

國立臺灣師範大學 工業教育學系
107 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 8 年 5 月

目錄

◎車輛技術組

◆電動機車動力系統製作

張元瑄、賴一豪、何冠霆..... 1

◆鋁合金車架設計與製作

劉仲珉、楊翔麟、陳邑旻..... 9

◆太陽能電池應用於風景區涼亭

薛博仁、王虹尹、郭達晟、蔣丞綱..... 15

◆無人機外殼之 3D 列印應用

林立、康徠翔..... 23

◆磁系奈米流體在四行程機車之性能影響

陳彥名、莊証巖..... 31

◆汽車後軸系統教具製作-以 Jaguar 轎車為例

郭振宇、陳英彰、吳庭毅..... 43

◆微米氮化硼機油

吳柏震、張晉誌、王亮勛..... 47

◆燃料電池與鋰電池之沙灘車實作與機電整合

黃威凱、陳原本、吳鎮豪..... 61

◎能源應用組

◆PM 2.5 與常用大氣條件之關聯性研究

陳思璇、陳心如、謝祥楷、蔡欣璋..... 73

◆藍芽控制式伸縮平臺

黃家慶、黃昱博..... 81

◆自動化溫室箱

沈秉勳、趙國安..... 91

◆智慧節能水塔

林大勳、吳安迪、詹詠竣..... 101

◆植披好遮陽

楊普勳、李偉憲、陳信實..... 109

◆三動力平台混和測試之實作

林柏文、李京鐸..... 115

◆常見分離式冷氣不冷的處理實務

游紀原、林文偉..... 127

電動機車動力系統製作

張元瑄^{1*}、賴一豪²、何冠霆³

國立臺灣師範大學工業教育學系車輛技術組^{1,2,3}

指導老師：李景峰 教授、張俊興 講師

*Email: z0917298202@gmail.com

摘要

隨著燃油法規日漸嚴苛且民眾的環保意識抬頭，而路面上的電動汽、機車也日益增多，可想而知電動車的發展已成未來的趨勢，而電動車與燃油車最大的差異主要是在於動力系統的設計，所以我們打算設計出一台使用直流無刷馬達與18650鋰離子電池為動力系統的電動機車，它可以大幅的減少噪音又可以免除廢氣的排放。

關鍵字：電動車、直流無刷馬達、48V、鋰離子電池

1. 前言

1.1 研究背景與動機

台灣為了對抗空氣污染的問題，行政院提出好幾項與電動車相關的具體政策，包含了在2018年起，將現行公車逐年汰換為電動車，並預計在2030年公務車輛與公共運輸全面電動化、2035年在台禁售燃油機車、2040年禁售汽、柴油車；此外，搭配台灣油耗法規的草案，預計在2022年達到20.9Km/L 的標準，但是以現有的純內燃機引擎技術是很難實現的目標，勢必一定要加入電能做為輔助，由此可以發現電動車已經逐漸成為現代交通運輸的發展趨勢。

機車對大眾來說是日常中較常使用的交通工具，尤其是學生更容易在生活中使用到機車，而且機車也比起汽車更具有方便性、機動性、實用性功能。同時結合現在的環保意識和空氣污染的問題，勢必未來交通工具的發展將朝向節能、低污染的趋势作為考量，因此機車電動化一定是市場的趋势，因為這些原因，我們透過這次的專題做出一台電動機車，並在過程中了解其優勢、困境，以及未來的發展走向。

1.2 研究目的

這次專題我們想要做出一台相當於50cc 燃油機車之電動機車，透過製作的過程，可以學習到相關知識以及分析目前所需要突破的限制，也可以建構出相關的設計概念，以利於未來在電動機車的發展，首先我們會先了解動力系統模組的原理以及作動過程，例如：馬達與控制器，改變控制器的參數設定來控制馬達輸出，並根據我們的需求、想法，將我們

的動力模組設定到符合我們所預期的目標，同時在此過程中學習；其次針對電池模組進行設計，並透過電池管理系統監控與管理電池，讓電池發揮最大效率，同時計算出電池續航力，最後與實際測試做比較，再者針對燃油與電動之間的差異進行比較，從其性能到能源消耗，瞭解兩者目前的優缺點；最後是由我們所製作的動力系統部分能夠跟車架組做結合，讓電動機車能夠正常行駛，同時能夠成為上課教材的使用，進而讓我們的努力更有價值。

1.3 研究方法

從零開始打造一台電動機車。從我們主要負責打造電力系統(規劃動力分配、電池容量的設計等等)到與另一組所製作出的鋁合金車架，以及最後的實車性能測試，將理論與實際數據做對比，並把數據資料做統整，提出可能造成差異的原因，並提出自己的觀點。

1.4 名詞解釋

- 1.續航力：只在充滿燃料或電的情況下，消耗完其所儲存的電或燃料所需的時間。
- 2.電動車：使用電動馬達作為動力的車輛。
- 3.記憶效應：由於電池重複地部份充電與放電不完全所致，導致電池暫時性的容量減小。[1]
- 4.減速比：傳動齒輪大小的比值；透過小齒輪帶動大齒輪的方式，來降低轉速提高扭力
- 5.直流無刷馬達：使用由電晶體等電子元件構成的電子回路（驅動器回路），透過電氣性的電流切換來使馬達轉動，且具有免維護、轉速的穩定、速範圍廣、平穩轉矩、薄型大功率等優點。[2]

2.文獻回顧

2.1 台灣電動機車發展史 [3]表1

年份	重大事件
1992	經濟部能委會委託工研院進行電動機車研究
1995	環保署公告「行政院環境保護署補助新購電動機器腳踏車執行要點」開始補助民眾購置電動機車。

1998	行政院通過環保署所提「發展電動機車行動計畫」。
1999-2000	三陽、台灣山葉、台鈴、永豐、偉士伯、摩特動力合組策盟工業，共同開發推出 EVER 電動機車。光陽推出 Air 舞風電動機車。
1995-2003	政府共投入17億5千萬補助款，補助消費者購買電動機車
2008	行政院於「現階段政府施政策略與工作要點」裁示將推廣可抽換電池電動機車四年達10萬輛。
2009	行政院核定「電動機車產業發展推動計畫」，規劃改採抽換式鋰電池。 補助民眾購置、獎勵廠商擴大產量、補助廠商設立充電設施，目標4年16萬輛內銷及3.65萬輛外銷。
2010	交通部正式核發電動機車專屬牌照
2011	環保署訂定「電動機車電池交換系統補助辦法」
2012	修正使用牌照稅法，12英制馬力以下電動機車免牌照稅，並授權地方政府免徵各種電動車牌照稅三年。
2013	主計總處完成作業規定修訂，電動機車納入各機關公務車優先租用對象。
2009-2013	電動機車產業發展推動計畫第一階段2009-2013，達成電動機車總銷量32,127輛。
2014	行政院核定「智慧電動車發展策略與行動方案」及「電動機車產業精進計畫」，整併為「智慧電動車輛發展策略與行動方案」。
2015	GOGORO 上市記者會。 環保署公告施行「淘汰二行程機車及新購電動二輪車補助辦法」，範圍涵蓋電動機車、電動自行車、電動輔助自行車。同日廢止電動自行車與電動輔助自行車之新購補助辦法。
2016	GOGORO 佔電動機車新車市佔率八成。
2017	行政院核准經濟部呈報「智慧電動機車能源補充設施普及計畫」。規劃五年期方案新增建置3310站能源補充設施(331站充電站及2979站換電站)。 其中由經濟部工業局分期補助中油於2018-2022年建置電動機車能源補充站1000站，採中油自營或委託

	經營等模式營運。 餘2310站由民間業者自行投入建置。
2018	經濟部正式公告「電動機車固定式交流及直流傳導式供電系統產業標準」，其中包括電氣安全性規範與充電式之公規接頭形式；換電式未定公規。
2019	GOGORO 與臺灣師範大學進行產學合作，開設「Gogoro 電動機車維修人才認證培訓師大專班」，2019年將開設10至12梯次。 GOGORO 宣布2019年夏導入2170電芯，延長續航力。

2.2 政府法規推動

各個國家都為了減少交通工具的所排放的溫室氣體而訂定相關政策，其中一項主要的政策是禁售燃油車，以達到改善空氣汙染的問題，而台灣也在2017年宣布要在2035年機車電動化、2040年禁售燃油車。其他國家的禁售燃油車時間表。[4]如表2：

表2 其他國家禁售燃油車時間表

國家	禁售汽、柴油車
荷蘭	2025年
挪威	2025年
德國	2030年
印度	2030年
法國	2040年
英國	2040年
台灣	2040年
中國	2040年

2.3 電動機車動力系統介紹

2.3.1 無刷直流馬達發展史與優點

(1) 發展史

無刷直流馬達是根據有刷直流馬達發展出來的，有刷馬達剛發明時，因為它有優良的轉矩控制特性而得名，但是因為使用了機械式相位轉換，而降低了可靠性，因此後來才發明出了無刷直流馬達，無刷直流馬達剛發展時，因為科技並不是很發達，造成可靠性差、價格昂貴、永磁材料與控制水平的限制，使得無刷直流馬達發展停滯了一段時間，但隨著半導體快速發展，加上高磁能積永磁材料出現，使得無刷直流馬達得到了迅速的發展，朝向了實用的階段。[5]

(2) 優點[6]

- 1.免保養
- 2.高效率
- 3.容易控制

- 4.噪音低
- 5.耗電降低

- 2.錄影機
- 3.手工具
- 4.套用公式: $P=I*V$

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

電池管理系統 BMS 與電能管理系統 EMS 是發展電動車的一大關鍵，電池管理系統用來對電池進行監控和管理，像是可以監控與管理電池的充放電電流、充放電電壓、放電溫度等等的，用來提升電池的效能，而電能管理系統是透過適當的控制策略來達成整車最佳的能量流管理，增加車子的行駛距離。電池管理系統的監控方法是在構造的最底層的電池芯有溫度、電壓、電流的偵測與紀錄，並將資訊傳送到電池模組管理單元，以監控電池芯，另一個功能是進行主/被動電池平衡，以補償電池之間的匹配問題，有效延長電池的工作壽命，因此只要透過 BMS 與 EMS 的結合就能達到有效且高效的使用電池，並增加使用電池的安全性。[7]

2.4 鋰離子電池介紹和特點

鋰離子電池是由正極、負極、電解液、隔離膜所組成的，隔離膜是為了防止正極和負極碰觸到而造成短路，而隔離膜也可以在高溫時自動封閉自身的孔洞結構，隔離鋰離子的通路來達到保護電池的效果[8]；而鋰離子電池有許多優異的特性[9]，如：

- 1.工作電壓高
- 2.能量密度高
- 3.使用壽命長
- 4.無記憶效應
- 5.可快速充放電
- 6.工作溫度範圍廣
- 7.低自放電

3.實驗設計

3.1 研究系統

3.1.1 電池電流輸出

- 1.數位式三用電表
- 2.電流勾表
- 3.手工具

3.1.2 控制器參數調整

- 1.電腦
- 2.參數設定軟體
- 3.手工具
- 4.連線接頭

3.1.3 電池續航力

- 1.計時器

3.2 實驗方法

3.2.1 電池電流輸出

- 1.無負載狀態
- 2.電池充電至滿格(54V)
- 3.勾表量測電池輸出端

3.2.2 控制器參數調整

- 1.連接控制器輸入端
- 2.啟動電源
- 3.修改參數
- 4.實車測試

3.2.3 電池續航力

- 1.主電池狀態滿電(54V)
- 2.以師大羅馬廣場為測試跑道(260m)
- 3.以單人騎乘方式(駕駛80kg)
- 4.定速(20km/h)測量主電池耗盡的時間(主電池44V 視為沒電停止測量)

3.3 研究步驟

3.3.1 傳動與動力系統配置

- 1.動力系統性能規劃
- 2.計算減速比
- 3.修改零件設計
- 4.傳動系統零件整合

3.3.2 電池系統配置

- 1.計算電池所需電容量
- 2.結合教具需求設計
- 3.規劃電池佈局
- 4.結合傳動與動力系統

3.3.3 動力與車架整合

- 1.比對車架與動力系統之誤差
- 2.修改兩者誤差
- 3.配置電路
- 4.結合動力與車架

3.3.4 實車測試

- 1.修改電池系統參數
- 2.修改控制器參數
- 3.電池續航力測試
- 4.傳動系統測試

3.4 實驗過程

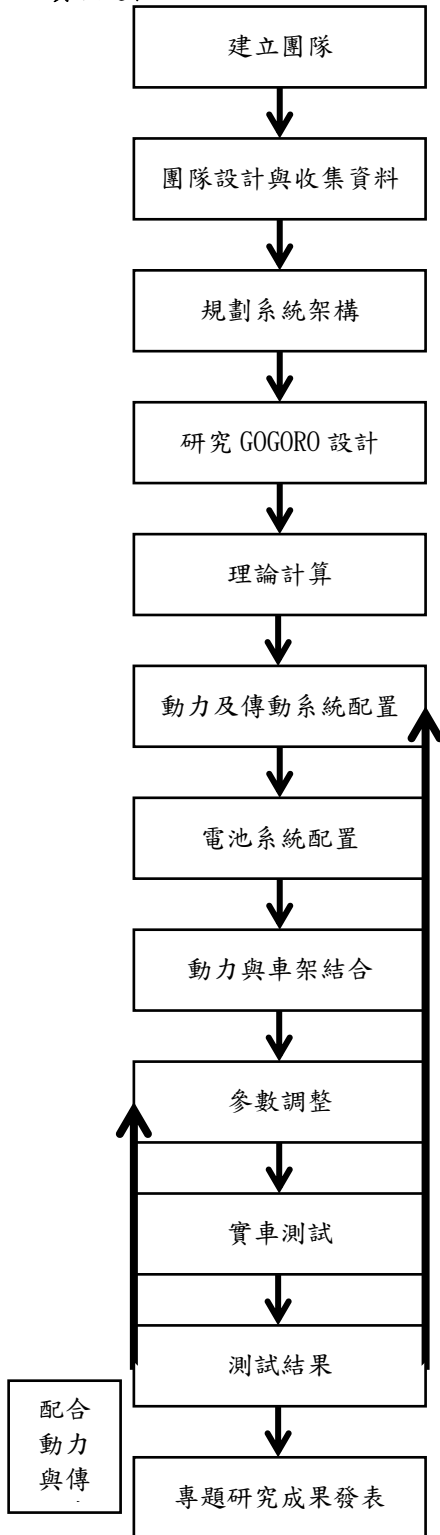


圖1 實驗過程

1.動力及傳動系統配置

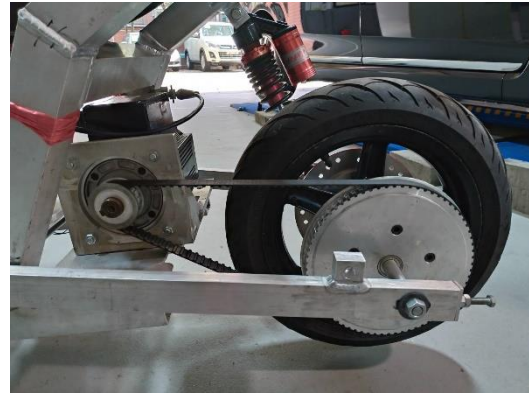


圖2

動力及傳動系統是馬達透過皮帶、皮帶輪去做動力傳遞，動力會輸出到後輪，讓後輪驅動

2.電池系統配



圖3

串聯13顆成一排
 並排4顆為一組
 主電池共為2組配置
 使用專用模組組裝而成，有效運用電池盒空間

透過
測試
結

3.實車測試



圖4 實車測試中

透過實車測試，可以了解實際的續航力以及整車的行駛狀況，並依據這些條件來調整我們的馬達控制器，以達到行駛最佳條件。

4. 結果與討論

4.1 電池電流輸出

4.1.1 結果

- 1.兩組電池模組第一次設計為一組15A，總輸出30A，測試後發現電池電流輸出不足造成起步困難。
- 2.兩組電池模組第一次設計為一組30A，總輸出60A，測試後發現電池電流輸出穩定，實車測試正常。

4.1.2 討論

- 1.第一次測試時發現起步困難，初步判定為電池電流輸出不足導致，所以決定將電池輸出電流放大一倍，以改善起步困難之問題。
- 2.第二次測試時發現在平坦路面可行駛穩定且加速性良好，所以決定固定總電池電流輸出為60A。

4.2 控制器參數設定

4.2.1 結果

- 1.原廠設定值並不適用於我們的動力系統，進行修改後，可以初步對電池保護的同時，也能夠正常運轉。
- 2.為了讓扭力能夠在進一步的提升，修改馬達及電門把手的輸出電流，並調整馬達逆轉電流數值。

4.2.2 討論

- 1.原廠數值並不符合我們專題車身參數，此結果會造成在控制器運轉時，有運算誤差的問題產生，所以將各項可修改數據進行輸入，但起步扭力仍有不足，判斷可能是輸出電流設定不足導致。
- 2.測試結果，起步扭力有改善，但目前可乘載重量為80kg，若超過80kg 以上，便會造成扭力不足，而起步不順，或者皮帶跳齒的問題產生。

4.3 實車負載測試

4.3.1 結果

經過實車測試後，發現能正常起步且順暢行駛於平坦路面的行車條件為單人騎乘且負載不可超過80kg。

4.3.2 討論

礙於控制器電流最大輸出為120A 與減速比1:4的情況下，輸出扭力無法負荷更多重量的負載；而後續將把控制器電流最大輸出調為180A，減速比調為1:6的情況下，預計可以達成雙人乘載負載重量160kg的目標。

4.4 續航力測試

4.4.1 結果

行駛條件：電池滿電狀態(54V)
電池跳機電壓(44V)
圓環測試一圈：260m
空車重：88.4kg+一位乘客：80kg=168.4kg
定速：20km/h
路況：平坦路面
實測值：行駛距離22.51km
行駛時間：64分鐘19秒
平均速率：21.04km/hr

4.4.2 討論

理論續航時間：
1.馬達平均功率=2200W
2.電池電容量：23.2Ah
3.馬達平均電流：2200W/48V=45.83A
4.續航時間：23.2Ah/45.83A=0.50h=30min

測試結果與理論值有明顯的差距，初步判定有可能是控制器內部的電能回充的功能造成續航力時間有所增加，但並不排除有人為因素的影響，因為在測試時的速度，尚未控制相當精確，有機會低於20km/hr 的速度下去行駛，造成騎乘時間比預計的更長。

5. 結論

本次專題研究完成電動機車動力系統製作，起初我們先設計我們的傳動與動力系統配置，再者根據我們的理念，選擇合適的馬達與電池的規格，並透過馬達控制器與電池管理系統讓其發揮最大的效率，最後依據測試的路況條件，選擇最合適的設定，來做各種不同的實車測試。

本次的專題研究有以下重點

- 1.控制器參數設定
- 2.電池模組設計
- 3.實車負載測試
- 4.實車續航力測試

建議：

- 1.控制器參數設定目前只著重在起步扭力以及提高車輛時速這兩方面，未來可以再根據不同的情況，調整控制器的各種參數輸出，已符合各種需求。
- 2.根據電池電容量與馬達輸出功率，計算出理論的電池續航力以及實車測試的電池續航，力未來可以考慮再多加一組電池，以增加續航力。
- 3.實車負載測試條件為正常起步且順暢行駛於平坦路面的行車條件為單人騎乘且負載不可超過80kg，為了改善此情況，可以再傳動系統的細節做改進以及輕量化調整，來達到雙人騎乘的目標。

4.為了改善扭力不足的問題，可以再未來調整動力系統之齒輪比，或是加上不同形式的減速機構，以提高起步扭力。

6. 參考文獻

- 1.國立臺灣師範大學物理系，物理問題討論區，黃福坤教授，電池記憶效應。
2. 台灣東方馬達股份有限公司，何謂 DC 無刷馬達。
https://www.orientalmotor.com.tw/teruyo_det/teruyo_28/
- 3.痞客邦，You don't know，台灣電動機車發展大記事。
<http://hector958.pixnet.net/blog/post/34725865-%E8%87%BA%E7%81%A3%E9%9B%BB%E5%8B%95%E6%A9%9F%E8%BB%8A%E7%99%BC%E5%B1%95%E5%A4%A7%E4%BA%8B%E8%A8%98>
- 4.維基百科，禁售燃油車時程。
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A6%81%E5%94%AE%E7%87%83%E6%B2%B9%E8%BB%8A>
5. 陳偉哲，模糊控制器應用於無感測器無刷直流馬達，碩士論文，國立台灣師範大學工業教育學系(所)，2007。
- 6.葉宗憲，低價位多功能車用無刷馬達控制器設計，碩士論文，義守大學電子工程學系，96年9月。
- 7.ARTC 財團法人車輛研究中心，車輛研究測試中心綠能車輛發展處許家興，電動車成敗的關鍵技術--電池管理系統，2011。
https://www.artc.org.tw/chinese/03_service/03_02detail.aspx?pid=1909
- 8.台灣塑膠公司塑膠事業部技術處，鋰離子電池機械性電解液開發及應用。
http://www2.fpg.com.tw/html/mgz/Mgz_epaper/126/43-6p13-18.pdf
- 9.維基百科，鋰離子電池介紹。
<https://zh.wikipedia.org/wiki/鋰離子電池>

Electric scooter power system production

Y.X. Zhang^{1*}, Y.H. Lai², G.T. He³
Department of Industrial Education-Vehicle
Technology Group, National Taiwan Normal
University^{1, 2, 3}

*Email: z0917298202@gmail.com

Abstract

With the fading of the fuel law and the protection of the public's environment, and the increasing number of electric cars on the road, it is conceivable that the development of the motor car has become a trend, and the biggest difference between the motor and the fuel car is mainly in the design of the motor system. So we're going to design an electric car that uses a DC brushless motor and a 18650 Lithium Ion Battery, which can significantly reduce noise and eliminate the release of the gas.

*Keywords: Electric car, DC brushless motor, 48V,
Lithium Ion Battery*

鋁合金車架設計與製作

劉仲珉^{1*}、楊祥麟²、陳邑旻³

國立臺灣師範大學工業教育系車輛技術組^{1,2,3}

指導老師：李景峰 教授、張俊興 講師

*Email: mingoheyho@gmail.com

摘要

隨著燃油法規日漸嚴苛且民眾的環保意識抬頭，而路面上的電動汽、機車也日益增多，可想而知電動車的發展已成未來的趨勢，而電動車又追求於車身輕巧的設計，所以我們打算設計出一台使用鋁合金為主要材質的車價，它可以使得車身重量輕量化，而又不失原本的堅固性。

關鍵字：鋁合金、輕量化、堅固性

1. 前言

1.1 研究背景與動機

依照目前台灣的環保政策，預計於西元2030年將公務車輛與公共運輸全面電動化，2035年禁售燃油機車，歐洲多國也將於2030年前禁售燃油車，市面上的車種，從內燃機到電動馬達必然是種趨勢，市面上的龍頭品牌G牌機車也正在崛起中，但是現在的電動機車例如K牌與Y牌以及G牌後續車款都是採用鋼製車架，我們所觀察到的電動機車還有更多可能性，因此我們決定以現在市面上有的機車為參考，並採用不一樣的合金來打造車架，這就是我們這次的目標。[1]

1.2 研究目的

我們的車架為了要達成環保節能的效果，預期達到以下目的

1. 製作出相較於一般市售車輕量化車架以達到節能的效果
2. 車架在輕量化的前提下仍然堅固耐用
3. 可與動力組之動力系統做匹配

1.3 研究方法

比對各種合金的物理性質，以及價格方面後，以比重輕以及價格為一般民眾可以負擔下，來決定我們所使用的合金材質；在以參考過實際車輛後，再加上人性化考量後，並先使用3D 繪圖軟體設計出整體架構，確認架構後實際製作出車架，最後在搭載上動力系統，以實測使用狀況，對比現有車輛。

1.4 名詞解釋

1. 降伏強度：降伏點強度，即降伏強度，降伏應力，或稱強韌度，在機械與材料科學的定義是有延展性的材料受力在彈性限以上時產生應力應變比值反覆變化的情形，再稍微增加受力後就會產生破斷的應力值。當一材料受力時，其應力應變比值呈直線狀態之最高應力值稱為彈性限，彈性限以下，材料之變形屬於彈性變形，在負載卸除之後，材料會回復到原來的形狀；若受力持續加大，應力值增加而超過降伏點強度，則此時材料會產生塑性變形，當負載卸除後，材料將無法回復到原來的形狀，呈現永久變形。例如：圖1[3]

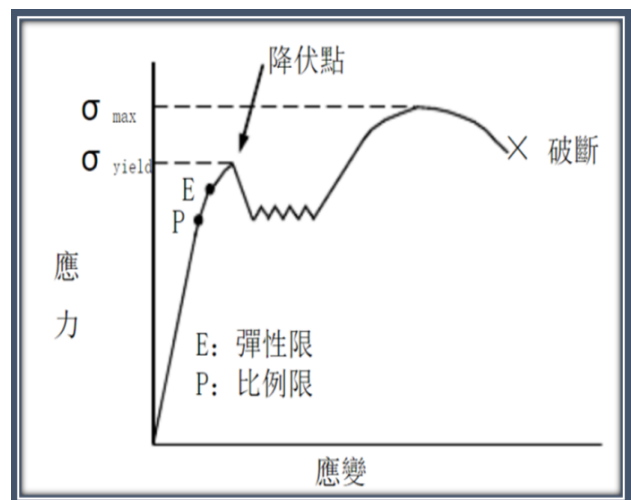


圖1 降伏強度圖

2. 莫式硬度：莫氏硬度標準將十種常見礦物的硬度按照從小到大分為十級。具體鑒定方法是，在未知硬度的礦物上選定一個平滑面，用上述已知礦物的一種加以刻劃，如果未知礦物表面出現劃痕，則說明未知礦物的硬度小於已知礦物；若已知礦物表面出現劃痕，則說明未知礦物的硬度大於已知礦物。如此依次試驗，即可得出未知礦物的相對硬度。[2] [4]

2. 文獻回顧

2.1三角函數

使用三角函數計算出所有車架尺寸，以及龍頭車架角度對比地面車架 例如：圖2

簡易三角函數：

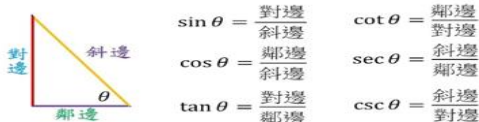


圖2 三角函數圖

2.2圖學應用

利用 Solidworks 繪圖軟體來畫出3D 車架圖形，藉此可以在製作前先分析整體架構，加以修改錯誤的地方，並且標示出尺寸角度等等係數，用來計算設計外的所有尺寸，用電腦計算來減少人工計算的誤差，以及錯鑄造上不必要的浪費。例如：圖3、圖4



圖3 solidworks設計圖

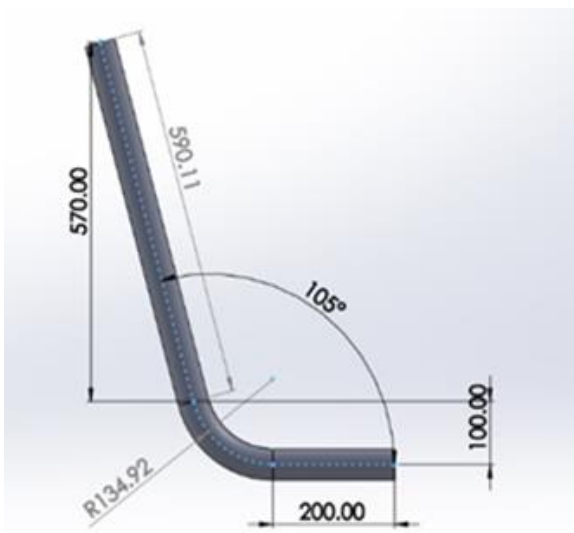


圖4 solidworks 零件圖

2.3應用力學

利用力矩力偶的力學觀點，特殊加強應力點及受力點處對於這些脆弱點進行補強

3.實驗設計

3.1 研究系統

我們主要研究於車架的結構以及材質的使用，結構方面不僅要考慮車架形狀還要顧及到連結方式，材質部分我們考慮重量與強度的對比數據，來推測出我們所採用的金屬材料，另外還要考慮成本問題。例如：圖5

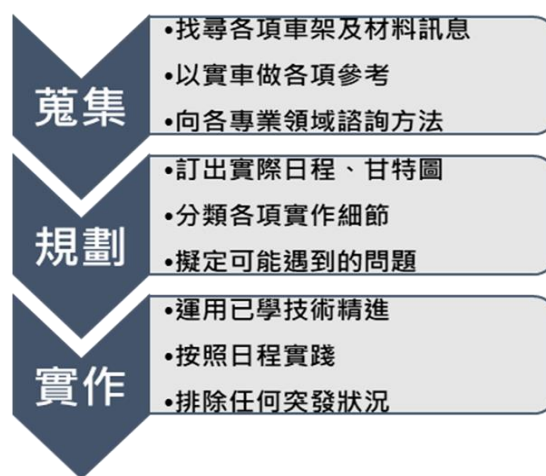


圖5 研究系統示意圖

3.2 實驗方法

對於整體車架結構進行設計，並製造出車架並進修改最後在搭載上動力系統，使車架可以在路面上，跟一般車輛一樣運作，並且進行一定時間的連續運行測試，證實強度能夠正常使用。

3.3 研究步驟

1. 研究所需金屬材質
我們先找尋相關資料以及現有的車輛作為參考，探討最適合我們用來做這次車架的結構
2. 車架的設計
觀察實際車輛及文獻後，以3D 繪圖設計出初步的車架設計圖
3. 配合材質的情況下設計出適合的結構
在車架的初步設計上，對於所使用材質的優缺點，進行近一步的改善，設計出此材質最堅固、耐用、簡易的結構
4. 開始尋找材料廠商
前往市面尋找能夠供給我們，所需要材質原料的

廠商

5. 學習焊接及切割、研磨等技術
對於製造上所需要的技術，加以學習並且精進，讓製作時能夠用較完美的技術，製作品質更加優良的車架
6. 購入所需材料
依照設計圖的架構進行計算，得出所需的材料量，並進行購買材料
7. 材料切割、研磨加工
依照設計圖的尺寸，對材料進行切割的動作，使得每段材料能夠合乎設計圖，並且進行研磨加工，使得材料接合處更加穩合、細緻
8. 加工完成後進行拼接的動作
加工完成後初步的組裝，並與設計圖進行比對，將不吻合處進行修改
9. 焊接作業
在確認各組件後，進行焊接加工，使整體車架能夠牢固接合
10. 車架修改
為配合動力系統，在車架大體成形後，進行最後的切割、研磨、鑽孔等動作，使得動力系統可以固定在車架上
11. 置入動力系統進行測試並加以改良
將動力系統安裝上車架，進行多次的騎乘測試，並對於異樣處進行改良後，再次進行測試，反覆此動作直到無需改良後測試得出結果
12. 最後與現有車輛進行比對
與現在市售車進行比對，得出整體實驗成果

3.4 實驗過程

例如：圖6



圖6

4.結果與討論

在經過多方面的探討後，為了能夠達到輕量化、堅固、價格親民、材料取得容易等因素，因此決定用6061的鋁鎂合金，來做為此次研究的材料。例如：表1、表2

表1 各材質特性比較

	鋼	鋁	鈦
價格			
NT/KG	10	90	1900
重量 g/cm ³	8.9	2.8	4.5
降伏強度			
MPa	1000	260	300
莫氏強度	4-4.5	2-3	6

表2 6系列鋁性質[5]

鋁系列	材質	質別	鋁合金機械性質標準			
			抗拉T.S.	0.2%降伏 σ _y	伸長率(%) %EL	硬度
			kg/mm ²	kg/mm ²	% d 12.7mm	kg/mm ²
6000系列	6061	O	15	11	16	30
		T6、T651	27	25	10	54
	6063	T5	11	16	12	40
		O	11	6	18	43
	6066	T6	35	32	8	70
		T6	27	24	10	55
	6082	T6	27	24	10	55
		T5	15	11	7	HV60

當下遇到的第一問題在於圓形鋁管的加工不便處在於鋁材質彎曲後容易破裂，而且彎管的模具成本非常高，圓形鋁管的焊接點容易產生偏移造成點與點連接而不是線連接或是面連接，所以最後我們採用方型鋁管來組合車架，焊接步驟為以小組大的方式，以拼接組裝的方式來建構車架。

我們所得出的車架如附圖，連結方式我們採用鋁合金脈衝焊接，為了可以達到應該有的鋁合金強度，所以鋁合金的厚度以及結構必須要有一定的要求，關於厚度的問題我們採用全周三釐米的圓形鋁管。如圖7、圖8



圖7 焊接示意圖



圖8 焊接示意圖

鋁合金車架的重量如附圖3 GP 車架如附圖9



圖9 鋁合金車架重量量測圖

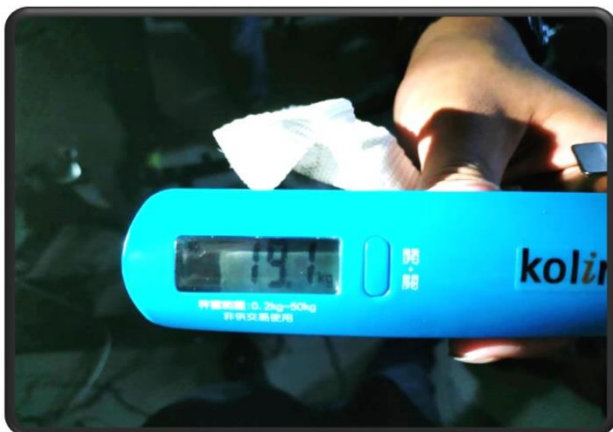


圖10 GP車架重量量測圖

車架整體重量減少了百分之四十五，而且車架的堅固性依舊保持，因為我們對於應力集中點或是結構受力處都做了相對應的補強，如以下附圖11、圖12



圖11 補強示意圖

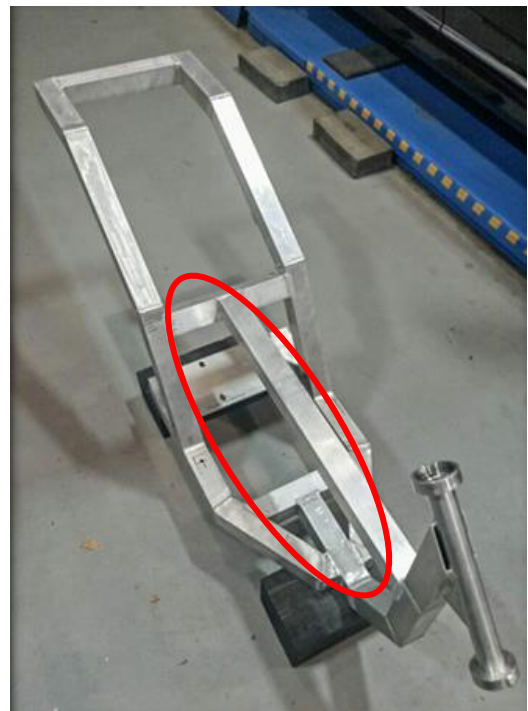


圖12 補強示意圖

車架整體可以承受兩個成年人的體重，並能夠平穩的行駛，主要歸功於車架整體設計方向，寬厚的後搖臂與避震器能夠將重量分散於車架兩旁，行駛中所遇到的震動不會直接衝於人體，還是經由懸吊系統分散於車架與避震器上

一般來說，10cm的拖曳距應該可以說是在穩定性和反饋性上能得到較好的平衡的距離。還有前方特殊的前傾角，為了使得平穩行駛以及重量分散有著很好的效果，使往下傳動的部分力量轉變為旋轉力矩，我們所設計的焊接連接對於旋轉力矩的承受力還要大於上下移動的應力，不僅如此，對於後傾角的好處在於，安全性，一旦招受來自前方的撞擊時，靠錢的輪胎與懸吊結構會承受大部分的衝擊力，從而保護駕駛與乘客的安全。如附圖13、圖14{6}{7}



圖13 前傾角實際圖

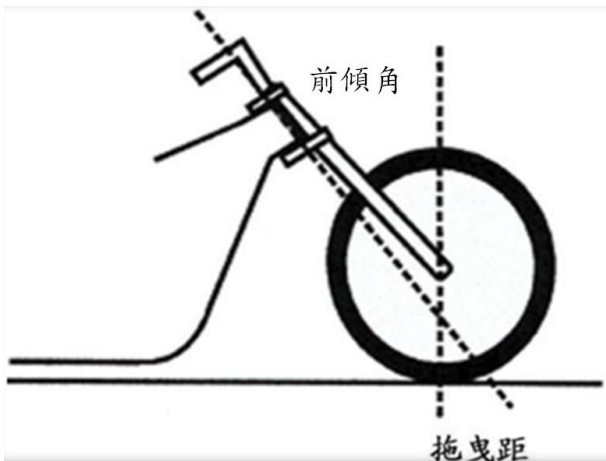


圖14 前傾角示意圖

且在進行上百次的平地運行測試及坑洞運行測試後，車架結構仍然完好無損，無任何明顯的變形量，也證實了鋁合金車架能在道路上使用的實用性。

5. 結論

雖然在最後的數據上，鋁製車架的效能確實比一般市售車的效能來的好，但是在價格與製造上面看來，卻都比一般的鋼鐵來的昂貴且複雜許多，但或許量產規格化後，或許可以解決昂貴的問題，但

還是缺少呵許多置物空間，因此可以著G牌一代的車，以沖壓來成行可以減少一些結構加強的支架，所以鋁製車架確實是可以實現的，但是要能普及化，就得看未來的技術，能不能更簡單的量產這一套車架。

關於此專題的後續研究，建議可以從更換不同的材質下手，不一定會找到更好的材質。

6. 參考文獻

1. 中央社新聞。
<https://www.cna.com.tw/news/firstnews/201811050028.aspx>。
2. 維基百科，鋁合金。
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%8B%81%E5%90%88%E9%87%91>。
3. 維基百科，降伏強度。
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%B1%88%E6%9C%8D>。
4. 維基百科，莫氏硬度。
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%8E%AB%E6%B0%8F%E7%A1%AC%E5%BA%A6>。
5. 鋁合金機械性質表，<http://www.yuan-tai.com.tw/images/table02.pdf>。
6. 每日頭條，前傾角。<https://kknews.cc/zh-tw/car/l6onz49.html>。
7. 機車網-前傾角。
<http://www.jiche.com/article/weixiubaoyang--486.html>。

Aluminum Alloy Scooter Frame Design and Production

C.M. Liu^{1*}, X.L. Yang², Y.M. Chen³

Department of Industrial Education-Vehicle
Technology Group, National Taiwan Normal
University^{1, 2, 3}

*Email: mingoehyho@gmail.com

Abstract

With the fading of the fuel law and the protection of the public's environment, and the increasing number of electric cars on the road, it is conceivable that the development of the motor car has become a trend, and the motor car is pursue the lightweight design of the body , so we are going to design a frame that uses aluminum alloy as the main material, it can make the weight of the car lightweight without losing its original sturdiness.

Keywords: Aluminum alloy, lightweight, sturdiness

太陽能電池應用於風景區涼亭

薛博仁¹、王虹尹^{2*}、郭達晟³、蔣丞綱⁴

國立臺灣師範大學工業教育學系車輛技術組^{1,2,3,4}

指導老師：郭金國 教授

*Email: qaz213226@gmail.com

摘要

觀光產業日漸盛行，許多戶外景點的風景區設置涼亭供民眾休憩，這項設計十分的人性化，但我們認為涼亭的功能不外乎只有休息和乘涼，顯得略微可惜，因此利用太陽能電池的技術，供給電源給我們設計製作的四項功能：照明、警報系統、電子時鐘和USB充電等等，使得涼亭變得更加實用且便民。

關鍵字：太陽能、風景區涼亭、照明、警報系統、電子時鐘、USB充電

1. 前言

1.1 研究背景與動機

臺灣的人文特色和地理景觀燦爛多采，往往吸引大批人潮前來觀光，尤其十三個國家級風景區名揚國際，也是臺灣人民引以為傲的資產，然而國家公園管理處的統計調查顯示：遊客對風景區的滿意度逐年來有所進步但仍然有加強空間。其中我們觀察到公共設施是非常需要改善且很容易吸引遊客的部分，因此我們從風景區涼亭開始發想。舉陽明山國家公園為例，根據管理處統計數據，陽明山國家公園平均每年吸引約400多萬的人次上山遊玩，座落於各個風景區的涼亭數量也絕不算少數。但這些涼亭的功能僅止於遮蔭避暑，在科技需求增加的世代，傳統的涼亭已經沒辦法滿足人們的需求，時常被閒置在風景區無人理會。因此，如何靈活運用這些涼亭，結合環保綠能源概念，充分發揮其價值，是我們小組研究和探討的目標。

太陽能電池的技術近年來發展快速，無論是轉換效率或設備成本，比起以往都已經改善許多。因此，利用此技術於風景區涼亭上在適合不過。我們小組設計了四項功能，分別為：照明、警報系統、電子時鐘和USB充電。這些全都是靠太陽能電池供給電源。

USB充電可以應用於手機、行動電源等等，方便民眾使用。電子時鐘的功能除了時間提醒外，還有溫度計和濕度計，濕度越高降雨的機率越大，遊客觀看後可以自行斟酌天氣好壞，以便遊客對於旅遊行程的評估。照明在夜晚時是一個明顯的目標物，供民眾指引方向。警報系統是預防山難發生，罹難

者可於涼亭使用此功能，將會有蜂鳴器作響，搭配照明功能，有助於救難人員進行搜救。根據上述幾點，運用太陽能電池，使風景區涼亭擁有更多功能方便民眾使用，為此專題研究動機。

1.2 研究目的

本專題是使用太陽能板接收太陽光產生電，經過放大、充電和穩壓，最後才會輸出給各項功能。儲存的電可以供給各項功能使用，建構實體模型模擬實際的情況，正是我們專題的研究目的，細分如下：

1. 用模型模擬實際涼亭，並設計各項功能滿足遊客需求
2. 熟悉太陽能電池充放電的實際運作並且靈活應用，以利解決問題
3. 完成各項功能配置、設計和實際運作，展示想法與成果，增加涼亭附加價值

1.3 研究方法

太陽能電池的部分，首先我們閱讀太陽能電池的相關文獻進行探討、了解功能和設計配置圖後，購買線路所需材料，實際動手操作，並測試太陽能發電的功能是否正常及轉換效率。作動正常後利用太陽能板產生的電充電於鋰離子電池，在供電給各功能。

各項功能我們逐一研究，分別測試各個功能之可行性，例如：太陽能電池發電量是否足夠讓充電站成功充電？照明的光源是否正常？另外，本專題使用了Arduino技術，搭配各項指令，用來操作警報系統和電子時鐘。

風景區涼亭模型製作的過程，我們根據當地涼亭建築結構及各項擺設，研究實際的配置情形、線路設計和閱讀許多相關資料，以利我們瞭解現有涼亭的不足之處。

1.4 名詞解釋

- 1.4.1 太陽能：來自太陽輻射出的光和熱，被不斷發展的太陽能技術所利用的一種能量。
- 1.4.2 風景區涼亭：坐落在國家公園、觀光區等風景區的休憩涼亭。
- 1.4.3 照明：夜晚時方便民眾使用，可作為登山集會地點、路標和搜救標的等等，在晚上光源更顯得十分重要。

- 1.4.4 警報系統：遇難時的求救訊號，搭配電路板控制蜂鳴器，發出摩斯密碼(SOS-三短三長三短)，通知他人需要救助。
- 1.4.5 電子時鐘：使用LCD顯示器，顯示的內容有：日期、時間和溫濕度，提供民眾觀看。
- 1.4.6 USB充電：輸出5V電壓，可讓手機和行動電源等等進行充電，假設在山上電量耗盡，只要待在涼亭充電，休憩一會兒即可。

2. 文獻回顧

2.1 太陽能光電板的優點、缺點與發展方向

我們比較了多種太陽能板的特性，想挑出一個適合放在太陽能風景區上的太陽能板。經過蒐集資料後我們整理了常見的單晶矽、多晶矽、a-Si cell及CdTe太陽能板如下表。

經過文獻的比較後，我們選擇使用「單晶矽太陽能電池」作為專題的太陽能板材料，因為轉換效率較高且使用年限也較長，故選擇之。

表1 太陽能光電板比較表(2008，林裕閔)

種類	優點	缺點	發展方向
單晶矽	發電力與電壓範圍廣，轉換效率高，使用年限長(20-25年)	製作成本較高，及製作時間冗長。	1.高效率大面積之PERL結構 2.增加可利用的光波長範圍的新結構 3.提昇安定性
多晶矽	製造過程較簡單，故成本較單晶矽太陽能電池低約便宜20%，可用於陸上電力等應用	效率較單晶矽低	1.新材料製造 2.大面積、高效率、安定性提昇。 3.新結構。
a-Si cell (矽薄膜)	非晶矽電池為目前成本最低的商業化太陽能光電板，無需封裝，生產也最快且產品種類多，多用於消費性電子產品。	a-Si cell戶外設置後輸出功率減少15~20%的光劣化現象	1.改善光劣化(安定性) 2.低成本化 3.採用tandem cell結構、薄化層 4.透明 a-Si 太陽能電池
CdTe (碲化鎘)	容易製作大面積薄膜且能在較便宜的玻璃與金屬基板上製作多晶薄膜，可構成hetero 接面之太陽能電池	製作成本較高	1.新材料製造 2.新結構 3.低成本化 4.multi-junction。

2.2 太陽能電池電力與太陽能板傾斜度的關係

我們在設計涼亭時，為了能讓太陽能光電板獲得最高的日照強度就可以產生較大的電力，想得到較高的日照強度必須將光電板與太陽光入射線保持一直線，亦即須隨時調整光電板於最佳日照的位置($\theta=0^\circ$)。

下列依照臺北、臺中、臺南、恆春四個地理位置，在理想狀態下忽略陰雨天，用一組 75 瓦特之太陽能電池，在公元 2003 年其電力產生的情形，固定式太陽能電池之傾斜度模擬分析如下：

當太陽能電池正面朝南，而板面傾斜 20° 至 30° 時，其電能累計最大值時傾斜角度分別約為臺北 25° 、臺中 24° 、臺南 23° 、恆春 22° ，這些角度是四個地區太陽能電池之最佳傾斜角度。(2005，沈仲晃)

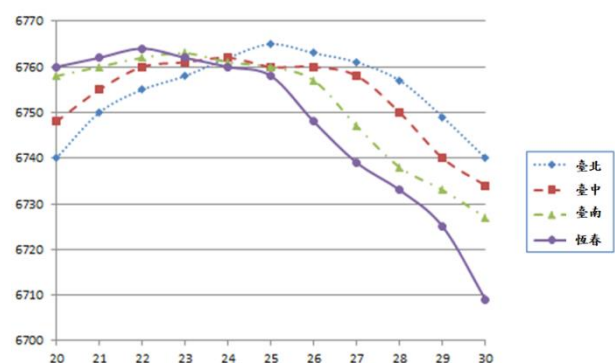


圖1 固定式太陽能電池之電能與傾斜角度的關係

我們以臺北市陽明山的二子坪涼亭當作實驗目標，所以我們設計屋頂時讓太陽能光電板能傾斜 25° 度。

2.3 電池介紹

2.3.1 名詞解釋

- (1) 二次電池(Secondary battery)：電池在放電之後，可以重複充電使用，俗稱充電電池。例如：鉛酸電池、鎳鎘電池、鎳氫電池、鋰離子電池。
- (2) 開路電壓(Open Circuit Voltage)：電池在無負載時，無電流存在，且無阻抗造成壓降，直接反應正、負極之間的反應電動勢。

2.3.2 鋰離子電池特性

鋰離子電池由於具有電壓高、能量密度高且保存時間長等優點，因此受到各界相當的重視。

2.3.3 電池型號

- (1) 以三個字母和五個數字組成，比如 ICR18650，首字母表示電池負極材料(I 為鋰離子，L 為鋰金屬或鋰合金)，第二個字母表示電池正極材料(C 為鈷材料，N 為鎳材料，M 為錳材料，V

為鈮材料，F 為鐵材料)，最後一個字母表示電池的形狀(P為方形，R 為圓柱形)。數字的前兩位為圓柱形電池的直徑，單位為毫米。後三位為圓柱型電池的高，單位為十分之一毫米。

- (2) 目前並沒有統一尺寸規格，外型上包括圓柱形、方形、扣形、聚合物形等。圓柱形的規格包括18650~40138 等尺寸都有廠商在生產，尺寸的考量在於技術上解決不同電池芯間電性平衡的問題。聚合物鋰電池由於體積可以有較多變化，以厚度為例，相較其他鋰電池，聚合物鋰電池最薄可達 0.6mm的厚度，並且可依客製化的需求，在外形作改變。

2.3.4 鋰離子充放電特性

- (1) 鋰離子電池是在電池之陰極採用鋰金屬之可再充電式二次電池。由於一般在鋰電池之陽極加入不同的活性物質，因而衍生出許多不同種類的鋰電池。
- (2) 一般充電方式先採定電流充電方式，其後再採定電壓充電直至充電完成為止，由圖2之充電曲線可知充電過程最初以定電流充電到端電壓約 4.2V 時再切換成定電壓充電模式，其後充電電流將慢慢下降，直至充電電流降為原先定電流之充電電流 10%，且充電電壓達高點時即完成充電程序。在放電方面，放電到 2.5V 則予以停止放電，為了避免電池造成毀壞，可由充電結束或放電結束時之電壓曲線特性，以電池電壓快速改變，做為電池充放電之控制依據。

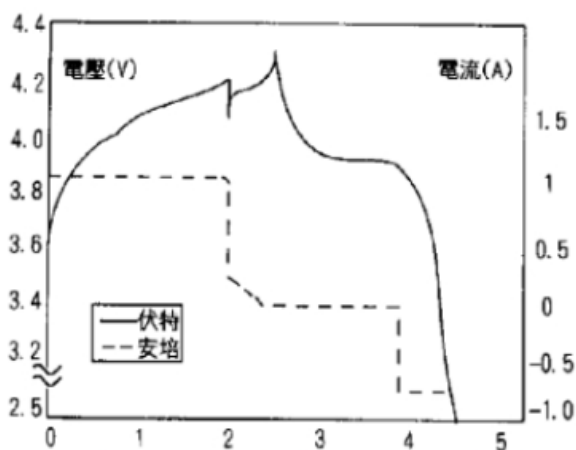


圖2 鋰離子充電曲線

2.4 電子時鐘

我們設計的電子實中使用DS1302 即時時鐘晶片(Real Time Clock)，此晶片只要供應電源與外接石英震盪器即可自行動作，可利用單晶片進行時間設定，便可讀取秒、分、時、星期、日、月、年等時間資料。CCS 已提供範例程式與 DS1302 晶片的驅動程式，適當引用可幫助使用者增加單晶片系統功能。

2.4.1 DS1302 即時時鐘晶片簡介

- (1) 時間計數值為秒、分、時、星期、日、月、年，可達 2100 年。
- (2) 具有 31 byte RAM，可儲存系統參數與資料。
- (3) 使用串列式資料傳送與接收介面，減少晶片接腳數目。
- (4) 工作電壓範圍為 2.0V~5.5V。
- (5) 工作電壓為 2.0V 時，耗電量小於 300nA。
- (6) 8 支腳 DIP 封裝。

表2 DS1302 晶片接腳位置、符號及其定義

接腳	符號	定義
2,3	X1,X2	接石英震盪器
4	GND	接地
5	RST	系統重置
6	I/O	Data Input/Output
7	SCLK	Serial Clock
1,8	Vcc1,Vcc2	電源

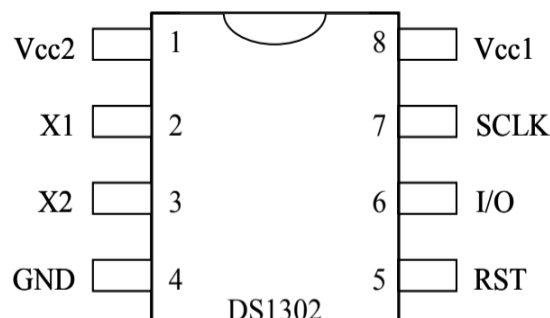


圖3 DS1302 晶片接腳位置及其定義

3. 實驗設計

3.1 研究系統

3.1.1 測量單晶及多晶太陽能板效率

我們以太陽能電池IV Curve特性曲線量測系統，測量單晶矽及多晶矽太陽能板。

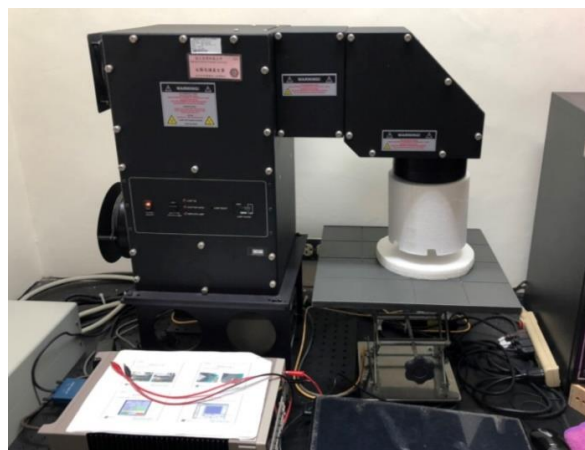


圖4 太陽電池IV Curve特性曲線量測系統

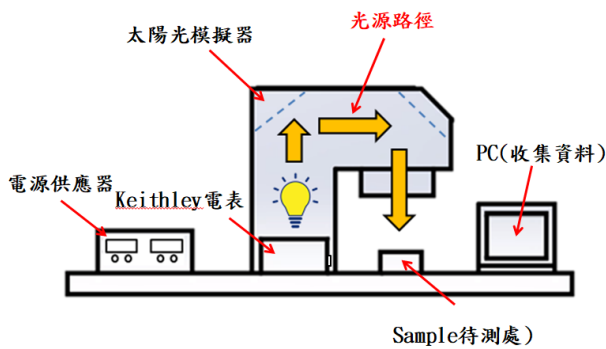


圖5 太陽電池IV Curve特性曲線量測系統說明圖

此儀器在模擬太陽光的燈源下，以國際標準AM1.5照射電池，分析其開路電壓(VOC)、短路電流(JSC)、填充值(FF)以及效率(η %)等電壓電流特性曲線(I-V Curve)。

開路電壓是指太陽能電池開啟時，在無外部負載狀況下，電池兩端的電壓值；短路電流則是指太陽能電池短路時，電池所流出的電流，兩者皆是太陽能電池的重要參數，其值越大表示太陽能電池所能夠產生的電能越高

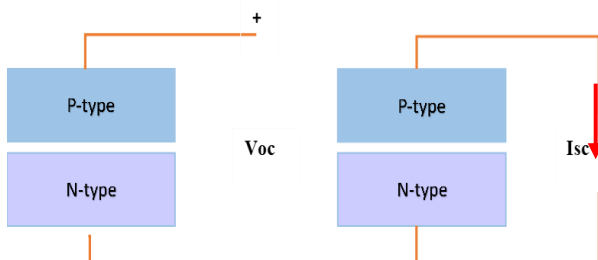


圖6 開路電壓與短路電流之示意圖

此系統能繪出 I-V Curve 並推算出填充值(FF)，表示為太陽能電池在理想情況下所輸出的電壓-電流值($I_{sc} \times V_{oc}$)對上實際工作所輸出最大的電壓-電流值($I_{mp} \times V_{mp}$)的比值，以精確獲得太陽能電池電化特性並計算出效率。相關擷取的參數和可計算的數值如下：

$$\eta = \frac{I_{sc} \times V_{oc} \times FF}{P_{in}} \times 100\%$$

I_{sc} ：電流通量(mA/cm^2)

V_{oc} ：開路電壓(V)

P_{in} ：入射能量(mW)

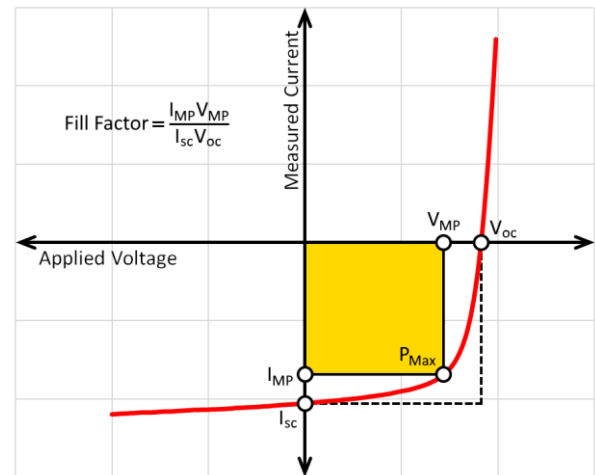


圖7 I-V Curve圖

3.2 實驗方法

本風景區涼亭需求的改善辦法，主要採用「文獻研究法」，參考他人論文為問題找到最佳的解決辦法，再以「實證研究法」電子儀器多重驗證。從充電需求、照明需求及材料的選擇，都用實驗室的儀器所測試後確認效率後才使用，也再次用實驗儀器確認成品的效率是否符合期待。

3.2.1 太陽能板之選擇

我們以太陽電池IV Curve特性曲線量測系統測量單晶矽及多晶矽太陽能板，比較其效率並考慮資金選擇最適合的材料。

下圖8為單晶太陽能板，也是我們風景區涼亭使用的太陽板，購買時此太陽能板的包裝顯示光電轉換效率為17%，但我們運用太陽能電池IV Curve特性曲線量測系統進行實測此太陽能板光電轉換效率約12%

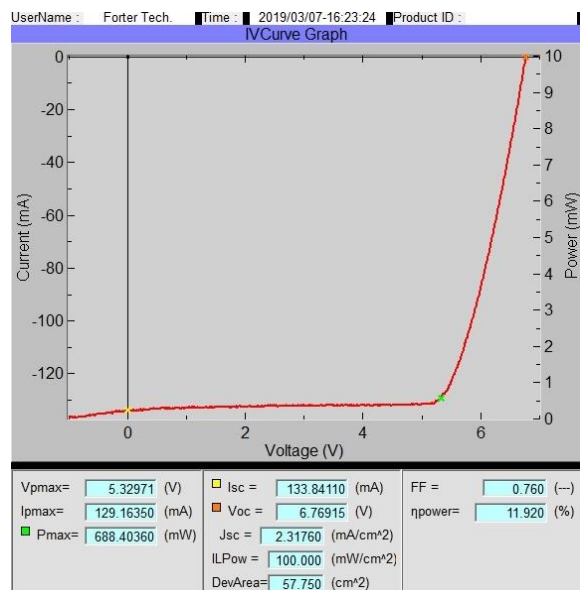


圖8 單晶矽太陽能板特性曲線測量結果

下圖9為多晶太陽能板，購買時此此太陽能板包裝顯示光電轉換效率為12%，但我們運用太陽能電池IV Curve特性曲線量測系統進行實測此太陽能板光電轉換效率 9%。

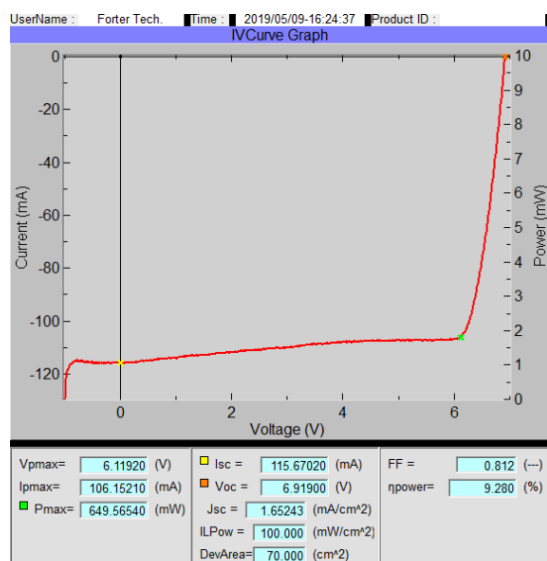


圖9 多晶太陽能板特性曲線測量結果

我們對於這兩種太陽能板進行比較，考慮到光電轉換效率與資金，最終選了單晶矽太陽能板作為我們的材料。

3.2.2 設計涼亭電力應用並測量功能作動達需求：

表3 涼亭電力應用並測量功能作動說明

運作說明	此裝置是將太陽能充電系統加裝在風景區涼亭上，讓儲存的電力能供應給不同電力應用。運作模式為：太陽能板接受日照→進行充電→電力經過穩壓→輸出電力→(經由 Arduino 控制)→供給四個電力應用。
實用價值	能結合環保概念及安全考量，能為涼亭增加許多附加價值，包含增加遊客的使用度及滿意度，及普及綠能源建築於國家公園。
重要性	此設計為小組旅遊時真正感受到之涼亭需求，能讓遊客玩得更盡興及安心。
照明	此為最基本的電力需求，照明系統能給天色將暗仍未離去的遊客一個明亮的休憩地點。此應用使用5V的LED燈條，透過 Arduino 控制，以手動開啟或關閉照明開關。
USB 充電	此為唯一不受 Arduino 控制的電力應用，只要有日照的供應，必能將儲存的電力直接供應充電插座，供遊客不時之需。

電子時鐘

此電子時鐘的顯示板上，提供日期、時間、溫度及濕度的資訊，好讓遊客在造訪時能隨時注意天氣變化，提前預防下雨等變天現象。此應用透過 Arduino 控制，反覆地交錯顯示日期、時間、溫度及濕度的資訊在電子顯示板上。

警報系統

此為緊急裝置，讓遊客在迷失方向時得到涼亭按下緊急警報器發出訊息求助於管理處及警方。模型中我們以蜂鳴器作為警報器，透過 Arduino 控制，以手動開啟或關閉警報器警鈴，以三短聲、三長聲、三短聲(摩斯密碼 SOS)重複鳴叫。

3.3 研究步驟

我們小組從原本主觀的意見經過國家公園官方網站上的遊客滿意表證實，許多遊客對涼亭的滿意度偏低。因此我們著手進行太陽能電池應用於風景區涼亭的系統及功能規劃，並透過資料蒐集及文獻探討不斷比較最佳解決辦法，再經過實驗後用電子儀器測量結果與當初的期待值是否符合。模型的實作步驟如下圖。

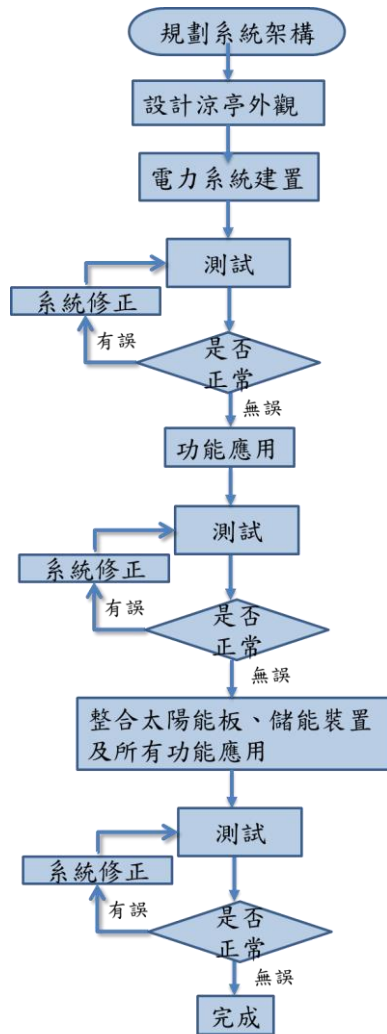


圖10 小組研究步驟流程圖

4. 結果與討論

本研究最後使用了6片單晶矽太陽能板，在下午3點半的太陽下進行照射30分鐘後，電池提升了0.05V，若我們在中午12點進行測試，日照會更為強烈，電池可以充得更快，整體來說太陽能板充電效率有達到我們的期望值。

另外本研究有對於 USB 充電效率測試，大約10分鐘手機的電量會上升1%，為了隨時知道充電情形，手機螢幕是開著的，若手機螢幕是在關閉的情況下充電效率會更高，手機充電效率跟理想有些落差，推測可能是內部線路材質影響充電效率。

本研究的太陽能風景區涼亭只是一個初步的概念模型，如果實際應用於實體涼亭，太陽能板的面積相對於模型會大出好幾倍，能吸收的太陽光以及產出的電力也會更多高穩定，因此，在應用的方面上就可以有更多元的設計，增加許多不同的功能，這些因素會對讓太陽能風景區涼亭的價值大幅提升。



圖11 太陽能板在太陽下充電前電壓3.81V



圖12 太陽能板在太陽下充電30分鐘後電壓3.86V

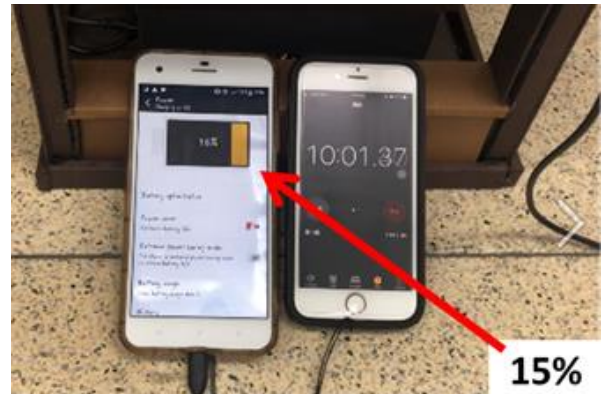


圖13 手機經過涼亭 USB 充電系統充電前15%

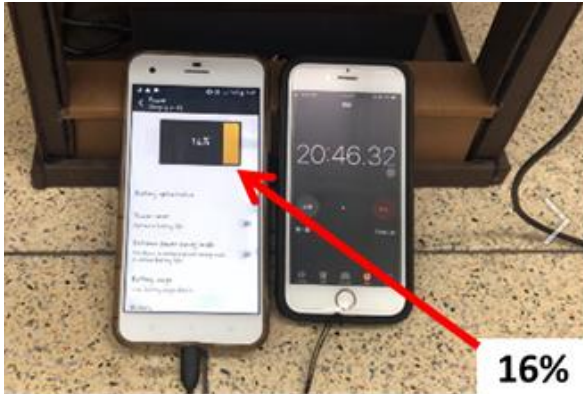


圖14 手機經過涼亭 USB 充電系統充電10分鐘後16%

4. 張豐麟，18650鋰電池充放電特性研究，碩士論文，私立修平科技大學電機工程學系，台中，台灣，2016。
5. 單晶片實習－DS1302 即時時鐘晶片簡介與應用
[http://designer.mech.yzu.edu.tw/articlesystem/article/compressedfile/\(2004-04-12\)%20%E5%96%AE%E6%99%B6%E7%89%87%E5%AF%A6%E7%BF%92%EF%BC%8D%1302%E5%8D%B3%E6%99%82%E6%99%82%E9%90%98%E6%99%B6%E7%89%87%E7%B0%A1%E4%BB%8B%E8%88%87%E6%87%89%E7%94%A8.pdf](http://designer.mech.yzu.edu.tw/articlesystem/article/compressedfile/(2004-04-12)%20%E5%96%AE%E6%99%B6%E7%89%87%E5%AF%A6%E7%BF%92%EF%BC%8D%1302%E5%8D%B3%E6%99%82%E6%99%82%E9%90%98%E6%99%B6%E7%89%87%E7%B0%A1%E4%BB%8B%E8%88%87%E6%87%89%E7%94%A8.pdf)

5. 結論

我們做此專題最主要的目的是增加風景區涼亭的實用度，並且提高遊客的滿意度，於是我們應用了太陽能電池，希望能藉由太陽能板發電並做一些應用，例如；照明、警報系統、電子時鐘、溫濕度計和USB充電等等。最後，這些功能經過測量後有達到我們當初的期望值。關於此專題的後續研究，可以改善的部分像是太陽照射角度的問題，由於角度會不停的改變，可以加裝追日系統使太陽能板持續面向太陽，讓它能維持在較高的發電量，若應用在實際的涼亭上，太陽能板面積會更大，所發出的電量也會增加，這樣就能設計更多功能，滿足人們其它的需求，因此本組認為這個專題未來非常具有發展性，可以應用至不同國家公園及風景區，讓臺灣的觀光品質越來越高。

6. 誌謝

本論文能順利完成,首先要感謝我們的指導教授郭金國博士的諄諄教誨以及細心的指導,讓小組不論在待人處事或是求學態度方面獲益良多。同時也要感謝國立臺灣師範大學工業教育系陳蓉萱老師、張俊興老師、呂有豐老師與邱盛乾老師在實驗室meeting時提出很多寶貴的建議及指正，使論文得以更臻完善。最後，感謝實驗室裡的學長們對學弟妹的支持，我們有疑問時向學長們請教，所有學長都很盡心盡力的協助我們找到解答，在此由衷感謝。

7. 參考文獻

1. 沈仲晃，太陽能電池安裝角度與電能輸出之研究，南開技術學院電機工程系，南投，臺灣，2005。
2. 陳盈助，電解液配方對鋰離子電池性能之研究，碩士論文，國立成功大學化學工程學系，台南，台灣，2002。
3. 林裕閔，非都會區太陽能路燈系統之設計，43頁，碩士論文，國立臺灣師範大學機電科技學系，臺北，臺灣，2008。

Application of Solar Energy in Pavilion in National Scenic Area

P.J. Hsueh^{*1}, H.Y. Wang², D.C. Guo³,
C.G. Jiang⁴

Department of Industrial Education- Vehicle
Technology Group, National Taiwan Normal
University^{1,2,3,4}

*Email: qaz213226@gmail.com

Abstract

The tourism industry in Taiwan is becoming more and more popular. As we can see, there are many pavilions in different outdoor attractions for people to rest. The arrangement of pavilions in attractions is very considerable. However, we found that the function of the pavilion is nothing more than rest and enjoy the cool. It's a pity for such a great architecture. Thus, we designed four functions for the innovative pavilion: illumination, warning system, electronic clock and USB charging, etc., making the pavilion more practical and user-friendly. Also, we decided to use the renewable energy as the power of the pavilion. The technology of using solar power to power the electronic devices in pavilion is our team's objective.

Keywords: Solar energy, Pavilion in National Scenic Area, Illumination, Warning system, Electronic clock, USB charging

無人機外殼之3D列印應用

林立^{1*}、康徠翔²

國立臺灣師範大學工業教育學系車輛技術組^{1,2}

指導老師：洪翊軒 教授

*Email: a40570214h@gmail.com

摘要

本次專題係研究3D列印空拍機外殼。設計的最終目的是要讓空拍機外殼可以因應不同的需求達到客製化。而本次預設目的是裝上雲台跟運動攝影機:GOPRO, 不僅機身物件的特性要清楚了解外, 載重量與堅固性有著互相矛盾、魚和熊掌不能兼得的特性需要特別了解。本專題還包括負載測試的部分, 第一個: 要確定放上負載後能夠正常起飛。第二個: 要確定承載量的有效範圍, 以控制設計出來的成品不會太重。另外克服的不只是機身設計, 正確無誤的外殼列印上必也有一大難度, 像是FDM(熔融層積成形)會有在Z軸方向強度問題, 因施力方向而必須設計出堅固又耐用的機殼配置方法。為解決翹曲的溫度與群邊的配合...等等許多問題要去做進一步的解決。

本次成品透過solidwork的建構、3D列印的堆疊, 尋找最佳的配置方式、機構設計, 以及列印的細節。以盡量解決問題, 並達到最佳的產品表現為核心, 來進行這項專題研究。

關鍵字：空拍機、3D列印、機身外殼、solidwork、PETG、PLA

1. 前言

1.1 研究背景與動機

因應無人機的普及化, 其樣式可說是百百種。各廠家皆針對輕量化、穩定性、功能性……等等之更加奠定基礎、更加進階的功能方面進行開發。目的在於使產品在使用以及市場的廣泛需求下、產品在消費者手中可以運用的更加方便自如, 並且讓消費者在於進階功能需求上滿足, 進而使自家產品更有競爭力、創造更多營收。而想要達到在空中穩定的飛行, 最基本包括能源、動力和控制, 這三大物件。整合這三大物件, 就必須要有規劃好的配置。若是能將設計的規劃圖、以實際成品來做檢查, 對於檢驗此產品會更加嚴謹、完美。而在製作模型中, 3D列印作為最佳工具之用。如果設計圖直接用一般傳統認知觀下的原料, 例如鋁或鐵等其他金屬, 這將造成不必要的浪費、以及不必要的能源消耗。因此若能在電腦上設計, 並將其列印並即時觀察實際

其問題, 即可減少供應之物料及成本, 不僅增加安全與美觀時也做到節能、減少碳排放之目的。

1.2 研究目的

本研究的研究重點可以歸納為「無人機原理與元件」、「重心與物件配置」、「空拍機架設計」以及「3D列印」四個方面。

1.2.1 無人機原理與元件以及重心配置

無人機的每一個元件都有不同的功用與需要注意的地方。不僅僅要放在對的位置發揮最大的功效之外, 還要了解在這個配置上, 會因物件本身特性產生甚麼問題。重心配置方面, 著重於運作功能的正常運轉, 當重心偏調時, 飛控板會因負回饋給予補償值, 不僅在姿態稍難控制外、某一側的電池壽命也會急速下降, 所以飛行前須將重心配置好, 才不會造成意外發生。

1.2.2 空拍機架設計以及3D列印

當配置規劃好時, 勢必在機架的強度必須加以改良。機身需要堅固重量與強度, 而強度大時, 壁厚就需加強, 所需消耗材料較大, 重量隨之增加; 而強度小時, 壁厚相對減少, 雖然消耗材料較小, 但安全就有疑慮。又機子本身是3D列印出來, 因此需考量在Z軸上的強度。起初在設計時, 就須考量列印方向與列印大小。要分析物件是該一體成形還是組合時更堅固, 而列印時, 需考量各種會列印不好的狀況。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。

1.3 研究方法

1.3.1 無人機原理與元件

就如前面提到的飛行的基本需求包括能源、動力和控制, 也就是電池、馬達和飛控板, 其他還有槳葉、調速器和遙控器了解之外。對飛行姿態與策略也要熟知。

我們並針對馬達數據與實際進行對比, 專題測試過程也分為單獨測試單一馬達的轉速測試與實際負載測試, 也藉由測試馬達溫度是否影響3D列印材料, 從中紀錄研究數據。

1.3.2 重心與物件配置

決定好軸距後, 並將所有的物重與尺寸記錄下來, 靜力學計算, 調整整個物件的重心配置, 完成

規劃好的初步草圖。

1.3.3 空拍機架設計及3D列印

首先我們將前面做的元件與配置了解，把草圖概略的繪製在solidwork中。

接著會反覆檢查製圖缺陷與不合理的設計，並預想其他可能性，像是電池滑落、銳角導致印不好、支撐不好拆的可能。

接著按照設計圖與切片程式，將參數設定好，並列印完成概念模型，並利用模型進行評測，以驗證空拍機3D列印外殼的可行性。

1.4 名詞解釋

無人機：顧名思義，即不載人的飛行器。

3D列印：

2. 文獻回顧

2.1 文獻回顧

2.1.1 無人機原理與元件

2.1.1.1 無人機的分類與發展－簡介

從以前為軍事所專屬、負責偵查和戰鬥；飛入民用領域，在航拍、植保、快遞、救災、巡檢、拍攝等行業大顯身手，無人機的應用遍地開花，成為智能時代機器人領域的尖兵。

無人機，顧名思義，即不載人的飛行器。目前飛行器主要分為3類：固定翼（fixed wing）；直升機（helicopter）；多旋翼（multi-rotor）。最近風頭最熱、也最有前景的，當屬多旋翼大家族的主力軍——四旋翼無人機（quadcopter），大大小小的無人機廠商如雨後春筍般冒出來。大的有DJI、零度、億航、極飛等，小的就數不勝數了，最近京東也眾籌了一款PowerEgg無人機，無人機行業的繁榮可見一斑。各飛行器的特點簡介如下圖(1)：

飛行器分類	固定翼	直升機	多旋翼
穩定性	自穩定	不穩定，完整驅動	不穩定，欠驅動
續航時間	長	中	短
飛行效率	高	中	低
載荷	大	中	小
其他	起飛助跑，降落滑翔。	可垂直起降，機械結構複雜。	可垂直起降，機械結構簡單。

圖1 飛行器特點

四旋翼含4個螺旋槳，即4個電機，4個自由度，而三維空間的位姿有6個自由度， $4 < 6$ ，因而稱欠驅動。受控的自由度可以從遙控器的輸入看出端倪：左邊的搖桿控制上下的高度和機頭的朝向（Yaw），右邊的搖桿控制飛機的前後和左右，共4個自由度。而欠驅動的2個自由度為飛機的俯仰（Pitch）和橫滾（Roll），和飛機的前後、左右是耦合的，因此也可以說右邊的搖桿控制飛機的俯仰和橫滾。無人機

在前後左右運動時機身會產生一定傾斜的原因即在於此。

由於多旋翼系統不穩定、欠驅動，需要自動控制器來控制飛行器的姿態，而要取得姿態，就不得不提慣性導航系統（Inertial Navigation System，以下簡稱INS）。INS的主要原理是利用加速度計和陀螺儀，對時間積分獲得速度，進而獲得飛行器的位置和姿態。INS最初用於導彈、火箭等軍事領域，十幾公斤的大鐵疙瘩對於按噸計的巨型鐵疙瘩來說那都不算事兒。但要放到多旋翼頭上，這可是泰山壓頂，愚公有心也無力，多旋翼的研究一度停滯。

到了上世紀90年代，隨著微機電系統（Micro-Electro-Mechanical System，以下簡稱MEMS）的發展，幾克重的mm級INS被開發出來，多旋翼的自動控制器又重新擡頭。但是條件還不夠，傳感器的噪聲、多傳感器的數據融合、多旋翼的非線性系統結構、飛行控制算法等問題仍像一座座大山，等待探路者去征服。到了2005年，穩定靠譜的多旋翼自動控制器才正式面世。四旋翼作為多旋翼無人機中最簡潔的一種，開始受到廣泛關注和研究。由於其結構簡單、控制靈活、成本較低，也逐漸進入了商業領域和大眾視野。

無人機的姿態和位置共有6個自由度，每個自由度的控制如下圖(2)所示。

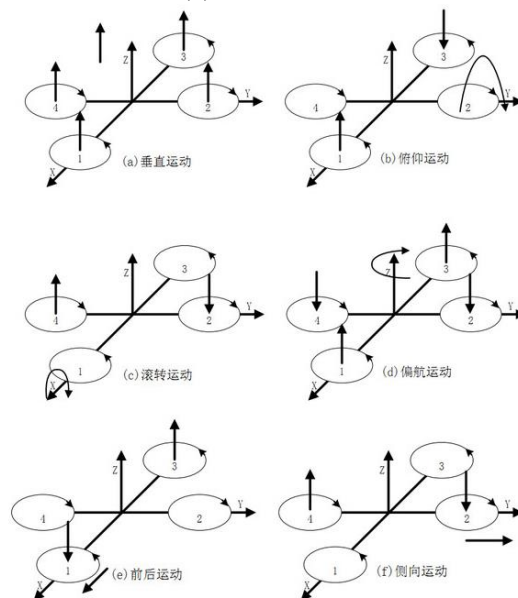


圖2 無人機姿態和位置

4個電機2個正轉（電機2和4），2個反轉（電機1和3），對稱佈置。電機正反轉配合正反槳，可使螺旋槳的風都往下刮以平衡重力，同時抵消因槳葉旋轉帶來的空氣阻力扭矩。由於輸入只有4個自由度，因此多出的2個自由度是不完全受控的，其中俯

仰運動和前後運動耦合，滾轉運動和側向運動耦合。

座標系：標準右手系。規定X軸正方向為前向。螺旋槳的箭頭向上↑：電機轉速上升。螺旋槳的箭頭向下↓：電機轉速下降。

(a) 垂直運動 (Throttle)：4個電機均加大馬力，螺旋槳產生的升力大於重力，飛機便垂直上升。當升力與重力平衡時，飛機便懸停。懸停是考驗算法的重要一環，靠的是PID不斷反饋，調整轉速。

(b) 俯仰運動 (Pitch)：電機1加大馬力，電機3減小馬力，二者的變化量相同。1處升力變大，3處升力減小，重力仍保持平衡，但對Y軸產生一個力矩，機身繞Y軸旋轉，實現俯仰。

(c) 滾轉運動 (Roll)：與 (b) 原理相同，只是Y軸換成了X軸。

(d) 偏航運動 (Yaw)：電機1、3加大馬力，電機2、4減小馬力，二者的變化量相同。重力和繞X、Y軸的扭矩仍保持平衡，但要注意的是，根據作用力和反作用力原理，由於2個正轉的速度>2個反轉的速度，空氣阻力產生的扭矩不平衡了，使得機身繞Z軸旋轉，實現偏航。

(e) 前後運動：與 (b) 耦合，機身繞Y軸旋轉一定角度後，使得升力沿水平方向有了分量，實現前後運動。

(f) 側向運動：與 (c) 耦合，原理與 (e) 相同

2.1.2 四旋翼元件

2.1.2.1 本體

四旋翼分2種模式，1種是+模式：飛行方向（機頭）與旋翼重合；1種是X模式：飛行方向（機頭）平分旋翼。

+模式：直觀，簡單，驅動弱，調參容易。

X模式：複雜，穩定，驅動好，調參麻煩。

對於四旋翼，穩定和驅動是第一位的，調參可以站在巨人的肩膀上，因此一般採用X模式。

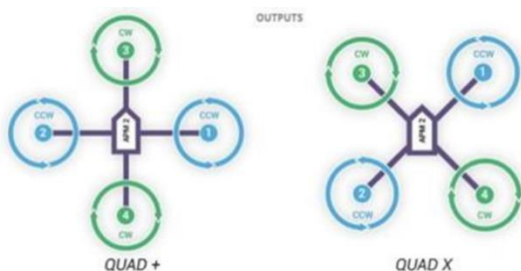


圖3 +&X模式的四旋翼模式

2.1.2.2 飛行控制器

飛行控制器簡稱飛控，是無人機的大腦。目前主要分開源和閉源兩派，開源飛控的鼻祖來自Arduino，著名的WMC飛控和APM飛控都是Arduino飛控的直接衍生品，APM全稱ArduPilotMega，其中的Ardu代表的就是Arduino。APM飛控是目前成熟度最高的開源飛控，但由於容量和計算量有限，(目前已停產)在不久的將來一定會被更強大的PIX4、PIXHAWK所超越，成為一個時代的縮影。還有一些較為初級的飛控，如KK、QQ、玉兔等，在這就不贅述了。閉源飛控主要由商業公司推出，如DJI的工業級飛控A2、A3，入門級飛控Naza系列，還有零度的S4、X4和雙子星GEMINI。值得一提是其中的雙子星，是國內首個雙餘度安全飛行控制系統。隨着安全性的重視和提高，冗餘度設計也將成為無人機的標配。

2.1.2.3 鋰電池

鋰電池的全稱為「鋰聚合物電池」，一般簡稱為鋰電。先從電壓，容量和放電率三個方面說電池。

1. 電壓：鋰電的3.7V還是鎳氫的1.2V,是指電池最低電的時的電壓，對於鋰電來說，充滿以後電壓一般鋰電達到4.2V，而鎳氫充滿電可以達到1.5V左右。

2. 容量：電池的容量是用毫安時 (mAh) 來表示的。它的意思是電池以某個電流來放電能維持一小時，例如1000mAh就是這個電池能保持1000毫安 (1安培) 放電一小時。但是電池的放電並非是線性的，所以我們不能說這個電池在500毫安時能維持2小時。不過電池在小電流時的放電時間總是大大於大電流時的放電時間，所以我們可以近似的算出電池在其它電流情況下的放電時間。一般來說，電池的體積越大，它儲存的電量就越多，這樣飛機的重量也會增加，所以選好合適的電池對飛行是很好處的。

3. 放電率：電池的放電能力是以倍數 (C) 來表示的，它的意思是說按照電池的標稱容量最大可達到多大的放電電流。例如一個1000MAH、10C的電池，最大放電電流可達 $1000 \times 10 = 10000$ 毫安10安培 (A)。在實際使用中，電池的放電電流究竟是多少是與負載電阻有關的，根據歐姆定理我們知道，電壓等於電流乘電阻，所以電壓和電阻是定數時，電池的放電電流也是一定的。例如使用11.1V、1000MAH、10C的電池，而電動機的電阻是1.5歐姆，那麼在電池有12V電的情況下，忽略電調和線路的電阻不計，電流等於 $12 \div 1.5 = 8$ ，結果是8安培 (A)。

總而言之，就是C數越小，電池最大電流放電時間就越長，所以買電池光看C數是不行的。C數小的電池放電也有可能比C數大的放電還要大，因為這裡面和跟電池的容量也相關。也可以說大C數的電池生命力更強。如果用小C數的電池大電流放電的話，電池幾下就會報廢。

鋰電池的充電階段分為三個

Trickle Charge (TC) - 小電流充電

Constant Current (CC) - 定電流充電

Constant Voltage (CV) - 定電壓充電

可以參考以下的這個充電電流與電壓的示意圖
(4)。

藍色曲線與左側藍色軸，代表電池的電壓。

棕色曲線與右側棕色軸，但表充電電流。

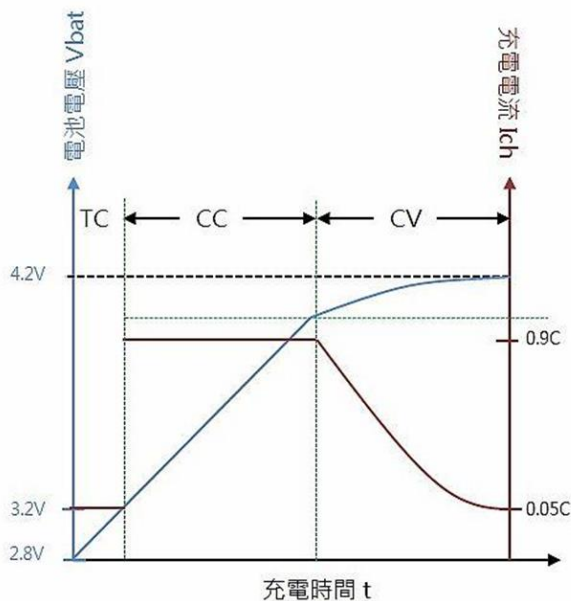


圖4 充電電流與電壓的示意圖

2.1.2.4 馬達

隨著微電子技術和二次電池技術的迅速發展，遙控模型飛機早已從燃油發動機時代轉向以二次電池為動力的電動航模新時代。

1、從有刷直流電動機向無刷直流電動機轉移：

現代無刷電動機性能的優勢和控制電路價格下降，使無刷電動機在模型飛機的應用快速增多。它特別是在中大型模型飛機中有更明顯優勢。出現由有刷直流電動機向無刷直流電動機轉移的發展趨勢。

航模專用無刷電機採用最新的無傳感器設計，它具有啟動迅速，機械特性和調節特性好，調數範圍寬，可靠性高，噪音低，無換向火花無線電干擾等優異性能。採用高性能鈹鐵硼永磁高功率密度設計，效率可不低於80%。因此在同樣的輸出功率下，無刷電機比傳統的有刷直流電機體積小、重量輕。

無刷電機工作時沒有炭刷電機那樣的火花干擾，也不存在炭刷磨損問題，因此採用無刷電機更有利於遠距離遙控，且使用壽命長，基本上無需維護。

2、內轉子結構和外轉子結構並存，外轉子結構有較好的發展前景。

內轉子結構由於定子繞組在外，轉子在內，轉

子直徑小，電機的氣隙小，和外轉子結構相比，在原理上電機的單位體積的功率較小，電動機的重量要更重些。對於模型飛機來說，電機的重量也決定飛機參數的重要標準。

內轉子定子孔小，線圈若手工放置會比較困難。由於內轉是密封性，散熱相對外轉差點。目前來說，一般外轉電機繞線為漆包線，有防水功能（是指能在潮濕的環境工作，不能在水裡工作）。

目前在航模上用的無刷電機通常使用KV為技術參數，KV指：電機工作電壓每提高1伏，無刷電機空轉轉速增加的轉速值。

繞線匝數多的，KV值低，最高輸出電流小，但扭力大；繞線匝數少的，KV值高，最高輸出電流大，但扭力小；單從KV值，不可以評價電機的好壞，因為不同KV值有不同的適用場合。

航模飛機可分為固定翼和旋翼兩大類，目前流行的電動直升機的無刷電機KV較高，而固定翼航模飛機無刷電機KV值相對比較低，新手玩航模儘量不要選擇直升機，不易把控，易「炸雞」。目前的航模電機多採用外轉子無刷電機，以期獲得更大的直驅槳的能力；而直升機採用內轉子無刷電機，以期獲得必要的電機轉速。

2.1.2.4 電調

電調和電機配套使用，是飛控和電機之間的橋樑。電調全稱電子調速器（Electronic Speed Control），負責將飛控的控制信號（PWM波）轉變為電流的大小，進而控制電機轉速。除了明面上的轉換功能，還能承載電機所需的大電流，以及將11.1V轉為5V供飛控和遙控模塊使用（BEC輸出）。電調的主要參數是電流輸出能力，單位A，如30A代表電調能提供的最大電流為30A。

2.1.2.5 螺旋槳

4個螺旋槳，2正槳（順時針轉）2反槳（逆時針轉），正反槳的風都向下吹，正反的目的主要是抵消螺旋槳的自旋。安裝的時候，無論正反槳，有字的一面均向上。槳型中1045這4位數字，前2位10代表槳的直徑（單位：英寸inch），後2位45代表槳的角度（單位：度°）。

2.1.2.7 遙控器

遙控器之常見的無線遙控按照使用技術不同，主要有紅外遙控和2.4G遙控。紅外遙控有方向範圍窄，距離短等特點，所以航模遙控器基本上都是使用2.4G無線遙控。我們知道藍牙，wifi，ZigBee等都是採用的2.4G頻段，那麼這個又有什麼差別呢？首先我們需要對2.4GHz無線技術以及標準做一個簡單的介紹。

2.4GHz無線技術如今已經成為了無線產品的主流傳輸技術。所謂的2.4GHz所指的是一個工作頻段

2400M-2483M範圍，這個頻段是全世界免申請使用。常見的Wifi，藍牙，ZigBee都是使用的2.4G頻率段。Wifi，藍牙，Zigbee都是基於2.4GHz的，只不過他們採用的協議不同，導致其傳輸速率不同，所以運用的範圍就不同。同樣是採用2.4G頻率作為載波，但不同的通訊協定衍生出的通訊方式會有著天壤之別；僅僅在傳輸資料量上，就有著從1M每秒到100M每秒的差別。詳見下面的2.4GHz ISM頻段無線信號比較圖。如圖(5)、圖(6)

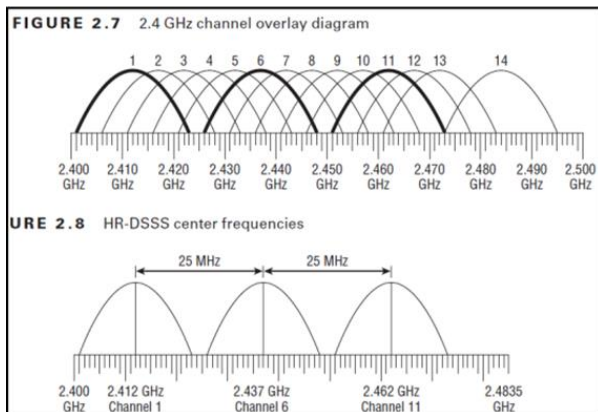


圖5 2.4GHz ISM頻段無線信號比較圖.1

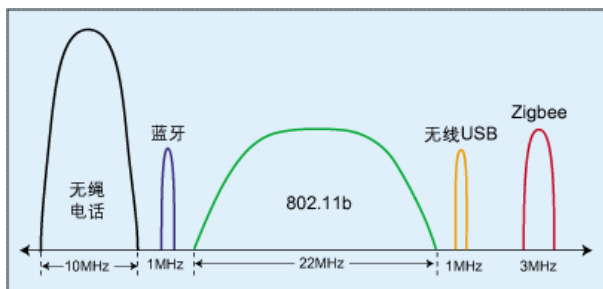


圖6 2.4GHz ISM頻段無線信號比較圖.2

通道就是可以遙控器控制的動作路數，比如遙控器只能控制四軸上下飛，那麼就是1個通道。但四軸控制過程中需要控制的動作路數有：上下、左右、前後、旋轉 所以最低得4通道遙控器。若是想要拍攝航拍需要更多通道的遙控器。

遙控器上油門的位置在右邊是日本手、在左邊是美國手，所謂遙控器油門，在四軸飛行器當中控制供電電流大小，電流大，電動機轉得快，飛得高、力量大。反之同理。判斷遙控器的油門很簡單，遙控器2個搖桿當中，上下扳動後不自動回到中間的那個就是油門搖杆。如圖(7)



圖7 遙控器以及操作內容說明

關鍵字：慣性導航系統、自由度、飛行控制器、鋰電池、馬達、電調

2.1.2 3D列印

3D列印（英語：3D printing），又稱增材製造、積層製造（英語：Additive Manufacturing, AM），可指任何列印三維物體的過程。3D列印主要是一個不斷添加的過程，在電腦控制下層疊原材料。3D列印的內容可以來源於三維模型或其他電子資料，其列印出的三維物體可以擁有任何形狀和幾何特徵。3D列印機屬於工業機器人的一種。

FDM是3D列印其中一種較常見的技術。FDM熔融層積成型技術是將絲狀的熱塑性材料加熱融化，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。如圖(8)

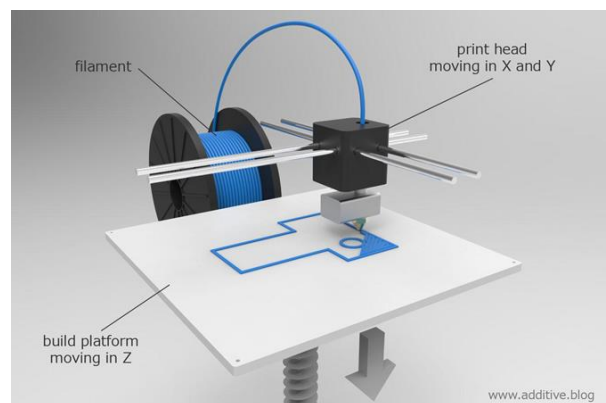


圖8 3D列印示意圖

FDM技術的優點：

- (1) 操作環境乾淨、安全，材料無毒，可以在辦公室、家庭環境下進行，沒有產生毒氣和化學污染的危險。
- (2) 無需雷射器等貴重元器件，因此價格便宜。
- (3) 原材料為捲軸絲形式，節省空間，易於搬運和替換。

(4) 材料利用率高，可備選材料很多，價格也相對便宜。

FDM技術的缺點：

- (1) 成形後表面粗糙，需後續拋光處理。最高精度只能為0.1mm。
- (2) 速度較慢，因為噴頭做機械運動。
- (3) 需要材料作為支撐結構。

PLA/ABS/PETG的特性和差異的常見認知

PLA:很好印/不太會翹/不耐熱/有點脆弱。

ABS:很臭/列印會翹要開加熱底板/蠻耐熱的/做結構件挑ABS就對了。

PETG則比較模糊:寶特瓶的原料*/蠻有韌性的/耐熱性贏PLA但輸ABS。

PLA/ABS/PETG的材料物性比較表

認識各種機械性質的測試方式後，接著來看各種材料的機械性質吧！

PLA/ABS/PETG各自有非常多的規格，表中採用的數據皆有用於3D列印線材的規格，對於常規線材來說是有參考性的。

耐熱性:HDT是個非常好的指標，確實如大家所認知的ABS>PETG>PLA。

剛性:材料容不容易受力彎曲，這時候要看得就是Flexural Modulus，數字越大剛性越高，順序為PLA>ABS>PETG

韌性:通常看一個材料的韌性可以由Elongation與Izod來判斷，前者是時間相對較長，後者是時間極短，兩者往往是正相關，倘若如下表所示，Elongation是PETG>ABS，Izod則是ABS>PETG，就會解釋為：

抗摔與撞擊(時間極短):ABS>PETG>PLA，卡榫等應用(時間相對較長):PETG>ABS>PLA

下圖為:常見3D列印材料之物理性質表，如圖(9)

測試性質	ASTM	單位	PLA	ABS	PETG
Tensile Strength	D638	MPa	7.6	40.2	35
E-modulus	D638	MPa	-	-	-
Elongation	D638	%	4.3	20	193
Flexural Strength	D790	MPa	107.4	60.8	67
Flexural Modulus	D790	MPa	3265	2157	1800
HDT	D648	°C	55	96	71
Izod	D256	kg-cm/cm	3.2	19	7

更嚴謹的表格應該會附上測試條件，但並非每家原料廠商都有提供，因此在表中無附上測試條件。

圖9 常見3D列印材料之物理性質表

2.2 參考文獻

1. 寒江月雪。APM飛控學習之路：1.無人機的分類與發展。

<https://www.twblogs.net/a/5b7fd55e2b717767c6b1ef5b>

2. 重慶3D虎。科普：三種常見3D列印技術：FDM、SLS、SLA技術原理。

<https://kknews.cc/zh-tw/news/4lklj3.html>

3. SPIDER MAKER。【材料小教室】想深入了解3D列印線材PLA/ABS/PETG的差異?帶你看懂材料物性表(TDS)。

<https://www.3dspidermaker.com/blog/posts/material-difference-pla-abs-petg-1>

2.4 內容

根據上述幾個部份的文獻，我們可以更加瞭解到3D列印時所需要注意到的材料特性以及相關的注意事項以及使用上所應具備知識上的責任分擔、避免有任何時做上的錯誤發生。

還有上述的無線技術部分，我們也更加了解到我們在於對頻時所要注意到的地方，避免對於頻率部分有沒有注意到的部分，以致其他對於這方面不了解的情況產生。

3. 圖、表與方程式

3.1 圖與表

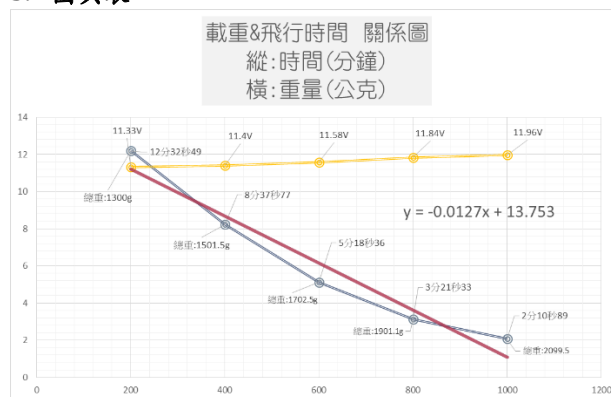


圖9 載重與飛行時間關係圖

表1 載重與飛行時間 實驗記錄圖

負載	總重	飛行後電壓	時間
200g	1300g	11.33 V	12'32"49
400g	1501.5g	11.4 V	8'37"77
600g	1702.5g	11.58 V	5'18"36
800g	1901.1g	11.84 V	3'21"33
1000g	2099.5g	11.96 V	2'10"89

3.3 內容

針對所組出之無人機、我們做了載重飛行時間的實驗記錄，以利我們在於設計無人機外殼時，可在外殼重量以及適當載重量之間取得平衡。避免外殼在於設計時太重，導致無人機的載重能力無法跟上我們所期待的載重能力值、使無人機無法擁有較多的飛行持續時間。

我們也經由Excel圖表得到5次數據下的最佳直

線圖，讓我們可以依照最佳直線圖的線性範圍下得到往後載重時的重量與估計時間的相關依據。以在往後載重時可以將無人機可運作的時間得到較量化的數據，避免高估無人機飛行時間而導致出其他問題的窘境。

碳系奈米流體在四行程機車之性能影響

陳彥名^{1*}、莊証巖²

國立臺灣師範大學工業教育學系車輛技術組^{1,2}

指導老師：呂有豐 教授

*Email: peter09240924@gmail.com

摘要

依據文獻指出冷卻液能有效改善機車性能的影響，而針對市面上所販售的四行程水冷式機車來進行實驗，並重點探討出其水箱散熱之溫度影響，實驗以冷卻系統添加碳系奈米流體溶於原廠水箱精，又加入分散劑GA(Gum Arabic)再進行電磁加熱攪拌3小時與超音波震盪1小時，製作出碳系奈米流體冷卻液。並在不同的濃度及溫度下做沉降試驗、黏度試驗、比熱試驗、磨潤試驗等等的基礎試驗，並探討出不同濃度與溫度下所影響之性能為何，實驗分別試驗原廠水箱精、0.02wt.%、0.04wt.%、0.06wt.%的碳系奈米流體。

首先在沉降試驗中，將各濃度靜置30天，發現0.04wt.%與其他濃度相比較穩定，且幾乎無沉澱的現象。在黏度試驗裡，0.06wt.%是高於其他比例，而0.04wt.%與0.02wt.%與原廠相比程度是相當的。比熱試驗觀察出很明顯0.04 wt.%濃度低於其他濃度和原廠濃度，0.02 wt.%在比熱部分是比純水較不好。最後磨潤試驗觀察出0.06wt.%的磨潤改善率高於原廠比例。總和以上四項試驗結果，發現較良好的濃度為0.04wt.%。

在實車試驗的部分，我們可得知根據所有基礎試驗的結果，我們可依照冷卻水之所需的性能，交叉分析出0.04wt.%為最好濃度之碳系奈米流體，在黏度試驗、比熱試驗上，0.04wt.%遙遙領先其他的濃度，因此0.04wt.%成為最佳濃度。在實車測試中，可從燃油消耗量結果中得知，添加碳系奈米流體比原廠水箱精較優異，而在粒狀污染物排放測試結果中可得知，在定速與爬坡試驗裡，HCBNC粒狀污染物排放是優於原廠。

關鍵字：碳系奈米流體、石墨烯、黏度試驗、比熱試驗、磨潤試驗

1. 前言

在這全球暖化的世代，節能減碳是我們相當重視的議題，而「廢氣污染」是這背後的原因，諸多因素中汽機車排放占了三成，為了降低汽機車排放廢氣，就是提升冷卻系統的效能，而在傳統的冷卻系統上所使用的冷卻液是水箱精加水，隨著科技的發展，許多研究者發現：「奈米流體」具有優越的熱物理性能，廣泛應用在各個領域上，其中導熱及散

熱性能是我們所注重的性質，也是本研究的重點目標之一。

為了評估冷卻系統中奈米流體的性能，必須考慮一些熱物理性質。這些包括導熱率，比熱，密度和黏度。通過了解這些特性，在不同的溫度和濃度下進行實驗，可以分析出其總傳熱係數，通常，只有具有良好分散性或形成可逆性的奈米粒子再進一步加工以具有長期分散穩定性。本研究在不同使用條件下具有不同粒徑，顆粒形態和表面改性設計的奈米流體的分散行為的系統和詳細研究。混合奈米流體提供了熱物理性質的增強，尤其是熱導率。在Yi Wang等人的研究中，可得出奈米流體的導熱係數高於水的導熱係數，增強率為4.2%~14.2%[1]。而在Nor Azwadi Che Sidik等人的研究中可得知將奈米顆粒分散在傳統的冷卻劑散熱器中。與原冷卻劑相比，傳熱係數可提高50%[2]，這樣的設計不僅可以產生相當大的節能效果，而且還可以減少燃料消耗導致的車輛排放廢氣，從而最大限度地減少全球暖化。

1.1 研究動機

隨著全球節能減碳的觀念風起雲湧，降低車輛所製造的污染進而提升車輛之性能，成為現今的考驗，對未來也會朝著這趨勢發展，近幾年由於奈米科技的蓬勃發展，在傳統工作流體中添加奈米流體能夠克服沉澱，阻塞及磨損等問題，希望將奈米流體之技術應用在車輛內，進而探討其改善效果。

1.2 研究目的

本研究具體之研究目的如下：

- (一) 碳系奈米流體冷卻液(Hybrid Carbon Base Nano Coolant, HCBNC)較佳製備。
- (二) HCBNC依據基礎實驗結果進行比較，選出最佳濃度。
- (三) 使用HCBNC最佳濃度，應用在機車上並觀測其各點溫度改善之性能影響。

1.3 研究方法

本實驗採用三種方式來做研究，依序是研究探討、理論分析與實驗研究。主要是以實際應用研究來探討。先透過文獻交叉分析找出適當的重量混合比，再加以分析數據，並透過沉降試驗、比熱試驗、黏度試驗與磨潤試驗，尋找到碳系奈米流體最佳濃

度，使用在碳系奈米流體中，並在最後藉由四象限底盤動力計應用至機車上，觀察其各點溫度變化數據，加以比對文獻分析，做出最好可行性的評估。其研究架構如圖1.1所示。

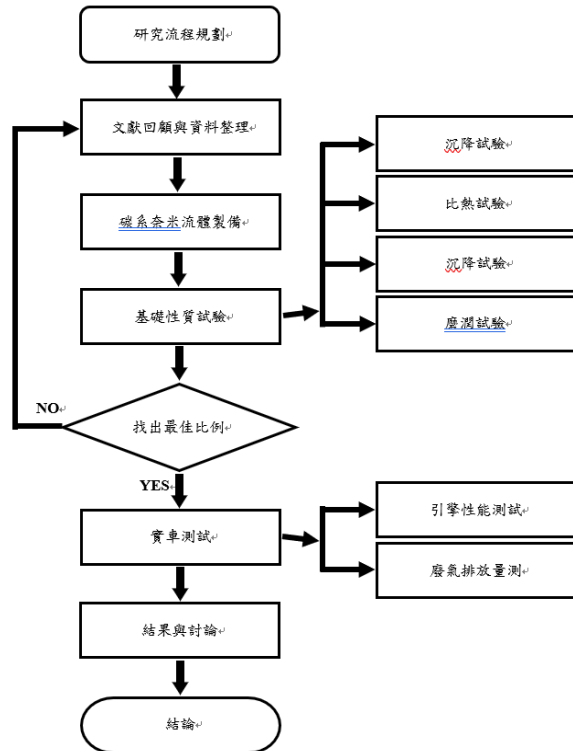


圖1.1 研究流程圖

1.4 名詞解釋

奈米流體：基本液體中(水、乙二醇和油類)具有1至100 nm懸浮粒子的流體，這個概念是由1995年Choi所提出[3]。

比熱：定義為從一個單位質量或物質轉移一個溫度單位以改變系統溫度的熱量能[4]。

2. 文獻回顧

2.1 奈米流體

奈米粒子添加到流體中可以改變其流體的熱物理性質，如黏度和熱傳導率，許多學者研究了幾種金屬氧化物奈米粒子和碳系奈米粒子的熱傳導。研究顯示，添加奈米粒子顯著提高奈米流體的熱傳導率，從而提高整體的熱傳導性[5-7]。當使用奈米流體作為冷卻介質時，壓降和泵送功率彼此密切相關。更高的黏性流體經歷較高的黏度和壓降以及需要更多的泵送功率[8]。

2.2 石墨烯

從過去十年開始，由於其優異的電子，熱學，光學和機械性能，已經報導了許多石墨烯的工程應用研究。與其他納米粒子相比，石墨烯納米粒子具

有以下優勢[9-11]：

- 1、導熱係數高。
- 2、易於合成且更穩定。
- 3、需要更少的泵功率和節能。
- 4、減少對傳熱流體的需求。
- 5、減少腐蝕，堵塞和侵蝕。
- 6、較大的表面積與體積比 - 增強了傳熱能力。

2.3 摩擦理論

在摩擦理論中也有探討摩擦形成的原因，如黏著理論(Adhesion Theory)、互鎖理論(Inter locking Theory)和能量散失理論(Energy Loss Theory) [12]。黏著理論描述物體接觸的表面會有表面粗糙度，所以兩物體表面相互作用時，其實際上是由許多小凸點被接觸進而產生冷熔接(Cold Welding)狀況，之後再相互剝離的連續運動，此作用會使物體在運動時產生摩擦阻力。

互鎖理論描述物體表面並不會完全平整，會有類似四鋸齒狀的痕跡，而兩物體表面接觸滑動時會向齒輪交錯產生阻力。能量散失理論描述物體表面在摩擦時會產生變形，像是彈性可回復變形、塑性不可回復變形。而能量在轉換的過程中，會有一部分的能量散失，即為物體因摩擦力所做的功。而依據熱力學第一定律所敘，在理想的狀態下，摩擦力所做的功必須等於物體內部的能量增加與接觸表面之間能量散失的總和值。

3. 實驗設計與裝置

3.1 碳系奈米流體製備

將碳系奈米流體與原廠水箱精混和分別取出三種濃度0.02 wt.%、0.04 wt.%、0.06 wt.%加入GA分散劑(Gum Arabic)以1:10等比例加入不同濃度，採用二階合成法製成碳系奈米流體，並使用不同的重量百分比濃度做為實驗測試參數，以及原廠水箱精濃度是與純水做1:1的比例調配而成，進行相關的基礎性質量測，其碳系奈米流體比例分配如表3.1。製備中是使用電磁加熱攪拌器(HMS-102, FARGO, Taiwan)攪拌3小時(650 rpm)，如圖1.2所示，及超音波震盪器1 h，如圖1.3所示，進行樣本製備。而量測試驗前會先使用電磁加熱攪拌器與超音波震盪器，使實驗樣本能更均勻的分散，增加實驗上的準確性。

表3.1 碳系奈米流體比例參數

HCBNF [ⓐ] 碳系奈米粒子 [ⓐ] (wt.%(g)) [ⓐ]	GA 分散劑 [ⓐ] (g) [ⓐ]	溶劑重量 [ⓐ] (含 GA) [ⓐ] (g) [ⓐ]	水箱精 [ⓐ] (EG) [ⓐ] (g) [ⓐ]	溶液重量 [ⓐ] (g) [ⓐ]
0(純水) [ⓐ]	0 [ⓐ]	50 [ⓐ]	50 [ⓐ]	100 [ⓐ]
0.02 [ⓐ]	0.2 [ⓐ]	50 [ⓐ]	50 [ⓐ]	100 [ⓐ]
0.04 [ⓐ]	0.4 [ⓐ]	50 [ⓐ]	50 [ⓐ]	100 [ⓐ]
0.06 [ⓐ]	0.6 [ⓐ]	50 [ⓐ]	50 [ⓐ]	100 [ⓐ]

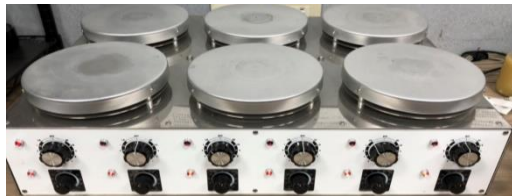


圖3.1 電磁加熱攪拌器



圖3.2 超音波震盪器

3.2.1 基礎試驗—沉降試驗

沉降試驗是將三種不同重量百分比濃度的碳系奈米流體(0.02wt.%、0.04wt.%、0.06wt.%)放入比色槽中如圖3.3所示，再經過一段時間(1、5、15、30天)靜置，觀察其沉降情形，藉以評估可否適合後續的研究試驗，判斷各種重量百分比的濃度，對懸浮分散性的影響力多寡。



圖3.3 比色槽

3.2.2 基礎試驗—比熱試驗

使用熱示差量熱儀(DSC-Q20, TA, USA)與機械冷卻系統配合(RCS-40, TA, USA)來量測碳系奈米流體的比熱，熱示差量熱儀需要在高純度氮氣(5 N)中來進行實驗，秤定樣本重量 1×10^{-5} kg 置於有蓋的鋁

製樣品盆(Tzero Pan, No.:T100915)內。測量出的比熱，會用標準藍寶石(TN-8)為基準值來進行比較。比熱量測計算公式如公式(3.1)所示，先以絕對熱流值除上加熱速率後再乘以校準常數，其中 C_p 為比熱值； E 為校準常數； H 為絕對熱流； H_y 為加熱速率； M 為樣本質量。

$$C_p = (E \times H \times 60) / (H_y \times M) \quad (3.1)$$

使用熱示差量熱儀前，需先使用2個空的樣品盆來求得背景熱流值，接著再以空的樣品盆與裝有標準藍寶石的樣本盆進行實驗，將測得的標準藍寶石樣本盆熱流值減去背景熱流值即為絕對熱流值。而因為標準藍寶石樣本的比熱值為已知，經由公式(3.1)可以推得校準常數值，其他施測樣本即可由此計算出比熱值。本實驗參數如表3.2所示溫度範圍30~90℃、加熱速率為20℃/min。由於實驗在初始即結束狀態會較不穩定，為了降低實驗誤差，因此取用30~90℃的實驗數據來計算出比熱值。比熱量測實驗架構圖如圖3.4所示。

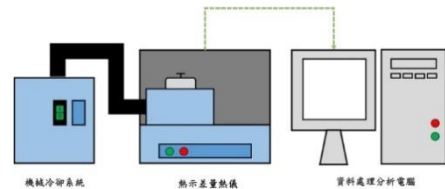


圖3.4 比熱試驗架構圖

表3.2 比熱試驗參數

量測項目 [ⓐ]	樣本容量(L) [ⓐ]	樣本溫度(℃) [ⓐ]	流體濃度(wt. %) [ⓐ]
比熱 [ⓐ]	1×10^{-5} [ⓐ]	30~90℃ [ⓐ] (樣本間隔 10℃) [ⓐ]	純水 [ⓐ] 0.02 [ⓐ] 0.04 [ⓐ] 0.06 [ⓐ]

3.2.3 基礎試驗—黏度試驗

使用電磁加熱攪拌機(HMS-102, FARGO, Taiwan)控制碳系奈米流體的溫度，以手持式音波黏度計(VL700-T15, Hydra motion, U.K)，來量測碳系奈米流體的黏度，取得在不同溫度與濃度的黏滯係數，而在黏度試驗前，使用電磁加熱攪拌器與超音波震盪器使溶液更加均勻，以增加實驗的準確性，而我們取用30~90℃的數據來計算出黏滯係數。黏度試驗量測架構圖如圖3.5，實驗參數如表3.3。

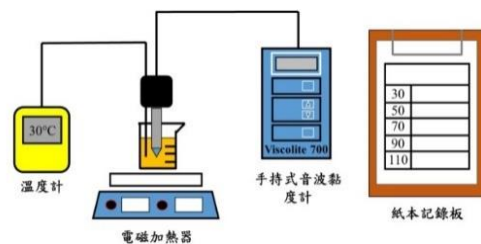


圖3.5 黏度試驗架構圖

量測項目	樣本容量(L)	樣本溫度(℃)	液體濃度(wt. %)
黏度	1×10^{-3}	30~90℃	純水 0.02 0.04 0.06

表3.3 黏度試驗參數

3.2.4 基礎試驗—磨潤試驗

使用迴轉式多功能磨潤機臺進行磨潤試驗。磨耗試片由軸承鋼製成並用十字螺絲固定於機台上；使用3顆碳鋼珠(6mm, AISI 1045)安裝在轉盤的鋼珠孔洞中，並以內六角螺桿固定在迴轉式多功能磨潤機臺以避免鋼珠在磨潤試驗中因摩擦發生滾動的現象，以降低實驗誤差。進行各濃度之碳系奈米流體磨潤試驗，實驗參數包含正向力、轉速、旋轉總圈數及濃度等，實驗參數如表3.4所示。藉由精密電子天平(XS-125A, Precisa, Swiss)量測驗實驗前後磨耗試片的重量差異，並加以分析實驗數據，進而取得各不同實驗參數的磨耗量，評估表現較佳的濃度。在進行實驗量測之前，使用電磁加熱攪拌器與超音波震盪器，使實驗樣本更加均勻的懸浮分散，增加實驗的準確性。磨潤試驗架構圖如圖3.6所示。

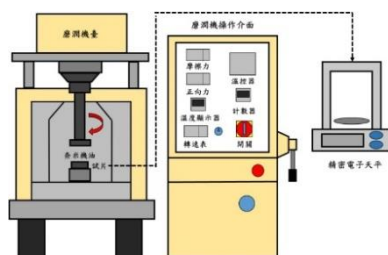


圖3.6 磨潤試驗架構圖

表3.4 磨潤試驗參數

量測項目	正向力(N)	轉速(rpm)	圈數	液體濃度(wt. %)
磨潤測試	100	800	10000	純水 0.02 0.04 0.06

3.3 實車測試

實車圖如圖3.7所示，本車為三陽GTS250i，規格表參照表3.5，本試驗用四象限機車底盤動力計將機車固定在動力計固定架上，如圖3.8所示，並進行燃油消耗量測試、平路與爬坡測試、各點溫度測試及廢氣汙染物測試。燃油消耗量依照我國法規標準來測試，其中包含ECE-40行車型態測試；平路與爬坡測試是依照我國平面道路與坡度道路模擬做測試；各點溫度測試是外接一個數據紀錄機，如圖3.9所示，背後有12組線，分別與要做測試溫度點的地方做連接，如圖3.10所示，溫度測試點位參照表3.6；廢氣汙染物測試又分為廢氣排放與粒狀汙染物，廢氣排放是利用廢氣分析儀測試，如圖3.10所示，將其碳棒插入排氣管中，可得知其HC、CO、CO₂數值；粒

狀分析物則是由粉塵微粒測定器所測試，如圖3.11所示，將採樣棒插入排氣管中，可測量混合氣中PM粒徑大小與數量分布，由上述實驗數據可比較出原廠冷卻水與碳系奈米流體之差異性，並重複2至3次，以增加實驗準確性，減少實驗誤差。



圖3.7 SYM GTS250i實車圖

表3.5 SYM GTS250i規格表

項目	規格
排氣量	249.4 cc
引擎形式	四行程水冷燃油噴射
輪胎尺寸	前：120/70-14 55P 後：140/60-13 63P
長寬高	2160 X 760 X 1420 mm
車重	187kg
最大馬力	17.2kw/8000rpm
最大扭力	22.7N·m/5500rpm
原廠水箱精	SYM Bramax



圖3.8 機車固定在底盤動力計



圖3.9 數據記錄機



圖3.10數據記錄機溫度線連接圖

表3.6 溫度測試點位

10冷卻水	11火星塞	12進水口
7排氣口(二)	8排氣口(一)	9齒輪油
4機油	5出水口	6燃燒室外部(上)
1燃燒室外部(下)	2燃燒室外部(右)	3燃燒室外部(左)



圖3.7 廢氣分析儀



圖3.11 粉塵微粒測定器

4. 實驗結果與討論

4.1 基礎試驗—沉降試驗

將碳系奈米流體經過電磁加熱攪拌器與超音波震盪後，使溶液充分均勻與分散。靜置1、5、15、30日，並觀察各濃度的沉降情況，如圖4.2所示在DAY30的時候，0.02wt.%明顯比DAY1有稍微沉澱一些，而0.04wt.%與0.06wt.%差異較少，因此可推斷出0.04wt.%與0.06wt.%沉降試驗相對來講比較優異。

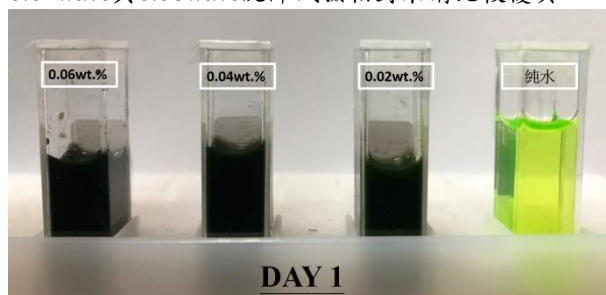


圖4.1 沉降試驗DAY1

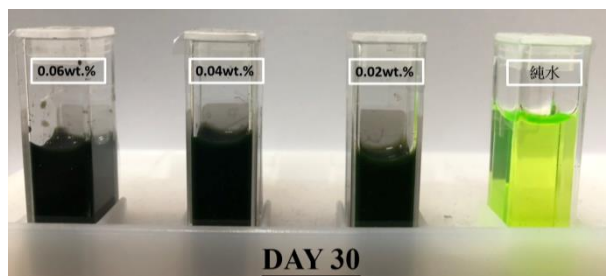


圖4.2 沉降試驗DAY30

4.2 基礎試驗—比熱試驗

進行比熱試驗前，先將碳系奈米流體經過電磁加熱攪拌器與超音波震盪使溶液均勻過散後，實驗

數據會更準確，使用熱示差量熱儀(DSC-Q20, TA, USA)與機械冷卻系統配合(RCS-40, TA, USA)，進行4種濃度的比熱量測實驗，溫度設定範圍30~90°C，每一個溫度共紀錄10筆資料，並取平均值，增加實驗準確度，並紀錄不同溫度及濃度的比熱之表現，表4.1為比熱試驗數據。圖4.3所示為比熱試驗結果，添加奈米粒子應該要降低比熱，結果0.02wt.%高於未添加樣本(original)似乎不合理，然而各樣本還有添加GA分散劑(分散劑比熱一般都比較高)，且介面與懸浮效應交互影響所致，由數值來看量測結果大致合理，比熱與濃度變化無固定趨勢(添加濃度不高在量測誤差範圍以內)。

表4.1 比熱試驗數據

Temperature (oC)	cp (kJ/kg oC)			
	Original	0.02 wt. %	0.04 wt. %	0.06 wt. %
30	3.647	3.769	3.357	3.586
35	3.677	3.775	3.443	3.644
40	3.683	3.778	3.478	3.665
45	3.693	3.781	3.497	3.673
50	3.712	3.794	3.508	3.681
55	3.720	3.806	3.515	3.695
60	3.715	3.806	3.518	3.701
65	3.717	3.808	3.528	3.701
70	3.726	3.817	3.536	3.704
75	3.741	3.823	3.543	3.714
80	3.751	3.833	3.560	3.726
85	3.766	3.842	3.592	3.732
90	3.770	3.850	3.638	3.734

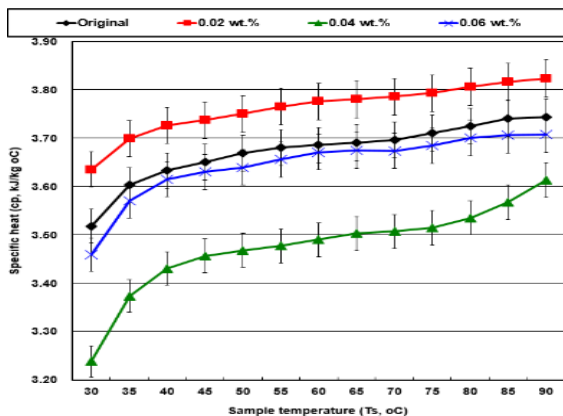


圖4.3 比熱試驗結果

4.3 基礎試驗—黏度試驗

進行黏度試驗前，將碳系奈米流體經過電磁加熱攪拌器與超音波震盪器使溶液均勻擴散，實驗數據會更加精確，首先使用電磁加熱攪拌器控制碳系奈米流體的溫度，及使用手持式音波黏度計進行4種不同濃的試驗，溫度參照表4.2所示分別設定30°C、40°C、50°C、60°C、70°C、80°C、90°C，每一個溫度均紀錄10筆數據，再取平均值，如圖4.4所示，黏度隨溫度的增加而降低，換句話說，當溫度升高時，分子間和顆粒間的附着力較弱，因此奈米流體的黏度降低[13]。但是機車標準工作溫度在80~90°C之間，因此我們把重點著重在80~90°C，如圖4.5所示，在相同溫度下，有較低的黏度，會有更好的流動性，更有助於機車之散熱效能。

表4.2 黏度試驗數據

Temperature (oC)	Original	0.02wt. %	0.04wt. %	0.06wt. %
30	1.6	1.61	1.8	1.82
40	1.31	1.34	1.41	1.52
50	1.1	1.13	1.2	1.27
60	0.95	1	1	1.04
70	0.82	0.81	0.81	0.84
80	0.7	0.69	0.6	0.69
90	0.6	0.57	0.52	0.61

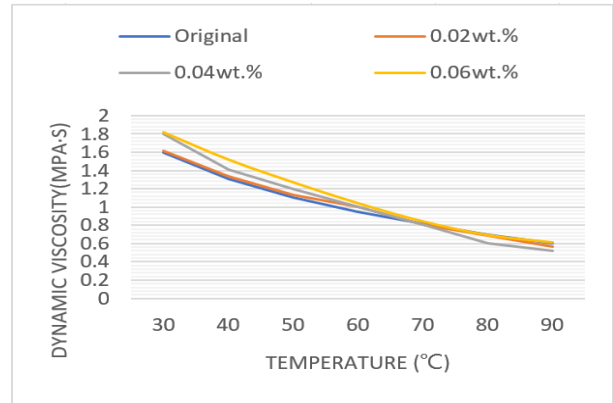


圖4.4 黏度試驗結果

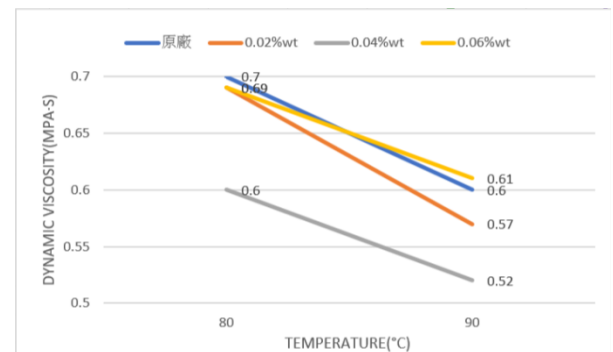


圖4.5 80-90°C黏度試驗結果

4.4 基礎試驗—磨潤試驗

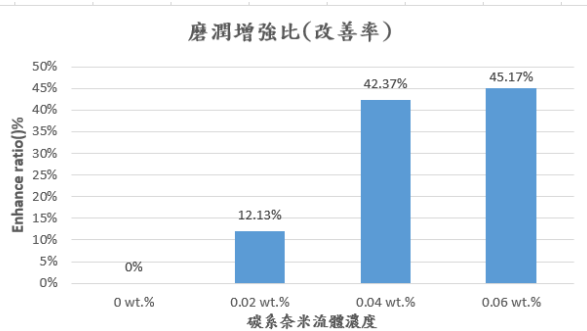
進行磨潤試驗前，先將碳系奈米流體經過電磁加熱攪拌器與超音波震盪後，使得裡面溶液均勻擴散，可以減少實驗的誤差值，如圖4.5可以看出碳系奈米流體在各種不同的重量百分比弄度下經由參數正向力100N、800RPM及10000圈下之磨潤成果，0.04wt.%與0.06wt.%的磨耗消耗重量相對於純水與0.02wt.%小的很多，代表說，磨耗的數值並不大，這對於機車來說也是非常優勢的，減少磨耗藉以減少油耗，而表4-3是以純水為基準計算出來的改善率數據，參照公式(4.1)，0.06wt.%與0.04wt.%兩者改善率，相較於純水增加了將近50%，以此可得知，這兩者的磨耗改善率都是較佳的。

濃度	0 wt.%(純水)	0.02 wt. %	0.04 wt. %	0.06 wt. %
磨潤後 成果				
磨耗損 失重量	0.0207g	0.01819g	0.01193g	0.01135g

圖4.5 磨潤試驗數據

$$\frac{\text{磨耗消耗重量(對照)} - \text{磨耗消耗重量(實驗)}}{\text{磨耗消耗重量(對照)}} \times 100\% \quad (4.1)$$

表4.3 磨潤改善率數據



4.5 實車試驗

4.5.1. 燃油消耗量

1.ECE-40行車型態測試結果

綠色現為車速設定值，紅色為實際車速回授值。由圖4.6可知在低速時，加速性良好，有一些地方車速回授值較不穩定，當回授值低於車速設定值，油門隨即會轉動增加車速。

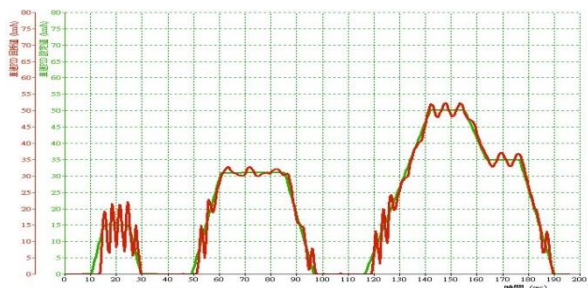


圖4.6 ECE-40行車型態測試結果圖

2.定速測試結果:

如圖4.7所示，綠色現為車速設定值，紅色為實際車速回授值。當回授值低於車速設定值，油門隨即會轉動增加車速。在20~150秒之間，回授值較起伏不定，與前述ECE-40狀況相同。

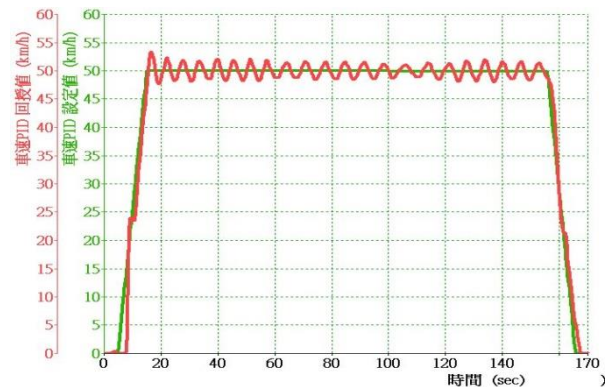


圖4.7 定速結果測試圖

3.平路測試結果:

藍色現為實際車速回授值，紅色為實際扭力值。在3~10秒之間，因空載車速進入到模擬平路的加載時，車速因動力計滾筒加載扭矩，而會有降低的趨勢，之後穩定再車速，緩緩增加。

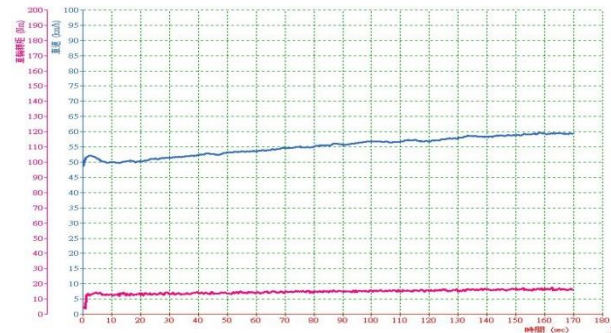


圖4.8 平路測試結果圖

4.爬坡測試結果:

藍色現為實際車速回授值，紅色為實際扭力值。在0~5秒之間，因空載車速進入到模擬爬坡的加載時，車速因動力計滾筒加載扭矩，而會有緩緩升高的趨勢，之後車速穩定不超過正負5km/h。

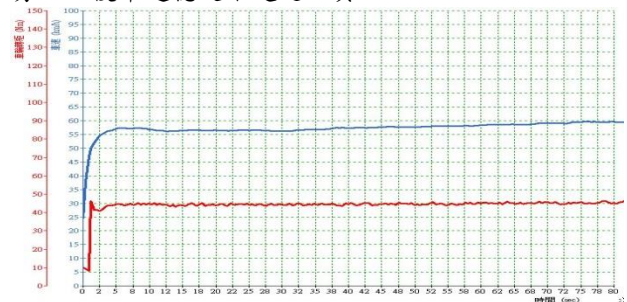


圖4.9 爬坡測試結果圖

5.燃油消耗比較:

由圖4.10可知，各行車形態下HCBNC皆小於原廠水箱精的耗油量。

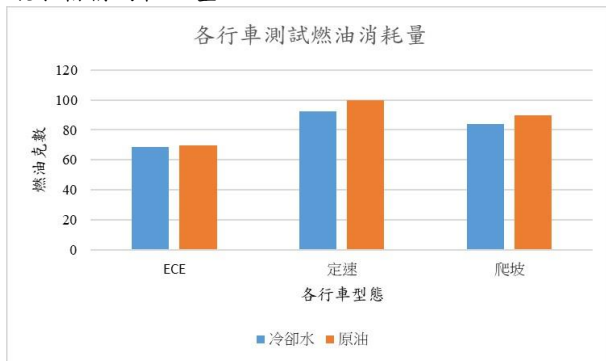


圖4.10 燃油消耗結果圖

4.5.2 溫度特性測試

1. ECE-40冷卻水溫度:

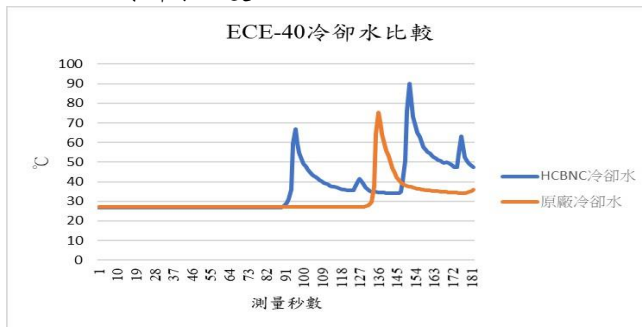


圖4.11 ECE-40冷卻水溫度比較圖

2. ECE-40測試進出水口溫度:

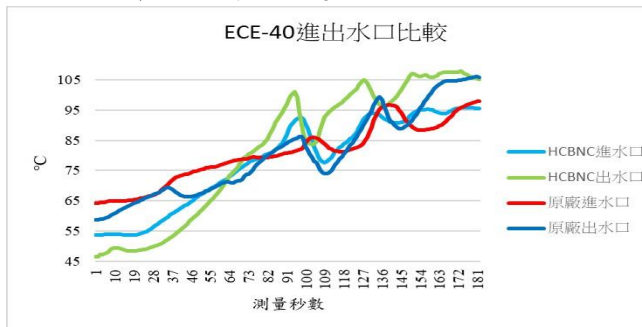


圖4.11 ECE-40測試冷卻水溫度比較圖

3. 平路測試冷卻水溫度:

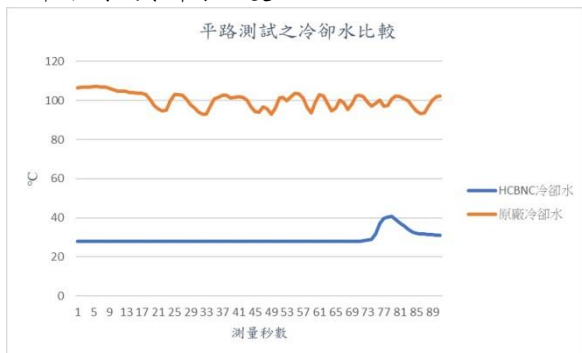


圖4.12 平路測試冷卻水溫度比較圖

4.平路測試進出水口溫度:

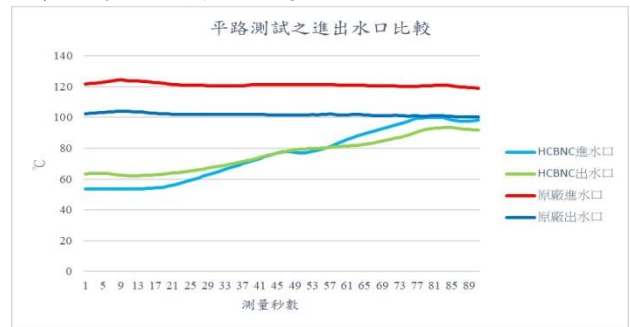


圖4.13 平路測試進出水口溫度比較圖

5.定速測試冷卻水溫度:

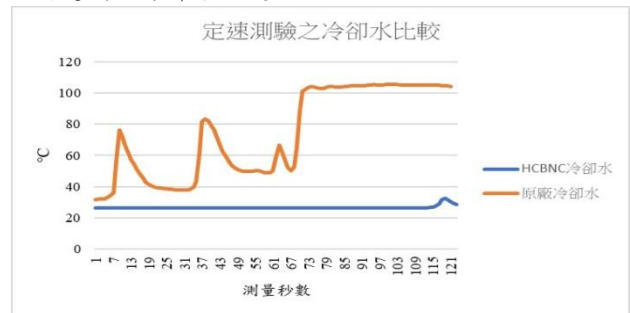


圖4.14 定速測試冷卻水溫度比較圖

6.平路測試進出水口溫度:

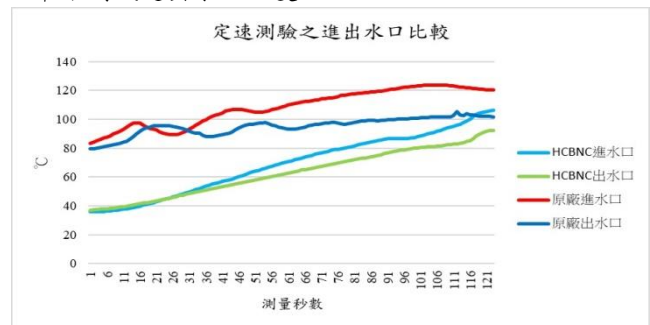


圖4.15 定速測試進出水口溫度比較圖

7.爬坡測試冷卻水溫度:

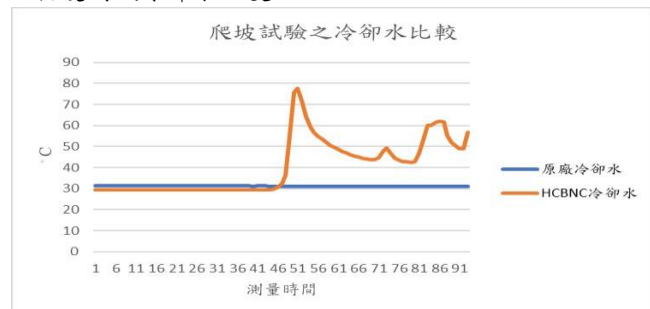


圖4.16 爬坡測試冷卻水溫度比較圖

8.爬坡測試進出水口溫度:

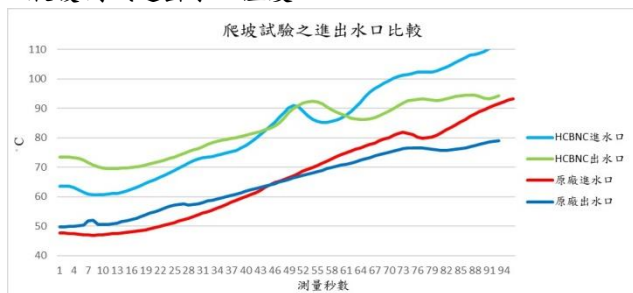


圖4.17 爬坡測試進出水口溫度比較圖

4.5.3 廢氣排放結果

1.三廢氣排放測試結果

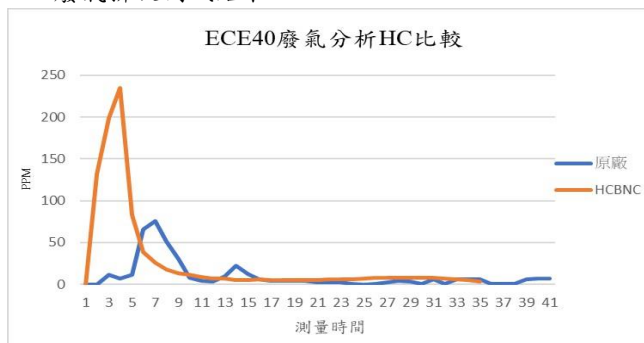


圖4-18 ECE-40行車型態HC排放結果比較圖

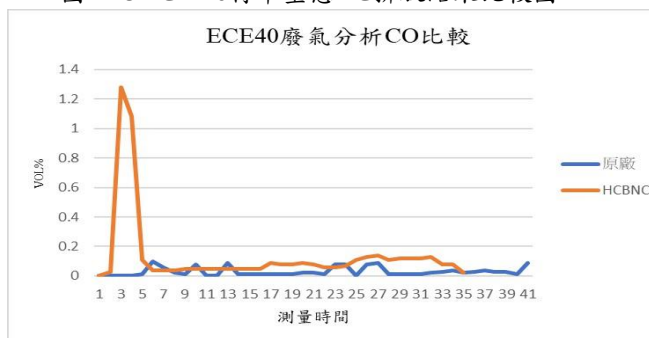


圖4-19 ECE-40行車型態CO排放結果比較圖

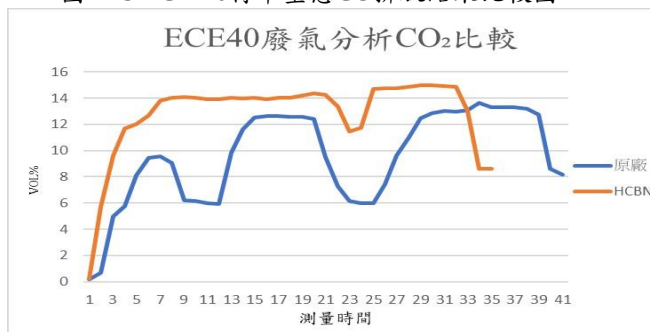


圖4-20 ECE-40行車型態CO₂排放結果比較圖

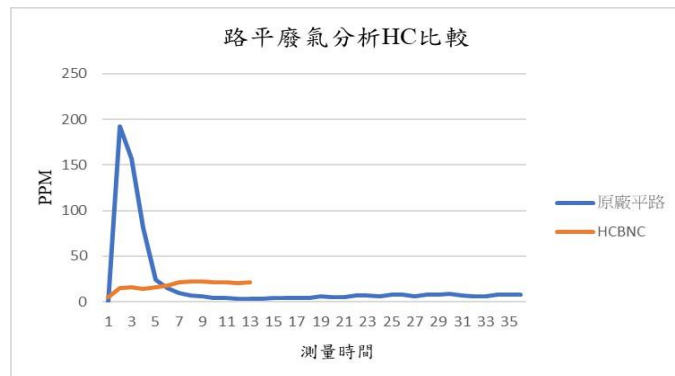


圖4-18 平路行車型態HC排放結果比較圖

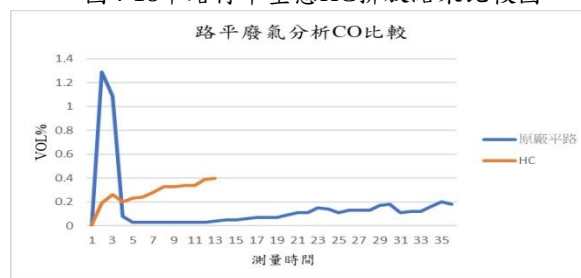


圖4-21 平路行車型態CO排放結果比較圖

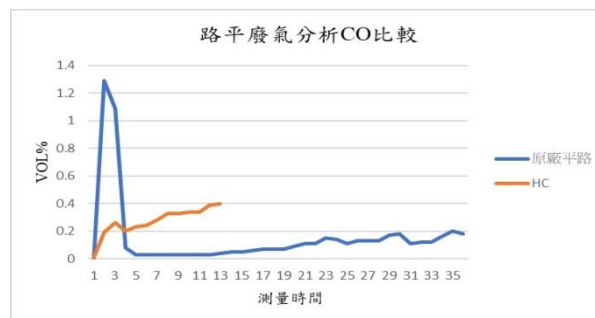


圖4-22 平路行車型態CO₂排放結果比較圖

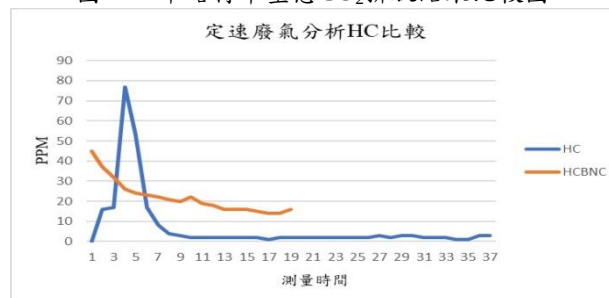


圖4-23 定速行車型態HC排放結果比較圖



圖4-24 定速行車型態CO排放結果比較圖

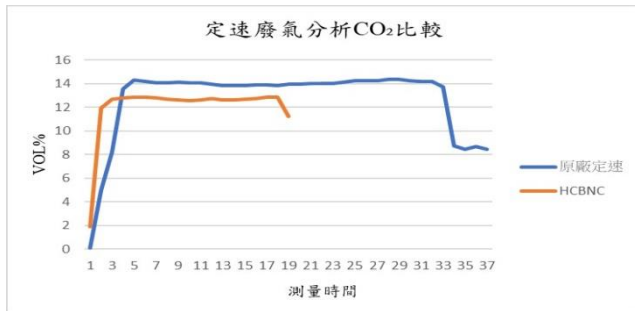


圖4-25 定速行車型態CO₂排放結果比較圖

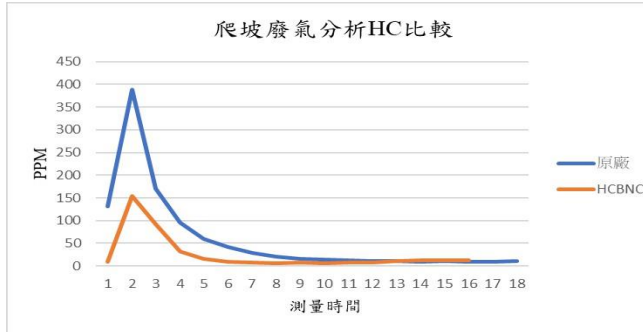


圖4-26 爬坡行車型態HC排放結果比較圖

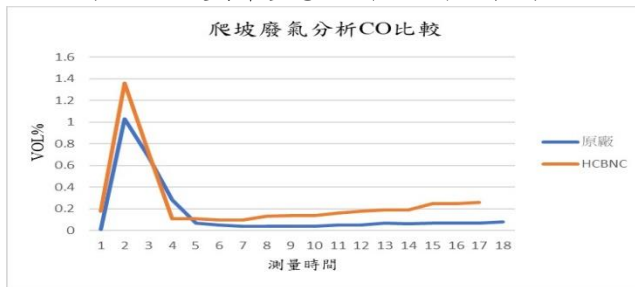


圖4-27 爬坡行車型態CO排放結果比較圖

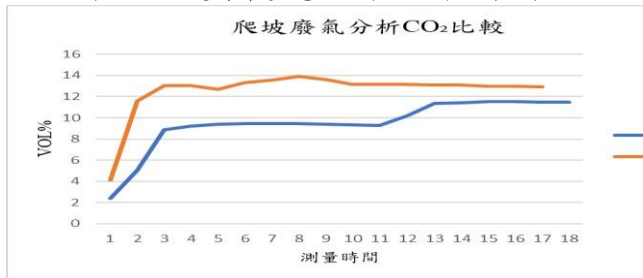


圖4-28 爬坡行車型態CO₂排放結果比較圖

2. 粒狀污染物(PM)排放測試結果

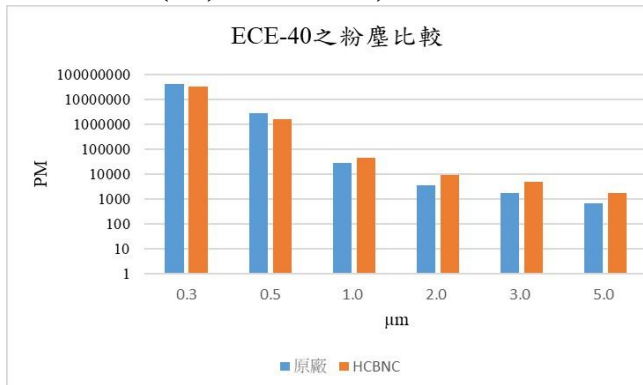


圖4.29ECE-40行車型態粒狀污染物(PM)排放結果比較

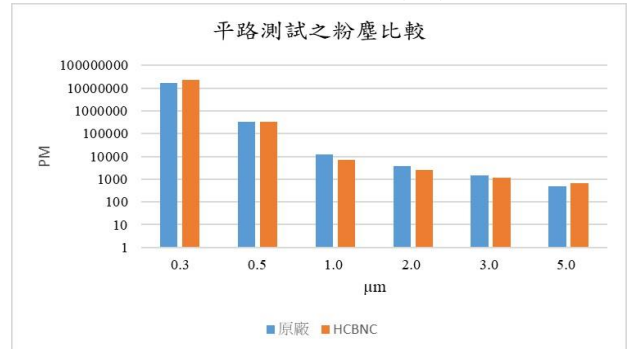


圖4.30 平路行車型態粒狀污染物(PM)排放結果比較

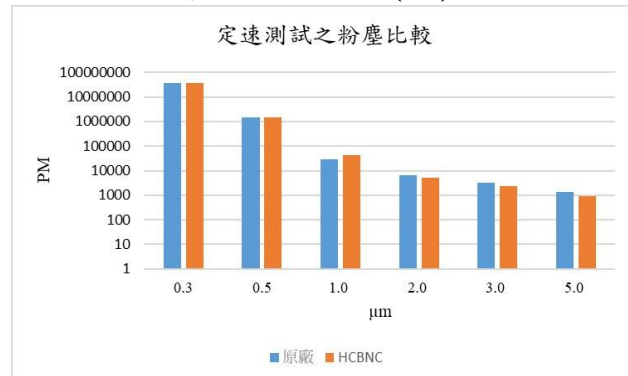


圖4.31 定速行車型態粒狀污染物(PM)排放結果比較

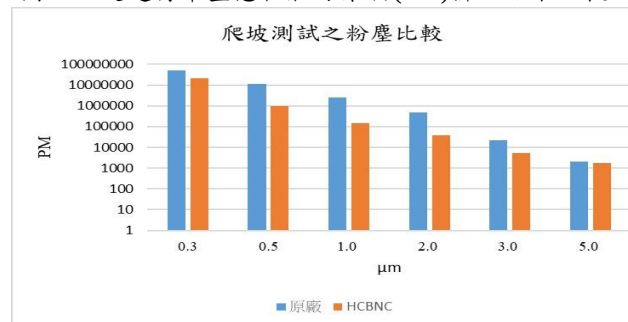


圖4.32 爬坡行車型態粒狀污染物(PM)排放結果比較

5. 結論

本研究係將碳性奈米流體與原廠水箱精依照不同的濃度調配而成，並進行基礎試驗與實車試驗，依照實驗數據所得，分析出碳系奈米流體之優點，並與原廠水箱精進行綜合評估，是否能夠增進引擎性能與降低廢氣排放之成效，而以下是我們所歸類出的結論：

- 1、根據所有基礎試驗的結果，我們可依照冷卻水之所需的性能方面交叉分析出0.04wt.%為最好濃度之碳系奈米流體，在黏度試驗、比熱試驗上，0.04wt.%遙遙領先其他的濃度，因此0.04wt.%成為我們的最佳濃度。
- 2、在實車測試中，可從燃油消耗量結果中得知，添加碳系奈米流體比原廠水箱精較優異。
- 3、在粒狀污染物排放測試結果中可得知，在定速與爬坡試驗裡，HCBNC粒狀污染物排放

是優於原廠。

6. 參考文獻

1. Y.Wang, et al, "Thermophysical performance of graphene based aqueous nanofluids" *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol.119, pp.408-417, April 2018.
2. N.A.C.Sidik, et al, "Recent advancement of nanofluids in engine cooling system" *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol.75, pp.137-144, August 2017.
3. S.U.S Choi, et al, "Thermal Conductivity of Fluid With Nanoparticles", *Proc.ASME Int. Mech. Eng. Congr. Expo*, Vol. 66, pp.99-105,1995.
4. A. Arshad, et al, "A review on graphene based nanofluids: Preparation, characterization and applications", *Journal of Molecular Liquids*, Vol.279, pp.444-484, April 2019.
5. M. Hemmat. Esfe, A. Karimipour, W.M. Yan, M. Akbari, M.R. Safaei, M. Dahari, "Experimental study on thermal conductivity of ethylene glycol based nanofluids containing Al₂O₃ nanoparticles", *Int. J. Heat Mass Transf*, Vol. 88, pp. 728-734, 2015.
6. M. H. Esfe, S. Saedodin, M. Akbari, A. Karimipour, M. Afrand, S. Wongwises, M. R. Safaei and M. Dahari, "Experimental investigation and development of new correlations for thermal conductivity of CuO/EG-water nanofluid", *Int. Commun. Heat Mass Transfer*, Vol. 65, pp. 47-51, 2015.
7. M. Soltanimehr and M. Afrand, "Thermal conductivity enhancement of COOH-functionalized MWCNTs/ethylene glycol-water nanofluid for application in heating and cooling systems", *Appl. Therm Eng*, Vol. 105, pp.716-723, 2016.
8. A.Ghadimi, et al, "A review of nanofluid stability properties and characterization in stationary conditions" *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol.54, pp.4051-4068, August 2011.
9. T. Zhang, et al, "Theoretical approaches to graphene and graphene-based materials", *Nano Today*, Vol.7, pp.180-200, August 2011.
10. D.G. Papageorgiou, et al, "Mechanical properties of graphene and graphene-based nanocomposites", *Prog. Mater. Sci*, Vol.90, pp.75-127, October 2017.
11. R. Agromayor, et al, "Heat transfer performance of functionalized graphene nanoplatelet aqueous nanofluids", *Materials*, Vol.9(3), pp.455, 2016.
12. M.Hirano, "Atomistics of friction", *Surface Science Reports*, Vol. 60, iss. 8, pp. 159-201, 2006.
13. F. Sedaghat, et al, "Synthesizes, characterization, measurements and modeling thermal conductivity and viscosity of graphene quantum dots nanofluids" *Journal of Molecular Liquids*, Vol.278, pp.299-308, March.2019

7. 致謝

一年的時間過的特別快，從一開始的懵懵懂懂，到現在對實驗的敏銳度成長了許多，一路上要感謝的人太多了，如果沒有他們的協助，就沒有現在的我們，首先先謝謝呂有豐教授對我們的指導，總是可以提供我們方向，引導我們思考，非常重要的核心人物，再來要謝謝夏麒麟學長的協助，總是很有耐心的教導，也增加我們對實驗的成就感，再來要謝謝微米氮化硼機油組的王亮勛、吳柏震與張晉誌同學，以及蕭瑋亮研究生的協助，在實車試驗非常匆忙的過程中，幸好有大家的協助，才可以再那麼短的時間完成，最後也很慶幸有那麼多人協助，誠摯的謝謝大家。

Performance Impact of Carbon-Based Nanofluids on Four-Stroke Locomotives

Y.M. Chen^{1*}, Z.Y. Zhuang²

¹ Department of Industrial Education- Vehicle Technology Group, National Taiwan Normal University

Instructor: Lue · Yeou-Feng

*Email: peter09240924@gamil.com

consumption results that the addition of carbon-based nanofluids is superior to the original water tank, but in the results of the particulate pollutant discharge test, it can be known that at constant speed and climbing In the test, HCBNC particulate pollutant emissions were superior to the original.

Keywords: Hybrid Carbon Base Nano Coolant, graphene, Specific heat experiment, Viscosity experiment, Tribology experiment

Abstract

According to the literature to explore the effect of coolant improvement performance, the experiment was carried out on the four-stroke water-cooled locomotive sold in the market, and the temperature influence of the heat dissipation of the water tank was mainly discussed. This experiment is to add carbon-based nano fluid to the cooling system. Dissolved in the original water tank fine, and added dispersing agent GA (arabum gum) and then electromagnetic heating and stirring for 3 hours and ultra-sinic vibration for 1 hour to produce carbon-based nano fluid cooling liquid. And the basic test of sedimentation test, viscosity test, specific heat test, grinding test, etc. at different concentrations and temperatures, and then explore the performance of the different concentrations and temperatures, and the test is the original test Water tank fine, 0.02 wt.%, 0.04 wt.%, 0.06 wt.% carbon-based nanofluid.

First, in the sedimentation test, each concentration was allowed to stand for 30 days, and it was found that 0.04 wt.% was stable compared with other concentrations, and there was almost no precipitation. In the viscosity test, 0.06 wt.% is higher than the other ratios, and 0.04 wt.% and 0.02 wt.% are comparable to the original one. The specific heat test showed that the concentration of 0.04 wt.% was lower than other concentrations and the original concentration, and 0.02 wt.% was worse than the pure water in the specific heat. Finally, the grinding test showed that the improvement rate of 0.06 wt.% was higher than the original ratio. Based on the results of the above four tests, it was found that the better concentration was 0.04 wt.%.

In the actual vehicle test section, we can know that according to the results of all the basic tests, we can cross-analyze 0.04wt.% of the best concentration of carbon-based nanofluids according to the required performance of the cooling water. In the specific heat test, 0.04wt.% is far ahead of other concentrations, so 0.04wt.% becomes the optimum concentration. In the actual vehicle test, it can be known from the fuel

汽車後軸系統教具製作-以Jaguar轎車為例

郭振宇¹、陳英彰^{2*}、吳庭毅³

國立臺灣師範大學工業教育學系車輛技術組^{1,2,3}

指導老師：邱盛乾 助理教授

*Email: aspirine71burger61@gmail.com

摘要

車輛底盤課一直是很多學生覺得艱深的一堂課，更因為底盤維修往往需要將車頂高起來，進入車底工作，位於光線不足陰暗的車底下做實做，指導過程常常讓學生無法看清楚，也因為操作範圍大幅縮減，容易有夾到或割傷的狀況發生。且示範教學需要查閱修護手冊，教師不只要提前預習，課前準備工具、工廠佈置及人員配置也耗費時間，為此我們製作一份汽車後軸的課程教具，並透過網頁製作彙整，使修護手冊及操作淺顯易懂，另外各個系統貼上連接QR code，使學生及教師都可以利用行動裝置連接，不管是課前預習、課程中講解、課後複習都大幅減輕教師負擔並且增加學生的學習效率。我們的後軸教具，主要分為三大系統：懸吊系統、傳動系統、煞車系統，依序作為車輛後軸的主要內容。

關鍵字：汽車後軸教具、QR code、GOOGLE協作平台、懸吊系統、傳動系統、煞車系統。

1. 前言

1.1 研究背景與動機

論目前我們生活在手機普級化的時代，生活中無處不用手機，但也因為這些3C產品，學生常常在課堂中分心且無心學習，學生想脫離教師的掌控，手機可以說是主要因素之一，故導致上課分心，學習效率不佳，嚴重影響課堂進度；為此反向利用手機吸引學生學習，將教材及教學內容電子化，達到學習事半功倍的效果。

1.2 研究目的

許多汽車元件位於汽車不易觀察的地方，在教學上會有一定的困難性，而往往在教學上只能以圖例替代，減少了教學上的效率。汽車後軸系統位於汽車底部，較不利於學生學習該部分構造。使用頂車機來學習，存在的風險也較高。有機會利用系上現有的後軸組件，加以加工架構及編制數位教材，增加教學與學習效果。

1.3 研究方法

將系上現有的後軸零件系統，運用GOOGLE協作平台製作成線上教具。整編修護手冊內容及參考網路資料介紹此後軸三大系統的元件介紹、拆裝

方法、作用功能、以及一些相關小知識，以利於教師教學與學生學習。結合QR code輔以數位化教學，增加學習效率與意願提升。



1.4 名詞解釋

論文之篇幅

2. 文獻回顧

2.1 文獻回顧

目前尚無相關領域資料

2.2 關鍵字

列舉3-6個關鍵字並緊接在摘要之後。

2.3 參考文獻

修護手冊[1]、維基百科[2]、維基百科[3]、維基百科[4]、維基百科[5]

2.4 內容

第二章內容為「文獻回顧」，需依照研究主題，

介紹相關研究之基礎理論。

3. 圖、表與方程式

3.1 圖與表



圖1 後軸線上教具網站首頁



圖2 教具網站內容(懸吊系統元件介紹)

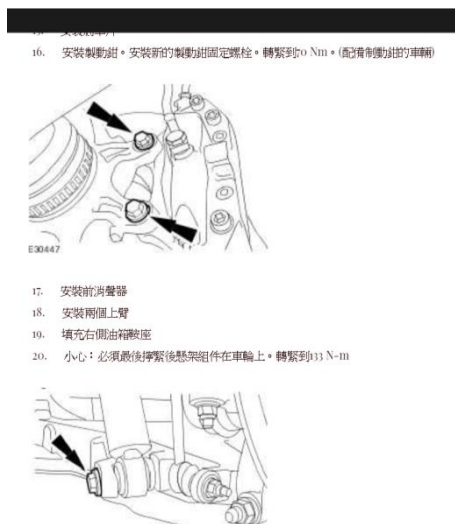


圖3 教具網站內容(元件拆裝步驟教學)

小故事

故事:懸吊的起源可以追溯到17世紀運用在馬車上，在1820年代，新罕布夏州康科特市的Abbot Downing公司開發出一種系統，藉此讓馬車的車體能夠支撐在的皮帶上，這樣可改善車廂的擺動的動作。



圖4 教具網站內容(相關小故事介紹)

優點	缺點
鼓煞 鼓式煞車有良好的自然作用，由於煞車來令片外張，車輪旋轉時帶著外張的煞車鼓，扭歪一個角度，煞車來令片外張力越大，則煞車鼓越明顯，因此，一般大型車輛還是使用鼓式煞車，並且成本較低。	碟煞 碟煞快，重量輕，構造簡單，調整方便，易維修，高負載時耐高溫性能好，煞車效果穩定，而且不怕泥水侵襲，比鼓式煞車更容易在較短的時間內，車停下，需要更高煞車效率時，煞車盤會開許多小孔，加速通風散熱提高煞車效率。
鼓煞 由於鼓式煞車煞車來令片密封於煞車鼓內，造成煞車來令片磨損後的碎屑無法散去，影響煞車鼓與來令片的接觸面而影響煞車性能，散熱性能較碟式煞車差，引起煞車效率下降。	碟煞 對煞車器和煞車管路的製造要求較高，摩擦片的耗損量較大，成本貴，而且由於摩擦片的面積小，需要的煞車液壓高，必須要有助力裝置的車輛才能使用，所以只能適用於輕型車上。除了成本較高，基本上皆優於鼓式煞車。

圖5 教具網站內容(煞車系統鼓煞及碟煞優缺點比較)



圖6 Jaguar X350-XJ 後軸實體



圖7 煞車系統QR CODE連結

3.2 內容

3.2.1 研究系統

本後軸線上教具系統使用GOOGLE SITE協作平台。

3.2.2 實驗方法

將修護手冊內容以及相關元件介紹、作用與功

能、拆裝步驟等彙整上網頁，並結合網路資源增加內容豐富度(例如:優缺點比較分析、元件小故事)。

3.3 研究步驟

修護手冊內容編譯與編制→透過修護手冊進行元件翻譯與編碼→透過修護手冊進行元件拆裝步驟彙整→結合網路資源增加系統功能與作用介紹→透過網路資源增加元件小故事介紹及元件優缺點比較。

4. 結果與討論

我們在製作此較具的過程中曾經查詢類似車輛的教具，但目前並無類似模型可以參照，所以我們尋求專業領域的教師提供意見，並作為補足或更改的標準，此教具僅用於高中學生效果較佳，目前用於課堂實際操作的說明較為清楚，但因圖片是黑白，所以不利於學生連接實體；此教具最大的改善是在於原本不易查看檢修的機構，變得清晰可見，且網頁上的檢修說明正確無誤，QR的連結是為了建立學生對於使用手機認知，打破了上課不能使用手機的傳統，建立使用手機學習的觀念，當然課堂中會出現玩手機的現象，所以教師主要的任務也就是督促學生。

5. 結論

優點教具能讓學生使用手機學習，教師也能節省課前準備時間，同時課堂中降低使用頂車機的風險；目前此教具手冊的圖片須加以改善，無法達到圖片與實體的連接，若能改善更換成實體圖片，教學效果增加，目前此教具提供本相關科系學生學習，若能建立完善的教學網站，可利於非相關科系學生學習，或為欲往職業類科學生做為了解本系使用，目前此教具及網頁使用於大學課堂上有餘而不足，無法完整的呈現此手冊的內容，因部分內容涉及商業機密，希望為來若能改善或教學合作以利於學生學習技術。

6. 參考文獻

6. Jaguar X350 – XJ Workshop Manual (VIN G00442 to VIN H99999)
7. (維基百科-懸吊系統)
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%87%B8%E5%90%8A%E7%B3%BB%E7%B5%B1>
8. (維基百科-差速器)
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%B7%AE%E9%80%9F%E5%99%A8>
9. (維基百科-煞車)
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%85%9E%E8%B%8A>
10. (維基百科-行星齒輪) <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E8%A1%8C%E6%98%9F%E9%BD%BF%E8%BD%AE>

Proceedings of the 2019 Special Research Competition of NTNU-IE: Guidelines for Manuscript Preparation

KUO,CHEN-YU ¹, CHEN,YING-CHANG ²,
WU,TING-I ³

¹ Department of Industrial Education- Vehicle
Technology Group, National Taiwan Normal
University

*Email: aspirine71burger61@gmail.com

Abstract

The vehicle chassis course has always been a difficult class for many students. It is also because the chassis maintenance often needs to raise the roof of the car, enter the bottom of the car, and do it under the dark under-light vehicle. The guiding process is often impossible for students to see clearly. Also, because the operating range is greatly reduced, it is easy to have a pinch or cut. And the demonstration teaching needs to consult the repair manual. The teacher does not only need to prepare in advance. The pre-class preparation tools, factory layout and staffing also take time. For this reason, we make a teaching aid for the rear axle of the car, and make a compilation through the webpage. The manual and operation are easy to understand, and the QR code is attached to each system so that students and teachers can connect with mobile devices. Whether it is pre-study, in-class explanation, and after-school review, the burden on teachers is greatly reduced and students are increased. Learning efficiency. Our rear axle teaching tools are mainly divided into three major systems: suspension system, transmission system, and brake system, which are the main contents of the rear axle of the vehicle.

Keywords: Rear axle teaching aids, QR code, GOOGLE collaboration platform, suspension system, transmission system, brake system.

微米氮化硼機油

吳柏震¹、張晉誌^{2*}、王亮勛³國立臺灣師範大學工業教育學系車輛技術組^{1,2,3}

指導教授：呂有豐 教授

*Email: 050813pz@gmail.com

摘要

本研究係將微米氮化硼粉末加入 SYM SAE-10W40 原廠機油。利用基礎實驗結果進行綜效性能分析，並找出最佳效果之濃度，經實驗得知最佳的重量濃度百分比為 0.1%。

我們添加最佳濃度 0.1wt% 氮化硼機油於實車實驗中，發現添加微米氮化硼之機油能改善 SYM GTS250i 水冷式四行程機車的燃油消耗率(km/L)及廢氣污染排放，並增加引擎的散熱效果及降低引擎熱衰竭。

關鍵字: 氮化硼、機油、磨潤、熱傳導係數

1. 前言

1.1 研究動機與背景

隨著科技的進步，產品不再是堪用即可，也講求高效低耗，更何況是技術成熟的內燃機產業。另外，環保人士的抬頭，環境已逐漸成為大眾的目光焦點，對於日常生活中不可或缺的交通工具：汽、機車。它們所排放出的廢氣，毫無理由不隨著科技的進步，使排放標準更加嚴格，以達到永續發展。然而為了實現高效低耗的要求，不外乎要將摩擦力損耗降低。根據文獻指出微米材料的添加能夠提高機油的導熱性和抗磨性。黃季剛等人的研究發現石墨-油之流體作為高速旋轉的潤滑劑，可以提高導熱係數，從而延長潤滑時間，提高潤滑性能^[6]；M.Saeedinia 等人研究表示使用 0.2wt% 的 CuO 合成油，提高 12.7% 的導熱效率^[5]；Taha-Tijerina. J 的團隊研究指出，添加 0.1wt% 氮化硼的機油能增加 5% 的機油導熱性^[1]。然而氮化硼機油的研究相較於其他材料研究較少，以及作為環境友好^[7]，我們將會探討不同濃度下的微米氮化硼機油，透過機油磨潤性與導熱性的比較，找出最為合適的濃度。

1.2 研究目的

- 一、透過實驗找出最佳重量百分濃度的添加量。
- 二、對於微米流體以及其應用有更深一層的認知與了解。
- 三、提升內燃機性能表現。
- 四、讓所學實際應用、鞏固觀念。
- 五、經由實驗的過程，培養實事求是的精神。

1.3 研究方法

此實驗將使用微米氮化硼粉末添加至 SYM SAE-10W40 原廠機油，利用磁石加熱攪拌機(圖 3.6)、超音波震盪(圖 3.5)使微米氮化硼顆粒均勻分布於機油中。比較在不同濃度下的機油，經過磨擦、黏度、導熱、沉降、比熱試驗後，並綜合其特性表現，挑選出最為合適的濃度。

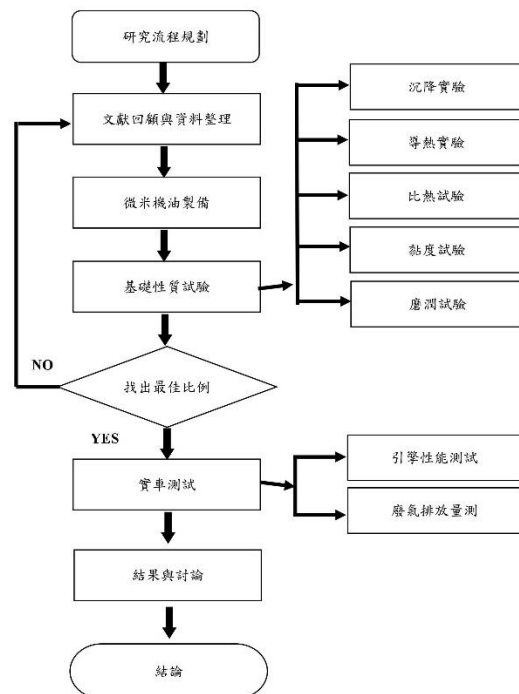


圖 1.1 實驗流程圖

1.4 名詞解釋

一、微米氮化硼(Boron Nitride, BN)：

氮化硼有多種同質異形體，其中立方氮化硼結構類似於鑽石，硬度僅低於金剛石，但耐高溫性優於金剛石，六方氮化硼結構則類似於石墨，是一種十分實用的潤滑劑。

二、微米流體(microfluid)：

在傳統工作流體之中添加微米粒子，製作出穩定懸浮於流體中的溶液即稱為微米流體。微米流體除了可應用於磨潤之外，亦可應用於鍍膜、塗料、熱交換等新技術，其應用範圍十分廣泛。

三、比熱(specific heat capacity)：

也可稱為比熱容量，用來表示物體吸熱或散熱能力。比熱值越大，代表物體吸、散熱能力越優。其國際單位制中的單位是焦耳每千克開爾文[J/(kg K)]，1公斤的物質的溫度上升1開爾文所需的能量。

四、機油號數：SAE-10W40

SAE(Society of automotive Engineering)是美國汽車工程學會制定"黏度指數"，不同於黏度，黏度指數代表的為溫度對應黏度的關係，並非"黏度"：物質對抗外力使其位移的阻力。W 前代表為機油低溫時的黏度指數；後者代表的為高溫時的黏度指數，數字越大代表黏度越高。而 W 為 Winter 之意。

五、ppm：

大氣微粒物質，是懸浮在空氣中微小的固態或液態粒子。百萬分之幾，parts per million. mg/L(w/v), g/ton(w/w)。

六、細懸浮微粒(particulate matter)：

PM_{2.5}係指微粒氣動粒徑小於2.5微米，單位以微克/立方公尺表示之，由於 PM_{2.5}較 PM₁₀更容易深入人體肺部，對健康影響更大，若細微粒又附著其他污染物，將更加深呼吸系統之危害。

關鍵字:SAE、PM_{2.5}、微米流體、比熱容量

2.文獻回顧

隨著科技的發展，許多發展已趨近飽和，為了改善這停滯的狀態，許多學者積極的在尋找不同的元素，添加於其實驗，目的就是想改善機件的磨耗率及機件的散熱性，藉此提高機件的耐用度及壽命。

在磨潤方面，已有許多研究將 BN 添加於不同的機油中，由於 BN 的耐磨性質與其他添加物相比略勝一籌，因此被廣泛應用在不同的研究中。相較於一般未添加 BN 的原廠機油，有添加 BN 的機油能提升其抗磨性。Y.Kimura et al.發現加入 BN 能明顯消除波動，降低摩擦係數的平穩值及磨耗^[83]Çağrı Vakkas Yıldırım 等人實驗發現，加入 BN 能使實驗物件的壽命延長、磨損量減少43%並降低實驗冷卻溫度^[84]Z. Pawlak 等人實驗發現，使用 BN 作為潤滑劑的添加劑，具有減磨性能和優異的抗磨耗性能^[10]。

熱傳導方面，許多研究指出 BN 擁有許多特性，適合做為微米流體中的添加劑，提升工作流體的熱傳導率。Jens Eichler 等人發現 hBN 不管是單一型態或是複合型態，都是非常適合應用於高溫的材料^[100]Beybin Ilhan 等人研究指出，添加 hBN 於不同濃度流體的導熱性能顯著的提高^[123]。

這次的專題研究，我們使用微米氮化硼(Micron-Boron Nitride,BN)加入 SAE-10W40的機油中，利用添加物-BN 的材料性質去改善原廠機油所不足的地方，讓引擎在運轉時，能降低機件損耗，並提升熱傳導率。希望透過這次的研究，能提升我

們對 BN 的認識，並希望能添加至使用中的交通工具或是需要潤滑的機件中。

3.實驗設計與裝置

3.1 樣品製作與對照組

我們使用 SYM SAE-10W40原廠機油加入不同質量的微米氮化硼粉，再利用磁石加熱攪拌機進行加熱攪拌三小時後用超音波震盪機進行震盪一小時，使微米氮化硼顆粒能在機油中均勻分散。配置出含有0.05wt%、0.1wt%、0.15wt%、0.5wt%、1wt%的微米氮化硼機油，再透過祈雨圓場機油性能上的差異，探討出不同濃度下的微米氮化硼機油何者較為優異。

3.2 實驗方法與步驟

(一) 沉降試驗：

此實驗目的用來了解不同濃度下的合成機油，觀察其懸浮顆粒沉澱的情形。判斷是否進行後續實驗，若不符期待則重新調配該濃度。

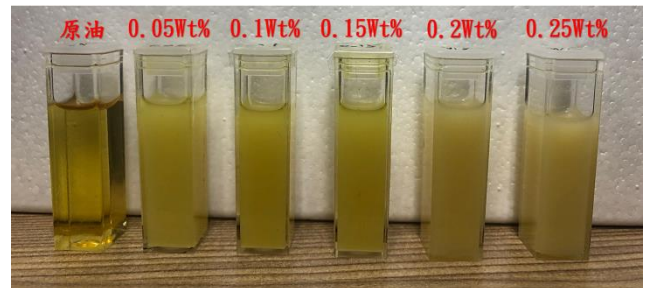


圖3.1 沉降實驗

(二) 黏度試驗：

各濃度機油在不同溫度下，必須保持良好的潤滑性、流動性，主要在高溫的環境下確認機油能否保持強度、建立油膜，擁有潤滑效果。實驗的部分我們使用迴轉圓筒型黏度計(圖3.2):在圓筒和狹縫間有兩個互相平行表面所構成的狹縫，通過無級調速器來帶動使圓筒旋轉運動。旋轉時，狹縫中的液體會受到剪切作用，進而透過黏度計運算得到該溫度下機油的黏度指數。



圖3.2 迴轉圓筒型黏度計

實驗步驟如下：

- 1.安裝好黏度試驗機，確認機台為水平狀態。
- 2.將測試油倒入鋼杯，且需要蓋過旋轉杯。
- 3.加熱測試油至指定溫度後，開始測試。

4.更換不同樣品，重複步驟2~3。

5.實驗結果分析。

(三) 導熱試驗：

機油除了用來潤滑以外，還有一項非常重要的功用：「散熱」。為了得知機油使用於內燃機的散熱效果，此實驗我們使用熱傳導係數分析儀(圖3.3)，在每個預設溫度紀錄10筆資料，減少誤差。

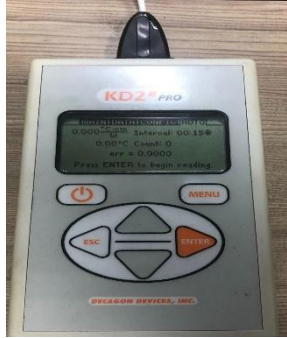


圖3.3 熱傳導係數分析儀

實驗步驟如下：

- 1.取出不同濃度機油樣本，注入0.05L 鐵試管中。
- 2.將鐵式管置入裝有鐵砂之玻璃燒杯，並且安置於磁石加熱攪拌器上。
- 3.溫度達到標準時，利用 KD2(熱傳導係數分析儀)讀取數值。為減少誤差，各溫度記錄10筆資料。
- 4.使用不同樣品，重複1~3的步驟。
- 5.實驗結果分析。

(四) 比熱試驗：

比熱是散熱性能好或壞的關鍵因素，因此使用熱示差掃描分析儀(圖3.4)量測各油品在不同溫度下比熱的變化情形，並綜合其表現，挑選出最為合適的濃度。實驗過程中，透過補償器測量出如何增加或減少熱流，才能保持樣品和參照物溫度一致，再經由熱流量計算出該溫度下的比熱值。



圖3.4 熱示差掃描分析儀

實驗步驟如下：

- 1.開啟幫浦、冷卻系統、氮氣瓶、DSC 儀器以及電腦程式。
- 2.運行空的樣本盆升溫至30 °C並恆溫 10分鐘再來以 10°C(°C/min)升溫至150°C求得背景熱流值。
- 3.再以裝有標準藍寶石的樣本盆進行實驗，將測得的標準藍寶石樣本盆熱流值減去背景熱流值即為

絕對熱流值，而因標準藍寶石樣本的比熱值已知，經由公式可求得校準常數E 值。

- 4.進行微米氮化硼機油比熱實驗，求得各點溫度的熱流值。
- 5.更換待測樣本。
- 6.將求出的熱流值經由公式計算出比熱值。
- 7.實驗結果分析。

(五) 磨擦試驗：

使用迴轉式多功能磨潤試驗機(圖3.5)，在300N 的負荷力下用800rpm 的轉速，分兩次磨潤沾有機油的試片，每次5000轉。在磨潤前，用酒精清洗試片並用精密工業電子秤量(圖3.8)測重量，紀錄磨潤前、後的重量差。



圖3.5 多功能磨潤試驗機

實驗步驟如下：

- 1.將迴轉式多功能磨潤試驗機(圖3.5)電源開啟。
- 2.取出磨潤試片，擦拭乾淨後，利用精密電子秤(圖3.8)測量其重量。
- 3.安裝試片，設定參數，進行磨潤。
- 4.使用不同樣品，重複步驟2~3。
- 5.實驗結果分析。

(五) 實車試驗：

將樣品加入 SYM GTS250i(圖3.12)實車，檢測機車在設定之行車型態運轉後，各部件之溫度變化。此實驗使用 DATA Logger，在待測溫度的部件連接訊號線至 DATA Logger，紀錄型車型態全程溫度變化並研究性能改善比。



圖3.6 SYM GTS250i 實車圖

表3.1 SYM GTS250i 規格表

項目	規格
排氣量	249.4 cc
引擎形式	四行程水冷燃油噴射
輪胎尺寸	前：120/70-14 55P 後：140/60-13 63P
長寬高	2160 X 760 X 1420 mm
車重	187kg
最大馬力	17.2kw/8000rpm
最大扭力	22.7N·m/5500rpm
原廠水箱精	SYM Bramax



圖3.7 底盤動力計



圖3.8 數據紀錄機

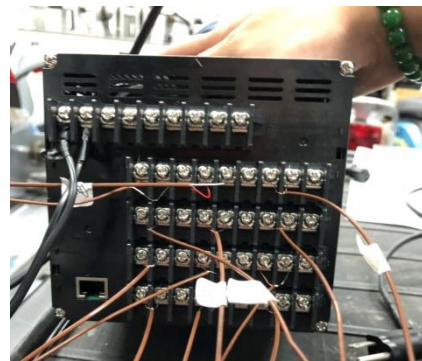


圖3.9 數據紀錄機溫度線連接圖



圖3.10 廢棄分析儀



圖3.11 粉塵微粒測定器

表3.2 溫度測試點位

10冷卻水	11火星塞	12進水口
7排氣口(二)	8排氣口(一)	9齒輪油
4機油	5出水口	6燃燒室外部(上)
1燃燒室外部(下)	2燃燒室外部(右)	3燃燒室外部(左)

實驗步驟：

- 1.將機車安裝至四象限底盤動力計上。
- 2.開啟四象限底盤動力計、廢棄分析儀、粉塵微粒測定器和溫度紀錄數據機電源。
- 3.底盤動力計參數設定，ECE-40行車型態、定速性能、平路性能及爬坡性能參數。
- 4.將廢棄分析儀及粉塵微粒測定器歸零設定。
- 5.依參數進行實車實驗。
- 6.實驗結果分析。

3.3 方程式

重量百分濃度調配公式：

溶質質量/(溶液質量+溶質質量)*100%=Wt%

比熱公式：

$C_p = (E \cdot H \cdot 60) / (H_r \cdot M)$

C_p =比熱值

E =誤差常數

H =絕對熱流值

H_r =加熱速率

M =樣品質量

3.4 圖表



圖3.12 超音波震盪機



圖3.13 磁石加熱攪拌機



圖3.14 精密工業電子秤

4.結果與討論

4.1磨潤試驗

表4.1 磨潤性能增強比

原油	0.05wt %	0.10wt %	0.15wt %	0.20wt %	0.25wt %
0 %	24.58%	25.83%	20.41%	39.16%	17.91%

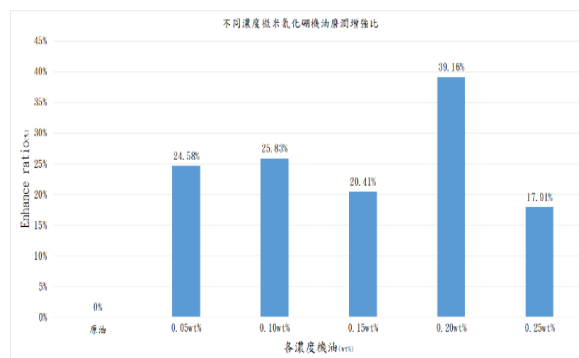


圖4.1 各濃度磨潤增強比

經由磨潤數據得知在0.2Wt%濃度下之機油，磨潤性能改善最為突出，其次為0.1Wt%濃度。

4.2黏度試驗

表4.2 各溫度下黏度性質

	原油	0.05 Wt%	0.1W t%	0.15 Wt%	0.2W t%	0.25 Wt%
30°C	150	140	150	150	150	150
50°C	60	60	70	70	70	80
70°C	30	30	40	40	50	50
90°C	20	20	20	20	30	40
110 °C	20	20	10	10	20	20

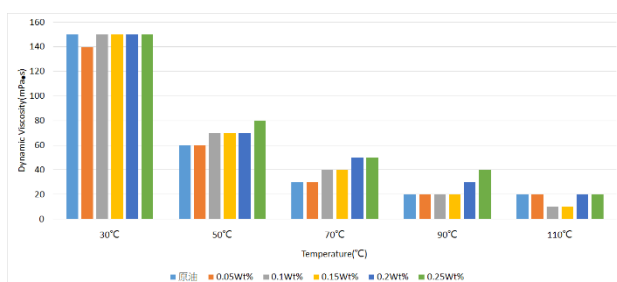


圖4.2 流體黏度數據

機油若要提供引擎良好的性能，應在低溫時，黏度大，以利建立油膜，減少機件在冷車時之磨耗量；高溫時，黏度低，提供優良的流動性，以利散熱。因此由實驗數據得知，0.1wt%濃度之機油最為符合內燃機所需的性質。

4.3 比熱試驗

表4.3 各溫度下比熱性質

	原油	0.05 Wt%	0.1 Wt%	0.15 Wt%	0.2 Wt%	0.25 Wt%
30°C	1.91 838	1.82 733	1.81 913	1.90 653	1.99 3925	1.98 392
50°C	1.99 466	1.89 8145	1.89 186	1.98 483	2.07 9125	2.06 437
70°C	2.23 7603	1.97 472	1.96 3595	2.06 961	2.16 562	2.15 14
90°C	2.15 4793	2.07 6035	2.04 06	2.15 988	2.25 798	2.24 719
110°C	2.23 3587	2.14 027	2.14 234	2.25 199	2.34 6935	2.34 723

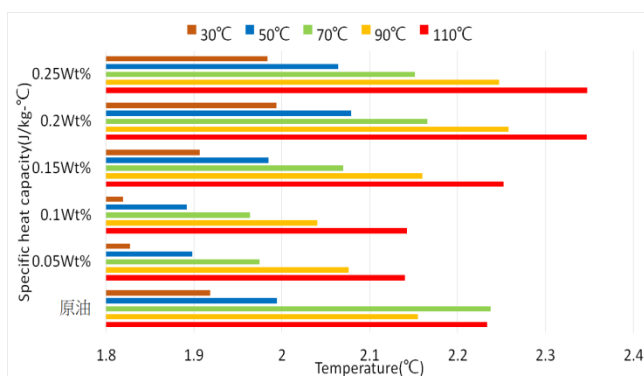


圖4.3 比熱實驗數據比較

機油的比熱值大小關乎散熱性能優劣。為了使機車快速到達引擎工作溫度，機油低溫時，比熱值應較小；高溫時，比熱值大，並且保持良好流動性。

因此由實驗數據得知，0.05Wt%和0.1Wt%比熱值表現最為理想。

4.4 導熱試驗

表4.4 各溫度下導熱性質

	原油	0.05Wt%	0.1Wt%	0.15Wt%	0.2Wt%	0.25Wt%
30°C	0.139	0.14	0.137	0.1393	0.1373	0.1426
50°C	0.137	0.1376	0.14	0.1383	0.1383	0.1393
70°C	0.13	0.1406	0.1583	0.135	0.1316	0.128
90°C	0.138	0.1513	0.158	0.1443	0.11	0.143

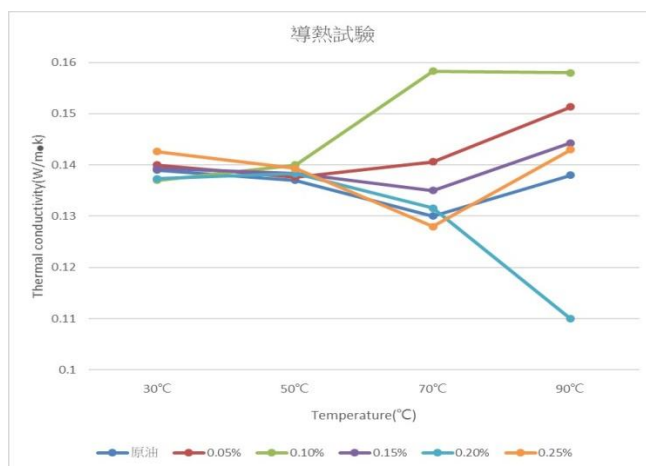


圖4.4 導熱試驗數據曲線

此實驗目的是為了瞭解樣品在不同溫度對於導熱係數的變化。優良機油必須擁有高熱傳導效率，因此油實驗數據得知導熱性能依序為：0.2Wt%→0.05Wt%→0.15Wt%

4.5 實車試驗

ECE-40

由原廠機油與0.1Wt%微米氮化硼機油 ECE-40 行車型態圖表(圖4.5、圖4.6)做比較，可發現0.1Wt%微米氮化硼機油低速時的加速性能表現較原廠機油優良，使機車於起步時能以更短的時間及油耗達到較高的時速。

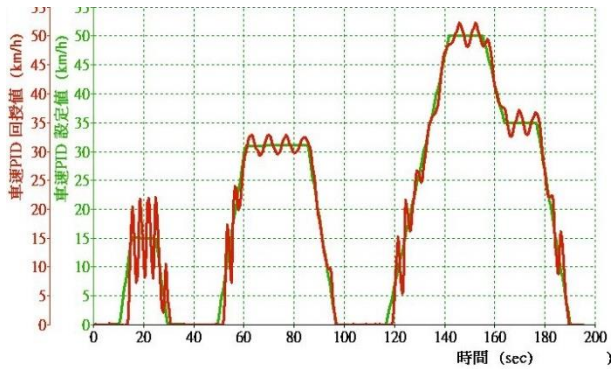


圖4.5 原廠機油 ECE-40行車數據圖

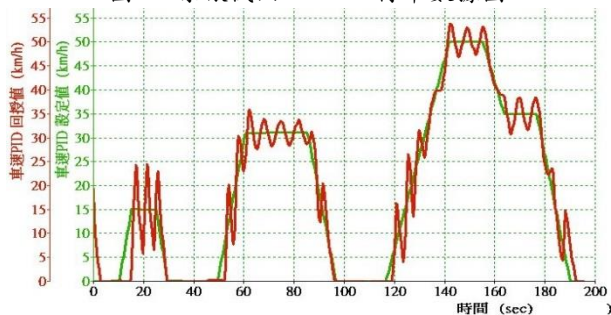


圖4.6 0.1Wt%微米氮化硼機油 ECE-40行車數據圖

由原廠機油與0.1Wt%微米氮化硼機油 ECE-40懸浮粒子圖表(圖4.7、圖4.8)做比較，可發現0.1Wt%微米氮化硼機油之懸浮粒子有明顯的減少。

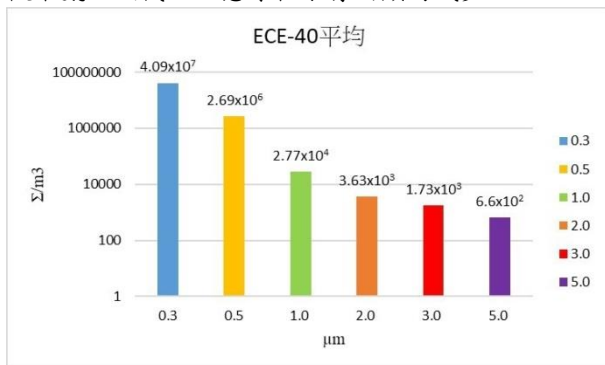


圖4.7 原廠機油 ECE-40懸浮粒子數據圖

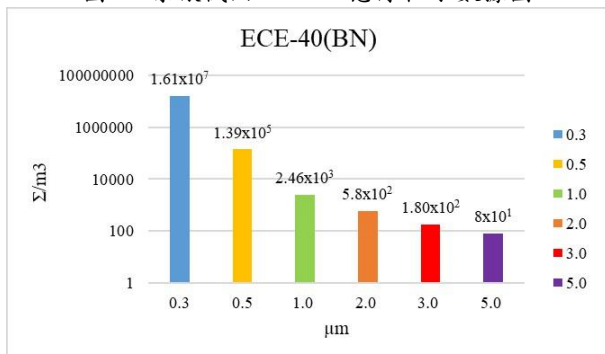


圖4.8 0.1Wt%微米氮化硼機油 ECE-40懸浮粒子數據圖

由 ECE-40機油溫度對比圖及 ECE-40燃燒室溫度對比圖(圖4.9、圖4.10)可以發現0.1Wt%微米氮化硼機油其溫度表現較原廠機油優良，因為其機油溫度並不會因為時間的關係而急遽變化，且燃燒室溫度的表現也較原廠機油優良。

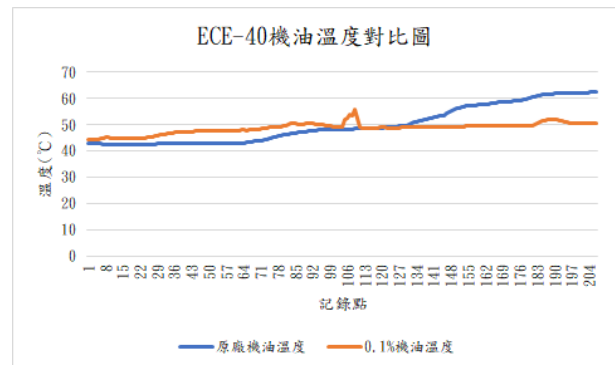


圖4.9 ECE-40機油溫度對比圖

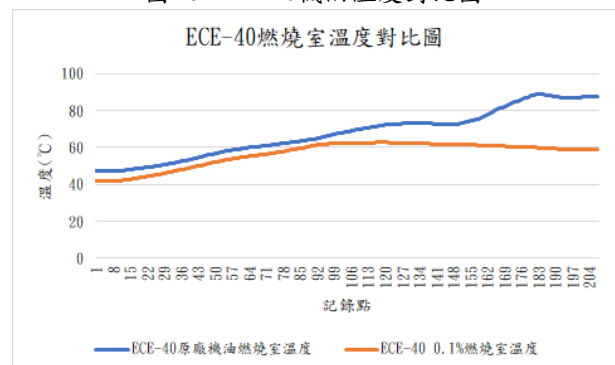


圖4.10 ECE-40燃燒室溫度對比圖

由原廠機油與0.1Wt%微米氮化硼機油 ECE-40廢氣排放圖(圖4.11、圖4.12、圖4.13)做比較，可發現0.1Wt%微米氮化硼機油之 HC 以及 CO 有明顯的減少，而在 CO₂排放較高，這是因為摩擦阻力降低，使引擎負載降低，因此引擎燃燒更完全。

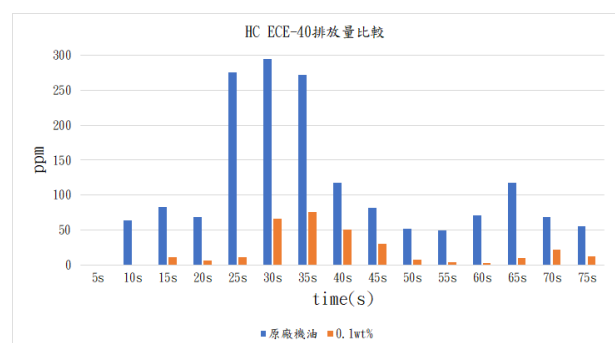


圖4.11 原廠機油與0.1wt%氮化硼機油 HC 比較

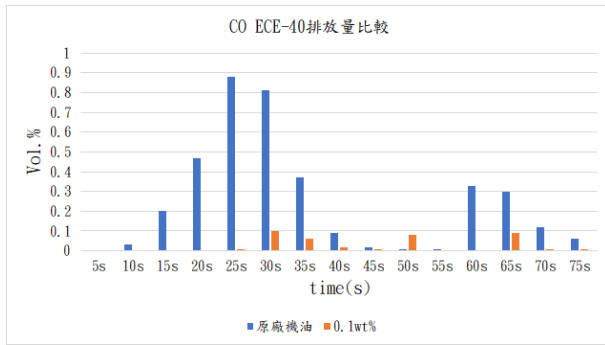


圖4.12 原廠機油與0.1wt%氮化硼機油 CO 比較

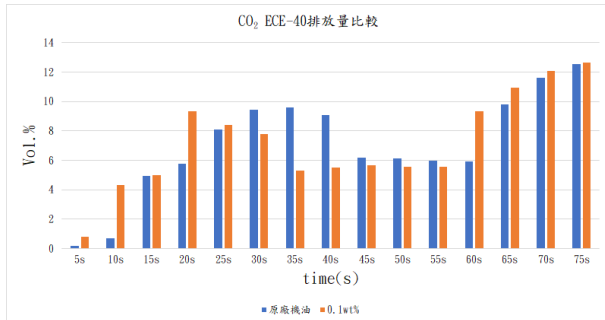


圖4.13 原廠機油與0.1wt%氮化硼機油 CO₂比較
平路試驗

由原廠機油與0.1wt%微米氮化硼機油平路行車型態圖表(圖4.14、圖4.15)可發現0.1wt%微米氮化硼機油於此測試型態並無明顯提升。

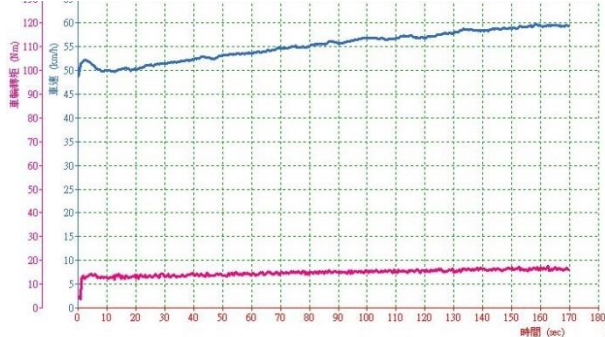


圖4.14 原廠機油平路行車數據圖

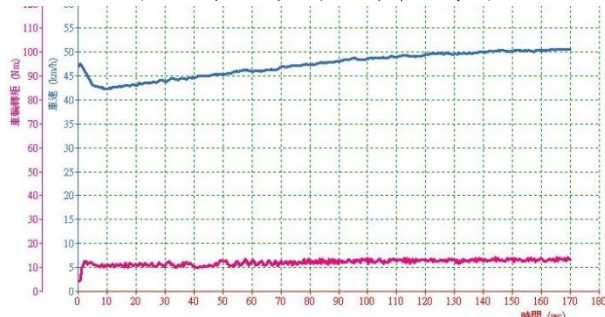


圖4.15 0.1wt%微米氮化硼機油平路行車數據圖

由原廠機油與0.1wt%微米氮化硼機油平路懸浮粒子圖表(圖4.16、圖4.17)做比較，可發現0.1wt%微米氮化硼機油之懸浮粒子有明顯的減少。

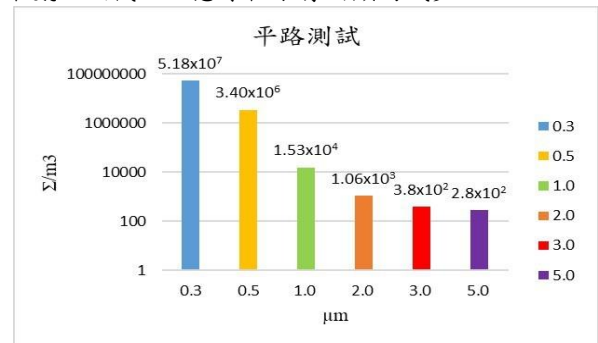


圖4.16 原廠機油平路懸浮粒子數據圖

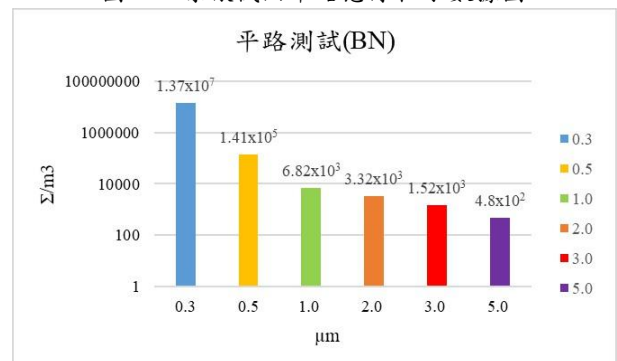


圖4.17 0.1wt%微米氮化硼機油平路懸浮粒子數據圖

由平路試驗機油溫度對比圖及平路試驗燃燒室溫度對比圖(圖4.18、圖4.19)可以發現0.1wt%微米氮化硼機油其溫度表現較原廠機油優良，因為機油溫度和燃燒室溫度所呈現的溫度折線均較原廠機油低。

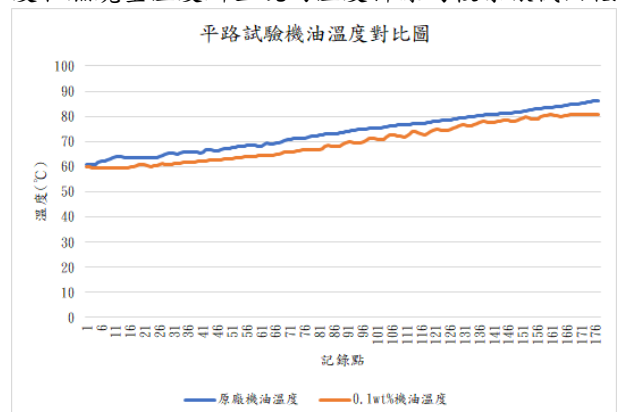


圖4.18 平路試驗機油溫度對比圖

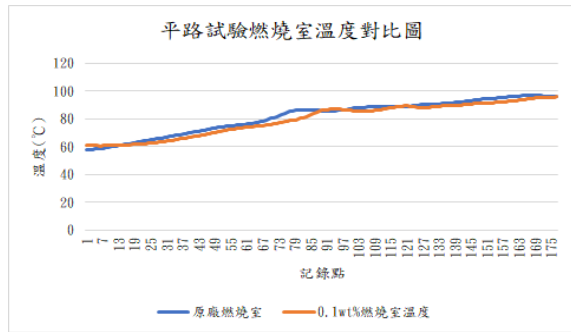


圖4.19 平路試驗燃燒室溫度對比圖

由原廠機油與0.1Wt%微米氮化硼機油平路廢氣排放圖(圖4.20、圖4.21、圖4.22)做比較，可發現0.1Wt%微米氮化硼機油之 HC 以及 CO 有明顯的減少，而在 CO₂排放較高，這是因為摩擦阻力降低，使引擎負載降低，因此引擎燃燒更完全。

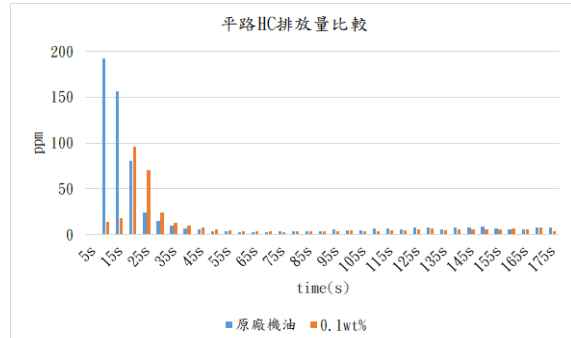


圖4.20 原廠機油與0.1wt%氮化硼機油 HC 比較

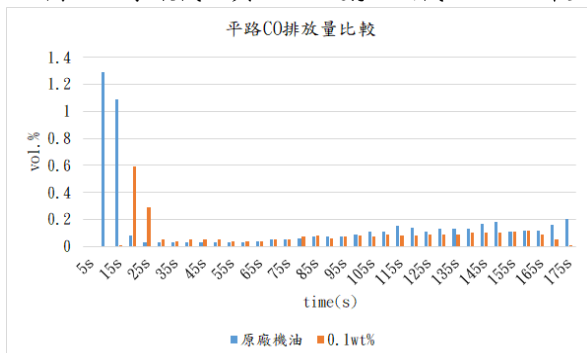
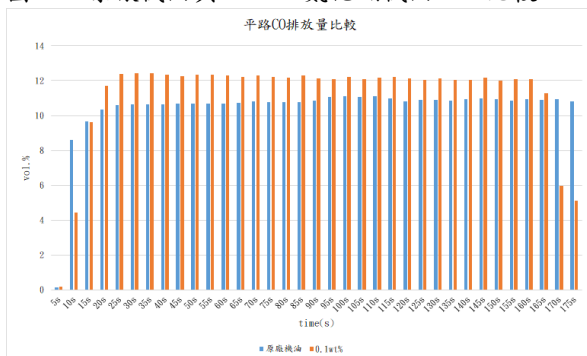


圖4.21 原廠機油與0.1wt%氮化硼機油 CO 比較

圖4.22 原廠機油與0.1wt%氮化硼機油 CO₂比較

爬坡試驗

由原廠機油與0.1Wt%微米氮化硼機油爬坡行車型態圖表(圖4.23、圖4.24)可發現0.1Wt%微米氮化硼機油其爬坡性能表現較原廠機油優良，使機車能在相同扭矩下達到更高的車速，讓引擎性能發揮到最大化。

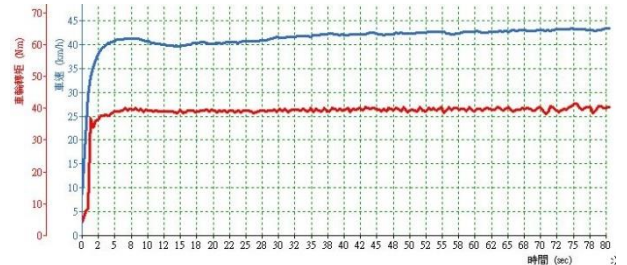


圖4.23 原廠機油爬坡行車數據圖

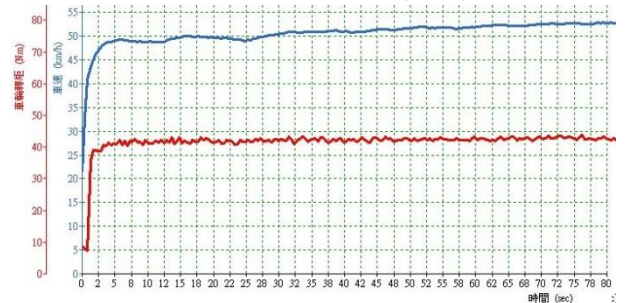


圖4.24 0.1Wt%微米氮化硼機油爬坡行車數據圖

由原廠機油與0.1Wt%微米氮化硼機油爬坡懸浮粒子圖表(圖4.25、圖4.26)做比較，可發現0.1Wt%微米氮化硼機油之懸浮粒子有明顯的減少。

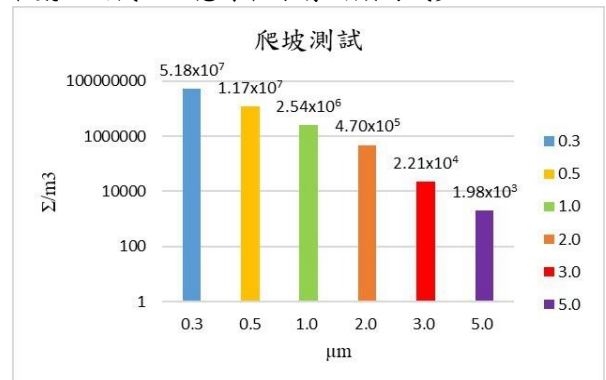


圖4.25 原廠機油爬坡懸浮粒子數據圖

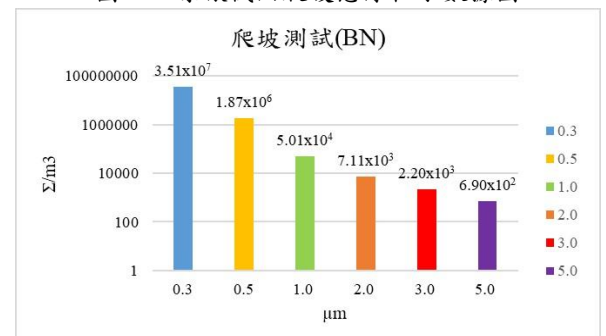


圖4.26 0.1Wt%微米氮化硼機油平路懸浮粒子數據圖

由平路試驗機油溫度對比圖及爬坡試驗燃燒室溫度對比圖(圖4.27、圖4.28)可以發現0.1Wt%微米氮化硼機油其溫度表現較原廠機油優良。

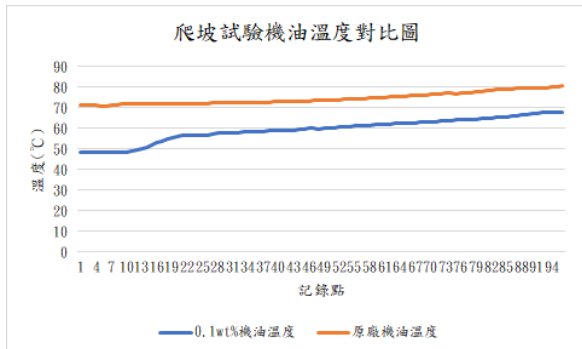


圖4.27 爬坡試驗機油溫度對比圖

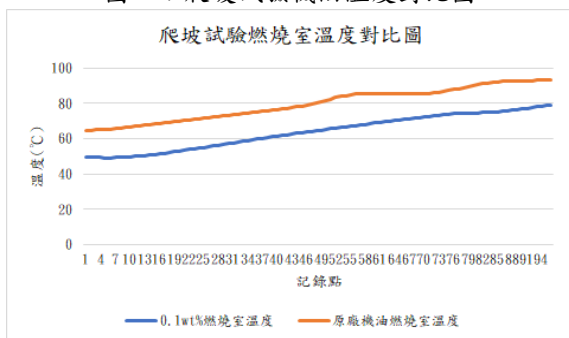


圖4.28 爬坡試驗燃燒室溫度對比圖

由原廠機油與0.1Wt%微米氮化硼機油爬坡廢氣排放圖(圖4.29、圖4.30、圖4.31)做比較，可發現0.1Wt%微米氮化硼機油之 HC 以及 CO 有明顯的減少，而在 CO₂排放較高，這是因為摩擦阻力降低，使引擎負載降低，因此引擎燃燒更完全。

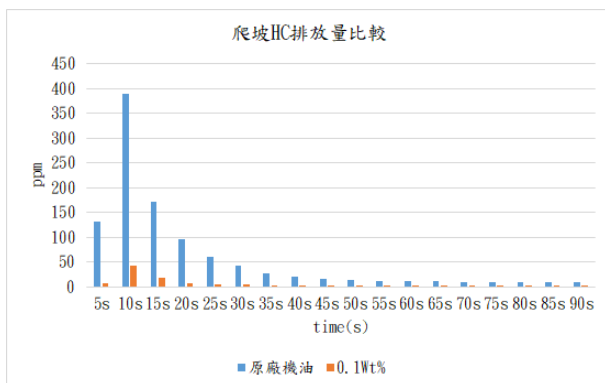


圖4.29 原廠機油與0.1wt%氮化硼機油 HC 比較

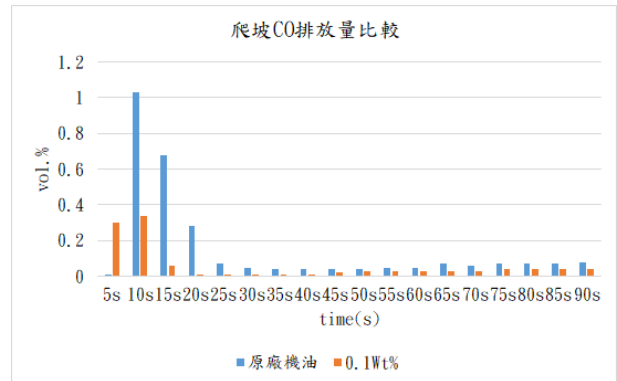


圖4.30 原廠機油與0.1wt%氮化硼機油 CO 比較

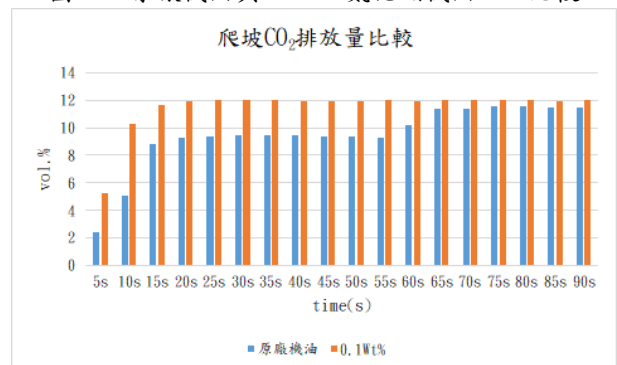


圖4.31 原廠機油與0.1wt%氮化硼機油 CO₂比較

定速試驗

由原廠機油與0.1Wt%微米氮化硼機油定速行車型態圖表(圖4.32、圖4.33)做比較，可發現0.1Wt%微米氮化硼機油的加速性能表現較原廠機油優良。

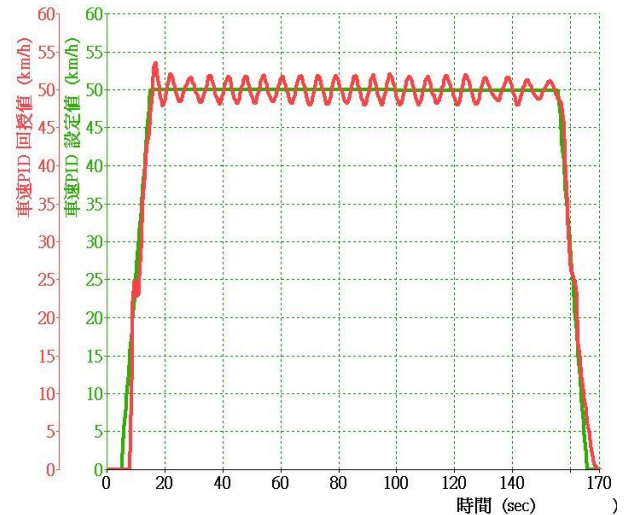


圖4.32 原廠機油定速行車數據圖

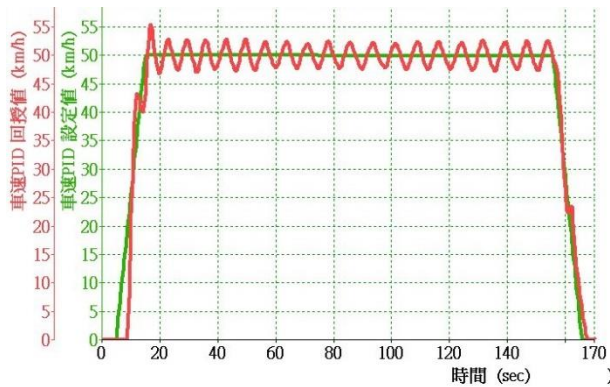


圖4.33 0.1Wt%微米氮化硼機油定速行車數據圖

由原廠機油與0.1Wt%微米氮化硼機油爬坡懸浮粒子圖表(圖4.34、圖4.35)做比較，可發現0.1Wt%微米氮化硼機油之懸浮粒子有明顯的減少。

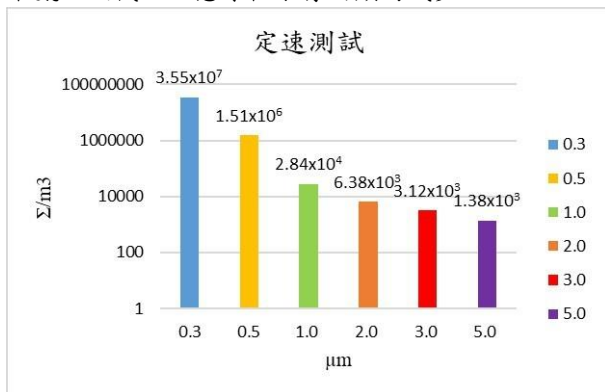


圖4.34 原廠機油定速懸浮粒子數據圖

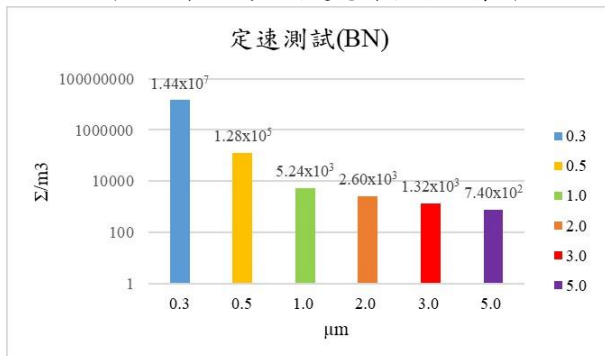


圖4.35 0.1Wt%微米氮化硼機油定速懸浮粒子數據圖

由定速試驗機油溫度對比圖及定速試驗燃燒室溫度對比圖(圖4.36、圖4.37)可以發現0.1Wt%微米氮化硼機油其溫度表現較原廠機油優良，因為機油溫度和燃燒室溫度所呈現的溫度折線均較原廠機油低。

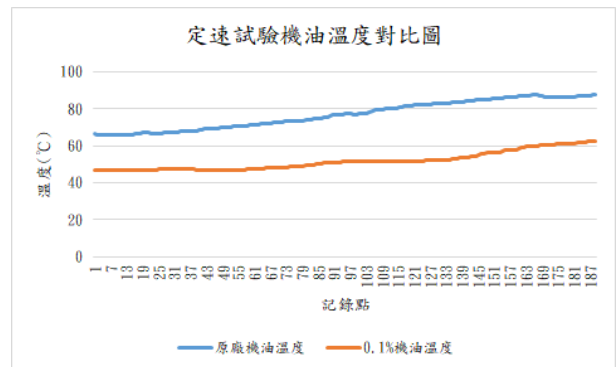


圖4.36 定速試驗機油溫度對比圖

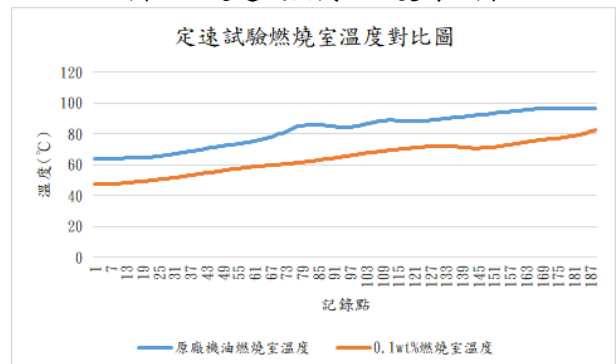


圖4.37 定速試驗燃燒室溫度對比圖

由原廠機油與0.1Wt%微米氮化硼機油定速廢氣排放圖(圖4.38、圖4.39、圖4.40)做比較，可發現0.1Wt%微米氮化硼機油之 HC 以及 CO 有明顯的減少，而在 CO₂排放較高，這是因為摩擦阻力降低，使引擎負載降低，因此引擎燃燒更完全。

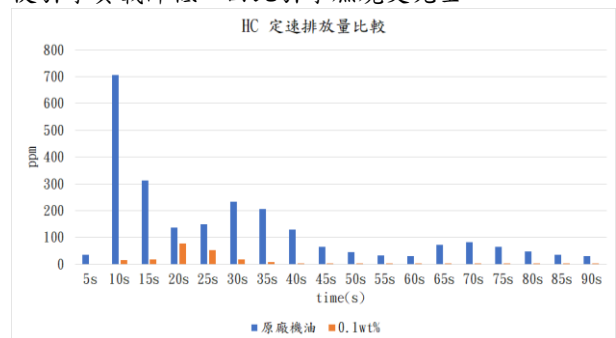


圖4.38 原廠機油與0.1wt%氮化硼機油 HC 比較

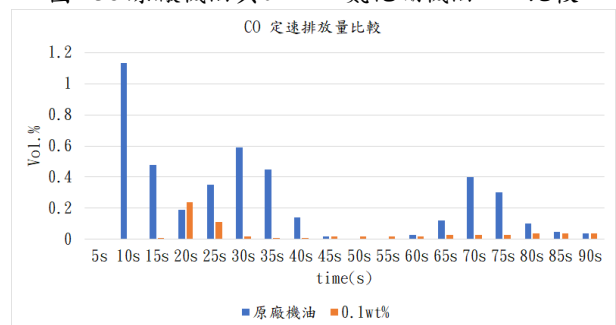
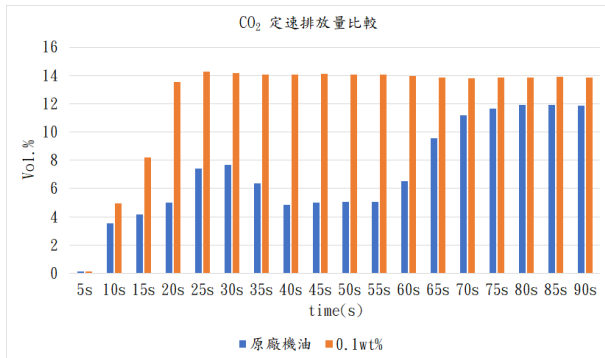


圖4.39 原廠機油與0.1wt%氮化硼機油 CO 比較

圖4.40 原廠機油與0.1wt%氮化硼機油 CO₂比較

油耗試驗

由原廠機油和0.1wt%微米機油進行各型車型態之燃油消耗做比較，並得出以下結論。

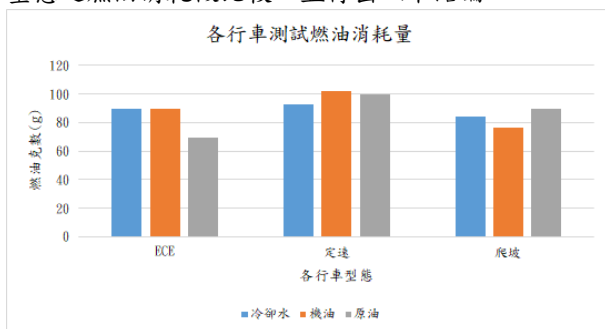


圖4.41 原廠機油與0.1wt%氮化硼機油燃料消耗比較

5. 結論

本實驗將 SYM SAE10W40機油和各濃度微米級奈米氮化硼進行基礎實驗，透過基礎實驗之綜合表現選用0.1Wt%機油進行實車實驗與原廠機油相比，並總結實驗數據，得知以下：

1. 基礎性能實驗中，得知0.1Wt%機油和原廠機油相比，磨耗性能提升25.83%、熱傳導性能則在高溫時有顯著提升。

2. 實車試驗中，平路和爬坡測試結果顯示，固定油門開度的條件下：平路時，車速降低10km/h；爬坡時，車速提升10km/h。

3. 實車試驗中，溫度性質方面，0.1wt%微米機油在平路、爬坡、定速、ECE40行車型態下，機油溫度及燃燒室溫度皆有明顯改善。

4. 實車試驗中，由數據得知，所有行車型態下的0.1wt%微米機油相較於原廠機油在 HC 及 CO 的排放量較少，CO₂排放量較多。

5. 實車試驗中，由燃油消耗結果說明，0.1wt%油耗綜合表現較原廠機油優異。

6. 誌謝

謝謝這一年以來，指導教授呂有豐老師，在學術及技術上耐心的指導，專題指導學長曄亮、昱榮，及好夥伴彥名、證巖，還有協助我們比熱實驗

的鄧敦平老師，及冷凍工廠學長峻奇、其霖，讓我們能順利的完成這次的專題研究。

透過這一年來的實驗，不僅讓我們對於引擎機油、微米材料：氮化硼，有更深入的了解，也讓我們對於各項實驗設備的操作和原理有更進一步的認識。經由這一次的專題研究，讓我們培養出實事求是的精神，能夠將大學所學的知識學以致用，使我們在大學四年裡，留下了輝煌的一頁，成就了不一樣的我們。期勉學弟們能將這份工教精神繼續傳承下去！

再次感謝曾經指導、關心、支持與幫助過我們的所有人。

7. 參考文獻

1. Qingming Wan, Yi Jina*, Pengcheng Suna, Yulong Dinga. *Tribological behaviour of a lubricant oil containing boron nitride nanoparticles*. Volume 102, 2015, Pages 1038-1045
2. 馬劍奇、王曉波、付興國、劉維民、崔若梅。油溶性 Cu 納米微粒作為15W/40 柴油機油添加劑的摩擦學性能研究，摩擦學學報第24卷第2期，2004年3月。
3. Ali H.A. Al-Waeli, Miqdam T. Chaichan, Hussein A. Kazem, K. Sopian. *Evaluation and analysis of nanofluid and surfactant impact on photovoltaic-thermal systems*. Volume 13, March 2019, 100392
4. R.B. Ganvir, P.V. Walke, V.M. Kriplani. *Heat transfer characteristics in nanofluid – a review*. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 75 (2017), pp. 451-460
5. M. Saeedinia, M.A. Akhavan-Behabadi, P. Razi. *Thermal and rheological characteristics of CuO-Base oil nanofluid flow inside a circular tube*. *International communications in Heat and Mass Transfer* 39 (2012) 152–159
6. Jiang Huang, Jun Tana, Hui Fang, Feng Gong, Jie Wang. *Tribological and wear performances of graphene-oil nanofluid under industrial high-speed rotation*. *Tribology International* Available online 2 March 2019
7. 陳冠宇、邱俊郡。修平科技大學，化學工程系 校外實習心得報告 國研氮化股份有限公司。100 年 12 月 21 日
8. Yoshitsugu Kimura, Toshiaki Wakabayashi, Kazumi Okada, Tetsuya Wada, Hiroshi Nishikawa. *Boron nitride as a lubricant additive*. Volume 232, Issue 2, October 1999, Pages 199-206
9. Çağrı Vakkas Yıldırım, Murat Sarıkayab, Turgay Kivakc, Şenol Şirin. *The effect of addition of hBN nanoparticles to nanofluid-MQL on tool wear patterns, tool life, roughness and temperature in turning of Ni-based Inconel 625*. Volume 134, June 2019, Pages 443-456
10. Z. Pawlak, R. Pai, E. Bayraktar, T. Kaldonski, A. Oloyede. *Lamellar lubrication in vivo and vitro*:

- Friction testing of hexagonal boron nitride. Volume 94, Issue 3, December 2008, Pages 202-208
11. Jens Eichler, Christoph Lesniak. Boron nitride (BN) and BN composites for high-temperature applications. Volume 28, Issue 5, 2008, Pages 1105-1109
 12. Beybin Ilhan, Melike Kurt, Hakan Ertürk. Experimental investigation of heat transfer enhancement and viscosity change of hBN nanofluids. Volume 77, October 2016, Pages 272-283

Proceedings of the 2019 Special research competition of NTNU-IE: Guidelines for Manuscript Preparation

J.Z. Zhang^{2*}, B.Z. Wu¹, L.H. Wang³

¹ Department of Industrial Education- Vehicle
Technology Group, National Taiwan Normal
University

Advisor: Dr. Yeou-Feng. Lue

*Email: 050813pz@gmail.com

Abstract

In this study, micron boron nitride powder was added to SYM SAE-10W40 engine oil. The basic experimental results were used to analyze the performance of the comprehensive effect, and the best effect of the concentration was found. The best concentration percentage in our research is 0.1%.

We added the optimal concentration of 0.1wt% micron boron nitride engine oil in the actual vehicle experiment and found that the addition of micron Boron Nitride oil can improve the fuel consumption rate (km/L) and exhaust pollution of the SYM GTS250i water-cooled four-stroke locomotive. As a result, the 0.1wt% micron boron nitride engine oil could be increased engine cooling and reduced engine heat exhaustion.

Keywords: micron boron nitride, engine oil, thermal conductivity, friction, grind

燃料電池與鋰電池之沙灘車實作與機電整合

黃威凱¹、陳原本^{2*}、吳鎮豪³

國立臺灣師範大學工業教育學系車輛技術組^{1,2,3}

指導老師：洪翊軒 教授

*Email: angel19980101@gmail.com

摘要

此專題是將質子交換膜燃料電池與鋰電池透過電路規畫、能源規格匹配與機電整合，架設於小型電動載具-鋰電池沙灘車，以達到雙電力電源規格。並利用國際通用之車輛測試規範ECE-40行車型態，於最佳化動力控制系統下，達到最佳的能源使用，以增加里程、提升能源效益與減少污染之排放。

關鍵字：質子交換膜燃料電池、鋰電池、複合電力系統、雙電力電源、燃料電池電動車。

1. 前言

1.1 研究背景與動機

現今人類生活水準逐漸升高，科技不斷突飛猛進，追求高效率及節能運輸是現代的趨勢，雖然石油與煤等石化燃料依然廣泛用於驅動機械，地球資源逐漸枯竭，也衍生許多相關問題，加利福尼亞大學戴維斯分校黛比·尼邁爾發表了一份研究報告。報告稱，「可再生能源和新型環保燃料要到2140年才能在全世界廣泛應用，但碳氫化合物燃料可能在2050年就會枯竭。這之間相差了90年。綠色能源的研發速度趕不上石油儲量的消耗速度。[9]」能源缺乏危機不斷升高，因此在人民環保意識不斷上揚以及相關政策條例的擬定下，能源車輛及科技業也將發展為兼顧環保及節能的趨勢。

交通是每天必經的事情，人們移動範圍越來越寬廣，上下班一定會車水馬龍，同時車輛排放的廢氣造成的空氣污染影響了人們的生活，因此綠色電能是現在最新興之領域，各大車廠投入大量資本研發電動車與電池，造就現在的混合動力電動車、純電池電動車和燃料電池電動車等三大主流，其中燃料電池電動車輛由於其高效率及潔淨特性，成為矚目的新能源車輛方向之一。

「唯一排放到環境中的是水」是所有燃料電池汽車必備的宣傳語，從燃油車時代到逐漸崛起的電動車世代，由油電混和車承載著世代的交替，而在未來的「氫」能車時代來臨前，我們希望能透過我們的雙手，打造一台承接世代交替的「燃料電池與鋰電動的混和動力車」，藉由此研究來了解複合電力系統的原理及構造，同時透過實作來探討「燃料電池」與「鋰電池」在車輛上的最佳輸出，進而達到機電最佳整合，最後從本專題中思考燃電與鋰電

之複合電力車的未來發展與需克服的問題。

1.2 研究目的

基於上述研究動機，我們將結合 Horizon 的 C1000燃料電池與校內的鋰電池驅動式電動沙灘車，透過機電整合的方式來研究在複合電力下的輸出模式，同時在過程中了解電動車與燃料電池動力系統的作動方式及原理，進而透過電路規畫、能源規格匹配與機電整合達到最佳的能源使用。期盼能分析出燃電與鋰電之複合電力車的未來發展優、劣勢，並提出相關解決方式，以理解未來汽車發展的趨勢。本研究目的為下列三點：

- (1) 了解電動車與燃料電池的動力系統。
- (2) 學習如何電路規畫、能源規格匹配與機電整合。
- (3) 分析燃電與鋰電之複合電力車的未來發展優、劣勢。

1.3 研究方法

本研究論文採用文獻探討、模擬分析及實車測試等方式進行研究，首先研讀相關文獻以初步掌握質子交換膜燃料電池、鋰電池、能量管理控制策略 (energy management strategy)、DC-DC 轉換器、電子負載 PLZ1004W、與 MicroBox (或數位訊號處理器控制模組 DSP-TMS320F28335結合 JTAG 燒錄模組) 簡稱控制單元，後文將以「控制單元」替代。了解其基本性能操作及知識之後，將現有的電動沙灘車之鋰電池與 Horizon 的 C1000燃料電池做電路規畫、能源規格匹配與機電整合，將燃料電池、電子負載 PLZ1004W、DC-DC 轉換器與控制單元集成一套能夠容易加裝到鋰電系統的模組；為了便於之後的實車測試，在過程中思考盒裝的設計及加工，目的將整套電子設備系統化後，加裝於特製盒子，並與鋰電池系統結合。進行系統匹配，使其驅動車輛，並取得雙電力分配結果，透過文獻的研究來證明我們的數據正確性，最後安裝於實車進行測試，取得各項運作參數，如消耗功率、鋰電池及燃料電池附載電流[5]等。(雙電力分配結果)

1.4 名詞解釋

本節針對重要名詞加以解釋如下

- (1) 電動車 (Electric vehicle, EV)：

指使用電動機或趨動電動機推動而在路面上行駛的車輛。存在三種主要類型的電動車輛：(1)直接從外部電站供電；(2)最初是從一個外部電源所儲存

的電力供電；(3)採用了車載的發電機，如內燃機（混合動力電動汽車）或氫燃料電池[3]。

(2) 燃料電池車 FCEV (Fuel Cell Electric Vehicle)：

燃料電池是燃料與氧化劑通過電極反應將其化學能直接轉化為電能的裝置。燃料電池不需額外充電，只需外部不斷供給燃料和氧化劑，即可進行發電。電動汽車用燃料電池的主要燃料為氫，氧化劑為空氣且具有能量高、使用壽命長、維護工作量少以及能連續大功率供電等優點。目前市面上有許多混合動力車輛（Hybrid electric vehicle, HEV）是指使用兩種或以上能源的車輛。動力來源有：內燃機、電動機、電池、氫氣、燃料電池等技術[3]。

(3) 增程電動車 ERVE (Extended Range Electric Vehicle)：

當需要長距離行駛時，可使用內燃機供給電力作為動力來源。為了就是在電力耗盡後，能夠以車上所配置的動力模組擔綱發電機的功能、藉此達到延長續航里程的目的，且就算發電機動力模組的燃料用盡、只要補充燃料後就能讓發電機恢復運作[3]。

(4) 純電動車 (Battery Electric Vehicle, BEV)：

指的是藉由電池的電能驅動電動機，再由電動機驅動車輛，而電池的能量則由外部進行補充。電動機通常除用作推動車輛外，在剎車時設定再生制動系統的能量轉換器，把車輛的動能回收轉化為電能儲存於電池中。電池成本占了整體成本相當大的比重。

2.文獻回顧

2.1燃油車到燃料電池電動車之發展史

1800年 Alessandro Volta 發明伏特電池；
1801年 Philippe le Bon 發明煤氣氫氣內燃機；
1886年 Karl Friedrich Benz 發明汽車引擎動力車輛；
1903年 Thomas A. Edison 發明電池動力車輛；
1903 ~ 1910年 汽油引擎缺乏可靠度，由於電動車沒有震動與噪音，也無需排檔，故受到女性的歡迎，當時時速約每小時 24 公里，每次充電可行駛 65 公里，被設定在特定軌道上，用於短距離運輸；
1908年 Henry Ford 開發價格電動車一半的汽油車；
1920年 電動車生產逐漸減少，退出一般市場；
1997年 京都議定書制定後，電動車再次受到重視；
1997年 TOYOTA 自動車發表電油電混合車 Prius 低燃料費與廢氣排放；
2009年 i-MiEV, Leaf 等多款量產型電動車問世；
2014年 TOYOTA 自動車發表燃料電池車[1]。

2.2燃油車到燃料電池電動車之技術比較

電動車近年來價格持續下降，多國政府也逐漸擬定福利政策，相較於傳統內燃機車輛已逐漸具有市場競爭力，電動車的環保能源意識崛起，帶動燃料電池車的技術發展與成長，如圖2-1[1]。市場也開始販售燃料電池車，如圖2-2[1]。

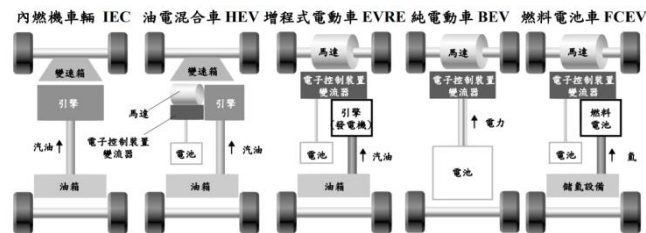


圖2-1

	內燃機車輛 ICEV	油電混合車 HEV	增程式電動車 EREV	純電動車 BEV	燃料電池車 FCEV
二氧化碳排放量	基準	低燃料	低燃料	低燃料	低燃料
綜合效率	14	26	26	35	22
降低石油依存		節省石油 300萬 (Toyota Prius)	節省石油 380萬 (GM volt)	不需石油 365萬 (Nissan Leaf)	不需石油 723萬 (Toyota MIRAI)
價格 (日幣)	250萬				

圖2-2

2.3燃油車到燃料電池電動車之型態發展

電動車研究以系統性、市場導向、技術開放性為核心，透過圖2-3可知，輕型電動車輛、城市短距行駛的 BEV、PHEV、REEV 等，其共同性驅動概念是都可以與電網聯或能源網絡連結進行電能補充或電能(能源)整合運用[1]。



圖2-3

2.4燃油車到燃料電池電動車之適用範疇

純電動車(BEV)行駛距離較短，適合在城市中交通，充電式油電混合車(PHEV)與增程式電動車(EREV)行駛距離較長，適合家用跨區行駛。電動車整體推動策略，據如圖2-4所示，利用各種電動車之特色於適當地區，同時推動城市/家用/商用的電動車。

參考汽車-NPE	商用汽車				
	客用車		城市車		
	微三程、微混和雙速箱、混合動力式	PHEV (充電式油電混合車)	REEV (增程式系統電動車)	BEV (電池驅動式電動車)	FCEV (燃料電池式電動車)
內燃機	☒	☒	☐	☐	☐
電汽行駛	☒ 部分	☒	☐	☒	☒
發電機	☐	☒ 部分	☒	☒	☐
電持續電力回饋	☒ 部分	☒	☒	☒	☒
額外動力增援	☒ 部分	☒	☐	☐	☐
電力來源	 + 	 +  + 	 +  + 	 + 	H ₂ + 

圖2-4

2.5燃料電池電動車輛之最佳電力調配技術（取自車輛研究測試中心）

燃料電池電動車輛由於其高效率及潔淨特性，成為矚目的新能源車輛方向之一。因應此一趨勢，透過表 2-1可知，豐田、本田與現代車廠分別於2014至2016年間推出燃料電池車輛，搭載100kW 以上之燃料電池提供與現行燃油車輛相當之續航距離[6]。

表2-1. 現行量產燃料電池車輛比較

	Toyota Mirai	Honda Clarity	Hyundai Tucson Fuel Cell
發售年份	2014(日本)	2016(日本)	2015(美國)
規格	- 電動動力系統：113kW / 335 N-m馬達、前輪驅動 - 電源系統：245V, 1.6 kWh 鋰電池, 650V(升壓), 114kW 燃料電池組 - 儲氣筒：70 Mpa 高壓碳纖維儲氣筒 2 具、122.4 升、87.5 公斤、充填時間3~5分鐘 - 續行里程：500公里	- 電動動力系統：130kW / 299N-m馬達、前輪驅動 - 電源系統：288V 鋰電池, 100kW 燃料電池組 - 儲氣筒：70Mpa 高壓碳纖維儲氣筒 2 具、141升、充填時間3分鐘 - 續行里程：750公里	- 電動動力系統：98.6kW / 221 N-m馬達、前輪驅動 - 電源系統：188V 14.4kWh 鋰電池, 100kW 燃料電池組 - 儲氣筒：70 Mpa 高壓碳纖維儲氣筒、140升 - 續行里程：424公里

然而具備兩種電力源的特性需要適當調配以提高能源效益，因此車輛中心（ARTC）針對其電力系統進行調控機制發展，以達到高電力使用效率及提高整車續航力表現。

而依據不同級距之車輛尺寸，其所搭載之燃料電池系統規格有相當大之差異（表2-2）：小型車輛約為110kW、巴士則為220kW，而電動機車則僅需搭載2kW 之系統。電動巴士由於空間較為充裕，因此在燃料電池之功率密度與儲氫罐大小之限制較為寬鬆，但在轎車與機車之空間限制則相當嚴格[6]。

表2-2. 不同級距之燃料電池車輛比較

	Toyota Mirai	Toyota FC Bus	AEPFC Scooter
發售年份	2014(日本)	2017(日本)	--
規格	- 電動動力系統：113kW / 335 N-m馬達、前輪驅動 - 電源系統：245V, 1.6 kWh 鋰電池, 650V(升壓), 114kW 燃料電池組 - 儲氣筒：70 Mpa 高壓碳纖維儲氣筒 2 具、122.4 升、87.5 公斤、充填時間3~5分鐘 - 續行里程：500公里	- 電動動力系統：226kW / 670N-m馬達、前輪驅動 - 電源系統：288V 鋰電池, 228kW 燃料電池組 - 儲氣筒：70Mpa 高壓碳纖維儲氣筒 10 具、600升、充填時間3分鐘 - 續行里程：200公里	- 電動動力系統：DC 48V 無刷馬達 - 電源系統：24V, 1.8kW 水冷式燃料電池組 - 儲氣筒：低壓儲氣罐 2 具、9公斤、換裝時間3分鐘 - 續行里程：50公里

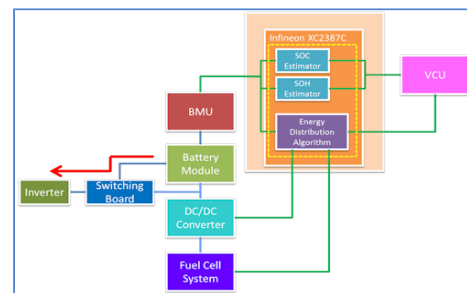
2.6 燃料電池電動車輛電力調控機制

目前所常見之燃料電池電動車輛，搭載有一大功率燃料電池搭配一小容量二次電池。其電力輸出調節則，依據操作情境（輸出電流大小、方向、駕駛者加速/減速需求等）或是規格限制（放電範圍、充放電速度、蓄電能力等）進行電力調配。

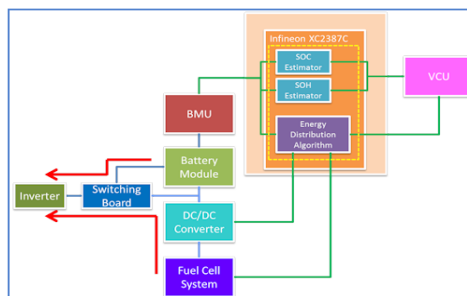
表2-3為車輛中心（ARTC）的電動車輛電力規格：採用5kW 燃料電池、11.4kWh 鋰電池、電源轉換器等元件整合裝載，透過對電源轉換器下達電流命令使整車電力輸出於串聯、並聯與串並聯等模式切換，如圖2-5所示[6]。

表2-3

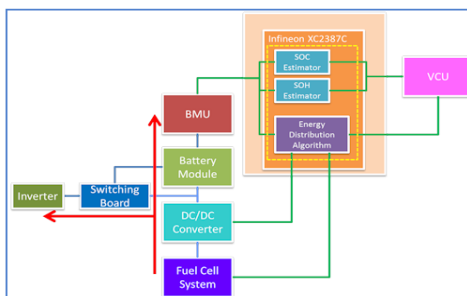
項目	規格/資訊
ARTC -iEV1 電動車	
動力馬達	額定功率301W、峰值功率60kW
驅動器/電壓規格	額定功率45kW、330V
電池組	330V/50Ah/11.4kWh
電池管理系統	SOC估測、SOH估測、電芯溫度/電壓/電流監測
電力轉換單元	MW RSP-1000-12, 127~370V to 12V, 1kW *2
	TDK Lamda Eza-2500, 30~60V to 300~400V, 2.5kW *2
燃料電池	
Model	SB005K048N
額定電力輸出	0~5000W
操作電壓範圍	46~54Vdc
尺寸	寬：85cm，高：79 cm，深：75 cm
工作環境	環境溫度-20~45℃、相對濕度0~95%，海拔1500公尺以內
燃料	純氫(99.95%，CO<1ppm 或工業用等級氫氣)
排放	水：每小時最大2.0公升、噪音：65dB @ 1m
備用運轉時間	全負載5kW連續運轉供電條件下，6m ³ 鋼瓶(約40公升氫氣)可使用1.2小時。
安全功能設計	1. 不正常停機時自動停止氫氣供給 2. 系統故障偵測：聲音與燈號警告、自動停機(包括過載、電池不正常、氫氣外洩、冷卻系統過溫) 3. 氫氣低壓警告以避免未預期性停機，另氫氣用完自動停機 4. 地線設計避免或消除靜電
系統監控軟體	提供系統運作資訊與資訊記錄功能



純 EV 模式（上）



Hybrid 輸出模式（中）



低電量運行（下）

圖2-5 多電力輸出架構示意

依據行車型態 FTP72進行整車模擬，其電力輸出占比結果如圖2-6所示。電池 SOC 降至30%後即停止實驗之條件下，透過燃料電池可提高原純 EV 可行駛里程（53.38公里）約23%而達到63.33公里，且此時氫氣量尚餘25%左右（圖2-7）[6]。

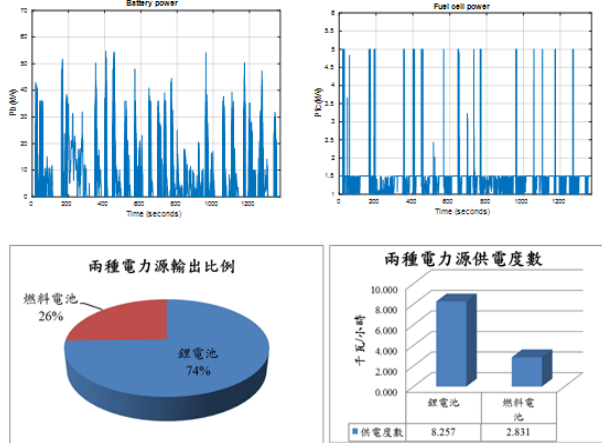


圖2-6 電力系統輸出功率比例模擬結果

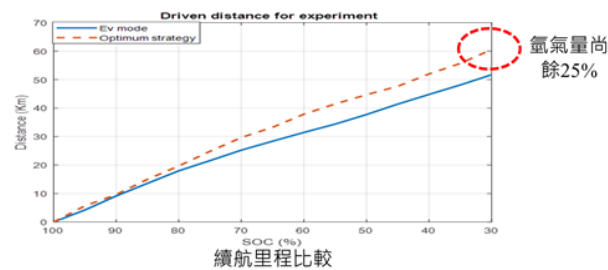


圖2-7 燃料電池車輛實車續航里程比較結果

小結：

面對國際間陸續發展電動車，燃料電池車輛接近燃油車輛表現可說是擇日可待。針對燃料電池車輛具備的兩種電力源，ARTC 最佳電力輸出效率之電力調配機制，並且應用於搭載有5kW 燃料電池之電動車輛，可較純電動模式提高原本的續航能力。

2.6 鋰離子電池介紹

A. 簡介：

鋰電池是以鋰金屬或鋰合金為負極材料，使用非水電解質溶液的電池，由於鋰金屬的化學特性非常活潑，使得鋰金屬的加工、保存、使用，對環境要求非常高。所以，鋰電池長期沒有得到應用。隨著二十世紀末微電子技術的發展，小型化的設備日益增多，對電源提出了很高的要求。鋰電池隨之進入了大規模的實用階段[7]。

B. 內部構造：正極板、負極板、電解液

C. 作動原理：藉由鋰離子在電極間移動來運作。如圖2-8所示。

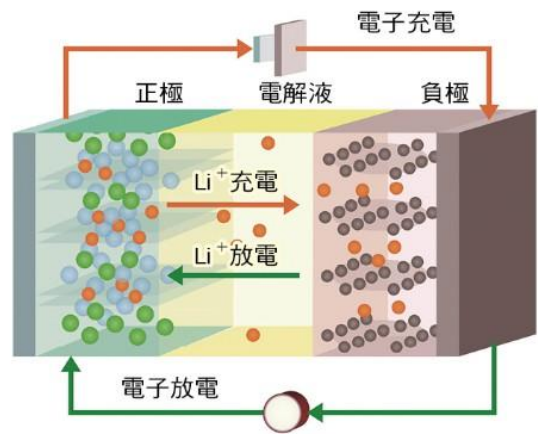


圖2-8 鋰電池作用原理

2.7 質子交換膜燃料電池介紹

A. 簡介：

主要透過化學反應，將化學能轉換為電能的裝置，其單顆電池操作電壓大約0.6~0.9V 之間，因電池所提供的能量有限，通常必須將多片質子交換膜燃料電池串聯相接，如圖2-9為燃料電池之作用原理。圖2-10為本研究實體採用之 Horizon 的 C1000燃料電池組。

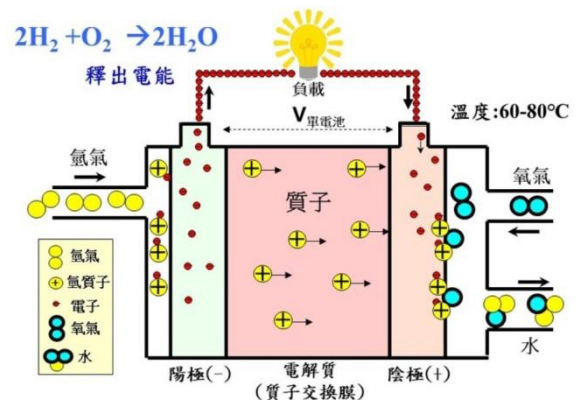


圖2-9燃料電池之作用原理



圖2-10 Horizon C1000燃料電池組

2.8複合電力系統簡介

此系統結合兩種或兩種以上能源驅動車輛，常用能源有鋰電池、燃料電池、燃油、壓縮氣體、太陽能電力等。

市面常見複合動力系統車輛所使用能源為燃油搭配鋰電池電力，而我們專題是使用鋰電池搭配燃料電池的雙電力系統，達到同時輸出雙電力並使用控制單元(unit control)在不同時機，輸出不同比例電力，以達到最佳能源使用效率。

2.9燃料電池使用注意事項

- (1) 完成燃料電池操作後，需將其放在封閉區域進行存儲，以防止燃料電池太乾，燃料電池應存放在室溫下。
- (2) 如果燃料電池長時間未使用（超過4週），其性能下降50%。
- (3) 久置後使用（向進氣孔注入水來恢復動力）：
 - A. 將一小段軟管連接到標有「H2 in」的端口。
 - B. 口確保注射器中沒有空氣後，將其連接到「H2 in」端的軟管。
 - C. 將蒸餾水注入此端口，直到看到水從「H2in」端口流出。
 - D. 將注射器與管子斷開，並將水留在燃料電池中約2分鐘後，即可排出。
 - E. 使用前，盡可能將水從燃料電池中清除，不然它不會自動從中排出。

2.10電動車使用注意事項[4]

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0V）。

3.實驗設計

3.1 研究系統

一、燃料電池電流輸出

1. 數位式三用電錶
2. 電流鉤錶
3. 示波器
4. 電子附載
5. 水泥電阻(500Ω)
6. 手工工具

二、鋰電池電流輸出

1. 數位式三用電錶
2. 電流勾表
3. 手工工具

三、電動馬達輸出功率與時速

1. 數位式三用電錶
2. 電流勾表
3. 手工工具
4. 沙灘車儀錶板

3.2 實驗方法

一、燃料電池電流輸出

1. 使用 500Ω 水泥電阻進行測試
2. 使用電池附載固定抽取一定比例安培數電流(5A、10A、15A、20A、25A)
3. 使用電流鉤錶測量燃料電池輸出端
4. 使用示波器觀察輸出波形

二、鋰電池電流輸出

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

三、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: $P=IV$

3.3 研究步驟

一、燃料電池測試

1. 依照手冊進行線路連接。
2. 進行燃料電池清洗步驟，提搞燃料電池效率。
3. 接上電子負載進行測試。
4. 接上示波器觀察輸出波形。

二、電力系統擺放位置規劃

1. 測量燃料電池、燃料電池控制器、Converter 等設備規格。
2. 量測沙灘車上適合擺放電力系統的位置。
3. 利用各部件規格並使用 SolidWorks 繪製鐵盒並製作。

三、動力系統配置

1. 規劃動力系統配置圖。
2. 燃料電池與鋰電池規格配置。
3. 安裝燃料電池至規劃的定位。
4. 配置動力系統走線。

四、實車測試

1. 測試鋰電池、燃料電池、馬達、控制器四者匹配狀況
 - (1) 電池電流輸出。
 - (2) 電動馬達輸出功率與時速。

3.4實驗過程

一、本論文之研究架構圖，如圖3-1

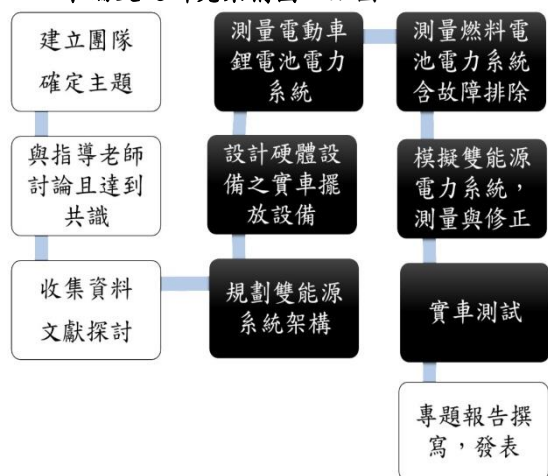


圖3-1

二、規劃雙能源系統架構

1. 燃料電池與鋰電池之雙能源系統架構圖，如圖3-2所示。

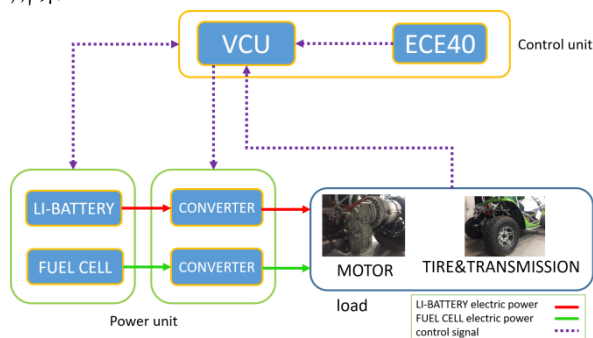


圖3-2

說明：

(1) Control unit

由國際行車型 ECE40進行模擬，使用 PSIM 進行程式模擬及寫出適合我們行車動力分配比例，並燒入至 DSP 控制板進行控制，再經由 VCU 監控鋰電池與燃料電池情況與 ECE40進行配合，最終做出最佳電力分配。

(2) Power unit

使用燃料電池與鋰電池進行配合，並藉由 DC to DC CONVERTER 將電壓調整至匹配狀態，進而驅動馬達與車輪，並由 VCU 計算電力源狀況來控制 DC to DC CONVERTER 調整適合輸出的電壓。

(3) Load

由變速機構與5kW 馬達及車輪構成，藉由雙電力系統提供電力並讓 DC to DC CONVERTER 調整電壓，進而驅動負載，使負載運作，並由負載提供回饋訊號讓 VCU 進行計算最佳能源使用比例。

2. 下列為燃料電池與鋰電池在各種行車狀態下的動力分配運作模式，依序為怠速、加速、重負載及

爬坡：

(1) 怠速，如圖3-3所示。由鋰電池輸出至負載，燃料電池對鋰電池進行充電，根據電門位置調整燃料電池與鋰電池輸出，電門越多燃料電池電力逐步輸出至負載。

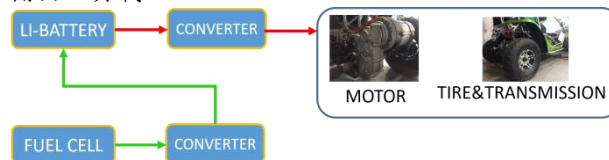


圖3-3

(2) 加速，如圖3-4所示，根據電門位置調整燃料電池與鋰電池輸出，電門越多燃料電池電力逐步輸出至負載。

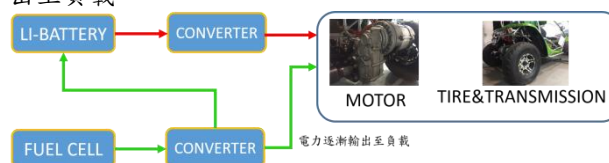


圖3-4

(3) 重負載及爬坡，如圖3-5所示。鋰電池及燃料電池皆輸出至負載。

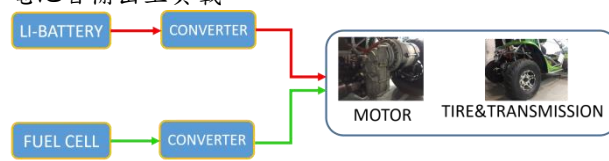


圖3-5

三、設計硬體設備之實車擺放設備

1. 電動沙灘車規格，如表3-1所示。

表3-1

電動沙灘車規格		
Item	EV	
車身長	mm	2920
車身寬	mm	1620
車身高	mm	1480
車身重	kg	350
續航力	電池組電壓	48V*70A=3.4kWh
	馬達平均功耗	2.5kW
	理想續航時間	3.4kW/2.5kW=1.3hr
傳動系統	減速比	16:1
	輪胎大小	255/75-R12

2. Fuel Cell 與 Converter 之放置盒與位置

(1) 設計圖，如圖3-6所示。

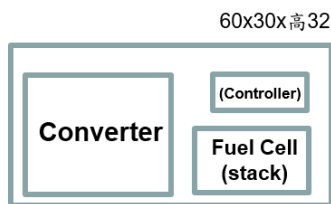


圖3-6

(2) SolidWorks 之設計圖，如圖3-7所示。

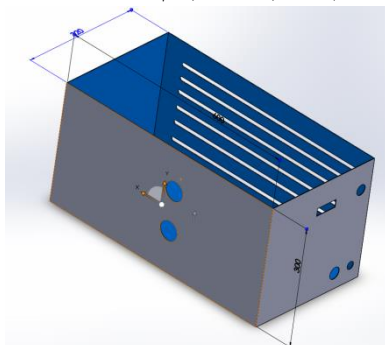


圖3-7

(3) 實際擺放位置，如圖3-8所示。



圖3-8

3. MicroBox 之放置盒與位置

(1) 設計圖，如圖3-9所示。



圖3-9

(2) SolidWorks 之設計圖，如圖3-10所示。

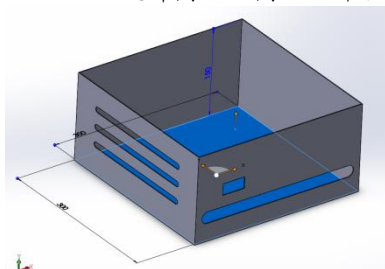


圖3-10

(3) 實際擺放位置，如圖3-11所示。



圖3-11

四、測量電動車鋰電池電力系統

1. 沙灘車鋰電池規格，如表3-2所示。

表3-2

電力系統/電池系統	馬達性能	馬達形式	交流異步馬達
		電壓規格	48V(39~54.6V)
		功率規格	5kW
		散熱方式	氣冷式
		能源回收方式	煞車回收系統
	電池規格(單顆)	電池型號	18650鋰電池
		電壓	3.7V(3~4.2V)
		電池容量	2900mAh
	電池模組規格	電池組電壓	48V(串聯13顆並聯4排)
		電池組總容量	48V/69.6Ah (2.9 *4*6)
	轉換器功能	電壓轉換	DC48V 轉換 AC48V 三相電力
			DC48V 轉換 DC12V 提供輔助電瓶使用

2. 鋰電池充放電特性圖，如圖3-12所示[4]。

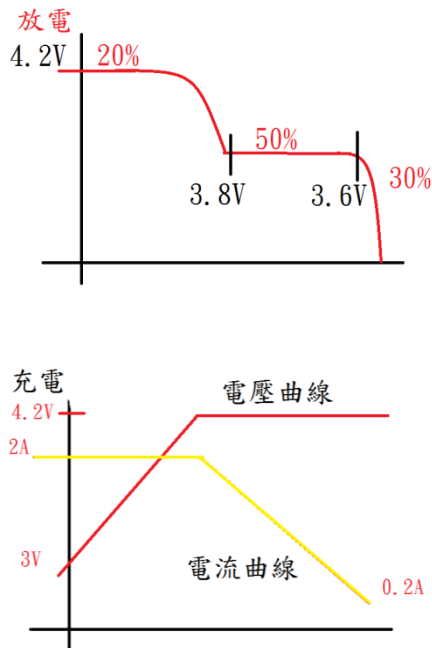


圖3-12

3. 控制器轉換器功能，如圖3-13所示。

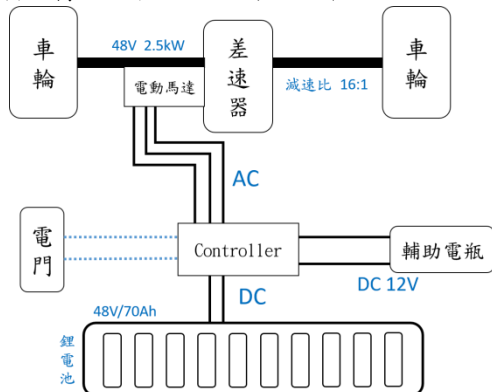


圖3-13動力系統圖 SDK4-1190交流異步電機

4. 交流異步馬達

規格為48V5Kw 及特性(圖3-14)，使用最為廣泛的電動機，構造簡單、耐用、高效率。

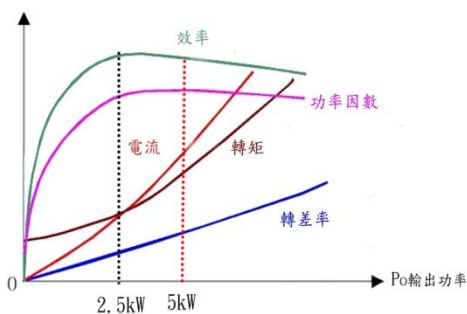


圖3-14交流異步馬達特性曲線

5. 電池輸出電流測試，如圖3-15所示。

電池輸出電流測試

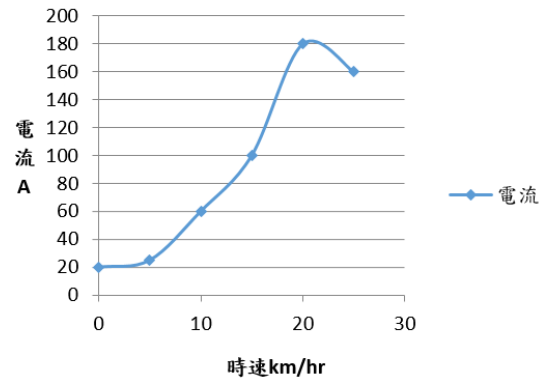


圖3-15

(1) 當總電流輸出為180A，馬達功率輸出5kW，續航力為0.5hr。

(2) 當總電流輸出為180A，利用控制器調整馬達功率輸出2.5kW，續航力為1.3hr。

五、測量燃料電池電力系統含故障排除

1. 燃料電池規格，如表3-3所示。

表3-3

燃料電池之規格	PEM
電池數量	48
額定功率	1000W
性能	28.8V @ 35A
H2供給閥門、吹掃閥電壓、鼓風機電壓	12V
反應物	氫氣和空氣
外部溫度	5至30°C
電池本體最大溫度	65°C
H2壓力	0.45-0.55bar
電池本體效率	40% @ 28.8V
啟動時間	≤30s
低壓關閉	24V
電流過高關閉	42A
溫度過高關閉	65°C
外部電源	13V (±1V)，8A

2. 長時間未使用之燃料電池測試與損失率

我們將長時間未使用的燃料電池故障排除（見第4點）後，所測得之實測數據，由此判斷燃料電池的損失率以及各項問題。

(1) 如圖3-16所示，使用電力附載機給予燃料電池額定附載（5A、15A、20A、25A），進而測得此FC之輸出功率。



圖3-16

(2) 透過上列數據整理為表3-4，將實際輸出功率與理論輸出功率製作成圖3-17，已明確比較出損失狀況。

表3-4

電流	5.97A	15.11A	20.51A	25.32A
電壓	33.25V	30.45V	25.59V	24.44V

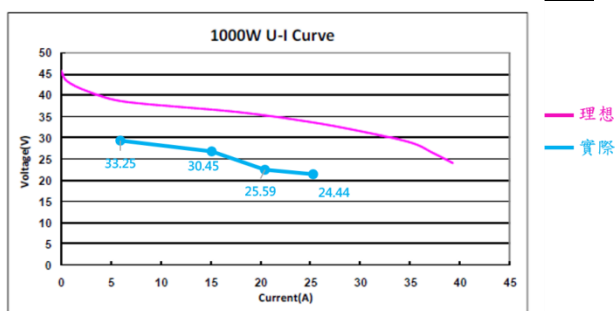


圖3-17

(3) 計算損失率

理論總值：2295.8W，實際總值：1745.8W

理論 - 實際 = 2295.8 - 1745.8 = 550W

(理論 - 實際) / 理論 * 100% = 損失率

(550 / 2295.8) * 100% = 24%，**損失率為24%**

3.長時間未使用之燃料電池波形

由圖3-18所示，可以確認此燃料電池為輸出直流電。

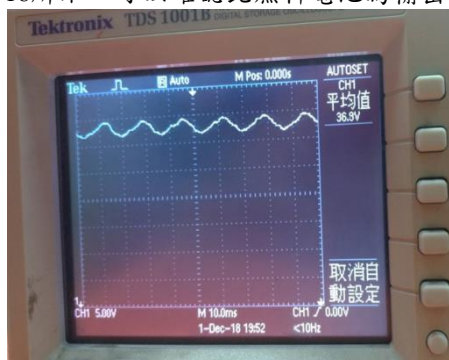


圖3-18

4.燃料電池的啟用步驟與運行程序

啟用步驟

(1) 確保燃料電池和環境溫度均低於45℃。(否則系統將無法成功啟動)

(2) 按住 ON / OFF 按鈕2秒鐘以啟動系統；將會聽到一聲嗶嗶聲。

(3) 如果此時系統在不到1秒的時間內關閉，那麼請在啟動程序期間查看手冊檢查原因。

(4) 當系統啟動，將會聽到清洗閥清洗3秒鐘，這是初始氫氣通過燃料電池，以清除系統中的任何非氫氣。如果在故障排除中，沒有聽到清洗閥檢查「檢查閥門」的嘶聲。在清洗燃料電池後，燃料電池將在10秒的時間內短路5次[8]。

運行程序

(1) 系統啟動後，可根據設置更改負載，以便在此燃料電池的指定功率範圍內獲得所需的功率。(不要連接比額定功率高的負載，會減短電池壽命。)

(2) 在操作過程中，監測氫氣流量和壓力，氫氣供給壓力維持0.45-0.55Bar。外部電源維持12-14V。

(3) 將吹掃閥的出口遠離燃料電池，不要讓排出氫氣返回燃料電池，否則會損壞燃料電池。

(4) 注意清洗動作，在清洗過程中注意性能，每次清洗後，性能提高10%左右，但意味著需要增加少量氫氣的壓力。燃料電池充滿了水，因此需要使用壓力將多餘的水排出。

(5) 在運行過程中，需要將 SCU 保持在「開」狀態，此黑色按鈕調節燃料電池的額定值[8]。

六、模擬雙能源電力系統，測量與修正

(1) 燃料電池，如圖3-19所示。

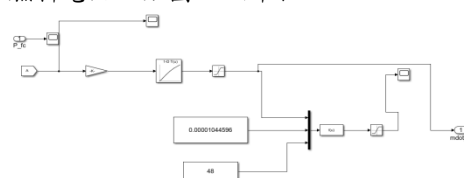


圖3-19

(2) 鋰電池，如圖3-20所示。

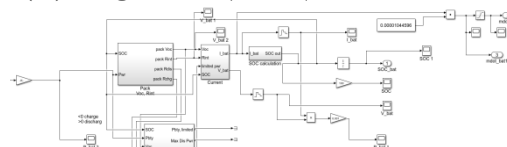


圖3-20

七、實車測試，如圖3-21所示。



圖3-21

4. 結果與討論

4.1 久置之燃料電池測試結果：

- (1) 燃料電池第一次測試電流抽取5A 電流，輸出功率為198.5W。
- (2) 燃料電池第一次測試電流抽取15A 電流，輸出功率為428.6W。
- (3) 燃料電池第一次測試電流抽取20A 電流，輸出功率為533.8W。
- (4) 燃料電池第一次測試電流抽取25A 電流，輸出功率為618.8W。

討論：

長時間未使用的燃料電池，不只損失率達24%，更造成電池本身的散熱效益降低，導致本來電池能承受的最低附載電流由35A 降為25A。

4.2 電池電流輸出結果：

- 1.六個鋰電池模組+一個燃料電池第一次設計每組15A，總輸出105A，測試後發現過電流。
- 2.六個鋰電池模組+一個燃料電池第二次設計每組20A，總輸出140A，測試後發現過電流。
- 3.六個鋰電池模組+一個燃料電池第三次設計每組25A，總輸出175A，保護觸發門檻延長5秒鐘，測試後電池不斷電。

討論：

- 1.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20A 更改成25A，且將觸發門檻延長5秒，整體的總電流輸出為175A。
- 2.雖目前設定不會發生斷電現象，但此設定參數為測試參數，故之後需持續測試，將參數調整。

4.3 續航力測試結果：

利用國際行車型態 ECE-40，利用控制器調整馬達功率輸出2.5kW，時速均速20 km-hr。經由計算預估1.5hr 為理想續航時間，目前因氫氣瓶氫氣不足，在「亞太燃料電池公司」將氫氣瓶寄回前，暫停實測。

討論：

能補充氫氣瓶氫氣的單位並不多，補充氫氣瓶成為了時間成本。

4.4 燃料電池電動車的優勢：

- 1.唯一產出物為水，不會對環境造成汙染及傷害。
- 2.續航力長，在氫氣足夠時，能量轉換效率比純電動車續航里程久。
- 3.無噪音，燃料電池發電本體在發電時，不需其它移動機件的配合，因此沒有噪音問題。

4.5 燃料電池電動車的劣勢：

- 1.安全問題，氫氣為易燃氣體，且非常不安定，而氫氣瓶也為高壓氣瓶，在儲存時有一定危險。
- 2.氫氣來源，氫氣取得不易，電解水時所花費電能不太符合經濟效益。
- 3.金屬鉑、鈀、銻在燃料電池中扮演催化劑，但其

取得不易且價格昂貴。

5. 結論

本研究完成鋰電池系統與燃料電池系統與馬達機電整合與匹配，從一開始鋰電池系統規格了解，馬達規格了解，燃料電池系統理解及燃料電池清洗，整備好雙電力系統後，進行機電整合，最後將燃料電池與鋰電池裝上沙灘車，使沙灘車能夠被驅動。本次研究有以下幾點特點：
1.燃料電池故障排除與整備
2.燃料電池、鋰電池與馬達匹配
3.雙電力系統線路規劃
4.增加電動車續航力與規劃電系分配系統

6. 誌謝

本論文得以完成，承蒙恩師洪翊軒教授的悉心教誨、嚴格要求與鼓勵，在研究過程中，給予觀念上的啟發與指導，並提供學生良好的研究環境與豐富的研究資源，在此謹致上最高敬意與謝忱。研究過程中感謝亞太燃料電池科技股份有限公司在材料上的供應與協助；以及名巨不鏽鋼在本專題鐵盒上的優惠，謹此申謝。在校期間特別感謝戴仲瑜學長的帶領，以及電機系學長們在試驗上的全力幫助與指導，方能使研究工作順利完成。在此誠心的感謝，族繁不及備載，再次感謝曾經幫助過我們的每一位先進。

7. 參考文獻

1. 陳彥豪、盧思穎，電動車發展趨勢與營運模式探討。台灣經濟研究院研一所，2016-4-7。
2. 電動汽車的基本概述及重要組成，綠能知識。Energytrend，2012-09-18。
3. BEV 純電動車，綠能知識。Energytrend，2013-12-19。
4. 廖心岑、梁弼翔、許祐榕、黃益慶，電動車動力系統製作。國立臺灣師範大學工業教育系，專題論文，2018。
5. 王祿融，創新混合燃料電池機車之系統建模與能量管理。國立臺灣師範大學工業教育學系，碩士論文，2016。
6. 林博煦，運用最佳電力調配技術提高燃料電池車輛續航力，電子報。電動車與車輛電子，車輛中心(ARTC)研究發展處，2018。
7. <https://is.gd/qH7WNL>，維基百科，鋰電池。
8. H-1000 Fuel Cell Stack User Manual，Manual_FCS-C1000_V1.1_EN，18 Aug. 2013。
9. 專家預測40年後全球石油枯竭，世界新聞報。2010-11-17-08:53。

Proceedings of the 2019 Special Research Competition of NTNU-IE: Guidelines for Manuscript Preparation

Y.P. Chen^{1*}, W.K. Huang², Z.H. Wu³

^{1, 2, 3} Department of Industrial Education-
Vehicle Technology Group, National Taiwan
Normal University

*Email: angel19980101@gmail.com

Abstract

The thesis connects PEMFC and Lithium-ion battery through circuit planning, energy matching and mechatronics, erecting in e-buggy (a small electric vehicle) to achieve dual power supply specifications. Using the hybrid powertrains with a test scenarios: ECE-40 cycle achieves optimal energy use, so as to increase mileage, improve energy efficiency and reduce pollution emissions in the optimized power control system.

*Keywords: Proton Exchange Membrane Fuel Cell,
Lithium-ion battery, Dual Power System, Fuel Cell
Electric Vehicle*

PM 2.5與常用大氣條件之關聯性研究

陳思璇^{1*}、陳心如²、謝祥楷³、蔡欣璋⁴

國立臺灣師範大學工業教育學系能源應用組^{1,2,3,4}

指導老師：鄧敦平 教授

*Email: carrieminho@gmail.com

摘要

本專題實際量測臺師大圖書館校區的PM 2.5濃度與常用大氣條件之數據（溫度、風速、相對濕度以及大氣壓力），並將相關數據進行多元回歸分析以瞭解PM 2.5濃度與常用大氣條件之間的關聯性，並提出PM 2.5濃度與大氣條件數據的經驗公式。研究結果顯示臺師大圖書館校區地區大氣因素對PM 2.5污染具有顯著影響，以溫度的影響力最大，風速的影響力最小。其中溫度與相對濕度對PM 2.5濃度皆呈正相關的關係；即時風速對PM 2.5濃度呈負相關的關係。此外，透過臺師大圖書館校區與古亭監測站的相關比較後，發現各項因素與PM 2.5的關聯性，兩邊大致上是一致的，不過由於PM 2.5量測方式不同，在濕度的部分的趨勢則是相反。由此可知，瞬間空氣濕度提高（即時量測數據）對於當下PM 2.5濃度是呈正相關；但在長時間的影響下（監測站數據），則是呈現負相關。本專題所提出的經驗公式雖然無法直接應用於監測站所量測的數據，然而此一方法將可應用於特定區進行預測公式的建模，針對特定區域進行PM 2.5濃度的預測與估算。

關鍵字：PM 2.5、大氣條件、關聯性、分析。

1. 前言

1.1 研究背景與動機

近年來隨經濟與工業化的快速發展，伴隨著工廠與電廠排放的廢氣或是中國大陸帶來的「霧霾」，使得我國的空氣品質有逐步惡化的趨勢，甚至嚴重影響到人們的身體狀況。這也使得國人開始重視空氣品質的課題。世界衛生組織（WHO）於2014年在日內瓦發表會上指出，在2012年統計全球約有700萬人，死於空氣污染所造成傷害，並且證實空氣污染為現今世界上最大的風險危害。因此若能有效地減少空氣污染則可挽救數百萬人的生命。空氣污染對我們的日常生活有著非常急劇的影響，民眾最常關注的莫過於細懸浮微粒（PM 2.5）對於身體健康的影響。懸浮微粒對健康影響巨大，台灣在1982年開始於各地設立了空氣品質監測來採取相對適宜的因應措施。台灣行政院環境保護署依照測量空氣品

質儀器設立的位置、污染源種類等等因素，將空氣品質監測站分為一般、工業、背景交通公園以及其他空氣品質監測站六種。懸浮微粒的問題日益嚴重，也開始明顯影響到居民的健康，導致其增加濃度變化之因子眾多且彼此之間會互相影響，所以懸浮微粒濃度變化無法使用單個因子來解釋其關聯性，必須考慮多個因子共同解釋方能清楚。

空氣品質越來越受到大家關注，常常看到新聞播報某地區有PM 2.5紫爆的狀況，但由於監測站的測量範圍較廣，對於各社區、校園以及室內的實際情形可能有相當大的誤差。因此，本專題試圖藉由實際量測常見的大氣條件以及PM 2.5的濃度建立專屬於臺師大圖書館校區的PM 2.5濃度與大氣條件關係的經驗公式，希望能藉由大氣條件預測PM 2.5的濃度。此外本研究方法並應用於環保署空氣品質監測站的數據進行分析，評估本方法直接使用環保署空氣品質監測站數據的可行性。

1.2 研究目的

本專題主要為研究古亭監測站數據與臺師大圖書館校區實測數據之PM 2.5與常用大氣條件的關聯性，並相互比較，得出大範圍測量是否合用於各區域。

1.2.1 影響PM 2.5的因素

大氣中有許多因素可能影響PM 2.5的濃度，因此，我們想探討常用的大氣條件因素對於PM 2.5的變化，有什麼樣的關聯性。

1.2.2 大範圍測量與小區域的比較

因環境保護署所設置的監測站並非每個區域都有，所以量測出的結果不一定適用於各地區，因此本研究將會對監測站資料及量測數據做一個比較，以得出兩者間的差異。

1.3 研究方法

利用監測設備，量測溫度、濕度、風速、壓力、風向、PM 2.5，記錄其量測數據，以及取樣古亭監測站的數據，透過SPSS綜合整理分析出影響PM 2.5大氣因素的關係，進而比較兩者的結果，並得出最佳回歸模型公式，以供後續研究者參考使用。

2. 文獻回顧

2.1 細懸浮微粒 (Particulate Matter, PM 2.5)：

細懸浮微粒 (PM 2.5) 為飄浮在空氣中類似灰塵的粒狀物，粒徑小於或等於 2.5 微米的粒子。細懸浮微粒的來源可分為原生性及衍生性兩類。原生性氣膠主要來自火山爆發、海鹽飛沫與鍋爐燃燒所排放。衍生性細懸浮微粒是由煉鋼廠、石化相關產業工廠與機動車輛等逸散排放的污染物，彙整如表1所示。

表1 全國各類污染源空氣污染物排放量及排放比率

空氣污染物 污染源	細懸浮微粒(PM _{2.5})		硫氧化物(SO _x)		氮氧化物(NO _x)	
	公噸/年	比率	公噸/年	比率	公噸/年	比率
工業(含電力業)	16,865	23%	105,261	88%	176,100	41%
車輛	16,756	23%	343	0%	217,109	50%
非公路運輸	601	1%	8,559	7%	21,033	5%
商業	6,440	9%	3,651	3%	3,684	1%
營建/道路揚塵	27,662	37%	0	0%	0	0%
露天燃燒	4,601	6%	574	0%	6,577	2%
其他	930	1%	1,332	1%	9,657	2%
總排放量	73,855	100%	119,720	100%	434,160	100%

資料來源:行政院環境保護署空保處(2015)

空氣中的細懸浮微粒 (PM 2.5) 會經由鼻、咽喉、氣管、支氣管經肺部吸收進入人體內部造成人體器官危害，更對於老年人是一大傷害。近年來，許多研究證實細懸浮微粒 (PM 2.5) 對於支氣管炎、氣喘、心血管疾病、肺癌等皆會造成影響，無論長期或短期暴露在空氣污染物的環境之下，皆會提高呼吸道疾病及死亡之風險。

2.2 PM 2.5濃度影響因素

PM 2.5濃度會受到污染物及大氣條件因素影響。台灣地區雖然南北地區的溫度日照變化、濕度與季節變化不太相同，實際監測的數值會有差異，但在整體的影響趨勢上大致是相同的。以季節為例，PM 2.5濃度是秋冬季較高，而夏季較為低；以時段變化為例，PM 2.5濃度則是早晚期間較高，而午後時段較為低。原因是屏除掉一些不尋常的特殊天氣，通常在一天中，每天上午的8點到10點，下午的6點到晚上8點，這兩個時間段是每天上班的通勤尖峰期，汽、機車尾氣排放量大，而導致這兩個時段的PM 2.5濃度較高的原因之一。

空氣中的二氧化物、氮氧化物等氣態污染物，會因為某些特定氣象條件下（如陰霾天），極容易轉化成二次顆粒物，導致PM 2.5增加。而秋季的雨季與夏季的暴雨相比之下，多持續時間較短、風速和風力較小，只會有增加空氣濕度的作用。但潮濕的空氣會讓懸浮的污染物沉降，更易造成污染物累積，因此秋冬季節的數值會高於夏季。

影響空氣污染物在大氣中擴散有幾個因素，例如：風、邊界層高度、大氣穩定度、地形...等等。以下分別敘述各因素如何造成空氣品質差異：

(1) 當風速較大時，空氣流動較頻繁，大氣擴散條件較佳，但在溪流出海口附近，若乾季河床裸露，風速過大時（超過3m/s），可能引起揚塵，使附近區域的空氣品質受影響。

(2) 邊界層為直接受到地表作用力影響的大氣對流層，其作用力包括受地形、太陽加熱等影響。當邊界層高度越高，空氣中的污染物垂直混合的範圍較廣，可使濃度均勻分散在整個邊界層；而當邊界層高度越低，污染物不易擴散，使污染物濃度容易偏高。

(3) 大氣穩定度是表示大氣所處的平衡狀態。當大氣越穩定，空氣越不容易有垂直運動，空氣中的污染物也就不易擴散；反之，若大氣越不穩定，容易引起對流現象，相對伴隨降雨或明顯的氣流垂直運動，有利污染物擴散。

(4) 當污染物隨氣流經過平地時，因沒有受到阻擋，則不容易累積污染；當地形有起伏時，位於下風處的地區，例如內陸、山腳附近，相對容易有污染物累積的情形。

(5) 在通常情況下，氣溫會隨著海拔升高而降低，下層空氣較熱，上層空氣較冷，冷空氣較重會往下沉，熱空氣較輕會往上升，就形成了對流。但在某些時候，比如秋冬季的夜間，因為地面溫度急劇降低，導致貼近地面的下層大氣溫度很低，上層空氣降溫沒那麼快，反而溫度比下層高，發生氣溫的逆轉現象。這種下冷上熱的逆溫層結一旦形成，空氣無法上下對流，污染物就很難擴散。

2.3 空氣品質監測站

臺灣目前是使用階層式的空氣品質監測體系，其中分為：國家級測站、區域性測站、智慧城鄉空氣品質、智慧社區空氣品質監測點或市民行動感測器。而主要為架構國家級監測站，全面整合各單位空氣品質監測站，強化資料分享及資訊服務。空氣品質監測目的包括瞭解空氣污染來源、污染物傳輸特性及形成原因，以供空氣污染防制參考，同時瞭解民眾暴露在空氣污染物的情形，提供預警訊息。因民眾近年開始注重這方面的議題，因此為保全民眾知的權利，於105年度完成環保局、特殊性工業區及各大型事業空品測站即時監測資料彙整，透明公開各單位空氣品質監測資訊。

根據環保署統計，北部空氣品質檢測區的長期氣候條件對空氣品質之特性有以下幾點：

(1) 在季節轉換之際，大環境多為弱綜觀天氣型態，受到天氣系統影響並不明顯，風速偏弱，大氣較為穩定再加上盆地地形，導致擴散條件較差，污染物主要來自本土的排放，影響時間稍長。

(2) 以夏天為例，北部地區高污染天氣類型主要來自西南季風和副熱帶高壓天氣型態的影響，盛行風向為南風至西南風，污染物除了來自本區域內排放，還有中南部地區污染物往北傳送，因為環境穩定度較高，盆地地形也不利擴散，導致北部空氣品質較

差，影響時間長。

(3) 以冬天為例，在大陸冷高壓影響下，風向為東北風，風速較強勁，主要污染物多來自境外傳輸（中國大陸、韓國等），影響時間較短，但污染物濃度較高。

3. 實驗設計

3.1 研究系統

本專題使用APRS氣象站監測氣象資料，與夏普GP2Y1010AU0F PM 2.5粉塵空氣品質感測器結合，監測項目包括：溫度、濕度、風速、壓力、雨量、風向、PM 2.5等。利用Arduino讀取數據並在excel做簡單的數據處理，再以SPSS統計軟體分析常見大氣條件對於PM 2.5的影響。

3.2 實驗方法

3.2.1 硬體架構

將風速、風向、雨量、溫度、濕度等儀器透過通訊線連結到 51WS3 三代氣象模組（圖1與圖2），與夏普粉塵空氣品質感測器連結，再藉由嵌入式系統Arduino 將系統整合。

(1) 51WS3 氣象模組：

雨量器是使用51WS3氣象接口板（圖1）內置1440字節雨量專用數據緩存，記錄每分鐘的雨量採樣值，經過滾動計算，得到前一分鐘、前1小時、前24小時雨量值。風速器也是使用51WS3氣象接口板（圖1）內置300字節風速專用數據緩存，記錄每秒的實時風速採樣值，經過滾動計算，得到實時風速、前1分鐘平均風速、前5分鐘最高風速。而溫度傳感器則是每隔5秒讀取溫濕度、氣壓數據，回傳測量數據到監控視窗。



圖1 51WS3氣象接口板



圖2 51WS3 三代氣象模組

(2) Arduino：

如圖3所示，Arduino是一個開放原始碼的單晶片微控制器（microcontroller board），約莫一個手掌大。使用者可以在Arduino板子上接上各種電子裝置，例如：LED燈、喇叭、馬達、開關、溫濕度感測器、紅外線發射與接收器、LCD 顯示裝置，以及Ethernet、WiFi、Bluetooth、RFID與GPS等各種通訊模組。若再配合撰寫一些自動控制的程式，就能利用Arduino做出各式各樣的自動控制應用，例如：利用溫度感測器控制風扇的運轉、使用可變電阻控制燈光的明暗、控制馬達的轉速、利用紅外線遙控家電，以及製作自走車、飛行器等等。

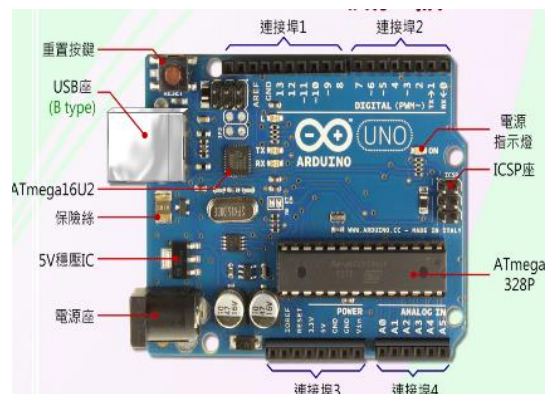


圖3 Arduino UNO板

(3) SHARP夏普P2Y1010AU0F PM 2.5粉塵空氣品質感測器：

圖4與圖5分別為夏普粉塵空氣品質感測器以及粉塵感測器電路配置圖。GP2Y1010AU0F 是一款光學空氣品質感器，設計用來感測空氣中的塵埃粒子，其內部對角安裝紅外線發光二極體和光電晶體，使其能夠探測空氣中塵埃反射光，即使非常細小的如煙草煙霧顆粒也能夠被檢測到，通常應用在空氣淨化系統中。該感測器具有非常低的電流消耗（最大

20 mA，典型值11 mA)，可使用高達7 VDC。該感測器輸出為類比電壓，其值與粉塵濃度成正比。可測量0.8微米以上的微小粒子，感測煙草產生的煙氣和花粉，房屋粉塵等，體積小，重量輕，便於安裝。



圖4 夏普粉塵空氣品質感測器

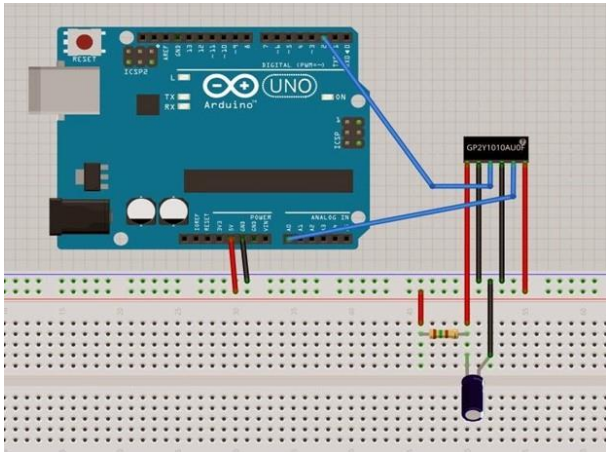


圖5 粉塵感測器電路圖

3.3 研究步驟

3.3.1 蒐集數據

將監測設備（圖6）放置於台師大科技學院頂樓的空曠處，蒐集溫度、濕度、風速、壓力、風向、PM 2.5的數據並記錄其量測值。其中風速器內建的數據緩存是由上述介紹，記錄每秒的實時風速採樣值，經過滾動計算，得到實時風速、前1分鐘平均風速、前5分鐘最高風速，因此，在測量的過程中發現前1分鐘平均風速紀錄的數據均為0，這是由於在1分鐘之內的風並不是持續地吹，所以平均出的數值是極小的，導致我們無法使用這筆數據分析影響因素。因此，本組改用如圖7所示的熱線式風速計來量測即時風速。通常熱線式風速計是量測固定風向的風速，為了與大氣風向的風速同步，熱線風速計量測孔的對應風向則是參考51WS3氣象模組上面的風向指標，以貼近實際的大氣風速。



圖6 監測設備



圖7 熱線式風速計

3.3.2 分析數據

由於我們蒐集到 PM 2.5數據單位是 $\text{pcs}/0.01\text{ft}^3$ （註1），而環保署監測站的單位則是 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （註2），本組將單位利用表2的對照表以內差法轉換成的數值，再與其他條件的數據整理、排序後，使用 SPSS 進行回歸相關分析，但在單位轉換過程中可能會造成些許誤差。

註1： $\text{pcs}/0.01\text{ft}^3$ 是計數法（單位體積內的顆粒物個數）

註2： $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 是計重法（單位體積內的含塵重量）

表2 PM 2.5單位與即時副指標（AQI 值）對照表

	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\text{pcs}/0.01\text{ft}^3$
良好 0 ~ 50(綠)	0.0 ~ 15.4	0 ~ 75
普通 51 ~ 100(黃)	15.5 ~ 35.4	76 ~ 150
對敏感族群不	35.5 ~ 54.4	151 ~ 300

健康		
101~150 (橘)		
對所有族群不健康		
健康	54.5~150.4	301~1050
151~200 (紅)		
非常不健康		
201~300 (紫)	150.5~250.4	1051~3000
危害		
301~500 (褐)	250.5~	3000~

4. 結果與討論

觀察模型摘要表(表3)， R^2 為判斷係數，檢定迴歸線的擬合程度，當各點越接近迴歸直線， R^2 就趨近於1，說明擬合程度好；反之， R^2 遠離1，則說明擬合程度不理想。由表3可發現，模型的判斷係數皆很小，迴歸擬合效果是不令人滿意的，所以不進行後續的分析。

表3 監測站之模型摘要表

模型摘要 ^d					
模型	R	R 平方	調整後 R 平方	估計的標準誤	Durbin-Watson
1	.203 ^a	.041	.041	8.04734	
2	.260 ^b	.068	.067	7.93626	
3	.263 ^c	.069	.069	7.93079	1.371

a. 解釋變數：(常數)，相對濕度

b. 解釋變數：(常數)，相對濕度，風速

c. 解釋變數：(常數)，相對濕度，風速，溫度

d. 應變數：PM2.5

由表4可發現，迴歸分析後，共可得到四個模型，根據顯著性值小於0.05時，將拒絕虛無假設，而可得四個模型都具顯著差異，代表個模型的線性關係確實存在。

表4 量測數據之變數分析表

變異數分析 ^a						
模型		平方和	自由度	均方	F	顯著性
1	迴歸	82560.177	1	82560.177	156.259	.000 ^b
	殘差	208700.665	395	528.356		
	總計	291260.842	396			
2	迴歸	131505.704	2	65752.852	162.165	.000 ^c
	殘差	159755.137	394	405.470		
	總計	291260.842	396			
3	迴歸	203355.815	3	67785.272	303.050	.000 ^d
	殘差	87905.027	393	223.677		
	總計	291260.842	396			
4	迴歸	204452.949	4	51113.237	230.813	.000 ^e
	殘差	86807.893	392	221.449		
	總計	291260.842	396			

a. 應變數：自量PM2.5

b. 解釋變數：(常數)，自量壓力

c. 解釋變數：(常數)，自量壓力，自量溫度

d. 解釋變數：(常數)，自量壓力，自量溫度，自量相對濕度

e. 解釋變數：(常數)，自量壓力，自量溫度，自量相對濕度，自量風速

接著檢視係數表(表5)可發現，四個模型的所有係數都是顯著的，而這也顯示出壓力、溫度、相對濕度與風速等四個變數，對PM2.5都具有顯著影響力，而其中以溫度的影響力最大(標準化係數0.990)，風速的影響力最小(標準化係數0.066)。

表5 量測數據之係數表

係數 ^a								
模型	非標準化係數		標準化係數		T	顯著性	共線性統計量	
	B	標準誤	β				允差	VIF
1	(常數)	6458.143	511.647		12.622	.000		
	自量壓力	-6.333	.507	-.532	-12.500	.000	1.000	1.000
2	(常數)	6704.216	448.774		14.939	.000		
	自量壓力	-6.664	.445	-.560	-14.981	.000	.995	1.005
	自量溫度	3.526	.321	.411	10.987	.000	.995	1.005
3	(常數)	751.231	470.556		1.596	.111		
	自量壓力	-1.063	.455	-.089	-2.338	.020	.525	1.903
	自量溫度	8.500	.366	.990	23.234	.000	.423	2.366
	自量相對濕度	2.324	.130	.917	17.923	.000	.293	3.410
4	(常數)	1099.477	493.656		2.227	.027		
	自量壓力	-1.406	.478	-.118	-2.942	.003	.471	2.124
	自量溫度	8.497	.364	.990	23.345	.000	.423	2.366
	自量相對濕度	2.283	.130	.901	17.520	.000	.287	3.479
	自量風速	3.272	1.470	.066	2.226	.027	.869	1.151

a. 應變數：自量PM2.5

觀察模型摘要表，由表6可發現，模型4的判定係數最大，達0.699，相當高，因此以壓力、溫度、相對濕度與風速等四個變異來預測PM2.5模型時，迴歸擬合效果良好。

綜合整理上述之分析，可得出最佳迴規模型為：

$$\text{PM 2.5} = 3.272 \times \text{風速} + 2.283 \times \text{相對濕度} + 8.497 \times \text{溫度} - 1.406 \times \text{壓力} + 1099.477。$$

表6 量測數據之模型摘要表

模型摘要 ^a					
模型	R	R 平方	調整後 R 平方	估計的標準誤	Durbin-Watson
1	.532 ^a	.283	.282	22.98600	
2	.672 ^b	.452	.449	20.13628	
3	.836 ^c	.698	.696	14.95583	
4	.838 ^d	.702	.699	14.88115	.697

a. 解釋變數：(常數)、自量壓力

b. 解釋變數：(常數)、自量壓力、自量溫度

c. 解釋變數：(常數)、自量壓力、自量溫度、自量相對濕度

d. 解釋變數：(常數)、自量壓力、自量溫度、自量相對濕度、自量風速

e. 應變數：自量PM2.5

由圖8至圖13為PM 2.5與各因素的關係，圖中可看出量測數據與監測站數據的風速都與PM 2.5呈負相關、溫度呈正相關，而濕度的部分兩者的結果相反，量測數據是呈正相關，監測站數據則是負相關。經檢閱環保署的資料後，可發現會有這樣的差異，是因為監測站PM 2.5的數據是由公式： $0.5 \times$ 前12小時平均 $+ 0.5 \times$ 前4小時平均（前4小時2筆有效，前12小時6筆有效）所計算出來的，並不是即時濃度，而在量測數據中，如前面文獻回顧所提到過的當空氣濕度增加，會讓汙染物沉降，造成汙染物的堆積，因此即時量測的濃度反而會上升。此外，大多數的文獻都是顯示相對濕度增加會造成PM 2.5濃度的上升是符合本專題的研究結果，但是空氣品質監測站的量測記錄則與文獻的結果相反。這種現象主要是空氣品質監測站的數據是一段時間的平均值而非短時間的平均值或即時數據。舉例而言，下雨會讓相對濕度接近100%，剛下雨會造成揚塵而使得PM 2.5濃度上升，下雨經過一段時間反而會因為雨水對懸浮微粒凝聚雨沖刷而使得PM 2.5濃度下降。因此取較長時間平均值可能會因為降雨時間長短而發生不同研究方法對於PM 2.5濃度與相對濕度的關係產生不同的結果或趨勢。在進行迴歸分析時，沒有使用風向這個變數進行探討，是因為監測站屬於大範圍、長時間量測，所以會受到季節風向、高低氣壓風面及周遭其他環境的因素影響。本組測量的風向屬於小範圍、短時間量測，受到上述因素影響不大，因此，本專題不使用此變數進行分析。此外，由於古亭監測站的監測因素沒有壓力，所以本專題也沒有探討PM 2.5與壓力的相關性。

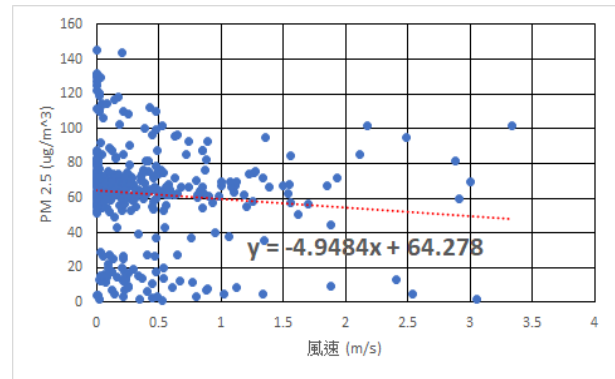


圖8 量測之 PM 2.5 數據與風速的關係

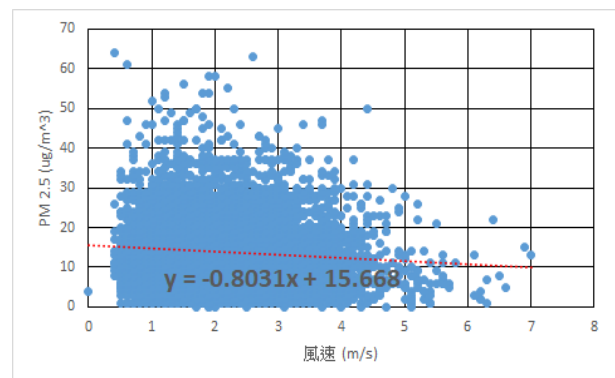


圖9 監測站之 PM 2.5 數據與風速的關係

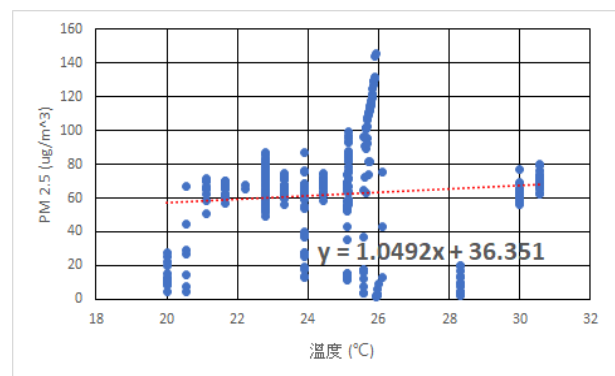


圖10 量測之 PM 2.5數據與溫度的關係

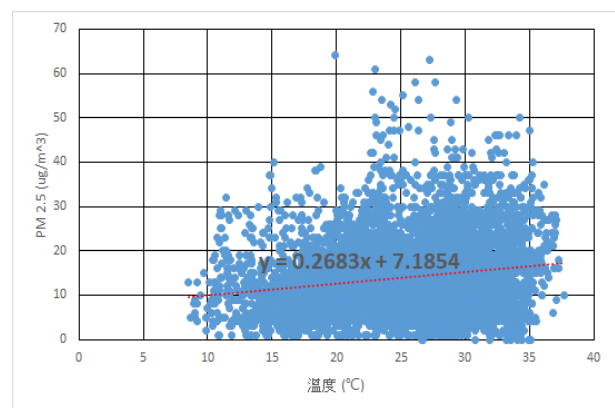


圖11 監測站之 PM 2.5數據與溫度的關係

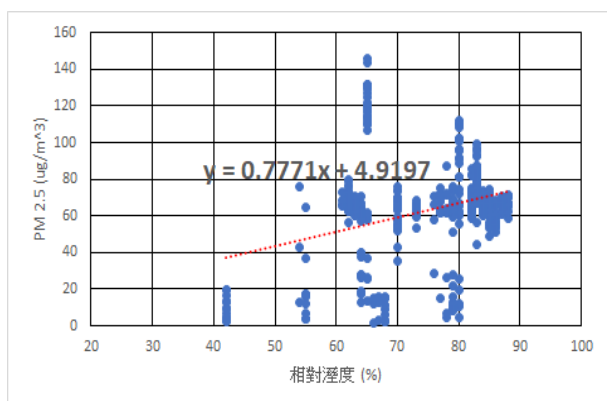


圖12 量測之 PM 2.5數據與相對溼度的關係

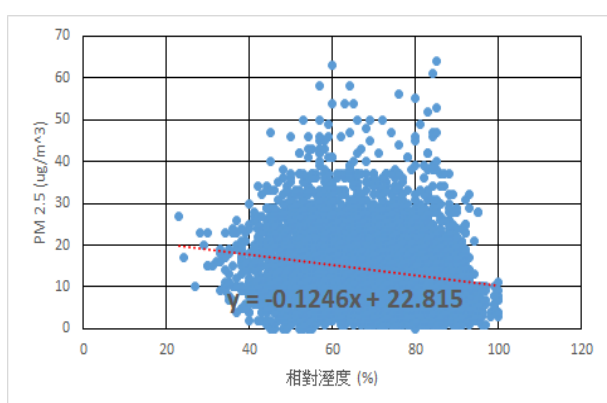


圖13 監測站之2.5數據與相對溼度的關係

5. 結論

臺師大圖書館校區地區大氣因素對PM 2.5污染具有顯著影響，以溫度的影響力最大，其次為相對溼度，風速的影響則為最小。其中溫度與相對溼度對PM 2.5濃度皆呈正相關關係；即時風速對PM 2.5濃度呈負相關關係。本專題發現常見大氣條件可做為預測PM 2.5的重要因素。本專題經過迴歸分析並提出適用於國立臺灣師範大學圖書館校區周遭預測PM 2.5的經驗公式。本預測方法應用於古亭空氣品質監測站數據發現在相對濕度方面呈現不同的趨勢。這種現象主要是因為量測取樣的平均時間有無跨越降雨時間導致PM 2.5濃度受到相對濕度與降雨時間影響所致。

6. 誌謝

本專題感謝國立臺灣師範大學工業教育學系在相關設備與經費的支持，由於系上的支持，使得本專題研究得以順利進行並獲得相關成果，特此致上感謝之意。

7. 參考文獻

1. 梁延剛，胡文志，楊敬基，香港能見度與大氣懸

浮粒子濃度關係初探，第二十一屆粵港澳氣象科技研討會，香港，中國，2007年1月24-26日。
許源泉，鍛造學—理論與實習，第20-30頁，三民書局，台北，台灣，1997。

2. 張立農，江孟玲，林昭遠，台灣交通空氣品質監測站PM 10變異影響因素之研究，水土保持學報47 (1): 1235-1246 (2015)。翁健洲，以熱電發電器進行廢熱(冷)回收之分析研究，博士論文，國立臺灣大學機械工程學系，台北，台灣，2015。
3. 林宜潔，張嘉儀，邱靜娥，微粒濃度與空氣品質因子自動監測資料之關係探討—以雲林斗六地區為例，104年度中央氣象局天氣分析與預報研討會，台灣，2015。
4. 王海暢，吳澤邦，周景博，等.北京上甸子站PM2.5濃度與氣象要素關係分析，氣象與環境學報，2015,31 (5)：99-104。
5. 宋明，韓素芹，張敏，等.天津大氣能見度與相對濕度和PM10及PM2.5的關係，氣象與環境學報，2013,29 (2)：34-41。
6. 行政院環保署，國科會空污防制研合作計畫期末報告。取至：
<http://www.epa.gov.tw/public/Data/573017354171.pdf>。
7. 行政院環境保護署，空氣品質監測網。取至：
<https://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/default.aspx>。
8. 世界衛生組織，空氣污染新聞。取至：
<http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/en/>。
9. 實時空氣質量指數 (AQI)，在世界 60 多個國家的即時空氣品質指數世界。取至：
<http://aqicn.org/city/beijing/dongchengdongsi/hk/>。
10. 王志中，台灣西部細懸浮微粒(PM2.5)濃度分布與趨勢之探討，國立中興大學環境工程系所，碩士論文，2017年。
11. 谷陽陽，蘇貴金，柴濤，等，北京地區PM2.5濃度影響因素及估算模型[J]，環境化學，2018，37(3)：397-409。
12. 行政院環境保護署，新版空氣品質監測網，空品小百科。取至：
<https://airtw.epa.gov.tw/CHT/Encyclopedia/pedia02/pedia2.aspx>。
13. 陳寬裕，王正華，論文統計分析實務：SPSS 與AMOS 的運用，五南圖書，台北，台灣，2010。

藍芽控制式伸縮平臺

黃家慶^{1*}、黃昱博²

國立臺灣師範大學工業教育學系能源應用組^{1,2}

指導老師：洪翊軒 教授

Email: hcc0820@gmail.com

摘要

本次專題係研究可伸縮式的平臺。此伸縮平臺主要的研究內容為架構的部分，因此主要的研究著重在於平臺本身的結構組裝與伸縮的控制層面上。此專題研究靈感發想於過去學長的專題研究內容之積木式電動車，延續過去留下的概念做更完整的模型與架構。

此專題還包括藍芽控制伸縮與抬升的部分。

因應現今社會手機此3C 產品的普及，藉由手機APP 的控制也成為一種發展方向，使這樣的伸縮平臺可以不僅僅是利用在工業或是倉儲業者等處，亦可融入至一般民眾的家中，藉由簡單的手機 APP 便可以直觀的控制平臺的伸縮抬升。

關鍵字：伸縮、APP控制、藍芽控制

1. 前言

1.1 研究背景與動機

因應現今臺灣地狹人稠且地價高昂的情況，空間的利用是否高效就變成一個很重要的問題。

期望伸縮式的載物平臺可以在各領域的空間與資源的利用上有好的表現，大至工廠倉儲小至醫院住家，如果能有如伸縮式平臺此種運用層面上更為自由的方式，便可以使用相同的資源獲得更好的效果。

配合現今手機普及化的環境，讓伸縮抬升的控制與手機APP做結合，讓可使用對象的範圍更加增加普及。

1.2 研究目的

本專題主要分為「車身車架」、「藍芽控制」、「伸縮抬升」、「電池與動力配置」四個方面。

1.3 研究方法

1. 「車身車架」

車身車架的部分我們將使用過去學長留下的車體素材，並針對車體過重跟穩固程度去做改善跟強化，藉由削減部分的車體多餘部分以減低車體重量對整體架構造成的負擔，就此達成加強整體架構的穩定性，希望達到能夠在性能與堅固性上達成平衡。

2. 「藍芽控制」

在藍芽控制的部分我們打算選擇使用方便應用的Arduino，配合AppInventor製作一個能夠在手機上使用的控制端，希望能實現一個遠端遙控的目標，讓本專題能有更好的使用性跟發展的可能性。

3. 「伸縮抬升」

作為此專題的一個大重點，希望能在這方面的概念上有更佳的完整度，於是在模型的製作上希望使用真實規格的伸縮桿與抬升裝置（電動千斤頂），在模擬整個架構的時候才能更接近真實的情況。

4. 「電池與動力裝置」

電池的部分我們希望選用鉛蓄電池來作為整體機構的動力源，而動力裝置的部分則是希望使用電動車使用的輪轂馬達來驅動整個裝置。

2. 文獻探討

2.1 PWM基本原理 [1]

PWM(Pulse Width Modulation)稱為脈波寬度調變，常用於直流馬達的控制、電源變換器之穩壓控制、甚至是直流轉換交流弦波的控制等，是控制直流馬達轉速最常見的方法。其原理如圖2.1與2.2所示，圖高電位的部份是馬達「動作(active)」時間，或叫做「責任週期(Duty Cycle)」，低電位的部份是馬達「停止(stop)」時間，兩者時間和即為週期。

當使用者想降低馬達轉速時，只要減少動作的時間、增加停止的時間，並保持週期不變即可，如圖2.1所示。反之，如果想加快馬達的轉速，則需要加長動作的時間、縮短停止的時間，並且保持週期不變，如圖2.2所示。

由於改變轉速係透過改變動作的時間比例，也就是圖2.1與2.2高電位脈波(Pulse)的相對時間寬度(Width)，因此這樣的控制方式稱作脈波寬度調變。

對於比較精密、反應比較快的直流馬達控制器，圖2.1與2.2的脈波寬度變化需要相當的快，通常是以“ μ Sec”為單位，甚至更精密的以0.1 μ Sec為單位，為了達到精準度，所以我們選擇使用組合語言，雖然可能在撰寫過程上較為不方便，但它可以減少程式中所造成的延遲時間。

作用在馬達的電壓=責任週期比 $\times$ 輸入電壓，由

上式公式，得知我們可利用責任週期間接控制馬達轉速。

2.2 直流無刷馬達驅動之轉動磁場原理 [2]

直流無刷馬達主要架構，可分成定子(stator)及轉子(rotor)兩部份。

定子的鐵心內槽裝有對稱三相繞組線圈，各相線圈繞組各相差120度的電氣角位置，如圖2.3所示。定子與轉子側的電壓、電流與磁通為等量，彼此間相位相差120度，故會在空間中產生旋轉磁場。

如圖2.4所示，在A點時U相電流為正，V相及W相均為負。依據電磁感應原理，每相電流產生相對應之磁動勢，氣隙總磁動勢為每相磁動勢之向量和，由圖示可知合成後之總磁動勢和轉子磁極垂直，其產生之磁通和轉子磁通正交，依磁鐵與磁鐵相吸、相斥原理，使轉子受力而轉動。同理，在B點時，線圈產生之磁通能經常和轉子磁通正交，就能得到圓滑之轉矩而構成無刷及效率良好之馬達。

2.3 ADIO-L298N [3]

L298N是ST公司生產的一種高電壓、大電流電機驅動晶片。該晶片採用15腳封裝。

主要特點是：工作電壓高，最高工作電壓可達46V；輸出電流大，瞬間峰值電流可達3A，持續工作電流為2A；額定功率25W。內含兩個H橋的高電壓大電流全橋式驅動器，可以用來驅動直流馬達和步進馬達、繼電器線圈等感性負載。

採用標準邏輯電平信號控制；具有兩個使能控制端，在不受輸入信號影響的情況下允許或禁止器件工作有一個邏輯電源輸入端，使內部邏輯電路部分在低電壓下工作。

可以外接檢測電阻，將變化量反饋給控制電路。

使用L298N晶片驅動馬達，該晶片可以驅動一台兩相步進馬達或四相步進馬達，也可以驅動兩台直流馬達。

驅動器使用手法如圖2.5所示。

3. 理論與實驗設計

3.1 車身車架建構

首先我們先從具備所需功能這個著眼點下手，針對與車體構造有關的部分去思考該如何建構車體的架構。

我們最先發現過去的車體具有重量過重的問題，這會間接的影響整體的穩定度與堅實程度，同樣對伸縮桿造成更大的負擔同時降低可負載重量的能力，我們選擇先削減作為電池儲物槽的木箱的體積。如圖3.1、3.2。

接著為了具備在左右與前後都有辦法伸縮的功能，在每個木箱之間用一支伸縮桿連接，伸縮桿接點則是鎖在與木箱相接的不銹鋼板上。如圖3.3。

不鏽鋼板為一個連接伸縮桿、輪子、千斤頂和木箱的媒介，本身為一0.5mm厚的不銹鋼材，具備

固定木箱、伸縮桿、千斤頂的孔。如圖3.4。

木箱為一厚約1~1.5cm的木材所構成，具備可動式的上蓋，方便置入電池與一些控制線路。如圖3.5。

3.2 伸縮抬升實現方法

在伸縮桿跟千斤頂的控制上我們選用Arduino來製作控制的線路，利用Arduino板加上驅動器去製作整體配線。

Arduino程式的撰寫步驟如下：

1. 設定訊號腳位。如圖3.6。
2. 設定藍芽。如圖3.7。
3. 設定主程式，接收到字元執行相對應的動作。如圖3.8。
4. 設定副程式，伸縮功能。如圖3.9。
5. 設定副程式，抬升功能。如圖3.10。

3.3 藍芽控制實現方法

在製作藍芽控制的方面我們使用APPInventer製作APP並下載至一般手機中進行控制，最後再配合Arduino側的藍芽控制程式實現使用手機控制伸縮與抬升的功能。

App的製作撰寫過程如下：

1. 設定一變數來顯示按下按鍵。如圖3.11。
2. 設定一變數來顯示被按下的按鍵。如圖3.12。
3. 建立藍芽清單。如圖3.13。
4. 設定藍芽清單功能，如果藍芽有連線，所有功能按鍵啟動。如圖3.14。
5. 設定中斷按鈕，如果按下中斷，所有功能按鍵鎖定不能被按下，僅剩餘藍芽連線可使用，重新連結藍芽。如圖3.15。
6. 設定功能按鍵-輪軸馬達：前後左右停，按下按鍵送出一個值(該功能啟動)，放開也會送出一個值(停止)。如圖3.16。
7. 設定功能按鍵-伸縮動作：前後伸縮與左右伸縮，按下按鍵送出一個值(該功能啟動)，放開也會送出一個值(停止)。如圖3.17。
8. 設定功能按鍵-抬升動作：平台的升高與下降，按下按鍵送出一個值(該功能啟動)，放開也會送出一個值(停止)。如圖3.18。

4. 結果與討論

4.1 車身車架構造

在組裝的過程中我們發現，在車體四邊各只使用一根伸縮桿的情況之下，在車體的平衡上我們很難取得穩定。

不管是千斤頂還是輪子立於地面的情況皆可能因為組件的位移而造成架構的鬆散，故我們在更多伸縮桿等資源上取得較為困難的情況下選擇將伸縮桿的組裝從四邊各一根改為一邊兩根，最終只有兩邊擁有伸縮桿的設計，並在剩餘的兩側安裝舊式的連桿作為代替。如圖4.1。

並為了解決因為伸縮桿尺寸跟組裝用不銹鋼板不完全吻合而有空隙的情況，我們選擇使用與木箱相同的木材製作木塊填補在伸縮桿與不銹鋼板間的空隙，穩固伸縮桿的安裝不讓伸縮桿因為此空隙而有多餘的位移進而影響車體的穩定度。如圖4.2。

4.2 藍芽控制伸縮抬升

藍芽與APP的結合相當成功，可以成功使用手機藉由藍芽控制伸縮桿與千斤頂的抬升，整體的操作相當的直觀，但因為藍芽訊號距離的限制，在實務使用上可能需要更進一步的研究與改良。

Arduino板的接線上也可能需要因應車體的構造去做更深一步的配置，讓車體在伸縮上不影響整體線路的穩固性，進而不讓伸縮與抬升的控制發生故障與錯誤。

APP撰寫完成與APP完成後在手機上呈現的畫面如圖4.3和圖4.4所示。

5. 結論

5.1 車體架構

伸縮平台的概念在建構模型的過程中可以得知是可行的，但如果要應用在實務上則需要更多數據上的研究去支持跟改良，不管是在負重方面上需要更多的測試抑或是車體在均衡性上的加強也需要更多的組件去建構，需要擁有穩固的構造就必須針對各種細節去做零件上的訂做，藉由裝上更加吻合的細部零件可以在車體架構上更加精進。

5.2 控制層面

APP控制在現今環境之下是相當便利的手法，但使用藍芽作為無線的控制手段可能是個相對不穩定的形式，藍芽可能遭遇訊號阻擋或是訊號源本身不夠穩定的阻礙影響，相對於傳統的紅外線控制或是實線控制來說可能相對的比較不穩定，所以如何在無線控制上取得更佳的穩定性是未來一個精進的方向。

6. 參考文獻

1. 楊智為、曾健銓，雙電動推桿同步控制，碩士論文，逢甲大學自動控制工程學系，台灣，2009
2. 歐晉宏、陳冠祥、王梓旭，直流無刷馬達控制，碩士論文，崑山科技大學電機工程系，台灣，2013
3. <http://shop.cpu.com.tw/product/46920/info/>
4. 趙英傑，超圖解 Arduino 互動設計入門(第3版)
5. 王安邦，MIT App Inventor 2 易學易用：開發 Android 應用程式
6. 張雯翔、張家榮、許凱翔、常文峻，直流無刷馬達原理與驅動控制，專題報告，國立虎尾科技大學電機系，台灣，2013
7. 李維庭，應用於電動車及混合電動車之雙模式整合電路與控制技術的研製，碩士論文，國立臺北科技大學，台灣，2013

8. 無刷直流 BLDC 馬達控制實務：使用 Atmel SAM C21 ARM Cortex-M0+ 控制核心，旗威科技有限公司

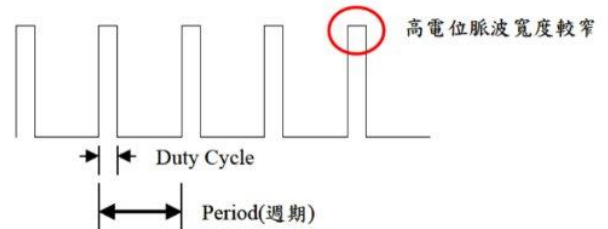


圖2.1 PWM動作原理於低轉速時



圖2.2 PWM動作原理於高轉速時

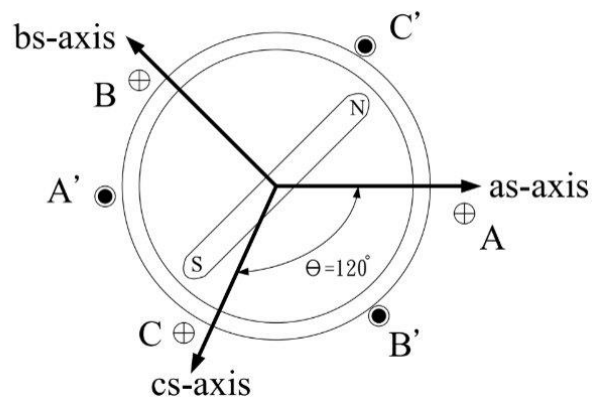


圖2.3 三相二極直流無刷馬達構造圖

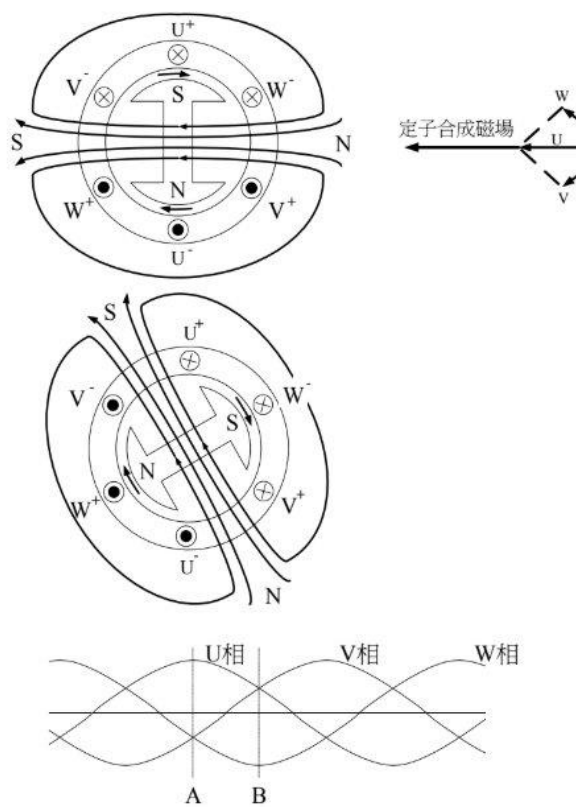


圖2.4 無刷馬達驅動的轉動磁場原理圖

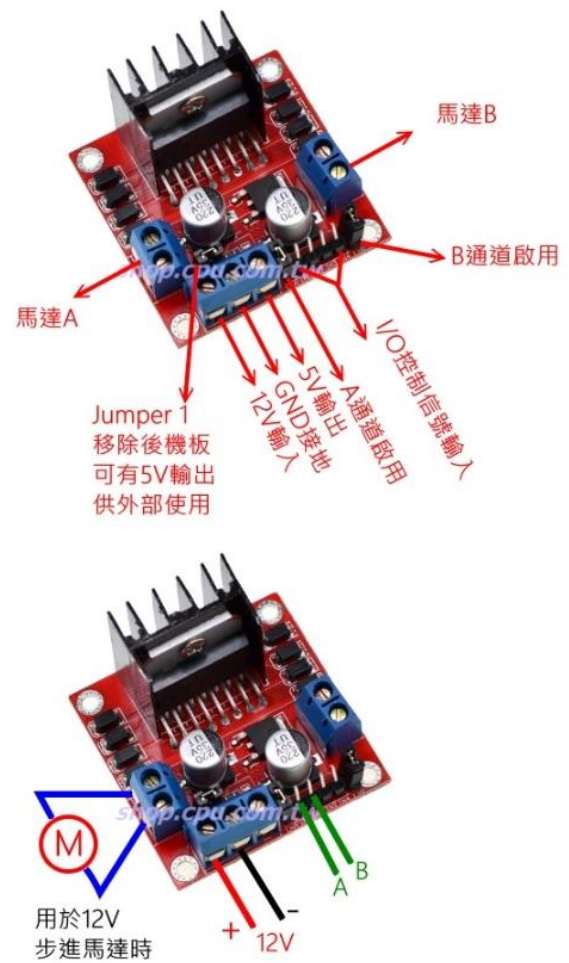


圖2.5 驅動器接線方法



圖3.1 削減前的木箱



圖3.2 削減後的木箱

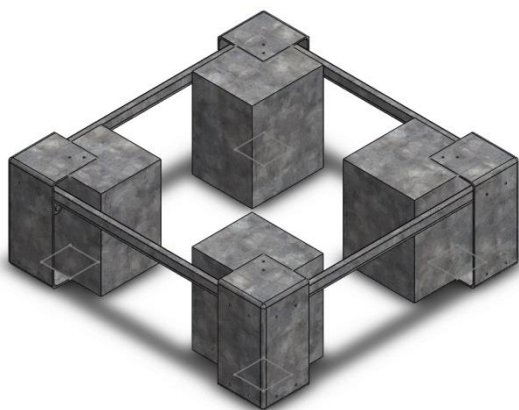


圖3.3 伸縮桿與木箱連接示意圖



圖3.4 不鏽鋼板實體圖

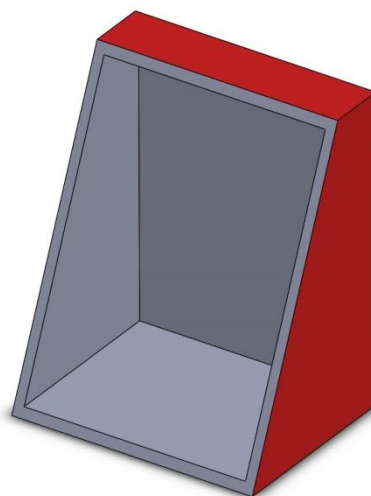


圖3.5 木箱剖面示意圖

```

#include<SoftwareSerial.h>
#include <Wire.h>
SoftwareSerial BT(12,13);
const int rightleft11 = 6; //左右推桿伸縮
const int rightleft12 = 5;
const int rightleft21 = 4;
const int rightleft22 = 3;

const int frontback11 = 10; //前後推桿伸縮
const int frontback12 = 9;
const int frontback21 = 8;
const int frontback22 = 7;

const int rise = 11; //抬升
const int down = 2;

```

圖3.6 設定訊號腳位

```

void loop() {
  int btin;
  int input;
  if((btin=(BT.available()))>0){
    Serial.print("input size = ");
    Serial.println(input);
    Serial.print(input=char(BT.read()));
    Serial.print("\n");
  }
}

```

圖3.7 設定藍芽

```

switch(btin) {
  case 101: //前後伸展
    forward();
    delay(1000);
    break;
  case 99: //前後縮合
    backward();
    delay(1000);
    break;
  case 113: //左右伸展
    left();
    delay(1000);
    break;
  case 122: //左右縮合
    right();
    delay(1000);
    break;
  case 116: //伸縮停止
    motorstop();
    delay(1000);
    break;
  case 114: //r, 抬升
    rise1();
    delay(1000);
    break;
  case 102: //f, 下降
    down1();
    delay(1000);
    break;
  case 104: //h, 抬升停止
    down1();
    delay(1000);
    break;
}

```

圖3.8 設定主程式

```
void motorstop() {
    digitalWrite(rightleft11, LOW);
    digitalWrite(rightleft12, LOW);
    digitalWrite(rightleft21, LOW);
    digitalWrite(rightleft22, LOW);
    digitalWrite(rise, LOW);
    digitalWrite(down, LOW);
}

void forward() {
    digitalWrite(rightleft11, HIGH);
    digitalWrite(rightleft12, LOW);
    digitalWrite(rightleft21, HIGH);
    digitalWrite(rightleft22, LOW);
    digitalWrite(rise, LOW);
    digitalWrite(down, LOW);
}

void backward() {
    digitalWrite(rightleft11, LOW);
    digitalWrite(rightleft12, HIGH);
    digitalWrite(rightleft21, LOW);
    digitalWrite(rightleft22, HIGH);
    digitalWrite(rise, LOW);
    digitalWrite(down, LOW);
}

void left() {
    digitalWrite(frontback11, HIGH);
    digitalWrite(frontback12, LOW);
    digitalWrite(frontback21, HIGH);
    digitalWrite(frontback22, LOW);
    digitalWrite(rise, LOW);
    digitalWrite(down, LOW);
}

void risel() {
    digitalWrite(rise, HIGH);
    digitalWrite(down, LOW);
}

void down1() {
    digitalWrite(rise, LOW);
    digitalWrite(down, HIGH);
}

void stop1() {
    digitalWrite(rise, LOW);
    digitalWrite(down, LOW);
}
```

圖3.9 設定伸縮副程式

```
void risel() {
    digitalWrite(rise, HIGH);
    digitalWrite(down, LOW);
}

void down1() {
    digitalWrite(rise, LOW);
    digitalWrite(down, HIGH);
}

void stop1() {
    digitalWrite(rise, LOW);
    digitalWrite(down, LOW);
}
```

圖3.10 設定抬升副程式

initialize global current to " "

圖3.11 設定變數-按下按鍵

when Screen1.Initialize
do if 藍芽清單.Enabled = false
then call Notifier1.ShowAlert notice "尚未開啟藍芽"
set 藍芽清單.Enabled to true
set 中斷.Enabled to false
set front.Enabled to false
set left.Enabled to false
set back.Enabled to false
set right.Enabled to false
set stop.Enabled to false
set 前後伸.Enabled to false
set 前後縮.Enabled to false
set 左右伸.Enabled to false
set 左右縮.Enabled to false
set rise.Enabled to false
set down.Enabled to false

圖3.12 設定變數-顯數按下的按鍵

when 藍芽清單.BeforePicking
do set 藍芽清單.Elements to BluetoothClient1.AddressesAndNames

圖3.13 建立藍芽清單

when 藍芽清單.AfterPicking
do if BluetoothClient1.Connect address 藍芽清單.Selection
then set 藍芽清單.Enabled to false
set back.Enabled to true
set front.Enabled to true
set left.Enabled to true
set right.Enabled to true
set rise.Enabled to true
set stop.Enabled to true
set 中斷.Enabled to true
set 前後伸.Enabled to true
set 前後縮.Enabled to true
set 左右伸.Enabled to true
set 左右縮.Enabled to true
set rise.Enabled to true
set down.Enabled to true

圖3.14 設定藍芽清單功能



圖3.15 設定中斷按鈕



圖3.17 設定功能按鍵-伸縮



圖3.16 設定功能按鍵-輪軸馬達

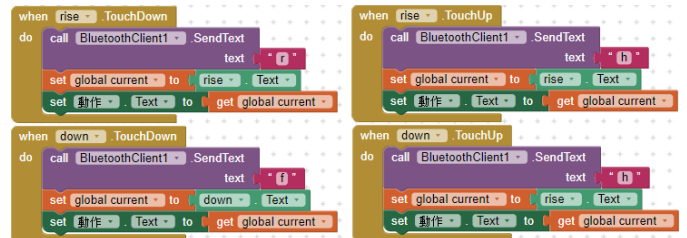


圖3.18 設定功能按鍵-抬升



圖4.1 更動後車架



圖4.2 木塊連接處

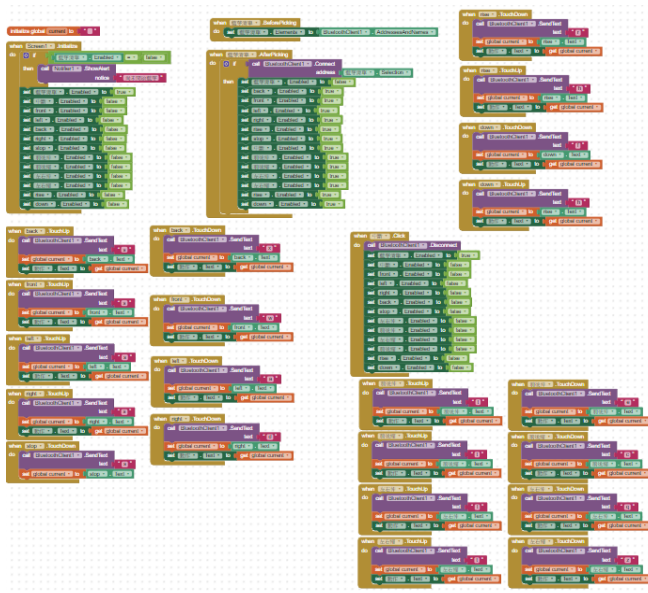


圖4.3 完整APP程式示意圖



圖4.4 手機APP畫面示意圖

自動化溫室箱

沈秉勳^{1*}、趙國安²

國立臺灣師範大學工業教育學系能源應用組^{1,2}

指導老師：郭金國 教授

Email: cclove411@gmail.com

摘要

從過往至今市面上的蔬果種類不計其數，從低價位到高價位的蔬果應有其有，但也應各類蔬菜水果之成長有利因素大不相同，導致蔬果會因成長環境而有所差異，能夠影響蔬果生長的因素有非常多，包括溫度、濕度、空氣、土壤、陽光照射度、水分，諸多的原因能影響到蔬果生長的好壞，也因如此，造成在種植蔬果上有許多條件上的限制，而基於上述條件，蔬果所生長的地區也有所不同，而當我們要至偏遠山區運輸高價位蔬果時，往往會耗費掉許多運輸成本、人力成本等等，都是我們會考量的根本原因，更重要的是途中會浪費許多不必要的能源，也因此我們希望透過我們的專題課程，打造一個小型的模擬自動化溫室，希望能透過溫室種植出各式各樣常見的的蔬果，即使在不同的季節，使用Arduino 程式設計，消費者只需選擇希望種植的蔬果，該程式就會開始從資料庫擷取相對應的種植資料，從而調整每項對蔬果所需的成長條件，本次我們將採用較簡單種植之蔬菜，以利模擬此專題之操作，希望將來能夠為社會帶來更多的便利性，也能夠減少能源不必要之浪費。

關鍵字: 智慧溫室、Arduino、蔬果種植、生長環境

1. 前言

1.1 研究動機

現代節能意識抬頭，直接節省能源的來源已是常見的措施，這時放在口中的食物讓我們想到了溫室，又想到現代人對於食安的問題日漸重視，節能、溫室、居家種植從這三點讓我們聯想到擁有蔬果資料庫的自動化溫室，本研究希望能透過溫室來節省不必要的資源浪費，並且在我們使用Arduino程式整合後，能夠將常見的種植參數(例:水、陽光.....)，全數於溫室可以控制，這樣就能在非該蔬果所適應之地區或時間種植所需的蔬菜。

1.2 研究目的

使用自動化溫室箱控制陽光、溫度、水種植蔬果，把龐大的蔬果數據輸入進溫室箱裡，使蔬果大幅減少人力的耗費，自動化也能使種植過程節省能源不必要的浪費(例如:澆水的多寡)，這樣在家裡也

可以種植出有機無農藥的美味蔬菜，也不受季節時間的影響且無須花費過多時間照顧該作物。

1.2 研究方法

1. 蒐集文獻:蒐集相關文獻資料，蔬菜所需各項種植條件，以利我們製作出自動化溫室箱，及建構蔬果最佳生長環境參數之資料庫。
2. 實體製作:使用現有成品的溫室箱，加以改良實現控制日照、灌溉、溫度各項功能的運作。
3. 軟體應用:全數使用Arduino程式，把日照、灌溉、溫度功能整合起來成自動化並結合蔬果選單。

2. 文獻回顧

2.1 溫室環控設備

從控制器的架構、價格、功能與控制複雜度來看，可約略區分為開關控制、多段控制、微電腦控制、專用型環控電腦控制、集中型電腦系統控制等五種類型，前兩者多使用工業配電箱作為控制器，微電腦控制顧名思義乃使用單晶片微電腦進行控制，至於後兩者則由工業電腦擔任控制器的角色。

2.2 各國智慧溫室技術

2.2.1 荷蘭

現代溫室技術日益成熟，在西方有一國家-荷蘭，將溫室概念推展至與住家結合如圖1，已封閉式的循環概念應用於溫室內嘗試解決各種物質資源的永續利用，溫室農耕封閉式循環概念是溫室運用的最佳典範。荷蘭的溫室概念是符合環境友善性、經濟可行性以及生態永續性的解決方法，而他的生活、生態、生產維護也是合為一體。荷蘭溫室概念實現除了歸功於結合地底下的儲水層及熱泵的能量產製溫室外，主要的關鍵在於如何強制與空氣循環結合，且非常有效的冷卻與加熱空氣之細線熱交換器，讓23-24°C的水加熱居住房子成為可能，且經過研究證實該熱交換器比傳統板狀熱機換氣要來的有效22倍。溫室的能量平衡顯示2公頃溫室與7-8 公頃住居區域(200 戶房子)可以合理共生。而且溫室有主要四大項較封閉之物質循環：純化的飲用水、再生的灌溉水、食物，以及有機廢棄物管理所生沼氣。

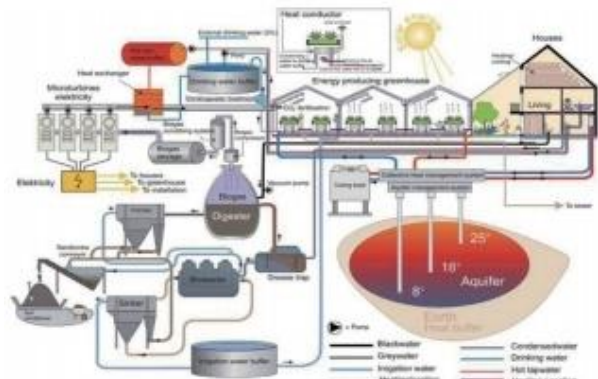


圖1 荷蘭溫室村概念

2.2.2 日本

位於日本東京西南方神奈川縣秦野市的 Granpa 農場如圖2，利用圓頂型的塑膠部大型溫室來水耕無土栽培萵苣類蔬菜。栽培系統使用可以自動旋轉的放射型滑軌，並於溝槽裝置有可以植固定種植蔬菜的塑膠滑塊，一個栽培單位為滑塊。當從圓心往外延伸的滑軌轉動時，滑軌槽內的栽培單位會受到一個由圓心往外迴旋的螺旋狀導軌的牽制而呈螺旋狀往外輸送，形成一個圓形的栽培面。由最內圈固定種植開始，植物栽培生長，同時螺旋狀的往外自動移動，抵達最外圈之後就可以採收了，有效的利用地板面積以增加該作物的產量，據研究可以增加兩倍以上的生產力，就算下雨也可以強制通風，透明屋頂無阻擋可以最大化的利用陽光與組合模組，即可快速安裝，以上皆為該溫室之優點。



圖2 日本 Granpa 農場平面式圓頂型塑膠布溫室

2.3 光對於植物的影響

光譜範圍對植物成長的影響

1. 280~315nm: 此種波長已屬紫外線光線，對於各類動植物，均有直接壓制性生長的功能，對形態與生理過程的影響極小。
2. 315~400nm: 此種光波屬於遠紫外線光雖無紫外線那麼傷害植物，為對植物生長並無直接作用，葉綠素吸收少影響光週期效應，阻止莖伸長。
3. 400~520nm (藍): 此類波長可直接使植物根、莖部位生長，對於葉綠素與類胡蘿蔔素吸收比例最大，對光合作用影響最大。

4. 520~610nm (綠): 綠色性植物排斥性推擠，綠色素的吸收率不高。

5. 610~720nm (紅): 植物的葉綠素吸收率不高，唯有紅色波長對於光合作用與植物生長速度有顯著影響。

6. 720 ~ 1000nm: 此類波長屬於紅外線波長，對於植物的吸收率低，可直接刺激細胞延長，會影響開花與種子發芽。

7. >1000nm: 已接近雷射光波長已轉換成為熱量。

綜觀以上的植物與波長資料來看，不同波長的光線對於光合作用都有所影響，植物對於光合作用所需要的光線中，400~520nm (藍色) 光線，以及610~720nm (紅色) 對於光合作用貢獻最大，而520~610nm (綠色) 光線，對於植物行使生長作用的功效比率很低。按照以上資料植物只對於400~520nm (藍色) 及610~720nm (紅色) 的波長是最有幫助的生長，所以學術概念下的植物燈都是做成紅藍組合、全藍、全紅三種形式，以利提供紅藍兩種波長的光線，用來覆蓋植物行光合作用所需的波長範圍。通常植物燈的紅藍燈顏色比例一般在5:1~10:1之間比較好，通常可以選擇7~9:1的比例，比例分配需用電燈的亮度比為混光依據，不適採用電燈的數量為混光依據。種植植物時的 led 燈通常距離葉片的高度為30-50公分左右，這中間依然需要實際依種植植物的種類給予不同光強度，調整高度是最常見控制亮度的方法。

2.4 蔬果最佳種植環境

2.4.1 長日照

這類作物需要8個小時的日照時間，瓜類、茄果類、豆類、山藥、豆薯(地瓜)、番茄、黃瓜、茄子、辣椒等喜溫中、強光性蔬菜夏秋季生產，玉米、青椒、西瓜、南瓜、西紅柿、茄子、芝麻、向日葵類。

2.4.2 半日照

此種作物為根莖類，如：馬鈴薯、甜菜、胡蘿蔔、白蘿蔔、甘藷、山藥等等。至少需半日照，才能生長，芋頭雖喜歡全日照，但比其他蔬菜更能耐蔭。

2.4.3 耐陰半陰(3-4小時日照)

需選擇耐陰的蔬菜種植，如萵苣、韭菜、蘆筍、香椿、蒲公英空心菜、木耳菜等。中芹菜、生菜、茼蒿、薄荷。朝東、朝西陽台為半日照，適宜種植喜光耐陰蔬菜，如洋蔥、油麥菜、小油菜、韭菜、絲瓜、香菜、蘿蔔等。芹菜、芫荽以及蔥蒜類等喜冷涼中、弱光性蔬菜夏秋季生產，菠菜、萵筍、烏塌等耐寒、半耐寒葉菜冬季覆蓋，選用銀灰色遮陽網有利於保溫防霜凍。

2.4.4 短日照

作物所需日照時間若小於兩小時，需要較弱光照菠菜、韭菜、芹菜、茼蒿、萵苣、小白菜、小蔥。

2.4.5 喜熱型

喜溫性蔬菜的生長發育階段低於10—15°C則影響作物花芽分化和開花結果，這種類型的作物最適宜的溫度為18~26°C。例如：菜豆、生薑、黃瓜及茄果類等均屬於這類蔬菜。喜熱、不能接受寒冷的作物，如：蕃茄、茄子、青椒、甘藷、花生、四季豆、毛豆、各種菜豆、西瓜、南瓜、黃瓜、葫蘆、苦瓜、絲瓜、甜瓜、莧菜、空心菜、玉米、芋頭、芝麻、向日葵、空心菜等。

2.4.6 耐寒型

耐寒性蔬菜地上部分可長期忍耐-1~2°C低溫，短期可忍耐-3~-5°C，生長發育最適宜的溫度為18°C左右。例如：甘藍、菠菜、大蔥和油菜等均屬於這類蔬菜。耐寒性蔬菜白菜、菠菜、大蔥、大蒜。(-5~-15攝氏度)耐寒適應性比較廣的蔬菜屬於這種類型的蔬菜對於低溫的適應能力與半耐寒性的蔬菜基本相似，個別蔬菜如韭菜，地下根可以忍耐-30°C的低溫，它的生長適宜溫度為12—14°C。這類蔬菜有大蒜、茭白、金針菜和石刁柏等。

2.4.7 喜寒型

半耐寒性蔬菜在地上的部分可以忍受短期-1°C至2°C的低溫，生長後期最高溫度不得超過20°C左右，否則生長發育不良；生長最適宜的溫度為15—20°C。屬於這類蔬菜的有：大白菜、蘿蔔、胡蘿蔔、豌豆、芹菜和萵苣等。半耐寒性蔬菜白菜、甘藍、芹菜、蘿蔔、胡蘿蔔、蠶豆、豌豆、萵筍。(-1~20攝氏度)。

2.5 Arduino基本語法

Arduino 的程式語法基於 C/C++，其實就是客製化的 C/C++ 語言，其程式架構仿自於 Processing 語言，而其開發工具 Arduino IDE 則是衍生自以 Processing 為基礎的電子開發設計平台 Wiring，由於 Processing IDE 使用 Java 撰寫，因此 Arduino IDE 有自帶一個 JRE。Processing 語言撰寫的程式稱為 Sketch (草稿碼)，是簡化後之 Java 語法，經 IDE 編譯變成可執行的 Java 類別，而 Arduino IDE 則是以 Processing IDE 為架構，但是採用了 C/C++ 語法。

Arduino 程式可由五個部分組成：

1. 匯入函式庫與定義 (可有可無)

例：`#include <xxxx.h>`

`#define LEDPIN 13;`

2. 宣告常數與全域變數 (可有可無)

例：`const float x=9;`

`int r;`

3. 設定函式 (必要)

例：`void setup() {}`

4. 無限迴圈 (必要)

例：`void loop() {}`

5. 自訂函式 (可有可無)

例：`float area(float r) {}`

`float a=PI*r*r;`

`return a;`

`}`

其中 `setup()` 與 `loop()` 是一定要有的函式 (均無參數無傳回值)，其他則是有需求再增加。Arduino 語言採用 C/C++ 語法，加上以 Wiring 為基礎的電子設計核心函式庫組合而成，包括 Digital I/O, Analog I/O 等函式庫，內建的函式庫可直接調用，但若有使用第三方函式庫 (例如感測器模組所需的函式庫)，則必須使用 `include` 前置指令引入，也可以用前置指令 `define` 定義一個常數或巨集 (運算式)。

前置指令是 C 編譯器指令，不屬於 C 語言本身，其用途有三：

1. 引入標頭檔：

例如：`#include <myLibrary.h>` 或 `"myLibrary.h"`

2. 定義常數：

例如：`#define PI 3.14159`

3. 定義巨集：

例如：`#define AREA(r) PI*r*r`

所以前置指令的功能一言以蔽之就是替換，`include` 就是在標頭處以指定之檔案內容替換，而 `define` 就是在程式中用到所定義之常數與巨集名稱時，以其內容替換，巨集的功能事實上與函數類似，不同之處是函式呼叫使用堆疊，而巨集則是直接放在原始碼中，執行效率較快。

3. 實驗設計

3.1 研究系統

使用奈米材料暨鑄造工程實驗室所擁有的壓克力溫室箱如圖3加以延升，溫室箱具備：

1. 溫度感測器
2. 土壤濕度感測器
3. LED 燈
4. 空氣濕度感測器
5. 抽水馬達
6. 超音波加濕器
7. PH 值檢測
8. 遮陽簾
9. 日夜監控
10. 風扇
11. Arduino 控制板

依據我們的想法把功能分成四類如表1

表1 四大功能

功能	所需材料
蔬果選單	Arduino 控制板
光照系統	LED 燈
灌溉系統	抽水馬達、土壤濕度感測器
溫度系統	溫度感測器、加熱器、風扇

根據上述之功能我們添購了加熱陶瓷晶片及散熱風

扇作為加熱器。

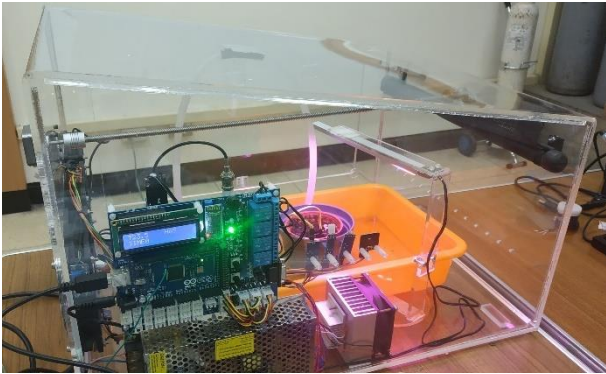


圖3 壓克力溫室箱

1.2 實驗方法

為了要讓溫室箱擁有蔬果選擇的功能，所以首先我們參考許多有關蔬果生長環境的文獻作成一份蔬果選單，之後為了要可以控制光照、溫度、灌溉這三項功能，所以我們分別去做硬體的設置以及軟體的編寫測試是否能達到我們所需的功能。

3.2.1 蔬果選擇系統

蒐集各項常見蔬果種植之最佳環境並且參考資料選出最人性化的蔬果分類做成一份選單如圖4輸入Arduino控制板如圖5讓人們種植前不需要大費周章查詢該蔬果種植的環境，只要使用溫室箱上的按鈕選取如圖6就可以開始種植該蔬果。



圖4 蔬果分類

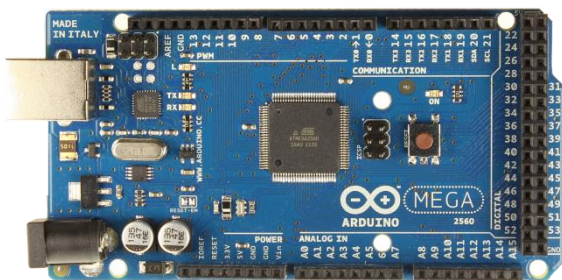


圖5 Arduino MEGA板



圖6 按鈕

3.2.2 光照系統

使用植物光合作用最需要的兩種光的波長如圖7紅、藍混合的LED燈如圖8照射蔬果並以Arduino控制照射的時長，測試亮-暗時間是否跟輸入進去的一樣

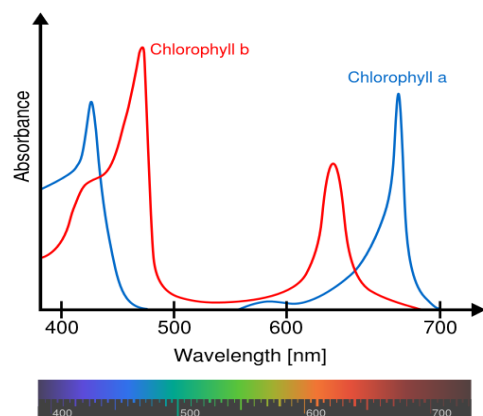


圖7 葉綠素吸收光譜



圖8 紅、藍LED燈

3.2.3 灌溉系統

利用土壤濕度感測器測量如圖9目前土壤溼度以及抽水馬達如圖10，達到灌溉蔬果的作用，需要把土壤溼度感測器所測回傳到Arduino板的值利用方程式轉換成0~100%，還有抽水馬達出水口水管的擺放位置的探討。



圖9 土壤溼度感測器



圖10 抽水馬達

3.2.4 溫度系統

使用溫度感測器如圖11、加熱器如圖12及三個12cm*12cm的風扇如圖13做到升溫降溫的動作，加裝加熱器並測試加熱晶片瓦數是否夠大能使溫室空間的溫度上升，以及風扇降溫的效果是否夠力，校準溫度感測器的方程式使其能精準量測到正確溫度。



圖11 溫度感測器



圖12 加熱器(左)由加熱晶片(右上)及散熱器組成(右下)

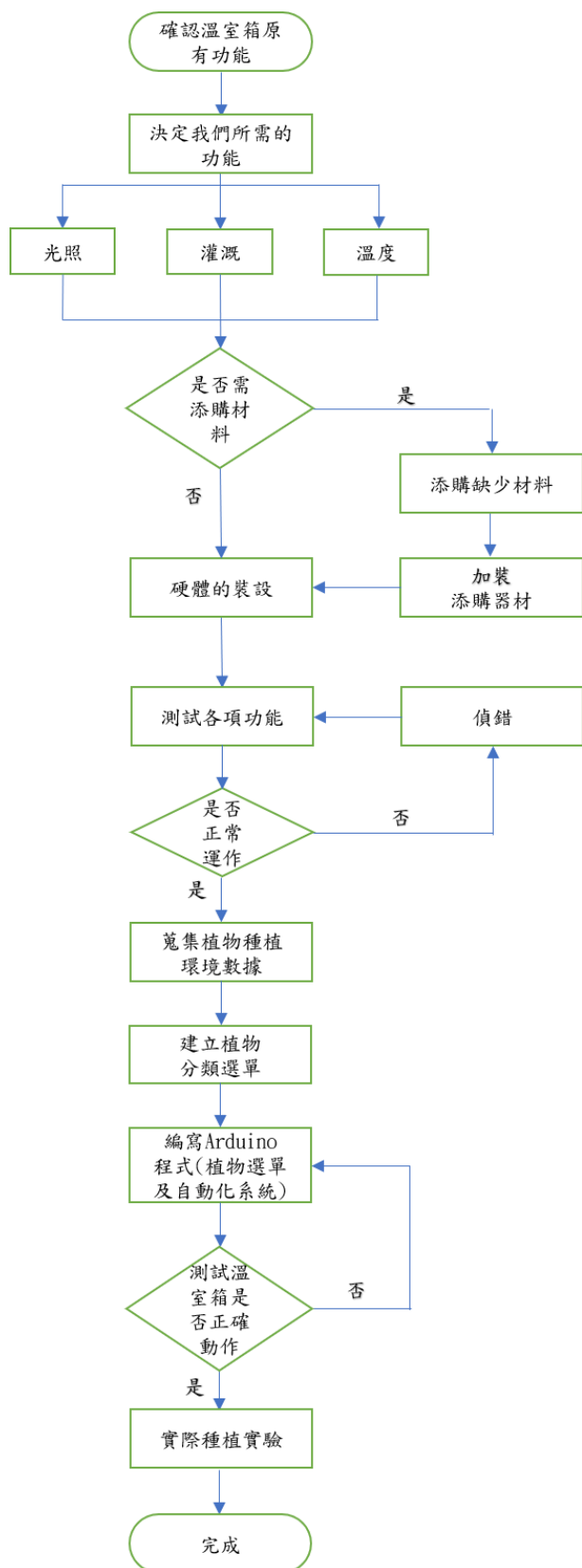


圖13 三個12cm*12cm的風扇

3.2.5 綠豆芽種植實驗

為了證明我們的溫室箱具有自動化的功能，能夠自動控制光照、灌溉、溫度，讓蔬果不需耗費人力照顧也能成功的成長，因時間上的限制我們採用了豆芽菜當作實驗對象，來當作實驗的植物。

3.3 研究步驟



4. 結果與討論

4.1 機構配置

把各項裝置裝設在溫室箱內，並且也放置新、舊水盆盛裝新水以及廢水，虛擬俯瞰圖如圖十四，實體如圖15、16。

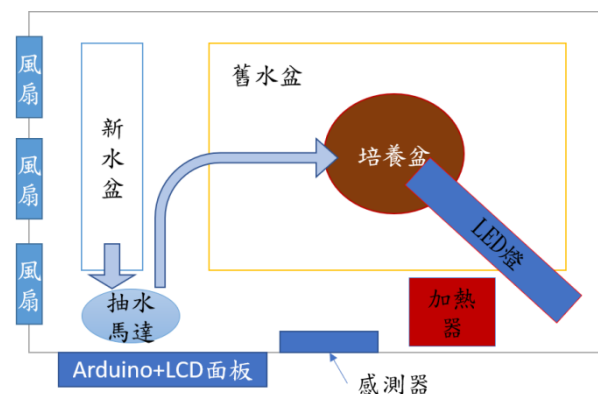


圖14 溫室箱機構配置俯瞰圖

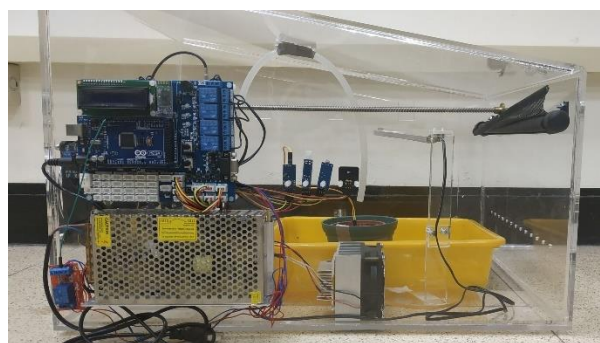


圖15 溫室箱左側圖

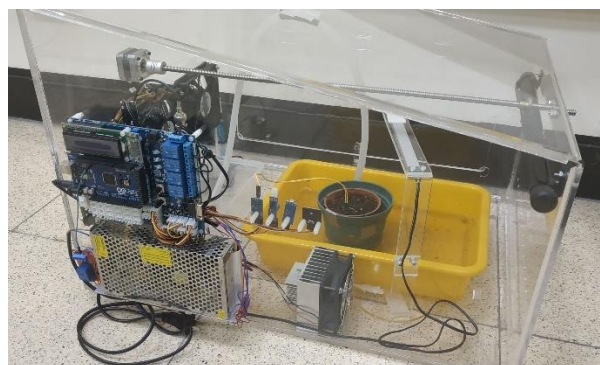


圖16 溫室箱斜看圖

4.2 各項功能控制

在經過加工改造之後，進行我們各項功能的實測，已確定該裝置為正常狀態，主要分為四大部分，其一，溫度控制，運用加熱器及風扇加以控制溫室箱內的溫度；其二，灌溉控制，使用抽水馬達控制土壤溼度；其三，光照控制，利用LED燈模擬太陽光。

4.2.1 溫度控制

將加熱器加裝自動化溫室箱裡，並利用溫度感測器量測室內溫度變化，再配合蔬果數據做出升溫或降溫的動作，加熱器經過多次測試本來想以安全為考慮不使用大電流先以0.5A/6W當作加熱片，但實測後發現加熱的效率實在太低了，所以我們決定使用目前能購買到的最大功率8A/96W當作加熱器的加熱片，為了怕電流過大燒壞原有的電路板，於是外加了一顆繼電器確保安全，並且實測加熱器從25°C~27°C花90秒就可到達，風扇降溫效率十分有限因為只能從外面吹風進來就像電風扇一樣，大約只能從室溫降低1°C~2°C，溫度感測器修正方程式(1)，並且同步顯示在LCD螢幕上如圖17。

$$\text{溫度} = (\text{測量值} * 500.0) / 1023.0 + 3.0 \quad (1)$$



圖17 LCD螢幕(T指溫室箱內溫度)

4.2.2 灌溉控制

將濕度感測器安插至培養盆裡的泥土當中如圖18，量測土壤目前之濕度，配合蔬果數據利用抽水馬達進行澆水的動作，土壤溼度感測器量測值轉換0~100%的方程式如表2，抽水馬達水管放置位置有兩種一種是從旁邊澆水另一種是從上面澆水如圖19，經由評估後決定以實用性為主使用上面澆水的方式如表3。



圖18 灌溉控制

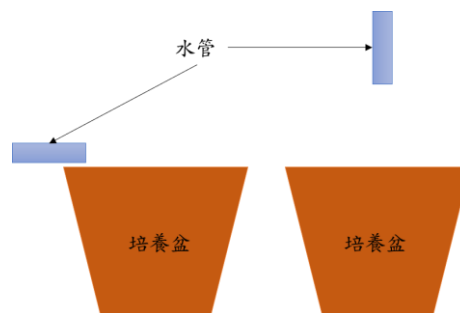


圖19 水管放置位置

表2 土壤溼度感測器量測值轉換方程式

	沒水	水裡
感測器回傳值	1018	370
顯示值	0	100
校準方程式	顯示值 = (1018.0 - 回傳值) * 0.154	

表3 水管放置位置評估

	旁邊	上面
美觀	勝	
實用		勝
水管內水的殘留較少		勝
噴濺較少		勝

4.2.3 光照系統

在自動化溫室箱內放置LED燈，以模擬日常中的太陽光，根據每種蔬果的生長所需環境，給予不同時長光照，並以24小時制顯示在LCD螢幕上如圖20，為蔬果日照時間計時，假設一種蔬菜需要8小時日照，那LED燈在一開始時就會先亮8小時第9個小時就會暗掉，並且計時到24小時LED燈又會再度亮起計時器同時也會歸零。



圖20 LCD螢幕(TIME為24小時制的計時器)

4.3 蔬果選單

蔬果分類可以從食用部位(根、莖、葉)、種植時間(春夏秋冬)、植物學上的分類(瓜果類、十字花科)、生長習性(水生、土生).....這些去分類各種蔬果，經由我們的評估選擇食用部位當作我們分類的依據，因為食用部位是最容易理解的分類如圖21，一開始分為五大類:根菜類、莖葉類、葉菜類、花菜類、其他，並加以細分各大類別，以利快速尋找所

需的作物，再以這些分類把蔬果的資料如表4輸入進Arduino板裡面供選擇。

表4 蔬果種植最佳環境

植物	溫度	日照	水分
番薯	20~30	12	60~70%
豆薯	20~30	8	50%
白蘿蔔	18~22	8	65~80%
紅蘿蔔	18~23	8	60~70%



圖21 食用部位分類表

4.4 自動化

依據我們的研究目的，最終是要讓該溫室箱擁有自動化的功能，因此Arduino板為一重要關鍵，運用Arduino系統，建立一蔬果選單，讓我們能夠自由選擇想種植之作物的最佳種植環境，利用三顆按鈕操控在LCD面板上的*字號如圖22選擇該作物的分類，開始種植時LCD面板會變成監控溫室內各項數值如圖23T為溫度、H為土壤溼度、TIME為日照計時器，並將作物放置自動化溫室箱，該溫室箱即可自行種植該作物，無須其他人力的照顧。

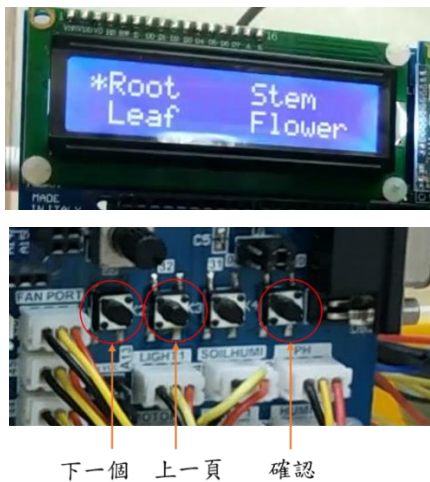


圖22 蔬果選單首頁與按鈕



圖23 LCD監控螢幕

4.5 綠豆種植結果

我們總共放了四顆綠豆種植在溫室箱裡三天，並且過程中完全沒有進行人為的干涉，全部交由溫室箱自動化種植，三天後四顆都發芽了雖然有一顆比較矮小如圖24，但這樣證明了我們自動化溫室是可以真正種植蔬果的。



圖24 溫室箱內綠豆芽

4.6 動作流程圖

溫室箱一開始起動先測試各項功能是否正常，這時蔬果選單會顯示在LCD螢幕上方，選擇想要種植之作物，自動化系統便會開始動作，同時監控箱內溫度、土壤溼度、日照時間數值並顯示在LCD螢幕，當偵測到溫度太低時加熱器啟動，太高時風扇啟動，時間控制LED燈的亮暗，偵測土壤溼度為作物及時澆水如圖25。

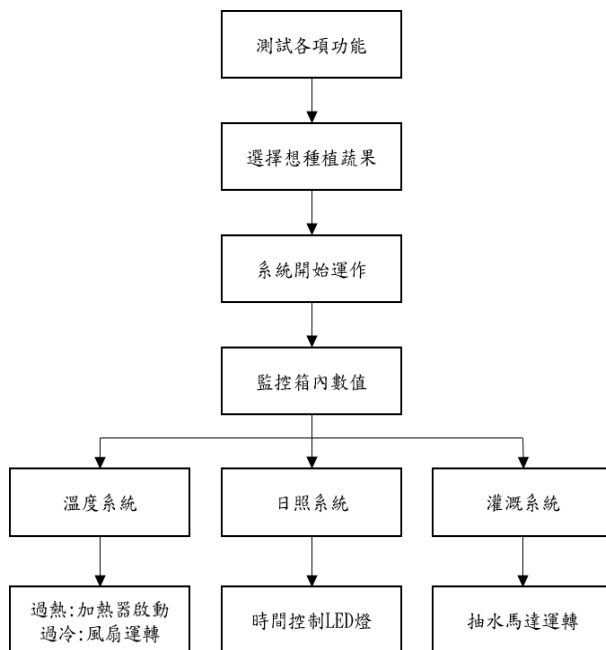


圖25 溫室箱動作流程圖

5. 結論

自動化是本組專題的重點，透過Arduino系統，讓頁面簡單化，只需選擇想種植之作物，該溫室箱即可抓取資料庫中的數據，並且讓溫室箱內的各功能開始做作動，製造一個適合該作物的生長環境，經檢測後各項功能皆正常運作，我們姑且還只有初步的模擬，因為時間上的限制，我們並沒有足夠的時間，種植生長周期較長的作物，只能先利用周期較短的作物來實證溫室箱是可以自動化的，結果也符合我們的預期。

5.1 內部設置改善與建議

5.1.1 溫度部份

我們使用風扇降低溫室箱內的溫度，但風扇能降低的溫度卻十分有限，建議之後可以使用制冷晶片來增加降溫效率。

5.1.2 光照部份

現在LED燈的紅、藍比例是固定，但其實在蔬果生長的不同階段或者是種植部位的不同都會有不同比例的紅、藍光混合，建議之後可以設置可控制的燈條達到不同比例的效果。

5.1.3 換水系統

水質對於生長也是一個重要的因素，我們雖然叫自動化溫室了，但水源更換卻是使用人工，建議可以研究水源如何過濾能重複利用使資源達到最高效益。

5.1.4 感測器放置位置

現在各項數據的感測器只有一顆並且放置在一邊，造成量測數值與實際箱內數值有些微落差，建議可以添購多顆感測器並在角落設置，讓量測值與實際值能更加精準。

5.1.5 蔬果選單

現在蔬果選單雖然已經有許多常見的各式蔬果了，可是還是有很多沒有收錄在裡面，建議可以增加手動輸入蔬果種植參數，讓自動化溫室作用發揮到它的極限。

5.1.6 自動化

現在自動化種植蔬果的過程都是使用同一組參數，但其實蔬果在成長初期、中期、收成期都各自有不同的最佳種植環境，建議之後可以計算種植天數在種植過程中自動改變參數設定。

6. 參考文獻

- 1.LED inside
<https://www.ledinside.com.tw/knowledge/20140513-29332.html>
- 2.蔬菜對溫度日照條件的要求
[http://twaquaponics.blogspot.com/2014/02/blog-](http://twaquaponics.blogspot.com/2014/02/blog-post.html)

- [post.html](#)
- 3.未來可能的氣候智慧型 溫室農耕技術
http://www.biotaiwan.org.tw/MAG/image_doc/37/05%E6%9C%AA%E4%BE%86%E5%8F%AF%E8%83%BD%E7%9A%84%E6%B0%A3%E5%80%99%E6%99%BA%E6%85%A7%E5%9E%8B%E6%BA%AB%E5%AE%A4%E8%BE%B2%E8%80%95%E6%8A%80%E8%A1%93.pdf
- 4.CTIMES
<http://www.ctimes.com.tw/DispArt/tw/%E6%BA%A B%E5%AE%A4%E7%B3%BB%E7%B5%B1/%E7%92%B0%E6%8E%A7%E8%A8%AD%E5%82%99%E6%84%9F%E6%B8%AC%E5%99%A8/%E6%99%BA%E6%85%A7%E8%BE%B2%E6%A5%AD/18091910445K.shtml>
- 5.智能生物產業
http://amebse.nchu.edu.tw/new_page_77.htm
- 6.科技的農業應用
<http://stanley2910.pixnet.net/blog/post/121918727-%E7%A7%91%E6%8A%80%E7%9A%84%E8%B E%B2%E6%A5%AD%E6%87%89%E7%94%A8>
- 7.蔬菜奈盛程度之分類
https://www.farm-di-rect.com.tw/index.php/Home/Article/article_info/article_id/2258
- 8.Arduino 基本語法
http://yhhuang1966.blogspot.com/2015/09/arduino_14.html

智慧節能水塔

林大勛^{1*}、吳安迪²、詹詠竣³

國立臺灣師範大學工業教育學系能源應用組^{1,2,3}

指導老師：鄧敦平 教授

*Email: 40570115H@ntnu.edu.tw

摘要

本專題以節約清潔水塔所需要的水資源出發，提出改善傳統水塔清潔所造成的水資源浪費及減少人力成本的智慧能排汙系統。此系統可自動偵測水塔內水質汙染程度，除了可確實監控水塔的乾淨與否之外，並可以可定時與定量地排放汙水。使用本裝置可以比傳統水塔清潔程序節省大量的用水，並可以利用定時排汙保持水塔內的潔淨度以減少清洗頻率與降低人力成本。此外，本系統配合太陽能作為主要的電力供給，達成省水、省力、省能之三大目標。本系統主要利用光電控制開關、太陽能電池充電以及電磁閥等元件組成自動控制回路。經由不同比例之汙濁度與光敏電阻的關係、電磁閥啟動前與後之時間長度、每次排放之水量平均等各項數據紀錄，分析水質潔淨程度與排放系統間的種種關係來驗證系統的可行性與節能效益。

關鍵字：水塔清潔、節能、自動控制、排汙、太陽能

1. 前言

1.1 研究背景與動機

依據內政部戶政司統計到民國106年共有865萬戶家庭，家家戶戶都需要用水，不論是一戶一水塔，或是一棟一水塔，在水塔的用量上是逐年增加，可想而知花費在水塔上的清潔費用、人力成本和水資源是多麼的龐大[1]。而根據組內成員實際參與水塔清洗的經驗來看，發現雖然水塔都有做定期清潔與保養，但清洗人員普遍只在水塔內壁稍作刷洗，並在攪動塔內的水與髒汙後，「目測」其均勻混合就將排水閥打開進行汙水排放作業，此舉不僅會耗費大量水資源，且清潔後的成效不僅相當有限，同時也難以評估，而上述理由也成為我們此次專題的發想動機。

1.2 研究目的

如上所述，由於目前清理水塔會耗費許多人力資源，因此若各大樓的水塔能自動偵測水質汙濁度，在髒汙累積到一定程度的當下，立即使用水電磁閥排放定量汙水，除了可以避免傳統水塔一次性的排除造成大量的水資源浪費外，也能減少每年清洗水

塔的頻率，間接減少人力成本的消耗，同時兼顧大眾用水的品質，可說是一舉多得。此外，由於重力沉降原理，污染物大多會沉降到水塔底部，因此由水塔下方經由放流水直接排汙即可達到相當程度的清潔效果，亦可降低水塔的清洗週期。再者，排汙裝置使用太陽能與鋰電池使其能在平日充電，待其需要作動時供給電路所需的電力，將能達到環保節能的終極目標。

1.3 研究方法

此裝置屬於外加型設備，也就是直接加裝裝置於現有的水塔上即可使用，而不需將傳統水塔重新配管或改建。為了瞭解理論與實際是否能如想像中順利進行，機構方面我們打造了簡易的水塔模型來進行模擬，在髒汙容易沉積於下方處之管線兩旁進行鑽孔，在孔內置入玻璃瓶並在瓶中放入LED燈及光敏電阻，因排汙裝置主要運用光控電路搭配水電磁閥的緣故，因此電力部分是由鋰電池與太陽能板搭配供給。實驗方法則是將汙水導入水塔模型，待髒汙沉積到阻礙LED燈之光線照射的程度後，光敏電阻將因亮度不足而致使繼電器作動，進而讓水電磁閥導通而進行排汙，當水質恢復到光敏電阻能正常接收LED燈光時，水電磁閥就會關閉。實驗過程中我們紀錄了不同汙濁度與光敏電阻的關係、電磁閥作動前後之時間長度、不同髒汙程度下的排水量等數據，並加以歸納分析。

2. 文獻回顧

2.1 光的性質

光是一種人類眼睛可以看到的電磁波(可見光譜)，在17世紀牛頓開啟了光學研究的開端[2]。牛頓使用三菱鏡分解了太陽光，發現光是由七色彩所組成的(圖1)。19世紀中葉(1864)由馬克士威提出的理論「馬克士威方程式 (Maxwell's equations)」這本理論預測有「電磁波」的存在，在真空中以光速傳播，馬克士威認為光波的本質是電磁波而非機械波。

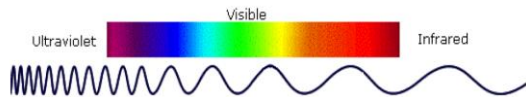


圖1 光譜圖[2]

當光連續光通過不同物質時，該物質對光線會有不同程度的吸收或透光度，進而產生不同高低的波峰圖形，此圖形即稱為吸收度光譜圖（圖2）。在其中分別可看出最大吸收波長與最小吸收波長，另外可發現在某波長範圍內亦有多個吸收波長。

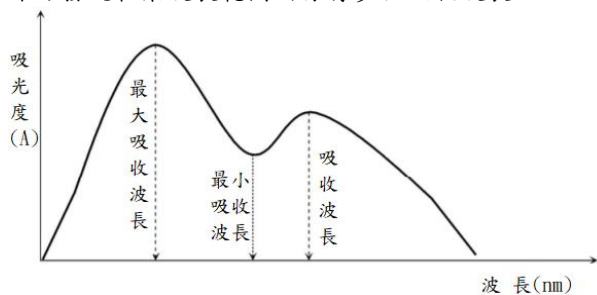


圖2 吸收度與波長的关系圖[2]

光譜學的基本原理主要依據比爾-朗伯定律（Beer-Lambert law）來表示。當光源通過某溶液時，只有某波長的光被吸收，此時吸光值的大小在比爾-朗伯定律中主要與盛裝溶液的厚度有關，即在一厚度範圍下，溶液的厚度愈大，吸光值愈高；比爾-朗伯定律中吸光值的大小主要與盛裝溶液的濃度有關，在一濃度範圍下，溶液的濃度愈大，吸光率愈高。比爾-朗伯定律可表示成： $A = -\log I_t / I_0 = k \times l \times c$ 。其中 I_t 為透射光強度， I_0 為入射光強度， k 為吸收係數， l 為吸收介質厚度， c 為吸收光物質的濃度。

2.2 發光二極體

LED 是利用電能直接轉化為光能的原理，在半導體內正負極 2 個端子施加電壓，當電流通過，使電子與電洞相結合時，剩餘能量便以光的形式釋放，依其使用的材料的不同，其能階高低使光子能量產生不同波長的光，人眼所能接受到各種顏色的光，如圖1所示，其波長介於 400-780nm，在此區間之外則為不可見光，包括紅外光及紫外光(UV)[3]。

2.3 光敏電阻

光敏電阻被廣泛的應用在低成本的光感元件，比如說攝影用的測光計、火災及煙霧警報器、防盜警報器、工業上控制電路中或者是燈具的自動開關上[4]。

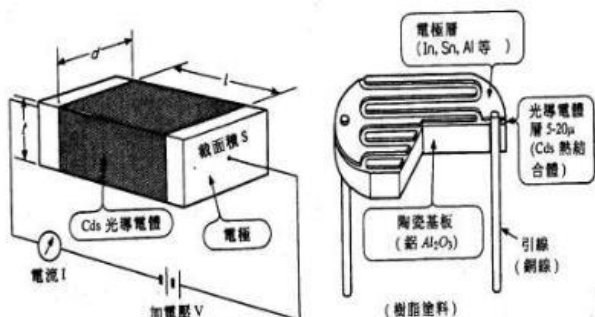


圖3 光敏電阻元件構造[5]

光敏電阻的電阻值受光的強弱而影響，隨著入射光強度越強則電阻值下降，利用這個特性，可以用來當作光偵測器的元件。光敏電阻的原理就是光導的性質，當半導體材料吸收的光子後所產生移動的載子，使得電阻值有所改變。

光敏電阻的元件結構為(圖3)，對光敏感的電阻性材料長在絕緣的基板上，光可以直接打在電阻性材料上，而兩端以金屬接觸做出電極，如下(圖4)所示。

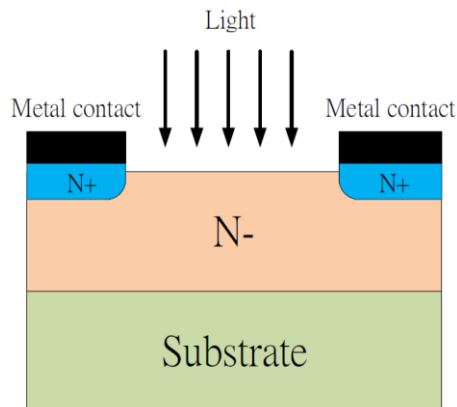


圖4 光敏電阻元件構造 [5]

光敏電阻在未受到光照的時候，仍有很微弱之電流通過，此一電流稱為暗電流（dark current），此即表示光敏電阻在不受光時有非常高的電阻[5]。通常暗電流都是被當作雜訊的部分，與光敏電阻受光時流通的明電流（light current）不同(圖5)。

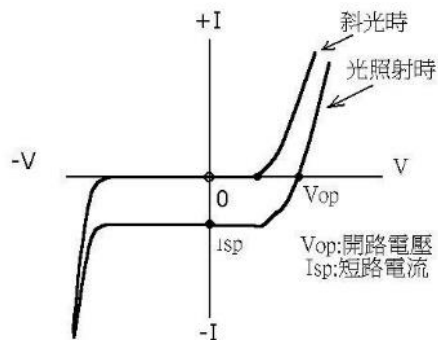


圖5 電壓電流與受光與否之曲線[5]

2.4 繼電器的動作原理

內部構造：繼電器的輸入部分為一組電磁鐵，當電磁鐵通過電流時，產生磁性，就吸引著輸出接點閉合或斷開。當電流消失後輸出接點又回復到原始狀態[6]。

繼電器的輸出部分，通常是一組常開接點（N.O Normal Open）如圖所示，或一組常開與常閉接點（N.C Normal Close）。如(圖6)所示。當然，

也有的繼電器其輸出接點不只一組，有兩組或兩組以上，彼此具有連動的關係。可以一次控制多個負載。

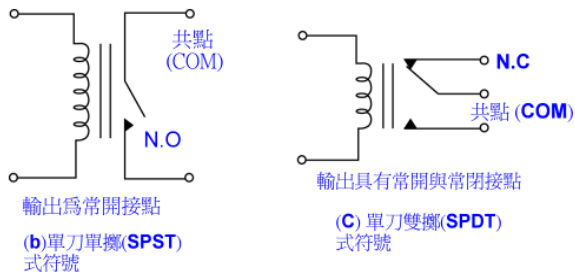


圖6 繼電器元件構造[6]

繼電器動作的原理：常開接點是指平常與共點不連接，常閉接點是指平常即與共點連接，當電磁鐵通電後，常開接點就與電磁鐵連接，而常閉接點就與共點斷開，達到控制的效果。

2.5 電磁閥的結構原理

芯材料滿足不同介質的流通[7]。電磁閥的對流體通路的開關功能是通過其內部的電磁動鐵芯的提升或落下來實現的，而動鐵芯的動作是由電磁線圈的通電或斷電來完成(圖7)。

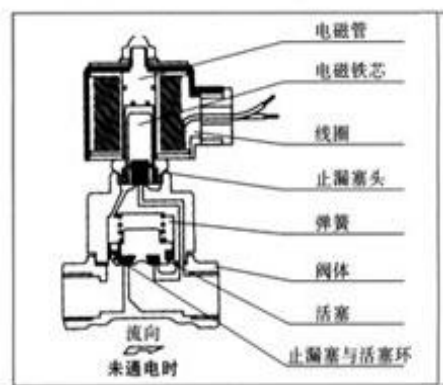


圖7 電磁閥元件構造[7]

常閉型電磁閥動作的方式是電磁線圈斷電時，電磁閥呈關閉狀態，當線圈通電時產生電磁力，使動鐵芯克服彈簧力後被提起，此時電磁閥打開，介質呈通路狀態；當線圈斷電時，電磁力消失，動鐵芯在彈簧力的作用下復位，直接關閉閥口，電磁閥關閉，介質斷流。

3.實驗設計

3.1 研究設備

表1 使用材料

1.紅色發光二極體[8]

規格：WZR3022D
3x3x5.3

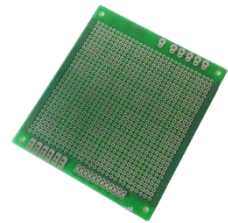
用途：為自動排汙裝置的一部分，令電路判別汙濁度的重要條件



2.電腦板[9]

規格：文華69-
8.7*9.7cm

用途：電路佈線設計



3.超小型繼電器[10]

規格：SHS-4100

用途：為自動排汙裝置的一部分，視光敏電阻決定動作與否，並決定水電磁閥閉合。



4.光敏電阻[11]

規格：GL5516

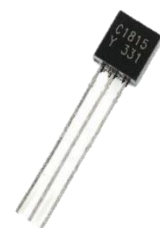
用途：為自動排汙裝置光控電路的一部份，用於偵測汙濁度



5.雙極性電晶體 (BJT)[12]

規格：NPN 2SC1815

用途：放大微弱電流，使其成為大電流通過繼電器線圈啟動開關。



6.水電磁閥[13]

規格：UL 429 216806

用途：視繼電器作動與否決定其閉合，為汙水排放之出入口



7.太陽能板

規格：15071257 L2D
6.2x6.2cm

用途：對鋰電池進行充電，使裝置達到節能效果。



8.運算放大器(OPA)[14]

規格：CMOS4069

用途：致使電路輸出高電壓，令LED發亮。



9.PVC水管[15]

規格：4~8吋管

用途：排水作業使用



10.可充式鋰電池

規格：DHT 18650

用途：供給排汗裝置所需之電力。



11.硬質接合劑[16]

規格：南亞塑膠公司
RF07-B

用途：連接水管使用，防止漏水可能



12.塑膠軟管[17]

規格：依模型裁剪使用

用途：連接排水閥



13.萬能噴膠[18]

規格：3M Super 77特級系列

用途：固定模型支架使用



14.手動水閥[19]

規格：3分內外牙

用途：若裝置發生故障，能使用手動水閥進行排汗



3.2 研究步驟

本專題屬於創意發明型專題，主要將想法付諸實行，概念是水塔的清淨不易，且每隔段時間就須清洗，所以本專題之研究步驟為：

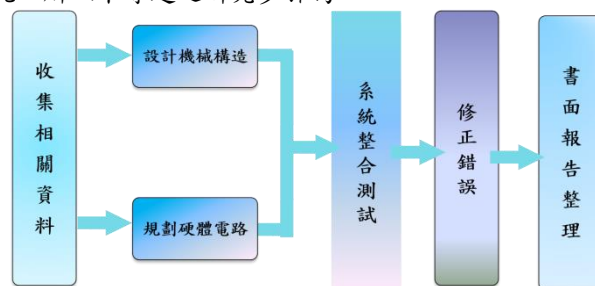


圖8 專題研究步驟

1. 構思發想。
2. 草擬規劃(繪製電路圖、模型架構圖)。
3. 定稿電路圖、模型架構圖。
4. 機構面實作、模型搭架、水管路裝配。
5. 電路面實作、電路焊接。
6. 完成電路焊接、測試、修改。
7. 完成模型架構、測試、修改。
8. 機構模型與電路面組裝。
9. 整體測試、修改、精進。

3.3 機構面實驗方法

1. 選定2600cc的大水桶做為水塔的模型。
2. 按照水桶的外圍建構上下方圍(上圍:長17公分 寬23公分、下圍:長12公分 寬18公分)。
3. 主機構所使用之材料為數根木條搭成。
4. 兩側運用木板(長25公分 寬17公分)加強固定。
5. 水管部分使用PVC水管，裁切適當長度，與水塔模型連接。

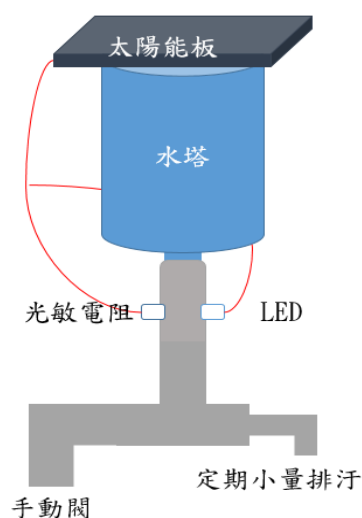


圖9 水塔排汗裝置草圖



圖10 水塔雛形



圖11 排汗偵測孔

3.4 電路面實驗方法

1. 設計電路圖(光敏電阻與發光二極體)。
2. 加上繼電器，利用光敏電阻的作動原理，感測明暗度，當明亮度夠時，繼電器不動作，當亮度不夠時，繼電器作動。
3. 繼電器接上電磁閥，當繼電器作動時，電磁閥通電，打開通道。
4. 將六顆3.7伏特的鋰電池串聯，約22.2伏特，接上電磁閥供電，取代電源供應器。
5. 將六顆中的兩顆3.7伏特鋰電池，另外拉線連接主電路供電7.4伏特(光敏感測與發光二極體與繼電器)。
6. 實測光敏電阻。

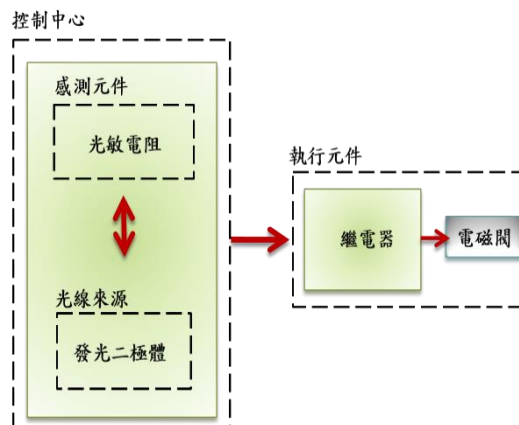


圖12 電路模組

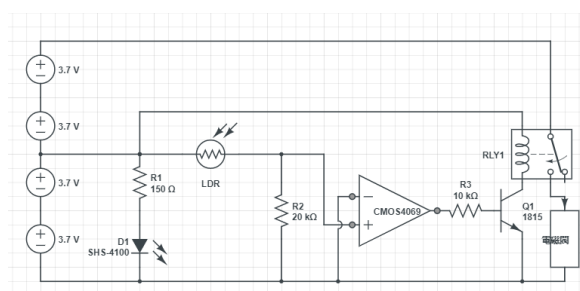


圖13 電路圖

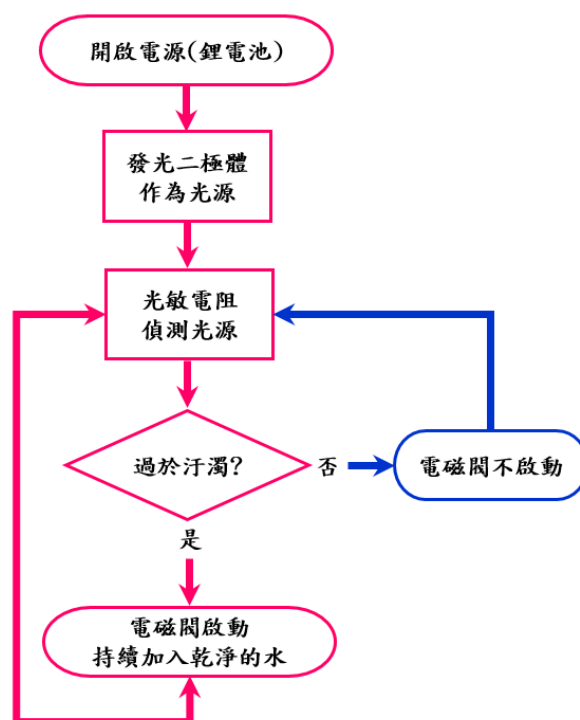


圖14 動作流程圖



圖15 整合模型

4. 結果與討論

4.1 汗濁度分析

從表2得知，我們使用的光敏電阻在泥土和水量1:30時因為汗濁度不高導致光敏電阻還是接受的到LED燈發出的光，導致電磁閥不動作。而在泥土和水量1:10時汗濁度提高造成光敏電阻被泥土遮住接受不到LED燈的光，導致電磁發動做，並且進行排汗。所以結果是在泥土和水量比例大於1:10時電磁發將會順利動作進行排汗。而如果汗濁度小於1:10時仍然想要排汗時，可以利用手閥來進行排汗。

從表3得知，當我們使用1:30的紅墨汁和水以及1:10的泥土和水進行排汗，會發現使用泥土進行排汗將會有較大的平均流量，而使用紅墨汁會會有較小的流量，由此得知汗濁度越高將會又較大的流量。另外為了瞭解每次排放之汗水量平均值，做了不同汗濁比例下汗水排放量之實驗，實驗結果由表4可知道汗濁比例越高，排放量越多，稀釋用清水也需加入越多才可使裝置停止排汗。

表2 混濁比例與光敏電阻的關係

泥沙(ml)	水(ml)	比例	是否排汗
100	3000	1:30	否
100	2000	1:20	是
100	1000	1:10	是

表3 改用紅墨水與水混合後

水(ml)	比例	是否排汗
3000	1:30	否
2000	1:20	否
1000	1:10	否

表4 不同汗濁比例下之每次汗水排量

汗濁比例	稀釋用乾淨清水(ml)	排放量(ml)
1:20	3150	2940
1:10	7630	4120

5. 結論

本專題使用的排汗裝置主要運用光控電路搭配水電磁閥，在機構上水塔內部加裝導流管，外部增加汗濁度檢測計，最後電路將會以外掛的形式呈現，而內部可增加下列模式達到更齊全。

1. 增加定時排汗模式，在電磁閥前加裝限時繼電器控制時間，像在每隔一個禮拜就排汗一次，讓水質保持一定的穩定度，而不是等水質變汗濁才排汗
2. 增加定水量排汗模式，先計算電磁閥水管每秒排放多少水量，再利用限時繼電器控制排放量，維持水質乾淨度，也減少大量排汗時所浪費的水資源
3. 極淨模式，在排汗端加裝馬達，增加排汗流速，讓水質達到最乾淨的境界。
4. 休眠模式，當住戶出遠門很少使用水資源時，即可使用休眠模式減少不必要的浪費
5. 手動模式，將自動模式關閉，使用最傳統的手閥進行排汗

而以上模式都可連接家裡螢幕、手機、平板…等雲端控制，並且使用雲端數據系統來分析住家使用的水資源，而螢幕上將會顯示住戶家的氣溫、天氣、模式選擇，而雲端將儲存住戶家的氣象和最常使用的排汗模式，並且讓住戶知道自已的用水趨勢，進而選出最適合當天的排汗模式和建議如何使用水資源，來減少不必要的水資源浪費，達到更環保更有效的綠色節能世界。

6. 致謝

本專題感謝國立臺灣師範大學工業教育學系在相關設備與經費的支持，由於系上的支持，使得本專題研究得以順利進行並獲得相關成果，特此致上感謝之意。

7. 參考文獻

1. 內政部戶政司全球資訊網：
<https://www.ris.gov.tw/app/portal/346>.
2. 光敏電阻實習實驗相關知識：
http://blog.ncue.edu.tw/sys/lib/read_attach.php?id=19288
3. LED燈發光二極體相關知識介紹：
http://www.isu.edu.tw/upload/81201/48/news/postfile_43775.pdf
4. 光敏電阻實習實驗相關知識：
http://blog.ncue.edu.tw/sys/lib/read_attach.php?id=19287
5. 光感測器：
http://mmr1.cgu.edu.tw/data/mme/rehab/organize/chap2/sensor/no1/no1_2.htm
6. 繼電器動作原理相關知識：
<http://content.saihs.edu.tw/contentbook/bep1/U1/15/b/b5.htm>
7. 蘇凱智，運用電磁閥結構原理達到節能效用，
國立台灣海洋大學電機工程學系電機機械期中
報告，2008。
8. 紅色發光二極體：
<https://www.ledinside.com.tw/b2b/product/view/8347>
9. 文華69電腦萬用板：
<https://goods.ruten.com.tw/item/show?21405263524385>
10. SHS-4100超小型繼電器：
<https://detail.1688.com/offer/1273717491.html>
11. 光敏電阻：
<http://fami3d.com/products/%E5%85%89%E6%95%8F%E9%9B%BB%E9%98%BB/>
12. 2CS1815 NPN二極體：
<https://components101.com/transistors/2sc1815-npn-transistor>
13. 直流水電磁閥：
<https://goods.ruten.com.tw/item/show?21635453815182>
14. 運算放大器OPA：
<https://leeselectronic.com/tw/product/7220.html>
15. PVC排水管：
<https://www.monotaro.tw/g/01259636/>
16. 硬質膠合劑：
<https://www.npc.com.tw/j2npc/zhtw/prod/Plastic/Adhesive/SOLVENT%20CEMENT>
17. 塑膠軟細管：
<https://www.yungjie.com.tw/product/detail/124>
18. 3M SUPER77特級萬能噴膠：
<https://officebanana.com/%E5%99%B4%E8%86%A0/42558-3m-super-77%E7%89%B9%E7%B4%9A%E8%90%AC%E8%83%BD%E5%99%B4%E8%86%A0-745cc.html>
19. 手動水閥：<https://tw.1688.com/item/-CAD6B6AFC5C5CBAEB7A7.html>

Smart Energy-Saving Device for Water Storage tower

T.S. Lin*, A.D. Wu, E.G. Zhen

Department of Industrial Education- Energy
Application Group, National Taiwan
Normal University

*Email: 40570115H@ntnu.edu.tw

Abstract

Based on the saving water resources needed to clean the water storage tower, this special study proposed a smart sewage system that improved the waste of water caused by the traditional cleaning method for water storage towers and reduced labor costs. This system can automatically detect the degree of water pollution in the water storage tower to monitor the cleanliness of the water storage tower; it could discharge sewage regularly and quantitatively. The use of this device can save a lot of water compared to the traditional cleaning program for water storage tower, and can use the regular sewage to maintain the cleanliness in the water storage tower to reduce the cleaning frequency and reduce the labor cost. In addition, the system cooperated with solar energy as the main power supply, achieving the three goals of water saving, labor saving, and energy saving. The system mainly used photo-electric control switches, solar battery charging, and solenoid valves to form an automatic control circuits. Through various data recorded of the relationship between the degree of fouling and the photoresistor, the length of time before and after the start of the solenoid valve, and the average volume of water per discharge, the relationship between the cleanliness of the water and the emission system was analyzed to verify the feasibility and energy efficiency of the system.

Keywords: Automatic control, Energy saving, Sewage, Solar energy, Water storage tower cleaning

植被好遮陽

楊普勛^{1*}、李偉憲²、陳信實³

國立臺灣師範大學工業教育學系能源應用組^{1,2,3}

指導老師：鄧敦平 教授

*Email: 40570109h@ntnu.edu.tw

摘要

近年來全球暖化的情形越趨嚴重，在都市的高溫現象更是明顯，如果居住在坐東朝西的房子裡還會因房屋西向，造成下午太陽直接照射室內的西曬問題，導致須要消耗大量能源在冷氣上以降低室溫，如此將不斷惡性循環加速全球暖化的問題。本專題針對遭到太陽西曬問題的房子，採用建築物從頭到尾都能對環境友善並且有效運用資源的綠建築概念，藉由植物披覆達到降低室溫並維持相對良好採光的目的。此外，經由本組的植物收納與延伸遮蔽的設計，讓使用者可以依據實際調整使用的方式以擴大本專題的實用性。本專題實驗分別為測試無植物遮蔽、植物遮蔽及以窗簾遮蔽三種情況模擬與測試住宅溫度與照度的差異。研究結果發現有植物遮蔽的情況下溫度上升最少，且在照度的部分介於窗簾遮蔽與無遮蔽之間。研究結果可以得知以植物遮蔽不但不會導致採光不良，還可以讓室內有足夠的照度並降低室內溫度。此外，本作品具有收納與調整的功能可以依需求控制遮陽狀態，藉此減少多餘的能源消耗，達到抑制全球暖化的目的。

關鍵字：綠建築、全球暖化、太陽西曬

1. 前言

1.1 研究背景與動機

近年來由於溫室效應的關係使全球暖化的情形越趨嚴重，全球的氣溫都不斷的在上升，在都市的高溫現象更是明顯，因此西曬這個問題是相當值得被重視的，以多個面向來說，除了造成下班回家後為了移除熱負載所消耗的冷氣電費之外，也因而產生另一個用電量的高峰，事實上，華人買房所重視的房屋座向，也深深影響房屋的售價(西曬間價格約低2~3%)，這也壓縮了建商的利潤以及使用者的電費花費。如何解決上述的問題成為建物節能的重要的議題。此外，近年來植物融入建築的風潮興起，從台中勤美誠品的建築外牆，到台北豪華建築案陶朱隱園主打的陽台種樹，皆象徵著植物融入現代城市的熱潮。因此本專題將融合上述建築植栽的主題進行設計去達到有效遮陽與節約能源的目的。

1.2 研究目的

本專題針對遭到西曬問題的房子，藉植物降低室溫並維持優良採光的特性改善西曬問題。並且設計使植物可以收納與伸出遮蔽的平台，讓使用者可以依需求狀況使用，藉此達到節能減碳的目的。

1.3 研究方法

本專題的研究方法方為針對無植物遮蔽、植物遮蔽及以窗簾遮蔽等三種情況實際進行溫度與照度的測試，並比較溫度上升與照度的差異藉以探討植物遮蔽是否有助於降低室溫與室內採光的改善。

2. 理論分析及文獻討論

2.1 長春藤特性

常春藤不論在室外環境還是室內都能夠帶來一片翠綠，能起到裝飾和美化的作用，能夠提高居住環境的自然力和清新度。

在我們的設備機構上因為需要收納與伸出，所以植物需要具有在陰暗處與光明處皆能正常生長的能力，並且還要能遮擋陽光，而常春藤正好符合我們的要求，而且常春藤還具有淨化空氣的能力、有效清除空氣中的三氯乙烯、硫比氫、苯、氟化氫和乙醚等[1]，減少空氣中對人體有害的氣體，友善環境。

常春藤所造成的陰影可降低建築物的輻射增益，並根據熱傳的原理分析過後，攀附長春藤的綠牆具備冷卻的效果[2]，既然常春藤攀附牆上有其效果，用來當作遮陽設備應當具備此效果，因此選用此常春藤作為本專題的遮陽植物。

2.2 熱傳定義

熱量

$$\dot{Q} = kA \frac{\Delta T}{\Delta x} \dots (1)$$

熱阻

$$R_t = \frac{\Delta x}{kA} \dots (2)$$

3. 實驗設計

3.1 實驗設備及模型說明

圖1為本專題裝設在實際大樓陽台上方的示意圖，中間部分將會裝設網子且會放上植物，而四邊形的邊為鋁製框架，從側面看參考圖2，整個裝置並不會太超出建築外牆，原則上會在陽台以內完成下降以及縮回的動作，因此不必擔心法律問題或者太突出因而被強風擊落，從正面看參考圖3，該裝置幾乎跟整個陽台一樣大，並安裝於陽台的上方，因此能夠有效遮蔽大部分的空間，以達到降低室溫的目的。

圖4為本專題的原型，用來示範此裝置如何下降及收回的方式，在左右兩邊設置滑軌，分別連接四邊形鋁製框架的兩側，鋁製框架所圍起來的部分會裝設網子，用來提供爬藤種類的植物攀附。當滑軌伸長時會一起帶動框架，使得框架自然垂下，與屋頂夾角大概呈45°，完成遮蔽的效果，當不需要使用時，滑軌則縮回帶動框架，框架會與屋頂呈平行，且距離屋頂一小段距離，能夠提供植物生長空間。

圖5為性能測試用的實驗裝置，接上交流電壓110V 以及裝上燈管(J189mm, 110V-130V, 1000W)用來模擬日光照射，中間擺上待測試的遮陽材料(空氣、植物、窗簾)之一，以測試該材料的性能，下方有一朝下放的塑膠盒，塑膠盒的內部為模擬室內密閉空間的情形，而塑膠盒之外至遮陽設備之間為模擬室外陽台的情形。

3.2 實驗方法

遮陽材料的選擇有植物(常春藤)、窗簾以及空氣(無遮蔽)下這三種，用來比較各遮陽材料的性能。其一方法為測試連續時間下溫度的變化，於遮陽設備下方設下總共四個感測點以測量溫度，其中兩個感測點距離較遮陽設備較近為測量室外陽台下的溫度，另外兩個感測點設置於塑膠盒內部為測量室內密閉空間下的溫度。其二方法為量測照度，於塑膠盒附近位置測量照度，且沒有被塑膠盒覆蓋住。另外，在距離實驗設備幾步遠的地方設置電風扇以模擬自然風對流，電風扇不朝實驗設備直吹避免直接影響溫度，僅對整個實驗空間保持空氣對流使用。

3.3 實驗步驟

溫度的量測：使用資料擷取器(TRM20, TOHO, Japan)量測與記錄不同遮陽條件在模擬日光(燈光)下的溫度的變化，並使用鋁膠帶包覆量測點以增加量測的接觸面積。時間設定為一小時，利用資料擷取器每一分鐘紀錄一個數據，整個實驗步驟重複兩次取平均值。

照度的量測：在定功率下燈管可視為一個穩定光源，所以做連續時間下的照度變化意義不大，因此在做溫度量測的同時，在光源照度穩定之後，再使用數位照度計(LX-103, Lutron, Taiwan)來測量照度，整個實驗步驟重複兩次取平均值。

4. 結果與討論

4.1 溫度比較與討論

依據資料擷取器所收集到的資料將其數據繪製成圖6、圖7以及圖8，以方便看出各項材料在連續時間下的溫度變化。實驗成果顯示在無遮蔽的情況下，室內密閉空間的溫度在實驗開始的二十分鐘，溫度就快速上升且溫度直達35°C以上而其他兩項溫度都低於30°C以下，為了更加清楚比較，將各項材料溫度變化合併繪製成圖9，因此根據實驗結果可以清楚觀察到只要有遮蔽室內外的溫度都能夠有效下降，又植物的效果略高於窗簾的效果。溫度的量測實驗時間設定為一小時，而在最後二十分鐘的溫度已趨近穩定，所以取最後二十筆數據取平均值當作此時室內外的溫度，繪製成圖10，再利用此時已穩定的溫度，利用公式(3)

$$\text{誤差百分比 } T = \frac{T_{\text{無遮蔽}} - T_{\text{植物 or 窗簾}}}{T_{\text{無遮蔽}}} (\%) \dots (3)$$

以無遮蔽的溫度當作基準算出與另外兩項材料的誤差，繪製出圖11。根據圖11顯示與無遮蔽的情形下比較，植物能夠使室內溫度下降約16%，室外溫度下降約28%；窗簾室內溫度下降約11%，室外溫度下降約25%。兩者比較過後，植物的隔熱效果比窗簾好，因此使用植物是較好的選擇。

4.2 照度比較與討論

在無遮蔽的情形下照度一定最大，但是溫度也是最高的，因此不符合大眾的需求，所以在此討論窗簾以及植物的所能達到的效果。實驗結果繪製成圖12，顯示使用植物作為遮蔽設備時，照度為約1300Lux，窗簾僅約300Lux，植物的照度比窗簾的照度高，也就是說採光較佳，根據中華民國國家標準(CNS)適合住宅的照度標準，在閱讀或者寫作適合的照度為750~1000 Lux [3]，如果是要讀書的話採光就要比較好，使用植物是比較適合的選擇，而窗簾約300Lux 其實就相當於走廊這種亮度，僅能看清楚路就行的亮度，不太適合住宅。

4.3 實驗結果

在選擇遮陽的材料植物是一個好選擇。根據實驗結果，植物與窗簾互相比較，植物的表現在調節溫度以及採光的部分都略勝於窗簾的表現。而植物除了這些好處，對節能減碳也有貢獻，所以選擇植物會是最佳選擇。

5. 結論

根據實驗過程可知植物在隔熱面向來看，能降低室內西曬造成的高溫，而相較於傳統的窗簾，植披的表面既通風良好，採光也較佳。當一般住家想「綠化」房屋，又不想花費太多金錢時，採用本設備既可以將花園留在陽台，搭配可動支架在需要時也可收納，還能避免在颱風天後陽台盆栽的一片混

亂，對於大樓外觀整體相當加分，空間利用也方便許多，是未來居家相當值得參考的設施。

6. 致謝

本專題感謝國立臺灣師範大學工業教育學系在相關設備與經費的支持，由於系上的支持，使得本專題研究得以順利進行並獲得相關成果，特此致上感謝之意。

7. 參考文獻

1. 常春藤的作用是什麼？如何養殖？(2016)，檢自 <https://read01.com/zh-tw/md87gy.html#.XN5L3I4zZPZ>.
2. H.F. Di, and D.N. Wang(1999) "COOLING EFFECT OF IVY ON A WALL," Experimental Heat Transfer, Vol. 12, pp. 235-245.
3. 中華民國國家標準(2014)，CNS-12112，Z1044。
4. 梁大慶、許維芝 (2014)大樓外側帷幕存在價值及熱環境分析-以國立虎尾科技大學文理暨管理大樓為例，國立虎尾科技大學學報，第三十二卷第一期。

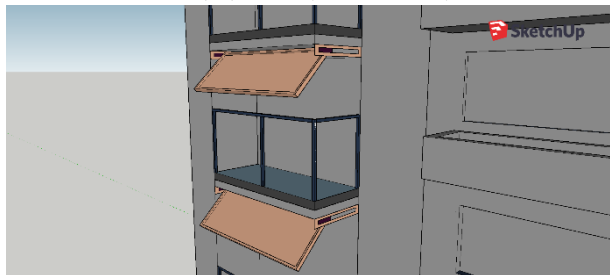


圖1 遮陽設備裝置於陽台示意圖

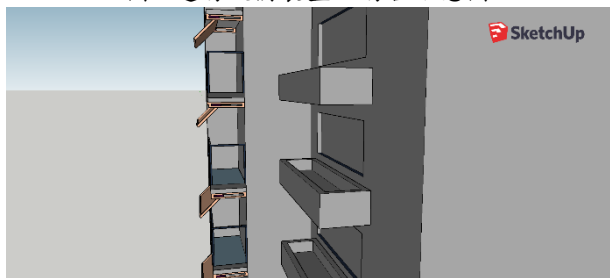


圖2 遮陽設備裝置於陽台側面圖



圖3 遮陽設備裝置於陽台正面圖



圖4 遮陽設備機構模型



圖5 測試性能實驗裝置

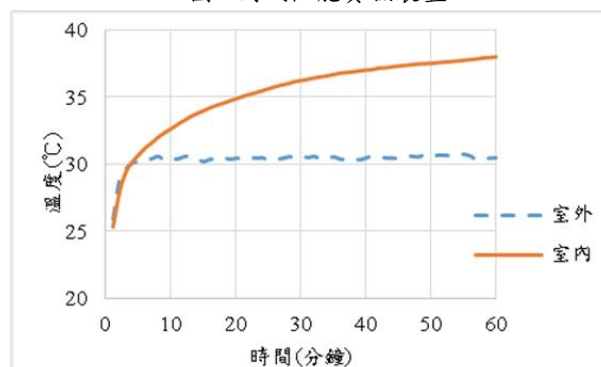


圖6 在無遮蔽下的溫度變化圖

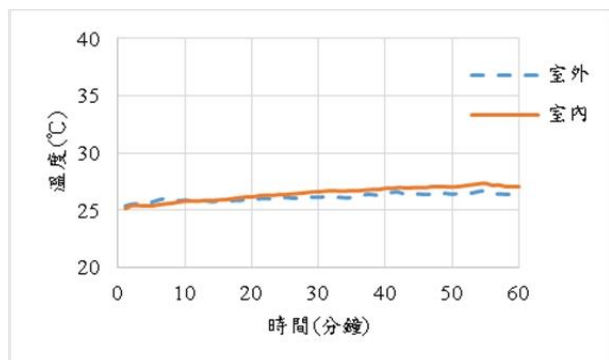


圖7 在植物遮蔽下的溫度變化圖

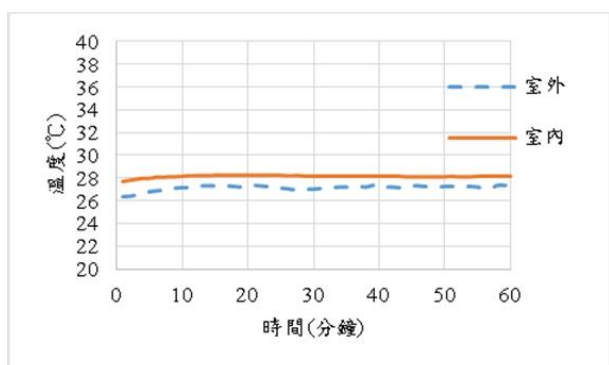


圖8 在窗簾遮蔽下的溫度變化圖

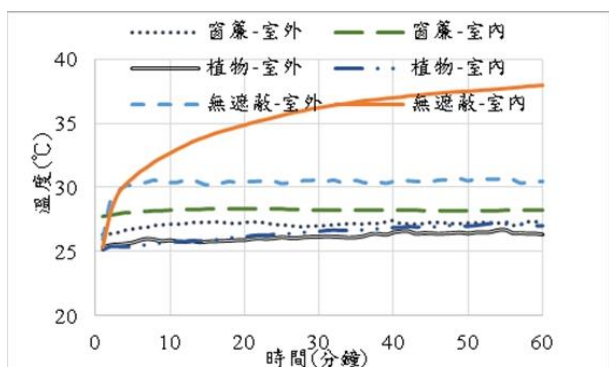


圖9 三種材料溫度變化圖

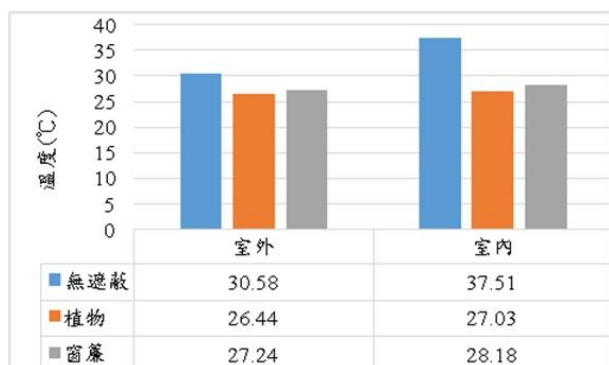


圖10 三種材料最後二十分鐘平均溫度

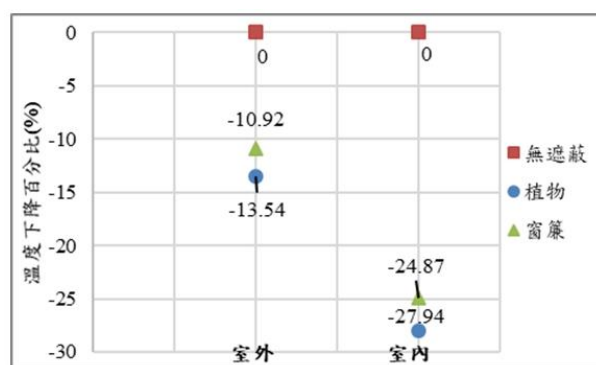


圖11 以無遮蔽溫度基準算出之間的誤差百分比

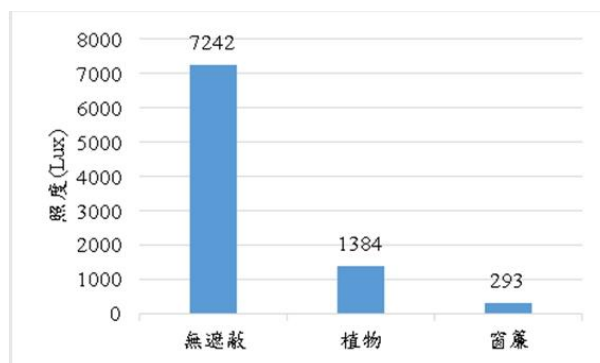


圖12 三種材料照度比較圖

Proceedings of the 2019 Special research competition of NTNU-IE: Guidelines for Manuscript Preparation

P.S. Yang, L.X. Li, X.S. Chen
Department of Industrial Education- Energy
Application Group, National Taiwan
Normal University

*Email: 40570109h@ntnu.edu.tw

Abstract

In recent years, the global warming has become more and more serious, and the high temperature phenomenon in the city is obvious. If you live in a house sitting east and face the west, there will be a problem of western sun exposure, which will consume a lot of energy to lower the room temperature by air-conditioning, and accelerate the global warming. This topic aims to reduce the room temperature and maintain relatively good lighting by plant mulching. In addition, we design adjustable mechanisms that allow users to adjust to their needs. We believe that this topic can reduce excess energy consumption and achieve the goal of suppressing global warming.

Keywords: Green building, global warming, western sun exposure

三動力平台混和測試之實作

林柏文^{1*}、李京鏘²

國立臺灣師範大學工業教育學系能源應用組^{1,2}

指導老師：洪翊軒 教授

*Email:kjr41016@gmail.com

摘要

三動力混合平台是由汽油引擎、電動馬達、空氣馬達這三種動力源組成的，而搭配電磁離合器使得動力源可以獨立運作或是混合動力，而我們利用相關設備及感知器和 MATLAB/simulink 軟體來進行紀錄，最後收集各項參數來做成圖表分析，像是個別的動力源分析汽油引擎、空氣馬達、電動馬達，加上彼此混合的雙動力源（汽油引擎＋空氣馬達）、（電動馬達＋空氣馬達）、（汽油引擎＋電動馬達）再加上最後的總混合平台（汽油引擎＋空氣馬達＋電動引擎），共七種模式來進行分析及比較，而達到我們實驗的目的。

關鍵詞：混合動力、空氣馬達、電動馬達、引擎

1. 前言

1.1 研究背景與動機

隨著環保意識抬頭，從原本大量濫用地球的資源到現在的節能減碳，然而經過如此大的轉變主要是因為地球暖化、能源危機及環境遭受破壞等因素，這些危機時時刻刻都在警告著我們，因此世界各地開始有了綠能的概念；隨著社會、科技在進步，不管是在台灣還是放眼全世界都有了新的概念，稱為『綠色城市』，其中包括許多部分，像是以可再生能源作為主要的能源供應，並設有高效率的電力輸送及分配網絡、建築物達到能源自主，從電力消耗者轉為生產者，並與鄰近建築物進行電力輸送或是覆蓋全面的綠色交通網絡，以步行、自行車、大眾運輸作為主要的通勤模式或是使用再生能源、低污染能源來做為動力輸來源。

「綠色城市」反應著人類文明發展的一個新階段，以人與自然、人與人、人與社會和諧共生為基本宗旨。經濟、社會、環境三者應互惠共生，而不是互相競爭、剝削，雖然城市人口密集、污染度高，更產生全球百分之七十的碳排放，但城市亦同時具有強大的影響力和條件去作出改變，而我們選擇先從污染程度最高的交通方面開始。

隨著時代在進步，人們對汽車的使用率是年年具增，統計表示台灣平均每個家庭幾乎都有一輛汽機車，台灣汽機車總數（包含大客車、大貨車、小貨車、小客車）至 97 年 9 月統計有二千一百萬輛，且

每年銷售的新車數亦達四十萬輛，這麼多車輛行駛在路上所排放的廢氣若未經處理，會造成嚴重的空氣污染，導致臭氧層破洞，進而促使全球暖化，而其中機動車輛為許多污染物質的來源，雖然機動車輛排放標準不斷提高，但由於車輛數量不斷增加，車輛排放廢氣所帶來的空氣污染問題，就與日俱增。特別是在台灣地區，人口集中，都會區特別明顯，相對汽機車所排出之污染濃度已超出正常濃度值甚多，對人、動(植)物等產生不良之影響，甚至直接或間接危害人體健康，而近年來許多車廠都相繼推出了電動車，加上政府提倡環保概念，使得電動車在未來勢必會是趨勢，傳統的能源像是天然氣、石油等，環保再生能源像是太陽能、風力等，各有沒有取代的優點，而針對車輛的動力，各國的學者也紛紛提出許多替代能源的方法，如使用燃料電池、混合動力、壓縮空氣，都為了減少二氧化碳的排放及對環境的破壞。

1.2 研究目的

在研發能源的過程，動力源的特性總是不像我們所期望的理想，而我們人類只能想辦法利用它們的特性達到最好的效果，引擎吃汽油效率高，但是對環境污染高、電動馬達安靜噪音低、空氣馬達成本低，效率不佳等等。沒有最好，只有最適合。所以我們期望找出搭配出最好的組合。

1.3 研究方法

藉由設計好的三動力平台，我們在各部分有安裝上流量計、電壓計、安培計…等等以便測試的時候蒐集數據，然後利用工程軟體 MATLAB 輸入設定值去 RUN 機器，為了考量到路面摩擦阻力狀況，經過電子磁粉煞車最做負載減去損耗，最後輸出的轉矩與轉速所有實際精確數據，最後在製作成圖表關係圖分析。

1.4 名詞解釋

空氣馬達

其原理為利用高壓空氣衝擊空氣馬達內之葉片進而帶動空氣馬達輸出軸得以產生旋轉運動。在空氣馬達運動過程中除了排出利用完的低壓空氣外，不會產生任何的汙染。

電動馬達

旋轉原理的依據為佛來明左手定則或是右手開掌定則，當一導線置放於磁場內，若導線通上電流，

則導線會切割磁場線使導線產生移動。電流進入線圈產生磁場，利用電流的磁效應，使電磁鐵在固定的磁鐵內連續轉動的裝置，可以將電能轉換成動能。與永久磁鐵或由另一組線圈所產生的磁場互相作用產生動力。

引擎

主要部分是由引擎本體，本體內有汽缸（汽缸又有分四缸、六缸、八缸等，也有以V型和水平排列的）、汽缸蓋、凸輪軸、活塞、曲軸、波司、連桿、汽門（分進汽閥門與排汽閥門）、火星塞和飛輪等諸多零件所組成的。四行程引擎的運作分為四個步驟：進氣、壓縮、燃燒和排氣，因而被稱為四行程。

2. 文獻回顧

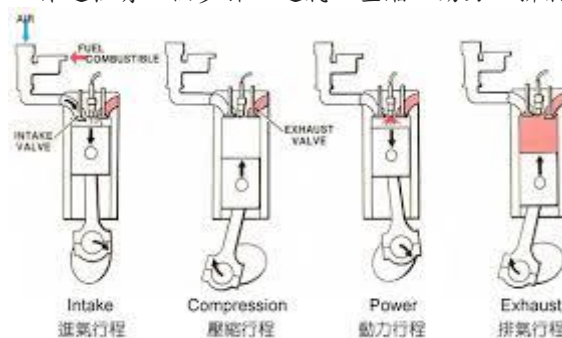
現今動力源的趨勢逐漸發展成為電動車或是綠能車，其中純電動車也越來越受到歡迎，不會排放廢氣，低速加速能力也很好。雖然政府極力推動，現在最常用的是鎳氫電池及鋰離子電池，但礙於電池需要充電的問題，充電時間一般需要3到4個小時，所以還並未普及。鎳氫電池（Ni-MH battery）是指以鎳及能吸收儲存、釋放氫離子的金屬組成的電池。鎳氫電池較重，能量密度（30-80 Wh/kg），比鉛酸電池高，比鋰離子電池低。但輸出功率較低，而充放電效率也不及鋰離子電池，只有60-70%。壽命相當長，這在混合動力車上已得到證實。自放電較大及在低溫下性能較差的問題在近年已大為改進。雖然成本較鋰離子電池低，但由於效率低、較重及充電需時，新的純電動車大多不再使用鎳氫電池。



鋰離子電池（Li-ion battery）是以鋰及其他物質組成的電池。鋰離子電池較輕，能量密度高達（200+ Wh/kg）^[13]，輸出功率較高，充放電效率高達80-90%，而自放電較鎳氫細少，但價格較鎳氫高。但一般手提電腦、手提電話用的鋰離子電池只有數百次的充放電壽命，即使儲存不使用，隨時間增加容量也會衰減，而且有潛在危險，例如爆炸等^[14]。而使用在純電動車的鋰離子電池有別於上述一般鋰離子電池，大幅改充放電次數、存放壽命等問題，缺點是容量較一般鋰電池略小。



汽車用的引擎（內燃機）雖然普及，工作效率高，可是對環境汙染也大逐漸慢慢被取代。工作過程有四個步驟：進氣、壓縮、動力、排氣。



空氣馬達我們利用高壓壓縮空氣來充填，空氣存在於生活周遭，所以成本低又環保，只是馬達工作效率較不佳。

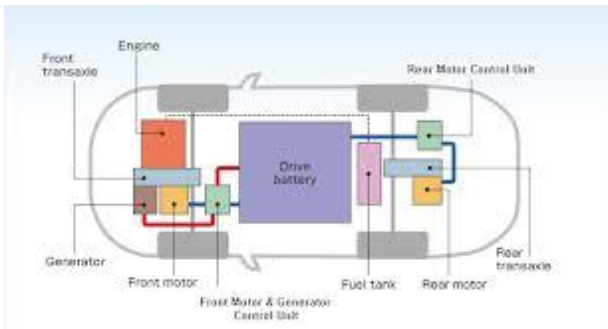


電動馬達與引擎雙動力系統主要分為：串聯式混合系統、並聯式混合系統、復聯式混合系統之混合動力車輛(Hybrid Electric Vehicle, HEV)

串聯式混合系統為引擎帶動發電機，發電供給鋰電池後，鋰電池提供電力給電動馬達使用，引擎動力只會給予發電機進行發電，並不會直接傳送至傳動軸；並聯式混合系統引擎動力與電動馬達並聯不會接觸，在此須搭配電腦控制在不同情況下告知電動馬達及引擎各需輸出多少功率，分配動力輸出比例；復聯式混合系統為目前最常使用之混合動力連接方式，利用引擎直接輸出動力給予傳動軸，也可利用

電動馬達傳送動力給予傳動軸，兩種動力可同時輸出，此外引擎也可以全功率輸出動力給予發電機進行電池充電，也可一面輸出動力給予發電機同時輸出動力給予傳動軸，在此必須搭配控制電腦分配各動力源所需輸出功率，此種搭配能讓引擎及電動馬達發揮最佳效能進而達到最高效率依照不同動力系統組合特性，混合動力可分為動力輔助混合動力系統(Power Assistance Hybrid, PAHEV)、並聯混合動力系統(PARALLEL hybrid system)，並利用車上前輪與後輪分別裝上不同動力系統使其變為四輪傳動得以達到其效果。

插入式動力系統 plug-in-HEVs 是利用油電混合車加上一市電充電接頭，當使用者只需使用車輛通勤時可利用公司市電對車輛直接進行充電，等到下班返家後也可利用家中電源進行充電。若長途行駛電池完全耗盡，也可以用車上引擎啟動輸出動力給予傳動軸或是對電池進行充電。各廠家提出 PHEV 概念如下圖



延距型電動車動力系統(Range-Extension Electric Vehicle, RE-EV)也是有相當的概念，不過延距型電動車基本架構為一部電動車，當使用者需要長時間行駛，可於車輛加裝一延距式發電模組，其模組為一引擎發電機。在實際測試中 Hung 使用動力平台測試空氣馬達性能，在此首先利用 Matlab/Simulink 軟體建立控制策略，搭配 Terasoft 公司開發之快速離型工業電腦 Microbox 進行 HIL(Hardware in the loop)線上即時模擬測試。Huang 提出將引擎與空氣做結合利用廢棄能量進行循環可以將車輛效率從原本15%提升至33%。在其中為了優化動力傳動系統的熱效率，而創造了一種活塞式空氣引擎混合動力系統，Sheu 利用此可以產生多種模式，第一引擎可直接利用高壓鋼瓶之氣體進行推動，第二利用引擎所產生的廢氣推動空氣馬達，第三當車輛進行減速時可直接利用引擎反帶動進而對壓縮鋼瓶進行儲氣，在此文獻中提到由此可讓引擎效率提升20%。Ribau 提出建置一空氣動力之機車，在車上配備高壓鋼瓶及葉片式之空氣馬達搭配模糊控制進行路面實際測試。

在控制方面市面上最常見方法為 PID 控制，主要分為比例單位(Proportional)、積分單位(Integral)、微分單位(Derivative)組成，因結構簡單而被廣為使用，然而 PID 控制並沒有最好的參數，控制的好壞

完全取決於參數值，只有最適合的。

藉由以上文獻提供參考，建立起三動力平台測試(空氣馬達、電動馬達、引擎)，利用此平台可產生七種模式分配，三種單獨模式，三種混合模式(引擎+電動)、引擎+空氣、電動+空氣)以及一種三動力混合模式，該平台可以用作教學用途並記錄各項運轉數據及資料，來找到最合適的動力源搭配。

3. 實驗設計

3.1 研究系統

工廠電源總開關



抽風系統電源



空壓機



空氣乾燥機



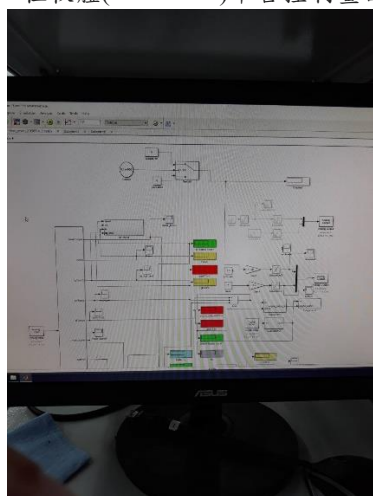
三動力平台操作儀表板



高壓鋼瓶

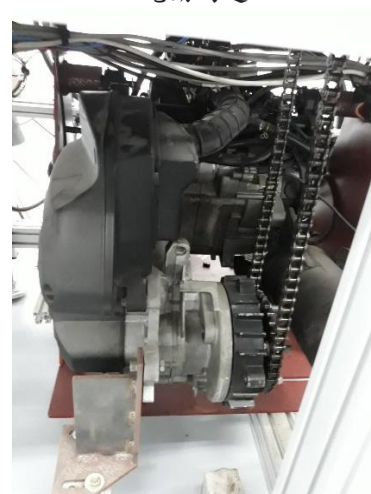


工程軟體(MATLAB)平台控制畫面

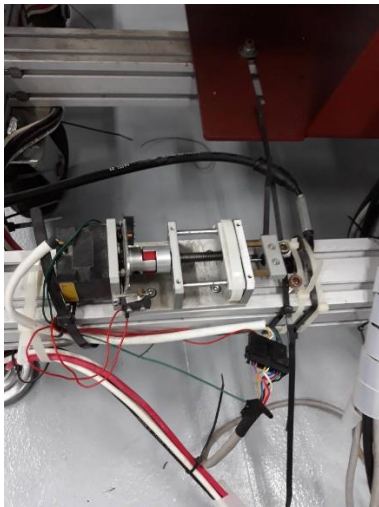


操作儀表板電源

電動馬達



步進馬達（油門開度）



空氣馬達和風管



引擎啟動裝置及保險開關



3.2實驗方法

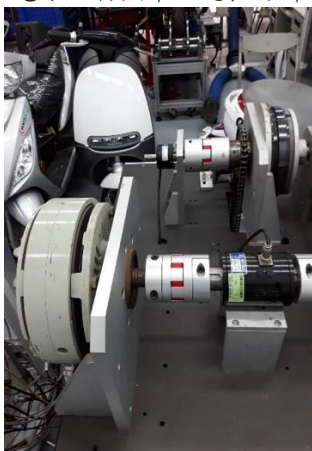
在馬達或是引擎的各位置都有設置扭力計、安培計、電壓表、轉速計、壓力表隨時記錄數據搭配 MATLAB 工程軟體回傳給電腦

3.3研究步驟

首先進到工廠將總電源開關打開>打開抽風機系統>打開空壓機氣閥>開啟空氣乾燥機避免壓縮空氣有水氣>打開高壓鋼瓶氣閥>把抽風管連接好引擎排氣管連接端>打開操作儀表板電源>打開控制電腦至 MATLAB 畫面>打開儀表板>將電動馬達電池裝上去，並轉開鑰匙至綠燈才可操作>打開引擎保險裝置再啟動引擎>使用 MATLAB 進行操作>各處的流量計、安培計、電壓計、扭力計、轉速計收集數據>使用 MATLAB 統整

實驗完畢後將所有電源以及氣閥關閉並回到初始狀態，電動馬達電池拿去充電(但離開前一定要把充電器拔掉避免工廠失火)

電子磁粉煞車及總扭力計



4. 結果討論

4.1 電動馬達試驗

此部分我們將測試電動馬達，為了電動馬達控制更加順暢，我們將透過實驗數據來做成電動馬達電子閥門開度與轉速的關係圖、電動馬達電子閥門開度與轉矩的關係圖，在此試驗總共120秒。如圖4.1。在此可以發現電動馬達電子閥門開度在80%與100%最高速皆為一致500r.p.m。並由下圖可以看出電動馬達電子閥門開度在40%至60%轉速上升較大。而轉矩的部分由下圖4.2可發現閥門開度超過20%時轉矩上升的速度極快，穩定後不管開度多少轉矩值都與彼此相近。

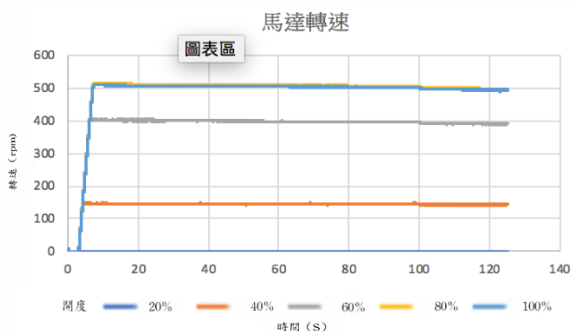


圖4.1 電動馬達電子閥門開度與轉速的關係圖

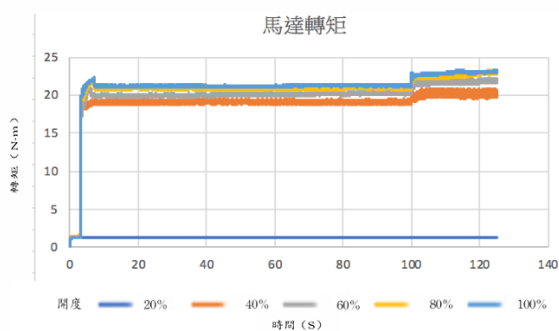


圖4.2 電動馬達電子閥門開度與轉矩的關係圖

4.2 空氣馬達試驗

在此次測驗過程中將對空氣閥門開度與轉速關係進行實驗如下圖4.3至4.4。在此為確保實驗之一致性，因此在設定壓力方面必須適當。過大易造成管路壓力不穩，過小即無法啟動空氣馬達。因此針對空氣壓力在1kg/cm²進行試驗，總共操作20秒。

由下圖4.3的閥門開度表現出開度大小轉速卻沒有獲得相對的提升，可能是在設定開度時將顏色標示標錯，再者就是壓力太小空氣馬達轉不太起來再加上測試時間過於簡短。

為了修正上面所出現的錯誤，我們將壓力調至3.5 kg/cm²，增加測試時間，也確認了所有線段所對應的開度，可以發現除了開度20%在60秒後跟其它開度有明顯的不同以外，其他開度在40秒時皆可到

達轉速1500rpm以上，因此閥門開度大小，是影響空氣馬達加速性能一大主因，但不直接影響空氣馬達最高速性能。

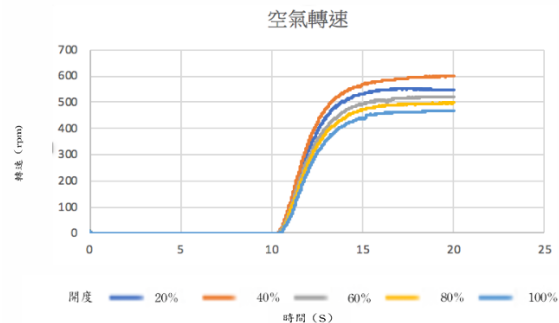


圖4.3 空氣馬達電子閥門開度與轉速在1 kg/cm²的關係圖

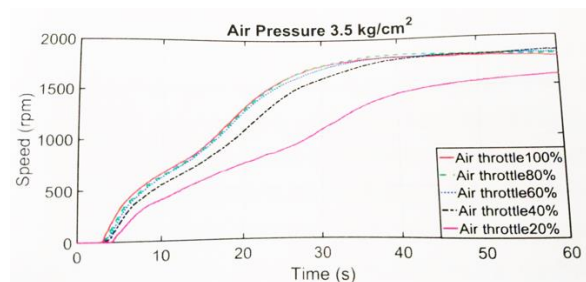


圖4.4 空氣馬達電子閥門開度與轉速在3.5 kg/cm²的關係圖

4.3 引擎試驗

在此部分將進行引擎性能測試。在此針對引擎相同壓力底下不同閥門開度對應轉速關係進行測試。此與空氣馬達測試方法相近。必須設定適中空氣壓力，太大時實驗結果不穩定，太小則無法推動三動力混合動力平台。在此因空氣引擎消耗氣體較少，所以將最高壓力設定在4kg/cm²。下圖4.5至圖4.6為空氣引擎在壓力2kg/cm²、4kg/cm²壓力底下其閥門開度與轉速關係圖。在下圖可以看出由於當初在設定的開度時沒有從20%~100%去設定測試，導致測試的閥門開度由65%~75%，設定時間也長達120秒，雖然也可以看得出閥門開度最大的值與引擎加速呈現正相關，但轉速數值比預期的低。

因此為了修正上面所出現的錯誤，我們將壓力調至4 kg/cm²，減少測試時間至60秒，也將設定值的開度經由多次測試後找到相對應的%數，結果與空氣馬達類似，而極速與空氣壓力也呈現正相關。

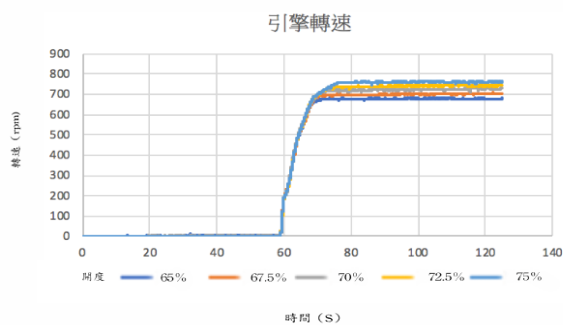


圖4.5 引擎電子閥門開度與轉速在 2 kg/cm^2 的關係圖

如4-6圖，

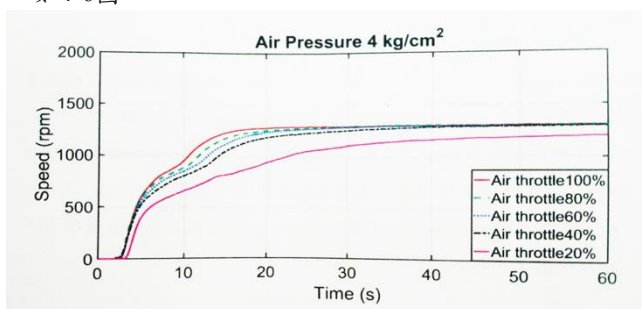


圖4.6 引擎電子閥門開度與轉速在 4 kg/cm^2 的關係圖

4.4 電動馬達與空氣馬達試驗

此階段將測試電動馬達與空氣馬達進行混合動力試驗，設定負載為 $5.5 \text{ N}\cdot\text{m}$ ，由圖4.7可知馬達最早開始動作，不到幾秒已經加速到 $500\sim 600 \text{ rpm}$ ，之後維持穩態，而空氣馬達我們設定在100秒後才開始動作，100秒時空氣馬達轉速達到 600 rpm 以上，之後瞬間下降維持穩態，可發現加入空氣馬達後整體速度並未上升，其主要原因為平台上所選用的電動馬達控制器是以『速度控制』為主，每個油門開度皆有固定的轉速，若實際速度沒達到目標速度則會增加輸出扭力，相反的若超過目標速度則會減少扭力輸出。

由圖4.8可知當電動馬達的轉矩上升時直到100秒，空氣馬達介入，電動馬達的轉矩下降，與空氣馬達轉矩所增加的值相同，由此可知電動馬達控制器發現不用輸出如此大的扭力，就可以到達目標速度，因此降低電動馬達的轉矩。

由圖4.9可知電動馬達的效率一瞬間達到 $80\sim 90\%$ 直到100秒空氣馬達介入後稍微降低到 $70\sim 80\%$ ，而空氣馬達在介入後，開始有效率產生，維持在 20% 左右，與電動馬達使用效率相去勝遠。

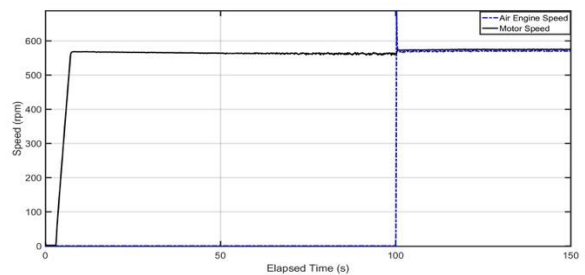


圖4.7 電動馬達、空氣馬達與轉速的關係圖

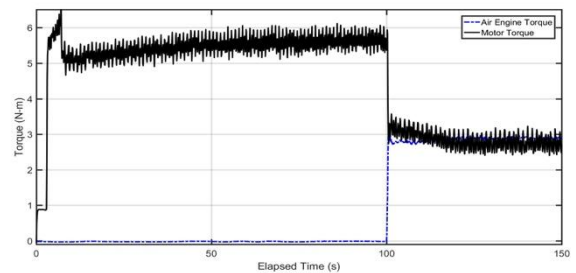


圖4.8 電動馬達、空氣馬達與轉矩的關係圖

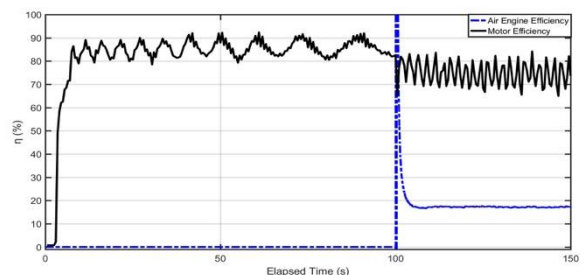


圖4.9 電動馬達、空氣馬達與效率的關係圖

4.5 電動馬達與引擎試驗

此階段測試目前市面上常見的油電混合車的控制方式，設定負載為 $30 \text{ N}\cdot\text{m}$ ，由圖4.10可知我們將引擎於75秒啟動，電動馬達在 $75\sim 100$ 秒之間由一開始的 400 rpm 加速到將近 700 rpm 後為 $400\sim 500 \text{ rpm}$ 的轉速，而引擎75秒啟動後由 900 rpm 下降到與電動馬達相同的轉速。

由圖4.11可知電動馬達一開始輸出 $30 \text{ N}\cdot\text{m}$ ，在75秒時引擎介入，電動馬達開始下降扭力，引擎扭力上升後維持在 $20 \text{ N}\cdot\text{m}$ 左右，而電動馬達轉矩還依然維持在 $10\sim 20 \text{ N}\cdot\text{m}$ 左右，並非完全被引擎帶動。

由圖4.12可知引擎一開始維持在 $80\sim 90\%$ 效率值，但引擎在75秒後才啟動，有可能是紅線應該為電動馬達並非引擎，黑線應該為引擎並非電動馬達，其中原因是當初在輸入數據時所發生的錯誤。

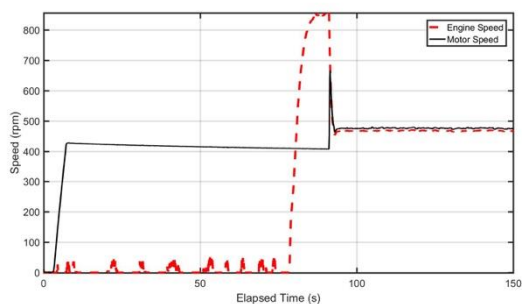


圖4.10電動馬達、引擎與轉速的關係圖

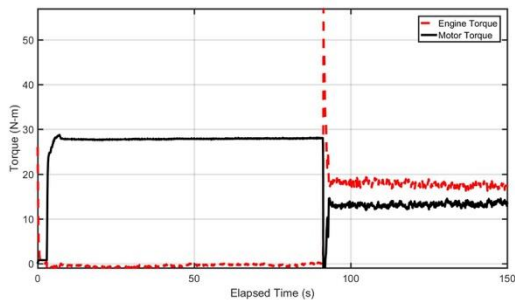


圖4.11電動馬達、引擎與轉矩的關係圖

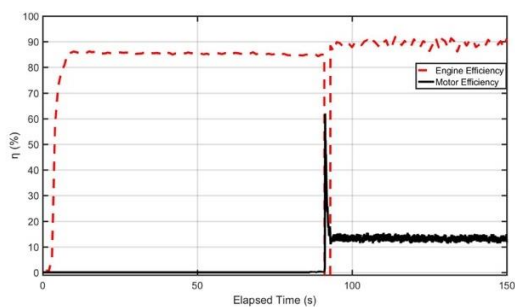


圖4.12電動馬達、引擎與效率的關係圖

4.6 空氣馬達與引擎試驗

這此階段引擎輸出功率較大，因此設定為主要動力來源，而空氣馬達輸出功率較小，用於輔助動力，設定負載為20N·m，由圖4.13可知於100秒時啟動空氣馬達，之後引擎與空氣馬達轉速皆達到穩態約為900~1000rpm。

由圖4.14可知引擎的扭力值於30秒後開始上升至15~20 N·m，最後到達20 N·m穩態，而100秒時空氣馬達介入，空氣馬達轉矩約4 N·m穩態，但引擎的扭力值並未因為空氣馬達介入而有所下降，整體的轉矩增加。

由圖4.15可知引擎於30秒後開始動作後，效率一直維持在10~20%之間，空氣馬達於100秒後開始產生效率值，之後維持在10%左右，而引擎在空氣馬達介入後效率有稍微降低。

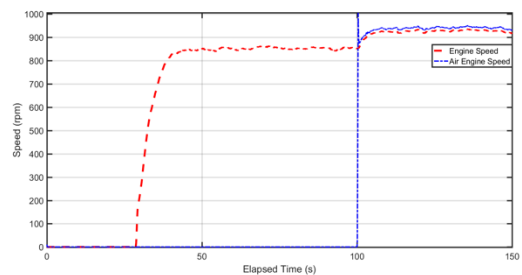


圖4.13空氣馬達、引擎與轉速的關係圖

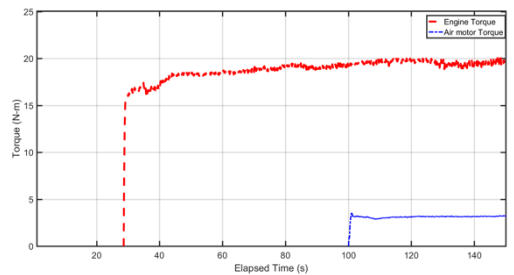


圖4.14空氣馬達、引擎與轉矩的關係圖

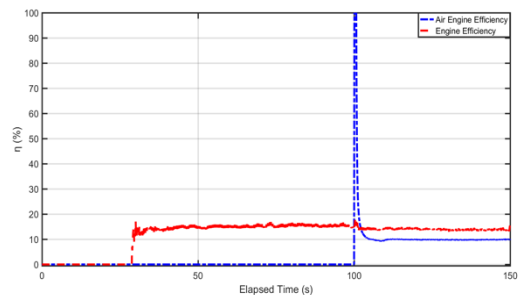


圖4.15空氣馬達、引擎與效率的關係圖

4.7 電動馬達、空氣馬達與引擎試驗

此階段將混合三動力，將分別調整引擎、電動馬達、空氣馬達的開度，討論比較轉速、轉矩、效率並將結果實驗記錄下來。

設定引擎開度75%、空氣馬達開度60%、電動馬達60%，總共125秒，由圖4.16可知電動馬達一開始轉動達到400rpm，60秒引擎介入後，引擎跟電動馬達的轉速都上之維持在700~800rpm 穩態，而空氣馬達在將近70秒介入後，在100秒與電動馬達和引擎的轉速相同。

負載設定為30N·m，電動馬達一開始維持在20~30N·m，直到引擎在將100秒進入後達到30~40N·m（圖中空氣馬達在100秒前有轉速可能是壓力設定過大導致空氣馬達不穩），電動馬達的扭力值完全被引擎給吸收掉，只剩下引擎的扭力值，而100秒時空氣馬達介入，引擎僅稍微下降，就效率而言只剩引擎佔了大部份。

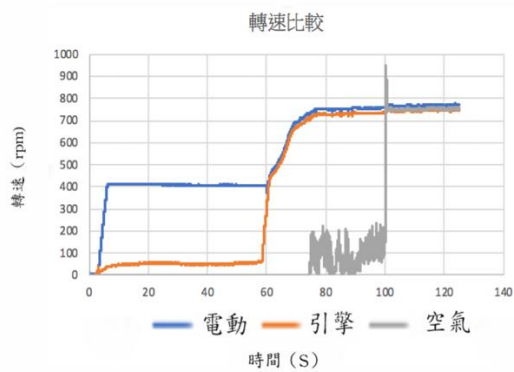


圖4.16電動馬達、空氣馬達、引擎與轉速的關係圖（引擎開度75%、空氣馬達開度60%、電動馬達60%）

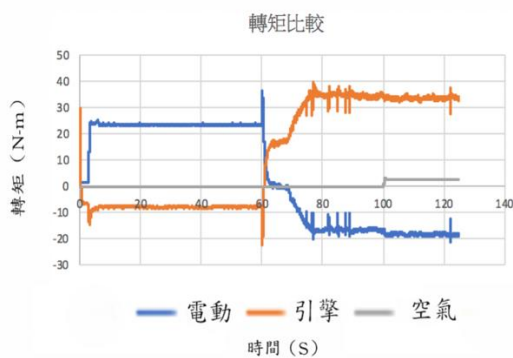


圖4.17電動馬達、空氣馬達、引擎與轉矩的關係圖（引擎開度75%、空氣馬達開度60%、電動馬達60%）

設定引擎開度72.5%、空氣馬達開度60%、電動馬達100%，總共125秒。

由圖4.19可知電動馬達一開始轉動達到500rpm，60秒引擎介入後，引擎跟電動馬達的轉速都上之維持在700~800rpm 穩態，而空氣馬達在將近100秒介入後，在100秒與電動馬達和引擎的轉速相同。

負載設定為30N-m，電動馬達一開始維持在20N-m，直到引擎在將近60秒進入後達到30~40N-m，電動馬達的扭力值完全被引擎給吸收掉，只剩下引擎的扭力值，而100秒時空氣馬達介入，引擎僅稍微下降，就效率而言只剩引擎佔了大部份，由於將電動馬達閥門開度調到最大，震盪的幅度也跟著變大不穩。

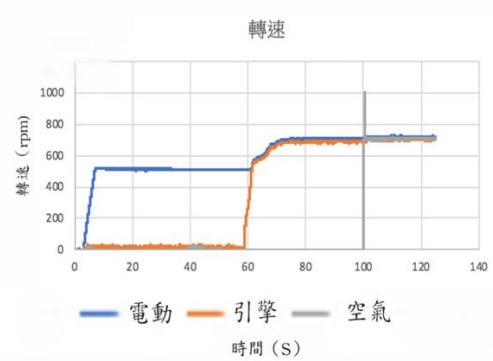


圖4.19電動馬達、空氣馬達、引擎與轉速的關係圖（引擎開度72.5%、空氣馬達開度60%、電動馬達100%）

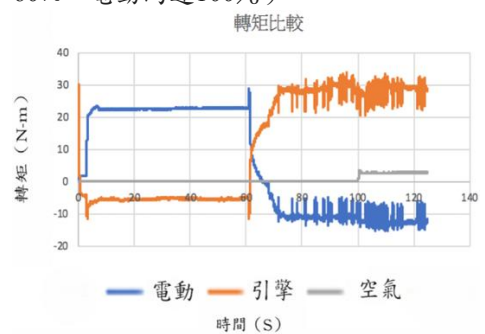


圖4.20電動馬達、空氣馬達、引擎與轉矩的關係圖（引擎開度72.5%、空氣馬達開度60%、電動馬達100%）

設定引擎開度62.5%、空氣馬達開度100%、電動馬達60%，總共125秒。

由圖4.21可知電動馬達一開始轉動達到300~400rpm，60秒引擎介入後，引擎跟電動馬達的轉速都上升維持700~800rpm 穩態，而空氣馬達在將近100秒介入後，在100秒與電動馬達和引擎的轉速相同。

負載設定掉到為25N-m，電動馬達一開始維持在20N-m，直到引擎在將近60秒進入後達到10N-m，電動馬達的扭力值完全接近0 N-m，只剩下引擎的扭力值，而100秒時空氣馬達介入，引擎僅稍微下降，就效率而言只剩引擎佔了大部份，從三張圖可以看出來不管是引擎、空氣馬達、電動馬達，都受到閥門開度大小變化進而造成轉速跟轉矩不盡相同，而彼此間也互相影響。

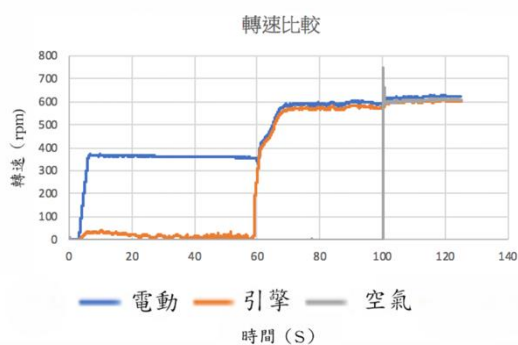


圖4.21電動馬達、空氣馬達、引擎與轉速的關係圖（引擎開度62.5%、空氣馬達開度100%、電動馬達60%）

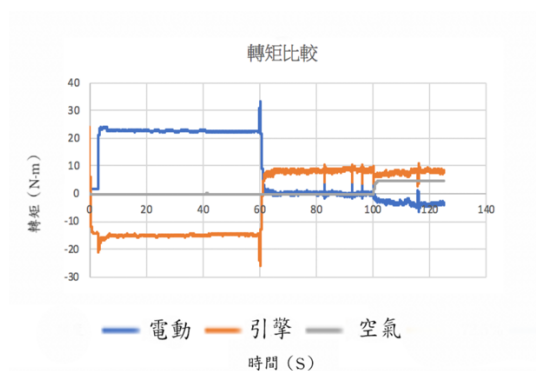


圖4.22電動馬達、空氣馬達、引擎與轉矩的關係圖（引擎開度62.5%、空氣馬達開度100%、電動馬達60%）

6. 誌謝

感謝工業教育系提供專題的研究經費還有設備，謝謝專題指導老師洪翊軒在專題上的建議及指導，也謝謝張軒墉學長以及許繼嘉學長的細心指導跟建議，最後謝謝所有參予專題的同學及老師學長姊還有學弟妹的陪伴。

7. 參考文獻

1. 維基百科：純電動車、電池，取自
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%B4%94%E9%B%BB%E5%8B%95%E8%BB%8A#%E9%9B%B%E6%B1%A0>
2. 維基百科：鎳氫電池，取自
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%95%8D%E6%B0%A2%E7%94%B5%E6%B1%A0>
3. 維基百科：鋰離子電池，取自
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%94%82%E7%A6%BB%E5%AD%90%E7%94%B5%E6%B1%A0>
4. 癮科技引擎的基本原理，取自
<https://cool3c.incar.tw/article/14183>
5. 華人百科：氣動馬達，取自

<https://www.itsfun.com.tw/%E6%B0%A3%E5%8B%95%E9%A6%AC%E9%81%94/wiki-225302-485291>

6. C. T. Chung and Y. H. Hung, "Energy improvement and performance evaluation of a novel full hybrid electric motorcycle with power split e-CVT", "Energy Convers Manage, vol.86, no.7, pp.216-225, 2014."
7. S. G. Osborn, A. Vengosh, N.R. Warner and R. B. Jackson. "Methane Contamination of Drinking Water Accompanying Gas-Well Drilling and Hydraulic Fracturing", in Proceedings of the National Academy of Sciences USA, vol.108, no.20, pp.8172-8176, May17, 2010.

Three Power Platform Mixing Test Implementation

Lin Baiwen*, Li JingChun

Energy Application Group, Department of
Industrial Education, National Taiwan Normal
University

Advisor: Dr. Yixuan Hong

*Email: kjr41016@gmail.com

Abstract

The three-power hybrid platform is composed of three kinds of power sources: gasoline engine, electric motor and air motor. With the electromagnetic clutch, the power source can operate independently or hybrid, and we use related equipment and sensors and Matlab / Simulink software. Recording, and finally collecting various parameters to make a chart analysis, such as individual power source analysis gasoline engine, air motor, electric motor, plus dual power source (gasoline engine + air motor) mixed with each other, (electric motor + Air motor), (gasoline engine + electric motor) plus the final total mixing platform (gasoline engine + air motor + electric engine), a total of seven models for analysis and comparison, to achieve the purpose of our experiments.

Keywords: hybrid, air motor, electric motor, engine

常見分離式冷氣不冷的處理實務

游紀原^{1*}、林文偉²、

國立臺灣師範大學工業教育學系能源應用組^{1,2}

指導老師：徐照夫 教授

Email: a0982676618@gmail.com

摘要

目前台灣的住戶中，因為分離式冷氣的引進，許多窗型式冷氣正在被淘汰，分離式冷氣也因為變頻的相較昂貴，用戶多以分離式定頻冷氣為主。

在此專題當中，記述了關於分離式定頻冷氣簡單維修的紀錄，用一個簡單明瞭的方式，使人知道冷氣可能不冷的原因，並且找出出問題的零件，並維修使其恢復正常運作。我們分成兩路去找出問題，一邊從室外機，另一邊從室內機開始，尋找冷氣可能不冷的所在，這些問題都是較常發生在生活中的，屬於常見的問題，並加以維修。

關鍵字：分離式變頻冷氣、常見問題、簡單維修

1. 前言

1.1 研究背景與動機

居家的冷氣過了幾年可能會陸續發生一些問題，漸漸變的不是那麼冷，在冷凍系統中有壓縮機、冷凝器、毛細管、蒸發器，我們整合常見其中的分離式冷氣問題，希望能讓更多人知道冷氣的結構與簡單修護。

1.2 研究目的

分離式冷氣中，有些較為常見的問題發生，希望能藉由一個統整的資料，幫助人能知道冷氣的問題，建立對冷氣的基本概念，並有一些檢測、排除問題的能力。

1.3 研究方法

藉由模擬冷氣出現的常見問題，讓冷氣出現某種的狀況，再由理論上的解決方法實際應用，進而排除問題，確定整個處理流程是否妥當，再加以記述。

1.4 名詞解釋

壓縮機：壓縮機是製冷循環的動力，製造高低壓力，輸出至冷凝器。

冷凝器：冷凝器是一個熱交換設備，將來自冷壓縮機的高溫高壓製冷蒸氣的熱量帶走，再輸出至毛細管。

毛細管：降低製冷劑液體的壓力，從而降低製冷劑液體的溫度，輸出至蒸發器。

蒸發器：降低製冷劑液體的壓力，從而降低製冷劑

液體的溫度，輸出至壓縮機。[1]

2. 分離式定頻冷氣介紹

2.1 冷氣中的四大元件

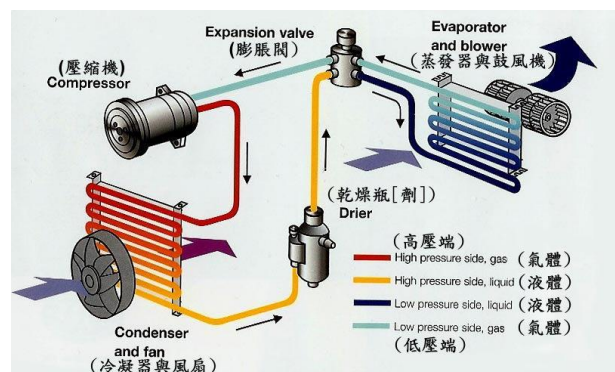


圖1 分離式冷氣四大元件

2.2 分離式冷氣中冷媒流程



圖2 分離式冷氣冷媒循環

2.3 冷氣運轉模式

冷氣：由冷氣中的四大元件提供冷度。

除溼：在室內吸熱（降溫除溼）後，把熱量透過冷媒傳送至室外機散熱。

送風：透過風機將風從室外引到室內，不會啟動壓縮機。

在此專題中，所提及的是開冷氣時遇到的常見問題，針對冷氣功能本身所論述的。

3. 常見冷氣不冷問題的判別與處理

以下整理出分離式定頻冷氣較常見的問題，我們將其問題一一列舉並提出經常發生的問題所在，並提出維修方法。

其中列舉冷媒系統中的室外機、室內機和電路中所可能影響冷氣不冷的原因。

3.1 室內機常見的問題



3.1.1 濾網髒掉：

原因：因應環境的空氣品質，會影響濾網髒的速度，若是環境環境乾淨，濾網清洗的次數相較少。

處理：將濾網方向的方式進行清洗，將上面沾染的髒污除去。

3.1.2 蒸發器積灰塵



原因：可能因為漏出些微的冷凍油汙沾附，又或是空氣中的灰塵附著，使得蒸發器的進風減少。

處理：用高壓清洗機把水噴上一層，將空調用清潔劑噴上，約3~5分鐘(依當天溫度有調整)，再用高壓清洗機的水帶走清潔劑上的髒污，依此動作重複2~3次(依清潔劑的強度微調)

3.1.3 蒸發器結冰

原因：分離式冷氣由於安裝或使用時間較久、銅管連接不良等原因，會出現冷媒泄漏或滲漏。製冷系統內冷媒減少後，便造成蒸發壓力過低，導致提早蒸發，使蒸發器結冰，結冰的位置一般在蒸發器前部分。

處理：排除方法是先處理好泄漏部位，加足冷媒，故障便會排除。

3.2 室外機常見的問題



3.2.1 鰭片過髒

原因：室外機附近環境的空氣品質會影響鰭片進風量，進而影響外機的調節。

處理：用高壓清洗機把水噴上一層，將空調用清潔劑噴上，約3~5分鐘(依當天溫度有調整)，再用高壓清洗機的水帶走清潔劑上的髒污，依此動作重複2~3次(依清潔劑的強度微調)。

3.2.2 風扇不轉



原因1：室外機風扇運轉電容壞掉

處理1：將電容取出，並照其上規格購買另一個相同型號電容。

原因2：外機風扇軸承壞掉

處理2：拔掉電源並把外風車馬達拆下，將馬達外殼做記號，拆開馬達卸下軸承，軸承上都有編號，再依編號去購買。

3.2.3 壓縮機散熱不良

原因：進風和出風的風量要不正常

處理：看鰭片的髒度還有風扇的運轉，確認進出風的風量。

3.3 電子元件常見的問題

3.3.1 主機板故障

原因：可能因為啟動時電流訊號過大，而將主機板衝壞

處理：因應各家不同，須更換一個原廠主機板，但仍須排出衝壞主機板的因素，否則主機板仍然會被衝壞。

3.3.2 溫度感測器



原因：因拆卸濾網或是清洗冷氣時，將溫度感測器撞壞，使得其功能不正常，造成感溫失靈，誤以為冷氣已達所設定之冷度而回報錯誤訊息，讓壓縮機休息，不再提供冷度。

處理：更換一個溫度感測器

4. 結果與討論

經由這次的統整維修資訊，目的也希望任何人都能藉由這個題目，而有對於自家分離式定頻冷氣的基本概念。發現到其中仍是需要一些專業知識的背景，能知道冷氣的結構和系統的循環。

在此專題中，可以得知系統的運作及結構的圖畫，幫助人能從這些記述的內容中，處理自己家中可能會發生的常見問題。

5. 結論

這次整理過程，發現其實許多冷氣在「正常使用」的情況下，基本上不會發生問題，除了不要直接的傷害到機體和其中的零件，也需要注意到安裝時的位子和安裝的缺失。另外，必要的就是保養，定期清洗，1~3年依據不同的使用情形和環境，而有不同的清洗次數。

注意這些細節，可以免去很多後續的維修，所以更應當注意安裝時的施工和保養的清潔，可以使後續的處理變為更輕省。

7. 參考文獻

1. 土一科技 News，《冷氣制冷系統主要的四大元件》
2. <https://kknews.cc/zh-tw/news/kmj6yq.html>
3. <http://www.yahoooo.com.tw/vision.html>