

## 污水下水道發展與水污染防治

姚關穆

行政院環保署顧問

### 摘要

台灣地區目前採用生活污水污染防治方式，已無法滿足保護河川水質需要。有效改善辦法為加速建設污水下水道，增加接管用戶普及率。「污水下水道發展方案」中所訂用戶接管普及率目標，也稍感偏低，而有提高或採取其他輔助措施必要。

關鍵詞：水污染，污水下水道，河川涵容能力。

### 1. 引言

台灣地區水污染的嚴重，已是有目共睹。有的地方甚至有鼻共聞。據民國81年統計結果顯示，21條主要河川中，有11.3%河段屬嚴重污染(1)。由於這些嚴重污染河段，都在中下游人口密集，交通頻繁地區，就民眾接觸社會層面來說，遠比上述比例所顯示的為嚴重。

台灣地區目前河川污染問題，以有機污染為主，主要來源包括工業廢水、養豬廢水和生活污水。近年來工業及養豬廢水污染防治，在相關目的事業主管機關積極輔導下，已有長足進步。但河川污染嚴重狀況，似並未相對改善。如主要河川嚴重污染河段比例，在民國76年至81年間，分別為13.5、13.0、13.1、14.2及11.3%(2)，並無顯著改善趨勢。這中間除事業廢水管制的執行，尚須加強外，生活污水污染防治成效，也值得深切檢討。

根據一項報告中指出，民國80年台灣地區工業廢水、養豬廢水及生活污水等原水中所含生化需氧量(BOD)相對比例為52.15、23.55及24.3%。如果所有實施中的水污染防治措施，包括工業廢水達到放流水標準，100頭以上養豬場均有合格處理，並完成污水下水道發展目標，上述三種主要污染源排出生化需氧量相對比例，將變為32.91、14.39及52.7%(3)。亦即表示生活污水排出有機污染量將為工業廢水的1.6倍，養豬廢水的3.7倍。因此，生活污水對台灣地區水污染防治的重要性，顯然不容忽視。

生活污水污染防治，至少在都市化地區，主要依賴污水下水道建設。國內目前污水下水道用戶接管人口普及率約為3.55%(4)，較之已開發國家，如英國的97% (1976年) 和荷蘭的90% (1976年) (5)，相差甚遠。比起經濟發展和我國相似的國家來，也相形見拙。如馬來西亞為15% (1980年)，韓國為25% (1986年) (5)。其實污水下水道除收集生活污水外，也同時排除系統所及地區，經適當前處理後的事業廢水。因此污水下水道建設落後對水污染防治的影響，又超過單純生活污水污染防治的不足。

國內污水下水道發展中，還有一個現象是，用戶接管緩慢。這中間原因很多，肇致的結果是，污水處理廠和主幹管完成後，要相管時間才有相當污水量流入系統。為求早日發揮水污染防治功能，新建污水下水道系統，在用戶接管普遍完成前，先利用截流站，截取排水溝渠內晴天污水，導入已完成污水幹線及污水處理廠，經處理後放流。國內高雄市仁愛河截流系統，已經運作多年。另外宜蘭冬山河也有截流渠道，截除流入冬山河晴天污水，由於開始運作為時尚短，還沒有適當水質資料，可資參考。

本文主要目的為檢討台灣地區生活污水污染防治現況，污水下水道發展對水污染防治的關鍵性，及利用截流系統的相關問題。

## 2. 我國生活污水污染防治模式

我國生活污水污染防治，大致循遵下列兩種主要模式：

- (1) 生活污水經由用戶接管，進入分流式污水下水道，經處理後放流。
- (2) 生活污水中抽水馬桶污水，經化糞池處理後，排入附近排水溝渠。其他生活雜排水則未經處理，直接排入附近排水溝渠。

按照「建築技術規則」規定，化糞池除去生化需氧量效率，至少應為65%(6)。如以每人每日平均產生生化需氧量40公克計，抽水馬桶污水中含量約為13公克(3)，亦即表示化糞池在正常功能下，可除去8.45公克。如以每人每日產生總生化需氧量折算，除去效率為：

$$\frac{8.45}{40} \times 100 = 21.1\%$$

很多化糞池由於操作欠佳，往往不能達到設計功能。如苗栗縣銅鑼鄉調查218個化糞池結果顯示，平均生化需氧量除去率為32.5%(7)，因此削減每人每日生化需氧量僅為：

$$13 \times .0325 = 4.2 \text{ 公克}$$

以每人每日生產總生化需氧量折算，除去效率只有10.5%。本文將以此效率代表操作不當化糞池功能。

國內除台北市迪化污水處理廠及其他少數地區有水肥處理廠可以處理化

糞池污泥外，其他地區化糞池清理出來的污泥，大多任意棄置，成爲二次環境污染。如果扣除上述二次污染量，化糞池實際除去生化需氧量，約僅爲根據流入污水和放流中含量計算所得除去量的52%(8)。亦即表示即使化糞池操作正常，如果沒有妥善污泥處置，生化需氧量實際除去效率僅爲：

$$21.1\% \times 0.52 = 11.0\%$$

在操作不良情形下，如果又沒有妥善污泥處置措施，實際生化需氧量除去效率更下降爲：

$$10.5\% \times 0.52 = 5.5\%$$

### 3. 生活污水污染對台灣地區河川水質影響

要確切瞭解生活污水對台灣地區河川水質影響，有一個辦法是計算生活污水污染對每一條河川涵容能力的相對關係。由於國內尚缺所有河川完整涵容能力分析資料，而且污染河川也不僅限於生活污水，使問題更趨複雜化。本文將採用一個非常粗略的估計方法，作爲導向性初步評估依據。因爲引用的各種推估係數，牽涉主觀判斷成份很多，可以修改的空間非常大，所以特別要強調初步評估中的「初步」兩個字。

根據27條已有污染整治規劃河川資料，概估所得總涵容能力計爲生化需氧量每天200,000公斤。這27條河川中，包括全地區21條主要河川中的12條，合計涵容能力每天122,000公斤；次要河川29條中的9條，合計涵容能力每天54,800公斤；其他河川及排水渠道共6條，合計涵容能力每天22,600公斤(9)。由於影響涵容能力計算的因素很多，而且不同規劃單位採用基準及精確度也不一致，上述估算數值僅限於說明本文有關事項參證之用。

鑒於有估算涵容能力數值河川約爲主要河川的二分之一，次要河川的三分之一，就本文目的，估計台灣地區全部河川涵容能力，以生化需氧量每日公斤數表示如下：

$$\text{主要河川：} 122,600 \times 2 = 245,200 \text{ 公斤/日}$$

$$\text{次要河川：} 54,800 \times 3 = 164,400 \text{ 公斤/日}$$

$$\text{其他：} 22,600 \times 4 = 90,400 \text{ 公斤/日}$$

---

$$\text{合 計} \qquad \qquad \qquad 500,000 \text{ 公斤/日}$$

全台灣地區目前人口約爲21,000,000，其中有3.55%已接入污水下水道。現有主要污水下水道系統僅有一級處理，但遲早終將提升到相當於二級處理程度，生化需氧量除去率應不小於85%。因此接管人口污水經處理後排出生化需氧量爲：

$$21,000,000 \times 0.0355 \times 0.04 \times (1-0.85) = 4,473 \text{ 公斤/日}$$

目前未接入污水下水道人口為：

$$21,000,000 \times (1-0.0355) = 20,254,500 \text{ 人}$$

假定未接管人口均設有化糞池，在化糞池不同操作情況下，估計排出生化需氧量如下：

(1) 化糞池操作正常，並有妥善污泥處置

$$20,254,500 \times 0.04 \times (1-0.211) = 639,232 \text{ 公斤/日}$$

(2) 化糞池操作正常，但無妥善污泥處置

$$20,254,000 \times 0.04 \times (1-0.11) = 721,060 \text{ 公斤/日}$$

(3) 化糞池操作不良，但有妥善污泥處置

$$20,254,000 \times 0.04 \times (1-0.105) = 725,111 \text{ 公斤/日}$$

(4) 化糞池操作不良，亦無妥善污泥處置

$$20,254,000 \times 0.04 \times (1-0.055) = 765,620 \text{ 公斤/日}$$

由上述數字可見，最壞情況(4)比最好情況(1)要多排出污染量約20%。國內實際情形，可能在情況(3)與(4)之間。

把接管和未接管人口合在一起，生活污水在化糞池不同操作情況下排出生化需氧量(公斤/日)如下：

情況	接管人口 排出量	未接管人 口排出量	合 計
1	4,473	639,232	643,705
2	4,473	721,060	725,533
3	4,473	725,111	729,584
4	4,473	765,620	770,093

在以上每一種情況下，生活污水排出生化需氧量，均已超出估計台灣地區全部河川總涵容能力，對河川水質影響相當可觀。不過未接管人口排出污水，在進入河川前，要流經不少大小排水溝渠。這些溝渠實質上已變成一種處理系統。夏季發出陣陣惡臭，便是很好明證。因此真正進入河川的生化需氧量要比排出的數量為少。這種減少通常以流達率來表示。污水下水道的流達率普通假定為100%。至於未接管人口污水生化需氧量的流達率，影響因素很多，而且變動也很大，大抵都市遠比鄉區為高。台灣地區大多數人口集居在河川旁邊，而且有良好的排水系統，流達率大致比較高。如淡水河流域估計平均流達率為58%(10)。將這個數字應用於台灣地區，可能稍高一些。但為求比較保守估計流達河川生化需氧量，本文將以此數值為估算依據。在不同

化糞池操作情況下，生活污水流達河川的生化需氧量（公斤／日）為：

情況	接管人口	未接管人口	合計
1	4,473	370,755	375,228
2	4,473	418,215	422,688
3	4,473	420,564	425,037
4	4,473	444,060	448,533

由上述數字可見，在化糞池不同操作情況下，生活污水流達河川的生化需氧量，約佔全台灣地區估計河川總涵容能力的75%到90%。鑒於國內化糞池操作狀況大多在情況(3)與(4)之間，生活污水幾已用去絕大部份河川涵容能力。由於生活污水產生生化需氧量約僅為全地區總量的24.3%(3)，在上述情況下，其他污染源即使採用經濟合理最高度處理，恐仍難確保河川達到水質標準。

#### 4. 污水下水道發展

要減少生活污水排入污川生化需氧量，通常可以採用發展污水下水道和以合併處理淨化槽（一併處理抽水馬桶污水和其他生活雜排水）代替化糞池等兩種主要方式。但後者即使立刻修改「建築技術規則」，也只能對新建房屋有效。如果要追溯既往，改建已有的數百萬座化糞池，在經濟和技術上均不太可行。因此當前最可靠可行有效辦法，似乎是有賴於污水下水道發展。

主管當局有鑒於污水下水道發展對都市環境及河川污染防治的重要性，已經公布了一項「污水下水道發展方案」(5)。其中用戶接管率目標，中程（民國81年度至86年度）為13%，長程（民國87年度至98年度）為36%。這一方案已經充份授權撥款，並在多方積極推動中。本節將初步檢討上述目標可能對河川污染防治影響的程度。

假定所有污水下水道系統處理設施，平均至少有相當於二級處理程度，生化需氧量除去率不低於85%。由於污水下水道生化需氧量流達率為100。污水下水道接管人口每人每日流達河川生化需氧量應為：

$$40 \times (1 - 0.85) = 6 \text{ 公克／日}$$

假定未接管人口生活污水化需氧量流達率為58%，未接管人口在化糞池不同操作情況每人每日流達河川生化需氧量（公克／日）為：

情況	排出量，公克／日	流達量，公克／日
1	$40 \times (1 - 0.211) = 31.56$	18.30
2	$40 \times (1 - 0.11) = 35.60$	20.65
3	$40 \times (1 - 0.105) = 35.80$	20.76

$$4 \quad 40 \times (1 - 0.055) = 37.86 \quad 21.92$$

因此，每增加污水下水道接管人口一人，在化糞池不同操作情況下，可減少流入河川生化需氧量（公克／日）如下：

情況	接管人口 流達量 公克／日	未接管人 口流達量 公克／日	減少 公克／日
1	6	18.30	12.30
2	6	20.65	14.65
3	6	20.76	14.76
4	6	21.92	15.90

上面已經提到過，工業廢水、養豬廢水和生活污水產生生化需氧量的相對比例為52.15、23.55及24.3%。假定河川涵容能力也照上述比例分配，並進一步假定估計河川涵容能力時，已有相當餘裕容納非點源污染，則生活污水可以利用河川涵容能力為：

$$500,000 \times 0.243 = 121,500 \text{ 公斤／日}$$

假定全台灣地區人口均接入污水下水道系統，亦即用戶接管普及率為100%，污水下水道系統的處理設施平均除去生化需氧量效率為85%，生化需氧量流達河川比率為100%，污泥有妥善處置，在這種情形下，生活污水流入河川生化需氧量為：

$$21,000,000 \times (1 - 0.85) = 126,000 \text{ 公斤／日}$$

由於上述數字，已超過分配給生活污水的河川涵容能力，亦即表示即使全民均納入污水下水道，有些地方還必須採用高於二級處理或海洋放流等手段，才能確保河川水質。「污水下水道發展方案」中的用戶接管目標和水污染防治實際需要，顯然有相當差距。

鑒於生活污水污染，包括鄉村地區等分散來源，不比事業廢水比較集中，易於達到高度處理成效，本文將假定河川涵容能力的一半，可以供生活污水利用，亦即 250,000 公斤／日。這數值仍然遠低於上節估計，目前生活污水流入河川的生化需氧量。假定實際流入生化需氧量和涵容能力之間的差別，由增加污水下水道接管人口來彌補，在各種化糞池操作情況下應增加接管人口如下：

情況	流達河川量 ，公斤／日	超出涵容能 力，公斤／日	接管每人可減 ，公斤／日	應增加接管 人 口
1	375,228	125,228	0.0123	10,181,138

2	422,688	172,688	0.01465	11,787,576
3	425,037	175,037	0.01476	11,858,875
4	448,533	198,533	0.01592	12,470,665

由上述數值，以總人口21,000,000折算，為達到確保河川水質，估計在不同化糞池操作情況下，需要達到用戶接管普及率如下：

情況	應增普及率，%	已有普及率，%	需要普及率，%
1	48.48	3.55	52.03
2	56.13	3.55	59.68
3	56.47	3.55	60.02
4	59.38	3.55	62.93

上述數值顯示：

- (1)「污水下水道發展方案」中所訂用戶接管目標（中程13%，長程36%），似乎未能符合維護河川水質需要。
- (2)即使將中長程污水下水道所及地區用戶全部完成接管，估計分別為17%及47%(5)，亦未能使河川達成水質標準。
- (3)化糞池操作狀況優劣，幾乎可使需要增加的用戶接管普及率差別到十一個百分點，相當可觀。

上面這些初步結論，和估算過程中所採用的各種假定有密切關係。這些假定改變時，結論也將有所不同。不過，這些結論至少應該已指出大概方向。

在上述不太樂觀的情形下，可能採取的因應辦法包括：

- (1)提高用戶接管普及率目標。
- (2)加強化糞池管理及增建清出污泥處理設施。
- (3)擬訂達成河川水質目標期程到「污水下水道發展方案」的長程民國98年度以後。

另外可能採取的途徑包括從速修訂「建築技術規則」，正式採用合併處理淨化槽。在可行範圍內，於水質敏感地區改建化糞池為合併處理淨化槽或增設生活雜排水處理設備。大型學校、機場、港口、軍事設施等，如在短期內不能納入公共污水下水道時，應立刻自設專用污水下水道等。

#### 5. 截流系統

新建污水下水道系統在用戶接管完成前，實施排水溝渠晴天污水截流，似以成為目前台灣地區水污染防治手段之一。高雄市仁愛河是一個相當成功

的截流例子。在截流前後，溶氧由0至1mg/l上升到2.1至5.3mg/l；生化需氧量由21至49mg/l下降到3.0至16.6mg/l(11)。截流後河內出現魚蝦等水生動物，河水透明度大增，水上活動如龍舟競賽均無不良感覺。不過民國79年水質調查資料顯示，部份水面有時溶氧仍然是零，只是河川並無發臭現象。可見發臭和缺氧之間的關係，有相當機動性，不是一定不變。最近高雄市環保局水質監測結果，仁愛河有嚴重污染現象(12)，顯示截流對改善水質的成效，關係並不單純。

由於截流站截取排水溝渠所有晴天水流，除生活污水和事業廢水放流水外，還有工程施工時抽出地下水及山水和地下水滲出的基流等，水量相當難以掌握。如台灣省住都局在一項報告中指出，台北縣十處預定截流站，按照民國79年各站集流區人口估計所得晴天污水量為515,700CMD，實測流量卻為1,113,800CMD(13)，約為估計流量的2.16倍。民國81年行政院環保署測量同樣地點晴天流量計為1,666,010CMD(14)，比省住局的實測數值增加50%。其中瓦窰截流站增加為3.2倍，中原截流站增加為3.6倍。雖然其中原因可能包括測量方式和時間上的差異，但也顯出了截流量的不穩定性質。

以台北地區來說，截取晴天水流中含有不少污水以外其他含污染量較少的雜項水，加上水流經過溝渠的自淨作用，同時少數地方已經有相當高的用戶接管普及率，以致有些截流站晴天水流所含生化需氧量偏低。如放流水標準規定污水處理廠放流水，自民國87年起生化需氧量不得超過30 mg/l。民國81年行政院環保署測量淡水河流域預定45處截流站水質水量結果顯示，有9處截流站截流水所含生化需氧量小於30mg/l。這9站合計實測流量為1,769,900CMD(14)，為45站測量總流量的33.5%。亦即表示有三分之一截流量事實上已可達到87年放流水生化需氧量標準。就實際效益來說，是否值得截流，宜予深入檢討。同時截流水中生化需氧量偏低，如採用生物處理時，也可能影響處理功能。

截流系統每逢下雨，必須將超量雨污混合水溢流入河川。因此已有學者指出，在下雨天數多的地區，截流成效應予詳細研討。

同時採用截流措施時，截流地區內對未接管用戶收費標準，未接管事業廢水水質管理辦法，截流系統操作費用來源等相關問題，目前似也尚未完全澄清(15)。

大致而言，截流措施可以減少晴天流入河川污染量，在河川污染嚴重地區，值得肯定。但在截流水流的流量和水質上，均難確切掌握。同時由於雨天必須溢流，使大量污水被挾帶入河川，在下雨頻繁地區，截流成效不免大



受影響。因此如以截流手段來達成初步如不發臭等水質目標，成功機率，應該較佳。倘欲完全依賴截流來達成河川水質標準，除在極少數有利情況下外，恐怕不太樂觀。推廣污水下水道用戶接管和合併式淨化槽，才是解決河川污染問題的可靠途徑。

## 6. 結語

發展污水下水道為防治都市化地區生活污水水污染最佳手段。污水下水道同時也可以解決服務地區內事業廢水排除問題。因此污水下水道發展對台灣地區水污染防治具有關鍵性地位。

按照粗略估算結果顯示，為維護河川水質需要，目前實施中的「污水下水道發展方案」中、長程用戶接管普及率目標，似須大幅度提高。但加強化糞池管理，並設置妥善化糞池污泥處理設施，對增加用戶接管普及率的需求，有紓解作用。

截流措施在減少晴天流入河川污染量上，值得肯定。但是由於截流水質和水量上的難以掌握，加上雨天溢流等考量，截流對達成初步如不發臭等水質目標，成功機率較大。倘欲完全依賴截流來達成河川水質標準，並不樂觀。

## 參考文獻

1. 「81年版環境保護年鑑」，行政院環保署(1992)。
2. 「中華民國79年版環境保護年鑑」，行政院環保署(1980)。
3. 姚關穆，「台灣地區河川水污染整治展望」，台灣環境保護，第6期，第7至18頁，(1991)。
4. 「我國環境負荷現況」，環保通訊週刊，民82.8.15。
5. 「污水下水道發展方案」，內政部(1988及1992)。
6. 「建築技術規則」，營建署雜誌社(1990)。
7. 「大安溪、後龍溪及西湖溪等三條河川流域性污染整治規劃期中報告」，中興工程顧問社(1990)。
8. 針生昭一等，「糞尿處理設施維持管理之知識」，日本環境衛生中心(1977)。
9. 行政院環保署水保處第四科蔡科長供應資料(敬此致謝)及行政院經合會台北區衛生下水道規劃小組所出版「淡水河系水污染及河川涵容能力」(1971)。
10. 「淡水河系污染整治規劃專題報告：四、水污染來源調查與污染量推估」，美商塞蒙斯李顧問工程公司(1990)。
11. 黃炯昌及劉恒昌，「污水截流系統探討」，環保工程科技——下水道工程研

- 討會，民80.12.13至14，第7之1頁至7之34頁(1991)。
12. 「愛河水質仍嚴重污染」，台灣新聞報，民82.10.1。
  13. 「淡水河系台北近郊污水截流設施第二期工程規劃報告」，台灣省住都局 (1980)。
  14. 「淡水河系污水截流站水質及水量檢測計畫檢測報告」，行政院環保署(1993)。
  15. 姚關穆，「從淡水河系污染整治看台灣地區水污染防治」，厚生基金會厚生白皮書第一輯：環境影響篇，第85頁至89頁(1993)。

## Sewerage Development and Water Pollution Control

Dr. Kuan-Mu Yao

### Abstract

Present pollution control practice of domestic sewage is not adequate to meet the need to protect water quality of the rivers in the Taiwan Area. One way to improve this is to accelerate sewerage development to increase population connected to sewerage systems. The house connection targets in the Sewerage Development Program being implemented are insufficient for preserving water quality of the rivers. It may be necessary to raise the targets and to take supplementary measures.