

印度 ICAR-Central Institute of Agricultural Engineering 參訪心得

作物環境科 助理研究員 周浩源 分機 345

前言

印度農業研究委員會 (ICAR) 下屬的中央農業工程研究所 (Central Institute of Agricultural Engineering , 簡稱CIAE) 位於印度中央邦的博帕爾市，成立於1976年，旨在滿足國家在農業工程領域的需求，願景包括透過農業機械化提高農作物生產力、利用再生能源、高效管理灌溉用水、減少收穫後損失以及促進農業綜合企業發展，從而實現印度農業現代化，以提高收入和創造農村就業機會。該研究所的職責是開展農業機械化、收穫後食品加工和增值、灌溉和排水工程以及農業能源管理方面的基礎、適應性和應用研究。

作為印度農業工程研究與發展的領先機構，印度中央農業工程研究所通過農業機械化、收穫後處理增值、能源管理、灌溉排水工程及資訊技術等領域的研究，提高農業生產力和農民收益。本次於印度中央農業工程研究所的受訓主要針對印度現行使用之農業機械、部分農業機械研究及農業機械檢測等方面進行課程及參訪學習。

印度農業機械

在農業機械的應用方面，印度農業以大型農機為主，許多農業機具皆採用附掛於曳引機 (Tractor) 的作業方式，並利用曳引機的動力輸出軸 (Power Take-Off, PTO) 作為動力來源。此類曳引機的馬力

多數在35馬力 (HP) 以上，所搭配的附掛設備涵蓋耕作、播種、中耕、植保、收穫與脫粒等多項農業作業功能。例如，圖1所示之附掛式播種設備為當地常見機具之一，即THIND HAPPY SEEDER，屬於十行式 (10-row) 播種設備。該設備專為水稻收割後的田區設計，適用於尚存稻稈殘留且未經整地的環境，能夠直接進行播種作業。該機具結合稻草管理切碎機 (Straw Management System)，可在水稻收割後立即播種小麥等作物，無需傳統耕作步驟，從而有效降低農作轉換時間與勞力需求。該技術亦能減少農民焚燒稻草殘留物的需求，進而減少溫室氣體的排放，提升農業的環境永續性。

此外，亦有如圖2所示附掛式果園噴霧機 (Orchard Sprayer)，此類設備適用於大型果園的病蟲害防治作業。該機



▲圖 1. 附掛式播種設備。

型採用鼓風系統 (Air-Assisted Spraying System)，可將藥液均勻噴灑至果樹葉片與樹冠，以提升農藥利用效率與施藥效果。



▲ 圖 2. 附掛式果園噴霧機。

農業機械研究

在農業機械研究方面，印度中央農業工程研究所積極開展無人機與自動化播種機的相關研究與試驗，在無人機應用方面，該研究所進行了農業噴灑技術的模擬試驗，如圖3所示。研究人員採用軌道吊掛無人機，以模擬其噴灑農藥的過程。在試驗設計上，於無人機下方定點放置盆栽植物，並在葉面、葉背及葉梗處夾附水試紙，以評估藥液的分布情況。該測試方法與我國農業試驗所的無人機性能測試模式相似，然而兩者仍存在方法上的差異。農業試驗所直接於實際田地中操作無人機進行飛行測試；而印度中央農業工程研究所則透過吊掛方式固定無人機，並改變螺旋槳轉速，以分析不同氣流狀態下藥液的飄散與沉降分布情形。實驗過程中，研究人員記錄螺旋槳轉速與無人機移動速度的變化，並觀察藥液噴灑至下方盆栽的分布狀況，以獲取不同風場條件對噴霧效果的影

響。

印度中央農業工程研究所亦進行地面無人播種機的相關研究與開發，如圖4所示。該研究所設計了一款遙控播種機，該機型搭載四個獨立驅動的馬達，驅動人字輪 (Chevron-Pattern Wheels) 以提供穩定的推進力。該設備採用雙行播種 (Two-Row Seeding) 模式，可提升播種作業的效率與精確度，進一步降低人工操作的需求。



▲ 圖 3. 軌道吊掛無人機測試。



▲ 圖 4. 遙控播種機。

在再生能源研究的領域，印度中央農業工程研究所致力於開發利用太陽能與生質能的農業機械與能源系統。其中，該研究所已嘗試設計一款以太陽能為動力來源

的小型輪式除草機械，如圖5所示。此設備在小型輪式除草機械的上方安裝太陽能光電板，並在機體下方配置容量為48V、100Ah的鉛酸電池作為儲能裝置。該機械採用功率為2kW的48V無刷直流馬達（Brushless DC Motor, BLDC）作為動力來源，並搭載迴轉式除草刀具，以提升田間作業效率。此外，透過太陽能光電板充電可延長機械運行時間。根據研究人員Dr. Sandip Mandal的測試結果，該機械的連續作業時間可達4小時。

研究人員亦開發了一款電動農用載具，其設計採用容量為60V、100Ah的磷酸鋰鐵（Lithium Iron Phosphate, LiFePO₄）電池，並搭載功率為6kW的60V無刷直流馬達，以提供搬運作業所需的動力。該載具的開發旨在提升農業運輸作業的效率與環保性，減少對傳統燃油動力設備的依賴。

在生質燃料（Biomass Energy）領域，印度中央農業工程研究所亦進行相關技術研究與應用。如圖6所示，透過加熱與加壓，將稻稈與稻殼等農業廢棄物加工製成條狀固態燃料，並利用小型汽化爐（Gasifier）進行燃燒與發電，以提供偏遠田區電力支援。研究人員亦有開發可產出生物炭（Biochar）技術，其應用包括土壤



▲圖 5. 太陽能小型輪式除草機械。



▲圖 6. 條狀固態燃料。

改良，進一步提升農業永續性。

在灌溉及水源管理方面，研究人員應用了可程式邏輯控制器（Programmable Logic Controller, PLC）控制系統，結合電腦進行遠端田區灌溉控制。如圖7所示，控制介面可即時顯示灌溉水閥的開啟狀態，並允許使用者透過下方的手動旋鈕或電腦端進行即時調整。該系統能夠接收來自田區的土壤水分資訊，並將數據回饋至電腦，以輔助灌溉決策。然而，研究人員指出，由於印度農田多數地區缺乏穩定的網路連接設備，因此，遠端灌溉控制系統的實際使用率相對較低。印度中央農業工程研究所亦從事無土栽培技術的相關研究。圖8所示之立式柱狀栽培系統（Vertical Column Cultivation System）即為其中一項應用，該系統將作物種植於黑色凹槽內，並透過柱狀結構內部的噴霧裝置提供必要的水分與養分。研究人員進一步表示，在實際運用過程中，此栽培技術會搭配自然光與人工光源，以確保作物生長所需的適宜光照條件。

農機檢測與訓練



▲圖 7. 遠端田區灌溉控制。



▲圖 8. 立式柱狀栽培系統。



▲圖 9. PTO 動力測試設備。



▲圖 10. 氣體排放量測試。



▲圖 11. 試驗電腦監控系統。



▲圖 12. 制動性能測試。

在農機檢測方面，印度中央農機訓練測試中心(Central Farm Machinery Training and Testing Institute) 擁有完善且全面的檢測實驗室與訓練設施，能夠進行多方面的農機性能測試。其中，該中心主要針對曳引機 (Tractor) 進行相關測試，涵蓋動力輸出、排放監測及制動性能等關鍵指標。

如圖9至圖12所示，該中心採用多種先進設備進行檢測。圖9所示為動力輸出軸 (Power Take-Off, PTO) 動力測試設備，該設備用於測量PTO輸出的扭矩與功率，以評估曳引機的動力輸出性能。圖10則顯示曳引機排放量測的情境，透過專門的設備監測其排放數據。圖11展示電腦監控系統，該系統可即時記錄與分析測試數據，以確保結果的準確性與可靠性。圖12為煞車性能測試，該測試透過安裝於煞車踏板的感測器，量測駕駛者踩踏煞車時的施力大小，並記錄煞車啟動後車體的移動距離，以評估其制動效果。

印度中央農機訓練測試中心除農機測試業務外，亦開設農機維護技師培訓課程，旨在提升農民及技術人員的農機維修能力。該課程涵蓋數週至數月的系統性培訓，修業完成後可獲得相應證書，以證明其專業技能並提升就業競爭力，如圖13所

示。培訓課程採取理論與實作並重的教學方式，由專業講師指導學員進行機械結構拆解與組裝實作，並詳細講解各部件的功能、維修方法與故障診斷技術。透過實地操作，學員可掌握農機維修的核心技術，提高農業機械的使用壽命與運行效率。

結語

誠摯感謝長官提供此次受訓機會，使本人得以至印度中央農業工程研究所進行學習與交流。本次培訓過程中，深入觀摩多項農業機械相關研究，並對其技術應用與發展趨勢有更深入的理解，獲益良多。亦有機會與來自不同國家的技術人員進行交流(圖14)，探討各國農業機械發展現況及其面臨的挑戰，從中獲取寶貴的經驗與見解。此行不僅深化了專業知識，亦拓展了國際視野，並建立了良好的人際網絡，對未來農業機械技術的研究與應用將有重



▲圖 13. 農機維護訓練。



▲圖 14. 受訓團員與老師合照。