

區域性污水下水道系統之營運管理

胡兆康¹ 李憲章² 黃成龍³

1. 台北市政府工務局衛生下水道工程處處長
2. 上水股份有限公司董事長
3. 上水股份有限公司專案經理

摘要

淡水河系污水下水道系統（以下簡稱本系統）為一典型跨縣市之區域性污水下水道系統，污水收集範圍涵蓋台北市與台北近郊兩部分，目前為部分分流、部分合流之混合式污水下水道系統。

本系統為配合八里污水廠第一期處理容量，目前每日污水通量為 1,320,000CMD 立方公尺，污水源可分為兩股，一股為來自台北市之用戶接管污水及截流污水，經迪化抽水站收集後揚水送至獅子頭抽水站，並在途中匯流台北縣截流污水；另一股為來自台北縣之截流污水，相關通水廠站達 12 座，未來將會陸續增加。為提供穩定水質水量以供八里污水廠進行處理，妥善聯合運轉各廠站污水之分配量便成為本系統營運管理之重要課題之一，尤其本系統屬於區域性混合式下水道系統，污水量受到降雨、流達時間之影響頗大；另部分截流站位於感潮河段，使污水量受到潮汐現象影響，上述因素使本系統在調節及調度污水量時更顯複雜。

本文將嘗試逐一探討上述之各項影響通水量之因素及其產生之因變量，並透過因變量之分析建立本系統營運管理策略。分析結果顯示，迪化抽水站因用戶接管方式特殊，在芭比絲颱風期間，污水量高達晴天污水量之五倍之多；從台北市五分埔截流站到八里污水廠幹管中，其上、下游之流達時間長達 260 分鐘；在潮汐現象中，重陽等截流站之小時進水量高低相差七倍以上。根據各項因子之定量分析，本系統污水量之營運管理策略已能初步建立。

本文末將參考美、日等國家之區域性污水下水道系統之營運管理特色，提出並建議本系統未來之營運管理方向。

一、前言

淡水河系污水下水道系統(以下簡稱本系統)為一典型跨省市之區域性污水下水道系統,主要包括台北市與台北近郊(台灣省行政區內)污水下水道系統兩部分,台北市超量污水及台北近郊收集之污水均匯集於省市共同設施一併處理排放。本系統營運管理工作依行政院指示,由台北市政府工務局衛生下水道工程處以擴編方式成立專責單位負責推動,為精簡人事,自民國86年起將操作維護業務以委託代操作維護方式辦理。

本系統通水量皆配合八里污水廠之需求而定,由獅子頭抽水站負責調度配送,獅子頭抽水站是污水進入八里污水廠前的最後一站,可視為八里污水廠之進流抽水站,匯集來自於北市放流幹管及特一號幹線之污水。目前為配合八里污水廠第一期處理容量,其通水量控制在42,000CMH~55,000CMH(即1,000,000CMD~1,320,000CMD)之間,以提供穩定污水量供污水廠處理。污水來源目前係來自北市用戶接管、北市四座截流站及淡水河左岸之北縣六座截流站(井)等,並隨時依各站進流狀況調配水量。未來將視接管進度陸續納入基隆河系等之截流站。由於受雨水及潮汐影響,各站逐時進流量變化頗大。

二、系統設施介紹

(一)廠站設施

本系統的主要設施計有八里污水處理廠、三座抽水站(汐止、迪化、獅子頭)、基隆河系截流設施四座(五堵、下寮、樟樹、江北)、淡水河系截流設施七座(同安、頂崁、中港、蘆洲、重陽、溪美、鴨母港)、北市四座截流設施(五

分埔、港墘、大直、建北)以及其他相關之管線系統(各廠站設施詳圖一所示)。其中基隆河系截流站因汐止抽水站尚未完工而未納入運轉,另鴨母港截流站因進行工程改善,也尚未納入運轉。茲將本系統主要設施按所屬抽水站分別說明如下:

1. 汐止抽水站

本抽水站位於台北縣汐止市,匯集基隆河系五堵、下寮、樟樹、江北等截流設施,經抽水機組揚水後排入北市南港污水幹管,送至迪化抽水站。

2. 迪化抽水站

本抽水站位於台北市大同區,與迪化污水處理廠相鄰,匯集北市B、C主幹管及環南、景木次幹管之污水,污水來源包括台北市經由家庭接管所收集之家庭污水,以及台北市港墘、大直、建北、五分埔等截流站及來自汐止抽水站之截流污水。本抽水站之主要功能係將迪化污水處理廠無法容納之超量污水提高揚程後,再以重力方式流至獅子頭抽水站,目前因迪化污水處理廠正進行提升二級工程,預計至民國九十二年完成,故目前所有污水均經本站輸送至獅子頭抽水站。

3. 獅子頭抽水站

本抽水站位於台北縣五股鄉,為省市共設施之第一站,匯集北市放流幹管及北縣特一號幹線,污水來源除來自迪化抽水站外,亦包括來自淡水河左岸之蘆洲、溪美、重陽、同安、頂崁、鴨母港、中港等截流站井。本抽水站主要功能係藉抽水機提高揚程後,進入龍形隧道後送至八里污水處理廠加以處理。

(二)管線設施

本系統匯集污水來源包括台北市、台北縣、基隆市等行政區,主要之污水收

集管線包括陸上放流管、龍形隧道、北市放流幹管、越淡水河幹管、特一號幹線、IV(基隆河)幹線等，茲將各管線設施說明如下：

1. 龍形隧道

龍形隧道為獅子頭抽水站至八里污水廠間接駁管線之第一段，獅子頭抽水站抽水機揚水後起由 T 型管入口穿越觀音山北送至台十五線旁之蝶閥室止，全長 1,277 公尺，管徑為 $\phi 4600\text{mm}$ ，並於蝶閥室設置二座之蝶閥連接二條陸上放流管。

2. 陸上放流管

陸上放流管係接續龍形隧道繼續擔任輸水工作，起點係由龍形隧道蝶閥室出口沿台十五線外淡水河床到達八里污水處理廠進流匯合井止，預計興建兩條幹管，分兩期施工。目前第一期之左線放流管已完工，另右線則將於第三期工程完成。陸上放流管全長 8,077 公尺，管徑為 $\phi 3400\text{mm}$ ，沿線設置三座排泥井以便維修放空之用。

3. 越淡水河幹管

台北市超量污水經由迪化抽水站壓送至迪化南北二座進水井後，分南、北二條幹管以倒虹吸方式潛越過淡水河後於三重匯合井匯合，此段管線即為越淡水河幹管。三重匯合井內設置兩座蝶閥，以利交互操作。

4. 北市放流幹管

北市放流幹管自三重匯合井起至獅子頭抽水站止，沿堤防內側河床埋設，同時沿線匯集淡水河左岸之重陽、溪美、蘆洲等截流站截流之污水，全長 7,027 公尺，管徑為 $\phi 3600\text{mm}$ ，沿線設有 6 座人孔方便維修。

5. 特一號幹線

特一號幹線係收集淡水河左岸地區

污水之最下游主幹線，規劃設置 32 條次幹管，污水收集後以重力流方式送至獅子頭抽水站。全線分二期施工，第一期自大漢溪左畔起至獅子頭抽水站，第二期則興建大漢溪右側上游地區之幹管部份。目前接管範圍係指第一期，全長 8,816 公尺，管徑為 $\phi 3800\text{mm}$ ，沿線設置 37 座人孔。

6. IV 號幹線

IV 號(基隆河)幹線係收集基隆河沿岸暖暖、七堵、汐止等地區之污水，沿線匯集五堵、江北、下寮、樟樹等截流井之截流污水後，流入汐止抽水站，經揚起後接入台北市污水幹管系統(南港主幹管)。目前接管範圍係由五堵截流站起至汐止抽水站止，全長 10,092 公尺，管徑為 $\phi 1500\sim 1800\text{mm}$ ，人孔數共設置 60 座。

三、污水量影響因子分析

在建立全系統操作程序前必須瞭解各設施之污水量變動情形，以能在不同環境或緊急狀況下擬定相對應之操作策略。為獲得各設施之污水分配量，必須先瞭解各設施之污水量影響因子，並儘可能進一步進行量化分析，方能合理分配污水量。本系統污水量影響因子包括有晴天基流量、降雨量、潮汐、接管率、流達時間、開門開度等，其中開門開度因屬人為控制不予討論外，茲將各影響因子分析說明如下：

1. 晴天基流量

晴天基流量之變化分析僅對納入用戶接管污水之迪化抽水站有意義，因為本系統中除迪化抽水站外，其餘各站均為截流設施，而各截流站污水量之控制是依水量調配需要由開門的開度來控

制。用戶接管污水係 24 小時連續進水，污水量依生活作息型態有所變化。根據 88 年統計資料顯示，小時污水量為 7,466CMH-11,214CMH，最小小時發生於上午七點，最大小時發生於晚間十點，尖峰離峰比為 1.5。

2. 降雨量

本系統之收集方式為部分分流、部分合流之混合式污水下水道系統，截流設施污水量自然會受到降雨之影響，而由於北市部分地區用戶接管方式特殊亦造成部分地區之屋頂排水混接進入污水下水道，因而亦會受到降雨之影響。由於截流站污水量之控制是依水量調配需要由閘門的開度來控制，故降雨發生時可依需要調整閘門的開度來降低進流量，甚至關閉閘門回歸防洪體系由防洪抽水站負責排除雨水，因此不予討論降雨量對其之影響。而對迪化抽水站之影響，可由 87 年發生之瑞伯、芭比絲二颱風看出端倪。以瑞伯颱風為例，其過境期間帶來之豪雨在尖峰流量到達前累積量（污水收集區內）達 500mm，尖峰小時進站污水量達 43,600CMH，約為同時間晴天基流量之 4.4 倍；以芭比絲颱風為例，其過境期間帶來之豪雨在尖峰流量到達前累積量（污水收集區內）達 350mm，尖峰小時進站污水量達 55,800CMH，約

為同時間晴天基流量之 5.6 倍。由此可知降雨量對本系統污水量之影響程度甚鉅。

3. 潮汐

本系統中有溪美、重陽、同安等三座截流站位於感潮河段，由於相鄰之防潮閘門平日未啟閉至定位，使截流污水量每日受到潮汐現象影響，潮汐現象週期為 12-13 小時。於高潮發生時，截流站進流水位隨之上升，截流量亦隨之上升；於低潮發生時，截流站進流水位隨之下降，截流量亦隨之下降，甚至無水可截。在不控制進流閘門開度狀況下，高低潮位使溪美截流站截流污水量為 0-560CMH，有將近 14 小時無水可截，重陽截流站截流污水量為 1,500-11,600CMH，同安截流站截流污水量為 0-1,880CMH，有將近 8 小時無水可截。

4. 接管率

接管率直接影響污水量之多寡，截至 88 年 7 月止，台北市用戶接管率為 43.96%，晴天污水量每日約為 240,000CMD；截至 89 年 6 月止，台北市用戶接管率為 48.13%，晴天污水量每日約為 270,000CMD，增加約 30,000CMD，污水量隨用戶接管率增加而增加。除用戶接管外，截流系統接管亦能增加污水量。以汐止抽水站為例，未來接管後預估能增加 15,200CMD。

5. 流達時間

流達時間影響污水量多寡並不在於接管端，而是在獅子頭抽水站之流入端。由於設施幅員遼闊，各污水源在調配後仍需一段流達時間才能反應在獅子

頭抽水站實際進流量上，因此在調配全系統水源時，流達時間應一併考量。根據測試結果，重力流之管線因未滿管，故流量大小會影響到流達時間，雨天或流量大時，流達時間會較短。在正常情況下，從五分埔截流站及建北截流站到迪化抽水站之流達時間分別為 120 分鐘及 30 分鐘，從迪化抽水站到獅子頭抽水站之流達時間為 70 分鐘。從獅子頭抽水站到八里污水廠流達時間依輸水量而定，以 1,320,000CMD 估計，約需 80 分鐘，因大部份為滿管，流量反應時間僅約為 5 分鐘。本系統各廠站設施之流達時間如圖二所示。

四、管理策略之擬定

建立全系統操作程序最重要考慮項目為各設施之污水分配量，其次為在分配量之基準下，各設施間在不同環境或緊急狀況下採行相對應之操作策略。在分析完上述之污水量影響因子後，本系統各設施之污水分配量已呼之欲出，惟在提出本系統之最佳污水分配量前，須將各影響因子之唯一性、優先性等相關原則釐清，俾便有所遵循。分配原則如下：

1. 分配總量

分配總量係以八里污水廠第一期平均日處理容量 1,320,000CMD 為依據，日後若總量更動時，必須重新分配，並非按比例增減。

2. 分配廠站

分配對象係以目前可通水之 10 座截流設施(淡水河流域之截流站有蘆洲、重陽、溪美、頂坎、同安、中港等六座；基隆河流域之截流站有五分埔、港墘、大直、建北等四座)及北市用戶接管為主，若有新截流設施通水，必須重新分配，並非按比例增減。

3. 迪化抽水站及用戶接管水量優先

迪化抽水站進站污水因包括用戶接管污水，必須全天候進水、排水，故在水力安全考量下，應優先分配予該站，日後若迪化污水廠提昇工程完成加入聯合運轉後應必須重新分配。另外其他用戶接管加入後，必須重新分配，優先分配予用戶接管。

4. 市、縣處理水量均衡

本原則應在前述原則符合及在安全無虞情形下，依公平原則分配市、縣處理水量，以增加本系統之受益人口。

根據上述分配原則，本系統污水分配量如表一所示，各截流設施若因故未能通水，則該設施之分配量可撥給同一匯集設施之廠站。在指揮體系方面，本系統於獅子頭抽水站設置指揮中心，負責水量之調度及策略擬定。各廠站操作人員按時記錄各該廠站之流量，若流量超過分配污水量時，應立即通報指揮中心，作進一步之調度處置。另外，為有效使各截流設施供給穩定流量，表三所列之建議開門開度可作為各站操作參考，現場操作人員應依據天候狀況並配合進行流量觀測，使污水量以不超過分配污水量為原則，彈性調整開門開度，以確保系統安全性及穩定性。

五、國外案例研究

區域性下水道系統普遍有二個共同之特色，即污水量受降雨之影響甚鉅，另外在管理人力之消耗也頗為驚人，因此美、日等國之管理經驗或可作為借鏡之處。

以美國之 Blue Plains 處理廠為例，該廠服務區域涵蓋華盛頓 D.C.、馬

里蘭及維吉尼亞等州，晴天設計流量為 370mgd(約為 1,400,000CMD)，但為處理雨天之尖峰流量，特設置處理容量為 740mgd 超大之前處理設施(含攔污、曝氣沉砂、初沉池)，並分東、西兩區，平時僅操作一區，在暴雨尖峰流量到達前，啟動另一區前處理設施。同時關閉生物處理系統及高級處理系統，以因應保護後續之處理設施，其操作管理之著眼點是捨棄上游收集系統控制進流量之龐大操作人力，改以處理廠端之彈性操作以精簡人力，此與目前本系統採取上游端控制之概念截然不同。另外，美國佛羅里達州之 Hollywood City 南區處理廠，因地勢複雜，導致收集系統設置 70 座抽揚水站，為精簡系統營運管理人力，該全系統採電腦資訊管理系統，在充分運用科技下，該系統夜間僅留下三人駐污水廠，抽揚水站則無人看守，一旦設備故障，其警報訊號將透過現場數據交換機立即按順序撥號給指定之人員(最多可至 5 人)，節省了夜間大量看守人力。

以日本東京為例，其下水道系統營運管理工作在早期係透過設置於收集系統上游端(如抽水站、氣象站)之雨量站以隨時掌握上游之氣象狀況，並嘗試建立流達量與降雨量間之函數關係以推測尖峰進流量，以利污水廠進一步採取應變操作，惟成效有限。近十年來則積極佈設下水道光纖網路系統，這些光纖係沿著下水道管路向上延伸至上游各重要之流入點，並於上游光纖端設置即時之水質水量監測系統，以便隨時掌握最新之下水道動態資訊。此一浩大工程歷經十年後，共計佈設光纖長達 331 公里，目前仍持續進行中，除可有效獲得污水廠進流水質水量外，並可進一步追蹤污染

源，對污水廠操作、下水道管線管理之安全性、便利性、真實性及人力縮減有莫大之助益。

六、未來展望

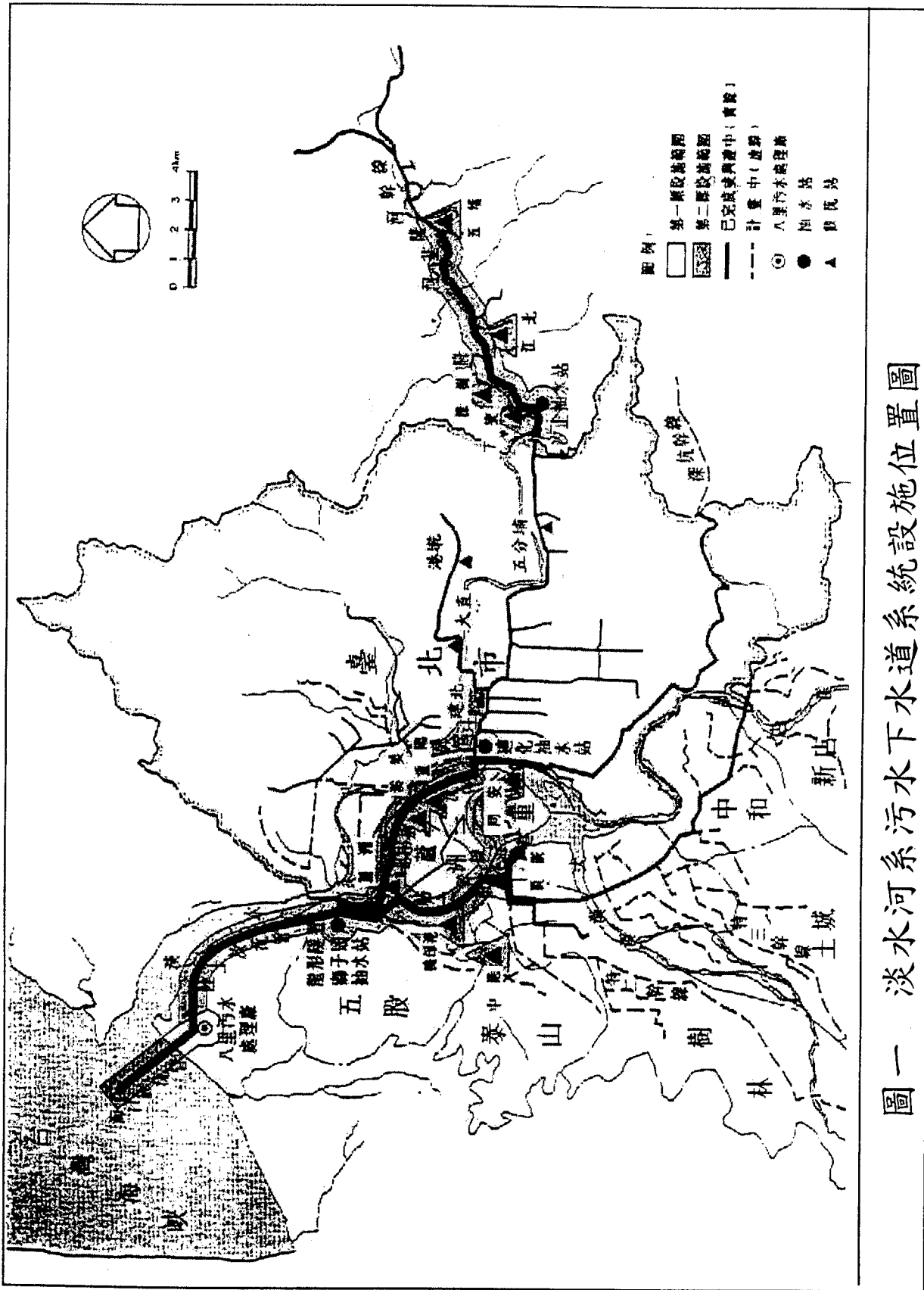
本系統因下水道建設耗費時日，目前正屬於部分分流、部分合流之過渡時期，以國外經驗顯示此一過渡期將長達十餘年之久。綜觀本系統未來仍需在各方面持續提昇品質，包括在全流域資訊整合、環境因變量分析掌握、設施人力精簡化等，甚至導入專家決策支援系統以求取最佳化管理模式，適當參考各方之經驗正是有效縮短提昇所需時間，達成最佳化操作管理目標之重要捷徑。本系統若能加速成功提昇經營品質，除能符合社會期望外，並可作為國內未來即將陸續運轉之台南、台中等下水道系統營運管理之最佳示範。

七、參考資料

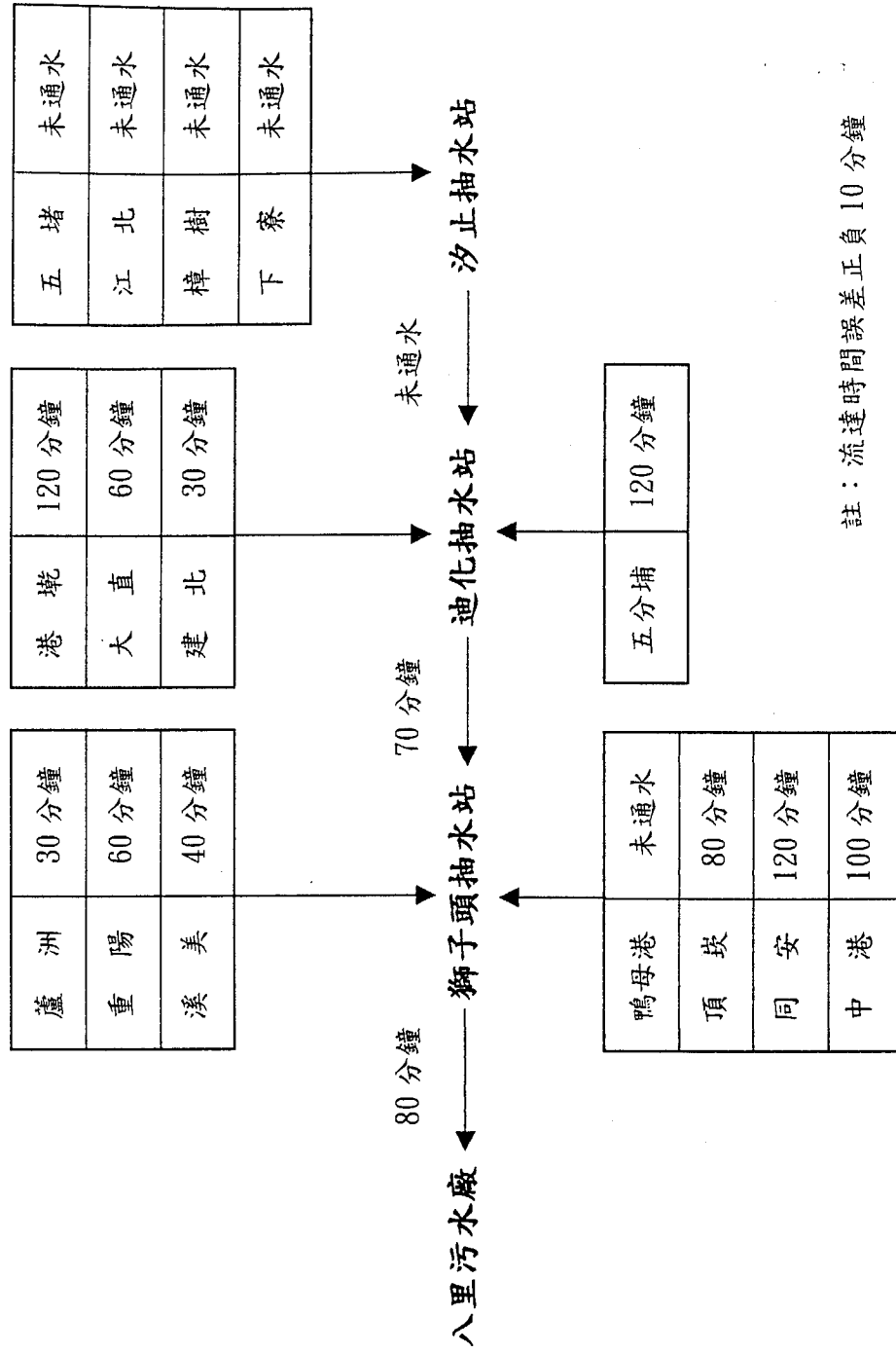
1. 台北市政府工務局衛生下水道，淡水河系污水下水道系統全系統(抽水站、截流站)操作維護手冊，1999 年。
2. 胡兆康、劉興榕，台北市污水下水道建設之成果檢討與展望，第九屆下水道研討會論文集，1999 年。
3. 胡兆康、江黎明，台北市污水下水道用戶接管工程施工及維護管理空間，第九屆下水道研討會論文集，1999 年。

表一 系統污水分配量及各種狀況操作程序

行政區	截流設施	渠道數		匯集設施	分配污水量 (CMD)	進流開門操作程序				
		設計	使用			晴天	雨天	5年降雨頻率	颱風暴雨	
基隆市	五堵截流站	2	1	汐止抽水站	未通水	--	--	--	--	--
	樟樹抽水井	--	--		未通水	--	--	--	--	--
	下寮截流站	2	1		未通水	--	--	--	--	--
	江北截流站	2	1		未通水	--	--	--	--	--
台北縣	蘆洲截流站	3	2	獅子頭抽水站	120,000	開 30%	30%-15%	15%-5%	全開	
	重陽截流站	3	2		188,000	全開	100%-50%	50%-10%	全開	
	溪美截流站	2	1		33,000	全開	100%-50%	50%-10%	全開	
	鴨母港截流站	3	2		未通水	--	--	--	--	
	頂坎截流站	2	1		65,000	全開	100%-50%	50%-10%	全開	
	岡安截流站	2	1		64,000	全開	100%-50%	50%-10%	全開	
	中港截流站	1	1		150,000	開 30%	20%-10%	10%-5%	全開	
	用戶接管	--	--		未通水	--	--	--	--	
	五分埔截流站	1	1		311,000	全開	30%-15%	15%-5%	全開	
	建北截流站	1	1		80,000	全開	100%-50%	50%-10%	全開	
台北市	大直截流站	1	1	迪化抽水站	12,000	全開	100%-50%	50%-10%	全開	
	港墘截流站	1	1		19,000	全開	100%-50%	50%-10%	全開	
	用戶接管	--	--		278,000	--	--	--	--	
	迪化抽水站	--	--		700,000	全開	全開	開 50%	50%-25%	



圖一 淡水河系污水下水道系統設施位置圖



註：流達時間誤差正負10分鐘

圖二 本系統各廠站設施流達時間示意圖

