

---

# 尖端放電和離子推進器

周鑑恆\* 黃俊夫\*\* 曾瑞蓮\*\*

\*蘭陽技術學院

\*\*國立高雄科學工藝博物館

在許多科普著作和中小學教科書中，常提及避雷針，並簡單介紹其原理——尖端放電。但尖端放電的現象其實並不容易解釋清楚。簡單而言，導體的尖端由於電力線集中，電場較強，附近的中性空氣分子受到極化乃至於電離，如果導體尖端帶正電，空氣分子即因正電尖端帶走其電子而成爲正離子，此時正離子與正電尖端互斥，而加速離開，這些正離子同時帶動空氣流動，並不斷使填補至正極尖端附近的空氣電離，重覆進行此過程。造成的效果就是正電導體尖端附近的空氣源源不斷產生正離子；反之，如果導體尖端帶負電，強電場亦能使尖端附近的空氣分子電離，負離子受斥離開，亦產生帶動空氣流動的效果。這就是所謂的尖端放電的大概情形。

雖然中小學生都知道的尖端放電現象，似乎並非很艱深的學理，但在大氣中運作的新型離子推進器，却主要是利用尖端放電的原理。就像靜電風車（Electric Whirl）產生推力一樣，離子推進器不過多加了另一電極，使推力更大而已。

封底圖 A 爲簡易離子推進器【註一】之示意圖：其中，木架上方細金屬絲與下方裙狀鋁箔相距 28 mm。因爲細金屬絲的

半徑極小，而鋁箔的形狀卻是薄薄扁扁的一片，細金屬絲和鋁箔於是形成不對稱的電容。鋁箔和細金屬絲分別接通直流高壓電的負極和正極，因爲空氣稍微比較容易被電離成帶正電的正離子，爲了儘其可能產生大量的離子，因此上方金屬細絲直接正極，上方細金屬絲因爲極細小，所以發生尖端放電而游離空氣，產生正離子；下方接負極的鋁箔，因面積較大，且形狀平滑，附近的電場較弱，不易產生負離子。正離子受到電場加速，在濃稠的大氣中向鋁箔運動，把動量傳給空氣，產生了作用在離子推進器上的推力，離子推進器隨即寂靜騰空，煞是神祕，如封底圖 B 所示。

這具簡易離子推進器不難直觀加以理解，不妨打個比方說明，正離子就好似船槳，電場好似划船者的手，手握船槳向後撥動水而使船向前，電場吸引離子向後撥動空氣，亦即把離子想成是向後（下）撥動空氣的槳，使離子推進器受向前（上）之力。

不過這種類似直昇機滯空演示的方法，用了三根釣魚線栓住離子推進器，使離子推進器繫空滯留，不致於飛走。演示此推進器運動時的特性較受限制。

本文因此首創超輕型軌道車，利用這

款推進器作為動力，動態演示推進器的功能和特性。材料如下：

- 一、有小孔的珠珠，近似球形者較佳，一般兒童可用線穿過其中之孔，而串成項鍊或手鍊玩具的小塑膠珠珠即可；
- 二、30000 伏特直流電源【註一】（數毫安培的輸出電流即可）；
- 三、珍珠板若干塊；
- 四、直徑 0.025 mm 的鎢絲；
- 五、巴沙木條（模型玩具店或大型釣具店找得到）；
- 六、廚房用鋁箔（就是普通用來烹煮食物的鋁箔）；
- 七、用來絕緣的保麗龍板（厚 20 mm，面積  $100 \times 50 \text{ cm}^2$ ）若干塊、玻璃板、玻璃杯（瓶）、細的塑膠棒等。
- 八、直徑 2.5 cm 以上的 PE 棒；
- 九、0.4mm 直徑的鋼桿（即尚未加工的鑽針）8 根；
- 十、截面積  $0.4 \times 0.8 \text{ cm}^2$  的鋁條兩根；截面積  $0.1 \times 0.8 \text{ cm}^2$  的鋁條兩根，長約三公尺。

### 組裝步驟：

（甲）直軌離子推進車（如封底圖 C 所示）

- 一、先將 PE 棒車出四個直徑 2 cm、厚 6 mm 的車輪，車輪有如火車車輪，輪一側有延伸凸緣，凸緣凸出輪緣約 3mm。車輪圓心有一小孔，直徑約 0.5 mm；
- 二、以長 10 cm，寬 5 cm，厚約 2 cm 的珍

珠板製成絕緣的枕木十塊；

- 三、截面積  $0.4 \times 0.8 \text{ cm}^2$  的兩根鋁條作為鋁軌，相距 4.2 cm 黏在珍珠板枕木上；
- 四、割一塊厚 3 mm，寬 3.5 cm，長 12 cm 的珍珠板，板上靠近兩端先各畫兩道（共四道）平行線，平行線相距至少 1 cm，平行線垂直車行進的方向，把 0.4mm 直徑的 4 根鋼桿黏在平行線上，作為輪軸，如此一來，鋼桿製成的車軸，才不容易在電壓高達 30000 伏特的鋁軌間造成電弧放電；
- 五、將四個車輪（凸緣在內側）裝在輪軸上，並以有小孔的珠珠限制車輪位置，使兩輪跨距不得小於軌道寬度，以免車行時脫軌。車身的部分即已完成。
- 六、用美工刀削出長 250 mm、寬 5 mm、厚 2 mm 的巴沙木條三根，以及長 60 mm、寬 5 mm、厚 2 mm 的巴沙木條二根。用強力膠黏合巴沙木條，先作出骨架。骨架狀如一長方形的框框，但兩側之短巴沙木條向前方伸出一小截。亦即製作圖一離子推進器的某一部分。骨架最後要豎立在車身上，其兩側伸出的一小截巴沙木條分別在底部和上端，均指向前方。
- 七、強力膠乾燥木架會變得比較堅固，先在木架後方用強力膠黏上剪好的鋁箔（長 250 mm、寬 30 mm）；再利用木架前方伸出的兩截巴沙木架設細金屬絲，細金屬絲與鋁箔相距 28 mm，作為推進器。

八、把木架框垂直用 AB 膠黏在車身上，亦即木架框垂直地面，框框上的鋁箔平行車行方向，細金屬絲在前方，並垂直地面。車兩側各安裝用鋁箔製成集電靴（改用銅箔更佳，所謂集電靴就是簡單的長條形鋁箔，惟長度足以從車上觸及鋁軌），輕輕接觸下方軌道，一邊的集電靴使鋁軌和車上推進器的細金屬絲導通，另一邊的集電靴使鋁軌和車上推進器的鋁箔導通。即完成直軌離子推進車，如封底圖 C 所示。

### （乙）圓形軌道離子推進車

- 一、將 PE 棒用小型車床，車出四個直徑 2 cm、厚 6 mm 的車輪，車輪有如火車車輪，輪一側有延伸凸緣，凸緣凸出輪緣約 3 mm。車輪圓心有一小孔，直徑約 0.5 mm；
- 二、截面積  $0.1 \times 0.8 \text{ cm}^2$  的兩根鋁條作為鋁軌，經仔細計算圓周和直徑，讀者可以自行決定軌道之直徑，大於 1 m 為佳，如果內側軌道半徑為 50 cm，則外側軌道半徑即為  $(50+4.2)\text{cm}$ ，分別決定內外側鋁軌的長度。事先貼在木板上面積  $1 \times 1 \text{ m}^2$  的珍珠板上，珍珠板上同時也要事先精細畫出內外側圓形軌道的圖形，先把鋁軌彎成圓形，依圖形將內外側鋁軌相距 4.2 cm 黏在（見封底圖 D）珍珠板上。
- 三、這項步驟和第二步驟都要儘可能精密。配合圓型軌道，車身也設計成圓

弧形，圓弧形成的圓和圓形軌道為同心圓，經仔細計算車身兩側圓弧之半徑，繪妥圓弧後，割一塊厚 3 mm，寬 3.5 cm，弧長大約 12 cm 的珍珠板，作為車身，板上靠近兩端先各畫兩道（共四道）向著圓心的徑向直線，直線相距至少 1 cm，把 0.4mm 直徑的 4 根鋼桿黏在平行線上，作為輪軸（如封底圖 E 所示）；

- 四、將四個車輪（凸緣在內側）裝在輪軸上，並以有小孔的珠限制車輪位置，使兩輪跨距不小於軌道寬度，否則車行時會脫軌。
- 五、只取封底圖 A 三角形簡易離子推進器的三分之二作為推進器。還是利用巴沙木條、細金屬絲和鋁箔等製成 V 形的離子推進器（見封底圖 F）。
- 六、把離子推進器安裝在車上，車兩側各用鋁箔（改用銅箔更佳）製成集電靴，輕輕接觸下方軌道，兩集電靴分別接通離子推進器的金屬絲和鋁箔。即完成圓軌離子推進車，如封底圖 G 所示。

### 實驗操作：

在高電壓時，許多平常時候不導電的東西，都或多或少會發生漏電的現象，例如木材，因常會受潮，高電壓時絕緣的效果很差。所以要用玻璃板、玻璃杯（瓶）和保麗龍板，架設各導線，使各導線絕緣，使不致於漏電。30000 伏特直流電源輸出接在鋁製軌道上，圓軌離子推進車即快速

繞行圓形軌道，周而復始。調整直線軌道之坡度，直軌離子推進車可以爬坡，可概估靜止時離子推進器之推力，亦可觀察到運動中之離子推進器推力並未明顯減少。

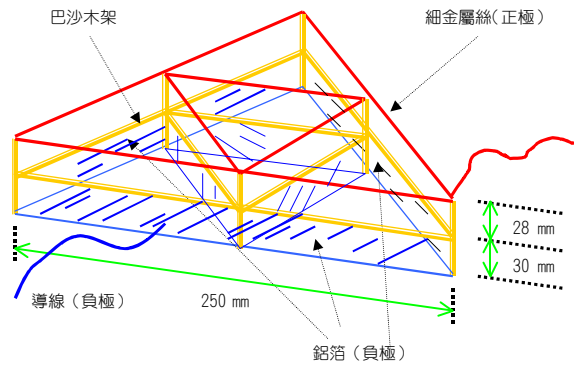
### 誌謝：

感謝國科會 NSC 93-2515-S-359-004 號研究計畫經費。

### 註釋：

一、警告：高壓電源須小心操作，避免電殛。實驗場所宜通風整潔，不可有揮

發性易燃物。參見周鑑恆，科學月刊 2002 年 9 月，*奇異的電漿推進器*，798 - 800 頁。



(上承第 34 頁)



桃花心木種子(棕色) 和學生複製的種子  
(以膠帶配重)

### 四、參考資料

1. 台灣環境資訊協會網頁： from <http://e-info.org.tw/topic/plant/Swietenia-macrophylla/Swietenia-macrophylla.htm>。