

投稿類別：工程技術類

篇名：
電動車製作與設計

作者：
陳映勳。私立葳格高級中學。普通科二年甲班

指導老師：
林正乾 老師
伍家麟 老師

壹、前言

一、研究動機

近年來環保意識抬頭，國際石油價格不斷攀升，加上提倡節能減碳的雙重效應下，電動車在環保議題上帶來零排放、低噪音、節省能源及保養簡易等優點，對於改善空氣品質、降低國內碳排放總量，深具重要性。而我從小就經常拆解玩具車，觀察其構造組成，甚至將不同車子零件互換，卻發生無法組裝成功的窘境，就讀高中時，認識了鑽研電動車設計與製造的林教授，於是我加入其研究室，學習設計與自行打造出自己的電動車，並參加電動賽車比賽，本研究就是我在林教授指導下參與製作與設計的電動(賽)車之專題論文。

二、研究目的

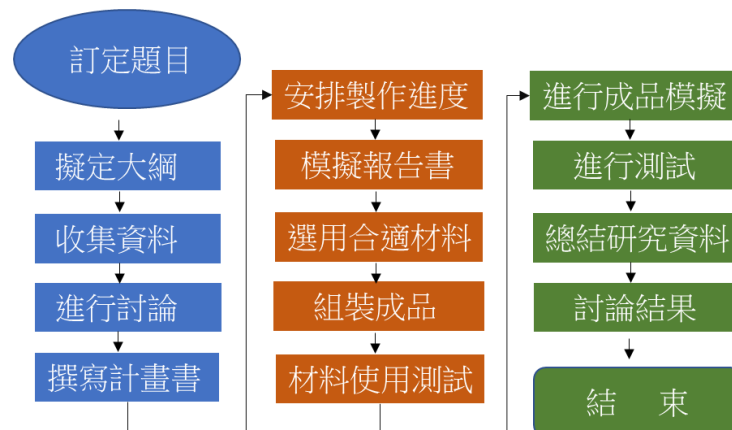
本專題是設計一台參加 SAE 競速比賽的電動車，並依大會簡章規定設定電動車需滿足下列 9 項條件：1.能完成基本的前進行駛動作 2.安全 3.輕量化 4.低風阻 5.轉向準確，無轉向過度或轉向不足的狀況 6.制動力足 7.機械效率高 8.加速度：0 km/hr~30 km/hr , 8 秒 9.極速：60 km/hr。

三、研究方法

參考相關文獻並透過比較設計本電動車，將研究分為八個部份進行探討：(一)車輛構造圖、(二)車身設計、(三)動力包件設計、(四)煞車系統設計、(五)轉向系統設計、(六)安全及環保設計、(七)測試計畫、(八)駕控策略。

四、研究流程

本研究流程如圖一所示。

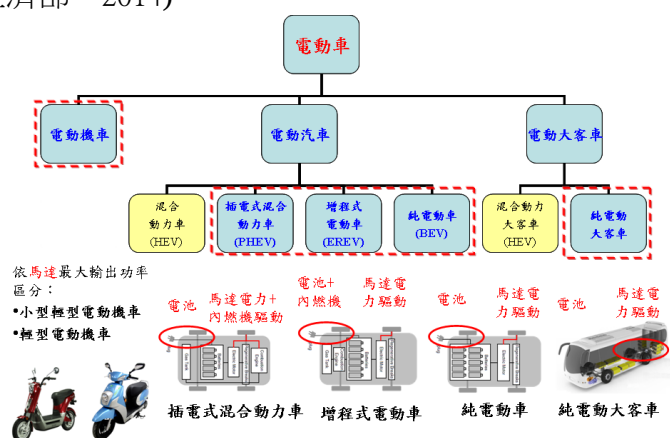


圖一：研究流程圖 (研究者繪製)

貳、正文

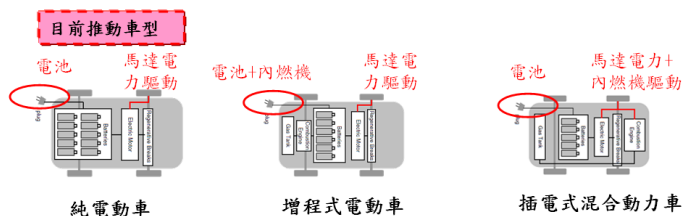
一、臺灣的電動車產業

行政院為推動「**新興智慧型產業**」，規劃發展雲端運算、智慧電動車、智慧綠建築及發明專利產業化，揭發台灣未來將發展低碳高值之產業方向。為達產業發展政策目標，除推出「**電動機車產業發展推動計畫**」外，並核定「**智慧電動車發展策略與行動方案**」，訂定具體推動我國新興智慧電動車產業之策略與行動方案，後依據前述各行動方案於**99年5月12日**正式成立**智慧電動車發展推動小組**，開始執行相關方案(經濟部，2014)。目前國內的電動車種類可區分為電動大客車、電動汽車及電動機車等3類(圖二) (經濟部，2014)，而電動汽車依據其動力驅動來源又可分為：1.混合動力車、2.插電式混合動力車、3.增程式電動車及4.純電動車 (圖三) (經濟部，2014)。



圖二：電動車輛種類 (資料來源：經濟部。智慧電動車輛發展策略與行動方案。2014年11月18日，取自 <https://goo.gl/xYorDC>)

- **混合動力車 (HEV)**：內燃機驅動為主，低速以電力驅動
- **插電式混合動力車(PHEV)**：電池電力（中短途）+內燃機油氣（長途）的驅動，續航力佳
- **增程式電動車(EREV)**：電池+內燃機的電力驅動，續航力佳
- **純電動車 (BEV)**：純電池電力驅動，續航力有限



圖三：各型式電動車動力驅動方式 (資料來源：經濟部。智慧電動車輛發展策略與行動方案。2014年11月18日，取自 <https://goo.gl/xYorDC>)

二、臺灣的電動車的發展與瓶頸

目前電動車輛的發展現況，電動機車在國內已屬領先地位，已開發多款小型

輕型電動機車及輕型電動機車，且已打入國際市場。而電動汽車部分，因混合動力車專利布局嚴密，國內雖已有車廠導入國產化量產，但關鍵技術仍掌握於國際大廠，且節能減碳效益仍屬有限；插電式混合動力車及增程式電動車，雖為混合動力車及純電動車衍生產品，但可採一般家用電源或引擎發電機進行充電，屬過渡產品，然已較混合動力車更具節能減碳效益，且在電池技術限制車輛續航力及充電設施尚未普及之環境下，民眾接受度較高。純電動車的零碳排放量可謂最為環保及具大幅節能減碳效果。因此，國內電動車輛初期即以純電動車做為推動主軸，惟受限於目前動力電池性價比及續航里程無法與傳統內燃機車輛相當，充電環境尚未布建，以及消費者用車觀念未調整之際，在推動上更需要政府政策持續引導與協助。

三、研究設備與器材

本研究使用 Solidworks 軟體繪製出車殼形狀，利用木頭與保麗龍製作。

(一)動力配件：馬達、電池、腳踏加速器、驅動器。

1.馬達：碩陽電機 BL-104L 額定 48 伏 1 KW 4000rpm。2.電池：中華汽車鋰電池 10 AH 額定電壓 48 伏特。3.腳踏加速器：霍爾感應裝置。4.驅動器。

(二)傳動配件：輪組、鍊條、內變速、齒盤。

1.輪組：20 吋輪組。2.鍊條：鐵材； $\frac{1}{4}$ "pitch。3.內變速：NEXUS SG-7R64 7 段內變速。4.齒盤：主動齒 12t； $\frac{1}{4}$ "pitch、從動齒 66t； $\frac{1}{4}$ "pitch。

四、研究方法與過程

(一) 研究方法

本研究是以實驗為主、文獻探討為輔，進入電動車研究團隊參與電動車之製作、設計、測試和分析數據，評估所設計電動車之優缺點，並加以改進及增添其功能，以期達到簡易操作及有效節能之目的。

(二)研究過程－電動車設計與製作

1. 車架

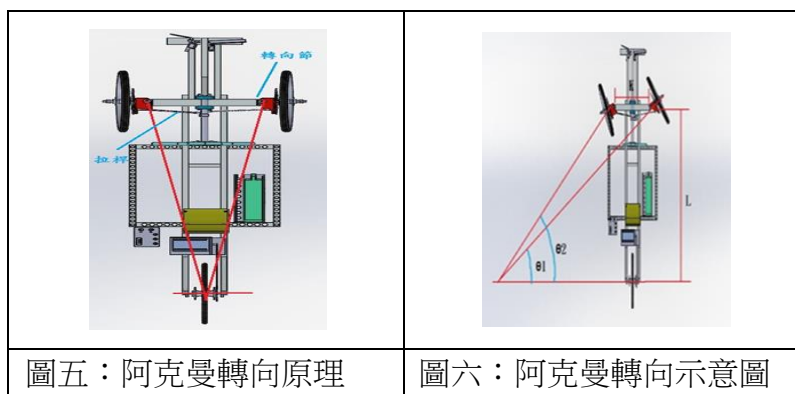
本專題的車架結構是採用 Solidworks 軟體去做結構分析及設計，車架是採用雙大樑結構設計，如圖四所示，結構簡單、剛性強、可耐衝擊，並為了使車架重量輕量化，所以在車架非主結構上做鑽孔的動作(SKY，2017；知乎，2014)。



圖四：車架構造圖 (資料來源：研究者自製)

2. 轉向系統

本電動車的轉向系統是採用現代汽車所使用的阿克曼轉向系統，阿克曼轉向原理是轉向節的鎖點與拉桿的鎖點的位置，必須要跟後輪交於一點(百度經驗，2018)，如圖五所示，在轉向時內前輪必須較外前輪所夾的角度大(圖六)，其優點是可有效減少輪胎磨耗、轉向精確、減少功率損失，以及操控穩定。



(資料來源：研究者自製)

3. 轉向系統理論分析

理論計算分析： $\cot \delta_o - \cot \delta_i = \frac{K}{L}$ ，其中 δ_o =外側輪轉向角 δ_i =內側輪轉向角
 K =輪距 L =軸距，本電動車之軸距為 1-369m，輪距為 0-88m，假設本電動車欲進行左轉，以左輪(內側輪)為基準，本團隊設定左輪轉向角為 60° ，因此經由公式可推導出右輪轉向角為 $50-66^\circ$ 。而為了方便施工，本團隊右輪轉向角取 52° ，因

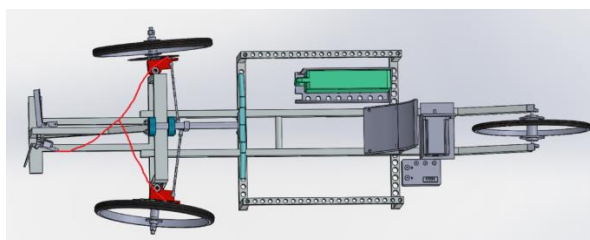
此產生誤差 e ： $0-133^\circ$ 。其中 δ_t =實際角度 δ_r =理想角度，而誤差可經由 $\frac{K}{L}$ 來改善，若誤差為負值，則增加 $\frac{K}{L}$ 值；若為正值，則減少 $\frac{K}{L}$ 值。

最小迴轉半徑 $R = \sqrt{(a+b)^2 + b^2 \cot^2 \theta}$

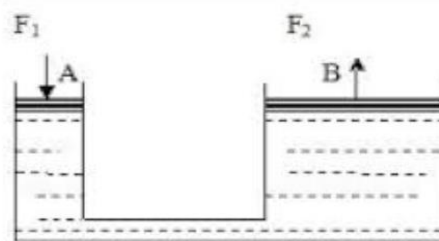
$a=757$ $b=1369$ $\theta=60$ 以上式求得 $R=2268-1mm$

4. 煞車系統

煞車系統是依比賽規則設計，比賽場地是在 4 個位置各設停止區，而車輛一到停止區都必須停止後才能再起步，所以採用一對二油壓碟盤煞車，如圖七所示，能使車輛更快速的煞住停止(百度經驗，2018)。煞車系統原理是根據帕斯卡定律(國立清華大學開放式課程，2018 年；生活裡的科學，2016)，在液壓系統中的一個活塞上施加一定的壓力，必將在另一個活塞上產生相同的壓力增量，如圖八所示。



圖七：油壓碟煞示意圖
(資料來源：研究者自製)



圖八：帕斯卡原理示意圖
(資料來源：研究者自製)

5.動力系統

本電動車之動力系統由鋰電池組、直流無刷馬達、馬達驅動器、油門加速器所組成。

(1)動力配件：馬達:碩陽電機 BL-104L 額定 48 伏 1 KW 4000rpm，電池：中華汽車鋰電池 10 AH 額定電壓 48 伏特，腳踏加速器:霍爾感應裝置。

(2)所需動力估算

本電動賽車比賽環境為 ARTC 廠區，比賽道路主要是柏油鋪面，幾乎無上下坡，一圈要完全停止 4 次後啟動，故將本電動車之性能設定為巡航速度 35 Km/hr，而最大則定 55~60 Km/hr，為了選擇適當的馬達作為本電動車之動力來源，故進行簡化的動力分析。

車輛行駛需要動力系統產生足夠的動力來克服包括慣性加速、風速、重力等阻力，挑選一輸出功率適當的馬達動力系統，主要使用車輛動力分析公式，車輛動力分析主要是根據使用力學守恆的牛頓第二運動定律發展而來，詳細的車輛動力方程式推導可參考文獻(張力軍，2011；新星出版社編輯部，2010)，本設計適用之簡化車輛動力方程式可以式(1)表示：

$$P=maV+\frac{1}{2}\rho C_dAV^3+mgV\cos(\alpha)+mgV\sin(\alpha)$$

式(1)左項 P 是馬達需要供應的功率也是所有阻力功率的總合，右式分別為加速阻力(maV)，m 是質量、a 是線性加速度、V 是車速(m/s)；空氣阻力($\frac{1}{2}\rho C_dAV^3$)、 ρ 是空氣密度、 C_d 是車輛阻力係數、A 是車輛的前視面積；轉動慣性阻力 $mgV\cos(\alpha)$ ， f_r 是轉動阻力係數、 α 是斜坡坡度、g 是動力加速度 $9.8m/s^2$ ；斜坡重力阻力($mgV\sin \alpha$)。

由表一顯示本電動車的設計規格，包括：車體尺寸、淨重、預定最大車速與巡航速度、起步加速度、爬坡度等，本設計之風阻係數(C_d)與轉動阻力係數(f_r)是根據參考文獻(陳大達，2013；耿陽，1998)決定。

表一：本研究電動車設計規格

項目	規格
尺寸 (L/W/H,mm)	1900/1100/850
淨重(kg)/有駕駛(Kg)	40/110
風阻係數(Cd)	0.52
轉動阻力係數(fr)	0.01
車輛的前視面積(m ²)	0.5
最大速度(Km/hr)	60
巡航速度(Km/hr)	35
加速度	0~30 Km/hr, 8sec

(資料來源：研究者自製)

表二：駕駛條件下所使用的功率

駕駛條件	功率需求(W)
最大速度(60 Km/hr)	917
巡航速度(35 Km/hr)	338
起步加速度(0~30 Km/hr, 8sec)	1137

(資料來源：研究者自製)

根據表二之車輛動力分析結果，與大會指定電池之限制，在起步加速時馬達所需要輸出的功率是 1137 W，在最大速度 60 Km/hr 時電動車所需輸出功率是 1080 W，低於電池的最大輸出限制($50\text{ V} \times 25\text{ A} = 1250\text{ W}$)，因此我們選用無刷直流馬達 BLDC，額定電壓 48 V，額定功率 1000 W，最大扭矩 1020 kg-cm 提供整車動力，並使用 5~7 倍減速齒比來提高馬達的扭力，另外使用 7 段 Shimano 內變速，來達成低速到高速的動力需求。

6.傳動系統

本電動車傳動系統由主動齒盤、被動齒盤、鍊條、內變速器組成。(1)傳動配件：20 吋輪組；鍊條：鐵材； $\frac{1}{4}$ "pitch；內變速：NEXUS SG-7R64 7 段內變速；齒盤：主動齒 12t； $\frac{1}{4}$ "pitch、從動齒 66t； $\frac{1}{4}$ "pitch。(2)傳動系統：馬達端安裝 12 齒主動齒輪，經由鍊條傳達到後輪 66 齒被動齒輪，再藉由內變速進行換檔的動作，最後將整個動力傳達於地面(知乎，2014)，如圖九所示。



圖九：傳動系統
(資料來源：研究者自製)

7.車殼製作

本車殼是使用 Solidworks 軟體繪製出車殼形狀，主要以低風阻設計(連仁宗，2018)，如圖十所示，再用魚骨法做木模，並在木模中塞入保麗龍，做打磨的動作(圖十一)，接著做車殼的部分繪製和切割，以不干涉去施工(圖十二)，之後在車殼上做噴漆上色(圖十三)。

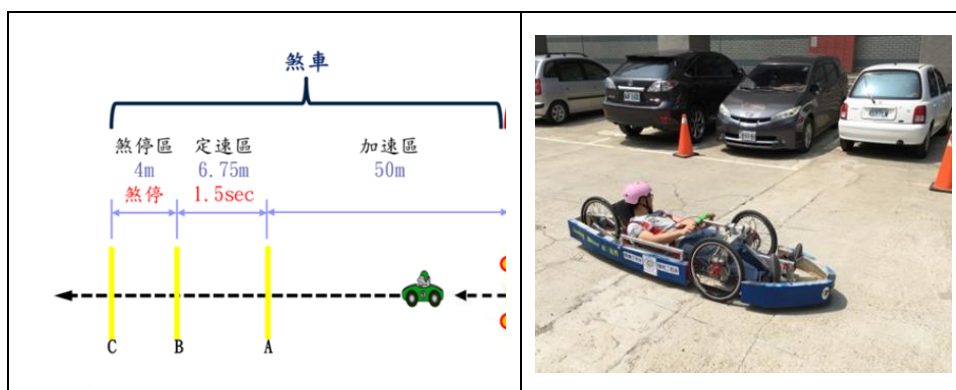


(圖十～圖十三資料來源：研究者自製)

五、研究結果與討論

(一) 制動力煞車測試

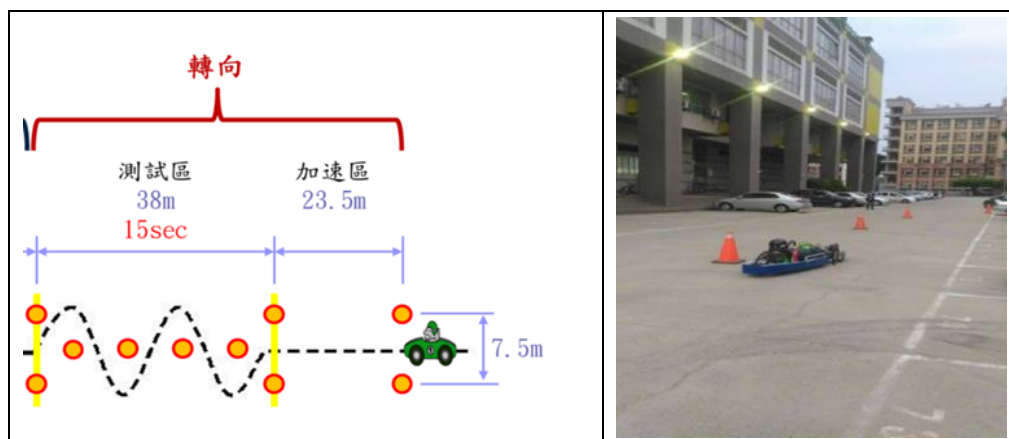
我們在距離約 50 公尺的道路上測試煞車性能，如圖十四所示，煞車是採用一對二油壓煞車系統(連仁宗，2018；財團法人車輛研究測試中心，2009)。其預期值：煞停於 3 公尺之內；實際值：煞停於 3.5 公尺之內；差異因素探討：柏油路面與 PU 跑道的磨擦係數不同，剎車時會造成車輛滑行的速度略有差異，預測時只考量車體與煞車，車手重量也會有慣性產生，但並未考量進去，故煞車距離就明顯變長。



圖十四 煞車測試示意圖 (資料來源：研究者自製)

(二) 轉向測試

我們在 38 公尺處，在每隔間都放三角錐，用來測 S 型轉彎，使用阿克曼原理的轉向系統(圖十五)。其預期值：8 秒內通過蛇行路段；實際值：11 秒通過蛇行路段；差異因素探討：測試前未將轉向可轉向角度考慮進去，車殼過寬造成轉向角變小，要作較大轉向時，輪胎與車殼磨擦到，因此在轉彎時需要更大的轉彎幅度，而轉向角度減少，不利於 S 型，所以會造成與預期值些微的差異。



圖十五 S 型轉彎測試 (資料來源：研究者自製)

(三) 實際路上測試

我們在坪林森林公園做車輛測試駕駛(圖十六)，其測試結果顯示在駕駛時發現測試出的數值跟軟體所模擬的數值有所誤差，而在轉彎過程中也遇到轉向困難的問題(表三)，其主要原因是轉向節有部分干涉到車架，導致駕駛人在控制方向盤時，需要施加很大的力量，才能達成轉向的需求，所以我們並在轉向節的地方做修正處理(圖十七)。



圖十六 實際路上測試 (資料來源：研究者自製)

表三：實際路上測試結果

總車重(車重+駕駛重量)	105kg(35kg+70kg)
最高車速	60 km/hr
煞車距離	4 公尺
耗電量	平穩
結構強度	適當
行車穩定性	好

(資料來源：研究者自製)



圖十七 轉向節的修正 (資料來源：研究者自製)

參、結論

本研究是以 SolidWorks 分別將車架、轉向系統、煞車系統、動力系統設計完成，並依照所需要條件，成功的打造一輛可用於競速比賽的電動車，其電動車是設計成前二後一結構，具有駕駛平穩、操控性良好及不需使用差速器，更可減輕車身重量，且車殼是以低風阻形狀去做設計，煞車是使用一對二油壓碟盤煞車系統，可有效快速煞住停止，轉向系統是採阿克曼轉向去設計，可有效減少輪胎磨耗，更讓轉向精準到位，動力系統是採用 1 kw 4000 轉的直流無刷馬達，而傳動系統是使用 12 齒的主動齒輪，去帶動 66 齒的被動齒輪，故本電動車在平路測試時，可達的最高速度為 60 km/hr，而巡航速度為 35 km/hr，電池的續航力為 20 公里，並在車輛上裝配可擷取電壓、電流、馬達溫度及車速的系統。

我進入研究室學習如何打造電動車，學會運用 SolidWorks 進行繪圖，設計出和以往截然不同的電動車，也開始有自己的語彙和風格，許多靈感都是汲取於大自然和歐洲古都，在研究室中的學習和訓練讓我能做出獨一無二的電動車，如圖十八所示，這是我們設計完成製作的 SAE 電動車，我希望未來在大學能就讀相關系所，繼續研究車體，設計與製作電動車，並針對現有電動車的缺點加以改進，設計出更節能省電、續航力強、操控容易的新一代電動車，而外型設計更要能融合臺灣文化元素，打造出行銷國際的暢銷車種。



圖十八 電動車完工圖 (資料來源：研究者自製)

肆、引註資料

陳大達。2013。空氣動力學概論與解析。秀威資訊。

張力軍。2011。車輛行駛動力學理論及應用。國防工業出版社。

新星出版社編輯部。2010。徹底圖解汽車構造完全百科。大放譯彩翻譯社。三悅文化圖書事業有限公司。

耿陽。1998。汽車工程技術-汽車懸吊裝置總覽。復漢出版社。

國立清華大學開放式課程。流體靜力學 - 帕斯卡定律。2018年3月10日，取自 <http://ocw.nthu.edu.tw/ocw/index.php?>

百度經驗。汽車車身承載式和非承載式的區別。2018年2月5日，取自 <https://goo.gl/3ZJySE>

SKY。一張圖看懂推頭和甩尾的區別。2017年5月22日，取自 http://www.sohu.com/a/142521893_235464

生活裡的科學。流體傳送動力(帕斯卡定理)。2016年3月17日，取自 <https://goo.gl/yaZvdt>

知乎。汽車制動距離的影響因素有哪些。2014年12月25日，取自 <https://goo.gl/f1qQPs>

經濟部。智慧電動車輛發展策略與行動方案。2014年11月18日，取自 <https://goo.gl/xYorDC>

知乎。怎麼根據扭矩算車的加速度。2014年5月29日，取自 <https://goo.gl/9znZ6V>

連仁宗。車輛的轉向原理與穩定性。2010年9月，取自 <https://goo.gl/lkYJmj>

財團法人車輛研究測試中心(ARTC)。認識四輪定位。2009年，取自 <https://goo.gl/K3yK2g>