



中國工程師學會
Chinese Institute of Engineers - Taichung Chapter
台中分會會訊

NO. **58**

發行人：溫志超

編輯：葉秀貞、史立敏、林秋惠

中華民國109年04月

目錄

一. 會務動態	2
二. 專題報導	5
三. 其他相關資訊	16

一、會務動態

第五十一屆第三次理監事聯席會會議記錄

時間：109年03月27日（星期五）；上午10點00分

地點：國立雲林科技大學水土資源及防災科技研究中心

（營建教學暨服務大樓三樓會議室）

壹、主席致詞(略)

貳、工作報告

●分會會員資訊：分會會員資訊已清查完畢，需更新資料於109年2月14日發電子郵件通知總會，請總會更新會員資料。

參、討論事項

一、會訊專題報導之主題討論

說明：依據第51屆第一次理監事會議之結論，會訊擬於每年一月、四月、七月及十月發行；四月會訊專題撰稿人及主題，請討論。

決議：四月、七月及十月專題分別由溫志超理事長、蔡清池常務監事及徐啟銘理事主筆。

二、中國工程師學會台中分會第51屆會員大會之活動議程討論

說明：第51屆第一次會員大會將於109年3月31日前完成通知，活動訂於5月21日(四)辦理，擬邀請貴賓、贊助單位(負責人)、團體會員(代表)名單及相關活動議程，提請討論。

決議：邀請事業單位參加及贊助本活動，與企業建立關係。

三、因應新型冠狀病毒疫情，為加強防疫，原定5月21日(四)舉辦的會

員大會是否要延期舉行

說明: 新型冠狀病毒肺炎疫情目前仍在延燒，為避免群聚感染，原定 5 月 21 日(四)要舉辦的會員大會及參訪是否延期舉行，提請討論。

決議: 先暫定 9 月份辦理，若到 9 月疫情沒有趨緩則停辦。

四、台中分會會員大會相關經費討論

說明: 51 屆第一次會員大會通知將以紙本及電子郵件通知，大會及參訪相關費用預估如下，提請討論。

1. 郵寄開會通知: 目前已知會員人數 358 名及各貴賓、贊助單位及團體會員，郵資一封 28 元，總金額將隨會員人數及郵寄單位數量調整。
2. 專題演講費: 2,000 元
3. 參訪遊覽車資: 2 輛，預估 13,000 元/輛
4. 保險費: 70 元/人
5. 餐費: 每人以 360 元計(含中餐及飲料費用)
6. 各獎項得獎人獎牌及演講者獎牌製作: 2,000 元/面
7. 紀念品: 100 元/份
8. 場地費: 7,200 元

決議: 專題演講費提高至 2,500 元，下次理監事會時提出預算總額。

五、為支應本分會會務運作相關經費，擬募款補足資金缺口

說明: 總會每年補助分會經費 5 萬元，資金不足部分擬募款補足，是以總會或分會名義募款，或另外方式，提請討論。

決議: 可藉由提供廠商於會場會員大會設攤或宣傳機會向廠商募款，

六、會員大會地點是否移到國立雲林科技大學舉辦

說明: 國立雲林科技大學和台塑六輕廠都在雲林縣境內，為便利往返是否

大會地點移至國立雲林科技大學，提請討論。

決議:初步決定在國立雲林科技大學辦理，專題演講講者由主辦單位決定。

肆、臨時動議

伍、散會



五十一屆第三次理監事聯席會會議照片

二、專題報導

我國推動地下水補注管理面臨課題及策略

黃紹揚¹、溫志超²

¹ 國立雲林科技大學水土資源及防災科技研究中心 執行秘書

² 國立雲林科技大學環境及安全衛生工程系 特聘教授

一、前言

地下水補注管理(Managed Aquifer Recharge, MAR)概念係由於2002年至2011年擔任國際水文地質學家協會地下水補注管理委員會聯席主席之英國水文地質學家Ian Gale所提出，地下水補注管理係指採取一系列有目的將水源補注及儲存至合適含水層之方法，以利後續之使用並提升環境效益之程序，藉以達到增加地下水資源量、提升地下水水位、淨化水質及防止海水入侵等目的。甚多國家諸如美國、澳州、德國、荷蘭、以色列等國均將地下水補注管理作為其國家水資源整合管理(Integrated Water Recharges Management, IWRM)重要的一環。

二、地下水補注管理概念

地下水補注管理簡言之即將各種可能水源，如逕流、再生水、自來水、海水淡化、雨水或來自其他含水層之地下水以人為方式補注貯蓄於含水層，其後再行抽取回收予以利用，而於補注前宜進行適宜之水質處理程序，於抽取回收後則應視其水質需求進行水質淨化處理，而抽取回收水源可用於飲用水、工業用水、灌溉用水、沖廁用水及補充環境流量等用途。

利用地表下含水層進行水源貯蓄及抽水利用可緩衝季節性水源短缺、紓解乾旱壓力、支持環境保護所需流量及遞延水資源開發所需成本，另經地下水補注後抽取之水源可因應終端利用標的之水質需求進行水質處理，而非僅採高成本飲用水水質處理標準，可經濟且高效滿足各標的用水需求，可減少自來水供水系統之壓力。地下水補注蓄水亦可減少地表蓄水所可能產生之蒸發損

失，並於貯蓄期間減少病原體及污染物濃度，有效改善水源之水質，地下水補注管理可因應不同需求達成不同水資源管理目的，包含結合需求管理達到地下水保育、增供水資源滿足民生需求、增補環境流量、抑制海水入侵及緩解乾旱衝擊，地下水補注與傳統地面蓄水水壩之優劣，如表一所示。

地下水補注管理具上述甚多可能效益，因此世界各國紛紛採用此方法作為國家水資源管理重要手段，其中以美國、歐州、澳州等國推展較具規模，而於拉丁美洲、加勒比海國家、南非、中國及東南亞等地區推動含水層補注管理之案例則較少，此等地區因分佈多變的氣候、地質、飲用水需求、灌溉用水需求及受壓力之地下水系統，因此具有推動含水層補注管理之潛能。

表一 地下水補注與傳統地面蓄水水壩優劣比較表

項目	傳統水壩	地下水補注
土地面積需求	大	甚小
距城市距離	遠	近
資本投資成本	高	低
研究成本	高	低
引水供水率	高	低
蒸發損失	中	低
藻類問題	中	低
蚊蟲孳生	中	低
混合損失	無	無至高
病原體去除	部份	可觀
重覆污染問題	中	無至中
溫室氣體排放-內部耗能	高	低
溫室氣體排放-操作耗能	低至中	中
可行必要條件	適合河谷	適合含水層

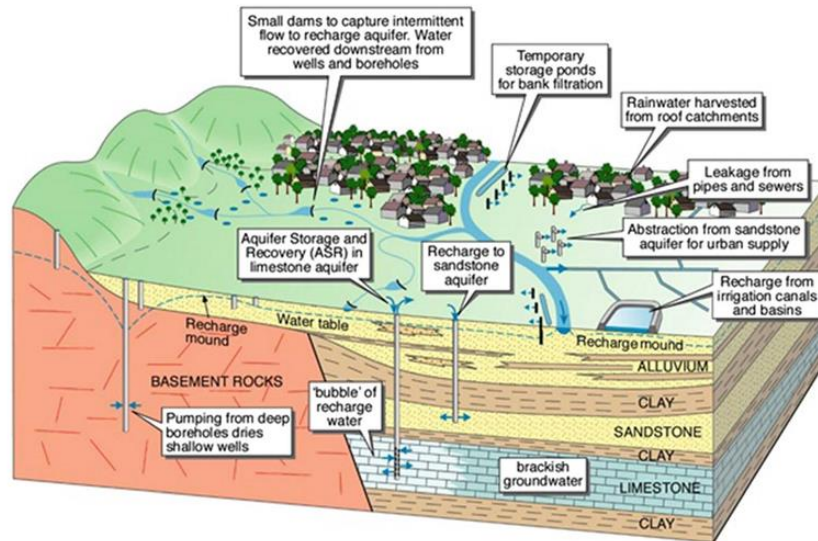
三、 地下水補注管理方法

因應不同區域特性，有甚多類型地下水補注方法可供利用，如圖一所示，常見之地下水補注方法則包含下列數種，惟欲挑選適宜之地下水補注方法應考量水文地質特性、地形、水文及區域土地利用型態。

(一)含水層貯蓄回用(Aquifer storage and recovery, ASR)：利用單一

井進行補注及抽取回用，通常於已鹽化含水層甚為有用，可有貯蓄水源及改善含水層水質。

- (二)含水層貯蓄、移轉及回用(Aquifer storage, transfer and recovery, ASTR)：利用水井進行補注，再由另一水井進行抽取回用，此方法較 ASR 具有藉由增加於含水層停留時間改善水質優點。
- (三)入滲池(Infiltration ponds)：將地面水引到河川外之土地或渠道進行蓄存，使其可入滲通過未飽和層補注至未拘限含水層。
- (四)入滲廊道(Infiltration galleries)：利用具有孔隙之管路埋入具滲透性土壤中，使水源可入滲通過未飽和層補注至自由含水層。
- (五)入滲塘或補注堰(Percolation tanks or recharge weirs)：於間歇河中設置攔水堰攔蓄地面水，經由河床入滲至自由含水層。
- (六)雨水收集進行含水層補注(Rainwater harvesting for aquifer storage)：將建築物屋頂雨水進行收集，注入填充砂或礫石之井、坑或沉箱以入滲至自由含水層。
- (七)放流補注(Recharge releases)：利用大型攔河結構物攔蓄河川水源，再配合下游河床入滲能力緩慢放流至下游，使放流水可藉由下游河床入滲補注至下方含水層。
- (八)補注淺井(Dry wells)：於地下水水位較深地點設置淺井，將具高水質條件之水源藉由淺井入滲補注至自由含水層。
- (九)河岸過濾(Bank filtration)：於河岸或湖泊沿岸利用水井抽取地下水，以誘導河川及湖泊地面水入滲，進而改善水質。
- (十)地下堰(Underground dams)：於間歇河中設置地下攔水堰以攔蓄河床下伏流水，避免其往下游流失。



圖一 因應不同地域特性之含水層補注管理方法

四、 我國推動地下水補注管理面臨課題

長期以來我國因產業快速發展、土地利用密集及區域水資源供需失衡等因素，衍生出水源匱乏、超抽地下水及國土流失等問題，更甚者於彰化、雲林、嘉義等縣市面臨地層下陷問題，且伴隨著豪大雨發生，上述地區亦常傳出淹水災情，足見地層下陷已非單純之國土流失問題，更可能威脅民眾之生命安全。近年來，政府為防範地層下陷所造成之危害，已分年分期實施地層下陷相關防治作為，而歷年實施成果業已達到減緩持續地層下陷趨勢之效，惟防治地層下陷屬長期性工作，且地下水環境在經過長年破壞之後亦亟需復育，故執行地下水補注有其必要性。我國未來推動地下水補注管理仍有諸多課題應予以解決，以下就我國於此等課題所遭逢困難及可能因應作法，簡述如下：

(一)補注水源取得

地下水補注管理之概念係將多餘地面水資源以人工方式補注至含水層，以供後續利用，我國因有水文豐枯不均特性，兼以水庫等大型蓄水設施開發計畫推動不易，以致水資源供應常因水文情勢不佳而出現缺水危機，因此，欲利用既有水源進行地下水補注，有其先天條件上之困難，惟可配合各標的用水加強管理措施，提高用水效率進而擲節用水，再將所擲節水量補注至含水層，

如依據民國 107 年水資源運用統計資料，我國農業用水佔總量 70~75%，如可提高農業用水效率，應可有多餘水源量供地下水補注之用。此外，近年氣候變遷顯著，短延時強降雨事件頻傳，常造成部份地區出現嚴重淹水災情，經濟部水利署為減少淹水災害造成之損失，於民國 95 年易淹水地區治理計畫及民國 103 年流域綜合治理計畫均強化滯洪及蓄洪空間，如可將致災性之地表逕流量配合滯(蓄)洪空間予以留存，再以適宜方式補注至含水層，除可減少降低滯(蓄)洪空間之效能，亦可增補含水層地下水水量，不失為一具綜效之地下水補注水源方案。

此外，近年為提升我國水資源供應穩定性及順應循環經濟趨勢，經濟部水利署亦大力推廣廢(污)水再生工作，並設置為數眾多之再生水處理設施，再生水具有水量穩定之特色，可作為地下水補注水源之一，於國外已成為重要地下水補注水源，惟因我國再生水推動時間尚短，民眾對再生水水質仍有疑慮，為順應民情，再生水多僅可供作次級用水，如可將其補注至含水層，儲蓄轉化為民眾較易接受之地下水，應可提升再生水整體利用效率。綜上，因我國現有水資源供應短缺現況，欲推動地下水補注管理之水源取得不易，需配合相關措施始可獲充足水源以供地下水補注，加強管理摺節水量、地表逕流量蓄留及再生水應可較具可行性之選項。

(二)補注水源水質要求

我國對於地下水水質保護法規甚為嚴格，依據水污染防治法第 32 條已明確全面禁止廢(污)水處理後補注至地下水，另外，依據環保署函示內容，即使利用天然地面水體仍受到欲補注含水層地下水水質及地下水污染監測標準之半等限制，大幅限縮可供地下水補注之水源條件，如上述，以水源取得觀點，目前較可行之補注水源為各標的用水摺節水量、地表逕流量蓄留及再生水，如依現有環保法規恐地表逕流量及再生水均無法作為可供補注之水源，將使地下水補注管理工作推動受阻。

依國外經驗，依據不同補注水源如經適宜前處理過程即可作為地下水補注水源，而操作過程水質監測工作始為水質管理重要關鍵，而非於補注水源水質條件即予以嚴格限制，因此，我國應有必要就地下水補注水源水質重行檢討，參考國外經驗，於不影響整體地下水水質條件下，適度放寬補注水源之水質限制，以利地下水補注管理工作之推動。

(三)地下水補注法規補強

我國對於地下水補注相關法規付之闕如，目前僅地下水管制辦法中明確說明於第二級管制區經主管機關同意可進行地下水補注及回用，其餘對於地下水補注管理 4 大程序即補注水源獲得、含水層補注、抽取回用及終端使用等均無相關較為明確之法規或規範可供依循。經濟部水利署「地下水保育暨地層下陷防治第 2 期計畫」雖將加強地下水補注作為整體地下水保育重要策略，因未具有完善法規規範可供依循，使得我國目前地下水補注工作推動仍處於試驗階段或僅為原水利設施(如滯(蓄)洪設施)之附加價值，無法支持大力推展地下水補注管理相關工作。

目前世界各國已將地下水補注管理視為整合水資源管理策略中重要的一環，為使加速推展地下水補注管理，強化我國針對地下水補注管理法規甚為關鍵。

(四)公民參與及民眾接受度

近年來我國重大建設計畫如前瞻基礎建設計畫均強調公民參與重要性，目的即在於藉由公民參與，廣納民眾意見及促進政府與民眾交流，以減少重大公共建設推動之阻力，依據國外經驗，公民參與係為地下水補注管理工作推動甚為重要之一環，於推動地下水補注管理計畫之初即應辦理民眾公聽會，於操作過程亦應定期公佈操作成效及檢測資料供民眾知悉。

地下水補注管理仍為我國尚未推動之水資源管理策略，民眾對其內涵較難理解，且對其自身週遭環境影響多為民眾關切重點，因此，如何與民眾取得共識進而提高民眾對於地下水補注管理方

案接受度，將為未來推動地下水補注管理工作甚為關鍵之課題。

(五)管理單位及制度建立

我國現行地下水資源管理權責單位為地方政府，目前除經常性水利建造物申請及水權核發業務外，地方政府對於地下水資源管理受限於基礎資料、專業智能及人力資源之短缺，多未能有具體成效，以致我國部份地下水區如濁水溪沖積扇、嘉南平原、屏東平原及蘭陽平原等均出現地下水資源管理失當所衍生之不良影響。

有鑑於地下水資源管理涉及專業領域甚廣，依目前各地方政府編制之地下水資源管理人員數量而言，甚難進行有效之管理，而地下水補注管理方案之推動涉及層面較之單純地下水資源管理更為複雜，因此，如何建立專責管理單位及制訂務實管理制度，亦應為未來推動地下水補注管理甚為重要的一環。

五、 我國地下水補注管理推動策略

考量我國推動地下水補注管理所面臨課題，於短、中、長期之推動策略如圖二所示，以下簡述各項策略之內涵：

(一)短期策略

1. 地下水補注管理法規研議及擬定

我國地下水補注管理相關法規甚為缺乏，造成於補注水源取得及地下水補注設施申請許可等層面無明確法源依據可供依循，故短期應通盤考量我國地下水補注管理需求，就其所需法源基礎採增修水利法或另訂新法，以完備地下水補注管理相關法規。

2. 地下水補注管理技術文件編擬

地下水補注管理涉及專業領域甚廣，為使地下水補注管理方案前期評估、規劃、設置、操作、監控及成效評估等作為具有相關標準，應編擬相關技術文件供作為推動之基礎。

3. 地下水補注水源水質限制鬆綁

依目前我國環保署對於地下水補注態度，強調於補注水源水質要求以避免造成地下水水質劣化，然將限制多數地面水水源無

法成為地下水補注水源。短期應可參考國外案例及作法，採要求補注水源進行前處理後進行補注，另由水質監控方式進行地下水環境保護，以鬆綁現行嚴格補注水源水質要求。

4. 我國地下水補注管理潛力區位研究劃設

地下水補注管理推動要素中，含水層是否具有充足貯蓄空間為甚為關鍵之要件，我國各地下水區含水層水文地質條件不一，使用現況亦有所差別，應就全數地下水區進行資料蒐集、調查試驗及研究分析，就具地下水補注管理潛能之區位予以劃設，並依此排定推動優序。

5. 配合既有滯(蓄)洪設施操作增進地下水補注量

我國部份地下水區已因地下水超抽產生嚴重不良後果，如地層下陷及海水入侵等，地下水補注具有增加地下水貯蓄量之功能，然於補注水源難覓情況下，充份利用多餘地表逕流量應為可行方案，配合近年設置可觀的滯(蓄)洪空間蓄留逕流量，可採入出流操作方式，維持滯(蓄)洪空間常時蓄水量，增加地下水天然補注量，應為短期可立即推動之方向。

6. 推動河道內地下水補注方案

於目前環保署對於補注水源嚴格要求，欲利用非天然地面水體如廢(污)水等進行地下水補注有其法規面之困難，因此，短期推動地下水補注管理應以天然地面水體為之較不具爭議，而於河道內利用蜿蜒流路、淺堰及入滲池遲滯河川流量增加補注量亦應為短期可立即實施之策略，於具地下水補注迫切需求之地下水區可採此方式增加地下水補注量保育地下水資源。

(二) 中期策略

1. 區域地下水補注管理計畫規劃研擬

於法規面及技術面所需基礎均已完備條件下，可就應推動地下水補注管理之地下水區規劃其推動內容及期程，編擬以地下水區為範圍之地下水補注管理計畫，因地制宜明確規劃各項地下水補注管理方案，以作為主管機關政策推動之依據。

2. 推動廢(污)水經處理進行地下水管理方案

因廢(污)水經處理之排放水量穩定，如補注水源水質要求法規得以鬆綁，即可考量配合各地廢(污)水處理設施推動地下水補注管理，方案之研擬可依廢(污)水處理程序及其可能終端使用標的予以分級，於考量處理成本及終端利用標的水質需求進行成本效益評估，推動於財務分析具可行性之方案，方案內容亦需規劃方案之水量水質監測系統及緊急應變作為，於確保地下水水質不致劣化條件下，充份循環利用有限水資源。

3. 地下水補注管理方案推動

依據區域地下水補注管理計畫研擬成果，就可行方案進行實質推動工作，包含前期規劃、可行性評估、設施設計及設施設置等。

4. 地下水補注管理監控及成效評析

針對完成設置之各地下水補注設施擬訂完善之操作管理流程，並設置必要之監測系統，隨時監控地下水補注管理設施之操作成效及影響，必要時應採取緊急應變作為以維護地下水資源環境，另亦應綜整設施操作及監控成果，進行地下水補注管理成效評析，產製成效評估報告，以作為後續操作管理之參考。

5. 研議地下水補注管理水權移轉交易機制

參考澳州推動經驗，評估地下水補注管理水權移轉交易之可能性，增加推動地下水補注管理方案誘因，朝向促進地下水補注管理民間參與，建構地下水補注管理產業鏈方向思考，使地下水補注管理得永續發展。

(三)長期策略

1. 推動以補定抽之地下水資源補注回用策略

配合地下水補注管理策略推動，我國地下水資源管理可朝向以補定抽之架構發展，由區域地下水增加補注量作為訂定區域地下水可增抽量之基礎，配合水權管理機制，可使區域地下水資源不致出現超抽現象，達到地下水資料永續利用之目標。

2. 落實區域地面地下水聯合運用機制

目前我國推動地面地下水聯合運用並未考量人工補注所增補水量，如將含水層視為地下水庫，配合地下水補注設施，即可充份利用含水層可觀貯蓄空間，將地面水多餘水量挹注至含水層，再於枯水期地面水缺乏期間充份利用地下水，除可增加現有水庫調蓄功能外，將可提升我國水資源供應穩定性，並可有效保育地下水資源。

3. 推動民間參與地下水補注管理方案開發

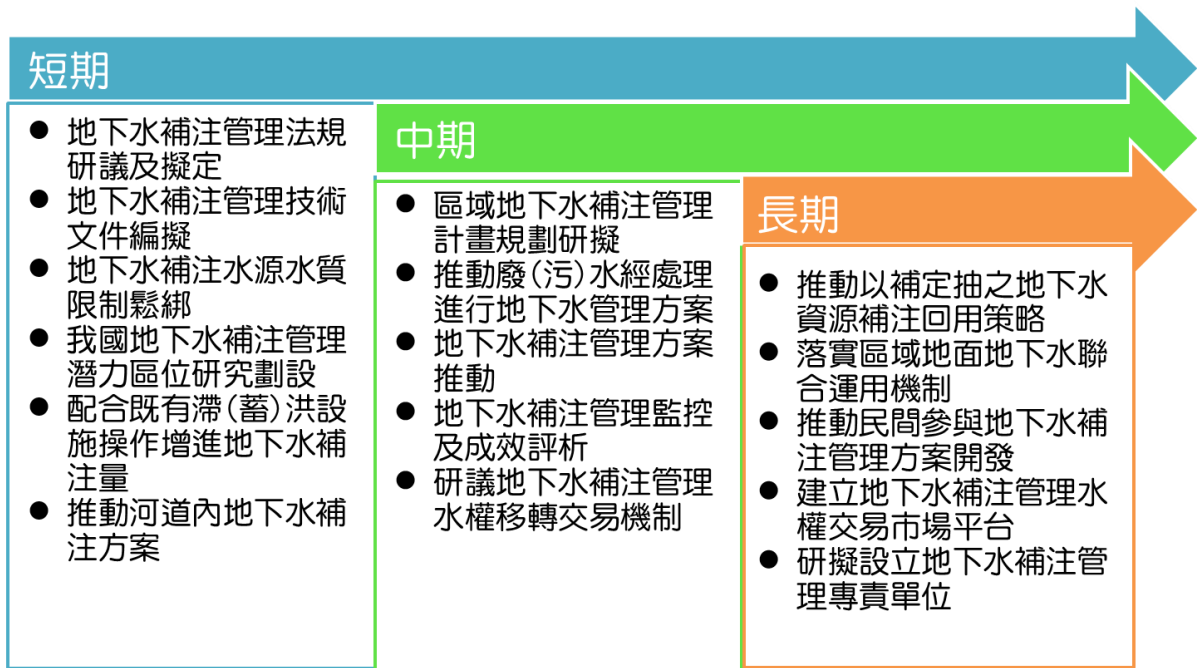
地下水補注管理方案具有增補地下水量之直接效益，如回用機制得以確立，再配合供水合理收費標準，可使地下水補注管理方案成為具獲利可能之產業。因此，主管機關可鼓勵民間參與地下水補注管理方案，於合理獲利條件下，形成完整產業鏈，擴大地下水補注管理推動成效。

4. 建立地下水補注管理水權交易市場平台

效法澳州水權交易政策概念，於地下水補注管理充份發展條件下，即可建立包含補注水源及回用水量之水權交易機制，由投資商所設置地下水補注設施增補地下水水量取得回用權利，再行交易予需求端進行地下水抽取使用，可落實使用者付費原則，使地下水資源開發成本由需求端負擔，減少主管機關於水資源開發計畫經費籌措壓力，並可支持其地地下水補注管理方案經費需求。

5. 研擬設立地下水補注管理專責單位

地下水補注管理為我國新興地下水資源管理概念，如由目前地方政府主政現況，無法充份達到地下水永續管理目標，因此，我國應考量設置地下水補注管理專責單位，專責單位可由政府部門設立或輔導民間機構設立，設立後依相關法規據以執行地下水補注管理各項事務，以強化我國地下水資源管理效能。



圖二 我國地下水補注管理推動策略

六、 結論

我國水資源管理因其先天豐枯不均及後天蓄水設施開發不易，常出現缺水疑慮，影響整體社經發展，如何採取通盤性整合思維，將防洪、水資源開發、水資源保育及環境保護等面向綜整為整合性水資源管理策略，為未來我國水資源永續利用之重要課題。地下水補注管理於國際間已成為整合性水資源管理常用實務方法，我國現有九大地下水區含水層具有可觀之貯蓄空間，如可採地下水補注管理充份利用含水層貯蓄空間，除可增加整體水資源貯蓄量，亦可吸納洪水減少淹水災害及增進環境品質，將可突破我國水資源管理固有劣勢，穩定水資源供應及保育水資源環境，支持國家永續發展。

三、其他相關資訊

台中分會網站資訊將持續更新，期望能為台中分會的會員朋友們提供一個分享交流、學習、溝通及傳承的平台，歡迎大家隨時上網瀏覽並提供意見。

為響應環保及節能減碳，中國工程師台中分會會訊，採電子版本發行，刊登於網站上。為便於最新消息及活動資訊傳遞，未來將陸續致電與分會會員進行個人資料補正，或請您填妥下方補正資料，傳送至台中分會第五十一屆秘書處，感謝各位會員朋友的支持與配合。

會員基本資料補正			
姓名		連絡電話	
服務單位		職稱	
E-mail			
※歡迎使用 Email 回傳至信箱： globalwcc307@gmail.com ，謝謝！			

會訊徵稿

本會訊歡迎會員投稿，若有資料或意見提供，請與本分會秘書處聯絡，來信請寄：globalwcc307@gmail.com，葉小姐。