

平台式雕刻機之設計與製作 Platform engraving machine design and production

王恩海

En-Hai, Wang

黎明技術學院機械工程學系

Department of Mechanical Engineering, Lee-Ming Institute of Technology

摘 要

雕刻機目前已廣泛使用在模具業、廣告業及電子業等，需要各種精細複雜加工之行業中。對於各種凹凸的浮雕加工更是輕鬆自在。但是此類相關的產品都在市面上均屬於昂貴的奢侈品，非一般個人能力所能及。如何製作高精度，低成本的雕刻機，即為本文探討的目標。因此利用此次機會，製作出一台體積小，精度高的小型可移動平台式雕刻機。

關鍵詞：雕刻機、數值控制

Abstract

Engraving machine has been widely used in the mold industry, the advertising industry and the electronics industry, which require delicate and intricate process of the industry. For a variety of uneven relief process is at ease. But such related products are in the market belong to the expensive apparatus, non-ordinary individual can have. How to make a high-precision, low-cost engraving machine, is discussed in this paper. So use this opportunity to create a small, high-precision small mobile platform engraving machine.

Key Words: Engraving machine, Numerical Control



1. 前言

雕刻機的依據是銑床，機床又是製造機器的設備，人類步向文明的過程中，工業生產和國家社會建設，無一不需要這稱為工作母機的銑床。因而有了研製此小型雕刻機的動機。雕刻機可在許多不同領域上應用，其結構也有相對應的設計，針對諸多不同應用提出合理有效的理論結構設計，選擇其中一種進行三維建模、分析計算和運動分析，為同類數控設備的結構分析、設計及改進打下一定的基礎。當今，數控領域的技術日趨成熟，小型雕刻機的應用也逐漸滲透到各行各業當中，而能根據需求定制合理有效的產品是對企業或是個人最大的貢獻。

此外，隨著現代工業的發展，產品型態對市場的影響力越來越大，單純工業型的數控銑削加工已很難保證產品的精密要求，而且也很難獲得具有文化內涵的型態來因應市場需求的變化，因此，CNC 雕刻加工逐漸在現代製造領域承擔起生產更精密的產品任務。

在早期的機械雕刻中，用得比較多是仿形銑，仿形銑比手工雕刻的優勢往往呈現在產量的增多和更容易把握雕刻材料的性能，但難以精確保證尺寸精度和加工精度。操作者沒有完全扔掉手中的刻刀，仿形銑只是提高產量的工具，整個雕刻加工只是對產品進行簡單的複製，與工業化要求相差甚遠。

在近十幾年中，電腦科技的進步與自動化技術在機械製造得到廣泛運用，人們一直希望這些先進的生產技術能應用於雕刻這個傳統行業中，CNC 雕刻技術和 CNC 雕刻機的出現終於把人們這個多年的夢想

現實了。

CNC 雕刻技術是傳統雕刻技術和現代數控技術結合的產物，它繼承了傳統雕刻精細輕巧、靈活自如的操作特點，同時利用了現代數控加工中的自動化技術，將兩者結合在一起，成為一種先進的雕刻技術。所有這些技術最終都是通過 CNC 雕刻機轉化為真正的生產能力 CNC 雕刻機集電腦輔助設計技術(CAD 技術)、電腦輔助製造技術(CAD 技術)與數控技術(NC 技術)等精密製造技術於一體，是目前最先進的雕刻策略，這代表最先進的雕刻技術是使用 CNC 雕刻技術和 CNC 雕刻機已經成為雕刻這行業的一種潮流。[1]

十八世紀末，莫茲利決定使用機械工具來協助生產，之後的十六年，發明了精密的工具機，新式機床從此誕生了。從十八世紀中葉工業革命開始，外國幾乎一直是機械工業的領導者。其成熟的理論、雄厚的教育，是科技進步的助推器。強大的研發實力使雕刻機的不僅在結構分析、設計，也在運動學分析、仿真等方面取得豐碩成績，在功能、應用領域等方面也有深入的研究與實際的應用[2]。

雕刻機的應用在各行各業中的應用已日益廣泛，然而國內市面上出現的雕刻機，雖然性能較好，但價格也非常昂貴。普通的雕刻機都是幾十萬元以上，令一些小公司及個人使用者望而卻步。針對不同的應用領域，所要求的雕刻機的性能亦不相同。本文的目的就是利用個人電腦來控制雕刻機，以提供一種低價高效、簡便的數控雕刻系統的解決方案。可以為中小型企業，尤其是個人使用者提供低價的雕刻機，從而拓寬現有雕刻機的使用群，普及國內雕刻機族群。



2. 設計特色

雕刻機的控制系統是透過個人電腦通訊埠向外發出脈衝訊號，經過光耦合器與放大電路將訊號傳送至步進馬達。所輸入的任何文字、圖案、線條或是影像檔，經由電腦軟體的向量化後，轉成平面線條或是空間曲線之圖形文件，並產生 X、Y、Z 三軸的雕刻刀具路徑，再由控制器把這些資訊轉化成能驅動步進電機或伺服電機的信號。同時，雕刻機上的高速旋轉雕刻主軸，對固定於主機工作臺上的加工材料進行切削，即可雕刻出在電腦中設計之各種平面或立體之浮雕圖形及文字，實現雕刻自動化作業。雕刻機在加工過程中，可以動態調整加工深度。在加工過程中，可以動態調整加工速度和進刀速度。可在惡劣環境中使用。

機身為定柱式龍門加工機時，顧名思義就是它的立柱是固定在機身上面不移動的，立柱上之 X 軸與 Z 軸做左右與上下之運動，而 Y 軸固定在機身上面做前後運動。此機構設計之最大優點為剛性與幾何精度均較動柱式機種來的高一些；因為減少三軸同時在一活動機構上面所產生的幾何堆疊誤差且立柱之設計可設計出剛性較高之結構，適合作高速高精之加工。一般來說，是的使用在注重機器剛性與精度的場合會之加工機，在機身的用料方面，選用鋁或鋼材，這些材料會影響機器的剛性，剛性也會對加工精度有所影響。本文是使使用鋁板，這是因為加工性比鋼好，而剛性也比木材好。

3. 主要參數

圖 4 是本文設計與製造出的平台式雕

刻機機台的外觀圖，該雕刻機的主要參數如后：

最大加工範圍(X×Y×Z)：

300×250×150(mm)

機台體積(長×寬×高)：

600×420×500(mm)

主軸馬達功率：400W

主軸轉速：28000rpm

步進馬達轉矩：4.0 N·m

最高移動速度：1 m/min

最大夾持刀具直徑：6mm

脈衝當量：0.01mm

4. 結構設計

雕刻機總體配置的基本要求有以下幾點：

- (1) 首先必須滿足如加工範圍、工作精度、生產率和經濟性等等各種要求。
- (2) 確保實有加工方法所要求工件和刀具的相對位置與相對運動。在合理的條件下，儘量採用較短的傳動鏈，以簡化機構，提高傳動精度和傳動效率。
- (3) 應便於觀察加工過程，便於操作、調整和維修，便於輸送、裝卸工件和清理，注意防護，確保安全。
- (4) 結構簡單，合理可靠，便於加工和裝配。

工作表面形成方法及運動相同，而雕刻機的運動分配不同，雕刻機的配置也會不同。對於同一種運動分配的配置，由於導軌的安裝和其他結構形式的不同，也將使雕刻機的配置出現變化，在雕刻機運動時，一般應注意一下幾點：

- (a) 移動部件的重量應儘量輕。在其他條件相同的情況下，移動部件的重量越小，所需電機功率和傳動件的尺寸也越小。



- (b) 應有利於提高加工精度。
- (c) 應有利於提高雕刻機剛度，縮小占地面積。
- (d) 工件的尺寸重量和形狀的影響。

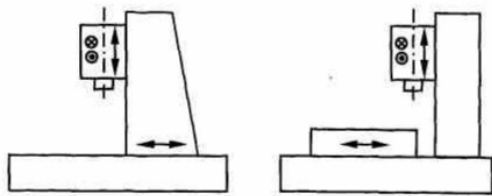


圖 1 動柱式龍門

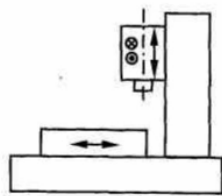


圖 2 定柱式龍門

這兩種配置都是採用龍門式框架結構，雕刻機的剛度均較高。

圖 1 中，工作臺固定，雕刻頭作橫向和上下移動，立柱作縱向移動。該方案便於變形為不同縱向長度的雕刻機。由於工作臺不動，承載能力好，適合加工較重的工件。在使用外伸支架支撐縱向長工件進行批量加工時，支點高度相同，故支架支撐調整方便。但雕刻主軸運動精度較難保證且立柱移動較笨重。動柱式龍門另一項優點是它的 Y 軸長度是定柱式龍門的一半，較節省空間。

圖 2 中，立柱固定，雕刻頭作橫向和上下移動，工作臺作縱向移動。承載能力較圖 1 差。若設計所承載的工件較輕，這種佈局方式所需電動機功率和傳動件的尺寸較小，移動較輕便。在使用外伸支架支撐縱向長工件進行批量加工時，支點高度相同，故支架支撐調整方便，但支架結構較圖 1 略顯複雜。該方案的最大優勢在於雕刻主軸運動精度較易保證。

經以上比較，充分考慮到機台配置的基本要求、影響機台配置的基本因素及三座標數控雕刻機的設計參數，可採用圖 2 的方案。

我們採用了結構簡單且剛性較好的定柱式龍門機台其主要結構有底座、導軌、龍門架、工作臺和主軸元件等部分。

二塊厚的 L 形鋁板底部與 Y 軸滑塊固定作為立柱，二塊鋁板的上部也用鋁板連接，達到穩定作用，Y 軸圓柱導軌的兩端分別安裝在底部前板和底部後板的安裝孔中，成為支撐龍門架與 Y 軸導向之作用，X 軸圓柱導軌安裝在兩立柱上的安裝孔中，使橫樑與 X 軸導向有支撐作用，X 軸滑塊上連接 Z 軸上下板，與 Z 軸圓柱導軌及 Z 軸滑塊一起構成 Z 軸機構，各軸的進給運動均採用步進馬達驅動螺桿的方式，而雕刻機的運動分配不同，雕刻機的配置也會不同(如圖 3、4)。主軸的安裝如圖 5。

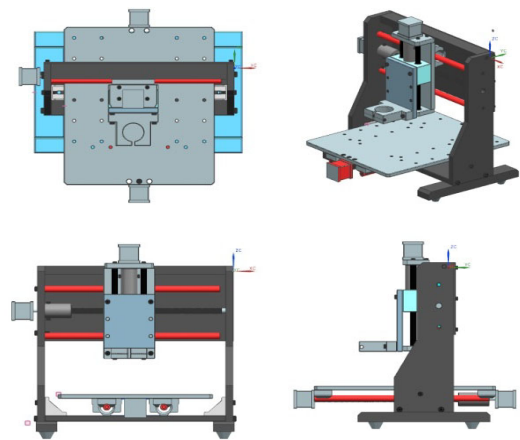


圖 3 平台式雕刻機設計圖(設計概念)

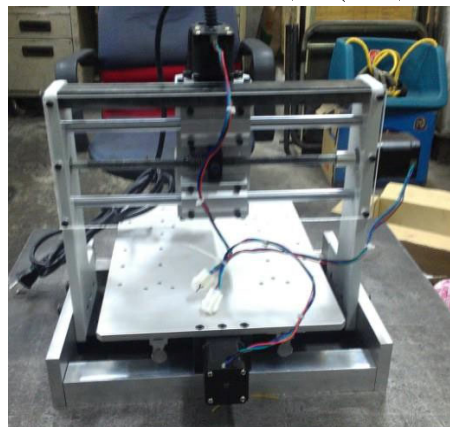


圖 4 機台組裝





圖 5 主軸馬達

為了機台整理方便把交換式電源供應器與 XYZ 三軸雕刻機步進馬達驅動器固定於機身側邊(如圖 6)。



圖 6 機床側邊電機固定處

5 傳動裝置的選擇和計算

(1)步進馬達的選擇(以 Y 軸步進馬達為例)

已知條件

拖載質量： $w=20\text{Kg}$

時間常數： $\tau=25\text{ms}$

絲桿螺距： $t=1\text{mm}$

脈衝當量： $\delta=0.01\text{mm}$

步進角度： $\theta=1.8^\circ$ 傳動比： $i=1$

最大移動速度： 1m/min

Y 軸馬達上拖載的轉動慣量為

$$J_1 = w \left(\frac{1}{2\pi} \times \frac{t}{10} \right)^2 \times i^2 = 0.0051\text{Kg} \cdot \text{cm}^2$$

絲桿的轉動慣量為

$$J_2 = 0.0468\text{Kg} \cdot \text{cm}^2$$

總轉動慣量為

$$J = J_1 + J_2 = 0.0519\text{Kg} \cdot \text{cm}^2$$

系統快速空載啟動所需的力矩為

$$M = M_{amax} + M_f + M_0$$

其中 M_{amax} 為快速空載時折算到馬達上的加速度力矩

M_f 為折算到馬達軸上的摩擦力矩

M_0 由絲桿預力所引起，折算到馬達軸上的摩擦力矩

$$M_f = \frac{fW}{2\pi r} = 3.42\text{N} \cdot \text{cm}$$

並假設 $M_0 = 0$

$$M = 12.12\text{N} \cdot \text{cm}$$

為了使步進馬達不失步、不越步，所

以

$$M_q \geq \frac{M}{0.3 \sim 0.5} = \frac{12.12}{0.4} = 30.3\text{N} \cdot \text{cm}$$

步進馬達最高工作頻率為

$$f = \frac{V_{max}}{60\delta} = \frac{1000}{60 \times 0.01} = 1666.67\text{Hz}$$

依此條件選擇最佳步進馬達 57BYC450C。

(2)主軸馬達的選擇

依據可能最大負載:刀具直徑 $d=2\text{mm}$; 最大進給速度 $v=300\text{mm/min}$; 主軸轉速 $n=4000\text{rpm}$ 。

加工銅的轉矩公式為

$$M = 145d^2 f^{0.8} = 73\text{N} \cdot \text{mm}$$

式中 f 為每轉進給量 mm/r

功率 30.6W



因為市售刻磨機較便宜且取得方便，規格方面遠高於要求，故選用之。[3]

6. 機台測試

雕刻 50x50mm 的正方形以及直徑 50mm 的圓形(如圖 7)進行精度的測量，其結果如表 1 至表 5。

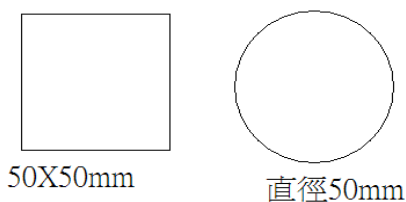


圖 7 精度測試圖形尺寸

上圖為雕刻的 50x50mm 的正方形以及直徑 50mm 的圓形。實際的銑削的結果如圖 8。

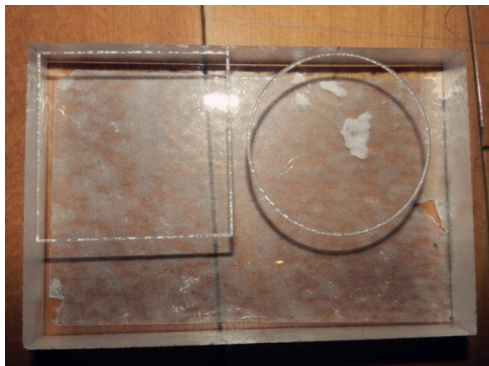


圖 8 精度測試實作結果(壓克力，三角尖刀)

圖 8 的結果經實際量測後，其結果列於表 1 至表 5。測試的邊長與點如圖 9、10。Z 軸測試結果如表 5。

表 1 正方形邊長測試

正方形測試邊長	測試結果
A 邊長	50mm± 0.1mm
B 邊長	50mm± 0.1mm
C 邊長	50mm± 0.1mm
D 邊長	50mm± 0.1mm

表 2 正方形點深度測試

正方形測試點	測試結果
A 點	1.05± 0.01mm
B 點	1.05± 0.01mm
C 點	1.04± 0.01mm
D 點	1.04± 0.01mm

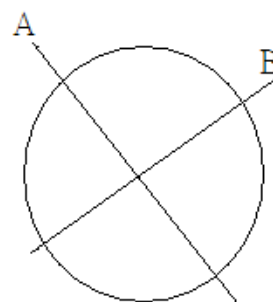


圖 9 圓形測試 AB 線

表 3 圓形 A 線 B 線直徑測試

圓形測試線直徑	測試結果
A 直徑	50mm± 0.1mm
B 直徑	50mm± 0.1mm

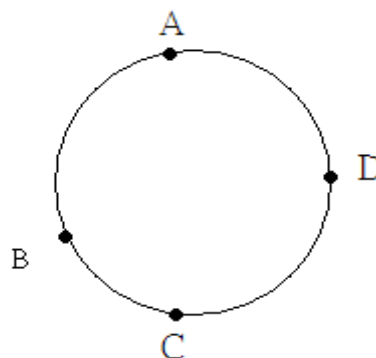


圖 10 圓形測試 ABCD 點

表 4 圓形 ABCD 點深度測試

圓形測試點	測試結果
A 點	1.05± 0.01mm
B 點	1.04± 0.01mm
C 點	1.05± 0.01mm
D 點	1.04± 0.01mm



表 5 精度測試表

測試圖形	邊長/直徑	深度	誤差
50x50mm 正方形	50mm (邊長)	1.04± 0.01mm ~1.05± 0.01mm	±0.01mm
直徑 50mm 的圓形	50mm (直徑)	1.04±0.01mm~ 1.05 ± 0.01mm	±0.01mm

經精度測試後，可以發現，三軸的精度均符合要求。

7. 應用軟體

本文使用 Bmp2cnc[4]的軟體將灰階圖或是點陣圖轉換成 G 代碼後，再從 Mach3[5]開啟先前的 G 代碼檔，如此便會將 G 代碼轉成脈衝的形式，傳送給雕刻機進行雕刻。

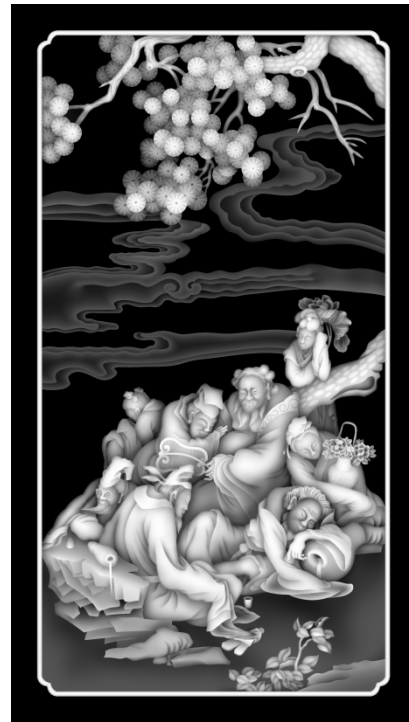


圖 12 雕刻工件原始圖

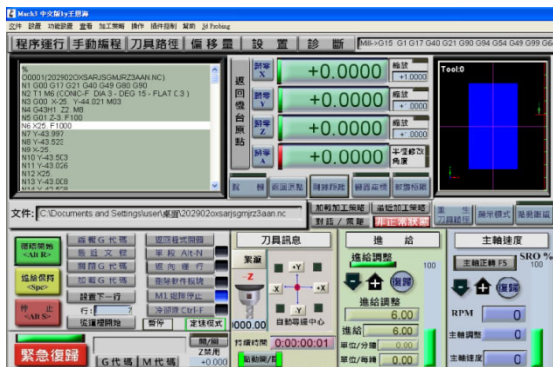


圖 11 載入 Gcode 開始雕刻

8. 結果

將圖 12 的灰階圖，經由 Bmp2cnc 程式轉成 G 代碼後交給 Mach3 製成成品如圖 13。



圖 13 雕刻工件成品(壓克力，三角尖刀，轉速 8000rpm，進給 20cmm)

9. 結論

電腦雕刻機由電腦、雕刻機控制器、雕刻機主機三部分組成。工作原理是通過



電腦內配置的專用雕刻軟體進行轉換，並經由電腦把轉換後的信息自動傳送至雕刻機控制器中，再由控制器把這些信息轉換成能驅動步進電機的信號(脈衝)，控制雕刻機主機生成 X、Y、Z 三軸的雕刻刀具路徑。同時，雕刻機上的高速旋轉主軸，對加工材料進行切削，即可雕刻出各種平面或立體的浮雕圖形及文字，實現雕刻自動化作業。

主軸之馬達是選用手提電刻磨機 HSM-90，其優點是如果要換刀具也比較方便，但無法控制其轉速，噪音振動過大，因為 28000 RPM 操作太久內部軸承會因為過熱而損壞導致工作時間有所限制，整體來說雕刻出工件精度測試誤差值不大於 $\pm 0.01\text{mm}$ ，且機台重量輕且便於攜帶，製作成本低於萬元的物美價廉的機種。

參考文獻

1. 李淵志、CNC 雕刻機操作技能，2006 年，中國勞動社會保障出版社。
2. 夏長植、居榮華、張一寧，2002 年，FTDK5416 雕刻機機械結構的改進設計，包裝與食品機械，第 20 卷第一期，P.34-36。
3. 趙玉剛、刑建國、江世成，數控工藝畫雕刻機機械裝置的設計，1999 年，機械設計與研究，第三九卷，第二期，P.66-68。
4. BMP2CNC, <http://www.mr-soft.net/en/bmp2cnc.html>
5. Mach3, <http://www.machsupport.com/>

