

中華民國第 51 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

040818

壓縮空氣動力引擎（車）

學校名稱：臺中市私立致用高級中學

作者： 高三 李佑仁 高三 徐瑞景 高二 陳冠雄	指導老師： 李彌堅 林景富
---	-----------------------------

關鍵詞：壓縮空氣、引擎、動力

摘要

我們做出一部只吃空氣就能動的車子，使用壓縮空氣來取代燃油，推動活塞，使引擎運轉。

壓縮的空氣系統就如同一個超大型電池，能儲存綠能及廢棄能，太陽能、風力、車輛的制動力、振動力、工業鍋爐廢氣能皆能轉換成壓縮空氣並儲存能量。

早期氣壓動力機多應用在礦坑、化學工廠等易產生爆炸的場所，以取代電氣馬達。我們研發了壓縮空氣為動力的引擎，讓壓縮空氣使用在交通工具上，因為，壓縮空氣引擎幾乎不產生熱能，作動過程非但沒有廢氣的污染，且排出的氣體是低於大氣溫度 5~20°C 的冰冷氣體，可引導至車廂內代替空調，直接排出亦可以降低大氣溫度，壓縮空氣動力車可說是一種極具環保概念的作品。

壹、研究動機

高油價時代來臨，讓開車族感到無力又無奈，要是汽車能不吃汽油該有多好？不但荷包不會變瘦，空氣污染也會改善，我們都已受夠地球暖化帶來的異常天氣，願意用行動來愛護地球，節能減碳、使用太陽能、風力、水力、潮汐來當作替代能源。

壓縮空氣用來推動引擎，排碳量是「零」。空氣車所使用的壓縮空氣引擎和傳統的汽油引擎最大區別在於傳統引擎是通過汽油和空氣混合燃燒釋放的能量提供動力，而空氣車則是通過壓縮氣體的膨脹來推動引擎。儲存壓縮空氣的氣瓶壓力雖然很高，但若採用碳纖維氣瓶，即使發生意外或車禍，氣瓶只會沿直線裂開，貯存的壓縮空氣也只會「撲」地一聲排出，無爆炸之虞。壓縮空氣車的開發能讓廢能回收，或將綠能用壓縮空氣的方式來貯存，讓大家能繼續享受汽車帶來的便利，且不會造成環境污染，更重要的是，它是一部最安全的車輛。

貳、 研究目的

傳統引擎是利用汽油跟空氣混合燃燒所釋放的能量來提供動力，但壓縮空氣車則是利用壓縮氣體的膨脹來推動引擎，整個過程不需要燃燒，沒有空氣污染的問題。

動力階段：儲氣瓶釋放高壓空氣注入氣缸，注入的高壓空氣迅速膨脹推動活塞，經連桿、曲軸提供動力給引擎。

排氣階段：膨脹後的冷空氣經排氣孔排出，送出的空氣經油氣分離，輸出的氣體乾淨到可以導入水族箱打氣養魚。

空氣若先濾除浮塵微粒再注入引擎，可以清淨空氣，就環保的角度來看，空氣車還是都會區的移動式空氣濾淨器。希望未來幾年內能看到這種汽車在台灣及全世界的道路中出現。

● 本作品研究目的有：

1. 我們做出的引擎，石化燃料的使用是零，二氧化碳排放是零，有毒廢氣污染是零。
2. 可以使用綠能，再生能、廢能。
3. 若廣泛使用可降低大氣溫度減少地球暖化。

參、研究設備及器材

一、 個人電腦

功能：計算時間、流程繪圖及撰寫報告使用。

二、 空氣壓縮機

功能：提供壓縮空氣。

三、 12V 電瓶

功能：提供作動閥作動電源。

四、 凸輪(固定式、可調式)

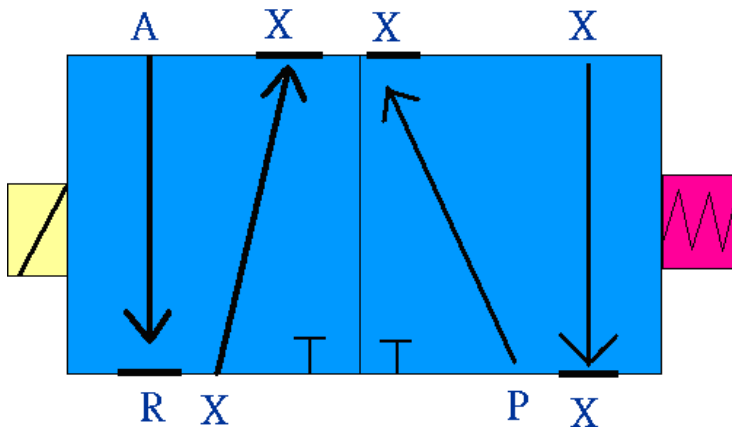
功能：控制進氣及停止供氣時間。撥動微動開關控制作動閥。

五、 微動開關

功能：接受凸輪指令。

六、 作動閥(5口2位閥)

功能：控制壓縮空氣進入汽缸對活塞做功，讓引擎運轉，並協助快速洩壓(如圖一)。



圖一 作動閥

七、 割草機引擎及機車引擎

功能：動力本體。

八、 高壓輸風管

功能：輸送壓縮空氣到汽缸。

九、 三項組合油水分離器

功能：讓潤滑油隨著壓縮空氣進入汽缸，潤滑汽缸避免漏氣，並過濾水份，亦可在此調整工作壓力。

十、 氣瓶

功能： 儲存壓縮空氣。

十一、發火線圈

功能： 附屬件，單純供觀測轉速用。

十二、針式轉速表

功能： 附屬件，了解引擎的轉速和紀錄引擎的轉速。

十三、砂輪機

功能： 研磨可調式凸輪的各角度。

十四、木板

功能： 固定引擎和周邊設備使用。

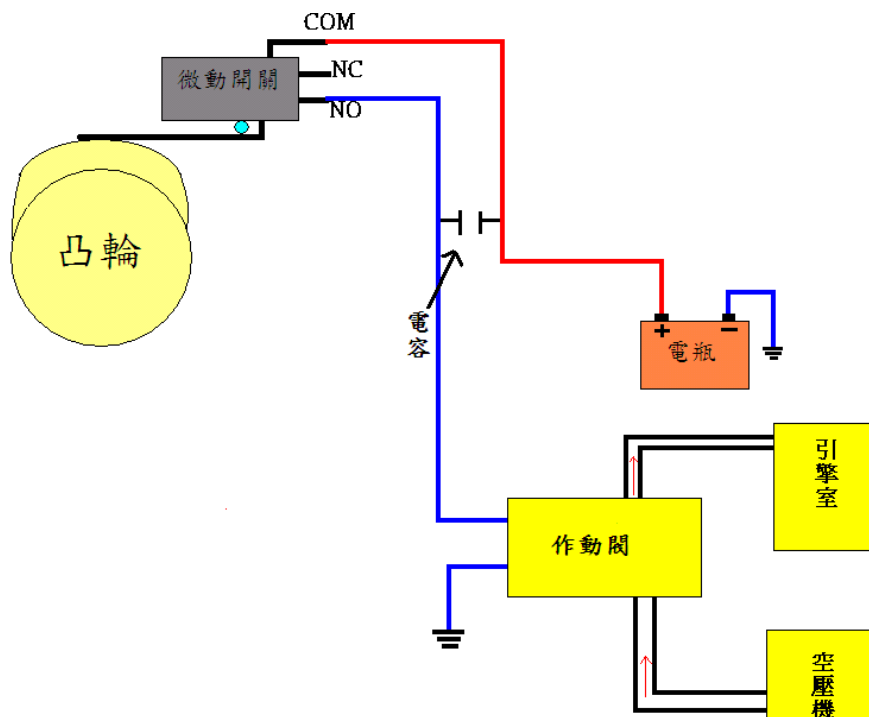
肆、研究過程或方法

因為經費有限，我們以一般的二行程割草機及機車引擎取代氣動馬達。這一次研究主要是驗證可以利用"壓縮空氣"來取代"石化燃料"，並且找出最佳的進氣及停止供氣的時間點(曲軸上死點後之角度表示)。

一、硬體結構：

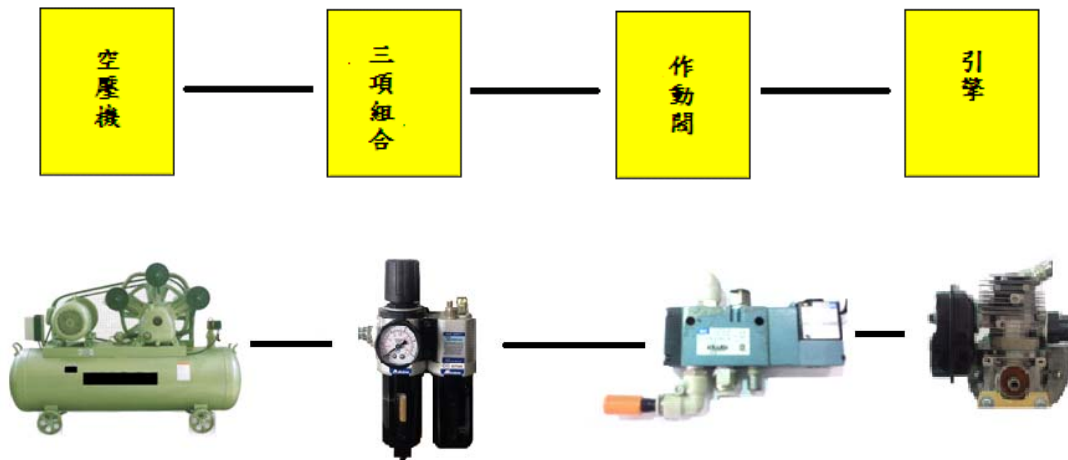
本實驗為了找出最佳的進氣及停止供氣的時間點，我們設計了多種角度的木製凸輪，用來找出讓整體的運轉效率最好的角度，使引擎平穩運轉。利用凸輪來推動微動開關，接著微動開關控制作動閥控制噴氣時間及停止噴氣時間（如圖二），經過多次的試驗，終於找到最佳的角度位置。

利用氣瓶提供的壓縮空氣，讓一般傳統的引擎運轉。為了實驗紀錄及分析，我們利用微動開關來當汽車點火系統中的白金，控制發火線圈感應高壓電跳火，再以汽車專用轉速錶來讀取引擎轉速的數據。



圖二 工作原理

壓縮空氣由壓縮機輸出，經由三項組合調節壓縮氣體壓力的大小，利用作動閥的ON和OFF來控制噴氣及斷氣的時間，使引擎可以順利運轉(如圖三)。



圖三 氣體路徑

二、實驗過程：

本作品使用了割草機引擎及二行程機車引擎（如圖四及圖五）進行這次研究。



圖四 割草機引擎



圖五 機車引擎

首先將不必使用到的週邊設備全數移除，例如:發火線圈、高壓線、火星塞、燃油箱、燃油管、燃油泵.....等。修改汽缸的進氣口的形狀及位置以提升性能。接著將火星塞中間的高壓線柱及陶器絕緣體全數挖除，只留下外殼可以裝上高壓輸風管，壓縮空氣從火星塞孔送入汽缸以推動活塞作功，接著先找到活塞的上下死點和排氣位置，開始測試及調整進氣和停止供氣的時間點，利用多種不同角度的可調式凸輪，例如：30度、40度、50度、60度（如圖六）裝在曲軸上，去撥動控制噴氣長短的微動開關（如圖七），讓微動開關可以精準的控制作動閥的ON和OFF，也就是進氣跟停止供氣的時間（如圖八）。

。



圖六 可調式凸輪



圖七 微動開關



圖八 作動閥



圖九 木板

我們利用兩種可調式的凸輪搭配，來調整出多種角度，例如：從上死點後0度開始噴氣，至上死點後30度、40度、50度、60度、70度、80度及90度.....等結束噴氣，測試各噴氣角度引擎的轉速及穩定度來模擬車輛產生動力之情況。



圖十 空氣壓縮機



圖十一 三向閥油水分離器

空氣壓縮機(如圖十)，壓縮空氣壓力最高 $8\text{kg}/\text{cm}^2$ ，至引擎無法運轉為止(約 $1.5\text{kg}/\text{cm}^2$)。再利利用發火線圈(如圖十二)產生高壓脈衝供指針式轉速表(如圖十三)測知壓縮空氣動力車之轉速值。



圖十二 發火線圈



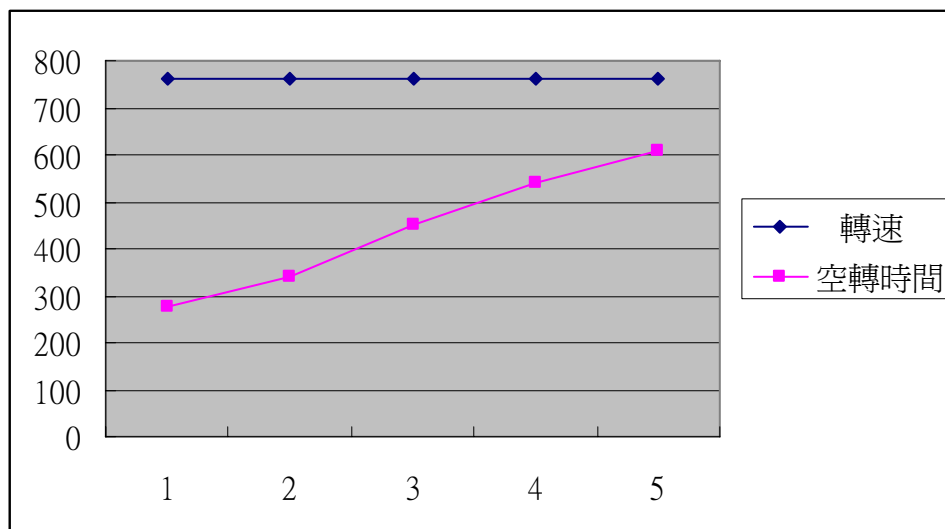
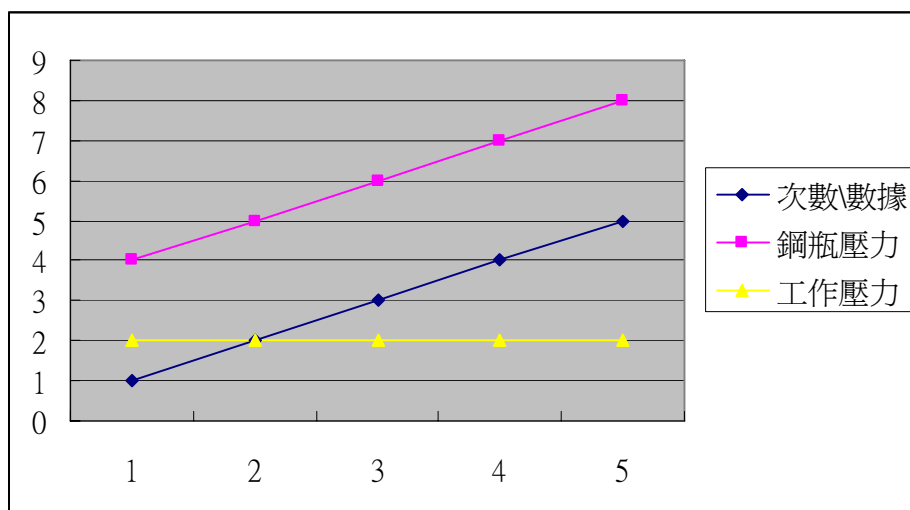
圖十三 指針式轉速表

三、工作數據：

(一)使用二行程26cc割草機引擎進行實驗

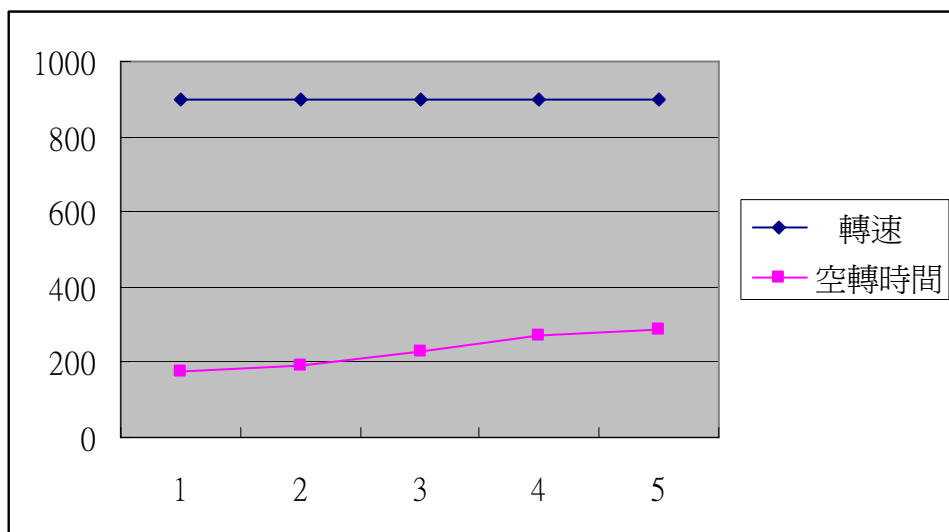
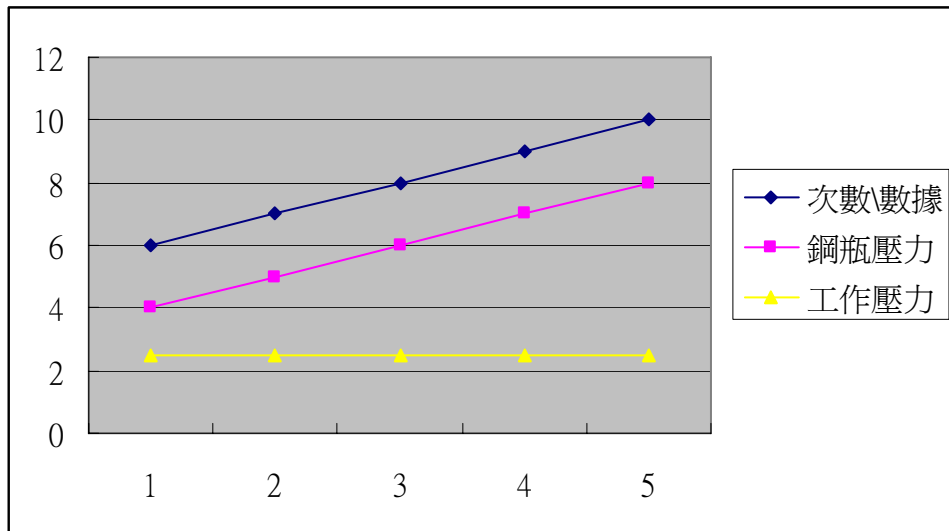
實驗0 1 ~ 實驗0 5

次數\數據	鋼瓶壓力 (kg/cm ²)	工作壓力 (kg/cm ²)	轉速(rpm)	空轉時間(sec)
實驗 1	4	2	760 rpm	278 sec
實驗 2	5	2	760 rpm	339 sec
實驗 3	6	2	760 rpm	452 sec
實驗 4	7	2	760 rpm	541 sec
實驗 5	8	2	760 rpm	608 sec



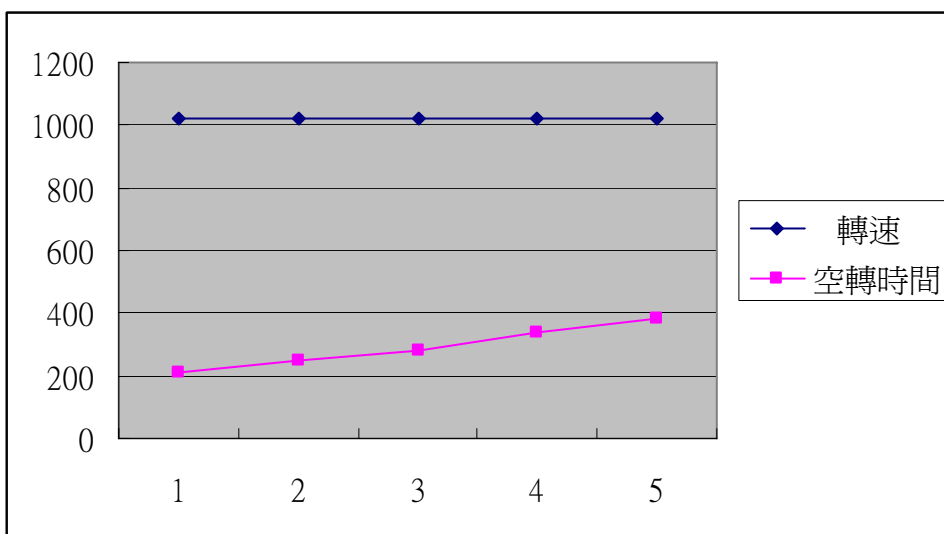
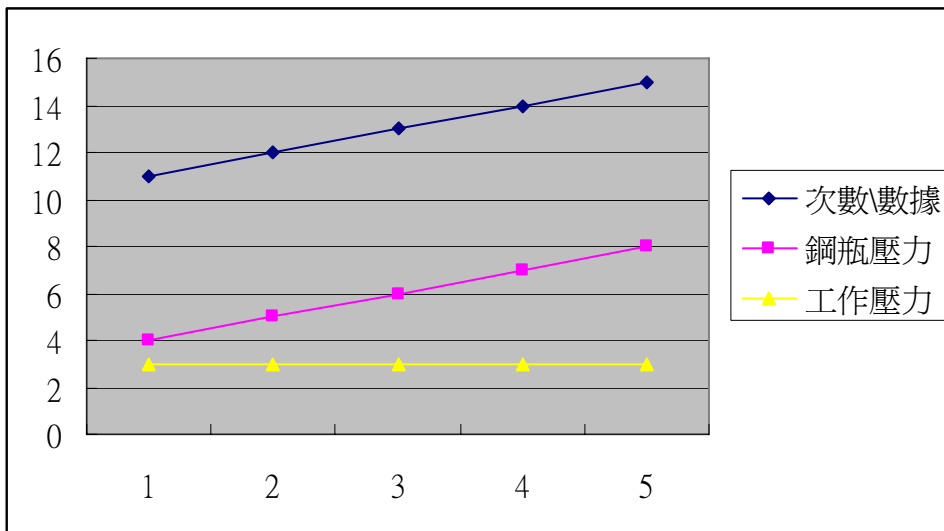
實驗06～實驗10

次數數據	鋼瓶壓力 (kg/cm ²)	工作壓力 (kg/cm ²)	轉速(rpm)	空轉時間(sec)
實驗 5	8	2	760 rpm	608 sec
實驗 6	4	2.5	900 rpm	175 sec
實驗 7	5	2.5	900 rpm	193 sec
實驗 8	6	2.5	900 rpm	227 sec
實驗 9	7	2.5	900 rpm	269 sec
實驗 10	8	2.5	900 rpm	285 sec



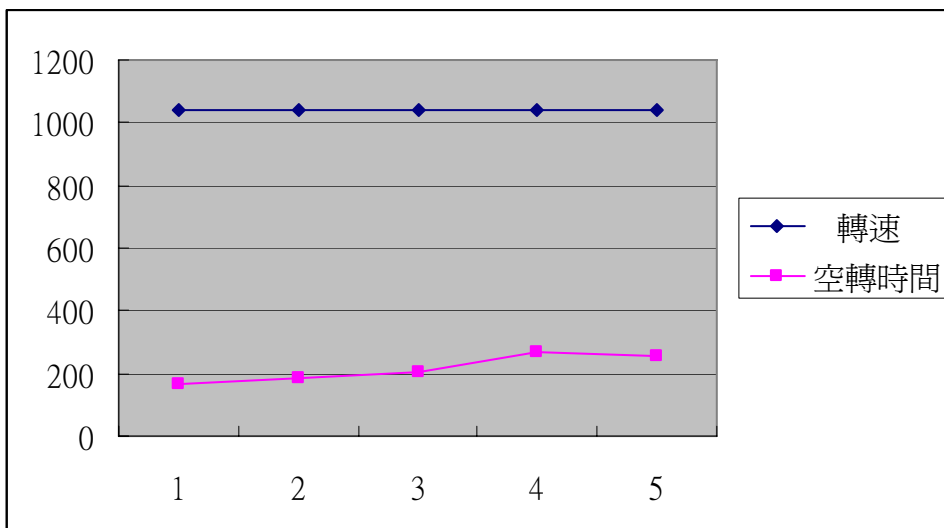
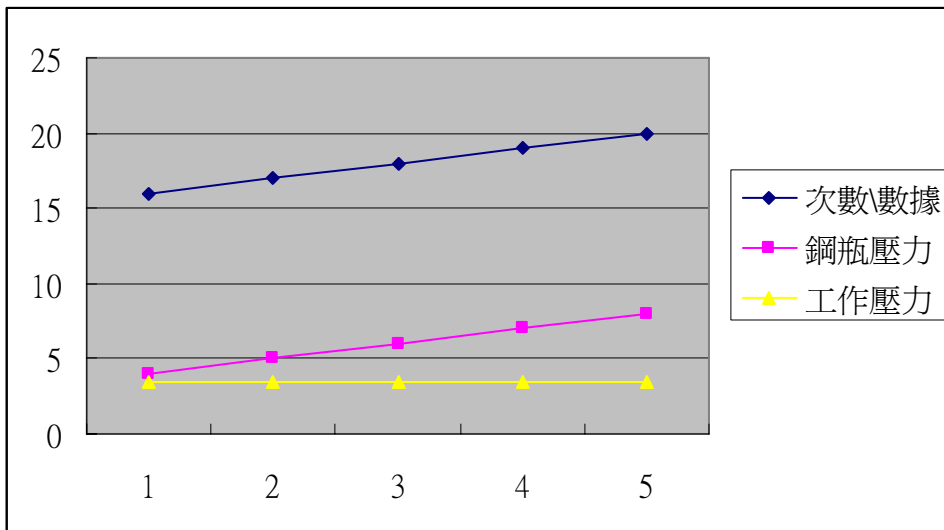
實驗 1 1 ~ 實驗 1 5

次數\數據	鋼瓶壓力 (kg/cm ²)	工作壓力 (kg/cm ²)	轉速(rpm)	空轉時間(sec)
實驗 11	4	3	1020 rpm	213 sec
實驗 12	5	3	1020 rpm	252 sec
實驗 13	6	3	1020 rpm	283 sec
實驗 14	7	3	1020 rpm	337 sec
實驗 15	8	3	1020 rpm	380 sec



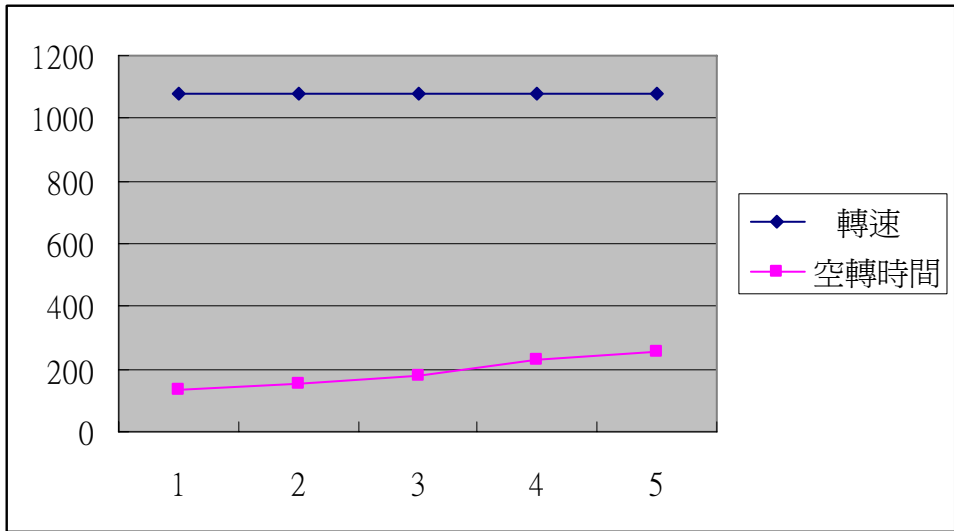
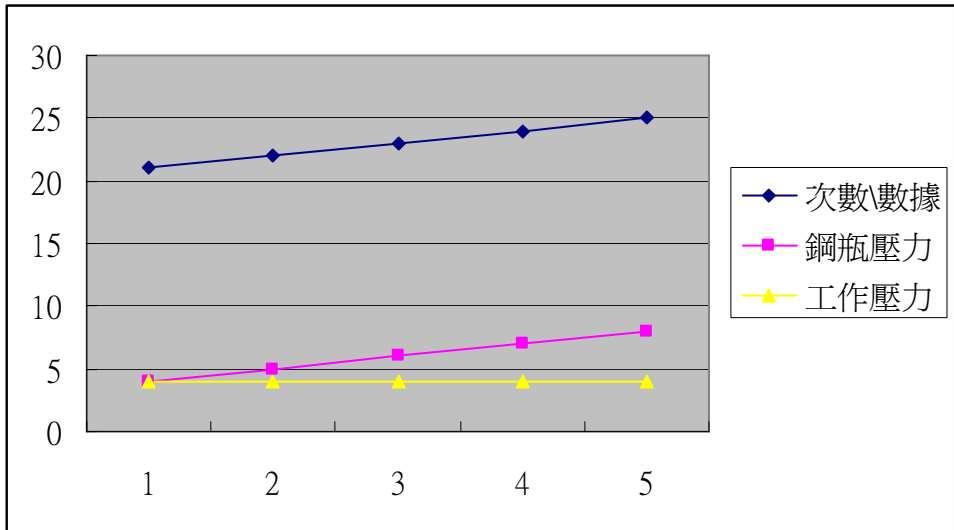
實驗 16 ~ 實驗 20

次數\數據	鋼瓶壓力 (kg/cm ²)	工作壓力 (kg/cm ²)	轉速(rpm)	空轉時間(sec)
實驗 16	4	3.5	1040 rpm	164 sec
實驗 17	5	3.5	1040 rpm	187 sec
實驗 18	6	3.5	1040 rpm	203 sec
實驗 19	7	3.5	1040 rpm	269 sec
實驗 20	8	3.5	1040 rpm	257 sec



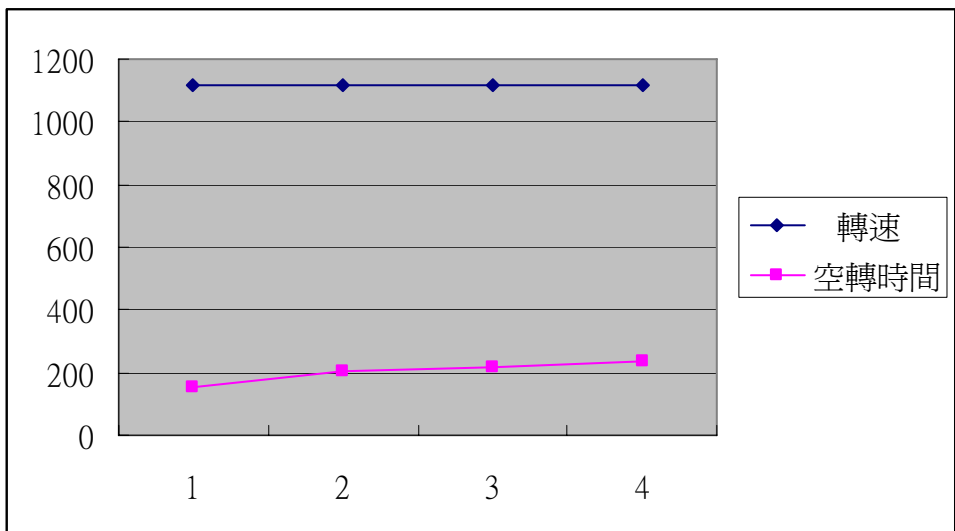
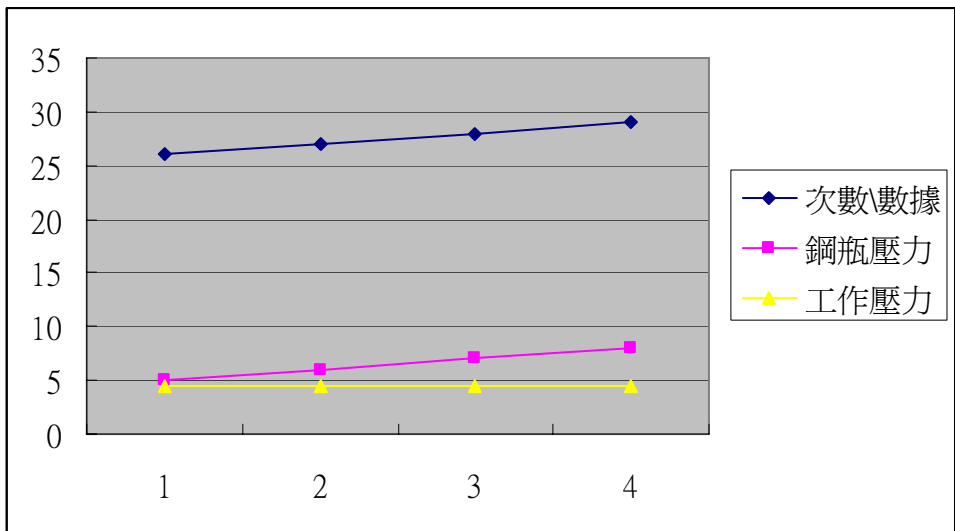
實驗 2 1 ~ 實驗 2 5

次數\數據	鋼瓶壓力 (kg/cm ²)	工作壓力 (kg/cm ²)	轉速(rpm)	空轉時間(sec)
實驗 21	4	4	1080 rpm	132 sec
實驗 22	5	4	1080 rpm	151 sec
實驗 23	6	4	1080 rpm	180 sec
實驗 24	7	4	1080 rpm	231 sec
實驗 25	8	4	1080 rpm	255 sec



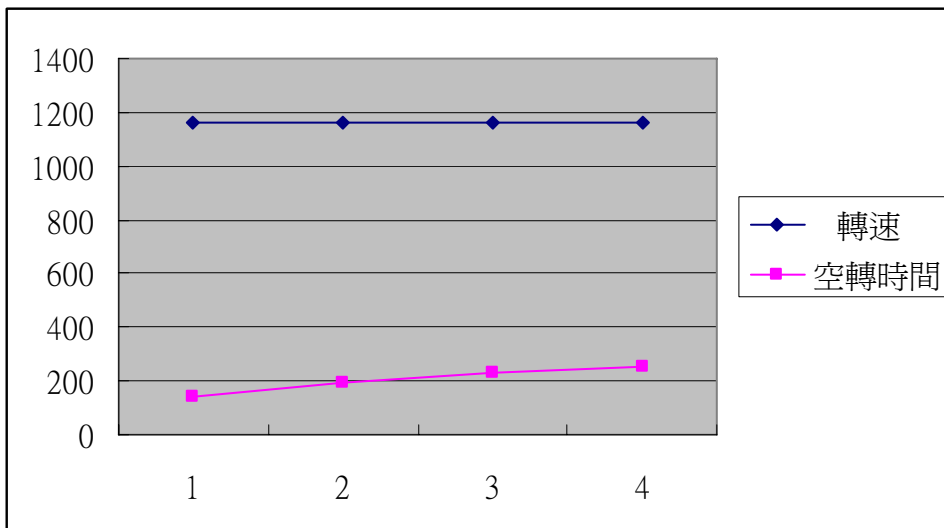
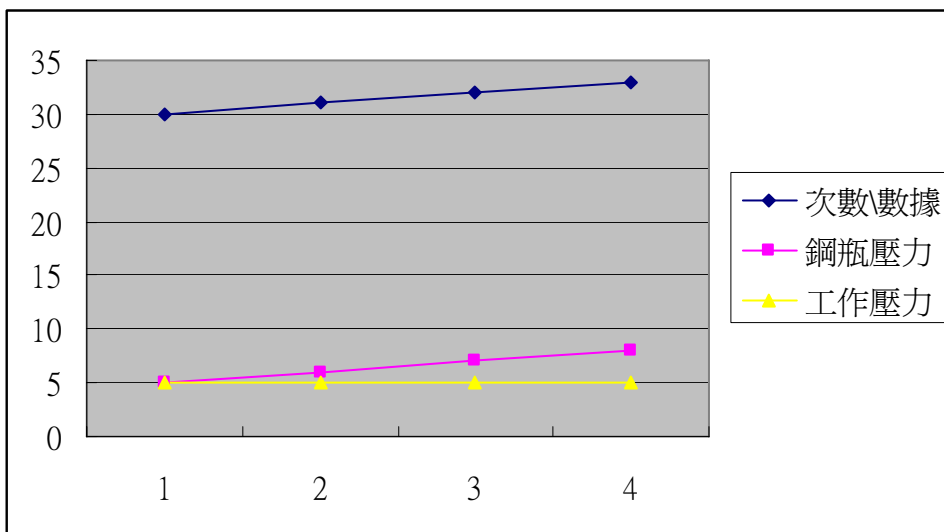
實驗 26 ~ 實驗 29

次數\數據	鋼瓶壓力 (kg/cm ²)	工作壓力 (kg/cm ²)	轉速(rpm)	空轉時間(sec)
實驗 26	5	4.5	1120 rpm	152 sec
實驗 27	6	4.5	1120 rpm	205 sec
實驗 28	7	4.5	1120 rpm	219 sec
實驗 29	8	4.5	1120 rpm	233 sec



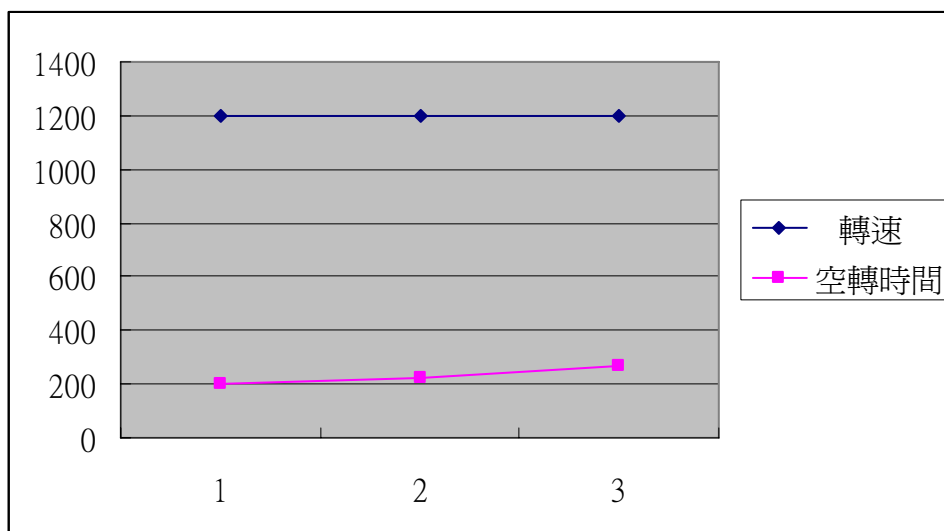
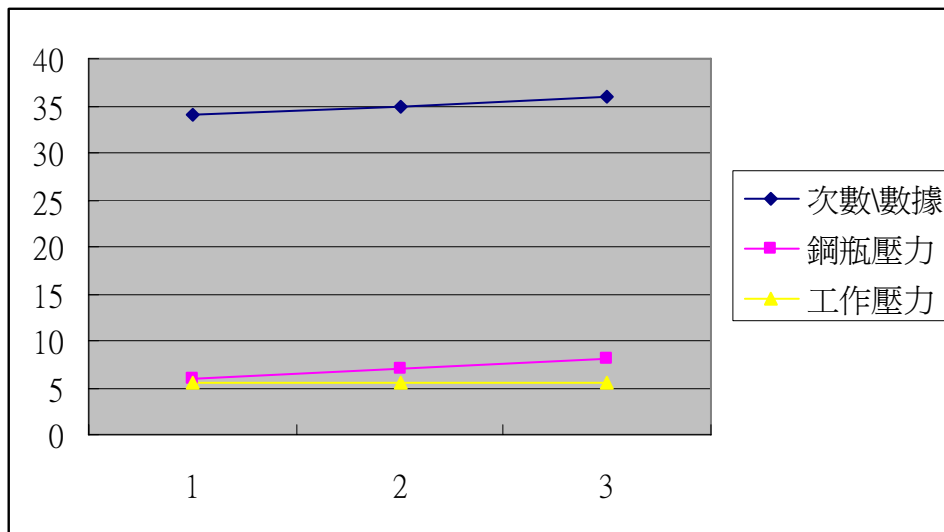
實驗 3 0 ~ 實驗 3 3

次數\數據	鋼瓶壓力 (kg/cm ²)	工作壓力 (kg/cm ²)	轉速(rpm)	空轉時間(sec)
實驗 30	5	5	1160 rpm	139 sec
實驗 31	6	5	1160 rpm	191 sec
實驗 32	7	5	1160 rpm	228 sec
實驗 33	8	5	1160 rpm	252 sec



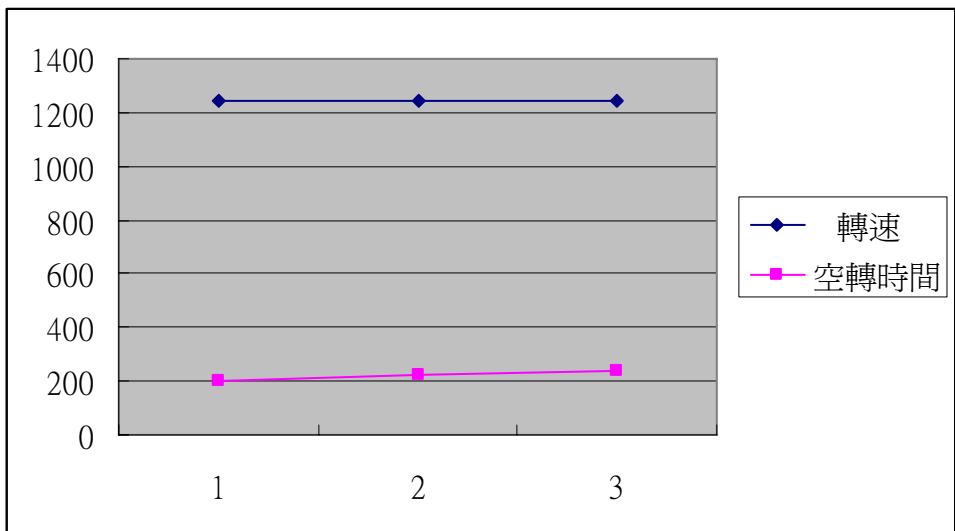
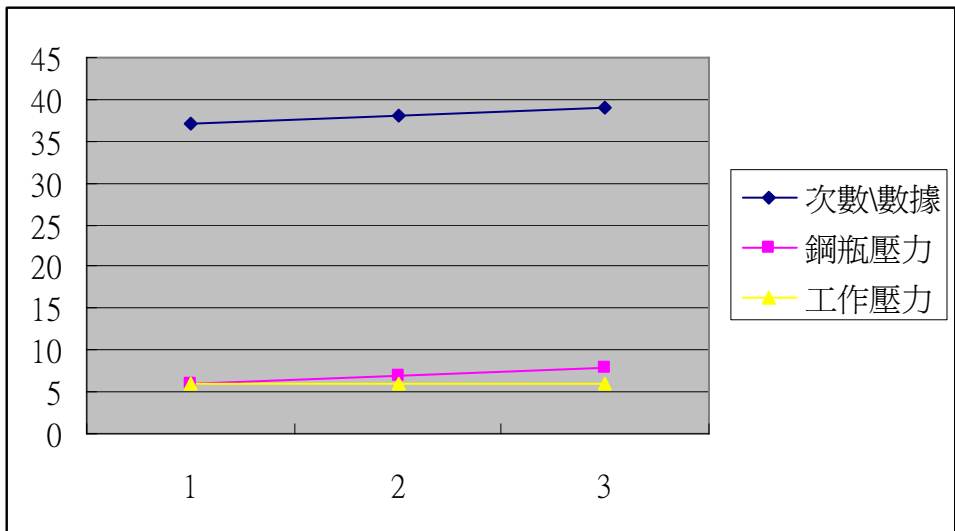
實驗 3 4 ~ 實驗 3 6

次數\數據	鋼瓶壓力 (kg/cm ²)	工作壓力 (kg/cm ²)	轉速(rpm)	空轉時間(sec)
實驗 34	6	5.5	1200 rpm	201 sec
實驗 35	7	5.5	1200 rpm	225 sec
實驗 36	8	5.5	1200 rpm	271 sec



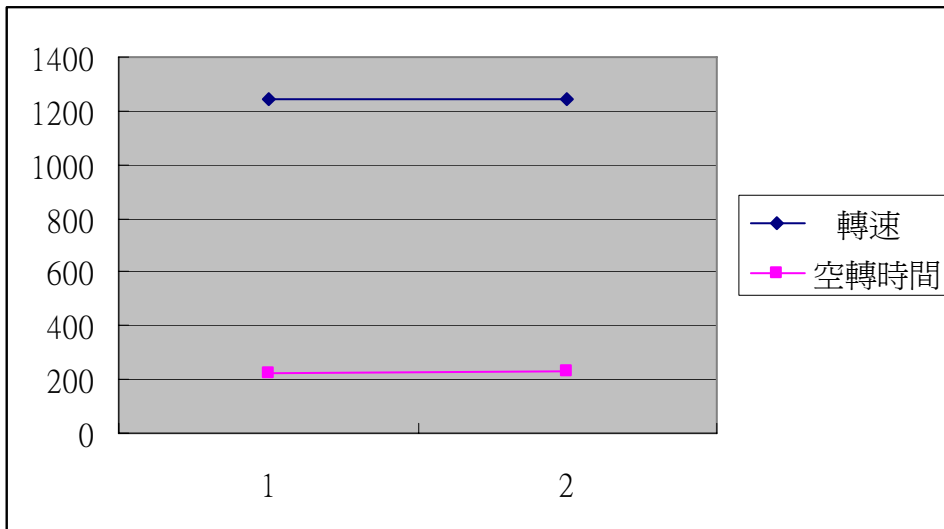
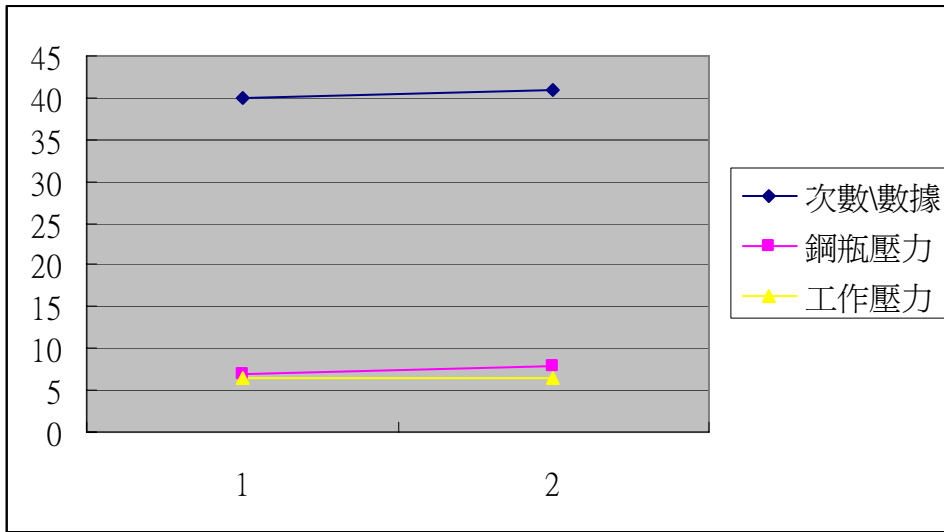
實驗 3 7 ~ 實驗 3 9

次數\數據	鋼瓶壓力 (kg/cm ²)	工作壓力 (kg/cm ²)	轉速(rpm)	空轉時間(sec)
實驗 37	6	6	1240 rpm	203 sec
實驗 38	7	6	1240 rpm	223 sec
實驗 39	8	6	1240 rpm	239 sec



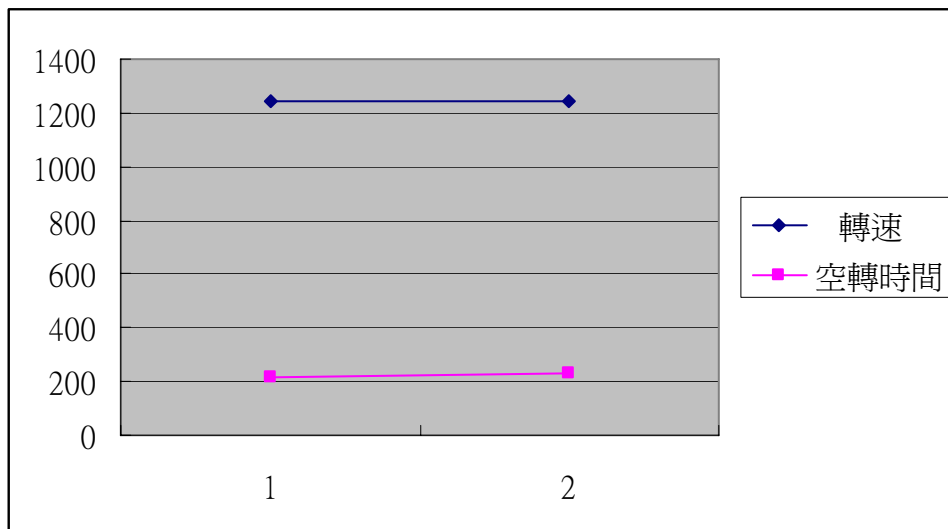
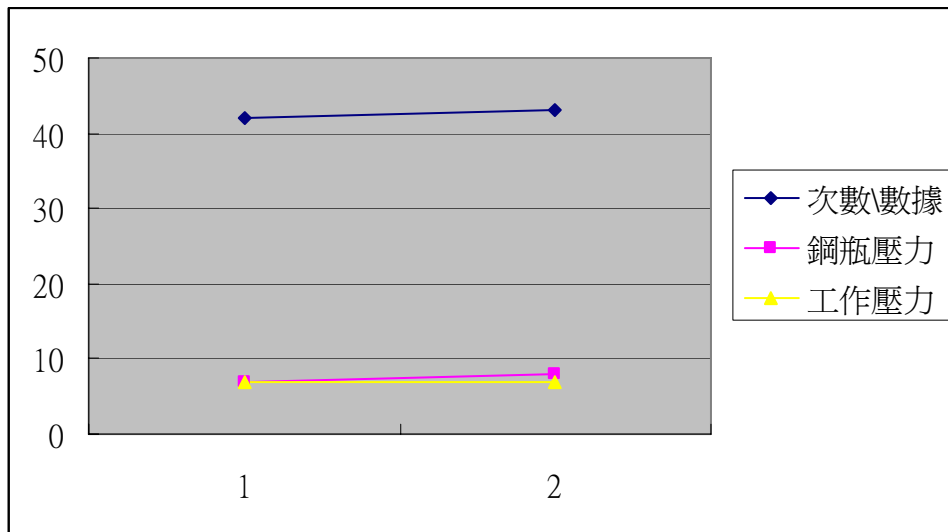
實驗 4 0 ~ 實驗 4 1

次數\數據	鋼瓶壓力 (kg/cm ²)	工作壓力 (kg/cm ²)	轉速(rpm)	空轉時間(sec)
實驗 40	7	6.5	1240 rpm	222 sec
實驗 41	8	6.5	1240 rpm	232 sec



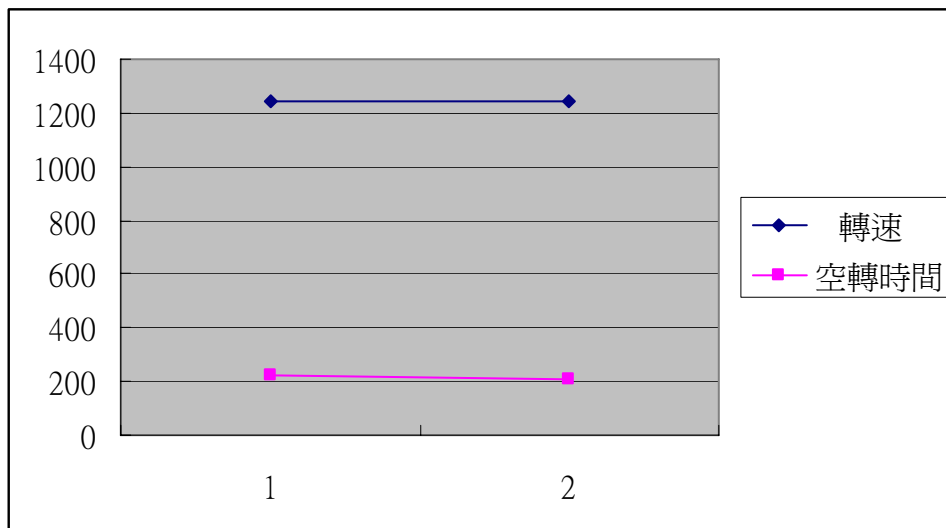
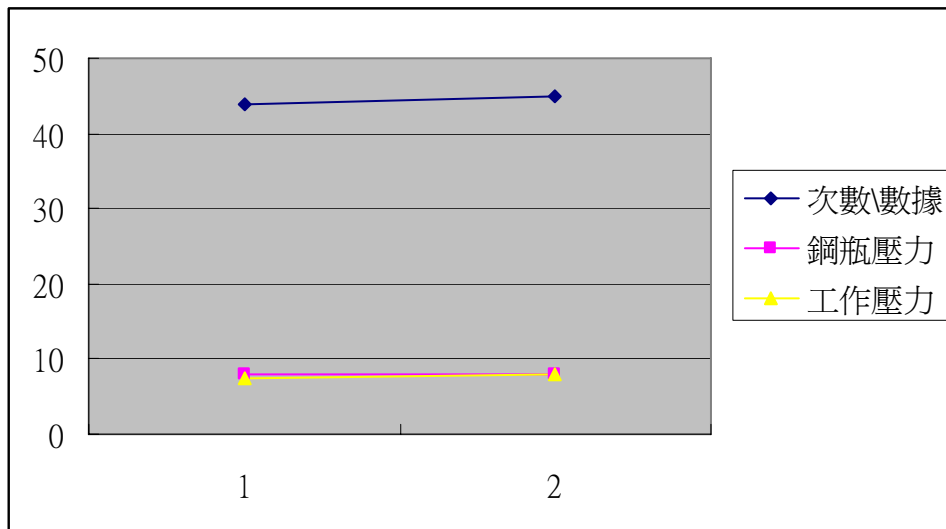
實驗 4 2 ~ 實驗 4 3

次數\數據	鋼瓶壓力 (kg/cm ²)	工作壓力 (kg/cm ²)	轉速(rpm)	空轉時間(sec)
實驗 42	7	7	1240 rpm	216 sec
實驗 43	8	7	1240 rpm	229 sec



實驗 4 4 ~ 實驗 4 5

次數\數據	鋼瓶壓力 (kg/cm ²)	工作壓力 (kg/cm ²)	轉速(rpm)	空轉時間(sec)
實驗 44	8	7.5	1240 rpm	223 sec
實驗 45	8	8	1240 rpm	207 sec



(二) 使用二行程50cc引擎進行實驗

實驗一：

使用可調式凸輪調上死點0度開始噴氣，上死點後30度結束噴氣。得知無負載持續時間為59sec、轉速值為 760 rpm。

實驗二

使用可調式凸輪調上死點後0度開始噴氣，上死點後40度結束噴氣。得知無負載持續時間為62sec、轉速值為 840 rpm。

實驗三

使用可調式凸輪調上死點後0度開始噴氣，上死點後50度結束噴氣。得知無負載持續時間為65sec、轉速值為 960 rpm。

實驗四

使用可調式凸輪調上死點後0度開始噴氣，上死點後60度結束噴氣。得知無負載持續時間為68sec、轉速值為 800 rpm。

實驗五

使用可調式凸輪調上死點後0度開始噴氣，上死點後70度結束噴氣。得知無負載持續時間為64sec、轉速值為 960 rpm。

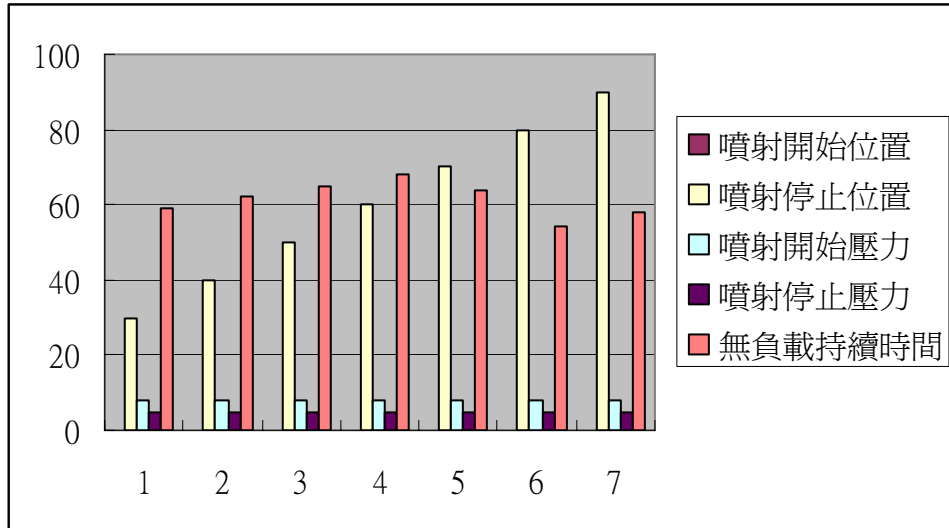
實驗六

使用可調式凸輪調上死點後0度開始噴氣，上死點後80度結束噴氣。得知無負載持續時間為54sec、轉速值為 1024 rpm。

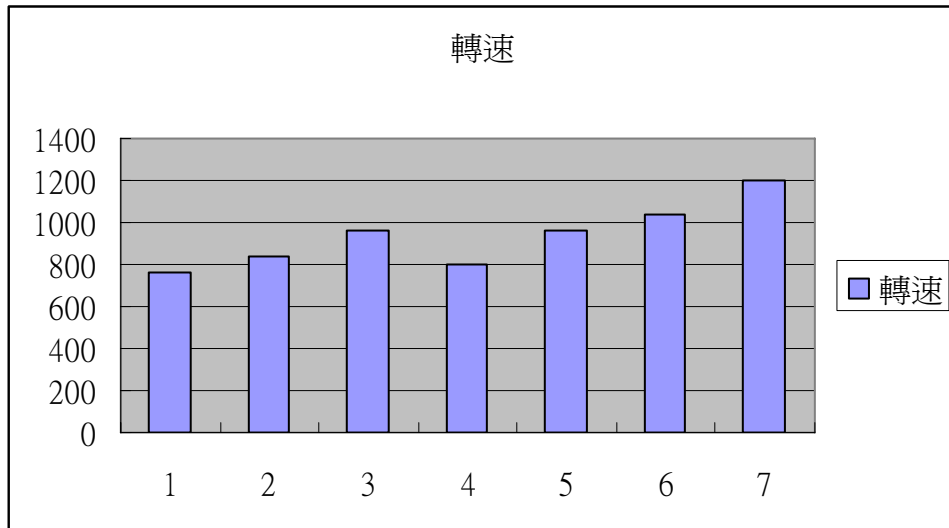
實驗七

使用可調式凸輪調上死點後0度開始噴氣，上死點後90度結束噴氣。得知無負載持續時間為58sec、轉速值為 1200 rpm。

(1)機車實驗圖表



機車實驗最具有代表性表格 (1)



機車實驗最具有代表性表格 (2)

伍、研究結果

壓縮空氣真的可以讓一般的傳統引擎運轉，而且讓車輛空轉所需的壓力也很小，騎乘時所需的壓力也可以不用太大，只要稍微改造齒輪比就可以選擇要在市區用(高速檔)或登山用(低速檔)，轉速跟扭力也就會不同，在我們多次的實驗，提出了幾個具有代表性的實驗作成數據，我們找出了可以讓一般傳統引擎的輸出動力及運轉最平順，不會抖動，是由上死點0度開始進氣到上死點後90度停止供氣為最佳的動力輸出其轉速也最高

(一) 使用割草機引擎部分：

最佳數據為實驗39，使用120公升鋼瓶壓力， $8\text{kg}/\text{cm}^2$ 工作壓力 $6\text{kg}/\text{cm}^2$ 可得到平均轉速1240 rpm 並運轉239sec。

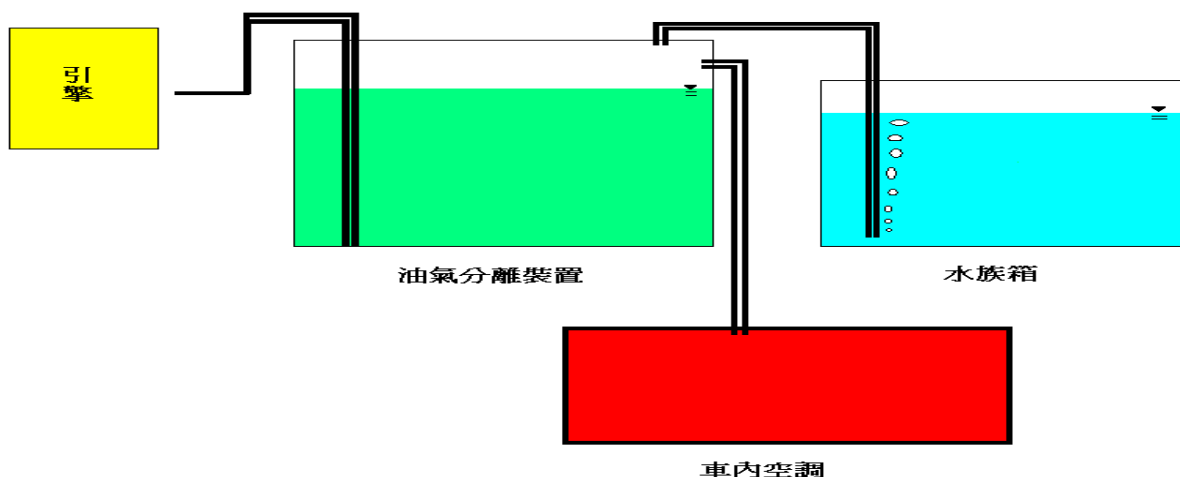
(二) 使用50CC機車引擎部份：

使用120公升鋼瓶壓力，工作壓力 $8\text{kg}/\text{cm}^2$ 其最高轉速為1200轉。

(三) 若將噴氣正時提前在上死點0度之前，有助於提昇轉速，但低速時易產生引擎逆轉，必須增設噴氣提前裝置才能改善效能。

(四) 大氣溫度為 27°C 的狀況下，排氣溫度為 18°C 。排出的乾淨氣體，甚至可以打入水族箱中養魚。

(五) 利用簡易的油氣分離器，便能將廢氣中的潤滑油分離，以便排出的氣體可當空調使用。



陸、討論

我們使用26cc割草機引擎來製作模型時，找到的最佳數據為實驗39，其使用120公升鋼瓶壓力 $8\text{kg}/\text{cm}^2$ 、工作壓力 $6\text{kg}/\text{cm}^2$ 可得到平均轉速1240 rpm 並運轉239sec，若以實驗中所使用的腳踏車車輪圓周70cm來計算其最高時速、行駛距離、輸出馬力、輸出扭力如下：

車輪圓周 70 cm × 平均轉速 1240 rpm 可得 86800 cm- rpm

換算成時速為 52.08 km/hr

239sec 行駛距離為約為 3.47km

輸出馬力

$BHP = P_b \times A \times S \times n \times C / K = 6\text{kg}/\text{cm}^2 \times 26\text{cc} \times 1240\text{ rpm} \times 1 / 450000 = 0.35\text{ PS}$

輸出扭力

$BHP = T \times n / 716$

$T = 0.35 \times 716 / 1240 = 0.2\text{km-m}$

由上式中我們得知，此模型最高時速、行駛距離的性能優異，但由於輸出馬力、輸出扭力過小無法乘載人員。經過討論後，我們得到以下三個改善性能的方法：

1. 增加工作壓力：這是最直接最有效的方式，但限於經費及學校設備，無法進行。
2. 增加引擎排氣量：可提升馬力及扭力但會減低續航力
3. 加大傳動系的減速比，可提升扭力，但必須犧牲最高時速。

因此我們折衷選用二行程50cc機車來進行試驗，實驗七中使用可調式凸輪調上死點後0度開始噴氣，上死點後90度結束噴氣。工作壓力 $8\text{kg}/\text{cm}^2$ 、無負載持續時間為58秒、轉速值為 1200 rpm。由於二行程機車減速比很大（一般二行程機車使用轉速約為3000~10000 rpm），所以，車輛能順利乘載人員，甚至遠超過100kg的同學亦能輕易乘載，但因減速比過大，車速約 2 km/hr，但真的能騎乘還是讓大家很興奮。

柒、結論

本研究驗證了可利用"壓縮空氣"來取代"石化燃料"，高壓空氣直接送入汽缸推動活塞作功是可行的。並且找出最佳的進氣及停止供氣的時間，在轉速 1200rpm 以下為:上死點 0 度開始進氣至上死點後 90 度，結束供氣為最佳動力輸出，但 1200rpm 以上則必須在上死點前噴氣，我們嘗試製作上死點前 10 度噴氣的控制凸輪，可讓轉速提升至 1400rpm，但低速時會有逆轉的狀況發生，所以要提升引擎性能必須配合轉速調整噴氣正時(例如離心提前機構)。

在機車引擎研究中發現，假使我們可以藉由提高壓縮空氣的壓力(例如:200 kg/cm²)來改善引擎的性能，使車輛的續航力及速度都能提升，排出的氣體溫度應該也能更低。排出的乾淨氣體打入水族箱中，讓協助研究的孔雀魚和小蝦自在悠遊。

本研究若能和其他綠能或廢能回收之研究結合,則更能實踐我們在環保上的理念，如將煞車制動能回收，或將車輛行駛時的振動經由空氣懸吊回收壓縮氣體。此外，本次研究所使用的引擎為一般的二行程汽油引擎，雖經過改裝，但仍非真正的空氣動力機，所以，若使用專用的動力機，並開發可變噴氣正時系統，壓縮空氣動力車的效率將可大大提升。或許，真的會有那麼一天，壓縮空氣動力車真的能在都會中穿梭，讓汽、機車不再是地球暖化的元兇之一。

捌、參考資料及其他

一、【再生能源概論】一書

華健／吳怡萱（2008／08／01）本書內容介紹在這必須同時面對能源與環境挑戰的年代，如何善用各種再生能源－太陽能、風能、波浪能、潮汐能、海流能、海洋熱能、鹽差能、生物能、水力能、地熱能及氫與燃料電池等，用以滿足生活需求的可能性。
（五南）

二、[新能源投資術]

財訊出版社（2007／12／20）有人估算，新能源產業的衍生商機高達上千億美元，所涉及的資本市場市值規模更難以衡量，背後的商機和投資機會確實引人關注。本書試圖描繪全球五大新能源產業的版塊面貌，剖析個別次產業的供應鏈和前景展望，提供讀者作為掌握新能源投資機會的參考。（財訊）

三、法蘭茲·阿爾特著，王琪、唐小莉、陳仁德譯，太陽電力公司：新能源·新就業機會，台北市：新自然主義股份有限公司，2005，第33～42頁。

四、（觀察國際油價巨變及金融海嘯衝擊）

探討環保節能車輛的發展（五之五）車輛研究測試中心 陳良忠

【評語】 040818

1. 以壓縮空氣替代汽油當二行程引擎燃油，構想佳。
2. 已改造二行程引擎使符合所需，實踐性高。
3. 壓縮空氣之遞補仍未突破。