

電動管理作業機之研發及性能表現研究

周浩源、吳有恒、李汪盛

農業部桃園區農業改良場

摘要

我國的農業耕作勞動力結構相對老齡化，同時近年來，減少二氧化碳等溫室氣體排放已經引起社會關注。在傳統的農業工作中，使用農業機械可以顯著降低勞動強度，進而減輕因高齡化而產生的農業勞動力不足問題，電動農業機械則可以在減輕勞動負荷的同時減少碳排放。這項研究開發用於設施管理的初代電動設施管理原型機器，整個機器以曳引機為設計考量，並具有 PTO 動力輸出軸，在能耗上具有減碳效益，本電動管理作業機附掛移植機執行旱田菜苗移植作業時，平均能耗約為 3.75 kW，僅傳統動力插秧機作業能耗之 36%。本機為未來電動化農業動力研究提供設計方向。

關鍵詞：碳排、電動農機、設施管理、農用動力。

緒論

我國農業生產人力需求龐大，然而大部分參與農業勞動的農戶成員年齡較高。根據農業部農糧署 110 年度農家戶口抽樣調查報告的結果顯示，自家農業的勞動力結構主要以 45 至 65 歲及 65 歲以上的年齡層為主，這兩個年齡層的人口總共佔整體的 85.56% (農糧署, 2022)。由於農業機械化是實現適當糧食生產的基礎，伴隨人口不斷增長，共同的農業工程思維需要改變，以便開發在環境影響、效能、生產力和安全性方面優於傳統農業機械的新型農業機械，電動化是一個可行的解決方案(Scolaro, E. et al. 2021)。電動化農業機械的導入，除可大幅提升農業生產之效率，同時也可以減輕因二氧化碳等溫室氣體排放所造成全球暖化問題。電動化農業機械具備環保和永續性，不需燃燒化石燃料，因此不會產生尾氣排放，從而可以顯著減少空氣污染物的排放。電動化農業機械碳排來自電力使用，可使碳排集中在發電廠端，減少移動式溫室氣體污染源的產生，增加環境永續性，同時使用電力控制的特性，為農機自動控制提供相對容易精準控制的基礎，而電動曳引機研究方向也自馬達、動力、電池、能源管理、系統模擬等研究，慢慢加入智慧化的成分(Chen, A. et al. 2019)。

在農事管理機械中曳引機佔有相當重要的角色，電動曳引機具備較傳統曳引機低的環境影響(Dhond, R. et al. 2021)，與傳統的內燃機械相比，電動機械通常噪音更低且振動更少，這有助於改善工作環境，減少對操作人員的影響，並可設計具有較少的傳動部件和較簡單的機械結構之傳動方式，使動力傳輸耗損下降。

本研究研發電動式管理作業機，開發電力系統，保留 PTO 設計，可附掛多種農機具，協助執行播種、移植、施肥管理及收穫等，可協助減少溫室內大量勞力需求工作。本機全電動之特性，可降低溫室氣體排放，於溫室作業中無排放汙染氣體，不會產生廢氣滯留於溫室中情況。

材料與方法

本電動式管理作業機設計考慮傳統曳引機需求，採用輪胎直徑 82 cm，胎面寬 18 cm 之人字胎紋輪胎，機身最低離地距離 54 cm，方便於田間行駛時不傷作物，並保留 PTO 動力輸出方式設計，以搭配傳統附掛型農事機具。

本電動式管理作業機控制系統主要包含三部分，分別是動力輸出系統、油壓控制系統及電力系統。

一、動力輸出系統

本電動式管理作業機由機體前方 11 KW 主馬達作為主要動力輸出，動力經由駕駛座前方皮帶及傳動軸傳動至駕駛座下方變速齒輪箱，再傳動至主傳動軸，主傳動軸位於機體底盤下方，以變速箱位置為分界分為前後兩段，離合器配置於變速箱旁，動力傳至變速齒輪箱後再由主傳動軸向前、後差速齒輪傳動，最後動力再傳至輪軸帶動高架式車輪，採四輪傳動以適應田間各種地面情況，並設計以四輪轉向縮小轉彎半徑。PTO 軸之動力則是由主馬達帶動皮帶後，由傳動軸直接傳動至後方，再由皮帶帶動 PTO 輸出軸。

二、油壓控制系統

本電動式管理作業機設計具油壓控制系統，油壓動力由機體電池後方 3 KW 馬達為動力源，動力由馬達輸出後經由皮帶帶動兩個油壓幫浦，油壓供應動力方向盤、後方三點連接拖桿之舉升及附掛機具油壓動力供應。機體後方油壓缸之液壓油會經由手動四口三位閥控制，本機油壓缸配置於機體後方三點連接處，以舉升三點連接下方兩支拖桿，兩支拖桿分別設置油壓缸，於機體尾端以並聯方式連接油壓缸迴路。液壓油油槽設置於操作者座位後方，具備液壓油洩壓閥及回油油路，以便於液壓油路壓力過大時洩壓回油。



圖 1、本機油壓系統

三、電力系統

本電動式管理作業機機體主電池採用 48V 160Ah 磷酸鋰鐵電池作為電力來源，磷酸鋰鐵電池作為農用電池具備一定程度之安全性，電池箱設置於機體前端與機體相連不可分離，於電池箱外部設置 200A 保險絲，以避免超出電池負荷之放電情形，此磷酸鋰鐵電池主要供應主要動力輸出馬達及油壓系統動力馬達。於駕駛座前方控制板右側設計充電孔，單次充電時間約 26 小時。

本機另設有 12V 36Ah 附屬電池系統，主要提供機體號誌燈具電源使用，電池採用湯淺鉛酸電池，電池配置於駕駛座右側後方。

四、駕駛座控制介面

本電動式管理作業機駕駛座前設有控制介面，可顯示主電池現有電量，駕駛座右側前方具主電門，控制本機電力開關，控制介面右側具有主動力馬達啟動撥桿、主動力馬達正反轉播桿及主動力馬達轉速控制旋鈕，主動力馬達轉速控制旋鈕可無段變速控制主動力馬達轉速，可在較小速度區間無段控制機體前進及後退速度，主動力馬達正反轉播桿調控主動力馬達正反轉，進而控制機體前進與後退。主動力馬達轉速控制旋鈕上方設有油壓馬達啟動控制撥桿，可依操作需求開關油壓馬達，主電門左側具有手動四口三位閥，可利用控制桿調控閥門位置，以便控制後方油壓舉升或下降。駕駛座前方設有排檔桿，可調整機體變速齒輪，本機設計變速檔位包含高速三檔、低速三檔及空檔，由排檔桿控制。機體移動速度控制則由排檔桿和前述主動力馬達轉速控制旋鈕共同控制。駕駛座右前方具有煞車踏板，煞車踏板以油壓方式控制傳動軸上之碟式煞車，左前方設置離合器踏板。駕駛座右前方設有 PTO 控制拉桿，可控制 PTO 動力離合，駕駛座右側設有手煞車拉桿，以鋼索方式控制於變速箱之鼓煞。各燈具開關則在控制介面左側。

五、機體結構

本電動式管理作業機軸距設計為 154 cm，輪距設計為 131 cm，機身總長 360 cm，寬 150 cm，機身以鋼架與鋼板組成，轉彎半徑約為 2.9 m，本機設計考量附掛機械後重量轉移情形，將主電池配置於車身前方，利用電池重量作為配重設計，並將較重之馬達等系統設置於前輪上方位置，重心設計於前後輪間靠近前輪約 40 cm 位置，本機總重約 1490 kg，於各項農事作業中可附掛重量約 500 kg 之機具。

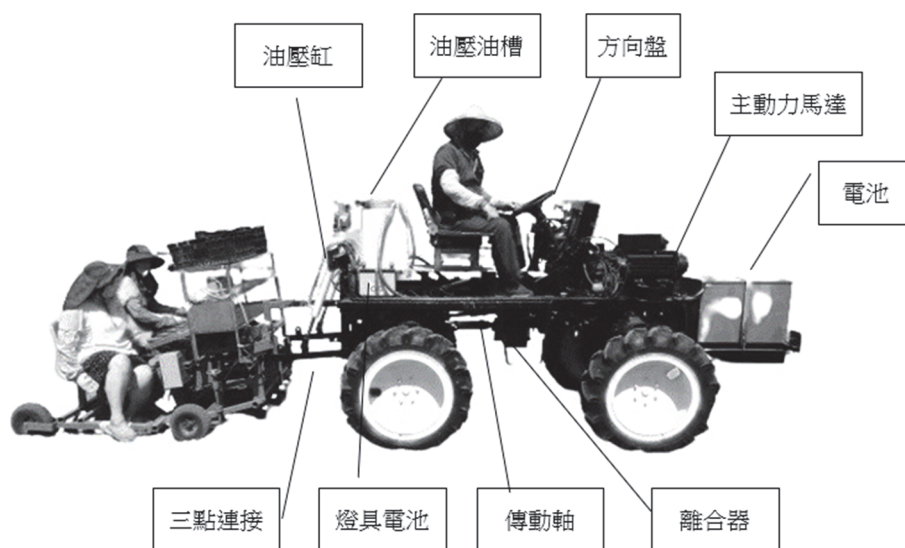


圖 2、本機各部結構圖

六、田間移植試驗

將本電動式管理作業機附掛桃園區農業改良場研發之移植機進行移植試驗，利用電力監測儀紀錄其電壓、電流及功率消耗。

結果與討論

本電動式管理作業機是第一代的原型。在設計上，它充分考慮了許多方面的傳統曳引機操作模式。其中最重要的一點是保留了動力輸出軸(PTO)系統，用於將傳統農業機械與 PTO 作為動力源進行連接。然而，這種設計也會增加主動力輸出馬達的負載，並在能量傳輸過程中消耗能源。未來，在設計新型電動農業機械時，可以考慮直接電力傳輸作為能量傳輸的方法，而不是機械手段來傳遞動能。

在電源供應部分，為了確保本電動式管理作業機的操作持久性能夠延長到數小時的連續運行，電池容量被設計得更大。儘管它可以作為機身的配重，但充電時間仍然很長。就機身

而言，由於整體機身較長，儘管具有四輪轉向設計，仍與大型曳引機具有相似的轉彎半徑，在目前的設施寬度下仍然存在許多操作上的不便。本電動式管理作業機附掛桃園區農業改良場開發的移植機時，在設施內轉彎是困難的。



圖 3、實際於田間操作情況



圖 4、實際於田間種植情況

林等人 2023 年研究顯示，燃燒 1L 汽油其碳排放量等同於使用 4.80 kWh 的電力，柴油則係 5.07kWh，並提出電動農機能耗需小於該上述數值始有減碳效益。蘇等人 2013 年研究測試曳引機實際田間整地油耗，結果最大平均耗油量 18.43 (L/h)，最小平均耗油量 4.5 (L/h)，平均耗油量 11.82 \pm 3.6 1 (L/h)，並測試動力插秧機實際田間油耗，結果最大平均耗油量 5.2 (L/h)，最小平均耗油量 2.16(L/h)，平均耗油量 3.39 \pm 0.95 (L/h)。利用上述二研究結果取動力插秧機最小平均耗油量 2.16(L/h)，換算同等碳排放量電力能耗為 10.37 kW，推論電動型動

力插秧機能耗在 10.37 kW 以下即有減碳效益。本電動式管理作業機於田間移植測試能耗功率約為 3.75 kW，移植作業能耗僅同等碳排放量動力插秧機插秧作業能耗之 36%，本電動式管理作業機具相當減碳效益。

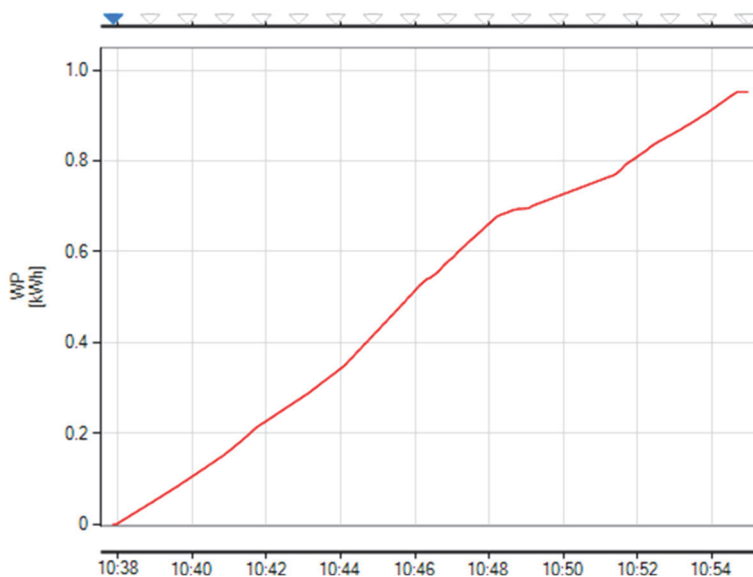


圖 5、田間移植試驗用電量累計狀況

結 論

本研究所研發之電動式管理作業機與傳統引擎式動力插秧機比較減少約 64 %之能耗，具減碳優勢，惟尚有許多設計上可以精進的空間，屬於初步將農用動力電動化之研究，在近年國際減少排碳的需求之下，農機電動化將是協助我國減少碳排相當重要的一步。

未來在設計電動化農業動力時，應考慮使用電能傳輸動力的方法。相關的附屬設備可能更適合直接配置馬達作為將電能轉換為動能的媒介，並利用電動化農業動力提供的電能進行操作。電池部分設計成可更換式，以避免單次使用後長時間充電的過程，也可以避免攜帶過重電池的問題。

參考文獻

1. Chen, A., Huang, T., Chen, S., Shi, A., & Li, F. (2019). Research status of electric tractor in china. *International Core Journal of Engineering*, 5(12), 99-104. doi:10.6919/ICJE.201911_5(12).0014
2. Dhond, R., Srivastav, U., Patil, B. T., & Vaishnav, H. (2021, July). Comparative study of electric tractor and diesel tractor. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1168, No. 1, p. 012003). IOP Publishing.

3. Scolaro, E., Beligoj, M., Estevez, M. P., Alberti, L., Renzi, M., & Mattetti, M. (2021). Electrification of agricultural machinery: A review. *Ieee Access*, 9, 164520-164541.
4. 蘇吉安(2013)。台灣農機平均耗油量之問卷調查與田間實測研究。碩士論文。國立嘉義大學。
5. 林建志、邱相文、施富邦(2023)。電動農機減碳能力初探－以農地搬運車為例。技術服務 34(4): 23-27。
6. 農業部農糧署(2022)。農家戶口抽樣調查報告。

