



從童玩談自造科技

文、圖／王德麟

「自造者」或是「創客」為時下最夯的議題之一，12年國教課綱也將生活科技從「自然與生活科技領域」中獨立出來和資訊科技結合成「科技領域」。國中、小的學生們生活中早就充斥著許多科技新玩意兒，也接觸過不少玩具，但他們知道其中所牽涉到的科學原理嗎？又或者隱藏著那些科技與工藝概念呢？筆者藉由兩種迥然不同但大家一定非常熟悉的童玩，一窺裡面的自造科技。

軌道組裡的設計與原理

不管是百貨公司玩具專賣店、大賣場玩具區或是夜市玩具的攤位中，都會有類似概念的軌道組（圖1），有賽車競速與爬坡的模式，也有排著隊一階一階往上爬的關卡，另外更有利用磁鐵吸引力讓企鵝跳水圈的設計。不論是那一種樣式，都牽涉到能量與機械的整合。



圖1. 基本款附有3個車偶，車偶下方除了有金屬輪軸，兩側延伸出的橫桿，有其特定的功能

圖 1 中的車偶扮演著這組玩具的吸睛角色，不論它的造型是可愛的或浮誇的，底座都是由金屬輪軸所構成。使用金屬材質的原因有二：其一，車工光滑的表面可有效降低輪軸與軌道面之間的摩擦；其二，金屬密度大、質量也大，慣性也因而增加，當輪軸滾動時，能讓車偶在軌道上一氣呵成地走完全程。

車偶於直線軌道上行進時並無太大問題，但是在進入彎道時，慣性的作用會使車偶偏向外側，滾輪亦有傾斜的可能（一側高、一側低）。車偶速度不宜過快，這個問題的解決方式是延長斜面長度（同時降低坡度），使金屬輪軸不致脫軌，車偶才能順利過彎。

軌道面並非平面，而是有著讓金屬滾輪在淺凹處運動的設計。另外，在組裝軌道後，原本呈現水平的軌道會因為卡榫與固定槽的位置，而讓軌道形成內外側與高低的落差。軌道由高處逐漸降低，滾輪的轉動帶動車偶前進，這是讓重力位能轉換成動能的設計（圖 2）。

淺談科學概念

當高度逐漸下降，重力位能逐漸轉換成動能，車偶才能持續運動，而且不能忽略摩擦阻力所造成的負功，能量難以避免地因摩擦而損耗，造成車偶速率逐漸減緩。一不小心，就真的會「顧路」，因此車道偶爾用酒精清潔，將灰塵、微粒移除是有必要的。

斜坡式的設計到處可見，從傳統的水泥大象長鼻子溜滑梯、水上遊樂園裡的滑水道、滑雪場地的滑雪道、觀光農場裡的滑草斜坡、物流公司的包裹移送軌道到公園裡的塑膠遊具等等，處處可見斜面原理的生活科技應用。

不過，原本在高處的車偶抵達低處並停止時，已不具動能，此時運動停止，難道這種樂趣就只有一次的機會嗎？難道要自己動手將車偶移動到軌道高處再釋放嗎？當然不行，也不應該這麼設計！因此要加入能往復運動的電動機械裝置，讓循環自動呈現，而非手動。

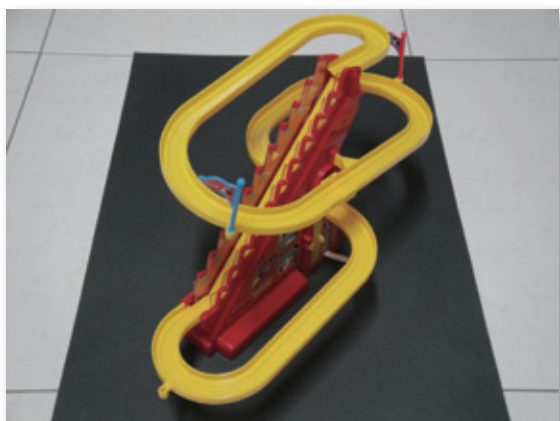


圖 2. 軌道並非一體成型，而是透過不同形狀的搭配，將軌道組裝完成。完成之後的軌道產生高低落差，讓能量得以轉換

簡單機械的運用對人類而言是一種助力，馬達與齒輪的組合讓操弄物體變得方便許多，只要能源不虞匱乏，就不用過於擔心運轉的問題。

生活科技的應用

曲軸的設計是轉化轉動動能與直線往復運動的動能，然而稍做變形後，凸輪（具有曲線輪廓或凹槽的構件）便應運而生，進而發揮「控制」的功能（圖3）。當凸輪連續且等速率轉動時，不同的徑長可使得

與凸輪相依的活動部件做出固定的、規律的運動（圖4）。

有沒有發現透明平板上兩個鏤空的滑軌互相垂直？這樣設計的原因是什麼？如何互相搭配？

圖4中，當圓盤轉動時，透過短桿的帶動，能讓透明平板做出橫向與縱向的移動。但是讓車偶移至高處只需要讓平板縱向移動，並不需要橫向移動，因此加入縱向滑軌的設計，目的在讓透明平板定向，亦即提供上下往返的空間。佐以橫向滑軌的設計，目的在於短桿動作時，皆在滑軌

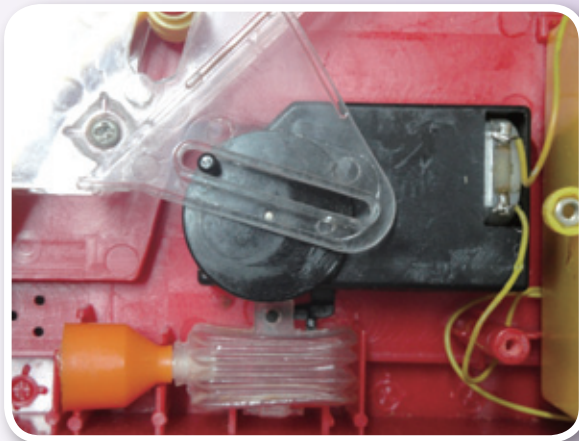


圖3. 圓盤上加上短桿，變成了凸輪（曲軸的變形）。當圓盤轉動時，短桿隨之作圓周運動，帶動套於其上的平板運動

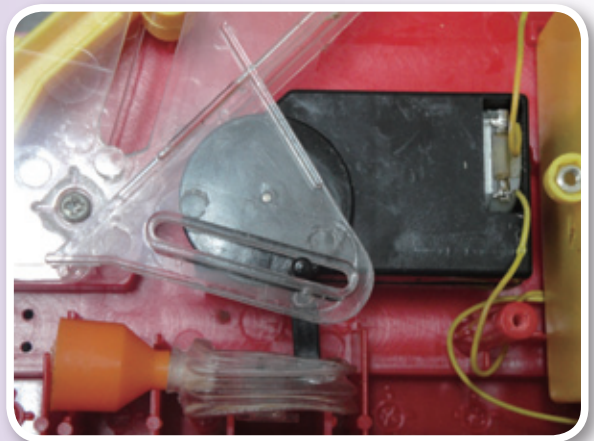


圖4. 平板上有另一個限動的滑軌設計，讓其僅止於上下移動，協助車偶垂直向上，而不是在階梯上平移

中自由移動，不致使透明平板隨之平移。雙向且分離的滑軌搭配缺一不可，再者，滑軌長度必須大於圓盤直徑，短桿在滑軌中方能自由移動，如果軌道不夠長，圓盤也無法順暢地轉動，這些都是設計時必須融入的科技與思維。

再回到一開始的提問，由車偶兩側延伸出來的橫桿的作用是什麼？原來是讓紅色階梯內側的透明平板頂住並向上抬的小

創意。在沒有電梯踏板的情形下，車偶被透明平板頂向上並滑向紅色階梯，透明平板下降時，車偶則在紅色階梯上暫待，等到下一次透明平板再往上頂著時，車偶又被頂上去，每一次循環僅能提升一階，因此在單一軌道的設計中，車偶只有先來後到，乖乖地按次序排隊，沒有超前的可能（圖 5）。



圖 5. 抬升的過程中，使用可升降的透明平板與固定階梯的搭配，透明平板每次的升降可讓車偶一次一階地上升

如何自造？

將車偶換成彈珠，透過凸輪讓階梯依序起伏，彈珠同樣可以逐漸往上爬到頂端再滑下來。這樣的機構透過手作，以木製工藝的面貌呈現出來，增加的是自造者的成就感。有興趣的讀者可以參考《超圖解機構木工玩具製作全書》一書內容，相信你絕對會被吸引住。

滾動中的音符

另外一個要介紹的就是能自動演奏的音樂盒，但是自動之前卻得要手動將發條旋緊，透過能量的轉換，讓關鍵部件動起來，才能釋放音符。轉幾圈音樂盒的發條，開始演奏清脆音樂的關鍵部件稱為機芯（圖 6）。它是經過百年來的工藝技術演變與不斷地改良，才變身為可捧在手心裡的小巧物品。

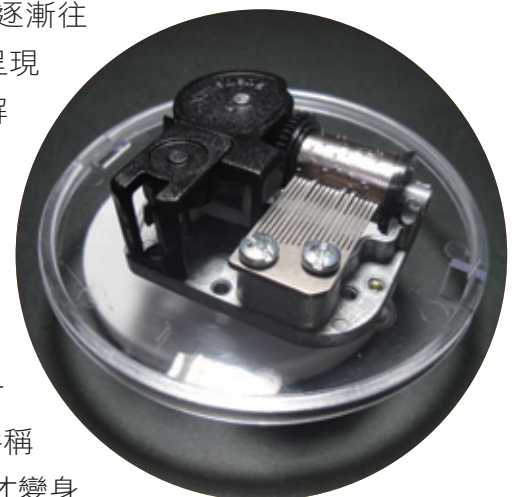


圖 6. 機芯總成與結構

發聲部件的設計

在音筒（drum）表面的突出點稱為撞針（pins），當撞針撥動排列得像梳子的音梳（comb），就會撥動出事先已編輯好的旋律。而底座的材質與重量、音梳的鋼質與熱處理硬度會影響音質，是其核心技術所在。

以圖 7 為例，鋼製的音梳有 18 齒，每 1 齒代表 1 個音調，長齒發出的聲音較低，短齒發出的聲音較高。快速的振動會發出聲音，而在相同時間內，短齒振動次數比長齒多。音梳的振動原理和放在桌邊鋼尺一樣，鋼尺突出桌面的部分越長，撥彈時所發出的音調越低；當突出的部分越短，撥彈時所發出的音調越高。

從圖 7 右下方看看音梳的另外一面，可以發現音梳每齒的厚度都不盡相同。較長的齒為了能發出更低的音調，可以透過末端配重的方式讓聲音更低沉，呈現出差異更為明顯的音階。如果不加配重處理，就得讓齒的長度變得更長，才能達到一樣的低音效果，這對漸趨「小巧」的機芯而言，並非好的設計選擇。

驅動部件的巧思

機芯殼內藏有捲曲的細長鋼片，也就是發條裝置。一端是將鋼片固定在正確位置的 T 型槽，另一端則是能套在旋轉桿凸點的長條型開孔。

附有六角棘輪的旋轉桿連結到發條旋鈕，透過六角棘型輪和大型齒輪內的活動爪子相扣，可在旋緊發條時，同時旋轉六角棘型輪並撥動活動爪子，這便是「上發條」時的聲音來源。這樣的旋轉動作，將彈力位能暫時儲存在具有彈性的鋼片上，爾後鬆開發條旋鈕（儲存的彈力位能釋放）時，旋轉桿開始反方向旋轉，也讓活動爪子帶動大型齒輪共同旋轉，帶動了音樂盒的演奏。

可是如果設計僅僅是這樣的單純，當大型齒輪和音筒共轉時，鬆得太快的發條是會讓音樂變成快板，甚至是聽不清楚的超快板，所以要加入減速筏（governor；圖 8）來解決轉速過快的問題。

減速筏是藉由空氣阻力以達到減速目的的裝置（空氣阻力和物體速度平方成正比）。減速筏剛開始運轉時，空氣阻力

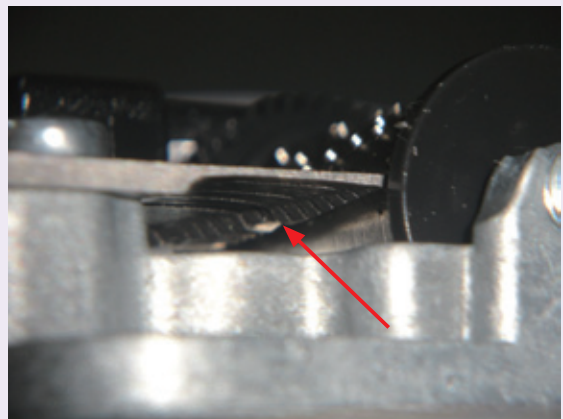


圖 7. 隱藏在音梳另一面的配重

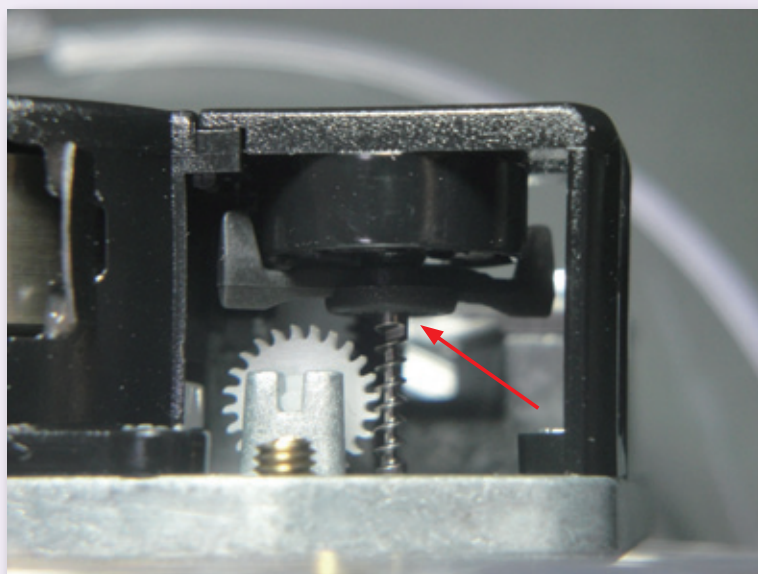


圖 8. 減速筏的結構與外觀

小，轉速急遽增加，但轉速增加到一定程度後，同樣隨之加大的空氣阻力，讓減速筏的轉速不再變化，也控制了音筒的轉速。另外，再與倍力齒輪組相結合，讓轉速能在短時間內提高，以維持正常的演奏速度。

聽見幸福 ●

音樂盒是療癒系的小物，結合了生活科技與智慧結晶，把機芯放在手中，只有自己可以獨樂，但是把它放在中空的共振箱裡，音梳的振動將透過機芯底座傳導到共振箱，透過共振讓旋律更為響亮，讓聽到的人可以一起同樂。

結語 ●

軌道組和音樂鈴可以同時存在嗎？相信保留傳統與結合創新並不困難，當發條帶動的音樂鈴在撥弄的同時，軌道上的車偶也同時在賣力奔馳著，不啻饒富動態科學的趣味，也散發傳統設計與現代自造的餘韻。🎵

王德麟
臺南市立大橋國民中學理化教師