
靜電產生器

周鑑恆^{1*} 曾瑞蓮²

¹ 私立萬能科技大學 光電工程系

² 國立科學工藝博物館 科技教育組

壹、前言

相信許多人小時候初次接觸靜電實驗，對摩擦起電的現象都會印象深刻。摩擦而帶電的塑膠尺，可以吸引小紙片。儘管生活在充滿各種精巧電器的環境，這類極為原始的電學實驗，依然有其神秘的魅力。日常生活中也不乏靜電現象，例如在乾燥的天氣走過地毯，開房門碰觸金屬門把時，常會感到輕微的電擊，脫下毛衣時也可聽到放電的聲音；而許多工商用具也都用得到靜電，例如：靜電集塵器。

靜電現象是高中以下各級學校電磁學教學中很重要的主題，人類研究電磁現象，也是從摩擦起電開始。靜電實驗的內容頗為豐富，例如：萊頓瓶（電容器）、金箔驗電瓶、靜電風車（electric whirl）、富蘭克林輪（Franklin Wheel）、富蘭克林鐘（Franklin bell）、摩亞馬達（Moore Motor）等，效果神奇，引人入勝，非常有助於提高學習的興致。

但靜電的產生最簡單的方法就是『摩擦起電』，然而，用塑膠尺與一般的衣料摩擦產生靜電的效果並不好，但靜電的產生

最簡單的方法就是『摩擦起電』，然而，用塑膠尺與一般的衣料摩擦產生靜電的效果並不好，在臺灣較潮濕的天氣作實驗時，更常常造成困擾。於是有人利用常見的PVC水管和羊毛及尼龍混紡的布料摩擦產生靜電，雖然效果較佳，但摩擦起電時，須注意摩擦的技巧，並非人人立即可以抓到要領；若設計適當的器具，利用PVC水管和羊毛尼龍混紡的布料摩擦生電，所產生的靜電應該可以有更大的電量。

於是作者設計了一款靜電產生器，可以快速且大量產生靜電。其製程相當簡單，可以作為中小學、甚至大學教室中靜電實驗的好幫手，進行上述之各項有趣的靜電實驗，既方便又很容易成功。

貳、創新之教具

一、摩擦起電原理

所謂摩擦起電，其原因是：相互摩擦的兩種物質失去電子和獲得電子的傾向不同，有些物質容易失去電子，有些物質容易獲得電子，當這兩種物質互相接觸時，容易失去電子的物質會將電子交給容易獲得電子的物質，使容易獲得電子的物質帶負電，容易失去電子的物質帶正電，而

*為本文通訊作者

摩擦的目的只是增加兩種物質接觸的面積和機會而已。

表 1 為日常生活常見的物質失去與獲得電子的排序表，由表中可知：羊毛和尼龍混紡的布料，相較於 PVC 管，容易失去

電子而帶正電，PVC 管則容易獲得電子而帶負電，而且兩者的差異相當大，所以這兩種日常用品就常用來作摩擦起電的實驗，效果頗佳。

表 1、常見物質獲取電子與失去電子的傾向，由上而下物質獲取電子的傾向越來越強

容易帶正電的物質 (容易失去電子的物質)
空氣(air)
石棉(asbestos)
兔毛 (Rabbit Fur)
玻璃(glass)
人髮(Human hair)
雲母(Mica)
尼龍(Nylon)
羊毛(Wool)
絲綢(Silk)
鋁(Aluminum)
紙(Paper)
棉花 (作為參考物質)
容易帶負電的物質 (容易獲得電子的物質)
木頭 (Wood)
琥珀 (Amber)
氣球 (Rubber Balloon)
黃金 (Gold,)
保麗龍(Styrofoam)
壓克力 (Acrylic)
透明膠帶 (Cellophane Tape)
聚氯乙烯(Polyvinylchloride)，即常見的 PVC
矽(Silcon)
鐵弗龍(Teflon)

二、電路原理

當 PVC 管和羊毛及尼龍混紡的布料摩擦後，兩者分別帶負電和正電。兩者已經帶電之後，再摩擦起電而增加電荷量，就比較不容易了，因此，我們可以把羊毛、尼龍混紡的布料和 PVC 管分別當成正、負極，摩擦起電造成兩者之電荷累積，此兩者的正負電必須經由適當過程互相中和，才能使摩擦起電的過程順利連續的進行，更有效率的產生靜電。

本教具在羊毛尼龍混紡的布料下方置一金屬片，以便導出羊毛尼龍混紡的布

料所累積的正電荷。另外以鋁箔鋸齒尖之尖端放電，使 PVC 管上的負電，可以通過游離空氣導到鋁箔上，再經接連鋁箔的輸電線，與羊毛尼龍混紡的布料下方金屬接出的輸電線電極接近，兩者之間再經由靜電風車、富蘭克林輪、富蘭克林鐘、摩亞馬達等互相導通，使正負電中和，或經由萊頓瓶（電容器）、金箔驗電瓶進行類似充電的過程、或經過接地、或空氣直接導電等過程，使正負電中和，但基本上遵守一般的電路原理。參見圖 1。

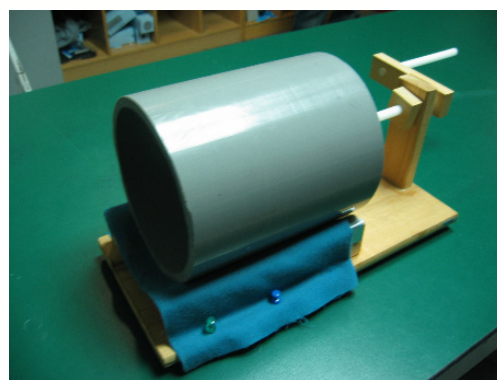
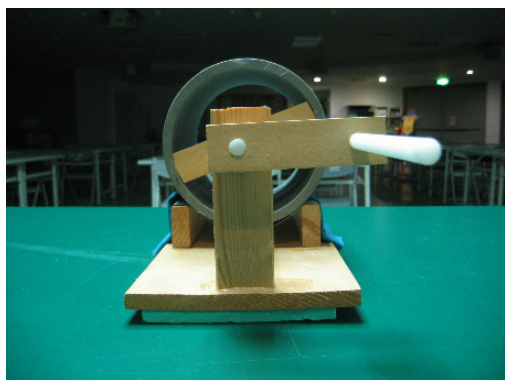
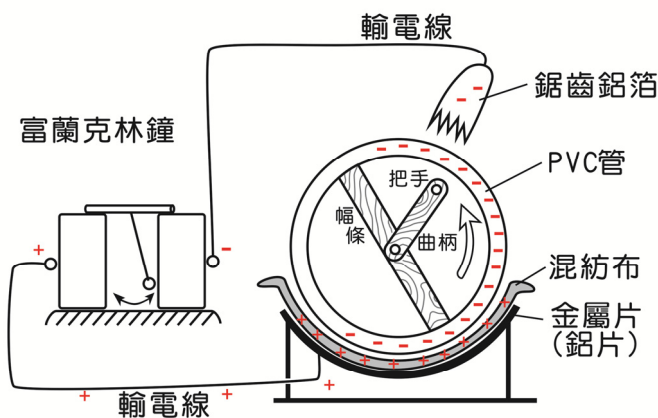


圖 1、靜電產生器的實物攝影及電路圖

三、利用重力的極簡造型

因為有正向力，PVC 管和羊毛及尼龍混紡的布料才有摩擦，才能產生靜電，直接將兩者壓緊接觸在一起，也能產生靜電。此教具顯然需要正向力。我們利用 PVC 管本身的重量，產生 PVC 管和羊毛及尼龍混紡的布料之間必要的正向力，這樣簡單的設計大大簡化此教具的構造，本教具只用一個穿孔作為象徵性的軸承，PVC 管只是放在羊毛及尼龍混紡的布料上，整個教具可在一小時內完成，造價便宜。

參、製作方法

仔細測量外徑 20 cm 的 PVC 水管的內徑，鋸下一根長度與 PVC 水管內徑一樣長的木條，木條正中心鑽一個直徑 1.3 公分的圓孔，另外從木條側面鑽一個可栓上螺絲釘的小孔，此小孔通往木條中心之圓孔，PE 棒塞入木條中心的圓孔，將螺絲釘從木條一側小孔鑽入 PE 棒中，使 PE 棒和木條緊緊相扣。木條兩端也鑽有可旋緊螺絲的小孔。

在 PVC 水管一端與直徑對應的兩側，各鑽可容螺絲釘通過的小孔。把已經與 PE 棒固定的木條置於此 PVC 水管直徑處，用 2 根螺絲釘分別從 PVC 水管兩側小孔鑽入後，旋緊在木條兩端。於是形成以 PE 棒為轉軸，木條為輻條 (spoke)，PVC 水管為滾輪的結構 (見圖 2)。

在一塊寬約 20 公分，長約 45 公分的木板上，用兩支木條，製成可容納 PVC 管

的槽狀構造，在此槽狀構造上鋪上一層捲成半圓弧型的鋁片，鋁片兩側先用螺絲釘固定在槽狀構造上，再在鋁片上方鋪一層羊毛尼龍混紡的布料，用圖釘將此布料也固定槽狀構造的上方，鋁片和布料緊靠在一起 (見圖 3)，鋁片可另外接輸電線。

把 PVC 管水平置於鋪有布料和鋁片槽狀構造上，PVC 管一端的 PE 棒須伸出底座木板一些。此 PE 棒即作為 PVC 水管的轉軸，測量一下此水平 PE 棒軸心的高度，鋸下一段長度適當的木條，再木條一端鑽一個直徑 12mm 的孔，使此孔的中心到木條底端的長度，等於 PE 棒軸心的高度，將 PE 棒穿過 12mm 的小孔，而木條則牢牢用 AB 膠或其他方法垂直固定在底座木板上 (參見圖 2)。

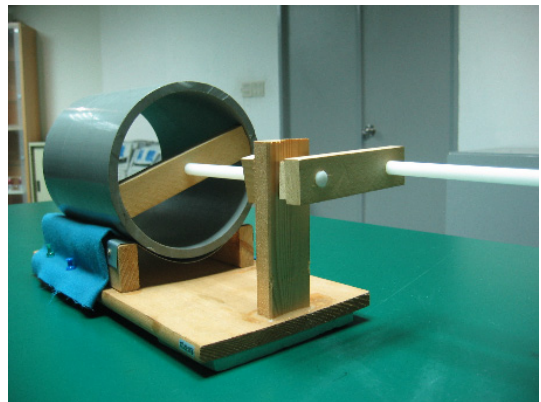


圖 2、以 PE 棒為轉軸，木條為輻條 (spoke)，PVC 水管為滾輪

穿出木條的 PE 棒，再結合一曲柄，曲柄上加裝一個把手，以便使用者可以握住把手而旋軸 PVC 管 (見圖 2)，PVC 管旋轉時，與布料摩擦生電，PVC 管上的靜電，另外用絕緣的鋸齒鋁箔導出 (見圖

1)，以進行相關實驗。布料上的靜電則經鋁片在接地，使得此靜電產生器能不斷產生靜電。



圖 3、兩支木條製成可容納 PVC 管的槽狀構造，在此槽狀構造上裝設有半圓弧型鋁片，鋁片上方鋪一層羊毛尼龍混紡的布料

肆、操作與實驗

一般科普書籍或教科書中所提出的靜電實驗之特徵，是所產生的靜電電荷量不多，但電壓(電位差)卻相當大，在高電壓(幾千伏特)的情形下，一般被認為不導電的材料，例如木材，也變得些微可以導電；潮濕的空氣也會造成漏電的現象，由於靜電電荷量本身並不太多，所以稍不注意即造成漏電，靜電實驗就不易成功。因此，靜電實驗常要在乾燥的地方進行，並避免一切不小心的漏電。

以本文之教具產生的靜電做實驗時，PVC 管上的負電，經鋸齒狀鋁箔傳導線傳導至實驗儀具(例如富蘭克林輪、摩亞馬達等)，要用保麗龍、玻璃棒、石蠟等極不易導電之物體，隔離鋸齒鋁箔的輸電線

與週遭物體，使其不至於漏電至接地、人體和大氣中。至於底座金屬鋁片之輸電線，因為金屬鋁片本身即難以避免接地現象，所以比較不必注意絕緣。

即使不做摩亞馬達、富蘭克林輪之類的實驗。從 PVC 管和羊毛尼龍混紡的布料產生的高電壓，遲早也會經由大氣或週遭的環境形成迴路而中和。製作摩亞馬達和富蘭克林輪時，也要點還是避免他們本身漏電，以確保電經由摩亞馬達或富蘭克林輪的方式流動，實驗就會成功。

靜電產生器的使用效益，以國立科學工藝博物館靜電系列教具開發為例，原本利用 PVC 水管和羊毛及尼龍混紡的布料摩擦來產生靜電時，所製作的富蘭克林鐘兩個電極的距離僅能維持在 7-10 公分，由於操作技巧的限制，一般觀眾首次嘗試操作就能成功的機率僅約 60%。若運用靜電產生器為電源時，富蘭克林鐘兩極的距離便可增加，即使是學齡前的小朋友也能輕鬆的用旋轉手把的方式達成目標。在摩亞馬達的教具研發上，也由於靜電產生器提供的大量電力，時得靜電球長距離跑操場的目標得以達成，提供了更有趣的靜電實驗型式，同時增加了靜電教具開發的各種可能。(見圖 4)

伍、結論

中小學的靜電實驗，常因缺乏有效產生靜電的器材而使實驗無光。這項簡易製作的靜電產生器很容易完成，願能出現在各級學校的物理教室，為孩子們添加學習

的樂趣。當然，本教具仍有改進的空間，例如：在 PVC 管內裝設窄窄的一圈鐵質圓環，減少 PVC 管的厚度，在鋁片槽狀構造下方裝設一個強力磁鐵，藉磁力提供 PVC 管和羊毛及尼龍混紡的布料摩擦必須的正向力；PVC 管上方的鋸齒狀鋁箔，其尺寸大小、鋸齒的形狀與數目、與 PVC 管的距離，都可加以最佳化。

參考文獻

- 第 M297581 號新型專利 『簡易靜電產生器』(專利權屬高雄科學工藝博物館)
- D. Halliday, R. Resnick and J. Walker (2004), *Fundamentals of Physics* 7th ed., New York, John Wiley & Sons, Inc.
- Louis A. Bloomfield (2010), *How things work : The physics of everyday life*, 4th ed., New York, John Wiley & Sons, Inc.
- http://www.siliconfareast.com/tribo_series.htm

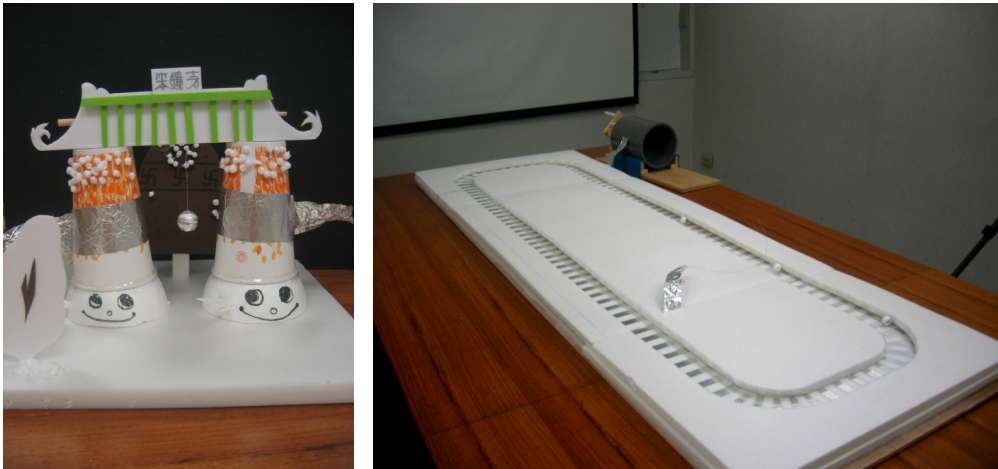


圖 4、造型可愛的富蘭克林鐘和摩亞馬達進化版「靜電球跑操場」