

科學圖書大庫

# 生物有機化學

譯者 江志樞 蘇志明

校閱 何琴霞

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

# 生物有機化學

譯者 江志樞 蘇志明

校閱 何琴霞

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

監修人 徐銘信 發行人 王洪鎧

# 科學圖書大庫

版權所有



不許翻印

中華民國六十七年十一月二十八日三版

## 生物有機化學

基本定價 3.60

譯者 江志樞 台灣大學化學系理學士

蘇志明 台灣大學化學系理學士

校閱 何琴霞 台灣大學化學系副教授

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。謝謝惠顧。

(67)局版臺業字第1810號

出版者 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686 號  
7815250 號

發行者 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第 1 5 7 9 5 號

承印者 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段一五一號 電話 9719739

## 我們的工作目標

文明的進度，因素很多，而科學居其首。科學知識與技術的傳播，是提高工業生產、改善生活環境的主動力。在整個社會長期發展上，乃對人類未來世代的投資。從事科學研究與科學教育者，自應各就專長，竭智盡力，發揮偉大功能，共使科學飛躍進展，同將人類的生活，帶進更幸福、更完善之境界。

近三十年來，科學急遽發展之收穫，已超越以往多年累積之成果。昔之認為若幻想者，今多已成為事實。人類一再親履月球，是各種科學綜合建樹與科學家精誠合作的貢獻，誠令人無限興奮！時代日新又新，如何推動科學教育，有效造就科學人才，促進科學研究與發展，尤為社會、國家的基本使命。培養人才，起自中學階段，此時學生對基礎科學，如物理、數學、生物、化學，已有接觸。及至大專院校專科教育開始後，則有賴於師資與圖書的指導啟發，始能為蔚為大器。而從事科學研究與科學教育的學者，志在貢獻研究成果與啟導後學，旨趣崇高，彌足欽佩！

本基金會係由徐銘信氏捐資創辦；旨在協助國家發展科學知識與技術，促進民生樂利，民國四十五年四月成立於美國紐約。初由旅美學人胡適博士、程其保博士等，甄選國內大學理工科優秀畢業生出國深造，前後達四十人，惜學成返國服務者十不得一。另曾贈送國內數所大學儀器設備，輔助教學，尚有微效；然審情度理，仍嫌未能普及，遂再邀請國內外權威學者，設置科學圖書編譯委員會，主持「科學圖書大庫」編譯事宜。以主任委員徐銘信氏為監修人，編譯委員林碧鏗氏為編輯人，各編譯委員擔任分組審查及校閱工作。「科學圖書大庫」首期擬定二千種，凡四億言。門分類別，細大不捐；分為叢書，合則大庫。為欲達成此一目標，除編譯委員外，本會另聘從事

翻譯之學者五百餘位，於英、德、法、日文出版物中精選最近出版之基本或實用科技名著，譯成中文，供給各級學校在校學生及社會大眾閱讀，內容嚴求深入淺出，圖文並茂。幸賴各學科之專家學者，於公私兩忙中，慨然撥冗贊助，譯著圖書，感人至深。其旅居國外者，亦有感於為國人譯著，助益青年求知，遠勝於短期返國講學，遂不計稿酬多寡，費時又多，迢迢乎千萬里，書稿郵航交遞，其報國熱忱，思源固本，至足欽仰！

今科學圖書大庫已出版一千餘種，都二億八千餘萬言；尚在排印中者，約數百種，本會自當依照原訂目標，廣續進行，以達成科學報國之宏願。

本會出版之書籍，除質量並重外，並致力於時效之爭取，舉凡國外科學名著，初版發行半年之內，本會即擬參酌國內需要，選擇一部份譯成中文本發行，惟欲實現此目標，端賴各方面之大力贊助，始克有濟。

茲特掬誠呼籲：

**自由中國大專院校之教授，研究機構之專家、學者，與從事工業建設之工程師；**

**旅居海外從事教育與研究之學人、留學生；**

**大專院校及研究機構退休之教授、專家、學者**

主動地精選最新、最佳外文科學名著，或個別參與譯校，或就多年研究成果，分科撰著成書，公之於世。本基金會自當運用基金，並藉優良出版系統，善任傳播科學種子之媒介。尚祈各界專家學人，共襄盛舉是禱！

**徐氏基金會 敬啓**

**中華民國六十四年九月**

# 校閱小言

去年夏天，江、蘇二君來請校閱其所譯之「生物有機化學」。本人以此書極適合此時此地之需要，乃欣然應允。譯稿既成，余歷時月餘，校閱始告竣事。

「生物有機化學」一書，為由數十位曾獲諾貝爾獎的名學者們聯合執筆之巨著。內容著重於生物有機化學研究之動機與方法，行文流暢，深入淺出，頗適合大、中學生閱讀。

校閱譯稿時，因科學名詞部份未統一，諸多不便。尚祈國內科學界早日統一制定。校稿匆匆，疏忽之處尚祈前輩不吝指教。

本書於譯校之後，幸賴徐氏基金會鼎力支持，列入科學圖書大庫，得以早日出版，特此致謝。

何琴霞識

中華民國六十二年三月

# 前 言

在過去的三十年裏，從事有機化學教育工作的有機化學家們，不論是教化學系的或是教醫學院的，都在教材上和對學生的要求上，做了許多的改變。

一個最主要的變化就是我們對於有機分子如何互相作用，和如何因周圍環境的作用而改變了構造，都有了更深一層的了解。因為這個原故，所以有機化學雖然在很早以前就有了許多反應式，但是理論的根據卻少得可憐。而現在的有機化學卻變成了擁有許多金石般的理論了，對於各種化學反應都可看成是各種官能基的變化。這個轉變雖然尚未盡善盡美，但是也有了相當的程度了。目前學生們在學習普通有機化學時，首先就得接受一些分子構造和官能基的原理，然後再把這種理論和各種反應的例子來相互印證。

另外一個進展就是對於活的有機體，它的功能可以由它的分子結構來解釋，這包括了大分子和小分子。小分子就是以前的有機化學——天然物化學——主要的研究範圍。由於對活的有機體分子反應機構的知識的增加，所以現在無論是對有機化學的那一部分都得去多了解一些，而這主要就是天然物化學和高分子化學。換句話說，就是要對學習生物的學生灌輸一些有機化學的原理，使他們知道這些化學原理和一般的生物現象有相當密切的關係。

在初步的有機化學課程裏當然不太可能談到任何的生物有機化學，因為時間的限制以及生物有機化學的了解必須要有相當的有機基礎。一般教科書對於這種問題也只是稍微介紹一下。若能將這些事情用淺近的文筆寫出，而使一般人易於了解，便是拉近了有機化學和生物化學的距離。本書的各篇文章便都是基於這個原則而寫成的，節錄自科學美國 (Scientific American) 一書。我們取材的標準是重視化學意義、小說化以及大衆化的水準。在課堂上，教授講課時，有時會離開了課題扯些課外的東西，在課本上若是找不到，那麼在本書裏你一定可以找到，因為本書牽涉極廣。學生們也可以由現有的問題，用本書來做更進一步的研究。

本書主要分爲三大部分：

第一部分是分子的構造：談到一些巨大的生物分子，包括化學性質、空間形態和人工合成的大分子。這九篇文章都是由研究這方面極具盛名的科

學家執筆，他們之中有半數以上都曾得過諾貝爾獎。一般課本和論文都是枯燥的敘述，而本書各篇文章裏都有相當生動的描述，尤其着重於最初發現時的來歷和有趣的發展過程。

第二部分是生理調節現象，談論的對象是一些小分子，他們的功用可分為控制和調節生物體的各种官能，我們在這兒主要談的並不是生理作用，而是有這種作用的分子，究竟是有怎樣的化學結構。

天然物化學家們主要的研究物：固醇類 (steroids)、生物鹼類 (alkaloids)、黃素類 (flavenoids)、松油精類 (terpenes) 和藥類 (drugs) 都包含在其中。有機分子的各种官能基都能在這些化合物裏找到。當老師們在教各種有機化合物時，可以把這些天然出產的化合物，介紹給同學們；如幾種代表性的化合物以及它們的特性。原來在課本裏只作枯燥記述的東西，在本書裏却都以活潑生動的筆調來談論。同時在本書中的許多文章內都談到一些相當機密性的東西，當然這些都是你在別本書裏所找不到的。

最後一部分是化學生物動力學：包括了生物化學和分子生物學中的許多題材，不過都是用化學動力學來解說。我們選了一些像是化學遺傳、生物合成、光合作用、酵素化學、化學代謝以及化學演進等。用一些相當淺近而且生動的描述，使學生們在還沒有完全洞悉各種生物動力學過程的分子的基本成分之前，就能深深地體會出基本的有機化學理論是非常重要的。

由於篇幅的限制，我們不得不刪去許多相關的類似文章，不過在每部分之前的簡介中，我們將這些文章的名稱以及刊登在科學美國雜誌的那一期都列成了一張表，希望有興趣的同學能夠自己去閱讀。

Melvin Calvin  
Margaret J. Jorgensen



# 目 錄

## 校閱小言

## 前 言

### 第一篇 大 分子的構造論

	簡 介.....	3
第一章	巨大的分子.....Mark.....	5
第二章	蛋白質.....Doty.....	19
第三章	蛋白質的化學結構.....Stein and Moore..	31
第四章	胰島素分子.....Thomson.....	45
第五章	血紅素分子.....Perutz.....	55
第六章	血紅素的演進.....Zuckerkandl...	77
第七章	酵素分子的三度空間結構.....Philips.....	91
第八章	遺傳物質的結構.....Crick.....	111
第九章	核酸的核苷酸排列順序.....Holley.....	123
第十章	精密結構的高分子.....Natta.....	139

### 第二篇 生物的調節者

	簡 介.....	155
第十一章	基寧.....Collier.....	157
第十二章	植物細胞的生長控制.....Steward.....	173
第十三章	費羅蒙.....Wilson.....	191
第十四章	昆虫吸引物質.....Jacobson & Beroza	209
第十五章	花的色素.....Clevenger.....	223
第十六章	氣味的立體化學理論.....Amoore, Johnston, & Rubin	235
第十七章	類固醇.....Fieser.....	249
第十八章	植物鹼.....Robinson.....	265
第十九章	鎮痛劑.....Gates.....	275

# 第一篇

## 大分子的構造論



# 簡 介

構成生物體最主要的結構物質是許多種大分子，這些大分子稱為生物聚合體，包含了蛋白質、核酸以及多醣類。也許各位在有機課本中曾經看過一點這類的東西。我們在這一篇裏為各位所選的便是比較相似的兩種：蛋白質和核酸。對於多醣不打算談了。

第一章和第十章是由兩位化學家：Herman Mark 和 Giulio Natta 來告訴我們高分子的結構，他們二位在這方面都是相當有貢獻的，Mark 所要談的是如何由小分子單元構成大分子。Natta 描述的是如何在實驗室裏製得特定方位結構的大分子。在這兩章裏對於大分子的一般性質都有很明白的說明，通常較簡單的非生物高分子可拿來研究複雜的生物高分子。

第二章和第三章的作者更直接地談論蛋白質的物理化學，由這條路可推出蛋白質單元組成的內容。第二章是了解蛋白質物理性質的基石，第三章則說明了如何用化學方法來決定二十多種胺基酸的排列順序，我們要知道蛋白質是可以有任何長度和數以百計的胺基酸分子的。第四章是由 Thompson 來講胰島素的構造。從真正的蛋白質分子來研究胺基酸順序的故事，該是多麼地吸引人啊！研究的結果也相當驚人，約有二百多個胺基酸的先後順序被決定了；在 1966 年的 *Atlas of Amino Acid Sequence in Proteins* 上就列出了 190 個。

Perutz 和 Phillips 寫的第五和第七章裏，提出了第一個被人類決定出來的立體結構的蛋白質分子，給了一些使我們可以瞭解的結構學知識的線索。Zuckerlandl's 的第六章是介紹血紅素的演進史，我們從這篇文章裏不但可以了解如何決定分子的構造，而且更重要的是可以從化學的研究工作裏明瞭生物體的演進歷史的每一個簡單的步驟和小的變化。

談完了蛋白質，就該看看核酸了。核酸是控制蛋白質組成和結構的要素。Francis Crick 的第八章便是說明這個步驟的詳細過程，以及如何由核酸的結構和順序來決定蛋白質的順序和結構。Holley 的第九章告訴我們人

類最初是如何由一個小核酸——即少於一百個單元——上的鹼基順序來定出這個核酸的結構。再進一步就談到如何合成傳遞遺傳訊號的核酸分子，以及這些分子如何控制有機體的成長。

下列是有關於合成和生物高分子化學的參考文章，原文都是刊登在科學美國雜誌上。

- F. O. Schmitt, 細胞和組織裏的巨大分子 ( 9 月, 1957 )
- R. D. Preston : 纖維素 ( 9 月, 1957 )
- B. Wunderlich: 聚乙烯的固態學 ( 11 月, 1964 )
- P. J. W. Debye: 如何量度大分子 ( 9 月, 1957 )
- G. Natta: 如何製造大分子 ( 9 月, 1957 )
- A. V. Tobolsky: 高分子的機械性 ( 9 月, 1967 )
- B. Oster: 聚乙烯 ( 9 月, 1957 )
- H. F. Mark: 聚合物質之奧秘 ( 9 月, 1967 )
- J. S. Fruton: 蛋白質 ( 6 月, 1950 )
- L. Pauling, R. B. Corey 和 R. Hayward : 蛋白質分子的構造 ( 7 月, 1954 )
- M. B. Hoagland : 核酸與蛋白質 ( 12 月, 1959 )
- J. C. Kendrew : 蛋白質分子的三度空間結構學 ( 12 月, 1961 )
- A. Champagnot : 來自石油的蛋白質 ( 10 月, 1965 )
- C. H. Li 李卓皓: ACTH 分子刺激腎上腺皮層激素 ( 7 月, 1963 )
- F. H. Crick : 核酸 ( 9 月, 1956 )
- R. L. Sinsheimer : 單旋去氧核糖核酸 ( 7 月, 1962 )
- S. Spiegelman: 混核酸 ( 5 月, 1964 )
- H. Fraenkel-Conrat : 再造一個濾過性病毒 ( 6 月, 1956 )

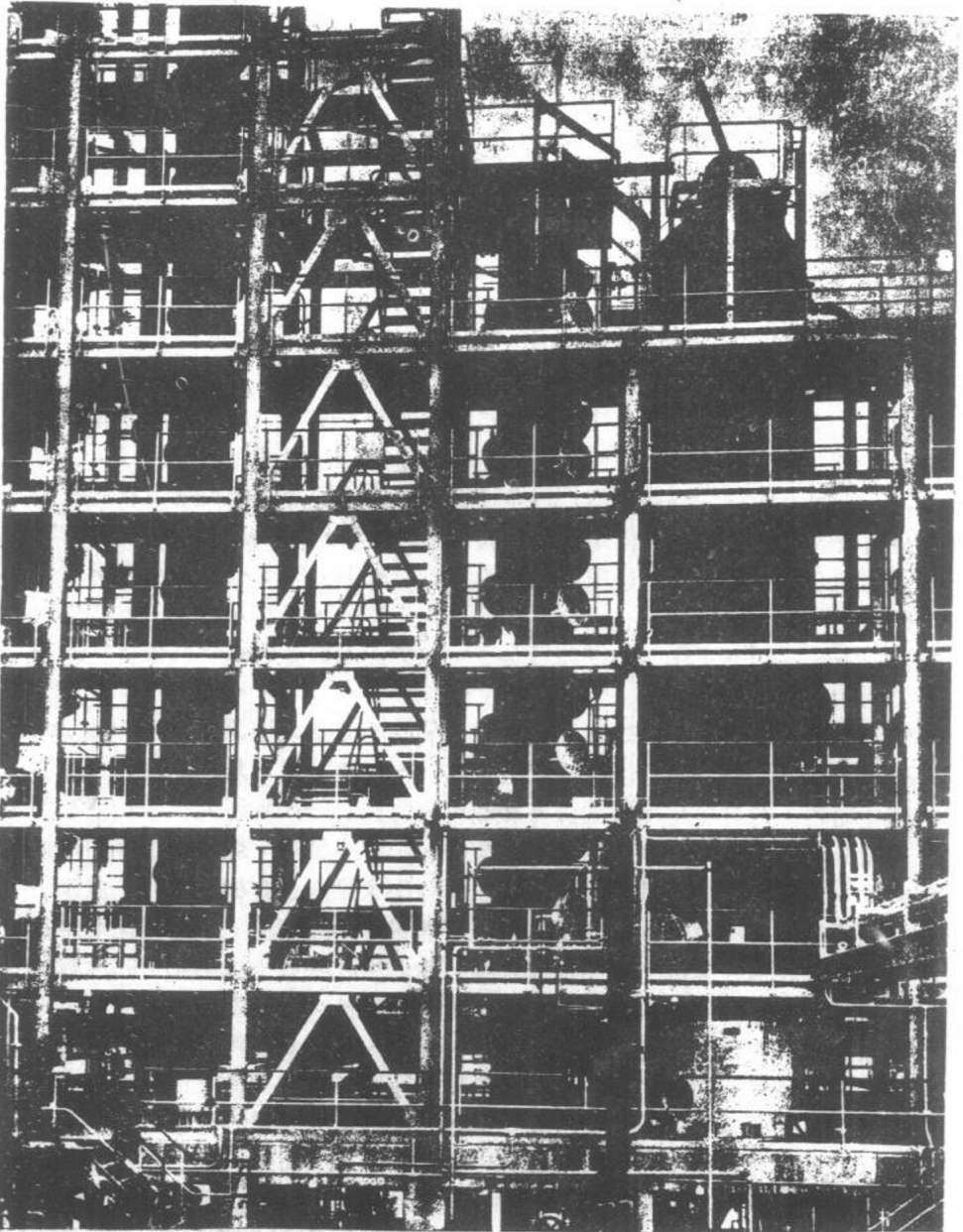
# 第一章 巨大的分子

Herman. F. Mark

大分子也就是化學家所謂的高分子，無論在食衣住行各方面，都是人類不可或缺的，所以高分子是相當的重要。舉例說吧：木頭是高分子，肉也是、澱粉、棉花、羊毛、蠶絲又何嘗不是呢！這些東西一向是人們最熟悉的，但是直到這個世紀以前，它們在化學上的地位還是一個謎呢！它們是生物的產物，它們也擁有自然創造萬物的各種奧秘。構成生命的物質是由我們所知道最複雜的分子所組成。但是這種複雜性也很奇妙地賜與了這些分子許多特性。因此這些大分子對化學家而言是相當富有吸引力的；不但要窺其構造之奧妙，而且要設法由人工合成之。在過去的十年裏，不論是有生命或無生命的高分子，在研究工作上都往前邁進了一大步，成爲今天科學研究工作上相當熱門的一環。

由化學來瞭解有生物是從 1828 年才開始的，當時德國化學家 Friedrich Wöhler 很成功地從試管裏合成了有機物——尿素，尿素是動物代謝的產物。繼他而起，有許多化學家對許多較簡單的有機分子開始研究化學結構和簡單有機分子之活性：像是糖、脂肪、尿酸、肥皂、酒精、煤和石油裏的碳氫化合物……等等。在上個世紀裏，許多的科學家投入了有機化學界，發展了智巧的研究技術以及建立了簡單有機物質性質之明晰理論，這些理論都是基於碳原子是四價的事實上。由這些理論，我們可以把成千成萬物質的性質加以分類，從沼澤的沼氣到花的色素以及毒蛇的毒性。由有機化學的原理，人們造出了許多合成物，像是染料、香料、藥品、燃料……等。所以事實上，今日人類的文明，如醫藥治療、衛生設施、印刷工業、美術、照相、交通、航空等等，都完全依賴於所謂古典有機化學所造出來的東西呢！

以上這些物質都是有機大家庭裏的一些幼小份子而已。它們較大、較複雜的親友——蛋白質、澱粉等——只有化學家們才去加以注意，主要是因爲它們實在是太難處理了。通常有機化學家用來分離和分析有機物的方法是：做成溶液，熔化、結晶等，但這些方法對大分子就不適用了！例如，纖維素



圖二：本圖是美國路易士安納州新奧爾良附近的一家工廠，圖中的又應塔是用來純化單元的。在這兒，是用乙炔和氫氰酸製造丙烯。這些原料是取自天然氣。

是木材的主要成分，當加熱時並不熔化，相反地，它先硬化，然後就分解了。同時它也不溶解，除非用化學藥品處理使它變成另一種東西。這種情形對其它的有機大分子也是相同的，例如羊毛、蠶絲、澱粉和橡皮。

當化學家在實驗時，偶爾會很不幸地製造出了有機大分子，他們遇到這種事情時，通常都是垂頭喪氣。在早期的文獻裏，有關報導這種反應的，都是充滿了憤怒，因為這些樹脂似的物質沾滿了玻璃儀器內部，弄得又髒又黏，而且很難洗掉。本來想從實驗裏做得一些漂亮的結晶，結果卻得到了這些髒東西，你想怎麼會不氣人呢！

簡而言之，在三十或四十年前，大的有機分子根本提不起化學家的興趣，古典有機化學正充滿了有趣且重要的問題待解決。在這種極端的劣勢之下，為什麼會有一個化學家毅然決然地踏上了征服高分子化學的研究工作呢？

然而，在 1920 年代時，研究像纖維素和橡膠之類的大分子是相當引人入勝的。在 1923 年，在柏林 Wilhelm Schlenk 的一個學生向他說，他對這種新的東西已下定決心要加以研究。Schlenk 在當時是一位非常卓越的有機化學實驗家，他說：「如果我能年輕 20 歲，（當時他是 55 歲），我也會像你一樣地對這東西感到興趣。但你最好再等十年，到時候你一定能夠對這種問題做較深入的研究。」結果證明了這些話是最好的忠告。

對於纖維素、橡膠、澱粉和蛋白質的組成研究，肇始於 1880 年代。化學家證實了這些大分子，和所有的有機物一樣，主要是由碳、氫和氧所組成。同時也知道了纖維素根本是糖化合物，澱粉則是另外一種碳水化合物，天然的橡膠是碳氫化合物，蛋白質又含有相當量的氮和少量的硫或磷。這些研究大分子的科學家們不久就斷定了這些物質主要的差異的原因是由於分子的體積大小。這些物質之所以不易溶和不易熔都是因為分子體積太大，由實驗證明：普通的石油碳氫化合物當聚合成較大的分子時，就變成較不易溶而且熔點也升高了！由棉花、羊毛和蠶絲的機械強度顯示它們是由很大而且很強的黏著分子所合成。

假設每個大分子都是由某些基石（building block）所構成，如在纖維素

圖一：這四頁的圖表是人造的一些高分子。圖的左方是單元的構造式，中央是每個高分子的特性鏈。一條完整的鏈是由數以百計或數以千計的單元所構成。有些鏈是與其他的鏈相互連結，例如酚和甲醛的聚合物和尿素甲醛聚合物都有這種情形。圖表中的高分子可分為兩類：加成高分子和合成高分子。在圖中只有九種原子：碳 C，氫 H，氧 O，氮 N，硫 S，氯 Cl，氟 F，矽 Si 和鈉 Na。苯  $C_6H_6$ 。通常用一個六角形來代表，原子之間的直線是代表化學鍵，一條直線就是單鍵，兩條直線就是雙鍵。



