

雨水資源利用技術

廖朝軒

台灣可用水資源有限



地球表面的 3/4 是海洋，海水約佔 96% 以上，可利用的淡水僅佔約 2.5%，而其中約 1.7% 貯在南北極及冰川，而可利用的地下水約佔 0.76%，湖泊約佔 0.1%，河川水約為 0.0002%，而台灣年平均降雨量為 2,515mm，雖為全球年平均降雨之 2.7 倍，但源短流急、人口稠密，真正可用之水量大約只有 20%，台灣每人每年的可用水量與世界平均值相較只為 1/8 而已，屬缺水地區，在天然資源有限，降雨分配不均下，發展新的水資源利用技術實為當務之急。

每人所分配降雨量僅為世界平均值之八分之一強



本世紀初期僅有 13% 的世界人口居住在都市，而根據聯合國預測，在 2010 年將有超過 51% 的人口居住在都市化地區，這不僅意味著都會紀元的來臨，更代表過多人口之集中消費，將造成局部資源的耗竭，且在環境連鎖性反應下可能造成更大範圍的生態危機，而都市化後可能面臨之水資源問題可簡單歸納為圖 1 所示。

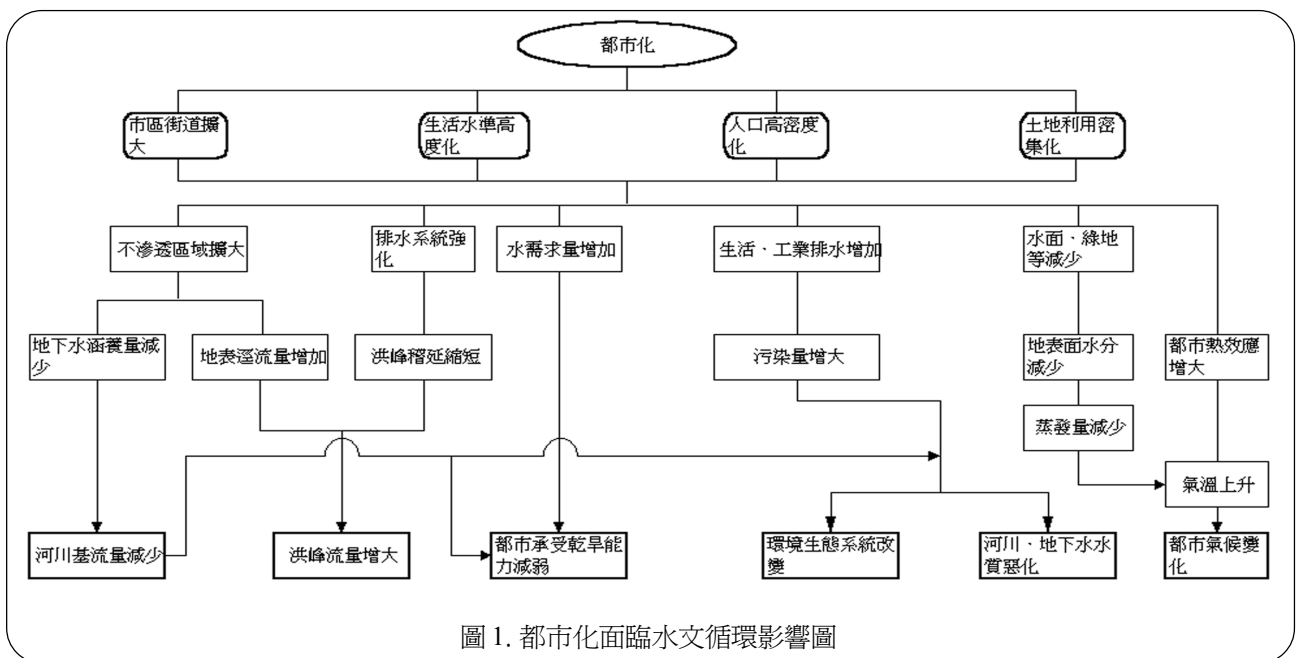


圖 1. 都市化面臨水文循環影響圖

雨水貯留利用，有效運用水資源

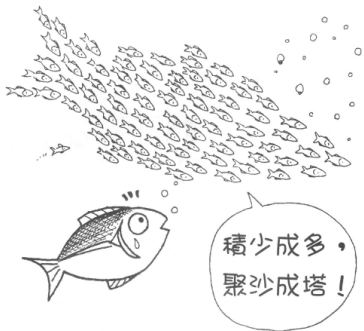
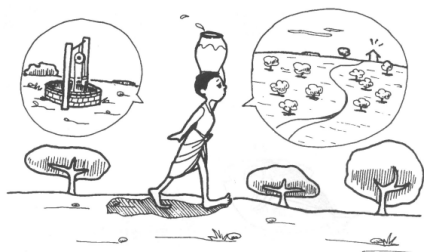


圖 1 所示都市化造成的水文環境變化，大部分可透過雨水的有效利用獲得改善，雨水貯留利用技術即是一種分散水資源經營的概念，以小系統聚砂成塔般地發揮整體的功效，因開發而破壞的土地與樹林的保水、貯水機能及生態機制的改變，可藉由雨水利用技術的使用讓因開發而受損之自然水文循環回復到近乎原來狀況。

事實上雨水利用是一古老而又新興的水利技術，在國際上雨水利用除了以屋頂集蓄為家庭生活用水或工業區用水外，雨水集蓄在農業、水土保持等方面也非常普遍，狹義的雨水利用概念主要是指雨水集蓄的家庭利用和養殖、農業應用，稱之為雨水的「直接利用」，除雨水直接利用外，流域逕流匯集到河流、湖泊、水庫及地下水的水資源，即自然集水系統收集到的雨水，稱之為雨水的「間接利用」，是廣義雨水資源的一部份，雨水資源的開發利用稱之為「雨水資源再利用」，一般而言雨水資源可進行多次的再利用，雨水利用範圍非常廣泛，在生活供水方面，雨水利用尤其適合不宜集中供水的地區、偏遠山區及缺乏淡水的海島地區；在農業用水方面保水梯田與農塘等貯蓄灌溉設施的利用及水源地涵養；在都市地區可用於防洪減澇、消防備用水源、環境綠化、景觀植生、減少都市熱效應及親水遊憩等機能。

適合建壩的優良壩址已不易尋覓

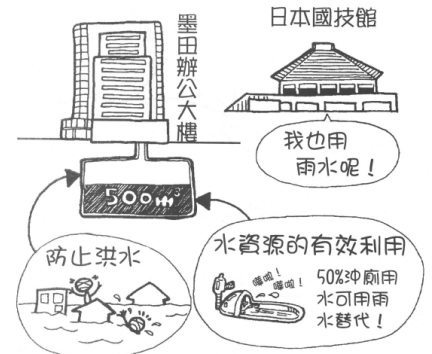


而造成雨水利用式微的原因是因本世紀上半期，人們對雨水集蓄的興趣有所下降，主要是因為以機械、電力為動力的水資源利用技術發展迅速，最明顯的是大型水利工程系統的廣泛建造，大型的水壩、愈來愈深的抽水井、綿延寬廣的堤防均在本世紀風起雲湧的建立，特別是都市化、工業化與農業現代化的迅速發展，促進了系統的集中發展，可是這些大家有目共睹的建設並未解決水資源的問題，而在本世紀下葉受到許多質疑，而且水利工程涵蓋面愈大，對環境的衝擊也相對增大，所有對生態環境的衝擊得花數十倍的成本來復原。簡而言之 20 世紀的水資源經營方式傾向於集中、大型及單目標的利用；水資源系統集中雖有利於營運與保養，但於失控時無從取得替代方案；大型的水資源工程對環境衝擊亦大，災害發生時亦較嚴重；因此小型的水資源工程設置為一新興趨勢，不僅對生態環境衝擊小且可藉由各小系統的聯合操作避免因集中系統損壞而造成重大損失，故大型與小型水資源系統的互相配合才是符合經濟與分散風險的新世紀水資源利用方式。

雨水可提供35%雜用水之供水量



自然地將雨水收集、貯存再回放注入地下及河川

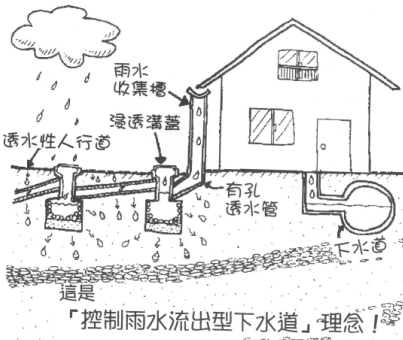


水庫興建費時且水價偏低



在鄰國日本，為解決日益降低的地下水位、水資源缺乏及廢水排放問題，除法令規範補助雨水貯蓄系統設置外並規定需設置中水道系統，更於 1993 年的環境基本法 (The Basic Environmental Law) 中及 1994 年的國家基本環境計畫 (The National Basic Environmental Plan) 中規定雨水利用技術必須對於水文循環有所助益且必須結合環境、生態保育等環保與親水機能，在都市化程度愈高的地區此技術愈被廣泛的應用，泰國的大水缸貯水計畫更是利用分散經營水資源的概念而達到巨大的成效，

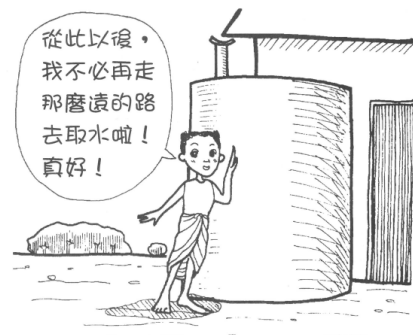
地下滲透有效地改善環境



雨水滲入地下水層，可降低地表溫度達3°C之多



雨水貯留是一種省力的設施



水資源的開發來自水、土、林的結合



藉由雨水資源解決了當地鄉村的飲水問題。

國內經濟部水資源局特別針對水源不足地區由政府機關(構)、學校、社區、工廠及農場，鼓勵裝設雨水收(貯)蓄系統及處理設備，並訂出具體之獎勵優惠辦法，以雨水貯集供水系統作為區域性替代水源，減輕主要供水水源壓力，緩和日趨惡化之水資源問題，故雨水利用所造成的效益可簡單歸納如圖 2 所示。

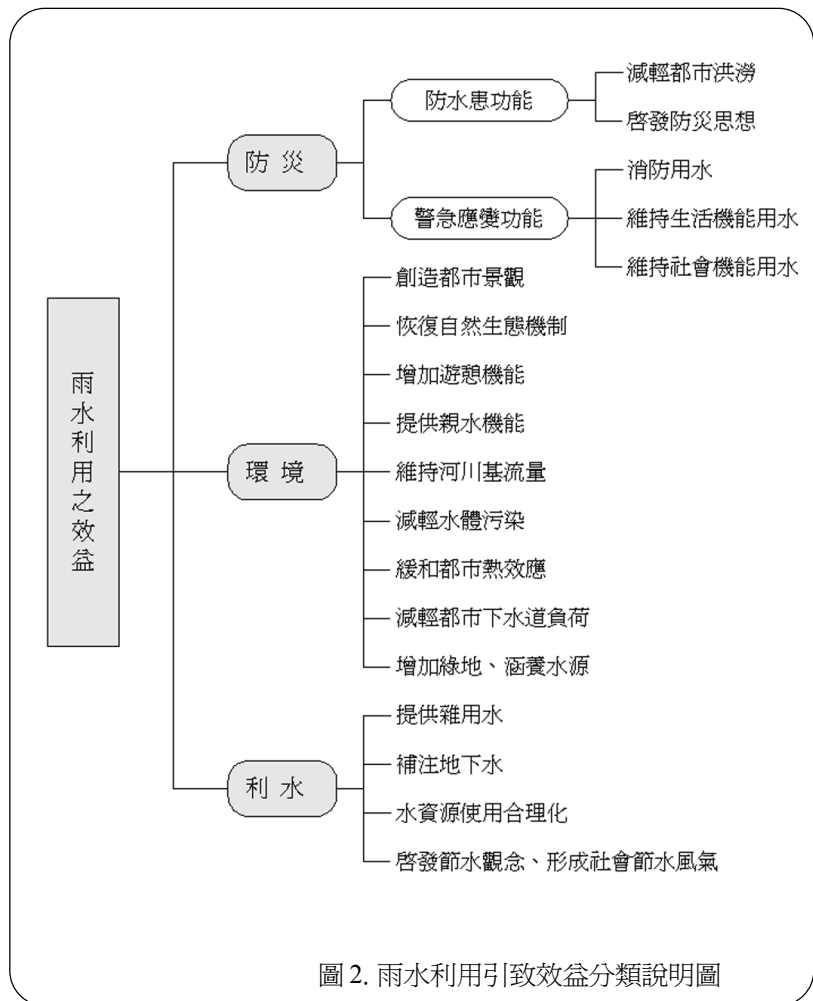
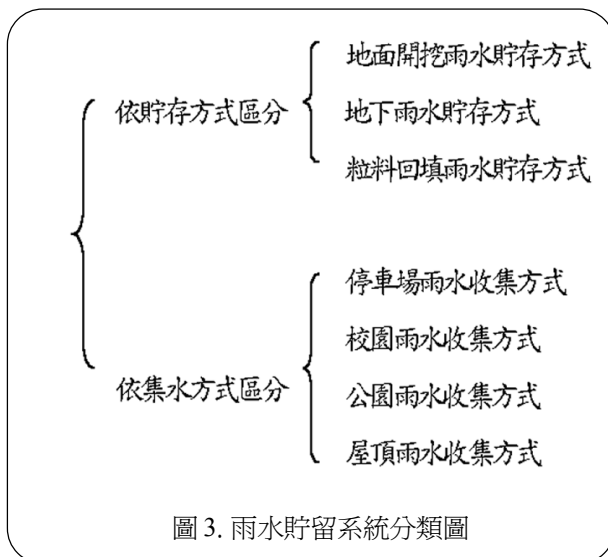


圖 2. 雨水利用引致效益分類說明圖

但綜觀雨水利用技術在國內的發展仍較偏重供水（包括民生與農業）之應用，對於防洪減災、生態、環境保育、親水機能與人性化設計乃至於整個自然循環機制的改善並沒有妥善的整體規劃與研究，在先進國家中，雨水貯留利用系統是多元化的，除了以屋頂為集水面積外，尚可以其他方式收集雨水，諸如：地面、公園、甚至停車場皆可利用為集水區域，雨水貯存方式除了以貯水槽貯存方式外，其他最常用的方式還有地面開挖貯存方式、地下貯存方式與粒料回填貯存方式三種，下圖為雨水貯留系統的大致分類型式：



• 依雨水貯存方式區分

雨水貯留利用系統若依貯存方式區分，可分為：地面開挖雨水貯存、地下雨水貯存及粒料回填雨水貯存等方式，以下將依序介紹此三種雨水貯存方式。

1. 地面開挖雨水貯存方式

地面開挖雨水貯存方式顧名思義即是直接開挖地面或利用地面低窪處貯存雨水，農塘即是最典型的例子，此類雨水貯存方式可將雨水貯存區的全部或一部份供其他用途使用，以增加土地的利用價值，例如將貯水池設計成多段形狀，平時未貯水部份可供做景觀或休閒設施之利用。

2. 地下雨水貯存方式

地下雨水貯存方式係將貯水槽設於地下，且可將地下部份構造設計成停車場等其他用途，此種貯存方式其單位貯存容量的建設費較高，適合於高密度之市街住宅。

3. 粒料回填雨水貯存方式

粒料回填雨水貯存方式是利用碎石等空隙為雨水貯存的空間，在地面設碎石溝或碎石槽，導引雨水至碎石間之空隙，其上部則利用為綠地或運動場等。這種貯水方法較有彈性，可與其他工法或設施搭配使用且有容易規劃的特點，目前有很多實例，如將路面設置透水性的材質利用為雨水貯存或將公園綠地設計為人工地質水庫。

• 依雨水集水方式區分

雨水貯留利用系統依雨水收集的方式區分，大致可分為：停車場集水、校園集水、公園集水及屋頂集水等，以下將分別介紹。

1. 停車場雨水收集方式

停車場的地面也可利用來收集雨水，設計此種集水型態時，首要考慮的是對於行車安全之影響，必須避免汽車因雨水之集流而在行駛上遇到故障等問題，另外停車場需要有一定程度的斜率，此類型的雨水貯留池宜安排在停車場使用頻率較低的地方，如果停車場全部設定為雨水集流場所時，應在稍高處設步行道，以利行人行走。

2. 校園雨水收集方式

校園的運動場可利用來收集雨水，要留意的地方是雨停後能儘速排掉積水以回復運動場的機能，避免對學校體育課發生影響。因此場地所鋪的土質應選擇細粒成分較少且容易排水者，同時須設置排水溝，此種雨水收集方式可和粒料回填貯存方式結合使用。

3. 公園雨水收集方式

此種集水方式乃是利用公園的綠地、遊戲廣場、休憩場所及運動場地為集水區域，由於公園的使用者層面較廣，設置時應注意使用者的安全與便利。

4. 屋頂貯留調節

建築物的屋頂，本來就具有將所降的雨水通過集水溝管儘速排出流入到下水道管渠等基本目的；在住宅區所建造屋頂平坦的住棟，屋頂本身就剛好成為雨水滯留場所，本方式的特性為建做率與貯留能力直接成比例，對經常為都市型洪水所苦惱的高密度街市來說，本方式不失為最具效用的方法，屋頂貯留調節在美國的都市都被評為最有效的貯留方式，實例很多，有些州政府還將該設施列入建築規範內，賦予實施之義務。

雨水貯留利用不僅具有供水的功能，同時具有入滲、滯留的能力，有減洪、水質淨化與地下水涵養的優點，且其大多為中、小型設施，可充分配合現場之環境予以規劃設置，即使在高密度的都市區域仍可充分利用。

他山之石可以攻錯，在跨入 21 世紀之時，先進國家的雨水利用經驗與技術恰可供我們思考新世紀水資源經營的新方向，尤其近年來，國內水患連續不斷、產業升級及加入 WTO（World Trade Organization）帶來之衝擊，而延伸之水資源政策的改變，均對水資源利用產生相當大的衝擊，故雨水利用系統之規畫、建立與推廣便成為亟待加強發展的工作；尤其在水資源永續發展的前題下，雨水利用技術不僅可提升水資源利用率，更結合了防洪、環境、生態保育及土地有效利用等概念，而且雨水利用是一種經濟、實用的小型技術，卻可以產生巨大的環境和生態等效益，雨水利用技術也愈來愈受到世界各國的重視，此種不消耗能源、無污染的水資源利用技術是 21 世紀水資源經營的必然趨勢。



◎ 廖朝軒，國立台灣海洋大學河海工程學系副教授，台灣雨水利用協會理事長。

