

# 水與生活安全

羅偉誠、徐國錦

保障我們生活的安全不僅需要足夠的水，還需要好品質的水。

水是萬物的起源，生活各項事物都離不開水。若沒有水，食衣住行都會受到影響，適當的水量及良好的水質更是生物生存的保證。

人類要有水才能讓身體維持正常的運作，水約占人體體重的 60 ~ 70%。當人體缺水 1 ~ 5% 時，會感覺到口渴不舒適、昏昏欲睡、缺乏耐性、食欲不振、脈搏加快，有噁心與虛弱的感覺。缺水到 6 ~ 10% 時，就會開始感覺頭痛、頭暈、口乾舌燥、皮膚出現藍斑、說話言語不清、呼吸困難、無法行走與視線模糊。更進一步缺水到 12% 時，就開始精神錯亂、舌頭腫脹、痙攣、失去聽覺、眼前發黑、皮膚失去感覺而且繃縮、嘴巴無法吞咽，最後造成死亡。

除此之外，人體需要的礦物質必須溶解在水中才能夠被身體吸收；體內毒素和重金屬也需藉由汗液與尿液的水分才能從身體排出以維持健康。

生活中吃的食物，無論是植物或動物，都需要仰賴水才能成長而供人食用。因此我們常祈求風調雨順，希望萬物成長順利，足夠為人們所用。為了增加農作物與畜牧的產量，人類運用智慧發展灌溉系統、植栽技術，以及養育動物的方法。但隨著各種農藥及殺蟲劑的使用，以及畜牧排泄物產生的溫室氣體，逐漸改變了自然水文循環的步調，同時威脅到生物生存的環境。



人類需要水才能讓身體維持正常的運作，水約占人體體重的 60 ~ 70%。（圖片來源：種子發）

在過去的 45 年中，因為排放至海洋的垃圾以及對水質的污染，已有二分之一的海洋物種滅絕，除了對人類的食物安全構成嚴重威脅外，更嚴重地破壞了生物鏈。

在衣的部分，我們所穿的衣服，無論是天然材料或是人工材料，都需依靠水才能製造。自然材料例如取自動植物的絲、麻、棉、毛等，需要靠水去滋養。而人工材料主要來自石化業，石化業是一個使用很多能源與水的產業，沒有水就無法運作。當水無法正常地滋養動植物和讓工業正常運作時，人類維持溫暖甚至展現魅力的服裝也就缺乏來源了。

生活中的住也與水相關。自古以來人類就知道傍水而居的好處，文明的起源也是傍水而生，如四大古文明中的古埃及（尼羅河流域）、美索不達米亞（兩河流域）、古印度（印度河流域）及古中國（黃河流域），都是依靠河川而漸漸發展的。而我們住的房屋，無論是草屋、竹屋或木屋等自然材料，或是自古羅馬時代開始使用至今的水泥，都必須依靠水來製造原料，人們才能建造躲避風雨的遮蔽所。若缺少了水，恐怕連建築原料都會短缺，工程無法進行。

在行的方面，從遠古時代人類就懂得藉水行舟以做為交通工具。儘管近百年來航空飛行器加速了人們的移動，但水上運輸器仍有其不可取代的功能，除了運輸量遠大於空中運輸外，在經濟上的花費也較低廉。而在人類使用的能源上，由於傳統化石能源在人類的過度使用下已面臨枯竭的危機，且對環境及氣候造成難以復原的

傷害，因此能源使用的趨勢已逐漸轉向以潮汐、波浪、水力、風力、陽光等自然能源為主，其中多項與水有關。

新能源除了有低污染甚至零污染的特性外，更重要的是其取之不盡用之不竭。而新的科技發展甚至使用水為原料，經由電解產生氫氣與氧氣，再燃燒形成動力，以做為新時代的動力來源，可見水在未來能源中的重要性。

## 水的來源

水既然如此重要，有多少水可以用呢？水是流動的資源，地球表面約有 70% 的面積是海洋，但是大部分都是人類無法直接使用的鹹水。可供使用的淡水僅是總水量的 2.5%，其中大部分存在於冰雪層中，因此可供人類直接使用的水資源其實相當稀少，在台灣所使用的水資源主要來自雨水。

台灣平均年降雨量 2,467 毫米，約為全球平均年降雨量 973 毫米的 2.5 倍，看似很多，但因台灣地質年輕，地形起伏過大，使雨水迅速流到海洋，難以儲存。且台灣人口密度高居全世界第二，僅次於孟加拉，人口與產業又過度集中於都會區，以致用水量變化大。每人每年平均分配的雨量約為 4,074 立方公尺，僅是世界每人每年分配雨量 21,796 立方公尺的 19%，顯示台灣的水源少且不穩定，因此台灣被列為世界第 18 缺水的國家。

此外，台灣的降雨在時間及空間上的差異相當大，在北部豐水期（5 月至 10 月）與枯水期（11 月至 4 月）的降雨比例是 6：

**若沒有水，食衣住行都會受到影響，  
適當的水量及良好的水質更是生物生存的保證。**



水太多（2012年5月豪雨時的二仁溪石安橋）。

4，在南部則是9：1。而山區的降雨更遠高於人口密集的平原區，山區最高每年可超過5,000毫米，平原每年可低至不及1,200毫米。雖然年總降雨量約為900億噸，但是有80%的水因為蒸發和入海而無法利用，可利用的雨水僅剩約20%，且高度依賴颱風降雨，其中約15%進入河道，5%入滲至地表下成為地下水。

加上氣候的變異使得雨水的豐枯周期縮短，豐、枯水年降雨量差異達1,500毫米。豐水年的周期由以往的平均18年已經降至平均7年，枯水年也由以往的15年左右降至9年，因此有效利用並儲存水源是當前最重要的挑戰。

## 水的需求

人類長久以來傍水而生，文明也依靠水而發展，但水能載舟亦能覆舟。老子所言「天地不仁，以萬物為芻狗」，意謂上天對眾生並沒有任何偏愛。當水與生命的供需平衡時，人與水便相安無事；但是當供需不平衡時就會產生很多衝突。

人口隨著文明的進步而增加，對水的需求也是逐漸增加，每年全世界人口成長將近7,000萬人，大部分的成長集中在高度發展的都市區。人口的成長以及成長空間分布上的不平均，造成需水分布的地區差異。缺水的狀況造成需水的市場，進而形

**當水與生命的供需平衡時，人與水便相安無事；  
但是當供需不平衡時就會產生很多衝突。**



水太少（2015年3月26日石門水庫阿姆坪附近三角洲）。

成水的商品化，若在有欠公平的法規下，會造成水資源的壟斷，使得水不再是唾手可得的資源。

當人類為了自身需要而挑戰大自然的規律時，會面臨水太多、水太少、旱澇頻率增加，以及水太髒的問題。

**水太多—積水成災** 水太多主要是因為短時間內降太多的雨，河流、湖泊、壩體等蓄存的水體增加，使得水位上升超過常規限制水位界線或排水系統容量而溢出的水流現象。在台灣具有破壞性的洪水常常是因為颱風帶來的豪雨，如2009年莫拉克颱風單日最高雨量達1,402毫米（屏東尾寮山站）；1996年賀伯颱風連續24小時累積雨量甚至達到1,748毫米（嘉義阿里山站）。

而且根據氣象資料統計，2000年之前平均每年侵台的颱風約有3.5次，2000年後

侵襲台灣的颱風次數遽增至平均每年6次以上，每年發生大豪雨事件也不下十數次，顯示台灣面臨高強度降雨事件的機率正逐漸升高，因此面對洪水的挑戰將難以避免。

洪水過後，地勢較低窪的地方會被淹沒，便造成淹水的情況。淹水不僅對都會區產生住與行的不便，也對非都會區造成糧食與農耕的威脅，且危及生態平衡。此外，颱風帶來的豪雨也是造成水庫淤積的元兇，近年來由於氣候變遷造成降雨集中，在地震及颱風的作用下，上游集水區的山坡地產生大量的土石崩塌及表層土壤沖蝕。而土砂經由洪水進入河道和水庫造成淤積，除了不利於洪水的宣洩外，也減短水庫的壽命，使得水庫蓄存的可用水量大幅降低，影響民眾的可用水量，進一步造成缺水的危機。

當人類為了自身需要而挑戰大自然的規律時，  
會面臨水太多、水太少、旱澇頻率增加，以及水太髒的問題。

**水太少—乾旱缺水** 水太少不僅對民生造成不便，同時限制了產業的發展，發生的原因除了降雨空間分布上的不均衡之外，主要是因為需水量的大幅提升。

根據經濟部水利署 2013 年統計資料，台灣總用水量大約 173 億立方公尺，其中農業用水約 124.7 億立方公尺（72%），工業用水約 16.4 億立方公尺（9.5%），生活用水約 31.9 億立方公尺（18.5%），預估 2021 年台灣總用水量將達到 200 億立方公尺。然而台灣目前公告水庫共有 96 座，在不考慮水庫淤積量的情況下，96 座水庫有效容量約 24.2 億立方公尺，其中有 17 座劃為重要水庫，約占全台灣水庫有效容量的 93%。

雖然台灣擁有近百座水庫，但蓄水量仍低於全台灣平均生活用水量，加上地勢陡峭，山坡地過度開發，使得蓄水設施淤積嚴重。目前全台灣水庫的有效容量約 19 億立方公尺，而 2013 年由水庫供應的水量約 76 億立方公尺，平均每座水庫每年需要周轉 4 次才能滿足民眾的用水需求，負荷相當大。

面對氣候變遷的挑戰，在兼顧產業發展、糧食供給與社會正義下，公私部門與民眾需要一起努力共同抗旱解決「水太少」的問題。政府已積極投入水庫清淤工作，2009 年莫拉克颱風後至 2014 年間，清淤量高達 6,831 萬立方公尺，卻仍趕不上每年平均水庫的入庫砂量。

因此除了仰賴政府辦理清淤工程增加水庫蓄水量之外，尚需結合區域彈性調配、聯合運用地面水與地下水、開發伏流水、推廣耐旱作物及強化高效節水增糧技術，以及推廣新興水源，如再生水、海水淡化等開源措施，並配合自來水減漏改善及提升民眾節約用水意識的節流動作，避免發生將來無水可用的情形。



水太濁（石門水庫）。

**水太髒—水質汙染** 水太髒的原因可分為自然與人為的因素。自然的因素如前述土石的崩落或沖蝕使得水中泥砂、有機物、無機物、浮游生物等懸浮物和膠體物含量過高，無法直接使用。一般以濁度判斷水混濁的程度，濁度愈高代表水愈混濁。

濁度表示的單位是 NTU（nephelometric turbidity unit），1 NTU 或 1 度的意義是 1 公升的水中含有 1 毫克（mg）的二氧化矽（SiO<sub>2</sub>）。自來水水質標準濁度的上限是 4 到 30 NTU，因此我們使用的水需要經過淨水場處理。當原水濁度在 2,000 NTU 以內，一般淨水場可出水百分之百；當原水濁度達到 10,000 NTU 時，淨水場只能出水 5 成；若原水濁度超過 15,000 NTU，淨水場出水量就只剩下 1 成。

以 2015 年 8 月蘇迪勒颱風為例，新店溪原水濁度飆升至 39,000 NTU，遠超過淨水廠處理的極限，導致大台北部分地區停水或限水，形成雖有水卻無法使用的窘境。

## 在資源日漸短缺的未來，乾淨的水、清新的空氣與充足的陽光已成為無比珍貴的資源。

水質不佳的人為因素則是人類活動大量使用化學原料，其中氮和磷不僅是肥料的重要成分，也是清潔劑的主要成分。而人們在耕種、施肥、清洗物品等使用這些化學產品時，釋放的廢棄物在未經處理的情況下排入河川，會造成嚴重的汙染。

水中高濃度的氮和磷通常會造成優養化，使得藻類大量增生覆蓋水面，遮蔽陽光進入水體，使水面下的動植物因缺氧而死亡。而生物屍體分解時也會消耗水中的氧，形成不斷缺氧的惡性循環。優養化的影響除了因為出現毒藻類破壞水域生態外，也會增加水的臭味與色度，提高自來水的淨水成本。為了處理藻類，自來水中必須添加氯，但是過多的氯會產生致癌前驅物危害身體。

此外，未妥善處理的生活污水、工業廢水、畜牧廢水及垃圾場滲出水會夾帶大量汙染物排入河川，當汙染物超過河川的涵容能力時，會使河川遭受不同程度的汙染。河川的汙染源有 80% 來自生活污水，市鎮污水常是造成北部地區中下游河段嚴重汙染的主因，南部地區的主要汙染源則是畜牧廢水。人為的水質汙染原因包含生活污水、畜牧廢水及工業廢水的排放。

人為事件也會造成水質的嚴重汙染，如桃園美國無線電公司把製程廢液注入地下水井，或者是日本 311 海嘯後福島核災所造成的輻射汙染，當這些汙染物質進入水中，會造成物理、化學及生物特性的改變，影響水的正常用途，並直接危害民眾的健康與生活環境。若水源被病原菌、化學物質、重金屬或其他微生物所汙染，會

導致許多以水為媒介的疾病發生，如烏腳病、水喉症、痛痛病、細菌性痢疾霍亂、A 型肝炎與傷寒等。

因此保障我們生活的安全不僅需要足夠的水，還需要好品質的水。

### 與水和諧相處

生命有愛，讓生命更有意義，若生活中缺乏水、空氣與食物，生命將無法延續而滅亡。因此在資源日漸短缺的未來，乾淨的水、清新的空氣與充足的陽光已成為無比珍貴的資源。

要降低水對生活的威脅，除了在政策上必須考慮人口的合理數以及群落的空間分布和長短期的供水與配水策略之外，同時要藉由教育或宣導提升人們對水資源重要性與珍貴性的認知，才能改變浪費水資源的陋習。我們必須勇於挑戰現有的用水思維，改變用水習慣，減低用水量，維持水文循環的平衡，增加對水知識的了解，並積極研發新的節水技術和用水方式，才能增加生活的用水安全，與水和諧相處。

---

羅偉誠

成功大學水利及海洋工程學系

徐國錦

成功大學資源工程學系

---