

现有雕刻机系统在复杂3D花纹艺术雕刻的建模、2D图像或图形到3D模型的自动转换及3D实物的仿制等方面的功能大大受到限制,使得数字化雕刻在古典家具、石才、木材、建筑装饰材料等要求复杂3D花纹雕刻的行业难以得到推广应用。本文针对木工数字化艺术雕刻的特点,就其关键技术提出了解决方案和实现途径,特别是对复杂雕刻型面一体化建模算法及建立以中国传统雕刻花纹为主的雕刻图形数据库系统的研究,将使得木工数字化艺术雕刻更加智能化、敏捷化和人性化,满足多品种、高品质大批量加工生产雕刻产品的需要。

木工数字化智能雕刻系统关键技术的研究

□ 中南林业科技大学计算机科学学院 陈宇拓 邓背介
□ 中南大学信息科学与工程学院长沙 韩旭里

一、引言

数控雕刻机系统在机加工和模具等行业已得到广泛应用,并产生显著效益,但现有系统对复杂3D(三维)型面花纹的建模设计与雕刻加工、3D雕刻实物的仿制和图形图象的智能化处理、产品动态仿真和虚拟制造等能力的缺乏,使得现有雕刻机在需求艺术雕刻的众多领域的推广应用举步蹒跚。以中国古典家具及古典建筑木工雕花构件等复杂3D型面的雕刻为例,由于木材的物理

特性与金属材料有着较大的差异,因而它们的加工方法也大有区别,主要体现在金属加工一般都是规范化和标准化的加工,而木材加工则更注重美学和艺术性,雕刻出的产品往往是一个复杂的、不确定的3D随机场,很难寻求统一化、标准化和一致性的雕刻加工方法,因而木材数字化雕刻更具复杂性和不可控性。同时,由于现有通用雕刻辅助设计与制造软件不具备自动建模、视觉识别等智能化特征,且针对性差,雕刻产品

的设计过程复杂、周期长、效率低、专业性不强,在家具、木工、石材、建筑装饰材料等雕刻要求复杂、精美、艺术性强的行业难以得到应用和发展。

如何解决复杂3D雕刻型面快速建模,利用机器人视觉系统自动或半自动实现艺术图片的矢量化和浮雕建模,建立一套较完整的以中国传统雕刻花纹为主的图形加工数据库,实现3D雕刻实物的智能化仿制,实现产品的动态仿真和虚拟制造,开发专业、高效、方便快捷

米的棒料):

```
%0002
T0101
G90 M03 S700
G00 X33 Z2
G71 U1 R0.5 P10 Q20 X0.6 F100
N10 G42 G01 X10 F60 S1000
Z-10
X15
#2=15.626
WHILE #2 GE 1.6
#11=#1+20
#22=#2-25.626
G01 X[2*#11] Z[#22]
#2=#2-0.6
ENDW
N20 G01 Z-35
G00 G40 X100
Z80
M30
```

3. 示例三

如图3所示零件的外轮廓粗精加参考程序如下(设毛坯为直径57毫米的棒料):

```
%0003
T0101
G90 M03 S700
G00 X57 Z2
G71 U1 R0.5 P10 Q20 X0.6 F100
N10 G42 G01 X20 F60 S1000
Z-13
X24
Z-18
#1=16.171
WHILE #1 GE 7.368
#2=0.005*#1*#1*#1
#11=#1+28.171
#22=#2-39.144
G01 X[2*#11] Z[#22]
#1=#1-0.5
ENDW
G01 X50 R2
Z-42.144 R2
```

```
X56
N20 Z-55
G00 G40 X100
Z80
M30
```

三、结束语

以上例题都已在配置华中世纪星HNC-21TD系统的数控车床上实际运行通过(其中刀尖圆弧半径为0.4)。如果使用配置其他数控系统的数控车床,也只需简单修改个别语句,公式曲线宏程序编程模板即可使用。在2006年第二届湖北省“华中数控杯”数控技能大赛中,我校参赛选手采用这个编程模板进行编程加工,每人节约了30分钟左右的时间。现在将这个编程模板公布出来,希望广大读者与我们联系,共同探讨并且提出宝贵意见,为我国数控技能人才培养和数控技术发展做出更大的贡献! ■

栏目主持: 崔滋恩 本文索引号: 139
投稿邮箱: cuize@icad.com.cn

的3D复杂型面设计应用软件平台等问题,是实现复杂型面智能化雕刻加工的关键。在传统的雕刻机系统基础上,结合机器人视觉技术、智能软件技术、高级几何建模技术和虚拟制造技术等来强化雕刻系统的功能并拓展其应用领域,是制造业和市场的迫切要求。

二、木工数字化智能雕刻系统的构造

木工数字化智能雕刻系统各子系统的关联图及系统结构框图分别如图1和图2所示,系统在传统雕刻机系统基础上特别注重专用木工雕刻刀具库、3D实物扫描仪、木工雕刻专业CAD/CAM智能软件平台、3D智能快速建模、雕刻花纹图形数据库等子系统的构建。

1. 系统的硬件

数控雕刻设备的制造技术经过近50年来发展和进步已经基本趋于成熟,目前在国内数控雕刻设备的所有配件也基本上实现了低成本国产化。但是,现有的数控雕刻设备的主要是为机加工或模具行业而设计制造的,离对各种材料

实现真正意义上的三维艺术雕刻加工还有较大的距离。针对木工雕刻工艺的要求效率高、低成本、加工尺寸大、加工精度要求相对不高等特点,为现有雕刻设备配备视觉和3D扫描系统及相关算法软件,可实现艺术图象或图形的自动识别及3D雕刻实物的仿制。通过虚拟加工和动态仿真进行加工参数的修订和优化,不仅能实现产品最优化雕刻加工,还可以大大缩短设计周期,节约昂贵的材料,降低生成制造成本。为提高雕刻系统的效率还可采用如气压高速驱动雕刻设备主轴的刀具、单机多刀头并行高效加工等技术。

现有CNC数控系统智能化水平较低,不能根据加工对象自动选择适应的参数,对设计模型需要经历繁琐复杂的参数设定方能生成加工路径。开发专用的智能雕刻系统不仅要能够根据雕刻工艺要求、雕刻视觉效果、雕刻刀具和材质状况,更灵活方便地进行加工参数自动设置,配比出最佳雕刻路径,满足不同雕刻加工的特殊需要,还应该能够实现刀具库自由编排,并具有一定的图形编辑

能力和较好的可开发性。

刀具的选型是实现木工艺术雕刻的是一个重要环节。木工数字化雕刻对刀具有着特殊的要求。设计一套完备的木工雕刻刀具系列,不仅可以雕刻出更加复杂和细腻的花纹,还可以大大提高雕刻效率。以明清古典雕刻家具为例,按雕刻方法与工艺特征分为线雕、平雕、浮雕、透雕、圆雕等主要雕刻形式,对此必须配备相应的雕刻刀具,除了开发常用的铣刀、侧铣刀、尖刀、圆刀、球刀、钻头、V型刀等刀具外,还应按照木工雕刻花纹的构造特点开发专用的异型刀具,尽可能使刀具一次运行即雕刻出常见的或特殊的木工雕刻花纹。木材、石才等加工,要求刀具高速高效运转,因而其刀具同时还必须具备以下特征:刀刃锋利耐磨,切削高速平稳,切削面光洁平滑;自身强度大足以承受家具切削中产生的载荷;严格按照公差标准,具有良好的同心度和平衡度;刀体必须采用高速工具钢能承受高速旋转。

2. 系统的软件

复杂型面智能雕刻机的软件系统,是实现复杂型面智能化雕刻的关键,是实现智能雕刻技术在相关行业的艺术雕刻中得以推广应用的前提。为此我们采用如下几个方面的软件解决方案:

(1)开发一套专业性强的复杂雕刻型面设计智能化软件平台,面向加工对象的二维、三维及四维设计系统,具有设计、分析、优化、识别、自动修正和智能建模等功能,并能由用户不断拓展设计空间,尤其适合中国传统雕刻花纹图案的三维造型设计。

(2)建立一套较完整的拥有传统、经典、现代及各种风格的雕刻花纹图形数据库,便于用户快速、灵活、方便地调用组拼所需雕刻花纹图案及加工数据,实现敏捷化雕刻。

(3)利用高级算法和计算机辅助几何建模技术,按照传统雕刻工艺流程和不同雕刻刀法,研制开发3D快速智能建模子系统。在利用辅助设计软件绘制平面矢量图的基础上,能自动将平面矢量图转换成多种效果的3D复杂型面雕刻模

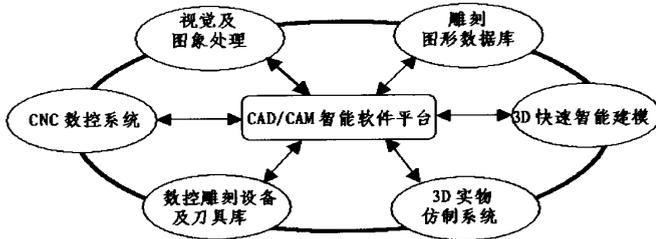


图1 木工数字化智能雕刻系统各子系统的关联图

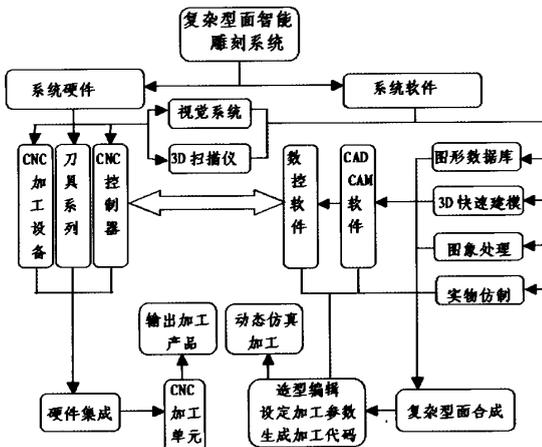


图2 木工数字化智能雕刻系统结构框图

型图,如图4所示。我们的实验证明,这是目前实现复杂型面智能化建模的一种切实可行的途径。

(4)利用机器人视觉技术、数字图象处理技术、高级算法和几何造型技术,实现二维艺术图案到2D矢量图和3D雕刻模型图的自动或半自动转换。引入3D扫描技术,通过三维坐标测量仪、仿形机或激光扫描设备,将对雕刻实物对象采集的数据快速转换成复杂3D型面模型,实现雕刻实物数字化仿制生产。

(5)通过计算机网络使企业和设计师直接与消费者和客户对话,使他们在电脑终端从各种角度观看不同色彩、材质雕刻产品的逼真造型效果图及动态仿真或虚拟加工结果,共同磋商修改设计方案。

三、系统关键技术研究

1.3D扫描、机器视觉及图象处理技术的应用

为智能雕刻系统配置3D扫描和机器视觉子系统,目的在于实现3D雕刻实物的仿制和平面艺术图案到3D模型的自动或半自动转换

3D扫描系统是一种直接可以从3D雕刻实物获得3D模型的装置,此装置在智能雕刻系统上的应用也称作逆向工程,是用于产品开发和仿真加工制造的一种理想的设计手段。它能高精度、快速完成各种形状产品的内外轮廓的三维测量,并通过计算机系统使测量数据变成数学模型,然后利用快速成型技术使图纸或数据瞬间“站”起来。系统利用图象识别技术和激光定位技术对真实物体的形状进行记录,得到物体表面的三维坐标及颜色等信息,可构成具有真实图形感的3D模型。

机器视觉系统是指用计算机来实现人的视觉功能,也就是用计算机来实现对客观的三维世界的识别。本视觉系统的输入装置采用的是摄像机,它把三维的影像作为输

入源,即输入计算机的就是三维感观世界的二维投影。机器视觉系统所要做的是从这种二维投影图像到三维客观世界的逆变换,也就是根据这种二维投影图像去重建三维的客观世界。它是实现3D雕刻实物自动仿真的必备装置。

机器视觉系统中,视觉信息的处理技术主要依赖于图象处理方法,它包括图像增强、数据编码和传输、平滑、边缘锐化、分割、特征抽取、图像识别与理解等内容。经过处理后输出的图像质量得到相当程度的改善,有利于计算机对图像进行分析、处理和识别,通过图像的分析处理和识别重建,构建3D模型然后生成雕刻模型加工数据。我们在实验中通过3D扫描系统和机器视觉系统获取的测量坐标点,由图形图像处理技术,如B样条曲面生成算法还原成几何点,最终构建复杂雕刻型面的加工模型。

2.复杂雕刻型面快速建模系统

图3是我们于2001年在研究实践中开发的一套仿明、清古典家具灵芝椅与茶几,可以看得出在设计中主要是通过绘制平面等高线,然后设置不同位置的等高线的进刀深度来实现雕刻加工的,并没有实现真正意义上的3D雕刻,尽管所设计雕刻出的产品也能有较满意的效果,并已实现了批量生产,产品也得到了市场认可,但其设计过程是非常复杂和繁琐的,必须对每条线段进行数据进行处理和参数设定,一般设计人员难以掌握。要使数字化复杂型面雕刻技术真正得以推广应用起来,必须构建起专业的软件设计平台,开发复杂型面智能化雕刻CAD/CAM专业应用软件系统,尤其是要解决复杂雕刻型面智能化快速3D建模的问题。

传统的雕刻方法,都是手工艺人依据手工绘制的平面花纹线条



图3 灵芝椅与茶几的雕刻设计与加工及产品



图4 2D矢量图形到3D模型智能转换生成的效果例图

图, 凭借经验和技艺来进行手工雕刻, 其雕刻过程是不可逆的。复杂雕刻型面智能建模系统, 是遵循我国传统雕刻技法, 由输入的二维矢量图得出被测物体的三维复杂型面表示, 这里存在着如何将隐含的三维信息提取出来的问题。这些信息是复杂和繁多的, 提取它们要从多方面和多角度来考虑。系统对这些信息主要按雕刻图案(植物、动物、山水、文字符号等)、材料(软木、硬木、石材、钢材、塑胶等)、外形(方、圆、椭圆、棱、异形等)、图元(点、直线、曲线、各种平面、各种曲面、各种体等)、刀具(铣刀、尖刀、球刀、异型型刀等)、效果(凸、凹、V型、光滑、仿刀等)进行分类编号。选择设定这些信息参数的不同组合, 将得到不同的型面生成视觉效果。

应用几何构造高级建模算法程序, 识别2D矢量图中的各独立闭合回路, 给各回路赋予特定的信息标记, 来实现3D复杂雕刻型面自动建模。雕刻花纹的2D矢量图是能够容易由普通设计人员绘制或通过其他途径获得的。图4是通过对2D矢量图的参数信息提取与设定, 运行专门编写的高级算法程序, 将平面矢量图自动转换成多种效果的3D复杂型面模型图。通过对智能生成的3D复杂型面模型设置加工参数, 生成加工路径代码, 就可以雕刻出与3D复杂型面模型一致的产品。实现由复杂二维艺术图案或图片到3D雕刻模型图的直接转换是困难的, 我们的研究和应用实践证明, 将手绘二维艺术雕刻图案矢量化, 再由矢量图或直接由绘图软件绘制2D矢量图, 通过高级算法实现3D复杂型面模型的自动生成是一种切实可行的手段。

3. 复杂型面雕刻花纹图形数据库系统

为智能雕刻系统建立以中国传统雕刻花纹为主的复杂雕刻型面



a) 2D 矢量花纹图



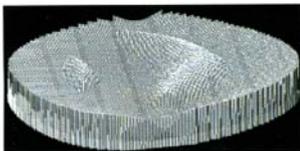
b) 3D 模型



c) 3D 局部模型



d) 3D 局部放大模型



e) 龙眼睛插值模型



f) 局部渲染模型

图5 复杂型面雕刻花纹图形数据库例图

花纹图形数据库, 目的在于能够使设计人员仅需输入一些必要参数, 便可以快捷、灵活、方便地调用组拼所需花纹图案, 生成雕刻产品的加工数据。开发一套较完整的拥有传统、经典、现代及各种雕刻风格的2D、3D复杂雕刻型面花纹图形数据库(包括CNC加工代码), 并配有通过CNC雕刻设备按一定比例雕刻成实物的样品图册, 不仅能够大大缩短产品设计与制造周期, 也有利于智能雕刻系统的推广应用和普及。图5为图形数据库例图。

4. 复杂型面的仿真与应用

构建虚拟雕刻系统平台可支持雕刻产品的虚拟设计与虚拟加工。虚拟雕刻系统是以全信息模型为基础的众多仿真分析软件的集成, 可实现包括雕刻产品的虚拟设计、加工工艺模拟、加工过程动态仿真、模型虚拟生成等功能, 并能对雕刻模型、刀位轨迹、控制代码和加工工艺进行优化设计。还可根据雕刻产品设计的形状特征和精度特征,

三维真实地模拟产品的虚拟装配过程。在复杂型面智能雕刻系统引入虚拟技术和仿真技术, 是实现复杂型面智能化雕刻的有力手段。

四、结论

木工数字化智能雕刻系统在现有雕刻系统基础上, 技术和功能有全方位的提升, 可彻底改变木工、家具、石才、建材等复杂型面雕刻长期依赖于少数手工艺人的传统作业方式, 基本丢弃刻刀, 使产品艺术雕刻实现设计与制造的数字化、精良化、敏捷化和智能化成为现实, 也使得金属产品的艺术雕刻成为可能。实现复杂型面智能化艺术雕刻的研究是一项复杂的系统工程, 如何完善软件设计的集成环境平台, 进一步提高复杂型雕刻面模型的生成质量和效率, 实现3D雕刻实物的高精度智能仿制等问题有待进一步探索和研究。■

栏目主持: 崔滋恩 本文索引号: 140
投稿邮箱: cuize@icad.com.cn