



歐洲展開抗旱節水行動

工研院能環所 | 梁林凱

2003年在持續炎旱無雨的情況下，歐洲大陸遭到有史以來最嚴重的熱浪襲擊，人民的生命財產和自然生態環境皆面臨著嚴峻考驗，「抗旱、保水」成了當下歐洲民衆萬分急迫的任務。

本次專題特別聚焦於歐洲法國、英國、德國等三國的節水思維與相關配套措施，觀察三國在面臨嚴峻缺水挑戰時，如何以各種保水、借水、用水的行動努力對抗乾旱與缺水瓶頸，希望藉此喚醒「全民節約用水」的共同意識，並以此文做為水資源永續經營的借鏡與再提醒。



2003年當熱浪不知不覺的入侵歐洲時，葡萄牙枯死的桃樹被鋸斷、西班牙發佈攝氏42度熱浪警告、和葡、西、法國三國比鄰接連的希臘國境發生森林火災、義大利六百萬家計被迫臨時限電；在東歐地區，阿爾卑斯山的冰山開始解凍溶化、波蘭、斯洛伐克數週來沒有降下一滴雨水、匈牙利玉米減產一半、塞爾維亞境內河流流量為100年來最低、歐洲糧倉的烏克蘭實施糧食出口配額限制、歐盟的糧食總產量比2001年減少2,800萬噸；同時期的西歐地區，荷蘭河流水位已降到歷史的新低點、德國農民收割的塵土比小麥還多、法國全國約15,000人直接或間接死於熱浪來襲、同時由於夏天缺水且無冷卻水導致法國不得關閉核能發電廠等，從各國受災的嚴重程度，顯見歐洲大陸已面臨空前之水資源危機。

的確，因溫室氣體的惡化，地球表面溫度升高已是不爭之實，但是歐洲近幾年持續乾旱，導致森林火災頻仍、植物枯萎、二氧化碳排放量增加，加劇了全球暖化下不可逆轉的極端氣候，這種長期性的酷暑炙熱引發的全歐洲共同面臨嚴重的水荒問題，且迄今仍然未能找出全面的解決辦法，因此，本文將以微觀審視的角度，探究素有美妙浪漫國度之稱的法國，在面對

全球視野 歐洲展開抗旱節水行動
法國篇—浪漫花都的保水計畫

法國篇—浪漫花都的保水計畫

自2003年來連續夏季乾旱的威脅，如何以力行節約用水的耐心共同努力保護水資源的過程。

法國水資源管理機制

法國國土面積約55萬km²，人口近6,000萬，共分22個行政區域（Region）、96個省區（department）、36,500市鎮（communes）。由於地處海洋性溫帶氣候，雨量充沛，分配比較均勻，而南部沿海和羅納河谷為亞熱帶地中海氣候，夏季乾



	Degree of independence	Resources per capita (m³ / year)			
1	independence or low dependence	Low < 1000	Average 1000-10000	High 10000-100000	Very high >100000
		Cyprus, Malta	Denmark, France, Italy, United Kingdom	Finland, Ireland, Norway, Sweden	Iceland
2	Average or high dependence on upstream county		Germany, Greece, Netherlands, Portugal	Albania	
3	One or the other		Austria, Bulgaria, Luxembourg, Romania	Croatia, Hungary, Slovenia, Yugoslavia	
4	Restriction of freedom to provide water to doenstream country		Bosnia and Herzegovina, Slovakia, Spain, Switzerland		

表一：西歐與中歐各國水資源所得依存度分類——2003年聯合國食糧組織，FAO，水資源報告第23號。

燥少雨，年雨量約4,500億噸，河川年徑流量約1,800噸，每人平均佔有地表水3,394噸。根據法國水資源資訊中心統計，一般家庭用水依用水量大小分配比例如下：洗澡沐浴39%，廁所馬桶20%，洗衣12%，餐具清潔10%，食物準備6%，其他住家6%，室外6%，生飲1%。

1964年法國頒佈《水資源法》，規定全國按照地域特徵區分為六大流域管理機構：阿度-家隆流域（Adour-Garonne）、阿圖-比加底流域、羅拉-彼達尼流域（Loire-Brittany）、萊茵-馬斯河流域（Rhine-Meuse）、羅納-科西嘉流域（Rhone-Mediterranean-Corsica）和賽納-諾曼地流域（Seine-Normandy）。《水資源法》組織管理的成分包含如下：

- （1）水質和水量並重。流域水資源管理部門負責流域內水量、水質、水工程、水處理的綜合管理，包括地表水和地下水。
- （2）依法行政與管理。水資源法規定以自然流域區域使用協商為原則，其水資源開發利用是由流

域委員會制訂，地方政府實行，並通過法律手段予以糾正或處罰。

- （3）合理運用經濟槓桿法則和財政激勵方式。管理機構實施使用者付費原則，具體收取用水費、排污費，通過「以水養水」，達到污水管理的目的。
- （4）統合作和互動監督。流域水資源管理實行董事會制，董事會由中央水管部門、流域地方行政官員、用水戶和專業協會代表採取「三三制」組成，無論是政策制訂、費用訂定、使用分配都體現在各級水管機構。

1992年1月法國政府又在1964年頒佈的法律基礎上，進一步修改水資源法，並以強化水資源管理做為國家全民財富的基本原則，以達到滿足用水需求和水資源與生態平衡的兩大目的。

巴黎第一次節水

1913年6月的炎夏，罕見的缺水危機改變巴黎男女的晨浴習慣。

自十九世紀末期因襲英國傳統的早晨沐浴習慣，使得巴黎每一個新建築都會時髦的增設好幾個澡盆室，雖然增設澡盆所費不貲，然而所有的巴黎旅館卻都是一個房間一浴缸，專家估計夏季巴黎每日晨澡的沐浴供水就有100,000缸，耗水量約2,000,000加侖。

然而晨浴行為嚴重影響到首府的供水，在炎熱的天氣下，民眾普遍的晨浴習慣頓時成了水資源的殺手，因此，巴黎的工程師們開始認真的思考如何改變巴黎人的沐浴習慣。但是，巴黎當局信誓旦旦直言，首府近郊的艾莉（Ivry）集水庫正好竣工，且塞納河通過過濾廠再淨化以及補貼初春供水作業都已完成，所以缺水狀況比起1911年的乾旱還不算是太嚴峻。

抗旱行動計畫

2003年法國生態與持續發展部提交一份抗旱行動計畫（Drought Action Plan）說明全法國與熱浪搏鬥有水過程，報告指出：儘管水資源的管理機制已就緒，但反常的是有77位地方首長們與各區域流域管委會在三月份乾旱期間卻大動作的干預水資源管理，且中央政府的行政運作能力在面對嚴重地下低水位時需要加以改善，並在法國冬至至早春季節的缺水季節與乾旱的低水位時期，有效整合相關可承受的管理工具，設計和宣傳的抗旱行動計畫以確保未來。

- 抗旱行動計畫主要的目標為：
- （1）早期檢測估計和質量診斷，未雨綢繆改善乾旱問題，如同2004年夏季乾旱一般，適時預測乾旱負面效應。
- （2）有效的運作各級資源管理行動委員會。
- （3）在抗旱危機開始之前規劃並備妥必要的控制工具。
- （4）甚至在乾旱危險期做好順應民情和迅速解決的抗

旱舒適方案。

2003年8月21日，法國官員坦承，在熱浪侵襲下全國死亡人口總數已高達1萬人之譜。法國部分地區的氣溫在8月份頭兩週氣溫飆高到攝氏40度，導致數千名老人因承受不了酷熱而死亡，其中多數是居住在公寓裡的獨居老人。在一場演說中，法國總統席拉克（Jacques Chirac）首度就此危機發表言論，他神情肅然地指出，「在熱浪侵襲下，我們所看到的衛生防護體系缺失，將會予以改正」，他並保證針對老年人之需求進行評估，且將提供額外的保健服務。

全民抗旱節水運動

2005年法國面臨自1976年以來最嚴重的缺水，隨著河流乾涸、在一些地區集水庫水位處於54年來歷史最低點，9個多月來的連續缺水，七月份降雨狀況南北分佈嚴重不均，北部平均雨量90釐米，比去年同期多出50%。南部平均降雨5至6釐米，而正常七月降雨量為30至40釐米。天氣異常乾燥降雨量較平均短少了60%。法國環境部公布了全國19個省區「極令人擔憂」的嚴重乾旱，全國共有62省實施用水管制措施，包括一般用戶、農業灌溉和工業用水都受影響。法國的電力也因限制用水減少5%的水力發電，河流枯竭魚類面臨死亡。

農業專家說，全國95個省區有超過一半50個省區推出的限制灌溉已經嚴重影響農作物收成。政府糾察人員「節水警隊」也已經展開執行農物耕地的巡邏監督，違規罰金高達1,500歐元，但是同樣面對違約罰金和農作物損失，農民卻很清晰的選擇了繳交罰鍰的罰則。一位爭求生存的農民說道，如果我停止灌溉，我將會失去20,000歐元，並連帶裁掉我所有的員工。

法國生態部長呼籲市民儲存補給品，她說，在我

們腳底下，國家正面臨乾渴死亡，除了限制灌溉用水外，再也沒有其他的拯救之道。全國受影響嚴重乾旱的地區緊急頒佈節水令、禁止清洗汽車和禁止裝填游泳池用水，一些村莊集水區都由運水車補給供水，但仍有很多人輕忽了這項禁令，以噴灌噴灑偌大的足球場，或是恣意使用超過他們需用的沐浴水量。

隨著一個乾燥的冬天的結束，2006年夏日酷熱接踵來襲，巴黎充滿著對熱浪的恐懼，環境部宣布全國15個省區為嚴重乾旱區，並頒佈禁水令，基於2003年熱浪的教訓，健康部開始教導民眾如何預防脫水和過熱現象，特別是老人、幼童以及身障者，並且宣導使用兩段式抽水馬桶、生態型淋浴系統、屋簷下的集雨管、並提倡洗碗機洗碗比人工洗碗更節省用水、夜間澆花灌溉比白天更省水、不再長開水龍頭等日常生活的節水觀念。

節水更大的事

2006年第四屆世界水論壇，法國總統席哈克設身處地的論到：「在我們這個時代最嚴峻的人類議題之一就是行使飲水的權利和公共衛生，年復一年，我們就必須承認一個事實，世界水資源短缺日益嚴重，將有10多億人無法獲得清潔的飲用水資源，這是一個健康危機，同時也是一個政治問題。為要解決這個全球的水資源危機，所要面臨的第一個挑戰就是金錢來源的問題。鑑於整治規模的需要，從現在至2015年每年需要100億美元融資援助……。」

2007年7月18日，來自27國的歐盟環境部長聚集在比利時，為全球暖化帶來歐洲的連續性乾旱發愁。他們想到一個解決之道，就是要把自來水加價，讓歐洲民眾對視水像對石油能源一樣珍惜。歐盟環境部長Stavros Dimas說，他希望在2010年後，歐洲人在打

開水龍頭時，心裏都會有「使用者付費」的概念，如此才能提升整體社會的用水效率與節水的公民意識。根據歐盟的評估，目前大約有兩成的用水是被浪費掉的。歐盟的擔心並非空穴來風，因為在過去三十年來，乾早在歐洲發生頻率愈來愈高，並且已經造成1,000多億美元的損失。而光是2003年歐洲的乾旱，就大約影響了一億人的生活以及大約87億歐元的損失。

上世紀的六〇年代，法國政府制定了《水資源法》，將水資源定性為「國家集體財富」，任何人不得浪費。以這部法律為基礎，法國政府制定了「以水養水」的節水政策，以及「誰用水，誰出錢」的用水規定，在法國每年平均水費大約為85歐元。

或許人類在用水、保水的面向上，水費、罰鍰，甚至遭逢水旱時所造成的財務損失均可估算，然而節約用水的成功所帶來的影響卻不是可以用數字衡量的，唯有善待自己、幫助別人、熱愛地球、尊重生命，確實肩負起應盡的責任與義務，共同面對及解決水資源的問題，方可不受環境威脅、不再每天為水打不可避免的硬仗，確保人類的生存的永續與未來。🌱

2006年1月，英國東南部乾旱是近八十多年來最嚴重的一次，嚴重程度甚至超過1974年到1976年的旱災。根據英國泰晤士報（The Times）2006年5月17日報導：英國第一大、每日提供高達800多萬人口飲用水，並且供水面積超過12,900平方公里，涵蓋包括倫敦在內的英格蘭東南部泰晤士水公司（Thames Water）執行長艾拉德（R. Aylard）表示：「我們必須嚴肅的研究任何可能選擇，包括從北極拖冰山、雲層造雨等，來解救乾旱之災。」艾拉德再被問到水公司會有什麼因應之道時，他接續說道，「藉由陸路或全國水網高成本運水的考量下，我們正研究用拖船把北極圈內的冰山經由北海，從蘇格蘭或挪威，拖運到英國東部的泰晤士河口，冰山可以取自格陵蘭島，也可以取自斯堪地納維亞的北部。」這個“瘋狂”「拖冰計畫」的主角是一座一英里長、半英里寬和高的冰

英國篇—— 向大自然借水的水資源管理機制

山，可別小看這座自然奇蹟，它可供應200億加侖的淡水水量，等同於44.5萬個英國家庭一年的用水量。

2006年10月23日，根據英國節能信託基金會（Energy Saving Trust）發表的一項以5,000名歐洲人的能源使用習慣顯示，英國人能源浪費的情形居歐洲之冠，反之，德國人最能有效率地使用能源，其次為西班牙人。專為消費者提供能源效率諮詢的

獨立團體英國節約能源基金會主席塞爾伍德（Philip Sellwood）表示：「英國節約能源基金會預估，除非我們克制浪費能源的習慣，否則到2010年將可能造成110億英鎊的浪費及產生約4,300萬公噸的二氧化碳，相當於每年700萬個家庭所釋放的二氧化碳。」

英國節約能源基金會的《終生習慣：歐洲能源使用報導》（The Habits of a Lifetime Report），檢視





12種最常見的消費者浪費能源的習慣。報告指出英國民眾每週有32次的浪費能源行為，有86%的民眾接受調查的民眾承認對於浪費能源感到罪惡；而且英國女性比男性更感覺到罪惡。76%的民眾承認習慣性地讓電器處於待機狀態；67%燒開水時在水壺裡放超過需要的水量；65%的民眾讓電器插頭始終插在插座；63%的民眾讓沒有人使用的房間也開著燈。報告指出，英國人解釋他們使用能源沒有效率最大的原因是懶散，有42%的民眾勾選懶散為輕忽能源態度的重大理由之一。

另一方面我們贊同，人類為要解決爭求水資源所面臨的生存困境是相當艱難的，也許我們誰也不太可能提出比借水更有創意的好方法，然而，另一方面我們在經營人類自身缺水難處的同時，卻有著忽視水資源重要性的投機與軟弱心理，因為水就只是這麼一些些，水是服務人，是用來開發的，不是人服事水。所以觀察並描述2006年英國水旱期間一切制度、管理及節水措施，是本文嘗試從節約用水的理論，尋求可能的解釋與反思。

英國水資源管理

英國國土面積24.4萬平方公里，人口5600萬人，森林覆蓋率為10.1%，平均年降雨量1,000-1,100毫米，氣候溫暖潮濕，全國每年降水量分配比較均勻，河川年徑流量不大，但國土面積較小，人口少，河流又分佈在人口密集地區，每人每年分配到的平均水資源量相對較多，且地下水豐富，農田牧場灌溉較少，水資源開發利用的主要對象是城鄉生活、工業用水、水力發電和航運。

英國英格蘭和威爾斯地區的水資源管理歷經兩次變革，基本上，乃根據第一次的1973年水資源法，實際按流域分區管理、合併、整段，成立了10個水務局，流域內不再按行政區域劃分和受其管轄的限制，每個水務局必須對主要流域全權負責、統一管理，並自負盈虧，第二次變革是在1989年政府宣布通過立法使水務局轉變為民營股份。因此，英國水資源管理的主要任務就是供水和衛生環境的水污染防治。而在蘇格蘭和北愛爾蘭，其供水管理仍屬國營公共事業機構。

英國水資源管理體制並非中央一級專職管理的政府部門，而只是起宏觀控制和協調作用，主要負責制

訂和頒佈有關水法規政策及管理辦法，監督法律的實行，並有效的控制地區流域一集水管理機構的財務，環境保護部（The Environment Agency）才是真正負責全國水環境調控及飲水質量監督調控的部門。

在英格蘭和威爾斯地區，2004、2005年家庭用水量每日平均150公升，而公共供水每日平均17.2百萬立方公尺，與1987年保持同一水平，平均一年水費率為95歐元。

全國供水網路

2006年環境保護部為要一勞永逸的解決英國東南部長期遭受乾旱和限水之苦，正如1933-34、1975-76和2005-06年的經常季節性嚴重水荒，並預備未來25年滿足區域供水平衡與需求，提出英國需要建設全國性大規模調度供水的水供應網路系統（National Water Grid）的論點，研究報告建議，一個水網並不是所謂將全國集水庫連結或是就地鑿孔取水，而是全國英格蘭和威爾斯24個水公司共同來調度100多個分離的水資源區，並且在每一個水資源區要求所有的使用者面臨同等的供水風險，同時區域間也可以藉由大型配水

輸送管線相互支援。

2004至2005年期間水調度容量就佔了全國水供應5%，每日高達80萬立方公尺，而且水的調度只能由多水的往少水量的單一輸水向量移動，輸水的品質可以是經過淨化的，甚至是未經處理的污水，常見隔區的長距離輸水由威爾斯集水區到伯名罕達118公里，最大的地下輸水道直徑為2.4公尺，長20公里。

1973年水資源管理委員會（Water Resources Board）根據2006年每日26,000至28,000百萬公升的供水量預估，擬定了新集水庫Brenig, Kielder和Carsington的開發、Craig Goch集水庫的擴建工程，以及泰晤士河的調水、引水措施；1994年國家流域管理委員會（National Rivers Authority）更在此開發水資源的基礎下，提出了如何因應大規模調水的工程建設所帶來環境和臭氧層的破壞，又如何在2015年前藉由節水策略來達成降低用水量。

力行節水措施

2006年3月英國連續經歷了兩個降雨稀少的冬季，在過去的16個月中，只有一個月的降雨達到了往年的



平均降雨量。如此少的降雨也讓去年成為了英國歷史上第3大乾早年，其乾旱嚴重程度甚至超過了乾早的1976年，連年的大旱目前已經使得流經英國首都倫敦的泰晤士河水位急遽下降。

環境保護部門對此發出警告說，水位的大幅下降有可能造成河內魚群的大量死亡，同時過低的水位也會危及在泰晤士河上航行船隻的安全。為了節約用水，避免出現居民靠供水車在街頭取水度日的情景，四月三日起倫敦地區實施了15年來首度、為期6個月的禁水令。英國多家供水公司採取禁用橡膠軟管、灑水車和禁止澆花、洗車等「一切非必要用途」的強制節水措施；其中水公司也獲准為用戶裝設水表，目前為止英國的水公司是依據房屋面積大小收費，不論使用量多寡，都是同樣的費用；泰晤士水公司已經同意

將花費一億五千萬英鎊，未來四年在倫敦和其周圍地區進行老舊水管的漏水維修工作，自從2005年6月以來，倫敦地區每天流失的自來水高達八億九千四百萬公升，等於三分之一水庫集水量。其他節水的建議包括：從多雨潮濕的英國南部開發更多的水庫、海水淡化廠、以及大規模調度計劃，而低降雨量和過高人口密度，導致英國東南部地區每人均水量比甚至不及蘇丹。嚴重的旱災讓英國民眾不得不正視水荒年，這些禁令也改變了英國人的用水習慣。

根據英國環境保護部公布，2003年，英國每戶家庭的年水費為234美元，污水處理費為264美元，用水開支總額比1989年增加了24.9%。因此，政府號召無論個人還是企業都應通過各種辦法節約用水，而英國環境保護部經常提及的一句節水口號為「要節水，首先要知道使用了多少水」，根據統計，家庭消耗了30%的英國水資源，每戶家庭只要改變生活習慣就能節約大量用水。

2005年英國環境保護部發起了一項名為“水需求管理”的計劃，號召無論個人還是企業都應通過各種辦法節約用水。刷牙的時候不將水龍頭關緊，每分鐘會浪費5公升水。但如果英格蘭和威爾斯的成人在刷牙時都關緊水龍頭，每天就能夠節約18萬噸水，足夠供應50萬戶家庭供水。另外，更換陳舊的用水設備，一台新的洗衣機用水量是10年老舊的洗衣機的一半等等。英國政府還對所有公共場所進行了抽樣調查，計算出每個人每年的用水量。比如辦公室中一

般每人年用水為9.3噸，最節約的可到6.4噸；小學生在學校通常每年用水量為4.3噸，最節約的可達到3.1噸；博物館通常每人年用水0.322噸，最節約的可達到0.181噸。通過數據的比較，英國政府鼓勵市民在公共場所節約用水。除此之外，環境保護署還為企業節約用水提出建議，例如安裝水表、確定用水類型、每年更新水管理計劃、衛生洗手間內安裝控制冷熱水的系統、在屋頂和停車場等地方安裝雨水收集系統，利用雨水沖洗馬桶和洗車、安裝廢水循環利用系統，將浴室洗澡與刷牙用過的廢水用來沖洗馬桶等。

理性的節約用水

2007年諾貝爾和平獎得主揭曉，挪威諾貝爾委員會（The Nobel Foundation）將這份榮譽頒給聯合國跨政府氣候變遷專家小組（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC），及同樣為氣候變遷付出貢獻，致力於宣傳其環保意識的美國前副總統高爾（Al Gore）。挪威諾貝爾委員會表示，頒發給IPCC和高爾，是根據得獎者在保護未來全球氣候上，對人類活動與全球暖化的關聯性，建立廣泛共識，對過程和決策有卓越的貢獻，讓世人更了解需要採取哪些因應措施。而這已成為全球的必要，藉此得以降低對人類生命安全造成的威脅。

對於諾貝爾和平獎的評論我們也能感同身受，就像負責和平獎評選的挪威諾貝爾委員會主席姆喬斯對少數幾個大國在全球暖化問題上的不負責態度提出批評，他警告說，全球暖化將導致大規模人口遷徙，並且激化人類對地球資源的爭奪。全球暖化、水資源匱乏、野生動物疾病入侵人類等種種現象代表一個更大的危機即將來臨，而生態環境的惡化正在咄咄逼人的將人類合圍和擠壓，並誘發人類自身內部產生困境，



例如，從以色列到印度，從土耳其到南非博茨瓦納，因水資源供應而引發的糾紛和公開衝突的形式已告出現，甚至一觸即發不可收拾。對此，英國國防大臣在英國皇家國際事務研究所發表演講時警告說，未來將因水而戰，戰爭將因為對有限水資源的爭奪而爆發。據此，在象徵人類智慧與聰明的進步文明背後，日常生活小小的隨手關燈和隨手關水的行動絕對不是口惠不實的空談，而是如同高爾在諾貝爾和平獎揭曉後所談到：「氣候危機不是政治問題，而是對全人類道德和精神的挑戰。」而愛惜自然資源的節約用水就是捍衛人類文明與堅持人性價值的一個必要堅持。🌱





德國篇—雨水收集利用面面觀

2006年在瑞典首都斯德哥爾摩召開的「世界水週」(World Water Week)中，由專家撰寫的《農業水資源管理全面評估報告》認為：「世界不缺水，缺的是對水資源的有效管理」，造成缺水問題有百分之九十八是人為原因，百分之二是自然原因；水危機，其實是水管理危機。特別是針對非洲地區的農民，一個更有效率的雨水收集系統和更好的灌溉系統就能夠解決全球水資源分佈不均和困乏的問題。如果，能夠擁有收集、引導雨水的渠道、儲存雨水的小型密封容器，那麼他們將更容易度過乾旱時期、可以在同一片土地上收穫更多的糧食；如果能夠大規模推行雨水收集項目，那麼世界只需要增加10%的耕地面積就可以滿足未來到2050年、全世界人口成長到30億所增加的糧食需求。當來自天上的珍寶「雨水」成為世界人類生存和確保糧食安全之源頭時，如何將雨水完善的導入耕作系統就成了雨水利用的第一優先任務。

西方文明的雨水利用，可以追溯到西元前1500年的古希臘邁錫尼文明(Mycenae)，當時住在愛琴海沿海平地及海島的邁諾斯人(Minos)主要是以「雨水」為水源，當地的農民把每年九月開始帶來的雨量視之為「秋雨之福」，並在山上建鑿蓄水池用來儲水備用，在羅馬帝國時期更推展到100,000立方公尺的蓄水量。邁諾斯人在這種特殊地理環境的影響之下，發展出西方古代最進步的地下「管路輸水」技術，被後世的水利工程師視之為「都市給水的先河」。

時至今日，德國歷經三十多年來的長期致力於雨水利用技術的研究與開發，目前已成為世界上最為先進

的國家：從規劃、設計到應用，皆擁有完善的技術體系，例如1989於年訂定世界第一個針對「住宅、商業和工業領域，或貯水容量小自250公升、大至區域型2,500立方公尺、或2.5萬平方公尺的人工湖」之雨



水利用系統計畫，包括施工、運作、維修、過濾、控制和補給等措施皆符合德國標準DIN1989；又例如，50萬個家庭使用集雨裝置、具有高附加價值的雨水產業興起，以及審慎的制定雨水排放法規和管理機制。本文旨趣即在於描述一個古老實用、結合現代環保意識、循環再利用，同時又具有高度水效率和使用率的管理模式、技術、法律，和產業整合方式。

德國水文

德國位於歐洲大陸中部，國土面積35.7萬平方公里，地形異常複雜多樣，有連綿起伏的山巒、高原平台、丘陵、山地、湖泊以及寬廣的平原，從北到南分為北德低地、中部山脈隆起地帶、西南部中等山脈梯形地帶、南部阿爾卑斯山前沿地帶和阿爾卑斯山區，地勢南高北低。德國屬於溫帶氣候，位於大西洋和東部大陸性氣候的涼爽西風帶，氣溫平穩溫和，降

水量空間分佈差異較大，其中北德平原為500~700公釐，中部山地為700~1000公釐，南部阿爾卑斯山區超過2000公釐，但年內和年際間分配均勻。

德國河流眾多，湖泊星羅棋佈。其中主要河流有萊茵河(Rhein)、易北河(Elbe)、多瑙河(Donau)、威悉河(Weser)和埃姆斯河(Ems)等；湖泊則以博登湖(Baden)、米裏茨湖(Mueritz)、什未林湖(Schwerine)、基姆湖(Chiem)和大普勞厄湖(Crosser Ploener)等最為著名。也由於德國地勢南高北低，故大多數河流由南流向北，剛好彌補了降水量南多北少的差異(參表一)。因此，德國是一個水資源時空分配均勻且較為充沛的國家。2007年德國聯邦環境局發佈的研究報告指稱，到本世紀末，德國將遭遇極端的氣候變化，長期乾旱或者超強風暴等現象將變的更加頻繁。研究甚至預測，受全球暖化影響，到2100年德國夏季得降雨量將平均減少20%，東北部地區的降雨量甚至會減少40%。

德國水資源管理

德國水資源管理法(Gesetz zur Ordnung des

	1961/-90年 平均降雨量 N公釐	1961/-90年 雨水蒸發量 V公釐	集水面積 平方公里	平均量差 N-V億 /立方公尺	1991年 平均水抽取量 億/立方公尺	水使用效率
北德低平原	720	565	111,000	17.2	17.2	1
柏林	628.5	595.5	891	0.03	1.58	53.7
布蘭登堡	610.3	595.4	29,479	0.44	1.35	3.1
漢堡	815.2	548.6	755	0.2	0.76	3.8
梅克弗帕	650.4	564.1	23,170	2	0.19	0.1

表一 德國北德聯邦水使用效率比較



Wasserhaushalts) 是一部聯邦法律總綱，最初制定於1957年7月27日。2000年10月23日歐盟通過第2000/60/EG號建立共同水政策措施之規範架構後，於2002年8月19日做全文修正，同年6月開始實施。最近修正日期為2007年5月10日。

水資源管理法顧名思義並非單純之水資源保護法，而是一部兼顧水資源利用與保護之聯邦法，其中針對開發利用與保護需求之間的衝突加以原則性規範，並與各聯邦所定之單行水資源法，構成德國水資源法規最主要部分。

水資源管理法內容包含地表水域及地下水之保護與利用的規定，此外亦針對水域擴大、水利經濟計畫等予以規範，分為六大子部：壹、水資源總則，貳、地表水域規範，參、海岸水域規範，肆、地下水規範，伍、水利經濟計畫；水資源帳冊；資訊蒐集與調查，陸、罰則，全法重點如下：

- (1) 法條中明列特定水資源利用，事前須接受當局監督。原本處於自然或接近自然狀態之水域必須維持原貌；以非自然方式擴大之自然水域必須盡可能恢復自然狀態。
- (2) 任何建立、移除、重大改造水域或其沿岸之計畫，均須經過一個包括環境適宜性研究之計畫審核程序，一旦環境適宜性研究結果顯示對環境無

- 不良影響，即可縮短進入計畫許可程序。
- (3) 各種水資源利用得向主管機關申請許可(Erlaubnis)或同意(Bewilligung)，後者較前者賦予更大的權利保障而且通常期限較長；二者皆可能在法律保留下授予，並得依法追加特定法律要件以保護水域。
- (4) 法中定有非常詳細之廢水排放要件，特別是工業廢水。
- (5) 主管機關得將特定區域劃為水資源保護區並禁止或限制特定作為；所有權人和使用權人有容忍特定措施之義務。

雨水的回收特別在第四部、地下水規範，第32b條，第一節，規定各聯邦不需要向主管機關申請許可或同意就可以各自利用開發雨水資源的特許。

柏林雨水回收

德國各聯邦法律規定，受不同污染水體，或是來自不同降水徑流都必須分離裝設水表登錄，絕不可以和飲用水共用一個管線，污水或雨水經過淨水處理後方可排放，就如道路雨水因為受到車輛含有金屬、橡膠和燃油等污染物質與來自屋頂雨水徑流簡易過濾有所差異，同樣的淨水處理量收費亦各有標準。

以德國首都柏林為例，自1995年市議會率先響應公布一系列強調水品質的規定，並協同建築師與房地產建設第一次共同公告雨水管理辦法，並以建築物流動水(Betriebswasser)稱之，此後又在生態城市建設的架構下更積極的推廣雨水活用，「降雨應該原地留用」即成為雨水集水用水的權利宣告。處理一個與地表生態共處共生的流滲設備跟處理流溢設備具有同樣等值效力，也就是唯有當雨水貯存設備連結到地下排水管時需經過濾，以及雨

水直接引入地表河水時，和生產製造貯槽、地上窪地流滲(Muldesversickerung)、地下洩水流滲(Drainagensversickerung)器具時，才需要水務規定上的核備。

根據柏林水務局(Berliner Wasserbetriebe)的《柏林排水規範》(Allgemeine Bedingungen für die Entwässerung in Berlin)第15b條〈雨水排水補償規定〉，雨水處理規費視雨水流經混凝土、磚頭等所密封面積決定，而屋頂集水則以屋頂集水區域的50%為計算，供水費平均每立方公尺為2.221歐元計算，污水處理為每公釐2.487歐元，雨水處理為1.637歐元。自2000年降雨補償措施執行以來，雨水使用設備的裝置受到顯著的影響，按照柏林水務局推測只要使用顧客能夠證明雨水減量引入時，所申請的封閉集水面積將會繼續縮減。整個補償的額度由每平方公尺1.75馬克提高到2.44馬克。

再者，雨水回收更不受住宅型態的限制，例如單獨住宅、集合住宅、高樓住宅等，它的興起肇始於二十世紀八十年代柏林單戶家庭集合住宅區，雨水再利用的目的是為了要節省飲用水，在柏林年平均降雨量為628.5公釐，就可以從屋頂回收、貯儲其中90%的雨水量。水務專家推估，每日35公升的個人如廁沖洗、13公升個人洗滌的用水需求，只要佈置一個24.9平方公尺的屋頂雨水集水面積就可以完全滿足。柏林雨水在不需與飲用水同等品質要求下，提供用於沖洗馬桶廁所約佔24%、澆灌花園綠地佔15%、沖洗汽車用水佔3%、溢流補給地下水，甚至洗滌衣物等用水。

雨水回收系統與計算式

一個原則性的雨水回收系統項目包括：1) 集水區域面積：集水屋頂或是道路集水地面，引導雨水通過

過濾器進入貯水設施。2) 雨水過濾設施主要過濾初期污雜物，例如落葉、蟲卵、草木、沙土顆粒的去除到細部污濁沈澱過濾，其設備一般分為：槽外過濾，以及槽內過濾兩種，前者直接在排水管裝置濾網，相反的，後者槽內過濾則是雨水在進入貯水槽前過濾，而雨水過濾流洩對屋頂雨水徑流的比值關係，決定過濾效率。3) 雨水貯槽為雨水利用系統之容量關鍵組件，主要為貯存雨水，其材質包括：水泥貯槽、聚乙烯、玻璃纖維之塑膠貯槽、金屬不鏽鋼，貯水槽的設置方式亦有地面式、半開挖式，以及埋入式等不同類型；漂浮物或沈澱物以自行沈澱做為貯水槽的清潔方法。

根據德國標準DIN1989，首先，雨水利用效益(Regenwasserertrag)為：**E=AICη**，

計算式中：

E：雨水利用效益(立方公尺/年)

A：集水面積(平方公尺)

I：年降雨量(公釐/1000)

C：徑流係數

η：過濾效率

其中徑流係數依屋頂集水面積形式材質情形有所不同，係數分別如下表：

按DIN1989 徑流係數	磚瓦、石板之平滑 傾斜角-或無砂礫平 頂屋	鋪砂礫 之平頂屋	綠色植物 屋頂內向式	綠色植物 屋頂擴張式
徑流係數C	0.8	0.6	0.3	0.5

其次，家庭可使用雨水需求（Regenwasserbedarf）部份，依人口數計算整理為下表：

用水項目	家庭人口數 P	立方公尺/年 Q	需求計B=P*Q (立方公尺/年)
有省水馬桶	人數	8.8	a
無省水馬桶	人數	14	b
洗衣和洗滌用水	人數	4.4	c
經常性澆灌綠地花園	平方公尺	0.06	d
雨水需求B總計			a+b+c+d

此外，由上述雨水利用效益或雨水需求之總量，選擇最小需求量來作為設計貯水槽大小（Nutzvolumen）計算方式為： $N = E \text{ (或B)} \times L$ ，

L：裝載係數（0.06）

N：使用容量（立方公尺）

最後，還可推知雨水利用率（Deckungsrate）為：

$D = E / B \times 100$ （年百分比）。

試以柏林一個雙親子女四人口數的家庭使用省水馬桶為例，住宅採平滑斜角屋頂形式長16公尺，寬16公尺，柏林年平均降雨量為814公釐，花園綠地澆灌面積為192平方公尺，若想要收集雨水來利用，設置過濾效率90%之雨水收集系統，則其雨水貯水槽大小（N）應為多少？利用得國標準DIN1989計算得出，如下表：

雨水需求	立方公尺/年	項目	需求計量
沖洗馬桶	35	投影面積平方公尺	256
洗衣用水	17	徑流係數C	0.8
192平方公尺 花園綠地澆灌	11.52	年降雨量（公釐）	814
需求總計 B	64	雨水利用效益E (立方公尺/年)	150
貯水槽大小N	3800公升	雨水利用率 D	236%

貯水槽大小試算參見：<http://www.rewalux.com/ratgeber/index.htm?regen.htm>



下雨的盼望

在德國，一個循序善用的雨水利用事業，是把雨水當成珍寶再次回收利用；把技術和知識訂為標準、再把所有其他環境變數納入系統來計算；把法規視為在行政、管理上眾可遵循的公約；並鼓勵相關產業發展，其作法令人稱羨、可作為我們學習的借鏡。

其實關於雨水利用，我們的老祖宗也有類似的經驗與智慧，「以水缸儲水」就是我們老祖宗雨天爭水備用的經驗之一，至今，台灣水庫已開發飽滿，未來若要開發傳統水資源，則需要負擔生態平衡的干擾和成本的考量，雨水的再利用遂成為重要的新興水資源。根據內政部建築研究所研究顯示，以台北市一個五百四十五戶規模的十二層樓住宅社區為例，集水面積一萬平方公尺、容量六百立方公尺（度）的雨水收集利用系統，在水價每度7.5元時，一年可省十四餘萬元的水費，約十三年可回收投資的成本；若水價調高到每度20元，則每年可省三十七餘萬元，只要四年就可回收。

雨水可以作為一種不浪費能源、不產生污染、節省水處理成本的水資源，且可以用於生活雜用水、農業用水、消防用水等，又可以減低都市排洪、避免地表逕流等諸多優點，我們更看見本文起始的關注：「如果世界增加10%的耕地面積，雨水再利用就可以幫助人類解決當下缺水現況與未來糧食飢荒的問題。」^②