



淺談戰車引擎動力的未來-電力或替代燃料驅動取代可行性介紹

筆者/高峻榮士官長

提要

- 一、目前戰車引擎(發動機)，主要能源使用柴油壓縮(燃氣渦輪)二種，兩者皆遭受石化燃料日益枯竭影響，若未及時因應，恐面臨戰車無燃油可用之窘境。
- 二、油電混合原奧圖循環汽(柴)油引擎加上電力驅動馬達，可交替使用，以效一般汽車製造商綜效馬力計算，如燃油引擎 100 匹加上電動馬達 50 匹馬力，具備 150 匹綜效馬力。
- 三、純電力驅動因美商特斯拉成功三大關鍵，高效馬達續航力高、電池及電力驅動效益及軟(硬)體支援，使其獨佔全球純電力驅動車輛鰲頭。
- 四、替代性能源，除了電力來源不同，發電輪軸及驅動方式，區分太陽能、水力、火力、核能等，除陽光與水力外，其餘均為沸水式以蒸汽驅動發電，地球還有無其他替代性能源，以驅動車輛或發電。

關鍵詞：傳統動力面臨困境、油電混合(Hybrid)動力、純電(Electric)動力、替代能源

壹、前言

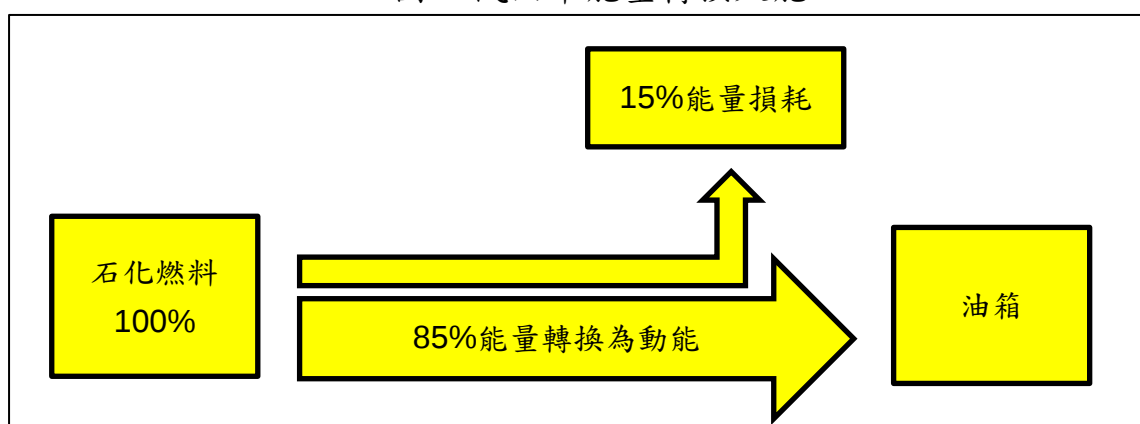
隨著全球汽車工業發展快速及人口遽增，地球上可用的能源愈漸短缺，石油蘊藏量降低，油品價格不斷飆升，加上環保意識高漲，開發新能源取代石油或可重複使用及對環境友善的新能源技術，已是各國追求的趨勢；而電力驅動技術現已成熟發展逐漸成為世界各大引擎生產企業開發的熱點，也成了近年來國際上積極發展的科技項目，電力驅動車除了已經在市面上普及與使用以外，未來在軍事用途上也會有許多亮眼的成績，電力驅動系統在各國不斷的提升及改良中，在不久的將來電力驅動車將成為市場主流。因此，本研究以車輛導入油電混合動力系統、純電力探討電力驅動車及替代能源運用在軍事用途上及未來展望，且期待國軍未來新一代戰車可採用電力驅動系統研發及改良，以符未來動力系統之需求。

貳、傳統動力面臨困境

傳統汽車動力即將面對的困境，其中包含對於石化燃料依賴，傳統汽車動力主要依賴燃油，而燃油主要來自石油。然而全球石油儲量有限，而且開採和提煉石油對環境造成地層下陷變換與空汙影響。此外，石油價格的波動牽動民生與工商業發展，三次以阿戰爭帶來的能源危機，使得工業停頓，內燃機所造成排廢(碳)，使各國訂定各嚴格排廢標準，燃燒石化燃料產生的廢氣排放是空氣汙染來

源之一，尤其是二氧化碳和氮氧化物，這些廢氣導致溫室效應、與未知制致癌物質，對空氣品質和人們的健康造成威脅，造成極端氣候變遷，汽車的排放是目前全球溫室效應排放的主要元兇，二氧化碳的排放導致全球氣溫上升和氣候變化，為應對氣候變化，許多國家都在推動少碳排放的措施，能源效率，內燃機能源效率相對較低，藉由電子或壓縮點火，讓燃油產生爆炸，推動活塞與曲軸，然而以熱力學為基礎發展出來驅動能量，為避免高溫燒毀引擎，又必須以空氣或冷卻液，來替運轉中引擎降溫，在升溫與降溫兩者反向應力交替下部分燃油熱量被損耗掉了，這種低效能源效率導致對石油的更大需求，也浪費更多的能源，(如圖 1)。

圖 1-汽油車能量轉換效能



資料來源：同註 1，頁 2(檢索日期：2023 年 05 月 29 日)。

一、功率不彰排碳量高

造成傳統動力內燃機的功率不彰和排碳量高的主要原因如下：

(一)燃燒功率低：¹

傳統戰車動力系統中的引擎通常以燃油進行燃燒，但燃燒產生的熱能並非完全轉換為動能，引擎啟動汽缸承受燃燒與往復式衝程摩擦產生高溫，因確保引擎持續工作必須採取降溫，產生之熱能以透過空氣或冷卻液散熱而散失，這導致燃料使用效率降低，為彌補喪失熱能而必須消耗更多燃油，造成廢氣排放量增加。

(二)重量和阻力：²

汽車動力系統由汽門、燃料噴射幫浦、引擎本體、汽缸、活塞、連桿及曲軸箱與變速箱，再轉接差速器以驅動車輪，以 AVDS-1790-2C 引擎為例其引擎淨重為 1,910 公斤，戰車外型無法如一般民用汽車講求降低風阻係數，空氣阻力對戰車行駛速度和燃料效率產生相對影響，當戰車需要低轉速、高扭力

¹ 曾逸敦，〈電動汽車原理實務〉，(台北市，五南圖書出版有限公司，2021 年 2 月)，頁 30。

² 同註 1，頁 100。



進行困難地形駕駛與克服地障，低速檔雖限制轉速，但相對較大齒輪比增加更高的扭力來克服非鋪設道路線制，也導致戰車燃油消耗更快。

(三)低效率傳動：³

戰車動力通常使用自動變速箱將引擎的轉速轉換為履帶傳動動力，而這種傳動系統會引起能量損失，從而降低了功率轉換。

1.履帶摩擦力：⁴

履帶轉動一圈相較於輪胎其行程長了許多，加上履帶本身的重量，經最終傳動器傳輸動力以牽引主動輪片帶動戰車前進與後退及轉向，雖然可提供較低之接地壓力，使履帶較輪型車更適合戰場地複雜地形兩限制條件下機動，但相對造成履帶車輛在行駛速度在路面上產生高摩擦阻力，相對於輪型車輛履帶戰車極速從未超過 75 公里/小時。

2.制動熱消耗：⁵

戰車制動系統因無輪車的輪胎與避震系系統結合，無法於兩者之間裝上鼓式或蝶式剎車系統，制動系統設計裝置於引擎本體或變速箱中，但不論輪履車在剎車制動過程中，因強制停止行駛狀態車輛，使其變為停止或減速狀態，傳統剎車系統使用摩擦制動將運動能轉為熱能散失，無法回收利用，重新起步時又必須挹注更多燃油，讓戰車繼續行駛。

3.冷卻熱損耗：⁶

目前本軍主力戰車軍使用空氣冷卻式引擎，由引擎室上方散熱塔兩具散熱抽風扇，以高速旋轉抽取引擎室下方空氣，下至上冷卻汽缸鰭片、引擎與變速箱機油，這與液冷方式有很大不同，冷卻空氣吸收熱能之後，主要由引擎室上方格柵排出，部分會隨排氣管向後排出，因此內燃機為持續運作以熱能轉換為動能，但也因考量引擎無法承受過高溫度而必須降溫，此一過程造成燃油轉換功率喪失，(如圖 2)。

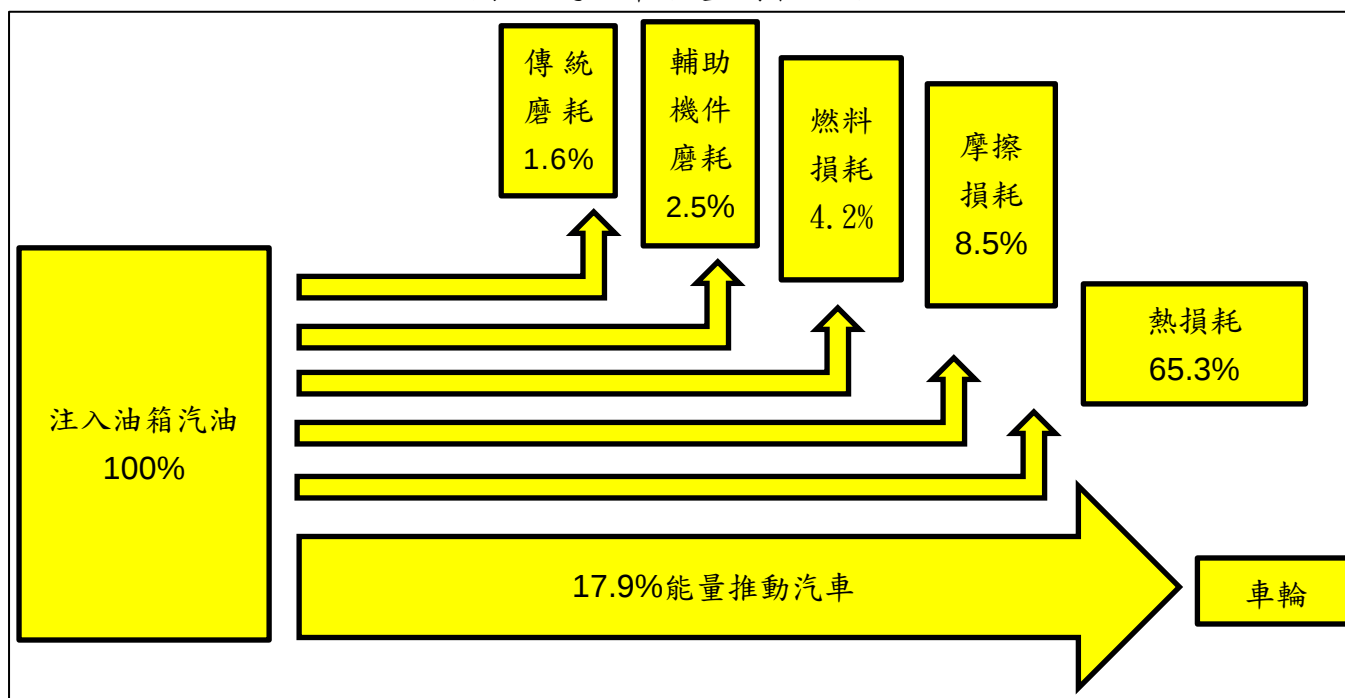
³ 同註 2。

⁴ 同註 2。

⁵ 同註 2。

⁶ 同註 2。

圖 2-汽油車能量消耗效能



資料來源：同註 1，作者自繪。

二、潤滑油品易生汙染：⁷

戰車引擎、變速箱及傳動機構，必須添加潤滑油，這些潤滑油品從早期的石化到現代和成與多效機油機油，提供戰車機件清潔、潤滑、降溫與降低摩擦等保護性功能，戰車與一般汽車依樣訂定保養週期(里程或時間，兩者以先到期者)，必須返廠由技師替車輛進行保養與檢查，其中主要項目為機油及濾芯更換，在環保意識高張年代，這些廢機油含濾芯，現在都不能隨意拋棄或當垃圾收集，必須由專業單位回收處理，隨意傾倒的機油造成環境的影響，將會耗費巨資與時間處理不可不慎，潤滑油產生的環境汙染影響，當潤滑油洩漏到地表時，其中的化學物質直接滲入土壤與地下水系統，導致土壤、河川及湖泊與集水水庫化性汙染，造成動、植物死亡或間接性作物吸收，人類食用後產生病變，如早期水中滲入砷，導致烏腳病，桃園得鎘米事件，使得農地永久休耕，並無法重劃開發，也造成人體許多病變發生病灶，嚴重干擾生態平衡，造成物種滅絕。

三、散發熱源難隱蹤跡：⁸

戰車在運作過程中會產生大量的熱能，這使得戰車在戰場上很難有隱形或避免被敵方追蹤，主要熱能來源包含引擎、排氣系統、發動機和輪子的摩擦等

⁷ 許昱傑，〈機油汙染對車輛之影響〉，(新竹縣，裝甲兵季刊，2002 年 8 月 1 日出版)，第 185 期。

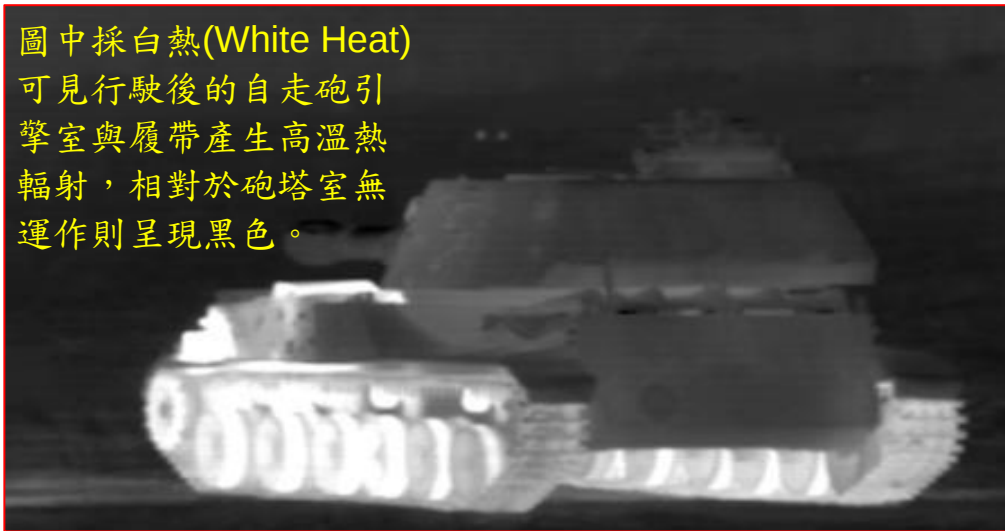
⁸ 龔祥雲，〈中、遠紅外線熱像儀之性能研析〉，(新竹縣，裝甲兵季刊，2000 年 6 月 16 日出版)，第 175 期。



都會熱戰車產生大量熱輻射散發，以現代化中遠紅外線製成之熱能顯像儀，可於全天候找到戰車引擎發動行駛過程產生的高溫(相對於環境溫度值)，這其中包含戰車的引擎排氣、機件摩擦產生熱源、熱傳導和輻射(包含砲塔式內運作無線電、轉動機構、發射槍砲與金屬車身吸收太陽熱能等)，當與環境溫差愈大，在熱能成像儀產生鮮明溫差對比，(如圖 3)。

圖 3-高解析度熱能成像

圖中採白熱(White Heat)
可見行駛後的自走砲引
擎室與履帶產生高溫熱
輻射，相對於砲塔室無
運作則呈現黑色。



資料來源：對症下藥-美軍戰車觀點，頁 2，

https://www.benning.army.mil/armor/earmor/content/issues/2020/Winter/ARMOR_Winter_2020_edition.pdf (檢索日期：2023 年 05 月 29 日)。

四、石化燃油日益昂貴：⁹

石油的開採與煉油技術的發展，都拜內燃機發明之賜，早期以沸水蒸氣驅動的外燃機主要燃料是煤炭，用於發電、火車機車頭、輪船與工業用鍋爐，內燃機帶來的是更小體積與強大動力，使得家用汽車得以普及化，21 世紀石油開採峰值出現於 2018 年，全球每日開採近 8,100 萬桶(桶約 159 公升)原油，許多預測性論證如「糧食與人口成長率成反比」，所以鼓勵人類要節育，但今日先進國家人口不升反減，少子化已成為國安危機，現在各國獎勵生育，臺灣也是如此，能源預測英國學者在 1960 年用煤高峰期，曾大膽預測 10 年內煤將使用殆盡，造成英國的「煤碳恐慌期」，結果預言也是錯的，而英國石油公司(British Petroleum,BP)於 2017 初估石油可再供給 50 年，約於 2060 年停供，這項預測在石油開採技術的進步(水壓裂解)及油頁岩製程縮短與新油田發現，又讓這預測成為錯誤，有石油並不能確保能獲得廉價燃油，21 世紀原油價格波動劇烈，2007 年石油期貨最高飆漲至 147 美金/桶，幾乎達到每

⁹ 胡家勝、薛博文，〈電動車〉，(台中市：滄海圖書資訊股份有限公司，2017 年 08 月)，頁 237。

公升 1 美元，以此價格推估台灣每公升汽油售價將達新台幣 75 元，2023 年約為 75-77 美元/桶，因此高油價時代來臨，代表戰車操作及保養成本日益昂貴，加上臺灣原油全部依賴進口戰時易遭海上航線易遭封鎖，有限存量難以維持作戰所需。

五、替代能源不易尋獲：

能源可以根據下表所示，依照它們的來源、產生方式、性質、消耗後造成環境污染、使用類型和再生分類進行區分，這些的分類方法，非完全獨立的，有些能源可以屬於多個分類，例如煤同時被歸類在天然能源及人工能源。

表 1-能源來源分類圖¹⁰

分類方式	能源類型	舉例能源
來源分類	來自地球外部天然能源	太陽能
	地球本身蘊藏的能源	地熱能
	地球天然相互作用產生的能源	潮汐能
產生方式	一次能源(天然能源)	石油、天然氣、煤炭
	二次能源(人工能源)	汽油、柴油、煤炭
能源性質	燃料型能源	木材、石油、天然氣
	非燃料型能源	風能、水能、海洋能(潮汐)
環境污染	汙染型能源	煤炭、汽油、柴油
	乾淨型能源	太陽能、電能、風能
能源類型	常規能源	煤炭、石油、天然氣
	新型能源	太陽能、風能、電能
能否再生	再生能源	風能、太陽能、海洋能(潮汐)
	非再生能源	煤炭、石油、天然氣

資料來源：同註 10，頁 1(檢索日期：2023 年 05 月 29 日)。

六、小結

本國戰車傳統動力面臨了一些困境，包含了功率不彰排碳量高、潤滑油易生汙染、散發熱源難隱蹤跡、石化燃油日益枯竭、替代能源不易尋獲等相關問題，在未來的戰車動力中，必須有新的動力引擎來取代傳統動力引擎，除了未來戰車新科技引擎必須符合我國國軍作戰需求，也必須解決上述的問題，世界各國的能源短缺問題，加速研發增加引擎動力之延展性及實用性來替代

¹⁰ 崔勝民，〈新能源汽車技術〉（北京，化學工業出版社，2022 年 8 月出版），（檢索日期：2023 年 05 月 29 日）。



傳統內燃機引擎的科技面臨狀況。

參、電瓶貯存電力遽增

電池一般依屬性分為物理及化學電池二種，物理電池例如太陽能電池，將可見光轉換為電流，再以貯藏電能，光電轉換過程僅為改變波長與震幅，不會產生化學性作用，因轉換貯能受天候與太陽光照射影響，一般高耗能機械或設備無法運用，目前較不普及，但耗能較低、僅需夜間使用者如路燈及交通號誌夜間標示系統，又如電子計算器以小型集光板蒐集電力及可供一般計算使用；常見的電池都屬於化學電池，也就是透過化學反應產生的能量轉換成電能，中等學校學生都會作的「鹽橋實驗」產生電力可以點亮 3 瓦直流燈泡，為典型之化學作用產生離子交互解離，產生電能並儲存與硝基溶液中，但是要實用化必須將發電化學品固態化，並控制電力轉換效應速度，一般稱之為乾電池，如碳鋅電池、鹼性電池及鋰電池等，濕電池以鉛酸電池最具代表性，可謂鹽橋實驗後的工商業實用版，利用正(氧化鉛)與負(鉛)於純水與硫酸混合液槽中，產生貯電與供電效應，前述三種依電池重複使用性，區分為一次性(不列分析比較)，充電性與發電性 3 種，主要區分下，(如圖 4)：

圖 4-電池類型介紹



資料來源：同註 11，(檢索日期：2023 年 05 月 29 日)。

一、充電性電池：¹¹ (動力電池)

(一)鉛酸電瓶：

是發展最早第一個商業化與最廣泛使用的可重複充電電瓶，構造簡單、重覆使用壽命長、操作溫度範圍大、瞬間放電能力強、價格便宜，但體積龐大、重量較重、不方便攜帶，如以家用用途，必須檢查液面高度、比重，

¹¹ 李孟家，〈淺談磷酸鋰鐵電池運用於戰鬥車輛之研究〉，(新竹縣，裝甲兵季刊，2017 年 12 月 15 日出版)，第 246 期。

不足時要添加純水(蒸餾水)或取下充電，若保養檢查與使用得宜，可使用3-5年，甚至更長時間，1990年代之後，考量車主使用便利性，車商以免加水電瓶為主，(請注意：免加水電瓶與鉛酸電瓶基本構造是一樣，只是將極板轉換為氧化鈣，並增加冷凝水回收裝置)，其使用壽命約2年，此種電瓶若使用者不定期檢查與更換，當電瓶液耗盡，強制啟動會產生氣體膨脹而使電瓶體破裂，目前主要使用在各型汽(機)車作為蓄電瓶，供給啟動馬達電力，以發動車輛。

(二)鎳鎘電池

鎳鎘電池的成本較低，而且能儲存的電容量較高，但對於材料性能的一致性和再儲電性差，製作過程困難，最主要問題為鎘元素，對環境污染威脅性高，回收處理困難，目前與汞同列為禁止製造電池原料之一，後後研究不列入分析及比較。

(三)鎳氫電池

鎳氫電池發明於1990年，其設計理念源始於鎳鎘電池，主要用來改善鎳鎘電池的記憶效應問題。同樣以氫氧化鎳為陽極材料，在陰極的活性物質則改用無污染性的儲氫合金，是材料革新的一個典範。跟鎳鎘電池比較起來，鎳氫電池具有更多項優勢，如有更高的體積能量密度和重量能量密度、循環使用壽命長、充電時間短、放電深度大、耐過度充電和放電、內電阻低與記憶效應不明顯等，而且最重要一點是無環保問題，在市場上仍舊佔有一席之地，主要應用在早期筆記型電腦、消費性電子產品等。

(四)磷酸鋰鐵電池

磷酸鋰鐵電池本身原料價格低，而且磷、鋰、鐵存在於地球的資源含量豐富，沒有供料問題，同時磷酸鋰鐵的結構穩定，並且兼具環保及安全性，使用時也不會有燃燒爆炸危險，惟該材料仍有體積能量密度較低及材料導電性差等缺點；體積能量密度低將限制該電池在手攜式產品之應用，而導電性則需仰賴製程技術來改善，但整體來說相當具有發展優勢。

(五)錳酸鋰電池

錳酸鋰離子作為電池的優勢很多，如可充電重覆使用、具有高能量密度與功率密度、無記憶效應、靜置電動車時自動電小等等，廣泛應用在電池產品及電動車上。

(六)鋰鎳鈷電池(三元電池)

目前鋰三元電池占全球電動車動力電池佔比約7成，是目前動力電池的主流產品，而鋰三元電池特性為，能量密度高、高電壓、穩定性高、尺寸小、熱反應良好、低自放電等。



本研究針對目前台灣市場電動車經常使用的動力電池做為介紹及比較，然而動力電池需要推動電動車馬達之能量，且需要對電動車馬達能提供長時間輸出能力，又要提供瞬間大電流因應上坡與急加速之需求，也必須克服不平路面的振動，當電池需要淘汰時，電池本身的材料必須要可以高度回收及再製造，充電部分也要考量戰車的作戰需求考量，戰車在無電力時，車輛充電需短且電池回充電壓壽命要夠長，才能滿足戰車作戰需求。

綜合各類電動車常用的動力電池，見下表可以初步了解電動車未來本國戰車動力可以選擇適合的種類時作為電動車儲能裝置，但對比之下，三元聚合物鋰電池的確有著優於磷酸鋰鐵電池的特質，但鈷礦的屬於稀土金屬，僅部分國家生產輸出，是目前最大的阻力，(如表 2)。

表 2-電動車常見之動力電池特性比較表

電池類型	鉛酸電池	鎳鎘電池	鎳氫電池	錳鋰電池	磷酸鋰鐵電池 ¹²	鋰鎳鈷電池 ¹³
工作電壓 (V)	2V	1.2V	1.2V	3.7V	3.3V	3.2-3.7V
體積能量密度 (Wh/L)	100	150	250	285	270	274
重量能量密度 (Wh/kg)	30	60	80	110	120	150-220
功率 (W/kg)	300	150	800	400	2000	250-1000
安全性	佳	佳	佳	尚可	優	尚可
充電時間	長	短	中	中	短	短
能量效率 (%)	60	75	70	90	95	90
記憶效應	無	大	小	無	無	無
循環壽命 (充電次數)	400	500	500	>500	>2000	1500-3000
環保問題	有	有	無	無	無	無

資料來源：同註 11，(檢索日期：2023 年 05 月 29 日)。

¹² 同註 11。

¹³ 同註 11。

二、發電型電池(燃料電池)：¹⁴

燃料電池是原子電池，其中燃料的化學能通過化學過程直接轉化為電能。燃料和氧化劑被連續，且分別供應到電池的兩個電極，進行反應。燃料電池是一種燃料的化學能，透過電化反應直接轉換成電能的裝置，燃料電池萌芽於1839年由威廉·羅伯特·葛羅夫爵士（Sir William Robert Grove）利用水電解的逆向操作，將一對白金電極接上負載後，再將電極浸在稀釋的硫酸溶液中，使得氫氣與氧氣隨即反應而產生電能。實際上，燃料電池需要催化劑來支持運行。輔助設備主要包括空氣循環泵、冷卻劑循環泵、通風風扇、燃料供應泵和電器控制裝置。在輔助設備中，空氣循環泵是最大的能源消耗，空氣循環泵(包括其驅動馬達)消耗的功率可能佔燃料電池總輸出功率的10%。而燃料電池具有低污染、高效率、無噪音、用途廣與免充電等優點，缺點為製作成本較高，(如圖5、6、7)。

圖5-質子交換膜燃料電池

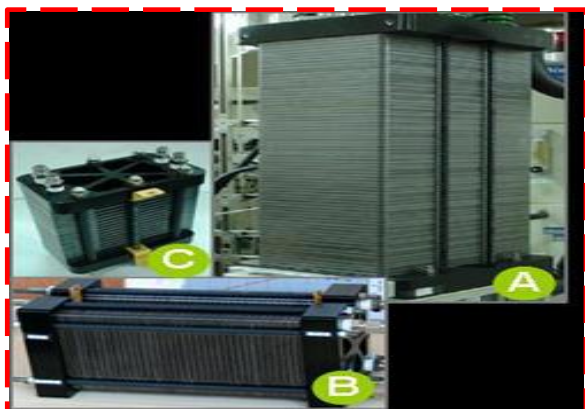
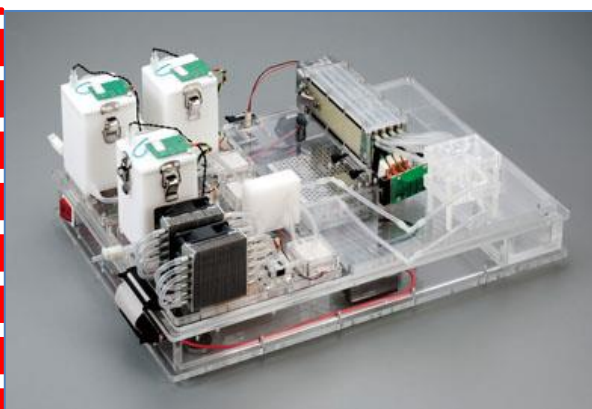


圖6-直接甲醇燃料電池



資料來源：同註14，(檢索日期：2023年06月16日)。

圖7-固態氧化物燃料電池



資料來源：同註14，(檢索日期：2023年06月16日)。

¹⁴ 楊錢威：〈智慧型居家清潔機器人之充電站研製〉，(台南市，成功大學碩士論文2005年出版)。



表 3-燃料電池介紹表

種類	使用燃料 (助化劑)	應用範圍
質子交換膜燃料電池 (PEMFC)	氫氣	電動汽車、機車、電動腳踏車及 工具機
直接甲醇燃料電池 (DMFC)	甲醇(工業酒精)	筆記型電腦、行動電話數位相機 及個人數位助理
固態氧化物燃料電池 (SOFC)	●固態電解質 ●氧化鋯 ●氧化鈾 ●氫氣或碳氫燃料	分散式電力系統及大型發電機

資料來源：同註 14，(檢索日期：2023 年 06 月 16 日)。

三、小結

在目前常用的電動車電力貯存能量部份，經由上述可以得知，電動車使用二次電池(動力電池)、發電型電池(燃料電池)等，其中二次電池(動力電池)的磷酸鋰鐵電池、鋰鎳鈷電池(三元電池)為目前市場上電動車常用的動力電池，不僅是表 3 中「工作電壓、體積能量密度、重量能量密度、功率、安全性、充電時間、能量效率、記憶效應、充電次數」等，表現都是比其他電池性能來的好，也是目前市場電動車電池中經常使用的動力電池。

發電型電池(燃料電池)是屬於可以自己發電不需要透過充電站充電，與上述的動力電池不同，必須助化劑來支持運行，其中氫氣是關鍵性的天然氣，燃料電池透過化學能通過化學過程直接轉化為電能。

未來本國戰車的發展，若使用電力驅動時，可以參考上述目前市場上所使用的動力電池或燃料電池來當作電力驅動能量，也因為電力貯存能量已經比目前我國現役戰車所以用 6TMF 電池效能更高，因此戰車轉型為電能驅動之動力輸出指日可待。

肆、車輛動力未來發展

油電混合動力就是使用兩套以上能源產生動能驅動的車輛，同時擁有汽油引擎、電動馬達兩種的驅動系統，分別使用汽油引擎、電動馬達動力，油電混合車不是透過室電充電，電能是由引擎運轉帶動發電機，為電池充電，使用電力驅動時引擎可關閉，但電力低降，則需重啟引擎充電，因此不可燃料箱完全無油裝態下行駛，避免電力耗盡而拋錨，油電混合的車輛需要配備油箱、引擎、和電池等，佔用車體空間較大。

而純電能車以電池供應動力的車輛，以電驅馬達和變流器取代引擎，提供動力，純電能車，沒有引擎、不再需要油箱、沒有進、排氣與散熱氣壩的設計，

在世界各國在尋找替代能源時，逐漸成為汽車產業的主流。

一、油電混合動力

(一) 油電混合：¹⁵

市面上所指的混合動力車主要為油電混合，是使用汽油引擎動力加上可充電電池及電動馬達的兩種動力來源，電池及電動馬達用來直接驅動車輛，同時回收剩餘的動能為電池充電；而汽油及引擎動力則視設計而定，可以直接產生機械動力驅動車輛，也可以作為發電機驅動電動馬達或為電池充電。由於汽油引擎在低轉速時扭力較差，需利用電動馬達補足低轉速扭力又不會增加太多重量，可發揮引擎與馬達的互補性，較為小型車輛適用。

(二) 柴電混合：¹⁶

動力的作用方式與油電混合動力相同，只是引擎動力的燃料由汽油改成柴油，大型運輸工具使用柴電可以省下龐大笨重又貴的變速機構，因此柴電混動較適用在大型運輸工具或插電式混合動力車輛。

(三) 依傳動配置分類

1. 並聯式：¹⁷

在「並聯式油電混合系統」(Parallel hybrid)中，引擎動力及電動馬達共同驅動車輪，引擎動力作為主要動力來源，電動馬達作為輔助動力，動力的傳輸方向並列，以透過機械傳動系統耦合，兩者在機械傳動系統之前各自分開、互不相干，又同時以電腦控制達至協調，因此稱作並聯式混合動力，由於此系統中並無發電機，在行駛中電池充電的來源有兩個部份，當剎車系統在車輛減速、煞停時，將動能轉為再生電能，再者，當引擎動力帶動發電機供給電動馬達，但由於剎車所得的再生電量有限，發電機帶來充電能力有限，電動馬達也只能作為補助性角色，不能獨自驅動車輛，其優點在於引擎動力可以怠速熄火，提高了起動時的燃油效率以降低損耗，並運用再生制動系統回收電能，在電動馬達與引擎動力一起運作時可加大馬力，且因主要動力來源仍為引擎動力，保留了在高轉速時較省燃料的特性，有利於高速公路行走，並且比較於同動力的純引擎動力車輛的燃料消耗與碳排放量均較低，所使用的電池及電動馬達的容量及功率都較小，重量也較輕而減低了額外負載，也不需要大幅更動純引擎動力車輛的動力系統，設計變更的成本也就相對為低，(如圖 8)。

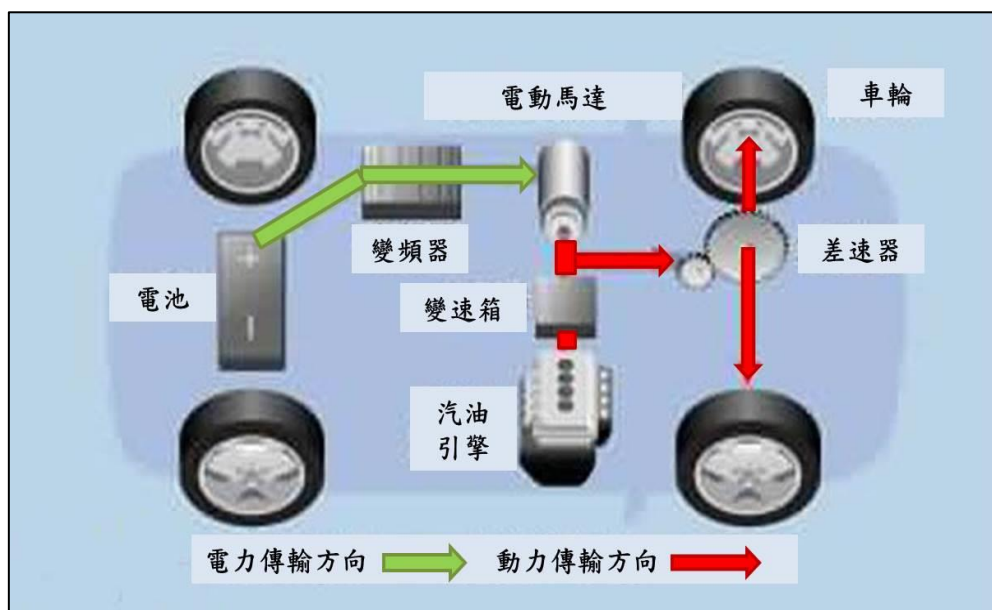
¹⁵ 李孟家，〈車輛動力科技新趨勢-油電混合〉，(新竹縣，裝甲兵季刊) 2018 年 12 月 15 日出版，第 250 期。

¹⁶ 同註 15。

¹⁷ 同註 15。



圖 8-並聯式混合動力結構圖



資料來源：嚴陳莉蓮，〈中華網汽車，混合動力車的三種常見動力系統(圖)〉，(桃園

市)http://auto.china.com/zh_cn/college/knowledge/11036677/20051230/12994271.html，2005 年 12 月 30 日)，

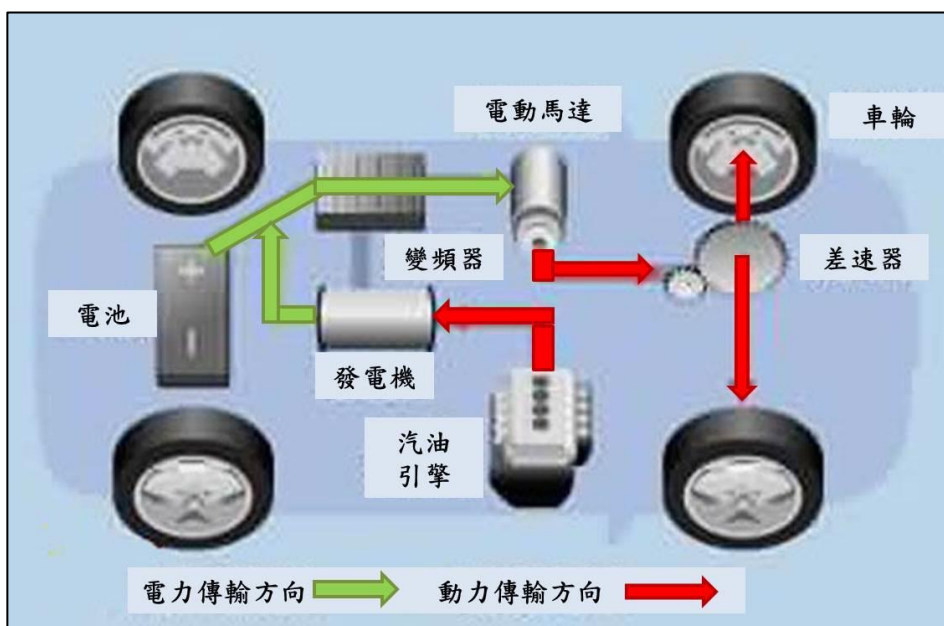
(檢索日期：2023 年 06 月 16 日)。

2. 串聯式（增程型）：¹⁸

「串聯式油電混合系統」(Series hybrid) 是由引擎動力驅動發電機發電，透過發電機提供電力為電池充電→供電給電動馬達驅動車輪，因其構造上動力輸出的流程為一直線，因此稱作「串聯式油電混合系統」；若以電動車的角度來看，這種設計可以「增」加電池行走的里數，故又稱為「增程型電動系統」，這類系統所需的電池及電動馬達的功率較大，所以成本較高，而引擎動力僅負責穩定運轉發電，因此較易控制排污及提高效率。其優點為引擎動力配置位置較彈性，加上電動馬達的輸出有高扭力，節省了機械傳動系統及變速箱的空間，不但增加車廂容量及使布置合理化，也簡化了機械維護部分，使得在駕駛操縱換檔時變速箱沒有動力不連貫的感覺，這些都是以電動馬達直接驅動而得到跟純電動車一樣的好處，除此之外，在耗油量方面，這種系統特別適合用於走走停停的情況，例如巴士，電動馬達的扭力及效率在相當大的轉速範圍內都能保持相當高，可使車輛起動及慢速時有較佳的表現，而用於發電的引擎動力也可保持平穩轉速以維持高效率。但在高速公路上，串聯混合動力系統的能量經過多重轉換，發電機、電池充、放電的損耗，比傳統引擎動力車輛損耗來得高，所以串聯混合動力系統較適合於市區中使用，(如圖 9)。

¹⁸ 同註 15。

圖 9-串聯式混合動力結構圖



資料來源：嚴陳莉蓮，〈中華網汽車，混合動力車的三種常見動力系統(圖)〉，(桃園市)http://auto.china.com/zh_cn/college/knowledge/11036677/20051230/12994271.html，2005 年 12 月 30 日)，
(檢索日期：2023 年 06 月 16 日)。

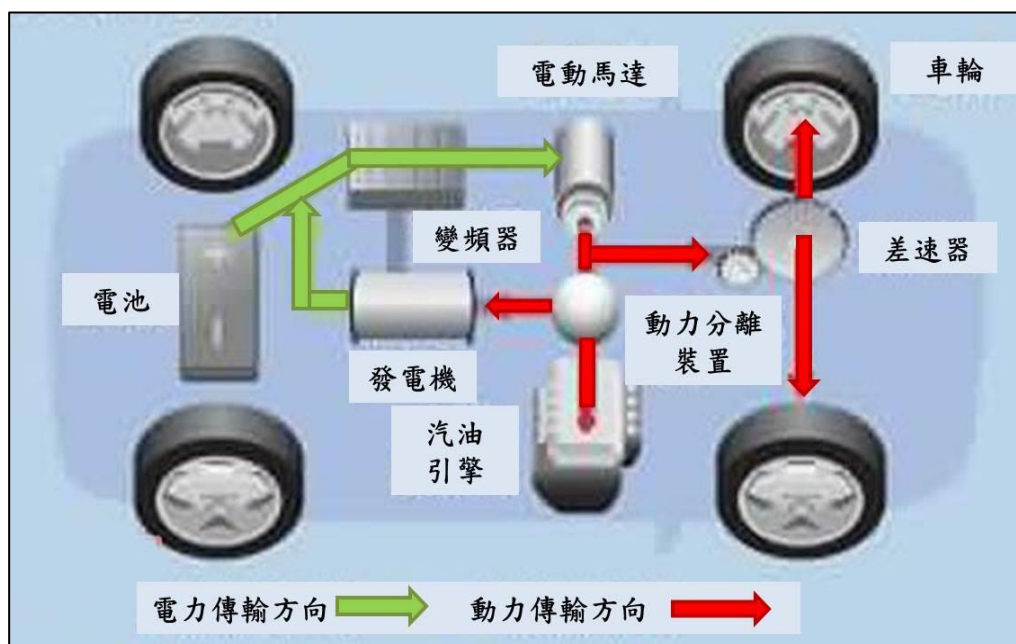
3.混聯式：¹⁹

「混聯式油電混合系統」(Series-Parallel hybrid)，又稱為「動力整合式混合動力系統」或「動力分配式混合動力系統」(Power-split hybrid)，此系統同時擁有功率相當的引擎動力與電動馬達，可依路況選擇使用電動模式、汽油（或柴油）模式或混合模式，並與串聯式同樣設有發電機為電池充電及供電給電動馬達，有效整合了並聯式及串聯式的功能及特性，使兩者的優勢發揮至極致，因而得名「混聯式混合動力」，在起步或低速時，引擎動力的效率低，所以會全由低速性能及效率較佳的電動馬達來驅動，從而提高效率而達至較省燃料，當車速提高至引擎動力能工作在有高效率的轉速時就轉由引擎動力驅動，而若需要加速及爬坡時，電動馬達也可同時作動，增加額外馬力。此外，馬達提供了怠速熄火系統及制動再生功能，在停車或以電動馬達驅動時關閉引擎動力，在減速與煞車時、下坡時回收動能，引擎動力不必兼顧起動及低速的需要，可以進一步優化高轉速時的需要，提高燃油效率及性能，也同時降低污染物的排放。由於各推動單元都能各自獨力推動整部車，因此混聯式混合動力能達成重度混合動力，) 如圖 10)。

¹⁹ 同註 15。



圖 10-混聯式混合動力結構圖



資料來源：嚴陳莉蓮，〈中華網汽車，混合動力車的三種常見動力系統(圖)〉，(桃園市)http://auto.china.com/zh_cn/college/knowledge/11036677/20051230/12994271.html，2005 年 12 月 30 日)，

(檢索日期：2023 年 06 月 16 日)。

(四)依混合程度配置分類

1.輕度混合動力：²⁰

輕度混合動力 (Micro Hybrid) 同時擁有引擎動力及電動馬達兩種動力來源，不過只用到引擎動力驅動車輛行走，電動馬達則作為幫助引擎動力啟動及當引擎動力停止運作時，提供車內電器之電力，又稱怠速熄火系統 (Start-stop system)。在此系統中，馬達會在引擎動力起動前的一刻將引擎動力驅動至較高轉速，避免讓引擎動力在低效率的低轉數情況下運作，從而減少起動時的耗油量及機械損耗，電腦也會設定在減速或剎車時自動關閉引擎動力，減少引擎動力空轉的時間以到達節省燃油的效果，且通常配有啟動開關，可依駕駛的需求選擇是否啟用，符合現代人性化之考量。其優點為開發成本低、體積小、重量輕，但節能效率有限，不到 10%，以及熄火時冷氣會關閉，不過單就開發成本低，此系統仍被許多廠商廣為使用，例如同屬賓士集團的賓士(Benz)與司麥特(Smart)開發的微型油電混合系統名叫「微型混合動力」(Micro Hybrid Drive,MHD)，就是很典型的怠速熄火系統，其核心是一個由皮帶驅動的啟動發電機，它取代了一般傳統的發動機與發電機，這具啟動發電機不但供應了汽車的電力系統，同時還能

²⁰ 同註 15。

快速啟動車輛的汽油引擎，提升了車輛的效能。

2. 中度混合動力：²¹

中度混合動力（Mild Hybrid）不但同時擁有兩種以上能量來源，同時具有兩種動力來源可同時驅動車輛，其中一種作為主要動力來源，可獨立驅動車輛，其他則是次要動力來源，用來補助主要動力強化性能並減輕負擔。中度混合動力有兩種設計理念，一種是實用型，以低輸出的主要動力配上次要動力後變成標準輸出，主要目的是提高能源效率；另一則為性能型，以標準輸出的主要動力配上次要動力後變成高輸出，在提高能源效率同時增進性能表現。

3. 重度混合動力：²²

全混合動力（Full Hybrid），又稱作高度混合（Strong Hybrid），即是完全成熟的混合動力系統，它可完全單靠任一的動力來源為主要動力，也可以兩者同步驅動產生更大的動力，這類系統的控制電腦必須有效的運用各種動力來源，以達到有適當動力又可節省燃料。由於每種動力來源皆須具備單獨驅動車輛的能力，所以功率都差不多大，所佔據的容量體積也較大為其缺點。

4. 插電式混合動力：²³

插電式混合動力系統（Plug-in Hybrid Electric Vehicle, PHEV）和充電式電動車一樣能靠外來電源為車輛充電，但因為是屬於混合動力系統，在缺乏電源時仍可靠引擎動力引擎驅動，不用像純電動車一樣非要找充電站才可補充能源，因此續航力和實用性遠比電動車來的高為其優點，但也因為是混合動力系統，必須增加電力驅動系統，所以相較電動車高成本和重量增加。

二、純電動力：

純電動車的構造與燃油汽車相較，構造上漸具通用與獨特性，相同的部份如避震系統、傳動系統、轉向系統、制動系統等，純電動汽車結構與混合型或燃油型，最大改變將電力作為動力驅動動來源，保留了內燃機，必須要有奧圖循環複雜機械結構，汽門床，汽缸、活塞、連桿、曲軸箱及變速箱，另依車輛用途不同必須採用前(後)輪或四輪驅動，增加傳動軸與差速器設置，而純電力驅動最主要靠的是高續能電池(取代燃油)及驅動馬達(取代燃油引擎)

²¹ 同註 15。

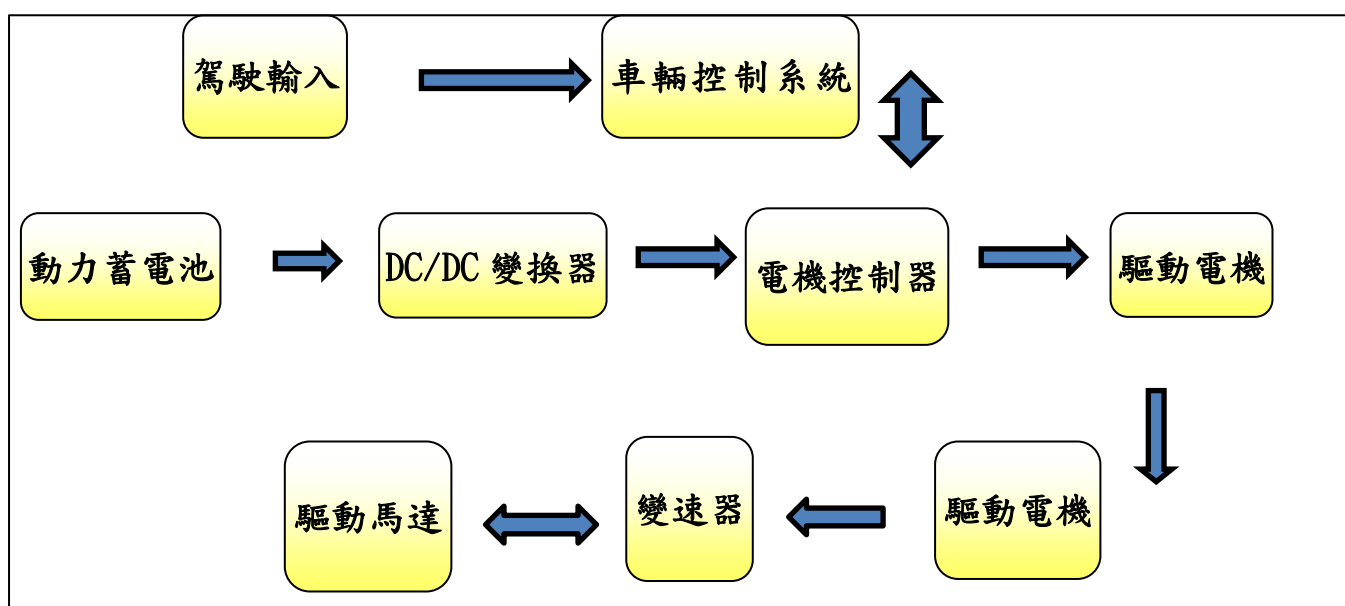
²² 同註 15。

²³ 同註 15。



透過精密電腦控制軟體編寫與新世代積體電路(晶片)，使得電動車不再是高爾夫球場與銀髮族的代步工具，成為 21 世紀地面交通運輸車輛的新選擇，以目前電動車電池成本降低，電池技術提升、續航力與同等級燃油車 60 公升續航力相當(約 500 公里)，加速了電動車普及。然而電池是「電動車的心臟」，成本約占車輛整體的 30-50%，這是目前電動車價位高居部下主因，再與油電混車相比，優點就是可以更加靈活運用空間，少去了引擎室的引擎，也少去了需要燃油能源，完全僅透過電力驅動產生動能。純電動汽車的主要組成，(如圖 11)。

圖 11-純電動汽車工作原理



資料來源：同註 10，頁 122，(檢索日期：2023 年 06 月 21 日)。

(一) 充電式蓄電池：²⁴

充電式動力蓄電系統主要包含動力蓄電池(主要乾式磷酸鋰鐵為主)和電池管理系統(包含電量管制與分配)，其功用是向驅動機提供電能、監測動力蓄電池使用情況，以及控制充電設備向動力蓄電實施充電。

(二) 電力驅動系統：²⁵

電力驅動系統主要包含驅動電機、電機控制器和變速器(取代油門)，其功能是提高驅動車所需轉速(矩)，是純電動汽車唯一的機械驅動裝置。

(三) 車輛控制系統：²⁶

是純電動汽車的中樞，它根據駕駛踩踏的加速與剎車踏板的產生信號，向

²⁴ 同註 11。

²⁵ 同註 10，頁 6。

²⁶ 端佩爾，〈新能源汽車結構與原理〉，(北京，化學工業出版社，2021 年 02 月出版) 頁 51。

電機控制器傳遞控制指令，讓驅動電機啟動加速、減速、剎車控制，在純電動汽車制動減速或下坡滑行時，車輛控制系統配合電池管理系統進行發電回饋，使動力蓄電池反饋充電，並具備動力蓄電池充放電過程進行控制，對於與汽車行駛狀況有關的速度、功率、電壓、電流及有關故障診斷等訊號，於車載數位面板顯示相關資料。

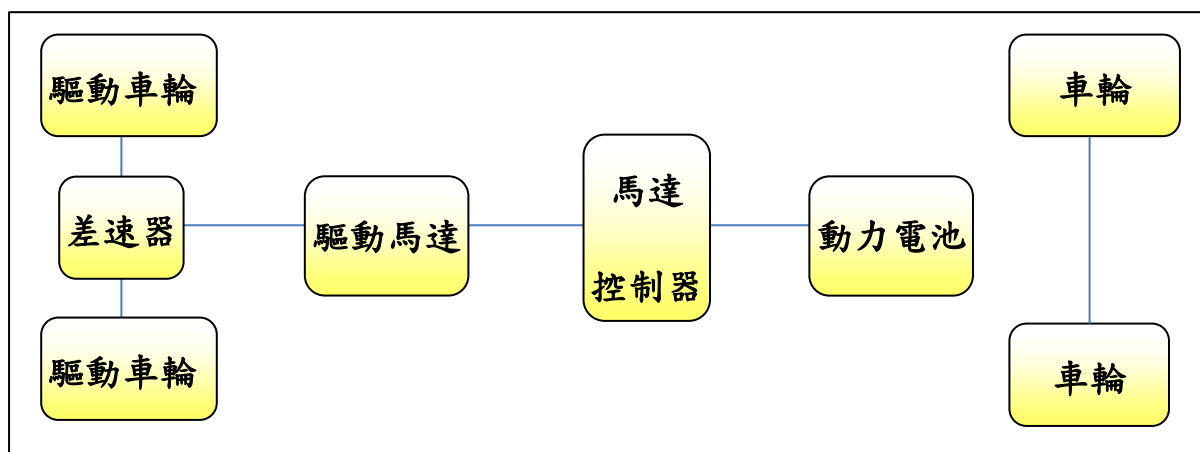
(四)電力補充系統：²⁷

充電系統主要包含車載充電機、室電充電三向插頭(一般須將臺灣 110 轉為 220 伏特)、充電接口與纜線，主要功能是為純電汽車動力蓄電池充電。

(五)電腦輔助系統：²⁸

輔助系統包含車載信息顯示系統和輔助電器設備等，純電動汽車的電能由動力蓄電池提供，併通過電力分配網對動力蓄電池補充電能，純電動汽車運作時，駕駛踩踏加速器與剎車踏板控制車輛加(減)速及停止，感知器將加速及剎車踏板機械位移行程(類比訊號)轉換為數位號號，輸入車輛控制系統，經電腦處理後再以類比信號對電機控制器發出控制指令，動力蓄電池輸出的直流電經由 DC/DC 變換器產生啟動、加速、減速、剎車控制車輛控制姿態，當純電動汽車行駛時，純電動汽車的工作原理如下圖所示，而純電動車的驅動方式共有三種分別為，前(後)輪差異在於驅動輪、馬達及電池配置不同及四輪驅動，前驅，(如圖 12)、四驅，(如圖 13)，

圖 12-前、後輪驅動的模擬圖



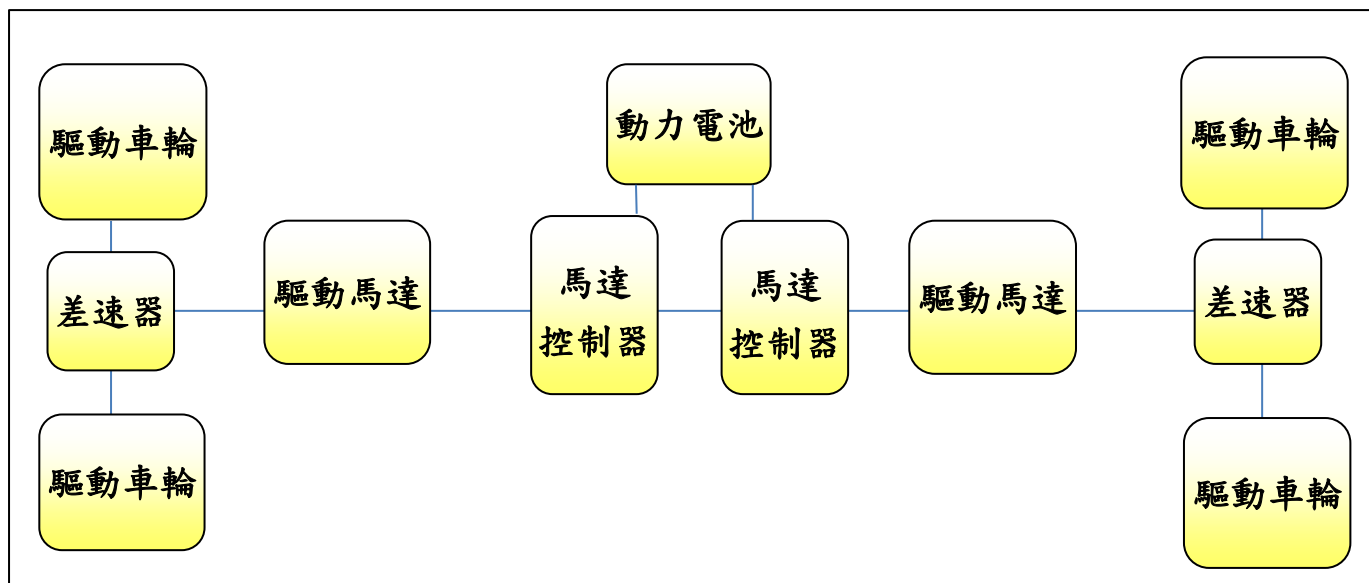
資料來源：同註 10，頁 123，(檢索日期：2023 年 06 月 21 日)。

²⁷ 同註 10。

²⁸ 同註 10。



圖 13-四輪驅動的模擬圖



資料來源：同註 10，頁 124，(檢索日期：2023 年 06 月 21 日)。

三、實驗性

(一) 太陽能：

汽車運用太陽能發電可以利用太陽能為車輛提供部分電力，以減少對傳統燃料的依賴，提高能源效率，並減少廢氣的排放。以下是一些方式可以將太陽能應用於汽車上的方法：

1. 太陽能車頂面板：²⁹

在汽車的車頂上安裝太陽能電池板，這些電池板可以收集太陽能並轉化為電力。這些電力可以用於汽車的輔助系統，如充電行動設備、輔助冷卻系統或車輛電子設備供電。

2. 太陽能充電站：³⁰

太陽能電池可以安裝在充電站的屋頂上，以提供電力來源，當汽車在充電站充電時，也可以利用太陽能發電來供應充電需求，進而減少對傳統電力消耗的依賴。

3. 太陽能輔助系統：³¹

利用太陽能發電為汽車的輔助系統供應電力，如空調系統、汽車暖氣系統或內部照明等，這些都可以減少車輛對電池的負擔，延長汽車的續航力。

4. 太陽能充電器：³²

²⁹ 村澤義久 著/葉廷昭 譯，〈圖解電動車大未來〉，(新北市，真文化/遠足文化事業股份有限公司，2019 年 4 月出版)，頁 92。

³⁰ 同註 29。

³¹ 同註 29。

太陽能充電器是一種透過太陽能充電的裝置，這種充電器可以利用太陽能儲存電能，而這種充電器具有太陽能板和內置的電池儲存裝置，可以將太陽能轉換為電力且儲存供應給汽車充電使用。

太陽能對汽車能源提供並不可靠，純靠太陽能發電供應汽車是不可行，未來我國戰車對於太陽能的需求應該可以朝向供應輔助系統(人員加溫器、通信設備、觀測系統)來做電源供應。

(二)氫氣混合：³³

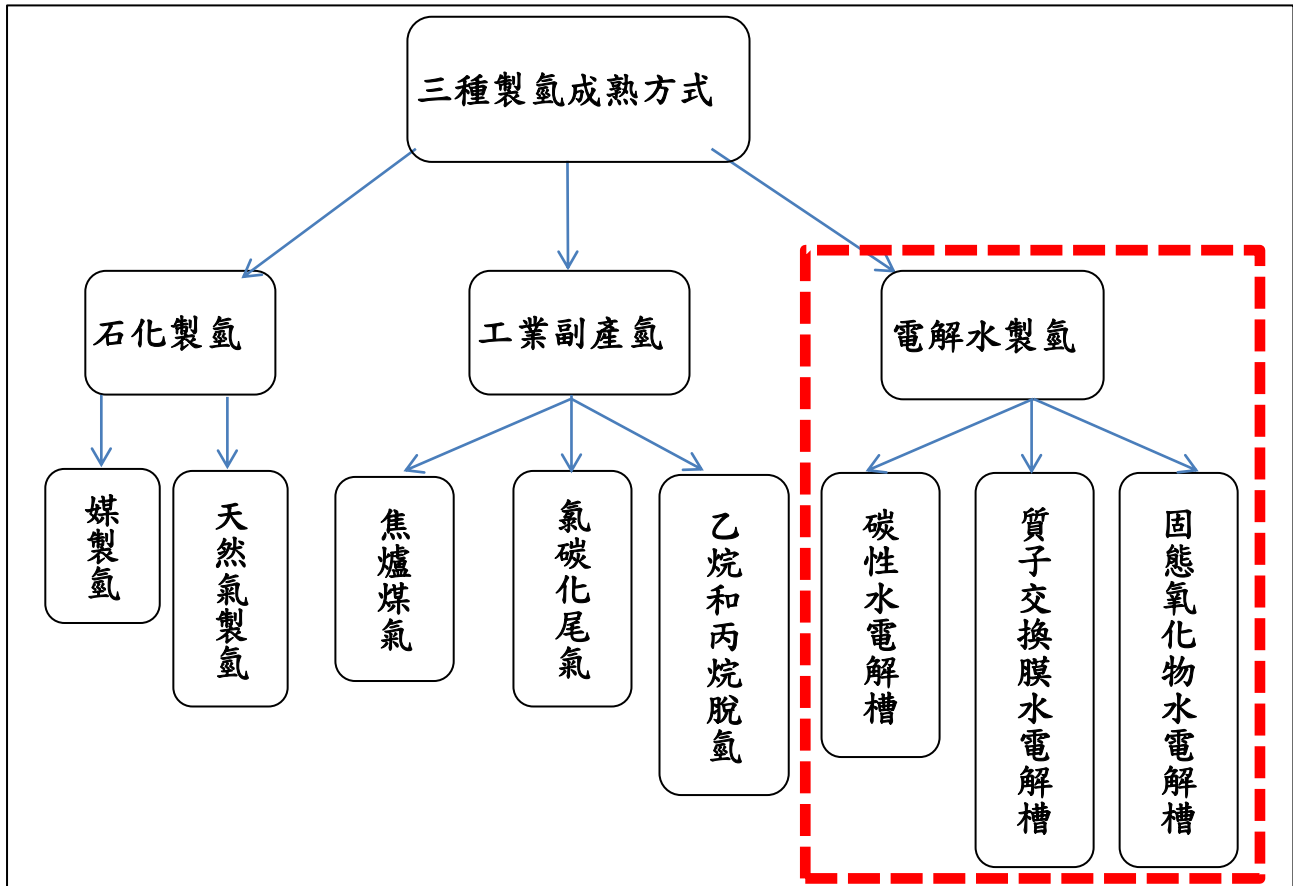
氫能在碳中和是最大的誘因，特別是在氫氣優異的材料特性，讓全球開始意識到氫能的重要性，全球氫資源豐富以外，來源也很廣，現代製氫主要是利用化石燃料或者是再生能源來電解水製氫，而氫氣的氣體特性也能讓能源密度做到汽油的 3 倍，甚至是鋰電池的 150 倍，不過最重要的其實是對環境很友善，做完以後就是純淨水，產生出的熱能，還可以回收再利用，所以一直被視為最終潔淨能源，然而氫氣過去主要是應用在工業上，在全球氫氣的使用量從 1975 年的每年 1,800 萬噸飆升到 2020 年的 9,000 萬噸，新增的產能幾乎都用在工業上，而能源領域還是相對的低，但是碳中和的需求已經讓產業結構出現變化，根據國際能源總署 IEA 的預測 2050 年全球氫氣應用在能源的比例上將飆升到 56.6%，工業用反而會降至 27.8%，顯示國際能源總署 IEA 對於氫氣是寄予相對的厚望，不過氫能為什麼到現在還沒有被廣泛應用，氫氣是一種易燃的氣體，雖然氫氣在全球的儲量很多、很大，但是從生產、儲藏到運送，難度比天然氣還高，因此讓氫能無法有效的推廣，過去只能應用在輔助性的功能上，生產的方式，大致分為三種成熟技術，石化製氫、工業副產氫、電解水製氫，其中石化製氫成本最低，主要是利用煤炭或是天然氣當原料，經過加工以後，得到純氫氣，而工業副產品，則是利用像是焦爐煤氣、丙烷脫氫等技術，最後一種就是我們國中物理有學到的電解水製氫，以上大概就是這三種，所以現在市場上的氫氣還是以成本最低的石化製氫為主。既然是石化能源就有碳排的問題，而氫氣有很多顏色，不是氫氣本身有這些顏色，而是區分氫氣的生產方式，根據顏色來歸類它們，總共分成四種顏色，灰氫屬於天然氣等化石燃料，藍氫屬於製作灰氫過程中回收的二氧化碳，黃(粉紅)氫來源屬於核能，綠氫屬於再生能源。

³² 同註 29。

³³ 劉妍希，〈氫能大未來〉，(台北市，財經吸引力)2024 年 4 月 28 日，<https://youtu.be/I5XAaGEZImk>。



圖 14- 三種製氫成熟方式



資料來源：同註 33。(檢索日期：2023 年 06 月 28 日)。

氫氣運用在汽車上，我們稱為燃料電池電能車(Fuel Cell Elhicle Vehicle FCEV)，的電池是氫氣混合燃料電池，將氫輸入燃料電池內部，氫氣在催化劑的作用下直接與氧氣發生電化學反應產生電能，電能帶動電發動機使汽車移動。燃燒後的氫氣會變成水，並排放於車外。當燃料電池向驅動電動機提供電源來驅動燃料電池汽車行駛，沒有像引擎動力的廢氣、震動與噪音。氫氣能源也是目前各國未來電動車發展的趨勢。

(三)低溫度核融合：³⁴ (如圖 15)

原理等同太陽以核融合發散光與熱，美國宣布技術突破，勞倫斯利佛摩國家實驗室的科學家已從實驗性核融合反應中達成「淨能量增益」，實驗室的「國家點火設施」(National Ignition Facility)使用近 200 具雷射將氫原子加熱到超過攝氏 1 億度的高溫及超過地球大氣層 1000 億倍的壓力，在此極端條件下產生一種稱為等離子(或稱電漿)的狀態，在這種狀態下氫原子會融合進而釋放出巨大能量，(如圖 16)，這與太陽發光發熱的原理相

³⁴ 陳亦偉，〈終極能源核融合一篇看懂，取之不盡零碳排能量大廢料少〉，(台北市，中央社)，2022 年 12 月 13 日，<https://www.cna.com.tw/news/ait/202212130127.aspx>。

同，核融合因可望成為比化石燃料或現有核能所使用核分裂技術更潔淨，取之不盡的能源，能量更大且無汙染，遠勝現有核能技術，各國現有的核電廠均是透過核分裂產生能量，全球約 10% 電力來自核電，雖幾然零碳排，但所生廢棄物的放射性變衰期恐數千年都不會消失，反觀核融合既不產生會長久存在的廢棄物，也不會有化石燃料燃燒產生的二氧化碳和其他溫室氣體，且可用氫等常見元素透過原子融合，產生近乎無限的能量。而最大障礙之一是至今仍無法實現所謂淨能量增益（Net Energy Gain），即核融合輸出能量要大過用於加熱原子的雷射光束輸入能量，核能發電的核分裂運用鈾元素分裂時的熱能製造能源，而核融合運用元素加總的力量，運用上億度高溫讓氫或重氫（氕、氘）等元素的原子核變成電漿狀態，使相斥的原子核互相依附在一起，相關技術也是核融合發電最難克服的技術之一，畢竟這等同於做出一顆太陽，目前核融合領域的專家認為時間倒還次要，最主要癥結在於各國政府與民間財力能否加大資助研發力道，如果條件允許，第一座核融合發電的原型廠有可能在 2030 年代出現，屆時距離實現商用就為時不遠，未來汽車可否透過核融合的技術在運用汽車內，筆者覺得核融合技術還需要很大的時間及空間，畢竟高溫與高壓環境微型化、溫度控制在機械或電子設備可實用範圍，是目前最難克服的問題之一。

圖 15-核融合反應原理圖

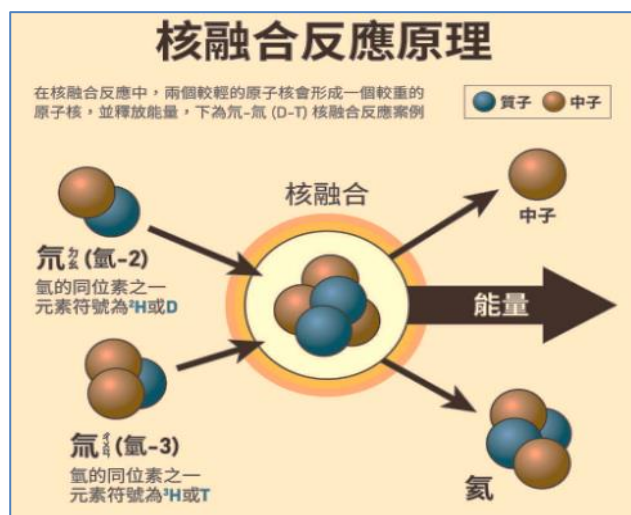
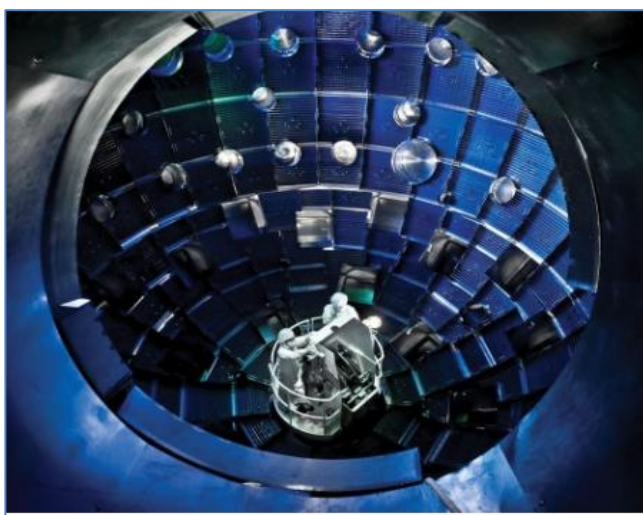


圖 16-核融合反應圖



資料來源：同註 34，(檢索日期：2023 年 06 月 26 日)。



(四)生質燃料：³⁵

生質燃料在汽車上的應用主要是替代傳統的石油燃料，以減少對石化燃油的依賴並降低廢氣排放。以下為生質燃料運用汽車內燃機應用實例：

1.生質乙醇汽油：³⁶

生質乙醇(酒精)可以作為汽車燃料的添加劑，稱為乙醇汽油，常見的混合比例包含E10(10%)和E15(15%)乙醇，目前巴西使用較多(因其盛產蔗糖，以蔗糖製成酒精)，彈性燃料汽車，可以適應更高比例的乙醇混合燃料，使用生質乙醇汽油可以減少對傳統汽油的使用，降低碳排放。

2.生質柴油：³⁷

生質柴油可以直接使用或與傳統柴油混合使用。生質柴油通常由植物油或動植物油的酯化反應製成，它可以用於柴油引擎，包含貨車、巴士和農業機械等。使用生物柴油可以減少空氣污染物的排放，但唯一缺點為熱值低及產生燃燒後焦油化作用(如同家中廚房排油煙機扇葉積結油脂)。

3.生質天然氣：³⁸ (生物甲烷-沼氣)

生質天然氣是由生物質通過氧化物或發酵過程產生的甲烷氣體(一般於畜牧業廢水經收集、處理、集氣，再生能源產生更多難以處理廢棄物)，天然氣車輛亦可使用生質天然氣，以減少對傳統天然氣或汽油柴油的依賴。

4.生物質燃料電池：³⁹

生物質燃料電池利用生物質轉化為氫氣，並通過燃料電池產生電力。這些燃料電池可以用於驅動電動汽車或提供輔助電力系統。生物質燃料電池具有零排放和高能量效率的優點。

生質燃料的應用需要相應的車輛引擎修改，且不同的生質燃料需要進行適當壓縮比調整，以確保其能夠正確燃燒並達到最佳效能，生質燃料在汽車領域的應用，可以減少對石化燃油的依賴，生質燃料實用化的運用及未來的發展，仍有需要克服的技術和可持續性的挑戰。

四、小結

透過上述我們知道戰車動力未來發展，已經不僅指有內燃機引擎動力輸出，也有相當多新動力輸出來選擇，還有目前市場上已經正在運用在整個汽車市

³⁵ 吉米·威爾斯、賴瑞·桑格、〈生物能源〉(美國舊金山·維基百科)2012年9月20日·<https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/>·(檢索日期：2023年06月26日)。

³⁶ 同註35。

³⁷ 同註35。

³⁸ 同註35。

³⁹ 同註35。

場上，包含了油電混合動力、純電動力，另外還有實驗性階段的其他替代能源，「太陽能、氫氣混合、低溫核融合、生質燃料」等，因此未來在我國戰車輸出的動力，除了必須考量戰車的動力輸出，還有如何提升電力貯存能量，因為我國戰車內有著四大系統都需要用到電力供給，引擎底盤、砲塔、射控、通信裝備都需要使用到電力，上述這些除了引擎轉換不一樣之外，未來新式戰車除了動力輸出不同，是否也可以考慮其他輔助系統使用其他的電力供應。

伍、戰車未來之新動力

一、電力驅動

(一)油電混合動力

美國在 2022 年 10 月全球第 1 輛油電混合戰車誕生，目前正透過「次世代戰鬥車輛計畫」，全面取代現役各式裝甲車輛，而美國艾布蘭 X 沿用了許多 M1 戰車及後需改良版本的現有科技，再加上全新的戰場感知系統及可操控無人機功能，讓美國陸軍以現有戰鬥載台進行全系統構改，加速獲得新世代戰車時間，解決 M1 系列戰車高油耗(一加侖僅能行駛 1.1 公里)及高熱輻射(排廢溫度約 600°C)戰場隱蔽不佳雙重問題。「艾布蘭 X」動力系統藉由油電混合，可以降低 50% 油耗，同時提升「靜默」、「低熱訊跡」、「高扭力」以及「分散式電源供應」等優點，以油電混合動力比約 3:1，其配備電力輸出動力研判約為 500 匹(373KW)，所能提供馬力重量比為 7.46 噸/匹，電力機動力研判將會降至 20 公里/小時，在動力模式選擇，應再進一步技令配合戰術，重行檢討運用方式；混合動力技術的成熟使世界各國的專家學者紛紛提出油電混合動力履帶戰車的研究，世界各國均在研究是否可以發展油電混合履帶戰車，(如圖 17 及表 4)。

圖 17-美軍油電混合戰車 M1-X



資料來源：江飛宇，〈美軍下一代坦克〉，(台北市，中時新聞網)，2022 年 10 月 9 日，
<https://www.chinatimes.com/amp/realtimenews/20221009002799-260417> (檢索日期：2023 年 07 月 05 日)。



表 4-M1A2 與艾布蘭 X 比較表

比 較	M1A2 SEPV3/4 性能諸元	次世代艾布蘭 X 性能諸元
長 度	9.77 公尺(含砲管)、7.93 公尺(僅車體)	9.77 公尺(含砲管)、7.93 公尺(僅車體)
寬 度	3.66 公尺	3.66 公尺
高 度	2.84 公尺(含武器遙控站)	2.9 公尺(含武器遙控站)
總 重	66.8 公噸	49 公噸
引 擎 馬 力	1500 匹馬力(純油)	油電混合動力(節約 50%油耗)
速 度	時速 67 公里(市區)、40 公里(越野)	N/A
航 程	426 公里	N/A
人 員	4 人(駕駛、車長、射手、裝填)	3 人(駕駛、車長、射手)
武 裝	120 公厘滑膛砲、12.7、7.62 公厘機槍	120 公厘 XM360 低後座力砲、7.62 公厘機槍、30 公厘鏈砲
可 能 武 裝	N/A	遙控武器搭配標槍及防空飛彈。
射 控	第三代前視紅外線、改造雷射測距儀、全彩晝間攝影機、橫風感測器	PASEO 瞄準具、AI 任務電腦、DSA 環景系統
防 護	戰利品主動防禦系統	戰利品主動防禦系統、雷射預警器

資料來源：中華民國國防部政治作戰局，〈青年日報〉，(台北市，武備巡禮)2022 年 11 月 21 日，

<https://www.ydn.com.tw>，(檢索日期：2023 年 06 月 30 日)。

上表為目前美軍現役 M1A2 及艾布蘭 X 的差異性比較表，在美國新世代戰車艾布蘭 X 中尚未有可行使距離及最大扭矩值提供參考，但在我國現有的油電混合車中，低轉速時使用電動馬達驅動，高轉速時使用燃油供應動力來看，在艾布蘭 X 行駛航程距離可以再提高不少，且油耗也減少 50%。

(二)純電線性馬達：⁴⁰

直線電動機（或稱線性馬達、線型馬達；英文：linear motor）是電動機的一種，其原理與傳統的電動機不同，直線電動機是直接將輸入電力轉化為線性動能，和傳統的扭力及旋轉動能不一樣，依用途別區分為低加速及高加速兩大類，低加速線性馬達適用於懸掛式磁浮列車及地面車輛，而高

⁴⁰ 歐宗勳，〈全數位化線性馬達運動控制實務〉，(彰化縣，無刷直流線性馬達)2002 年出版，

https://people.dyu.edu.tw/paper/9125213_c.pdf。

速線性馬達，能在短時間內加至最大速度，且即轉即無餘速特性延適用於軌道(直線或圓周)，用於物理實驗之粒(質)子加速器、電磁式火炮及航空母艦電磁彈射與遊樂園娛樂用途之遊戲裝置，在高速鐵路(電氣化火車)通常採用了線性馬達運轉列車，起步快，以 12 節車廂加速至 100 公里/小時約 8-10 秒，極速可達 300 公里/小時，線性馬達優點優如下。

1.構造模組簡化：

直線電機不需要經過電樞旋轉產生動力，直接由電磁效應產生直線動力，使結構簡化，旋轉慣性降低，動能回應性能和停駐定位精度提高，不需要電刷與傳動軸裝置，可在近乎無摩擦狀態，提高可靠性，節約成本，使製造和維護更加簡便，它與驅動機構可結合特性，簡單來說：就是線性馬達本身不需皮帶或齒輪傳動，將動力直接輸出，此依特使得線性馬達⁴¹逐漸取代電樞馬達，作為電力驅動馬達新選項。

2.適合高速運動：

因無環形電樞離心力的影響，普通材料亦可以達到較高的速度。而且如果初、次級間用氣墊或磁墊保存間隙，運動時無機械接觸，因而運動部分也就無摩擦和噪音，傳動零部件沒有磨損，可減小機械損耗，避進而提高整體效率。

3.高效初級繞組：

初級繞組(Primary Winding) 在管狀線性馬達⁴²中圍接收電力經初級線圈與變壓器轉換為動力，線性動力模組藉由電磁效應傳遞與轉換電能為動能，可達成全伺服動力。

4.橫向邊緣效應：

橫向效應是指由於電力機橫向起閉造成的邊界處磁力的削弱，而線性馬達無此現象，電力沿線性磁場均勻傳遞，能量無喪失。

5.克服單邊磁力：

電樞馬達通常以 3-4 組銅線磁力線圈，當通電後電樞會慢速啟動制定速，此際線圈不會隨軸旋轉，但磁力會產生單向磁拉力亦稱持偏擺，尤其仔細觀察家中電樞式電散在按下風速件啟動後，會產生磁偏擺噪音，至定速後此現象才會消失，線性馬達以兩平行線(垂直或水平)磁拉力會互相抵消，不會產生

⁴¹ 王孟輝，〈電機機械〉，(美國加利福尼亞聖布魯諾，線性馬達基本控制)，2019 年 2 月 26 日，
<https://YouTube.DeltaMOOCx>。

⁴²同註 41。



在單邊磁拉力的問題。

6. 易於調節控制：

以過電壓或頻率調節，初級繞組後增加變壓器與磁力控制器，可依用途獲得不同的速率，適用於往復運行機械動力結構，適應性強，直線電機的初級鐵芯可以用環氧樹脂整體封裝具有較好的防腐、防潮性能，便於在潮濕、粉塵和有害氣體的環境中使用，而且可以設計成多種結構，如戰車可選擇前(後)主動輪驅動，而捨去之引擎及變速箱，擲節之空間可以安裝高容量且安全之鋰鐵電池，提供更高功率輸出。

戰車純電驅動，前述電氣火車透過集電弓提供電力(1.2-2.4 萬伏特)，遊樂設施使用市電，航空母艦以美海軍言，全數使用核動力，電力供應不需儲能式蓄電池，市售純電汽車及巴士，現有設計都以 500 公里 $\pm$ 20%作為標準，馬力介於 200-400 匹之間，均採市電 110 伏特轉換 220-320 伏特進行充電，標準 5 人座汽車重量在 2 噸，巴士約 12 噸以下，重量高達 60 噸以上主力戰車，若採純電驅動則需克服電持續電量、巡遊里程、越野高扭力及野戰充電(產生戰力罅隙)等問題，仍待進一步研發。

二、替代能源驅動：(需更換或改裝 AGT-1500 然氣渦輪引擎，可使用以下替代能源)

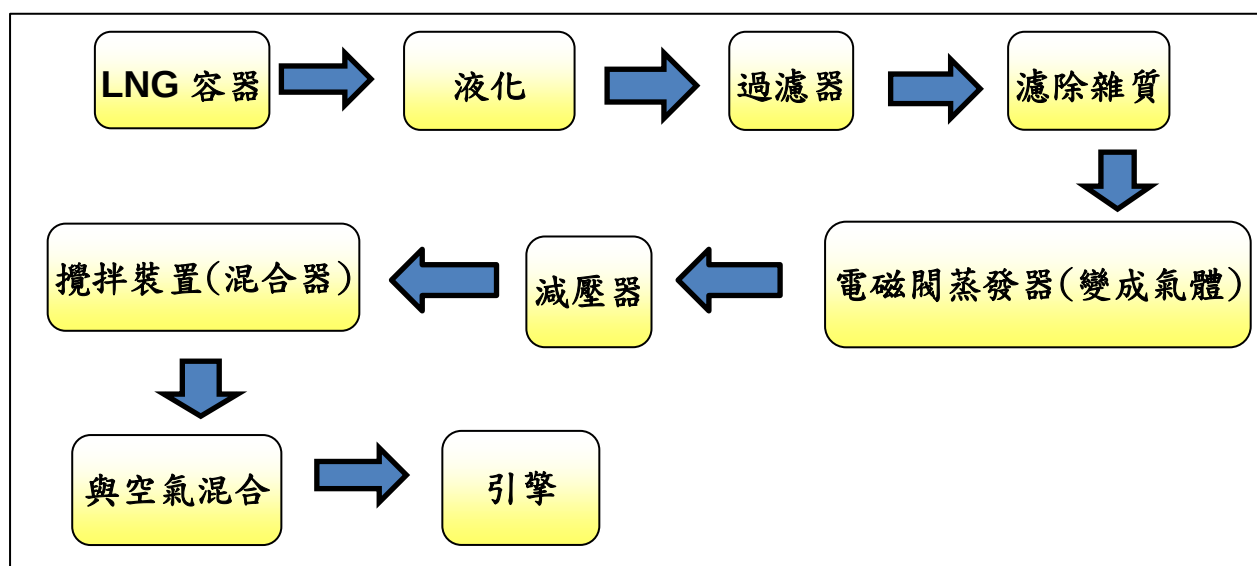
(一) 液化天然氣(Liquefied Natural Gas,LNG)⁴³或石油氣(Liquefied Petroleum Gas Gas,LPG)⁴⁴驅動：

天然氣(LNG)主要成分為甲烷，而石油氣(LPG)為丙、丁烷混合，兩者在成份上不同每公斤產生熱能為 1：2.5，天然氣為開採後，以高壓液化，而石油氣為原油煉解副產物經收集後液化為桶裝，成為無天然氣供應之住家與餐飲業者主要燃料供應來源，不可作為車輛驅動，天然氣用於發電與驅動汽車替代能源與都會去密集住宅燃料供應，天然氣車與燃油引擎車二者最大的差異，在於燃料供應系統上，以日本的天然氣汽車是將然油箱改為貯存天然氣箱由於其比重低於空氣，洩漏向上飄散，另為防險加裝天然氣洩漏截斷安全電磁閥時，緊急關斷裝置，原有汽油引擎必須更改汽門筏與調整化油器同樣使用電子點火，石油氣因燃燒熱能過高，且比重較空氣重，洩漏之後會沉積於車廂低窪處，當濃度超過 150PPM 時，預電氣火花或高溫會產生爆炸，因此不適用於車輛燃料使用，(如圖 18)。

⁴³ 陳有約，〈雙燃料引擎之性能分析與測試〉，(新竹，雙燃料引擎之性能)2003 年 7 月，
<https://ir.nctu.edu.tw/bitstream/11536/71602/1/456301.pdf>。

⁴⁴ 同註 43。

圖 18- LNG 動力輸出圖



資料來源：同註 43，(檢索日期：2023 年 06 月 30 日)。

(二)LNG 動力其優、缺點如下：⁴⁵

1.優點：

- (1) 價格較低廉。
- (2) 燃燒性能佳。
- (3) 排氣污染少。
- (4) 行駛性能佳。
- (5) 減少溫室效應。
- (6) 減少苯的排放。
- (7) 無鉛與硫化物及燃料蒸發污染問題。

2.缺點：

- (1)車廂空間受限制。
 - (2)車型受限制。
 - (3)成本較高。
 - (4)加氣站問題。
 - (5)引擎氣門座較易磨損。
 - (6)低溫起動不佳。
 - (7)輸出馬力略低於汽油引擎。
 - (8)以同里程數相比較較汽油消耗量高。
- ## (二)氫氣發動機：⁴⁶

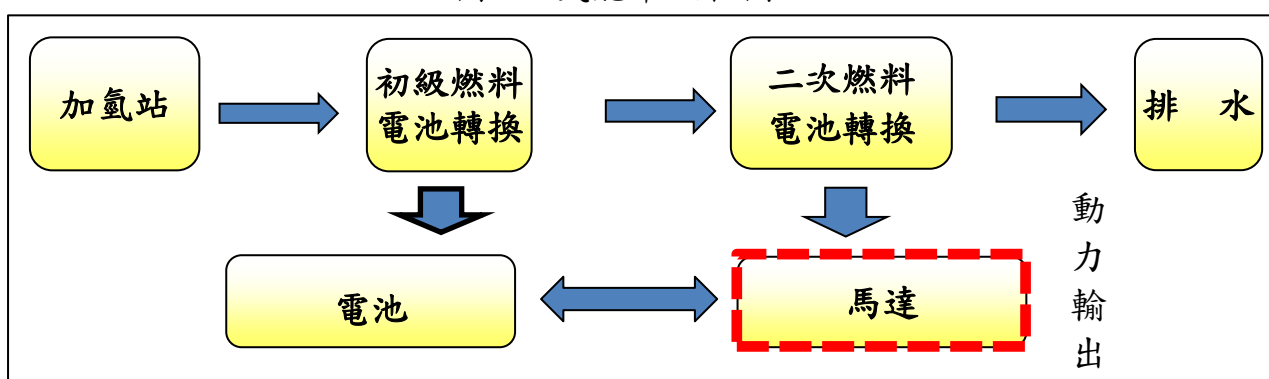
⁴⁵ 同註 43。

⁴⁶ 張仟諺：〈電動汽車概論〉，〈台北市，全華圖書股份有限公司〉，2023 年 02 月，頁 8-2。



氫燃料電池車款的工作原理，與電動車款相同，主要差異僅在於電池運作原理不同；燃料電池乃是利用鉑(白金-1,120 元/公克)轉換觸媒(亦可用於燃油引擎排放將碳量降低)，但鉑屬貴金屬價格僅次黃金，以現有需兩道觸媒轉換，使用鉑數量約 200 公克(市價約 224,000 元)，j 壓縮氫氣與空氣中的氧結合，將氧化氫化學能轉換為電能，再用以驅動馬達，為讓鉑觸媒轉換器成本能夠降低，美國最近發表以鈦-羰基金數錯合物取代鉑，每公克成本僅 16 元，因此新觸媒轉換僅需 3,200 元，可讓氫汽車成本降低，氫無法單獨存在天然中，必須由水裂解萃取氫氣，而氧氣則可從空氣或水中取得，經觸媒轉換後產生排水亦可回收再利用，因此氫燃料電池的排放汙染幾乎為零，高壓氫再補充，與汽車加油(天然氣)一樣，在幾分鐘內可以完成，為氫氣具有易燃及高爆性，在加注過程中安全防險需加注意，過去大家對於氫氣危險刻板印象來自於裝填容器，如齊柏林飛船與氣球，未經加壓直接裝入聚合物容器，稍有不慎，即造成爆炸，氫氣發動機流程圖，(如圖 19)。

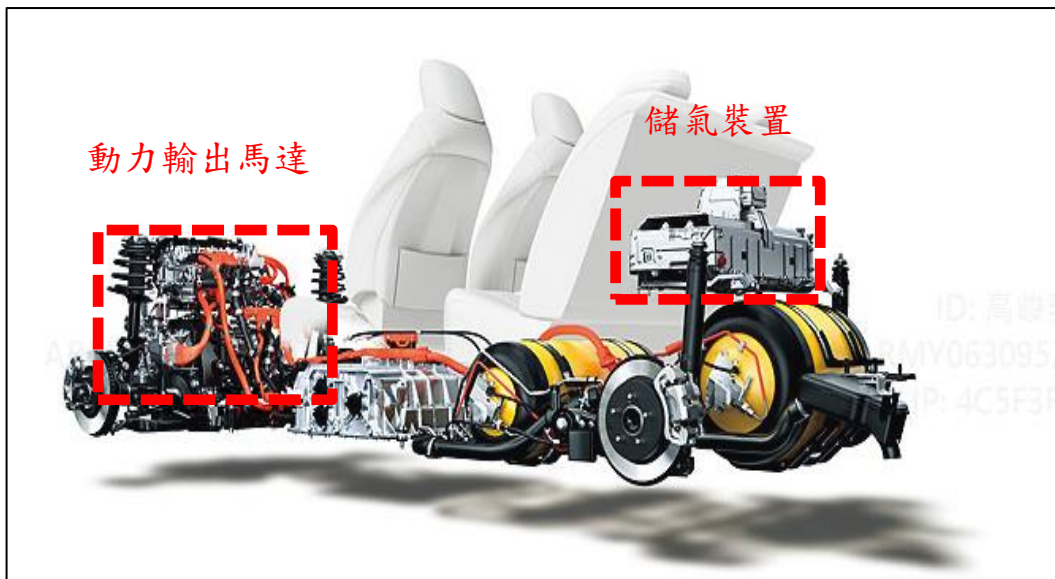
圖 19-氫能車流程圖



來源：同註 46，(檢索日期：2023 年 06 月 30 日)。

氫燃料電池最被看好能成為未來代表，原因在於氫燃料的取得相對容易，而且因為氫氧作用下，排放物質只有純水，是相當環保的重要替代能源。在 2014 年年底，伴隨日本政府積極推展氫燃料電池發展的運作下，日系車廠陸續發表了品牌氫燃料電池的發展計畫，而 Toyota 則率先發表 Mirai，並隨即於 2015 年發表上市，充滿燃料的 Mirai，擁有近似於傳統汽油車款的巡航里程，達到約 500 公里之遠；而即便燃料用光了，將燃料回填補滿的時間也僅需約 3 分鐘，和傳統汽油車的加油時間更是幾近相同。Toyota 並提到，Mirai 能夠擁有如此出色表現，在於原廠替其開發了更多新的車體工程技術，讓許多機構、零部件的尺寸進一步縮小，甚至可以完全移除該元件，不僅減低了造車成本，車輛減輕後的性能與續航能力，也能夠再增加，TOYOTA 氫能車，(如圖 20)。

圖 20-Toyota 氫氣車

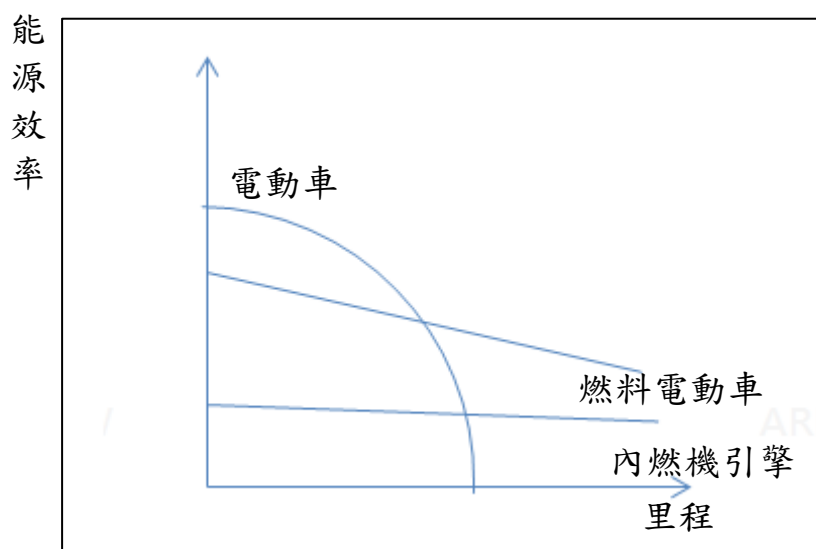


資料來源：旭傳科技股份有限公司 U-CAR，〈跨進未來第一步〉，(台北市，Mirai 的氫燃料電池架構)<https://feature.u-car.com.tw/feature/article/29182>，(檢索日期：2023 年 07 月 05 日)。

三、小結

由於能源危機，世界各國針對戰車動力輸出已經慢慢改變，原本奧圖循環及狄塞爾循環的動力輸出，近年因石化能源日益枯竭，電力驅動、替代能源的崛起，包含天然氣(LPG)驅動加低轉渦輪機、氫氣發動機慢慢取代了內燃機引擎的唯一選擇，下圖就是目前我國目前電動車、燃料電能車、傳統內燃機引擎的效能與設計里程關係比較，(如圖 21)。

圖 21-能與設計里程關係圖



資料來源：同註 46，頁 8-11。(檢索日期：2023 年 06 月 30 日)。



由上圖所知，目前電動車的能源效率最高，內燃機引擎效能最低，行駛里程為內燃機引擎最優，因此未來我國戰車的發展，必須也把能源效率及里程距離納入考量，目前美國最新戰車艾布蘭X的引擎動力來看，筆者認為在美國研發未來戰車動力的目標首先不考慮環保問題，艾布蘭X導入油電混合動力引擎，在城鎮作戰時必須仰賴引擎低轉速的作戰考量，而需要高效能作戰時，又可切換為內燃機引擎動力提高作戰效能，磁浮(線性)馬達驅動、天然氣(LNG)驅動加低轉渦輪機、氫氣發動機中，要面臨的就是能源效率及里程距離，磁浮(線性)馬達驅動未來在我國戰車研發可以納入小電量發電的輔助設備來供給電量，天然氣驅動加低轉渦輪機、氫氣發動機在目前本國的加氣站及充電站尚未普及前，是目前戰車研發最大的窒礙問題。

六、結語

隨著全球汽車工業發展快速及人口遽增，地球上可用的能源愈漸短缺，石油蘊藏量降低，油品價格不斷飆升，加上環保意識高漲，開發新能源取代石油或可重複使用及對環境友善的新能源技術，已是各國追求的趨勢；在筆者本次研究中，除了美國已經研發出艾布蘭X油電混合動力，其餘的其他引擎動力(純電力驅動、磁浮(線性)馬達驅動、天然氣(LNG)驅動加低轉渦輪機、氫氣發動機)已經在汽車市場量販生產，但筆者認為在未來我國戰車動力輸出方面，可以參考艾布蘭X油電混合動力為主要動力選擇，另可以使用其他發電方式來供應戰車上的其餘砲塔、射控及通信系統供應電力，除了可以增加獨立供應電力，在未來戰車也可能裝載無人操作遙控砲塔可以供應火炮射擊的電力補給。

參考文獻

一、中文

(一)書籍：

- 1.曾逸敦。〈電動汽車原理實務〉。(台北市，五南圖書出版有限公司，2021年2月出版)。
- 2.許昱傑。〈機油污染對車輛之影響〉。(新竹縣，裝甲兵季刊，2002年8月1日出版，第185期)。
- 3.龔祥雲。〈中、遠紅外線熱像儀之性能研析〉。(新竹縣，裝甲兵季刊，2000年6月16日出版)。第175期。
- 4.胡家勝、薛博文。〈電動車〉。(台中市，滄海圖書資訊股份有限公司，2017年08月出版)。
- 5.崔勝民。〈新能源汽車技術〉。(北京市，化學工業出版社，2022年8月出版)。
- 6.李孟家。〈淺談磷酸鋰鐵電池運用於戰鬥車輛之研究〉。(新竹縣，裝甲兵季刊，2017年12月15日出版)。第246期。
- 7.楊錢威。〈智慧型居家清潔機器人之充電站研製〉。(台南市，成功大學碩士論文2005年出版)。
- 8.李孟家。〈車輛動力科技新趨勢-油電混合〉。(新竹縣，裝甲兵季刊2018年12月15日出版)。第250期。
- 9.張仟諺。〈電動汽車概論〉。(台北市，全華圖書股份有限公司，2023年02月14日出版)。
- 10.端佩爾。〈新能源汽車結構與原理〉。(北京市，化學工業出版社，2021年02月出版)。
- 11.村澤義久著/葉廷昭譯。〈圖解電動車大未來〉。(新北市，真文化/遠足文化事業股份有限公司，2019年4月出版)。
- 12.毒島刀也。〈地表最強戰車 M1 艾布蘭徹底追蹤〉。(新北市，瑞昇文化事業股份有限公司，2011年10月出版)。

(二)網際網路：

- 1.對症下藥-美軍戰車觀點。。
https://www.benning.army.mil/armor/earmor/content/issues/2020/Winter/ARMOR_Winter_2020_edition.pdf。
- 2.嚴陳莉蓮。〈中華網汽車，混合動力車的三種常見動力系統(圖)〉。(桃園



- 市)。
- http://auto.china.com/zh_cn/college/knowledge/11036677/20051230/12994271.html，2005 年 12 月 30 日)。
3. 劉妍希，〈氢能大未來〉。(台北市，財經吸引力)2024 年 4 月 28 日。<https://youtu.be/I5XAaGEZImk>。
 4. 陳亦偉。〈終極能源核融合一篇看懂，取之不盡零碳排能量大廢料少〉。(台北市，中央社，2022 年 12 月 13 日)。<https://www.cna.com.tw/news/ait/202212130127.aspx>。
 5. 吉米·威爾斯、賴瑞·桑格。〈生物能源〉。(美國舊金山，維基百科，2012 年 9 月 20 日)。<https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/>。
 6. 中華民國國防部政治作戰局。〈青年日報〉，(台北市，武備巡禮，2022 年 11 月 21 日)。<https://www.ydn.com.tw>。
 7. 江飛宇。〈美軍下一代坦克〉。(台北市，中時新聞網，2022 年 10 月 9 日)。
<https://www.chinatimes.com/amp/realtimenews/20221009002799-260417>。
 8. 歐宗勳。〈全數位化線性馬達運動控制實務〉。(彰化縣，無刷直流線性馬達))2002 年出版。https://people.dyu.edu.tw/paper/9125213_c.pdf。
 9. 王孟輝。〈電機機械〉。(美國加利福尼亞聖布魯諾，線性馬達基本控制)，2019 年 2 月 26 日。<https://YouTube.DeltaMOOCx>。
 10. 陳有約。〈雙燃料引擎之性能分析與測試〉。(新竹，雙燃料引擎之性能)2003 年 7 月。
<https://ir.nctu.edu.tw/bitstream/11536/71602/1/456301.pdf>。
 11. 旭傳科技股份有限公司 U-CAR。〈跨進未來第一步〉。(台北市，Mirai 的氫燃料電池架構)。
<https://feature.u-car.com.tw/feature/article/29182>。
 12. 吉米·威爾士。〈混合動力車輛〉。(美國加利福尼亞舊金山，維基百科，2003 年 06 月 20 日)。[https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/&豐田 Prius](https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/&豐田Prius)，
<https://zh.m.wikipedia.org/wiki/豐田普銳斯>。
 13. 每日頭條。〈談談豐田與通用油電混合技術發展的背景〉，(台北市，每日頭條網，2016 年 9 月 8 日)。<https://kknews.cc/car/xjrvvgg.html>。
 14. 環保先驅-Hybrid 油電混合動力系統演進。
<https://mook.u-car.com.tw/article.asp?articleid=157>，2012 年 3 月 8

日。

二、外文：

(一) 網際網路

1.IPCC：

<http://www.ipcc.ch/index.htm>。 BioEnergy Today。

2.RZONE：

<http://www.thedrive.com/the-war-zone/abramsx-next-generation-main-battle-tank-breaks-cover>。 AbramsX Next Generation Main Battle Tank Breaks Cover。



筆者簡介



姓名：高峻榮

級職：士官長教官

學歷：志願役士兵暨儲備士官95-3期、儲備履保士官班97-1期、聯合後勤學校士官高級班101-1期、期後訓中心士官長正規班105-1期

經歷：履帶車輛保養兵、履帶車輛保養士、副組長、組長、副排長、現任裝甲兵訓練指揮部車輛組士官長教官

電子信箱：軍網：mort730118@webmail.tw

民網：mort730118@yohoo.com.tw