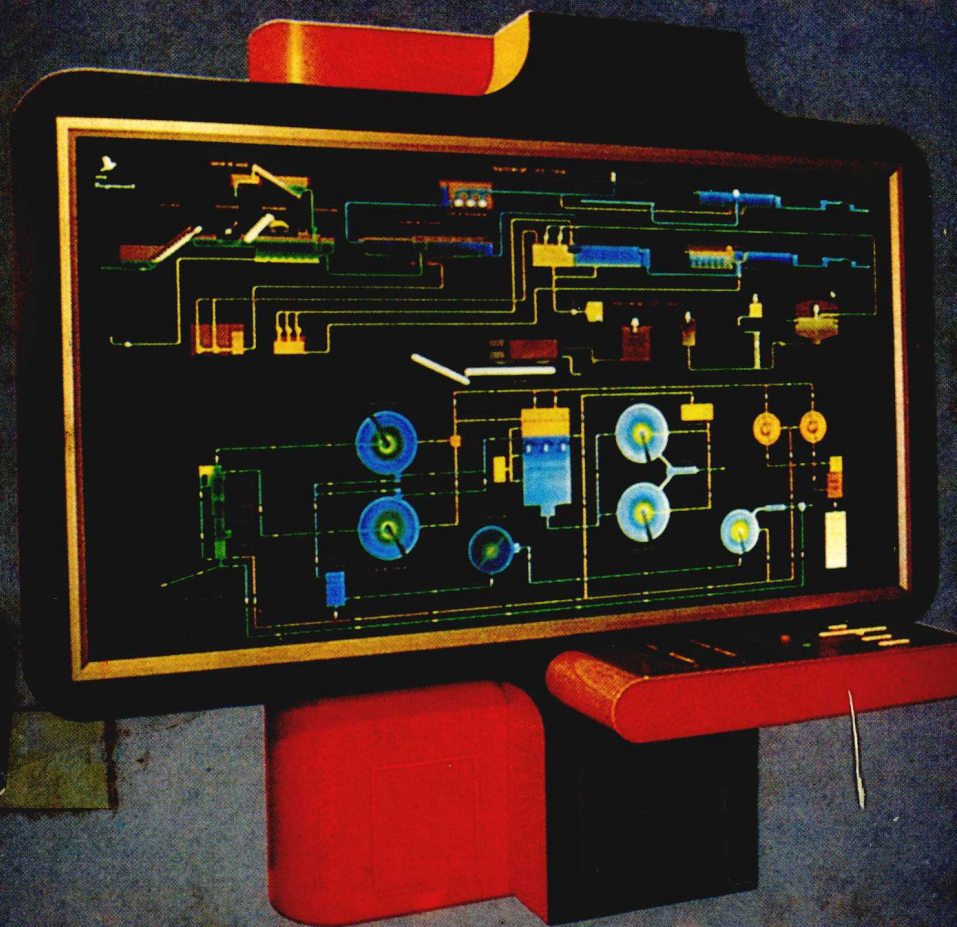


水質之原理與控制



黃國傳編著

復文書局

水質之原理與控制



高麗河編著

海峽群島

撰序

循例地寫在書前要說幾句，尤其是對於一位完全不歸屬於學術界的和名流輩的無名小卒，更是非得再添補成行不可。

不敢掠美的，本書非己有，而是集合下列諸書作者之心血結晶，經逐字添句的譯整和彙編而成的，若果要勉爲一說的便是書中有我的汗滴罷了。

在這形色紛紛的圈子裡，也許會有不少的飽學之士不願也不輕易的落筆立言，然而却不能也不會稍減於他的聲望，可是也有一些後學者，雖筆墨不豐，却寄望以自修和學習的態度表達他的所知，並求教於社會賢達。我想其動機縱不爲鼓勵也不會遭斥才是。再者出本書目的之一是希望有助於喚起廣大的群眾，工業團體及土木衛生工程師，生物學者和化學家們共同攜手合作，以謀求水質之改善和消滅水污染之公害。

撰者不才疏學淺，虔誠的呼籲同爲後起之輩勤習多寫，以轉述名流所著或傳達自己所學所知貢獻於大眾和見教於群流，並祈先進們不吝指正幸。

本書係拾自下列諸書，謹此向作者們致謝。

1. Prof. ir. L. Huisman 之 Rapid filtration, Slow sand filtration 和 Sedimentation and Flotation.
2. Prof. dr. ir. H. J. Pöpel 之 Aeration and gas transfer.
3. Dr. W. J. Masschelein 之 Unit operation.
4. Ir. J. van Beuzekom 之 Sewage collection.
5. Dr. Robert L. Sanks 之 Water treatment plant design.
6. Gehm, Bregman 之 Handbook of Water Resources and Pollution Control.
7. T. H. Y. Tebbutt 之 Principles of Water quality control.

8. 經濟部工業局之工業廢水污染的防治。

9. 高肇藩之衛生工程。

10. 李公哲之水質工程。

本書再版略有增補，尤以第九、十、十一各章更見內容。所參考書籍除前序各書外，更蒐自

1. Herbert E. Hudson, Jr. 的 Water clarification processes practical design and evaluation.
2. Journal AwwA (Reserch and Technology)
3. 自來水協會技術研究委員會之自來水工程設施指南草案。

編者 黃國傳

75.3.23 於高雄

目 錄

第一章 概論	1
第二章 水及廢水之特性	5
§ 2.1 物理特性	6
§ 2.2 化學特性	7
§ 2.3 生物特性與給水之疾病分類	13
§ 2.4 水質之特性	14
第三章 基礎分析	22
§ 3.1 比重計分析	22
§ 3.2 容積計分析	23
§ 3.3 標準溶液	23
§ 3.4 指示劑	23
§ 3.5 色度計分析	27
§ 3.6 電極法	29
§ 3.7 誤差	29
§ 3.8 取樣	30
§ 3.9 警訊設置	31
第四章 基礎微生物學和生態學	32

§ 4.1	新陳代謝之種類	32
§ 4.2	微有機物之種類	33
§ 4.3	植物	33
§ 4.4	動物	40
§ 4.5	分類	41
§ 4.6	微生物檢驗	42
§ 4.7	生態學之應用	44

第五章 有機物的生物氧化作用 48

§ 5.1	有機物質之特性	49
§ 5.2	酵素反應	49
§ 5.3	生物成長的特性	50
§ 5.4	喜氣氧化作用之需氧量與厭氣氧化作用	51

第六章 水污染 65

§ 6.1	河川自淨作用	66
§ 6.2	毒性物質	78
§ 6.3	污染的影響與評估	80
§ 6.4	地下水的污染	83
§ 6.5	污染的防治	85

第七章 水與廢水之特性 98

§ 7.1	需水量	98
§ 7.2	人口成長	102
§ 7.3	廢水量	105
§ 7.4	流量變化情形	109

第八章 處理方法的介紹 111

§ 8.1	處理方法	113
-------	------	-----

§ 8.2 初步處理	113
------------	-----

第九章 沉澱116

§ 9.1 沉澱理論	116
§ 9.2 理想沉澱池	126
§ 9.3 沉澱池特性與去除率	127
§ 9.4 沉澱區與進出水區之設計	133
§ 9.5 傾斜管斜板之原理與設計	141
§ 9.6 沉澱池效率	147
§ 9.7 影響沉澱作用之因素	149
§ 9.8 沉澱池之型式	156
§ 9.9 如何控制和穩定沉澱效率	159
§ 9.10 浮除	162
§ 9.11 浮除機械	169

第十章 混凝作用174

§ 10.1 膠質懸浮物	174
§ 10.2 膠凝	175
§ 10.3 混凝	194
§ 10.4 混凝之機制論	199
§ 10.5 設計上之選擇—混合機	207
§ 10.6 設計所需之數據	211

第十一章 多孔濾料213

§ 11.1 過濾的水力原理	215
§ 11.2 濾床之阻塞	219
§ 11.3 濾池之沖洗原理	222
§ 11.4 濾池構造與過濾方法	227
§ 11.5 自動無閥重力式濾筒 (AVGF)	235

§ 11.6	過濾水量之控制與調節	237
§ 11.7	濾層厚度及濾料	240
§ 11.8	集水設備	242
§ 11.9	水深及出水高度	248
§ 11.10	沖洗方式	251
§ 11.11	常見於淨水處理之濾池控制系統	253

第十二章 喜氣生物氧化作用 261

§ 12.1	生物氧化作用之原理	261
§ 12.2	喜氣氧化作用處理過程	264
§ 12.3	滴濾池或細菌床	265
§ 12.4	活性污泥法	273
§ 12.5	氧化池 (oxidation pond)	282

第十三章 厭氣的生物氧化作用 284

§ 13.1	厭氣氧化作用之原理	284
§ 13.2	消化作用之應用	286
§ 13.3	消化槽的操作	288

第十四章 消毒 293

§ 14.1	消毒的理論	293
§ 14.2	氯消毒	295
§ 14.3	臭氧處理	299
§ 14.4	其他消毒劑	311

第十五章 化學處理法 312

§ 15.1	化學沉降法	312
§ 15.2	離子交換法	318
§ 15.3	吸附作用	322

第十六章 污泥脫水與處置 328

§ 16.1 脫水原理..... 328

§ 16.2 污泥去除的方法..... 332

§ 16.3 污泥的處置..... 343

第十七章 三級處理及水再生 346

§ 17.1 三級處理..... 346

§ 17.2 水再生..... 350

§ 17.3 介紹數種傳統處理法所不能去除之不潔物和其特殊
殊的處理方法..... 354

§ 17.4 水再生的一些實例..... 359

§ 17.5 廢水的物理化學處理過程..... 369

第十八章 處理廠的設計 371

§ 18.1 淨水處理..... 371

§ 18.2 污水處理..... 374

§ 18.3 如何設計才能完美..... 380

圖 表 錄

圖 1.1	防止水致疾病之工程措施	2
圖 1.2	水文循環	3
圖 1.3	給水與廢水處理	4
表 2.1	不同取樣水必須測量的各種特性	6
表 2.2	氧在水中之溶解度	10
表 2.3	有關給水方面的疾病分類	13
表 2.4	世界衛生組織飲用水水質標準	15
表 2.5	本省自來水之水質標準	16
表 2.6	各種工業用水之水質標準	17
表 2.7	各種地面水質之典型分析	19
表 2.8	兩種處理方法處理前後之水質分析	19
表 2.9	給水水質檢驗報告	20
圖 2.1	污水成份	21
圖 3.1	鹼之各種型態	25
表 4.1	主要之細菌	34
圖 4.1	二分裂繁殖	35
圖 4.2	菌類之主要部份的特性	35
圖 4.3	合成反應循環圖	36
圖 4.4	產生嗅和味之藻類	37
圖 4.5	浮游生物和其他水表藻類	38
圖 4.6	阻塞濾池之藻類	39
圖 4.7	原生動物	41
圖 4.8	輪蟲類	41
圖 4.9	碳循環	44
表 4.2	微有機物之新陳代謝作用	45
圖 4.10	耶特寧恩金字塔示數量圖	46

圖 5.1	喜氣情況下的生化作用	48
圖 5.2	厭氣情況下之生化作用	48
圖 5.3	生物的生長曲線	50
圖 5.4	BOD 與時間關係	53
圖 5.5	K 值影響需氧量曲線	54
圖 5.6	典型的 BOD 曲線	54
圖 5.7	時矩法計算 BOD 常數	56
表 5.1	日差值表	57
圖 5.8	日差值法計算 K 及 L	57
圖 5.9	K_{10} 與 BOD_5 / BOD_u 之關係曲線	58
圖 5.10	植種適應情形和對 BOD 值之影響	59
圖 5.11	植種對 BOD 值之影響	60
圖 5.12	重金屬離子對 BOD 值之影響	60
圖 5.13	原廢水及已處理水之第一及第二階段 BOD	61
圖 5.14	研究攝氧之呼吸裝置	62
圖 6.1	自淨作用循環圖	65
表 6.1	交換係數 K 的典型數值	69
圖 6.2 (a)	在氣體與液體內接面之氣體濃度分佈圖	70
圖 6.2 (b)	氧之輸送情形 (層流與亂流)	70
圖 6.3	受亂流影響, DO 之縱剖面圖	71
圖 6.4	溶氧量與溫度之關係	72
圖 6.5	表面活性劑濃度對輸氧效率之影響	74
圖 6.6	紊流度對輸氧之影響	74
圖 6.7	溶氧彎曲曲線	75
表 6.2	水溫 20°C , f 之值	77
表 6.3	溫度變化時 f_T / f_{20} 之值	77
表 6.4	對魚類有毒的化合物	80
圖 6.8	濾池中去除鐵, 錳之情形	85
圖 6.9	槽縫階式曝氣裝置	87

圖 6.10	經階式曝氣後之 CO_2 和 O_2 移轉曲綫	87
圖 6.11	塑膠管塔式階式曝氣	88
圖 6.12	圖型多孔盤	88
圖 6.13	流經堰之高度與曝氣效率之關係曲綫	89
圖 6.14	板形迴轉機	90
圖 6.15	巨型迴轉機	91
圖 6.16 (a)	橋式籠形迴轉機	92
圖 6.16 (b)	無橋式籠形迴轉機	93
圖 6.17	浸水深度和轉速對輸氣效率之影響	94
圖 6.18	BSK - 渦輪輸氣機	95
圖 6.19	表面輸氣機	95
圖 6.20	廢水處理廠表面輸氣之情形	96
表 7.1	英國家庭需水量	98
表 7.2	世界主要都市 1962 年每人每日平均用水量表	99
表 7.3	本省前公共工程局依人口大小所規定之每人每日用水量	99
表 7.4	工業需水量	100
表 7.5	美國工業用水量	101
表 7.6	日本工業用水量	101
圖 7.1	人口成長曲綫	103
圖 7.2	曲綫延長法	104
圖 7.3	混合式匯集系統	106
表 7.7	典型的不透水係數值	107
圖 7.4	降雨量與時間曲綫	109
表 7.8	需水量每年平均變化百分比值	110
圖 8.1	粒徑與其處理的方法	112
圖 8.2	初步處理之各種設置	114
圖 8.3	微篩濾之裝置	115
圖 9.1	靜止水中單顆粒之沉降	116
表 9.1	水溫與粘滯係數	118

圖 9.2	雷諾數與拖曳係數之關係	119
圖 9.3	單顆粒之沉澱特性	119
圖 9.4	圓形顆粒, C_d 與 R_e 之關係曲線	120
圖 9.5	10°C 靜止水中, 圓形顆粒之沉澱速度曲線	121
圖 9.6	顆粒與膠凝的沉澱曲線	122
圖 9.7	阻滯沉澱	123
圖 9.8	高度亂流下位移速度的範圍	123
圖 9.9	層流狀況下位移速度的範圍	124
圖 9.10	沉降速度減少曲線	125
圖 9.11	理想沉澱池	126
圖 9.12(a)	靜止沉降分析之設備	128
圖 9.12(b)	靜止沉澱試驗	128
表 9.2	顆粒懸浮物的沉澱分析	129
圖 9.13	由表 9.2 數據所繪之累積頻率曲線	130
圖 9.14	顆粒懸浮物的沉降特性曲線	131
圖 9.15	沉澱後的固體物去除量	131
圖 9.16	膠凝懸浮物的標筒試驗結果	132
圖 9.17	繞流之沉澱裝置	134
圖 9.18	具同效率之長向池斷面	135
圖 9.19	等水頭損失之進水設備	135
圖 9.20	有整流孔口之進水設備	136
圖 9.21	有緩衝裝置之進水設備	137
圖 9.22	加空氣之進水設備	138
圖 9.23	有緩衝裝置之進水設備(二)	138
圖 9.24	分佈於整個池寬上之出水堰	139
圖 9.25	總長 nB 之出水堰	140
圖 9.26	有缺口的堰	140
圖 9.27	連續水平向緩衝板式沉澱池	141
圖 9.28	托盤式沉澱池	142

圖 9.29	傾斜板·····	143
圖 9.30	傾斜板原理·····	143
圖 9.31	浪板或傾斜板·····	144
圖 9.32	傾斜管·····	145
圖 9.33	傾斜管流程配置圖·····	145
圖 9.34	圓形沉澱池內安裝傾斜管·····	146
圖 9.35	理論的流徑曲線·····	147
圖 9.36	典型的流徑曲線·····	148
表 9.3	溫度與密度之關係·····	149
圖 9.37	懸浮體密度的估計·····	150
表 9.4	水中懸浮體的比重·····	152
圖 9.38	Call Colombia 原水水質對沉澱水質之影響·····	154
表 9.5	使用硫酸鐵為混凝劑產生膠體之密度·····	155
圖 9.39	各種型式之沉澱池斷面圖·····	156
圖 9.40 (a)	給水工程常見之沉澱池·····	157
圖 9.40 (b)	給水工程常見之沉澱池·····	158
表 9.6	水處理過程的能量·····	162
圖 9.41	自淨水處理場污泥中回收碳酸鈣之浮除法流程圖·····	165
圖 9.42	Galigher Agitair 浮除機械之斷面圖·····	170
圖 9.43	標準Agitair 浮除機械之葉輪·····	170
圖 9.44	典型之穩定器·····	170
圖 9.45	浮池機械·····	172
圖 9.46	·····	173
表 10.1	10°C 水，比重 2.65，顆粒沉降速度·····	174
圖 10.1	聚合物分子之結構形式·····	176
圖 10.2	聚合物使用量與色度之變化·····	177
圖 10.3	聚合物形成膠羽之各種代表性架橋模式·····	179
圖 10.4	膠凝性能曲線·····	182
圖 10.5	膠凝時之液體顆粒·····	185

表 10.2	C_d 與翼板之長寬比關係值	187
圖 10.6	各種型式之污泥氈澄清池	189
圖 10.3	膠羽顆粒之沉降速度	191
圖 10.7		193
圖 10.8	快濾設備	194
圖 10.9	水躍池	195
表 10.4	常見之金屬混凝劑	197
圖 10.10	杯瓶試驗設備	198
圖 10.11	杯瓶試驗結果曲線	199
圖 10.12(a)	電雙層及電位圖	200
圖 10.12(b)	相制能與粒子距離之關係	201
圖 10.12(c)	離子濃度與距離關係	201
圖 10.12(d)	膠質間因相斥而不能混凝之情形	202
圖 10.13	混凝作用之反應過程圖	203
表 10.5	快混之接觸時間與速度坡降	207
圖 10.14	快混機之各式裝置	208
圖 10.15	擴氣——注氣混合機圖	212
圖 11.1	濾池流程	216
表 11.1	典型之 Ψ 值	217
表 11.2	Fair-Geyer 之 Ψ 值	218
圖 11.2	快濾礫砂層成份及級配情形	218
圖 11.3	過濾作用之機構	220
圖 11.4	過濾作用之淨化曲線	221
圖 11.5	懸浮顆粒與濾床孔隙大小	222
圖 11.6	不均佈之反沖洗情形	223
圖 11.7	濾砂沸騰情形	223
圖 11.8	反沖洗時砂沸騰攪亂礫石層情形	223
圖 11.9	反沖洗時，過濾作用反沖洗	224
圖 11.10	反沖洗流程圖	224

圖 11.11	反沖洗時在濾床孔隙內的流速情形	226
圖 11.12	反沖洗之排水情形	227
圖 11.13 (a)	使用不同粒徑之實驗濾程曲綫	230
圖 11.13 (b)	使用不同粒徑之實驗濾程曲綫	231
圖 11.14 (a)	採用不同厚之濾床之實驗濾程曲綫	232
圖 11.14 (b)	採用不同厚之濾床之實驗濾程曲綫	233
圖 11.15	從圖 11.15 之結果，對濾池阻力與濾床厚之選擇	234
圖 11.16	自動無閥動式濾筒之操作情形	236
圖 11.17	濾速之時間變化	238
圖 11.18	濾速之時間變化	239
表 11.3	濾石層之標準構造	241
圖 11.19	集水裝置之損失水頭	242
圖 11.20	韋氏濾床	243
圖 11.21 (a)	多孔濾磚斷面圖	244
(b)	三角形多孔濾磚	245
(c)		245
(d)		246
圖 11.22 (a)	夾層板固定形	247
(b)	集水支管固定形	247
圖 11.23 (a)	側面圖	247
(b)	多孔管形集水設備	248
圖 11.24 (a)		249
(b)	濾層內之水壓分佈	249
圖 11.25 (a) ₁	濾池之控制系統 A 和 B	253
11.26 (a) ₂	濾池之控制系統 (C 和 D)	254
圖 11.27 (b)	濾池之控制系統	255
圖 11.28 (c)	濾池控制系統	256
圖 11.29 (d)	幫浦控制之快濾池	256
圖 11.30 (e)	典型減少濾率之濾池控制	257

圖 11.31 (f) ₁ 向上流之濾池控制	258
圖 11.32 (f) ₂ 向上流之濾池控制	259
圖 12.1 生物處理之去除可溶性有機物量	261
圖 12.2 生物氧化過程之有效操作區	262
表 12.1 各種廢水之 a 和 b 參考值	263
表 12.2 需氧量	264
表 12.3 需養份量	264
圖 12.3 穩定過程	265
圖 12.4 以工程表示圖	265
圖 12.5 有機物質的喜氣生物分解過程	265
圖 12.6 生物性濾池(滴濾池)	266
圖 12.7 (a) 生物濾池的理想斷面	267
圖 12.7 (b) 滴濾池的呼吸作用	267
圖 12.8 傳統式濾池之氧化速率與濾床深之關係	268
圖 12.9 數種常見的改良過濾方法	269
圖 12.10 單段式高率濾池流程圖	270
圖 12.11 二段式高率濾池流程圖	270
圖 12.12 高率濾池做初步濾池和輸氣機用	270
圖 12.13 生物脫硝作用→三段系統流程圖	272
圖 12.14 圓盤式真空濾池	272
表 12.4 滴濾池的特性一覽表	273
圖 12.15 活性污泥之曝氣方法	274
圖 12.16 (a) 粗氣泡的分裂斜向板裝置	276
圖 12.16 (b) 粗、細氣泡輸氣法在氧利用上對污水成份之影響	277
圖 12.17 In Ka 式集中輸氣機	277
圖 12.18 Spargen 環	278
圖 12.19 改良式活性污泥法	278
圖 12.20 (a) 延長曝氣活性污泥法反應過程圖	280
圖 12.20 (b) 活性污泥法作用區圖	280