

瓦楞紙廠生產線之導紙機構的設計與控制

楊善國

國立勤益技術學院機械系

摘要

紙器通常都是大量、批次的製造，所以對生產的速度要求很高。生產線上輸送帶的前進速度相當快，若是紙材在其中發生歪斜的情形，則會因為製程中的裁切、修剪而造成不必要的紙材浪費或是損失。所以輸送帶上的紙材導正相當重要。本研究係以伺服馬達驅動之導輪來導正紙材，並以裝置在輸送帶前進路徑兩側的光感測器信號遮斷數來決定紙材是否在正確的位置上。經由電腦程式的計算進而決定由伺服馬達驅動之導輪的旋轉角度及方向，以導正紙材至正確位置，使輸送帶上的材料有最佳的生產利用率。

關鍵詞： 伺服馬達、瓦楞紙、光感測器、導紙機構

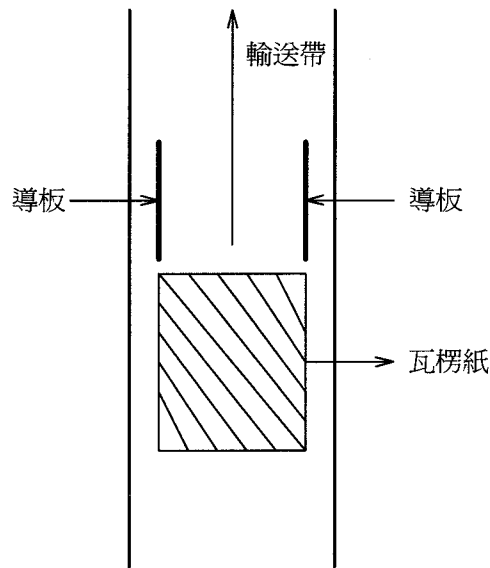
符號

W	紙材寬度
P	紙材長度
L	量測所得長度
θ	紙材偏移角度
χ	紙材已過感測器的長度
a	紙材長度及偏移角度計算得的長度
b	畢氏定理計算得的長度
c	紙材寬度及 a 計算得的長度
y	b 及 χ 計算得的長度
z	偏移角度及 c 計算得的長度
M	紙材中心距滾輪的長度
φ	伺服馬達導正的角度
V	輸送帶前進速度
S	導正動作的延遲時間
N	紙材中心至紙材末端的長度

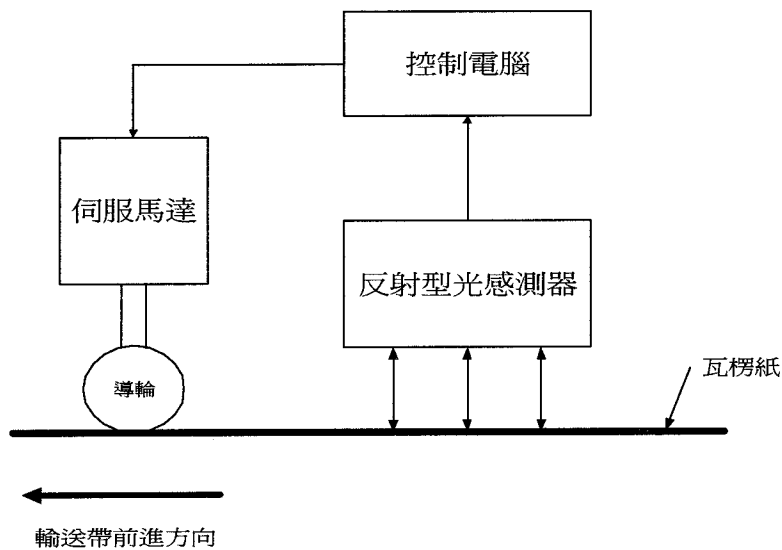
一、介紹

瓦楞紙器的生產過程主要是依裁剪、上漿、貼合、印刷、成形等步驟進行，上漿前的紙材若是在輸送帶上發生歪斜的情形，則會因為接下來的修剪和裁切變成廢料而造成損失。現在紙器需求量與日俱增，在紙器工廠生產線大量生產的情形下，為提升生產效率，輸送帶前進速度約為每分鐘 100 到 200 公尺。如此快的前進速度之下，短時間內即可能造成大量的廢料損失，所以紙材的導正動作在生產程序是相當重要的一環。

目前大部分紙器廠均使用『導板式導紙機構』（如圖一所示）來解決紙材歪斜的導正問題，但在實際運作時，常因導板開閉速度與紙材前進速度配合不良而發生紙材斷裂現象，因而必須停機重新調校，費力費時。本研究的構想是將目前大部分紙器廠正在使用中的『導板式導紙機構』改以光學感測器、電腦及 AC 伺服馬達所構成的『導輪式導紙機構』取代，導輪式導紙機構之主要組成如圖二所示。



圖一 導板式之導紙機構

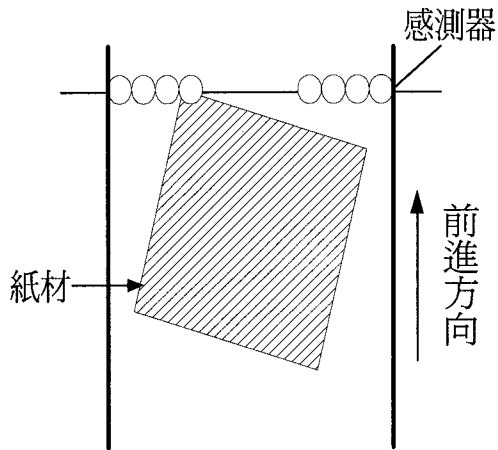


圖二 導輪式導紙機構

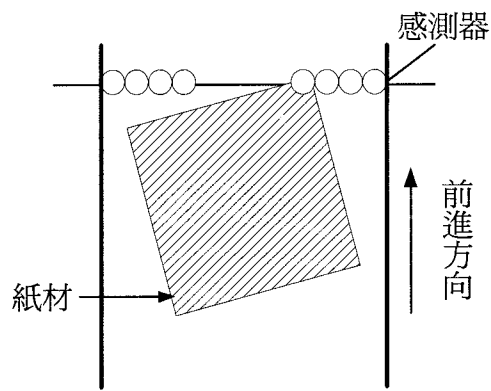
最佳的生產效率。

二、紙材歪斜方向的判別

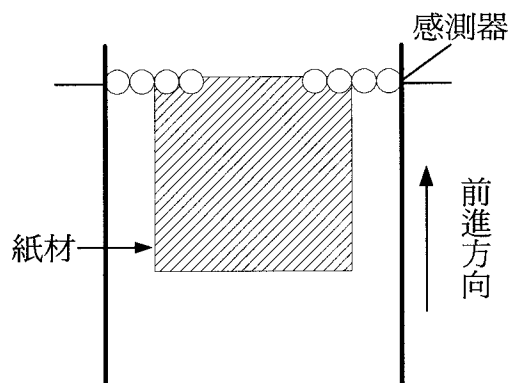
紙材歪斜方向的判別是馬達導正動作的重要步驟，必須先判別歪斜方向才能導正角度。方向的判別可由紙材前進時，第一個被遮斷的感測器而得知。一般而言，若是紙材前進時先遮斷左邊的光感測器的信號，就可得知紙材是向右歪斜（如圖三）；同理，若先遮斷右邊的感測器的信號，可得紙材向左歪斜（如圖四）；由此可知紙材歪斜時，先遮斷的感測器信號的方向側是和紙材歪斜方向相反。若兩邊的感測器信號在同一時間遮斷，並且遮斷數相同，可得知紙材在正確位置上前進（如圖五）。



圖三 紙材向右偏斜



圖四 紙材向左偏斜

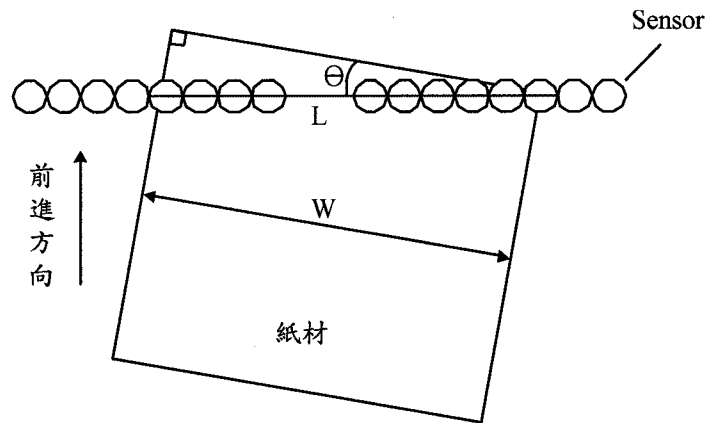


圖五 紙材在正確位置

三、紙材歪斜角度的判別

當紙材經由輸送帶前進時，紙材會經過安裝在輸送帶上兩側的反射型光感測器（如圖六所示）。紙材在正確位置上，則裝置在輸送帶兩側的光感測器的遮斷信號數是相同的，紙材此時可正確地被裁切、修剪，所以伺服馬達不需執行導正動作；若是紙材有歪斜的現象，使得兩側的感測器的遮斷數目並不相同，遮斷的感測器信號個數乘上每個感測器安裝之間距，再加上兩側感測器裝配的直線距離（固定值），所得之值即是紙材經過感測器時的歪斜寬度（ L ）。假設紙材偏右時，右邊的感測器遮斷的數目會增加然後再減少。將量測得到的值以及紙材的歪斜寬度利用餘弦的反三角函數可求得紙材的偏轉角度（ θ ）。計算公式如下：

$$\theta = \cos^{-1} \frac{W}{L}$$



- W：紙材寬度
L：感測器量得的長度
 θ ：紙材偏轉的角度

圖六 紙材偏轉角度

四、紙材旋轉中心的判別

經感測得知紙材偏轉量及方向後，需計算紙材中心至滾輪的距離，待紙材中心到達滾輪時再加以導正。因此滾輪所產生的轉矩會作用在紙材的中心，導正後才不會發生中心偏離的情形。（如圖七）

已知： W, P, θ

$$x = \sin \theta \times W$$

$$a = \tan \theta \times (P/2)$$

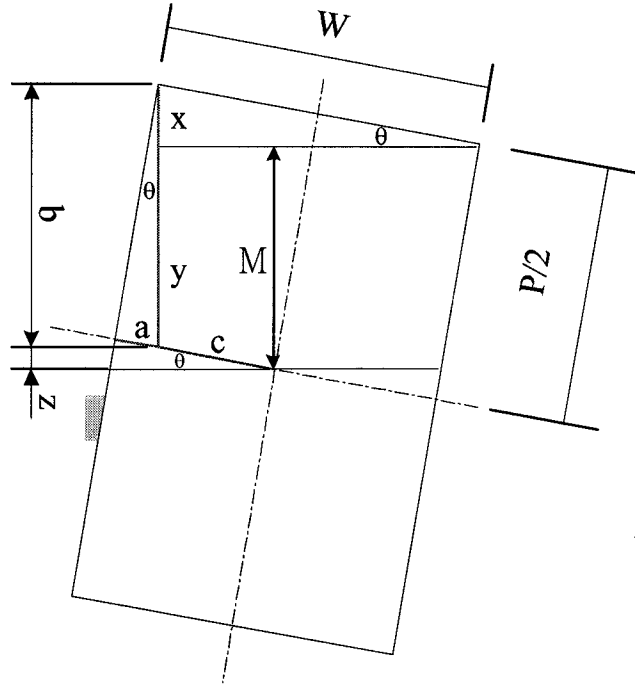
$$b = \sqrt{(P/2)^2 + a^2}$$

$$c = (W/2) - a$$

$$y = b - x$$

$$z = \sin \theta \times c$$

$$M = y + z$$



圖七 紙材中心計算

五、伺服馬達導正的角度

經由上述公式，已可得知紙材的歪斜角度及方向，最後要決定伺服馬達所要導正的角度。本研究的輸送帶前進速度為 5cm/sec，因輸送帶的速度不高所以將導輪因輸送帶速度而產生的力矩影響忽略不計，則伺服馬達所需導正紙材的角度（ ϕ ）與紙材原來的偏轉角度（ θ ）大小相等，方向相反。

$$\phi = -\theta = -\cos^{-1} \frac{W}{L}$$

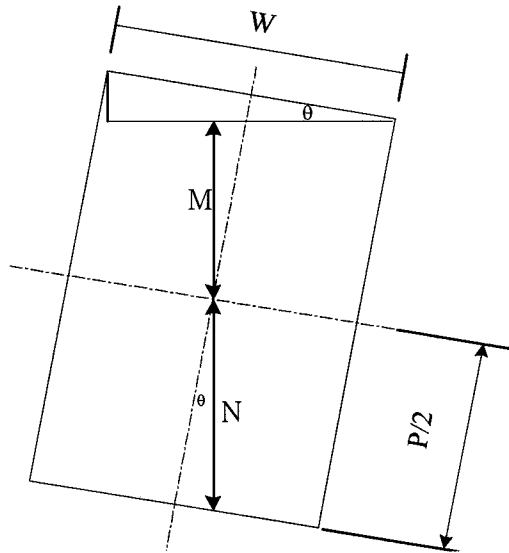
六、紙材導正的時機

本研究因為是使用導輪做導正的動作，所以導正動作完成之後，紙材會向導輪導正的方向繼續前進，而形成橫向偏移。為改善這種情形，故將導正的時機設定為紙材將要離開導輪之時，以求將這種現象的影響降到最小。若紙材發生歪斜，而遮斷光感測器反射的信號，此時紙材在輸送帶上仍繼續前進，直到紙材末端離導輪 5cm 之際，AC 伺服馬達才開始驅動導輪作導正動作，將紙材導正到正確位置，此為導正動作的時機，如圖八所示。

紙材長度與輸送帶的前進速度關係著導正動作的時機，紙材越長則導正動作的時機需配合輸送帶的前進速度而相對的延遲。兩者的關係如下：

$$N = \frac{(P/2)}{\cos\theta}$$

$$S = \frac{M + N - 5(\text{cm})}{V}$$



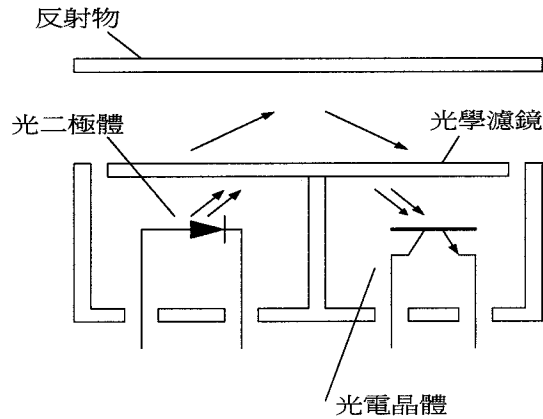
圖八 導正時機的運算

本研究的輸送帶前進速度是 5cm/sec，而導輪導正動作的時間在 0.5 秒以下，紙材前進速度對導正動作的影響並不大，所以兩者的關係較不明顯。但若是輸送帶的前進速度很高，而導正動作的時機一樣設定在紙材的末端 5 公分處，則導輪導正動作的時間也相對要縮短，必須在紙材還接觸導輪的時間內完成導正動作，否則無法正確的導正紙材。

七、感測器

本研究使用一體成型反射光遮斷器作為裝置在輸送帶上的感測器。反射式光遮斷器為非接觸式光電開關 (photo switch) 的一種，分為發光元件 (LED) 和受光元件 (光電晶體) 兩個部分，構造如圖九所示。反射式光遮斷器由於是利用物體反射光來偵測物體，因此容易受到其他光源的干擾而產生錯誤動作。因此在其發光元件和受光元件部分通常使用一個光學濾鏡來隔離其他光源，讓發光元件所發射出來的光經由物體反射進入光電晶體，其他光線則被光學濾鏡所濾掉而無法進入光電晶體，藉此改善光線干擾的現象。

當感測器工作時，需將感測器的狀態傳輸到電腦中，經由程式的判別來執行相關動作。因為電腦只能夠判別 0 與 1 的數位信號，所以輸入電壓為 2.1V 以上會被電腦認為是高電位，也就是 1；輸入電壓為 0.7V 以下會被電腦認為是低電位，也就是 0。本研究所使用的感測器為反射型光電開關，利用感測器的常開接點，當感測器被物體遮蔽而無法接收到反射光時，常開接點變為可導通狀態，就會傳送一高於 2.1V 的電壓給電腦，電腦就可讀到 1 的數位信號；當物體通過感測器，感測器能夠接收到反射光，接點回復至常開成為斷路，此時傳送 0V 的電壓到電腦，電腦就可讀到 0 的數位信號。



圖九 反射型光電開關之構造

八、導輪驅動馬達

馬達是將電能轉換成機械能的一種轉換器 (transducer)，而馬達的種類繁多，各個馬達由於構造、輸出、頻率的不同而具有不同的特性。本研究選用的是三菱 AC 汎用型伺服馬達 HC-HKF43。AC 伺服馬達是由電子控制裝置所組成的無刷馬達，不需保養，沒有 DC 馬達因電刷而產生的缺點，也適用於高轉速控制。基本特性和 DC 馬達一樣，是利用改變電壓大小控制轉速。

本研究所使用的三菱汎用型 AC 伺服 MELSERVO-J2-Super 系列係以 MELSERVO-J2 系列為基礎，發展為更高性能、高功能的 AC 伺服器。因此在工作母機，一般產業機械的高精度定位、平滑的速度控制以及整線 (Line) 控制、張力控制的場所，均可適用。此伺服馬達的特點如下：

1. 控制模式有位置控制、速度控制、轉矩控制，及位置/速度控制、速度/轉矩控制，轉矩/位置控制等方式運轉。
2. 擁有 RS-232C 或 RS-422 的串列通信機能，使用安裝有 Set-up 軟體的電腦可做參數設定，測試運轉，狀態顯示，及 Gain 的調整。
3. 具有及時自動調諧功能，伺服 Gain 可配合機械自動調整。此伺服馬達的檢出器，採用 131072pulse/rev 的絕對位置檢出器 (Encoder) 可獲得高精度的控制。在伺服驅動器追加電池即可構成絕對位置檢出系統，如此僅作一次原點設定，則不必在電源投入時或警報發生時再做原點復歸。

該伺服馬達的三大控制模式為：

1. 位置控制模式

最大 500kpps 的高速脈波 (Pulse) 控制馬達的迴轉速度、方向及執行分解能為 131072Pulse/rev 的高精度定位。在平滑位置機能中，可在適應機械的兩種方式選擇，對於急速的位置指令，可以實現平滑的起動、停止。
2. 速度控制模式

依外部類比速度控制指令或參數設定，內部速度指令可以高精度、平滑的控制伺服馬達的迴轉速度及方向。
3. 轉矩控制模式

依外部類比速度控制指令或參數設定，內部速度指令可控制伺服馬達輸出轉矩。為保護無負載的暴衝，亦有速度限制機能，適用於張力控制等。

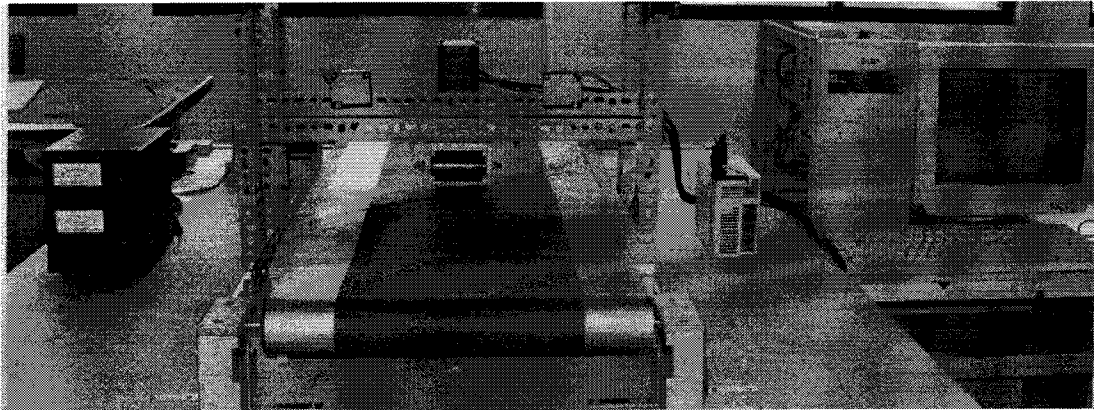
九、8255A 介面實驗卡的功能

在一微電腦系統中微處理器與週邊元件（記憶體或 I/O 元件）間的資料轉移大都是以並列的方式來完成，並列資料指的是一次傳送 8 位元、16 位元、32 位元或 64 位元的資料。

本研究使用雙 8255A 介面實驗卡來控制伺服馬達。此介面卡的功能與特色為：8255A 為一可程式規劃的介面（Programmable Peripheral Interface；簡稱 PPI）晶片，可連接多種不同的微處理器，計有 8 位元的 6802，6502，8080，8085，8088，與 Z-80，以及 16 或 32 位元的微處理器 80286 或 80386。由於 8255A 容易使用且價格便宜，因此為微處理器對外界設備相互傳送資料，不可缺少的一個重要元件。

十、結果與討論

本研究設計並組裝完成之機構如圖十所示。經過數次的實驗以改進導輪對於紙材摩擦力不足的情形及導輪將紙材導正後所造成的橫移現象後，已經可以達到量取紙材偏轉角度及驅動伺服馬達導正紙材的動作，該動作的程式執行流程如圖十一所示。



圖十 組裝完成之機構

本研究的執行結果與預期動作間出現許多的差異情形，分別討論如下。

1. 本研究需要計算紙材旋轉中心，以求在正確位置上導正，但因為是使用導輪做導正的動作，所以導正動作完成之後，紙材會向導輪導正的方向繼續前進，而形成橫向偏移。為改善這種情形，故將導正的時機設定紙材將要離開導輪之時，以求將這種現象的影響降到最小。
2. 本研究之紙材位置是假設位於輸送帶中央，只發生角度歪斜，並無偏移輸送帶中央位置的橫向偏移情形。若是紙材發生橫向偏移而不在輸送帶中央位置上，則需另外討論。
3. 在導輪導正動作進行時，由於導輪與紙材間的摩擦力不足，會形成導輪空轉而未正確導正紙材的情形，為改善這種現象，需將導輪經過處理以增加摩擦力，方可正確

導正紙材。

十一、結 論

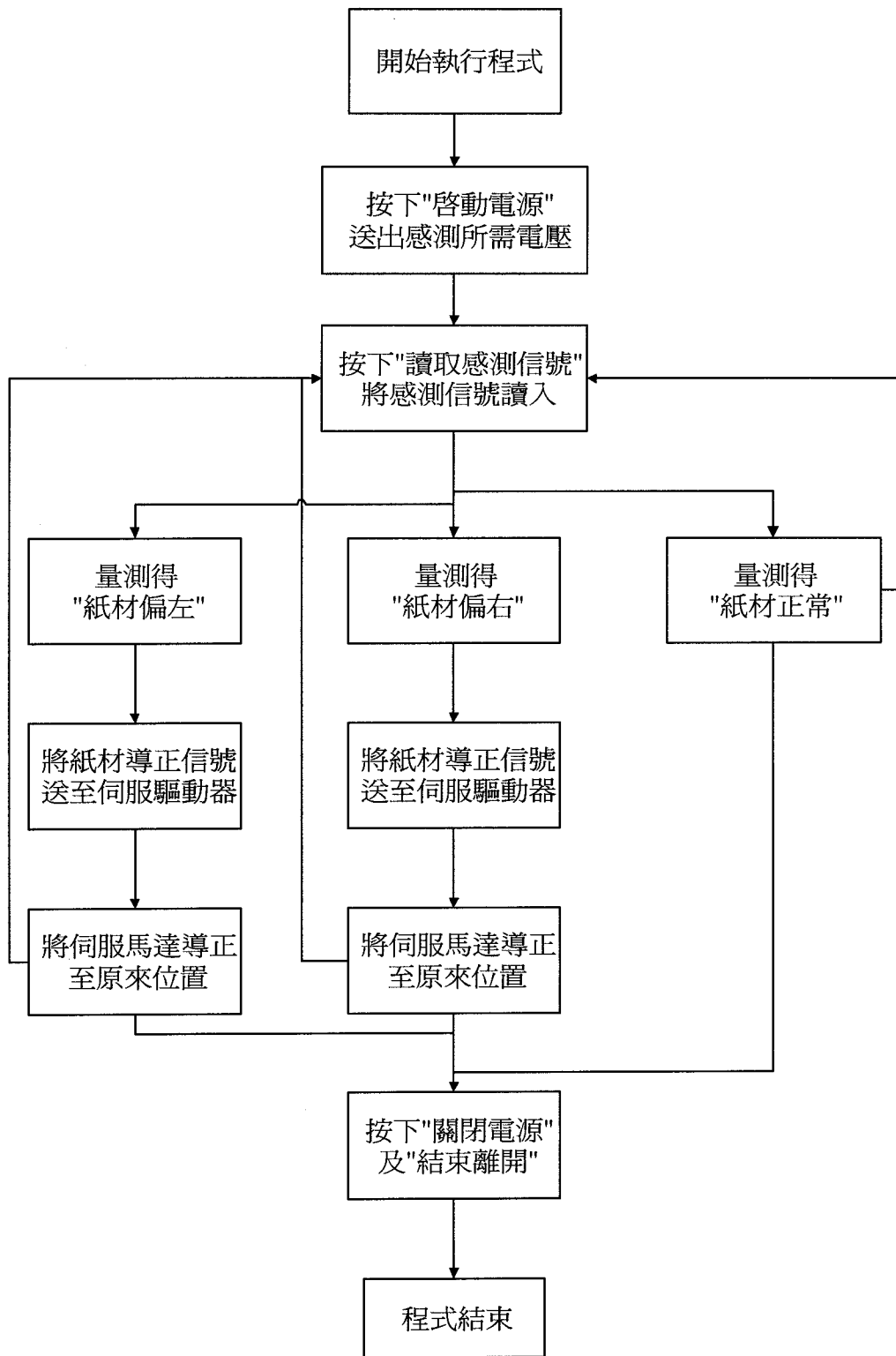
本研究使用 8255 介面卡作為電腦與週邊設備信號傳遞的橋樑，經由設計的電腦程式來達到自動控制的目的。本研究改善了傳統的導板式導紙機構，可達到導正紙材的優點如下：

1. 導輪旋轉的角度是配合紙材前進速度及寬度，可以快速導正紙材，不會發生導正不及的情形。
2. 因為沒有導板等限制元件，所以不會發生紙材斷裂而停機的情形，將廢料的損失降到最低，達到最有效的生產利用率。

本研究的用意及構想良好，改善了傳統導板式導紙機構的缺點，為瓦楞紙器工廠提供了更先進的選擇。

參考文獻

- [1] 杜光宗 編譯，*控制馬達的應用*，建宏出版社，pp.109-127，民國 77 年。
- [2] 李傳亮 編著，*週邊感測專題製作*，電子技術出版社，pp.220-227，民國 79 年。
- [3] 洪錦魁 著，*精通 Visual Basic 6 中文版*，文魁資訊股份有限公司，pp.45-117，民國 88 年。
- [4] 范逸之 陳立元 孫德萱 程正孚 著，*Visual Basic 與串並列通訊控制實務*，文魁資訊股份有限公司，pp.70-112，民國 89 年。
- [5] 陳瑞和 編著，*感測器*，全華圖書公司，pp.35-40，民國 80 年。
- [6] 張炳榮 杜鳳棋 編著，*電機實驗*，高立圖書公司，pp.62-102，民國 86 年。
- [7] 曾煥堂 編譯，*機電感測應用與技術*，電子技術出版社，pp.70-100，民國 80 年。
- [8] 楊善國 編著，*感測器與量度工程*，全華圖書公司，pp.10.2-10.6，民國 88 年。
- [9] 增田良介 著，*機械控制的感測器技術入門*，夫子出版社 編譯，pp.30-55，民國 76 年。
- [10] 劉銘中 林進誠 著，*PC XT/AT 介面設計與應用 (Visual Basic 6.0 版)*，儒林圖書公司，pp.3.3-3.45，民國 88 年。
- [11] 劉銘中 嚴偉成 黃素玫 編著，*8086 微處理機之界面技術與應用*，儒林圖書公司，pp.42-100，民國 86 年。
- [12] 歐文雄 歐家駿 編著，*工業電子學*，全華圖書公司，pp.43-112，民國 88 年。



圖十一 程式執行流程