

## 電動巴士 在都會運輸電動化中 的技術發展



文 / 總編輯 陽毅平

今年的電動車論壇與特展(Electric Vehicle Symposium & Exhibition, EVS 29)在加拿大的蒙特婁舉行，由電動運輸協會(Electric Drive Transportation Association, EDTA)主辦，加拿大電力行動部(Electric Mobility Canada, EMC)協辦。會中，蒙特婁市長宣布十項運輸電動化的行動方案(2016-2020)，其中包括：經濟發展行動計畫-成立都會運輸電氣化與智慧運輸組織，成立電氣與智慧車輛研究所，公共運輸網路電氣化，都會電網、停車與充電計費策略、設置 1000 個充電站支援逐漸形成的蒙特婁電動車輛網路體系、以及兼顧公共運輸與私人電動車的電氣化法案與永續行動。加拿大魁北克省是全世界水力發電資源最豐富的地區，99%的電力由水力產生，可以提供百萬輛電動車用電，對於電動車發展非常有利。

綜觀全球電動車產業發展情境，全球商用電動車在近十年內的總銷售量已經累積達 948.1 萬輛，其中混合動力車(hybrid vehicle)為 885.6 萬輛，電池電動車(battery EV, BEV)為 37.9 萬輛，插電式電動車(plug-in EV, PHEV)為 24.6 萬輛。在都會運輸系統全電化發展中，全球都市發展中的國家對巴士的需求量也持續增加。根據 IDTechEx 統計預估指出，2017 年全球混合動力與純電動巴士需求 5.82 萬輛，市場價值為 187 億美元，占總巴士數量的 9.5%，2023 年預估需求將增加至 524 億美元，達 17.56 萬輛，占總巴士數量的 24%，全球電動巴士需求預測年成長率為 25%。

電動巴士系統包含：輕量化底盤與傳動系統、電池與能源管理系統、車載資通訊與控制系統、電動動力系統。其中電動動力系統是整車的心臟，包含電動馬達及驅動控制器，經由變速箱，將動力輸出至底盤與傳動系統。其技術涵蓋範圍包括最佳化設計、電磁/熱流/結構/控制耦合分析、材料與製程精進、可靠度與測試檢驗技術提升，

依循虛擬實境 V 型產品開發模式。在規格擬定、設計分析、雛型製造各個階段，分層進行虛擬驗證測試，提前做迴歸設計修正，以可縮短產品開發時間，並降低開發成本。

這一套產品開發技術，已由傳統的製造化設計(design for manufacturing)，晉升到可靠化設計(design for reliability)。在動力系統裝車與道路測試前，就能掌握所有動態性能、功能安全、失效模式、及耐久壽命。在道路測試階段，將進一步利用車載資通訊號量測，回饋修正動力系統設計參數，達到動力系統效率、可靠、耐久與低振噪的保證。我國正進行的工業基礎計畫中，在「全電化都會運輸系統基礎技術」項目中，我們訂出的研發目標為電動巴士百瓩功率級的動力系統，以國內工業馬達與驅動控制器為基礎，精進至車用動力系統寬域操作，高效率、高可靠度、耐久性、及低振噪的高品質目標。

第一階段以電動巴士動力性能與效率為目標，在整車系統性能目標導向設計開發與驗證，可以投入下列基礎技術項目：1.最佳化與電磁熱流結構耦合設計分析。2.馬達矽鋼片降低鐵損劣化製程技術。3.馬達高熱傳導殼體製程技術。4.動力系統於虛擬車輛道路測試技術。5.動力系統功能安全診斷技術。第二階段則以高品質的動力系統為目標，並維持系統性能與效率水準。重點任務是提升動力系統可靠度，發展耐久性與低振噪符合國際品質標準之設計與驗證技術。投入基礎研發項目包括：1.車輛電動動力系統功能安全發展與驗證診斷技術。2.動力系統耐久性設計與加速驗證診斷技術。3.動力系統激振模擬分析與低振噪設計技術。

不論是混合動力車、電池電動車、或插電式電動車，其動力次系統都是共用的，當動力系統效率與品質提升時，直接可提升整車的續航力。因此，動力系統發展技術有四項指標：1. 高效率：達到車用動力系統在都會區駕駛 UDSS 效率高於 85%。2. 高可靠度：電氣與電子的功能安全需要符合 ISO 26262 規範。3. 高耐久性：系統耐久性能達到 16 年或 40 萬公里；4. 低振噪：振噪指標應優於 IEC 60349 的標準。在技術發展的過程中，將建立基礎技術工具(tool)、基礎技術情資(know-why/know-how)及基礎關鍵組件(key components)。其中，基礎技術工具包含：動力系統設計與耦合分析平台、動力系統硬體環路(hardware-in-the-loop, HIL)、虛擬驗證發展平台、及環境振噪可靠度測試平台。在這些平台上發展的技术包括：車用電子功能安全驗證技術、動力系統噪音、振動與柔和性(noise, vibration, and harshness, NVH)驗證發展技術、車用環境耐受度評價技術、及加速耐久虛擬驗證技術。基礎技術情資包含：車輛電子電機功能安全設

計技術、動力系統 NVH 定量模擬技術、車用環境耐受度模擬與設計技術、及馬達電磁熱流結構驅控整合設計技術。基礎關鍵組件則是完成馬達與驅動控制器的製造、匹配及系統整合。在車用高效率馬達技術上，將精進高靜音驅動馬達技術、高耐久軸承磨潤設計技術、高功率軸電流抑制技術、低鐵損劣化之矽鋼片疊層技術、及銅/鋁轉子成型技術。在車用高效率驅動控制器技術上，將精進符合 ISO 26262 規範的車輛安全品質等級(automotive safety integrity level, ASIL)、及驅動控制器失效診斷、容錯與控制技術。

我國在電動車產業發展中，具有潛力的項目包括動力系統、車用電子設備、車載資通訊系統、智慧電動化底盤、及動力電池系統等。尤其在物聯網(internet of things, IoT)發展的趨勢下，由車輛電動化進入到智慧化已成必然趨勢。然而，單靠技術發展無法達到都會運輸系統全電化的目標，政府的產業策略需要投入更多的基礎建設，相關業者需要更深的遠見與能耐，才能在這一波電動車產業發展中獲得成功。

### 專有名詞釋義

1. 都會區駕駛規範(urban dynamometer driving schedule, UDDS)：在動力計上測試節能效果所訂的標準都會區行車規範。動力系統的 UDDS 效率定義為—將動力系統裝在動力計上，依照虛擬車輛行駛 UDDS 行車路徑，所測得的動力系統效率。
2. ISO 26262 道路車輛功能安全規範(road vehicles – functional safety)：對於道路車輛使用的電氣(electrical)、電子(electronic)與軟體(software)系統制訂的功能安全標準。
3. 虛擬測試硬體環路(Hardware-in-the-loop, HIL)：系統整合測試時，部分系統組件以實際硬體運轉，其他部分則以電腦模擬方式完成，其間的界面以即時通訊完成。

### 參考資料

- [1] 陳信志，台灣智慧電動車推動現況與政策方向，車輛研測資訊，104 期，第 19-24 頁，2016。
- [2] 石育賢，全球電動車市場分析，機械工業雜誌，385 期，第 4-18 頁，2015。
- [3] 謝騷璘，全球電動巴士市場發展動向，工研院 IEK 產業情報網，2015。
- [4] P. Harrop, Hybrid and Electric Buses and Taxis 2013-2023: Forecasts, Opportunities and Players. UK: IDTechEx, 2013.
- [5] 經濟部，智慧電動車輛發展策略與行動方案執行進度報告，中華民國，2015。
- [6] 梁啟源、尹啟銘、王漢英、陳信宏、溫蓓章、石育賢、王正健，我國電動車產業發展，財團法人中技社專題報告，2014。
- [7] P. Harrop, Electric Motors for Electric Vehicles 2012-2022, IDTechEx Ltd, 2012. ■