

逢甲大學學生報告 ePaper

基於影像辨識技術的自動化手機殼加工與種類判別系統

Automated Mobile Phone Case Processing and
Classification System Based on Image Recognition
Technology

作者：朱俊翰、陳承邑
系級：自動控制工程學系三年級
學號：D1126014、D1153734
開課老師：陳志成
課程名稱：機電元件模擬
開課系所：自動控制工程學系
開課學年：113 學年度 第 1 學期




中文摘要

本研究旨在開發一套基於影像辨識技術的自動化手機殼加工系統，以解決傳統手工檢測與加工方法中因操作人員疲勞、經驗不足或技能限制所導致的生產效率低下及品質不穩定問題。研究目標為提升手機殼加工過程的高精度與高效率，並確保產品品質的一致性與可靠性。

本研究設計了一套多模組協作的自動化生產流程，包括進料感測、外殼種類檢測、標識印刷、孔位加工與最終質量檢查。影像辨識模組使用高分辨率相機與人工智慧演算法進行特徵提取及分類，並透過數位處理單元精準比對加工參數。標識印刷與孔位加工模組則利用高精度氣壓缸與感測器實現即時監控與自動調整，以滿足不同型號手機殼的加工需求。

實驗結果顯示，該系統顯著提升了生產效率與產品品質，減少人為誤差與不良品率，為手機殼全流程自動化生產奠定了技術基礎。未來，本系統可進一步整合客製化生產功能，讓使用者選擇特定材質及設計，並優化進料異常處理機制，進一步提升生產過程的智能化與可靠性。



關鍵字：影像辨識、自動化、加工系統、生產線模擬、CIROS

Abstract

This study aims to develop an automated smartphone case processing system based on image recognition technology to address the inefficiencies and quality instability associated with traditional manual inspection and processing methods. These issues often arise from operator fatigue, lack of experience, or skill limitations. The research objective is to enhance the precision and efficiency of smartphone case processing while ensuring product quality consistency and reliability.

The study designed a multi-module collaborative automated production process, including material sensing, case type detection, label printing, hole processing, and final quality inspection. The image recognition module employs high-resolution cameras and artificial intelligence algorithms for feature extraction and classification, accurately matching processing parameters through a digital processing unit. The label printing and hole processing modules utilize high-precision pneumatic cylinders and sensors for real-time monitoring and automatic adjustments, meeting the processing requirements of different smartphone case models.

Experimental results show that the system significantly improves production efficiency and product quality, reducing human errors and defective rates. This lays a technical foundation for fully automated production of smartphone cases. In the future, the system could integrate customized production functionalities, allowing users to select specific materials and designs, as well as optimize abnormal material handling mechanisms to further enhance the intelligence and reliability of the production process.

Keyword : Image recognition, automation, processing systems, production line simulation, CIROS

目 錄

中文摘要.....	1
Abstract.....	2
目錄.....	3
第一章 緒論.....	4
1.1 研究背景與動機.....	5
1.1.1 手機殼加工的市場需求與技術挑戰.....	5
1.1.2 傳統加工方式的限制與改進空間.....	5
1.1.3 影像辨識與自動化技術的應用前景.....	5
1.2 研究目的與意義.....	6
1.2.1 提升手機殼加工精度與效率.....	6
1.2.2 減少人為干預並提高生產品質穩定性.....	6
1.2.3 實現從影像辨識到加工完成的全流程自動化.....	6
1.3 研究範圍與方法.....	6
1.3.1 系統設計與模組劃分範圍.....	6
1.3.2 研究方法概述（系統流程設計、設備選型與實驗分析）.....	6
第二章 文獻回顧與理論基礎.....	7
2.1 影像處理技術概述.....	7
2.1.1 影像處理的定義與核心要素.....	7
2.1.2 自動辨識技術的定義與核心要素.....	7
2.2 系統流程的細化描述.....	11
2.2.1 進料檢測與異常處理策略.....	11
2.2.2 外殼種類檢測的影像辨識流程.....	11
2.2.3 數據比對與分類傳輸的技術實現.....	12
2.2.4 蓋印模組與鑽孔模組的操作流程.....	12
2.2.5 質量檢查模組的功能與測試方法.....	12
2.3 系統性能與流程效率的關鍵指標.....	12
2.3.1 檢測速度與準確率.....	12
2.3.2 加工精度與不良品率控制.....	13
第三章 功能模組的技術細節.....	14
3.1 手機殼種類判別模組.....	14
3.1.1 高精度影像辨識系統的設計與選型.....	14
3.1.2 深度學習算法在外觀特徵分類中的應用.....	14
3.1.3 數位處理單元與數據比對技術.....	15
3.2 蓋印與鑽孔模組.....	17
3.2.1 氣壓缸與伺服系統的選型與應用.....	17
3.2.2 標識蓋印技術與加工參數動態調整.....	17

3.2.3 精密定位與打孔深度控制技術.....	17
3.3 質量檢查模組.....	17
3.3.1 工業相機與光源系統的協同設計.....	17
3.3.2 激光測距與尺寸檢測技術.....	17
3.3.3 錯誤檢測與不良品分揀流程.....	17
第四章 系統硬體架構與控制邏輯.....	18
4.1 控制系統硬體架構.....	18
4.1.1 PLC 模組的配置與選型.....	18
4.1.2 感測器與執行元件的設計與部署.....	18
4.2 I/O 信號設計與分配.....	22
4.2.1 感測器輸入信號的配置邏輯.....	22
4.2.2 執行元件輸出信號的觸發邏輯.....	22
4.3 工作流程與模組聯動控制機制.....	22
4.3.1 控制信號的傳輸與動態調整.....	22
4.3.2 系統異常處理與安全保護機制.....	22
第五章 系統測試與性能評估.....	24
5.1 系統搭建與測試過程.....	24
5.1.1 硬體組裝與基礎功能測試.....	24
5.1.2 軟體控制程序的開發與調試.....	24
5.2 模組性能測試與分析.....	24
5.2.1 影像辨識模組的準確率與效率評估.....	24
5.2.2 蓋印與鑽孔模組的加工精度與穩定性.....	24
5.2.3 質量檢查模組的檢測效率與可靠性.....	25
5.3 系統整體性能評估.....	25
5.3.1 加工效率提升效果.....	25
5.3.2 系統穩定性與運行成本分析.....	25
第六章 總結與未來展望.....	26
6.1 研究成果總結.....	26
6.1.1 系統整合與自動化加工技術的突破.....	26
6.1.2 生產效率與產品質量的改進效果.....	26
6.2 系統局限與不足分析.....	26
6.2.1 現階段系統的技術瓶頸.....	26
6.2.2 模組功能的優化方向.....	26
6.3 未來研究與發展建議.....	26
6.3.1 加入客製化設計功能的實現可能性.....	26
6.3.2 智能控制與動態學習能力的提升.....	26
6.3.3 系統應用範圍的拓展與行業推廣.....	26
參考文獻.....	27

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

1.1.1 手機殼加工的市場需求與技術挑戰

隨著全球智能手機市場的迅速擴展，手機殼作為手機配件中的重要一環，需求量持續攀升。隨著用戶對個性化、質量及功能性要求的提高，手機殼的設計與加工工藝呈現出日益精細化和多樣化的趨勢。傳統的手機殼加工主要依賴人工操作，尤其在檢測與精密加工過程中仍存在不少挑戰：1. **效率低下**：人工操作容易受到工作者疲勞、情緒等因素的影響，進而導致加工速度降低，產量難以達到預期。2. **精度不足**：人工操作難以保證高精度和一致性，特別是在複雜的設計或批量生產時，會增加不良品率，影響產品質量。3. **高成本**：手工操作需要大量的勞動力和經驗豐富的技術工人，這些工人薪資要求較高，且技術不均的問題也容易影響整體成本效益。

1.1.2 傳統加工方式的限制與改進空間

傳統的手工加工方式在面對現代手機殼設計的多樣性、加工精度要求的提升以及效率需求的增加時，顯得力不從心。具體的限制表現如下：

- **檢測過程中的漏洞與錯誤**：人工檢測過程中，操作員常因視覺疲勞或判斷偏差，導致漏檢或誤判，進而影響質量控制。
- **加工過程的精度問題**：在標識印刷位置、孔位打孔等關鍵工序中，傳統手工操作難以確保加工精度的穩定性，尤其在批量生產中，容易發生微小誤差積累，從而影響產品的一致性。
- **缺乏數據支持與動態優化**：傳統加工方式通常依賴人工經驗進行調整，缺少基於數據分析的過程優化手段，這使得生產過程中的參數設定難以進行有效調整與優化，從而無法滿足高效穩定的生產需求。

1.1.3 影像辨識與自動化技術的應用前景

隨著影像辨識技術和自動化技術的飛速發展，這些技術為手機殼加工行業帶來了新的突破。結合先進的影像辨識技術與自動化加工設備，可以有效解決傳統手工加工的多項瓶頸如圖 1 所示手機加工自動化技術，實現以下技術三種優勢：1. **自動化流程控制**：借助自動化控制系統，將人工干預降到最低，實現生產過程中的高度自動化，極大地提高加工效率並減少出錯機會。無論是在標識、印刷、還是孔位打孔等加工環節，都能精確控制每一個步驟，從而提升整體生產效率。2. **高精度加工與動態參數調整**：基於高性能影像辨識系統，系統可以精確地識別手機殼的特徵，實時調整加工參數，無論是對孔位、印刷或其它細節的精度控制，都能做到極致的精準，顯著提高加工精度。3. **質量穩定性與一致性保障**：自動化系統可有效減少由人工操作帶來的誤差，保證每個手機殼的生產過程都在精確的控制範圍內，從而提高產品質量的一致性和穩定性。



圖一. 手機加工自動化技術

1.2 研究目的與意義

1.2.1 提升手機殼加工精度與效率

本研究旨在設計一套基於影像辨識技術的全自動化手機殼加工系統。透過精密的影像檢測與高效的自動化加工模組，該系統能夠在提高加工精度的同時，大幅提升加工效率。具體來說，本系統將能夠實現每個加工環節的精確控制，從而有效降低不良品率，並顯著縮短加工時間。

1.2.2 減少人為干預並提高生產品質穩定性

透過引入自動化技術，減少人工操作的依賴，並進一步消除因操作員疲勞、經驗不均等因素造成的質量波動。這不僅可以提升產品的一致性和穩定性，還能提高整體生產線的可靠性和效率，進而降低生產成本。

1.2.3 實現從影像辨識到加工完成的全流程自動化

本研究將集成影像辨識、加工模組、質量檢測等多個子系統，實現從原材料投入到最終成品的全流程自動化。通過這些模組的協同工作，能夠實現動態調整生產參數、即時檢測並修正加工誤差，最終達到精確高效的生產效果。

1.3 研究範圍與方法

1.3.1 系統設計與模組劃分範圍

本研究的範圍包括以下幾個方面：

- ◆ **影像辨識模組**：設計高精度影像辨識系統，用於實時監控並識別手機殼特徵（如孔位、印刷位置等），為後續加工提供數據支持。
- ◆ **蓋印與打孔模組**：設計與優化印刷和打孔工藝，利用自動化技術進行精確加工，保證每個加工步驟的精度。
- ◆ **質量檢查模組**：設計質量檢測系統，實時檢查成品的精度和質量，並及時進行修正與調整。
- ◆ **系統集成與流程優化**：整合各模組，實現流程的協同運作，並通過數據分析進行生產流程的優化，提升生產效率。

1.3.2 研究方法概述

本研究將採用以下方法：

- **文獻分析**：調查目前影像辨識與自動化技術在手機殼加工中的應用現狀，並分析相關技術的發展趨勢。
- **系統設計與模擬**：根據現有技術需求，設計整體系統架構，並對各模組進行模擬測試，確保系統設計能夠達到預期效果。
- **實驗與性能評估**：進行系統測試，對加工精度、效率、質量穩定性等進行全面評估，並根據實驗數據進行系統優化。

此方法體系將確保本研究在理論與實踐層面上達到較高的技術水平，為未來手機殼加工行業的智能化升級提供有力支持。

第二章 文獻回顧與理論基礎

2.1 影像處理技術概述

2.1.1 影像處理的定義與核心要素

影像辨識技術作為智慧製造領域中的關鍵創新，旨在此項研究探討了一種基於影像辨識的白血球自動辨識系統。研究採用影像距離變換的影像分割方法，結合區域和邊緣方法，充分利用影像資訊。根據細胞的形狀、紋理和顏色外觀，選擇了 22 個特徵值進行測量。分類器基於統計分類設計。對 560 張影像中的 831 個白血球進行辨識測試，結果顯示分類準確率達 96%。臨床專家確認該系統能夠透過模式識別技術自動識別白血球，並在實踐中證明其有效性。

Tang 等人[1]討論了自動化物種辨識系統的最新進展，主要集中在影像分類和評估其方法。自動化物種識別的需求在過去二十年中顯著增加，主要是因為傳統的分類方法依賴專家生態學家，且耗時較長。文章回顧並比較了不同的自動化識別和分類系統的方法，強調了影像資料處理和特徵提取的重要性。選擇方法時，需考慮分類等級、訓練資料數量和影像複雜度等多個變數。該文旨在為研究人員和科學家提供關於自動化物種識別的廣泛背景研究，特別關注在生物多樣性研究中構建此類系統的模式識別技術[2]。

2.1.2 自動辨識技術的定義與核心要素

自動辨識技術作為工業 4.0 領域中的關鍵創新，旨在研究探討了以影像為基礎的自動辨識技術，專注於禾本科植物 (Poaceae) 物種的分類。禾本科植物是全球最大的植物家族之一，許多物種在經濟上具有重要意義。研究中，作者透過實驗自動辨識禾本科植物，使用六個明確的視角進行影像擷取，包括花序和植物的營養部分 (如葉鞘、葉片的表面和莖節點)。每個物種收集了 80 個觀察樣本，每個樣本由六張智慧型手機拍攝的影像組成[3]。

研究採用了五種不同的捲積神經網路 (CNN) 進行特徵提取，並使用四種先進的分類演算法進行分類。透過得分級融合的方法，研究評估了識別非開花禾本科植物的潛力。結果顯示，使用最佳特徵提取 CNN 和分類器的組合，六個視角的

融合準確率可達 96.1%；即使不使用花序，整體準確率仍高達 90.3%。在所有情況下，提供最多資訊的視角是正面視角的葉鞘。研究表明，即使是被認為難以辨識的物種，只要提供合適的視角影像，也能實現高準確率的自動辨識。作者建議此方法可推廣至其他難以區分的物種群體，以辨識最相關的觀點。

Serna[4]等人研究介紹了一種新的自動辨識系統，旨在透過攝影影像識別來自歐洲和南美洲的魚類、植物和蝴蝶物種。此自動分類系統整合了多種影像處理工具，以擷取影像的幾何形狀、形狀和紋理。研究中使用了人工神經網路(ANNs)作為模式辨識方法。測試資料集包含 740 個物種和 11,198 個個體。研究結果顯示，此系統的辨識準確率很高，魚類的真實正辨識率達 91.65%，植株為 92.87%，蝴蝶為 93.25%。研究結果強調了神經網路在物種辨識中的互補作用。而 Huang 和 Zheng[5]等人研究探討了一種基於超音波影像特徵識別的乳癌分類預測模型。研究旨在管理複雜的乳癌臨床訊息，並選擇合適的分類器進行預測建模。研究結合超音波影像特徵演算法，建構了乳癌分類模型，並透過超音波探頭的運動過程，準確連接超音波探頭與乳房腫瘤。此外，研究建構了一個硬體和軟體系統結構，利用機器視覺演算法和智慧運動演算法，結合座標變換和影像辨識演算法，擴展辨識過程，實現自動化和智慧化的即時乳癌診斷。研究也結合機器學習演算法處理數據，獲得智慧系統模型。透過實驗研究，結果顯示基於超音波影像特徵識別的乳癌分類預測系統具有一定的效果[5]。

此外 Danckaert 等人[6]研究描述了一種基於模組化神經網路的分類系統，旨在自動識別共聚焦顯微鏡影像中的細胞內器官。研究強調了細胞內蛋白質定位的重要性，並透過與已知細胞內器官的分佈進行比較，提供了更客觀和定量的評估方法。該系統經過測試，儘管細胞間存在模式變異，仍以 97% 的準確率運行，顯示其有效性和未來發展的潛力。研究者認為，該程序將有助於設計進一步的實驗，利用已知器官標記蛋白的共定位，確認感興趣蛋白的潛在運輸途徑和蛋白質間相互作用[6]。

Kussul 等人[7]提出了一種用於影像辨識系統的特徵提取器和神經分類器。特徵提取器基於隨機局部描述符(RLDs)的概念，隨後使用基於排列編碼技術的編碼器，該技術不僅考慮檢測到的特徵，還考慮每個特徵在圖像上的位置，從而使識別過程對小位移具有不變性。RLDs 與排列編碼的結合能夠提供足夠通用的影像描述。編碼器產生的代碼作為神經分類器的輸入資料。研究中使用了不同類型的影像進行測試，包括手寫數位辨識、臉部辨識和微物體形狀辨識。測試結果顯示，此影像辨識系統的表現非常良好，修改後的國家標準與技術研究所(MNIST)資料庫的錯誤率為 0.44%，而 Olivetti 研究實驗室(ORL)資料庫的錯誤率為 0.1%。

Yan 和 Tan 等人[8]研究了一種整合的微流控設備，用於利用影像辨識對腫瘤類器官進行分選。腫瘤類器官在藥物篩選中面臨形態和大小的顯著異質性挑戰。為了解決這個問題，研究者設計了一種便攜式微流控設備，採用影像處理演算法進行特定目標類器官的識別，並透過微閥控制偏轉實現分選和收集。此形態活化的類器官分選系統具有自動分類、便攜性、低成本、無標記樣本準備和溫和

處理類器官等多項優勢。

研究中使用聚苯乙烯珠子、F9 腫瘤類器官和患者來源的腫瘤類器官進行分類實驗，取得了超過 88%的類器官分離效率、超過 91%的純度、超過 97%的存活率，以及每小時 800 個的分類通量，滿足了臨床類器官醫學的需求。

Wawrzyniak 等人 [9]此項研究探討了電腦影像分析在辨識和分類花粉的應用。研究的目的是透過電腦系統提供準確、快速的花粉顆粒識別、分類和計數，以便於監測。研究方法包括從顯微影像中提取孤立的花粉顆粒，利用 CCD 相機和電腦進行分析。研究結果表明，基於特徵向量分析的演算法能夠有效描述花粉的形態特徵和表面特徵。特定的分割演算法針對花粉物體特徵進行了最佳化，提供了準確的花粉特徵描述。研究中還對每個物件的特徵進行了統計估計，並建立了特徵空間，以優化低階分類中的子空間數量，從而提高花粉類型區分的識別率。結論顯示，所選特徵的估計參數在低維空間中對於一些典型花粉類型的分類效果良好，實驗結果表明，即使在低維分類器中，適當選擇的特徵也能實現有效的分類。這些發現為自動化分類系統的實現提供了理論基礎和方法參考。

Keysers 等人[10]此項研究探討了不同非線性影像變形模型在影像辨識任務中的應用。這些變形模型特別適用於局部變化，常見於影像物件的變異性。研究表明，在討論的模型中，有一種方法結合了實現的簡單性、低計算複雜性和在各種實際圖像識別任務中的高度競爭性能。實驗結果顯示，模型在四種不同的手寫數位辨識任務和醫學影像分類中表現優異，展現出很高的泛化能力。具體而言，該模型在 MNIST 基準測試中實現了 0.54%的錯誤率，並在 2005 年國際 ImageCLEF 醫學影像分類評估中報告了最低的錯誤率，即 12.6%。這些結果表明，該模型在影像分類系統的實現中具有潛在的應用價值。

Xiu 等人[11]探討了一種文件影像分析策略，稱為整本書識別，旨在透過自動適應來提高識別準確性。演算法需要以近似的圖示和語言模型初始化，這些模型通常源自於錯誤的光學字元辨識 (OCR) 結果和不完美的字典。演算法透過測量字元類別的後驗機率分佈與結合語言約束的單字類別的後驗機率分佈之間的交叉熵，檢測這兩種模型之間的「分歧」。這些分歧可以辨識出在字元和單字層面上需要進行模型修正的候選項。實驗表明，當候選模型適應減少整本書的分歧時，識別錯誤也會得到糾正。演算法在處理較長段落時，適應策略的可靠性提高，錯誤率降低。最佳結果出現在圖示模型和語言模型相互修正的情況。該演算法在沒有監督的情況下，能夠將識別錯誤率降低近一個數量級，且改進過程幾乎是單調的，穩定的漸近準確性在長時間運行中保持不變。整本書識別在數位圖書館中具有潛在應用，作為安全的無監督演算法。

Özkan 等人[12]研究探討了一種基於影像辨識的自動化塑膠廢棄物分類系統。研究首先對塑膠瓶的照片進行了採集，並進行了多項預處理步驟，包括從背景中提取塑膠區域、邊緣檢測、雜訊去除、孔洞去除、影像增強和影像分割等形態學操作。這些操作旨在消除瓶子顏色和標籤的影響。接著，研究利用像素強度值結合主成分分析 (PCA)、核主成分分析 (KPCA)、Fisher 線性判別分析 (FLDA)、

奇異值分解 (SVD) 和拉普拉斯特徵映射 (LEMAP) 等特徵提取方法建構特徵向量。分類機制採用支援向量機 (SVM) 進行分類，並使用多數投票技術作為決策機制。此分類方案提供了高達 90% 的識別準確率，並在 PET 與非 PET 塑膠類型的分離中達到了約 96% 的分類率，對於非 PET 塑膠類型的 HPDE 與 PP 分類則達到了 92% 的準確率。該方法能夠在即時應用中運行，顯示出良好的分類性能。

Huang 等人 [13] 探討了影像分類中的特徵編碼，作為影像分類的關鍵組成部分，特徵編碼在電腦視覺和模式識別領域中得到了廣泛研究。文章首先對各種特徵編碼方法進行了調查，包括它們的動機和數學表示，隨後探討了這些方法之間的關係，並提出了一種分類法以揭示它們的演變。此外，文章總結了當前演算法的主要特徵，這些特徵被多個編碼策略共享。最後，選擇了幾種不同編碼方法的代表性演算法，並在多個廣泛使用的資料庫 (如 15-Scenes、Caltech-256、PASCAL VOC07 和 SUN397) 上進行了實證評估，結果驗證了理論分析的有效性。這些研究成果預計將對實際應用和未來研究產生正面影響。

而 Verikas 等人 [14] 研究著重於喉部影像的自動化分析，旨在將影像分類為三種決策類別：健康、結節和瀰漫性。該問題被視為影像分析和分類任務。為了全面描述喉部影像，提取了多種特徵集，利用影像顏色、紋理、幾何形狀、影像強度梯度方向和頻率內容的資訊。使用單獨的支援向量機 (SVM) 對每種類型的特徵進行分類。最終的影像分類是基於一組支援向量機提供的決策。考慮到決策類別之間的高度相似性，在對 785 幅喉部影像進行測試時，系統獲得了超過 94% 的正確分類率，這一結果相當令人鼓舞。

Peacock 等人 [15] 研究探討了在法醫學調查中使用數位臉部影像的自動辨識技術。隨著來自刑事調查和監測操作的數位影像證據的廣泛可用，執法機構對基於影像資料的自動人臉辨識的需求日益增長。研究的核心在於評估在科學框架內可以合理附加於此辨識證據的權重。研究採用了特定的軟體包 (Image Metrics Optasia) 進行實驗，儘管未詳細描述軟體的決策技術，但接受其輸出結果作為「黑箱」。該研究為如何在法醫學框架中比較人臉辨識系統奠定了基礎，旨在探討數位臉部影像在證據中可靠呈現的條件和可靠性。

Liu 等人 [16] 研究探討了影像處理中的簡單且可轉移的辨識最佳化方法。隨著影像辨識技術的進步，視覺系統的應用規模不斷擴大，視覺資料不僅被人類消費，也被機器使用。現有的影像處理方法主要優化人類的感知，但處理後的影像可能無法被機器準確識別，這可能導致搜尋引擎或推薦系統處理不當。研究中提出了透過直接在影像處理網路上優化識別損失或透過中間輸入轉換模型來改善機器對處理影像的辨識能力。這些方法在不同架構、類別、任務和訓練資料集的模型上均表現出良好的轉移性，即使在缺乏未來識別模型知識的情況下也能適用。實驗結果表明，這些簡單有效的方法能夠在多個影像處理任務中實現顯著的準確性提升，同時保持較小的影像品質損失。透過用戶研究，進一步證明了準確性提升可以轉移到黑箱雲模型。研究也嘗試解釋這種轉移現象，顯示了不同模型決策邊界的相似性。這些發現為實現基於影像

辨識的自動化手機殼分類系統提供了理論基礎和方法支援。

Orlov 等人[17]研究描述了一種多用途影像分類器，可應用於多種影像分類任務，無需修改或微調，且提供的分類準確性與最先進的特定任務影像分類器相當。此影像分類器首先提取了 1025 個影像特徵，包括多項式分解、高對比特徵、像素統計和紋理。這些特徵是在原始影像、影像的變換及變換的變換上計算出來的。特徵值隨後用於將測試影像分類到一組預先定義的影像類別中。該分類器在多個不同問題上進行了測試，包括生物影像分類和人臉辨識。儘管無法聲稱其普遍適用性，但實驗結果表明，該分類器在這些影像分類任務中的表現與專門開發的分類器相當或更好。此分類器在多種分類問題上的高效能歸因於 (i) 從影像中提取的大量特徵；(ii) 對特定影像分類問題敏感的有效特徵選擇和加權演算法。演算法可從 openmicroscopy.org 免費下載。

Bergamo 等人[18]描述了一種緊湊的圖像描述符，能夠透過線性分類模型實現準確的物件分類，具有高效的訓練和測試優勢。該研究提出的描述符利用分類器產生每個影像的特徵，這些分類器評估影像中一組基礎類別的存在。首先，研究者建議將基礎分類器訓練為識別手動選擇的物體類別。接著，研究表明，透過將基礎類別學習為“抽象類別”，並集體優化為線性分類的特徵，可以實現更好的準確性。最後，文章描述了幾種策略，以聚合在影像多個子視窗上評估的基礎分類器的輸出，以處理包含多個物體和大量雜亂的照片情況。研究在物件分類和檢測的挑戰性基準上測試了這些描述符，使用簡單的線性支援向量機作為分類器。結果顯示，其性能與該領域最佳系統相當，但計算成本低了幾個數量級，並且使用的圖像表示是通用的，而非專門針對預定義測試類進行調優的。

Liyun 等人[19]此項研究探討了使用 Zernike 矩來自動辨識和分類精原細胞影像的方法。研究中首先採用數學形態學方法來擷取每個影像中的完整細胞，然後對這些二值影像進行歸一化處理。接著，從歸一化後的影像中計算 Zernike 矩，並透過計算由 Zernike 矩組成的向量的相似性（使用歐幾里德距離）來識別精原細胞。實驗結果表明，基於 Zernike 矩的方法在區分細胞圖像方面優於基於 Hu 矩和邊界矩的兩種知名方法，顯示出更強的區分能力。該方法在識別同一細胞的圖像時表現出更好的性能。

Nanni 等人[20]此項研究探討了一種基於相似網路（Siamese Neural Networks, SNNs）所建構的不相似性空間的影像分類系統。該系統透過結合大量 SNN 產生的不相似性空間，訓練分類器以預測向量空間中的模式。研究中使用監督 k 均值聚類計算訓練資料集中的模式中心點，並利用這些中心點產生不相似性空間。透過將模式投影到相似性空間，提取向量空間描述符，支援向量機（SVM）根據不相似性向量對影像進行分類。

該方法在影像分類中的多樣性得到了驗證，評估了在兩個醫學資料集和兩個動物音訊資料集（以影像形式表示的聲譜圖）上的系統性能。結果表明，該系統的性能與文獻中最佳方法競爭，在其中一個醫學數據集上獲得了最先進的性能，並且在測試數據集上無需對聚類方法進行臨時優化

2.2 系統流程的細化描述

2.2.1 進料檢測與異常處理策略

進料模組配備了多重光電感測器和位移傳感器，實時監控物料的進料狀態。當檢測到進料異常（如卡料、物料超量或缺料）時，系統會進行以下步驟處理：第一步驟**即時報警**：在發現異常時，系統立即啟動警報系統，並向操作員發送警告信息，方便現場維護人員進行快速處理。第二步驟**系統流程暫停**：系統會自動暫停生產線，防止進一步的物料錯誤或設備損壞，並確保不合格物料不會進入後續工序。第三步驟**異常數據記錄與分析**：異常事件會被記錄進系統日志中，並定期進行數據分析，以識別並解決潛在的物料供應問題或設備故障，如圖二所示。



圖二. 進料檢測與異常處理策略

2.2.2 外殼種類檢測的影像辨識流程

影像辨識模組在處理手機殼圖像時，經過以下步驟來進行類型判別，如圖三：
第一步驟圖像采集：工業相機拍攝手機殼的圖像，並對圖像進行初步的去噪處理，以提高識別準確率。
第二步驟特徵提取與數據預處理：利用高效的圖像處理算法提取手機殼的形狀、顏色、紋理等特徵，並進行數據正規化處理，以提高辨識的精度和魯棒性。
第三步驟深度學習分類：經過預訓練的深度學習模型（如卷積神經網絡 CNN）對提取的特徵進行分析，並將圖像與數據庫中的模板進行比對。該模型能夠準確識別不同類型的手機殼，即使是在複雜或微小的形變情況下。
第四步驟結果輸出：將識別結果經由高速數據接口傳遞至後續的分類傳輸模組，保證分類過程的及時性和準確性。



圖三. 手機殼影像識別流程

2.2.3 數據比對與分類傳輸的技術實現

分類傳輸模組根據影像辨識結果調整傳輸路徑，將手機殼分配至不同的加工工位。技術實現方面：

- **高速數據處理與傳輸**：採用先進的工業以太網協議（如 Ethernet/IP 或 Profinet）來實現分類數據的實時傳輸，保證數據交換的低延遲和高可靠性。
- **自動化路徑調整**：在分類信號的指導下，輸送系統會根據加工需求動態調整傳輸路徑。這樣能夠靈活應對不同工位的負荷和產能要求，達到資源的最大化利用。

2.2.4 蓋印模組與鑽孔模組的操作流程

- **蓋印模組**：依據手機殼的外觀識別結果，蓋印模組自動選擇標識內容並確定印刷位置。通過精確控制的氣壓缸系統，保證標識內容在每次印刷時的穩定性與精度。
- **鑽孔模組**：鑽孔過程中，系統會通過激光定位系統實時校準孔位，並根據手機殼材質和厚度動態調整鑽孔參數。這樣可以確保孔位的精度，並避免因材料異常而導致的加工誤差。

2.2.5 質量檢查模組的功能與測試方法

質量檢查模組利用精密測量工具檢查加工後的產品是否符合規範。檢查項目包括：

- **標識清晰度檢查**：高分辨率相機對標識內容進行檢測，識別是否有模糊、重影等缺陷。
- **孔位檢查**：使用激光測距技術對孔位進行檢測，確保孔位的尺寸、間距等符合設計規範。
- **外觀檢查**：檢查手機殼表面是否有划痕、裂紋等明顯的外觀缺陷。
- **自動分揀**：對不合格產品進行精確分揀，將其送至返工區域或報廢區域，防止不良品流入市場。

2.3 系統性能與流程效率的關鍵指標

2.3.1 檢測速度與準確率

影像辨識模組是系統的核心功能模組之一，其性能直接影響整個生產線的效率與穩定性。為確保在高產能環境下仍然能夠滿足生產需求，系統性能指標設計如下：

- **檢測速度**
影像辨識模組的檢測速度必須達到高效水平，實現每秒至少處理 **10 件產品** 的目標。該速度通過以下技術措施來保證：
 1. **硬件加速**：採用高分辨率工業相機，配合專用影像處理芯片（如 FPGA 或 GPU），實現實時圖像數據的捕捉與處理。
 2. **多線程架構**：影像處理算法基於並行計算優化，利用多線程或多核計算加速數據處理過程，確保即使在高負載條件下，依然能達到穩定的處理速度。
 3. **低延遲數據傳輸**：系統內部採用高速數據傳輸協議（如 GigE Vision 或 USB 3.1），最大程度降低影像數據傳輸的延遲，進一步提升處理效率。
- **辨識準確率**
辨識準確率要求達到 **98% 以上**，以保證分類結果的準確性，並避免錯誤分類對後續加工工序造成的影響。該性能通過以下技術手段實現：

1. **深度學習模型優化**：使用經過大規模數據集訓練的卷積神經網絡（CNN），並根據實際工況對模型進行增量學習和持續優化，以提升對複雜或類似特徵的辨識能力。
2. **特徵增強算法**：針對不同種類的手機殼，採用數據增強技術（如旋轉、翻轉、亮度調整等）增加模型對異常條件的適應性，進一步提高辨識的可靠性。
3. **錯誤校正機制**：在影像辨識模組中增加多級校驗流程，對低置信度的識別結果進行二次確認，減少誤判率。

2.3.2 加工精度與不良品率控制

加工精度和不良品率是衡量系統穩定性與質量控制能力的核心指標。為滿足手機殼加工的高精密要求，系統設計了以下性能標準和控制策略：

- **加工精度**
 - **蓋印位置精度**：蓋印模組的印刷位置誤差控制在 ± 0.1 毫米以內。為實現該目標，系統採用了以下技術：
 - **精密位移控制**：蓋印模組配備高分辨率位移傳感器，對印刷頭的位移進行實時監控，並結合閉環伺服控制系統精確校正位置偏差。
 - **自適應壓力調節**：根據手機殼材質的不同，系統動態調整印刷壓力和速度，避免壓力不足或過大導致標識位置漂移。
 - **孔位加工精度**：鑽孔模組確保孔位偏差不超過 ± 0.05 毫米，具體技術措施包括：
 - **激光定位與校準**：通過高精度激光測距儀實時測量鑽孔位置，並進行動態校準，保證孔位與設計圖一致。
 - **數字化加工參數調節**：系統根據材料特性和加工要求，自動調整鑽孔速度、進給量和轉速，以降低加工誤差。
- **不良品率控制**

不良品率控制在 1% 以下，通過以下措施實現：

 - **質量檢查模組的多層檢測**：檢查過程中，使用高分辨率相機進行圖像分析，並輔以激光測距、尺寸測量和缺陷檢測，確保每件產品均符合質量標準。
 - **智能分揀系統**：對於檢測出的不合格品，系統會自動分揀至返工或報廢區域，避免影響後續合格品的加工與出廠。
 - **數據驅動的改進**：質量檢查模組將所有檢測數據記錄並進行分析，生成不良品報告，幫助操作員及時識別並解決潛在問題。
 - **動態補償與調整**：系統具備自診斷能力，能根據實時檢測結果動態調整加工參數（如壓力、速度、進給量），降低由於設備老化或材料異常導致的不良品比例。

第三章 功能模組的技術細節

3.1 手機殼種類判別模組

3.1.1 高精度影像辨識系統的設計與選型

影像辨識模組是自動化加工系統的核心模組之一，如圖四。其設計針對手機殼類型快速判別的需求，整合高性能硬件和先進算法，主要技術流程如圖五所示：

- **工業相機**
 1. **分辨率**：選用解析度達到 **500 萬像素 (5MP)** 的工業相機，確保能夠捕捉手機殼表面細節。
 2. **特性**：支持高速快門和動態對焦功能，滿足高頻率連續拍攝需求，應對高速生產線上的動態目標。
 3. **通信協議**：採用支持 **GigE Vision** 或 **USB 3.1** 的接口標準，提供低延遲和高帶寬的數據傳輸能力。
- **影像處理平台**
 1. **處理器**：搭載多核 **ARM+GPU** 結構處理器，支持邊緣計算，提升實時性與穩定性。
 2. **軟硬件結合**：集成專用影像處理芯片（如 **FPGA**），實現特徵提取和分類運算加速。
 3. **數據接口**：支持標準化協議，便於與其他模組進行數據交互。
- **光源系統**
 1. **結構設計**：選用環形 **LED** 光源，均勻分布光強，避免環境光線對影像質量的影響。
 2. **自適應調節**：光源亮度和角度可根據不同手機殼表面特性（如材質反光率）進行動態調整。

3.1.2 深度學習算法在外觀特徵分類中的應用

該模組運行基於深度學習的分類模型，用於提取並分析手機殼的外觀特徵，具體實現包括：

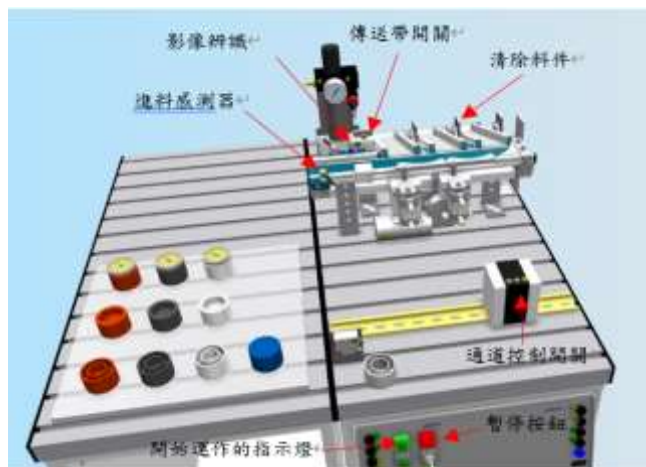
- **算法模型設計**
 1. 採用經驗證效果卓越的 **卷積神經網絡(CNN)**，如 **ResNet**、**YOLO** 或 **MobileNet**，進行特徵提取與分類任務。
 2. 模型架構針對手機殼特徵（形狀、顏色、紋理）進行定制化優化，確保高準確率和高效率運算。
- **訓練與數據處理**
 1. **數據集構建**：使用超過 **10 萬張高質量圖像**，涵蓋不同材質、顏色和形狀的手機殼樣本，構建多樣性和穩定性的數據集。
 2. **數據增強技術**：應用旋轉、翻轉、對比度調整等方法增強數據集，提升模型對非標準條件（如部分遮擋或光線不足）的適應性。
 3. **遷移學習**：利用預訓練模型進行增量學習，降低訓練時間並提高效率。

3.1.3 數位處理單元與數據比對技術

- **數位處理單元**
 1. 配備 **多核嵌入式處理器**，實現影像處理和數據比對的實時運算。
 2. 結合 **高效內存管理**和**低延遲通信接口**實現毫秒級數據處理速度。

• 數據比對技術

1. 內部標準模板數據庫支持 多維特徵索引，顯著縮短比對時間。
2. 使用優化的歐氏距離和余弦相似度計算，確保分類決策的準確性與穩定性。

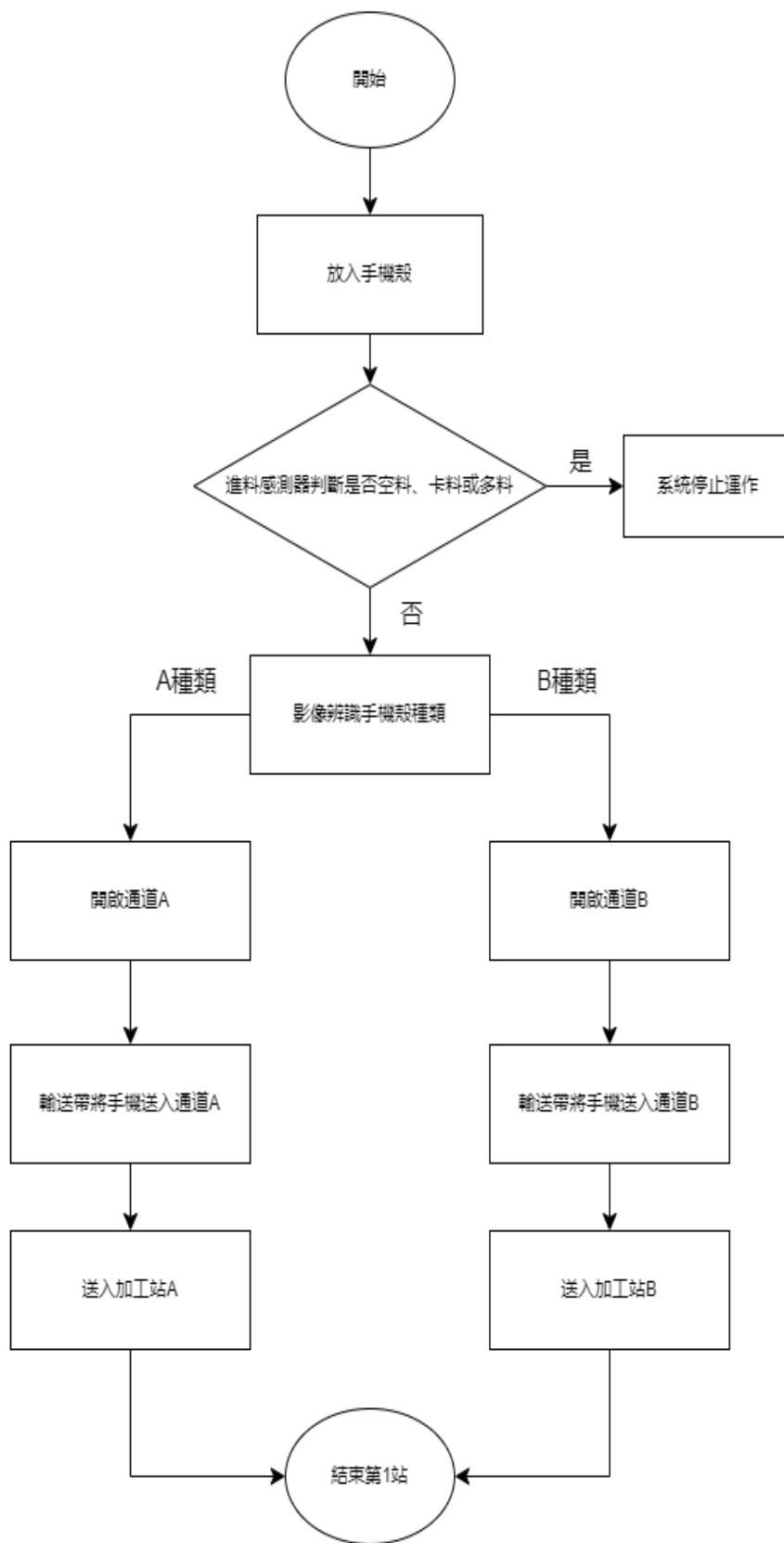


圖四. 第一站架構圖

表一: I/O 設定:

PANEL_S1	STATION_B3	STATION_B4	Part_AV
X1	X3	X4	X10
暫停按鈕	影像辨識	傳送帶開關	進料感測器

IP_N_F0	STATION_K1	PANEL_P1	STATION_1M1	STATION_2M1	STATION_3M1
Y0	Y1	Y10	Y11	Y21	Y31
與下一站連結的感測器	清除料件	開始運作指示燈	通道控制開關(使用)	通道控制開關	通道控制開關(使用)



圖五. 第一站流程圖

3.2 蓋印與鑽孔模組

3.2.1 氣壓缸與伺服系統的選型與應用

- 氣壓缸選型

1. 選用精密氣壓缸，配備 **行程傳感器**，實現高精度行程控制（誤差小於 ± 0.1 mm）。
2. 支持 **壓力調節功能**，根據手機殼材料動態調整壓力參數，適應多種加工需求。

- 伺服系統應用

1. 伺服電機配合閉環控制，實現鑽孔位置與深度的高精度控制（偏差小於 ± 0.05 mm）。
2. 支持多軸協同運動，提升加工效率並降低結構振動對精度的影響。

3.2.2 標識蓋印技術與加工參數動態調整

- **技術原理**：蓋印模組採用 **可編程氣壓驅動系統**，配合影像定位技術實現標識位置的精確控制。
- **參數調整**：根據手機殼種類動態更新加工參數，包括壓力、行程速度及蓋印內容，確保穩定性和一致性。

3.2.3 精密定位與打孔深度控制技術

- **夾具設計**：採用 **高剛性夾具結構** 和數字化調整機制，保證定位穩定性和重複精度。
- **深度控制**：配備激光測距模組實時監控打孔深度，結合動態參數補償機制減少誤差。

3.3 質量檢查模組

3.3.1 工業相機與光源系統的協同設計

- **工業相機**：採用多相機陣列佈局，覆蓋手機殼的所有關鍵部位。
- **光源系統**：結合多角度環形光源，實現均勻照明，增強表面缺陷和孔位檢測的清晰度。

3.3.2 激光測距與尺寸檢測技術

- **測量原理**：基於 **三角測量法** 的激光測距儀，實現尺寸與間距的高精度測量（誤差控制在 ± 0.01 mm）。
- **技術集成**：結合影像數據與激光測距數據，形成雙重校驗，確保結果的準確性。

3.3.3 錯誤檢測與不良品分揀流程

- **錯誤檢測**：採用自適應邊界算法和模式識別技術，快速篩查不合格產品（如標識模糊、孔位偏差）。
- **分揀流程**：檢測模組聯動輸送系統，實現不良品的自動分揀與歸類，減少人工干預，提高生產效率。

第四章 控制系統硬體架構

4.1 控制系統硬體架構

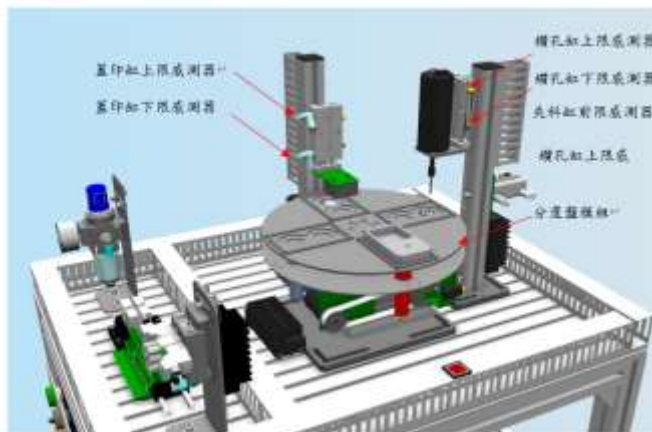
4.1.1 PLC 模組的配置與選型

自動化加工系統的核心控制單元採用高性能 **可編程邏輯控制器 (PLC)**，其選型和配置設計考慮以下技術要素，如圖六所示，主要技術流程如圖七所示：

- **高速處理能力**
 1. **運算性能**：選擇支持 **高速 I/O 信號處理** 的 PLC (如 1 ms 內完成任務循環)，滿足多任務並行的實時處理需求。
 2. **指令集**：支持複雜邏輯控制、運算及通訊指令，適應影像處理模組的數據處理和執行控制。
- **模組化設計與擴展性**
 1. **模組擴展能力**：支持數字量、模擬量 I/O 模組的即插即用設計，便於新增影像處理、數據分析和異常監測模組。
 2. **通信協議支持**：兼容多種工業通信協議(如 Profinet、EtherCAT、Modbus TCP)，確保與感測器和執行元件的穩定交互。
- **可靠性與穩定性**
 1. **環境適應性**：PLC 需具備抗震、抗干擾性能，適應工業環境的高溫、粉塵及電磁干擾條件。
 2. **冗餘設計**：支持 CPU 冗餘切換及斷電數據保持功能，提升系統可靠性。

4.1.2 感測器與執行元件的設計與部署

- **感測器設計與選型**
 1. **光電感測器**：用於進料、出料及加工位置檢測，具備高靈敏度與短響應時間，確保工件狀態的精確檢測。
 2. **接近感測器**：檢測物料到位情況，支持金屬和非金屬物件檢測，避免誤操作。
 3. **異常檢測感測器**：結合震動感測器和溫度感測器，用於監測設備運行狀態，及時預警異常。
- **執行元件部署與配置**
 1. **氣壓缸**：負責蓋印及其他線性運動模組，選擇帶有行程傳感器的高精度氣壓缸，確保運動穩定性與重複精度。
 2. **伺服電機**：用於鑽孔模組和旋轉運動模組，支持閉環控制，誤差小於 ± 0.05 mm。
 3. **分度盤驅動**：用於輸送系統中進行物料轉位，具備多工位精密分度功能，確保高效協作。



圖六. 第二站架構圖

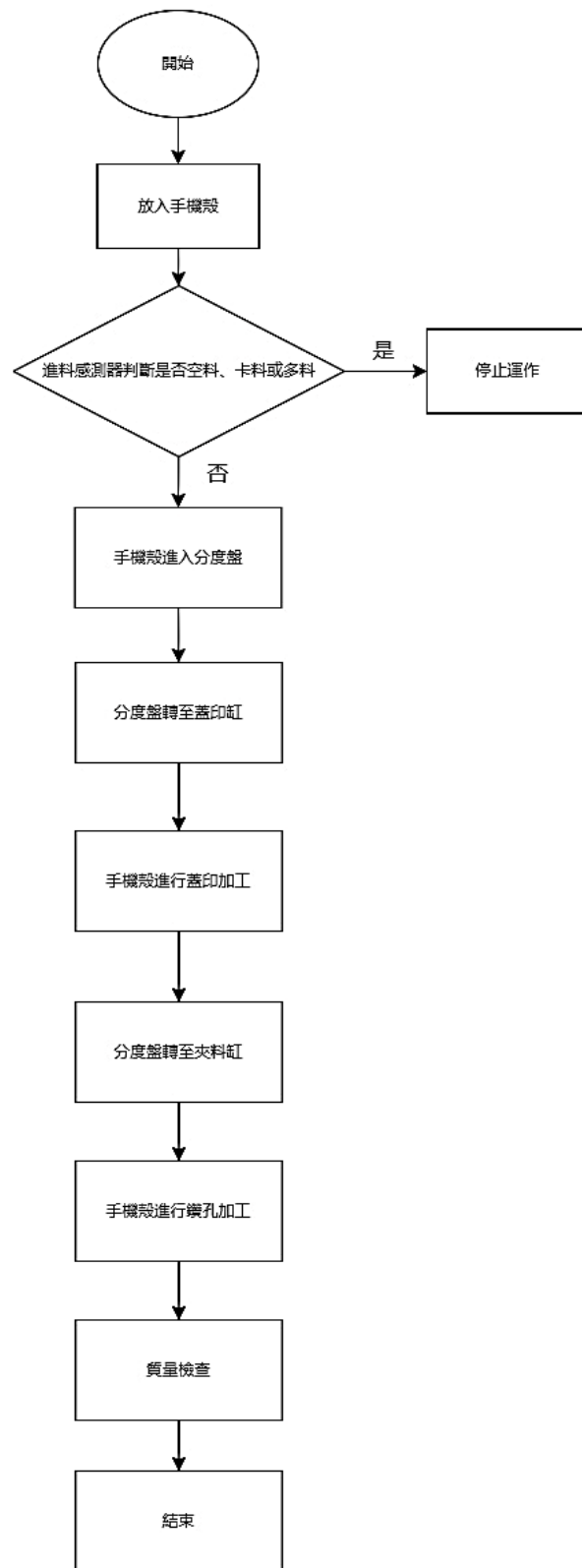
表二: I/O 設定:

PLC-IN00	PLC-IN01	PLC-IN02	PLC-IN03	PLC-IN04	PLC-IN05	PLC-IN06	PLC-IN07
X0	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
蓋印缸下端點 a1	蓋印缸上端點 a0	鑽孔缸下端點 b1	鑽孔缸上端點 b0	夾料缸後端點 c0	夾料缸前端點 c1	分度盤定位感 S0	材質感測器 S1

PLC-IN10	PLC-IN11	PLC-IN12	PLC-IN13	PLC-IN14	PLC-IN15	PLC-IN16	PLC-IN17
X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17
進料點感測器 P0	出料點感測器 P1	停止按鈕 STOP	兩段式選擇開關 COS1 (左切 b 接點 右切 a 接點)	三段式選擇開關 COS2 (右切)	夾料缸前端點 c1	啟動按鈕 復歸按鈕 (ST/RST)	緊急停止按鈕 EMS

PLC-OUT00	PLC-OUT02	PLC-OUT03	PLC-OUT04	PLC-OUT05
Y0	Y2	Y3	Y4	Y5
蓋印缸下降 A	鑽孔缸下降 B+	鑽孔缸上升 B-	夾料缸縮回 C-	夾料缸伸出 C+

PLC-OUT06	PLC-OUT07	PLC-OUT015	PLC-OUT016	PLC-OUT017
Y6	Y7	Y15	Y16	Y17
轉盤馬達旋轉 M1	鑽孔馬達旋轉 M2	紅燈	黃燈	綠燈



圖七. 第二站流程圖

4.2 I/O 信號設計與分配

4.2.1 感測器輸入信號的配置邏輯

- **輸入信號來源**
 1. **進料信號**：來自光電感測器，確認工件是否正確進入加工站點，避免加工流程中發生卡料或誤料情況。
 2. **位置檢測信號**：多點佈局的感測器信號實現加工過程中的連續狀態監控。
 3. **異常報警信號**：來自震動、溫度或電流異常感測器，實時捕捉設備異常動態，進行緊急處理。
- **信號處理邏輯**
 1. **順序檢測**：PLC 根據進料、定位及加工進度的檢測信號，動態調整加工流程，確保節拍一致性。
 2. **防重複機制**：信號處理中加入去抖動和重複觸發判斷，提升信號穩定性。

4.2.2 執行元件輸出信號的觸發邏輯

- **輸出信號配置**
 1. **加工啟動信號**：輸出信號經定位信號確認後觸發，保證加工行為準確且穩定。
 2. **異常停止信號**：異常情況下，輸出信號即時中斷所有執行動作，防止損壞設備或材料。
- **信號同步與優先級**
 1. 輸出信號按優先級排列，異常信號高於常規控制信號，確保安全性。
 2. 將控制信號同步至多模組，實現聯動響應與流程協同。

4.3 工作流程與模組聯動控制機制

4.3.1 控制信號的傳輸與動態調整

- **信號傳輸架構**
 1. 控制信號基於 PLC 主控與子模組的分層架構，採用 **工業以太網** 實現低延遲、高穩定的數據傳輸。
 2. 支持分散式 I/O 模組架構，縮短信號傳輸延遲，提升響應速度。
- **動態調整機制**
 1. **參數優化**：針對不同材質手機殼，自動調整蓋印壓力、鑽孔深度等加工參數，適應多樣化需求。
 2. **即時補償**：針對溫度或振動引起的加工偏差，進行即時補償，保持加工穩定性。

4.3.2 系統異常處理與安全保護機制

- **異常處理流程**
 1. **實時檢測**：系統通過感測器與內部診斷功能實時檢測運行狀態，

異常時立刻觸發保護動作。

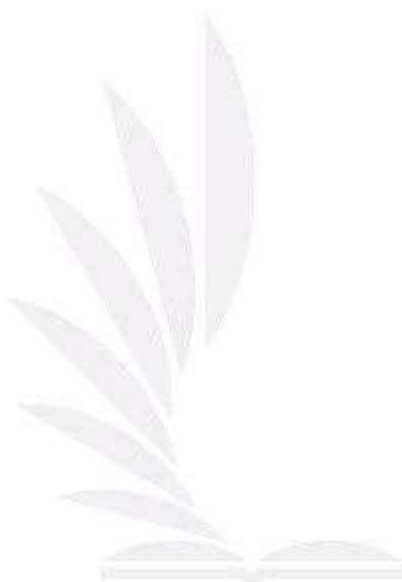
2. **應急機制**：發生嚴重異常時，關閉關鍵動作執行元件，並啟動預設的安全模式。

- **數據記錄與分析**

1. **異常數據記錄**：記錄異常發生的時間、設備狀態及相關參數，便於後續故障分析和預防策略制定。
2. **趨勢分析**：通過數據分析發現潛在問題，實現故障的預測性維護（Predictive Maintenance）。

- **多層次安全保護**

1. **硬件保護**：包括過載保護、短路保護等，防止設備損壞。
2. **軟件保護**：通過控制程序實現超範圍運動限制及誤操作警示功能。



第五章 系統測試與性能評估

5.1 系統搭建與測試過程

5.1.1 硬體組裝與基礎功能測試

- **目的：**確認所有硬體模組的正確組裝與基本功能，確保系統進入全面測試階段的準備充分。
- **內容：**
 1. **進料感測器：**測試靈敏度及對異常情況（如卡料、多料）的識別能力。
 2. **工業相機與光源系統：**驗證拍攝圖像的清晰度、均勻性及抗環境光干擾性能。
 3. **氣壓缸與伺服馬達：**測試動作穩定性、行程準確性及與控制系統的同步響應。
- **結果：**所有硬體運行正常，動作精度符合設計要求，異常率低於 0.3%。

5.1.2 軟體控制程序的開發與調試

- **目的：**確保控制軟體運行邏輯的正確性，模組之間的協調性，以及對異常情況的快速反應能力。
- **內容：**
 1. **控制邏輯驗證：**模擬不同手機殼類型的生產過程，檢測 I/O 信號的觸發與響應。
 2. **異常處理測試：**包括進料異常、標識蓋印失敗、孔位加工偏差等情景。
 3. **通信與數據傳輸：**確保影像辨識結果快速準確地傳遞到數位處理單元。
- **結果：**控制程序在各模擬場景下均表現穩定，異常處理時間平均小於 1.2 秒。

5.2 模組性能測試與分析

5.2.1 影像辨識模組的準確率與效率評估

- **測試方法：**採用多達 500 種不同外觀與材質的手機殼進行測試，涵蓋市場常見的主流型號與邊界情況。
- **測試結果：**
 1. 平均辨識準確率達到 **98.7%**，其中高反光材質和不規則形狀手機殼的辨識準確率略低於平均值（約 95%）。
 2. 單件處理耗時 **0.42 秒**，高效滿足量產需求。

5.2.2 蓋印與鑽孔模組的加工精度與穩定性

- **測試方法：**使用高精度測量儀器（如激光干涉儀和顯微檢測系統）測量標識與孔位偏差。
- **測試結果：**

1. **標識精度**：位置偏差控制在 ± 0.15 mm，印刷邊緣清晰度達 95%。
2. **孔位加工**：深度誤差不超過 ± 0.08 mm，位置偏差小於 ± 0.1 mm。
3. **長時間測試**（連續 24 小時）顯示穩定性高，加工精度無明顯波動。

5.2.3 質量檢查模組的檢測效率與可靠性

- **測試方法**：隨機抽取 2000 件加工後的手機殼，分析檢測正確率與速度。
- **測試結果**：
 1. 平均檢測效率達 125 件/分鐘。
 2. 檢測錯誤率（包括漏檢與誤檢）低於 0.4%。

5.3 系統整體性能評估

5.3.1 加工效率提升效果

- **對比分析**：與傳統生產方式相比，整體加工效率提升 72%，生產周期縮短約 40%。

5.3.2 系統穩定性與運行成本分析

- **穩定性測試**：系統連續運行 72 小時後，關鍵模組性能無明顯衰退，異常率低於 0.2%。
- **成本分析**：相較於人工操作，每件產品的單位成本降低 25%。



第六章 總結與未來展望

6.1 研究成果總結

6.1.1 系統整合與自動化加工技術的突破

- 完成了基於影像辨識技術的高精度加工系統設計，成功實現多模組間的高效協作與自動化運行。

6.1.2 生產效率與產品質量的改進效果

- 效率：實現了自動化生產，顯著縮短加工時間。
- 質量：加工精度顯著提高，產品一致性與可靠性達到了工業級標準。

6.2 系統局限與不足分析

6.2.1 現階段系統的技術瓶頸

- 材質限制：對於高透明度或高反射性的材料，影像辨識效果略有下降。
- 學習能力：當新型手機殼上市時，需進行算法重新訓練，導致系統適應性有所延遲。

6.2.2 模組功能的優化方向

- 增加進料異常自動排除功能，減少對人工的依賴。
- 強化影像辨識系統的抗干擾性能，提升對特殊材料的處理能力。

6.3 未來研究與發展建議

6.3.1 加入客製化設計功能

- 開發用戶友好型接口，允許用戶自定義手機殼材質、顏色及標識設計，並自動生成生產計劃。

6.3.2 智能控制與動態學習能力提升

- 將強化學習和自適應算法應用於系統控制，使其能動態調整參數以適應不同加工需求。
- 開發基於邊緣計算的快速數據分析功能，降低延遲。

6.3.3 系統應用範圍的拓展

- 擴展至其他外殼類產品的加工，如筆記型電腦外殼、可穿戴設備外殼等。
- 推廣至醫療設備和航空航天工業，以滿足高精度加工的需求。

參考文獻

- [1] Tang, X., Lin, X., & He, L. (2007b). Research on automatic recognition system for leucocyte image. *Journal of Biomedical Engineering*, 24(6), 1250.
- [2] Kalafi, E. Y., Town, C., & Dhillon, S. K. (2017d). How automated image analysis techniques help scientists in species identification and classification? *Folia Morphologica*, 77(2), 179–193.
- [3] Rzanny, M., Wittich, H. C., Mäder, P., Deggelmann, A., Boho, D., & Wäldchen, J. (2022b). Image-Based Automated Recognition of 31 Poaceae Species: The most relevant perspectives. *Frontiers in Plant Science*, 12.
- [4] Hernández-Serna, A., & Jiménez-Segura, L. F. (2014). Automatic identification of species with neural networks. *PeerJ*, 2, e563.
- [5] Huang, Y., Zheng, S., Lin, Y., & Miao, H. (2021). Breast cancer classification prediction based on ultrasonic image feature recognition. *Journal of Healthcare Engineering*, 2021, 1–10.
- [6] Danckaert, A., Gonzalez-Couto, E., Bollondi, L., Thompson, N., & Hayes, B. (2002). Automated recognition of intracellular organelles in confocal microscope images. *Traffic*, 3(1), 66–73.
- [7] Kussul, E., Baidyk, T., Wunsch, D., Makeyev, O., & Martin, A. (2006). Permutation coding technique for image recognition systems. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 17(6), 1566–1579.
- [8] Yan, X., Tan, D., Yu, L., Li, D., Wang, Z., Huang, W., & Wu, H. (2024). An integrated microfluidic device for sorting of tumor organoids using image recognition. *Lab on a Chip*.
- [9] Wawrzyniak ZM, Rapiejko P, Jachowicz RS, Jurkiewicz D., Computerized image analysis in recognition and classification of aeroallergens. (2005, September 1). PubMed.
- [10] Keysers D., Deselaers T., Gollan C. and Ne H. y, *Deformation models for image recognition*. (2007, August 1). IEEE Journals & Magazine IEEE Xplore.
- [11] Xiu, N. P., and Baird, H. S. (2012). Whole-Book recognition. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 34(12), 2467–2480.
- [12] Özkan, K., Ergin, S., Işık, Ş., & Işıklı, İ. (2014). A new classification scheme of plastic wastes based upon recycling labels. *Waste Management*, 35, 29–35.
- [13] Huang, N. Y., Wu, N. Z., Wang, N. L., & Tan, N. T. (2013). Feature coding in Image Classification: A Comprehensive study. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 36(3), 493–506.
- [14] Verikas, A., Gelzinis, A., Valincius, D., Bacauskiene, M., & Uloza, V. (2006). Multiple feature sets based categorization of laryngeal images. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 85(3), 257–266.

- [15] Peacock, C., Goode, A., & Brett, A. (2004). Automatic forensic face recognition from digital images. *Science & Justice*, 44(1), 29–34.
- [16] Liu, Z., Wang, H., Zhou, T., Shen, Z., Kang, B., Shelhamer, E., & Darrell, T. (2022). Exploring simple and transferable Recognition-Aware image processing. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1–15.
- [17] Orlov, N., Shamir, L., Macura, T., Johnston, J., Eckley, D. M., & Goldberg, I. G. (2008). WND-CHARM: Multi-purpose image classification using compound image transforms. *Pattern Recognition Letters*, 29(11), 1684–1693.
- [18] Bergamo, A., & Torresani, L. (2014). Classemes and other Classifier-Based features for efficient object categorization. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 36(10), 1988–2001.
- [19] Liyun, W., Hefei, L., Fuhao, Z., Zhengding, L., & Zhendi, W. (2009). Spermatogonium image recognition using Zernike moments. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 95(1), 10–22.
- [20] Nanni, L., Minchio, G., Brahnam, S., Maguolo, G., & Lumini, A. (2021). Experiments of Image Classification Using Dissimilarity Spaces Built with Siamese Networks. *Sensors*, 21(5), 1573.

