

科學圖書大庫

工業廢水之理論、實務及處理

譯者 韓麗明 吳常豪

徐氏基金會出版

原 序

這本書乃為許多人的需要而作的：教授環境工程學的大學教授，為其當事人解決問題的顧問工程師，必須相當了解廢物問題以便向市政官員解說並提出解決對策的公共工程師，防止工廠廢物將水污染的工業工程師，負責執行 1970 年水質法案 (Water Quality Act of 1970) 之環境保護機構的技術人員，及一些面臨減少污染問題的州或地區級的工程師們。

一本書欲求適合這許多用途，而又非常有用，就必須從幾個觀點來探討這個主題，以作者五年多來用“工業廢物處理之理論與實務”(Theories and Practices of Industrial Waste Treatment) (Addison-wesley, 1963) 一書所得之經驗，當我開始為這本書時，便覺得前書對我已無價值。本書分為下列四篇：

第一篇包括工業廢污工程師必須知曉的基本事實：廢污對周遭環境的影響，保護阿川免於污染的方法，如何計算廢污放入河流前所需的最終處理，如何從河川中取樣以確定所需的廢污處理，或現有處理的效率，最後是減少污染問題之行政上的決策如何的受到廢物處理的經濟價值影響。

第二篇探討廢物處理的理論及說明如何經由適當的工廠操作而減少廢污。由於沒有一個廢物問題與其他廢物問題雷同，故攻讀這門學問的學生，必須對工業廢物處理的整個領域有一個連貫的印象，以便於決定最適於某一特定計劃的處理過程。因此第二篇與廢水處理之傳統教科書的不同點在於前者不只討論懸浮與膠體固形之移除，同時也包括中和法、均化法 (equalization) 與比例調配法 (proportioning) 等主題及可溶性無機塩之除去。由於理論並無多大的變化，本部所述自然與其他作者之理論相似，然而，它確實提供了可溶性有機固形物的移除之新觀念。

第三篇強調工程上的實用，並提出問題與解決的實例。理論是非常理想化的，而且不能完全盡如其願的付諸實行，其中原因複雜而繁多。經濟、公眾的意見、個性上的差異，地方法律或習慣，過去對某些工業廢物的社會經驗，顧問工程師所提的相反意見，調節機構的觀點——所有這些及其他許多因

子都有助於決定一個構想周密的理論是否可以付諸實行。

我在第三篇的每一章中，都提出我個人所知或親自執行過的實例，並儘量保持這些特例的沿革與現在所用者，然而讀者必須了解，通常一廢物從問題的了解到的工作開始及解決此問題之處理工廠之估價之間，往往需要花五年多的時間。因此本書述及的某些實例，起始於數年前，但我仍希望它們可以當成典型的例子，而圓滿的達成時間的考驗。讀者可像法科學生研究法律案子一般，領悟一步一步的分析與結果。本篇內的基本問題是：工業廢物與都市廢水是應該分開處理抑或合併處理。許多情況下，按理論是可合併處理，但實際上卻必須分別處理。我們必須了解推荐整個處理系統與某一特殊處理方法之理由。

目前，由於企業擴張與市場改變而產生的工廠重組，於是談到廠址選擇（site selection）的幾個章節就特別有用。工業、城市、公路、公園及貯水處發展愈多的國家，廠址選擇就益顯重要。

第四篇提出所有主要液體工業廢物的各別論述——這個課題通常需要一整本書來討論。我把所有的工業分成五個範疇：製衣工業、食品加工業、化學工業、能源及物料工業。由於放射性使用不同的分離法及處理方法，我發現能源工業應分成兩部分。我不預備深入探討每一種廢物，因為所需篇幅過大，而我只對每一種廢物提出簡要的說明一起源、特徵特性及較可接受的處理法。再者、我列出許多的參考書目與文獻，你從其中可以很快地找到各型廢物的參考資料。這些參考目錄可大略分成兩部分：1962年以前的文獻及1962到1968年之間的文獻。這對那些需要迅速而有效的研究某一特定廢物其目前與過去的研究的人非常有價值。

由於沒有一位學者能搜集本書內如此廣博的資料，故而當我在寫這本書時，我借重——非常感激地——許多學者有關方面的資料。對於這些作者

及我的老師William Rndolfs 博士、Hovhannes Heukelekian 博士及Harold Orford 博士——我深受其恩。同時也感謝那些百千位研究人員及那些出版他們研究成果的期刊。對於他們容許我引用書刊的某些部分，我對下列的出版物表示誠摯的感激，Journal of the Water Pollution Control Federation, Washington, D.C; Wastes Engineering New York City; Industrial Water and Wastes, Chicagos Illinois; Water and Sewage works, Chicago, Illinois; and Froceedings of the Purdue University Industrialwaste Conference, Lafayette Indiana.

感謝我的許多朋友與同事，他們在用過“工業廢物處理之理論與實務”（**Theories and Practices of Industrial Waste Treatment**）之後提供許多良好的建議，感謝我那些詳細研究本書的研究所學生。感謝他們對我個人及這個社會所做的貢獻。假若沒有他們的合作去審核這些理想，這本有意義的研究所用書將不可能完成。

Syracuse , New york

June 1971 N.L.N

目 錄

第一篇 基本知識與實務

第一章 廢水對河川及廢水處理廠之影響

- 1.1 對河川的影響 1
- 1.2 對污水廠的影響 7

第二章 河川保護標準

- 2.1 河川品質之標準 11
- 2.2 河川品質之管制 16

第三章 河川有機廢物負荷量之計算

- 3.1 streeter-phelps 方程式 26
- 3.2 計算河川污染負荷容量之 Thomas 法 30
- 3.3 多項線性相關之 Churchill 法 41

第四章 河川取樣

第五章 廢物處理之經濟學

- 5.1 減少污染之利益 56
- 5.2 利益之衡量 57

- 5.3 資源分配之方法 59

第二篇 理 論

第六章 廢物體積之減少

- 6.1 廢物分類 66
- 6.2 廢水之保存 67
- 6.3 改變生產方式以減少廢物 67
- 6.4 將工業及都市放流水再利用為原水供給 68
- 6.5 減少作業廢物之間歇排出或突然排出 72

第七章 廢水強度之降低

- 7.1 改變作業方法 73
- 7.2 改良設備 74
- 7.3 廢物之分離 75
- 7.4 廢物之均化 75
- 7.5 副產品之回收 77
- 7.6 廢物之比例調配 78
- 7.7 監視廢物源流 78

第八章 廢水之中和

- 8.1 廢物之混合 79
- 8.2 酸性廢物之石灰石處理 80
- 8.3 酸性廢物之石灰乳處理 81
- 8.4 酸性廢物之苛性鈉處理 81
- 8.5 廢焰氣之利用 83
- 8.6 鹼性廢物之二氧化碳處理 84
- 8.7 在鹼性廢物中產生二氧化碳 84
- 8.8 鹼性廢物之硫酸處理 85
- 8.9 工業作業中酸性廢物之利用 85

第九章 廢水之均化與比例調配

- 9.1 廢水之均化 87
- 9.2 廢水之比例調配 89

第十章 懸浮固形物之移除

- 10.1 沉降法 93
- 10.2 浮離法 98
- 10.3 節濾法 104

第十一章 膠質固形物之移除

- 11.1 膠體的特性 108
- 11.2 化學凝結法 109
- 11.3 以電荷中和產生凝結 110
- 11.4 以吸附作用移除膠體 113

第十二章 溶解性無機固形物的移除

- 12.1 蒸發法 115
- 12.2 透析法 117
- 12.3 離子交換法 119
- 12.4 藻類 120
- 12.5 逆滲透法 121
- 12.6 其他方法 121

第十三章 溶解性有機固形物的移除

- 13.1 礫湖法 124
- 13.2 活性污泥法 128
- 13.3 改良曝氣法 130
- 13.4 分散培養曝氣法 131
- 13.5 接觸穩定法 133
- 13.6 高速需氧處理 134
- 13.7 滴濾法 135
- 13.8 噴霧灌溉法 139
- 13.9 濕燃法 140
- 13.10 厭氧消化法 141
- 13.11 機械曝氣系統 141
- 13.12 深井注入法 142
- 13.13 泡沫相分離法 147
- 13.14 刷式曝氣法 149
- 13.15 地表下處置法 149
- 13.16 生物盤系統 150

第十四章 污泥固形物之處理與處置

- 14.1 厭氧性及需氧性消化法 152

14.2 真空濾過法	155
14.3 淘洗法	156
14.4 乾燥床	159
14.5 污泥礁湖法	160
14.6 濕燃過程	161
14.7 噴霧懸浮法	163
14.8 乾燥與焚燒法	164
14.9 離心法	166
14.10 污泥運送法	169
14.11 衛生性地下填入法	169
14.12 污泥抽送法	170
14.13 其他方法	171

第三篇 應 用

第十五章 工業原廢物與家庭

污水之聯合處理

15.1 工業界對都市污水廠 之利用	174
15.2 市政律法	177
15.3 排水溝之租金	179
15.4 現存狀況	184
15.5 河川探測	186
15.6 混合廢物之取樣	196
15.7 混合廢物之分析	196
15.8 實驗室試驗廠研究	
15.9 文獻檢視	205
15.10 研究結論	206
15.11 全面計劃研究之結 論	207

15.12 固形物之處理	212
15.13 聯合污水廠之最終設 計	213
15.14 估計費用及財政管理	219
15.15 將計劃用於實務	220

第十六章 已部分處理之工業

廢物與家庭污水的

聯合處理

16.1 確定目前處理之能力	225
16.2 降低進廠之負荷	225
16.3 現存處理廠的重估與 對增添設施的建議	227

第十七章 將已完全處理之廢

物釋入都市排水溝

17.1 取樣計劃	230
17.2 廢物分析	232
17.3 工廠生產之研究	233
17.4 為減少廢物所建議之 工廠內改變	234
17.5 都市廢水處理廠	238
17.6 金屬的毒性限量	239
17.7 工業廢物的處理	241

第十八章 將原廢物釋入河川

18.1 泡瓜製造程序及其廢 物	246
18.2 河川與廢物的一般探 測	247
18.3 對魚類致死之探測結	

果的評價	248
18.4 初步結論與建議	254
18.5 調查泡瓜廠的結果及 詳細的忠告建議	254
18.6 這些改變對工廠與河川 川之影響	257

第十九章 將已部分處理之 工業廢物直接釋入河川

19.1 程序	260
19.2 河川研究	262
19.3 試驗廠的結果	266
19.4 以可溶性膠取代	269

第二十章 將完全處理過的 廢物釋入河川

20.1 問題	274
20.2 河川研究	278
20.3 州政府的決策	279
20.4 禽肉廠廢物之特性	280
20.5 解決方法	281
20.6 結果	283

第廿一章 廠址的選擇

21.1 以生產成本為評價基 準	289
21.2 有形與無形因子	290
21.3 長期計劃的重要性	292
21.4 將廢物處置當成一評 定因子	293
21.5 將水供給當成一評定 因子	295
21.6 原子能工廠廠址的選	

擇	297
---------	-----

第四篇 主要工業廢物

第廿二章 製衣工業

22.1 紡織業廢物之來源與 特性	307
22.2 紡織廢物的處理	311
22.3 廢物的最終處理	324
製革廢物	328
22.4 製革廢物的來源與特 性	329
22.5 製革廢物的處理	332
洗衣業廢物	334
22.6 洗衣廢物之來源與特 性	335
22.7 洗衣廢物之處理	336

第廿三章 食品加工業

23.1 概論	339
23.2 製罐廢物之來源	342
23.3 製罐廢物之特性	343
23.4 製罐廢物之處理	343
乳酪業廢物	346
23.5 乳酪廢物的來源與特 性	352
23.6 乳酪廢物之處理	354
釀造業、蒸餾業及製藥 業廢物	355

23.7 釀造業、蒸餾業及製藥 藥業廢物的來源	357
23.8 釀造業、蒸餾業及製藥 藥業廢物的物性	358
23.9 釀造業、蒸餾業及製 藥業廢物的處理	359
肉業包裝業、煉油業及 及禽肉廠之廢物	360
23.10 肉類包裝業廢物的來源及 源及特性	364
23.11 肉類包裝業廢物的處 埋	367
23.12 飼養場廢物	369
甜菜糖廢物	371
23.13 甜菜糖廢物之來源及 特性	371
23.14 甜菜糖廢物的處理	373
其他食品加工廢物	375
23.15 咖啡廢物	375
23.16 稻米廢物	378
23.17 魚類廢物	379
23.18 泡瓜廢物	380
23.19 清涼飲料裝瓶廢物	381
23.20 烘焙業廢物	383
23.21 水處理廠廢物	383

第廿四章 物料工業

24.1 紙漿與造紙廠廢物	386
24.2 照像器材廢物	403
24.3 煉鋼廠廢物	404
24.4 其他金屬廠廢物	410
24.5 金屬電鍍廢物	413
24.6 汽車業廢物	421

24.7 翻砂廠廢物	425
液體物料工業	426
24.8 油田與煉油廠廢物	427
24.9 燃料油廢物	438
24.10 橡膠廢物	439
24.11 玻璃業廢物	443
24.12 海事需用品廢物	444
特殊物料	446
24.13 動物膠製造業廢物	449
24.14 木料保藏廢物	450
24.15 蠟燭製造業廢物	452
24.16 合板廠之膠廢物	453

第廿五章 化學工業

25.1 酸性廢物	455
25.2 玉米粉業廢物	459
25.3 磷酸塩工業之廢物	462
25.4 肥皂與清潔劑工業之廢物	464
25.5 爆炸物工業之廢物	466
25.6 甲醛廢物	471
25.7 農藥廢物	472
25.8 塑膠與樹脂廢物	474

第廿六章 能源工業

26.1 蒸汽發電廠	484
26.2 煤炭工業	490

第廿七章 放射性廢物

27.1 廢物來源	507
27.2 發電廠廢物	508
27.3 燃料加工廢物	510
27.4 放射性廢物之處理	513

參考文獻	524
------	-----

第一篇 基本知識與實務

第一章 廢水對河川及廢水處理廠之影響

1.1 對河川的影響

所有的工業廢污多多少少都會對河流的正常生命有影響〔11〕*。當此影響使得河流之“最佳用途”不被接受時，則稱其已被污染。最佳用途正如字面所暗示：用此水來飲用、洗澡、捕魚等等。這些用途在第二章中會有更詳細的說明：

河流在達到被污染的程度之前，能同化某量的廢污。一般而言，較大，較急且較偏僻而平時較少為人利用的河流，較能忍受可觀數量的廢污，但過多的任何一種污染物質，都會構成一種公害。因此，當我們稱某一河流已被污染時，也就是此河流含有過量的某一特定污染物或多數的污染物（Pollutants）。下列都是引起污染的物質：

無機鹽類	加熱過的熱水
酸及／或鹼	顏色
有機物質	有毒化學品
懸浮固形物	微生物
漂浮的固形物及液體	放射性物質
產汽泡物質	

無機鹽類，存於大部分的工業廢污染及自然界中，它能使水變“硬”而不適於工業、公共及農業的使用。在此我們只提出千百個之中的少數幾個由於使用硬水而遭到的困難。

含鹽的水會在公共用水分配水管內留下水垢，增加水流之阻力及降低整

* 括號內之數字為書後各章參考文獻的編號。

個水管線的容量。硬水影響紡織工業的染色，啤酒的釀造及罐頭工業之產品。硫酸鎂 (MgSO_4) 是硬水中特別令人頭痛的成分，影響人類的洗滌。氯離子 (Cl^-) 會增加電絕緣紙的傳導度；鐵會使紡織廠所製造的白貨 (white goods) 及紙廠所產的高品質紙產生污點及斑點。碳酸鹽類 (Carbonates) 會在罐頭加工之碗豆上產生鱗狀硬垢，以致於減低了鍋爐對水的熱傳導，這種情形乃稱為“鍋垢” (boiler scale)，由而降低鍋爐效率並增加操作費用。

另一種不良的情況是在適當的環境條件下，無機鹽類，特別是氮及磷，會引發水面微小植物 (藻類) 的生長。雖然藻類是污染的次級型式，但卻深具重要性。它們的貢獻是增加入河川中的溶氧量，但同時它們在死後亦加重了河川的有機負荷 (organic loading)。工業廢污工程師對這些廢水中的無機產物花太少的心思。磷所擔任的角色是分岐而複雜的，但我們知道，事實上在缺乏磷的狀況下將完全消除藻類的生存。

這個問題值得注意的另一面是：鹽類的全然缺乏很容易造成腐蝕性及／或無味的水，然而某種程度的硬度促使水面保護薄膜的產生而使水更可口美味。例如，烘烤食物的製造者認為某種濃度的硫酸鈣 (Calcium sulfate) 有助於麪包金褐色皮之產生。故而，給水 (Water supply) 中少許的無機鹽是必需的。於是量之多少 (而非存在與否) 是個重要因子。

另一種可能存在的污染是在沿著南加州及佛羅里達州的海岸與德州及亞利桑那州的某些部分，這些地方，由於地下水的大量抽取，而使鹽水經由地下進入原本為淡水的水域。

化學及其他工業的工廠所排出的酸和／或鹼使河川不但不適於諸如游泳划船等娛樂性用途，同時也對魚及其他水生生物的繁殖有所不利。在游離氯不存在的情況下，若硫酸的濃度高到使 pH 值低於 7.0 以下時，就會刺激游泳者的眼睛，船殼的迅速腐蝕同時也將加速漁網的敗壞。硫酸對水生生物的毒性是其所產生 pH 值的函數；也就是說，在軟水中能致死的劑量，在硬水或緩衝力強的水中可能無害。一般而言，假若魚要生存，河水的 pH 值就不能低於 4.5 或高於 9.5。但工業污染源附近的河水其 pH 值可能低到 2 或高於 11。

氫氧化鈉一鹼的一個例證—非常易溶於水而影響水的鹼性及 pH 值。它存於許多工業廢污中，包括肥皂製造廠，纖維染整廠、橡膠再製廠及皮革革製廠。河水所含氫氧化鈉的量即使低到 25ppm 亦會使魚致死。鍋爐用水含鹼時，因其腐蝕作用，會引起管子的腐蝕碎裂。水處理廠也受到這些污染物

的不利影響；例如，處理廠以明礬為凝結劑（Coagulant）時，常發現因酸或鹼的震盪負荷（shock load）而影響了絮凝物的形成。

其他如發酵速率，烘烤麪團的品質，果汁飲料的品味，啤酒釀造中酵母菌的活性，罐裝水果的味道，特別是蕃茄，工業金屬的情洗及白膠（gelatine）與膠（glue）之製造等工業。因使用某一 pH 值的水而受影響，低 pH 值可能引起空氣調節器的腐蝕，而高於 9.5 的 pH 值可增進洗衣的效果。

有機物質會耗盡河水中的氧源而產生令人不快的味道氣味及一般腐敗的條件。魚類及大部分的水生生物都將因缺氧而窒息，而氧水平（oxygen level）及河川的其他條件，決定了魚的生存或死亡。一般相信，3~4 PPM 之溶氧是魚類生存的臨界值。我們知道，有些種類的魚在溶氧 3PPM 的水中也許無法生存，但其他某些種類在此濃度下卻不受影響。例如鱒魚（trout）是一種敏感性的魚，它的需氧濃度至少為 5PPM，但鯉魚（carp）則是到處覓食（scavenger）的魚，能在氧量 1PPM 的水中生存。這種由於有機物質而引起的氧缺乏，通常被認為是河川污染中最令人嫌惡的因子。某些有機化學藥品如酚（石碳酸）會影響家庭用水的味道。若河流水含有酚而滲到附近的水井中，則將引起令人嫌惡的藥味，再者，有些較不明顯的有機物質，可能使人不適或疾病。

懸浮固形物（suspended solids）。沈到水底或沖洗到岸上而分解，會引起味道及河水中氧的缺乏。魚類常因河川中氧含量的突然降低而死亡，且沈到水底的固形物會把魚的產卵區（spawning grounds）覆蓋而阻礙了繁殖。可見的沈積物造成了無形的條件，而破壞了河流的娛樂用途。這些固形物同時也增加了水道的混濁度，雖然每一河川可安全帶走的懸浮固形物的量各異，但大部分的污染控制當局規定，釋入河中的固形物之量，以不破壞河流之最佳用途為準。

飄浮固形物及液體（Floating solids and liquids）。包括油（oils）獸脂（greases）及其他飄浮於水表的物質；它們不只使得河流很難看，同時也阻礙了光源的通透，而減低了植物的生長。河川中油脂所造成的一些缺陷是：(1)影響自然的再曝氣作用（reaeration）；(2)對某些魚類及水生生物其毒性；(3)在水面含量到達某一程度時會突然起火；(4)由於腐蝕而破壞沿岸植物的生長；(5)降低了鍋爐用水及冷卻用水的可用性；(6)由於使水產生氣味，且在砂濾器上產生粘性膜而引起傳統水處理過程中的困塊；(7)在水表產生難看的薄膜；且(8)降低娛樂價值，如划船。

熱水。把諸如冷凝器用水等廢物釋入河中，而使水溫度增高產生各種影

響。河川水溫隨時改變，使公共及工業水處理廠不能進行有效的處理，而且熱的河水也降低了其工業性冷卻的價值。的確，某一工廠若如此地提高河川水溫，將使下游的鄰近工廠不能再使用此水。再說，熱水較冷水為輕，而發生水的分層，使魚類都逃到水底，由於溫水中的溶解氧可能較冷水少，水生生物因而受到傷害，而且在這種情形下，任何釋入溫水水面的有機污染物進行自然生物分解時可利用的氧也較少。同時，細菌的活動性在高溫時較高，因而加速了河川中氧源（Oxygen resources）的枯竭。

顏色。由紡織工廠、紙工廠、鞣革工廠、屠宰廠及其他類工廠所產生的顏色可以視為污染的指標（indicator），廢水中的化合物吸收某些波長的光而反射其餘的，這是一般認為河川中顏色發生的原因。顏色會妨礙陽光進入河川因而降低了光合作用。顏色同時也阻礙了從大氣中吸收氧的作用——雖然沒有確切的證明這一點的存在性。

可見的污染（visible pollution）通常此不可見的污染對工業產生更多的困擾。不可見的污染中，不引起人們的厭惡者，一般都受到官方代表的容忍，然而屠宰場的紅色深褐色廢污及電鍍工廠的黃色廢污將使公眾的憤怒焦點對準這類工廠。只有人類會抱怨可見污染：可見污染使河流沿岸的產業價值降低，且較少有人到被工廠廢污染成深色的河流中游泳，划船或釣魚。再者，都市及工業廢水處理廠很難且很少成功的從自然水中移去顏色。

毒性化學藥品。有機及無機化學藥品，即使在很低的濃度下，對淡水魚類及其他更小的水生微生物也有毒性。許多這類化合物並未被公共處理廠除去，而對生物系統具有相乘的效應。殺蟲劑如毒殺芬（Toxaphene），狄氏劑（dieldrin）及二氯苯（dichlor benzene）殺死了不少池塘及河川中的魚。撒於棉花及烟草的殺蟲劑在大雨之後為其發揮最大影響之時——即它們在溶液狀時更具致死力——但殺蟲劑及殺啞齒動物的藥劑很難在河水中探測出。然而，新的技術如電子捕捉氣相層分析儀（electron capture gas chromatography）能測出 $0.001 \text{ micrograms/l}$ 濃度的氯化烴類農藥（chlorinated hydrocarbon pesticides）。

化學工廠為紡織及其他公司製造的新式，高度複雜的有機化合物也被證明對魚類極具毒性。用於製造某種合成纖維的丙烯腈（acrylonitrile）即為一例。

幾乎所有鹽類對於某些種類的水生生物都具有毒性。據報告，400PPM 的氯化物對淡水魚類的毒性與 5PPM 的六價鉻化合物者相同。0.1 到 0.5PPM 濃度的銅對細菌及其他微生物具有毒性，雖然牡蠣的幼胚在固着時，需要約

表 1.1 水供給 (Water supplies) 中化學元素或化合物之限量 [1]。

物質特性	自然強迫限量 PPm (Natural mandatory limit)	勸戒限量 ppm (Recommended limit)
鉛 (Lead)	0.1	
氟化物 (Fluoride)	1.5	0.7-1.2
砷 (Arsenic)	0.05	0.01
石 (Selenium)	0.05	
鉻 (六價 Chromium)	0.05	
銅 (Copper)		1.0
鐵 (Iron)		0.3
鎂 (Magnesium)		125
鋅 (Zinc)		5
氯化物 (Chloride)		250
硫酸鹽 (Sulfate)		250
酚化物 (Phenolic compounds 以酚計算)		0.001
總固型物 (Total solids)		
要求值 (Desirable)		500
容許值 (Permitted)		1000
正常碳酸鹽 (Ca CO ₃ Normul carbonate)		120
		35
25° C pH 值		10.6
		0.5
碳氯仿抽出物 (CCE·Carbon Chloroform extract)		0.2
氰化物 (Cr Cyanide)		0.01
錳 (Mr Manganese)		0.05
硝酸鹽 (NO ₃ Nitrate)		45
銻 90 (Strontium 90)		10uuc/liter
鐳 226 (Radium 226)		3uuc/liter
總 β 放射濃度 (Gross β radiation Concentration)		1000uuc/liter

0.05 到 0.06 PPM濃度的銅，但濃度超過 0.1 到 0.5PPM時則對某些種類具有毒性。這三種鹽類都經常在水道中發現。

偶然性或間歇性的釋放某種毒性物質可能不會引起注意，但卻可能完全地瓦解河川的生命。由於擾亂工業過程或忽略後果，建築用水及暴風雨水之直接引入河川，將造成污染。例如，暴風雨可能因沖刷在卸貨船塢的的化學藥品運送桶，而把溶解性有毒物質帶入河川。

複雜的無機磷酸鹽類，如 P_2O_5 在濃度低至 0.5PPM時仍明顯地影響水淨化廠中正常的凝結（Coagulation）及沈積過程（Sedimentation）。解決這個問題〔9〕需要增加凝結劑的劑量和／或增加沈降時間。目前發現酚（Phenol）的濃度超過 1ppb時，會使河川令人感到嫌惡。酚會與氯反應，而且即使在極小量之下也會使水有很嚴重的藥味。1.1表列出美國公共健康局（U. S. Public Health Service）〔1〕所提出的水質界限。

微生物。少數工業如鞣革業及屠宰業，有時會釋放含有細菌的廢物。蔬菜及水果罐頭業也會對河流加入細菌性污染。這些細菌分成兩大類型：(a)當廢物向下游移動時，協助有機物的分解作用。這個過程可助河流的“播種”（Seeding）注入生物物質以分解有機物質，且加速河水氧氣的產生。(b)病原性細菌，其不但對其他細菌具病原性，同時也使人致病。其中之一是製革工廠廢水中的炭疽桿菌（anthrax bacillus）這是由被炭疽感染的動物之獸皮而來。

放射性物質。分裂物質的製造，原子能和平用途的增加，及原子能器具的有計劃發展，已把衛生工程帶入一新而複雜的境界。由於輻射的影響可以是瞬間性的或遲發性的，而且輻射是一種不可感知的污染物，同時對生活細胞具有累積性的傷害效應，故放射性廢物處理的問題是特殊的〔2〕。某些活性高的放射性同位素，如 Sr^{90} 及 Cs^{137} 能長時期（人類的好幾代）連續放出能量。這種輻射無法用一般測定環境污染物的方法立即測出。再者，河川的生物及水文特徵，對放射線的吸收也有很明顯的影響。

目前依照原子能委員會的說法，一生中所耗混合分裂產物的最高安全濃度是 1×10^{-7} /micro curies/ml。因此，調節代表及一般大眾非常關心防止放射性廢物對地表河川的污染。

產氣泡物質（Foam-producing matter）。諸如由紡織工廠，紙漿及紙工廠，與化學工廠所釋放的一些物質。它們使河川產生令人嫌惡的外觀。而成為污染的指標，比缺氧的河川更令人討厭。由於河川外觀可為證據，這方面的官司及已勝訴者較那些水中不被見的內含物者多。（這應可作為對釋

放產氣泡廢物的工廠之一種警告)。

1.2 對污水廠的影響

工廠方面當然都認為它們的廢物最好能在家庭污水系統中處理，而市政當局也認為他們有責任接受任何流到該城市的處理系統之廢物。然而，市政當局在未了解廢物特性、污水系統處理這些廢物的能力及這些廢物對全市所有處理系統的影響之前，實在不應接受任何排入家庭污水系統的廢物。污水條例的訂定，限制了流入處理廠之污水中廢物的類型或濃度，這是保護這些系統的方法之一。

要想消除工廠廢物所造成的污染，污水處理廠必須是適當的類型，並具足夠的處理能力。按理說，污水處理廠應可設計成適合處理任何類型的廢物，但目前卻達不到這種理想。必需處理的都市及工業廢水用聯合處理(joint treatment)可能會有較大的移除(removal)效率，但經濟狀況通常是決定因子。

對污水及處理廠有明確影響之廢物的污染特性可大略分成下列數類：(1)生化需氧量(BOD)；(2)懸浮固形物；(3)飄浮及有色物質；(4)水量及(5)其他有害成分。1·2表是家庭污水之污染特性與某些工業廢物之污染特性的比較。

表1·2 工業廢物與家庭污水之污染負荷的一般比較[14]。

生化需氧量 (Biochemical oxygen demand, BOD)

通常受到溶解性及膠質有機物的影響，並加重處理廠之生物單元(biological units)的負荷。必須有氧的存在，細菌才能生長及氧化有機物質。有機廢物的增加而引起BOD負荷的增加，使得處理時需要

更多的細菌活性，更多的氧及能力更強的生物構成單元，於是提高了成本及每日的操作費用。

然而，並不是所有的溶解性或膠質有機物均以相同的速率氧化或同樣易於氧化，或達於同一氧化程度。例如蔗糖較澱粉，蛋白質及脂肪更易氧化。

廢物來源	人 口 當 量*	
	生化需氧量†	懸浮固形物
家庭污水	1	1
造紙廠廢物	16 - 1330	6100
製革廠廢物	24 - 48	40 - 80
紡織廠廢物	0.4 - 360	130 - 580
製罐廠廢物	8 - 800	3 - 440

*每單位人數之每日消耗量
+ BOD。