

應用電腦輔助設計 於果園高空作業車之操作安全預測

文／圖 ■ 李健、張汶肇

國外研究顯示，應用各式果園高空作業機可提升不論修剪、套袋、疏梢或採收皆達30%~40%以上的作業能力，在部份條件狀況下甚至可高達70%。本場為改善及輔助國內平地果園之田間管理作業，於2017年引進西班牙輪式吊桿高空作業車（圖1），另於2019年引進日本汽油履帶式吊桿高空作業車（圖2），並應用於採收、整枝修剪及疏梢等果園田間操作，建立平地果園省工機具之作業模式，以提高操作人員之安全性及達到省工之目的。

西班牙輪式吊桿高空作業車採用柴油引擎動力轉油壓馬達傳動，左右側兩輪皆可各別獨立驅動，然而行走時若輪胎落入凹坑時會導致機體嚴重傾斜晃動。日本汽油

履帶式吊桿高空作業車，採用履帶可獲得更佳的地面行走性能及抗路面凹陷引起的顛簸，然而其傳動系統無法達到兩邊履帶同時反向旋轉，只能同向差速旋轉，再加上需排檔切換旋轉方向，因此在有限迴轉空間下移動操作過程繁複。

考慮到高空作業車使用時並非長時間持續移動，有許多時間是處於停滯狀態，這對於以持續運轉的引擎為動力源的設計來說，會有能源使用率低及車體停滯時的排氣油臭的問題。鑒於前述分析及經驗，本場設計出一式電動履帶式高空作業車，其左右兩邊履帶由兩顆獨立電動馬達驅動，目前電動履帶已於組裝廠完成功能驗證測試，其移動靈活度及扭力漸進調變控制皆相當優異，明顯勝過前進引擎或油壓馬達的



- 1 本場2017年引進西班牙輪式吊桿高空作業車
- 2 本場2019年引進日本汽油履帶式吊桿高空作業車

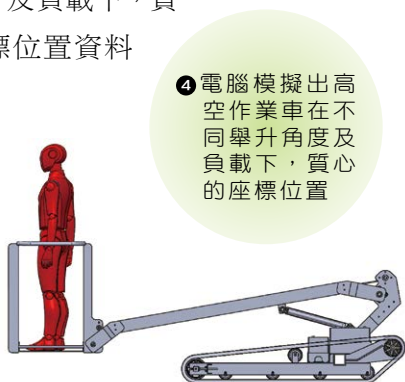


③ 電動履帶式高空作業車組裝零件進行質量紀錄

傳動設計。底盤緩和且穩定的移動亦能降低吊桿上面作業台的劇烈搖晃，強化使用上的安全穩定度。

目前在大部分建築或工業用的大型高空作業車，已配有自動化姿態偵測及主動姿態範圍限制的功能，然而國外農業果園用途的機型目前皆無此類安全輔助設計，大多數僅配備簡易傾斜角度指示器供操作者參考。因此本場以電腦模擬資料來建立高空作業車的安全姿態模型，首先將各式組裝零組件進行實際詳細質量紀錄（圖3），並將其質量資料帶入3D設計圖架構中，並以電腦實際模擬出高空作業車在不同吊桿舉升角度（亦即作業台高度）及負載下，質心在空間中的座標位置資料

（圖4）。由於實際模擬資料皆以實測零組件質量為數據基礎，因此可預期計算結果將

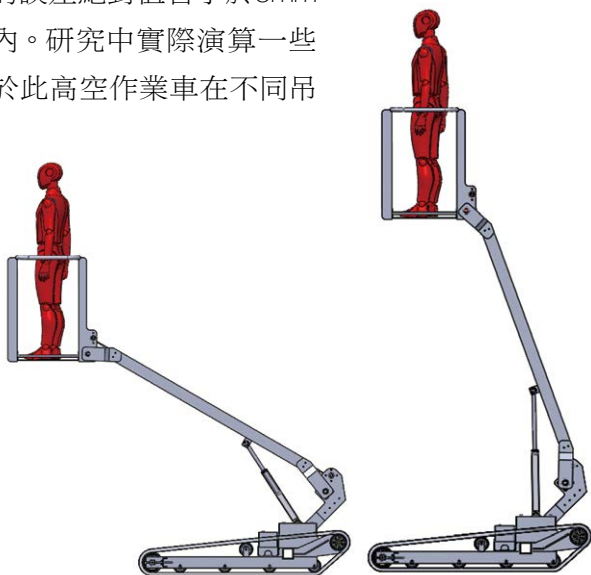


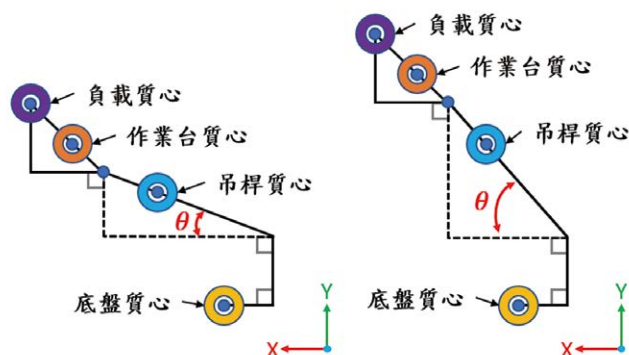
④ 電腦模擬出高空作業車在不同舉升角度及負載下，質心的座標位置

精確符合實際情況。本場所採用車台質心求取技術，克服了目前業界將實際車輛置於傾斜平台進行量測時的困難度；另一方面當作業車規格設計有所變更的時候，只需將變更零件質量重新帶入3D設計圖，即可重新獲取變更之質心座標資料，可謂以虛實整合的技術概念使農業機械的設計分

析驗證效率大幅提升。

本場發展出一套考慮到高空作業車吊桿舉升角度變化的「集總元素模型」（圖5）。集總元素將質量分佈於空間的元件，簡化為空間中的單一質點，並與其他元件經簡化後的質點，構成符合實際狀況的幾何相對關係。以此質心位置理論模型去擬合電腦質心模擬資料，來建立質心位置的精確預測模型，此預測模型所算出質心位置座標的誤差絕對值皆小於6mm以內。研究中實際演算一些關於此高空作業車在不同吊





5 預測質心座標之集總元素模型

桿角度、負載及安全係數設定下，其底盤純粹作俯仰轉動或橫搖轉動後，達到時，計算出本研究高空作業車的作業安全建議為：『當負載不大於120kg時且吊桿舉升角度不大於 60° 時，作業車底盤不論是俯仰或橫搖傾斜（圖6），其角度皆須小於 20° 以內。』

目前電動履帶式高空作業車雛型機已於本場文旦果園完成行走測試，及負載

140kg下大於 20° 橫搖（圖7）及俯仰（圖8）傾斜穩定度測試，目前測試結果與模型預

7 橫搖傾斜穩定度測試

8 俯仰傾斜穩定度測試



6 高空作業車底盤俯仰及橫搖角度示意圖

測完全無發現違背之處。電動續航力部分，目前雛型機裝載2顆100Ah蓄電池可供持續不間斷行走約40分，若實際應用於果園具間歇移動的高空作業，預計可使用2小時，未來商品機預計裝載4顆以上100Ah蓄電池。

在未來本場將以目前建立之安全姿態計算模型來發展附掛式自動姿態偵測及警示系統，並整合於高空作業車的果園實地操作使用。能讓操作者確認安全無虞且免除使用恐懼，將可大幅增加果農購買使用意願，使本場研發之果園高空作業省工技術得到彰顯。

