

可商業化都市型太陽能 電動車發展

艾和昌 | 國立高雄應用科技大學模具工程系特聘教授

許綜升 | 國立陸軍軍官學校機械工程系助理教授

劉東官 | 國立高雄第一科技大學機械工程系教授

丁建文 | 高國立高雄應用科技大學資訊管理系副教授

投稿日期 103 年 6 月 26 日

摘要

電動車(EV)研發可減少石化燃料消耗及二氧化碳排放，可有效減少全球環境暖化方案之一。近年來各國政府推動新能源車政策不遺餘力，並提出促進電動車產業發展之策略方案。同時太陽能電動車發展更吸引世人注目，其發展由學術研究進展到商業化階段亦具挑戰。為完成太陽能電動車可商業運行的夢想，研發團隊主要專注以下幾項關鍵技術：(1)太陽能車張力外型設計與車型一體太陽電池模組開發；(2)太陽能車輕量化底盤設計與分析；(3)太陽能車行駛狀態最佳化調適與控制技術；(4)太陽能車雲端路況與氣象之遙測技術雲端資料平台。整合過去阿波羅太陽能車隊已有技術打造綠能、安全、智慧、雲端的都市型太陽能電動車。

Development of Commercial Solar Electric City Car

Herchang Ay | Distinguished Professor, Department of Mold and Die Engineering, National Kaohsiung University
of Applied Sciences

Tsung-Sheng Sheu | Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering, R.O.C Military Academy

Tung-Kuan Liu | Professor, Department of Mechanical and Automation Engineering, National Kaohsiung First
University of Science and Technology

Jen-Wen Ding | Associate Professor, Department of Information Management, National Kaohsiung University of
Applied Sciences

Abstract

Due to the global energy crisis and the environmental pollution, the pure non-pollution vehicles are getting to attract the global people's vision. Motor company's solar car is still at the conceptual development stage. The designing and manufacturing processes of solar car is actually a challenge. To achieving the dreams of solar-electric city car in commercialized, the research group is continuing to work and hopes to commercialize the technologies, such as "Styling Design with Aesthetic Tension and Encapsulating Exterior Integrated Photovoltaic Modules", "Design and Analysis of Lightweight Chassis", "Optimal Calibration and Control Technology", and "Cloud-Based Remote Sensing Technology for Monitoring Climate, Traffic, and Road Conditions" in this study. The great expectation is to develop the solar-electric commuter car with the characteristics of green energy, safety, intelligent and cloud-based systems in the near future.

壹、前言

隨著科技進步，汽機車產量大幅增加，交通部統計我國至 2013 年汽車登記數量達 7,323,353 輛，機車更高達 14,306,270 輛，致使能源需求益增，加速石化燃料耗竭及環境汙染。近年來各國政府推動新能源車政策不遺餘力，並提出促進電動車產業發展之策略方案，推動產業發展，電動車產業發展宣示，日本宣示 2050 年國內市占率達 50%、西班牙宣示 2014 年達 100 萬輛電動車上路運行，美國宣示 2015 年達 100 萬輛電動車上路運行，德國宣示 2020 年達 100 萬電動車上路運行[1]。我國也於民國 99 年公告「智慧電動車發展策略與行動方案」，擬定 5 大發展策略方針，朝向彈性化/輕量化電動車底盤(chassis)技術、高效率動力馬達及驅動器技術、高效率電池技術、電源管理系統及車載資通訊系統等方向發展。

根據國際預測機構 Frost Sullivan、美國 Argonne National Laboratory 預估，以及各國所宣告之 EV 產業政策目標預測，預估 2020 年，全球汽車(含 HEV、PHEV 及 BEV)銷售達 1 億輛，純電動車(BEV)達 900 萬輛，將占全球汽車市場規模的 9%，至 2030 年，全球汽車銷售達 1 億 3 千萬輛，純電動車(BEV)將達 2,100 萬輛，預估將占全球汽車市場規模的 16%。

電動車(EV)研發可減少石化燃料消耗及二氧化碳排放，可有效減少全球環境暖化方案之一。此外，電動車上路運行開啟全球化減碳新生活景貌。

貳、太陽能電動車研製技術

過去太陽能電動車發展大多以學術研究為主，尚未進展到商業化階段，主要是賽車型式的外型，三個輪子、單人座艙類似戰鬥機的設計，扁平的車身能披覆更大面積的太陽電池，其原因是為了將太陽能的效率發揮到最大，為追求速度及效率，車輛的外觀設計與目前市場上所見的汽車外型有很大的差異。其實新的科技要從研究室裡概念性之研究探討，落實到實驗室裡進行驗證，再進展到商業化的應用，可謂是一條迢迢長路；而太陽能車經過數十年來，世界各國研究人員心血投入，不斷有新的組件與材料開發出來，並藉競賽試煉這再生能源載具之研發成果，就投入太陽能車研發人員的認知：其實他們正在「創造最佳的電動車」[2]，只是藉車上太陽能的皮膚提供車子額外電力需求[3]。現今，太陽能電動車

商業化時機已到來，主要原因是高油價時代的來臨、太陽電池價格落底及電動車技術發展日趨成熟，近程來看太陽能都市車的需求將會越來越被重視。

電動車係利用電能轉換成動能，將車上的蓄電池系統提供電力使控制器驅動馬達轉動，經傳動機構驅動車輛，目前市面上較多電動車種僅使用蓄電池充電，沒電時僅能藉路邊充電站進行充電。其中，太陽能電動車係利用太陽電池模組產生光電效應後，將所發出的電驅動馬達或儲存至蓄電池中，供給全車使用，隨車電力掛載不僅可使電動車續航力大幅提升，亦可增加車內蓄電池使用壽命。近年隨著全球投入太陽能產業相關廠商驟增，市場面由原本供不應求轉成供過於求，致使太陽電池價格急速下降，雖然太陽電池廠商從原本高獲利變成僅有些微毛利，但一方面也讓太陽電池廠商加速技術研發並改善製程，朝高效率、低成本太陽電池目標邁進，另一方面整合低價太陽電池應用於產品開發亦成為新興市場顯學，太陽能船、太陽能車等交通工具的開發開始受各國汽車製造大廠重視並投入商業化研究，且已有車商少量量產出售(圖 1)。

目前太陽能車之造型如何使消費者青睞為各大車廠正面臨之問題，車輛的造型是影響消費者購買行為最主要的因素，通常因應不同的消費族群，會有不同意象的外型設計。這些造型的意象描述大都以形容詞來表達，除此之外，車輛外型在設計領域會以「設計是否有張力」來詮釋這個造型的感覺，但是「張力」一詞是抽象的、模糊的。更精確的說，造型中的線條或是部位能吸引消費者的，則是具吸引力的、有張力的造型[4]。在外型設計上，太陽能車與電動車最大不同處

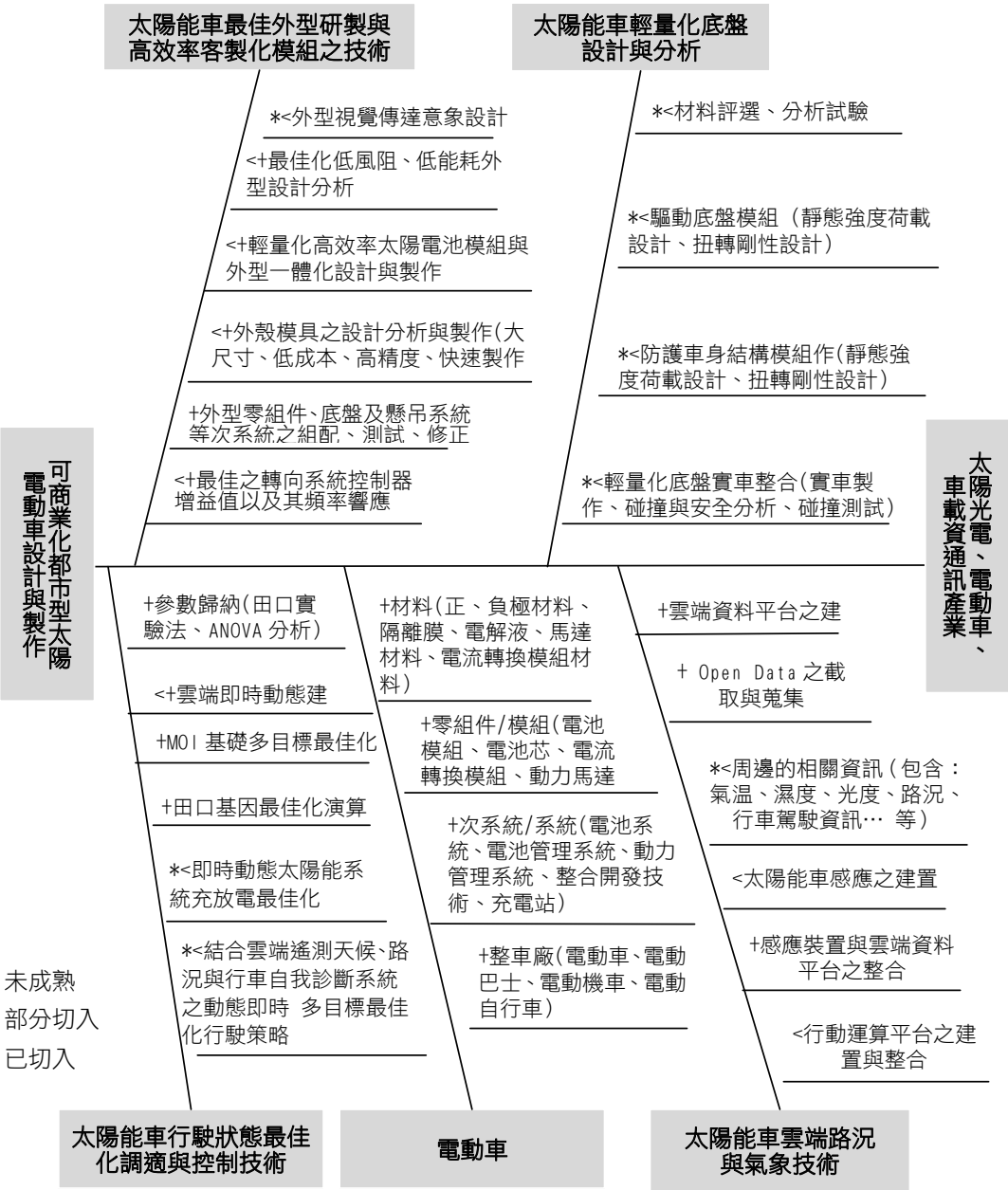


圖 1 Astrolab 開發兩人座太陽能車

是需考慮太陽電池模組鋪設，此外，因車上能設置太陽電池模組面積有限，須特別採低風阻力的流線外型。因此，如何將具吸引力的、有張力的流線外型造型與太陽電池模組鋪設等元素結合為本研究「太陽能車張力外型設計與車型一體太陽電池模組開發」主要目的。

車體為車輛安全首要關注的設計，為考量節能效益，汽車輕量化亦成為汽車產業的發展方向之一，也是一個汽車廠商和國家技術先進程度的重要標誌。因此汽車的輕量化，就是在保證汽車的強度和安全性能的前提下，盡可能地降低汽車的重量，從而提高汽車的續航力，減少燃料消耗，降低排氣污染，根據文獻顯示每減少 57kg 車重，可增加 0.09~0.21 km/L 的燃料經濟效益[5]。另，電動車也礙於電池能量儲存技術的限制，造成電動車續航力不足問題，輕量化成為極重要關鍵的因素之一。太陽能車是利用取之不盡用之不竭的太陽能，但是夜間及氣候不佳時無法產生電力，也與電動車相同有電池能量儲存技術的問題，因此太陽能車輕量化亦是必須面對的課題。本研究使用展相當快速的碳纖維材料製作底盤 (Carbon Fibre Monocell Chassis)，並建立彈性模組化底盤技術及輕量化共通模組底盤 (Lightweight Common Module Chassis) 等二項結合為本研究「太陽能車輕量化底盤設計與分析」，以打造輕量、安全、共通模組之太陽能車底盤。

馬達的控制關係太陽能車的續航力、能源使用效率、安全…等關鍵問題。而馬達的動力來源一太陽能又依賴天候、街道日照等因素；馬達的耗能取決於轉速、轉矩、持續時間等因素。另一方面馬達的使用狀況取決於駕駛行為、交通狀況及道路狀況。太陽能車的多目標最佳化行駛策略受如此多外在與內在因素的影響，絕非單方面的控制系統所能勝任。因此，智慧型太陽能電動車行駛最佳化策略為發展太陽能電動車的關鍵技術。試想，同一部賽車由技術高超的車手所創造的成績，必然迥異於技術拙劣的新手，因此發展商業化都市型太陽能電動車，不得不考慮智慧型車載輔助系統。車載輔助系統的兩項關鍵技術為：太陽能車行駛狀態最佳化調適與控制技術及太陽能車雲端路況與氣象之遙測技術。然而，本研究針對此類問題以人工智慧技術開發智慧型自動調校系統，期能使太陽能電動車在行駛狀態下於各種路況的影響對馬達的控制能達到快速、安全、穩定且經濟環保。



*：未成熟
<：部分切入
+：已切入

圖 2 相關產業魚骨圖

參、研究方法與要項

研發出「可商業化都市型太陽能電動車」設計與製作，以我國「智慧電動車發展策略與行動方案」之推動低碳節能之新興智慧電動車產業的基礎，運用現行汽車產業之開發過程，及參考高應大阿波羅太陽能車隊製造競賽型太陽能賽車之經驗，整合車載資通訊及人工智慧系統技術，可區分「太陽能車張力外型設計與車型一體太陽電池模組開發」、「太陽能車輕量化底盤設計與分析」、「太陽能車行駛狀態最佳化調適與控制技術」及「太陽能車雲端路況與氣象之遙測技術」等分項(如圖 2 所示)。逐步由「都市型太陽能電動車設計及基礎分析、建構」階段，以各特色實驗室的現有技術能量來建構都市型太陽能電動車設計與研發基礎，利用上一階段基礎持續推動「原型車組合及零組件測試」，以建立模組開發能力，最後進入「實車測試及技術整合」階段，打造「綠能、安全、智慧、雲端」的都市型太陽能電動車。

可商業化太陽能都市車的需求設定在供二人乘座、四輪及輕量化車體，因在都市運行，設計時速為 70 km/hr。研究範圍有：太陽能都市車外型設計分析、車用太陽電池模組研製、人因工程設計與模擬、車輛外型曲面的建構與封阻力數值計算、風洞實驗測試與分析、複合材料製作、全車重量及性能估算、高效率電力馬達及最大功率器等。就輕量化底盤依據世界汽車大廠發展輕量化電動車之材料使用趨勢，評選最佳碳纖維材料製程，接著利用模擬分析性質，並製作輕量化材料測試件，進行實驗驗證，以確認太陽能車輕量化底盤輕量化材料需求。對於太陽能車最佳化控制技術調校的好壞影響著太陽能車的行駛性能，智慧型最佳化即時動態控制器在太陽能車動力的影響有著密切的關聯，而可控參數與權重值是控制多重 PID 重要的因素，為了使動能的穩定可藉由最佳化方法控制多重 P(比例)、I(積分)、D(微分)參數控制器的可控參數與權重值來達成，靈活運用現有之田口實驗設計方法，發展有系統之 PID 參數調校田口設計法，達到快速、精確以及有效地 PID 參數最佳化。此外，建立一個雲端資料中心平台，用來放置與太陽能車相關的即時資訊（氣象資訊、路況）並透過現有政府與第三方組織所公開 API(Application Programming Interface)資料與太陽能車所回饋的資訊來進行資料的交換與蒐集。可商業化太陽能都市車的主要關鍵技術及技術應用範圍如圖 3 所

示。

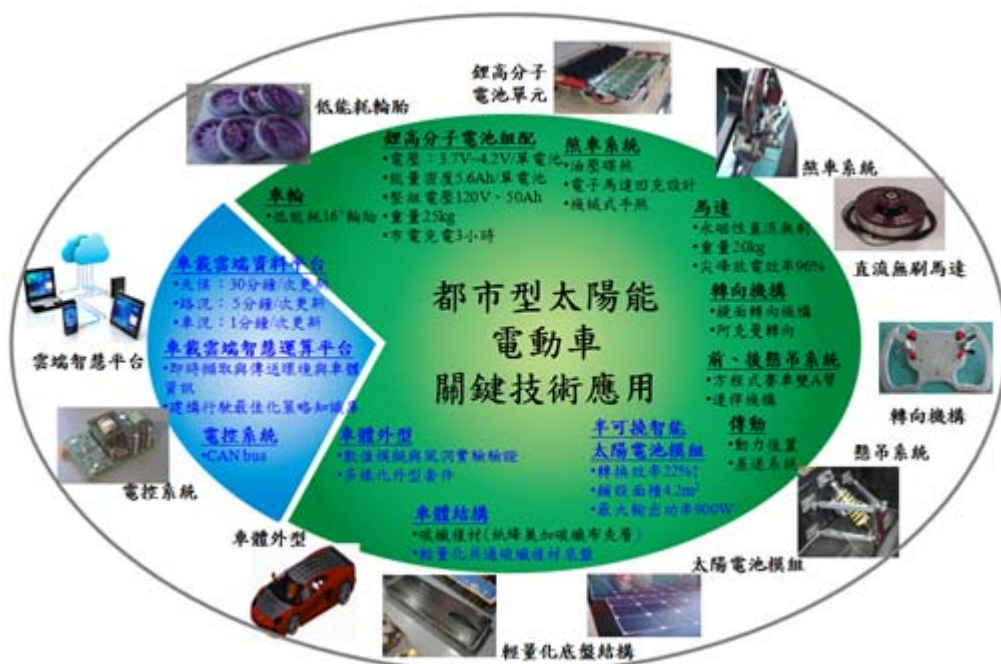


圖 3 主要關鍵技術及技術應用範圍

肆、研製成果

目前在國際記錄上已有 4 次世界第二的成績的阿波羅太陽能車隊，自 2003 年開始參加國際賽事以來，已經歷 5 次澳洲世界太陽能車挑戰賽，2004 年雅典廣義奧林匹克活動項下的太陽能車拉力賽、2006 年台灣世界太陽能車拉力賽、2010 北美年太陽能車挑戰賽以及 4 次日本鈴鹿太陽能車耐久賽共計參加過 12 次國際性太陽能車競賽，並且榮獲教育部頒發技職之光以及行政院頒發青舵獎等榮譽。2013 年推出的第七代阿波羅太陽能車，不再以展現競速為目的，而是希望發展以商用的都會型房車為目標。

阿波羅七號(都市遊龍)太陽能電動車，突破以往單人駕駛的限制，新一代太陽能車已發展為可以二人共乘、四輪設計；全車長 3.7 米、寬 1.65 米、高 1.2 米；另外在造型上採具吸引力、張力、低風阻的流線型設計、藍黃色搭配搶眼的色系，

外表看起來與一般小型房車無異，多了更多房車所具備的親民性；全車碳纖複材車體結構大幅減輕車重(不含駕駛及蓄電池淨重 250 餘公斤)；車上鋪設轉換效率達 22%的單結晶背電極太陽電池，並採自行開發的輕質封裝技術，應用在背電極電池模組封裝，此關鍵技術堪稱獨步全國。時速最高達 100 公里，巡航時速為 70 公里。另一項更親民的發展應是價格上的表現了，太陽能車從以往造價數百萬，到未來量產後預計約 80 萬元即可擁有一部，也成為其最具競爭力的一環。

阿波羅太陽能車是台灣最具歷史，也是參與國際賽事最具經驗的，曾獲多次日本讀賣新聞、英文中國郵報、聯合報、自由時報、台北時報、新新聞報、名眾日報、高雄都會報等媒體報導。而國際間有鑑於地球暖化，積極推廣節能減碳，2009 年及 2013 年 Discovery 頻道更將阿波羅太陽能車隊的發展，視為亞洲對抗全球暖化重要事蹟，來台實地拍攝採訪本車隊。

該研發經費來自 102-103 年度經濟部能源局學界能源科專，全新打造阿波羅七號太陽能電動車，該車已在 102 年 10 月與世界 23 國 40 隊同台較勁(如圖 4 所示)，於澳洲完成 3000 公里長途試煉，但澳洲的道路狀況與台灣大不相同，若只在試車場進行性能測試則無法取得全台道路測試資料及太陽日照，今年元旦於總統府參加升旗典禮後，經濟部能源局歐嘉瑞局長親自將「試 3018」的車牌掛上阿波羅七號(都市遊龍)太陽能電動車，使該車成為台灣第一部掛牌合法上路的太陽能車!該車隨即從台北出發，經關渡大橋沿濱海公路及縱貫線行駛(如圖 5 所示)，於台中草悟道展示後，成功完成台灣 400 公里道路運行測試返抵高雄。此次，在最後航程於夜間行駛了 4 小時，電力依然充沛無虞!此外，在高雄今年 2 月主辦的國際馬拉松，阿波羅七號太陽能車亦獲邀擔任全馬選手前導車(如圖 6 所示)。



圖 4 澳洲第十二屆世界太陽能車挑戰賽



圖 5 台灣從北到南進道路測試



圖 6 高雄國際馬拉松擔任全馬選手前導車

伍、結論

電動車(EV)研發是減少全球環境暖化，減少石化燃料消耗及二氧化碳排放為重要解決方案之一。美國福特汽車(Ford Motor)在今年賭城消費電子展(CES)上，推出 C-Max Solar Energi 概念車，車頂裝配太陽能板，可自行充電。位在高雄，國立高雄應用科技大學阿波羅太陽能車隊打造的第七代阿波羅太陽能電動車，今年元旦正式掛牌上路，令南台灣的陽光不再只是照亮城市，更是加速高雄城市發展向低碳轉型的強大能量。

該研究已完成設計一低風阻、低能號之車身外型設計與分析，初步成功研發出半可撓太陽電池模組，在輕量化底盤上亦得到最佳製程設計及製作，並結合馬達控制器參數調校策略、雲端資料平台等，透過異地資料備源機制讓來資料的存取速度加快並且使太陽能電動車智能系統更完善，另，使馬達控制器的調校涵蓋至環境因素的考量，並根據太陽能電動車行駛狀況對馬達控制器的參數做微調，即可得到最有效率的參數設定，並進行車載整合測試，另藉由類神經演算法對控制器建構模型模擬，再以田口方法或基因演算法進行最佳化的方式取得最佳參數值。

參考文獻 |

- [1] 經建會部門計劃處 (2010)，推動新興智慧型產業智慧電動車，Taiwan Economic Forum，Vol. 8，7月。
- [2] 艾和昌 (2008)，"太陽能車科技與劃時代意義"，物理專文，物理雙月刊，Vol. 30, No. 4, pp. 356-362，。
- [3] 艾和昌、廖明瑜 (2004)，"太陽能車賽、試煉新能源"，Taiwan News 財經文化周刊，第 148 期。
- [4] 王重仁 (2007)，具張力意象汽車造型之設計研究，大葉大學，碩士論文。
- [5] H. N. Han, J.P. Clark (1995)，"Lifetime Costing of the Body-in-white: Steel vs. Aluminum," JOM, Vol. 47, pp. 22-8.