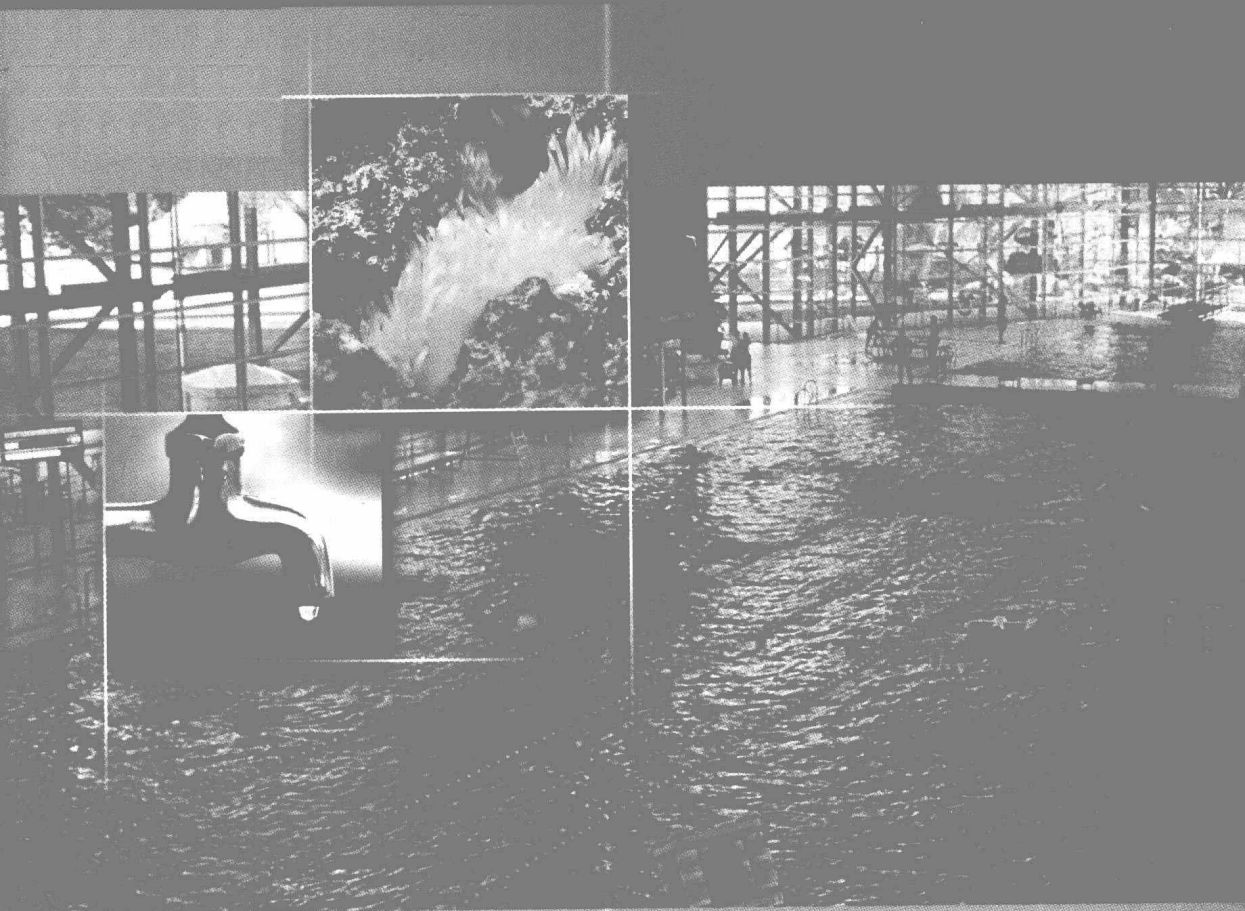




污水工程

◎ 黃政賢 著

 高立圖書有限公司



污水工程

◎黃政賢 著



高立圖書有限公司

國家圖書館出版品預行編目資料

污水工程 / 黃政賢著， -- 三版修訂， -- 臺北縣五
股鄉：高立，民 97.08
面： 公分
參考書目：面
含索引

ISBN 978-986-412-616-3 (平裝)

1. 污水工程

445.48

97014914

污水工程 (書號：30151)

中華民國 97 年 8 月 20 日三版修訂

著 者：黃 政 賢
發行人：楊 明 德
出版者：高立圖書有限公司
電 話：(02)22900318 郵撥：01056147
網 址：www.gau-lih.com.tw
地 址：台北縣五股鄉五工三路116巷3號
登 記 證：行政院新聞局局版臺業字第1423號

有著作權・翻印必究

定價：540 元整

ISBN：978-986-412-616-3



作者序

Preface

污水工程向為環境工程科系必修的核心課程，筆者曾於前幾年竭力編撰「污水工程學精要」一書，幸能提供許多同學準備各種校內外考試的方向。本次應許多同學及在校老師來函建議，希望能編著較適合初學同學研讀，並以教科書為導向的書籍，筆者尤感盛情難卻，乃接下重擔，不顧學淺才薄，再執筆編撰此書，除參酌原來的「污水工程學精要」外，更結合多年就業實務與授課心得，增加不少內容、觀念與解析，期望藉由本書能打好同學在污水工程學領域上的基礎。

本書從下水道系統之概論、規劃、設計、施工談起，接著介紹抽水站工程；污水質特性指標；各種承受水體自淨能力與污染防治；污水各種處理方法以及最後的污泥處理與處置等均有深入淺出的討論，內容著重條理連貫、簡明易懂，同時每章節後面附有學習題庫，包含是非題、選擇題、問答題及計算題，可使同學觀念融會貫通，確切掌握考試的方向，相信同學很快就會掌握整個污水工程學的全貌，增進學習興趣與效果。

本書匆促付梓，遺漏錯誤在所難免，敬祈各位先進不吝指教。

本書有一些圖表，為敘述詳實，表達明確，引用許多先進寶貴精華與資料，敬希包涵與諒解！

黃政賢

目 錄

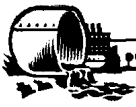
Contents

第 1 章 下水道系統概論 / 1

1-1 概 述	2
1-2 下水道系統排水方式	4
1-3 下水道系統之主要組成	6
1-4 下水道系統之佈置型式	10
1-5 污水綜合治理與區域下水道系統	14
1-6 下水道建設之效益	16
學習題庫	17

第 2 章 下水道系統之規劃、設計與施工 / 21

2-1 下水道系統之規劃	22
<u>2-1-1</u> 污水下水道系統規劃報告書內容 / 23	
<u>2-1-2</u> 雨水下水道系統規劃報告書內容 / 27	
2-2 下水道系統設計流量之估計	30
<u>2-2-1</u> 污水量之估計 / 32	
<u>2-2-2</u> 雨水量之估計 / 33	
2-3 下水道水力特性、斷面及基本計算公式	48
2-4 下水道之基本設計條件	50



2-5	污水下水道之設計步驟	52
2-6	雨水下水道之設計步驟	55
2-7	污水管道計算簡例	57
2-8	下水道重要附屬設施	71
	<u>2-8-1</u> 人 孔 / 71	
	<u>2-8-2</u> 倒虹吸管 / 75	
	<u>2-8-3</u> 雨水調節池 / 77	
	<u>2-8-4</u> 雨水進水口 / 82	
	<u>2-8-5</u> 溢流井 / 82	
2-9	下水道管渠之施工方式	85
	<u>2-9-1</u> 明挖施工法 / 85	
	<u>2-9-2</u> 推進工法 / 86	
	<u>2-9-3</u> 潛盾施工法 / 89	
	<u>2-9-4</u> 推進與潛盾施工法之補助工法 / 91	
	<u>2-9-5</u> 工作井與到達坑 / 93	
2-10	下水道管材	94
2-11	下水道管渠之腐蝕理論與防蝕方法	96
	<u>2-11-1</u> 鐵管腐蝕 / 96	
	<u>2-11-2</u> 混凝土管腐蝕 / 101	
	學習題庫	104

第 3 章

抽水站工程 / 111

3-1	抽水站設計原則	112
3-2	下水抽水機之種類	117
3-3	抽水機之設計原則	121
3-4	抽水機之並列組合與直列組合	127



3-5 孔蝕現象與水錘現象	128
學習題庫	133

第 4 章 水污染之水質特性指標 / 137

4-1 物理性指標	138
4-2 化學性指標	141
4-3 生物性指標	151
學習題庫	157

第 5 章 承受水體之自淨特性與污染防治 / 161

5-1 河川污染	162
<u>5-1-1</u> 河川污染主要來源 / 162	
<u>5-1-2</u> 污染物進入河川後的影響 / 166	
<u>5-1-3</u> 水體分類與水質標準 / 181	
<u>5-1-4</u> 河川污染防治措施 / 185	
5-2 湖泊或水庫污染	187
5-3 地下水污染	191
<u>5-3-1</u> 地下水污染來源與特性 / 191	
<u>5-3-2</u> 地下水污染防治措施 / 193	
5-4 海洋污染	197
<u>5-4-1</u> 海洋放流擴散原理 / 199	
<u>5-4-2</u> 海洋放流管之設計準則 / 202	
<u>5-4-3</u> 海洋放流管之施工方法 / 204	
5-5 水污染防治對策	207
學習題庫	208

**第 6 章****污水處理概述 / 213**

6-1 污水處理單元與方法	214
6-2 選擇污水處理廠場址之原則	219
6-3 污水處理廠單元配置要點	220
學習題庫	221

第 7 章**污水之物理處理 / 225**

7-1 攔污柵	226
7-2 沉砂池	229
7-3 調和池	233
7-4 混 合	243
7-5 沉澱池	243
<u>7-5-1</u> 單顆粒沉澱理論 / 243	
<u>7-5-2</u> 沉澱效率 / 245	
<u>7-5-3</u> 沉澱過程 / 247	
<u>7-5-4</u> 沉澱類型 / 247	
<u>7-5-5</u> 沉澱池種類 / 248	
<u>7-5-6</u> 影響沉澱效果的幾項重要因子 / 249	
<u>7-5-7</u> 最初沉澱池與最終沉澱池之設計 / 251	
7-6 浮 除	268
<u>7-6-1</u> 浮除系統 / 269	
<u>7-6-2</u> 浮除法之種類 / 271	
學習題庫	273



第 8 章 污水之化學處理 / 279

8-1 酸鹼中和	280
8-2 氧化還原	283
8-3 化學混凝	286
8-4 化學沉降	288
8-5 離子交換	290
8-6 消 毒	295
學習題庫	298

第 9 章 污水之生物處理 / 305

9-1 活性污泥法	312
<u>9-1-1</u> 活性污泥法之定義 / 312	
<u>9-1-2</u> 活性污泥法之理論基礎 / 316	
<u>9-1-3</u> 活性污泥微生物的代謝過程 / 320	
<u>9-1-4</u> 活性污泥法之微生物特性 / 322	
<u>9-1-5</u> 典型活性污泥曝氣槽之反應型式 / 323	
<u>9-1-6</u> 活性污泥實驗分析理論 (推測有機物去除速率、 氧利用率、污泥產生率) / 328	
<u>9-1-7</u> 各種活性污泥處理方法 / 333	
<u>9-1-8</u> 活性污泥法曝氣量 / 338	
<u>9-1-9</u> 活性污泥法曝氣方式 / 341	
<u>9-1-10</u> 曝氣池之設計要項 / 343	
<u>9-1-11</u> 活性污泥法常見的異常現象 / 346	
9-2 滴濾池處理法	357
<u>9-2-1</u> 滴濾池法中微生物之特性 / 360	



<u>9-2-2</u>	滴濾池之處理方式	361
<u>9-2-3</u>	滴濾池法設計理論公式	366
<u>9-2-4</u>	滴濾池之異常現象	370
9-3	旋轉生物圓盤法	370
<u>9-3-1</u>	RBC 法之微生物特性	374
<u>9-3-2</u>	旋轉生物圓盤法異常現象	375
9-4	污水塘法	375
9-5	接觸曝氣法	381
9-6	優氧物質 (N、P) 生物去除法	382
<u>9-6-1</u>	氮的去除	382
<u>9-6-2</u>	生物方法去除磷	384
	學習題庫	385

第 10 章

污泥處理與處置 / 395

10-1	污泥處理與處置之目的及程序	396
10-2	污泥的性質	400
<u>10-2-1</u>	污泥的分類與特性	400
<u>10-2-2</u>	表示污泥性質之指標	400
10-3	污泥處理量	404
<u>10-3-1</u>	初步沉澱池產生的污泥量	404
<u>10-3-2</u>	最終沉澱池排出之剩餘污泥量	405
10-4	污泥濃縮處理	405
10-5	污泥穩定處理	408
<u>10-5-1</u>	厭氧消化	409
<u>10-5-2</u>	好氧消化	420
<u>10-5-3</u>	污泥其他穩定處理	423



10-6	污泥調理	431
10-7	污泥脫水處理	432
10-7-1	機械脫水	432
10-7-2	自然脫水	436
10-8	污泥最終處置	438
	學習題庫	439

附錄一 污水工程學常用單位及換算 / 447

附錄二 水污染防治法 / 451

附錄三 地面水體分類及水質標準 / 471

附錄四 放流水標準 / 475

附錄五 海洋放流水標準 / 487

附錄六 下水道法 / 493

參考書目 / 501

英中文索引 / 503

下水道系統概論

1-1 概 述

1-2 下水道系統排水方式

1-3 下水道系統之主要組成

1-4 下水道系統之佈置型式

1-5 污水綜合治理與區域下水道系統

1-6 下水道建設之效益

學習題庫

1-1 概 述

於人類日常生活和經濟生產過程中，必須使用大量來自河川、湖泊、水庫或地下水的水源。然在使用的過程中，原水會受到不同程度的污染，而改變原來的化學組成、物理性質或生態特性，這些受污染的水稱為污水 (sewage) 或廢水 (wastewater)；另外，因水文循環由空中降到地面雨水，有時也稱為污水；這些污水、廢水或雨水統稱為下水，而排除下水的設施則稱為下水道 (sewer)。

污水按照來源的不同可分為生活污水、工業廢水和雨水等三類，分別說明如下：

1. 生活污水 (Sanitary Sewage)

係指人們日常生活中用過的排水，一般包括從廁所、浴室、廚房、盥洗室、餐廳等處排出的水，其場所包括住宅、公共場所、機關、學校、醫院、商家以及部分工廠宿舍等。其水質通常含有較多的有機物如蛋白質、脂肪、碳水化合物、尿素等，另外還含有清潔劑、病原微生物如寄生蟲卵、腸系傳染病菌、病毒等。

2. 工業廢水 (Industry Wastewater)

係指工業生產過程所排出的廢水，由於各種工廠的屬別、生產流程、使用原料、用水成份、排水地點等不同，其水質的差異性相當大，有些屬於輕度污染型如冷卻用水之排水；有些則因含有大量有機物以及氰化物、鉻、汞、鉛、鎘等有害無機性物質，而屬於重度污染型。



3. 雨水 (Rainwater)

係指由空中降至地面形成逕流之排水，這類的水除了初期降雨時挾帶空氣和地面上污染物外，一般水質較良好，然流量往往相當大，有時形成暴雨量，危害甚大，亦須藉由下水道排除之。

上述三種類之污水量，一般以單位時間產生或排除的污水體積來表示，最常用的單位為 m^3/day (簡稱 CMD)、 m^3/min (簡稱 CMM) 或 m^3/sec (簡稱 CMS)。而污染總量則以污水量乘以污水濃度來表示，最常用的單位為 kg 污染物質 /day，例如 kg BOD/day 或 kg SS/day 。無論生活污水、工業廢水以及雨水必須做有系統的收集、排除、處理，否則可能污染破壞環境，甚至引起公害，影響人類生活品質及工業生產，並且威脅全民健康。為了有系統的排除及處理生活污水、工業廢水及雨水，必須建設一套工程設施，稱為下水道系統 (sewer system)；而下水道系統係由管線系統 (pipe system) 和污水處理系統 (sewage treatment system) 等組合而成，管線系統係收集和輸送污水的設施，將污水由產生地點送至污水處理廠或出水口，包括排水設備、人孔 (manhole)、管渠、抽水站 (pump station)。污水處理系統為管末處理設施，它包括處理或利用廢水的所有構造物與機具。

經人類使用或生產而排出的污水，經下水道系統收集處理後，可能返回自然水體、土壤、大氣中，或再進一步的高級化處理，而循環再利用。其中返回自然界的處理方式，必須考慮環境的涵容能力 (assimilative capacity)，以做為選擇污水處理方式的決定依據；而目前常用的污水處理方式可分為物理處理、化學處理以及生物處理。當前國內水質日益惡化、水資源日益匱乏之下，污水處理方式常須二種或以上處理方式組合，方能達到未來環保標準的要求；同時亦應朝污水處理後再利用而努力，以確保水源品質及永續利用的目標。

1-2

下水道系統排水方式

生活污水、工業廢水和雨水等排除方式，可採用一個管渠系統排除，或者採用兩個或兩個以上各自獨立的管渠系統來排除，分別說明如下：

1. 合流制排水方式

合流制 (combined system) 係將生活污水、工業廢水和雨水混合在同一管渠內排除的一種方式。最早出現的合流制排水方式，是將混合污水不經處理就近排入水體 (water body)，國內現在許多老舊城市仍然採用這種方式。但由於污水未經處理就排放，將使承受水體品質遭到嚴重污染；因而現代新興城市採用的大都屬於截流式合流制排水系統，如圖 1-1，這種系統是在緊臨河邊建造一條平行河流的截流幹管 (intercepting sewer)，同時在截流幹管與合流污水幹管交接近設置溢流井 (overflow well)，截流幹管末端設置污水處理廠；平時晴天污水量 (dry weather flow) 和降雨初期之污染雨水經由截流

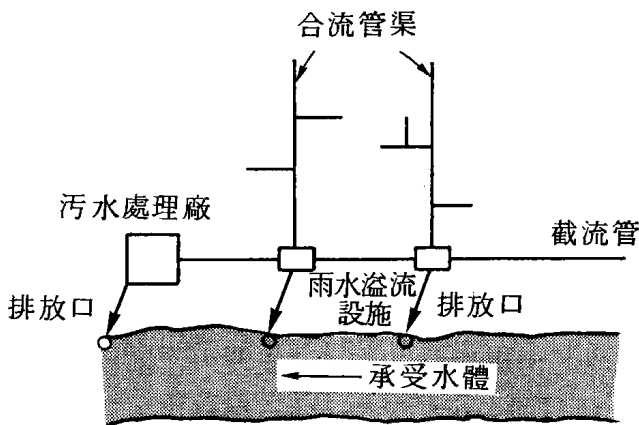
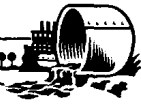


圖 1-1 合流制下水道排水方式



幹管收集至污水處理廠處理；當下雨時，合流污水幹管流量超過某一設計限值（即截流管輸水能力）時，則將超過部分經由溢流井排放至承受水體。雖然截流式合流制排水系統較前一種不經處理直接排放系統已有進步，但仍有部分混合污水未經污水處理廠處理就直接排放，亦有造成水體污染的可能性。目前世界各國為改善古老都市的合流制排水方式時，大都採用這種方式。

2. 分流制排水方式

分流制 (separated system) 係將生活污水、工業廢水和雨水分別在兩個或兩個以上各自獨立的管渠內排除的一種方式，如圖 1-2；排除生活污水或工業廢水的設施系統稱為污水下水道系統 (sanitary sewer system)，排除雨水的設施系統稱為雨水下水道系統 (rainfall sewer system)。目前新興都市常採用這種排水方式，這種方式雨水下水道系統不建污水處理廠，所有雨水所形成的地面逕流直接排入承受水體中，而污水下水道系統則須建造污水處理廠處理轄區內所有污水，而這些污水有時亦包括散居於都市中的微量工業廢水；不過，

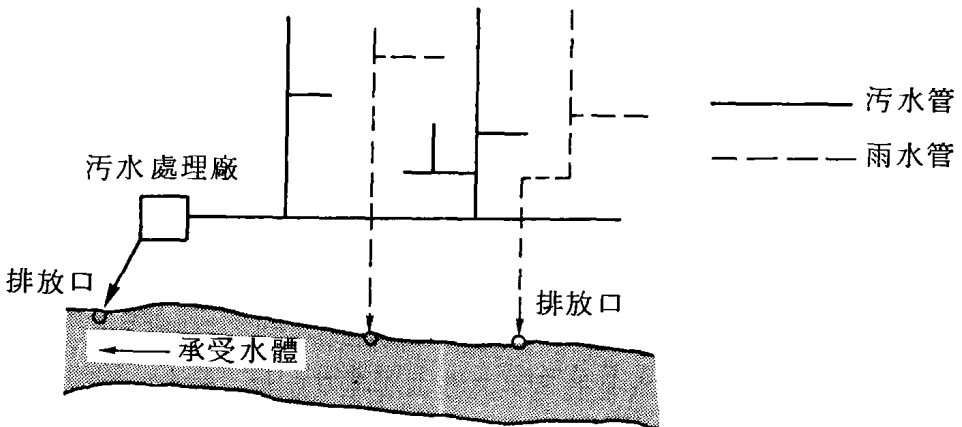
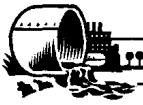


圖 1-2 分流制下水道排水方式



若工業廢水的成份和性質很複雜，則不宜與生活污水混合，否則將造成污水和污泥處理的複雜化，同時對於污水處理後的水再利用和回收有價物質將造成很大的困難。因此，多數情況下的工業廢水須有獨立的下水道收集處理系統，將廢水處理至可接受的程度才可納入生活污水使用的公共下水道系統，或工業廢水收集至專用的廢水處理廠處理，然後直接排入承受水體。

以上二種排水方式，目前在世界各國均有採用，有時一城市內亦有二種混合方式。無論合流制或分流制均有其優缺點，如表 1-1 所示，在選擇時可依據表 1-2，配合都市發展特性，做綜合考慮。一般由於截流式合流制對水體污染較嚴重，危害環境大，所以新建的排水系統一般採用分流制。但在附近有水量充沛的河流或近海，發展又受到限制的小城鎮地區；或在街道較窄、地下設施較多，修建污水和雨水兩條管有困難的地區；或在雨水稀少，廢水全部須處理的地區等，採用合流制排水方式可能是較有利而合理的選擇。

1-3

下水道系統之主要組成

如前所述，下水道系統包括污水的收集、輸送、處理、放流等全部的工程設施。底下將就城市污水、工業廢水及雨水等排水系統之主要組成分別說明如下：

1. 城市公共污水下水道系統之主要組成

城市公共污水下水道系統由下列主要部分組成：

- (1) 室內污水管道系統及設備：其作用為收集生活污水，並將其排到室外污水管內。