

数控机床加工技术

编程与操作

吴明友 主编

数控机床加工技术

——编程与操作

主编：吴明友

参编：王荣兴 徐 伟 黄季翔

主审：王志平 彭 文

东南大学出版社

·南京·

内 容 简 介

本书全面系统地介绍了常用4种数控机床编程与操作的知识和方法。全书共分8章,包括数控机床概述、数控加工技术基础、数控车床(Siemens 802S)编程与操作、数控铣床(FANUC Series 0-MD系统)编程与操作、加工中心(Siemens 810D系统)编程与操作、数控线切割机床编程与操作(国产系统)、自动编程概述、Master CAM7.1。每章都附有习题。

本书深入浅出,内容丰富,详简得当。既注重先进性又照顾到实用性,既有理论又有实例,既有系统介绍以统览全局又深入细节以利应用,是一本实用性强、适应面宽的教材。

本书针对高职、中专、技校特点编写,可作为数控技术应用专业、数控机床加工专业、机械制造专业、工模具设计与制造专业和机电一体化专业的大中专、高职、技校、职中教材,也可作为从事数控机床工作的工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床加工技术:编程与操作/吴明友主编.王荣兴,徐伟,黄季翔编. —南京:东南大学出版社,2000.7
ISBN 7-81050-657-9

I. 数... II. ①吴... ②吴... ③徐... ④黄...
III. ①数控机床-程序设计②数控机床-操作
IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 32096 号

东南大学出版社出版发行
(南京四牌楼2号 邮编210096)

出版人:宋增民

江苏省新华书店经销 武进第三印刷厂印刷
开本:787mm×1092mm 1/16 印张:19.75 字数:468千字
2000年6月第1版 2000年6月第1次印刷
印数:1~5000 定价:30.00元

前 言

数控机床集传统的机械制造技术、计算机技术、成组技术、现代控制技术、传感检测技术、信息处理技术、网络通讯技术、液压气动技术、光机电技术于一体,是现代制造技术的基础。它的广泛使用给机械制造业的生产方式、产品结构、产业结构带来了深刻的变化。数控机床是制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础,是关系到国家战略地位和体现国家综合国力的重要基础性产业,其水平高低和拥有量是衡量一个国家工业现代化的重要标志。

随着我国国民经济的高速发展,数控机床的应用急剧增加,急需培养大批能熟练掌握现代数控机床编程、操作、维修的工程技术人员。为适应数控机床工作人员培训和学习的需要,并供大、中专、高职、技校、职校在校学生学习现代加工技术之用,我们组织了“双师型”(工程师、讲师)教师编写了本书,参加本书编写的老师有多年的数控机床编程与操作的教学经验,并且结合产学研,都在生产一线操作数控机床,具有丰富的数控机床编程、操作、维修经验。本书各章内容丰富,详简得当,图文并茂,通俗易懂,所采用的实例翔实可靠。每章末均附有习题。

本书的使用可根据不同的专业作不同的取舍。课时分配建议如下表。

序号	内 容	课时	课时分配	
			讲课	实验
1	概述	2	2	
2	数控加工技术基础	6	6	
3	数控车床(Siemens 8025 系统)编程与操作	12	10	2
4	数控铣床(法那科系统)编程与操作	12	10	2
5	加工中心(Siemens 810D 系统)编程与操作	12	10	2
6	数控线切割机床编程与操作(国产系统)	8	6	2
7	自动编程概述	2	2	
8	Master CAM7.1	16	12	4
合计		70	58	12

本书由常州轻工业学校吴明友主编,常州机床总厂彭文高级工程师、常州轻工业学校王志平高级工程师、高级讲师主审。参加编写的有常州轻工业学校吴明友(第一、五、六、七、八章)、广州市二轻中专学校黄季翔(第二章),常州轻工业学校徐伟(第三章)、王荣兴(第四章)。

在本书的编写过程中,得到常州轻工业学校领导的大力支持,常州机床总厂为本书提供了资料,在此表示感谢。由于作者水平有限,加上编写时间仓促,谬误欠妥之处,恳请专家读者批评指正,不胜感激。可以通过以下方式与编者联系:Wumy 2000 @cn99.com

编者

2000年4月

目 录

第一篇 概 论

第一章 数控机床概述	(2)
第一节 数控机床的产生和特点	(2)
第二节 数控机床的组成和分类	(4)
第三节 数控机床的发展	(7)
习题	(12)
第二章 数控加工技术基础	(13)
第一节 概述	(13)
第二节 数控加工中的常用术语	(14)
第三节 编制程序时的功能指令	(20)
习题	(23)

第二篇 手工编程

第三章 数控车床(Siemens 802S)编程与操作	(26)
第一节 数控车床概述	(26)
第二节 数控车床编程基础	(27)
第三节 基本编程方法	(30)
第四节 数控车床的操作	(56)
第五节 数控车床编程举例	(59)
习题	(80)
第四章 数控铣床(FANUC Series O-MD)编程与操作	(81)
第一节 数控铣床概述	(81)
第二节 数控铣床编程基础	(82)
第三节 基本编程方法	(86)
第四节 数控铣床编程要点及举例	(104)
第五节 数控铣床的操作	(108)
习题	(116)
第五章 加工中心(Siemens 810D 系统)编程与操作	(118)
第一节 加工中心概述	(118)
第二节 加工中心编程基础	(122)
第三节 基本编程方法	(127)
第四节 加工中心编程举例	(167)
第五节 加工中心的操作	(173)

习题	(188)
第六章 数控线切割机床编程与操作(国产系统)	(189)
第一节 数控线切割机床概述	(189)
第二节 数控线切割机床编程方法	(192)
第三节 线切割编程要点及举例	(196)
第四节 数控线切割机床的操作	(198)
习题	(217)

第三篇 自动编程

第七章 自动编程概述	(219)
第一节 自动编程概述	(219)
第二节 国内外主要的 CAM 软件介绍	(222)
习题	(229)
第八章 Master CAM7.1	(230)
第一节 概述	(230)
第二节 2D 图形的构建	(241)
第三节 几何图形的修整	(258)
第四节 曲面的基本概念和构建	(268)
第五节 二维刀具路径	(277)
习题	(309)
参考文献	(310)

第一篇 概 论

第一章 数控机床概述

第一节 数控机床的产生和特点

一、数控机床的产生

1. 数控机床产生的背景

随着科学技术的不断发展,对机械产品的质量和生产率提出了越来越高的要求。机械加工工艺过程的自动化是实现上述要求的最重要的措施。它不仅能够提高产品的质量,提高生产效率,降低生产成本,还能够大大改善工人的劳动条件。

汽车、拖拉机、家用电器等属于大批量生产的产品,广泛采用自动机床、组合机床和专用机床以及专用自动生产线,实行多刀、多工位、多面同时加工,以达到高自动化和高效率。尽管需要较大的初始投资及较长的生产准备时间,但在大批量生产条件下,由于分摊在每一个工件上的费用较低,经济效益仍然是非常显著的。但是,在机械制造业中约有机械加工总量的 75%~80%是属于单件小批量生产,尤其是一些宇航、造船、机床、重型机械及国防工业部门的零件,精度要求高、形状复杂、加工批量小且改型频繁,采用普通机床加工这些零件效率低、劳动强度大,有时甚至不能加工。采用组合机床或自动化机床加工这类零件也极其不合理,因为需要经常改装与调整设备。近年来,由于市场竞争日趋激烈,各生产厂家不仅要提供高质量的产品,而且为满足市场的不断变化,需要进行频繁的改型。因此,即使是大批量生产,也改变了产品长期一成不变的做法。这样就使组合机床、自动化机床及自动化生产线在大批量生产中也暴露出其缺点或不足。为了解决上述这些问题,一种新型的数控程序控制机床应运而生,它极其有效地解决了上述一系列矛盾,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。

2. 数控机床产生的过程

1) 国外情况

采用数字控制(NC: Numerical Control)技术进行机械加工的思想,早在 20 世纪 40 年代初就有人提出。当时,美国北密执安的一个小型飞机承包商派尔逊公司(Parsons Corporation)在制造飞机框架和直升飞机的机翼叶片时,利用全数字电子计算机对叶片轮廓的加工路径进行了数据处理,并考虑了刀具半径对加工路径的影响,使得加工精度达到 $\pm 0.0381\text{mm}$ (± 0.0015 英寸)。在当时的水平来看,是相当高的。

1952 年,美国麻省理工学院成功地研制出一台三坐标联动的试验型数控机床(Numerical control machine tools),这是公认的第一台数控机床。

1959 年,开始采用晶体管元件和印刷线路板,出现了带自动换刀装置的数控机床,称为“加工中心”。

从 1960 年开始,德国、日本也陆续开发生产出了数控机床。

1965年,数控装置开始采用小规模集成电路,这使数控装置的体积减小,功耗降低,可靠性提高,但仍然是硬件逻辑数控系统(NC)。

1967年,英国首先把几台数控机床联接成具有柔性的加工系统,这就是最初的柔性制造系统FMS(Flexible Manufacturing System)。

1970年,在美国芝加哥国际机床展览会上,首次展出了用小型计算机控制的数控机床。这是第一台计算机控制的数控机床(CNC)。

1974年,微处理器直接用于数控系统,促进了数控机床的普及应用和数控技术的发展。

80年代初,国际上出现了以加工中心为主体,再配上工件自动装卸和监控检验装置的柔性制造单元FMC(Flexible Manufacturing Cell)。FMC和FMS被认为是实现计算机集成制造系统CIMS(Computer Integrated Manufacturing System)的必经阶段和基础。

2)国内情况

我国从1958年开始研究数控机床,一直到60年代中期处于研制、开发阶段。

1965年,国内开始研制晶体管数控系统。60年代末至70年代初研制成功X53K-1G数控铣床、CJK-18数控系统和数控非圆齿轮插齿机。

从70年代开始,数控技术在车、铣、钻、镗、磨、齿轮加工、电加工等领域全面展开,数控加工中心在上海、北京研制成功。但由于电子元器件的质量和制造工艺水平低,致使数控系统的可靠性、稳定性问题没有得到解决,因此未能广泛推广。这一时期,数控线切割机床由于结构简单、使用方便、价格低廉,在模具加工中得到了推广。

80年代,我国先后从日本、美国等国家引进了部分数控装置和伺服系统技术,并于1981年开始批量生产数控机床。

在此期间,我国在引进、消化吸收的基础上,跟踪国外先进技术,开发出了一些高档的数控系统,如多轴联动数控系统、分辨率为 $0.02\mu\text{m}$ 的高精度数控系统、数字仿形系统、为柔性单元配套的数控系统等。为了适应机械工业生产不同层次的需要,我国开发出了多种经济型数控系统,并得到了广泛应用。现在,我国已经建立了中、低档数控机床为主的产业体系,90年代主要发展高档数控机床。

二、数控机床的特点

1. 优点

- (1)提高了加工精度及同一批工件尺寸的重复精度,也就保证了加工质量的稳定性。
- (2)具有较高生产率,与普通机床相比,生产率大致可提高2~3倍。
- (3)增加了设备的柔性,可以适应不同品种、规格和尺寸的工件加工。
- (4)工人的劳动强度大为减轻。
- (5)具有较高的经济效益。这是因为数控机床能一机多用,代替多台普通机床,减少了工序间工件运输时间,节省厂房面积,减少工夹具数量和投资。
- (6)能加工普通机床所不能加工的复杂型面。
- (7)有助于进行质量控制。
- (8)可向更高级的制造系统发展。

2. 缺点

- (1)提高了起始阶段的投资。

- (2)增加了电子设备的维护工作。
- (3)对操作人员的技术水平要求较高。

第二节 数控机床的组成和分类

一、数控机床的组成

数控机床是一种利用数控技术,按照事先编好的程序实现动作的机床。它由程序载体、输入装置、CNC单元、伺服系统、位置反馈系统和机床机械部件构成(如图 1-1)。

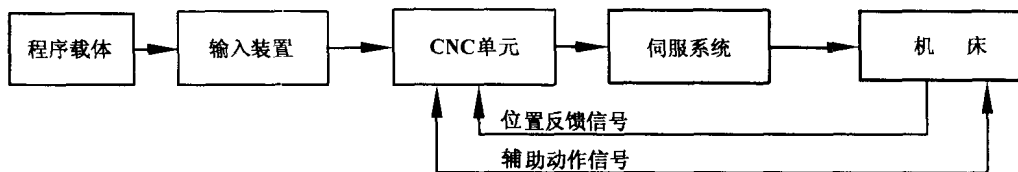


图 1-1 数控机床的组成

1. 程序载体

数控机床是按照输入的零件加工程序运行的。零件加工程序中,包括机床上刀具和工件的相对运动轨迹、工艺参数(走刀量、主轴转速等)和辅助运动等指令和参数。将零件加工程序以一定的格式和代码,存储在一种载体上,如穿孔纸带、录音磁带或软磁盘等,通过数控机床的输入装置,将程序信息输入到数控机床装置内。

2. 输入装置

输入装置的作用是将程序载体内有关加工的信息读入数控装置。根据程序载体的不同,输入装置可以是光电阅读机、录音机或软盘驱动器。

现代数控机床,还可以不用任何程序载体,将零件加工程序通过数控装置上的键盘,用手工方式(MDI方式)输入;或者将加工程序由编程计算机用通讯方式传送到数控装置。

3. CNC 单元

CNC 单元由信息的输入、处理和输出三个部分组成。程序载体通过输入装置将加工信息传给 CNC 单元,编译成计算机能识别的信息,由信息处理部分按照控制程序的规定,逐步存储并进行处理后,通过输出单元发出位置和速度指令给伺服系统和主运动控制部分。

数控机床的辅助动作,如:刀具的选择与更换、切削液的启停等能够用可编程序控制器(PLC)进行控制。现代数控系统中,一般备有 PLC 附加电路板。这种结构形式可省去 CNC 与 PLC 之间的连线,结构紧凑,可靠性好,操作方便,无论从技术上或经济上都是有利的。

4. 伺服系统

伺服系统包括伺服控制线路、功率放大线路、伺服电动机等执行装置,它接收数控装置发来的各种动作命令,驱动数控机床进给机构的运动。它的伺服精度和动态响应是影响数控机床加工精度、表面质量和生产率的重要因素之一。

伺服电动机的驱动控制装置一般仅完成电动机的速度控制(包括速度反馈),而电动机的角位移控制,一般由 CNC 单元完成。

5. 位置反馈系统

位置反馈系统的作用是通过传感器将伺服电动机的角位移和数控机床执行机构的直线位移转换成电信号,输送给数控装置,与指令位置进行比较,并由数控装置发出指令,纠正所产生的误差。

6. 机床的机械部件

数控机床的机械部件包括主传动系统、进给传动系统及辅助装置。对于加工中心类数控机床,还有存放刀具的刀库、自动换刀装置(ATC)和自动托盘交换装置等部件。与传统的机床相比,数控机床的结构强度、刚度和抗振性,传动系统与刀具系统的部件结构,操作机构等方面都已发生了很大的变化,其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效能。

二、数控机床的分类

数控机床的种类很多,常见的分类有四种。

1. 按工艺用途分类

(1)普通数控机床。这类数控机床和传统的通用机床一样,有车、铣、钻、镗、磨床等,而且每一类里又有很多品种。这类机床的工艺性能和通用机床相似,所不同的是它能自动加工复杂形状的零件。

(2)加工中心机床。这是一种在普通数控机床上加装一个刀库和自动换刀装置而构成的数控机床。它和普通数控机床的区别是:工件经一次装夹后,数控装置就能控制机床自动更换刀具,连续对工件各加工面进行铣(车)、镗、钻、铰及攻丝等多工序加工。

(3)多坐标数控机床。有些复杂形状的零件,用三坐标的数控机床还是无法加工,如螺旋桨、飞机机翼曲面及其他复杂零件的加工等,都需要三个以上坐标的合成运动才能加工出所需的形状,于是出现了多坐标数控机床。多坐标数控机床的特点是数控装置控制的轴数较多,机床结构也比较复杂,坐标轴数的多少通常取决于加工零件的复杂程度和工艺要求。现在常用的有四个、五个、六个坐标的数控机床。

(4)数控特种加工机床。如数控线切割机床、数控电火花加工机床、数控激光切割机床等。

数控机床至少有 16 大类:

数控车床(含有铣削功能的车削中心);数控铣床(含铣削中心);数控镗床;以铣镗削为主的加工中心;数控磨床(含磨削中心);数控钻床(含钻削中心);数控拉床;数控刨床;数控切断机床;数控齿轮加工机床;柔性加工单元(FMC);柔性制造系统(FMS);数控电火花加工机床(含电加工中心);数控板材成形加工机床;数控管料成形加工机床;其他数控机床。

2. 按运动方式分类

(1)位控制数控机床。数控系统只控制刀具从一点到另一点的准确定位;在移动过程中不进行加工,对两点间的移动速度及运动轨迹没有严格的要求。这类数控机床主要有数控钻床、数控坐标镗床、数控冲剪床等。

(2)直线控制数控机床。数控系统除了控制点与点之间的准确位置以外,还要保证两点之间移动的轨迹是一条直线,而且对移动的速度也要进行控制,以便适应随工艺因素变化的不同需要。这类数控机床主要有简易数控车床、数控镗铣床等。

(3)轮廓控制数控机床。数控系统能对两个或两个以上运动坐标的位移及速度进行连续相关的控制,使合成的平面或空间的运动轨迹能满足加工的要求。由于需要精确地同时控制两个或更多的坐标运动,数据处理的速度比点位控制可能高出 1000 倍,所以,机床的计算机一般要求具有较高速度的数学运算和信息处理能力。这类数控机床主要有数控铣床、数控车床等。

随着计算机数控装置的发展,如增加轮廓控制功能,只需增加插补运算软件即可,几乎不带来成本的提高。因此,除少数专用的数控机床(如数控钻床、冲床等)以外,现代的数控机床都具有轮廓控制功能。

3. 按伺服系统的控制方式分类

(1)开环控制系统的数控机床。开环控制系统的数控机床不带位置检测元件,通常使用功率步进电动机作为执行元件。数控装置每发出一个指令脉冲,经驱动电路功率放大后,就驱动步进电动机旋转一个角度,再由传动机构带动工作台移动。图 1-2 是一个典型的开环控制系统。

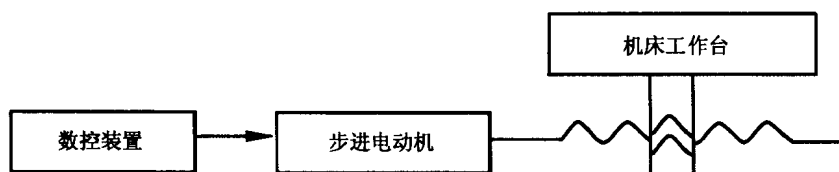


图 1-2 开环控制系统

开环控制系统的数控机床受步进电动机的步距精度和传动机构的传动精度影响,难以实现高精度加工。但由于系统结构简单、成本较低、技术容易掌握,所以使用仍较为广泛。普通机床的数控化改造大多采用开环控制系统。

(2)闭环控制系统的数控机床。闭环控制系统的数控机床是按闭环原理工作的。图 1-3 为一典型的闭环控制系统。数控装置对位移指令与位置检测元件测得的实际位置反馈信号随时进行比较,根据其差值及指令进给速度的要求,按一定的规律进行转换后,得到进给伺服系统的速度指令。此外还利用与伺服驱动电动机同轴刚性连接的测速元器件,随时实测驱动电动机的转速,得到速度反馈信号,将它与速度指令信号相比较,得到速度误差信号,对驱动电动机的转速随时进行校正。利用上述的位置控制和速度控制的两个回路,可以获得比开环控制系统精度更高、速度更快、驱动功率更大的特性指标。从图 1-3 中可以看到,闭

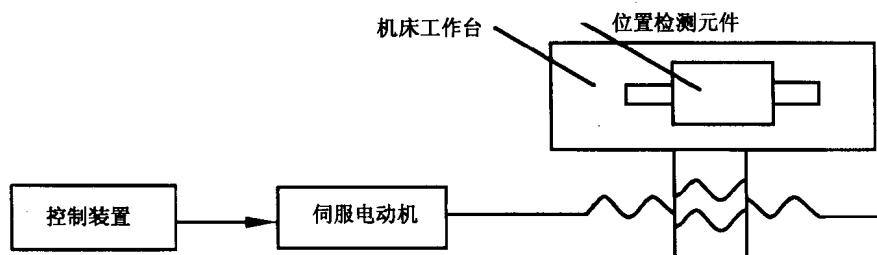


图 1-3 闭环控制系统

环控制系统的位置检测元件安装在执行元件上,用以实测执行元件的位置或位移量。

(3)半闭环控制系统的数控机床。如果将位置检测元件安装在驱动电机的端部,或安装在传动丝杠端部,间接测量执行部件的实际位置或位移,就是半闭环控制系统。图 1-4 为一半闭环控制系统。它可以获得比开环控制系统更高的精度,但它的位移精度比闭环控制系统要低。现在大多数数控机床都采用半闭环控制系统。

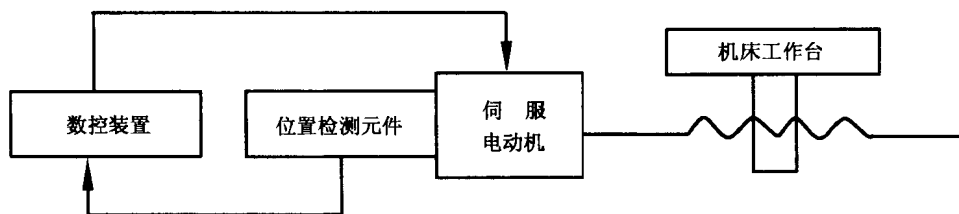


图 1-4 半闭环控制系统

4. 按功能水平分类

(1) 经济型数控机床。经济型数控机床大多指采用开环控制系统的数控机床,其功能简单,价格便宜,适用于自动化程度要求不高的场合。

(2) 标准型数控机床。这类数控机床的功能较全,价格适中,应用较广。标准型数控机床亦可称为全功能数控机床。

(3) 多功能数控机床。这类数控机床的功能齐全,价格较贵。加工复杂零件的大中型机床及柔性制造系统、计算机集成制造系统中使用的数控机床一般为多功能型。

第三节 数控机床的发展

随着生产技术的发展,对产品的性能要求越来越高,改型频繁,采用多品种小批量生产方式的企业越来越多。这就要求现代数控机床具有高效率、高质量、高柔性、低成本等优点,以满足生产发展的需要。另一方面数控机床以数控系统的发展作为基础,也促进了机械制造业向着高技术集成系统等更高层次发展,例如近年来相继出现的柔性制造系统、计算机集成制造系统等,使机械制造业的技术水平提高到一个崭新的阶段。

一、数控机床和数控系统的发展

现代数控机床及其数控系统,目前大致向以下几个方面发展。

1. 高速、高精度化

要提高机械加工的生产率,其中最主要的方法是提高速度,但是这样做会降低加工精度。现代数控机床在提高加工速度的同时,也在进行高精度化。目前已可在 $0.1\mu\text{m}$ 的最小设定单位时,进给速度达 $24\text{m}/\text{min}$ 。要做到这一点,应对机械和数控系统提出更高的要求。

(1) 机械方面

例如机床主轴要高速化,提高主轴和机床机械结构的动、静态刚度。采用能承受高速的机械零件,如采用陶瓷球的滚珠轴承。

(2) 数控系统方面

主要是提高计算机的运算速度。现代数控系统已从 16 位的 CPU 到普遍采用 32 位的

CPU。主机频率由 5MHz 提高到 20~33MHz。有的系统还制造了插补器的专用芯片,以提高插补速度,有的采用多 CPU 系统,减轻主 CPU 负担,进一步提高控制速度。

(3) 伺服系统方面

① 采用数字伺服系统使伺服电动机的位置环、速度环的控制都实现数字化。FANUC15 系列开发出专用的数字、信号处理器。位置指令输入后,它与从脉冲编码器来的位置信息,以及检出的电动机电流信息一起,在专用的微处理器芯片内,进行控制位置、速度和电动机电流的运算,最后向功率放大器发出指令,以达到对电动机的高速、高精度控制。

② 采用现代控制理论提高跟随精度。当数控系统发出位置指令后,由于机械部分不能很快响应而会产生滞后现象,影响了加工精度。现代控制理论中有各种算法能够实现高速和高精度的伺服控制。但是,由于它们的计算方法太复杂,以往的计算机运算速度不够,很难实现。现在计算机的运算速度和存储容量都加大很多,有时还可采用专用芯片的办法,使复杂的计算能够在线实现,使得滞后量减少很多,提高了跟随精度。

③ 采用高分辨率的位置编码器一般在交流伺服电动机轴上装有回转编码器(脉冲发生器)用来检测电动机的角位移。显然,编码器的分辨率越高,则电动机转动角位移就越精确。现代高分辨率位置编码器绝对位置的测量可达 163840 脉冲/转。

④ 数控系统能实现多种补偿功能,提高数控机床的加工精度和动态特性。数控系统的补偿功能主要用来补偿机械系统带来的误差。例如:

(a) 直线度的补偿。随着某一轴的运动,对另一轴加以补偿,提高机床工作台运动的直线度。

(b) 采用新的丝杆导程误差补偿方法。用几条近似线表示导程误差,仅对其中几个点进行补偿。此法可减少补偿数据的设定点数,使补偿方法大为简化。

(c) 丝杆、齿轮间隙补偿。

(d) 热变形误差补偿用来补偿由于机床热变形而产生机床几何位置变化引起的加工误差。

(e) 刀具长度、位置、半径等补偿。

(f) 存储型补偿。这种补偿方法,可根据机床使用中的实际情况(如机床零件的磨损情况)适时地修订补偿值。

2. 提高数控系统的可靠性

提高数控系统的可靠性,可大大降低数控机床的故障率。新型数控系统大量使用大规模和超大规模集成电路,还采用专用芯片提高集成度以及使用表面封装技术等方法,减少了元器件数量和它们之间的联线和焊点数目,从而大幅度降低系统的故障率。

此外,现代数控系统还具有人工智能(AI)功能的故障诊断系统,用它来诊断数控系统及机床的故障,把专家们所掌握的对于各种故障原因及其处置方法作为知识库储存到计算机的存储器中,以知识库为依据来开发软件,分析查找故障原因。只要通过回答显示器提出的简单问题,就能和专家一样诊断出机床的故障原因以及排除故障的方法。

3. CNC 系统的智能化

由于 CNC 系统使用的计算机容量越来越大,运算速度越来越快,使得 CNC 系统不仅完成机床的数字控制功能,而且还可以充分利用软件技术,使系统智能化,给操作者以更大的帮助。例如,可将迄今为止必须由程序员决定的零件的加工部位、加工工序、加工顺序等可

由 CNC 系统自动地决定。操作者只要将加工形状和必要的毛坯形状输进 CNC 系统,就能自动生成加工程序。NC 加工的编程时间大为缩短,即使经验不足的操作者也能进行操作。

CNC 系统如何与人工智能技术相结合,尚待发展。除了上述在故障诊断和编程方面的应用外,还有更大的领域留待我们去探索。

4. 具有更高的通讯功能

越来越多的工厂希望将多台数控机床组成各种类型的生产线或者 DNC 系统。这就要求 CNC 系统提高联网能力。一般 CNC 系统都具有 RS232 和 RS422 远距离串行接口,可以按照用户的格式要求,与同一级计算机进行多种数据交换。

为了满足不同厂家、不同类型数控机床联网功能要求,现代数控系统大都具有 MAP(制造自动化议定书)接口,现在已实现了 MAP3.0 版本,并采用光缆通讯,提高数据传送速度和可靠性。

二、机械制造系统的发展

在现代生产中,为了满足多品种、小批量、产品更新换代周期快的要求,原来以单功能组成机床为主体的生产线,已不能适应机械制造业日益提高的要求,因而具有多功能和一定柔性的设备和生产系统相继出现,促使数控技术向更高层次发展。现代生产系统主要有柔性制造单元 FMC(Flexible Manufacturing Cell)、柔性制造系统 FMS(Flexible Manufacturing System)和计算机集成制造系统 CIMS(Computer Integrated Manufacturing System)。以下简要介绍这三种生产系统。

1. 柔性制造单元 FMC

柔性制造单元 FMC 是在制造单元的基础上发展起来的,又具有一定的柔性。所谓柔性是指能够容易地适应多品种、小批量的生产功能。FMC 可由一台或少数几台设备组成。FMC 具有独立自动加工的功能,又部分具有自动传送和监控管理功能,可实现某些种类的多品种小批量的加工。有些 FMC 还可实现 24h 无人运转,由于它的投资较柔性制造系统 FMS 少得多,技术上又容易实现,因而深受用户欢迎。

FMC 有两大类,一类是数控机床配上机器人,另一类是加工中心配上托盘交换系统。

1) 配有机器人的 FMC

图 1-5 中,加工中心 3 上的工件 1,由机器人 2 来装卸,加工完毕的工件码放在工件架上。监控器 4 协调加工中心和机器人的动作。

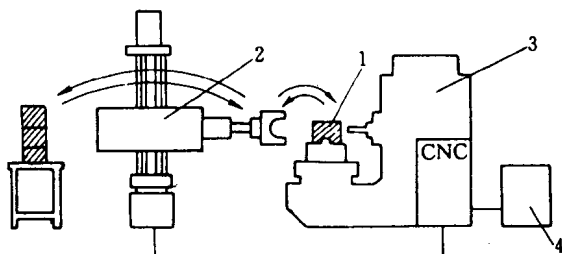


图 1-5 带有机器人的 FMC

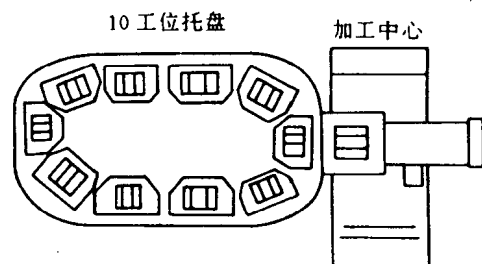


图 1-6 带有托盘交换系统的 FMC

2) 配有托盘交换系统构成的 FMC

图 1-6 所示,为加工中心和托盘交换系统构成的 FMC。托盘上装夹有工件。当工件加

工完毕后,托盘转位,加工另一新工件,托盘支承在圆柱环形导轨上,由内测的环链拖动而回转,链轮由电机驱动。托盘的选定和停位,由可编程序控制器(PLC)来实现。一般的 FMC, 托盘数在 5 个以上。

如果在托盘的另一端设置一托盘工作站,则这种托盘系统可通过工作站与其他 FMC 发生联系。若干个 FMC 可组成一个 FMS。

2. 柔性制造系统

柔性制造系统是一个由中央计算机控制的自动化制造系统。它是由一个传输系统联系起来的一些设备(通常是具有换刀装置的数控机床和加工中心)。传输装置把工件放在托盘或其他联接装置上送到各加工设备,使工件加工准确、迅速和自动。所谓柔性就是通过编程或稍加调整就可同时加工几种不同的工件。

采用柔性制造系统后,可显著提高劳动生产率,大大缩短制造周期和提高机床利用率,减少操作人员,压缩在制品数量和库存量,因而使成本大为降低,缩小了生产场地和提高了技术经济效益

图 1-7 为 FMS 的组成图。由图可见,柔性制造系统由加工系统、物料输送系统和信息系统组成。

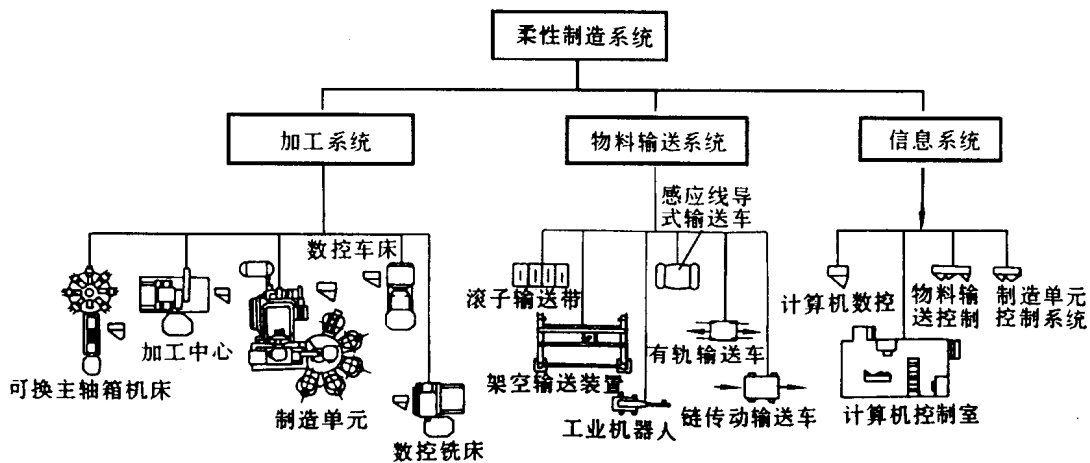


图 1-7 FMS 的组成

1) 加工系统

加工系统中的自动化加工设备通常由 5~10 台数控机床和加工中心组成。它们都带有能存储 20 把刀具以上的刀具库,并具有自动换刀装置。为了达到工件的自动更换,数控机床还带有自动的托盘更换装置,这样既能使工件装卸自动化,又能实现夜间无人化操作。

2) 物料输送系统

物料输送系统主要是工件和刀具的输送。分三个方面来说明:

(1) 输送方式 工件输送方式常用有环型和直线型两种。刀具输送方式也广泛采用直线型和环型,因为这两种输送方式容易实现柔性,便于控制和成本较低。

(2) 输送设备 在 FMS 中使用的输送设备主要有输送带、有轨运输车、无轨运输车、堆装起重机,行走机器人等。其中以传送带、有轨运输车用得最多。

(3) 输送系统结构 在一般情况下,FMS 的输送系统由一种输送方式和一种输送设备

构成,但也有用两种或三种输送方式和两种或三种输送设备组合而成。通常在以 FMC 为模块组合而成的 FMS 中,单元间的外部输送设备和单元内的输送设备往往是不同类型的,单元内部使用的是机器人,单元间是采用输送带。

3) 信息系统

信息控制系统的主要功能是:识别进入系统的工件,选择相应的数控加工程序,根据不同工件和不同的加工内容,使工件按不同顺序通过相应的机床进行加工;当工件改变时,上述内容又能自动地作相应地改变。

FMS 的控制方式大多采用中央计算机的集中控制,而控制系统则以扩展的 DNC 系统为基础。DNC 控制可由过程控制机通过其外围设备直接控制多台机床和检测设备,以及实现管理(存储)、维护(检验、修正、改变)及对各机床的分配信息的自动化。DNC 控制系统还可完成直接控制物流、刀具流、检测数据处理、运行数据的采集、处理、传送或打印等功能。

计算机依靠存储在文件中的各种数据,对整个 FMS 实行有效的控制。一般需要下述文件数据:零件加工程序文件、工艺路线文件、零件生产文件、托盘参考文件、工位中刀具文件和刀具寿命文件。

3. 计算机集成制造系统 CIMS

计算机集成制造系统(CIMS),简单说来,就是用计算机通过信息集成实现现代化的生产制造,以求得企业的总体效益。

(1) CIMS 优点

① 工程设计自动化方面 可采用现代化工程设计手段,如 CAD/CAPP/CAM(计算机辅助设计/计算机辅助工艺规划/计算机辅助制造),可提高产品的研制和生产能力,保证产品设计和工艺设计质量,缩短设计周期,从而加快产品更新换代速度,满足用户要求。

② 加工制造方面 可采用诸如 FMC、FMS、DNC 等先进技术,提高制造质量,增加制造过程的柔性;提高设备利用率,缩短产品制造周期,增强生产能力。

③ 经营管理方面 使企业的经营决策科学化。在市场竞争中,可使产品报价快速、准确和及时;在生产过程中,可有效地解决生产“瓶颈”,减少在制品,使库存量压到最低水平,减少制造过程中占用的资金,减少仓库面积,从而可降低生产成本,加速企业的资金周转。

总之,计算机集成制造系统,是通过计算机、网络、数据库等硬、软件将企业的产品设计、加工制造、经营管理等方面的所有活动集成起来,使企业的产品质量大幅度提高,缩短产品开发和生产周期,提高生产效率,降低生产成本。

(2) CIMS 组成

CIMS 通常由管理信息系统、产品设计与制造工程设计自动化系统、制造自动化系统、质量保证系统以及计算机网络和数据库系统等 6 个分系统组成,它们之间的关系,如图 1-8 所示。以下分别介绍这几个分系统:

① 管理信息系统 这个系统包括预测、经营决策、各级生产计划、生产技术准备、销售、供应、财务、成本、设备、工具、人力资源等管理信息功能,通过信息的集成,达到缩短产品生产周期、减少占用的流动资金、提高企业的应变能力。

② 产品设计与制造工程设计自动化系统 它是用计算机来辅助产品设计、制造准备和产品性能测试等阶段的工作,就是 CAD/CAPP/CAM 系统。其目的是使产品的开发更高效、优质、自动化地进行。