

智慧農作機具

張仲良 教授 | 屏科大生物機電工程系

分機：7586 | chungliang@mail.npust.edu.tw

(一) 源起

隨著台灣農業勞動人口逐年下滑以及少子化的影響，造成各地農地休耕或廢耕地面積增加迅速，再加上市場開放與同業競爭的環境下，從事田間作業的農民們已越來越少，故有必要研製一台具自主性功能之農作挖掘機具，針對現今的田間特定場域進行無人化田間作業，本研究所設計之先進型農作機具是透過低成本微機電感測元件搭配雙階層式動態控制系統來完成機具航位角度修正與轉速控制的目的。整套系統已實施於一田間場地，經實驗結果得知機具可依照所規劃的路徑行走並完成挖洞任務，直線行走誤差為4.5公分。機具省工程程度達100%，省時程度達90%(與人工鏟土比較)，與鑽洞機具比較上所花費時間會高出20%。

(二) 設計概念

本商品是利用微晶片充當系統上之概念性核心設計，使用脈衝寬度調變(PWM)驅動電路驅動四組直流馬達，以及開發精準定位要求之導航路徑規劃器，最後整合導航程式、決策演算與人機介面等程式，進行發展高精度定位需求之人性化操作環境，完成一套高穩定度之智慧化農機具導航與挖掘裝置，本商品之控制器將使用PWM訊號來驅動直流馬達進行不同轉速與轉動位置控制。另一方面，開發介面亦可延伸至全自動化挖掘功能，可依照使用者之需求進行不同間距、不同深度以及不同行數的挖洞作業。本商品創新重點在於挖洞機具定位精度技術提升且軟體程式化；馬達控制迴路可獨立控制，並可依據預設路徑或航位導引方式執行機具能夠精準直線前進；另加入安全保護電路，此做法可保護機具，避免機具碰撞以及暴衝，提高機具使用安全性。

(三) 技術開發

3.1導航與運動控制系統設計

本商品是為四輪輪式機具並搭配行航位控制模組，除此之外，本商品僅依賴電子羅盤來取得機具航向角度數據，並經由每次的校正來解決羅盤易受到外界電磁干擾而影響角度判別的問題。本商品亦採用雷射測距裝置來量測機具前方與定點物體之距離，當距離值等於所設定的臨界值時，則機具進行轉向動作；而編碼器則是系統用來執行直線航行功能所需。航控模組內具有一兩階段式動態控制裝置來維持機具的行進直線性。

整個開發平台採用兩組AVR微控制晶片做為運算核心，感測單元包括了電子羅盤、編碼器及雷射測距儀，受控體則為12V直流馬達。透過感測元件回傳機具目前狀況包括：轉速、航向及與前方設定轉彎點距離，經由決策核心運算決定適當輸出量施與受控體，完成本機具之航控系統。系統平台加裝了姿態感測裝置，可讀取加速規及陀螺儀資訊，並推算目前車體傾斜角度，透過軟體程式來修正補償俯仰角(Pitch)及翻滾角(Roll)，採以鬆耦合的方式，讓車子姿態不會受到地形影響而產生航位誤差。

電路設計方面，採用PROTEL工具軟體來LAYOUT出機具控制電路，將相關模組全部放在同一塊控制電路上，讓使用者方便使用，其中包含了微控制器、馬達驅動電路、電源模組、感測器訊號產生元件。

3.2載具機構與作業機具設計與製作

載具主體設計為四輪，採四輪為主要動力，在載具後方可加裝一個連軸器，以便可以依使用者需求再增加一個曳引車。主載具長約85.1公分、寬約58.5公分、高約23.6公分、可承受重量約80Kg，採鋁擠型支架，使用12V NiMh電池，13 AH。輪胎外徑尺寸為310 mm，在載具主體上方設計一長方形的空間，可將控制器、感測器、驅動器、電池等裝置在內部，可以保護設備的安全，即使在下雨天也可以使用本機具。

(四) 技術競爭力

本商品所處市場與大型田間機具(如大型曳引機、聯合收穫機與撥種機等)專注於作物生產是有所區隔的。商品價格方面，比如果園常用的挖洞機具，市售輪式人工移動鑽洞機價格約28500元(不含鑽頭)，最便宜的鑽動機約12000元，本研究所設計之電動行進機具開發成本約4萬元，然而，一但量產後，可壓低其機械加工成本約1萬元，再加上管銷費用，合計約3.5萬元。

此外，本機具採用直流電源供電，具環保無汙染價值，此套機具可免除農民在戶外長時間日曬而進行農務工作的辛苦，極具實用性。目前初步評估此台機具在壤土、坩質壤土或砂質壤土中直線行進30公尺(行進速度8 cm/sec, 誤差10公分合理範圍以內)下，每2公尺進行田間挖洞的情況下(共14個洞)，每個挖洞行程約40秒，總共行進與挖洞行程需花費6分鐘。如採用人力利用土鏟挖洞，每個洞約需花費15分鐘(總計3個半小時)，使用汽油式挖洞機(也需要人力操作)，30公分深度鑽洞需花費25秒(不含撥土)，且人工鑽洞方式還得揹負挖洞工具。

(五) 研發成果



圖1. 移動型農用自主挖掘機具外觀

整個系統完成外觀如圖1所示，商品規格如下：

- A) 具人性化觸碰面板式操作介面。
- B) 高扭力馬達四輪獨立驅動: 單顆定格扭力30 Kg-cm (減速比1/516)。
- C) 具挖土作業硬物偵測，採用過電流偵測模組。
- D) 電力容量顯示，續航力4.5小時 (以8 cm/sec計，含挖洞操作120次)。
- E) 具急停裝置、360度障礙物偵測裝置 (偵測距離: 5~20公分)。
- F) 人字胎紋，防水與撥土/排土外殼設計。
- G) 5~8公分高短土坡跨越能力。
- H) 45 度以下的爬坡能力。
- I) 行進速度0~15 rpm。
- J) 直線定位誤差 4.5公分 (測試距離: 100公尺)。
- K) 挖洞深度0~30公分 (可設定，一次挖洞作業時間介於40~90秒)。
- L) 載具承載重量可達 80 Kg。

致謝

特別感謝國立屏東科技大學提供技術商品化配合款項，使本案能夠順利進行，誠摯感謝科技部以及農委會能給予研究經費補助，計畫編號：MOST 104-2221-E-020-011 -以及104農科-6.2.1-科-a9。

參考文獻

- [1] C. L. Chang, G. B. Song, K. M. Lin, "Two-stage guidance control scheme for high-precision straight-line navigation of four-wheeled planting robot in a greenhouse," Transactions of the ASABE, to be published.
- [2] 張仲良、朱佳珩。自動移動之鑽洞車。發明專利，台灣，2016年獲證。