

地理資訊系統於污水下水道之水量分析與管理

謝政翰，台南市政府公共工程處下水道工程科工程助理員

陳宏銘，內政部營建署下水道工程處副工程司

林妤蓁，立德管理學院資源環境研究所助理教授

李宗仰，立德管理學院資訊科學與應用研究所助理教授

摘 要

本研究選定台南市幾個既有街廓污水下水道資料及建築狀況圖解數位化建立地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)資料庫,運用GIS將資料庫與下水道模式相互結合來進行分析,評估既有管線規劃水量與實際推估水量之差異性,提供管理者運用GIS對集水區新增建築核可案件建立一套較佳的決策機制。

初步研究成果顯示:依實際調查10個高密度街廓以每戶當量人口數推估為原都市計畫人口1.8倍~7.2倍,原管線設計水深比為0.5D初步推估其污水量達滿管水位僅能容許量兩倍設計水量有滿管之疑慮,運用GIS建立下水道模式對於下水道管網集污水量整合運算均能迅速獲得正確結果,管理者使用建立的資訊系統對未來新增建築案件亦能迅速有效得到決策機制。期許未來污水下水道GIS運用與分析技術之進步,管理效率提升降低建設成本,進而以更省錢有效的方式提高生活環境品質。

關鍵字：污水下水道、地理資訊系統、水量分析

一、前言

1、研究動機與目標

行政院於民國91年5月31日起核定「挑戰2008國家發展重點計畫」,將污水下水道建設列為國家建設重要之一環,將於六年內投入655億巨額建設經費,以加速台灣接管普及率由現行8.7%提升至20.3%。政府投入巨額資金建設污水下水道,如何建立一套完善的地理資訊管理系統,使巨額投資有效運用避免浪費公帑是一個應該重視的課題。

本次研究以台南市五期重劃區污水下水道系統為例,將舊有紙本圖資予以圖解數位化,並採用GIS技術建立下水道模式,藉以探討未實施容積率前已建築完成高密度住宅區之每日生活污水排放量及尖峰流量,與既有污水管線容許之最大流量之關係,提供管理者對於該區域未建築空地土地利用強度之決策機制。

2、文獻回顧

目前國內應用GIS系統於污水下水道系統設計與管理之文獻較少,林采蓁(1998)曾以GIS輔助雨水下水道之最適設計做過研究,提供國內雨水下水道設計最適化之GIS應用技術。中國大陸馬勇(2003)在城市環境與城市生態期刊中,使用GIS於程式給水排水之應用,同時以大慶市給水排水管網信息系統作實例,證明GIS可以即時準確完整提供管理

者所需訊息，作為市政管理者輔助決策之依據。內政部營建署於2002年完成之「下水道資料庫及維護管理系統」整體規劃報告，雖然已將雨水及污水下水道管理維護系統建置架構完成，惟於2003及2004年配合擴大就業方案，進行「下水道資料普查計畫案」僅就雨水下水道部份進行調查與應用，污水下水道部份因資料欠缺故無法於該系統實際分析與應用。雖然內政部資訊中心推動GIS應用於各種管線管理系統對於各縣市政府有補助措施，已完成建立下水道地理資訊管理維護系統之縣市僅台北市、高雄市、台北縣及台中市等四個縣市，故對於如何將GIS應用於污水下水道最佳化設計及管理維護之應用，仍有相當的發展空間。

二、研究方法與步驟

1、地理資訊系統資料庫建立

本研究案將採用美國ESRI公司(Environmental Systems Research, Inc.)出品ArcView 3.X，進行架構研究範圍圖解數化資料(周及周，1997；陳，2003)。該系統能夠整合建立空間地圖資料和屬性資料，簡易將工程人員熟悉的CAD數值地圖轉成SHP圖檔，更能將掃描影像或遙測資料與數值地圖整合進行查詢統計分析及展示資料等功能。

(1)空間圖形定位建置

地理資訊系統空間資料建置區分為點、線及面三種，本研究將依下水道組成特性建立下列的空間資料：

在點資料方面，將建立人孔與建物兩種。人孔是污水下水道上游管線與下游管線的連接節點，亦是街廓接戶管銜接分支管網之節點，兩者有極大之關連性。建物調查依據台南市政府已完成之門牌號地理資訊系統查詢而得，為便利與其系統日後連結，故隨該系統採點型式建立。

在線資料方面，污水管線分為接戶管分支管網次幹管主幹管等均屬線性，上下游管線之銜接組成污水下水道系統。

在面資料方面，都市計劃使用分區有其範圍區域組成，每一使用分區有其使用強度可依其面積計算出其計畫人口數。

(2)屬性資料庫建置

GIS屬性資料系與空間圖形連結而成之表單，表單內容可因其點線面所代表之意義而有不同之組成，也可連結資料庫進行統計分析。資料庫格式一般設定區分為欄位名稱、欄位說明、資料格式、欄位寬度及備註等項目。

資料格式一般又區分為：文字(String)、數字(Number)、日期(Date)及布耳值(Boolean)等四種格式，可以建立程式做四則運算或是邏輯比對，提供管理者決策分析。

表3及表4分別顯示了本計畫所採用的人孔屬性表及管線屬性表之欄位名稱、欄位說明、資料格式、欄位寬度及備註等。在備註欄位中有標示「」符號者，為該資料表之鍵值欄位(台北縣政府，2000)。

表3 人孔屬性表

欄位	欄位說明	資料格式	欄位寬度	備註
NUMBER	編號	文字	7	●
NEME	名稱	文字	12	
TER_HEIGHT	地盤高(m)	數字	6	
DOWN_HEIGHT	孔底高	數字	6	
DEPTHFACIL	設施深度	數字	6	地盤高-孔底高
TOTALWATER	總接管水量	數字	10	人口數×每人每日污水量
PLAN_POPUL	計劃人口	數字	6	集污面積×人口密度
GATER_AREA	集污面積	數字	10	
POPUL_D	人口密度	數字	6	
POPULATION	人口數	數字	8	門牌號查詢系統

表4 管線屬性表

欄位	欄位說明	資料格式	欄位寬度	備註
PIPE_NUM	管線編號	文字	7	●
FROM_BORE	上游人孔編號	文字	7	
DOWN_BORE	下游人孔編號	文字	7	
PIPE_TYPE	管線種類	文字	10	
PIPE_DIA	管徑(mm)	數字	7	
SLOPE	流水坡度	數字	7	$S=(U-D)/L$
LEIGHT	長度(m)	數字	7	L
UP_DEPTH	上游管底高	數字	6	U
DOWN_DEPTH	下游游管底高	數字	6	D
DES_DISC	設計流量(CMS)	數字	9	Q

2、GIS屬性資料與下水道模式之建立

污水集水區之污水量基本公式如下：

$$Q_p = Q_D \times F_p + Q_S + Q_{inf} \quad (1)$$

$$Q_{ave} = Q_D + Q_S + Q_{inf} \quad (2)$$

式中， Q_p = 尖峰污水量、 Q_{ave} = 平均污水量、 Q_D = 家庭平均污水量、 Q_S = 公共設施污水量、 Q_{inf} = 地下水入滲量及 F_p = 尖峰係數。

尖峰係數係計畫污水量(或稱最大或尖峰污水量)與平均污水量之比值，原則上集污區愈大其尖峰係數愈小，反之污水量小其尖峰係數應較大。流量依Harman公式之尖峰係數(Peaking Factor, F_p)來推估：

$$F_p = \frac{Q_{peak}}{Q_{ave}} = \frac{18 + P^{0.5}}{4 + P^{0.5}} \quad (3)$$

式中， P =人口數(以千人為單位)。當 Q_{peak} 使用 Q_{max} 取代時，則

$$F_p = \frac{Q_{max}}{Q_{ave}} \quad (4)$$

此時，當 F_p 介於1.2至1.4之間。又圖4顯示了Qasim(1998)所建立的污水量尖峰係數與人口間的關係曲線。

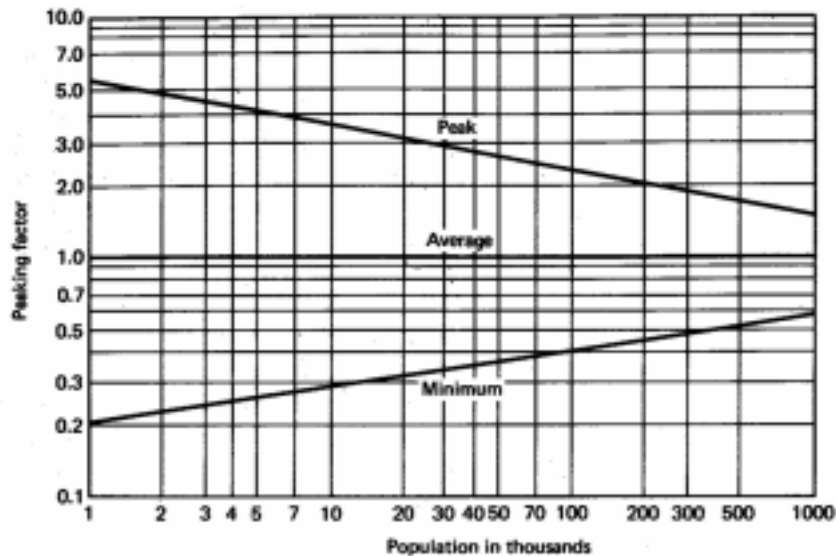


圖4 污水量尖峰係數與人口關係(Qasim, 1998)

至於管線容許水量是採用曼寧公式來進行計算，公式如下：

$$Q = AV = A \times \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \quad (5)$$

式中， V =流速、 n =管線材料粗造係數、 R =水力半徑、 S =坡度、 A =通水斷面積及 P =溼周，同時 $R = A/P$ 。

3、設計準則及假設條件

下水道水理分析，需考慮因子有管線材質、管徑大小、管內坡度及流體濃度等因素。故在本研究實務分析上，訂定以下基本假設：

1. 污水量：用水量250升/每人天，污水量/用水量=0.9，污水量為225升/每人天。
2. 污水管材為均勻圓形管材，其粗造係數不隨流體污染量及流量不同而有所改變。
3. 管內流況均為重力流，各管段間坡度為均勻無特殊隆起或凹陷情況。
4. 水理分析採用曼寧公式計算。
5. 污水量尖峰係數採用Harman經驗公式計算。

4、管渠水理分析與實際尖峰流量比較

人孔為污水下水道系統之節點，每一個節點可容納數個上游管線所帶來得污水量，污水系統特性人孔節點只有一個下游管線銜接，而該下游管線所能允許之流量即是該人孔節所能接受之流量，圖8顯示了人孔管線污水收集的示意圖。

既有管線依據其管徑、坡度及管材性質等因子可推算其污水量，依據下水道設計指南(內政部營建署，2004)建議管徑500mm以下水深比採用0.5D計算，管徑600mm以上管線水深比採用0.8D。為避免管線滿管時產生壓力流，滿管流量僅列為比對，無法視為管線允許最大流量。本研究將管線其0.5D(半管)、0.8D及1D(滿管)之流量建立屬性資料庫作為決策分析因子。

人孔節點為街廓污水銜接處，每個人孔節點污水量除本身街廓接入外尚須將上游管線人孔節點污水量一併加入計算。

$$M_p = \sum_{i=1}^n M_i + \text{集污水量} \quad (6)$$

式中， M_p = 人孔節點污水量及 M_i = 上游人孔集污水量。

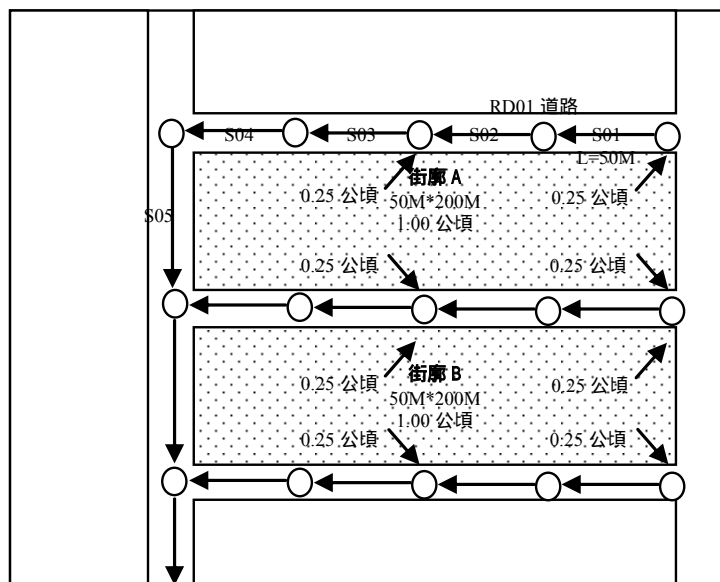


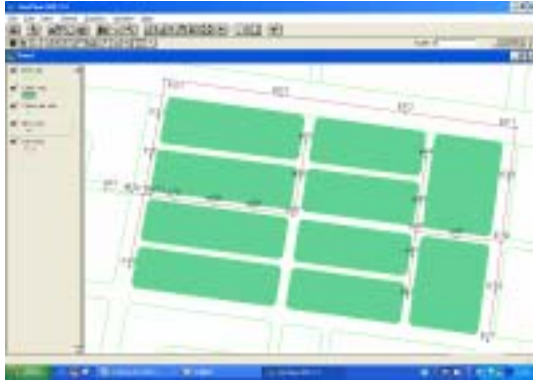
圖8 人孔管線污水收集示意圖

三、建置成果與討論

1、資料調查與建置

在既有污水管線基本資料調查與建置方面，既有管線調查高密度住宅區10個街廓之集汙水區，建立之空間資料及屬性資料如圖9所示。

在既有建築物戶數調查與建置方面，依據台南市已完成之門牌號地理資訊系統來進行查詢所需之資料，如圖10所示。本研究將現有建物僅依該系統查詢結果再重新建置其分布情形，如圖11所示。在尚未建築空地調查與建置方面，現有的空地建立空間資料及屬性資料，如圖12所示。



(a) 圖形

管線編號	長度	左側管徑	右側管徑	管深	坡度
1	44.20	0.22	0.11	250	0.00
2	44.40	0.11	0.20	250	0.00
3	44.50	0.09	0.29	250	0.00
10	3.00	0.00	0.90	0	0
14	0.00	0.00	0.00	0	0
17	54.10	0.24	0.32	300	0.01
8	37.60	0.07	0.12	300	0.04
11	27.90	0.44	0.29	300	0.04
12	48.40	0.14	0.24	300	0.02
13	48.90	-1.20	-1.29	300	0.00
23	0.00	0.00	0.00	0	0
10	48.00	0.00	0.00	300	0.00
24	0.00	0.00	0.00	0	0
20	0.00	0.00	0.00	0	0
25	0.00	0.00	0.00	0	0
26	0.00	0.00	0.00	0	0
7	44.40	0.72	0.92	250	0.00
6	45.20	0.52	0.32	250	0.00
18	0.00	0.00	0.00	0	0
19	0.00	0.00	0.00	0	0
11	0.00	0.00	0.00	0	0

(b) 屬性

圖9 污水下水道之管線及其屬性資料示意圖

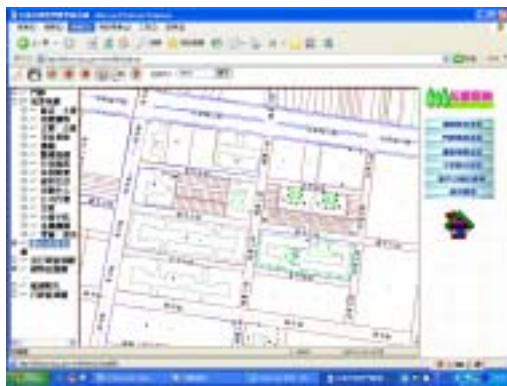


圖10 台南市門牌號詢系統

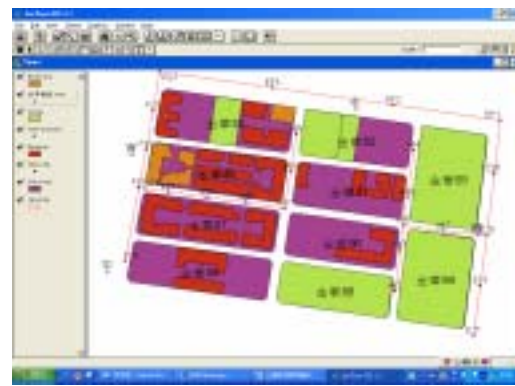


圖11 既有建物分布示意圖



(a) 圖形

Shape	使用分區	面積(㎡)	座落	人口數
Polygon	地區商業中心	280%	8548.84038	399
Polygon	高密度住宅區	240%	6230.61921	249
Polygon	高密度住宅區	240%	7821.48804	313
Polygon	地區商業中心	280%	10185.23737	475
Polygon	地區商業中心	280%	8048.89305	395
Polygon	高密度住宅區	240%	7989.37601	316
Polygon	高密度住宅區	240%	4896.01191	196
Polygon	地區商業中心	280%	9565.99579	446
Polygon	高密度住宅區	240%	7795.43621	312
Polygon	高密度住宅區	240%	8445.91219	338
Polygon	高密度住宅區	240%	6454.73005	258
Polygon	高密度住宅區	240%	6610.38296	264

(b) 屬性

圖12 現有空地分布及其屬性資料示意圖

空間資料建置首要在座標定位，目前座標系統一般採用TWD67或是TWD97座標系統。本研究採用台南市政府都市計畫航測數值地形圖(TWD67系統)為底圖，套繪於地形圖人孔圖層上再轉成SHP檔案，採用此法除節省人力時間與經費外，實際運用與取得都市計畫使用分區SHP檔案套疊分析上，均能有良好精準的展現成果。

2、成果分析與展示

本研究污水下水道GIS系統所建立空間資料與屬性資料，均可以操作系統快速從圖

面交互查詢相關資料，其操作如圖13所示。透過內部設定污下水道模式，可以快速計算管線各種設計水深比之允許流量，詳如圖14所示。

本研究將調查區各污水下水道管段建立資料庫表單，並透過下水道模式計算各管段水位於半管、水深比0.8D及滿管等狀況時之流量，作為各節點人孔所能允許總污水量之參考。各節點人孔已透過下水道污水量推估模式計算計畫平均水量、尖峰流量及實際水量。將管線人孔所能允許總污水量與計畫平均水量、尖峰流量及實際水量進行比較分析，提供管理者對於新增建築案件審核之決策機制。



圖13 管線分布查詢其屬性資料展示

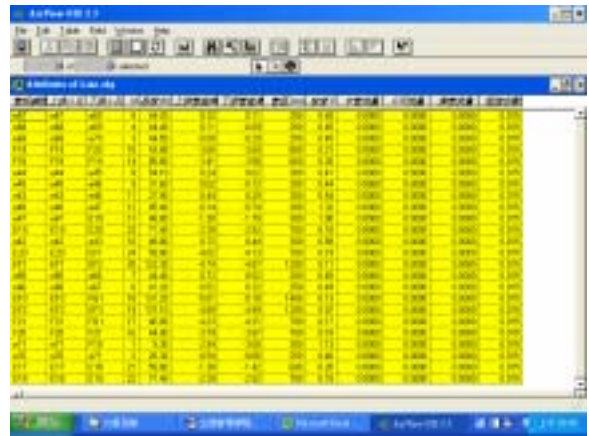


圖14 管線基本資料及允許流量展示

在過去下水道管理以紙本方式處理時代，往往須等到管線阻塞污水溢流發現問題時，才調閱管線資料去研究解決問題，這種頭痛醫頭腳痛醫腳的管理方式總為市民詬病所在。在門牌號與都市計劃地理資訊系統基礎環境已建置完成下，以地理資訊系統將下水道管理連結應用可以提供管理者明確的預防對策指標。

透過污水下水道模式，可迅速展現土地使用強度允許人口數分布，詳如圖15所示。再者，依據建立屬性資料表單，可以迅速提供管理者現有人口統計圖表，如圖16所示。管理者可以透過人口分布情形統計圖表簡單比對，清楚判斷污水管線負荷警示區域，提早採取因應措施進行管利清洗TV檢視，以維持污水管之暢通，提昇市民生活環境品質。



圖15 各街廓計劃人口數量分布展示



圖16 各街廓現有人口數量統計圖表展示

四、結論與建議

- 1、因個人電腦技術提升在套裝的GIS上建立污水下水道系統並不困難，運用現有紙本圖資掃描或是CAD圖檔均能快速有效的轉檔成GIS格式，而屬性資料庫也可以用普遍使用的Excel試算表進行建制與連結。
- 2、GIS可以與外部軟體連結運用外，亦可使用系統提供之內部語言。使用者得以依據使用需求藉由系統設計程序，提供管理者簡單操作完成所需任務。
- 3、初步運用GIS建立下水道模式，進行簡易水理分析與污水量推估，可以更有效率得到所需資訊，並與實際建築管理結合，使管理者進行決策分析時，可獲得明確方向。
- 4、下水道建設經費龐大，若設計規劃時能使用更合理的參數設計，將不至於造成管線設計失當情況。因管線太大將導致浪費經費，同時因流速過小而產生淤積物沉澱阻流現象；若管線設計太小，則無法因應都市更新、容積率移轉、開放空間獎勵及停車空間獎勵等等因數所增加污水量，導致污水在都市產生漫流現象。
- 5、污下水道建設因起步太晚，於舊都市型態原有道路上往往佈滿其他生命管線，現行技術上雖採用先進技術推進工法施工，惟對於管線分布複雜往往造成工程進度延宕，若能運用GIS之三維(3D)功能，或可將複雜之管線加以分析展示，輔助管理者進行決策分析。

參考文獻

1. 林采蓁，地理資訊系統輔助雨水下水道之最適設計，1998，台北：國立台灣大學環境工程研究所碩士論文。
2. 馬勇，GIS在城市給水排水中應用，城市環境與城市生態，2003，10月，16卷5期，頁10-12。
3. Qasim, S. R., Wastewater Treatment Plants: Planning, Design, and Operation, Second Edition, 1998, McGraw-Hill Companies.
4. 內政部營建署，污下水道設計指南，2004年，2月，頁1-9。
5. 台南市政府，台南市污水下水道系統整體規劃總報告，1998年，4月。
6. 台北縣政府，台北縣下水道人孔衛星定位數值資料庫之建置，2000。
7. 周天穎、周學政，ARCVIEW 透視 3.X，1997，台北：松崗電腦圖書有限公司。
8. 陳錦嫻，GIS技術與實務應用ArcView 3.X & 8.X，2003，台北：新文京開發出版股份有限公司。