國立臺灣師範大學　工業教育學系

106 學年度專題製作成果報告書

工業教育學系　編印

中　華　民　國　1　0　7　年　6　月

目錄

◎車輛技術組

◆逆向工程之汽車排氣歧管製作過程探討研究

郭珉傑、粘修福、陳冠瑋.....1

◆四行程機車使用複合奈米機油之磨潤與散熱對引擎性能及汙染物排放之研究

楊顯皓、顏士珽、陳奕安、陳郁旻.....21

◆智慧積木電池底盤與伸縮車性能改良

施秉宏、劉力凡、田凱元、廖怡雅.....43

◆綠色科技——排氣創能發電裝置

趙傳晉、賴勇霖、蔡承憲、白祐菁、劉純靜.....63

◆電動車動力系統製作

廖心岑、梁弼翔、許祐榕、黃益慶.....83

◆汽車車廂內空氣舒適度偵測與控制之實車應用

詹凱崴、來泰廷.....99

◆Arduino 模型車自動跟車系統

寇毅恩、林君威、王聖傑、王俊傑.....113

◆超低單酸甘油酯生質柴油對引擎油路及機油劣化之影響

吳孟穎、周冠廷、姚智偉.....123

◎能源應用組

◆冰熱兩用袋

吳尚修、林裕順、邱柏勛、沈國源.....131

◆小型空調機替代冷媒換裝性能評估

謝侑軒、洪瑋駿、謝明宏.....145

◆電冰箱替代冷媒換裝性能模擬與評估

何宗謙、湯鈞堯、李書源.....161

◆太陽能充放電之研究

劉雨桐、方志展、謝昕祐、楊世暉.....177

逆向工程之汽車排氣歧管製作過程探討研究

國立臺灣師範大學工業教育學系
指導教授：郭金國教授
學生：郭珉傑、粘修福、陳冠瑋

摘要

隨著電腦輔助設計技術的出現、各國相繼在工程技術上持續突破，目的是為了能夠讓自身產品能夠在琳瑯滿目的產品中脫穎而出，企業在生產產品會追求利潤最大化與產品完整性，那我們這組主要針對製造排氣歧管的同時，主動去深入了解鑄造產業的文明以及比較不同製作流程對產品的改變，這次我們從逆向工程的方法來製作汽車排氣歧管，因其逆向工程的製作過程要比順向過程省時的特性，因而讓我們省去了設計這塊環節，我們運用3D列印技術列印出材料為PLA的排氣歧管,其特點為符合個人化、輕量化特性，為了能夠一窺汽車零件的傳統製作過程，我們也去了新北高工鑄造科並請教老師鑄造的相關問題，也更改原本的鑄造方式，取而代之的是運用精密鑄造的技術，將原本澆鑄的方式替換掉，其先將列印出來的PLA成品沾漿後，並將其溶解，再來將鐵液倒入其中，使其一體成形，也因為排氣歧管複雜曲面關係，我們決定挑戰這樣的難度，相信若是能夠把這樣複雜曲工元件製作出來，那麼相對設計其他零件並不會有太多問題，同時也代表我們這項工業改革技術能夠扎實運用在設計修補的過程中，大量縮短交件時間，同時節省製作時間還有符合個人化需求，相信這項成就會帶來更多的便利性。

關鍵字：逆向工程、汽車排氣歧管、精密鑄造、3D列印技術、電腦輔助設計

第一章　前言

第一節　研究背景和動機

為甚麼我們會想用 3D 列印技術來做排氣歧管呢？因為減法製造的工具是利用刀具把多餘的部分移除，這種類型的工具比加法製造的工具更常見，尤其在選用的材料為金屬或是木頭的時候。車床、銑床、鋸子、鑽機和其他 CNC 雷射切割機等，都屬於減法製造的工具。

3D 印表機的製造方式是屬於「加法製造」，大部分的機種都是用熱塑膠押出機「印」出一個塑膠模型，和「減法」式的工具恰好相反；而且一張銑床或是雕刻機比一臺 3D 印表機還要大且重，因此造價昂貴，搬運也較為不方便我們發現項排氣歧管這樣複雜的曲工技術若是能夠去用 3D 技術去製造一個模具，之後再去利用消失鑄的工法，這樣既能夠省時更能夠做出一個一體成形的排氣歧管，那討論到一體成形工法我們知道這能解決焊接斷裂面的脆弱，這是他的優點，而且 3D 列印技術就是可以簡單地透過電腦的三維空間設計來做出理想中的成品，透過加法方式來節省不必要的材料浪費，所以我們想要藉由 3D 列印的優點來做出這樣的成品。

第二節　研究目的

這次研究主要是利用逆向工程製作排氣歧管，過程中探討如何利用軟體輔助與使用精密鑄造法製造排氣歧管。

1. 以 3D 列印製造排氣歧管模型,並利用精密鑄造法生產鑄鋁排氣歧管。
2. 使用電腦輔助軟體來製作符合個人化需求。
3. 測試模型材質消失程度，並探討材質對於鑄件的影響。

第三節　研究方法

1. 文獻探討：蒐集相關資料並分析探討排氣歧管設計原理、逆向工程研

究、精密鑄造法製成並彙整。

2. 軟體使用：主要下載網路上資源並了解使用方法，並達到預期鑄件構想。
3. 學校合作：本組專題研究製作主要跟新北高工合作，並且討論其專題方向。

第四節　名詞解釋

1. 逆向工程：是針對一現有工件（樣品或模型）利用 3D 數位化量測儀器準確、快速的將輪廓劃座標量得，並加以建構曲面、編輯、修改後，傳至一般的 CAD/CAM 系統，再由 CAM 所產生刀具的 NC 加工路徑送至 CNC 加工機製作所需模具，或者送到快速成型機）將樣品模型製作出來，此一流程稱為逆向工程。
2. 精密鑄造法：應用耐高溫的耐火材料將低熔點模型材料包模起來，待包模材料硬化後再將模型材料熔掉而留下精密的模穴，然後將熔化金屬液澆鑄進入模穴，等待冷卻凝固後將包模敲碎並獲得精密鑄件。

第二章　文獻回顧

第一節　排氣歧管

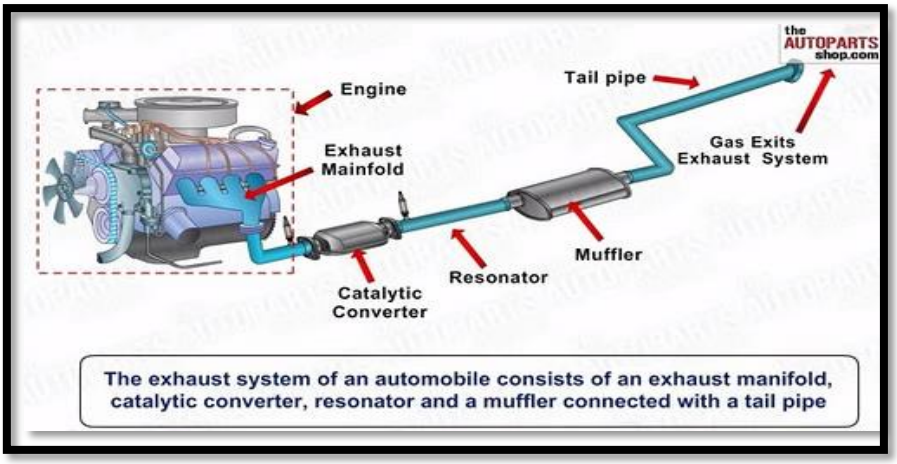


圖 1　排氣歧管位置圖

排氣系統是從連接燃燒室的排氣口，經由排氣歧管，排氣管中段，至排氣管尾段，為整個廢氣排放流程。汽車引擎的排氣系統主要是是將燃燒過後的高溫廢氣導至車後或車側排出，還有利用「消音器」將在高溫高壓的廢氣排放過程中所產生的噪音降至可容許的限度。[1]

整個廢氣排放過程中最先碰到的是排氣歧管，排氣歧管在設計上最重要的是避免各汽缸間的排氣相互干擾，使廢氣盡可能地完全排出管外，排氣管中段本身扮演的角色較為單純，只要將來自排氣歧管的廢氣導引至排氣尾管，有的排氣系統在中段處會多裝一個膨脹室以降低廢氣壓力；因為引擎內部的高溫和高壓廢氣在進入排氣歧管時壓力仍然很高，這時又因接觸排氣歧管管壁而產生衝擊波，這樣的衝擊波帶來惱人噪音，所以需要善加處理，因此在中段及尾段處要加裝「膨脹室」及「消音器」以抵消其威力，故圖片中為排氣其管各個相關重要元件。[2]

第二節　排氣歧管設計考量

因應排廢氣法規及提高排氣其管使用壽命，排氣歧管使用之材料，已

從過去的一般鑄鐵管推進至今的耐熱不銹鋼管，排氣歧管在設計上最重要的是避免各汽缸間的排氣相互干擾，使廢氣盡可能地完全排出管外。現在大多原廠大部分都是採用鑄鐵設計，鐵熔化溫度約 1,538 ℃，也其因為排氣歧管是為容納各缸排出來的廢氣，接受溫度不可高於材料，那也因為須遷就設計，每一缸排氣門至排氣管的匯合處並沒有等長設計，為了製造更良好的排氣歧管其常見設計為 4-1 [2]，避免影響整體的排氣效能，這次我們選用精密鑄造設計輔助我們的想法，將其產品完美度大大提升。

大多數車型的排氣歧管都是採用了鑄鐵，除了耐久耐用且更能夠延長壽命，且為了提高排氣效率以能達到更大的功率輸出，搭配高性能的排氣管就非常重要。高性能排氣歧管的材料需要能夠承受高溫、耐腐蝕性，所以我們運用鑄鐵方式將成品做出，過程我們是利用逆向工程做出成品，以便我們在短時間可以做出複雜曲面的車用重要零件。

第三節　順向工程與逆向工程差異

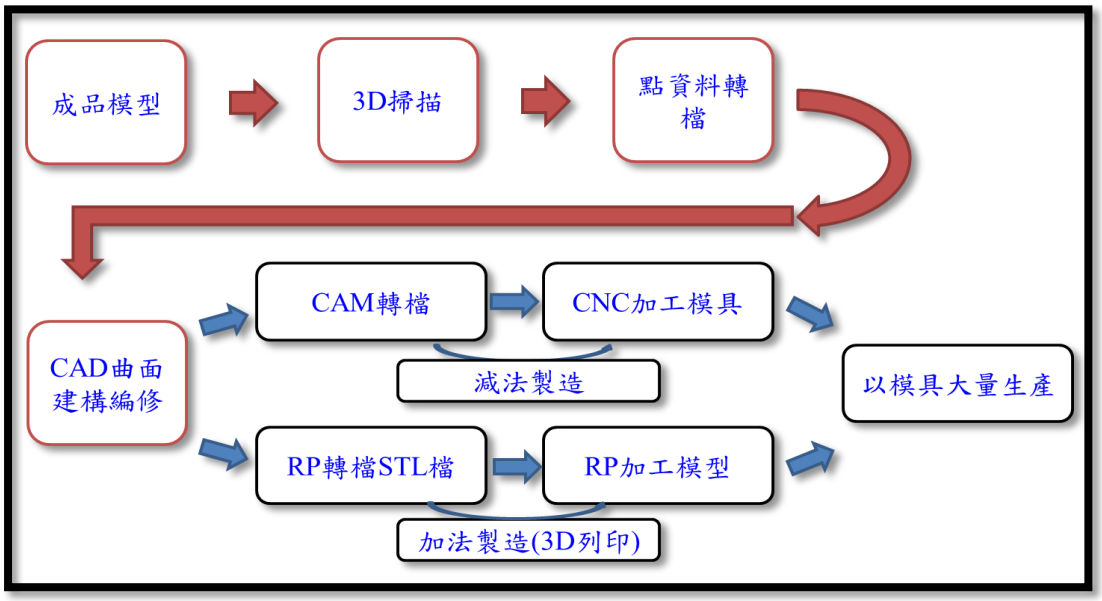


圖 2　逆向工程流程圖[15]

逆向工程為我們這次製作排氣歧管主軸，逆向工程其步驟如上，他是先將實體模型的表面資料 3D 量測儀器直接量測並建構出來，如此便可省略順向工程所需要的實體模型繪製工作，對於設計複雜工件尤其適合。逆

向工程尚具有許多順向工程所沒辦法完成的功能，例如：逆向工程可以重新建立產品之圖形資料，可以使設計師快速設計出產品架構；其實逆向工程比順向工程更適用於外形特殊以及具有獨特風格的產品，因此逆向工程常被做來量測符合人體工學的工程。

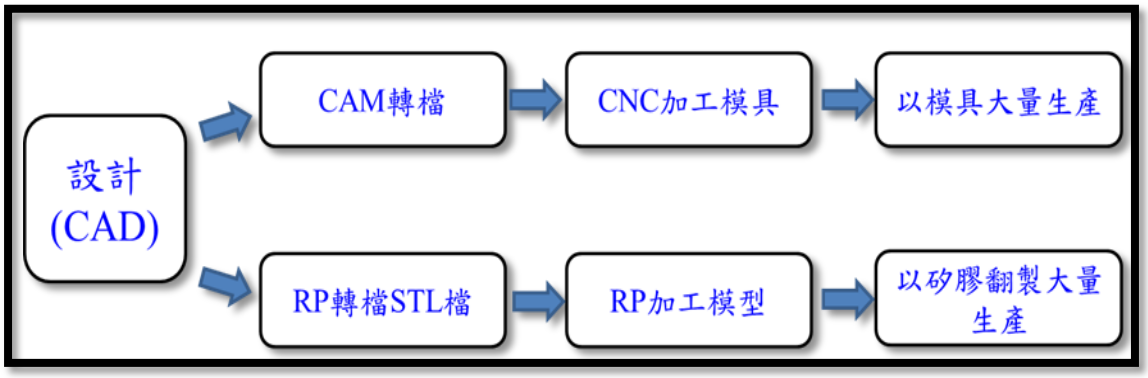


圖 3　順向工程流程圖[15]

在現今，一般工業產品設計流程由構想發展開始，確認構想後，就經由 CAD(電腦輔助設計)軟體繪出 3D 模擬模型，再經由 CAM(電腦輔助製造)軟體進行產品檢驗，若是符合預期，即可產生最終產品，這樣的製作步驟稱為順向工程。下圖為逆向工程與順向工程差異:

表 1

逆向與順向工程比較

	逆向工程	順向工程
製程	較簡易	較複雜
成本	較低	較高
耗費時間	較少	較多
產品效率	較高	較低

因為逆向工程相較於順向工程時間花費事上是比較節省的，而且成本花費也是我們能夠接受的，所以我們決定使用逆工程方式來製作排氣歧管，不過也因為這兩項在應用範圍又是不相同的，可以說這兩項是相輔相成的，兩套方法缺一不可。

第四節　模具製作－3D 列印

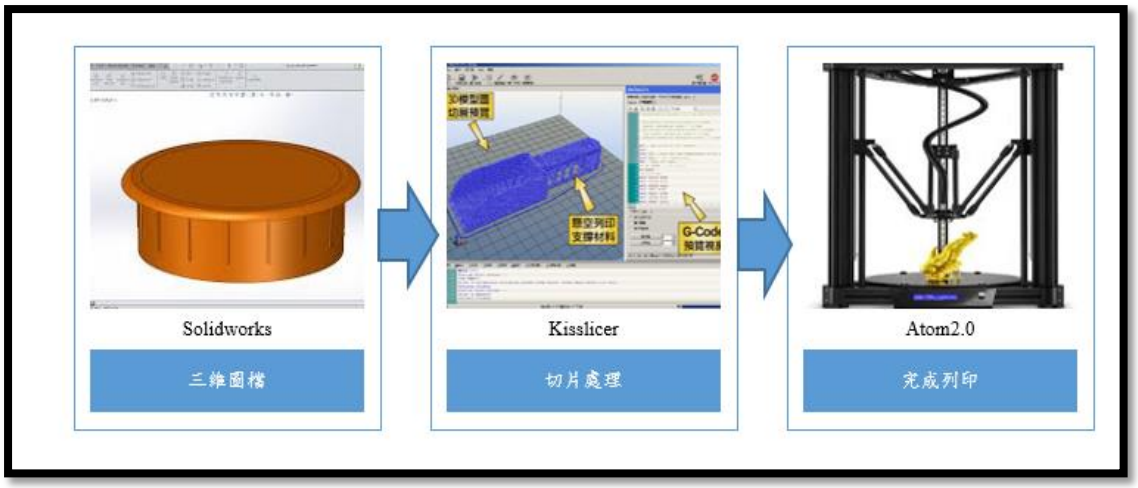


圖 4　3D 列印流程圖[12]

首先，這是我們使用的軟體呈現為圖 5，這是我們做 3D 列印的步驟，那為甚麼我們會利用 3D 列印機來客製化實現程度高，重點是能隨時依喜好修改。生產偏向輕量化，成本較少。而且其在工業上的定位為設計完成立即生產，大幅縮短生產時程，能即時回應市場需求，更重要的是加法製造工法，創意不受限，設計能完整呈現。藉由電腦輔助軟體將我們所需要的成品列印出，Solidworks 是一款 3D 繪圖軟體，在做出最終決策前能快速測試許多概念及方案以改良產品，讓我們有更充裕的時間構思新設計也可以減少產品開發週期的時間，以加快產品上市並快速建立模型，Kisslicer 是一款切片軟體，負責輔助 Atom2.0 機台的操作，當然若是 Atom2.0 在運行過程中發現不符合期望，通常都是要修改相關數據，我們都是藉由 Kisslicer 來做修改，畢竟機台是輸出的角色，電腦輔助軟體才是關鍵問題。

第五節　3D 列印應用與商機

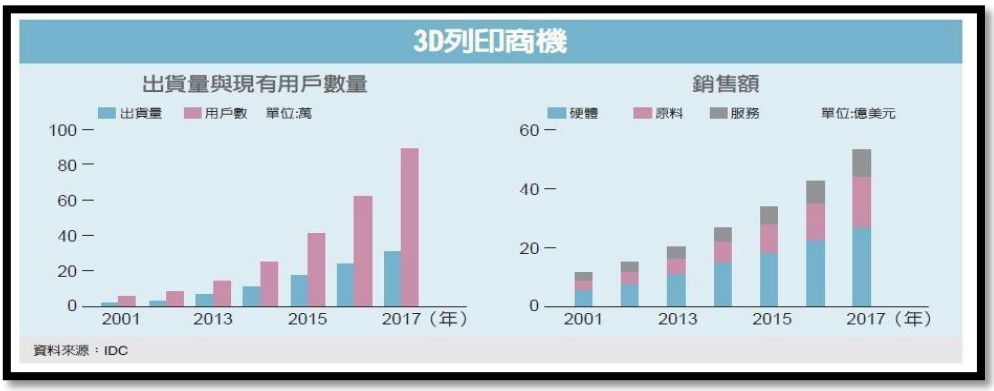


圖 5　3D 列印商機趨勢圖[9]

圖 6　3D 列印市場規模圖[9]

由上方兩張圖表所示，不論是市場商機還是規模都有顯著提升，這也表示其 3D 列印的應用漸漸的擴及到教育方面或者醫學方面，這些實屬於它所帶來的便利性。3D 列印連帶整個產品鏈上升趨勢越來越顯著，不論材料使用與售後服務,或者硬體使用都有不錯的評價,商機更是逐年上升，整個 3D 列印技術的產品鏈規模逐漸龐大，所延伸的服務越來越完善。從圖 6 得知 3D 列印規模由 2014 年的 38 億美元快速在短短四年間達到 162 億美元的價值，不得不小看 3D 列印所帶來的龐大商機及實用性。

第六節　精密鑄造法

精密鑄造法（precision casting methods）是指鑄模不用金屬模，製品尺寸精度高於普通鑄造法（砂模鑄造法）的鑄造法。包括包模鑄造法、陶模

法、石膏模法。我們主要利用陶模法，這項工藝早於 1953 年便開始使用。因專利關係，導致國內應用此方法起步較慢，由於陶模具有高強度、耐高溫、耐腐蝕及低韌性等特性，若配合精密鑄造即為陶模鑄造法（ceramic mold process）；利用矽酸乙脂四十水解時所形成的矽膠黏結劑，適當的攪拌調配耐火材料而形成泥漿，再加入適當量的膠化劑後注入模型四周，待其漿液的凝固成型後，經由加熱將模型材料融化或是蒸發，所形成模穴，經由澆鑄後及後處理，可獲得精密的鑄件。由於陶模法具有多孔性，且澆鑄後模砂崩散性佳，目前應用於大型精密鑄件、金屬模具及藝術品類。陶模法主要特色是其可鑄造複雜鑄件，且不需要拔模協度，他利用陶模膠化後期未完全硬度時，進行拔模工作，即使相當複雜形狀也可拔模，其任何結構性金屬合金均可應用，陶模法的膠化材料是屬於二氧化矽，且調配耐火材料的種類相多如鋯粉，其耐火度相當高，製作成品鑄件表面光滑且精度高 由於調配耐火材料是粉態，粒度約 3~8μm，且脫膜、燒結及澆鑄時，不會影響鑄模尺寸的變化，陶模法任何大小型鑄件均適用，這種方法為目前的脫蠟精密鑄造業者所廣泛採用[6] [7]。

第七節　3D 列印技術原理

壹、熔融沉積(Fused Deposition Modeling，FDM)

FDM 熔融層積成型技術是將絲狀的熱熔性材料加熱融化，同時三維噴頭在計算機的控制下，根據截面輪廓信息，將材料選擇性地塗敷在工作檯上，快速冷卻後形成一層截面。一層成型完成後，機器工作檯下降一個高度（即分層厚度）再成型下一層，直至形成整個實體造型。常用的原料為聚乳酸(PLA)及 ABS 樹酯，近年也開始有其他材料如尼龍、鹽…等。[18]

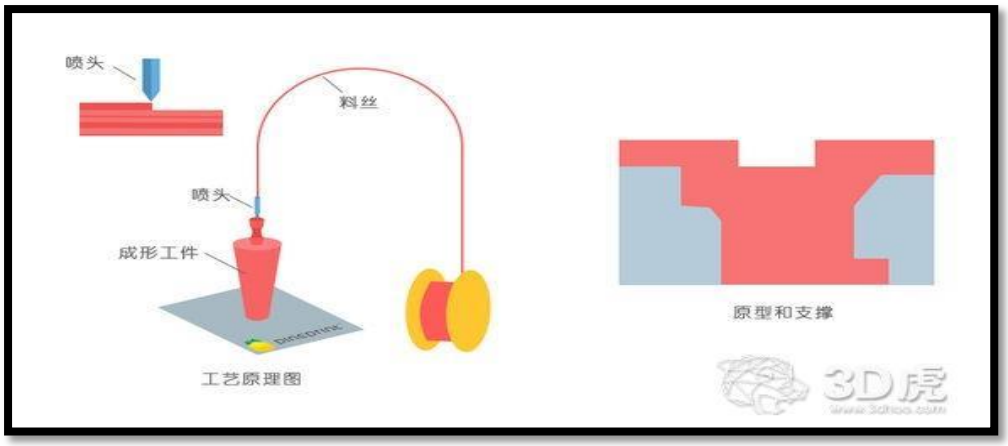


圖 7　FDM 熔融層積成型技術示意圖[21]

貳、粉末材料選擇性雷射燒結(Selective Laser Sintering，SNS)

原理是採用鋪粉將一層粉末材料平鋪在已成型零件的表面，並加熱該粉末燒結點的溫度，控制雷射束按照該層的截面輪廓在粉層上掃描，使粉末的溫度升到熔化點，進行燒結並與下面已成型的部分實現粘結。一層完成後，工作檯下降一層厚度，鋪料輥在上面鋪上一層均勻密實粉末，進行新一層截面的燒結，直至完成整個模型。

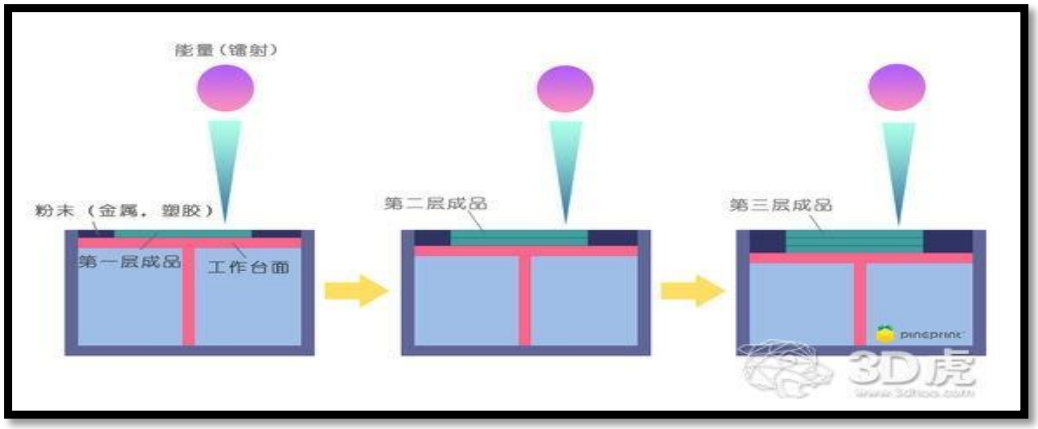


圖 8　SLS(粉末材料選擇性雷射燒結)流程示意圖[21]

參、光固化技術 (Digital light processing，DLP)

DLP 列印原理與 SLA 非常相似，但他們所產出的結果確有明顯差異。按照定義來說，SLA and DLP 都是屬於 stereolithography 技術，作為平面影像，雷射光繪製圖層和投影繪製圖層將會截然不同，DLP 使用數位投影螢幕來閃爍每一層的單一圖像，因為投影圖像是數位畫面，每層圖像由正方形像素組成，形成每一層的矩形方塊，稱為像素。[20]

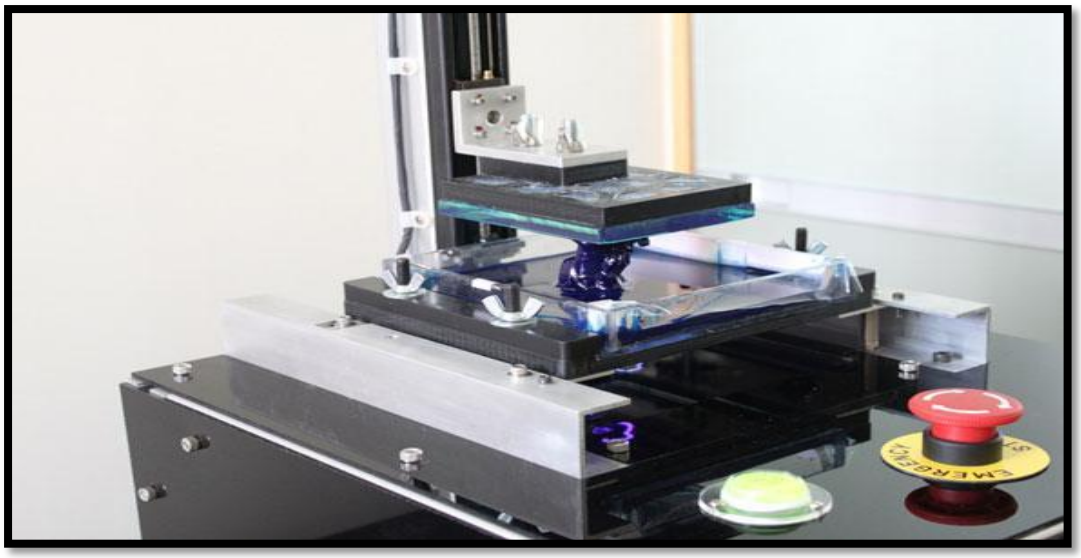


圖 9　DLP (Digital light processing，光固化技術)示意圖

第八節　3D 列印材料線材與選用

表 2

各類材質比較

	優點	缺點
環保纖維 PLA	1.高穩定性 2.抗 UV 性	1.玩具和藝術品
ABS 塑料	1.可承受擠壓模製 2.可回收再利用	1.汽車製造業等工業領域
高清樹脂	1.列印細節能力較好	1.迷你玩偶、模型車

根據以上的特性我們決定使用 PLA，選用它主要原因是因為依據它的特性跟實用度備受好評，而且相當符合我們的預期目標，於是我們購買了兩捆 PLA 作為這次當排氣歧管列印備料。

第三章　實驗方法

第一節　實驗架構

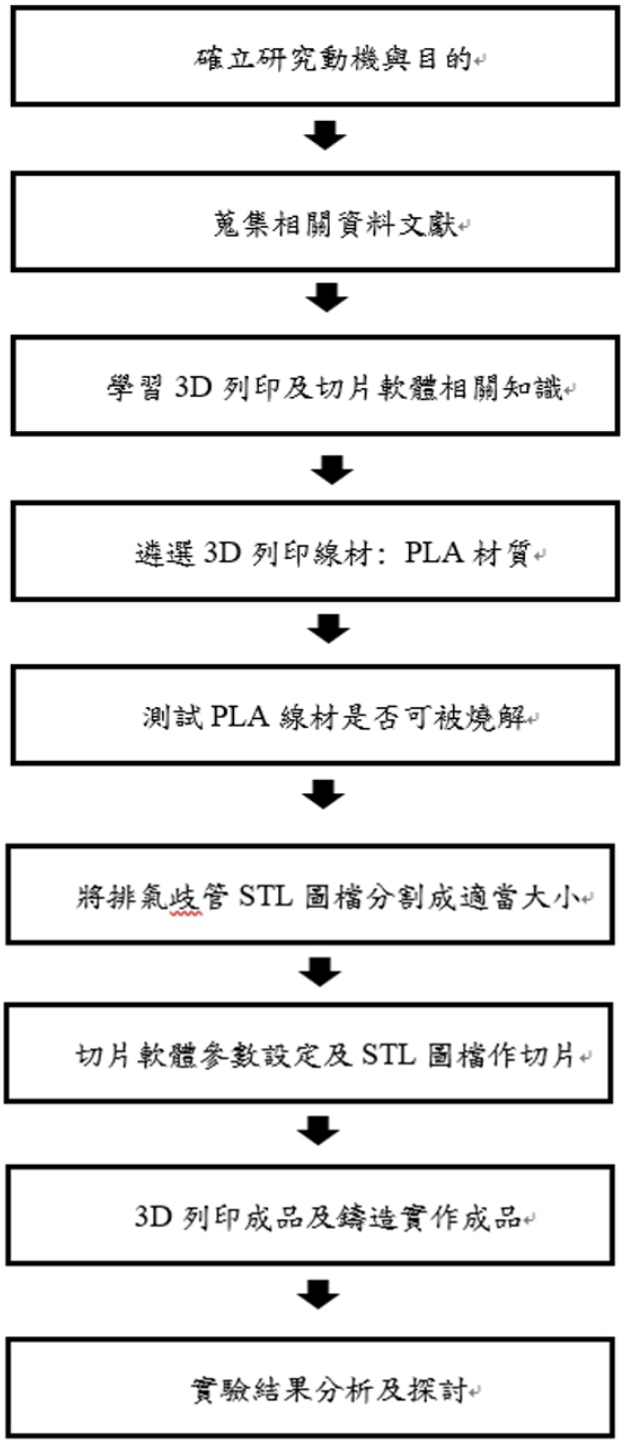


圖 10　實驗步驟流程圖

第二節　實驗工具

壹、ATOM2.0

ATOM 是 Delta 3D Printer 延伸.其規格主尺寸:420x420x760，最大列印面積直徑 220，高 320，最大列印體積為 12158 立方公分，主體重量 13.0 kg，建議工作溫度為攝氏 200˚C。

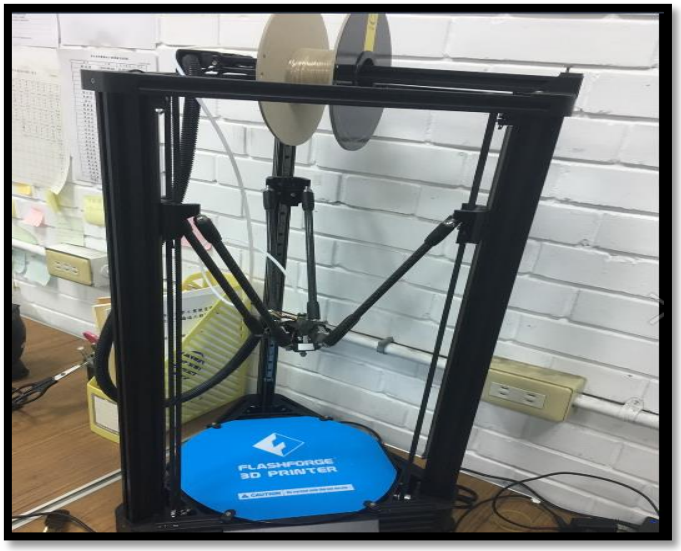


圖 11　ATOM 2.0 機台

貳、Kisslicer

可以載入 STL 圖檔，進行切片參數設定，設定完後進行切片的運算及轉檔，切片完後即可將切片好適用於 3D 印表機的 G-Code 檔存檔，以及將檔案匯入 ATOM2.0 作 3D 列印。

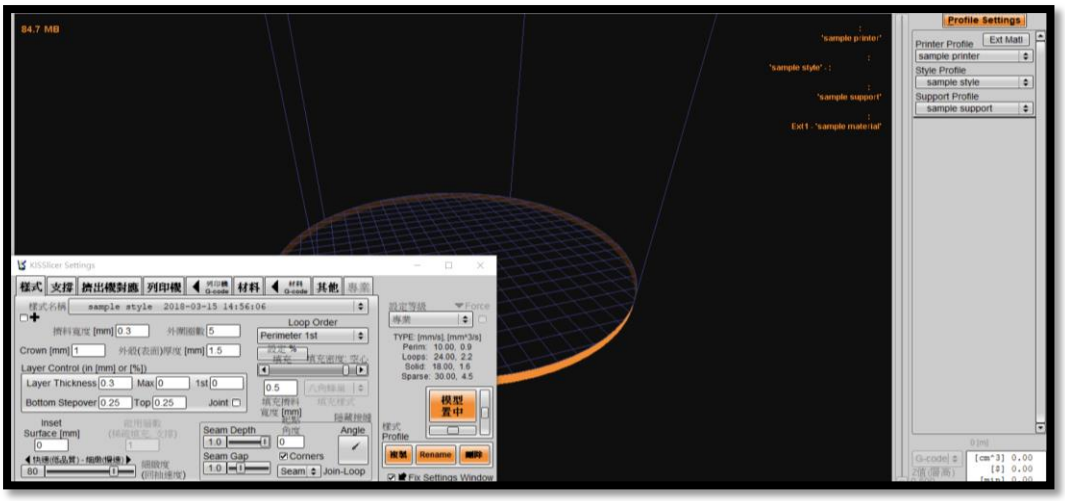


圖 12　Kisslicer 操作介面

參、Netfabb

Netfabb 是一套專業用途的 3D 列印軟體，能夠讓 3D 列印的流程更為順暢，舉凡 3D 破面的自動修補、列印的規劃、物件的堆疊、支架的產出、拓樸結構的變化等，使用者可以根據自己的需求，控制這些原本內建 3D 列印軟體不易實現的性能，使 3D 列印的設備能夠發揮出真正實力，也能提昇 3D 列印的成功率。

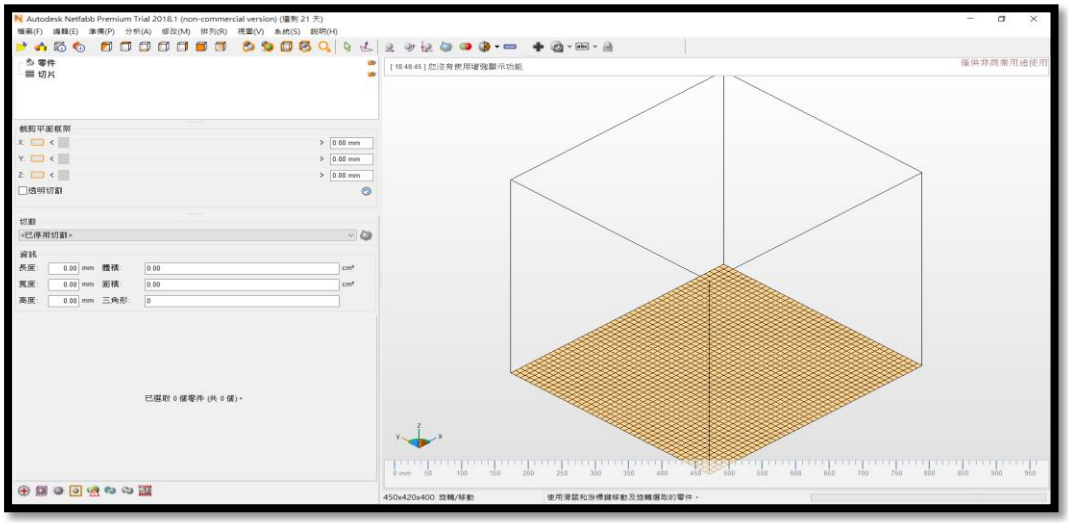


圖 13　Kisslicer 操作介面

第三節 實驗步驟

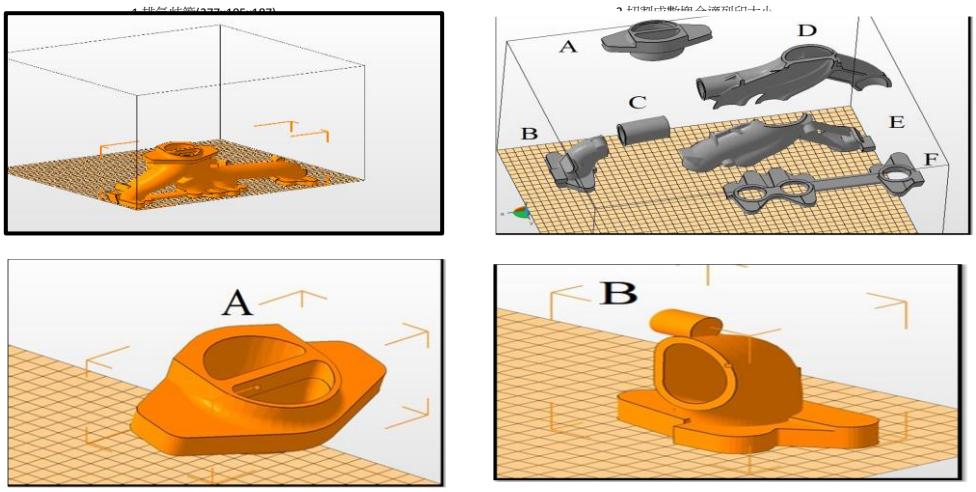


圖 14 排氣歧管以 Netfabb 分割數塊(A~F)

(1)切片軟體 Kisslicer 參數設定以及進行切片:

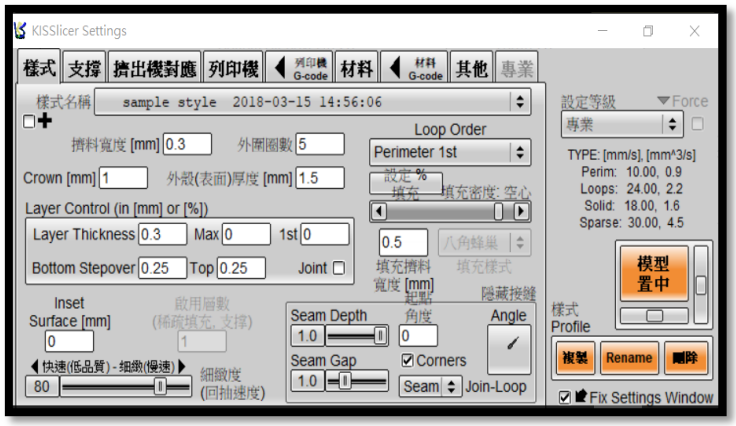


圖 15 樣式參數設定

(2)用 ATOM2.0 進行列印過後的成品

圖 16 實際印出來成型圖（正面及側面含支撐）

(3)精密鑄造法列印成品:

第四節 實驗數據分析

表 3

Atom2.0 **圖檔尺寸與實際 3D 列印出來實際尺寸誤差（單位：mm）**

	圖檔尺寸	實際尺寸
長度	40	40.6
寬度	40	40.5
高度	160	160

上述根據實驗數據分析，長度跟寬度會有 0.15%誤差，高度則是相同。

第四章　結果與討論

本章旨在說明透過實驗步驟的初始概念到最終成品製作的抉擇取捨，第一節主要探討我們為何選擇製作排氣歧管，並說明它在當中所要呈現的概念；第二節主要探討逆向工程相較順向工程如何更能符合我們的預期；然而以上總合方向將會在第三節做綜合討論。

第一節　製作排氣歧管理念

我們的設計主題為逆向工程製作排氣歧管，選擇為排氣歧管原因為相較汽車其它零件，排氣歧管更為複雜，其主要原因是它曲面多工設計還有

工藝質感特別強調，若是能夠成功將這樣的成品製作出來，就能涵括許多製造業的成品製作開發，若將其概念更為推廣必定能縮短產品週期，增加競爭力。

第二節　鑄件製作方向

我們選擇逆向工程方式為我們的製作主軸，其原因是時間上的考量非常緊迫，若是採取順項工程為製作方式，我們必定會花費非常多的時間在設計上，然而這並非我們主要重點，於是我們運用逆向工程的優點，大幅提升我們製作的效率，使我們更能專注在生產鑄件上，並將成品製作出來。

第三節　綜合討論

在確認這次主要構想後，我們的理念為逆向工程在製造業佔有一席之地，且為因應個人化特色，逆向工程的貢獻更是功不可歿，在其間對於產品的修正或者者檢測皆能快速從軟體的輔助得到回應，且耗費時間相比較少。製作排氣歧管的成功也帶給我們無比信心，也要特別感謝專題指導老師給予我們許多資源還有建議，專題成品能夠完整產出也還要特別感謝新北高工老師們，願意教導並且協助我們，當然過程中的學習讓我們知道順向工程跟逆向工程不能被完全取代，在工業製造上皆有舉足輕重地位，需要相輔相成。

第五章　結論與建議

第一節　結論

綜合上述分析結果，茲將結論分述如下：

1. 藉由這次的實驗步驟，得知逆向工程確實比順向工程更節省時間，在製作過程中運用3D 列印技術優點，更能快速修改與檢測，縮短產品週期。

2. 本次實驗利用精密鑄造法做出縮小比例的原圖，並運用鑄鋁的方式產出，證明這次實驗要製作出複雜曲面是可行的。
3. 這次實驗確認逆向工程在製造業的重要性，此技術的定位主要在於能快速製作更符合個人化的模型。

第二節　建議

本次研究原本構想是利用精密鑄造法鑄造一個一比一大小的鑄鐵排氣歧管，但受限於設備的考量還有時間上的規劃，我們做出了一個與原比例百分之七十的鑄鋁排氣歧管，鑄鐵的方式因為考量到機會成本，且我們的想法是鐵相對比鋁的流動性高且精密鑄造法的特性為形狀複雜精密工件，更容易鑄造，於是我們決定在有限時間內先做出一個概念， 並說明我們本項實驗在仿間確實已經有許多人應用,並且大大提高效率,並降低成本。

參考文獻

[1] 佚名（2010）**排氣歧管原理**。隨意窩部落格。

[2] 佚名（2014）。**汽車排氣歧管原理**。痞客邦3C部落格。

[3] 范光照（2011）。**逆向工程技術及應用**。高利圖書出版。

[4] 周弘裕、張惠娟（2010）。**掃描加工技術與應用**。工業技術研究院。

[5] 蘇昭彰（1999）。**逆向工程系統簡介**。機械工業雜誌。

[6] 曹龍泉（2001）。**精密鑄造種類與應用**。中華民國職業訓練研究發展中心。

[7] 張晉昌（2001）。**精密鑄造法**。中華民國職業訓練研究發展中心。

[8] 葉圳轍（2016）。**台灣首座 3D列印鑄造砂模機台建置**。中時電子報。

[9] 劉雲金屬（2016）。**3D列印竄紅**。複雜零件難不倒它。

[10] 曾建基、周弘裕（2004）。**逆向工程系統簡介**。

[11] 張惠欽、王彥翔、張利名、張家豪（2013）。**逆向工程技術應用於個性化產品製程之探討**。德霖技術學院創意產品設計系、機械工程系。

[12] 施政嘉、鄭又瑞、莊順傑、陳柏村（2010）。**逆向工程研究與操作**。修平技術學院四年制機械工程系。

[13] 呂昆原、陳坤男、賴文毅（2015）。**林瑋銘汽車排氣系統之動態特性**分析。東南科技大學機械工程系。

[14] 林宗慶（2012）。**球墨鑄鐵排氣歧管之澆鑄模擬研究**。國立台北科技大學材料與工程研究所。

[15] 王立達（2000）。**逆向工程整合與CAD應用**。台北市市立南港高工。

[16] 范詔欽（2015）。**引擎排氣系統熱結構分析**。華擎機械SIMULIA Regional User Meeting。

[17] 佚名（2015）。**列印線材比較指南**。三帝瑪3DMart部落格。

[18] 張睿麟（2014）。**3D列印與自造者時代的商業模式**。東海大學企業管理學系。

[19] 佚名（2017）。**SLS 選擇性雷射燒結成型3D列印技術詳細介紹**。壹讀。

[20] 佚名（2016）。**3D列印技術比較：SLA與DLP**。3D MART。

[21] 佚名（2016）。**三種常見3D列印技術：FDM、SLS、SLA技術原理**。科普。

四行程機車使用複合奈米機油之磨潤與散熱對引擎性能及汙染物排放之研究

國立臺灣師範大學工業教育學系
指導老師：呂有豐教授
學生：楊顯皓、顏士珽、陳奕安、陳郁旻

摘要

本研究使用多壁奈米碳管以及二氧化矽作為機油之奈米添加物，多壁奈米碳管具有非常良好的機械性質，其楊氏係數和張力皆比鋼還要高出百倍，且多壁奈米碳管可視為石墨捲曲而成的結構，所以其化學性質和石墨非常相近，具有非常穩定的結構，可存在於各種化學製程，多壁奈米碳管的導熱能力等同於金剛石或藍寶石，而其理論熱傳系數更高。而在經黏度、比熱、磨潤、實車實驗測試後，發現使用複合奈米機油的燃油消耗量明顯地降低了，輸出扭距更大，而複合奈米機油的散熱性更好，排放廢氣方面，HC 和 CO 的排放也有顯著地下降。

第一章　前言

第一節　研究動機

現今的環保意識提升對車輛方面的產業來說是一個打擊，雖說目前已傾向電動車的研發，但是電動車的普及與持久性仍考驗著我們，所以應先將降低引擎汙染、提升內燃機的效率當作首要目標。調閱之前的文獻，明白了將二氧化矽的粉末物添加於機油中有助於減少引擎磨耗，但是在內燃機的散熱能力上卻沒有很明顯的優勢，所以我們決定把碳奈米管，也就是我們稱為「多壁奈米碳管」的材料，添加至富有二氧化矽的機油中，再透過基本性質測試來配置出適當比例的奈米材料，觀察是否在保有二氧化矽

能減少磨耗的特性中，也增強機油對引擎散熱的能力，進而減少內燃機引擎對環境造成的負面效果。

第二節　研究目的

本研究是利用多壁奈米碳管的粉體以及二氧化矽的粉體添加至原廠機油，提升原廠機油對引擎的效率，讓元件在運作過程中，相較原廠的機油能獲得更少的磨耗、機油對引擎的散熱更有效率，降低引擎室的磨損，若是可以運用這些基本特性去調配、研發複合奈米機油，添加到市面上的機車中，提升引擎效能、降低污染物排放。

第二章　文獻回顧

第一節　奈米機油的摩擦學和熱物理性質觀察

R. Dinesh*&M.J. GiriPrasad&R. Rishi Kumar&N. Jerome Santharaj&J. Santhip& A.S. Abhishek Raaj(2015)

壹、導熱係數

Addition of nanoparticles into a base fluid enhances its thermal conductivity. This is possibly due to the microscopic motion and the surface properties of the added nanoparticles. Plain engine oil exhibited a thermal conductivity of 0.135 W/mK whereas the engine oil with MWCNTs and ZnOnano additives (volume fraction of 0.005% and 0.02% respectively) exhibited a thermal conductivity of 0.138 W/mK resulting in an enhancement of 2.2%

在一般的機油中加入奈米材料可增加導熱係數，這可能是因為奈米材料的圍觀運動和表面性質。一般的機油導熱係數為 0.135 W/mK，然而多壁奈米碳管－氧化鋅複合式奈米機油(容積百分率分別為0.005%和0.02%)的導熱係數為 0.138 W/mK，增加了 2.2%。

貳、黏度與閃點

Plain engine oil exhibited a kinematic viscosity of 140 stokes at 305K while the nano lubricant exhibited a kinematic viscosity of 172.37 stokes at the same temperature, resulting in an enhancement of 23.12% at 305K and 20.07% at 373K. Thus the nano engine oil acts as a better lubricant compared to the plain engine oil both at room temperature and at higher temperatures.

一般的機油的運動黏度在溫度 305K 時為 140，而添加奈米材料後，在相同溫度運動黏度可達 172.37，運動黏度分別在溫度 305K 提升 23.12%，373K 提升 20.07。因此，奈米機油相較一般機油，在室溫及高溫扮演著更良好的潤滑劑。

參、防磨性

Engine oil with nano additives exhibited a wear reduction of about 15 times compared to that of plain engine oil. Plain engine oil exhibited an average wear of 150 microns whereas the engine oil with nano additives exhibited an average wear of -15 microns, both for a testing period of 3600 sec.

奈米機油相較一般機油可減少 15 倍的磨損。兩種機油在 3600 秒的測試中，奈米機油和一般機油分別磨損了 15 微米：150 微米。

肆、溫度影響

Effects of temperature and solid volume fraction on viscosity of SiO2-MWCNTs/SAE40 hybrid nano-fluid as a coolant and lubricantin heat engines

溫度和容積百分比對二氧化矽－多壁奈米碳管/SAE40複合式奈米機油的影響

MasoudAfrand&Karim NazariNajafabadi&Mohammad Akbari(2016)

Fig. 1.shows the variations of dynamic viscosity of SiO2-MWCNTs/SAE40 hybrid nano-fluids with solid volume fraction at different temperatures. It can be observed that the viscosity of the hybrid nano-fluid enhances with increasing solid volume fraction. The effect of viscosity is to resist relative motion of the fluid.

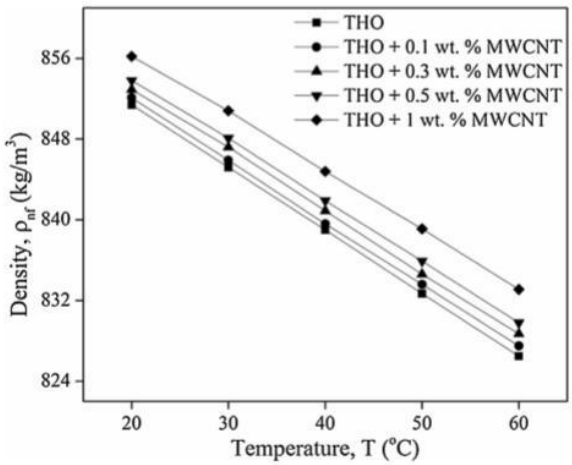


Fig. 1. Variation of dynamic viscosity with solid volume fraction at different temperatures.

圖五表示二氧化矽－多壁奈米碳管/SAE40複合奈米機油，不同容積百分率在不同溫度動態黏度變化。可以觀察到奈米機油的黏度隨著容積百分率增加。黏度的影響是抵抗流體的相對運動。

伍、穩定性與熱分析

SuhaibUmerIlyasa&RajashekharPendyalaa&Marneni Naraha(2017)

riA slight increase in density of the fluid can cause adverse effects on the natural and forced convection heat transfer process. These processes are mainly dependent on the buoyancy driven forces and pressure drop during flow. Effective density of MWCNTs-thermal oil-based nano-fluids is measured using

density meter, Mettler Toledo, DM 40. The typical behavior of decrement in density with the increase in temperature is observed, shown in **Fig. 2.**

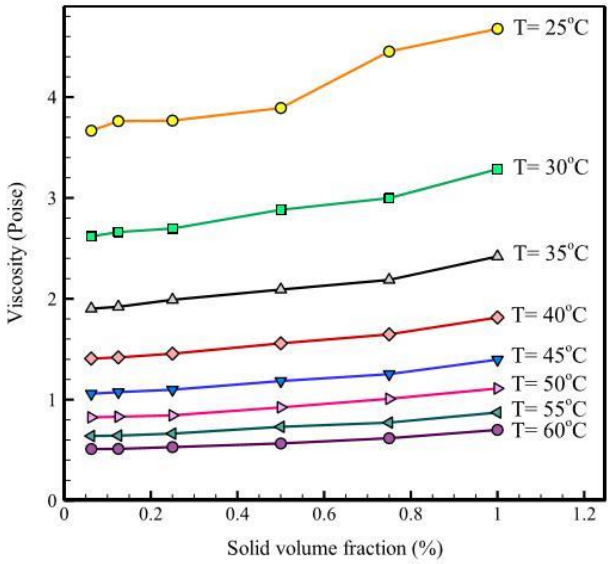


Fig. 2. Effective density of MWCNT-thermal oil-based nano-fluids.

機油密度略為的增加可能會造成自然和強制對流熱傳遞過程中產生不利的影響，這個過程主要依賴流動時的浮力與壓力。多壁奈米碳管的有效密度可用密度測量計 Mettler Toledo，DM 40。在圖六可觀察到密度隨溫度升高而降低。

Numerical investigation of the effective thermal conductivity of nano-fluid using the lattice Boltzmann model

利用玻爾茲曼模型對奈米流體有效熱導率的數值研究

N.Pelević,Th.H.vanderMeer*(2011)

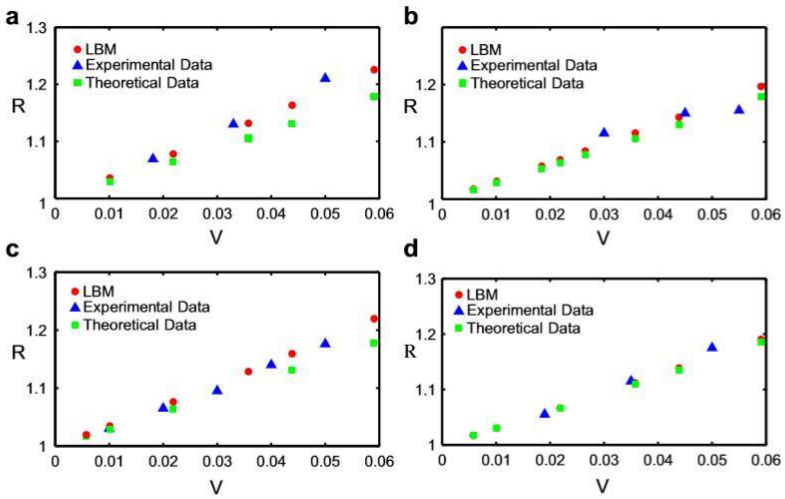


Fig. 3. Ratio of effective thermal conductivity of nano-fluid and base fluid(R)as a function of volume particle density in the suspension(V)(a)Al_2O_3 water d30nm, (b)Al_2O_3 water d19nm(c)Al_2O_3-EG d19nm, (d)Al_2O_3-EG d13nm

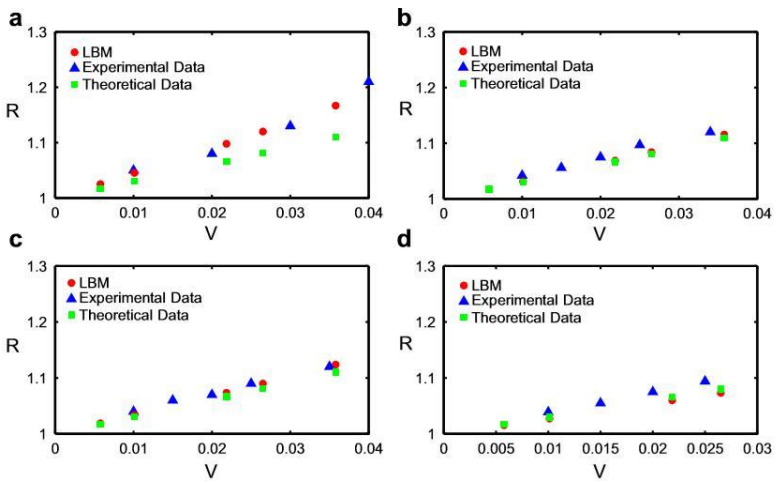


Fig. 4. Ratio of effective thermal conductivity of nano-fluid and base fluid(R)as a function of volume particle density in the suspension(V)(a)CuOwater d35nm, (b)CuO-EG d11.9nm, (c)CuO-water d23.6nm, (d)CuO-EG d11.8nm

By using the lattice Boltzmann model described above, the thermal behavior of the nano-fluids has been investigated. The investigation shows that the thermal conductivities of the nano- fluids can be increased over the base fluids with the addition of a small amount of Al_2O_3 and

CuOnano-particles. It is clearly shown that the thermal conductivity increases with an increase in the volume fraction.

In **Fig.3** and **Fig.4** the ratio of the effective thermal conductivity of nano-fluid and the thermal conductivity of the basic fluid, denoted byR, has been represented as a function of particle densities in the suspension, denoted byV. This ratio is represented by three groups of data: numerical data obtain by the lattice Boltzmann method, experimental data [13,25]and theoretical data obtained by the Maxwell equation [21]for nano-particle water and nano-particle EG (ethylene glycol) suspensions. The ratio is presented for different concentrations of particles in the base fluid and for various nanoparticle sizes. The results show that the nano-fluids have noticeably higher thermal conductivity than the basic fluids that does not contain nanoparticles.

The ratio increases almost linearly with the volume fraction. For the Al_2O_3 water suspension, the thermal conductivity can be increased by more than 20% at a volume fraction of 0.05.

陸、流體與熱導率

通過使用上述的玻爾茲曼模型，研究出了奈米流體的熱行為。研究表示，加入少量的氧化鋁和氧化銅奈米顆粒後，奈米流體的熱導率可以比基礎流體增加。清楚地表明，導熱係數隨著體積比的增加而增加。

在附圖中，如圖 2 和圖 3 所示，R 代表奈米流體的有效熱導率與基本流體的熱導率之比；懸浮液中顆粒密度的函數用 V 表示。該比率用三數據組：通過晶格玻爾茲曼方法獲得的數值數據，實驗數據[13,25]和通過麥克斯韋方程[21]獲得的奈米顆粒水和奈米顆粒 EG（乙二醇）懸浮液的理論數據。這個比例是針對基本液體中不同濃度的顆粒和各種奈米顆粒尺寸的。

結果顯示奈米流體具有比不含奈米顆粒的流體更高的導熱率。該導熱率隨著奈米顆粒體積比線性增加。對於氧化鋁水懸浮液，參見圖 2a，在體積分數為 0.05 時，熱導率可以增加 20%以上。

In this paper, alattice Boltzmann model for the effective thermal conductivity of nano-fluids has been presented. The model predictions have been shown to be in good agreement with the available experimental data.

Both the numerical results and the experimental results show that the addition of nano-particles to fluids leads to increased thermal conductivities of the suspensions. The improved thermal conductivity ratios increase with the volume fraction of nano-particles.

The numerically calculated thermal conductivity of the nano-fluid leads to the same conclusions as the experimental data. These are that the thermal conductivity of the nano-particle suspensions appears to be very dependent on the size of the nano-particles and the concentration of the nano-particles.

在本文中，提出了利用玻爾茲曼模型測試奈米流體的有效熱導率，證明模型預測與可用的實驗數據非常吻合。數值結果和實驗結果都顯示奈米顆粒添加到液體中會導致懸浮液的導熱係數增加。導熱率會隨著奈米粒子的體積的增加而增加。奈米流體的計算熱導率和實驗數據有相同的結論。這些奈米顆粒懸浮液的熱導率非常依賴於奈米顆粒的大小和濃度。

第三章　實驗設計

第一節　機油製備

壹、機油與奈米材料混合

Total	MWCNTs (wt. %)	SiO_2 (wt. %)	Engine oil (g)	Total weight (g)
2.1 wt. %	0.1 wt. % (0.1 g)	2 wt. % (2 g)	97.9 g	100 g
2.15 wt. %	0.15 wt. % (0.15 g)	2 wt. % (2 g)	97.85 g	100 g
2.2 wt. %	0.2 wt. % (0.2 g)	2 wt. % (2 g)	97.8 g	100 g
2.25 wt. %	0.25 wt. % (0.25 g)	2 wt. % (2 g)	97.75 g	100 g
2.6 wt. %	0.1 wt. % (0.1 g)	2.5 wt. % (2.5 g)	97.4g	100 g
2.65 wt. %	0.15 wt. % (0.15 g)	2.5 wt. % (2.5 g)	97.35 g	100 g
2.7 wt. %	0.2 wt. % (0.2 g)	2.5 wt. % (2.5 g)	97.3 g	100 g
2.75 wt. %	0.25 wt. % (0.25 g)	2.5 wt. % (2.5 g)	97.25 g	100 g

圖 5　混合比例

依照以上比例去做調配，總重量為 100 公克的複合奈米機油，以 20W-50 的原油，添加的二氧化矽（SiO_2）分為重量百分比 2 的一組和重量百分比 2.5 的一組，各組添加的多壁奈米碳管的以重量百分比 0.1，0.15，0.2，0.25 分為四組，總計 8 瓶。

貳、加熱式磁石攪拌機

將調配好的機油投入磁石後，放置在六聯式加熱式磁石攪拌機上，將參數設定：轉速為 650rpm，溫度為 100℃，開始攪拌，此目的是為了讓機油水平均勻的混合。

參、超音波震盪機

確認複合奈米機油的瓶子有完整的密封後，確保機器內部的水不會跑進機油內以影響實驗後，放入超音波震盪機去做震盪，參數設定為：震盪

時間為 1h，溫度為 50℃，此目的是為了讓機油垂直均勻的混合。

第二節　黏度性質檢測

壹、 黏度性質檢測之實驗流程

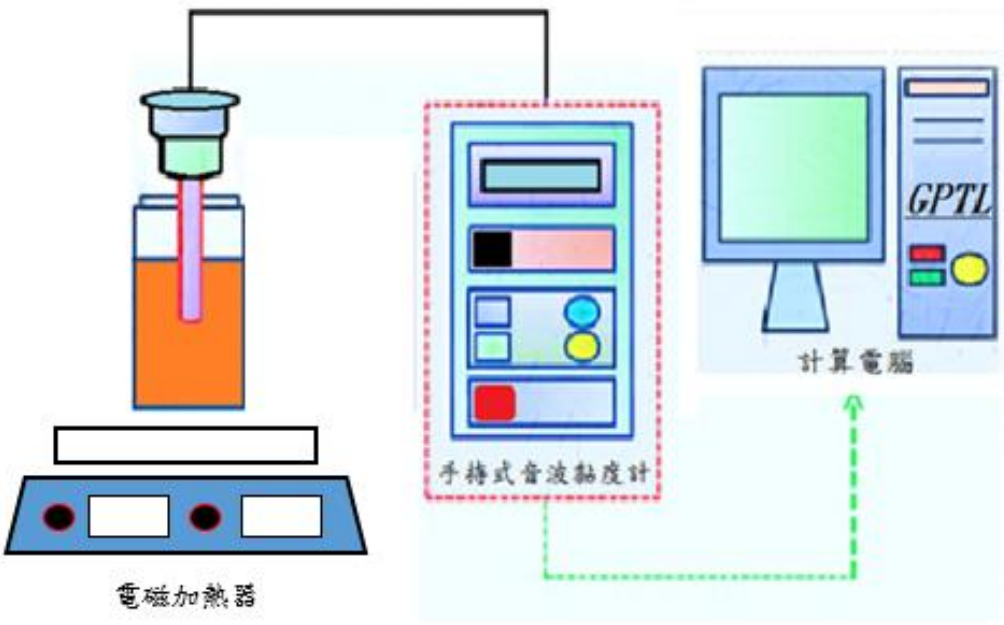


圖 6　黏度計實驗架構

將 100c.c.原廠機油倒入燒杯中，放置在電磁加熱攪拌機上，參數設定：轉速為 300rpm，溫度分別設定為 30℃、50℃、70℃、90℃、110℃，在燒杯中放入溫度計以及手持式超音波黏度計，到達預設溫度後，查看黏度值並記錄之。原廠機油做完之後，依序做複合奈米機油。

第三節　比熱性質檢測

壹、 比熱性質檢測之實驗流程

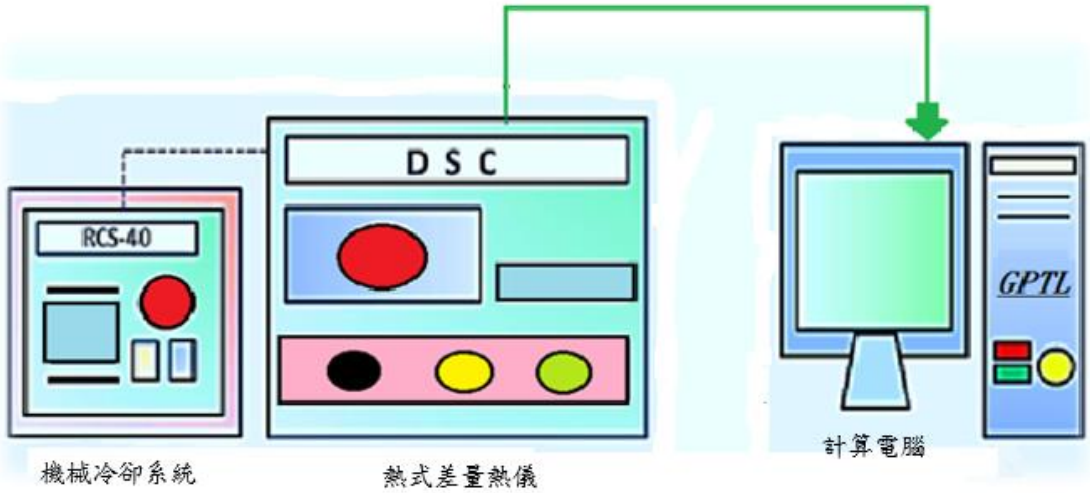


圖 7　比熱計實驗架構

將原廠機油放入熱式差量熱儀裡，按下啟動後，待儀器去做量測之後，再把得到的值用電腦去做比熱的計算。

第四節　磨潤性質檢測

壹、 磨潤性質檢測之實驗流程

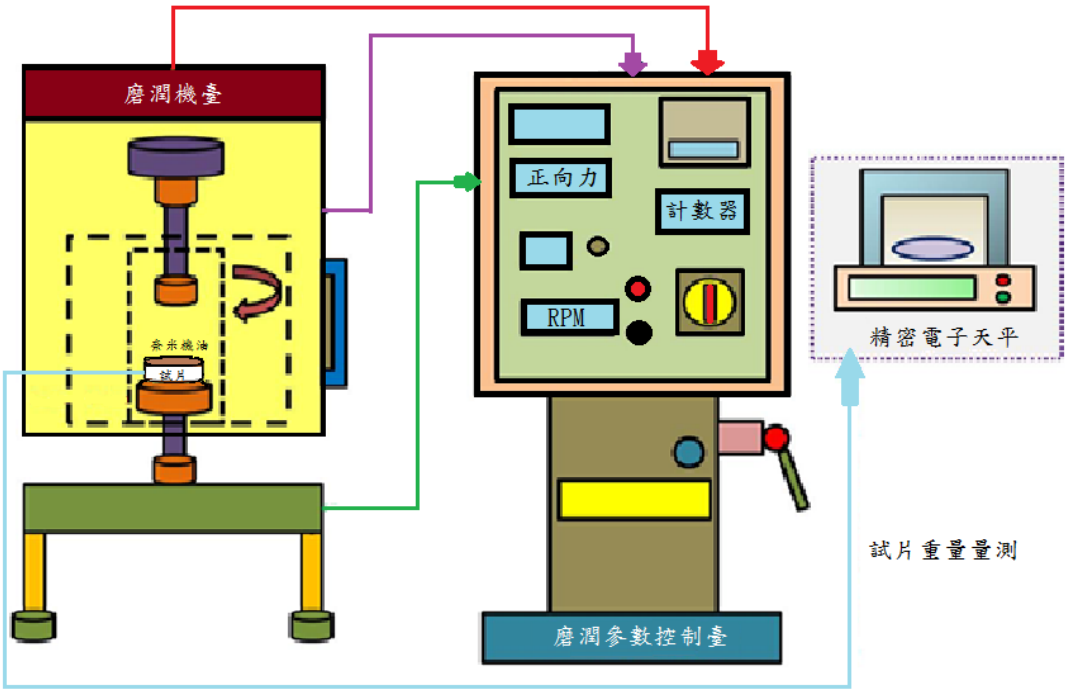


圖 8　磨潤實驗架構

將試片從柴油中拿出後，以酒精清洗乾淨，並擦拭乾淨後放置一段時間讓酒精揮發，接著把試片拿去精密電子秤上量測重量並記錄，之後將試片固定在磨潤機的下試片底座上，並且在試片上以畫圓的方式均勻滴上2c.c.的原廠機油，接著將不鏽鋼球座鎖在磨潤機上方的旋轉架，準備就緒後，開啟磨潤機的電源將試片往上抬升，並調整正向力參數為 350N，轉速參數為 800rpm，圈數為 5000 圈並實行兩次，總計一萬圈磨完後，將試片拆下來並以酒精清洗，擦拭乾淨後，再次放到精密電子秤上量測重量並記錄之後，再換下一個複合奈米機油樣本試片。

第五節　實車動力計測試

壹、 實驗流程

將機車固定好在馬力試驗機上，在機車上外加廢棄分析儀、粉塵計數器以及溫度監測儀，並將機車的汽油箱外接出來，便於之後的測試。

首先要使用精密電子秤量測汽油的重量並記錄之，接著把汽油加入油箱內，再加入原廠機油到引擎內，發動後開啟程式執行一般行車型態(ECE40)、定速、爬坡測試之試驗，試驗結束後洩放汽油壓力，洩放汽油後，再以精密電子秤測量汽油重量並記錄之，重量的前後差距可得汽油總消耗量。除了計算汽油消耗量，實驗途中還需測量缸壁、機油、排氣、大氣四個溫度

原廠機油測試之後再更換成複合奈米機油，再對實車做與上段文章相同的試驗，進而比較原廠與複合奈米機油的差異。

第四章　實驗結果

第一節　實驗數據分析

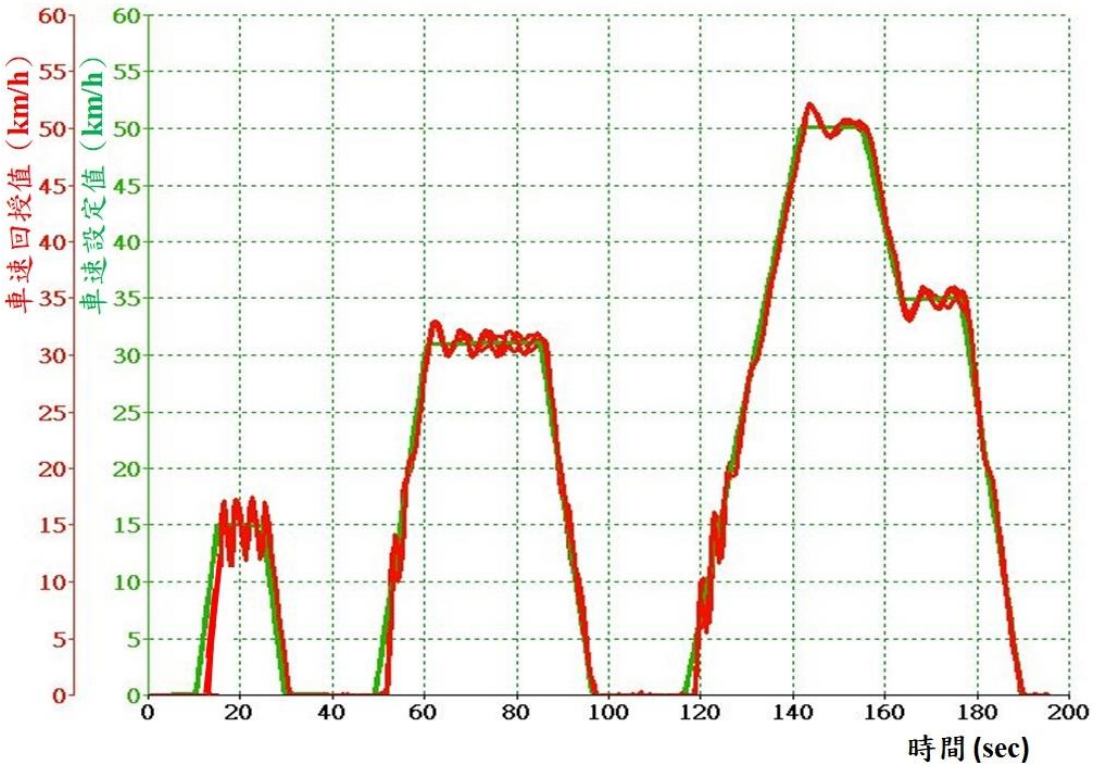


圖 9　ECE40 行車型態測試結果

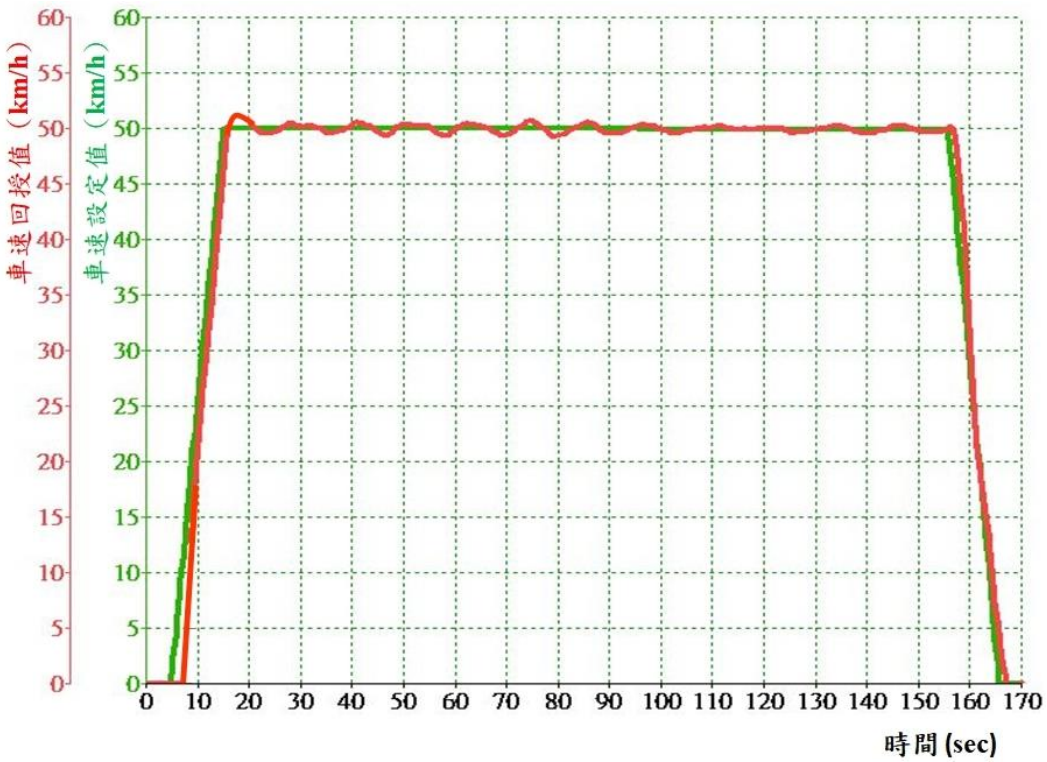


圖 10　定速 (50km/h) 測試

在此項測試中，每次的測試流程都讓他重複三次，根據最後電腦計算所呈現的數據顯示：

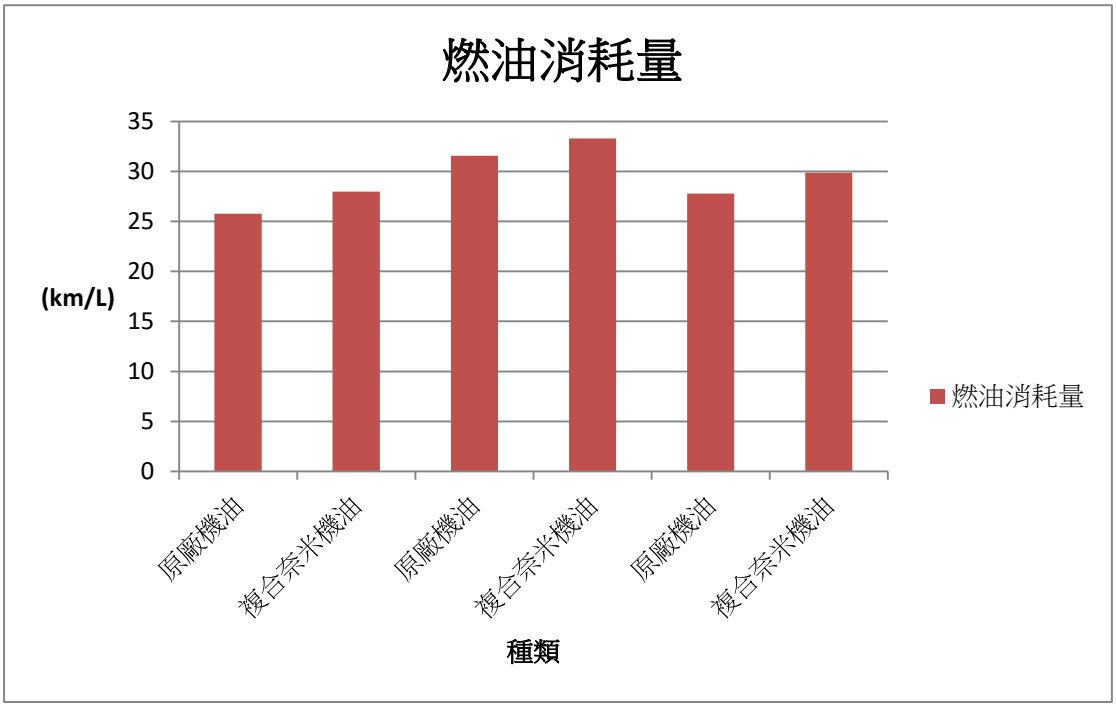


圖 11　燃油消耗資訊

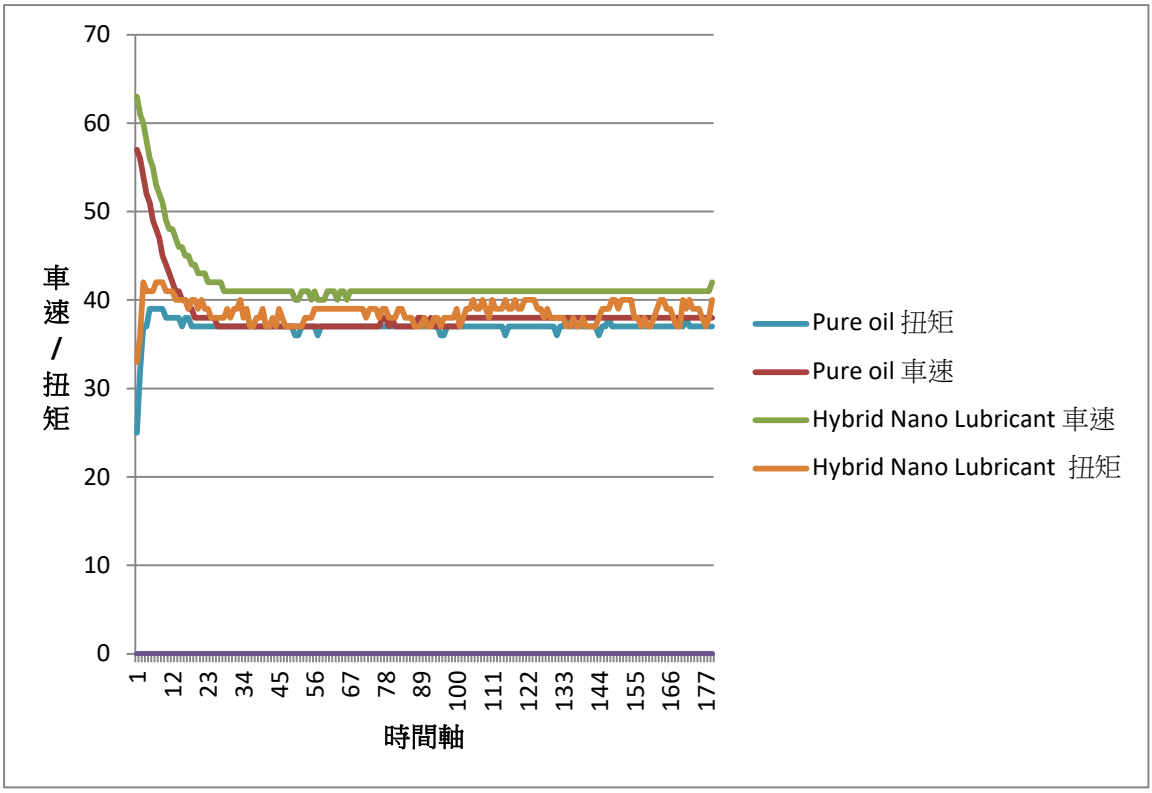


圖 12 爬坡數據

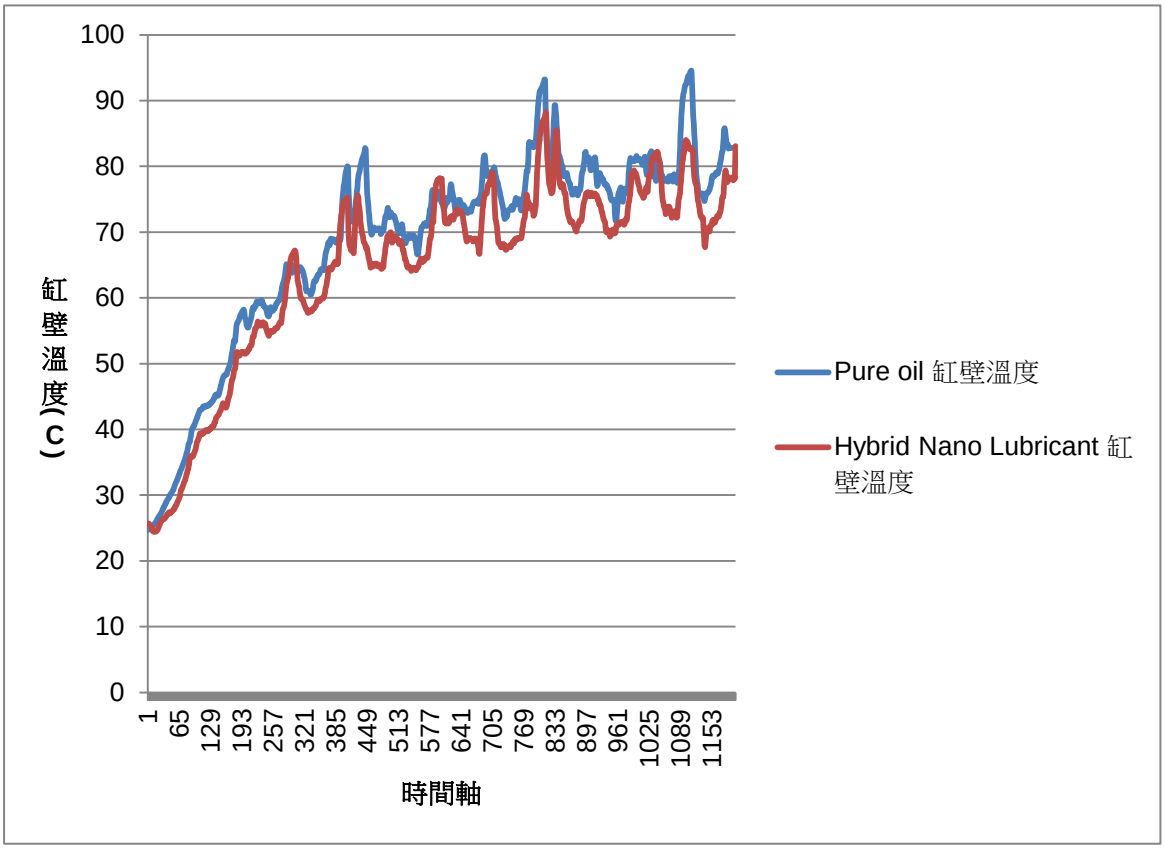


圖 13 缸壁溫度數據

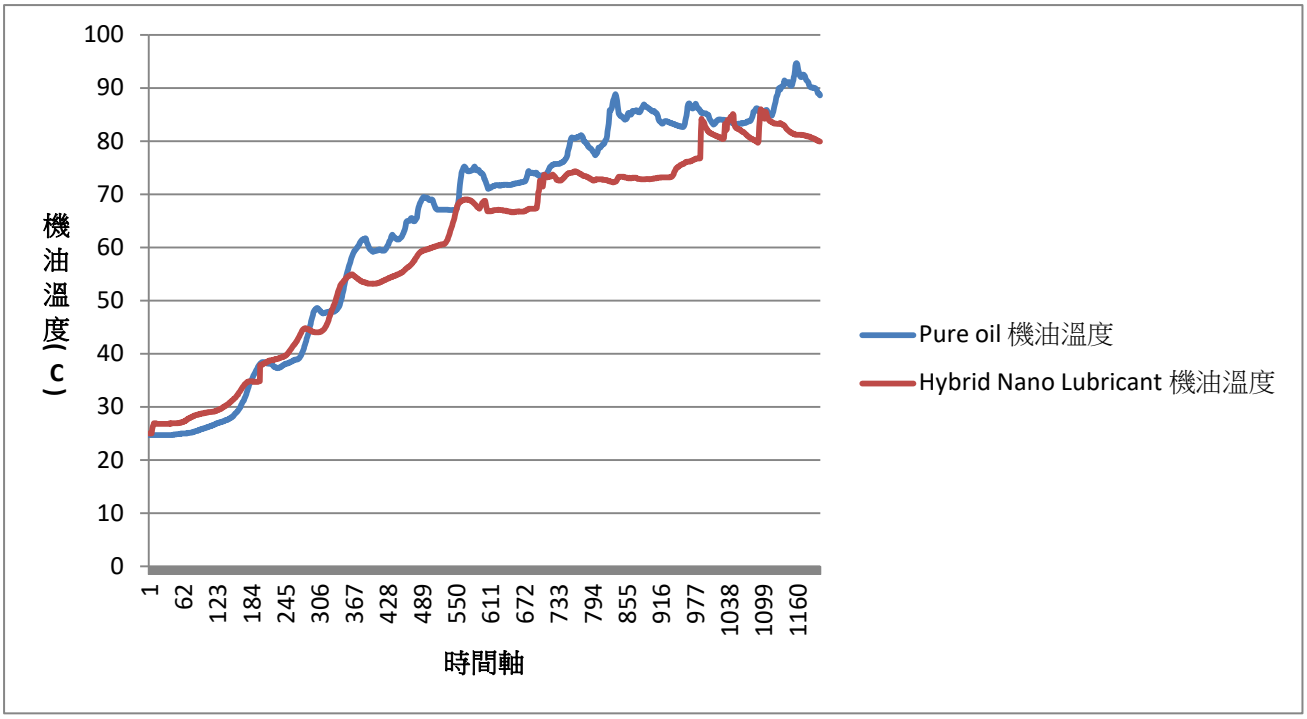


圖 14　機油溫度數據

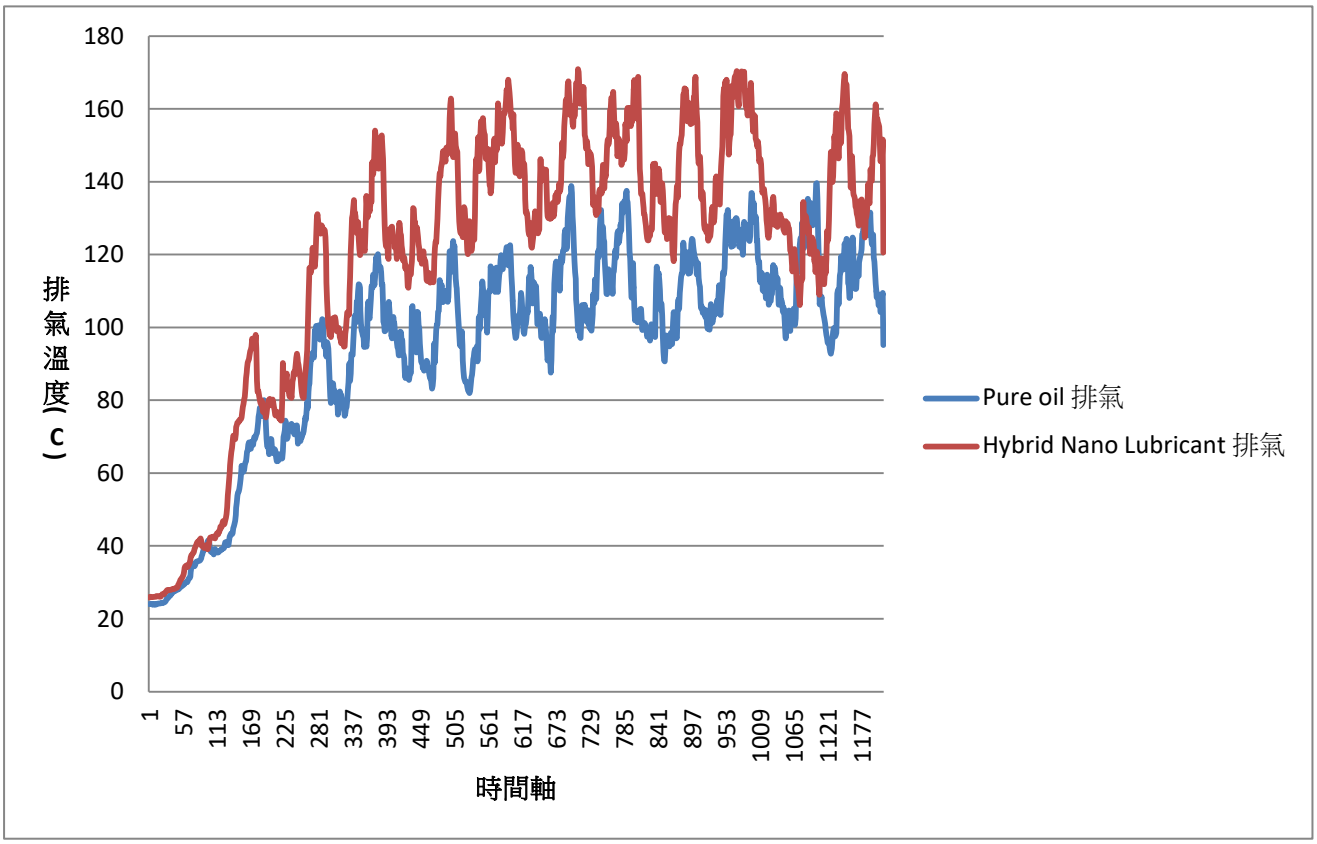


圖 15　排氣溫度數據

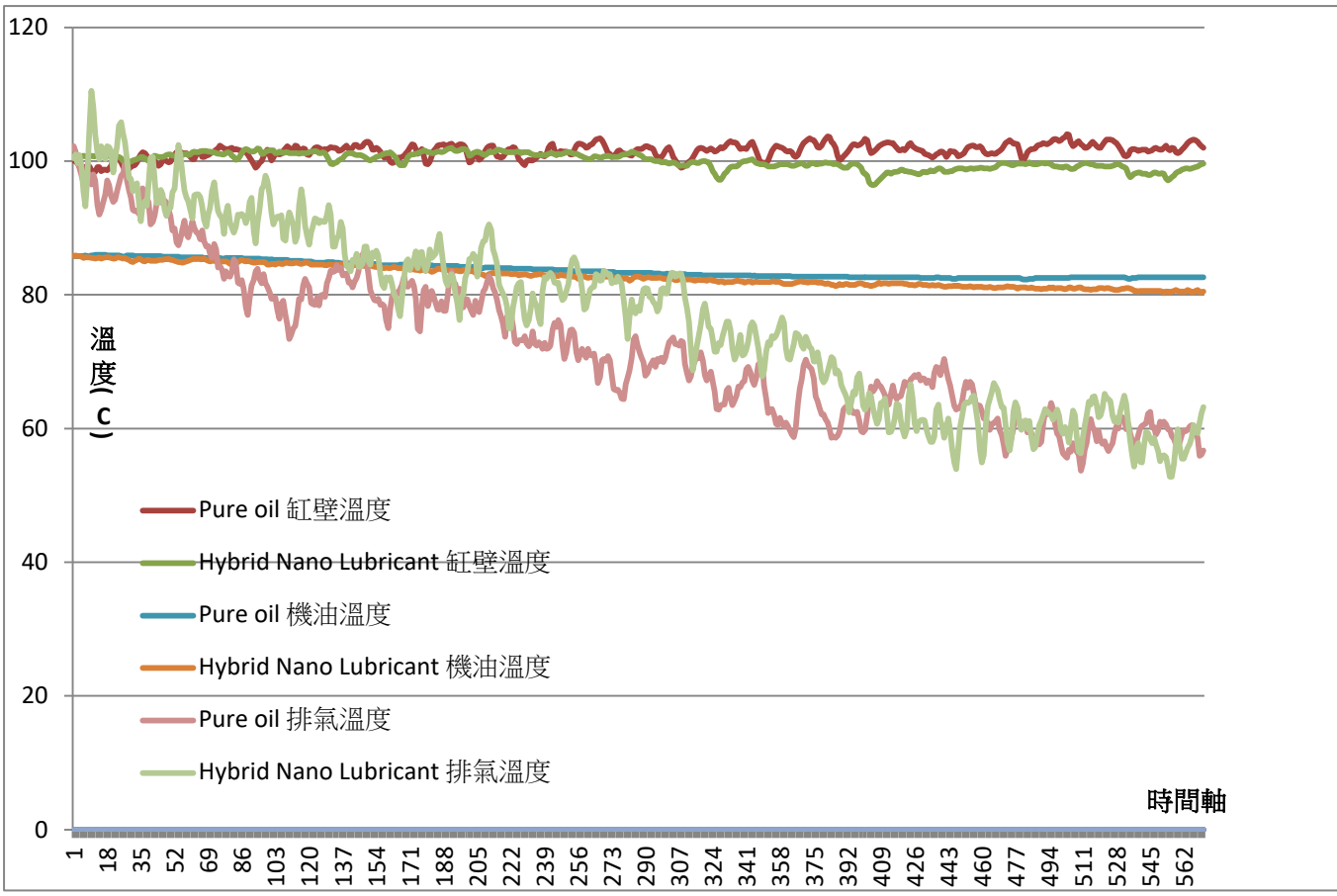


圖 16　怠速散熱數據

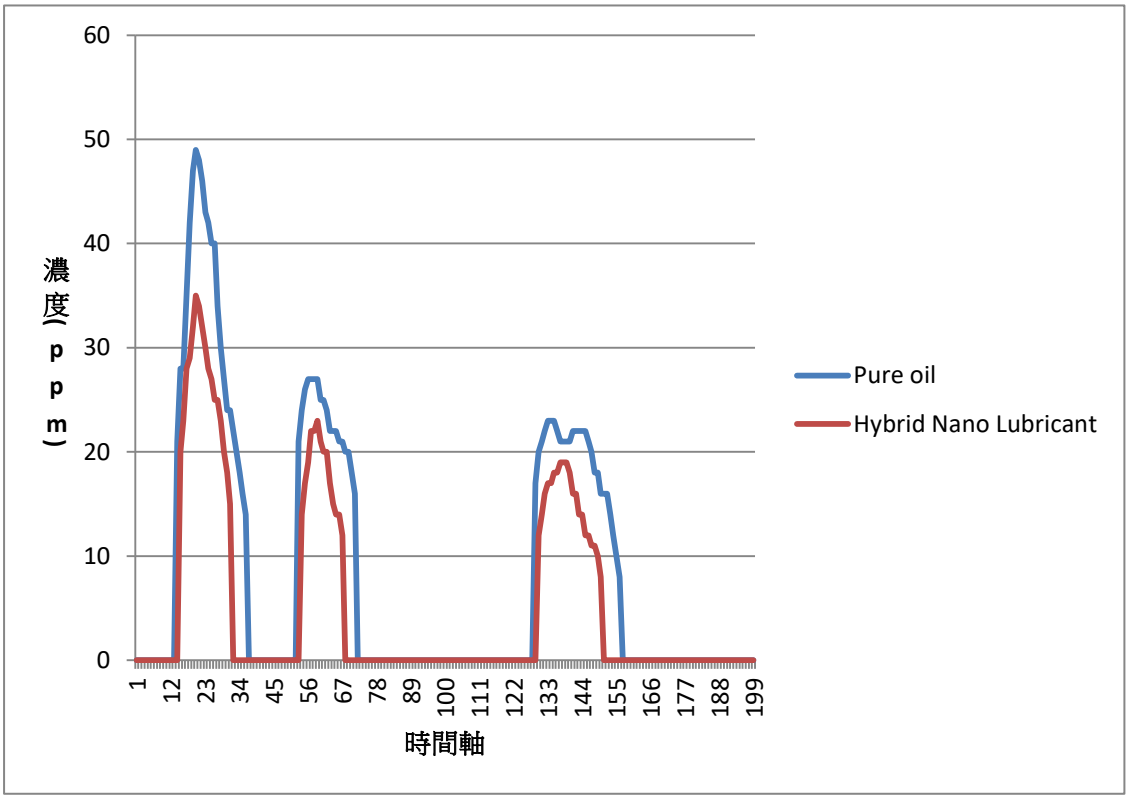


圖 17　HC 數據

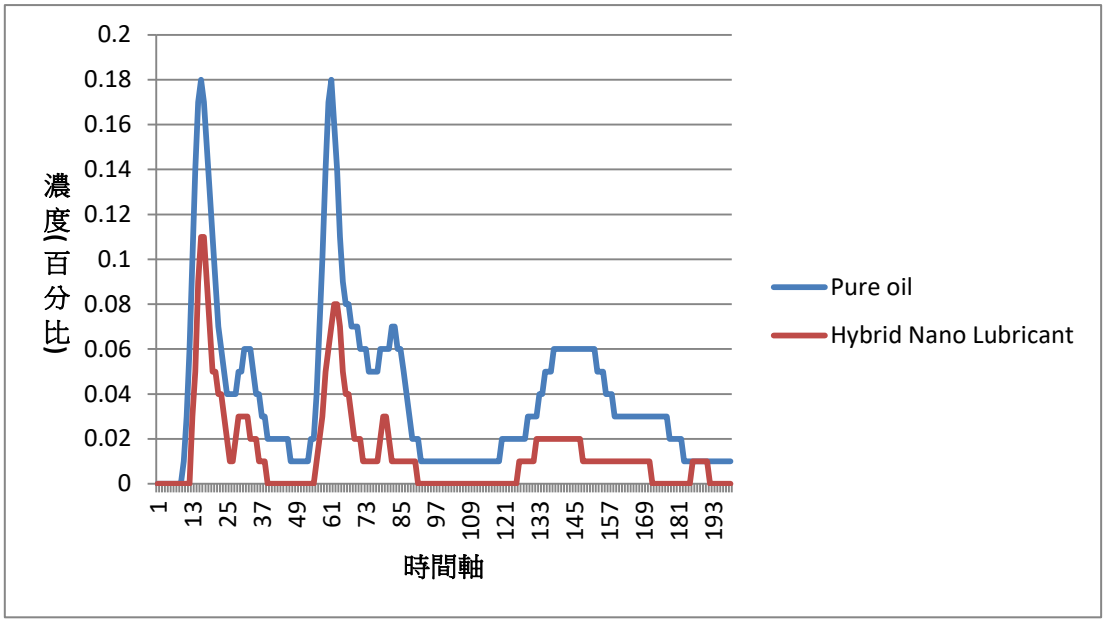


圖 18　CO 數據

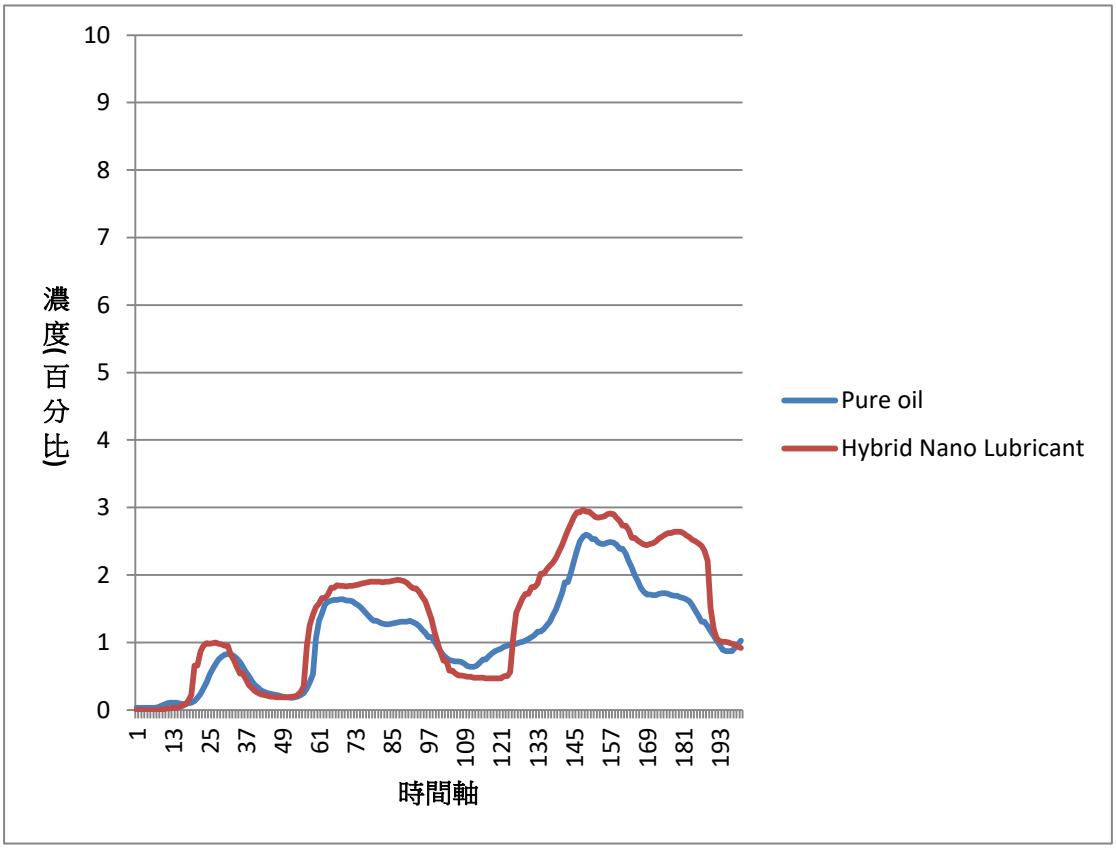


圖 19　CO2 數據

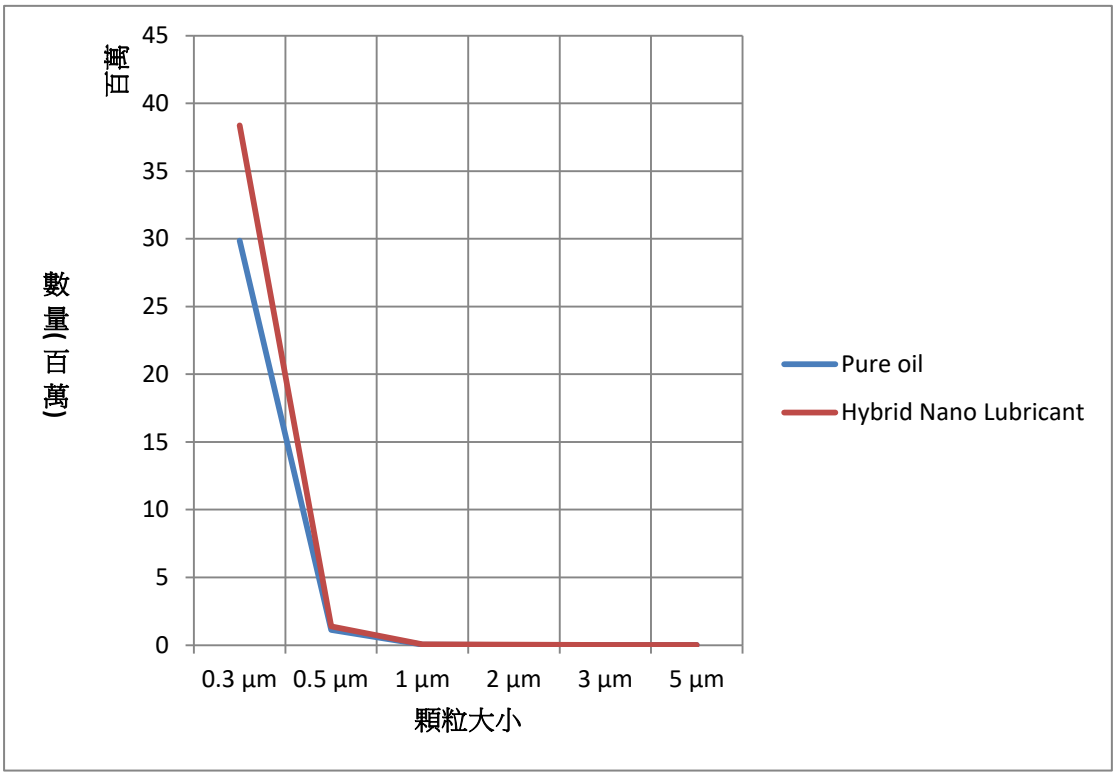


圖 20　PM 數據

第五章　結論

第一節　結論

經由實驗數據顯現，首先我們可以發現使用複合奈米機油的燃油消耗量明顯地降低了，這意味著我們可以花一樣或更少的燃油，走更遠的距離，在爬坡方面也變得更有力，扭距更大，而在機油溫度和缸壁溫度可以看到複合奈米機油的溫度較低，代表散熱性更好，接著在排氣的方面，可以看到排氣溫度較高，意味著燃燒效率比較好，伴隨著燃燒效率較高，CO_2 的排放也會比較高，汙染物 HC 和 CO 的排放也顯著地下降很多，以上都是我們預期所想要的結果。

實驗	原油	複合奈米機油
缸壁溫度	高	低 勝
機油溫度	高	低 勝
排氣溫度	低	高 勝
HC排放	高	低 勝
CO排放	高	低 勝
CO_2排放	低	高 勝
粉塵試驗	少 勝	多
燃油消耗	多	少 勝

圖 21 結論圖表

參考文獻

[1] Abhishek Raaj, A.S., Dinesh, R., Giri Prasad, M.J., Rishi Kumar, R., Jerome Santharaj, N., Santhip, J.(2015).*Investigation of tribological and thermophysical properties of engine Oil containing nano additives*. *Materials today: proceedings*, volume 3, 45-53

[2] Afrand, M., Akbari, M., Najafabadi, K.N.(2016).*Effects of temperature and solid volume fraction on viscosityof SiO2-MWCNTs/SAE40 hybrid nanofluid as a coolant and lubricantin heat engines*. *Applied thermal engineering*, volume 102, 45-54

[3] Ilyasa, S.U., Naraha, M., Pendyalaa, R.(2017).*Stability and thermal analysis of MWCNT-thermal oil-based nanofluids*.*Applied thermal engineering*, volume 127, 765-775

[4] N. Pelević, Th.H. vanderMeer*. (2011). *Numerical investigation of the effective thermal conductivity of nano-fluid using the lattice Boltzmann model*. *International journal of thermal sciences*, volume 62, 154-159

智慧積木電池底盤與伸縮車性能改良

國立臺灣師範大學工業教育學系
指導老師：洪翊軒教授
學生：施秉宏、劉力凡、田凱元、廖怡雅

摘要

本計畫係研究伸縮電動車的性能改良，因為車身需要伸縮，因此車身車架的結構也會隨之改變。以及伸縮前後的電池抽換問題，皆會因為車身的伸縮而必須設計出一套新的電池配置方法。本次研究透過模型的建構，模擬伸縮電動車不同結構的車身與車架，以及於車輛底盤配置的積木式電池抽換，以因應電動車於伸縮前後的空間大小與電力問題。

本專題還包括差速轉向控制策略與煞車兩部分。

在實車的轉向以及直行性能上，因為原有的輪轂馬達配置是在左前輪以及右後輪，這會造成車輛在行駛時的不穩定，因此，在本次專題的進行中，將輪轂馬達配置方式修改成左前輪以及右前輪。轉向方面，透過阿克曼公式計算之後，進行調配，小幅度修改原有的程式，使得兩輪在轉向時，兩輪差能夠增大，使得轉向明顯。

本專題之煞車部分主要目的是在於研究及測試此一伸縮電動車煞車系統之機電方面之控制和執行，為了使此一伸縮電動車更有效的前進和煞車，所以針對煞車系統程式撰寫方面和煞車實體控制機構方面做研究，使之性能更為進步和最佳化。在測試及研究此一步進馬達煞車之性能和運作狀況時，我們利用了電腦先進行了電腦模擬測試，確認了單一步進馬達成功被電腦所設定的程式啟動，並確認啟動後可以藉由駐塞的推動使步進馬達的轉柱成功的使金屬機構推動煞車泵，測試之後進行實車測試，確認測試之結果可以成功應用於實際車輛上的運作。

關鍵字：電子差速、積木底盤、伸縮車、車體變形、電子煞車

第一章　前言

第一節　研究背景與動機

因應全球暖化問題日趨嚴重、環境問題與環保意識，各國皆針對電動車、混和動力車、氫能電池車進行開發，目的在於減少二氧化碳的排放。臺灣地狹人稠，都會區中的車輛時常因為停車位而煩惱，造成出門的不便。若是能將車身伸縮，要停車時將車身縮小，對於停車將更加便利。而在都會區中，車子大部分作為通勤之用。通常一輛車中人員僅有一人，這將造成空間不必要的浪費，以及不必要的能源消耗。因此若能在只有一人或是兩人時將車身縮小，減少供應之電力；而在車上人員滿載或是購物之後車上有許多東西時，可以將車身擴大。不僅增加便利性同時也做到節能、減排的目的。

第二節　研究問題

本研究的研究重點可以歸納為「差速轉向控制策略」、「煞車」、「車身車架」以及「智慧積木底盤電池的配置」四個方面。

壹、 車輛的轉向以及煞車

是接續《伸縮電動車之機電實測驗證》[2]的研究結果進行更進一步的探討。轉向方面，該台電動車之轉向情形不明顯；在直行時，車子行進不穩定。煞車方面，著重於運作功能的正常運轉，用機電整合控制系統與液壓煞車作結合，實現伸縮電動車有效率的運行和停止前進之動作。

貳、 車身車架以及智慧積木底盤電池的配置

當車身可以伸縮時，勢必在車架的部分必須加以改良。車身需要伸縮，因此並無一固定的底盤，而車子本身是電動車，因此需考量電池的置放位置。而在人員滿載時，所需消耗電力較大；在車身縮小，車內負載小時，所需消耗電力較小，因此電池的配置需考量此兩種情況下的差距。而當電

池抽起時，需考量電池的置放位置。因此本研究將會製作出一模型以展示出這些問題的解決辦法。

第三節　研究方法

壹、 差速轉向控制策略

先用 Excel 計算，觀察該控制策略下的圖形，再將控制策略寫進 Simulink，進行架上測試，最後再進行實車測試。

貳、 煞車

對於煞車控制軟體與液壓實車機構進行整合，專題測試過程也分為單獨測試(單一步進馬達與電腦軟體的單獨控制測試)與實際伸縮電動車上的控制。

參、 車身車架以及智慧積木電池底盤的配置方式

首先我們將分析相關的產品與概念，並對原先的伸縮車進行研究，設計並測試相關的機構設計。

接著會製作概念車以驗證積木底盤的可能性。首先會進行機構的設計，並對其製作電腦繪圖並輸出概念渲染圖。

接著按照設計圖與各類加工廠研究製成方式，並完成概念模型，並利用模型進行使用測試，以驗證智慧積木電池底盤的可行性。

第二章　文獻回顧

第一節　差速轉向控制策略

壹、　差速轉向控制策略

一、 阿克曼轉向原理

在 Simulink 中所運用的控制策略是利用阿克曼轉向原理。當車子要過彎時，兩前輪的輪軸中心延長線與後輪輪軸中心的延長線必須交於一點，即轉向中心(O)，且內側車輪的輪速會小於外側車輪的的輪

速，如此一來才不會造成車輪的橫滑現象並使轉向順利。

二、 差速控制策略

差速控制策略如同上述，當過彎時，兩輪的輪速必須形成輪速差，且內側車輪的輪速要小於外側車輪的輪速。

在《兩輪轂電動機小車電子差速系統研究》[3]中提到，「需要轉向時，轉向的內側車輪轉速小於外側車輪轉速」，因為內側車輪的轉速小，行走的距離就會較小，外側車輪的轉速大，行走的距離較多，如此一來就會產生轉向。

另外在《雙電機獨立驅動電動車輛電子差速控制》[4]中，對於差速轉向的策略是採用獨立式的轉向方式——轉向時，外側車輪的速度不變，內側車輪的轉速降低。

而在學長的論文《伸縮電動車之機電實測驗證》中用的控制策略是：行進訊號電壓分別加上轉向角度電壓值，輸入給兩側的馬達控制器。

第二節　煞車

壹、 制動器

在所有運轉中的機械之中是不可或缺的裝置，主要目的使運轉中機械減速或停止，制動系統在車輛工程設計中又稱為煞車。制動器工作原理係利用接觸面的摩擦力、流體的黏滯力或電磁的阻尼力，加以吸收運動作中的機件之動能及位能，使運動作的機件可以達到減速或停止運動。

貳、 線控煞車(Breaking-By-Wire)

也可稱為電控式煞車，來自於 X-by-Wire 的應用之一。X-by-Wire 的概念顧名思義就是利用電纜來控制機械作動，這概念的好處在於可省掉部分機械結構並且可減少硬體配合上的誤差更容易除錯，而作動端的反應性相對提升亦提高安全性。硬體調整或是藉由一臺至多臺微型處理器，進行模糊控制的方式進行先行模擬操作[2]，例如電動輔助轉向

(Steering-ByWire)，利用電動馬達取代液壓缸，線控煞車利用電動馬達的反應快速特性以及安全性高等特點，如煞車總泵或輔助煞車改成馬達直接驅動。而現今已整合至主煞車系統，依照結構逐漸分出電子液壓煞車、電子煞車及混合式煞車[5]。而這些分類直接省略真空增壓器等機構。

參、 電子液壓煞車(Electro-Hydraulic Braking，EHB)

其系統省略真空輔助煞車，並改成由車用電腦(ECU， Engine control unit)與踏板感知器及液壓泵控制煞車系統，當踏板踩下時，電腦(ECU)接受到踏板訊號後作動液壓泵，液壓泵再作動分泵使煞車鉗夾或煞車鼓進行煞車，此系統當控制器故障時仍可進行煞車[1]。

肆、 電子機械煞車(Electro-Mechanical Brake，EMB) [1]

直接省略掉液壓系統的液壓泵及分泵而由踏板感知器及控制系統，最後在作動端連接馬達。踏板踩下時，控制器收到訊號，馬達作動、進行煞車，而此系統優點節省油壓系統，但線控系統一旦故障則無法產生煞車。

第三節　智慧積木電池底盤與伸縮車身車架

壹、 智慧積木電池底盤與伸縮車身車架

目前電動車科技的發展中，除了馬達與控制技術以外，核心的關鍵就是電池技術。我們在研究一部電動車時，最常注意的便是他的續航能力。目前應用於行動載具的電池種類有：鎳氫電池、鉛酸電池、鋰電池等等諸多選擇，我們在挑選放置於純電車輛的電池會以鋰電池等能量密度較高的電池為主，以達到最高效率。

對於電動車輛上的電池技術，我們關心的一大重點是充電效率。有別於傳統燃油汽車可以在短時間內補足燃料持續上路。電動車的充電速度讓它無法在短時間內補充足夠的能源。因此快速充電與電池交換技術便開始興起。

貳、 Tesla 電池交換技術

Tesla 電動車公司於去年（西元 2017 年）提出電動車電池交換技術。

運用特殊的設備，可以讓一部 Tesla 電動車於 15 分鐘內進行電池的替換。如圖 1。

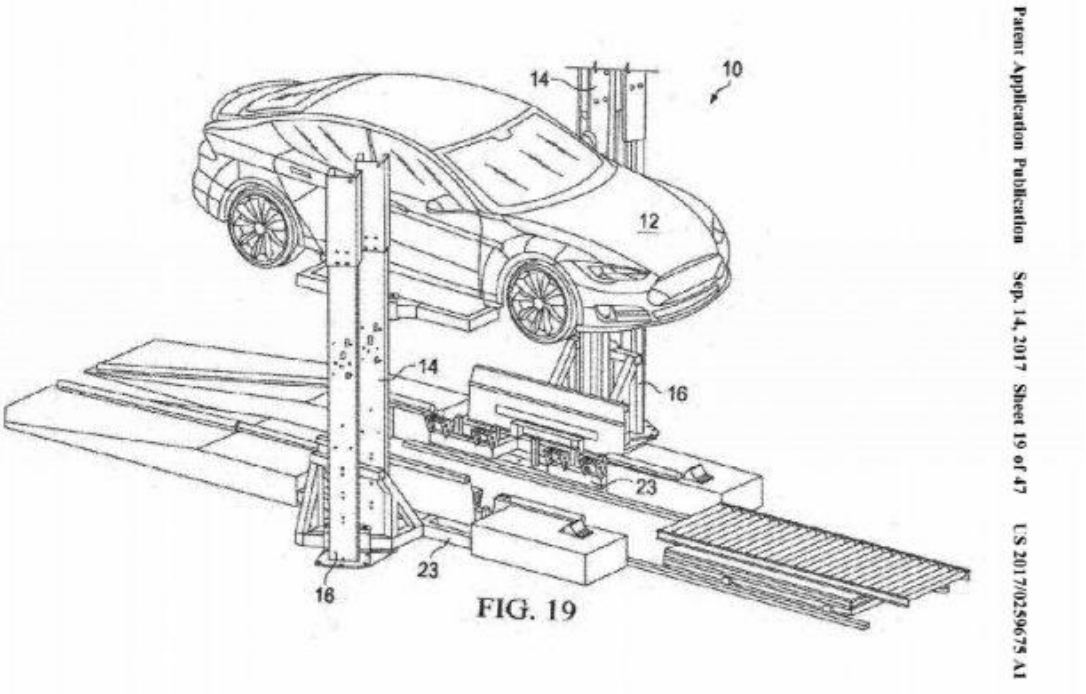


圖 1

這項設備主要由車輛升降設備與電池交換機構所組成，透過特殊的車輛設計，能夠讓電池從汽車的底盤卸除並交換事先充滿電的電池上車。如圖 2。

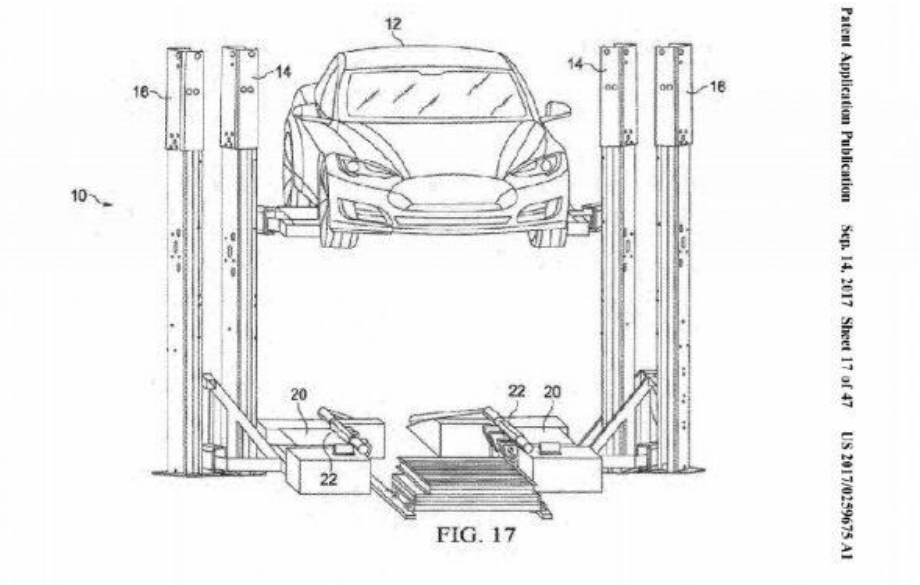


圖 2

相對於目前動輒好幾個小時的電動車充電時間來說，以實際的使用

來說更為便利，也能實現長途的電動車行駛旅程。

參、 卡魯變形露營車

都市的擁擠讓許多都會車輛必須縮減體積，但勢必影響乘坐的舒適度與車體的安全性。卡魯露營車就透過特殊的車體變形設計解決了行駛時的精巧與露營或駐車時的舒適與使用上的便利。

卡魯露營車在行駛時會以最小化的車體進行工作，以利操控性能，外表就像一般的眶式貨車。如圖 3。

圖 3

在停車時，車體便可以透過機構變化，實現更加寬敞的使用空間，讓使用性能更加彈性。

圖 4

第三章　理論與實驗設計

第一節　研究步驟

壹、 差速轉向控制策略

一、　控制策略

(一) 轉向原理

由阿克曼計算，可以得到：

左轉時：$V_1 = V \cdot \frac{R_1}{R} = V \cdot \frac{\sqrt{L^2+\left(\frac{L}{tan\theta}-\frac{B}{2}\right)^2}}{\sqrt{{L_2}^2+\left(\frac{L}{tan\theta}\right)^2}}$ ；$V_2 = V \cdot \frac{R_2}{R} = V \cdot \frac{\sqrt{L^2+\left(\frac{L}{tan\theta}+\frac{B}{2}\right)^2}}{\sqrt{{L_2}^2+\left(\frac{L}{tan\theta}\right)^2}}$

右轉時：$V_1 = V \cdot \frac{R_1}{R} = V \cdot \frac{\sqrt{L^2+\left(\frac{L}{tan\theta}+\frac{B}{2}\right)^2}}{\sqrt{{L_2}^2+\left(\frac{L}{tan\theta}\right)^2}}$ ；$V_2 = V \cdot \frac{R_2}{R} = V \cdot \frac{\sqrt{L^2+\left(\frac{L}{tan\theta}-\frac{B}{2}\right)^2}}{\sqrt{{L_2}^2+\left(\frac{L}{tan\theta}\right)^2}}$

因此，定義 $\frac{\sqrt{L^2+\left(\frac{L}{tan\theta}-\frac{B}{2}\right)^2}}{\sqrt{{L_2}^2+\left(\frac{L}{tan\theta}\right)^2}}$ 為 a； $\frac{\sqrt{L^2+\left(\frac{L}{tan\theta}+\frac{B}{2}\right)^2}}{\sqrt{{L_2}^2+\left(\frac{L}{tan\theta}\right)^2}}$ 為 b。

(二) 阿克曼轉向 Excel 模擬

1. Excel 模擬阿克曼轉向

左轉時，轉向角度為 -165° ~0 ° ；l=a ， r=b

右轉時，轉向角度為 0 ° ~165° ；l=b ， r=a

Excel 模擬結果如下圖 5，6 所示：

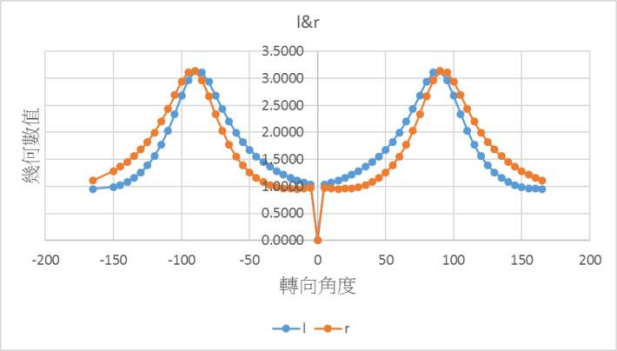


圖 5 Excel 模擬阿克曼結果——l 以及 r

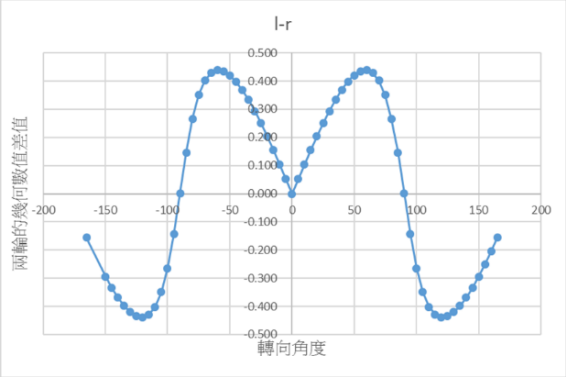


圖 6 Excel 模擬阿克曼結果 l-r

(三) 原程式 Excel 模擬

根據《伸縮電動車之機電實測驗證》，其控制策略如下，

左轉：$WL = acc - \frac{l}{5}$; $WR = acc + \frac{r}{5}$

右轉：$WL = acc + \frac{l}{5}$; $WR = acc - \frac{r}{5}$

WL：輸入至左輪的訊號電壓；WR：輸入至右輪的訊號電壓；

acc：油門電壓

利用 Excel 模擬時，固定 acc 為 3V。其 Excel 之模擬圖形如下圖 7 所示。

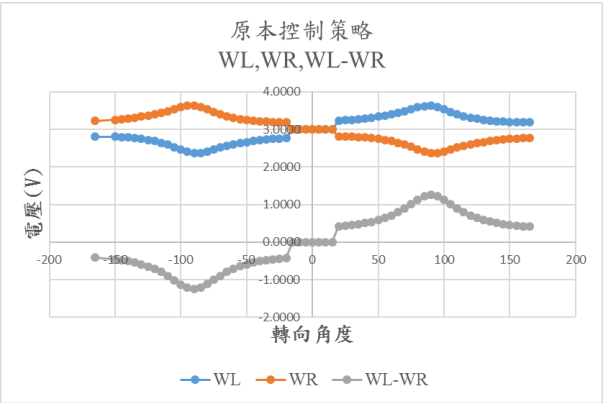


圖 7　原本控制策略 Excel 模擬（WL，WR，WL-WR）

由圖 7，可以看到：

1. 兩輪訊號電壓差值大約介在 0.5V~1.5V 之間，差距並不大；
2. 控制策略失去原本阿克曼計算的意義

(四) 控制策略改良模擬

對於控制策略，作了以下修改。

1. 左轉：$WL = acc - k \cdot |l - r|$ ；$WR = acc$

   右轉：$WL = acc$ ；$WR = acc - k \cdot |l - r|$

   此種控制策略是參考《雙電機獨立驅動電動車輛電子差速控制》所寫，利用獨立系統控制。而內側車輪的訊號電壓減小的值，便依照阿克曼公式所計算出來的兩輪幾何數值的差值為減少的依據。為避免其差值太過於微小，將其乘以倍數 k 值以放大，k 值可以調整。

   其 Excel 的模擬如下圖 8 所示。acc 代入 3V，k 代入 3。

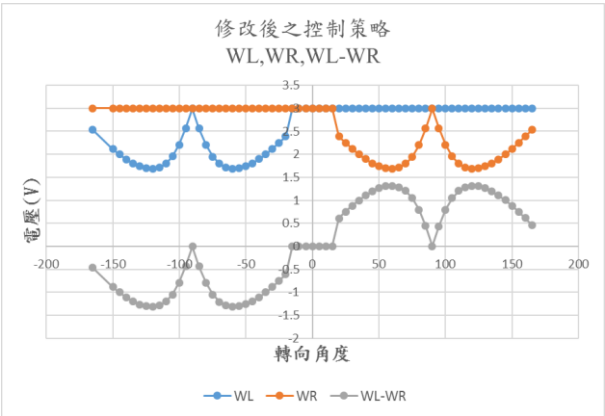


圖 8　修改後之控制策略 Excel 模擬(WL，WR，WL-WR)

由圖 8，可以看出：

(1) 優點：兩輪訊號電壓之差值(灰色)隨轉向角度的改變而改變。差值的圖形與「幾何數值差值」(l-r)的圖形相似；比值的圖形也與 l/r 的圖形相似。

(2) 缺點：兩輪訊號電壓之差值不大，最大只到 1.5V。但是這可以變更常數 k 做調整。

二、　Simulink 修改

修改後的控制策略在 Excel 模擬之後，至 Simulink 的 Stateflow 中進行修改。

經過修改後的 Stateflow 如下圖 9 所示。

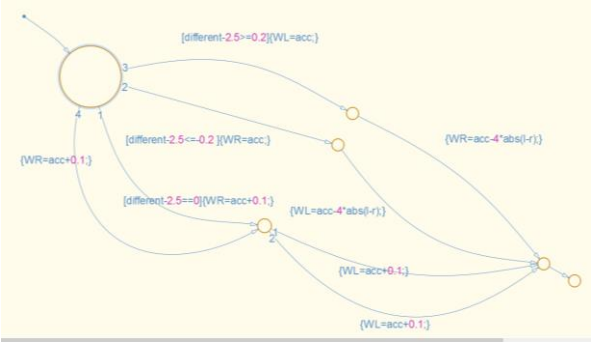


圖 9　修改後之控制策略的 Stateflow

貳、 煞車

除了單獨硬體設計，煞車控制系統當煞車踏板上的可變電阻發出 5 V 電壓送往快速雛型控制器，同時也作動主繼電器，主繼電器主要作用在於導通 DC/DC 轉換器(12 V 電池的電降壓至 5 V)，控制兩顆副繼電器，繼電器功用在於負責接通控制器內的 12 V 的電源及停止(STOP)訊號。當控制器接收到停止訊號時，控制器不再給輪轂馬達任何訊號，使輪轂馬達逐漸停下。當輪轂馬達逐漸停下時，同時步進馬達控制器會接受來自快速雛型控制器命令，步進馬達控制器接收到脈衝訊號作動步進馬達。在輸出部分，快速雛型控制器將會解析電壓訊號轉換成方波訊號送至步進馬達，步

進馬達接收到方波訊號後就進行作動，藉由液體不可壓縮性的原理使煞車分泵作動夾住碟盤。煞車踏板放開後，快速雛型控制器會發出 5V 的電壓到 Enable 端，目的是為了使激磁中的步進馬達消磁，使總泵的柱塞靠者回拉彈簧將馬達回到原位，等待下一個煞車命令。

撰寫控制策略，整體控制架構利用電腦控制輸入訊號給快速雛型控制器，發送給 4 顆步進馬達控制器，控制馬達，以現有煞車模式，前輪煞車比後輪煞車作動時間較晚，目的在於車輛行進中，煞車時，先將後輪煞住，防止駕駛因煞車時忽然往前，撞擊到方向盤。

參、 智慧積木電池底盤與伸縮車身車架

經過研究，我們發現過去伸縮車的車體結構太過複雜且乘載能力不佳，電池抽替得方式也不符合實際使用需求。因此我們從諸多方面進行設計，將車身車架與抽換電池配置進行了創新的設計。

首先我們進行車體的結構分析，發現傳統伸縮車的結構中，轉折點太過繁雜，導致效能與支撐結構力弱。因此我們嘗試精簡並強化其結構，重新設計。

主要的車身車架設計為一體式的伸縮結構，讓基礎支撐能力提升，並且使得操作便利度大為提升。如圖 10。

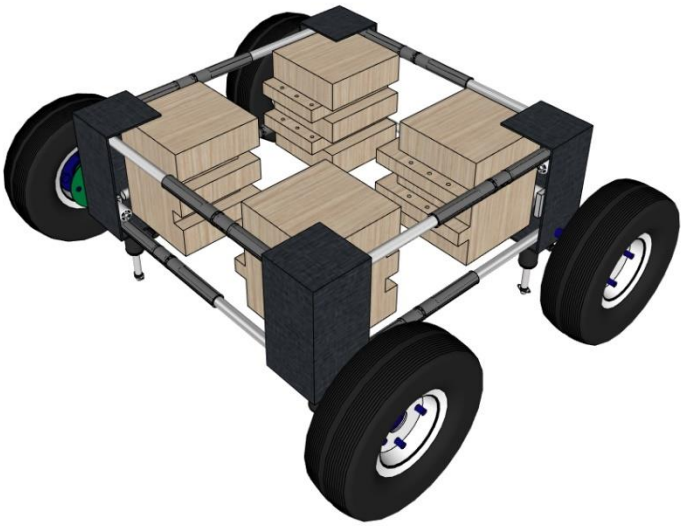


圖 10

接著我們為電池抽換方式做了更加人性化的設計，將其做成積木式的

電池底盤，讓它不僅僅能進行電池的替換，同時成為車體底盤的一部份，具備高強度的支撐力。如圖 11。

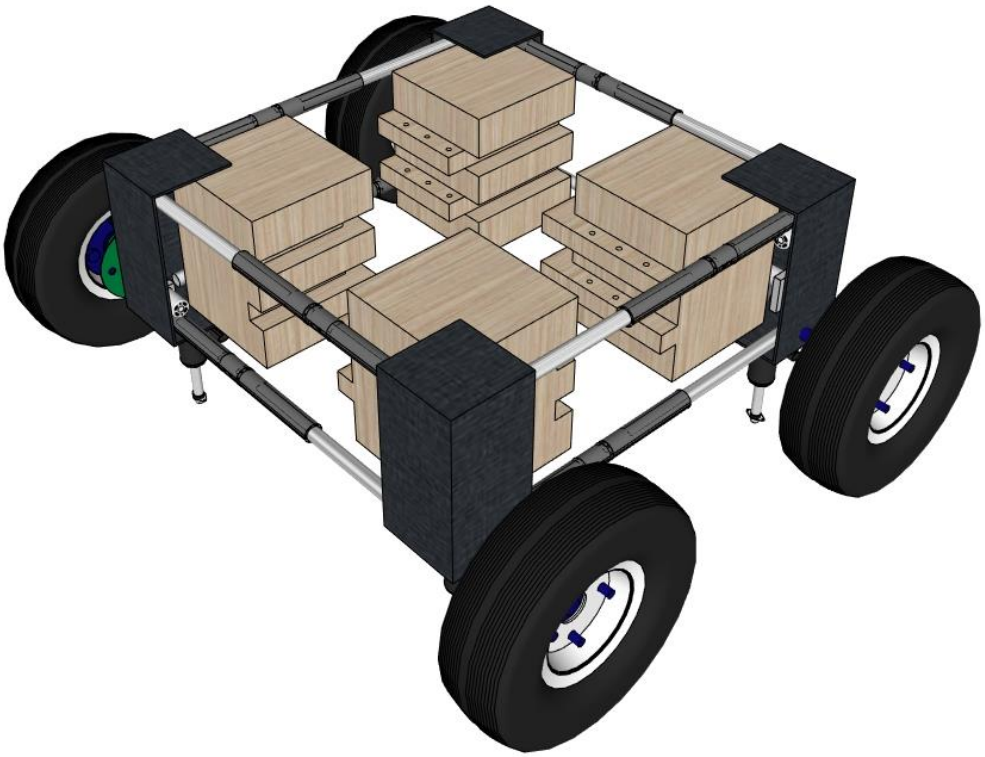


圖 11

第四章　結果與討論

第一節　差速轉向控制策略

在修改後的控制策略之下，進行程式中模擬，以確定程式撰寫正確。主要分成三個部分：第一，轉向固定，變化油門電壓；第二，油門電壓固定，轉向變化；第三，轉向及油門電壓同時變化。

壹、　轉向固定，變化油門電壓

轉向固定為 2.5V，為直行狀態。油門電壓則是由油門踏板供應。架上測試結果如下圖 12，13，14 所示。兩輪的訊號電壓隨著油門電壓的大小而改變，且兩輪的訊號電壓相同。

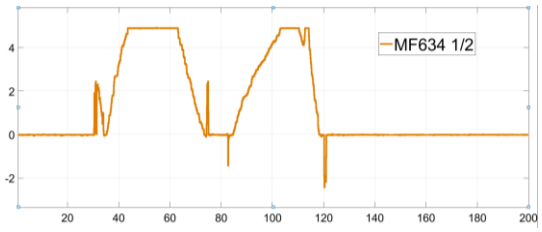


圖 12　油門電壓變化圖

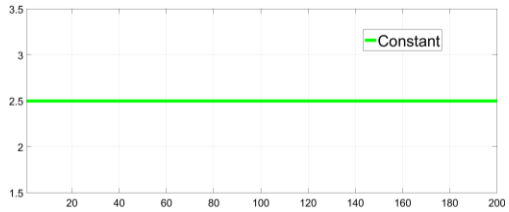


圖 13　轉向電位計變化圖

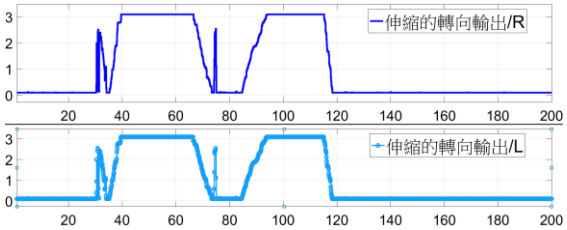


圖 14　左右輪訊號電壓變化圖

貳、　油門電壓固定，變化轉向

由圖 17 可以看到：

一、　左轉時，右輪電壓固定，維持在 3V，而左輪訊號電壓隨著轉向的變化而變化；右轉時，左輪訊號電壓固定，維持在 3V，而右輪訊號電壓隨角度的變化而變化。

二、　其變化的曲線與圖 6 中 Excel 所模擬相似。

三、　當方向盤打到底時，兩輪訊號電壓最大可相差 3V。

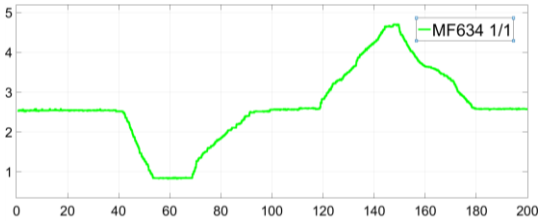


圖 15　轉向電壓變化圖

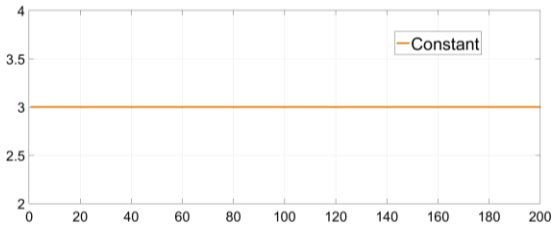


圖 16　油門電壓變化圖

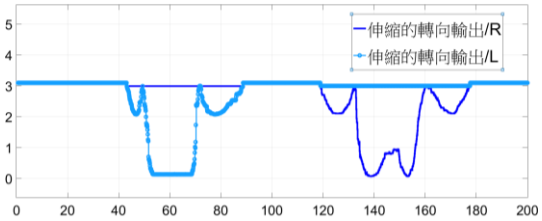


圖 17　左右輪電壓變化圖

參、　轉向及油門電壓同時變化

此次測試時間 450 秒，期間方向盤與油門同時變化。

一、 以 110~140 秒之間的右轉為例：

在這期間，方向盤向右轉兩次，油門電壓固定在 2.5V。因此，在圖 14 看到，左輪的訊號電壓固定在 2.5V，右輪的訊號電壓隨著轉向角度越大，電壓值越小。

二、 在圖 19 中，在第 25 秒、175 秒至 205 秒，以及 380 秒至 430 秒之間，油門電壓皆有達到 3V，但在圖 20 中，相對應的外側車輪訊號電壓最大卻只維持於 3.1V，這部分需在程式中再做調整。

三、 後續過程須將車輪安裝上車體，進行實車測試。

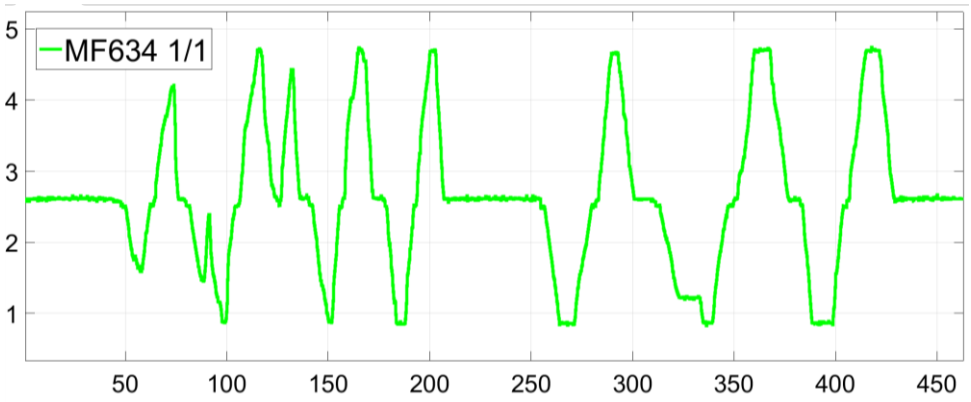


圖 18 轉向電壓變化圖

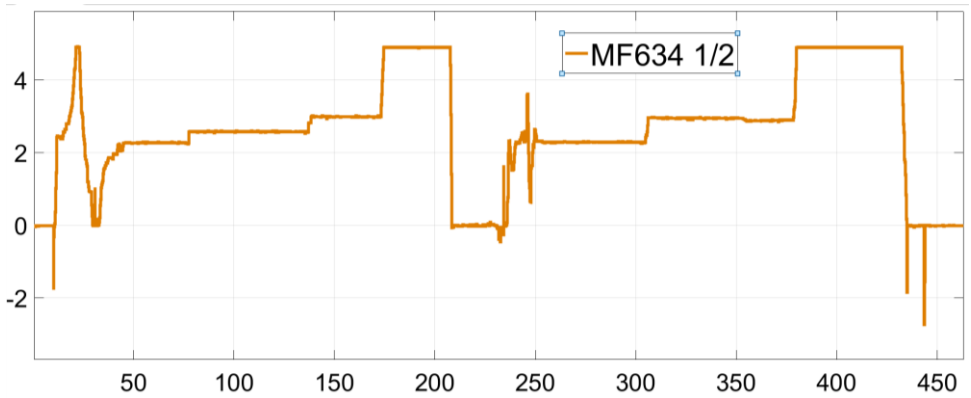


圖 19 油門電壓變化圖

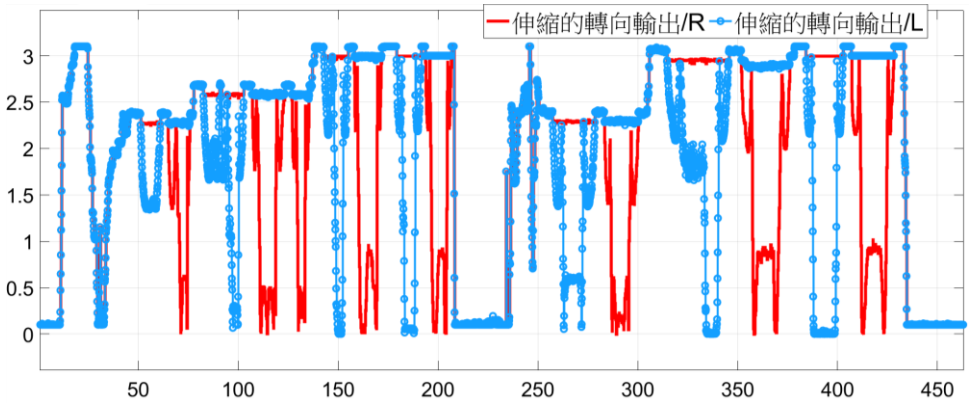


圖 20　左右輪電壓變化圖

第二節　煞車

經過電腦的模擬測試，架上測試將電腦作動改變成由煞車踏板來作動，過程中並且測試煞車鉗夾作動是否正常，在煞車踏板踩下是否有咬住鐵塊，放開時，鐵塊是否能夠拔出。

當踏板踩下時，不再供應 5 V 電壓給步進馬達控制器，發送設定的脈波訊號，作動步進馬達。放開踏板時，再一次供應 5 V 電壓。讓馬達停止作動並消磁，柱塞協助步進馬達回到原位。

踏板採下時，在硬體上，四輪的煞車皆有作動而前兩個波形與後兩個波形不同的原因，因為模塊中前兩輪的訊號輸入有設定延遲 0.5 s 後作動，是為了在實車測試，先煞住後輪，在煞住前輪，所以前兩輪的波形會呈現出鋸齒狀的走向，而後兩輪是煞車踏板踩下時立刻作動，才呈現出走勢呈方波狀。

第三節　智慧積木電池底盤

經過精密計算，我們採用正比例放大的車體設計，讓設置更具經濟性，也方便後續的計畫發展。配合主體尺寸對積木電池進行設計，並且於積木電池上安置特殊的固定滑軌。如圖 21。

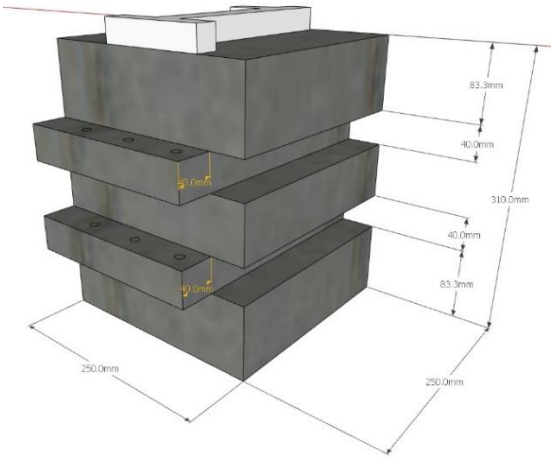


圖 21

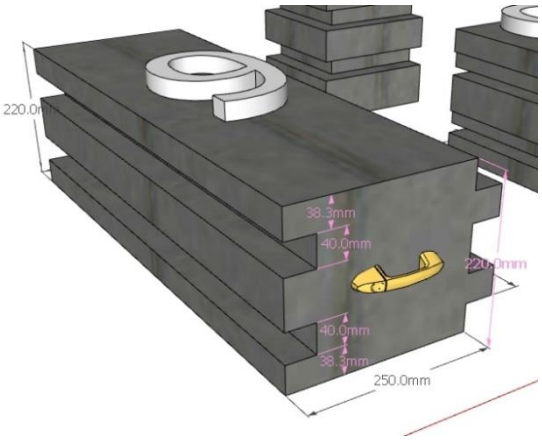


圖 22

並且於積木電池的外殼設計維修口，有利於電池芯、控制器、電路板甚至是馬達的配設。

第五章　結論與建議

第一節　結論

壹、 差速轉向控制策略與煞車

在差速轉向方面，程式的修改使得兩輪在轉向時的差速會隨著轉向角度的變化而變化，兩輪訊號電壓差距有明顯變化，並且其曲線趨勢與阿克曼計算的結果相似。直線型步進馬達能推動煞車總泵，進而生煞車。

貳、 智慧積木電池底盤

智慧積木電池底盤具備以下特點：可自由變形，因應需求支撐車體放

大和縮小。電池可依照使用需求配置，同時具備輕量化與續航力提升的特點。

第二節　建議

壹、 差速轉向控制策略

宜參考更多的回饋訊號,以幫助控制策略更加完善。當車輛在行駛時，會因為路上的障礙物而使得兩輪的差速失常，因此需要時時監測輪轂馬達傳回來的霍爾訊號。霍爾訊號是一頻率的訊號，所傳回的是 0~200Hz 的方波。可以使用頻率轉電壓模組將方波訊號轉換成數值型的訊號，傳回給 Microbox 進行計算，進而調整兩輪轉速。

貳、 煞車

一、 煞車系統從觸發到反應的時間還需要再更為精確，需要更即時來產生煞車。

二、 煞車機構裡的固定桿數量可以減少，以減少煞車時步進馬達需要承受的摩擦力。

三、 整合修改後的轉向和煞車。使車輛行駛更安全。

參、 智慧積木電池底盤

智慧積木電池底盤的基礎設定為電動車輛，因此將其配置上動力系統時，可特別注意系統的設置，用最有效率的方式使性能最高化。建議採用的馬達為獨立驅動馬達，可選擇輪轂馬達。

參考文獻

[1] 李獻文（2007）。電子機械式煞車系統之分析與設計(碩士論文)。取自 http://handle.ncl.edu.tw/11296/4m5vs8

[2] 張紹偉（2017）。伸縮電動車之機電實測驗證(碩士論文)。取自 http://handle.ncl.edu.tw/11296/r5cs27

[3] 陳玉，李聲晉，盧剛，陳秀霞(2010)。兩輪轂電動機小車電子差速系統研究。彼特電機，5。

[4] 譚國俊、錢苗旺、趙忠祥、趙憶(2009)。雙電機獨立驅動電動車輛電子差速控制。彼特電機，6。

[5] Cui, H., Chen, Q., Qi, X., & Wang, H. (2016). Electric vehicle differential system based on co-simulation of Carsim/Simulink. *2016 IEEE 11th Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA)*

[6] Beck, R., Frick, P., Stepanov, R., & Sokoloff, D. (2012). Recognizing magnetic structures by present and future radio telescopes with Faraday rotation measure synthesis. Astronomy & Astrophysics, 543, A113. doi: 10.1051/0004-6361/201219094

[7] Lin Jing hui. (2005). China. Patent CN2894780Y. Telescopic body length of the toy car.

[8] Lin Jia Chuan. (2006). Republic of China. Patent gn-M310854. Variable overall length personal mobility vehicle.

[9] Masamoto Ito, Martin Petersson.(2017). U.S. Patent No. US20170043680 A1. Vehicle body structure.

[10] Scobie, James, Mark Maiolani， and Mark Jordan. “A cost efficient faulttolerant brake by wire architecture.”No.2000-01-1054.*SAETechnical Paper*， 2000

[11] Sun Zhan bow, Wang Zhi Hui, Zheng Bao Ming. Zhang Li Yun. (2011). China. Patent CN103085704B. Multifunction stretch propelled car.

綠色科技——排氣創能發電裝置

國立臺灣師範大學工業教育學系
指導老師：李景峰教授、張俊興講師
學生：趙傳晉、賴勇霖、蔡承憲、白祐菁、劉純靜

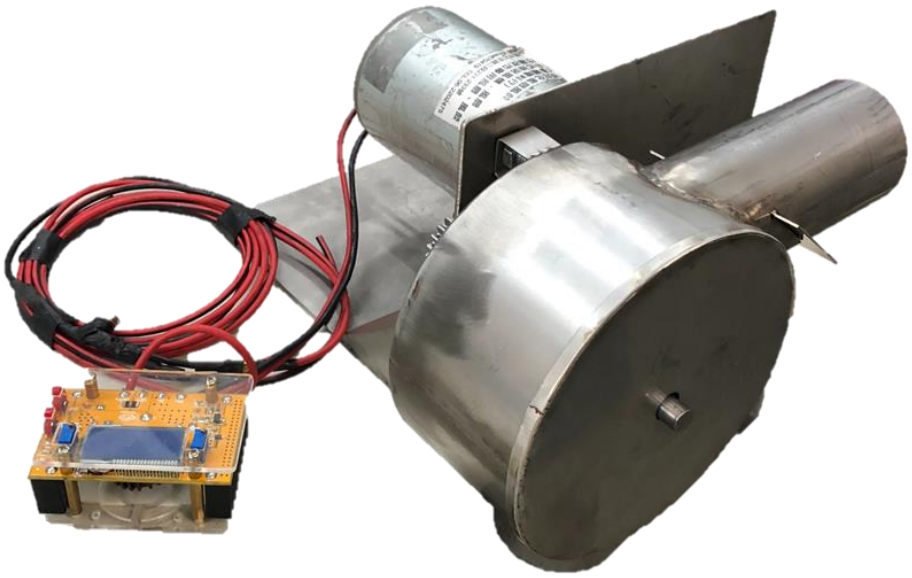
摘要

為了提升能源再利用率，我們目標研發出一套能將引擎排放出來的廢氣（動能），藉由汽車排氣管傳輸，尾端裝設排氣創能發電裝置，廢氣帶動葉片，經由減速機構驅動發電機（機械能），產生出有效可利用的電源（電能），使車輛的能源達到最佳的使用效率。

第一章　前言

第一節　研究背景與動機

在台灣，行政院針對空氣污染問題訂出的未來政策提到，不僅要在 2030 年公務車全面電動化，同時 2035 年起機車也要電動化，再來 5 年之後 2040 年汽車也將進入全電動車時代。代表自 2040 年起台灣地區就不得再販售傳統燃油車，以及各車廠都以節約能源與降低汙染作為車輛的開發目標，不論是電動車、混合動力車、燃料電池車...等各式新能源車種，都以電力為主要能源，但依照目前來說，要達到全面電動車還有廿年左右的時間，目前還是以燃油車為主，在燃油車未被新能源車完全取代之前，為了降低的能源消耗迅速，我們想設計出一套將能源再創造、再利用的系統，希望能減少原車發電機的工作時間，進而達到省油、降低廢氣排放的節能表現。



第二節　研究目的

本團隊鑑於目前新世代能源車輛還尚未普及前的空窗期，想研發出一套能將引擎排放出來的廢氣(動能)，透過帶動風扇葉片經減速機構驅動發電機(機械能)，產生出有效可利用的電源(電能)，來輔助原車發電機的發電，藉此達到以下幾個目的：1. 提升車輛性能 2.降低廢氣排放污染 3. 降低燃油消耗率 4. 提升電瓶壽命。

第三節　研究方法

本設計概念係將原車排氣管尾段出口端由一組風扇葉片、減速機構與發電機組合而成的風力發電機，能將引擎排放出的廢氣動能(機械能)轉換成可利用的電源(電能)，此組稱為排氣創能發電裝置；產生出來的有效電源能供給電瓶充電，藉此減少原車發電機的工作時間。

第四節　名詞解釋

(一)減速機構：因排氣壓力太小以至於不足以直接帶動發電機，此元件裝設於風扇及發電機之間，廢氣排放至風扇，經由小齒輪帶大齒輪的減速機構，降低轉速，增加扭矩，進而帶動發電機。

(二)風扇外罩：裝置於風扇，使廢氣經由排氣管送出後，能夠集中於風扇上，以確保廢氣能完整產生動能，達到最大效益。

(三)增壓管：裝置於排氣管後，風扇前，因口徑小，能使排氣壓力變大(壓力=力/面積)以帶動風扇。

(四) 設計 — 排氣創能發電裝置模組：此元件能將排氣廢氣，做為驅動排氣創能發電裝置的葉片動能，再藉由葉片帶動減速機構，進而驅動發電機使其產生電源，未來希望將此電源經由電源管理系統能回饋電力給電瓶，以減少原車發電機的工作時間。

第二章　文獻回顧

第一節　風扇種類與形式

風扇如同泵浦一樣是一種應用非常廣泛的通用型機械，舉凡需要通風、排風、換氣、溫度控制，甚至是在製程上的輸送、集塵，乃至生活上的空調、排煙及一些特殊用途…等，幾乎都可發現到它的蹤跡。由於功能特性與作用上的不同，造就了風扇具有多樣化的特性，目前流通於市面上的風扇種類，也如同泵浦一樣非常的繁多，不過基本上在工業使用中，主要還是以離心、斜流與軸流等三大類型來做區分，這些各式不同類型的風扇，各有其所適用的場合，以來滿足各種不同的工作需要。

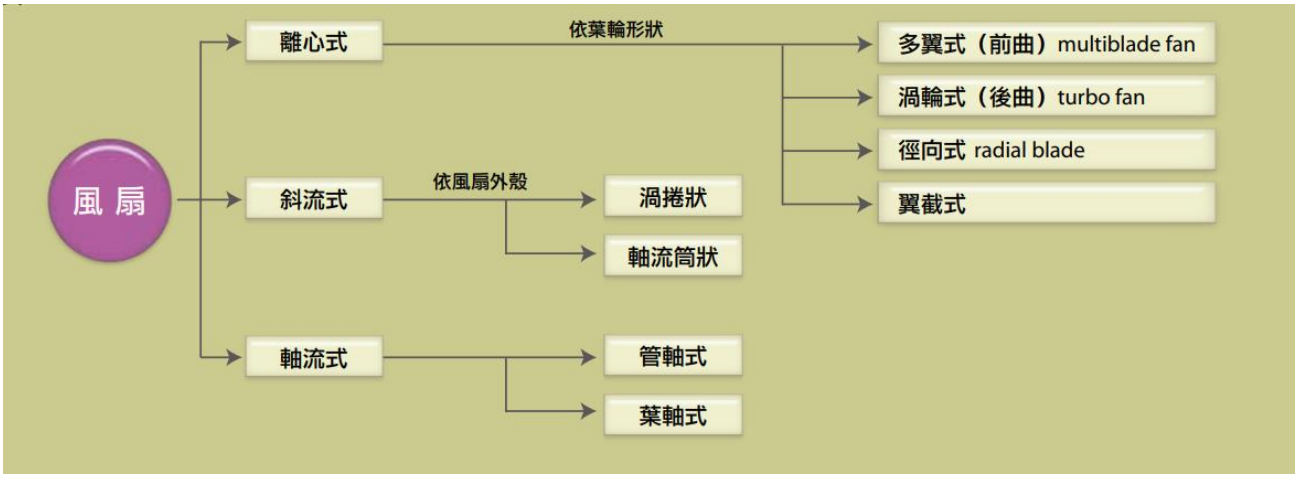


圖 1　風扇分類

壹、　離心式風扇

一般只要風扇的氣體排出流向與風扇的中心軸呈現垂直的狀況，此類型的風扇就通稱為離心式風扇。就離心式風扇的動作原理，主要是風扇的

葉輪當受電動機的驅動而在機殼中進行旋轉時，在葉片間隙中的氣體因受旋轉離心力的影響，被徑向拋向機殼的週邊，這些被拋向週邊的氣體，而後再運用蝸形的機殼來將此氣體引向排氣口排出。一般此類型的風扇因受離心力的影響，在風扇的葉輪中心會呈現負壓的狀況，而在機殼的週邊則是成正壓，因此就在這一正一負的情況下，空氣因而被源源的吸入，進而氣流能夠源源不絕的流動。目前針對此類型的風扇，一般常見於使用在高風壓低風量需求(如空調、通風)的場合。

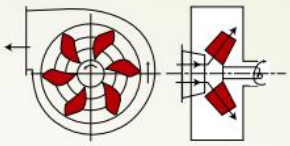
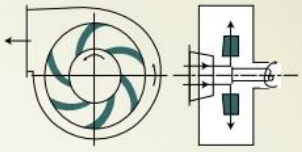
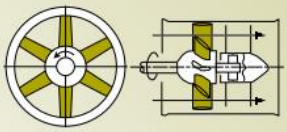
貳、　軸流式風扇

一般只要風扇的氣體排出流向與風扇的中心軸呈現平行的狀況，此類型的風扇就通稱為軸流式風扇。就軸流式風扇的動作原理，主要是風扇的葉輪當受電動機的驅動而在機殼中進行旋轉時，在機殼內的氣體因受葉片的推擠而升壓，對於升壓後的氣體由於會受到導輪葉片與整流罩的引導，最後會順著風扇的中心軸向前排出。目前針對此類型的風扇，一般常見於使用在低風壓高風量需求(如短距離輸送)的場合。

參、　斜流式風扇

一般只要風扇的氣體排出流向與風扇的中心軸呈一角度的現象(0°~90°之間)，此類型的風扇就通稱為斜流式風扇。就斜流式風扇的動作原理，主要是與離心式同，也就是依靠離心力的方式來達到輸送氣體的目的。目前針對此類型的風扇，由於所採用的葉輪形狀是介於離心式與軸流式，因此在性能方面也是介於此兩者之間，現階段在使用上，一般常見於使用在低風壓高風量需求的場合。

(1) 各式風扇的性能與全壓效率比較

類型	離心式	斜流式	軸流式
結構			
升壓原理	離心力	離心力	揚力
風壓	高	中	低
風量	中/小	大	大
效率	中/小	高	最高
規格範圍	廣	廣	狹
最高效率點之(Ns)	350～450	700～900	2000～2500
回轉速	中/小	大	大
尺寸	大	中	小
構造	簡單	簡單	複雜
成本	中	低	高

資料來源：大豐機械股份有限公司

圖 2　各式風扇的性能比較

風機種類	全壓效率(%)
軸流式風機(無導輪葉)	45～60
軸流式風機(有導輪葉)	70～85
斜流式風機	70～80
多翼式風機	50～62
徑向式風機	60～70
翼截式風機	75～85

資料來源：台大生機系，馮丁樹教授，送風機與通風設備

圖 3　各式風扇的全壓效率值

第二節　齒輪減速機構馬達工作原理

齒輪減速機構是用來降低轉速、提升扭矩、減小慣量的傳動機構。工作原理是馬達（驅動器）提供轉速，馬達的轉速很高，但扭矩很小，這時需要一個減速機構來降低轉速、提升載荷能力；馬達動力通過齒輪減速機構的的齒輪相互轉換原理，把齒數少的小齒輪嚙合在輸出軸上齒數多的的大齒輪來達到降轉速提高扭力的目的。現在普通的減速機構也都是由幾對齒輪用相同的原理到想要的的減速效果，相對應的就是增速機，原理作用相反，大齒輪和小齒輪的齒數之比，也就是我們常說的傳動比（減速比

REDUCTION RATIO）。齒輪減速機構分為同軸式、兩級圓柱式；同軸式齒輪減速電機結構緊湊，體積小，造型美觀，承受過載能力強等特點，減速比分級精細，選擇範圍廣，能耗低，性能優越，減速機高效率(高達百分之 95%)，振動小，噪音低等。

第三節　相關排氣發電研究

機車排氣廢熱能回收發電及儲熱裝置，其熱能來自於機車排氣廢熱，設計此機車排氣管外部導熱套有另一夾層，夾層內有無毒熱媒介質液體用來發電及儲熱，夾層外有熱發電單元及熱電晶片，熱發電單元發電後經由熱電晶片升壓模組升壓後對機車電瓶充電，熱發電單元亦可取代排氣管之隔熱板防止使用者因誤觸燙傷；夾層內裝有無毒熱媒介質液體，利用機車排氣管之排氣廢熱加熱介質液體來發電及產生蒸氣，蒸氣再由氣體連結管路導入儲熱箱，儲熱箱再由溫度調節器控制導入儲熱箱之蒸氣多寡，進而控制儲熱箱之溫度，此裝置包括有：熱發電單元，具有熱電晶片，熱電晶片升壓模組，電瓶，排氣管；排氣管外部導熱套，具有填充液體口，排放液體口；氣體連結管路，具有氣體入口，氣體旁通閥，氣體排出口；儲熱箱，具有進氣口，可開啟箱門，排氣口，排水口，支架；溫度調節器，具有溫度控制電路，馬達，該排氣管外部導熱套連結該氣體連結管路中的氣體入口，該氣體連結管路中的氣體排出口連結該儲熱箱中的進氣口。

第四節　電源管理系統原理

電池管理系統（BATTERY MANAGEMENT SYSTEM），即 BMS，搭配於二次電池。二次電池存在下面的一些缺點，如存儲能量少、壽命短、串並聯使用問題、使用安全性、電池電量估算困難等。電池的性能是很複雜的，不同類型的電池特性亦相差很大。

電池管理系統（BMS）主要就是為了能夠提高電池的利用率，防止電池出現過充電和過放電，延長電池的使用壽命，監控電池的狀態。隨著電池管理系統的發展，也會增添其它的功能。

(引註:綠能趨勢網)

壹、 BMS 的功用：

1. 控制充電過程中發電機輸出的電壓和電流曲線。
2. 為單個電池提供充足的電量。
3. 在電池故障時進行保護。
4. 提供動能回收的電力至電池中。

一般而言電池管理系統要實現以下幾個功能：

(1) 準確估測 SOC：

準確估測動力電池組的荷電狀態(State of Charge，即 SOC)，即電池剩餘電量，保證 SOC 維持在合理的範圍內，防止由於過充電或過放電對電池的損傷，從而隨時提供混合動力汽車儲能電池還剩餘多少能量或者儲能電池的荷電狀態。

(2) 動態監測：

在電池充放電過程中，即時採集電動汽車蓄電池組中的每塊電池的端電壓和溫度、充放電電流及電池組總電壓，防止電池發生過充電或過放電現象。同時能夠及時給出電池狀況，挑選出有問題的電池，保持整組電池運行的可靠性和高效性，使剩餘電量估計模型的實現成為可能。

電池充放電的過程通常會採用精度更高、穩定性更好的電流感測器來進行實施檢測。

(3) 電池間的均衡：

即為單體電池均衡充電，使電池組中各個電池都達到均衡一致的狀態。均衡技術是目前世界正在致力研究與開發的一項電池能量管理系統的關鍵技術。(引註:綠能趨勢網)

常見的控制模塊包括：

1.SOC 估算方法

(1) 電流積分法

電流積分法也叫安時計量法，是目前在電池管理系統領域中應用較為普遍的 SOC 估算方法之一，其本質是在電池進行充電或放電時，通過累積充進或放出的電量來估算電池的 SOC，同時根據放電率和電池溫度對估算出的 SOC 進行一定的補償 。

(2) 放電試驗法

放電試驗法是將目標電池進行持續的恆流放電直到電池的截止電壓，將此放電過程所用的時間乘以放電電流的大小值，即作為電池的剩餘容量。該方法一般作為電池 SOC 估算的標定方法或者用在蓄電池的後期維護工作上，在不知道電池 SOC 值的情況下採用此方法，相對簡單、可靠，並且結果也比較準確，同時對不同種類的蓄電池都有效。

(3) 開路電壓法

開路電壓法是根據電池的開路電壓（Open Circuit Voltage, OCV）與電池內部鋰離子濃度之間的變化關係，間接地擬合出它與電池 SOC 之間的一一對應關係。在進行實際操作時，需要將電池充滿電量後以固定的放電倍率（一般取 1C）進行放電，直到電池的截止電壓時停止放電，根據該放電過程獲得 OCV 與 SOC 之間的關係曲線。當電池處於實際工作狀態時便能根據電池兩端的電壓值，通過查找 OCV-SOC 關係表得到當前的電池 SOC。開路電壓法與放電試驗法一樣，並不適用於運行中的電池 SOC 估算。

(4) Kalman 濾波法

Kalman 濾波法是美國數學家卡爾曼（R.E.Kalman）在上世紀 60 年代初發表的論文《線性濾波和預測理論的新成果》中提出的一種新型最優化自回歸數據濾波算法。該算法的本質在於可以根據最小均方差原則，對複雜動態系統的狀態做出最優化估計。非線性的動態系統在卡爾曼濾波法中會被線性化成系統的狀態空間模型，在實際應用時系統根據前一時刻的估算值與當前時刻的觀測值對需要求取的狀態變量進行更新，遵循「預測—實測—修正」的模式，消除系統隨機存在的偏差與干擾。使

用 Kalman 濾波法估算動力電池的 SOC 時，電池以動力系統的形式被轉化為狀態空間模型，SOC 則變成為了該模型內部的一個狀態變量。建立的系統是一個線性離散系統。

(5) 神經網絡法

神經網絡法是模擬人腦及其神經元用以處理非線性系統的新型算法，無需深入研究電池的內部結構，只需提前從目標電池中提取出大量符合其工作特性的輸入與輸出樣本，並將其輸入到使用該方法所建立系統中，就能獲得運行中的 SOC 值。該方法後期處理相對簡單，即能有效避免 Kalman 濾波法中需要將電池模型作線性化處理後帶來的誤差，又能實時地獲取電池的動態參數。但是神經網絡法的前期工作量比較大，需要提取大量且全面的目標樣本數據對系統進行訓練，所輸入的訓練數據和訓練的方式方法在很大程度上都會影響 SOC 的估計精度。此外，在電池溫度、自放電率和電池老化程度不統一等因素的複雜作用下，長期使用該方法估算同一組電池的 SOC 值，其準確性也會大打折扣。因此，在動力電池的 SOC 估算工作中該方法並不多見。(引註:新能源汽車網)

貳、 電池均衡

電池均衡主要有被動均衡和主動均衡兩大類。被動均衡是指電池組之間單體電池容量出現差別，進行強制性的均衡手段。被動均衡有很多方法，一般依電池充放電階段採取的措施來分，被動均衡時注意電池之間的容量，使用不當，會造成提前電池損壞。主動均衡一般是在充電時使用，可以是單體電池之間容量一致，放電基本是根據最早放完電的電池停止使用，主動均衡方法，比較單一效果要好於被動均衡。為了更好的是電池充放電，現在基本上使用混合方式均衡電池。混合方式是主動均衡和被動均衡的一種綜合方法。充電時電池組的單體電池誤差小，電池基本能同時將電池充滿電，放電時間電池組的單體電池無法也非常小，基本能同時將電放完。

參、 電池功率限制

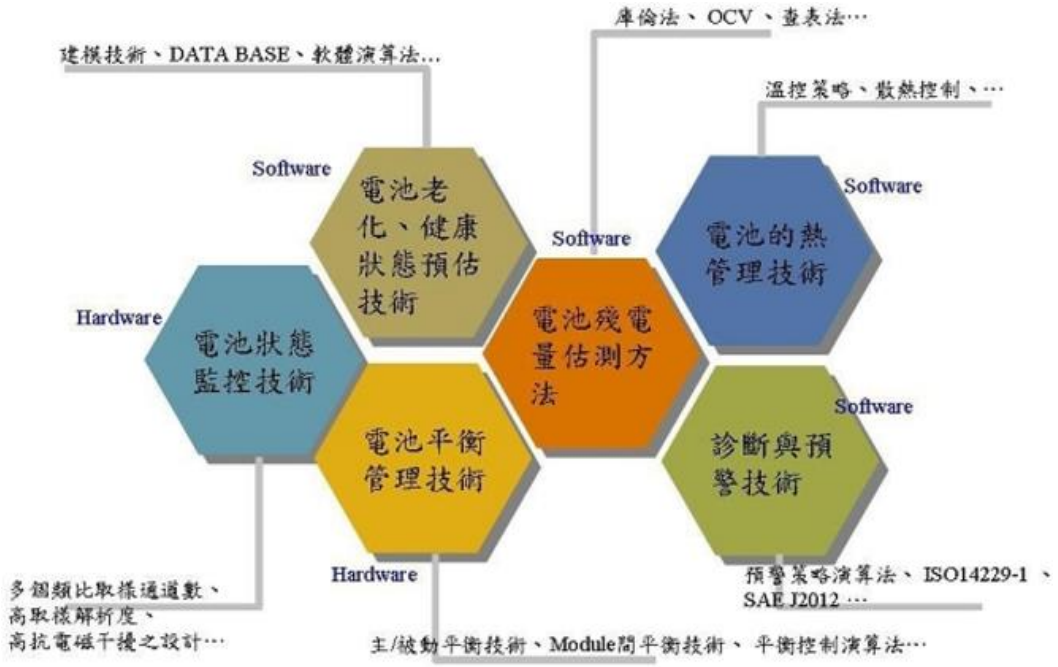
電池可以分為能量型和功率型。能量大的電池，功率不一。鋰電池組主要為馬達提供能量，必須要滿足馬達的功率要求，因此在選擇電池時，我們得折衷考慮電池的容量和功率。在確定電池類型後，電池的功率限制受到環境溫度還有 SOC 的影響，為了保證電池的使用壽命，在不同的溫度和 SOC 值下，必須設定不同的極限值來對電池的輸出加以限制。

肆、 電池熱管理

最常見的電池熱管理方式主要有風冷和水冷。因為電池本身的化學性能受環境的溫度影響非常大，為了電池的使用壽命必須讓電池工作在合理的溫度範圍之內。研發階段可以通過 CFD 仿真分析和溫度感知器，來有效的監測整個電池組的溫度分布，並將監測信息傳送給電池管理系統（BMS），電池管理系統（BMS）通過感知器信息進行溫度控制。

(引註:每日頭條-科技)

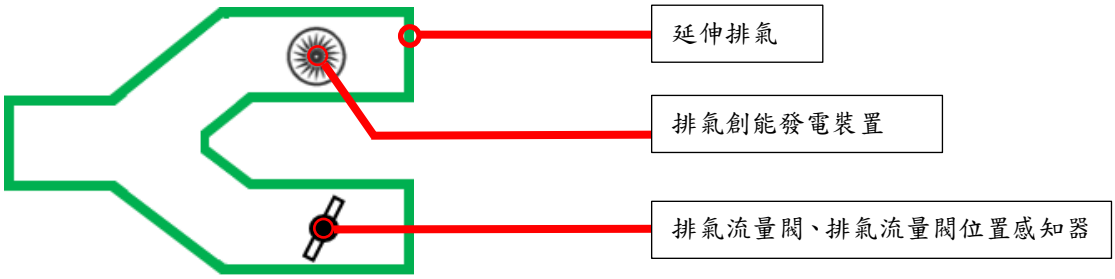
電池管理系統之要素:



(引註: ARTC 電動車成敗的關鍵技術--電池管理系統)

第五節　設計原理

壹、　排氣創能發電裝置總成設計概念



貳、　排氣創能發電裝置總成設計架構

本設計概念是將原車排氣管出口(尾段消音器出口端)加裝一組排氣創能發電裝置，排氣創能發電裝置的主要動力來源是依靠引擎所排放出的廢氣去推動發電機葉片。但因考慮到排氣量較小的車型，可能會有推不動發電機葉片的情形，所以設計了減速機構以及錐口設計的增壓管，提供給此裝置，使廢氣能順利推動裝置葉片進而帶動發電機。

本團隊此次針對排氣創能發電裝置的構件做了三項特別的設計：

1. 風扇外罩：進風口與出風口的位置呈現L型，目的為了增加氣體的行程，使氣體能盡最大功率與效能。
2. 減速裝置：為了避免怠速及低速排氣壓力不足以推動排氣創能發電裝置的葉片及發電機，特地設置此減速機構用來降低轉速、提升扭矩、減小慣量。
3. 錐口設計：本團隊在進風口設置錐口設計，使廢氣在進入風扇罩之前能增加氣體流速及壓力，使得排氣創能發電裝置的葉片及發電機更容易被驅動。

參、　排氣創能發電裝置-電路設計

排氣廢氣通過排氣創能發電裝置發出交流電，經整流器整流後輸出直流電，再藉由保護裝置——10A 保險絲，最終輸出 14 伏特的電壓給電瓶充電。

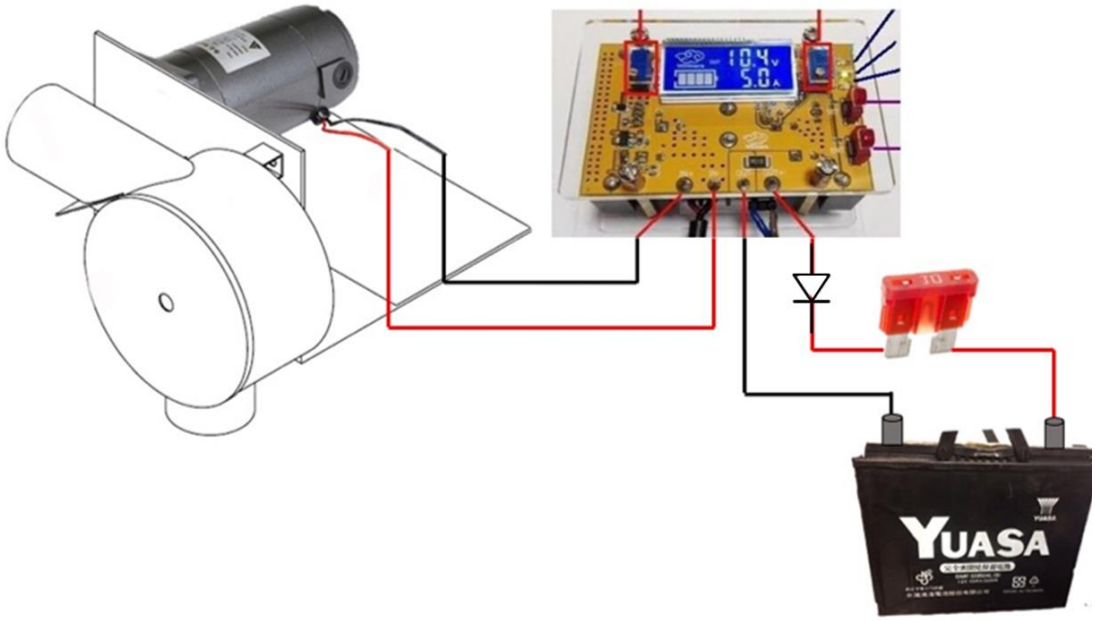


圖 4　排氣創能發電裝置-電路設計

第三章　實驗設計

第一節　研究系統

DEMO CAR：Mitsubishi ZINGER

A. 測量原車排氣溫度

1. 紅外線溫度計
2. 電風扇
3. 排氣抽風機

B. 測量 100W 直流風力發電機輸出性能

1. 數位式三用電表-電壓表
2. 電流勾表

C. 測量排氣創能發電裝置性能

1. 數位式三用電表-電壓表
2. 電流勾表

第二節　實驗方法

A. 測量車輛排氣溫度

1. 引擎怠速溫車（水箱溫度 90℃，冷卻風扇轉動）
2. 測量排氣管容易安裝排氣創能發電裝置的位置從觸媒後至排氣管尾端共五個位置（觸媒後/大消音管前/大消音管後/小消音管前/小消音管後/排氣管尾端）的溫度。

B. 測量 100W 直流風力發電機輸出性能

1. 輸出電壓
2. 輸出電流

C. 測量排氣創能發電裝置性能

1. 無負載

(1) 輸出電壓(車輛怠速至 4000rpm)

2. 有負載(接上 12V/5W 燈泡、12V/10W 燈泡)

(2) 輸出電壓(車輛怠速至 4000rpm)

(3) 輸出電流(車輛怠速至 4000rpm)

第三節　研究步驟

A. 測量原車排氣溫度

實驗條件：Zinger 2.4L / 55B24L 12V45Ah/20HR / 引擎溫度 90℃ / 室溫 34℃

(1) 將車輛停妥，接上排氣抽風機，並將車輛發動至引擎工作溫度（水箱溫度 90℃，冷卻風扇 開始轉動）。

(2) 測量排氣管從觸媒後至排氣管尾端共五個位置（觸媒後/大消音管前/大消音管後/小消音管前/小消音管後/排氣管尾端）的溫度。

位置	觸媒後	大消音管前	大消音管後	小消音管前	排氣管尾端
溫度(℃)	231.0℃	144.2℃	60.0℃	57.9℃	41.6℃

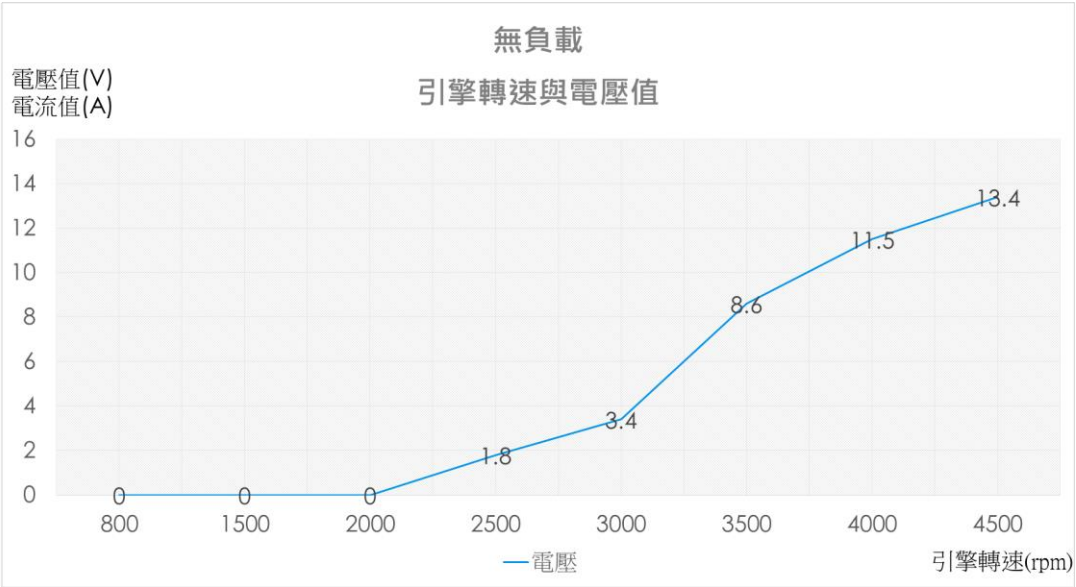
B. 測量排氣創能發電裝置性能

實驗條件：Zinger 2.4L / 55B24L 12V45Ah/20HR / 引擎溫度 90℃ / 室溫 34℃

1. 將風扇與汽車排氣管相接。
2. 使用三用電表電壓檔測量整流器正負接腳。
3. 使用電流勾勾著負載正極。
4. 測量兩個項目：燈泡 12V/5W & 燈泡 12V/10W。
5. 分別以怠速、1500rpm、2000rpm、2500rpm、3000rpm、3500rpm、4000rpm、4500rpm 之引擎轉速來測量電壓值並記錄。

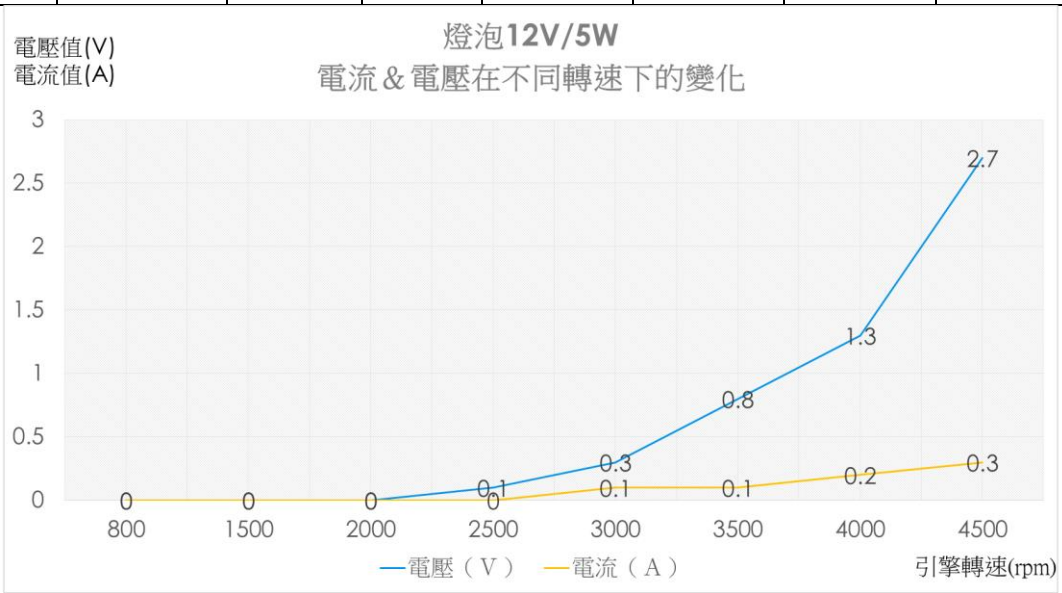
(1) 無負載測試

引擎轉速（rpm）	800（怠速）	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500
電壓值（V）	0	0	0	1.8	3.4	8.6	11.5	13.4



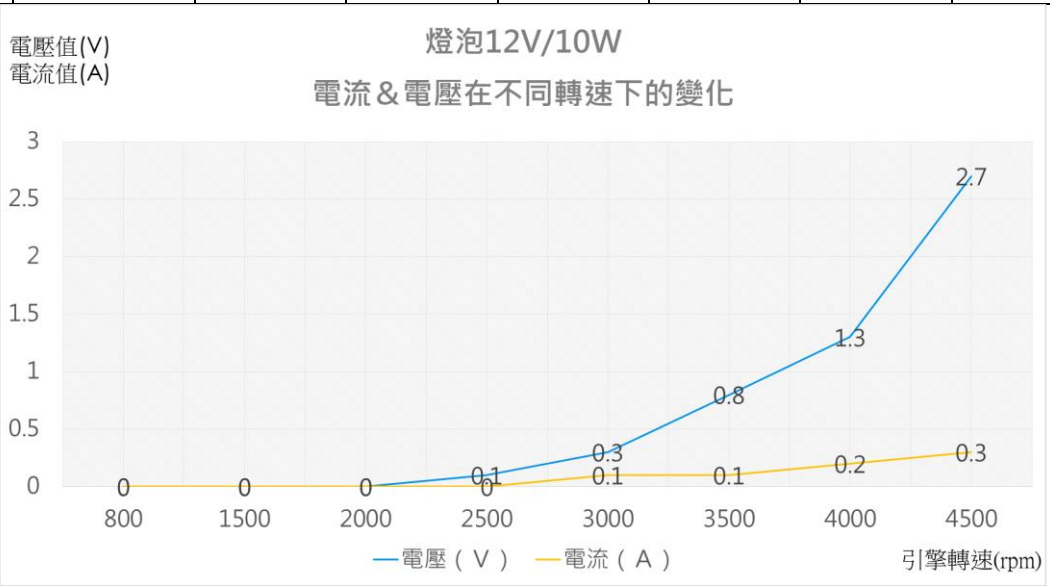
(2) 有負載測試（12V/5W 燈泡）

引擎轉速（rpm）	800（怠速）	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500
電壓值（V）	0	0	0	0.07	0.2	0.6	3	7.5
電流值（A）	0	0	0	0.07	0.07	0.08	0.27	0.46



(3) 有負載測試（12V/10W 燈泡）

引擎轉速（rpm）	800（怠速）	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500
電壓值（V）	0	0	0	0.1	0.3	0.8	1.3	2.7
電流值（A）	0	0	0	0.3	0.1	0.1	0.2	0.3

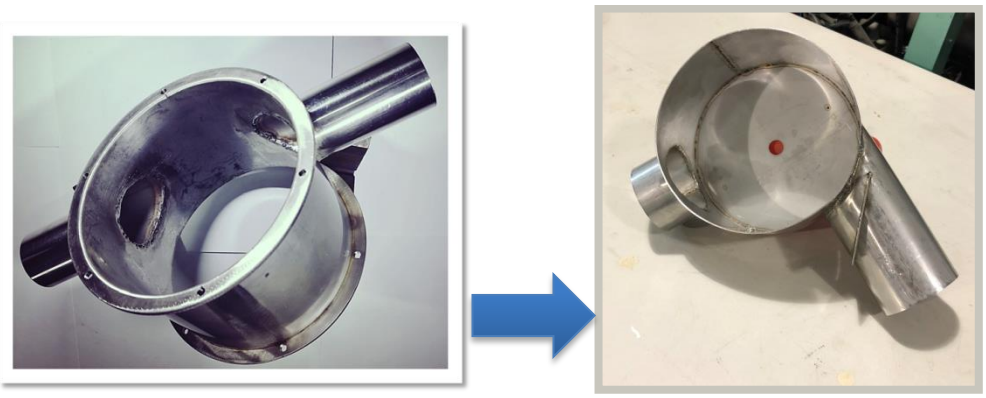


第四章　結果與討論

專題製作過程中所遇到的困難：

1. Q：預計縮小風扇照多餘空間，使氣體能集中於葉片上，但是經由裁切後，原風扇罩無法使用。

   A：重新設計一個風扇罩，並將進風口與出風口設計成 L 型，，增加氣體行程。



2. Q：減速機構製作完成後卻無法固定於機構上。

A：重新製作一個支架，並將風扇外罩、減速機構、發電機固定於此支架上，形成完整的排氣創能發電裝置。

3. Q：當初設計尺寸時，沒有考慮到作業及組裝的空間，再加上量測沒有很精確，導致尺寸不標準。

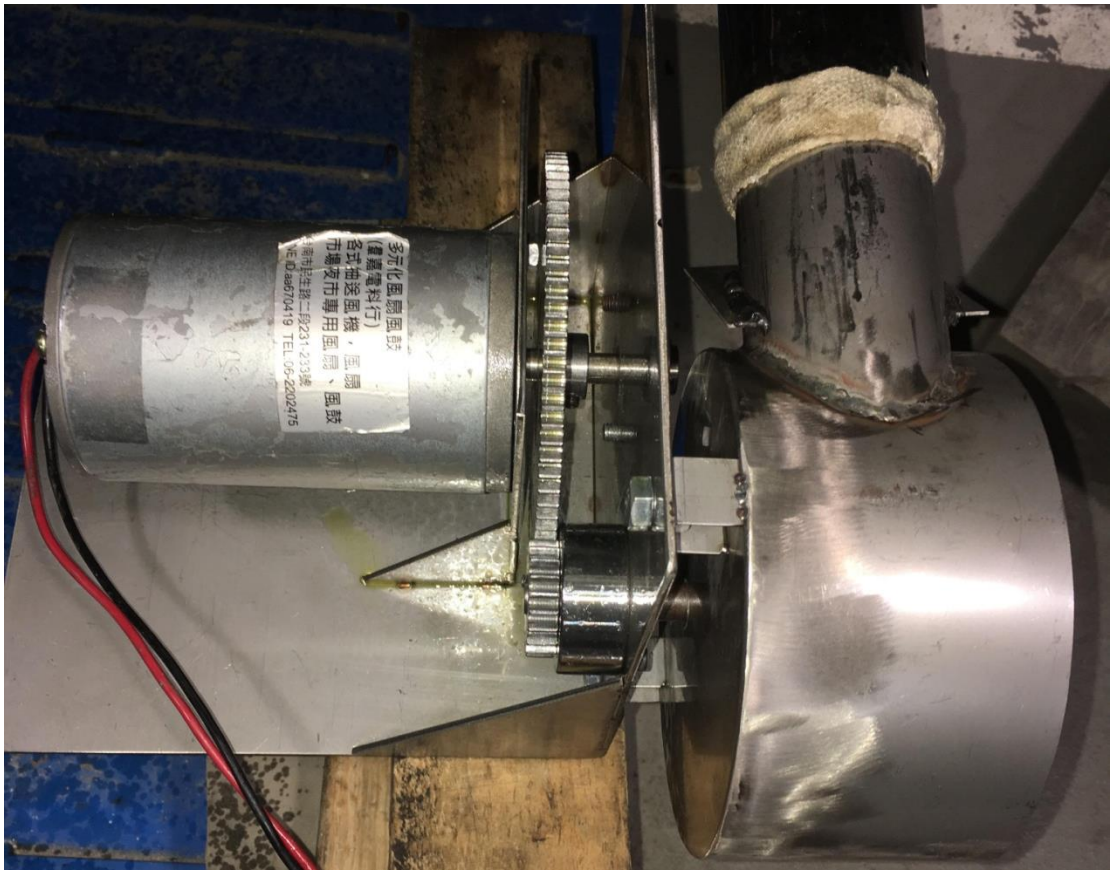
A：使用工廠工具進行人為加工，盡量做到合適尺寸。

4. Q：呈 3 題，風扇外罩管與排氣管管直徑相同，無法密合連接。

A：中間額外增加連接管。

5. Q：呈 4 題，連接管氣密問題。

A：人工加工，使用布料銜接，並且用快乾膠密封，增加密封性。



由於此排氣創能發電裝置最初的設計並無法在怠速時被驅動，在發電效率上，當車輛每分鐘 4000 轉以上才能開始作動，所以本次專題主要是延續上一屆學長的概念做進一步改良。為了能順利改良，我們設計了很多不同樣式的機械模組，也請教機械元件相關的機電系學長討論與修改協助我們完成排氣創能發電裝置設計圖，並寄給廠商加工。

本次專題只改良了排氣創能發電裝置，為創造更有效率的能源科技，接下來本團隊將依照原設計概念模組繼續邁進，研發排氣流量閥及適當的電源管理系統，讓成品更有效率的輸出電壓，輔助原車發電機。

第五章　結論與建議

依照目前狀況來看，排氣創能發電裝置與效率還存在著相當大的修改空間，勢必再後續本團隊需更加努力研究。

1. 排氣創能發電裝置模組改善建議：
   (1) 最終能發出的電量還是無法高於電瓶 12.6V，建議可嘗試研發裝設排氣流量閥，以便調節發電機轉速，有利於增加發電量。
   (2) 怠速依舊無法轉動，但有成功在 3000rpm 以內轉動。
   (3) 排氣床能發電裝置是否會造成排氣回壓？
   (4) 排氣創能發電裝置後，是否會增加油耗？
   (5) 可嘗試選用不同種類材質製作，減輕總重量。
2. 排氣流量閥系統改善建議：
   (1) 嘗試往排氣流流量閥方向設計。
   (2) 多次進行實車參數修正，以達到最佳發電＆排氣效率。

參考文獻

[1] Mitsubishi ZINGER 原廠修護手冊。

[2] 行政院環保署-官方網站:http://www.epa.gov.tw/mp.asp?mp=epa。

[3] 經濟部能源局:
http://www.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/home/Home.aspx。

[4] 綠能趨勢網:
http://www.energytrend.com.tw/knowledge/20120709-4584.html。

[5] NREL 美國能源部-交通運輸研究:https://www.nrel.gov/transportation/。

[6] INFINITI:https://www.infiniti-me.com/infiniti-f1/hybrid-performance.html。

[7] Honda Racing:http://en.hondaracingf1.com/honda-lab/MGU-H.html。

[8] JALOPNIK:http://jalopnik.com/how-formula-ones-amazing-new-hybrid-turbo-engine-works-1506450399

[9] OICA:http://www.oica.net/。

[10] 許良明、黃旺根(2003)。汽車學Ⅲ-(汽車電學篇)。新北市：台科大

[11] 新能源汽車網：https://read01.com/yLJeMg.html。

[12] 每日頭條-科技：https://kknews.cc/zh-tw/tech/vmekay.html。

[13] 經濟部能源局高效率馬達應用技術開發與推廣計畫：http://hem.org.tw/images/files/DM/Fan02.pdf。

[14] 中國變速工程股份有限公司：https://www.varitron.com.tw/faq_show.asp?seq=39&title=齒輪減速機馬達工作原理。

[15] 經濟部智慧財產局：https://pcm.tipo.gov.tw/PCM2010/PCM/supply_search_data.aspx?sn=29714。

電動車動力系統製作

國立臺灣師範大學工業教育學系
指導老師：張俊興老師
學生：廖心岑、梁弼翔、許祐榕、黃益慶

摘要

過去燃油車在世界上行走了一百多年，所帶來的機動性與方便性是無可取代，隨著時代的進步，人們開始思考如何不再對環境造成傷害，因此制訂了嚴苛的油耗法規,但是現有的引擎技術,單純汽車是很難達到標準，於是各種不同動力的車像是電動車、便隨著誕生，並且在市場的需求和影響之下，電動車已經成為未來發展的趨勢，電動車和燃油車的最大差異在於動力的設計，所以主要研究電動車的動力系統。

關鍵字：電動車、馬達、鋰電池、18650、高壓電

第一章　前言

第一節　研究背景和動機

根據聯合國政府間氣候變遷專門委員會(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)的報告，溫室氣體(Greenhouse Gas,GHG)來自運輸工具的排放量增加速度比其他行業都來得快，自 1970 年到 2015 年間，成長了約 250%，其中約 80%就是來自道路車輛。根據 ICCT(The International Council on Clean Transportation)研究資料，各國的油耗法規越來越嚴苛，歐盟 2020 年油耗標準須達 25.8 km/l,日本訂 2020 年 23.4 km/l,大陸 2020 年訂 21.3 km/l,美國則於 2025 年訂為 20.9 km/l 等等,以現有的引擎技術，非常困難去因應未來 5~10 年的嚴苛油耗法規，除要持續增進引擎技術，各大車廠也必須推動汽車電動化，發展油電混合車、純電動車或燃料電池

車等低油耗汽車。

行政院在 2017 年底宣布電動車化時程—2035 年禁售燃油機車，2040 年禁售燃油汽車，全面電動車化將在 2050 年之後。對比電動車的發展速度趨於緩慢，不只臺灣，世界各國也相繼祭出全面電動車化的年限，再加上傳統燃油車最常做的保養就是更換機油，電動車不用換機油、馬達也不易壞。此外，電動車煞車主要靠馬達，很少用到煞車皮。相對電動車維修需求也較少。以上種種原因，可以證明電動車將是未來汽車發展的趨勢。

在未來幾年,電動車勢必會加速發展,各大車廠陸陸續續推出電動車，燃油車也將漸漸被電動車取代，所以我們以電動車動力系統製作為研究主題，我們想要藉由此研究來了解電動車動力系統的原理和學習電動車動力系統的製作流程，也藉此研究來思考電動車的未來發展動向與需克服問題。

第二節　研究目的

基於上述研究動機，研究者將重新打造電動車，在過程中能了解電動車動力系統如何作動及電動車製作流程，期盼能分析出電動車未來發展與問題，並提出相關解決方案，達到理解現今汽車發展的趨勢。本研究之目的有四：

一、 了解電動車動力系統原理

二、 學習電動車製作流程

三、 分析電動車未來發展與問題

四、 提出建議因應發展電動車之問題

第三節　研究方法

將廢棄電動車重新打造成符合我們需求的電動車，從外觀的整頓(包括車架重新噴漆、廢棄零件拆卸等等)、動力系統配置(包括差速器減速比計算、規劃電動車馬力、主電池及電池容量設計等等)到最後實車測試，在過程中去了解電動車動力系統的製作方法及學習電動車動力系統的做動模式，且參考論文研究，並把以上資料加以彙整，並提出自己的新見解。

第四節　名詞解釋

一、油電混合車（Hybrid electric vehicle，簡稱 HEV）：使用燃油驅動內燃機加上電池驅動電動機的混合動力車。

二、純電動車：又稱電瓶車、電池電動車（Battery Electric Vehicle，簡稱 BEV），是指以事前已充滿電的蓄電池（大容量電瓶）供電給電動機，由電動機推動的車輛，而電池的電量由外部電源補充。

三、燃料電池車(Fuel Cell Vehicle、FCV)：是電力主要來自車上燃料電池的電動車，因燃料電池發電特性超級電容器或蓄電池也是多數燃料電池車動力系統的一部分，但容量較純電動車小。

四、電動車動力系統：驅動電動車之系統，包括主電池、電源控制器、驅動馬達、差速器等等。

五、減速比：即減速裝置的傳動比，是傳動比的一種，是指減速機構中瞬時輸入速度與輸出速度的比值。

六、馬力：俗稱匹，是一個古老的功率單位。現時除了汽車工業提及內燃機的功率、空調的製冷性能以外，平時已甚少機會使用馬力這個單位，而會使用標準的國際功率單位瓦特。

第二章　文獻回顧

第一節　電動車發展史

1834 年美國人托馬斯・達文波特（Thomas Davenport）於製造出第一輛直流電機驅動的電動車。

1832 年至 1838 年間，蘇格蘭人羅伯特・安德森（Robert Anderson）發明了電驅動的馬車，這是一輛使用不能充電的初級電池驅動的車輛。

1896 年，Hartford Electric Light 公司推出可更換電池的電動貨車，買家只買下車輛，但不包括電池。

19 世紀末期到 1920 年是電動汽車發展的一個高峰，電動車比內燃機驅動車輛有著更多優勢：無氣味、無震盪、無噪音、不用換擋和價格低廉。[1]

1920 年至 1990 年間，隨著石油的大量開採，石油供給增加導致原油價格低廉，1920 年後電動車逐漸失去優勢，人們在嚴重依賴石油的環境下遺忘了電動車的存在，電動車的發展從此停滯了大半個世紀。[2]

1990 年代開始各個主要的汽車生產廠家開始關注電動車的發展並開始投入電動車領域。

1990 年洛杉磯汽車展，通用汽車的總裁向全球推介 Impact 純電動轎車。

1997 年豐田的 Prius 混合動力轎車。[3]

2003 年特斯拉汽車公司完全生產純電動車。

2006 年推出的 Roadster 跑車 0~60 英里只要 3.9 秒，每次充電可行駛 400 公里。 [1]

2010 年 Nissan 首次正式推出量產電動車。[4]

2016 至 2017 年，幾乎所有的主流汽車公司都宣佈了電動汽車的轉

型計劃。[5]

2017 年挪威預計 2025 年後出售的汽車都必須是零排放車輛。法國宣布，擬於 2040 年禁售任何使用汽柴油的車輛，英國亦宣布將在 2040 年禁售任何汽柴油車，並於 2050 年禁止汽柴油車的路權。[6]

2035 年臺灣禁售燃油 機車，2040 年禁售燃油汽車，全面電動車化將在 2050 年 之後。其他主要國家相關法規如表一。[4]

表 1

全球主要國家對汽、柴油車的禁止銷售與路權之時間表

國家	禁售汽柴油車	禁止汽柴油車路權
挪威	2025年	2030年
荷蘭	2025 年	2030年
英文	2040年	2050年
法國	2040年	
德國	2030 年	
美國	2040 年	
中國大陸	研議中	
印度	2030年	
臺灣	2040年	

第二節　電動車動力系統簡介

壹、以純電動車來說，電子控制系統基本上由三大核心控制器組成。

一、整車控制器（Vehicle Control Unit, VCU）

整車控制器管理車輛動態，主要功能為決定整車駕駛性能；負責接受駕駛者需求、車輛等各種即時輸入訊號，例如：加速、制動踏板深度、車輛速度等。

（一） 馬達驅控器（Motor Control Unit, MCU

如同傳統燃油車輛的引擎管理系統 （Engine Management System, EMS）控制進氣量、噴油量與點火等動作；馬達驅控器主要接收整車控制器給予之動力操作模式及扭力命令，並連接高壓電池包所提供之直流電源；藉由將直流電源轉換成交流電源使馬達電機產生機械能驅動車輛或是反之將機械能轉換為電能對車輛所搭載之儲能裝置進行充電。

（二） 電池管理系統（Battery Management System, BMS）

電池管理系統基本上可區分為熱、電兩大管理系統，熱管理系統必須有效控制電池包在理想工作溫度以降低劇烈電化學反應的發生、避免熱失控（Thermal Runaway）的產生；電管理系統負責 控制充/放電電流值；同時監控各個電池芯（Battery Cell）之電壓、計算電池包之殘電量（State of Charge, SOC），依據放電深度（Depth Of Discharge, DOD）的不同，適時向整車控制器發出充／放電 請求，接著根據計算後的電流倍率（Current Rate, C-rate）需求向電池輸入 ／出電力。良好的電池管理系統設計在車輛運行時可有效釋放電池包的發 熱量、平衡內部各電池芯的充／放電電流與電壓，其目的為提高可靠度與延長使用壽命。[7]

貳、 電動車動力系統

其係由動力馬達、馬達控制單元（MCU）、動力電池、電池管理系統（BMS)及能量管理系統（EMS）等所組成，雖然整個動力輸出只是單純的輸出轉矩命令與運行車速關係，乍看之下似乎只需擁有良好的 MCU，然而由於電動車之動力來自動力電池，因此動力電池與其 BMS 及 EMS 更顯重要。

因此，如何整合動力馬達、MCU、動力電池、BMS、EMS 等次系統狀態及駕駛者操控需求之控制單元（PTU/VCU），即成為現行電動車性能表現及成為具指標性開發產品之因素。[8]

第三節　鋰電池簡介與優點

一、簡介

鋰電池又被稱作鋰離子電池，能將電能轉換成化學能儲存起來，使用時再將化學能轉換成電能。它是可逆的化學反應電池，為此類電池的主要特點。

二、優點

1. 耐漏液性優異。
2. 快速充電。
3. 無記憶效應。[9]
4. 能量密度高。
5. 具有平穩的放電特性。
6. 允許高放電電流。
7. 操作電壓高。
8. 輸出功率大。
9. 循環使用壽命長,在 400－500 次充放電循環之後能維持在 80%容量。
10. 在正常的環境溫度下自放電率極低。
11. 安全性高，電池內部有防止過放電與過充電的設計。[10]

第四節　電動車維修注意事項

一、電動車維修注意事項

1. 使用「警告：高壓電不可觸摸」標示牌。
2. 電源開關切換至 off，智慧型進入＆起動系統的車輛，請將鑰匙拿出車外（偵測區域外的地方）。
3. 拆開輔助電瓶負極樁頭電纜線。

4. 檢查絕緣手套。
5. 拆下維修接頭。
6. 拆下維修接頭後，等待十分鐘讓轉換器含變壓器總程內的高壓電容器放電。
7. 檢查轉換器含變壓器總程內高壓電容器端子的電壓（確認為 0 V）。[4]

第三章　製作設計

第一節　研究系統

一、電池電流輸出

1. 數位式三用電表
2. 電流勾表
3. 手工具

二、電動馬達輸出功率與時速

1. 數位式三用電表
2. 電流勾表
3. 手工具

第二節 研究方法

一、電池電流輸出

1.無負載狀態

2.主電池滿電狀態(52V)

3.勾表量測電池輸出端

二、電動馬達輸出功率

1.無負載狀態

2.主電池滿電狀態(52V)

3.勾表量測電池輸出端

4.套用功率公式:P=IV

第三節　實驗步驟

一、整頓車體

1. 拆下車殼、座椅、線束、電池、馬達、變速箱及其他零件。

2. 車殼、車體研磨除鏽，重新上漆，裝飾車體。

3. 分類零件，保留可以用的零件。

4. 配置車體電系(包括走線、包覆線材、搭鐵優化等等)。

二、動力系統配置

1. 規劃動力系統配置圖。

2. 主電池規格設計。

3. 安裝至規劃之位置。

4. 配置動力系統走線。

三、傳動系統

1. 計算減速比、選擇差速器。

2. 修正傳動軸

四、實車測試

1. 測試電池、馬達、控制器三者匹配狀況

(1). 電池電流輸出

(2). 電動馬達輸出功率與時速

第四節　實驗過程

一、 整頓車體

1.將所有配件全拆下，打磨車體上漆。

圖 1 車架重新上漆

二、 系統配置

1. 選用松下 18650 鋰電池。

2. 串聯十三顆再並聯四排為一組，主電池為六組配置而成。

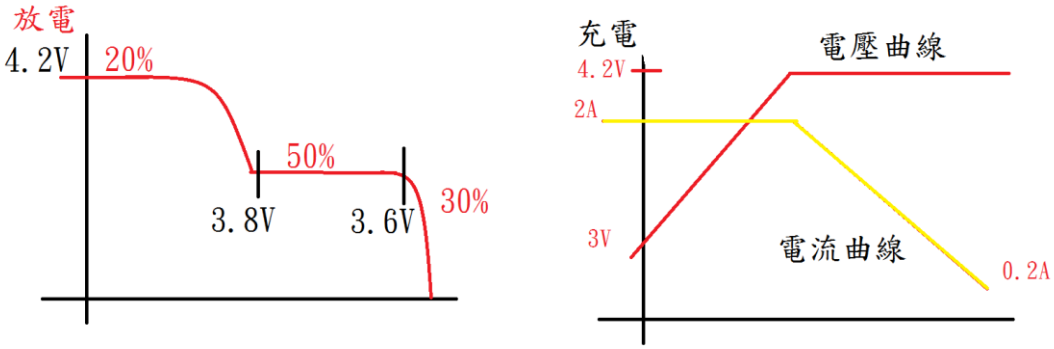


圖 2 鋰電池充放電特性圖

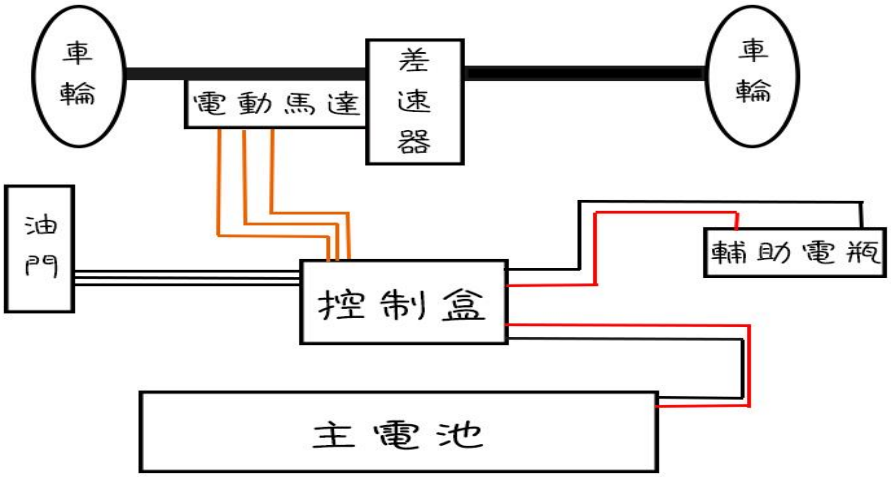


圖 3 動力系統圖

三、傳動系統

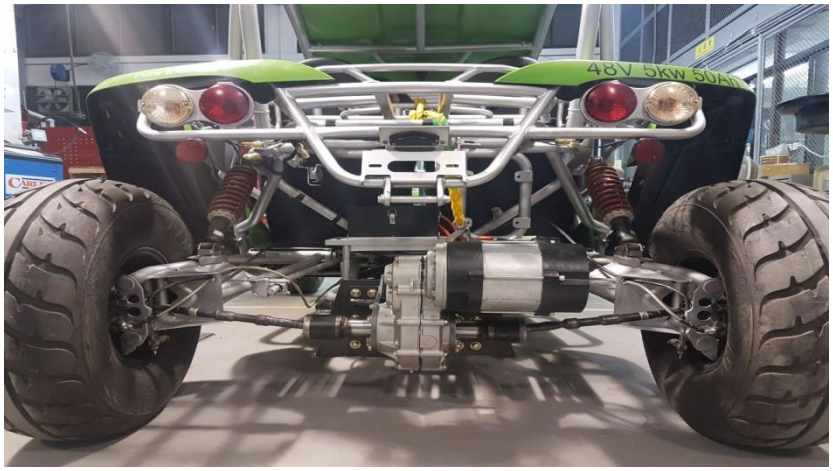


圖 4 修正傳動軸長度，使其運轉順暢

四、實車測試

圖 5 在安全場地進行試駕測試

第四章　結果與討論

第一節　電池電流輸出

一、結果

1. 六個電池模組第一次設計每組 18A，總輸出 108A，測試後發現過電流。
2. 六個電池模組第二次設計每組 25A，總輸出 150A，測試後發現過電流。
3. 六個電池模組第三次設計每組 30A，總輸出 180A，測試後發現過電流。

一、討論

1. 第一次測試發現起步時的突波電流過大，駕駛過程中會斷電，決定初步將每組電池模組內的保護裝置從 18A 更改成 25A，整體的總電流輸出為 150A。

2. 第二次測試發現，當駕駛行駛於不平路面上時，車輪空轉過程中會造成過電流，導致電源系統斷電，決定將每組電池模組內的保護裝置從 25A 更改成 30A，整體的總電流輸出為 180A。

第二節　電動馬達功率輸出

一、結果

1. 當總電流輸出為 180A，馬達功率輸出 5kW，在行經不平路面上時，馬達容易遭受輪胎空轉的影響，而造成過電流。
2. 當總電流輸出為 180A，馬達功率輸出 2.5kW，在行經不平路面上時，會限縮在 180A 內。

二、討論

1. 第三次測試發現，當駕駛行駛於不平路面上時，車輪空轉過程中會造成過電流，導致電源系統斷電，決定將馬達功率從 5kW 更改成 2.5kW，總電流輸出會被限縮在 180A 內。

第五章　結論與建議

第一節　結論

本研究完成電動車動力系統的製作，從一開始的整備，將所有車上的零件拆下整理，挑選需要的再裝回去，設定我們所需求的傳動控制，再來挑選馬達、電池設計，藉由電池模組和馬達控制器的匹配，能夠在各種道路上行駛。

本次的研究有以下的特點

1. 馬達與控制器

2. 電池模組的設計
3. 電池與馬達的匹配
4. 差速器與輪胎的減速比

參考文獻

[1] https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%94%B5%E5%8A%A8%E6%B1%BD%E8%BD%A6#cite_note-HistEV-4，維基百科，電動車。

[2] http://www.xcfuqiao.com/news/406.html。

[3] http://www.zwbk.org/MyLemmaShow.aspx?zh=zh-tw&lid=280465，中文百科，電動車。

[4] 張俊興（2018），油電混合動力車輛 教學技術教材，未出版。

[5] https://www.stockfeel.com.tw/%E5%9B%9B%E5%A4%A7%E8%BB%8A%E5%BB%A0%E6%8A%95%E8%B3%87%E5%8D%83%E5%84%84%E9%80%A0%E9%9B%BB%E5%8B%95%E8%BB%8A-%E5%B0%8D%E6%B1%BD%E8%BB%8A%E7%94%A2%E6%A5%AD%E9%80%A0%E6%88%90%E4%BB%80%E9%BA%BC%E5%B7%A8/，好奇心日報，馬若飛、龔方毅。2017。

[6] https://energymagazine.tier.org.tw/Cont.aspx?CatID=&ContID=2857，經濟部能源局-能源報導，王忠慶。2017/11/21。

[7] 陳益新、黃彥翔、吳敏全（421 期 2018 年 4 月號）。電動車輛控制系

統功能安全發展與驗證技術。機械工業雜誌。

[8] https://www.artc.org.tw/chinese/03_service/03_02detail.aspx?pid=1542。陳建安，電動車動力系統控制策略介紹。2010。

[9] 張豐麟（2016）。18650 鋰電池充放電特性研究。修平科技大學，碩士論文

[10] 陳冠廷（2014)。多電源電動車輛動力系統參數設計與動力模型建立。國立台北科技大學，碩士論文。

汽車車廂內空氣舒適度偵測與控制之實車應用

國立臺灣師範大學工業教育學系
指導老師：邱盛乾 老師
學生：詹凱崴、來泰廷

摘要

本專題主要是以研究汽車車廂內環境空氣舒適度偵測與改善為主，其中，環境空氣舒適度包含三者重要之因素：溫度高低、濕度多寡、二氧化碳濃度含量。本專題透過研究上述三者因素在車廂內空氣中互相影響之含量與變化，再使用 ARDUINO 模組偵測與控制三者因素，改善車廂內環境空氣舒適度，以達人體最舒適之程度，用以改善駕駛人因車廂內環境空氣舒適度不佳，造成不舒適或是身心狀態不佳，進而導致駕駛人做出危險駕駛或是疲勞駕駛行為。

第一章　前言

第一節　研究背景與動機

在行駛長途的旅程當中，駕駛人會因長時間的待在車廂裡，並且可能因為長時間開冷氣且使用車內循環，而造成車廂內的空氣舒適度及環境品質不佳，例如：二氧化碳濃度過高（可能造成呼吸困難、頭痛、嗜睡、倦怠等等症狀）、濕氣太重（可能造成排汗速度降低、促使過敏原滋生等等）、溫度過低過高（溫度過高可能會造成煩躁、精神紊亂、神疲力乏、頭暈腦漲、思維遲鈍等等，溫度太低可能會造成代謝功能下降、脈搏、呼吸減慢、手腳笨拙、身體顫抖等等）皆會造成駕駛人的不舒適及身心狀態不佳進而

導致駕駛人做出危險駕駛行為或是疲勞駕駛行為，而影響駕駛人生命安全和其他用路人生命安全，因此研究此專題。

第二節　研究目的

利用 ARDUINO 模組自動偵測車廂內影響空氣舒適度的三者因素（濕度、溫度、二氧化碳）在空氣中的含量，再經過 ARDUINO 程式碼比對、分析偵測到的數值，經過比對與分析之後，再輸出到作動器上，使作動器自動作用以改善車廂內的空氣及環境舒適度，使駕駛人達到人體最舒適之程度，以維持人體的理想身心狀態，方能安心駕駛，進以提升行車安全及用路人的安全。

第三節　研究方法

1. 整理分析出最適合駕駛人的舒適環境條件(二氧化碳、濕度、溫度)，設定本研究的實驗參數。
2. 使用溫度計、溼度計、二氧化碳偵測器等儀表，在設定溫度下，量測、蒐集出溫度、溼度與二氧化碳的變化。
3. 採用 ARDUINO 程式語言作為本研究控制模組，以自動控制調節車廂內兩者(濕度、二氧化碳)參數的高低，預期可以改善車廂內的空氣舒適度。

第四節　名詞解釋

1. 相對濕度：即空氣中實際含有之水氣量，與相同溫度下可含最大水氣量之百分比。空氣在完全飽和狀態時相對濕度為 100%。
2. 二氧化碳連續 8 小時值：指連續 8 個小時各測值之算術平均值或 8 小時累計採樣測值。

3. 第一類場所：指對室內空氣品質有特別需求場所，包括學校及教育場所、兒童遊樂場所、醫療場所、老人或殘障照護場所等。
4. 第二類場所：指一般大眾聚集的公共場所及辦公大樓，包括營業商場、交易市場、展覽場所、辦公大樓、地下街、大眾運輸工具及車站等室內場所。
5. RH：單位體積空氣中，實際水蒸氣的分壓與相同溫度和體積下水飽和蒸氣壓的百分比。
6. PPM：體積濃度百萬分之一

第二章　文獻回顧

第一節　中央氣象局-大氣概述

在一定溫度下，一定量之空氣，所能容納之水氣量，有一定之限度。空氣中水氣含量如已達其最高限度，則此時之空氣稱為飽和。空氣能容納水氣量之多寡與溫度有密切關係，同樣體積之空氣溫度愈高，能容納之水氣愈多。若溫度增加 11℃，空氣中能容納水氣之能力約可增加一倍；反之若空氣中水氣含量不變，當其溫度降低至某一程度時，可使未飽和之空氣變成飽和。溫度如繼續下降，能使飽和水氣凝結為霧、雲或雨滴等。在氣象上，一般表示空氣中水氣含量之方法有下列二種：

（1）相對濕度：

即空氣中實際含有之水氣量，與相同溫度下可含最大水氣 量之百分比。空氣在完全飽和狀態時相對濕度為 100％；如空氣中所含水氣量僅為當時溫度下所含最大水氣量之一半時，則相對濕度為 50％。對人體而言，空氣之相對濕度在 40～60％間時，令人最感舒適。

(2)露點：

在一定大氣壓力下，空氣中水氣含量固定不變時，若氣溫逐漸降低，待降至相當溫度時，空氣變成飽和，氣溫再稍低，水氣即行凝結，此時之溫度，稱為露點溫度，簡稱露點。當氣溫在冰點以下，且繼續下降，達某點溫度時，附著於地表附近之水氣，即行開始凍結成霜，此點溫度稱為霜點。

第二節　溫度高低對人體的影響

醫學研究表明，環境溫度與人體的生理活動密切相關。人體最舒適的環境溫度在 20-28℃之間，最理想的溫度是 15-20℃，此環境中人的記憶力強，工作效率高；溫度在 4-10℃時，發病率較高，在 4℃以下時，易生凍瘡，發病率更高。環境溫度高於 28℃時，人們就會有不舒適感。溫度再高就易導致煩躁、中暑、精神紊亂。在 30℃時，身體汗腺會全部投入工作；氣溫高於 34℃，並伴有頻繁的熱浪衝擊，還可引發一系列疾病，特別是心臟、腦血管和呼吸系統疾病的發病率上升，死亡率明顯增加。37℃以上的高溫對人體的蛋白質有一定的破壞。若人體溫度達到 40℃以上，生命中樞就會直接受到威脅。

第三節　行政院環境保護署-二氧化碳濃度與人體的關係

室內二氧化碳的來源主要來自於人類呼吸、吸煙、及其他燃燒行為。當室內人員密度過高或是換氣效率不佳時，容易造成二氧化碳濃度累積，同時其他的污染物濃度也相對地提高。因此，二氧化碳被視為室內空氣品質良窳最重要的化學性指標。研究顯示，當二氧化碳濃度過高時，除了會刺激呼吸中樞造成呼吸費力或困難等感覺，亦會產生頭痛、嗜睡、反射減

退、倦怠等症狀，若室內二氧化碳濃度過高，會使工作效率明顯降低，反應力下降，因此在第一類場所二氧化碳建議值為 600ppm 以下，而第二類場所二氧化碳建議值為 1000ppm 以下。

第四節　溫濕度綜合影響關係

通過實驗測定，最宜人的室內溫濕度是：冬天溫度為 18 至 25℃，濕度為 30％至 80％；夏天溫度為 23 至 28℃，濕度為 30％至 60％。在此范圍內感到舒適的人占 95％以上。在裝有空調的室內，室溫為 19 至 24℃，濕度為 40％至 50％時，人會感到最舒適。如果考慮到溫、濕度對人思維活動的影響，最適宜的室溫度應是 18℃，濕度應是 40％至 60％，此時，人的精神狀態好，思維最敏捷，工作效率高。

第三章　實驗設計

第一節　研究系統與設備

1. 量測實驗應用器材：

溫度計（測量範圍：-30℃～50 ℃、測量誤差：0～40 ℃，<±1 ℃）

濕度計（測量範圍：20～98％RH、測量誤差：<±7％，50～100％RH）

HONDA ACCORD 實車

2. ARDUINO 模組應用器材：

ARDUINO UNO 開發版

Base Shield V2 Grove Arduino 感測器擴充板

Grove Water Atomization 超音波霧化模組

DHT22 溫濕度偵測模組

I2C 1602 LCD 顯示器模組

MG811 二氧化碳偵測模組

第二節　實驗方法與步驟

量測實驗

1. 使用溫度計與濕度計紀錄實驗前車廂內溫濕度並記錄之。
2. 設定實驗溫度變數：20 ℃、22 ℃、24 ℃、26 ℃。
3. 設定實驗時間變數：10 分鐘、20 分鐘、30 分鐘。
4. 設定車廂環境：車窗緊閉、空調 AUTO 模式、室內循環。
5. 一個溫度測量三種時間變數，並觀察溫濕度變化量
6. 在每一時間變數實驗完之後，將空調關閉、門窗打開、平衡內外空氣品質，讓數據更加精確。

ARDUINO 程式碼撰寫

```
//Libraries
#include <DHT.h>
#include <Wire.h>
#include <LCD.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

//Constants
#define DHTPIN 7     // what pin we're connected to
#define DHTTYPE DHT22   // DHT 22  (AM2302)
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); //// Initialize DHT sensor for normal 16mhz Arduino

//ALWAYS USE THIS WITH LCD I2C and Addres 0x3F
#define I2C_ADDR 0x27
#define BACKLIGHT_PIN 3
#define En_pin 2
#define Rw_pin 1
#define Rs_pin 0
#define D4_pin 4
#define D5_pin 5
#define D6_pin 6
#define D7_pin 7
LiquidCrystal_I2C lcd(I2C_ADDR,En_pin,Rw_pin,Rs_pin,D4_pin,D5_pin,D6_pin,D7_pin);

//Variables
int chk;
float hum;  //Stores humidity value
float temp; //Stores temperature value

```

```
35 void setup()
36 {
37   Serial.begin(9600);
38   dht.begin();
39   lcd.begin(16,2);
40   lcd.setBacklightPin(BACKLIGHT_PIN,POSITIVE);
41   lcd.setBacklight(HIGH);
42 }
43
44 void loop()
45 {
46
47   delay(1000);
48   //Read data and store it to variables hum and temp
49   hum = dht.readHumidity();
50   temp = dht.readTemperature();
51   //Print temp and humidity values to serial monitor
52   pinMode(8,OUTPUT);
53   digitalWrite(8,false);
54   pinMode(3,OUTPUT);
55   digitalWrite(3,false);
56   pinMode(4,OUTPUT);
57   digitalWrite(4,false);
58   Serial.print("Humidity: ");
59   Serial.print(hum);
60   Serial.print(" %, Temp: ");
61   Serial.print(temp);
62   Serial.println(" Celsius");
63   if(hum<45){
64   digitalWrite(4,HIGH);
65   }
```

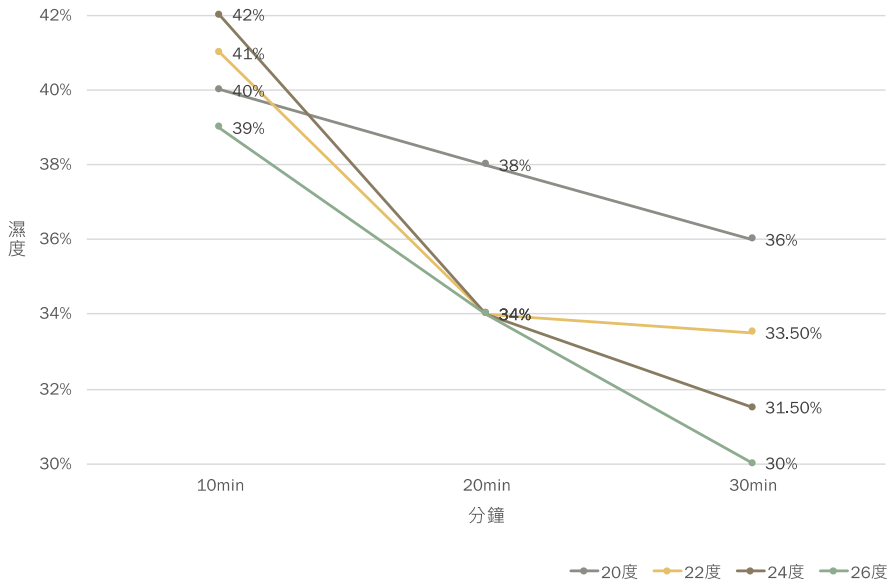
```
66   if(hum>50){
67   digitalWrite(4,LOW);
68   }
69   if(hum<45){
70   digitalWrite(8,HIGH);
71   }
72   if(hum>50){
73   digitalWrite(8,LOW);
74   }
75   if(temp>20){
76   digitalWrite(3,HIGH);
77   }else{
78   digitalWrite(3,LOW);
79   }
80
81   lcd.clear();
82   lcd.setCursor(0,0);
83   lcd.print("Temp: ");
84   lcd.print(temp);
85   lcd.print(" ");
86   lcd.print((char)223);
87   lcd.print("C");
88   lcd.setCursor(0,1);
89   lcd.print("Hum:  ");
90   lcd.print(hum);
91   lcd.print(" %");
92
93   delay(0000); //Delay 2 sec.
94
95   }
```

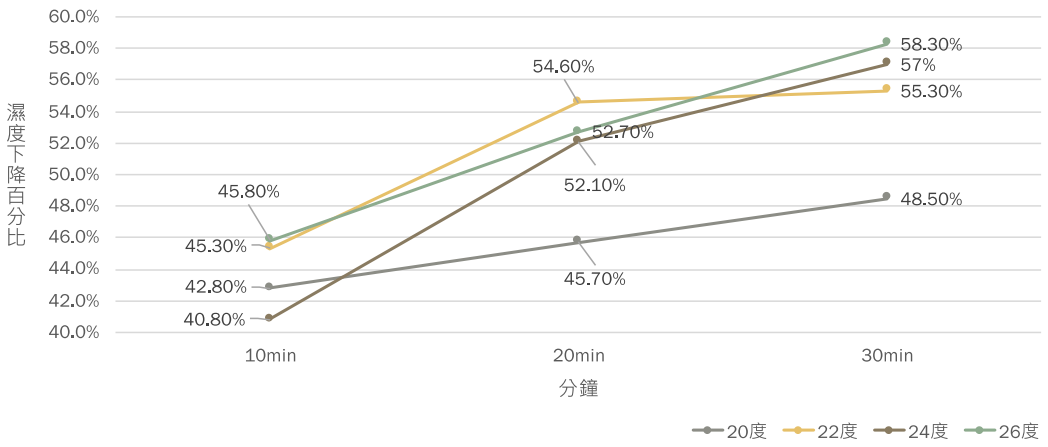
第四章　結果與討論

第一節　溫濕度變化量測驗

1. 實車測量數據：

設定溫度	時間	測試前	溫度	濕度	測試後	溫度	濕度
		單位	度c	百分比	單位	度c	百分比
20	10min		25	70		23	40
	20min		23.5	69		22	38
	30min		24	71		22	36
22	10min		24	74		24	41
	20min		25	75		24	34
	30min		25	76		23	33.5
24	10min		26	72		26	42
	20min		26	70		26	34
	30min		27	72		25	31.5
26	10min		28.5	73		27	39
	20min		27	71		28	34
	30min		28	73		28.5	30





從綜合比較來看，溫度在車廂內對於濕度並無明顯且直接的影響，舉例來說:溫度在 22 度時，10 分鐘後濕度下降 45.3%，20 分鐘後下降 54.6%，30 分鐘後濕度下降 55.3%。而溫度在 26 度時，10 分鐘後濕度下降 45.8%，20 分鐘後下降 52.7%，30 分鐘後下降 58.3%。

第二節　ARDUINO 模組

根據前述學術資料，說明車廂內最舒適溫濕度為：冬天溫度為 18-25℃，濕度為 30%-80%；夏天溫度為 23-28℃，濕度為 30%-60%。在此範圍內感到舒適的人占 95%以上

但是考量到如果以駕駛人來說，最需要的並不是舒適度而是溫濕度對於思維活動的影響，且再以前述資料說明，車廂內溫度應是 18-28 ℃ ，濕度應是 40%-60%，此時人的精神狀態好、思維最敏捷、工作效率高。對駕駛人來說，才能保證其在行駛上的安全性。

所以參數設定為：

溫度範圍：20 ～ 24℃、濕度範圍：45 ～ 50%RH

此偵測作動模組作動方式為：

1. 將模組做動器掛置於中央冷氣出風口，偵測器放置時中控臺上方

2. 開始執行偵測，將偵測到的溫度與濕度以數字的方式即時呈現於 LCD

3. 模組會比對與分析偵測到的數值，並且決定是否要起用作動器

（溫度低於 20 度與高於 24 度，指示燈將會亮起，提醒駕駛人控制空調溫度。濕度低於 45％RH 時，加濕器會作動，將空氣濕度加濕至 50％，當空氣濕度高於 50％RH 時，作動器將會停止，以維持空氣中濕度）

第五章　結論

第一節　結論

本研究經由以上述實驗得出在車廂內開冷氣過久會導致濕度下降、二氧化碳上升導致駕駛人處於不舒適的環境下行駛交通工具，可能造成行車危險與危害其他用路人的行車安全，透過本實驗控制模組，除了可以自動偵測與控制車廂內空氣中的濕度與二氧化碳的含量，也可以立即顯示當下的空氣品質狀況，在溫度上，可以利用簡單易懂的方式提醒駕駛人調整空調溫度。在這樣的情況下，預期車廂內的空氣舒適度將會維持在一定的數值，使駕駛人感到舒適，維持人體理想的身心狀態，進而提升駕駛安全性及用路人安全

第二節　建議

1. 建議可以將整個 ARDUIN 偵測控制模組整線、外觀優化。
2. 可以實施更多次以及更精細的測量，使數值更精確。
3. ARDUINO 程式碼方面，可以多參考網路資料，來熟悉程式碼操作。
4. 選用元件方面，可以再多參考比較，選用較適合整個模組的零件。

參考文獻

溫度及濕度：

[1] 維基百科：https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%B9%BF%E5%BA%A6

[2] 每日頭條：https://kknews.cc/zh-tw/news/k8lnvrq.html

[3] 蘋果日報：
http://www.appledaily.com.tw/appledaily/article/forum/20050910/2040880/

[4] 泛科學：http://pansci.asia/archives/104916

[5] 壹讀：https://read01.com/zh-tw/xaz5n5.html#.WfWKUbpuJPZ

[6] Panasonic：https://pmst.panasonic.com.tw/Air/PSPCKnowledge_list.aspx

[7] 王朝網路：http://tc.wangchao.net.cn/bbs/detail_411443.html

[8] 人民網：http://www.people.com.cn/BIG5/paper503/2746/392865.html

[9] 陽光地帶：http://tw.aboluowang.com/2012/0620/250683.html

[10] 中央氣象局：
http://www.cwb.gov.tw/V7/knowledge/encyclopedia/me013.htm

二氧化碳：

[1] 行政院環保署：https://www.epa.gov.tw/mp.asp?mp=epa

[2] 鴻偉檢測：http://www.homewell.tw/classroom/evn-class/e01-07.htm

[3] TVBS 新聞：https://news.tvbs.com.tw/life/662916

ARDUINO 程式碼：

[1] http://coopermaa2nd.blogspot.tw/2010/12/arduino-lab1-blinking-led.html

[2] http://coopermaa2nd.blogspot.tw/2010/12/arduino-lab2-led.html

[3] http://coopermaa2nd.blogspot.tw/2010/12/arduino-lab3-led.html

[4] http://coopermaa2nd.blogspot.tw/2010/12/arduino-lab4.html

[5] http://coopermaa2nd.blogspot.tw/2010/12/arduino-lab5-led-bar-graph.html

[6] http://coopermaa2nd.blogspot.tw/2010/12/arduino-lab6.html

[7] http://coopermaa2nd.blogspot.tw/2010/12/arduino-sht15.html

[8] http://ming-shian.blogspot.tw/2014/05/arduino19dht11.html

[9] http://k12.camdemy.com/media/10774

[10] https://iot.ttu.edu.tw/2015/11/16/dht11 溫濕度感測器介紹/

[11] http://atceiling.blogspot.tw/2013/04/arduinodht11lcd.html

[12] http://yhhuang1966.blogspot.tw/2015/08/arduino-dht11.html

[13] http://blog.xuite.net/m0923678421/development/540376849-%5B 教學 %5DArduino+CH03-03+DHT11+溫濕度感測+與+電器控制

[14] http://blog.wingzero.tw/2013/05/arduino-detect-temperature-and-humidity.html

[15] http://ohiyooo2.pixnet.net/blog/post/398343103-露點溫度計濕度計製作-%5Barduino%5D-dht11%2C-dht22

[16] http://2013cloud.blogspot.tw/2016/01/dht11i2c-lcd.html

Arduino 模型車自動跟車系統

國立台灣師範大學工業教育學系
指導老師：謝嘉聰副教授
學生：寇毅恩、林君威、王聖傑、王俊傑

摘要

本專題透過程式設計、雷射感測器來控制直流馬達的轉向以及轉速，進而達成「自走車」的功能。使用的程式開發環境為「mBlock」，此軟題專門用於「Arduino」系列的單晶片微控制器之程式開發。單晶片微控制器採用 「mCore」開發板，此開發版在程式設計上更為簡易，省去許多複雜的宣告及定義。

第一章　前言

汽車科技日新月異，未來最大的願景就是能夠達到全自動駕駛，但現在技術仍然不夠穩定，所以自動跟車系統是現在比較普遍的科技，使用此系統仍然需要駕駛人專心駕駛，但能大幅降低在尖峰時段塞車時的疲勞感，目前此科技已經相當穩定，我們希望能透過這次的專題，學習如何使用 arduino 來自己寫出相關程式。

第二章　文獻回顧

第一節　自動跟車系統理論

近年來，車輛的輔助駕駛一直是一個相當夯的話題，以高速公路上長途行駛為例，駕駛者不斷注意與前車的距離，反覆加速、減速動作，長時間集中注意力，其實是一件相當累人的瑣事。因此世界各大車廠 Nissan、Land Rover 與 Volvo 相繼研發出簡便型的定速巡航控制系統註(Adaptive

Cruise Control)，這套系統能幫助駕駛控制與前車距離的電子裝置，可以讓駕駛無須隨時都處於緊繃的狀態，讓長途旅行變得更為輕鬆。在 09 年 Volvo 發表了具自動煞車功能的 City Safety 系統配備車輛，利用雷射測距系統監測距離，除了油門控制之外，煞車系統作動避免碰觸前車與障礙物。藉由此系統可以在意外發生前，先進一步避免意外的發生，並且警告駕駛者注意，此系統絕對比被動安全防護措施要更有效，也更能降低傷害與損失。

第三章　實驗設計

第一節　研究系統

介紹研究系統(設備)：

前車：利用 Makeblock 及 Arduino 模型車來操作

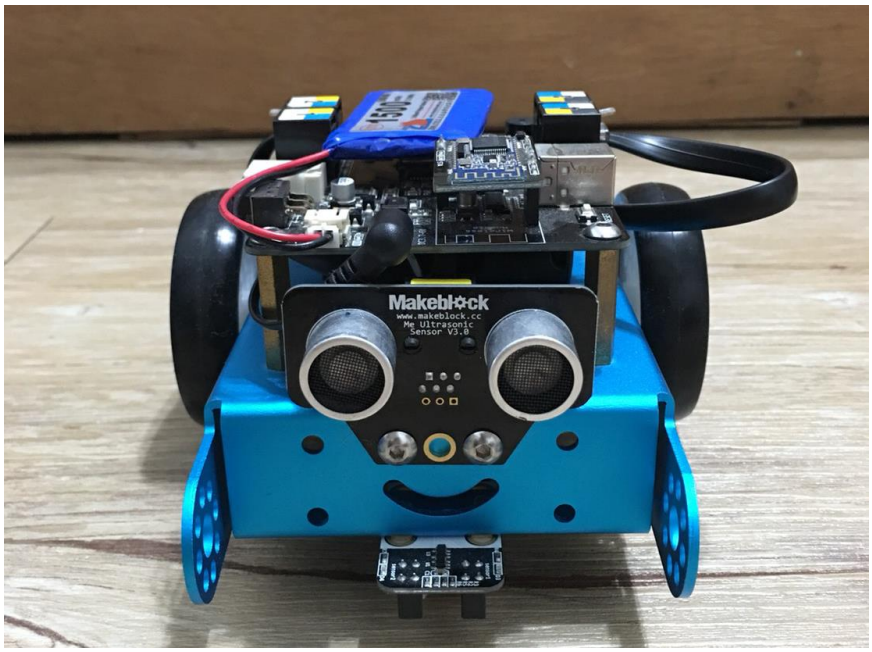


圖 1　Makeblock 模型車(前車)

mBot 是一台多功能的車子，只需透過程式的撰寫就可以控制 mBot。使用 mBlock 2.0 開發環境，它整合了藍牙無線模組、超音波、尋跡紅外線等等

的各式硬體。

mCore(基於 Arduino uno)是一個易於使用的主控板專為 mBot 所設計的。

mCore 集成了各種傳感器， 如蜂鳴器、光線感應器、RGB LED 等等。

前後車皆使用 TT 減速馬達額定為直流 6V，轉速為每分鐘 200 轉。

後車：利用 Arduino uno R3 板配上控制馬達 L298P 模型車接上 Gy53 雷射感測器來操作。

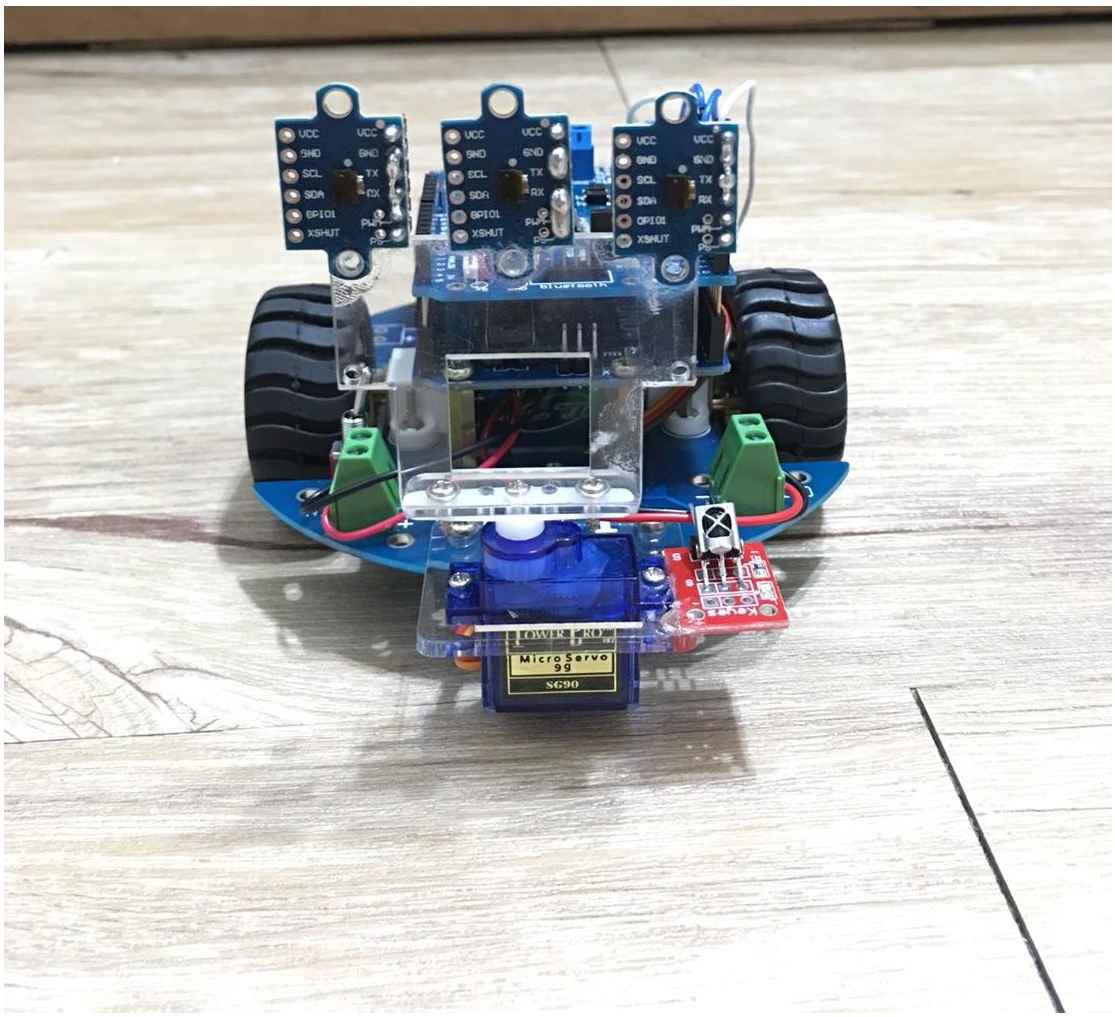


圖 2　Arduino 模型車(後車)

第二節　實驗方法

方法一:

前車: Makeblock 模型車透過輸入 Arduino 程式來控制其「等速前進」、「加速前進」、「減速前進」、「左轉彎」、「右轉彎」的行車動態。

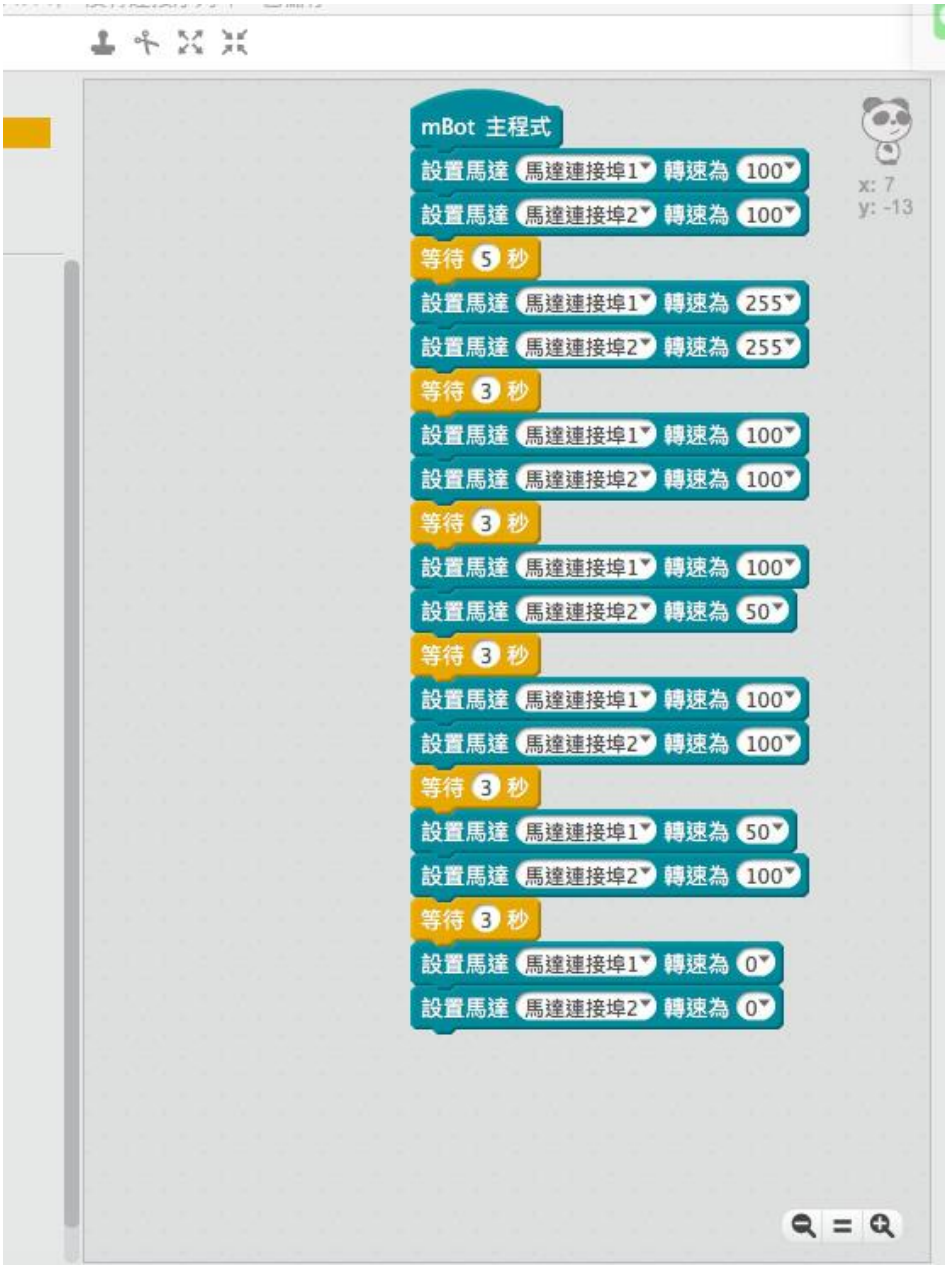
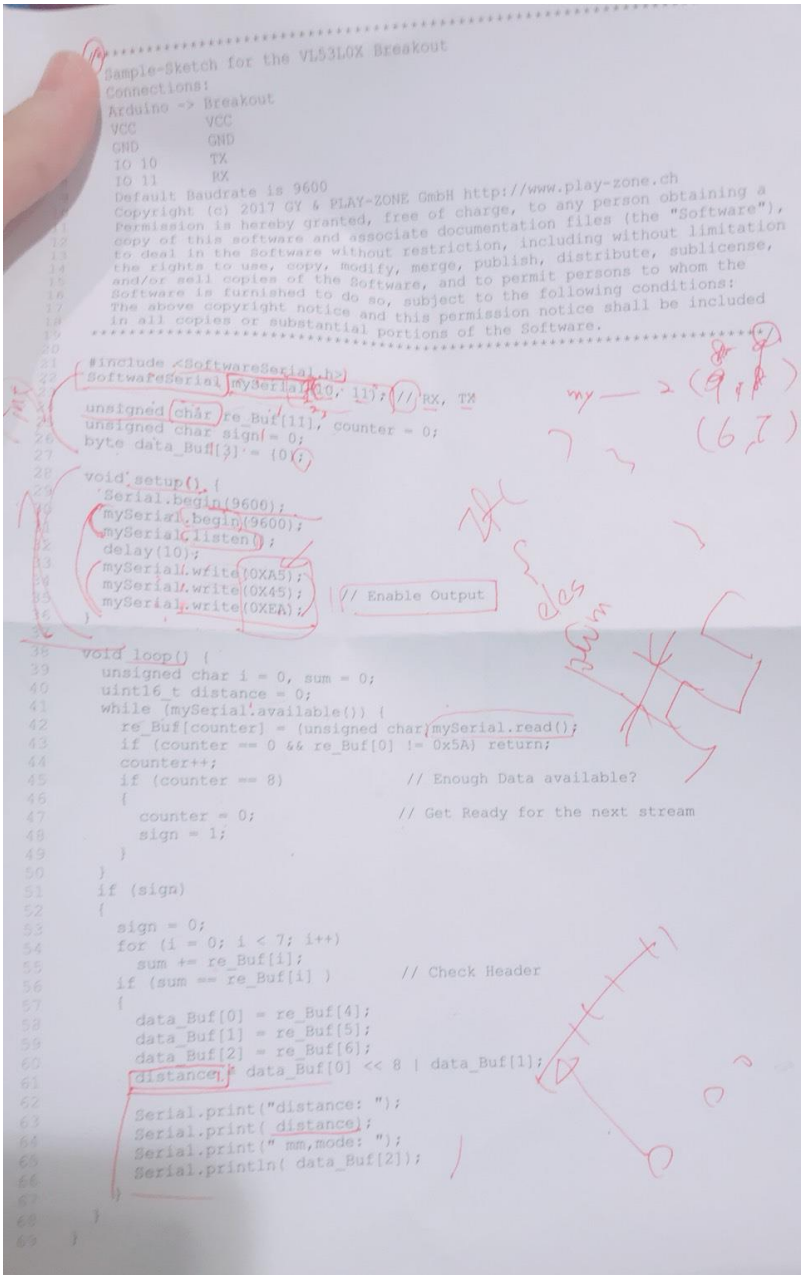


圖 3 前車程式控制碼

方法二:

後車:透過 Arduino read 的功能測試貼上去的 3 個雷射感測器在面對前面一塊平行板子時,數據有多少誤差。後車跟隨前車行進路線前進，後車前端裝設三個雷射感測器，當與前車距離變遠時，後車加速；當與前車距離變近時，後車減速；透過後車前方的三個雷射偵測器回傳數據判斷，當與前車距離左右不同時，後車跟隨左轉彎或是右轉彎。



```
/*********************************************************************
 Sample-Sketch for the VL53L0X Breakout
 Connections:
 Arduino -> Breakout
 VCC        VCC
 GND        GND
 IO 10      TX
 IO 11      RX
 Default Baudrate is 9600
 Copyright (c) 2017 GY & PLAY-ZONE GmbH http://www.play-zone.ch
 Permission is hereby granted, free of charge, to any person obtaining a
 copy of this software and associate documentation files (the "Software"),
 to deal in the Software without restriction, including without limitation
 the rights to use, copy, modify, merge, publish, distribute, sublicense,
 and/or sell copies of the Software, and to permit persons to whom the
 Software is furnished to do so, subject to the following conditions:
 The above copyright notice and this permission notice shall be included
 in all copies or substantial portions of the Software.
*********************************************************************/

#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial mySerial(10, 11);// RX, TX

unsigned char re_Buf[11], counter = 0;
unsigned char sign = 0;
byte data_Buf[3] = {0};

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  mySerial.begin(9600);
  mySerial.listen();
  delay(10);
  mySerial.write(0XA5);
  mySerial.write(0X45);
  mySerial.write(0XEA);
}

void loop() {
  unsigned char i = 0, sum = 0;
  uint16_t distance = 0;
  while (mySerial.available()) {
    re_Buf[counter] = (unsigned char)mySerial.read();
    if (counter == 0 && re_Buf[0] != 0x5A) return;
    counter++;
    if (counter == 8)              // Enough Data available?
    {
      counter = 0;                 // Get Ready for the next stream
      sign = 1;
    }
  }
  if (sign)
  {
    sign = 0;
    for (i = 0; i < 7; i++)
      sum += re_Buf[i];
    if (sum == re_Buf[i] )         // Check Header
    {
      data_Buf[0] = re_Buf[4];
      data_Buf[1] = re_Buf[5];
      data_Buf[2] = re_Buf[6];
      distance = data_Buf[0] << 8 | data_Buf[1];

      Serial.print("distance: ");
      Serial.print( distance);
      Serial.print(" mm,mode: ");
      Serial.println( data_Buf[2]);

    }
  }
}
```

圖 4 後車雷射感測器程式碼

第三節　研究步驟

步驟一：

強化模型車上之螺絲及接線，並在後車車頭焊接上雷射感測器。

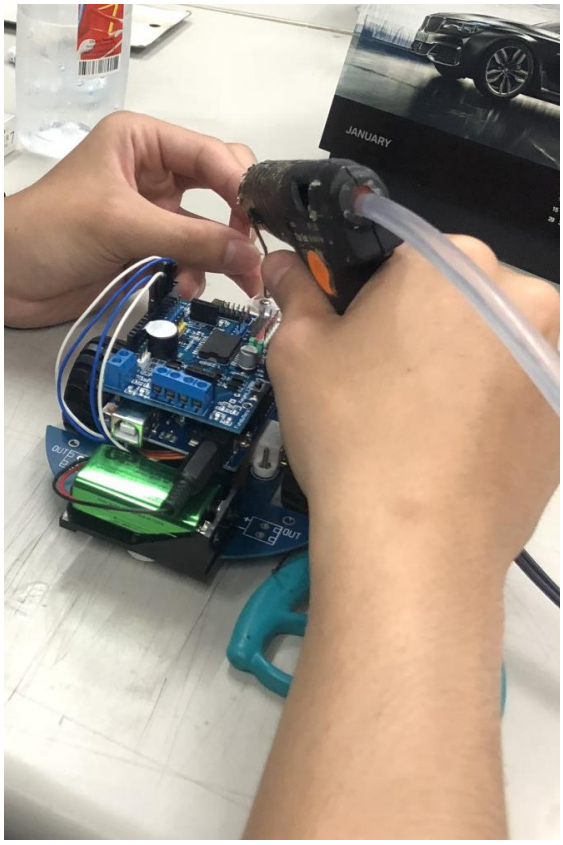


圖 5 後車車頭焊接上雷射偵測器

步驟二：

將前車輸入 Arduino 驅動指令程式，並做測試

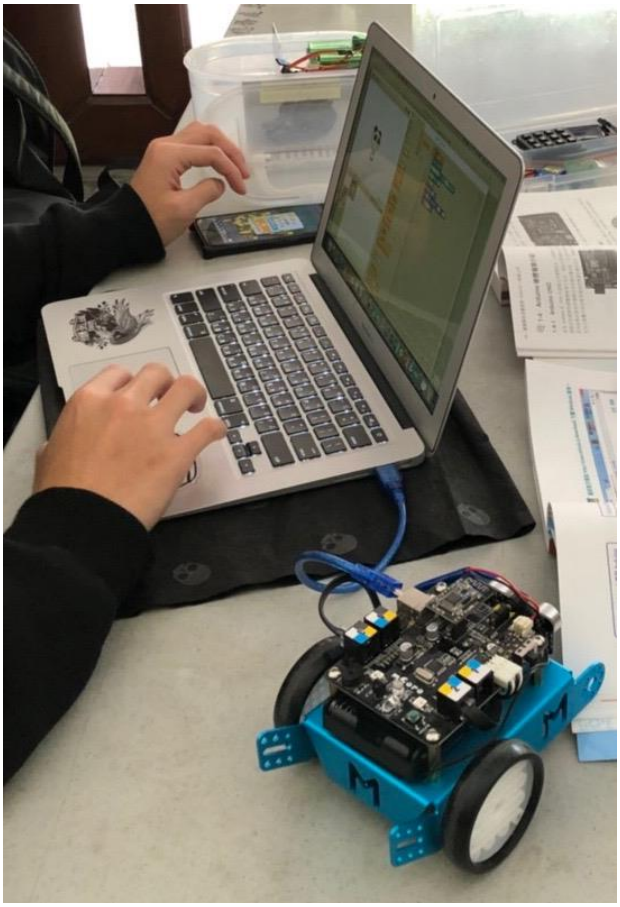


圖 6 將前車輸入驅動指令程式

透過後車車前雷射感測器回傳之訊號，判斷其前車前進方向及距離，轉換為 Arduino 驅動指令程式，並做測試

步驟三：

在一定範圍內，測試前車驅動後，後車跟隨之速度與轉彎角度是否符合本次專題研究標準，針對其所遇到的問題做排除，例如：前車前進速度過快，後車無法順利跟隨、前車轉彎角度過大，後車雷射感測器無法準確判斷其轉向角度，導致 Arduino 控制後車行進路線與預期有所差異。

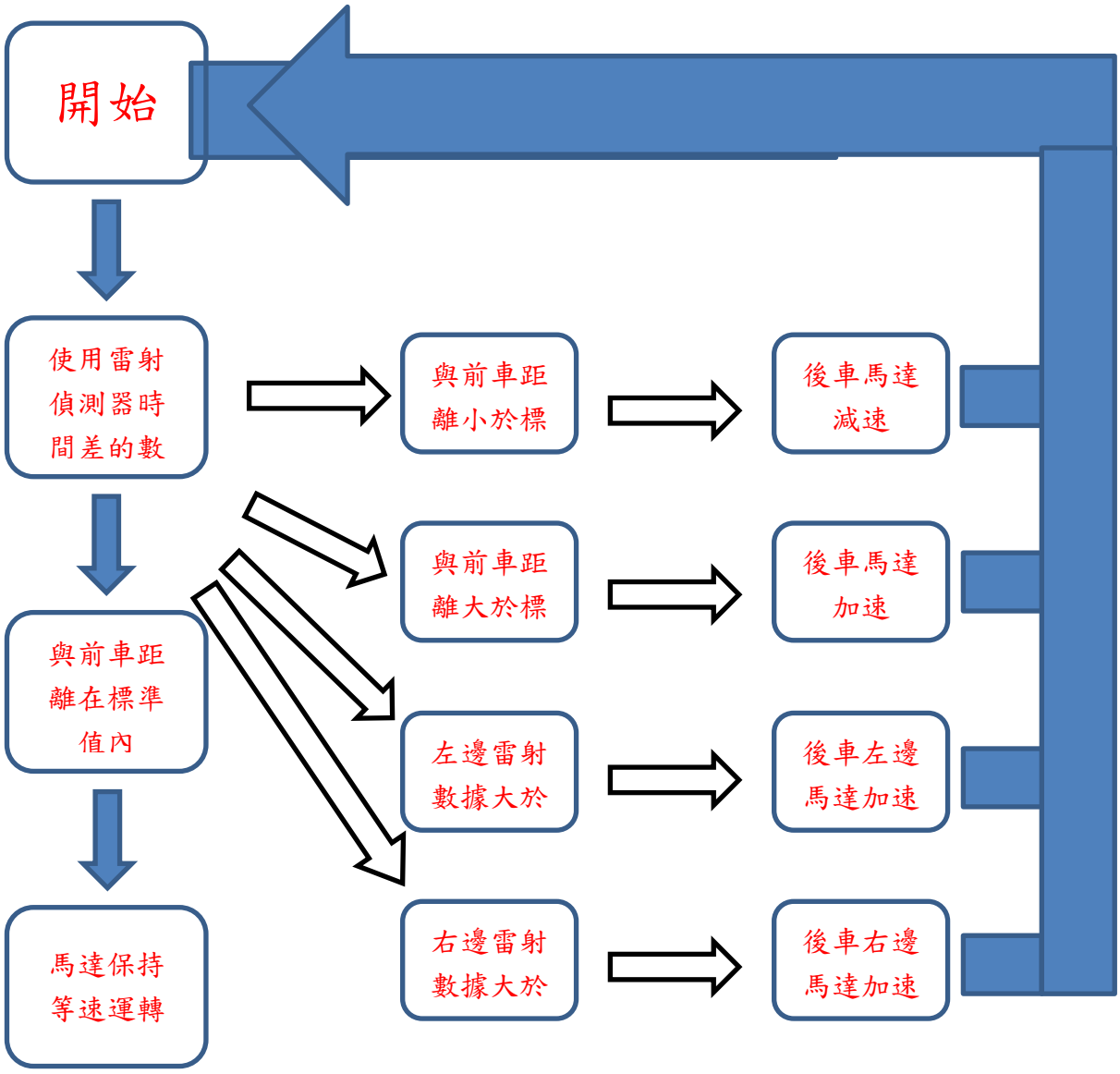


圖 7 實驗流程圖

第四章　結果

在使用 Arduino 的軟體能夠控制兩輛模型車在固定的距離下，讓前車去做出速度的變化以及方向的變化，而後車的雷射偵測前車距離的變化量做出加減速、左右轉的改變。

第五章　結論與建議

第一節　結論

自動控制模型，依照前方兩輛車的相對距離以及速度，判斷各種加速或 是減速的可能，歸納出四種不同狀態下需要使用的模式。所以對加速或是減速的判定，並非如往常在前車較慢就減速，或是前車較快就加速，此傳統人為跟車理論，自動車輛受到前車的刺激可以更多樣、更複雜、 因為其反應時間比人短很多，所以加速或減速並不會符合傳統人為跟車理論的刺激反應方式。

第二節　建議

此控制邏輯仍需要相關硬體配合，且硬體之效能越好或是偵測效率、反應速度越快，對判斷邏輯的正確性也越佳，模式也有很大的改善空間，雖然經過各種情境的測試才得到目前的最佳狀態，但這方面仍有需再加強。

參考文獻

[1] 李春雄(2017)。用 Scratch 與 mBlock 玩 mBot Ranger 機器人。台科大圖書出版社。

[2] 孫駿榮、吳明展、盧聰勇(2012)。最簡單的互動設計 Arduino 一試就上手(第二版)。基峰資訊股份有限公司。

[3] https://github.com/Play-Zone/GY-VL53L0X/blob/master/vl53l0x-uart.ino

雷射感測器參考網址

[4] https://sites.google.com/site/aeroautocar/fu-lu-yi-zi-zou-che-cheng-shi-ma

自走車程式碼參考網址

超低單酸甘油酯生質柴油對引擎油路及機油劣化之影響

國立台灣師範大學工業教育學系
指導老師：林百福教授
學生：吳孟穎、周冠廷、姚智偉

摘要

本專題為超低單酸甘油酯生質柴油對引擎內部機油劣化的影響。研究內容正如題名，探討超低單酸甘油酯生質柴油，本次使用的是承德公司生產之 B100 生質柴油，對柴油引擎內部機油劣化之影響，針對機油黏稠度作為探討，而相較於高單酸甘油酯生質柴油或一般超柴對引擎機油的影響作比較。得出本次研究之結論。

第一章　前言

第一節　研究背景和動機

延續追蹤前年劉傑安、吳聿凱、張毅豪三位學長的研究，並新增承德Ｂ１００對機油劣化的狀況追蹤。並將這次的研究範圍縮小至對機油劣化的影響量化評估，確定生質柴油對機油的影響。

第二節　研究目的與方法

持續追蹤車輛保養柴油芯及機油芯、換機油時的機油劣化狀況，並檢查油芯及油路是否有堵塞的狀況發生。需要長時間的做追蹤。追蹤車輛為商務柴油轎車。於每四萬至六萬公里更換一次柴油芯，行駛一萬公里更換機油濾芯，做內部皂化物追蹤。更換機油時追蹤機油黏度是否劣化。

第二章　文獻回顧

第一節　生質柴油承德 B100 是什麼？

承德油脂公司所自製的精煉廢食用油甲酯生質柴油，是將純酯化後的

廢食用油甲酯生質柴油，再經蒸餾後而得到的精煉廢食用油甲酯生質柴油，此精煉廢食用油甲酯生質柴油能大幅度的減低，純酯化後廢食用油甲酯生質柴油中單、雙、三、游離和總等的甘油酯含量，又其中尤以危害車用柴油引擎燃料系統堵塞，最為嚴重的單甘油酯含量的減低效果最為顯著。此數據我們自下圖中的比較即可得知：

% (m/m)	台灣CNS15072	歐盟EN12414	承德B100
單甘油酯含量	Max0.80%	Max0.40%	0.10%
雙甘油酯含量	Max0.20%	Max0.20%	＜0.10%
三甘油酯含量	Max0.20%	Max0.20%	＜0.10 %
游離甘油酯含量	Max0.02%	Max0.02%	0.018 %
總甘油酯含量	Max0.25%	Max0.25%	0.043%

第三章　實驗設計

第一節　機油追蹤

由於廠商追加對機油劣化的追蹤，故預計於民國 106 年 12 月開始追蹤，追蹤方法為每一萬公里保養時追蹤一次，檢測油路及機油的劣化狀況。

第二節　柴油追蹤報表

係詳載實驗用 BMW 520D 車輛的所有追蹤紀錄事實，該車自民國 103 年出廠起至 104 年 3 月 3 日止，已行駛總里程數 55,987 公里是使用市售超級柴油，又自 104 年 3 月 3 日起開始使用超低單甘酸油酯精煉生質柴油。另於同年同月 9 日進行六萬保養時已行駛總里程數 60,069 公里(行駛里程數 4,082 公里)，更換柴油濾芯/機油濾芯時無異常發生。該車自六萬公里保養後，一直到 105 年 3 月 24 日止已行駛總里程數 123,038 公里(行駛里程數共 67,041 公里)，故行駛里程數已達到每六萬公里更換柴油濾芯的保養時間。後續也在 107 年 6 月 1 日止為行駛總里程數 265,922 公里，該車的二十六萬公里(行駛里程數共 209,935 公里)，另有關該車燃料系統內的噴油嘴、柴油濾芯、油箱內部及管路等的檢查，將個別分述如下。

日期	總里程數 (km)	行駛里程數(km)	備註
105/05/10	127,269	4,231	無異常發生。
105/06/12	130,724	3,455	十三萬公里保養。更換柴油濾芯/機油濾。
105/08/15	135,987	5,263	無異常發生。
105/09/05	141,111	5,124	十四萬公里保養。更換柴油濾芯/機油濾。
105/10/06	146,032	4,921	無異常發生。
105/11/10	151,017	4,985	十五萬公里保養。更換柴油濾芯/機油濾。
105/12/16	156,230	5,213	無異常發生。
106/01/08	161,613	5,383	十六萬公里保養。更換柴油濾芯/機油濾。
106/03/12	166,817	5,204	無異常發生。
106/04/30	171,901	5,084	十七萬公里保養。更換柴油濾芯/機油濾。
106/06/18	177,183	5,282	無異常發生。
106/07/13	182,632	5,449	十八萬公里保養。更換柴油濾芯/機油濾。
106/11/13	239,990	57,358	二十四萬保養更換柴油芯/機油芯，燃料系統等無異常發生。
106/12/27	245,166	5,176	無異常發生。
107/02/08	250,169	5,003	二十五萬保養更換柴油芯/機油芯，燃料系統等無異常發生。
107/03/15	255,165	4,996	無異常發生。
107/04/19	260,328	5,163	二十六萬保養更換柴油芯/機油芯，燃料系統等無異常發生。
107/06/1	265,922	5,594	無異常發生。

第三節　柴油芯分解

將該車的柴油濾清器切開分解，徹底檢查其內部的柴油濾芯、濾芯底端、濾芯芯座及柴油濾清器外殼內壁及底部有無異物堵塞或殘留，並與使用市售超級柴油的柴油濾清器做一比較。下圖所示為超低單酸甘油酯精煉生質柴油之柴油濾清器的二十五萬公里濾芯。

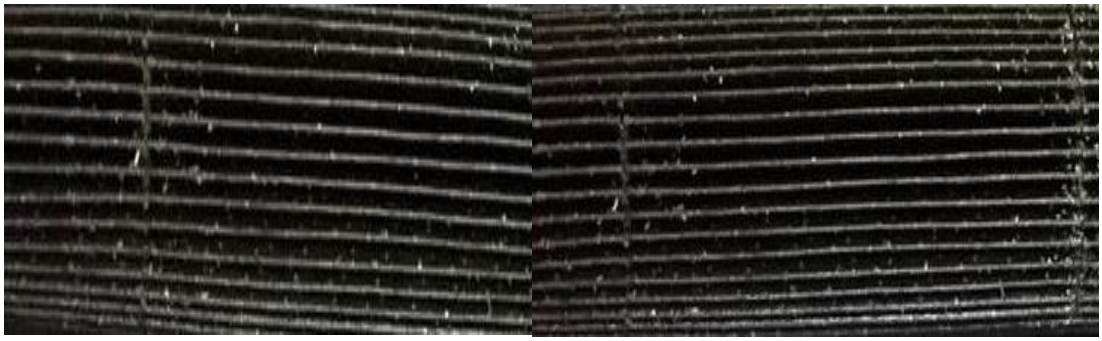


圖 1　使用超低單甘酸油酯精煉生質柴油二十五萬公里

係使用不同油品之柴油濾芯底端及柴油濾心底座有無異物堵住或殘留之比較。未發現有使用超低單甘酸油酯精煉生質柴油如圖，或使用市售超級柴油如圖的柴油濾芯底端或柴油濾芯底座有異物堵住或殘留。

圖 2　使用超低單甘酸油酯精煉生質柴油二十五萬公里

圖 3　使用不同油品的柴油濾芯底端二十五萬公里

第四節　檢查油箱內及管路

係實驗用車輛的油箱內部管路有無異物堵住或殘留的檢查，並用對照圖來比較。如圖所示出回油管座處的管路及燃油泵浦、回油管內側和出油管前端濾網都未發現有任何的異物堵住或殘留等跡象發生。

圖 4　二十五萬公里的出回油管座處的管路及柴油泵浦

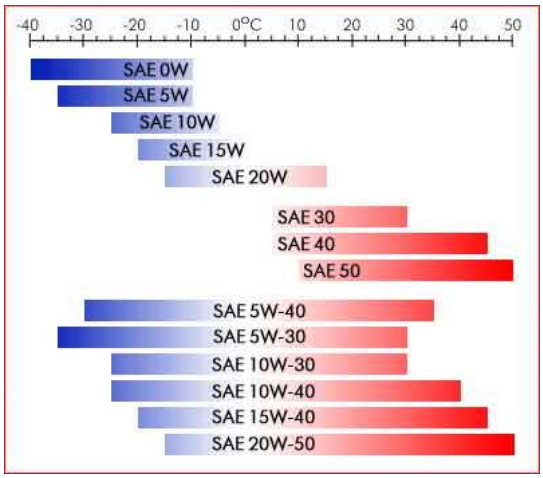
圖 5　二十五萬公里的回油管內側

第五節　機油黏度等級

機油黏度目前世界各國皆以美國汽車工程師協會(Society of Automotive Engineers,簡稱 SAE)所制定的 SAE J 300 為標準， 此規範以引擎的低溫及高溫工作狀態為主要的標示重點。

低溫時，測定機油的低溫啟動能力(Cold Cranking)及低溫泵送能力(Cold Pumping)，確保在特定溫度時的機油黏度足以啟動引擎並可被機油泵浦適當的壓送到各部組件潤滑，符合該測試黏度者，則以該黏度等級加上 "W" 字體標示，如 SAE 10W。

高溫時,則以 100℃ 時的運動黏度(Kinematic viscosity)以及 150℃ 時的高溫高剪應力(HTHS)黏度為分級基準，符合該黏度範圍者，則直接以該黏度等級標示，如 SAE 30、SAE 40 等。



SAE J 300 黏度等級

SAE J 300 規範各黏度等級在特定溫度下應有的黏度基準如下:

SAE J300 黏度等級							
SAE 黏度等級	低溫區				高溫區		
	Cold Cranking 低溫啟動能力		Cold Pumping 低溫泵送能力		100°C Kinematic viscosity 100°C 時的運動黏度		150°C HTHS 150°C 高溫高剪應力黏度
	Maximum 指定溫度下，黏度不超過:		Maximum 指定溫度下，黏度不超過:		Minimum 黏度不低於	Maximum 黏度不超過	Minimum 黏度不低於
	cP	°C	cP	°C	cSt	cSt	cP
0W	6,200	-35	60,000	-40	3.8	-	-
5W	6,600	-30	60,000	-35	3.8	-	-
10W	7,000	-25	60,000	-30	4.1	-	-
15W	7,000	-20	60,000	-25	5.6	-	-
20W	9,500	-15	60,000	-20	5.6	-	-
25W	13,000	-10	60,000	-15	9.3	-	-
20	-			-	5.6	<9.3	2.6
30	-			-	9.3	<12.5	2.9
40	-			-	12.5	<16.3	2.9 (0W-40, 5W-40, 10W-40)
40	-			-	12.5	<16.3	3.7 (15W-40, 20W-40, 25W-40, 40)
50	-			-	16.3	<21.9	3.7
60	-			-	21.9	<26.1	3.7

第五章　結論與建議

第一節　結論

經過研究過程的持續追蹤，仍然沒有發現引擎內部受到生質柴油影響造成皂化物堵塞的問題，而機油在研究過程中與一般加超級柴油之車輛比較也尚未發現黏度降低之現象。

第二節　建議

建議未來若有學弟妹繼續進行追中，要花更多的時間記錄資料。由於車輛行駛里程在定時間內有限，能夠得到的數據相對受到限制。因此期許未來能夠繼續追中，並將機油黏度劣化量化做成趨勢圖，將更加明確了解生質柴油是否造成影響。

參考文獻

[1] 潤滑油機油代理商－Agosto Chemtech（文件登載日期不詳）。機油黏度等級【線上論壇】。檢自 http://www.agosto.com.tw/information.aspx?cid=9（民國 107 年 5 月 28 日）

冰熱兩用袋

國立台灣師範大學工業教育學系
指導老師：鄧敦平教授
學生：吳尚修、林裕順、邱柏勛、沈國源

摘要

本專題為冰熱兩用袋，顧名思義就是設計一個袋子，裡面裝水，然後透過致冷晶片正接降溫反接升溫的效果，讓水在致冷晶片以及袋子間循環，得以降溫或者升溫，達到我們所需要的效果，其中我們有使用繼電器以及開關，讓使用者只要簡單撥一下開關，就可以切換正反轉，也就是可以自己決定冰敷或熱敷，而我們也有使用溫控開關，由於晶片過熱內部結構會損壞，所以在熱敷溫度上我們有做一些控制與限制，防止溫度過高造成的損壞，另外在於冰敷袋方面，我們也有設計快速接頭，就是希望使用者在使用時可以帶著自己的袋子，就可以接上我們的接頭，達到現在人所追求的便利性。

第一章　前言

第一節　研究背景和動機

本專題小組選擇一個最實際、最符合我們一開始對專題的想法，成品，首先想到的就是使用致冷晶片製作小型的行動冰箱，但是顧慮到現在這種小型的冰箱這麼多，且與其他市面上的沒什麼兩樣，在於效率、外觀以及便利性之中都較差，所以打消了這個念頭，這幾天當中，其中一位組員不小心在樓梯間踩空，導致腳踝嚴重扭傷無法走路需要冰敷，這時候就萌生了利用致冷晶片製作一台冰敷機的念頭，於是就與專題老師討論，老師建議我們可以加熱敷的功能，因為只要反接就可以由冰轉熱了，所以我們的題目與方向就此訂定了。

第二節　研究目的與方法

研究，是用主動和系統方式的過程，是為了發現、解釋或校正事實，或把這樣事實、法則或理論作出實際應用，而本研究的目的有三點，一就是想藉由這次的機會更深入去了解致冷晶片，並且應用，二為藉由致冷晶片的特性,去達成我們預期的冰熱敷效果,三則是如何讓本產品具有特色，並且方便且快速地使用。本研究方法分為搜集資料，比對資料並且求證資料正確性，還有實作，最重要的部分為實作，實作的過程中會衍生許多額外的問題，而如何使用資料去解決才是最重要的，解決後再將這些問題紀錄，方便往後做更近一步、深入的研究。

第二章　文獻回顧

第一節　致冷晶片

TEC 全名為 Thermoeletric-Cooler chip，或稱 Peltier 致冷器，是一個固態熱泵運用 Peltier 效應來做熱能移動。致冷晶片由眾多的 N 型和 P 型半導體之顆粒串連排成的電偶對，再輸入直流電就會造能產生溫差，即有能量轉移的效果。假設電流方向由 N 型流到 P 型，端面皆會吸收熱能，即成為冷面;若將電流方向反接就變成電流由 P 型流到 N 型,端面接頭釋放熱能，使原來冷端變成熱端。如此冷熱交錯可以稱之為可逆過程，讓致冷晶片可以將熱源冷卻到低溫；或是將低溫快速升溫的特性。除此之外也能輸入不同的電量來控制冷端的熱吸收量[1]。

第二節　致冷晶片基本介紹

致冷晶片型式眾多，而編號是由特定規範來編製以，TEC1_12705TT 舉例來說明[2]:

1. TE:為 Thermoelectric 的簡稱，意為熱電致冷晶片。

2. C:為 Ceramic 的簡稱，意為陶瓷表面。有些時候此處為 S，意為小型晶

片。晶粒的長與寬尺寸<１mm 就歸類為小型晶片。

3. 1:為層級數

4. 127:為晶粒 P 型及 N 型的總對數

5. 05:最高工作電流值。如果第二項的代號為 S，則最後一位數字之前，有一小數點。

6. TT:外表面狀態。TT 為雙表面金屬化，T 為單表面金屬化。不表示為無金屬化。

(1)致冷晶片很怕水氣。如果水氣進入晶片內部，會在晶片冷面部位結露。結露不僅降低致冷能力，也會腐蝕晶片。因此有些晶片是有經過防潮密封的加工步驟。通常是在晶片的四周塗上一圈密封膠，以防水氣進入。另有一種步驟，是把晶片在防水漆中浸泡一遍。不管採用那一種步驟，晶片的致冷能力會降低。因為沒有任何一種密封膠或防水漆是百分之百的隔熱。晶片熱端陶瓷板的熱能，會透過密封膠或防水漆回流到冷端陶瓷板這一邊。你須要評估致冷晶片使用的場合，而決定是否採用帶有防潮密封的晶片。

(2)一般致冷晶片厚度公差為±0.1mm。若有２片以上要共用一組散熱器及集冷器，厚度公差以不超過±0.02mm 為宜。購買時要認清楚。

(3)致冷晶片承受壓力的範圍為 150psi 至 300psi。壓力太低，會造成面與面接觸不良。壓力太大，會壓壞晶片。

(4)如果晶片左右兩旁各鎖一個螺絲。這兩顆螺絲點所連成的直線，要與散熱器或集冷器上的鰭片同一個方向。如此散熱器或集冷器才不易變型彎曲。螺絲鎖好之後，隔時或隔日再重新檢查一遍螺絲的扭力。這一點非常重要。

(5)製造晶片所使用的銲錫為低融點銲錫(例如 138℃)。測試晶片功能，熱面一定要有散熱器。不然熱面溫度便很容易超過銲錫融點。有的晶片本身不附帶電源線，如要銲接電源線，不可使用高融點銲錫(例

如 180℃)。

第三節　TEC 優缺點比較

本專題製作時，考量到產品效能，因此採用致冷晶片而不是壓機，在此主要針對致冷晶片來做優缺點比較。

優點：

1. 體積小
2. 能精準控制溫度
3. 高度的可靠性:無運動不件，因此不容易損壞，壽命可以達 20 萬小時，失效率低。
4. 無噪音
5. 環保節能:無冷媒和壓縮機，可以挑自己適合的致冷晶片使用。
6. 可以控制加熱及冷卻:利用電流正反接控制
7. 能針對特定元件冷卻
8. 易維修、壽命長:為固態元件，無運動也無循環流體，因此維修容易
9. 不受重力影響:不須流體，因此不受重力限制，在航太設備或太空艙等設備非常適用。

缺點:

1. 單價高
2. 效率低:效率在 40%~50%，壓縮機則可以到 90%以上)
3. 散熱不易:容易過熱燒毀

表 1

致冷晶片的優缺點

優點	缺點
1.體積小 2.溫度易控制 3.高度的可靠性 4.安靜 5.環保節能 6.冷熱雙向作用特性 7.適合局部冷卻 8.易維修壽命長 9.不受重力方向影響	1.價格高 2.效率低 3.散熱不良

第四節　產品的運用

在日常生活常運用到，如軍事、航太或是發明物，如可調溫的保溫瓶、機車坐墊、移動式冰箱等，而我們做的是冰熱敷袋。設計理念以製作醫療器材為目的，想做一個能隨時移動的冰熱敷袋，照顧到在外地受傷的人。而當初在考慮用致冷晶片和壓縮機時，則考慮到體積及能源問題，而且致冷晶片容易取得，因此採用體積小，也較環保的致冷晶片。

表 2

致冷晶片各型號比較[3]

型號	熱面溫度27℃ 測試空間狀態:大氣				尺寸(mm)
	最大電流 I max(A)	最大溫差 DT max(C)	最大電壓 V max(V)	最大致冷力 Q max(W)	長X寬X高
TEC1-127.05	5.0	68	15.4	44.5	40*40*4.2
TEC1-127.06	6.0	68	15.4	53.3	40*40*3.8
TEC1-127.07	7.0	68	15.4	62.2	40*40*3.8
TEC1-127.08	8.0	68	15.4	71.1	40*40*3.8
TEC1-127.09	9.0	68	15.4	80.1	40*40*3.6

而致冷晶片有非常多種型號，我們採用的是 TEC1_12706 這型號，主要選用條件是價錢，10706 市面上常見而且便宜，而性能方面我們這次沒有特別的研究，因為這次專題是以創新商品來製作，而且研究發現致冷晶片的製冷效率不會因為不形容號有重大影響，影響主要因素是散熱問題，若散熱做得很好，效率一定會很高，因此不會特別考慮細節。

第三章　實驗設計

第一節　研究系統

壹、工作原理：

(1)利用熱電晶片當作冰/熱水機致冷、加熱的元件

(2)利用水冷散熱，提高晶片的效率

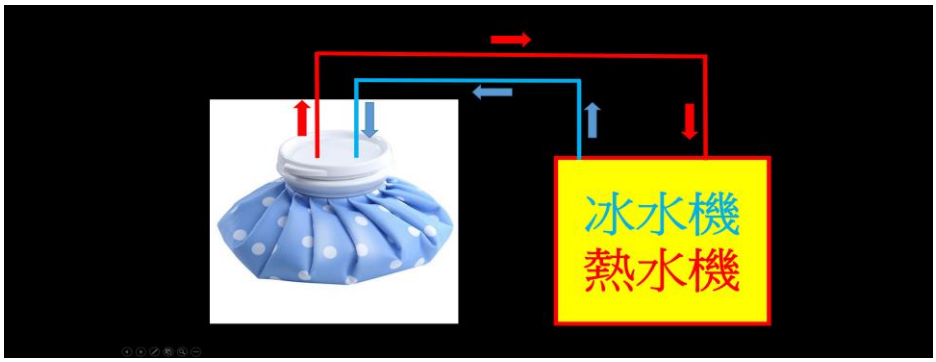


圖 1 系統示意圖

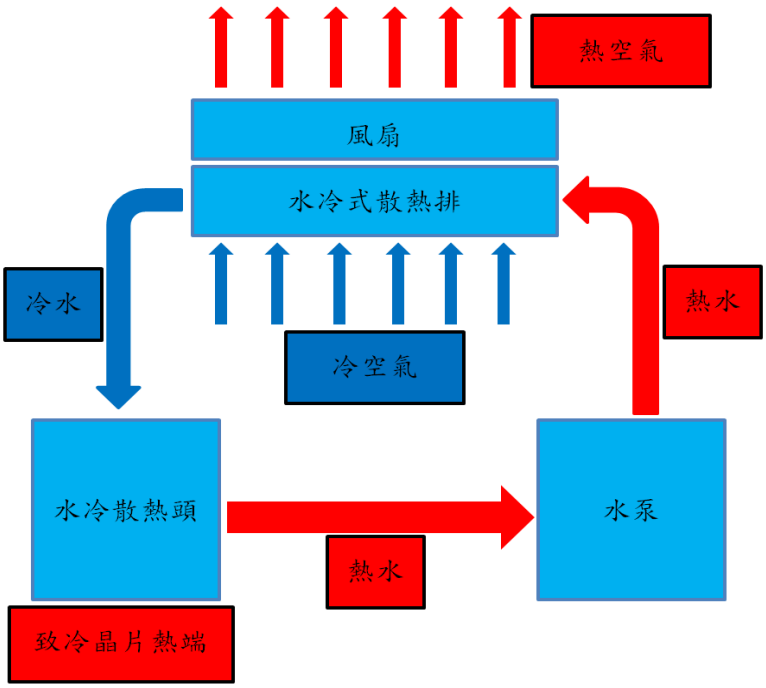


圖 2 水冷散熱工作圖

第四章　結果與討論

第一節　熱電晶片無載溫度測試

壹、實驗條件

(1)4個 TEC1-12706，12V 供電，總電流16A

(2)24cm*24cm 的水冷散熱面積

(3)環境溫度29度（攝氏）

(4)測試時間30分鐘

貳、實驗數據

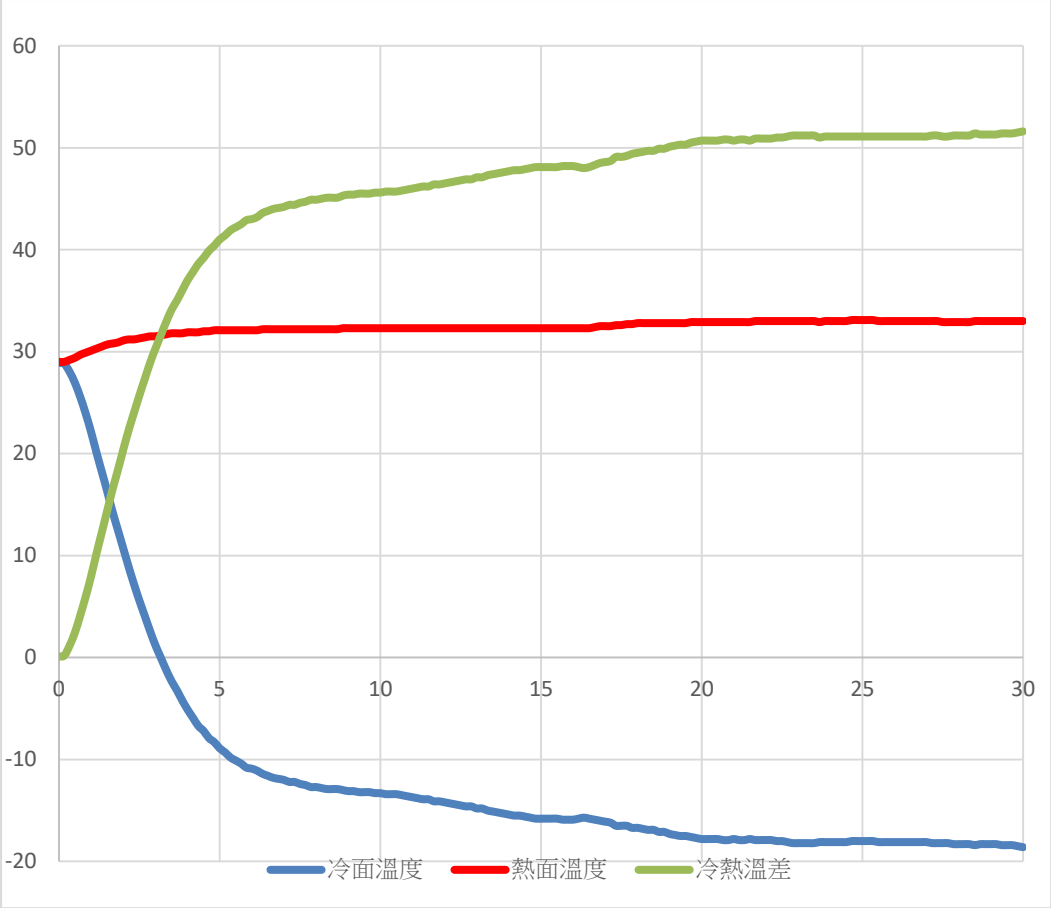


圖 3 熱電晶片熱面溫度與冷面溫度與溫差圖表

第二節　冰水機溫度測試

壹、實驗條件

(1)4個 TEC1-12706，12V 供電，總電流16A

(2)冰水水量1L

(3)24cm*24cm 的水冷散熱面積

(4)環境溫度25度（攝氏）

(5)測試時間60分鐘

貳、實驗數據

C：冰水溫度(攝氏) H：散熱溫度(攝氏)

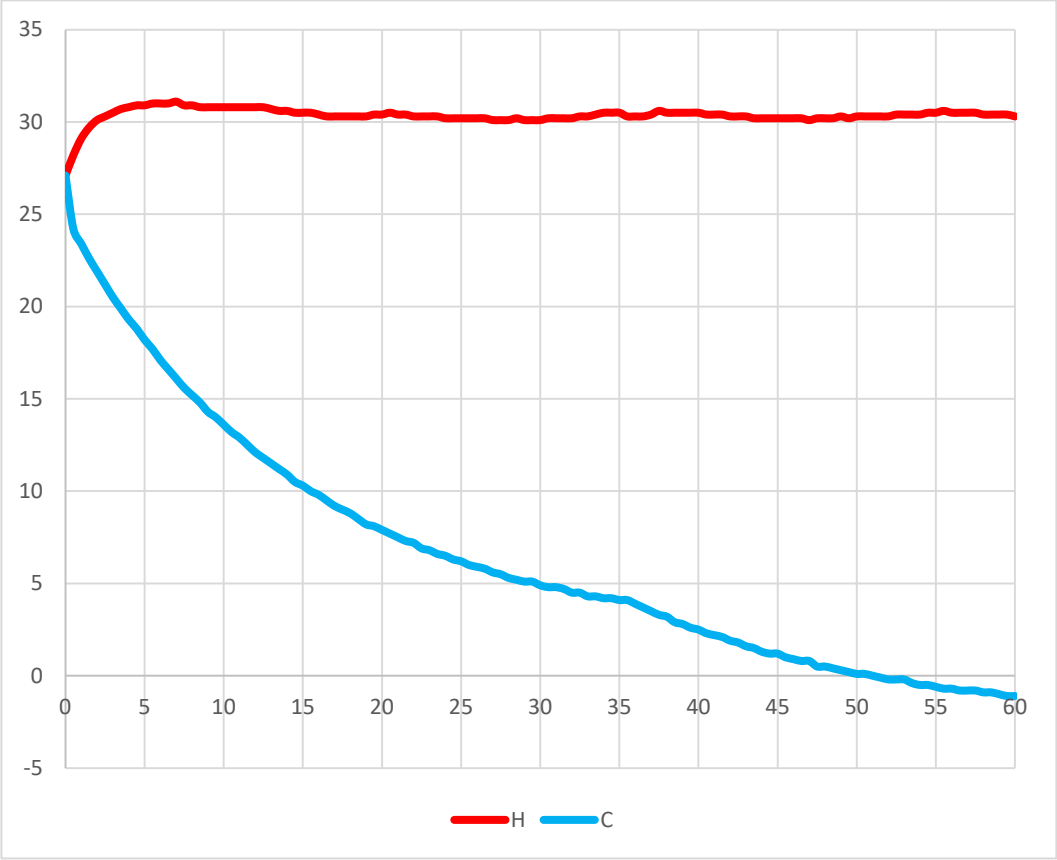


圖 4 冰水溫度與散熱溫度圖表

第三節　熱水機溫度測試

壹、實驗條件

(1)4 個 TEC1-12706，12V 供電，總電流 16A

(2)熱水水量 0.4L

(3)24cm*24cm 的水冷散熱面積

(4)環境溫度 25 度（攝氏）

(5)測試時間 5 分鐘

貳、實驗數據

H：熱水溫度(攝氏) C：散熱溫度(攝氏)

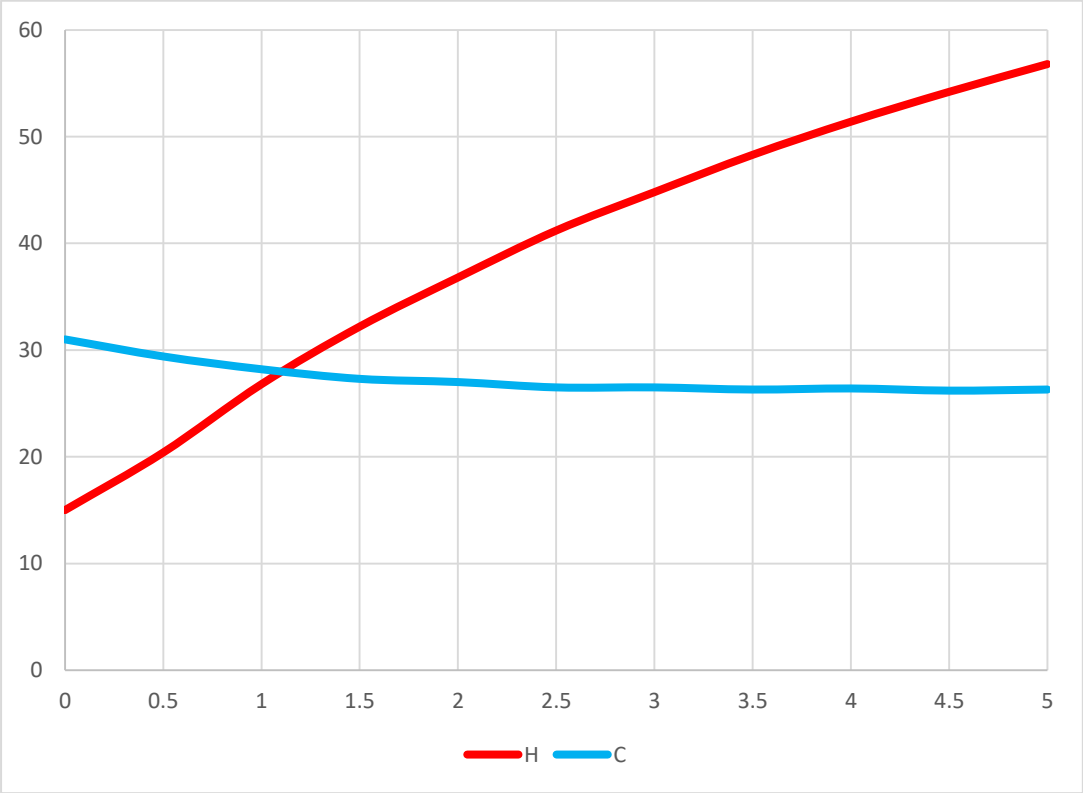


圖 5 熱水溫度與散熱溫度圖表

第四節　熱水機加上溫度開關溫度測試

壹、實驗條件

(1)4個 TEC1-12706，12V 供電，總電流16A

(2)熱水水量0.4L

(3)24cm*24cm 的水冷散熱面積

(4)環境溫度25度（攝氏）

(5)測試時間20分鐘

(6)溫度開關50度 OFF，40度 ON(攝氏)

貳、實驗數據

H：熱水溫度(攝氏) C：散熱溫度(攝氏)

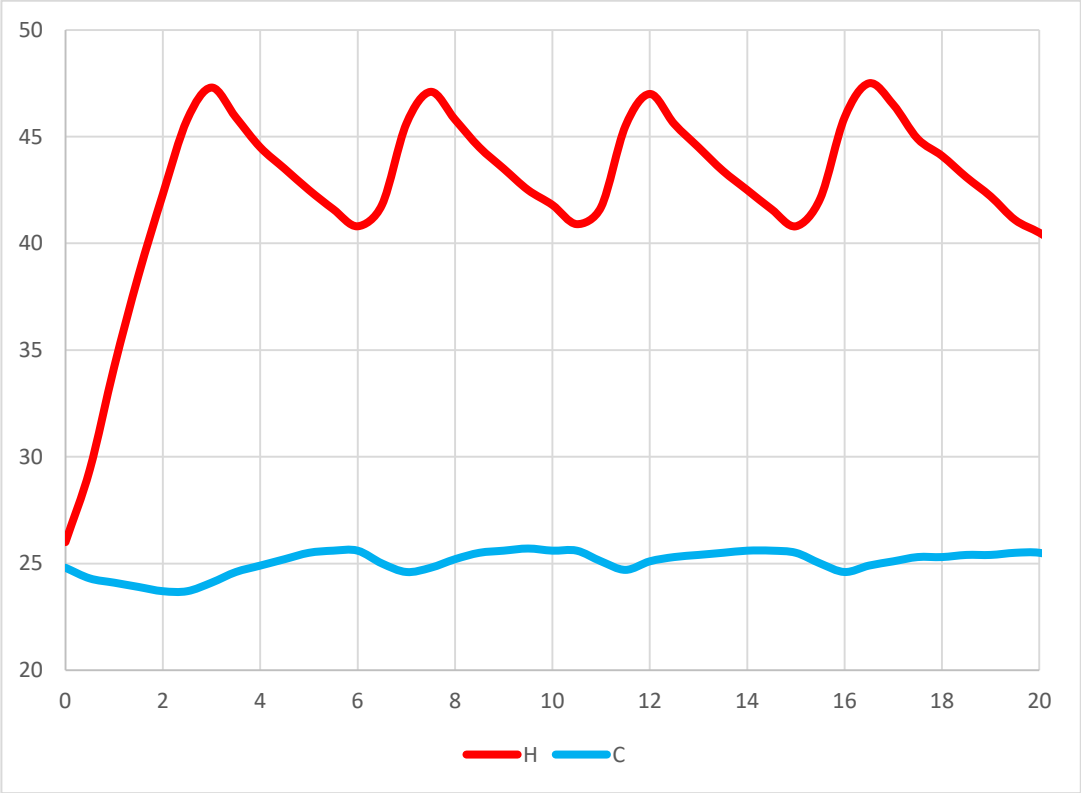


圖 6 加上溫度開關的熱水溫度與散熱溫度圖表

第五節　效率測試

壹、冰水機 COP 計算

(1)每0.5分鐘的耗電量=12*16*30*0.24=1382.4(cal)

(2)每 0.5 分鐘水散失的熱量=H*M*ΔT=1*1000*ΔT(cal)

(3) COP= 單位時間內 冷凍能力/耗電量

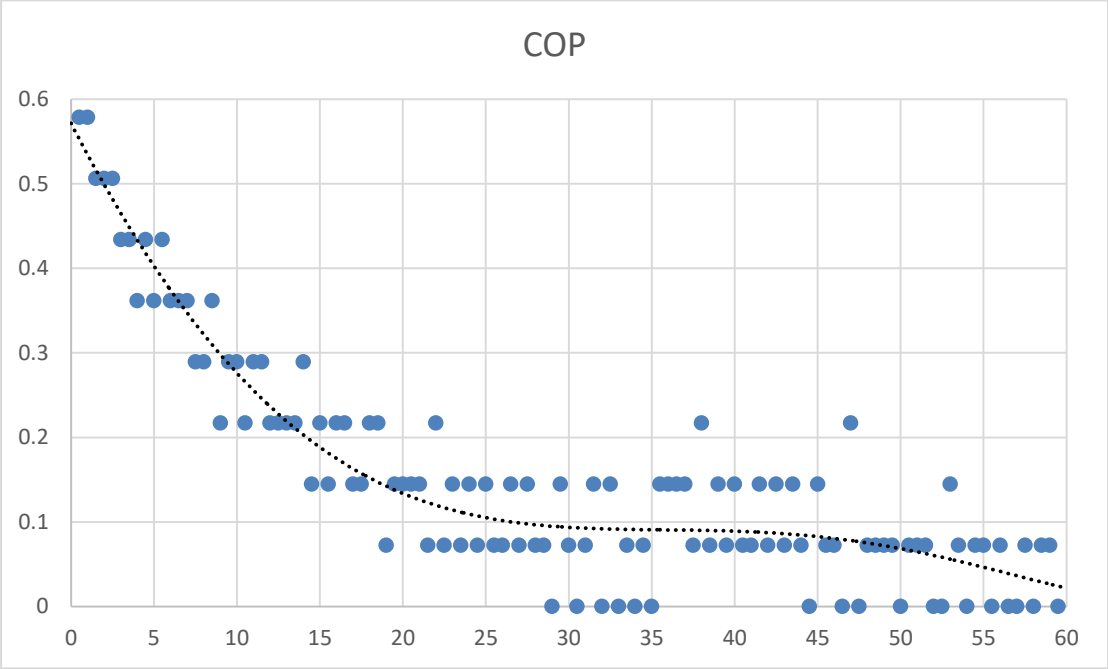


圖 7 時間與冰水機 COP 變化圖表

貳、熱水機 COP 計算

(1)每0.5分鐘的耗電量=12*16*30*0.24=1382.4(cal)

(2)每0.5分鐘水吸收的熱量=H*M*ΔT=1*400*ΔT(cal)

(3)COP= 單位時間內 加熱能力/耗電量

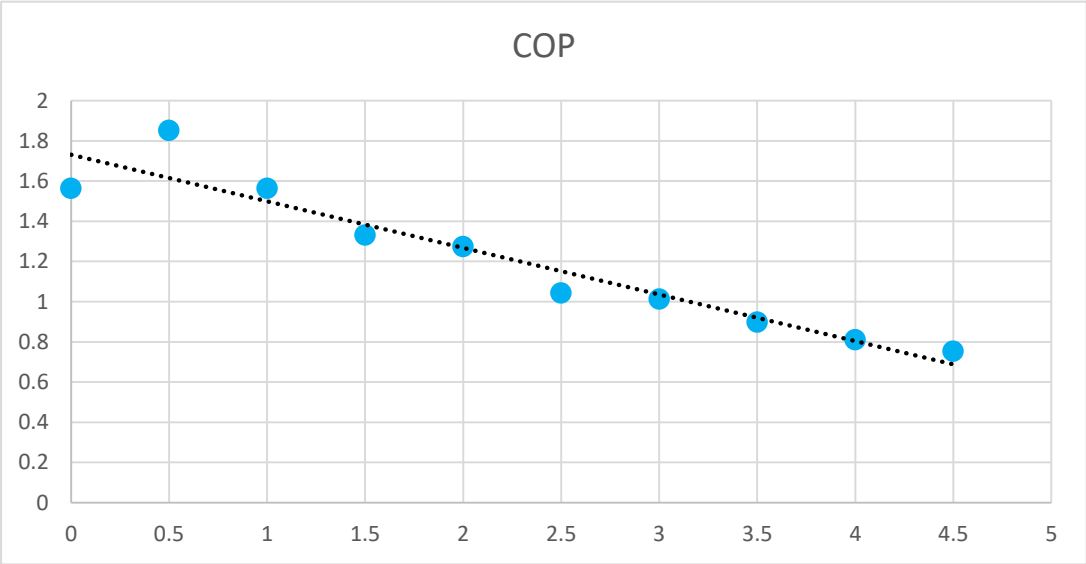


圖 8 時間與熱水機 COP 變化圖表

第五章　結論與建議

第一節　結論

本專題成功開發成具有溫控冷熱兩用冰敷袋，由構想到完成，本組歸結出以下六點：

一、需要考慮到環境溫度因素，故周圍環境溫度高低都會影響到本作品的效率。

二、開機一段時間後，水會開始有冰晶出現最後結成冰塊，造成水泵無法抽水，這時除了可以用溫控解決此問題之外，也可以在水裡加一些抗凍劑，讓水一直保持在液體的狀態。

三、散熱端也要夠強才行，不然熱交換不夠快的話，致冷片又容易損壞。

四、鋼杯所裝的液體容量為致冷晶片的負載，所以負載的大小也直接影響溫度上升或下降的關鍵，故負載多需要等待的時間也就增多。

五、將主機以及冰敷袋接上用氣壓快速接頭，來達到更換快速方便搬運的目的。

六、水管可以改細一點，在使用上比較能拉伸，但管壁要厚一點，降低破裂可能。

起初以致冷晶片為主軸去討論最能凸顯致冷晶片優點的作品，考慮到雖然製冷晶片比壓縮機效率來的低，成本相對較高，但有體積小又能精準溫控的優點，且可冷熱一體兩用，很適合運用在醫療方面，不僅限於普遍的運動傷害，隨著平均壽命提高，苦受腰痠背痛的老年人所需要冷熱敷來紓壓的需求也逐年提升，且在醫療方面更著重於結果與目的，致冷晶片效率和成本低的缺點暫可忽略，熱電致冷晶片的應用在市場上有其獨特的定位，目前應用最普遍的產品包括小冰箱、化妝品保存櫃、紅酒櫃、小型冷藏櫃、防潮箱、飲水機等。熱電致冷晶片也已應用在血液透析、神經刺激等生物醫療器材上，相信熱電致冷晶片與醫療的結合會越來越受重視，消

費者市場反應會越來越好。

第二節　建議

這次作品只是個雛型機，將我們的一個概念想法實現為了讓設備更好，完成後本組檢討出以下三點相信有助於往後發展

一、把電路及線路簡單化，設計出專屬機殼，將體積縮小提高攜帶性，實用度更高。

二、將產品模組化，提高設備使用率，簡化作業程序，相對降低成本。

三、搭配上程式設計達到自動化的功用，能在醫療運用上更人性化，達到更好的醫療效果。

參考文獻

[1] 2014．周敏儀。**致冷晶片之熱效率研究**。國立虎尾科科技大學研究論文

[2] **天南地北**。出自 http://www.tande.com.tw/te-freetalk.htm#a10

[3] **4980H030 的學習檔案**。出自 http://eportfolio.lib.ksu.edu.tw/~4980H030/wiki/index.php/%E8%87%B4%E5%86%B7%E6%99%B6%E7%89%87

[4] **溫控暨能源溫控器材行**。出自 http://www.tande.com.tw/te-tecoolmodule.htm

小型空調機替代冷媒換裝性能評估

國立臺灣師範大學工業教育學系
指導老師：鄧敦平教授
組員：謝侑軒、洪瑋駿、謝明宏

摘要

近年來因應世界各國簽訂的《京都議定書》與《巴黎協議》，臺灣也與時俱進，召開能源會議與制定能源政策，講求環保，要求提高能源效率，且淘汰不符合能源效率標準的設備，各家企業也逐漸使用環保且節能的替代冷媒。該挑選何種冷媒機種才最符合經濟效益、更有效率是當下重要的議題。本專題使用模擬比較方法，舉出常見冷媒例如：HFC-410A、HFC-32、HC-290、HFO-1234yf，模擬各冷媒在不同溫度下，冷氣運轉及暖氣運轉時的數據差異，從不同面向切入，利用圖表進行優劣分析，以期望能得到效能最高之冷媒。從本實驗中結果可以看出，若以 R410A 為基準，在相同工作環境比較冷氣性能係數，R32 約提升 0.8%，R1234yf 約提升 5.17%，R290 約提升 5.7%；暖氣性能係數，R32 約下降 0.3%，R1234yf 約提升 3.3%，R290 約提升 3.8%。

關鍵字：冷媒、性能係數、R32、R410A、R1234y

第一章　前言

第一節　研究動機與目的

長期的工業發展加上工具理性的利益取向，過去的研發製造只在意成本及效益，但卻沒看見環境的污染，以氟氯碳化合物為例，第一次發現時其低活躍性、不易燃燒及無毒的特性讓它用途廣泛，不過隨著環境意識的抬頭，發現它會使臭氧層破洞，就出現了《蒙特婁議定書》這種各國互相簽署的規範，目的就在於減少環境的負擔，減少破壞。

新型冷媒為數眾多，如何挑選出一個好的冷媒是一個重要課題，需要考慮的有效率更高、提高空調性能、不破壞臭氧層、環保等要素。地球只有一個，應該為了下一代的未來著想，短期可能看不見影響的危害，在未來都會加諸在自己身上，所以我們希望藉由本次研究，找出符合市場經濟效益且對環境不造成負擔的冷媒。

第二節　研究方法

本專題研究目的是模擬不同種類的冷媒在相同條件環境下，冷媒之間的差異，例如性能係數(Coefficient of Performance, COP)、壓縮功……等，模擬軟體採用 NIST 提供的 CYCLE_D，環境溫度參考 CNS 15712-1 冷氣季節性能因數(Cooling Seasonal Performance. Factor, CSPF)測試溫度，並擴大溫差以凸顯性能變化，冷凝器溫度、蒸發器溫度和冷氣能力均參考市售的冷氣機而設計。壓縮效率為了趨近真實性，本研究將壓縮效率設為 0.9，而非等商壓縮。在模擬每個溫度時，為了加速研究流程而又不失準確度，我們環境溫度採每 2 ℃模擬一次，最後將每個冷媒的環境溫度帶入模擬後所得到的結果儲存於 Excel 裡，方便後續的分析。

第二章　文獻回顧與理論基礎探討

第一節　冷凍空調機之基本原理

常用之冷凍循環原理主要是由四種原件組成，分別為壓縮機、冷凝器、膨脹閥、蒸發器，循環方式（圖 2-1）由壓縮機搬運熱量及升高冷媒溫度，至冷凝器排除熱量，經膨脹閥控制由高溫流向低溫的冷媒流量，流入蒸發器吸取外部熱量使環境溫度下降，最後回到壓縮機。

圖 2-1 冷凍空調機循環方式

第二節　莫里爾線圖與冷凍循環過程

冷凍空調裝置四個基本循環過程為壓縮、冷凝、膨脹、蒸發與莫里爾線圖之關係（圖 2-2）。理想的情況下，蒸發器內冷媒變化為等壓蒸發，因吸收冷凍空間之熱量故焓值增加；壓縮過程沿等熵線變化，不考慮外部吸收之熱量，壓縮機做功的熱量等於汽缸入出口冷媒焓值的變化量；高溫高壓的氣態冷媒流入冷凝器中做等壓冷凝，氣態冷媒之熱量被空氣移除而逐漸變成液態冷媒；液態冷媒經膨脹閥而等焓膨脹，以垂直線表示。

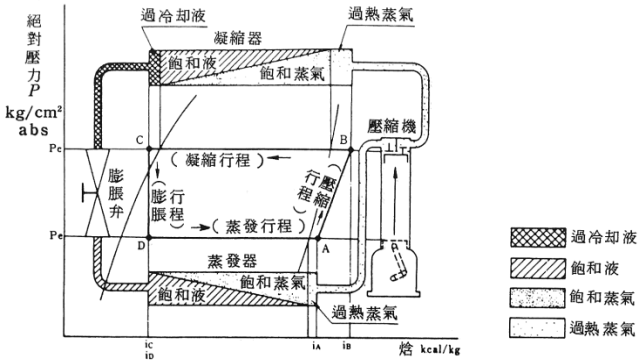


圖 2-2 莫里爾線圖及冷凍循環中冷媒的狀態變化[1]

第三節　空調機性能計算

符號說明參照附錄一。

A. 冷凍循環圖

將空調裝置的模擬值（壓力、溫度、焓值、熵）及設計條件標記在莫

里爾線圖上，繪出冷氣循環圖（圖 2-3）。

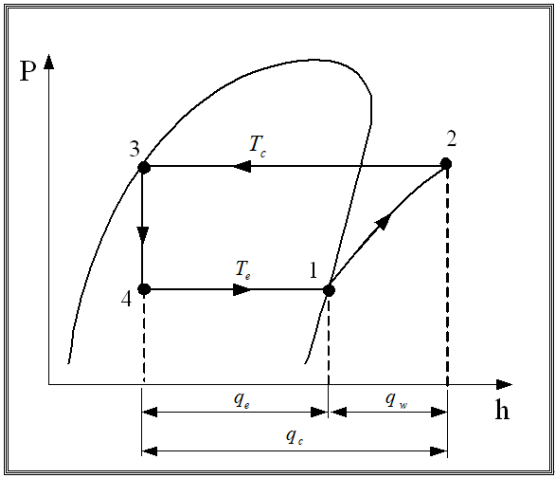


圖 2-3 冷氣循環圖

B. 冷凍效果

單位重量之冷媒在冷凍空間內所吸收的熱量，稱為冷凍效果。

$$q_e = h_1 - h_4 \quad (1)$$

C. 壓縮熱

壓縮過程必須給予功，其所需的大小可由壓縮熱乘上冷媒質量流率換之。

$$q_w = h_2 - h_1 \quad (2)$$

D. 冷凝效果

依據能量不滅定理，冷凝器排除之熱量（冷凝效果）應等於冷凍效果加上壓縮機作功產生的熱。

$$q_c = h_2 - h_3 \quad (3)$$

E. 冷媒質量流率

本次模擬實驗已預設條件，固定冷氣能力(Q_e)。

$$m_r = \frac{Q_e}{q_e} = \frac{Q_e}{(h_1 - h_4)} \quad (4)$$

F. 冷凝能力

$$Q_c = m_r \times q_c = m_r \times (h_2 - h_3) \quad (5)$$

G. 壓縮功率

$$W_{comp} = m_r \times q_w = m_r \times (h_2 - h_1) \quad (6)$$

H. 性能係數(Coefficient of Performance)

冷氣能力與壓縮功率之比值，稱為性能係數，簡寫為 COP。

$$\mathrm{COP} = \frac{Q_e}{W_{comp}} = \frac{h_1 - h_4}{(h_2 - h_1)} \quad (7)$$

第四節　冷媒物理與化學特性比較

表 2-1

物理與化學特性[2]

冷媒		分子式	NBP(℃)	CT(℃)	GWP	可燃性	安全等級
碳氫化合物 (HCs)	R290	C_3H_8	-42.1	96.7	20	高	A3
氫氟碳化物 (HFCs)	R410A	50% CH_2F_2 50% CHF_2CF_3	-48.5	72.8	2088	不可	A1
	R32	CH_2F_2	-51.7	78.1	650	微	A2L
氫氟烯烴 (HFOs)	R1234yf	$C_3H_2F_4$	-29.5	99.7	4	微	A2L
NBP: Normal Boiling Point; CT: Critical Temperature; GWP: Global warming potential							

第三章　研究設計

第一節　模擬軟體設定

CYCLE_D 用來模擬蒸汽壓縮製冷循環。能選擇使用純製冷劑或是混合製冷劑。該模型可以模擬一個次臨界或跨臨界的製冷循環，兩者都帶或不帶有液體管路/吸氣管熱交換器。另外，該模型可以模擬次臨界兩階段節能器循環，次臨界三階段節約器循環和次臨界兩階段中冷壓縮循環。

(1) 冷凝器（蒸發器）溫度設定

(2) 過冷（過熱）溫度

(3) 效率設定

(4) 等熵效率容積效率電機效率制冷量(Cooling Capacity)

(5) 蒸汽管線壓降(Vapor Line Pressure Drop)

(6) 輔助動力系統(Auxiliary power unit)

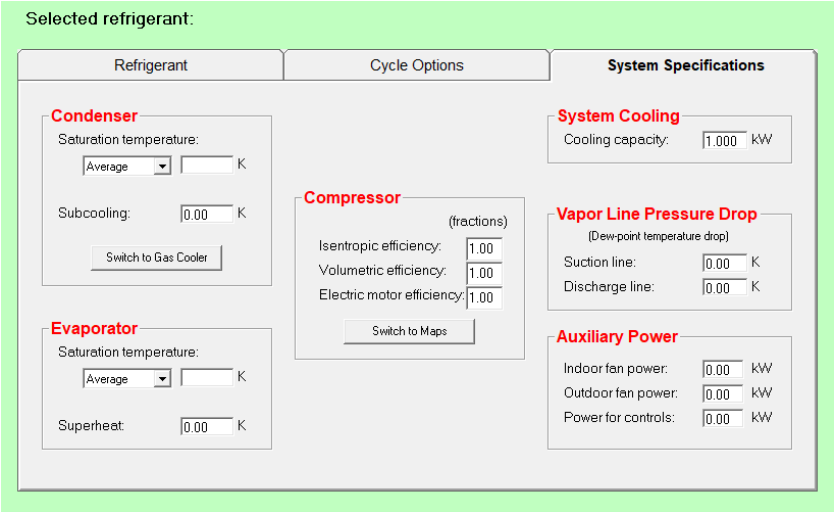


圖 3-1 系統規格設定

第二節　模擬方法

本實驗對象為 R32、R410A、R1234yf、R290 在 CSPF 標準下的冷氣與暖氣實驗，比較不同冷媒在相同條件環境下，冷媒之間的差異，比較項目為：冷氣效果、暖氣效果、壓縮功、COP。

表 3-1

研究對象資料

研究目的	探討相同環境條件下，不同種冷媒的性能係數、功率有何變化。
研究變數	溫度變化、冷媒種類
研究器材	CYCLE_D 模擬軟體
模擬數值	冷媒質量流率、溫度、焓值、壓力
冷媒種類	R32、R410A、R1234yf、R290
模擬條件	冷氣：外氣溫度 25 ℃ ~ 37 ℃ 暖氣：外氣溫度 -7 ℃ ~ 7 ℃

表 3-2

冷氣模擬下的環境溫度設計

環境溫度（室外溫度）	25 ℃ ~ 37 ℃
冷凝器平均溫度	高於室外溫度 7 ℃
蒸發器平均溫度	5 ℃
冷凝器出口過冷溫度	過冷 5 ℃
蒸發器出口過熱溫度	過熱 10 ℃
壓縮效率	0.9
冷氣能力	2.2 kW

表 3-3

暖氣模擬下的環境溫度設計

環境溫度（室外溫度）	-7 ℃ ~ 7 ℃
冷凝器平均溫度	27 ℃
蒸發器平均溫度	低於室外溫度 10 ℃
冷凝器出口過冷溫度	過冷 5 ℃
蒸發器出口過熱溫度	過熱 10 ℃
壓縮效率	0.9
冷氣能力	2.7 kW

環境溫度參考 CNS 15712-1 CSPF 測試溫度，並擴大溫度範圍而定，以得到更廣泛溫度下的使用情形，冷凝器溫度、蒸發器溫度和冷氣能力均參考市售的冷氣機而設計。每個冷媒模擬的環境溫度如表 3-4。

表 3-4

環境溫度紀錄

項目	冷氣模擬環境溫度(℃)	暖氣模擬環境溫度(℃)
1	25	-7
2	27	-5
3	29	-3
4	31	-1
5	33	1
6	35	3
7	37	5
8	無	7

第五章　模擬結果與分析

第一節　冷氣數據分析

模擬結果顯示，R290 的蒸發器焓差最大，說明了 R290 所攜帶的能量非常多，但由於 R290 的密度非常小，讓它的冷媒質量流率遠低於其他冷媒，最後也影響到 COP 的表現。而 R32 與 R410A 的 COP 和冷凝壓力非常相近，但 R32 的蒸發器焓差大於 R410A 一段距離，所以 R32 冷媒質量流率也小於 R410A 一段距離，不過整體 R32 的 COP 還是略高於 R410A。R1234yf 冷媒的 COP 接近 R290，也是四者中第二高的，不過因為密度大於 R290 許多，冷媒質量流率也遠大於 R290。而 R1234yf 的冷凝壓力在四者之中是最低的，壓縮機出口溫度也是其他冷媒中最低的，COP 也很高，對家用的空調來說是個非常理想的冷媒。

於本實驗設定冷凝溫度固定高於環境溫度 7 ℃，故隨環境溫度上升，冷凝壓力也隨之上升，實驗結果如圖 4-1。

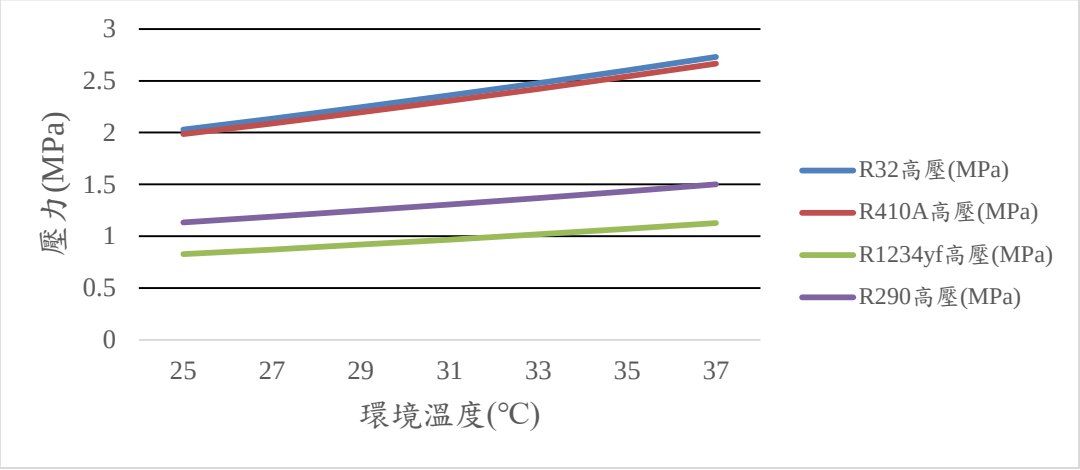


圖 4-1 冷媒高壓比較

隨著壓力上升，本實驗設定冷凝器出口過冷 5 ℃，在莫里爾線圖上呈現的話，冷凝器出口點會沿飽和線向右移，於是蒸發器焓差也隨著變小，如圖 4-2。

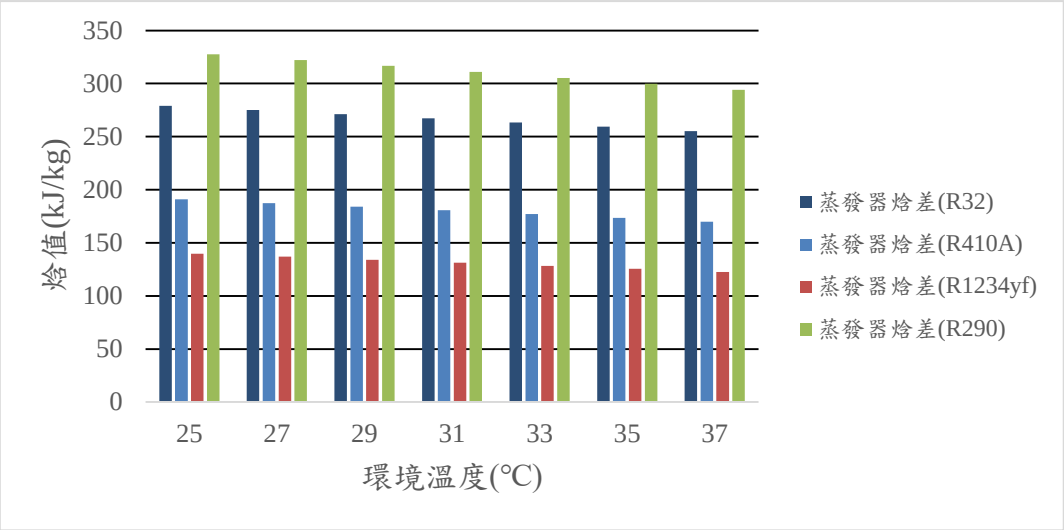


圖 4-2 蒸發器焓差比較

隨著壓力上升，壓縮機出口溫度也隨著上升。

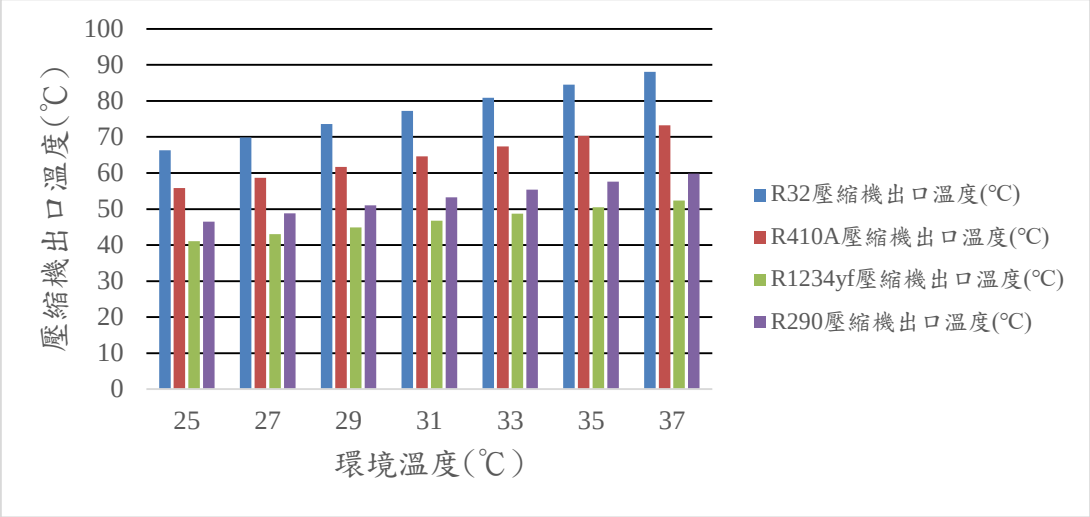


圖 4-3 壓縮機出口溫度比較

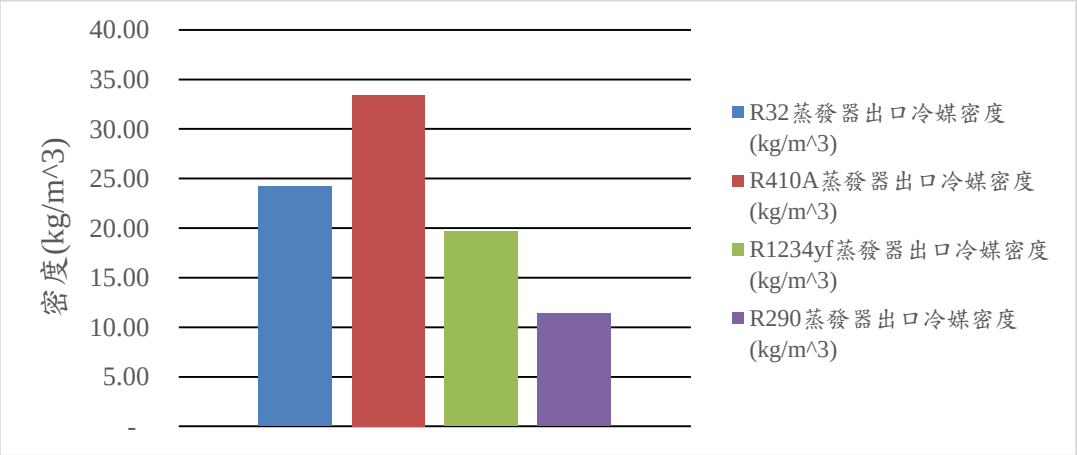


圖 4-4 冷媒密度比較

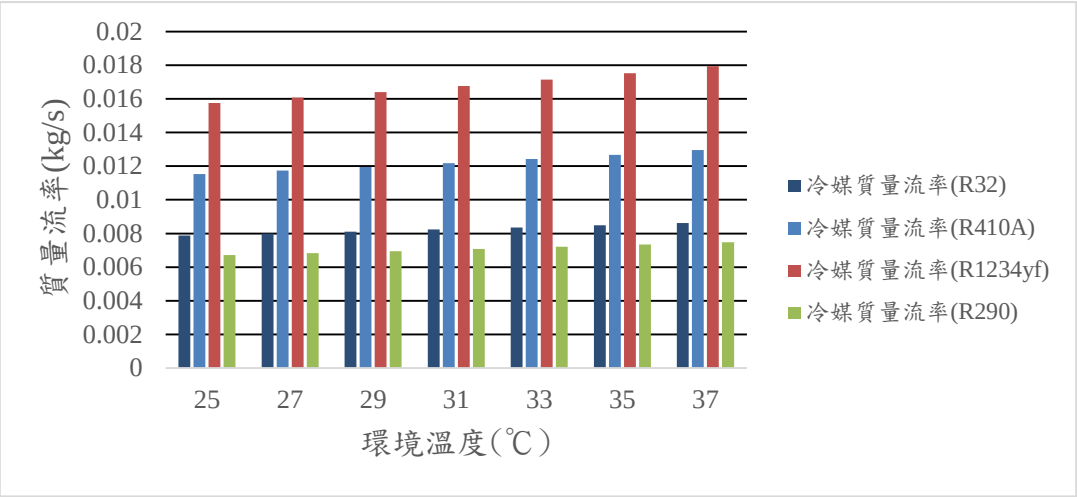


圖 4-5 冷媒質量流率比較

綜合上述條件並依據 COP 的公式計算，實驗結果如圖 4-6。

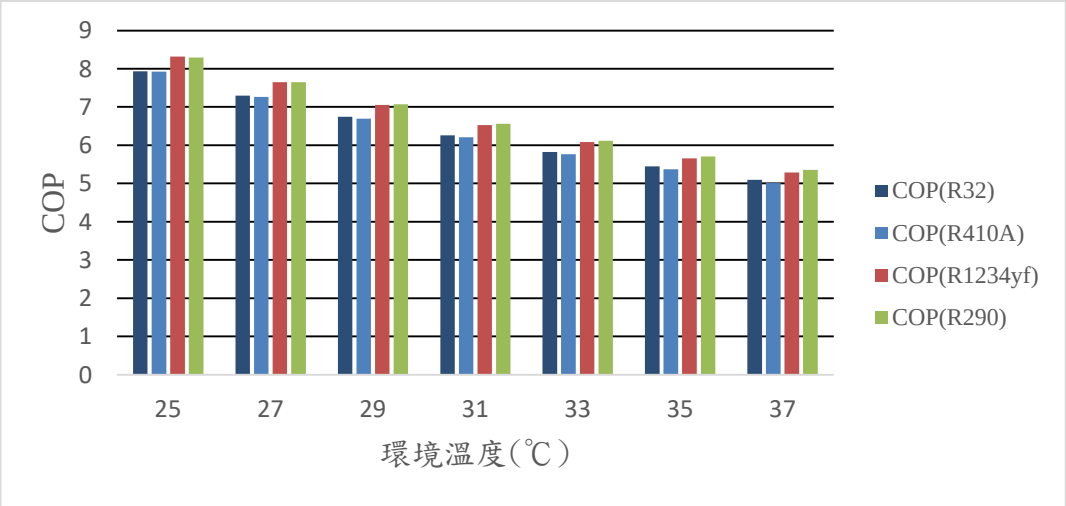


圖 4-6 冷氣 COP 比較

第二節　暖氣數據分析

與上述冷氣分析相反，暖氣分析的是冷凝器焓差，圖表中能發現 R32 與 R410A 的 COP、壓縮功率、蒸發壓力幾乎相同。R1234yf 的液態密度最高，冷媒質量流率最大。R290 的焓差仍然最大，且冷媒質量流率最低，COP 乍看下是最優秀的；但值得注意的是在環境溫度高於 5 ℃後反而發生些許的改變，R1234yf 的 COP 略高於 R290 一點。室溫 3 ℃時，R1234yf 的 COP 為 6.4，R290 的 COP 為 6.418；而室溫 7 ℃時，R1234yf 的 COP 為 7.832，R290 的 COP 為 7.818。

暖氣分析中，R1234yf 的蒸發壓力遠低於其他三者，壓縮機出口溫度

為所有冷媒中最低，冷媒密度最高，液管可使用較小的配管，冷媒質量流率也高於 R290，且壓縮機功率最低，環境溫度超過 5 ℃後的性能比 R290 優秀。

環境溫度上升，蒸發壓力也隨之上升，如圖 4-7。

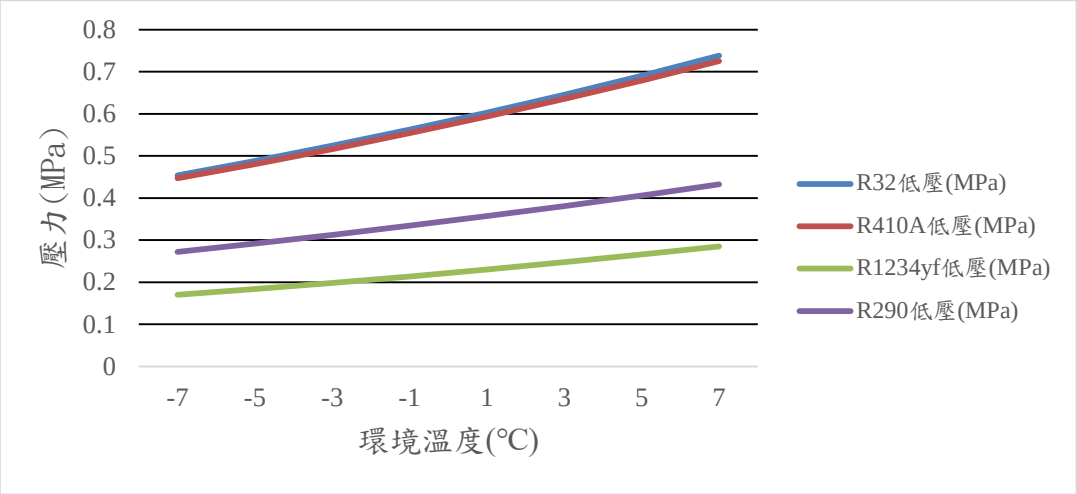


圖 4-7 冷媒低壓比較

隨著蒸發壓力上升，本實驗設定蒸發器過熱 10 ℃，在莫里爾線圖上呈現的話，壓縮機出口點會沿飽和線向左移，於是冷凝器焓差也隨著變小，如圖 4-8。

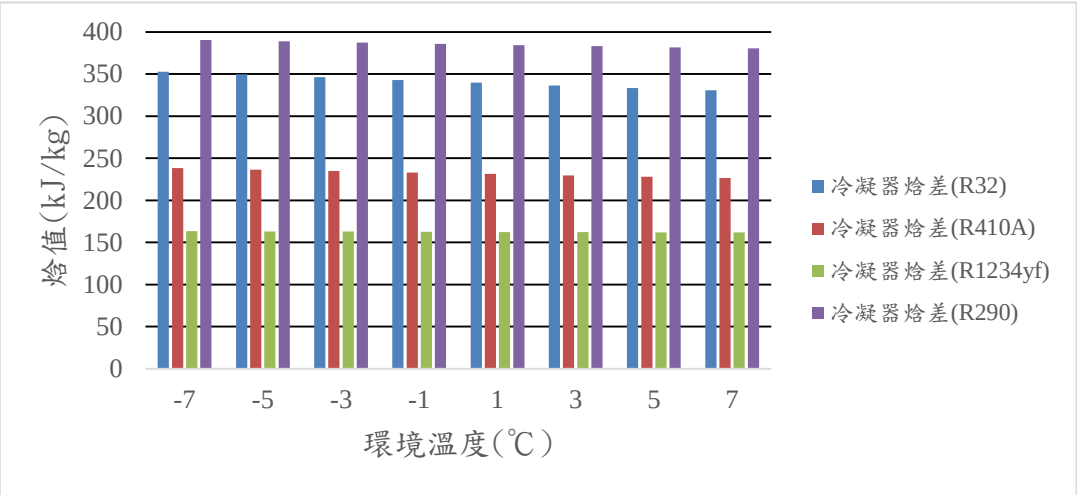


圖 4-8 冷凝器焓差比較

隨著蒸發壓力上升，壓縮機出口溫度隨之下降，如圖 4-9。

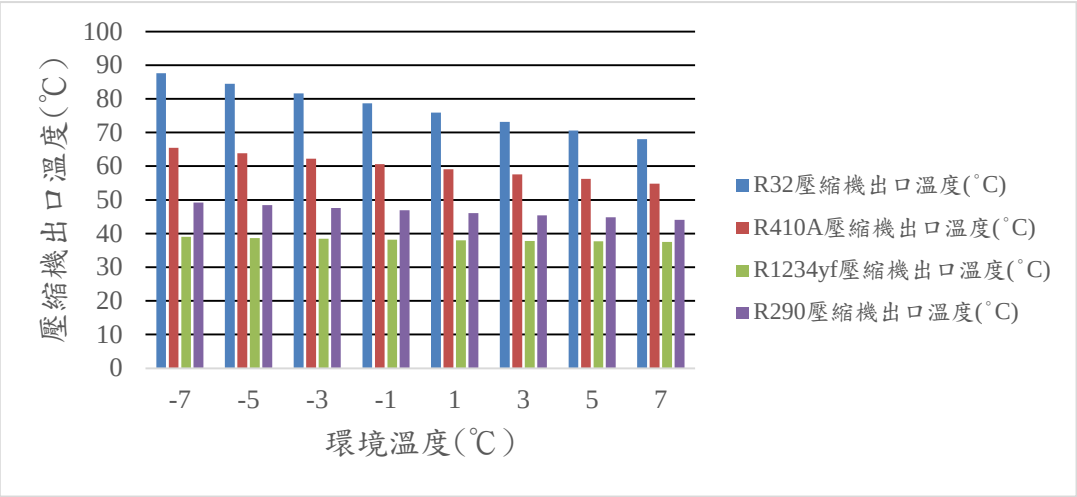


圖 4-9 壓縮機出口溫度比較

與蒸發器出口時不同，R1234yf 在液態時密度反而最高，參照圖 4-10。

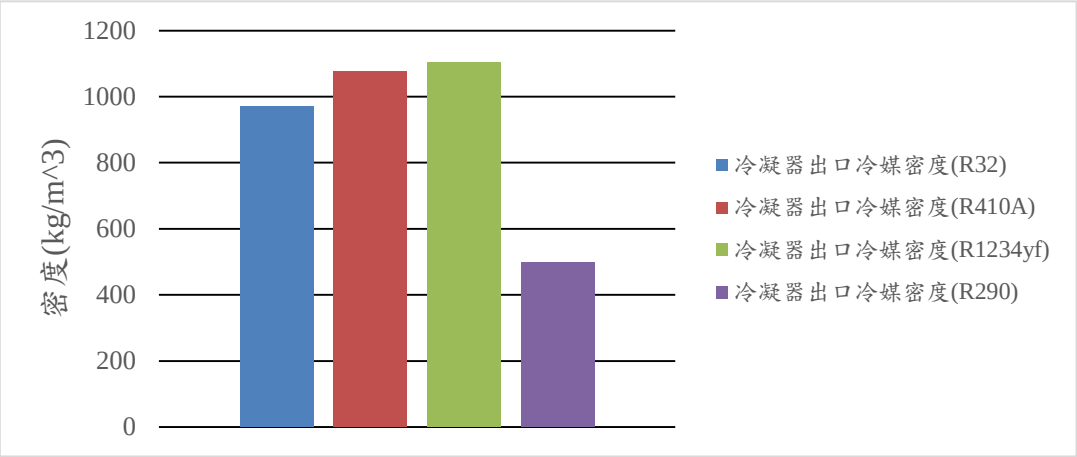


圖 4-10 冷媒密度比較

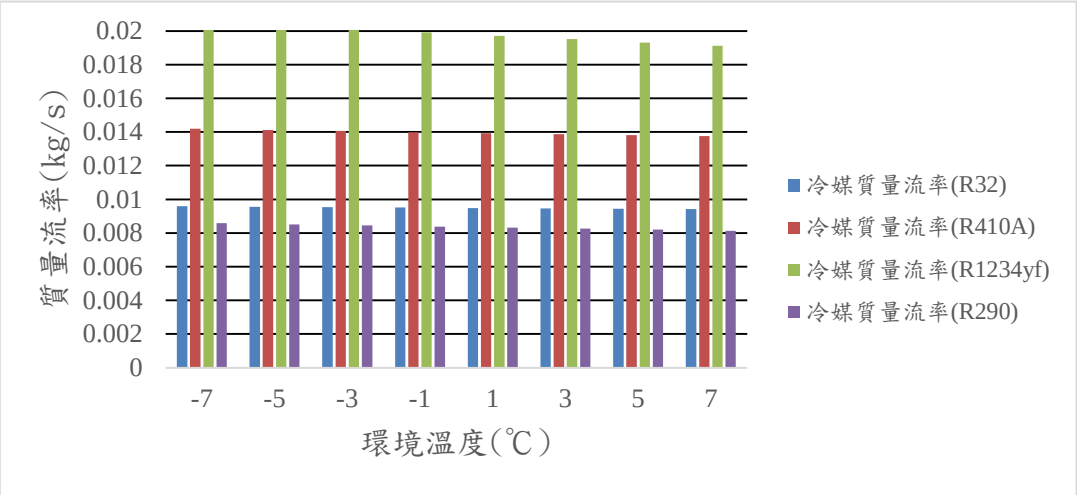


圖 4-11 冷媒質量流率比較

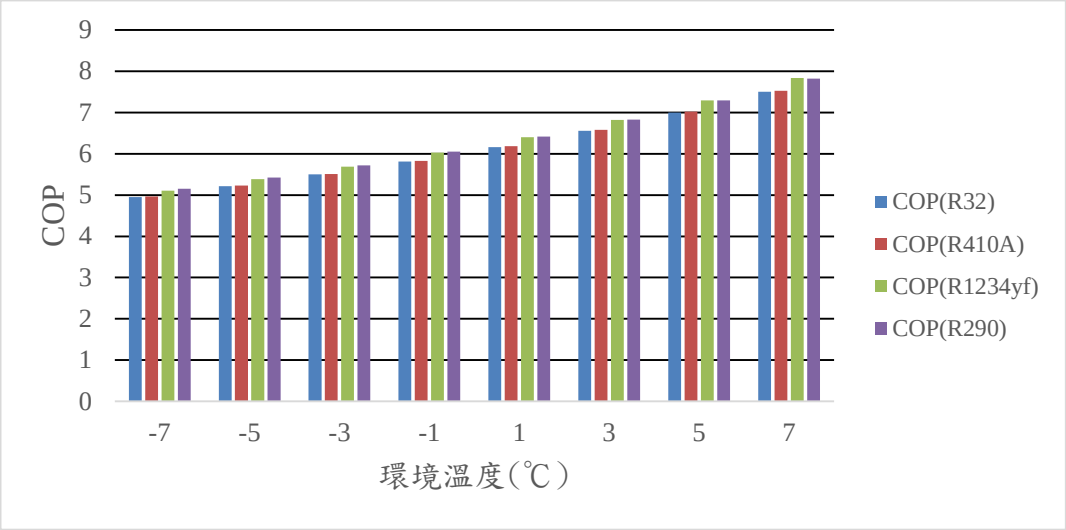


圖 4-12 暖氣 COP 比較

第三節　綜合比較

從本次研究可以看出，無論冷暖氣之 COP 都是 R290 最高，不過冷媒在市場上的選擇仍要考量其它因素如：價格、可燃性、GWP，整體比較如表 5-1。

表 5-1

冷媒市場考量因素比較

冷氣 COP	R290＞R1234yf＞R32＞R410A
暖氣 COP（環境溫度＜5 ℃）	R290＞R1234yf＞R410A＞R32
暖氣 COP（環境溫度＞5 ℃）	R1234yf＞R290＞R410A＞R32
價格(NTD/lb)	R1234yf＞R32＞R410A＞R290
可燃性	R290＞R32＝R1234yf＞R410A
GWP	R410A＞R32＞R290＞R1234yf

第五章　結論

雖然 R290 具有最高效能，但在安全考量上，高可燃性市場接受程度低；至於 R1234yf 對環境影響最低，但其價格卻高於其它三種冷媒 13 倍之多。近期大金空調推行 R32 冷媒，它的優點是零臭氧層破壞係數(Ozone Depletion Potential, ODP)、相較於先前使用的 R410A 的 GWP 少了 2/3、能

源效率高、高製冷能力和導熱性、蒸發壓力低、低毒性……等[7]；缺點方面，從安全等級來看 R32 是 A2L 微可燃，經過專業人士的實驗結果可以看出，其實正常情況下要使其燃燒並不容易，考量各項特性後做出了改用 R32 的這項決定，現在各大廠也陸續跟進。

這世界上沒有完美的冷媒，如本實驗之 R290 擁有高效能，卻也是最危險的；R1234yf 對環境影響最低，卻也是成本最高的，只有在考量各項因素後才能找出相較於現在使用更適合的冷媒。希望本次實驗能提供往後學者研究參考，並對環境盡一份心力。

附錄一

符號釋義

符號	意義（單位）
P	絕對壓力(MPa)
h	焓(kJ/kg)
q_e	冷氣效果(kJ/kg)
q_w	壓縮熱(kJ/kg)
q_c	冷凝效果(kJ/kg)
T_e	蒸發溫度(℃)
T_c	冷凝溫度(℃)
m_r	冷媒質量流率(kg/s)
Q_e	冷氣能力(kW)
Q_c	冷凝能力(kW)
W_{comp}	壓縮功率(kW)
COP	性能係數(kW/kW)

參考文獻

[1] 許守平（民 95）。**冷凍空調原理與工程**。臺北市：全華。

[2] Jahar Sarkar. (2017, February 15). Next Generation REFRIGERANTS

[Online forum comment].Retrieved from

http://www.coolingindia.in/blog/post/id/13927/next-generation-refrigerants

[3] National Refrigerants, Inc. (2015). Safety Data Sheet-R32. Retrieved from http://www.refrigerants.com/pdf/SDS%20R32.pdf

[4] National Refrigerants, Inc. (2015). Safety Data Sheet-R410A. Retrieved from http://www.refrigerants.com/pdf/SDS%20R410A.pdf

[5] National Refrigerants, Inc. (2013). SAFETY DATA SHEET Refrigerant R1234yf. Retrieved from http://www.nationalref.com/pdf/19%20SDSR1234yf.pdf

[6] National Refrigerants, Inc. (2013). SAFETY DATA SHEET Refrigerant R290. Retrieved from http://www.nationalref.com/pdf/25%20SDS%20R290.pdf

[7] Air-conditioning and Refrigeration Equipment Manufacturers Association of Australia. (2014, September). R32 – COMMON QUESTIONS [Web blog message]. Retrieved from https://www.airah.org.au/Content_Files/TechnicalPublications/R32-Common-Questions-Sept-2014.pdf

電冰箱替代冷媒換裝性能模擬與評估

國立台灣師範大學工業教育學系
指導老師：鄧敦平教授
學生：何宗謙、湯鈞堯、李書源

摘要

本研究之主題為電冰箱替代冷媒換裝性能模擬與評估。以 R-134a 冷媒作為基準，另外再選擇 R-152a 和 HR-12 冷媒，以改變環境溫度的方式進行比較。本研究以 CYCLE_D　Ver 4.0 和 NIST　REFPROP　Ver 8.0 兩種程式對三種冷媒之理化性質與系統模擬進行比較，找出符合時代趨勢之冷媒。根據本研究的結果，HR-12 在節能效果方面有良好的表現，唯其具有可燃性只能用在充填量 150 g 以下的家用電冰箱中。若要用於充填量大於 150g 的設備或中大型的冷凍機，可使用 R152a 取代 R134a。R-152a 雖不及 HR-12 環保但其價格相對經濟實惠。以 HR-12 代替 R-134a，在環境溫度為 20℃、30℃和 40℃時，COP 比 R-134a 增加 2.4％～3.9％，壓縮比減少 14.2％～18.9％，冷媒質量流率減少 47.15％～47.63％。R-152a 的 GWP 雖不如 HR-12 來的低，但其理化性質與 R-134a 相近。在環境溫度為 20℃、30℃和 40℃時，其 COP 與 R-134a 相比差距在 1％之內，壓縮比減少 1.56％～2.06％，冷媒質量流率減少 36.65％～38.2％。

關鍵字：碳氫冷媒、R-152a、HR-12

第一章　前言

第一節　研究背景與動機

在《蒙特婁破壞臭氧層物質管制議定書》[1]中的所提到，工業產品中的氟氯碳化物持續對地球的臭氧層進行破壞，因此已被停用許久。目前在全球大部分的地區主要使用的冷媒是氫氟碳化合物[2]。此類型的冷媒臭氧

消耗潛值(ozone depletion potential, ODP)為零，但仍然具有極高的全球暖化潛勢（Global warming potential, GWP)，而《聯合國氣候變化綱要公約的京都議定書》[3]的目標「是將大氣中的溫室氣體含量穩定在一個適當的水平，以保證生態系統的平滑適應、食物的安全生產和經濟的可持續發展」。因此仍必須減少氫氟碳化合物的使用，朝向低GWP的碳氫化合物冷媒發展。近年來，許多的研究顯示碳氫冷媒具有高效節能和對環境破壞低。適合取代目前家用冰箱所使用的冷媒。

Jung 等人[4]將 R-290 和 R-600a 以 60%/40%的質量進行混合，用來代替 R-12。結果顯示，其 COP 和能源效率分別增加 2.3％和 4％。

Somchia 和 Nares[5]探討在環境溫度 25℃下，將 R-290/R-600 以不同的質量混合取代 R-134a。結果顯示 R290 和 R600 以 60％／40％混合是最適合取代 R-134a 的比例。

Fatouh 和 Kafafy[6]的研究顯示，在環境溫度 43℃時，將 R-290 和 R-600 以 60％／40％的質量混和並用來取代 R-134a。其 COP 比 R-134a 增加 7.6％，耗能減少 10.8％

Mohanraj[7]等人在不同的環境溫度下，將 R-290 和 R-600a 以 45.2％／54.8％的質量進行混合，用來取代 R-134a 並進行比較。結果顯示，其 COP 增加了 3.25％～3.6％。

本研究選用 HR-12 和 R-152a 兩種冷媒對 R-134a 進行比較。根據 CNS 2062 的檢測標準，環境溫度為 30℃。本研究以此為標準，擴大溫度範圍。另根據 CNS 的標準，選用二星級、超二星級和三星級的冰箱進行不同溫度且不同星級比較。[8]

第二節　研究目的

未來冷媒的使用趨勢除了須符合上述兩項議定書之外，還需要配合使

用者考量價格、節能和容易安裝的購買習慣。在選擇冷媒前需了解其理想特性以利挑選，理想特性有以下：其一為蒸發壓力高和冷凝壓力低，使其壓縮比降低，使所需之壓縮機較小，耗能、噪音和佔地面積亦可縮小。其二為蒸發潛熱要大，潛熱大代表物理性質改變前所需吸收的熱量較多即焓差亦較大，所需的冷媒質量流率就小，使得壓縮機也可以跟著縮小。其三為臨界溫度要高，臨界溫度高於室溫時代表在室溫即可使冷媒凝結，臨界溫度越高熱交換越快。其四為凝固溫度要低，使冷媒較不易結冰影響流動。其五為氣態冷媒之比容積要小，比容積小可使壓縮機之吐氣量降低，能使用較小的配管，壓縮機的容積也可以縮小。其六為液態冷媒之密度要高，使液管可以縮小。其七為可溶於冷凍油，使設備能省去裝設油分離器，降低成本與體積。

第二章　理論分析

第一節　蒸氣壓縮循環相關計算

（1）壓縮比（Compression Ration, C.R）為高壓側絕對壓力和低壓側絕對壓力的比值。公式為：

$$C.R = \frac{P_{H,abs}}{P_{L,abs}}$$

（2）冷凍能力（Refrigerating capacity, Q_e）為冷凍機在單位時間內能除去多少熱量。公式為：

$$Q_e = \dot{m}_r \times (h_{11} - h_9)$$

（3）壓縮功（W_c）為冷凍系統理論所需的總輸入功率。公式為：

$$W_c = \dot{m}_r \times (h_3 - h_{11})$$

（4）COP（Coefficient of Performance, COP）為每單位所消耗的

電力能產生多少冷凍能力。是冷凍系統效率的指標。當 COP 值越高，代表系統效率越高。公式為：

$$COP = \frac{Q_e}{W_c}$$

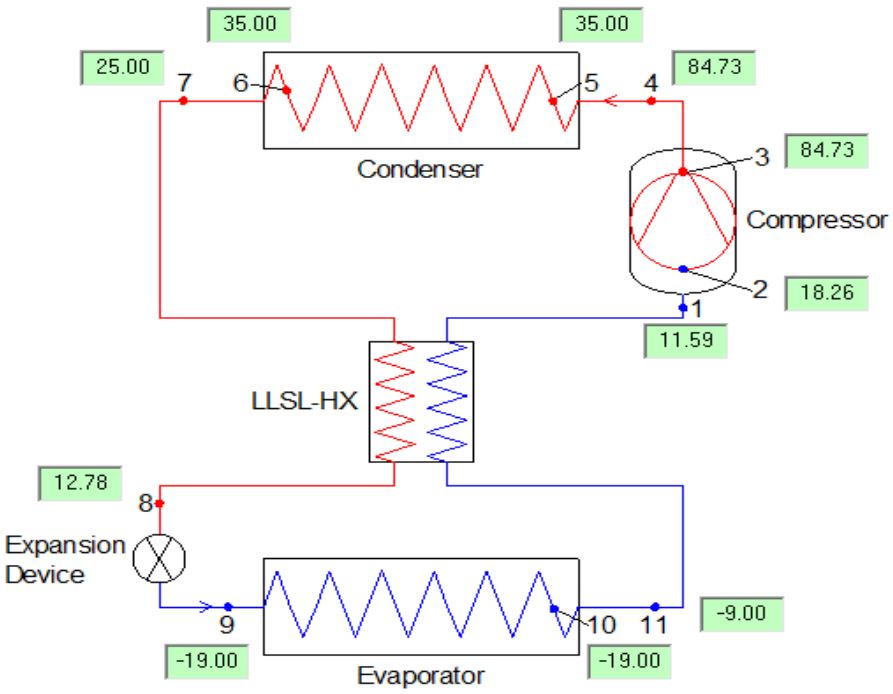


圖 2-1-1 蒸氣壓縮循環系統示意圖

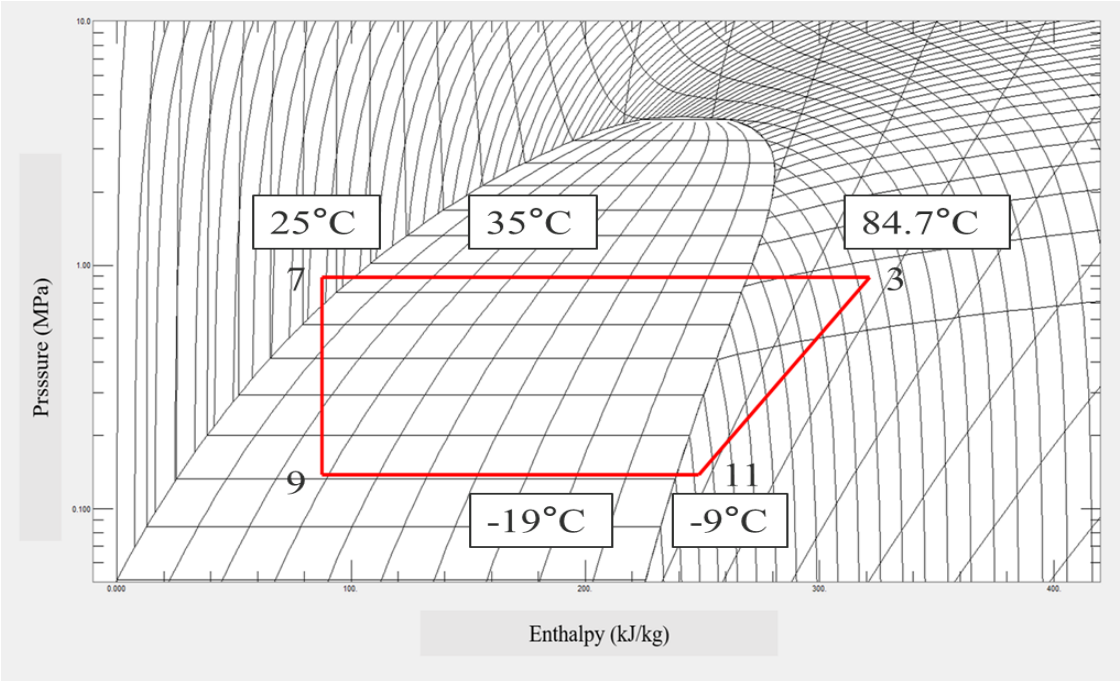


圖 2-1-2 莫利爾線圖

第二節　選用冷媒之理化性質

如表 2-2-1 所示，可知本研究所選三種冷媒之各項理化性值。在 ODP 一欄可以看到這三中冷媒均符合《蒙特婁議定書》之規定，並無破壞臭氧層的氣體。在 GWP 一欄中，R-134a 擁有最高的數值，《京都議定書》中也要求已開發國家降低溫室氣體的排放量，這種不符合時代趨勢的冷媒必然會面臨被禁用的命運。HR-12 是由澳洲 HyChill 公司所開發，將 R-600a 和 R-290 以各 50%的比例混合而成，屬於自然冷媒。具有極低的 GWP，在減少溫室氣體排放這方面是很好的選擇。由表 2-2-1 可知，碳氫冷媒在 1 大氣壓力之下的潛熱值較另外兩種高出許多，擁有良好的熱力性質。但 HR-12 是具有燃燒性的 A3 媒，這是其最大的缺點。若管路破損以致洩漏時，且濃度和溫度達到一定標準就有意外發生的可能，因此在使用上必須嚴謹。根據 BS EN 378 2000 的規範，碳氫冷媒用在家用冰箱和除濕機時，

充填量不得高於 150 g[9]。R-152a 具有與 R-134a 相近的理化性質，ODP 為零，但性能上更好且 GWP 只有十分之一。R-152a 屬於 A2 冷媒，具有一定的可燃性，只可使用在小型的設備上，且在設計上需有更多的安全保護以降低危險性。

表 2-2-1

R-134a、R-152a 和 HR-12 之物理性質比較[10][11]

冷媒名稱	HFCs R-134a	HFCs R-152a	HCs HR-12
沸點(℃)	-26.16	-24.02	-33
凝固點(℃)	-96.6	-118.59	-209
臨界溫度(℃)	101.1	113.26	116
臨界壓力(Kpa)	4067	4516	3920
25℃液態密度 (kg/m^3)	1207	898	520.6
25℃氣體密度 (kg/m^3)	32.35	18	12.71
1atm 潛熱值(kJ/kg)	216.8	330	401.9
ODP	0	0	0
GWP 20y	3710	506	3
GWP 100y	1300	138	3
安全性	A1	A2	A3

第三章　實驗設計

第一節　使用工具簡介

1. 由 J. Steven Brown, Piotr A. Domanski, 及 W. Lemmon 開發的 CYCLE_D

Ver 4.0。

2. 由 E.W. Lemmon, M.L. Huber, 及 M.O. Mclinden 開發的 NIST REFPROP Ver 8.0。

圖 3-1-1 CYCLE_D Ver4.0

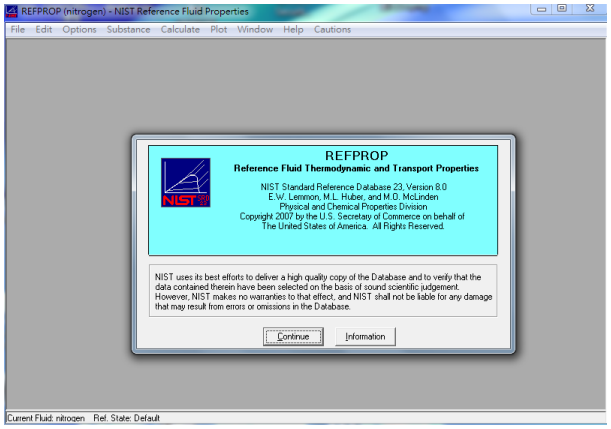


圖 3-1-2 NIST REPROP Ver8.0

第二節　研究條件設計

根據國家標準 CNS2062 電冰箱及冷凍箱現行標準[8]，在檢測時的室外溫度為 30℃，本研究為了分析在不同室外溫度下不同冷媒的性能，因此增加室外溫度為 20℃和 40℃。因本研究是以程式進行分析，故其他環境控制的條件不進行設定。

本研究研究條件設計如後：冷凝溫度比環境溫度高 15℃，蒸發溫度比被凍物中心溫度低 7℃；冷凝器出口過冷卻 10 度，蒸發器出口過熱 10 度，中間冷卻器熱交換效率 0.6，容積效率 0.75，電機效率 0.9，熵壓縮效率 0.9，

管路壓降以及風扇忽略。

第四章　結果與討論

第一節　　不同環境溫度下 COP 之比較

圖 4-1、4-2 和 4-3 為三種冷媒在環境溫度 20℃、30℃和 40℃時不同星級之 COP 比較圖。在不同溫度下，當冰箱為二星級時，HR-12 的 COP 分別比 R-134a 增加了 2.5%、2.8%和 3.9%。當冰箱為超二星級時，HR-12 的 COP 分別比 R-134a 增加了 2.4%、3.4%和 3.6%。當冰箱為三星級時，HR-12 的 COP 分別比 R-134a 增加了 3%、3.2%和 3.9%。代表在消耗相同的能量下，HR-12 可以提供更多的冷凍能力。而 R-152a 在任何條件下的 COP 與 R-134a 相比，差距均在 1%以內。

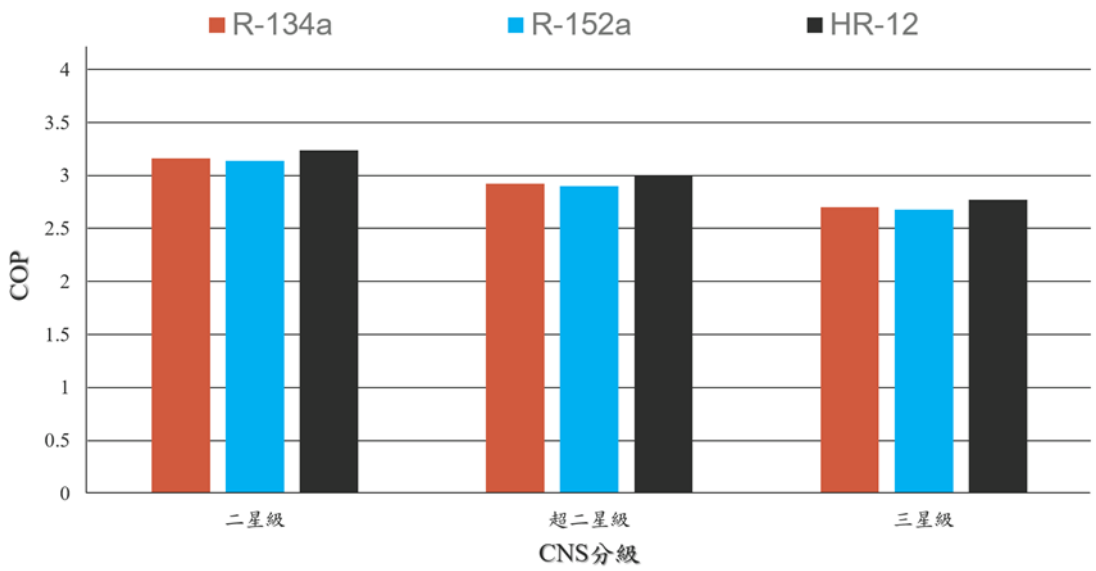


圖 4-1　環境溫度 20℃時三種冷媒在不同星級之 COP 比較圖

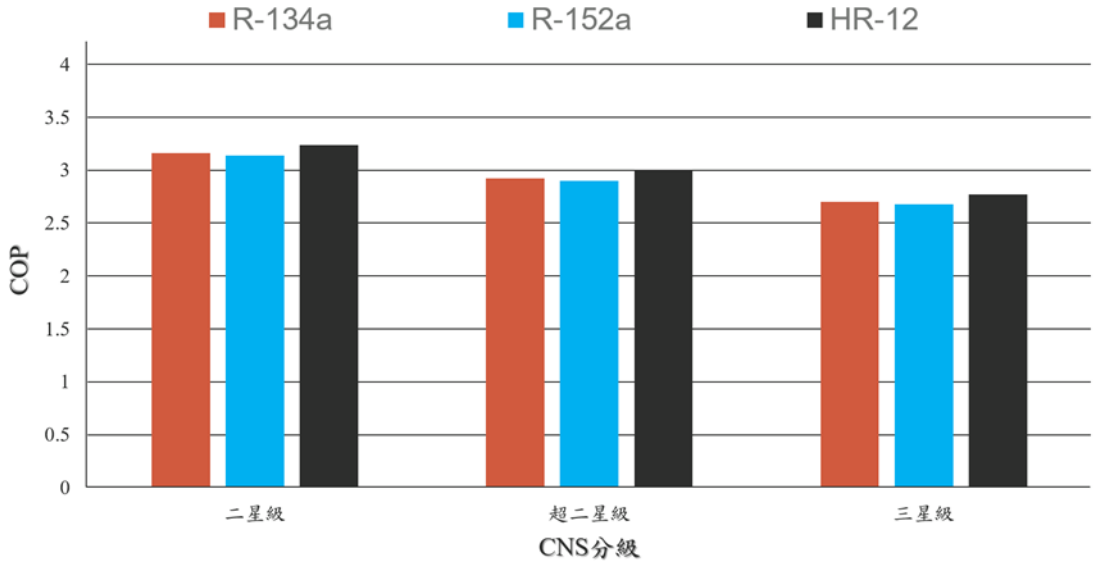


圖 4-2　環境溫度 30℃時三種冷媒在不同星級之 COP 比較圖

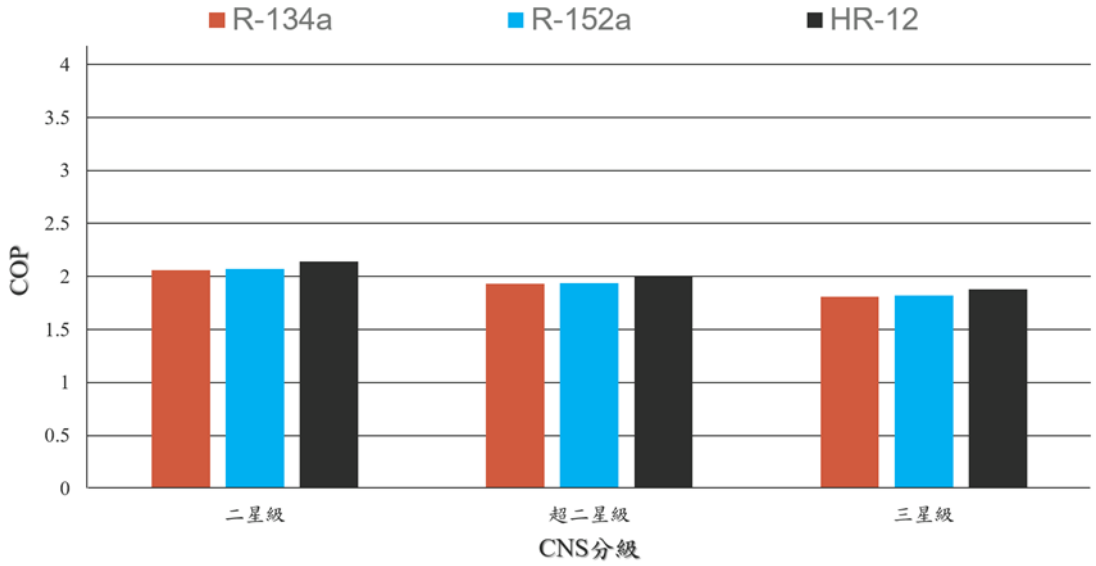


圖 4-3　環境溫度 40℃時三種冷媒在不同星級之 COP 比較圖

第二節　不同環境溫度下壓縮比之比較

圖 4-4、4-5 和 4-6 為三種冷媒在環境溫度 20℃、30℃和 40℃時不同星級之壓縮比比較圖。在不同溫度下，當冰箱為二星級時，HR-12 的壓縮比分別比 R-134a 減少 14.2%、15.7%和 17.1%。當冰箱為超二星級時，HR-12

的壓縮比分別比 R-134a 減少 15.2%、16.8%和 18%。當冰箱為三星級時，HR-12 的壓縮比分別比 R-134a 減少 16.3%、17.7%和 18.9%。代表設備可以選用較小的壓縮機，除了較其他兩種冷媒節能之外，還能減少噪音和佔地面積。而 R-152a 在不同溫度下，當冰箱為二星級時，壓縮比分別比 R-134a 減少 1.56%、1.67%和 1.68%。當冰箱為超二星級時，分別比 R-134a 減少 1.64%、1.88%和 1.87%。當冰箱為三星級時，分別比 R-134a 減少 1.91%、1.92%和 2.06%。

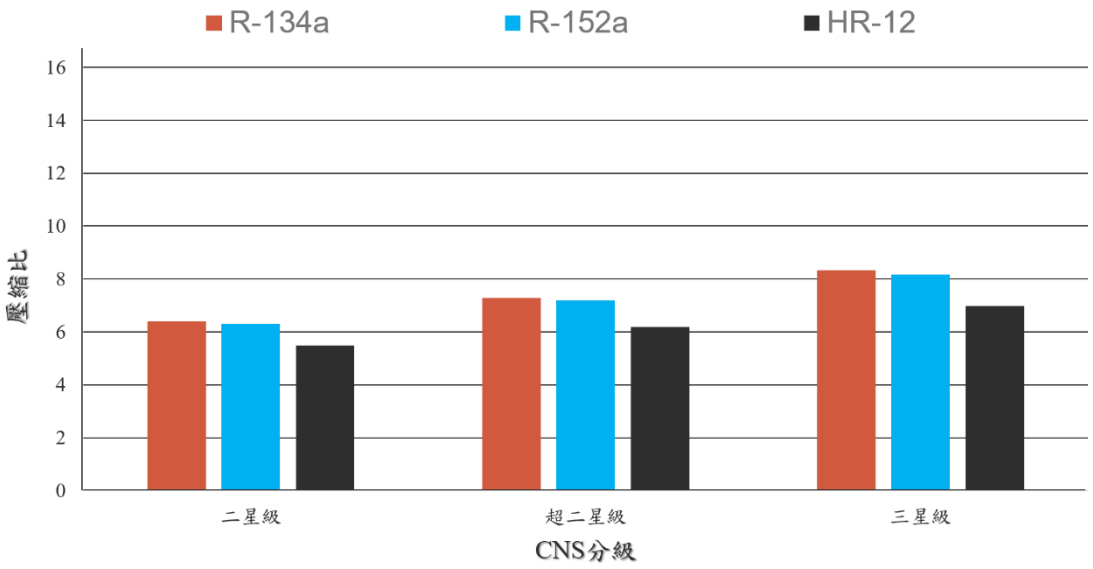


圖 4-4　環境溫度 20℃時三種冷媒在不同星級之壓縮比比較圖

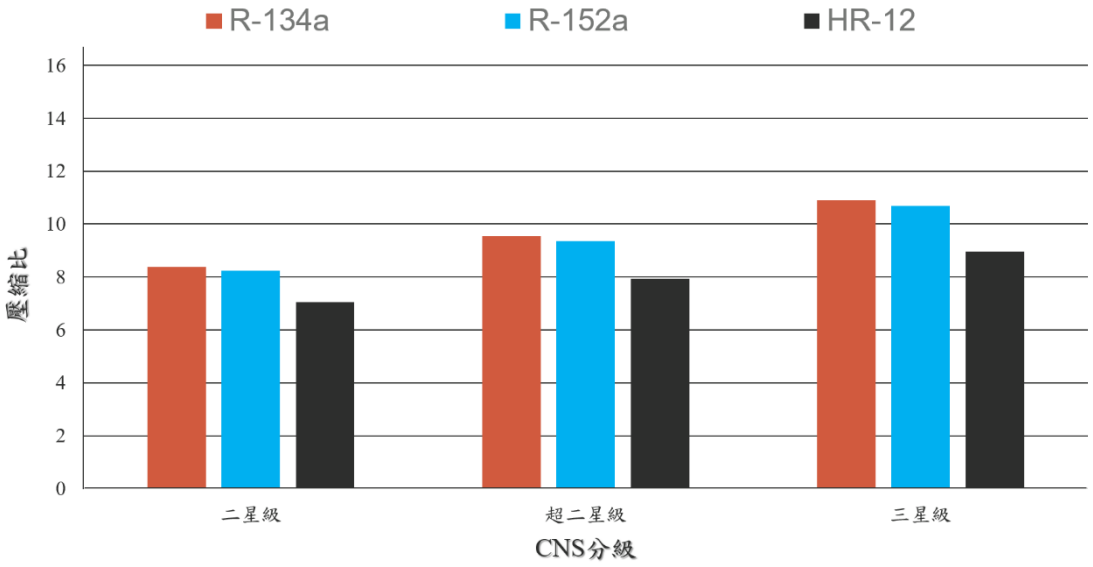


圖 4-5　環境溫度 30℃時三種冷媒在不同星級之壓縮比比較圖

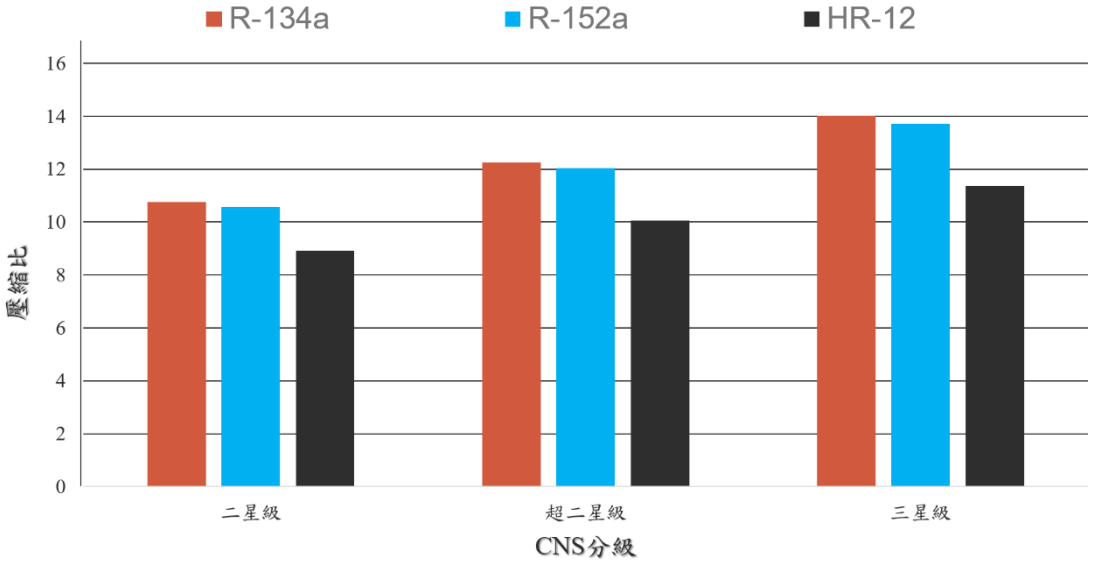


圖 4-6　環境溫度 40℃時三種冷媒在不同星級之壓縮比比較圖

第三節　不同環境溫度下冷媒質量流率之比較

表 4-1、4-2 和 4-3 為三種冷媒在環境溫度 20℃、30℃和 40℃時不同星級之冷媒質量流率比較表。在不同的溫度下，當冰箱為二星級時，HR-12 的冷媒質量流率分別比 R-134a 減少 47.15%、47.39%和 47.69%。當冰箱

為超二星級時，HR-12 的冷媒質量流率分別比 R-134a 減少 47.16％、47.39％和 47.7％。當冰箱為三星級時，HR-12 的冷媒質量流率分別比 R-134a 減少 47％、47.4％和 47.63％。而 R-152a 在不同溫度下，當冰箱為二星級時，分別比 R-134a 減少 36.65％、37.27％和 38.15％。當冰箱為超二星級時，分別比 R-134a 減少 36.7％、37.31％和 38.2％。當冰箱為三星級時，分別比 R-134a 減少 36.75％、37.75％和 38.17％。

表 4-1

環境溫度 20℃時三種冷媒在不同星級之冷媒質量流率比較表

CNS 標準之質量流率（g/s）	R-134a	R-152a	HR-12
二星級	5.62	3.56	2.97
超二星級	5.64	3.57	2.98
三星級	5.66	3.58	3.0

表 4-2

環境溫度 30℃時三種冷媒在不同星級之冷媒質量流率比較表

CNS 標準之質量流率（g/s）	R-134a	R-152a	HR-12
二星級	5.93	3.72	3.12
超二星級	5.95	3.73	3.13
三星級	5.97	3.74	3.14

表 4-3

環境溫度 40℃時三種冷媒在不同星級之冷媒質量流率比較表

CNS 標準之質量流率（g/s）	R-134a	R-152a	HR-12
二星級	6.29	3.89	3.29
超二星級	6.31	3.90	3.30
三星級	6.34	3.92	3.32

第五章　結論與建議

第一節　結論

本研究是以程式進行模擬，將 R-152a 和 HR-12 對 R-134a 進行比較，以改變環境溫度和冰箱分級的方式進行冷媒的性能比較。根據本研究的結果顯示，HR-12 較 R-134a 和 R-152a 可以更好的減少溫室氣體的排放，在節能效果方面更有良好的表現。HR-12 在環境溫度為 20℃、30℃和 40℃時，COP 比 R-134a 增加 2.4％～3.9％，壓縮比減少 14.2％～18.9％，冷媒質量流率減少 47.15％～47.63％。R-152a 的 GWP 雖不如 HR-12 來的低，但其理化性質與 R-134a 相近。在環境溫度為 20℃、30℃和 40℃時，其 COP 與 R-134a 相比差距在 1％知內，壓縮比減少 1.56％～2.06％，冷媒質量流率減少 36.65％～38.2％。HR-12 屬於 A3 冷媒具有可燃性，當使用在充填量小於 150 g 的設備時，足以取代 R-134a 冷媒。

第二節　建議

從就能量消耗與環境保護方面，HR-12 有最高的 COP 和最低的 GWP，因此在這三種冷媒之中是最值得選擇的。但具有可燃性，在使用設備上應提高安全設計，減少消費者對此類冷媒的疑慮。R-152a 和 R-134a 同屬於氫氟碳化合物，但 GWP 只有十分之一。具有相近的理化性質且性能優於 R-134a，在三種冷媒中價格最低，即使考量溫室氣體的排放量，仍可做為代替 R-134a 的冷媒。

參考文獻

[1] 行政院外交部（民 103 年 3 月）。**環境外交**。

[2] 林榮貴（民 106 年 11 月）。**新世代冷媒發展現況**。財團法人工業技術研究院。

[3] 郭博堯（民 90 年）。**京都議定書的爭議與妥協**。

[4] D.S. Jung, C.-B. Kim, K. Song, B.J. Park, Testing of propane/isobutane mixture in domestic refrigerators, Int. J. Refrig. 23 (2000) 517–527.

[5] S. Wongwises, N. Chimres, Experimental study of hydrocarbon mixtures to replace HFC134a in domestic refrigerators, Energy Conservation and Management 46 (2005) 85–100

[6] M. Fatouh, M. El Kafafy, Experimental evaluation of a domestic refrigerator working with LPG, Applied Thermal Engineering 26 (2006) 1593– 1603.

[7] M. Mohanarj, S. Jayaraj, C. Muraleedharan, P. Chandrasekar, Experimental investigation of R290/R600a mixture as an alternative to R-134a in a domestic refrigerator, International Journal of Thermal Sciences 48 (2009) 1036–1042

[8] 行政院經濟部標準檢驗局（民 89 年）。**CNS 2062　C4048**。

[9] 鄧敦平、遊朝傑（民 101 年 6 月）。**新一代替換冷媒--碳氫冷媒在家用**

冷凍空調設備的應用。能源報導，31-34。取自 http://energy.mt.ntnu.edu.tw/CH/includes/GetFile.ashx?mid=30&id=65&chk=0b9b13ba-a187-45bf-9b91-a1249bef4f27&name=file1

[10] 特定フロン（CFC/HCFC）およびフルオロカーボン類の環境・安全データ一覧表（2016 年 7 月）。日本フルオロカーボン協会。取自 http://www.jfma.org/database/table.html

[11] 冷媒アイセオン™物理特性（無日期）。三井•デュポンフロロケミカル株式会社。取自 https://www.md-fluoro.co.jp/images/product/chemical/product_info/suva/physical_property.pdf

[12] 孫仲康（民 103 年 7 月）。**HFC-152a 應用於冰箱與除濕機之效益分析** （碩士論文）。國立臺北科技大學，臺北市。

[13] 鄭龍嶽（民 94 年 7 月）。**除濕機換裝碳氫冷媒之性能研究**（碩士論文）。國立臺北科技大學，臺北市。

太陽能充放電之研究

國立臺灣師範大學工業教育學系
指導老師：徐照夫教授
學生：劉雨桐、方志展、謝昕祐、楊世暉

摘要

為了解決用電量不足，及解決昂貴的電費問題，團隊主要以太陽能板做研發，並使用電容來當作充、放電的項目，並使用程式控制電路有效達到目的。

關鍵字：太陽能、電容、太陽能應用、控制電路

第一章　前言

第一節　研究背景與動機

由於現今的溫室效應嚴重影響全球，造成生物與生態環境受的破壞，但隨著環保意識逐漸攀升，讓人們不禁聯想我們主要發電來源燃煤發電廠是否與破壞環境跟空氣汙染畫上等號。從環保的方面來看，太陽能可以解決能源危機的隱憂，減少全球暖化趨勢；從經濟發方面來看，太陽能產業可以製造就業人口、幫助企業轉型以及平和區域間的經濟發展落差，而夏季是台灣用電的高峰，開冷氣卻是人們降溫的一種選擇，使得台電無法吸收用電成本卻以漲價來吸收，讓民眾叫苦連天。

於是團隊就構想出了個專題的框架，儘管太陽能還是有許多要克服的地方，但只要積少成多還是有幫助。

第二節　研究目的

本團隊看在目前太陽能尚未普及，以及目前市面上的太陽能板昂貴，及台灣卻未能有廣大的地方可以放置太陽能板，團隊發現學校有購入小量的太陽能板可以讓本團隊研發，研發項目主要為:（1）如何儲存電力（2）

第三節　研究方法

設計一組可程式控制的電路，並短路內部讓電容電壓可以有串並聯的方式調整電路內部，讓各個電容及電壓維持接近，以穩定的方式來儲能，並以附載所需來更改電容的串並方法，達到穩定輸出。

第二章　文獻回顧

第一節　太陽能的起源

太陽能發展的歷史來說，光照射到材料上所引起的「光起電力」行為，早在 19 世紀的時候就已經發現了。到了 1930 年代，照相機的曝光計廣泛地使用這一個原理。接著，到了 1950 年代，隨著半導體物性的逐漸了解，以及加工技術的進步，第一個太陽能電池在 1954 年誕生在美國的貝爾實驗室。1973 年發生了石油危機，讓世界各國察覺到能源開發的重要性。自 1960 年代開始，美國發射的人造衛星就已經利用太陽能電池做為能量的來源。到了 70 年代能源危機時，人們開始把太陽能電池的應用轉移到一般的民生用途上。

目前，在美國、日本和以色列等國家，已經大量使用太陽能裝置，更朝商業化的目標前進。在這些國家中，美國於 1983 年在加州建立世界上最大的太陽能電廠，它的發電量可以高達 16 百萬瓦特。南非、波札那、奈米比亞和非洲南部的其他國家也設立專案，鼓勵偏遠的鄉村地區安裝低成本的太陽能電池發電系統。而推行太陽能發電最積極的國家首推日本。1994 年日本實施補助獎勵辦法，推廣每戶 3,000 瓦特的「市電併聯型太陽光電能系統」。在第一年，政府補助 49％的經費，以後的補助再逐年遞減。「市電併聯型太陽光電能系統」是在日照充足的時候，由太陽能電池提供電能給自家的負載用，若有多餘的電力則另行儲存。當發電量不足或者不發電的時候，所需要的電力再由電力公司提供。

第二節　何謂太陽能電池

太陽能即地球接收來自太陽的輻射能，它不但直接或間接提供地球上絕大部份的能量，而且是一種數量很龐大的能源，不但不會產生廢料、煙霧、氣味和噪音， 而且對水、空氣和地面也不會產生任何污染，是一種乾淨、方便且值得研究開發的新能源。

太陽能發電系統(Photovoltaic　或是簡稱 PV)，可將太陽能轉換為電力，也就是一般大家說的太陽電池(Solar cells)或太陽能光伏電池；但是，太陽能光伏電池實際上比較應該稱為光伏發電機，因為他本質上就是將太陽光中的光子當成原料，透過半導體的光電效應轉換，源源不絕的將光子轉換成為電流輸出，和一般的電池，只能放出已事先儲存的電能，用完就需要再充電或者丟棄是不同。

第三節　太陽能電池原理

太陽能電池是一種利用太陽光直接發電的光電半導體薄片，其將高純度的半導體材料加入一些不純物使其呈現不同的性質，如加入硼可形成 P 型半導體，加入磷可形成 N 型半導體，PN 兩型半導體相結合後，當太陽光入射時，光線照在上層，使電子遷移到下層，在兩層之間產生電壓差則產生電力，如果要產生較大的電壓與電流，則須把太陽能電池串聯及並起來。如圖（一）所示

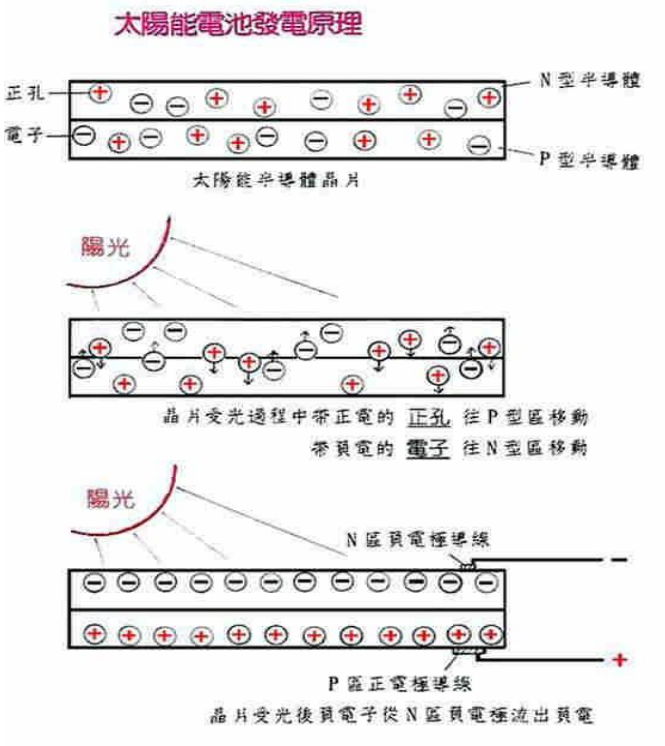


圖 1　太陽能電池發電原理示意圖

第四節　太陽能電池種類

太陽能電池的種類有單晶矽及非晶矽、多結晶矽三大類，而目前市場應用上大多為單晶矽及非晶矽較多且廣泛，其原因有：（1）單晶效率最高；（2） 非晶價格最便宜，且無需封裝，生產也最快；（3）多晶的切割及下游再加工較不易，而前述兩種都較易於再切割及加工。

（1）單結晶矽太陽電池

單晶矽電池最普遍，多用於發電廠、充電系統、道路照明系統及交通號誌等，所發電力與電壓範圍廣，轉換效率高，使用年限長，世界主要大廠，如德國西門子、英國石油公司及日本夏普公司均以生產此類單晶矽太陽能電池為主要，市場佔有率約五成，單晶矽電池效率從 11%~24%，太空級 (蒸鍍式) 晶片從 16%~24%，當然效率愈高其價格也就愈貴。

（2）多結晶矽太陽電池

多晶矽電池的效率較單晶矽低，但因製程步驟較簡單，成本亦低廉，較單晶矽電池便宜 20%，因此一些低功率的電力應用系統均採用多晶矽太陽電

池。

（3）非結晶矽太陽電池

非晶矽電池為目前成本最低的商業化太陽能電池，且無需封裝，生產也最快，產品種類多，使用廣汎，多用於消費性電子產品，且新的應用產品不斷在開發中，其中以砷化鉀電池是最高效率的電池，但成本也最高。

第五節　各類太陽能電池比較

種類	優點	缺點	發展方向
單晶矽太陽能電池	發電力與電壓範圍廣，轉接效率高	製作成本高、時間冗長	(1) 高效率大面積之PEAL (2) 增加可利用的光波長範圍的新結構 (3) 提升安全性
多晶矽太陽能電池	製作步驟簡單，成本低於單晶矽台陽能電池 20%	效率較單晶矽第	(1) 新材料製造 (2) 大面積、高效率、安全性提升
a-Sicell	非晶矽電池為目前成本最低的商樣化太陽能電池，多使用於消費性電池	a-Si 戶外設置後輸出功率少 15~20%的光劣化現象	(1) 改善光劣性 (2) 低成本化 (3) 採用tandem cell結構
a-Si	a-Si 薄膜太陽能電池可解決大面積太陽能電池所需材料不足的狀	戶外設備後輸出功率少 15~20%的光劣象	開發低成本薄膜技術

	況		
CdTe	製作大面積簡單且可用於價格便宜的玻璃及金屬基板上做多晶薄膜,可構成 hetero 街面太陽能	製作成本高	(1) 新材料製作、結構 (2) 低成本化

第六節　太陽能電池應用

太陽能技術的應用以自 1950 年代的太空科技移轉至一般民生商業用途，隨者成本的降低與環保考量，太陽能電池的使用愈來愈普遍，主要應用範圍有：

（1）家用發電系統：從20W至數萬瓦，視需要量情況而定。如圖（二）所示。

（2）農業：灌溉及抽水等動力系統。

（3）交通：電動車、充電系統、道路照明系統及交通號誌。如圖（三） 所示。

（4）電訊及通訊：無線電力、無線通訊。

（5）備載電力：災害補救。

（6）小功率商品電源。

（7）戶外定位監視系統:電子式公車站牌。

（8）大功率電子發電系統。如圖（四）所示。

（9）太空太陽能發電系統。如圖（五）所示

（10）人造衛星。

圖 2　太陽能大樓

圖 3　太陽能電動車

圖 4　太陽能發電廠

圖5　太空太陽能發電系統

第三章 實驗設計

第一節 系統設計初始構想

步驟 1: 將電容焊錫在電路板上，並使用 3V/500F 的電容進行並聯充電。

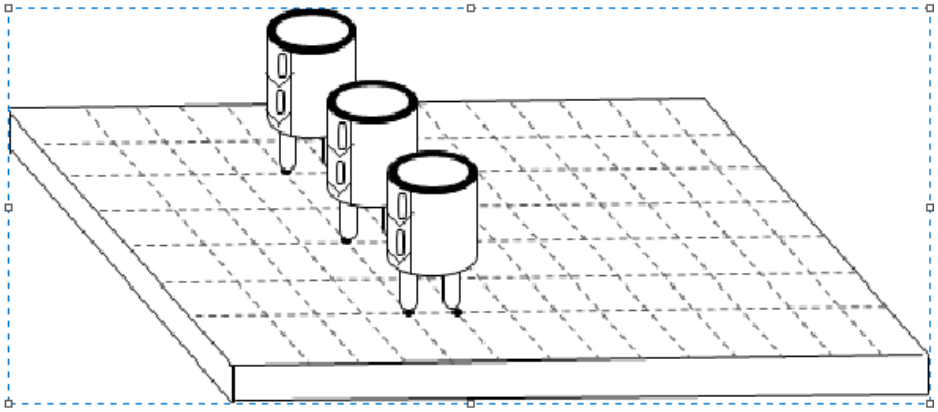


圖 6　電容與電路板連接圖

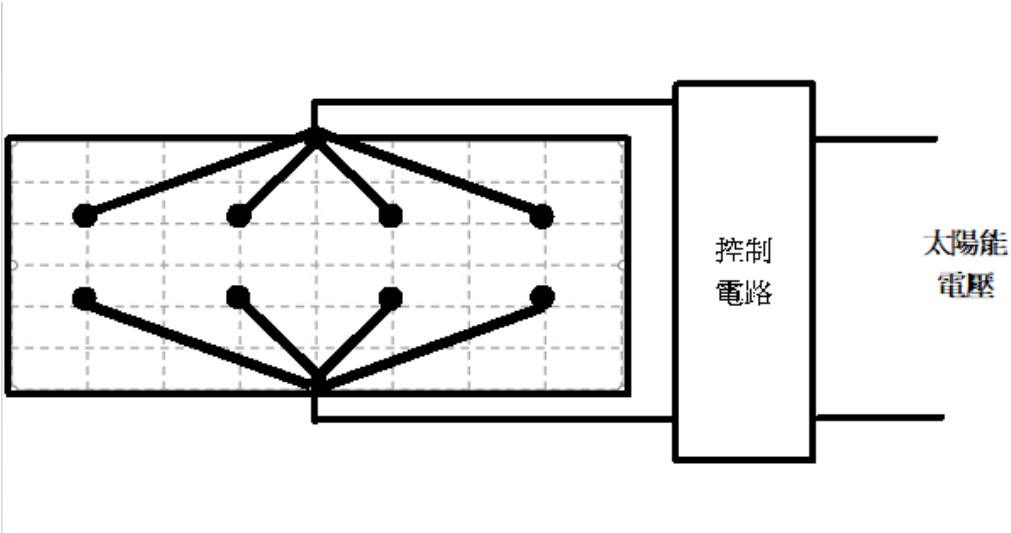


圖 7　電路板焊接圖

步驟二:觀測並記錄電容充電時間

時間	電容電壓	時間	電容電壓
初始	35.6(mv)	9:00	1.580(v)
30	266.04(mv)	10:00	1.681(v)
1:30	0.484(v)	11:00	1.789(v)
2:00	0.572(v)	12:00	1.872(v)
2:30	0.666(v)	13:00	1.97(v)
3:30	0.761(v)	15:00	2.07(v)
4:001.083	0.859(v)	16:00	2.07(v)

4:30	1.000(v)	18:00	2.230(v)
5:00	1.083(v)	20:00	2.330(v)
6:00	1.217(v)	22:00	2.417(v)
7:00	1.344(v)	23:00	2.457(v)
8:00	1.466(v)	24:53	2.503(v)

步驟三:比較理想與實際

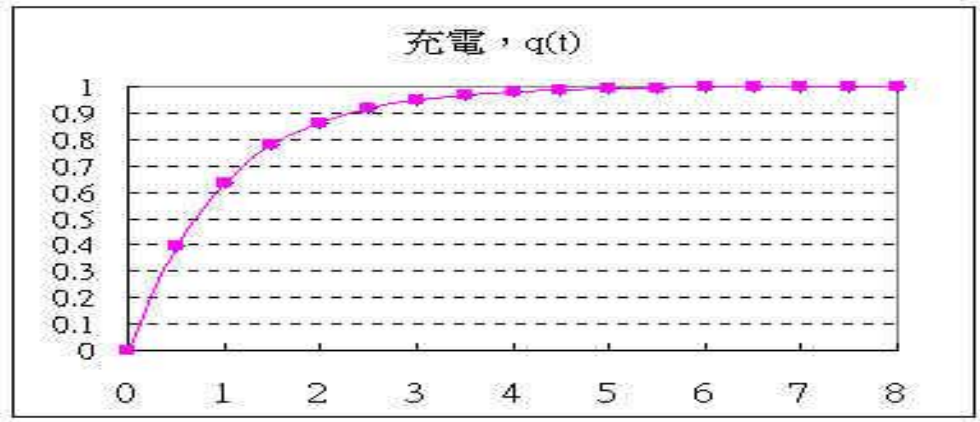


圖 8 理想電容充電特性圖

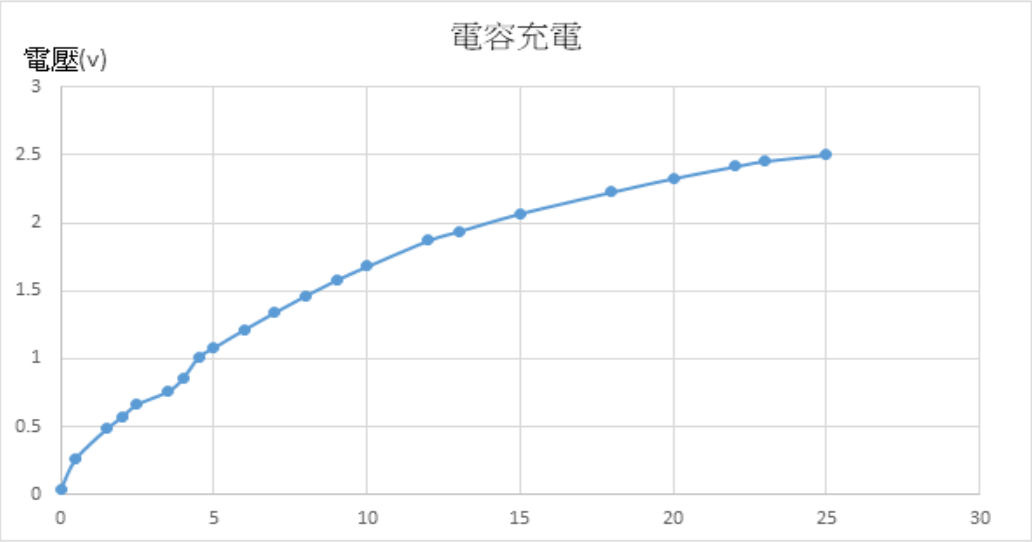


圖 9 理想電容充電特性圖

但後來因為沒有控制電路導致電容充電時間無法控制加上電路施工有問題導致在一次實驗中電容短路燒毀，於是想出了加裝控制電路來控制電容充放電。

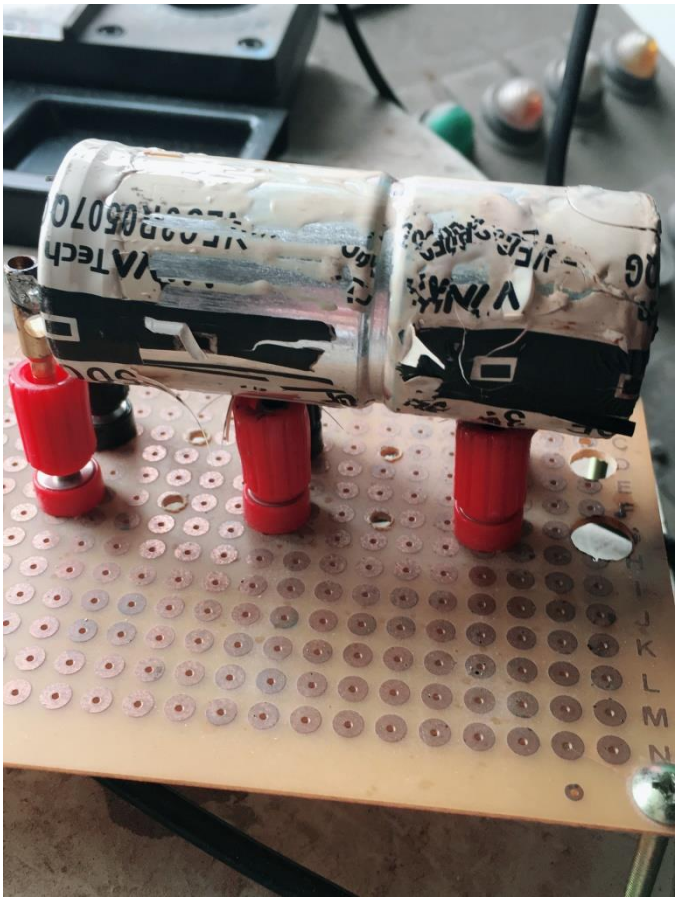


圖 10 電容短路燒毀

第二節　系統設計最終構想

步驟一:選用一個 74HC595 的電路

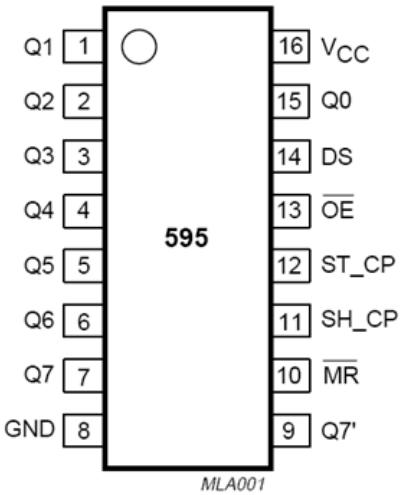


圖 11 74HC595 晶片

74HC595 晶片特性:

- 低電位清除資料，高電位允序訊號送出
- Qn 控制 4 個訊號
- Qn+1 控制 2 個
- Qn+2 控制 1 個
- MR 接地
- OE 接 Vcc
- n 從 0 開始 3 個訊號控制
- 111 為第 7 線路通
- 110 為第 6 線路通
- 000 為第 0 線路通
- 0~7 的訊號

步驟二:使用八個 Relay 與電容接線控制

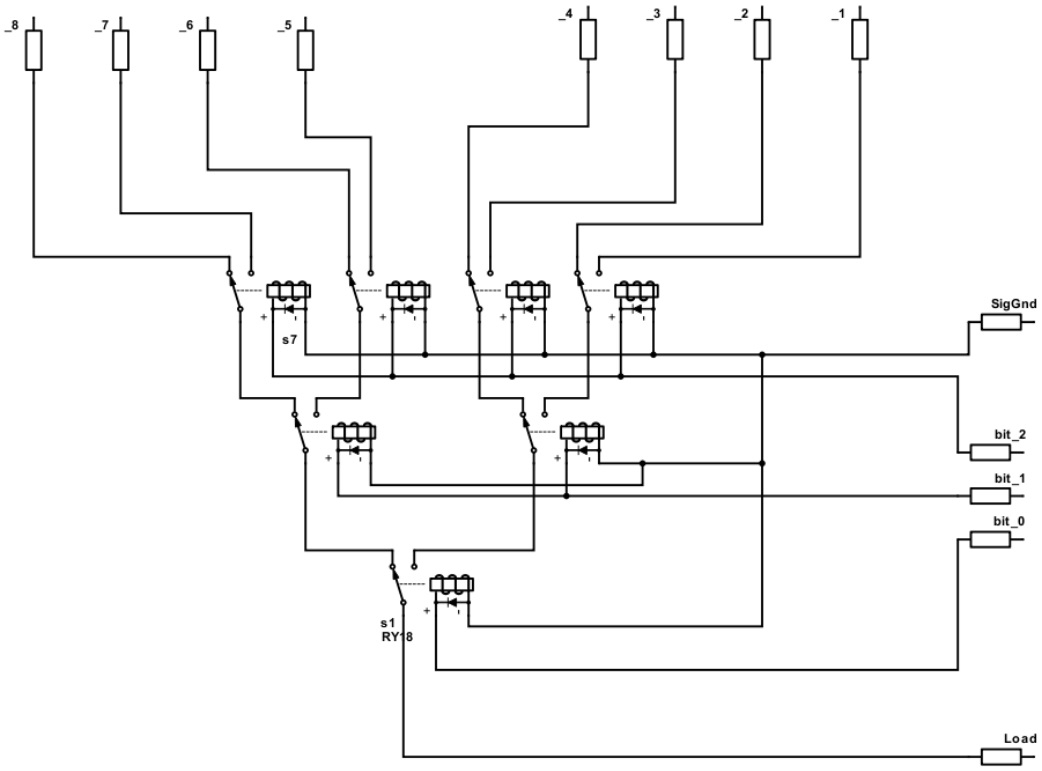


圖 12 Relay 電容控制圖

步驟三:撰寫程式並將 74HC595 與 Relay 連接

```
#define a_ 13
#define b_ 12
#define c_ 11
#define d_ 10

#define _a 9
#define _b 8
#define _c 7
#define _d 6

#define LOCK 5



void Serialize_Load();
void setup() {
   // put your setup code here, to run once:
   pinMode(a_,OUTPUT);
   pinMode(b_,OUTPUT);
   pinMode(c_,OUTPUT);
   pinMode(d_,OUTPUT);
   pinMode(_a,OUTPUT);
   pinMode(_b,OUTPUT);
   pinMode(_c,OUTPUT);
   pinMode(_d,OUTPUT);
pinMode(LOCK,OUTPUT);
   Serialize_Load();
   delay(500);
   Serial.begin(9600);

}
void lock(){
   digitalWrite(LOCK,HIGH);
   delay(200);
}

void unlock(){
   digitalWrite(LOCK,LOW);
}



void    Serialize_Load(){
   lock();
   digitalWrite(a_,HIGH);
```

```
    digitalWrite(b_,HIGH);
    digitalWrite(c_,HIGH);
    digitalWrite(d_,HIGH);

    digitalWrite(_a,HIGH);
    digitalWrite(_b,HIGH);
    digitalWrite(_c,HIGH);
    digitalWrite(_d,HIGH);
    unlock();
}

void Serialize_Couple_Load_(){
    lock();

    digitalWrite(a_,LOW);
    digitalWrite(b_,HIGH);

    digitalWrite(c_,LOW);
    digitalWrite(d_,HIGH);

    digitalWrite(_a,HIGH);
    digitalWrite(_b,HIGH);

    digitalWrite(_c,HIGH);
    digitalWrite(_d,HIGH);

    unlock();
}
void parellel_all_Load_(){
    lock();
    digitalWrite(a_,LOW);
    digitalWrite(b_,LOW);
    digitalWrite(c_,LOW);
    digitalWrite(d_,LOW);
    digitalWrite(_a,LOW);
    digitalWrite(_b,LOW);
    digitalWrite(_c,LOW);
    digitalWrite(_d,LOW);
    unlock();
}


void loop() {

    switch(Serial.read()){
        case 'a':
        Serialize_Load();
        break;
        case 'b':
        Serialize_Couple_Load_();
```

```
        break;
        case 'c':
        parellel_all_Load_();
        break;


    }


}
```

功能說明:

1. 用程式控制晶片
2. 利用訊號控制使 Relay 成為開關。
3. 4 個電容為一組進行充電,若充飽電,電路經過串並聯修改可提供 n , 2n , 3n , 4n V 伏特之直流電壓(n 為電容額定 電壓 約 3V)
4. 有並聯和串聯的節點模式 （提供擴充）
5. 4 個電容配 8 個 Relay
6. 電容有串並聯兩種狀態
7. 充電和供電 電路切換 都先將 in/out 切斷才能傳送訊號

功能操作:

1.串聯電容連接外接電壓(太陽能)充電約 9(v)所需時間約半小時

2.利用程式控制電容放電量

3.依不同輸出選擇放電量 9V、4.5V、2.25V

第五章　結論與建議

第一節　問題探討

問題一:太陽能板輸出端與線路連接，常因為下雨或風吹的關係導致線路接觸不良，如圖（十三）所示。

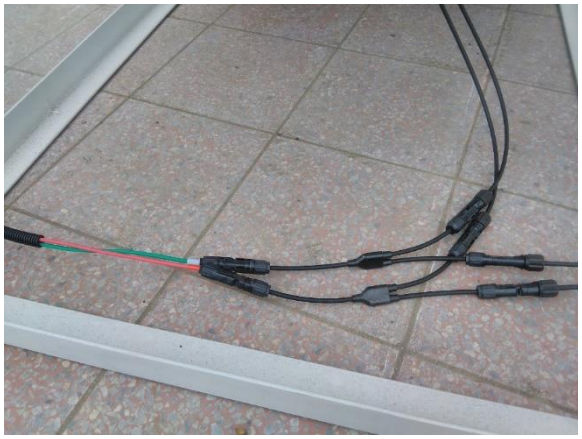


圖 13 太陽能輸出接頭

修改方式: 將接頭移除，並刮除導線尖端生鏽部分，再以焊接形式將導線焊接起來，並包上絕緣膠帶。圖（十四）所示

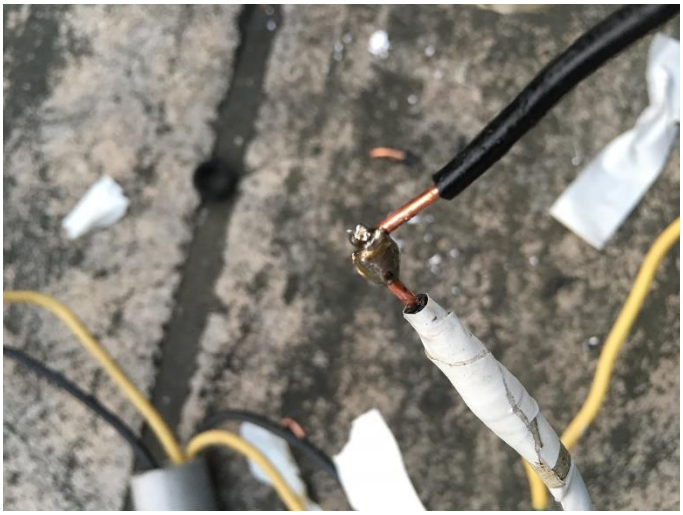


圖 14 以解決生鏽

問題二: 電路施工有問題導致電容短路燒毀

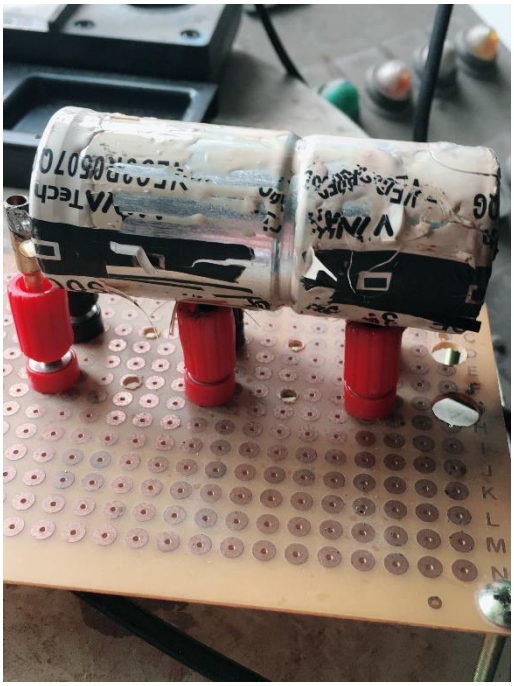


圖 15 電容短路燒毀

修改方式:構想出新的電路圖並加裝控制電路

參考文獻

[1] 太陽能能源及太陽能光電的現在與未來研討會（檢索於 97 年 9 月 26 日）。每日頭條-科技：https://kknews.cc/zh-tw/tech/vmekay.html

[2] 沈輝、曾祖勤（2008）。太陽能光電技術。高雄：五南出版

[3] 楊德仁（2008）。太陽能電池材料。高雄：五南出版

[4] 羅運俊、何梓年、王長貴、張勝雄、林乃陽、梁財春（2007）。太陽能發電技術與應用。台北：新文京出版

[5] 莊嘉琛（2008）。太陽能工程－太陽電池篇。台北：全華科技

[6] 中華太陽能連誼會。檢索於 2008/09/28。
http://www.solar-i.com/know.html。

[7] 行政院環保署-官方網站:http://www.epa.gov.tw/mp.asp?mp=epa。

[8] 經濟部能局:

http://www.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/home/Home.aspx。

[9]綠能趨勢網:

http://www.energytrend.com.tw/knowledge/20120709-4584.html。