化水庫供給各標的用水量統計

蓄水設施調節量統計							單位：百萬立方公尺		
水庫名稱	年度	當年度總容量	當年度量測有效容量	進水量	放水量	溢流量	各標的用水		
							供發電	供灌溉	供給水
南化	90	138	134.55	305.01	240.34	72.29	0	0	238.69
	91	138	134.55	193.96	200.45	0	0	200.45	0
	92	138	134.55	209.24	176.21	0	0	0	176.21
	93	158	134.55	220.49	101.58	22.54	0	0	206.6
	94	133.32	132.45	504.07	226.57	167.42	0	0	226.11
	95	133.32	132.45	335.87	217.64	130.61	0	0	217.64
	96	133.32	132.45	484.94	239.78	232.18	0	0	273.66
	97	113.9	113.9	487.6	214.94	246.66	0	0	216.59
	98	158.05	96.81	443.12	181.4	252.74	0	0	185.09
	99	101.58	101.58	315	209.19	79.61	0	0	208.04
	100				258.29			0	0
101				305.10			0	0	235.80

資料來源：水利署各項用水統計資料庫(2012)

表 2.8 烏山頭水庫供給各標的用水量統計

蓄水設施調節量統計							單位：百萬立方公尺		
水庫名稱	年度	當年度總容量	當年度量測有效容量	進水量	放水量	溢流量	各標的用水		
							供發電	供灌溉	供給水
烏山頭	90	83.75	83.75	615.81	605.03	17.3	0	483.49	176.48
	91	83.75	83.75	784.14	918.54	0	170.85	591.4	157.29
	92	83.75	83.75	518.24	529.87	0	385.61	380.37	164.21
	93	154.16	83.75	563.62	534.54	0.75	378.31	418.73	157.79
	94	80.85	80.85	682.86	1371.38	38.11	553.56	718.05	173.2
	95	80.85	80.85	779.09	871.33	72.52	758.49	703.21	168.14
	96	80.85	80.85	768.67	2053.2	49.13	1206.49	676.87	169.84
	97	80.85	80.85	775.91	2355.14	63.2	1497.8	697.7	159.5
	98	154.15	80.23	718.13	2193.44	718.13	1360.22	446.49	165.16
	99	80.85	80.85	573.99	1368.51	0	744.1	447.96	176.46
	100			677.52			663.77	570.51	157.81
101			695.21			887.35	581.83	154.56	

資料來源：水利署各項用水統計資料庫(2012)

註：烏山頭水庫之「供給水」項目包含「自來水及工業用水」

表 2.9 鏡面水庫供給各標的用水量統計

蓄水設施調節量統計				單位：百萬立方公尺					
水庫名稱	年度	當年度總容量	當年度量測有效容量	進水量	放水量	溢流量	各標的用水		
							供發電	供灌溉	供給水
鏡面	90	1	0.99	12.98	1.32	0	0	0	0.62
	91	1	0.99	2.74	3.08	0	0	3.08	0
	92	1	0.99	249.28	226.68	73.52	0	0	226.68
	93	1.15	0.99	0	0.33	0	0	0	0.33
	94	0.86	0.85	12.14	0.23	10.44	0	0	0.22
	95	0.86	0.86	5.64	0.47	10.44	0	0	0.22
	96	0.86	0.85	8.52	0	0	0	0	0
	97	1.07	1.07	7.59	0.06	1.13	4.39	0	0.06
	98	1.15	1.01	3.26	0.83	0	0	0	0.83
	99	1.07	1.01	6.01	1.66	1.13	0	0	0.82
	100			6.79			0	0	1.43
101			7.00			0	0	1.33	

資料來源：水利署各項用水統計資料庫(2012)

表 2.10 玉峰堰供給各標的用水量統計

蓄水設施調節量統計							單位：百萬立方公尺		
水庫名稱	年度	當年度總容量	當年度量測有效容量	進水量	放水量	溢流量	各標的用水		
							供發電	供灌溉	供給水
玉峰堰	90	0	0	0	0	0	0	0	0
	91	0	0	0	0	0	0	0	0
	92	0	0	0	0	0	0	0	0
	93	0	0	0	0	0	0	0	0
	94	0	0	0	0	0	0	0	0
	95	0	0	0	0	0	0	0	0
	96	0	0	0	0	0	0	0	0
	97	0.5	0.5	19.36	15.71	0.82	0	0	1.48
	98	0	0	0	0	0	0	0	0
	99	0	0	0	0	0	0	0	0
	100			15.63	0	0	0	0	14.96
	101			13.42	0	0	0	0	13.46

資料來源：水利署各項用水統計資料庫(2012)

表 2.11 曾文溪主要蓄水設施進水量及各標的用水統計總和表
單位：百萬立方公尺

年度	進水量	供灌溉用水	供生活用水	供發電用水
90	3339.40	483.49 (28.33%)	415.79 (24.36%)	807.38 (47.31%)
91	1548.31	794.93 (41.18%)	157.29 (8.15%)	978.23 (50.67%)
92	1491.50	380.37 (18.41%)	698.02 (33.78%)	987.77 (47.81%)
93	1895.80	418.73 (21.12%)	493.56 (24.89%)	1014.89 (51.19%)
94	3446.46	718.05 (27.01%)	399.53 (15.03%)	1541.07 (57.96%)
95	2826.85	1377.59 (37.91%)	235.30 (6.48%)	2020.65 (55.61%)
96	2904.33	676.87 (20.57%)	443.50 (13.48%)	2169.55 (65.95%)
97	3280.73	697.70 (19.50%)	377.63 (10.55%)	2502.75 (69.95%)
98	3257.04	159.50 (5.26%)	376.92 (12.42%)	2498.36 (82.32%)
99	1904.54	447.96 (21.78%)	385.32 (18.74%)	1223.22 (59.48%)
100	3756.31	570.51 (26.44%)	396.60 (18.38%)	1190.94 (55.19%)
101	2661.02	581.83 (24.58%)	405.15 (17.12%)	1380.07 (58.50%)

資料來源：本研究整理統計

民國 90 年曾文溪主要蓄水設施年總供水量 1706.66 百萬立方公尺，其中發電用水 807.38 百萬立方公尺最高，占當年總供水量之 47.31%，灌溉用水 483.49 百萬立方公尺次之，占當年總供水量之 28.33%，生活用水 415.79 百萬立方公尺最低，占當年總用水量之 24.36%。民國 100 年總供水量 2158.05 百萬立方公尺，其中發電用水 1190.94 百萬立方公尺最高，占當年總供水量之 55.19%，灌溉用水 570.51 百萬立方公尺次之，占當年總供水量之 26.44%，生活用水 396.60 百萬立方公尺最低，占當年總用水量之 18.38%。據此，曾文溪供水發電用水佔較大比率。

(2) 比較臺灣地區水資源運用供需概況－各標的用水（表 2.12）

則是民國 90 年年總用水量 184.86 億立方公尺，其中農業用水 130.12 億立方公尺最高，占當年總用水量之 70.39%，生活用水 37.34 億立方公尺次之，占當年總用水量之 20.20%，工業用水 17.40 億立方公尺最低，占當年總用水量之 9.41%。民國 100 年年總用水量 172.25 億立方公尺，其中農業用水 124.35 億立方公尺最高，占當年總用水量之 72.19%；生活用水 32.38 億立方公尺次之，占當年總用水量之 18.80%；工業用水 15.52 億立方公尺最低，占當年總用水量之 9.01%。據此，台灣地區農業用水佔較大比率。

台灣地區99年各標的用水概況如（圖2.3）

表 2.12 臺灣地區水資源運用供需概況－各標的用水
單位：億立方公尺

年度	農業用水	生活用水	工業用水
90	130.12 (70.39%)	37.34 (20.20%)	17.4 (9.41%)
91	134.1	35.25	17.66
92	124.34	35.59	16.08
93	126.04	35.32	16.54
94	128.81	35.32	15.45
95	122.38	35.98	15.76
96	133.59	35.73	16.44
97	129.6	33.57	16.68
98	131.7	33.7	15.51
99	122.05 (71.53%)	32.56 (19.08%)	16.03 (9.39%)
100	124.35 (72.19%)	32.38 (18.80%)	15.52 (9.01%)

資料來源：經濟部水利署(2012)

本統計資料內所指農業用水是包括灌溉用水、養殖用水及畜牧用水等項。工業用水則包括自來水、自行取水等項。

用水量單位：億立方公尺



圖 2.3 台灣地區 99 年各標的用水概況
資料來源：經濟部水利署(2010)

(3) 曾文溪水資源供水系統線路圖，繪製如（圖 2.4）

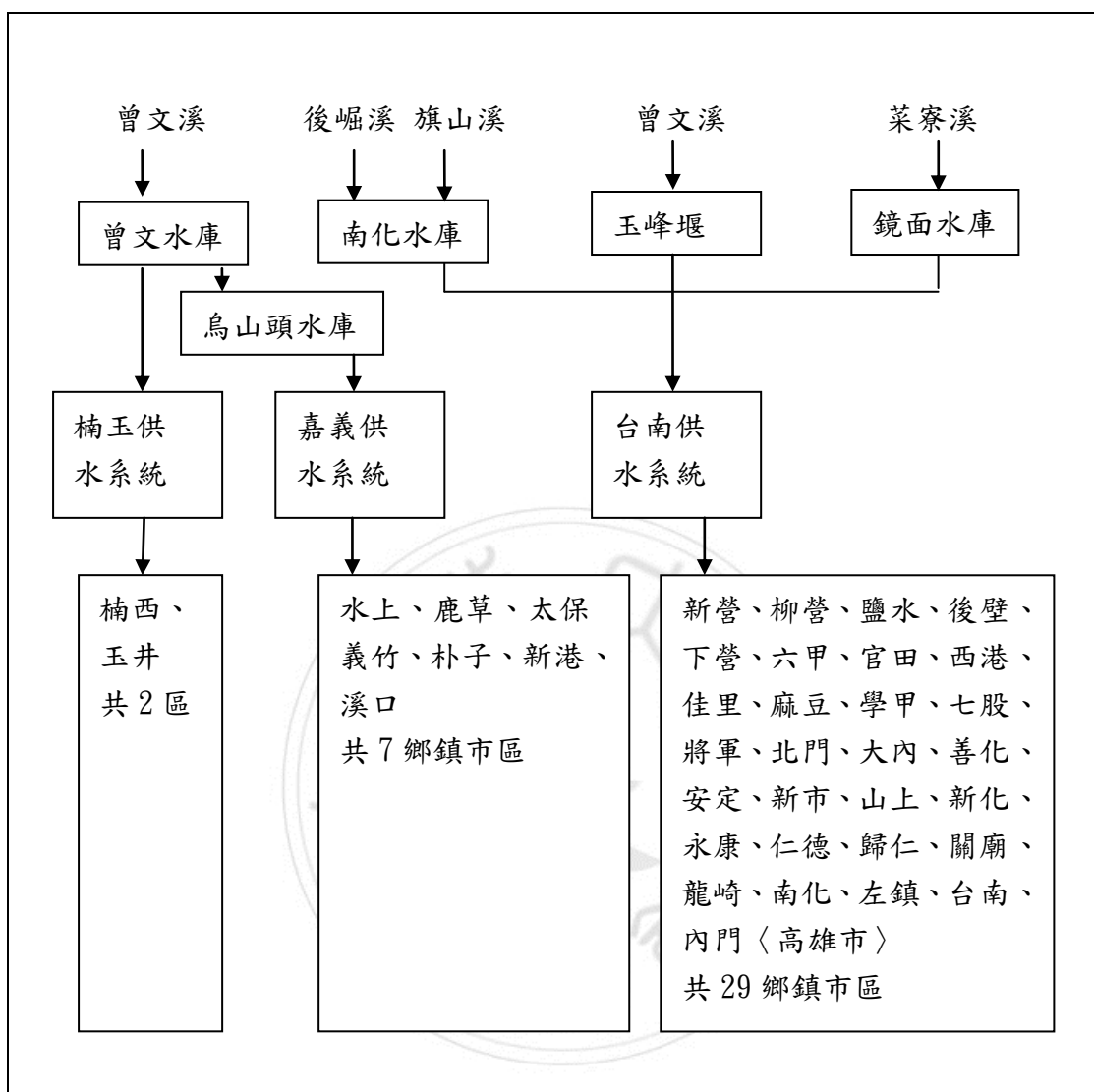


圖 2.4 曾文溪水資源供水系統線路圖

資料來源：經濟部水利署

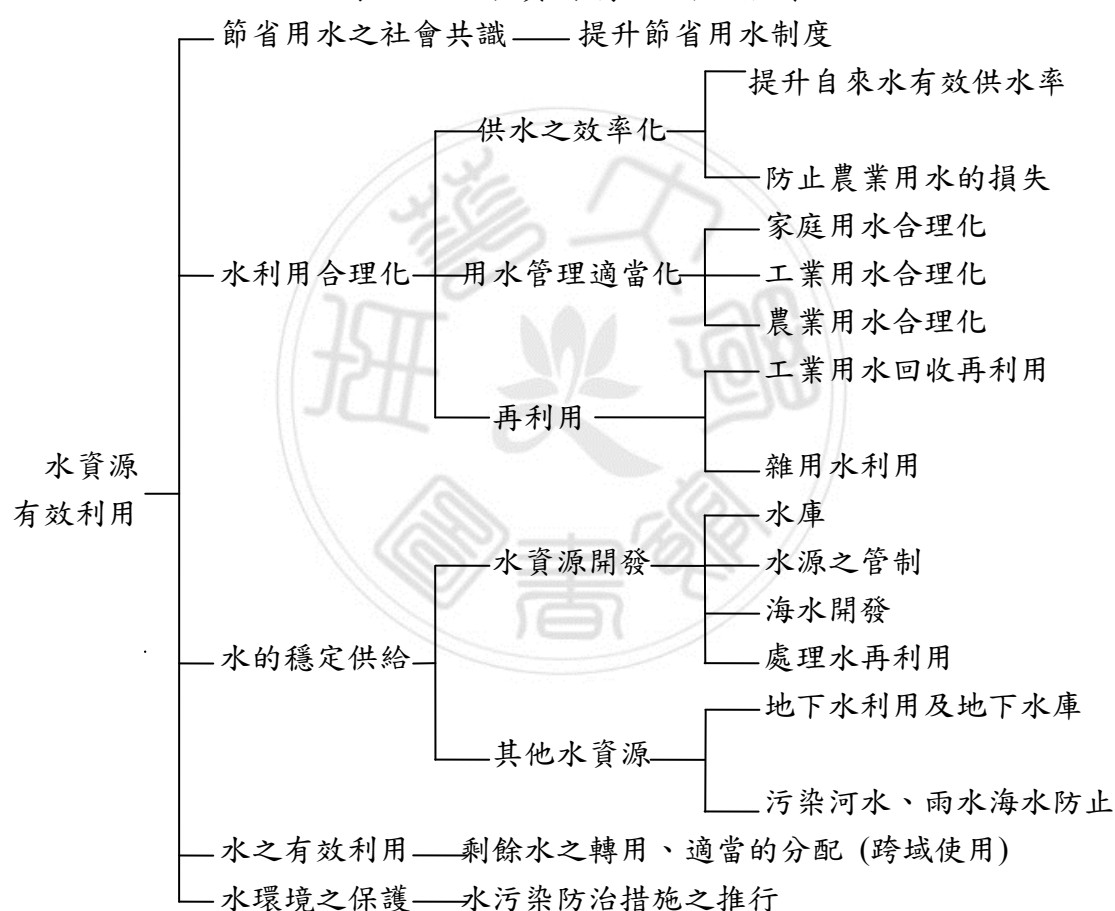
(4) 曾文溪流域由於降雨量集中於豐水期，加上蓄水設施有限，導致枯水期間，供水常常吃緊，若雨季時蓄水不足，則會發生缺水情形。

3.供水管理問題

歐陽嶠暉(1995)，說明水資源之有效利用，將水之利用分別做有

效的處理，在當前世界各國水資源匱乏之情勢，將水資源做合理的利用與配套措施相互實施的情況下，以期達到減水並節省水資源之利用情況，分別將供水效率、用水管理之適當化與水資源再利用情形，提出有效率的個別看法，水之穩定供給方面，分別提出水資源之開發與其他水資源之利用，說明除了一般供水外，還能利用一些措施或技術增加水資源最大供給量，最後說明水污染保護與防治措施。如表 2.13

表 2.13 水資源有效利用體系



資料來源：歐陽嶠暉(1995)

臺灣海洋大學(2007)，曾文溪流域目前主要供水設施乃依靠曾文、烏山頭水庫調洪蓄水進行下游各標的用水供應之操作，及南化水庫、鏡面水庫蓄水供應台南等地之公共給水需求等主要取水設施，至於下

游未控制水量為零星農業用水及部份公共給水給水設施。其中曾文、烏山頭水庫之基準配水量，係當初各用水標的協議之配水量，嘉南水利會所屬農業灌溉用水為每年 900 百萬立方公尺，曾文水庫契約之工業用水為每年 27 百萬立方公尺，及自來水公司分配之每年 120 百萬立方公尺的公共給水，依據基準配水量各標的提出年供水計畫，其中農業灌溉用水之嘉南農田水利會每年三、四月間提供灌區年度計畫用水量，而工業及公共給水依據需求提出供水計畫但較無變動，依此年供水計畫量，曾文、烏山頭水庫按水文情況以每年六月至隔年五月之年用法進行水庫運用調配工作。

整個曾文溪流域供水設施，農業用水方面藉由烏山頭水庫放水口進入嘉南大圳供給嘉南地區之灌區，而工業用水則藉圳道或專管連接，至於公共給水之自來水系統，則藉由各淨水廠供給，其中利用曾文烏山頭供水系統之淨水廠包括烏山頭、潭頂及水上淨水廠，與南化水庫之南化淨水廠及取自下游未控制流量地面水之山上淨水廠。在山上淨水廠附近即曾文溪主流與菜寮溪匯流點下游 200 公尺處河床所興建的玉峰攔河堰，其功能主要是提高提高山上淨水廠供水能力及穩定供水水源。

在水源調度概況上，歷年(民國 38 年至 99 年)年平均降雨量為 2,500 毫米，其降雨的空間與時間分佈十分不均，故往往造成水資源調配問題。

雨量約有百分之八十集中於每年 5 月至 10 間之豐水期，尤其大部分雨量集中在颱風過境時，若颱風降雨較少時，常會造成缺水；每年 11 月至次年 4 月為枯水期，降雨量偏少，尤其是台灣南部較為顯著，枯水時期的降雨量僅佔年降雨量的百分之十左右。各項標的用水一向以農業用水居最大宗，約佔 7 成；生活用水居次，約佔 2 成；工

業用水最少，約佔 1 成。農業用水除占總用水量之最大宗外，其需求量可依供給量的多寡彈性調整辦理休耕停灌措施。豐水時期大量的運用豐沛的雨量以利灌溉，枯水時期則配合休耕降低農業用水需求，適時將農業用水轉移至生活用水。在水源的調度上，農業用水扮演相當重要的角色。

小結:

1. 曾文溪流域內建有曾文、烏山頭、鏡面、南化四座水庫及玉峰堰，為嘉南地區各標的用水的主要來源。各水庫兼具給水、灌溉、蓄洪、發電等多項功能。
2. 供水用途方面，曾文水庫為發電，南化水庫為灌溉、給水，烏山頭水庫為發電、灌溉、給水，鏡面水庫、玉峰堰以給水為主。
3. 流域內 90%雨量，集中在每年 5~10 月間，用水以農業用水為最大宗，約佔 70%，會排擠工業及生活用水。水庫大量淤積，自來水管漏水嚴重，造成水資源浪費及用水不足。超抽地下水造成海水入侵、土地鹽化及地層下陷之嚴重問題。

2.2 台灣的缺水危機

2.2.1 水資源開發與利用

本研究主要是探討水資源供需之運用，而水資源為流域管理中的重要部分，當然流域管理包含的層面與問題很多，若沒有整體規劃，將可能對人類造成莫大的災害或影響。近年來國內外也都飽受缺水之苦，對於氣候變化、降雨量的不足等等，都是造成的主因。對於缺水情況頻繁，各國莫不尋求解決之道，因此，如何有效管理水資源與適當的調配水資源就更為重要了。

本節文獻探討有三個方向，第一部分探討流域管理，包含流域管理的定義、流域管理的形成、流域管理新舊模式的比較；第二部份為水資源開發利用，包含水的功能、水資源利用、水資源開發政策；第三部份整理流域管理、水資源等相關研究與應用文獻發展情形。

1. 流域管理

根據楊桂山等人(2004)所提相關資料分述如下：

(1) 流域管理的定義與意涵

流域是自然形成的水動力系統，流域管理是以水資源為中心的科學管理。「管理」是用法律、規範、條例、辦法等來實現的，而流域是複雜的系統，具有整體性、動態性、耗散性，同時它是人類賴以生存的資源環境。因此流域管理就應該順應河流流水的動態變化。

Kauffman(2002)，流域是沒有政治邊界的，除了美國的少數城市存在著此種邊界，許多的國家、縣、市、鄉、鎮都是沿著一個流域融合於一體的，是什麼原因致使流域管理如此複雜化。每個人都應該迅速了解水文的重要性，尤以水資源的使用與管理更為重要，然而，政府藉由城市組織、鄉鎮、城市界線，規劃出較為適當的水資源分配與管理。

美國國家風險管理研究中心(NRMRL，1999年)，明確界定流域的邊界線確實是管理策略的一個重要的先決條件。這是訂定流域系統邊界的重要的目標，是基於地理特徵，如海拔高度、水流流動的坡度，這種地理特徵是無法改變也無法爭論的。以水流為替換的指標和地景特色，一方面整合許多流域或其他的過程。該流域的辦法並不是要取代現有邊界和地區，而是它提供了一個大範圍行政的觀點，使整個經濟、社會和行政機構活絡。

流域的做法提供了一個真正協調間的純粹的生態和純粹的行政觀點。層次背景是另一個關鍵組成部分與成功的管理辦法。包含的層次結構，有助於整體流域和局部流域的提升和降級，縮放和退出以及不斷變化的決議，這取決於類型和規模的管理問題有待解決。這種做法增加了分級管理的靈活性，打破了一般的政策和規模。

Dzurik & Theriaque(1996) Watershed 這個詞是來自於十四世紀的德國，被稱為分水嶺、水的分界線或流域。在 1787 年，流域被當作一種手段，用於界定邊界，是原始的分區的方式，因當時的繪畫技術不成熟與缺乏一種地理的意義，並且在當時認為洋脊形成的流域界線是有限的。大致上國家界線並不遵循流域。然而，許多法律和法規已演變為解決跨域和州際流域問題。

因此，由表 2.14 下述各學者對流域管理的定義，可以了解流域管理是以流域為管理單位，流域整治的過程中，應保留其文化傳統與特色，將其當地民眾視為重要的參與角色，當地居民對其流域的了解度較高，若忽視，治理上將造成彼此間的衝突，亦會造成不永續的情況產生。流域生態方面，藉由保護棲地與有計畫性的開發與規劃，將抑制流域破壞嚴重的情形，亦有利於水文循環系統與生態系統的回復，因此，流域管理在政府、企業和公眾等共同參與下，應用行政、市場、法律手段，對流域內資源全面實行協調的、有計畫的、永續的管理，將可促進流域公共福利最大化。

表 2.14 流域管理定義表

作者(年份)	流域管理的定義
Mitchell (1990)	流域管理應採用系統的觀點對水的觀點及相關子系統的作用、社會經濟發展進行全面的分析。
Grumbine (1990)	流域管理繼承生態系統管理的所有主要的概念。賦予最佳的生態系統概念，將其擴大為生態系統定義。
Margerum (1995)	流域管理需要全面考慮流域眾多活動、計畫及策略。
Byrne (1997)	流域管理需要廣泛合作和參與，包括流域管理者、流域資源使用者，流域環境者之間的合作；流域上下游的合作；與流域系統的自然保護區區域間的合作。
Ewing (1997)	認為流域管理在決策的過程中，需面對流域複雜的環境問題，進而採取合適的策略，並考慮自然和人文環境間的相關聯繫。
Born & Gensknow (2001)	流域管理應是一種非集中的分權決策，由更加廣泛的人員參與(包括政府的、非政府的團體等)決策、實施，同時需要考慮與生態系統相關的眾多目標。
楊桂山等人 (2004)	流域是一個具有明確邊界的地理單元，流域以水為紐帶，將上、中、下游組成一個普遍具有因果關係的複合生態系統，一個地區，無論地理氣候、自然資源、環境景觀，還是社會經濟、文化傳統、民俗風情都有很強的流域特徵。因此，當制定一個地區的經濟發展規劃時，必須針對一個流域的自然、社會、經濟和文化，從總體加以考慮，才能保證區域協調發展，實現資源的永續利用。

資料來源：(1. 楊桂山等人，2004年；2. 本研究整理)

Randhir 等人(2001)，流域包括各種天然資源，提供各種基本的物品和服務，並且保持各種生態系統的功能。仔細的規劃，以保護這些資源。在眾多的天然資源，水是影響各式各樣的生活形式和生態系的數量和質量的其中一個最主要的因素。而水也是必不可少的，為人類的生存，一些經濟活動，在很大程度上依賴於水資源。在過去的幾十年中，這重要資源一直受到迅速惡化，造成的起因於擴展人類活動。

楊業勤等人(1999)，在許多流域，人類的活動正強烈地干擾並改變水文循環和水資源。水資源動態評估，即評估或預測過去水資源及

流域變化，幫助現在或未來，流域以及水資源的永續發展與管理。進行「觀察和歸納」的方式，推導出了一系列歷史性觀測流域的排放基礎，即水資源使用的數據和水分平衡方程式。

何太蓉、楊達源(2003)；楊桂山等人(2004)，流域管理應從流域自然—社會—經濟複合系統的內在聯繫出發，分析流域內部的組成要素、組成區域之間的聯繫，進行全面規劃與管理。流域是一個系統，流域內的各單元地形是密切聯繫的。因此，每一個單元地形都應納入流域規劃程式和流域目標的配置中。規劃程式中忽視任何一個單元地形，則流域的正常功能就會削弱。例如，沖積扇上的自然草類生態被灌木或喬木取而代之，沖積扇就會被溝谷分割而形成集中水流，其原有的分散和削弱徑流能量、攔截碎屑物和泥沙、過濾和清潔地表水以及有效滲透和補充地下水的功能就會下降，進而引起地表水量大增、土壤水分含量降低、植物產量以及保護性的地表覆蓋就會越來越少，最終導致沙漠化進程加速。流域的上、中、下游、左、右岸、支流都是大系統中的小系統，是緊密聯繫的大集合體。因此，只有以流域的整體利益、整體系統的平衡為各系統的根本，則流域的整體持續發展才能實現。

楊勤業等人(1999)，長期以來，人類強調單一經濟目標的流域資源開發利用模式導致流域資源與環境問題日趨嚴重，世界各大流域普遍出現了資源退化、環境惡化與災害加劇的趨勢，主要表現在：

- (a) 水土流失與土地退化；
- (b) 流域水資源退化；
- (c) 全球森林危機；
- (d) 濕地破壞；
- (e) 生物多樣性減少。

對於此5大危機如何改善，將是一個重要的事項。因此，為了有效實施流域管理，並在流域資源利用和環境保護中貫徹流域管理，必須要仔細思考與分析研究。

李鈞震(2010)，流域管理的內容事項錯綜複雜，依國內現行體制：“中央”管的河川上、中、下游分屬“農委會林務局”、“水土保持局”、“內政部營建署”和“經濟部水利署”管理；另外原住民委員會也管理河川上游原住民保留地，“環保署”則對河川的污染與水質負責。在“行政院”下雖有一個“流域管理委員會”但卻無所作為。實在極須進行功能整合、組織合併，統一事權，融入流域管理的理念，有效治理各河川，減小天然災變的受害程度，合理開發利用水資源。

(2) 流域管理之形成

水為人類生存、生活，以及生產活動不可或缺的自然資源。在長期流域開發利用的過程中，人們只重視資源的利用與經濟發展，而很少考量資源與環境的保護，隨著人口、資源、環境與發展問題日趨嚴重，各國政府才開始重視人類與自然環境的協調發展，以流域的框架下實施綜合開發與管理。

根據楊業勤等人(1999)，歸納出下述三點有關於流域管理形成的步驟：

(a) 單一開發向多目標開發的轉變

早期流域管理內容主要為防治滂洪災害、發展航運和灌溉水利工程的管理。19世紀末至20世紀初，歐美國家流域管理開始著手於水資源的多功能特徵，強調水資源的綜合開發和利用，注重河流的梯級開發、水利工程的統一佈局以及綜合能力，為了實施綜合開發的目標，各國開始建立流域一體化管理機構，以求最大限度的開發利用水資源。

(b) 流域開發向流域環境保護的轉變

20 世紀中葉後，由於原子能的開發利用出現的放射污染和農藥的大量使用帶來的有機氯化物污染加劇，對生活產生廣泛的影響。70 年代初，環境保護有一個具有里程碑意義的事件發生，因為各國為解決流域環境問題召開了一次會議，而會議中提出了「人類環境宣言」，在此期間 Word 和 Dubos 發表了「只有一個地球」，警告人們必須要保護這個地球，不能將其污染或破壞。同時，聯合國環境規劃署提出一個生態發展的概念，在處理工業發展、經濟發展的時候，必須考慮到生態保護。隨著環境污染問題日益加劇，流域管理的內容由綜合開發向流域開發與環境保護並重轉變。20 世紀 60 年代以後，流域管理內容包括了水質控制和環境保護的內容，並頒布了流域環境保護的法律。在從法律上強化全社會對水污染的治理、確定治污目標的同時，建立了以流域為基礎的解決水問題的機制。在保護環境的前提下，實現流域水資源的高效開發利用。

(c) 永續發展的提出與流域綜合管理的形成

聯合國環境與發展大會在巴西里約熱內盧隆重召開。會議討論開通過「里約環境與發展宣言」與「21 世紀議程」並簽署了聯合國「氣候變化框架公約」與「生物多樣化公約」。環境與發展大會提出了人類永續發展的新策略和新觀念：人類應與自然和諧一致，永續發展並為後代提供良好的生存發展空間，人類應珍惜共有的資源環境，有償的向大自然索取。大會中 Lee(1992)提出環境保護應該以流域的尺度來實施，而不是以洲、國家等為基礎。20 世紀 90 年代期間，美國環境保護署重視強調流域的整體治理，地下水、地表水、濕地、空氣、生態系統統籌規劃、設計、實施和保護。目前流域綜合管理已經被普

遍接受，然而因其涉及多要素、多學科、多部門，實施難度大。從流域綜合管理的特徵來看，主要需做好三方面的工作，一是加強流域信息化建設，因為流域綜合管理涉及流域自然、社會和經濟等多方面的特徵，正確的決策首先依靠對流域的全面認識，如流域信息採集技術、海量信息組織管理技術、信息挖掘技術、信息共享體系等。二是發展流域模擬技術，實現多學科專業知識集成。綜合流域管理涉及多科學專業知識，一個管理人員同時具備流域管理涉及到的眾多學科專業知識幾乎是不可能的，因此流域綜合管理需要實現管理模型化，決策智能化。三為建立有效的管理制度與機構，流域管理最終實施要通過流域管理部門，能夠建立有利於區域協調、公眾參與、產專學術研究結合的流域管理機構，並通過法規、制度實現規範化管理，才能實現流域綜合流域管理的最終實施。

小結：

1. 流域管理應以河流流水的動態變化為中心的科學管理，在政府、企業和公眾等共同參與下，應用行政、市場、法律手段，對流域內資源全面實行協調的、有計畫的、永續的管理，將可促成流域公共福利最大化。流域管理，以流域的整體利益、整體系統的平衡為各系統的根本，則流域的整體持續發展才能實現。

2. 流域管理形成的三個步驟:

- (1) 單一開發向多目標開發的轉變
- (2) 流域開發向流域環境保護的轉變
- (3) 永續發展的提出與流域綜合管理的形成

3. 流域管理應有農民參與，運用科技知識，解決實際問題，以達成

永續發展的自然資源管理。

2. 水資源之開發利用

倪世傑(2008)水資源已是二十一世紀人類所面臨最重要的課題之一，聯合國 2002 年三月發表的研究報告指出，全球目前有 11 億人口無法取得安全的飲用水，而且每年約有 500 多萬人死於因飲水所引發的疾病，是全球因戰爭死傷人數的十倍。聯合國同時提出警告，如果人類仍然以今天的速度消耗水資源，到 2025 年時，全世界至少有 27 億人將因嚴重缺乏淡水而面臨生存的威脅，同時住在難以取得淡水或無法應付淡水需求地區的人口將達 50 億人之多，佔全世界人口數的三分之二。因為人口膨脹、環境污染導致水資源日漸匱乏，搶水衝突日益增多，這些都將成為日後引發國際戰爭的火種。

我國水資源的問題很多，台灣更是聯合國認定的缺水地區，因此以嚴肅的態度，認真地面對水資源問題，已是全體國人當務之急。在國人的生活中，節約用水，現階段已經開始實施，今天國人每人每日的平均用水量可高達五百公升，但是平均國民所得水準遠高於我國的歐美國家，平均每人每日的用水量卻只有國人的一半，由此可見國人對水資源浪費的程度。我們必須認清地球水資源是有限的事實，尤其是這幾年因為全球環境變遷所引發的缺水危機，提醒我們更不能漠視水資源使用的問題(經濟部水利署水資源白皮書，2006)。

很難想像，台灣四周環海，年平均雨量多達 2500 公釐，是世界的 2.6 倍，但人口稠密，台灣地區每人每年所分配之降雨量不及世界平均值的六分之一，如圖 2.5 台灣與各國每人平均分配雨量比較，台灣實屬於嚴重缺水之國家。被列為世界排名第 18 位缺水國也不足為怪。



圖 2.5 台灣與各國每人平均分配雨量比較

資料來源：楊偉甫(2010)，台灣地區水資源利用現況與未來發展問題

Chartzoulakis(2001)認為，為了日益增加的用水需求作出合理的水資源管理是極其重要的，對於永續發展以及環境服務。為了克服水資源短缺，特別是在未來，應採取一些措施保護水資源和保護環境。水資源綜合管理，應包括使用的措施、純粹的技術(增加地表水的使用、改善分配制度和灌溉調度、回收、利用節水灌溉系統、使用再生、以及鹹水水域等)、社會經濟(定價、合理化、推廣、培訓等)。

Aguilera Klink(1995)認為，水不僅是一種資源，而是經濟社會的資產。涉及經濟學、社會學、技術、環境、地理、機構和區域因素；除此之外，土壤和氣候方面亦特別重要。在過去幾年，關於管理水資源方面，出現不同的辦法。因此，我們有兩種相反的選擇，顯然彼此並不衝突，即水的供給管理和需求管理。水始終是生產不可缺少的商品和服務。同樣地，如果我們了解水是經濟社會資產，即必須分配適當的數量和質量的水給任何特定用途的產業。在總體平衡的事物上，我們必須找尋新的自然資源替代品，可供管理和永續使用，尤其是水。

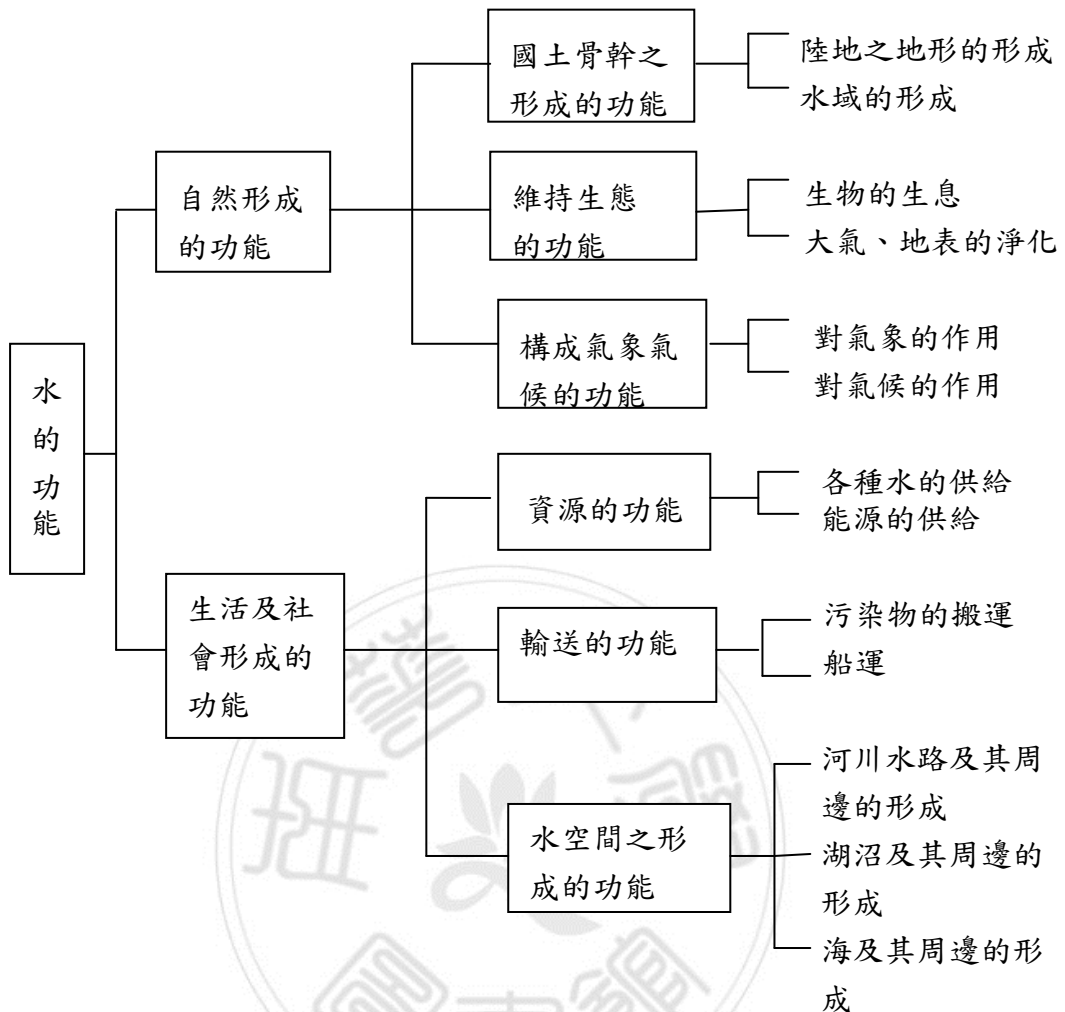
綜觀以上，我們必須認清地球水資源是有限的事實，尤其是這幾年因為全球極端變化與環境變遷所引發的缺水危機，我們更不能再漠視水資源使用的問題。國人更要改變用水浪費的習慣。政府興建水庫極為困難，開源不易，只有改善分配制度和灌溉調度、積極回收、利用節水。

(1) 水的功能

曾華迪等人(1997)認為，一個國家的資源是多樣性的，但各樣資源的經營目標不外乎資源的永續發展與有效利用。因此，對於位於島國的台灣，水資源的分配均衡就更為重要，歷年來很多水資源利用不妥善造成許多民眾的不便與開發上損失的情事，這些事件常常發生，如何將水資源妥善運用就成為近年來重要的政策與目標。

而水包含各式各樣的功能，大體上包含自然形成的功能與生活及社會形成的功能。自然形成的功能主要分為國土骨幹之形成、維持生態以及構成氣象、氣候等功能；生活及社會形成的功能主要分為資源、輸送以及水空間之形成的功能，如下表 2.16 所示：

表 2.15 水的功能



資料來源：曾迪華等人(1997)，歐陽嶠暉(1995)

(2) 水資源的利用

水是人類及其他生物生存與發展所不可或缺的主要元素之一，除了可提供人類生存與發展所需的家庭、工業與農業等各類用水需求之外，尚具有發電、航行、遊憩與生態保育等功能，可提供滿足人類在經濟、生態與社會等方面之需求。如同其他自然資源，水資源雖為可更新且重複使用的自然資源，卻並非無法破壞與無限使用的自然資源，因此必須為其永續使用加以保護與發展。

台灣地區水資源的利用，根據(曾迪華等人，1997年與徐享崑，2000年)，依其用水形態，分為消耗性用水與非消耗性用水，而消耗性用水分為生活用水、農業用水(包括灌溉用水、畜牧用水與養殖用水)與工業用水；非消耗性用水為發電用水等。台灣地區水資源利用之組成，如下表 2.17 所示。

(a) 生活用水

台灣地區由於人口高密度成長、社會經濟發展及都市化快速等因素，生活方式轉變且生活水準提升，生活用水之缺水容忍度亦逐漸降低，可知民生與水的關係更為密切。

(b) 農業用水

農業用水雖佔總用水量七成以上，惟其具有生活、生態與生產等三生功能，對保育土壤、補助地下水、雨水貯存、滯洪與生活機能維持等等，亦擔負相當重要任務。

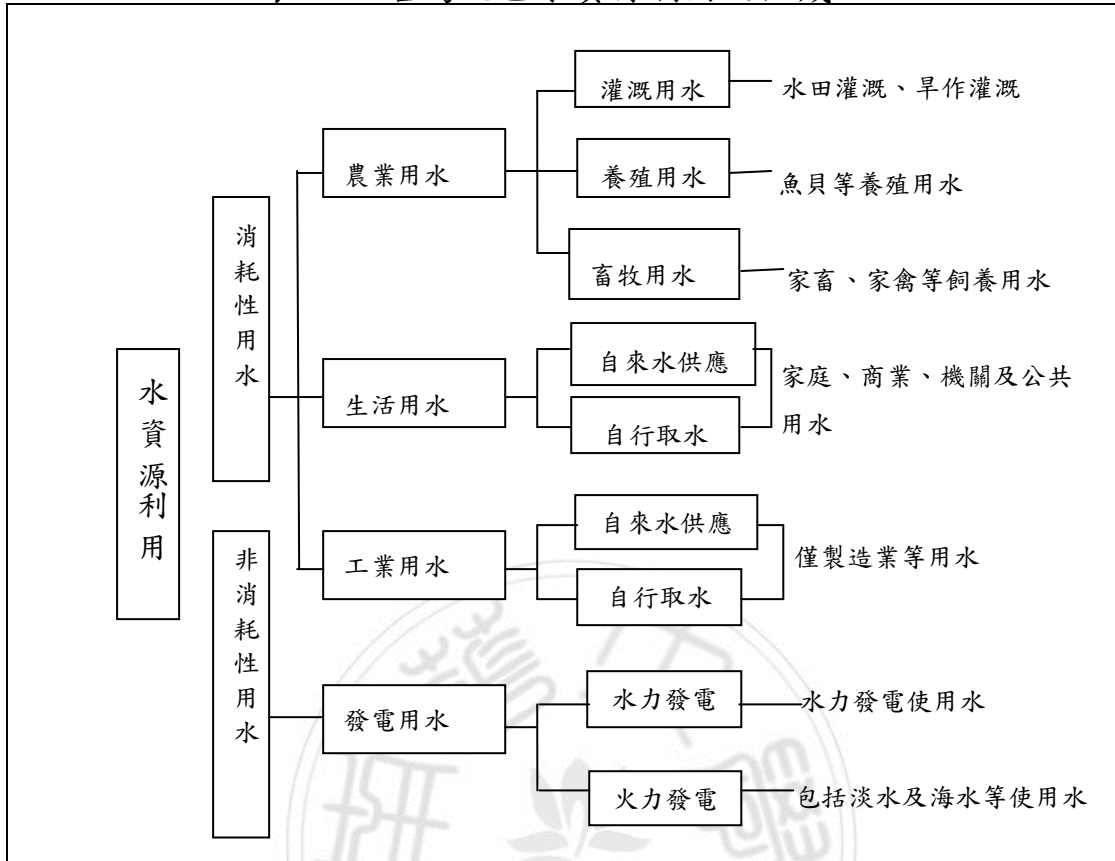
(c) 工業用水

台灣地區的工業用水量與生活用水量皆快速增加，預期需水量大的石化工業、鋼鐵工業以及電子產業或化學工業，仍將持續發展，由於此類工業製程之特性為需要大量的水及高品質的用水，所以需要及早想出因應對策。

(d) 發電用水

利用水之位能轉變為能源發電之用水。雖然水利發電成本較高，但利用過後，水仍然可以加以利用，相較於成本較低的核能發電，水利發電為最經濟、環保、迅速之發電方式。

表 2.16 台灣地區水資源利用之組成



資料來源：曾迪華等人(1997)

(3) 水資源的政策

台灣地區隨著人口、經濟與生活水準的成長與提升，人民對水資源量與質的需求均大幅提升；在自然條件不利開發新的水資源之情況下，未滿足社會與經濟持續發展之需求，目前之水資源政策乃是以改變資源供應滿足需求為主，除了提高水資源經營管理效率之外，須加強(1)推動節約用水、(2)水資源運用，改善水資源利用效率、(3)適度開發水源。

行政院於民國 85 年核定「現階段水資源政策綱領」，作為推動水資源工作之指導方針。水利署於民國 90 年配合國土綜合開發計畫，綜合彙整已完成之北、中、南、東四區域水資源綜合發展計畫，以民國 110 年為目標年，擬訂「台灣地區水資源開發綱領計畫」，作為台

灣地區未來水資源開發之主要政策。為因應台灣地區整體水環境變化，同時考量產業用水需求時空結構上之轉變，行政院於民國 95 年擬定「新世紀水資源政策」，作為我國水資源業務推動之最高指導方針。

現階段政府之水資源計畫整體架構層次，如圖 2.6 所示，區分為「政策綱領」，次為「區域性經理基本計畫」，再次為「個案計畫」3 層次。「區域性經理基本計畫」係參酌水資源政策綱領之願景與主張，視各區域水源供需情勢、待解決問題，檢討並彙整關聯事項，研擬相關方案及個案工作計畫，作為各區域分年推動之水資源規劃及關聯計畫實施之參據。

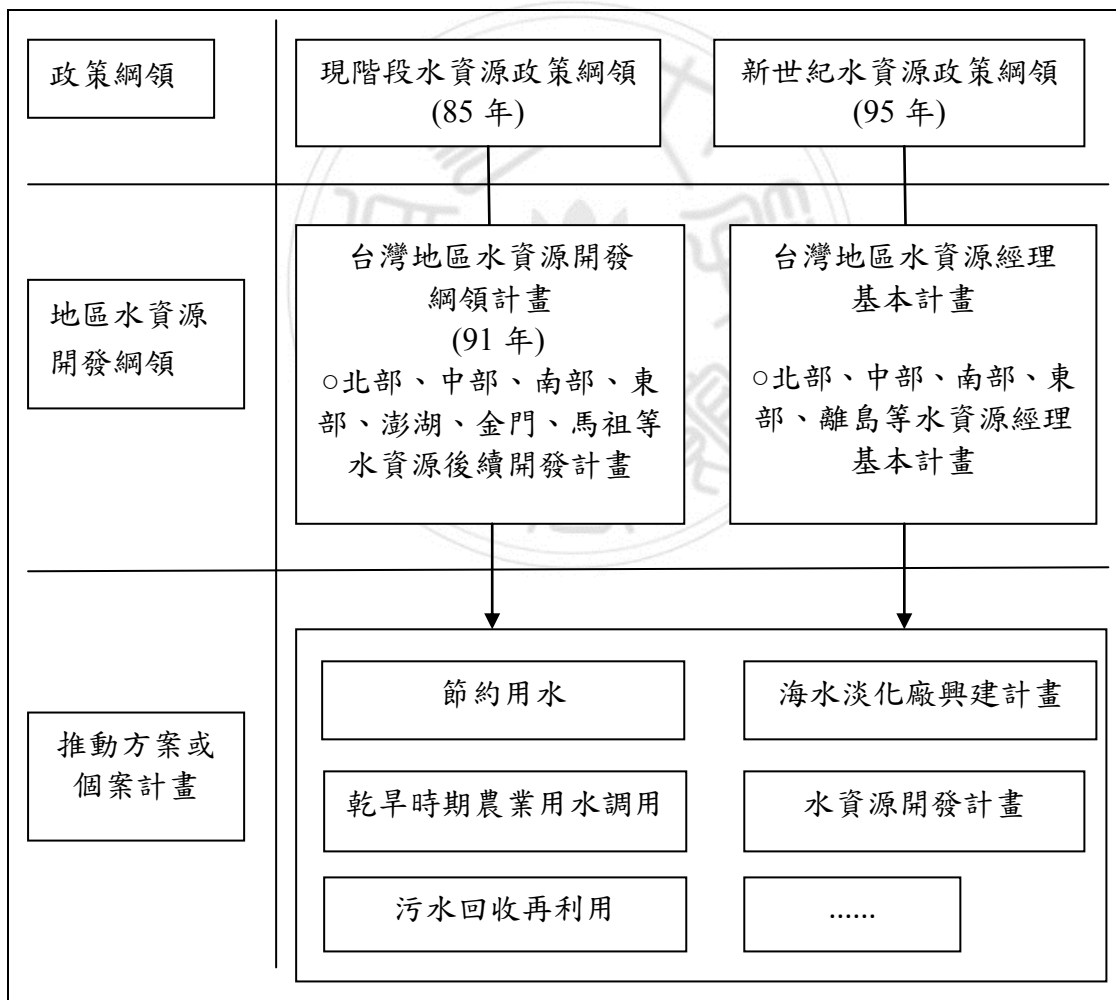


圖 2.6 水資源計畫整體架構層次
資料來源：經濟部水利署（2009）

分析結果，摘要如下：

水資源已是二十一世紀人類所面臨最重要的課題之一，聯合國同時提出警告，2025 年時，全世界至少有 27 億人將因嚴重缺乏淡水而面臨生存的威脅。

1. 水的功能包含自然形成的功能與生活及社會形成的功能

(1) 自然形成的功能主要分為國土骨幹之形成、維持生態以及構成氣象、氣候等功能。

(2) 生活及社會形成的功能主要分為資源、輸送以及水空間之形成的功能。

2. 水是人類及其他生物生存與發展所不可或缺的元素，具有發電、航行、遊憩與生態保育等功能，提供滿足人類在經濟、生態與社會等方面之需求。

3. 行政院擬定「新世紀水資源政策」，加強推動：

(1) 節約用水。

(2) 改善水資源的利用效率。

(3) 適度開發水源。

2.2.2 缺水危機

1. 台灣水資源的特性及供需情形

參考經濟部水利署 <http://www.wra.gov.tw/> 摘錄於下：

(1) 台灣水資源的特性

台灣的降水量非常充沛，但因地狹人稠、人口密度高，導致缺水問題越來越嚴重。依目前世界標準，台灣是個缺水國家，由於受到地

區、季節分布不均的影響，每人每年所分配的雨量僅及世界平均值的六分之一左右，實際分配到的水量有限。

「山區更有中央山脈南北縱走，高峰許多超過 3,000 公尺，造成台灣河川大都東西流向，分別注入太平洋及台灣海峽。」，台灣的河川坡陡流急，河谷狹隘，雖然水庫多，但總容量也不大。

同時，平均每十年會出現一次大乾旱，兩到三年會有一次小旱。降水量幾乎集中在每年五至十月間的豐水期，而十一月至次年四月的枯水期，降雨量最少，不僅常使水源調配困難，也影響產業生產及生活用水。

(2) 台灣水資源之供需情形

「台灣位於亞熱帶與熱帶交接處，年平均雨量約兩千公釐，水資源全靠降雨，但台灣地區降雨的時空分布極為不均。」，且枯水期與豐水期的水量差異極大，若根據區域性來分配水資源，可分為北、中、南、東四個地區。

由於目前海水淡化等其他水資源的生產方式並未普及，因此台灣水資源的主要來源仍是天然降雨。大致有三種供給來源：1 河川之水，代表降雨進入河川的部份可直接利用；2 水庫之水，表示進入水庫儲存而後再被利用；3 還有一部份則滲透入地下水層，再被抽取利用，稱為地下水。

而水資源的需求方面，一般分為民生用水、工業用水與農業用水等三類，其中農業用水又包含灌溉用水、養殖用水及畜禽用水。

(a) 民生用水：

民生用水又可細分為：家庭用水、商業用水、機關用水、公共用水、都市及消防用水等等。臺灣生活水準提高，都市人口高密度成長，使得水與民生關係更為密切。

由於國家總人口數每年不斷增加、地狹人稠，人口密度僅次於孟加拉，並高居世界第二位，民生用水每年呈現上升趨勢。台灣地區人口成長已邁入工商業化，預估未來人口成長率持續再攀高，甚至於人口成長及生活品質提升所衍生國民用水需求增加的壓力必然繼續存在。

(b) 工業用水：

例如工業上用以洗滌、鍋爐、製造、冷卻用水及其他用水等。由於國家經濟快速成長，水和工業的關係更密不可分。臺灣地區工業用水之使用量，近年與民生用水量之成長均快速增加，需水量大的如石化工業、鋼鐵工業、電子產業，以及化學工業等。

(c) 農業用水：

農業用水可分為：水稻、蔬果等旱作灌溉之用水；飼養牛、豬、雞、鴨等家畜所必需之畜牧用水；其中大部分水量用於水田灌溉。農業用水對保育土壤、補助地下水、滯洪等，以及創造親水空間、景觀之維護等，亦擔負相當重要任務，同時也具有農村地域之基本地域資源特性。

農業用水供給量不足，導致必須藉由超抽地下水來補足缺少處。歷年實際總用水量均超過安全供水量，必須以超抽地下水的方式來彌補，超抽量高達 23 億立方公尺，因此導致部份沿海地區已衍生出地下水位下降、地層下陷、海水入侵、水質惡化等問題。

2. 台灣面臨缺水之原因與嚴重性

(1) 台灣面臨缺水之原因

台灣缺水原因，依經濟部中區水資源局資料，包括：

- (a) 留不住水。台灣河川太陡、上游濫墾嚴重。
- (b) 存不住水。水庫嚴重淤積，加上自來水漏水嚴重，全台每年有 1/4 的水被漏掉。
- (c) 台灣地區降雨時空分佈不均，豐、枯水期水量相差懸殊。
- (d) 太浪費水。台灣每人每日用水量平均達 284 公升，比國際標準值 250 公升還多出 34 公升，換算下來一年浪費的水量約相當於 1 座翡翠水庫或是 1.5 座石門水庫的蓄水量。
- (e) 農業灌溉用水占 7 成，是免付費的；工業用水占 1 成多，但水價卻只有 7.5 到 11 元之間。台灣的水價，是世界有名的低，台灣的自來水公司根本是賠本在賣水，目前每度自來水的開發成本已高達 20 到 30 元。水費收取卻不到一半。
- (f) 台灣地區可供興建水庫之優良壩址有限，加上環保意識高漲、土地徵收不易及地方要求回饋等重要壓力，政府興建水庫極為困難，開源不易。目前國人用水極為浪費，在水資源有限及國人用水浪費的情況下，缺水問題日益嚴重。

所以，以經濟發展為國家命脈的台灣，提供穩定且充足的水資源，乃是提升生活品質與促進社會經濟蓬勃發展的關鍵性要素之一。

(2) 台灣缺水的嚴重性

范萬釗（2003），從台灣缺水危機探討台灣近幾年來，由於氣候變遷、聖嬰現象之影響，導致台灣地區發生嚴重之旱災。不僅會影響基本之民生及農業用水外，對高產值之半導體高科技工業亦造成嚴

重之影響。如新竹科學園區之廠商，為避免因缺水影響生產線之運作紛紛購水因應，更甚者如華邦電子更計劃採購專屬水車，以因應水荒危機。例如由於今年 1 月、2 月降雨量，創下 40 年來新低，各地水庫逼近低水位，石門水庫率先人造雨。又如 99 年台南地區曾面臨限水及休耕窘境，經查缺水主因在於曾文水庫、南化水庫於莫拉克颱風後，分別有 9000 萬及 1700 萬立方公尺以上的泥砂淤積，幾乎可以填滿 1 座南化水庫。因此水利署決定，不排除停止農田用水，通通轉移給民生用，水利署也呼籲民眾節約用水。

另外，農業用水趨勢不定，民生用水和工業用水則不斷攀升，此現象固然與社會發展及服務業增加有關，像這樣高度用水量之現象，沒有適度的節約用水，民眾對於缺水的危機意識，尚十分薄弱，若不及時改弦易轍，未來幾年，國家面臨缺水時勢必更趨嚴重。

小結：

1. 水庫、水道淤塞嚴重。
2. 枯水季與豐水季逕流量比差異大，曾文溪流域為 1 比 10。
3. 南部地區為維繫國家經濟命脈之產業重鎮，枯水季的水資源供應短缺，是台灣經濟產業發展最大的隱憂。
4. 政府應扮演水資源擘劃一個宏觀調控者的角色，積極建構一套可永續經營的水資源調度機制和充裕水庫的蓄水量，才是根本解決之道。
5. 居民對地區之缺水危機，尚未深刻感受，此情形就如溫水煮青蛙。

2.3 水資源的管理策略

依據經濟部水利署：除了先天上的限制之外，臺灣水資源經營

管理還面臨供給面、需求面及管理面的種種課題。供給方面，水資源的需求不斷成長，但受到近年來民眾自主意識及環境生態保護意識的高漲、水資源開發成本的日益增加、適合開發的天然水資源愈來愈少等因素影響，新水資源開發案的推動日益困難；需求方面，為配合社會經濟成長及民眾生活水準的提升，使生活及工業用水需求仍有持續增加之趨勢，而在管理方面，集水區水土保持不良、921地震後山區土石鬆軟易受颱風豪雨侵蝕而大幅提高下游之原水濁度、河川水質受到污染及既有蓄水設施之總蓄水容量尚不足以因應連年枯旱等等，都尚待有關機關共同來努力解決。

2.3.1 水資源的重要性

1. 水資源對地球生物的影響

朱敬平（2004），水是所有生物賴以維生的基本資源，淡水更是全人類生存、文明發展，以及產業發展不可或缺的資源，其重要性自不可待言。水是生命所需，也是生存的基礎，與生物多樣性的關係更是密不可分，因為沒有任何生命可以不需要水而生存。地球上的水資源包括海水與淡水，生活在這兩類水體中的水生生物，為適應不同的環境因子(溫度、溼度、鹽度、照度、含氧量等)而發展出各式各樣的生命型態，而以水生生物為食的其他生物也演變出與其相互依存的行為與生態等；因此，地球上能有如此豐富的生物多樣性，可以說是「水生萬物」的功勞。有學說認為，地球上的生命最初是在水中出現的。水是所有生物體的重要組成部分。

人體中水佔 70%；而水母中 98%都是水。水中生活著大量的水生植被等水生生物水有利於部分生物化學反應的進行，如動物的消化作用及植物的光合作用。在生物體內還起到運輸物質的作用，如血液

中的血漿絕大部分都是水，有助於體內營養及氧的傳輸。由於水可以透過蒸發而降低溫度，因此水對於維持生物體溫度的穩定起很大作用。

2.水資源對經濟發展的影響

依行政院國家科學委員會(2008)，水是人類生活的重要資源，一天必需攝取2~3公升的水，並提供人們日常生活用水和工農業生產用水，特別是農業需要大量水進行灌溉。人類文明的起源大多都在大河流域，早期城市一般都在水邊建立，以解決灌溉、飲用和排污問題。在人類日常生活中，水在飲用、清潔、洗滌等方面的作用不可或缺。人類生活和生產的方方面面都要使用到水資源。例如：

農業用水：各種灌溉用水，動、植物用水。

工業用水：輕工業、重工業、機械工業、高科技產業、能源產業
皆須使用水資源。

都市用水：村落用水，生物都需要水分，人類的生活亦須使用水。

觀光用水：美麗的風景和觀光區，皆需要使用水分。

沙漠灌溉用水：沙漠化是全球重要且困難的議題，沙漠化的原因

在於水分的流失或缺少，因此要解決沙漠化問題，必須要有相當充足的水分灌溉並維持住水分。

2.3.2 水資源的管理策略

1.水資源開發的主要政策

依經濟部水利署水資源開發政策，從需求面的管理而言，減少需求相對上可減少水源的開發，節約用水的推動更顯重要；從供給面而言，透過區域性整體水利設施靈活彈性的聯合運用，可促進水源利用效率的提升以增加供水量，因此計畫對環境影響層面較低，在經濟

效益方面較新興水資源開發計畫更具可行性，宜予以優先考量推動；依此原則進行供需分析後，若供給仍落後於需求，則採取適度的多元化開發水源以為因應。

未來水資源開發之主要政策，分述如下：

(1) 推動節約用水

依照經濟部所報「節約用水行動方案」，全面持續積極推動節約用水，其中包括生活用水、工業用水、農業用水各標的用水之節水措施與量化目標。依貫徹使用者付費之原則，合理反應自來水成本與水源開發成本，透過「以價制量」之市場機制來調整一般民眾用水浪費的習慣，則對於追求未來台灣水資源的永續利用有莫大幫助。選擇保護減少對水的需求，可以幫助減少壓力，尤其是在缺水地區。對於這些作法提出了一些措施，例如節約用水、宣傳運動、定價政策、現代化的基礎設施以達到減少滲漏等(Ciriacy-Wantrup and Bishop, 1992; Aguilera-Klink, 1993; Naredo, 1997)。

(2) 改善水資源利用效率

本政策之目的在於促進區域間互相支援供水之能力，以有餘補不足，讓具有水資源餘裕之區域能於適當時機下支援缺水區域之不足，達到提高整體供水效率與效能之目的。

在實施執行面可分為一、上游水源透過水庫聯合運用；二、下游透過自來水幹管相互聯通以提升水源利用效率；三、設置中、下游調蓄水設施。透過上、中、下游之水源聯合運用，可大幅改善水資源自上游以至下游之利用效率。

(3) 適度開發水源

依世界潮流開發水源宜朝多元化發展，除考量傳統之攔河堰工程

計畫外，對於海水淡化、水再生利用技術、地下水補注與回用等國外均有很多成功的應用實例，亦值得考慮。至於此類水資源回收再利用技術是否能應用於台灣之水資源環境亦須納入水資源開發方案中多方審慎評估；若經水資源供需情勢分析，既有水利設施之供給水量與上述可能方案之搭配仍不足因應生活與工業需求之成長，則後續仍有賴於規劃推動人工湖、離槽水庫等較大型之蓄水設施，提供量足質優之穩定供水。旨在提高可用性的資源，增加水資源以適應需求。因此，提出的解決辦法是建設巨大的水工程(水庫、水壩、水改道等等)，從而增加水資源的儲備以及供給(1998年 Sumpsi 等人)。

張石角等人(1995)，對於水資源開發與利用提出以下相關措施：

- (a) 加強節約用水措施
- (b) 改善及維護水質水源
- (c) 妥善經營及保護集水區
- (d) 改善水資源基本資料品質
- (e) 增進水資源工作能力
- (f) 修改不合時宜水資源法規

張石角等人(1995)，提出水資源發展目標是開發和維護並重，並說明流域管理整體的改善措施：

- (a) 統籌規劃且即時增闢新水源
- (b) 積極推行節約用水及加強既有水源之調配
- (c) 謀求水資源的永續利用
- (d) 整體規劃流域治理及集水區
- (e) 積極推廣公共給水提高供水能力
- (f) 增建防洪排水措施

(g)加速更新改善農田灌溉設施

(h)加強維護各類既建設施，有效管理流域集水區及水庫。

2. 流域水資源之研究與應用

(1) 從以上水資源的相關文獻介紹，發現水資源的使用是必須更加慎重的。透過文獻的整理，了解水資源不僅為人類的生存而使用，在產業運用、土地開發等各方面亦是重要的資源，各國間也逐漸了解水資源的重要性，尤其在許多取水不易的國家，開始出現供不應求的局面，若再不正視這問題，將可以引起水荒、旱災以及生活機能停擺等問題。近年來，我國亦飽受缺水之苦，實施限水措施，但若一味如此，亦無法達到真正的水資源保育，因此，必須及早實施相關配套措施、宣導減量水使用、將水處理後能夠再利用等，才能於枯水期來臨時，有足夠的水資源可以供給各種使用

(2) 下表 2.18 為系統動態於水資源之應用的相關文獻，藉由建立模式推估未來供水的最大量，並由水資源措施預測未來的需水量，以期在枯水時期，能夠由豐水期減量儲存下的水去支援枯水期的需水，針對各國水資源情勢的不同擁有不同的相關供水與需水的調配，達到跨域的水平衡狀態，並依其建立各種不同情境的方式去推估各種不同枯水模式下的配套措施與解決方法，以因應枯水來臨時的窘境。

表2.17 系統動態於水資源之應用

作者(年份)	文獻研究方法與內容
陳昱君 (2000)	以台灣水資源為主要研究對象，應用系統動態模式建構一個符合台灣現狀並具預估台灣永續發展情景及優良模擬能力的水資源模式，預測台灣水資源至2011年的狀況。
顏榮祥 (2001)	先推估有無節水措施的前提下，推估未來南部區域的需水量，建立南部區域水資源統籌管理調配之動態模型，藉以探討南部區域整體水資源各用水區域配水之互動關係，另以推估結果探討未來水資源情勢分析。
柯志昌等人 (2004)	以系統動力學為基礎，並用ithink Strategy軟體進行模擬，建構高屏河流域水資源使用與都市系統模型，並以情境分析，針對當前高屏流域之水資源與都市發展政策進行以農業、工業等各種用水分別試驗分析，探討政府之政策與分析結果並給予建議。
陳思璋 (2005)	以系統動態學為基礎，建立淡水河水資源系統動力模式，利用歷史流量資料驗證模式之合理性，採用缺水指數、農業可供水指標作為評估基準，求出可供水的最大量，並訂定水資源永續發展指標，進而探討淡水河流域水資源之永續性。利用情境分析假設，推測出2025年之水資源情形。
王永賢 (2005)	以台南縣市整體經濟發展快速為由，說明民生與工業用水的需求逐年增加，短期內台灣南部地區在公共用水需求雖然無虞，但台南科學園區正式營運後，可能會出現供水不足的窘境。因此，利用系統動態軟體STELLA分別建構民生用水、工業用水以及農業用水需求子模型，再利用現行之供水分區建構出完整之區域水資源需求模型架構，依據模式模擬未來十年趨勢預測之結果。
Simonovic (2002)	以全球水資源供給情形建立模型，試圖紀錄全球水資源供需資料庫，以五部分去說明全球水資源供給，經濟、農業、人口、持續污染以及不可再生資源，試圖了解全球水平衡的狀態，將五個部份分別建議動態系統的概念圖，將其整合建立World3模型，以這模型推估未來水平衡，依其水資源情勢做出相關措施並進行建議，在建議方面發現水污染部分是水資源最重要的問題，因此水質進化或水資源保護相關措施就更為重要。
Stave (2003)	水資源管理問題日益嚴重，面臨的挑戰為如何與公眾利益相結合，對於開發建設有很大的相關，需要提高對水資源問題和了解。在其過程中建立一個水資源系統動力模型(地下水、污水處理、室內用水、人口的移動等)，以提高拉斯維加斯公眾認識水源涵養的價值與影響層面，因此利用此系統動態模式去架構出政策執行上，水的供應和需求，利用多重反饋關係，得出其水資源重要性。
Kipkemboi	以農業系統方式去模擬水產養殖業的供需，因此，以系統動態的模式建立有關於養殖業的供需模式，以期在枯水期時能控制水資源使其達到水平衡狀態，配合季初的洪水氾

(2007)	濫與滲漏與蒸發情形，可能會造成經濟衰退，利用此模式，達成損失的減少。
--------	------------------------------------

資料來源：自行整理

3. 水資源的管理策略

需求管理策略應用在水資源開發管理已漸成趨勢而進行之區域環境管理問題研究。在水資源開發困難，用水需求不斷增加的情況下，大多數缺水國家之水資源管理已由供給面管理策略轉向需求面管理策略。

一般而言，面對未來很可能的缺水問題，解決方式有二：一是開源，即增加供給量；二是節流，即降低需求量。圖 2.6 為政府可以採用的水資源管理工具之分類。增加供給量一直是台灣水資源政策的主要導向，在需求面管理這一端，台灣地區已施行的措施包含水價優惠措施、發送節水墊片、加強節約用水宣導、補助民眾購置省水標章產品等等。

根據世界食糧組織 (World Food Organization, FAO, 2006) 統計，1998 至 2002 年間各國每人每日平均公共給水系統引水量 (municipal water withdrawal) 分別為：美國 595 公升、日本 375 公升、德國 193 公升、英國 95.1 公升、中國大陸 91.6 公升，按照 FAO municipal water withdrawal 之定義，1999 年至 2008 年台灣每人每日平均公共給水系統引水量為 679.2 公升，遠高於美國、日本、德國，可見仍亟待加強過去較為忽略的水資源需求面管理。

根據圖 2.7 水資源管理工具的分類，政府可以運用多種政策工具與技術工具進行水資源需求面管理。政策工具主要可分為經濟工具與行政管制兩大類。經濟工具可再分為價格工具與數量工具兩類。價格工具包含水權費、水污費、水源保育與回饋費與污水下水道使用費等，數量工具包含水權制度與水權交易。行政管制包括限制用水量、規範

必須使用省水標章產品。技術工具包含提昇用水效率、使用省水標章產品與衛生系統的設計。

經過多年法規建設工作，台灣水資源管理法規與制度已涵蓋前述所有的政策工具，其中各項經濟工具與法源依據可見圖 2.8。

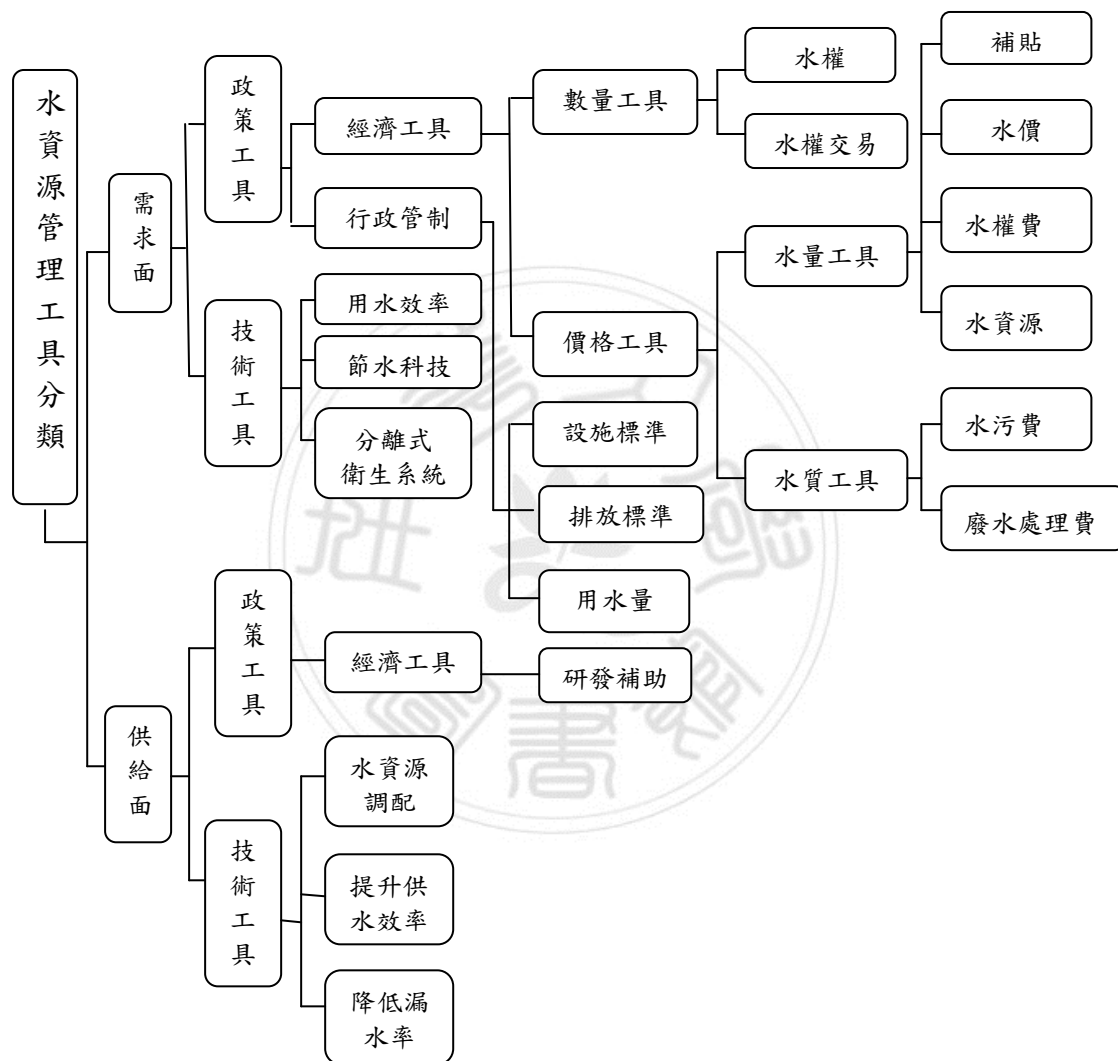


圖 2.7 水資源管理工具分類

來源：黃德秀(2010)，台灣水資源需求面管理策略之探討

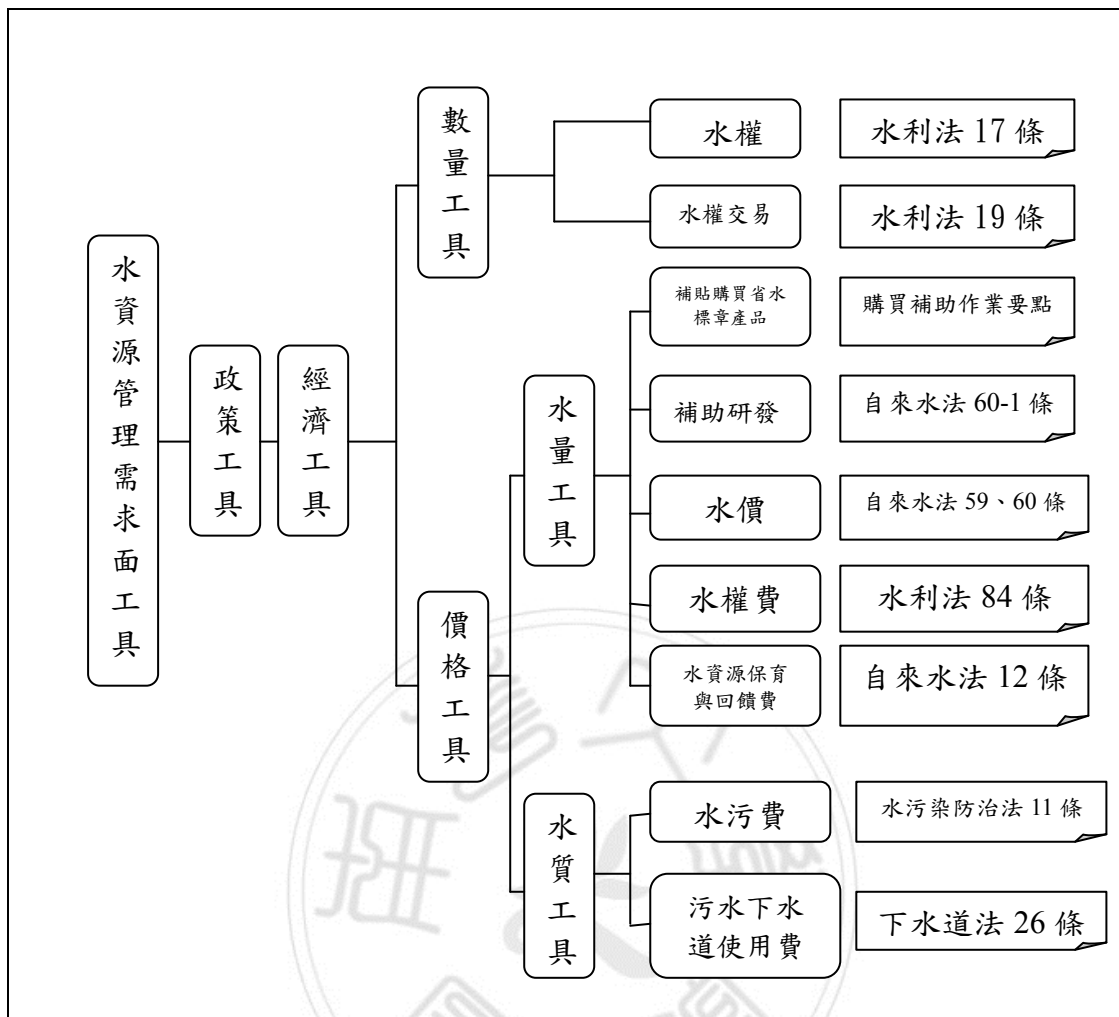


圖 2.8 台灣既有水資源需求面經濟工具

來源：黃德秀(2010)，台灣水資源需求面管理策略之探討

本研究從上述水資源管理策略之分析結果，提出下列可行之方案：

1.開源方面：

(1) 水庫、河川貯留水量之增加

清理水庫、溪流之淤積，建攔水壩貯存水量，保留溼地。

(2) 雨水之回收利用

台灣年降雨量為世界平均值的 2.6 倍，但由於台灣人口密度高，地形限制，降雨季節分布不均，造成雨水未能充份運用；以天然地形或人工方法，予以節流貯存；以屋頂及地面集流為主，可作為替代性

補充水源、防火貯水與減低降雨洪峰負荷量等多元用途系統。儲水型式包括：(a)地上式儲水槽，(b)地面開挖方式，(c)地下儲水方式，(d)粒料回填方式。

王健良老師常說：雨水是上天賜給該地區的恩澤，居民要珍惜、善加運用。

(3) 中水之回收再利用

上水指自來水，下水指下水道污水，而介於兩者之間的水稱為「中水」；亦即生活廢水經過處理後達到規定的用水水質標準，可在一定範圍內重複使用於非飲用水及非與身體接觸用水。主要用於廁所沖洗、園林灌溉、道路保溼、汽車沖洗、噴水池、親水設施用水及冷卻設備補充水等。中水回收之方法有傳統物理、化學及生物法外，尚可考慮結合自然工法或生態工法靈活應用。汙水回收機制若無法全面積極推展，台灣勢必面對缺水危機。

產業用水能否有效循環，取決產業群聚特性，台灣多為綜合性工業區，單一產業專區較少，因產業特性不一，自然缺乏共同誘因投資水循環處理設備。隨著地方開發產業園區增加，未來產業的水資源回收，要如何統籌執行，將成政府及業者無法逃避與積極面對的問題。

2. 節流方面：

水價合理化有助節流，長期以來水價低廉，政府擔心調漲水價會引起民怨，甚至造成環境衛生的問題，一直以低廉的水價作為人民的福利，卻造成民眾用水習慣不良，浪費珍貴的水資源。

在自來水公司方面，要進行大規模更換及修復水管工程以減少老化了的水管滲漏，並採用先進的科技工具檢測以減少水管滲漏。

加強教育及宣傳活動，使民眾了解節約用水的重要性及益處，在日常生活中，可以利用一些簡單方法或節水器材來節約用水，不但可減省水費，還有助於國家的可持續發展。希望民眾都能身體力行，教育下一代「珍惜點滴、積聚未來」。



第三章 研究方法

本研究為瞭解曾文溪流域之供水及用水情形、缺水的危機，以及為瞭解居民對流域供水情形，可能缺水狀況，與缺水危機意識之認識，並依流域可行之營運方式所採用的研究方法，包括文獻研究法、SWOT 分析法、及問卷調查法。本研究利用文獻研究探討曾文溪流域水資源供給與需求的時空特性。將曾文溪流域各相關生活用水、工業用水，以及農業用水分別說明，並比較 10 年歷史資料與現況資料，分析台灣缺水的原因與嚴重。配合問卷調查，按照上述的問題去設計問卷，以瞭解一般人對於曾文溪流域及其供水現況、台灣缺水危機等方面的認知，以及對於節約用水省水方面的行為表現。再以 SWOT 方法分析研擬有效之因應措施以供推動節約用水方案之參考。

3.1 文獻研究法

3.1.1 文獻研究法之應用

文獻研究法是根據一定的研究目的或課題，通過調查文獻來獲得資料，從而全面地、正確地了解掌握所要研究問題的一種方法。文獻研究法被廣泛用於各種學科研究中。其作用有：

- (1) 能了解有關問題的歷史和現狀，幫助確定研究課題。
- (2) 能形成關於研究對象的一般印象，有助於觀察和訪問。
- (3) 能得到現實資料的比較資料。
- (4) 有助於了解事物的全貌。

文獻研究法主要指蒐集、鑑別、整理文獻，並通過對文獻的研究形成對事實的科學認識的方法。一般過程包括五個基本環節，分別是：提出課題或假設、研究設計、蒐集文獻、整理文獻和進行文獻綜述。

文獻法的提出課題或假設是指依據現有的理論、事實和需要，對

有關文獻進行分析整理或重新歸類研究的構思。研究設計首先要建立研究目標，研究目標是指使用可操作的定義方式，將課題或假設的內容設計成具體的、可以操作的、可以重複的文獻研究活動，它能解決專門的問題和具有一定的意義。主要優點為：

(1) 文獻法超越了時間、空間限制，通過對古今中外文獻進行調查，可以研究極其廣泛的社會情況。這一優點是其他調查方法不可能具有的。

(2) 文獻法主要是書面調查，如果蒐集的文獻是真實的，那麼它就能夠獲得比口頭調查更準確、更可靠的信息。避免了口頭調查可能出現的種種記錄誤差。

(3) 文獻法是一種間接的、非介入性調查。它只對各種文獻進行調查和研究，而不被調查者接觸，不介入被調查者的任何反應。這就避免了直接調查中經常發生的調查者與被調查者互動過程中可能產生的種種反應性誤差。

(4) 文獻法是一種非常方便、自由、安全的調查方法。文獻調查受外界制約較少，只要找到了必要文獻就可以隨時隨地進行研究；即使出現了錯誤，還可通過再次研究進行彌補，因而其安全係數較高。

(5) 文獻法省時、省錢、效率高。文獻調查是在前人和他人勞動成果基礎上進行的調查，是獲取知識的捷徑。它不需要大量研究人員，不需要特殊設備，可以用比較少的人力、經費和時間，獲得比其他調查方法更多的信息。因而，它是一種高效率的調查方法。

蒐集研究文獻的渠道多種多樣，文獻的類別不同，其所需的蒐集渠道也不盡相同。蒐集研究文獻的主要渠道有：圖書館、檔案館、博物館、社會、科學及教育事業單位或機構、學術會議、個人交往和網頁 (internet)。

3.1.2 有關水資源管理相關文獻之介紹

茲收集水資源管理相關之文獻，彙整如表 3.1:

表3.1 水資源管理相關文獻之彙整

作者(年份)	文獻研究方法與內容
Andson (1996)	以澳大利亞(Australia)當地的廢水利用情形與用水浪費情形說明水資源的重要，以此說明水資源循環利用的重要性，並對水資源與環境衝擊作探討，了解若能把廢水做有效的處理，將能幫助需耗費大量水資源的產業、人類活動以及有效達到減水措施。
齊士崢 (1999)	以台灣北、中、南、東四個區域分別說明其枯水季節的統計，再以歷史資料了解台灣降雨的特性與儲水的情況，推測出未來各區用水的需求量，說明政府若大規模的興建水庫，雖然可以解除短暫性的水荒，卻無法幫助水資源的永續，因此，政府應實施一些策略來使用水減少。
Bouwer (2000)	針對全球人口增加迅速，尤其在第三世界國家產生水、健康、食物等問題，對於水資源需求量的大增、農業發展需要大量的水資源等問題，提出說明與改善策略，因此必須整合水資源的使用，如地下水與地表水能夠如何有效利用並改善水質，幫助在農業、工業以及生活等方面有效使用，促進社會經濟發展，並以虛擬水的方式說明水資源供需問題，與全球水資源整體的情勢。
Chartzoulaki (2001)	說明在 Crete 水資源的有效利用情形，因為水資源缺乏的情況，當地政府下令洗衣服、煮飯等方面水量的限制，大部分的鄉村，當地的社區或政府會有效的修訂法令限制人類活動，例如洗澡、洗衣服與附近的飲用水資源。在 HESAWA 計畫、改善、管理、操作和維持水資源是當地社區各自得負擔的責任，因此需要社區的所有權者一起保護和分擔責任。提出多項措施為了改善水資源供需不足之問題，亦透過這方面達到有效的水資源管理。
李明益 (2002)	以河川流域系統為基本考量，探討河川流域系統內存在之各種組成與作用，分析組成與作用對於河川流域系統整體之影響程度，並依據聯合國發展之驅動力—狀態—回應，永續發展指標架構與因果關係之概念，發展與建立河川流域系統與水管理決策的模式。
Dungumaro 和 Madulu (2003)	IWRM (Integrated water resources management)被定義為水資源管理與發展結合的過程，土地、相關資源不僅僅為了經濟最大化與社會福利，也是為了獲得公平與永續發展。挑戰水資源的供給與需求的平衡以及調節水資源的使用，承諾能永續使用與最適化使用。IWRM 重要的議題為水與環境為其目的，應該注意的項目有六點： 1. 水資源發展與管理的結合，

	<p>2. 水資源評估，</p> <p>3. 水資源、水質、水中生態系統的保護，</p> <p>4. 飲用水的供給以及公共衛生，</p> <p>5. 水和永續都市的發展，</p> <p>6 水對於永續的食物保護和鄉村發展。</p>
Pires (2004)	<p>說明紐約市水供給的情況，該市要求聯邦政府以人類健康為目的去過濾用水的使用，本文探討了歷史數據上，紐約的供水系統和土地使用是否會影響流域保護計劃。主要探討利害關係者間，會否因為利益的無法協調清楚，影響該市的供水，進而影響經濟發展以及環境管理。</p>
黃文政、黃家鴻 (2005)	<p>台灣每逢長期降雨量偏低或水庫蓄水量不足，部分地區極易發生乾旱，乾旱的問題不僅嚴重影響民生用水，常導致農田休耕及工業用水不足問題，影響整個社會整體經濟發展至鉅。近幾年來，環保意識高漲的情況下，具有調洪濟枯功能之水庫興建日益困難下，水資源的利用在開發面臨瓶頸下，唯有利用管理調配方式，使有限水資源能有效利用，尤其高屏河流域降雨時空分佈影響整個地區供水狀況，因此須對區域性降雨特性作一系統的分析與探討來了解水文乾旱變化，藉以提供水資源調配重要水文資訊。</p>
Dawoud (2005)	<p>以沙烏地、科威特、卡達等中東的六個國家，需水與供水的問題，並說明各個國家水資源的情勢，藉由成立海灣合作理事會(GCC)互助引用淡水，幫助解決各國內供需水資源的問題，但由於淡水越來越少，各國政府也都設定一些法律或政策來幫助管理水資源，如水價、開發管理等，藉由這些措施真正管理水資源的浪費。說明水資源於此地的重要性。</p>
闕雅文、陳明健 (2005)	<p>參考美國水銀行(虛擬水)的方式，以高雄地區為例，以極大化銀行利潤之方法，推估銀行之最適存款、貸款量與利率等方式為研究方法建立模型，說明水權移轉模式，針對各類型政府管制措施進行情境分析，適當的調配地區的工業、農業、家庭用水等，使水資源在不同地點及時間點轉移，創造出水資源的地域效用以及時間效用，將其妥善運用。</p>
南區水資源局 (2006)	<p>利用模擬方式針對南部區域做水資源供需的推算，以求了解各個區域的水資源利用情形，特別加入了枯旱預警方法，利用歷年的降雨量、當前的水庫蓄水量以及未來天氣的情況，推測可正常的供水日數，依推測出的結果，進行配套的對策措施。</p>
Jewitt (2006)	<p>將水資源分為藍水(地表水、地下水)與綠水(植被、農業等方面用水)，將其做有效的整合，提出 IWRM，透過整合綠水幫助農業與灌溉的使用，利用較好的策略與灌溉使用節約農業用水，使其水資源能有效的利用。</p>

<p>Jia 等人 (2006)</p>	<p>以黃河流域為主要研究目標，提出了WEP-L 理論，以水資源動態理論作為研究基礎，以時間序列的方式模擬連續 45 年(1956 年至 2000 年)的可變時間階段(從 1 小時到 1 天)履行的各種土地覆蓋和水資源的使用情形，水資源評價結果，以目前獲得的資料(例如：土地覆蓋以及水資源使用的情形)和歷史的資料作比較。配合空間方面的遙測(RS)數據和地理資訊系統(GIS)技術相互結合，以模擬自然水文循環的過程，能量轉移的過程與利用水的過程作結合，在黃河的支流採用特殊的空間結構方式，以及引導水資源所有形式的動態評估。</p>
<p>Velazquez (2007)</p>	<p>以 Hoekstra(2003)提出的兩個的概念去說明虛擬水的作用，第一為用於國內或城市生產貨物使用與生活服務，第二為用於提供以貨物生產為目的的城市，利用這個概念將多餘的水賣到需要用水的地區，將水當成商品進口或出口，提供到需要的國家。 以上述概念去說明在有些缺水國家應把水當成商品，將耗水量大卻經濟價值低的產業停擺，全力發展經濟利益高的產業，產生出有效的經濟利益，幫助國家的經濟發展。</p>

資料來源：自行整理

3.1.3 台灣水資源管理重要相關文獻之整理

1. Bouwer(2000) 針對全球人口增加迅速，尤其在第三世界國家產生水、健康、食物等問題，對於水資源需求量的大增、農業發展需要大量的水資源等問題，提出說明與改善策略，因此必須整合水資源的使用，如地下水與地表水能夠如何有效利用並改善水質，幫助在農業、工業以及生活等方面有效使用，促進社會經濟發展，並以虛擬水的方式說明水資源供需問題，與全球水資源整體的情勢。

2. 齊士崢(1999) 以台灣北、中、南、東四個區域分別說明其枯水季節的統計，再以歷史資料了解台灣降雨的特性與儲水的情況，推測出未來各區用水的需求量，說明政府若大規模的興建水庫，雖然可以解除短暫性的水荒，卻無法幫助水資源的永續，因此，政府應實施一些策略來使用水減少。

3. 黃文政、黃家鴻(2005) 台灣每逢長期降雨量偏低或水庫蓄水量不足，部分地區極易發生乾旱，乾旱的問題不僅嚴重影響民生用水，常導致農田休耕及工業用水不足問題，影響整個社會整體經濟發展至鉅。近幾年來，環保意識高漲的情況下，具有調洪濟枯功能之水庫興建日益困難下，水資源的利用在開發面臨瓶頸下，唯有利用管理調配方式，使有限水資源能有效利用，尤其高屏河流域降雨時空分佈影響整個地區供水狀況，因此須對區域性降雨特性作一系統的分析與探討來了解水文乾旱變化，藉以提供水資源調配重要水文資訊

4. 南區水資源局(2006) 利用模擬方式針對南部區域做水資源供需的推算，以求了解各個區域的水資源利用情形，特別加入了枯旱預警方法，利用歷年的降雨量、當前的水庫蓄水量，以及未來天氣的情況，推測可正常的供水日數，依推測出的結果，進行配套的對策措施。

小結：

本研究主要是探討水資源供需之運用，而水資源為流域管理中的重要部分，當然流域管理包含的層面與問題很多，要有整體規劃，以減少災害之影響。近年來國內外也都飽受缺水之苦，各國莫不積極尋求解決之道，因此，如何有效管理水資源與適當的調配水資源就更為重要了。對於水資源的調配，國內外學者以一些模擬的方式進行研究，適度的傳達水資源供需管理的重要性。

3.1.4 曾文河流域水資源管理問題之剖析

王國樑(2012)，經濟部水利署台灣南部區域水資源經營管理所述：

1.水資源利用情況

台灣南部區域行政範圍包括嘉義縣市、台南市、高雄市及屏東縣等，北以北港溪與雲林縣為界，南至恆春半島。區域內既有水資源設施有水庫 12 座、堰 11 座，總有效容量約 7.5 億方，曾文、烏山頭及南化水庫約占 89%。水資源利用現況為民國 96 年南區水資源利用總量為 41.19 億噸(用水量 36.93 億噸與保育 4.26 億噸之和)，如(圖 3.1)；未來水源需求分析至民國 120 年需求總量，如(圖 3.2)。

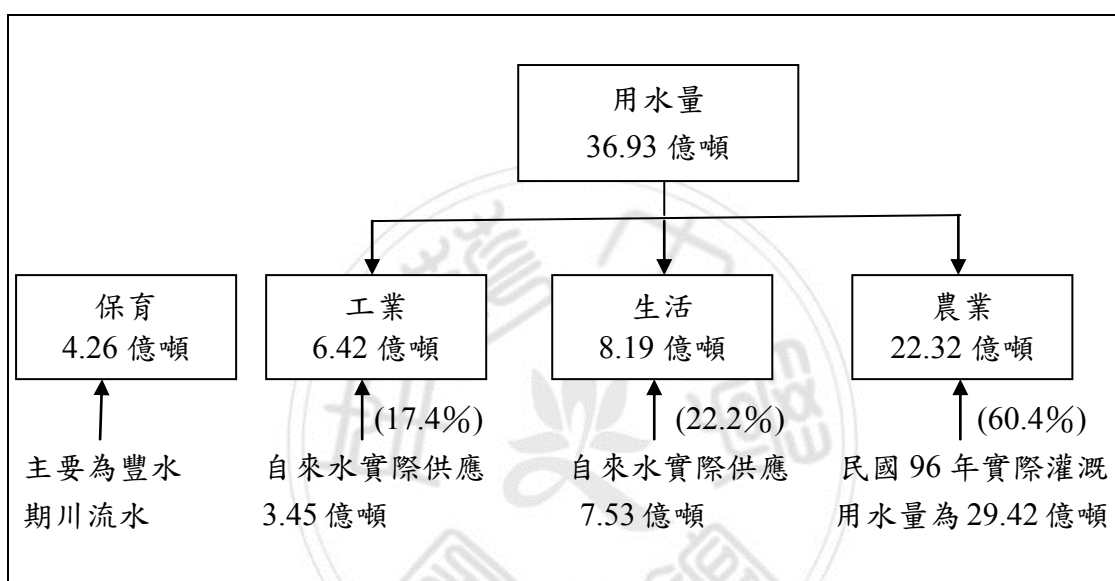


圖 3.1 民國 96 年南區水資源利用總量(農業以水平年估計)
資料來源：王國樑(2012)

南區民國 120 年用水需求分析		單位：億噸 (含自行取水)			
標的	用水量	未實施擴大節水措施計劃量		實施擴大節水措施計劃量	
		110 年	120 年	110 年	120 年
保育用水	4.26	4.26	4.26	4.26	4.26
農業用水	29.42	22.32	22.32	22.32	22.32
生活用水	8.19	8.42	8.49	7.61	7.78
工業用水 (中成長)	6.42	8.66	8.90	8.58	8.77
總需水量 (中成長)	48.29	43.66	43.97	42.77	43.13

圖 3.2 民國 120 年南區水資源需求總量
資料來源：王國樑(2012)

2. 用水環境問題

(1) 臺灣年平均降雨量為世界 2.6 倍，但每人每年可分配降雨量不及世界平均值 1/5，平均降雨量雖多，惟於時間與空間上分布不均，豐枯懸殊。河川坡陡流急，3/4 以上雨量直接入海，適合建壩地點受限。

(2) 人口成長與集中，導致都市化效應浮現，保水及水源涵養能力降低。

(3) 現行水價遠低於產業投資、節水設備或水循環再生利用之單位成本。

(4) 各標的用水比例未盡合理。

(5) 地下水超抽，導致部分地區地層下陷，且有海水入侵地下水層之虞。

(6) 河川水質嚴重污染。

(7) 無自來水地區飲用水之安全，尚待改善提升。

3. 設施永續問題

(1) 既有水源設施逐漸老化而功能減退。

(2) 水庫受特殊水文事件及集水區自然沖蝕而致泥沙淤積嚴重，供水能力隨淤積情形而逐年衰退。

4. 用水效率問題

(1) 民國 96 年水公司抄見率 74.86%，仍有改善空間。

(2) 自來水水價偏低，合理水價機制尚無法落實，自來水事業單位無足夠經費來推動管線如期汰換及自來水減漏措施，工業用水投資節水設備不具經濟效益。

(3) 農業用水設施大多老舊，漏水率高，且現行傳統灌溉方式用水

量亦偏高。

5. 降雨異常對缺水的威脅

(1) 氣候異常將對水資源調度運用造成衝擊，未來將面臨豐水期雨量增加而枯水期雨量減少的情勢。

(2) 人民生活水準提高，幾乎不可一日無水，工商產業同樣依賴生產用水，對缺水忍耐度降低。

(3) 氣候異常造成枯旱與水源缺乏，可能導致糧食產量不足

6. 水源及供水設施不足

水庫總蓄水量與年總用水量之比值僅約 1/9，遠低於其他先進國家，抗旱能力明顯不足。

7. 執行策略及方法

(1) 天然水資源開發利用總量管制。

(2) 枯水期天然水資源取水量零成長。

8. 因應管理措施及有效管理

(1) 生活節水

宣導省水標章、推廣使用省水器材。新建築全面採用省水器材。新建築擴大雨水貯留及雜排水回收利用適用範圍。

(2) 工業節水

輔導提高用水效率，擴大節水輔導。新增工業區應提送用水計畫書。受益者付費制度的確定及水回收再利用

(3) 農業節水

水利會多角化經營。增設量水設備。提升農業灌溉管理資訊化。

(4) 汰換舊漏自來水管理及推動減漏措施

加強辦理「降低漏水率」工作。長期編列預算持續進行

(5) 推動合理水價

適當反映成本。提高供水品質的能力

(6) 用水環境改善

提高自來水普及率。防治地層下陷及保育地下水。加強河川保育。

(7) 水源設施永續經營管理

現有水源設施更新改善。積極治理保育水庫集水區。改善水庫淤積處置與因應。

(8) 用水彈性調度

加強灌溉管理調度移用農業用水。生活及工業用水短期缺水期間，透過水利會加強灌溉管理。考量目前農田灌溉操作方式，事先協調移用水相關事宜。

(9) 調度及備援系統提升

更新改善水庫下游淨水場及管線。建設地下水及伏流水備援工程。

小結

1. 改善用水環境，提升全民健康與生活水準，同時均衡地方發展，降低民怨，達成政府照顧人民之職責。

2. 適當檢討修訂現行用水付費機制，提升用水效率，促進水利產

業發展，減少破漏管線漏水量、降低淨水場出水量，減緩水資源開發壓力。

3. 維護既有水源設施效能、健全水循環利用，建立水資源永續利用觀念。

4. 強化備援水源設施，增加備用水量，減少緊急缺水所致之損失，強化風險因應能力及降低缺水風險。

5. 區域水資源有效利用，增加地區供水能力與供水穩定度。

依經理基本計畫方案排程有關水資源開發與調配方案完成後，南區應可於目標年民國 120 年前達成水資源供需平衡之目標。

3.2 SWOT 分析法

3.2.1 SWOT 分析法之運用

所謂 SWOT 分析法，就是將與研究對象密切相關的各種主要內部優勢因素（Strengths）、弱點因素（Weaknesses）、機會因素（Opportunities）和威脅因素（Threats），通過調查羅列出來，並依照一定的次序按矩陣形式進行排列，然後運用系統分析的思想，把各種因素相互匹配起來加以分析，從中得出一系列相應的策略

（Strategy）。SWOT 分析法最早是由美國舊金山大學的管理學教授在 20 世紀八十年代初提出來的，通常運用於市場行銷領域是競爭情報分析常用的方法之一。SWOT 分析法有利於人們對組織所處情景進行全面、系統、準確的研究，有助於人們制定發展策略和計畫，以及與之相應的發展計畫和策略。

本研究針對未來可能的缺水因素，因應策略分析其優勢（strength）與劣勢（weakness）、外部環境所面臨的機會（opportunity）與威脅

(threat)，並依據「運用優勢，彌補劣勢，掌握機會，避開威脅」的 4 大原則加以研究，進而擬定明確的策略。

3.2.2 台灣水資源管理之 SWOT 分析

運用 SWOT 分析法，將台灣水資源管理的因素，重整水利組織、水資源調度、調整水權制度、調整水價、維護輸水管線、適度開發水源、推動節約用水、推廣中水回收、雨水貯留利用等九項，作深入之剖析，並彙整如表 3.2

表 3.2 SWOT 分析

因素	S (優勢)	W (劣勢)	O (機會點)	T (威脅點)
重整水利組織	<ol style="list-style-type: none"> 1. 提升水利機關的階層，可增強縱向連貫與橫向之協調。 2. 水利事權一元化的管理是時勢所趨，水資源的管理具有整體性。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 不同階段水利機關的沿革，存在各階段機關變革的背景和外部政治環境的相互制約關係。 2. 在行政組織架構更有疊床架屋的機關設置 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 進行整體性的水資源規劃及調配，事權整合，權責劃分清楚，消除本位主義，有利於協調工作之進行。 2. 為使有效達到水利事權一元化的目標，有必要將兩同質性甚高的水利機關加以整併。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 地方的縣市政府受限於人才不足及經費不夠的因素，對水利建設往往抱持無奈或漠不關心的態度。 2. 水利事業包括開發、分配、利用、控制、管理及保育，涉及範圍廣泛，依業務性質由不同機關或機構掌理。
水資源調度	<ol style="list-style-type: none"> 1. 能有效解決區域性缺水問題，提升水資源互相支援之效果。 2. 政府主管機關可根據用水人的需要分配水權調度用水，並對被移用者如農田水利會進行補償。 	<ol style="list-style-type: none"> 1 不容易針對各地區供水系統之特性，劃出適當之水資源調度區。 2. 水權移轉程序繁複，用水資訊又不清楚，無法彈性調度用水。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 冬季缺水或颱風季節所引起之水源混濁無法使用時，可以高效率的機制調度用水。 2. 透過水資源總量管制，以開發滿足用水之需求，有限之水資源透過區域之調度為全民所共享。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 當水資源調度失當時，造成用水的機會成本過低，也使得農業用水無法順利釋出移往較高價值的用水部門。 2. 增加政府主管機關對被移用者的補償負擔。

調整水權制度	<p>1. 強化水資源需求管理制度,提升水資源的配置效率。</p> <p>2. 有利於水價合理化與水資源調度。</p>	<p>1. 雖政府介入卻無法完全取代市場機能。</p> <p>2. 缺乏法律規定,應擬訂水權制度管理辦法。</p>	<p>1. 吻合水資源使用的公平性與效率性。</p> <p>2. 建立合理的水權收費及管理制,可改善缺水情形。</p> <p>3. 用水標的間的邊際產值具有差異,水權有調整的空間。</p>	<p>1. 農業部門擁有大多數但不易移轉的水權。</p> <p>2. 存在既有利益,補償機制仍不完整。</p>
調整水價	<p>1. 調整水價可普及供水率及提昇服務品質。</p> <p>2. 可抑制大幅浪費水資源,減少缺水危機。</p>	<p>1. 一般民眾用水欠缺使用者付費與受益者付費之觀念。</p> <p>2. 調整水價可能牽動其他物價上漲</p>	<p>1. 水價獲合理調整,水利機關得以健全經營與發展。</p> <p>2. 以價制量。</p> <p>3. 面臨可能缺水的情況,調整水價將是強迫民眾養成節約用水的最佳時間點。</p>	<p>1. 政府的產業政策扭曲價格機能,造成負面效果。</p> <p>2. 水權分配問題目前已有改善。</p>
維護輸水管線	<p>1. 輸水管線維護受到重視。</p> <p>2. 補強輸水系統監控功能。</p>	<p>1. 相關水資源機關人力與經費不足。</p> <p>2. 民眾報修漏水案件增加。</p>	<p>1. 避免水資源流失浪費。</p> <p>2. 加強輸水管線的防蝕措施。</p>	<p>1. 維修輸水管線時造成停水,民眾用水不便。</p> <p>2. 輸水管線有其壽命年限</p>
適度開發水源	<p>1. 透過開源方式可穩定供水量。</p> <p>2. 開發水源朝多元化發展。</p>	<p>1. 高山水庫優良壩址已難再尋。</p> <p>2. 環保與生態意識日益受重視。</p>	<p>1. 使用平地水庫、人工湖泊、攔河堰。</p> <p>2. 開發備用水源之供水系統。</p>	<p>1. 經濟成本較高。</p> <p>2. 需要增加投入管理成本。</p> <p>3. 水庫有其壽命年限。</p>
推動節約用水	<p>1. 省水標章制度與普及省水器材。</p> <p>2. 雨水貯蓄設施及中水道二元供水系統。</p> <p>3. 大用水戶節約用水技術服務</p>	<p>1. 屬於節流層面,成效尚須進行評估。</p> <p>2. 節水觀念不夠深入民間業界及一般家庭。</p>	<p>1. 經濟成本較低。</p> <p>2. 建置節約用水設備需要政府獎勵。</p>	<p>1. 農業或工業用水成本相對較低。</p> <p>2. 水價偏低,對於節水工作難以造成經濟誘因。</p>

推廣中水回收	<p>1.住房小範圍的中水回收，簡易易行。</p> <p>2.中水回收可用於沖廁所、綠地灌溉、沖洗街道、洗車等。</p> <p>3.可以節約水資源，減少污水排放量。</p> <p>4.可以減少供水和污水處理費用。</p> <p>5.具有水源穩定的優點。</p>	<p>1.城市污水處理廠集中處理，須龐大的處理費用。</p> <p>2.中水回收主要用於沖洗、澆灌，較不適合飲用或不與人體接觸用。</p>	<p>1.隨著人類生產生活用水量的加大，而淡水資源的進一步枯竭和被污染，中水利用已經成為全世界關注的焦點。</p> <p>2.社區或住房小範圍的中水，一般只收集比較清潔的污水，如洗澡水、游泳池水、廚房排水等進行簡單的處理，。</p>	<p>1.城市集中回用的中水需單獨設置管網，因此投資較大。</p> <p>2.目前人們的觀念還有一些疑慮。</p>
雨水貯留利用	<p>1.雨水是極佳的替代性水源，可節省珍貴自來水源。</p> <p>2.平時逢雨就把雨水儲存起來，便可以自給自足，節省水費。</p> <p>3.雨水貯留利用可宣導節約用水的觀念。</p> <p>4.取之於自然，用之於自然。</p>	<p>1. 降雨季節分布不均、下雨時間無法確定。</p> <p>2. 空氣污染嚴重地區不適用。</p>	<p>1.真正落實水資源有效利用之目標。</p> <p>2. 雨水是相當乾淨的水源。</p> <p>3.台灣雨量豐富。</p> <p>4.可降低城市暴雨洪峰負荷量。</p> <p>5.雨水存進下水道，變成乾淨的地下水，保護人類賴以維生的土壤以及水資源。</p>	<p>1.不是每一個地方都適合設置這項省水系統，如果年降雨量不高，或用水量不大，系統的成本回收就比較慢。</p> <p>2.雨水貯留僅利用於沖廁、景觀、澆灌、灑水、洗車、街道或地板清洗等雜用水使用。</p>

資料來源：參考王禎彬(2007)，本研究整理

3.2.3 可行之有效管理方案

依據上述 SWOT 分析結果，各項說明可行之管理方案，如下：

1.重整水利組織

成立一專責單一流域組織管理機構並提升其階層，以統合該流域上、中、下游的各項業務及法規。

2.水資源調度

須先建立優良之水資源供需預警指標。政策法令須明確，使地方政府及用水人有所依循。

3.調整水權制度

擬訂水權管理制度辦法。建立合理的水權收費及管理制度，農業用水不宜完全免費。

4.維護輸水管線

- (1).預防勝於治療。維修避免水資源流失浪費。
- (2).水資源相關機關可委外辦理維修業務，增加業者收入。

5.推動節約用水

- (1).加強教育節約用水。教育、獎勵、懲罰三管齊下。
- (2).增加經濟誘因。

6.適度開發水源

開發多元化的水源，如地面水、地下水、再生水、海淡水等。

7.調整水價

- (1) 教育國人正確用水觀念。
- (2) 適時調整水價，可抑制大幅浪費水資源，提昇服務品質。

8. 推廣中水回收

- (1) 政府可向全國普遍推廣，獎勵社區或住家小範圍的中水如洗澡水、游泳池水、廚房排水等之收集再使用。

(2) 政府可在城市中推廣建設中水管網或在建築法規中制定中水利用設計規範。

9. 雨水回收與再利用

希望透過創新設計提案來儲存天賜的雨水，並正確有效的利用，除了能省水、省錢、省社會成本外，更希望民眾養成正確的水資源知識，了解「有水當思無水之苦」的觀念。

3.3 問卷調查法

問卷是一種為了統計調查用的問題表格。問卷調查法也稱問卷法，是調查者運用統一設計的問題，以書面提出問題的方式，向被選取的調查對象瞭解情況或徵詢意見的一種研究方法。研究者將所要研究的問題編製成問題表格，以郵寄方式、當面作答或者以追蹤訪問方式填答，從而瞭解被試者對某一現象或問題的看法和意見。

問卷調查在各種研究方法之中，可以說是適用範圍廣泛，又節省時間和成本的一大方法，並且能滿足調查研究者的大部份需求。因此成為研究工具中一種歷久彌新的受歡迎工具之一。問卷法的運用，關鍵在於編製問卷，選擇被試和結果分析。

利用問卷調查，本研究針對一般民眾研擬一份有關曾文溪流域及相關水資源供需管理應用的問卷，以瞭解民眾對此方面的認知，特別是對民眾實行節約用水及回收廢水的作為。因為只有結合民眾力量，配合政府施政推動節約用水及地下水超抽之危害等教育宣導工作，才能有效愛護水資源，促進水資源之永續利用。

3.3.1 問卷之設計

對曾文溪流域目前之供水情形及因應台灣缺水危機，經文獻研究探討結果，列出下列四項問項：

- A. 對曾文溪流域供水現況之認知。
- B. 居民對台灣缺水危機之認知。
- C. 民眾對政府推動「節約用水行動方案」之認知。
- D. 居民對節約用水行為表現之情況。

因上述問題皆與民眾有直接關係，於是本研究擬就據上述問項編成問卷題目，針對一般民眾進行問卷調查，以瞭解民眾對曾文溪供水用水情形之認知程度及對節約用水行為表現。問卷內容含卷首語、個人基本資料、問題與回答方式與感謝結束語等部分。問卷題目分為四部分：

A. 對曾文溪流域供水範圍及現況之認知

題 目
A1 您知道曾文溪流域的範圍包含那些縣市？
A2 曾文溪流域為台灣地區水資源利用率最高之河系，您知道曾文溪流域內建有幾座水庫？
A3 您知道政府曾文水庫的儲水做何用途？
A4 您知道曾文溪流域內降雨量的分佈大部分在哪個季節？
A5 您知道曾文溪流域內，豐水期與枯水期降雨落差達90% 嗎？

B. 居民對台灣缺水危機之認知

題 目
B1 您是否知道超抽地下水不僅會使地層下陷，甚至會危害到人類的飲用水？
B2 您知道人類可直接使用之淡水資源如河川、湖泊與地下水等，約佔全球水量的？%
B3 您知道台灣地區是聯合國認定的缺水地區嗎？

B4 您知道台灣地區會發生缺水危機嗎？
B5 您是否曾經感覺每月用水量不多，但是水費單來的金額卻是嚇人？
B6 您有面對缺水危機的心理準備嗎？

C. 對政府推動「節約用水行動方案」之認知

題 目
C1 您知道台灣地區的水價比較其他國家是高或低？
C2 您知道政府推動「節約用水行動方案」嗎？
C3 您認為須要推動「節約用水」嗎？
C4 您知道省水標章圖樣是什麼顏色？
C5 您知道政府推動「節約用水行動方案」的目的嗎？
C6 您知道政府推動「節約用水行動方案」是屬於需求面的管理或供給面的管理？

D. 居民對節約用水行為表現之情況

題 目
D1 您是否曾用過省水器材？
D2 在日常生活使用的總水量中，僅廁所沖洗就佔 35%。您會對馬桶做哪些省水的措施？
D3 廢水回收再利用對於環境有幫助，您是否願意配合實施
D4 您是否曾想過要把用過的比較乾淨的水回收再利用來澆花、沖馬桶或者清潔環境之用？
D5 在水資源短缺的情況下，您是否會想收集雨水來運用在某些家庭用水上面？

3.3.2 問卷之實施發放與統計

1. 實施預試問卷

預試問卷編定完成後，以隨機取樣方式，發出問卷 50 份，實際回收 45 份，整理回收問卷填答有效情形，合計有效樣本數為 41 份，回收率 90%，可用率 82%。

2. 預試結果

(1) 效度分析

經由因素分析考驗建構效度，採用主成分分析及 Promax 旋轉法（此為斜交轉軸法其中一項）抽取因素。預試問卷進行因素分析後，問卷中各向度「對曾文溪流域供水現況之認知」、「對台灣缺水危機之認知」、「對政府推動節約用水行動方案之認知」、「對節約用水行為表現之情況」之個別解釋變異量分別為 15.822%、16.662%、11.935% 及 18.317%，累積解釋變異量為 62.736%。將刪除某題能提升該向度 α 值的題目予以刪除，共刪除了第 A3 題、第 B1 題、第 B5 題、第 C5 題、第 C6 題及第 D3 題，其結果如表 3.3 所示。之後再進行預試問卷刪題後的因素分析，問卷中各向度的解釋變異量提高為 11.910% 至 19.583%，整份問卷的總解釋變異量提高為 66.654%。因此本問卷內容具有良好的效度。

表 3.3 效度分析表

向度	預試問卷題項	刪題項後的解釋變異量	個別解釋變異量	刪題否
對曾文溪流域供水現況之認知	A1 您知道曾文溪流域的範圍包含那些縣市？	.708	16.589%	
	A2 您知道曾文溪流域內建有幾座水庫？	.589		
	A3 您知道政府曾文水庫的儲水做何用途？			刪題
	A4 您知道曾文溪流域內降雨量的分佈大部分在哪個季節？	.750		
	A5 您知道曾文溪流域內，豐水期與枯水期降雨落差達 90% 嗎？	.662		
對台灣缺	B1 您是否知道超抽地下水不僅會使地層下陷，甚至會危害到人類的飲用水？			刪題

水危機之認知	B2 您知道人類可直接使用之淡水資源如河川、湖泊與地下水等，約佔全球水量的？%	.789	11.910%	
	B3 您知道台灣地區是聯合國認定的缺水地區嗎？	.604		
	B4 您知道台灣地區會發生缺水危機嗎？	.917		
	B5 您是否曾經感覺每月用水量不多，但是水費單來的金額卻是嚇人？			刪題
	B6 您有面對缺水危機的心理準備嗎？	.849		
對政府推動節約用水行動方案之認知	C1 您知道台灣地區的水價比較其他國家是高或低？	.604	11.910%	
	C2 您知道政府推動「節約用水行動方案」嗎？	.757		
	C3 您認為須要推動「節約用水」嗎？	.703		
	C4 您知道省水標章圖樣是什麼顏色？	.801		
	C5 您是否覺得家裡沖馬桶的用水量太多了？			刪題
	C6 您知道政府推動「節約用水行動方案」是屬於： <input type="checkbox"/> 需求面的管理 <input type="checkbox"/> 供給面的管理 <input type="checkbox"/> 不清楚			刪題
對節約用水行為表現之情況	D1 您是否曾用過省水器材？	.794	19.583%	
	D2 您會對馬桶做哪些省水的措施？	.865		
	D3 廢水回收再利用對於環境有幫助，您是否願意配合實施			刪題
	D4 您是否曾經想過要把用過的比較乾淨的水回收再利用來澆花、沖馬桶或者清潔環境之用？	.745		
	D5 在水資源短缺乏的情況下，您是否會想收集雨水來運用在某些家庭用水上面？	.821		
總解釋變異量=66.654%				

(2) 信度分析

預試問卷效度分析結束後，刪除根據效度分析所列出刪除的題項第 A3 題、第 B1 題、第 B5 題、第 C5 題、第 C6 題及第 D3 題，再進行預試問卷的信度分析。本研究之信度採 Cronbach α 係數分析。

預試問卷進行信度分析後，問卷中各向度「對曾文溪流域供水現況之認知」、「對台灣缺水危機之認知」、「對政府推動節約用水行動方案之認知」及「對節約用水行為表現之情況」之 Cronbach α 係數分別為.825、.767、.753 及.816，整份問卷的 Cronbach α 係數為.821。如表 3.4 信度分析表所示，因此本問卷內容具有良好的一致性與穩定性。

表 3.4 信度分析表

向度	預試問卷題項	Cronbach α 係數	刪題否
對曾文溪流域供水現況之認知	A1 您知道曾文溪流域的範圍包含那些縣市？	.825	
	A2 您知道曾文溪流域內建有幾座水庫？		
	A4 您知道曾文溪流域內降雨量的分佈大部分在哪個季節？		
	A5 您知道曾文溪流域內，豐水期與枯水期降雨落差達 90% 嗎？		
	B2 您知道人類可直接使用之淡水資源如河川、湖泊與地下水等，約佔全球水量的？%		
	B3 您知道台灣地區是聯合國認定的缺水地區嗎？		
	B4 您知道台灣地區會發生缺水危機嗎？		
	B6 您有面對缺水危機的心理準備嗎？		
對政府推動節約用水之認知	C1 您知道台灣地區的水價比較其他國家是高或低？	.753	
	C2 您知道政府推動「節約用水行動方案」嗎？		
	C3 您認為須要推動「節約用水」嗎？		
	C4 您知道省水標章圖樣是什麼顏色？		
對節約用水行為表現之情況	D1 您是否曾用過省水器材？	.816	
	D2 您會對馬桶做哪些省水的措施？		
	D4 您是否曾想過要把用過的比較乾淨的水回收再利用來澆花、沖馬桶或者清潔環境之用？		
	D5 在水資源短缺乏的情況下，您是否會想收集雨水來運用在某些家庭用水上面？		
總 Cronbach α 係數.821			

3.正式問卷之發放與統計

本研究將預試問卷經信效度檢測修正後，編製完成正式問卷（如附錄一），共分成四個部份，問卷題號亦更動如下：

- (A) 民眾對曾文溪流域供水現況之認知，第 5-8 題。
- (B) 民眾對居民對台灣缺水危機之認知，第 9-12 題。
- (C) 民眾對政府推動「節約用水行動方案」之認知，第 13-16 題。
- (D) 民眾對節約用水行為表現之現況，第 17-20 題。

正式施測時，採隨機抽樣，將問卷發給一般民眾，共發放 250 份問卷，實際回收有效問卷為 168 份，回收率 67.2%。問卷統計分析如下表 3.5、表 3.6：

表 3.5 基本屬性資料分析總表

性別分析表						
	男性		女性		總計	
個數	102		66		168	
百分比	60.7%		39.3%		100%	
年齡分析表						
	20歲以下	21-30歲	31-40歲	41-50歲	51歲以上	總計
個數	18	36	39	51	24	168
百分比	10.7%	21.4%	23.2%	30.4%	14.3%	100%
學歷分析表						
	國小	國中	高中職	專科/大學以上		總計
個數	24	39	60	45		168
百分比	14.3%	23.2%	35.7%	26.8%		100%
身份分析表						

	學生	社會人士	總計
個數	67	101	168
百分比	39.9%	60.1%	100%

表 3.6 問卷結果分析表

(5) 您知道曾文溪流域的範圍包含那些縣市？							
	嘉義縣	台南市	高雄市	嘉義縣及台南市	嘉義縣、台南市及高雄市	不清楚	總計
個數	9	60	6	36	48	9	168
百分比	5.4%	35.7%	3.6%	21.4%	28.6%	5.4%	100%
(6) 曾文溪流域為台灣地區水資源利用率最高之河系，您知道曾文溪流域內建有幾座水庫？							
	1	2	3	4座	4座以上	不清楚	總計
個數	0	15	18	36	45	54	168
百分比	0%	8.9%	10.7%	21.4%	26.8%	32.1%	100%
(7) 您知道曾文溪流域內降雨量的分佈大部分在哪個季節？							
	春	夏	秋	冬	不清楚	總計	
個數	24	114	30	0	0	168	
百分比	14.3%	67.9%	17.9%	0%	0%	100%	
(8) 您知道曾文溪流域內，豐水期與枯水期降雨落差達90%嗎？							
	知道			不知道			總計
個數	30			138			168
百分比	17.9%			82.1%			100%
(9) 您知道人類可直接使用之淡水資源如河川、湖泊與地下水等，約佔全球水量的？%							
	1%以下	1%~10%	11%~20%	21%~30%	31%以上	不清楚	總計
個數	12	42	60	18	0	36	168
百分比	7.1%	25.0%	35.7%	10.7%	0%	21.4%	100%
(10) 您知道台灣地區是聯合國認定的缺水地區嗎？							
	知道		不知道		不清楚	總計	
個數	68		93		7	168	
百分比	40.5%		55.4%		4.2%	100%	

(11) 您知道台灣地區會發生缺水危機嗎？						
	會		不會		不知道	總計
個數	93		69		6	168
百分比	55.4%		41.1%		3.6%	100%
(12) 您有面對缺水危機的心理準備嗎？						
	有		沒有		不確定	總計
個數	57		105		6	168
百分比	33.9%		62.5%		3.6%	100%
(13) 您知道台灣地區的水價比較其他國家是高或低？						
	是世界有名的高		是世界有名的低		不知道	總計
個數	45		79		44	168
百分比	26.8%		47.0%		26.2%	100%
(14) 您知道政府推動「節約用水行動方案」嗎？						
	知道		不知道		不清楚	總計
個數	66		90		12	168
百分比	39.3%		53.6%		7.1%	100%
(15) 您認為須要推動「節約用水」嗎？						
	須要		不須要		不清楚	總計
個數	70		87		11	168
百分比	41.7%		51.8%		6.6%	100%
(16) 消費者經認明省水標章選購合格省水器材，即能在不影響原用水習慣下，達到節約用水之目的。您知道省水標章圖樣是什麼顏色？						
	紅	黃	藍	無	不知道	總計
個數	39	24	52	48	5	168
百分比	23.2%	14.3%	31.0%	28.6%	3.0%	100%
(17) 您家中是否曾用過省水器材？						
	是			否		總計
個數	69			99		168
百分比	41.1%			58.9%		100%

(18) 在日常生活使用的總水量中，僅廁所沖洗就佔 35%。您會對馬桶做哪些省水的措施？					
	放入磚塊或充滿水的寶特瓶	使用兩段式的省水馬桶	使用其他方法	不會去做	總計
個數	15	33	12	108	168
百分比	8.9%	19.6%	7.1%	64.3%	100%
(19) 您是否曾經想過要把用過的比較乾淨的水(中水)回收再利用來澆花、沖馬桶或者清潔環境之用？					
	是	否			總計
個數	33	135			168
百分比	19.6%	80.4%			100%
(20) 在水資源短缺的情況下，您是否會想收集雨水來運用在這些家庭用水上面？					
	是	否			總計
個數	65	103			168
百分比	38.7%	61.3%			100%

4. 問卷調查結果之認知顯示

整理問卷調查結果之作答情形認知顯示如下：

表 3.7 民眾對曾文河流域供水現況之認知作答情形

題目	認知佔比
(5) 您知道曾文河流域的範圍包含那些縣市？	28.6%
(6) 曾文河流域為台灣地區水資源利用率最高之河系，您知道曾文河流域內建有幾座水庫？	26.8%
(7) 您知道曾文河流域內降雨量的分佈大部分在哪個季節？	67.9%
(8) 您知道曾文河流域內，豐水期與枯水期降雨落差達 90% 嗎？	17.9%

表 3.8 居民對台灣缺水危機之認知作答情形

題目	認知佔比
(9) 您知道人類可直接使用之淡水資源如河川、湖泊與地下水等，約佔全球水量的？%	7.1%
(10) 您知道台灣地區是聯合國認定的缺水地區嗎？	40.5%
(11) 您知道台灣地區會發生缺水危機嗎？	55.3%
(12) 您有面對缺水危機的心理準備嗎？	33.9%

表 3.9 民眾對政府推動「節約用水行動方案」之認知作答情形

題目	認知佔比
(13) 您知道台灣地區的水價比較其他國家是高或低？	47.0%
(14) 您知道政府推動「節約用水行動方案」嗎？	39.3%
(15) 您認為須要推動「節約用水」嗎？	41.7%
(16) 您知道省水標章圖樣是什麼顏色？	31.0%

表 3.10 居民對節約用水行為表現之情況作答情形

題目	認知佔比
(17) 您家中是否曾用過省水器材？	41.1%
(18) 在日常生活使用的總水量中，僅廁所沖洗就佔 35%。您會對馬桶做哪些省水的措施？	35.7%
(19) 您是否曾經想過要把用過的比較乾淨的水(中水)回收再利用來澆花、沖馬桶或者清潔環境之用？	19.6%
(20) 在水資源短缺的情況下，您是否會想收集雨水來運用在某些家庭用水上面？	38.7%

第四章 研究結果

由 4.1 問卷調查結果之分析結果可以看出答題者中有大部分的人對於水資源的供需管理及應用方面，在認知上仍很欠缺，尤其對缺水危機、避免污染水源與廢水回收、雨水之儲存利用方面，尚未有較深入認知，有待加強宣導。在節約用水省水行為表現上仍不甚積極。為了使地球水資源能永續發展，未來對廣大民眾應該要加強教育及宣導，教育國人正確用水觀念，以落實節約用水政策，避免水資源的浪費。

4.1 問卷調查結果之分析

依上章問卷調查的結果分析如下：

題目	(5)您知道曾文溪流域的範圍包含那些縣市？						
類別	嘉義縣	台南市	高雄市	嘉義縣及台南市	嘉義縣、台南市及高雄市	不清楚	總計
個數	9	60	6	36	48	9	168
百分比	5.4%	35.7%	3.6%	21.4%	28.6%	5.4%	100%

1. 結果：

- (1) 本問項為瞭解居民對用水來源跟範圍。
- (2) 僅 28.6%知道其用水之來源。

2. 討論：

由上表得知，一般民眾對曾文溪流域的範圍包含那些縣市，完全知道的只有 28.6%，本研究認為因曾文溪流域在台南市的範圍較大，多數民眾才有此誤認，以為曾文溪就只在台南市。由此可知，一般民眾對曾文溪流域的地理位置瞭解不足。

題目	(6)曾文溪流域為台灣地區水資源利用率最高之河系，您知道曾文溪流域內建有幾座水庫？						
類別	1	2	3	4座	4座以上	不清楚	總計
個數	0	15	18	36	45	54	168
百分比	0%	8.9%	10.7%	21.4%	26.8%	32.1%	100%

1.結果:

- (1) 本問項為瞭解居民對主要水源的貯水量的認知。
- (2) 有 26.8%的居民知道有幾座水庫。

2. 討論：

由上表得知，一般民眾對曾文溪流域內建有幾座水庫，完全知道的只有 26.8%。本研究認為，一般民眾只知要有水可用，但不會認真去想水從那裡來，因此對曾文溪流域的供水現況不是很清楚。由此可知，一般民眾對曾文溪流域的供水現況稍欠瞭解。

題目	(7)您知道曾文溪流域內降雨量的分佈大部分在哪個季節？					
類別	春	夏	秋	冬	不清楚	總計
個數	24	114	30	0	0	168
百分比	14.3%	67.9%	17.9%	0%	0%	100%

1.結果:

- (1) 本問項為瞭解居民對水源之降雨情形。
- (2) 有高達 67.9%的民眾瞭解雨量的分布季節。

2. 討論：

由上表得知，一般民眾對曾文溪流域內雨量的分佈大部分在哪個季節，知道的有 67.9%。本研究認為，民眾通常以四季做區分。大多數民眾知道曾文溪流域內降雨量較多的季節，這也是台灣地區降雨量

的分佈情況。

題目	(8)您知道曾文溪流域內，豐水期與枯水期降雨落差達90%嗎？		
類別	知道	不知道	總計
個數	30	138	168
百分比	17.9%	82.1%	100%

1.結果:

- (1) 本問項為瞭解居民對水源之降雨落差情形。
- (2) 有 17.9%的民眾瞭解豐水期與枯水期降雨落差。

2. 討論：

由上表得知，曾文溪流域內，豐水期與枯水期降雨落差達 90% ，知道的只佔 17.9%。本研究認為，豐水期與枯水期降雨量 9：1，這麼大超出一般人之想像，因此大多數民眾不知道曾文溪流域內豐水期與枯水期降雨落差有如此大。由此可知，一般民眾對曾文溪流域的供水現況之認知欠缺。

題目	(9)您知道人類可直接使用之淡水資源如河川、湖泊與地下水等，約佔全球水量的？%						
類別	1%以下	1%~10%	11%~20%	21%~30%	31% 以上	不清楚	總計
個數	12	42	60	18	0	36	168
百分比	7.1%	25.0%	35.7%	10.7%	0%	21.4%	100%

1.結果:

- (1) 本問項為瞭解居民對地球上淡水資源之含量。
- (2) 只有 7.1%的民眾瞭解地球上淡水資源之含量為 1%以下。

2. 討論：

由上表得知，人類可直接使用之淡水資源如河川、湖泊與地下水等，

所佔全球水量比率，只有 7.1%的民眾知道。本研究認為，一般人總以為地球上水很多，海很大；平常用水又極少時候匱乏過。地球上水的總量為 14 億立方千米，地球上的水是很多，淡水儲量僅占全球總水量的 2.53%，而且其中的 68.7%又屬於固體冰川，分布在難以利用的高山和南、北兩極地區，還有一部分淡水埋藏于地下很深的地方，很難進行開采。目前，人類可以直接利用的只有地下水、湖泊淡水和河川水，三者總和約占地球總水量的 0.77%。因此，如果沒有教育民眾，大多數民眾就不知道地球上可直接使用之淡水資源是如此稀少和可貴。

題目	(10)您知道台灣地區是聯合國認定的缺水地區嗎？			
類別	知道	不知道	不清楚	總計
個數	68	93	7	168
百分比	40.5%	55.4%	4.2%	100%

1. 結果:

- (1) 本問項為瞭解居民是否知道台灣是聯合國認定的缺水地區。
- (2) 有 41.1%的民眾瞭解台灣是聯合國認定的缺水地區。

2. 討論：

由上表得知，知道台灣地區是聯合國認定的缺水地區的民眾佔 41.1%。本研究認為，一般民眾平常用水不慮匱乏，感覺經常下雨，甚至氾濫成災，怎會缺水。卻不知雖然台灣年平均降雨量達 2,510 毫米，高於世界平均值，惟降雨分布不均，多集中於五月至十月，因此可資利用之降雨量僅約 20%至 25%，而面臨水資源缺乏困境，是聯合國認定的缺水地區。由此可知，居民對台灣缺水危機之認知不足。

題目	(11) 您知道台灣地區會發生缺水危機嗎？			
類別	會	不會	不知道	總計
個數	93	69	6	168
百分比	55.4%	41.1%	3.6%	100%

1.結果:

- (1) 本問項為瞭解居民是否知道台灣地區的缺水危機。
- (2) 有 55.4%的居民知道台灣地區的缺水危機。

2. 討論：

由上表得知，居民知道台灣地區會發生缺水危機的比率佔 55.4%。本研究認為，缺水是全世界各地面臨的首要問題，缺水危機時有可聞，因此有約半數民眾知道台灣地區的缺水危機；然仍有約半數民眾不知道台灣地區的缺水危機，相對表現出較不知要惜水、愛水、節水。由此可知，居民對台灣缺水危機之認知不足。

題目	(12) 您有面對缺水危機的心理準備嗎？			
類別	有	沒有	不確定	總計
個數	57	105	6	168
百分比	33.9%	62.5%	3.6%	100%

1.結果:

- (1) 本問項為瞭解居民是否有面對缺水危機的心理準備。
- (2) 有 33.9%的居民有面對缺水危機的心理準備。

2. 討論：

由上表得知，民眾有面對缺水危機的心理準備的佔 33.9%。本研究認為，一般人總抱著得過且過的心理，反正今天有水可用就好，管他以後有沒有水，而且還有約半數民眾不知道台灣地區的缺水危機。因此居民沒有對台灣缺水危機之心理準備。由此可知，居民對台灣缺水危機之認知不足

題目	(13) 您知道台灣地區的水價比較其他國家是高或低？			
類別	是世界有名的高	是世界有名的低	不知道	總計
個數	45	79	44	168
百分比	26.8%	47.0%	26.2%	100%

1. 結果:

- (1) 本問項為瞭解居民是否知道台灣地區的水價高低。
- (2) 有 47.0%的居民知道台灣地區的水價是世界有名的低。

2. 討論:

由上表得知，知道台灣地區的水價比較其他國家是世界有名的低，佔 47.0%。本研究認為，一般人吃米不知米價、用水不知水錢，台灣地區的自來水價，多年來一直停留在每立方公尺(度)低於十元的價格。低廉的用水價格，是民眾用水偏高的原因。因此，約半數以上的民眾並不知道台灣地區的水價是高還是低。由此可知，民眾對政府推動「節約用水行動方案」之認知稍欠。

題目	(14) 您知道政府推動「節約用水行動方案」嗎？			
類別	知道	不知道	不清楚	總計
個數	66	90	12	168
百分比	39.3%	53.6%	7.1%	100%

1. 結果:

- (1) 本問項為瞭解居民是否知道政府推動「節約用水行動方案」。
- (2) 只有 39.3%的居民知道政府推動「節約用水行動方案」。

2. 討論:

由上表得知，知道政府推動「節約用水行動方案」的民眾佔 39.3%。本研究認為，一般民眾似乎漫不經心，不痛不癢，痛快用

水照舊，因此也不知道政府自 84 年以來著手推動節約用水政策。由此可知，民眾對政府推動「節約用水行動方案」之認知欠缺。政府除了盡心盡力宣導補助投入各政府機關、中小學校、工廠、大用水戶等，更要透過各地方政府及各相關機構人員，確實深入民間業界及一般家庭，使用有效手段推動節約用水。

。

題目	(15) 您認為須要推動「節約用水」嗎？			
類別	須要	不須要	不清楚	總計
個數	70	87	11	168
百分比	41.7%	51.8%	6.6%	100%

1. 結果：

- (1) 本問項為瞭解須要推動「節約用水」嗎。
- (2) 只有 41.1% 的居民認為須要推動「節約用水」。

2. 討論：

由上表得知，認為政府須要推動「節約用水」行動的佔 41.1%。本研究認為，一般民眾未感覺台灣的缺水危機，也不重視節約用水，對當下用水感覺並不缺乏。因此半數以上的民眾認為何必要節約用水。由此可知，民眾對政府推動「節約用水行動方案」之認知，仍有不足。

題目	(16) 消費者經認明省水標章選購合格省水器材，即能在不影響原用水習慣下，達到節約用水之目的。您知道省水標章圖樣是什麼顏色？					
類別	紅	黃	藍	無	不知道	總計
個數	39	24	52	48	5	168
百分比	23.2%	14.3%	31.0%	28.6%	3.0%	100%

1.結果:

- (1) 本問項為瞭解居民是否認識省水標章。
- (2) 只有 31.2%的居民知道省水標章圖樣是什麼顏色。

2. 討論：

由上表得知，知道省水標章圖樣是什麼顏色，只佔 33.9%。本研究認為，一般民眾不知政府推動「節約用水行動方案」，平常未注意省水標章圖樣的樣貌和顏色。因此不知道省水標章圖樣是什麼顏色。由此可知，民眾對政府推動「節約用水行動方案」之認知，是有不足。政府要加強宣導節約用水，使消費者能經認明省水標章選購合格省水器材，以達到節約用水之目的。

題目	(17) 您家中是否曾用過省水器材？		
類別	是	否	總計
個數	69	99	168
百分比	41.1%	58.9%	100%

1.結果:

- (1) 本問項為瞭解居民是否用過省水器材。
- (2) 只有 41.1%的居民用過省水器材。

2. 討論：

由上表得知，家中曾用過省水器材的民眾佔 41.1%。本研究認為，一般民眾對節約用水並不重視，也不想增加麻煩，因此大部分民眾未曾用過省水器材。由此可知，民眾對節約用水的行為表現，仍稍不足。

題目	(18) 在日常生活使用的總水量中，僅廁所沖洗就佔 35%。 您會對馬桶做哪些省水的措施？				
類別	放入磚塊或充滿水的寶特瓶	使用兩段式的省水馬桶	使用其他方法	不會去做	總計
個數	15	33	12	108	168
百分比	8.9%	19.6%	7.1%	64.3%	100%

1.結果:

- (1) 本問項為瞭解居民會對馬桶做哪些省水的措施。
- (2) 只有 35.7%的居民用過省水器材。

2. 討論：

由上表得知，有 64.3%民眾不會對馬桶做一些省水的措施。本研究認為，一般民眾並不重視節約用水，認為對馬桶做一些省水的措施也節省不了多少水，因此未針對馬桶做省水的措施。由此可知，民眾對節約用水的行為表現，仍稍不足。

題目	(19) 您是否曾經想過要把用過的比較乾淨的水(中水)回收再利用來澆花、沖馬桶或者清潔環境之用？		
類別	是	否	總計
個數	33	135	168
百分比	19.6%	80.4%	100%

1.結果:

- (1) 本問項為瞭解居民是否想要做中水回收。
- (2) 只有 19.6%的居民想過要把用過的比較乾淨的水(中水)回收再利用來澆花、沖馬桶或者清潔環境之用。

2. 討論：

由上表得知，曾經想過要把用過的比較乾淨的水(中水)回收再

利用來澆花、沖馬桶或者清潔環境之用的民眾，佔 19.6%。本研究認為，一般民眾怕麻煩，不瞭解中水回收再利用，是緩解城市水資源緊缺的有效途徑，是開源節流的重要措施，因此沒想過要把用過的比較乾淨的水(中水)回收再利用來澆花、沖馬桶或者清潔環境之用。由此可知，民眾對節約用水、中水回收的實際作為和觀念，是比較欠缺。

題目	(20) 在水資源短缺的情況下，您是否會想收集雨水來運用在某些家庭用水上面？		
類別	是	否	總計
個數	65	103	168
百分比	38.7%	61.3%	100%

1. 結果:

- (1) 本問項為瞭解居民是否想要收集雨水來運用。
- (2) 只有 39.3%的居民想收集雨水來運用在某些家庭用水上面。

2. 討論：

由上表得知，會想收集雨水來運用在某些家庭用水上面的民眾，佔 39.3%。本研究認為，現代的民眾不如我們的老祖宗，生活繁忙，沒有收集天賜雨水的觀念。雨水是相當乾淨的水源，將雨水作為雜用水，可沖廁所、澆灌、補充空調用水或景觀池及生態池之補充水源等。所以雨水利用可節省珍貴自來水源並降低水費，更能真正落實水資源有效利用之目標。由此可知，民眾較欠缺節約用水、雨水貯留利用的觀念和行為表現。

綜合以上問卷調查結果之討論：

1. 答題者中有大部分的人對於曾文河流域背景資料、供水現況方面，

在認知上仍很欠缺；在節約用水省水行為表現上仍不甚積極。

2. 雲嘉南地區因工商業日益發達，休閒旅遊業亦因生活水準提高，而年有成長，對曾文溪之供水日益殷切。但該地區之民眾對缺水危機，尚如溫水煮青蛙，缺乏危機意識。
3. 政府雖努力推動「節約用水行動方案」多年，但效果不彰；低水價更讓民眾沒有節約用水的急迫感。
4. 民眾對雨水、中水之留存再利用的觀念，尚十分薄弱，有待政府多加宣導、補助。
5. 為了使地球水資源能永續發展，未來對廣大民眾應該要加強教育及宣導，並且落實一般家庭節水省水之要求，以避免水資源的浪費。至於中水回收再利用，對缺水危機有立竿見影之效果，但民眾尚未有強烈意識到。此方面亟待有關單位更積極推動。

4.2 曾文溪流域供水分析結果之探討

利用文獻研究法之探討，曾文溪是全臺灣第四長的河流，屬於中央管河川。共計流經三縣市十九鄉鎮區，主流全長約 138 公里，流域面積 1176 平方公里。曾文溪為台灣地區水資源利用率最高之河川水系，流域內建有烏山頭水庫（官田溪上游，集水面積 58 平方公里）、曾文水庫（曾文溪上游，集水面積 481 平方公里）、鏡面水庫（菜寮溪上游，集水面積 2.7 平方公里）及南化水庫（後堀溪中游，集水面積 103.5 平方公里），尚有玉峰攔河堰，可提高山上淨水廠供水能力及穩定供水水源。曾文溪流域總集水面積達 645 平方公里，約佔全流域面積 55%，以曾文水庫集水面積約佔全流域面積 41% 為最大。各水庫兼具蓄洪、發電、給水、灌溉等多目標功能。

整個曾文溪流域供水設施，農業用水方面藉由烏山頭水庫放水口

進入嘉南大圳供給嘉南地區之灌區，而工業用水則藉圳道或專管連接，至於公共給水之自來水系統，則藉由各淨水廠供給，其中利用曾文烏山頭供水系統之淨水廠包括烏山頭、潭頂、楠玉及水上淨水廠等，與南化水庫之南化淨水廠、鏡面水庫之鏡面淨水廠及取自下游未控制流量地面水之山上淨水廠。至於流域的最下游水源則提供由農業灌溉、養殖業及部份公共給水設施使用。

本研究認為：

1. 曾文河流域水資源供給與需求的時空特性，及蒐集研究區域內的水資源資料(如降雨量、逕流量、農業用水、工業用水、生活用水、地下水補注量、蓄水壩容量、自來水供給量、相關產業等)，針對流域供水區域範圍內，進行生活用水、工業用水、農業用水等供水量的分析，解析曾文河流域水資源之供需系統，建立曾文溪水資源供水利用線路圖，將其簡單化。

並透過資料蒐集得知曾文河流域的水資源供給量為何，利用蒐集的資料與雨水豐枯特性，配合目前水資源施行政策(例如節約用水政策與水資源重複使用等措施)推估未來年數的供給與需求水量，探討水資源供需問題。

2. 水資源供需之運用，第一部分探討流域管理，包含流域管理的定義、流域管理的形成、流域管理新舊模式的比較；第二部份為水資源開發利用，包含水的功能、水資源利用、水資源開發政策；第三部份整理流域管理、水資源等相關研究與應用文獻發展情形。

3. 經由問卷調查結果發現一般人對於水資源供需管理及應用方面，仍不是很瞭解，加上台灣地區水價便宜，一般人不積極節水、惜水、

回收廢水。如缺乏其他經濟誘因或政策法令強制，以很難落實節約用水政策。

4. 最後推測未來可能的缺水因素，並以 SWOT 方法分析各策略，以做為有關單位參考。

4.3 曾文溪流域水資源有效管理之策略

依據 SWOT 分析結果，本研究認為有關曾文溪流域水資源有管理的方案如下：

1. 成立一專責單一流域組織管理機構並提升其位階，以統合該流域上、中、下游的各項業務及法規。

2. 建立優良之水資源供需預警指標。

3. 透過水資源總量管制，以開發滿足用水之需求，有限之水資源透過區域之調度為全民所共享。

4. 建立合理的水權收費及管理制度，農業用水不宜完全免費。

5. 適時調整水價，可抑制大幅浪費水資源，提昇服務品質。

6. 預防勝於治療。維修輸水管線避免水資源流失浪費。可委外辦理維修業務，增加業者收入。

7. 開發多元化的水源，如地面水、地下水、再生水、海淡水等。

8. 教育國人正確用水觀念。增加經濟誘因，以落實節約用水政策，教育、獎勵、懲罰三管齊下。

9. 政府可向全國普遍推廣中水回收，獎勵社區或住家做小範圍的中水如洗澡水、游泳池水、廚房排水等之收集再使用；在城市中則推廣建設中水管網或在建築法規中制定中水利用設計規範。

10. 雨水回收與再利用，希望透過創新設計提案來儲存天賜的雨水，並正確有效的利用，除了能省水、省錢、省社會成本外，更希望民眾養成正確的水資源知識，了解「有水當思無水之苦」的觀念。

上列分析策略謹提供政府做為水資源管理利用參考。

4.4 曾文河流域水資源管理方法之研擬

台灣地區因為地形和氣候的影響，使得降雨量分配不均。加上聖嬰現象與人口急遽成長，氣候異常，水庫興建困難，地下水超限使用等等問題，造成水資源日益缺乏。

隨著經濟發展與社會環境之需求，面對人類活動不利因素，破壞集水區水土保持、生態環境、水體汙染及各標的用水激增等，造成水資源日趨匱乏，是近年面臨缺水問題之主要原因。

二十一世紀是水的世紀，水成為各國最重要的戰略物資，一個國家若無法妥當處理水的問題，該國國力與產業競爭力勢必大幅下降，譬如嚴重缺水的台灣正是需要好好改善水資源問題的地區。

依據上述有效管理方案，其具體有效解決水荒的措施：

1. 每年根據各區域主要水庫的蓄水量、進出水量的狀況，擬定各

區域在不同的水蓄存量下，各標的用水的供應減量計畫。

2. 各區域內各項標的用水之減供計畫及各階段計畫啟動的要件，儘速公告，讓各標的用水者皆能及早因應。

3. 重新釐清各區域各項標的用水優先順序，建立各用水標的間移用計畫。

4. 確認各區域水資源供給系統之聯通能力，作為區域內緊急支應的根據。

5. 情勢危急時，明確告知欲進行減供、停供之面積，並加以補償，以減少農民的損失。

6. 推動節約用水的措施，適度調升水價。

7. 想解決用水的問題，須先了解每個人用水需求，並且知道各地供水受阻及用水增加的原因。

8. 減少對山地、林區的開發，就可以減緩缺水的問題持續加深。

9. 合宜分配及管理農業用水，加強工商業用水之循環利用，以及調整民生用水習慣的養成教育，也是預防缺水日益嚴重的方法之一。

10. 配合經濟部水利署現有的水文水資源資料管理供應系統，整合台灣地區之水資源，加強水資源運用，改善水資源利用效率，使能有效的掌握水資源資訊，以達到最佳的水資源應用。

第五章 結論與建議

水就是美，水是我們生命和生活所必需的。沒有水，就沒有生命，也不能生活。而流域水資源更是水噹噹的生態。本研究所整理分析的結果，包括曾文溪流域水資源介紹資料以及水資源供需調配、水資源開發利用、水資源管理策略等方面，能夠為大眾提供認知的幫助；而經由問卷調查之結果、以 SWOT 方法分析各策略以及建議項目等方面，能夠提供政府有關單位做為政策的參考。政府與民眾共同維護河川生態環境，塑造新的水文化，提昇國民生活品質，促進水資源永續利用。

以下為本研究的結論與建議。

5.1 結論

綜合上述研究過程，做成以下結論：

1. 曾文溪流域水資源供給與需求的時空特性，及蒐集研究區域內的水資源資料〈如降雨量、逕流量、農業用水、工業用水、生活用水、地下水補注量、蓄水壩容量、自來水供給量、相關產業等〉，針對流域供水區域範圍內，進行生活用水、工業用水、農業用水等供水量的分析，解析曾文溪流域水資源之供需系統，建立曾文溪水資源供水利用線路圖，將其簡單化。

並透過資料蒐集得知曾文溪流域的水資源供給量為何，利用蒐集到的資料與雨水豐枯特性，配合目前水資源施行政策〈例如節約用水政策與水資源重複使用等措施〉推估未來年數的供給與需求水量，探討水資源供需問題。

2. 水資源供需之運用，第一部分探討流域管理，包含流域管理的定義、流域管理的形成、流域管理新舊模式的比較；第二部份為水資源

開發利用，包含水的功能、水資源利用、水資源開發政策；第三部份整理流域管理、水資源等相關研究與應用文獻發展情形。

3. 經由問卷調查結果發現一般人對於水資源供需管理及應用方面，仍不是很瞭解，加上台灣地區水價便宜，一般人不積極節水、惜水、回收廢水。如缺乏其他經濟誘因或政策法令強制，以很難落實節約用水政策。

4. 最後推測未來可能的缺水因素，並以 SWOTS 方法分析各策略，以做為有關單位參考。

5.2 本研究遭遇的困難與解決方式

1. 資料的收集方面，對曾文溪流域的鄉鎮每年每月所需的水資源供給量較不易取得，因此以曾文溪流域中四個水庫供給的水量去做推估。

2. 曾文溪流域的供水的行政範圍(曾文溪流域供水的最遠範圍)不易判別，故以供水能到的區域為主。

5.3 建議

為有效管理水資源，合理使用水資源，確實達成節約用水，建議事項如下：

1. 建議政府設立分季、分業使用管理表。
2. 統一事權，設立有權有錢的流域管理機構。
3. 須由供給面管理策略轉向需求面管理

面對未來很可能的缺水問題，一般而言，解決方式有二：一是開源，即增加供給量；二是節流，即降低需求量。增加供給量一直是

台灣水資源政策的主要導向，在需求面管理這一端，台灣已施行的措施包含水價優惠措施、發送節水墊片、加強節約用水宣導、補助民眾購置省水標章產品等等。根據世界食糧組織 (World Food Organization, FAO, 2006) 統計，1998 至 2002 年間各國每人每日平均公共給水系統引水量(municipal water withdrawal) 分別為：美國 595公升、日本 375公升、德國193公升、英國95.1公升、中國大陸91.6公升，按照 FAO municipal water withdrawal之定義，1999年至2008年台灣每人每日平均公共給水系統引水量為679.2公升，遠高於美國、日本、德國，可見仍亟待加強過去較為忽略的水資源需求面管理。

4. 多元化水源開發

經濟持續成長，民生用水及工業用水大幅增加，然而由於本島自然環境之限制，水資源已被開發殆盡。因此，在此水資源開發日益困難，而需水量卻與日俱增的情況下，替代水源的開發為紓解此一困境的重要方法之一。例如中水道二元供水系統(供水系統回收再利用、雨水貯留供水系統)。請參考以下圖5.1。

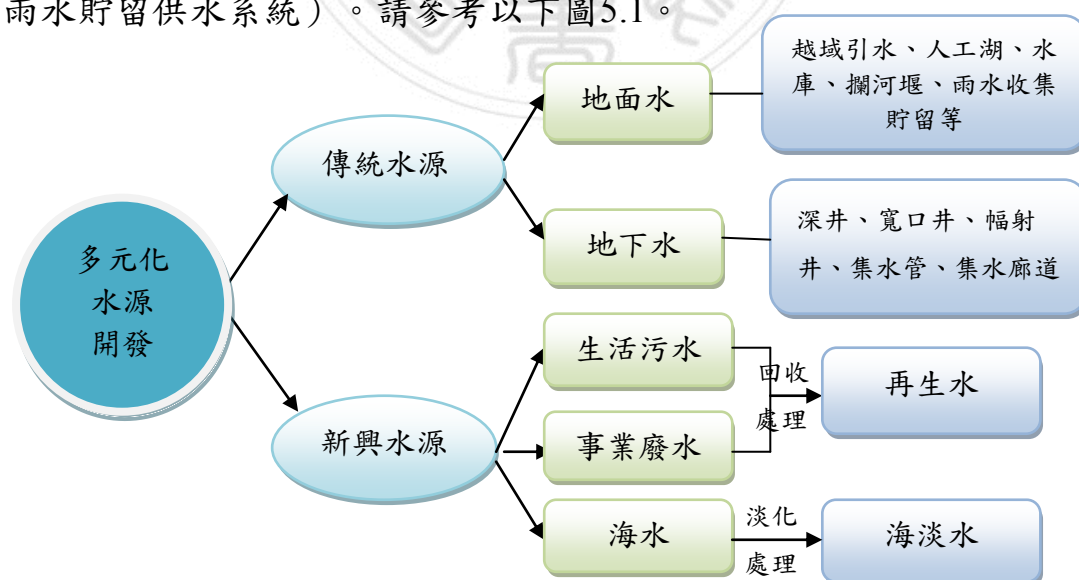


圖5.1 多元化水源開發

來源：王國樑(2012)，台灣南部區域水資源經營管理簡報

5. 河川水質保護

最近(2013年12月)爆發日月光公司偷排有毒廢水污染後勁溪，波及附近農田，農民氣憤難消，紛紛要求重懲，以儆效尤。台灣地區河川由於受到人口集中、工商發展等人為活動的影響，河川水質受到不同程度的污染。各種污染來源包括家庭污水、工業廢水、畜牧廢水、垃圾滲出水及非點源污染持續存在，造成資源性的缺水危機，須以嚴格的法令執行來管控此水質性及管理性的缺水情事。

6. 儘速落實執行「曾文南化烏山頭水庫治理及穩定南部地區供水特別條例」

臺灣受98年8月莫拉克颱風侵襲，主要水庫如曾文、南化水庫集水區增加大量沖蝕及崩塌地，水庫淤積量較颱風前增加約1.1億立方公尺，對供水穩定影響甚鉅，99年台南地區將面臨限水及休耕窘境，經查缺水主因就在於曾文水庫、南化水庫於莫拉克颱風後，分別有9000萬及1700萬立方公尺以上的泥砂淤積，幾乎可以填滿1座南化水庫。南部地區水庫因莫拉克重創，原本吃緊之水資源供需情勢愈發緊張，為改善南部用水需求，「曾文南化烏山頭水庫治理及穩定南部地區供水計畫」有實施之必要性與急迫性。總經費高達540億元，計畫期程為2010年5月至2016年5月，分6年執行完成。

表5.1 莫拉克風災前後曾文、南化及烏山頭水庫

蓄水容量及淤積量差異表

單位：萬m³

莫拉克風災 前後比較	曾文水庫		南化水庫		烏山頭水庫	
	蓄水容量	淤積量	蓄水容量	淤積量	蓄水容量	淤積量
災前	58.321	16.519	11.390	4.415	8.085	7.330
災後	49.159	25.681	9.681	6.124	8.023	7.392

資料來源：水利署資料彙整(2012)

註：蓄水容量為剩餘有效蓄水容量；淤積量為總淤積量

7. 對曾文河流域四水庫：

- (1) 清理淤積，增加水庫容量。
- (2) 防止水污染。
- (3) 水源區廣植適宜之樹種，以利水土保持，並涵貯水份。

8. 對曾文溪及其支流：

- (1) 防止坍方及淤沙。
- (2) 河流兩側選種適當樹種，達到水土保持及綠化
- (3) 選適當溪段築攔水堰，以減緩溪流，防澇減洪，亦可貯水。
- (4) 河川經過地之居民，成立河川巡守隊，防止濫倒廢土及污染物。

9. 鼓勵廠家推動雨水、中水之回收再利用。

雨水再利用可達現地供水，不需要由遠地取水，並可達到都市水文循環的恢復。中水的回收再利用，可分為個別水與區域水的回收利用兩種。

- (1) 新開發工業區或新建廠房，以政策性輔導。
- (2) 以減稅方式，鼓勵舊廠家裝設雨水、中水回收利用。
- (3) 新建工商大樓，以政策性輔導獎勵實施。

10. 獎勵聚落居民推動雨水、中水之回收再利用。

- (1) 新建住宅大樓，以政策性輔導實施。
- (2) 舊聚落區選擇適當地點築緩衝池。
- (3) 以補助方式鼓勵居民共築雨水、中水回收池。
- (4) 將聚落區選擇部分水泥、柏油路面改為透水磚，讓土地呼吸，吸收水份，降低乾旱化、熱污染、熱島化。
- (5) 聚落巷道兩側改為透水磚，並廣植花木以達綠化美化之功效。

11. 舉辦缺水危機之宣導及節水措施之教育。

- (1) 從開源與節流兩方面著手，達水資源的有效運用
- (2) 回收再利用，減緩缺水危機。
- (3) 確立珍惜水資源的生活習慣。



參考文獻

中文部分：

1. 王永賢(2005), 台南地區水資源需求動態模型之建構。碩士論文, 長榮大學土地管理與開發研究所。
2. 何友鋒、王小璘、陸建浩(2002), 台中市都市永續發展系統動態模擬模式之研究。 中華民國建築學會建築學報, 41, 107-128。
3. 柯志昌、吳濟華、屠益民(2004), 高屏河流域水資源管理系統動力模型建立與政策模擬分析。 都市與計畫, 31(2), 167-194。
4. 黃文政、黃家鴻(2005), 高屏河流域之降雨乾旱分析。 全國變通通訊雜誌, 47, 21-27。
5. 陳昱君(2000), 應用系統動力學方法探討水資源利用之研究, 碩士論文, 台北大學資源管理所。
6. 陳思瑋(2005), 淡水河流域水資源永續性評估暨管理之研究, 碩士論文, 台灣大學生物環境系統工程學研究所。
7. 范萬釗(2003), 從台灣缺水危機探討—日本推動雨水貯集利用補助制度之概況
8. 李鈞震(2010), 流域管理綜合治水 不可流於空談
9. 齊士崢(1999), 水資源與區域發展。 環境與世界, 3, 17-33。
10. 劉祥熹、王裕民(1995), 多目標水資源衝突協調系統方法之探討: 石門水庫水量調配之建構。 資訊管理學報, 11(3), 179-205。
11. 顏榮祥(2001), 台灣南部地區跨域流域水資源統籌調配動態模式建立之研究, 博士論文, 國立成功大學資源工程研究所。
12. 龐元勳、陳右達(2007), 結合「整合性流域管理」和「生態系統管理」觀念之永續性國土規劃: 以頭前溪流域為例。 都市與計畫, 34(3), 193-217。
13. 經濟部水利署南區水資源局(2006), 區域水資源營運管理系統建置計畫南區水資源資料庫及決策資源系統, 中興工程顧問股份有限公司。
14. 陶在樸(1999), 系統動態學, 五南圖書出版公司。
15. 邱泰穎(2000), 水資源利用管理與永續發展, 環境教育季刊(43)
16. 經濟部水利署(2006), 水資源白皮書, 經濟部水利署編印。
17. 李建中等人(2002), 水資源之供需與開發利用, 「國家政策論壇」第2卷第4期
18. 徐享崑(2000), 水資源永續發展導論, 經濟部水利署。
19. 徐享崑(2008), 二十一世紀台灣地區水資源永續發展的政策與措施
20. 曾迪華等人(1997), 水資源利用與保育, 國立空中大學編印。

- 21.楊桂山等人(2004)，流域綜合管理導論，科學出版社。
- 22.楊勤業等人(1999)，黃河流域災害環境綜合治理對策，黃河水利出版社。
- 23.Ward, B.和 Dubos, R.等著(1977)，鈕先鍾譯，只有一個地球，台北：正中書局。
- 24.歐陽嶠暉等人(1995)，水資源永續發展研討會論文集，台北市：時報文化基金會。
- 25.楊偉甫 (2010 10 15) ，「台灣地區水資源利用現況與未來發展問題」專題演講
- 26.經濟部：曾文水庫運用要點 2013年3月19日版
- 27.經濟部：全國已知水庫集水區位及管理機關表
- 28.行政院：水利建造物檢查及安全評估技術規範蓄水與引水篇
- 29.蕭代基 黃德秀(2010)，台灣水資源需求面管理策略之探討
- 30.經濟部 (民國2011年5 月)，「曾文南化烏山頭水庫治理及穩定南部地區供水計畫」(核定本)
- 31.經濟部水利署(1996)，台灣地區水資源開發綱領計畫
- 32.經濟部水利署(民國100年)，臺灣南部區域水資源經理基本計畫 (核定本)
- 33.王禎彬(2007)，我國缺水因素與解決策略之分析評估國立成功大學政治經濟研究所碩士論文
- 34.經濟部水利署(2006) ，新世紀水資源政策綱領
- 35.經濟部水利署(2009)，台灣地區水資源需求潛勢評估及經理策略檢討
- 36.經濟部水利署水利規劃試驗所(2006),河川情勢調查成果
- 37.蔡勳雄李至倫(2002) ， 當前缺水現況與因應對策
38. 李建中(2003) ，水資源保育政策之研究
39. 林筱婷等人(2006) ，山河巡禮

英文部分：

1. Anderson, J.M. (1996), The potential for water recycling in Australia - expanding our horizons, *DESALINATION*, 106, 151-156.
2. Aguilera-Klink, F. (1995), El agua como activo economico, social y ambiental, *El Campo*, 132, 15-27.
3. Born, S. M. and Genskow, K. D. (2001), Towards understanding new watershed initiatives: a report form the Madison Watershed Workshop, *University of Wisconsin – Madison*.

4. Byrne, A. (1997), The national context for integrated catchment management. *2nd National Workshop on Integrated Catchment Management*.
5. Bouwer, H. (2000), Integrated water management : emerging issues and challenges, *Agricultural Water Management*, 45, 217-228.
6. Ciriacy-Wantrup, S.V., Bishop, R.C. (1975), Resources and Environment : Contingent Valuation, 13272-13275.
7. Cline, S. A. and Collins, A. R. (2003), Watershed associations in West Virginia: their impact on environmental protection, *Journal of Environmental Management*, 67, 373-383.
8. Dawoud, M.A. (2005), The role of desalination in augmentation of water supply in GCC countries, *Desalination*, 186, 187–198.
9. Ewing, S. A. et al. (1997), Research integration in ICM :Review and Discussion Document, *Centre for environmental applied hydrology*, University of Melbourne.
10. Gut, S. P. et al. (2005), Area Logistics System Based on System Dynamics Model, *TSINGHUA SCIENCE AND TECHNOLOGY*, 265-269.
11. Jorgensen, E. E. et al. (1997), Risk Management Research Plan for Ecosystem Restoration in Watersheds, United States Environmental Protection Agency.
12. Johnson, N. et al. (2001), User participation in watershed management and research, *Water Policy*, 3, 507-520.
13. Kaplowitz, M. D. and Witter, S.G. (2008), Agricultural and residential stakeholder input for watershed management in a mid-Michigan watershed, *Landscape and Urban Planning*, 84, 20-27.
14. Kauffman, G. J. (2002), What if..... the United States of America were based on watersheds, *Water Policy*, 4, 57–68.
15. Kipkemboi, J. et al. (2007), Hydrology and the functioning of seasonal wetland aquaculture–agriculture systems (Fingerponds) at the shores of Lake Victoria, Kenya, *Aquacultural Engineering*, 37, 202–214.
16. Lee, T. (1992), water management since the adoption of the Mar del Plata Action Plan: Lessons for the 1990s. *Natural Resources Forum*, 16(3), 202-211.
17. Mitchell, B. (1990), The evolution of integrated resource management, *In Integrated Approaches to Resource Planning and Management*, Banff Centre School of management.
18. Margerum, R. D. (1995), Examining the practice of integrated environment management: Towards a Conceptual Model, University of Wisconsin – Madison.
19. Naredo, J.M. (1997) *Spanish Water Accounts (summary report)*,

- Environmentak Economics un the European Union*, pp.390-413.
20. Pires, M. (2004), Watershed protection for a world city: the case of New York, *Land Use Policy*, 21, 161–175.
 21. Pionke, H. B. et al.(2000), Critical source area controls on water quality in an agricultural watershed located in the Chesapeake Basin, *Ecological Engineering*, 14, 325-335.
 22. Randhir, T. O. et al.(2001), A watershed-based land prioritization model for water supply protection, *Forest Ecology and Management*, 143, 47-56.
 23. Sumpsi, J.M. et al. (1998), *Economia y Política de Gestión del Agua en la Agricultura*. Mundi-Prensa, Madrid.
 24. Simonovic, S. P. (2002), “World water dynamics: global modeling of water resources”, *Journal of Environmental Management*, 66, 249-267.
 25. Stave, K. A.(2003), A system dynamics model to facilitate public understanding of water management options in Las Vegas, Nevada, *Journal of Environmental Management*, 67, 303–313.
 26. Velazquez, E. (2007), Water trade in Andalusia. Virtual water: An alternative way to manage water use, *Ecological Economics* 63, 201-208.
 27. Valiela, I. and Bowen, J.L.(2002), Nitrogen sources to watersheds and estuaries: role of land cover mosaics and losses within watersheds, *Environmental Pollution*, 118, 239-248.

網站部分：

1. 經濟部水利署各項用水統計資料庫：(2013/02)
<http://wuss.wra.gov.tw/>
2. 中華民國台灣地區水庫水壩資料 (2013/02)：海洋大學水資源管理研究室 <http://wrm.hre.ntou.edu.tw/wrm/dss/resr/wk.htm>
3. 經濟部水利署 2009 年施政重點 (2013/02)：
<http://www.wra.gov.tw/ct.asp?xItem=40002&CtNode=6663>
4. 經濟部水利署 2010-1013 年施政重點 (2013/02)：
<http://www.wra.gov.tw/sitemap.asp>
<http://www.wra.gov.tw/ct.asp?xItem=52143&CtNode=7637>

5. 台灣水資源 (2013/05)
<http://www1.geo.ntnu.edu.tw/~liaw/liawweb/Courses/Watershed%20Management/TG11.doc>
6. 經濟部水利署地下水觀測網：(2013/05) 水資源統計
<http://140.112.190.183/resources-stat.php>
7. 「臺灣氣候變遷推估與資訊平台建置」，(2013/05)
<http://tccip.ncdr.nat.gov.tw/>
8. 經濟部水利署南區水資源局 (2013/05)
<http://www.wrasb.gov.tw/>
9. 臺灣學校網界博覽會 (2013/05)
<http://cyberfair.taiwanschoolnet.org/>
10. fao; (2013)
<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/results.html>

附錄一

台灣缺水危機暨因應措施之研究-以曾文溪流域為例 問卷

敬愛的朋友您好：

感謝您撥冗填寫此份問卷。本問卷旨在瞭解您對曾文溪流域水資源的供需管理及台灣缺水危機暨因應措施的認知及作為。您提供的寶貴資料將僅供學術研究之用，請您放心填答。為增加研究結果的可信程度，請您在填答時不要參考其他資料，或與他人討論。您的意見對於本研究十分寶貴。

南華大學旅遊管理學系休閒環境管理研究所

指導教授：王健良 博士

研究生：陳泰佳 敬上

- (1) 請問您是：
學生身份 社會人士
- (2) 請問您的性別是：
男 女
- (3) 請問您的年齡是：
20歲以下 21~30歲 31~40歲 41~50歲 50歲以上
- (4) 請問您的最高學歷是：
小學以下 國中 高中職 大學、專科 研究所以上
- (5) 您知道曾文溪流域的範圍包含那些縣市？：
嘉義縣 台南市 高雄市 嘉義縣及台南市 嘉義縣、台南市及高雄市 不清楚
- (6) 曾文溪流域為台灣地區水資源利用率最高之河系，您知道曾文

溪流域內建有幾座水庫？：

1 2 3 4 4 座以上 不清楚

(7) 您知道曾文溪流域內降雨量的分佈大部分在哪個季節？：

春 夏 秋 冬 不清楚

(8) 您知道曾文溪流域內，豐水期與枯水期降雨落差達 90% 嗎？：

知道 不知道

(9) 您知道人類可直接使用之淡水資源如河川、湖泊與地下水等，約佔全球水量的？%：

1%以下 1%~10% 11%~20% 21%~30%

31% 以上 不清楚

(10) 您知道台灣地區是聯合國認定的缺水地區嗎？：

知道 不知道 不清楚

(11) 您知道台灣地區會發生缺水危機嗎？：

會 不會 不知道

(12) 您有面對缺水危機的心理準備嗎？：

有 沒有 不確定

(13) 您知道台灣地區的水價比較其他國家是高或低？：

是世界有名的高 是世界有名的低 不清楚

(14) 您知道政府推動「節約用水行動方案」嗎？：

知道 不知道 不清楚

(15) 您認為須要推動「節約用水」嗎？：

須要 不須要 不清楚

(16) 消費者經認明省水標章選購合格省水器材，即能在不影響原用水習慣下，達到節約用水之目的。您知道省水標章圖樣是什麼顏色？

紅 黃 藍 無 不知道

(17) 您家中是否曾用過省水器材？：

是 否

(18) 在日常生活使用的總水量中，僅廁所沖洗就佔 35%。您會對馬桶做哪些省水的措施？：

在馬桶的水槽裡放入磚塊或充滿水的寶特瓶 使用兩段式的省水馬桶 使用其他方法 不會去做

(19) 您是否曾經想過要把用過的比較乾淨的水(中水)回收再利用來澆花、沖馬桶或者清潔環境之用？：

是 否

(20) 在水資源短缺的情況下，您是否會想收集雨水來運用在某些家庭用水上面？：

是 否

水是維持生命以及人類生活上不可缺乏之物質，所以我們要更關注水資源的利用及管理。再次謝謝您的作答。