



高职高专“十一五”规划教材
机械电子类系列

数控机床的 使用与维护

SHUKONG JICHUANG DE SHIYONG
YU WEIHU

主编 ◆ 蒋勇敏



哈尔滨工程大学出版社

高职高专“十一五”规划教材

——机械电子类系列

数控机床的使用与维护

主 编 蒋勇敏

编 委 郭 雷 卢 玲 蒋勇敏

罗 彬 彭 丽 宋 鸣

倪亚辉 黄晓燕

主 审 秦 淮

哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书讲述了数控机床组成、工艺、编程、操作和维修的原理,以先进的、广泛使用的数控设备为例,详细介绍了数控机床的操作、保养、维修等内容。

本书思路是理论根据原理、方法和实践,阐述方法模型化、图象化、概念清楚,直观易懂,兼顾理论性与实践性,重视实践技能的培养,实用性强,配有操作实例,并展示如何一步一步操作数控机床,以便学会各种数控机床的操作方法。

本书深入浅出,兼备数控加工的先进性与实用性,是一本适用面广的教材和参考书。本书是针对高职高专机械、电子、数控专业编写的教材,也可供从事数控机床操作、编程、维修等相关工作的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床的使用与维护/蒋勇敏主编. —哈尔滨:

哈尔滨工程大学出版社, 2010.5

ISBN 978 - 7 - 81133 - 762 - 4

I. ①数… II. ①蒋… III. ①数控机床—使用②数控机床—维修 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 074130 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号

邮政编码 150001

发行电话 0451 - 82519328

传 真 0451 - 82519699

经 销 新华书店

印 刷 四川墨池印务有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 20.5

字 数 525 千字

版 次 2010 年 6 月第 1 版

印 次 2010 年 6 月第 1 次印刷

定 价 38.00 元

<http://press.hrbeu.edu.cn>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

前言

近年来,随着我国制造业的快速发展,制造技术的迅速进步,对制造操作者提出了新的要求,新兴的制造业需要既有一定技术知识素质又能熟练操作的高素质劳动者。为使职业教育满足这种变化和要求,其中教材建设成为改革职业教育的重要和先导性的内容。

为适应当前我国高职高专教育的发展要求,配合高职高专院校的教学和教材改革,我们组织专家、示范高职院校的骨干教师及相关行业的工程师,共同策划编写了一套符合当前职业教育精神的高质量、实用型教材。

该系列教材充分体现了高职高专教材的特点,力求以培养职业能力为本,以培养学生的实践能力和知识运用能力为核心,对基础理论和知识强调“够用和实用”,同时注意吸取其他教材的优点,总结各学校教学经验,并且注意适当融入学科的新进展、新成果。

该系列教材在编写中根据教材内容的要求,采取了“基于工作任务导向”的模式和“知识与能力结构”模式的编写格式,紧跟高职高专教材的发展步伐,强调学生实践能力、创造能力的培养,使学生在2~3年的时间内,通过学习掌握本专业所需的基本技术技能和必要的基本知识。

本系列教材主要针对机械制造、模具设计与制造、数控加工、机电一体化、设备维修和CAD/CAM专业,涵盖了全部的专业基础课和大部分专业课。第一批共20本将于2010年春季出版。本书是其中的一本《数控机床的使用与维护》。

本书讲述了数控机床组成、工艺、编程、操作和维修的原理,介绍了具有代表性的数控系统和机床(FANUC, SIEMENS, HAAS, EUMAT, LINE, ZIMMERMAN JIM等)的操作维护,阐述了数控机床操作维护的内容、特点及发展;论述了操作维护的工作原理、典型数控系统的操作维护特点;详细叙述了数控机床操作维护的方法和步骤。

编写本教材的指导思想是:融合多门技术基础课程,培养数控机床使用维护的职业能力。教育为生产技术的发展服务,依据培养应用型技术人才的培养目标,力求做到联系现代工业实际,取材于生产第一线。选择最先进,最实用的技术内容,希望真实的把工业文明的光辉传导到读者面前。理论内容以应用为目的,强调针对性和实用性,同时突出解决实际问题的

具体办法,强调学以致用,强调为完善而不断学习。

本书在编写过程中,FANURC,SIEMENS,HAAS,EUMA 和成都飞机公司提供了宝贵而详细的技术资料,使本书的理论教学实践教学内容增加添了光彩,在此表示感谢。本书是根据编者多年教学的经验,从选材内容到实例分析都做了精心的编排,力求做到简明、实用、理论联系实际,具有一定的理论深度,同时又具有实用性的特点。

本书主要供高等院校,职业技术学院数控技术应用类专业、机电技术应用类专业教学使用,也可供从事数控机床操作、编程、维修等相关工作的技术人员参考。

本书提供了一些具体资料,真实和实在,但应当注意在具体与繁琐中分清纲目,分清主次,抓住重点。建议在学习时,对比前后几章的内容,找出数控机床操作的共性和本机床的特点。记住共性以找到方向,记住个性以便寻找新的规律。

本书由成都电子机械高等专科学校蒋勇敏教授担任主编,西南交通大学蔡淮教授主审。其中蒋勇敏编写第1、3、4章;李虹霖编写第2章;成都电子机械高等专科学校罗彬编写第5章;彭丽编写第6章;承德石油职业技术学院郭雷编写第7章;吉林吉林电子信息职业技术学院卢玲编写第8章。

在本书的编著过程中,我们参考了大量相关方面的文献和资料,包括互联网上的一些信息,在此一并表示感谢!由于时间仓促,加上作者水平有限,书中难免有错误和遗漏之处,希望广大师生在使用过程中提出宝贵意见,请将您的建议或意见发送至19630807lql@163.com 与我们联系。并恳请全国各地的高职高专院校教师积极加入该系列规划教材的策划和编写队伍中来,以便我们在今后的工作中不断改进和完善,使这套教材成为高职高专院校的精品教材。我们网站 <http://www.dztf.com> 将尽可能提供部分教材的电子教案等教学资料的下载。

编 者

2010年6月

目 录

第1章 绪 论	1
1.1 数控机床发展历史	1
1.1.1 数控机床的出现和发展	1
1.1.2 数控机床的分类	3
1.1.3 数控机床使用的常见问题	7
1.2 典型数控机床操作原理	7
1.2.1 数控机床的控制特点	7
1.2.2 数控机床的组成	7
1.2.3 数控机床信息流与电信号流	9
1.2.4 数控机床“使用”“维护”意义	10
1.3 数控机床操作人员应具备的能力	12
1.3.1 基础知识	13
1.3.2 操作经验与科学的工作态度	15
1.3.3 评价与修养	16
小 结	19
习 题	19
第2章 数控机床加工程序的编制	20
2.1 数控编程的内容和基础知识	20
2.1.1 数控编程的概念	20
2.1.2 数控编程的内容和步骤	21
2.1.3 数控编程的方法	23
2.2 数控加工工艺基础	23
2.2.1 数控加工的工艺性分析	24
2.2.2 数控加工工序	25
2.2.3 数控加工工序设计	26
2.2.4 程序的结构与格式	28
2.2.5 数控机床坐标轴和运动方向	31
2.2.6 数控系统的准备功能和辅助功能	33
2.3 数控编程中的数值计算	35
2.3.1 基点坐标的计算	35
2.3.2 非圆曲线节点坐标的计算	36

2.4	数控加工手工编程.....	40
2.4.1	常用基本指令.....	40
2.5	数控加工自动编程简介.....	46
2.5.1	自动编程方法的两种模式.....	46
2.5.2	自动编程系统的信息处理过程.....	47
2.5.3	典型 CAD/CAM 软件介绍.....	49
2.6	数控车削加工工艺基础.....	50
2.6.1	加工顺序的确定.....	51
2.6.2	走刀路线的确定.....	51
2.6.3	夹具的选择.....	52
2.6.4	刀具的选择.....	52
2.6.5	切削用量的选择.....	53
第 3 章	数控车床的操作与加工.....	58
3.1	FANUC 0iMate-TC 系统数控车床.....	58
3.1.1	数控车床的主要功能及加工对象.....	58
3.1.2	数控车床操作面板功能简介.....	59
3.1.3	编程指令.....	63
3.1.4	基本功能操作.....	65
3.2	SINUMERIK802S 系统数控车床.....	76
3.2.1	CJK6240 数控车床功能简介.....	76
3.2.2	操作面板和操作界面.....	77
3.2.3	编程指令.....	80
3.2.4	基本功能性操作.....	82
3.3	华中世纪星系统数控车床.....	85
3.3.1	华中世纪星系统数控车床功能简介.....	85
3.3.2	操作面板和操作界面.....	86
3.3.3	编程指令.....	87
3.3.4	基本功能性操作.....	89
3.4	数控车床的一般流程.....	99
3.4.1	对刀的概念.....	99
3.4.2	对刀的方法.....	99
3.4.3	数控车床操作的一般流程.....	100
3.4.4	数控车床操作的注意事项.....	101
3.5	轴类零件的加工实例.....	101
3.5.1	工艺分析与处理.....	101
3.6	套类零件的加工实例.....	108

3.6.1 工艺分析与处理.....	108
3.7 螺纹车削加工实例.....	110
3.7.1 工艺分析与处理.....	110
3.8 特型面的加工实例.....	113
3.8.1 工艺分析与处理.....	113
3.9 综合车削加工实例.....	114
3.9.1 工艺分析与处理.....	114
小 结	121
习 题	121
第 4 章 数控铣床的操作与加工	123
4.1 华中世纪星系统数控铣床.....	123
4.1.1 数控铣床功能简介.....	123
4.1.2 操作面板和操作界面.....	124
4.1.3 编程指令	127
4.1.4 基本功能性操作.....	131
4.2 FANUC 系统数控铣床	135
4.2.1 数控铣床功能简介.....	135
4.2.2 操作面板和操作界面.....	136
4.2.3 编程指令	137
4.2.4 基本功能操作.....	139
4.3 SINUMERIK 802S 系统数控铣床	145
4.3.1 数控铣床功能简介.....	145
4.3.2 操作面板和操作界面.....	146
4.3.3 编程指令	151
4.3.4 基本功能性操作.....	156
4.4 数控铣床的对刀操作.....	159
4.4.1 用 G92 建立工件坐标系的对刀方法	160
4.4.2 用 G54-G59 建立工件坐标系的对刀方法.....	160
4.4.3 试切对刀法	160
4.5 孔类零件加工实例.....	161
4.6 轮廓加工实例.....	163
4.7 槽类零件加工实例.....	166
4.8 子程序的使用实例.....	173
4.9 宏程序的使用实例.....	174
小 结	175
习 题	175

第 5 章 加工中心的操作	178
5.1 加工中心的概述	178
5.1.1 加工中心的基本功能与特点	178
5.1.2 加工中心的分类	180
5.1.3 加工中心的基本组成	181
5.2 操作面板	182
5.2.1 操作面板的组成	182
5.2.2 图形用户界面和操作区域	183
5.2.3 按键功能介绍	185
5.3 加工中心的操作面板及其基本操作	187
5.3.1 开机	187
5.3.2 手轮操作和点动操作	187
5.3.3 手动输入操作 (MDI 运行方式)	188
5.3.4 新程序建立与编辑	188
5.3.5 程序模拟和自动执行	190
5.3.6 传输程序	192
5.3.7 工件坐标系的设置 (G54-G59)	192
5.3.8 刀具长度和半径补偿的设置	193
5.3.9 背景编辑	195
5.4 编程指令	195
5.4.1 FUNUC 系统常用功能代码	195
5.4.2 常用 G 代码的使用方法	197
5.4.3 综合编程举例	205
5.5 轮廓加工实例	207
5.5.1 工艺分析及处理	207
5.5.2 程序编制	208
5.5.3 程序校验和试切削	209
5.6 方型型腔加工实例	209
5.6.1 工艺分析	210
5.6.2 程序编制	211
5.7 壳体零件加工实例	213
5.7.1 工艺分析	213
5.7.2 程序编制	214
5.8 SINUMERIK 840D 加工中心	216
5.8.1 机床面板介绍	216
5.8.2 ShopMill 软件	222
5.8.3 基本操作介绍	224

5.8.4 有关程序的操作介绍.....	226
5.8.5 测量功能操作使用.....	227
5.9 HAAS VF-6 基本介绍	228
5.9.1 功能简介	228
5.9.2 操作面板和操作界面.....	229
5.9.3 编程指令	233
5.9.4 基本功能性操作.....	237
习 题	240
第 6 章 电火花数控线切割机床的使用技术	241
6.1 电火花加工及线切割机床概述.....	241
6.1.1 电火花加工及线切割机床的基本组成.....	241
6.1.2 数控线切割加工原理.....	243
6.1.3 数控线切割加工的特点和用途.....	243
6.2 数控线切割机床的编程.....	245
6.2.1 ISO 格式编程	245
6.2.2 3B 和 4B 格式	253
6.3 数控线切割机床的基本操作.....	261
6.3.1 DK7725 数控线切割机床.....	261
6.3.2 SNC—1 单片机控制台的主要功能和技术参数.....	262
6.3.3 机床简单结构.....	263
6.3.4 DK7725 数控线切割机床使用说明	264
6.4 线切割加工工艺、装夹、参数.....	266
6.4.1 加工零件	266
6.4.2 加工参数选择的基本规则.....	267
习 题	270
第 7 章 电火花成型机床的使用技术	271
7.1 概述	271
7.1.1 电火花成型机主要功能.....	271
7.1.2 操作面板和操作界面.....	272
7.1.3 编程指令	281
7.1.4 基本功能性操作.....	284
7.1.5 加工工艺	288
7.1.6 加工示例	291
7.2 典型电火花成型机操作.....	299
7.2.1 D7140 型电火花成型机操作.....	299
7.2.2 SC400 型精密数控电火花成型机操作.....	301
小 结	303

习 题	303
第 8 章 数控机床日常维护	304
8.1 数控机床的维护和故障处理	304
8.1.1 数控机床的维修管理	304
8.1.2 数控机床的维护保养	307
8.2 数控机床的故障诊断与排除	309
8.2.1 数控机床常见故障分类	309
8.2.2 数控机床常见故障诊断方法	311
8.2.3 数控机床常见故障处理方法	312
小 结	317
习 题	317
参考文献	318

第1章 绪 论

☆ 知识点

1. 数控机床操作与传统机床操作的区别
2. 数控机床“使用”、“维护”定义

★ 要求

掌握:

1. 操作人员应具备的能力
2. 要求根据数控原理来理解使用与维护的本质

了解:

1. 数控机床的操作规程
2. 数控机床的相关知识和数控技能竞赛要求

纵观人类文明发展的历史,最重要的发展环节之一是创造和使用工具。数控机床是当代最先进的制造工具,合理的操作和使用数控机床,可以推动制造技术的进步。数控机床——CNC Machine tools,即计算机数字控制的机床,是19世纪后半期发展起来的自动化生产工具,是以计算机为代表的现代技术与传统机床结合的产物。由于结构不同,数控机床与传统机床的操作方式不同。传统机床是靠人直接提供力、位移等控制信号,控制对象是动作器件。而数控机床的控制信号则完全是数字信号,控制对象是计算机。

数控机床与传统机床的共同点在于目标一致:都是为了控制切削加工过程,完成切削加工任务。数控机床与传统机床的主要区别在于实现方式不同,数控机床控制任务由计算机完成,实现了控制自动化。因此,数控机床操作的任务,不是直接提供需要放大的力或位移,而是操作键盘,建立和调用程序,直接控制计算机,间接控制机床。

使用数控机床的目标是完成制造任务,应该对制造任务有清醒的认识,应该知道数控机床的原理、组成、结构,应该准确的了解按键或代码与自动加工过程的对应关系,应熟练对常用机床加工过程自动化程序的建立过程。不仅要知道怎样操作,而且要知道为什么要这样操作。

1.1 数控机床发展历史

1.1.1 数控机床的出现和发展

1. 数控机床的发展

数控机床发展的历史是机床自动化的历史,是自动控制技术、计算机技术与传统机床结合的历史。

数控机床是新型自动化机床,它是具有广泛的通用性和很高自动化程序控制的全新型机床,用数字代码形式的信息来控制机床按给定的动作顺序进行加工。数控机床运行过程:用代码化的数字信息将刀具移动轨迹信息记录在程序介质上,然后送入数控系统,经过译码和运算,控制机床刀具与工件的相对运动,加工出所需工件。

采用数字控制技术进行机械加工的思想最早来源于 20 世纪 40 年代,数控机床最早产生于美国。1947 年,为了精确制作直升飞机叶片的样板,美国的帕森斯(PARSONS)公司设想并利用全数字计算机对叶片轮廓的加工路径进行了数据处理,使得加工精度达到 0.0381mm,这就是数字控制技术运用机械加工当中最初成果。

1949 年,美国空军为了能在短时间内制造出经常变更设计的火箭零件,委托帕森斯公司并通过该公司与麻省理工学院伺服机构研究所协作,开始了数控机床的研制工作。经过三年的研制,采用的电子元件是电子管构建数控系统,于 1952 年研制成功了世界上第一台数控铣床。

1956 年,美国又相继研制成功了数控转塔钻床。同年,日本也成功地研制出数控转塔式冲床。

1958 年,美国一家公司研制出带刀架或自动换刀装置(ATC)的加工中心。此时已开始采用晶体管元件和印制电路板。这种带有 ATC 的加工中心,就是 FMS(Flexible Manufacturing System 柔性制造系统)。

1965 年以后,数控装置开始采用小规模集成电路,使得数控装置的体积减小,功耗降低,可靠性提高,但仍然是一种硬件逻辑数控系统(NC)。

1966 年,日本的 FANUC 公司研制出全集成电路化的数控装置。

1970 年,在美国芝加哥国际机床展览会上,首次展示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 年后,由于控制电路小型集成化技术的迅速发展,微处理器可直接用于数控系统,从而促进了数控机床的普及应用和数控技术的发展。

20 世纪 80 年代初,又出现了柔性制造单元(FMC),它和 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. 数控机床的发展趋势与未来

从 1952 年美国麻省理工学院研制出第一台试验性数控系统,到现在已走过了 54 年历程。数控系统由当初的电子管式起步,经历了以下几个发展阶段:

分立式晶体管式——小规模集成电路式——大规模集成电路式——小型计算机式——超大规模集成电路——微机式的数控系统。发展趋势是:数控装置由 NC 向 CNC 发展;广泛采用 32 位,64 位 CPU 组成多微处理器系统;提高系统的集成度,缩小体积,采用开放式模块化结构,便于裁剪、扩展和功能升级,还可以满足不同类型数控机床的需要;驱动装置向交流、数字化方向发展;CNC 装置向人工智能化方向发展;采用新型的自动编程系统;增强通信功能;数控系统可靠性不断提高。总之,数控机床技术不断发展,功能越来越完善,使用越来越方便,可靠性越来越高,性能价格比也越来越高。特别是相继出现的自动换刀数控机床(即加工中心)直接数字控制系统(即计算机群控系统),自适应控制系统、柔性制造系统、计算机集成(综合)制造系统等,进一步说明,数控机床已经成为组成现代机械制造生产系统,实现计算机辅助设计(CAI)、制造(CAM)、检验(CAT)与生产管理等全部生产过程自动化的基本设备。国外数控系统技术发展的总体发展趋势是:采用开放式体系结构,大大提

高控制性能。向着数字化、智能化、网络化、集成化方向发展。促进数控机床性能向高精度、高速度、高柔性化方向发展,使柔性自动化加工技术水平不断提高。

开放式数控系统:数控系统将采用位数和频率更高的微处理器,如用 64 位的 CPU,以提高系统的基本运算速度。为适应现代制造业的发展要求,人们提出了新一代数控系统——开放式 CNC 系统。

开放式 CNC 系统就是要求能够在普及型个人计算机的操作系统上轻松地使用系统所配置的软件模块和硬件运行控制插件卡。机床制造商和用户能够方便地进行软件开发,能够追加功能和实现功能的个性化。从使用角度看,新型的数控系统应能运用各种计算机软硬件平台,并提供统一风格的用户交互环境,以便于用户的操作、维护和更新换代。

开放式数控系统应实现下列要求:

- (1) 开放性 把现成的硬件部件集成到实际的标准控制环境中模块化,允许部件“即插即用”,最大限度满足特殊应用控制要求。有开放式软件接口,可根据需要增添程序模块。
- (2) 可塑性 当要求控制器变化时,能方便而有效地进行再组合。
- (3) 可维修性 支持最长的平均无故障时间(MTBF)和最短的平均修复时间(MTFR),易于维修。

上述开放式数控系统又称为第六代数控系统。目前,国外 CNC 开发商都在积极研制。

1.1.2 数控机床的分类

分类是为了从局部了解整体,抓住共同的特征。

1. 按工艺用途分类

(1) 一般数控机床

最普通的数控机床有钻床、车床、铣床、镗床、磨床和齿轮加工机床。如图 1.1 所示是 XK5032B 数控铣床。它们和传统的通用机床工艺用途相似,但是它们的生产率和自动化程度比传统机床高,适合加工单件、小批量和复杂形状的工件。

(2) 数控加工中心

这类数控机床是在一般数控机床上加装一个刀库和自动换刀装置,构成一种带自动换刀装置的数控机床。如图 1.2 所示是 XH754 型卧式加工中心,如图 1.3 所示是 TH5632 型立式加工中心。

这类数控机床的出现打破了一台机床只能进行单工种加工的传统概念,实行一次安装定位,完成多工序加工方式。例如 TH5632 型立式加工中心,它的刀库容量是 16 把刀具,在刀具和主轴之间有一换刀机械手,工件一次装夹后,可自动连续进行铣、钻、镗、铰、扩、攻螺纹等多种工序加工。数控加工中心因一次安装定位完成多工序加工,避免了因多次安装造成的误差,减少机床台数,提高了生产效率和加工自动化程度。

(3) 多坐标轴数控机床

有些复杂的工件,例如螺旋桨、飞机发动机叶片曲面等用三坐标数控机床无法加工。

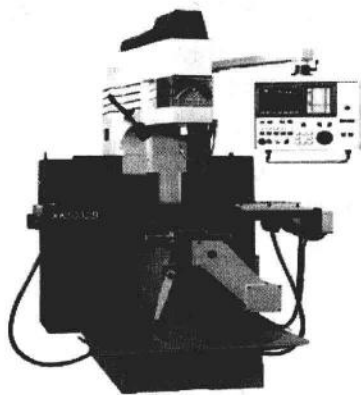
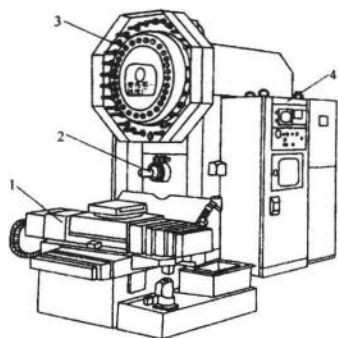
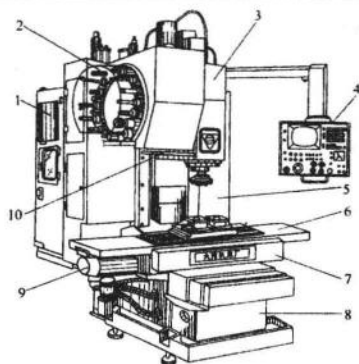


图 1.1 XK5032B 数控铣床



1-工作台 2-主轴 3-刀库 4-数控柜

图 1.2 XH754 型卧式加工中心



1-数控柜 2-刀库 3-主轴箱 4-操纵台 5-驱动电源 6-纵向工作台 7-滑座 8-床身 9-X轴伺服电机 10 换刀机械手

图 1.3 TH5632 型立式加工中心

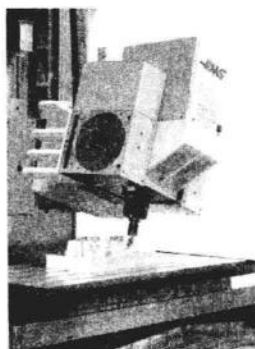


图 1.4 带 AB 轴的加工中心主轴

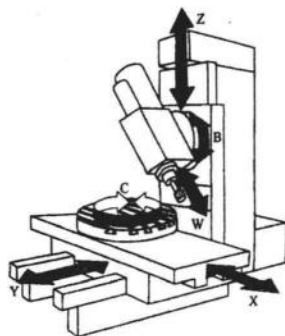


图 1.5 六轴加工中心坐标

2. 按控制的运动轨迹分类

(1) 点位控制

点位控制数控机床只要求获得准确的加工坐标点的位置。由于数控机床只是在刀具或工件到达指定位置后才开始加工，刀具在工件固定时执行切削任务，在运动过程中并不进行加工，所以从一个位置移动到另一个位置的运动轨迹不需要严格控制。数控钻床、数控坐标镗床和数控冲床等均采用点位控制。如图 1.6 (a) 所示是点位控制加工示意图。因为这类机床最重要的

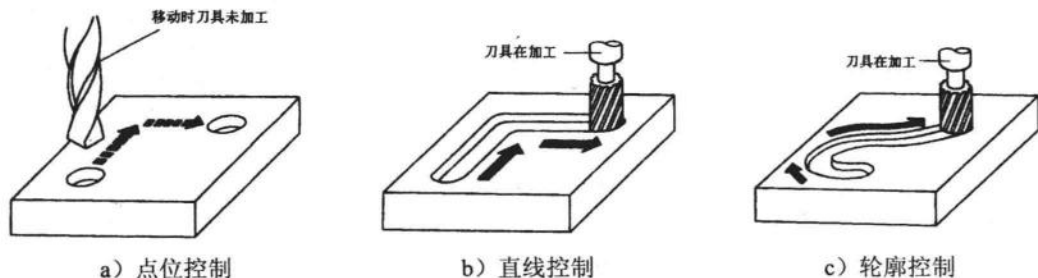


图 1.6 数控机床分类

性能指标是要保证孔的相对位置，并要求快速点定位，以便减少空行程时间，经常采用的控制方式是当刀具或工件接近定位点时，分两步完成，首先降低移动速度，然后实现准确停止。

(2) 点位直线控制

点位直线控制数控机床,除了要求控制位移终点位置外,还能实现平行坐标轴的直线切削加工,并且可以设定直线切削加工的进给速度。例如在车床上车削阶梯轴,铣床上铣削台阶面等。如图 1.6 (b) 所示是直线控制切削加工示意图。

(3) 轮廓控制

轮廓控制数控机床能够对两个或两个以上的坐标轴同时进行控制,不仅能够控制机床移动部件的起点与终点坐标值,而且能控制整个加工过程中每一点的速度与位移量。用插补器能控制两坐标轴完成平面内任意线段加工的数控机床,称两轴联动数控机床;用插补器能控制三坐标轴完成三坐标空间内任意线段加工的数控机床,称三轴联动数控机床。例如三轴两联动数控铣床,在任一时刻只能控制任意两轴联动,任意两轴联动可以通过指令设定,有时称两轴半联动。

3. 按控制方式分类

数控机床按照对被控量有无检测反馈装置可分为开环控制和闭环控制两种。在闭环系统中,根据测量装置安放的位置又分为全闭环控制和半闭环控制两种。开环控制的伺服系统主要使用步进电动机。插补器进行插补运算后,发出指令脉冲(又称进给脉冲),经驱动电路放大后,驱动步进电动机转动。

(1) 开环控制数控机床

如图 1.7 所示是典型的开环数控系统。开环控制系统中没有检测反馈装置。数控装置将加工程序处理后,输出数字指令信号给伺服驱动系统,驱动机床运动,但不检测运动的实际位置,即没有位置反馈一个进给脉冲使步进电动机转动一个角度通过齿轮丝杠传动使工作台移动一定距离,因此,工作台的位移量与步进电动机转动角位移成正比,即与进给脉冲的数目成正比。改变进给脉冲的数目和频率,就可以控制工作台的位移量和速度。由图 1.7 可见,指令信息单方向传送,并且指令发出后,不再反馈回来,故称开环控制。受步进电动机的步距精度和工作频率以及传动机构的传动精度影响,开环系统的速度和精度都较低。但由于开环控制结构简单,调试方便,容易维修,成本较低,故仍被广泛应用于经济型数控机床上。

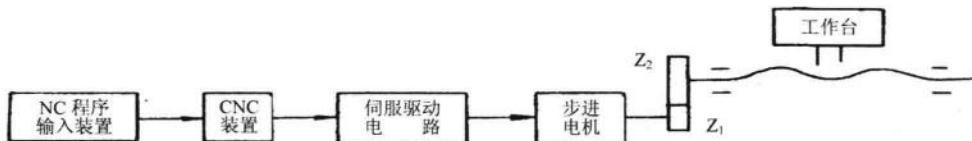


图 1.7 典型的开环控制系统框图

(2) 闭环控制数控机床

开环控制系统的控制精度不高,主要是没有检测工作台移动的实际位置,也就没有纠正偏差的能力。如图 1.8 所示是闭环控制系统框图,安装在工作台上的检测元件将工作台实际位移量反馈到计算机中,与所要求的位置指令进行比较,用比较的差值进行控制,直到差值消除为止。可见,闭环控制系统可以消除机械传动部件的各种误差和工件加工过程中产生的干扰的影响,从而使加工精度大大提高。速度检测元件作用是将伺服电动机的实际转速转换成电信号送到速度控制电路中,进行反馈校正,保证电动机转速保持恒定不变。常用速度检测元件是测速发电机。

闭环控制特点是加工精度高,移动速度快。这类机床采用直流伺服电动机或交流伺

服电动机作为驱动元件,电动机的控制电路比较复杂,检测元件价格昂贵。因而调试和维修比较复杂,成本高。

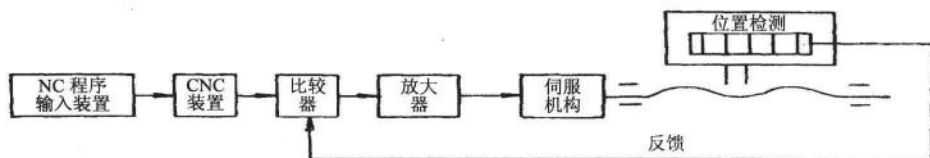


图 1.8 典型的闭环控制系统框图

(3) 半闭环控制数控机床

半闭环控制系统框图如图 1.9 所示，它不是直接检测工作台的位移量，而是采用转角位移检测元件，如光电编码器，测出伺服电动机或丝杠的转角，推算出工作台的实际位移量，反馈到计算机中进行位置比较，用比较的差值进行控制。由于反馈环内没有包含工作台，故称半闭环控制。

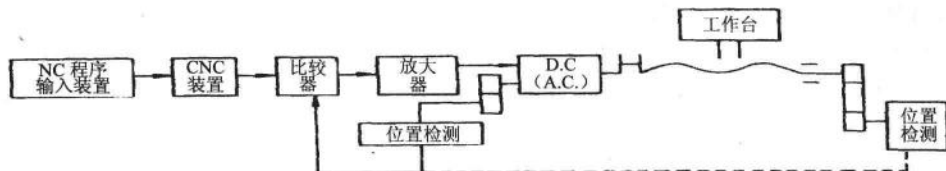


图 1.9 半闭环控制系统框图

半闭环控制精度较闭环控制差，但稳定性好，成本较低，调试维修也较容易，兼顾了开环控制和闭环控制两者的特点，因此应用比较普遍。

4. 按功能分类

(1) 经济型数控机床

在计算机中一般用一个微处理器作为主控单元，伺服系统大多使用步进电动机驱动，采用开环控制方式，脉冲当量为 $0.01 \sim 0.005 \text{ mm/P}$ ，机床快速移动速度为 $5 \sim 8 \text{ m/min}$ ，精度较低，功能较简单，用数码管或简单的 CRT 字符显示，基本具备了计算机控制数控机床的主要功能。

(2) 全功能型数控机床

在计算机中采用 $2 \sim 4$ 个微处理器进行控制，其中一个为主控微处理器，其余为从属微处理器。主控微处理器完成用户程序的数据处理、粗插补运算、文本和图形显示等，从属微处理器在主控微处理器管理下，完成对外围设备，主要是伺服控制系统的控制和管理，从而实现同时对各坐标轴的连续控制。

全功能型数控机床允许最大速度一般为 $8 \sim 24 \text{ m/min}$ ，脉冲当量为 $0.01 \sim 0.001 \text{ mm/P}$ 采用交、直流伺服电动机，广泛用于加工形状复杂或精度要求较高的工件。

(3) 精密型数控机床

精密型数控机床采用闭环控制，它不仅具有全功能型数控机床的全部功能，而且机械系统的动态响应较快。其脉冲当量一般小于 0.001 mm/P ，适用于精密和超精密加工。

5. 数控机床分类使操作具有统一性

由于同类机床具有许多共同的特性，无论这种特性是硬件结构、软件结构，工艺方法、工艺水平，或者是数控机床发展和继承，都使同类数控机床的操作大同小异。因此，会操作一个机床，同类机床的操作可以逐类旁通。会操作一类机床，其他类机床的操作也可以逐类旁通。现在数控系统生产厂商与数控机床厂家是分离的，同一厂商的同一数控系统可适用与不同的生产厂商和不同类的数控机床。由于在国际范围内，数控系统的设计和生产的标准化