# 因應環境變遷之水環新思維

關鍵詞：環境變遷、都市防洪、環境工程、再生水、碳足跡

台灣世曦工程顧問股份有限公司／水及環境工程部／協理／曾淳錚 ❶
台灣世曦工程顧問股份有限公司／水及環境工程部／技術經理／蘇玫心 ❷
台灣世曦工程顧問股份有限公司／水及環境工程部／副理／應堅聖 ❸
台灣世曦工程顧問股份有限公司／水及環境工程部／副理／陳志方 ❹
台灣世曦工程顧問股份有限公司／水及環境工程部／正工程師／郭遠錦 ❺
台灣世曦工程顧問股份有限公司／水及環境工程部／正工程師／林志墩 ❻

## 摘 要 ABSTRACT

為降低人類活動對環境產生的負面衝擊，以及全球性環境變遷對生命財產的威脅，工程規劃及設計均應有創新及突破等配合(或依附)環境生存的新思維。都市化發展使降雨集流時間縮短、逕流係數增加，造成地表逕流量提升，加上極端降雨頻率升高，水利設施已朝上游保水、中游減洪及下游防洪之新構想規劃。配合綠建築政策，基地保水已納入都市設計審議重點，未來逐步藉由洪災保險、雨水管線維護費、洪災預警等政策性手段，減輕洪災所造成的生命財產損失。水資源總體政策在環境變遷影響下益發凸顯其重要性，目前經濟部水利署除推動國內水處理與再生水產業的發展外，亦依地理環境及用戶端需求等因素，選定具回收再利用潛勢之既有污水處理廠評估推動可行性。另一方面，為降低環境變遷影響程度，世界各國無不加強溫室氣體排放的制約，藉由碳足跡追蹤及盤查等做為工程(或產品)相關溫室氣體排放量之估算依據，並研擬適切的低碳生活以及減量計畫。針對降低污水下水道營運過程所產生之溫室氣體，有效對策包含採用節能機械設備、改善電力系統節能設計及調整操作運轉流程，水資源回收中心則藉由創能(再生能源)措施，包含太陽能、風力、水力、沼氣或其他生質能等，以降低處理程序本身對外部能源之依賴。作為時代工程師，應不以現況為滿足，進而激勵並創造新構想，始足以面對日益嚴重且難以預測之環境變化。

## 壹、前言

環境變遷包括人為及自然的環境改變，人為環境改變包含生活習慣、人口聚集趨勢所造成之環境變遷，自然環境改變則以降雨現象改變最為顯著。以臺北市為例，由於都市化及商業化發展，已成為全臺灣人口最多的城市，面積不到臺灣百分之一的臺北市，人口密度於1939年至2013年間增加了9倍，於2013年已達264萬人左右（劉曜華(2004)[1]、臺北市民政局[2]）。

由於氣候變遷及極端氣候出現頻率增加，聖嬰、反聖嬰現象、北極震盪、太陽異常等造成全球氣候異常，影響各地降雨分布。以臺北市為例，依據水文年報資料，臺北市年雨量在1911年至2011年的100年間增量超過10%，而年降雨日數則減少14%[3]，因此可預期臺北市面臨降雨強度提升且乾濕季更為分明之氣候趨勢。此外，由於人口聚集、人口密集度升高，都市民生用水及污水排放需求量勢必隨之提高。由於人口聚集使得建築密度提高，造成都市閒置用地減少，亦即地面逕流可使用面積減少、逕流水位提高，使得排水系統壓力也隨之升高。電纜地下化、通訊線路地下化、加上地下原有瓦斯、自來水及污水管線造成地下管線密度亦隨之提升，新設及擴充排水管線益發困難。綜合以上因素，我們可預期未來將面臨更嚴峻的氣候挑戰，既有的工程手段則受限於人文環境的變遷無法施展。此外，居民對於積淹水的容忍度則隨著經濟發展而越來越低，面對環境變遷之影響，相關工程均須提出新思維以因應後續之工程挑戰。

## 貳、都市防洪

隨著都市化發展，原有的農田、草地均改為建地，造成透水性顯著降低，大量的雨水無法為土壤吸收時，匯集而成為地表逕流，使得

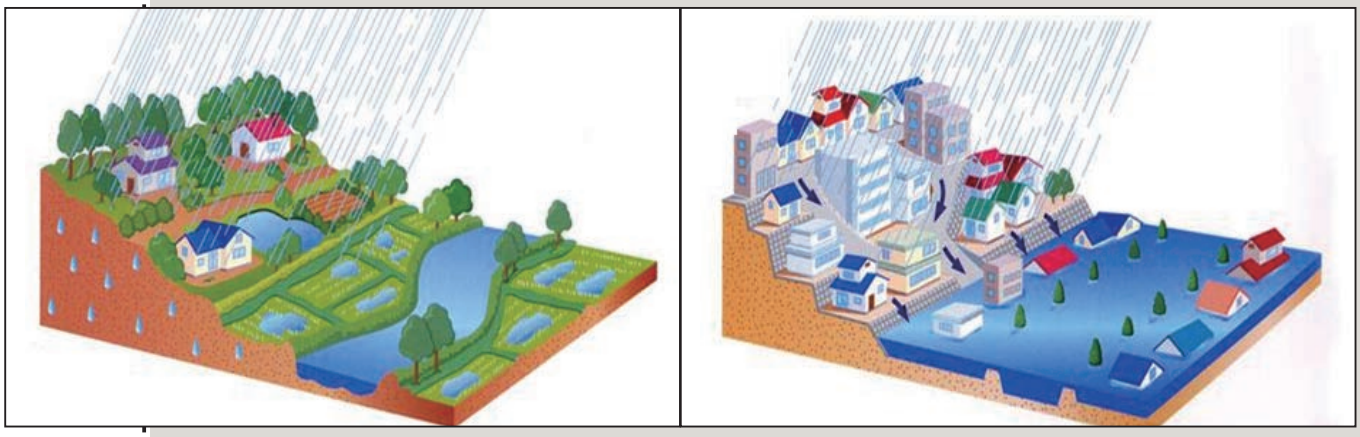

圖1 開發前、後地表透水性改變示意圖

都市化後之地表逕流量顯著提升，如圖1所示。此外，都市化發展使得降雨集流時間縮短、逕流係數增加，造成地表逕流量的提升，加上極端降雨頻率升高，既設之排水防洪設施效能均需重新審視。如何降低都市淹水風險，避免淹水損害民眾生命財產，是每個都市發展皆面臨的重要課題。美國提出的低衝擊開發（Low Impact Development, LID）（US EPA (2000)[4]）、歐洲國家使用的永續都市排水系統（Sustainable Urban Drainage Systems, SUDS）（UK SEPA[5]）、日本強調的總合治水理念(日本雨水貯留浸透技術協會（2008)[6])，都認為都市暴雨因應對策首需加強源頭管理，例如增加保水並搭配既有的排水、防洪系統，才能因應未來的降雨狀況。低衝擊性開發包含了一套被設計用來減少降雨逕流與就地產生之污染物的方法與施作措施。利用滲透、蒸散和雨水重新利用的技術來管理水質和水源污染，因此能避免與減低開發對河水、溪流、湖泊、海岸水域和地下水污染。永續都市排水系統是一個概念，包括排水系統的長期環境和社會因素考量。

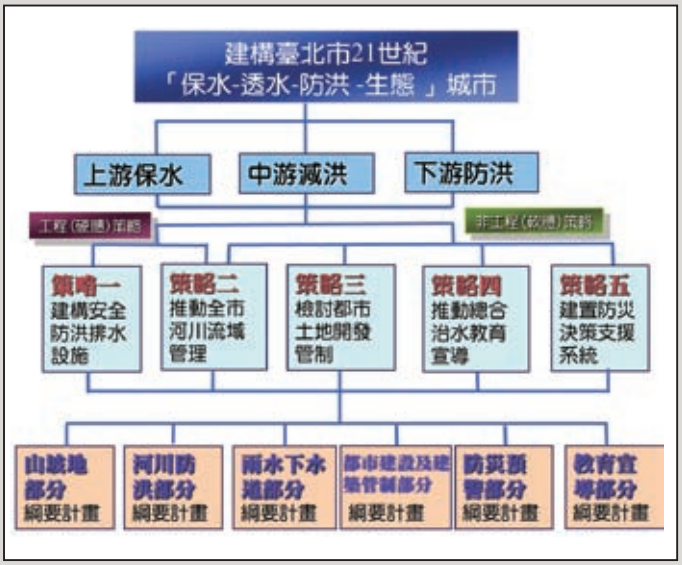


圖2 臺北市總合治水綱領

「總合」取自日文即為綜合的意思，其治水標的含括上、中、下游，採用多重工程及非工程手段以綜合方式全面提升防洪能力。以都市排水而言，可分為山坡地野溪及河川防洪、雨水下水道規劃、都市計畫管制、防災預警，以及教育宣導等六項綱要計畫(以臺北市為例，詳見圖2)，由政府各單位依循綱要計畫，研議並提出具體可行之貯蓄保水措施方案，每一方案之成效必須經由量化的評估計算，以評估各方案對於集水區之排水系統容量提升之成效。除了工程手段外，政府需研擬相關法規及政策以確實執行。以臺北市為例，臺北市目前正著手研擬實施「臺北市公共設施用地開發保水作業要

點」、「臺北市市有新建建築物設置雨水回收再利用實施要點」、修正「臺北市都市更新單元規劃設計獎勵容積評定標準」，新增綠建築獎勵項目，將「綠建築政策」中基地保水納入都市設計審議重點，於學校、公園、停車場、人行道等並設置透水鋪面、生態池、雨水貯留及再利用、調洪沉砂池等設施，目前已完成總體目標量化、分擔量規劃、推動期程、效益等規劃作業，以面對環境變遷所帶來之挑戰。

除了採用貯留保水技術之外，新的集水區排水策略以及碳管理的概念亦為排水工程所必須納入的新思維。以臺北市的集水區為例，臺北市的集水區均以抽水站為管線終點，各集水區的容量以降雨容受度來表示，一旦降雨超出雨水管線之設計容量，雨水將溢流出雨水管線，造成路面積淹水。以往遭遇到雨水下水道容量不足之改善策略以擴充管線容量以及提升抽水站之抽水容量為主，惟目前受限於可用之空間越來越少，地下管線布設密集以致擴充管線越來越困難，因此集水區排水亦須引入新的排水策略。新的排水策略將集水區依照管線距抽水站之距離分為上、中、下游，上游管線以矮堰以及滯洪池等貯留設施將雨水滯留於上游集水區，中游集水區則以透水性鋪面以及增加鋪面糙度等方式減緩逕流速度，下游則須儘速排除雨水。新的排水策略主要目標在於分散上、中、下游之洪峰抵達時間，避免洪峰產生疊加效應。此外，利用淹水潛勢分析以及土地使用分區資料搭配貯留設施管理系統可輔助貯留設施設置決策，並可依此評估集水區的容量需求以及檢討集水區排水容量，以強化土地管理及排水容量規劃。然而，排水設施畢竟有其設計容量，一旦降雨超過排水設施之規劃標準即可能造成積淹水現象。新的排水策略則需含括極端降雨對策，使得積淹水現象侷限於非緊要設施處，例如公園、學校操場等處，搭配積淹水警示以及防水閘門以避免民宅遭到水災損失。

都市防洪新思維除採用新的治水手段以及排水策略外，亦包含教育民眾認清工程手段並非萬靈丹，任何排水設計均有其限制條件，在降雨強度超出設計標準時，依舊得面對積淹水風險，因此需採用如積淹水預警、洪災保險、雨水管線維護費等政策性手段，以面對積淹水風險。以臺北市為例，都市雨水管線設計係以五年一次暴雨作為設計及檢討標準，部分抽水站則是採用五年一次颱風雨作為設計標準。由於近年極端氣候頻率增加，超出設計強度之降雨紀錄頻繁出現，降雨強度面臨上修需求，惟雨水管線及抽水站擴充不易，因此局部地區將無可避免面臨積淹水的風險。洪災保險及雨水管線維護費即用以提供災後經濟支持，面對難以預期的氣候變化，居民勢必得面對災後損失。對居住於高度建設、面對較小風險的居民而言，給付雨水管線維護費以反映政府於當地之建設，並補貼居住風險較高之居民以符合居住公平原則。畢竟，政府建設有其先後順序，無法一次涵蓋全部區域。積淹水預警則可用以對於易積淹水區域提出預警，由預估降雨推測積淹水深度以避免居民財物及生命損失。藉由洪災保險、雨水管線維護費、洪災預警等政策性手段，改變居民對於積淹水風險的看法，瞭解排水設計的極限以及無可避免之積淹水風險，以減輕洪災所造成的生命財產損失。

## 參、溫室氣體減量推動歷程與碳足跡

### 一、我國推動溫室氣體減量政策歷程

我國溫室氣體減量政策的發展歷程，始於1992年5月為因應聯合國「氣候變化綱要公約」(UNFCCC)及其他國際協定，由行政院成立「全球環境變遷工作小組」；1994年8月進一步將此小組擴編，提升為「全球環境變遷政策指導小組」，1997年8月更進一步將政策指導小組擴

升為「國家永續發展委員會」，該委員會下設有「大氣保護與能源工作分組」，負責「蒙特婁議定書」及「氣候變化綱要公約」之推動事務，1999年更將該委員會提升為由副院長層級擔任主任委員。為因應氣候變化趨勢及國內外相關管制的發展，於2002年5月將1997年成立的「行政院國家永續發展委員會」提升為由行政院院長親自兼任主任委員層級，2008年11月起「行政院國家永續發展委員會」再增設「節能減碳與氣候變遷工作分組」，考量到國際規範的發展趨勢，行政院強化現有跨部會專案小組整合功能，於2010年1月成立「行政院節能減碳推動會」，要求各部會依國家總目標訂定業管部門之分年目標、期程、分工及執行與宣導溝通計畫，藉由各部門分年目標的實踐，累積達成我國溫室氣體減量目標。[7]

## 二、碳足跡(Carbon Footprint)定義說明

圖3 中華民國碳足跡標籤

對於環境變遷因素所帶來之生活環境變化挑戰，世界各國紛紛加強溫室氣體排放的制約，碳足跡可被定義為與一項活動(Activity)或產品的整個生命週期過程所直接與間接產生的二氧化碳排放量，國內亦已訂定碳足跡標籤如圖3所示。相較於溫室氣體排放量，碳足跡的差異之處在於其是從消費者端出發的觀念，將個人或企業活動的相關溫室氣體排放量納入考量時，才能研擬出一個適切的低碳生活以及減量計畫，否則可能僅導致污染源轉移，實質上並未減量的假象。[8]

## 三、公共工程碳盤查

目前我國環保署推動的碳足跡盤查與輔導主要以消費性產品為主，開發行為並無訂定相對應的管理程序。然而，公共工程平均每年投資金額近5,000億元，其中交通工程又屬大宗，套用碳足跡觀點，交通工程因施工期間需大量人力、物力，完工後營運時間又較一般產品為長，其生命週期所產生的碳排放量實不容小覷。交通部公路總局為順應世界潮流及政府節能減碳之政策目標，於民國101年初發展出「工程碳管理架構與機制」，作為未來國內工程設計規劃減碳考量之依據，目前已經有台9線蘇花公路山區路段改善計畫、西濱快速公路、台9線南迴公路拓寬改善後續計畫等部分路段正式宣示將碳管理與碳盤查納入工程重點執行。

工程碳盤查之執行流程：(1)工程設計成果之碳排放量評估：建立各工程排碳資料庫、碳排放量計算及節能減碳效益評估檢討等；(2)實際工程碳足跡輔導及盤查、查驗及查證：各工程所使用產品（材料、半成品、成品及設備等）碳排放活動數據資料調查或收集，及各類施工活動碳足跡實際盤查、查驗及查證；(3)計算工程碳排放總量：經由實際碳足跡盤查結果，計算工程碳排放總量；(4)總體碳匯變化量調查；(5)碳排放及減碳成效評估。

# 肆、水再生利用之發展

## 一、推動現況說明

為使國內推動再生水政策有法源依據，經濟部水利署於民國95年依據「新世紀水資源政策綱領」(95.1)提出「多元化水源發展條例草案」(95.12.4)，獲行政院支持與肯定，並要求評估法規制定之必要性與可行性，至此，水再生利用專法之推動乃正式納入法規制定檢討之程序。

經濟部水利署於民國102年考量現行水利法已無法符合水再生政策的推動和趨勢，且上述「多元化水源發展條例草案」期程未定，為積極推動國內再生水使用及產業發展，遂參考國外推動經驗及國內推動環境因素，提出「再生水資源發展條例(草案)」共五章二十六條條文，讓推動再生水之開發、供給、使用及管理有所依據，目前正由經濟部水利署藉由舉辦多場說明會，除宣導政府推動再生水政策外，亦聽取及彙整國內相關產官學界的意見，讓該條例更趨完整，也更能適應國內推動環境。

表1 建議優先推動再生水之公共污水處理廠(水資源回收中心)

| 名稱 | | 設計量(萬CMD) | 供應標的 | 可媒合水量(CMD) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 105年 | 120年 |
| 營運中優先方案 | 台中福田水資源回收中心 | 29.7 | 中港特定區 | 88,974 | 128,500 |
| | 鳳山溪污水處理廠 | 11.0 | 臨海工業區 | 45,000 | 45,000 |
| | 安平污水處理廠 | 13.2 | 安平工業區或南科 | 66,000 | 66,000 |
| 建設中優先方案 | 台中豐原水資源回收中心 | 9.0 | 中科園區 | 10,385 | 24,923 |
| | 台南永康水資源回收中心 | 8.7 | 樹谷園區 | 10,588 | 30,706 |
| | 高雄臨海水資源回收中心 | 8.0 | 臨海工業區 | 10,000 | 32,500 |

目前經濟部水利署及內政部營建署正積極合作推動水再生利用政策，除推動國內水處理與再生產業的發展外，亦依地理環境及用戶端需求等因素，選定具回收再利用潛勢之既有污水處理廠評估推動可行性，以及目前正規劃設計之污水處理廠(水資源回收中心)併入再生水廠規劃之可行性，參考「公共污水處理廠放流水回收再利用推動計畫期中報告(102.07)」，初步擬定可立即推動之「營運中」優先方案，包含福田廠、安平廠、鳳山溪廠，以及民國105年可推動之「建設中」優先方案，包含豐原廠、永康廠、臨海廠，如表1所示。

## 二、再生水推動瓶頸說明[9]

依水利法第18條規定，用水標的順序為(1)家用及公共給水；(2)農業用水；(3)水力用水；(4)工業用水；(5)水運；(6)其他用途。工業用水係屬第四順位，惟我國因地理環境因素導致降水量雖高於世界平均值，但卻常發生水患及枯旱等極端災害，進而影響正常供水，故常發生以農業用水支援民生及工業用水之情形，我國政府目前正積極推動以再生水補充工業用水政策，然此方向相較於其他必須以再生水補充農業用水之缺水國，我國再生水以工業用水為主要供應對象則較為特殊，因為再生水運用於農業用水補充時，並非直接供水予特定使用者，而再生水使用於工業用水則經常要面對特定廠商、特定需求與特定製程，對於再生水成本更為敏感，質與量的穩定性要求則更為精確。

以往政府不管推動再生水或海水淡化等計畫，皆以鄰近特定區域或廠商為供水對象，並規劃由使用者支付產水成本以符合社會公平原則。惟受限於水質及技術等因素，我國再生水成本必然高於現行自來水水價，廠商無意願支付再生水水價，常常面臨推動困難之窘境，而推動上之主要瓶頸包含：

(一)廠商強烈建議政府應有對應投資，包括中水道管線設置費用、接管費用，或廢(污)水處理費用等。

(二)廠商對於再生水水質之要求為等同或

高於自來水水質，依國內目前針對工業區廢水處理廠放流水再生至等同自來水水質之相關經驗，單位產水成本介於25～30元/$m^3$，而都市污水處理廠放流水再生成本則約15～20元/$m^3$不等，導致產生既要求高水質又要求成本不得高於自來水價之矛盾目標。

(三)部分廠商表示再生水僅願意作為枯旱時期之補充水源，平常則正常使用自來水，於廠商立場除可降低使用再生水成本亦可確保穩定水源，然於供應端則實難僅季節性操作。

### 三、綜合說明

於全球性環境變遷影響下，水資源在可見未來已成為全球相互爭奪之重要資源，於2001年3月國際水資源會議上，會議主席歐爾布赫指出，廿世紀是石油的世紀，廿一世紀則會是水資源的世紀，且「石化能源有許多替代品，水則無可取代」，由此可見水的重要性。

我國年降雨量在全球各國中排名第2，卻是名列全球第18的缺水國，政府除積極開源節流，並宣導民眾應珍惜水資源外，以經濟發展為國家命脈的臺灣，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，故使用再生水補充部分用水需求已成為必然趨勢，目前國外再生水技術已相當成熟且有多處實際應用於補充用水之實績可供參照，國內推動再生水政策除評估如何降低產水成本以提高使用者接受度外，訂定法律依據應是推動再生水政策之啟動引擎。[10]

## 伍、下水道節能減碳對策

為落實推動全國中央與地方公共工程全生命週期節能減碳，將綠色能源、綠色材料、綠色工法、綠色環境納入工程中，行政院公共工程委員會除已函頒相關政策白皮書、執行方案、設置再生能源設備規劃設計參考原則外，亦研擬太陽光電、風力及空調節能等規劃設計參考原則，並請各中央目的事業主管部會就主管工程部分訂定各類公共工程節能減碳相關規劃設計參考原則，提供給各機關及地方政府辦理規劃設計之參考。實際應用上，有關下水道管線系統及污水處理廠(水資源回收中心)節能減碳規劃設計原則及作法如下：

### 一、下水道管線系統

綠色內涵執行原則，包括：

(一)檢討需求性、因地制宜及就地取材。

(二)採用預鑄構件材料或施作方式，提高作業效率，並減少結構尺寸，以降低水泥、鋼材等營建材料使用量。

(三)以安全為前提，考量工業副產品取代水泥與砂石可行性，以減少碳排放量。

綠色內涵具體作法，包括：

(一)綠色環境

1.排水採重力排水。

2.注重環境、減少對原有環境衝擊。

(二)綠色工法

1.免開挖工法屬綠色工法，如推進、潛盾等，推進管因屬預鑄，管材亦可計入。

2.用戶接管目的即將生活污水導入下水道系

統，減少河川污染，屬綠色環境一環，故用戶接管工程皆可納入綠色內涵。

3.用戶接管工程設施包含陰井、配管箱、清除孔或管材皆為預鑄成品，產品品質高且穩定，於廠內生產除提高速率，且可減少現場施工項目，降低施工現場污染，減少碳排放量。

4.工作井鋼管擋土工法之構件可回收利用，符合節省資材、拆除構件再利用、運送便利低耗能原則之綠色工法。

5.用戶接管工程於後巷採原土回填，減少廢棄土方產生。

(三)綠色材料

1.環保標章管材：例如高密度聚乙烯管(HDPE)管材即屬之。

2.長壽命耐久管材：聚酯樹脂混凝土管(PRCP)、高密度聚乙烯管(HDPE)等。

3.控制性低強度回填材料(CLSM)。

(四)其他

1.儘量減少跌落設施及彎頭。

2.圍籬、交維設施材料重複使用。

3.施工面採最小用地，以減少挖填方、廢方、擋土及照明等。

## 二、水資源回收中心

下水道營運過程中產生之溫室氣體主要包括CO2、CH4、N2O，而排放來源主要分為(1)電力、燃料等能源消耗之排放、(2)處理過程中設備運轉時之排放、(3)用水與藥品消耗之排放等三大類，另下水道資源有效利用亦可相對削減溫室氣體排放，此部分已分別於水再生利用與水資源回收中心創能方式進行說明，以下則分別就前述三類溫室氣體排放源探討如何於建設與營運過程中採行有效之節能減碳對策。

(一)電力、燃料等能源消耗之溫室氣體排放減量

主要為水資源回收中心內設備之省能策略，包括：

1.機械設備節能設計

廠內耗能機械設備較高者為泵浦輸送及曝氣鼓風系統，其兩者用電量合計約佔全廠之50%，故其設備選用將顯著影響整體節能效果。採行方式包括：泵浦輸送系統彈性設計（如多台或變頻設計、儘量選用高效率泵浦等）、設置高效率曝氣鼓風系統（鼓風機選用可調整風量與高效率風機為原則、複數台設計、操作控制上將配合溶氧值進行調整風量等，均可降低運轉電力之使用；散氣系統依機能需求選用傳氧效率較高之散氣設備，並安排適當配置以使池內混合均勻，提高溶氧效率，達到節能目的）。

2.電力系統節能設計

如設置高效率或非晶質變壓器組、裝設功因改善電容器、設置電力管理監控系統、設置高效率照明、採用照明控制節能等。

3.其他

諸如引進綠建築設計、空調通風系統節能、處理單元操控調整等。

(二)處理過程中設備運轉時之溫室氣體排放減量

1.污水處理方式與操作運轉調整：透過溫室氣體實測適度修正操作運轉方式，並加上污水處理流程上之有效管理，將可達到溫室氣體排放減量之效果，如除氮流程中適當抑制硝化反應以控制CH4、N2O等溫室氣體排放量。

2.適當選用溫室氣體排放較低之處理程序。

(三)用水與藥品消耗之溫室氣體排放減量

節約用水及降低藥品使用量可直接達到溫室氣體排放之減量，包括處理水有效利用、管控藥品使用量(如檢討藥品種類、藥品注入率、藥品過量管控等)。

## 陸、水資源回收中心創能方式

水資源回收中心係以處理集污範圍內污水為主要機能，然而「處理」即為耗能程序，面對環境變遷考驗更要思考節能及創能，所謂「創能」係指「再生能源發展條例」中之再生能源。於水資源回收中心之機能架構下，欲結合太陽能、風力、水力、沼氣或其他生質能等創能應用，其有關之創能種類、應用考量簡介如下[11]。

### 一、太陽能發電

裝置於水資源回收中心之太陽能光電系統，其設置應用上須注意事項包括：

(一)法令規章

(1)建築相關法規：建築技術規則中有關太陽能光電系統設置，除建築設計施工篇之綠建築基準外，其設置應用上可能涉及包括建築材料使用、載重設計等規定；設置地點所在當地建築設計規範，可能包括對鄰近建築物之日照權、屋突或後期建築物可能發生之遮蔽等情形；綠建築標章，包括光電板裝置於屋頂層，有助於降低外牆熱傳透率，有利於綠建築節能指標。

(2)電氣相關法規：依據台灣電力公司營業規則、再生能源發電設備設置管理辦法、再生能源發電系統併聯技術要點及屋內外線路設置規則中，有關太陽光電系統設置之相關內容包括：系統電壓等級、線路之電壓降、導線之規格、導線之安全容量及系統併聯等規定。

(二)基地環境調查

臺灣地區太陽能光電系統設置方位以南向為佳，配合基地所在區位、高程，考量日照之傾斜角，亦有利於雨水沖洗，可配合季節調整角度。

(三)裝置場所與供電條件

光電板通常裝置於屋頂層，應注意事項包括光電板與樓板間之維護散熱空間、基座與防水層之按合；與供電條件有關部分則有用電負載端情形、用電密度、用電量變化等用電特性，此外，電力系統、電力設備容量、分電盤位置等電氣設備，均須考量搭配。圖4為南部科學工業園區台南園區污水處理廠設置太陽光電發電實例，發電設計額定容量為159KWp，供應廠內部分用電需求。

圖4 南部科學工業園區台南園區污水處理廠太陽光電發電系統

## 二、風力發電

風力發電借助於風，屬於不穩定的電力來源，因此電力不足時需要併聯市電供電系統以維持電力負載端所需，裝置於水資源回收中心之風力發電系統，其設置應用上須注意事項包括：

(一)基地氣象條件，根據風向、風速等風況特性，研判適合風力發電的位置。

(二)由風況資料推估設備利用率，作為研判裝置依據。

(三)設施低頻噪音對鄰近住家之影響。

(四)其他尚包含電氣相關法規規定與供電條件考量。

## 三、水力發電

水力發電受水位壓力差與水流量所控制，裝置於水資源回收中心之水力發電機均屬小型系統，其設置應用上須注意事項包括：

(一)應用於放流水以減少水質對葉輪之影響。

(二)基地地形條件：放流端高程差、放流水量與水位變動條件，水位壓力差取決於放流端高程與水位變動，通常水位壓力差變動不大，放流水量則因污水集污區之用戶接管率與城鄉發展情形而成長變動。

圖5 中部科學工業園區后里園區污水處理廠小型水力發電系統

(三)推估放流水量成長變動趨勢，作為研判裝置容量依據。

(四)其他尚包含水污染防治法、電氣等相關法規規定與供電條件考量。

圖5為中部科學工業園區后里園區污水處理廠設置小型水力發電系統實例，其水位有效落差為8.5公尺，水量0.1CMS，電力輸出設計額定容量為5.5KW，主要供應機房室內及室外照明電源，經計算溫室氣體排出削減量為25.82公噸CO2/年。

圖6 中部科學工業園區台中園區污水處理廠風光互補系統應用

### 四、風光互補發電

專指微型風力與太陽光電互補的發電裝置，充分利用自然環境資源，於日間利用太陽能發電，夜間或天候不佳時則有風力機組可互補供電，降低發電裝置中斷供電之風險，由於系統多應用於照明、自動灑水澆灌、安全監視、自動檢測或通訊等小負載用途，對周界環境影響小，因此裝置限制條件較少。

圖6為中部科學工業園區台中園區污水處理廠設置風光互補系統實例，主要供應入口廣場路燈，共6盞，每盞用電量52W(26W×2)，經計算溫室氣體排出削減量為0.73公噸CO2/年。

### 五、生質能應用

水資源回收中心的生質能應用方式，包含污泥厭氧消化過程所產生沼氣之燃料使用(供作加熱、發電、汽車動力)、污泥炭化燃料、污泥造粒燃料等。

### 六、處理水應用於熱交換

處理水應用於熱交換須考量水質條件，以降低熱交換系統之設施維護負擔，其應用方式一般有處理水作為冷卻用水、污泥焚化爐與溫泉區排水之熱回收等。

## 柒、結語

由於環境變遷係屬明確且無可避免之趨勢，相關工程勢必得提出新思維以面對環境變遷所引致自然與人文的雙重衝擊。以都市防洪而言，新思維包含總合治水之上、中、下游複合式治水策略、新的集水區排水策略和採用政策性手段以教育民眾對於積、淹水風險的認知，未來更應進一步以水資源之保水態度與自然天候尋求和平共存；另水資源更已成為影響國家發展之重要指標，在開源不易情況下，除了配合水利工程運用貯留及下滲做為兼具防洪災與補助自然水源之手段外，利用再生水補充部分用水已成為必然趨勢，以往下水道工程係將污水收集及處理至不影響環境為主要目標，現階段則建議整體規劃併入水資源再利用構想；而溫室氣體所造成之地球環境負面效應屬不可逆且全面性災害，全世界各國家早已成立相關組織並制訂公約以避免情況持續惡化，未來各工程開發時均須導入節能減碳概念及工法，除滿足工程目的外更應儘量降低碳排放甚至達零排放目標；如何創造新能源或相對乾淨(低碳排放)能源亦是應變環境變遷的手法之一，水資源回收中心將污水中污染物去除係為耗能程序，雖屬必要且不得不之選擇，然卻可於相關程序中尋覓可創造之最大化能源利用，以降低處理程序本身對外部能源之依賴。上列所述新思維實為因應環境變遷之對應工法，作為時代工程師應以不滿足於現況對策的積極態度面對問題，進而激勵並創造新構想，始足以面對日益嚴重且難以預測之環境變化。

## 參考文獻


1. 劉曜華，台灣都市發展史，2004年。
2. 臺北市民政局，http://www.ca.taipei.gov.tw。
3. 經濟部水利署，水文年報，http://gic.wra.gov.tw。
4. United States, Environmental Protection Agency, Low Impact Development (LID) A Literature Review，2000年。
5. United Kingdom, Scottish Environmental Protection Agency, Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS)，http://www.sepa.org.uk。
6. 日本雨水貯留浸透技術協會，雨水貯留浸透のススメ，2008年。
7. 經濟部能源局，能源產業溫室氣體減碳管理培訓課程講義，2013年。
8. 行政院環境保護署，台灣產品碳足跡資訊網，http://cfp.epa.gov.tw/carbon/defaultPage.aspx。
9. 經濟部水利署，「國際水再生利用推動經驗評析」，2010年。
10. 經濟部水利署，「我國水資源政策」，2012年。
11. 台灣水環境再生協會，「污水下水道溫室氣體減量及創能節能」，2013年。

南科台南園區污水處理廠