

中華民國第四十七屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

高中組 生活與應用科學科

佳作

040811

動力新觀念—腳踏『氣』車

學校名稱：國立彰化女子高級中學

|               |              |
|---------------|--------------|
| 作者：<br>高一 許家蓉 | 指導老師：<br>李政憲 |
|---------------|--------------|

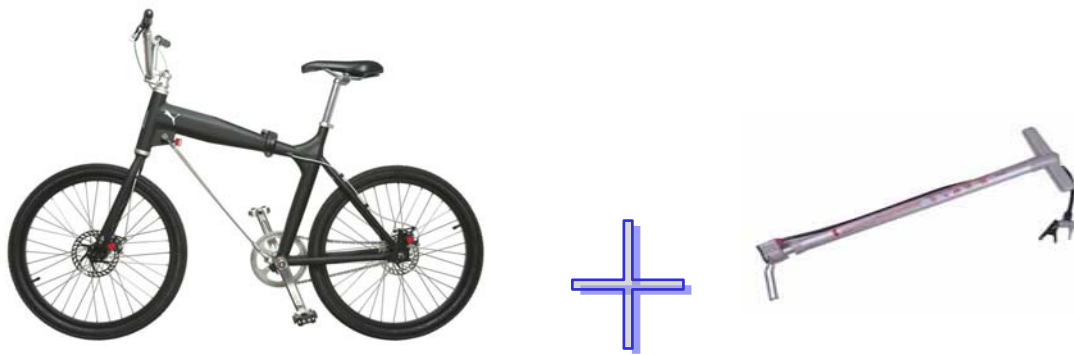
關鍵詞：壓縮空氣 蓄壓 活塞運動

## 動力新觀念——腳踏「氣」車

### 摘要

處在二十一世紀，身為萬物之靈的我們，數百年來都在快速地耗用地球上的能源。科學家表示，生活中動力最主要的來源——石油，即將耗用完畢。因此，各個研究人員無不積極尋找所能使用的替代能源，凡舉氫氧電池、利用鈾原料的衰變而發電等等，都是他們的成果。

但是，這終究只是「替代」能源而已。時間一久，難道不會耗盡嗎？有沒有一種能源是能夠反覆使用、取之不竭的呢？它環繞在我們的四周，也避免地球受到外來物的入侵。它，正是每天伴著我們，使我們能夠繼續生存的「空氣」。利用空氣，解決能源危機，如果同時能夠健身，一舉兩得，有那該有多好哇！於是，我想到了結合腳踏車和空氣動力，並與師長加以討論，展開一連串的研究。(圖一)



(圖一)

## 壹、研究動機

有一次，我的一位老師播放了美國前副總統高爾的一部紀錄片不願面對的真相給我們觀賞。在影片中，高爾一針見血地指出了溫室效應對地球所造成的危害。最讓我怵目驚心的一幕，是當他談到非洲第一高峰吉力馬札羅山上的靄靄白雪正在以驚人的速度融化中。他說，如果溫室效應沒有改善，吉力馬札羅山的雪在 2020 年就有可能完全融化。而人類不斷地砍伐森林、漠視溫室效應的行為也讓我非常痛心。地球對於我們近年來的予取予求已經做出了反擊，我們不能不正視啊！

在大馬路上，駕駛人最不想遇到的當然就是紅燈了。最久的可以讓我們等上一分半鐘。當你把車子停下來，希望紅燈趕快變綠燈，或是趁機打個小盹兒的同時，你的車子還是在工作狀態喔。雖然它的輪子不轉動，但引擎內部仍然繼續燃燒——火星塞持續在點火，並不斷地產生廢氣，也會消耗汽油。

我們初步估計，一台 1500c.c.的汽車，在未行駛的狀態下，一分鐘所耗去的汽油量約為 10c.c.。或許你會覺得這數字跟螞蟻一樣小。但試想：跟你同在一條馬路上等紅燈的有幾台車？這些車，包括你自己的，平均一天大約要等十個紅綠燈，如此一來，一台車一天所浪費的油量就是 0.1 公升了。還是沒感覺嗎？根據統計，2005 年全球汽車總量已達到 8.5 億輛！

一天浪費的油量就如此驚人，所排出的廢氣量肯定也讓地球胖了不少。基於此因素，我們興起了尋找乾淨的替代能源的念頭。由於愛好腳踏車，也不願看到美麗的大自然受到更嚴重的傷害，在一次外出看到舊式蒸汽火車車輪上的連桿裝置後，我想出了拯救地球的妙招。

### 汽車於紅燈時之耗油量統計

| 紅燈耗油量<br>汽車量數               | 公升/每次       | 公升/每日        | 公升/每月                     | 公升/每年                     |
|-----------------------------|-------------|--------------|---------------------------|---------------------------|
| 1輛                          | 0.01        | 0.1          | 3                         | 36                        |
| 8.5億輛<br>(2005年全球車輛)        | 8,500,000.  | 85,000,000.  | 2,550,000,000.<br>(25.5億) | 30,600,000,000.<br>(306億) |
| 11億輛<br>(2020預估年全球車<br>輛總數) | 11,000,000. | 110,000,000. | 3,300,000,000.<br>(33億)   | 40,000,000,000.<br>(400億) |

## 貳、研究目的

- 一、發展無污染新動力之交通工具。
- 二、達到健身的效果，讓我們更健康。
- 三、印證氣壓動力之可行性。

## 參、研究設備與器材

| 一、主要器材                    |    | 二、次要零件                  |     |
|---------------------------|----|-------------------------|-----|
| 腳踏車 (bikes)               | 二輛 | 節流閥                     | 兩個  |
| 鋁製帶動輪(drive wheel)        | 一個 | 三通接頭                    | 數個  |
| 空壓馬達 (air motor)          | 一個 | 風管接頭                    | 數個  |
| 空壓馬達固定架(air motor seat)   | 一個 | 單向接頭                    | 數個  |
| 坐墊架 (seat frame)          | 一副 | 壓力管                     | 拾公尺 |
| 輔助打氣筒(secondary inflator) | 一個 | 止洩帶                     | 一捲  |
| 立式打氣筒(附壓力表)(inflator)     | 二組 | 膠帶 (tape)               | 一捲  |
| 主支撐架                      | 一支 | 熱熔膠與熱熔膠槍(hot melt glue) | 一組  |
| 鋼瓶 (air accumulator)      | 一個 | 螺栓、螺帽與墊圈                | 數組  |
| 空壓倍壓缸 (air booster)       | 一組 | 塑膠瓶 (plastic bottles)   | 數個  |

## 肆、實驗過程與方法

### 一、塑膠蓄壓瓶耐壓能力測試

爲了安全起見，避免讓塑膠瓶在貯壓過程中受太大的壓力而爆破，我們先測試看看不同的塑膠瓶所能承受的最大壓力爲何。根據我們測試的結果，我們所採用的塑膠瓶能承受 4 公斤/平方公分的壓力。使用壓力設定在最高 3 公斤/平方公分之壓力。(圖二)



(圖二)

### 二、鋼質蓄壓瓶耐壓能力

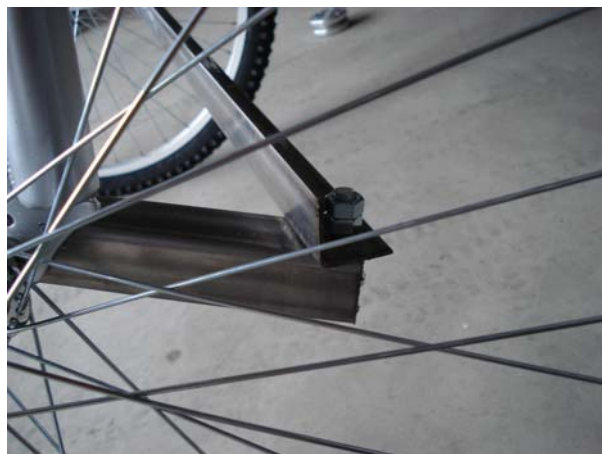
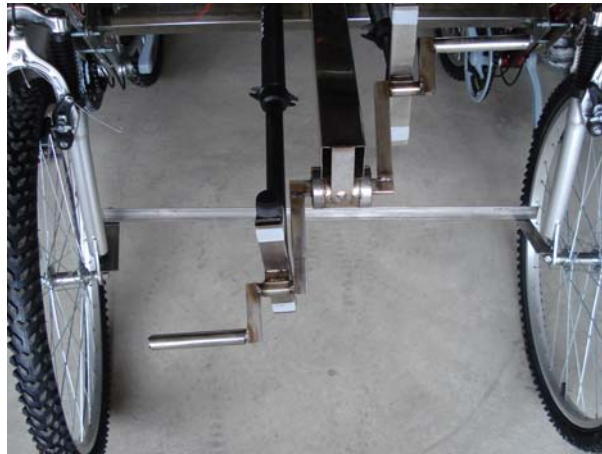
所採用的鋼瓶可承受 6 公斤/平方公分的壓力，因此符合使用適當壓力 6 公斤/平方公分之需要(本實驗需以輔助打氣筒才能達到 6 公斤/平方公分的壓力)。

### 三、機械組裝

結合兩部腳踏車的連接架與氣動馬達固定架(可調整高低位置)，均以不破壞腳踏車且可拆卸爲原則。將兩台腳踏車以坐墊架組合爲一台四輪腳踏車，在車架前端加裝兩支打氣筒於腳踏機構上，再以踩動腳踏機構帶動連桿，使連桿帶動打氣筒壓縮空氣。裝上前輪方向控制連桿，使前輪之動作一致。依序裝上空壓馬達、及其餘之空壓零件完成一個完整的空氣迴路(見以下圖三~十一)。



坐墊架與連桿裝置的打氣筒(圖三)



方向控制連桿(圖四、圖五)



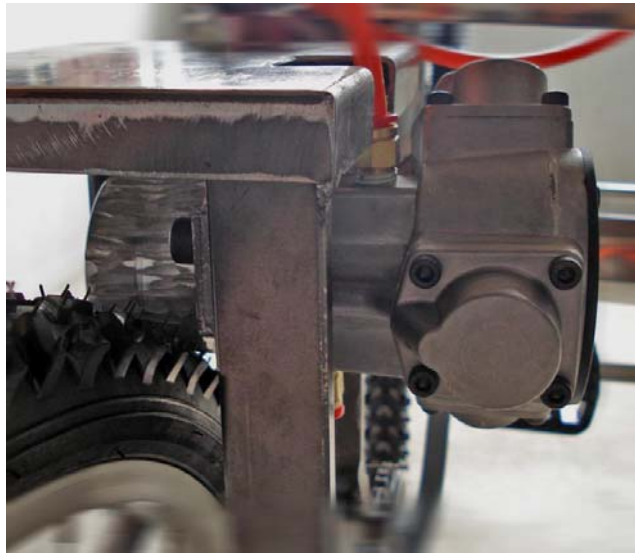
方向連桿以雙螺帽相互迫緊而不致鬆脫，使方向連桿仍能自由活動  
(圖六)



基本架構與兩台腳踏車組裝後之車體外型組裝方向控制連桿  
(圖七)



配管用零件與工具(圖八)



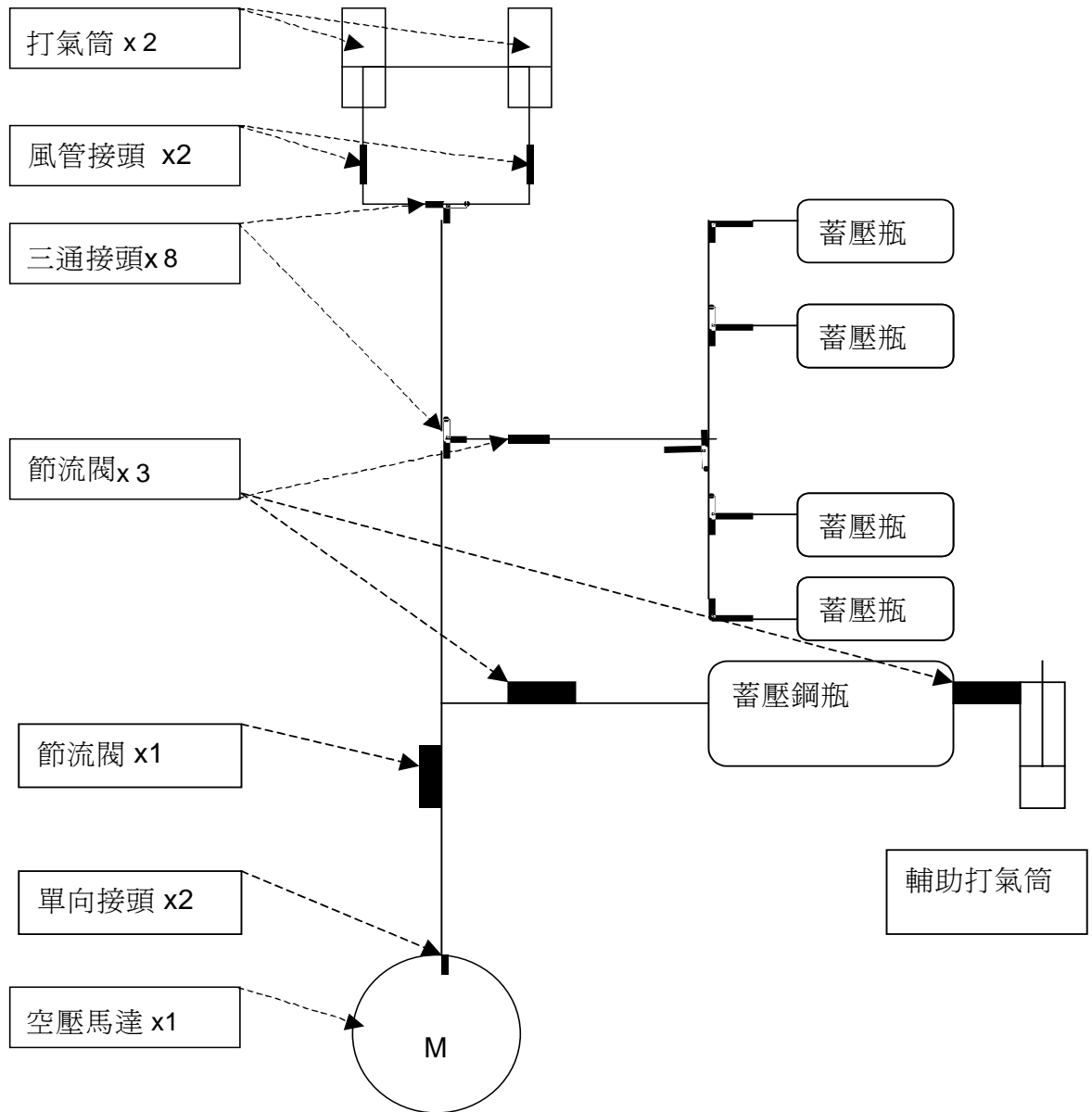
氣動空壓馬達與驅動輪(圖九)



蓄壓塑膠瓶與氣壓管路(圖十)



空氣迴路與零件配置



(圖十)

## 伍、研究結果

### 一、作品外觀



### 二、塑膠瓶壓力與無載人之推動情形(最大 3 KG/平方公分)

踩動踏板，觀察打氣筒上之壓力表，使寶特瓶蓄積之壓力達到每平方公分 3 公斤時，已可推動氣壓馬達，使腳踏車向前行走。見下表一及表二。

#### 塑膠瓶壓力與輪胎轉動(輪胎著地)與推動情形(最大 3 KG/平方公分)

| 壓力<br>(KG/平方公分) | 0.5 | 1  | 1.5 | 2  | 2.5 | 3  |
|-----------------|-----|----|-----|----|-----|----|
| 車子推動情形          | 不動  | 不動 | 緩動  | 緩動 | 動   | 動  |
| 車輪轉速<br>(轉/分鐘)  | 0   | 0  | 5   | 10 | 15  | 30 |
| 行走距離(公尺)/分鐘     | 0   | 0  | 10  | 20 | 30  | 60 |

(表一)

鋼製蓄壓瓶壓力與無載人之推動情形(最大 6 KG/平方公分)

|                 |     |     |     |     |     |     |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 壓力<br>(KG/平方公分) | 3.5 | 4   | 4.5 | 5   | 5.5 | 6   |
| 車子推動情形          | 動   | 動   | 快動  | 快動  | 快動  | 快動  |
| 車輪轉速<br>(轉/分鐘 ) | 45  | 55  | 65  | 75  | 80  | 90  |
| 行走距離(公尺)/分鐘     | 90  | 110 | 130 | 150 | 160 | 180 |

(表二)

註：1.輪胎直徑66cm，圓周長度207cm，就是輪胎轉一圈走的距離2.07公尺

2.因所採用之馬達活塞直徑為 2.5 公分，總面積約為 4.9 平方公分，故活塞之總推力約為 4.9 平方公分乘以每平方公分 3 公斤，能達到 14.7 公斤。

3.馬達所連接之帶動輪與腳踏車輪之直徑比約為 1：13 (5 cm：65 cm)，故其總推力可以提升 13 倍。又因為帶動輪之直徑較腳踏車輪小，小直徑帶動大直徑，形成一個省力機構，但也因此速度減緩。透過這個實做經驗，也證實了使用空氣做為交通工具之動力是可行的。

## 陸、討論

### 一、蓄壓瓶與壓力之關係

因為受限於塑膠蓄壓瓶之耐壓能力最大只能到達 3 公斤/平方公分，無法到達馬達正常使用所需 6 公斤/平方公分之壓力，因此此實驗所採用之馬達僅發揮了一半的力量。

鋼製蓄壓雖能承受 6 公斤/平方公分之壓力，但因目前之腳踏打氣系統無法達到此一壓力，需以輔助打氣筒才能達到 6 公斤/平方公分之壓力。

若要充分發揮馬達應有之推力，可從以下兩點著手改善：

- (一) 使用耐壓程度 6 公斤/平方公分以上之蓄壓瓶（鋼瓶或較耐壓之材質）。
- (二) 在仍然保持低壓儲氣之狀況下，在蓄壓瓶出氣口處加裝一個或數個倍壓器（帕斯卡原理）。

### 二、蓄壓瓶與空氣壓縮量(馬達運轉時間)之關係

同樣體積，但耐壓能力不同之蓄壓瓶，所能承載之空氣量亦不同。此次實驗所採用之塑膠瓶因耐壓能力較低，故其所能承載之壓縮空氣量亦較少，可使用更多的塑膠貯氣瓶或加大儲氣筒容量來增加行走距離。

### 三、腳踏打氣系統改善:

- (一) 低壓大容量儲氣(需設計大風量低壓腳踏打氣系統)。
- (二) 再利用帕斯卡原理推動大面積氣壓缸，產生數倍之推力，可將低壓增壓為中壓，同樣原理再增壓為高壓或超高壓

### 四、加大氣動馬達馬力，可以載人(本實驗使用 1/4 馬力)。

### 五、更進一步的機構改善:

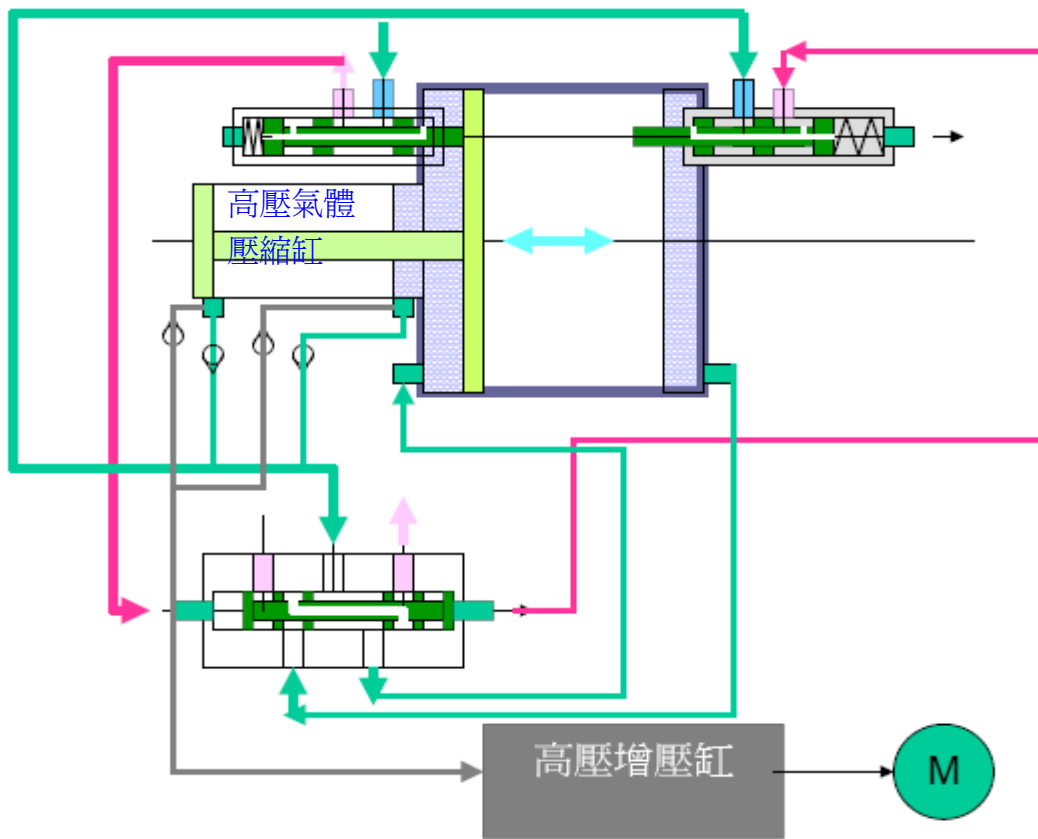
- (一)、坐位與腳踏位置改善(避開與身體干涉部份)。
- (二)、將主要車身縮小，更為實用方便。

## 六、空氣壓縮與壓力釋放時之有趣現象

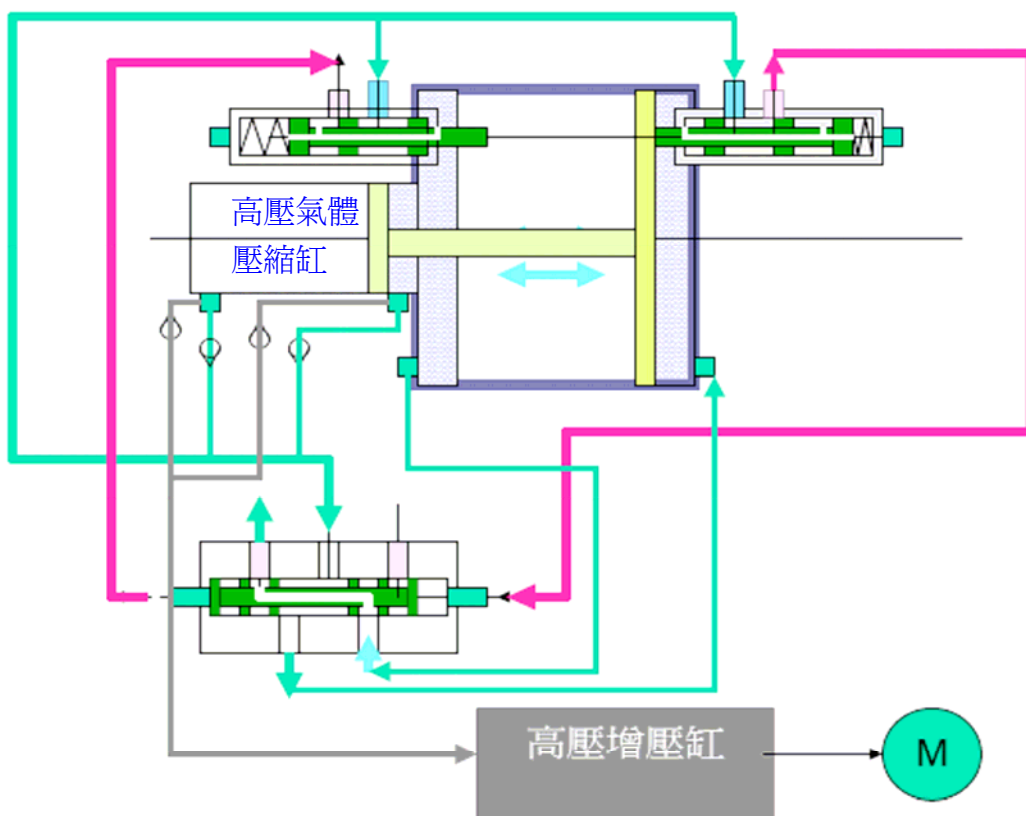
我們發現，在壓縮空氣時，觸摸蓄壓瓶之表面，會感到溫度上升。而在釋放空氣時，則會感到溫度下降，同時會有水氣產生。如何利用此壓力與溫度之間之關係，值得更進一步去探討（如：冬天冷時將塑膠瓶接至打氣筒，打氣後將溫暖的塑膠瓶當作環保暖暖包等等……）。

## 七、蓄積壓力與打氣難易度關係之比較

我們發現，當蓄壓瓶之壓力達到接近 3 公斤/平方公分時，用來充氣的打氣筒便漸漸地很難再打氣進去。原因是空氣也有壓縮的限度，到了那個限度後空氣分子間互相的激烈運動變得好像在排斥彼此，所以我們想到了利用增壓機構來補足這部分的缺失。讓駕駛在踩踏板的時候更輕鬆，也達到了馬達正常運轉所需之壓力。（見下頁圖十三、圖十四）



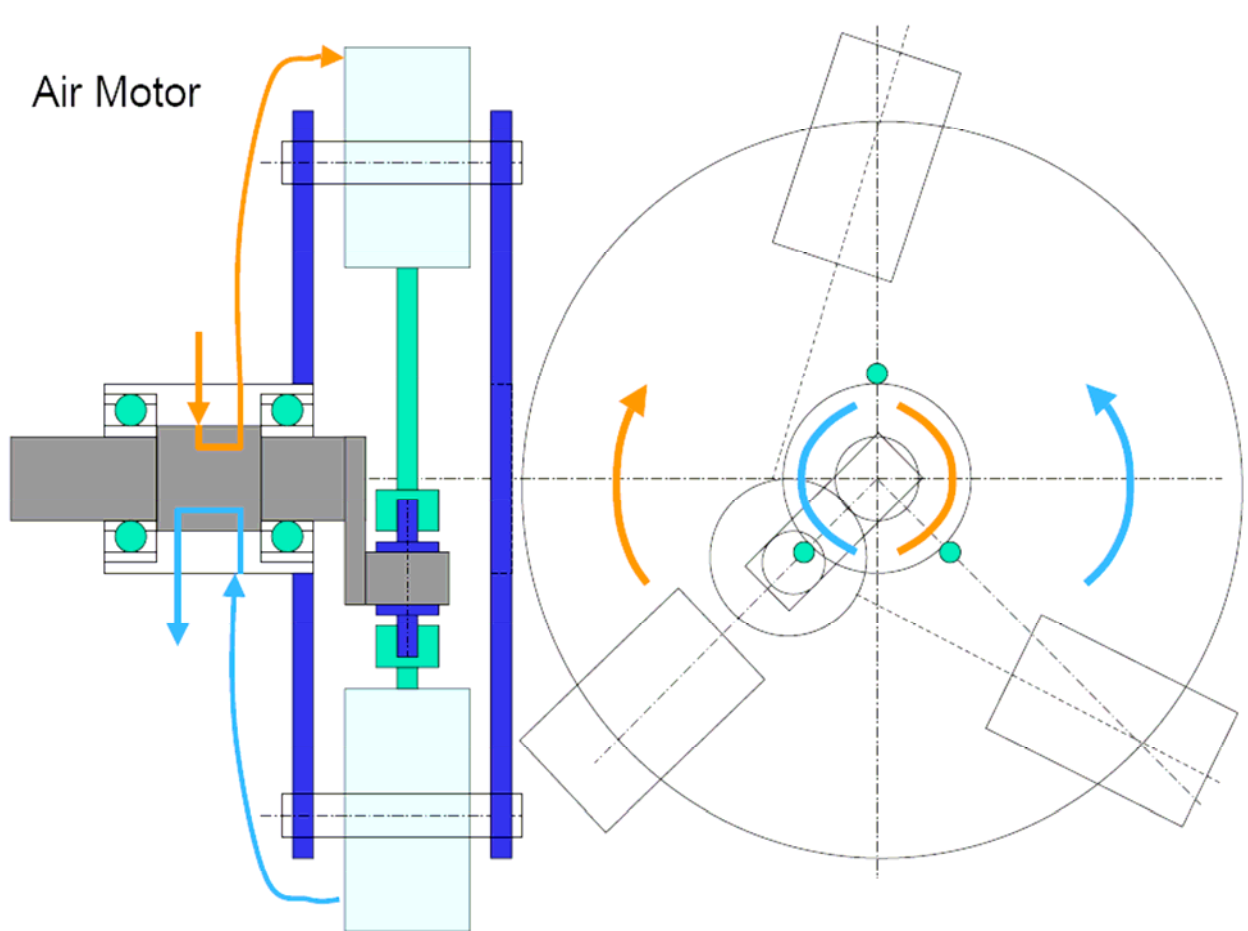
(圖十三)



(圖十四) (換向後)

## 八、馬達推力之增大

由於市面上之氣動馬達很少有超過二馬力的，但若要將此腳踏氣車實用化，氣動馬達的馬力就很重要——萬一載不動人怎麼辦？爲了克服此難題，我們設計了一種自潤式大扭力塑膠氣動馬達，希望利用鐵弗龍不容易被侵蝕且表面光滑的特性，能使運轉變得順利，也不用擔心哪天機油沒了還要去補充。我們也將設計中氣動馬達裡的偏心輪之偏心距離調得更遠了，讓推力更大。(見下圖十五)



(圖十五)

## 柒、結論

本次實驗利用了空氣這種無污染的物質當作動力來源，並配合腳踏車，既不造成任何污染，又能運動身體，為現代少有時間運動、工作繁重的人們提供一種更健康的交通工具，同時達到保護地球的功能，是最清潔的動力來源。依據此次的實做經驗，我們更構想出一些更具實用性的新設計，如用來改善此次實驗所遇到的高壓難踩動之現象的自動增壓器(把低壓自動增壓為高壓)，以及改善馬達馬力較小之缺點的自動潤滑馬達。

此實驗印證了空氣動力之可行性，也發現更多值得深入探討的現象與改善項目。對於許多原本不甚瞭解的原理與現象經過此次實做後更能知道實際的情況。如蒸氣火車輪所連接的連桿如何運動、螺帽間以轉向不同可以鎖得非常緊、對流體也有更深的瞭解。也更清楚瞭解了氣動增壓缸、氣動馬達的結構及使用原理。正所謂：「讀萬卷書，行萬里路」。從書本中所汲取的知識，需要應證在日常生活中，才算真正學到的知識。

自十八世紀英國工業革命以來，人類隨著工業不停地發展，所產生的廢氣、廢物及各式各樣的環境污染都嚴重地破壞了我們的生存環境。近幾年來，汽車工業蓬勃發展，雖然帶給人類方便，造成大量的二氧化碳所導致的溫室效應卻使地球面臨更重大的危機。因此，發展無污染之新動力實在是刻不容緩啊！



捌、參考資料

打氣筒照片

[http://images.joyo.com/m/md\\_hgbhc90001.jpg](http://images.joyo.com/m/md_hgbhc90001.jpg)

腳踏車照片

<http://www.coolhunting.com/images/puma-Bike-Profile.jpg>

Just two bikes

<http://justtwobikes.com/>

增壓缸 (air booster)

<http://www.midwestpressuresystems.com/Air%20Pressure%20Boosters.html>

氣動馬達

<http://www.tonson-motor.com/>

**【評 語】** 040811 動力新觀念－腳踏『氣』車

本研究結合休閒運動儲能，再轉換使用，維然能量相關之效率不高，但有其實用價值；研究者可在開發第二代機械時更進一步提昇實用性。