

# 数控雕刻加工中的图像数据处理及其应用

*Image Data Processing and its Application in NC Sculptures*

(宁夏大学)邱润生

Qiu, Runsheng

**摘要:**位图是图像处理中常用的一种图像格式。从位图文件的数据结构出发,将数字图像处理技术与计算机数控技术有机结合,实现了一种基于位图的数控单步多点雕刻加工方法。并且举例说明了该方法在创新设计、研制的砂雕玻璃数控雕刻加工系统中的应用,以及获得的实际应用效果。

**关键词:**数控雕刻机;位图;图像处理;玻璃雕刻

**中图分类号:**TP391

**文献标识码:**B

**Abstract:**Bitmap is a widely used image style in image processing. With the combination of the digital image processing and computer numerically controlled (NC) techniques, we developed a bitmap-based NC single-step and multi-dot method. An example of the application of this bitmap-based method was provided to illustrate how it works in our newly innovated sandblasting glass NC sculpturing system.

**Key words:** NC sculpture device, Bitmap, Image processing, Glass sculpture

## 引言

雕刻技术在印刷、模具制造、标牌及装饰、装潢用玻璃加工等领域应用十分广泛。目前,常用的雕刻加工技术有手工雕刻、化学腐蚀雕刻、激光雕刻、超声波雕刻及数控钻铣雕刻等。各种雕刻技术各有自身的优缺点,分别应用于各种不同的材料和场合。

基于图形图像数据的数控雕刻加工技术是近十几年发展起来的一种新的雕刻技术,它是计算机图形学、数字图像处理技术与数控加工技术高度融合,用于对各种材料表面进行文字、图案雕刻的现代化特种加工方法。从目前已发表的技术文献看,基于图形图像数据的数控雕刻加工技术,根据其在雕刻材料表面形成图案、文字以及标记等的雕刻加工原理,基本上可以归纳为以下两种方法:

(1) 点阵法——直接利用图像的象素点阵数据,按照象素点阵的行列次序反复扫描,控制激光头(或其它能够产生点的机构)在雕刻材料表面蚀刻出一个个象素点而形成图像的方法。

(2) 矢量法——直接利用图形的矢量数据或将点阵图像矢量化之后,控制激光头或砂轮、抛光轮、铣刀等切削工具沿着直线、圆弧、图形轮廓的轨迹,进行激光蚀刻或机械磨削、铣削加工而完成图形图像雕刻的方法。

使用上述两种方法得到的雕刻加工制成品风格迥然不同。矢量法适合表现轮廓分明、线条清晰的文

字、印章、艺术图案等雕刻产品。特别是在使用砂轮、铣刀作雕刻工具时,图形图像的线条、轮廓可雕刻深度较大,加工效率比较高,并且雕刻图案的幅面也较大;点阵法更适宜表现富有层次感、细腻的图形图像雕刻产品,在装饰性工艺品及机电产品的打标等领域得到了广泛应用。但是,目前使用点阵法的数控雕刻加工设备,由于一般采用单步单点的加工方式,雕刻加工速度受到限制,因此雕刻加工的产品图案幅面比较小,关于大幅面雕刻产品实例的报导也很少见到。

因此,笔者提出了一种基于位图的数控单步多点加工的新方法,以提高点阵法雕刻机的加工速度,解决较大幅面雕刻产品的加工问题。位图是 Windows 系统采用的点阵图像文件,是目前最常用的数字图像格式之一。随着 Windows 系统和相关技术的普及和推广,位图文件也得到了广泛的应用和支持。本文从位图文件出发,研究与数字图像处理相关的技术及其在数控单步多点雕刻加工中的应用。

## 1 位图文件

位图是位映射图像的简称,BMP(Bitmap-File)文件是位图数据的存储文件格式,BMP 文件有两大特征:一是可描述多达 24 位彩色的图像;二是以非压缩方式存储,图像数据读取、显示速度较快。虽然位图文件存在信息量庞大的缺点,但是随着存储设备容量的不断提高,这一缺点也得到了弥补和改善。因此,在计算机图像处理中常采用位图格式。位图分为与设备相关位图(DDB)和与设备无关位图(DIB),本文所处理的图像是与设备无关位图。

邱润生:副教授

宁夏自治区科技攻关计划项目(2002-014-05)资助

1.1 BMP 文件的结构特点

BMP 文件由位图文件头、位图信息块和像素阵列数据 3 部分组成。根据图像颜色深度的不同,位图信息块可以进一步分为位图信息头和调色板(颜色表)。BMP 文件可以保存每像素 1、4、8 和 24 位颜色的图像,其中每像素 1、4、8 位的图像均包含调色板,而 24 位图像是真彩色图像无调色板。BMP 文件是计算机屏幕上所显示图像的二进制数据存储格式文件,图像数据自左至右以连续扫描行的形式存储,每一扫描行由表示图像像素的连续的字节组成,每一行的字节数取决于图像的颜色数目和用像素表示的图像宽度。图像的位图数据存储格式与屏幕显示之间有两处不同:

(1) 在 BMP 文件中位图数据是自下而上存放的,即 BMP 数据文件的第一行是屏幕显示的最后一行,行内仍为自左至右;

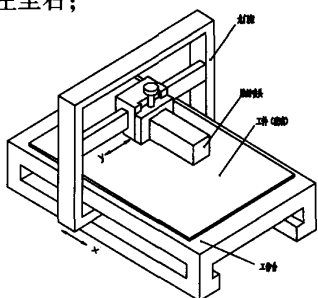


图 1 数控砂雕刻机结构示意图

图 2 像素点阵与雕刻喷嘴、位图数据之间对应关系

(2) BMP 文件中位图数据的每一行像素数目都是 4 的倍数,这就意味着每一行的末端都可能包含有若干额外添加的(非像素值)字节,读取时应忽略。

1.2 位图的预处理

1.2.1 灰度化

图像的灰度化处理就是将彩色图像转换为灰度图像的过程。而原始图像往往大多是彩色的,不能直接获取像素点的灰度值,因此需要对彩色图像作灰度化处理。

8 位或 24 位彩色图像的灰度化处理如下:先取出每个像素点的 R、G、B 分量,然后按下列公式计算出该像素点的等效灰度值(Intensity):

$$Intensity = 0.299R + 0.587G + 0.114B$$

1.2.2 二值化

图像二值化就是将具有多个灰度级的多值图像变为黑白图像的过程。二值化目的是为图像的雕刻加

工提供条件,由于应用数控点阵法雕刻加工的激光器或砂雕喷嘴等雕刻装置的控制开关只有两种状态,要使灰度图像或是彩色图像适用于点阵法雕刻,就需要对它们进行二值化处理。本文采用阈值法对图像进行二值化,其原理为在原图像的灰度区间[ $L_{min}$ ,  $L_{max}$ ]内设定一个阈值  $L_t$ ,且  $L_{min} < L_t < L_{max}$ ,令图像中所有灰度值小于或等于  $L_t$  的像素的新灰度值都为 0,所有灰度值大于  $L_t$  的像素的新灰度值都为 1。

1.3 位图数据的读取

由于位图以像素为基本单位,因此图像的生成、存储、加工、处理都是面对像素点的操作。这就要求首先能够正确的从 BMP 文件中读出每一个像素,然后才能采用特定的算法对图像数据进行直接处理,以满足雕刻加工的具体应用要求。在 BMP 文件中,像素的读取操作与像素的存储格式密切相关。由于在每像素 1 位和 4 位的位图数据文件中,每个像素只占一个字节的一部分,因此需要正确找出数据代码的移位数和掩码。读取 2 色、16 色、256 色或真彩色图像数据时,只要改变相应掩码和左移位数就可以。

2 数控雕刻加工方法的原理

由计算机图形学可知,图像是由图形元素,即像素组成的二维矩阵。一幅图像由许多个象素点组成,每个象素点包含着反映图像在该点的明暗和颜色变化等信息,任何字符和复杂的图形图像都可以看作是由点集合而成的像素点阵。

目前,使用点阵法获得图像的数控雕刻机均采取扫描象素点阵的工作方式,让雕刻头装置(激光束或其他可蚀刻、产生点的机构)与被雕刻材料之间作相对运动,并由计算机按照象素点的明暗信息,控制雕刻头装置“打点”或“不打点”的两种工作状态,使得雕刻头装置按所需的图案轨迹进行刻画,从而在被雕刻材料上得到由点或线构成的一幅图像。数控雕刻机的扫描一般是以步进电机为动力,步进电机将数控系统的数字脉冲信号转换为直线位移,通过传动机构带动雕刻头装置作往复直线、间歇的“步进”运动。

单步单点雕刻加工:基于上述雕刻工作原理,雕刻头装置每走一步打一个像素点,一步一步,一行一行地来回打点,直至全部像素点雕刻完成。目前使用点阵法的数控雕刻机大多都采取这种方法,文献 34 即为典型代表。

单步多点雕刻加工:即本文提出的一种新的点阵法雕刻加工方法,这种方法直接利用位图数据的字节控制雕刻头装置,每走一步打 8(16、24、32 或更多)个像素点,直至全部像素点雕刻完成。单步多点雕刻加工可有效提高雕刻速度,显然比单步单点雕刻加工方法效率高。

下面,以笔者创新设计、研制的一种基于 PC 计算机数控技术的砂雕玻璃数控加工系统为例,详细讨论

数控单步多点雕刻加工方法的技术原理。

2.1 利用位图数据字节直接控制雕刻喷头

计算机数控玻璃雕刻机的结构如图 1 所示。数控玻璃雕刻机采用二维机械运动机构,该机构的 X、Y 运动方向各用一个步进电机驱动。气压磨料喷射雕刻头装置(以下简称“雕刻喷头”)与 Y 方向机械运动机构连接,雕刻喷头除了可沿 Y 坐标轴方向导轨作直线运动外,还可与 Y 方向运动机构一起沿 X 坐标轴方向导轨作直线运动。雕刻喷头装置设计了 8 个喷头,这 8 个喷头以均匀间隔呈直线排列,每个喷头的开、关状态均由一个气动电磁阀控制。为了能够利用图像数据中的字节去直接控制雕刻喷头,这 8 个喷头的开、关状态与二值化位图数据中每个字节的 8 个二进制位的“1”和“0”信息相互对应。

雕刻图像的像素点阵与雕刻喷头的喷头、位图数据字节之间的对应关系如图 2 所示。

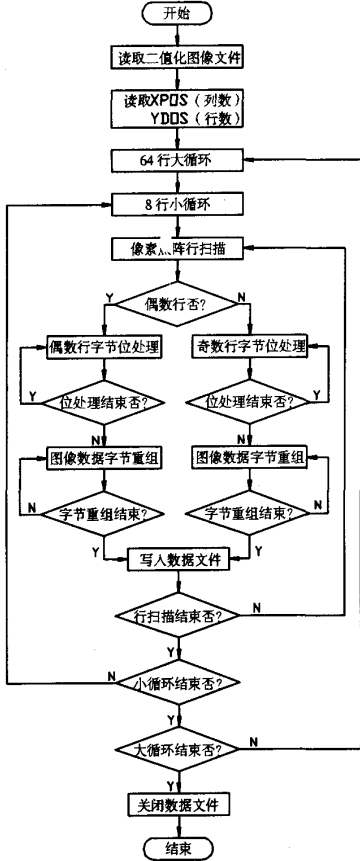


图 3 位图数据字节重组处理程序框图

图 4 原始图片与玻璃雕刻样品照片

2.2 数控单步多点雕刻加工过程

根据扫描像素矩阵产生图像的技术原理,数控玻璃雕刻机系统按照像素矩阵的行列顺序从低位地址向高位地址,从每行的低位向高位依次进行连续扫描的方式进行雕刻加工。二维机械运动机构在数控系

统的控制下进行等间距间歇运动;对应数控系统的每个扫描脉冲步距,步进电机驱动雕刻喷头移动一步;与此同时,数控系统从雕刻图形的二进制数据文件中读取一个字节,根据读取的 8 个“1”或“0”信息,分别决定各自对应喷头“开”或“关”的工作状态。在需要雕刻出点的坐标位置上打开喷头,喷射出气压细微磨料流,在玻璃表面冲击、蚀刻出不透明的粗糙点;在不需要雕刻点的坐标位置,喷头处于关闭状态,因此仍能保持玻璃原有的光亮透明状态。由于粗糙的玻璃毛面对光线有散射效应,其粗糙程度不同光线的散射效果也不同,从而使玻璃表面产生由明暗亮度不同的、密集像素点阵形式的富有立体感和层次感的砂雕玻璃艺术图案和文字。

为了提高雕刻加工效率,数控雕刻机系统采用双向式扫描方式,即扫描完一行后,并不是马上空走至下一行的起始处,再重新进行顺序扫描的方式;而是以下一行的终点处作为起始点,以起始点作为终点进行逆向扫描。接着,当再扫描到下一行时,又以它的起点作为起始点进行顺序扫描。如此往复循环,直至扫描完一整幅雕刻区域。

3 位图数据字节重组处理

3.1 位图字节数据直接控制雕刻喷头存在的问题

由上述数控玻璃雕刻加工的工艺过程可知,雕刻喷头上的 8 个喷头可以同时进行喷射雕刻加工,每两个喷头之间相隔大约 8 个像素的距离,雕刻喷头以数控系统的 Y 轴方向为“行”作直线扫描运动,并且采用双向、往复式扫描方式;当前行扫描结束后,雕刻喷头按照行的顺序沿数控系统的 X 轴正方向移动一个行距,接着继续沿 Y 轴进行逆向“行”扫描;雕刻喷头扫描完成 8 行之后,必须沿 X 轴正方向移动 64 个行距;如此往复循环,直至一副图像的像素点阵全部扫描完成。

数控砂雕玻璃加工系统的雕刻图案取自二值化 Windows 位图文件,位图图像数据字节阵列的每一扫描行,均由表示图像像素的连续的字节组成,每一行的字节数取决于图像的颜色数目和用像素表示的图像宽度。二值化 Windows 位图(BMP)数据文件,以字节数据为最小存储单位,按照由下向上、由左至右的行顺序记录图像的像素点阵数据。显然,位图文件的图像数据结构与上述数控加工系统所需要的“行”扫描要求不相符合。位图文件必须经过特殊的字节重组处理,才能适应数控单步多点玻璃雕刻加工的需要。

3.2 位图数据字节重组算法

为了适应数控单步多点玻璃雕刻加工的特殊工艺要求,直接利用位图字节数据的 8 位信息对应控制 8 个喷头的开关状态,位图文件的像素点阵必须按照以下算法进行字节数据的重组处理:

(1) 打开已经二值化处理的位图数据文件, 读取像素矩阵的行、列数; 计算出将位图像素矩阵的行数分成 8 行和 64 行的数量, 分别赋予 8 行变量和 64 行变量;

(2) 按像素点阵顺序逐一读取 8 个偶数行中的字节数据, 提取每一字节的各个位信息("0"或"1"), 将它们组合成新字节, 存入雕刻数据文件, 列变量+1; 直至行尾(列变量 = 最大值), 8 行变量+1;

(3) 按像素点阵逆序读取奇数行中的 8 行字节数据, 提取每一字节的各个位信息("0"或"1"), 将它们组合成新字节, 存入雕刻数据文件, 列变量-1; 直至行首(列变量 = 0), 8 行变量+1;

(4) 若 8 行变量小于 8, 则返回(2); 若 8 行变量等于 8, 且 64 行变量小于最大值, 则跳过 64 行后, 返回(2);

(5) 若 64 行变量等于最大值, 字节数据重组处理结束。

### 3.3 二值位图数据的位处理

在作字节数据重组处理时, 需要对二值图像数据的字节进行位处理。本文主要应用每像素 1 位颜色(二值图像)的 BMP 位图文件, 每个图像数据字节中保存有 8 个像素, 每个像素不是"1"就是"0", 所以读取二值图像单个像素的方法很简单: 设置一个掩码数组 BitMask(8), 用 BitMask(8)数组的每个元素跟读取的一个图像数据字节自低位至高位按次序作"与"逻辑运算判断, 即可读取每个像素的值。

例如, 设图像数据字节为 ByteDate = 10111001, 读取的像素值为 Pixel ~ Pixe8, 运算过程判断如下:

BitMask(1) = 00000001 & 10111001	Pixel = 1
BitMask(2) = 00000010 & 10111001	Pixe2 = 0
BitMask(3) = 00000100 & 10111001	Pixe3 = 0
BitMask(4) = 00001000 & 10111001	Pixe4 = 1
BitMask(5) = 00100000 & 10111001	Pixe5 = 1
BitMask(6) = 00010000 & 10111001	Pixe6 = 1
BitMask(7) = 01000000 & 10111001	Pixe7 = 0
BitMask(8) = 10000000 & 10111001	Pixe8 = 1

这样, 一个字节的像素取值运算完成, 接着进行下一个字节的像素取值, 如此循环, 直至一幅图像的全部字节运算判断结束。

### 3.4 位图数据重组处理软件编程

位图数据字节重组处理软件用 VB6.0 编程实现, 其程序框图如图 3 所示。位图数据处理过程如下:

首先将需要雕刻到玻璃表面的图形、以及文字等, 应用 Photoshop 等通用图像处理软件转换为 BMP 位图格式文件; 然后读入 BMP 文件, 对其进行二值化处理, 使之变换为离散的二进制像素矩阵; 按图像矩阵的坐标顺序提取像素, 将每一像素点的明暗("1"或"0")信息逐一读取, 按二进制字节数据格式重新组合, 并且存入专用图像雕刻数据文件。使得每一字节中的 8 个二进制位(0 或 1)信息, 与喷头上 8 个喷嘴

的"打开"、"关闭"状态一一对应。位图数据字节重组处理完成之后, 可以读取字节重组处理后产生的专用图像雕刻数据文件, 在计算机屏幕上进行加工轨迹的仿真, 或者直接传送给计算机数控系统进行自动玻璃喷砂雕刻加工。

## 4 结语

图 4 所示是用上述数控砂雕玻璃雕刻机加工的一个实例。其中, (a)图是一张用扫描仪获取, 并且经过二值化处理的普通图片, (b)图是根据(a)图所示原始图片的位图像素点阵数据, 用数控砂雕玻璃雕刻机加工的一件玻璃雕刻试验样品。

本文介绍的基于位图的数控单步多点雕刻加工方法, 对有效地提高点阵法数控雕刻加工的速度, 以实现大幅面图形图像的雕刻加工具有实际生产意义。本方法不仅适用于计算机数控砂雕玻璃的加工, 对应用点阵法的激光雕刻机和模拟人工的数控影雕加工同样适用。今后可以在如何提高图像处理效果方面继续深入研究, 从而进一步提高图像的雕刻加工质量。由于数控雕刻加工制品的种类多、应用面广, 因而基于位图的单步多点数控雕刻加工技术具有很好的推广应用价值和市场发展前景。

本文作者创新点: 针对目前比较流行的"数控单步单点雕刻加工"方法, 本文提出了一种"基于位图的数控单步多点雕刻加工"的新方法, 对提高点阵法数控雕刻加工的生产效率具有实际应用价值。并且, 将这一新方法成功地应用于作者创新设计、研制的砂雕玻璃数控雕刻加工系统中, 获得了预期的实际应用效果。

参考文献:

- [1](美)Rafael C. Gonzalez 等著/阮秋琦 等译. 数字图像处理 (MATLAB 版). 北京: 电子工业出版社, 2005 年 9 月第 1 次印刷
- [2](美)Feng Yuan 著/英宇工作室 译. Windows 图形编程. 北京: 机械工业出版社, 2002 年 4 月第 1 版
- [3]宇伟, 陶维青等. 激光玻璃内雕刻机控制系统的设计. 微计算机信息 2002, 7

作者简介: 邱润生(1950-), 男, 陕西勉县人, 宁夏大学副教授, 主要研究方向: 计算机图形与图像处理、机械 CAD/CAM, E-mail: qurunsh@nxu.edu.cn

Biography: Qiu Runsheng (1950 ~), male, Shanxi person from Mianxian county, the associate professor of Ningxia University, chiefly research aspect: graphics and images processing of computer, mechanical CAD / CAM. E-mail: qurunsh@nxu.edu.cn (750021 银川 宁夏大学 机械工程学院) 邱润生 (School of mechanical Engineering, Ningxia University, YinChuan 750021, China) Qiu, Runsheng

通讯地址: (750021 宁夏银川市西夏区宁夏大学北校区机械学院) 邱润生

(投稿日期: 2005.12.16) (修稿日期: 2006.1.25)