

桌上型手動菱角剝殼輔助機構設計與開發

洪芝青¹、陳建勳¹

¹ 國立屏東科技大學生物機電工程系

E-Mail: cchcathy@mail.npust.edu.tw

一、前言

隨著全球人口老化趨勢加劇，農村人口減少與高齡化已成為當前農業發展的重大挑戰。行政院主計總處[1]的統計，過去十年間，臺灣農業就業人口持續下降，從 102 年的 54.4 萬人減少至 112 年的 50.9 萬人；同時，65 歲以上的農業人口比例則由 17.2% 增至 21.5%。台灣是寶島，一年四季皆有不同產物，農業產品除了自用更有外銷到世界各地，例如以台南官田地區的菱角產業為例，菱角原為官田收益最穩定的農業生產之一，但由於種植、採收需長時間泡水，勞動强度高且缺乏自動化設備，導致年輕人不願投入，加上高齡農友逐漸退出勞動市場，造成菱角種植面積逐年減少。十年間，種植面積已從 102 年的 421.62 公頃縮減至 112 年的 315.13 公頃[2]。菱角田的面積下降除了對經濟發展構成嚴重威脅以外，荒廢的農田也阻礙了當地保育鳥類的復甦，因為菱角田是台灣二級保育類動物水雉的重要棲地，如果菱角田持續減少，將對水雉的生存環境造成嚴峻挑戰。

菱角是高經濟作物，菱角仁營養豐富是良好澱粉的來源，然而，由於菱角殼本身不好剝除，以及每顆菱角大小不同和不規則的外殼，導致現有的機械設備難以有效處理菱角剝殼作業，因此菱角產業無法像其他農產業一樣透過自動化提高生產效率。菱角仁生產作業多為勞力密集的工作，運用機械自動化取代人力作業仍有難度，因此易於引發相關職業傷害，為此本研究進行其痛點分析並歸類為三項，如圖 1 所示，圖 1(a) 中標示出人因使用性不佳，因工作者長期處與某種姿勢，易造成職業傷害，並且由菱角剝除作業中顯示剝除菱角第一刀需要雙手與肩頸大量的力量支撐，須一手握持菱角，一手運用菱角刀進行菱角頭（脆弱處）破壁，以利於後續整個外殼的剝除，呈現完整菱角仁。這個剝除的過程中會讓肩頸長期處於緊繃狀態，雙手反覆出力與握持穩住菱角，造成雙手與肩頸連帶的痠痛傷害；又因剝除作業枯燥乏味，一天剝除工時達 10-12 小時不等，長期坐姿與雙手無支撐性的不斷出力，容易加重年長者的腰部承受力的傷害，如圖 1(b) 所示。又生物生態是互利互助環環相扣的，維持農田的面積與農業生態系統在今日也是保育生物多樣性的重要課題之一，圖 1(c) 顯示若菱角田休耕停耕時，間接地將造成水雉無家可生活生存，對於水雉復育的影響深遠。

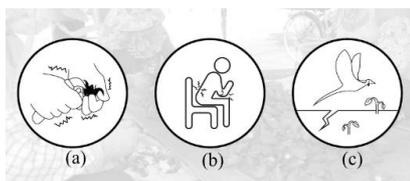


圖 1 痛點分析示意圖

為了延緩現有農民退休年齡、降低因身體勞累而產生倦怠萌發休耕念頭或缺工的無奈、以及減少職業傷害等，因此本研究的目的為提出一適合高齡農友使用的**桌上型手動菱角剝殼輔助器具**，該輔助工具將替代剝除菱角外殼的其中一道程序，即**菱角破壁的第一刀**，運用肘節機構可短距離內產生大力量的輸出特性，為菱角殼破除第一刀使用，並依照人因工程設計出符合人體工學且能夠省力的機構，幫助高齡農友剝除菱角外殼。

二、輔具機構設計與開發

本研究使用 Double Diamond 設計方法為主要研究架構[3]，其研究流程如圖 2 所示，從使用者訪談與觀察中經由人物誌與腦力激盪法發現問題，進而定義需求，再針對需求進行創意發想與概念設計尋求解決需求之道，並且將創意付諸行動製作模型測試及反覆修改。

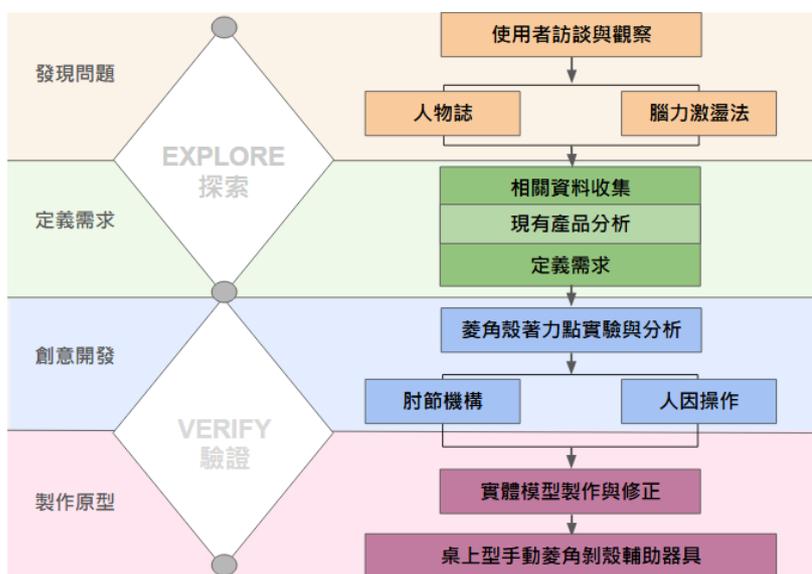


圖 2 研究流程圖

定義需求

根據訪談及產品分析後整理並發現以下問題：

1. 菱角種植是一項高度勞動密集的工作，從栽種、養護到採收，皆需投入大量人力與時間。由於工作繁重且環境艱辛，導致年輕人對此產業興趣缺乏，難以吸引新一代農民投入。為了維持菱角田的耕作與經濟收入，許多年邁的農民即使已屆六、七十歲，仍堅守崗位持續進行菱角種植，導致菱角種植產業嚴重高齡化。
2. 菱角剝殼工具看似很多，但根據農友使用後的經驗與比較，大多數產品都未能有效處理生菱角殼，現今農友依舊以傳統菱角刀作為剝殼的工具，但傳統菱角刀不夠省力，對於年長者操作不友善。
3. 由於菱角剝除作業中（圖 3）顯示剝除菱角第一刀需要雙手與肩頸大量的力量支撐，這個剝除的過程中會讓肩頸長期處於緊繃狀態，雙手反覆出力與握持穩住菱角，造成雙手與肩頸連帶的肌肉疲勞，此外長期坐姿與雙手無支撐性的不斷出力，容易造成年長者的手臂及腰部肌肉痠痛等職業傷害。



圖 3 菱角剝殼步驟

菱角殼著力點實驗與分析

菱角殼外觀呈現如牛角麵包般且具有一定的硬度，是菱角仁與菱角芽的重要保護措施，但也因為如此，想要剝除菱角殼就需要花費較大的力氣與技巧，為了能夠更了解菱角殼與找出適合的下刀點，本研究透過實驗及分析大量的菱角殼並進行剝皮、腐爛等方式找出菱角殼的薄殼處，如圖 4 所示。經過剝皮後的菱角殼其外殼上具有條狀的纖維紋路，透過穿刺的方式可以知道具有紋路的部分即為薄殼處。經實驗後發現，菱角乾燥脫水後菱角仁具有一層薄膜且薄膜會緊貼菱角殼的凹面，使凸面呈現簍空的狀態，推估菱角仁與殼之間的薄膜可能因菱角仁生長時間的先後，導致凸面薄膜與菱角殼較不緊密，因此剝殼時選擇凹面處下刀，凸面處撥開菱角殼的方式較不會傷害到菱角仁，與圖 3 農友剝除菱角的經驗相符。本研究將透過以上的特性融合於輔具中，幫助使用者更好的剝除菱角殼。



圖 4 角殼著力點實驗與分析

桌上型手動菱角剝殼輔助器具

桌上型手動菱角剝殼輔助器具設計與開發，運用了肘節機構[4]為主要破壁之線性運動方式，運作方式與手動水果榨汁機雷同，利用手臂下壓的動能集中至下端刀片，針對菱角殼較為脆弱處進行第一刀的破壁動作，以利於後續的剝除作業；與手工進行菱角剝殼作業不同，不需要用雙手進行一手握持固定菱角及一手出力破殼剝殼作業，如此設計能夠大幅度節省力量，降低現存之高齡農友的工作壓力；又為了能夠提升作業速度，本產品將主要施力的懸臂端與放置菱角的固定端方向分開，放置菱角的空間放大、減少干涉藉以此達到加快作業進度及省省力的目的；如圖 5 所示為本產品之設計概念 3D 立體圖與爆炸視圖。

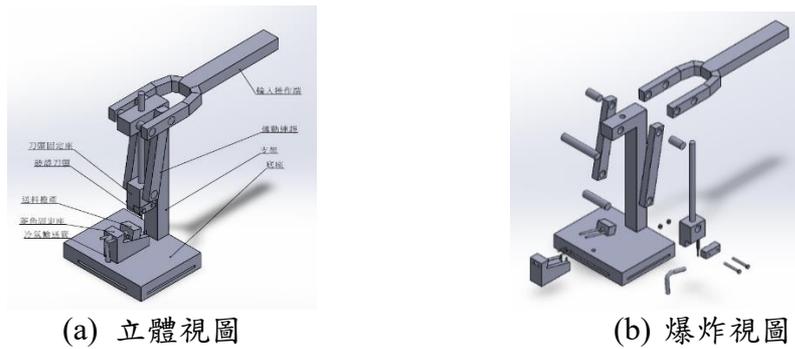


圖 5 產品建模

三、結論與建議

本研究是設計一款幫助高齡農友剝除菱角殼之**桌上型手動菱角剝殼輔助器具**，替代剝除菱角外殼的其中一道程序，即**菱角破壁的第一刀**，透過人因工程與肘節機構設計概念，基於農務人性化與耕具省力化的理念，進行桌上型手動菱角剝殼輔助器具的設計，希冀減輕農友在菱角剝殼作業中的勞動強度，提高工作效率，延長高齡農友的工作壽命，並促進菱角產業的永續發展。本研究成果之優勢：

1. 針對高齡農友長期使用傳統剝殼工具導致的肌肉骨骼損傷問題，如腕隧道症候群與關節退化，本研究透過符合人體工學的輔助器具，降低農友的工作負擔，減少長期勞動帶來的職業傷害，促進農村勞動者的身心健康。
2. 輔助工具設計過程融入人因工程理念，強調輕量化與簡單操作，滿足高齡者的體能需求，讓農民能長期從事菱角剝殼作業，並降低勞動對身體的負擔，延長農業勞動力的可持續性。
3. 雖然農業自動化可提升效率，但高齡農友面對機械設備可能存在學習與適應困難。本研究開發手動輔助工具，結合傳統技術與創新設計，提供低學習門檻且符合農村實際需求的解決方案，彌補自動化與人工操作之間的空缺。
4. 創新輔助工具可提升菱角剝殼的加工效率，減少人力消耗，並適應農村勞動力結構的變化，為未來農業升級提供基礎，有助於農產品產值提升與農業發展的持續性。
5. 透過提升剝殼效率，保障菱角田的持續耕作，避免因休耕導致的濕地生態退化，為水雉等依賴菱角田生存的生物提供穩定棲息環境，實現農業生產與生態保育的雙贏。

參考文獻

1. 行政院主計總處，<https://www.dgbas.gov.tw/>。
2. 農業部農業資料統計查詢，<https://agrstat.moa.gov.tw/>。
3. The Double Diamond，<https://www.designcouncil.org.uk/our-resources/the-double-diamond/>。
4. 顏鴻森、吳隆庸、黃文敏、吳益彰、與藍兆杰，現代機構學，東華書局，2020。