



美國污水下水道
及相關發展簡介

希臘神話中，阿喀琉斯由於母親仙女脫提斯曾經把他浸在斯提克斯冥河水中，使他刀槍不入。可惜腳踵沒有浸到水，成為他唯一的弱點。因此西諺阿喀琉斯腳踵（Achilles Heel）代表致命的弱點。以台灣地區情形來說，污水下水道建設的落後，似乎已經成為目前河川污染整治的阿喀琉斯腳踵。事實上主事當局不能說是不努力，只是很多不是他們所能控制的外在因素，造成了今日局面。眼看著先進國家的污水下水道普及率，高達80%、90%甚至直逼100%。回顧台灣地區最新統計只有10.1%¹，實在令人浩歎。不過「羅馬不是一天造成的」，先進國家有今日的傲人污水下水道建設，大多也經過不少挫折起落。就以環保大國美國為例，污水下水道發展，確實不是一帆風順。筆者是美國水環境協會超過三十年會齡的會員，先後兩次在美國分別進修碩士及博士學位，並且也實地參加過美國國內污水下水道工程建設，對美國污水下水道及相關發展，有相當瞭解。謹就個人所知，整理出來，供國內同仁參考。

美國在第一次世界大戰後，開始在國際舞台以強國姿態出現。但是當時的美國污水下水道建設，卻是實在不值得恭維。在西元一九二〇年代，很多地方都市污水未經處理，逕即排入河川，居然還大言不慚，稱為稀釋處理。當時全國人口約九千二百萬，只有3%有污水處理設備。而且這些處理設備，多是採用簡易方法，遠比同時期歐洲各國為落後。主要理由是沒有法令管制，對污水排

放造成環境衝擊不瞭解，和對污水處理原理的無知。

後來經過有識之士大力創導水污染防治及污水下水道建設的重要性，美國土木工程師協會在西元一九二七年設立河川污染委員會，終於促成了西元一九二八年10月23日正式成立的全國性污水下水道協會聯合會，也就是今日水環境協會的前身。同時有些地方政府也印發宣導文獻，鼓吹污水下水道的種種公共利益，包括控制蚊蠅等。

第一次世界大戰後，美國做了一件其他國家大概不會做的事。因為當時美國深感自己在科技方面的落後，決定由政府撥款，匆匆忙忙成立了化學基金會（The Chemical Foundation），任務是購買德國化學工業及其他科技專利。由於戰後德國馬克貶值，價格極其便宜，收購專利中還包括當時頗具盛名的污水處理設備英霍夫槽。然後基金會以高價轉售給國內工業界賺取利潤，再用這種利潤作為研發國內科技用途。為了防治工業發展帶來的水污染，基金會利潤也有不少用在發展水污染防治科技和援助污水下水道協會聯合會展開工作，起了很大促進作用。基金會主持人的遠見，在那時候已經把經濟發展和污染防治同樣重視，令人折服。

西元一九三〇年代初期，美國內正瀰漫著經濟恐慌陰影（實際上應該從西元一九二九年10月股市崩盤算起），自然也談不上污水下水道發展。直到西元一九三三年羅斯福總統提出新政（New Deal），情形才大為改觀。新政的主要目的雖然是拚經濟，使民眾恢復對社會的信心，和獲得必要

的生活安全保障。同時也包括促進全民福祉和改善生活環境。值得特別一提的是成立田納西流域管理局，統一開發流域內西南各州水資源。除了地區經濟發展，也包涵整體性水污染防治和水質管理，在這方面起了積極催化作用。新政的另外一個重要意義是，聯邦政府介入地方公共建設。雖然在西元一九三〇年代，聯邦政府對污水下水道建設協助極其有限，國內倒也完成了全世界最大的芝加哥污水處理廠。同期完成的重大建設有紐約市帝國大廈、舊金山金門大橋、及胡佛大水壩等，對美國未來發展，露出充滿希望的曙光。

大致說來，美國污水下水道發展，在西元一九四〇年代仍然稱不上蓬勃。不少地方政府對污水處理採取保留態度。西元一九四〇年時，芝加哥等少數大都會雖然已有70%以上人口具有污水處理設備，但紐約市僅有25%、舊金山僅有10%、洛杉磯更少到5%，遠比不上今日的台北市。另外如舊金山西元一九四〇年完成的污水處理廠，污水只經過初級處理，就向海洋排放。不過西元一九四〇年代也有重大不可磨滅的成就。從西元一八九七年開始，每屆國會都有議員提出水污染防治法案，沒有一次能夠通過。但在西元一九四八年6月30日，杜魯門總統終於簽署了經國會通過的美國第一個聯邦水污染防治法，其中規定輔助地方污水下水道建設，雖然為數有限，卻正式開啟了聯邦介入的門。同時紐約等八個州共同合作，發展污水下水道，以防治水污染。當時八個州內有八百三十萬人口，只有二百八十萬有處理設備。到西元一九四九年時，有十個州自行訂定河川水質標準，

來管制放流水排放，促進都市污水下水道建設。污水處理科技也有大幅度進展，初期幾乎清一色是滴濾池天下，後來活性污泥也逐漸露出頭角。第一次世界大戰期間，軍事基地需要污水下水道設備，進一步促進了這方面的發展。特別值得一提的，西元一九四四年公共衛生處職員發表著名的 Streeter & Phelps 方程式，以數學描述有機污染在河川內分解情形，環工專業顧問工程公司 CDM 則在西元一九四七年創設，顯示污水下水道及相關發展，已在美國扎根³。

西元一九五〇年代常被稱為污水下水道相關科技研發的十年。由於西元一九四八年起實施聯邦水污染防治法，工業界領先紛紛建立污染防治科技研究中心，來解決複雜的工業廢水處理問題。大學裡開始推出衛生工程碩士班課程。衛生工程這個名詞是環境工程的前身，現在台北市衛工處還在沿用中。這種碩士課程起初只限在麻州理工、拉脫格大學 (Rutgers University)、柏克萊加州大學、密西根州立大學、佛州大學等五所。後來其他大學也紛紛跟進。同時從西元一九四八年聯邦水污染防治法建立研究補助金制度後，其他政府機構補助研究計畫也日漸增加。這種研究計畫需要時間較長，碩士班學生很難完成，因此有些大學開始辦理博士課程，通常需要三到五年，到西元一九六〇年時，已有33所大學有碩士課程，32所大學有研究計畫並頒發博士學位。筆者在西元一九五四年獲得洛克斐勒獎學金，到北卡州大學進修衛生工程碩士課程，也可以說是得風氣之先。當時碩士課程是在九個月內修畢，非常緊湊，著重實驗和習題工作。課程中除上下水道工程外，還有衛生

化學、細菌學、流行性病學、環境衛生等。由於筆者是土木工程出身，化學和細菌學底子極其單薄，在碩士課程中，獲益良多。後來在西元一九六五年回到北卡大進修博士學位時，依靠的是政府研究補助金，前後均受到美國環工發展的助益。

西元一九五〇年代重要發展包括田納西流域管理局推出的河川水質預測數學模式，是今日不少這類模式的始祖。另外還有活性污泥及嫌氧消化上的改良。不過學術界和教育界的進步，卻掩飾不住一般民眾對污水下水道建設的漠視。吸引民眾興趣的往往是「貓王」的一舉一動，或是西元一九五七年10月4日蘇俄第一個人造衛星升空這類活動⁴。

在長期忽略系統性水污染防治情形下，美國河川污染情形日趨嚴重。西元一九六九年卡荷加河竟然由於油污染發生大火，引為舉世奇談。當時強遜總統也大聲疾呼，流經首都華盛頓的波多馬克河嚴重污染，使國家蒙羞 (National Disgrace)⁵。到西元一九七〇年代時，一般專業人士的感覺是，河川自淨能力老早已經被污染量所超過。至於其他環境污染，也是每下愈況，終於引起社會大眾的注意，在西元一九七〇年4月22日的「地球日」運動中充分顯示出來。事實上美國已經在西元一九七〇年實施國家環境政策法，接著尼克遜總統在同年稍後，又宣佈成立聯邦環保署。國會也在西元一九七二年通過具有重大政策意義的清潔水法⁶。其中大幅度增加污水下水道建設補助預算，同時也加嚴對市鎮污水處理廠的管制，合上西諺所說「棍子和紅蘿蔔」，雙管齊下。

根據筆者個人經驗，美國污水下水道急遽發展，似乎應該是從實施西元一九六五年水質法開始。在這個法案下，主導污水下水道發展，從衛生教育福利部的公共衛生處，轉移到內政部新設的水污染防治局。因為公共衛生處推動污水下水道，雖然很努力，也培養了不少人才，但究竟不是主要職責，發展規模也往往不大。聯邦水污染防治局成立後，大幅度提高聯邦補助比例，全面推進污水下水道建設，使環工顧問公司頓時顯出一片榮景。筆者正好在西元一九六八年加入一家大型環工顧問公司，參與了不少污水下水道工程工作。

美國污水下水道後期迅速發展的主要因素，至少包括全國民眾對水污染防治的覺醒，聯邦政府大額度財務協助，嚴格執行水污染防治立法，及高度相關科技和人力發展等。就聯邦政府財務協助來說，西元一九四八年首次實施聯邦水污染防治法時，就規定每年編列污水下水道工程規劃設計費用美金一百萬元，另外給予每案工程費貸款美金25萬元，或三分之一，按低的計算，全國每年美金二千五百萬元。西元一九五六年修訂聯邦水污染防治法時，建立了污水下水道建設補助計畫，規定得補助工程費（不再是貸款）30%，但每案不得超過美金25萬元。可是當時艾森豪總統認為污水下水道建設是地方政府的事，竟然予以否決。好在不久甘迺迪總統接位，國會迅速通過西元一九六一年聯邦水污染防治修訂版，經總統簽署後實施，其中規定污水下水道補助預算金額應逐年增加，從西元一九六一年的每年美金五千萬元，增加到西元一九七一年的美金一點五億元。補助比率也

從30%，改為必要時可以從30%增加到40%，甚至55%。以筆者工作的麻州而言，州政府另行補助30%，因此有些地方足足可以拿到補助金85%⁵。雖然比不上目前台灣地區的100%，也不能算少了。至於工程規劃設計費用，仍然全額由聯邦補助。

美國自從實施地面水水質標準、放流水標準，以及排放許可制度以來，管理日趨嚴格。原先對市鎮公設污水處理廠，往往網開一面，從寬處理。後來這些優遇完全取消，並且規定所有污水處理廠至少要有二級處理。沒有設污水處理廠的城鎮，照樣移送法院論處。美國民眾習慣居住在市外郊區，散佈空間廣大，污水下水道建設成本很高，因此郊區居民多採用個別就地處理污水設施，肇致污水下水道普及率比歐洲先進國家為低，如西元一九六九年時僅有73%。後來鑒於個別設施管理不易，而且有污染地下水之虞，美國又以地下水為自來水主要水源，因此目前正再度積極推動污水下水道建設，預定到西元二〇一六年時，普及率要達到90%⁷。

從上面簡要介紹，可以看出美國污水下水道發展，普及率從西元一九二〇年代的2%，到今日的80%以上，幾乎走了大半個西元二十世紀。其間有科技的落後，民眾和地方政府的缺少認知，及聯邦政府認為是地方政府事務而不願介入等挫折。但是經過有識之士倡導，加上努力發展本土化科技及人力，終能切實扎根，成為國土建設堅強的一環。加上經濟發展和人口增加引起嚴重環境污染，肇致河川變色，甚至火燒大河。凝聚了全民積極推動環境保護的共識，在聯邦政府嚴格立法和

大力支援污水下水道建設，雙管齊下策略下，污水下水道發展突飛猛進，共襄還我河川清白大業。

以台灣地區情形來說，第一個污水下水道發展方案是在西元1988年開始實施，當時污水下水道普及率是2%⁸。到目前為止十五年來，普及率已提升到10.1%，平均每年增加0.54%。以這樣速度進行，要達到80%，還要等一百三十年，似乎慢了一些。其實目前中央政府補助污水下水道工程費已是100%，比美國最高時還要高。技術及人力應該也不是問題。污水下水道建設落後主要原因似乎是一般民眾及不少地方政府對污水下水道建設漠不關心。另一方面水污染防治法規不可謂不嚴，但對市鎮生活污水污染管制，執行得太過寬鬆。一個市鎮把沒有處理好的污水，排入河川，既未見有取締行動，似乎也不算違法。在這種情形下，空有巨額補助的「紅蘿蔔」，卻缺少鞭策的「棍子」，也難怪污水下水道建設的牛步化。如何來化解這個解不開的結，恐怕是要考驗執政當局的智慧了。

（本文原刊環境工程會刊第14卷第3期，民國92年10月出版）

參考文獻

- 1 「台灣下水道發展紀實」(初稿)，中興工程科技研究發展基金會，台北市，2003。
- 2 "The Origin of the Water Environment Federation", Water Env. & Technology, Water Env. Federation, USA, Vol.14, No.9, Sept, 2002, pp.56-62。
- 3 "The 1940's :A Change in Attitude", Water Env. & Technology, Water Env. Federation, USA, Vol.14, No.12, Dec.2002,pp.48-54。
- 4 "The 1950's :The Decade of Research", Water Env. & Technology, Water Env. Federation, USA, Vol.15, No.4, April 2003, p.47-51。
- 5 姚關穆，「美國清潔水法二十五週年紀」，環境工程會刊，中華民國環境工程學會，台北市，Vol.8., No.4，民國86.6,pp.1-6。
- 6 "The 1970's : The Definition of Clean", Water Env. & Technology, Water Federation, USA, Vol.15, No.6, June 2003, pp.37-41。
- 7 姚關穆，「環保隨筆」，中興工程，中興工程顧問社，台北市，第70期，民國90.1，pp.109-113。
- 8 「行政院環境保護小組紀實」，環保通訊週刊雜誌社，台北市，民國83.2。