

修平科技大學  
工業工程與管理系 專題研究論文

指導老師：黃振誠老師

機械手臂運輸系統結合人工智慧整合研究



學生：陳頌諺	學號：BE109002
學生：陳威翔	學號：BE109003
學生：陳祈佑	學號：BE109007
學生：黃俊凱	學號：BE109013
學生：楊富盛	學號：BE109501

中華民國一一三年五月三日

修平科技大學  
工業工程與管理系 專題研究論文

指導老師：黃振誠老師

機械手臂運輸系統結合人工智慧整合研究

學生：陳頌諺 學號：BE109002

學生：陳威翔 學號：BE109003

學生：陳祈佑 學號：BE109007

學生：黃俊凱 學號：BE109013

學生：楊富盛 學號：BE109501

本專題經審查及口試合格特此證明

口試委員：

黃振誠  
劉朝陽  
李銘薰

中華民國一一年五月三日

## 摘要

本研究探討自動化倉儲系統結合機械手臂後的應用潛力，尤其著重於加入人工智慧技術對提升倉庫效率的影響。在當前科技迅速發展的背景下，工業界正面臨一場技術革新，智慧自動化工廠成為未來的主流趨勢。人工智慧技術的進步不僅改變了現有的工業運營模式，也為企業提供了提升競爭力的重要工具。為了應對這一挑戰，企業需要採用更先進的技術解決方案來提升生產效率和靈活性。

本研究深入探討如何利用倉儲管理、自動化系統、智慧技術及流程優化等概念來提升倉儲和物流系統的效率。我們使用 LEGO Mindstorms EV3 組件來建構機械手臂和輸送系統，並利用 Python 環境進程式設計和模擬，目的是建立一個高效、精確且可靠的自動化倉儲和物流系統。通過將機械手臂、自動化倉儲系統與人工智慧技術結合，本研究不僅改善了倉庫周轉不良的問題，還顯著提升了物品搬運的精確性和效率。

隨著工業 5.0 時代的來臨，智慧工廠的概念日益受到重視，人工智慧技術的應用為企業帶來了新的機遇和挑戰。本研究的成果將幫助企業在激烈的市場環境中保持競爭優勢，並推動現代倉儲和物流領域的精準生產理念，從而實現持續發展和成功。

關鍵字：機械手臂、樂高機器人、人工智慧、倉儲、輸送系統、工業機器人

## 致 謝

感謝黃振誠老師，遇到問題的時候他都會跟著我們一起想辦法，在我們專題製作的過程中給予了許多實用的建議，還找了專業的老師來幫我們上課，讓我們可以更好的去完成這次專題，非常謝謝老師。

# 目 錄

摘 要.....	I
致 謝.....	II
目 錄.....	III
圖 目 錄.....	V
<b>第一章 緒論.....</b>	<b>1</b>
第一節 研究背景.....	1
第二節 研究動機.....	1
第三節 研究目的.....	2
<b>第二章 文獻探討.....</b>	<b>3</b>
第一節 名詞解釋.....	3
第二節 文獻回顧.....	5
第三節 理論與技術.....	9
<b>第三章 研究方法.....</b>	<b>11</b>
第一節 建構機械手臂.....	11
第二節 建構輸送系統.....	11
第三節 建構程式控制系統.....	11
第四節 建構智能化控制系統.....	12
第五節 思維工具.....	12
<b>第四章 設備架構.....</b>	<b>13</b>
第一節 使用設備.....	13
第二節 輸送帶.....	14
第三節 機械手臂.....	16
第四節 輸送帶裝載機.....	21
第五節 先進先出貨架.....	23
第六節 實現機能.....	24

<b>第五章 情境模擬</b> .....	<b>25</b>
<b>第一節 流程概述</b> .....	<b>25</b>
<b>第二節 各主機程式及接口配置</b> .....	<b>27</b>
<b>第三節 各階段程式說明</b> .....	<b>32</b>
<b>第六章 結論</b> .....	<b>50</b>
<b>參考文獻</b> .....	<b>51</b>

## 圖目錄

圖 4-1 輸送帶 (模擬圖) .....	14
圖 4-2 輸送帶 (照片) .....	14
圖 4-3 三條輸送帶之差異 (模擬圖) .....	15
圖 4-4 機械手臂爆炸圖.....	16
圖 4-5 機械手臂 (照片) .....	16
圖 4-6 機械手臂 (模擬圖) .....	17
圖 4-7 機械手臂各旋轉軸位置 (模擬圖) .....	18
圖 4-8 機械手臂零件類型 (模擬圖) .....	19
圖 4-9 機械手臂各結構說明 (模擬圖) .....	20
圖 4-10 主旋轉軸安裝情況 (照片) .....	20
圖 4-11 輸送帶裝載機 (模擬圖) .....	21
圖 4-12 輸送帶裝載機 (照片) .....	21
圖 4-13 先進先出貨架 (模擬圖) .....	23
圖 4-14 先進先出貨架 (照片) .....	23
圖 5-1 系統全景俯視圖 (照片) .....	25
圖 5-2 系統全景俯視圖 (模擬圖) .....	26
圖 5-3 主機 a 接口配置 (模擬圖) .....	27
圖 5-4 主機 b 接口配置 (模擬圖) .....	28
圖 5-5 主機 c 接口配置 (模擬圖) .....	29
圖 5-6 主機 d 接口配置 (模擬圖) .....	30
圖 5-7 主機 e 接口配置 (模擬圖) .....	31
圖 5-8 第一站貨物移動路徑 (模擬圖) .....	33
圖 5-9 第一站貨物移動路徑 (照片) .....	34
圖 5-10 主機 a 程式 (輸送帶裝載機、輸送帶 A) .....	36
圖 5-11 主機 a 接口配置 (模擬圖) .....	36
圖 5-12 主機 b 程式 (機械手臂 A) .....	38
圖 5-13 主機 b 接口配置 (模擬圖) .....	38
圖 5-14 主機 a、b 動作配合之時間軸.....	39

圖 5-16 第二站貨物移動路徑 (照片) .....	40
圖 5-17 主機 c 程式 (輸送帶 B) .....	41
圖 5-18 主機 c 接口配置 (模擬圖) .....	41
圖 5-19 第三站貨物移動路徑 (模擬圖) .....	43
圖 5-20 第三站貨物移動路徑 (照片) .....	43
圖 5-21 主機 d 程式 (輸送帶 C) .....	45
圖 5-22 主機 d 接口配置 (模擬圖) .....	45
圖 5-23 主機 e 程式 (機械手臂 B) .....	48
圖 5-24 主機 e 接口配置 (模擬圖) .....	48
圖 5-25 主機 d、e 動作配合之時間軸.....	49

# 第一章 緒論

## 第一節 研究背景

工業革命的到來開啟了人類生產力的全新紀元，從那時起，機械化、自動化以及工業化的趨勢就一直在不斷發展。這些技術的應用不僅提高了生產效率，還帶來了全球經濟的劇烈變革。

隨著智慧製造的興起，製造業正在經歷一場全面革新。傳統的生產模式已經難以滿足市場的需求，製造企業需要尋找更智慧、更靈活的生產方式。在這樣的背景下，機械手臂、輸送帶和倉儲系統等自動化設備成為了製造企業不可或缺的重要工具。如今，機械手臂和輸送帶的應用也日益普及。機械手臂作為自動化生產的重要組成部分，可以進行精確的操作，提高生產效率，同時降低了人力成本和生產過程中的錯誤率。[1]

這些技術不僅提高了生產效率，還降低了人力成本，使製造企業能夠更靈活地應對市場的變化。同時，人工智慧和程式設計等新興技術的發展為智慧製造提供了更廣闊的發展空間。然而，這些新技術的應用也面臨著一些挑戰，例如技術整合、人才培養等問題。

## 第二節 研究動機

當前，製造業正處於一場前所未有的轉型之中，工業 4.0 的風潮正颳起。製造企業正積極追求更高效、更智慧的生產方式，這就是所謂的智慧製造。在這個時代背景下，製造業面臨著越來越多的挑戰和機遇。一方面，市場需求不斷變化，企業需要更快速、更靈活地響應；另一方面，製造成本不斷上升，企業需要尋找更節省成本的生產方式。[2]

因此，機械手臂、輸送帶和倉儲系統等自動化技術成為了製造企業轉型的重要方向之一。然而，單獨應用機械手臂或輸送帶在某些情況下可能會受到限制，而將它們結合起來則能夠彌補彼此的不足，實現更高效的生產運作。機械手臂可以負責精細的操作和加工工作，而輸送帶則負責物料的運輸和轉移，二者相互配合，使得整個生產線更加順暢、高效。

### 第三節 研究目的

本研究旨在深入探討機械手臂、輸送帶和倉儲系統的整合應用，並專注於人工智慧（AI）在這些系統中的應用。具體目標包括：

#### 1. 智能化協作關係的研究：

深入探討機械手臂、輸送帶和倉儲系統之間的協作關係，並研究如何通過整合 AI 技術來實現智能化的協作。透過 AI，系統可以更加靈活地適應不同的生產需求和環境變化。

#### 2. 智慧製造中的人工智慧應用：

深入分析人工智慧在製造過程中的應用，包括生產排程、資源分配、品質控制等方面。特別關注如何利用機器學習、深度學習等 AI 技術來優化製造流程和提高產品質量。

#### 3. 智能控制系統的開發：

探討如何開發智能化的控制系統，使機械手臂、輸送帶和倉儲系統能夠自主地做出決策和調整。透過 AI 算法，系統可以根據實時數據和預測模型來進行智能化的生產排程和資源優化。

#### 4. 智慧製造策略的提出：

最終目標是提出具體的智慧製造策略和方法，幫助企業實現智慧製造轉型。透過引入更多的 AI 元素，企業可以提高生產效率、降低成本、提升產品品質，從而增強競爭力並實現可持續發展。

本研究將以人工智慧為核心，深入探索如何將其應用於機械手臂、輸送帶和倉儲系統的整合應用中，從而實現智慧製造的目標。透過對人工智慧技術的廣泛研究和應用，我們旨在提高生產效率、優化製造流程、改善產品品質，並最終實現製造業的智慧化轉型。

## 第二章 文獻探討

### 第一節 名詞解釋

#### 2.1.1 人機協作

人機協作是指人類與機器人在同一工作環境中合作共事的模式。這種協作模式結合了人類的靈活性和創造力以及機器人的精確性和效率，通常應用於工廠生產線等場景中。透過人機協作，可以提高生產效率，減少人為錯誤，同時還可以改善工作條件和提升工作滿意度。[3]

#### 2.1.2 工業機器人

工業機器人是一種能夠自動執行特定任務的機械裝置，通常用於重複性高、精確度要求高的工業生產過程中。[4]工業機器人可以通過程式設計來控制其動作，並且具有一定程度的人工智慧，能夠根據感測器和算法來進行自主決策和適應環境變化。它們的應用範圍廣泛，包括組裝、焊接、拆解等各種工業作業。

#### 2.1.3 輸送系統

輸送設備是一種以滾輪驅動、連續運輸物料的機構，可將物料從裝載點運輸至卸貨點，形成物料傳送流程。輸送機系統可提供滾輪式、皮帶式和鏈條式等不同配置，能夠搬運從小型包裝、紙箱，到重型棧板或單元等各種貨物。若搭配電腦程式控制系統和可程式化邏輯控制器(Programmable Logic Controller, PLC) 管理系統，方可稱之為一套完整的自動化輸送系統。[5]

#### 2.1.4 機械手臂

機械手臂是現在產業界使用的機器人最多的一種，具有模仿人類手臂的功能，是一種可應用於各類自動控制系統中的設備，以多關節連結並允許在平面或三度空間進行運動或使用線性位移移動。構造上由機械主體、控制器、伺服機構所組成，可使用有大小、形狀、功能的差異進行區分，常見的機械手臂有：線性手臂、選擇順應性裝配機械手臂（Selective Compliance Assembly Robot Arm）或選擇順應性關節機械手臂（Selective Compliance Articulated Robot Arm）或又稱水平多關節機械手臂，簡稱為 SCARA 手臂、關節多軸機械手

臂。從關節下去區分以三軸和四軸做區隔，三軸(含)以下的機械手臂，稱為三軸機械手臂；反之，四軸(含)以上的機械手臂，以軸數下去區分，或是統稱多軸機械手臂。[6]

### 2.1.5 樂高積木

樂高是由一些不同顏色的正方體、長方體、扇形等或其他立體形狀的塑膠塊及其他零件所構成。其中一面有許多圓柱形的突出物，而另一面成圓柱形的溝槽可以讓塑膠塊適當的咬合在一起，進而創造出各種不同形狀的作品。由此可知，我們不難發現樂高磚以外，還有其它更多不同形狀的塑膠塊之結合，會讓使用者產生更多各種創意火花才讓全球人類至今對樂高(LEGO)積木愛不釋手之現象。[7]

談起益智玩具，不外乎眾所皆知耳熟能詳的樂高積木最令人熟悉，從它的歷史更可出些端倪所在。根據樂高官方網站的歷史指出，1996年樂高(LEGO)的積木生產量估計已達一億八千件，而當時全球更有三億兒童及成年人長期或曾經玩過LEGO，每年全球的小朋友花費在樂高的時間更長達五十億小時，意即接近全球每人會花費將近一小時。因為，小朋友只要手上有數個積木，再加上些許新奇的創意，便成為一件件匠心獨具的作品在一般社會大眾的認知當中，樂高(LEGO)積木僅是用來進行堆遊戲的一種玩具。

## 第二節 文獻回顧

### 2.2.1 倉儲管理與工業機器人協作的現況

眾多的倉儲企業逐漸加大現代化改造的步伐。包括兩方面:其一，加大對倉庫的硬體投入。這包括庫房建設和改造、購置新型貨架、托盤、數碼自動識別。倉儲和存儲服務市場預計將以 10%左右的複合年增長率工業部門的增長、對製造、加工和冷凍食品的需求增加以及電子商務行業的擴張是推動倉儲服務需求的主要因素。[8]

現今倉儲管理面臨著諸多挑戰，其中包括庫存擺放、人力問題、工作安全以及出貨效率等方面的困境。傳統的倉儲管理方式往往存在著一系列的問題，例如在庫存擺放方面，人工操作容易導致原料混亂，增加了查找和分類的難度，進而影響了工作效率。另外，面對快速增長的工作量，企業往往需要投入大量的人力資源，但人力成本的提升也同時增加了整體成本，尤其當面臨繁忙的旺季時，人力不足將導致工作效率下降，進一步加劇了倉儲管理的困境。

此外，倉儲工作本身存在著一定的安全隱患，例如貨物堆疊不穩導致墜落或碰撞、工作車輛行駛造成的意外等，這些安全問題不僅影響到工作人員的身體健康，還可能導致物料損壞或過期，進而增加了企業的損失。同時，倉儲出貨效率低下也成為了電商業者的頭痛之處，而出貨效率的提升對於降低退貨風險、提高顧客滿意度至關重要。

為了應對這些挑戰，越來越多的企業開始導入工業機器人技術，以改善倉儲管理的效率和安全性。工業機器人能夠有效地替代人力，進行自動化的貨物分類、搬運和儲存，不僅提高了工作效率，還降低了工作安全風險。此外，工業機器人還能夠透過先進的控制系統和感應技術，實現庫存的實時監控和管理，從而提高了庫存管理的精確度和準確率。

綜合而言，倉儲管理與工業機器人的協作是未來倉儲業發展的趨勢之一，透過工業機器人的應用，可以有效地解決傳統倉儲管理面臨的種種困境，提升倉儲管理的效率、安全性和準確度。

## 2.2.2 傳統倉儲面臨的困境

### 庫存管理挑戰

現今許多企業在庫存管理上面臨巨大挑戰。不論是實體商品的儲存還是線上系統的控制，都難以做到完全掌握。提前為即將過期的庫存做準備，並結合管道進行清貨活動，能夠將即期品轉化為增長動力。傳統倉儲由於存放的物品種類繁多，大多採用託盤搭配貨架堆疊的方式。在分類過程中，原材料可能會擺放不整齊，A類商品與B類商品重疊在同一區塊，導致原材料擺放混亂，增加了尋找貨物的時間。此外，工作人員可能會面臨搬運物料時的危險，例如，物品突然從高處掉落或在運輸途中與其他車輛發生碰撞，導致物料混亂，可能會造成人員受傷。

### 人力管理挑戰

在工作量急劇增加時，為了跟上生產線和商品出貨的速度，工作人員不得不加快工作節奏或者增加人手。這導致了人力成本的提高，拉高了整體成本。雖然現今大多數工廠機械化程度較低，但本研究發現，人員不足時，由於工作量大，工作人員可能出現體力不支的問題，導致錯誤率上升，增加了人力資源、管理維護成本。[9]

### 安全隱患

倉庫中的工作人員面臨著各種工作風險，例如，貨架上的商品擺放不當，可能導致人員在搬運商品時受傷。雖然工廠已對人員進行了相關培訓，但事故發生的概率仍然相當高。

### 出貨效率低，退貨風險增加

臺灣許多中小企業尚未引入企業資源規劃（ERP）系統，仍然習慣手動更新 Excel 表格，這會增加出貨錯誤的風險。尤其是在等待時間拉長時，客戶可能會重新考慮是否需要商品，導致退貨率增加。[10]此外，商品有瑕疵需要退換貨時，工作人員必須花費額外的時間，影響了出貨效率。

## 出錯率難以預測

除了等待時間，出錯率也是電商的痛點。一旦檢貨、包貨過程中出錯，不僅無法收到款項，還會增加退貨成本。處理一件客訴案件至少需要客服人員一小時的時間，這些額外的人力成本都由企業自行承擔。[11]

### 2.2.3 SWOT 自動倉儲分析

#### 自動倉儲的競爭優勢分析：

(一) 品項豐富、數量多：隨著網路技術的飛速發展，市場對於新穎、特色商品的需求增加，這促使生產模式不得不適應市場變化，快速生產、多樣化的產品。自動倉儲因其單位面積存儲量遠遠超越傳統倉儲，故能有效應對此需求。

(二) 使用效率高：自動倉儲採用先進的先進先出管理模式，可以有效防止貨物老化、變質、生鏽，同時實現高空間利用率和商品周轉率，從而提供高效的倉儲管理，使庫存控制達到最經濟水平。[12]

(三) 準確率高：倉儲管理的電腦化使得帳目和大量資料能準確儲存、隨時調取，不僅能節省人力，還能減少因人為疏失而帶來的錯誤，進而減少製程上的重工現象。

(四) 精簡人事成本：相較於傳統倉儲，自動化倉儲能減少工作上的重複性操作，降低倉儲人員行走距離，縮短揀貨時間，完全取代了傳統倉儲的人海戰術，充分利用企業人力資源，精簡人事成本。

#### 自動倉儲的競爭劣勢分析：

(一) 旺季入庫時間長：企業常面臨淡旺季之分，當遇到旺季大量進貨時，由於自動化立體倉儲僅有單一入口，存儲彈性小，難以應對高峰需求，容易造成入庫塞車現象。

(二) 設備更新快：隨著工業 4.0、人工智慧技術的發展，科技設備更新迅速，使企業之間的競爭加劇，對企業提出了升級轉型的挑戰。

(三) 投資成本高：自動化立體倉儲結構較為複雜，配套設備眾多，因此需要較大的基建和設備投資，初期投資成本高、回收周期長，不利於一般傳統產業發展。

### **自動倉儲的競爭機會分析：**

(一) 減輕市場原料價格波動：除了設備創新、人事成本節省之外，市場原物料價格也是企業競爭的重要因素。為避免外匯波動對營運成本的影響，在有利的匯率情況下，大量進口原物料可以降低營運壓力，此時倉儲的存貨量就發揮著重要作用。

(二) 提高交期準確性：倉庫的電腦化訂貨、發貨、物資儲備和作業管理提供了信息化支持，可以對倉庫作業進行指揮和管控，從而提高供應鏈的整體效益。

### **自動倉儲的競爭威脅分析：**

(一) 面臨競爭者設備更新：未來自動化設備需求不確定性使得企業需要考慮技術發展和企業轉型，以及在製品等方面的庫存量，加速資金周轉，提高資金利用效率。

(二) 經營環境的改變：企業面對自然環境的不可控因素，如缺水、缺電、天災等，都對企業營運造成不確定影響。

## 第三節 理論與技術

### 2.3.1 圖形化程式設計

程式設計的初學者通常需要至少十年以上時間，才能成為一位精熟的程式設計專家。程式設計包括瞭解問題與需求、構思、撰寫程式及測試與除錯等程式，程式語言編寫多數都以英文編寫為主，並且須記取指令與語法編成，必須具備一定英語能力與一定邏輯概念才有資格成為一位合格的程式設計師，對於一般初學者來說，具有一定學習難度，為了讓學生更容易的學習程式概念開發出了「圖形化程式設計」

所謂圖形化程式設計(graphical system design)簡稱 GSD，稱為「視覺化程式設計」現在已成為程式設計發展趨勢與主流，其優點為讓使用者利用圖形化的程式元素進行設計有別於以往程式碼條列式呈現方式，其利用圓塊、接線以及其他輔助標誌進行圖形上的排列，類似積木的堆方式，讓整體圖形呈現具有邏輯性與功能性的編排，對比傳統 C#、C+、JAVA 等，圖形化設計介面讓設計者可以更快速的上手。[13]

### 2.3.2 Python 環境

Python 是一種直譯式語言，在 1990 年代初期由吉多·范羅蘇姆所建立，是目前全球最受歡迎的程式語言之一，具備容易撰寫、功能全面、跨平台、容易擴充等特性，因為其支援結構化程式和物件導向程式設計是許多程式開發人員很好的一款入門語言，近年來因為開源代碼以及各類套件的開發更是成為數據科學家及人工智慧專家的首選程式語言。[14]

### 2.3.3 自動化控制技術

自動化控制技術是一項綜合應用電子、計算機和控制理論的技術，旨在設計、實現和管理各種自動化系統。這些系統可以涉及生產過程中的機械設備、工業機器人、生產線控制等。該技術包括了多個方面的內容，包括傳感器技術、控制器設計、通信技術、軟體開發等。[15]

傳感器技術是自動化控制技術中的重要組成部分，它可以感知各種參數如溫度、壓力、速度等，並將這些信息轉換為電信號，供控制器進行處理。控制

器設計則負責根據傳感器反饋的信息，通過適當的控制算法，對自動化系統進行適時的控制和調節。

通信技術在自動化控制中也佔有重要地位，它可以實現各個設備之間的數據交換和信息共享，實現系統的集中監控和遠程操作。同時，軟體開發方面的技術則提供了系統的控制界面、數據處理和分析功能，使得系統更加智能化和靈活化。

### 2.3.4 人工智慧

人工智慧（Artificial Intelligence，簡稱 AI）是指通過模擬、延伸和擴展人類智慧的理論、方法、技術和應用系統的一門學科。[16]它旨在使計算機系統能夠模擬、仿效人類的某些智慧行為，如學習、推理、認知、感知、理解、交流、創造等。人工智慧的研究範疇涵蓋了多個領域，包括機器學習、專家系統、自然語言處理、計算機視覺、智能機器人、知識表示和推理等。

機器學習是人工智慧的一個重要分支，其主要目標是通過給予計算機系統大量的數據和相應的算法，使其能夠自動學習和改進性能，而無需明確地編程指示。深度學習是機器學習中的一個子領域，通過模擬人類大腦的神經網絡結構，實現對複雜數據的高效處理和分析。

在現代社會，人工智慧已經廣泛應用於各個領域，如自動駕駛、智能語音助手、智能家居、金融預測、醫療診斷、工業自動化等。它的應用不僅大大提高了生產效率和工作效率，還為人類帶來了更多的便利和舒適。然而，人工智慧的發展也帶來了一些挑戰和問題，如數據隱私保護、倫理道德問題、失業問題等，需要持續進行研究和探索。

## 第三章 研究方法

### 第一節 建構機械手臂

參考文獻來瞭解機械手臂該有的功能、結構以及控制方式，然後依照我們需要的功能決定機械手臂的軸數，依照要夾取的貨物的重量、大小來決定機械手臂的負載上限、夾爪大小以及夾爪的表面材質，接著使用 Lego Mindstorms EV3 套組來組建機械手臂，透過以上步驟來逐步建構機械手臂並測試其可承受負載、轉動角度、移動限制以及精準度，並透過調整軟體或機械結構來達到期望品質

### 第二節 建構輸送系統

運轉方式本身形式可以是電力驅動的輸送帶，或是利用在檯面上佈置滾輪利用重力自然滑動的形式，

生產線動線的部分，路線可以是一字型，也可是L型或U字型，若輸送帶為L型或U型，那速度及兩條輸送帶的高低落差會是關鍵（由於輸送帶的構造難以讓同一條輸送帶呈現L型的運動軌跡，所以多為採用獨立的兩條輸送帶，貨物由一條輸送帶掉落至垂直方向的另一輸送帶），在轉彎處，若速度過快貨物可能沿直線飛出輸送帶，兩條輸送帶的高低落差太高則有可能造成貨物或輸送帶本身損壞。

在結構上，需要設法維持輸送帶的張力，鬆垮不平整的表面會導致貨物無法順利輸送

### 第三節 建構程式控制系統

想實現全自動倉儲系統之「自動化」的部分最仰賴的就是程式控制系統，程式控制系統的作用是讓輸送帶與機械手臂能依據其他變數執行不同的指令、程式，產生不同的反應。除了基本的程式控制功能外，還可以通過整合人工智慧（AI）元素來提升系統的智能性和靈活性。

## 第四節 建構智能化控制系統

為建構智能化控制系統，我們將引入人工智慧，並透過在機械手臂與輸送系統上安裝傳感器，使系統能「看見」外界環境，並依據外界環境產生不同的反應，例如顏色傳感器以及距離傳感器，可用顏色傳感器識別貨物種類，並用距離傳感器判斷貨物位置，系統不僅僅是根據預寫的程式執行指令，而是可以依靠人工智慧自主地做出相應的決策和控制，實現感知與決策整合，建構完整的智能化控制系統。

若透過整合更多類型、更高階的傳感器，例如溫度計、壓力計、濕度計，系統能夠識別更複雜的情境、產品別，以及實現更精準的姿態控制。這樣的智能化傳感器使系統能夠更靈活地感知環境並作出適應性反應，從而提高系統的智能化程度。

## 第五節 思維工具

### 3.5.1 腦力激盪法

腦力激盪法是一種創意發想的方法，旨在通過集體討論、思維跳躍和無拘無束的想像，促進新點子和創意的產生。這種方法通常在小組或團隊中使用，成員們會相互啟發和激勵，分享各自的想法和觀點，以求得出創新的解決方案或新奇的概念。腦力激盪法強調放下限制性思維，鼓勵大膽提出各種可能性，並將這些可能性進行結合和改進，以創造出更加具有創意性和實用性的成果。該方法常用於解決問題、產品設計、市場推廣和新項目開發等各個領域。

### 3.5.2 配對程式

配對程式設計（Pair Programming，簡稱PP）是一種軟體開發方法，是產業界常使用的一種高效率程式設計方法，其中兩名程式設計師共同在同一臺電腦上共同工作。在配對程式設計中，一位程式設計師是「駕駛」，負責實際編寫程式碼，而另一位是「觀察者」，負責審查程式碼、提出建議、進行設計和思考更高層次的問題。PP模式在產業的實務應用上已被提出對於軟體開發的多項優點，包含了 1.減少出錯機率 2.增進程式設計的品質 3.提高工作效率 4.提高工程師的信心。[17]

## 第四章 設備架構

### 第一節 使用設備

Mindstorms EV3 套組詳述：

LEGO Mindstorms EV3 是 LEGO 公司推出的樂高機器人系列產品。該系列融合了傳統的樂高積木玩法以及編寫程式，並引入了馬達與各式傳感器等部件，供用戶搭建自己的可程式控制機器人。內容物包括一整套的軟硬體，每一套 Mindstorms 包括一個磚塊化的電腦、幾個馬達、幾個不同的傳感器及大量用於搭建機械構造的樂高機械組零件（包括各種長度的軸、各種大小的齒輪組以及皮帶）。

控制主機是採用 python 環境去驅動各種行為，操作電腦、手機使用官方搭配之軟體（圖形式的程式編寫方式）編寫程式並透過藍芽寫入程式，主機上有許多個插槽，將傳感器與馬達接上，有兩種模式，可運行預寫程式，也可透過藍芽使用手機、電腦上的虛擬搖桿與按鈕即時遙控

在控制主機預寫多個程式後，可按壓控制主機上的按鈕選擇程式運行，按鈕本身也可作為變數與程式互動。控制主機上的螢幕還可顯示簡單的英文字母與顏色表達信號供使用者觀看。

透過虛擬搖桿即時遙控，原理是將搖桿即時座標及按鈕作為變數引入程式，觸發效果。透過傳感器接受回饋訊號，可以實現非常複雜之功能，例如車子自動巡路、使雙輪車自動保持平衡。

## 第二節 輸送帶

### 4.2.1 機械結構

<

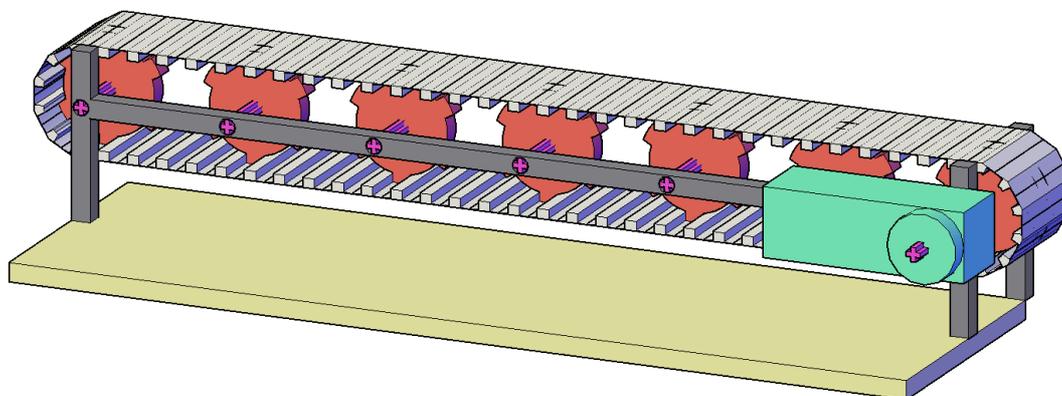


圖 4-1 輸送帶（模擬圖）

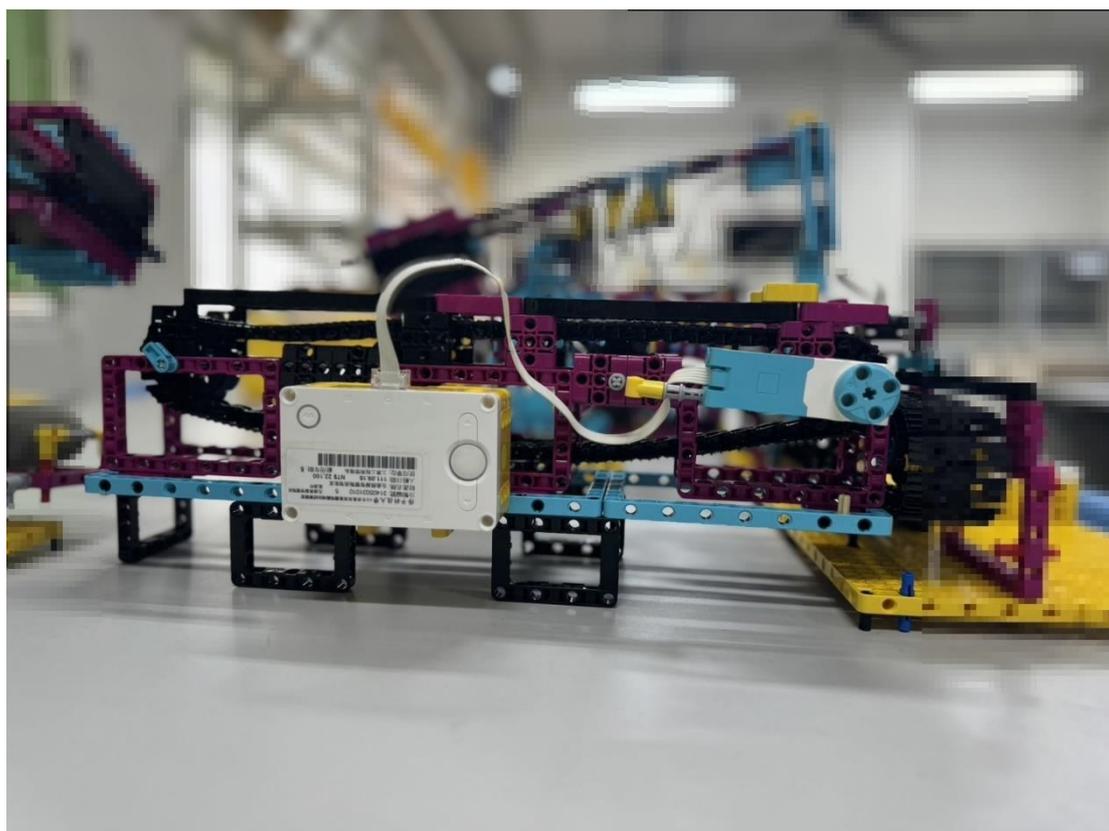


圖 4-2 輸送帶（照片）

概述：

輸送帶本身套在一個馬達驅動的驅動齒輪，以及數個從動的齒輪之外，驅動齒輪是輸送帶的動力來源，另外那些從動齒輪的作用是支撐輸送帶，讓輸送帶中段不凹陷，輸送帶上有與齒輪相合的齒狀結構，輸送帶隨驅動齒輪運轉，從動齒輪則隨之轉動。

齒輪裝設狀況：

齒輪固定在軸上，並將軸裝設在一組有數個圓洞的橫支架上，圓洞的作用是支撐軸，並讓軸容納在其中自由旋轉。

多條輸送帶之差異：

我們製作了三條輸送帶，若以齒輪數量為長度計算單位，長度分別是四顆齒輪、五顆齒輪及七顆齒輪

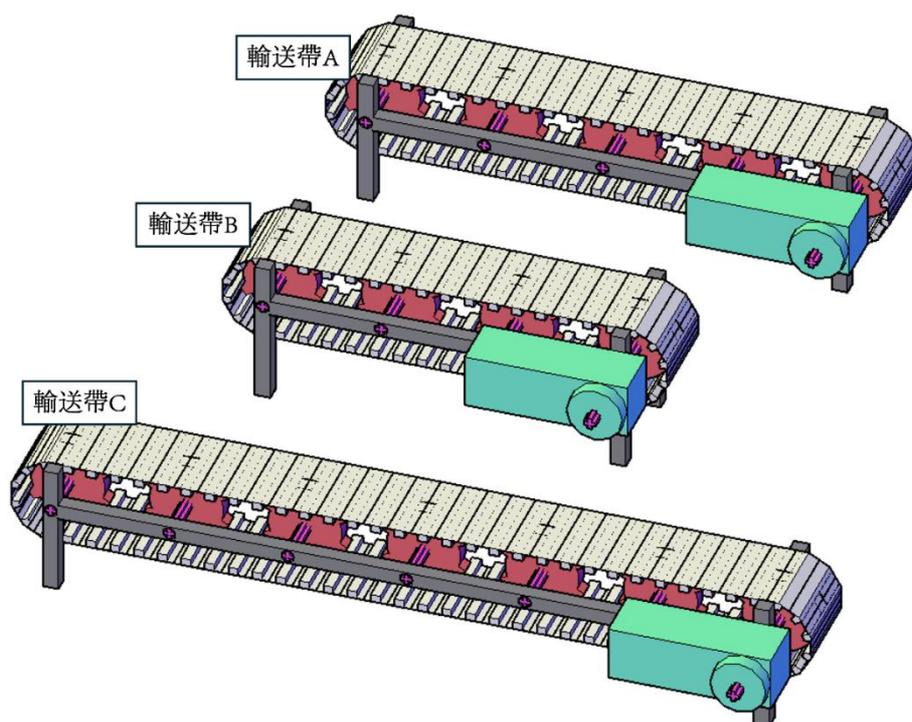


圖 4-3 三條輸送帶之差異（模擬圖）

#### 4.2.1 運行方式

透過與馬達連接之齒輪驅動輸送帶，將輸送帶上之貨物向前推送

### 第三節 機械手臂

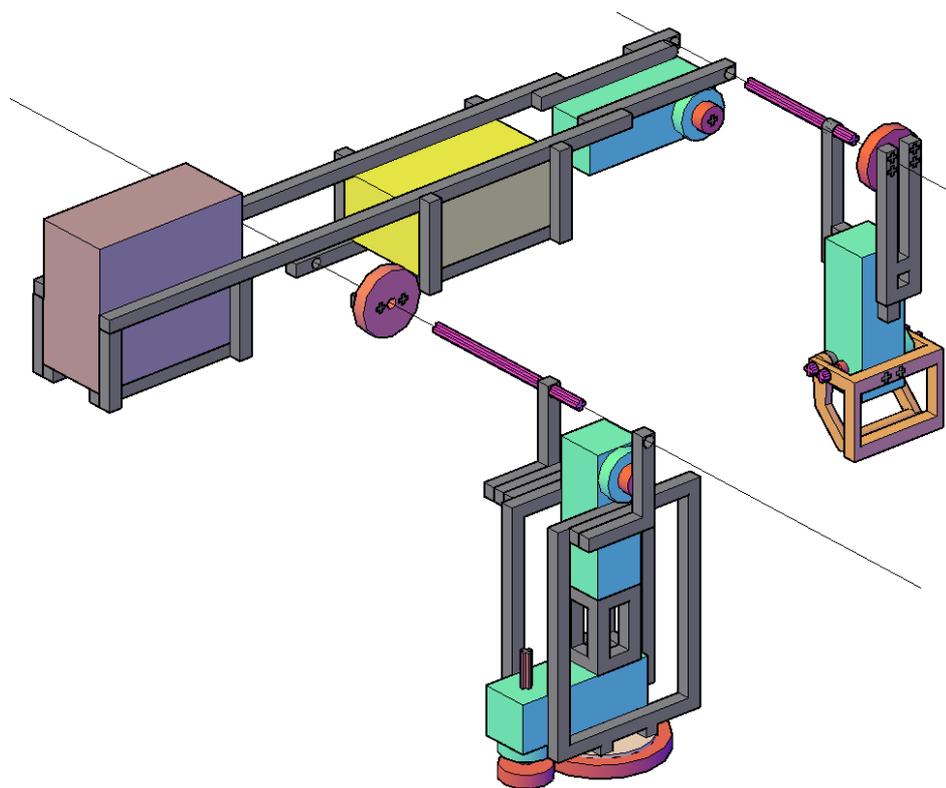


圖 4-4 機械手臂爆炸圖

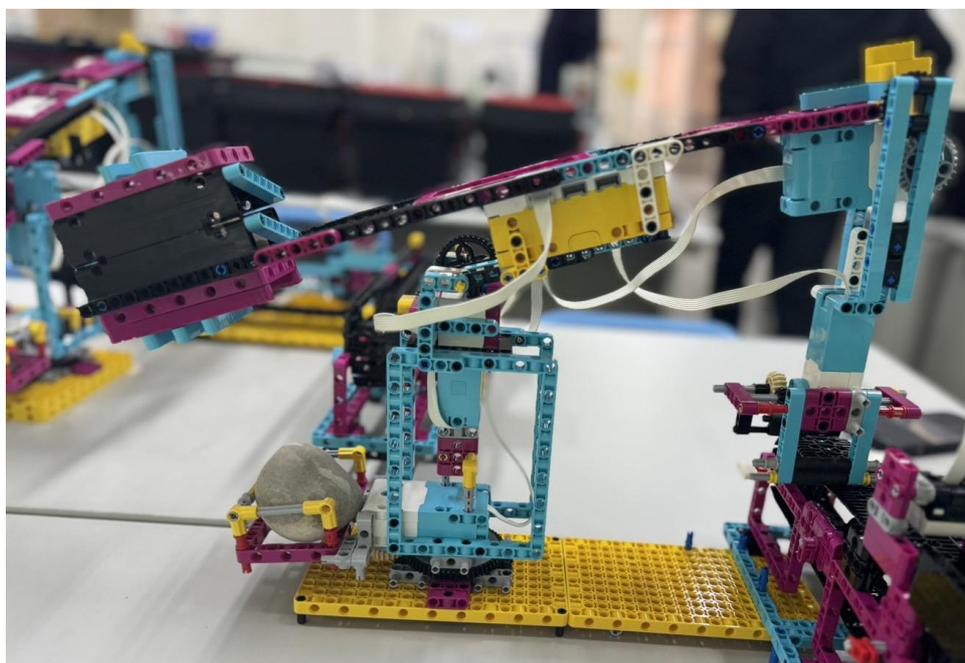


圖 4-5 機械手臂（照片）

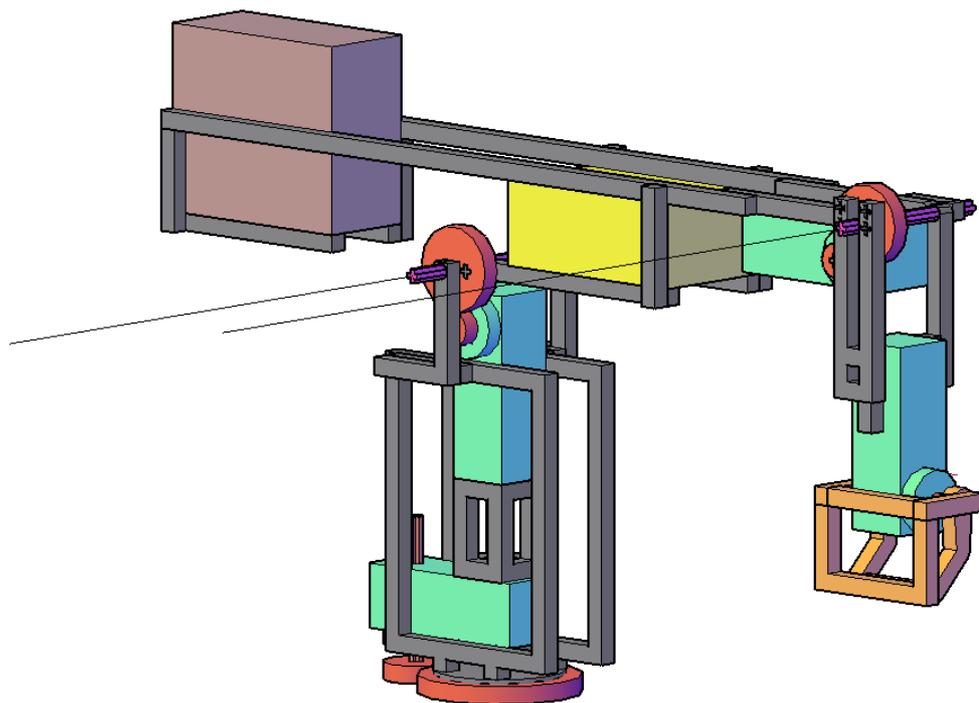


圖 4-6 機械手臂（模擬圖）

### 4.3.1 機械結構

概述：

共裝設四顆馬達，三個馬達用於姿態調整，一個馬達用於控制夾爪開合，姿態調整用的馬達分別為，一個用於以 Z 軸為旋轉軸向的主旋轉軸，功能為轉動整座機械手臂面對之方向（受主旋轉軸帶動之結構稱為主旋轉臂），另外兩個用於兩個軸向互相平行，且與 XY 平面平行但位置各不相同的手臂旋轉軸（以下稱為手臂旋轉軸 1、2），功能為調整夾爪夾持時的高度與角度，手臂旋轉軸 1 與主旋轉臂相連（受手臂旋轉軸 1 驅動之結構稱為大臂），大臂的另一端與手臂旋轉軸 2 相連（受手臂旋轉軸 2 驅動之結構稱為小臂），小臂則是與夾爪相連，大臂與主旋轉臂之間以及小臂與大臂之間都是以一根軸相連，並以兩顆齒輪驅動及維持角度。

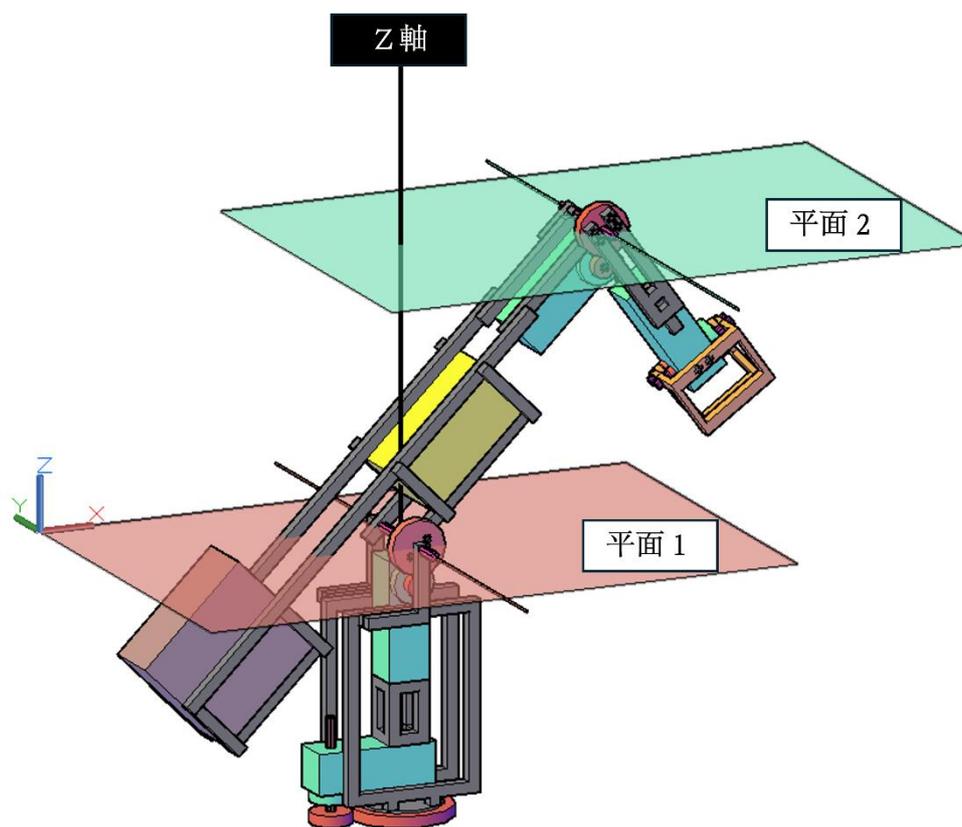


圖 4-7 機械手臂各旋轉軸位置（模擬圖）

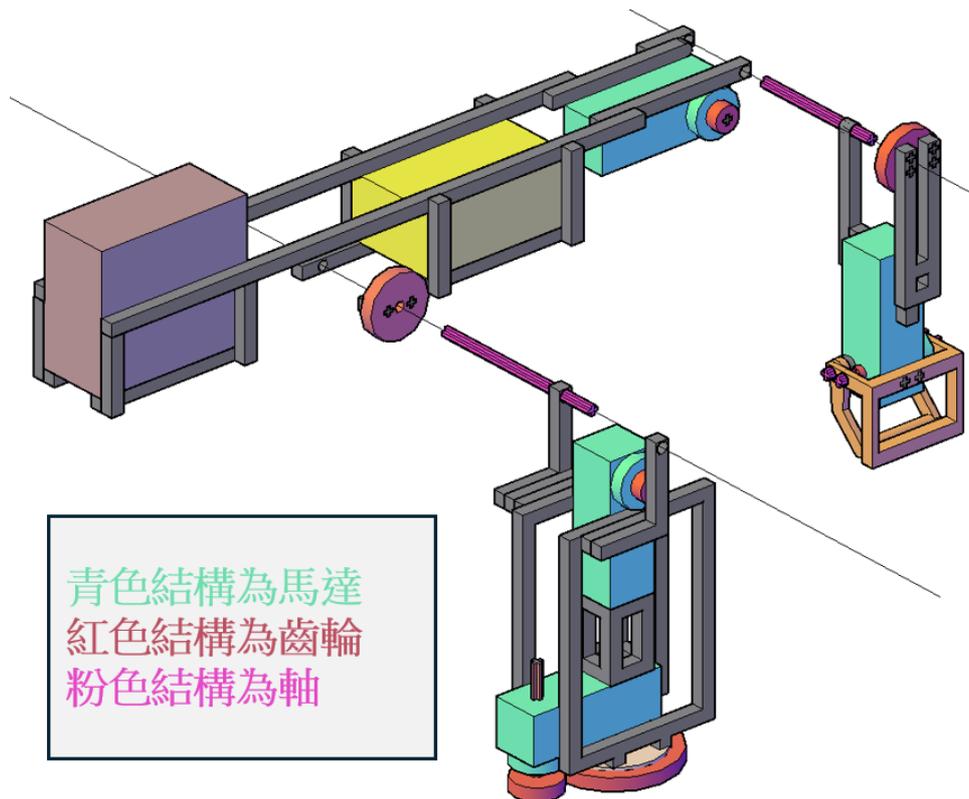


圖 4-8 機械手臂零件類型（模擬圖）

配重塊：

大臂與主旋轉臂相連處之尾端有設置「配重塊」，功能是增加機械手臂的穩定性，以便在舉起和移動重物時保持平衡、更加穩定。

手臂旋轉軸：

設置兩個手臂旋轉軸可以讓機械手臂夾爪更靈活的調整姿態，使夾爪在任何高度、角度下都能朝下正下方（貨物多為平放在檯面上，該方向能使夾持面積最大化，為最適當的夾持角度）

主旋轉軸：

主旋轉軸的結構為，大齒輪固定在檯面上，小齒輪則是在大齒輪外繞行，主旋轉軸裝設在大齒輪表面一環狀軌道上（這樣可以實現主旋轉軸看似與大齒輪為同一軸心，但卻可以穩定的單獨轉動），並延伸與小齒輪連接。小齒輪為動力輸入端，只要小齒輪轉動就會以主旋轉軸軸心為原點繞行大齒輪，主旋轉軸則隨之自轉；這種以小齒輪為動力輸入端驅動大齒輪的方式，可以犧牲轉速將其轉換為更大的轉矩，轉動時可使馬達負載更小更穩定。

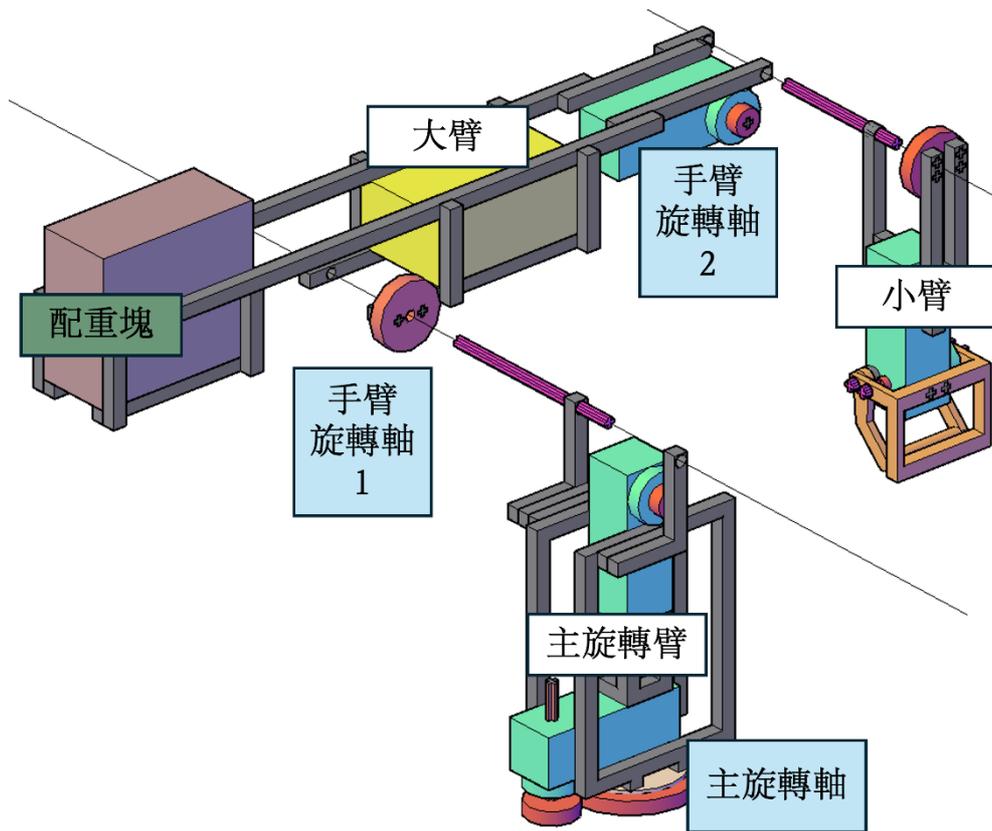


圖 4-9 機械手臂各結構說明 (模擬圖)

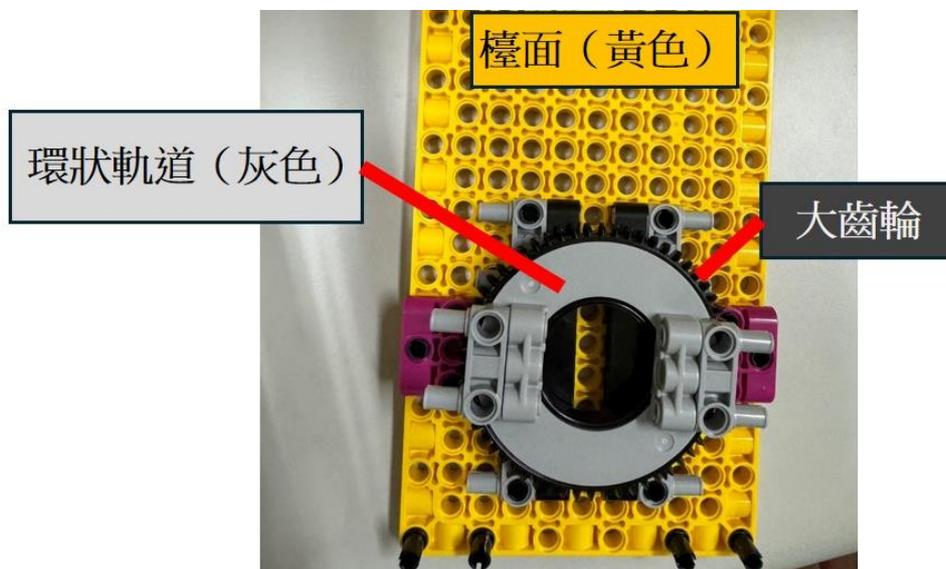


圖 4-10 主旋轉軸安裝情況 (照片)

### 4.3.2 運行方式

透過每個旋轉軸之馬達轉動，驅使機械手臂做出不同動作。

#### 第四節 輸送帶裝載機

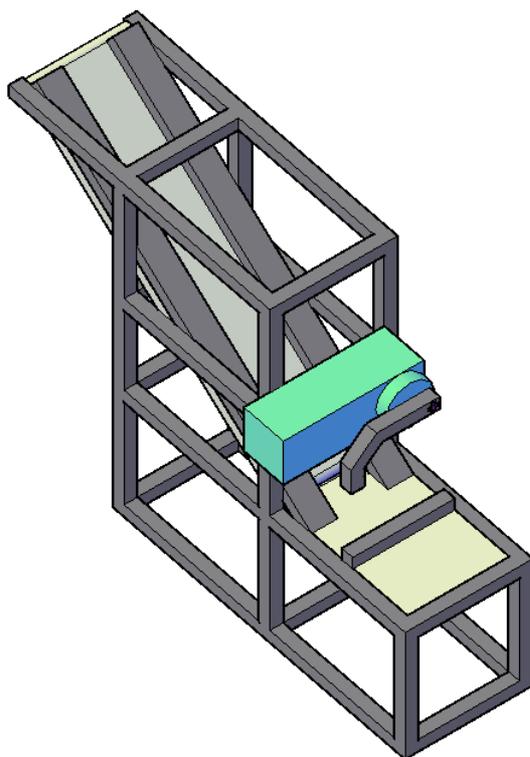


圖 4-11 輸送帶裝載機（模擬圖）

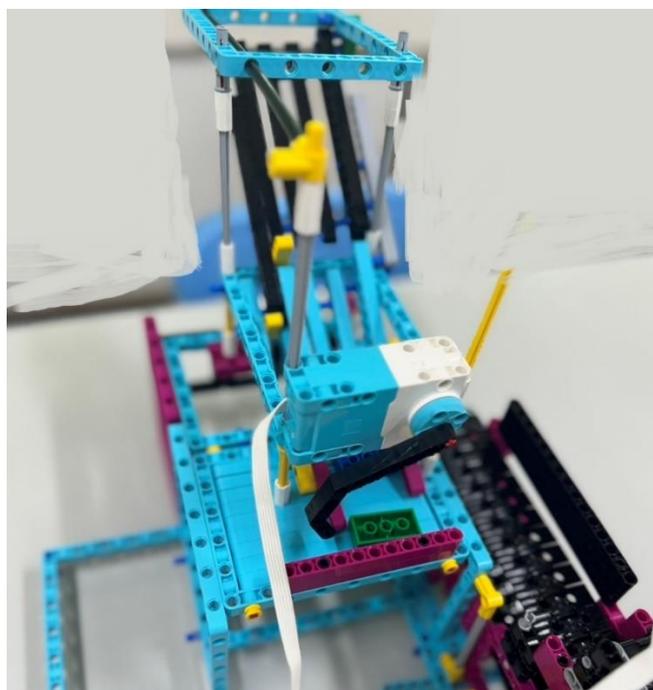


圖 4-12 輸送帶裝載機（照片）

#### 4.4.1 作用

輸送帶裝載機作用是以特定的頻率或是條件將貨物推送至輸送帶

#### 4.4.2 機械結構

整體為一個方體支架，中間架設一直線斜坡，斜坡起點為貨物輸入端，斜坡終點為貨物輸出端，輸出、輸入端為不同向，斜坡終點前方與一檯面相連，在輸出端前方，檯面上安裝了一個擋板；位於斜坡支架上，斜坡終點上方處安裝了一顆馬達，馬達軸心裝設了一根隨馬達轉動之撥桿。

#### 4.4.3 運行方式

將貨物投入貨物輸入端，也就是斜坡頂端，貨物會受重力驅使自然下滑，且貨物會受斜坡上的軌道所侷限使貨物方向逐漸導正，最後所有貨物會以同樣的方向整齊排列，並停止於斜坡終點的擋板前。

接著撥桿馬達會隨著程式控制，以特定頻率、特定條件推送貨物，並旋轉一圈回到原位準備下一次推送。



### 4.5.1 作用

使落入其中之貨物依照順序排列。若整體結構總層數為奇數，貨物輸入端與輸出端反向，若層數為偶數則輸入端與輸出端同向。

### 4.5.2 機械結構

整體為兩層方體支架，上面架設了兩個高低各不相同，方向相反的斜坡，分別位於一、二層支架，上層斜坡的終點與下層斜坡的起點相連，下層斜坡終點外延伸出一小平面。

### 4.5.3 運行方式

利用重力使貨物自然落下，貨物落入貨架時，會沿著上層斜坡進入下層斜坡，並轉換方向繼續滑落。

## 第六節 實現機能

本研究成功地開發了一個具有多功能的機械手臂系統，結合輸送帶的輸送系統，並引入人工智慧驅使了智能化控制系統的完善，完成了以下三大機能：自動將物料送上輸送帶、跨輸送帶轉移以及自動分類系統。這些功能的實現對於現代生產線的自動化和效率提升具有重要意義。

自動將物料送上輸送帶：

通過將物料送上輸送帶，我們實現了自動化的物料輸送，減少了人工操作的需求，提高了生產效率。這對於高效率的生產線來說至關重要，可以節省時間和人力成本。

跨輸送帶轉移：

跨輸送帶轉移功能使得物料在不同部分之間能夠自動傳輸，無需人工干預。這樣的設計增加了系統的靈活性和多樣性。

自動物料分類：

自動分類系統，這使得機械手臂能夠根據貨物外觀對物料進行分類，提高了生產線的智能化水平。這不僅可以節省人力成本，還可以減少因人為操作而引起的錯誤，這也是最能體現出人工智慧重要性與強大的功能。

## 第五章 情境模擬

### 第一節 流程概述

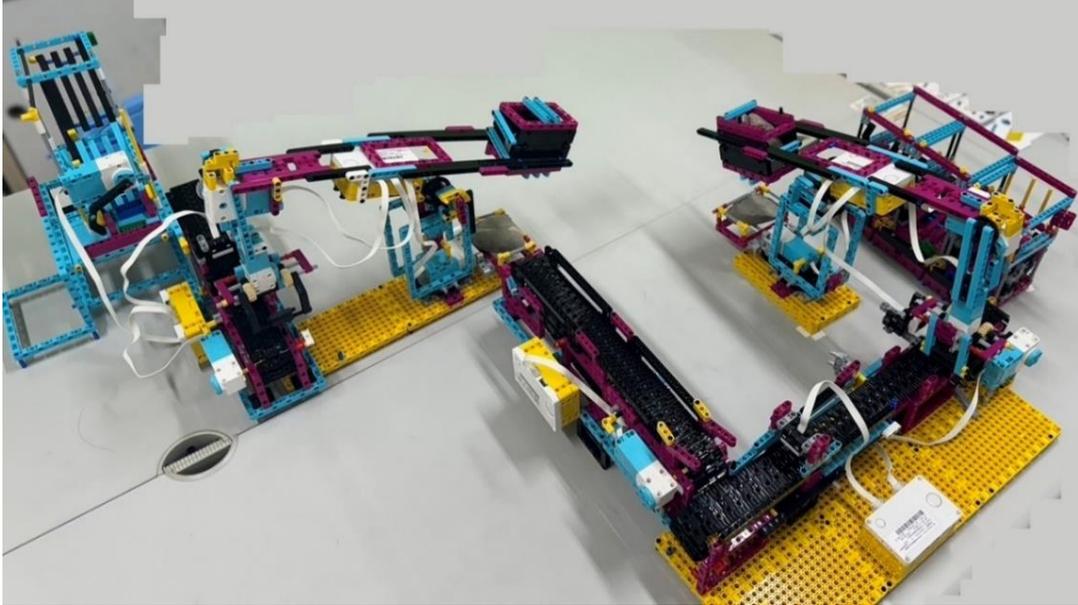


圖 5-1 系統全景俯視圖（照片）

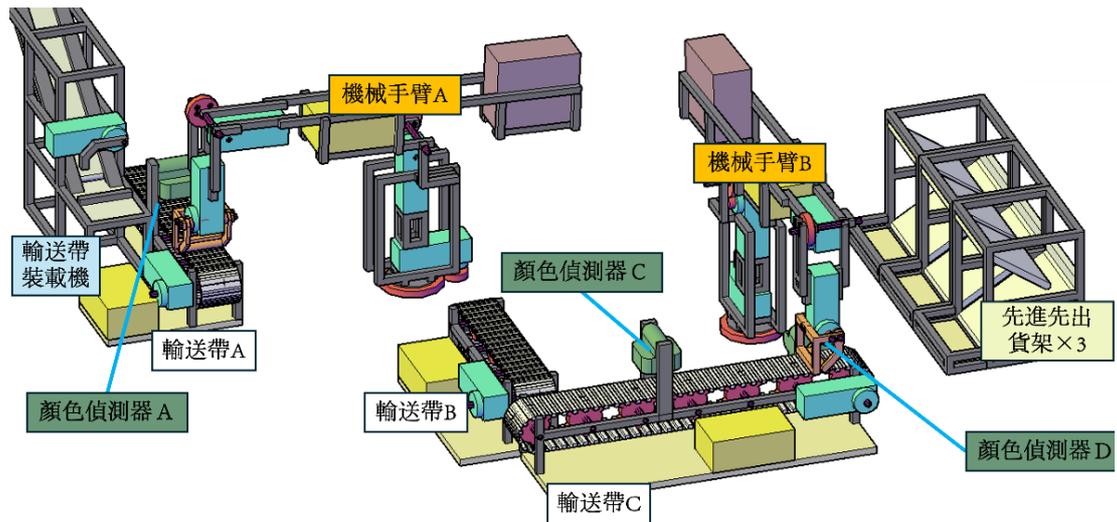


圖 5-2 系統全景俯視圖（模擬圖）

輸送帶裝載機會將貨物推上輸送帶 A，當顏色偵測器 A 識別到貨物時，輸送帶 A 會在數秒後，貨物到達適當距離外時停止數秒，這段空檔，機械手臂 A 會前來將貨物移動到輸送帶 B，貨物隨著輸送帶 B 到達終點後，會直接落到輸送帶 C 上變換方向繼續輸送（輸送帶 B 與輸送帶 C 合稱 L 型輸送帶）。接著貨物在輸送帶 C 上會遭遇顏色偵測器 C，偵測器 C 識別貨物後，輸送帶 C 會在數秒後，貨物到達適當距離外時停止，這個位置上的顏色偵測器 D 會將貨物顏色資訊機械手臂 C，前來將其依照貨物顏色分別投入個顏色別的先進先出貨架，完成整個流程。

## 第二節 各主機程式及接口配置

### 5.2.1 主機 a 之接口配置

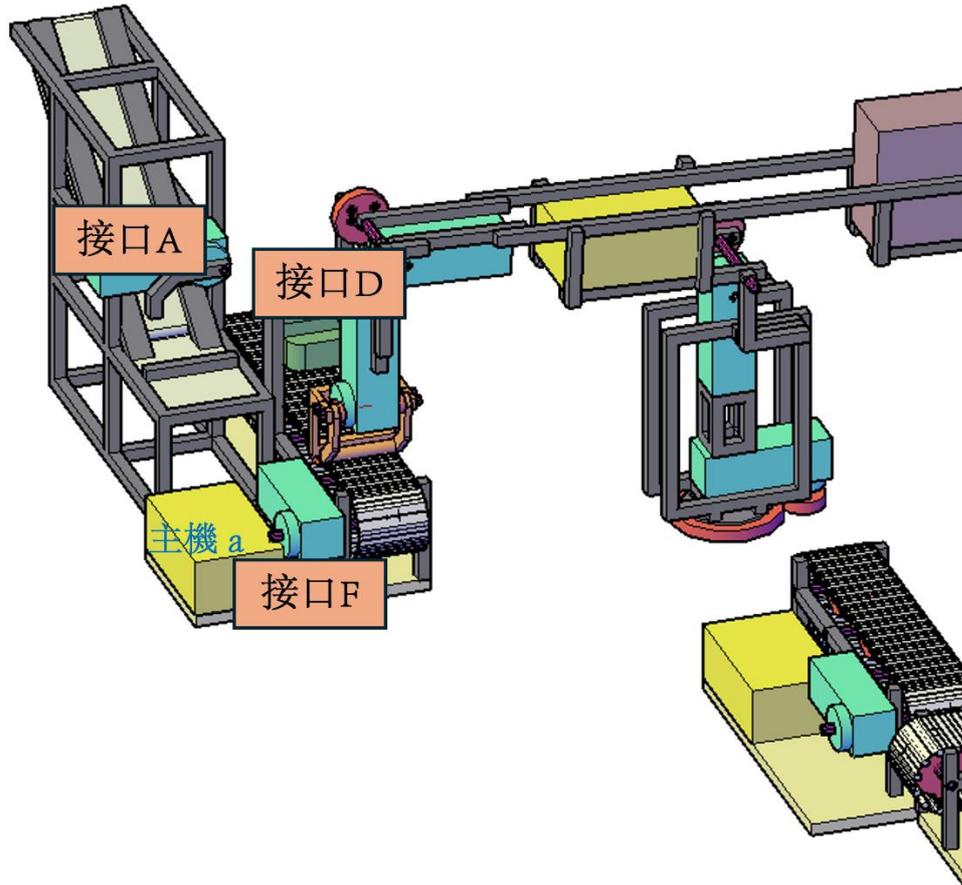


圖 5-3 主機 a 接口配置 (模擬圖)

輸送帶裝載機撥桿之馬達 (接口 A)、驅動輸送帶 A 之馬達 (接口 F) 以及顏色偵測器 A (接口 D) 分別以接口 A、F、D 與主機 A 相連。

## 5.2.2 主機 b 接口配置

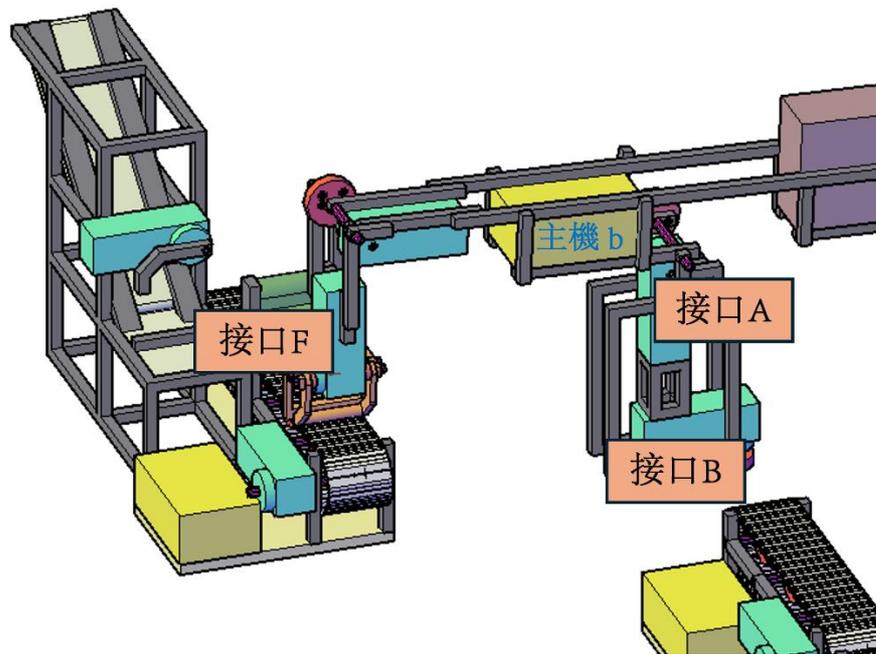


圖 5-4 主機 b 接口配置 (模擬圖)

機械手臂 A 上驅動大臂之馬達 (接口 A)、驅動主旋轉臂之馬達 (接口 B) 以及驅動夾爪開合之馬達 (接口 F) 分別以接口 A、B、F 與主機 B 相連。

### 5.2.3 主機 c 接口配置

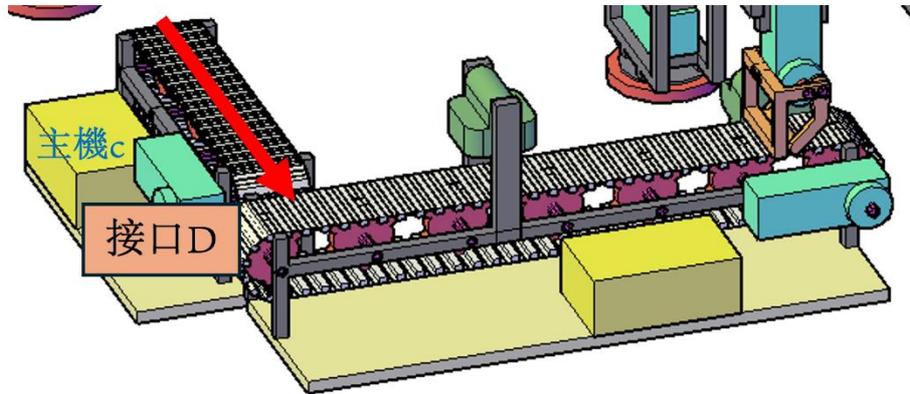


圖 5-5 主機 c 接口配置 (模擬圖)

驅動輸送帶 B 的馬達 (接口 D) 以接口 D 與主機 C 相連

## 5.2.4 主機 d 接口配置

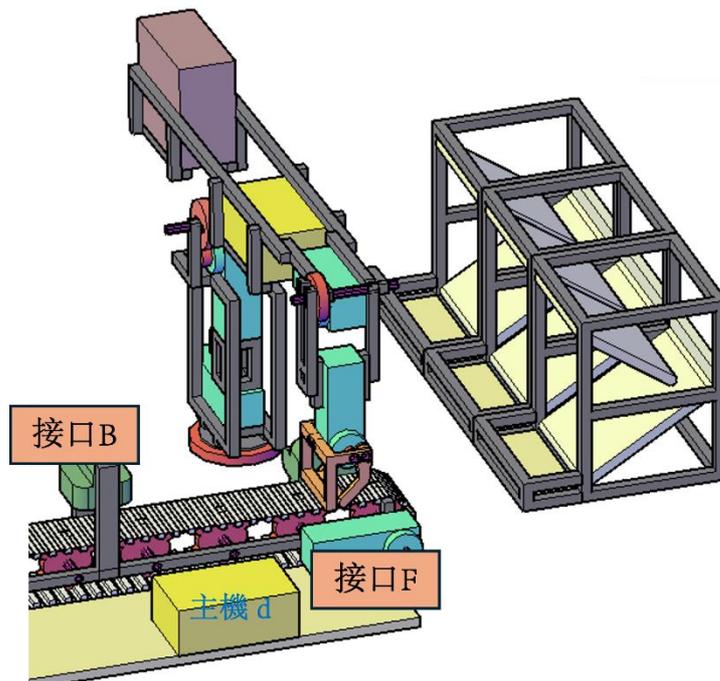


圖 5-6 主機 d 接口配置 (模擬圖)

顏色偵測器 C (接口 B)、驅動輸送帶 C 之馬達 (接口 F) 分別以接口 B、F 與主機 D 相連。

## 5.2.5 主機 e 接口配置

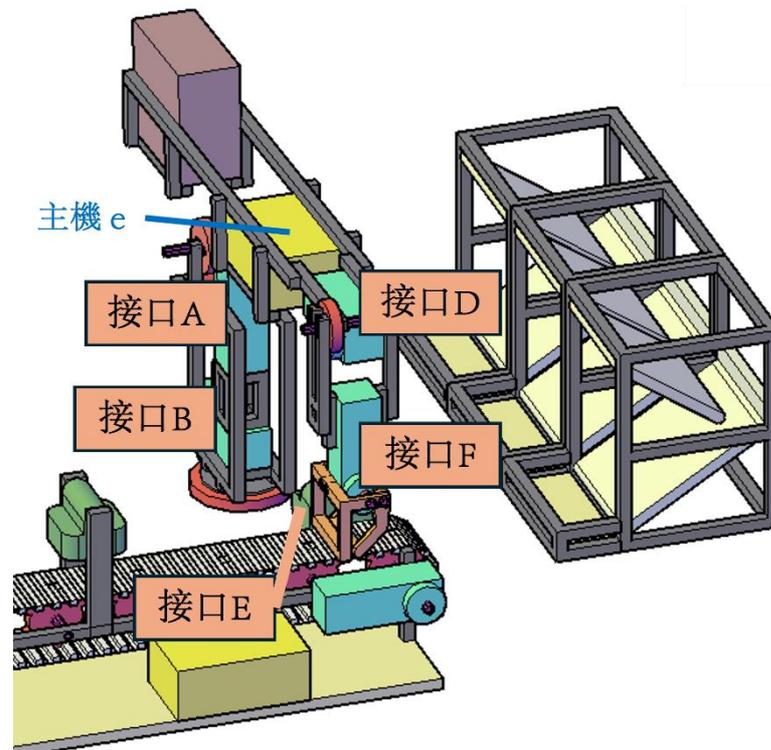


圖 5-7 主機 e 接口配置 (模擬圖)

機械手臂 B 上驅動大臂之馬達 (接口 A)、驅動主旋轉臂之馬達 (接口 B)、驅動小臂之馬達 (接口 D) 以及夾爪開合馬達 (接口 F)，與顏色偵測器 D (接口 E) 分別以接口 A、B、D、F 與主機 E 相連，

### 第三節 各階段程式說明

將整個運輸系統，貨物在每個站點之間移動的狀況大致分為三階段：

階段一，輸送帶裝載機到輸送帶 A，到輸送帶 B

階段二，輸送帶 B 到輸送帶 C

階段三，輸送帶 C 到先進先處貨架。

此節將說明各階段的運作方式，以及參與過程的各主機與其中的程式內容。

### 5.3.1 傳送帶裝載機到傳送帶 A，到傳送帶 B

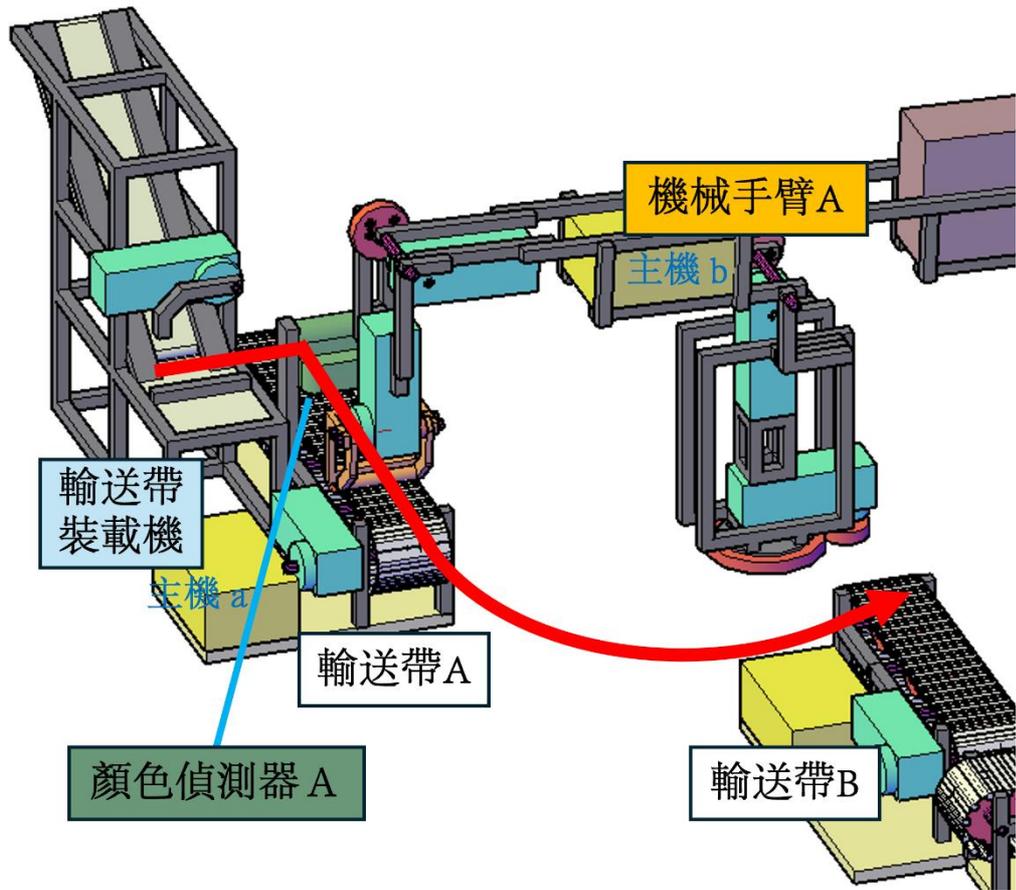


圖 5-8 第一站貨物移動路徑 (模擬圖)

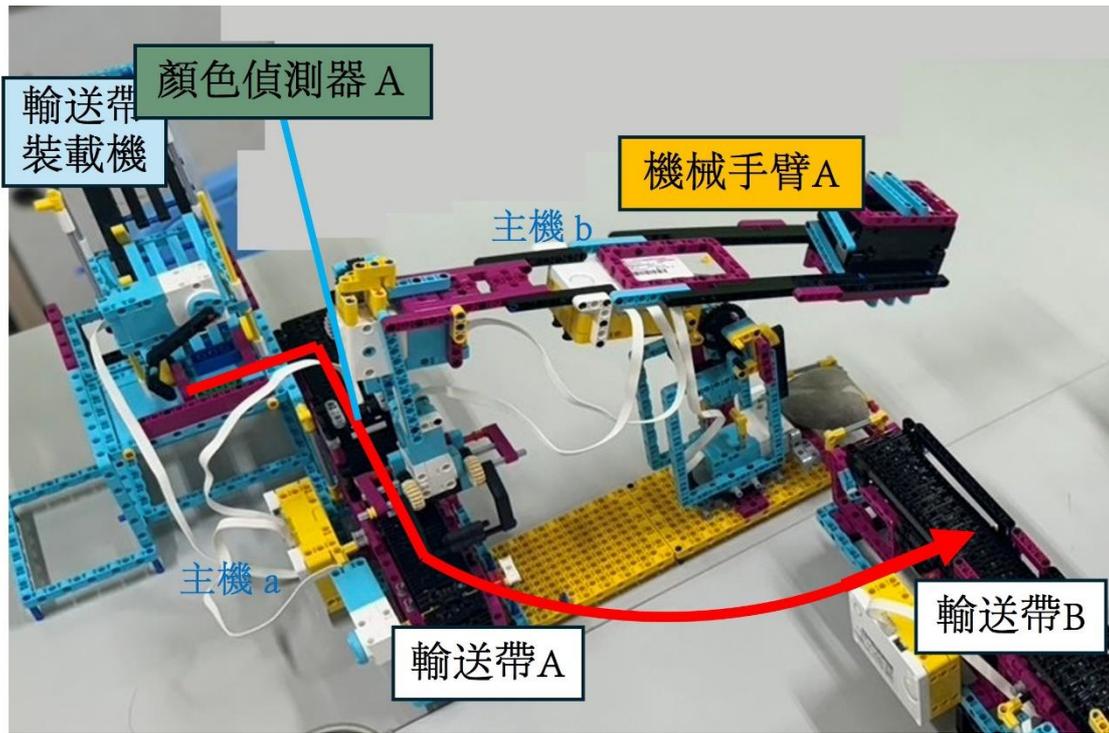


圖 5-9 第一站貨物移動路徑 (照片)

主機 a 程式說明：

第 1 列程式的程式方塊（黃底色、頂端帶圓弧）類型，會在條件觸發時，運行接續在它之後的程式碼，所有程式碼都必須要接續在此類型程式方塊之後才能執行。條件顯示「當程式開始」意思是在程式開始時，就會開始運行接續在其後的程式，且由於這個條件只能在程式開始後觸發一次，所以這個條件必須人為重新運行程式才能再次觸發。

第 2 列程式設定機能將裝載機撥桿馬達（接口 A）、輸送帶 A 馬達（接口 F）速度設為 20%，接下來兩個馬達啟動時，都會以設定速度運轉。

第 3 列程式為前置動作，讓裝載機撥桿馬達（接口 A）將第一個貨物送上輸送帶（由於條件式的結構必須在輸送帶上有第一個貨物時，才能正常運作）。

第 4 列程式為「重複無限次」迴圈，能使置於迴圈內的程式不斷的反覆運行，直至人為終止程式，迴圈內第 1 列程式也屬前置動作，功能為使輸送帶 A 馬達（接口 F）開始順時針運轉。

置於迴圈內的第 5~9 列、第 10~14 列、第 15~19 列程式是三個相似的條件式，它們都是在顏色偵測器 A（接口 D）偵測到特定顏色後執行同樣的動作指令，差別在於三段條件式會分別對紅、藍、綠色做出反應，並且我們作為貨物的積木塊也只有紅、藍、綠三種顏色，所以顏色偵測器 A（接口 D）可等效於貨物偵測器。

條件式中的第 1 列是偵測這個動作本身，第 2~5 列，則是滿足條件時的反應，偵測到貨物（第 1 列）時等待 1.5 秒（第 2 列）後停止輸送帶之馬達（第 3 列），接著裝載機撥桿馬達轉動一圈（第 4 列）並等待 15 秒（第 5 列）

這三個條件式都是遇到特定顏色時執行同樣的反應，所以理應將三種顏色同時放入同一個顏色變數欄裡，合併成一條件式，其餘部分就不需多次重複，但由於我們是程式初學者擔心出錯不敢貿然使用這種多層的編寫方式，加上程式篇幅實在不長，也沒必要簡化

這三段條件式都置於重複無限次迴圈裡，目的就是使裝置隨時待命，觸發條件式執行對應指令後再次回到初始狀態（輸送帶運轉），不斷重複。三段條件式都有將輸送帶馬達停止的動作，所以都必須再次啟動輸送帶馬達回到初始狀態，迴圈中第 1 列程式原屬於前置動作，但是置於迴圈內就能達成觸發條件式停止馬達後，再次啟動馬達的效果。



圖 5-10 主機 a 程式 (輸送帶裝載機、輸送帶 A)

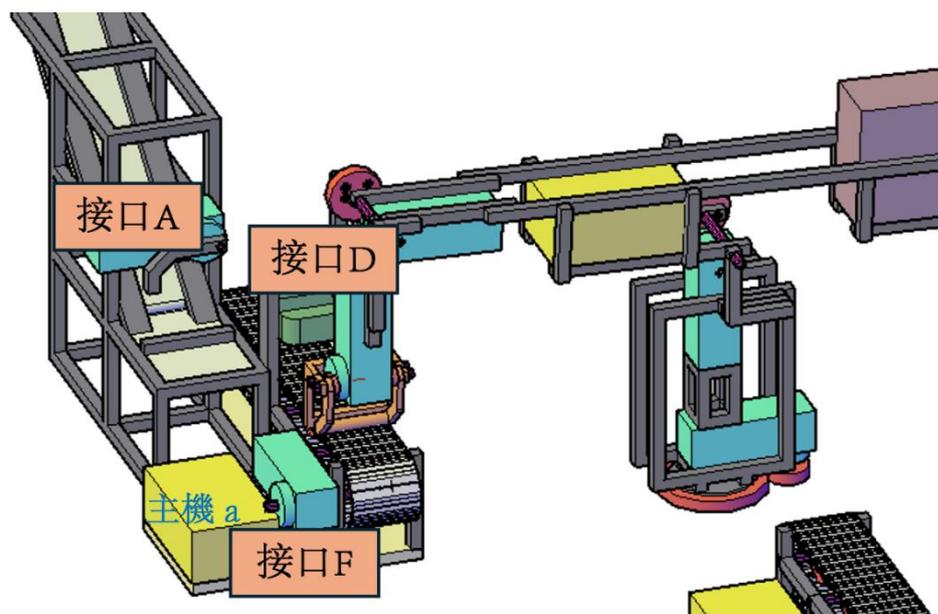


圖 5-11 主機 a 接口配置 (模擬圖)

主機 b 程式說明：

第一列程式為使程式運作過程停滯 2 秒，由於主機 a 與主機 b 它們兩者迴圈內的程式必須於同一時間始執行，也需在同一時間結束，並同時進入下一次循環（原因會在後續說明），這段等待期間對應了主機 a 程式的前置動作之所需時間，主機 a 執行前置動作的期間，主機就會停滯兩秒等待前置動作完成，同時開始執行迴圈中之程式。

迴圈中第 1 列程式設定機能將機械手臂上所有馬達（接口 A、接口 B、接口 F，其它接口並無連接任何馬達）速度設為 15%，接下來所有馬達啟動時，都會以設定速度運轉。該列程式無置於迴圈中之必要，置於迴圈內外沒有區別。

接下來幾列程式，將機械手臂夾持貨物前往輸送帶鬆開夾爪前的所有動作稱為「去程」，放置貨物後回到原本姿態的所有動作稱為「回程」。

迴圈中的第 2~7 列屬於去程之動作，第 9 列屬於回程之動作，

（第 2 列）首先將夾爪開啟，

（第 3 列）大臂旋轉下降約 30 度，使夾爪到達能夾取貨物的高度，

（第 4 列）接著等待 1 秒，等待貨物到達夾爪的夾持範圍內後，

（第 5 列）閉合夾爪，夾取貨物，

（第 6 列）大臂旋轉上升約 30 度，將貨物提起離開輸送帶 A，

（第 7 列）主旋轉臂逆時針旋轉約 90 度，使夾爪到達輸送帶 B 上方，

（第 8 列）將夾爪開啟，使貨物放置於輸送帶上

（第 9 列）主旋轉臂順時針旋轉約 90 度，使夾爪回到輸送帶 A 上方，

（第 10 列）等待 10 秒，10 秒後進入第二次迴圈循環。目前夾爪處於開啟狀態，再次執行開啟夾爪的原因是為了確保夾爪為開啟狀態。



圖 5-12 主機 b 程式 (機械手臂 A)

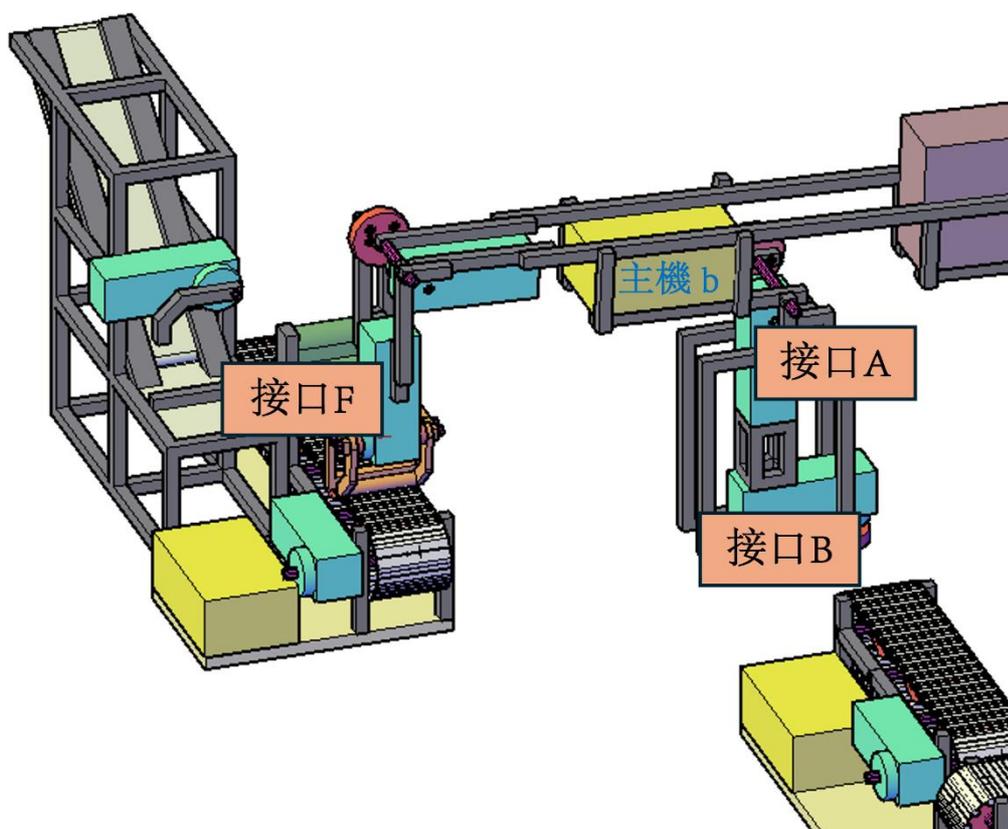


圖 5-13 主機 b 接口配置 (模擬圖)

運作方式：

撥桿馬達（接口 A）將第一個貨物推送至輸送帶 A 上後，輸送帶 A（接口 F）啟動開始運輸貨物，當輸送帶 A 上的顏色偵測器 A（接口 D）偵測到貨物時，輸送帶 A 會在 1.5 秒，貨物到達適當位置後停止運轉（接口 D），接著撥桿馬達（接口 A）將下一貨物推送至輸送帶，並等待 15 秒，這段時間機械手臂 A 會前來將貨物移動到輸送帶 B，並且主旋轉臂回歸預設姿態後，輸送帶 A（接口 F）恢復運轉。

當主機 A 程式運行至迴圈內時，這個時間點機械手臂也將開始運作，夾持貨物並轉移至輸送帶 B，機械手臂主旋轉臂回歸預設姿態，這一系列動作大約在撥桿馬達轉動一圈後約 5 秒內完成，接著輸送帶與機械手臂都將在等待約 10 秒後進行下一輪動作。

a 主機與 b 主機之間的協作方式並不是採用條件判斷的方式，機械手臂並不會在主機 a 貨物偵測器偵測到貨物，觸發條件式時作出反應。它們的協作方式是事先針對一種狀況計算時間差，並將此時間差作為參數寫入程式內，使它們之間的動作能互相配合，所以 A、B 主機必須要同時啟動，否則時間不同步，動作會無法配合。

主機a程式		主機b程式		夾爪位置
撥桿將第一個貨物送上輸送帶A		等待2秒		輸送帶A
迴圈	輸送帶A開始運轉	迴圈	打開夾爪 讓夾爪往下，到能夾到貨物的高度	
	偵測器偵測到貨物時 等待1.5秒		等待1秒	
	輸送帶A停止		閉合夾爪，夾取貨物	輸送帶B
	裝載機撥桿馬達轉動一圈		機械手臂把貨物移到輸送帶B，然後回到原位	輸送帶A
等待15秒		等待10秒		
開始第二次迴圈循環				
讓停止的輸送帶恢復運轉		機械手臂準備開始動作		
偵測器恢復待命狀態				

圖 5-14 主機 a、b 動作配合之時間軸

### 5.3.2 輸送帶 B 到輸送帶 C

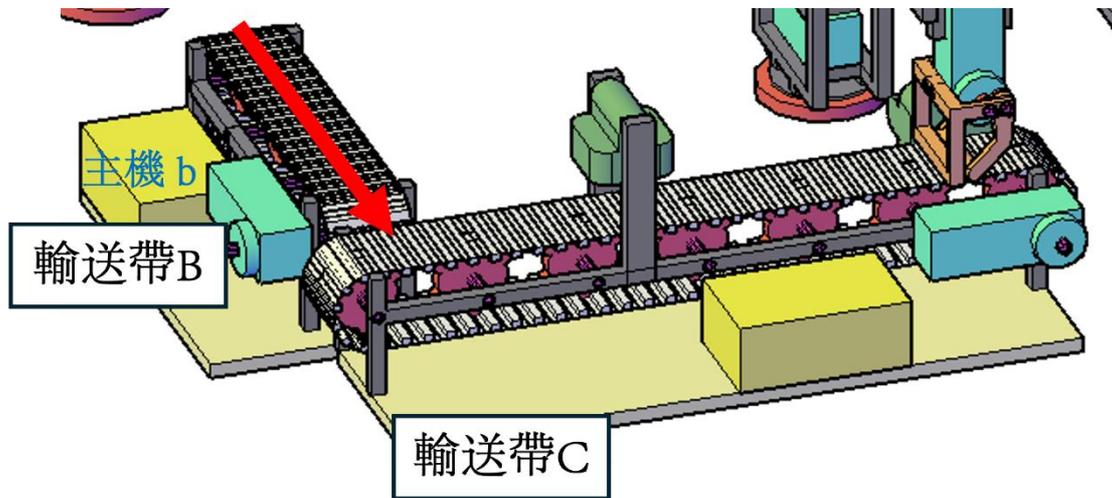


圖 5-15 第二站貨物移動路徑（模擬圖）

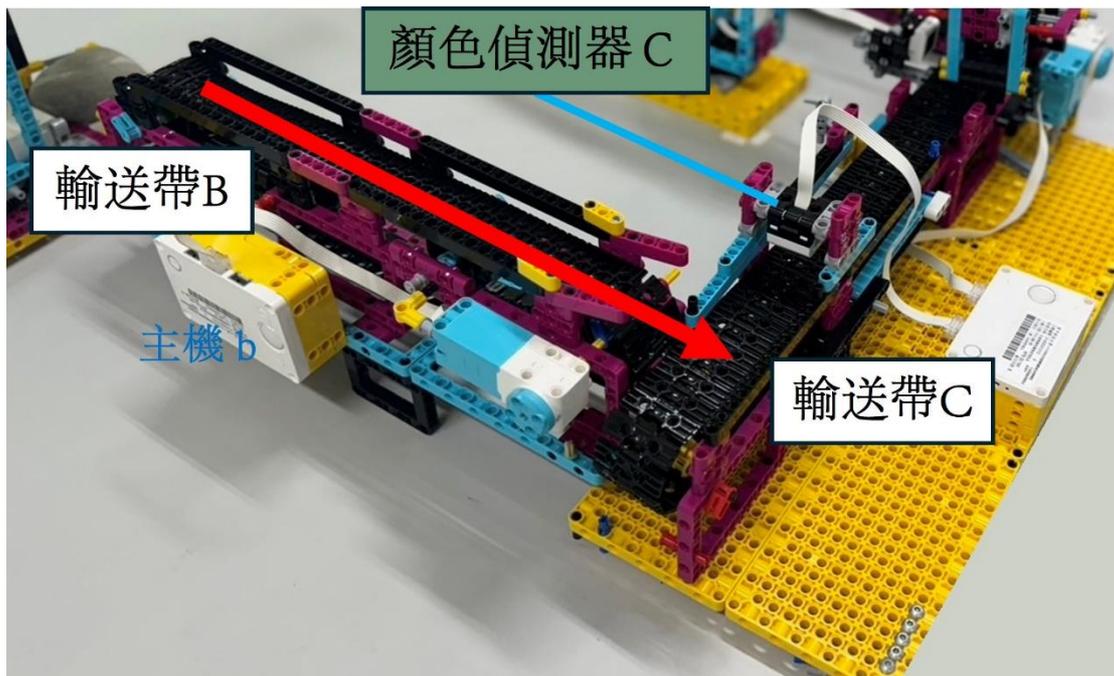


圖 5-16 第二站貨物移動路徑（照片）

主機 c 程式說明：

第 1 列程式設定機能將讓輸送帶 B 馬達（接口 D）速度設為 12%，接下來該馬達啟動時，都會以設定速度運轉。

第 2 列程式功能為使輸送帶 B 馬達（接口 D）開始順時針運轉。



圖 5-17 主機 c 程式（輸送帶 B）

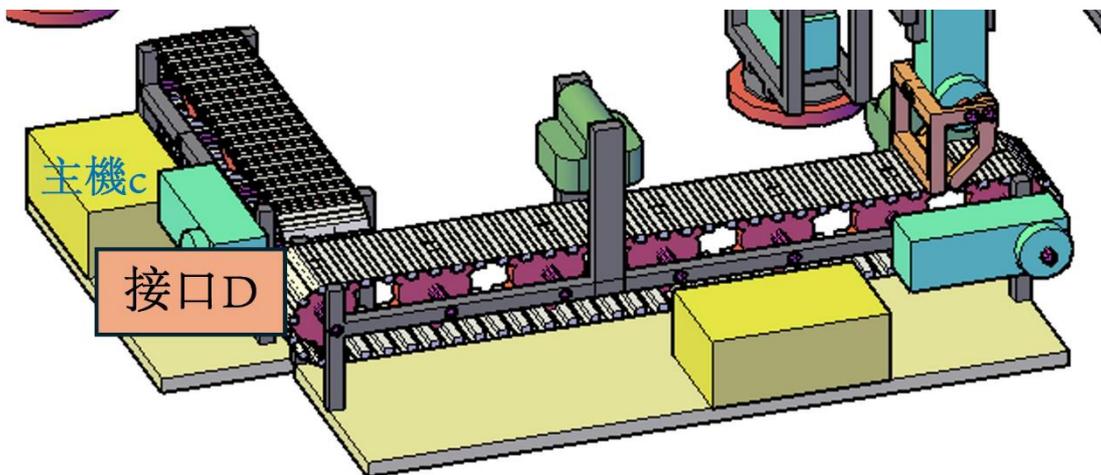


圖 5-18 主機 c 接口配置（模擬圖）

運作方式：

會以 12% 的速度、順時針方向無止盡轉動，並帶動輸送帶 B，貨物會隨著輸送帶 B 移動，到達終點後，會直接落到輸送帶 C 上變換方向繼續輸送（輸送帶 B 與輸送帶 C 合稱 L 型輸送帶）。

### 5.3.3 輸送帶 C 到先進先處貨架

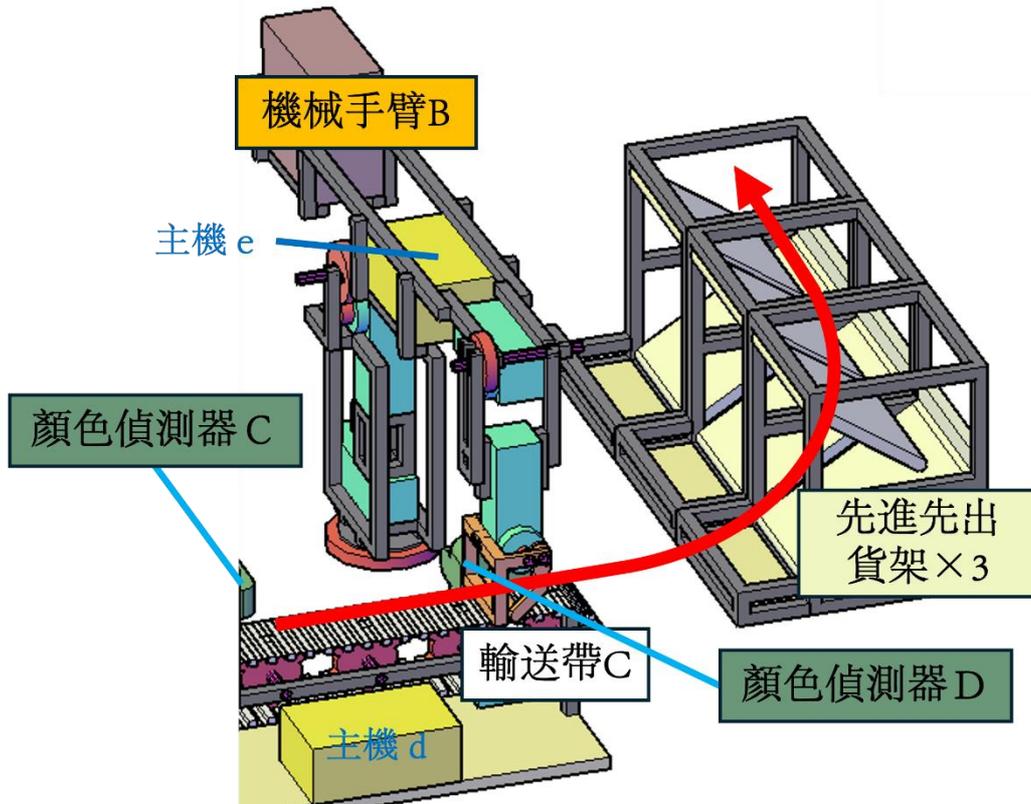


圖 5-19 第三站貨物移動路徑 (模擬圖)

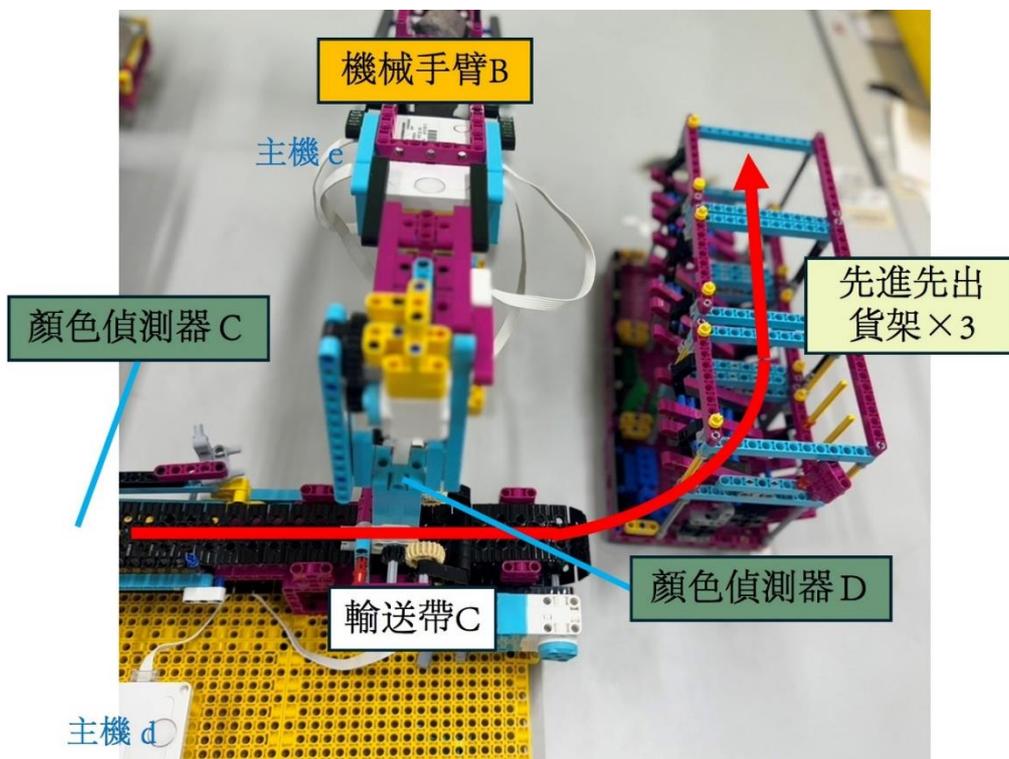


圖 5-20 第三站貨物移動路徑 (照片)

主機 d 程式說明：

第 1 列程式設定機能將輸送帶 C 馬達（接口 F）速度設為 10%，接下來此馬達啟動時，都會以設定速度運轉。

第 2 列程式為「重複無限次」迴圈，迴圈內第 1 列程式為前置動作，功能為使輸送帶 C 馬達（接口 F）開始順時針運轉。

置於迴圈內的第 5~8 列、第 9~12 列、第 13~16 列程式是三個相似的條件式，它們都是在顏色偵測器識別到貨物時執行相同的動作指令，與顏色偵測器 A 有相似的效果，利用覆寫多次程式的方式，使得顏色偵測器等效於貨物偵測器。條件式中的第 1 列是偵測這個動作本身，第 2~4 列，則是滿足條件時的反應，偵測到貨物（第 1 列）時等待 7.7 秒（第 2 列）後停止輸送帶之馬達（第 3 列），並等待 8 秒（第 4 列）

觸發迴圈裡的條件式執行對應指令，將馬達停止後，進入第二次迴圈循環，運行迴圈內第一列程式恢復輸送帶運轉，接著顏色偵測器重新進入待命狀態。這個動作會重複無數次，直到人為終止程式。

將這三段條件式都置於重複無限次迴圈裡的目的，是在觸發條件式執行對應指令後再次回到初始狀態，使顏色偵測器，不斷重複。三段條件式都有將輸送帶馬達停止的動作，所以都必須再次啟動輸送帶馬達回到初始狀態，迴圈中第 1 列程式原屬於前置動作，但是置於迴圈內就能達成觸發條件式停止馬達後，再次啟動馬達的效果。



圖 5-21 主機 d 程式 (輸送帶 C)

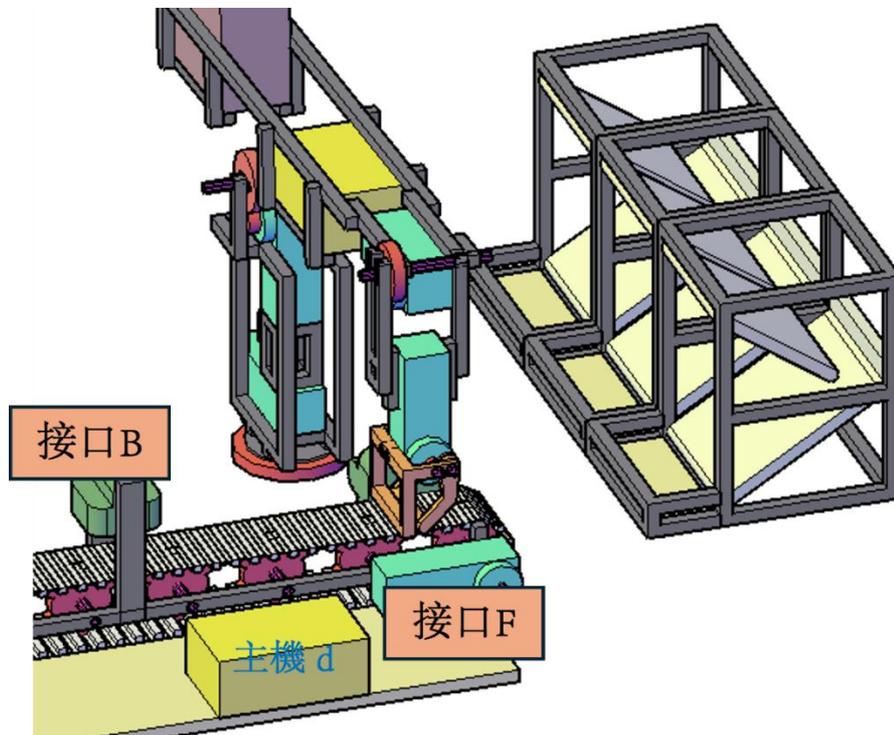


圖 5-22 主機 d 接口配置 (模擬圖)

主機 e 程式說明：

這三行程式是三個相似的條件式，它們都是在顏色偵測器 D（接口 E）偵測到特定顏色後執行相似的動作指令，條件式分別會對紅、藍、綠色做出反應，差別只在於主旋轉臂的旋轉角度不同（第 9、12 列），這個差異可以使機械手臂執行程式時，能分別移動至放置紅、藍、綠色貨物的先進先出貨架上方並放置貨物，然後再回到預設方向。也與顏色偵測器 A 有相似的效果，利用覆寫多次程式的方式，使得顏色偵測器等效於貨物偵測器。

第 1 列程式為偵測這個動作本身，此種程式方塊（黃底色、頂端帶圓弧），會在條件觸發時，運行接續在它之後的程式碼。與條件「當程式開始」不同的是，這個條件能在程式開始後觸發多次，所以只要每當觸發條件時，都能再次執行。

第 2 列程式設定機能將機械手臂上驅動大臂之馬達、驅動小臂之馬達以及夾爪開合馬達（接口 A、接口 D、接口 F）速度設為 10%，第 3 列程式設定機能將機械手臂上驅動主旋轉臂之馬達（接口 B）速度設為 5%，接下來所有馬達啟動時，都會以設定速度運轉。

接下來幾列程式，將機械手臂夾持貨物前往輸送帶鬆開夾爪前的所有動作稱為「去程」，放置貨物後回到原本姿態的所有動作稱為「回程」。

迴圈中的第 4~10 列屬於去程之動作，第 12~14 列屬於回程之動作

- （第 4 列）首先將夾爪開啟，
- （第 5 列）大臂旋轉下降約 30 度（第 5 列），使夾爪到達能夾取貨物的高度，
- （第 6 列）閉合夾爪，夾取貨物，
- （第 7 列）大臂旋轉上升約 30 度，將貨物提起離開輸送帶 C，
- （第 8 列）小臂向前展開約 30 度，使小臂高度能夠越過先進先出貨架，
- （第 9 列）主旋轉臂逆時針旋轉，使夾爪到達先進先出貨架上方，三行程式角度分別約為 80、90、100 度
- （第 10 列）小臂向後收回約 10 度，使夾爪到達貨物投放點上方，
- （第 11 列）將夾爪開啟，將貨物放入先進先出貨架中，
- （第 12 列）小臂向前展開約 10 度，由於此時夾爪高度低於先進先出貨架之頂端，所以需將小臂向前展開以提升夾爪高度，使小臂與夾爪能夠越過先進先出貨架，

(第 13 列) 主旋轉臂順時針旋轉使機械手臂回到初始朝向，使夾爪回到輸送帶 C 上方，

(第 14 列) 小臂向後收回約 30 度，使小臂回到預設高度，  
進入第二次迴圈循環，目前夾爪處於開啟狀態，再次執行開啟夾爪的原因是為了確保夾爪為開啟狀態。



圖 5-23 主機 e 程式 (機械手臂 B)

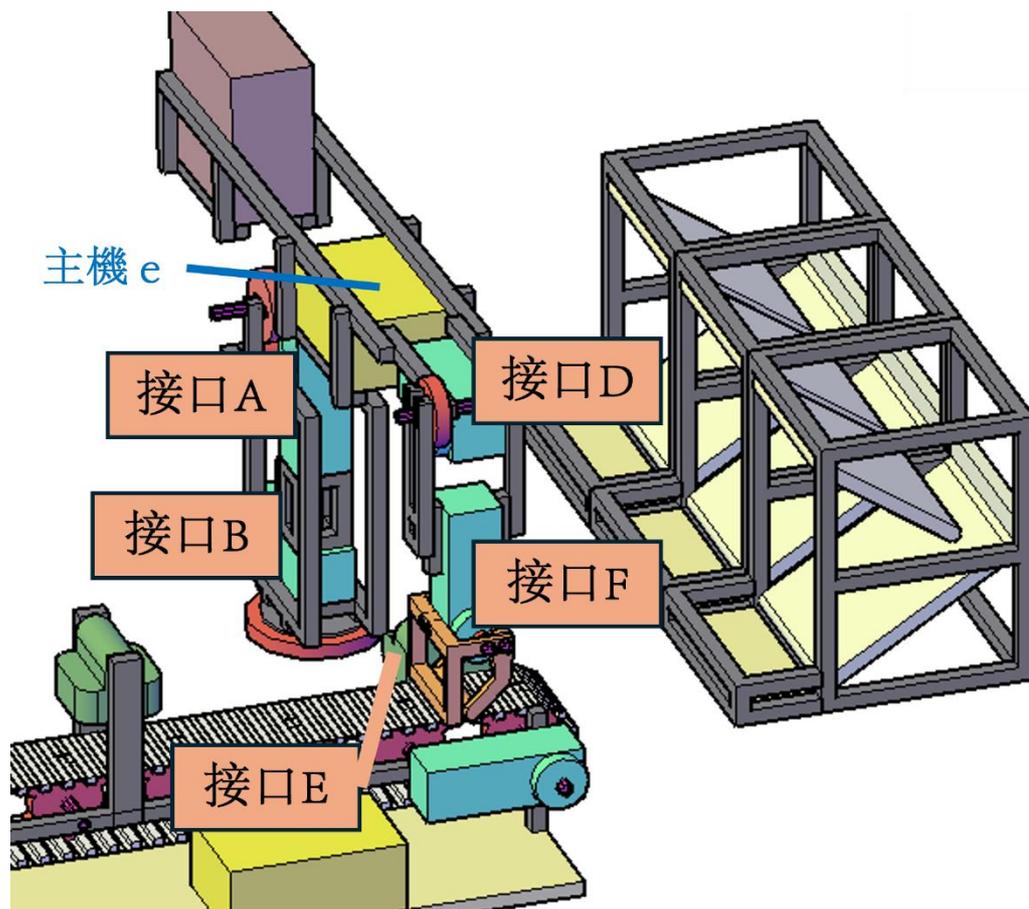


圖 5-24 主機 e 接口配置 (模擬圖)

運作方式：

輸送帶 C (接口 F) 啟動開始運輸貨物，輸送帶 C 上的顏色偵測器 C (接口 B) 偵測到貨物後，輸送帶 C 會在 7.7 秒後，貨物到達適當位置 (機械手臂下，顏色偵測器 D 前) 後時停止，此時這個位置上的顏色偵測器 D (接口 E) 會將貨物顏色資訊傳給機械手臂 B，輸送帶等待 8 秒，8 秒後輸送帶 C (接口 F) 恢復運轉，這個等待空檔，機械手臂會根據自顏色偵測器 D (接口 F) 所回傳之顏色資訊將貨物依照顏色分別投入個顏色別的先進先出貨架，並回歸預設姿態。

d 主機與 e 主機之間的協作方式是採用條件判斷的方式，機械手臂會在顏色偵測器偵測到貨物，觸發條件式時自動作出反應，不需要依賴人為設置的等待時間。所以只要在貨物到達顏色偵測器 D 前啟動主機，且能在輸送帶恢復運轉前完成所有動作 (將貨物移至貨架，並回復原姿態)，動作就能互相配合

主機d程式			主機e程式			
迴圈	輸送帶C開始運轉		待命	夾爪位置		
	偵測器偵測到貨物時	等待7.7秒		迴圈	偵測器偵測到貨物時	輸送帶C
		輸送帶C停止				
	等待8秒	機械手臂把貨物放入貨架，然後回到原位	讓夾爪往下，到能夾到貨物的高度			
			閉合夾爪，夾取貨物		輸送帶C	
	待命					待命
開始第二次迴圈循環						
讓停止的輸送帶恢復運轉			機械手臂恢復待命狀態			
偵測器恢復待命狀態						

圖 5-25 主機 d、e 動作配合之時間軸

## 第六章 結論

這次的經驗讓我們深刻地了解了輸送系統的各種功能、需求和瓶頸。通過這個過程，我們學到了許多關於如何設計和優化輸送系統的寶貴知識。最重要的是，我們意識到輸送系統與人工智慧結合的強大威力和重要性。

首先，我們發現輸送系統在現代生產中扮演著不可或缺的角色。它不僅僅是將物品從一點運送到另一點的工具，更是整個生產流程的關鍵組件之一。了解到輸送系統的各種功能和要求，讓我們更好地理解生產流程的運作方式，並找到了優化效率和提高生產能力的方法。

其次，我們意識到輸送系統與人工智慧結合的潛力。透過人工智慧技術，輸送系統可以變得更加智能化和自主化。例如，利用機器學習算法，系統可以根據不同的生產需求和環境條件，自動調整運輸路徑和速度，從而提高效率和靈活性。這種智能化的輸送系統不僅可以降低人力成本，還可以減少人為錯誤，提高生產質量。

總的來說，透過這次的實踐，我們深刻體會到了輸送系統的重要性和應用價值，以及與人工智慧結合的無限潛力。我們期待著將這些學到的知識和經驗應用到未來的項目中，並不斷探索創新的解決方案，推動製造業向更智慧、更高效的方向發展。

## 參考文獻

### 中文論文

- [1]楊致旋(2021)，“工業機器人虛實整合之應用”，碩士論文，臺北城市科技大學，20~21。
- [2]梁耕豪(2022)，“基於 RGB-D 影像之三維物體抓取六軸機械手臂”，碩士論文，國立臺灣科技大學，31~32。
- [3]邱文浩(2023)，“無人機結合 AI 影像辨識應用於太陽能板巡檢”，碩士論文，國立聯合大學，45~46。
- [4]葉玲蒨(2021)，“工業機器人離線編程技術開發”，碩士論文，正修科技大學，12~13。
- [5]詹育誠(2023)，“自動化倉儲系統使用者的服務品質滿意度之研究”，碩士論文，逢甲大學，9~10。
- [6]羅奕勳(2016)，“單軸機器人視覺伺服並聯機器手臂於輸送帶物件之追蹤與夾取”，碩士論文，龍華科技大學，15~16。
- [7]張雅惠(2013)，“「樂高玩具」與「數位樂高」之創造力表現”，碩士論文，亞洲大學，18~19。
- [8]曾永豪(2020)，“在人機共存空間中智慧工業機器人之無感測器碰撞力估測與碰撞力減弱研究”，碩士論文，國立中興大學，25~26。
- [9]張寬(2020)，“工業機器人意外事故分析”，碩士論文，國立臺灣科技大學，54~55。
- [10]李明憲(2021)，“傳統倉儲與自動化倉儲之棧板式自動倉儲的效益分析—以 A 公司倉儲為例”，碩士論文，南開科技大學，26~27。
- [11]黃鴻銘(2018)，“基於文字辨識之物體姿態估計用於無人商店自動化取放商品”，碩士論文，國立交通大學，30~31。
- [12]許承榆(2022)，“應用小型機器手臂與微電腦系統於自動倉儲之實作研究”，碩士論文，崑山科技大學，28~29。
- [13]李金憲(2023)，“影像辨識於輸送機應用之研究”，碩士論文，國立彰化師範大學，48~49。

- [14]蕭仁忠(2019)，“工業機器人定位精度改善之研究”，碩士論文，國立交通大學，46~47。
- [15]吳政穎(2023)，“影像辨識應用於生產線之產品測試製程之研究”，碩士論文，國立宜蘭大學，42~43。
- [16]曾雲楓(2019)，“基於 RGB-D 影像深度學習之機器手臂物體識別與最佳夾取點偵測”，碩士論文，國立中正大學，52~53。
- [17]王雅鈴(2023)，“以同儕配對方式進行國小低年級機器人程式設計學習對程式設計學習態度之影響”，碩士論文，國立臺南大學，53~54。