

國立臺灣師範大學工業教育學系

碩士論文

指導教授：洪翊軒 博士

綠能車用多能源補充站系統設計

與實驗研究

System design and experimental assessment of multiple energy
supply station for green vehicles



研究生：陳建豪 撰

中華民國 103 年 7 月

摘要

論文名稱：綠能車用多能源補充站系統設計與實驗研究 頁數：78
校 名：國立臺灣師範大學
系 所 名：工業教育學系碩士班 能源應用與車輛技術組
畢業時間：一百零二學年度第二學期 學 位：碩士
研 究 生：陳建豪 指導教授：洪翊軒

本研究主要建置一套車用多能源補充站系統，建置能源有電能、高壓空氣能及氫氣能，達到一站多重能源補充機制。首先，電能系統架構設計有：快速充電、一般充電及鋰電池交換，提供使用者三種選擇機制；高壓空氣能系統架構設計有：高壓氣體充填及車用攜帶式高壓鋼瓶交換，提供使用者二種選擇機制；氫氣能系統架構設計，設有高壓氫氣鋼瓶充填、產氫機產氫充填及車用儲氫合金罐交換使用，提供使用者三種選擇機制。

機電整合部分，設計電能控制系統與氣流系統。電能補充站控制系統有：快速充電器、一般充電器、按鈕開關、電壓及電流顯示器，接收 110 ACV 電源提供系統所需能源，系統中有二組快速充電及四組一般充電接頭；高壓空氣補充站系統控制有：電磁閥、壓力傳送器、流量傳送器、增壓缸及按鈕開關，提供 3 組高壓空氣快速充填接頭；氫能補充站系統控制有：產氫機、流量顯示器、壓力顯示器、按鈕開關及燃料電池，由 100 ACV 提供氫能系統元件所需之能源。

主體外觀建置選用防火木材，於主體外裝置排氣風扇加強空氣流通避免元件過熱。接著將進行綠能車輛示範運行，以驗證本平台之能源補充效果。本研究結果達有效提供一站多能源補充機制，能有效減少能源補充建置據點，改善綠色動力車輛能源補充困難，即可達到綠色動力車輛長途續航，未來將進行三能量互流及能源填充監控驗證。

關鍵詞：綠色能源、機電整合、系統設計、節能車輛、多能源補充站

ABSTRACT

Title : System design and experimental assessment of multiple energy supply station for green vehicles Pages : 78

School : National Taiwan Normal University

Department : Energy Applications and Vehicle Technology,
Department of Industrial Education.

Time : July,2014

Degree : Master

Researcher : Jian-Hao Chen

Advisor : Yi-Hsuan Hung

This research mainly constructs a vehicle-used multi-energy supply system including electric energy, air energy and hydrogen energy for the purpose of providing various energy sources. First, the electric system consists of the fast charger, normal charger and exchangeable batteries for three mode selections. The high-pressure air system consists of: low-pressure air storage, pressure-boost device and the high-pressure air storage. The low-pressure air delivered to the high pressure tank via the pressure boost device. Therefore, two modes can be selected: high-pressure air supply and high-pressure tank exchange. For the hydrogen energy system, a hydrogen producer and a high-pressure hydrogen tank are provided for the hydrogen supply. Two modes are selected: hydrogen rapid supply and metal-hydride exchange.

For the mechatronics, the electric supply station consists of 6 connections for fast/normal chargers; for the high-pressure air system, 110 ACV power is provided for the on/off of air flow. The air flow system separates into three paths with three quick connectors. For the hydrogen energy supply, the control elements receives 110 ACV for the on/off of hydrogen flow. By a switch design, users can select the supply modes.

The station was covered with explosion-proof box. A fan was mounted for the force convection in order to avoid overheats of elements. Next, green vehicles were used for demonstration operation to proof the effect of the energy supply of the station.

This research shows that it can provide multiple-type energy sources so that the number of supply stations can be reduced. The green vehicle can be easily charged for the long range mileage. The energy flow among three stations and the supervision system will be developed in the future.

Key words: green energy, mechatronics, system design, energy-saving vehicle, multi-energy supply station

誌 謝

時光飛逝，轉眼來到了離別的時刻，研究所生涯已屆尾聲。在這趟求學過程中，無論學業，抑或待人處事皆有滿滿收穫。相信此處一切所學，在未來的人生旅程中，將是一大助力，學生必秉持努力不懈，勇於挑戰的精神，克服困難，從中學習。感謝這段時間遇到的所有人，在研究、實驗過程及論文撰寫的日子裡給予我指導、協助與鼓勵，使學生能夠突破困境完成學位。

在學期間最要感謝指導教授洪翊軒教授，在學業及生活上耐心的指導與照顧，使學生學到許多新穎的專業知識與技能，且更能在遇到問題時，獲得指引，突破瓶頸與困境；感謝鄧敦平教授給予研究實驗中的寶貴建議，以及專業技能指導，使實驗過程更加順利而完備，在此獻上最高的謝意與敬意。

要感謝口試委員鐘證達教授、吳建勳教授、林君穎博士、呂有豐教授給予研究論文中寶貴的建議與細心的指導，使得本研究論文能更趨於完整，對於學術研究上有所貢獻。

兩年研究所時間，要感謝綠能動力特色實驗室所有夥伴，學長泓緯、泓志、哲瑋，同學煜軒、鴻駿、祿融、晉嘉、又銘、林利，學弟方盛、伯霖，學士班明倫、建棠、祥庭、書豪，在研究期間予以協助、鼓舞與交流，使我更加成長，研究過程得以順遂，研究生涯亦極其充實，他們是我的貴人，感恩他們的付出。

最後本論文獻給我最愛的家人，感謝他們於我在學期間中給予全力支持、鼓勵與栽培，讓我在無後顧之憂的環境中完成學業，使我能專心取得碩士學位，特此獻上萬分謝意。

目錄

摘要.....	I
ABSTRACT.....	II
第一章 緒論.....	1
1.1 前言與研究動機.....	1
1.2 研究目的.....	4
1.3 研究方法.....	4
1.4 研究架構.....	6
1.5 文獻回顧.....	7
第二章 電能補充站設計.....	10
2.1 電能補充站系統架構說明.....	11
2.2 電能補充站系統規格設計.....	13
2.2.1 電能補充站主體規格說明.....	13
2.2.2 電能補充站元件規格說明.....	14
2.3 電能補充站機構整合.....	15
2.4 電能補充站系統充電控制實作.....	16
2.5 電能充電系統實驗驗證.....	19
第三章 高壓空氣補充站設計.....	26
3.1 高壓空氣補充站系統架構說明.....	26
3.2 高壓空氣補充站系統規格設計.....	28
3.2.1 高壓空氣補充站主體規格說明.....	28
3.2.2 高壓空氣補充站元件規格說明.....	30
3.3 高壓空氣補充站機構整合.....	34
3.4 高壓空氣補充站系統控制實作.....	36
3.5 高壓空氣充填監控.....	38
第四章 氫能源補充站設計.....	41
4.1 氫氣能源補充站系統架構說明.....	41
4.2 氫能源補充站系統規格設計.....	43

4.2.1 氫能源補充站主體規格說明.....	43
4.2.2 氫能源補充站元件規格說明.....	45
4.3 氫能源補充站機構整合.....	46
4.4 氫能源補充站系統控制實作.....	48
4.5 氫能源補充系統實驗驗證.....	51
第五章 補充站實車驗證結果與討論.....	55
5.1 電動車輛動態測試.....	58
5.1.1 電能補充站-實驗.....	63
5.1.2 電能補充站-討論.....	64
5.2 高壓空氣車輛動態測試.....	64
5.2.1 高壓空氣補充站-結論.....	68
5.3 氫能車輛動態測試.....	68
5.3.1 氫能源補充站-結論.....	70
第六章 結論與未來工作.....	71
6.1 結論.....	71
6.2 未來工作.....	72
參考文獻.....	74
符號彙整.....	78

表目錄

表 2-1 電能補充站元件規格說明	14
表 3-1 高壓空氣補充站元件規格說明	30
表 4-1 氫能補充站元件規格說明	45
表 5-1 機車底盤動力計模組規格	56
表 5-2 四象限底盤動力計量測參數	57
表 5-3 機車行駛模擬參數表	58
表 5-4 耗氫量運算參數表	69

圖目錄

圖 1.1 綠能車用多能源補充站系統設計與實驗驗證研究架構圖.....	5
圖 1.2 充電站基本結構.....	8
圖 2.1 電能補充站建置架構.....	10
圖 2.2 電能補充站系統架構示意圖.....	11
圖 2.3 超商鋰電池交換使用運行(澎湖超商(7-11)實地拍攝).....	12
圖 2.4 電能補充站主體介紹.....	13
圖 2.5 元件配置示意圖.....	14
圖 2.7 電能補充站機電整合配線圖.....	17
圖 2.8 電能補充站建置流程.....	17
圖 2.9 電能補充站機電整合配置.....	18
圖 2.10 電能補充站實際整合.....	19
圖 2.11 電池電量測試.....	20
圖 2.13 快速充電電腦監控電流畫面.....	20
圖 2.14 快速充電電壓、電流監控.....	21
圖 2.16 一般充電電腦監控電流畫面.....	22
圖 2.17 一般充電電壓、電流監控.....	23
圖 2.18 快速充電器與一般充電器充電電壓、電流監控.....	23
圖 2.19 快速充電器消耗能源監控.....	24
圖 2.20 一般充電器充電過程功率變化.....	25
圖 3.1 高壓空氣補充站建置架構.....	26
圖 3.3 高壓空氣補充站元件主體介紹.....	29
圖 3.4 高壓補充站設計示意圖.....	30
圖 3.7 高壓空氣補充元件配置.....	36
圖 3.8 高壓空氣補充元件控制.....	37
圖 3.9 高壓空氣增壓設備.....	37
圖 3.11 壓縮空氣增壓變化.....	39
圖 3.12 空氣壓縮機壓力與功率變化.....	40
圖 4.2 氫能源補充站系統架構.....	42
圖 4.4 氫能源補充站元件架設示意圖.....	44
圖 4.5 氫能源補充站系統架構示意圖.....	47
圖 4.7 氫能源補充站建置流程.....	49
圖 4.8 氫能源補充機電整合配置.....	50
圖 4.9 氫能補充站實際整合.....	51
圖 4.10 氫氣定壓充填監控.....	52
圖 4.11 產氫機充氫變化.....	53
圖 4.12 產氫機充氫功率監控.....	53

圖 5.1 ECE-40 行車型態.....	55
圖 5.2 四象限底盤動力計系統架構(DM7182-1A 使用手冊).....	56
圖 5.3 電動車輛試驗.....	59
圖 5.4 電動車輛於定速 30 km/h 續航力測試	60
圖 5.5 電動車輛於定速 30 km/h 下電壓、電流變化	60
圖 5.6 電動車輛 ECE 行車型態測試.....	61
圖 5.7 電動車輛鋰電池行駛第 1 趟 ECE 行車型態下電壓、電流變化.....	62
圖 5.8 電動車輛鋰電池行駛第 55 趟 ECE 行車型態下車速變化.....	63
圖 5.9 電動車輛鋰電池行駛第 55 趟 ECE 行車型態下電壓及電流變化.....	64
圖 5.10 高壓空氣車動力試驗.....	65
圖 5.11 空氣車輛目標定速 30 km/h 車速修正變化	66
圖 5.12 空氣車輛目標定速 30 km/h 壓力、流量修正變化	66
圖 5.14 空氣車輛行駛第一趟 ECE 行車型態下壓力及流量變化.....	68
圖 5.15 氫能車輛完成一次 ECE-40 耗氫量.....	70

第一章 緒論

1.1 前言與研究動機

隨著科技不斷的進步，人們居住環境嚴重遭受汙染。目前各國探討重要議題皆為，如何有效減少碳排放量減少地球汙染，國際「京都協議書」於 2005 年 2 月生效[1]，低 CO₂ 排放車輛發展早已成為未來車輛發展主要驅動力之一，顯現的環保在國際間的重要性，這也是台灣能源政策與綠能科技發展的關鍵因素，同時，內燃機所依賴的石油也逐漸開採殆盡，不得不採取替代能源的方案，因此有關於綠色動力能源研究是目前國際研發單位所關注的焦點。

全球暖化現象日趨嚴重與對應之環保护法規日益嚴苛，車用動力能源皆採用綠色能源低(零)排碳量，綠色能源已逐漸成為全國推動能源之首要重點。所謂綠能(Green power source) 包含：生質能、太陽能、氫能、高壓空氣能、電能等均逐步成為新一代潔淨能源代表。臺灣在 2008 年所提出之「能源國家型科技計畫」及「新兆元能源產業旗艦計畫」中，已將氫能與燃料電池產業列為主要推動項目。2009 年行政院經濟建設委員會，推動鼓勵使用電動機車[2]。由此可證政府相關單位已積極投入綠能產業的發展。

綠能產業快速發展之下未能獲得普及化的回應，問題在於綠能供給不足，在目前政府推動下，已有超商提供電動車輛鋰電池交換使用服務，另有在便利超商、加油站、停車場等，建置電動車輛電池充電站，以提供使用者電動車輛充電服務，解決電動車輛續航力不足之問題。綠色能源補充機制，在近十年來，已有許多的突破性與研究結果，電動車輛電池為主要代表。此外仍有許多綠色能源需要被重視與供給補充，本次研究以電能、高壓空氣能、氫氣能作為能量補充系統設計機制，可供給綠色能源車輛之使用，提升綠色能源快速充填及綠能車輛廣泛被受大眾接受。

鋰電池技術於近 10 年已成為大眾所應用，電容量越大之鋰電池體積則相對

較大、較重，驅使電動車輛續航力增加，電池體積必變大變重，礙於技術突破限制，氫燃料電池已被應用於車輛主要動力能源，氫燃料電池僅需氫氣與氧氣的化學反應，即可產生電力推動車輛，反應後只產生水與熱，鋰電池與燃料電池在相同功率下，燃料電池體積僅有鋰電池一半體積。

電動車輛能源補充機制，已有相關研發單位紛紛投入相關研究，充電站架設不單單只向電力公司購買電能架設微電網，提供充電站電力需求，如能做更有效的電能回收，減少車輛使用中不必要電能消耗，更能使電動車輛續航力提升[3]。公共快速充電站的架設，提供電動車輛停靠充電。為達到減少消費者等候充電時間，推廣出電池交換站的概念實施[4,5]，更顯現研發單位積極投入改善電動車未能普及化的問題，如何達到更有效的能源補充機制便是本研究致力探討設計重點。

空氣動力技術，早在工業時代已被廣泛使用在壓縮空氣工具上，印度 TATA 公司研發 Nano 純空氣引擎車，以壓縮空氣推動汽缸產生動力，車輛不須馬達、內燃機引擎及電池等，系統架構中只有空氣引擎，行駛中零排放任何污染物，國內中央大學研發空氣機車，臺灣師範大學研發電動複合空氣電動車輛，空氣技術已被應用在於綠能車輛。未來能源補充將會是政府單位致力推動重點之一。綠能車輛發展迅速，對應能源補充之重要，建置有效能源補充規劃系統是相當重要。未來必能提升綠能車輛產業，本研究是一項具有發展潛力及研究探討價值之新興科技。

壓縮空氣在工業時代已被廣泛應用，現今已有許多氣動工具產品備受大眾使用，述說著壓縮空氣技術純熟。於 1991 年法國工程師 Guy Negre 設計汽油及壓縮空氣並用的雙能源引擎，在 1996 年義大利工程師 Di Pietro 投入壓縮空氣引擎研究，設計出一款只需 1 psi 氣壓即可驅動引擎-「迴轉式壓縮空氣引擎」[6]。國內中央大學機械系研發「空氣壓縮機車」，一台車約 60 kg 加裝一個 10 L 氣瓶最遠能跑 1 km，擴充氣瓶後時速最高可達 30 km[7]。許多研究證實，空氣動力已能應用驅動大眾目前所使用交通工具，空氣綠能動力車輛如何達到有效充填機制為

本研究探討重點。

氫能源應用於綠色動力車輛上，氫氣主要提供質子交換膜燃料電池(PEMFC)作為主要能源，燃料電池的反應物為氫氣與空氣中的氧氣，生成物只有純水、直流電流及廢熱，目前直流電流即是驅動車輛最主要動力，是為零污染綠色動力車輛能源之一。燃料電池已廣泛融入學術領域教學中，有氫燃料電池教具車、燃料電池平台等。產業界有亞太燃料電池投入大量資源開發氫能源車輛[8]。氫能源被應用於複合動力車輛，氫能源燃料電池與超級電容結合開發複合動力車輛，超電容提供爬坡、極加速馬力輸出，燃料電池提供車輛動力驅動[9]。證實氫能源時代即將來臨，面對氫能源的發展，提供消費者一套氫能源補充系統勢必重要，本研究將建置氫能源補充機制達到氫能源車輛氫氣充填/更換。

在現今，綠色動力能源已經被廣泛運用在車輛動力上。綠色能源包含：生質能、太陽能、氫能、高壓空氣能、電能等，均逐步成為新一代潔淨能源主要代表，綠色能源具有高操作效率和零污染的特色[10]。然而對應至後端動力輸出儲能部分可分為：生質柴油引擎、大功率驅動馬達、燃料電池、鋰電池、超級電容器及空氣馬達等。多元的綠色能源、儲能系統需要建構有系統架構的能源補充機制，才能提供綠能車輛能源補充，舉例而言，現今電動充電站架設密集度，將會影響消費者購買意願以及車輛可行駛之距離，而氫氣補充站之架設將會影響消費者選購燃料電池車與發展。高壓壓縮空氣充填架設密度，則會影響消費者使用空氣車輛的選擇與日後發展。因此，能源補充站之設置，對於綠能先進車輛發展是不可缺少之研發必備建置。

本研究主要設計一套創新的車用多重能源補充站系統，採用一站提供三種綠色能源補充機制，三種綠色能源包含：電能、高壓空氣能及氫能；透過此方式達到一站提供多能源補充，在每個據點所架設能源補充站即可擁有電能、高壓空氣能及氫能補充，此研究設計概念可減少單一能源補充站據點設立建置，透過此研究可減少補充站設立成本開發，既能改善綠能車輛能源補充不足之問題，對於綠

能車輛將會是唯一重大突破與貢獻。

1.2 研究目的

本論文之研究具體目的如下所述：

1. 建置綠能車用多能源補充站系統架構。
2. 建置綠能車用多能源補充站系統之機電整合。
3. 針對電能補充系統設計快速充電、一般充電及鋰電池交換機制。
4. 針對高壓壓縮空氣能源補充設置高壓充填及鋼瓶交換機制。
5. 針對氫氣能源補充站設置高壓儲氫及電解產氫充填及儲氫合金罐交換機制。
6. 針對綠能車用多能源補充站能源充填之實車驗證。

1.3 研究方法

本論文採用文獻探討、理論分析與實驗研究等三種方式進行研究。主要分為多能源補充站硬體建置、機電整合與能源補充控制設計進行研究探討。在能源填充部分參考文獻探討分析目前能源應用趨勢，不同能源在車輛應用與補充站建置密度影響綠能車輛之推廣關係，從中選取當務之急必備補充之能源種類。在實務應用研究方面，透過實驗驗證來進行能源補充效益，於車輛多能源控制系統進行測試與可行性評估。其研究架構如圖1.1。

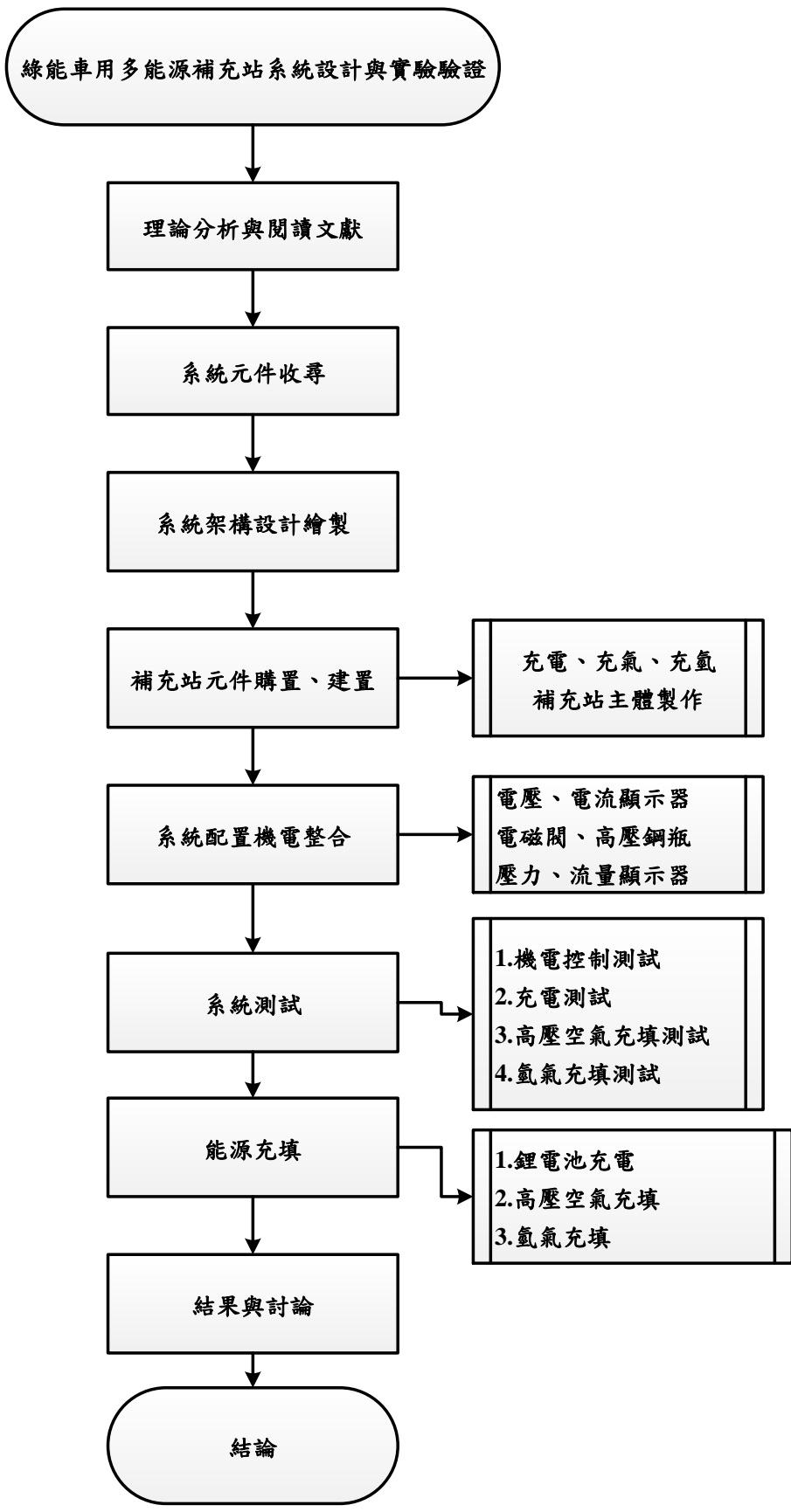


圖1.1 綠能車用多能源補充站系統設計與實驗驗證研究架構圖

1.4 研究架構

本論文概分為六章節進行著述，各章內容架構敘述如下：

第一章 緒論：敘述本研究之前言、研究動機、研究目的、研究方法、論文架構以及文獻回顧。

第二章 電能補充站設計：系統架構設計、系統規格機電整合、充電系統配置與充電監控說明。

第三章 高壓壓縮空氣能補充站設計：系統架構說明、系統規格設計機電整合、壓縮空氣增壓建置與高壓空氣充填系統監控說明。

第四章 氫氣能源補充站設計：系統架構說明、產氫機測試與機電整合、元件實際配置與系統充氫監控說明。

第五章 實驗結果與討論：針對綠能車用多能源補充站能源監控實驗結果進行驗證討論。

第六章 結論與未來工作：針對論文內容總結，並進行未來實驗規劃。

1.5 文獻回顧

面臨國際油價不段飆漲，造成能源危機，石油的應用更造成全球環境嚴重汙染，國際組織重視低(零)碳排放時代已來臨。聯合國氣候變化公約(UNFCCC)的目標，訂定將大幅度減少全球與能源相關的二氧化碳(CO₂)排放量，八國集團領導人則呼籲在2050年之前，溫室氣體(GHG)排放量減少50 % [11]。John [12]提及如何達到有效減少溫室氣體排量，針對交通運輸的能源消耗排放量做更改評估；Duk [13]說明韓國在2020年已制定將減少30 % 溫室氣體，為達成此目標必須執行新綠能發展，新的綠能發展應用於汽車技術上以驗證實用性，減少汽車技術對溫室氣體排放的連鎖效應。

1994年Suggs [14]提到，電動汽車(EV)可以達到有效的減少碳的排量，在電力科學研究院(Economic Policy Research Institute)研究估計，在一般的城市地區EV車輛取代汽油動力車將減少99 % CO及54 % CO₂；Winkler [15]說電動車輛代表替代能源的象徵，充電站的佈署是必要的，然而充電站不僅僅對電動車輛充電，更象徵著電動車輛與電網間的連接；在2005年Yunyan Wang [16]談到，電動汽車提供了方便性和流動性，而改善了對石油的依賴與環境汙染，然而電動汽車發展依賴於基礎建設(如充電站)，這是一個開拓電動車市場最重要因素之一；Dong [17]研究充電基礎設施規劃，技術的進步和政策的推廣是插電式混合電動車(PHEV)在市場上取得成功的重要因素之一，許多方案要推動電動汽車進入市場，如提供購買補貼和推出市區交通方便之充電基礎設施皆可提升消費者購買信心；在2014年Dharmakeerthi [18]說到，電動汽車市場佔有率比過去大幅成長，然而，電網的架設對於工程師而言更是一大挑戰，以評估電動車輛整合電力，以確保電力系統電壓穩定；Payam Sadeghi-Barzani [19]在2014年發表談到，分析電動汽車充電對電網的架設策略，為了減少電能損耗電動車輛充電時，車輛充電站應靠近變電所可減少電能傳遞損耗，詳細建置電網如圖1.2。

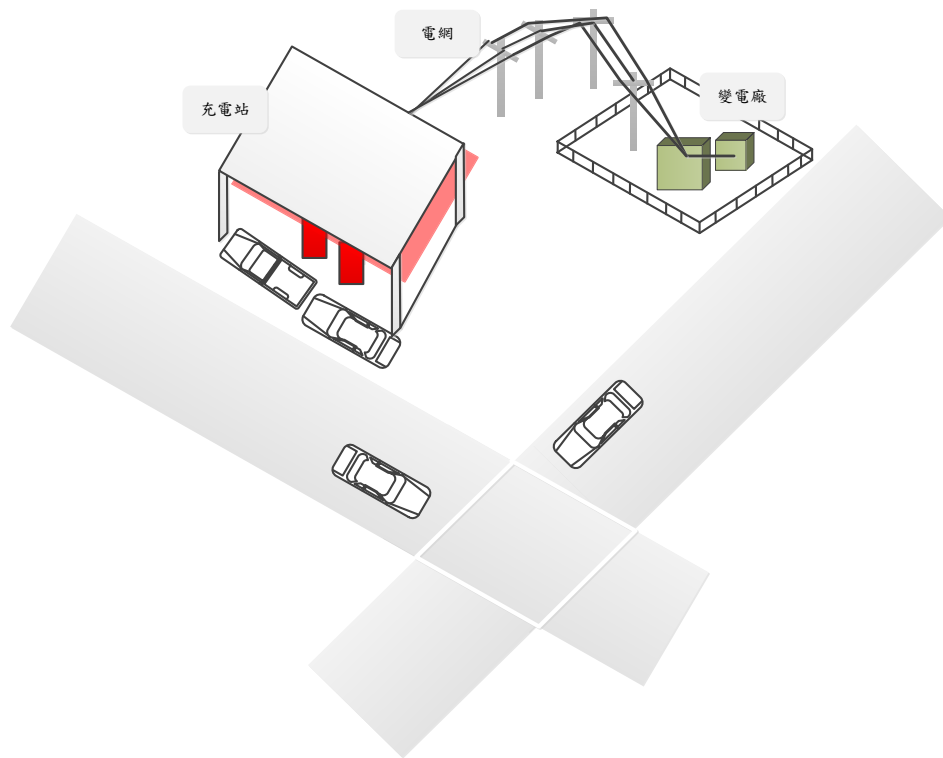


圖1.2 充電站基本結構

空氣動力對於政府倡議之潔淨空間(Clean-Zone)，是除了電動動力外之另一選擇。空氣動力主要以高壓鋼瓶內高壓空氣為動力能量，提供空氣引擎或空氣馬達進行氣能轉機械能之動力，以推動車體前進。2011年Chen[20]說明壓縮氣體應用在空氣動力進行研究，空氣可以在三種形式存在，分別為：壓縮氣體形式、低溫液體形式和漿液的形式(液體和固體空氣混合)；2000年Takemura[21]將壓縮空氣應用葉片式氣動馬達；法國MDI公司技轉空氣引擎技術於印度車廠TATA，在2008年開發空氣動力車One Cat[22]，2010年CH[23]主要針對空氣馬達進行系統設計、實驗量測與建模分析，2008年Hwang[24]為對於空氣馬達進行系統非線性或線性控制；2014年Hung[25]開發空氣馬達模擬系統，使用Matlab/Simulink的模擬器，控制四種閥門開度於1 kW空氣馬達平台上測試；在[26]中談到，空氣動力被導引至車輛使用端，透過改裝一般引擎機車，可使空氣動力機車成功行駛2公里其能量管理部分透過Fuzzy控制適切操控空氣量。而關於空氣能源之儲存，目前較鮮少提及[27]，本研究將完成此部分之創新完整功能。

未來為氫經濟的世代。各項氫能規範、測試法規及系統設計等均如火如荼建置[28]。氫經濟於交通運輸部分，主要以質子交換膜燃料電池(Proton exchange membrane fuel cell)為主要電能製造端，如2002年Paganelli *et al.* [29]提出最小能量消耗量(Equivalent consumption minimization strategy)控制策略，應用於並聯式混合動力車，使燃料電池整體的氫氣消耗量最小化，進能達到車輛需求性能。透過氫能轉換為電能以驅動電動車為未來可能之車輛技術新主流，2008年Bauman *et al.* [30]提出為達到兼具環保議題及發展純潔動力車輛前提下，國際眾多車廠企業紛紛投入電動車研發，初期設計僅採用純燃料電池電動車為主要設計，爾後發現，加速性能不及於內燃機引擎車(燃料電池反應時間常數過大)，需加入匹配鋰電池或超級電容器作為第二動力源為輔助動力。

於2009年Thounthong[31]研究燃料電池電力性能與超級電容器混合使用，Chan[32]2010年，針對混合動力電動汽車動力總成結構和能量建模研究。2001年Wong[33]提到電動車輛(EV)可依據消費者需求採用多種複合動力源，並透過能量管理匹配系統，混合搭配各種能源優點，導引出最佳節能表現。混合動力種類共有六種，在過去鋰電池技術尚未成熟價格昂貴下，燃料電池與蓄電池混合使用能產生較佳的效能；在燃料電池快速發展之下，氫能源提供是非常重要的，目前諸多氫氣供應站與示範運行車隊進行各項可行性評估[34-35]。而儲氫技術可包含固態合金吸氫、低溫液態儲氫與高壓氫氣壓縮三種型態[36]。

提供能源補充系統，Kuby and Lim 2005年[37]說明車用替代能源補充，採用區域分配模式目標達到提供駕駛者服務，補充站與補充站之間距離應考量，車輛停靠充填空間與補充站所提供充填數量。

綜合上述文獻可以知道，綠色動力能源車輛發展迅速，能源補充系統是不可缺少的設備，有效的建置車用多重能源補充站可提升消費者接受綠能車輛的滿意度。因此，本研究選擇電能、高壓壓縮空氣能及氫能源為補充站主要提供能源，進行能源補充站機電整合與系統架構，實驗驗證綠能動力補充之可行性。

第二章 電能補充站設計

因應電動車輛/複合動力車輛接連推出，電池電量影響車輛行駛距離，電池能源補充便利性影響消費者對電動車輛購買使用意願，在現今的電池科技研發技術下，延長電動車輛續航力必須廣設建置充電站，有效的電能補充機制可減少消費者等候時間，提升大家對於電動車輛的接受度。本研究電能補充站系統設計方案具備：1.二組快速充電設備、2.四組一般充電設備、3.鋰電池交換櫃，以提供消費者選擇所需能源補充模式。電能補充站建置架構如圖 2.1，電能補充站系統設計詳細說明如下。

電能補充站建置架構分三階段建置：1.快速充電 2.一般充電 3.鋰電池交換櫃。快速充電與一般充電挑選適合元件作為系統監控操作，接著將其元件機電整合於電能補充站內，接續將進行能源補充測試，鋰電池交換櫃則提供(48V10AH、48V20AH)鋰電池作交換使用。

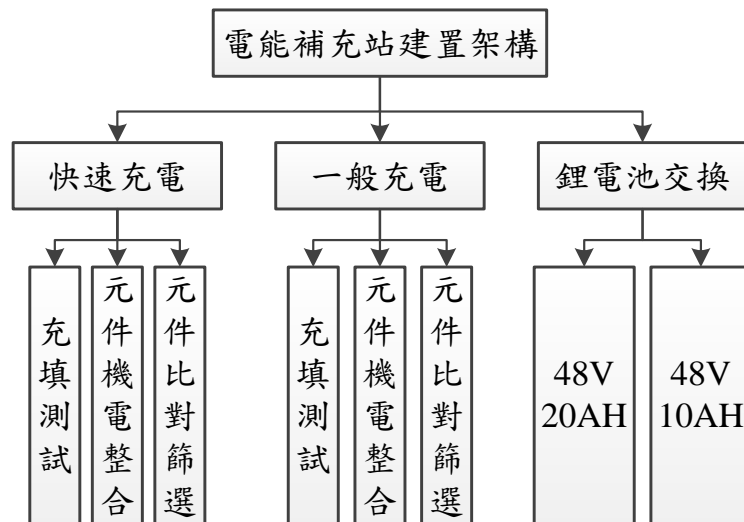


圖2.1 電能補充站建置架構

2.1 電能補充站系統架構說明

電能補充站整體系統，以 AC 電源作為主要供給來源，轉換 DC 電源提供系統充電所需電量。電能補充站中提供消費者 1.停車快速充電 2.停車一般充電 3.鋰電池交換，三種選擇模式，如圖 2.2。

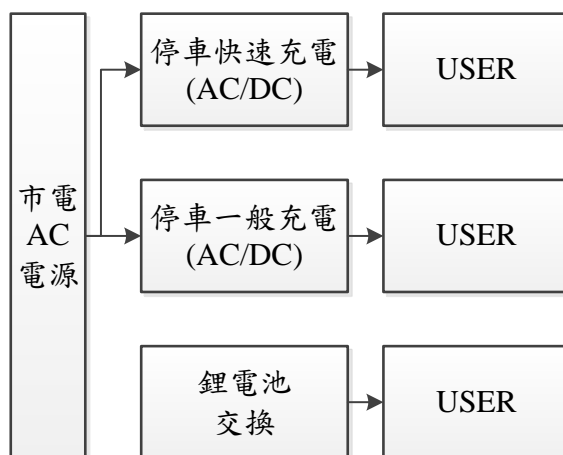


圖2.2 電能補充站系統架構示意圖

系統所提供三種能源補充選擇模式，以充填 48 V10 AH 鋰電池來說，依照所需花費等候充填時間由短到長分別為，鋰電池交換模式：不需花費到等候充填時間，駕駛者只需要將電量耗盡之鋰電池與鋰電池交換櫃內電量充足鋰電池做交換後裝置於電動車上即可繼續行駛；停車快速充電：提供約 55 V10 A 充電效率，充填一個 48 V10 AH 鋰電池大約需花費 1 小時等候時間，適合駕駛者外出購物停車使用；停車一般充電：提供約 52 V6 A 充電效率，以充填一個 48 V10 AH 鋰電池大約需花費 2 小時 15 分鐘，於補充站系統模式中所需等候時間為最長，適合上班族騎乘電動車輛到達目的地進行充電使用。系統中共提供二組停車快速充電、四組停車一般充電以及四顆以上鋰電池交換，三種模式詳細說明如下：

- 1. 鋰電池交換：**主要提供使用者所駕駛電動車輛上低電量鋰電池做交換，交換後即刻繼續行駛前往目的地，不需花費等候時間。目前於澎湖 7-ELEVEN 連鎖超商可見此鋰電池交換模式運行，如圖 2.3。

2. **停車快速充電**：此模式主要提供以下二種情形使用 a.使用者就地短暫休息 b. 鋰電池交換櫃無充足電量鋰電池可使用，使用情形說明如下。
- a.使用者就地短暫休息**：當使用者進入賣場短暫購物，可能需花費 1-2 小時購物時間，可將車輛停放至電能補充站位置，接上快速充電接頭使電動車輛進行充電，待使用者購物後電動車輛即充滿電，即可繼續行駛至下一目的地。
- b.鋰電池交換櫃無充足電量鋰電池可使用**：當電能補充站之鋰電池交換櫃內提供交換鋰電池均尚未充滿電量，此時最後使用交換鋰電池之使用者必須將替換下來鋰電池接上快速充電接頭，此時電能補充站快速充電器提供鋰電池快速充電，以確保下一位使用者在需要時可提供充飽電量的鋰電池做交換，使鋰電池交換櫃隨時有足量充飽鋰電池可提供使用者使用。
3. **停車一般充電**：此模式可提供以下二種情形使用 a.使用者就地長時間休息 b. 提供鋰電池交換櫃內鋰電池充電，使用情形如下說明。
- a.使用者就地長時間休息**：當使用者上下班代步工具選擇電動車輛，在使用者到達上班目的地，可將車輛停妥於電能補充站位置，接上一般充電接頭進行充電，下班後電動車輛將已充飽電量可繼續行駛回家。
- b.提供交換櫃內鋰電池充電**：此情形考量在夜間使用，由於夜間大多人們均在家中休息外出民眾較少，此時交換下來之鋰電池，使用者可將它接上一般充電接頭以進行充電，隔天上班即可擁有充足電量鋰電池提供給使用者使用。



圖2.3 超商鋰電池交換使用運行(澎湖超商(7-11)實地拍攝)

2.2 電能補充站系統規格設計

2.2.1 電能補充站主體規格說明

電能補充站主體採用防火木箱製作，主體外觀長寬高為 $60 \times 60 \times 180(\text{cm})$ 並於木箱頂端設有抽風系統，加強木箱內外通風對流，減少木箱內熱空氣，以避免木箱內部產生高溫；電能補充站主體分為三部分規劃，如圖 2.4。

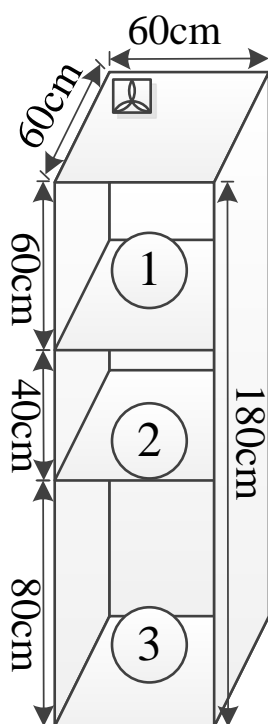


圖2.4 電能補充站主體介紹

電能補充站主體規劃詳細說明如下，圖 2.4①大小為 $60 \times 60 \times 60(\text{cm})$ 設計，此空間設計停車快速充電系統，備有二組電流顯示器以及二組電壓顯示器，可檢視目前充電電壓、電流，將可判斷鋰電池目前充電狀態，另有二組 AC/DC 快速充電器及啟動按鈕，詳細元件配置設計如圖 2.5；圖 2.4②大小為 $60 \times 60 \times 40(\text{cm})$ 設計，此空間主要為停車一般充電設計，備有四組 AC/DC 一般充電器，提供使

用者鋰電池/電動車輛充電，設有四顆獨立按鈕開關可依選擇充電器進行啟動充電，詳細元件配置設計如圖 2.5；圖 2.4③大小為60×60×80(cm)設計，此空間主要放置電動車輛專用鋰電池，稱為鋰電池交換櫃，鋰電池可在此進行充電或提供駕駛者快速交換後使電動車輛繼續行駛，詳細元件配置設計如圖 2.5，元件詳細規格說明如表 2-1 所示。

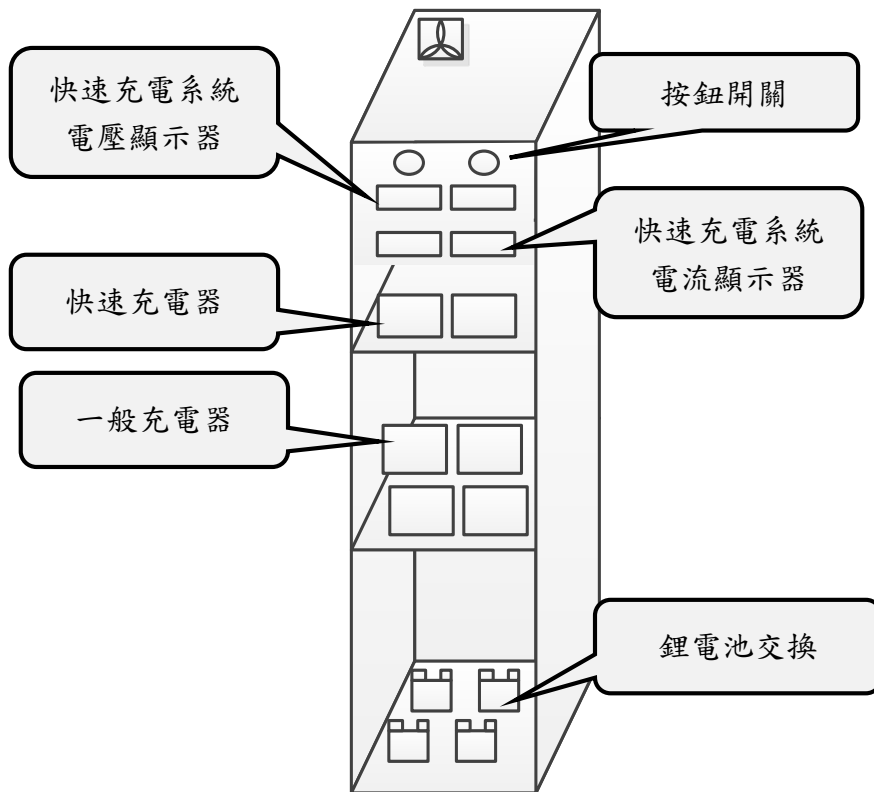



圖2.5 元件配置示意圖

2.2.2 電能補充站元件規格說明

表 2-1 電能補充站元件規格說明

	名稱	規格	數量	圖示
1	四位數類比顯示電壓表	工作電源：110/220 ACV±10 % 消耗功率：3 VA 顯示範圍：-9999~9999 輸入阻抗：> 2 V 以上：20 KΩ/V ≤ 2 V 以下：200 MΩ 電壓範圍：0~60 DCV	2 組	

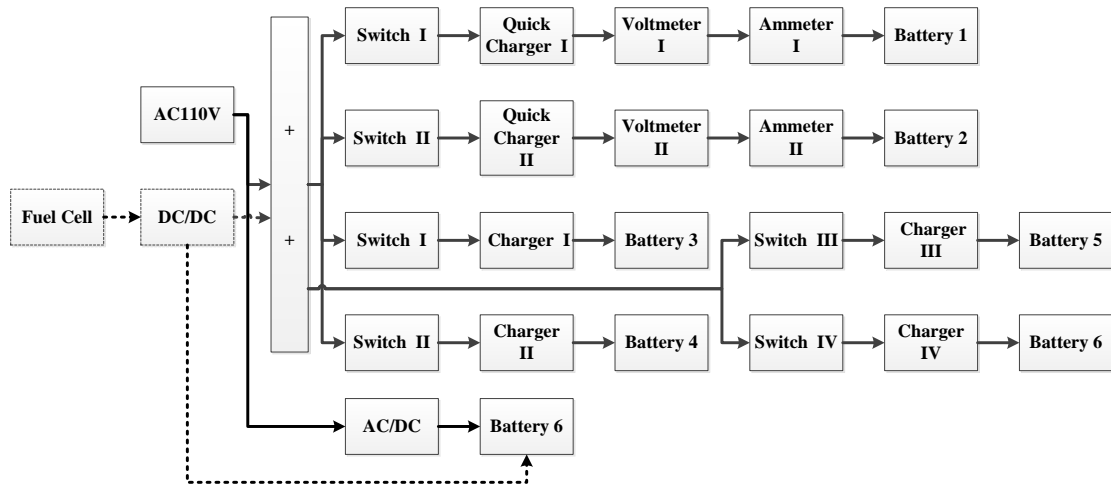


圖 2.6 電能補充站系統設計方塊圖

圖 2.6 電能補充站系統設計，系統中主要電力來源為 110 ACV 其中預留 DC/DC 自生能源提供系統概念，將電力匹配至個元件同時提供快慢充機制共有 6 組，透過電力系統架構將 AC 電源匹配送至各元件。設計電能補充站機電整合系統配線如圖 2.7，快速充電系統，Ammeter I、Voltmeter I、Quick Charger I、電流感器、按鈕開關(I)與電源迴路串聯，與第二組快速充電系統 Ammeter II、Voltmeter II、Quick Charger II、電流感器、按鈕開關(II)電源迴路並聯，當開啟按鈕開關 I 或 II，充電器與電壓電流表並同時啟動充電監控，可同時提供二組快速充電機制；Charger I、II、III、IV 與按鈕開關(I、II、III、IV)串聯，迴路之間採用並聯設計，可同時提供四組一般充電機制。於 DC/DC 自生能量互流機制設計，針對車用多重能源補充站氫能源充填，燃料電池所提供電量經 DC/DC 整流後儲存於鋰電池中，提供完整自主能源補充管理機制。

2.4 電能補充站系統充電控制實作

本章節延續系統主體設計與機電整合概念將電能補充站實體建置，建置流程如圖 2.8。

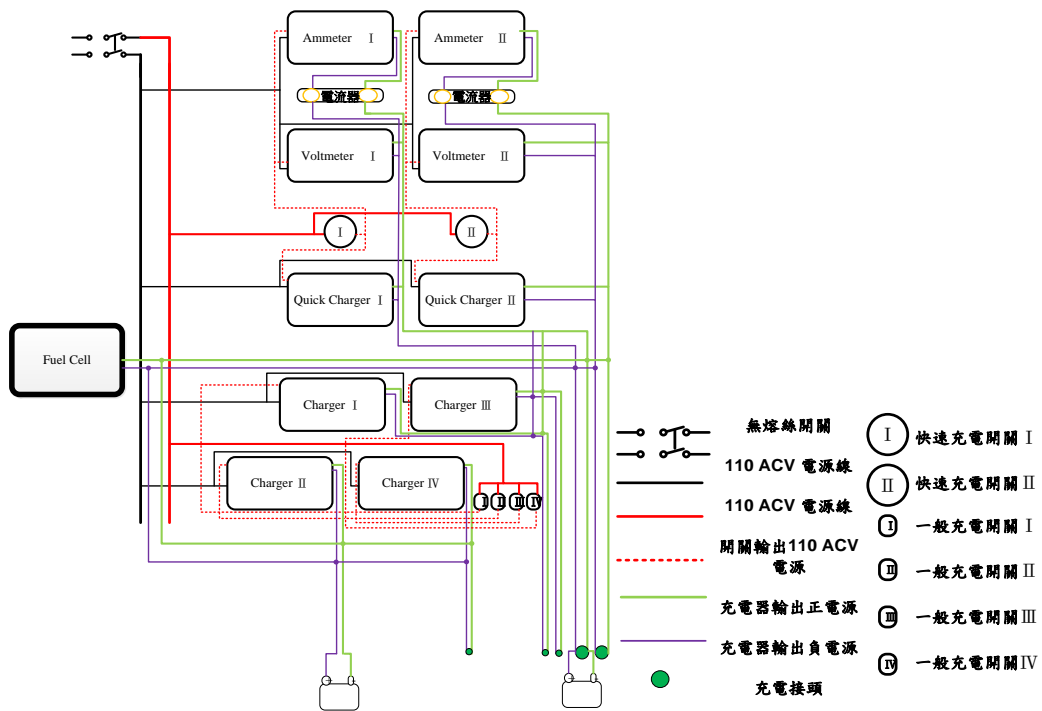


圖2.7 電能補充站機電整合配線圖

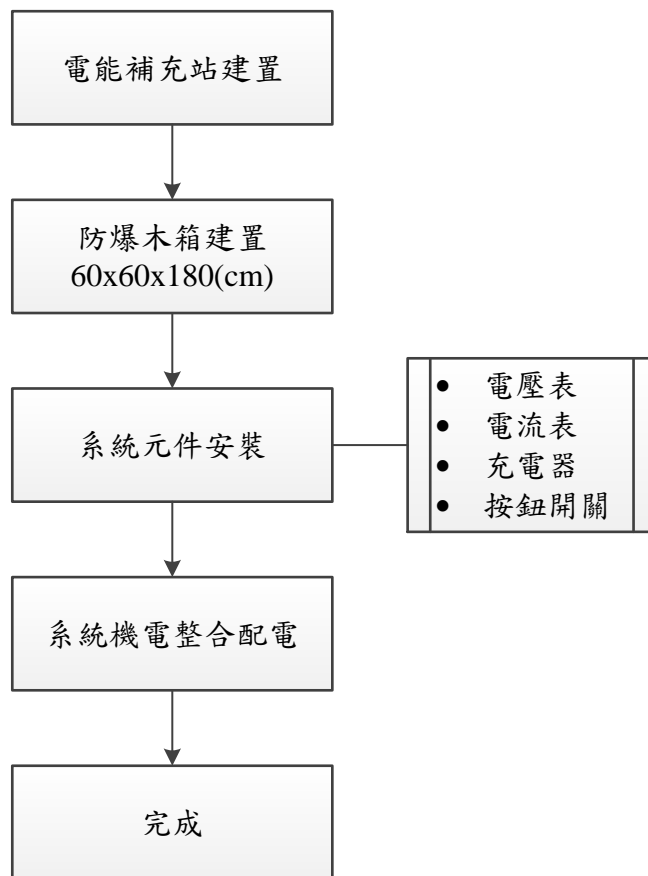


圖2.8 電能補充站建置流程

系統元件 AC 電源迴路採用 600 V 1.25 mm² 絞線作為連接，使 110 ACV 電源提供至各元件，經 AC/DC 充電器轉換達到電能充填，電能將充填至鋰電池/電動車輛，實際配置整合如下圖 2.9。

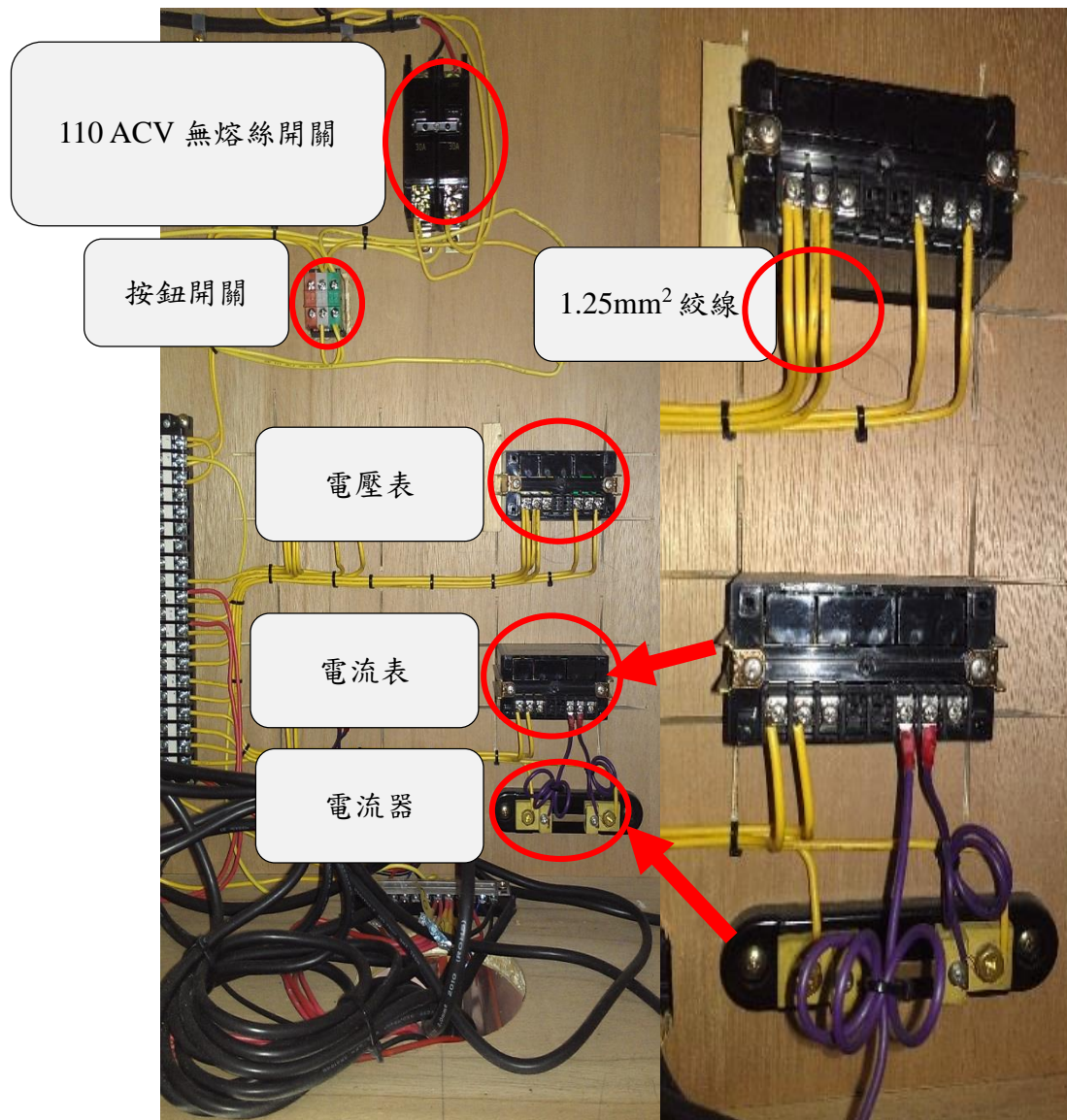


圖2.9 電能補充站機電整合配置

圖 2.9 由上而下分別裝置為，無熔絲開關控制電能補充站系統總電源，接續為按鈕開關，分別控制快速充電系統 I、II，接著為電壓表、電流表及電流器監控充電狀態，以達到快速充電完整系統配置，然而提供駕駛者使用電能補充站之操作介面如圖 2.10。



圖2.10 電能補充站實際整合

實際介面由上而下，綠色亮燈處為快速充電系統 I、II 開關，接續為電壓、電流顯示表，提供使用者掌握目前充電狀態(當電流表顯示為 0 代表已充飽電)；接續為停車一般充電器四組及四組按鈕開關，提供鋰電池/電動車輛一般充電(充電時間約需要 2 小時)；接續為鋰電池交換櫃，提供 48 V10 AH 及 48 V20 AH 鋰電池交換；上述三種模式為電能補充站完整系統機制，提供駕駛者彈性選擇，詳細充填機制驗證分析說明如下。

2.5 電能充電系統實驗驗證

2.5.1 電能補充系統充電監控

完成電能補充站能源補充設計，接續測試快速充電系統與一般充電系統充電

效能監控，以有效驗證分析，以一顆 48 V10 AH 鋰電池進行實驗驗證。首先在鋰電池完全放電至無法提供電動車輛動力使用之下(45.1 V)(圖 2.11)，進行 a.快速充電與 b.一般充電監控，詳細如下：

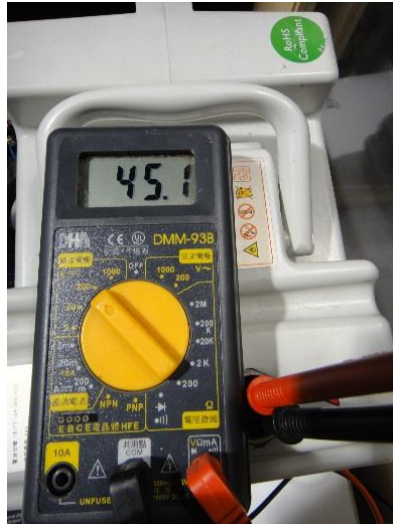


圖2.11 電池電量測試

a. 快速充電

此充電監控如圖 2.12，搭配①電壓轉換器：輸入端 60 V 輸出端 10 V，等比降壓轉換，將訊號傳送至資料擷取器(TRA-20,TOHO)監控②電流勾表：與電腦連結監控充電電流，圖 2.13 每 30 秒記錄一筆數據至③資料擷取器(TRA-20,TOHO)：紀錄充電電壓變化每 30 秒記錄一筆數據做為④鋰電池：48 V10 AH 鋰電池充電測試紀錄。

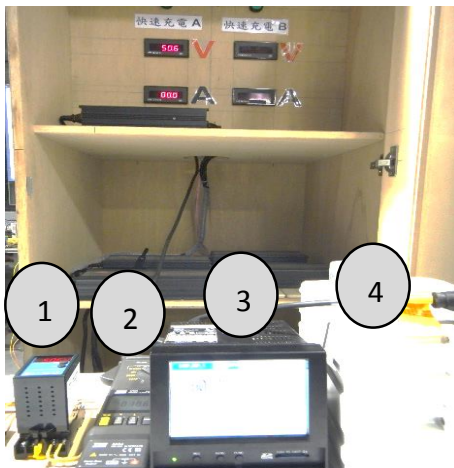


圖 2.12 快速充電電能監控

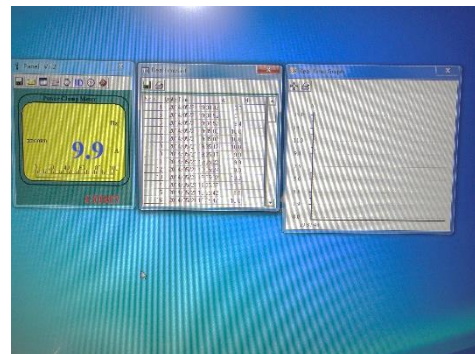


圖2.13 快速充電電腦監控電流畫面

快速充電電壓、電流變化如圖 2.14。快速充電器起始充電電壓約 52 V、充電電流約 9.7 A。充電電流隨著鋰電池逐漸充飽而下降而充電電壓逐漸上升，在圖 2.14 中可看到時間在 4080 秒(約 1 小時 8 分鐘)，充電電流降至 6.6 A 接著在 30 秒後降為 0 A，然而充電電壓在 4080 秒後持續上升 1 分鐘後並開始下降；由此可知鋰電池已經完成充電，完成 48 V10 AH 鋰電池充電花費時間約 1 小時 8 分鐘。

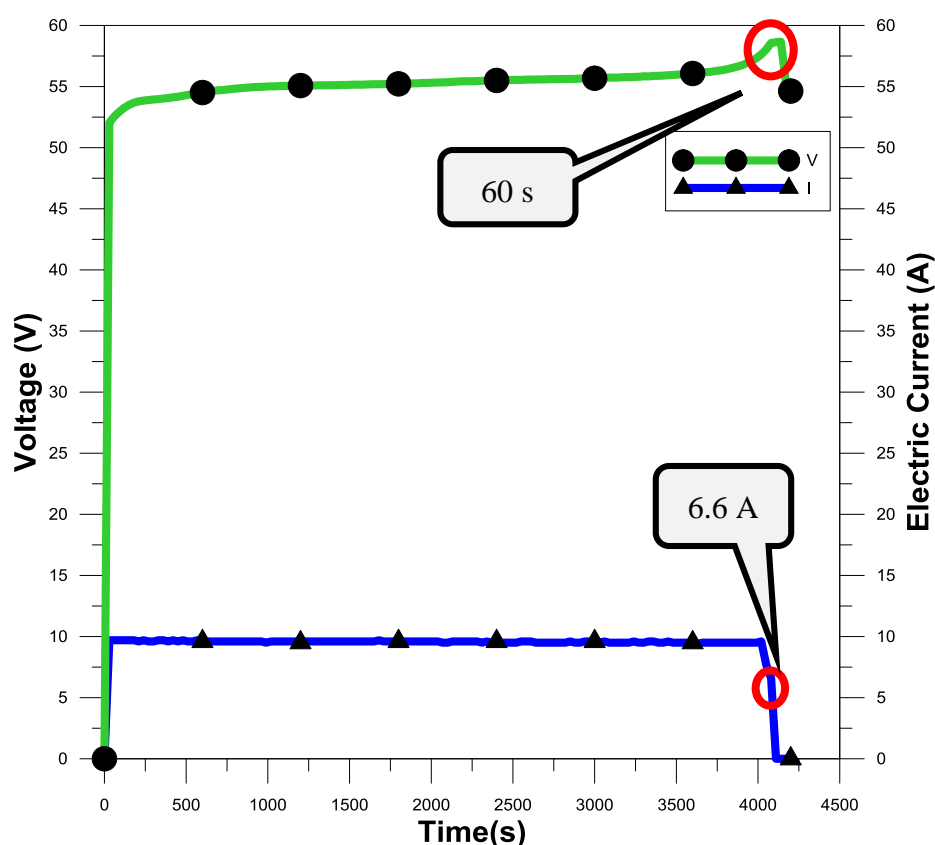


圖 2.14 快速充電電壓、電流監控

b. 一般充電

此充電監控如圖 2.15，搭配①電壓轉換器：輸入端 60 V 輸出端 10 V，等比降壓轉換，供資料擷取器(TRA-20,TOHO)作監控，充電過程使用②一般充電器：對鋰電池進行充電試驗，充電過程使用③電流勾表：與電腦連結監控充電電流，圖 2.16 每 30 秒記錄一筆數據至④資料擷取器(TRA-20,TOHO)：紀錄充電電壓變化每 30 秒記錄一筆數據做為⑤鋰電池：48 V10 AH 鋰電池充電測試。一般充電電壓、電流變化如圖 2.17。

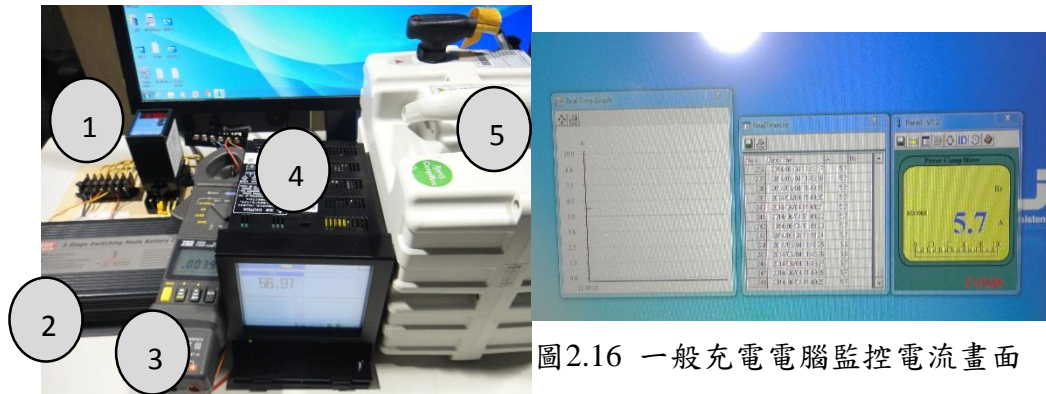


圖 2.15 一般充電電能監控

圖 2.17 可以得知一般充電器起始充電電流約 5.7 A、充電電壓約 48 V，充電電流隨著鋰電池逐漸充飽而下降，而充電電壓逐漸上升，然而時間在 7350 秒(約 2 小時 2 分鐘)，充電電流降至 1 A 接著在 30 秒後降為 0 A，接著充電電壓也開始維持恆定；由此可知鋰電池已經完成充電。詳細電壓電流變化圖如 2.17 圖。圖 2.17 可觀察到充電電壓逐漸穩定上升，在時間 7000 秒充電電壓繼續上升然而充電電流逐漸下降至 0 A，完成 48 V10 AH 鋰電池充電花費時間約 2 小時。

由圖 2.18 可知一般充電時間比快速充電時間長約 1 小時，比較充電電流得知快速充電器較一般充電器高。圖 2.18，快速充電器充電起始電壓高於一般充電器起始電壓，於充電過程中快速充電器電壓恆高於一般充電器充電電壓，直到鋰電池電量充足後快速充電器電壓將降至約 56 V 而電流降至 0 A；一般充電器充電電壓維持著逐漸上升直到鋰電池電量充足，圖 2.18 可看出一般充電器與快速充電器到達鋰電池電量充飽電壓一樣。而快速充電器充電電流高於一般充電器充電電流約 4 A，到達鋰電池充飽電量後電流降至 0 A，由此可知快速充電器採用比一般充電器高電壓值大電流進行充電，達到快速提供鋰電池所需充電電量，以達到電能補充之目的。

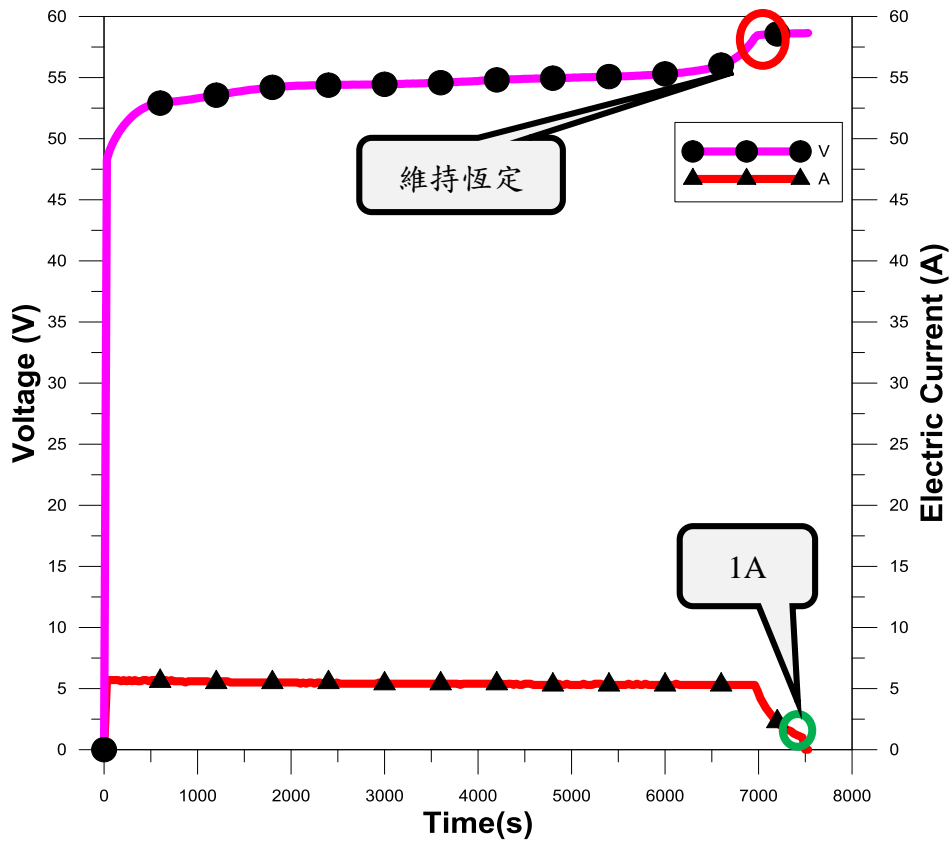


圖2.17 一般充電電壓、電流監控

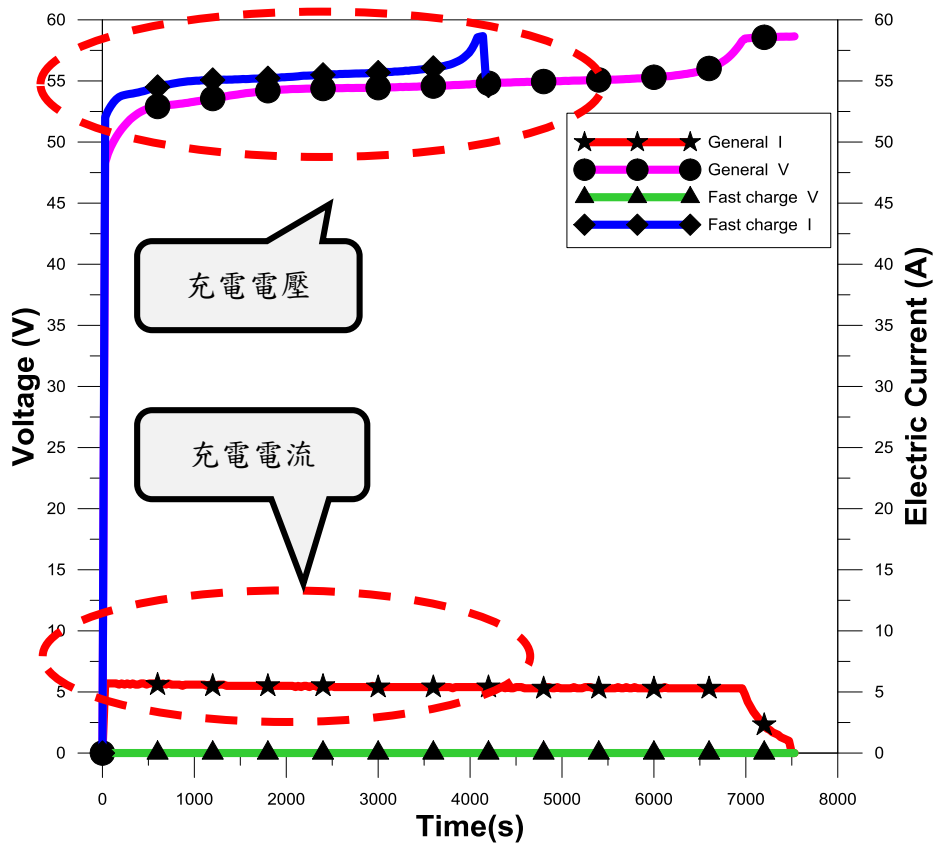


圖2.18 快速充電器與一般充電器充電電壓、電流監控

2.6 電池電量充電耗能

由圖 2.14、2.17、2.18 可知，充足一顆 48 V10 AH 鋰電池需花費 1~2 小時。在充電過程中快速充電器所耗之功率如圖 2.19，隨著鋰電池電量逐漸即將充飽，充電器所需提供能量則越大，提供充電器電壓最高為 109 ACV，電流最大提供 7.08 A 可由圖 2.19 中得知。

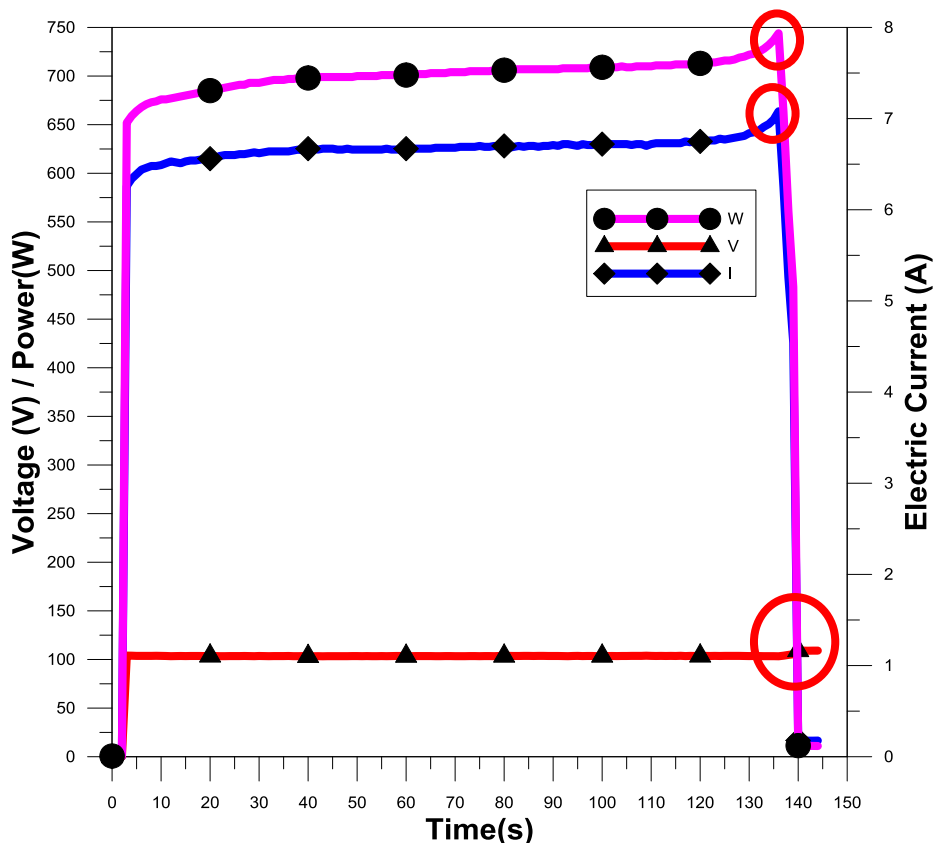


圖 2.19 快速充電器消耗能源監控

運算使用快速充電器充足一顆 48 V10 AH 鋰電池所需之能量消耗， P 為充電器消耗功率，充電過程充電器消耗電壓 V 及充電器消耗電流 I ，詳細運算公式如下(2.1)：

$$P = I \times V \quad (2.1)$$

充電過程所耗電之電量採用千瓦小時(kW-h)計算。於 2.5.1 得知使用快速充電器充足一顆 48 V10 AH 鋰電池需要 1 小時 8 分鐘，圖 2.19 所消耗之充電能量從 0 W 至 750 W 不等，平均瓦特、電壓、電流約 665 W、102 V、6.3 A，由此可知充足一顆 48 V10 AH 鋰電池約花費 0.7 kW-h，總消耗能量 E 詳細如下運算。

$$E = \sum_{t=1}^{t=7860} P(t) \quad (2.2)$$

使用一般充電器針對 48 V10 AH 鋰電池充電，相較於快速充電器需多花費 1 小時間，一般充電器詳細充電過程所消耗能量如圖 2.20。

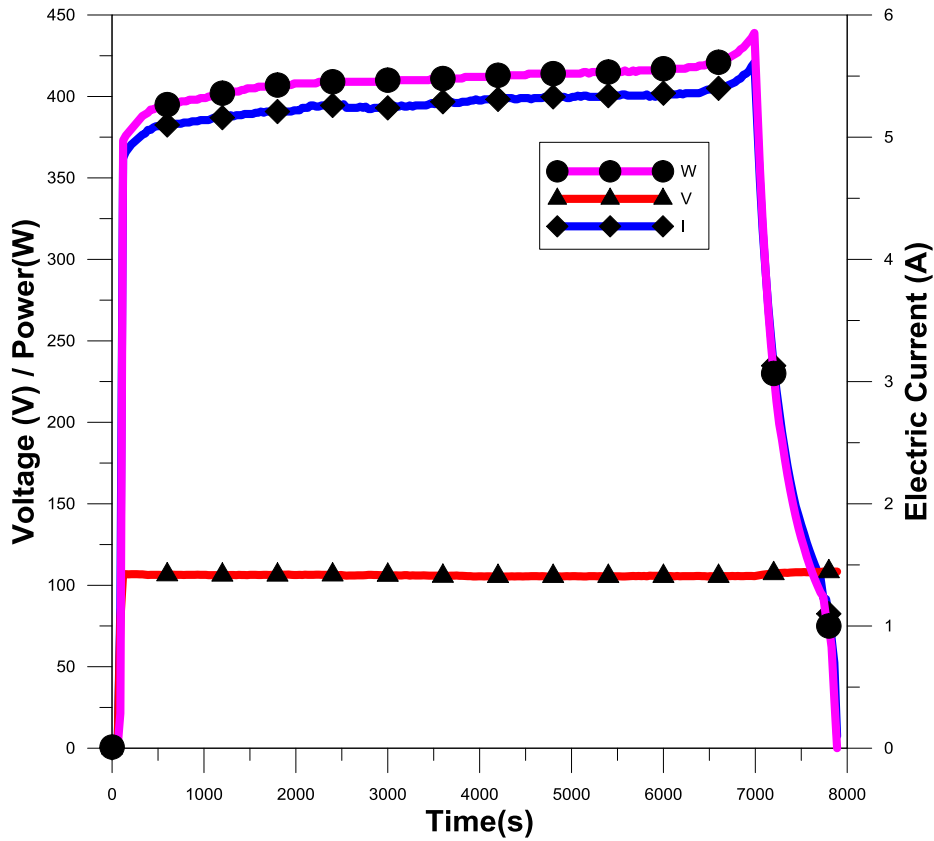


圖2.20 一般充電器充電過程功率變化

可看到，一般充電器充電過程最高瓦特、電壓、電流為 439 W、108 V、5.6 A，相較於快速充電器(665 W、102 V、6.3 A)均消耗較少功率及電流，以實際監控充電時間做計算，約消耗 0.8 kW-h 電量。

$$E = \sum_{t=1}^{t=7860} P(t) = 0.8\text{kW-h} \quad (2.3)$$

第三章 高壓空氣補充站設計

本章主要撰敘空氣補充設計。空氣在使用中不會造成任何汙染，使用空氣驅動車輛達到潔淨零汙染，既可作為複合動力車輛次動力源環保減碳。高壓壓縮空氣補充站設有三組快速充填機制以及鋼瓶交換功能，相關設計應用如下高壓空氣補充站建置架構如下圖 3.1。

高壓空氣補充站建置架構流程，首先挑選高壓氣體快速充填相關元件以及監控儀表，接著機電整合系統元件配置，最後將進行高壓氣體充填測試。高壓鋼瓶交換，於高壓空氣補充櫃內放置 10 L 高壓鋼瓶，提供消費者駕駛空氣車輛更換使用。

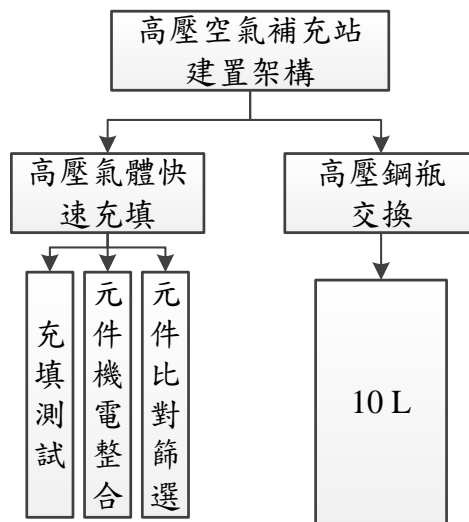


圖3.1 高壓空氣補充站建置架構

3.1 高壓空氣補充站系統架構說明

高壓空氣補充站整體系統，以 AC 電源作為主要高壓空氣供給來源。在系統設計主要分為三階段系統架構，第一階段為低壓空氣儲存設計，主要元件有壓縮空氣製造機、流量計、電磁閥、壓力傳送器以及低壓儲氣桶，以提供第二階段增壓之所需氣體；第二階段為氣體增壓設計，主要元件有氣體增壓缸、電磁閥、逆

止閥、壓力傳送器及高壓儲氣鋼瓶，主要將低壓氣體以 1:10 增壓儲存至高壓儲氣瓶，以提供第三階段車用攜帶式高壓小鋼瓶充氣使用；第三階段主要元件有電磁閥、逆止閥、流量偵測器、壓力傳送器、快速接頭以及車用攜帶式高壓小鋼瓶，此階段主要將已增壓完畢之高壓空氣透過電磁閥控制充填至小鋼瓶，系統架構示意如圖 3.2。

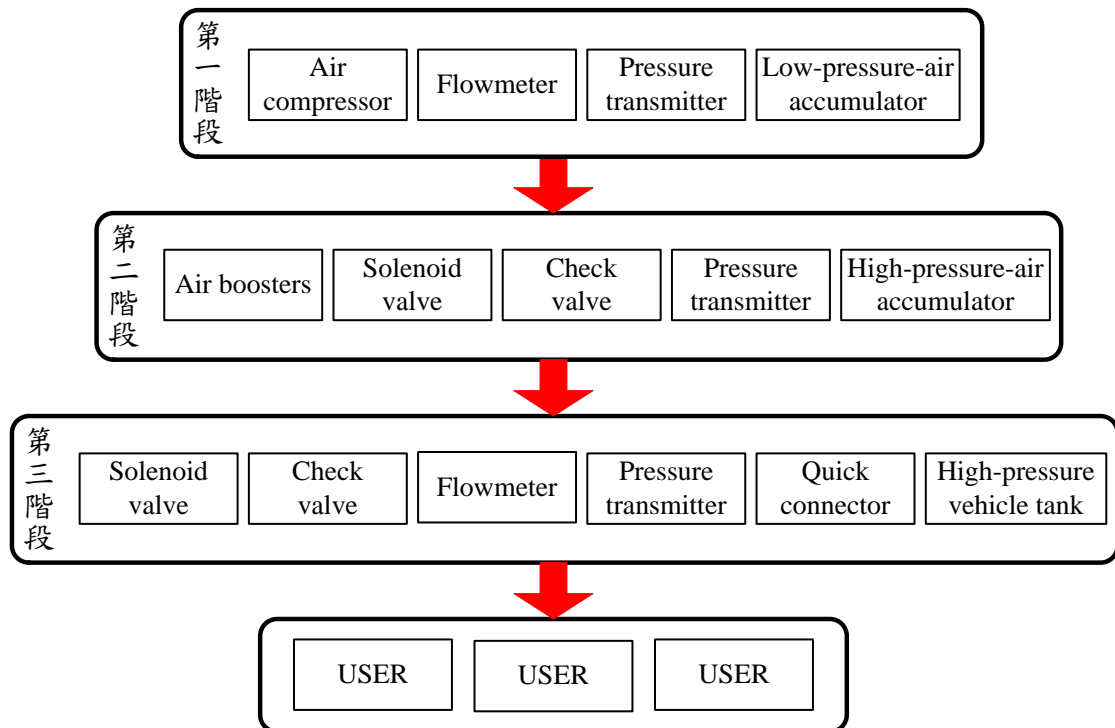


圖 3.2 高壓空氣補充站系統架構

第一階段空壓機接收市電 220 ACV 產生壓縮空氣，為提升增壓缸增壓過程之效率，於低壓迴路中串聯一低壓儲氣筒，另有流量感測器與低壓迴路串聯，監控低壓迴路耗氣流量，低壓迴路中並有壓力感測元件偵測迴路中氣體壓力；階段二低壓氣體經過增壓缸增壓後，高壓空氣流經高壓流量計及壓力感測器儲存於高壓鋼瓶內，而高壓流量計感測增壓後之氣體儲存於高壓鋼瓶之流量，壓力感測器偵測氣瓶增壓狀態；第三階段經高壓鋼瓶出氣端逆止閥及高壓電磁閥，逆止閥防止車用鋼瓶氣體回充至補充站高壓鋼瓶內，電磁閥控制高壓迴路氣體開/關，高

壓迴路中串有高壓流量感測器偵測使用者車用鋼瓶充填狀態，當流量顯示為 0 代表鋼瓶已充填完成，另設有壓力感測器偵測車用鋼瓶充填壓力，第三階段為使用者自行操作充填。

高壓空氣補充站提供 1.高壓氣體快速充填與 2.高壓鋼瓶交換，依使用者需求選擇使用模式。模式 1.高壓氣體快速充填：需消費者於現場等候充填，充填時間視消費者車用鋼瓶容積大小，約需等候 3~5 分鐘即可完成充氣；模式 2.高壓鋼瓶交換：消費者需將車上用盡氣體之鋼瓶與補充站內之充足高壓空氣之鋼瓶做交換，即可繼續行駛，所花費時間最少，詳細設定模式如下。

1. **高壓氣體快速充填**：提供消費者可現場等候之選擇，高壓鋼瓶仍為體積較大之能量儲存設備，某些設計將高壓鋼瓶設計於車輛底盤或不易替換處，考量各車款設計此模式，可直將補充站充氣接頭與車輛充氣接頭連接，使高壓氣體充填於車輛鋼瓶內。
2. **高壓鋼瓶交換**：提供消費者可直接將空氣車輛上用盡氣體鋼瓶與高壓空氣補充站內高壓鋼瓶做交換，即可繼續行駛，替換後耗盡氣體之鋼瓶可放置補充站內做充填補充。

3.2 高壓空氣補充站系統規格設計

3.2.1 高壓空氣補充站主體規格說明

高壓空氣補充站主體採用防火木箱設計，主體外觀長寬高為 60 × 60 × 180(cm)(如圖 3.3)。在木箱頂端設有抽風設備，將木箱內部熱量排至木箱外；木箱內部分為前側①與後側②，①前側規格為 30 × 60 × 180(cm)，主要為第三階段消費者對空氣車輛進行充填操作，空間②後側規格為 30 × 60 × 180(cm)，規劃機電整合以及高壓氣體迴路設計，以提供空間①系統高壓空氣充填元件之操作。

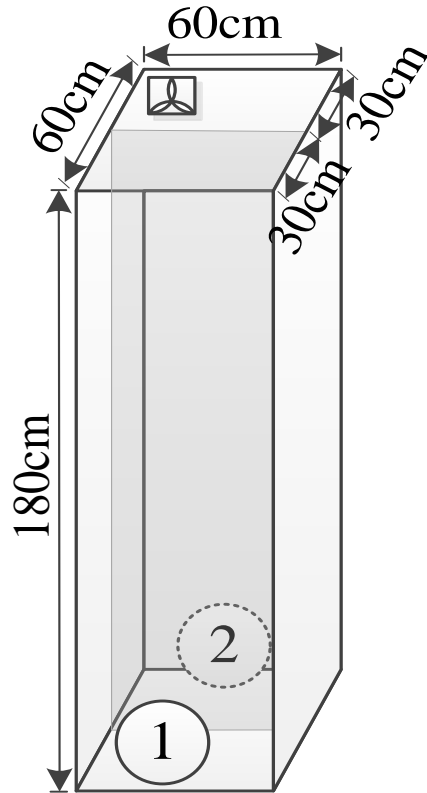


圖3.3 高壓空氣補充站元件主體介紹

詳細設計示意如圖 3.4，前方①設有流量顯示器、壓力顯示器、按鈕開關以及車用攜帶式高壓鋼瓶三組，流量顯示器提供使用者觀察高壓鋼瓶充氣狀態，壓力顯示器則顯示充填至鋼瓶內壓力，也代表車用鋼瓶瓶內壓力；②後側規劃機電整合以及高壓氣體迴路設計，主要放置第一與第二階段之元件，有增壓缸、流量偵測器、壓力傳送器以及管路配置，詳細元件規格說明如表 3-1 所示；礙於體積及更換方便並將低壓儲氣桶與高壓儲氣鋼瓶設計放置於防火木箱外。

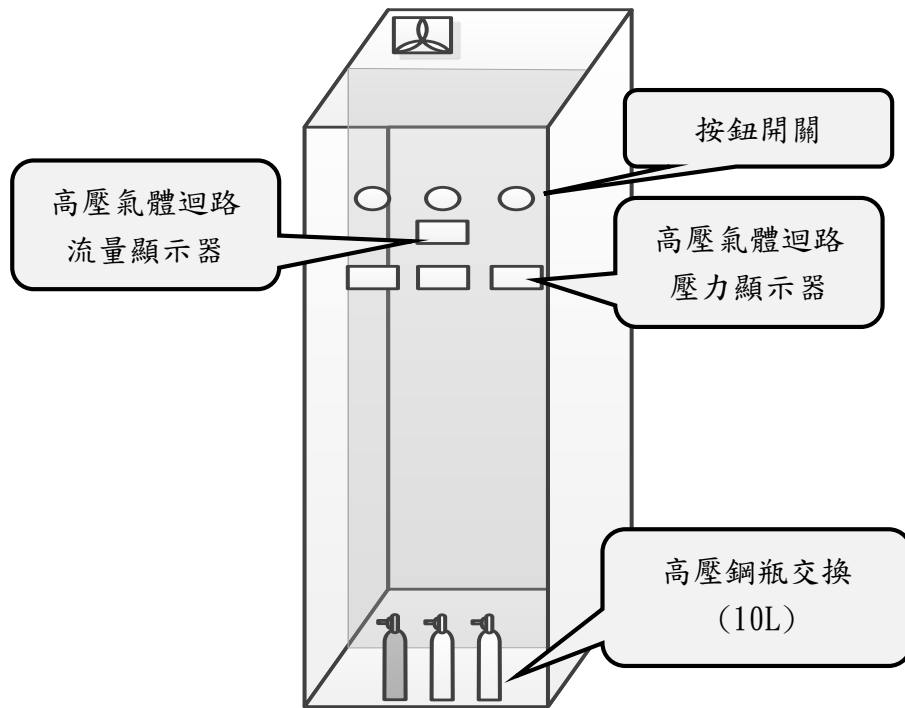

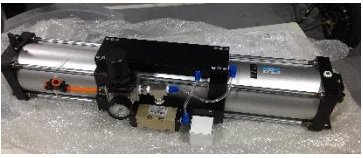


圖3.4 高壓補充站設計示意圖






3.2.2 高壓空氣補充站元件規格說明


表 3-1 高壓空氣補充站元件規格說明

	名稱	規格	數量	用途
第一階段	1	空氣 壓縮機	1 台	
		用途		

第二階段	2	氣體流量感測器	流量範圍：229 normal m^3/h 量測最小值：0.8 normal m^3/h	1 個	
		用途	偵測低壓迴路氣體流量。		
	3	壓力傳送器	壓力範圍：-1~400 bar 精確度： $\leq \pm 0.5 \% \text{F.S. (Full Scale)}$ 輸出訊號：4~20 mA	3 個	
		用途	偵測系統迴路內壓力，將壓力傳送至顯示器。		
	4	低壓儲氣筒	容量：304 L 使用壓力：10 kg/cm^2	1 個	
		用途	儲存空氣壓縮機所製造之低壓空氣。		
	5	壓縮空氣增壓缸	增壓倍數：10 倍 設定壓力範圍：0.2~1.0 缸徑：125 mm	1 組	
		用途	將低壓壓縮空氣增壓為高壓壓縮空氣。		
	6	高壓電磁閥	使用電壓：110 ACV 50 Hz-120 V 60 Hz 使用壓力：140 bar / 142 kg/cm^2	3 個	

		用途	控制高壓迴路系統 on/off。		
	7	逆止閥	工作壓力：3000 psi 工作溫度：121 °C	2 個	
		用途	避免使空氣系統迴路內空氣回流。		
	8	壓力 傳送器	壓力範圍：-1~400 bar 精確度：≤ ±0.5 %F.S. 輸出訊號：4~20 mA	3 個	
		用途	儲存空氣壓縮機所製造之低壓空氣。		
	9	高壓 儲氣瓶	容量：40 L 使用壓力：100 kg/cm ²	1 個	
		用途	提供經增壓缸壓縮後之氣體儲存。		
第三 階段	10	高壓 電磁閥	使用電壓：110 ACV 50 Hz-120 V 60 Hz 使用壓力：140 bar / 142 kg/cm ²	3 個	
		用途	控制高壓迴路系統 on/off。		

11	逆止閥	工作壓力：3000 psi 工作溫度：121 °C	2 個	
	用途	避免使空氣系統迴路內空氣回流。		
12	流量 感測表	夾套式流量計 顯示範圍 20-220 l/min	1 個	
	用途	偵測高壓系統迴路充填之高壓空氣流量。		
13	數位流量 顯示器	工作電源：100~240 ACV 消耗功率：<8.5 VA (全功能輸出) 顯示範圍：瞬間量 0~99999 累積量 0~9999999999	1 組	
	用途	接收流量感測表之流量，顯示系統充填之流量。		
14	壓力 傳送器	壓力範圍：-1~400 bar 精確度：≤ ±0.5 %F.S. 輸出訊號：4~20 mA	3 個	
	用途	偵測空氣充填壓力，傳送至壓力顯示。		
15	數位壓力 顯示器	工作電源：110/220 ACV ±10 % 消耗功率：3 VA 顯示範圍：-9999~9999	3 組	
	用途	接收壓力傳送氣之壓力，顯示系統迴路內空氣壓力。		

	17	替換式 高壓鋼瓶	高度：630 (mm) 直徑：160 (mm) 內容積：10 (Liter) 重量：8.5 kg	3 支	
	用途	空氣儲存，以提供綠色能源車輛行駛之動力。			

3.3 高壓空氣補充站機構整合

研究設計預構想未來車輛能源之發展設計，高壓空氣補充站系統提供二種充填模式包含：高壓空氣快速充填、高壓鋼瓶交換；高壓空氣快速充填可提供空氣汽車及空氣機車做現場高壓氣體充填，高壓鋼瓶交換提供空氣機車高壓鋼瓶方便交換，高壓空氣補充站充填機制詳細如圖 3.5。

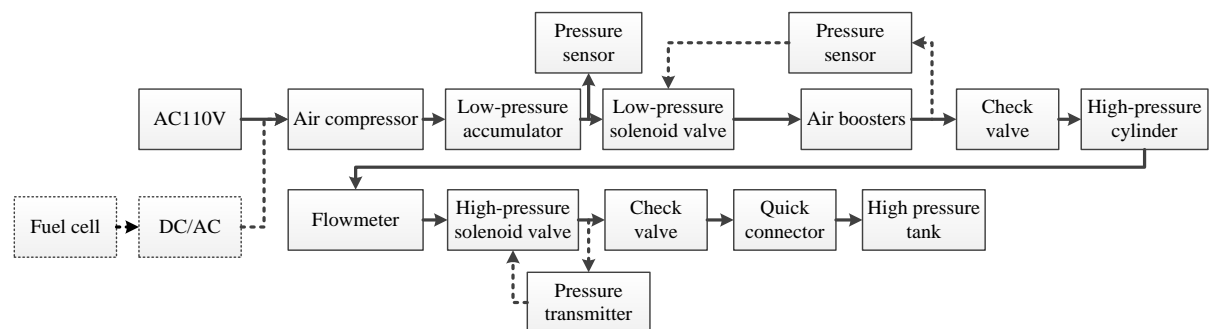


圖 3.5 高壓空氣補充控制機制

系統主體接收 110 ACV 電壓以及電能補充站之鋰電池或燃料電池提供之 DC 電壓，透過 DC/AC 轉換供應高壓空氣補充站之 AC 電源；壓縮空氣製造機連接 AC 電源驅使運轉，將壓縮空氣儲存至低壓空氣儲存桶，接著由增壓缸將壓縮空

氣增壓儲存至高壓鋼瓶，在於增壓缸與高壓鋼瓶之間裝有壓力傳送器，偵測進入高壓鋼瓶之氣體壓力，偵測高壓鋼瓶壓力達到設定壓力 100 kg/cm^2 ，此時將訊號傳送至增壓缸前段電磁閥以關閉系統迴路不再進行增壓以保護安全；當車用高壓鋼瓶需做高壓空氣填充時，必須先將快速接頭接上待充鋼瓶，再啟動填充按鈕，此時高壓儲氣桶內高壓氣體流經流量計、電磁閥、壓力傳送器、逆止閥填充至車用高壓鋼瓶，當壓力傳送器偵測填充壓力達 80 kg/cm^2 代表填充完成，將切斷高壓電磁閥關閉填充迴路，實際配置將有三組快速接頭可同時做填充使用。

實際元件裝置配置如圖 3.6，系統中壓縮空氣製造機、電磁閥、流量顯示器及壓力顯示器之電源線分別接於系統 ACV 電源，系統中黑色與紅色為 AC 電源線，元件 1~5 以藍色箭頭連接為低壓氣體，6~9 元件為高壓氣體產生填充至車用鋼瓶，圖 3.6 中以綠色箭頭作為壓力偵測訊號，在控制迴路中電磁閥因為消費者按下啟動開關而開始，到達迴路設定填充壓力而關閉。

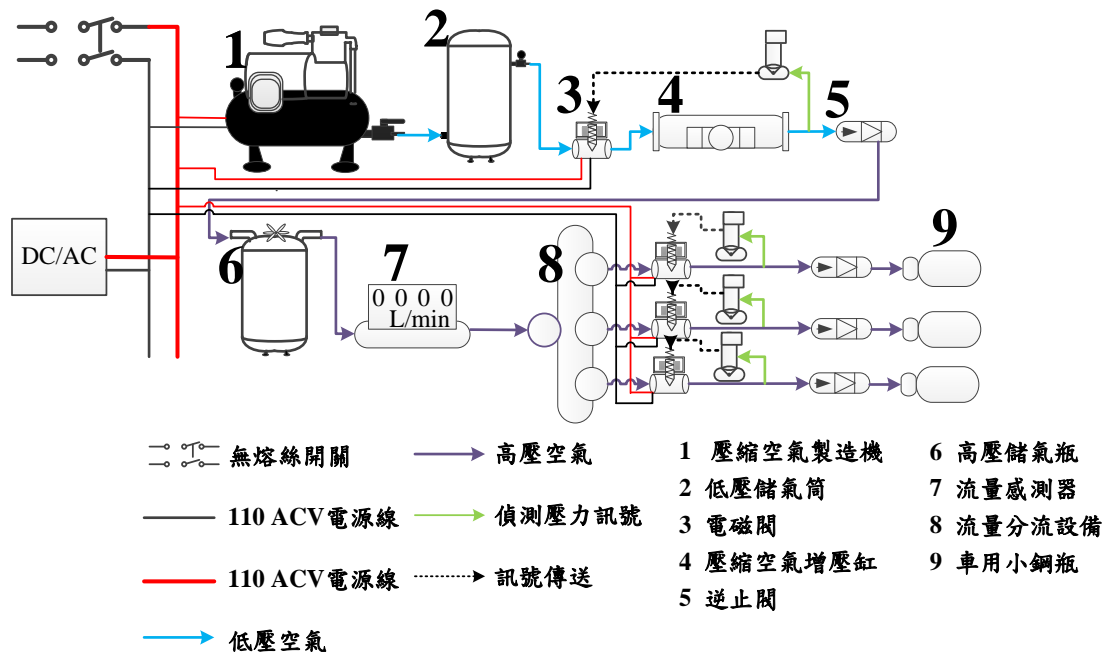


圖 3.6 高壓空氣機電整合配置圖

3.4 高壓空氣補充站系統控制實作

系統中所需 ACV 電源經過無熔絲開關再接至各元件，以確保系統中用電安全負荷；實際整合製作如下，在圖 3.7 可見高壓空氣補充站操作面板有流量顯示器、按鈕開關、壓力顯示器、三組快速接頭及三組高壓鋼瓶交換。



圖3.7 高壓空氣補充元件配置

高壓空氣補充站後方設有高壓空氣分流管路以及壓力傳送器、流量感測器、氣體增壓缸，壓力傳送器可承受 150 kg/cm^2 之壓力，高壓流量可量測最大值為 220 l/min 詳細如圖 3.8、3.9 說明。在氣體增壓缸前端均為低壓氣體，本設計採用

8 mmx12 mm 空氣導管耐壓 120 psi 連接配置，而在氣體增壓缸後端採用高壓空氣導管連接，以確保高壓空氣補充系統在最安全狀態之下運行，以提供使用者高壓空氣充填。

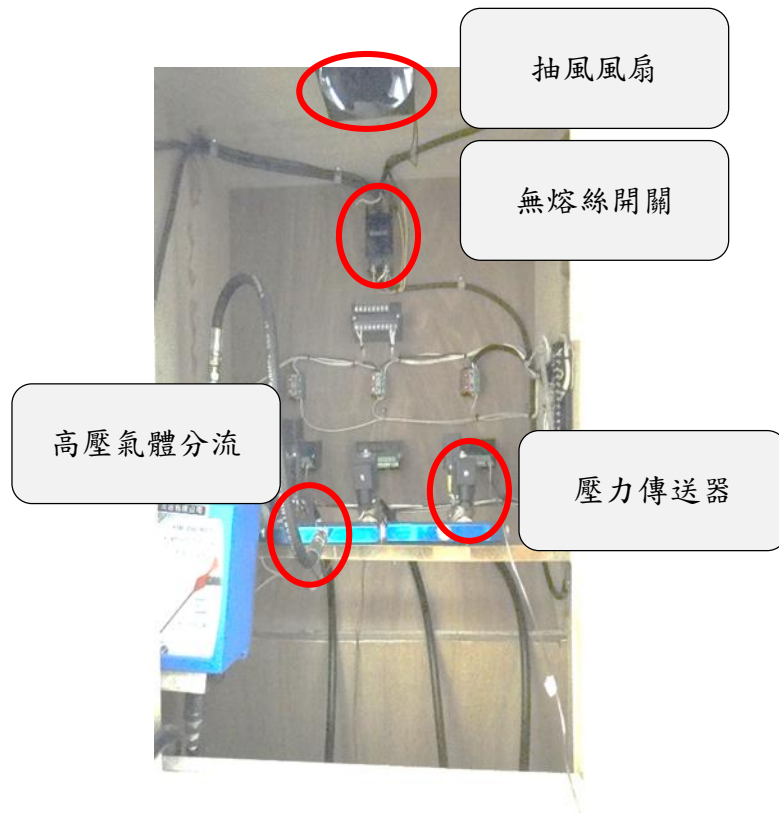


圖3.8 高壓空氣補充元件控制



圖3.9 高壓空氣增壓設備

3.5 高壓空氣充填監控

此實驗驗證空氣從低壓端增壓至高壓壓縮空氣，氣體壓力及流量變化，分別在增壓缸前端低壓迴路與後端高壓迴路裝置壓力傳送器、流量計，監控空氣增壓前與增壓後之變化，並在增壓缸前、後端串連空氣流量計，觀察氣體流量變化；於空氣壓縮機電源端使用電源功率計檢測消耗之能量，詳細配置如下圖(3.10)。

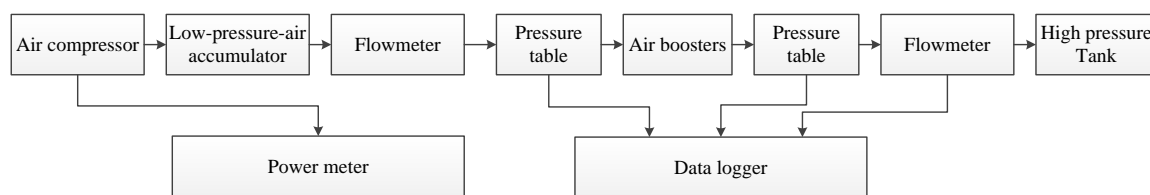


圖 3.10 高壓空氣監控設計

下圖 3.11 紀錄壓縮空氣充填 40 L 高壓儲氣鋼瓶增壓過程之壓力變化。充填初期瓶內 1 大氣壓力氣體，起初充填壓力提升快速，隨著壓力逐漸提升，增壓速度逐漸變慢，為達到高壓鋼瓶充填壓力 100 kg/cm^2 ，充填過程低壓端供應壓力逐漸上升，提供增壓缸增壓氣體逐漸增加。詳細變化如圖 3.11 中可看出增壓初期低壓迴路流量(L-Flow)最大約在 766.82 l/min 隨後逐漸降低，代表著低壓槽氣量下降空壓機氣壓降低，下降約至 400 l/min 持續增壓，直到增壓完成所提供之流量約為 533 l/min ；在增壓缸後段之流量計(H-Flow)，初期偵測到流量約為 40 l/min ，而後高壓鋼瓶內已有壓縮空氣，流量逐漸降低；而增壓缸前端壓力(L-Pressure)隨著增壓缸後端壓力逐漸上升，增壓缸前端壓力最高提供約 10 kg/cm^2 壓力，增壓缸後端增壓達設定壓力(H-Pressure) 100 kg/cm^2 完整增壓過程花費時間約 3 小時，詳細變化如下圖。

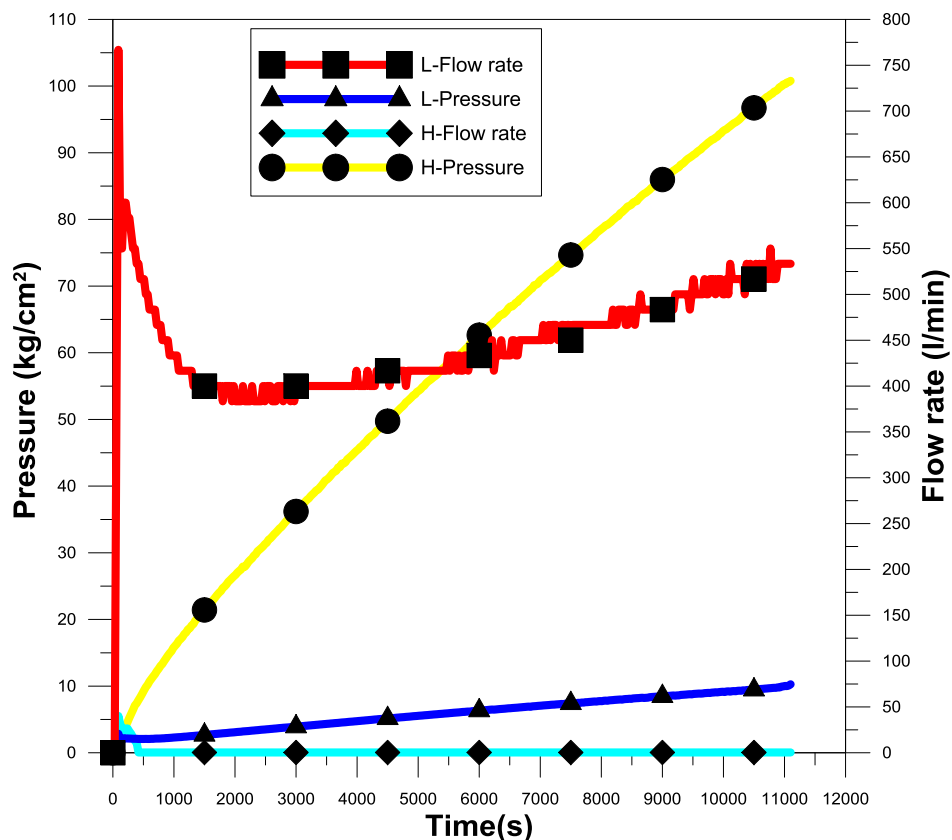


圖3.11 壓縮空氣增壓變化

當空氣進行增壓過程，起初空氣壓縮機於氣體飽足狀態下提供低壓氣體給予增壓缸，此時空壓機並不啟動，當增壓過程空氣壓縮機壓力低於 10 kg/cm^2 此時空氣壓縮機開始運轉，空氣壓縮機所耗之功率便開始產生，剛開始由於充填壓力較低，消耗功率顯得較少，隨著壓力逐漸上升空氣壓縮機消耗之功率逐漸增加，直到空氣壓縮機壓力到達設定壓力 100 kg/cm^2 ，詳細變化如下圖 3.12。

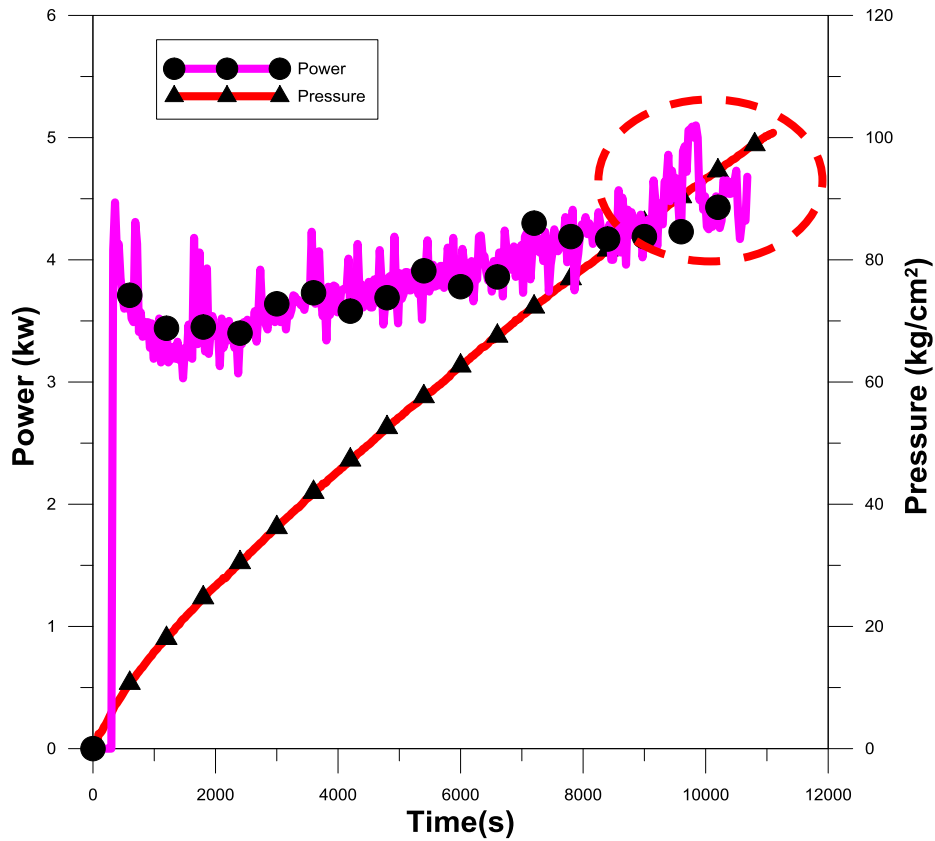


圖3.12 空氣壓縮機壓力與功率變化

圖 3.12 中壓力變化隨著增壓缸的運作壓力逐漸上升，空氣製造機運轉功率高高低低的變化，隨著高壓儲氣桶壓力上升空氣製造機所需之功率消耗隨之上升，直到充填壓力到達設定值 100 kg/cm^2 空氣製造機所需之消耗功率便開始下降。由此可知空氣壓縮機在低壓運轉所需之功率消耗較少，於製造高壓空氣運轉時所需消耗功率較高。

第四章 氫能源補充站設計

綠色節能車輛接連推出，氫能源應用於綠色動力車輛，可提供氫能車輛所需電能驅駛車輛前進。氫氣需要儲存在儲氫合金罐，才能安裝至車輛上使用。氫氣為車輛動力來源，達到有效氫能充填是必要的因此架構氫能源補充站，氫能源補充站建置架構如圖 4.1。補充站主要設備有工業用氫氣鋼瓶、產氫機、流量顯示器、壓力顯示器、儲氫鋼瓶快速接頭、車用氫氣儲氫合金罐以及燃料電池，系統配置如下說明。

氫能源建置包含氫氣快速充填、產氫機充填、儲氫合金罐交換以及燃料電池產電。於氫氣快速充填依充填需求選擇系統相關充填元件，與產氫機充氫系統相關元件配置，接續將機電整合系統元件與充填測試；儲氫合金罐交換提供各款車輛所需之氫氣使用壓力；燃料電池為自生能源 DC 電源製造儲能。

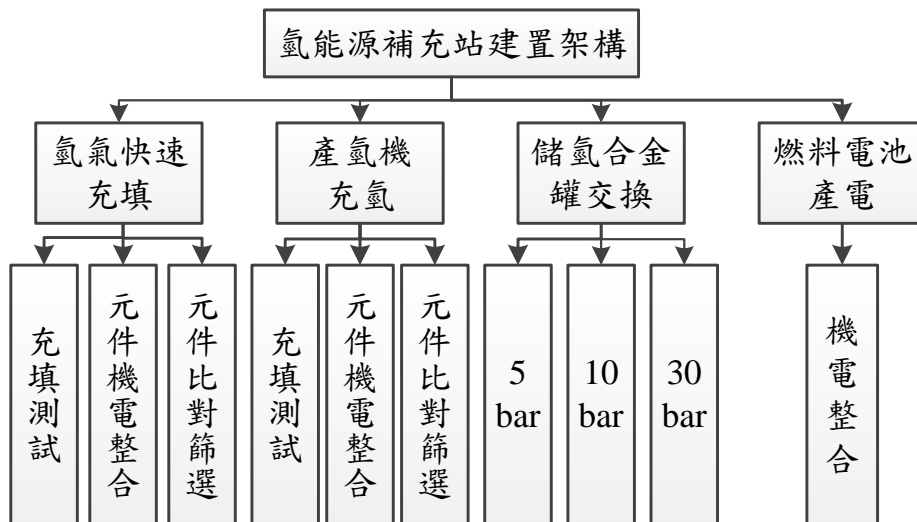


圖 4.1 氫能源補充站建置架構圖

4.1 氫氣能源補充站系統架構說明

氫氣能源補充站架構系統，以 AC 電源作為主要供給來源，供應產氫機電磁

閥、顯示器所需電源。產氫機接收 110 ACV 電壓製造氫氣，系統中氫氣製造機產出氫氣最高壓力可達 5 bar。氫能源補充站提供消費者 1.儲氫合金罐交換、2.氫氣快速充填、3.產氫機充氫，三種選擇模式如圖 4.2 所示。

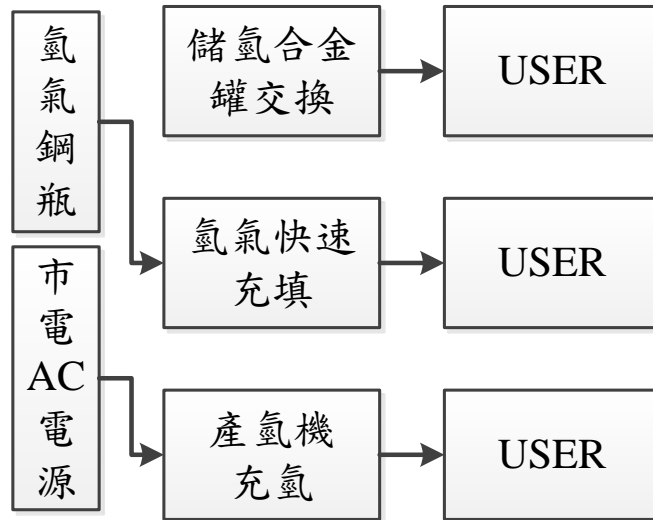


圖4.2 氫能源補充站系統架構

使用者可以在系統提供三種模式中自由選擇其中一模式充填補充氫氣，依氫氣充填補充快慢順序分別為：1.儲氫合金罐交換：不須等候氫氣充填時間可在最短時間內提供氫能車輛氫氣能源；2.氫氣快速充填：需花費約 30 分鐘等候充填氫氣完全吸附；3.產氫機充氫：需長時間等候氫氣補充。三種模式詳細說明如下：

1. **儲氫合金罐交換**：此模式針對相同規格儲氫合金罐作交換，可將氫能車輛上用盡氫氣儲氫合金罐與補充站內充足氫氣儲氫合金罐作交換，將耗盡氫氣儲氫合金罐放置補充站內充氫，以提供下一位使用者作交換，提供使用者在最短時間內達到氫能源車輛氫氣補充。
2. **氫氣快速充填**：此模式透過高壓氫氣鋼瓶提供氫氣充填，高壓氫氣鋼瓶可提供 100 kg/cm^2 以內壓力充填，滿足各種氫能車輛充氫壓力需求，此模式需花費等候時間；主要為使用者到達目的地如超商、百貨公司，下車購物時使用，

於購物後氫能源將已充足，可供使用者繼續行駛。

3. **產氫機充氫：**此模式氫能源由產氫機提供，主要提供使用對象為上班族或家用。當行駛車輛到達目的地如公司、家裡，將氫能車輛停靠至補充站停車格，並接上產氫機充氫接頭即可進行充氫，由於所需等候時間較長，所以適用於上班族到達公司後氫能車輛將長時間停靠使用，在於下班後即可再繼續行駛。產氫機充氫系統也可於家中使用，當氫能車輛停靠於車庫中即可接上產氫機充氫接頭進行氫氣充填，以提供氫能車輛下次使用所需之氫氣能源。

4.2 氫能源補充站系統規格設計

4.2.1 氫能源補充站主體規格說明

氫能源補充站主體採用防火木箱設計，主體外觀長寬高為60×60×180(cm)(如圖 4.2)。在木箱頂端設有抽風設備，將木箱內部熱量或外漏氫氣排至木箱外保持木箱內外通風與安全；木箱內部分為①、②、③隔層，隔層①設計長寬高為60×60×60(cm)主要安裝壓力顯示器、流量顯示器、啟動按鈕。壓力顯示器、流量顯示器可監控氫氣充填狀態；隔層②設計長寬高60×60×40(cm)放置燃料電池，可提供補充站自主 DC 電能，主要將多餘氫氣轉換 DC 電能儲存於鋰電池；隔層③設計長寬高為60×60×80(cm)放置車用氫氣儲存合金罐、氫氣製造機，提供使用者氫氣儲氫合金罐交換，以及提供產氫機充氫模式，各元件詳細規格如表 4-1 所示。

元件安裝擺設示意如圖 4.4，有二組按鈕開關、二組壓力顯示器、二組流量顯示器、400 瓦燃料電池一組、儲氫合金罐二組及 5 bar 產氫機一組。考量氫能源補充站空間設計與工業用高壓鋼瓶更換方便，並將系統中所提供各種氫氣壓力充填之工業用高壓氫氣鋼瓶規劃放置防火木箱外。

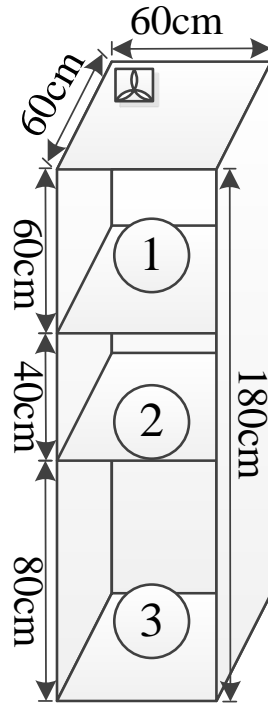


圖 4.3 氫能源補充站設計示意圖

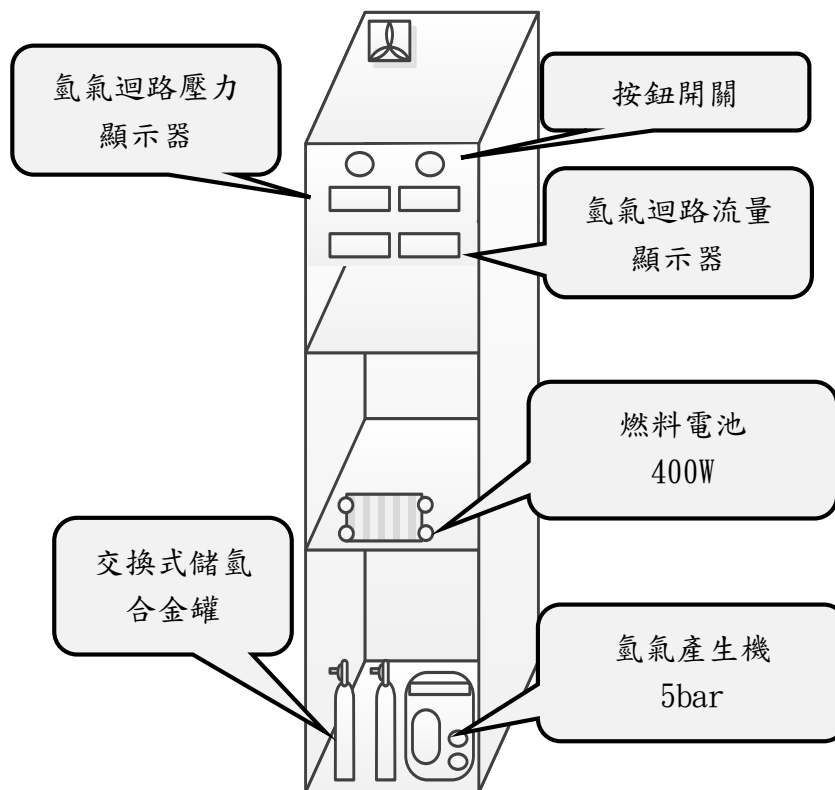


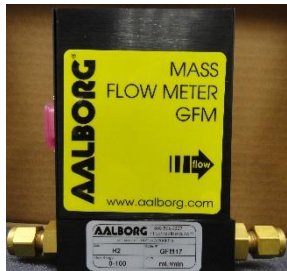




圖4.4 氫能源補充站元件架設示意圖

4.2.2 氫能源補充站元件規格說明

表 4-1 氫能補充站元件規格說明

	名稱	規格	數量	圖片
1	壓力傳送器	壓力範圍：0~60 bar 精確度： $\leq \pm 0.5\% \text{F.S.}$ 輸出訊號：4~20 mA	2 組	
	用途	偵測系統迴路內壓力，將壓力傳送至顯示器。		
2	數位壓力顯示器	工作電源：110/220 ACV $\pm 10\%$ 消耗功率：3 VA 顯示範圍：-9999~9999	2 組	
	用途	接收壓力傳送器之壓力，顯示系統迴路內空氣壓力。		
3	氫氣流量偵測器	流量範圍：0-100 l/min 標準壓力：14.7 psi 標準溫度：70 F(21.1 °C) 輸入電壓：12 V 誤差準度： $\pm 1.5\% \text{FS}$	2 組	
	用途	偵測氫氣充填流量，傳送至顯示器。		
	氫氣流量顯示器	工作電源：110/240 ACV 消耗功率： $< 8.5 \text{ VA}$ 顯示範圍：0~99999(瞬間量) 0~9999999999(累積量)	2 組	
用途	接收氫氣流量計訊號，顯示累積流量及瞬間流量。			
4	燃料電池	燃料電池數量：400 W 輸出電壓：39 V~69 V 氫氣消耗：4.2 l/min	1 組	
	用途	與系統中氫氣產生作用，提供多重能源補充站 DC 電能儲存使		

			用。		
	5	氫氣製造機	<p>最大壓力：5 bar 氣體流量：每分鐘 100 cc 電解水的純度要求 （電阻率）$M\Omega \cdot cm^{-1}$ 耗水：0.12 CC/分鐘 功耗 70 W 瓦（100~240 V） 外形尺寸 45x15x30(mm) 重量 11.7 公斤 工作溫度 5~50 °C</p>	1 組	
		用途	提供系統氫能製造，儲存至吸附式儲氫合金罐，以提供消費者所需。		
	6	吸附式 儲氫合金罐	<p>材質：鋁 尺寸：D60 ×330 mm 重量：3.1 kg 額定壓力：30 bar 放電效率：1.5 l/min</p>	2 瓶	
		用途	提供綠色動力車輛氫能源交換充填。		

4.3 氫能源補充站機構整合

本研究考量未來氫能車輛發展，配合不同規格氫能源車輛氫氣補充，提供三種氫氣補充模式包含：氫氣合金罐交換、氫氣快速充填及產氫機充氫。氫氣補充站設計方塊圖如圖 4.5，消費者可透過按鈕開關選擇所需要模式，氫氣充填過程均可透過流量顯示、壓力顯示，觀察充填狀態。

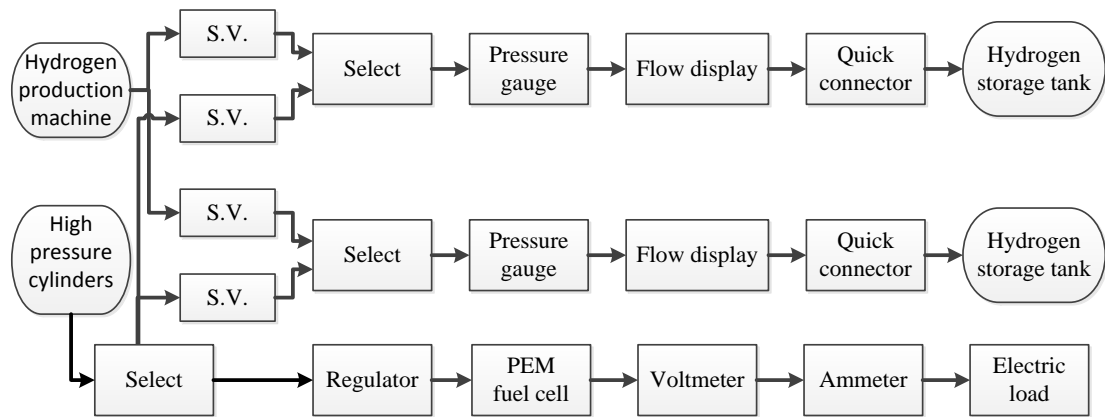


圖4.5 氫能源補充站系統架構示意圖

氫能源補充站設計二組快速充氫接頭，及 DCV 儲能設計如圖 4.5。使用者可依氫能車輛上儲氫合金罐使用壓力進行壓力選擇充填，二組快速接頭均可由使用者選擇模式進行氫能源補充。在使用者接上充氫快速接頭後，可透過電磁閥選擇產氫機充氫或高壓鋼瓶快速充氫，氫氣充填狀態將可透過迴路中壓力顯示器及流量顯示器觀察充填狀態；在夜間時段或當氫氣供過於求時，管理者可選擇將高壓氫氣鋼瓶內氫能源，提供給燃料電池轉換為 DCV 電能儲存至鋰電池，充電過程可透過迴路中電壓表及電流表，觀察燃料電池產電狀態。氫能源補充站系統中產氫機，電磁閥、壓力顯示、流量顯示、電壓及電流顯示均接收 110 ACV 電源，如圖 4.6 所示，產氫機與 5 bar 充氫迴路串聯，當使用者選擇 5 bar 充氫按鈕開關，產氫機、流量顯示器、壓力顯示器將開始運作進行充氫；如選擇高壓氫氣鋼瓶充氫按鈕開關，高壓氫氣鋼瓶迴路中流量顯示器、壓力顯示器將同時啟動充氫；將迴路選擇至燃料電池產電迴路中，電壓表、電流表及燃料電池將開始運作產生 DCV 電能儲存至鋰電池，提供多重能源補充站能量互流管理機制。

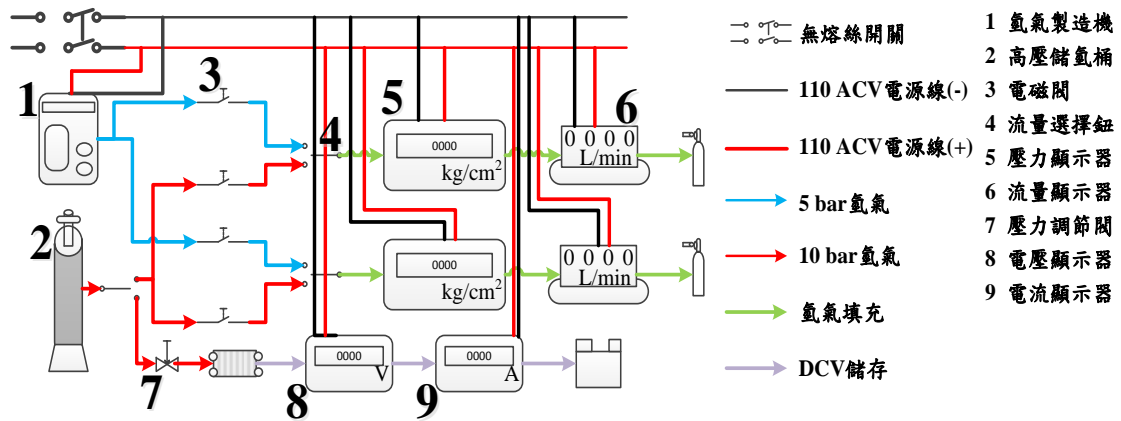


圖 4.6 氫能補充站機電整合系統配線圖

4.4 氫能源補充站系統控制實作

本章節延續系統主體設計與機電整合概念將氫能源補充站實體建置，建置流程如下圖 4.7。

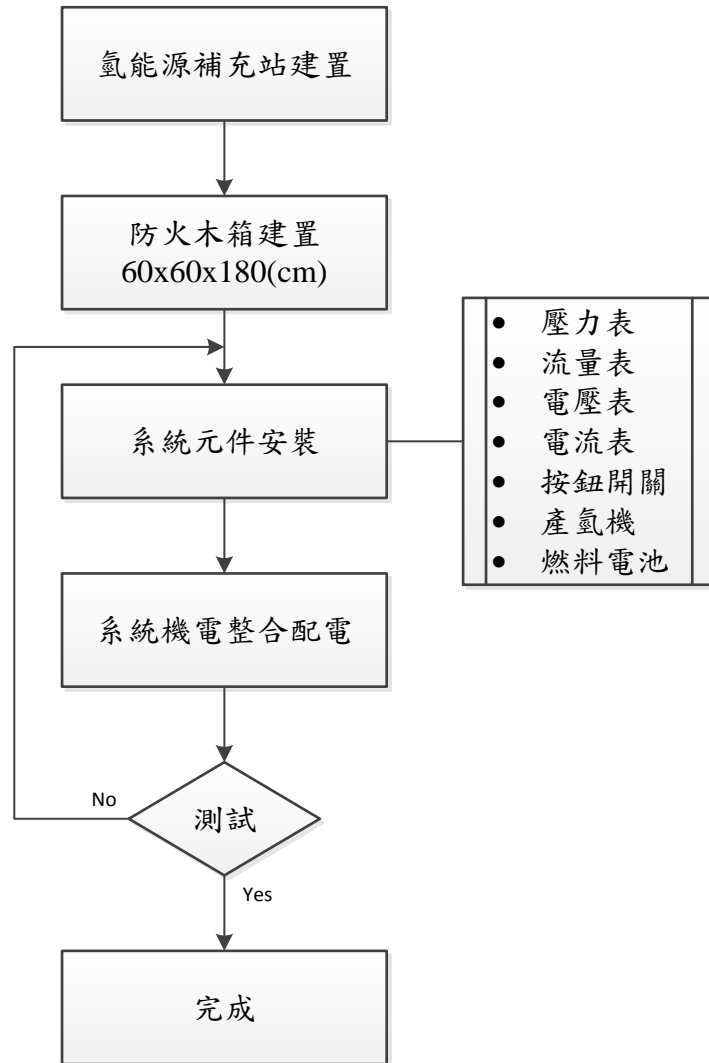


圖4.7 氫能源補充站建置流程

系統元件 AC 電源迴路採用 600 V 1.25 mm² 絞線作為連接，使 110 ACV 電源提供至各元件，經由按鈕開關選擇充氫模式，透過電磁閥控制迴路開或關，圖 4.8 顯示機電整合配置圖。

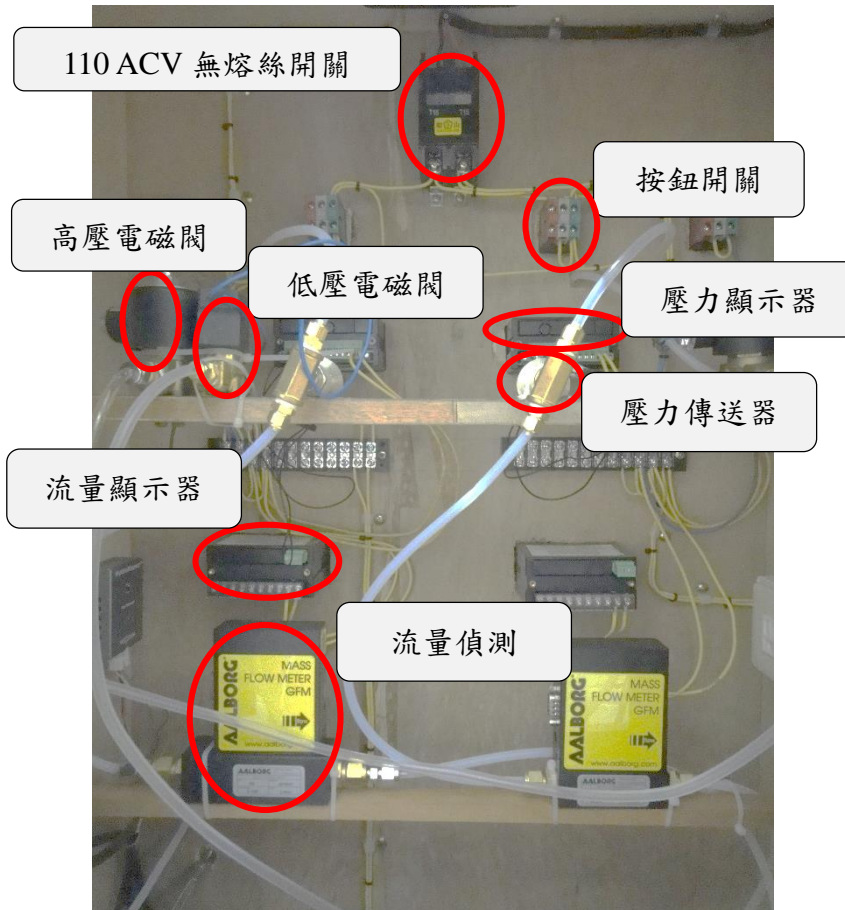


圖4.8 氫能源補充機電整合配置

圖 4.8 由上而下，分別為 110 ACV 無熔絲開關，控制系統中所有 AC 電源，接著為按鈕開關選擇充填模式控制電磁閥開或關，接續為壓力顯示器、流量顯示器及流量計，迴路中分別由不同壓力電磁閥(高、低)控制氫氣充填迴路，迴路中共用壓力顯示器及流量顯示器顯示迴路充氫狀態。



圖4.9 氫能補充站實際整合

氫能補充站實際操作介面如圖 4.9，最上層安裝氫氣補充按鈕開關、壓力顯示器及流量顯示器，當流量顯示器顯示為 0 代表儲氫合金罐已充飽；燃料電池主要提供 DCV 電源對鋰電池充電；儲氫合金罐提供使用者交換使用，產氫機生產氫氣能源儲存至氫氣儲氫合金罐；詳細充填實驗如下說明。

4.5 氫能源補充系統實驗驗證

4.5.1 氫氣能源補充系統充氫監控

完成氫氣補充站系統建置，測試充氫效果，氫氣密度為 0.08988 g/l ，以填充 350 L 氫氣儲氫合金罐為例，首先以高壓氫氣鋼瓶作定壓 15 kg/cm^2 氫氣充填 2 小時，觀察氫氣充填變化。

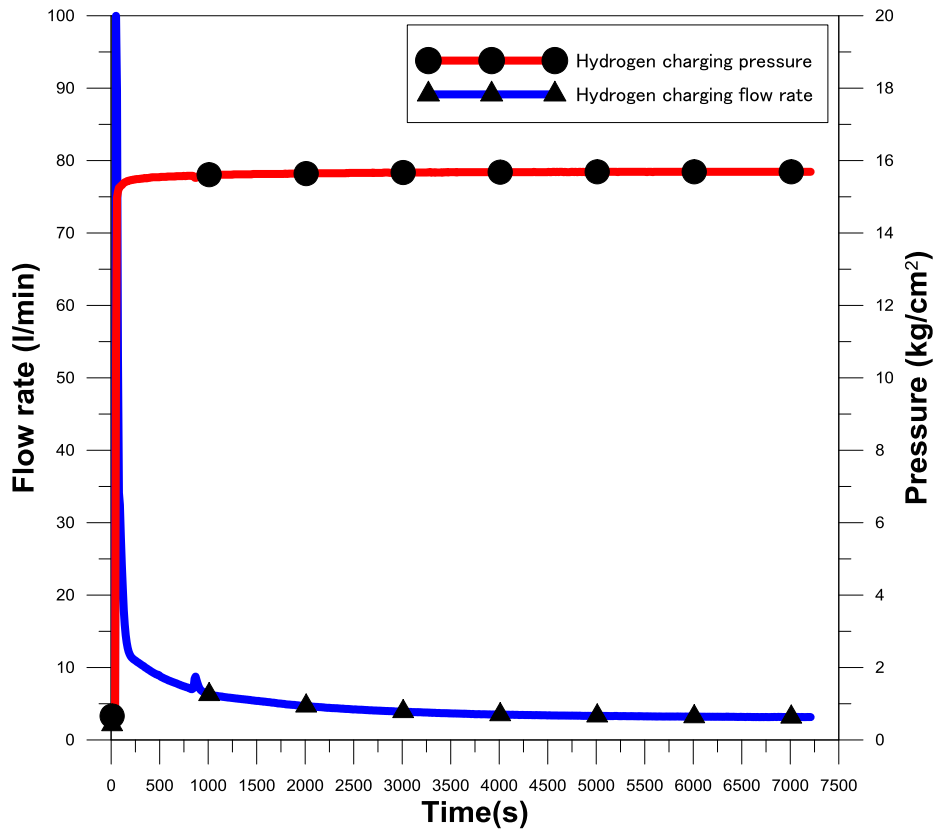


圖4.10 氫氣定壓充填監控

圖 4.10 觀察模式一-氫氣儲氫合金罐在定壓力充填，壓力維持一定值，然而充氫流量初期上升隨著時間增加流量逐漸降低，證實氫氣儲氫合金罐逐漸充填完成。

接著進行模式二-產氫機充氫模式，由於產氫機充氫需要時間製造氫氣進而充填至氫氣儲氫合金罐，本實驗驗證採用 5 小時充氫觀察，充氫初期迴路中壓力上升，隨著充氫時間增加充氫迴路中壓力逐漸降低，然而充氫迴路流量逐漸上升，

此狀態是由於產氫機在初期需要時間產氫，直到氫氣到達一定容量便開始有大量的氫氣輸出至儲氫合金罐充填。

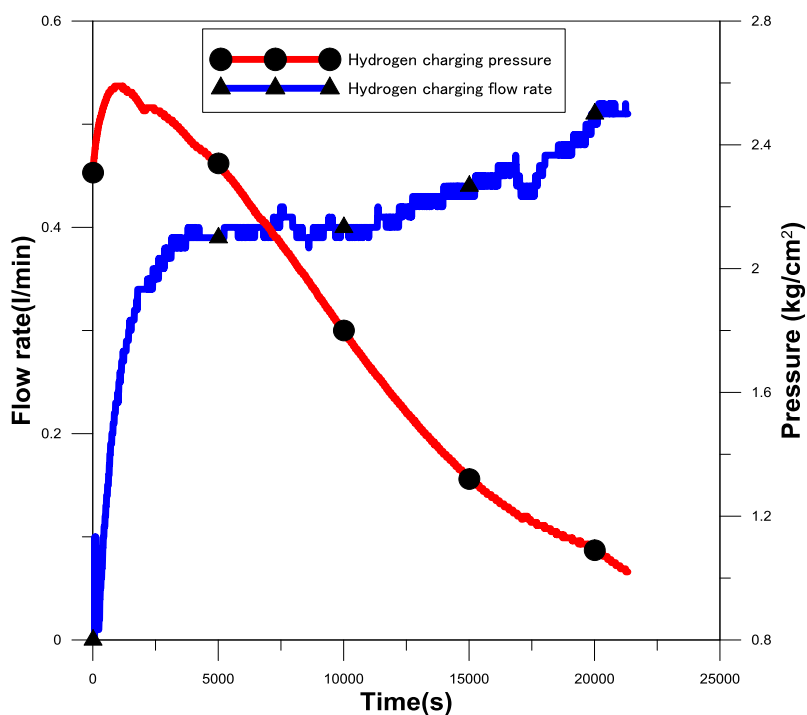


圖4.11 產氫機充氫變化

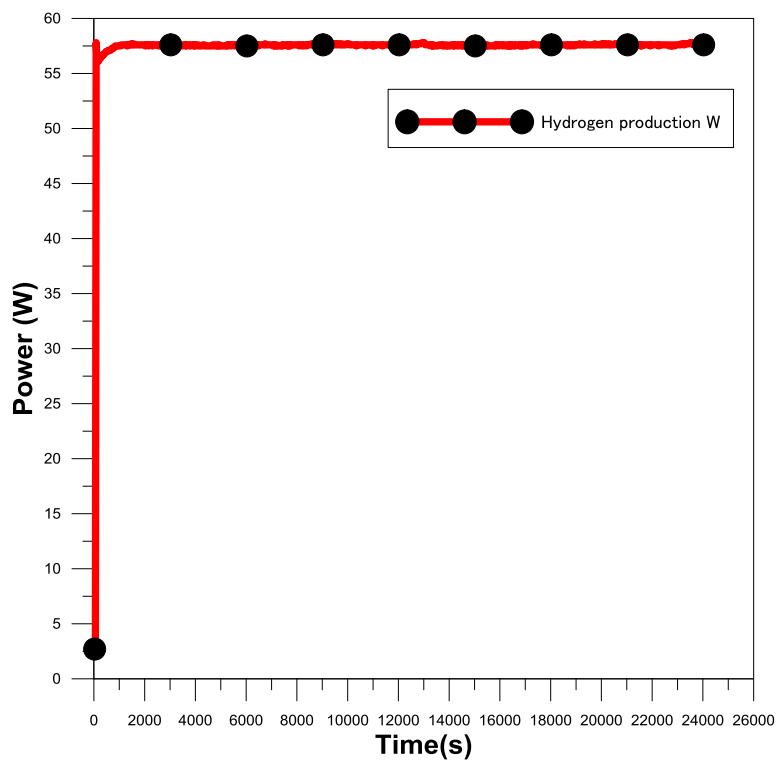


圖4.12 產氫機充氫功率監控

充氫過程觀察產氫機消耗之功率如圖 4.12，可觀察出產氫機每小時平均消耗功率約在 55-57 W 之間。

第五章 補充站實車驗證結果與討論

本章於完成各種能源補充站系統建置及充填測試後，將測試充填後能源實際運用於純電動車輛、純空氣車輛進行實際行駛測試；實驗過程針對二種行車型態作試驗。首先採用1.市區耗能：將綠能車輛置於機車底盤動力計上，依照機器腳踏車行車型態(歐盟ECE-40)(如圖5.1)，進行無數次循環至能源耗盡，紀錄所行駛之總里程數。2.定速耗能：採用定速30 km/h測試行駛距離。

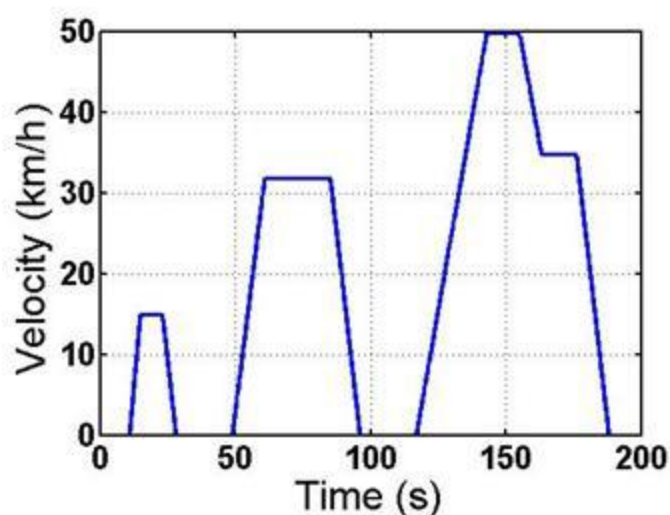


圖5.1 ECE-40行車型態

試驗過程使用之機車底盤動力計系統包含測試平台、動力滾筒、轉矩計、四象限動力計、控制系統、控制油門DC馬達、動力計驅動器、電腦控制介面及資料擷取單元等系統所組成，可模擬各種綠能車輛道路行駛實際狀況、定速控制及行車型態測試等，以便進行整車性能分析，其動力計模組規格如表5-1所示。

表 5-1 機車底盤動力計模組規格

名稱	模組型號	功能
AC 伺服馬達	SGMGH-1EA	作為四象限動力計負載功力，15 kW。
伺服馬達驅動器	SGDM-1EADA	上述馬達用之驅動器，15 kW 轉速訊號由此處取出。
扭力計	RT-250	量測動力計所產生的轉矩，0-250 N·m
ACDM 軟體	SW9001-1S	編輯命令曲線。 接收所有電力與機械資料，繪製使用者自定的紀錄取線圖。
控制 PID 值		設定車速與車輛追隨速度控制/紀錄。

本研究所使用四象限底盤動力計系統架構如圖5.2，系統提供可量測參數有加載時間、加載設定值、轉矩、車速及轉矩命令詳細說明如表5-2所示。

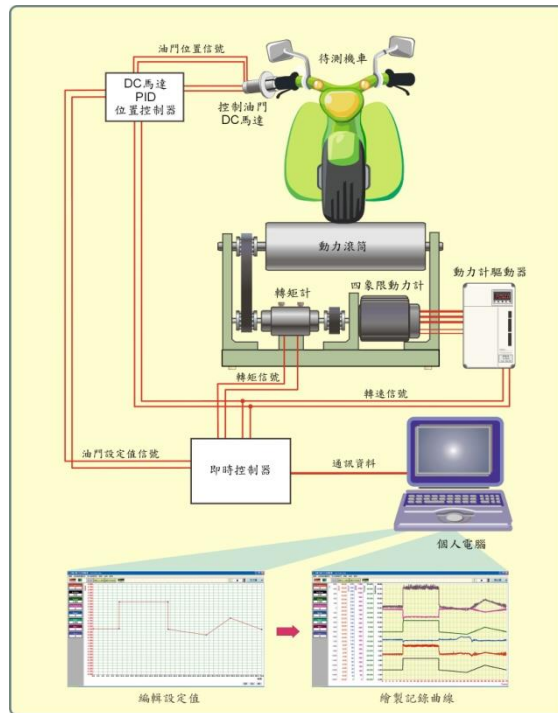


圖5.2 四象限底盤動力計系統架構(DM7182-1A使用手冊)

表 5-2 四象限底盤動力計量測參數

項目	參數	說明
1	Time(s)	加載時間 (s)
2	Set Value	加載設定值 (V)
3	Torque	轉矩 (N-m)
4	RPM	車速 (km/h)
5	Set Torque	轉矩命令 (N-m)

將先前完成之綠色動力車輛架設於機車底盤動力計上，由個人電腦操作介面選擇該綠能車輛欲量測參數，依照輸入之設定車速或油門開度，系統中機械手臂藉PID控制系統精準控制，達到定車速及定油門開度控制，由滾筒組模擬綠能車輛行駛狀態(路阻)，綠色動力車輛克服滾筒組模擬行駛阻力後開始運轉，資料擷取單元擷取在該設定測試條件下之性能數據，實際測試將如下探討。

系統中綠能車輛所模擬行駛狀態會因車輛外型不規定，加上駕駛者體型及穿著衣物等關因素，其風阻係數難以掌控，於2005年刁海等人[38]針對機車風阻係數測試，測試結果風阻係數為0.49。因此本值將作為本研究實驗過程行駛阻力計算之參數，其綠能車輛行駛阻力運算公式如下。

$$F_r = \frac{1}{2} \rho_{air} \cdot C_d \cdot A \cdot V^2 + m \cdot g \cdot \mu_r \quad (5.1)$$

F_r 包含空氣密度 ρ_{air} 、 C_d 風阻係數、 A 為迎風面積、 V 為車速、 m 為車輛質量(kg)、 g 為常數及 μ_r 路面摩擦係數，詳細說明請參照表5-3所示。

表 5-3 機車行駛模擬參數表

參數	數值	備註
m	200 kg	綠能車輛車重
g	9.81 m/s ²	
μ_r	0.013	柏油路地面
ρ_{air}	1.23 kg/m ³	1atm 15°C
C_d	0.49	風阻係數
A	0.45 m ²	正向迎風面積
V	45 km/h	車速
θ	0 °	平地

5.1 電動車輛動態測試

在完成電能補充站機電整合建置與電能充填測試後，將進行鋰電池提供電動車輛續航力及行車型態試驗，研究中選用四象限底盤動力計作為實驗驗證，選擇中華汽車 e-moving 電動機車(馬達功率 750 W)作為驗證(圖 5.3)。



圖5.3 電動車輛試驗

研究中針對電池電量續航力做 a.定速 30 km/h 續航力試驗，b.ECE 行車型態 50 km/h 測試，詳細研究過程如下說明，此研究可提供政府單位作為架設能源補充站之距離依據。

a. 定速 30 km/h 續航力測試：

系統設定車速 30 km/h，起初加速 500 s 內車速變化大，500 s 後車速較穩定維持 2500 s 後由於鋰電池電量逐漸不足，車速便開始不規則變化，直到約 4500 s 鋰電池電量耗盡時速歸零。由此可知充足一次電量約可續航約 35 公里；然而在 35 公里內，鋰電池電壓、電流對電動車輛行駛過程變化如圖 5.5 所示。

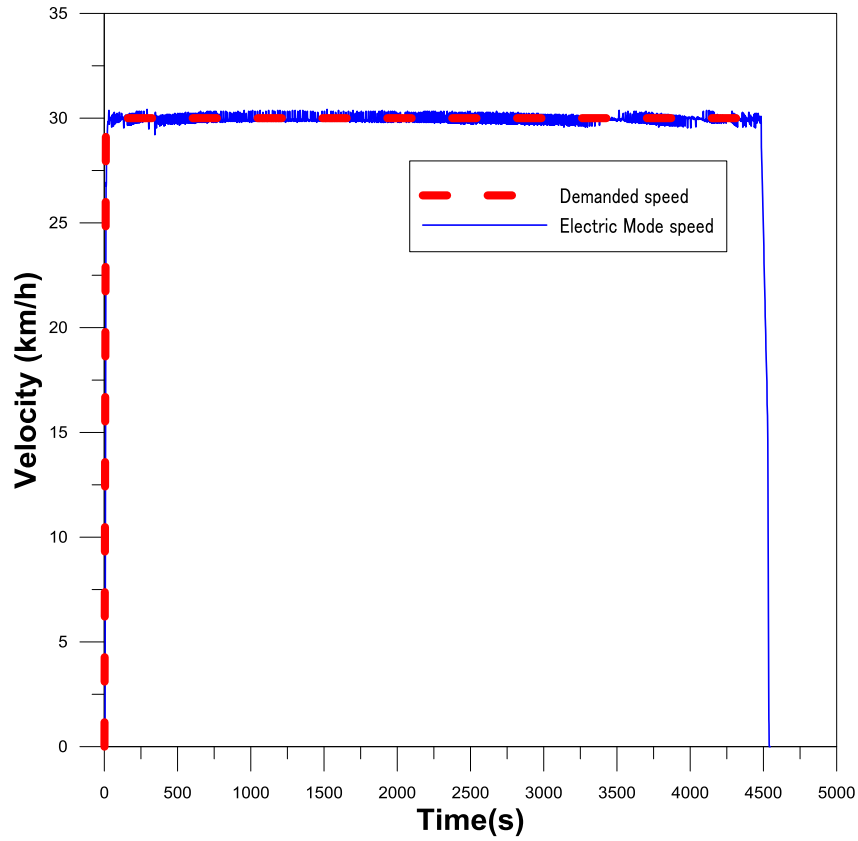


圖5.4 電動車輛於定速30 km/h續航力測試

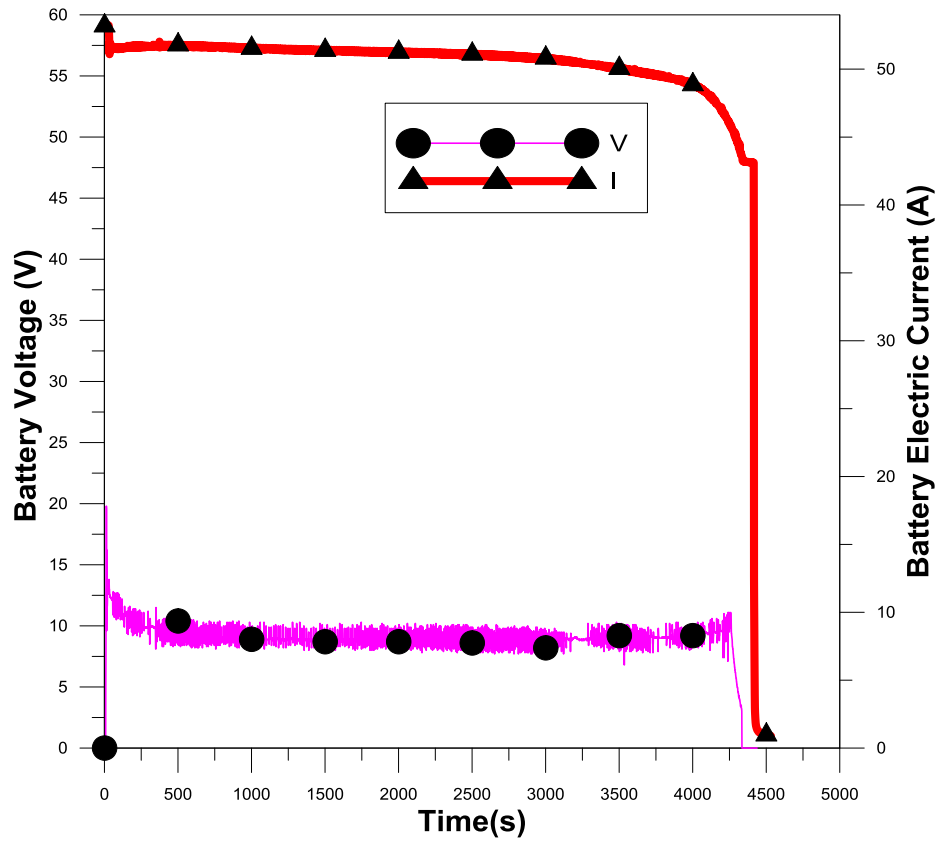


圖5.5 電動車輛於定速30 km/h下電壓、電流變化

圖 5.5 中可看出，隨著底盤動力計車速設定值，控制電動車輛修正彌補維持在車速 30 km/h，由於追隨車速忽快忽慢以至於在電動車車速不足 30 km/h 時，需將車速繼續追隨至 30 km/h 此時電流增加，超過 30 km/h 車速電門開度減小，鋰電池供應電動車輛電流隨之減少；對於鋰電池電壓變化觀察當電流加大電壓會微微減少，整理電壓變化隨著行駛時間、距離逐漸減少，直到鋰電池無法提供電量，電池自保裝置將電路切斷此時監測電壓變為零。

b. ECE-40 行車型態測試

採用底盤動力計模擬鋰電池充飽電後進行行車型態試驗，完整行車型態設定如圖 5.6，電動車輛由 0 加速至 9 km/h 維持 10 s 行駛，車速將降為 0 公里維持 20 s 後再持續加速至 21 km/h 維持 30 s 行駛，後減速至 0 公里維持 20 s 車速將在加速至 30 km/h 維持 10 s 降至 24 km/h 維持 20 s，之後車速將為 0 km/h 完成一行車型態，模擬電動車輛道路行駛停紅綠燈走走停停狀態，完成一完整行車型態共行駛 0.6 km/h。

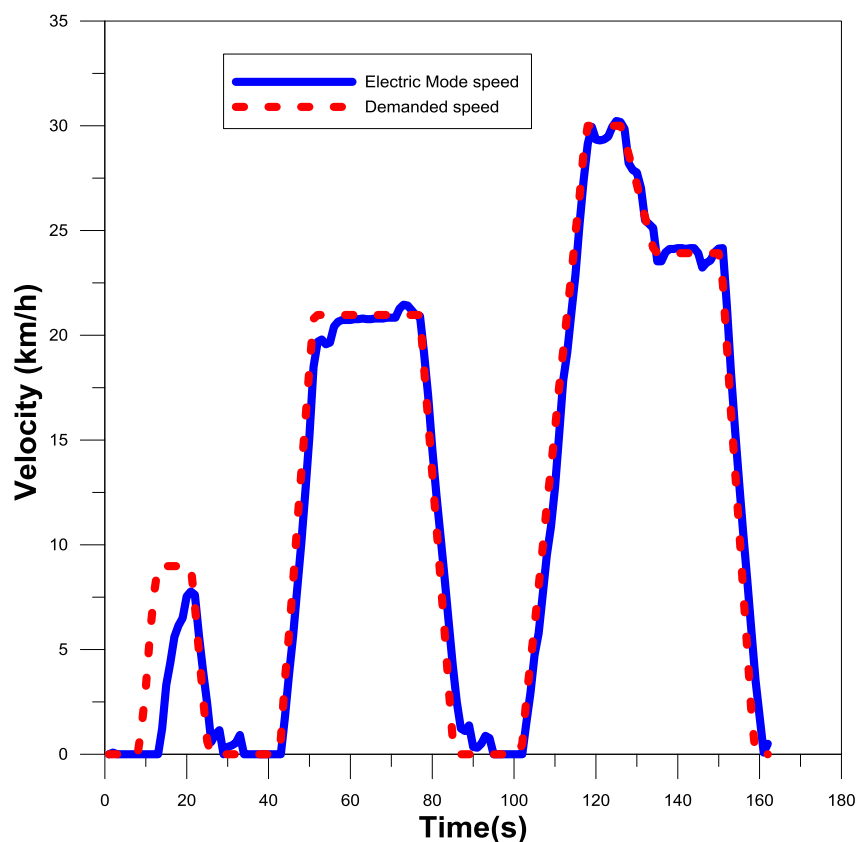


圖5.6 電動車輛ECE行車型態測試

電動車輛鋰電池在充足電量行駛第一趟 ECE 行車型態，鋰電池電壓、電流變化如下圖 5.7，初始第一趟鋰電池在充足電量狀態下，電壓並無太大變化僅於提供較大電流時電壓略為下降，電流變化則隨著 ECE 行車型態追隨著車速變化，當車速加速電流供應變大，形成與行車型態相似波形。

充足一顆鋰電池(48 V10 AH)可行駛 55 趟 ECE 行車型態，一趟行車型態有 0.6 公里，完成 55 趟行車型態約行駛 33 公里距離，可在圖 5.8 看出第 55 趟行車型態實際車速已無法追隨設定車速代表著電池電量耗盡，如圖 5.8 所示。

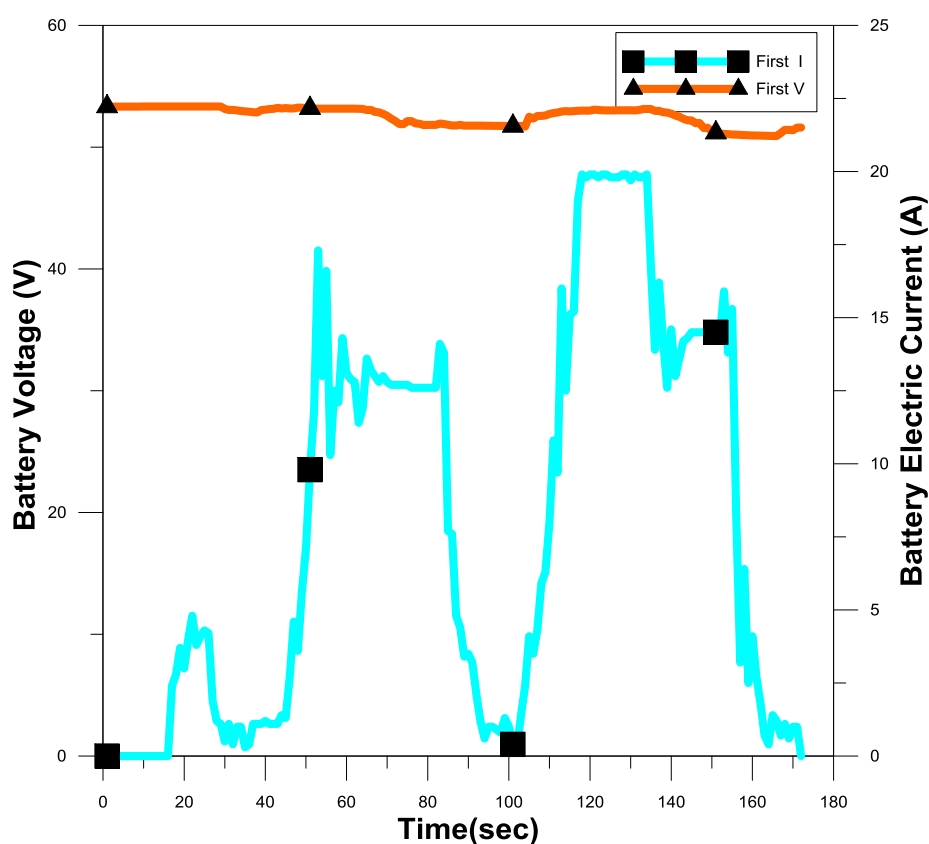


圖 5.7 電動車輛鋰電池行駛第 1 趟 ECE 行車型態下電壓、電流變化

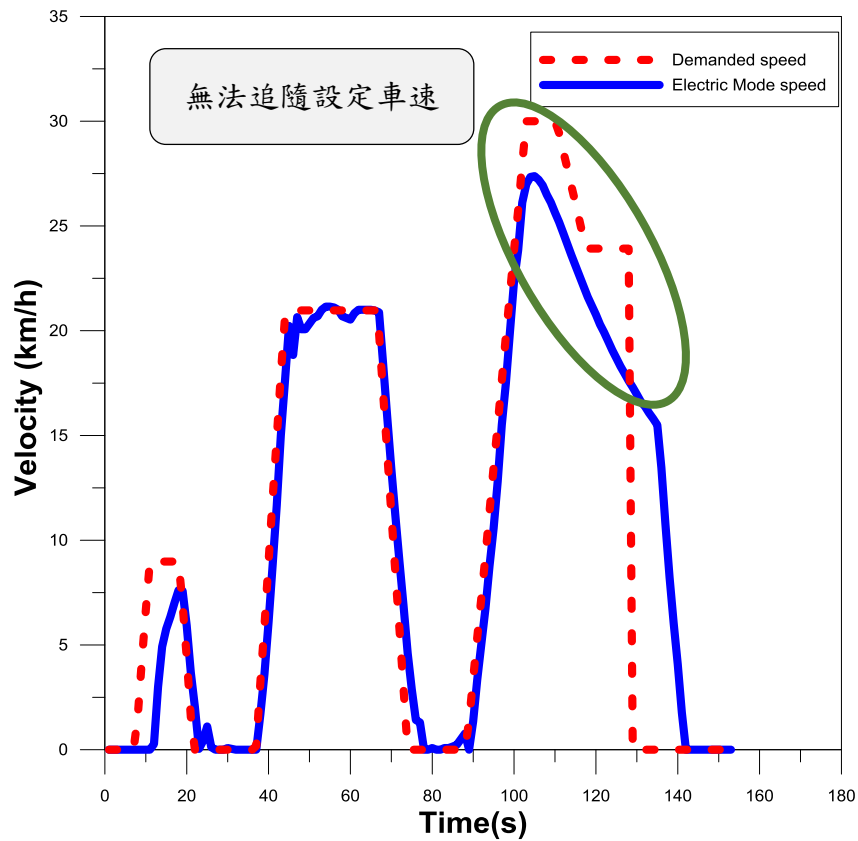


圖5.8 電動車輛鋰電池行駛第55趟ECE行車型態下車速變化

5.1.1 電能補充站-實驗

當鋰電池電量耗盡，趨使車速降低，此時鋰電池電壓及電流變化如圖 5.9。可觀察到，鋰電池電量在不足的情形下，電壓變化忽高忽低，而在行駛第 55 趟行車型態 120 s 後電壓開始下降，電流隨即下降至 0 A，代表著行駛距離結束。

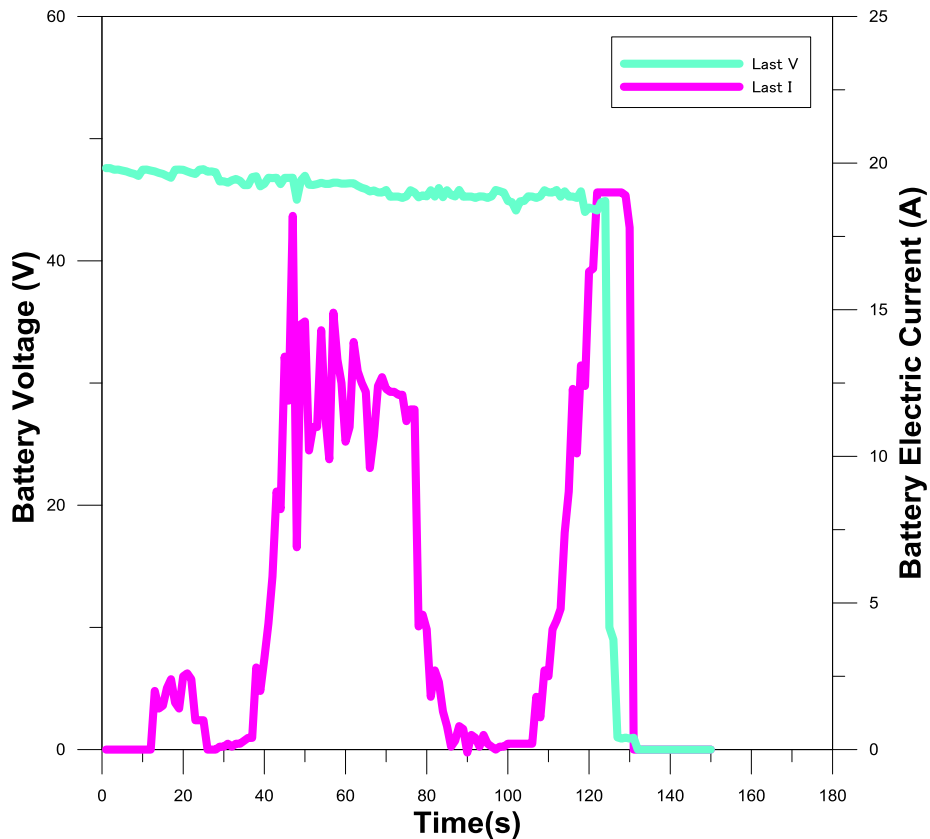


圖5.9 電動車輛鋰電池行駛第55趟ECE行車型態下電壓及電流變化

5.1.2 電能補充站-討論

本電能補充站，在 1-2 小時內便可充飽電動車輛鋰電池，每次鋰電池均充足 0.7-0.8 kW-h 能量，可供電動車輛 ECE 行車型態行駛約 33 公里。此證實電動車輛適合上班族做為代步通勤之工具，只需要 1-2 小時充電時間便可以行駛約 30 公里以上，換句話說 1 kW-h 等於一度電，充足一顆鋰電池花費不到一度的電量。

5.2 高壓空氣車輛動態測試

高壓空氣車輛動態測試後，將實驗空氣動力機車定速 30 km/h 行駛里程及 ECE 行車型態試驗；將充填完成 40 L 100 kg/cm² 高壓鋼瓶連接於空氣動力機車上，透過空氣閥門驅使空氣動力機車轉動，迴路中串接壓力傳送器與流量感測計，以記錄空氣動力車輛相對車速與耗氣量，詳細設備配置如下圖 5.10。

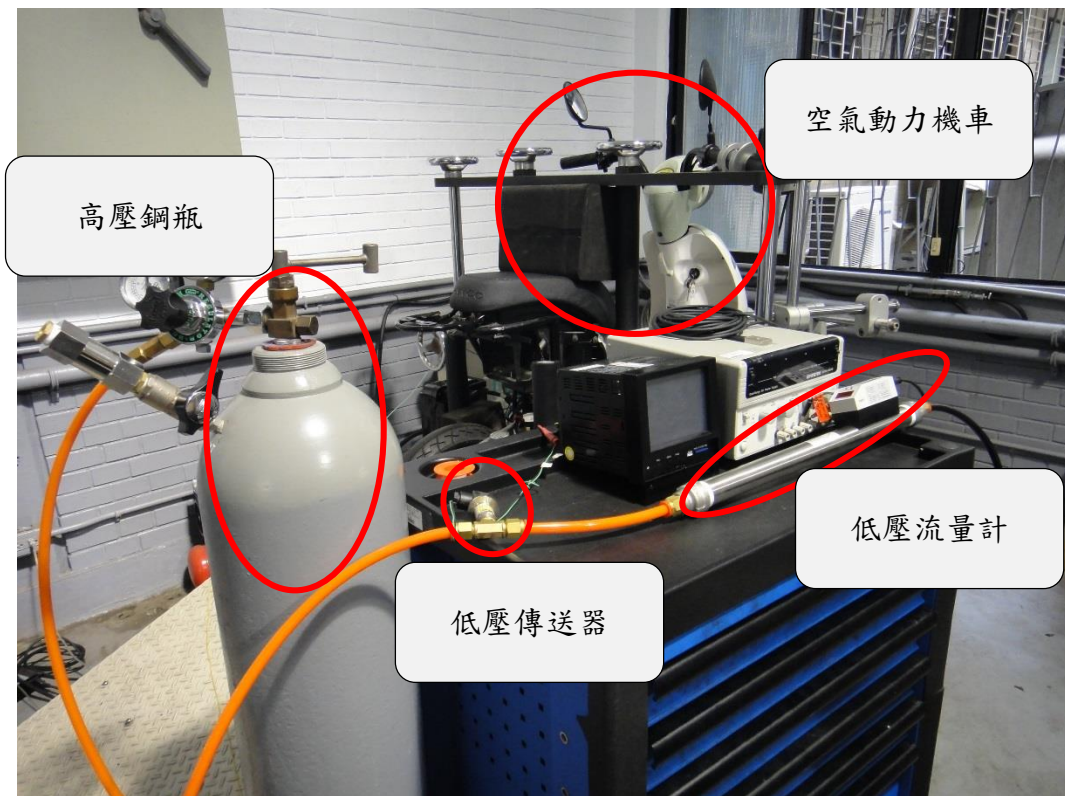


圖5.10 高壓空氣車動力試驗

a. 定速 30 km/h 續航力測試：

空氣動力車輛，高壓空氣於閥門開啟後進入空氣馬達驅使空氣車輛轉動，由於車速快慢經由空氣閥門作修正，閥門反應速度較為遲緩因此形成如圖 5.11，空氣動力車車速迅速的增加至 30 km/h 以上約在 40 km/h，經底盤動力計空氣閥門修正後速度降至 30 km/h 以下約在 23 km/h，此時空氣閥門加大驅使車速修正至 32 km/h，往往復復的修正約在行駛 100 s 後，最高車速降為 25 km/h，此時空氣氣量將不足供應空氣車輛動力，代表高壓空氣已消耗用盡。

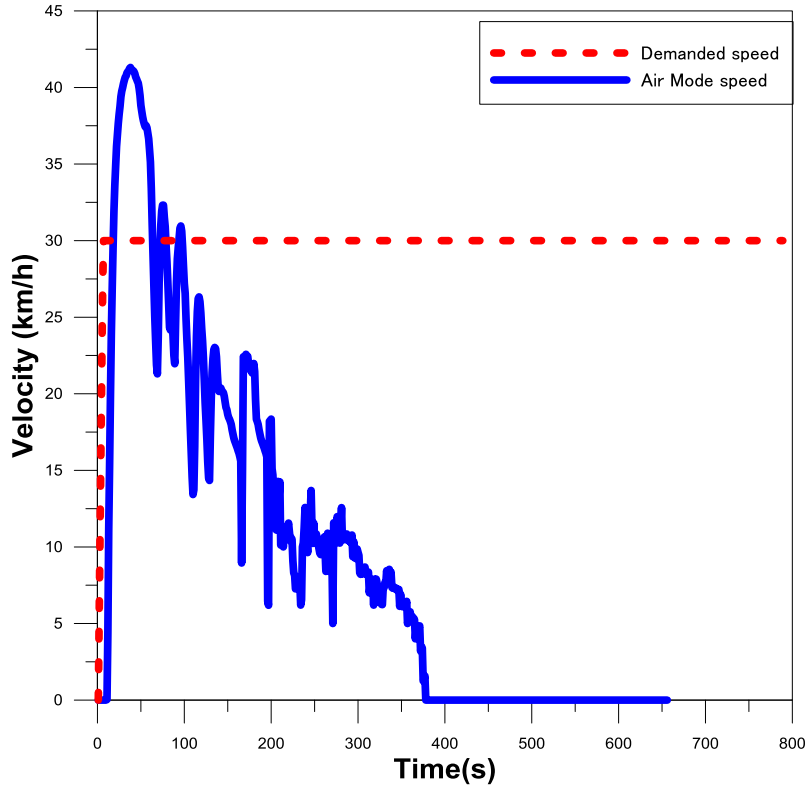


圖5.11 空氣車輛目標定速30 km/h車速修正變化

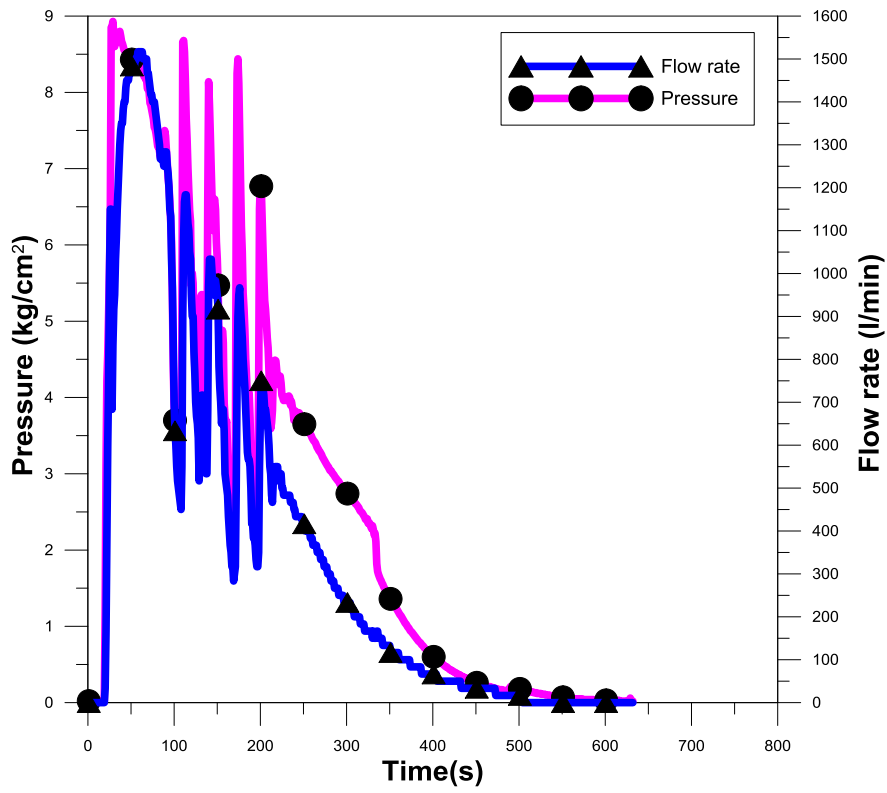


圖5.12 空氣車輛目標定速30 km/h壓力、流量修正變化

圖 5.12 在空氣車輛啟動瞬間壓力與流量均為最大，壓力趨近於 9 kg/cm^2 、流量約為 1600 l/min ，隨著高壓空氣流量下降空氣車輛車速接著下降，直到約 450 s 後高壓空氣流量與壓力降至為 0 。

b. ECE 行車型態

空氣車輛於行車型態中由於空氣閥門反應較慢，當空氣車輛車速超過 ECE 行車型態車速便開始修正減小空氣閥門開度，當空氣閥門關閉時由於車輪轉速依然存在，在車速未達到 0 km/h 即進入第二行車型態，進行加速，如圖 5.13 空氣動力車輛進行第一趟 ECE 行車型態。

空氣車輛進行行車型態試驗，起初壓力與流量隨著車速快慢變多變少，於行車型態第三階段壓力維持約 8 kg/cm^2 此時流量未追隨上升，由此可知氣體在高壓下流量大，如流量不足時壓力隨著下降。

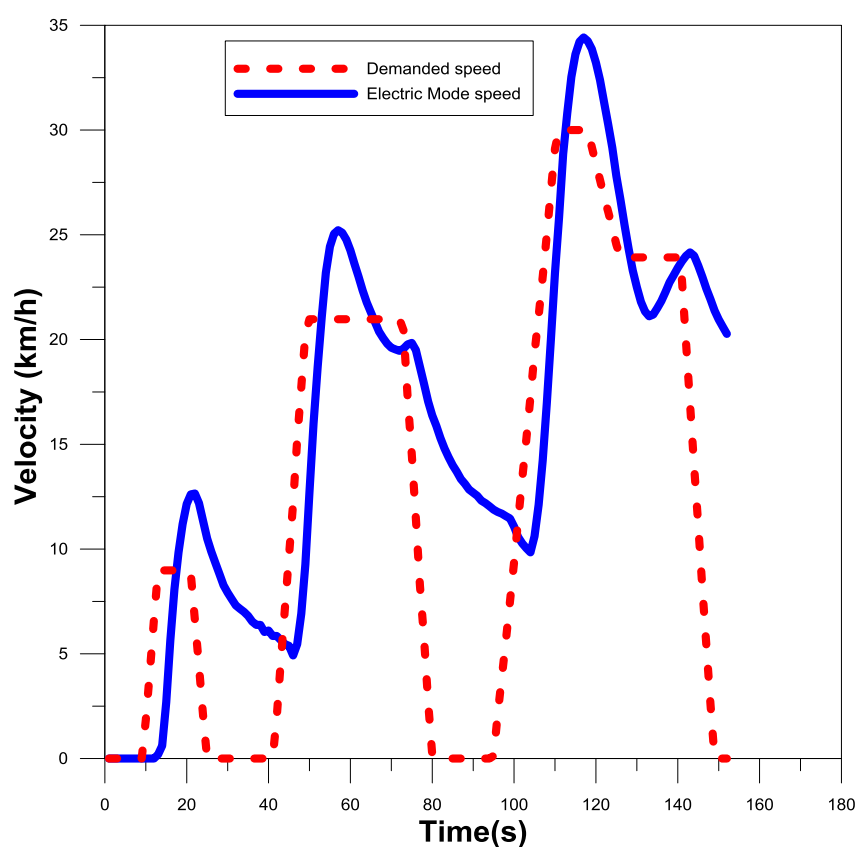


圖 5.13 空氣動力車輛行駛第一趟 ECE 行車型態試驗

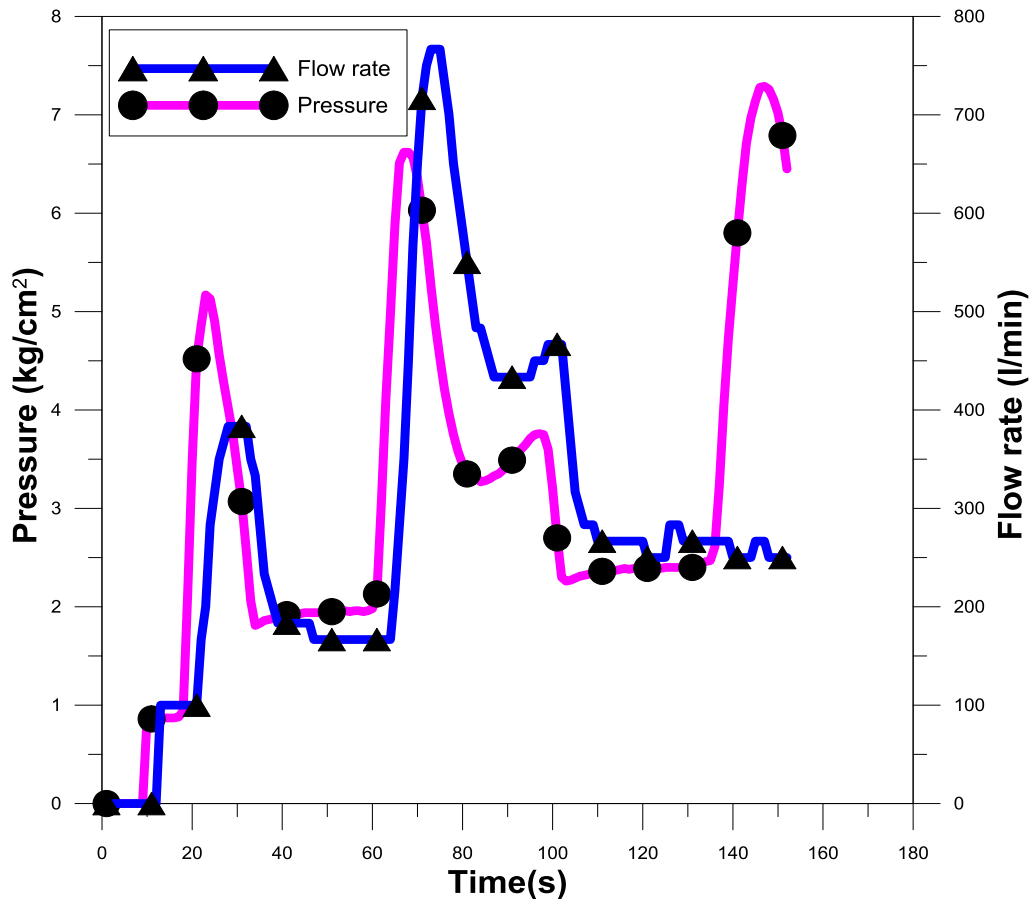


圖5.14 空氣車輛行駛第一趟ECE行車型態下壓力及流量變化

5.2.1 高壓空氣補充站-結論

建置高壓空氣補充站，提供高壓空氣充填，研究中使用壓縮空氣製造機所需耗能約 4.5 kW-h，在每一次增壓充填 40 L 高壓鋼瓶約需要三小時時間，完成 40 L 高壓鋼瓶增壓約需要 13.5 度的電量。

5.3 氫能車輛動態測試

在完成氫能源補充站系統建置架構及氫能源充填測試，將進行氫能源消耗運算。採用中華汽車 emoving 電動機車(馬達功率 750 W)48 V10 AH 鋰電池，所實驗之 ECE-40 行車型態耗電流量換算所需之耗氫量。耗氫量運算公式如下(5.2)。

$$\dot{m}_{H_2} = (I_b/\eta_b)/\eta_{fc} \cdot 4F \quad (5.2)$$

其中 \dot{m}_{H_2} 為燃料電池所需之耗氫量， I_b 為鋰電池行駛消耗電流量， η_b 為鋰電池放電效率約 0.9， η_{fc} 為燃料電池放電效率約 0.6， F 為法拉第常數(96485A-s-mol⁻¹)，詳細如表 5-4。

表 5-4 耗氫量運算參數表

參數	說明
\dot{m}_{H_2}	燃料電池耗氫量
I_b	鋰電池消耗電流量
η_b	鋰電池效率0.9
η_{fc}	燃料電池效率0.6
F	法拉第常數(96485A s mol ⁻¹)

配合(5.2)公式，將鋰電池電流消耗量帶入所得之耗氫量如下說明。

a. 氫能車輛 ECE-40 續航測試

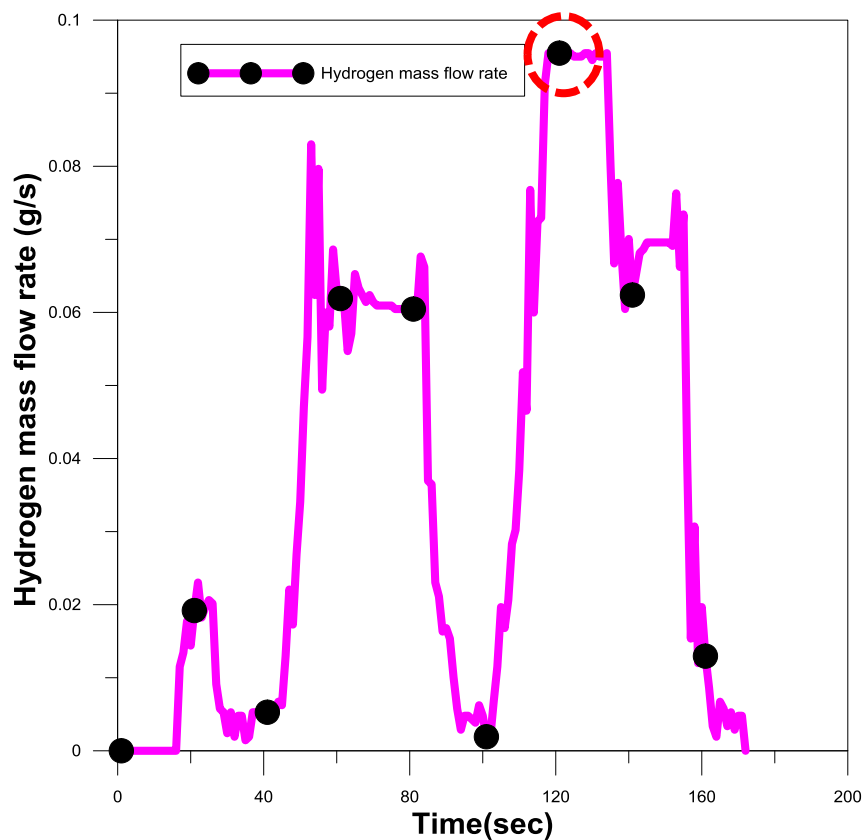


圖5.15 氫能車輛完成一次ECE-40耗氫量

於 ECE-40 行車型態觀察氫氣消耗量，圖 5.15 可見氫能源車輛進行 ECE-40 行車型態，最大耗氫量於每秒 0.00009 kg 相當於 0.09 g 的耗氫氣量。

於 ECE-40 行車型態試驗中得到，完成一趟完整行車型態過程中最大耗氫量為 0.09 g，然而在完整行車型態內總共消耗 5.4 g 氫燃料。本實驗充填氫氣密度為 0.08988 g/L，充填儲氫合金罐 350 L，在完全充填下可以充填 31.5 g 的氫氣，換句話說充填一次 350 L 儲氫合金罐約可以行駛六趟 ECE-40 行車型態。

第六章 結論與未來工作

6.1 結論

本論文設計一套車用多能源補充站系統設計。首先繪製多重能源補充站防火木櫃設計圖，並選購車用多重能源補充站系統元件；再者完成車用多重能源補充站機構整合建置，並發展能源充填控制機制，將測試各能源(電能、高壓空氣能及氫氣能)補充充填，最後藉由機車底盤動力計進行能源效益實驗，實驗測試結果將做為未來車用多能源補充站系統修正改良，以下為實驗測試結果與討論後，歸納出以下結論：

1. 電能補充站提供：快速充電、一般充電、鋰電池交換三種模式；採用快速充電充填48 V10 AH鋰電池需要1 hr，選用一般充電需要2 hr時間。
2. 48 V10 AH鋰電池於定速30 km-h行駛可續航38公里；行駛ECE-40可續航33公里。
3. 空氣補充站設有低壓空氣製造、氣體增壓、高壓氣體充填三階段，以完成低壓空氣增壓；並提供消費者三組高壓空氣快速充填接頭及高壓鋼瓶交換二種模式。
4. 目前高壓空氣動力車輛閥門由於控制不易，空氣動力多作為動力輔助系統。
5. 氫能源補充站提供二組充氫快速接頭，可選擇快速充氫或產氫機充氫，亦可選擇氫氣儲氫合金罐交換；補充站提供350 L儲氫合金罐充填可充填31.5 g氫氣。
6. 350 L儲氫合金罐可提供燃料電池車輛，行駛ECE-40可行駛3.6公里於定速30 km-h可續航3.9公里。

6.2 未來工作

綜合上述歸納的結論，提出以下幾點作為未來研究發展的考量：

1. 建置鋰電池輸入的電量或能量換算金額：

考量鋰電池交換使用充電時，鋰電池內電量均尚未用盡，因此充電能量多寡將會有所差異。所以建置鋰電池輸入的電量或能量換算金額，偵測鋰電池電量以計算回收之電能費用，作為使用者下次充電扣款金額，以計算充電所需之電費。

2. 未來於高壓空氣儲存設備，可增加高壓儲存槽數量與體積，於非尖峰時刻將高壓空氣多儲存以備消費者需求：

壓縮空氣於低壓空氣升壓至高壓空氣過程，須由增壓缸來做為壓力轉換，壓力轉換過程需要較長時間，因此建議可增加高壓儲存槽數量，增加高壓空氣的儲存以避免高壓空氣供應不足。

3. 未來將完成三能源(電能、高壓空氣及氫氣能)跨站能量互流機制：

車用多能源補充站目前主要能源為市電110 ACV，未來將建置能量互流機制，將電能補充站之鋰電池經DC/AC提供空氣製造機與產氫機之能量；氫氣可透過燃料電池產生DC電能，經由DC/DC儲存於鋰電池或經DC/AC提供空氣製造機使用；高壓空氣鋼瓶則可透過氣能轉動力產生電能，經DC/DC提供鋰電池儲存。

4. 包含建置太陽能板提供補充站自生能源所需能量：

建置太陽能板以提供車用多能源補充站所需能量。將太陽能板產生之DC電源，經DC/DC儲存鋰電池，另可並聯DC/AC將能量提供空氣製造機運轉和產氫機之能量；既可不需市電110 ACV也可使車用多能源補充站運轉，達到環保與自生能源補充之概念。

5. 採用NI(National Instruments)擷取器彙整監控數據，使用Microbox整合系

統機電控制，並設計Labview人機操控介面：

使用NI資料擷取器擷取車用多能源補充站之充電電壓、充電電流、空氣壓力、空氣流量、氫氣充填壓力及氫氣充填流量，既可監控燃料電池所產生之電壓及電流。NI擷取資料送至Microbox，Microbox將控制車用多能源補充站，電能補充站之繼電器與空氣補充站電磁閥與繼電器開關，以及氫能源補充站電磁閥與繼電器開關。選用Labview設計人機操控介面，提供消費者經操作介面，選用所充填之能源與所需模式。

6. 與智慧科技結合，提供使用者app監控服務：

設計多能源補充站與app結合，將系統監控補充之能量傳送至消費者app系統，使消費者能清楚掌握能源補充之狀態；與補充站之能源使用狀況。

參考文獻

- [1] 京都議定書http://www.tri.org.tw/unfccc/download/kp_c.pdf。
- [2] 經濟部能源局，能源報導，「金屬儲氫裝置」與「中央充填廠認驗證」資訊網，2011，05，
<http://energymonthly.tier.org.tw/outdatecontent.asp?ReportIssue=201105&Page=20>。
- [3] 廖泳棠，電動車充電站直流微電網電力調度研究，碩士論文，國立中山大學電機工程學系，高雄，2012。
- [4] Schroeder, A., & Traber, T. (2012). The economics of fast charging infrastructure for electric vehicles. *Energy Policy*, 43, 136-144.
- [5] Yang, S., Yao, J., Kang, T., & Zhu, X. (2014). Dynamic operation model of the battery swapping station for EV (electric vehicle) in electricity market. *Energy*, 65, 544-549.
- [6] 環保新動力-壓縮空氣引擎資訊網
http://163.20.78.180/special/envi_epaper/9802/7.htm。
- [7] 沈毓達，氣壓馬達系統設計與應用，博士論文，國立中央大學機械工程系，桃園，2010。
- [8] 鄭耀宗，燃料電池與電動車輛，科學發展，367期，2003，pp.20-25。
- [9] Drolia, A., Jose, P., & Mohan, N. (2003, November). An approach to connect ultracapacitor to fuel cell powered electric vehicle and emulating fuel cell electrical characteristics using switched mode converter. In *Industrial Electronics Society, 2003. IECON'03. The 29th Annual Conference of the IEEE(Vol. 1, pp. 897-901)*. IEEE.
- [10] Baker, J. (2008). New technology and possible advances in energy storage. *Energy Policy*, 36(12), 4368-4373.

- [11] Guo, L., Calo, J. M., Kearney, C., & Grimshaw, P. (2014). The anodic reaction zone and performance of different carbonaceous fuels in a batch molten hydroxide direct carbon fuel cell. *Applied Energy*, 129, 32-38.
- [12] Heywood, J. B. (2010, June). Assessing the fuel consumption and GHG of future in-use vehicles. In *Energy and Sustainable Development: Issues and Strategies (ESD)*, 2010 Proceedings of the International Conference on (pp. 1-14). IEEE.
- [13] Lee, D. H., Park, S. Y., Hong, J. C., Choi, S. J., & Kim, J. W. (2013). Analysis of the energy and environmental effects of green car deployment by an integrating energy system model with a forecasting model. *Applied Energy*, 103, 306-316.
- [14] Suggs, C. R. (1994, March). Electric vehicles-driving the way to a cleaner future. In *Southcon/94. Conference Record* (pp. 28-30). IEEE.
- [15] Jia, L., Hu, Z., Song, Y., & Luo, Z. (2012, March). Optimal siting and sizing of electric vehicle charging stations. In *Electric Vehicle Conference (IEVC), 2012 IEEE International* (pp. 1-6). IEEE.
- [16] Wang, Y., Li, J., Jiang, J., & Niu, L. (2005, September). Management information system of charging station for electric vehicle (EV). In *Electrical Machines and Systems, 2005. ICEMS 2005. Proceedings of the Eighth International Conference on* (Vol. 1, pp. 857-860). IEEE.
- [17] Dong, J., Liu, C., & Lin, Z. (2014). Charging infrastructure planning for promoting battery electric vehicles: An activity-based approach using multiday travel data. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 38, 44-55.
- [18] Dharmakeerthi, C. H., Mithulananthan, N., & Saha, T. K. (2014). Impact of electric vehicle fast charging on power system voltage stability. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 57, 241-249.
- [19] Sadeghi-Barzani, P., Rajabi-Ghahnavieh, A., & Kazemi-Karegar, H. (2014). Optimal fast charging station placing and sizing. *Applied Energy*, 125, 289-299.

- [20] Chen, H., Ding, Y., Li, Y., Zhang, X., & Tan, C. (2011). Air fuelled zero emission road transportation: A comparative study. *Applied Energy*, 88(1), 337-342.
- [21] Takemura, F., Pandian, S. R., Nagase, Y., Mizutani, H., Hayakawa, Y., & Kawamura, S. (2000). Control of a hybrid pneumatic/electric motor. In *Intelligent Robots and Systems, 2000.(IROS 2000). Proceedings. 2000 IEEE/RSJ International Conference on* (Vol. 1, pp. 209-214). IEEE.
- [22] Patilaya, T. I., Pham, T. T., Nguyen, M. N., Wu, Z., Zhu, Y., “Alliance catering at deakin:the economic of university cafeterias,” *Deakin Paper on International Business Economics*, Vol. 3, (2010) pp. 26-33 °
- [23] Lu, C. H., Hwang, Y. R., Shen, Y. T., “Backstepping sliding mode tracking control of a vane-type air motor X-Y table motion system,” *ISA Transactions*, Vol. 50, (2011) pp. 278-286 °
- [24] Hwang, Y. R., Shen, Y. D., & Jen, K. K. (2008). Fuzzy MRAC controller design for vane-type air motor systems. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 22(3), 497-505.
- [25] Hung, Y. H., Tung, Y. M., & Li, H. W. (2014). A real-time model of an automotive air propulsion system. *Applied Energy*, 129, 287-298.
- [26] Shen, Y. T., & Hwang, Y. R. (2009). Design and implementation of an air-powered motorcycles. *Applied Energy*, 86(7), 1105-1110.
- [27] Huang, K. D., Tzeng, S. C., & Chang, W. C. (2005). Energy-saving hybrid vehicle using a pneumatic-power system. *Applied Energy*, 81(1), 1-18.
- [28] Pehr, K., Sauermann, P., Traeger, O., & Bracha, M. (2001). Liquid hydrogen for motor vehicles—the world's first public LH₂ filling station. *International Journal of Hydrogen Energy*, 26(7), 777-782.
- [29] Paganelli, G., Guezennec, Y., & Rizzoni, G. (2002). Optimizing control strategy for hybrid fuel cell vehicle (No. 2002-01-0102). SAE Technical Paper.

- [30] Bauman, J., & Kazerani, M. (2008). A comparative study of fuel-cell–battery, fuel-cell–ultracapacitor, and fuel-cell–battery–ultracapacitor vehicles. *Vehicular Technology, IEEE Transactions on*, 57(2), 760-769.
- [31] Thounthong, P., Chunkag, V., Sethakul, P., Davat, B., & Hinaje, M. (2009). Comparative study of fuel-cell vehicle hybridization with battery or supercapacitor storage device. *Vehicular Technology, IEEE Transactions on*, 58(8), 3892-3904.
- [32] Chan, C. C., Bouscayrol, A., & Chen, K. (2010). Electric, hybrid, and fuel-cell vehicles: Architectures and modeling. *Vehicular Technology, IEEE Transactions on*, 59(2), 589-598.
- [33] Chau, K. T., & Wong, Y. S. (2001). Hybridization of energy sources in electric vehicles. *Energy Conversion and Management*, 42(9), 1059-1069.
- [34] Lucas, A., Neto, R. C., & Silva, C. A. (2013). Energy supply infrastructure LCA model for electric and hydrogen transportation systems. *Energy*, 56, 70-80.
- [35] Zheng, J., Ye, J., Yang, J., Tang, P., Zhao, L., & Kern, M. (2010). An optimized control method for a high utilization ratio and fast filling speed in hydrogen refueling stations. *International Journal of Hydrogen Energy*, 35(7), 3011-3017.
- [36] 陳重安智慧型油電複合動力機車之研製 國立臺北科技大學車輛工程系所碩士論文，中華民國一〇一年
- [37] Kuby, M., & Lim, S. (2005). The flow-refueling location problem for alternative-fuel vehicles. *Socio-Economic Planning Sciences*, 39(2), 125-145.
- [38] 刁海、崔國起、陳光輝、王陽，摩托車空氣阻力係數的測試，小型內燃機與摩托車，第三十四卷，第二期，2005，第8-10頁。

符號彙整

A	車輛迎風面積
C_d	風阻係數
E	鋰電池充電充電器總消耗功率
F	法拉第常數(96485A s mol^{-1})
F_r	模擬車輛行駛阻力
g	重力加速度常數
I	充電過程充電器消耗電流
I_b	鋰電池消耗電流
m	車輛質量
\dot{m}_{H_2}	燃料電池耗氫量
P	充電器消耗功率
t	鋰電池充電時間
V	車輛行駛速度(km/h)與充電過程充電器消耗電壓
ρ_{air}	空氣密度
η_b	鋰電池放電效率
η_{f_c}	燃料電池放電效率
μ_r	路面摩擦係數