

連續噴墨式噴墨頭技術研究

呂植圳

摘要

在本研究中可歸納出連續噴墨（Continuous Inkjet）的原理主要有三個關鍵程序：（1）加壓使墨滴生成，（2）使墨滴產生偏轉，以及（3）墨滴的回收與再利用系統。連續噴墨有特殊的性能價值，包括墨滴的速度高、墨水的化學相容性質好、拋出距離長以及墨滴小。這些性能價值對一些特殊的被印受質均能符合其適性，例如在產品標籤列印中就很有用。因為在某些環境下可以容忍相對較低的列印品質，也就是說不要求像素的位置那麼精確，允許對產品表面的外形以及列印板的精確位置做較大的變動，但是形成的列印標識仍然合格，這也就是連續噴墨技術仍為商業應用的主因。

關鍵詞

噴墨（inkjet）；噴墨頭（printhead）；連續噴墨（continuous inkjet）

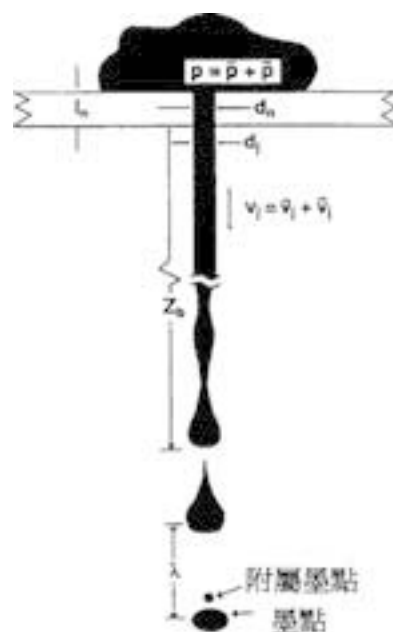
一、前言

連續噴墨（CIJ）與壓電式按需噴墨技術是印表機市場早期的競爭者，它們取代了辦公室及實驗室環境下的點陣式列印操作。電腦及文字處理機的發展使得檔案可以用不同的字體及鑲嵌圖形的方式在螢幕上生成，若要列印完全的字元型式以點陣式印表機是遠遠不夠了。不幸的是，噴墨的可靠性問題以及墨水與紙的列印品質依然嚴重，不能為大多數用戶所接受。因此市場被兩種具有高可靠性的及可以普通紙列印的技術共同佔有著，即點陣式和鐳射靜電複印技術，因此CIJ被驅出了辦公室、家庭以及實驗室，因為CIJ的使用並不適用於普通紙及張頁式紙張。本文就連續噴墨的技術原理及單噴嘴、多噴嘴的技術特性進行研究，最後在分析連續噴墨技術的優劣性。

二、連續噴墨技術原理

連續噴墨（Continuous Inkjet）的原理主要有三個關鍵程序：（1）加壓使墨滴生成，（2）使墨滴產生偏轉，以及（3）墨滴的回收與再利用系統。1878年，由Lord Rayleigh對一個基於不受限制的液體噴頭的所有的連續系統做了著名的分析。圖一一是以圖解的方式說明這種噴頭的基本特徵，液體密度為 ρ ，表面張力為 σ ，速度為 v ，以上均為壓力 P 下的值，墨盒有一個

孔，一個噴嘴，直徑為 d_n 。液體會從孔及噴嘴中流出，形成一個直徑為 d_j 的噴射流，以速度 v_j 移動。噴射流墨滴的直徑大約等於（誤差小於4%）噴嘴直徑。噴射流的速度與液體的流速 Q 成比例，依次與壓力的平方根成比例。



圖一、同步的液體噴射後的斷裂過程

$$v_j = \frac{4Q}{\rho \pi d_j^2} \text{ 且 } Q \propto p^{1/2}$$

當表面波的波長 λ 大於 d_j 時，根據波長的大小不同，噴射流會斷裂成墨滴。液柱的斷裂長度表示為 z_b 。一般墨滴的直徑大小 d_d ，且 d_d 大約近似於 $1.9 d_j$ 。根據 Rayleigh 的分析，已經意識到通過將斷裂同步成一個特殊的波長範圍 λ ，即 λ 為 d_j -

$10d_j$ ，則能將墨滴的分佈縮窄。在噴嘴處，若以正確的頻率 f 將噴射流的速度 v_j 干擾，則可引入同步的波長。

$$f = \frac{v_j}{\lambda}$$

其中，且有，

$$\lambda = Ld_j \text{ 和 } d_d^3 = 3/2 Ld_j^3$$

有了這些方程式，就可以開始進行連續噴墨解決方案的設計程序了。在應用要求上會產生對油墨配方的選擇以及對墨滴體積的近似的的要求。通過控制油墨的性質，能夠改變墨滴的體積大小。因而，噴射流的直徑大小 d_j 取決於墨滴體積大小以及所選擇的干擾波的波長 λ 。實際比率 L 的範圍為 λ 到 d_j 間，為4.0-7.5，並且通常在4.5-6.0之間。速度 v_j 實際限定在8-20m/sec之間。如果墨滴的衝擊動量很大，其上限為受基質飛濺現象的限制，其下限為墨滴行進時所產生方向的不可靠性的影響。

同步頻率 f 決定於 v_j 及 λ 。在實際墨滴體積、波長以及速度的運行時，會發現大於4的墨滴頻率範圍。噴嘴直徑和運行壓力也要隨著噴射流大小和所選擇的速度而變。下面給出的示例是假設系統需要的是100pL的墨滴。

$$\text{墨滴體積, } V_d = 100\text{pL} = 10^{-7}\text{cm}^3$$

$$\text{墨滴直徑 } d_d = 57.6 \mu\text{m}$$

噴射流直徑 $d_j = 30.5 \mu\text{m}$

$L, \lambda / d_j$	v_j 噴射流速度	f ,墨滴頻率
4.0	20m/sec	164KHz
4.0	14 m/sec	115KHz
7.5	20 m/sec	87 KHz
4.0	8 m/sec	66 KHz
7.5	14 m/sec	61 KHz
7.5	8 m/sec	35 KHz

上面的表顯示出墨滴生成器運行的頻率可能最低為35 KHz，最高為164KHz。標準的運行條件為 $L=5.0$ ， $v_j=16 \text{ m/sec}$ ，且 $f=105 \text{ KHz}$ 。

圖二的示意圖表示的是更完整的CIJ運程序。噴射流斷裂成小滴（如圖一所示），這是墨滴偏轉與墨水回流共同作用的結果。在圖二的示例中，對速度的同步干擾是由一個壓電振動器來完成的，該裝置安裝在噴嘴對面的一個圓錐形的墨盒壁上。聲波激盪是最常見的一種CIJ干擾形式，但是也已經有對很多其他的方法進行了研究。在下面討論多噴嘴配置時，會提及其中的一些方法。速度干擾的大小只需要是額定墨盒壓力的幾個百分比。一般的運行壓力會在5-50psi的範圍內。壓電感測器以及噴頭共鳴設計，需要在噴嘴處產生小於2psi的聲波激盪。

對大多數CIJ系統來說，墨滴帶電的程序是墨滴彈道的唯一的控制點。帶電之後，墨滴會在靜電學及空氣動力學意義上彼此之間相互作用，在穩定的電場作用下發生偏轉，或者是由於墨滴電荷間的自感應作用。CIJ系統可以將墨滴偏轉擊向列印板的位置，減小了多個電荷的值，並且，爲了對電量值進行微調，可能還要有高精度的數位到類比的轉換器（DAC）。

65

偏轉場的排列頗似一個平行板電容器，產生一個電場 E ，帶電的墨滴從中飛過。 E -場為電壓 V_{dp} 除以板間的距離 y_{dp} 。作用在墨滴上的力是 $q_d E$ ，其中， q_d 是墨滴的電量。如果 E -場垂直於標準噴射速度 v_j ，那麼，離軸偏轉 y_d 是在電場中的穿行距離 z_d 的函數，如下所示：

$$F_y = q_d E = m_d a_y$$

$$\begin{aligned} v_y &= \frac{q_d E}{m_d} t \\ y_d &= \frac{1}{2} \frac{q_d E}{m_d} t^2 \\ t &= \frac{z_d}{v_j}, \quad E = V_{dp} / y_{dp} \\ v_y &= \frac{q_d V_{dp} z_d}{m_d v_j y_{dp}} \\ y_d &= \frac{q_d V_{dp} z_d^2}{2 m_d v_j^2 y_{dp}} \end{aligned}$$

實際上CIJ噴頭的配置遠沒有這麼複雜，所以 y_d 偏轉可能是沿飛行路線上所有不同力量的偏轉力的綜合。主要的偏轉設計參數顯而易見：墨滴電量、偏轉電壓、偏轉板間距、飛行距離以及噴射速度。墨滴的質量基本上是根據應用的要求而定。

對偏轉系統的限制條件是來自穩定且可靠性方面為主要的考量要素。板間距應

該大於要求的偏轉，否則墨滴會衝擊到板上。電壓越高越好，除非有空氣擊穿或者電弧出現。飛行距離長些比較好，除非會使開啓及關閉（start-up and shut-down）裝置變得複雜，並且會增加墨滴間所要發生的相互作用的時間。墨滴電量高意味著帶電電極間距需要變小些，否則，電壓高也會使SUSD及墨滴間的相互作用變得複雜。取得這些變數間的最佳的平衡是CIJ工程師的最主要的任務。

墨水回收功能中有一些硬體部件要與噴頭連接起來。小溝槽是墨水回收系統中的一個顯著的位置，其中未參與列印的墨滴被收集下來，重新利用。墨滴要著陸到小槽的表面可能很複雜，它會以很小的偏差影響到小槽內及列印墨滴間的擷取操作。通常有一個真空室，以保證能將從列印板間隙中捕獲得的墨滴快速地移走，對偏轉板及小槽尤其如此。在設計上經常將小槽作為偏轉板的一個集成的裝置。

圖二顯示的是一個CIJ噴頭的主要組成部分。對一些應用而言，用一個單獨的噴頭就可以完成，但是有很多應用中要求有多個噴頭來操作。下面將就這兩種情形下的不同的技術事項進行詳細的說明。

三、單噴嘴的CIJ

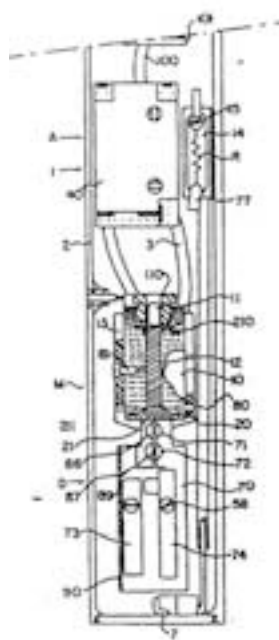
配備有用的CIJ單噴嘴，在列印板上會有多個墨滴偏轉位置產生。商業上的一個

例外是IRIS圖形彩色檢驗工具proofers,它使用的是一個單噴頭/色彩。對極高速的墨滴，採用的是赫茲霧型的工法。問題焦點是要對每個像素位置使用多個墨滴，以提供很多的灰階。被印受質被卷在一個鼓形的表面上，以防止相互間的運動不協調，並可使來回的掃描噴墨的速度達到最大。

目前已可以用最新的機具加工技法製作精良的單噴嘴的噴頭，但是噴嘴和同步壓電感測器使用的是專門的部件。可使用不銹鋼及非粘性的連接件，這樣設計中就可以採用任何的墨水配方溶劑了。圖三中顯示的是來自Imaje S.A.專利中的一個典型的設計。單個CIJ噴嘴能夠提供100pL的墨滴，頻率為200赫茲。

用此大小的墨滴及頻率，可以將一個完整的字元噴寫出來，前提是該字元的位置有足夠精確的位置及範圍。這個前提是多偏轉CIJ工程設計中，存在的一個主要的挑戰。在二十世紀七十年代，A.B.Dick、IBM、Sharp和其他人巧妙地設計出了接近於書信品質的列印效果。

在墨滴的偏轉控制問題上，有兩個主要的方面：一個是整個偏轉規模，一個是墨滴間的相互作用。偏轉規模受所有因素的影響，從上面的方程 y_d 中可以看出來。顯然，所有的變數都要隨著時間發生改變。泵壓力和墨水性質隨著溫度發生改變，從而改變噴頭的速度。墨滴充（帶）



圖三、商業用單噴頭的CIJ裝置。
(美國專利4,743,922，
1988年5月10日頒佈)

電受噴射流斷裂點相對於帶電電極的位置的影響，而電極反過來又受到墨水性質、壓力以及同步信號的影響。對充電電極及偏轉電場的電壓供應都是變化的。列印板的位置基於對受質的控制而改變。要對所有的因素進行足夠的控制，以將整個墨滴的偏轉範圍控制在額定值的幾個百分比內很困難，需要進行檢測和反饋測試。

墨滴到墨滴間的影響亦是重要的，甚至更為困難，因為它們是隨資料的改變而定的。那麼就是說，在一個多偏轉的系統中，在由帶電電極到列印板的空間中，會出現很多的電荷序列以及墨滴的飛行路

線。首先，帶電程序本身就要受到離墨滴斷裂點最近的三個墨滴的影響。在上面的100pL示例中，選擇的 $\lambda = 4.5d_j$ ，最近的墨滴的距離分別為 $137.5 \mu\text{m}$ ， $275 \mu\text{m}$ ， $412 \mu\text{m}$ 。根據它們的電位，這些墨滴會對新墨滴的帶電產生15%內的影響。列印帶電控制回路需要對帶電電極進行改變，以抵消前面的兩個墨滴。

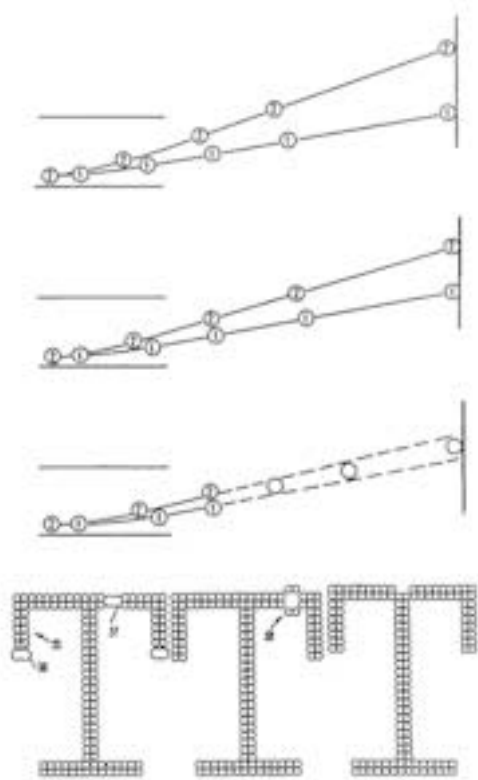
第二，當墨滴飛過偏轉區中的空氣時，靜電引力、斥力以及空氣動力都會影響到最近墨滴的路線。圖四來自於1978年IBM的一個專利，表示出會出現的圖像錯誤和缺陷。上面的一組顯示的是兩個相鄰的墨滴的飛行彈道，其目標是朝向兩個不同的像素位置。最下面的一個彈道組，墨滴是朝向受質上的相鄰的位置，但是，在飛行中重合了，結果是在受質上出現了一個大的墨滴。在圖四下面的位置上，顯示出的字母“T”中有墨滴間的相互作用缺陷發生。T字元的下端，發生偏轉的墨滴最少，而橫臂上發生偏轉的墨滴最多。

在第一個T中，橫臂的兩端有兩對墨滴，橫臂上接近垂直的位置也有兩對墨滴，顯示為發生了重合，並且著陸在一起。發生這種情況，是因為它們是在發生重大偏轉時的第一個墨滴，因為它們是第一個，遇到更多的空氣，速度降低，被隨後而來的墨滴追上了。在第二個T中，橫臂上有兩對墨滴，離開了所應在的像素位

置。這些墨滴的帶電量高，所以發生偏離，到了偏離範圍內的最高位置。它們的靜電斥力要比空氣動力重合效應的墨滴要強，所以它們相互間排斥，離開了正確的彈道位置。在第三個T中，垂直方向的衝擊沒有出現在橫臂的正確的位置上。在這種情形下，垂直方向衝擊的墨滴在空氣動力學的意義上漂移開了，要比橫臂上的墨滴更快速地通過了偏轉區，所以沒有發生足夠的偏轉，即在直線上出現。

目前已經研究了很多有關控制墨滴間相互作用的策略。只要簡單地使用非列印墨滴、保護性墨滴，就可以實現減少誤差的目的。然而，每個額外的墨滴都有提高所需要的墨滴頻率，或者減少穿過的可能性的作用。

最後，對墨滴電荷本身進行調節，期望在墨滴飛行的過程中，就發生彼此間的相互作用。已經研究出了一些很複雜的程式，此程式可以在對所選擇的墨滴類型進行實際的空氣動力學以及靜電力學相互作用的測量後，可以對前面的三個墨滴以及後面的八個墨滴的運行做出解釋。該資料被轉換成一組數位的備查演算法表，可以根據列印資料流程對其進行檢查。最後，用一個十位元的數位到類比的轉換器（DAC）分析墨滴帶電電極的電壓。如使用上面所有的昂貴的工具來製造，則可以獲得偏轉範圍1%內的極佳的墨滴分佈。



圖四、CIJ多偏轉系統中墨滴與墨滴間相互作用的缺陷。
(美國專利4,086,601, 1978年4月25日頒佈)

四、多噴嘴CIJ

一個單噴嘴的CIJ滿足不了很多應用情況下對列印的要求，即便將頻率提高到噴頭物理性質所能允許的最高值。所以，在一些配置中，必須增加更多的噴嘴。採用多個噴頭的措施，立即增加了很多新的複雜的因素。如果兩個噴頭每秒鐘就可以提供足夠墨滴，那麼將單噴嘴的配置簡單地

加以擴充，就可能變得可行。也就是說，兩個噴嘴可以共用一個小槽及偏轉板部件，而且可能在製作的複雜性及設計方面也不需要太多的增加。

如果需要更寬的列印帶，或者要求更高的墨滴生成速率，那麼至少需要對噴嘴以及帶電電極進行配置。在配置中強烈要求有一個通用的墨滴生成器和同步信號感測器，這樣，墨滴間的定時關係則可以預見到。在將此步驟變成配置的過程中，由於噴頭製作和設計有其基本的原理，使技術困難的數量級別大大增加。在斷面區域內，噴嘴應該是十分統一的，並且製作成位於指定位置的幾個毫米的範圍內。而且，每個帶電電極都必須加以標識，與噴嘴的對正只能有幾個毫米的誤差。如果配置在長度及行列上有變化，則完成製作及滿足部件誤差的成本將更為昂貴。

大多數的CIJ配置是由聲波壓力同步調製的。有必要在設計結構上進行大的工程設計的嘗試，這樣才不會減弱共鳴頻率。在液柱斷裂長度上，對不同噴嘴的不均勻的干擾，所造成的主要的結果就是偏差。因為帶電電極是成組排列在一起的，不能調節成與噴嘴有著不同的間距，所以帶電偏差只能來自源於斷裂長度的不同。此外，如果激盪是不均勻的，則噴墨過程中的伴隨行為會因為墨滴的不同而異。

由於有這些技術上的困難，因此研究

出了一種同步的方法，可以採用這種方法，由連續噴墨之間進行調節。在噴嘴出口處使用電極的水電動力（EHD）的激盪方法，且已經顯示出了一些希望，它在噴嘴的出口處，設計有一個使用熱汽泡噴嘴式（TIJ）電阻器裝置的熱激盪存在。已經有報告提到，在磁墨系統中，使用鐳射激盪和磁水動力激盪法。儘管EHD和TIJ方法可以用在噴墨間的調節方式進行控制，也需要一些昂貴的感測器及調節的閉環控制系統。

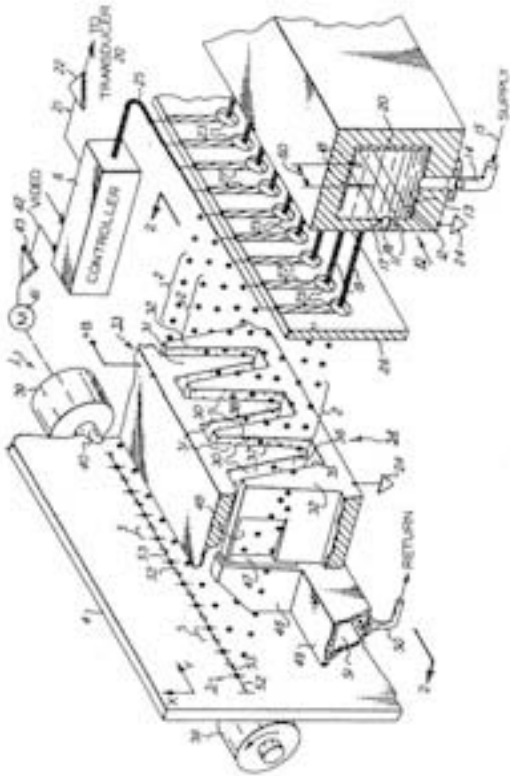
所有的商業多噴頭CIJ配置中，使用的都是二元或近似二元的偏離系統。如果嘗試在一個多噴頭的配置中使用上面討論過的多位置偏轉法，則挑戰就變得更為嚴峻了。有一些引人注目的理由要人們做出此種嘗試，首先，在單像素光柵間隔間，很難操作這些噴頭，也就是說，如果人們想列印一個300dpi的光柵，那麼，以一個300噴射柱/英寸的間隔才有效，即在 $85\text{ }\mu\text{m}$ 的中心上。因為噴射柱墨滴本身的直徑 d_j 就可達 $30.5\text{ }\mu\text{m}$ ，從靜電學及空氣動力學的意義上說，最接近的噴射柱相互間是會發生作用的。而且，帶電量不小的帶電電極無法被隔離，甚至無法有兩倍的間隔，即 $170\text{ }\mu\text{m}$ 。因此，必須將噴射柱放在多倍的光柵間隔上，可能至少為四倍，很可能更高。如果墨滴向側面偏轉，填充在從左到右的掃描線上，儘管受質是採用單次列印

的方式，噴頭也會將整個圖像帶寫滿。多偏轉方法的第二個好處是，可以更有效地利用所產生的墨滴，在普通的運行條件下，每個噴射柱產生頻率為100KHz的100pL墨滴，如果用於寫入一個單個的300dpi的光柵掃描線，受質需要以333英寸/秒的速度輸送，才能完全地利用和配合墨滴的速度。如果這些墨滴能配合更慢的受質輸送速度，則可列印多個左右掃描線，那麼大多數的應用都會得到滿足的。

早在二十世紀八十年代，Xerox公司就努力嘗試，開發出了一個11.3英寸的多偏轉的噴頭。噴頭有100個以上的噴射柱，每個噴射柱都可以在一個300dpi的光柵上，列印出32像素的位置，就像一張張頁氏的紙在一個密封控制的真空中傳送一樣。圖五中顯示的是Xerox公司專利中複雜的噴頭的一個改良的產品。它是以一個使用寬幅面噴頭的雙色印表機，可以用300dpi的解析度、以每分鐘90頁的速度進行黑色及高亮彩色的列印。上面所討論的在單噴射柱系統中的墨滴發生器、帶電電極以及偏轉控制系統均仍可採用。在此情形下，有兩個800萬像素的彩色圖像，每個都能在667秒內完成列印。附近的電子部件需要以比240M位元/秒更高的數量級的速度能力運行，因為對每個墨滴來說，都要考慮11個墨滴間的相互作用。這樣一個頗具野心的多偏轉噴墨方法，其成本及可靠性經證明是不可行

的。

人們已經嘗試只用幾個偏轉位置，即4-8個來配置系統。然而，這樣也還是不得不面對控制每個噴射柱的範圍以及所有的噴射柱中墨滴與墨滴間的相互作用的困難，儘就其他配合的部件而言，其昂貴的價格就難以避免了。



圖五、Xerox多偏轉大幅面CIJ矩陣設計。（美國專利4,347,521,1982年8月1日頒佈）

如果將二元偏轉用在多噴嘴噴頭中，那麼，複雜的偏轉板、墨滴回收槽以及墨滴相互作用補償部件就可以不用了。事實上，整個偏轉方法還能用在使墨滴回收槽與列印彈道之間的產生的誤差達到最小。Scitex公司於1998年發表過一款CIJ系統，它將一個平面電極放在與每個噴頭正好接近的地方，這樣可以使墨滴發生改變，它還會對液柱本身起到拖拉的作用，墨柱在斷裂後，墨滴結構性的飛向著陸表面。帶電的墨滴被其本身在導體中感應的圖像的電荷所吸引，並且最終闖入其中。未帶電的或帶電少的電荷飛過著陸表面，打在受質上。每兩個噴頭是分開的，但是彼此間相互交錯，它們能共用一個墨滴發生器、聲波激盪器，而且每個噴頭排有一個外部的著陸點，用於收集墨滴。對一個多噴頭的CIJ裝置來說，這種配置可以將可靠性和成本最大化。缺點仍然是生成的墨滴要比每個噴頭所標識出來的、各條掃描線所需要的墨滴多的太多。

五、連續噴墨的優勢與劣勢

連續噴墨式印表機能夠被配置成提供最高的墨滴速度，對任何噴墨類型均適用。無論應用對墨滴的性質與體積有怎樣的要求，都會有一個CIJ的解決方案，至少對該問題中墨滴生成器部分如此。如果能夠提供較高的供應壓力（電源電壓），則能

夠對可產生幾個picoliter墨滴的很小的噴嘴進行可靠的操作。

在材料的選擇上，若與運動壓力實際產生的墨流相比，因為噴射流斷裂同步化只要求小振幅，總是在一個密封、加壓的小盒壁上或其他位置使用一個聲波裝置來完成。這就使得對墨滴生成器及液體路徑的工程設計，則可以用任何實際上能耐受液體，甚至熔融金屬的材料。唯一可能不被接受的墨水配方是不能被感應帶電的，即，那些甚至不能進行適度導電的材料。

如果對列印或非列印的墨滴進行選擇時，若可以接受二元偏轉，那麼帶電及偏轉部件的配置變就變得簡單了。小槽內的墨水確實得被收集起來，並被重新引入到噴頭中，所以一些形式的真空或高壓的墨水供應系統，就成了一個不可回避的成本因素。如果要求墨滴的速度很高，那麼根據成本效益原則，選擇的是一個二元的CIJ系統，而不是一個按需噴墨式的系統。

CIJ裝置的發明及商業化開發是與微壓電式按需噴墨技術同期出現的。但是，從工程設計費用、噴頭及其他部件製造成本方面而言，將此項技術應用到大矩陣中，成本太高。還沒有證據顯示，一個CIJ系統可以實現用戶意義上的完全的自動化。除非CIJ噴頭及墨水處理系統的製造成本足夠低，在適度使用後，有標準元件可以任意使用，否則對成本及可靠性方面的考慮，

會限制CIJ解決方案的市場化。

六、結論

CIJ移向了市場的一個適當位置，這說明它有特殊的性能價值：墨滴的速度高、墨水的化學相容性質好、拋出距離長以及墨滴小。前三個性質在產品標籤列印中很有用。這些環境可以容忍相對較低的列印品質，也就是說不要求像素的位置那麼精確。允許對產品表面的外形以及列印板的精確位置做較大的變動，但是形成的列印標識仍然合格。如果要求有適當的穿透速度，那麼，不需要做過多的墨滴間的相互作用的空氣動力學抵消，也不需要對所有的噴頭技術施加複雜的閉環控制，就能夠使用多偏轉的、單個的噴頭。如果要求的速度更快，就要使用一個二元偏轉型的CIJ噴頭。在任何一種情形下，對大多數部件來說，都能使用傳統的零件製造材料及技術程序，任何墨水化學性質都能適應。一個半專業的操作人員就可以進行參數的設置，以及防止或恢復大多數的故障模式的維護任務。

墨滴速度高的特性已經在大幅面二元型噴頭中被採用了，其在捲筒型紙上的噴繪接近打字效果。這種印表機已經被使用有二十年了，用來產生個性化的郵寄宣傳品。在這種應用中，捲筒型送紙要比張頁式紙型送紙優越，因為涉及到不同的後端

插入、切紙、折紙以及密封操作。目前已經可將10頁/每秒的CIJ印表機應用到該操作中，儘管先進的鐳射靜電影印機的速度可達3頁/秒。如果製作列印的寬度為48英吋或更寬，則CIJ的成本比較經濟，那麼，可能將它們用到其他捲筒式的應用中去，甚至用於更短版的織物印花中。

CIJ能夠以高頻率產生很小的墨滴的性能被應用在IRIS彩色打樣設備中。因為CIJ所有的色板的墨點都是由一個單噴頭生成的，且多噴嘴噴射矩陣的因素是以高密度光柵生成也不會損害列印的品質。所以列印結果是接近照片色彩的圖像。一些當代的平面藝術工作者正使用IRIS這種彩色噴繪機列印輸出電腦合成的圖像，因其品質近乎照片及平版印刷。

參考資料

1. Drake,et al., "printhead for an inkjet printer," U.S. Patent 4,638,328.
2. J.Eaton, "Method and apparatus for synchronizing droplet formation in a liquid stream," U.S. Patent 3,878,591.
3. Crean,et al., "Bipolar inkjet method and apparatus," U.S. Patent 4,395,716.
4. P.Ruscitto, "Non-sequential inkjet printing ," U.S. Patent 4,054,882.
5. Fillmore,et al., "Sequential inkjet printing system with variable number of guard drops," U.S. Patent 4,086,601.
6. Regnault,et al., "Ink jet single-nozzle printing head," U.S. Patent 4,743,922.
7. R.Teumer., "Tilted deflection electrode method and apparatus for liquid drop printing system," U.S. Patent 4,347,521.
8. J.Schneider, "Two row flat face charging for high resolution printing," U.S. Patent 5,801,734.
9. W.Chocholaty, "High voltage deflection electrode apparatus for ink jet," U.S. Patent 3,955,203.
10. Chun,et al., "Production of uniformly sized metal droplets," U.S. Patent 5,266,098.
11. Bassous,et al., "Jet nozzle structure for electro-hydrodynamic droplet formation and inkjet printing system therewith," U.S. Patent 3,949,410.

呂植圳／南華大學專任講師