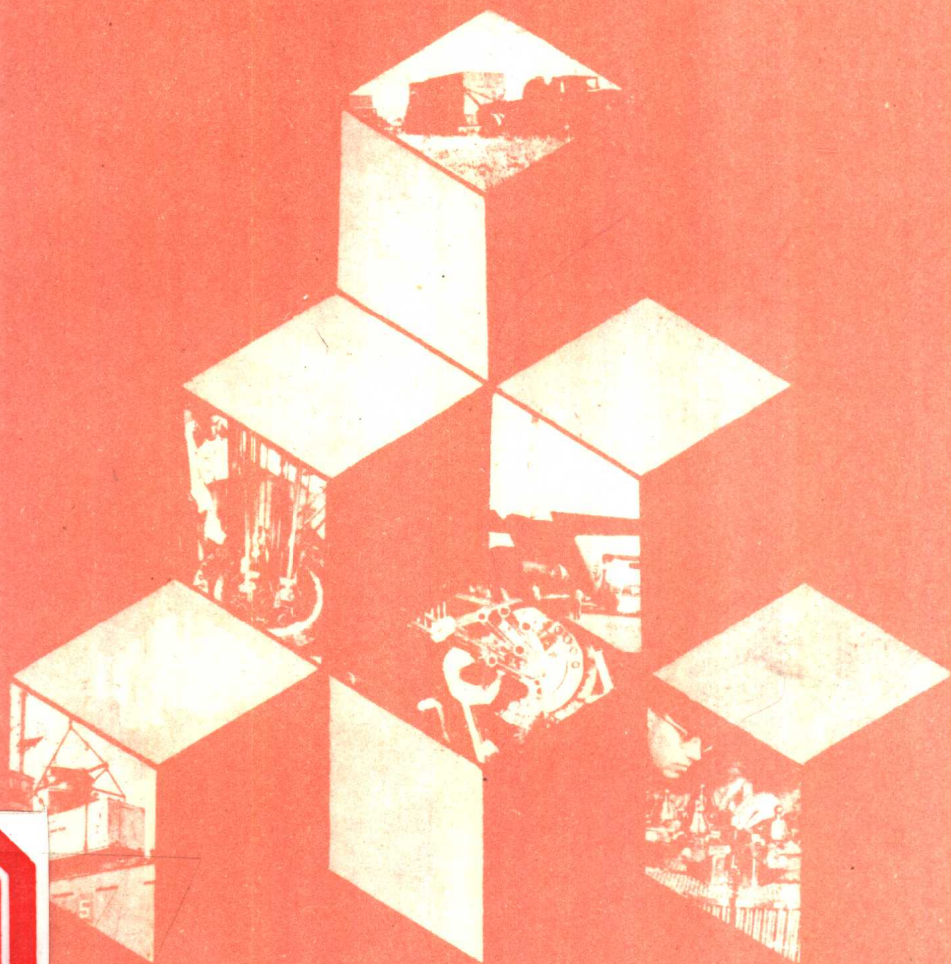


原子能文庫

主編 鄭振華



徐氏基金會出版

內政部登記證內版台業字第1374號

中華民國五十八年六月二十日初版

原子能文庫

9—12

版權所有

不准翻印

出版者 徐氏基金會出版部

台北郵政信箱3261號

香港郵政信箱1284號

發行人 鄧 普 賢

台北林森北路608 號三樓

主 編 鄭 振 華

行政院原子能委員會執行秘書

譯 者 第九冊 徐椿壽

第十冊 呂東輝

第十一冊 李寬宏

第十二冊 周祖康

印刷者 之江彩色印刷廠有限公司

台北縣二重埔光復路1段30號

定 價 新台幣二十元

港幣三元五角

訂為基價 1.00元

序

在世界科學文明已進步到太空時代的今天，任何一個人都了解發展科學的重要性，談發展科學，必須提高大家研究科學的興趣，才能按步就班地求發展。

本基金會對於海內外中國人士從事發展科學研究的情況，向來都寄予深切的關心，過去六年，本會曾資助大學理工科畢業學生前往國外深造，贈送一部份學校科學儀器設備，同時選譯世界著名科學技術書籍出版供給在校學生及社會大眾閱讀，其目的都在幫助促進科學發展。

我們深深希望自由中國的科學家和工程師們了解本基金會的用意，主動的重視科學技術書籍為發展科學的基本工具，從事寫作和翻譯，並且熱誠盼望與我們聯繫合作，我們願意運用基金從事各種出版工作，共同為我們邁進工業化的途徑而努力。

徐氏基金會

1967年11月

徐氏基金會啟事

- 一、凡對本書任何一部份，或本會所出版之其他書籍，能在內容及文字方面，提供建議，致使讀者更易迅捷了解書中意義者，如被採納，當致酬美金十二元五角至一百二十五元（折合新臺幣五百元至五千元），以示謝意。
- 二、本基金會爲了提倡及鼓勵我國同胞研究科學的興趣，進一步希望達到發展科學的目的，特公開徵求下面各類有關的中文創作及翻譯稿件。

甲、自然科學類：

數學，化學，物理學，及生物學。

乙、技術及工程類：

機械工程，電機及電子工程，無線電，電視，電信，汽車修理，鐘錶修理及製造，房屋建築，木工，水泥工等以及機械工程，電機工程及土木工程的製圖。

丙、醫學類：

個人及家庭保健衛生等一般醫學常識及教育方法。

凡是應徵的稿件必需採用通俗而流暢的筆調，使得社會一般人士及中等以上學校的學生容易吸收及了解爲原則，至於科學同技術方面的名詞應以國立編譯館所譯經教育部審定公佈的名詞爲標準。

稿酬：應徵稿件經過本會審查接受者，一律按每一千字新臺幣一百元（美金二元五角）核付稿費，如果本會認爲

內容特佳，並得提高其稿酬。

三、獎助：經本會接受付給稿費以後之創作及譯稿，其版權即屬於本會所有，並由本會出版，分別在臺灣、香港、星加坡等地區銷售。

本會將在各該書籍出版以後的第二年年底，核計其總銷售量，並分別贈與作者及翻譯者下面三種獎金。

1. 銷數佔第一位者：獎給新臺幣二十四萬元（美金六千元）
2. 銷數佔第二位者：獎給新臺幣一十六萬元（美金四千元）
3. 銷數佔第三位者：獎給新臺幣八萬元（美金二千元）

獎助辦法實行期間：自即日起，每年頒獎一次，暫定實行三年。

應徵者請直接向香港郵政第一二八四號信箱徐氏基金會接洽

原子能文庫

中文書名

英文書名

譯者

1. 輻射糧食的保藏學	Food Preservation by Irradiation	曾明哲
2. 核動力與船舶	Nuclear Power and Merchant Shipping	歐紹源
3. 我們的原子世界	Our Atomic World	鄭月李
4. 稀土元素	Rare Earth	錢鼎常
5. 人體與輻射	Your Body and Radiation	歐紹源
6. 原子在農業上的應用	Atoms in Agriculture	江祥輝
7. 能量直接轉換	Direct Conversion of Energy	朱 鈞
8. 原子燃料	Atomic Fuel	甘顯治
9. 核反應器	Nuclear Reactors	徐維禎
10. 分裝式反應器	Power Reactors in Small Packages	呂東輝
11. 放射性同位素之工業應用	Radioisotopes in Industry	李寬宏
12. 計算機	Computers	周祖康
13. 全身計數器	Whole Body Counters	鄭榮貴
14. 太空中之核動力	Nuclear Propulsion in Space	李偉德
15. 核子鐘	Nuclear Clocks	邱秀吉
16. 核能電廠	Nuclear Power Plants	程育甫
17. 輻射對遺傳因子之影響	Genetic Effects of Radiation	鄭德昌, 呂東輝
18. 核試爆的落塵	Fall-out From Nuclear Tests	林國瑞
19. 放射性同位素在醫學上的應用	Radioisotopes in Medicine	黃宏仁
20. 第一座反應器的故事	The First Reactor	黃海水
21. 合成超鈾元素	Synthetic transuranium element	鄭德昌
22. 加速器	Accelerators	蔡維綱
23. 原子能的事業	Careers in Atomic Energy	曾富煌
24. 放射性同位素動力	Power from Radioisotopes	汪曉康
25. 核子輔助動力系統	SNAP	鄭仁賢
26. 原子，大自然以及人類	Atoms, Nature and Man	張世賢
27. 低溫學	Cryogenics	黃炳華
28. 研究用反應器	Research Reactors	陳方順
29. 放射性廢料	Radioactive Wastes	彭武洪
30. 科學展覽會中的原子	Atoms at the Science Fair	盧堃盛
31. 核能脫鹽	Nuclear Energy for Desalting	董琍清
32. 中子活化分析	Neutron Activation analysis	丁英原
33. 核術語簡釋	Nuclear Terms-A Brief Glossary	清華大學核工系 1969 級
34. 鈾	Plutonium	歐紹源, 徐懷琮
35. 核燃料來源	Source of Nuclear Fuel	錢鼎常, 鄭月李
36. 太空輻射	Space Radiation	徐懷琮, 歐紹源
37. 原子動力之安全問題	Atomic Power Safety	林奈堯
38. 鈍氣化學	The Chemistry of the Noble Gases	程育甫, 蔡維綱
39. 原子與海洋	The Atom and the Ocean	江祥輝, 鍾仁賢
40. 核融合的控制	Control of Fusion	林伯顯
41. 放射性同位素與生命程序	Radioisotopes and Life Processes	陳松壽
42. 動物與原子科學研究	Animal in Atomic Research	姚士熙
43. 耕犁計劃	Plowshare	李寬宏, 汪曉康
44. 雷射	Laser	李偉德
45. 物質之細微構造	Microstructure of Matter	徐定國
46. 非破壞性工業試驗	Nondestructive Testing	曾明哲, 黃炳華

序

民國五十七年四月十三日，中美原子能委員會假台北市聯合舉辦原子能應用示範展覽會。會中展出一部原子能文庫（*Understanding the atom series*），凡四十餘冊，執筆者均為美國當代的原子能學者與專家。此文庫以通俗與淺顯文字，介紹有關原子能基本知識。國立清華大學核子工程學系四年級同學為響應推廣原子能和平用途，利用課餘時間，協力逐譯此文庫，並蒙該系主任翁寶山博士協助解答質疑與校對；復蒙徐氏基金會資助，陸續出版。預計在核四同學畢業之前，可全部譯竣付印。

我國正力圖發展與推廣原子能和平用途，此文庫之逐譯，適逢其時。希望不久的將來，原子能將為我國帶來繁榮與福祉，更希望有志青年，多參與發展原子能的工作。

鄭 振 華

民國五十七年國慶日
於行政院原子能委員會

本會出版之「原子能文庫」蒙國立清華大學原子科學研究所所長鄭振華教授賜任主編，熱心籌劃，嘉惠後學，純盡義務，不受報酬。至深榮感，敬表謝忱。

徐 氏 基 金 會 謹 啓

第九冊

核反應器

譯者 徐椿壽

目 錄

緒論	1
反應器如何操作	1
反應器設計	11
研究、教學、以及材料試驗反應器	12
生產反應器	15
發電用反應器	17
供熱反應器	21
推進反應器	22
太空用反應器	25
反應器安全	30
未來的反應器	33
附錄	34

目 錄

一磅鈾等於六千桶油

核動力在冰帽地區.....	1
燃料價值的比較.....	3
分裝的大東西.....	6
進一步的報告	8

技術背景

核動力廠如何工作.....	9
將核動力擺在車上.....	13
溫度愈高所需的重量愈小.....	15
利用大氣.....	17
立即建立的動力廠.....	19
重要觀念：能量倉庫.....	20

目 錄

明察秋毫.....	1
同位素淺釋.....	2
從“不愉快原子”到“閃爍原子”.....	3
同位素之製造.....	4
成大器之由.....	5
不入虎穴，焉得虎子.....	7
瑕疵難免.....	8
測 度.....	9
隔空測度.....	10
其他之放射性同位素測度法.....	12
瑕不掩瑜.....	17
放射線照相術.....	17
X射線和伽瑪射線.....	18
同位素源、儀器、及應用.....	19
自動放射照相術；其他射線照相；優點.....	21
示踪劑.....	22
活塞環磨損之研究.....	22
優乎？劣乎？.....	24
從油井至汽油桶.....	25

在“催化熱裂器”中的示踪劑.....	27
同位素稀釋法.....	29
肥皂、溶劑、和飛彈.....	30
輻射線處理法.....	31
同位素之產銷狀況.....	34
明日之展望.....	35
附錄一：放射性同位素之工業應用.....	38
使用同位素之主要工業產品及各種活動.....	42

目 錄

心算的神童.....	1
計算機的誕生.....	2
木棒石塊和算盤.....	2
奇才查理士·巴倍奇.....	3
從砲彈彈道到氣象預報.....	6
全自動的，計算機化的世界.....	11
計算機的剖析.....	13
一般性的數字計算機.....	13
二進制初階.....	15
輸入單位.....	17
磁記憶單位.....	18
算術單位的計算.....	24
有關計算機的電子學入門.....	26
壯麗的調度場—控制單位.....	31
從計算機中獲取資料.....	34
如何與計算機晤談.....	37
類比計算機.....	41
度量而非計數.....	41
愈小愈時髦的計算機.....	46
答案.....	50

核反應器

原著：約翰·荷金頓

John F. Hogerton

譯述：徐椿壽

緒 論

自從1939年德國科學家奧圖漢（Otto Hahn），和佛里斯查曼（Fritz Strassmann）發現了核分裂後，給原子能開創了新紀元。但是真正的開始，却是在三年以後，由恩瑞克費米（Enrico Fermi）所領導的一群科學家證明了自持分裂連鎖反應（self-sustaining fission chain reaction）的可能性，同時更重要的，這種反應能够被人類所控制。

費米的第一座核反應器，於1942年12月2日下午3點25分，在芝加哥大學運動場後面一間臨時的實驗室裏開始操作。如以目前的標準來衡量，這只是一些非常簡陋的裝置而已——由一些鈾和石墨方塊所堆砌成的，邊長24½呎，高19呎，堆砌的方法，只是簡單地把一塊石墨放在另一塊上面，那時我們稱它為原子堆（atomic pile），現在則稱它為核反應器（nuclear reactor）。

從那時起到現在，美國已建造了數百座的核反應器，在後面，我們會討論到反應器如何被運用到各種不同的用途上；以及它的主要發展計劃。在討論這些問題之前，我們必須先知道一般反應器的原理。

反應器如何操作

我們最好先從核分裂反應本身說起，在這反應裏，原子中央的核子被中子撞擊後，分裂成兩個稱為分裂產物的放射性碎片。它們以很大的速度彼此飛離，當撞擊到週圍的材料時，即產生巨大的熱能。在

一個原子核分裂的同時，也會產生類似X光的 γ 射線，和放出兩個或兩個以上的中子，這些中子再撞擊其他核子，又產生分裂，當這種過程繼續下去時，也就是我們所熟知的連鎖反應*。

核反應器只不過是一種引發和控制自持分裂連鎖反應的設計而已，由一些可顯見的理由，我們也可稱它為“中子機器”(neutron machine)。

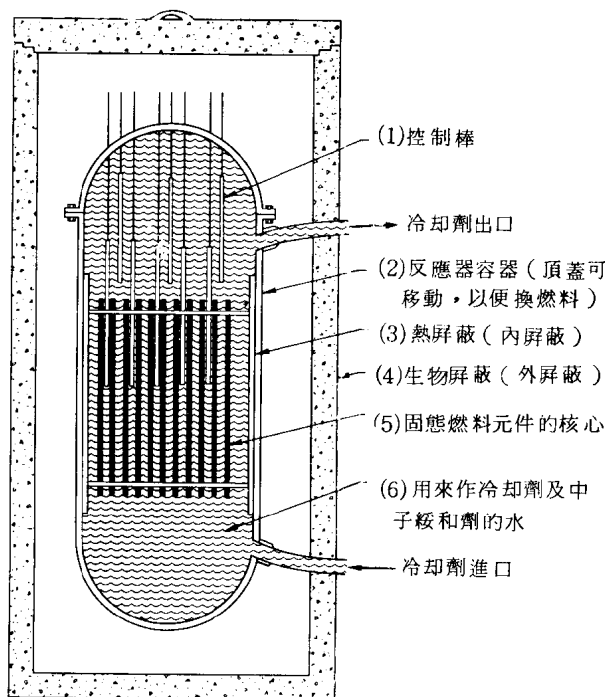


圖 1 核反應器(壓水式)

*關於基本原子科學知識，可看本叢書中另一本“我們的原子世界”。

核反應器可用於下列諸用途：

1. 供給強密的中子束，以做科學實驗之用。
2. 由中子照射產生新的元素和物質。
3. 供給熱能，以用來發電、推進、工業處理以及其他各種應用等。

核反應器的基本構造如圖一所示，包括：

由燃料所構成的“核心”(core)。(圖中5號)

中子“緩和劑”(moderator)，這種物質能減低中子速度，以促進分裂之進行。(6)

調節自由中子數目的一種裝置，我們可因此而控制分裂的速率。

(1)

移去由核心所產的熱的一種裝置，(在這張反應器圖中，是以冷却水來移熱的(6))。

輻射性屏蔽(3和4)。

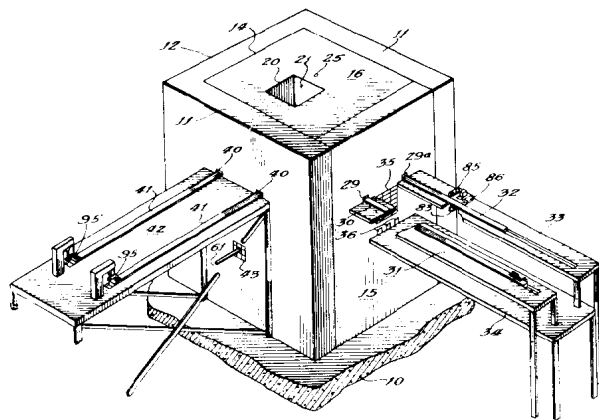


圖 2 1955 年 5 月 18 日所頒布的第 2708656 號專利。這項發明包括了第一座反應器，芝加哥原子堆 1 號。參與這項發明的學有恩瑞克·費米和李奧希勒 (Leo Szilard) 等。雖然這項專利早在 1944 年 12 月就已申請，但却一直等到幾年後，當一切它所包含的秘密公開之後，才頒布下來。這個圖就是當時在專利申請書上所畫的。

燃料 反應器燃料中所不可缺的即可裂性材料——也就是當被中子撞擊時，很容易發生分裂的物質。在自然界中，能以慢中子引起分裂的元素，只有鈾-235，它是鈾的一種同位素，在天然鈾礦中僅佔0.71%，其餘的幾乎均為鈾-238（另含極少量的鈾-234），稱為可孕材料，因為當鈾-238被中子照射時，能變成可裂性的鈾-239*。

反應器燃料通常是由可裂材料及可孕材料所混合組成的。當燃料被操作中的反應器所照射時，可裂材料的原子就被消耗掉，而同時，可孕材料却形成了新的可裂材料。所消耗掉的和所形成的可裂原子數之比，因各個反應器的設計不同而異。在一種名為“滋生式”的反應器中，這個比數可以做到小於1，但是差不多目前的反應器這個比數都大於1。用滋生式反應器來產生較損耗掉更多的可裂材料，並非是不可能的。所謂滋生，就是在一段長時間內，有效地將可孕材料轉變為可裂材料，因此我們有把握能有效地使用核燃料資源。

在燃料中，可裂原子所佔的百分比是一項非常重要的因素，因為它影響到反應器體積的大小。百分比愈大，反應器就可做得愈精緻些，但這個百分比有它一定的限度，在這裡我們不討論這個問題。有些反應器用天然鈾作燃料，它所含的可裂原子數小於百分之一。有些反應器則以輕度濃化鈾作燃料。另有一些，特別是用在推進應用方面的反應器上，由於精緻性在這方面上的重要，所以就用高度濃化鈾作燃料。

另一方面，燃料的物理形態也是一項重要因素。有些反應器用液體燃料，如濃化鈾的水溶液，但大部分的反應器都用固體燃料——如金屬鈾或氧化鈾、碳化鈾等陶瓷物。固體燃料容易做成各種不同形狀——板狀、錠狀、針狀等，把他們聚集在一起就構成所謂的燃料元件

* 同樣地，另一種可裂材料鈾-233，能以中子照射釷元素而產生。所以，有三種基本可裂材料（鈾-235、鈾-239，和鈾-233）以及兩種可孕材料（鈾-238和釷）。

** 濃化鈾，是將天然鈾經過同位素分離過程所做出來的。其可裂原子的含量可從百分之一到百分之九十以上。