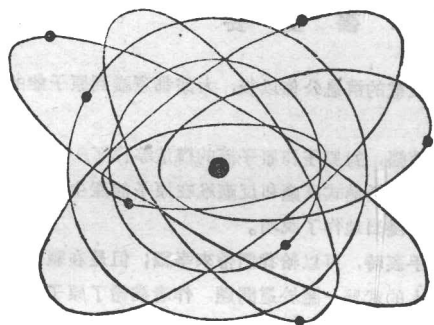




原子能

趙忠堯

中華全國科學技術普及協會出版



(中央科學講座講演速記稿)

原子能

趙忠堯

中華全國科學技術普及協會出版

4293
598

科普小冊子

太陽能的利用	B·B·別圖霍夫著	符其珣譯	1,500元
先進的蘇聯科學		錢三強著	1,000元
人和自然的鬥爭		溫濟澤著	1,600元
物質的放射性	K·B·扎波連科著	張大揚譯	2,300元
物質的一般性質		陳文熙著	即出
原子能和它的應用		錢三強著	即出



出版編號: 120

原子能

著者: 趙 忠 堯
 責任編輯: 莫 奎
 出版者: 中華全國科學技術普及協會
 (北京市文津街三號)
 北京市書刊出版業營業許可證出字第053號
 發行者: 新 華 書 店
 印刷者: 北 京 印 刷 一 廠
 (北京市西便門南大道乙一號)

開本: 31×43 1/4 印張: 16 字數: 8,000
 一九五四年十二月第一版 印數: 20,500
 一九五四年十二月第一次印刷 定價: 1,400元

本書提要

蘇聯原子能電力站發電的消息公佈以後，大家都意識到原子能的時代已經開始了。

本書作者用短短的篇幅，對原子和原子核的構造等作了一般的介紹，對於原子能的產生，包括鏈式反應和反應堆在原子能產生的過程中所起的作用等，也深入淺出地作了說明。

原子能掌握在人民手裏時，可以給我們帶來幸福；但是在戰爭販子手中，却是大規模殺人的武器。關於這問題，作者描繪了原子能的發展前途和生產力飛躍發展的遠景，鼓勵我們努力掌握原子能，保衛世界和平，爭取幸福的將來。

目次

原子	1
原子核	3
原子能	4
鏈式反應	7
反應堆	9
原子能電力站	12
原子能的現在和未來	13

原 子

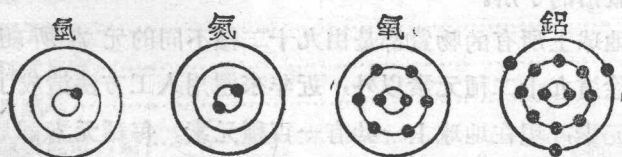
要對原子能有所認識，必須對原子和原子核的構造先有一個概括的了解。

地球上所有的物質都是由九十二種不同的元素所組成的。除這九十二種元素以外，近年來還用人工方法造成了幾種新元素，現在地球上一共有一百種元素。每種元素都是由許許多多性質完全相同而體積極微小的原子所組成的。

一個原子的體積微小到什麼程度呢？我們試拿一根頭髮來作比喻；假如這一根頭髮是圓的，它的橫斷面無論怎樣小，總會有一個直徑的。因為這直徑太小了，給我們看來已經很費力。但是，像這樣小的頭髮直徑，還可以等於原子直徑的五十萬倍到一百萬倍。可見原子的體積是很小的了。

那怕是這樣微小的一個原子，它的中心也還有一個原子核，核外也還有周流不息的電子圍繞着。核外電子數目由於

各種元素的原子不同而各有不同。如：氫原子核外有一個電子，氮有二個，鋰有三個，氧有八個，鋁有十三個，鐵有二十六個，鈾有九十二個，直到人造元素的鈾原子核外有一百個電子。各個電子按着一定的軌道在核外運動，就好像天空的一些行星圍繞着太陽運動一樣。但是原子的重量差不多集中在原子核上面。一般說來一個原子含有電子愈多，它的原子核也愈重。原子中的原子核和電子都是帶電的，但是原子核所帶的電是正電，即陽電；在原子核周圍旋轉着的電子帶負電，即陰電。依照物理學說來，正負電量相等，就中和了。每種元素的原子，都有一定的電子數，每種元素的原子都有一定的化學性質（圖一）。



圖一 原子構造（圖中的黑點表示原子中所有的電子）

原子核和電子的體積比原子的體積還要小得多。（在任何物質中，原子核的大小約等於整個原子大小的十萬萬分之一，至於電子就更小了）。譬如，氧原子的直徑差不多是電子直徑的兩萬倍，是原子核的直徑的一萬倍。所以物質的內部實在是很空洞的。

原 子 核

十九世紀末葉，科學家發現了放射性的元素，這是一些重的元素。放射性元素不斷地放出能使照像底片變黑和使空氣傳電的一種射綫。經過仔細地研究，知道這些射綫分爲甲（ α ）、乙（ β ）、丙（ γ ）三種，甲種射綫是許多運動着的氦原子核。乙種射綫是運動着的電子，丙種射綫是具有比愛克斯射綫更大的穿透力的電磁波。尤其值得注意的，是這三種放射綫都是來自原子核的，所以我們從這裏又知道原子核也一定有着複雜的結構。

近年來，原子物理學家發現，原子核是由兩種粒子組成的——一種是質子，一種是中子。中子和質子的重量差不多，但是中子是不帶電的。這兩種粒子都可稱爲核子。最簡單的原子核只有一個核子。同一種元素的原子核，其中的核子數可以不同。核外的電子數相同而內部的核子數不同，即原子序數相同而原子量不同的元素，叫作「同位素」。因爲它們在週期表上的位置相同。譬如，氫元素有三種同位素，它們的核子數是一、二、三，因此管它們叫氫一、氫二和氫三。氫的同位素的化學性質都是相同的，所不同的就是它們核子數。氫二又叫重氫，也叫作「氘」。氫三是人工製造的氫同位素，也叫做「氚」。天然鈾的同位素有好幾種，主要的兩種是鈾二三八和鈾二三五。鈾二三八的原子核中有二百三十八個核子，鈾二三五的原子核中有二百三十五個核子。

鈾二三五和鈾二三八跟原子能的產生有密切的關係。在研究原子核時，許多科學家會用中子來打擊鈾二三五和鈾二三八的原子核，使它們能夠放出大量的原子能。

一個原子的化學性質，由它的電子數來決定。一個原子核的性質呢？就要由它內部所有的質子和中子的數目來決定。

原 子 能

要懂得什麼是原子能，必須先懂得什麼是能量。一個物體的能量，就是它做工作的本領。能量有位能，動能，電能，熱能等。高處的物體落下來的時候會做工作。所以高處的物體具有位能（更正確一點，我們說它的位能比較大）。運動的物體慢下來時候會做工作，所以它有動能。電池供給電能，可以使馬達轉動。鍋爐供給熱能，可以產生蒸汽，轉動渦輪。原子能就是原子核起變化時所放出的能量。

一個物體供給能量的時候，常常有一種力來做工作。要明白原子能的由來，首先需要了解原子核裏面的力。原子核裏面存在着兩種力：一種是靜電力；另一種是核力。因為核內的質子都帶正電，所以質子與質子之間有互相排斥的力，這種力就是靜電力；當兩個核子中間距離很小的時候，有很大的互相吸引的力，這就是核力。但是，核子間的距離一大，核力就小得不能察覺了，所以我們平常不感覺到核力的存在，也就不容易想像它。在實驗時，用了儀器才可以發現

核力的存在。

原子核的結合，主要靠核力把核子吸引在一起。在輕的原子核裏，因為電荷少，靜電力的影響比較小。但是在重的原子核裏，靜電排斥力的影響就很大。假使我們能够使一個重的原子核分成二部分，那麼在分裂的時候，靜電的斥力會把兩部分推開，使它們得到很大的速度。因此分裂成功的二部分都得到很大的動能。重原子如鈾和釷的原子能就是這樣產生出來的。另一方面，假使我們使輕的原子核合併成爲較重的原子核，當它們很靠近的時候，核力會把它們互相吸引起來，兩邊的速迅也都增加，因此也得到很大的動能。由此可知，使重的原子核分裂，或者使輕的原子核合併，都可以得到能。這種能是從原子核裏放出來的，所以叫作原子能。

按照上面所說，當原子核分裂或者合併的時候，它們第一步產生很大的動能。分裂的時候所產生的動能，因為運動受到外界的障礙，大部分變爲熱能。合併的時候所產生的動能的轉變比較複雜，但是最後也大部分變爲熱能。

爲什麼原子能會很大呢？

在電學裏，我們得到這樣的一些知識：兩個帶電的質點中間的力，與距離的平方成反比例，如果距離減少一半，所得的力就大四倍，再減少一半，力又大四倍。在原子核裏，所有帶電質點的電荷與電荷中間的距離都是非常小的，因此，核內作用着的靜電力很大，而所能產生的能量也就很大了。

實際上，在化學變化中，原子也可以釋放出來若干能量

的。但是由化學變化所產生的能量比原子核內所釋放出來的能量小得多。在化學變化中，能量的釋放是由於原子外邊電子位置的變動。只要我們把可燃物質燒了起來，就有這種現象出現。這些原子所受到的力，主要是由原子核來的。但是，電子和原子核的距離比核的半徑差不多要大一萬倍，所以這些力比核裏面的電力或是核力要小得很多很多。因此，在發生化學變化的時候，原子核外電子放出來的能量比原子核分裂或合併的時候所放出的能量就小得多了。

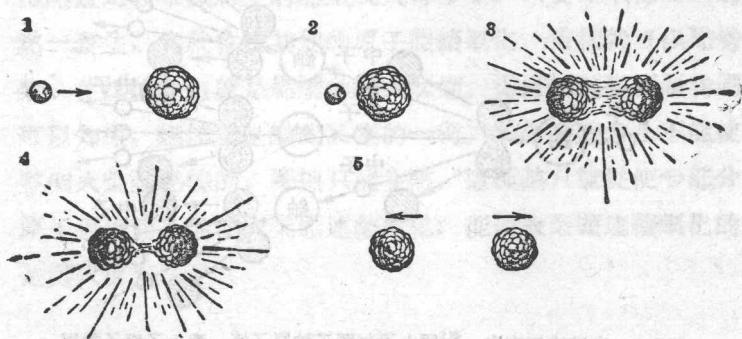
我們還可以從另外的一個角度來了解原子能的產生。原子核內是有着質子和中子的，它們在很重或很輕的原子核裏的時候，質量比較大一些；在不太輕也不太重的原子核，也就是中型原子核裏的時候，質量比較小一些。所以，假使把很重的原子核分成兩個中型的原子核，那麼它們的質量的總和要比原來小一些。這減少的質量到哪裏去了呢？按照愛因斯坦所發現的質量和能的相等關係（註）來看，這減少的質量就是放出來的原子能了。當很輕的原子核合併成較重的原子核的時候，原子核的質量也會減少，並且也有原子能放出來。當一克鈾二三五分裂的時候，可以放出相當於兩萬四千瓩小時電能的能量，如果把這些能量都變成電能的話，那麼只要每天消耗五克鈾二三五，就可以得到一個五千瓩的電力站一天所發的電力。

以上我們解釋了原子核爲什麼能產生很大的能量，一方面是從力學的角度來看，另一方面是從質量的變化來解釋的。

一九五四年六月二十七日蘇聯開始利用原子能來發電，發電量是五千瓩。如果所用的是鈾二三五的話，每天只要用一、二十克（因為有一部分能量的損耗）。這數量如果用我們的秤來稱就連一兩也不到。由此可見，原子核裏面所能放出的能量的確是很大，所消耗的原料也的確是很少的。

鏈 式 反 應

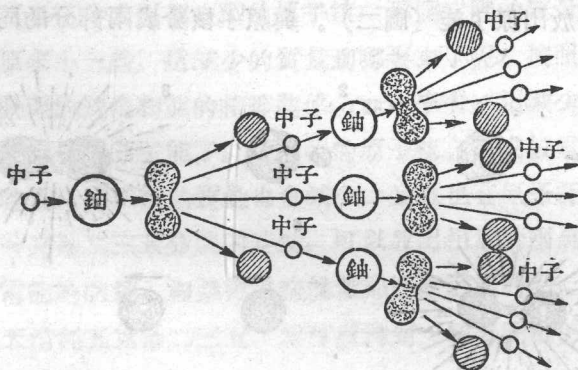
有極少數的幾種重的原子核，它們的穩定性很差，如果有一個中子進到它們的核裏去，核內的動能就要加大，因為中子在進入原子核的時候受核子吸引而產生很高的速度，於是發生很大的動能，因此能使原子核內部振動起來。這時核內的靜電力就有機會利用互相排斥的作用把原子核分成兩部分而放出原子能（圖二）。與原子核分成兩部分的同時，每



圖二 一個中子打擊鈾原子使鈾原子分裂而放出原子能
（圖中的數字是表示由打擊到分裂的程序）

一部分都得到很大的動能。這種變化我們叫作裂變。在裂變的時候，一個重的原子核分為兩個中型的原子核。裂變發生時，就會從原子核中放出很大的能量。裂變就是原子核分裂，每裂變一次，原子核的數目就增加一倍。這樣的變化不但使原子核分裂成兩部分，同時還能放出幾個中子，而這幾個中子又可以射入另外的原子核裏去，使它們起同樣的裂變作用。那些裂變的原子核又放出若干中子，新生的中子又射入另外的原子核裏，另外的原子核則又放出中子。總之，中子連續不斷地射入原子核，原子核也連續不斷的發生裂變並且放出中子。

當鈾二三五的原子核發生裂變的時候，因為它們是重原子核，中子比較多，於是就放出兩個或三個中子，這放出來



圖三 在鏈式反應中，一個中子打擊了鈾原子核，產生了原子能同時產生三個中子。並且第二代中子又可以打擊鈾原子，產生原子能和中子。這樣繼續下去，就形成了鏈反應。

的中子，又可以跑進其他的鈾二三五的原子核裏，使它繼續分裂，正如上面所說的情形。這樣的反應，假使佈置得好的話，一經開始，就會繼續不斷地分裂下去，所以叫作鏈式反應（圖三），又叫連鎖反應。這種反應的次數加多，所釋放出來的能量也會不斷地增大。

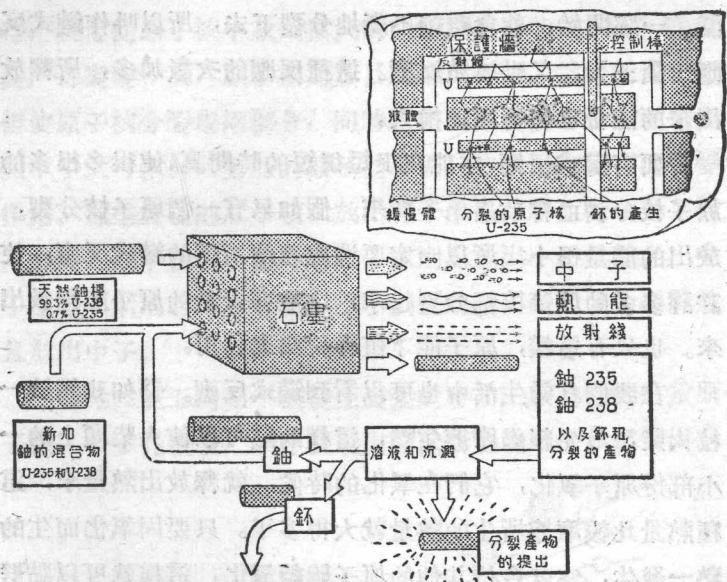
要有鏈式反應，才能在很短很短的時間裏，使很多很多的原子核分裂而釋放出原子能來。假如只有一個原子核分裂，放出的能量很小；所以一定要造成連續不斷的鏈式反應，使許許多多的原子核都分裂起來，才能有大量的原子能釋放出來。也只有這樣，原子能才值得設法去利用。

在我們日常生活中也可以看到鏈式反應。譬如我們擦一枝火柴，最先經過摩擦生熱，這樣的熱可以使火柴頭上的一小部份原子氧化，它們在氧化的時候，就釋放出熱量來，這種熱量比較摩擦所生的熱量就大得多了。只要因氧化而生的熱一發生，它就會使其他的原子繼續氧化，這樣就可以點劈柴、生煤爐。這就是燃燒的鏈式反應。從這個例子裏面我們可以知道，燃燒就是鏈式反應的一種。單靠摩擦力是不能使整個火柴頭燃燒的。摩擦只能生熱，這種熱只能促使一部分原子氧化而不能使火柴頭連續氧化；能使火柴頭連續氧化的是鏈式反應。

反 應 堆

使原子核發生鏈式反應的裝置，叫做反應堆，也叫做原

子堆。普通的原子堆的主要材料是純粹的鈾和石墨。這樣的原子堆每邊的長度平常大約是數米（圖四）。



圖四 反應堆（即原子堆）

天然鈾只有百分之零點七是鈾二三五，其餘的幾乎全是鈾二三八。鈾二三五分裂時所放出來的中子很容易被鈾二三八吸收。但是，鈾二三八吸收中子後，不容易分裂，它只是慢慢地變成別的元素。如果要使中子不被鈾二三八吸收得太多，最好是把中子的速度很快地降低，使它變成熟中子。熟中子是什麼呢？熟中子的速度低，動能不大，跟一般分子的速度差不多。熟中子特別容易被鈾二三五吸收，而發生裂變。

普通的原子堆中，鈾二三五放出來的中子和石墨的原子核碰撞，可以很快地失去一部分動能而把速度降低。於是，這減速的中子就容易跑到另外的鈾二三五的原子核裏去，使鈾二三五的原子核繼續裂變。石墨在反應堆裏也叫減速劑。凡是輕的原子核在與中子相碰時，都可以使中子很快地失去動能，但是大多數元素的原子核都能吸收中子，所以製造反應堆的材料必須很純淨才行。重水和鈹也都是很好的減速劑，有些反應堆也利用重水。鈹的價格高昂，一般反應堆不採用它作減速劑，只在特別的場合下，用一些來供實驗之用。

鈾二三五分裂的時候，雖然放出兩個到三個中子，似乎足夠使反應繼續下去了；但是，這兩三個中子之中，有一部分被鈾二三八或石墨吸收掉，還有一小部分逃出反應堆。所以真正能夠用來促成鏈式反應的中子是很少的。因此，設計原子堆的裝置時，必須週密考慮，精打細算；如果稍微不小心，效果就受到影響，甚至不能得到鏈式反應；不像火柴摩擦，只要天氣不潮濕就會得到鏈式反應。另外，從原子核分裂起，中子產生出來，經過減速劑的作用，又發生原子核裂變，得到下一代的中子。由一代中子生產新一代中子，是在很短的時間內完成的。大約一秒鐘內可以產生一千代新的中子。以這樣高的速度產生這樣多的中子，在反應堆中起裂變作用以後，如果控制不好，極容易造成整個原子堆爆炸的危險。因此，人們用鎳棒來控制反應堆，因為它有強大的吸收中子的能力。在裂變進行得快時，可以放入鎳棒使裂變慢

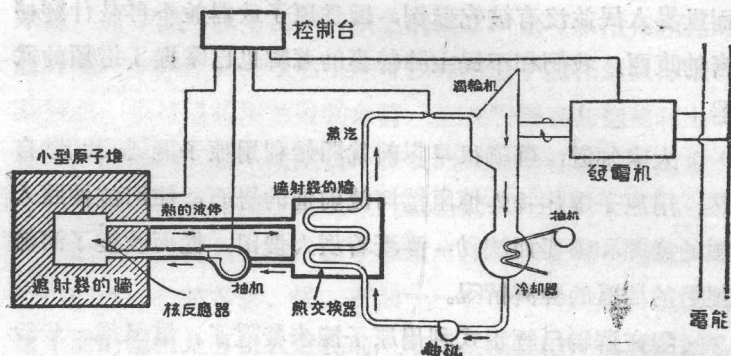
一些；在裂變進行得慢時，可以拉出鎢棒，使裂變快一些。這樣一來，就可以控制反應堆，使它經常在不快不慢的狀態下正常地進行工作。

反應堆的功用有兩種：上面說過，在反應堆裏，鈾二三八容易吸收中子，它吸收中子以後，經過幾次轉變，就變為鈾二三九，鈾二三九和鈾二三五的性質相似，也可以發生裂變。所以可以利用反應堆來製造鈾二三九。另外，反應堆能放出很大的熱能，可以用來產生動力。

原子能電力站

用天然的鈾和石墨來建築反應堆，體積太大，熱量容易發散，溫度也就難以提高。因此，用它的熱量來產生動能是不容易的事。最好用一部分純粹的鈾二三五，或是一部分純粹的鈾二三九，跟普通的鈾或鈾相混合，作為反應堆的主要原料。因為鈾二三五和鈾二三九的原子核都很容易引起鏈式反應，它們的濃度增高了，就不再需要太多的減速劑，這樣便可把反應堆的體積縮小，同時它的溫度也容易增高了，此外，用重水來作減速劑時，也可以縮小反應堆的體積。

反應堆和發電機的裝置就像下面的圖五那樣。用液體的金屬(如鈉)流轉在反應堆和蒸汽鍋中間，因為金屬傳熱很快，能很快地把反應堆中原子能發出的一部分高熱傳導給汽鍋；再由汽鍋產生蒸汽，蒸汽推動渦輪發電(圖五)。渦輪動起來了，發電機就跟着轉動，因而產生了電流。



圖五 原子能發電過程的略圖

利用原子能發電，每天消耗的材料很少而可以得到的能量很大，是值得我們興奮的。但是實際上在原子能發電站的操作技術中，應該特別注意的就是當我們利用高溫得到更高的效率時，必須有耐高熱的材料，而且這種材料必須是吸收中子很少的。鈾二三五和鈾二三九裂變時產生的元素，大都有放射性，是很有用的材料，可供研究金屬和冶金之用。但是這些放射性物質有毒，必需小心處理，並加保護設備，必須採用自動化的方法來處理。

原子能的現在和未來

原子能可以為人類謀幸福，也可以為人類帶來災害。美帝國主義在第二次世界大戰的時候，曾在日本投下兩顆原子彈，屠殺了許多無辜人民。近年來，美帝國主義想發動新的侵略戰爭，把原子彈當作唯一的法寶，來威脅世界人民。然