

中国高等职业技术教育研究会推荐
高职高专机电类专业“十二五”规划教材

现代数控机床

(第二版)

⊕ 主编 刘瑞己

⊕ 主审 黄维亚



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

中国高等职业技术教育研究会推荐
高职高专机电类“十二五”规划教材

现代数控机床

(第二版)

主 编 刘瑞已
主 审 黄维亚

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书共分 11 章。内容包括概述,机床的运动与坐标系,数控车床,数控铣床,加工中心,特种数控加工机床,高速数控机床及其技术,数控机床的典型部件,数控机床的液压与气压系统,数控机床的选用、安装、调试、验收与保养,机床的数控技术改造。

本书按照教育部对高职高专数控机床教学的要求编写,并体现了如下特色:全面性,包含有普通机床,数控机床(车、铣、加工中心、车削中心),电火花、线切割机床,机床的液压系统与气压系统,数控机床的安装、调试、验收、保养、改造及各种典型部件等内容,便于各院校根据本校情况进行选用;内容新,增加了高速数控机床及其技术;每章有学习目的与要求、本章小结和思考与练习题,不仅便于学生学习,而且适合高职高专的教学要求。

本书可作为高职高专机电一体化、模具、数控等机械类专业的教材,亦可供电大、职大的师生及相关的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代数控机床/刘瑞已主编. —2 版. —西安:西安电子科技大学出版社, 2011.12

高职高专机电类“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5606-2698-7

I. ① 现… II. ① 刘… III. ① 数控机床—高等职业教育—教材 IV. ① TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 232634 号

策 划 马乐惠

责任编辑 杨宗周 马乐惠

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2011 年 12 月第 2 版 2011 年 12 月第 3 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 18.5

字 数 435 千字

印 数 8001~11 000 册

定 价 28.00 元

ISBN 978-7-5606-2698-7/TG·0032

XDUP 2990002-3

*** 如有印装问题可调换 ***

序

进入 21 世纪以来,随着高等教育大众化步伐的加快,高等职业教育呈现出快速发展的形势。党和国家高度重视高等职业教育的改革和发展,出台了一系列相关的法律、法规、文件等,规范、推动了高等职业教育健康有序的发展。同时,社会对高等职业技术教育的认识在不断深化,高等技术应用型人才及其培养的重要性也正在被越来越多的人所认同。目前,高等职业技术教育在学校数、招生数和毕业生数等方面均占据了高等教育的半壁江山,成为高等教育的重要组成部分,在我国社会主义现代化建设事业中发挥着极其重要的作用。

在高等职业教育大发展的同时,也有着许多亟待解决的问题。其中最主要的是按照高等职业教育培养目标的要求,培养一批具有“双师素质”的中青年骨干教师;编写出一批有特色的基础课和专业主干课教材;创建一批教学工作优秀学校、特色专业和实训基地。

为配合教育部紧缺人才工程,解决当前新型机电类精品高职高专教材不足的问题,西安电子科技大学出版社与中国高等职业技术教育研究会在前两轮联合策划、组织编写了“计算机、通信电子及机电类专业”系列高职高专教材共 100 余种的基础上,又联合策划、组织编写了“数控、模具及汽车类专业”系列高职高专教材共 60 余种。这些教材的选题是在全国范围内近 30 所高职高专院校中,对教学计划和课程设置进行充分调研的基础上策划产生的。教材的编写采取在教育部精品专业或示范性专业(数控、模具和汽车)的高职高专院校中公开招标的形式,以吸收尽可能多的优秀作者参与投标和编写。在此基础上,召开系列教材专家编委会,评审教材编写大纲,并对中标大纲提出修改、完善意见,确定主编、主审人选。该系列教材着力把握高职高专“重在技术能力培养”的原则,结合目标定位,注重在新颖性、实用性、可读性三个方面能有所突破,体现高职高专教材的特点。第一轮教材共 36 种,已于 2001 年全部出齐,从使用情况看,比较适合高等职业院校的需要,普遍受到各学校的欢迎,一再重印,其中《互联网实用技术与网页制作》在短短两年多的时间里先后重印 6 次,并获教育部 2002 年普通高校优秀教材二等奖。第二轮教材共 60 余种,在 2004 年底已全部出齐,且大都已重印,有的教材出版一年多的时间里已重印 4 次,销量 3 万余册,反映了市场对优秀专业教材的需求。本轮教材预计 2006 年底全部出齐,相信也会成为精品系列。

教材建设是高职高专院校基本建设的主要工作之一,是教学内容改革的重要基础。为此,有关高职高专院校都十分重视教材建设,组织教师积极参加教材编写,为高职高专教材从无到有,从有到优、到特而辛勤工作。但高职高专教材的建设起步时间不长,还需要做艰苦的工作,我们殷切地希望广大从事高职高专教育的教师,在教书育人的同时,组织起来,共同努力,为不断推出有特色、高质量的高职高专教材作出积极的贡献。

中国高等职业技术教育研究会会长

李宗尧

21 世纪

机电类专业高职高专规划教材

编审专家委员会名单

主任：刘跃南（深圳职业技术学院教务长，教授）

副主任：方新（北京联合大学机电学院副院长，教授）

刘建超（成都航空职业技术学院机械工程系主任，副教授）

杨益明（南京交通职业技术学院汽车工程系主任，副教授）

数控及模具组：组长：刘建超（兼）（成员按姓氏笔画排列）

王怀明（北华航天工业学院机械工程系主任，教授）

孙燕华（无锡职业技术学院机械与汽车工程系主任，副教授）

皮智谋（湖南工业职业技术学院机械工程系副主任，副教授）

刘守义（深圳职业技术学院工业中心主任，教授）

陈少艾（武汉船舶职业技术学院机电工程系主任，副教授）

陈洪涛（四川工程职业技术学院机电工程系副主任，副教授）

钟振龙（湖南铁道职业技术学院机电工程系主任，副教授）

唐健（重庆工业职业技术学院机械工程系主任，副教授）

戚长政（广东轻工职业技术学院机电工程系主任，教授）

谢永宏（深圳职业技术学院机电学院副院长，副教授）

汽车组：组长：杨益明（兼）（成员按姓氏笔画排列）

王世震（承德石油高等专科学校汽车工程系主任，教授）

王保新（陕西交通职业技术学院汽车工程系讲师）

刘锐（吉林交通职业技术学院汽车工程系主任，教授）

吴克刚（长安大学汽车学院教授）

李春明（长春汽车工业高等专科学校汽车工程系副主任，教授）

李祥峰（邢台职业技术学院汽车维修教研室主任，副教授）

汤定国（上海交通职业技术学院汽车工程系主任，高讲）

陈文华（浙江交通职业技术学院汽车系主任，副教授）

徐生明（四川交通职业技术学院汽车系副主任，副教授）

韩梅（辽宁交通职业技术学院汽车系主任，副教授）

葛仁礼（西安汽车科技学院教授）

颜培钦（广东交通职业技术学院汽车机械系主任，副教授）

项目策划：马乐惠

策 划：马武装 毛红兵 马晓娟

第二版前言

数控机床是集机、电、液、气、微机和自动控制及测试技术为一身的机电一体化的典型设备。近年来,各种数控机床在自动化加工领域中的占有率越来越高,对数控加工技术人才的需求越来越迫切。作为数控专业的应用型人才,必须懂得数控机床的结构、特点、工艺范围、工作原理等,才能更好地使用、维护数控机床。

基于目前数控机床教学的特点,根据多年的一线操作和教学经验,我们于2006年编写了《现代数控机床》一书。该书自出版至今,一直销量很好。为更好地适应教学改革和时代发展的需要,今年笔者对该书做了一次全面的修改,重点对第一、三、四、五、八、九章,尤其是第八章进行了详细修改,升华了原有的旧知识,补充了不少新知识,同时还增加了不少图例,使知识更加通俗、易懂。

该书根据教育部数控技能型紧缺人才培养培训方案的指导思想和最新数控专业教学计划,较全面地介绍了各类数控机床的结构和工作原理,简明地讲述了数控系统的组成与控制原理,可编程控制器的类型、结构、工作原理与基本功能,位置检测装置的基本类型、结构和工作原理,液压与气压传动的特点及其在数控机床上的应用,数控机床的选用、安装、调试、验收与保养,以及机床的数控技术改造。另外,着眼数控机床的最新发展,还介绍了高速数控机床及其技术;本着全面发展的要求,增设了普通机床的附录,可供选用;为了适应高职的教学要求,在大部分章节还增设了填空题、选择题和判断题。

本书取材新颖,内容由浅入深、循序渐进,图例很多,着重于应用,理论部分突出了简明性、系统性、实用性和先进性。全书可用60个学时讲授完,其中第一章2学时,第二章2学时,第三章4学时,第四章4学时,第五章4学时,第六章6学时,第七章6学时,第八章22学时,第九章2学时,第十章4学时,第十一章4学时。也可以根据教学需要进行内容取舍。

限于编者的水平和经验,书中欠妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者
2011年9月

第一版前言

随着计算机、通信、电子、检测、控制和机械等相关技术的不断进步，数控技术也在日新月异飞速发展，并已成为现代先进制造系统(FMS、CIMS等)中不可缺少的基础技术。数控机床是集机、电、液、气、微机和自动控制及测试技术为一身的机电一体化的典型设备。近年来，由于各种数控机床在自动化加工领域中的占有率越来越高，因此导致对数控加工技术人才需求的急剧增长。作为数控专业的应用型人才，必须懂得数控机床的结构、特点、工艺范围及工作原理等，才能更好地使用和维护数控机床。

为了满足现代机电一体化教学的要求，也让更多的人全面了解和掌握数控机床的结构与工作原理，为使用好数控机床和建立良好的数控机床维修基础，根据教育部数控技能型紧缺人才培养培训方案的指导思想和最新的数控专业教学计划，本书较全面地介绍了各类数控机床的结构与工作原理；简明地讲述了数控系统的组成与控制原理，可编程控制器的类型、结构、工作原理与基本功能，位置检测装置的基本类型、结构与工作原理，液压与气压传动在数控机床上的应用，数控机床的选用、安装、调试、验收与保养，机床数控技术改造。另外本着“最新发展”的要求，在书中介绍了高速数控机床及其技术；还本着“全面发展”的要求，增设了普通机床的附录，可供选用；为了适应高职高专的教学要求，在每章都增设了思考与练习题。

全书共分60个学时：第一章2学时；第二章2学时；第三章10学时；第四章4学时；第五章4学时；第六章4学时；第七章6学时；第八章6学时；第九章12学时；第十章2学时；第十一章4学时；第十二章4学时。也可以根据教学需要进行内容取舍。

本书第一章由湖南工业职业技术学院申晓龙编写；第二、五章由湖南工业职业技术学院龙华编写；第三、六、十一、十二章由湖南工业职业技术学院刘瑞已编写；第四、八章由武汉船舶职业技术学院周兰编写；第七、十章由湖南交通职业技术学院刘韬编写；第九章由湖南工业职业技术学院李平化编写。全书由刘瑞已任主编并统稿；重庆工业职业技术学院黄维亚任主审，其在编写过程中提出了许多宝贵意见，在此表示衷心感谢。

由于编者的水平有限，书中难免存在不足之处，恳请广大读者批评指正。

编者

2006年7月

目 录

第一章 概述	1	3.1.3 数控车床的组成、特点与发展	29
1.1 基本概念	1	3.1.4 数控车床的布局形式	31
1.1.1 数控机床的产生	1	3.2 数控车床的传动系统	34
1.1.2 数控机床的定义	2	3.2.1 主传动系统	34
1.2 数控机床的组成与工作原理	2	3.2.2 进给传动系统	37
1.2.1 数控机床的组成	2	3.2.3 转塔刀架	40
1.2.2 数控机床的工作原理	5	3.2.4 尾座	42
1.3 数控机床的分类与特点	6	3.2.5 高速动力卡盘	42
1.3.1 数控机床的分类	6	3.2.6 其他刀架	44
1.3.2 数控机床的特点	9	3.3 车削中心简介	47
1.4 数控加工技术的发展	10	本章小结	50
1.4.1 数控机床的发展	10	思考与练习题	50
1.4.2 现代制造系统	10		
本章小结	11	第四章 数控铣床	52
思考与练习题	11	4.1 概述	52
		4.1.1 数控铣床的主要加工对象	52
第二章 机床的运动与坐标系	13	4.1.2 数控铣床的主要功能	53
2.1 机床的运动	13	4.2 数控铣床的布局与分类	54
2.1.1 运动的主要要素	13	4.2.1 工件的重量和尺寸与 布局的关系	54
2.1.2 表面成型运动	13	4.2.2 运动的分配与部件的布局	55
2.1.3 辅助运动	14	4.2.3 布局与铣床的结构性能	56
2.2 机床的传动	15	4.2.4 数控铣床的分类	57
2.2.1 传动联系	15	4.3 数控铣床的传动系统与 典型机械结构	58
2.2.2 传动链	15	4.3.1 数控铣床的基本组成及 主要技术参数	58
2.2.3 传动原理图	15	4.3.2 数控铣床的传动系统	60
2.2.4 传动系统图	16	4.3.3 数控铣床的主要部件	61
2.3 数控机床的坐标系	19	本章小结	68
2.3.1 标准坐标系及运动方向	19	思考与练习题	68
2.3.2 机床坐标系	21		
2.3.3 工件坐标系	22	第五章 加工中心	69
2.3.4 装夹原点	23	5.1 加工中心概述	69
本章小结	23	5.1.1 加工中心的特点	69
思考与练习题	23	5.1.2 加工中心的分类	70
		5.1.3 加工中心的发展	73
第三章 数控车床	25	5.2 JCS—018A 型加工中心	73
3.1 数控车床简介	25		
3.1.1 数控车床的工艺范围与分类	25		
3.1.2 数控车床的分类	27		

5.2.1 JCS—018A 型加工中心的 用途、特点及技术参数	73	7.4.1 高速机床对进给系统的要求	128
5.2.2 JCS—018A 型加工中心的 传动系统	76	7.4.2 传统进给系统存在的问题	129
5.2.3 JCS—018A 型加工中心的 典型部件	78	7.4.3 典型高速直线进给机构	130
5.3 卧式加工中心简介	90	7.5 高速刀具系统	135
5.3.1 卧式加工中心的布局	90	7.5.1 高速切削对刀具系统的要求	135
5.3.2 SOLON3—1 型卧式镗铣 加工中心简介	91	7.5.2 高速刀具系统	137
本章小结	92	7.5.3 高速刀具系统的安全与检测	140
思考与练习题	93	7.6 高速加工数控系统	141
第六章 特种数控加工机床	95	7.6.1 高速主轴控制	141
6.1 数控电火花加工机床	95	7.6.2 高速伺服控制系统	141
6.1.1 电火花加工的基本原理	95	7.6.3 精简指令集计算机系统结构的 CNC 系统	142
6.1.2 电火花加工的主要特点	96	7.6.4 由可编程控制器实现的 其他控制功能	143
6.1.3 电火花加工在模具制造中的 应用	97	本章小结	143
6.1.4 电火花加工机床的基本组成	97	思考与练习题	143
6.1.5 电火花加工机床的 主要附件及其作用	101	第八章 数控机床的典型部件	145
6.1.6 影响工件质量的主要因素	105	8.1 数控机床的主轴系统	145
6.2 数控电火花线切割加工机床	108	8.1.1 对数控机床主轴系统的要求	145
6.2.1 电火花线切割加工的基本原理、 特点及应用范围	108	8.1.2 数控机床主轴的传动方式	146
6.2.2 电火花线切割加工机床的 基本组成	109	8.1.3 主轴部件	148
6.2.3 影响线切割加工工艺指标的 主要因素	115	8.1.4 主轴的准停功能	154
本章小结	117	8.1.5 主轴的准停装置	158
思考与练习题	117	8.1.6 主轴的润滑与密封	159
第七章 高速数控机床及其技术	118	8.2 数控机床的进给系统	161
7.1 概述	118	8.2.1 对数控机床进给系统的要求	161
7.2 高速切削和高速机床的关键技术	119	8.2.2 齿轮传动副	162
7.2.1 高速切削的特点	119	8.2.3 联轴器	167
7.2.2 高速加工的关键技术	120	8.2.4 滚珠丝杠螺母机构	168
7.3 高速主轴单元	122	8.2.5 静压丝杠螺母副	176
7.3.1 高速加工电主轴结构	123	8.2.6 双导程蜗杆蜗轮副与 静压蜗杆蜗轮条传动	178
7.3.2 高速电主轴轴承	125	8.3 床身与立柱	182
7.3.3 电主轴的冷却和轴承的润滑	126	8.4 机床导轨	185
7.3.4 电主轴的动平衡	127	8.4.1 对导轨的要求	185
7.4 高速进给系统	128	8.4.2 数控机床上常用的 导轨及其特点	185
		8.4.3 导轨的润滑与防护	190
		8.5 自动换刀装置	191
		8.5.1 自动换刀装置的分类	191
		8.5.2 刀库	198
		8.5.3 机械手	207

8.6 数控机床的位置检测装置	213	10.2 数控机床的安装与调试	254
8.6.1 对数控机床位置检测装置的要求	213	10.2.1 机床的基础处理和初就位	254
8.6.2 位置检测装置的分类	213	10.2.2 机床部件的组装	254
8.6.3 常用位置检测装置及工作原理	214	10.2.3 数控系统的连接	255
8.7 自动排屑装置	225	10.2.4 通电试车	255
8.7.1 自动排屑装置在数控机床中的作用	225	10.2.5 机床精度和功能的调试	256
8.7.2 典型自动排屑装置	226	10.2.6 试运行	256
本章小结	227	10.3 数控机床的验收	257
思考与练习题	228	10.3.1 数控机床外观的检查	257
第九章 数控机床的液压与气压系统	231	10.3.2 数控机床精度的验收	257
9.1 液压和气压传动系统概述	231	10.3.3 数控机床性能及数控功能的检验	258
9.1.1 液压和气压传动系统在数控机床中的功能	231	10.4 数控机床的常规保养	260
9.1.2 液压和气压传动系统的构成	232	10.4.1 数控机床的日常保养	260
9.1.3 液压和气压传动的特点	235	10.4.2 使用数控机床应注意的问题	260
9.1.4 液压和气压传动的工作原理	236	本章小结	261
9.2 液压和气压传动系统在数控机床中的应用	237	思考与练习题	261
9.3 数控机床液压与气压系统的维护	245	第十一章 机床的数控技术改造	262
9.3.1 维护要点	245	11.1 机床改造概述	262
9.3.2 液压与气压系统的点检	246	11.1.1 机床数控改造的条件	262
本章小结	247	11.1.2 国外机床技术改造的发展趋势	263
思考与练习题	247	11.1.3 机床改造的主要对象	263
第十章 数控机床的选用、安装、调试、验收与保养	248	11.1.4 机床改造的一般步骤	263
10.1 数控机床的选用	248	11.2 机床的经济型数控技术改造	264
10.1.1 确定典型加工工件	248	11.2.1 数控改造主要技术方案的选择	264
10.1.2 数控机床规格的选择	249	11.2.2 普通机床数控化改造实例	267
10.1.3 数控机床精度的选择	249	本章小结	273
10.1.4 数控系统的选择	250	思考与练习题	273
10.1.5 自动换刀装置、刀库容量及刀柄的选择	251	附录	274
10.1.6 数控机床选择功能及附件的选择	253	附录一 普通车床	274
10.1.7 技术服务与售后服务	254	附录二 X6132 型升降台铣床	280
		附录三 Y3150E 型滚齿机	282
		附录四 其他普通机床	283
		参考文献	286

第一章 概 述

学习目的与要求

- 掌握数控机床的组成与工作原理；
- 熟悉数控机床的特点；
- 掌握数控机床的分类；
- 了解数控加工技术的发展。

1.1 基 本 概 念

20 世纪人类社会最伟大的科技成果之一是计算机的发明与应用。计算机及控制在机械制造设备中的应用是制造业发展的最重大技术进步。自从 1952 年美国第一台数控机床问世至今已经历了半个多世纪，现在数控设备已包括车、铣、加工中心、镗、磨、冲压、电加工以及各类专用加工设备，形成了庞大的数控制造设备家族，每年全世界数控设备的产量有 15~25 万台，产值达数百亿美元。

1.1.1 数控机床的产生

1949 年美国 Parsons 公司接受美国空军的委托，研制一种计算装置，用以实现日益复杂的飞机零部件的自动加工，Parsons 公司由此首先提出了机床数字控制的概念。采用 Parsons 的思想，1952 年美国麻省理工学院研制出了基于电子管和继电器的机床数字控制装置，用于控制铣床系统，它标志着第一代数控机床——电子管数控机床的诞生。

20 世纪 50 年代末，完全由固定布线的晶体管元器件电路所组成的第二代数控机床——晶体管数控机床研制成功，从而取代了昂贵、易损、难以推广的电子管数控机床。

随着数控机床的发展，对数控机床在实用性、柔性、易维修性、控制装置的功能环境及对任意机床类型的适应性等应用方面的要求不断提高。然而，要满足这些要求，对固定布线的晶体管元器件电路所组成的晶体管数控机床而言，将会消耗巨大的资金。随着集成电路技术的发展，1965 年出现了第三代数控机床——小规模集成电路数控机床后，解决这些问题的难度稍稍减轻了一些。

以上三代为数控机床发展的第一阶段，称为 NC 阶段，即逻辑数字控制阶段，其特点是数控系统的所有功能均由硬件(数控装置)来实现，故又称为硬件数控。

1970 年小型计算机开始用于数控机床，数控机床的发展由此进入第二阶段，即 CNC(计算机数字控制)阶段，这是第四代数控机床。1974 年微处理器(又称中央处理单元，简

称 CPU)开始用于数控机床,数控机床发展到了第五代。小型计算机被微处理器所取代,这是因为小型计算机功能太强,控制一台机床能力有多余,但不如采用微处理器经济合理,而且当时的小型计算机其可靠性也不理想。虽然早期的微处理器速度和功能都还不够高,但可以通过多处理器结构来解决。

因为微处理器是通用计算机的核心部件,故仍称为计算机数控。到了 1990 年,PC 机(个人计算机,国内习惯称为微机)的性能已发展到很高的阶段,可满足作为数控系统核心部件的要求,而且 PC 机生产批量很大,价格便宜,可靠性高。数控系统从此进入了基于 PC 的第六代。

现在市场上流行的和企业普遍使用的仍然是第五代数控机床,其典型代表是日本的 FANUC-0 系列和德国的 Sinumerik 810 系列数控机床。国产数控机床厂家主要有华中数控、北京航天机床数控集团、北京凯恩帝、北京凯奇、沈阳艺天、广州数控、南京新方达、成都广泰等。

1.1.2 数控机床的定义

制造技术和装备是人类生产活动的最基本的生产资料,而数控技术又是当今先进制造技术和装备的核心技术。数控技术是用数字信息对机械运动和工作过程进行控制的技术;数控装备是以数控技术为代表的新技术对传统制造产业和新兴制造业的渗透而形成的机电一体化产品,即所谓的数字化装备。

国际信息处理联盟第五技术委员会对数控机床作了如下定义:数控机床(NC Machine)是一种装有程序控制系统(数控系统)的自动化机床,该系统能逻辑地处理具有特定代码、编码指令规定的程序。

与普通机床相比,数控机床是一种自动化加工设备。采用普通机床进行加工时,操作人员操纵机床手轮使刀具沿着工件表面移动,进行工件加工;而用数控机床进行加工时,不需要人工参与,数控系统能控制机床在加工程序指令下自动完成零件的加工。具体地讲,把数字化了的刀具移动轨迹信息输入到数控装置,经过译码、运算,从而实现控制刀具与工件的相对运动,加工出所需要的零件的机床,即为数控机床。

1.2 数控机床的组成与工作原理

1.2.1 数控机床的组成

数控机床的种类很多,在各行业、各领域的生产过程中或多或少都有数控机床的应用。任何一种数控机床都是由程序载体、CNC 装置、伺服系统、检测与反馈装置、辅助装置和机床本体等若干基本部分组成的,如图 1-1 所示。

1. 程序载体

程序载体是用于存取零件加工程序的装置。可将零件加工程序以一定的格式和代码(包括机床上刀具和零件的相对运动轨迹、工艺参数和辅助运动等)存储在载体上。程序载体可以是磁盘、磁带、硬盘和闪存卡等。

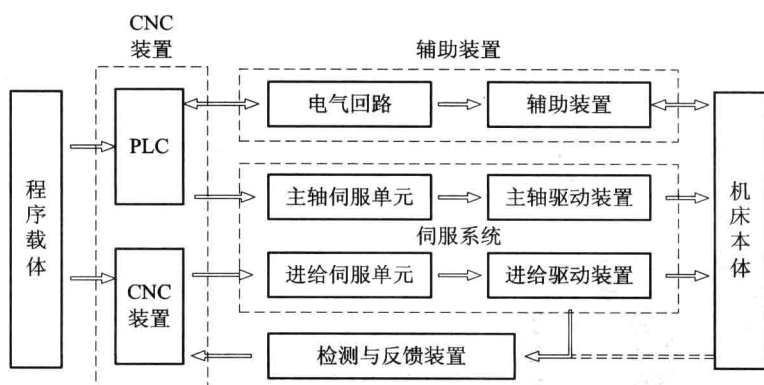


图 1-1 数控机床组成示意图

2. CNC 装置(又称计算机数控装置)

CNC 装置是 CNC 系统的核心。目前,绝大部分数控机床采用微型计算机控制。CNC 装置由硬件和软件组成,没有软件,计算机数控装置就无法工作;没有硬件,软件也无法运行。它包括微处理器 CPU、存储器、局部总线、外围逻辑电路及与数控系统其他组成部分联系的接口及相应的控制软件。如图 1-2 所示为 CNC 装置组成示意图。

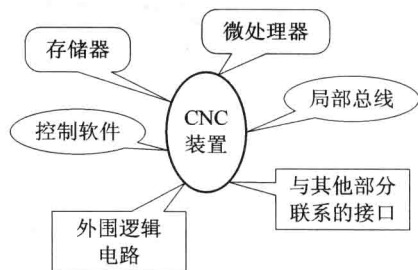


图 1-2 CNC 装置组成示意图

CNC 装置的功能是接收从输入装置送来的脉冲信号,并将信号通过 CNC 装置的系统软件或逻辑电路的编译、运算和逻辑处理后,输出各种信号和控制指令(在这些控制指令中,除了送给伺服系统的位置和速度指令外,还包括送给辅助控制装置的机床辅助动作指令),最终控制机床的各部分使其按照规定的、有序的动作执行。

3. 伺服系统

伺服系统是 CNC 装置和机床本体的联系环节,它的作用是把来自 CNC 装置的微弱指令信号调解、转换、放大后驱动伺服电动机^①,通过执行部件驱动机床移动部件的运动,使工作台精确定位或使刀具和工件及主轴按规定的轨迹运动,最后加工出符合图样要求的零件。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。

伺服系统包括驱动装置和执行装置两大部分。数控机床的驱动装置包括主轴伺服单元(转速控制)、进给驱动单元(位置和速度控制)、回转工作台和刀库伺服控制装置以及它们相应的伺服电动机等。常用的伺服电动机有步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机。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,通过机械传动装置带动工作台或刀架运动。

① 本书为了叙述方便,有时也将电动机称为电机。

4. 检测与反馈装置

检测与反馈装置有利于提高数控机床加工精度。它的作用是：将机床导轨和主轴移动的位移量、移动速度等参数检测出来，通过模数转换变成数字信号，并反馈到数控装置中，数控装置根据反馈回来的信息进行判断并发出相应的指令，纠正所产生的误差。常用的检测装置有编码器、光栅、感应同步器、磁栅、霍尔检测元件等。图 1-3 所示为光电编码器。

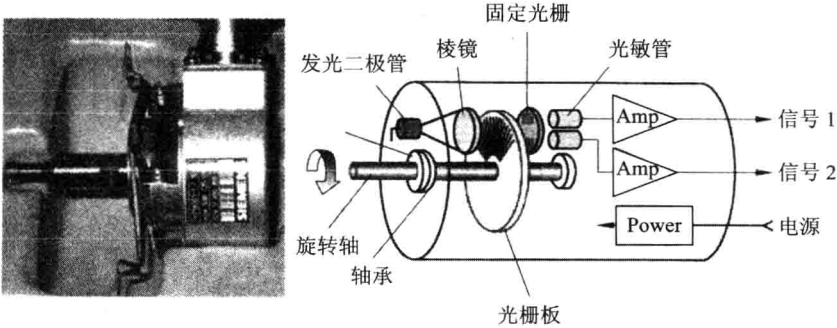


图 1-3 光电编码器

5. 辅助装置

辅助装置是把计算机送来的辅助控制指令(M、S、T等)经机床接口转换成强电信号，用来控制主轴电动机启停和变速、冷却液的开关及分度工作台的转位和自动换刀等动作。它主要包括储备刀具的刀库、自动换刀装置(Automatic Tool Changer, ATC)、自动托盘交换装置(Automatic Pallet Changer, APC)、回转工作台、卡盘、工件接收器、对刀仪，以及液压、气动、冷却、润滑、排屑装置等，如图 1-4 所示。

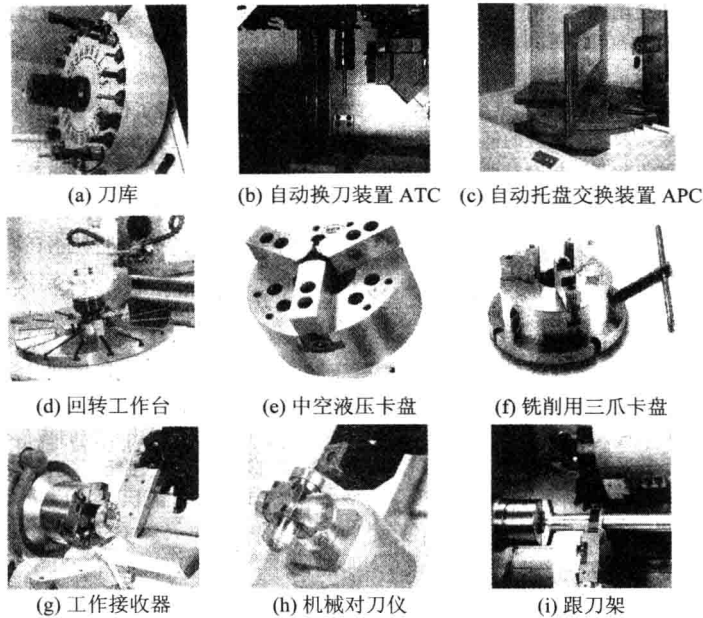


图 1-4 各种辅助装置

6. 机床本体

数控机床的本体是指其机械结构实体。它是实现加工零件的执行部件，主要有主运动部件(主轴、主运动传动机构)、进给运动部件(工作台、拖板及相应的传动机构)、支承件(床身、立柱等)以及辅助装置等，如图 1-5 所示。

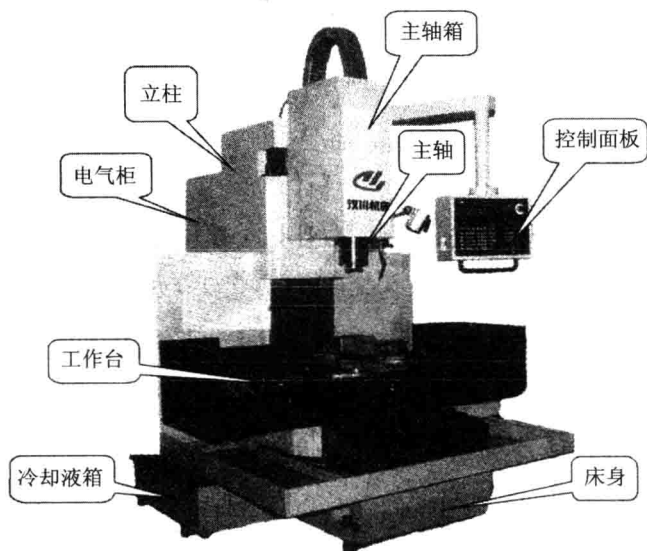


图 1-5 机床本体部分

数控机床的本体是完成各种切削加工的机械部分，是在原普通机床的基础上改进而成的。它具有以下特点：

- (1) 采用了高性能的主轴与伺服传动系统、机械传动装置；
- (2) 机械结构具有较高的刚度、更好的抗振性；
- (3) 更多地采用了高效传动部件，如滚珠丝杠副、直线滚动导轨。

与普通机床相比，数控机床的外部造型和整体布局、传动系统与刀具系统的部件结构及操作机构等方面都已发生了很大的变化。这种变化的目的是满足数控机床的要求并充分发挥其特点，因此必须建立数控机床设计的新概念。

1.2.2 数控机床的工作原理

按照零件图的技术要求和工艺要求，编写零件的加工程序，然后将加工程序输入到数控装置中，通过数控装置控制机床的主轴运动、进给运动、刀具更换，以及工件的夹紧、松开、冷却和润滑泵的开与关，使刀具、工件和其他辅助装置严格按照加工程序规定的顺序、轨迹和参数进行工作，从而加工出符合图纸要求的零件，这就是数控机床的工作原理。图 1-6 为数控机床加工过程示意图。

编制好的数控程序并不一定立即送入数控系统执行，通常是将程序存储在某种介质上，需要加工时才调用。数控程序输入到数控系统，并被调入执行程序缓冲区以后，一旦操作者按下启动按钮，程序就将逐条逐段地自动执行。数控程序的执行，实际上是不停地

向伺服系统发出运动指令。数控系统在执行数控程序的同时，还要实时地进行各种运算，来决定机床运动机构的运动规律和速度。

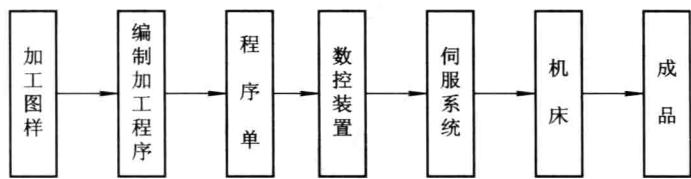


图 1-6 数控机床加工过程示意图

1.3 数控机床的分类与特点

1.3.1 数控机床的分类

目前，数控机床已发展成为品种齐全、规格众多的大系统，它可从不同角度进行分类。

1. 按工艺用途分类

1) 一般数控机床
为了满足不同的工艺要求，与传统的通用机床一样，数控机床有车、铣、镗、钻及磨床等，而且每一种又有很多品种，如数控铣床就有立铣、卧铣、工具铣及龙门铣等。这类机床的工艺可行性和通用机床相似，不同的是它能加工精度更高、形状更复杂的零件。

2) 数控加工中心
数控加工中心是带有刀库和自动换刀装置的数控机床。典型的数控加工中心有镗铣加工中心和车削加工中心。

在数控加工中心，零件一次装夹定位后，可进行多种工艺、多道工序的集中连续加工，这就大大减少了机床的台数。由于减少了装卸工件、更换和调整刀具的辅助时间并大大减少了工装，因此进一步缩短了生产准备时间。由于减少了多次安装造成的定位误差，从而提高了各加工面间的位置精度。这样，就使数控加工中心比一般数控机床更能实现高精度、高效率、高度自动化及低成本的加工。这也是近年来数控加工中心能够迅速发展的重要原因。

2. 按控制的运动轨迹分类

1) 点位控制数控机床
点位控制数控机床的特点是只控制移动部件的终点位置，即控制移动部件由一个位置到另一个位置的精确定位，而对它们运动过程中的轨迹和速度没有严格要求，在移动和定位过程中不进行任何加工。因此，为了尽可能减少移动部件的运动时间和定位时间，通常先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。例如数控钻床、数控冲床、数控坐标镗床、数控点焊机、数控折弯机等都是点位控制数控机床。图 1-7 为数控机床的点位加工轨迹。

2) 直线控制数控机床

直线控制数控机床的特点是不仅要控制刀具相对于工件运动的两点之间的准确位置，还要控制两点之间移动的速度和轨迹。在刀具相对于工件移动时进行切削加工，其轨迹是平行于机床各坐标轴的直线，也有的轨迹是与坐标轴成 45° 或一定角度的直线。

一些数控车床、数控磨床和数控镗铣床等都属于直线控制系统。这类机床的数控装置的控制功能比点位系统复杂，不仅要控制直线运动轨迹，还要控制进给速度以适应不同材质的工件。图 1-8 为数控机床的直线加工轨迹。

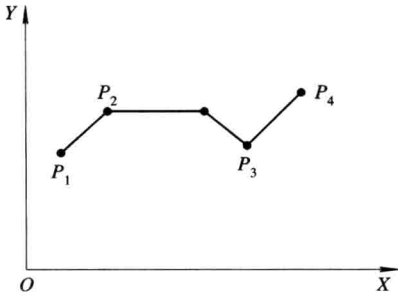


图 1-7 数控机床的点位加工轨迹

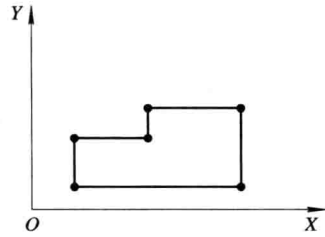


图 1-8 数控机床的直线加工轨迹

3) 轮廓控制数控机床

轮廓控制又称连续控制，大多数数控机床具有轮廓控制功能。轮廓控制数控机床的特点是能同时控制两个以上的轴，具有插补功能。它不仅要控制起点和终点位置，而且要控制加工过程中每一点的位置和速度，加工出任意形状的曲线或曲面组成的复杂零件。属于这类机床的有数控车床、数控铣床、加工中心等。图 1-9 为数控机床的轮廓加工轨迹。

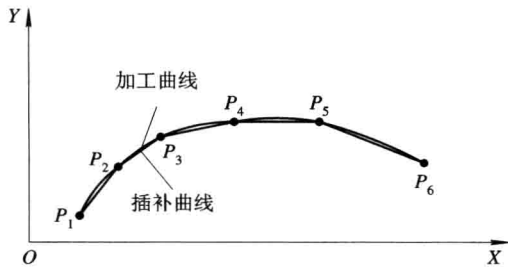


图 1-9 数控机床的轮廓加工轨迹

3. 按伺服系统的类型分类

根据有无检测反馈元件及其检测装置，机床的伺服系统可分为开环伺服、闭环伺服和半闭环伺服。

1) 开环控制数控机床

这类数控机床没有检测反馈装置，数控装置发出的指令信号的流程是单向的，其精度主要取决于驱动器件和电机(如步进电机)的性能。图 1-10 为开环控制数控机床框图。

这类机床中，工作台的移动速度和位移量是由输入脉冲的频率和脉冲数决定的。这类数控机床结构简单，成本低，调试方便，工作比较稳定。它适用于精度、速度要求不高的场合，如经济型、中小型机床。