

瑞典-德國智慧生產製造測試平台計畫

駐瑞典代表處經濟組

2020年9月22日

一、背景

物聯網、工業 4.0 及智慧生產皆是透過網路系統，連結真實與虛擬之物件、服務及生產之科技，輔以雲端、大數據及 AI 運算等功能，採集並分析數據，不僅徹底改變人們的日常生活，提高製造業的生產率和靈活性，同時協助企業改善製造流程及節省資源，開發更優良產品並提高客戶滿意度，進而促進經濟活動成長。數位科技所發展的「認知運算(cognitive computing)」及「自我優化應用程式(self-optimizing applications)」，如人工智慧和機器學習，激發相關單位運用工業 4.0 之新數位科技創造製造業的未來，減少製造業對環境的負面影響，以及減少交通運輸的營運成本。

近年來貨運市場需求持續增加，客戶對於重型車輛的要求相對提高，如高可靠性(high reliability)、低成本(low costs)、環境永續(environmental sustainability)和零配件取得度(availability of spare parts)等皆為重要考量因素之外，全球相關立法和市場競爭也構成對重型車輛生態和經濟進一步需求，替代傳統卡車解決方案因應而生，「重型車輛動力系統電氣化(Electrifying the powertrain of heavy vehicles)」已是交通運輸業的熱門話題。

瑞典皇家理工學院(Royal Institute of Technology in Stockholm, KTH)、德國 Fraunhofer 生產科技研究院(Institute for Production Technology, IPT)，以及瑞典研究院(Research Institutes of Sweden, RISE)於 2016 年共同合作，成立「重型車輛動力系統製造應用實驗室(Powertrain Manufacturing for Heavy Vehicles Application Lab, PMH Application Lab)；PMH 應用實驗室」，針對所

有產學研發之動力系統相關測試進行研究，旨在驗證具潛力之技術，並加快該等技術在產業生產製造之應用。

二、瑞典-德國智慧生產製造測試平台計畫 (Swedish – German Testbed)

本計畫係整合硬體和軟體，加上互相連結之機器和軟體系統所組成之平台，重點在提供跨區同步製造動力系統的生產測試及驗證。透過雲端軟體工具採集並儲存各地生產系統之數據，以數位分身(digital twin)形式(詳第三段)，進行分析並即時更新相關數據，以利各地生產者藉由 APP 取得最新數據及分析。

相關數據之產生及分析來自本計畫各個合作夥伴之據點，包括瑞典 KTH 之 PMH 應用實驗室、德國 Fraunhofer IPT 和其所轄工具機械與成型技術研究所(Institute for Machine Tools and Forming Technology, IWU)，以及有意參與測試和驗證之各國原始設備製造商和中小型 OEM 供應商。此計畫平台主要目標為跨組織、跨公司至跨國境之合作，交換生產製造過程之規畫、程序及測量數據，用於傳輸、分析及可視化數據的「數位基礎設施(digital infrastructure)」，一方面提供數據附加價值的評估，一方面評估在價值鏈環境中之數據安全可能性和風險。

三、本計畫之重點科技技術

(一) 數位分身 (Digital Twin)

「數位分身」係實際物件之元素和動態之虛擬表現形態，包含設計、流程規畫、測試和製造記錄等相關數據，在製造過程中，隨著物件不斷接收周圍的更新數據，使流程擁有者(process owner)能快速了解整個數據狀態，並作為分析及決策之基礎。此技術之先決條件為生產過程的橫向整合(horizontal integration)，也是工業 4.0 的核心特質，使核心網絡可同

時跨區處理不同生產系統，並整合各研究單位、公司及國家之間的互聯和數據交換。

(二) 模型基礎之數據分析 (Model-based data analytics)

以「數位分身」橫向整合製造系統，並垂直整合(vertical integration)在各自流程取得之數據，利用感測器和連接器將生產設備之原始數據儲存於「數位分身」，再進行分析處理，產生接近生產過程之「即時可視化(live visualization)」數據，由各自基礎模型數據軟體進行分析，即為「模型基礎之數據分析」。分析過程可使用生產設備之數位模型，協助提高分析結果的準確性。研發參與者可透過本計畫測試平台至雲端 APP 取得模型基礎分析結果，以調整及改善生產製作流程。

(三) 數位基礎設施 (Digital Infrastructure)

為連接本計畫測試平台與各地區基礎設施，以及數據採集、儲存、分析和提供，「數位基礎設施」為必要之條件，以導入新解決方案，基礎設施以通用方式(generic way)設計。通用基礎設施包含各單位在當地自建之數位設施及雲端智慧化製造網絡，當地之機器、工具、附加工件(workpieces)、測量設備或運輸系統等生產設備由感測器監控，並透過 5G 寬頻網路之通訊協定(如 OPC-UA、TCP 及 MTConnect)進行交流。

(四) 電動馬達 (Electric motor)

有關動力系統之設計，不同於內燃機引擎，電動卡車提供更高自由度，電動馬達之放置位置和數量因車輛設計有所不同，可從單個主電動馬達到多個置於動力箱或靠近車輪附近之電動馬達。目前最常用之動力馬達為「感應電動機(induction machines)」及「具永磁轉片(permanent magnet rotors)的同步機(synchronous machines)」。另有極具潛力的「同步馬達

(synchronous motors)」和「開關式磁阻馬達 (switched reluctance motors)」，本計畫團隊現亦積極研究發展中。

(五) 電池組(Battery pack)

為使縮小尺寸和減輕重量之電池可為全電動卡車提供遠程及高效承載，電池的高能量密度極為重要，因此具高能量密度及快速充電速率之鋰電池取代原有的鎳氫電池成為全電動卡車之首選。電池生產過程受特定的環境和安全要求規範，並透過精密測量方法以確保品質，因電池品質直接影響整個電池組至整輛車之性能。

(六) 動力電子零件(Power electronics)

電動車輛之電動控制系統係由動力電子轉換器及其相關控制器組成，轉換器可控制傳輸充電之電機直流(DC)電源。控制區域網路協定(Control area network protocol, CAN)通常作為馬達控制器和引擎機控制系統之介面，磁場導向控制(Field oriented control, FOC)則是用於閉環電流(closed-loop current)/轉矩控制(torque control)之方式。為減少電機相關損耗，採用高開關頻率之轉換器，因為電動車之高功率需求，現已開始考慮使用多級轉換器(multi-level converters)。

(七) 燃料電池 (Fuel cell)

卡車電氣化需要強大的電能儲存設備和系統，燃料電池便是具潛力的電能系統之一。為滿足未來對電動卡車日益增長之需求，開發具有成本效益和產量規模之生產技術極為重要，燃料電池不僅可增加電動卡車行程，與電池配搭成為完整電力系統，亦可作為獨立系統之單獨應用電池。目前「質子交換膜(proton exchange membrane, PEM)」燃料電池是最常用之類型，然而現有的燃料電池和儲存設備尚未至大規模生產之階

段，導致價格相對高昂。因此，燃料電池的升級對未來動力系統的生產製造極為重要。

四、參與本計畫管道--PMH 應用實驗室之研發團隊會員

PMH 應用實驗室職責為協調及進行本計畫重型車輛動力系統研發團隊的研發專案，提供教育培訓和資訊傳播的管道，以提升瑞典產業在重型車輛動力系統生產製造之競爭力。其主要任務為「重型車輛動力系統電氣化」所使用的科技應用，因此其製造鏈夥伴必須具備符合數位分身、模型基礎之數據分析及數位基礎設施等條件及能力。

有意參與「重型車輛動力系統計畫」之公司可以不同管道聯繫 PMH 應用實驗室提案，最常見且直接的方式是成為研發團隊之會員，其會員分為 4 類：初級(Follower)、夥伴(Partner)、客戶(Key Account)及高級(Premium)會員，會費皆為 2,500 歐元，其餘相關研發合作經費或個別研發經費則依會員類別及參與程度而異。最基本的「初級會員」可參與研發項目的準備過程，提出新專案想法，獲得研發團隊資訊，取得參加研討會費用折扣等。會員可自由參與合作研發專案，但至少每三年必須參與一次。「夥伴會員」以上者則可更深入參與研發計畫並有表決權。

五、PMH 應用實驗室之主要研發團隊

PMH 應用實驗室位於瑞典 KTH 之研發中心，其目前共同合作之主要研發單位如下：

- (一) 瑞典 KTH：瑞典最大之高等科技研究教育單位，有來自世界各地的學生、研究人員和教授，擁有生產工程部門(Department of Production Engineering)和 PMH 應用實驗室，為本計畫之主要推動者。

- (二) 德國 Fraunhofer IPT：Fraunhofer-Gesellschaft 研究院位於德國 Aachen 區之研究單位，主要研究製程技術、製造機器、生產計量與品質及技術管理等，並提供合作單位及客戶量身訂做的「互聯適應生產(connected, adaptive production)」解決方案。
- (三) 瑞典 RISE：瑞典國家研究創新機構，提供獨特的專業知識、試驗平台和示範設施，以及協助發展前瞻技術、產品和服務，同時透過與產業界、學術界及公部門的國際合作，確保瑞典的商業競爭力並推促永續社會。
- (四) 德國 Fraunhofer IWU：Fraunhofer-Gesellschaft 研究院所轄之研究單位，位於德國 Chemnitz 區，主要研究重點為汽車和機械工程領域之生產鏈相關應用研發。
- (五) 瑞典 Swerim 產業研究中心：隸屬於 RISE 之研究單位，重點研究領域為採礦工程、冶金工藝及材料相關的應用研究，主要應用產業為礦產、鋼鐵製造業和金屬工業。
- (六) 夏默斯科技大學(Chalmers University of Technology)：位於瑞典南部哥德堡之高等教育機構，以科技教育、研究和創新聞名，專注於技術、自然科學、建築、海洋和其他管理領域，該大學在此計畫主要參與單位為其工業材料科學系(Department of Industrial and Materials Science)。

六、本組初步觀察與提案建議

(一) 初步觀察

「瑞典-德國智慧生產製造測試平台計畫」於動力系統製造應用之研發位居世界前茅，擁有先進科技技術及研發水準，而我國智慧機械廠商之製造能量屬全球前段班，我方可以相關動力機械及高科技組件設備供應商切入，開展本計畫相關合作，軟硬整合、共創雙贏。

(二) 提案建議

本組業已洽詢本計畫 KTH PMH 應用實驗室有關第 3 方參與該計畫之可能性，獲告歡迎符合條件及能力之國際夥伴加入，積極貢獻所長，建請鈞局協調我相關具研發能量之業界法人機構優予考量參與本計畫，共同促進智慧生產及動力機械系統製造之發展，並納入本(2020 年)屆臺瑞典次長級經貿對話會議議程討論，推動臺瑞典雙邊產業合作。

七、相關參考文獻

瑞典 KTH PMH 應用實驗室及瑞德智慧生產製造測試平台簡介。

- (一) https://www.pmh.itm.kth.se/polopoly_fs/1.892038.1553856429!/2019-03-29%20Manufacturing%20of%20Electric%20Powertrains%20brochure%20-%20web.pdf
- (二) https://www.pmh.itm.kth.se/polopoly_fs/1.982115.1588802920!/Brochure%20Swedish-German%20Testbed%202019.pdf