

# 多元化水資源策略下之 傳統及新興水資源開發

賴伯勳／經濟部水利署副署長

## 前言 當前水資源供應主要課題

台灣本島每年降雨量雖高，惟時空分布不均致流量豐枯懸殊，加上特有坡陡、河短、流急等不利水資源蓄存地文環境限制，每年可利用天然水資源相當有限，且近年來極端氣候造成豐枯更趨明顯、未來產業用水需求仍持續成長，在傳統天然水資源開發計畫推動不易、台灣西半部平原部分地區長期大量使用地下水造成地層下陷嚴重（以雲彰地區為最），及氣候變遷造成極端降雨加遽水庫淤積，使得水資源供應日趨困難，每遇降雨異常即需面臨嚴重的缺水威脅。依據水利署「氣候變遷對水環境之衝擊與調適研究（99-102年）」指出，在上述不利水資源供應環境、產業用水需求持續成長及氣候變遷影響條件下，民國120年桃園、台中、台南及高雄等地區供水每日供水缺口將高於17萬噸以上（詳圖1），顯示該等地區未來水源供應相當嚴峻，須未雨籌繆因應。

## 天然水資源利用總量管制目標

為滿足台灣各地區各標的用水需求，水利署已依據行政院民國95年1月19日核定「新世紀水資源政策綱領」所揭櫫「合理有效使用水量，確保水源穩定供應」策略與措施，考量未來經濟發展、環境永續、全球氣候

變遷等對水資源經營管理之影響，將台灣本島分為北、中、南、東四區並依各區水資源供應條件、未來人口及產業成長用水需求，分別研提水資源調配及開發利用經理計畫，並在「天然水資源開發利用總量管制」及「枯水期天然水資源取水量零成長」策略下，推動「節約用水」、「有效管理」、「彈性調度」與「多元開發」等水資源經理措施，滿足各標的至民國120年用水需求，提高人民生活品質，促進國家經濟發展。

在總量管制方面，為使環境永續發展，考量河川能量、未來需求量、減抽地下水、增加備用水量、新水源開發計畫期程、地區水源供需情勢及避免在這一代將天然水資源開發殆盡等因素後，已規劃每年以200億噸作為現階段台灣本島天然水資源開發利用總量管制之目標（詳圖2），其中在水源供給部分，以地下水源每年最大40億噸、水庫調節每年最大50億噸及河川取水每年最大110億噸為目標控管；另在需求部分，農業用水需求以每年最大120億噸、生活用水需求以每年最大35億噸、工業用水需求每年最大30億噸及保育用水每年最大15億噸為目標控管，並視用水供需平衡情形予以調整，而超出上開天然水資源利用總量管制目標之產業用水需求，則以開發新興水源優先因應（圖2）。



圖1 氣候變遷影響下民國120年台灣各地區可能缺水情形

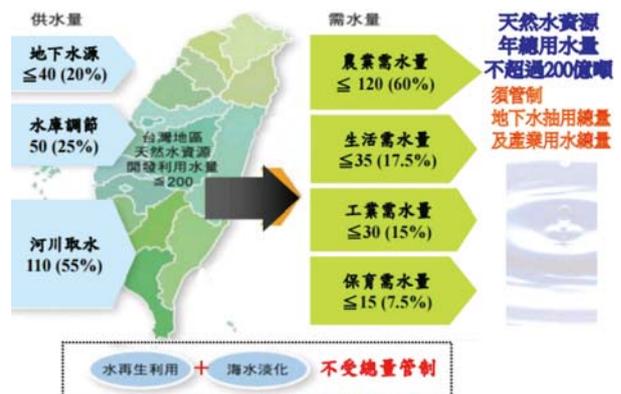


圖2 台灣本島天然水資源利用總量管制示意圖

## 水資源開發策略 多元化水源開發

為達成前述天然水資源利用總量管制目標，已透過中央與地方政府協力推動「全國」、「全民」、「全面」之「三全」節約用水運動並形塑節水型社會。惟近年台灣各地區產業群聚發展致用水需求快速增加，加上全球降雨異常加遽，造成旱澇災害交替頻繁，水文極端現象明顯且強度增高，受災範圍與程度均較過去重大，導致缺水風險已逐漸影響經濟發展，並對國家永續發展造成威脅。在氣候變遷水文狀況不確定，且現有各種條件限制與保育自然環境前提下，為滿足民國120年各地區用水需求，除持續推動「節約用水」、「有效管理」及「彈性調度」相關工作降低用水需求及提高用水效率外，不足用水或備援水源仍有必要以多元方式開發新水源因應，以降低缺水風險。

除水庫、攔河堰及人工湖外，現階段已朝推動雨水收集貯留、農業回歸水、河川伏流水、海水淡化、都市污水與工業廢水回收再利用等多元水源開發方向規劃，俾以提供安全的基礎用水並分散天然水資源供水風險及提升供水穩定（詳圖3），多元化水源特性評估及主要供水對象詳表1。在水再生推動方面，水利署已以民國120年再利用率達成每日132萬噸為推動目標，並成立「水再生利用推動專案小組」針對推動水再生利用策略、法令及配套措施等不定期進行研商。另海水淡化不受乾旱影響，係未來因應氣候變遷不可缺少的水源，但因目前再生水及海淡成本仍高於傳統水資源（自來水），經評估新興水源將優先供應用水需求較為迫切且集中之大型工業區。

### 傳統水資源推動狀況

傳統水資源主要包括地面水及地下水，目前台灣本島每年平均用水量約177億噸（91年至101年平均

值），其中40億噸（22.6%）由水庫供應、另56億噸（31.6%）由地下水供應，其餘81億噸用水由河川直接取水供應（45.8%），顯示現階段台灣本島用水來源仍高度仰賴傳統水源供應。近年因適合開發大型蓄水設施位址已逐漸減少，且民眾自主及環保意識高漲，新建大型蓄水設施相當不易，現況傳統水資源推動多已結合在地生態、親水、滯洪及水源供應等需求採多目標方式開發，施設形式包括：水庫更新改善、離槽水庫、攔河堰、人工湖、池埤、農地迴歸水、雨水貯留及伏流水等，主要工作推動情形如下：

### 水庫活化及新建

台灣地形陡峭，地質脆弱，集水區人為開發頻繁，歷經921地震及莫拉克等颱風，導致土石崩塌及沖刷，造成水庫嚴重淤積及降低水庫供水能力與使用年限。因新建水庫不易且時程冗長，故以活化既有水庫及延長使用年限為現階段首要工作，其中，水利署已於民國88年完成新山水庫加高工程、民國94年完成阿公店水庫更新改善，且經分析全臺94座水庫淤積狀況屬急迫優先改善者，為石門、曾文及南化水庫，水利署已依「石門水庫及其集水區整治計畫」、「曾文南化烏山頭水庫治理及穩定南部地區供水計畫」及「石門水庫防淤隧道工程計畫（第一階段）」等整體防淤計畫，從上游集水區到下游水庫庫區整體考量，持續推動集水區保育、清淤、改善既有設施排淤功能，並規劃興建排砂隧道，以期減少上游來砂與增加水庫排砂，減緩淤積速率，維持水庫庫容及延長水庫使用年限，及降低水源開發壓力。其中，石門水庫更新改善工作已完成增設水力排砂設施，水庫整體平均水力排砂比可由9%提升至29%，大幅提升水庫防淤能力，

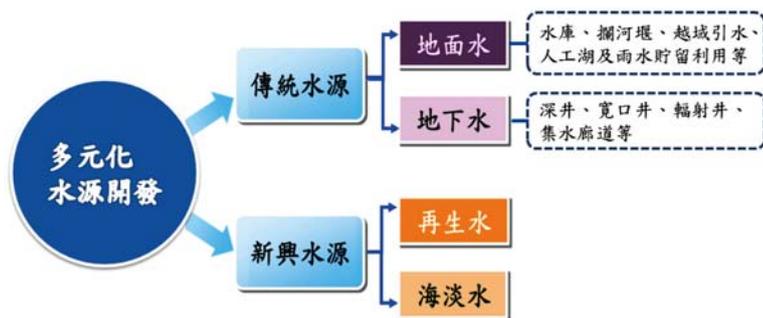


圖3 多元化水源開發示意圖

表1 多元化水源基本特性及主要供水對象

多元化的水源開發方式	供水量	水源穩定性	水質	供水對象				
				民生	工業	農業	保育	
天然水資源	水庫水	大	豐枯年變化	佳	●	●	●	
	川流水	大	季節變化	可	●	●	●	●
	地下水	中	相對穩定	佳	●	●	●	
	人工湖	小	豐枯年變化	可	●	●	●	
	農地迴歸水	小	季節變化	差	●	●	●	●
	雨水收集貯留	小	季節變化	可	●	●		
新興水資源	海水淡化	小	穩定	可	●	●		
	再生水	小	穩定	可	●	●		

且於民國 102 年潭美及蘇力颱風水力排砂共計 101 萬立方公尺，另經加強辦理集水區保育治理、加上水庫抽泥及水力排砂等工作，石門水庫總容量由民國 96 年 2.14 億立方公尺至民國 102 年 2.17 億立方公尺，水庫入砂與出砂幾乎達平衡狀態，確實已有初步成效。

在新建水庫部分，為確保各區域供水穩定及因應未來用水成長需求，除目前施工中湖山水庫外，將持續配合各地區用水需求滾動檢討評估推動雙溪、天花湖及士文等水庫。其中，已屆完工之湖山水庫蓄水營運後可與集集攔河堰聯合運用每日供應 69.4 萬噸水源，可降低雲林及彰化地區地下水抽水量，減緩地層下陷。

### 伏流水

伏流水相較水庫堰壩設施雖無法大量供應水源，惟仍具有：(1) 構築方式對環境生態衝擊較小、(2) 水質較潔淨、(3) 施工期短等優點，集水方式主要包括集水暗渠、輻射井及寬口井等方式（詳圖 4）。目前除二峰圳、南和圳及六龜淨水場等具伏流水開發利用案例，並已於高屏溪河畔採用伏流水設施作為備援用水，如竹寮、翁公園及興田伏流水工程等，以增加區域水源備援能力，後續將持續檢討評估推動具開發潛能之伏流水，以增加區域供水備援能力。



圖 4 伏流水集水方式

### 人工湖

台灣早期人工湖主要作為農業灌溉使用，且大部分利用天然窪地鑿深、原有小湖擴建或築堤蓄水方式而成，如高雄市澄清湖、恆春龍鑿潭皆屬之，至於桃園台地一帶，因地形氣候的限制，早期為了灌溉用水需求，大量挖掘埤塘儲蓄水源，形成所謂「百里埤塘」，其皆為早期配合農業灌溉水源需求之人工湖開發案例。

近年來因合適興建水庫壩址難覓且配合地方環境營造需求，水利署已於各地區檢討推動人工湖，包括中庄調整池、鳥嘴潭人工湖及高屏大湖等，其中已施工之中庄調整池工程，其有效蓄水量 492 萬立方公尺，除可利用大漢溪側流量外，其功能主要為於石門

水庫進行水力排砂期間可替代下游鳶山堰供水每日 80 萬立方公尺約 6.8 天（工程模擬如圖 5），讓水庫排砂不受限制。另鳥嘴潭人工湖及高屏大湖，其水源主要分別引取烏溪及荖濃溪剩餘未利用水源蓄存，開發後每日各可增供 25 萬噸及 34 萬噸水源，並可結合在地特色營造親水環境及促進地方繁榮。

### 雨水貯留回收利用

為推廣雨水貯留回收再利用，及協助公立機關、學校節約用水宣導，水利署已於民國 98 至 103 年度補助 45 個公家單位設置雨水貯留設施及相關教材。以民國 103 年為例，已補助連江縣自來水廠、連江縣政府、金門縣政府、新北市（4 所國中小）、苗栗縣（1 所國小）、宜蘭縣（3 所國中小）、台南市（1 所國小）、嘉義縣（大埔鄉）等計 15 件設置雨水貯留利用系統。而為擴大推動獎勵建築物設置雨水回收系統，將協調營建署修訂規範建築物需設置雨水及生活雜排水回收再利用規定，並持續辦理機關學校雨水貯留回收宣導，及推廣農業、工業等用途之雨水利用技術研究與輔導，落實多元水源科技發展。在雨水貯留回收利用推動案例成效部分，包括：台北市立木柵動物園雨水貯留水源使用於溫帶動物區四周廁所用、動物池水及花木澆灌用水等，整體自來水替代率達 10% 以上；國父紀念館於 93 年 11 月興建完成「建築物屋頂雨水收集再利用系統工程」，可集雨水量 300 噸，每年約可儲集雨水 5,000 噸，節省自來水用量。



圖 5 中庄調整池工程模擬圖

現階段台灣各區傳統水資源開發計畫（增供水源設施）主要如表 2。

表 2 現階段台灣各區傳統水資源開發計畫

區域	水源設施	推動情形	供水能力 (萬噸/日)	計畫完成時程
北區	中庄調整池	建設中	2.4	105 年
	雙溪水庫	檢討中	6.5	115 年
中區	湖山水庫	建設中	43.2	104 年
	大安大甲聯合運用輸水工程	檢討中	28.0	111 年
	烏嘴潭人工湖 (分 2 期開發)	設計中	25.0	113 年
	天花湖水庫	規劃中	23.0	116 年
南區	高屏溪原水水井復抽工程	建設中	10.0	106 年
	士文水庫	規劃中	20.0	111 年
	高屏大湖 (分 3 期開發)	檢討中	34.0	115 年
	鹿寮溪水庫改善工程	檢討中	5.4	115 年
	曾文越域引水工程	檢討中	59.8	115 年
	南化第 2 水庫	規劃中	14.0	115 年

## 新興水資源推動狀況

新興水源主要包括再生水及海水淡化，其水源不受氣候豐枯影響，水源穩定，亟具開發潛力，惟因新興水資源開發及供水成本遠高於傳統水資源，在使用者付費原則下用水成本較高，工業用水戶使用意願較低，惟為兼顧環境保護、經濟發展及社會正義並重之永續發展目標，水利署已對於水源不足地區之新增工業用水需求，則於用水計畫審議程序要求開發單位必須自行開發取得水源或優先使用再生水或海淡水等，以提高產業使用新興水源，相關工作推動情況如下：

### 再生水

#### ● 污廢水回收再生利用

污廢水回收再利用使用標的可概分為工業利用、農業利用、環境利用及生活次級利用等 4 大標的，其中工業利用主要作為冷卻、鍋爐及製程用水；農業利用主要作為灌溉及養殖用水；環境利用主要作為河川補充、水庫補充及地下水補注，生活次級利用主要作為沖廁及澆灌洗車等用水（詳圖 6）。

依據水利署民國 98 年 12 月「廢污水廠放流水再利用潛勢及推動策略」普查結果，民國 98 年 1 月份台灣地區每日約產生 148 萬噸初級都市污水處理廠放流水、80 萬噸二級都市污水廠放流水，以及 58 萬噸工業區綜合廢水廠放流水（多為三級處理）；上述放流水如可回收再生利用，除可降低承受水體污染，並可提高水資源利用率，提供多元水資源利用。惟因污廢水回收再生利用成本較自來

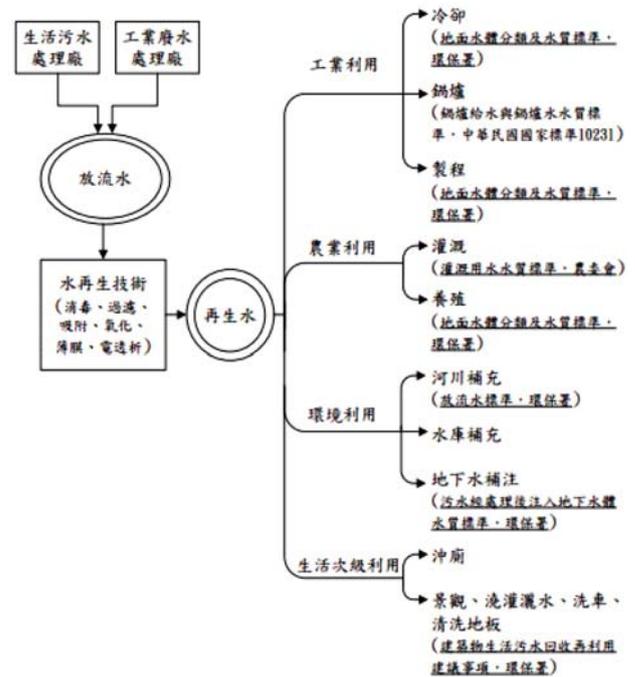


圖 6 再生水用途分類圖（資料來源：[41]）

水價較高且需設置二元供水系統，工業用水戶使用意願較低。目前工業廢水回收再生利用部分，用水單位主要多依「用水計畫書」及「環境影響說明書」等審查決議配合辦理內部節水措施，並由其用水回收一定比例水量後再生利用，以降低外部水源需求量。其中至民國 101 年工業大戶自設再生水廠運轉者，計有中鋼、中龍、台化纖維（麥寮）、友達（中科后里）等 19 廠，每日約計 10 萬 8,477 噸。另經前述計畫評估結果，台灣地區工業區具大規模開發廢水回收再生利用潛勢者包括：新竹工業區廢水回收、桃園地區工業區廢水回收、大園工業區廢水處理場放流水再生利用，其再生處理規模為每日的 4,200 噸至 15,000 噸，回收再生水供應標的均為工業用水，再生處理成本 21.6 元/噸至 39.4 元/噸。

#### ● 生活污水回收再生利用

依據水利署民國 98 年 12 月「廢污水廠放流水再利用潛勢及推動策略」調查評估結果，台灣地區污水回收再生利用較其開發潛力者包括：八里污水廠、中壢水資源回收中心、安平污水廠、台中市福田水資源回收中心、台南永康污水處理廠、台南水資源回收中心、彰化市水資源回收中心、高雄中洲污水處理廠、鳳山溪污水處理廠等。內政部已規劃在台中、台南、高雄等高缺水風險區之福田、豐原、安平、永康、鳳山溪及臨海等 6 座污水廠（表 3 及如圖 7）作為再生水示範推動案例，目前推動首例為高雄市鳳山溪污水處

表 3 內政部推動 6 座再生水廠示範推動案例時程表

污水廠	污水廠現況 (萬噸/日)	再生水量 (萬噸/日)	供水對象	計畫 供水期程
鳳山溪	3.1	4.5	臨海工業區	108 年
福田	6.0	13.0	台中港工業專區	109 年
臨海	建設中	1.0	臨海工業區	108 年
永康	設計中	1.5	南科園區	108 年
安平	12.8	6.0	南科園區	108 年
豐原	設計中	2.0	中科園區	108 年
合計		28.0		



圖 7 內政部推動 6 座再生水廠示範推動案例位置圖

理廠放流水回收再利用供應高雄臨海工業區，預計於 106 年完成第一期工程，每日約 2.5 萬噸之再生水，終期（108 年）可供應 4.5 萬噸。

### 海水淡化

台灣四面環海，具有豐沛海水資源，海水淡化具有水源不受乾旱影響、供水穩定、興建時程短、擴充容量彈性大及佔地面積少等優點，雖台灣本島地區海淡成本目前高於傳統水資源，但西部地區水資源愈來愈吃緊，新興產業開發案件幾已無餘裕水量可供核配，海淡水已成為必要選項之一，且隨著調度農業水源成本增加（如南科調度農業用水成本〔原水 + 處理費〕約 18 ~ 20 元/噸），且後續推動耗水費後，亦將提高現有自來水購水成本，因此海淡水被接受度已有提高之條件。

目前水利署已完成桃園、新竹、彰濱、台南等海淡廠興建調查及規劃，另高雄海淡廠規劃調查則進行中（103 ~ 104 年）。而為釐清用水人對於海淡水水質之疑慮，並且已持續於新竹設置海淡模廠進行水質及產水穩定性試驗（詳表 4 及圖 8）。

表 4 水利署已規劃台灣本島海水淡化廠

海淡廠	產水能力 (萬噸/日)	供水對象
桃園	3.0	桃園科技工業區
新竹	3.0	竹科園區
彰濱	25.0	彰濱工業區
台南	10.0	南科園區及區域用水
高雄	20.0	規劃中
合計	60.0	-

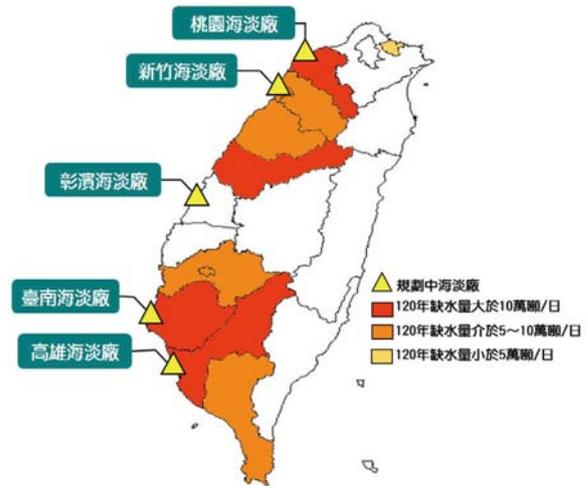


圖 8 台灣本島已規劃海水淡化廠

上述已規劃海淡廠主要供應對象多為用水需求較為迫切且集中之大型工業區或高度缺水地區，包括桃園海淡供應桃園科技工業區、新竹海淡供應新竹科學園區、彰濱海淡主要供應彰濱工業區等。因海水淡化供水成本（含建設及營運成本）約 30 ~ 36 元/噸，如依使用者付費原則，該用水成本遠高於現行自來水價平均 10.7 元/噸，致使工業用水戶大規模投資海水淡化廠及使用海淡水意願較低。台灣本島目前僅有台灣電力公司所投資開發之核三廠海水淡化廠 1,130 噸/日供應電力用水外，其餘本島地區尚無成功推動營運案例。

因海淡成本高於現行水價，未來台灣本島地區推動興辦海淡廠案例將研議比照內政部營建署推動水再生利用示範廠模式，由政府投資海淡示範廠建設經費，並由地方政府、自來水公司或開發單位（工業區）負擔後續營運費用；至於海淡水供應方式，則可評估專管供應或納入自來水系統供應，並視用水需求與用水單位共同研商檢討推動。

### 強化區域水源調度能力

限於台灣本島降雨時空分配不均，及各地區用水需求不同，水源供應狀況均所有不同，而受氣候變遷致降雨異常加遽及南北水資源豐枯差異更趨懸殊，後續需要持續強化區域間水資源調配能力，建置水源及自來水備援供水系統，以於枯旱時期或緊急情況進行區域間備援調度供水，且可將水源較充裕地區之餘裕水源作中長期調度支援鄰近水源較為缺乏之地區，將剩餘水量作區域水源相互調度，可促進區域間水源互相支援，以有餘補不足，讓水資源供水效率與利用效能達到最大化。

在執行面部分，水源調度可概分為：上游水源透過水庫聯合運用、下游透過自來水幹管相互聯通以提升水源利用效率、設置中、下游調蓄水設施。例如，新店溪翡翠水庫水源因較為充沛，經評估檢討餘裕水源可調配供應至石門水庫供水區之板新地區，降低石門水庫供水負擔，並可提高桃園地區供水能力及降低缺水風險。

目前台灣本島自來水供水系統可概分為台北市、板新、桃園、新竹、苗栗、台中、彰化、雲林、嘉義、台南、高雄及屏東、台東、花蓮、宜蘭、基隆等分區，由於各地區水源供需不一，現階段水利署及台灣自來水公司已檢討台灣各地區水資源供應條件及用水需求，持續辦理區域水資源調配及供水管網系統建置（詳表 5）。其中，在北部地區已推動板新地區供水改善計畫（101 萬噸／日）、大漢溪水源南調桃園工程（51 萬噸／日）、南北桃連通管（17 萬噸／日）、及桃竹雙向供水管線（10 萬噸／日）等，未來全數完成後可將水源較充裕之新店溪翡翠水庫餘裕水源供應至石門水庫新北市供水區（含板橋、泰山、五股及新莊）等，並將石門水庫水源儘可能控留供應桃園地區，且未來桃園及新竹地區亦可透過已完成之桃竹雙向供水管進行相互支援調配，達到互通有無及調配供水功能。另中部地區已推動永和山水庫送新竹管線（12 萬噸／日）、大安大甲溪水源聯合運用輸水工程（最大調度能力 150 萬噸／日）及台中支援彰化管線（9 萬噸／日）等；南部地區已推動烏山頭淨水廠經北幹渠支援嘉義（10 萬噸／日）、南化水庫與高屏溪攔河堰聯通管路（50 萬噸／日）、台南與高雄地區清水輸水管線（南高一線，40 萬噸／日）及台南高雄水源聯合運用調度輸水工程（25 萬噸／日）等。

而透過上述跨供水系統之水源及自來水連通工程將各區水源逐步串接，可擴大各水源設施調配供水範圍，並可與鄰近水源設施進行總體調配運用，於枯水期或緊急情況下，作短期備援供水或中長期聯合調配運用，且在氣候變遷影響下局部性或地區性強降強雨發生預期會更加頻繁，未來更有需要透過相關水源及自來水設施將無法蓄存於水庫之河川剩餘水量調配至鄰近地區之水庫

表 5 台灣本島區域水源及自來水調度工程計畫推動情形

區域	調配工程（設施）	調配水量（萬噸／日）	推動情形
台北、板新、桃園	板新地區供水改善計畫一期工程	53.0	已完工
	板新地區供水改善計畫二期工程	48.0	建設中，預計 104 年第 1 階段通水 19 萬噸／日，107 年第 2 階段通水能力提升至 48 萬噸／日。
	大漢溪水源南調桃園工程	51.0	建設中，預計 104 年完工
桃園、新竹	南北桃聯通管線	17.0	已完工
	桃竹雙向供水管線	10.0	已完工
新竹、苗栗	永和山水庫送新竹管線	12.0	已完工
苗栗、台中	大安大甲溪水源聯合運用輸水工程	150.0	二階環評中，預計 111 年完工
台中彰化	台中支援彰化管線	9.0	已完工
彰化雲林嘉義	湖山下游自來水工程	2.0	建設中，預計 105 年完工
		35.2	
		5.0	
嘉義、台南、高雄	烏山頭淨水廠經北幹渠支援嘉義	10.0	已完工
	烏山頭淨水廠至嘉義義竹管線	7.7	已完工
	台南與高雄地區清水輸水管線（南高一線）	40.0	已完工
	南化水庫與高屏溪攔河堰聯通管路	50.0	已完工
	台南高雄水源聯合運用調度輸水工程	25.0	推動中，預計 108 年完工
高雄、屏東	東港溪攔河堰送鳳山淨水場管線	50.0	已完工

供水區作最佳利用，以儘可能減輕水庫供水負擔並蓄存留待枯水期使用，提升枯水期水庫供水能力。

### 結語

1. 水資源建設是提升國民生活品質及促進社會經濟持續發展的關鍵基礎建設，尤其在氣候變遷異常水文條件衝擊下，台灣水資源經理將透過推動「天然水資源開發利用總量管制」手段，落實多元化水資源開發策略，達成水資源永續利用目標。
2. 透過擴大多元水資源利用，可降低天然水資源供給壓力、分散供水風險並提升供水穩定，亦可藉由廢污水回收再生利用可減少污染排放並增進環境保育，及帶動國內水利產業發展、培植造水技術與維護國家經濟生產競爭力。
3. 位處高缺水風險地區及鄰海之大型工業區，包括桃園科技工業區、新竹科學園區、台中港區、彰濱工業區及台南科學園區等，未來新增產業用水須以區域再生水、海水淡化為優先供應，以解決天然水資源不足問題，並兼顧產業發展與水資源供需平衡。

### 參考文獻

1. 經濟部水利署，廢污水廠放流水再利用潛勢及推動策略，民國 98 年 3 月。
2. 經濟部水利署，氣候變遷對水環境之衝擊與調適研究，民國 99-102 年。
3. 莊順興，廢污水回收再利用技術評估推動新生水成功案例分享，財團法人中技社，民國 100 年 10 月。
4. 黃宏甫、江俊生，臺灣地區多元化水資源開發策略，水資源管理會刊，民國 101 年 12 月。

