

# 現代多元化水資源開發之展望

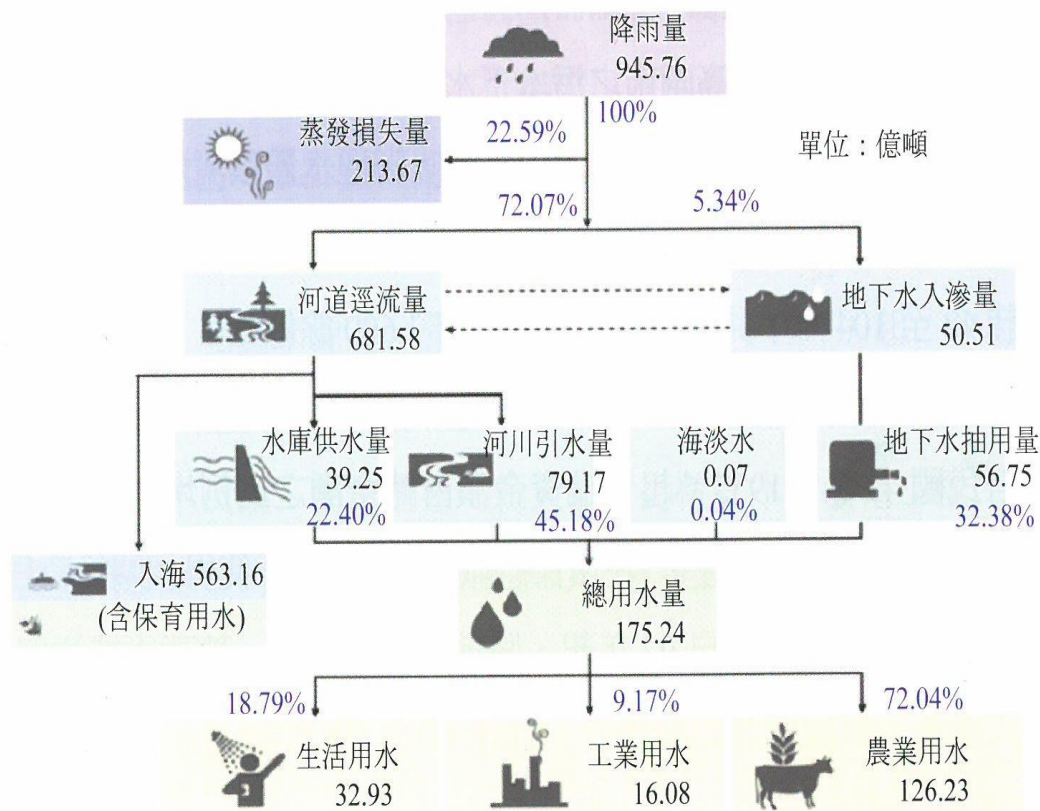
林得志

水利技師兼黎明工程顧問股份有限公司董事長

## 一、概述

台灣屬亞熱帶的海洋國家，年平均降水量約 2,500mm，是多雨地區之一，全島面積約 3.6 萬平方公里，年平均總降水量約 945.76 億 m<sup>3</sup>。

台灣總人口約 2,350 萬人，即每人每年有 4,024 m<sup>3</sup> 的降水量，每天有 11.00 m<sup>3</sup>/人，是降水量豐沛的國家，但是年降雨分佈豐枯不均，地形陡，降雨大部份流入海洋，有效利用的水量僅為 175.24 億 m<sup>3</sup>，約佔降水量之 18.5% 而已。據水利署 70 週年紀念專刊，水資源利用結構如下圖：



水資源利用結構 民國 95 年至 104 年平均值

台灣水資源的利用，大都是靠取用河川逕流水、蓄水庫及抽取地下水。台灣雨量看似豐沛，卻因降雨豐枯不均，80%左右的雨降在5~10月夏季颱風期，且因地形陡峭，無法滯留利用就流入大海，河川逕流水以取水口或攔河堰取水，在5~10月以後河床逐漸枯竭，11月至翌年4月都要靠蓄水庫來供水。

現有水庫容量太小，又因淤積，庫容減小。每年豐水期(5~10月)所蓄存的水量要用到隔年4~5月，常常不足，如沒有春雨補充，或5月的梅雨遲到，就有旱象發生，甚至農業第一期稻作無法播種。

台灣北部有翡翠水庫、石門水庫等供水，冬春雨量較多，過去的經驗是較不會缺水的地區，但是由於極端氣候的影響，以及桃竹地區高科技製造業快速發展，用水量增加，近幾年桃竹地區都產生缺水現象，高科技廠商常自行準備水車要運水補充。

台灣中部地區有大安、大甲、烏溪水系，算是比較不會缺水的地區，但是近年中科園區及大大小小的工業區林立，用水量急速增加，也逐漸感受到缺水的壓力。

南部台南雖然有曾文、烏山頭及南化水庫，但是南部春雨偏少，嘉南平原又是台灣的糧倉，灌溉用水量很大，加以近年來南科工業區的開發吸引眾多高科技廠進駐，光是台灣之光台積電大興土木蓋7奈米、5奈米及3奈米積體電路廠，12"每片矽晶圓要用4 m<sup>3</sup>的水，雖然高科技廠之用水都有環保利用與節水措施，但對台南工業供水仍造成壓力。

大高雄地區水資源幾乎依靠高屏溪之逕流水，2~5月枯水期的逕流水常常小於計畫取用水量，必須從南化水庫以專管輸送補充。高屏河流域面積大，但是山坡地涵養不佳，加以921地震導致土石鬆動、逕流水濁度高。大地震歷經20年，所受影響還未完成全恢復，如果久旱不雨，河川逕流量也會逐漸枯竭，雖然有開發取用伏流水，還是有缺水的危機。

台灣5~10月的洪水期，主要是颱風帶來大量的雨量才能裝滿水庫，在10月底之前要能將水庫裝滿，才能用到翌年的4月，其實就算水庫裝滿，春雨稀少也會缺水。

今年(2020年)非常不尋常，竟然沒有颱風襲台，所以豐水期(5~10月)雨量不足，水庫大都蓄水5成左右，秋雨僅為歷年的4成，是20幾年來最嚴重的枯旱年。近一年來，在媒體上常常看到缺水的資訊。

2020/5/20水利署長賴建信接受「鏡周刊」專訪：「台灣雨量看似豐沛，卻因地形陡峭與極端氣候的影響，能留下作為水資源的僅有19%，其餘都將蒸發或流入大海，如何聰明運用有限的水資源，成為水利署最重要的課題，面對瞬息萬變的水情，超前部署絕非口號，而是必要完成的目標。」

今年水情已嚴重到必須移用灌溉用水，桃園地區已停灌，嘉南地區明年一期稻作也已宣布停灌。

台灣已成為高科技之島，製造業之半導體(含封測廠)及面板廠林立，都是高耗水產業，但是產值龐大，萬一缺水停產，損失將非常嚴重，目前因為氣候異常，枯旱頻率越來越高，加以水庫淤積容量減少，缺水情形越來越不樂觀，必須積極開發新的水資源予以因應。

茲從降雨至流入海之水文循環中的所有環節，探討所能開發的水資源量，敘述如下各節。

## 二、水源涵養

台灣高山的水土保持與森林保育由農委會的林務局管轄，低海拔則由水土保持局管轄。林務局較注重植樹與林相管理維護。水土保持局較注重水土保持工程的施作。綜觀兩局，在中央政府的年度預算內，近乎每年固定預算執行例行業務，在廣大的山地面積上，要做好水土保持與森林保育，實在杯水車薪，似無法顯現水源涵養的具體成效。

森林保育對涵養水源確實非常重要。去過日本的人都有感覺，日本的山坡地一片綠油油，森林覆蓋率高，保育良好，寧可進口木材，也不伐木作為建材。

台灣高海拔，由林務局所管轄者，大多為國有林地，林相管理還好，但是水土保持局所管的低海拔，私有地多，濫墾濫伐，土地利用複雜，完整的林相不多，要靠政府的力量來植樹成林似乎很難做到，所以要善用全國民間的力量共同來做。

植物吸收二氧化碳吐出氧氣，現今地球過度排放二氧化碳，造成地球暖化，氣溫升高、氣候異常之際，森林對保護地球更形重要。

據 2020 年 9 月 6 日經濟日報

「森林保育抵碳排 成了大生意」

美國加州率先實施新制 英國石油看好市場前景 斥資上億美元投入 累積「綠色籌碼」

在各國制定更嚴格的排碳法規之際，英國石油 (BP) 等能源巨頭看好「碳抵換」(carbon offset, 又稱「碳補償」) 的市場前景，紛紛提早布局以累積「綠色籌碼」，讓「森林保育」也成了一門大生意。

華爾街日報報導，加州已領先全美實施「碳排管制與交易」(cap-and-trade) 機制，藉由提高企業在加州營運所造成的汙染成本，減少溫室氣體排放，同時給予保育

森林的企業碳抵換額度作為獎勵；碳抵換額度是一種氣候變遷通貨，企業可購買以抵減一部分的排碳量。

BP 等能源巨擘押注這項機制將廣獲採用，尋求保護大片森林，保育的範圍甚至已超過在加州取得碳抵換額度所需，促使「自願性碳抵換」市場蓬勃發展。企業在付錢給地主、換取不砍樹後，能表明已把數以噸計的碳封存在現有的樹木裡，不僅有益於公共關係與達成減碳目標，還能吸引重視生態和社會責任的投資人。

BP 自 2016 年來已斥資上億美元，買下逾 4,000 萬噸二氧化碳當量的碳抵換額度，去年秋季更耗資 500 萬美元，投資賓州一家幫助地主創造並銷售碳抵換額度的企業 Finite Carbon，協助該公司雇用更多林務員，並開始運用衛星評估生質物(Biomass)，取得更多能用於自願性碳抵換市場的額度。

BP 已要求 Finite Carbon「盡快」產出自願性的碳抵換額度，不僅能自用，還可與其他想改善碳排的企業交易；BP 預期將以現在買賣油氣的方式，交易碳抵換額度。BP 創投部門董事總經理吉梅涅茲表示，這筆投資是要壯大這塊新市場。

加州的交易制度將隨時間愈來愈嚴格，也會創造出相應數量的碳排放配額(allowance)。

煉油商、燃料進口商及公用事業商會競購這些配額，以抵減排碳量。加拿大魁北克省 2014 年將其碳排交易計畫與加州的機制相連結，歐盟則經營另外一套交易機制。

若其他政府加入加州構建的碳排管制與交易市場，自願性碳抵換額度的價值將一飛沖天，甚至可能就像在一檔熱門科技股在首次公開發行股票(IPO)前，先持有這些炙手可熱的股票。

Finite Carbon 總裁卡尼表示，一如未上市的股票，自願性碳抵換額度的交易頻率不高，價格變動幅度也很大，最近為平均每噸 6 美元。去年加州碳抵換額度的平均易手價格為每噸 14.15 美元，近期為約 13 美元。」

最近在投資市場正風行評估企業社會責任，即 ESG 準則，E(Environment)環境、S(Social)社會及 G(Governance)公司治理。

ESG 不只是一種理念、議題，還進入企業的 DNA。ESG 也會跟未來監理方向連結，是公司治理評鑑標準。公司有沒有落實 ESG，是金融業放款授信的參考標準。沒有 ESG 就沒有 EPS(每股稅前盈餘)。ESG 風潮是永續經營的關鍵。

ESG 已成為投資新顯學，愈來愈多共同基金將 ESG 準則納投資流程中。推動 ESG 可助企業脫穎而出，重塑企業價值。

據 2020 年 9 月 17 日 鉅亨新聞

「全世界最大的半導體封測公司，日月光投控攜手羅東林管處，將種 1.3 萬棵樹永續環境。」

日月光文教基金會今（17）日指出，為環顧山林、永續環境，將攜手林務局羅東林管處，在北宜公路縣界公園旁山坡上種樹，預計三年種下 1.3 萬棵樹，為復育森林盡一份心力。

日月光表示，集團今年起為期三年，捐助農委會林務局羅東林區管理處 260 萬元，認養羅東林管處轄內約 12 公頃的國有林地，推動森林及環境資源復育，為保護地球環境略盡棉薄，以淨化空氣品質、涵養水源。

據以上所述，山坡地的森林將是有價的碳交易最好標的，如能風雲際會的利用企業的 ESG 準則，將山坡地劃分為  $1,000\text{m} \times 1,000\text{m} = 100\text{ha}$ ，即每一區塊 100 公頃，建立碳交易制度，由企業購買，價金做為該區塊內植樹，或補助土地所有者植樹，及僱用人員施行森林保育，或鼓勵企業認養該區塊，如同日月光公司的模式。

台灣上市櫃公司 2,000 家以上及未上市大規模公司很多，如果有 1,000 家響應即有 10 萬公頃的山坡地獲得植樹與保育，將對水資源保育與利用做出貢獻。建議政府規劃最需植樹的區塊，建立制度並引導民間公司投入認養，以涵養水源。

台灣是世界上排放二氧化碳的大國，為盡力保護地球，環保署正在研擬向企業課徵碳稅，每噸約 110 元，即製造業每排放一噸的二氧化碳，必須繳納 110 元給政府，以抑制二氧化碳的排放，此碳稅的課徵金額必然龐大，可專款應用於森水源涵養是水資源開發最基本，也是最重要措施，政府應引導並善用民間力量來做，由上述歸納以下三項：

1. 建立「碳排管制與交易」(cap and trade)機制，設立保育森林的碳權買賣機制。
2. 趁 ESG 熱潮，引導企業認養森林保育。
3. 課徵碳排稅，專款用於森林保育。鼓勵私有地植樹每公頃 10 萬元。私有林如果不砍伐，每年每公頃補助 2 萬元，此措施農委會已經在實施，建議擴大辦理。

### 三、河川逕流水

據水資源利用結構，年平均河川引水量 79.17 億  $\text{m}^3$ ，佔總用水量之 45.18%，可見河川逕流水的引用非常重要。台灣山陡雨急，保水不易，大部分急流入海。年平均流入海之水量 563.16 億  $\text{m}^3$ ，是引水量之 7.1 倍，可見還有開發利用之空間。早期在河

川引水多是選在凹岸設進水口引水，現代多設攔河堰取水，攔河堰是在河川中築低壩，抬高水位，固定水頭，引取河川的逕流水。

台灣現況河川逕流水的引用，主要為石岡壩及集集攔河堰，該兩壩原設計都有容量可調節水量。石岡壩於 921 大地震後，壩址抬高，已無蓄水功能。集集攔河堰上游淤積，實際運用也已無蓄水調節的功能。該兩座攔河堰是建在大甲溪及濁水溪上游出山谷處，攔截大量的逕流水，供下游工業用水、灌溉用水及自來水之用，是最重要的供水樞紐。另外，高屏溪攔河堰每天引水 100 多萬  $m^3$  供大高雄用水，其他河川灌溉用水的攔河堰與進水口很多，譬如大甲溪的白冷圳等等。

攔河堰興建容易，沒有用地問題，應該要設法開發。茲舉一例如下：

水利署中區水資源局於民國 94 年 6 月規劃完成「烏溪大度攔河堰工程可行性報告」。烏溪位於中部的彰化與台中之間，流域面積 2,025.6 $km^2$ ，大肚流量站歷年平均逕流量約 36.55 億  $m^3$ ，規劃於國道 1 號橋下游約 700m 處建攔河堰，計畫最大供水量為 80 萬 CMD。堰址逕流水豐富之原因，除烏溪流域面積大之外，堰址上游右岸匯入大里溪、旱溪、筏子溪等台中都市內的河川，該等河川除了本流域降雨的逕流之外，尚匯集引自大甲溪之灌溉尾水及自來水、工業廢水等，最終流入烏溪，也因為如此，民國 94 年的規劃，認為水質不好而擱置計畫。十多年來台中市政府已經建設完成污水處理廠(水資中心)，並且用戶接管率達 70%，水質已大幅度改善，水質不好的問題應已消除。此攔河堰應值得開發。

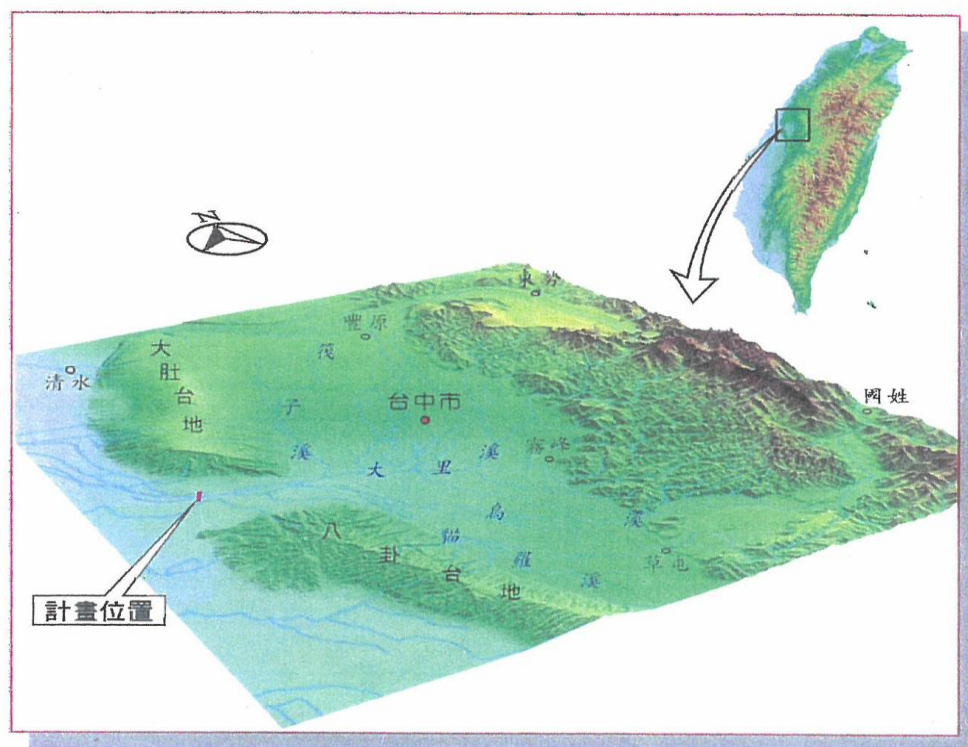


圖 1-2-1 大度攔河堰計畫位置圖

台灣河川小型的攔河堰似已開發，將來應朝大型的河口堰興建。河川出海口逕流量最大，建河口堰取淡水，又兼防海水入侵。

河川引取逕流水只能引取平時的河水，下大雨產生洪水時通常不取水，只讓它流入大海，因為很多灌溉取水口，既然下大雨也就不需要灌溉，所以就不引水，但是在枯水期，河床乾涸也無水可引。所以在引水操作上，在進水口下游開發兼具水資源用途的滯洪池，洪水期可多引水，將滯洪池灌滿備用，或者將輸水渠道與水稻田當成滯洪設施，在不影響作物生長原則下，盡量灌滿水，做為地下水補注池。

#### 四、水庫蓄水

據水資源利用結構顯示，水庫供水量年平均 39.25 億  $m^3$ ，佔全部供水量之 22.4%，是最重要的供水來源之一。據表 4-1，台灣重要的水庫有 24 座，原設計容量共計 228,780 萬  $m^3$ ，除寶山第二水庫及湖山水庫之外，其他都是老舊水庫。由於台灣山區地質年代淺、土質鬆散、暴雨強度大、水庫淤積嚴重，據表 4-1 現況有效容量為 169,584 萬  $m^3$ ，與原設計相比減少 59,196 萬  $m^3$ ，減少百分比為 26%，即剩餘容量為設計容量之 74%，尤其石門、曾文、南化三座大容量的水庫，是主要供水水來源，因為淤積非常嚴重，如不設法改善，將產生供水危機，茲以下列方案增加水庫蓄水量。

##### 1. 水庫清淤

老舊水庫都沒有底部的排砂隧道，淤砂無法重力排除，在蓄水營運之際，根本無法放空庫底來增設排砂道，在日本有幾座水庫施作繞庫排砂隧道，隧道很長，工程規模很大，台灣的水庫也沒有這樣的地形條件。曾文水庫於 2018 年增建完成的排砂隧道，是以象鼻狀的鋼管伸入水庫底，可以重力排除洪水帶來之異重流的泥砂，但是沒有颱風帶來暴雨，即沒有產生洪水，也就沒有辦法排砂。目前興建中的石門水庫阿姆坪排砂隧道，明年(2021 年)應該會完工，該排砂隧道在洪水高水位時，可以重力排砂。在枯水期，庫水位低時，可以採砂經由排砂隧道輸往水庫外。該工程完成後，年可防止淤砂 64 萬  $m^3$ 。既有老舊水庫要增設庫底之排砂隧道，工程艱鉅、施工困難、耗費龐大經費，但是總不能讓水庫繼續淤積，成為攔砂水庫，而逐漸失去庫容，所以石門水庫阿姆坪下游的大灣坪排砂隧道，似有興建的必要。台灣的水庫庫容運用率平均大約 2 倍，意即水庫每淤積 1  $m^3$  的泥砂，水庫每年供水量就少 2  $m^3$ ，而石門水庫的庫容運用率很高在 3-4 倍，所以石門水庫的清淤最有價值。

興建新的水庫非常困難，目前興建中只有烏嘴潭，四年後才能完成，庫容只有 1,450  $m^3$ ，所以既有水庫的庫容維持很重要，每座水庫每年的清淤量應該大於淤積量，以確保庫容不再減少。

已有排砂道者，在洪水期操作排砂，或者利用取出水工做排砂操作。另外，於水

庫蓄水區內，用抽砂船抽砂，並佈設輸泥管輸送至下游河道，經由排洪時將泥砂沖刷入海，也可在下游左右岸河川公地內設儲泥池，暫置於池內，俟乾燥後再運往下游填置低窪地區。在枯水期，尤其乾早年份，水庫蓄水範圍縮小，上游淤積暴露，則可以陸挖方式，以挖土機配合運土卡車，運往下游棄置或可利用作為混凝土管材。

經常性的清淤非常重要，不要讓庫容再萎縮。清淤比新建水庫還便宜。庫容使用率高者，清淤價值比較高，即石門水庫每清淤 1 m<sup>3</sup> 的價值比曾文水庫清淤 1 m<sup>3</sup> 者高。

表 4-1 台灣重要水庫庫容一覽表

水庫名稱	原設計容量 (萬 m <sup>3</sup> )	現況有效庫容 (萬 m <sup>3</sup> )	容量減少 (萬 m <sup>3</sup> )	容量剩餘百分比 (%)
新山水庫(離槽)	1,009.0	990	19	98.1
石門水庫(在槽)	30,912.0	19,740	11,172	63.9
翡翠水庫(在槽)	40,600.0	33,399	7,201	82.3
寶山水庫(離槽)	550.0	504	46	91.6
寶山第二水庫(離槽)	3,190.0	3,147	43	98.7
明德水庫(在槽)	1,650.0	1,224	426	74.2
鯉魚潭水庫(離槽)	12,277.6	11,449	828	93.3
日月潭水庫(離槽)	15,057.0	12,858	2,199	85.4
霧社水庫(在槽)	14,600.0	4,020	10,580	27.5
湖山水庫(離槽)	5,139.0	5,085	54	98.9
仁義潭水庫(離槽)	2,782.0	2,532	250	91.0
曾文水庫(在槽)	63,120.0	51,002	12,118	80.8
烏山頭水庫(離槽)	10,377.0	7,828	2,549	75.4
南化水庫(離槽)	14,946.0	9,145	5,801	61.2
阿公店水庫(離槽)	4,500.0	1,510	2,990	33.6
牡丹水庫(在槽)	3,056.0	2,633	423	86.2
西勢水庫(在槽)	56.0	40	16	71.4
大埔水庫(在槽)	940.0	530	410	56.4
頭社水庫(在槽)	26.2	21	5.2	80.2
白河水庫(在槽)	2,509.3	741	1,768.3	29.5
虎頭埤水庫(在槽)	107.0	106	1	99.1
鏡面水庫(在槽)	115.0	98	17	85.2
鳳山水庫(離槽)	850.0	719	131	84.6
澄清湖水庫(離槽)	412.0	263	149	63.8
合計	228,781.1	169,584.0	59,197.1	--

備註：

- 1.現況有效庫容資料來源：經濟部水利署各項用水統計資料庫。
- 2.台電發電專用水庫不計在內。
- 3.小水庫及埤塘不計在內。



## 2. 水庫加高

由於優良水庫壩址稀少，用地與環境影響巨大，現有水庫如能加高，以增加庫容，將比較容易施行。

依據經濟部水利署水利規劃試驗所民國 100 年 12 月「現有水庫加高可行性評估」檢討評估結果，該計畫針對國內 20 座具有指標及代表性之水庫進行加高檢討評估，評估標的水庫綜整如下表：

表 4-2 加高檢討計畫評估之 20 座水庫基本資料

地區	河川流域	水庫名稱	供水標的	管理單位
北部 (7 座)	淡水河	新山水庫	公共給水	台水公司
		西勢水庫	公共給水	台水公司
		翡翠水庫	公共給水、發電、防洪	翡翠水庫管理局
		石門水庫	公共給水、灌溉、發電	北水局
	頭前溪	寶山水庫	公共給水、工業用水	台水公司
	中港溪	寶二水庫	公共給水、工業用水	北水局
		大埔水庫	灌溉、工業用水、防洪	苗栗水利會
中部 (4 座)	中港溪	永和山水庫	公共給水、灌溉	台水公司
	後龍溪	明德水庫	公共給水、灌溉、觀光	苗栗水利會
	大安溪	鯉魚潭水庫	公共給水、灌溉、觀光	中水局
	大甲溪	德基水庫	發電、公共給水、灌溉、防洪、觀光	台電公司
南部 (9 座)	八掌溪	蘭潭水庫	公共給水、觀光	台水公司
		仁義潭水庫	公共給水、觀光	台水公司
	急水溪	白河水庫	公共給水、灌溉、觀光	嘉南水利會
	曾文溪	曾文水庫	公共給水、灌溉、發電、防洪、觀光	南水局
		烏山頭水庫	公共給水、灌溉、觀光	嘉南水利會
		南化水庫	公共給水	台水公司
		鏡面水庫	公共給水	台水公司
	四重溪	牡丹水庫	灌溉、公共給水、觀光	南水局
	高屏溪	鳳山水庫	公共給水、工業用水、觀光	台水公司

除上述加高可行性評估外，該計畫亦針對水庫加高之必要性進行評估，評估結果綜整如下表：

表 4-3 加高檢討計畫之水庫加高必要性評估結果

地區	水庫名稱	用水需求 必要性	淤積潛勢必 要性	加高必要性 評估結果
北部 (4 座)	西勢水庫	具備	通過	具必要性
	翡翠水庫	不具備	—	具必要性
	寶山水庫	具備	—	具必要性
	寶二水庫	具備	—	具必要性
中部 (1 座)	鯉魚潭水庫	具備	通過	具必要性
南部 (3 座)	南化水庫	具備	通過	具必要性
	鏡面水庫	不具備		
	牡丹水庫	具備	通過	具必要性

由前述評估結果，該計畫建議最適當進行水庫加高之標的有：(1)西勢水庫；(2)鯉魚潭水庫；(3)南化水庫；(4)牡丹水庫。以上水庫加高規模與加高後可增加庫容綜整如下表：

表 4-4 水庫加高規模與加高後可增加庫容綜整一覽表

地區	水庫名稱	壩頂 高程(m)	加高後 高程(m)	加高 規模 (m)	加高前總 庫容(萬 m <sup>3</sup> )	加高後總 庫容(萬 m <sup>3</sup> )	加高後總 庫容增加 (萬 m <sup>3</sup> )
北部 (1 座)	西勢水庫	73.6	92	18.4	56	303.4	247.4
中部 (1 座)	鯉魚潭水 庫	306	310	4	12,612	17,205.3	4,593.3
南部 (2 座)	南化水庫	187.5	207.5	20	15,800	22,739	6,939
	牡丹水庫	145	155	10	2,940	4,140	1,200

另外，寶二水庫常水位 EL. 150m，如提高至 EL. 151.35m，可增加 200 萬 m<sup>3</sup> 之庫容，此案目前已實施中。

南部台南、高雄半導體業者台積電、聯電等建廠熱烈，用水量龐大，加以氣候異常，將來必然會缺水，用水主要依賴曾文、南化與烏山頭水庫，但是曾文與南化淤積嚴重，烏山頭完成已滿 90 年，雖然是離槽水庫，庫容從 15,416 萬 m<sup>3</sup> 至今剩 7,668 萬 m<sup>3</sup>。該水庫原設計常水位 EL. 60.60m，於 1973 年曾文水庫完成後，將溢洪道之插板拆除，營運常水位降至 EL. 58.18m。如能恢復至 EL. 60.60m，庫容可增加 2,432 萬 m<sup>3</sup>。

### 3. 新建水庫

水庫的興建，前置作業-調查規劃，必須花很多經費與很長的時間，具可行性後才可開工興建。水利署已完成規劃的水庫如表 4-5。

規劃結果可行，但是要實施卻很困難，主要為環保與用地問題。茲舉一例，興建中的烏嘴潭人工湖，是興建在南投縣草屯、烏溪左岸的台地上，現況是一片綠油油的水稻田，幾百公頃的良田要開挖成湖庫，地主強烈抗爭，很多人認為幾乎不可能興建，但是現在開工了，主辦機關功不可沒。

已經有在槽水庫淤積嚴重的經驗，新建水庫盡量不要選主河槽的水庫，宜多選擇離槽水庫、平地水庫、人工湖等，譬如石門水庫下游之中庄調整池與烏嘴潭人工湖。依此案例，規模小的人工湖庫尚有很大的開發空間。

為防淹水之平地滯洪池及灌溉埤塘，如桃園台地有幾百口埤塘，可蓄水做水資源運用，尤其在枯早年可作為救旱用水。

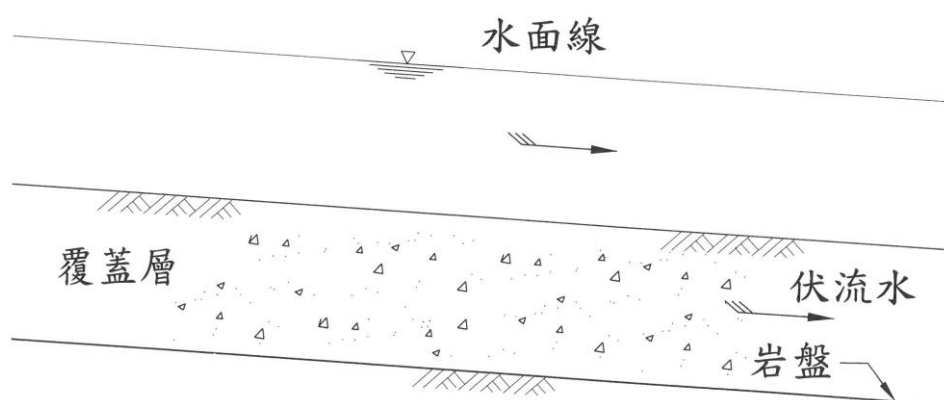
表 4-5 水利署已完成規劃的水庫

區域	水庫	完成時間 (民國)	有效庫容 (萬 m <sup>3</sup> )	供水量(萬 CMD)	備註
北區	雙溪水庫	118	1,700	12.6	已納入經理計畫
中區	天花湖水庫	118	4,791	26	已納入經理計畫
南區	鹿寮溪水庫 (加高後)	118	1,500	5	已納入經理計畫
	南化第 2 水庫	118	13,000	17	已納入經理計畫
	高屏大湖	120	5,500	34	擬縮小規模，供水量 10 萬 CMD
	士文水庫	118	6,559	12	已納入經理計畫
	台南大湖	120	1,500	10	已納入經理計畫滾動檢討(108 年)

## 五、河川伏流水

河川上游縱坡陡，沖刷河床，河床是岩石基盤。中下游淤積河床，河床上堆積有砂石，堆積層內飽含水份，儲存或流動。

伏流水(Hyporheic Flow)是指河床下非飽和土層內所蘊含之水流，也就是河床下的水流。伏流水並非地下水，是屬於地面水的一部份。



河川伏流水示意圖

當枯水期，河床近乎乾枯，取不到逕流水，但是河床下的堆積層仍有水在流動，保有水份，可說是河床下的地下水庫。

伏流水的取用，已經是水資源開發重要的一部份。在豐水期，河川逕流水流速及流量太大不易取水，或濁度太高時可取用伏流水，優先使用伏流水，蓄存水庫的水，以備枯水期使用。在枯水期，伏流水作為備用水源，供枯旱救急之用。

台灣最早使用伏流水工法取水者為日據時期 1923 年鳥居信平工程師，於屏東林邊溪建二峰圳，在河床下以取水廊道收集伏流水，設計取水量為 250,000CMD=2.89CMS，灌溉 970ha 的水稻田，目前仍是來義鄉飲用水及農業灌溉之重要水源。

目前為止，全台灣已開發的伏流水取水計 16 件，如下：

- |            |        |            |
|------------|--------|------------|
| 1. 林邊溪二峰圳  | 屏東縣來義鄉 | 25 萬 CMD   |
| 2. 力力溪南和圳  | 屏東縣來義鄉 | 13.9 萬 CMD |
| 3. 羅東攔河堰   | 宜蘭羅東鎮  | 20 萬 CMD   |
| 4. 竹寮取水設施  | 高雄市大樹區 | 20 萬 CMD   |
| 5. 翁公園取水設施 | 高雄市大寮區 | 20 萬 CMD   |
| 6. 九曲堂取水設施 | 高雄市大樹區 | 35 萬 CMD   |

7. 會結取水設施	高雄市大寮區	7 萬 CMD
8. 荖溪取水設施	花蓮縣壽豐鄉	6.7 萬 CMD
9. 六龜取水設施	高雄市六龜區	0.6 萬 CMD
10. 高屏堰上游傍河伏流水模場	高雄市大樹區	1 萬 CMD
11. 寶來溪取水設施	高雄市寶來區	0.12 萬 CMD
12. 花蓮和平溪取水設施	花蓮縣	1.4 萬 CMD
13. 濁水溪取水設施	雲林縣林內鄉	3 萬 CMD
14. 高屏堰上游取用伏流水	高雄市大樹區	10 萬 CMD
15. 高屏溪溪埔伏流水取水設施	高雄市大樹區	10 萬 CMD
16. 高屏溪大泉伏流水取水設施	高雄市大樹區	10 萬 CMD
	合 計	183.72 萬 CMD

台灣河床伏流水的蘊藏量大，尚有很大的開發空間，較大的河川，如高屏溪、濁水溪、曾文溪、大甲溪、大安溪、頭前溪、後龍溪、烏溪…等等都有蘊藏。如果以濁水溪估計，感潮段以上至二水，以 20km 長，河寬 1.5km，面積  $20 \times 1.5 = 30 \text{ km}^2$ ，覆蓋深 5m，孔隙率 0.2 計算蘊藏量  $30,000,000 \times 5 \times 0.2 = 30,000,000 \text{ m}^3$ 。

全台灣應有 3 億  $\text{m}^3$  以上，可說是很好河川地下水庫。

伏流水開發之優點，沒有用地問題、環境影響小、水質清潔、濁度低、工法純熟、施工快，作為備用水源很適合，比開發水庫快速與便宜。

建議每年至少開發 5 處，每日供水量增加 20 萬噸，年供水量可達  $200,000 \times 365 = 73,000,000$  噸。

## 六、地下水抽取

據水資源利用結構，年地下水入滲量 50.51 億  $\text{m}^3$ ，但是地下水抽用量年達 56.75 億  $\text{m}^3$ ，年超抽量 6.24 億  $\text{m}^3$ 。那是因為地下水取用很方便，鑿井抽水就有，農民私自鑿井抽水灌溉，工廠鑿井作為工業用水，養殖漁業抽地下水養魚蝦，尤其沿海低窪地養殖漁業發達，超抽地下水造成地盤下陷非常嚴重。政府已限制抽取地下，列定管制區，近年來已獲得成效，地盤下陷已緩和。

既然現況已超抽地下水，政府限抽管制嚴格，則要由地下水來增加供應水資源，是不妥當的，但是地下水層是一個龐大的地下蓄水庫，在特乾旱時期，仍有地下水可抽，可說是救旱的最佳水源，例如 2017 年行政院核定前瞻計畫-水環境-水與發展建設計畫，水利署據該計畫提出「防災備援水井建置計畫」以提高枯旱或緊急事件之應變能力，降低缺水風險，確保國家穩定發展，推動台灣之地下水防災緊急備援水井網建置工作。

2020年已完成台中地區緊急備援抽水量每日4萬CMD，及桃竹苗地區緊急備援抽水量每日4萬CMD，正好趕上今年嚴重的枯旱年之緊急使用。現況備援水井尚少，應每年評估施作，普及全台灣以備急需之用。

降雨至地面，經土壤入滲成為地下水，每年入滲量小於抽水量，超抽地下水，地下水位下降將影響生態。如果能採行人工補注地下水，將雨水儲存於地下水庫，可得到地下水資源的利用，也能救生態-防洪與防止地盤下陷。茲舉下例說明：

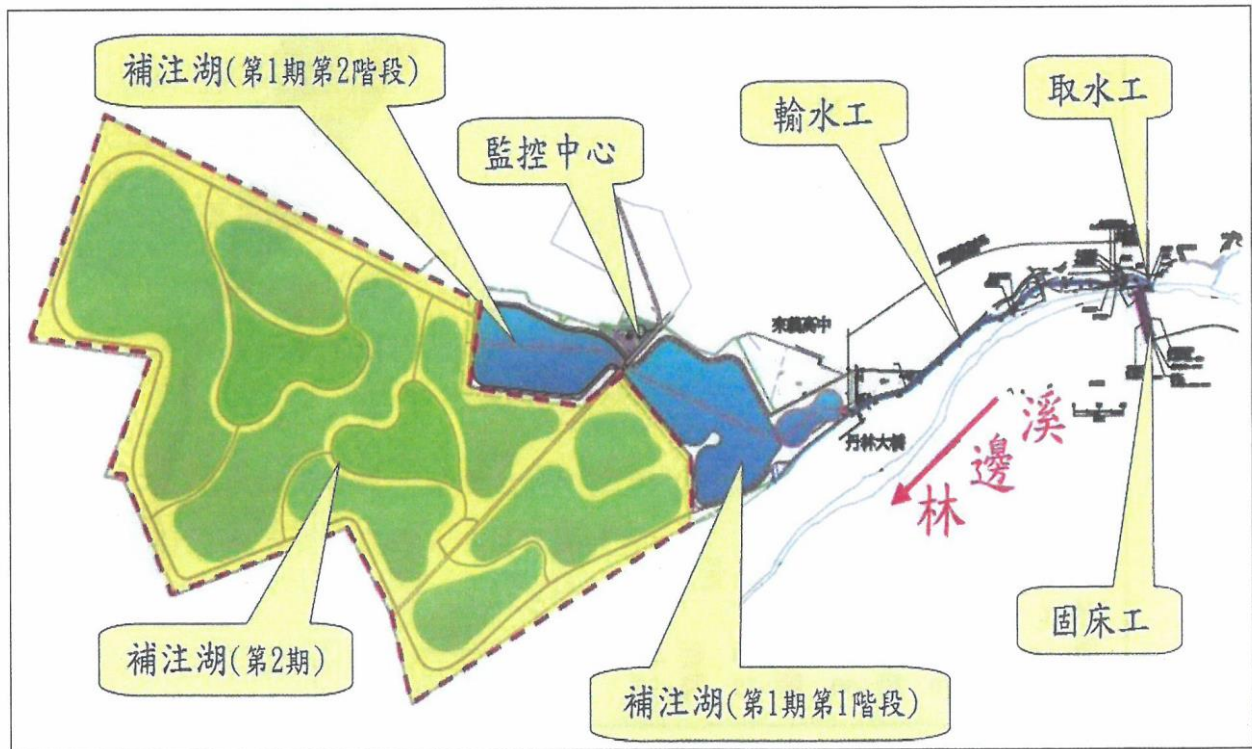
林邊溪發源於中央山脈，流長44.33km，於林邊鄉、佳冬鄉界注入台灣海峽。濱海地區養殖漁業盛行，致超抽地下水、地盤下陷、海水倒灌、排水不易、淹水嚴重。屏東縣政府於林邊溪沖積扇頂部之來義鄉，興辦「大潮州地下水補注工程」，興建50ha補注湖，引入林邊溪洪水期的河水入湖，補注入地下水。該工程於2017年6月完成，於7/25~10/21進行引水入湖，引水量約1,680萬m<sup>3</sup>，2018年5~9月引入水量約2,600萬m<sup>3</sup>。

引入之水量全入滲地下水系統，就是將洪水蓄存於流域平原之地下，形成地下水庫，如以年引入2,600萬m<sup>3</sup>入滲地下蓄存，而後抽水做為水資源利用，地下水層過濾之清水處理費用極低，作為自來水用的原水價以4元/m<sup>3</sup>計，年獲1億元。現今地面水庫造價昂貴，環保嚴峻之時代背景下，地下補注是另一水資源開發的途徑。

林邊河流域面積345.2km<sup>2</sup>，年平均逕流量有6.9億m<sup>3</sup>可開發利用。上述50ha補注湖是第一期，第二期補注湖面積250ha尚待開發。完成後將是全世界最大規模的人工補注湖。預估每天最大可引入1,000萬m<sup>3</sup>水量，年可引入補注水量估5億m<sup>3</sup>，比一個曾文水庫還好。除了水資源利用的效益外，尚有防洪功能，湖區也可種電(太陽光電)收入作為營運管理費。其他河川沖積扇頂部尚有可開發人工補注湖之處，宜積極開發。



地下水補注湖示意圖



林邊溪大潮州地下水補注湖平面位置圖

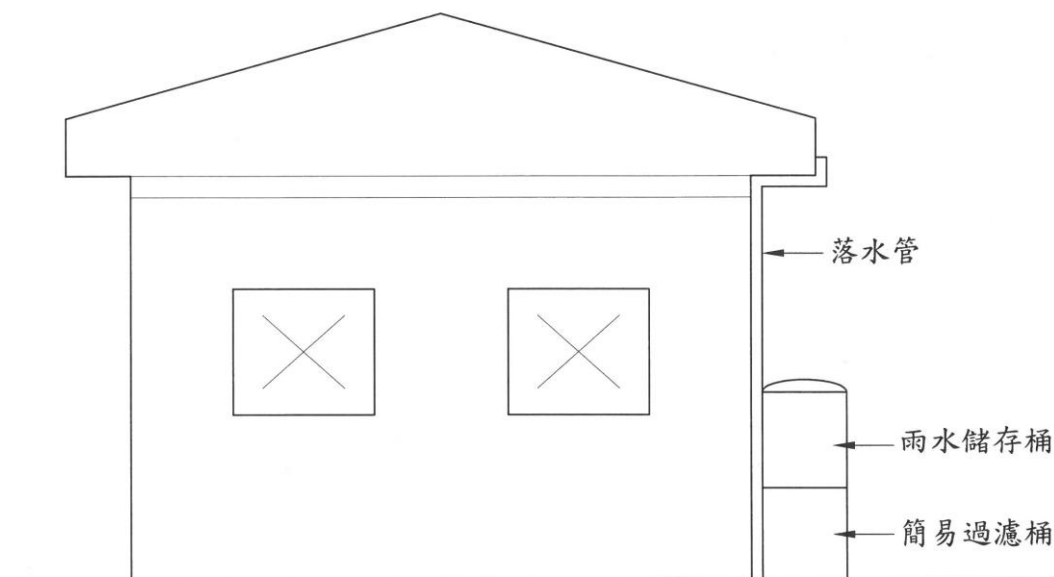
## 七、雨水儲存利用

所謂雨水儲存是指公私建築物及都市公共空間，將雨水儲存，作為洗滌、消防及花草澆灌之用，以節省自來水供水。

私人房舍每戶以 100 m<sup>2</sup> 計，年雨量 2,500mm，如能儲存 10% 的降雨量，則每戶每年可利用雨量為  $2.5\text{m} \times 100\text{ m}^2 \times 0.1 = 25\text{ m}^3$ 。

政府應以法令規定，新建房舍應設雨水儲存利用系統，才可以取得使用執照。舊有房舍增設雨水儲存利用系統給予補助，如能推廣 200 萬棟房舍，則每年可得雨水量  $25\text{ m}^3 \times 2,000,000 = 50,000,000\text{ m}^3$ ，每天量  $50,000,000 \div 365 \approx 137,000\text{CMD}$ 。

政府辦公廳舍，已經推動雨水儲存利用，譬如水利署辦公大樓前綠地下方及宿舍區都建有地下雨水儲存池，作為辦公園區花草澆灌之用。希望中央政府能以行政命令全國公有辦公廳舍都應設置，至於私有生產工廠，也應宣導設置。



房舍雨水收集示意圖

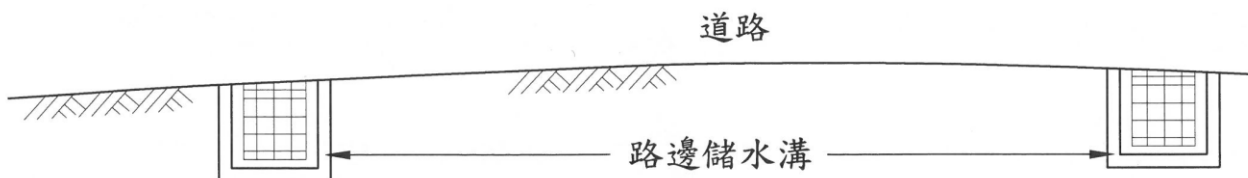
都市中有廣大的公共空間，如公園、綠地與道路，這些空間，如果能雨水儲存，也能降低洪峰，減輕都市淹水災害。

公園綠地設置地下儲水池，收集雨水儲存，不影響公園綠地之使用。另外道路幹線兩邊排水溝擴建（或改建）為雨水儲存水道。目前市售有再生塑膠製造之多空間結構預鑄排水溝，施工很方便。

都市內之地下雨水儲水池或路邊儲水溝，儲存雨水可作為綠美化澆灌用水，也可補注地下水，但應注重維護及淤泥清除與積水生蚊之害。



茲以六都市各設置 4 處公園地下儲雨池，每處 1ha，水深 1m，則有  $10,000 \times 4 \times 6 \times 1\text{m} = 240,000 \text{ m}^3$



每年使用 2 次，則年可使用量為 480,000  $\text{m}^3$ ，道路側溝儲雨，六都各設置 10km，則容量為  $10,000\text{m} \times 1.0\text{m} \times 2 \times 6 = 120,000 \text{ m}^3$ ，每年使用 2 次，則年可使用量為 240,000  $\text{m}^3$ 。

## 八、精進灌溉節水

台灣農業用水佔總用水量的 72.04%，平均每年用水量達 126.23 億  $\text{m}^3$ 。農田以水稻田為主。水稻最耗水，農民習慣漫灌法，大多超額灌溉。水稻本來就是很耗水的農作物，但是大量漫灌，不一定能豐收，適當的灌溉反使稻穗強壯而豐收，所以水稻灌溉有很大的節水空間，政府也看到這問題，水利署南區水資源局於 2020 年曾辦理「精進灌溉節水管理技術-以嘉南灌區為例」的試驗與研究，其初步結論節錄如下：

1. 本期(109 年)一期作水稻田間試驗結果得知，透過智慧灌溉操作系統試驗田之平均節水率為 1.7%~6.5%，與第二期(107 年)一期作試驗組平均節水率 2.9%~6.5%具相同趨勢，第三期(108 年)一期作試驗組平均節水率為 10.6%~18.7%，主要原因乃水稻生長期間有較高之有效降雨量所致。本期(109 年)一期作水稻試驗區產力量相較於對照組亦有較高之趨勢，若以嘉南水利會雙期作田約 18,000 公頃推估，109 年一期作採「修正式慣行農法」，平均可節餘水量為 540 萬立方公尺；採 SRI( )農法平均可節餘水量為 857 萬立方公尺，以台南市每日用水量約 90 萬立方公尺為例，將可提供台南市 6 至 9 日的用水需求。以 108 年一期作採「修正式慣行農法」，平均可節餘水量為 1,583 萬立方公尺；採 SRI 農法平均可節餘水量為 1,230 萬立方公尺，同樣以台南市每日用水量約 90 萬立方公尺為例，將可提供台南市 13 至 17 日的用水需求。
2. 根據團隊過去在國內外的推廣 SRI 經驗，農民若能正確的執行 SRI，則 SRI 田區可望較慣行農法節水 30%以上。本計畫自第三期(108 年)一期作開始將計畫研發之精進灌溉系統測試於取代農民執行 SRI 田間用水管理(第三期 108 年一期作前半期並未實施 SRI)。截至目前為止，經過第三期(108 年)二期作及本期(109 年)一期作，兩次測試結果節水率已可達將近 20%。

全台灣水稻田如果採行精進節水灌溉，以每公頃每年可節水 500 m<sup>3</sup>，估計 30 萬 ha，每年可節水  $500 \times 300,000 = 150,000,000 \text{ m}^3 = 1.5 \text{ 億 m}^3$ 。

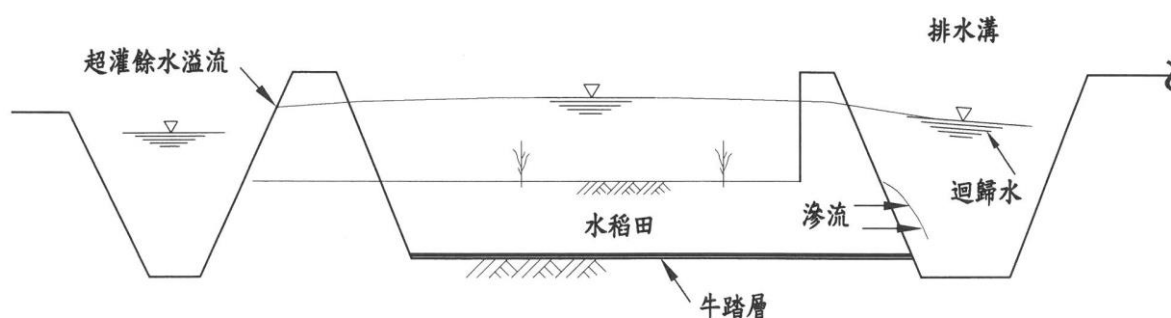
另外，渠道輸水損失也很龐大。目前灌溉系統，幹支線已是 RC 梯形或矩形渠道，但是小給水路大部分是土渠，粗估整體輸水損失約 15%。支分渠及小給水路如能改成密閉式管路系統，將輸水損失降至 10% 以下，則可能節省灌溉用水 5%，則全年用水量可減少  $126.23 \times 0.05 = 6.3 \text{ 億 m}^3$ ，可說非常龐大，但是灌溉系統要全面改善，尤其是管路化，有很長的路要走。

## 九、灌溉迴歸水利用

如前節所述，灌溉用水佔總用水量的 72%，每年達 126.23 億 m<sup>3</sup>。

農田灌溉水供農作物吸收並蒸發散及水面蒸發，很大部分仍入滲土壤中。農田耕作作業，有所謂牛踏層，形成不透水層，所以灌溉水入滲土壤中，即在牛踏層與地面之間水平滲流，排入農田四周的排水溝。

所以灌溉迴歸水有兩種，其一即為滲流水，另外為超額灌溉之餘水流入排水溝。



迴歸水示意圖

迴歸水由農田四周的排水溝匯流至下游，最終仍流入海，非常可惜，所以宜建滯洪池調節備用，灌溉用水如果能由迴歸水的形態回收利用，以年灌溉用水量的 5% 計  $126.23 \text{ 億 m}^3 \times 5\% = 6.3 \text{ 億 m}^3$ ，是很龐大的水資源量。

## 十、自來水節水

台灣年平均總用水量 175.24 億 m<sup>3</sup>，其中第一名為農業用水 126.23 億 m<sup>3</sup>，佔 72.04%、第二名為生活用水 32.93 億 m<sup>3</sup>，佔 18.79%、工業用水年用水量 16.08 億 m<sup>3</sup>，佔 9.17%。工業用水除台塑六輕廠由集集攔河堰以專管供應外，其他工業用水大多由自來水管路系統供水，售水單位為臺北自來水事業處及台灣自來水公司。

台灣各地自來水管網設備逐漸老化，埋設在道路，長期受車輛行駛輾壓與各項開挖工程施工，導致管線漏水嚴重。台灣自來水公司表示，民國 101 年之自來水漏水率約 20%，逐年改善，預計民國 110 年會降到 15% 以下。目前正在辦理「基隆、台中及高雄供水系統降低無收益水量 (Non Revenue Water, NRW)」，主要以抽換老舊管材及建立小區管網之管理系統。漏水率每降低 1% 時，以生活用水年計 32.93 億 m<sup>3</sup>，就可年省 3,300 萬 m<sup>3</sup>，效益非常大。水公司正在執行之降低漏水計畫，重點策略包括水壓管理，提升修漏速度及品管，管線主動漏水控制，預計於民國 111 年完成後每年可減少漏水 1.74 億 m<sup>3</sup>，約石門水庫 83% 的有效蓄水容量。

台灣生活用水每人每日約 0.3 m<sup>3</sup>，家庭所得越來越高，用水量有越高的趨勢，即越浪費用水。其實浪費水資源的元兇是低水價，台灣自來水每 m<sup>3</sup> 僅 11 元左右，是世界上最便宜的水價之一。1 m<sup>3</sup> 的自來水如果製成市售包裝水 0.6L，計 1,660 瓶，每瓶 5 元，可賣 8,300 元。家庭自來水每月水費幾百元，1/2” 水龍頭不關漏水一天，損失也不過百元，根本不會痛，要節水應大幅度提高水價，以價制量。生活用水如果節水 10%，年可節水上億 m<sup>3</sup>。

工業用水也應節水，使水資源的利用最佳化，經濟部工業局為提升工業區用水效率，從輔導、管理與宣導 3 方面進行，引領產業節水風氣，以提升工廠用水效率。工業局成立節水輔導團，每年走訪全台大小工業區，進行用水戶特性診斷與輔導，協助業主釐清用水單元及潛力回收點，提供節水及水回收方案，建立回收再利用的循環模式。在推廣廢水回收再利用方面，也媒合鄰近用水戶做為使用端。工業局也辦理節水績優案例觀摩及用水管理教育訓練，並編撰節水技術手冊等等，在工業節水有很大的貢獻。

## 十一、從空氣中取水

在水文循環中，降水後經樹葉、土壤、河川，流入湖泊及海洋，在循環的過程中將水分子蒸發入空氣中成為水氣。

台灣屬亞熱帶，多雨高溫的氣候，月平均溫度、降雨量、濕度，如下表：

月份/項目	溫度月平均(°C)	雨量月平均(mm)	濕度月平均(%)
1 月	16.6	158.8	77.5
2 月	16.0	78.1	77.0
3 月	18.1	123.8	78.0
4 月	21.8	119.7	77.8
5 月	24.4	206.0	80.4
6 月	26.5	300.2	80.7
7 月	27.3	224.7	78.7

月份/項目	溫度月平均(°C)	雨量月平均(mm)	濕度月平均(%)
8月	27.0	347.2	80.2
9月	26.0	311.6	78.8
10月	23.8	207.0	76.9
11月	21.3	131.5	78.0
12月	18.0	125.4	76.2

\*資料來源：交通部中央氣象局 2015 年至 2019 年氣象資料

年平均溫度 22.2°C，年平均濕度 78.4%，最大濕度達 80%以上，可謂高溫多濕的氣候。空氣中含有大量的水份，如果要從中取用，作為水資源之開發利用，在現今設備費用高昂及能源耗費昂貴，經濟上並不合算。

但是在高溫多濕的氣候環境之下，對人類的生活環境不是很舒適，衣物發霉，或者衣服曬不乾…等等，所以電器廠商有開發除濕機，廣泛在家庭與精密儀器室內中使用，成為必備的電器用品。

據最近某一知名日本冷暖氣機製造商所做的廣告，家庭用除濕機，日除濕力達 16.5 公升的水。通常除濕機所抽取的水都排放入排水系統，並沒有利用。如果能刻意收集積少成多，做為家庭飲用水之水源，台灣 2,350 萬人估計為 1,000 萬戶，鼓勵裝用除濕機達 100 萬戶使用時，每天可得水資源量為  $1,000,000 \times 0.0165 = 16,500 \text{ m}^3$ ，每年可得水資源量為  $16,500 \times 365 \text{ 天} = 6,000,000 \text{ m}^3$ ，每年有 600 萬  $\text{m}^3$ ，可比擬一小型蓄水庫，且水質超清淨，不需再處理，不必有供水管線。

家庭每天取得 16.5L 的水，用水桶盛接，可作為飲用水及廚房之用。

## 十二、污水回收再利用

廢污水分為工業用水的廢水，以及生活用水的污水。

工業用水年平均用水量 16.08 億噸，由於工業區都自行設有廢水的處理廠，而工業廢水水質複雜，多含有重金屬，處理後雖然符合放流水排放標準，但是要回收再利用，處理成本較高，大多排放入海。但是很多廠商為了競爭力，力求減低用水成本，自行設有回收利用的製程，譬如冷卻用水都有循環利用。在設廠計畫之初，為順利通過環評，也就列有減少用水的成數。所以本文不將工業用水的廢水列入水資源開發內。

生活用水每年平均用水量 32.93 億噸。生活用水的收集與處理，需要用戶接管，然後銜接支管及幹管送入污水處理廠。據 2020/8/31 營建署資料，全台已建置污水處理之集污區接管率約 63.7%。據查截止 2020 年 8 月全台灣既設污水處理廠資料，如下表：

台灣既設污水處理廠一覽表

縣市名	*整體污水處理率(%)	污水處理系統名稱	設計水量(CMD)	實際處理量(CMD)	水回收再利用(CMD)	
			平均日污水量	平均日污水量	申報水量	實際水量
台北市	85.18	迪化污水處理廠	500,000	426,503	8,500	6,164
		內湖污水處理廠	150,000	145,824	10,000	617
新北市	92.86	三鶯水資源回收中心	28,000	2,109	80	0
		淡水水資源回收中心	42,000	44,953	2,641	1,967
		八里污水處理廠	1,320,000	1,191,168	5,000	3,000
		林口水資源回收中心	23,000	25,506	960	480
		直潭污水處理廠	3,300	962	0	0
		烏來污水處理廠	1,300	945	0	0
		坪林污水處理廠	3,300	993	0	0
		基隆市	69.67	基隆市六堵水資源回收中心	22,000	4,397
宜蘭縣	53.34	和平島水資源回收中心	0	9,847	3,000	0
		宜蘭地區水資源回收中心	30,000	27,420	2,200	605
新竹縣	65.3	羅東地區水資源回收中心	45,000	20,790	3,315	200
		竹東水資源回收中心	10,500	7,848	7,000	43
桃園市	64.74	竹北水資源回收中心	20,000	24,157	8,125	8,125
		石門水資源回收中心	10,400	3,441	420	188
		楊梅水資源回收中心	12,000	3,755	1,570	1,570
		龜山水資源回收中心	35,000	21,282	96	96
		桃園北區水資源回收中心	50,000	47,871	10,000	137,128
		大溪污水處理廠	3,750	4,065	910	539
		復興鄉都市計畫區水資源回收中心	475	218	0	0
		三民水資源回收中心	160	102	0	0
花蓮縣	43.45	花蓮水資源回收中心	50,000	34,980	350	250
新竹市	63.88	新竹市客雅水資源回收中心	30,000	25,757	3,000	0
		苗栗地區水資源回收中心	9,000	5,614	0	100
		明德水庫特定區水資源回收中心	600	72	0	0
		竹南頭份水資源回收中心	15,500	13,289	62	62
苗栗縣	44.67	後龍水資源回收中心	0	0	0	0
		明德水庫特定區南岸水資源回收中心	25	9	8	7
		福田水資源回收中心	166,250	97,318	24,050	2,306
		台中市石岡壩水資源回收中心	22,000	5,252	3,000	100
台中市	65.84	環山水資源回收中心	400	97	67	0
		臺中港特定區水資源回收中心	8,500	2,738	1,215	0
		文山水資源回收中心	5,000	5,692	1,000	300
		梨山水資源回收中心	901	108	0	2
		豐原水資源回收中心	0	1,692	900	100
		廬子水資源回收中心	12,500	4,881	932	131
		新光水資源回收中心	14,500	792	1,000	1,000
		水湳經貿園區水資源回收中心	18,000	3,235	14,400	800
		彰化縣	65.3	二林污水處理廠	6,200	2,962
南投縣	23.35	彰化水資源回收中心	0	1,000	102	74
		中正污水處理廠	1,300	539	0	0
		內轆污水處理廠	1,500	270	0	0
		草屯水資源回收中心	10,000	1,350	2,000	100
雲林縣	26.96	溪頭污水處理廠	1,100	948	0	0
		斗六市水資源回收中心	20,000	8,268	407	407
嘉義縣	20.77	嘉義縣擔大縣治污水處理廠	21,600	4,297	406	142
		嘉義縣民雄鄉水資源回收中心	5,800	2,310	206	40
		朴子市水資源回收中心	4,200	1,772	340	78
嘉義市	20.41	嘉義市水資源回收中心	12,000	273	2,400	35
台南市	47.33	安南水資源回收中心	13,500	5,991	0	0
		官田區污水處理廠	2,125	1,327	120	120
		柳營鄉水資源回收中心	6,000	3,774	1,000	286
		虎尾寮污水處理廠	12,000	3,254	0	50
		仁德水資源回收中心	15,500	2,831	930	251
高雄市	65.32	安平水資源回收中心	160,000	140,598	0	80
		岡山橋頭污水處理廠	20,000	8,654	800	30
		楠梓污水處理廠	75,000	30,454	600	350
		中區污水處理廠	588,085	741,024	1,600	1,600
		鳳山水資源回收中心	156,000	76,238	30,100	20,000
		大樹污水處理廠	12,000	4,343	1,083	140
屏東縣	29.4	旗美污水處理廠	4,000	3,412	106	17
		屏東縣恆春鎮水資源回收中心	4,600	2,380	640	158
		六塊厝污水處理廠	50,000	35,642	0	0
		南灣地區污水處理廠	1,000	564	0	0
台東縣	14.41	墾丁地區污水處理廠	2,000	890	0	0
		知本水資源回收中心	5,400	1,371	410	120

統計污水設計處理量每日 3,886,343CMD，污水實際處理量每日 3,309,662CMD。

部分處理廠已有回收再利用，實際回收再利用每日水量為 191,722CMD。

回收再利用者大多是小水量，作為附近取用為植栽澆灌之用。目前僅有竹北水資源回收中心、桃園北區水資源回收中心與高雄鳳山水資源回收中心等三廠，共計 165,253CMD 回收水有利用。

再生水為避免風險，規定不能提供家庭用水，只能針對工業區供水。

污水處理廠處理出來的水，不一定適合回收再利用，很多處理廠設備及流程必須要改進，即污水廠出流水要利用前還要做處理(過濾或薄膜)。

立法院通過之「再生水發展條例」於 2015 年通過，政府將投資 150 億元，在全台灣興建六座示範再生水廠。

既設	高雄鳳山水資源回收中心	40,000CMD
推動中	台中福田水資源回收中心	130,000CMD
推動中	台南安平水資源回收中心	60,000CMD
推動中	台南永康廠	15,000CMD
推動中	高雄臨海廠	10,000CMD
推動中	台中豐原廠	20,000CMD

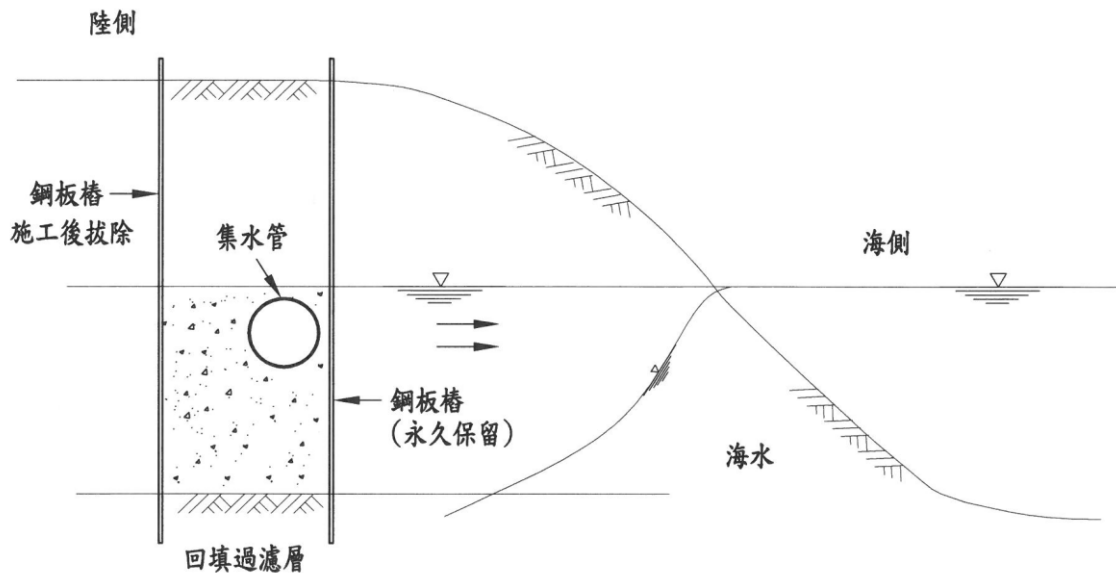
水資源回收中心將污水處理至可利用後再以專管引水至工業區，供工業製程或作為冷卻水，譬如台中市福田水資源回收中心，每日再生水利用量 13 萬 CMD，其處理流程為：污水處理之既設消毒池→新設快濾池→餘氯補充→出水池→輸水管引至台中港區需水用戶；輸水管  $\phi$  1,350mm，長 29km，統包工程費 33 億元，四年工期，所以污水再利用也需要投資與工期。

展望將來，污水處理量的 70% 都能回收利用，則每日可得水資源量為  $3,309,662\text{CMD} \times 0.7 = 2,316,760\text{CMD}$ 。

### 十三、滲流水入海前最後的截取

降雨入滲土壤或灌溉排水入滲土壤中，成為地下水，淺層的地下水在土層中流動，最終流入海中。

台灣西部平原，北自新竹縣，南迄屏東縣，長 200 多公里的平坦海濱，在兩條河川中間的濱海處，陸側滲流水入海處，地層覆蓋很淺，可予以截流，設置集水箱涵或圓型集水管截取滲流水，如以下示意圖：



滲流水入海處截流集水示意圖

在縱斷面上，每 300m 設一集水井，抽水至蓄水池備用。截水箱涵(或圓形管)截水面積每 m 長度以 2.0 m<sup>2</sup> 計算，滲流係數  $K=1 \times 10^{-2} \text{cm/sec}$  (假設)。

概估每 m 長度截取水量

$$Q=KIA \quad I=1/1$$

$$=0.0001 \times 1 \times 2.0 = 0.0002 \text{m}^3/\text{sec}$$

每天每 m 可截取水量

$$0.0002 \times 86400 = 17.28 \text{ m}^3/\text{day}$$

$$1 \text{ 公里長可截取 } 1,000 \times 17.28 = 17,280 \text{ m}^3/\text{day}$$

$$10 \text{ 公里長可截取 } 10,000 \times 17.28 = 172,800 \text{ m}^3/\text{day}$$

$$10 \text{ 公里長一年可截取 } 172,800 \times 365 \doteq 63,072,000 \text{ m}^3/\text{day}$$

如能施作 20km，每年可得 1 億 2 仟 6 佰萬 m<sup>3</sup> 的水，且是清潔無濁度的水，缺點是位於用水處的最下游，必須動力抽水往上游供水。

本項尚未有實際案例之經驗，實施前應先踏勘選擇適當地點，並做調查試驗及可行性規劃才可實施。

#### 十四、海水淡化

缺水，海水不是水嗎？

幾年前日本大商社日立會社嗅到台灣水資源的商機，在某日報刊登半版的廣告，海邊站著一個小男孩，指著大海說「那不是水嗎？」

政府已在金門、澎湖離島，水源開發不易的地方興建多座海水淡化廠。

海水取之不盡，為什麼不開發呢？

台灣的海淡廠使用薄膜逆滲透法，技術很成熟，只是能源太貴，以海水造淡水每噸要 35 元以上，與現今水價每噸 11 元差太多。問題是現今水價是全世界第三低的，因為政治因素，水源開發成本大多由政府負擔，並未完全計入水價之中。如果乾旱缺水，工業無法生產，每噸 100 元的水都得買，所以應該將海水淡化列入多元化水源開發的供應鏈之中，在乾旱時期，海水是不會缺的。

政府已在容易缺水的桃園與台南，規劃有兩座海淡廠供工業使用，大概因為水價太高，遲遲未實施，建議應研究減低生產成本，譬如使用清潔能源太陽光電或風力發電、滷水回收利用、取用鹽度較低的原水，如沙灘下的伏流水或河川出海處的伏流水，鹽分較低的水來做為淡化原水。

#### 十五、總結

1. 台灣年平均雨量達 2,500mm，是降雨多的國家，雖然豐枯不均，地形陡不易保留而常缺水，然而據上述水文循環，從降雨流入海各環節，檢點水資源可開源節流者總結如下：

##### (1) 水源涵養

水資源的源頭，廣大的山林，是水資開發利用最重要措施-水源涵養。政府已在實施補助植樹，及每年發放森林保育費，應擴大實施。應課徵碳排稅與建立碳排管制與交易，收入用於森林保育。利用 ESG 熱潮，引導企業認養森林保育。

##### (2) 河川逕流水

在台灣，河川逕流水的引用佔水資源利用之 45.18%最重要，可惜河川因山陡雨急，仍有大部份的水流入海無法利用，本文除建議興建大度堰外，也可研究



開發河川之河口堰。另外開發滯洪池及將稻田當作地下水補注池，在洪水期盡量引水，注滿水田及滯洪池。

### (3) 水庫蓄水

台灣重要水庫有 24 座，規模不大，由於淤積總庫容剩 169,584 萬 m<sup>3</sup>，每年要供水至 5 月，已顯不能滿足，要增加水庫蓄水，主要為：

#### ①水庫清淤

每水庫每年的清淤量應大於淤積量，確保庫容不再減少。每座水庫應建立輸砂管道，蓄水時期經常抽砂，輸往下游河道排放。

#### ②舊有水庫加高

已有水庫加高比新建水庫容易，是因為沒有用地問題與環境影響少。水利署副署長王藝峰表示有七座水庫要研究加高，建議加速推動。

#### ③興建新水庫

水利署已規劃完成的水庫有七座，王副署長表示要興建北部之雙溪水庫、中部之天花湖水庫，及南部之南化第二水庫，增加供水量分別為 12.6CMD、26CMD 及 17CMD，建議加速推動。

### (4) 河川伏流水

伏流水是河床覆蓋層孔隙所蓄存的水，可說是河床的地下水庫，可以寬口井或集水管抽取，水質潔淨，沒有用地與環境問題。大型河川中下游蘊藏量很大，可加速開發，作為備用水源。

### (5) 地下水抽取

降雨入滲，形成龐大的地下水庫，是最佳的水資源。台灣抽用地下水佔總用水量的 32.38%，現況已超抽地下水，應加強管制，豐水期盡量用地面水，保留地下水供乾早期使用。應積極興建地下水補注池及補注井，引用豐水期河川的水做人工地下水補注。農閒期，如果河川有餘水，盡量引入灌溉系統，注滿農田，做為地下水補注。地下水雖然已超利用，在乾旱時仍不得不抽用，平時應廣設救旱備用水井。

### (6) 雨水儲存利用

公私建築物設置雨水收集系統，做為澆花洗滌之用，可節省自來水的使用。新建房舍、工廠應規定設置才可取得建照，舊有建物應獎勵設置。都市內公共用地、公園、道路側邊應廣設儲洪池、儲水道，積存雨水可降低水災，雨水積存作為消防用水、花草澆灌、地下水補注等等使用。

### (7) 精進灌溉節水

農業用水佔總用水量的 72%，大部份為水稻田之灌溉用水。水稻田的灌溉大都注滿田埂，則蒸發與地下入滲很大，如能僅供水稻生長使用，可節省大量的灌溉用水，政府已試驗成功「精進灌溉節水」應加速推廣。灌溉渠道，主支線多已混凝土渠，分線與水給水路仍多土渠，輸水損失大，應多改為管路，可節省 5% 的輸水損失。

### (8) 灌溉迴歸水利用

農田灌溉水除供作物吸收及蒸發散外，很大部份滲入土壤，在牛踏層間水平滲流入排水溝。超額灌溉的餘水也流入排水溝，成為灌溉迴歸水。迴歸水如不利用也流入海，所以應引入下游再次灌溉或設滯洪池調節備用。

### (9) 自來水節水

家用及工業用自來水年用水量 49.01 億 m<sup>3</sup>，佔總用水量之 27.96%。過去自來水管線老化，漏水率達 20%，自來水公司已積極辦理抽換中，並實施小區管網等等之用水管理，預計明年漏水率會降到 15% 以下，可以節省很多的水量。工業用水方面，工業局每年辦理大小工業區的節水輔導與教育訓練，促進用水回收再利用普及化。在用水戶的使用端，由於水價太過便宜，要節水實在很難，應速大幅度調高水價。

### (10) 從空氣中取水

台灣屬亞熱帶高溫多濕，濕度近 80%，也就是空氣中含有很多水份，濕氣造成生活不舒適，如果裝除濕機，每部每天可得 16.5L 的水，每戶收集利用為飲用水，積少成多，每年可得不少的水資源。

### (11) 污水回收再利用

台灣既設污水處理廠之處理量為 3,309,662CMD，處理廠申報回收利用量為 191,722CMD，大多為供附近取用做澆灌灑水之用，污水再處理後可供工業用水，政府正推動設置六座再生示範廠，每日可得 275,000CMD。污水回收再利用已是水資源開發的一環。但是要做為工業用水，仍然要投資做進一步處理，並埋設管線到工業區專用。

### (12) 滲流水入海前最後的截取

水文循環，降雨後一部分形成逕流水由河川及排水系統流入海。另一部分滲透入土壤形成地下水，最終也流入海，在流入海之前的海灘設置截流管，截取滲流水，也是獲得水資源的方法之一。

### (13) 海水淡化

海水也是水，取不完用不盡，是水資源開發最後的希望。淡化廠建廠容易、快速。小規模的廠(10,000CMD 以下)，2~3 個月就可完成安裝並產水，可作為乾旱急救之用。海淡廠的水 35 元/ m<sup>3</sup>，已不算貴，是因現行自來水水價太低才顯得貴。海淡廠不分豐枯水年，產水固定，是多元水資源重要的一環。

### 2. 全台連通管路

台灣雖小，南北降雨豐枯差異很大，應設立南北水資源連通專管，以互通有無，水資源的開發就不必考慮用水地點的遠近。譬如今年桃竹苗及中南部大乾旱，北基宜卻雨量豐沛。

### 3. 用水管理

優先使用逕流水→伏流水→再生水→水庫水→地下水→海淡水(緊急設廠)。

枯旱時應緊急裝設海淡廠。灌溉用水緊急停權，以救高產值的工業生產。停灌應合理的補償農民，以免造成民怨。

### 4. 智慧化水資源管理

IOT 萬物連網，水資源結點，如水庫，水位→庫容。取水深→取水量，水井水位、抽水量等等都設監測器，以 5G 自動傳訊匯入伺服器中，經 AI 電腦整理分析，輸出水資源用水量與庫存量。做水資源智慧化管理，雲端查詢，以判定與預測是否缺水，並做水資源調度之最佳化管理。

### 5. 建立水資源備用量制度

如同電力公司之 10%備用電源。水資源也應建立 10%以上之備用量。預判不足時，就要開發新水源。

### 6. 應積極開發新水源

台灣人口似不太會增長，但是工商業持續大幅成長。今年台商回流與國際供應鏈重組分工，投資設廠不絕。台灣已成為科技之島，半導體與電子產業，世界排名前茅，用水必定大幅增加。半導體是台灣之光，是護國神山，千萬不能缺水。政府應大幅增加水資源投資。

### 7. 氣候變遷，暴雨→乾旱，愈趨極端，據 2020 年 12 月 4 日中國時報蔡鵬如報導「有史以來最熱的 10 年 UN 秘書長：世界正走在「自殺性」道路



聯合國「世界氣象組織」(WMO)發布最新報告，指 2011 到 2020 年是有紀錄以來最熱的 10 年，2020 年即將落幕，可望成為史上第 2 熱的年分。聯合國秘書長古特雷斯沉痛警告，世界正走在「自殺性」的道路上，世界各國必須採取行動，因為「疫情有疫苗，但地球暖化沒有」、「末日般的大火和洪水，以及熱帶氣旋和颶風，愈來愈成為新的日常狀態」。

呼籲國人節能減碳，保護地球。在今年嚴重乾旱缺水之際，國人應師法日本人「自肅」的美德，節約用水，度過難關。