

出國報告（出國類別：實習）

機電自動檢測技術之鈔券品質控制應用

服務機關：中央印製廠

姓名職稱：劉國書副股長

派赴國家：荷蘭、德國

出國期間：106 年 9月11日至 9月20日

報告日期：106 年12月 8日

摘要

智慧化工廠即將改變傳統自動化工廠的運作模式，透過機器、感測器與資通訊技術的結合應用，將過去關聯性不高的生產機台轉換成相互連接的生產方法。在此架構下，人員、機器、設備和產品直接溝通合作，使得管理與生產過程透明化，製造更具靈活性與效率。現階段大部分印鈔相關領域，都是朝智慧化工廠方向發展，尤其是視覺感測器、機器資料通訊與數據分析，是各家印刷相關大廠發展的重點。視覺感測器在半成品、成品，取得鈔券影像，不僅可直接感知鈔券印刷品質，更可產生大數據幫助分析與判斷。機器資料通訊回饋安全偵測、各種機台物理量偵測與人機介面等，所有的訊號透過通訊技術傳送到中央控制台，由中央控制台負責機器的作動、生產統計、狀態回饋與資料輸出。數據分析分析機台所產出的數據，經過適當統計分析與預測，找出相關性，進而決策。

目 錄

壹、目的.....	1
貳、過程.....	2
一、荷蘭 Royal Joh. Enschede 印刷廠.....	2
二、德國 Louisenthal 紙廠.....	5
(一) 紙張安全防偽特徵自動化檢查.....	6
(二) 鈔券紙張紙邊噴印條碼.....	10
三、德國 G&D 工廠.....	11
(一) 光學影像檢查.....	12
(二) 機器可讀傳感器.....	16
四、德國 Muhlbauer 公司.....	18
(一) PalaMax.Trace.....	19
(二) PalaMax.Stats.....	22
參、心得及建議.....	25
一、心得.....	25
(一) 視覺感測器.....	25
(二) 機器資料通訊.....	26
(三) 數據分析.....	26
二、建議.....	26
肆、參考.....	26

圖目錄

圖 1：大張檢查機.....	2
圖 2：GUARDAIN PQV 使用者介面.....	3
圖 3：UV 安全防偽特徵.....	4
圖 4：線性磁性傳感器.....	4
圖 5：COMPACT CAMERA.....	4
圖 6：傳統相機與緊密相機系統.....	5
圖 7：傳統相機與緊密相機視差示意圖.....	5
圖 8：LTT 與 BAM.....	7
圖 9：STM-1-SOILING ATTACHMENT.....	8
圖 10：LTT-1-CREASE TESTER.....	8
圖 11：STM-1-SCRUBBING ATTACHMENT.....	9
圖 12：BLA-1-LIMPNESS MEASUREMENT DEVICE.....	9
圖 13：BSA-1-SOUND MEASURING DEVICE WITH ANALYTICAL SOFTWARE.....	9
圖 14：OSA-1-SOILING MEASUREMENT DEVICE WITH ANALYTICAL SOFTWARE.....	10
圖 15：BPS-X9 單開檢查機.....	11
圖 16：單開檢查機配置圖.....	12
圖 17：高解析度相機.....	12
圖 18：RGB 彩色影像及 IR 影像.....	12
圖 19：印刷濃淡瑕疵.....	13
圖 20：缺印瑕疵.....	13
圖 21：擦髒瑕疵.....	13
圖 22：反沾瑕疵.....	13
圖 23：刮傷瑕疵.....	14
圖 24：顏色錯誤瑕疵.....	14
圖 25：尺寸及走版檢查.....	14
圖 26：IR 透射影像檢查.....	15
圖 27：IR 反射式影像檢查.....	15
圖 28：號碼讀取及號碼品質檢查.....	15
圖 29：NOTASCAN MAG 磁性傳感器.....	16
圖 30：NOTASCAN MAG 磁性傳感器影像.....	16
圖 31：NOTASCAN INK 先進式 IR 特徵傳感器.....	17
圖 32：先進式 IR 特徵傳感器 波長-反射率.....	17
圖 33：NOTASCAN UV 傳感器.....	17
圖 34：原圖及 UV 傳感器影像.....	18
圖 35：電子傳導安全線傳感器.....	18
圖 36：高階安全防偽特徵傳感器(M-FEATURE).....	18
圖 37：廠房機器即時監控.....	19
圖 38：PALAMAX.TRACE 識別與追蹤.....	19

圖 39：噴印與追蹤概念.....	20
圖 40：各種印刷機搭配追蹤與軌跡.....	20
圖 41：紙張計數資料.....	21
圖 42：好壞票統整表.....	22
圖 43：大張檢查機檢查區塊.....	22
圖 44：批次瑕疵統計圖.....	23
圖 45：每張紙上的瑕疵.....	24
圖 46：紙張相對位置瑕疵出現的頻率.....	24
圖 47：圖 46 A1 位置瑕疵統計圖	24
圖 48：PALAMAX.STATS 線上即時監控.....	25

壹、目的

智慧化工廠是近年來一個很熱門的議題，許多國內外設備製造商、系統整合商和生產工廠投入相當多的資源研究發展如何使得工廠智慧化，提升產業競爭力。智慧化工廠概念源於德國政府所提出的高科技技術戰略方針-工業 4.0。主要是為了因應即將到來的數位化工業製造，確保德國工業能在這股浪潮中依然保有領先的地位，確保國家競爭力。傳統上許多工廠生產排程仰賴事先訂定計畫再依序進行生產製造，工廠內設備機台繁多，產品生產流程繁雜，中高階主管難以即時全面掌握進度，在面對客戶多樣化需求時，將更難在預定計畫與即時工作中取得平衡，智慧化工廠主要是將生產方法透過智能、數位化的網絡系統與訊息和通信技術結合，在這架構下，人員、機器、設備和產品直接溝通合作，使生產製造更高效率和更具靈活性，管理與生產過程透明化。

如何發展工業 4.0 世界各國都還在摸索，但可以確定的是工業 4.0 是先進國家保持國家競爭力的一項重要發展指標，我國在這波工業革命浪潮中也沒有缺席，包含工研院、經濟部工業局、科技部、教育部在內及許多國內大廠，都積極投入研發及人才育成，尤其我國在資通訊、電機電子及機械製造等領域的優勢，都是我們進入這領域的利基與機會。行政院在 105 年提出生產力 4.0，主要是因應第四次工業革命所帶來的衝擊，要如何促進國內產業創新轉型、掌握關鍵技術自主能力、培育產業實務人才以維持國際競爭力及提供就業機會，其中的核心目標之一是開創高值、敏捷、人性化的智慧製造，運用網實融合系統(Cyber Physical System)帶動生產朝向數位化、預測化、人機協同發展，以鞏固我國生產競爭力。

目前世界大廠紛紛投入工業 4.0 的趨勢下，許多產業如汽車製造廠、電子零件製造廠等行業已高度實施工業 4.0，目的都是為了確保在國際上的競爭力，本廠這幾年積極轉型自動化印鈔廠，透過大量自動化技術提升印製效率、品質及流程管控，雖然已有相當成效，但在面對這波浪潮下，轉型已是勢在必行。目前印鈔廠對工業 4.0 還在起步階段，印鈔廠印製設備主要有平版印刷機、凹版印刷機、網版印刷機、大張檢查機、號章機、全自動裁切機等，每部印刷機都是獨立自主，按照所安排的排程運作，彼此間相互連結性不高，以致靈活性與效率均未達最佳化。智慧化工廠基本要件之一是每部印刷機都可透過網路連接，每部印刷機器或設備透過各式感測器使其具有感知能力，透過數據分析、追蹤與預測，有效提升靈活性、效率和生產力。有鑑於歐美各國知名印刷設備商、供應商及整合商採用各類之自動化技術及感測技術以提升效率及品質，為求本廠鈔券印製與全球印製技術接軌，邁向智慧化工廠，提升生產效率與應變能力，已是未來發展的趨勢。

貳、過程

一、荷蘭 Royal Joh. Enschede 印刷廠

這次實習過程首站來到荷蘭 Royal Joh. Enschede 印刷廠，Royal Joh. Enschede 是荷蘭最古老的企業之一。1970 年從一家小型書店開始，發展成為 Haarlem 當地的一家大公司。它以其吸引人的紙鈔和郵票而聞名世界各地。由於其特別關注細節和技術專長的驅動下，成為一間特殊、安全和高度可靠的印刷工作相關服務專家。這次參訪主要目的是實習廠內一台專門檢查鈔券及郵票的大張檢查機，該機器是由 PCI 公司所開發的檢查系統(Guardian PQV)，搭載在 GREMSER 傳輸機構所構成的大張檢查機，如圖 1 所示。PCI 公司為一家專門從事檢測系統開發，產品涉及藥品、加工及安全印刷等線上或離線式檢查系統。大張檢查機主要是針對日益複雜的各項防偽特徵及功能性油墨所發展取代人工檢查的自動化設備，用於印刷中段製程，對先前的幾道製程及原紙安全防偽特徵做全面性自動化檢查，由於其快速檢查並回饋印刷製程當中所產生的瑕疵，不用等到完成品就可提早發現並處理改進，另一項優點為大張檢查機檢查過程所產生的大數據，透過統計分析，可幫助廠房進行製程優化。



圖 1：大張檢查機

大張檢查機檢測系統是由幾個部分所構成，主要可分為正面、背面、透射、UV 及 IR 檢查站。所有檢查站都是由軟體及硬體組成，硬體方面由線掃描相機、高功率 LED 光源、工業電腦、輸入輸出單元及通訊單元所組成。其中線掃描相機依需求可選擇彩色或灰階相機，負責擷取印刷品表面影像，灰階相機為單通道，常見為以 8 位元來呈現影像的灰階程度，優點為運算速度快，缺點為影像經過灰階化後某些影像訊息會消

失，進而影響檢測的精確度。彩色相機為三通道，常見為 RGB 共 24 位元高精度影像，能忠實呈現影像資訊，適用於高品質的印刷檢測，但缺點為運算速度較慢。高功率 LED 光源常見的有白光、透射光、紫外線(UV)及紅外線(IR)，若適當選擇光源能使相機所擷取的影像呈現完整安全防偽特徵、功能性油墨印刷圖文及一般油墨印刷圖文，其中白光也就是可見光，利用光的反射方式使鈔券成像於相機中的感光元件，主要用於呈現平版、凹版、網版等印刷之可見光頻譜印刷圖文和視覺化安全防偽特徵。透射光是利用白光透射印刷紙張，直接入射於相機中的感光元件，主要用於浮水印、安全線等檢查。紫外線光源是用來激發紫外線發光油墨，使其釋放能量進而發光，主要用來檢查螢光纖維絲及其他具有螢光反應的安全防偽特徵。紅外線光源則是用來激發紅外線發光油墨，使其釋放能量進而發光，主要用來檢查軟性磁性油墨之印刷圖文。輸入輸出單元及通訊單元是為整個檢測系統與外部連接溝通及輸出統計或匯出檔案的管道。軟體方面主要是檢查鈔券上印刷圖文瑕疵和安全防偽特徵的完整性，可檢查缺印、顏色和對比變異、墨點、塗抹、條紋、走版、破洞、撕裂、折角、浮水印完整性、螢光纖維絲、OVD、號碼、磁性油墨等印刷圖文和安全防偽特徵品質。

所有檢測站包含正面、背面、透射、UV、IR 都使用相同介面操作，圖 2 所示為 Guardain PQV 使用者介面。

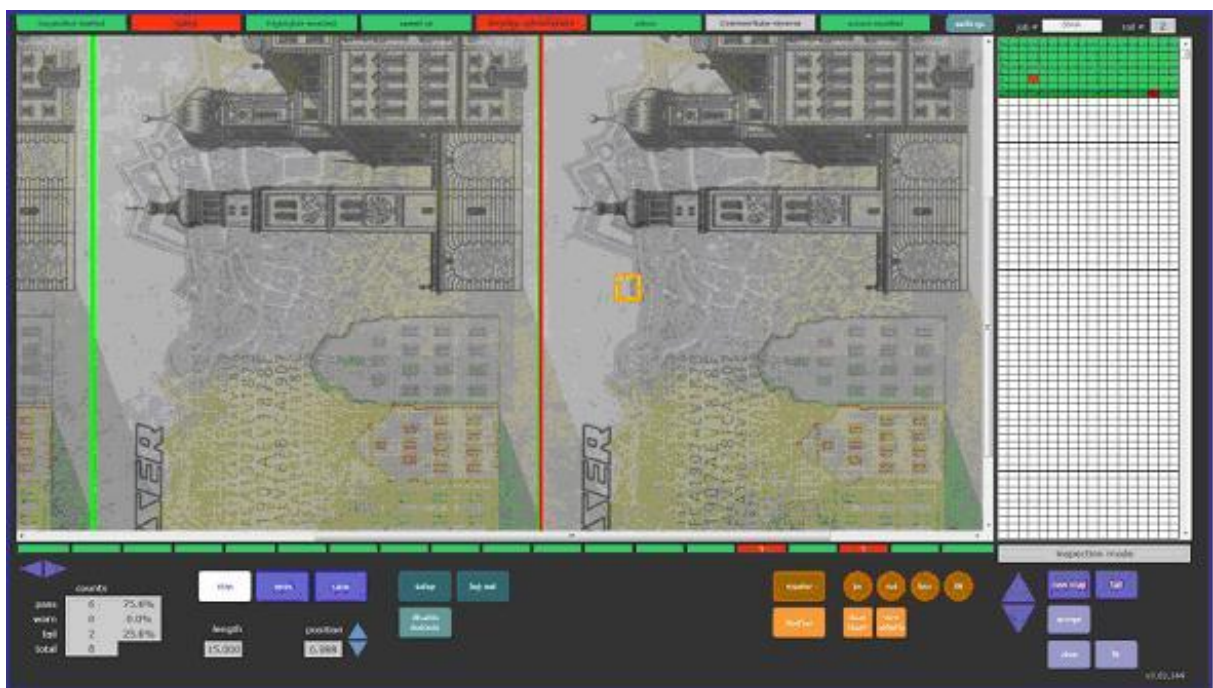


圖 2：Guardain PQV 使用者介面

1.正面、背面檢測站：主要用來檢查印刷圖文及視覺化的安全防偽特徵。

- 2.透射：主要用來檢查浮水印、安全線及其他可在透射光源下成像的安全防偽特徵。
- 3.UV：主要用來檢查含有螢光及磷光物質或油墨之印刷品，如螢光纖維絲及有螢光反應的印刷圖文。



圖 3：UV 安全防偽特徵

- 4.IR：主要用來檢測具有可被紅外線激發和反射的安全防偽特徵，如軟性磁性油墨。
- 5.磁性質量檢查：一般磁性油墨可分為軟磁及硬磁兩種，簡單的區別是軟磁不具殘磁存在，硬磁則具有殘磁存在，一般來說，硬磁為不具紅外線吸收和反射的安全防偽特徵，須用磁性傳感器分析，如圖 4 所示。



圖 4：線性磁性傳感器

- 6.緊密相機(Compact Camera)：傳統光學辨識中的攝影機系統是由相機與光源兩個獨立設備組成相機系統，而緊密相機為整合了相機與光源的新型態攝影機系統，如圖 5、圖 6 所示。傳統攝影機系統需要有較大的架設空間，會隨著相機與待測物距離遠近而造成不同程度的視差進而產生邊緣取像錯誤。緊密相機改善了傳統攝影機系統視差及架設系統空間的問題，採用近乎平行的投影方式，不僅所需空間減少，也解決了視差所產生的取像錯誤，如圖 7 所示。



圖 5：Compact Camera

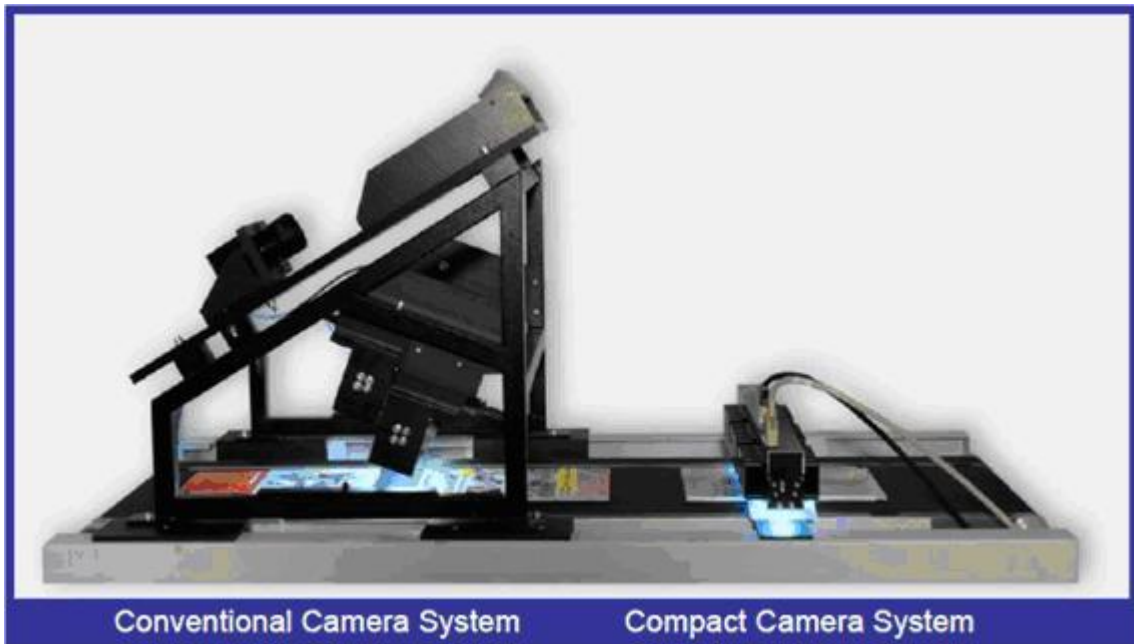


圖 6：傳統相機與緊密相機系統

Parallax Error in Camera vs. Error-free Contact Image Sensor

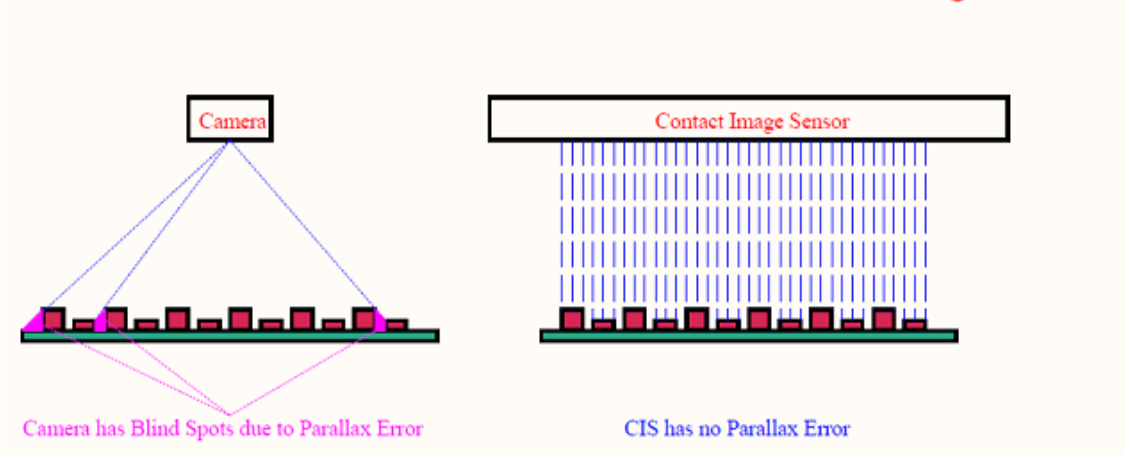


圖 7：傳統相機與緊密相機視差示意圖

二、德國 Louisenthal 紙廠

第二站來到德國 Louisenthal 紙廠，是一間提供全球 100 多個國家的鈔券紙造紙廠與紙張及相關安全供應商，提供各式鈔券紙張基材、嵌入各式安全防偽特徵與相關各項安全。在紙張基材方面可以選擇棉紙(cotton banknote)、各式耐用紙(durable paper)或混合聚合物基材(Hybrid polymer substrate)，每種紙張基材可依客戶需求嵌入各項安全防偽特徵(Security features)。這些安全防偽特徵涉及安全且複雜的製造流程，使其成為紙張

不可分割的一部分，以確保防止偽造。安全防偽特徵包含各式水印(Watermarks)、各式安全視窗(Secure Windows)、各式安全線(Security Threads)、各式箔膜元素(Foil Elements)、各式印刷特徵(Printed Features)及隱性安全防偽特徵(Covert security features)。這次實習項目為紙張安全防偽特徵自動化檢查與紙張紙邊噴印條碼。

(一) 紙張安全防偽特徵自動化檢查

德國 Louisenthal 紙廠在整個生產過程及產品的儲存都有著非常嚴謹的安全流程，在產品安全領域發展出存取控制系統、監視系統、強固且安全的空間及廠房規劃服務，其中在生產過程的品質監控系統分為三個部分，依序為人工抽檢、線上檢測系統與實驗室，確保產品品質與產品安全。

1、線上檢測系統

鈔券紙是高安全性產品，在生產過程中必須是可靠且不容有任何妥協空間，所有生產和加工程序都需要持續監控，除了在每道工序有人工定時、定量品檢外，建立一套可靠線上監控系統、現代化線上檢測系統和質量管理系統，以確保整個生產過程的高度一致性與全面的質量保證體系。

其中 Louisenthal 紙廠的線上檢測系統檢查項目包含紙張基材檢查、安全線、浮水印、各式箔膜元素(如 OVD)、印刷特徵(如 OVI)等安全防偽特徵。每個檢查站都有各自一套光學檢查系統，分別檢查不同屬性的特徵，並且在整個生產流程做全面性檢測。

- (1) 紙張基材及安全線檢查：紙漿加入螢光纖維絲後和安全線同時送至滾筒式抄紙機內，並在工作現場配置一套監視器顯示第一個線上檢查系統的即時檢測畫面，提供現場工作人員輔助生產，檢查內容包含安全線容許偏移量、安全線反轉、紙張透光度…等參數，利用預先設定好的參數值容許值，即時檢測品質。
- (2) 浮水印檢查：紙漿經模鑄水印滾軸，造成不同厚度紙張基材，紙張厚的部分較不透光，視覺效果較暗，紙張薄的部分光線較容易穿透，視覺效果較亮。由於浮水印製程不容易掌握紙漿纖維的堆積，造成浮水印厚薄不一致，對品質的認定是因人而異，紙廠針對浮水印品質認定有兩種方式同步進行。第一種方式是每兩千張會進行一次人工檢查並在透射光源下確認品質無虞並簽章。第二種方式為線上檢測系統，利用透射光源即時線上檢查浮水印相似度，以確保浮水印品質。
- (3) 各式箔膜元素檢查：各式箔膜元素(如 OVD)在生產後嵌入紙張前，曾經專門檢查箔膜元素的光學檢查系統檢查，確保箔膜元素的品質後，才會

進行後續嵌入紙張工序。嵌入箔膜元素機台都有配備有線上檢查系統，提供現場工作人員即時監控品質，包含箔膜元素嵌入位置、斷線…等檢查參數。

2、實驗室

鈔券除了要具備高安全性、高品質外，耐流通性也是評估鈔券重要的一環。線上檢測系統可以即時檢查出絕大部份印刷製程中所產生的瑕疵，是生產高品質鈔券不可或缺的方式之一，線上檢測系統是屬於非接觸式光學檢查裝置，檢測光源分為可見光與不可見光的機器視覺檢查，主要針對鈔券本身材料的物理特性所發展的技术；而鈔券本身材料或其他相關特性(印刷適性、耐候性及耐流通性等)還是需要實驗室中各種檢測設備配合才能完整的檢驗並取得相關可靠數據，以確保各項特性都能符合標準。鈔券生產後會在市面上流通，因為所處的環境不同，所有發行的流通券都會面臨機械抗性、各種環境或人為因子所造成的髒污(油汙及細菌)、溫、溼度變化的考驗，進而使得鈔券在消費市場流通的時間縮短，通常消費者、零售商或中盤商的使用習慣與環境、地區氣候與溫、濕度變化是決定鈔券耐流通性的主要因素，因此，鈔券品質的確保，耐流通性檢測佔有相當重要的因素之一。

Louisenthal 紙廠的實驗室提供一套加速鈔券生命週期的實驗室模擬設備，透過 LTT(Life Time test cycle for simulating banknote circulation)為提供一系列的老化階段，再結合 BAM(Banknote analysis method for durability performance evaluation)對鈔券做耐流通評估，如圖 8 所示。這種方法是基於對視覺外觀(如髒污及汙漬)和物理特性(柔軟度、破洞及撕裂)的鈔券機械抗性評估。

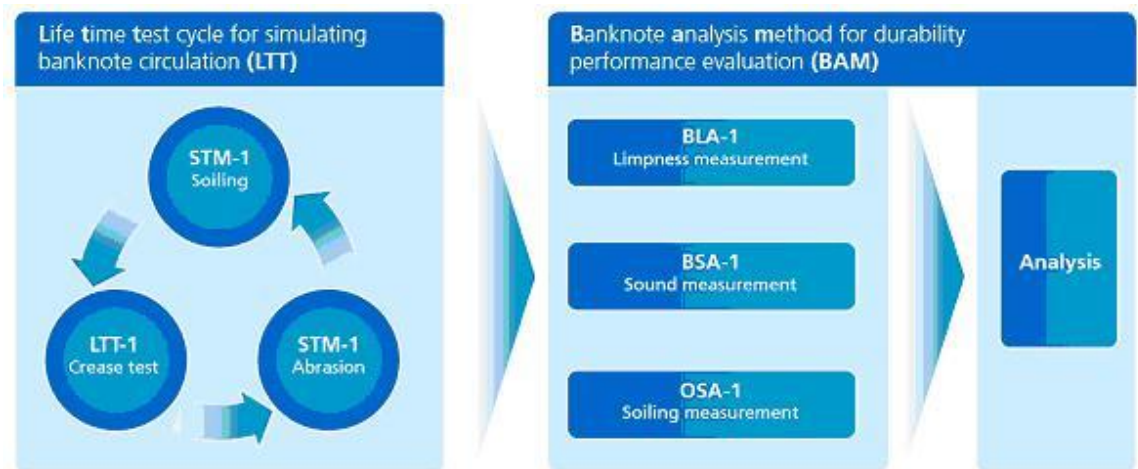


圖 8：LTT 與 BAM

Life Time test cycle for simulating banknote circulation (LTT)

(1) STM-1(Scratch Test Module)-soiling attachment

標準實驗室中，使用裝有可移動的電機驅動托架和汙染附件的鑽機將鈔券弄髒。當摩擦架前後移動時，將污物溶液均勻地塗抹在污物箱內鈔券的兩面，如圖 9 所示。



圖 9：STM-1-soiling attachment

(2) LTT-1(Life Time Tester)-crease tester

鈔券被放置在波紋管內。注入空氣來攪拌鈔券，然後抽真空使紙張起皺摺。循環的次數可以單獨設定，其他參數可以自行定義以達到預期的結果。這樣的方法非常接近紙幣流通時人手的手動壓痕，如圖10所示。



圖 10：LTT-1-crease tester

(3) STM-1(Scratch Test Module)-scrubbing attachment

與汙染方法類似，實驗室中使用裝有可移動的電機驅動托架與擦洗附件的鑽機來擦拭鈔券。研磨效果是通過用一種特殊的絨布對鈔券表面施加恆定的壓力，並不斷用水沾濕，然後機械的來回移動磨擦來獲得的。這個循環過程是模擬鈔券在織物表面(例如衣服和錢包)上的磨擦，

如圖 11 所示。



圖 11：STM-1-scrubbing attachment

BLA-1(Banknote Limpness Analyzer)- limpness measurement device

(4) BLA-1 柔軟度測量裝置是手動操作。鈔券被放置在預定的位置，然後以角度衡量其下垂的角度，並將其定義為柔軟度，如圖 12 所示。



圖 12：BLA-1-limpness measurement device

(5) BSA-1(Banknote Sound Analyzer)-sound measuring device with analytical software

鈔券的兩面被安裝在一個特殊的裝置上，然後由一個電動搖臂來啟動。使用麥克風記錄這個產生沙沙聲的特徵，並分析信號。在鈔券處理系統中使用類似的技術來將缺陷鈔券與新鈔券區分，如圖 13 所示。



圖 13：BSA-1-sound measuring device with analytical software

(6) OSA-1(Optical Soiling Analyzer)-soiling measurement device with analytical software

將鈔券掃描到污染測量裝置中(OSA-1)來確定鈔券所受污染的程度。與一般的處理系統一樣，可以在個別設定的測量視窗內以紅外線與可見光譜分析污染物，藉以鑑別鈔券沾覆表面程度，如圖 14 所示。



圖 14：OSA-1-soiling measurement device with analytical software

(二) 鈔券紙張紙邊噴印條碼

早期很多印鈔廠及設備商紛紛投入大量人力、時間與金錢，找尋鈔券生產流程自動化的最佳解決方案，紙邊噴印條碼是用來產生每一張鈔券生產流程很適合的媒介，可用來管控、追蹤、回溯每一張鈔券的生產履歷以及連結生產時的各項參數進而統計分析，如油墨原料、紙張來源、印機產量、大張檢查機對每張鈔券紙所檢查的結果、號章機所印刷的號碼等。

由於印鈔廠生產流程始於向紙廠購買原紙，第一道製程為平版印刷機，再經凹版背面、凹版正面、大張檢查機、號張機、全自動裁切機等，一般而言建立生產流程必須從源頭開始建立，就印鈔廠現有的印刷設備來看，顯然的建立點是在平版印刷機飛達給紙時在紙邊噴印條碼。目前紙邊噴印條碼都是由印鈔廠自己噴印，但由於平版印刷機給紙方式的特性，造成在印刷過程中很容易發生中斷給紙，中斷給紙的原因有很多種可能，例如紙張歪斜、雙張、折角等或其他不可預期因素，這將導致條碼噴印時可能出現幾種情況，如沒噴、誤噴、噴印歪斜或噴印不良，將使得全面建立每一張鈔券生產流程面臨困難，要避開平版印刷機噴印條碼時所造成的問題，就要從購入原紙時就要噴印獨一無二的條碼內容。

歐洲央行委託紙廠在紙邊噴印條碼，其中內容包含流水序號，所生產的每

一張都有獨一無二的條碼身分，主要目的是作為安全上的管控。紙廠目前已開發完成條碼噴印系統及追蹤管控系統，透過條碼作為生產紙張的安全管控及追蹤回溯。完整的流程為抄紙過程經乾燥、壓光後，系統會計算適當紙捲距離並在紙邊噴上條碼，緊接著讀入條碼開始進入紙張管控，系統使用光學辨識自動判斷條碼噴印品質並記錄，不符合品質條件的條碼會在隨後裁切成單張時被剔除，符合品質的條碼會以每 500 張為一令進行包封，如此一來每張紙即具有獨一無二的身份編號，交付給客戶應用。

三、德國 G&D 工廠

第三站來到德國 G&D 工廠實習 BPS-X9 單開檢查機，如圖 15 所示。BPS-X9 是 BPS 2000 OBIS 的下一代機型，在全球超過 40 個印刷廠已安裝超過 140 部機台，其處理速度每秒可達 44 張，是一部適用於印刷廠的高速檢查機。主要是為了確保所生產的每一張鈔券都符合品質的需求，具高可靠性、高效率與高準確性的單開檢查機。

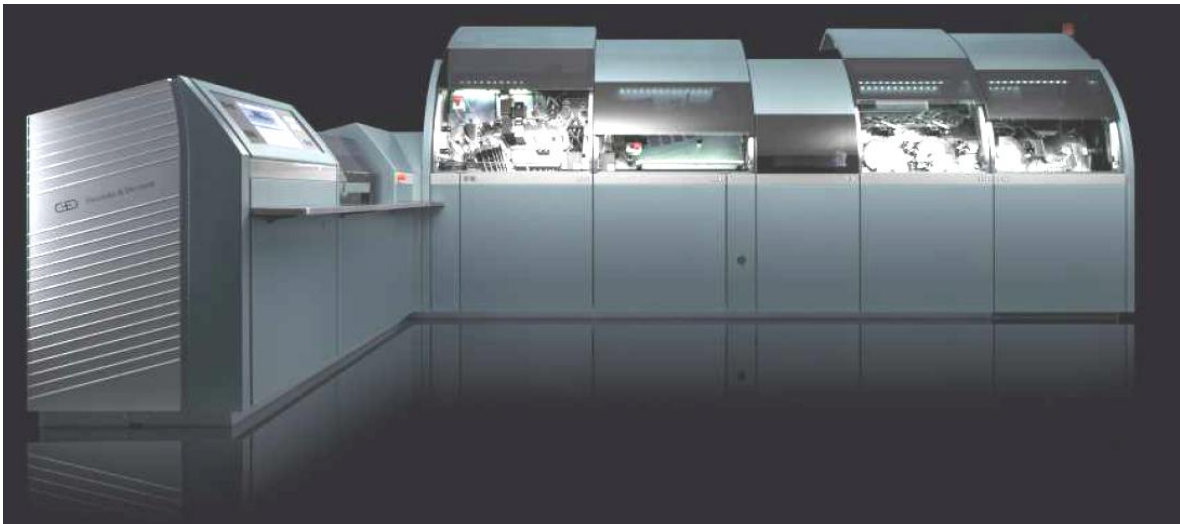


圖 15：BPS-X9 單開檢查機

單開檢查機適用於完成品階段，可單獨使用或連接於全自動裁切機之後全自動包封機之前，如圖 16 所示。可取代人工檢查，包含水印、安全線、箔膜元素、安全視窗、號碼與印刷等，並可檢查半隱性與全隱性的安全防偽特徵，包含 UV 印刷、凹版磁性油墨、IR 印刷、M 安全防偽特徵等。其檢查的項目包括反沾瑕疵(Setoff defects)、裁切瑕疵(cutting defect)、號碼瑕疵(numbering defects)、污點、擦髒、擦拭等瑕疵(Small dots、smears、wiping defects)、套印(Register and position tolerances)。



圖 16：單開檢查機配置圖

鈔券檢查利用光學影像與感測器兩種方式達到全面性檢查，在光學影像檢查方面利用相機及各式光源搭配擷取各種頻譜影像，另一種是利用各式機器可讀的傳感器。再經由演算法運算辨識瑕疵。

(一) 光學影像檢查

利用正面、背面彩色相機擷取高解析 RGB 影像；正面、背面紅外線相機擷取高解析度 IR 影像，其中每個像素解析度為 $0.2 \times 0.2 \text{mm}^2$ ，如圖 17、18 所示。

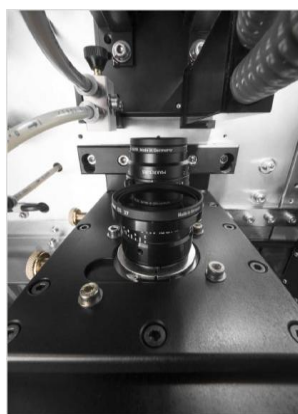


圖 17：高解析度相機



圖 18：RGB 彩色影像及 IR 影像

1、RGB 影像檢查印刷瑕疵項目包含：印刷濃淡(Print to light/to dark)、缺印(Missing inking)、擦髒(Smearing)、凹版反沾(Intaglio ink set-off)、刮傷(Scratch)、顏色錯誤(Wrong color)··等等，如圖 19~24 所示。



圖 19：印刷濃淡瑕疵



圖 20：缺印瑕疵

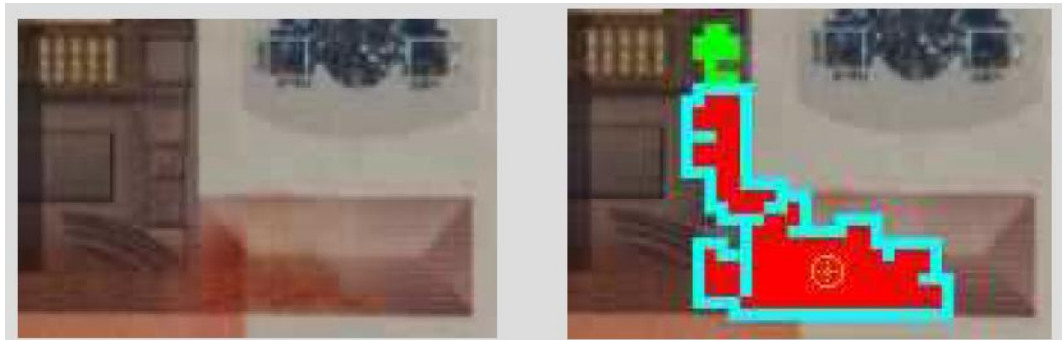


圖 21：擦髒瑕疵



圖 22：反沾瑕疵

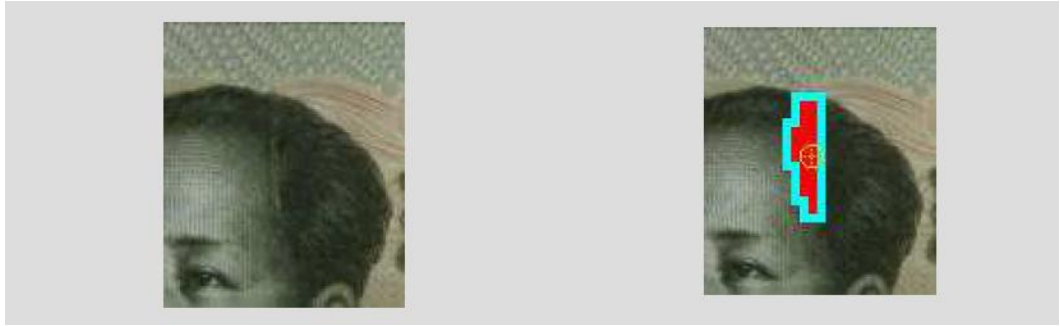


圖 23：刮傷瑕疵



圖 24：顏色錯誤瑕疵

2、鈔券尺寸及各種套印間距量測，如不同層級印刷之間距離量測、不同層級印刷到裁切邊緣量測、浮水印到裁切邊緣量測、浮水印到印刷之間距離量測、安全線到裁切邊緣量測…等等，以確保裁切尺寸品質，各項印刷層級和各項安全防偽特徵的套印位置，如圖 25 所示。

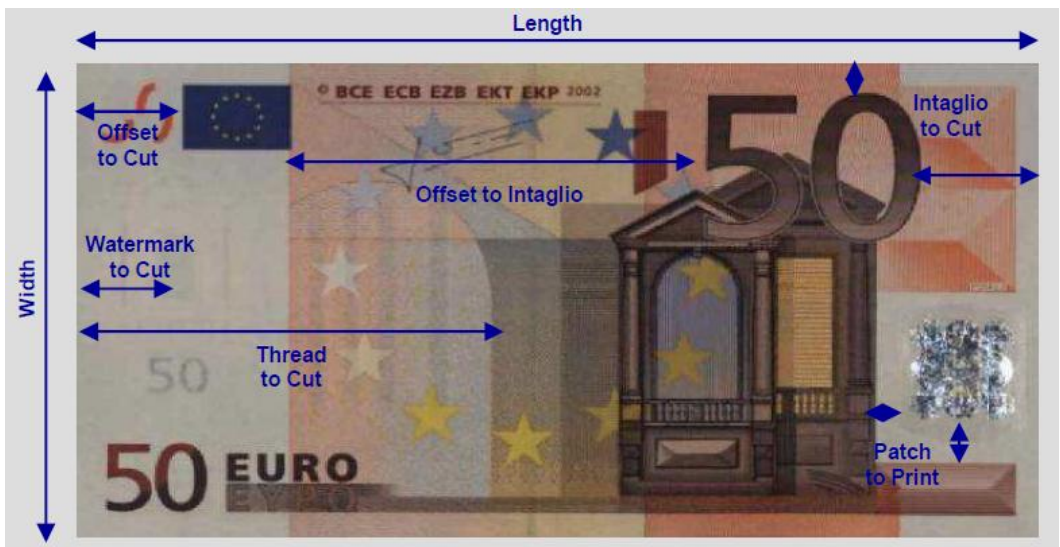


圖 25：尺寸及走版檢查

3、IR 透射影像可提供偵測安全線存在及位置正確與否、OVD 及 OVI 完整性及位置、浮水印偵測及驗證、安全視窗位置及完整性，如圖 26 所示。

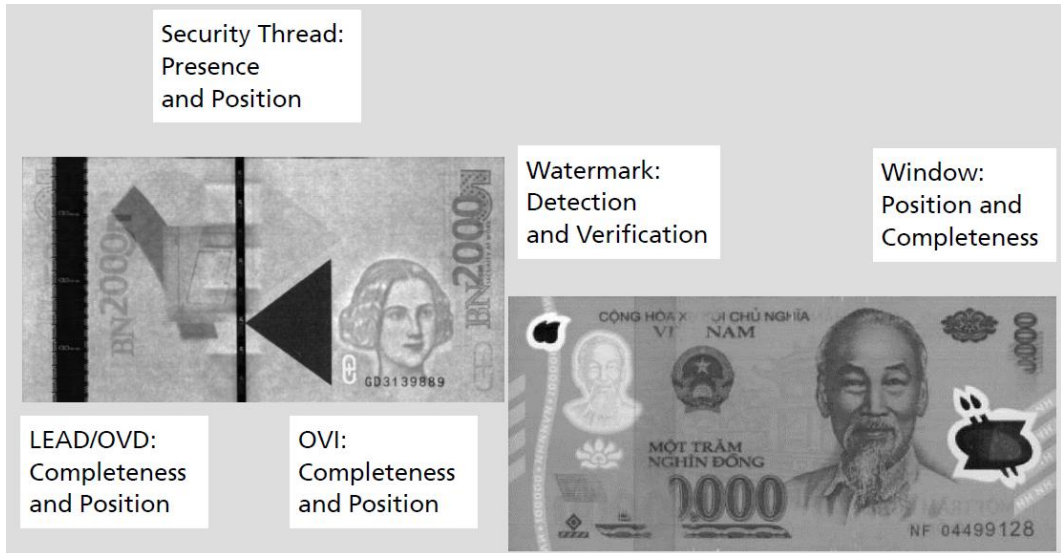


圖 26：IR 透射影像檢查

4、IR 反射式影像可提供偵測，可吸收紅外線印刷品的影像檢查、IR split 驗證、紅外線對比驗證，如圖 27 所示。

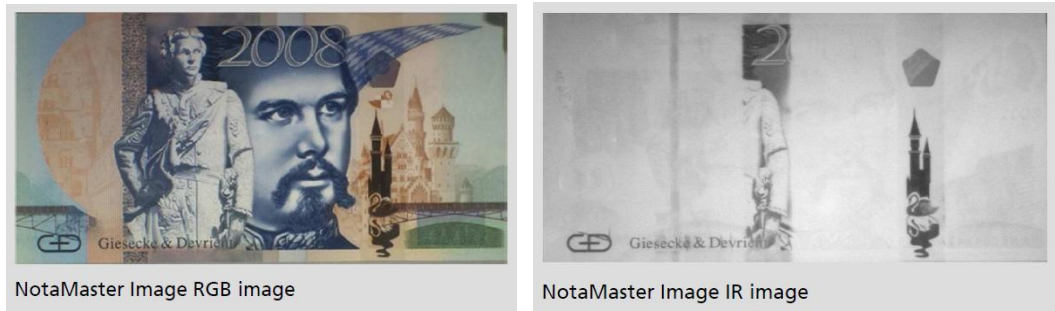


圖 27：IR 反射式影像檢查

5、號碼讀取及號碼品質檢查，如圖 28 所示。



圖 28：號碼讀取及號碼品質檢查

(二) 機器可讀傳感器

機器可讀傳感器可分為磁性傳感器、先進式 IR 特徵傳感器、UV 傳感器、電子傳導安全線傳感器、高階安全防偽特徵(M-Feature)傳感器…等等。

1、NotaScan Mag 磁性傳感器，具有 2*10 個軌道用來分析具有高或低矯頑力的軟磁性和硬磁性的磁性和質量強度，可檢查含有磁性油墨印刷、SPARK、號碼、安全線…等等，如圖 29、30 所示。



圖 29：NotaScan Mag 磁性傳感器

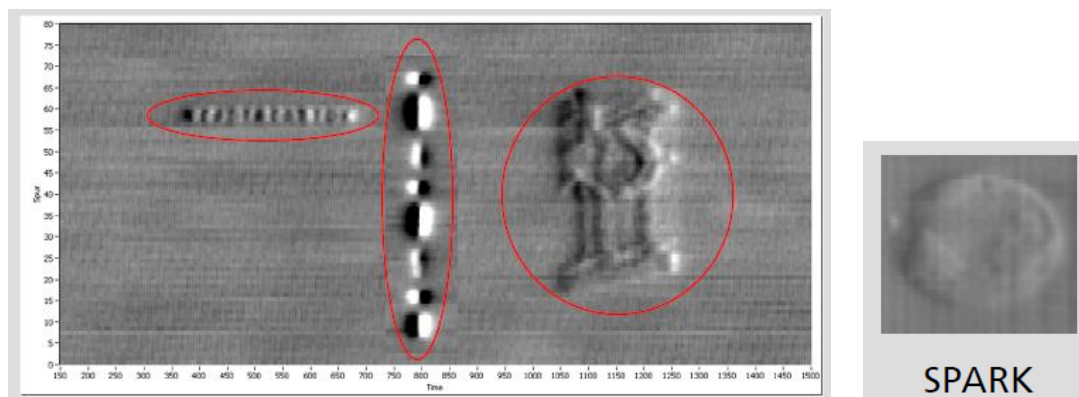


圖 30：NotaScan Mag 磁性傳感器影像

2、NotaScan Ink 先進式 IR 特徵傳感器，如圖 31 所示。是用來分析增強式紅外線特徵的光譜特性和品質，例如可檢查 SICPATALK，其中波長-反射率如圖 32 所示。



圖 31 : NotaScan Ink 先進式 IR 特徵傳感器

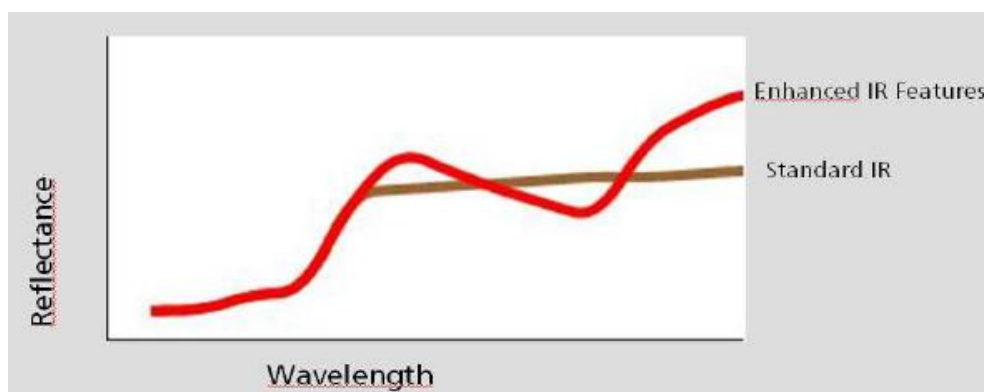


圖 32 : 先進式 IR 特徵傳感器 波長-反射率

3、NotaScan UV 傳感器：用來檢查具螢光和磷光的印刷，如圖 33 所示，反應圖形如圖 34 所示。

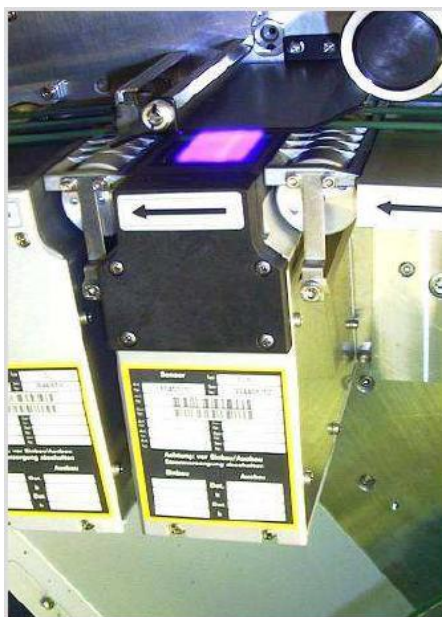


圖 33 : NotaScan UV 傳感器



圖 34：原圖及 UV 傳感器影像

4、電子傳導安全線傳感器，利用電子感應，感知安全線位置及品質，如圖 35 所示。

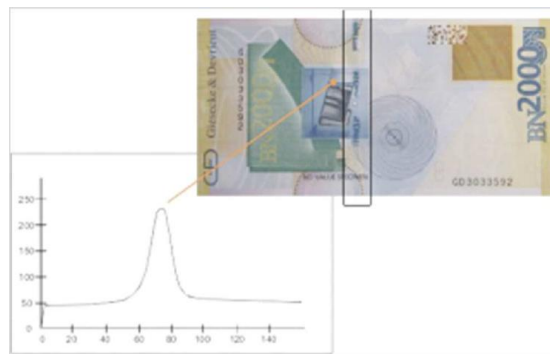


圖 35：電子傳導安全線傳感器

5、高階安全防偽特徵傳感器(M-Feature)，專門為最高階防偽特徵所開發的傳感器。



圖 36：高階安全防偽特徵傳感器(M-Feature)

四、德國 Muhlbauer 公司

第四站來到德國 Muhlbauer 公司，成立於 1981 年，該公司在全球 30 多個地點擁有 3200 名員工，其中有超過 400 名研究人員與開發工程師及大約 400 名學員。所經營業務包括，精密零件及系統、半導體相關產品、生產設備、政府證卡解決方案相關產品，其中在智能卡、電子護照、RFID 和太陽能後端產業已發展為一站式解決方案供應商。這次實習該公司為智慧工廠所開發的 PalaMax，目的是建立一套智能工廠的基礎，這套系統可運作於智慧

卡、護照、鈔券，RFID 智慧標籤等相關領域。PalaMax 包含許多模組，有廠房機器即時監控 PalaMax.Monitor、統計工具 PalaMax.Stats、遠端控制機器 PalaMax.Remote、生產程序追蹤 PalaMax.Trace、保養 PalaMax.Maintain、成本控制 PalaMax.Cost、產品解決方案 PalaMax.Recipe，這次主要實習跟鈔券追蹤與分析有關的模組 PalaMax.Trace 與 PalaMax.Stats。圖 37 為 PalaMax.Monitor 監控廠房各機器效能的即時監控畫面。

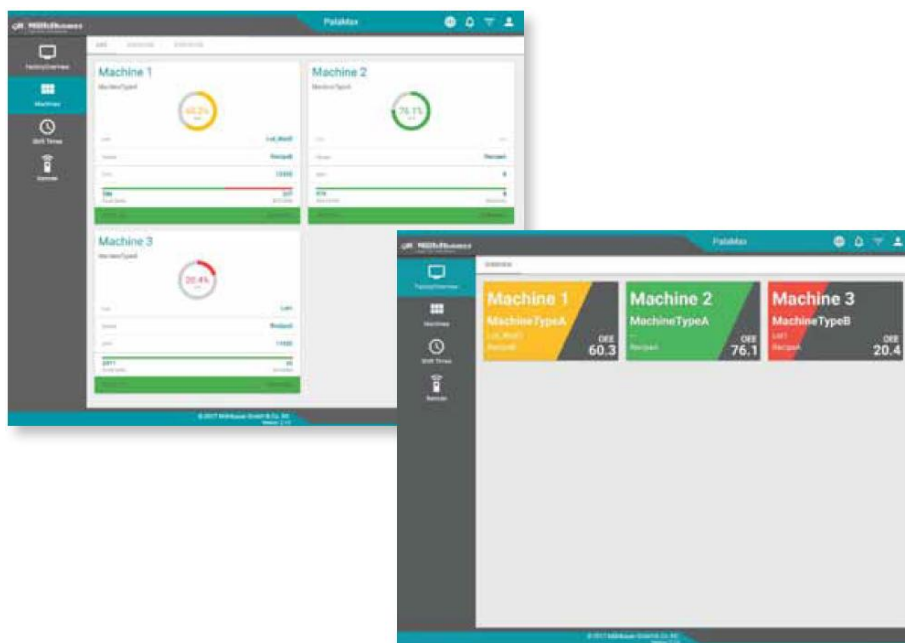


圖 37：廠房機器即時監控

(一) PalaMax.Trace

主要是為了掌握每一大張鈔券紙的流向，用以建立整個生產產品的監控。整個產品的識別與追蹤可分為三個部分。第一部分為噴印條碼並驗證：在每一張鈔券大張紙紙邊噴印條碼，條碼內容可為生產時所需資訊及獨一無二的序號，例如：車號、生產日期及序號等所需內容；第二部分為追蹤並驗證：透過條碼追蹤每一張紙的整個生產過程；第三部分為聚集資料：聚集所有生產過程中所有收集的資料，以便進一步優化生產程序。圖 38 為 PalaMax.Trace 識別與追蹤流程。



圖 38：PalaMax.Trace 識別與追蹤

噴印與追蹤概念如圖所示，首先為每一張還未印刷的空白鈔券紙紙邊噴印

內容獨一無二的條碼，並在接下來所要實施的每道印刷程序，於印刷前與印刷後，讀取先前所噴印的條碼，如圖 39 所示。

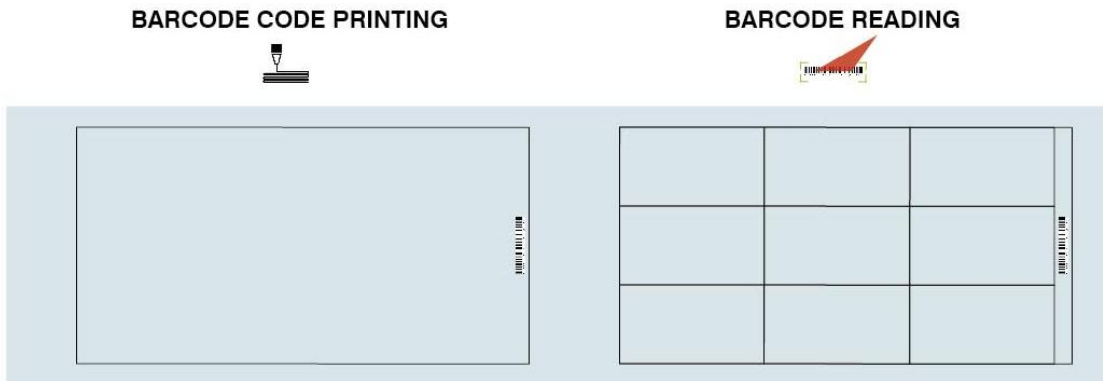


圖 39：噴印與追蹤概念

整體追蹤軌跡如圖 40 所示，紙張於平版印刷機進入版筒印刷前為每張紙噴印獨一無二的條碼，以供後續製程讀取。如圖所示大張紙鈔券依序製程為平版印刷機、凹版印刷機、網版印刷機、大張檢查機、號章機及塗佈機。在進行每一道製程時，每張紙上的條碼分別被讀取於印刷前、印刷後(包含好票收紙台、壞票收紙台)及檢票台和無法進入印刷的紙張都會被記錄條碼內容及時間。結束一個工作時可產生紙張計數資料表與好壞票統整圖表，如圖 41 所示。紙張計數資料表顯示了許多製程相關資訊與生產後的結果，其中製程相關資訊包含計畫名稱、工作號碼、機台、生產開始日期、生產結束日期、紙張數量等資訊。生產後的結果包含好票數量、壞票數量、檢票數量、紙張餵入機台但未至收紙台數量、紙張未餵入機台數量。利用這些相關資訊可以產生統計圖表，如圖 42 所示為好壞票統整圖表，可以很直觀的看到網版印刷機比起其他機器有更多的壞票產生。PalaMax.Trace 透過追蹤不同機器，直接控制不同機器的效率，並透過比較與驗證不同批次工作達到直接程序控制。

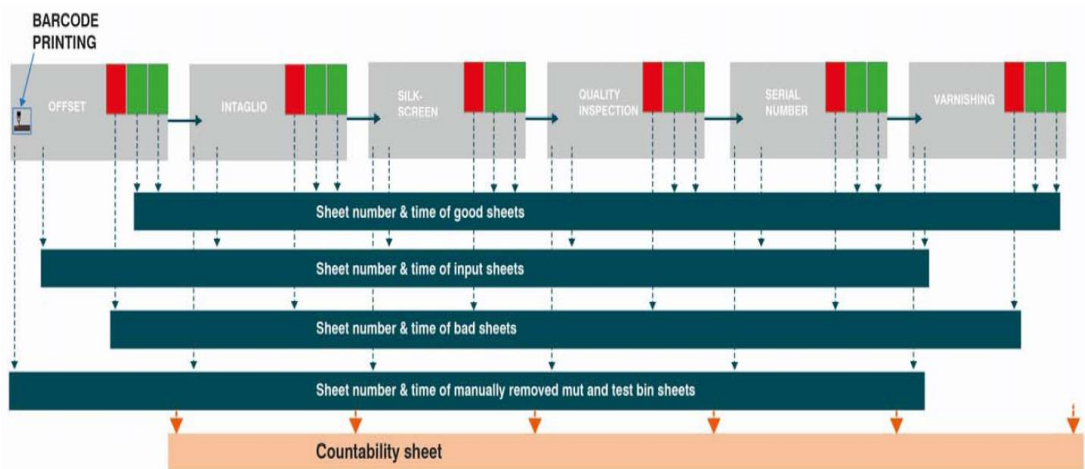


圖 40：各種印刷機搭配追蹤與軌跡

Form No.:
1708-1

Currency Inspection:
LOAD EXAMINING RESULTS
Full Sheet Processing

Denomination	Load Number	Manufacturing Order Number	Work Center
\$1 SERIES 2016	HWQIJXMN007	888 / 88	MÜHLBAUER SHEET INSPECT

Date Started / Time Started	Date Started / Time Started
27- Aug 16 / 08:02:06	27- Aug 16 / 16:35:52

	Beginning of Load	End of Load
Bookbinder		
Bookbinder		
Bookbinder		
Currency Employee	John Dow	John Dow

SEALS REMOVED	(A) 886554	(B)	(C)	BEGINNING SHEET QTY
SEALS AFFIXED	(A) 831016	(B) 831226	(C) 831304	

LOAD RECONCILIATION	
ADD: PILE 1	0
ADD: PILE 2	12,645
ADD: PILE 3 (REJECTS)	4,529
ADD: TEST BIN	33
ADD: SHEETS FED BUT UNDELIVERED	16
ADD: BEGINNING MUTS (sheets not fed)	29
ADD: UBE SHEET EXTRACTION	0
SHEETS ACCOUNTED FOR	17,252
SHEETS OVER / SHORT	16
ENDING MUTS	4,562
SUBSTRACT: UBE SHEET EXTRACTION	0
SUBSTRACT: TOTAL MUTS	4,607
NET GOOD SHEETS IN LOAD	12,645
SUBSTRACT EBE SHEET EXTRACTION	0
TOTAL SHEETS TO NEXT MACHINE	12,645

圖 41：紙張計數資料

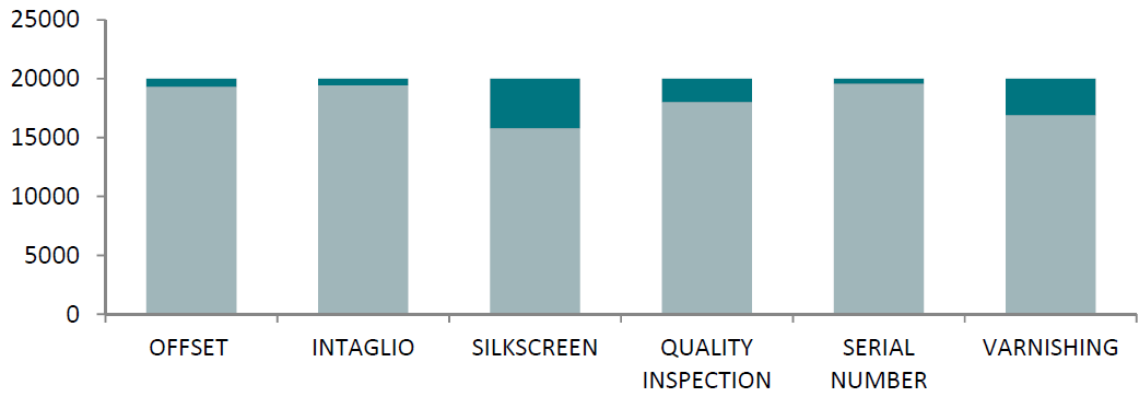


圖 42：好壞票統整表

(二) PalaMax.Stats

PalaMax.Stats 是一套統計工具，主要用來分析歷史數據(historical data)，透過選擇想要的時間間隔及輸出條件，可以獲得統計結果，例如可輸出產能、效能或可利用性等。透過統計評估能夠獲得更高的生產效率，資料的產生是統計評估的首要條件，例如可透過大張檢查機產生各種數據，其中在大張檢查機所設定的各區檢查區塊所得的檢查結果便是一個數據的概念。

資料搜集和分析由兩個部份完成，PalaMax.Stats 是一套軟體模組，負責統計料，PalaMax Server System 負責即時大數據的運作。

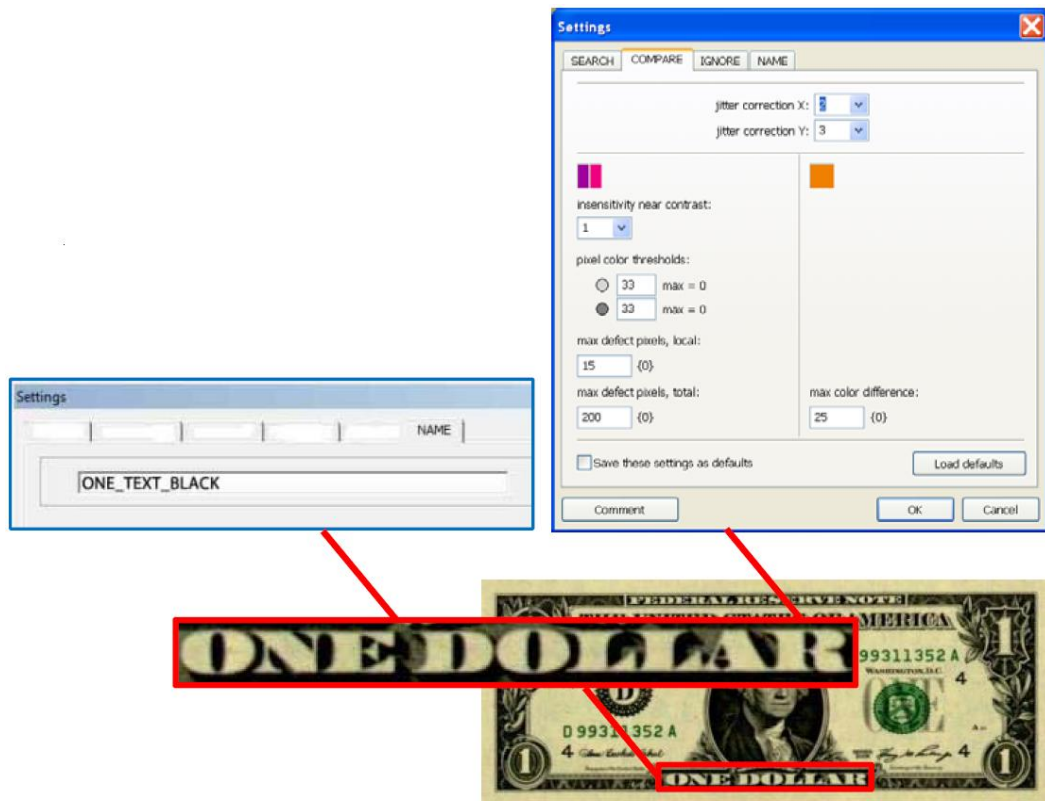


圖 43：大張檢查機檢查區塊

PalaMax.Stats 可以簡單的蒐集及處理巨量的資料集，選擇想要的工作批次，能夠得到視覺化的客製化統計圖，例如紙張上的瑕疵統計圖、全部的瑕疵的統計圖、某些瑕疵的絕對次數統計圖。圖 44 顯示批次瑕疵統計圖，其中圓形圖和橫條圖顯示各種瑕疵出現的比例與次數。圖 45 顯示每張紙上的瑕疵，同樣的透過圓形圖和橫條圖可以很清楚了解各種瑕疵出現的比例與次數。圖 46 為紙張相對位置瑕疵出現的頻率，能讓使用者更進一步觀察大張紙上相對位置出現瑕疵的頻率。也能夠更進一步觀查圖 46 裡每個相對位置所出現的瑕疵統計圖，如圖 47 所示，顯示 A1 位置統計圖。透過比較不同工作批次作為未來工作程序最佳化。藉由資料搜集並統計，可以使我們更專注在即時的生產，並學習了解透過統計歷史圖中內容的相關性和生產流程關係。此外 PalaMax.Stats 也提供線上即時監控，如圖 48 所示，可即時監控生產情形。

Date:	27-Aug-16
Selected Lot Size:	20,000
Overall Statistics	
Total Sheets Fed	20,000
Total Sheets Processed	20,000
Total Sheets Rejected	4843
Acceptance Rate	76%
Rejection Rate	24%

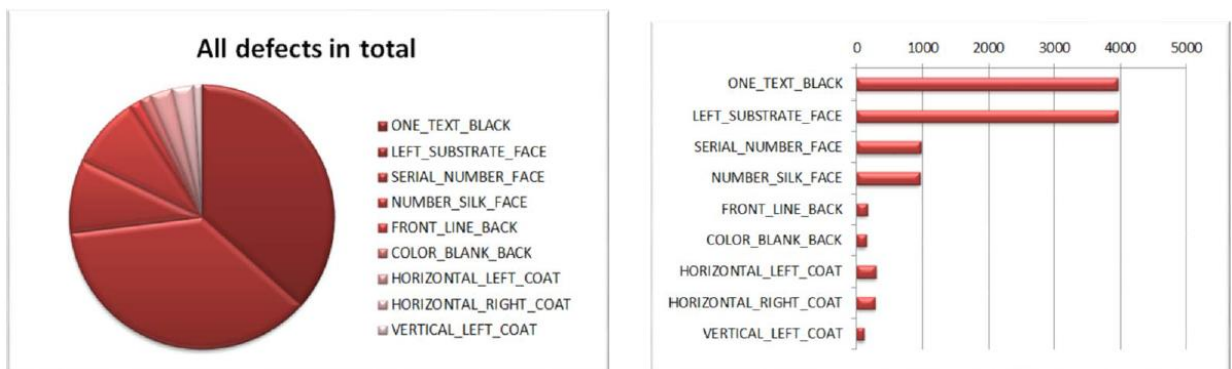
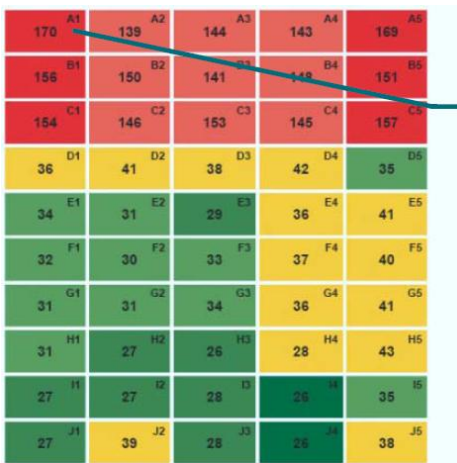


圖 44：批次瑕疵統計圖

Date: 27-Aug-16
 Selected Lot Size: 20,000



圖 45：每張紙上的瑕疵



The sheet position analysis shows that the A1 position has 170 errors. Furthermore, all upper sheet positions (A1 – C5) show significantly more errors compared the lower sheet positions.

圖 46：紙張相對位置瑕疵出現的頻率

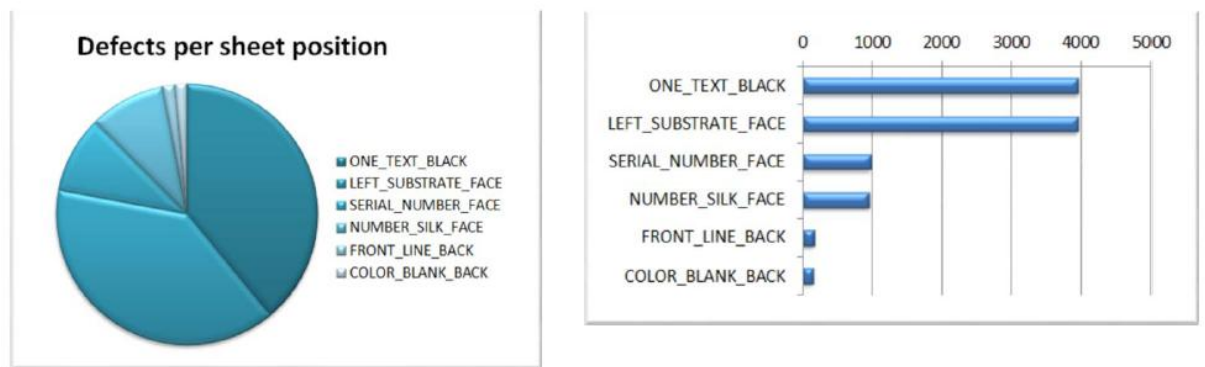


圖 47：圖 46 A1 位置瑕疵統計圖

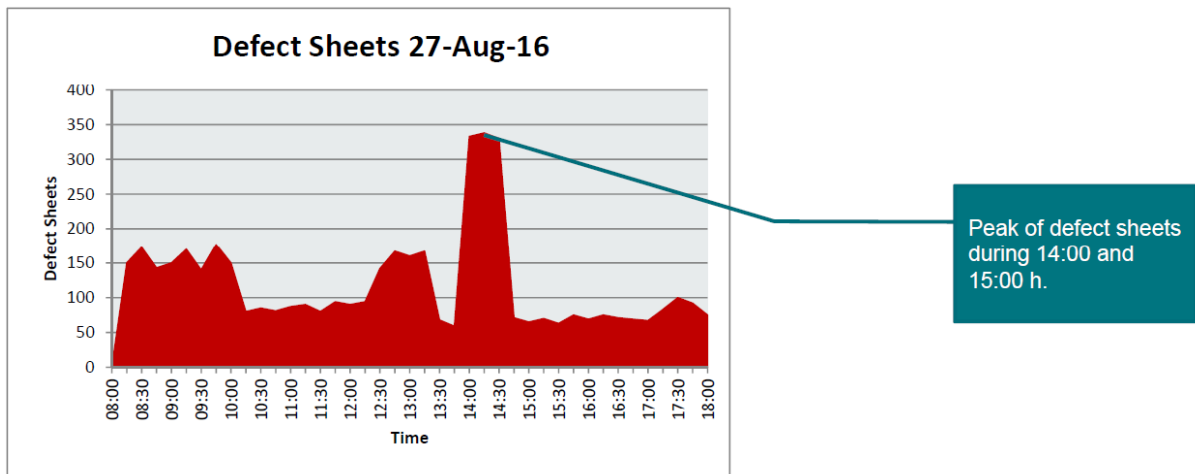


圖 48：PalaMax.Stats 線上即時監控

參、心得及建議

一、心得

國內外許多大廠紛紛投入資源轉型智慧化工廠，導入製程優化，透過軟體、系統、網路，串連整個廠房，從中得到數據進而分析並優化製程。其中智慧化工廠的要件之一是智慧機台，早期的印刷機是以生產為導向，機台的設計是以時序控制，著重於個別機台速度與產品品質提升，工業 4.0 提出後，改變了整個思維，機台的設計著重機台與人的互動，資料與分析，要設計具有智慧的機台，背後需要有適當的感測器回饋，感測器主要是安裝或嵌入於機台上，由於感測器發展進步，使得機台的狀態被蒐集變成可能，感測器本身須具有運算能力，隨著機台運轉不間斷感測，並透過通訊技術傳送回資訊。常見用於印刷廠房的感測器有電流、溫度、速度、UV、IR、磁、壓力、位移、機器視覺等，藉由感測器感知訊息，使得生產資訊透明化。

機器、感測器、資通訊（ICT Information and Communication Technology）是智慧化工廠的核心，現階段大部分印刷相關領域，都是朝這方面發展，其中尤其是視覺感測器、機器資料通訊與數據分析，是各家相關印刷大廠發展的重點。

（一）視覺感測器

目前印鈔廠或印鈔設備供應商大量採用視覺感測器，包含圖像傳感器和自動化光學檢查。圖像傳感器根據測量物不同而輸出不同的物理量，例如 UV 傳感器、色度傳感器、磁性傳感器等，圖像傳感器主要用於安裝空間限制且無高解析度需求的場合，特性是運算速度快，適合用於鈔券物理量快速回饋。自動化光學檢查是工業製程中常見的使用方式，在印刷領域，尤其是歐美市場，不論是紙廠、印鈔廠或印刷設備製造商，幾乎所有機台設備都裝配高精度自動光學檢查設備，在半成品、成品，取得鈔券影像，不僅可直接感知鈔券印刷品質，

更可產生大數據幫助分析與判斷。

(二) 機器資料通訊

智慧機台已不再是像傳統機台一樣依程序對機台下達指令，取而代之的是機台與人的互動，機台回饋越詳細效率就越高，就印刷機台而言，透過嵌入適當的感測器回饋，機台不再像是黑盒子般，需特殊手法才能解譯，這將使得印刷過程變的更透明，操作者能夠越清楚了解機器的運作，相對的所產出的產值就越高。例如透過簡單的電流、速度與時間的組合，就能監控機器是否運轉，透過特定檢測區域的組合可以界定造成瑕疵的原因，如髒污、缺印、走板、摩擦髒、墨反沾、脫墨、OVD、OVI、安全線及水印等。一部高智慧化的機器，可能回饋的訊號點高達上萬點，其中包含安全偵測、各種物理量偵測、人機介面等，所有的訊號透過通訊技術傳送到中央控制台，由中央控制台負責機器的作動、生產統計、狀態回饋與資料輸出。

(三) 數據分析

當整個工廠智慧機台利用資通訊技術連結，能明確掌握每部機台運轉情形、遠端控制機台與安排生產排程等，許多過去需人力管理的工作，將變的更有效率且清楚透明，所有機台所產出的數據，經過適當統計分析與預測，找出相關性，進而決策。

二、建議

- 1、未來新購印刷機配置各項感知訊息或視覺感測器，即時回饋生產狀態。
- 2、網印機加入條碼追蹤系統，以補足生產管理需求。
- 3、全自動裁切機加裝攝影辨識系統及統計分析軟體，確保裁切品質並分析鈔券成品瑕疵統計圖與趨勢圖，協助生產與各項參數相關性。
- 4、智慧化機台研究與發展，藉以提升生產效率。

肆、參考

- 1、行政院生產力 4.0 發展方案
- 2、<https://www.joh-enschede.nl>
- 3、<https://www.louisenthal.com>
- 4、<https://www.gi-de.com/currency-technology>