



沈阳市优秀自然
科学著作资助项目

石材数控加工技术

NC Machining Technology of Stone

赵民 著



辽宁科学技术出版社

LIAONING SCIENCE AND TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE

石材数控加工技术

赵民 著

辽宁科学技术出版社

沈 阳

沈阳市优秀自然科学著作资助项目

© 2013 赵民

图书在版编目(CIP)数据

石材数控加工技术 / 赵民著. —沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2013.8

ISBN 978-7-5381-8182-1

I. ①石… II. ①赵… III. ①石材—数控机床—加工 IV. ①TU754.4 ②TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第169266号

出版发行: 辽宁科学技术出版社

(地址: 沈阳市和平区十一纬路29号 邮编: 110003)

印刷者: 沈阳新华印刷厂

经销者: 各地新华书店

幅面尺寸: 185mm × 260mm

印 张: 14.5

字 数: 300千字

印 数: 1~2000

出版时间: 2013年8月第1版

印刷时间: 2013年8月第1次印刷

责任编辑: 李伟民 韩延本

封面设计: 嵘 嵘 解 龙

责任校对: 李淑敏

书 号: ISBN 978-7-5381-8182-1

定 价: 40.00元

联系电话: 024-23284360

邮购电话: 024-23284502

<http://www.lnkj.com.cn>

前 言

石材加工具有悠久的历史,中国在战国时代就有石基、石阶,东汉时就有全部由石头建成的建筑。隋唐时代,中国的石头建筑更是达到鼎盛时期,各种石材制品都有相当杰出的代表作品。随着科学技术的日新月异,这门古老的加工技术已从传统的加工模式迈进先进的制造技术中。尤其是随着新材料技术、电子技术和计算机技术的飞跃发展,石材加工设备已从传统的手动加工向自动化、智能化方向发展。石材设计也从平面设计向三维设计发展,从手工绘图向计算机绘图方向发展。石材加工设备已经广泛采用了计算机技术、自动控制技术、精密测量技术和光电子技术,使石材加工设备迈上了一个新的台阶。石材加工设备已从机械化向数控化方向发展,并具有了现代加工中心。加工中心可以完成切割、成型、钻孔、磨削、抛光、刻字、镗孔、雕刻和车削。石材数控加工设备也从2轴到多轴联动发展,可以进行复杂的曲面加工。石材加工设备也从单一化向多元化方向发展。在现代化石材加工中对石材加工理论和应用技术的研究越来越引起人们的关注。石材加工理论研究成果促进石材加工技术的发展,提高了石材资源的利用率。

本书是作者在多年来从事石材加工理论和实验研究的基础上积累而成的,目的是向读者介绍石材加工的最新石材数控装备技术、工具技术和相关技术。该书作为石材专业的论著,系统地论述了石材数控加工设备、石材数控加工工具、石材廓形扫描系统和石材数控加工实例,通过该书系统的介绍,读者可以了解和掌握石材数控加工设备基本原理和加工方法,同时通过数控加工实例掌握石材产品典型数控加工工艺。该书可作为相关院校石材专业教材,同时也适用于石材行业技术人员参考书。

全书共分9章,第1章,主要介绍石材加工设备的分类和石材加工技术现状。第2章石材数控机床概论,主要介绍了石材数控机床的工作原理及组成和石材数控机床的分类。第3章石材数控加工装备,重点介绍了石材数控铣削加工中心、石材车削加工中心、石材数控抛光机、石材雕刻机器人和石材数控加工生产线。第4章石材数控机床辅助装备,主要介绍数控机床的机械手、数控机床电主轴和刀库的工作原理、石材数控机床的扫描系统。第5章石材数控加工工具,主要介绍了各种石材数控刀具,包括金刚石成型铣刀、金刚石棒铣刀、石材定厚加工金刚石滚筒。第6章石材数控加工实例,主要包括高压水对石材拼花加工编程、石材圆柱的加工工艺及数控编程、石材雕刻数控加工编程等。第7章石材数控刀具库开发,主要介绍了基于Pro/ENGINEER刀具库的二次开发,并对石材罗马柱车削加工实例进行了分析。第8章金刚石圆锯片动态特性,主要介绍了金刚石圆锯片切割石材切削力分析金刚石圆锯片动态特性。第9章石材大板CCD检

测,采用 CCD 检测技术对石材大板在线测量并进行优化下料,完成石材大板数控加工。

该书的出版发行为国内石材加工提供了具有价值的参考资料,希望能为中国石材科技进步和发展作出一些贡献。

参加本书编写的主要人员有赵民、张静、袁哲、王晓军、秦自放、盖瑞波、曹瑞元、孙占杰等同志。

此外,在编写本书过程中也得到了相关石材企业的大力支持和帮助,在此谨表谢意。

限于作者的水平、时间有限,书中难免有错误与不妥之处,恳请读者批评指正。

本书出版得到沈阳市科协出版基金的资助,在此表示感谢!

著者

2013年5月25日 于沈阳

目 录

1 概 论	001
1.1 石材加工设备的分类	001
1.2 石材加工设备的基本介绍	001
1.3 石材加工技术现状	002
1.3.1 仿形技术	002
1.3.2 数控技术及单机生产线	003
1.3.3 多功能数控加工中心技术	003
2 石材数控机床概论	005
2.1 石材数控机床的工作原理及组成	005
2.1.1 石材数控机床的工作原理	005
2.1.2 石材数控机床的组成	005
2.2 石材数控机床的分类	007
2.2.1 按伺服单元(系统)的类型分类	007
2.2.2 按制品特点和加工方式分类	009
2.2.3 按加工类型分类	010
2.2.4 按控制的联动坐标数分类	022
3 石材数控加工装备	025
3.1 数控加工中心	025
3.1.1 MILL5型数控加工中心	025
3.1.2 MILL98型数控加工中心	026
3.1.3 BLADE型数控加工中心	029
3.1.4 三轴联动数控加工中心	029
3.1.5 PROFILE数控加工中心	031
3.1.6 LOG2000型雕刻机	031

3.2	数控车床	035
3.2.1	三轴数控车床	035
3.2.2	仿形车床	037
3.2.3	石材圆柱加工数控车床	038
3.2.4	数控车床加工中心	039
3.2.5	液压自动仿形车床	042
3.3	数控抛光机	043
3.3.1	数控抛光机	043
3.3.2	数控抛光机加工中心	044
3.3.3	半自动抛光机	045
3.4	石材雕刻机	045
3.4.1	回转式石材雕刻机	045
3.4.2	平面雕刻机	046
3.5	石材雕刻机器人	047
3.6	石材数控加工生产线	048
3.6.1	设备构成	049
3.6.2	工作原理	055
3.6.3	切割机横梁动态特性分析	057
3.6.4	石材自动化立体仓库设计	058
4	石材数控机床辅助装备	062
4.1	数控机床的机械手	062
4.2	石材数控加工电主轴	064
4.2.1	电主轴和刀库的工作原理	065
4.2.2	垂直传动系统	065
4.2.3	电主轴技术	066
4.3	刀具夹紧方式及自动松拉刀系统	068
4.3.1	刀具的夹紧方式	068
4.3.2	电主轴自动拉刀系统	069
4.3.3	拉刀爪	069
4.4	电主轴支承形式和轴承的选用	070
4.5	刀库的设计	071
4.5.1	刀架	072
4.5.2	旋转刀库	072
4.6	石材数控机床的扫描系统	074

5 石材数控加工工具	076
5.1 石材数控刀具系统	076
5.1.1 刀柄	076
5.1.2 工具系统	076
5.2 金刚石成型铣刀概述	076
5.3 圆盘式金刚石成型工具	077
5.3.1 大理石电镀成型工具	077
5.3.2 烧结成型工具	077
5.3.3 金刚石花线成型轮	078
5.4 圆柱式金刚石成型工具	079
5.5 数控机床金刚石成型工具	080
5.5.1 概述	080
5.5.2 数控铣刀	083
5.5.3 数控机床使用的廓形工具	083
5.5.4 数控机床使用的孔加工工具	085
5.5.5 数控机床使用的平面加工工具	086
5.5.6 工具连接刀柄	087
5.6 金刚石圆周铣刀	090
5.7 金刚石棒铣刀	090
5.7.1 棒铣刀分类	090
5.7.2 棒铣刀加工参数	091
5.8 石材定厚加工金刚石滚筒	092
6 石材数控加工实例	095
6.1 高压水切割加工技术	095
6.1.1 国内外高压水切割加工技术发展历程	095
6.1.2 高压水切割加工范围	096
6.1.3 高压水切割分类	096
6.1.4 高压水切割的精度和介质	097
6.1.5 高压水切割应用实例	097
6.2 石材圆柱的加工工艺	101
6.2.1 普通圆柱的种类	101
6.2.2 普通圆柱的加工	102
6.2.3 普通圆柱柱座和柱帽加工	102
6.2.4 石材扭纹柱数控加工	104
6.3 整体式洗手台的数控铣削加工	108

6.4	石材雕刻刀路程序	118
6.5	石材复杂曲面的雕刻	118
6.6	石材凹槽加工程序解析	120
7	石材数控刀具库开发	123
7.1	Pro/Tool Kit 安装与测试	123
7.1.1	Pro/Tool Kit 安装及 VC 环境的设置	123
7.1.2	测试	125
7.1.3	Pro/ENGINEER 刀具库的二次开发	126
7.2	罗马柱车削加工实例分析	131
7.2.1	罗马柱设计最终效果图	131
7.2.2	罗马柱车削加工工艺分析	131
7.2.3	Pro/ENGINEER 中 NC 模块加工流程	131
7.3	罗马柱柱头车削加工实例	132
8	金刚石圆锯片动态特性	153
8.1	金刚石圆锯片概述	153
8.2	金刚石圆锯片分类及应用	154
8.3	金刚石圆锯片切割石材切削力分析	156
8.3.1	金刚石圆锯片切割石材机理分析	156
8.3.2	金刚石圆锯片受力分析	157
8.3.3	金刚石圆锯片切割石材数学模型	160
8.4	金刚石圆锯片动态特性	161
8.4.1	模态实验理论	162
8.4.2	实验原理	162
8.4.3	实验设计	166
8.4.4	实验步骤	173
8.4.5	实验结果及分析	174
9	石材大板 CCD 检测	179
9.1	CCD 检测技术	179
9.2	石材大板 CCD 测量系统设计	180
9.2.1	系统基本组成	180
9.2.2	光源设计	181
9.2.3	光学系统的选择	184
9.3	摄像机标定	187
9.3.1	摄像机成像模型	187
9.3.2	标定实例	190

9.4 图像处理	191
9.4.1 边缘检测原理	191
9.4.2 图像预处理	192
9.4.3 边缘检测算法	192
9.5 石材大板优化排样技术	197
9.5.1 优化排样问题	197
9.5.2 矩形石材工程板混合排样	198
9.5.3 矩形石材工程板混合排样分类	199
9.5.4 矩形石材工程板混合排样问题求解思路	199
9.5.5 矩形石材工程板混合排样问题基本概念	200
9.5.6 矩形石材工程板混合排样问题模型	202
9.5.7 建立矩形石材工程板混合排样数学模型	206
9.5.8 矩形石材工程板混合排样问题求解	207
9.5.9 矩形石材工程板混合排样算法步骤	210
9.5.10 应用实例	212
9.6 石材大板在线测量系统	213
9.6.1 石材大板在线测量系统软件概述	213
9.6.2 石材大板在线测量系统软件操作说明	213
参考文献	219

1 概 论

1.1 石材加工设备的分类

石材加工设备按自动化程度可分为普通电气控制设备和数控加工设备；按其加工功能分，可分为单功能和多功能加工设备。数控石材加工设备主要用来加工具有复杂外形或复杂图案的石材产品。数控石材加工范围大致可分为平面和立体三维曲面。石材平面加工包括浮雕制品、壁炉、卫生间面盆板、厨房灶台板、花线条、拼花板材、曲线边板材等，其形状可以是对称的，也可以是非对称的。立体三维曲面加工主要包括异型回转体制品、自由曲面制品和更为复杂的雕塑等。回转体制品，如石材圆柱、石材花瓶、石材栏杆柱等，其形状特点是具有轴对称性；自由曲面制品，如各种洗面盆等，具有凸凹形状；更为复杂的石材产品包括人体雕塑、动物像等。

最初的石材加工设备是金刚石框绳锯，具有二维运动，可以加工石材圆弧面；另外还有高压水数控加工设备和桥式切机数控设备。这些设备都具有二维运动，适合平面曲线加工。多功能数控加工中心用来加工各种人体雕塑、圆柱雕刻、不规则的柱头、柱座等石材立体异型制品，平面浮雕、卫生间面盆、浴盆和面盆台板、厨房灶台板面板，直线、曲线花线、曲线边板材等平面异型制品以及精铣圆弧板材、定厚和磨抛。所生产的制品形状和造型可以是对称的，也可以是非对称或不规则的。

1.2 石材加工设备的基本介绍

从结构上说，石材加工数控设备通常是多个普通数控加工设备的功能集成于一台设备上。设备的不同功能可以通过增加相应的模块来实现。

只有一个圆柱铣刀动力头的数控加工中心，一般需要三维控制，即设备必须能控制工件的旋转角度定位，圆柱铣刀类刀具的水平（ x 轴）、垂直（ z 轴）、前后（ y 轴）的移动和定位，以及刀具轴本身的角度摆动控制，这是完成雕像类制品加工所需要的最少控制维数。目前最多可以达到六维控制，即设备能控制工件的旋转速度和旋转角度定位，圆柱铣刀类刀具的水平（ x 轴）、垂直（ z 轴）、前后（ y 轴）的移动和定位，以及刀具轴本身的摆动角度、向前倾斜角度这六个方向的运动。数控车床主要用来加工回转体制品，回转体雕刻制品和立体雕刻制品，气动主轴箱转速的调节是为了适应不同材质、硬度的石材，不同直径制品的加工，旋转角度的定位是为了适应雕像，雕刻柱类制品的加

工需要。工作台上主要放置非回转体类制品,配合可前后、上下、左右运动的刀具,可完成数控铣床的加工功能。刀具轴线的摆动(圆柱铣刀可以从 $0^{\circ}\sim\pm 45^{\circ}$ 或 $0^{\circ}\sim\pm 90^{\circ}$ 之间摆动)是为了加工制品的侧面,刀具 x 、 y 、 z 方向的同步移动是完成异型加工的基本运动,从提高加工效率来完成更复杂形状的异型制品加工考虑,应该再增加一个安装圆锯片的锯切动力头,可以对工件进行锯切加工,这也是加工扭纹柱所必需的刀具,该动力头可以与圆柱铣刀型刀具的动力头安装在同一个滑动架上,其 x 、 y 、 z 三个运动方向也都能得到控制。如果锯片可以通过其直径的垂直轴转动(锯片平面 360° 旋转),转动角度的定位可以得到控制,那么该锯片可进行各个方向的切割。这种加工中心具有六维控制功能,是多功能数控加工中心的基本配置。

为了提高多维数控加工的自动化程度和生产效率,设备还配备有容量为 $10\sim 25$ 把刀具的刀具库,加工过程中根据需要自动更换刀具。加工卫生间的面盆台板、厨房台灶面板等平面异型制品,需要最小刀具数量是9个,即2个金刚石圆柱铣刀切割外轮廓,2个金刚石成型刀具加工曲线形状的轮廓边,4个曲边磨抛轮和1个面板开草锯片。如果需要磨抛面板平面,还需要增加2个金刚石定厚加工刀具和4个磨抛轮。使用者可以根据实际加工合理地选择刀库的容量,例如使用磨光板加工上述制品,至少可以省去6个刀具,设备成本自然会降低,但加工所必需的刀具是必不可少的。对于前面介绍的六维数控加工中心,推荐配备 $12\sim 16$ 个刀具。

1.3 石材加工技术现状

1.3.1 仿形技术

石材异型制品的仿形加工是利用机械或液压机构经一定的运动关系组合后,形成的仿形加工技术,它具有输入输出点坐标关系同步的特性,刀具的运动轨迹是以制品模型轮廓素线为依据。

现在越来越多的设备能够进行仿形控制,仿形控制与数字控制在原理上有根本区别。它是利用仿形仪作为检测和反馈元件,根据仿形指的偏移量和其他相关参数计算出机床各坐标轴上的速度值,直接输出给伺服单元,使仿形指保持规定的偏移量沿着模型表面作扫描运动。数字仿形控制(Numerical Tracer Control,简称NTC)按照其数控插补出来的轨迹的不同可划分为直线NTC、圆弧NTC和其他曲线NTC。数字仿形包括直线NTC和圆弧NTC两大类。因为从控制原理上看两者的区别仅在于:一个进行直线插补,另一个进行圆弧插补,而基本的仿形原理是相同的。

目前国内已开发出多种类型的仿形设备。OMAG公司生产的ID86系列液压仿形车床,是用于回转体和圆柱成型、抛光的液压伺服车床,可以用于加工母线是任意曲线的回转体柱类产品。

1.3.2 数控技术及单机生产线

数控即数字控制，在机床领域指用数字化信号对机床运动及其加工过程进行控制的一种方法。数控机床是采用了数字化控制技术的机床，或者说是安装了数控系统的机床，机床组成框图如图1-1所示。

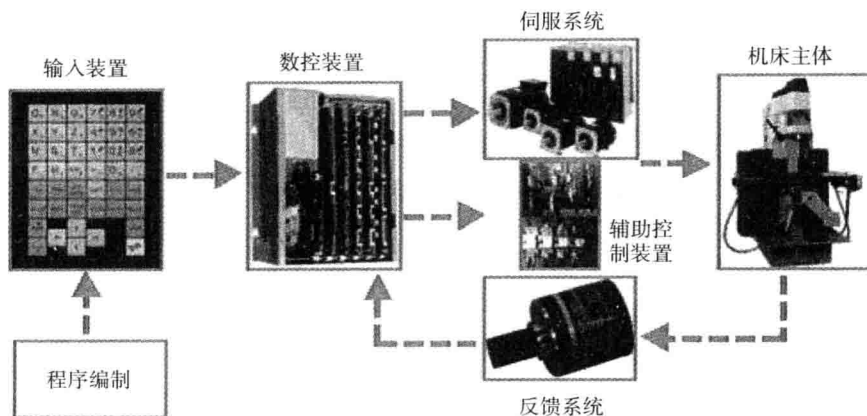


图1-1 数控机床组成

现代石材加工数控机床都采用计算机作为控制系统。数控技术和计算机辅助设计与制造技术的发展，正在使传统的石材机械设计与石材加工方式发生根本变化。特别是现代数控机床的普及应用，采用了计算机辅助数控编程，缩短了产品的制造周期，提高了产品的竞争力，具有明显的经济效益和广阔的发展前景。当前数控技术已进入第六代，具有一定的开放性。用于异型石材加工的数控加工设备除了多功能数控加工中心外，还有数控铣床、数控车床、数控圆柱雕刻设备、数控桥式切机、数控金刚石串珠锯、数控回转体加工设备、数控石材异型台面加工设备等。数控铣床主要是加工非回转体制品，OMAG公司的95 TOP、911CN、921CN等机型都是数控铣床类设备。数控车床是专门用于加工罗马柱、扭纹柱、花瓶、栏杆等母线是任意曲线或直线的柱或球类产品。OMAG公司的CN94、CN98P等型号设备是具有CNC系统的数控车床。OMAG公司的CN88系列产品以加工回转体和立体雕像制品为主。石材设备的发展也从单件向生产线和柔性加工技术发展。石材加工辅助装置的发展也非常快，目前已经有自动装卸板材机、自动翻板机、机器人等。这些辅助设备的自动化，对石材加工向FMS发展成为可能，同时大大减轻了劳动强度，提高了劳动生产率。如多头磨抛生产线可以直接从荒料到成品板的加工及包装自动生产线为一体化柔性加工系统。由于在各生产工序之间实现装料、卸料机械化、自动化，使得从荒料加工到成品板材的输出成为可能，如各加工单元组成一个完整的CNC系统，使石材加工装备向FMS方向和CIMS方向发展。

1.3.3 多功能数控加工中心技术

多功能数控加工中心一般用来生产立体异型石材产品。这类设备通常是将多个普通

数控加工中心的功能集中于一台设备上, 设备的很多功能可以通过增加选配件实现。

比如为了适应不同材质、硬度的石材(如大理石、花岗石等)加工, 工件转速需要调节, 同时刀具的转速还应加以控制, 此时, 只需加入相应的速度控制模块即可; 如果需要增加加工回转体功能, 工件的转速必须可以调节, 以满足不同直径产品的加工。如果需要完成多种形状的异型制品加工, 可以再增加一个安装圆锯片的锯切动力头, 实施对工件的锯切加工。如果再赋予这个动力头的垂直轴摆动功能, 设备对所增加的锯切动力头可以进行五维控制。因此, 不同的加工需求, 只需添加相应的功能模块即可实现加工中心相应的功能。

多维数控加工中心一般采用图形编程和模型扫描两种方法获得制品造型。对于简单或规则对称的制品, 可以用CAD(计算机辅助设计系统)中几何模型软件, 建立需要设计和加工产品的二维、三维几何模型程序, 使用选定的尺寸和形状参数定义几何模型的有关尺寸; 如果修改这些参数, 还可以生成其他尺寸和形状的几何模型。CAD的二维、三维图形功能非常大, 是数控加工中心必备的图形设计软件。CAM是按照图形程序指导和编排刀具加工的计算机辅助制造程序。它包含了三维图形全部加工模式的数据库, 控制动力头、刀具或工件按照所要加工的几何图形的形状运动, 并可自动选择和更换刀具, 完成加工。

对于人物雕刻这类形状复杂的立体雕刻制品, 由于使用手工编程生成几何模型的操作非常复杂, 工作量太大, 所以为了简化操作、提高生产效率, 可以使用激光扫描的方法, 对预先制作的小型实体模型进行扫描, 通过数控系统转换成图形程序, 提高了编程的效率和准确度。在功能齐全、控制维数多的数控加工中心上, 除了安装有图形设计程序外, 一般都配有激光扫描装置, 以完成各种形状制品的仿形加工。目前世界上最先进的石材数控加工中心都具备上述控制功能, 如意大利的MILL98型数控加工中心。该机为开放式结构, 操作者可以从设备的前后左右四个方向安放工件, 具有很强的组合性。设备的活动横梁前后(y 轴)运动, 刀架左右(x 轴)运动, 可在活动横梁上安装圆柱铣刀和圆锯片两个独立的运动动力头。每个动力头可以分别相对于 x 或 y 轴摆动、单独升降、沿 x 轴独立运动, 锯片还可相对于自身平面 360° 转动。在活动横梁和动力头的下方, 配备有如同车床一样、加工回转体用的卡盘及尾架, 可选配摆动角度可以控制的摆动工作台, 总的控制维数达到12个。CNC控制着每个加工刀具 x 、 y 、 z 运动, 摆角度移动或转动角度移动, 工作台摆动或车床卡盘转动等运动之间的同步性。该机还配有刀具误差的测定、计算和修正系统, 二维平面制品轮廓形状和尺寸的仿形机构和图形转换软件, VISICAD—VISICAM软件, 激光器扫描仿形复制系统和真空吸盘等附件。如果希望刻字加工, 还可配备将刀具转速提高到20 000 rpm的增速装置, 以适合安装小直径的刻字刀具。一般来说, 只要多维数控加工中心的配备齐全, 就可加工立体、平面和回转体等所有类型的异型石材产品。

2 石材数控机床概论

2.1 石材数控机床的工作原理及组成

2.1.1 石材数控机床的工作原理

数字控制 (Numerical Control) 简称 NC, 是相对于模拟控制而言的。在数字控制系统中所处理的信息量主要是离散的数字量, 而不像模拟控制系统那样主要处理一些连续的模拟量。早期的数字控制系统是采用数字逻辑电路连接成的, 而目前则是采用了计算机的计算机数控系统 (Computer Numerical Control, 即 CNC)。机床数控技术就是以数字化信息实现机床自动控制的一门技术。其中, 刀具与工件的运动轨迹的自动控制, 刀具与工件相对运动的速度自动控制是机床数字控制的最主要的控制内容。

石材数控机床工作前, 要预先根据被加工零件的要求, 确定零件加工工艺过程、工艺参数, 并按一定的规则形成数控系统能理解的数控加工程序。也即将被加工零件的几何信息和工艺信息数字化, 利用规定的代码格式编制成数控加工程序, 然后用适当的方式将此加工程序输入到数控机床的数控装置中。此时即可启动机床运行数控加工程序。在运行数控加工程序的过程中, 数控装置会根据数控加工程序的内容, 发出各种控制命令, 如启动主轴电机、打开冷却液、进行刀具轨迹计算、向特殊的执行单元发出数字位移脉冲并进行进给速度控制。运行数控加工程序进行数控加工的过程与数字计算机控制打印机打印的过程, 特别是与数字计算机控制绘图机绘图的原理与过程非常类似。

2.1.2 石材数控机床的组成

石材数控机床主要由信息载体、数控装置、伺服单元和机床等四部分组成, 如图 2-1 所示。



图 2-1 数控机床的组成

2.1.2.1 信息载体

它的功能是用于记载以数控加工程序表示的各种加工信息, 如零件加工的工艺过程、工艺参数等, 以控制机床的运动和各种动作, 实现零件的机械加工。过去常用的信息载体有穿孔纸带、磁带和磁盘, 信息载体上的各种加工信息要经输入装置 (光电纸带

输入机, 磁带录音机和磁盘驱动器) 输送给数控装置。但由于存储空间太小, 已不适应存储需求, 尤其对于异性石材加工, 其参数信息量很大, 所以渐渐发展到今天大容量硬盘存储或者可移动磁盘存储设备的出现。对于用微型计算机控制的数控机床, 还可以通过通信接口从其他计算机获取加工信息。也可用操作面板上的按钮和键盘将加工信息直接手动键盘输入, 并将数控加工程序存入数控装置的存储器中。

2.1.2.2 数控装置

数控装置是石材数控机床的控制中心, 它的功能是接收输入装置输入的加工信息, 经处理与计算发出各种控制命令, 如向伺服单元分配相对位移脉冲, 并由此使机床在伺服单元的驱动下, 按预定的轨迹运动等。本书所说的数控系统比数控装置所指的内容要广泛, 主要包括数控装置和伺服单元(或叫伺服系统)。

2.1.2.3 伺服单元

伺服单元(或伺服系统)是数控装置的主要执行部分, 如图2-2所示, 它由位置控制环(包括位置传感器)、速度控制环(包括速度传感器)、驱动伺服电动机及相应的机械传动装置组成。当数控装置输出指令电脉冲信号给伺服单元时, 伺服单元就使机床上的运动部件作相应的移动, 并对定位的精度和速度加以控制。因此, 伺服单元的性能好坏是直接影响数控机床加工精度和生产率的主要因素之一。每一脉冲使机床移动部件产生的位移量叫脉冲当量(常用的脉冲当量为 $0.001 \sim 0.01 \text{ mm}$)。

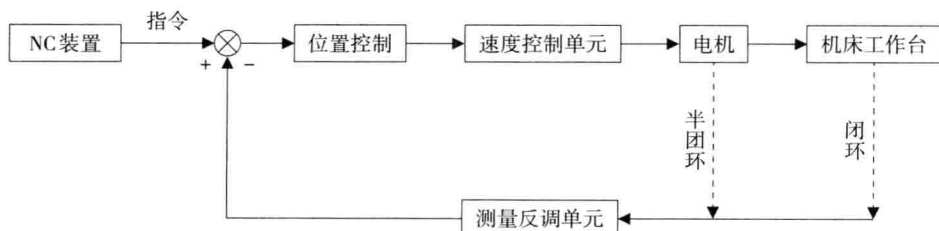


图2-2 伺服系统的组成

2.1.2.4 机床结构

石材数控机床的机械结构主要由以下几部分组成。

(1) 主传动系统。包括动力源、传动件及主运动执行件(主轴)等, 其功用是将驱动装置的运动及动力传给执行件, 以实现主切削运动。

(2) 进给传动系统。包括动力源、传动件及进给运动执行件(工作台)等, 其功用是将伺服驱动装置的运动与动力传给执行件, 以实现进给切削运动。

(3) 基础支承件。床身、立柱、导轨、滑座、工作台等, 它支承机床的各主要部件, 并使它们在静止或运动中保持相对正确的位置。

(4) 辅助装置。该装置视数控机床的不同而异。如自动换刀系统、液压气动系统、润滑冷却装置等。

石材加工中心能自动连续完成铣、钻、磨等加工。由于工序集中,显著提高了加工效率,也有利于保证各加工面间的位置精度。图2-3为该机床的外形图,纵向导轨、横梁为该机床的基础部件,交流变频调速电动机将运动经主轴箱内的传动件传给主轴,实现旋转主运动。3个宽频调速直流伺服电动机分别经滚珠丝杠螺母副将运动传给横梁、主轴箱,实现 x 、 y 、 z 坐标的进给运动。

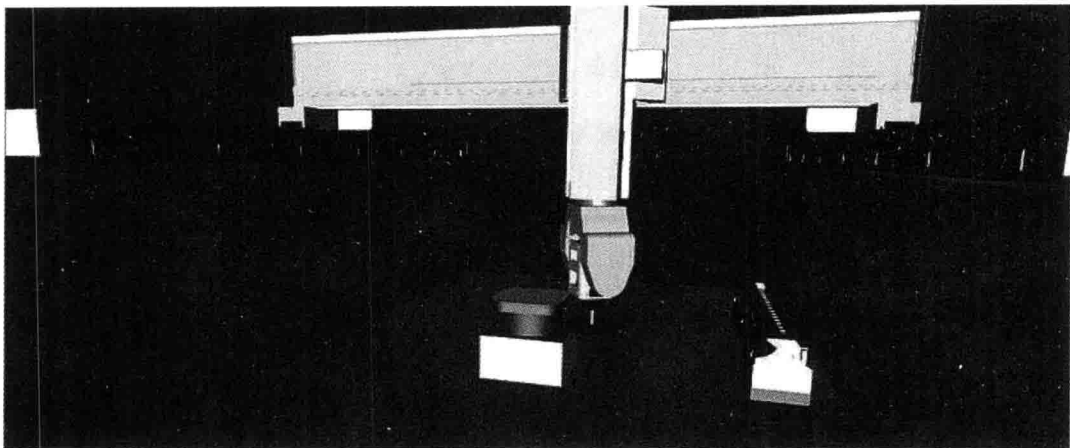


图2-3 石材加工中心模型

与传统的普通机床相比,除了进给部分采用伺服电动机组成伺服单元,并且由数控装置运行数控加工程序进行自动控制外,石材数控机床的外部造型、整体布局,机械传动系统、刀具系统的部件结构及操作机构等方面都已发生了很大的变化。这种变化的目的是为了满足不同石材数控技术的要求和充分发挥数控机床的优越性。因此,必须建立石材数控机床设计的新概念。

与传统的普通机床相比,它有以下特点:

- ①石材数控机床采用了高性能主轴部件及传动系统,机械传动结构简化,传动链较短;
- ②石材数控机床机械结构具有较高刚度和耐磨性,热变形小,利于硬脆材料的加工;
- ③更多地采用高效传动部件,如滚珠丝杠、静压导轨、滚动导轨等。

2.2 石材数控机床的分类

2.2.1 按伺服单元(系统)的类型分类

2.2.1.1 开环伺服系统

图2-4所示为采用步进电机驱动的开环伺服系统的原理图。它一般是由环形分配器、步进电机功率放大器、步进电机传动齿轮和丝杠螺母传动副等组成。每当数控装置