

# 能量的 概念與 轉換

任何物體做一個動作，都必然會用掉能量。

以人而論，吃飯、睡眠要消耗能，

開車或跑步同樣也要消耗能。



■ 蔡信行

## 可以相互轉換的能與功

能是什麼？在物理學上說，凡是可以作功的物理量就稱為能。那什麼是功？施予力量，使物體產生位移，就是對物體作功。當一個作用力克服了阻力，並使物體在作用力的方向移動時，就是作功。換句話說，一個物體能夠對外界作功，就說這個物體具有能量。反過來說，作功的過程也是將能量由一物體傳到另一物體的過程，因此功與能量的關係極為密切。

能可以轉變為功，功也可以轉變為能。能量是一種作功的能力，舉例來說，球桿撞球時，球從靜止狀態變成運動的狀態，這球獲得了動能，動能是一種能量，它可以作功。

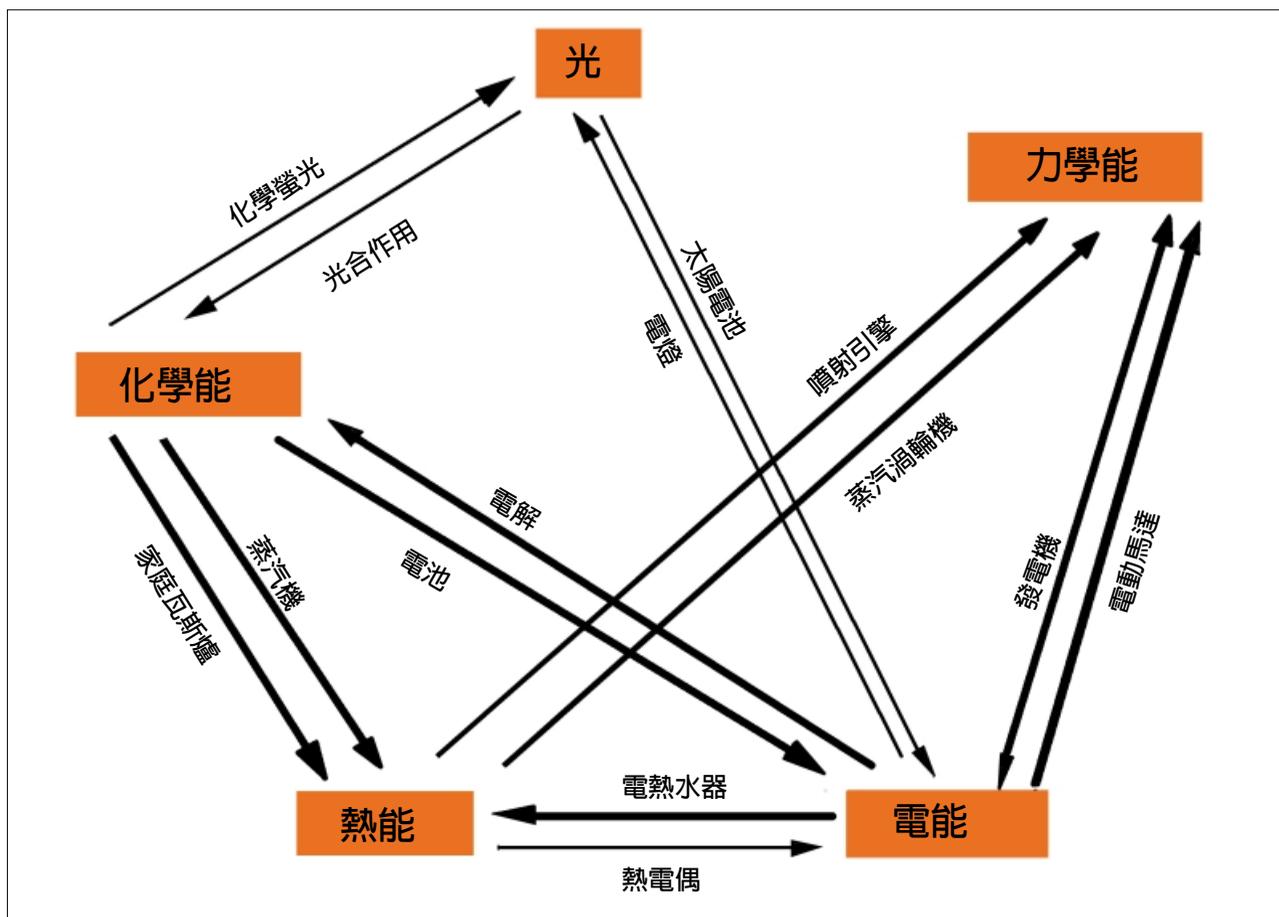
我們對一物體作功時，有時這物體所獲得的能量並不是動能，而是另一種儲存起來的能量，叫做位能。把東西舉到空中時，它便獲得了位能，這種位能是屬於重力位能。舉得越高，重力位能越大，它作功的本領也越

大。把弓拉開使弓變形，這時弓及弦並不動，故無動能。然而它已獲得了一種能，亦即具備了作功的本領，這時如果我們搭上一根箭，把扣弦的手一鬆，弓弦就會把箭推出去而對箭作功。故張弓時，弓便獲得了勢能（即位能），這種勢能就是彈力位能。

用力拉長彈簧，即對彈簧作功，因此它便獲得了彈性勢能，這是一種儲存起來的能量，可以用來作功。彈簧拉得越長或壓得越短，彈性勢能越大。換個較通俗的講法，能是物件（包括我們人）要完成物理動作，如走路、拿起杯子、使水變熱、或播放電視等，所需要的東西。

## 各種形態的能

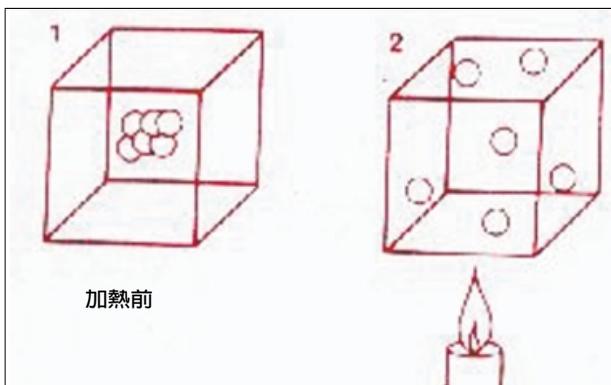
大概除了光形態的能之外，能本身不是一種東西，而是指東西的一種狀況或狀態。譬如我們上面所提到的，舉到高處的物體，具有勢能（或稱位能），因為它具有一種狀態，可以掉落下來撞到下面的桌子或打破在它



不同形態的能量及其互相轉換（最粗線表示能量轉換效率極佳，次粗線表示能量轉換效率次之，最細線表示能量轉換效率極差）。



電力高速列車將電能轉成動能。



熱能可以變成分子的動能。

下面的玻璃。揮打出去的高爾夫球具有能量（動能），因為相對於地面，它具有速度，也具有位能，因為它在地面之上。

若把許多東西聚在一起稱為系統，這系統在某一狀態下具有的能稱為內部能量（internal energy） $E$ 。兩個平衡的狀態，其內部能量的變化（ $\Delta E = E_2 - E_1$ ）等於傳入系統的熱（ $Q$ ）減去系統作功所消耗的能量（ $W$ ），即  $\Delta E = Q - W$ 。

一個系統有內部能量，還有系統變化過程的轉移能量（transitional energy），即熱和功。內部能量包括儲能（stored energy）及動能，兩者可以互相轉變。轉移能量不能儲存，或者個別保存，因為它們是依過程而定。

儲能又稱為勢能（potential energy），就是以不同形態儲存起來的能，動能則是指工作能（working energy），即在運動中具有的能量。儲能的形態有內能、位能（重力位能和彈力位能）、電磁能、光能（輻射能）等，內能又包括化學能、核能、分子動能、分子位能等。從基本的

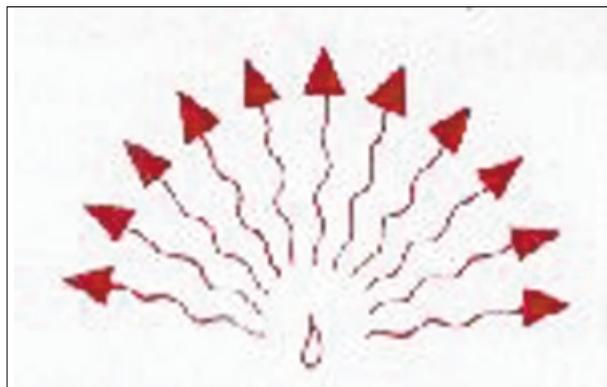
觀點而言，這幾種形式的能量無法清楚地加以劃分，例如熱能與物質內分子的動能有關；輻射能包括光能，是電磁波所攜帶的電磁能等。

一個堅硬不變形的物體在運動時，通常包含了兩種運動，一是移動，一是轉動。這兩種運動都會產生動能，就是移動動能和轉動動能。對物體作功時，可能使其獲得動能，或重力位能，或彈力位能，這些都是力學能。聲音也是一種特殊的力學能，因為聲波也可以傳遞力學能。

電磁能包括電能和磁能，磁能的例子常見的是永久磁鐵，它能吸引鐵釘，因而對鐵釘作功，這個作功的過程是把磁能傳遞到鐵釘成為它的動能；至於電能更是我們日常生活所常見，電風扇的轉動、電動車的行駛都是電能的具體表現。

電磁能中還可再分出磁位能與電位能來。如懸吊兩個磁鐵，把它們的北極相互推近，則它們有互相排斥的趨勢，當我們用力把它們擠近，我們便對這兩個磁鐵做了功，這時兩個磁鐵的磁位能增加了，當我們鬆手時，這兩個磁鐵會跳開，亦即把磁位能釋放出來，變成兩磁鐵的動能。如將兩個帶異性電荷的物體靠近懸在一起，則它們有互相吸引的趨勢，當我們用力把它們拉開，我們就對物體做了功，它們的電位能增加了，如果我們鬆手，這兩個帶電物體會互相跑向對方，將電位能變成動能。

位能有一點很重要的是：當兩物體之間有作用力時，不論是重力、電力、磁力、核力……它們之間與此力有關的位能（或勢能）是屬於它們共有，而不是單獨屬於其中任何一個物體的。



光的輻射能。

各種形態的能量可以互相轉換，而且我們爲了使用方便，也往往特意把某種形態的能量轉換成另一種形態。當能量的形態改變時，固然一直維持著總能量的守恆，但其中總會有一部分的能量是我們無法使用的，以致損失了這部分的能量。例如燃燒汽油使汽車引擎運轉，主要是把化



李勇提供

人在山頂上具有重力勢能。

學能轉換成動能來用，但在這一過程裡無法避免地會使引擎發熱，而這個熱量對我們並無用處，只能任它逐漸散逸到大自然中，這一部分能量便損耗了。當能量的形態在各種過程中一再改變時，能量的損耗也就一再地伴隨發生。

## 化學能與核能

某些物質由於它們本身特有的化學組成而擁有潛在的能量，叫做化學能。往往在發生化學變化時，這些化學能就可以釋放出來而作功，通常是以熱能的形式出現，但有時也會以光能或電能方式呈現，因此化學能也可看成是勢能的一種。例如汽油含有大量的化學能，當它燃燒時可以放出大量的熱能，把水燒成水蒸氣，推動活塞而作功；又如電池，可以把化學能轉變成電能作功。化學能與核能也都可以看成是勢能，亦即儲存起來的能量。

核能是原子核內所潛藏的能量，當某些原子核如鈾和鈾等，分裂時會放出大量的能。一公斤的鈾在核子反應器內分裂時，所放出來的能量，比一公斤汽油燃燒所放出的能量大兩百萬倍。又當某些較輕的原子核在高溫

之下融合成較重的原子核時，也會放出大量的能。核能也是勢能的一種，經過上述的核反應及相關設備，可以把核能轉變成熱能，用來發電。

在地球上，太陽是萬能之源。在太陽內部，核子的融合反應一直不斷地進行著，能量也不停地向外釋放，這種能量以太陽光的形式傳到地球上。太陽光是電磁波，以各種波長的電磁波傳遞能的過程，稱爲輻射；各種電磁波的能，總稱爲輻射能。

我們每天從太陽接收大量的免費能量，但是到目前爲止仍然只有極少數有效的方法可以用來擷取這些能量，並把它轉化成更有用的能量形態。太陽電池是其中一種方法，利用某種特殊材料吸收陽光，以化學能的形式儲存或直接變成電能。太陽電池的構想，是從大自然本身得到的啓示，也就是植物體中的光合作用。

維持地球上所有活動的總能源，絕大部分來自太陽。全人類所需要的糧食和部分燃料是透過光合作用，把二氧化碳和水變成醣類而得來的。在所有的能量中，化學能是最重要的可儲存能量。目前我們使用的能源，主要是水力和化石燃料（包括石油和煤），而水力是依賴太陽熱能維持水文循環所得到的；至於化石燃料的成

因，是過去數億年來在地球表面靠植物的光合作用累積下來的，也就是以化學能的形態保存下來的古代輻射能。

## 熱能

熱從高溫的物體傳到低溫的物體，或者從一個物體的高溫部分傳到低溫部分，有三種方式，即傳導、對流和輻射。

在化學反應中由反應物到最後的生成物，所放出的熱量或所吸收的熱量是一個定值，也就是說與中間產物的形式無關。

若光能完全被一物質吸收，該物質所含的熱能即增加。若該物質與周圍其他物體無任何熱的交換，則該物質所吸收的光能，通常會完全轉換成爲熱能。而光電池是將光能轉變成電能的裝置。

我們也可以用光的能量促成化學反應，在這些反應中，物質的分子吸收了光，在還沒有來得及轉變成熱能（原子的動能）之前，就改變了物質的組成而將光能量轉變成化學能（就是光化學反應）。

## 能量守恆原理

能量雖有各種不同形態，但能不會無中生有，也不會自行消失，而只可由一種形態變成另一種形態。「宇

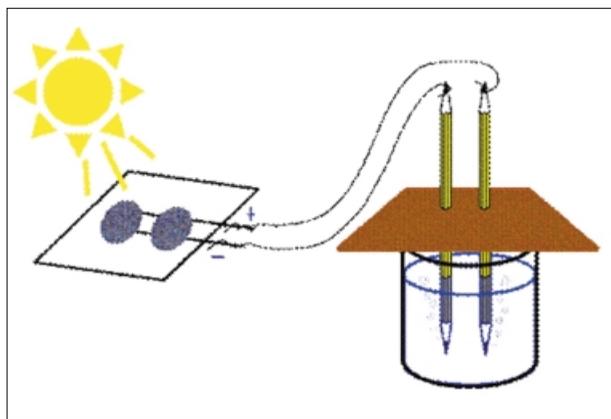


李思思攝

由重力勢能變成動能。



以煤炭為燃料的火力發電廠，是利用熱能轉換成電能。



利用光電池可將光能轉變成化學能。

宙間的總能量保持不變」，即是能量守恆定律，但在日常生活中，我們會發現單一形態的能，以力學能爲例似乎不守恆，例如單擺最後會慢慢停下來，也就是說力學能其實會隨著運動的進行而越來越少，只是每擺動一次所減少的量很細微而已，這些減少的能量是因單擺與空氣的摩擦，而變成熱能，此一現象便稱爲能的逸散。

物體在運動的過程中，位能與動能的總和是一定的。此外，實際的物體與質點並不一樣，它還有內部的能量。能量可以在一作用系統中轉換成不同形式，若予以仔細計算，其總能量在作用過程之前、中或後都是保持一定的。

例如，砲彈在空中爆炸之前，具有運動的動能，而其位能則是因爲它在地球重力場中由於位置的關係所具有，另有炸藥

中的化學能量。爲了證明能量守恆原則，就要做些不輕鬆的量測工作，諸如分析爆炸後每一碎片的動能、位能、內部能量，還要量測產生的熱氣的內能（熱）及其動能等等。

科學家做過無數次的實驗測試，已證明了能量守恆原理，它不是自然界中的新定律，而是操控我們宇宙的自然定律。

## 能量的單位

基本物理學教科書使用焦耳（joule）做爲能量的單位（是熱能的單位）。一焦耳大約等於把一公斤的質量舉高一公尺所增加的位能的十分之一，也大約是這個質量自一公尺高處自由落下，在剛要觸及地面之前動能的十分之一。一焦耳等於一千萬耳格（ $10^7$  erg），也等於一安培電流在一秒鐘內流過一歐姆的電阻線路時轉化爲熱能的量（一瓦特秒）。

我們常用的公制熱量單位爲卡（或卡路里，calorie），一卡是一克的水升高溫度攝氏1度所需的能量。一焦耳約等於0.24卡，一英熱單位（B.T.U.）約等於252卡，或者一卡約等於4.18焦耳，4.18又稱爲熱功當量。

另一種能量的單位是住家所熟悉的瓩小時（kilowatt hour），即一千瓦的功率作功一小時的能量，也就是通稱的一度電，我們的電費是按這種單位計算的。一瓩小時相當於3.6百萬焦耳，你只要付幾元新台幣就可得到這麼多的焦耳！一秒鐘使用一焦耳的能量等於一瓦特（watt）。

不過，在微觀的尺度上，討論次原子粒子的能量時，我們需要新的量測單位。即使是一焦耳也是巨大的能量，所以我們就用電子伏特（electron volt, eV）做爲能量單位，它代表著把一個電子「提高」一伏特電位能所需的能量，也等於一個電子跨過電位差爲一伏特的電池兩電極之間的空隙，所得到的能量。要有 $6 \times 10^{18}$  eV的能量才等於一焦耳，這兩種能量單位間的比值差距這麼大，也可以顯示出微觀的量和我們日常生活的規模有多大的差異了。

系統的溫度也可以用來量測系統中粒子的平均動能。凱氏溫標（K）一萬度時，系統中每一個分子的平均動能約爲一電子伏特。因此，一物體在室溫（約凱氏300



李勇提供

太空梭有段時間把燃料的化學能轉成動能。

度）之下，分子的平均動能大約是一電子伏特的三十分之一。

## 能的來源

前面曾提到能有不同的形態，各形態之間可互相轉變，但總能量保持不變。我們現在取得石油的化學能（亦是來自古代的太陽能），燃燒變成熱能，再轉變成車子的動能等，基本上，總能量前後並沒有改變。種植甘蔗，是由太陽吸取最初的能源，轉化成化學能，將甘蔗壓榨出糖汁，經發酵的化學反應製成酒精，又是另一種化學能（酒精具有化學能），酒精可以經過不同途徑變成車輛的動能（如以酒精做爲燃料），其總能量在宇宙中還是維持一定。

宇宙創造伊始之際，最初能量從哪裡來？在極高溫的初始條件下，物質與能量混沌在一起，現在的高能物理學家和宇宙學家，正在探討大霹靂當時能量、物質的來源，也許有朝一日，可以給我們較清楚的答案。 □

蔡信行

台灣科技大學化工系