



高职高专“十一五”规划教材
机械系列·数控技术专业

数控机床

苟维杰 主 编
易 楠 吴健生 副主编

国防科技大学出版社

高职高专“十一五”规划教材

机械系列·数控技术专业

数 控 机 床

苟维杰 主 编

易 楠 吴健生 副主编

国防科技大学出版社

【内容简介】本书是为高职高专数控及相关专业编写的教材。

书中介绍了数控机床的相关内容,主要包括数控机床概述、数控系统、数控机床的机械系统、数控机床的伺服系统、典型数控机床、数控机床的安装与维修、特种加工数控机床等。本教材力求内容系统完整,讲解深入浅出,通过相应模块的练习,使学生很好地掌握所学知识。

本书适合高职高专学生使用,也可供相关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床/苟维杰主编. —长沙:国防科技大学出版社,

2008.8

(高职高专“十一五”规划教材·机械系列)

ISBN 978-7-81099-539-9

I. 数… II. 苟… III. 数控机床—高等学校:技术学校—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 108005 号

出版发行:国防科技大学出版社

电 话:(0731)4572640

网 址:<http://www.gfkdcbs.com>

责任编辑:耿 筠 **特约编辑:**许 青

印刷者:北京振兴源印务有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:15.5

字 数:390 千字

版 次:2008 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月第 1 次印刷

定 价:27.00 元

高职高专“十一五”规划教材·机械系列

编审委员会

主 任 李文珍 清华大学机械工程系
中国铸造学会学术工作委员会委员

副 主 任 霍忠义 长安大学理学院
汪 净 兰州交通大学机电工程学院

委 员 (以姓氏笔画为序)

王 艳	尹 楠	田亚平	吕 刚	吕 勇
同鹏英	刘 勇	闫雪锋	孙美霞	杨志勤
杨明飞	李和平	李河水	李洪民	连晓峰
吴健生	辛会珍	苟维杰	易 楠	赵晓东
胡春潮	洪 涛	徐道富	陶春生	常建啟
蔡晓光	廖志远			

课程审定 周 岩 哈尔滨工业大学机电工程学院
王 娜 兰州交通大学机电工程学院
武晨光 徐州空军学院军交系

内容审定 陈智刚 江西现代职业技术学院机械学院
宗 琳 沈阳化工学院机械工程学院

出版说明

高职高专教育作为我国高等教育的重要组成部分,承担着培养高素质技术、技能型人才的重任。近年来,在国家和社会的支持下,我国的高职高专教育取得了不小的成就,但随着我国经济的腾飞,高技能人才的缺乏越来越成为影响我国经济进一步快速健康发展的瓶颈。这一现状对于我国高职高专教育的改革和发展而言,既是挑战,更是机遇。

要加快高职高专教育改革的步伐,就必须对课程体系和教学模式等问题进行探索。在这个过程中,教材的建设与改革无疑起着至关重要的基础性作用,高质量的教材是培养高素质人才的保证。高职高专教材作为体现高职高专教育特色的知识载体和教学的基本工具,直接关系到高职高专教育能否为社会培养并输送符合要求的高技能人才。

为促进高职高专教育的发展,加强教材建设,教育部在《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》中,提出了“重点建设好3 000种左右国家规划教材”的建议和要求,并对高职高专教材的修订提出了一定的标准。为了顺应当前我国高职高专教育的发展潮流,推动高职高专教材的建设,我们精心组织了一批具有丰富教学和科研经验的人员成立了高职高专“十一五”规划教材编审委员会。

编审委员会依据教育部高教司制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》,调研了百余所具有代表性的高等职业技术学院和高等专科学校,广泛而深入地了解了高职高专的专业和课程设置,系统地研究了课程的体系结构,同时充分汲取各院校在探索培养应用型人才方面取得的成功经验,并在教材出版的各个环节设置专业的审定人员进行严格审查,从而确保了整套教材“突出行业需求,突出职业的核心能力”的特色。

本套教材的编写遵循以下原则:

(1) 成立教材编审委员会,由编审委员会进行教材的规划与评审。

(2) 按照人才培养方案以及教学大纲的需要,严格遵循高职高专院校各学科的专业规范,同时最大程度地体现高职高专教育的特点及时代发展的要求。因此,本套教材非常注重培养学生的实践技能,力避传统教材“全而深”的教学模式,将“教、学、做”有机地融为一体,在教给学生知识的同时,强化了对学生实际操作能力的培养。

(3) 教材的定位更加强调“以就业为导向”,因此也更为科学。教育部对我国的高职高专教育提出了“以应用为目的,以必需、够用为度”的原则。根据这一原则,本套教材在编写过程中,力求从实际应用的需要出发,尽量减少枯燥、实用性不强的理论灌输,充分体现出“以行业为导向,以能力为本,以学生为中心”的风格,从而使本套教材更具实用性和前瞻性,与就业市场结合也更为紧密。

(4) 采用“以案例导入教学”的编写模式。本套教材力图突破陈旧的教育理念,在讲解的过程中,援引大量鲜明实用的案例进行分析,紧密结合实际,以达到编写实训教材的

目标。这些精心设计的案例不但可以方便教师授课,同时又可以启发学生思考,加快对学生实践能力的培养,改革人才的培养模式。

本套教材涵盖了公共基础课系列、计算机系列、机械系列、电子信息系列、物流管理系列、财经管理系列和化学化工系列的主要课程。目前已经规划的教材系列名称如下:

公共基础课系列

- 公共基础课

计算机系列

- 计算机公共基础课
- 计算机专业基础课
- 计算机网络技术专业
- 计算机软件技术专业
- 计算机应用技术专业

电子信息系列

- 公共基础课
- 应用电子技术专业
- 通信专业
- 电气自动化专业

化学化工系列

- 化学基础课

物流管理系列

- 物流管理专业

财经管理系列

- 工商管理专业
- 财务会计专业
- 经济贸易专业
- 财政金融专业
- 市场营销专业

机械系列

- 机械基础课
- 机械设计与制造专业
- 数控技术专业
- 模具设计与制造专业
- 机电一体化专业

对于教材出版及使用过程中遇到的各种问题,欢迎您通过电子邮件及时与我们取得联系(联系方式详见“教师服务登记表”)。同时,我们希望有更多经验丰富的教师加入到我们的行列当中,编写出更多符合高职高专教学需要的高质量教材,为我国的高职高专教育做出积极的贡献。

高职高专“十一五”规划教材编审委员会

序

21 世纪是科技和经济高速发展的重要时期,随着我国经济持续快速健康的发展,各行各业对高技能专业型人才的需求量迅速增加,对人才素质的要求也越来越高。高职高专教育作为我国高等教育的重要组成部分,在加快培养高技能专业型人才方面发挥着重要的作用。

与国外相比,我国高职高专教育起步时间短,这种状况与我国经济发展对人才大量需求的现状是很不协调的。因此,必须加快高职高专教育的发展步伐,提高应用型人才的培养水平。

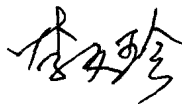
高职高专教育水平的提高,离不开课程体系的完善。相关领域人才的培养需要一批兼具前瞻性和实践性的优秀教材。教育部高教司针对高职高专教育人才培养模式提出了“以就业为导向”的指导思想,这也正是本套高职高专教材的编写宗旨和依据。

如何使高职高专教材既突出行业的需求特点,又突出职业的核心能力?这是教材在编写过程中必须首先解决的问题。本系列教材编委会深入研究了高职高专教育的课程和专业设置,并对以往的教材进行了详细分析和认真考察,力图在不破坏教材系统性的前提下,加强教材的创新和实践性内容,从而确保学生在学习专业知识的同时多动手,增强自己的实践能力,以加强“知”与“行”的结合。

本系列教材根据高职高专教育的要求,注重学生能力的培养,使学生在理论学习的同时更主要的是理论结合实践。本系列教材设置了“本章小结”和“习题”模块,方便学生学习并掌握所学知识点;而且根据科目的不同配有实践环节和实验环节等。通过这些栏目的设计,使本系列教材的内容更加丰富、条理更为清晰,为老师的讲授和学生的学习都提供了很大的便利。

经过辛勤努力,本系列教材终于顺利出版了。我们相信本系列教材一定能够很好地适应现代高职高专教育的教学需求,也一定能够在高职高专教育机械课程的改革中发挥积极的推动作用,为社会培养更多优秀的应用型人才。

机械工程系材料加工技术研究所副所长
中国铸造学会学术工作委员会委员



前 言

随着中国制造业的复兴、制造技术装备的不断更新以及高新设备的大量普及,生产线的重要工序乃至一般工序上都使用了数控机床。数控机床包含了计算机技术、自动控制技术、精密测量和精密机械等各个领域最新的技术成果,其结构组成、工作原理和维护保养与普通机床有很大的区别。同时数控机床又是一种高投入、高自动化机床,在生产和保养时投入较高。因此,培养掌握数控机床原理、机床组成、故障诊断和维修保养技能的专业型人才的工作显得尤为重要。

数控机床是数控专业和机电专业的基础课,熟练掌握该课程可为后续学习其他数控专业课打下良好的基础。本教材在编写过程中,依据课程特点及专业需要安排教材内容,主要包括数控机床概述、CNC 系统、数控机床的机械系统和伺服系统、典型数控机床、特种加工数控机床、数控机床的安装与维修等内容。

本教材在内容组织和编写上都做了较大的改革和尝试,具体特点如下:

(1)本教材在传统教材的基础上有所改变,重点突出,层次分明,有利于学生学习和阅读。

(2)以学生为主体,根据学生认知事物的特点,书中以模块化的方式展开介绍,并且图文并茂,内容直观,形式活泼,语言精练。

(3)以能力为本位,从易到难,逐步深入,力求在够用、实用的基础上使学生有所提高。

(4)本教材由学校主讲教师和企业工程技术人员共同编写,实例和内容新而实用,有利于教师授课和学生学习。

本教材共 7 章,其中第 1 章、第 2 章和第 3 章由苟维杰编写;第 4 章和第 7 章由易楠编写;第 5 章和第 6 章由吴健生编写。全书由苟维杰统稿。本教材在编写过程中得到宋健同老师的支持与帮助,在此一并致谢。

由于编写时间仓促,编者水平和经验有限,且数控技术发展迅速,本教材中难免存在不足和缺憾疏漏之处,恳请专家、读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 数控机床概述	1
1.1 数控机床的产生与发展	1
1.1.1 数控机床概念	1
1.1.2 数控机床的产生与发展过程	1
1.1.3 我国数控机床的发展	3
1.1.4 数控机床的发展趋势	3
1.2 数控机床的主要组成与工作过程	4
1.2.1 数控机床的组成	4
1.2.2 数控机床的工作过程	6
1.3 数控机床的分类与特点	6
1.3.1 数控机床的分类	6
1.3.2 数控机床的特点	10
本章小结	11
习题 1	11
第 2 章 数控系统	13
2.1 CNC 装置	13
2.1.1 CNC 装置的结构	13
2.1.2 CNC 装置的工作过程	16
2.1.3 CNC 装置的特点	19
2.2 CNC 系统硬件	20
2.2.1 CNC 系统硬件的结构与分类	20
2.2.2 CNC 系统中的微处理器	21
2.2.3 硬件各组成部分的功能和原理	25
2.3 CNC 系统软件	35
2.3.1 CNC 系统软件的结构与分类	35
2.3.2 CNC 系统软件的功能特点	41
2.4 数控插补原理	47
2.4.1 插补的概念和分类	47
2.4.2 逐点比较插补法	48
2.4.3 数值积分法	57
2.4.4 数据采样插补法	66
2.5 可编程控制器 PLC	72

2.5.1 可编程控制器的结构与工作方式	73
2.5.2 可编程控制器的分类与特点	76
本章小结	78
习题 2	79

第 3 章 数控机床的机械系统 80

3.1 数控机床的主传动系统	80
3.1.1 主传动系统的结构与特点	80
3.1.2 主传动系统的主轴部件	81
3.1.3 机床主传动系统的要求	86
3.2 数控机床的进给传动系统	90
3.2.1 进给系统的分类与特点	90
3.2.2 滚珠丝杠螺母副	91
3.2.3 齿轮传动副	98
3.2.4 数控机床对进给系统和伺服电机的要求	101
3.3 数控机床的导轨	102
3.3.1 导轨的作用与要求	102
3.3.2 导轨的分类与特点	102
3.4 数控机床的工作台	105
3.4.1 回转工作台	105
3.4.2 分度工作台	106
3.5 自动换刀装置	108
3.5.1 换刀方式	108
3.5.2 刀库	110
3.5.3 刀具的选择	111
3.5.4 换刀装置	112
3.6 辅助系统	113
3.6.1 气-液压系统	113
3.6.2 润滑系统	114
3.6.3 排屑系统	117
本章小结	118
习题 3	119

第 4 章 数控机床的伺服系统 120

4.1 伺服系统	120
4.1.1 伺服系统的结构	120
4.1.2 伺服系统的工作原理	120
4.1.3 伺服系统的类型	121
4.2 伺服电机	122
4.2.1 步进电机	122

6.2	数控机床的安装与调试	186
6.2.1	数控机床的安装	186
6.2.2	数控机床的调试	189
6.2.3	数控机床试运行	190
6.3	数控机床的检测与验收	191
6.3.1	机床部件的检测	192
6.3.2	机床几何精度的检测	193
6.3.3	机床定位精度的检测	198
6.3.4	数控系统的检测	200
6.4	数控机床的维修	202
6.4.1	数控机床的日常维护与保养	202
6.4.2	数控机床故障的分析方法	205
6.4.3	数控机床的维修步骤	207
6.4.4	数控机床维修常用的仪器仪表	209
6.4.5	数控机床维修的注意事项	211
本章小结		213
习题 6		213

第 7 章 特种加工数控机床 214

7.1	数控电火花成型机床	214
7.1.1	数控电火花成型机床的类型与特点	214
7.1.2	电火花成型机床的结构与原理	215
7.1.3	电火花成型机床的加工对象	218
7.1.4	工具电极	218
7.2	数控电火花线切割机床	219
7.2.1	电火花线切割机床的类型与特点	219
7.2.2	电火花线切割机床的结构与原理	220
7.2.3	电火花线切割机床的加工对象	224
7.2.4	电极丝	224
7.3	其他特种加工数控机床	224
7.3.1	数控电子加工机床的原理与特点	224
7.3.2	数控离子加工机床的原理与特点	225
7.3.3	数控激光加工机床的原理与特点	226
7.3.4	超声波加工机床的原理与特点	226
本章小结		228
习题 7		229

参考文献 231

4.2.2	直流伺服电机	126
4.2.3	交流伺服电机	128
4.2.4	变频电机	130
4.3	位置检测装置	131
4.3.1	位置检测装置概述	131
4.3.2	编码器	132
4.3.3	旋转变压器	134
4.3.4	感应同步器	136
4.3.5	光栅	138
4.3.6	磁尺	140
4.3.7	测速电机	142
本章小结		145
习题 4		146

第 5 章 典型数控机床 147

5.1	数控车床	147
5.1.1	数控车床的结构与特点	147
5.1.2	数控车床的类型	148
5.1.3	数控车床的加工对象	151
5.1.4	数控车床编程举例	152
5.2	数控铣床	158
5.2.1	数控铣床的结构与特点	158
5.2.2	数控铣床的类型	159
5.2.3	数控铣床的加工对象	161
5.2.4	数控铣床编程举例	163
5.3	数控加工中心	171
5.3.1	数控加工中心的结构与特点	171
5.3.2	数控加工中心的类型	172
5.3.3	数控加工中心的加工对象	174
5.3.4	数控加工中心编程举例	175
本章小结		178
习题 5		179

第 6 章 数控机床的安装与维修 181

6.1	数控机床的选择	181
6.1.1	数控机床加工范围的选择	181
6.1.2	数控机床规格的选择	182
6.1.3	数控机床精度的选择	183
6.1.4	数控系统的选择	184
6.1.5	数控机床刀具装置的选择	185

第 1 章 数控机床概述

数控机床与普通机床相比,不仅具有零件加工精度高、生产效率高、产品质量稳定、自动化程度极高的特点,而且它还可以完成普通机床难以完成或根本不能加工的复杂曲面的零件加工。因此,数控机床被广泛地应用于制造业,极大地推动了社会生产力的发展,是制造业实现自动化、网络化、柔性化、集成化的基础。

1.1 数控机床的产生与发展

1.1.1 数控机床概念

数字控制(Numerical Control)技术,简称为数控(NC)技术,是指用数字指令控制机器动作的一门技术。采用数控技术的控制系统称为数控系统。数控技术是近代发展起来的一种自动控制技术。数字控制是相对于模拟控制而言的,数字控制系统中的控制信息是数字量,而模拟控制系统中的控制信息是模拟量。

数字控制系统有如下特点:

(1)可用不同的字长表示不同的精度信息,表达信息准确。

(2)可以进行逻辑运算、数学运算,也可以进行复杂的信息处理。

(3)由于有逻辑处理功能,可以根据不同的指令进行不同方式的信息处理,从而可以用软件来改变信息处理的方式或过程,而不用改动电路或机械结构,因而具有柔性化。

由于数字控制系统具有上述优点,故被广泛应用于机械运动的轨迹控制。轨迹控制是机床控制系统和工业机器人的主要控制内容。此外,数字控制系统的逻辑处理功能可以方便地用于机械系统的开关量控制。

数字控制系统的硬件基础是数字逻辑电路。最初的数控系统是数字逻辑电路构成的,因而被称为硬件数控系统。随着微型计算机的发展,硬件数控系统已逐渐被淘汰,取而代之的是采用通用计算机硬件结构,用控制软件来实现数控功能的数控系统,称为计算机数控系统(Computer Numerical Control),简称 CNC。由于计算机可以完全由软件来确定数字信息的处理过程,从而具有真正的“柔性”,可以处理硬件逻辑电路难以处理的复杂信息。使数字控制系统的性能大大提高。当前微机技术发展很快,性价比不断提高,所以微机在数字控制系统中得到广泛的应用。

总而言之,用数字化信息进行控制的自动控制技术称为数字控制技术。装备了数控系统或采用数控技术来控制机床的运动或加工过程的机床,称为数控机床。

1.1.2 数控机床的产生与发展过程

随着科学技术和社会生产力的迅速发展,机械产品日趋复杂,社会对机械产品的质量和

生产率提出了越来越高的要求。在航空航天、造船、汽车、军事计算机等工业中使用的零件精度高、形状复杂、批量小、经常改动、加工困难、生产效率低、劳动强度大、质量难以保证。为了解决上述问题,一种灵活、通用、高精度、高效率的“柔性”自动化设备——数控机床应运而生。

数控机床的数控系统已先后经历了两个阶段、六个时代的发展。第一阶段称为硬件连接数控(NC系统),包括电子管、晶体管、集成电路,其特点是具有很多硬件电路和连接结点,电路复杂,可靠性不好。第二阶段称作计算机软件系统(CNC系统),包括小型计算机、微处理器及其与PC适用的CNC系统,最突出的特点是利用存储器里的软件控制系统工作,这种系统容易扩展功能,柔性好,可靠性高。现在,一种开放式的数控系统(ONC系统)正得到快速发展和应用。

数控机床是在机械制造技术和控制技术的基础上发展起来的,其过程大致如下:

1948年,美国帕森斯公司接受美国空军的委托,研制直升飞机螺旋桨叶片轮廓检验用的样板加工设备。由于样板形状复杂多样,精度要求高,一般加工设备难以适应,于是提出采用数字脉冲控制机床的设想。

1949年,帕森斯公司与美国麻省理工学院(MIT)开始共同研究,并于1952年试制成功第一台三坐标数控铣床,当时的数控装置采用电子管元件。

1959年,数控装置采用了晶体管元件和印刷电路板,出现带自动换刀装置的数控机床,称为加工中心(Machining Center,简称MC),使数控装置进入了第二代。

1965年,出现了第三代的集成电路数控装置,不仅体积小,功率消耗少,且可靠性提高,价格进一步下降,促进了数控机床品种和产量的发展。

19世纪60年代末,先后出现了由一台计算机直接控制多台机床的直接数控系统(简称DNC),又称群控系统;采用小型计算机控制的计算机数控系统(简称CNC),使数控装置进入了以小型计算机为特征的第四代。

1974年,研制成功使用微处理器和半导体存储器的微型计算机数控装置(简称MNC),这是第五代数控系统。

20世纪80年代初,随着计算机软、硬件技术的发展,出现了能进行人机对话式自动编制程序的数控装置。数控装置愈趋小型化,可以直接安装在机床上;数控机床的自动化程度进一步提高,具有自动监控刀具破损和自动检测工件等功能。

20世纪90年代后期,出现了PC+CNC智能数控系统,即以PC机为控制系统的硬件部分,在PC机上安装NC软件系统,此种系统维护方便,易于实现网络化制造。

数控机床的类型,已从最初单一的铣床类数控机床,发展到如今的金属切削类、金属成型类、特种加工类和特殊用途类数控机床,其品种多达千余种。

数控机床由程序介质、数控系统、伺服驱动和机床主体四大部分组成,它综合了计算机、自动控制、精密测量、机床制造及其配套技术的最新成果,成功地解决了现代产品多样化、零件形状复杂化、产品研制生产周期短、精度要求高的难题,是现代制造业的主流设备,也是关系国计民生、国防尖端建设的战略物资。

近年来,带有刀库并能够自动更换刀具的数控机床——加工中心的发展速度十分迅速。相继出现的双托盘和多托盘自动交换的加工中心和柔性制造单元(FMC),由多台加工中心、物流系统、工业机器人及相应的信息流和中央控制系统组成的柔性制造系统(FMS),可实现24~120小时无人化运转。办公自动化(OA)与柔性制造系统(FMS)集成,实现工厂自动化(FA)生产。这些都改变了传统的制造模式,使制造业朝着自动化、柔性化、集成化方向发展。

1.1.3 我国数控机床的发展

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。20世纪70年代初,我国研制出数控铣床和数控插齿机,数控技术在车、铣、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、方便实用、价格低廉,在模具加工中得到了推广。

20世纪80年代,我国先后从日本、美国等国家引进了一部分数控装置和伺服系统技术,并于1981年在我国开始批量生产。在此期间,我国在引进、消化吸收的基础上,跟踪国外先进技术的发展,开发出了一些高档的数控系统,如多轴联动数控系统、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,我国已建立了高、中、低档数控机床为主的产业体系,在满足国内需求的同时,有大批量的数控机床远销海外。

1.1.4 数控机床的发展趋势

数控系统技术的突飞猛进为数控机床的技术进步提供了条件,为了满足市场的需要,达到现代制造技术对数控机床提出的更高要求,当前,数控技术及数控机床的发展方向主要体现在以下几方面。

1. 高速、高效

机床向高速化方向发展,不但可大幅度提高加工效率,降低加工成本,而且还可提高零件的表面加工质量和精度。超高速加工技术对制造业实现高效、优质、低成本生产有广泛的适用性。

目前,在超高速加工中,车削和铣削的切削速度已达到 $5000\sim 8000\text{ m/min}$ 以上;主轴转速在 30000 r/min (有的高达 10^6 r/min)以上;工作台的移动速度(进给速度)在分辨率为 $1\text{ }\mu\text{m}$ 时,达到 100 m/min (有的到 200 m/min)以上,在分辨率为 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 时,达到 24 m/min 以上;自动换刀速度在1秒以内;小线段插补进给速度达到 12 m/min 。

2. 多功能

在零件加工过程中有大量的无用时间消耗在工件搬运、上下料、安装调试、换刀和主轴的升降上,为了尽可能降低这些无用时间,人们希望将不同的加工功能整合在同一台机床上,因此,复合功能的机床成为近年来发展很快的机种。

3. 智能化

智能化是21世纪制造技术发展的一个大方向。智能加工是一种基于神经网络控制、模糊控制、数字化网络技术和理论控制机床的加工,它是要在加工过程中模拟人类专家的智能活动,以解决加工过程许多不确定性的、要由人工干预才能解决的问题。

智能化的内容体现在数控系统中的各个方面:

(1)为追求加工效率和加工质量的智能化,如自适应控制,工艺参数自动生成。

(2)为提高驱动性能及使用连接方便的智能化,如前馈控制、电机参数的自适应运算、自动识别负载自动选定模型、自整定等。

(3)简化编程、简化操作的智能化,如智能化的自动编程,智能化的人机界面等。

(4)智能诊断、智能监控,方便系统的诊断及维修等。

4. 高精度

在机械加工高精度的要求下,普通级数控机床的加工精度已由 $\pm 10\ \mu\text{m}$ 提高到 $\pm 5\ \mu\text{m}$;精密级加工中心的加工精度则从 $\pm 3\sim 5\ \mu\text{m}$,提高到 $\pm 1\sim 1.5\ \mu\text{m}$,甚至更高;超精密加工精度进入纳米级($0.001\ \mu\text{m}$),主轴回转精度要求达到 $0.01\sim 0.05\ \mu\text{m}$,加工圆度为 $0.1\ \mu\text{m}$,加工表面粗糙度 $R_a=0.003\ \mu\text{m}$ 等。这些机床一般都采用矢量控制的变频驱动电主轴(电机与主轴一体化),主轴径向跳动小于 $2\ \mu\text{m}$,轴向窜动小于 $1\ \mu\text{m}$,轴系不平衡度达到G0.4级。

5. 高可靠性

随着数控机床网络化应用的发展,数控机床的高可靠性已经成为数控系统制造商和数控机床制造商追求的目标。

6. 柔性化

柔性自动化技术是制造业适应动态市场需求及产品迅速更新的主要手段,是各国制造业发展的主流趋势,是先进制造领域的基础技术。其重点是以提高系统的可靠性、实用化为前提,以易于联网和集成为目标;注重加强单元技术的开拓、完善;CNC单机向高精度、高速度和高柔性方向发展;数控机床及其构成柔性制造系统能方便地与CAD、CAM、CAPP、MTS联结,向信息集成方向发展;网络系统向开放、集成和智能化方向发展。

1.2 数控机床的主要组成与工作过程

1.2.1 数控机床的组成

现代计算机数控机床由程序、输入输出设备、计算机数控装置、可编程控制器、主轴控制单元即速度控制单元等部分组成,如图1-1所示。

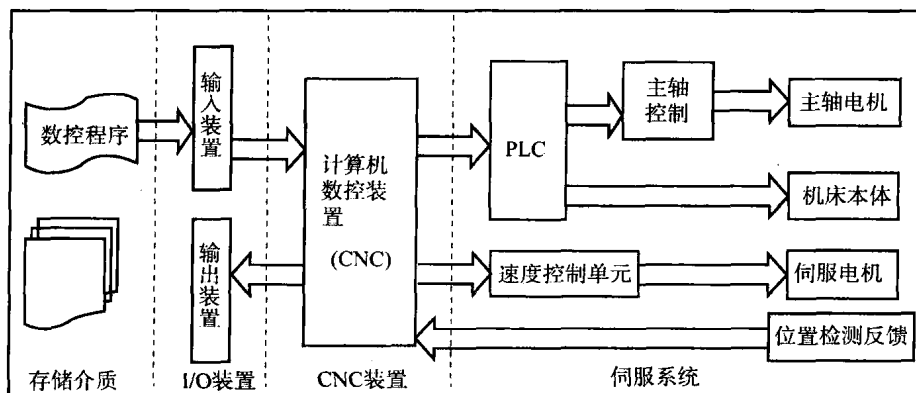


图 1-1 CNC 系统图

1. 程序的存储介质

数控程序是数控机床自动加工零件的工作指令。在对加工零件进行工艺分析的基础

上,确定零件坐标系在机床坐标系上的相对位置,即零件在机床的安装位置;刀具与零件相对运动的尺寸参数;零件加工的工艺路线、切削加工的工艺参数以及辅助装置的动作等。得到零件的所有运动、尺寸、工艺参数等加工信息后,用由文字、数字和符号组成的标准数控代码,按规定的方法与格式编制零件加工的数控程序单。编制程序的工作可由人工进行,对于形状复杂的零件,则要在专用的编程机或通用计算机上进行自动编程(APT)或CAD/CAM设计。编好的数控程序存放在便于输入到数控装置的一种存储载体上,它可以是软盘、磁盘、U盘以及通信网络。

2. 输入、输出(I/O)装置

输入装置的作用是将程序载体(信息载体)上的数控代码传递并存入数控系统内。根据控制存储介质的不同,输入装置可以是光电阅读机、磁带机或软盘驱动器等。数控机床加工程序也可以通过键盘手工方式直接输入数控系统;数控加工程序还可由编程计算机用RS-232或网络通信方式传送到数控系统中。

3. 数控装置

数控系统是机床实现自动加工的核心,是整个数控机床的灵魂所在。数控系统主要由输入元件、监视器、主控制系统、可编程控制器、输入/输出接口等组成。主控制系统主要由CPU、存储器、控制器等组成。数控系统的主要控制对象是位置、角度、速度等机械量,以及温度、压力、流量等物理量,其控制方式可分为数据运算处理控制和时序逻辑控制两大类。其中主控制器内的插补模块就是根据所读入的零件程序,通过译码、编译等处理后,进行相应的刀具轨迹插补运算,并通过与各坐标伺服系统的位置、速度反馈信号的比较,从而控制机床各坐标轴的位移。而时序逻辑控制通常由可编程控制器PLC来完成,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。

4. 伺服系统

伺服系统包括伺服驱动电机、各种伺服驱动元件和执行机构等,它是数控系统的执行部分。它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。每一个脉冲信号使机床移动部件的位移量叫做脉冲当量(也叫最小设定单位或机床的分辨率)。常用的脉冲当量为0.001 mm/脉冲。每个进给运动的执行部件都有相应的伺服驱动系统,整个机床的性能主要取决于伺服系统。常用伺服驱动元件有直流伺服电机、交流伺服电机、电液伺服电机等。

5. 检测反馈系统

检测反馈装置的作用是对机床的实际运动速度、方向、位移量以及加工状态加以检测,把检测结果转化为电信号反馈给数控装置,通过比较,计算出实际位置与指令位置之间的偏差,并发出纠正误差指令。位置检测装置包括光栅、旋转编码器、磁栅等,用于检测执行部件的角度和位移量。

6. 机床本体

数控机床的机床本体与传统机床相似,由主传动装置、进给传动装置、床身、工作台以及辅助运动装置、液压气动系统、润滑系统、冷却装置等组成。但数控机床在整体布局、外观造型、传动系统、刀具系统的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机床的要求和充分发挥数控机床的特点。