

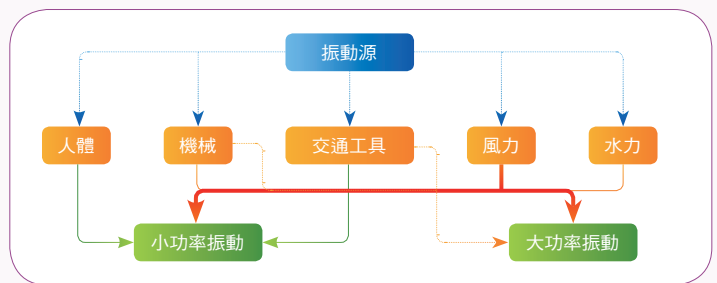
振動能源及採集技術

■ 鄭建民、陳美利

若能在轉換效率、功率、成本，以及應用上有更大的突破，振動能源必能為人類生活帶來更大的便利，並且解決能源枯竭問題。

生活在 21 世紀的人們已逐漸面臨能源枯竭的問題，一次又一次的能源危機更是明確告訴我們：在未來的某一天，地球上的有限能源如石油、天然氣等會徹底用完。因此，各國現在都大力發展各種替代能源。

已經採集利用或可能可以採集的能源，包含太陽能、風能、振動能、電磁波、汽車機械以及動物與人類等的運動、水力、海洋中的波浪、洋流、潮汐、地熱等。其中，地熱、太陽能、風能、水力、交通工具機械以及動物與人類等的運動、波浪、潮汐等都是可以源源不絕產生的再生能源。



各種可能的振動能源，其中一部分是屬於大功率的振動能源，其餘則屬於小功率的振動能源。

振動能源

振動能源是再生能源中相當重要的一環，遍布在日常生活環境中。簡單說，會動的物體或現象都可能產生振動能源，只是採集的困難度和成本有所不同。例如，汽車和火車行駛時造成的車體顛簸，車流經過路面以及橋梁時所引起的上下振動，風吹、波浪、潮汐等造成的物體振動，海面上升下降或海浪拍打所造成的位移或振動，人走路時的動態或上下樓梯的踩踏，甚至於脈搏、血壓、心跳等，全部都可以當作振動能源。而每一種振動能源的採集困難度、產生的功率大小，以及所需成本都不同。

會動的物體或現象都可能產生振動能源，只是採集的困難度和成本有所不同。

可能採集的振動能源

人體	交通工具	結構	機械	自然環境
呼吸、血壓、心跳、脈搏、肢體動作、講話、臉部運動	輪胎、踏板、汽車、鐵軌、火車	橋梁、馬路、機場、樓梯	電動機、壓縮機、冷氣機、幫浦、引擎	風力、水力、洋流、河流、聲波、地震

雖然振動能源的採集從西元 2000 年初就已經出現，卻直到近期的技術發展才逐漸商用化。例如利用能源採集技術開發的建築物自動化感測器已經出現，荷蘭在大樓大廳裝設了發電旋轉門。而日本在東京地鐵站收票口地板上裝設的壓電地板，是由壓電材料製造而成，可以收集大量人潮踩踏所產生的地板振動來發電。此外，目前正在發展一種發電鞋，利用踩踏造成鞋底壓電薄片的振動而發電。

採集方式

振動能源採集技術目前以渦輪電磁和壓電效應原理製造的採集器為主，因為所產生的功率太小，還不足以成為主要的供電來源。且現今大部分的採集技術效率仍然偏低，只有少數幾種可以產品化。

電磁式電能轉換是根據法拉第電磁感應定律，利用外界所產生的上下形變，造成永久磁鐵與線圈之間的相互運動和磁通量的變化，在線圈的兩端點產生感應電動勢，因而有交流電的輸出。

壓電材料如石英、壓電陶瓷等是來自環境中的振動能源。壓電材料受到外力而振動或擠壓且形成受拉或受壓形變時，會把



壓電發電載台結構

一部分的振動機械能量轉化成電能。壓電式電能轉換載台的工作原理，是讓壓電材料在沿著一定方向上受到外力的作用而產生形變時，內部的極化會改變並在兩個相對表面上出現正負相反的電荷。另外，當作用力的方向改變時，相對表面上所產生電荷的極性也隨之改變，這種現象稱為正壓電效應，並且有交流的電力輸出，交流頻率視振動源振動的頻率而定。

特定區域季節性或非季節性的風力也是一大天然能源。除了需要使用渦輪的大型風力發電機組與小型風力發電機外，近年來微型風力發電逐漸受到重視，可分為使用渦輪與不使用渦輪兩大類。

不使用渦輪的發電原理是利用風所產生的振動來發電，當有風吹過時，一個包有聚酯薄膜的平紋織物薄片會快速振動，

振動能源採集技術目前以渦輪電磁和壓電效應原理製造的採集器為主，因為所產生的功率太小，還不足以成為主要的供電來源。

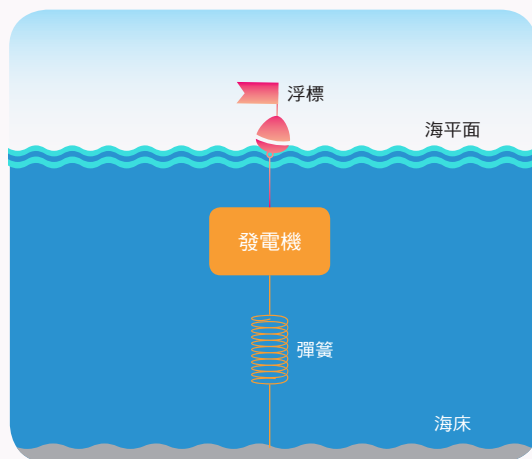
帶動安裝在兩端線圈之間的磁鐵而產生電力。這類技術使風力發電機在風速只有每秒 2 公尺的情況下仍然能夠產生電力，它可以製作成一整片的陣列型態後，安裝在家居的露台、建築物的天台或外牆形成發電陣列。

另外一種做法是把採集元件做成葉片，由壓電材料、太陽能板以及熱電材料組合而成，可以同時採集風能（振動能）、太陽能（光能）、熱能（溫度差）的「人造樹」。這種具有多功能採集能源方式的人造樹，或許是人類解決能源問題的關鍵技術。

靜電式電能轉換技術則是利用可變電容結構，先給定一個初始的電容值，使其在兩極間擁有固定電荷。當結構因外力（上下或左右）而受到振動或形變時，就會讓正負兩極間間距改變而造成電容值的變化，進而產生電（荷）能的輸出。

占地球表面 70% 的海洋更是一種源源不絕且總量龐大的振動能源，包含波浪、洋流、潮汐、海平面升降等所造成的一切振動、位移或形變，如果能夠善加利用，是一個取之不盡的再生能源。此外，海洋中深海和淺海溫度差以及上下熱對流也是可以採集的能源。

波浪能源採集器的設計原理是利用波浪起伏所產生的大幅度升降，讓裝置中的彈簧伸縮帶動發電機而產生交流電，再從其連結的相對運動去收集電能，目前一組系統可以採集到大約 0.75 mW 的電能。另外，英國研製出一種名叫「海蛇」的波浪發電裝置，外型類似一節一節的載客火車車箱，一半露在水面上，一半則潛在水面下，設備本身是面向海浪來源以擷取



波浪能源採集器的基本設計圖，由單一浮標、發電機、彈簧組合的波浪發電裝置。

最大的波浪位能，發電方法則是利用由海浪升降讓每節之間產生的相對運動來轉換成電能。也就是說，利用波浪運動的位能差或浮力產生動力便可轉換成電能。

要把波浪能轉換成為電能，必須經過一系列的機械裝置和程序進行能量傳遞和轉換，這類機械裝置稱為波浪能轉換發電系統或波浪能轉換器。這系統是把振幅變化不規律、頻率低的波浪（0.1 ~ 0.2 Hz），透過機械結構聚波和共振採集能量並轉換成電能，最後傳輸至穩定的電網供電。

此外，可以利用海平面的升降（漲潮、退潮）帶動空氣進出渦輪機來發電。架設在海底的洋流能源採集系統則利用流向固定的海流帶動渦輪旋轉來發電，但在相當不穩定的海洋中，採集效率的高低（成本）與採集器的耐久度（海水腐蝕問題）是這些產品未來最主要的問題。

就目前的技術水準而言，能量採集所能產生的電力並不高，因此實際應用上必須與低功率消耗的應用結合。

**振動能源的最大優勢是源源不絕、無所不在且總量驚人，
若能在轉換效率、功率、成本及應用上有更大的突破，必能帶來更大的便利。**

把振動轉化成渦輪旋轉能源的技術，是讓流體（液體或氣體）先轉化成機械能後再轉變為電能。這有點類似水力發電的過程，先利用振動讓流體流動，使裝置內的微型渦輪發電機葉片旋轉發電。

日本 NTT 能源暨環境系統實驗室已經研發出一組「發電鞋」，這是目前發電量最高的步行發電機。它在鞋內裝置一組微型渦輪發電機，步行時踩踏的動作會讓鞋底的液體流動，使其中的微型渦輪機葉片旋轉發電。目前平均發電量可達 1.2W，最大則可達 2.5W，已足以驅動一支行動電話。不過，這發電鞋在鞋內液體晃動時，腳部會有奇怪的感覺，且鞋子本身的材料結構強度仍然不夠，以至於在跑步時很容易損傷。

另外，步行發電的方式也可以直接在鞋底裝置壓電材料。但壓電材料的發電量與裝置面積有關，目前每平方公分的壓電發電裝置最多只能產生約數十 μW 的電量，在應用上仍然偏低。

能量採集系統

就目前的技術水準而言，能量採集所能產生的電力並不高，因此實際應用上必須與低功率消耗的應用結合。幸運的是，現已有許多無線感測器、遠端監視器和其他低功率元件正逐漸發展成為近「零」功率的元件，只需使用能量採集技術，便可實現不必插電或自我充電。

典型的能量採集系統包括一種免費能源，例如連接在某個振動源上的壓電換能器。這些小型壓電元件能夠把很小的振動轉換為電能。電能隨後由一個能量採集

電路轉換為一種可用的形式，經過有效的能量管理與儲存（功率若太低就必須先儲存起來），便可供電給下游系統或電路。

典型能量採集系統所使用的電源管理模組的轉換效率低，且會消耗大量的靜態電流，並非理想的解決方案。在能量採集器所能提供的功率相當低的情況下，低轉換效率的電源管理將更增加系統上電所需的時間，使下游系統或電路得到足夠電量的時間間隔拉長。另一方面，高靜態電流會造成能量採集器的額外負擔，因為能量採集器必須先產生超越電源管理元件操作所需的電流，才能把多餘的電能輸出給後段電子零組件使用。

目前，能量採集電路的研究主要在於低功率消耗整流器的開發，陸續發表各種降低離散元件或積體電路元件的方法。未來在兩大關鍵電路功率消耗持續降低的情況下，能源採集技術將更廣泛地應用與發展。

國外已經有許多振動能源採集商品化的實例，但大多只局限於小範圍。振動能源的最大優勢是源源不絕、無所不在且總量驚人，若能在轉換效率、功率、成本及應用上有更大的突破，必能為人類生活帶來更大的便利，並且解決能源枯竭問題。其產生的效益可能會遠遠超越其他的再生能源，成為未來能源的主要來源。

鄭建民

南臺科技大學電子工程學系

陳美利

南臺科技大學光電工程學系
