

# 燃料電池木車馬教具之開發與推廣

翁駿德

國立科學工藝博物館助理研究員

## 壹、前言

近年來，隨著環境議題愈來愈受到重視，「永續發展」已成爲全世界共同追求的發展願景。在此概念之下，人類的社會、經濟、環境各方面均需受到相當的重視，而其中環境議題之順位，已快速提昇，甚至成爲一切發展的指導原則。台灣身爲地球村一員，面臨全球化石能源枯竭、氣候暖化及變遷之危機，更由於國內工業及民生用品能源需求，絕大部分仰賴國外進口，在多種環境壓力之下，台灣正面臨較其他國家同等或更大能源供給、使用與環保壓力。

台灣地狹人稠、能源短缺，爲了解決能源危機與環境汙染，亟需積極的進行能源開發與技術提升，希望能夠催生出各種潔淨與經濟的新能源，而燃料電池就是其中一個重大的選項。

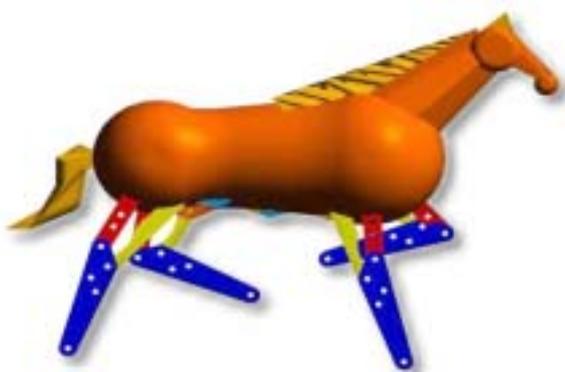
聯合國教科文組織近年來將環境教育重新定位爲永續發展教育，且在博物館研究中，亦將永續發展訂爲所有博物館工作人員必須具備的知識、態度與技能之要項。爲了讓我們的地球能永續經營，並擁有一個潔淨的地球，我們必須向下紮根，將節能減碳的意識落實在日常生活中。因此國立科學工藝博物館（以下簡稱工博館）希望能運用古代魯班木車馬機構的復原，並藉由現代科技燃料電池作爲動力的來源，呈現出傳統與現代，人文與科技結合，且具趣味及互動高的可載人式教具，進行節能減碳教育之推廣，進而落實減緩全球暖化之目的。

## 貳、木車馬教具之由來

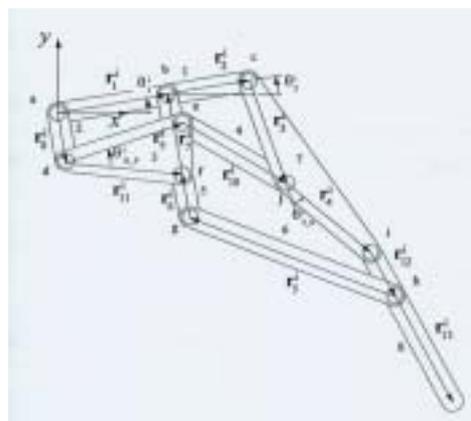
仿生機器動物的研究，爲近幾十年來國內外熱門的科目之一，大致上可以分爲兩大類：一爲使用電腦伺服控制來驅動；二爲利用純機械機構來達成。前者的優點爲能使機器動物做出各式各樣的動作，但缺點是價格昂貴、構造精密

、操作繁雜、設計不易；後者的優點則為構造簡單、利用少許的動力源便能作動、加工組裝容易，但缺點為只能進行單一或少數的動作，需要重新設計尺寸才能改變輸出的運動。

因此，本案構想擬以連桿機構的運動學為學理基礎，將國立成功大學中華古機械研究中心研究群之研發成果-八連桿木車馬，設計成大型可乘坐式的仿生機器馬，讓參觀民眾藉由乘坐之趣味互動中，能瞭解其物理原理，並同時與機械、生物、以及歷史相結合。



木車馬電腦模擬圖



木車馬單腿八連桿機構

(資料來源：<http://www.acmcf.org.tw/acmlab/newpage15.htm>)

### 一、魯班木車馬機械傳奇

根據歷史文獻記載，在王充所著之論衡·儒增篇中，有這麼一段記載：「…魯班巧亡其母也。言巧工，為母作木車馬，木人御者，機關備具，送母其上，一驅不還，遂失其母…」。魯班為春秋戰國時期的木匠，根據這段記載，古中國時期應當有可能已經有能力能夠製作出「木車馬」這種仿生步行動物了，並且能夠

載人於有高度落差之斜坡上，利用重力驅使馬車自動向下行走。魯班在其發明當中，最令人稱奇的當屬能於路上自動行走的木車馬。魯班居住的地方在敦煌，附近大多是山丘，因此，木車馬利用本身的慣性與能量守恆原理在這種斜坡地形上自動往下走是可能的。

## 二、復原發展歷程

國立成功大學機械系顏鴻森教授帶領其研究群，與新疆工學院王渝教授合作，根據史書上的記載，以當代的工藝技術水準，並利用現代機械設計的理論，成功的復原了具有文獻資料上所記載之功能的木車馬。在多年來不斷的嘗試與系統化的研究之下，在單腿不同桿數：四連桿、六連桿以及八連桿的設計之下，以八連桿組的表現最為優越。同時該研究團隊也以現代精密之工具機製作出桌上型可行走之八連桿木車馬，該教具可在斜坡上如史書記載般，不靠任何動力很順利往下行走。



桌上型八連桿木車馬

## 參、燃料電池原理

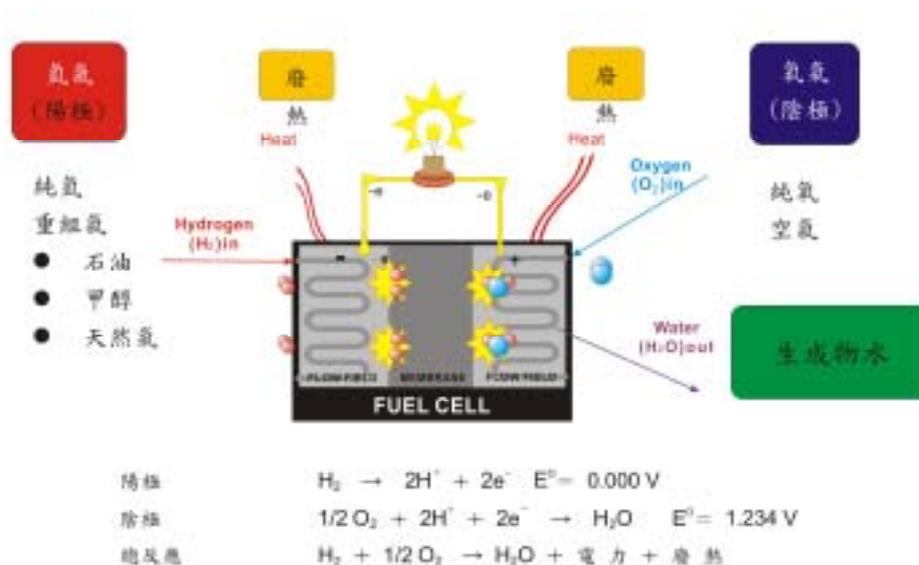
### 一、燃料電池的由來

在國中自然課程中，我們學習到；藉由通入直流電電解水製得氫氣與氧氣。反之也可藉氫氣與氧氣化合，反應生成水的過程中，將氫氣與氧氣結合，將化學能轉換成電能予以輸出。燃料電池的起源可追溯到 1838 年 Schonbein 發現燃料電池電化學效應，1839 年，英國威廉葛洛夫 (William Grove) 爵士建立燃料電池的發電實驗裝置，進而發明燃料電池 (史乃鑑，2008)。

### 二、燃料電池發電原理

以質子交換膜燃料電池為例，燃料電池的作用原理以氫為燃料，經過與氧的電化學反應後，不需經過燃燒反應即可將燃料的化學能轉為電能，是一種直接式的能量轉換器，發電效率高，最終的副產品只有熱能與純水。

燃料電池與一般電池最大不同之處，在於一般電池的反應物存放在電池內，而燃料電池的燃料則是從外面輸送進去的，只要一直供應反應物，燃料電池即具有持續發電功能。與一般電池相似的地方，則是兩者的裝置都有陰（正）、陽（負）兩個電極與電解質，燃料電池中陽極的氫氣失去電子產生氫離子，經由電解質移動到陰極與氧氣及流回的電子產生化學反應形成水。此外反應若要在室溫下進行，電極中還須有催化劑，加速氧化還原反應的進行。



### 質子交換膜燃料電池簡單結構及電化學反應

#### 三、燃料電池特點

一般來說燃料電池有以下的特點：

- (1) 高效率：電能的轉換效率在 40~60%，如加上反應熱能有效回收，效率可達 90% 以上。
- (2) 低噪音：燃料電池無燃燒反應、無大型或高速運轉機件，僅空氣壓縮或進氣風扇機運轉聲音。
- (3) 低污染：燃料電池以氫氣為燃料，不排放二氧化碳。且燃料電池發電不經過燃燒，所以不排放硫的氧化物 (SO<sub>x</sub>) 與氮的氧化物 (NO<sub>x</sub>)。
- (4) 多料源：天然氣、石油、煤炭等氣化產物，或是沼氣、酒精、甲醇等只要含氫物質都可作為燃料。
- (5) 多用途：燃料電池發電規模具有彈性，可以應用在可攜式電力、車輛電力、

分散型電廠、及集中型電廠等。

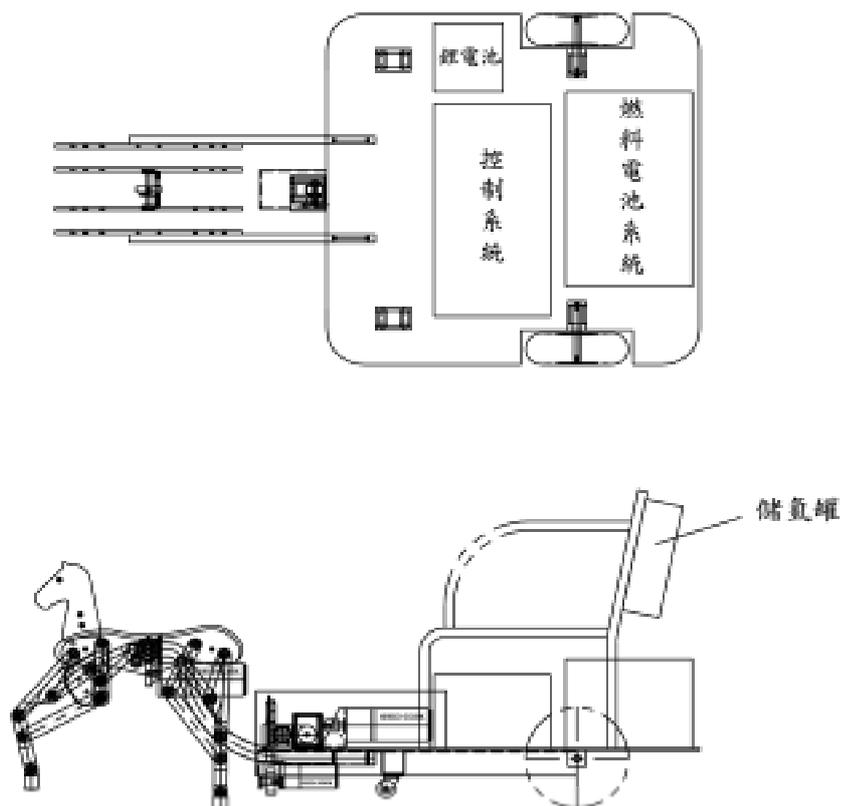
#### 肆、燃料電池木車馬設計及製作

工博館所製作的魯班木車馬之復原設計，因需要長期在館內作展演教學用，故材料採用金屬製作，若依其歷史年代追溯，則在當代應當是以木材為其製作材料。由於木料容易腐壞，所以這項古中國的重要機械發明—木車馬可能因此而就此失傳。最初設計之時，是以最小推力為其設計條件，故工博館所展示的木車馬不需要太大的動力驅動，即可達到載人前進的目的。



工博館第一代可載人鉛酸電池木車馬

工博館第一代可載人式木車馬製作時，係以木車馬復原之機構型式為主要展演重點，突顯連桿運作在機械構造中之重要性，因此採最簡單且最容易取得之鉛酸蓄電池為動力來源。而由於鉛酸電池在耗損後本身將成為污染源，因此尋求替代動力源且為潔淨之能源，是本案最大之目標，因此最適合使用在交通工具，且最具未來性之質子交換膜燃料電池，自然成為第二代可載人式木車馬動力源之首選。質子交換膜燃料電池又稱為高分子電解質燃料電池 (PEMFC) 或固態高分子電解質燃料電池 (SPEFC)。由質子交換膜、陰極和陽極所組成的套件稱之為膜電極組 (MEA)，質子交換膜為一傳導質子 ( $H^+$ ) 的高分子膜，在多家商業化產品中，目前以杜邦公司的Nafion產品最為大家接受。陰極和陽極材料皆以鉑金屬為主要觸媒，將鉑微粒分布在具導電性與高表面積的碳黑載體上。近年來拜奈米科技進步，可將幾奈米的鉑鍍在碳黑或碳粉上，不但大幅降低鉑金屬的使用量，且大幅提升輸出電能之轉換密度。



工博館第二代可載人燃料電池木車馬設計圖

### 伍、燃料電池木車馬推廣活動

工博館燃料電池木車馬於 98 年初製作完成後，即投入節能減碳系列活動之推廣行列。由於本教具可載人，與觀眾互動性高，演示效果顯著，且具傳統與現代科具結合之教育意義，因此相當受到觀眾之喜好，也每每成為活動之焦點，例如 98 年度資訊展教育部展區，即以木車馬為行銷重點；同時讓民眾試乘活動，也是節能減碳推廣系列活動之最佳賣點。



燃料電池木車馬為 98 年度資訊展教育部展區重點展品

由於燃料電池木車馬之車身機構及動力源燃料電池設備皆為國人所製作，因此推廣的同時，不僅是扶持我國先進科技之發展，也是在考驗著國內廠家在科技產品上之實用性及耐用性。



燃料電池木車馬在台北國立科學教育館展演



燃料電池木車馬在高雄工博館展演

### 參考文獻

<http://www.acmcf.org.tw/acmlab/newpage15.htm>

史乃鑑（2008）。節能減碳－永續台灣環境科教活動教材開發及教具建構之研究報告。