



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
21世纪高等学校机械设计制造及其自动化专业系列教材

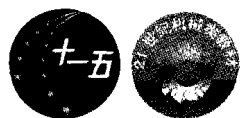
数控技术

李斌 李曦 主编



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
21世纪高等学校机械设计制造及其自动化专业系列教材

数控技术

李斌 李曦 主编

林英鸿 主审

华中科技大学出版社

中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

数控技术/李斌 李曦 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2010年4月
ISBN 978-7-5609-6049-4

I. 数… II. ①李… ②李… III. 数控机床-高等学校-教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 030380 号

数控技术

李斌 李曦 主编

策划编辑:刘 锦 钟小珉

责任编辑:姚同梅

责任校对:朱 霞

封面设计:潘 群

责任监印:熊庆玉

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:湖北恒泰印务有限公司

开本:710mm×1000mm 1/16

印张:21.75

字数:400 000

版次:2010年4月第1版

印次:2010年4月第1次印刷

定价:34.80元

ISBN 978-7-5609-6049-4/TG·109

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

21 世纪高等学校
机械设计制造及其自动化专业系列教材
编审委员会

顾问： 姚福生 黄文虎 张启先
 (工程院院士) (工程院院士) (工程院院士)

 谢友柏 宋玉泉 艾 兴
 (工程院院士) (科学院院士) (工程院院士)

 熊有伦
 (科学院院士)

主任： 杨叔子 周 济 李培根
 (科学院院士) (工程院院士) (工程院院士)

委员： (按姓氏笔画顺序排列)

于骏一	王安麟	王连弟	王明智	毛志远
左武炘	卢文祥	朱承高	师汉民	刘太林
李 斌	杜彦良	杨家军	吴昌林	吴 波
吴宗泽	何玉林	何岭松	陈康宁	陈心昭
陈 明	陈定方	张春林	张福润	张 策
张健民	冷增祥	范华汉	周祖德	洪迈生
殷国富	宾鸿赞	黄纯颖	童秉枢	傅水根
廖效果	黎秋萍	戴 同		

秘书： 刘 锦 徐正达 万亚军

内 容 简 介

本书以数控系统硬件、软件结构为主线,重点介绍数控加工程序的编制、计算机数控装置、进给伺服驱动系统、数控机床的运动系统与典型部件、典型数控机床、数控机床的发展等内容。本书力图将数控技术及应用方面的基本知识、基本理论与本学科发展的相关新技术、新方法有机地融合,为读者介绍数字制造装备的发展与应用方向,提供必要的基础知识与方法。本书既面向实际应用,又强调学科之间的交叉融合;此外,还注重与相关课程教学内容的衔接,力图通过启发创新思维,培养读者主动实践的工程应用能力。

本书可作为高等学校机械类专业、近机类专业数控技术课程的教学用书,也可供高等学校及其他有关专业的师生和相关工程技术人员参考,可满足48~56学时本科教学的需要。

本书由华中科技大学、西安交通大学、清华大学的多位教师结合近些年的教学和科研经验共同编写而成,并配有相应的电子教案及大量视频、动画和图片等制作电子讲稿所需的素材,如有需要,可向华中科技大学出版社索取(信箱:liu3037@163.com;电话:027-87548431)。

21 世纪高等学校 机械设计制造及其自动化专业系列教材

总 序

“中心藏之，何日忘之”，在新中国成立 60 周年之际，时隔“21 世纪高等学校机械设计制造及其自动化专业系列教材”出版 9 年之后，再次为此系列教材写序时，《诗经》中的这两句诗又一次涌上心头，衷心感谢作者们的辛勤写作，感谢多年来读者对这套系列教材的支持与信任，感谢为这套系列教材出版与完善作过努力的所有朋友们。

追思世纪交替之际，华中科技大学出版社在众多院士和专家的支持与指导下，根据 1998 年教育部颁布的新的普通高等学校专业目录，紧密结合“机械类专业人才培养方案体系改革的研究与实践”和“工程制图与机械基础系列课程教学内容和课程体系改革研究与实践”两个重大教学改革成果，约请全国 20 多所院校数十位长期从事教学和教学改革工作的教师，经多年辛勤劳动编写了“21 世纪高等学校机械设计制造及其自动化专业系列教材”。这套系列教材共出版了 20 多本，涵盖了“机械设计制造及其自动化”专业的所有主要专业基础课程和部分专业方向选修课程，是一套改革力度比较大的教材，集中反映了华中科技大学和国内众多兄弟院校在改革机械工程类人才培养模式和课程内容体系方面所取得的成果。

这套系列教材出版发行 9 年来，已被全国数百所院校采用，受到了教师和学生的广泛欢迎。目前，已有 13 本列入普通高等教育“十一五”国家级规划教材，多本获国家级、省部级奖励。其中的一些教材（如《机械工程控制基础》《机电传动控制》《机械制造技术基础》等）已成为同类教材的佼佼者。更难得的是，“21 世纪高等学校机械设计制造及其自动化专业系列教材”也已成为一个著名的丛书品牌。9 年前为这套教材作序的时候，我希望这套教材能加强各兄弟院校在教学改革方面的交流与合作，对机械


工程类专业人才培养质量的提高起到积极的促进作用,现在看来,这一目标很好地达到了,让人倍感欣慰。

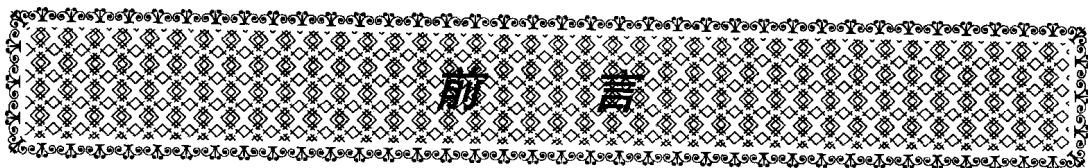
李白讲得十分正确:“人非尧舜,谁能尽善?”我始终认为,金无足赤,人无完人,文无完文,书无完书。尽管这套系列教材取得了可喜的成绩,但毫无疑问,这套书中,某本书中,这样或那样的错误、不妥、疏漏与不足,必然会存在。何况形势总在不断地发展,更需要进一步来完善,与时俱进,奋发前进。较之9年前,机械工程学科有了很大的变化和发展,为了满足当前机械工程类专业人才培养的需要,华中科技大学出版社在教育部高等学校机械学科教学指导委员会的指导下,对这套系列教材进行了全面修订,并在原基础上进一步拓展,在全国范围内约请了一大批知名专家,力争组织最好的作者队伍,有计划地更新和丰富“21世纪机械设计制造及其自动化专业系列教材”。此次修订可谓非常必要,十分及时,修订工作也极为认真。

“得时后代超前代,识路前贤励后贤。”这套系列教材能取得今天的成绩,是几代机械工程教育工作者和出版工作者共同努力的结果。我深信,对于这次计划进行修订的教材,编写者一定能在继承已出版教材优点的基础上,结合高等教育的深入推进与本门课程的教学发展形势,广泛听取使用者的意见与建议,将教材凝练为精品;对于这次新拓展的教材,编写者也一定能吸收和发展原教材的优点,结合自身的特色,写成高质量的教材,以适应“提高教育质量”这一要求。是的,我一贯认为我们的事业是集体的,我们深信由前贤、后贤一起一定能将我们的事业推向新的高度!

尽管这套系列教材正开始全面的修订,但真理不会穷尽,认识不是终结,进步没有止境。“嚶其鸣矣,求其友声”,我们衷心希望同行专家和读者继续不吝赐教,及时批评指正。

是为之序。

中国科学院院士 
2009. 9. 9



随着计算机技术、微电子技术、现代控制技术、传感器与检测技术、信息处理技术、网络技术和制造技术等多学科领域的发展,数控技术已成为现代制造系统中不可或缺的基础技术。数控技术和数控机床的应用在制造业中日益普及,而且它们的进步极大地推动了计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)、柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)与自动化工厂(FA)的发展,并已成为机电一体化高新制造技术的基础和重要组成部分。

为了适应我国制造业快速发展及国家振兴制造业的战略规划,遵循高等工科院校教学规律的要求,根据教育部机械学科教学指导委员会关于工科教材编写的有关精神,结合多年来的教学及科研方面的实践经验,参考最新的国际动态资讯,我们编写了本书。在编写过程中,力求反映数控技术和数控机床系统的基本知识、核心技术与最新技术成就,并兼顾理论与实际的需求。在内容的取舍上,注重先进性与实用性的统一,同时注重知识面的广阔性;在文字的叙述上,注意简练通俗、层次分明,并遵循由点到面、由浅入深的认识规律。除较好地继承和延续了已有教材成熟的理论与方法外,又将近年来数控应用技术发展的最新动态融入新书中。

全书共分7章。第1章简单介绍数控机床的组成、工作原理、分类和发展、特点及应用范围;第2章介绍数控编程的方法,有关数控加工程序手工编制的相关标准、程序结构和相关指令,并以大量实例详细描述手工编程在车削和铣削加工中的实际应用,同时简单介绍自动编程方法与编程实例;第3章阐述计算机数控装置的软件和硬件结构、插补和刀补的原理、数控系统中的可编程控制器,并简要介绍目前较为流行的几种国内外的优秀数控系统;第4章介绍进给伺服系统,其中详细描述伺服系统的类型、伺服电机及调速、位置检测装置;第5章介绍数控机床的主运动系统及典型功能部件,主要包括主轴部件、主轴驱动与电机、电主轴、丝杆螺母副、同步带、导轨及工作台、换刀机构等典型部件,并讨论主轴准停与同步速度控制等典型控制功能;第6章介绍常用的数控机床,包括数控车床及

车削中心、数控铣床及车铣复合加工中心、五面加工中心、磨床、冲床、切割机,以及电火花加工、激光加工、水加工等特种数控加工机床;第7章从数控机床主机、数控系统、伺服系统、柔性制造技术和基于网络的数控加工技术等方面描述数控技术未来的发展趋势,对数控技术的最新成果进行较为系统和深入的介绍。

本书既可作为高等工科院校机械工程及自动化专业主干技术基础课程“数控技术”的教材,也可供从事数控机床加工相关工作的工程技术人员参考使用。

本书由李斌和李曦负责编写。参加教材编写的有:华中科技大学的李斌(第1、3章)、李曦(第2、3、5、6章)、宋宝(第4章)、易传云(第5章)、西安交通大学的梅雪松(第6章),以及清华大学的王立平(第7章)。本书由李斌统稿。华中科技大学林奕鸿审阅了全稿,并提出了宝贵意见。

在编写本书的过程中,参阅了有关院校、科研机构、企业的教材、资料;得到许多同行专家的鼎力协助,他们对本书初稿提出了许多宝贵的意见和建议;同时还得到了华中科技大学国家数控系统工程技术研究中心教师的热情鼓励与无私支持,他们为本书的出版提供了大量素材,付出了辛勤劳动;在出版过程中,华中科技大学出版社的领导和编辑也给予了极大支持与帮助,使本书得以顺利付梓。编者在此谨向所参考文献的单位和作者及为我们提供帮助的人们表示诚挚的谢意!

由于编者水平有限,书中错误和不当之处在所难免,恳请各方面专家及广大读者批评指正。

编者

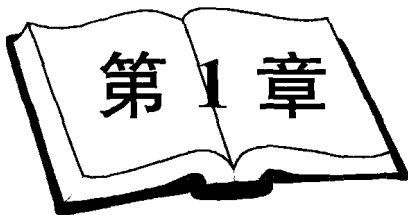
2010年2月



数控技术

第 1 章 概论	(1)
1.1 数控机床的基本概念	(1)
1.2 数控机床的分类	(4)
1.3 数控加工的原理、特点及应用范围	(8)
1.4 数控的指标与功能	(11)
习题	(15)
第 2 章 数控加工程序的编制	(16)
2.1 程序编制与手工编程	(16)
2.2 数控机床的坐标系	(18)
2.3 机床坐标系与工件坐标系	(20)
2.4 数控加工的工艺分析和数控加工方法	(21)
2.5 指令及程序结构	(27)
2.6 编程应用举例	(42)
2.7 自动编程	(64)
习题	(80)
第 3 章 计算机数控装置	(82)
3.1 计算机数控装置概述	(82)
3.2 CNC 装置的硬件结构	(89)
3.3 CNC 装置的软件结构	(94)
3.4 典型数控功能原理及实现	(102)
3.5 国内外常见数控系统简介	(137)
习题	(145)
第 4 章 进给伺服驱动系统	(147)
4.1 进给伺服驱动系统概述	(147)
4.2 位置检测装置	(149)
4.3 进给电机及驱动	(167)

4.4	交流进给伺服驱动系统的控制原理与方法	(185)
4.5	伺服系统性能分析	(195)
	习题	(207)
第 5 章	机床运动系统与典型部件	(208)
5.1	概述	(208)
5.2	数控机床的主运动系统	(209)
5.3	数控机床的进给运动	(224)
5.4	数控机床的换刀装置及过程	(241)
	习题	(256)
第 6 章	典型数控机床	(257)
6.1	数控车床及车削中心	(257)
6.2	数控铣床及加工中心	(264)
6.3	数控磨床	(276)
6.4	数控特种加工机床	(287)
	习题	(305)
第 7 章	数控加工技术的发展趋势	(306)
7.1	数控机床主机的发展	(306)
7.2	数控加工控制系统的发展	(316)
7.3	伺服驱动系统的发展趋势	(322)
7.4	柔性制造技术的发展	(326)
7.5	基于网络的数控加工技术	(328)
	习题	(331)
附录 A	数控机床标准代码 G、M 功能定义表	(332)
	参考文献	(337)



概 论

自 1952 年第一台数控机床问世到如今近六十年的历史中,以电子信息技术为基础,集传统的机械制造技术、计算机技术、成组技术与现代控制技术、传感检测技术、信息处理技术、网络通信技术、液压气动技术、光机电技术于一体的数控技术得到了迅速发展和广泛应用,使得普通机械逐渐被高效率、高精度的数控机械所代替,从而形成了巨大的生产力,促使制造业发生了根本性的变化。

数控机床不但是机械工业中的重要基础装备,也是汽车、航空、航天、电子、轻工、国防等支柱产业生产现代化的主要手段。数控机床产业本身的产值远不如汽车、航空、航天等产业,但高效能的数控机床给制造业带来了高倍率的效益增长和现代化的生产方式,是促进国民经济发展的巨大原动力。特别是数控技术在制造过程中扩展与延伸时所产生的辐射作用,足以使制造业的产业结构、产品结构、专业化分工方式、机械加工方式及管理模式、社会的生产分工、企业运行机制等发生深刻的变化。在市场竞争激烈的情况下,高质量、高效益和多品种、小批量柔性生产方式已是现代企业生存与发展的必要条件。数控机床在机械制造业中得到日益广泛的应用,是因为它能有效地解决复杂、精密、小批多变的零件加工问题,能适应各种机械产品迅速更新换代的需要,经济效益显著。世界各工业发达国家通过发展数控技术,建立数控机床产业,促使制造业跨入一个新的“现代化”的历史发展阶段。数控应用技术水平的高低已成为衡量一个国家综合实力的重要指标之一。

1.1 数控机床的基本概念

1.1.1 数控技术与数控机床

在加工机床中得到广泛应用的数控技术是一种采用计算机对机械加工过程中各种控制信息进行数字化运算、处理,并通过高性能的驱动单元对机械执行构件进行自动化控制的高新技术。当前已有大量机械加工装备采用了数控技术,其中最典型而应用面最广的是数控机床。为了便于后面的讨论,首先给出数控技术中几个常见的概念与定义。

(1) 数控技术,也称数字控制(numerical control, NC)技术,是指用数字、字母和

特定符号对某一工作过程,如加工、测量、装配等进行自动控制的技术。

(2) 数控(NC)系统,是指为实现数控技术相关功能而专门设计的软、硬件模块等有机集成的系统,是数控技术的载体。

(3) 计算机数控(computer numerical control,CNC)系统,是指用以通用计算机为核心的软、硬件模块等有机集成的数控系统。实际应用中已不再刻意区分 NC 系统与 CNC 系统,而统称为数控系统。

(4) 数控机床,是指应用数控技术对机床加工过程进行控制的机床。

对 CNC 系统,只要更改控制程序,无须更改硬件电路,就可以改变其控制功能。因此,相对于 NC 系统而言,CNC 系统在通用性、灵活性、使用范围诸方面具有更大的优越性。美国电子工业协会(EIA)所属的数控标准化委员会将其定义为:“CNC 系统是一个用于存储程序的计算机,按照存储在计算机内的读写存储器中的控制程序去执行数控装置的部分或全部功能,在计算机之外的唯一装置是接口。”CNC 系统是由数控程序、输入/输出(I/O)设备、数控装置(CNC 装置)、可编程控制器(programmable logic controller,PLC)、主轴驱动装置、进给伺服系统共同组成的一个完整的系统,控制机床各组成部分实现各种功能。

1.1.2 数控机床的组成

从宏观上看,数控机床主要由机床本体和计算机数控系统两部分组成,如图 1-1 所示。

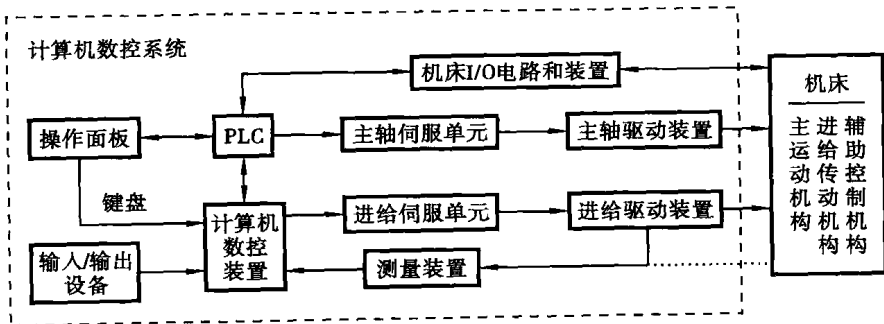


图 1-1 数控机床的组成

1. 机床本体

机床本体是数控机床的主体,是数控系统的控制对象,是实现加工零件的执行部件。它主要由主运动部件、进给运动部件(如工作台、拖板及相应的传动机构)、支承件(如立柱、床身等),以及特殊装置如刀具自动交换系统(automatic tools changer, ATC)、自动工件交换系统(automatic pallet changer, APC),以及辅助装置如冷却、润滑、排屑、转位和夹紧装置等组成。数控机床机械部件的组成与普通机床相似,但传动结构和变速系统较为简单,在精度、刚度、抗振性等方面要求高,如图 1-2 所示。

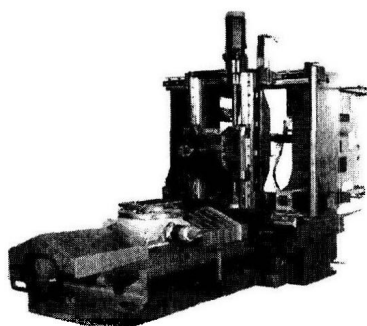


图 1-2 机床本体

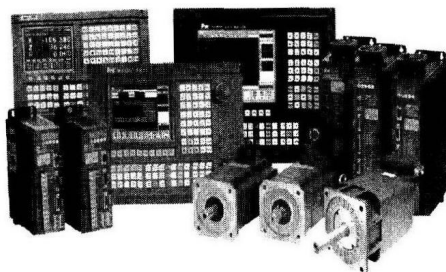


图 1-3 数控系统

2. 数控系统

数控系统是数控机床的指挥中心,如图 1-3 所示。它主要由操作面板、输入/输出设备、数控装置、伺服单元和驱动装置、PLC 和机床 I/O 电路等部分组成。

1) 操作面板

操作面板也称控制面板,是操作人员与数控机床(系统)进行交互的工具。一方面,操作人员可以通过它对数控机床(系统)进行操作、编程、调试或对机床参数进行设定和修改;另一方面,操作人员也可以通过它了解或查询数控机床(系统)的运行状态。它是数控机床的一个输入/输出部件,是数控机床的特有部件。它主要由按钮站、状态灯、按键阵列(功能与计算机键盘一样)和显示器等部分组成,如图 1-4 所示。

2) 输入/输出设备

存储介质是记录零件加工程序的媒介。输入/输出设备是 CNC 系统与外部设备进行信息交互的装置,它们的作用是将编制好的记录在控制介质上的零件加工程序输入 CNC 系统,或者将已调试好的零件加工程序通过输出设备存放或记录在相应的存储介质上。数控机床常用的存储介质和输入/输出设备如表 1-1 所示。

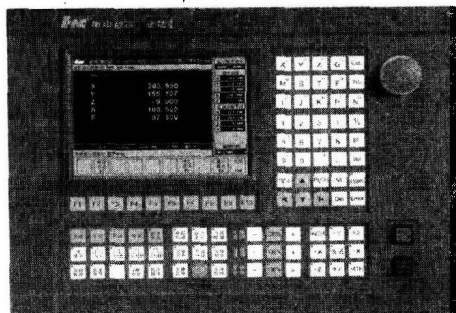


图 1-4 操作面板

表 1-1 控制介质与输入/输出设备

存储介质	输入设备	输出设备
电子盘 CF 卡、SD 卡等 U 盘 硬盘	键盘、输入按钮、开关	打印机、显示器、状态灯
	读卡器	
	USB 读/写控制电路 硬盘驱动器	

除此之外,还可采用通信方式进行信息交换,现代数控系统一般都具有利用通信

方式进行信息交换的能力。通信技术是实现 CAD/CAM 的集成、柔性制造系统 (flexible manufacturing system, FMS)、计算机集成制造系统 (computer integrated manufacturing system, CIMS) 和智能制造系统 (intelligent manufacturing system, IMS) 的基本技术。目前在数控机床上常用的通信方式有以下几种:

- (1) 串行通信, 如 RS232、RS 485、USB 等串口;
- (2) 网络与总线技术, 如 Internet、局域网, 以及现场总线、各种工业总线等;
- (3) 自动控制专用接口和规范, 如直接数字控制 (direct numerical control, DNC) 方式、制造自动化协议 (manufacturing automation protocol, MAP) 等。

3) CNC 装置

CNC 装置是计算机数控系统的核心, 它主要由计算机系统、位置控制板、PLC 接口板、通信接口板、扩展功能模块及相应的控制软件等模块组成。其主要作用是根据输入的零件加工程序或操作者命令进行相应的处理 (如运动轨迹处理、机床输入/输出处理等), 然后输出控制命令到相应的执行部件 (如伺服单元、驱动装置和可编程逻辑控制器 PLC 等), 完成零件加工程序或操作者命令所要求的工作。整个系统在 CNC 装置的协调配合、合理组织下有条不紊地工作。

4) 伺服单元、驱动装置和测量装置

伺服单元和驱动装置包括主轴伺服驱动装置和主轴电机 (本书所提的电机均为电动机)、进给伺服驱动装置和进给电机; 测量装置是指位置和速度测量装置, 它是实现速度闭环控制 (主轴、进给) 和位置闭环控制 (进给) 的必要装置。主轴伺服系统的主要作用是实现零件加工的切削运动, 其控制量为速度。进给伺服系统的主要作用是实现零件加工的成形运动, 其控制量为速度和位置。能灵敏、准确地跟踪 CNC 装置的位置和速度指令是它们的共同特征。

5) PLC、机床 I/O 电路和装置

PLC 用于实现与逻辑运算、顺序动作有关的 I/O 控制, 它由硬件和软件组成; 机床 I/O 电路和装置是用于实现 I/O 控制的执行部件 (由继电器、电磁阀、行程开关、接触器等组成的逻辑电路)。它们共同完成以下任务:

- (1) 接收 CNC 的 M、S、T 指令, 对其进行译码并转换成对应的控制信号, 控制辅助装置完成机床相应的开关动作;
- (2) 接收操作面板和机床侧的 I/O 信号, 送给 CNC 装置, 经其处理后, 输出指令控制 CNC 系统的工作状态和机床的动作。

1.2 数控机床的分类

数控机床的品种很多, 从不同角度对其进行考查, 就有不同的分类方法, 通常有如表 1-2 所示的几种不同分类方法。

表 1-2 数控机床的分类

分类方法	数控机床类型		
按运动控制方式分类	点位控制数控机床	直线控制数控机床	轮廓控制数控机床
按进给伺服系统的组成分类	开环控制数控机床	半闭环控制数控机床	全闭环控制数控机床
按功能水平分类	经济型数控机床	普及型数控机床	高档型数控机床
按工艺用途分类	金属切削数控机床	金属成形数控机床	特种加工数控机床

1.2.1 按运动控制方式分类

1. 点位控制数控机床

点位控制数控机床仅能控制两个坐标轴带动刀具相对于工件运动,从一个坐标位置快速移动到下一个坐标位置,然后控制第三个坐标轴进行钻、镗切削加工。这类数控机床具有较高的位置定位精度。为了提高生产效率,定位运动采用数控装置设定的最高进给速度;在移动过程中不进行切削加工,因此对运动轨迹没有要求。点位控制的数控机床用于加工平面内的孔系,主要有数控钻床、印刷电路板钻孔机、数控镗床、数控冲床、三坐标测量机等。

2. 直线控制数控机床

直线数控机床可控制刀具或工作台,使其以适当的进给速度,沿着平行于坐标轴的方向进行直线移动和切削加工,进给速度根据切削条件可在一定范围内调节。早期的简易两坐标轴数控车床可用于加工台阶轴;简易的三坐标轴数控铣床可用于平面的铣削加工;现代组合机床采用数控进给伺服系统,驱动动力头可带着多轴箱轴向进给进行钻、镗削加工,它也可以算做一种直线控制的数控机床。现在仅仅具有直线控制功能的数控机床已不多见。

3. 轮廓控制数控机床

轮廓控制数控机床具有控制几个坐标轴同时协调运动,即多坐标轴联动的能力,可使刀具相对于工件按程序规定的轨迹和速度运动,能在运动过程中进行连续切削加工,可实现联动加工是这类数控机床的本质特征。这类数控机床有数控车床、数控铣床、加工中心等用于加工曲线和曲面形状零件的数控机床。现代的数控机床基本上都是这种类型的。根据其联动轴数,还可细分为二轴、三轴、四轴、五轴联动数控机床,例如四轴三联动是指任一时刻只能控制任意三轴联动。联动坐标轴数越多,加工程序的编制就越难。

1.2.2 按进给伺服系统的组成分类

按数控系统的进给伺服系统有无位置测量装置,数控机床可分为开环数控机床和闭环数控机床两种。闭环数控机床根据位置测量装置安装的位置又可分为全闭环

数控机床和半闭环数控机床两种。

1. 开环数控机床

开环数控机床采用开环进给伺服系统,如图 1-5 所示。开环进给伺服系统没有位置测量装置,信号流是单向的(数控装置→进给系统),故系统稳定性好。但由于无位置反馈,精度相对较差,其精度主要取决于伺服驱动系统和机械传动机构的性能和精度。该系统一般以功率步进电机作为伺服驱动元件。它具有结构简单、工作稳定、调试方便、维修简单、价格低廉等优点,在精度和速度要求不高、驱动力矩不大的场合得到了广泛应用,一般用于经济型数控机床和旧机床的数控化改造。

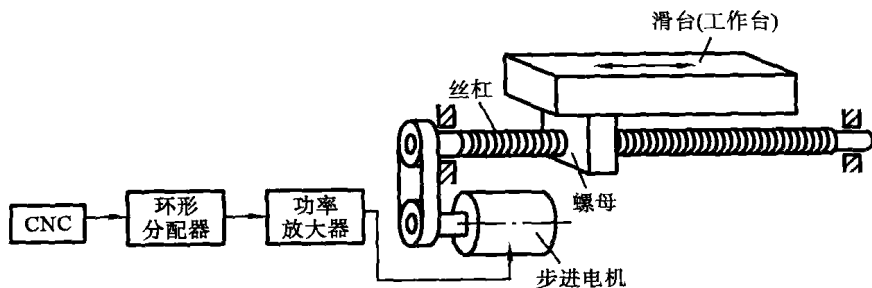


图 1-5 开环伺服驱动系统

2. 半闭环数控机床

半闭环数控机床的进给伺服系统采用的位置检测点是从驱动电机(常用交、直流伺服电机)或丝杠端引出,通过检测电机和丝杠旋转角度来间接检测工作台的位移量,而不是直接检测工作台的实际位置,如图 1-6 所示。由于在半闭环环路内不包括或只包括少量机械传动环节,因此可获得较稳定的控制性能,其系统稳定性虽不如开环系统,但比闭环系统要好。另外,由于在位置环内各组成环节的误差可得到某种程度的纠正,但不能消除位置环外的各环节如丝杠的螺距误差、齿轮间隙引起的运动误差。可通过软件补偿这类误差来提高其运动精度。总之,它的精度比开环系统好,比闭环系统差。因其具有结构简单、调试方便等特点,在现代 CNC 机床中得到了广泛应用。

3. 闭环数控机床

闭环进给伺服系统直接对工作台的实际位置进行检测,如图 1-7 所示。从理论上讲,闭环系统可以消除整个驱动和传动环节的误差、间隙和失动量,具有很高的位置控制精度。但由于位置环内的许多机械传动环节的摩擦特性、刚度和间隙都是非线性的,容易造成系统不稳定,因此闭环系统的设计、安装和调试都有相当的难度。因而,该系统对其组成环节的精度、刚度和动态特性等都有较高的要求,故价格昂贵。这类系统主要用于精度要求很高的镗铣床、超精车床、超精磨床及较大型的数控机床等。