



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业学校教学用书(数控技术应用专业)

数控机床操作与 维护技术基础

◎ 胡晓东 主编 张素芬 副主编

本书配有电

9

84

包

技能型紧缺人才培养



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业学校教学用书（数控技术应用专业）

数控机床操作与维护技术基础

胡晓东 主 编

张素芬 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书共分为5章。第1章主要介绍了数控机床的产生和发展过程,并描述了数控机床的组成、工作过程以及分类和特点。第2章主要介绍了数控车床的种类和结构特点,并以MJ—50型数控车床为例,讲述了数控车床的基本操作和维护保养。第3章主要介绍了数控铣床的种类和结构特点,并以XK5032型数控铣床为例,讲述了数控铣床的基本操作和维护保养。第4章主要介绍了加工中心的种类和结构特点,并以VP1050型立式加工中心为例,讲述了加工中心的基本操作和维护保养,本章可作为中级工的选学内容。第5章主要介绍了数控电火花加工机床的种类和结构特点及其工作原理,并以DK7732A型数控线切割机床为例,讲述了数控线切割机床的基本操作和编程技术,同时重点突出数控电火花加工机床的加工工艺。本书紧紧围绕数控机床的编程和基本操作这条主线,注重基本理论和基本方法的阐述。在讲述内容上力求简明扼要、图文并茂、通俗易懂,在每章内容之后,配有相应的实训项目,使初学者能够尽快掌握数控技术。

本书已被列为教育部职业教育与成人教育司推荐教材。为了方便教师教学,本书配有电子教学参考资料包,详见前言。

本书可以作为中等职业学校机电一体化专业、模具设计与制造专业、电气控制专业的数控机床操作教材,也可以作为广大自学者和工程技术人员参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床操作与维护技术基础/胡晓东主编. —北京:电子工业出版社, 2005.6
教育部职业教育与成人教育司推荐教材·中等职业学校教学用书(数控技术应用专业)
ISBN 7-121-00823-8

I. 数… II. 胡… III. 数控机床—专业学校—教材 IV. TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第050700号

责任编辑:蔡葵

印刷:北京铁成印刷厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

经销:各地新华书店

开本:787×1092 1/16 印张:11.5 字数:291.2千字

印次:2005年6月第1次印刷

印数:5000册 定价:15.00元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010)68279077。质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

中等职业学校教材工作领导小组

- 组 长：陈贤忠 安徽省教育厅厅长
- 副组长：李雅玲 信息产业部人事司技术干部处处长
尚志平 山东省教学研究室副主任
睦 平 江苏省教育厅职社处副处长
苏渭昌 教育部职业技术教育中心研究所主任
王传臣 电子工业出版社副社长
- 组 员：（排名不分先后）
- 唐国庆 湖南省教科院
张志强 黑龙江省教育厅职成教处
李 刚 天津市教委职成教处
王润拽 内蒙古自治区教育厅职成教处
常晓宝 山西省教育厅职成教处
刘 晶 河北省教育厅职成教处
王学进 河南省职业技术教育教研室
刘宏恩 陕西省教育厅职成教处
吴 蕊 四川省教育厅职成教处
左其琨 安徽省教育厅职成教处
陈观诚 福建省职业技术教育中心
邓 弘 江西省教育厅职成教处
姜昭慧 湖北省职业技术教育研究中心
李栋学 广西自治区教育厅职成教处
杜德昌 山东省教学研究室职教室
谢宝善 辽宁省基础教育教研培训中心职教部
安尼瓦尔·吾斯曼 新疆自治区教育厅职成教处
- 秘 书 长：李 影 电子工业出版社
- 副秘书长：蔡 葵 电子工业出版社

前言



随着人类社会的不断进步,对机械产品的性能、结构、形状和精度要求越来越高,单件小批量及多品种生产方式愈加凸显。而数控机床正好适应了这种生产方式的需求。数控机床是一种集机械技术、电子技术、计算机技术、精密检测技术及液压气动技术等于一体的高新技术设备。数控机床的出现和广泛应用,使机械制造、航空、航天、汽车、船舶、国防和其他高新技术领域的生产方式、产品结构和产业结构发生了深刻的变化,并且带来了巨大的经济效益。因此,数控机床的拥有量和应用能力的高低已成为衡量一个国家工业现代化水平的重要标志。

随着数控机床的广泛应用,数控技术已成为当今世界机械制造业中的主流技术之一。所以,在 21 世纪掌握数控技术已成为机械制造业中的必然趋势,也是我国对技能型紧缺人才的迫切需求。而数控技术的核心就是数控机床的编程和操作。为此,本书紧紧抓住数控机床基本操作这条主线,通过各种典型的数控机床(如 MJ-50 型数控车床、XK5032 型数控铣床、VP1050 型立式加工中心和 DK7732A 型数控电火花线切割机床等),来深刻描述各种数控机床的基本操作方法和操作技巧,同时,还阐明了各种数控机床维护保养及简单故障排除的方法。并且,通过每章后的实训项目,突出“讲”与“练”的有机结合。在讲述内容上力求简明扼要、图文并茂、通俗易懂,使初学者能够尽快掌握数控技术。

本书由广东省技师学院胡晓东高级讲师担任主编,广东省技师学院张素芬讲师担任副主编。济南电子机械工程学院路坤讲师编写第 1 章,广东省技师学院胡旭兰讲师编写第 2 章,张素芬讲师编写第 3 章、第 4 章,胡晓东高级讲师编写第 5 章,并对全书进行了统稿。

本书由葛金印和王猛高级讲师担任主审,并通过教育部审批,列为教育部职业教育与成人教育司推荐教材。在本书的编写过程中,广东省技师学院黄志高级讲师提出了许多宝贵意见,在此我们表示诚挚的感谢!

由于编者水平有限,经验不足,书中定有不少错误和疏漏之处,恳请广大读者不吝赐教。

为了方便教师教学,本书配有电子教学参考资料包(教学指南、电子教案及习题答案)免费提供给教师使用。请有需要的教师登录华信教育资源网(<http://www.hxedu.com.cn>)或与电子工业出版社联系。E-mail:ve@phei.com.cn。

编者

2005 年 1 月



目 录



第1章 数控机床的基础知识	1
1.1 概述	1
1.1.1 数控机床的产生	1
1.1.2 数控机床的发展历史	1
1.1.3 数控机床的发展趋势	2
1.2 数控机床的组成及工作过程	4
1.2.1 数控机床的组成	4
1.2.2 数控机床的工作过程及编程指令代码	6
1.3 数控机床的分类	9
1.3.1 按工艺用途分类	9
1.3.2 按控制的运动轨迹分类	10
1.3.3 按控制坐标联动轴数分类	11
1.3.4 按性能分类	13
1.3.5 按进给伺服系统分类	13
1.4 数控机床的特点及适应性	15
1.4.1 数控机床的结构特点	15
1.4.2 数控机床的加工特点	15
1.4.3 数控机床的适用范围	16
习题1	16
实训项目	16
第2章 数控车床的操作技术	18
2.1 数控车床概述	18
2.1.1 数控车床的组成及特点	18
2.1.2 数控车床的种类及用途	20
2.1.3 数控车床的主要技术参数	21
2.2 数控车床的操作面板	23
2.2.1 数控系统操作面板	24
2.2.2 车床操作面板	26
2.3 数控车床的基本操作	30
2.3.1 电源的接通	30
2.3.2 手动操作车床	30

2.3.3	车床的急停	32
2.3.4	程序的输入、检查和修改	33
2.3.5	车床的运转	34
2.4	数控车床加工中刀具的选用	34
2.4.1	数控车削用车刀的类型	34
2.4.2	常用车刀的几何参数及选择	36
2.4.3	刀具的标准化	38
2.5	找正与对刀及输入刀具补偿值操作	40
2.5.1	找正	40
2.5.2	对刀	40
2.5.3	MJ—50 数控车床的对刀	41
2.5.4	刀具补偿值的输入操作	42
2.6	数控车床的维护与保养	44
2.6.1	数控车床操作的注意事项	44
2.6.2	数控车床的维护与保养	44
2.6.3	数控车床常见故障及排除	45
习题 2		46
实训项目		46
第 3 章	数控铣床的操作技术	52
3.1	数控铣床概述	52
3.1.1	数控铣床的种类	52
3.1.2	数控铣床的组成及结构特点	53
3.1.3	XK5032 型数控铣床的主要技术参数	55
3.2	数控铣床的操作面板	55
3.2.1	CRT/MDI 控制面板	55
3.2.2	铣床操作面板	58
3.3	数控铣床的基本操作	60
3.3.1	电源的接通与断开	60
3.3.2	工作方式选择	61
3.3.3	机床的手动操作	61
3.3.4	机床的自动运行操作	63
3.3.5	机床的急停	64
3.3.6	刀具偏置设定	64
3.3.7	程序的输入和编辑	65
3.3.8	数控铣床一般操作步骤	66
3.4	数控铣床加工中刀具的应用	67
3.4.1	铣刀的种类	67
3.4.2	铣刀的选择	69
3.4.3	铣刀的补偿	70
3.5	数控铣床的维护与保养	72

3.5.1 数控铣床操作过程中的注意事项	72
3.5.2 数控铣床的维护与保养	72
3.5.3 数控铣床常见故障及排除	74
习题 3	78
实训项目	78
*第 4 章 加工中心的操作技术	83
4.1 加工中心概述	83
4.1.1 加工中心的类别及主要技术参数	83
4.1.2 加工中心的结构特点	86
4.2 加工中心的操作面板	87
4.2.1 CNC 系统操作面板	88
4.2.2 机床操作面板	89
4.3 加工中心的基本操作	91
4.3.1 手动操作	91
4.3.2 MDI 操作	93
4.3.3 刀库手动操作	96
4.3.4 安全操作	97
4.3.5 自动加工	98
4.3.6 程序管理操作	99
4.4 建立工件坐标系	103
4.4.1 工件装夹与找正	103
4.4.2 工件坐标系的建立	103
4.5 加工中心加工中刀具的应用	106
4.5.1 加工中心对刀具的基本要求	106
4.5.2 标准刀柄与刀具系统	107
4.5.3 孔的加工方法及其刀具	107
4.5.4 面加工方法及其刀具	109
4.5.5 加工中心刀具定位长度的确定	111
4.6 加工中心的日常维护与保养	112
4.6.1 加工中心的日常维护与保养	112
4.6.2 安全操作规程	113
习题 4	115
实训项目	116
第 5 章 数控电火花加工机床的加工技术	120
5.1 数控电火花加工机床概述	120
5.1.1 电火花加工的产生	120
5.1.2 数控电火花加工机床的分类及应用	120
5.1.3 数控电火花加工机床的工作原理	121
5.1.4 数控电火花线切割机床的基本组成	122
5.1.5 数控电火花成型机床的基本组成	127

5.2	数控电火花线切割机床的基本操作	129
5.2.1	数控电火花线切割机床的型号	129
5.2.2	国产 DK7732A 型数控电火花线切割机床的基本操作	130
5.3	数控电火花线切割机床的加工工艺及编程	137
5.3.1	数控电火花线切割加工的工艺特点	137
5.3.2	数控电火花线切割加工的工艺过程	139
5.3.3	数控电火花线切割机床的程序编制	142
5.3.4	常用夹具和工件装夹方法简介	148
5.3.5	穿丝孔加工及其位置选择原则	151
5.3.6	提高加工质量的途径	151
5.3.7	加工实例	153
5.4	数控电火花成型加工工艺及机床的基本操作	155
5.4.1	数控电火花成型加工工艺	155
5.4.2	数控电火花成型机床加工的一般操作步骤	160
5.4.3	提高工件加工精度的措施	161
5.5	数控电火花加工机床的维护与保养	162
5.5.1	数控电火花线切割机床的维护与保养	162
5.5.2	数控电火花成型加工机床的维护与保养	166
习题 5		167
实训项目		168
参考文献		174

第1章 数控机床的基础知识



1.1 概述

1.1.1 数控机床的产生

机械制造行业中，人们一直在探索如何实现机械加工自动化。1942 年计算机的出现，为人类提供了实现机械加工自动化的理想手段。用数字控制技术进行机械加工自动化的思想，早在 20 世纪 40 年代首次提出，当时，美国北密执安的一个飞机制造承包商帕森斯在制造直升机叶片轮廓用样板时，利用全数字电子计算机对轮廓路径进行数据处理，并考虑了刀具直径对加工的影响，使得加工精度达到了较高的程度。

1952 年，美国的 PARSONS 公司与麻省理工学院成功研制出世界上第一台三坐标数控铣床，它综合应用了电子计算机、自动控制、伺服驱动、精密检测以及新型机械结构等多方面的技术成果，是一种新型的机床，可用于加工复杂曲面零件。该铣床的研制成功是机械制造业中的一次革命，使机械制造业的发展进入了一个崭新的阶段。当时用的电子元器件是电子管，这是第一代数控机床。

1.1.2 数控机床的发展历史

随着计算机的发展，数控机床也得到了迅速发展和广泛应用。1959 年，电子行业研制出晶体管元器件，数控系统中广泛采用晶体管和印刷电路板，数控机床从而跨入了第二代；1959 年 3 月出现了带自动换刀装置的“加工中心”；从 1960 年开始，德国、日本等其他一些工业国家，都陆续开发、生产及使用了数控机床。

1965 年，出现了小规模集成电路。由于它的体积小，功耗低，使数控系统的可靠性得到进一步的提高，数控机床发展到第三代。

以上三代，都是采用专用控制计算机的逻辑数控系统，即硬件数控系统。

1967 年，英国首先将几台数控机床连接成柔性的加工系统，这就是最初的 FMS（Flexible Manufacturing System）柔性制造系统，随后美、欧、日也相继进行开发和应用了 FMS。随着计算机技术的发展，小型计算机的价格急剧下降，小型计算机开始取代专用数控计算机，数控的许多功能由软件程序来实现，这样组成的数控系统称为计算机数控系统（CNC），即软件数控系统。1970 年，在美国芝加哥国际机床展览会上，首次展出了这种系统，数控机床随之进入第四代。

1974 年，美国、日本等国家首次研制出以微处理器为核心的数控系统（MNC）。近 20



年以来,应用以微处理器为核心的数控系统的数控机床得到了飞速的发展和广泛的应用,这就是第五代数控机床。

20 世纪 80 年代初,国际上又出现了柔性制造单元 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。

1.1.3 数控机床的发展趋势

随着科学技术的发展,社会对产品要求呈现出高质量、多品种、多规格的特点,中小批量生产的比重明显增加,这就要求数控机床成为一种高效率、高质量、高柔性和低成本的新一代制造设备。同时,为了满足制造业向更高层次发展,为柔性制造单元 (FMC)、柔性制造系统 (FMS) 以及计算机集成制造系统 (CIMS) 提供基础设备,也要求数控机床向更高水平的方向发展。20 世纪 90 年代以来,计算机技术发展突飞猛进,特别是计算机的高性能、低价格及微型化,为数控技术的迅速发展和广泛应用奠定了坚实的基础。数控设备应用领域的日益扩大,各行各业加工要求的不断提高,也从另一个方面促进了数控技术和设备的发展,目前数控设备正不断采用微电子、计算机和控制理论等领域的最新技术成果,并朝着高速度、高精度、高可靠性、智能化、多功能化和网络化方向发展。

1. 高速度与高精度

速度和精度是数控机床的两个重要指标,它直接关系到数控机床的加工效率和产品的质量,特别是在超高速切削、超精密加工技术的实施中,它对机床各坐标轴位移速度和定位精度提出了更高的要求;另外,这两项技术指标又是相互制约的,也就是说要求位移速度越高,定位精度就越难提高。现代数控机床配备了高性能的数控系统及伺服系统,其位移分辨率和进给速度可达到 $1\mu\text{m}$ ($100\sim 240\text{m/min}$)、 $0.1\mu\text{m}$ (24m/min)、 $0.01\mu\text{m}$ ($400\sim 800\text{m/min}$),主轴转速可达到 $40\,000\sim 50\,000\text{r/min}$ 。

2. 高可靠性

数控机床的可靠性一直是用户最关心的主要指标,它取决于数控系统和各伺服驱动单元的可靠性。为了提高可靠性,目前主要采取以下几个方面的措施:

(1) 采用硬件结构模块化、标准化、通用化方式,使设计生产过程由质量保证体系监控,严格筛选元器件,全面考核系统可靠性,确保产品质量。

(2) 采用大规模和超大规模集成电路、专用芯片及混合式集成电路,减少了元器件数量,精简外部连线,降低了功耗,极大地提高了系统的可靠性。

(3) 增强故障自诊断、自修复和保护功能,保证了数控机床的高可靠性。

现代数控系统的平均无故障时间 MTBF (Mean Time Between Failures) 可达到 $10\,000\sim 36\,000$ 小时。

3. 智能化

(1) 采用故障自诊断、自修复功能

现代数控机床的数控系统都具有很好的故障自诊断功能和保护功能、软件限位和自动



返回功能,一旦出现故障时,立即采取停机等措施,并通过显示器(CRT)进行故障报警,提示发生故障的部位、原因等,避免了加工过程中出现特殊的情况而造成工件的报废和事故。有的数控机床上装有工件尺寸检测装置,对工件加工尺寸进行定期检测,发现超差则及时发出报警或补偿信号,以便及时调整,保证产品的加工质量。

(2) 引进自适应控制技术

数控机床增加更完善的自适应控制功能是数控技术发展的一个重要方向。自适应控制技术的目的是要求在随机变化的加工过程中,通过自动调节加工过程中所测得的工作状态、特性,按照给定的评价指标自动校正自身的工作参数,以达到最佳工作状态。由于在实际加工过程中,有许多因素直接或间接地影响加工效果,如工件毛坯余量不均匀、材料硬度不均匀、刀具磨损、工件变形、机床热变形等。这些变量事先难以完全预知,编制加工程序时只能依据经验数据,以致在实际加工中,很难用最佳参数进行切削。而自适应控制系统则能根据切削条件的变化自动调节工作参数,如伺服进给参数、切削用量等,使数控机床在加工过程中能保持最佳工作状态,从而得到较高的加工精度和较小的表面粗糙度,同时也能提高刀具的使用寿命和设备的生产效率。

(3) 刀具寿命自动检测和自动换刀功能

利用红外线、激光等检测手段,对刀具和工件进行检测,若发现工件超差、刀具磨损、破损等,则进行及时报警、自动补偿或更换备用刀具,以保证产品质量。

(4) 引进模式识别技术

应用图像识别和声控技术,使机器能够自动辨识图样,按照操作者语言命令进行加工。

(5) 工艺数据库或专家系统

数控装置内设有与该机床加工工艺相关的小型工艺数据库或具有人工智能的专家系统,可以自动选择最佳的工艺参数,从而提高了编程效率,大大缩短了生产准备的时间,降低了对操作人员技术水平的要求。

4. 多功能化

数控加工中心(Machining Center——MC)配有一机多能的数控系统和自动换刀系统(机械手和刀具库)。工件装夹后,数控系统能控制机床自动更换刀具,连续对工件各个加工表面进行多工序加工。这种采用工序集中的加工设备,可以避免工件多次装夹所造成的定位误差,确保工件的加工精度。同时,还能减少工件的装夹辅助时间,减少设备数量,节省占地面积。此外,多主轴、多面体加工及多轴联动数控机床已在提高数控加工工效方面起了很大的作用,如五面体加工中心,其数控系统的控制轴数已多达15轴,联动轴数已达6轴。

5. 网络化

为了适应柔性制造单元(FMC)、柔性制造系统(FMS),以及进一步联网组成计算机集成制造系统(CIMS)的要求,数控系统要具有联网能力,现在数控系统一般都具有RS—232C和RS—422高速远距离串行接口,可以按照要求与上一级计算机进行多种数据交换。不同厂家生产的不同数控机床,可以采用MAP工业控制网,从工厂自动化上层(设计信息、生产计划信息)到下层(控制信息、生产管理信息),通过信息交流建立能够有效利用全部信息资源的计算机网络。



1.2 数控机床的组成及工作过程

1.2.1 数控机床的组成

数控机床一般由数控系统、伺服系统和机床本体以及辅助装置组成，如图 1.1 所示。

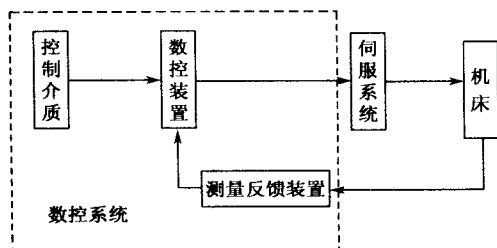


图 1.1 数控机床本体组成框图

1. 数控系统

数控系统是数控机床的核心部分，主要由数控装置、外围设备、可编程控制器等部分组成。

(1) 数控装置

数控装置是数控系统的核心，由硬件和软件两大部分组成。硬件包括输入/输出（I/O）接口、CPU、键盘、CRT、存储器，以及数据通信接口等；软件包括管理软件和控制软件，管理软件主要具备输入/输出（I/O）、显示和诊断等功能，控制软件主要具备译码、刀具补偿、速度控制、插补运算和位置控制等功能。数控装置主要具有以下功能：

- 多坐标控制；
- 实现多种函数的插补；
- 多种程序输入功能（人机对话、手动数据输入、由上级计算机及其他计算机输入设备的程序输入）以及对程序的编辑和修改功能；
- 信息转换功能：EIA/ISO 代码转换、英制 / 公制转换、坐标转换、绝对值/增量值转换，以及计数制转换；
- 补偿功能：刀具半径补偿、刀具长度补偿、传动间隙补偿和螺距误差补偿等；
- 多种加工方法选择：可以实现多种加工循环、重复加工和镜像加工等；
- 故障自诊断功能；
- 显示功能：用显示器（CRT）可以显示字符、轨迹、平面图形和动态三维图形；
- 通信和联网功能。

(2) 外围设备部分

数控机床外围设备部分主要包括：操作面板、键盘、显示器、光电阅读机、纸带穿孔机和外部存储设备等。这些设备大都是通用的外围输入/输出（I/O）设备。对于具体 CNC 系统，并不一定配置所有这些 I/O 设备，应视具体的系统要求而定。

- 操作面板 操作面板主要用来安装操纵机床的各种控制开关、按键，以及机床工作状态指示器、报警用的信号指示等。通过操作面板，操作人员可以控制数控机床。



图 1.2 是某经济型数控机床的操作面板。键盘通常安装在操作面板上, 主要作用是输入各种操作命令, 以及采用手动输入方式 (MDI) 输入零件加工程序, 也可以用来对工件加工程序进行现场修改和编辑。

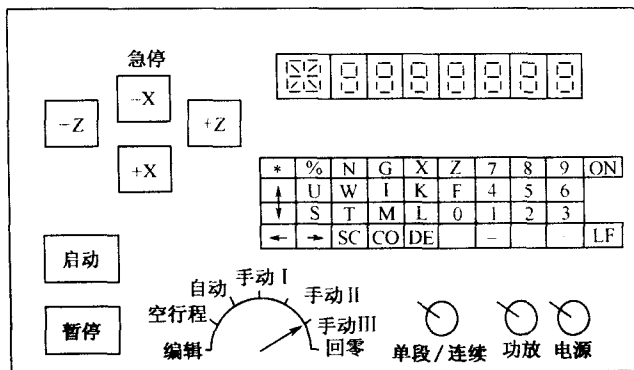


图 1.2 某经济型数控机床操作面板

- **显示器** 显示器主要用于 CNC 系统的有关信息显示。例如机床工作台的位置、速度、主轴转速、刀具位置等机床有关信息显示, 工件加工程序的输入编辑、修改时的显示和加工轨迹的显示等。目前, 常用的显示器有 CRT 和 TFT 两种。
- **光电阅读机** 光电阅读机是采用穿孔纸带输入系统程序和工件加工程序的输入设备。
- **纸带穿孔机** 纸带穿孔机是一种能复制工件加工程序穿孔纸带的输出设备, 复制的目的是为了保存和检查工件加工程序。
- **外围存储设备** 外围存储设备有磁带录音机和磁盘机, 用于存放和读取工件加工程序以及有关的数据信息, 有的 CNC 系统也用于存取系统控制程序。

(3) 可编程控制器 (PLC)

可编程控制器处于 CNC 装置和机床之间, 用于实现对数控机床辅助功能、主轴转速功能和刀具功能的控制。它根据机床加工过程中各个动作要求进行协调, 按各检测信号进行逻辑判别, 从而控制机床各个部件有条不紊地按顺序工作。PLC 程序代替以往的继电器线路, 实现 M、S、T 功能的控制, 即按照预先规定的逻辑顺序对诸如主轴的起停、转向和转速, 刀具的更换, 工件的夹紧、松开, 液压、气动、冷却以及润滑系统的运行等进行控制。

2. 伺服系统

伺服系统是数控系统和机床本体之间的电传动联系环节。主要由伺服电动机、驱动控制系统和位置检测与反馈装置等组成。伺服电动机是系统的执行元件, 驱动控制系统则是伺服电动机的动力源。数控系统发出的指令信号与位置反馈信号比较后作为位移指令, 再经过驱动系统的功率放大后, 驱动电动机运转, 通过机械传动装置拖动工作台或刀架运动。常见的伺服系统有步进电动机伺服系统和交流伺服系统及直流伺服系统。

(1) 步进电动机伺服系统

步进电动机接受一个脉冲, 电动机转过一个固定角度, 从而驱动工作台移动一个位移值, 即脉冲当量。由于步进电动机易丢步且扭矩较小, 一般需要传动齿轮来凑脉冲当量, 步进电动机伺服系统精度较低, 但价格低廉, 故常用于开环系统中。

(2) 交流伺服系统

交流伺服电动机有交流同步电动机和交流异步电动机。通过计算机对交流电动机的磁



场作矢量变换控制来控制交流电动机的运动,通过电机轴上的脉冲编码器检测电机的转角、转速反馈给数控系统实现半闭环控制,能得到较好的定位精度。同时由于交流伺服电机过载能力强,交流伺服系统在机床进给驱动系统中得到了广泛的使用。

3. 机床本体

数控机床的机床本体指其机械结构实体。与传统的普通机床相比较,数控机床的本体同样由主传动系统、进给传动机构、工作台、床身,以及立柱等部分组成,但数控机床的整体布局、外观造型、传动机构、工具系统及操作机构等方面都发生了很大变化。

4. 辅助装置

辅助装置主要包括自动换刀装置 ATC (Automatic Tool Changer)、自动交换工作台 APC (Automatic Pallet Changer)、工件夹紧松开机构、回转工作台、液压控制系统、过载保护装置、润滑装置、切削液装置、排屑装置等。

1.2.2 数控机床的工作过程及编程指令代码

1. 数控机床的工作过程

数控机床完成零件的加工过程如图 1.3 所示。

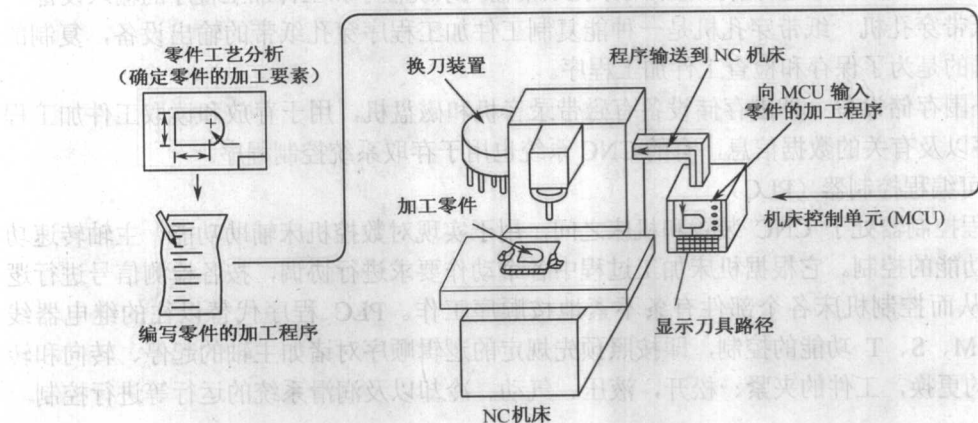


图 1.3 数控加工过程



步骤

- (1) 工艺分析 根据零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) 程序编制 用规定的程序代码和格式编写零件加工程序单;或用自动编程软件进行 CAD/CAM 工作,直接生成零件的加工程序文件。
- (3) 程序输入/传输 手工编写的程序,可以通过数控机床的操作面板直接输入程序;由编程软件生成的程序,则通过计算机的串行通信接口直接传输到数控机床的数控单元。
- (4) 试运行 将输入或传输到数控单元的加工程序,进行试运行及刀具路径模拟等工作。
- (5) 零件加工 通过对机床的正确操作,运行程序,完成零件的加工。



2. 程序编制中的指令代码

程序编制中常用的指令代码主要有准备功能 (G)、辅助功能 (M)、主轴转速功能 (S)、刀具功能 (T), 以及进给速度功能 (F) 等。下面简要介绍各指令代码的功能。

(1) 准备功能 (G) 准备功能是设立机床工作方式或控制系统工作方式的一种命令。因其地址符规定为 G, 故又称为 G 功能或 G 指令。它的后续数字一般为两位数 (00~99), 也有极少数的数控系统采用了三位数 (非标准规定)。按 ISO 的标准规定, 常见的 G 指令代码具有如下功能。

- G00 快速点定位指令。使刀具或工件快速到达目标点, 其速度为数控系统所设定。G00 指令一般在刀具不进行切削、其路径为空行程时使用。
- G01 直线插补指令。用于直线加工的指令, 它通过程序中所指定的进给速度对工件进行直线加工。
- G02/G03 顺/逆圆弧插补指令。用于圆弧 (或整圆) 加工的指令。其顺时针与逆时针的方向, 按标准规定为: 向垂直于运动平面的坐标轴的负方向看, 顺时针为 G02, 逆时针为 G03。
- G04 暂停 (延时) 指令。当加工指令执行到该程序段时, 进给运动按给定的时间 (s 或 ms) 进行延时暂停, 其暂停期间将不做任何相关动作, 待延时结束后, 继续执行下一条程序段。
- G17~G19 坐标平面选择指令。G17 指令选择 X-Y 平面, G18 指令选择 Z-X 平面, G19 指令选择 Y-Z 平面。
- G33 等螺距螺纹切削指令。用与切削各种恒定螺距的公、英制 (配合有关公、英制数据输入的专门指令使用) 螺纹。国内主要用于加工米制 (即公制) 等螺距螺纹, 而对英制等螺距螺纹, 则专用其他 “不指定” 功能的指令。
- G41~G44 刀具补偿指令。其中, G41 和 G42 分别表示刀具半径左、右补偿; G43 和 G44 分别表示刀具长度正补偿和负补偿。
- G40 刀具半径补偿或刀具偏置注销指令。用于终止所有刀补和刀偏的执行。
- G81~G89 固定循环指令。各种数控机床根据需要而定其特有的功能, 主要用于连续完成一系列的加工工序。
- G80 固定循环注销指令。用于终止由 G81~G89 指令所规定的各种固定循环的执行。
- G90/G91 绝对/增量尺寸方式指令。规定在编程坐标系中的各坐标值均为绝对/增量尺寸。

根据 G 指令是否具有续效性可将其分为模态指令和非模态指令两大类。所谓模态指令是指这类指令只要指定过一次, 直到被后面同组的其他 G 指令取代或被注销以前, 所指定的功能一直有效, 即在其随后的程序段中, 不必再指定该指令, 最常见的模态指令有 G00、G01~G03、G33、G41、G42 等。所谓非模态指令是指这类指令的功能仅在出现的程序段中起作用, 故每次使用时都必须指定, 最常见的非模态指令有 G04、G40、G80 等。目前, 由于 ISO 标准中规定 G 指令的标准化程度不高 (“不指定” 和 “永不指定” 的功能项目较多), 如附表 1 所示。因此, 在编制程序时, 必须按照所用数控系统 (说明书) 的具体规定使用, 切忌盲目套用。



(2) 辅助功能 (M)

辅助功能用以指令数控机床中辅助装置的开关动作或状态。因其地址符规定为 M, 故又称为 M 功能或 M 指令, 它的后续数字一般为两位数 (00~99), 也有少数的数控系统使用三位数。按 ISO 的标准规定, 常见的 M 指令代码具有如下功能。

- M00 程序停止指令。程序执行到有该指令的程序段时, 即实施不限时间的暂停, 需要结束该暂停状态时, 则应按一下启动键或运行键, 程序即可继续向下执行。
- M02 程序结束指令。表示加工程序已执行完毕并结束运行, 程序内容所控制以外的其他功能, 原则上不受该指令限制, 并可继续动作。
- M03/M04 主轴正转/反转指令。其正反转方向按右手直角笛卡儿坐标系确定。
- M05 主轴停止指令。表示用最有效或通常的方法单独停止主轴, 而机床的其他动作仍可继续进行。
- M07/M08 切削液打开指令。M07 和 M08 分别表示 2 号和 1 号切削液打开。
- M09 切削液关指令。
- M30 纸带结束指令。M30 除了具有 M02 指令的功能外, 通常还具有停止主轴、关切液等其他功能, 也能使机床数控系统和进给运动机构的状态复位, 程序结构返回到初始状态 (穿孔带自动倒带) 待命。

由于 ISO 标准中规定的 M 指令的标准化程度与 G 指令一样不高, 如附表 2 所示。因此, 在编制程序时, 仍应按照所用数控系统 (说明书) 的具体规定使用。

(3) 主轴转速功能 (S)

它主要用于指定机床主轴转速。因其地址符规定为 S, 故又称为 S 功能或 S 指令, 其后续数字可以为一位至四位。国内经济型数控机床一般用一位或两位数字约定的代码; 对其具有无级调速功能的数控机床, 则可由后续数字直接表示其主轴的给定转速 (r/min)。另外, 对具有恒线速度切削功能的数控车床, 当用 G96 指令时, 其加工程序中的 S 指令不再指令给定转速, 而指令车削时恒定的切削速度 (m/min), 即在车削时, 其主轴转速应随车削直径的变化而自动变化, 始终保持其切削速度为给定的恒定值。

(4) 刀具功能 (T)

它是用于指定加工中所用刀具号和自动补偿编组号, 因其地址符规定为 T, 故又称为 T 功能或 T 指令, 其后续数字可以为一位至四位。以数控车床为例, 说明其地址符 T 后续数字的几种规定。

- 一位数的规定 在少数车床 (如 CK0630) 的数控系统 (如 HN—100T) 中, 因除了刀具的编码 (刀号) 之外, 其他如刀位偏置、刀具长度与半径的自动补偿值, 都不需要填入加工程序段内, 故只需用一位数表示刀具编码号即可。
- 两位数的规定 在经济型数控车床的数控系统中, 普遍采用两位数的规定: 首位数字一般表示刀具 (或刀位) 的编码号, 常用 0~8 共 9 个数字, 其中 “0” 表示不转刀; 末位数字表示刀位偏置补偿 (不包括刀尖圆弧半径补偿) 的编组号, 常用 0~8 共 9 个数字, 其中数字 “0” 表示补偿量为零, 即撤销其补偿。
- 四位数的规定 对车削中心等刀具数较多的数控机床, 其数控系统一般规定其后续数字中的前两位数字为刀具编码号; 后两位数字为刀位偏置或刀具长度补偿的编组号, 或同时为刀尖圆弧半径补偿的编组号。