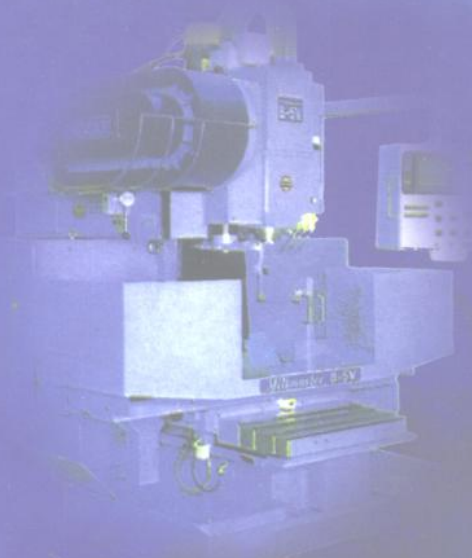


数控机床加工程序编制及设计制造一体化

数控机床加工程序编制 及设计制造一体化

潘宝俊 唐文献 编

CAD CAPP NC



中国
标准
出版社

16659

中国标准出版社

数控机床加工程序编制及 设计制造一体化

潘宝俊 唐文献 编

3
中国标准出版社

内 容 简 介

本书对数控编程的基本理论及相关知识作了全面系统的介绍。全书共分五章,内容包括数控机床和柔性制造系统、数控加工编程基础、数控加工程序编制、自动编程及设计制造一体化等。

全书内容新颖,资料丰富,剪系统性强,阐述详细,深入浅出,图文结合,理论与实际密切配合。

本书可作为高等院校机械制造类专业本科、专科及各种数控加工培训班的教学用书,也可供工程技术人员使用数控机床和扩大知识面时参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床加工程序编制及设计制造一体化/潘宝俊,唐
文献编.-北京:中国标准出版社,1998.12
ISBN 7-5066-1730-7

I.数… II.①潘…②唐… III.数控机床-程序设计
IV.TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(98)第23018号

中国标准出版社出版

北京复兴门外三里河北街16号

邮政编码:100045

电 话:68522112

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

版权专有 不得翻印

*

开本 787×1092 1/16 印张 14½ 字数 343 千字

1998年12月第一版 1998年12月第一次印刷

*

印数 1—1 500 定价 28.00 元

前 言

随着科学技术的不断发展,市场对机电产品的质量和生产效率提出了越来越高的要求。为了提高产品质量,提高生产效率,降低生产成本,改善工人的劳动条件,满足多品种、小批量的自动化生产需要,20世纪50年代诞生了高柔性、高自动化的机床——数控机床。由于它与迅速发展的电子工业和计算机技术相结合,所以,机械制造业各部门中,数控机床已成为不可缺少的加工设备(如航空、航天、造船和汽车等)。在我国机械制造业的技术改造中,数控机床是必需增添的新设备之一。数控机床与常规金属切削加工机床相比较有其独特的技术性和使用特点。例如需要对被加工零件编制数控加工程序,用以控制机床的加工过程便是它的特点之一,而且成为数控机床使用中的关键。

为了适应数控技术和国民经济发展的需要,促进数控技术在生产中的应用。满足数控编程教学的要求,我们在多年数控编程教学实践的基础上,结合多年的科学研究成果编写出《数控机床加工程序编制及设计制造一体化》一书。

本书具有以下几个特点:

1. 内容新颖,资料丰富,系统性强,阐述详细。在介绍数控编程基础知识的基础上,对手工编程和自动编程进行了全面、深入的介绍;不仅详细地介绍了通常由简单直线和圆弧组成的零件的编程方法,也较详细阐述了非圆曲线、列表曲线及曲面的处理方法。

2. 自动编程一章对技术上先进、目前应用极为广泛的语言式和图形式自动编程系统作了详细的介绍,同时对在国内目前流行的自动编程软件作了分析,以帮助读者选用。

3. 理论与实际密切配合。设计制造一体化一章内容是我院科研人员多年科学研究的结晶。在介绍先进制造技术的基础上,引用我院科研成果实例详细介绍了NC编程在CAD/CAPP/CAM/CAE一体化中的地位和作用。

本书由潘宝俊副教授、唐文献讲师编写,赵良才教授主审。其中第一章由潘宝俊、唐文献编写;第二、五章由潘宝俊编写;第三、四章由唐文献编写。

本书在编写过程中参考了有关院校、工厂和科研单位的教材、资料和文献,并得到许多同行专家、教授的支持和帮助,在此谨致谢意。

限于编者水平,书中不足之处和错误,恳切希望广大教师、学生和读者批评指正。

编 者

1998年5月

目 录

第一章 数控机床和柔性制造系统	1
§ 1-1 数控机床概述	1
§ 1-2 加工中心(MC).....	6
§ 1-3 柔性制造系统(FMS)	7
习题一	10
第二章 数控机床加工程序编制基础	11
§ 2-1 数控工艺与数控加工程序编制	11
§ 2-2 数控机床的坐标系统	41
§ 2-3 数控机床的刀具系统	47
习题二	56
第三章 数控机床加工程序编制	57
§ 3-1 数控车床加工程序编制	57
§ 3-2 数控铣镗床加工程序编制	71
§ 3-3 数控铣床轮廓加工程序编制	79
§ 3-4 列表曲线轮廓零件的计算机辅助编程	98
§ 3-5 列表曲面零件计算机辅助编程简介	120
习题三	124
第四章 自动编程	130
§ 4-1 自动编程概述	130
§ 4-2 以 APT 语言为基础的自动编程系统	132
§ 4-3 交互图形式自动编程系统	160
习题四	166
第五章 设计制造一体化(CAD/CAPP/CAM 集成)	168
§ 5-1 概述	168
§ 5-2 设计制造一体化	173
§ 5-3 产品数据模型	175
§ 5-4 零件设计制造一体化示例	180
习题五	196
附录 1 ISO 标准代码	197
附录 2 CK0630 编程说明书	198
附录 3 圆弧样条 Fortran 程序	214
附录 4 三次样条程序操作使用说明	219
主要参考文献.....	226

第一章 数控机床和柔性制造系统

§ 1-1 数控机床概述

一、数控机床的基本概念

随着科学技术的不断发展,对机电产品的质量和生产率提出了越来越高的要求。为提高产品质量、提高生产效率、降低生产成本、改善工人的劳动条件,满足多品种、小批量的自动化生产需要,20世纪50年代诞生了高柔性、高自动化的机床——数控机床。

数控(NC——Numerical Control)机床是一种装有程序控制系统(数控系统)的高效自动化机床,它综合应用了计算机技术、自动控制理论、精密测量以及机床结构方面的最新成就。数控机床也简称为NC机床。

采用数控机床可以提高零件的加工精度,稳定质量,提高生产率,完成普通机床难以加工的复杂型面的加工。数控机床与其他自动化机床相比的一个显著区别在于:当加工对象改变时,除了重新装夹工件和更换刀具之外,只需要更换新的加工程序,不需要对机床作任何调整。因此,为单件、小批量生产的精密复杂零件提供了自动化加工手段。

二、数控机床的基本工作原理

1. 在数控机床上加工零件步骤

在数控机床上加工零件,就是将加工过程所需的各种操作(如主轴变速、机床开停、松夹工件、进退刀具、选择刀具、供给冷却液等)和步骤以及刀具与工件之间的相对位移量都包括在零件数控加工程序中,然后通过控制介质(如穿孔带和磁带)或专用传送装置将信息送入专用的或通用的计算机,计算机对输入的信息进行处理与运算,发出各种指令来控制机床的伺服系统或其他执行件,使机床自动加工出所需要的工件。具体步骤如下:

- 1) 根据加工零件的图纸制定工艺方案并用规定的代码和程序格式编写程序单。
- 2) 将NC加工程序存在磁盘或磁带上,需要时制作穿孔带。
- 3) 通过NC程序读入装置将代码读入数控装置。也可用手动数据输入方式(MDI)。
- 4) 数控装置将代码进行译码,寄存和运算之后,向机床各个坐标的伺服机构发出信号,以驱动机床的各运动部件,并控制其他必要的辅助操作,如变速、松夹刀具、刀具转位、开冷却液等,最后加工出合格的零件。

2. 数控机床的组成

数控机床通常由以下几部分组成:信息输入装置、数控装置、伺服系统和机床本体。如图1-1所示,图中实线部分表示开环系统,如果加上虚线部分的测量装置,并反馈到数控装置,就构成了闭环系统。以下分别就各组成部分的基本工作原理作一简要说明。

1) 信息输入装置

信息输入装置就是将NC程序代码读入数控装置,它可以是光电阅读机,磁带机或一个接口。光电阅读机将穿孔带上代码信息读入数控装置;磁带阅读机将磁带上信息读入数控装置。目前,微处理器数控装置有专用接口,它可以直接接收外界计算机中的NC程序代码信息。

2) 数控装置

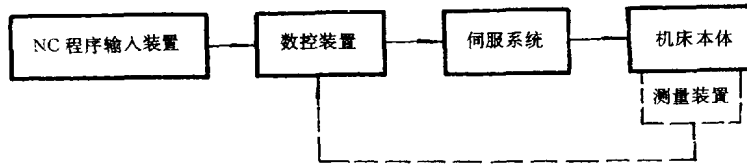


图 1-1 数控机床的组成

数控装置的功能是对 NC 程序代码信息进行识别、贮存和插补运算并输出相应的指令脉冲以驱动伺服系统,进而控制机床动作。在计算机数控机床中,由于计算机本身就含有运算器、控制器等上述单元,因此其数控装置的作用由一台专用计算机来完成。

3) 伺服机构

伺服机构的作用是把来自数控装置的脉冲信号转换为机床移动部件的运动,使工作台(或溜板)精确定位或按规定的轨迹作严格的相对运动,最后加工出符合图纸要求的零件。因此,伺服机构的性能是决定数控机床的加工精度、表面质量和生产率的主要因素之一。相对于每个脉冲信号,机床移动部件的位移量叫作脉冲当量(用 δ 表示)。常用的脉冲当量为 0.01mm/脉冲(即 $\delta=0.01\text{mm/pulse}$)、0.005mm/脉冲以及 0.001mm/脉冲。

伺服系统包括驱动装置和执行机构两大部分。目前大都采用直流伺服电机或交流伺服电机作为执行机构,这些电机均带有光电编码器等位置测量元件和测速发电机等速度测量元件。各种执行机构由相应的驱动装置来驱动。步进电机驱动只在经济型或简易 NC 机床上采用。

数控机床的伺服系统按其控制方式分为开环控制系统、半闭环控制系统和闭环控制系统三大类,各类数控机床按照它们对加工精度、生产率和成本的要求可以选用相应的伺服系统。

4) 机床本体

与传统的手动操作机床相比,数控机床的外部造型、整体布局、传动系统及刀具系统的部件结构以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数控技术的要求和充分发挥数控机床的特点。因此,必须建立数控机床设计的新概念。

目前,NC 机床不仅控制方式自动化并实现无级传动,而且在机床结构上提高了刚性,功率成倍增加并减少热变形和提高精度,以适应粗、精加工同机并提高生产率和加工精度的要求。

三、数控机床的分类

数控机床通常按以下四个方面来进行分类:

1. 按工艺用途分类

1) 普通数控机床

最普通的数控机床是钻床、车床、铣床、镗床、磨床与齿轮加工机床等。尽管这些机床在加工工艺方面存在着很大差别,具体的控制方式也各不相同,但它们都适用于单件小批量零件的加工,并有很好的精度保持性,较高的生产率和自动化程度。除了切削加工的数控机床以外,数控技术也大量用于压力机、冲床、弯管机、折弯机、电火花切割机、激光切割机和火焰切割机等金属成型机床与特种加工机床上。近年来在非加工设备中也大量采用了数控技术,

其中较常见的有装配机、多坐标测量机、自动绘图机和工业机器人等。

2) 加工中心

加工中心机床也称为自动换刀的数控机床,是带有刀库和自动换刀装置的数控机床,工件一次装夹可完成多道工序的加工。它的出现打破了一台机床只进行一种工艺加工的传统概念。以铣削加工中心为例,它在数控铣床上增加了一个容量较大的刀库(一般为 20~120 把)和自动换刀装置,工件在一次装夹后,可以对其大部分加工面进行铣、镗、钻、扩、铰及攻丝等多种工序加工。有的加工中心使用双工作台,一面加工,一面装卸,工作台可自动交换,进一步提高了生产效率。

加工中心机床大多以镗铣为主,主要用于加工箱体零件或棱形零件。近年来出现了为数不少的车削加工中心,它几乎可以完成回转零件的所有加工工序。

加工中心机床可以有效地避免由于多次安装造成的定位误差,减少了机床的台数和占地面积,大大提高了生产率和加工自动化程度,成为 FMS(Flexible Manufacturing System)、CIMS(Computer Integrated Manufacturing System)、FA(Factory Automation)的基本构成单位。

2. 按运动方式分类

1) 点位控制系统

点位控制系统的数控机床是指机床移动部件只能实现由一个位置到另一个位置的精确移动,在移动和定位过程中不进行任何加工,机床移动部件的运动路线并不影响加工的孔距精度。数控系统只需控制行程终点的坐标值,而不控制点与点之间的运动轨迹,因此几个坐标轴之间的运动不需要保持严格的传动联系。为了尽可能地减少移动部件的运动与定位时间,通常先以快速移动到接近终点坐标,然后以低速准确移动到定位点,以保证良好的定位精度。图 1-2 为数控钻床的工作原理。

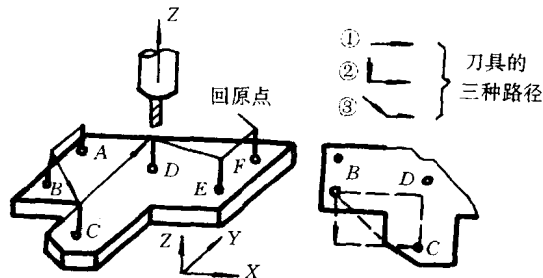


图 1-2 数控钻床的工作原理

这类数控机床除数控钻床外,还有数控坐标镗床、数控点焊机以及数控弯管机等。

2) 点位直线控制系统

点位直线控制的数控机床是指机床移动部件不仅要实现由一个位置到另一个位置的精确移动,而且能够实现平行于坐标轴的直线切削加工运动,即控制两点间的直线轨迹。在数控镗床上使用点位直线控制系统,扩大了镗床的工艺范围,能够在一次安装中对箱体平面与台阶进行铣削,然后再进行钻孔、镗孔加工,这样可以有效地提高加工精度和生产率,图 1-3 是点位直线控制系统的加工原理图。由于它只能作单坐标切削进给运动,因此不能加工比较复杂的平面与轮廓。

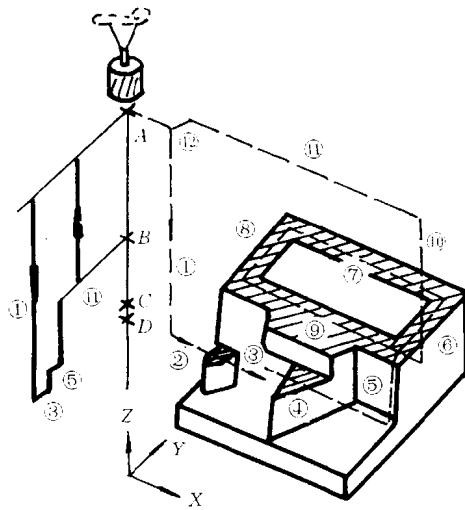


图 1-3 点位直线控制系统的加工原理

这类数控机床主要有数控车床、数控铣床等。

3) 轮廓控制系统

轮廓控制系统的数控机床是指能够对两个或两个以上的坐标轴同时进行控制的数控机床,它不仅能控制机床移动部件的起点与终点坐标,而且要控制整个加工过程每一点的速度与位移量,即要控制移动轨迹,将工件加工成一定的轮廓形状。图 1-4 为两坐标轮廓控制系统的工作原理图。轮廓控制系统要比点位控制系统复杂,在加工过程中需要不断地进行插补运算,然后进行相应的速度与位移控制。

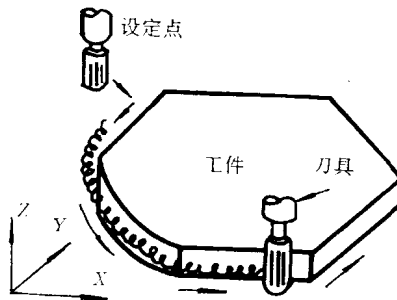


图 1-4 两坐标轮廓控制系统工作原理

这类数控机床的典型代表有:数控车床、数控铣床、数控磨床和加工中心等,它们代替了所有类型的仿型加工,提高了精度和生产率,并缩短了生产准备时间。数控火焰切割机、数控线切割机及数控绘图机等也都采用轮廓控制系统。

3. 按控制方式分类

1) 开环控制系统

开环控制系统就是指不带反馈装置的控制系統,通常使用步进电机或功率步进电机作为执行机构。数控装置输出的脉冲通过环形分配器和驱动电路,不断改变供电状态,使步进

电机转过相应的步距角,再经过减速齿轮带动丝杠旋转,最后转换为移动部件的直线位移。移动部件的移动速度与位移量是由输入脉冲的频率和脉冲数所决定的。图 1-5 为典型的开环控制系统框图。

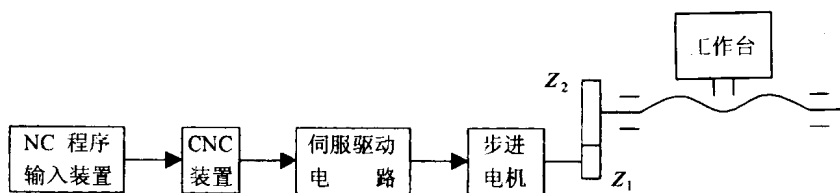


图 1-5 开环控制系统框图

开环控制系统具有结构简单、成本低等优点。但是系统对移动部件的实际位移量是不进行检测的,也不能进行误差校正,因此,步进电机的步距误差,齿轮与丝杠等的传动链误差都将反映到被加工零件的精度中去,目前只在经济型数控机床中应用。

2) 半闭环控制系统

半闭环控制系统是在开环系统的丝杠或驱动电机的端部装有位置检测装置(如感应同步器和光电编码器等),通过检测角位移间接地检测移动部件的位移,然后反馈至数控装置中,由于角位移检测装置比直线位移检测装置的结构简单,安装方便,因此配有精密滚珠丝杠和齿轮的半闭环系统正在被广泛采用。由于惯性较大的机床移动部件不包括在闭环之内,系统的调试比较方便,并有很好的稳定性。目前已经逐步将角位移检测装置和伺服电机设计成一个部件,使系统变得更加简单。图 1-6 为半闭环控制系统框图。

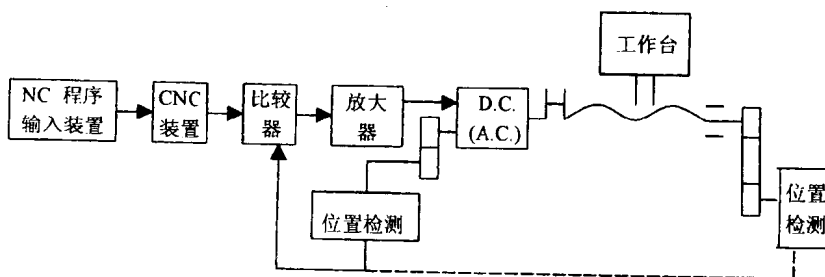


图 1-6 半闭环控制系统框图

3) 闭环控制系统

闭环控制系统的数控机床就是在机床移动部件上直接装有直线位置检测装置,并将测量到的实际位移值反馈到数控装置中,与输入的指令位移值进行比较,用差值进行控制,使移动部件按实际需要的位移量运动,最终实现移动部件的精确定位。从理论上讲,闭环系统的运动精度主要取决于检测装置的精度,而与传动链的误差无关,显然其控制精度将超过半闭环系统,这就为进一步提高数控机床的加工精度创造了条件。图 1-7 为闭环控制系统框图。

闭环控制系统对机床的结构以及传动链提出比较严格的要求。传动系统的刚性不足及间隙,导轨的爬行等各种因素将增加调试的困难,甚至使伺服系统产生振荡。

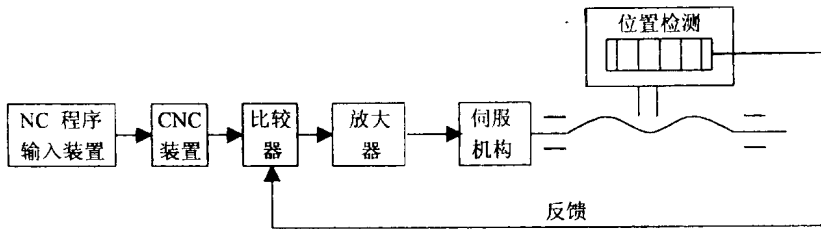


图 1-7 闭环控制系统框图

4. 按数控机床联动轴数分类

1) 数控机床的坐标数和联动轴数

对于一台数控机床,所谓坐标数是指有几个运动采用了数字控制。例如一台数控车床,其 X 和 Z 方向运动采用了数字控制,所以它是一台两坐标数控车床。目前数控机床的坐标轴数有 3 个、4 个、5 个或更多。

所谓数控机床的联动轴数是指数控装置能同时控制联动的坐标轴数,即数控装置控制的坐标轴同时达到空间某一位置的坐标数目。例如,上述 2 坐标车床,它的 NC 控制器能同时控制 2 坐标联动加工,则该数控车床也是 2 坐标联动加工数控车床。特别要指出的是,有些 3 坐标镗铣床,它只能实现 2 坐标联动。对于一些简单立体型面,也可采用这种机床加工,即某 2 个坐标联动,另一坐标周期进给,将立体型面转化为平面轮廓加工,这也叫“ $2\frac{1}{2}$ (二轴半)坐标加工”。

2) 按联动坐标轴数分类

按联动坐标轴数来分,数控机床可以分为 2 坐标, $2\frac{1}{2}$ 坐标, 3 坐标, 4 坐标和 5 坐标联动加工机床。2 坐标联动的数控机床可以加工平面曲线轮廓零件或回转曲面, 3, 4, 5 坐标联动的数控机床可以加工复杂的空间曲面,如宇航叶轮、船舶螺旋桨等。

§ 1-2 加工中心(MC)

一、加工中心基本概念

加工中心(Machining Center——MC)是带有刀库和自动换刀装置的数控机床。工件在一次装夹后,加工中心机床可自动更换刀具,连续地对零件的各加工面自动地完成铣、钻、铰、镗及攻丝等多种工序。目前刀库的容量可多达 200 把左右。自动换刀装置的换刀时间仅为 1~2s。加工中心机床使工序集中在一台机床上完成。与一般数控机床相比,减少了机床的台数与占地面积,压缩了半成品的库存量,减少了工序间的辅助时间,有效地提高了生产率,同时也减少了由于多次安装引起的定位误差,基本上依靠机床精度来保证加工精度。目前,加工中心机床在工业发达的国家已被普遍使用。加工中心在我国的使用也逐步普及。继加工中心机床出现之后,实现工序的高度集中仍然是数控机床当今的发展趋势。现已出现了带有工业机器人和工件交换系统(Automatic Pallet Changer——APC)的车削加工中心机床,可以自动更换电极的电火花加工中心机床和带有工件交换系统的数控滚齿机。日本大成机械公司研制的带有砂轮交换装置的内圆磨削加工中心机床,其砂轮库可容纳 8 只直径为

20~65mm 的砂轮,能够长时间地自动完成多种磨削工艺。这些工序集中的数控机床无论在结构上或外形上都与传统的机床大不相同。

为了实现工件的自动装卸,以镗铣床为基础的加工中心机床可以带有两个交换工作台。在交换工作台上由工人装夹好待加工的零件后,在数控系统的控制下,可以自动地把零件送上机床,并自动地从机床上卸下已加工好的零件,如果这种加工中心机床带有较多的交换工作台,便可实现长时间的无人看管加工。这种带有交换工件台的加工中心可以进入柔性制造系统(Flexible Manufacturing System——FMS)中工作。

二、加工中心机床的基本特征

1. 具有至少三个轴的点位/直线切削控制能力。现在已经是具有三个轴以上的连续控制能力,能进行轮廓切削。

2. 具有自动刀具交换装置(Automatic Tool Changer——ATC),这是多工序加工的必要条件,也是加工中心机床的典型特征。

3. 具有分度工作台或数控转台。

4. 具有选择各种进给速度和主轴转速的能力及各种辅助机能,以保证加工过程的自动进行。此外还设立了刀具补偿,固定加工循环,重复指令等机能,以简化程序编制工作。现代的加工中心机床的控制系统具有自动编程的功能。

目前的加工中心机床有的以回转体零件为加工对象,称为车削中心,它实际上是将原来的机械式自动车床数控化并经改进后的自动机床。它带有数量不等的刀架,可以一次装夹完成许多类型回转零件的加工。但大多数加工中心机床是以非回转体零件为加工对象,一般称之为数控镗铣床,有卧式和立式之分。它比一般数控机床多了一个刀库和一个自动换刀装置,有的带有工件交换工作台。

§ 1-3 柔性制造系统(FMS)

近年来,由于微电子技术、自动控制技术、计算机网络和数据库技术的迅速发展,以及由于微机和可编程控制器在机床、工业机器人、自动仓库、自动导引小车上广泛应用,在以上各个自动化环节的基础上,可通过分布式多级计算机的控制系统将它们联结成以数控机床为核心的各种规模的柔性自动化加工方式。

柔性自动化有多种形式:如柔性制造单元、柔性制造系统、柔性生产线、独立制造岛等。

一、基本概念

柔性制造系统(FMS)可定义为:“计算机控制的,具有多个半独立的工作工位和一个物料运贮系统的体系,用于高效率地制造多于一个品种的零件的中小批生产”。通常情况下,FMS 可以理解为:FMS 是能够加工各种零件的自动化生产系统,它由自动物料搬运系统连接一组数控机床或生产设备,并由分布式多级计算机综合管理、控制、协调机床加工系统和物料搬运系统。

典型的柔性制造系统由以下几个部分组成:

- 1) 标准的数控(NC)机床,一般是加工中心。
- 2) 一个在机床和装卡工位之间运送零件和刀具的输送网络。
- 3) 一个协调机床、零件运送装置和工件的总体控制系统。

在大多数 FMS 中,投产的工件毛坯在专用的装载工位被装夹在随行托具上,然后通过物料运贮系统运送到加工这些零件的生产机床旁排队。在系统中零件的流动是由控制计算机控制的,这个计算机起运输调度员的作用。

在一套 FMS 中,机床数量通常是二到二十台或者更多。运贮系统可以是环形传送带,直线传送带、输送车、机器人或这些装置的联合。FMS 重要特性是将机床、输送装置和控制装置结合起来。以便得到最大的机床利用率和提高生产率而又保持柔性。

根据系统规模的大小,结构特点和柔性程度的不同,柔性制造系统可分为:柔性制造单元 FMC(Flexible Manufacturing Cell),FMS 及柔性自动线 FML(Flexible Manufacturing Line)三种基本型式。FMC 适宜加工的零件种类数为 40~800 种,每种零件产量为 15~500 件,FMS 适宜加工零件种数为 4~100 种,年产量为 40~2000 件,而 FML 适用品种为 2~8 种,年产量在 1500~15000 件之间,已接近大中批量。

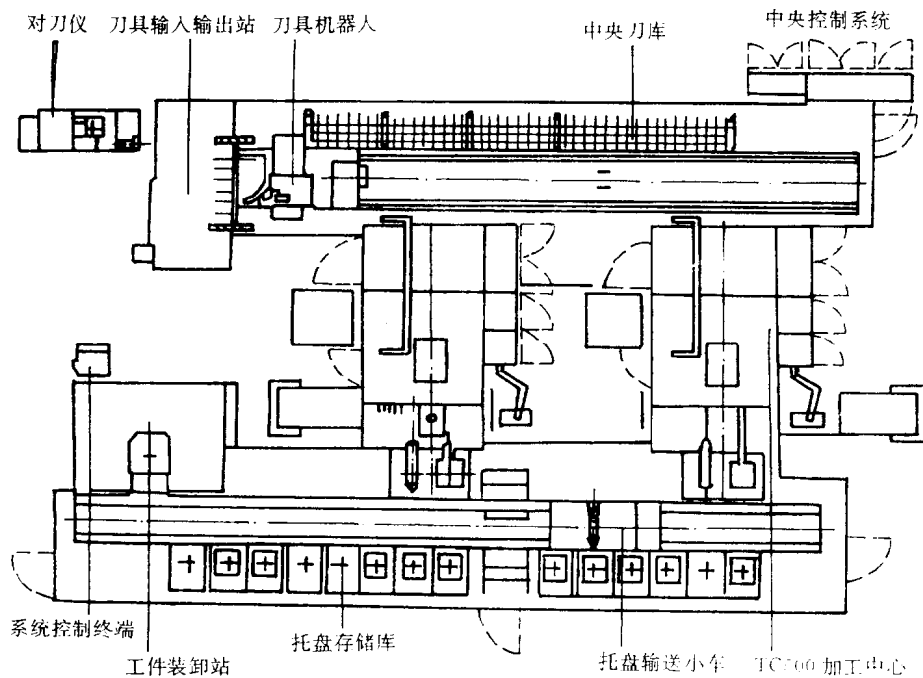


图 1-8 FFS500-2 柔性制造系统平面图

一般认为 FMC 是由二台或二台以上的相同型号的加工中心,工件和刀具输送装置,以及单元控制计算机组成。FMS 由一系列 FMC 组成并有工件装卸站,工件清洗等配套设施。

FML 是适合批量大的生产情况,实质上主要是计算机控制的,可换动力头的 NC 组合机床柔性自动线。柔性较小,具有自动生产线特征的柔性制造系统,则称之为柔性生产线。

近几年来,随着新技术的不断引用,为适应我国国情,同济大学教授们提出“独立制造岛(AMI)”的概念。它是以几台 CNC 机床和数控加工中心为主体,同时配备有普通机床和手工操作工位(如毛坯准备和检验站)、不同形式的物料输送装置以及相应的工作库、刀具库和夹具库,在计算机软件的支持下组成能完成一定范围零件加工的制造系统。独立制造岛的机床布局不同于传统的机群方式,它按成组技术的原理,组成加工过程相对独立封闭的单元,连

同工件库、刀具库和夹具库,构成了独立制造岛的硬件基础。独立制造岛的软件采用模块化结构,分为计算机辅助工艺设计子系统、数控程序管理子系统、计算机作业计划和调度子系统、物料管理子系统和质量控制子系统等五个子系统。各子系统之间以及系统内部通过数据接口进行信息交换,软件系统设有公共数据库,数据库内存有零件、资源、工艺及工况等方面信息供各子系统共享,并可通过局域网与上级计算机管理系统相连,这样就构成了独立制造岛的信息基础,由于独立制造岛结合我国一部分中小企业资金有限,无法大量购买先进制造设备的具体情况,在引进部分关键数控设备的同时,允许采用部分普通设备,不过分强调无人化生产和完全自动化,而是把重点放在先进的管理技术、软件开发方面,强调人的因素。

二、FMS 示例

图 1-8 是我国引进的由联邦德国 Werner 公司生产的 FFS500-2 柔性制造系统布局图。FMS 通常由 CNC 机床系统,运输储存系统以及计算机控制系统三大部分组成。由图 1-8 可见,本系统的机床系统由二台 TC500 加工中心及其附属装置组成;运输存储系统由托盘存储库,托盘运输装置和托盘交换器以及中央刀库和刀具机器人等组成;计算机控制系统由中央控制计算机与加工中心,机器人和运输存储系统的控制计算机组成。

系统的刀具输入输出站和工件装卸站由人工操作,即加工结束的工件由托盘送到工件装卸站后,由工人卸下并装上新工件;机床换下刀具在刀具输入输出站由工人重新刃磨、测量、编码,然后由机器人送回中央刀库待用。FFS-500-2 的工作过程如下:

在 FFS500-2 上进行加工时,工件被安装在装有夹具的托盘上,托盘从工件装卸站经过托盘运输小车被送到随机选定的托盘库存储位置。与此同时,负责刀具搬运和交换的刀具机器人,按照指令,把加工该工件所需要的刀具一个一个地从中央刀库中识别和取出来,并装入机床刀库。接着装有工件的托盘按调度命令经过托盘交换装置被送到机床工作台上。计算机能对加工系统进行自我诊断。如果符合调度命令,机床即开始按程序进行加工。第一个工件加工完后,加工好的工件随托盘经托盘交换装置由托盘运输小车被送至装卸站。与此同时,等待在托盘交换装置上的第二个工件进入加工位置,机床接着开始加工第二个工件……

如果这一批工件全部加工完毕,而下一批工件需要更换工件品种,在加工这一批工件最后一件时,刀具搬运机器人,便开始对机床刀具进行换刀,新工件同时被送至托盘交换装置上等待加工。当最后一件加工完后,机床就换上了新工件的加工程序。机床几乎不停机等待,就可以对新的一批工件进行加工。另一台 TC500 加工中心,可以加工同一种零件,也可以加工不同的零件,可以完成同一种工件的同一道工序,也可以完成不同工序。在加工过程中,刀具被自动监视,如果刀具的磨损超过规定数值,在完成该程序之后,该刀具即被自动送到刀具输入输出站,由人工在刀具预调测量装置上进行测量,如果确认刀具已不能继续使用,刀具即被送去进行重磨。如果还可以使用,则再次经刀具输入输出站输入到中央刀具库继续使用。机床则按新刀具数据进行修正。如果刀具在加工时破断,机床立即停止工作,整个加工程序同时停止,并发出信号听候处理。

在进行无人操作工作时,FFS500-2 在加工完最后一个工件后全线自动停止工作。

从上述过程可以看出,该系统可以灵活地迅速地交换工件品种,而且实现了工件、刀具的准备与加工时间的高度重合。具有很高的柔性。从而满足多品种,小批量生产的需要。

三、FMS 选用

柔性制造系统应用范围如图 1-9 所示。由图可知零件类型相似,并将所有合适的零件品

种集合起来以达到中等批量范围(其中有些零件年产量可能较小)才能发挥 FMS 效益。

零件并不需要在形状或几何结构上相似,但是它们应在某些主要特点方面有共同之处,以便能组合成为零件族。即零件应在大小和重量方面大体相近,用的材料相似,制造方法应大致相近,通常这些相似性在一般工厂中是早已存在的,另外一个必要的条件是成品零件只能要求中等精度。至少对现阶段的 FMS 要求是如此。

适于应用 FMS 的总产量范围通常是年产 1 000~10 000 件。但是一个系统的效益决定于其具体加工方法和加工时间,一般来说(图 1-9),对于很小的产量,最好采用单独的数控机床,它具有能适应制造品种极不相同而每种数量只有几件的柔性,对于很大的产量,采用柔性极小的自动线是最经济、效益最高的方法。

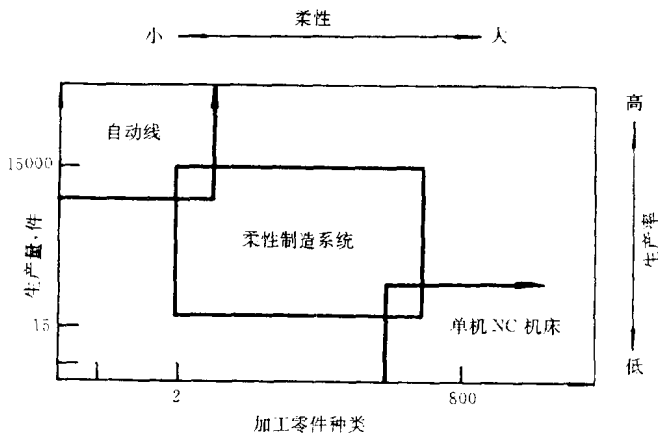


图 1-9 柔性制造系统的应用范围

FMS 是用于中等批量范围生产的唯一技术。但是这种解释取决于 FMS 如何定义的, FMS 的一个限制性的定义将排除某些能经济地用于中批量零件制造的技术,包括无人管理的加工中心,加工单元和柔性自动线。购买系统的公司必须和可以信赖的供应厂商一起确定在给定的情况下哪一种技术方案最合适。

选用 FMS 时另一重要的考虑因素,是人材,即使用、维修人员的培训和工作能力,以保证 FMS 的正常工作。

习 题 一

1. 什么是数控机床?它与一般自动化机床有何区别?
2. 简述数控机床的组成及各组成部分的功能。
3. 简述数控机床的分类方法。
4. 数控机床的坐标轴数和联动轴数主要区别是什么?
5. 什么是加工中心?其基本特征是什么?
6. 什么是 FMS?如何选用?

第二章 数控机床加工程序编制基础

§ 2-1 数控工艺与数控加工程序编制

一、数控工艺和数控编程基本概念

正如第一章所述,用数控机床加工零件的过程与普通机床和机械自动化机床是明显不同的,数控机床加工零件的过程如图 2-1 所示。由图可知,采用数控机床加工零件,应首先根据被加工零件图纸,按规定的代码将加工内容、尺寸要求和操作步骤等以数控指令形式记录在介质上(磁盘或穿孔带),然后由介质将数控加工信息输入控制机,控制机再将输入的信息进行运算后转换成驱动信号,使机床实现规定的运动,自动加工出零件。图中虚线部分包含数控工艺和数控程序编制两部分内容,一般统称为数控加工程序编制,简称为数控编程。即由零件图纸到制成数控介质的全部过程。从图 2-1 可以看出,数控编程步骤如下:

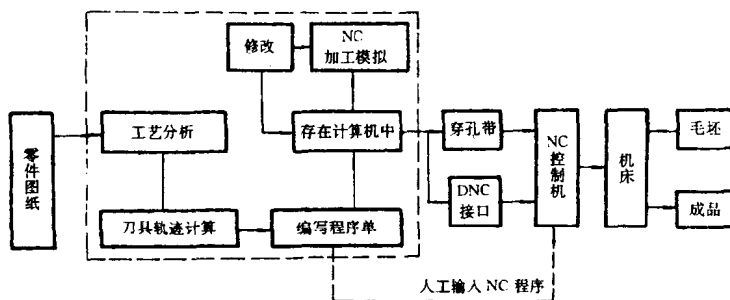


图 2-1 数控机床加工零件过程

1. 分析零件图

在数控加工程序编制之前,首先是根据零件图纸,分析零件形状、尺寸、精度要求、毛坯形式、材料选择和热处理要求等,以便确定该零件是否适宜在数控机床上加工,适宜在哪种数控机床上加工。有时还要确定在某台数控机床上加工该零件的哪些工序或哪几个表面等。

2. 工艺过程的制定

工艺过程的制定就是根据零件结构形状、技术要求等确定零件数控加工工艺,也就是确定定位夹紧方案、切削加工路线(如对刀点、走刀路线)、选择刀具及选择切削用量(如主轴转速、走刀速度、切削宽度和切削深度)等。表 2-1 为某柴油机机体数控加工工艺卡,图 2-2 为数控加工工序图。

3. 数学处理阶段

根据零件图纸和确定的工艺路线计算出走刀轨迹和每个程序段所需数据。例如零件轮廓相邻几何元素的交点和切点坐标计算;对非圆曲线(如渐开线、双曲线等)需要用小直线段或圆弧段逼近,根据要求的精度要计算逼近零件轮廓时相邻几何元素的交点或切点坐标;自由曲线、曲面及组合曲面的数学处理更为复杂,必须使用计算机辅助设计。

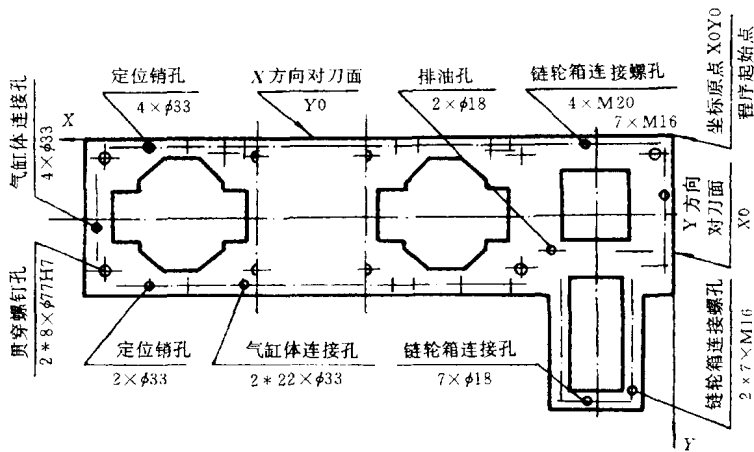


图 2-2 工序图示例

表 2-1 数控加工工艺卡

产品名称		数控加工工艺卡		设备名称	数控钻床	卡编号	6L42 05 B102-13NC	
6L42				图号	700619-7.5	名称	气缸体上平面 共 12 页 第 1 页	
工序 编号	工序 内容	工步 编号	简图与操作说明	刀具编号 与名称	切削参数			
					S r/min	V m/min	F mm/min	F mm/r
	加工 上平面各 孔	1	<p>(1) 加工准备:将气缸体按简图 2-2 所示,吊上机床工作台,上平面朝上放置。</p> <p>(2) 加工内容:压板螺钉孔 $5 \times M8$,冷却水孔两侧联接螺孔 $6 \times 8 \times M10$,滑油管道外围连接螺孔 $6 \times 4 \times M16$,冷却水孔 $6 \times 4 \times \phi 20$,缸盖螺钉孔 $6 \times 8 \times M56$,缸盖螺钉孔阶梯孔 $6 \times 8 \times \phi 58$。</p> <p>(3) 调整要求:X 方向调整到 0.05mm 以内,Y 方向调整到 0.03mm 以内,水平面调整到 0.05mm 以内。</p> <p>(4) 对刀方式:X 方向和 Y 方向以缸套孔为基准对刀。</p> <p>(5) 加工方式:X 方向和 Y 方向对刀后,将主轴移至缸套孔中心位置,即可启动程序,按简图 2-2 所示逐缸对刀逐缸加工。</p> <p>(6) 加工程序:上平面主程序号为: 上平面子程序号为: 程序编制人及日期:</p> <p>用 $\phi 4$ 中心钻,预钻压板螺钉孔 $5 \times M8$,冷却水孔两侧连接螺孔 $6 \times 8 \times M10$,滑油管道外围连接螺孔 $6 \times 4 \times M16$,缸盖螺钉孔 $6 \times 8 \times M56$,中心孔</p>	769	10.0	30.8	0.010	