

環境科學基本叢書 3



環境  
化學

高秋實 袁書玉 編著

科技圖書股份有限公司

081  
-3

環境科學基本叢書 3

環境化學

高秋實 袁書玉 編著

科技圖書股份有限公司

行政院新聞局登記證 局版台業字第 1123 號

---

版權所有 • 翻印必究

環境科學基本叢書 3

# 環境化學

編著者：高秋實 袁書玉

發行人：趙國華

發行者：科技圖書股份有限公司

台北市重慶南路一段 49 號四樓之 1

電話：3118308 • 3118794

郵政劃撥帳號 0015697-3

---

80 年 7 月 2 版

特價新台幣 140 元

ISBN 957-655-016-5

# 前 言

保護環境，造福人類，使一般大眾以及子孫後代有一個良好的生息與工作環境，這是環境保護的基本目的。

爲了提高對環境意識，普及環境科學基本知識，組織環境科學方面的專家編寫了一套《環境科學基本叢書》。這套叢書包括：環境化學、環境物理學、環境生物學、環境地學、環境工程學、環境醫學六冊。每冊對各該學科的基礎理論，基本內容及基本知識做了比較全面性、系統性的介紹與闡述。書中附有圖表以加深對內容的了解，力求做到深入淺出。

本叢書可供環保的中級技術管理人員與各級主管閱讀，也可供從事環保科技人員與大專院校的有關專業的師生參考。

環境科學是一門新興的邊緣學科，它的研究對象、任務、內容及學科體系等都在發展之中，還有許多問題尚待進一步研究與探討。同時由於我們組織編寫這套叢書的時間倉促，經驗不足，難免會有某些缺點與錯誤，熱忱地期望讀者批評指正。

## 編輯者言

環境化學作為環境科學的一門分支學科，正在不斷充實與發展中。近十年來，它在環境科學的研究中、在環境保護的實際應用中，都起了相當的作用。現在它仍按其學科自身的特點，並與其它學科結合，以闡明環境變化的規律、控制污染的發展、保持生態環境的良性循環，為創造人類良好的生存環境而服務。

為了使環境工作者更好地為我國現代化建設服務，使環境化學的知識更為普及，更廣泛地被人們所了解，我們編寫了這本書。書中主要介紹有關環境化學中的一些基本知識和原理、某些研究方法，有重點地對環境污染化學的一些基本問題、污染定律、變化機制與發展動向等作了簡要的論述。鑒於污染情況的概述，國內這類書籍已有不少，限於篇幅，在此較少敘述。對某些領域的綜合性的問題，因涉及到許多其它學科，只作一般性的概述。本書可作為從事環境科學與環境保護工作者的參考材料。

本書按環境的三個主要介質（圈層）：大氣、水和土壤，分三章進行敘述。着重於環境化學的概況、原理和機制方面。對環境化學的研究對象及內容、環境化學在現代化經濟建設中的關係與影響，分別另列兩章進行討論；以便縱橫聯貫，反映環境化學這門學科的基本內容與社會效用。

由於環境保護問題涉及的學科領域較廣，又相互關連；環境化學還是一門發展中的學科；因水準有限，缺乏經驗，書中錯誤與不妥之處，在所難免，敬請讀者批評指正。

# 環境化學

## 目 錄

### 前 言

### 編輯者言

### 第一章 概 論

- 1.1 國內外的環境問題..... 2
- 1.2 環境化學的發展和研究內容..... 15

### 第二章 大氣污染化學

- 2.1 大氣與環境..... 25
- 2.2 天然大氣與污染大氣..... 29
- 2.3 大氣環境標準與監測..... 30
- 2.4 大氣中的化學反應..... 39
- 2.5 大氣氣溶膠（顆粒物）化學..... 53
- 2.6 降水化學..... 80
- 2.7 大氣污染的防治對策..... 93
- 2.8 空氣污染的評估與預測..... 102

### 第三章 水污染化學

- 3.1 水與環境..... 107
- 3.2 水質標準、評估及模式..... 112

## 2 環境化學

3.3 污染各論·····	120
3.4 水體污染防治·····	153
3.5 結 論·····	161

## 第四章 土壤污染化學

4.1 土 壤·····	163
4.2 土壤污染·····	173
4.3 土壤中農業的污染化學·····	180
4.4 土壤中重金屬的污染化學·····	203
4.5 土壤污染的防治對策·····	220

## 第五章 化學的、環境化學與環境

5.1 化學品增長與生產發展人類環境的關係·····	226
5.2 要加強對化學品在環境中物理化學行爲的研究·····	228
5.3 環境化學與化學品的環境安全性評估·····	231

# 第一章 概 論

環境問題是當前世界上面臨的重大問題之一。聯合國把人口、資源、環境與發展並列為國際社會面臨的四大問題。由於工業生產、交通運輸和人類活動，直接排放的有毒有害物質以及生產的許多有毒有害化學物質引起了環境污染。通過大氣、水體和人類活動，環境污染可由都市擴展到鄉鎮、農村、對農、牧、林、漁業造成很大損害，對人體健康產生不良影響。此外，由於人類活動對自然資源不適當的開發而引起的生態環境破壞、植被破壞、水土流失、土壤退化、氣候變異等等，引起了大量生物資源急劇減少，甚至直接威脅人類生活。在很長一段時間裏，環境問題主要指工業廢污造成的污染；隨著工業污染的蔓延，特別是都市、交通等方面污染嚴重，人們才認識到污染的廣泛性，不能再把環境污染視作孤立或局部的現象，而應視為一種社會的公害；並逐步認識到資源、能源不適當開發所造成的破壞，問題衆多；污染和環境破壞，使問題更為複雜、嚴重。

我國是一個開發中國家，在現代化的建設過程中，求得經濟發展和環境保護同步發展，相互協調，是我國經濟發展策略的一個重要方針。經濟發展在很大程度上受環境、資源條件的限制；不保護好環境，水資源污染、森林破壞、水土流失、農業生態環境惡化，都能使工農業生產的基礎受到影響，經濟發展受到限制；相反地，保護好了環境，資源的再生增殖能力及其持續的利用能力都將大為提高，從而促進了國民經濟持續穩定地發展，人類



## 2 環境化學

的生活環境也得到了保障。

目前我國已較嚴重地存在著生態環境的破壞和都市環境污染問題，如何控制污染和保持生態環境的良性循環，對於加速經濟建設，具有重要的意義。經濟發展和保護環境是有矛盾的，但是從策略上來看，也是可以統一的。經濟發展帶來了環境問題，即又是經濟發展增強了解決環境問題的能力；環境問題的解決，又可為經濟的發展創造有利條件。工業發達國家在這方面已有不少經驗和教訓可供借鑒。

隨著對環境問題的認識不斷加深，污染防治和環境保護的效果愈來愈顯著，人們認識到只有對環境的整體性和相關性有比較全面認識時，防治才能產生良好的效果。環境科學就是在保護和改善環境中誕生和發展的。環境化學是環境科學的重要分支之一。

### 1.1 國內外的環境問題

從本世紀二十年代以來，一些工業發達國家，環境公害問題不斷出現。世界重大公害事件簡況列表 1-1。這些國家大多數經歷了公害發展，氾濫和控制發展的階段。迫於群眾壓力，它們的政府也付出了很大代價。到 1970 年代後期，它們的環境品質已有顯著改善；例如日本是發生公害嚴重的國家，也是研究公害最早，環境有明顯改善的國家，1974 年還施行《公害健康被害補償法》，確認了與空氣污染有關的四日市哮喘病，與水污染有關的水俣病，痛痛病等。但是這些國家至今仍存在著一些難以解決的重大問題。突出的是全球性的若干環境問題以及有毒有害化學品的控制問題。

表 1-1 世界重大公害事件概況

名稱	發生時間	發生地點	發生原因	主要影響
馬斯河谷事件	1930年 12月1 — 5日	比利時馬 斯河谷工 業區	工業區處於狹窄盆地中，12月 1—5日發生氣溫逆轉，工廠排 出的氣體在近地層積累，大氣中 SO <sub>2</sub> 濃度達 25—100 mg/m <sup>3</sup> ， 並有氟化物污染	三天後有人胸痛、咳嗽、呼吸困 難等，一周內 60 多人死亡，心 臟病、肺病患者死亡率最高，許 多家畜死亡
都羅納事件	1948年 10月26 — 31日	美國賓夕 法尼亞州 都羅納鎮	該鎮處於河谷中，10月末大部分 地區受反氣旋和逆溫控制，26 — 30日有霧，污染物在近地層 累積，SO <sub>2</sub> 濃度 0.5—2.0 ppm， 並明顯有塵粒，有人認為 SO <sub>2</sub> 和 金屬、金屬化合物生成金屬硫酸 銨，SO <sub>2</sub> 及其氧化作用產物與大 氣中塵粒結合是致害因素	發病者 5911 人。(全鎮人口 43%)，症狀是眼病，喉痛、 頭痛、胸悶、嘔吐或綜合症狀， 死亡 17 人

表 1-1 (續)

名稱	發生時間	發生地點	發生原因	主要影響
洛杉磯光化學煙霧事件	40 年代初	美國洛杉磯市	全市 250 萬輛汽車，向大氣排放大量碳氫化合物， $\text{NO}_x$ ， $\text{CO}$ ，該市臨海依山，處於長盆地中，一年約有 300 天出現逆溫層，5—10 月陽光強烈。汽車排氣在日光作用下，形成以臭氧為主的化學煙霧	
倫敦煙霧事件	1952 年 12 月 5—8 日	英國倫敦市	5—8 日英國全境濃霧覆蓋，溫度逆增，逆溫層在 40—150m 低空，致使燃煤產生的煙霧不斷積累，塵粒濃度高達 $4.46 \text{ mg/m}^3$ ，為平時的 10 倍， $\text{SO}_2$ 高達 $1.34 \text{ ppm}$ ，為平時 6 倍，煙霧中 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 促使 $\text{SO}_2$ 氧化產生硫酸鹽，凝聚在煙塵或凝結核上形成酸霧	四天中死亡人數較常年同期多 4000 人，約為平時的 2—3 倍。一周內因支氣管炎、冠心病、肺結核、心臟衰弱死亡者分別為事件前一周同類死亡人數的 9.3 倍、2.4 倍、5.5 倍、2.8 倍，肺炎、肺癌等患者死亡率成倍增加

表 1-1 (續)

名稱	發生時間	發生地點	發生原因	主要影響
四日市哮喘事件	1961年	日本四日市	石油冶煉，工業燃油產生的廢氣，嚴重污染都市空氣。全市工廠固體微粒，SO <sub>2</sub> 年排放量13萬噸。SO <sub>2</sub> 超標5—6倍。500 m煙霧中飄浮著有毒氣體和固體微粒，重金屬微粒與SO <sub>2</sub> 形成硫酸煙霧	1961年哮喘病發作。1964年連續三天煙霧不散，哮喘病患者開始死亡，1972年全市哮喘病患者達817人，死亡10餘人
水俣事件	1953—1956年	日本熊本縣水俣市	含甲基汞的工業廢水污染水體，使水俣灣和不知火海的魚中毒，人食毒魚後受害	1972年日本環境廳公布：水俣灣和新潟縣阿賀野川下游有汞中毒者283人，其中60人死亡（實際人數還超過此數）
痛痛事件	1955—1972年	日本富山縣神通川流域	鋅、鉛冶煉工廠排放含鎘廢水污染了神通川水體，兩岸居民利用河水灌溉農田，使稻米含鎘，居民食用含鎘稻米和飲用鎘水而中毒	1963年前患者人數不明，1963—1979年3月共有患者130人，其中死亡81人

表 1-1-1 (續)

名稱	發生時間	發生地點	發生原因	主要影響
米糠油事件	1968年 3月	日本北九 州市愛知 縣一帶	生產米糠油時用多氯聯苯作脫臭之熱載體，由於生產管理不善混入米糠油中，食用後中毒	患病者超過1400人，至7-8月超過5000人，其中16人死亡，實際受害者約13,000人，大批家禽死亡
泊帕爾事件	1984年 2月	印度泊帕爾市	農藥廠生產氨基甲酸酯，所用原料甲基導氰酸酯洩漏，進入大氣，約45萬噸，造成中毒死亡	有十餘萬居民受害，2500人中毒死亡
車諾比核電站事故	1986年 4月26日	蘇聯烏克 蘭基輔市 北部130 公里	核電站四號反應器發生猛烈爆炸，引起熊熊大火，反應堆內放射性質物質大量外洩，對環境造成嚴重污染，演成人類核能開發史上最嚴重之事故。七天後，核電廠大火終於撲滅，十三萬居民完成疏散。又經過一百五十多天，已毀壞的四號反應器被埋葬在一口巨大的“石棺”之下，沉寂已久的一號機組重新開機發電	核事故造成的損失是慘重的。除事故發生當場死亡的兩人外，先後有三百多人因受嚴重輻射被送進醫院搶救，其中三十一人死亡。更多的人受到不同程度的輻射。據蘇聯官方宣布，此次事故造成的直接經濟損失達二十億盧布（約合二十九億多美元）放射性塵埃飄落鄰國，北歐瑞典、挪威、芬蘭、丹麥等國亦受其害

表 1-1 (續)

名 稱	發生時間	發生地點	發 生 原 因	主 要 影 響
劇毒化學 品污染萊 茵河事件 (或：萊 茵河污染 事件)	1986 年 11月 1 日	瑞士巴塞 爾桑多茲 化 工 廠	桑多茲化工廠一座倉庫爆炸起火 使大量有毒化學品隨滅火劑溶液 和水一起流入萊茵河，隨河水流 向中下游	大量硫化物、磷化物及汞等有毒 化學品 30 多噸流入萊茵河。大 量魚類、水鴨、鸕鷀死亡，沿岸 法國、西德、芬蘭、盧森堡等國 家深受其害，一些城鎮的河水， 自來水和水井禁止使用，這次污 染十分嚴重，萊茵河有可能因此 而“死亡”二十年之久

## 1.1-1 空氣污染問題

能源造福人類，同時卻又給人類帶來了環境污染。以燃煤引起的空氣污染問題，在產業革命開始就已出現，只是直到1950年代倫敦煙霧事件傷亡數千人，問題達到嚴重程度後才受到人們的重視。可燃礦物中煤和石油的燃燒，幾乎成為環境污染的禍首。

空氣主要污染物大部分來自可燃礦物及其再生能源的燃燒；其主要來源見表1-2。

表1-2 空氣污染物的主要來源

來源 \ 污染物 %	固體微粒	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	HC*
燃料燃燒	42	73	43	2	2.4
交通運輸 (內燃機)	55	1.3	49	68	60.0
工業過程	35	23	1.3	11.3	12.0
固體物處理	45	0.3	5.1	8.1	5.2
其它		2.0	3.2	10.2	20.5

\* 碳氫化合物。

從污染源直接排放出來的污染物，稱為一次污染物；由一次污染物在大氣中轉化產生的污染物稱為二次污染物。以使用燃煤、燃油和天然氣的1000千瓦發電廠來看，每年向大氣排放的大氣污染物列表1-3。從表上可看到以燃煤排放的二氧化硫和顆粒

表 1-3 火力發電廠空氣污染物排放情況

污 染 物	千 噸	燃煤火力發電廠	燃油火力發電廠	天然氣火力發電廠
CO		0.52	0.008	—
HC		0.21	0.67	—
NO <sub>x</sub>		21	21.7	12
SO <sub>x</sub>		139	52.6	0.02
顆粒物		4.5	0.73	0.46

物最多。

倫敦煙霧事件的發生就是燃煤排放的 SO<sub>2</sub> 和顆粒物上的金屬在特定環境和氣象條件下發生催化作用所引起。由於當時還缺乏治理技術，以石油代替煤炭才解決了這個問題。目前，可採用加強原煤洗選加工，改善煤的燃燒技術，採用必要的脫硫脫硝技術，淨化廢氣等等措施，解決燃煤引起的環境問題。若從原煤氣化淨化着手，技術上也是可行的，問題是需要大量的投資。

大氣圈是一切生物生存所必不可少的條件，不適當的人類活動，可改變大氣組成；反過來，又給生物圈以不良影響。由於大氣的整體性和流動性，大氣環境問題是全球性的問題。全球性的酸雨、CO<sub>2</sub> 濃度的增加、臭氧層的破壞已成爲國際矚目的三大問題。

### [1] 酸 雨

酸雨或酸沉降指排入大氣中的硫（氮）氧化物轉化爲硫酸、



硝酸後隨雨雪降落。這在西歐、北美一些地區已嚴重發生，使水體、土壤嚴重酸化，在缺碳酸鹽母質的瑞典已有 18,000 個湖泊酸化，嚴重影響水生生態系統，魚類受到很大影響；土壤酸化使樹木中的營養物質溶出，破壞土壤生物化學過程，影響了森林生長，西歐已有大片森林受到破壞。建築物、材料的腐蝕作用也很明顯。如西德慕尼黑的大畫廊、倫敦英王查理一世塑像以及許多金屬建築物損壞等等。有人對 2000 年環境問題的估算和預測研究中認為由於可燃礦物的大量使用及金屬礦產資源冶煉排放等引起大量硫（氮）氧化物等酸性氣體排放所引起的酸沉降或酸雨以及危害將更為普遍。

### [2] 溫室效應

工業、能源的發展，使排入大氣中的二氧化碳濃度越來越高。1850 年大氣中二氧化碳濃度為 290 ppm ( $10^{-6}$ )，1978 年已達 330 ppm，增加了 10%。由於大氣中的二氧化碳是紅外線的強烈吸收物，能顯著地阻止地球上長波輻射返回太空，加上吸收貯存二氧化碳的森林又日趨減少，因而全球性大氣中二氧化碳濃度升高有可能引起全球氣溫的升高，從而引起兩極冰雪融化、海面上升，對農作物生長也將有較大的影響。雖然國外對其影響的看法還不盡相同，但是，對於保護森林，維持碳循環的平衡重要性的認識還是一致的。

### [3] 臭氧層的破壞

大氣平流層中臭氧低於十萬分之一，但是這薄層阻擋著過量紫外線到達地表，有效地保護了地面生物的生存。臭氧濃度的降低，使大量紫外線輻射，嚴重損害生物基本結構，影響人體健康。大氣中氟利昂、氟化合物的釋放，航空工業發展後飛機的氮氧