

小規模用戶污水收集系統之選定

許鎮龍

國立聯合大學環境工程與安全衛生學系副教授

hclung@nuu.edu.tw

摘要

對於人口分散之鄉村或處於郊區之小規模零散、平坦或高低起伏及卵礫石層之住家污水用戶接管收集區，於台灣傳統上常採小口徑自然流下式下水道系統方式，以管線輸送至污水處理場處理，致埋深越來越深、工期漫長及施工費高昂，本研究就參訪日本つくば市之壓力式及浜松市館山寺真空下水道收集系統之實際案例說明，顯示傳統之小口徑自然流下式下水道系統全重力式設計，不應為用戶接管之唯一選項。

關鍵詞：重力式、壓力式、真空下水道、功能、經濟性

一、前言

小規模的下水道系統用戶接管收集方式，傳統上以重力加少量抽水站之設計原則為主要，惟於國外常有小規模的下水道收集系統方式之採行。

人口密度低，建設費高之地區調查結果，常需考慮採行小規模的下水道收集方式，其考慮點為：1. 小規模聚落區域，收集一人之污水管線必須延伸很長，建設費相對提高。2. 延伸很長之污水管線，為維持一定之流速，需確保一定之坡度，管線埋設加深，建設費變的愈高。3. 很短的距離即需設置人孔，增加地下水之入滲機會。

小規模的下水道收集系統，埋設深度約在 1m 左右，人孔可由價廉無筋箱涵替代，如此一來，建設費及滲入水量均可減少。該系統主要為：1. 真空式下水道系統(Vacuum Sewers)；2. 壓力式下水道系統(Pressure Sewers)及 3. 小口徑自然流下式下水道系統(Small Diameter Gravity Sewers)三種型式。

所謂真空污水下水道系統，為利用真空與大氣壓力之差異，促使污水運送流動的一種設計。真空污水下水道系統非常相似於自來水分配系統，只是管內壓力由正壓轉呈負壓，自來水改成污水及流向顛倒而已。真空液體傳輸及收集系統包含下列三基本單元：A. 真空界面閥套件，包含收集坑、「真空／重力」界面閥、真空控制及感應單元；B. 管網：含液體運送主管、分支及用戶接管；C. 真空站：含真空收集槽、真空泵、液體抽水泵、控制盤及設備等，僅真空站須置動力設備以產生管體負壓，至真空站後再以抽水機抽送至主幹線，再以重力或壓力輸送至污水處理廠。

壓力式下水道系統(Pressure Sewers)，係以小型人孔抽水站收集低窪地區之家庭污水，以壓力抽送至主幹線，方以重力或壓力輸送至污水處理廠。

本研究以實際參訪日本壓力式及真空下水道系統地區之案例說明，期對國內小規模用戶接管方式，提供另一較佳之選項。

二、方法與步驟

針對未曾見過之壓力式及真空下水道系統，親往日本使用中之東京都竹玻市(つくば)壓力式下水道及浜松市館山寺處理區之真空式下水道訪視，所得之功能與經濟性分析，整理如后。

三、結果及討論

1. 壓力式下水道

壓力式下水道係將用戶每一戶或數戶，以抽水機抽送至污水下水道主管，主管再藉重力運送至污水處理場處理之一種系統。

(1). 優點

考慮覆土層之土質、道路交通量及凍結深度等因素，須考量簡易之明挖施工法，使施工費便宜，工期縮短。

使用口徑小，接合容易，不易漏水，埋深淺地下水入滲少，可降低處理場負荷。

人孔可由價廉無筋箱涵替代，並可設置清除設施。

(2). 缺點

管網系統常因地層移動，交通負荷及建設中的意外被損壞。

於管線或接頭上的洩漏，很難去分離與預測，易造成對環境之污染。

輸送液體，可能長期滯留在於某些管網之死角處，而使微生物滋生。

為保持適當的坡度，重力輸送管線，常需埋設於 2.4 m 以上之深度。

多種不同之地底下液體輸送，分數層管網輸送，需配備昂貴及複雜之偵漏系統設備。

系統的修理與改善，常因移除混凝土結構物及必要空間之開挖，致使塵土飛揚。

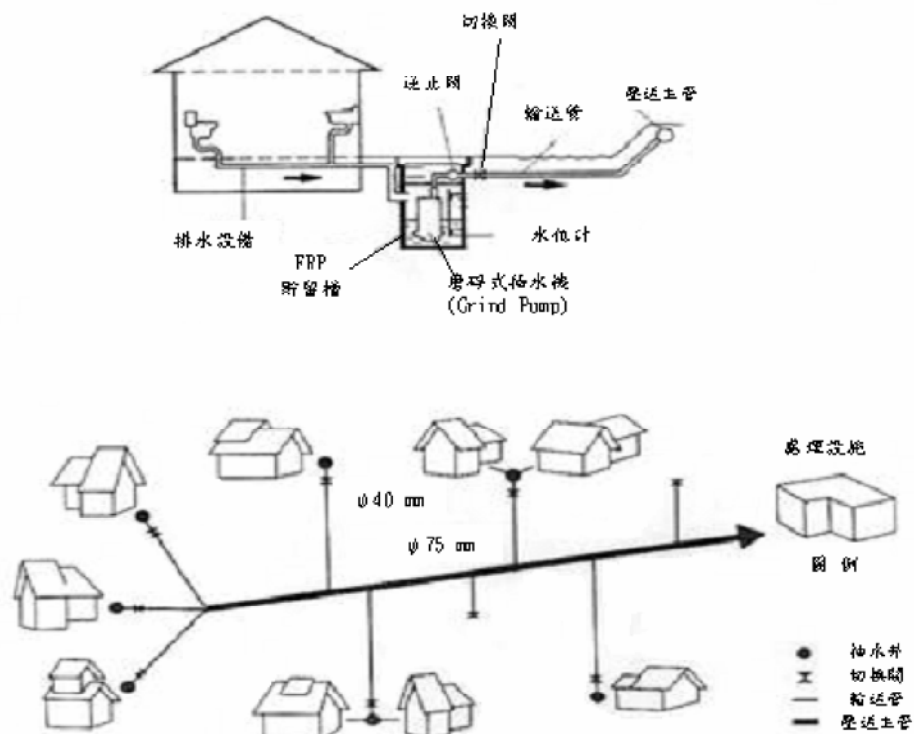
(3). 種類

1. 磨碎方式(Grind Pumping - GP)

2. 腐敗槽抽送式 - 經腐敗槽沉澱雜質後，再行抽送。

(4). 東京都つくば壓力式下水道說明

於較主幹線低窪之地區，於公共道路上設置人孔抽水站，以一戶或多戶共用一抽水井為原則，抽水井電費常以電線桿附掛之電表度數，由政府支付電費，每戶收集管線之直徑採 40mm，抽送至壓力管主線之管徑為 75mm，示意圖詳圖 1 說明



圖一：壓力式下水道圖示

2. 真空吸入污水下水道系統

(1). 優點：

真空系統可提供 7 m 高差之污水抽升能力，如有障礙物，可簡單的繞行迴避，使家庭污水收集系統能施作於地上、沿著牆壁或通過天花板等抽升能力服務範圍內之任意空間。

由於本管網系統埋設淺，不需特別考慮管線埋設於土壤及交通負荷之壓力，主要需要考慮的是運送液體與管網系統管材的化學相容性。

合宜的管線尺寸（3 cm 至 15 cm），最小的管線坡度 0.2 %，不論設置於天花板、牆上或設備附近，均相當簡單。

管線穿越設施之拆解與組裝，不會因為切割地板、開挖之潮溼、受污染土壤之移除、回填及修補地板等工作所阻礙。

個別的真空界面閥，不會因其他排入點單元之修復等工作阻礙其功能。

高水頭真空系統技術提供個別之液體運送途徑，因此減少沖刷水之用量及污水處理費用。

液體於高水頭真空系統管網中，以每秒 4.6~ 5.5 m/s 之高速水流之運送特性，因此不會造成堵塞與雜物的堆積，且可減少微生物之滋生環境。

因可彎曲架設，因此可以節省下水道人孔的設置，縮短工期，並減輕當地居民的負擔。在地下水位高的地方或是在卵礫石之區域，均可簡單的架設。

需從範圍廣的區域收集污水，且需長距離埋設管線的地方，如果污水收集地區在綜合公園、運動公園等大型公園或農業集散地、渡假休閒中心及大規模的工廠，需長距離埋設管線的地方相當適用。

在重力流難以施工的地方，或因管線埋設在軟弱地盤、埋設在岩盤、卵礫石或是在海邊河川等地下水位較高的地方及於在狹窄道路地區的管線埋設，致其施工成本不划算時。

(2). 缺點：

技術層次較高。

國內尚無設計及施工實績。

未來維修技術層次較高，須藉助國外之經驗於人力。

(3). 浜松市館山寺真空下水道收集系統

浜松市地下水位高，住戶零散，經自然流下式 I、自然流下式 II、真空式下水道(併用自然流下)及壓力式下水道(併用自然流下)等4種替代方案之施工費、事務費、維護管理費及償債之利息總經費比較後，上述4種替代方案之總經費分別為3,742,443、3,601,824、3,155,559及4,630,208；若以自然流下式 I 之總經費3,742,443為分母，以上4種替代方案之比較值，分別為1、0.96、0.84及1.24，而以真空式下水道(併用自然流下)為優選方案，替代方案經費分析，詳表一之說明。

3. 小口徑自然流下式下水道

小口徑自然流下式下水道系統，係將家庭排水中之砂、油及懸浮固形等物，先藉由於腐敗槽先行去除，較無雜質之污水，再行流入下水道之一種方式。腐敗槽中之沉澱物及浮渣，須定期清理，收集方式及腐敗槽等，詳示意圖 2 及圖 3 說明。

管渠可順地形坡度埋設，若地形高低起伏較大之區域，可組合採用部份壓力式下水道系統，亦可採經腐敗槽再經抽水機抽送之 STEP 組合方式(Septic tank effluent pumping system)。固形物等雜質經沉澱及浮除後，較乾淨之污水再納入收集系統，具下列優點：

輸運固形物之水量可減少，適用於採行節水設施之區域，平坦地形之污水傳輸，較不用擔心管線阻塞之問題。

由於水中雜質已先清理，污水易於流動，可沿地形坡度埋設，埋深淺，使坡度、管線直徑及管線埋設費用減少。

清理容易，人孔設置可減少。

污水處理場流程簡化，前處理可不用設置。

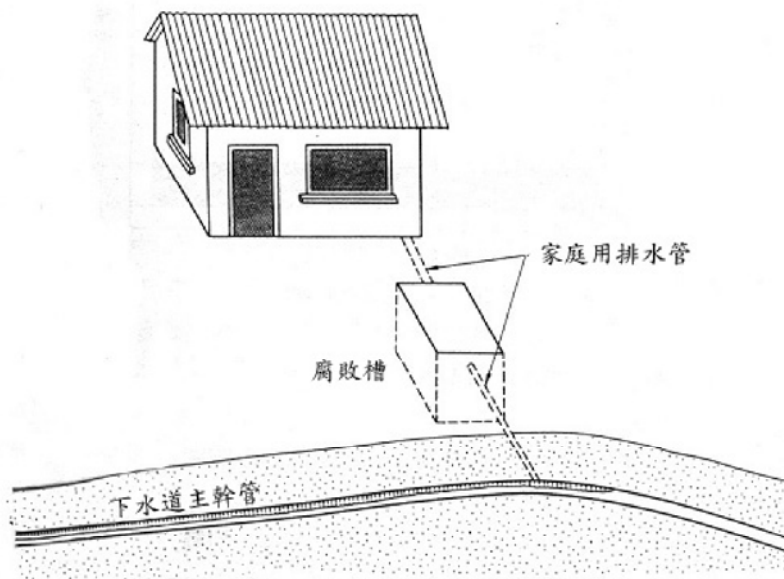


圖 2：小口徑自然流下式下水道系統說明圖

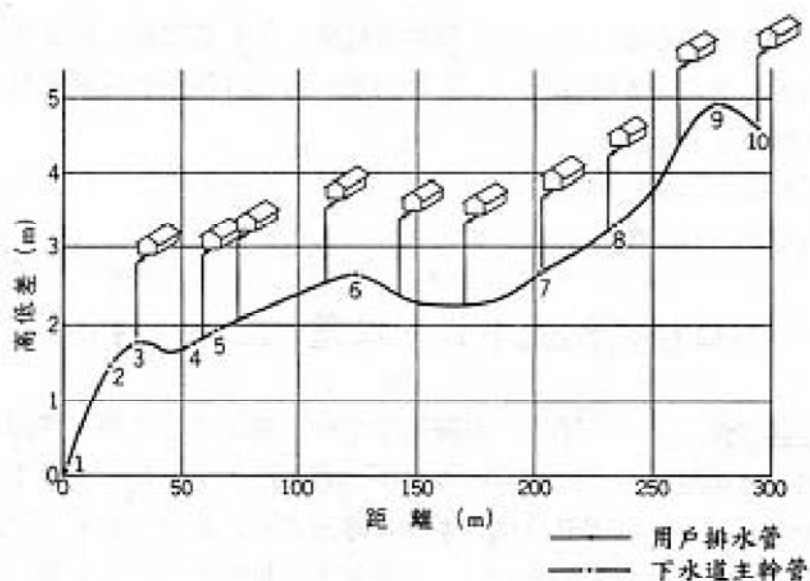


圖 3：小口徑自然流下式下水道用戶排水接入高程說明圖

4. 討論

(1). 各系統之適用範圍

平均家屋間距離較短時，以自然流下式排放式較佳。

在平均家屋距離長，且收集點數較多時，適用真空式下水道。

各集水方式之適用範圍，詳表 2 及圖 4 之說明。

表 2：自然流下式、壓力流及真空收集系統費用比較

	真空收集	自然流下式	壓力流
適用地域	平坦地形・軟弱地盤，岩盤地帶或起伏在 3.5 公尺以下的地域較佳	下坡地形較適合	起伏較多的地域較有利
建設成本	大規模較為便宜	小規模較便宜	與施工規模等比例
工期	短	長	短
漏水・滲水	無	有可能 (滲水較多)	無 (漏水及污水之噴出)
障礙物之回避	可	困難	可

電源供給	真空站 1 個	需要數個中繼幫浦	GP 均必需
災害時	僅真空站需要備用系統	需要備用中繼幫浦	每個 GP 均需備用動力

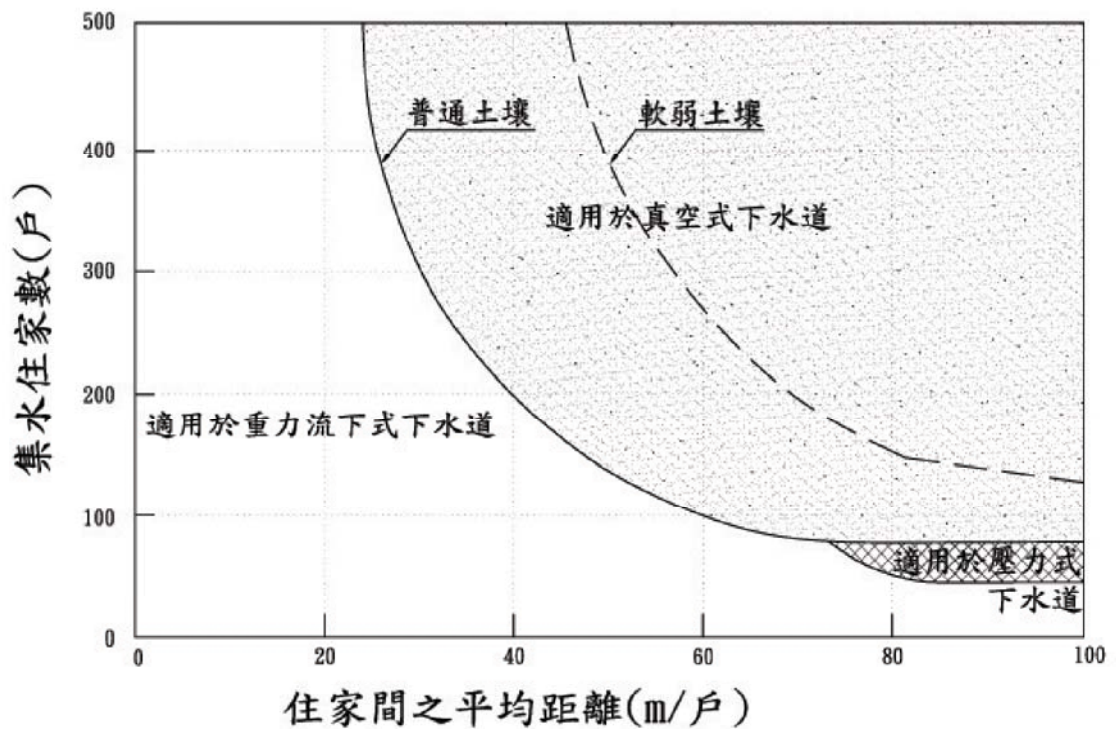


圖 4：小規模用戶接管系統之適用範圍

四、結論

1. 若全區域均屬平坦地形，則上述三種收集方式之費用，均需預作經濟分析比較。
2. 全區域若屬順坡地形，則真空及壓力式下水道系統，採用之價值性較少，採小口徑自然流下式下水道系統，較為有利。
3. 處理場若位於高程較高之處，且地形坡度為向上之區域，則以採壓力式下水道系統，較為有利。
4. 地形坡度為上上下下之區域，則可採上述三種系統之組合設計。

.....

誌謝

本次參觀行程承蒙アロソ化成株式会社神山(Kamiyama)、西川先生及揚程管機股份有限公司陳正胤先生之安排，得以拜會つくば市都市建設部下水道事務所施設管理課課長高巢芳久、はままつ浜松市下水道部部長高橋行孝、課長補佐宮松計策、下水道東部管きよグループ管谷昌彦、上下水道部下水道工事課課長高橋康彰、つくば営業所長杉本正人、下水道施設課下水処理グループ鈴木道彦及日本ヘルス工業株式会社係長寺尾一成，並獲得熱情與誠懇之接待與協助，得以順利將更多優質的收集系統，介紹給國人，在此一併申謝。

.....

參 考 文 獻

1. 台北水源特定區污水下水道系統未納戶污水處理實施計畫(第二次修正版)，經濟部水利署台北水源特定區管理局，民國 92 年
2. 村山哲夫，外國における小規模な下水道，「小規模な下水道の計畫，設計，施工」入門編，山海堂
3. INAX 真空下水道【Vacuflow System】簡介，日本 INAX 株式會社
4. 真空下水道系統，TOENEC 日本電力本部營業部，電力本部地中線部
5. Vacuum Sewer Systems, Chapter 3, 美國 EPA 網站資料
6. 「台灣地區污水下水道用戶接管模式之研究」，內政部營建署，社團法人台灣下水道協會，中華民國 92 年
7. エバラグライнда水中ポンプ，型錄