

環境工程學

P · A · 维西林德, J · J · 皮尔斯 著

曉園出版社
世界圖書出版公司

環境工程學

原著者 Vesilind Peirce Weiner

譯著者 劉東山・黃政賢

曉園出版社

世界圖書出版公司

环境工程学

P. A. 维西林德 J. J. 皮尔 原著

刘东山 黄政贤 译著

晓 园 出 版 社 出 版

世界图书出版公司北京分公司重印

(北京朝阳门内大街137号)

北 京 中 西 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1992年5月 重印 开本 711×1245 1/24

1992年5月第一次印刷 印张 25

印数: 0,001—1,100

ISBN: 7—5062—1189·0/X·34

定价: 24.90元

世界图书出版公司通过中华版权代理公司

购得重印权 限国内发行

譯 序

本書以介紹環境工程專業來看，確實是同類書籍之佼佼者，值得大力推薦給環境工程學生及關心環境保護者。在新版（第二版）中，作者除對第一版原有章節做適當增刪外，另新加“危險度分析”一章，譯者以為量化危險度是環境安全評估中不可或缺的一環。

翻譯英文確實不是件容易的事，除先天上東西方人士在思維方式有所不同外，中、英文語法亦諸多差異，譯者以戰戰兢兢的心情，除力求忠於作者原意外，更竭盡所能避免文詞點屈聱牙，然因才疏學淺、經驗有限，錯誤之處在所難免，祈讀者及教授先進不吝指正。

劉東山 1989 于臺北

譯者簡介

學歷

中興大學環境工程學士

夏威夷大學土木衛生工程碩士

經歷

高雄市環保局技工

放射性待處理物料管理處技士、技正

美國東西中心環境政策研究所研究

環境工程技師

原 序

環境工程幾乎是一種無所不包的事業，其所需的訓練除古典的工程技藝如數學、流體力學外，自然科學、社會科學及人文科學的知識也不可欠缺。以環境工程為職志者，終其一生可能需面對很多挑戰，但其回報却也相當令人欣慰。由於環境工程必須修習的科目繁多，各大學院校在設計課程時顯得相當混亂，此點可由大家對環境工程概論所需教授的內容爭執不下，可見一斑。

回應這種紛爭，我們決定將此書分成五個領域來探討：水資源、空氣品質、固體及有害廢棄物（含放射性廢料）、噪音、社會倫理，作者認為這些都是環境工程師所不得不熟知的。本書先介紹環境工程的由來，緊接著在第二章提出危險度和安全度的概念，這些原則在後續章節中也隱然可見，最後一章談及環境倫理，其實為目前各工程專業均需具備有的觀念，此部分教師可視狀況，於學期中隨時引入課堂討論。

本書係針對已受過流體力學及水資源訓練的大學三、四年級生撰寫，故基本上已假設讀者具備相當的水力學知識。本書應可作為一學期的課程教授之。

P. Aarne Vesilind
J. Jeffrey Peirce
Ruth F. Weiner

目 錄

第一章 環境工程 1

- 1.1 土木工程 3
- 1.2 公共衛生 5
- 1.3 生態學 7
- 1.4 倫理學 8
- 1.5 專業化的環境工程 9

第二章 危險度分析 11

- 2.1 危險度 11
- 2.2 危險度的表示 13
- 2.3 危險度評估 14
- 2.4 曝露與潛伏 15
- 2.5 劑量—反應估算 17
- 2.6 族群反應 19

第三章 水污染 21

- 3.1 水污染的來源 23
- 3.2 水中生態的要素 25
- 3.3 生物分解 27
- 3.4 好氧與厭氧分解 29
- 3.5 污染對河川之影響 31
- 3.6 污染對湖泊的影響 41
- 3.7 重金屬和有機物質 45
- 3.8 污染對海洋之影響 45

	3.9	結論	47
第四章		水質測量	51
	4.1	採樣	51
	4.2	溶氧	53
	4.3	生化需氧量	55
	4.4	化學需氧量	61
	4.5	總有機碳	62
	4.6	濁度	62
	4.7	色度和臭度	63
	4.8	PH	63
	4.9	固體物	64
	4.10	氮	67
	4.11	磷酸鹽	69
	4.12	細 測量	69
	4.13	濾過性病	72
	4.14	重金屬	73
	4.15	微量有 物質	73
	4.16	結論	73

第五章 給水工程 77

5.1	水文循環和水的可用處	77
5.2	地下水給水	78
5.3	地表水之給水	84
5.4	輸水工程	88
5.5	密閉路水力學	89
5.6	密閉管流	91
5.7	抽水機及抽水	99
5.8	抽水機特性曲線	102

5.9	系統水頭曲線	103
5.10	操作水頭及抽水量	104
5.11	結論	105

第六章 水處理 109

6.1	混凝與膠凝	109
6.2	沉澱	115
6.3	過濾	116
6.4	消毒	127
6.5	結論	128

第七章 廢水收集 131

7.1	廢水量之估計	132
7.2	系統配置	133
7.3	下水道水力學	134
7.4	結論	145

第八章 廢水處理 147

8.1	廢水特性	148
8.2	現場 (on-site) 廢水處理	149
8.3	集中式廢水處理	153
8.4	初級處理	154
8.5	沉澱池之設計與操作	158
8.6	二級處理	166
8.7	活性污泥系統之生物處理動力學	174
8.8	三級處理	183
8.9	結論	188

第九章 污泥處理與處置 195

9.1	污泥來源	195
9.2	污泥特性	198
9.3	污泥處理	201
9.4	污泥穩定	202
9.5	污泥濃縮	206
9.6	污泥脫水	211
9.7	終極處理	223
9.8	結論	225

第十章 非點 水污染 229

10.1	逕流過程	231
10.2	發展和應用負荷函數於沉澱物分離和傳送的科學藝術	233
10.3	非點源污染之控制技術	242
10.4	結論	248

第十一章 水污染防治法 251

11.1	習慣法	252
11.2	成文法	254
11.3	結論	260

第十二章 固體廢棄物 263

12.1	都市固體廢棄物之數量與特性	264
12.2	集運	267
12.3	街道垃圾	274
12.4	結論	275

第十三章 固體廢棄物處置 279

- 13.1 未經處理之垃圾處置 279
- 13.2 處置前之體積縮減(減容) 288
- 13.3 結論 291

第十四章 資 回收 295

- 14.1 來源分離 295
- 14.2 固體廢棄物的選別程序 297
- 14.3 都市固體廢棄物之有機物回收能源 311
- 14.4 結論 317

第十五章 有害廢棄物 321

- 15.1 問題的嚴重性 323
- 15.2 廢棄物處理及控制 324
- 15.3 有害廢棄物之運輸 325
- 15.4 資源回收替代方案 327
- 15.5 危害性廢棄物管理設施 331
- 15.6 結論 339

第十六章 放射性廢料 341

- 16.1 輻射 343
- 16.2 健康效應 353
- 16.3 放射性廢料來源 357
- 16.4 核種在環境中的移動情形 365
- 16.5 放射性廢料管理 367
- 16.6 結論 371

第十七章 固體及有害廢棄物法規 375

- 17.1 非有害固體廢棄物 377
- 17.2 有害廢棄物 381
- 17.3 結論 385

第十八章 空氣污染 387

- 18.1 空氣污染物之種類 387
- 18.2 空氣污染之來源 397
- 18.3 初級及二級污染源 399
- 18.4 有害物質 403
- 18.5 健康效應 405
- 18.6 空氣污染對植物的影響 411
- 18.7 空氣污染對家畜的影響 412
- 18.8 對物質材料之影響 413
- 18.9 對大氣的影響 414
- 18.10 結論 415

第十九章 氣象學與空氣品質 417

- 19.1 基礎氣象學 419
- 19.2 污染物之水平擴散 421
- 19.3 污染物之垂直擴散 423
- 19.4 大氣擴散 429
- 19.5 大氣之淨化作用 435
- 19.6 結論 437

第二十章 空氣品質測定 443

- 20.1 微粒物質之測定 445
- 20.2 氣體之測定 447
- 20.3 參考方法 450

20.4	抓取樣品	451
20.5	煙囪採樣流程	451
20.6	煙及不透明度	452
20.7	結論	453

第二十一章 空氣污染控制 455

21.1	污染源改善	455
21.2	污染物收集	457
21.3	冷卻	457
21.4	處理	459
21.5	氣體污染物控制	471
21.6	移動污染源控制	477
21.7	結論	481

第二十二章 空氣污染法 483

22.1	空氣品質和習慣法	485
22.2	成文法	487
22.3	執行上的問題	492
22.4	結論	493

第二十三章 噪音污染 495

23.1	聲音的概念	497
23.2	聲音強度、頻率及傳	499
23.3	聲響環境	503
23.4	噪音的健康效應	505
23.5	噪音的成本	509
23.6	環境品質的惡化	509
23.7	結論	509

第二十四章 噪音之測定及管制 513

- 24.1 聲音強度 515
- 24.2 暫態性噪音之測量 517
- 24.3 噪音控制 519
- 24.4 結論 523

第二十五章 環境影響及經濟評估 525

- 25.1 環境影響 527
- 25.2 社會經濟影響評估 535
- 25.3 結論 541

第二十六章 環境倫理 543

- 26.1 造成與自然不相容的原因 545
- 26.2 環境衝突解決之道 549
- 26.3 環境倫理的未來 553

環境工程

環境工程 (Environmental Engineering) 是一門具有悠久而且光榮歷史的新興行業。

這句話聽來似乎有點矛盾，但確實一點不假，因為一直到 1960 年代，很多工學院及公共衛生 (public health) 學系的課程才積極想開擴他們的研究領域，並為他們的研究計畫及畢業生定名。“環境工程師” (environmental engineer) 於是出爐，事實上這個新興行業幾乎是與歷史並存的。

環境工程涵蓋四個主要學門：土木工程、公共衛生、生態學及倫理學 (ethics)。身為一個環境工程專業人員，必須吸取這些知識與技術，以謀求人類更多更大的福祉。

1.1 土木工程

農業技術的發達進步是促使社會成長及朝向分工合作的原動力。由於農牧業效率的提昇，勞動階層漸漸自立門戶，因而紛紛建造永久性的公共或私人建築物，當然捍衛土地建築也是不可或缺的一環，而有些建築物甚至就純粹為防禦自己的城池而設計。不用說，征服鄰國更須要構築工事，負責構築工事的人員就稱為“軍事工程師” (military engineer)。事實上，一直到十八世紀，工程師一辭多暗指軍事工程有關的人員。

2 第一章 環境工程

英國有位工程師叫做 John Smeaton 畢生從事興建大樓，開闢道路運河，在西元 1782 年提出一個論點，他認為既然他從事的工作就是興建公共設施 (public facilities)，因此應予正名為“土木工程師”。此後凡是從事公共工程的工程師都泛稱為土木工程師^[1]。

在美國，工程學科的講授，大約起始於 1802 年，西典軍校 (Military Academy at West Point) 的課程。非軍校的工程學科遲至 1821 年才見於當時的美國文學、科學與軍事學院 (the American Literary, Scientific, and Military Academy)，也就是 Norwich 大學的前身。一直到 1835 年，Rensselaer 綜合技術學院才頒發第一個土木工程學位，在西元 1852 年，美國土木工程師學會正式創立^[2]。

公共設施工程中的給水工程 (water supply) 和廢水排水系統向來是土木工程師負責建造的，文明的象徵與水源的供給息息相關，古羅馬帝國曾有用九條水道 (aqueduct) 來供給水源，水道的斷面寬從 2 到 15 公尺 (7 到 50 呎)，長達 80 公里 (50 哩)。

隨著都市的成長，對水量的需求急劇增加，在 18、19 世紀裡，平常老百姓都生活在惡劣的環境中，水源受污染，水價昂貴，甚至根本沒有水可用的地步。

在英國倫敦，公共給水是由九家私人公司提供，將水售予民衆使用。貧苦人家因為買不起水，常常去偷或要。在瘟疫 (epidemics) 流行期間情況更糟，人們湧向犁翻過的農田，企圖從低窪地取水使用，有時嚴重的乾旱導致水源枯竭，人們不得不群集於公共的水泵前，排隊苦候領取用水^[3]。

新大陸 (the New World) 第一個公共給水系統是由木質管線構成，將其鑽孔焦化，並於末端加裝一金屬環以防止斷裂。這個管線係裝於 1652 年，而整個城市普設給水系統則在 1776 年首見於北平州的 Winston Salem 市。另一方面美國第一座自來水廠係建立於賓州 Bethlehem 地區的莫拉亞屯墾區 (Moravian Settlement)，該廠係藉著 Monocacy Creek 河之水流推動木製水輪 (wooden waterwheel) 再起動一個木製泵將泉水打到附近小山上的貯水庫，從貯水庫再藉重力的

作用配水。⁴再者，最主要的自來水工程計畫之一為始於 1835 年的 Croton 水道，此水道歷六年始完成。此工程之驚人之舉為將清水輸送到 Manhattan 島，因為當地的地下給水源嚴重不足^[5]。

都市給水系統所供應的水量也許適當，但是水質也許是堪慮的，正如同一位觀察者所言^[6]：

公共給水的外觀及水質由下可見一般；窮人可以把公共給水當湯喝，中產階層用來染衣服，而有錢人則用來澆灑花園的草皮。那些飲用給水者係採用階梯式過濾並加漂白粉消毒，以便去除殘存的危險細菌，再將那些細菌在後院內以棍棒打死。

飲用不潔水源而造成的影響，最古老的記載可以從 Susruta Samhita（一本記載健康有關之事件及寓言）找到例子，這個事件大約發生在西元前 2000 年，該書曾建議人們飲用水前先予煮沸。水的過濾處理一直到十九世紀中葉才普及，先前即有很多藉著過濾以淨水但不成功的例子，事實上，第一個成功的給水過濾池係 1804 年建於蘇格蘭之 Parsley⁷。一個較著名的失敗例子是 New Orleans 系統，其乃將密西西比河的河水加以過濾，惟該河水因含沙量太高，過濾池很快就阻塞，這個問題一直到使用硫酸鋁(aluminum sulfate; alum)前處理才獲得解決，事實上使用鋁鹽(alum)作為淨水過濾之前處理早在 1757 年已有人提出過，惟直到 1885 年才有比較令人滿意的結果。水之加氯消毒始於 1902 年之比利時，新澤西州之 Jersey 市亦於 1908 年啟用。由於較乾淨自來水的普及，從 1900 年至 1920 年，因為感染傳染性疾病而死亡的人數大為減少。

早期都市垃圾的處置也造成令人討厭及嚴重的健康問題。事實上，當時多的是把便壺的東西往窗口傾倒而已（見圖 1-1）。

雨水(stormwater)向來是最主要的排水(drainage)問題，而事實上很多城市也不准將污水排入渠道或雨水下水道(storm sewers)。隨著給水工程的發展，雨水下水道不僅接受雨水，同時也收集污水(sanitary waste)，這種合流式下水道(combined sewage)系統，仍存在於當今世界上的幾個主要大城市。



圖 1-1 古老木刻上之人們糞便處置。[來源：Reyburn, W. *Flushed with Pride* (London: McDonald, 1969).]

美國首座都市排水系統係於 1700 年建於波士頓，然而污水下水道的構築就沒那麼順利，而一直遭到驚人的抗拒。因此即使到了十九世紀末，美國很多的城市仍到處可見糞坑 (cesspools) 及污水地窖 (vaults)，在當時廢污處置最經濟的方法係定期抽取再以車輛運送至城外的處置場，後來有一批工程師極力主張雖然污水下水道的建造成本很貴，但畢竟那才是最佳的污水處置方式，終於工程師們贏了，因此，從 1890 年到 1900 年間可以說是下水道建設值得記載的時期。

事實上，美國最早的分流式下水系統 (separate sewage system)，建於 1880 年田納西州的 Memphis 及伊利諾州的 Pullman。Memphis 系統完全失敗，因為該系統起用口徑小的管線，原擬定期沖洗，不過因為沒有人孔 (manholes) 的設置，管線阻塞的清除變成爲嚴