

779348

525

4085

世界學術名著

水質管理之原理

編 譯 者

國立台灣大學環境工程研究所

李 公 哲 教授

國立編譯館主編

大學圖書公司印行

世界學術名著

水質管理之原理

編 譯 者

國立台灣大學環境工程研究所

李 公 哲 教授

國立編譯館主編

大學圖書公司印行

版權所有・翻印必究

中華民國七十三年十一月十日初版

水質管理之原理

定價 350 元正

編譯者：李 公 哲

主編者：國 立 編 譯 館

發行人：華 毛 幼 琪

發行者：大學圖書出版社

地址：台北市羅斯福路四段十二巷七號

(粵大藥房對面)

電話：2535 4133 3211208

36 號大 圖書公司

分公司

立農街二段 96

榮民總醫院斜對 ()

7-3972

新聞局登記

原 著 序

爲了更有效的水質管理，目前有著更多的法令及更嚴格的放流水標準被公布。過去幾年，傳統式廢水處理法及新式與高級處理技術的研究及發展已不斷的増加。本書的目的旨在正確地歸納這些原理並將之應用到市鎮及工業廢水處理的問題上。這本書係將本人過去出版之三本書「廢水生物處理」、「工業廢水污染防治」及「實務工程師之水質工程學」加以增新而成。

本書可做爲大學及研究所有關水污染防治、工業廢水處理及水質管理課程之教科書。本書已被美國曼哈頓學院、范德畢爾特大學及美國化學工程師學會採爲進修教育等之教科書。本書內容並包括許多應用本書所述理論之例題。如欲更深入探討有關之特殊題目，可參考本書所附之參考書目。

End of 1

目 錄

第一章 水質控制之基本觀念	1
第一節 水質標準.....	3
第二章 家庭污水及工業廢水特性	14
第一節 廢水中有機物含量之估算.....	16
第二節 生化需氧量.....	17
第三節 化學需氧量.....	33
第四節 總有機碳.....	36
第五節 BOD、COD與TOC之關係.....	38
第三章 河川污染影響分析	48
第一節 溶氧之來源.....	49
第二節 溶氧之消耗.....	53
第三節 非感潮河川與氧垂模式之推演.....	64
第四節 河川調查及資料分析.....	67
第五節 調查資料之相關性.....	74
第六節 河川涵容能力之計算.....	75
第七節 感潮河段BOD 與氧垂模式之推演.....	80
第四章 市鎮污水特性	104

第五章 工業廢水	111
第一節 工業廢水調查.....	111
第二節 暴雨逕流污染之控制.....	127
第三節 減低污染負荷.....	133
第四節 水再用.....	138
 第六章 各種廢水處理法	 144
 第七章 前處理及初步處理	 149
第一節 篩除.....	149
第二節 沉澱.....	152
第三節 油脂分離技術.....	175
第四節 浮除系統.....	177
第五節 調和.....	194
第六節 中和.....	198
 第八章 輸氧及曝氣	 216
第一節 影響輸氧之因素.....	219
第二節 廢水特性對輸氧之影響.....	224
第三節 設計關係——製造廠商之規格.....	233
第四節 曝氣設備.....	235
 第九章 廢水生物處理	 270
第一節 好氧性系統.....	270
第二節 細胞成長.....	274
第三節 好氧系統中之耗氧量.....	283

第 四 節	有機物去除之動力模式	292
第 五 節	生物污泥之特性	319
第 六 節	氧對生物膠羽之貫入性	323
第 七 節	污泥沉降	326
第 八 節	養分需求	332
第 九 節	溫度之影響	338
第 十 節	PH之影響	342
第十一節	毒性	344
第十二節	硝化及解硝作用	348
第十三節	厭氧處理之動力模式	366
第十四節	好氧生物處理法	372
第十五節	污水塘和穩定池	373
第十六節	曝氣式氧化塘	389
第十七節	滴濾池	410
第十八節	活性污泥法	426
第十九節	旋轉生物圓盤法	465
第二十節	好氧消化	474
第廿一節	厭氧處理	479

第十章 物理化學處理

第一節	混凝與沉降	502
第二節	過濾	538
第三節	吸附	558
第四節	離子交換法	592
第五節	消毒	602
第六節	氮之去除	609

第七節	氨之氣提法	611
第八節	以離子交換法去除氨	615
第九節	折點加氯法	618
第十節	磷之去除	619
第十一節	電析法	625
第十二節	反滲法	627
第十三節	化學氧化法	635
第十一章	污泥之處理和處置	650
第一節	污泥處置之特性	652
第二節	濃縮	654
第三節	重力濃縮	657
第四節	浮除濃縮	661
第五節	離心法	664
第六節	真空過濾	676
第七節	壓濾	690
第八節	砂床乾燥	702
第九節	堆肥法	706
第十節	熱處理	708
第十一節	土地處置	713
第十二節	焚化	714
第十三節	濕式氧化	717
第十二章	廢水之土地處置法	723
第十三章	深井處置	730

第十四章 廢水處理之經濟分析.....	733
參考書目.....	760

第一章 水質控制之基本觀念

過去十年來，水污染控制技術已演變至更科學化了，尤其着重于二次污染物之去除，如一些養份（*nutrient*），難分解之有機物（*refractory organics*）及著重于廢水再用為工業用水或農業用水。更進一步，目前已發展了更多的基礎研究和應用技術，而使廢水處理廠之設計及操作有了重大的改進。

今日，水污染問題已需由科技合作加以解決，以適應農業、都市、遊樂、工業等的用水水質需求。在多種情況下為達到特定用水水質要求，則應考慮其所需成本及所獲利益，而計算其益本比。

廢水主要來源有四：(1)城鎮污水，(2)工業廢水，(3)農業逕流，(4)暴雨和都市逕流。

估算城鎮污水之流量和負荷可以該市鎮過去和將來發展的計劃，社會的型態及土地使用之規劃為基礎，以不同之方法加以計算，如：

1 人口預測法：有幾種數學公式可以預估人口之成長，惟對發展較速之工業地區，人口急速膨脹之郊區及土地使用型態改變的市鎮，公式之適當選擇尤需特別注意。

2 分區使用飽和人口數法：已完全發展區之飽和人口百分比，可用分區使用限制來估計（如獨院或多拼式住宅區、商業區等）。

分流制下水道（*separated sewer*）容量應注意地下水滲入量（*infiltration*），而合流制下水道（*combined sewer*）容量則應注意雨水量之估計。

家庭污水平均特性如表 4.1 所列，商業和工業設施之污水量及水質估算如表 4.5 所列。

2 水質管理之原理

除都市和工業廢水需處理外，都市和農業逕流污染影響亦應重視，此類污水之特性如表 1.1 所示，目前暴雨逕流被考慮儲存于大蓄水池，經篩除（Screening）、沉澱（Sedimentation）及氯消毒或氯處理（Chlorination）後，再行排放。將來高度都市化後，暴雨逕流將被認為是主要污染源。

表 1.1 都市及農地逕流之污染

成 份	都市逕流(a) (暴雨)	農地逕流(b)
懸浮固體量, mg/ℓ	5 — 1200	——
化學需氧量, mg/ℓ (COD)	20 — 610	——
生化需氧量, mg/ℓ (BOD)	1 — 173	——
總磷量, mg/ℓ	0.02 — 7.3	0.1 — 0.65
硝酸塩氮, mg/ℓ	——	0.03 — 5.0
總氮量, mg/ℓ	0.3 — 7.5	0.5 — 6.5
氯化物, mg/ℓ	3 — 35	——

a. 自 Weibel 等(1)

b. 自 Sylvester 等(2)

農業逕流是湖泊或其他自然水體產生優養（eutrophication）

之主要來源，對此問題有效的控制法尚待研究，又農業逕流含有殺虫劑亦應受到重視。一有效之水質控制計劃擬定程序如圖 1.1 所示。如此一套計劃是可導引出一個最經濟方法達到特定水體用途之水質需求。

水質準則 (Water-quality criteria) 建立後，設計時必需考慮污水是合併或單獨處理，或在沿海地區採海洋放流 (ocean outfall)，及考慮將來處理廠負荷增加而需提高放流水質時，處理廠的擴建彈性。

第一節 水質標準

水質標準 (Water-quality standard) 係根據下列二種基本準則之一加以訂立；即河川標準 (Stream standard) 或放流水標準 (effluent-standard)。河川標準可根據稀釋需求或依據某種特殊污染物的恕限值或正常用途 (beneficial use) 標的訂定之承受水體 (receiving-water) 水質。放流水標準則根據放流水中污染物的容許濃度或要求之處理程度而定。

河川標準都是根據河川分類 (Classification) 之各種不同正常用途之水質要求而定。典型的河川分類，正常用途及其相對之水質準則及處理要求，如表 1.2 所示。

河川標準實際上是合理的考慮了承受水體的涵容能力 (assimilative capacity of the receiving water) 但對一個發展中工業地區和都市，河川標準在執行及控制上就有著相當大之困難。因為在一個工業城，欲使污染負荷加以合理之分配實際上在行政及經濟觀點上有很多困難。河川標準之建立乃使河川在低流量時仍能維持一個最低的溶氧量 (dissolved oxygen) (簡稱 DO) 其意味著有一最低處理程度之要求。河川標準通常也規定在某一特定流量時，經混合後河流中污染物 (即 BOD biochemical oxygen demand 稱為生化

4 水質管理之原理

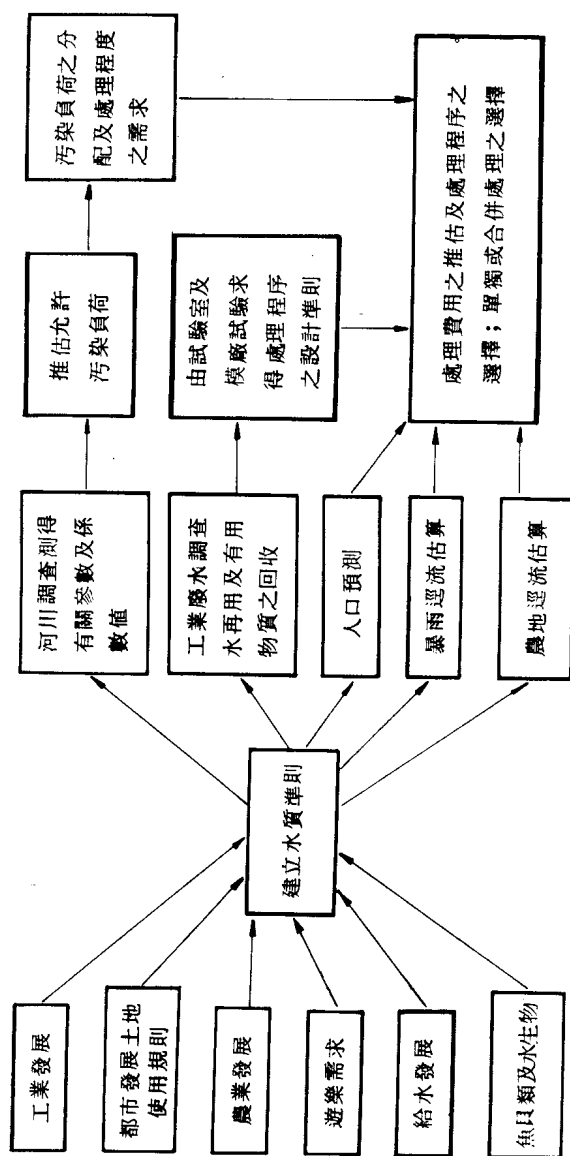


圖 1.1 水質控制計劃之擬定程序

需氧量)的最高容許濃度,有關決定自然水體涵容能力之步驟,將於第三章加以討論。

爲維持一定水質,河川標準並非一成不變,而係隨著工業和都市環境而改變。例如:含碳有機物已經處理而加以去除,然承受水體因硝化作用(nitrification)造成之傷害將更大。而某些情況下,優養問題將變的更嚴重。在這些考慮下勢必提高處理程度。

放流水標準是規定放流水排入承受水體時,其所含污染物最大濃度(mg/l)或排入承受水體之最大負荷(磅/日)這些標準通常和河川分類息息相關。

1972年美國立法通過「公法」(Public law) 92-500 規定,於一定期限內,工業廢水排放前需經某程度之處理,且對每一工業在不同期限所應達到之標準訂定放流水準則指標(effluent guideline criteria)(以 公斤污染量 / 每日單位產品表之)。於 1977年7月1日前每一工業需達定義爲「目前已有之最實用控制技術(Best practicable control Technology currently Available); BPCTCA)」的廢水處理程度;而於1983年,每一工業需達定義爲「經濟可行之已有最佳處理(Best Available Treatment Economically Achievable; BATEA)」的處理程度。

BPCTCA定義爲此程度之處理技術對某一類工業廢水而言,已被證明成功可行,且目前已在全規模廠操作。此程度之處理有足夠之數據,使其設計及操作,可獲得此處理效果之一致性及信賴性。例如:於一紙漿及造紙廠之BPCTCA可界定爲:生物處理,而使用氧化塘(aerated lagoon)或活性污泥法(Activated sludge process)及適當之前處理(pretreatment)。

BATEA則定義爲處理程度超過BPCTCA,且經實驗室及模型廠試驗,證實爲適當者,而某些技術,且已經全規模廠操作成功,

6 水質管理之原理

BATEA 于紙漿及造紙廠則包括下述之程序，如過濾（filtration），混凝（coagulation）以除色度（color），及廠內之改善，以減少廢污之負荷。

一般而言之，放流水準則（effluent guideline）之訂立基于下列之考慮，即對某一特定工業種類之典型廠（exemplary plant）將其每單位產品之廢水量，乘上由上述BPCTCA處理所得之放流水水質，據此而得放流水限值（effluent limitation）以磅或公斤/每單位產量表示。放流水限值包括最大之30日平均值及日最大值。一般而言，日最大值為30天平均值之2~3倍，例如某典型廠之平均廢水流量為30,000加侖/噸產物，而其平均放流水BOD為30 mg/ℓ，則放流水限值可以下式計算

$$30,000 \text{ 加侖/噸} \times 8.34 \times 10^{-6} \times 30 \text{ mg/ℓ} = 7.5 \text{ 磅/噸}$$

必需承認之事實是某一特定工業產生之廢水量及特性將視下列因子而定；如工廠新舊、大小、使用原料、廠內製程，例如某亞硫酸塩法紙漿廠（sulfite pulp）之原污水負荷之變化如圖1.2所示，不過某些情況下，放流水之限值需作修正。

某些環境主管機構所發布之放流水限值係以濃度（concentration）（mg/ℓ）表示，此皆基應用一般處理技術所可達到之放流水程度為準。伊利諾州（state of Illinois）所使用之此種放流水限值如表1.3所示。

美國環境保護署（Environmental Protection Agency. 簡稱EPA）同時為排放廢水至市鎮下水道系統之工廠，設立前處理指標（pretreatment guideline）一般而言「可兼容污染物（Compatible pollutant）如BOD，懸浮固體量（suspended solids 簡稱SS）及大腸菌（coliform organism）允許排入市鎮下水道，此乃因市鎮處理廠有將此類污染物處理至滿意程度之能力。而「非兼

容污染物」(noncompatible pollutant) 如：油、脂、重金屬(heavy metal)，則必需前處理至一定程度。如排放毒性物質至河川，則有更嚴格放流水限值之規定。在某些情況下，一般所用之水質標準參數並不適用於貝類區及水生物保護區，因這些參數中並無特別包括對水生物有害之項目，如化學需氧量(chemical oxygen demand 簡稱 COD) 僅說明了有機物之含量，並未分別說明所含的是有毒或無毒之有機物。有時可用異種指數(species-diversity index) 表示自由浮游生物(free-floating organism) 或底棲生物(benthic organism) [而所謂異種指數係指整個水生環境條件的一種指標，與樣品中的生物種數(species) 有關，異種指數愈大表示水生系統愈豐饒。異種指數， K_D ，可以方程式 $K_D = (S - 1) / \log I$ 計算之 S ：種數之數目， I ：各種生物之總數。

表 1.2 河川分類之水質準則(a)

類別	用 途	水 質 準 則	處 理 需 求
A ^b	自來水源， 遊樂	大腸菌、色度、濁度、PH、溶氧、毒性物質、產生臭及味物質、溫度。	二級(有時需三級)加上消毒
B ^b	游泳、魚場、 遊樂	大腸菌、PH、溶氧、毒性物質、色及濁度(含量高)、溫度	二級加上消毒
C	工業、農業、 航運、魚場	溶氧、PH、漂浮及河沉降固體、溫度。	初級、有時需二級
D	航運、冷卻 用水等	無惹厭條件、漂浮物質、PH。	初級

a. 自〔 3 , 4 〕

b. 可能需去除養分(含氮及磷)

8 水質管理之原理

各種工業用水之水質準則如表 1.4 所列。公共給水之地面水源水質準則詳見參考資料 5，重要之準則有色度不能大于 75 個單位，實質上應無臭味，氨氮（ ammonia nitrogen ）、亞硝酸氮（ nitrite nitrogen ）及硝酸氮（ nitrate nitrogen ）個別不可超過 $0.5 \text{ mg}/\ell$ ， $1 \text{ mg}/\ell$ ， $10 \text{ mg}/\ell$ 、氯塩（ chloride ）不可超過 $250 \text{ mg}/\ell$ ，PH 值應介于 $5.0 \sim 9.0$ ，硫酸塩（ sulfate ）不可超過 $250 \text{ mg}/\ell$ ，糞便大腸菌（ fecal coliform ）及總大腸菌（ total coliform ）密度其幾何平均值應分別小於 2000/100 毫升及 20,000/100 毫升。

對清水生物而言，PH 值應介於 $6 \sim 9$ 間，鹼度（ Alkalinity ）低于正常值不可超過 25 %。為大多數魚類生存，溶氧量（ Dissolved oxygen ）需超過 $5 \text{ mg}/\ell$ 。而為野生動物計則 PH 需介于 $7.0 \sim 9.2$ ，同時鹼度需介于 $30 \sim 130 \text{ mg}/\ell$ 。

灌溉用水，PH 值需介于 $4.5 \sim 9.0$ ，鈉吸收比（ sodium adsorption ratio ）需在美國土壤塩度實驗室（ U. S Soil salinity Laboratory ）所定之忍受限度內，所有連續使用之土壤其金屬含量如：鋁、鎳、鉻、鈷、銅、鐵、鉛、鋅將不超過 $5.0 \text{ mg}/\ell$ ， $0.01 \text{ mg}/\ell$ 、 $0.1 \text{ mg}/\ell$ 、 $0.05 \text{ mg}/\ell$ 、 $0.2 \text{ mg}/\ell$ 、 $5.0 \text{ mg}/\ell$ 、 $5.0 \text{ mg}/\ell$ 、 $2.0 \text{ mg}/\ell$ 。