

原子核能及其和平用途

現代國民基本知識叢書 第四輯

魏 昂 壽 編譯
戴 運 軌
溫 德 著

中華文化出版事業委員會出版

現代國民基本知識叢書

第四輯

原子核能及其和平用途

溫 德 著
戴 運 軌
魏 岳 壽 編譯

現代國民基本知識叢書 第四輯

原子核能及其和平用途

中華民國四十五年三月初版

中華民國四十五年四月再版

定價新臺幣五元整

(外埠酌加運費滙費)

版權所有
不許翻印

著者
編譯者

溫

戴運軌

德

壽

出版者

中華文化出版事業委員會

發行者

中華文化出版事業委員會

地址：臺北市中正路一七三〇號

電話：二七二九七

印刷者

新生報社新生印刷廠

地址：臺北市西園路二段九號

電話：二二〇九六・二七一二五

總經售處

中央文物供應社

地址：臺北市仁愛路一段二號

電話：二二九三六

序 言

科學上新的發見往往可利用於善和惡的兩面。爲善抑或爲惡，須視人類依照當時的需要及其道德的與哲學的觀念來決定。現今和平已臨，各國人民都希望安居樂業，即就十五年來繼續研究所得的知識而言，原子能和平用途的發展，誠可謂時機已成熟了。1954年12月聯合國全體會議通過一項議案，謂原子能和平用途可藉國際合作來推進。聯合國教育、科學及文化組織的第八次會議亦同樣通過這項議案。於是世界第一大事就在日內瓦舉行聯合國原子能和平用途的會議於1955年8月，適爲原子彈投在日本廣島後的第十年。

新時代已經開始了。原子能的工程上應用及原子物質的科學上研究，將被世界各國所分享。一般民衆不久可以知道許多新的事情，猶如日常煤炭與蒸汽的用途一樣，誰都熟悉的。在最近的將來，或在教科書從新編印以前，或在兒童尚未成人以前，原子能發電定可實現，已無疑義。故欲灌輸原子能和平用途的知識，須有一種敘述概論的書冊。這樣書冊的出版在目前誠屬迫切的需要，尤以學校的教員與一般的作家爲更甚。

聯合國教育、科學及文化組織 (Unesco) 的使命，是在教育與科學上依靠國際合作來增進和平。這次適逢日內瓦會議，本組織能够出版這本小冊子，深爲欣慰，如果有助於人類生活的增進，更爲幸甚。

董事長 伊 文 思 (Luther H. Evans)

譯者附言

本書原名“Nuclear Energy and Its Uses in Peace”。原著者溫德 (G. Wendt) 博士介紹本書說是吾人進入原子能“新大陸”之嚮導書，其風景就是美麗的科學，而道路就是教育，一如吾人利用旅行指南者然。著者現任聯合國科學文教局“科學新聞”之主編，他在文教局雜誌 (Unesco Courier) 內所寫之科學文章，都被譯成各國文字，暢銷全球。當今原子能和平用途已達高潮，誰都願知道新時代之寵兒“原子能”究竟是什麼？原子爐有何貢獻？放射同位素的應用是如何廣泛，如何造福人羣的？本小冊子就是旅行指南式的嚮導書，謹向國人推薦，以便解答目前迫切的種種疑問。

民國四十四年聖誕節 譯者識

目 次

第一章	能 量.....	1
	導言, 能是什麼, 燃料, 食物, 化學能	
第二章	原子核燃料.....	8
	基本原理, 對裂, 同位素, 人造元素	
第三章	資 源.....	15
	歷史, 新資源, 提鍊方法, 分離方法	
第四章	反 應 器.....	20
	反應器的原理和構造, 鈾的生產, 增殖反應器, 特殊反應器	
第五章	動 力.....	27
	動力的需要, 蒸汽的產生, 成本, 用途	
第六章	放 射 性.....	33
	天然放射性, 放射同位素, 射線的用途, 純粹同位素	
第七章	追 踪 劑.....	42
	工業上應用, 農業上應用, 生物學研究上應用, 光合作用	
第八章	展 望.....	54
	新的科學, 國際的展望, 聯合國的動向, 食糧和農業組織, 世界衛生組織, 聯合國教育、科學及文化組織, 世界的願望	

附錄：各種定義

第一章 能 量

1. 導 言

原子彈之所以成爲唯一的武器者，因其在甚小的包裹中包含着巨量的能，而以極大的速度釋放之故。在原子彈中，能量是集中而濃厚（濃縮）的。就同樣的體積比較，原子彈中能量的濃縮程度要比任何其他形式的能量高過數百萬倍。雖然能的總量比原子彈更大的例子可以舉出很多，如響雷時候釋出極大的能量，又如太陽光照在地球上，一日之間可使數百萬噸的水蒸氣上昇爲雲，其能量之大幾乎不可臆測，可是此等形式的能都是擴散而稀薄的。反之，原子彈的能量祇埋藏在數磅重的原子物料中，得於一瞬之間突然釋放出來，就成爲猛烈爆炸的現象。

濃縮的能量可於瞬間釋放雖已被證明，但就應用而言，迅速地釋放能量，只限於軍用。比較緩和的普通爆炸藥，往往用以爆破山岩或開通隧道，這也是利用濃縮的能量釋放出來，藉以分散岩石固體間的內聚力。除此之外，在平常吾人生活範圍內，濃縮的能量似覺無甚用處。吾人利用能，只注意能量的多少，利用的效率和價格。至於釋放能量快些或慢些，並非重要之點。暖房的火爐，其中煤炭的燃燒可任其在數小時內，緩緩進行。汽車的駛動全靠汽油在引擎中燃燒，但其能量的釋放在數分鐘或數小時內，亦是緩慢的，決非數秒鐘所能辦到。可知和平用途的能，概自少量的燃料緩慢地釋出，並非來自爆炸。此爲和平與戰爭

之間的對照。本書全爲和平用途而寫，無需乎再提及炸彈。

原子能的和平用途，即指生產一種原子燃料，使其應用於工業，城市生活與家庭以及農村。關於此種原子燃料的生產，問題不在於量的多大或時間的迅速，而在於價值的低廉，原料的豐富以及應用的便利，何時可以開始實行，並如何可以圓滿完成。舉凡此類問題，於 1955 年 8 月在日內瓦召開的原子能和平用途的聯合國會議曾經討論。會議的結果，尚不能明確地解答諸種問題，仍需要專家的繼續研究。在現今狀態下，僅有少數的科學家能够解答這種問題，因爲原子能的應用原理和實際是近十年來發達的，詳細情形未曾登載於普通教學的書本上，並且新發見的知識往往秘而不宣，以是各國的研究趨向，在不同方面的發展。誠可謂異曲同工，應該歸納一致，以成大觀。

尤有進者，原子核反應器 (nuclear reactor) 產生許多副產物，包括數百種放射性同位素和牠們的化合物。經研究結果知道這些都可應用於醫藥，農業和工業，雖然目前可以利用的放射性同位素爲量有限，但應用於農工業以來，已於無形中節省了數百萬美元，至於醫藥和生物學上的進步更有極大的價值。如果原子爐作爲和平用途，這些放射性同位素的產量當更增加，價格亦趨低廉。所以不僅是原子能爲本身有用的，就是原子反應器的放射性副產物，對於人類的生活亦極有裨益。

現今關於放射性副產物的應用，可謂尚在幼稚時期，所有研究成績都分散於各國的研究所和醫院。將這些成績綜合起來，以期充分的應用，端賴各國間相互了解，這點又是日內瓦會議的重要議題之一。

此在聯合國領導之下而開會，其意義深長。全地球各國在過去十年間，彼此所有的許多友好的接觸，已結合而為世界的機構，由此機構可以推進偉大而嶄新的國際資源之發展。其利用的重要性與時俱增，將改進世界各處的生活條件，並將改變其方式。這種新資源曾發現于過去，如有名的美洲發見與蒸汽機的發明。但從未由整個世界作進一步的整個研究。此為建立一新時代的起點。

如是，在日內瓦會議中的議案，其公共之興趣完全取決於議案之影響全人類與否。其議案以科學的文字表出，確實寫成比較新鮮的原子科學文字，而全文對於任何國家的一般民衆不易了解。即使解釋為新聞紙的文字與無線電的廣播，他們亦將感覺迷惑。然而此新型的能量乃是一種社會力量，不能全聽科學家的擺佈。其用途不得不受民衆之支配與需要。所以全世界有思想的民衆皆欲求其了解。其意義就是說他們必須努力來作研究，因為無學習捷徑的緣故。

欲知道學習、教育、科學與文化的國際方法如何，由聯合國科學文教局 (Unesco) 作詳細的計劃而公佈之。本書是進入原子能“新大陸”之嚮導書，其風景就是美麗的科学，而道路就是教育。

2. 能是什麼？

關於科學題目之任何書籍，欲在實用上類似於旅行指南：著者實無法預先估計，讀者究已懂了若干。大多數讀者對於生疏的陸地一無所知，另一部分讀者已作迅速的旅行而知其主要的里程碑，又有其他讀者屢欲詳查道路地圖或欲知其最近的變化。最好辦法莫如為各

種讀者分別寫成嚮導書。用單一本書以供全體讀者，對於有經驗之旅行家若載其已知事物，反使之受累；在另一方面如略去簡單事實可使新來者感覺迷惑。因為多數民衆在科學世界是門外漢，所以爲此而寫成一般的書。其他讀者可以略去已知的部分，一如吾人利用旅行指南者然。所以從頭說起是上策。

能的定義很難以下。能不是一種物件，並非如物質一樣可以捉摸。能既不佔有空間又無形影。但能是各種作用的主體，時時刻刻所起的運動，都有能主裁着，依照吾人平常的經驗，能量往往附屬或包含於物體。例如飛來的球，就因運動而有能。若碰到第二球，便亦起運動，就因其提供一部分的能于第二球的緣故。

能除可見之運動以外，又可以種種型式存在，水蒸氣在高壓之下而有能，推動活塞，這是以熱的型式存在的能。就是熱能可使水的分子迅速運動。當引擎中蒸汽推動活塞而膨脹後，溫度降低，而熱能就變爲引擎運動的機械能。於是引擎又可拖動發電機，使金屬中電子運動而發生電能。這電能又可使馬達運轉而變爲動能，或通過導線而變爲熱能，或因導電之後溫度昇高，導線發光，以至一部份的能以光的型式輻射出來。光似乎是能之最單純的型式，因其與普通的物質質點不相連繫，却由一連串的以太微粒稱爲光子者所合成，直接進入眼睛裡而引起視覺。

光是輻射能。大量的光從太陽發出，流經空間，以每秒 186,000 英里的極大速度射到地球表面，隨時隨地變爲熱能。令人最驚奇的是植物的綠葉，於吸收光能之後，就可引起化學反應，就是空氣中二氧化

碳和自土壤吸上來的水化合而成糖，澱粉或纖維素。以糖為出發點，植物又可利用氮肥料以合成蛋白質，或僅從糖變為脂肪。日光每年給人類製造了約 100 億噸的木材，其主要成分是纖維素，又製造了數億噸的小麥，米和蔬菜果實，其主要成分是澱粉蛋白質和糖。這些食物含有另一種型式的能，稱為化學能，可使許多原子結合起來成為分子狀態的澱粉或纖維素，食物的化學能，當然是從日光能轉變成的。化學能是一種貯藏的能，好像彈力一樣，貯藏在緊繞着的彈簧裏面。

這種貯藏的能，可稱為作功的本領，可以無聲無息地埋藏在彈簧，燃料，或高山上的雪中，一遇機會就被釋放出來，以熱或電的型式，替吾人作功。以術語而言，作功的是能，而作功的快慢是功率。有力量的人或引擎並未比小者作更多的功，但在短時間內作相等的功。總功由可用之能量而定，消費能量以作功的速率，賴以測定功率。

3. 燃 料

燃料有貯藏的能。在燃燒時，燃料物質放鬆其原子之間結合力量（化學鍵）和空氣中氧化合而生熱。這熱本來就是來自太陽而轉變成的化學能。從前用木材作為燃料，現在概用煤炭。所謂煤炭原是古代植物壓入地層中，成為化石遺骸，亦有化學的貯藏能，不過能量要比木材濃厚。同樣，石油是古代海洋浮游生物的遺骸分解而成，亦貯藏着濃厚的能。不論是木材，煤炭或石油，其貯藏的化學能都從日光能轉變的。就用途而言，液體燃料的石油產品，可以點滴的狀態在引擎中燃燒，藉以適合引擎的轉動速度，比固體燃料更為方便。

4. 食 物

在化學上講，食物亦是一種燃料。食物可供給能，以維持吾人生活現象。雖然一部份的食物用以促進生長並修補身體組織，但大部份的食物在體內燃燒作為能源。如澱粉，蛋白質，脂肪之類，複雜的分子分解為簡單的分子。主要的反應是從肺部吸入空氣，留住其中的氧，由血液運行至身體組織，引起氧化作用，復使食物成分變為二氧化碳和水，將其排出體外。在反應之間，釋放出來的能就可維持體溫，並可使筋肉和神經細胞活動。

食物的評價，往往依照其貯藏的能量，普通以單位大卡表示，一大卡又稱一仟卡，是加熱一公斤的水升高攝氏一度所需的熱量。吾人每日至少約需攝取 3,000 大卡的熱量。一磅麵包供給約 1,200 大卡，一磅的糖供給的 1,800 大卡。每日二三磅食物，由其碳水化合物與脂肪的比例而定，對於平均的日間工作，提供充分的能量，不過勞動過度的人們却需更多的能。

5. 化 學 能

原子可以結合為分子，因原子之間有結合力量（化學鍵）存在。實際上這種結合力量起因於原子表面所環繞的電子，恰與行星環繞於太陽的周圍相同。由燃燒發生的能，終究來自電子的能。當碳原子或氫原子的外層電子遇着氧原子的外層電子時，此等原子的電子軌道相互結合，成為比較隱定的狀態，即以比較少量的能可以維持結合，於是過剩的能就從貯藏而釋放出來，變為有用的，通常以熱的形式作功。

依上所述，各種燃料和食物的化學能，確實來自原子本身的外層。但現今所謂原子能，却來自原子內部的核，應該稱為原子核能，以示區別。當原子核能第一次釋放于廣島，突然驚奇，發言者與記者稱之為“原子能”，恐因原子二字已足夠神秘，其能從來聞知原子核者不可多得。但一種新科學不可避免而引用新名詞于普通言語中，如包括“原子”本身與“電子”，以及今日之“原子核”。

原子理論在 150 年以前，第一次導入於化學內。但自火被人類利用以來，原子已提供人類以其表面電子的能量。數百萬年前自第一根海產小動物，吃了一小片綠藻以維持生命，於是原子確已被用以供能量。一切的化學能皆屬於原子的。故本書對於其题目的能量與動力，概用正確名詞“原子核的”(nuclear)。

第二章 原子核燃料

1. 基本原理

新時代的原子核能，根據下列諸種要點。

(1) 迄今吾人應用燃料，係利用其化學能，而化學能僅由原子表面的電子所引起。

(2) 原子的中心有核 (**nucleus**)。一個原子的物質和能，幾乎全部包含在核中，並且以極濃的狀態包含着。遠離核的周圍，有一定數目的電子繞軌道而轉，好像行星環繞太陽一樣。

(3) 核的體積僅佔原子全部體積的數萬億分之一。在這樣絕小的體積中既含有物質，故物質極為濃縮。如果有一滴水那麼大小的一塊，其物質濃縮到和原子核一樣，稱其重量可達二百萬噸，可知原子核中物質的濃縮程度，實非吾人平時經驗可得領會的。

(4) 這樣濃縮的物質，固結不散而存在於絕小的體積中，應有極濃的能。

(5) 有數種原子，比較大的且構造複雜的，例如鈾 (**uranium**) 原子，如果從外方有某種適當大小和適當速度的拋射體，例如宇宙射線 (**cosmic ray**)，擊鬆原子核的束合鍵，可使原子核裂開為碎片，這碎片就以每秒數千英里的速度飛散出來，於是有非常大的能量。此現象稱為對裂 (**fission**)。

第二章 原子核燃料

(6) 由原子核分裂而成的碎片，概是其他小形原子的核。此等遊離的核可以拾獲電子而成為普通化學元素的原子。但有一部份的碎片是組成物質的最小單位質點，就是組成任何原子核的基本質點。此等質點包括中子 (neutron) (並無電荷) 與質子 (proton) (有一個陽電荷，而所謂質子就是最小最輕的氫原子的核)。發射出來的中子速度極大，如果碰到其他可以對裂的原子核，也就引起對裂，這稱為連鎖反應 (chain reaction)。

(7) 原子核對裂之後，測定所有碎片的質量，求其總和，却少於本來原子核的質量。可知質量的一部份已經消滅。這消滅的質量，已轉變為能。依照愛因斯坦的相對性理論之預言，及其有名的方程式， $E=mc^2$ ，質量可以轉變為能。在這方程式中， c 表示光速， m 表示質量， E 表示能。光速是每秒 300 億 cm ，如果 1 克物質轉變為能，就幾乎等於 2,000 萬噸煤炭燃燒所生的能。但現今吾人可以實行的對裂反應，祇不過消滅原子核物質的千分之一而已。所以欲消滅 1 克物質，就須用對裂性物質 1 公斤。

(8) 當原子核反應進行時，所發出的能一部份是輻射，猶如極強的 X 射線，可貫穿甚厚的水泥牆壁。這種輻射，稱為加馬射線 (gamma ray)，可以殺滅細胞，是在原子核反應實驗時候認為危險的射線。比這更危險的，要算高速的中子，這些也可穿過厚壁。

(9) 吾人可設法調節原子核反應。如用適宜構造的反應器，使原子核反應安全地且圓滿地進行，吾人就可獲得所需的能。

(10) 凡原子核可以對裂的化學元素，就是一種新型的燃料，其

壹磅所發生的能量，比普通燃料壹磅，要多出三百萬倍。

2. 對 裂

以上列舉的十點，藉可明瞭原子核燃料應用原理的一般。但最重要的一點，就是祇有數種較大而較重的原子，可以實行對裂反應。普通元素的原子，如鐵，鋁，鈣，矽，碳，氧，氮，氫等，雖然存在地殼和海洋中甚多，但不能被對裂的。這些都是從鈾原子核對裂出來的，可稱為大原子核對裂剩餘的灰燼。在地球上可被對裂的元素，實在為量很少。

現今所知可用於對裂反應的元素，祇限於鈾 (uranium) 和釷 (thorium) 二種。這二種元素的原子，本來就有輕微的放射性，其原子核時時刻刻放出碎片，電子，質子，中子等，不知經過幾許世紀，最後變為鉛。比鈾更重且更複雜的原子，在目前的地球上不會天然存在的，如果在混沌時代已經存在的話，也就早已衰變而變為穩定的鉛了。

3. 同 位 素

天然出產的鈾，僅有0.7%可供對裂反應，就是140個原子之中僅有一個原子可生對裂。由此可知鈾的原子有二種，其原子核的構造各異。這二種鈾，稱為同位素 (isotopes)，牠們在元素週期表上排在同一位置，其原子核的質量雖然不同，但正電荷相同，故原子表面的電子數相同，因而化學性質亦相同。

第一種鈾的原子量為238，其單位為一個氫原子的重量。第二種鈾的原子量為235，各簡稱為 U-238 和U-235。在天然出產的鈾礦中，鈾

同位素的混合比例爲重者 99.3%，輕者 0.7%。祇有輕的 U-235 可生對裂。所以欲準備原子核燃料的原料，第一步就須分出純粹的 U-235。

不同的化學元素，普通可用化學試藥的反應，使其分開。故鈾礦中鈾元素，就用化學方法，可以分得。但分得的鈾，是二種同位元素，其化學性質一樣，須依照其質量的不同，以行物理的分離方法。

質量而非重量，可以控制任何氣體分子的雜亂進退的運動速度。溫度愈高，其速度亦愈大，但在任何溫度，質量少的分子與原子，跳躍比較快些。先使鈾或爲氟化物，這氟化物是氣體，於通過有多數細微小孔的隔壁之時，質量少的 U-235 通過較速，而質量大的 U-238 通過較緩。這樣，通過數千層次的隔壁，需時數月，最後 U-235 便成純粹。用這種分離方法，須建造規模巨大的工廠，並且分離的費用很貴。

4. 人造元素

U-235 的產量實在有限，並且價值昂貴。如果原子核燃料祇限于 U-235，將來實用的希望誠屬渺茫。幸而在二次大戰期間已發見 U-235 可用以生產其他新元素而有對裂性質者。新元素的人工製造，曾爲古代鍊金術家所夢想，可是至今實現了。從未在地球上發見過的新元素和新同位素，數以百計的陸續被製造出來，都是應用原子核的連鎖反應製出。其中有一個新元素名爲鈾 (plutonium) 和鈾的新同位素 U-233 可生對裂，是目前重要的原子核燃料。

製造此等元素的方法並不簡單。第一步須使 U-235 的原子在原子爐即所謂反應器 (reactor)，中行自然的對裂。當一個 U-235 原子