

科技用書

廢水工程學

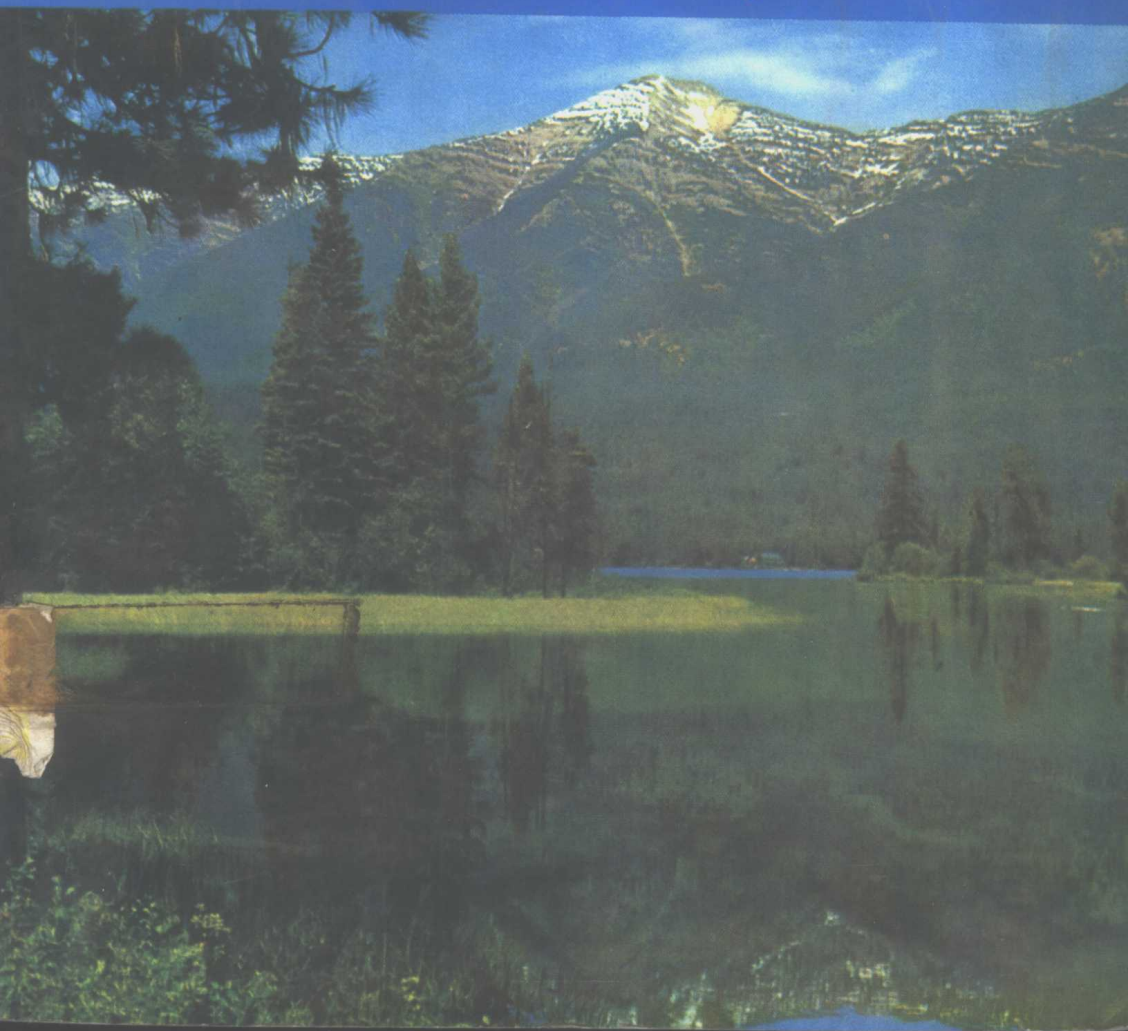
黃員成 校 溫清光、王友增 合譯

Wastewater Engineering

Metcalf & Eddy, Inc.

collection
treatment
disposal

(下)



科技用書

廢水工程學

黃員成 校 溫清光 譯

Wastewater Engineering

Metcalf & Eddy, Inc.

collection
treatment
disposal

大行出版社印行



中華民國六十六年十月 日初版

書名：廢水工程學 (下)

著作者：黃員成校溫清光譯

發行人：裴振九

出版者：大行出版社

社址：台南市健康路16巷16弄9號

電話：253685號

本社免費郵政劃撥帳號南字第32936號

本社登記證字號：行政院新聞局

局版台業字第0395號

總經銷：成大書局有限公司

台南市中正路43號

電話：2209

特價：平 精

編號：B 0046

同業好友敬請愛護

謝 辭

廢水工程學 (Wastewater Engineering) 一書，原係 P.L. Metcalf 教授和 Metcalf & Eddy 工程顧問公司十餘位工程師合著之巨作，內容極為廣博精深。本（下）冊之完成，實得力於王友增先生之籌劃及俞台新（譯第十、十二章），劉康成（十一、十四），張祖恩（十二、十三），嵇本賢（十二），楊家華（十五）與蔣世安（十六）等諸位先生協助逐譯。在此謹致由衷之謝意。

黃員成

溫清光

民國六十七年元月

于臺南

廢水工程學（下冊）目 錄

第十章 生物處理單元程序 (*Biological Unit Process*) 1

§ 1 微生物基本原理 (<i>Some Fundamentals of Microbiology</i>)	1
1. 基本觀念	2
2. 重要的微生物	4
3. 細胞生理學	10
4. 喜氣性與厭氣性循環	14
§ 2 細菌的生長 (<i>Bacterial Growth</i>)	14
1. 一般生長型態	17
2. 生物生長的動力學	18
3. 反應動力學對處理系統之應用	23
§ 3 生物處理程序 (<i>Biological Treatment Process</i>)	36
1. 喜氣處理	36
2. 厭氣處理	42
3. 喜氣——厭氣處理系統	45

第十一章 廢水物理處理設備與化學處理設備之設計 (*Design of Facilities for Physical and Chemical Treatment of Wastewater*) 48

§ 1 欄柵 (<i>Racks</i>) , 細篩 (<i>Fine Screens</i>) 和磨碎機 (<i>Comminutors</i>)	49
--	----

2 目 錄

1. 欄 柵	50
2. 細 篩	54
3. 篩除物量	55
4. 篩除物的處分	55
5. 磨碎機	57
§ 2 沈砂池 (Grit Chambers)	57
1. 型 式	58
2. 砂粒量	69
3. 砂粒的處分	69
§ 3 前處理 (Pretreatment)	70
1. 撇除槽	70
2. 去油井	70
3. 前曝氣	71
4. 膠凝作用	71
§ 4 初步沈澱池 (Primary Sedimentation Tanks)	72
1. 設計依據	72
2. 沈澱池的型式、大小和形狀	75
3. 污泥量	79
§ 5 其他固體物的去除操作和單元 (Other Solids Removal Operations and Units)	80
1. 浮除法	80
2. 英霍夫槽	81
§ 6 化學處理 (Chemical Treatment)	84
1. 早期的化學處理程序	84
2. 最近應用的化學處理	85
3. 污泥量	88
4. 污泥的處分法	90
§ 7 污泥和浮膜的抽除 (Sludge and Scum Pumping)	90

1. 抽泥機	90
2. 水頭損失的決定	91
3. 抽泥機對各種污泥的應用	94
§ 8 加氯處理 (Chlorination)	95
1. 應 用	95
2. 氯化合物	98
3. 加氯設備和加藥量之控制	99
4. 氯接觸室	101
5. 臭味控制	102

第十二章 廢水生物處理設備之設計 (*Design of Facilities for Biological Treatment of Wastewater*).....106

§ 1 活性污泥法 (Activated Sludge Process)	106
1. 程序設計考慮之因素	106
2. 活性污泥程序之型式與改良	122
3. 擴散式曝氣設備之設計	130
4. 機械式曝氣器之設計	141
5. 曝氣槽與附屬設備之設計	145
6. 固液分離設備之設計	149
7. 操作之困難	155
§ 2 滴濾池 (Trickling Filters)	157
1. 滴濾池之分類	158
2. 程序設計之考慮因素	160
3. 滴濾池物理結構之設計	164
§ 3 曝氣氧化塘 (Aerated Lagoon)	168
1. 曝氣氧化塘之型式	168
2. 程序設計考慮之因素	169

4 目 錄

§ 4 穩定塘 (Stabilization Ponds)	177
1. 塘之分類	177
2. 應 用	181
3. 程序設計考慮之因素	182
4. 物理設施之設計	195

第十三章 污泥處理與處分設施之設計 (*Design of Facilities for Treatment and Disposal of Sludge*)

202

§ 1 污泥處理程序流程圖 (Sludge Treatment Process Flow Sheets)	202
§ 2 污泥的來源、數量和性質 (Sludge Sources, Quantities, and Characteristics)	203
1. 來 源	203
2. 污泥量	203
3. 性 質	212
§ 3 污泥的濃縮 (Sludge Concentration)	214
1. 個別濃縮法	214
2. 減少之體積	215
3. 濃縮槽之設計	216
§ 4 厭氣性污泥消化 (Anaerobic Sludge Digestion)	219
1. 程序說明	220
2. 程序設計	223
3. 氣體的產量、收集與利用	235
4. 程序的變化	237
§ 5 好氣性消化 (Aerobic Digestion)	238
1. 程序說明	239
2. 程序設計	239

§ 6 污泥調理 (Sludge Conditioning)	243
1. 水 洗	243
2. 化學調理	244
3. 熱處理	245
4. 其他處理方法	246
§ 7 污泥脫水與乾燥 (Sludge Dewatering and Drying)	246
1. 脫 水	247
2. 熱處理	253
§ 8 焚化和濕式氧化法 (Incineration and Wet Oxidation)	253
1. 焚化法	254
2. 濕式氧化法	256
§ 9 污泥與灰的最後處分 (Final Sludge and Ash Disposal)	256
1. 地上處分法	257
2. 海洋處分	258

第十四章 廢水高級處理 (*Advanced Wastewater Treatment*) 261

§ 1 廢水中化學成分之影響 (Effects of Chemical Constituents in Wastewater)	261
§ 2 單元操作和程序 (Unit Operations and Processes)	263
1. 分 類	263
2. 程序之選擇	263
§ 3 物理單元操作 (Physical Unit Operations)	263
1. 氨之氣提法	263
2. 過 濾	271

3. 其他方法	278
§ 4 化學單元程序 (Chemical Unit Processes)	280
1. 活性碳之吸附作用	280
2. 化學沈澱法	280
3. 在生物處理程序中之化學沈澱現象	280
4. 離子交換法	281
5. 其他處理方法	284
§ 5 生物單元程序 (Biological Unit Processes)	286
1. 細菌之同化法	286
2. 藻類之收穫	288
3. 硝化及脫氮作用	289
§ 6 污染物之最後處分 (Ultimate Disposal)	296

第十五章 水污染防治和放流水處分 (*Water Pollution Control and Effluent Disposal*) **300**

§ 1 水污染防治 (Water Pollution Control)	300
1. 承受水體的標準	301
2. 放流水標準	301
3. 標準的設立	301
§ 2 放流水的處分—稀釋法 (Effluent Disposal by Dilution)	302
1. 湖中處分	302
2. 河川處分	306
3. 河口處分	314
4. 海洋處分	318
§ 3 放流水之地面處分 (Effluent Disposal on Land)	328

1. 噴 灑	328
2. 蒸發塘	328
§ 4 直接和間接之廢水再用 (Direct and Indirect Reuse of Wastewater)	329
1. 市鎮之再用	330
2. 工業之再用	331
3. 農業之再用	331
4. 娛樂業之再用	331
5. 地下水補注	331
第十六章 廢水處理研究 (Waste Water Treat- ment Studies)	334
§ 1 初步步驟 (Preliminary Steps)	334
1. 問題的辨認	334
2. 需求的分析	335
§ 2 廢水調查 (Waste Survey)	335
1. 廢水水流的性質	335
2. 現場觀查	337
3. 程序分析和修改	340
§ 3 選擇處理方法之分析 (Analysis of Treatment Alternatives)	340
1. 初步選擇	340
2. 詳細選擇	343
§ 4 實驗室的研究 (Laboratory Evaluation)	344
1. 活性污泥法	344
2. 厭氣處理	350
3. 碳吸附	353

8 目 錄

4. 溶解氣體浮除法	355
§ 5 處理單元的選擇和設計 (Slection and Design of Treatment Units)	357
附錄	360
索引	374

第十章 生物處理單元程序

(Biological Unit Process)

生物處理法的目的是去除不沈澱的膠狀固體物並且穩定有機物質。對家庭污水的處理，主要目的是降低廢水中有機物的含量；對農業回收廢水處理的目的是去除廢水中養分的含量，如氮、磷等促進水生植物生長的養分；對工業廢水的處理目的，是去除或降低廢水中有機或無機化合物，因為這些化合物中有些對微生物具有毒性，必需加以預先處理。

在適當的環境控制下，大部分廢水都能用生物法來處理，因此，製造和有效地控制適當的環境是衛生工程人員的責任。仔細選擇廢水處理方法或用循環稀釋廢水方法，常可達到上述的目的。就生物處理法的觀點而言，本章的目的有：

- 1 介紹和復習廢水的基本微生物學。
- 2 復習與討論控制生物生長的主要因素與廢水處理動力學(Treatment Kinetics)，及動力學對廢水處理系統的應用。
- 3 復習基本的生物處理程序，強調其生物特性及因素。

§ 1. 微生物學基本原理

要設計一個生物處理程序或選擇使用程序的型式，必須先了解微生物的形態、構造以及生化活性。因此在本段中我們先討論廢水處理法有關微生物的細胞學(Cytology)與生理學(Physiology)。

1. 基本觀念

過去，微生物常分為二界：植物界和動物界。後來由於分類的困難，故近來把它們分為三界：原生生物界(Protista)、植物界和動物界，其屬於原生生物界者稱為原生生物。各界生物特徵列於下表 10-1，其顯著之差異亦列於表內。

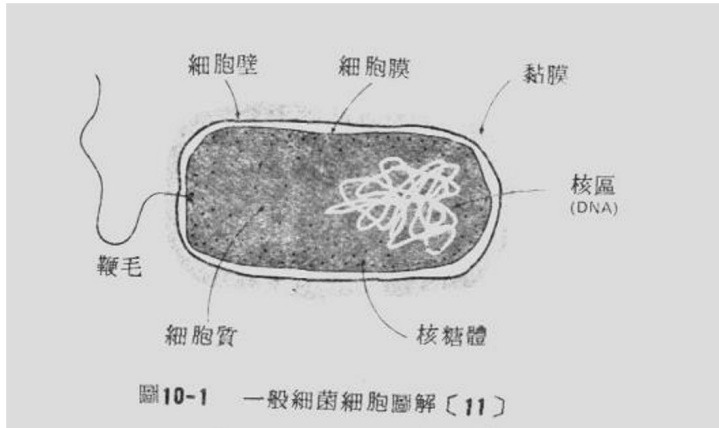
表 10-1 微生物之三個界

分 界		代 表 者	特 徵
動物界		輪蟲(Rotifer) 甲殼蟲(Crustaceans)	多細胞，已有 組織分化
植物界		苔蘚(Mosses) 蕨類(Ferns) 種子植物	
原 生 生 物 界	高等*	藻類(Algae) 原生動物 真菌類(Fungi) 黏菌(Slime Mold)	單細胞或多細 胞，組織不分 化
	低等+	藍綠藻 細菌	

* 具真核(真核細胞)

+ 無核膜(原核細胞)

一般而言，大部分的生物細胞都非常相似，如圖 10-1 所示，都具有定形或不定形膜的細胞壁，能運動的細胞更具有鞭毛或髮狀附屬物；細胞內含有膠狀之細胞質(Cytoplasm)。



每個細胞含有核酸 (Nucleic Acid)，是生物繁殖的遺傳物質。細胞質內含核糖核酸 (RNA)，主要是由蛋白質合成。在細胞壁內亦有核區 (Area of Nucleus)，以去氧核糖核酸 (DNA) 為主，DNA 是細胞複製的必需物，可以說是細胞的鑄模，在某些細胞裏，DNA 被一層膜所包圍成很清楚的核 (真核細胞)，在另外某些細胞裏，核並不明顯 (原核細胞)，如表 10-1 所示，細菌和藍綠藻就是原核細胞的例子。

有機體必須要有能源和碳來繼續生殖與維持細胞之功能。無機元素如氮、磷和微量硫、鉀、鈣、鎂等對細胞的合成佔有相當重要地位。微生物最普通的兩種碳源是二氧化碳和有機物。假如一種有機體能從二氧化碳合成細胞碳，即稱為自營體 (Autotroph)，若只能用有機碳為碳源者，稱為異營體 (Heterotroph)。

能量在合成新細胞物質過程中是必須的，自營生物能量由太陽供應，(如光合作用)，或由無機物氧化還原反應來供應。若由太陽供給能量者，稱為光自營體 (Photoautotroph)；若由無機物的氧化還原反應供給能量者，稱為化學自營體 (Autochemotroph)。至於異營生物細胞合成所需能量係氧化或發酵有機物而得來。以能源和碳源來作分類的微生物如表 10-2。

表 10-2 以能源和碳作為分類之微生物

分 類	能 源	碳源
自營 光合作用 化學合成作用	光 無機氧化還原反應	CO ₂ CO ₂
異營	有機氧化還原反應	有機碳

有些微生物亦能依其利用氧之能力而分類，喜氣性生物（Aerobes 或稱好氣性生物）只能存在有分子氧的環境；厭氣性生物（Anaerobes 或稱嫌氣性生物）只能在沒有氧氣下生存，兼氣性生物（Facultative）則能在有或沒有氧的環境中生存。

2. 重要的微生物

衛生工程人員應能熟悉下列各種微生物的特徵，因為它們在生物法處理過程裏相當重要：(a)細菌，(b)真菌類，(c)藻類，(d)原生動物類，(e)輪蟲，(f)甲殼蟲和(g)過濾性病毒。

- (a) 細菌：細菌是單細胞原生生物，食用可溶性食物，在潮濕且食物豐富處，皆可發現到。通常細菌以二均分裂法（Binary Fission）繁殖，亦有以有性生殖或出芽生殖來繁殖。雖然細菌有千萬種，但一般形態可分為三種：球狀、桿狀和螺旋狀。大小卻有相當大的區別，球狀菌半徑由 0.5 到 1.0 μ ，桿狀寬 0.5 到 1.0 μ ，長可 1.5 到 3.0 μ ；螺旋菌有 0.5 到 5 μ 之寬，6 到 15 μ 之長；細胞構造前面已討論過，更深的研究請參考〔25〕和〔29〕。

各種不同的細菌，經試驗結果，可知其含有百分之八十的水分和百分之二十的乾物質（Dry Material），這些物質有百分之

九十是有機物；百分之十為無機物。有機成分分子式為 $C_2H_7O_2N$ 〔9〕，分子式中碳約佔有機成分的百分之五十三；無機成分包括 P_2O_5 （50%）， SO_3 （15%）， Na_2O （11%）， CaO （9%）， MgO （8%）， K_2O （6%）和 Fe_2O_3 （1%），所有的元素與化合物必須從環境中得到，因此任何這些物質的缺乏，將限制或改變細菌的生長。

溫度 pH（氫離子濃度）對細菌生存與死亡的影響，也像其它微生動植物一樣重要。經由觀察得知，微生物體內反應速率隨溫度增高而增高，溫度每升高 $10^{\circ}C$ ，反應速率大致可增加一倍，直到某一限制溫度為止。依照最佳反應溫度範圍而定，可把細菌分為嗜冷性的（Cryophilic or Psychrophilic），嗜溫性的（Mesophilic），和嗜熱性（Thermophilic）三種。各類細菌的溫度範圍如表 10-3，進一步之細節請參考〔3〕〔11〕和〔29〕。

表 10-3 各種細菌適應溫度範圍

形式	溫度， $^{\circ}C$	
	範圍	最佳範圍
嗜冷性 *	-2 ~ 30	12 ~ 18
嗜溫性	20 ~ 45	25 ~ 40
嗜熱性	45 ~ 75	55 ~ 65

* 亦稱好冷性。

溶液中 pH 值亦是影響有機生物成長的主要因素，大部份生物不能在 pH 值高於 9.5 或低於 4.0 的情況下生存。一般最適當 pH 值約 6.5 到 7.5。

依代謝作用來分，細菌可分為異營體與自營體二種。大部分