

数字化玉雕

刘自强 汪国辉 编著

SHUZHUA YUDIAO



中国地质大学出版社有限责任公司
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE YOUXIAN ZEREN GONGSI

内 容 提 要

数字化玉雕工艺是玉雕艺术与现代科学技术结合的必然产物,它突破了常规手工雕刻模式。数字化玉雕工艺是设计师设计意图的一种新的表达方式,与传统手工雕琢表达方式相比,它所依赖的技术方法不同,是传统玉石设计与加工技艺的延伸。为了方便读者学习、研究和掌握数字化玉雕技术,作者将数字化玉雕工艺的各个环节串联成书。全书系统地阐述了数字化玉雕技术的发展历程、工艺装备、工艺原理、玉器相关基础知识、传统玉雕制作工艺技法以及玉雕创作人员应具备的基本素质等。本书具有开创性,其视角新颖、内容全面,适合作为高校宝石及材料工艺学、玉雕、首饰设计等相关专业的教材,亦可供广大玉雕爱好者、研究者、收藏者作为学习参考之用。

图书在版编目(CIP)数据

数字化玉雕/刘自强,汪国辉编著. —武汉:中国地质大学出版社有限责任公司,2013.6
ISBN 978—7—5625—3241—5

- I. ①数…
- II. ①刘…②汪…
- III. ①数字技术—应用—玉器—雕刻—技法(美术)
- IV. ①J314.9—39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 187373 号

数字化玉雕

刘自强 汪国辉 编著

责任编辑:高婕妤 张 琰

责任校对:戴 莹

出版发行:中国地质大学出版社有限责任公司(武汉市洪山区鲁磨路 388 号) 邮政编码:430074

电 话:(027)67883511

传真:67883580

E-mail:cbb@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

<http://www.cugp.cug.edu.cn>

开本:787 毫米×1 092 毫米 1/16

字数:612 千字 印张:23.875

版次:2013 年 6 月第 1 版

印次:2013 年 6 月第 1 次印刷

印刷:荆州鸿盛印务有限公司

印数:1—1 500 册

ISBN 978—7—5625—3241—5

定价:56.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

前言

随着现代科技的发展,人们为了改善手工玉雕业的现状,以现代科技为基础,开始发展数字化玉雕技术。在设计方面逐渐利用计算机数字图形图像处理、平面扫描、三维扫描等技术;在工艺方面依托于数控雕刻机的发展正在不断完善,可以说数字化玉雕技术的广泛运用已成为一种趋势。但是初露头角的现代玉雕怎么能够取代有几千年文化沉淀的手工玉雕艺术呢?为了使这种现代高科技艺术更好地传承中国手工玉雕文化,我们需要不断地摸索,不断地创新,取精华去糟粕,让古老的玉雕文化与新兴的数字技术完美地融合。

数字化玉雕是一门综合技术,它将计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、计算机数字控制(CNC)、精密伺服驱动和新材料等先进技术集于一体,使数字化玉雕技术进入到一个新阶段,提高到一个新水平。数字化玉雕是一门新技术,它突破了常规手工雕刻模式,采用技术先进、可靠价廉的微型计算机,充分利用其软、硬件的功能,使微型计算机在数控机床上的应用得到新发展。

俗话说:“玉不琢,不成器”,任何一块玉石,只有经过人工精雕细琢,才能赋予其新的魅力与价值。玉雕是中国最古老的雕刻艺术之一。传统玉雕讲究画面的优美生动,线条柔和;玉工在设计、雕刻过程中还能赋予玉料灵气、艺术美。但它作为一种手工技艺,也存在很多不足,如劳动强度大、加工周期长、生产效率低、不能批量生产、易受雕刻者主观因素影响,不能满足人们对玉雕行业的新需求。基于图形图像数据的数字化玉雕加工技术就是在这个背景下应运而生并发展起来的一种新的雕刻技术,它用于玉石的造型,表面文字、图案的雕刻,是计算机图形学、数字图像处理技术与数控加工技术的高度融合,改变了传统手工玉雕生产力低下和玉雕质量参差不齐的状况。

随着科学技术的进步,面对着提高产品质量和劳动生产率以及改善劳动条件、降低产品成本的要求,加工业的生产过程自动化已经提到议事日程并付诸实施。其中数字化玉雕以其技术先进、安全可靠、价格低廉而占有重要位置。写本书的目的就是为适应生产技术发展的需要,推动传统工艺文化新发展,向读者系统地介绍目前行之有效的数字化玉雕的技术成就。

作者

2013年6月

目 录

第一章 数字化玉雕技术的概述	(1)
第一节 数控及数控加工	(1)
第二节 数控机床的历程	(3)
第三节 数字化玉雕技术	(4)
第四节 数字化玉雕技术的受益者	(7)
第二章 数字玉雕技术的基本工艺	(9)
第一节 数字化玉雕技术的原理	(9)
第二节 数字化玉雕的基本工艺	(13)
第三章 数字化雕刻的工艺装备	(96)
第一节 数字化玉雕的设备	(96)
第二节 数字化玉雕的刀具	(107)
第三节 数字化玉雕的夹具	(119)
第四节 切削和磨削的溶液	(124)
第五节 三维立体扫描设备	(136)
第四章 数字化玉雕的工艺原理	(141)
第一节 磨削原理及其工艺	(145)
第二节 铣削原理及其工艺	(157)
第三节 钻削原理及其工艺	(162)
第四节 切割原理及其工艺	(173)
第五节 研磨与抛光的原理	(183)
第五章 玉器相关基础知识概论	(192)
第一节 玉的含义和名称	(192)
第二节 中国玉器发展概况	(194)
第三节 与玉石有关的术语	(203)
第六章 常见玉石的性质与工艺	(216)
第一节 翡翠	(217)

第二节	软玉·····	(232)
第三节	石英质玉石·····	(246)
第四节	独山玉·····	(255)
第五节	蛇纹石玉·····	(259)
第六节	绿松石·····	(263)
第七节	青金石·····	(271)
第七章	传统玉雕制作工艺技法·····	(276)
第一节	玉石圆雕工艺技术·····	(276)
第二节	玉石浮雕工艺技术概述·····	(287)
第三节	玉雕人物制作工艺技术·····	(291)
第四节	玉雕花卉制作工艺技术·····	(308)
第五节	玉雕鸟制作工艺技术·····	(318)
第六节	玉雕兽类产品的制作工艺技术·····	(331)
第七节	玉雕器皿制作工艺技术·····	(335)
第八节	玉石圆球及圆珠制作技术·····	(346)
第八章	玉雕创作人员基本素质·····	(354)
第一节	专业技术能力·····	(354)
第二节	美学艺术能力·····	(356)
主要参考文献 ·····		(375)

第一章 数字化玉雕技术的概述

本章主要介绍数字化玉雕的特点及数字化玉雕工艺的主要内容。通过学习,可了解数字化玉雕加工工艺与传统玉雕工艺的区别及特点,掌握数字化玉雕工艺发展历程,了解数字化玉雕技术带来的效益。

数字化玉雕工艺在玉雕行业中的应用,大大提高了生产效率和加工精度,而且减轻了工人的劳动强度,缩短了生产周期,并推动了现代玉雕产业的发展。

目前,数控技术已被逐步普及,数控技术在玉石雕刻、首饰模型快速成型方面得到了广泛应用。

第一节 数控及数控加工

社会需求是推动生产力发展最有力的因素。随着科学技术和社会生产力的不断发展,人们对各种产品的质量和生产效率提出了越来越高的要求。随着行业对产品性能的要求不断提高,造型、纹样繁复精细的产品越来越多,对其加工质量要求也不断提高。采用传统的普通加工设备和工艺方法已难以适应产品多样化、精细化及复杂形状产品的高效率、高质量加工的生产要求。为了解决这些问题,数控玉雕技术应运而生。数控玉雕技术集微电子、计算机、信息处理、自动检测及自动控制等高新技术于一体,是玉雕业实现柔性化、自动化、集成化及智能化的重要基础,在玉雕领域得到了广泛的应用。数字化玉雕是数控技术在玉雕行业中的应用,是机电一体化的典型产品。

一、数控的一般含义

1. 数字控制(Numerical Control,NC)

数控即数字控制,是数字程序控制的简称,是利用数字化信息对机械运动及加工过程进行控制的一种方法,由于现代数字控制都采用计算机来实现,因此也被称作计算机数字控制(Computer Numerical Control,CNC)。

CNC系统是在硬件数控系统的基础上发展起来的,它主要由硬件和软件两大部分组成,其核心是计算机数字控制装置。CNC系统是一种位置控制系统,它通过系统控制软件配合系统硬件,根据输入的信息(加工程序)进行数据处理、插补运算和信息输出,对机床运动进行实时控制,使数控机床按照操作者的要求进行自动加工。只要改变CNC系统的控制软件就能实现一种全新的控制方式。

CNC系统由程序、输入/输出设备(I/O)、计算机数字控制器、可编程控制器、主轴驱动装置和进给驱动装置等组成。

2. 数控机床(Numerical Control Machine Tool)

数控机床是指采用了数控技术进行控制的机床,也称 CNC 机床。它采用数字代码形式的信息(程序指令)控制刀具按给定的工作程序、运动速度和轨迹来实现玉雕件的自动加工,是一种综合应用了计算机技术、自动控制技术、精密测量技术和伺服驱动技术等先进技术的典型机电一体化产品。在制造过程中,对于不同的加工对象只需改变输入的程序指令,因而数控机床具有广泛的适应性;又因为其加工性能比一般自动机床高,可以精密加工复杂型面,所以数控机床适用于加工中小批量、改型频繁、精度要求高、形状较复杂的玉雕件,并能获得较好的经济效益。随着数控技术的进步,采用数控系统的机床品种日益增多,有车床、铣床、镗床、钻床、磨床等。此外还有能自动换刀、一次装夹进行多工序加工的加工中心、车削中心等,其中,带有刀具库和自动换刀装置的数控机床即加工中心(Machining Center),已成为当今数控机床发展的主流。

3. 数控系统(Numerical Control System)

为了实现机械运动及加工过程的数字化信息控制,必须具备相应的硬件和软件。这些硬件和软件的整体称为数控系统,其核心是数控装置。由于数控技术、数控系统、数控装置的英文缩写均可以采用 NC(或 CNC),因此,在实际应用中,不同场合 NC(或 CNC)具有三种不同的含义:既可以在广义上代表一种控制技术,又可以在狭义上代表一种控制系统的实体,还可以代表一种具体的控制装置——数控装置。

4. 数控加工(Numerical Control Manufacturing)

数控加工是指采用数字化信息对玉雕件加工过程进行定义,并控制机床进行自动运行的一种自动化加工方法。数控加工的特点是高效率、高精度、高柔性,可以有效地解决复杂、精密、小批量、改型频繁等玉雕件的加工问题,充分满足现代化生产的需要。数控加工必须由数控机床来完成。

二、数控加工的特点

数控加工工艺是国内外大力发展的一种高效自动化新工艺,它与传统的各种加工模式,如“一机一刀”等相比,有较突出的工艺特点。

1. 加工过程规范

以玉雕件的切削加工为例,传统的切削加工通常由操作者凭借自己的实践经验和习惯加工方法进行。不同的操作者,其控制加工的工艺方法和过程也不相同,加工质量会因人而异。而数控切削加工过程中的工艺规程,如工序、工步及走刀路线的安排,刀具及切削用量的确定,机床辅助动作的控制等,则是在加工之前,按照十分具体的加工内容预先设计并经优化处理后,安排在规范化的加工程序中,其加工质量一般不会因操作者不同而受到影响。

2. 工艺制定严密

加工工艺制定是否先进、合理,将在很大程度上关系到加工质量的优劣。由于数控加工过程是自动连续进行的,不像传统加工过程,操作者可以适时地随意进行调整。因此,在编制加工程序时,必须认真分析加工过程中的每一个细小环节(如钻孔时孔内是否塞满了切屑),稍有疏忽或经验不足就会发生错误,甚至酿成重大机损人伤及质量事故。编程人员除了必须具备

扎实的工艺基础知识和较丰富的实践经验外,还应具有细致、严谨的工作作风。

第二节 数控机床的历程

数控机床是以数字化的信息实现机床控制的机电一体化产品,它把刀具和玉雕件之间的相对位置、机床电动机的启动和停止、主轴变速、玉雕件夹紧和松开、刀具的选择、冷却系统的启停等各种动作信息用代码化的数字保存在计算机中,然后将数字信息送入数控机床的控制装置,经过译码、运算并发出各种指令,控制机床的伺服系统或其他执行元件,使机床自动加工出所需玉雕件。

世界上第一台数控机床,是为适应航空工业制造的一种复杂精密部件——检查直升飞机叶片轮廓用的样板。美国帕森斯公司(Parsons)和麻省理工学院(MIT)在1949年开始合作,1952年就研制成功了世界上第一台具有信息存储和处理功能的新型机床,即数控机床,后来经过三年的改进与自动程序编制的研究,于1955年进入了实用阶段。

数控机床是综合应用了计算机、微电子、自动控制、自动检测及精密机械等技术的最新成果而发展起来的完全新型的机床,40多年来,它经历了研制、工业应用和高速发展三个阶段,在品种、数量、加工范围和加工精度等方面都有了惊人的发展。

随着微电子技术 with 计算机技术的高速发展,决定数控机床整体水平的主要系统——计算机(数控)系统已经历了两个阶段,有六代产品。

1. 第一阶段——硬件数控(NC)阶段

为了满足机床实时控制的要求,人们采用由数字逻辑电路组成的专用计算装置作为数控系统,这就是硬件连接数控,简称数控(NC)。这个阶段经历了三代。

第一代:1952年的电子管数控机床。

第二代:1959年的晶体管数控机床。

第三代:1965年的小规模集成电路数控机床。

采用的器件经过电子管、晶体管和小规模集成电路等几次变革,但各种控制功能,如输入装置、插补运算、控制器等,都是由硬件逻辑电路来实现,控制功能比较简单,使用灵活性较差。

2. 第二阶段——计算机数控(CNC)阶段

由于计算机的迅速发展,性价比不断提高,小型计算机代替了数控系统中硬件构成的专用计算装置,成为数控系统的核心部件,从此数控系统进入计算机数控阶段。这个阶段也经历了三代。

第四代:1970年的小型计算机数控机床。

第五代:1974年的微型计算机数控机床。

第六代:1990年的基于PC的数控机床。

计算机数控软件实现了许多数控功能,使数控系统具有更大的灵活性、更好的柔性,计算机的优势在数控系统中得到了充分发挥。随着超大规模集成电路的迅速发展,数控系统开始采用微型计算机,带动微型数控系统的发展,使得数控技术在整个20世纪80年代得到了大规模的发展和应用。但是这种数控系统一直由制造商进行封闭的垄断性生产,使得这类数控产品专用性很强,与标准计算机不兼容,通用性、软件可移植性和组网通信能力较差。尤其从20

世纪 90 年代开始,个人计算机即 PC 机发展迅猛,它带来的很多成果不能被第五代数控系统及时采用。为了摆脱这种局面,数控系统开始向开放式数控系统发展。第六代数控系统即基于 PC 的开放式数控系统,这类系统结合了 PC 机的分析运算能力、大容量存储功能、图形交互优势及组网的灵活性,使得数控系统的应用具备了较为开放的模式。但是 PC 计算能力的受限阻碍了这类数控系统朝高速和高精度方向的发展。20 世纪 80 年代末基于 DSP(Digital Signal Processing)的运动控制技术的发展,为开放式数控系统的发展创造了新的条件。以基于 DSP 的运动控制器为核心,融合 PLG 的功能,与标准 PC 集成的新一代开放式数控系统将成为第六代数控系统的主导产品。

其系统优点主要有以下几点。

(1)元器件集成度高、可靠性好、性能高。

(2)基于 PC 平台,技术进步快,升级换代容易。

(3)提供了开放式基础,可供利用的软、硬件资源丰富,使数控功能扩展到更宽的领域(如 CAD、CAM、CAPP,连接网卡、声卡、打印机、摄影机等)。

(4)为数控系统生产厂家提供了优良的开发环境,简化了硬件。

在国外数控机床中,产量最多的仍是普通数控机床(特别是数控车床),其次是加工中心(机床),现已发展到了较为成熟的柔性制造单元(简称 FMC)和柔性制造系统(简称 FMS),超级数控机床——计算机集成制造系统(简称 CIMS)也已开始应用于生产。其所采用的数控系统(计算机)的可控坐标轴数为 20 轴以上,联动坐标轴数为 10 轴以上;分辨率(最小设定单位)普遍达到 0.01~0.001mm,少数机床已发展到 0.000 1mm;快速行程也提高到 240m/min。

1958 年,由北京机床研究所和清华大学率先研制了电子管式开环步进驱动的数控机床,我国数控机床的研制工作就是从那时开始的,其后许多年,由于种种原因,它未能在实用阶段上有所突破。70 年代初期,研制数控机床的热潮重新在我国掀起,并取得了一些成果。当时研制的数控装置主要是采用晶体管分离元器件,性能不稳定、可靠性差,只有少量的数控机床开始用于生产。1972 年,集成数字电路的数控系统在清华大学研制成功,数控技术开始在车、铣、钻、磨等加工领域推广应用,其中以数控线切割机床发展最快。

我国已经开发和生产了许多数控系统及新型数控机床,并且拥有了自己的软、硬件版权。科学技术特别是信息技术的迅速发展,高速高精控制技术、多通道开放式体系结构、多轴控制技术、智能控制技术、网络化技术、CAD/CAM 与 CNC 的综合集成,使数控机床技术进入智能化、网络化、敏捷制造、虚拟制造的更高阶段。数字化玉雕技术是在现代数控技术高速发展和行业广泛应用的基础上发展起来的。

第三节 数字化玉雕技术

众所周知,手工玉石雕刻是一种工匠型的劳动,它是玉石雕刻师高智能和高技能的综合活动。手工玉石雕刻成品是否能成为珍品完全取决于雕刻师对艺术的理解、对材料的感觉和其雕刻技巧的发挥,手工玉石雕刻不是普通人所能胜任的,正是因为如此,手工玉石雕刻成为一种艺术、文化和精神的象征。

随着玉雕产品的开发速度加快,尤其是计算机设计的广泛应用,玉雕产品的形态更加丰富,变化更加迅速,这样就对制造业提出了新的要求,一批以计算机控制为基础的 CNC 设备

进入了玉石雕刻领域。

数字化玉雕技术仍然是一种手工雕刻,是设计师设计意图的一种新的表达方式,是传统玉石设计加工技艺的延伸,只是数字化玉雕技术和传统手工雕刻表达方式不同,依赖的技术方法不同。它在雕刻精细产品的效率、批量成品的一致性、曲面产品的雕刻、与计算机设计技术的对接等方面明显存在着优势,这些优势拓宽了玉石雕刻在现代玉雕行业中的应用广度,促使以计算机辅助设计和加工(CAD/CAM)技术、计算机数控技术(CNC)为核心的 CNC 雕刻技术走上了前台,挑起了推进玉石雕刻走入工业领域的重担。

一、数字化玉雕技术概述

数字化玉雕技术是现代玉雕技术的重要组成部分,数字化玉雕技术是综合计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、计算机数字控制(CNC)、精密伺服驱动和新材料等先进技术集于一体的一门先进的玉雕加工技术,它和传统的玉雕加工技术有较大的区别。

一般来说,造型比较复杂、精度要求高、制作周期短的浮雕,采用数字化玉雕雕刻机更为合理。以下根据数控雕刻加工的特点以及国内外大量应用实践,按适用程度将数字化玉雕的类型作一下分析。

对于造型复杂,精度要求高,用手工无法加工或即使能加工但很难保证产品质量的玉雕产品,虽然一部分优秀的艺术家通过手工制作也能达到较好的效果,但往往要消耗大量的时间,同时也不能适应多变的艺术潮流。数字化玉雕以精确的数控技术作保证,艺术家在创作时可以更大地发挥想象力,无需再为丰富微妙的细节的表现而苦恼;同时其高效的制作也可使艺术家更快地明确创作的方向,准确把握艺术潮流的变化,利用计算机图形软件设计数字模型和进行复杂曲线(曲面)轮廓的雕塑。在实际的数字化浮雕制作中,由于计算机图形软件操作方便,构建模型准确快捷,因此许多艺术家采用计算机图形软件进行直接创作。这些三维数字模型如果采用传统的手工制作往往困难较大,无法保证各个角度曲面的正确变化,采用数字化雕刻手段不仅可使制作过程简捷化,同时还可以保证数字模型的完整。所以在进行最后成型制作时,采用数字化雕刻会比其他方法更为快捷和准确地表达设计意图。

通过数字化控制,艺术家可以任意地调整玉雕尺寸,及时地修改制作方案,减少尺寸变动带来的影响。由于采用数字雕刻机制作,数字化玉雕的调整不会消耗太多的人力和时间,即使在制作过程中对要求的尺寸有所调整,也不会对制作时间和成本造成太大的影响。

数字化玉雕的制作技术不仅可以应用于艺术创作,同时还可以应用于工业制造领域,尤其在玉雕生产行业,数字化玉雕技术的影响越来越广泛。在现代生产中,数字化玉雕已成为大批量生产各类玉雕产品的重要环节,数字化玉雕技术直接影响到产品的质量,以及生产效率和制作成本。基于这种情况,把数字化玉雕技术同传统玉雕技术相结合,可以进一步提高玉雕产品质量并节约生产成本。运用信息技术和自动化技术改造传统玉雕产业,使其生产技术和装备得到改进,企业可取得丰厚的经济效益与社会效益。

利用数控机床完成玉雕数控加工的过程如图 1-3-1 所示,其主要内容有如下几点。

- (1)根据玉雕件加工图样进行工艺分析,确定加工方案、工艺参数和位移数据。
- (2)用计算机辅助设计软件 CAD/CAM 进行工作,直接生成玉雕件的加工程序文件。
- (3)程序的输入或传输:由计算机辅助设计软件生成程序,通过计算机的串行通信直接传输到数字化玉雕机床的数控单元(MCU)。

- (4)将输入或传输到数控单元的加工程序,进行试运行、刀具路径模拟等。
- (5)通过对机床的正确操作,运行程序,完成玉雕件的加工。

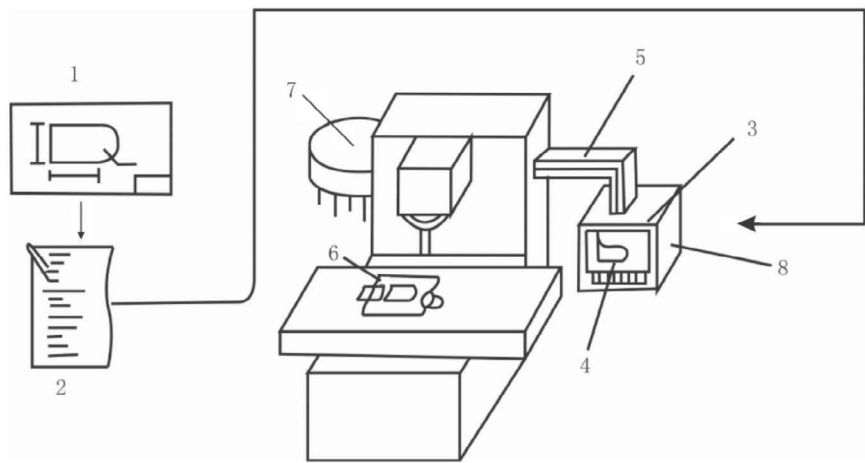


图 1—3—1 数控加工过程示意图

1. 玉雕件工艺分析(确定玉雕件的加工要素);2. 编写玉雕件的加工程序;3. 向 MCU 输入玉雕件的加工程序;4. 显示刀具路径;5. 程序输送到 NC 机床;6. 玉雕件;7. 换刀装置;8. 控制单元(MCU)

二、数字化玉雕技术的特点

传统手工玉雕是我国的传统民族工艺,有几千年的历史,具有独特的民族工艺特色。传统的玉雕设计是根据手绘图样进行手工制作的,存在以下几种弊端。

(1)效率极低。一般的传统手工玉雕少则需要几个月,多则一年,已经无法适应现代商品流动的速率。

(2)人才稀缺。能够熟练掌握传统雕刻技法的工艺者越来越少。

(3)成本偏高。无法大批量生产,劳动周期长,技师稀缺造就了手工玉雕的高成本。设计主要依靠手绘,改动性不强,复制性不强。玉雕成品的工艺品质完全依赖于设计师和玉石雕刻师的技艺,市面上产品良莠不齐,对于不可再生的玉石资源从某种程度上来说是一种浪费。

同传统的玉雕加工相比,数字化玉雕加工具有如下特点。

(1)自动化程度高。利用数字化玉雕机床加工玉雕件时,除手工装卸玉雕件外,全部加工过程都由数字化玉雕机床自动完成,减轻了操作者的劳动强度,改善了劳动条件。

(2)加工精度高、稳定。数字化玉雕加工的尺寸精度通常在 0.005~0.1mm 之间,且不受玉雕件形状复杂程度的影响,减少了操作者的人为误差,减小了设计图与玉雕成品之间的差距,完美呈现玉雕设计者的理念。

(3)对加工对象的适应性强。由于数字化玉雕加工的准备过程较简单,同时加工是由程序控制的,对不同的产品只需要计算机设计不同图案即可,而不需要雕刻者学习制作新的图案,因此可有效缩短新产品的制造周期。另外,数字化玉雕加工的刀位计算可由 CAD/CAM 系统完成,不需要人工计算,因此能够高效率、高质量地处理复杂的玉石加工。可以说,生产对象的形状越复杂、加工精度要求越高、设计更改越频繁、生产批量越小,数控加工的优越性就发挥得越明显。

(4)生产效率高。传统玉雕每件玉雕件都要进行一些重复的图案绘制等工作,而数字化玉雕只需要把设计好的图形调用出来即可雕刻,从而节省了很多不必要的工序。数字化玉雕能够快速、高质量地实现设计者的设计,从而减轻雕刻者的劳动强度、提高生产效率。

(5)有利于实现计算机辅助制造。目前在玉石雕刻业、珠宝首饰制造业中,CAD/CAM系统、快速成型技术等计算机辅助制造技术已被广泛应用,这正是现代化科技快速发展的必然趋势。

(6)初始投资大,加工成本高。由于数控机床的价格高,加工首件需要进行计算机辅助设计、调试程序和试加工,因此使数字化玉雕的加工成本高于传统雕刻。

第四节 数字化玉雕技术的受益者

在玉雕产品的设计和雕刻领域应用数字化玉雕技术,能显著地缩短产品投放市场的周期、降低成本、提高质量和增强企业的竞争能力。一般而言,玉雕产品投放市场的周期由设计(初步设计和详细设计)、试雕刻、征求用户意见、修改定型、正式生产和市场推销等环节所需的时间组成。由于采用数字化玉雕技术之后,从产品设计的最初阶段开始,设计者、制造者、推销者和用户都能拿到实实在在的样品(甚至小批量试雕刻的产品),因而可以及早地、充分地进行评价及反复修改,并且能对雕刻工艺过程及其所需的工具和夹具的设计进行校核,甚至用相应的数字化玉雕技术做出样品,因此可以极大地减少失误和不必要的返工,从而能以最快的速度、最低的成本和最好的品质将产品投入市场。数字化玉雕技术的受益者包括设计者、加工者、销售者和消费者。

一、设计者受益

设计者在设计产品时,必须完成产品本身的设计环节(通常称为“上游”)的工作,同时考虑后续制造、销售、使用和维修环节(通常称为“下游”)的问题,它们包括以下几点。

- (1)根据用户对产品的要求,设计其形状和尺寸。
- (2)根据初步选定的结构、形状和尺寸,进行分析、计算,然后根据结果修改设计。
- (3)在初步选定结构、形状和尺寸的同时,考虑可能采用的原材料、加工工艺及其成本与工时,然后根据结果修改设计。
- (4)考虑产品制作后的包装、运输、维修和使用培训等问题,并且根据结果修改设计。

通常,将上述第(1)项工作称为概念设计,将第(2)~(4)项工作称为详细设计。由于设计者的能力有限,不可能在短时间内,仅凭图纸上的思维,就把以上各方面的问题考虑得很周全并使结果优化。因此,按照传统工艺操作不但费时费力,往往还难免有所疏漏,从而造成返工的损失。为解决上述问题,在现代先进雕刻技术领域,提出了并行工程(Concurrent Engineering,简称CE)的方法,它以群体协同工作为基础,通过网络共享信息资源,来同步考虑产品设计、雕刻、销售等有关上、下游问题,从而实现并行设计的思想。然而,仅仅依靠计算机及其上的数字模拟,没有必要的物理模拟手段,也难以完美地进行并行设计。

采用快速成型技术之后,设计者在设计的最初阶段,就能拿到实在的玉雕产品样品,对玉雕产品设计进行优化,并可在不同阶段快速地修改、重做样品,据此判断有关上、下游的各种问题。这将给设计者创造一个优良的设计环境,提供一个快捷、有力的物理模拟手段,无需反复

思考、修改即可尽快得到优化结果,从而能显著地缩短设计周期和降低成本。因此,数字化玉雕技术是真正实现并行设计的支撑技术。

随着现代科技的发展,人们为了改善手工玉雕业的现状,以现代科技为基础,开始发展数字化玉雕技术。设计方面逐渐利用计算机数字图形图像、三维扫描等技术,数控雕刻机也在不断完善,可以说数字化玉雕代替手工玉雕成为一种趋势。但是初露头角的现代玉雕怎么可能取代有几千年文化沉淀的手工玉雕艺术呢?为了使这种现代高科技艺术更好地传承中国玉雕文化,我们需要不断地摸索,不断地创新,取精华去糟粕,让古老的玉雕文化与新兴的数字技术完美地融合。

二、加工者受益

加工者在玉雕产品设计的最初阶段,也能拿到实在的玉雕产品样品,甚至试制少量玉雕展示产品,这使得加工者能及早地对玉雕产品设计提出意见,做好玉雕原材料、加工工艺和批量生产展示品等准备,最大限度地减少失误和返工,大大地节省了工时、降低了成本和提高了玉雕产品质量。

三、销售者受益

销售者在玉雕产品设计的最初阶段,也能拿到实在的玉雕产品样品,至少少量玉雕产品,这使得他们能据此及早、实在地向用户宣传和征求意见,以及进行比较准确的市场需求预测,而不是仅凭抽象的产品描述或图纸、样本来推销。此外,快速成型技术的应用可以显著地降低新产品的销售风险和成本,大大缩短其投放市场的时间,提高其竞争能力。

四、消费者受益

消费者在玉雕产品设计的最初阶段,也能见到玉雕产品样品,至少少量玉雕产品,这使得他们能及早、深刻地认识玉雕产品,并及时提出意见,从而可以在尽可能短的时间内,以最合理的价格得到性能最符合要求的产品。

第二章 数字玉雕技术的基本工艺

随着计算机技术的发展,尤其是 CNC 技术的发展,近年来数字化玉雕机应用日益普遍。数字化玉雕机雕刻精细产品的效率高,可以进行产品曲面、复杂花纹雕刻,并具有与计算机设计技术的接口,这些优点使得它在复杂图饰、三维浮雕雕刻、圆雕等方面取得了广泛的应用。在数字化玉雕中,既要保证其尺寸精度,又必须满足其图案复杂的外形要求,因此数字化玉雕加工工艺和控制技术与普通数控差异较大,必须使用高速小刀具进行精细雕刻,并采用高速铣削技术(HSM)和 CNC 雕刻独有的等量切削技术。雕刻时,刀具以很高的转速旋转并保持较高的旋转精度,从而减少了振动和跳动断刀。CAD/CAM 软件是数字化玉雕的核心,雕刻 CAD/CAM 软件应具有强大的图形、图像设计编辑和造型设计功能,能够按区域雕刻或轮廓雕刻自动生成加工路径,输出相应的 G 代码,指挥数字化玉雕机进行各种加工。如有些 CNC 雕刻机的软件在扫描仪上将平面图输入后,根据图像的颜色或灰度能自动生成雕刻深度、曲面特性和刀具轨迹,或者直接对数码相机的实物图片进行预处理,加工出凸凹的浮雕图案。CAM 能进行雕刻加工仿真,也就是刀具路径模拟,可以模拟实际的加工环境和刀具运动路线。

本章从数字化玉雕技术原理、数字化玉雕的基本工艺两方面具体论述数字化玉雕的概念、技术原理、工艺流程等内容。

第一节 数字化玉雕技术的原理

一、数字化玉雕技术的概念

基于图形图像数据的数字化玉雕加工技术是近十几年发展起来的一种新的雕刻技术,它用于玉雕表面文字、图案的雕刻等方面,是计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、计算机数字控制(CNC)、精密伺服驱动和新材料等先进技术的高度融合。

数字化玉雕通过计算机将玉雕图案以数字的形式生成二维图、三维图等内部描述,在计算机屏幕上显示出具有真实感的图形,再通过导入 CAM 软件,生成程序,由雕刻机按此执行命令,完成浅浮雕、高浮雕及小部分的圆雕、镂空雕工艺,制造出玉雕产品。

在其成长的过程中又根据玉石雕刻应用的特殊性,综合了玉雕业的艺术设计和造型技术使得数字化玉雕成为一门独特的专业技术。

二、数字化玉雕技术的原理

数字化玉雕的主体就是雕刻机,它是一种由程序控制的自动化机床,它所依赖的是一种由数字化信号对其设备运行及加工过程实行掌控调节的自动控制技术。数字化玉雕机加工玉雕产品时,首先将玉雕产品的三维立体信息和工艺信息编制成加工程序,由输入部分送入数控装

置,经过数控装置的处理、运算,按各坐标轴的分量送到各轴的驱动电路,经过转换、放大后驱动伺服电机,带动各轴运动,并进行反馈控制,使刀具和玉雕件及其他辅助装置严格地按照加工程序规定的顺序、轨迹和参数有条不紊地工作,从而加工出玉雕产品的全部轮廓。

其间 CAM 软件会将整个面分解为无数小点,数控装置按照一定规律及设置好的刀具路径给出最佳轨迹点、走向类型(直线、弧线等),然后由刀具来行走雕刻。一般来说,雕刻机走刀的整体趋势是一层接着一层平行走,因此,虽经过数遍不同类型刀具精细行走,但是仍可以在玉雕表面观察到清晰、排列密集的细线。

数字化玉雕技术的基本原理是:将数控设备末端执行部件的运动(或多个末端执行部件的合成运动)纳入到适当的坐标系中,将所要求的复杂运动分解成各坐标轴的简单直线运动或回转运动,并用一个满足精度要求的基本长度单位(Basic Length Unit, BLU)对各坐标轴进行离散化,由电子控制装置(即数控装置)按数控程序规定的运动控制规律产生与基本长度单位对应的数字指令脉冲,对各坐标轴的运动进行控制,并通过伺服执行元件加以驱动,从而实现所要求的复杂运动。

数控技术的核心是插补与驱动。插补装置的功用是将期望的设备运动轨迹沿各坐标轴微分成基本长度单位,并转换成可控制各坐标轴运动的一系列数字指令脉冲。驱动装置是指伺服驱动系统,其功用是将插补装置输出的数字指令脉冲进行转换与放大,驱动执行元件,实现由数字指令脉冲序列规定的坐标运动,并最终由各坐标运动合成所期望的运动轨迹。对应于插补装置输出的每一个数字指令脉冲,伺服驱动系统末端执行部件所实现的理论位移被称为脉冲当量,它是系统所能控制的最小位移,又称系统的控制分辨率,一般取其为基本长度单位。早期数控功能是采用硬件数字电路实现的,而现代数控功能均采用微型计算机来实现,因此现代数控功能又被称为计算机数字控制技术,简称计算机数控技术。计算机数控技术属先进制造技术,是现代制造业实现柔性自动化的基础,也是计算机集成制造(Computer Integrated Manufacturing, CIM)、智能制造(Intelligent Manufacturing, IM)、敏捷制造(Agile Manufacturing, AM)、虚拟制造(Virtual Manufacturing, VM)等先进制造技术或生产模式的基础。

计算机数控技术广泛应用于各种机电产品或设备的控制,如各种数控机床(CNC Machine Tools)、三坐标测量机(Coordinate Measuring Machines, CMM)、工业机器人(Industrial Robots, IR)、绘图机(Drawing Machines)、激光快速成型机(Rapid Prototyping Machine, RPM)等均采用数控技术进行控制。

(一)数控装置工作原理

数控装置是一种控制系统,它自动阅读输入载体上预先给定的数字值,对其进行译码、运算,并据此控制刀具与玉雕件的相对运动,从而加工出所需要的玉雕件。数控装置工作原理如图 2-1-1 所示。

数字化玉雕机依据加工程序,不断改变刀具与玉雕件之间相对运动的参数(位置、速度等),用刀具对玉雕件进行切削加工,最终得到所需要的合格玉雕件。数字化玉雕机数字控制的核心问题是如何控制刀具或工作台正确运动从而加工出合格的产品。

(二)数控装置的插补原理

从自动控制的角度来看,数控系统是一种轨迹控制系统,其本质是以多个执行部件(各运

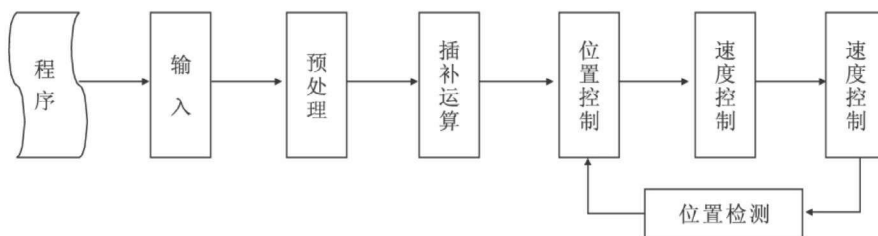


图 2-1-1 数控装置工作原理图

动轴)的位移量为控制对象并使其协调运动的自动控制系统,是一种配有专用操作系统的计算机控制系统。

组成玉雕件轮廓的基本线型是直线和圆弧,一些复杂的曲线、曲面经过适当处理后,也可以用直线和圆弧去逼近、拟合。因此在数控加工时,数控系统根据加工程序中的相关数据信息(如玉雕件上几何要素的起点坐标、终点坐标、圆心坐标、圆弧半径等),把刀具与玉雕件的运动坐标分割成一些最小的单位量,即最小位移量,由数控系统按照玉雕件程序的要求,使坐标移动若干个最小位移量(即控制刀具运动轨迹),从而实现刀具与玉雕件的相对运动,完成对玉雕件的加工。同时,通过系统内规定的运算,把拟合后的轮廓轨迹计算出来,并且一边计算一边根据计算结果向有关坐标轴分配脉冲等指令信号,伺服机构则将这些指令信号进行放大后驱动执行电机,使刀具或工作台沿着有关坐标轴运动,逐步加工出既定的轮廓形状来。

对于轮廓控制系统来说,最重要的功能便是插补功能,这是由于插补运算是在机床运动过程中实时进行的,即在有限的时间内,必须对各坐标轴实时地分配相应的位置控制信息和速度控制信息。轮廓控制系统正是因为有了插补功能,才能加工出各种形状复杂的玉雕件。可以说,插补功能是轮廓控制系统的本质特征。因此,插补算法的优劣将直接影响 CNC 系统的性能指标。

插补的基本概念:当走刀轨迹为直线或圆弧时,数控装置在线段的起点和终点坐标值之间进行数据点的密化,求出一系列中间点的坐标值,然后按中间的坐标值,向各坐标输出脉冲数,保证加工出需要的直线或圆弧轮廓,数控装置进行的这种数据点的密化被称作插补,一般数控装置都具有对基本函数(如直线函数和圆函数)进行插补的功能。对任意曲面玉雕件的加工,必须使刀具运动的轨迹与该曲面完全吻合,才能加工出所需的玉雕件。

(三)刀具半径补偿

在数字化玉雕机上进行玉雕件轮廓的铣削加工时,由于刀具半径的存在,刀具中心轨迹和玉雕件轮廓不重合。当数字化玉雕机具备刀具半径补偿功能时,编程人员只需根据玉雕件轮廓编程,数控系统会自动计算出刀具中心轨迹,加工出所需要的玉雕件轮廓。

1. 什么是刀具半径补偿

数字化玉雕机在加工过程中,它所控制的是刀具中心轨迹。用户总是按玉雕件轮廓编写加工程序,因而在进行内轮廓加工时,刀具中心必须向玉雕件的内侧偏移一个偏置量(粗加工时,其偏置量是刀具半径与加工裕量之和);在进行外轮廓加工时,刀具中心必须向玉雕件的外侧偏移一个偏置量,如图 2-1-2 所示。这种根据按玉雕件轮廓编制的程序和预先设定的偏

置参数,使数控装置能实时自动生成刀具中心轨迹的功能称为刀具半径补偿功能。

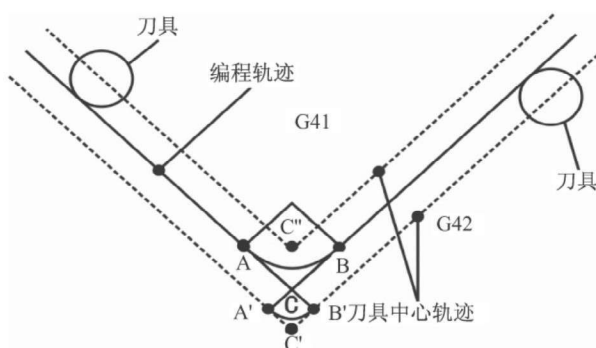


图 2-1-2 刀具半径补偿原理图

在图 2-1-2 中,实线为所需加工的玉雕件轮廓,虚线为刀具中心轨迹。根据标准,当刀具中心轨迹在编程轨迹(玉雕件轮廓)前进方向的右边时,称为右刀补,用 G42 指令实现;反之称为左刀补,用 G41 指令实现。

2. 刀具半径补偿功能的主要用途

在玉雕件加工过程中,采用刀具半径补偿功能,可极大地简化编程的工作量,具体体现在以下两个方面:①由于刀具的磨损或因换刀引起的刀具半径变化时,不必重新编程,只需修改相应的偏置参数即可;②轮廓加工往往不是一道工序能完成的,因此在粗加工时要为精加工工序预留加工余量。加工余量的预留可通过修改偏置参数实现,而不必为粗、精加工各编制一个程序。

3. 刀具半径补偿的常用方法

(1)B 刀补。这种方法的特点是刀具中心轨迹的段间连接都是以圆弧进行的。其算法简单,实现容易,但由于段间过渡采用圆弧,这就产生了一些无法避免的缺点。

a. 当加工外轮廓尖角时,由于刀具中心通过连接圆弧轮廓尖角处始终处于切削状态,要求的尖角往往会被加工成小圆角。

b. 在内轮廓加工时,要由程序员人为地编进一个辅助加工的过渡圆弧,如图 2-1-2 中的圆弧 AB。并且还要求这个过渡圆弧的半径必须大于刀具的半径,这就给编程工作带来了麻烦,一旦疏忽,使过渡圆弧的半径小于刀具半径时,就会因刀具干涉而产生过切削现象,使正在加工的玉雕件报废。这些缺点限制了该方法在一些复杂的、要求较高的数控系统(例如仿型数控系统)中的应用。

(2)C 刀补。这种方法的特点是相邻两段轮廓的刀具中心轨迹之间用直线进行连接,由数控系统根据玉雕件轮廓的编程轨迹和刀具偏置量直接算出刀具中心轨迹的转接交点 C 点和 C' 点(图 2-1-2),然后再对刀具中心轨迹作伸长或缩短的修正。这就是所谓的 C 机能刀具半径补偿(简称 C 刀补)。它的主要特点是采用直线作为轮廓之间的过渡,因此,该刀补法的尖角工艺性较 B 刀补的要好,其次在内轮廓加工时,它可实现过切(干涉)自动预报,从而避免过切的产生。

两种刀补的处理方法是有很大的区别的:B 刀补法在确定刀具中心轨迹时,采用的是“读一