

國立宜蘭大學生物機電工程學系

碩士論文

Department of Biomechatronic Engineering

National Ilan University

Master Thesis

秧苗箱自動取箱搬運作業分析之研究

Analysis of Automatic Tray-Discharging Operations for Rice

Seedlings

朱雅慧

Ya-Hui Chu

指導教授：邱奕志 博士

Advisor : Yi-Chich Chiu, Ph.D.

中華民國九十九年九月

September, 2010

# 國立宜蘭大學學位論文授權書

本授權書所授權之論文為授權人在國立宜蘭大學生物機電工程學系所

98學年度第2學期取得 博士 碩士學位之論文。

論文名稱：秧苗箱自動取箱搬運作業分析之研究

指導教授：邱奕志

茲同意將授權人擁有著作權之上列論文全文資料，非專屬、無償授權國立宜蘭大學及國家圖書館，不限地域、時間與次數，以光碟或其他各種數位化方式將上列論文重製散布、發行或上載網路，提供讀者基於個人非營利性質之線上檢索、閱覽、下載或列印。

授權選項：

- 校內、校外公開。
- 校內公開，校外於一年二年三年四年五年後公開。
- 因上列論文為授權人向經濟部智慧財產局申請專利之附件或相關文件之一(申請專案號：)，校內於一年二年三年四年五年後，校外於一年二年三年四年五年後再將上列論文公開陳列或上載網路。(勾選本項需經指導教授親筆簽名)
- 因上列論文尚未正式對外發表，校內於一年二年三年四年五年後，校外於一年二年三年四年五年後再將上列論文公開陳列或上載網路。(勾選本項需經指導教授親筆簽名)

數位化公開方式若未勾選本人同意視同授權校內、校外公開

授權人：朱雅慧

E-mail：r9731010@ms.niu.edu.tw

簽名或蓋章：

指導教授親筆簽名：

中華民國 99 年 7 月 30 日

國立宜蘭大學碩士學位論文  
指導教授推薦函

生物機電工程學系 朱雅慧 君所提之論文

(題目)：秧苗箱自動取箱搬運作業分析之研究

係由本人指導撰述，同意提付審查。

指導教授  (簽章)

系所主管  (簽章)

中華民國 99 年 7 月 30 日

國立宜蘭大學碩士學位論文  
口試委員審定書

生物機電工程 學系／研究所 朱雅慧 君

所提之論文（題目）：

秧苗箱自動取箱搬運作業分析之研究

經本委員會審議，認定符合碩士資格標準。

學位考試委員會召集人

陳世銀 (簽章)

學位考試委員

邱嘉志 (簽章)

程子邦 (簽章)

吳剛智 (簽章)

\_\_\_\_\_ (簽章)

指 導 教 授

邱嘉志 (簽章)

中 華 民 國 9 9 年 7 月 3 0 日

## 誌謝

在撰寫論文的過程中經歷了許多師長、同學及家人的幫助與鼓勵，使這篇論文得以完成，謹以此簡短的謝誌來表達我內心最誠摯之謝意。

本論文研究期間，承蒙恩師邱奕志教授悉心指導與殷切關懷，即便人在國外當訪問學者，對學生的指導與關心依舊不減，還不時犧牲自己的休息時間，撥冗指導並給予寶貴的意見。同時感謝陳世銘教授、吳剛智教授、及程安邦教授，諸位口試委員對本論文的悉心簽正，用心地對學生的論文內容仔細批閱，使本論文更臻完善。感謝鴻伸機械有限公司及東建企業的劉建中工程師於秧苗箱自動取箱機之設備實作協助幫忙。

從大學到碩士都是就讀生物機電工程學系，在係上經歷了成長與蛻變，感謝老師們對異鄉求學遊子，在學業上施予豐富的教學，生活上給予如同家人的關愛，由衷感謝本系的栽培。

感謝實驗室的夥伴們，美麗助理靜怡與純儀、本源、俊宏(低調)、上為、珮臻、克強、樞琪、靖翔、大學長志杰、義龍、家鋒和慕德，無論生活還是研究上，實驗室的氛圍就像個大家庭，與你們一起在實驗室奮鬥是非常愉快的回憶。以及感謝曾經一起修課的同學們，在研究上的互相勉勵以及熱心幫忙解決學業問題。

最後感謝我最深愛的母親，謝謝您無悔的關懷、包容與鼓勵，讓我不必擔憂生活瑣事的完成學業。

謹以此論文獻給我最親愛的家人與關心我的師長朋友，感謝你們的包容與愛護，願與你們分享這份榮耀。

朱雅慧 謹誌

國立宜蘭大學生物機電工程學系

生物生產機械實驗室

中華民國九十九年九月

## 摘要

本論文之研究目的旨在進行秧苗箱自動取箱搬運作業分析之研究，並以 LabVIEW 圖控式程式語言開發一套分析系統。在研究第一代取箱機之作業時序分析後，建立作業模式，並以第二代取箱機進行模式驗證及分析。在每個棧板堆放四疊，每疊 30 箱，共 120 箱下，第二代取箱機在三箱一疊的排放模式下，實際完成單一棧板苗箱排放之作業時間為 313.9 秒；六箱一疊排放模式則為 183.3 秒。將第二代取箱機所使用之驅動元件規格及作業參數輸入於取箱搬運作業分析系統之人機介面，進行作業模擬。模擬結果顯示：三箱一疊排放模式之作業時間為 310.54 秒；六箱一疊排放模式之作業時間為 178.34 秒，模擬與量測值之差異值在 2.71% 以內。

本論文係透過 Solidworks 建構取箱機各機構之原型以優化其配置，配合 LabVIEW 發展一套取箱搬運作業能量模擬分析系統，最佳化液壓系統之流速及變頻器之頻率進而提升作業效能。本論文模擬液壓泵從 15 至 35 l/min 流量下之作業效能，經分析結果得知，於液壓缸使用速度範圍內，將液壓泵流量提升至 33 l/min，並配合夾取裝置空及負載狀況，分別供應馬達 45 Hz 及 50 Hz 之電源頻率，可求得在三及六箱一疊排放模式下，一個棧板的苗箱排放作業時間分別為 156.97 秒及 96.87 秒，與改善前模擬值作比較，整體系統作業提升達 45.6 % 以上。開發之秧苗箱自動取箱搬運作業分析系統，可作為系統設計之分析工具，並透過友善的人機介面顯示，可做為工程人員培訓之輔助工具。

關鍵詞：棧板、苗箱、自動化、搬運系統、系統模擬

## Abstract

The objective of this research is to develop an analysis system of the automatic tray-discharging system for rice seedlings by graphical programming language LabVIEW. The data collections for the analyzed system were from the first type of the tray-discharging system and verified by the second type of the tray-discharging system. For the operations of 240 trays in a pallet with 4 stacks, the simulated results showed that the working time is 310.54 s in the discharged mode of 3-tray a pile and 178.34 s in the mode of 6-tray a pile, while the actual work is 313.9 s in the mode of 3-tray a pile and 183.3 s in the mode of 6-tray a pile, within a slight difference of 2.71%.

In this study, 3D CAD designing software Solidworks has been applied to analyze the mechanism allocation and to animate their movement in order to optimize the operational efficiency. Also the oil flow speed in the hydraulic system was varied from 15 to 35 l/min to analyze the sensitivity of the system working time. The analyzed results showed that the best working efficiency can be obtained in the 33 l/min, provided the power frequency of 45 Hz and 50 Hz for Gripping-Traveler of without loading and with loading, which the working time is 156.97 s in the mode of 3-tray a pile and 96.87 s in the mode of 6-tray a pile. In comparison with the original one, the improved operational mode can obtain a more than 41.6% of working speed. Consequently, the developed analysis system of the automatic tray-discharging system for rice seedlings could be used for system design and being a teaching aid for engineers training.

**Keywords:** pallet, tray, automation, transportation system, system simulation

# 目錄

誌謝.....	i
摘要.....	ii
Abstract.....	iii
目錄.....	iv
圖目錄.....	vii
表目錄.....	ix
第一章 前言.....	1
第二章 研究目的.....	2
第三章 文獻探討.....	3
3.1 水稻育苗作業體系.....	3
3.2 水稻育苗搬運自動化.....	4
3.3 作業模擬之應用.....	8
3.4 液壓控制系統.....	8
3.5 馬達控制系統.....	9
第四章 秧苗箱自動取箱機之介紹.....	12
4.1 第一代取箱機.....	12
4.1.1 棧板輸送單元.....	13
4.1.2 苗箱夾送單元.....	14
4.1.3 苗箱排放單元.....	16

4.1.4 控制系統 .....	18
4.2 第二代取箱機 .....	21
4.2.1 棧板輸送單元之改良 .....	23
4.2.2 行走單元之改良 .....	25
4.2.3 苗箱排放單元之改良 .....	26
4.2.4 控制系統之改良 .....	30
第五章 材料與方法 .....	33
5.1 模式建立 .....	34
5.1.1 作業時序分析 .....	34
5.1.2 取箱機驅動元件試驗及數學式建立 .....	37
5.1.2.1 苗箱夾送單元之分析 .....	41
5.1.2.2 苗箱排放單元之分析 .....	44
5.1.2.3 連續取箱作業時間之分析 .....	45
5.1.3 取箱搬運能量作業分析系統建立 .....	47
5.2 模式驗證 .....	52
5.2.1 第二代取箱機時序分析 .....	52
5.3 能量改善之分析 .....	55
第六章 結果與討論 .....	56

6.1 取箱搬運作業能量分析系統 .....	56
6.2 分析系統之驗證 .....	61
6.3 作業能量改善之分析 .....	63
第七章 結論與建議 .....	66
7.1 結論 .....	66
7.2 建議 .....	67
參考文獻 .....	68



## 圖目錄

圖 3-1、水稻育苗場之搬運系統流程 .....	3
圖 3-2、秧苗箱自動疊棧機及實地疊棧作業情形之示意圖 .....	5
圖 3-3、日本 KUBOTA 公司所研發之三種苗箱搬運機 .....	6
圖 3-4、KUBOTA 公司所開發搭配苗箱搬運機之四種乘載苗箱器具 .....	7
圖 3-5、苗箱搬運機之苗箱夾取示意圖 .....	7
圖 4-1、第一代取箱搬運系統之示意圖 .....	12
圖 4-2、棧板輸送單元之構造圖 .....	13
圖 4-3、苗箱夾送單元之構造圖 .....	15
圖 4-4、苗箱排放單元之構造圖 .....	16
圖 4-5、苗箱排放之動作流程圖 .....	17
圖 4-6、第一代取箱機作業流程圖 .....	19
圖 4-7、第二代取箱機田間作業示意圖 .....	22
圖 4-8、第二代取箱機之示意圖 .....	22
圖 4-9、棧板輸送單元之改良構造圖 .....	24
圖 4-10、行走單元之構造圖 .....	25
圖 4-11、苗箱排放單元之改良構造圖 .....	27
圖 4-12、第二代取箱機三箱排放模式之動作流程圖 .....	28
圖 4-13、第二代取箱機六箱排放模式之動作流程圖 .....	29
圖 4-14、第二代取箱機之作業流程圖 .....	31
圖 5-1、取箱搬運作業系統模式建立之流程圖 .....	33
圖 5-2、取箱作業之時序圖 .....	36
圖 5-3、苗箱排放作業之時序圖 .....	36
圖 5-4、於固定電源 220 V 及頻率 35 HZ 下，驅動馬達輸出轉速與載重之關係圖 .....	38
圖 5-5、夾取裝置由負載重量與移動至 534MM 距離所需時間之關係圖 .....	39
圖 5-6、液壓缸驅動苗箱頂起架之作業時間與負載重量關係圖 .....	40

圖 5-7、整疊苗箱作業行程之示意圖 .....	42
圖 5-8、苗箱頂起架作業行程之示意圖 .....	44
圖 5-9、取箱搬運作業能量分析系統程式流程圖 .....	47
圖 5-10、取箱搬運作業能量分析系統之作業參數設定圖 .....	48
圖 5-11、夾取裝置作業時間(T1)程式圖 .....	50
圖 5-12、棧板頂起架及夾爪作業時間程式圖 .....	50
圖 5-13、苗箱排放單元作業時間(T2)程式圖 .....	51
圖 5-14、棧板輸送作業時間之程式圖 .....	51
圖 5-15、整合取箱作業時間程式圖 .....	52
圖 5-16、三箱排放模式作業時序圖 .....	54
圖 5-17、三箱排放模式之苗箱排放作業時序圖 .....	54
圖 5-18、六箱排放模式作業時序圖 .....	54
圖 5-19、六箱排放模式之苗箱排放作業時序圖 .....	54
圖 6-1、取箱搬運作業能量分析系統介面圖 .....	56
圖 6-2、苗箱夾送單元參數設定介面圖 .....	57
圖 6-3、夾取裝置參數設定介面圖 .....	58
圖 6-4、夾爪作業參數設定介面圖 .....	58
圖 6-5、苗箱排放單元參數設定介面圖 .....	59
圖 6-6、棧板輸送單元介面圖參數設定介面 .....	60
圖 6-7、液壓缸之活塞桿移動速度之關係圖 .....	64
圖 6-8、在不同流量下模擬取箱機作業能量 .....	65
圖 6-9、夾取裝置移動範圍示意圖 .....	65

## 表目錄

表 4-1、第一代取箱機 PLC 接點表.....	20
表 4-2、第二代取箱機 PLC 接點表.....	32
表 5-1、第一代取箱搬運系統各細部作業時間.....	35
表 5-2、第二代取箱搬運系統各細部作業時間.....	53
表 6-1 實際量測與系統模擬之結果.....	62



# 第一章 前言

水稻在綠化過程中，須大量的搬運，針對不同的搬運機具與綠化場環境，探討作業方式、人力配置對作業效率的影響 (Chiu *et al.*, 2007)。在台灣田間搬運以往的作業方式，是以人工將苗箱從棧板上取出後，利用輸送帶輸送至綠化場進行鋪設。在長時間的頻繁工作下，容易對農民的身體造成沉重的負擔，若是能以機械方式來輔助人工作业，不僅可以減輕農民的勞力負擔，也能節省人力資源，並提升工作效率。因此，自動化的取箱搬運系統在田間搬運的應用上，具有高度的發展性與便利性，擁有獨立作業、高效率以及高穩定性等優勢，對於經濟效益之提升，具有一定的價值性存在。

目前邱等人(2009)開發出自動取箱搬運機，係以輸送載台與排放平台及夾取機具等一連串的自動化作業單元所建構而成，控制箱搭配觸控的操作介面，達成一擁有高流動性、操作簡易、即時控制、高效能等作業特性的自動化系統，非常適合用來改善田間搬運的勞力與工作效率等問題。若是透過軟體分析模擬建立最佳化作業模式，可降低開發成本以及進行客製化開發。近年來軟體分析逐漸成熟，其中以 LabVIEW 圖控式程式語言軟體，係以資料流(data flow)之運算概念，結合虛擬圖像編輯方式，使得程式設計者可透過人機介面直接自行開發客製化程式原型(惠, 2006)，同時也降低開發所需之時間與成本，並且對於日後程式擴充或控制策略修改，都能隨時增修功能，即時更新。

## 第二章 研究目的

本論文之研究目的旨在進行秧苗箱自動取箱搬運作業分析之研究，分析探討取箱搬運系統之作業效能，藉由建立之數學模式以分析其作業能量。本研究以 LabVIEW 圖控式程式語言開發一取箱搬運作業分析系統，模擬分析取箱搬運作業效能。透過驅動元件之規格及作業參數輸入至人機介面，觀測其作業能量之變化。將模擬值與實際量測之結果作比較，評估此系統對於作業能量分析之準確度。以 Solidworks 繪製取箱機之 3D 模型，優化各機構單元配置位置，並透過 Solidworks 進行取箱動作模擬，觀看作業流暢度，並排除作業流程干涉。

### 第三章 文獻探討

#### 3.1 水稻育苗作業體系

水稻育苗作業主要係以稻作機械化為基礎，藉由相互配合之作業硬體設備，以節省人力進而降低生產成本。其中一個完整的水稻育苗作業體系，包括苗盤清洗整理、苗土準備、稻種浸選、播種、苗盤堆積、綠化場田間搬運、卸箱、田間管理、捲苗取盤、卡車搬運等 (馮, 1996a; 邱和馮, 1998)。如圖 3-1 所示(馮, 2002)，其整合各單項機械及設備，使其作業系統一貫化、自動化及合理化。在日本 Kubota 公司(Kubota, 2010)則開發一系列設施內育苗設備，其包括催芽機、苗箱自動供給機、床土自動供給機、種子自動供給機、灑水機、覆土自動供給機、苗箱堆疊機以及苗箱搬運機等，配合不同育苗設施提供自動化系統達到低成本批量處理。

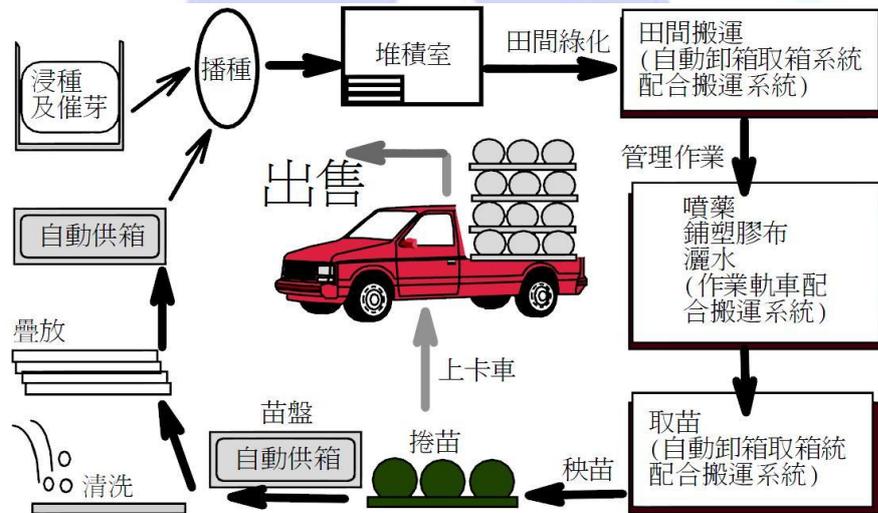


圖 3-1、水稻育苗場之搬運系統流程 (馮, 2002)

水稻育苗流程具有時效性(農忙時期)及較高專業技術之繁雜作業，經由農民自行育苗既費時費工且不合乎經濟效益外，倘若育苗失敗將會錯失水稻栽種黃金時程，進而影響農民生計及造成農業損失。因此，仰賴專業農民於水稻育苗中心集中育苗，以提供健壯秧苗供農民移植，即成為降低水稻育苗作業成本之趨勢。根據統計，民國六十一年起配合政府補助農民設置專業化育苗中心，最多全省可達 1145 處(民國 75 年 -

1143 處；民國 82 年 - 850 處；民國 91 年 - 722 處)(段, 1995; 馮, 2002)。馮等研究學者更於 1996 年指出藉由一貫化育苗播種機械之開發，能將填土、播種、灑水及覆土等播種之工作於作業線上自動完成，配合規格化(60 × 30 × 3 cm)之秧苗箱進行規劃與設計，可使作業線之最快工作速率每小時達 2,000 箱以上。這種由專業化育苗和機械化插秧相互配合的結果，使水稻作業機械化向前邁進一大步，此對解決農村勞力不足及降低水稻生產成本具有莫大之貢獻。

在水稻綠化過程中，利用軌車或特殊設計之搬運機械配合棧板進行之規劃與設計，可使苗盤之堆積、運輸、卸箱、取箱及捲苗等作業自動化，並更有效率地將苗盤輸送至水稻育苗中心之綠化區域置放。坂井(1996)與傅(1994)等學者更進一步說明，使用棧板進行貨物處理是所有物流管理之開始，亦是提升物流作業效率之關鍵。甚至於工業上，針對以棧板為基礎之搬運系統，為了使其更具自動化作業流程及人力支出的縮減，棧板的標準化儼然已成為研發設計之重點(王, 1996; 台灣棧板股份有限公司, 1999)。因此，本論文亦是採用棧板進行搬運作業之研究及分析。

### 3.2 水稻育苗搬運自動化

目前水稻育苗中心標準作業方式係將播種後之苗箱，搬運堆疊於棧板上，進行保溫催芽。待種子冒出苗箱覆土層，再利用堆高機將整塊棧板搬至入苗的供箱區，接著以人工搬運方式將苗箱從棧板上取出，透過輸送帶運將其送至綠化場，進行後續的秧苗綠化及硬化工作(邱等人, 2009; 邱和馮; 2001)。由於目前秧苗箱從棧板上取出作業均仰賴人工搬運，其中每個苗箱重約 5 公斤，每次搬運三箱，約計 15 公斤，因此於長時間及頻繁作業下，工作相當辛苦。

苗箱田間搬運方式可分為批次式及連續式兩大類，其中批次式搬運乃利用一具固定容量之載具，將貨物以一批為單位由起點依序搬運至終點，如 Chiu *et al.* (2006; 2010) 所開發之商品化秧苗箱自動疊棧機，其作業流程係將播種後之苗箱自動堆疊於棧板上，並經功能測試後，每小時作業可達 2,800 箱以上，其實際推廣應用於台灣各地區之水稻育苗中心，如圖 3-2 所示。而連續式搬運則是利用輸送帶形式進行搬運(陳, 2002)，

Chiu *et al.* (2010)開發戶外型綠化場之自動取箱機，可將堆疊於棧板上之苗箱分疊排放至綠化場中，並可搭配一系列之自動化作業設備(包括秧苗箱自動疊棧機、秧苗箱自動卸取機、自動捲苗機及輕便型輸送桁架等)，以達一貫化作業流程(Chiu *et al.*, 2000; Chiu *et al.*, 2006)。Kubota 公司所研發之三種苗箱搬運機(圖 3-3)，其作業量為 1200 箱/小時，且可配合不同乘載苗箱之器具(圖 3-4)，將苗箱排放於設施內輸送機，作自動化管理。其中 A 與 B 型係將催芽後之苗箱，自動夾取至苗箱分箱式貨架上，夾取方式為圖 3-5 所示。而 C 型係將苗箱分箱式貨架上之苗箱，由夾箱裝置將苗箱拉至輸送機上，藉由輸送機將苗盤自動排放至設施內綠化場進行綠化作業。

綠化場入苗作業的搬運路徑亦可分為兩部份(馮, 1996b)，其一為作業室至綠化場間的搬運：適用之搬運機具概括有獨輪手推車、堆高機配合棧板、堆高機配合棧板附掛板車、雙軌四輪式搬運台車、貨卡車、履帶式搬運台車、輸送帶以及空中輸送機台車等八種。其二為綠化場內部的搬運：適用之搬運機具概括有獨輪手推車、雙軌四輪式搬運台車、履帶式搬運台車、輸送帶以及空中輸送機台車等五種。苗箱於棧板完成堆疊後，再以堆高機進行整個棧板搬運至催芽區集中管理。

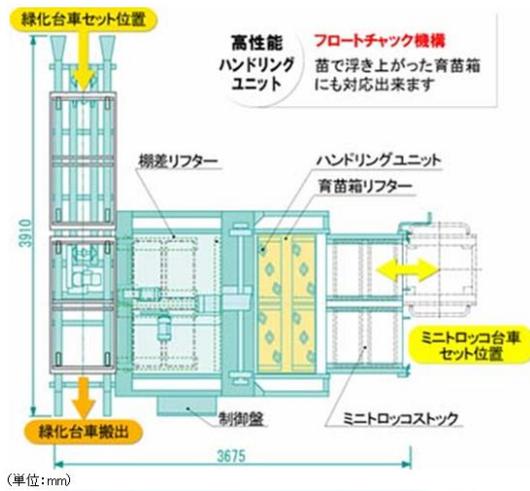


(a). 苗箱夾送

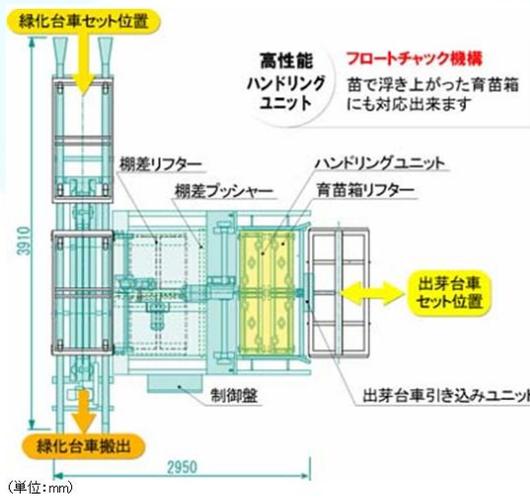


(b). 堆箱作業

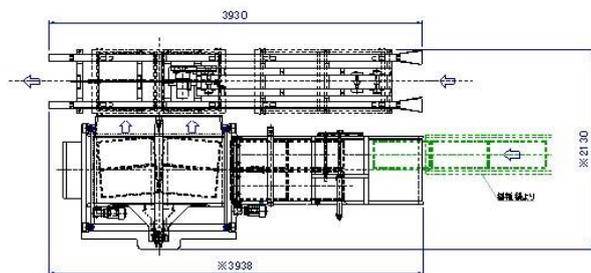
圖 3-2、秧苗箱自動疊棧機及實地疊棧作業情形之示意圖 (Chiu *et al.*, 2006)



(a). 苗箱搬運機 A



(b). 苗箱搬運機 B

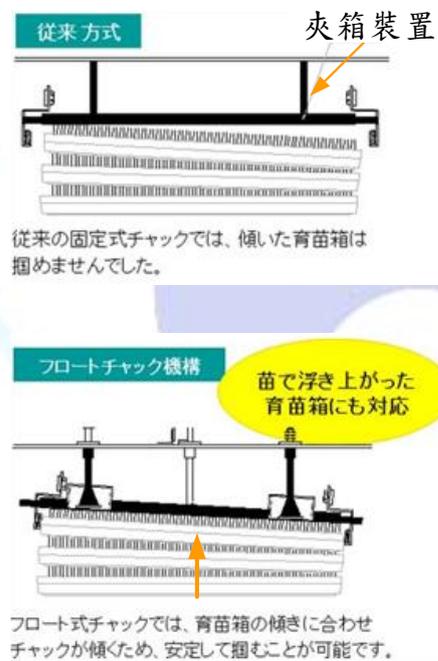


(c). 苗箱搬運機 C

圖 3-3、日本 Kubota 公司所研發之三種苗箱搬運機 (Kubota, 2010)



圖 3-4、Kubota 公司所開發搭配苗箱搬運機之四種乘載苗箱器具---A 微型車; B 苗箱貨架; C 苗箱分箱式貨架與; 棧板堆疊 (Kubota, 2010)



動作一：

夾箱装置到達苗箱夾取位置。

動作二：

苗箱由一升降機構向上移動，使夾箱裝置完整的夾取苗箱。

圖 3-5、苗箱搬運機之苗箱夾取示意圖 (Kubota, 2010)

### 3.3 作業模擬之應用

目前農業生產主要係以機械化及自動化來提高作業效能，為降低開發所需之時間及成本，藉由電腦軟體進行規劃與設計已是必然之趨勢。丁和方(1991)利用電腦模擬分析於溫室生產系統之決策支援，針對溫室內部搬運模擬、溫室生產所需資源的配置以及溫室生產系統等進行策略規劃，提供決策者關於溫室生產最大利潤以及溫室規劃與資源配置等相關資料。

Chiu *et al.* (2007)研究指出，水稻在綠化過程中需大量的機具搬運，如透過系統模擬分析，探討作業方式、人力配置對作業效率的影響，可建立最佳化之搬運作業模式，進而優化及整合機具應用於不同綠化場環境之作業流程。

在蔬菜育苗場播種作業中，穴盤育苗自動化作業包含許多繁雜的作動流程，利用電腦模擬的方法代替傳統的試誤法，可提升作業流程、動線規劃、人力資源及作業效率，進而提供育苗場規劃及改善之分析依據(洪等人, 2002)。洪等人(2002)更進一步指出在進行系統模擬之前，需先將實際現場作業流程進行分析，量測及記錄系統參數之變化，並簡化其不必要之變數，統計分析出其相對應的數學關係模式，以建立分析系統。

### 3.4 液壓控制系統

液、氣壓系統擁有高能量密度與高能量轉換倍率的優點，足以在很小的設備空間產生很大的能量，因此被廣泛使用於汽車工業、製造業及航太工業。一般油壓所謂的低壓是指在  $20 \sim 70 \text{ kgf/cm}^2$ ，而中壓是在  $70 \sim 200 \text{ kgf/cm}^2$ ，在  $200 \text{ kgf/cm}^2$  以上者則為高壓系統。在工業中，諸如鍛壓機床、衝剪機床及大型汽車用千斤頂等常常要求雙液壓缸或是多液壓缸的同步運動，由於系統本身的非線性因素顯著，以及外加負荷的不確定性增加了同步運動的困難度，因此採用液壓分流裝置、穩流裝置及串連方式配合其他零件組合的同步運動迴路(呂, 1995; 劉, 2002; 葉, 2003)。

帕斯卡原理 (Pascal's principle) 意指加在密閉容器中流體任一部分的壓力強度，

必然按照原來的大小由流體向各個方向傳遞，藉由液壓動力傳遞做連續或間歇性運動。因此利用電動機帶動液壓泵產生流體推力，讓流體推力透過液壓缸轉換成直線運動。液壓壓力與液壓缸輸出動力的計算公式為(呂, 1995)：

$$P = \frac{\Delta F}{\Delta A} \dots\dots\dots(1)$$

式中：

P=壓力(kgf/mm<sup>2</sup>)

△A=活塞面積(mm<sup>2</sup>)

△F=推力(kgf)

液壓泵輸出的液壓油經由流量調節閥進入液壓缸，若液壓泵輸出的液壓流量大於液壓缸的輸入流量，過剩的液壓油則經由放洩閥回到液壓油箱。賦予液壓缸一定壓力，即使液壓缸負荷變動，其供給速度仍保持一定。液壓泵依構造的不同，可分齒輪泵、螺旋泵、輪葉泵及柱塞泵等四種。依性能不同，又可分為定容量泵及可變容量泵兩種。在可變容量泵中，可改變流量來適應負載(呂, 1995; Fox *et al.*, 2005)。本研究分析之秧苗箱自動取箱搬運系統使用之液壓泵為輪葉泵，其優點在於體積小、重量輕、且價格便宜(葉, 2003)。

### 3.5 馬達控制系統

馬達依電源使用方式不同分為直流馬達 (DC Motor) 及交流馬達 (AC Motor)。在機電整合系統中，交流馬達主要使用之電壓源有 110V 和 220V 等兩種。因功率為電壓與電流之乘積值。若馬達擁有相同的功率，額定電壓 220V 之交流馬達所需的額定電流較 110V 之交流馬達為小。交流馬達主要分為同步馬達和感應馬達等兩大類。對於定速或者不需要調速的生產機械，可採用同步馬達為動力源(邱, 2004)。若需要進行交流馬達之轉速控制，最普遍之採用方式為三相交流馬達配合變頻器，利用改變交流電之頻率，達到改變轉速之目的。馬達轉速與頻率之關係為(Rizzoni, 2004)：

M =

$$\frac{120 \times f}{P_{\text{motor}}} \dots\dots\dots(2)$$

式中：

M=馬達轉速(rpm)

P<sub>motor</sub>=馬達繞組之極數

f=變頻器所設定之頻率(Hz)

透過馬達規格以及變頻器設定頻率之參數，則可得：

$$M_{\text{rpm}} = M \times M_{\text{ratio}} \dots\dots\dots(3)$$

式中：

M=馬達轉速(rpm)

M<sub>ratio</sub>=馬達減速比值

M<sub>rpm</sub>=馬達每分鐘輸出之轉速(rpm)

然而馬達在普遍的使用情況下，若負載較小所需之輸出轉矩也較低，因此其轉動速率相對較快；然而若負載較大，其所需之輸出轉矩也相對變大，而轉動速率也隨之降低，所以馬達轉速快慢會受負載量大小之影響。其中一般馬達之額定輸出功率可表示為(Rizzoni, 2004)：

$$P = \omega \cdot \frac{T_{\text{motor}}}{9.8} \dots\dots\dots(4)$$

式中：

P=馬達額定輸出功率(Watt)

ω=馬達額定轉速(rad/s)

T<sub>motor</sub>=馬達額定轉矩(kgf · m)

於一般情況下，馬達輸出轉距需要推動的，除了負載之轉矩外，還要考慮機構本體之摩擦及額外力量損耗，所以其額定轉矩可表示為：

$$T_{\text{motor}} = \frac{T_{\text{load}} \times T_{\text{lost}}}{9.8} \dots\dots\dots(5)$$

式中：

$T_{\text{load}}$  = 馬達負載轉矩(kgf · m)

$T_{\text{lost}}$  = 機構損耗(kgf · m)

黃(2009) 提出馬達允許短時間之過載能力，在一般情況下不建議馬達於額定負載以上之安全係數區域進行連續性操作，因為馬達在此區域可能無法提供適當之啟動及運作能力，因此設計馬達驅動系統之安全係數為 1.15。在不考慮機構本體之摩擦及額外力量損耗情況下，以安全係數與負載轉矩進行乘積，作為馬達額定轉矩，其可表示為：

$$T_{\text{motor}} = 1.15 \times T_{\text{load}} \dots\dots\dots(6)$$

本研究所探討之取箱機驅動馬達使用鏈條傳遞輸出動力，於一般使用場合下，當鏈條速度在 50 m/min 以下時，可忽略鏈條磨損所造成之延伸及疲勞效應(台灣三住, 2007)，因此根據鏈輪傳動之參數，其鏈條傳動移動速度可表示為：

$$V_{\text{chain}} = \frac{D_{\text{chain}} \times N_{\text{gear}} \times (\text{rpm} \times i)}{60} \dots\dots\dots(7)$$

式中：

$V_{\text{chain}}$  = 鏈條傳動速度(mm/s)

$D_{\text{chain}}$  = 鏈條間距(mm)

$N_{\text{gear}}$  = 鏈輪齒數

$i$  = 鏈輪齒輪比

## 第四章 秧苗箱自動取箱機之介紹

### 4.1 第一代取箱機

第一代取箱機屬定置型，需由堆高機搬運至綠化場邊，與空中輸送機連結。由取箱機將催芽完成之苗箱從棧板上搬運至輸送帶，並輸送至綠化場進行田間綠化作業。本論文以 Solidworks 繪製機構，分為棧板輸送單元、苗箱夾送單元及苗箱排放單元如圖 4-1 所示，第一代取箱機長 2,700 mm、寬 2,175 mm、高 2,600 mm。

取箱機之棧板輸送單元負責將載有苗箱之棧板，輸送至苗箱夾送區等待。苗箱夾送單元負責將堆疊於棧板上之苗箱，由夾爪夾送至苗箱排放區排放。苗箱排放單元以間歇機構將三箱苗箱為單次輸送量，依序放置於輸送帶上，運送至綠化場排放。本研究使用之棧板規格為 640x1,280 mm，一個棧板可裝載四疊苗箱，每疊 30 箱，故每個棧板可堆放 120 個苗箱。

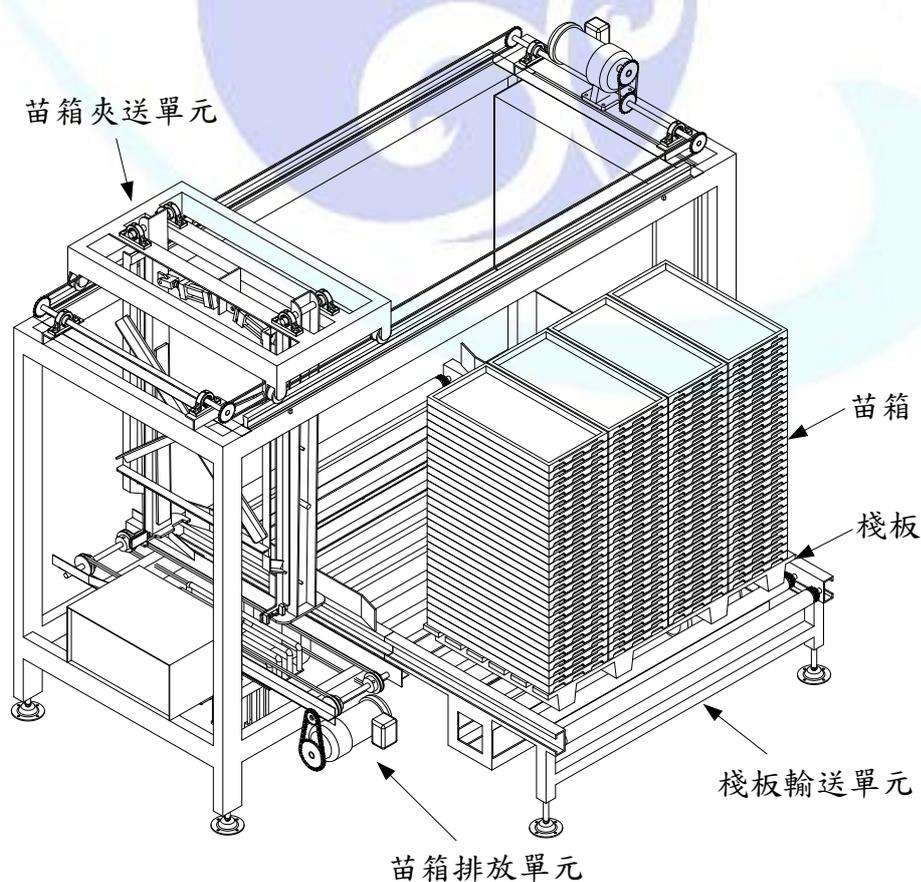


圖 4-1、第一代取箱搬運系統之示意圖

#### 4.1.1 棧板輸送單元

棧板輸送單元全長 2,000 mm、寬 1,460 mm、高 580 mm，負責將載有苗箱之棧板輸送至苗箱夾送區等待夾取。由棧板輸送滾筒、滾筒驅動馬達、滾筒驅動鏈條、滾筒傳動鏈條、導引板、棧板定位感測器、定位擋板、定位擋板驅動缸、棧板頂起架及棧板頂起架驅動缸組成，如圖 4-2 所示。

棧板輸送滾筒係由 16 支  $\phi 60$  mm、長 1,300 mm、間距 130 mm 的滾筒組成，以 3 相 1 HP 及減速比 1/50 之馬達做為動力源(滾筒驅動馬達)，並由 1/2 英吋的滾筒驅動鏈條帶動同尺寸之滾筒傳動鏈條，使棧板輸送滾筒作動。導引板設置於棧板輸送滾筒兩側，當棧板輸送滾筒作動時，可將棧板導入苗箱夾送區。導引板的中間裝置棧板定位感測器，判別棧板是否已進入苗箱夾送區。當棧板定位感測器判別到棧板進入時，由一組定位擋板驅動缸驅動定位擋板上升及下降之作動，其中液壓缸缸徑  $\phi 40$  mm、工作行程 50 mm、液壓泵最大輸出壓力  $70 \text{ kgf/cm}^2$ 。棧板定位後，由一組棧板頂起架驅動缸驅動棧板頂起架上升及下降之作動，其中液壓缸缸徑  $\phi 80$  mm、工作行程 40 mm、液壓泵最大輸出壓力  $140 \text{ kgf/cm}^2$ 。

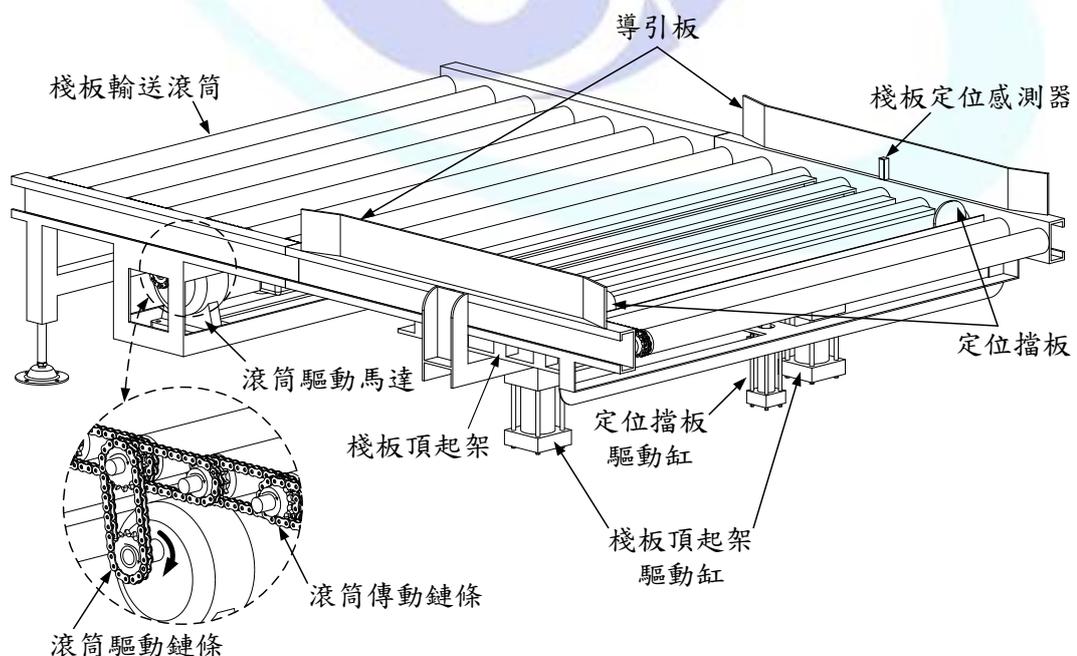


圖 4-2、棧板輸送單元之構造圖

#### 4.1.2 苗箱夾送單元

苗箱夾送單元長 2,200 mm、寬 1,100 mm、高 1,460 mm，主要負責將棧板上的苗箱整疊夾取至苗箱排放區排放。夾取單元係由夾取裝置、夾取裝置驅動馬達、夾取裝置驅動鏈條、夾取裝置傳動鏈條、軌道、起點及終點近接開關、苗箱輔助板、苗箱輔助板驅動缸、停止感應器、慢速感應器、夾爪、感應器反射板、夾取裝置行走輪、夾取裝置停止感應板、夾爪驅動缸及機架組成，如圖 4-3 所示。

夾取裝置驅動馬達為 3 相 1/2 HP 及減速比 1/20 為夾取裝置驅動馬達之動力源，並透過 1/2 英吋的夾取裝置驅動鏈條帶動夾取裝置傳動鏈條，使夾取裝置在機架上之軌道移動。夾取裝置之移動範圍係由起點及終點近接開關所控制，即透過夾取裝置停止感應板，來感應機架上之起點或終點近接開關，使夾取裝置在設定範圍之軌道上作往復移動。當夾取裝置在軌道上移動時，慢速感應器感應到整疊苗箱，夾取裝置執行減速動作，直到苗箱觸發夾爪上的停止感應器，使夾取裝置停止。若苗箱未成功觸發慢速感應器，代表棧板上無苗箱。夾取裝置停止感應板到達終點近接開關時，夾取裝置驅動馬達反轉，夾取裝置返回起點近接開關位置。夾爪係由一組夾爪驅動缸驅動開、合之動作，其液壓缸缸徑  $\phi 40$  mm、工作行程 20 mm。同時，苗箱輔助板驅動缸驅動苗箱輔助板一起與夾爪同步作開、合之動作，其苗箱輔助板驅動缸之缸徑為  $\phi 20$  mm、工作行程 35 mm。

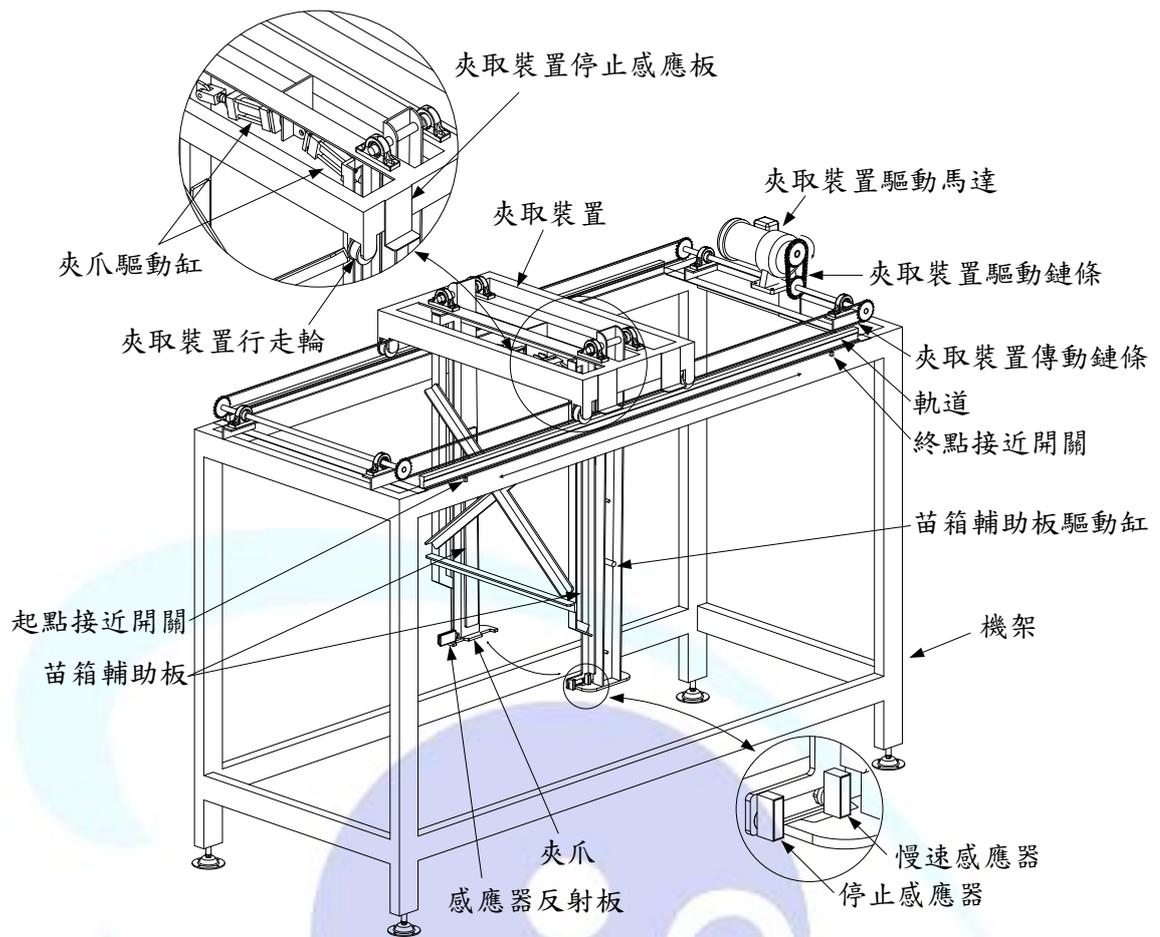


圖 4-3、苗箱夾送單元之構造圖

### 4.1.3 苗箱排放單元

苗箱排放單元全長 1,450 mm、寬 240 mm、高 490 mm，由苗箱頂起架、苗箱排放輸送帶、苗箱排放驅動馬達、苗箱排放驅動鏈條、苗箱頂起驅動缸、感應桿及感應器(放箱、夾箱及排箱)組成，如圖 4-4 所示。

苗箱排放輸送帶係以 3 相 1/4 HP 及減速比 1/15 之苗箱排放驅動馬達作為動力源，由 1/2 英吋苗箱排放驅動鏈條驅動輸送帶使苗箱排出。苗箱頂起架上升及下降係由一組苗箱頂起驅動缸驅動，其液壓缸缸徑  $\phi 50$  mm、工作行程 150 mm。感應桿裝置於苗箱頂起架下方，藉由頂起架升降，觸發感應器(放箱、夾箱及排箱)，如圖 4-4 所示。圖 4-5 為苗箱排放動作流程，當感應桿感應到放箱感應器，夾取裝置上之夾爪做打開之動作，使苗箱落至苗箱頂起架上，達到放箱之動作(動作一)。苗箱頂起架下降，當感應桿感應到夾箱感應器，夾取裝置上之夾爪開合，夾取第四箱苗箱(動作三)。接著，苗箱頂起架在一次下降，頂起架接觸到苗箱排放輸送帶，苗箱排放輸送帶將苗箱送出(動作三)。

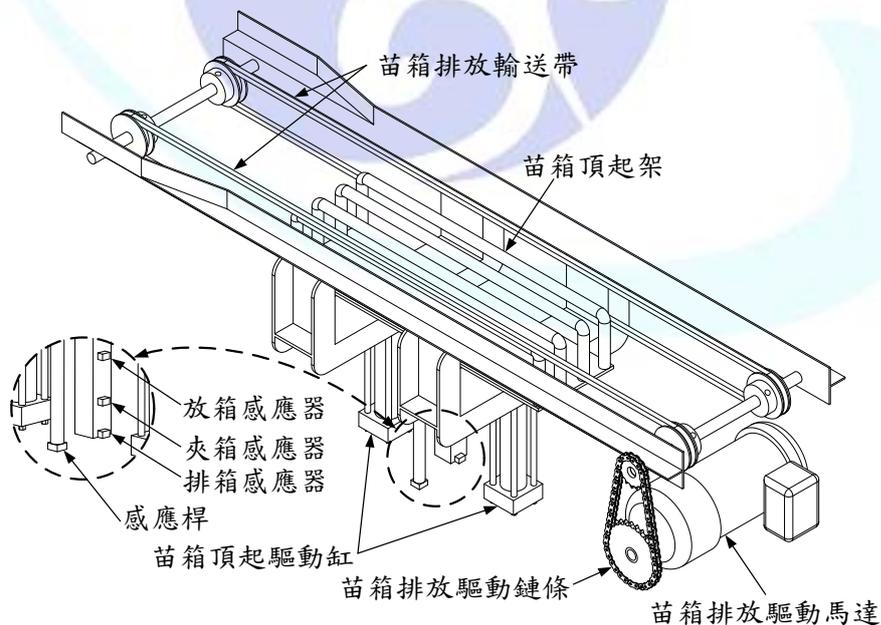
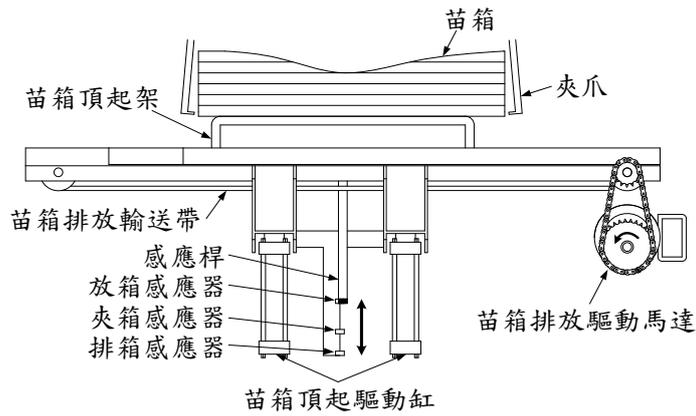
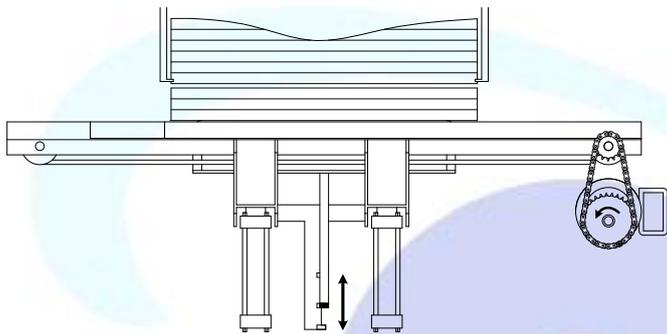


圖 4-4、苗箱排放單元之構造圖



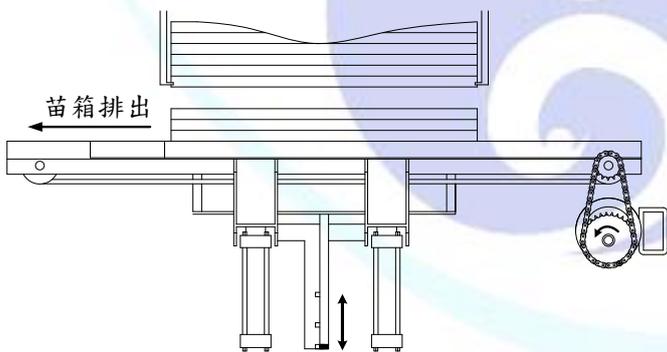
動作一：

感應桿感應到放箱感應器，夾取裝置上之夾爪打開，作放箱之動作。



動作二：

感應桿感應到夾箱感應器，夾取裝置上之夾爪將夾取未排放之苗箱。



動作三：

感應桿感應到排箱感應器，隨著苗箱頂起架下降，使苗箱接觸到苗箱排放輸送帶，由苗箱排放輸送帶將苗箱送出。

圖 4-5、苗箱排放之動作流程圖

#### 4.1.4 控制系統

第一代取箱機之操控分成手動及自動控制等兩種模式，可由切換開關選擇。切換至手動控制模式時，可以獨立操作各項動作，包括：棧板輸送滾筒、定位擋板、棧板頂起架、夾取裝置移動、夾爪、苗箱排放輸送帶以及苗箱頂起架等。切換至自動控制模式時，藉由裝置於系統中的各個感應開關來觸發控制條件及執行程序控制，運作自動取箱作業，圖 4-6 為取箱機作業流程圖。

開始作業時，棧板定位感測器判別是否有棧板輸入。若有，則定位擋板上升，夾取裝置執行苗箱搜尋之動作。若夾取裝置判別到棧板上有苗箱，系統會執行棧板頂起架上升動作，使夾取裝置執行苗箱夾取之動作。苗箱夾取後，棧板頂起架下降至起始位置，夾取裝置將整疊苗箱夾送至苗箱排放單元，進行苗箱排放。若棧板上已無苗箱，則運轉棧板輸送滾筒，將空棧板排出，並運送下一個棧板進入系統。

夾取裝置夾送整疊苗箱至苗箱排放單元時，夾取裝置碰觸到起點近接開關(圖 4-3)。苗箱排放單元開始作動，苗箱頂起架上升，放箱感應器感測到感應桿，夾取裝置上之夾爪作打開之動作使苗箱落至苗箱頂起架上(圖 4-5)。此動作完成後，苗箱頂起架下降至夾箱感應器感應到感應桿，夾取裝置上之夾爪進行夾箱動作，夾取第四箱(由下至上計數)，達到整疊苗箱與要排放之苗箱分開之功能。完成動作後，苗箱頂起架再一次下降直到排箱感應器感應到感應桿，在苗箱頂起架下降時苗箱會接觸到運轉的苗箱排放輸送帶，由輸送帶將三箱一疊的苗箱送出，達到排箱之功能。自動作業時，由系統記錄排放次數(一疊 30 箱需排放 10 次)，若整疊苗箱排放完成，苗箱夾取裝置進行棧板上，下一疊苗箱之搜尋動作。

本研究使用士林 AX-2N-64MR 可程式控制器 (programmable logic controller; 簡稱 PLC)來進行取箱作業程序控制。AX-2N-64MR 具有 32 個輸入接點(X)和 32 個輸出接點(Y)，在本系統中輸入接點共使用了 30 個，輸出接點則使用了 18 個。輸入接點連結控制面板的手控開關和感測器，如表 4-1 所示。輸出接點與控制作動設備做連結，如驅動馬達和液壓缸等。使用 1 馬力台達 VFD-B 變頻器控制夾取裝置驅動馬達之轉速，以達到夾取裝置移動及減速之目的。

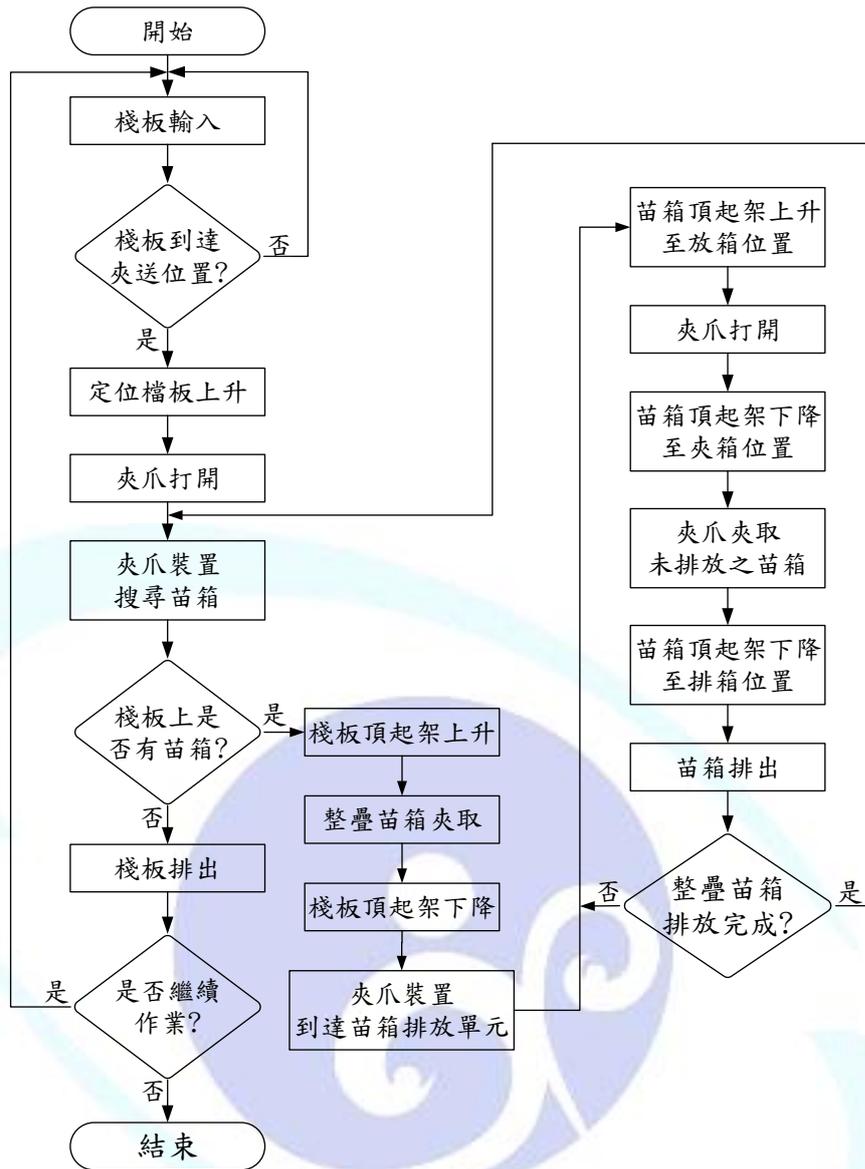


圖 4-6、第一代取箱機作業流程圖

表 4-1、第一代取箱機 PLC 接點表

輸入		輸出			
接點	說明	接點	說明		
COM	DC-24V	X022	暫停	COM	AC-200V
X000	驛碼器 A	X023	棧板前進	Y000	夾取裝置前進
X001	驛碼器 B	X024	棧板後退	Y001	夾取裝置後退
X002	夾取裝置前進	X027	棧板升定位	Y002	夾取裝置慢速
X003	夾取裝置後退	X031	苗箱架上定位	Y003	夾取裝置煞車
X004	棧板頂上	X032	苗箱架中定位	Y004	油壓馬達
X005	棧板下降	X033	苗箱架下定位	Y005	棧板前進
X006	夾爪打開	X034	棧板定位光電	Y006	棧板後退
X007	夾爪閉合	X035	慢速光電	Y007	苗箱送出
X010	苗箱頂起架上升	X036	定位光電	Y010	夾爪閉合
X011	苗箱頂起架下降	X037	夾取裝置進定位 (排出端)	Y011	夾爪打開
X012	擋板上升	X043	夾取裝置 4 定位	Y012	棧板頂上
X013	擋板下降			Y013	棧板下降
X014	油壓馬達開			Y014	擋板上升
X015	自動			Y015	擋板下降
X016	苗箱送出			Y016	苗箱頂起架上升
X017	啟動 PB			Y017	苗箱頂起架下降
X020	復歸 PB			Y020	進退煞車
X021	停止 PB			Y021	洩壓閥

## 4.2 第二代取箱機

第一代取箱機研製後，為廣泛收集農民意見，在 2008 年舉辦秧苗箱自動取箱搬運機示範觀摩會。會中農民提供了許多實際取箱作業之經驗，作為改良之基礎。為提升第一代取箱機之實用性，第二代取箱機改良如下：

1. 在排箱作業時，為了讓整體作業具有機動性，在取箱機下方裝置動力源，使其能於產業道路上作直線往復移動。然而，育苗中心至綠化場間的場地移動以及工作場地變換仍需要由堆高機搬運。
2. 綠化作業時，綠化場中所配置的人力多寡不一。為配合工人在田間排箱速度，利用不同的放箱數量來調節排箱作業，其將作業模式分為三箱排放模式及六箱排放模式。
3. 部分綠化場散佈在產業道路兩側，在取箱機上設置轉彎機，可與兩側的空中輸送機做連結，如圖 4-8 所示。取箱機作業時會與空中輸送機同步做橫向移動，如圖 4-8 所示。排放完之空載棧板會由棧板輸送滾筒往前排放，取箱機往後移動，圖 4-8 實線的部分為綠化場 A 之作業情況，虛線則是綠化場 B 之作業情況。
4. 為了提升使用者操控的便利性，設計人機介面之控制系統，使取箱機之作業效能得以充分發揮。

最後以 Solidworks 繪製機構，分為棧板輸送單元、苗箱夾送單元、苗箱排放單元及行走單元，秧苗箱自動取箱搬運系統長 2,950 mm、寬 3,050 mm、高 2,350 mm，如圖 4-7 所示。其改良單元有棧板輸送單元、行走單元及苗箱排放單元，說明如下：

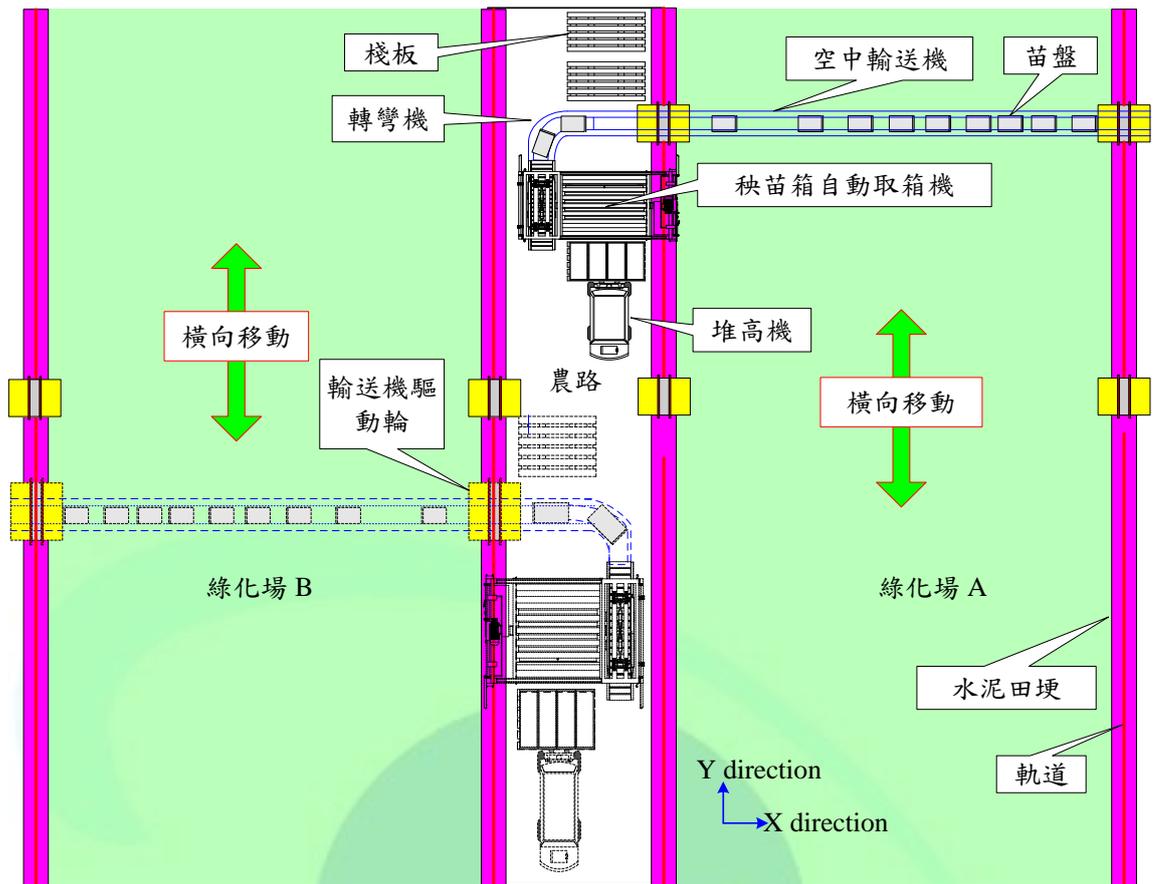


圖 4-7、第二代取箱機田間作業示意圖

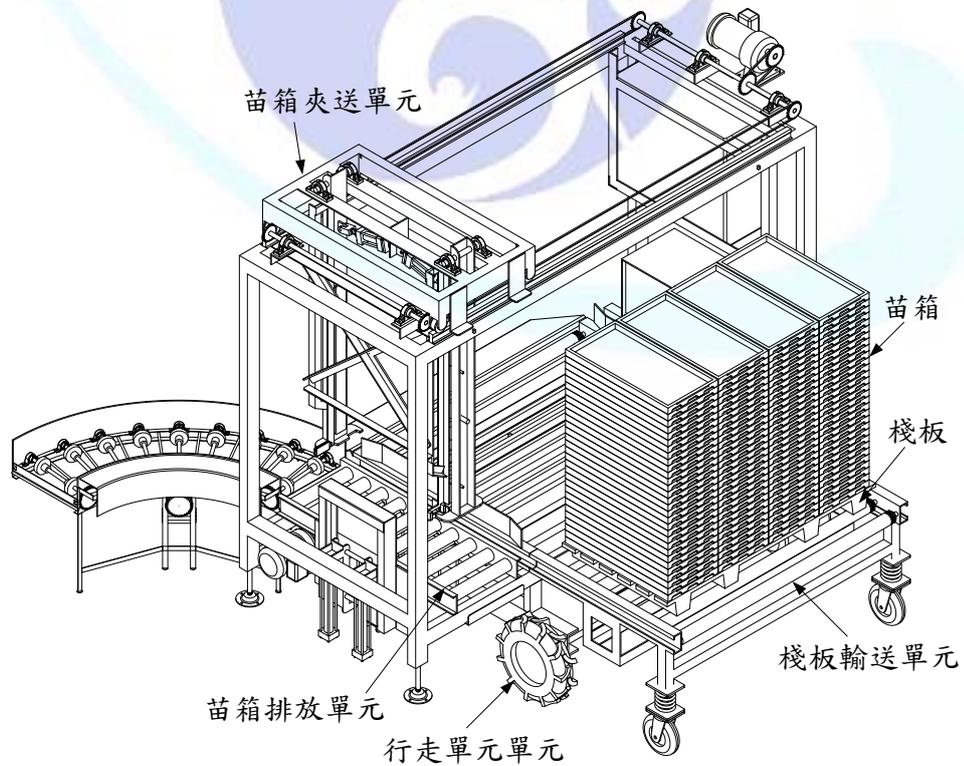


圖 4-8、第二代取箱機之示意圖

#### 4.2.1 棧板輸送單元之改良

第二代棧板輸送單元長 2,350 mm、寬 1,400 mm、高 700 mm，分為棧板輸入區、作業夾送區及棧板排出區，如圖 4-9 所示。棧板輸入區包含行走支撐輪、棧板輸送滾筒、滾筒驅動馬達、滾筒驅動鏈條及滾筒傳動鏈條。行走支撐輪係配合行走單元在農路上行走之用。棧板輸送滾筒由 16 支  $\phi 60$  mm、長 1,300 mm、間距 130 mm 的滾筒組成，以 3 相 1 HP 及減速比 1/50 之滾筒驅動馬達做為動力源，驅動 1/2 英吋之滾筒驅動鏈條及滾筒傳動鏈條，使棧板輸送滾筒作動。作業夾送區包含導引板、定位擋板驅動缸、定位擋板、棧板定位感測器、棧板頂起架驅動缸及棧板頂起架。其導引板設置於棧板輸送滾筒兩側，當棧板輸送滾筒作動時，可將棧板導入苗箱夾送區。導引板的中間裝置棧板定位感測器，判別棧板是否已進入作業夾送區。當棧板定位感測器判別到棧板進入時，以一組定位擋板驅動缸驅動定位擋板上升及下降之作動，使用液壓缸缸徑  $\phi 40$  mm、工作行程 50 mm、液壓泵最大輸出壓力  $70 \text{ kgf/cm}^2$ 。棧板定位後，由一組棧板頂起架驅動缸驅動棧板頂起架上升及下降之作動，液壓缸缸徑  $\phi 80$  mm、工作行程 40 mm、液壓泵最大輸出壓力  $140 \text{ kgf/cm}^2$ 。棧板排出區係由排出輔助板協助棧板在排放時，能順暢的滑至地面。

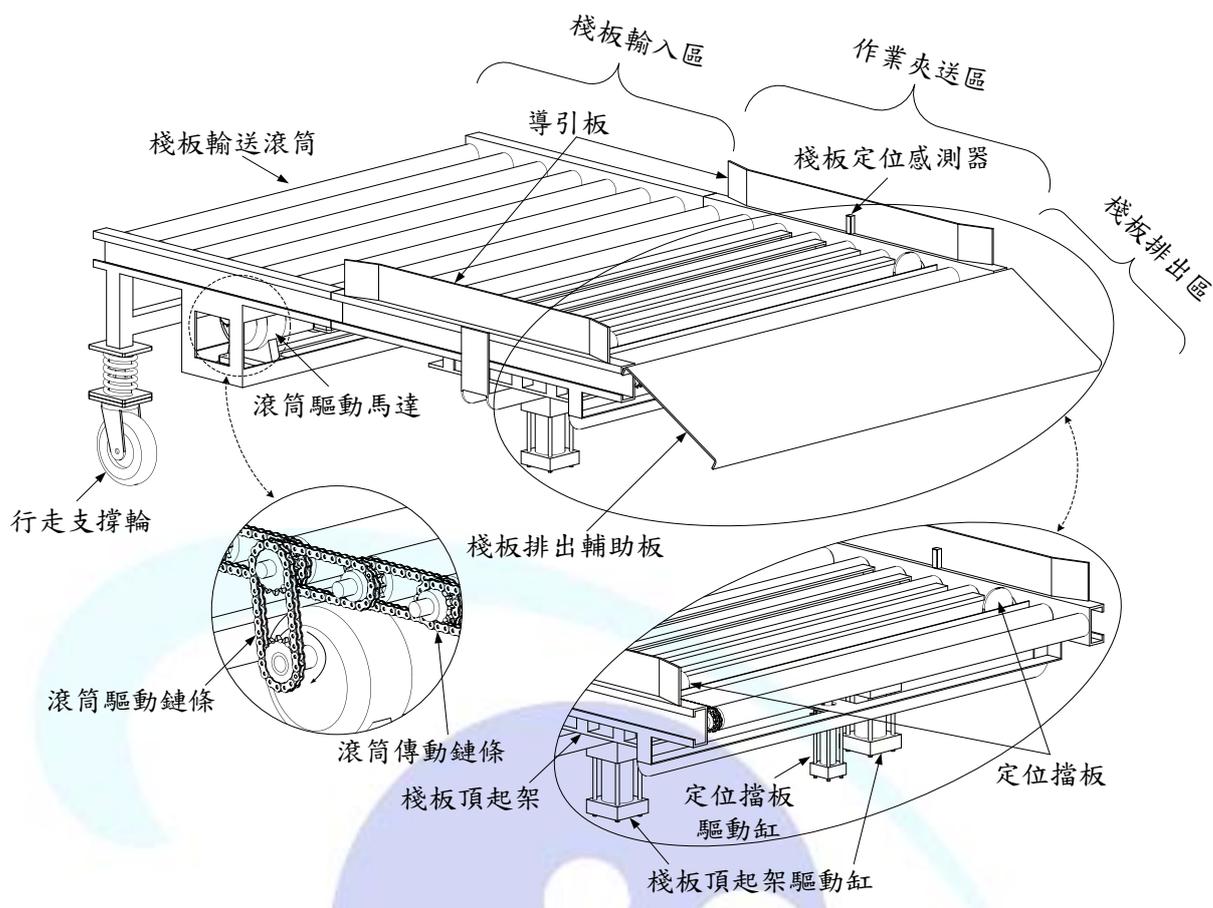


圖 4-9、棧板輸送單元之改良構造圖

#### 4.2.2 行走單元之改良

在排箱作業時，為了讓整體作業具有機動性，在取箱機下方裝置行走單元，其係由行走驅動馬達、行走驅動鏈條及行走輪組成，如圖 4-10 所示。行走單元係以 3 相 4 HP 及減速比 1/30 做行走驅動馬達之動力源。行走輪係由四個 12 吋之輪子組成，以 3/4 英吋之行走驅動鏈條驅動兩個行走輪，使取箱機作前後之移動，另兩個行走輪無動力。

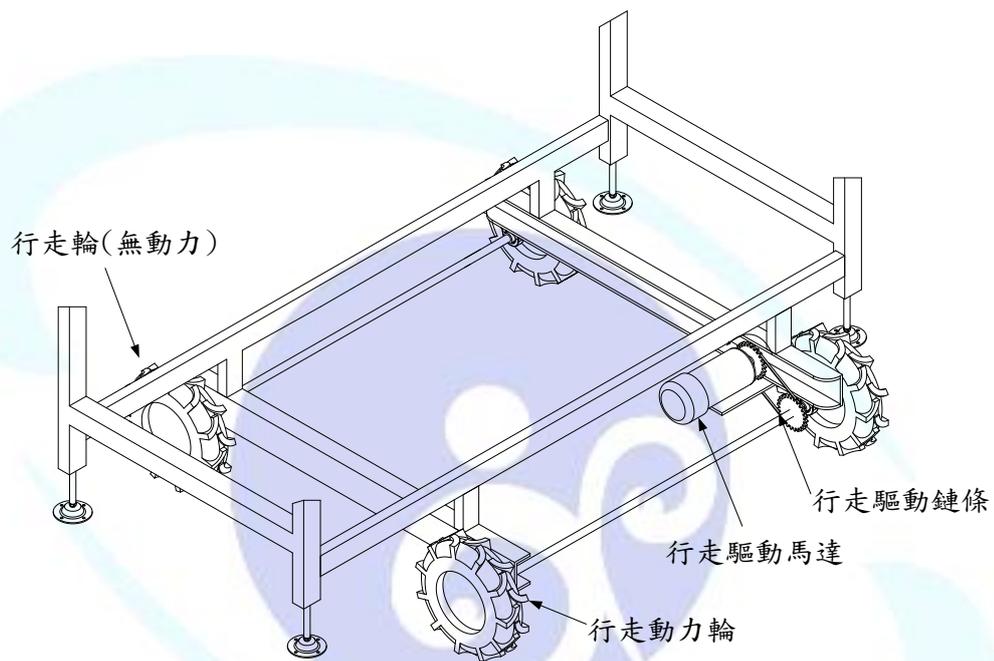


圖 4-10、行走單元之構造圖

### 4.2.3 苗箱排放單元之改良

苗箱排放單元全長 2,150 mm、寬 1,030 mm、高 700 mm，由苗箱頂起架、苗箱頂起架驅動缸、苗箱排放輸送滾筒、苗箱排放驅動馬達、苗箱排放驅動鏈條、感應器(放箱、三箱、六箱及排箱)、感應板、轉彎機驅動馬達、轉彎機驅動鏈條及轉彎機等組成，如圖 4-11 所示。

苗箱排放單元之改良分為以下三點：

1. 部分綠化場散佈在產業道路兩側，在取箱機上設置轉彎機，可與兩側的空中輸送機做連結。轉彎機係以 3 相 1/4 HP，減速比 1/15 之轉彎機驅動馬達做為動力源，由 1/2 英吋轉彎機驅動鏈條驅動轉彎機。
2. 為使苗箱能穩定排放，增加排放時與輸送系統之接觸面積，故將第一代的苗箱輸送帶取代為滾筒，如圖 4-11 所示。苗箱排放輸送滾筒以 3 相 1/4 HP 及減速比 1/15 之苗箱排放驅動馬達做為動力源，由 1/2 英吋苗箱排放驅動鏈條，驅動苗箱排放輸送滾筒。驅動苗箱排放輸送滾筒係由 10 支  $\phi 60$  mm、長 350mm、間距 130 mm 的滾筒組成。
3. 綠化作業時，綠化場中所配置的人力多寡不一。為配合工人在田間排箱速度，利用不同的放箱數量來調節排箱作業，其將作業模式分為三箱排放模式及六箱排放模式。為配合六箱苗箱高度，因此增加液壓缸之工作行程，其苗箱頂起架驅動缸缸徑  $\phi 40$  mm、工作行程 250 mm、液壓泵最大輸出壓力  $70 \text{ kgf/cm}^2$ 。

圖 4-12 係以三箱排放模式作業動作流程，感應板分別觸發放箱感應器、三箱應器及排箱應器，完成圖 4-12 上之動作順序，將苗箱排出。六箱排放模式係以放箱感應器、六箱應器及排箱應器與感應板作觸發之動作，完成排箱之動作，如圖 4-13 所示。

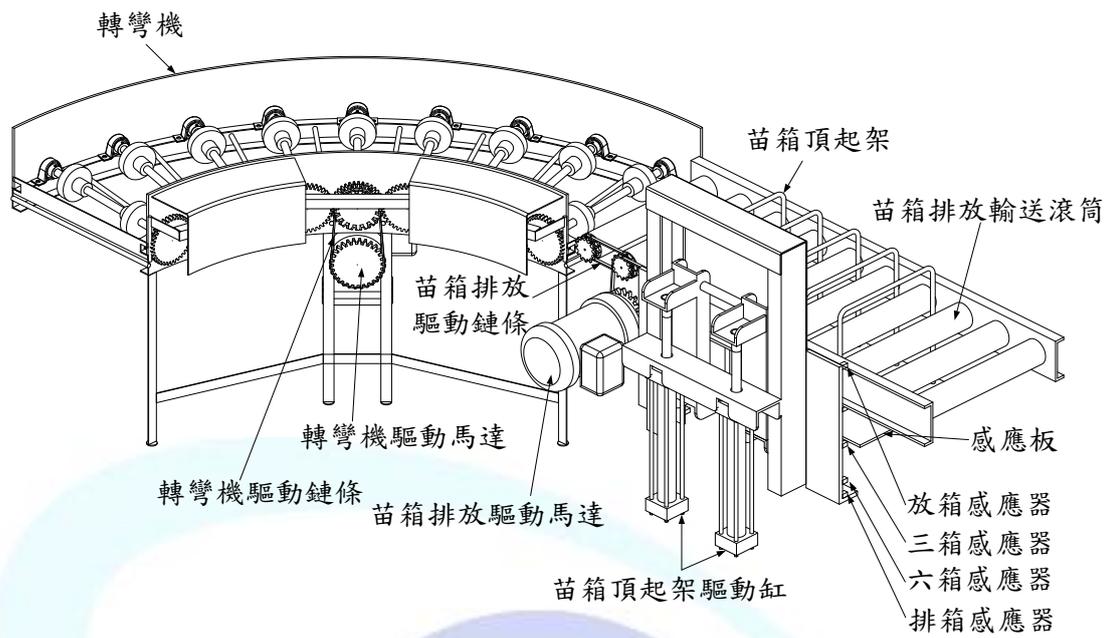
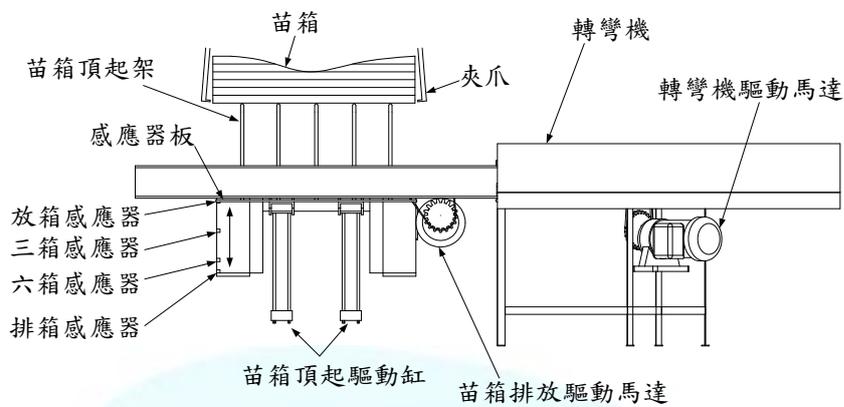
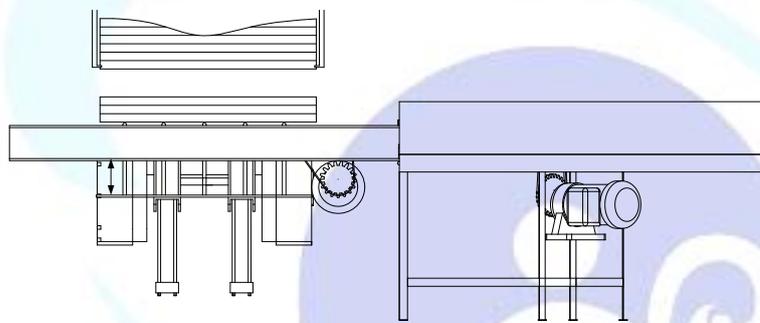


圖 4-11、苗箱排放單元之改良構造圖



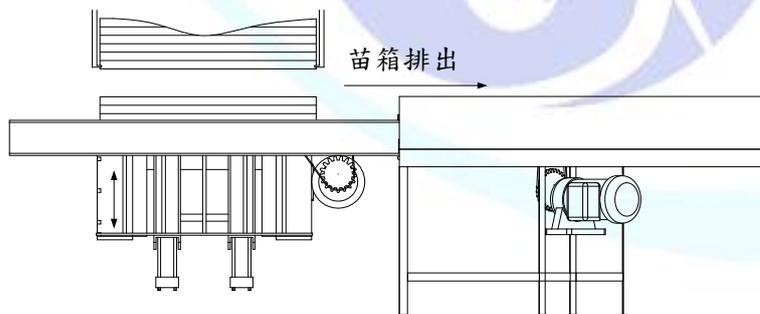
動作一：

感應板感應到放箱感應器，夾取裝置上之夾爪打開，作放箱之動作。



動作二：

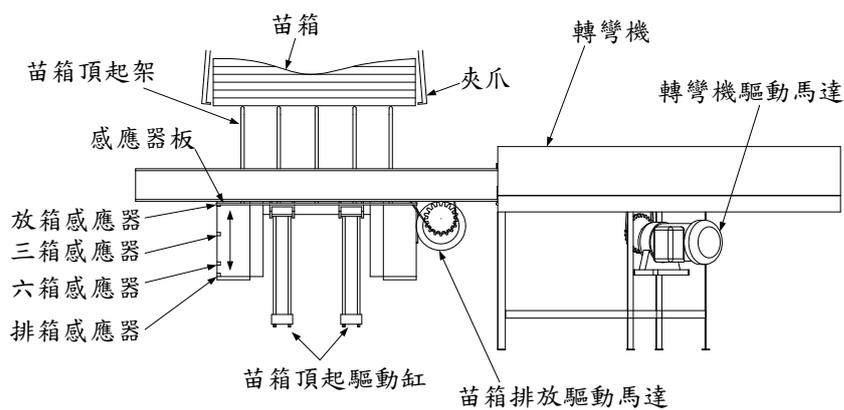
感應板感應到夾箱感應器，夾取裝置上之夾爪將夾取未排放之苗箱。



動作三：

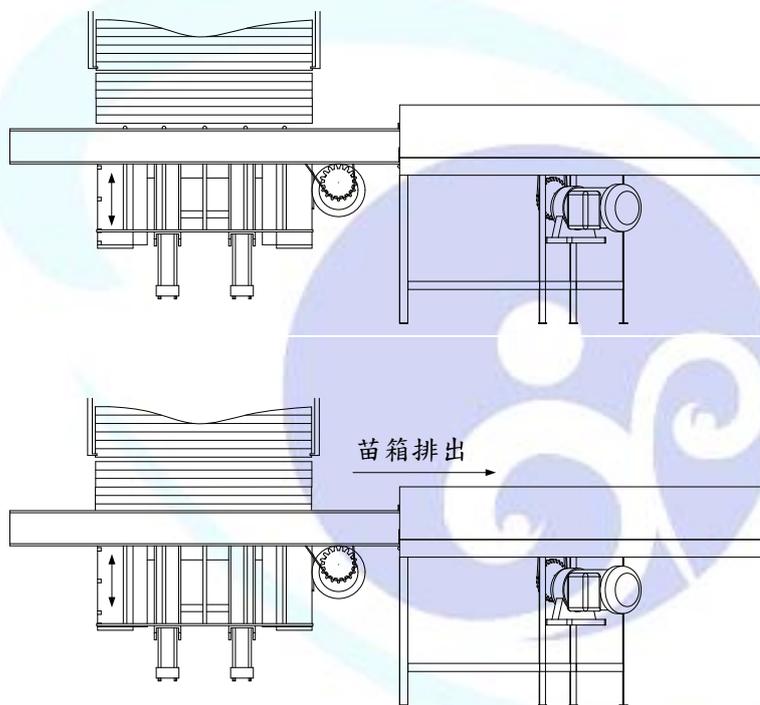
感應板感應到排箱感應器，隨著苗箱頂起架下降，使苗箱接觸到苗箱排放輸送帶，由苗箱排放輸送帶將苗箱送出。

圖 4-12、第二代取箱機三箱排放模式之動作流程圖



動作一：

感應板感應到放箱感應器，夾取裝置上之夾爪打開，作放箱之動作。



動作二：

感應板感應到夾箱感應器，夾取裝置上之夾爪將夾取未排放之苗箱。

動作三：

感應板感應到排箱感應器，隨著苗箱頂起架下降，使苗箱接觸到苗箱排放輸送帶，由苗箱排放輸送帶將苗箱送出。

圖 4-13、第二代取箱機六箱排放模式之動作流程圖

#### 4.2.4 控制系統之改良

取箱作業分為三箱以及六箱排放模式，圖 4-14 為第二代取箱機之作業流程圖，與第一代之差異在於夾取裝置到達苗箱排放單元後，系統開始判別作業模式，做完判斷後，開始執行苗箱排放之動作。兩個作業模式其放箱感應器感應到感應板的位置相同，如圖 4-12、4-13 動作一所示。當完成此動作感應板下降，此時由排放模決定感應板被三箱感應器或六箱感應器感應；在三箱排放模式下是由三箱感應器執行感應之動作(圖 4-12)，六箱排放模式則為六箱感應器執行感應之動作(圖 4-13)。苗箱完成分疊動作後，苗箱頂起架作下降之動作，由放箱感應器感應到感應板，完成苗箱送出之動作。在感應板未達放箱感應器時，苗箱會接觸到輸送滾筒使苗箱送出。

第二代取箱機使用台達 DVP-32ES 可程式控制器來進程式控制。DVP-32ES 具有 32 個輸入接點(X)和 32 個輸出接點(Y)，在本系統中共使用了 19 個輸入接點，27 個輸出接點，如表 4-2 所示。輸入接點連結控制面板的手控開關和感測器。輸出接點與控制作動設備做連結，如驅動馬達和液壓缸等。使用 1 馬力台達 VFD-B 變頻器控制夾取裝置驅動馬達之轉速，以達到夾取裝置移動及減速之目的。

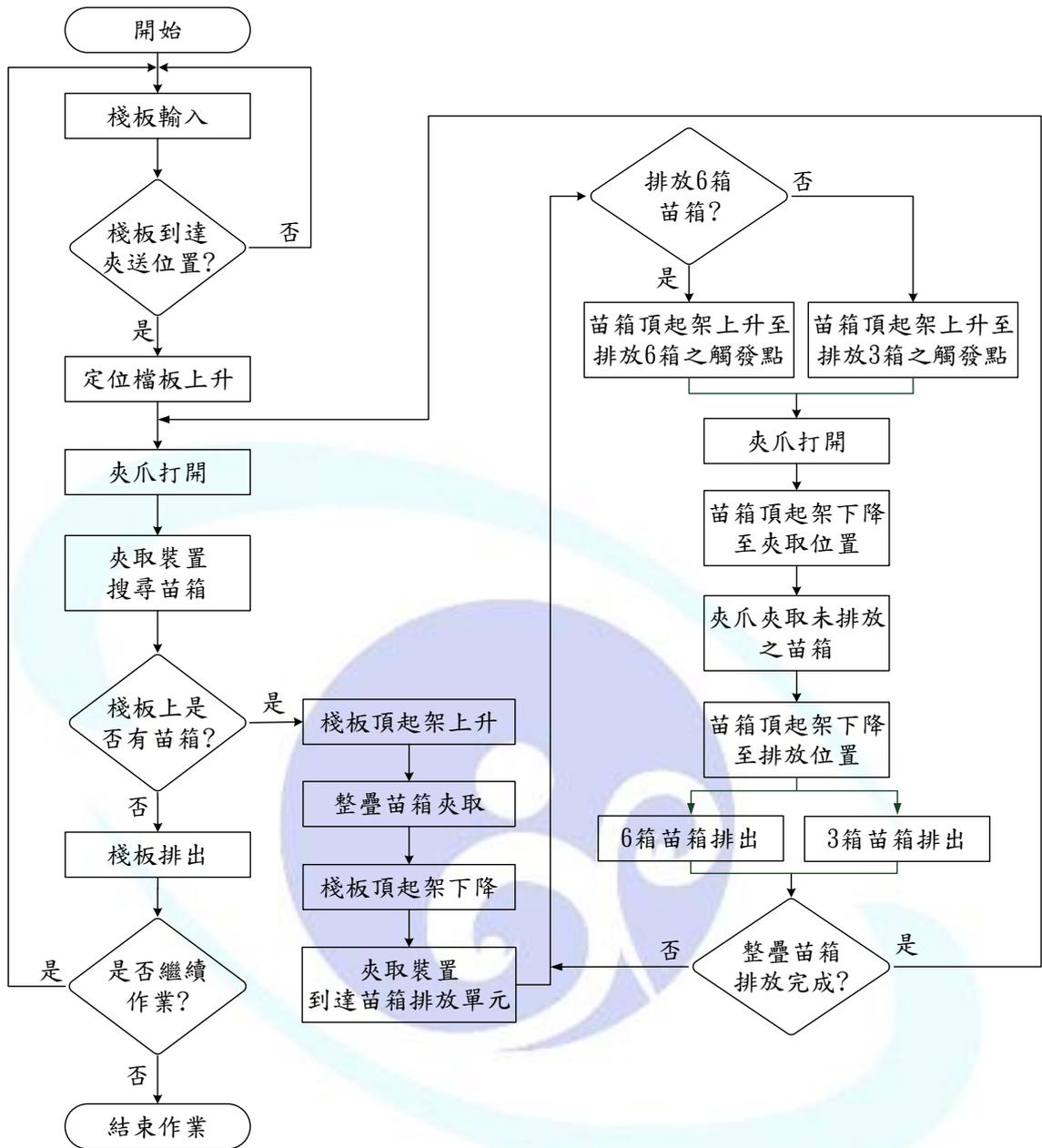


圖 4-14、第二代取箱機之作業流程圖

表 4-2、第二代取箱機 PLC 接點表

輸入		輸出	
接點	說明	接點	說明
COM	DC-24V	COM	AC-200V
X0	暫停	Y0	夾取裝置前進
X1	檢測慢速	Y2	夾取裝置後退
X2	檢測停止	Y3	夾取裝置慢速
X3	夾取裝置前進	Y4	夾取裝置煞車
X4	夾取裝置後退	Y5	油壓馬達
X5	啟動	Y6	棧板前進
X6	苗箱 6 盤定位	Y7	苗箱送出
X7	停止	Y10	夾爪閉合
X10	棧板升定位	Y11	夾爪打開
X11	苗箱架上定位	Y12	棧板頂上
X12	苗箱 3 盤定位	Y13	棧板下降
X13	苗箱架下定位	Y14	擋板上升
X14	棧板定位光電	Y15	擋板下降
X15	台車進定位	Y16	苗箱頂起架上升
X16	台車退定位	Y17	苗箱頂起架下降
X17	橫樑移動信號	Y20	洩壓閥
		Y21	擋板上升 2
		Y22	機台前進
		Y23	機台後退
		Y24	擋板下降 2

## 第五章 材料與方法

本論文主要係以 LabVIEW 圖控式程式語言作為模式發展之平台，透過分析第一代取箱機之作業時序以建立其作業分析模式，並以第二代取箱機之作業參數進行作業分析系統模式。並利用建立之取箱搬運作業分析系統，模擬各驅動元件及作業參數之改變，對系統作業能量之影響。提供一個友善的作業分析系統之模擬介面，作為設計之分析工具及工程人員培訓之輔助工具。本研究並以 Solidworks 繪製取箱機之 3D 模型，模擬其設備相關配置及作業流程干涉，優化各部機構位置，以縮短各裝置作業行程。根據優化後之作業參數，將其導入作業分析系統，取得優化後作業能量，作為提升取箱作業性能之依據。作業系統模式建立之流程圖，如圖 5-1 所示。

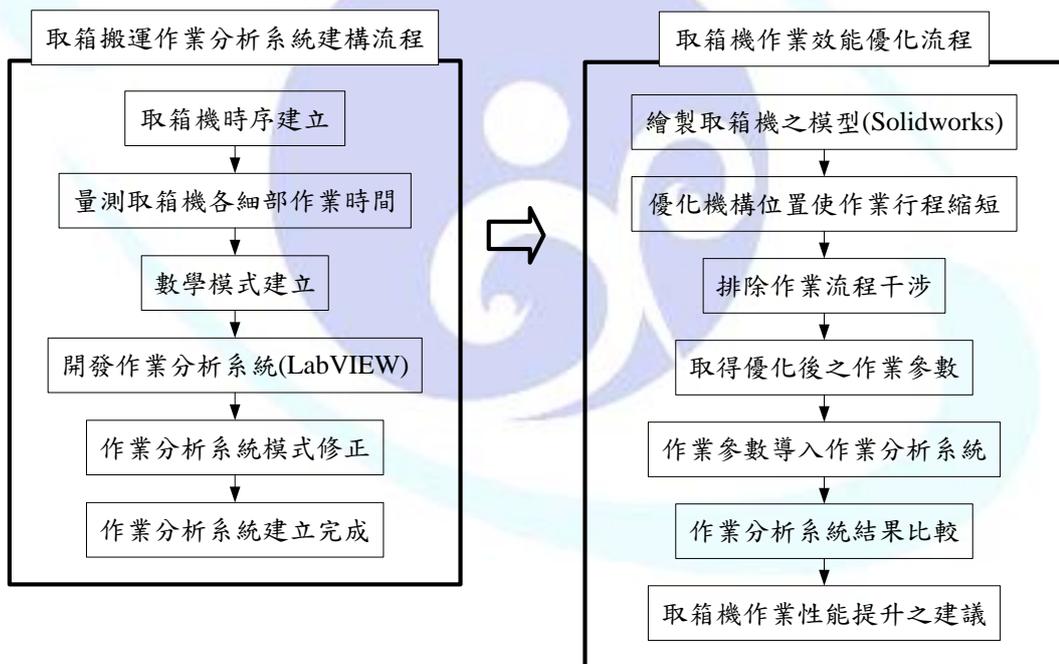


圖 5-1、取箱搬運作業系統模式建立之流程圖

## 5.1 模式建立

本節主要發展一搬運作業模式系統，首先觀測第一代取箱機之作業時序，接著分析驅動元件之動力輸出方程式，並建立取箱機各單元數學式。接著以 LabVIEW 將取箱搬運作業模式程式化。

### 5.1.1 作業時序分析

用攝影機拍攝第一代取箱機之作業情形，共錄製三個棧板之作業情形。再以碼表量測並記錄取箱機各單元細部作動時間，進行時序圖之繪製及分析工作。在實際作業量測中：每個棧板堆放四疊，每疊 30 箱，共 120 箱。以三箱一疊的排放模式下，完成單一棧板苗箱排放，分析各單元實際作業時間如表 5-1 所示。依表 5-1 試驗結果繪製單一棧板的取箱搬運作業之時序圖，如圖 5-2 所示。其理論作業時間為 257.96 秒。從圖 5-2 可看出苗箱排放所需時間耗費了大部份的系統作業時間。為更清楚了解取箱搬運系統之作業流程，因此繪製苗箱排放單元作業之時序圖，一整疊(10 次)的排放時間為 50.18 秒，如圖 5-3 所示。在表 5-1 中較大的差異值造成原因可能為機械損耗及電控損耗。機械損耗為機構間之摩擦及額外力量損耗；電控損耗則為感測器之靈敏度及控制器反應速度所耗費之時間。

表 5-1、第一代取箱搬運系統各細部作業時間

取箱機各細部動作	量測取箱機各細部作業時間, 秒				
	#1	#2	#3	Avg.	Std.
棧板輸入至定位	8.74	8.71	8.85	8.77	0.07
夾取裝置移動至第一疊苗箱	2.55	2.14	2.81	2.50	0.34
夾取裝置由第一疊苗箱位置返回至苗箱排放區	3.14	3.33	3.14	3.20	0.11
夾取裝置移動至第二疊苗箱	3.39	3.35	3.36	3.37	0.02
夾取裝置由第二疊苗箱位置返回至苗箱排放區	4.21	4.21	4.09	4.17	0.07
夾取裝置移動至第三疊苗箱	4.43	4.25	4.32	4.33	0.09
夾取裝置由第三疊苗箱位置返回至苗箱排放區	5.35	5.19	5.27	5.27	0.08
夾取裝置移動至第四疊苗箱	5.38	5.63	5.09	5.37	0.27
夾取裝置由第四疊苗箱位置返回至苗箱排放區	6.33	6.29	6.28	6.30	0.03
夾爪開合	0.82	0.79	0.81	0.81	0.02
棧板頂起架升降	1.32	1.48	1.23	1.34	0.13
慢速到停止	0.29	0.24	0.29	0.27	0.03
苗箱頂起架上升至放箱位置	1.13	1.11	1.12	1.12	0.01
苗箱頂起架下降至夾箱位置	0.75	0.74	0.84	0.78	0.06
苗箱頂起架下降至排箱位置	0.26	0.31	0.24	0.27	0.04
苗箱排出	1.4	1.5	1.7	1.53	0.15

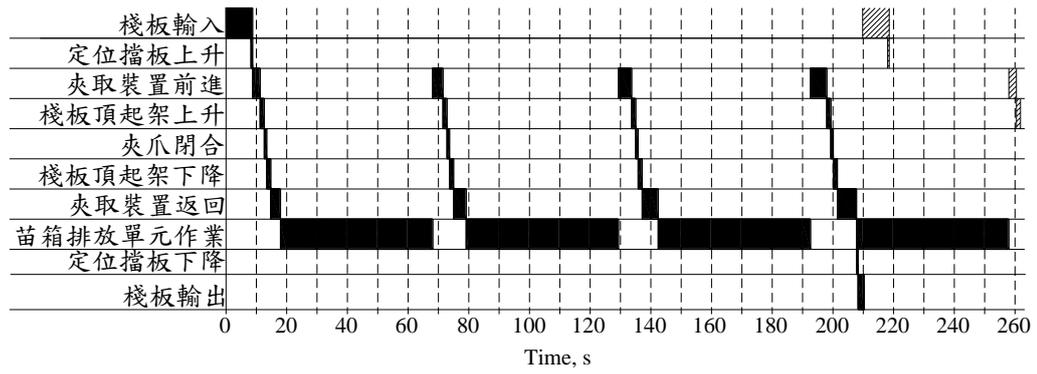


圖 5-2、取箱作業之時序圖

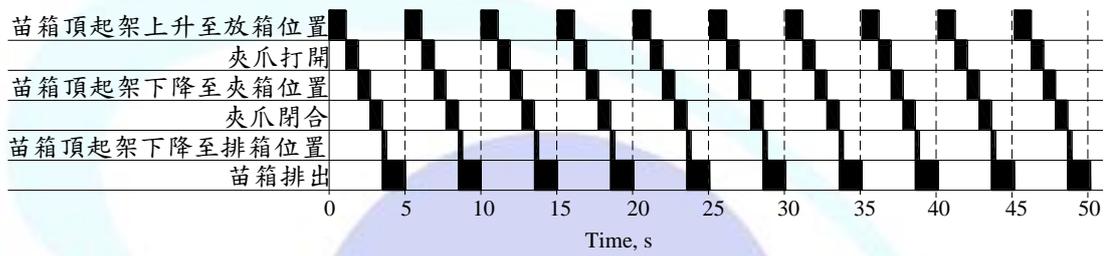


圖 5-3、苗箱排放作業之時序圖

### 5.1.2 取箱機驅動元件試驗及數學式建立

本研究之取箱機係以馬達及液壓缸做為主要驅動元件，藉由驅動元件之基本規格，配合馬達及液壓輸出動力方程式，建立取箱機各單元之理論作業時間數學式，以分析苗箱夾送單元、苗箱排放單元及連續取箱作業之理論時間。

系統中以馬達驅動的機構分別有夾取裝置移動、棧板輸送滾筒及苗箱排放輸送帶。其中夾取裝置於執行作業時，因不同負載起動及移動速度之變化，會影響系統作業效能。因此針對夾取裝置驅動馬達之負載變化，及驅動馬達由靜止至額定轉速對系統作業效能之影響進行試驗探討。

首先藉由式 2 及式 3 求得驅動馬達每分鐘輸出轉速，如下式 8 所示。

$$M_{rpm} = \frac{120 \times f}{P_{motor}} \times M_{ratio} \dots\dots\dots(8)$$

將公式 8 代入公式 4，並將式中單位作轉換(即 rpm 轉為 rad/s)，求得驅動馬達輸出功率為：

$$P = \frac{120f \times 2\pi \times M_{ratio}}{60P_{motor}} \cdot \frac{T_{motor}}{9.8} \dots\dots\dots(9)$$

將公式 6 代入公式 9，求得馬達負載轉矩，其公式 10 所示。

$$T_{load} = \frac{9.8P60P_{motor}}{120f \times 2\pi \times 1.15 \times M_{ratio}} \dots\dots\dots(10)$$

馬達負載轉矩係由透過一組齒輪輸出，再進行載重與輸出齒輪半徑乘積，負載轉矩可提供推動之載重可表示為：

$$T_{load} = \frac{F_{load} \times r}{i} \dots\dots\dots(11)$$

式中：

$F_{load}$ =負載之載重(kgf)

$r$ =輸出齒輪半徑(mm)

$i$ =齒輪比

由公式 11 代入公式 10，可整理出驅動馬達提供之載重為：

$$F_{load} = \frac{60 \times i \times P \times P_{motor}}{2\pi \times 120 \times f \times M_{ratio} \times r \times 1.15 \times 9.8} \dots\dots\dots(12)$$

將夾取裝置之馬達規格、變頻器設定之頻率、傳動鏈輪外徑、及鏈輪齒輪比( $P=376W$ ,  $P_{motor}=4$ ,  $M_{ratio}=0.05(1:20)$ ,  $F=35$  Hz,  $r=0.0425$  mm,  $i=1.25$ )代入式 9，可得知驅動馬達推動之載重重量，計算結果為 205.26 kgf。

於固定電源 220 V 及頻率 35 Hz 下，給予苗箱夾取裝置六組不同負載(0、25、50、75、100 及 150 kgf)，藉由轉速計記錄夾取裝置之驅動馬達轉速變化值。依此方式重複量測 10 次，其量測結果如圖 5-4 所示。由圖 5-4 可得知不同負載下，夾取裝置之馬達平均輸出轉速為  $54.13 \pm 0.36$  rpm，此結果說明馬達載重在  $F_{load}$  為 205.26 kgf 範圍內，其負載重量並未對夾取裝置造成顯著影響，進行作業分析時可排除其影響。

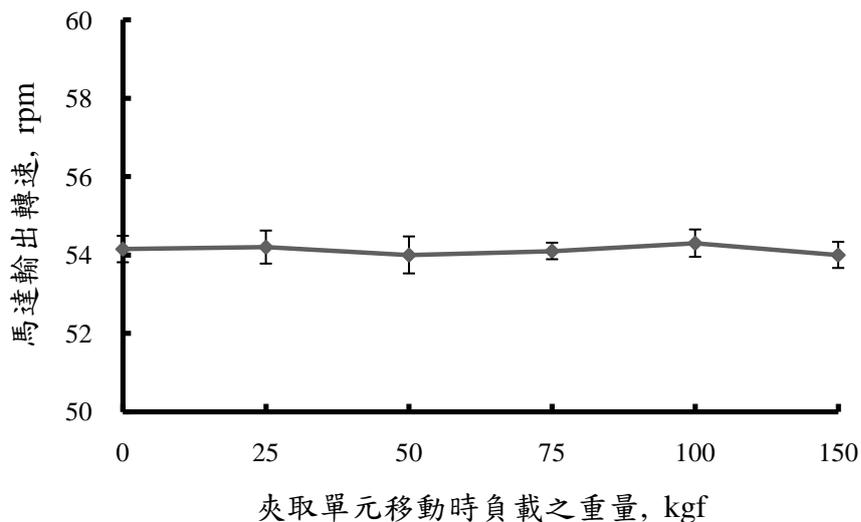


圖 5-4、於固定電源 220 V 及頻率 35 Hz 下，驅動馬達輸出轉速與載重之關係圖

為試驗夾取裝置驅動馬達由靜止至額定轉速時與負載之關係，取兩倍於傳動鏈輪圓周長(534 mm)之距離進行測試，以利實驗記錄之便利性。其試驗方法為；於固定電源 220 V 及頻率 35 Hz 下，分別量測負載 0、25、50、75、100 及 150 kgf 下，夾取裝置由靜止移動至 534 mm 之作業時間，重複量測 10 次，試驗夾取裝置之驅動馬達由靜止至額定轉速時與負載之關係，其量測結果如圖 5-5 所示。由圖 5-5 可得知在不同負載下，夾取裝置由靜止移動至 534 mm 之平均作業時間為  $2.52 \pm 0.07$  秒，其結果再一次說明在負載 150 kgf 以下，不同負載對於馬達由靜止狀態至額定轉速時之作業時間影響不大，進行作業分析時可排除其影響。

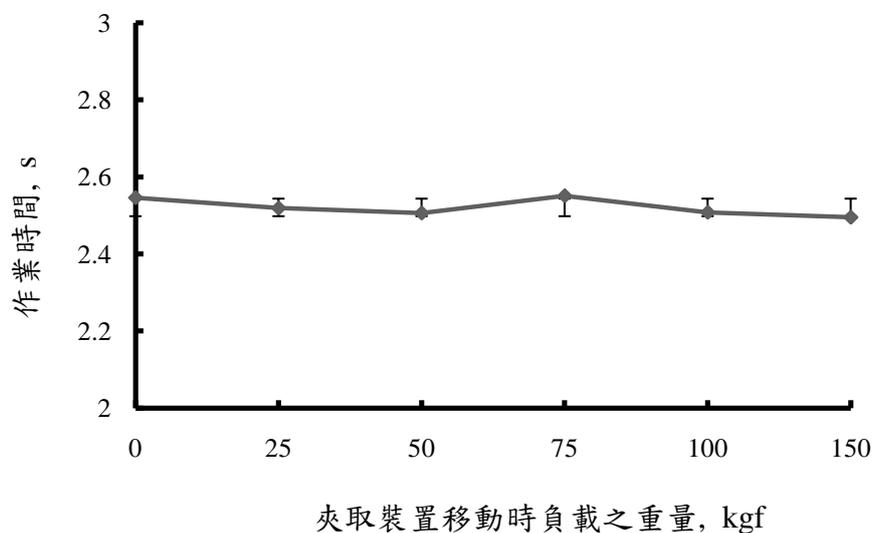


圖 5-5、夾取裝置由負載重量與移動至 534mm 距離所需時間之關係圖

藉由上述試驗得知夾取裝置在負載及空載時，驅動馬達之轉速不受負載影響。因此由式 2 與式 3 可求得馬達每分鐘輸出轉速，再將此輸出轉速，經由式 7 計算得知鏈條速度。經由鏈條作業行程與速度可得知理論作業時間為：

$$T_{\text{work}} = \frac{D}{V_{\text{chain}}} \dots\dots\dots(13)$$

式中：

$T_{\text{work}}$ =作業時間(s)

$D$ = 移動距離(mm)

透過液壓缸驅動之裝置有棧板頂起架、夾取裝置上之夾爪及苗箱頂起架，在雙液壓缸驅動下容易造成同步誤差，其中苗箱頂起架之作業較為頻繁。欲了解液壓缸驅動之苗箱頂起架穩定性及不同負載下作業時間之關係，故量測 0、25、50、75、100、及 150 kgf 負載下之作業情況，重複量測 10 次液壓缸驅動苗箱頂起架最大行程之作業時間，其量測結果如圖 5-6 所示。由圖 5-6 可得知不同負載下苗箱頂起架作業時間為 2.43 ±0.07 秒，因此在 150 kgf 以下，不同負載對其作業時間未造成顯著影響，進行作業分析時可排除其影響。

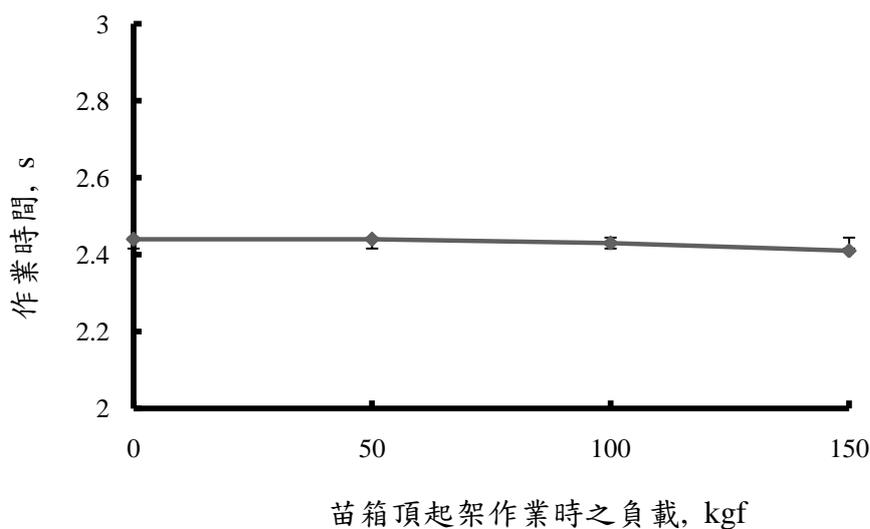


圖 5-6、液壓缸驅動苗箱頂起架之作業時間與負載重量關係圖

利用控制體積之分析方式推估輸入液壓缸之油量，由液壓缸之缸徑及行程計算液壓缸之體積可得知液壓缸所需輸入之流量，其數學式為：

$$V_{\text{liquid}} = L\pi \left(\frac{\varphi}{2}\right)^2 \dots\dots\dots(14)$$

式中：

$V_{\text{liquid}}$ =液壓缸之體積(mm<sup>3</sup>)

$L$ =液壓缸作業行程(mm)

$\varphi$ =液壓缸缸徑(mm)

忽略流體黏性及管路中壓力損失等之理想情況下，經由液壓泵每秒所提供之流量，推估液壓油輸入液壓缸之作業時間，其數學式為：

$$T_{\text{cylinder}} = \frac{V_{\text{liquid}}}{Q/N_{\text{cylinder}}} \dots\dots\dots(15)$$

式中：

$T_{\text{cylinder}}$ =液壓缸理論作業時間(s)

$N_{\text{cylinder}}$ =液壓缸個數

$Q$ =液壓泵輸出流量(mm<sup>3</sup>/s)

依據取箱機各單元驅動元件，由式 14 與式 15 可建立其數學式如下說明。

### 5.1.2.1 苗箱夾送單元之分析

夾取裝置作業行程如圖 5-7 所示，其中 I、II、III 及 IV 是苗箱位於棧板上之位置。夾取裝置接近苗箱時，苗箱觸發夾取裝置上之慢速感測器，使夾取裝置進行減速動作，達成確實定位之目的。然而，夾取裝置夾取苗箱返回苗箱排放單元時，若移動慣性大，則苗箱容易傾倒，故在接近夾取裝置起始位置設定一段減速距離，使夾取裝置慢速的進入苗箱排放單元，減緩苗箱在移動時所產生之慣性。

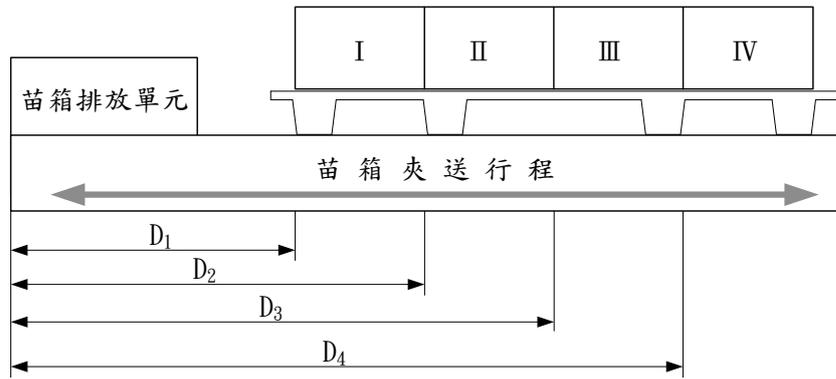


圖 5-7、整疊苗箱作業行程之示意圖

苗箱夾送單元之液壓缸驅動作業包括夾爪開合及棧板升降動作，由式 15 可得知其夾爪開合作業時間推導為：

$$T_{gripper} = \frac{L_{gripper} \times \pi R_{gripper}^2}{Q/N_{gripper}} \dots\dots\dots(16)$$

棧板升降作業時間推導為：

$$T_{pallet} = \frac{L_{pallet} \times \pi R_{pallet}^2}{Q/N_{pallet}} \dots\dots\dots(17)$$

由取箱作業之時序流程(圖 5-2)得知，夾取裝置單次夾送作動順序。夾取裝置在移動速度包含減速，其中分為感應器距離( $S_1$ )及緩速至苗箱排放區距離( $S_2$ )，由式 13 可得知夾取裝置單次作業數學式為：

$$T_0 = T_{gripper} + \frac{D_n - S_1}{v} + \frac{S_1}{v_s} + T_{pallet} + T_{gripper} + \frac{D_n - S_2}{v} + \frac{S_2}{v_s} \dots\dots\dots(18)$$

本研究所使用之棧板可承載四疊苗箱，夾取裝置之最高夾送次數為四次，藉由式 15 計算每疊苗箱夾送之作業時間，苗箱夾送單元之作業時間可表示為：

$$T_1 = \sum_{i=1}^n \frac{D_n - S_1}{v_0} + \sum_{i=1}^n \frac{D_n - S_2}{v} + 4 \left( \frac{S_1 + S_2}{v_s} + T_{pallet} + 2T_{gripper} \right) \dots\dots\dots(19)$$

式中：

$T_0$ =單次夾送作業時間(s)

$T_1$ =苗箱夾取裝置作業時間(s)

$T_{\text{pallet}}$ =棧板升降作業(s)

$T_{\text{gripper}}$ =夾爪作業時間(s)

$S_1$ =感應器距離(mm)

$S_2$ =減速距離(mm)

$D_1$ =夾取裝置至第一疊苗箱行程(mm)

$D_2$ =夾取裝置至第二疊苗箱行程(mm)

$D_3$ =夾取裝置至第三疊苗箱行程(mm)

$D_4$ =夾取裝置至第四疊苗箱行程(mm)

$V_0$ =夾取裝置空載時之移動速度(mm/s)

$V$ =夾取裝置負載時之移動速度(mm/s)

$V_s$ =夾取裝置減速時之移動速度(mm/s)

$L_{\text{pallet}}$ =棧板頂起架作業距離(mm)

$R_{\text{pallet}}$ =棧板頂起架驅動缸之缸徑(mm)

$N_{\text{pallet}}$ =棧板頂起架驅動缸之個數

$L_{\text{gripper}}$ =夾爪作業距離(mm)

$R_{\text{gripper}}$ =夾爪驅動缸之缸徑(mm)

$N_{\text{gripper}}$ =夾爪驅動缸之個數

### 5.1.2.2 苗箱排放單元之分析

圖 5-8 為苗箱頂起架作業行程之示意圖，苗箱頂起架上升至放箱位置之行程為  $L_U$ ，苗箱頂起架下降至夾箱位置之行程為  $L_M$ ，苗箱頂起架下降至排箱位置之行程為  $L_B$ ，藉由液壓缸驅動進行連續性間歇運動，將苗箱排放至輸送帶。

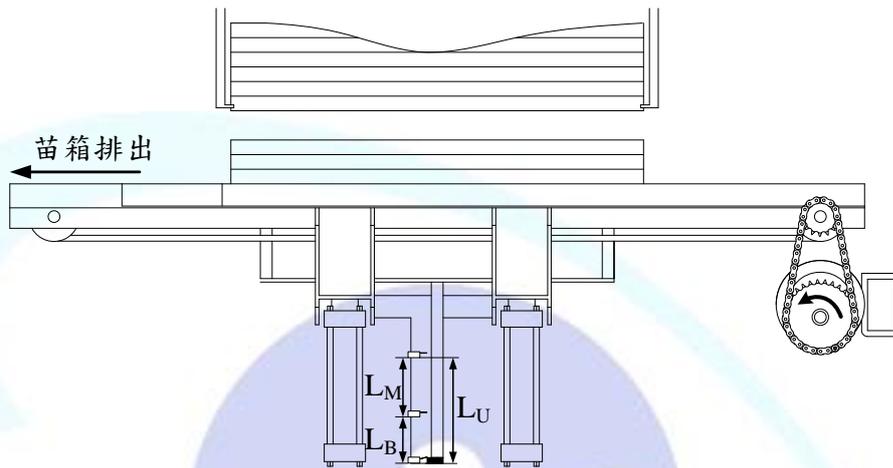


圖 5-8、苗箱頂起架作業行程之示意圖

由苗箱排放作業之時序圖 (圖 5-3) 得知苗箱單次排放之作業流程，每疊苗箱三十箱，依據排放模式決定排放次數( $n$ )。為確保苗箱排放之穩定性，苗箱輸送作業必須在苗箱頂起架下降至排箱位置時排放完成，若不能達成，苗箱輸送作業時間與苗箱頂起架下降至排箱位置時間取較大值。數學示可表示如下：

$$\frac{L_B \times \pi R_{\text{tray}}^2}{Q/N_{\text{tray}}} > \frac{L_{\text{tray}}}{V_{\text{tray}}} \dots \dots \dots (20)$$

式中  $\frac{L_B \times \pi R_{\text{tray}}^2}{Q/N_{\text{tray}}}$  為苗箱輸送作業時間， $\frac{L_{\text{tray}}}{V_{\text{tray}}}$  為苗箱頂起架下降作業時間。

苗箱排放單元之作業時間可表示為：

$$T_2 = \left( \frac{L_U \times \pi R_{\text{tray}}^2}{Q/N_{\text{tray}}} + 2T_{\text{gripper}} + \frac{L_M \times \pi R_{\text{tray}}^2}{Q/N_{\text{tray}}} + \frac{L_B \times \pi R_{\text{tray}}^2}{Q/N_{\text{tray}}} \right) \times n \dots \dots \dots (21)$$

式中：

$T_2$  = 苗箱排放單元作業時間(s)

$L_U$  = 苗箱頂起架上升至放箱位置之作業距離(mm)

$L_M$  = 苗箱頂起架下降至夾箱位置之作業距離(mm)

$L_B$  = 苗箱頂起架下降至排箱位置之作業距離(mm)

$R_{\text{tray}}$  = 苗箱頂起架驅動缸之缸徑(mm)

$N_{\text{tray}}$  = 苗箱頂起架驅動缸之個數

$L_{\text{tray}}$  = 苗箱排放之作業距離(mm)

$V_{\text{tray}}$  = 苗箱排放速度(mm/s)

$n$  = 一疊苗箱總排放次數

### 5.1.2.3 連續取箱作業時間之分析

由棧板輸送單元之構造圖(圖 4-2)得知，棧板輸入之距離為從棧板輸送滾筒至苗箱夾送區，此距離須考量棧板連續輸入時所造成之干涉，故設計棧板輸送距離為雙倍於單個棧板寬度，其棧板輸入之作業時間為：

$$P_i = \frac{L_{\text{pallet}}}{V_{\text{pallet}}} \dots\dots\dots (22)$$

式中：

$P_i$  = 棧板輸入時間(s)

$V_{\text{pallet}}$  = 棧板輸送滾筒移動之速度(mm/s)

$L_{\text{pallet}}$  = 棧板輸送之作業距離(mm)

透過取箱作業之時序流程(圖 5-2)得知苗箱排放單元執行第四疊苗箱排放時,定位擋板下降並排出空載棧板,棧板輸入時間與棧板輸出時間重疊,故取較大值(棧板輸入時間>棧板輸出時間)。單一棧板作業時間可表示為:

$$T = P_i + T_1 + 4T_2 \dots\dots\dots (23)$$

式中:

$T$ =單一棧板作業時間(s)

$P_i$ =棧板輸入時間(s)

執行連續作業時,忽略人為因素,由於次個棧板輸入時間與第四疊苗箱排放作業時間重疊,故取較大值(棧板輸入時間<第四疊苗箱排放作業時間),取箱搬運系統之理論作業時間為:

$$T_N = (P_i + T_1 + 4T_2) + [(N - 1)(T_1 + 4T_2)] \dots\dots\dots (24)$$

式中:

$T_N$ =取箱搬運系統連續作業理論時間(s)

$N$ =進行作業之棧板數量(個)

### 5.1.3 取箱搬運能量作業分析系統建立

本研究作業能量分析系統係以區塊化程式建構，將一即時模擬取箱搬運作業之分析程式流程，分為一個主程式及數個副程式(subVI)，並配合 5.1.2 節所定義之數學式及實際現場作業所量測記錄之取箱機參數，同時依序其相對應之虛擬儀表面板進行規劃與設計，建立一套以 LabVIEW 為基礎之即時取箱搬運作業分析系統，整體架構可分為苗箱排放單元、苗箱夾送單元及棧板輸送單元，如圖 5-9 所示。其中內部區塊之作業參數設定分別包括驅動馬達之規格、液壓缸之規格及作業移動距離等(圖 5-10)。

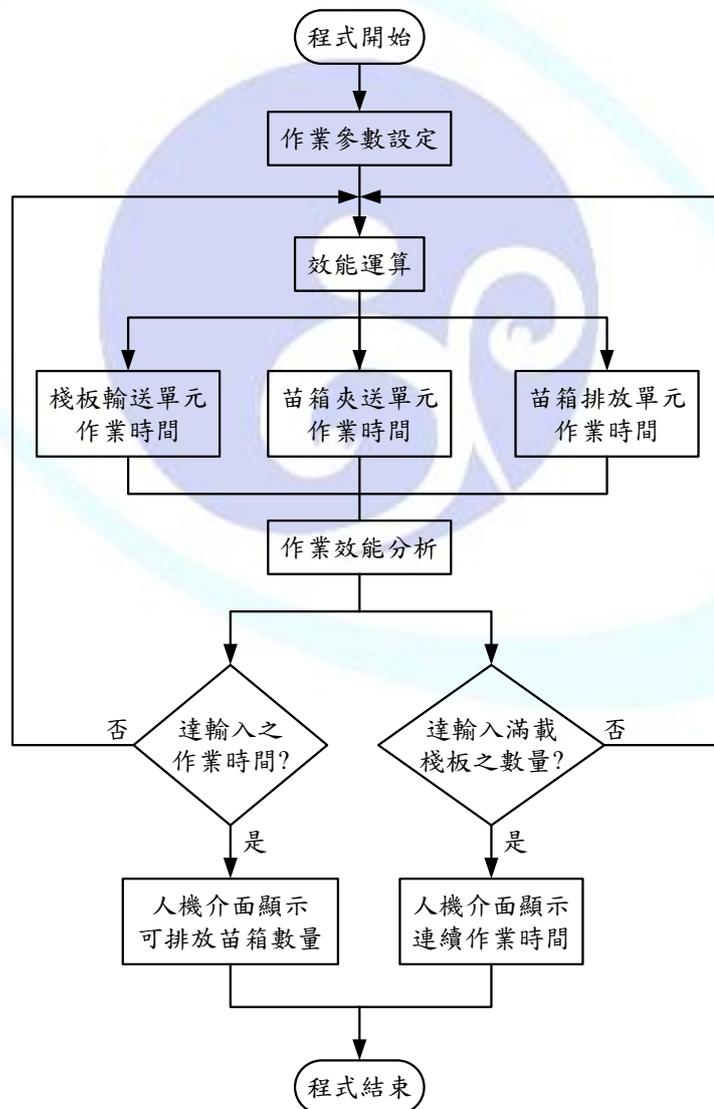


圖 5-9、取箱搬運作業能量分析系統程式流程圖

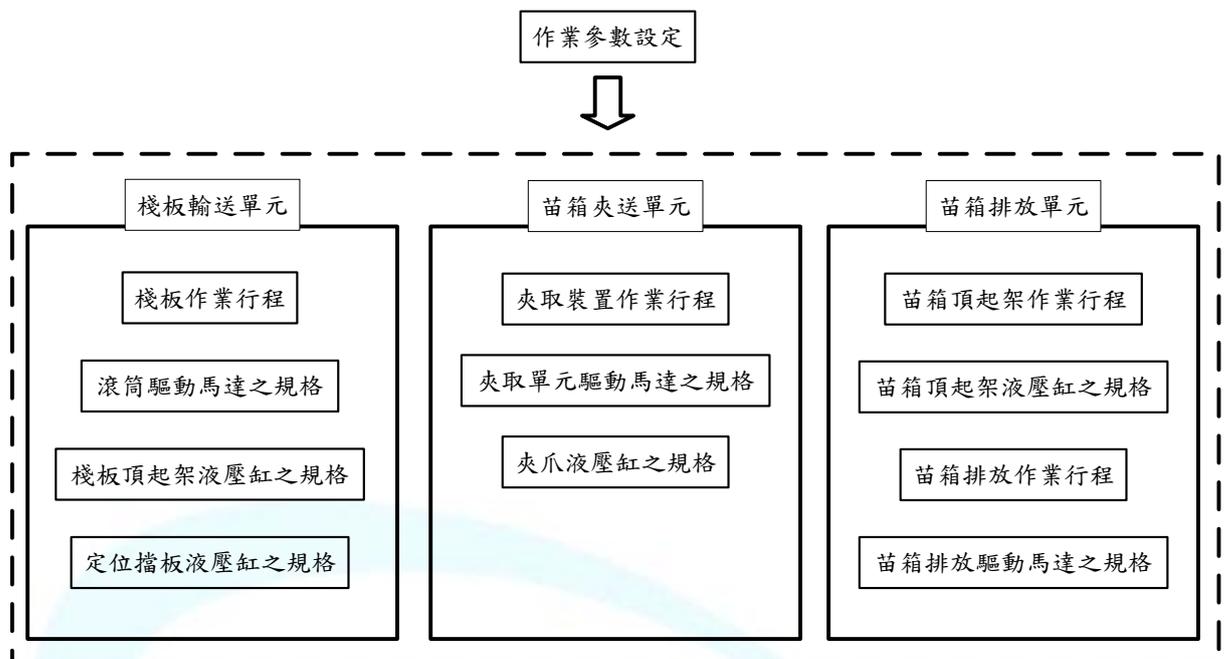


圖 5-10、取箱搬運作業能量分析系統之作業參數設定圖

根據取箱搬運作業能量分析系統程式流程圖(圖 5-9)，其撰寫後之圖形化程式設計，可由 LabVIEW 程式中圖形化程式方塊(block diagram)顯示。如圖 5-11 為夾取裝置作業時間程式圖，其係以夾取裝置之驅動元件規格、移動距離以及變頻器頻率等參數為基礎(圖中藍色方框所示)，配合公式 19 作為 LabVIEW 程式中公式節點(formula node)運算之依據，演算出夾取裝置之移動速度、驅動馬達之轉速、夾取裝置負載移動時間及夾取裝置空載移動時間(圖中綠色方框所示)，同時其相對應之模擬結果可即時顯示於人機介面，以供使用者方便觀測及分析。

接著系統在模擬棧板頂起架及夾爪作業流程方面(圖 5-12)，主要係以液壓泵之實際規格作為換算取箱機液壓系統流量及體積之依據(公式 21、22)，並利用副程式之編譯方式，提升整體程式之工作效率及程式碼的可讀性，圖中藍色及綠色方框分別為演算液壓缸體積及液壓泵流量之副程式區塊。圖 5-12 紅色方框為設定本研究所使用之液壓泵及液壓缸規格，其包括液壓缸之缸徑、液壓缸之工作行程、液壓泵規格及液壓缸之數量等。其棧板頂起架及夾爪作業時間之運算結果，可由圖 5-12 黃色方框得知。

圖 5-13 為苗箱排放單元作業時間之程式運算，其係由苗箱排放模式(圖中藍色方框所示)、苗箱頂起架下降至各感應器之作業時間(圖中藍色方框所示)及苗箱排放單元作業時間(圖中綠色方框所示)所構成。其中判別苗箱排放模式係藉由條件程式架構(case structure) 進行編譯，可分為三箱排放及六箱排放模式；而苗箱頂起架下降至各感應器之作業時間，係分別以液壓缸及苗箱排放作業之行程為依據，並配合液壓系統流量及體積之副程式所運算出；最後整合苗箱排放之時序流程(公式 21)及上述所計算出之作業參數，即可求得苗箱排放單元作業時間(T2)。

圖 5-14 為棧板輸送作業時間之程式圖，其係以公式 22 為依據，配合棧板輸送滾筒之驅動馬達規格、移動距離及鏈條作業行程等參數(圖中藍色方框所示)作為程式撰寫，以進行作業分析，而其系統分析結果分別有驅動馬達之轉速、移動速度及棧板輸送作業時間，如圖 5-14 綠色方框所示。

整合上述苗箱排放單元、苗箱夾送單元及棧板輸送單元所運算之作業參數，配合公式 23 及 24 之計算，即可求得單一棧板作業時間及連續作業理論時間，如圖 5-15 所示。透過 5.1.1 節與 5.2.1 節之時序分析結果得知兩代取箱機之作業時序、作業行程及驅動元件規格相異，因此作業模式設定仍藉由條件程式架構進行編譯。



圖 5-11、夾取裝置作業時間(T1)程式圖

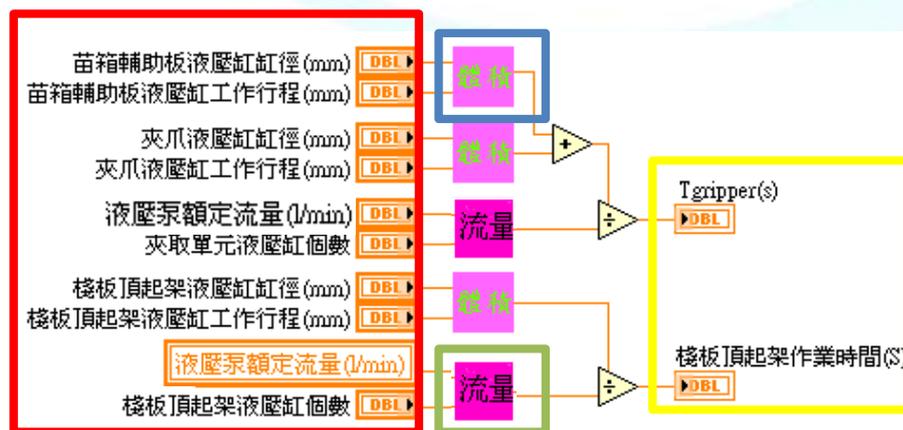


圖 5-12、棧板頂起架及夾爪作業時間程式圖

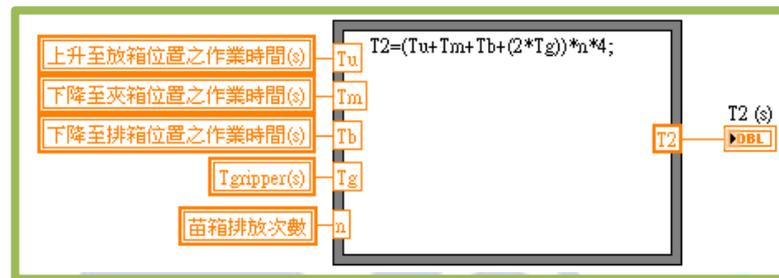
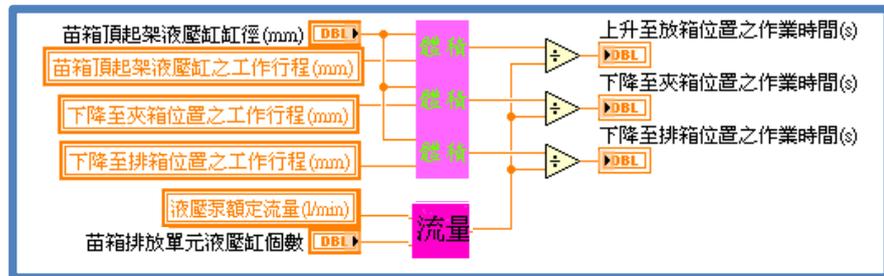
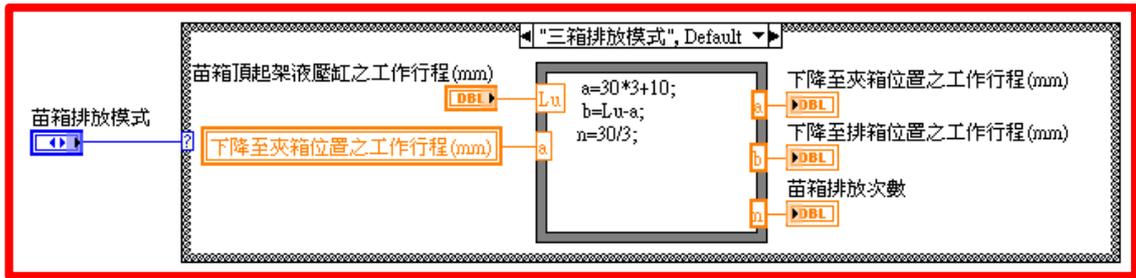


圖 5-13、苗箱排放單元作業時間(T2)程式圖

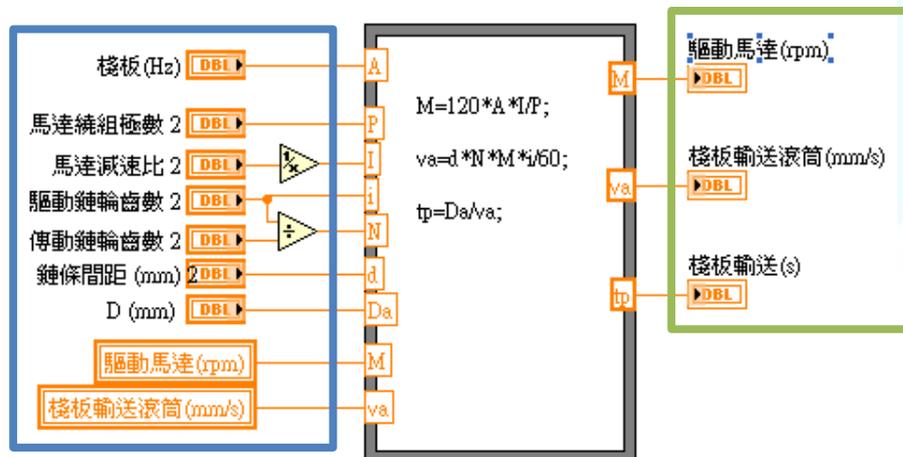


圖 5-14、棧板輸送作業時間之程式圖

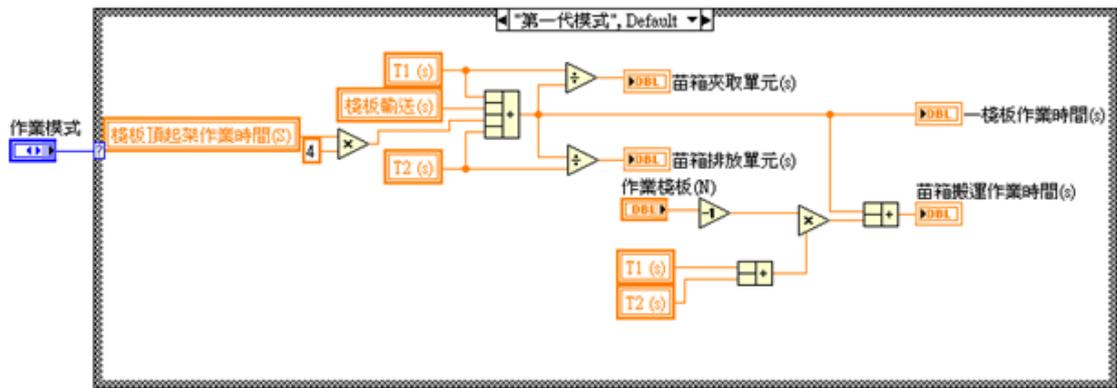


圖 5-15、整合取箱作業時間程式圖

## 5.2 模式驗證

藉由第二代取箱機之元件規格及作業參數，修正作業分析系統。分析系統驗證係將量測之取箱機驅動元件規格及作業參數，輸入至取箱搬運作業能量分析模擬介面，同時透過實際人為觀測取箱機之作業流程變化(錄影紀錄)，比較其模擬結果與取箱機實際運作行情況，探討模擬結果與實際測量之差異性。

### 5.2.1 第二代取箱機時序分析

以攝影機拍攝，分別錄製三個棧板作業情形，再以碼表量測並記錄取箱機各單元細部作動時間，進行時序圖之繪製及分析工作。

實際作業量測中：每個棧板堆放四疊，每疊 30 箱，共 120 箱。以三箱一疊的排放模式下，完成單一棧板苗箱排放。表 5-2 為分析各單元實際作業時間。利用表 5-2 試驗結果繪製單一棧板的取箱搬運作業之時序圖，如圖 5-16 所示，其理論作業時間為 313.9 秒。圖 5-17 為苗箱排放作業之時序流程，苗箱排放單元理論作業時間為 271.8 秒。六箱一疊排放模式時序流程如圖 5-18 所示，其理論作業時間為 183.3 秒，圖 5-19 為苗箱排放作業之時序流程，苗箱排放單元理論作業時間為 141.2 秒。其中表 5-2 中較大的差異值研判造成差異之因素為機械損耗及電控損耗。

表 5-2、第二代取箱搬運系統各細部作業時間

取箱機各細部動作	量測取箱機各細部作業時間, 秒				
	#1	#2	#3	Avg.	Std.
夾取單元移動至第一疊苗箱	2.42	2.44	2.38	2.41	0.03
夾取單元由第一疊苗箱位置返回至苗箱排放區	2.71	3.04	2.96	2.90	0.17
夾取單元移動至第二疊苗箱	3.43	3.69	3.47	3.53	0.14
夾取單元由第二疊苗箱位置返回至苗箱排放區	3.71	3.66	3.69	3.69	0.03
夾取單元移動至第三疊苗箱	4.03	3.98	4.09	4.03	0.06
夾取單元由第三疊苗箱位置返回至苗箱排放區	5.13	5.01	5.21	5.12	0.10
夾取單元移動至第四疊苗箱	5.91	5.76	5.74	5.80	0.09
夾取單元由第四疊苗箱位置返回至苗箱排放區	6.13	5.97	6.12	6.07	0.09
夾爪開合	0.78	0.76	0.76	0.77	0.01
棧板頂起架升降	1.77	1.56	1.78	1.70	0.12
棧板輸入	7.64	7.59	7.56	7.60	0.04
空棧板排出	4.75	4.3	4.28	4.44	0.27
定位擋板升降	0.97	1.04	1.02	1.01	0.04
苗箱排出轉彎機	2.96	3.2	2.73	2.96	0.24
苗箱頂起架上升至放箱位置	2.61	2.54	2.59	2.58	0.04
苗箱頂起架下降至夾取三箱苗箱位置	1.01	1.21	1.11	1.11	0.10
夾取三箱苗箱位置下降至排箱位置	1.57	1.56	1.81	1.65	0.14
苗箱頂起架下降至夾取六箱苗箱位置	1.96	1.85	1.95	1.92	0.06
夾取六箱苗箱位置下降至排箱位置	0.43	0.61	0.61	0.55	0.10

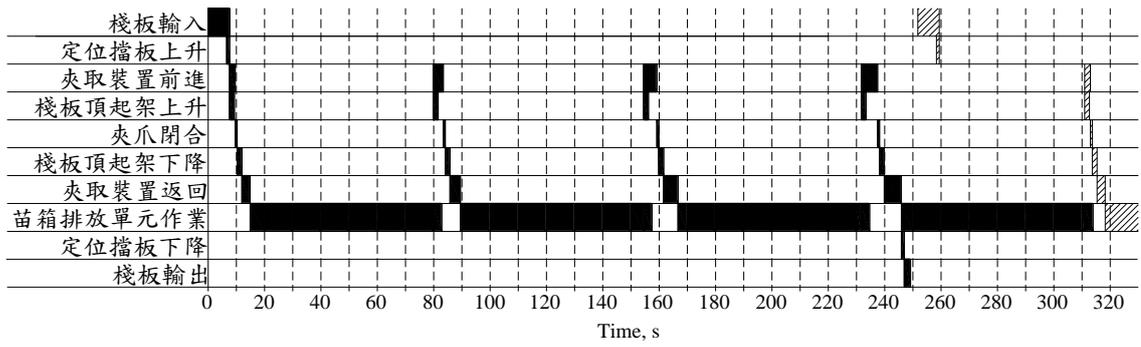


圖 5-16、三箱排放模式作業時序圖

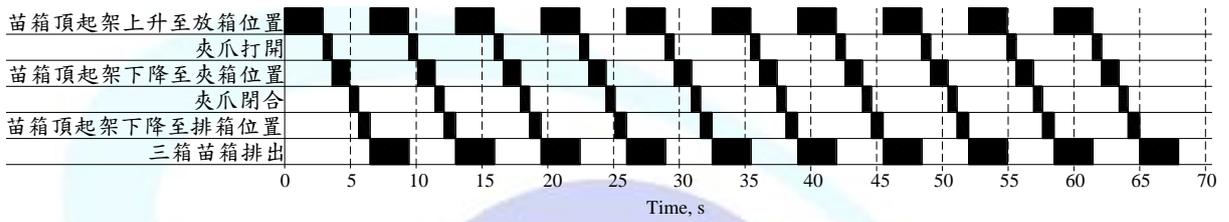


圖 5-17、三箱排放模式之苗箱排放作業時序圖

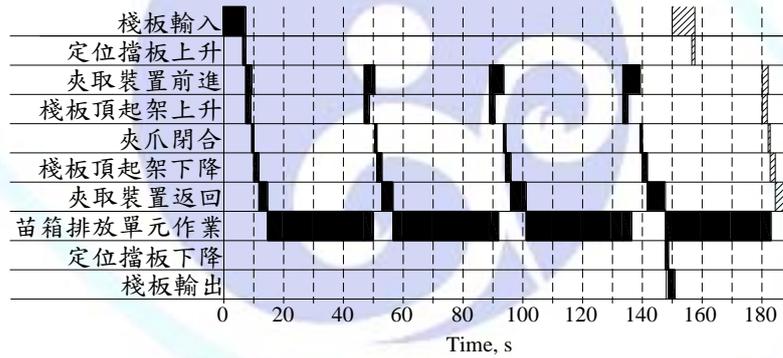


圖 5-18、六箱排放模式作業時序圖

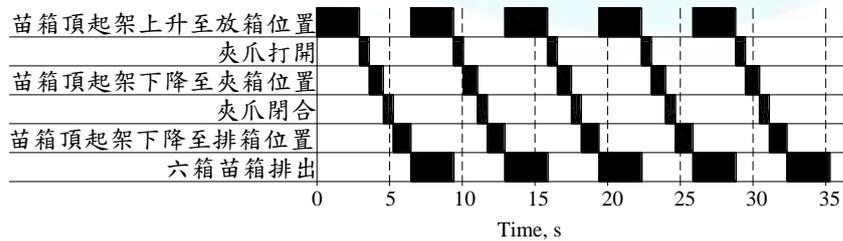


圖 5-19、六箱排放模式之苗箱排放作業時序圖

### 5.3 能量改善之分析

取箱機以液壓缸及馬達做為主要驅動元件，藉由 LabVIEW 所開發之取箱搬運作業能量分析系統，重複執行作業評估分析，以求得最佳化效能，進而提升作業效率及促進人力資源的利用。

由時序分析得知，苗箱排放所需時間耗費了大部份的系統作業時間，若增加液壓泵之流量，能有效提升各單元液壓缸活塞桿之移動速度，其能提升取箱機作業能量。由於無法實際提高取箱機液壓泵之流量，故藉由取箱搬運作業能量分析系統來觀測，取得液壓泵能有效提升各單元液壓缸活塞桿移動速度之流量，取箱機所使用之液壓缸，其活塞桿移動速度使用範圍為 8~300 (mm/s)，為避免實際作業不穩定，其取箱機所有液壓缸活塞桿移動速不得超過此範圍。然而由馬達驅動之機構，可由變頻器調整頻率來提高馬達之轉速使移動速度提升。最後利用 Solidworks 所建立之模型，觀測作業情形、設備及配置關係等，改善作業參數以達效能提升。

## 第六章 結果與討論

### 6.1 取箱搬運作業能量分析系統

圖 6-1 中綠色方框為系統設定兩項初始參數之視窗，其包括系統作業模式(選擇鍵)及棧板(數值輸入)；而紅色方框分別為系統苗箱夾送單元、苗箱排放單元、棧板輸送單元及夾爪之參數設定介面，此仍為系統初始參數之子視窗；最後圖中黃色方框則為系統即時模擬取箱搬運作業效能，其分別顯示一個棧板作業時間及苗箱搬運作業時間。

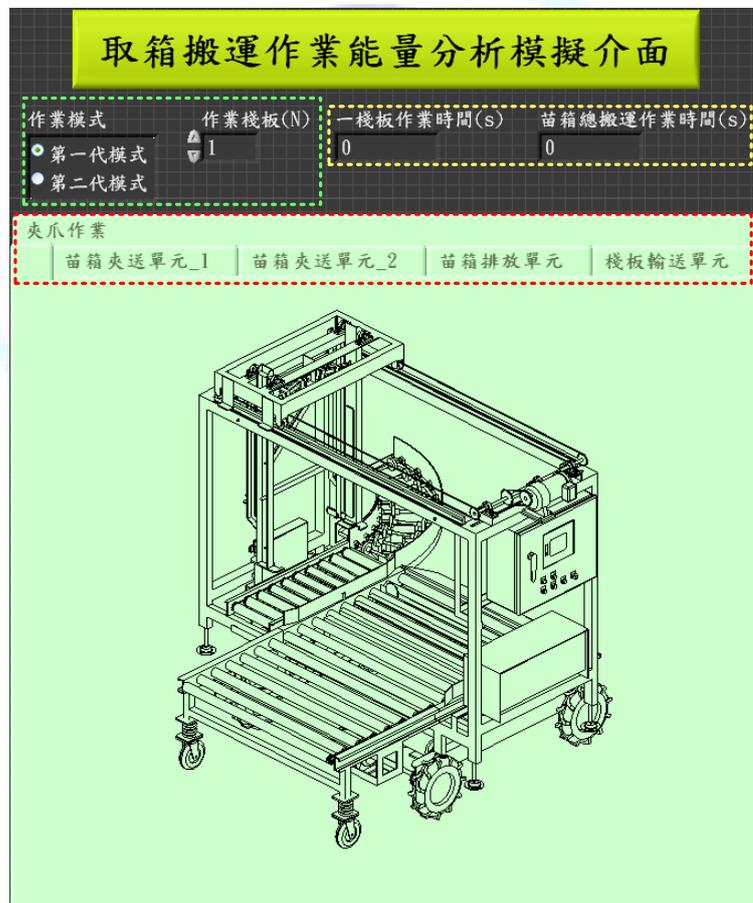


圖 6-1、取箱搬運作業能量分析系統介面圖

圖 6-2 為苗箱夾送單元參數設定介面，將驅動元件規格及作業參數輸入至位於機構圖外側之數值設定方框，黑色方框顯示苗箱夾送單元所需作業時間及相對於總作業時間之比例值( $T_1/T$ )。夾取裝置移動距離則在圖 6-3(苗箱夾送單元\_2)之畫面設定。圖 6-3 中之虛線方框為模擬值，其中紅色方框顯示驅動馬達之轉速及夾取裝置移動速度值；藍色虛線方框之  $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$  及  $t_4$  為夾取裝置移動至棧板上苗箱位置之作業時間模擬值， $b_1$ 、 $b_2$ 、 $b_3$  及  $b_4$  為夾取裝置由棧板上苗箱位置返回至苗箱排放區之作業時間模擬值圖 6-4 為夾爪作業參數設定，橘色箭頭所指的是夾爪所使用的液壓裝置，橘色方框為液壓泵流量設定，控制取箱機所有液壓裝置流量。

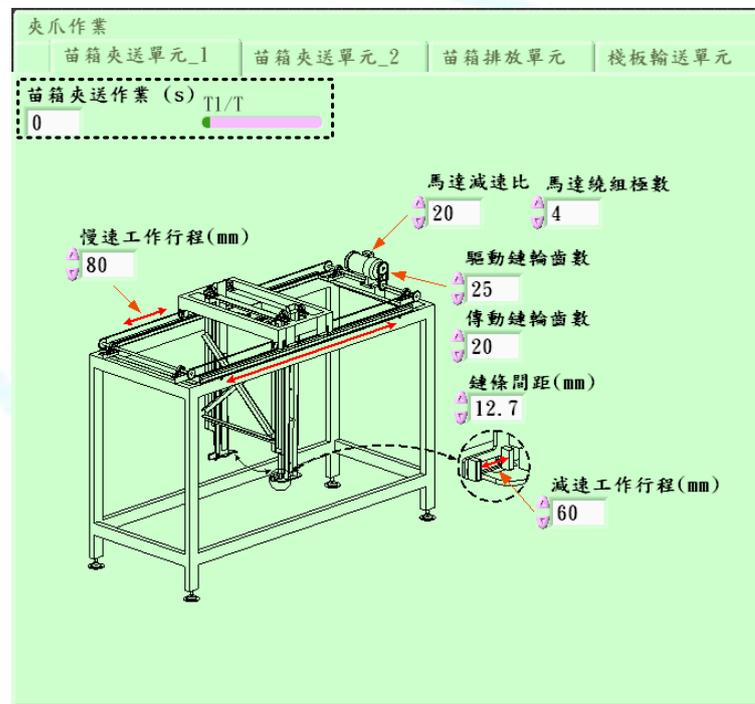


圖 6-2、苗箱夾送單元參數設定介面圖

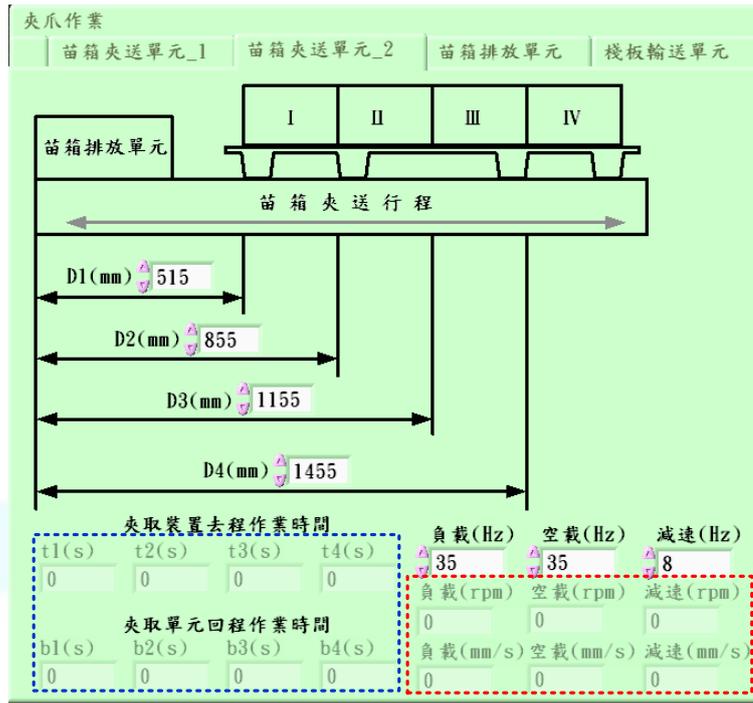


圖 6-3、夾取裝置參數設定介面圖

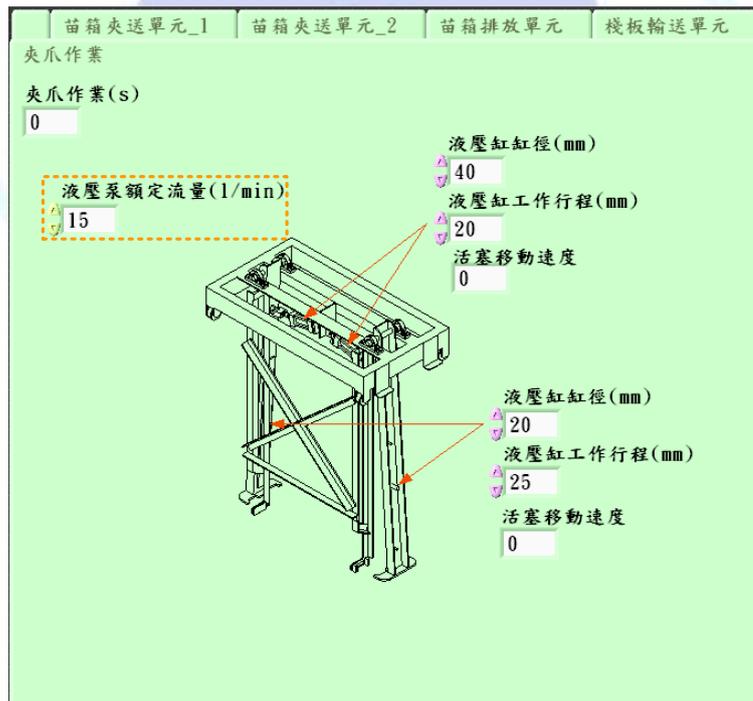


圖 6-4、夾爪作業參數設定介面圖

圖 6-5 為苗箱排放單元參數設定介面，輸入圖 6-5 中橘色箭頭所指之液壓驅動元件參數值；於紅色方框選擇三箱排放模式或六箱排放模式。藍色方框顯示苗箱頂起架上升至放箱位置 (Lu)、苗箱頂起架下降至夾取預排放箱數位置 (Lm)及苗箱頂起架下降至排箱位置之作業時間(Lb)；黑色方框顯示苗箱排放單元所需作業時間及苗箱排放相對於總作業時間之比例值( $T_2/T$ )。

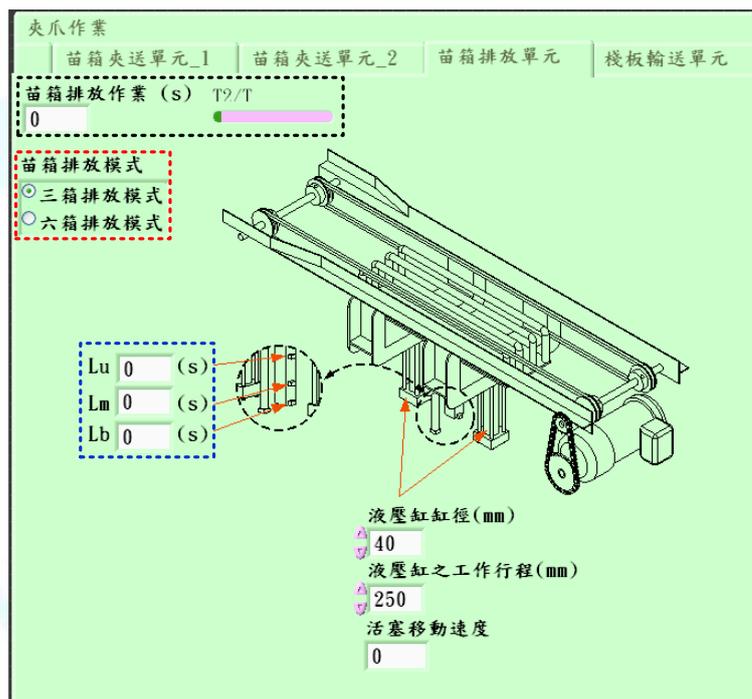


圖 6-5、苗箱排放單元參數設定介面圖

圖 6-6 為棧板輸送單元參數設定介面，將驅動元件規格及作業參數輸入至位於機構圖外側之數值設定方框。圖 6-6 中藍色方框顯示棧板驅動馬達之轉速及移動速度值；黑色方框顯示棧板輸送至夾取裝置之作業時間及相對於總作業時間之比例值( $T_2/T$ )。

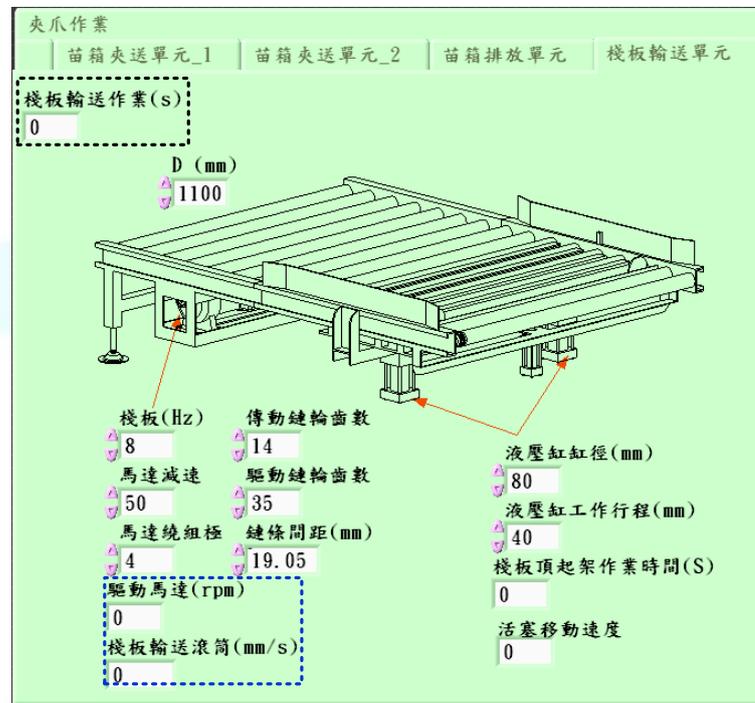


圖 6-6、棧板輸送單元介面圖參數設定介面

## 6.2 分析系統之驗證

於第二代取箱機驅動元件規格及作業參數，輸入至取箱搬運作業能量分析模擬介面，由圖性化介面觀測其模擬值，分別將各單元細部模擬數值記錄於表 6-1 中。表 6-1 為二代取箱機實際量測與系統模擬結果之比較，其中因量測數據之標準差變化小(每個樣本值均重複量測三次)，故可於差異值運算公式 25 中將其忽略。

$$\text{差異值} = \left| \frac{\text{實際值} - \text{模擬值}}{\text{實際值}} \right| \times 100\% \dots\dots\dots (25)$$

根據表 6-1 可觀測出，模擬與實際量測夾取裝置移動至第一、二、三及四疊苗箱之時間，其差異值分別為 6.91、7.93、2.98 及 2.70 %，比較四個差異值可發現，當夾取裝置移動之距離愈短時其差異值越大，推測其原因為夾取裝置由苗箱排放區移動至苗箱放置位置，其包含全速(35 Hz)、減速(8 Hz)及停止等移動速度，當兩區域距離越短時，三種移動速度交替變化愈快，且馬達由靜止運轉至全速需一微小時間，因此造成模擬與實際量之差異。另外推測造成夾取裝置由第二苗箱位置返回至苗箱排放區模擬與實際量之差異(9.86 %)，為苗箱堆疊於棧板上時，其各疊苗箱間之距離會有些許差異，且放置之角度亦會有差，即苗箱長邊與棧板未完全平行，進而造成夾取裝置上的慢速及停止感應器定位之差異。

由表 6-1 得知，模擬與實際量測苗箱頂起架下降至夾取三箱苗箱位置、夾取三及六箱苗箱位置下降至排箱位置之時間，其差異值分別為 9.91、9.09 及 9.09 %，推測其原因為液壓系統是一非線性時變之系統，系統參數會隨著操作環境和時間而改變，且實驗所使用之柱塞型分流閥，在啟動與停止時易產生顫動而產生誤差，當兩缸負荷不均時(苗箱載重)，其誤差更大。另外推測造成棧板輸入作業時間之差異(8.47 %)，研判為棧板與輸送滾筒間之摩擦力所致。

於表 6-1 可得知，量測值與模擬值之差異值皆未超過 10 %，此再一次說明本論文所建立之取箱搬運作業能量分析系統，可作為系統設計之有效分析工具。表 6-1 中造成數值差異之原因，研判為機械損耗及電控損耗，其中機械損耗係由機構本體之摩

擦及額外力量損耗所造成，而電控損耗則為 PLC 下達指令後，其感測器之靈敏度及控制器反應速度皆耗費一微量時間，故與模擬環境之即時動作比較相對存在誤差。

表 6-1 實際量測與系統模擬之結果

取箱機各細部動作	實際量測與系統模擬, 秒		
	量測值	模擬值	差異值(%)
夾取裝置移動至第一疊苗箱	2.41 ±0.03	2.58	6.91
夾取裝置由第一疊苗箱位置返回至苗箱排放區	2.91 ±0.06	2.83	2.64
夾取裝置移動至第二疊苗箱	3.53 ±0.14	3.81	7.93
夾取裝置由第二疊苗箱位置返回至苗箱排放區	3.69 ±0.03	4.05	9.86
夾取裝置移動至第三疊苗箱	4.03 ±0.06	4.15	2.98
夾取裝置由第三疊苗箱位置返回至苗箱排放區	5.12 ±0.10	5.13	0.26
夾取裝置移動至第四疊苗箱	5.80 ±0.09	5.96	2.70
夾取裝置由第四疊苗箱位置返回至苗箱排放區	6.07 ±0.09	6.21	2.25
夾爪開合	0.77 ±0.01	0.79	3.04
棧板頂起架升降	1.70 ±0.04	1.61	5.29
棧板輸入	7.60 ±0.04	8.24	8.47
苗箱頂起架上升至放箱位置	2.58 ±0.04	2.51	2.71
苗箱頂起架下降至夾取三箱苗箱位置	1.11 ±0.10	1.00	9.91
夾取三箱苗箱位置下降至排箱位置	1.65 ±0.14	1.50	9.09
苗箱頂起架下降至夾取六箱苗箱位置	1.92 ±0.06	2.01	4.69
夾取六箱苗箱位置下降至排箱位置	0.55 ±0.10	0.50	9.09
三箱排放模式	313.9	310.54	1.07
六箱排放模式	183.3	178.34	2.71

### 6.3 作業能量改善之分析

目前本研究係以取箱機之液壓缸活塞桿移動速度規格(8~300 mm/s)及液壓泵流量(15 l/min)為基礎，配合其相對應之數學關係模式，藉由取箱搬運作業能量分析系統，模擬液壓泵於 15、20、25、30 及 35 l/min 流量下，各單元液壓缸活塞桿之移動速度。經初步結果發現，液壓泵流量與液壓缸活塞桿移動速度成正比，且當液壓泵流量提升至 35 l/min 時，苗箱輔助板之液壓缸活塞桿移動速度會超過使用範圍，因此為了找出符合各單元液壓缸規格之最大液壓泵流量，需進一步針對液壓泵 30 至 35 l/min 間不同流量時進行模擬，以了解各單元液壓缸活塞桿之移動速度，如圖 6-7 所示。由圖 6-7 得知，在滿足各單元液壓缸活塞桿之移動速度的狀況下，液壓泵最大輸出流量可設定為 33 l/min。接著為了探討液壓泵不同流量下，對於取箱搬運作業能量之影響，因此模擬不同的液壓泵流量(15、20、25、30、31、32 及 33 l/min)以分析單一棧板連續作業之效能，其三及六箱排放模式之模擬結果，如圖 6-8 所示。由圖 6-8 可觀測出液壓泵流量在大於 30 l/min 後，三及六箱排放模式之模擬作業效能分別趨近於 96 及 156 秒，其中作業能量未有明顯增益，可說明作業能量並不無限制地隨液壓泵流量增加而提升。

本研究係以 Solidworks 建立苗箱夾送單元之 3D 模型，作為模擬其設備相關配置及作業流程干涉等，如圖 6-9 所示。由圖 6-9 可得知，夾取裝置移動範圍包含棧板輸送滾筒及苗箱輸送滾筒等，由於輸送滾筒是配合棧板寬度及苗箱寬度所訂製，因此棧板輸送滾筒及苗箱輸送滾筒暫不需要更改。而棧板輸送滾筒及苗箱輸送滾筒是用鉚接的方式固定，因此可以合適地縮減加工之作業空間(如鎖螺絲等)，如圖中紅色圓圈所示，其可縮減之距離為 30 mm。

夾取裝置之驅動馬達是以變頻器來控制移動速度，其頻率皆設定為 35 Hz。由時序分析得知夾取裝置分為空載狀況下移動及負載狀況下移動，經初步實驗顯示，夾取裝置在空載的狀況下移動，於頻率提升至 50 Hz 時，夾取裝置之感測元件於判別苗箱位置的準確率為 5%，在 45 Hz 時有較佳的判別位置的準確率；當頻率提升至 50 Hz

時，夾取裝置在負載的狀況下移動，苗箱會有小篇幅的晃動現象產生，頻率提升至 55 Hz 時，苗箱移動過程晃動幅度大，容易造成苗箱傾倒，故不予考慮 50 Hz 以上之電源參數。因此分別在夾取裝置空及負載狀況下，可將變頻器之頻率提升至 45 及 50 Hz。

最後以上述最佳化之參數(如將液壓泵流量提升至 33 l/min、合適縮減機構間之距離 30 mm、夾取裝置在移動狀況下空及負載時變頻器分別設定為 45 及 50 Hz 等)作為取箱搬運作業能量分析系統模擬之依據，可運算出於取箱機單一棧板連續作業下，三及六箱排放模式之總作業效能分別提升為 156.97 及 96.87 秒，與改善前模擬值作比較，三及六箱排放模式作業時間分別由 310.54 減 156.97 及 178.34 秒減 96.87 秒，整體系統作業提升 45.60 % 以上。

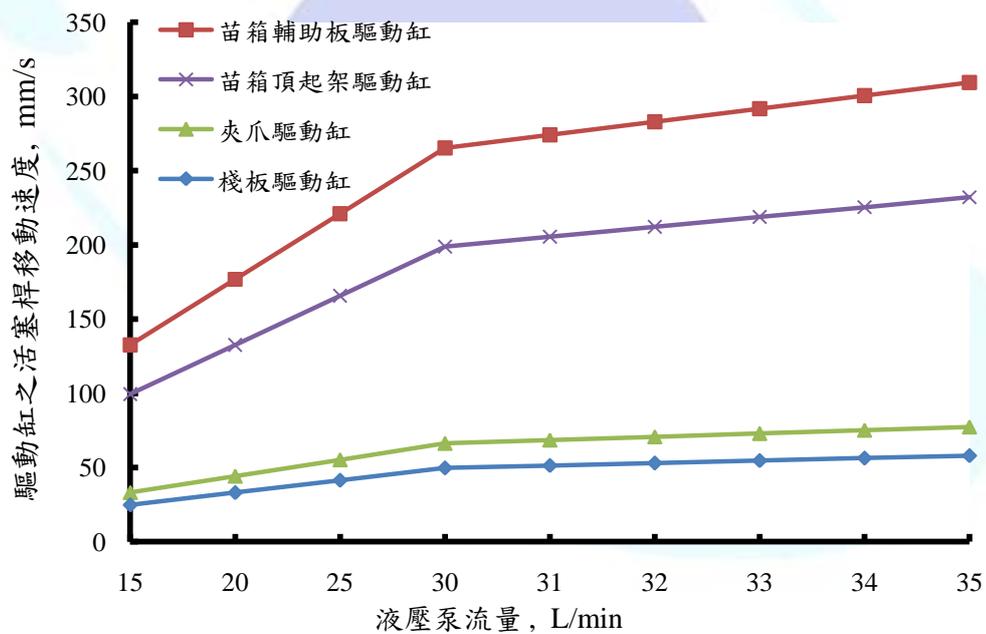


圖 6-7、液壓缸之活塞桿移動速度之關係圖

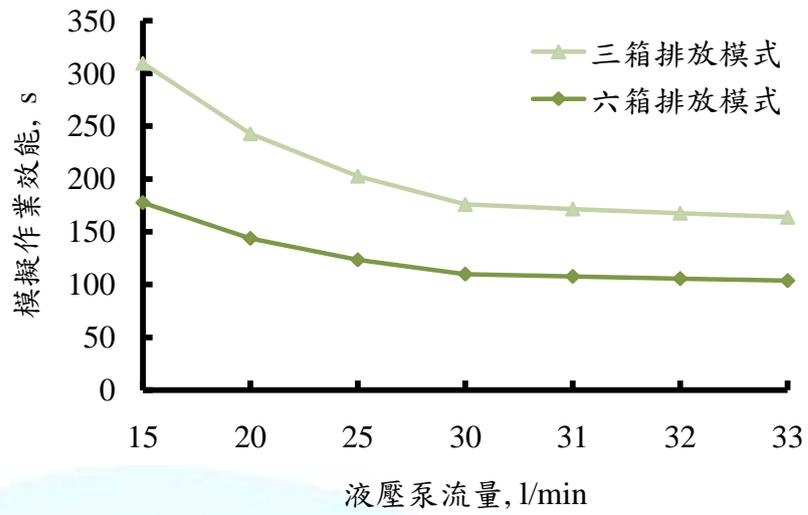


圖 6-8、在不同流量下模擬取箱機作業能量

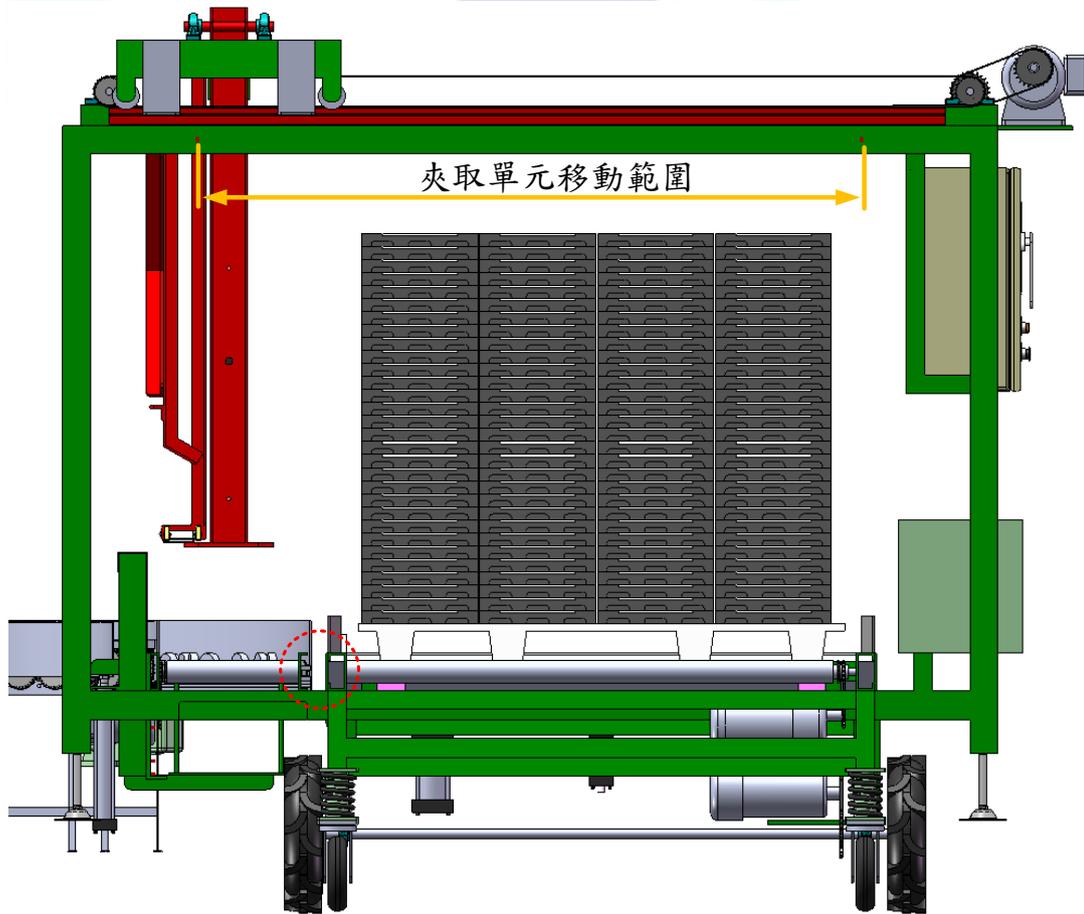


圖 6-9、夾取裝置移動範圍示意圖

## 第七章 結論與建議

### 7.1 結論

本論文發展一套即時模擬分析取箱搬運作業能量分析系統，作為優化取箱機驅動元件及作業參數之依據，結合取箱機之 3D 模型，提供評估最佳化作業效能之有效指標。綜合上述，本研究有以下五點結論：

1. 本論文利用 Solidworks 所建構之取箱機 3D 模型，可作為模擬其設備相關配置及作業流程干涉之有效工具。經模擬分析結果顯示，在夾取裝置移動範圍內，棧板輸送滾筒及苗箱輸送滾筒間距離，可以合適地縮減 30 mm，以節省作業空間。
2. 本論文係以區塊化程式架構為基礎，開發客製化 LabVIEW 程式原型，可即時模擬分析取箱搬運作業情況。該取箱搬運作業能量分析系統具有友善的人機輸入介面、即時顯示取箱作業時間資料及各驅動元件參數變化等功能。
3. 根據取箱搬運作業能量改善之分析結果可得知，在液壓泵 15、20、25、30、31、32、33、34 及 35 l/min 流量下，滿足各單元液壓缸活塞桿之移動速度的狀況，設定液壓泵最大輸出流量 33 l/min 可達最高之作業效能。
4. 以實際量測變頻器控制驅動馬達轉速試驗，經統計分析可得知，分別在夾取裝置空及負載移動的作業下，供應電源頻率可提升至 45 及 50 Hz，同時取箱機仍可準確的判別苗箱位置，且苗箱不會因移動慣性產生傾倒。
5. 本論文以上述最佳化之元件參數作為取箱搬運作業能量分析系統之基礎，可求得在三及六箱一疊排放模式下，一個棧板的苗箱排放作業時間分別為 156.97 秒及 96.87 秒，與改善前模擬值作比較，整體系統作業提升達 45.6 % 以上。

## 7.2 建議

1. 以 Solidworks 優化裝置配置，縮減不必要之作業距離，未能顯著提升夾取裝置之作業效能。目前夾取裝置驅動馬達變頻器設定之頻率為 35 Hz，增加夾取裝置驅動馬達變頻器之頻率，以增加夾取裝置移動速度，並可達到夾取作業效能之提升。
2. 苗箱輔助板驅動缸活塞桿移動速度的限制，抑制液壓泵流量之提升，導致整體作業效能無法大幅提升，未來可考量是否重新設計建構或是更換其驅動裝置。
3. 於綠化場執行作業時，可經由無線傳輸控制取箱機之作業執行與否，農民可自主掌握苗箱排放速度，也可降低發生排放失誤時所造成之損傷。
4. 未來可以此作業效能分析系統為依據，分析設計各相關裝置之建構及配置，舉凡載具之驅動設計、生產作業流程之效能提升分析與各項動力裝置之機構建置評估。

## 參考文獻

1. 丁冠中、方煒。1991。整合溫室生產系統之決策支援。農業自動化叢書。環控農業機械工程 2: 85-92。
2. 王博澤。1996。一貫棧板化及棧板共同使用系統。物流技術與戰略 3: 58-65。
3. 台灣三住股份有限公司。2007。工廠自動化用機械標準零件。2543-2546。台北: 台灣三住股份有限公司。
4. 台灣棧板股份有限公司。1999。台灣物流中心經營現況分析 Part-II。物流技術與戰略 12: 112-118。
5. 台灣棧板股份有限公司。1999。物流作業效率化的關鍵-棧板的共同利用。物流技術與戰略 14: 103-109。
6. 呂淮熏。1995。氣液壓學。台北: 高立圖書公司。
7. 段兆麟。1995。水稻育苗中心經濟規模及適當場數之分析。八十四年輔導水稻育苗中心營運改善示範計畫研究報告。屏東: 屏東技術學院。
8. 洪景鐘、陳世銘、周奕宇。2002。自動化育苗場播種作業之電腦模擬與工時分析。農業機械學刊 11(3): 71-83。
9. 馮丁樹。1996 a。水稻育苗中心之發展。台灣農業機械。11(6): 1-4。
10. 馮丁樹。1996 b。水稻育苗中心搬運系統。種苗生產自動化技術專輯 3。台北: 財團法人農業機械化研究發展中心。
11. 馮丁樹。2002。水稻育苗作業體系。國立臺灣大學生物產業機電工程學系。  
網址:<http://www.bime.ntu.edu.tw/~dsfon/biomachine/pdf/bchapter14.pdf>。  
上網日期: 2010-6-30。
12. 邱奕志、馮丁樹。1998。台灣地區水稻育苗場搬運作業體系之分析。農業機械學刊。7(1): 45-57。
13. 邱奕志、馮丁樹。2001。秧苗箱自動取機之研製。農業機械學刊。10(3): 59-71。
14. 邱奕志。2004。電動機。機電整合專輯-農業自動化叢書 12。P. 83-89。台北: 台灣

大學生物產業機電工程學系。

15. 邱奕志、吳剛智、張明毅、林建志、林家鋒、朱雅慧、楊本源、王春雄、劉建中。2009。秧苗箱自動取箱搬運系統之研製。行政院農業委員會農糧署九十八年度科技計畫研究報告。
16. 陳怡任。2002。水稻育苗中心搬運作業決策支援系統之建立。碩士論文。台北: 國立臺灣大學生物產業機電工程學研究所。
17. 葉仲基。2003。液器壓元件與制動器。機電整合 12 : P. 57-77。台北: 農業機械化研究發展中心農業自動化叢書。
18. 惠汝生。2006。LabVIEW 8.X 圖控程式應用。P. 1-10。台北: 全華科技圖書股份有限公司。
19. 黃明熙。2009。馬達選用與節能應用實務技術。工業技術研究院機械與系統研究所。網址: <http://hem.org.tw/files/Promote/980327-2.pdf>。上網日期: 2010-6-30。
20. 傅華貴。1994。物流管理(倉庫管理專用及自動棧板識別系統)。自動化科技 120: 117。
21. 劉立強。2002。不平衡雙液壓缸系統之同步運動控制。碩士論文。高雄: 國立中山大學機械與機電工程研究所。
22. 坂井健二。1996。物流的始點-墊板(棧板)。物流技術與戰略 2: 71-87。
23. Chiu, Y. C., D. S. Fon. and L. H. Chen. 2000. Simulation of conveyor transport operations using a gantry system. Journal of Agricultural Engineering Research (SCI). 75:417-428.
24. Chiu, Y. C., and D. S. Fon. 2000. Simulation of Conveyor Transport Operations using a Gantry System 75: 417-428.
25. Chiu, Y. C, D. S. Fon, and G. J. Wu. 2006. Development of an automatic transportation system for rice seedling production. International Agricultural Engineering Journal 15(2-3): 43-53.
26. Chiu, Y. C, D. S. Fon, and G. J. Wu. 2006. Development of an automatic pallet handling

- system for seeded trays. *Biosystems Engineering* 32(2): 123-138.
27. Chiu, Y. C, Y. J. Chen, and D. S. Fon. 2007. Development of a transportation decision support system for rice seedling nurseries. *International Agricultural Engineering Journal* 16(3-4): 185-204.
  28. Chiu, Y. C, Y. H. Chu, and G. J. Wu. 2010. Development of an automatic tray-discharging system for rice seedling. *The 5th International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agricultural and Biosystems Engineering (2010 ISMAB)*. Paper No: P-36.
  29. Fox, R. W, A. T. McDonald, and P. J. Pritchard. 2005. *Introduction to fluid mechanics*. 6<sup>th</sup> ed., P. 651-656. New York: John Wiley & Sons, Inc.
  30. Kubota. 2010. A semi-automatic tray loading/unloading machine. Available at: [http://www.jnouki.kubota.co.jp/sisetu/ikubyou/ikubyou\\_top.html](http://www.jnouki.kubota.co.jp/sisetu/ikubyou/ikubyou_top.html)  
Accessed: April 30, 2010.
  31. Rizzoni, G. 2004. *Principles and applications of electrical engineering*. 4<sup>th</sup> ed., P. 887-907. New York: McGraw-Hill.