

部譯學術著作

科學新知 / 技術先導

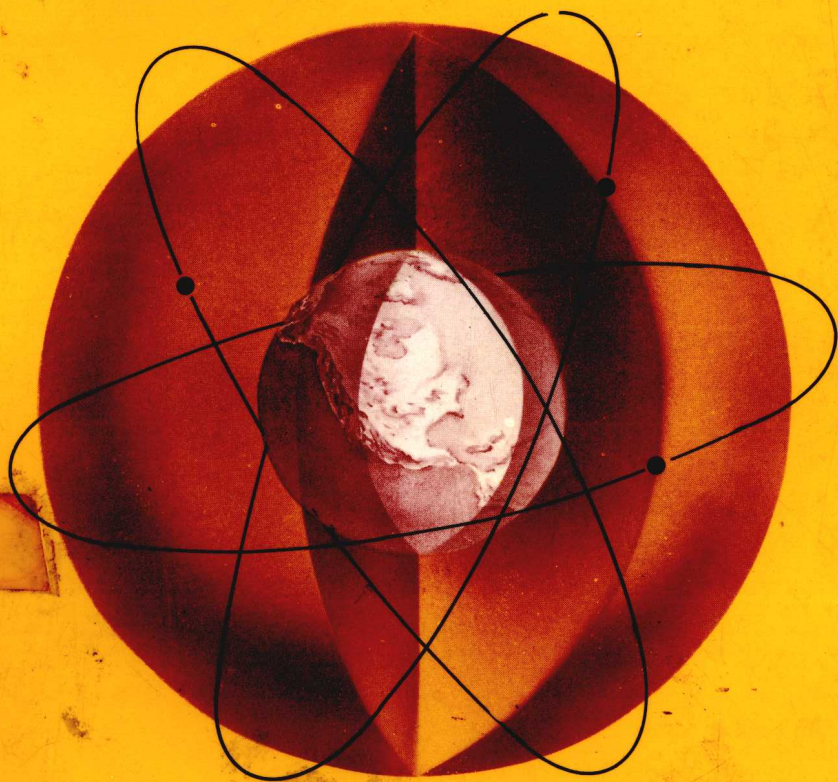
污染防治之策略

P. Mac Berthouex / Dale F. Rudd 原著

曾四恭 譯

國立編譯館 主編

五南圖書出版公司 印行



國際環境政策

國際環境政策系列

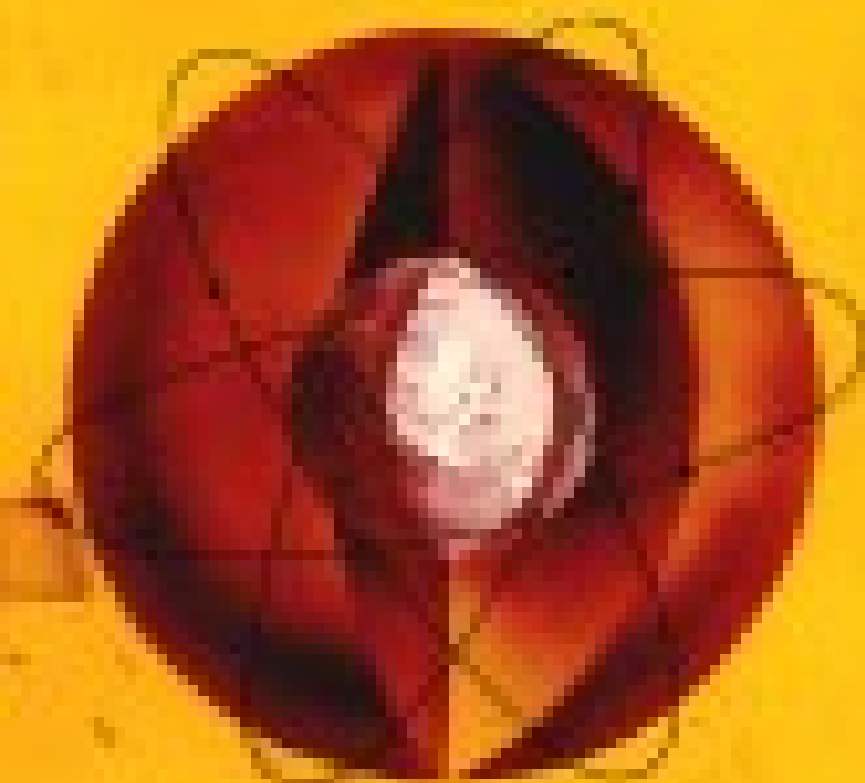
污染防治之策略

P. Paul Berube / Dale A. Gault 著

曾四成 譯

國立編譯館 主編

ISBN 957-06-2244-4 400 元



科學新知 / 技術先導

污染防治之策略

國立台灣大學環境工程研究所教授 曾四恭 譯

國立編譯館 主編

五南圖書出版公司 印行

原著序

對範疇極廣的污染防治而言，沒有一本書能完全囊括所有相關的重要課題。在給水、廢水處理、空氣污染和固體廢棄物處理方面，各有專書分別討論。為了合併以上各項的污染主要課題，本書特在每個課題上安排一章摘要性的論述。這份努力不在於引發新創舉，也不在於將傳統方法與最有前途新的工程策略結合起來。

本書嘗試將環境污染防治上的實用性原則組織起來，因此在書中提供了豐富的範例與練習問題。

書中包括相當量的技術性內容，略去模糊的基本設計概念，但是本書並不是將污染防治工作以百科全書的方式表達。內文主旨在於設計一些範例和問題，並鼓勵學生利用現代的科技叢書。

書中採用的都是經過工程人員和非工程人員課堂證驗的觀念，原文曾是為工程人員而寫，尤其是新進的環境工程人員，對於進修的高程度學生，却也能從適當正確的問題與詳盡的解答中有所收穫。威斯康辛大學工學院和環境科學所都曾採用本書做為污染防治上的訓練課程。參加的學生分別來自工程、化學、法

律、新聞、生物、生化、經濟各方面的人才，本書企盼能讓各種背景的學生熟悉工業和都市污染有關政策與系統設計上的策略。

課程的目的如下：

1. 定量地闡釋污染問題。
2. 說明物質和能量之轉換。
3. 由物質、能量轉換來解釋污染控制的策略。
4. 綜合化學、生化處理系統，並計算其效率。
5. 結合各分離系統，計算其執行功能。
6. 整合操作單元，改進系統效率。
7. 建立污染防治的協調方案，以處理各方的分歧意見。
8. 了解科技對維護健康環境的真實貢獻。

污染控制的基本問題和解決之道在第一章列有綱要，只需具備數學、化學、物理方面知識就足以學習「污染防治之策略」，因為我們關心的是基本方法的應用而不是高深的專論。但是書中充分的範例與問題足可供程度佳的學生做更進一步、更複雜的研究。對各種程度、背景的學生，本書定能極有彈性的配合。

最重要的考驗在於課程結束後，學生能否設計污染防治系統呢？這答案是肯定的，學生們學習的不是傳統教法上的計算，他們將獲得更豐富的觀念知識，而有助於日後在高深課程中單元操作設計的研究！

P. Mac Berthouex

Dale F. Rudd

1976年9月

污染防治之策略

目次

第一章 基本觀念.....1

1. 我們的圓河流.....1
2. 社會需要.....2
3. 完全不排放之謬論.....3
4. 各種污染形式之統一性.....4
5. 整體之污染控制系統.....10
6. 污染控制之策略.....13

第二章 環境系統.....21

1. 緒言.....21
2. 水文循環.....22
3. 水質之保護.....25
4. 養分循環.....37
5. 有毒物質之循環.....46
6. 族群動態學.....58
7. 結論.....66

第三章 物質流分析.....87

1. 緒言.....87

2 目 次

2. 測定常用單位	88
3. 質量守恒	91
4. 資料擴充的原則	94
5. 產生化學變化的物質平衡	102
6. 廠內物質平衡	107
7. 工業污染衝擊之評估	111
8. 結論	119
 第四章 能量流分析	 133
1. 緒言	133
2. 能量之算術等值	135
3. 能量之轉換等值	138
4. 熱能圈套	145
5. 燃料之能量價格	149
6. 能量與運輸	161
7. 能量與食物系統	165
8. 工業用化學品及物料之生產	169
9. 能量與污染物控制	174
10. 結論	177
 第五章 工業化學之策略使用	 187
1. 緒言	187
2. 化學量論	188
3. 反應程度	195
4. 鹼鹼反應及中和	204

5. 沉澱反應.....	209
6. 氧化及還原反應.....	214
7. 焚燒.....	219
8. 完整之化學系統.....	223
9. 不良製造系統之改善.....	231
10. 反應速率.....	237
11. 結論.....	239
 第六章 生物處理程序.....	 259
1. 緒言.....	259
2. 歷史回顧.....	260
3. 細菌所造成之化學轉變.....	268
4. 生物系統之化學計量.....	278
5. 廢水中有機物測定.....	286
6. 特定目的微生物的發展.....	292
7. 生物發酵作用之利用.....	296
8. 其他生物程序.....	303
9. 活性污泥法施行因子.....	306
10. 生物處理程序動力論.....	316
11. 結論.....	327
 第七章 分離系統.....	 351
1. 緒言.....	351
2. 利用性質差異.....	352
3. 廢乳酪漿之處理.....	362

4 目 次

4. 以化學分離來操作紅污泥·····	373
5. 流體中顆粒之分離·····	380
6. 從固體中分離固體·····	416
7. 結論·····	426

第八章 系統整合·····453

1. 緒言·····	453
2. 逆向流整合·····	453
3. 溶劑萃取·····	462
4. 吸收—提氣操作·····	472
5. 吸附程序·····	483
6. 分支系統之整合·····	500
7. 污泥程序之歷史事例·····	508
8. 海德堡處理廠之設計·····	516
9. 結論·····	529

第九章 政策之研究·····547

1. 緒言·····	547
2. 交互介質分析·····	548
3. 費用和利益平衡·····	565
4. 德拉威河口研究·····	580
5. 都市氣體排放控制·····	587
6. 結論·····	601

第 1 章

基本觀念

1. 我們的圓河流

Aldo Leopold 以 Paul Bunyan 的圓河流學說 (round river) 正確地說明出人類之活動情形，該圓河流學說為早期美國墾荒時代民間故事之一，Paul 發現在威斯康辛州北部有一條河流自己流著，沒有發源地，亦沒有出口處，只是一條圓河流。

地球就是我們的圓河流，我們騎在木頭上逐流而下。而去除樹節之技術，我們叫它作經濟學；記憶老的路線，我們叫它作歷史；選擇新的路線，我們叫它作政治才能；而與衝向我們的急流以及持來福槍的兵士會話，我們叫它作政治學。

研究土壤、植物系以及動物系者，我們稱之為生物學，而這些土壤與動植物是組成河流之溝渠；研究這些東西之起源與隨時間變化者稱為地質學及進化論；而應用它們之技術稱為農業和工程。

生態學是圓河流的知識與學問，乃研究有關生命在此圓河流之航行；當我們和這條具有生命之河流發生相互關係時，環境保護出自我們的關懷，以使該河流免除永久之破壞。

當我們從它那裡得到食物、水、遮蔽所、衣服、能源以及所有我

2 污染防治之策略

們必需之物質，或當我們排除廢物於它那裡時，我們變成這有生命河流之一部份，我們必須從這環境中求取生存；但無論如何，我們對環境之擾亂應力求小心，儘量避免對它造成不必要之破壞。我們應該把自己處在一個既能有效地從大自然得到必需品，又能同時保護大自然環境之地位，雖然這些目標有時因衝突而將折衷處理，但常常這些目標並不是相互衝突的。

2. 社會需要

要維持人類生命，我們需要氧氣、水、某些基本食物、蔽護所、在寒冷氣候之熱能來源，以及其他種種的人工製品。我們的活動將產生一些基本的廢物，例如從我們身體新陳代謝所產生之廢物，食品製造所產生之無用的廢棄物，伐木工廠、金屬工廠等所遺留下來之碎片，發電所產生之熱氣，燃燒煤所產生的灰塵等等。故此時，我們將面臨與環境發生相互關係，一旦人類社會之基本需要被充分了解，就可限制危害環境或是一些不必要之行爲發生，並可建立一套有效的保護環境之規劃。

一個百萬居民的典型美國城市其所產生之廢物量是非常驚人的。每人每天所需之供水量超過0.6 噸（150 加侖），而其中約 80 % 變成污水流至城市下水道；每天因燃燒所產生之煤灰、飛灰及其他空氣污染顆粒約 150 噸；而每天所需處置之固體廢棄物約 2,000 噸。

圖 1.2.1 所示為該城市之三種主要需要，包括水、食物及燃料，以及產生成污水、固體廢棄物及空氣污染物之情形。該資料為 1965 年情況，由 Abel Wolman 所調查（Water, Health and Society, University of Indiana Press 1969）。

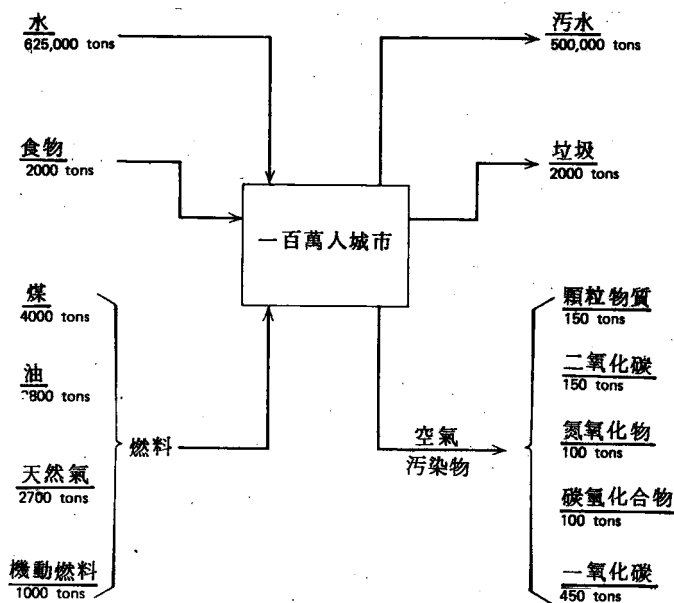


圖 1.2.1 一般都市之三種主要需要，水、食物、燃料，及三種排出物：污水、固體廢棄物及空氣污染物。單位是每百萬人口每日之噸量。

3. 完全不排放之謬論

我們會懷疑：為什麼允許任何污染？而政府為什麼不立法規定所有的工業與社區都完全不准排放污染物？我們會辯稱，如果僅允許工廠祇能有生產品產生，則環境必定不會受到破壞。而不幸這是一個謬誤的辯稱，若我們需要該工廠之產品，並使之進行經濟之功能時，則必定會干涉到環境，最多祇能企望將影響儘量減緩而已。

若從一個城市來看完全不排放（Zero emission）之問題，理論上，從污水再製或清水以及在污泥上生長食物均是可以做到的；而將所有垃圾最後處置、回收再製成產品亦是想像得到的；甚至連我

4 污染防治之策略

們呼吸出之二氧化碳與水，亦可由城市的植物與藻類經光合作用轉變成碳水化合物與氧。該城可以放入一假想盒子中，不允許任何物質進出，或祇允許清水與清潔之空氣進出。不幸地！由熱力學定律告訴我們，這種自容社會（Self-contained Community）不可能存在，除非她是一個死城而沒有任何之活動行為。

任何的行動均會對地球儲存之能量與物質造成負效果，若我們決定將污水轉變成清水，這不但將花費許多的能量，同時也將產生其他的污染物。我們所需要之能量來自環境中的煤、石油及核子能等，甚至可以築壩獲得水力發電之能量，我們的活動不斷使地球儲存之能量降低，但太陽不斷供給新能量進來，因此使得地球並不虞能量匱乏。

我們必須面對這個冷酷的事實，雖然我們經多方詳盡之考慮，我們的活動仍對環境造成負效果，但我們可以強迫自己做到一點，即如何才能使這種破壞降低至最低程度。

4. 各種污染形式之統一性

傳統上，污染源可按最受影響之環境媒體而將之分類，例如空氣污染、水污染及土地污染；可是新觀念已摒棄了這種傳統分類，而認為各種污染形式具有統一性，任何污染與其他形式污染都具有關連性，例如，想解決水污染問題，必導致空氣污染與土地污染，故這種彼此間之關連性使得空氣污染或水污染或土地污染均不能以單一問題方式解決。本節將先介紹傳統之污染分類，並解釋在任何真實污染問題中這種分類並不適用。

✦ 水污染

美國環境保護署（EPA）組織估計美國境內約三分之一的河川被污染了，而不到 10 % 的流域被列為未污染或僅輕微污染。有機污染

之最大來源為工業廢水，其次為家庭污水與農業廢水，主要污染物如表 1.4.1 所示。

表 1.4.1 主要水污染物質

化學性	生物性	物理性
酸	細菌	熱污染
鹼	濾過性病毒	色度
鹽類	其他病菌	臭味
農葯 (Pesticides)	藻類	放射性物質
清潔劑 (Detergents)	排泄物	懸浮固體
特殊陽離子	木質素 (Lignins)	砂
酚 (Phenols)		沉泥
其他有機物		污泥

致病物質：傳染性微生物從城市污水、製革廢水、精肉業（屠宰、加工、冷凍及製罐等）廢水以及其他工業廢水中，被帶至地面水或地下水，人類或動物在游泳時或其他水體接觸時，攝取到這些污染物質。

合成有機物：如農葯、合成工業化學物、清潔劑及有機物質等，對魚類、植物生命及人類均有毒性，一般廢水處理廠無法去除這些物質，同時它們對環境所造成之長期影響至今仍是一個謎。

無機化合物及礦物：如金屬鹽類、酸、固體物及其他化合物，它們從開礦、農產製造、開油礦及其他情況而來，而酸污染之最大來源是洗礦廢水及從廢礦坑流來。

植物養分物質：氮和磷是植物兩大主要養分，在天然水中含量甚少，當處理廠出水，農地逕流及工業廢水流入後，水中氧與磷之含量大增，改變其生態平衡。

熱污染物：發電廠及一些工廠常需利用大量的冷却水，而將熱水

6 污染防治之策略

排至河川或湖泊，水體因溫度升高，而使氧之蓄含能力降低，且導致正常水中生命受到破壞。

沉澱物質：從土地沖來之泥土、砂及礦物，因會覆蓋住巢窟及食物來源，故會危害魚類生命；且因擋住陽光，使植物產量降低。

需耗氧廢物：我們所排放之污水、食品製造工業、造紙工廠及其他工業所排放之廢水中，常含有大量之耗氧物質，排入河川後，會使水域之含氧量耗盡，破壞水中生命。

放射性物質：放射性污染來自挖礦，及使用放射性物質等，而核等發電廠之日益增加，亦使控制人類健康之問題，發生甚大之挑戰。

✦ 空氣污染

主要導致空氣污染物散佈之原因有：運輸、燃料燃燒、工業製造、固體廢棄物處置及其他各種來源。

硫氧化物：硫氧化物來自燃燒含硫之煤及石油，會使作物收成減少，對眼睛、鼻子、喉嚨及肺部有刺激性，並為環境能見度（atmospheric visibility）降低之主要原因。

氮氧化物：高溫燃燒過程使空氣中之氮與氧形成氮氧化物，造成褐色薄霧，損害農作物，並對人體健康產生威脅。

碳氫化合物：有機物與空氣燃燒不完全所產生之未燃化合物，汽車排氣亦是形成此污染物之主要原因。

顆粒物：汽車、工業燃料、熔煉物、建築材料及肥料是大氣中散佈的顆粒物之來源，這些微小的顆粒會降低能見度，損壞財物及攜帶有毒物質進入肺中，圖 1.4.1 為粒徑大小分類。

一氧化碳：在通風不良處，一氧化碳累積少量就可致命，汽車排氣是一氧化碳之主要來源。

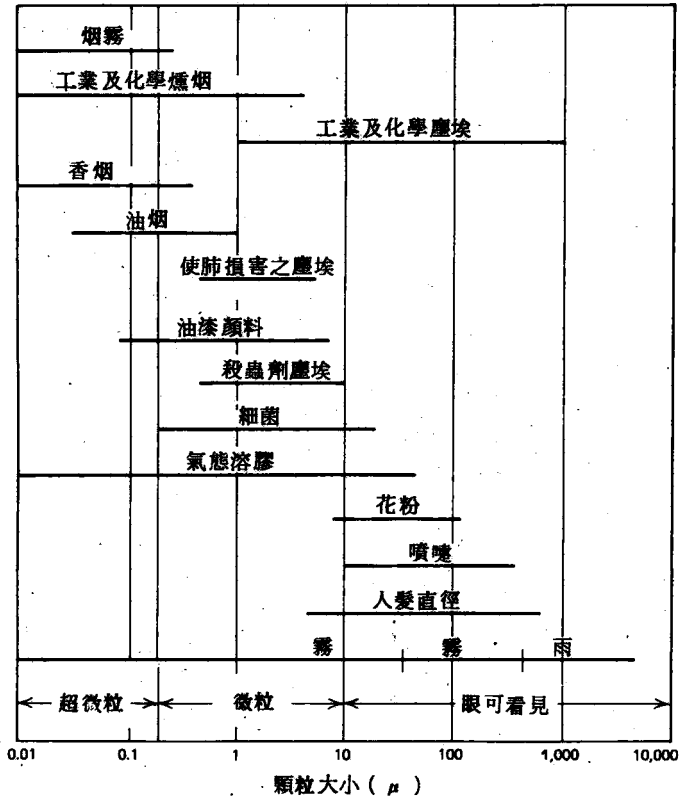


圖 1.4.1 空氣污染物之大小

金屬：鋅、鉛、砷、鉍及其他金屬，粒徑小於 $10\ \mu\text{m}$ ，從汽車、塗料及噴霧工業、礦石熔煉廠等排出。

氟鹽：礦石熔煉、肥料製造、陶器及鋁業製造所放出之氣態及顆粒氟鹽。氟鹽過多，會使骨骼易脆及植物死亡。

✦ 土壤污染

都市垃圾：市政固體廢棄物由收集來的有機物、金屬、塑膠及廢

8 污染防治之策略

紙等混合而成，其中部份垃圾可以回收，而可燃燒部份之垃圾可做為發電廠之燃料。

處理廠污泥：污水處理所產生之大量污泥，一般處置方法包括堆肥、農地處置及焚化等。污泥處置在今日大多數的城市，仍是個難以解決之難題。

農業廢棄物：每年所產生之農業廢棄物，據估計是每年所消耗食物之三倍。例如，每年甘蔗加工將產生三億噸的蔗渣。大部份的農業廢棄物可用來做化學或塑膠之原料，或做家畜之飼料，土地之護根，及製造紙、木板及人造絲等。

製漿與造紙：製漿與造紙工業所產生之固體廢棄物多為污泥形式，大約每噸紙可產生 20~160 磅之固體廢棄物。其最後處置，大多仍將污泥排放在土地上；亦有部份工廠回收其中一些化學物。例如 Ontario 紙廠每日從煮漿液及污泥中回收 4,800 磅的香蘭精 (Vanillin)，2,400 磅的草酸鈣 (calcium oxalate)，2,400 磅的木質素，及 120,000 磅的硫酸鈉 (sodium sulyate)。

化學廢棄物：化學工廠所產生之固體廢棄物變化甚大，且常含有毒性物質，大多數的毒性物質可經由焚化毀掉，而其他廢物則可回收，做為其他工業之原料，例如乙醇製造產生之廢焦油，可做為瀝青之凝固劑。

灰、爐渣、煙塵及飛灰：每年因燃煤所產生之飛灰約數百萬噸，飛灰之主要成份是砂土、鋁，及其他物質如鈷、鎳、鉛、鈾、鉻等，甚至每噸之煤灰中尚含有 1 公克的金。傾棄 (dumping) 是早期常用且經濟之處置方法，但在今日，却是發電廠的一大煩惱問題，故解決此問題仍在能大規模將這些飛灰利用在建築或是其他相關工業上。

為更詳細介紹空氣、水及土壤污染之統一性，讓我們來看一汞污