

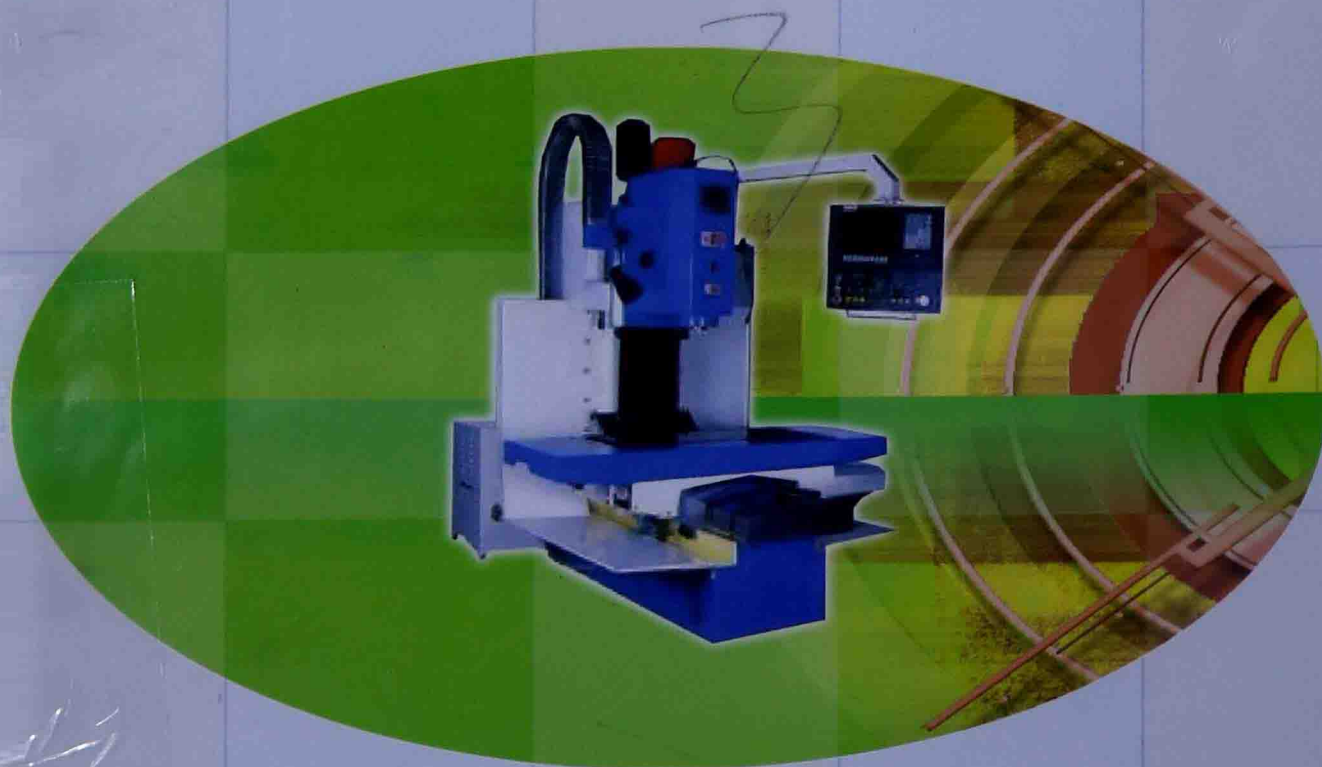


新世纪高职高专
机电类课程规划教材

数控机床

SHUKONG JICHUANG

新世纪高职高专教材编审委员会 组编
主 编 李新德



大连理工大学出版社
DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS



新世纪高职高专
机电类课程规划教材

数控机床

SHUKONG JICHUANG

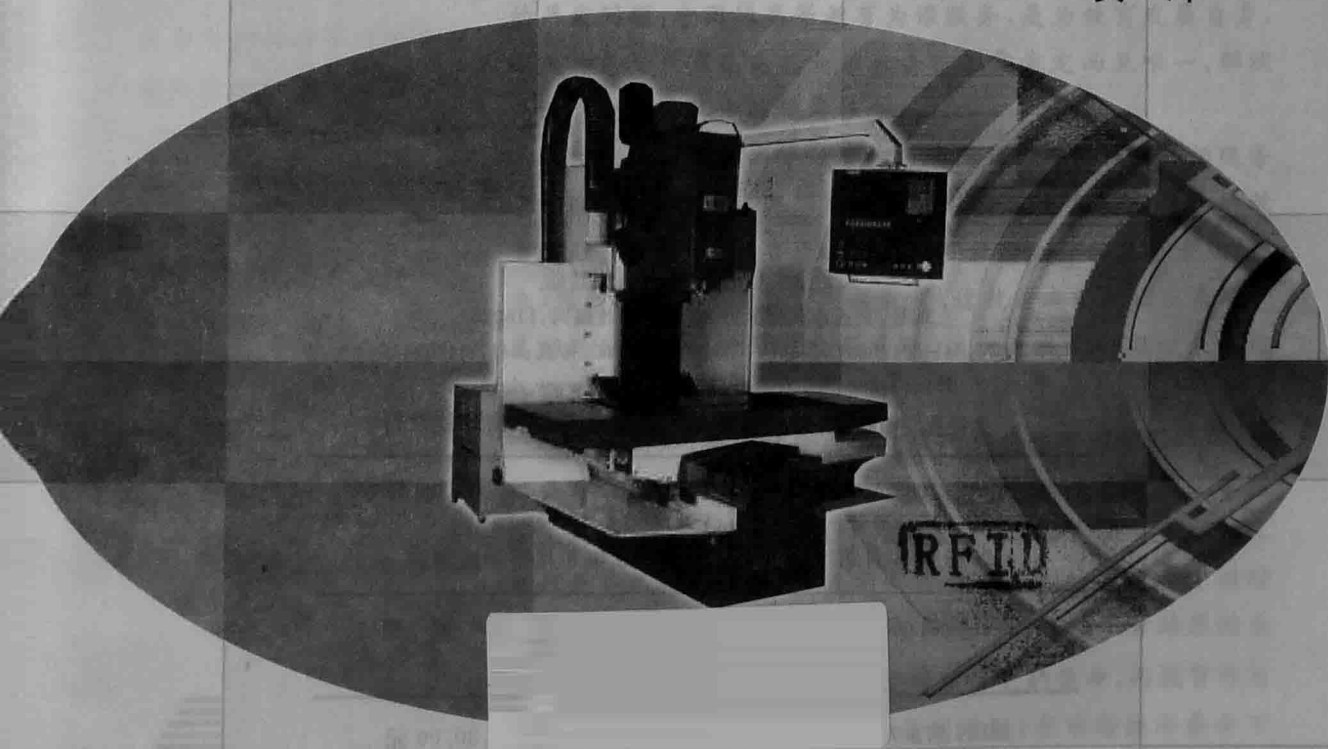
新世纪高职高专教材编审委员会 组编

主 编 李新德

副主编 董学勤 刘晓世

张艳玲 向文华

费 焱



大连理工大学出版社
DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

数控机床 / 李新德主编. — 大连 : 大连理工大学出版社, 2013.8

新世纪高职高专机电类课程规划教材

ISBN 978-7-5611-8147-8

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 195958 号

大连理工大学出版社出版

地址:大连市软件园路 80 号 邮政编码:116023

发行:0411-84708842 邮购:0411-84703636 传真:0411-84701466

E-mail:dutp@dutp.cn URL:http://www.dutp.cn

大连业发印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸:185mm×260mm 印张:12.5 字数:304 千字

印数:1~1500

2013 年 8 月第 1 版

2013 年 8 月第 1 次印刷

责任编辑:吴媛媛

责任校对:顿 锁

封面设计:张 莹

ISBN 978-7-5611-8147-8

定 价:30.00 元

总 序

我们已经进入了一个新的充满机遇与挑战的时代,我们已经跨入了 21 世纪的门槛。

20 世纪与 21 世纪之交的中国,高等教育体制正经历着一场缓慢而深刻的革命,我们正在对传统的普通高等教育的培养目标与社会发展的现实需要不相适应的现状作历史性的反思与变革的尝试。

20 世纪最后的几年里,高等职业教育的迅速崛起,是影响高等教育体制变革的一件大事。在短短的几年时间里,普通中专教育、普通高专教育全面转轨,以高等职业教育为主导的各种形式的培养应用型人才的教育发展到与普通高等教育等量齐观的地步,其来势之迅猛,发人深思。

无论是正在缓慢变革着的普通高等教育,还是迅速推进着的培养应用型人才的高职教育,都向我们提出了一个同样的严肃问题:中国的高等教育为谁服务,是为教育发展自身,还是为包括教育在内的大千社会?答案肯定而且唯一,那就是教育也置身其中的现实社会。

由此又引发出高等教育的目的问题。既然教育必须服务于社会,它就必须按照不同领域的社会需要来完成自己的教育过程。换言之,教育资源必须按照社会划分的各个专业(行业)领域(岗位群)的需要实施配置,这就是我们长期以来明乎其理而疏于力行的学以致用问题,这就是我们长期以来未能给予足够关注的教育目的问题。

众所周知,整个社会由其发展所需要的不同部门构成,包括公共管理部门如国家机构、基础建设部门如教育研究机构和各种实业部门如工业部门、商业部门,等等。每一个部门又可作更为具体的划分,直至同它所需要的各种专门人才相对应。教育如果不能按照实际需要完成各种专门人才培养的目标,就不能很好地完成社会分工所赋予它的使命,而教育作为社会分工的一种独立存在就应受到质疑(在市场经济条件下尤其如此)。可以断言,按照社会的各种不同需要培养各种直接有用人才,是教育体制变革的终极目的。



随着教育体制变革的进一步深入,高等院校的设置x是否会同社会对人才类型的不同需要一一对应,我们姑且不论。但高等教育走应用型人才培养的道路和走研究型(也是一种特殊应用)人才培养的道路,学生们根据自己的偏好各取所需,始终是一个理性运行的社会状态下高等教育正常发展的途径。

高等职业教育的崛起,既是高等教育体制变革的结果,也是高等教育体制变革的一个阶段性表征。它的进一步发展,必将极大地推进中国教育体制变革的进程。作为一种应用型人才培养的教育,它从专科层次起步,进而应用本科教育、应用硕士教育、应用博士教育……当应用型人才培养的渠道贯通之时,也许就是我们迎接中国教育体制变革的成功之日。从这一意义上说,高等职业教育的崛起,正是在为必然会取得最后成功的教育体制变革奠基。

高等职业教育还刚刚开始自己发展道路的探索过程,它要全面达到应用型人才培养的正常理性发展状态,直至可以和现存的(同时也正处在变革分化过程中的)研究型人才培养的教育并驾齐驱,还需要假以时日;还需要政府教育主管部门的大力推进,需要人才需求市场的进一步完善发育,尤其需要高职教学单位及其直接相关部门肯于做长期的坚忍不拔的努力。新世纪高职高专教材编审委员会就是由全国100余所高职高专院校和出版单位组成的旨在以推动高职高专教材建设来推进高等职业教育这一变革过程的联盟共同体。

在宏观层面上,这个联盟始终会以推动高职高专教材的特色建设为己任,始终会从高职高专教学单位实际教学需要出发,以其对高职教育发展的前瞻性的总体把握,以其纵览全国高职高专教材市场需求的广阔视野,以其创新的理念与创新的运作模式,通过不断深化的教材建设过程,总结高职高专教学成果,探索高职高专教材建设规律。

在微观层面上,我们将充分依托众多高职高专院校联盟的互补优势和丰裕的人才资源优势,从每一个专业领域、每一种教材入手,突破传统的片面追求理论体系严整性的意识限制,努力凸现高职教育职业能力培养的本质特征,在不断构建特色教材建设体系的过程中,逐步形成自己的品牌优势。

新世纪高职高专教材编审委员会在推进高职高专教材建设事业的过程中,始终得到了各级教育主管部门以及各相关院校相关部门的热忱支持和积极参与,对此我们谨致深深谢意,也希望一切关注、参与高职教育发展的同道朋友,在共同推动高职教育发展、进而推动高等教育体制变革的进程中,和我们携手并肩,共同担负起这一具有开拓性挑战意义的历史重任。

新世纪高职高专教材编审委员会

2001年8月18日

《数控机床》是新世纪高职高专教材编审委员会组编的机电类课程规划教材之一。

数控机床是一种技术含量很高的机、电、仪一体化的高效自动化机床,它综合了计算机技术、自动化技术、伺服驱动、精密测量和精密机械等领域新的技术成果。近年来,数控机床技术的迅速发展使得机械加工在柔性、精确性、可靠性等方面的功能越来越完善,许多企业逐步用数控机床替代了普通机床。随着各种数控机床的广泛应用,急需培养一大批掌握数控机床的原理、组成、结构、故障诊断和维护等相关知识的数控技术应用型人才,本教材就是为适应这种需求编写而成的。本教材比较全面地介绍了数控机床的产生与发展,数控机床的机械系统和数控系统,数控机床的选用、维修以及特种加工数控机床等方面的知识。

本教材遵循“以技能型、应用型人才培养为主,重在实践,理论以够用为度”的原则进行编写,旨在使学生熟悉数控机床的基本理论知识,熟悉数控机床的机械结构和控制,熟悉数控机床的保养与维修,并能把学到的知识应用到生产实践中。

本教材共7章,每章开篇都给出了本章要点、知识目标和能力目标,重点突出,层次分明,有利于学生的学习和对知识的掌握。本教材内容通俗易懂,图文并茂,形式活泼,语言精练,涉及面广,可操作性强,适合作为应用型高等院校及高职高专院校数控技术应用、机械工程及其自动化、机电一体化及其他相关专业的教材,也可作为从事加工制造业的技术人员或操作人员的参考书。



本教材由商丘职业技术学院李新德任主编,商丘职业技术学院董学勤、刘晓世、张艳玲及商丘技师学院向文华、沈阳建筑大学费焜任副主编,商丘职业技术学院吴卫刚、韩祥凤和商丘师范学院李飙参加了部分章节的编写。全书由李新德负责统稿和定稿。兰州职业技术学院胡宗政审阅了全书并提出了许多宝贵的意见和建议,在此深表感谢!

由于编者水平有限,教材中仍可能存在一些疏漏和不足之处,恳请各教学单位和读者在使用本教材时多提宝贵意见,以便下次修订时改进。

编 者

2013 年 8 月

所有意见和建议请发往:dutpgz@163.com

欢迎访问教材服务网站:<http://www.dutpbook.com>

联系电话:0411-84707424 84706676



第 1 章 数控机床概述	1
1.1 数控机床的基本知识	1
1.2 数控机床的组成和分类	5
1.3 数控机床的特点和适用范围	9
本章小结	10
思考练习题	11
第 2 章 数控系统	12
2.1 CNC 装置	12
2.2 CNC 系统硬件	18
2.3 CNC 系统软件	24
2.4 数控装置中的可编程控制器	30
2.5 数控插补原理	35
本章小结	44
思考练习题	45
第 3 章 数控机床的伺服系统	46
3.1 概 述	46
3.2 伺服电动机	49
3.3 检测装置	57
本章小结	69
思考练习题	69
第 4 章 数控机床的机械系统	70
4.1 概 述	70
4.2 数控机床的主传动系统	72
4.3 数控机床的进给传动系统	80
4.4 数控机床的支承件	91
4.5 数控机床的工作台	95
4.6 数控机床的自动换刀装置	102
4.7 其他辅助装置	111
本章小结	117
思考练习题	117

第5章 典型数控机床	118
5.1 数控车床	118
5.2 数控铣床	131
5.3 数控加工中心	139
本章小结	144
思考练习题	144
第6章 数控机床的安装与维护	146
6.1 数控机床的选择	146
6.2 数控机床的安装与调试	150
6.3 数控机床的检测	153
6.4 数控机床的维护与检修	156
本章小结	167
思考练习题	167
第7章 特种加工数控机床	168
7.1 数控电火花成形机床	168
7.2 数控电火花线切割机床	175
7.3 其他特种加工数控机床	183
本章小结	191
思考练习题	191
参考文献	192

第1章

数控机床概述

本章要点:数控机床的概念、产生和发展;数控机床的组成和分类;数控机床的特点和适用范围。

知识目标:掌握数控机床的概念、组成、分类和适用范围;了解数控机床的产生和特点。

能力目标:根据学到的知识能够认识数控机床各部分名称和作用,判断数控机床的类别。

1.1 数控机床的基本知识

1.1.1 数控机床的概念

数控即数字控制(Numerical Control,简称 NC),是 20 世纪中期发展起来的一种自动控制技术,是用数字化信号进行控制的一种方法。由于现代数控都采用了计算机控制,因此,也称为计算机数控(Computer Numerical Control,简称 CNC)。

采用数控技术进行控制的机床,称为数控机床。计算机数控是一种将数字计算技术应用用于机床的控制技术。它把机械加工过程中的各种控制信息用代码化的数字表示,通过信息载体输入数控装置,经运算处理后由数控装置发出各种控制信号,控制机床的动作,按图纸要求的形状和尺寸,自动地将零件加工出来。数控机床较好地解决了复杂、精密、小批量、多品种的零件加工问题,是一种柔性的、高效能的自动化机床,代表了现代机床控制技术的发展方向,是一种典型的机电一体化产品。

1.1.2 数控机床的产生和发展

数控机床的研制最早是从美国开始的。1948 年,美国帕森斯公司(Parsons Co.)在研制加工直升飞机桨叶轮廓用检查样板的加工机床任务时,提出了研制数控机床的初始设想。1949 年,在美国空军部门的支持下,帕森斯公司正式接受委托,与麻省理工学院伺服机构实验室(Servo Mechanism laboratory of the Massachusetts Institute of Technology)合作,开始从事数控机床的研制工作。经过三年时间的研究,于 1952 年试制成功世界上第一台数控机床试验性样机。这是一台采用脉冲乘法器原理的直线插补三坐标连续控制铣床。其数控系统全部采用电子管元件,数控装置的体积比机床本体还要大。后又经过三年的改进和自

动编程研究,于1955年进入实用阶段。一直到50年代末,由于价格和技术上的原因,数控机床局限在航空工业中应用,品种也多为连续控制系统。到了60年代,由于晶体管的应用,数控系统提高了可靠性且价格开始下降,一些民用工业开始发展数控机床,其中多数是钻床、冲床等点位控制的机床。数控技术不仅在机床上得到实际应用,而且逐步推广到焊接机、火焰切割机等,使数控技术不断地扩展应用范围。

20世纪80年代中后期,随着加工中心功能和结构的完善,显示了这种工序集中数控机床的优越性,开始出现车削中心、磨削中心等,使复合加工得到扩展,而不再局限于镗、铣等工序。90年代后期又进一步发展了车铣中心、镗铣中心、车磨中心等,近年来又出现由激光、电火花和超声波等特种加工方法与切削、磨削加工方法组合的复合机床,使复合加工技术成为推动机床结构和制造工艺发展的一个新热点。

自1952年美国研制成功第一台数控机床以来,随着电子技术、计算机技术、自动控制和精密测量等相关技术的发展,数控机床也在迅速地发展和不断地更新换代,先后经历了五个发展阶段。

第一代数控:1952~1959年采用电子管元件构成的专用数控装置(NC)。

第二代数控:从1959年开始采用晶体管电路的NC系统。

第三代数控:从1965年开始采用小、中规模集成电路的NC系统。

第四代数控:从1970年开始采用大规模集成电路的小型通用电子计算机控制的系统(CNC)。

第五代数控:从1974年开始采用微型电子计算机控制的系统(Microcomputer Numerical Control,简称MNC)。

第五代微机数控系统已取代了以往的普通数控系统,形成了现代数控系统。它采用微处理器及大规模或超大规模集成电路,具有很强的程序存储能力和控制功能。这些控制功能是由一系列控制程序(即存储在系统内的管理程序)来实现的。这种数控系统的通用性很强,几乎只需改变软件,就可以适应不同类型机床的控制要求,具有很大的柔性。随着集成电路规模的日益扩大,光缆通信技术应用到数控装置中,使其体积日益缩小,价格逐年下降,可靠性显著提高,功能也更加完善,数控装置的故障已从数控机床总的故障次数中占主导地位降到了很次要的地位。

进入90年代以来,由于计算机技术的飞速发展,推动数控机床技术更快的更新换代。世界上许多数控系统生产厂家利用PC机丰富的软硬件资源开发开放式体系结构的新一代数控系统(也称之为第六代数控)。开放式体系结构使数控系统有更好的通用性、柔性、适应性和扩展性,并向智能化、网络化方向大大发展。近几年许多国家纷纷研究开发这种系统,如美国科学制造中心(NCMS)与空军共同领导的“下一代工作站/机床控制器体系结构”NGC,欧共体的“自动化系统中开放式体系结构”OSACA,日本的OSEC计划等。开发研究成果已得到应用,如Cincinnati-Milacron公司从1995年开始在其生产的加工中心、数控铣床、数控车床等产品中采用了开放式体系结构的A2100系统。开放式体系结构可以大量采用通用微机的先进技术,如多媒体技术,实现声控自动编程、图形扫描自动编程等。数控系统继续向高集成度方向发展,每个芯片上可以集成更多个晶体管,使系统体积更小,更加小型化、微型化,可靠性大大提高。利用多CPU的优势,实现故障自动排除;增强通信功能,提高进线、联网能力。开放式体系结构的新一代数控系统,其硬件、软件和总线规范都是对

外开放的,由于有充足的软硬件资源可供利用,不仅使数控系统制造商和用户进行的系统集成得到有力的支持,而且也为用户的二次开发带来极大方便,促进了数控系统多档次、多品种的开发和广泛应用,既可通过升档或剪裁构成各种档次的数控系统,又可通过扩展构成不同类型数控机床的数控系统,开发生产周期大大缩短。这种数控系统可随 CPU 升级而升级,结构上不必变动。

最新一代的数控机床——并联机床(又称 6 条腿数控机床、并联运动学机器人、虚轴机床)——是数控机床在结构上取得的重大突破。1994 年,在美国芝加哥国际机床展览会(IMTS'94)上,美国 Giddings&Lewis 公司首次展出了 Variax 型并联运动机床,引起各国机床研究单位和生产厂家的重视。它是一台以 Stewart 平台为基础的五坐标立式加工中心,标志着机床设计开始采用并联机构,是机床结构重大改革的里程碑。

并联机床是以空间并联机构为基础,充分利用计算机数字控制的潜力,以软件取代部分硬件,以电气装置和电子器件取代部分机械传动,使将近两个世纪以来以笛卡尔坐标直线位移为基础的机床结构和运动学原理发生了根本变化。

1.1.3 我国数控机床发展概况

我国于 1958 年开始研制数控机床,到 60 年代末和 70 年代初,简易的数控机床已在生产中开始使用。它们以单板机作为控制核心,多以数码管作为显示器,用步进电动机作为执行元件。80 年代初,由于引进了国外先进的数控技术,我国的数控机床在质量和性能上都有了很大的提高。它们具有完备的手动操作面板和友好的人机界面,可以配直流或交流伺服驱动,实现半闭环或闭环的控制,能对 2~4 轴进行联动控制,具有刀库管理功能和丰富的逻辑控制功能。90 年代起,我国数控机床向高档数控机床方向发展。一些高档数控攻关项目通过国家鉴定并陆续在工程上得到应用。航天 I 型、华中 I 型、华中-2000 型等高性能数控系统,实现了高速、高精度和高效经济的加工效果,能完成高复杂度的五坐标曲面实时插补控制,加工出高复杂度的整体叶轮及复杂刀具,图 1-1 所示为我国生产的第一台数控机床。

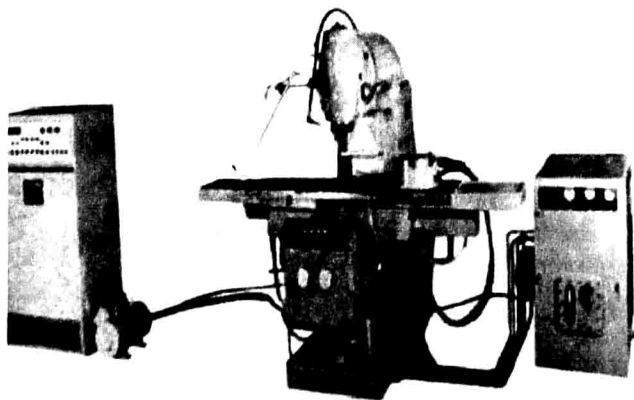


图 1-1 我国生产的第一台数控机床

1.1.4 当前数控机床技术发展趋势

1. 高速加工技术发展迅速

高速加工技术发展迅速,在高档数控机床中得到广泛应用。应用新的机床运动学理论和先进的驱动技术,优化机床结构,采用高性能功能部件,移动部件轻量化,减少运动惯性。

在刀具材料和结构的支持下,从单一的刀具切削高速加工,发展到机床加工全面高速化,如数控机床主轴的转速从每分钟几千转发展到几万转、几十万转;快速移动速度从每分钟十几米发展到几十米、超过百米;换刀时间从十几秒下降到10秒、3秒、1秒以下,换刀速度加快了几倍到十几倍。高速加工技术的应用使切削时间和辅助时间缩短,从而实现加工制造的高质量和高效率。

2. 精密加工技术有所突破

通过机床结构优化、制造和装配的精细化,数控系统和伺服控制的精密化,高精度功能部件的采用和温度、振动误差补偿技术的应用等,提高机床加工的几何精度、运动精度,减少几何误差和表面粗糙度。加工精度平均每8年提高1倍,从1950年至2000年50年内提升100倍。目前,精密数控机床的重复定位精度可以达到 $1\mu\text{m}$,进入亚微米超精加工时代。

3. 技术集成和技术复合趋势明显

技术集成和技术复合是数控机床技术最活跃的发展趋势之一,如工序复合型——车、铣、钻、镗、磨、齿轮加工技术复合,跨加工类别技术复合——金切与激光、冲压与激光、金属烧结与镜面切削复合等。目前已由机加工复合发展到非机加工复合,进而发展到零件制造和管理信息及应用软件的兼容,目的在于实现复杂形状零件的全部加工及生产过程集约化管理。技术集成和复合形成了新一类机床——复合机床,并呈现出复合机床多样性的创新结构。

4. 数字化控制技术进入了智能化的新阶段

数字化控制技术发展经历了三个阶段:数字化控制技术对机床单机控制;集合生产管理信息形成生产过程自动控制;生产过程远程控制,实现网络化和无人化工厂的智能化新阶段。智能化指工作过程智能化,利用计算机、信息、网络等智能化技术的有机结合,对数控机床加工过程实行智能监控和人工智能自动编程等。加工过程智能监控可以实现工件装卡定位自动找正,刀具直径和长度误差测量,加工过程刀具磨损和破损诊断,零件装卸物流监控,自动进行补偿、调整、自动更换刀具等。智能监控系统对机床的机械、电气、液压系统出现的故障自动诊断、报警、故障显示等,直至停机处理。随着网络技术的发展,远程故障诊断专家智能系统开始应用。数控系统具有在线技术后援和在线服务后援。人工智能自动编程系统能按机床加工要求对零件进行自动加工。在线服务可以根据用户要求随时接通INTERNET接受远程服务。采用智能技术来实现与管理信息融合下的重构优化的智能决策、过程适应控制、误差补偿智能控制、故障自诊断和智能维护等功能,大大提高成形和加工精度、提高制造效率。信息化技术在制造系统上的应用,发展成柔性制造单元和智能网络工厂,并进一步向制造系统可重组的方向发展。

5. 极端制造扩张新的技术领域

极端制造技术是指极大型、极微型、极精密型等极端条件下的制造技术。极端制造技术是数控机床技术发展的重要方向。重点研究微纳机电系统的制造技术,超精密制造、巨型系统制造等相关的数控制造技术、检测技术及相关的数控机床研制,如微型、高精度、远程控制手术机器人的制造技术和应用;应用于制造大型电站设备、大型舰船和航空航天设备的重型、超重型数控机床的研制;IT产业等高新技术发展需要的超精细加工和微纳米级加工技术,适应微小尺寸的微纳米级加工的新一代微型数控机床和特种加工机床的研制;极端制造领域的复合机床的研制等。

1.2 数控机床的组成和分类

1.2.1 数控机床的组成

数控机床的组成如图 1-2 所示。图中虚线框部分为计算机数控系统,即 CNC 系统,其中各方框为其组成模块,带箭头的连线表示各模块间的信息流向。图右边的实线框部分为计算机数控系统的控制对象——机床部分。下面分别介绍各模块的功能。

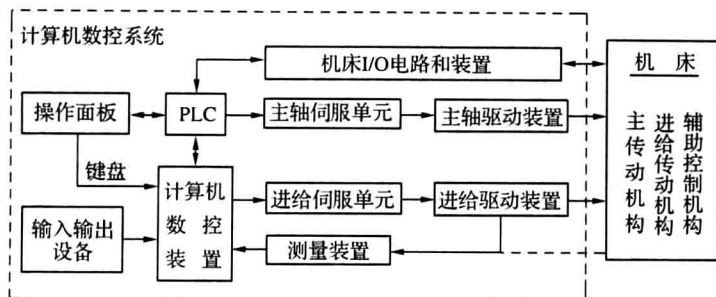


图 1-2 数控机床的组成

1. 操作面板(控制面板)

操作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。

2. 输入输出设备

输入输出设备是 CNC 系统与外部设备进行信息交互的装置。零件加工程序是交互的主要信息。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,或将 CNC 系统中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控制介质上。控制介质是记录零件加工程序的媒介。数控机床常用的控制介质有穿孔纸带(对应的输入输出设备分别是纸带阅读机和纸带穿孔机)、磁带和磁盘(对应的输入输出设备是磁盘驱动器)。

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。这种方式是实现 CAD/CAM 集成、柔性制造技术(FMS)和现代集成制造系统(CIMS)的基本技术。目前在数控机床上常采用的方式有:串行通讯(RS-232 等接口)、自动控制专用接口和规范(DNC 方式、MAP 协议等)、网络技术(Internet、LAN 等)。

3. 计算机数控(CNC)装置(或 CNC 单元)

计算机数控(CNC)装置是计算机数控系统的核心。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(伺服单元、驱动装置和 PLC 等),完成零件加工程序或操作者命令所要求的工作。所有这些都是由 CNC 装置协调配合、合理组织进行的,从而使整个系统能有条不紊地工作。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

能模块以及相应的控制软件等模块组成。

4. 伺服单元、驱动装置和测量装置

伺服单元和驱动装置是指主轴伺服驱动装置和主轴电动机、进给伺服驱动装置和进给电动机。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,其控制对象为速度。进给伺服系统的主要作用是实现零件加工的成形运动,其控制对象为速度和位置。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点。

5. PLC、机床 I/O 电路和装置

PLC(Programmable Logic Controller)用于完成与逻辑运算、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:接受 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;接受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。

6. 机床本体

机床是数控机床的主体,是数控系统的被控对象,是实现制造加工的执行部件。它主要由主运动部件、进给运动部件(工作台、拖板以及相应的传动机构)、支承件(立柱、床身等)以及特殊装置(刀具自动交换系统、工件自动交换系统)和辅助装置(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、抗振性等方面要求较高。

1.2.2 数控机床的工作过程

下面以数控车床为例说明数控机床的工作过程,如图 1-3 所示。



图 1-3 数控车床的工作过程

- (1) 首先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) 用规定的程序代码和格式规则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) 将加工程序的内容以代码形式完整记录在控制介质(如穿孔纸带或磁带)上。
- (4) 通过阅读机把控制介质上的代码转变为电信号,并输送给数控装置。由手工编写的程序,可以通过数控机床的操作面板输入;由编程软件生成的程序,可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(MCU)。
- (5) 数控装置将所接收的信号进行一系列处理后,再将处理结果以脉冲信号形式向伺服系统发出执行的命令。
- (6) 伺服系统接到执行的信息指令后,立即驱动车床进给机构严格按照指令的要求进行位移,使车床自动完成相应零件的加工。

1.2.3 数控机床的分类

当前数控机床的品种很多,结构、功能各不相同,通常可以按下述方法进行分类。

1. 按机床运动轨迹分类

按机床运动轨迹不同,可分为点位控制数控机床、直线控制数控机床和轮廓控制数控机床。

(1) 点位控制数控机床

点位控制(Positioning Control)又称为点到点控制(Point to Point Control)。刀具从某一位置向另一位置移动时,不管中间的移动轨迹如何,只要刀具最后能正确到达目标位置,就称为点位控制。

点位控制机床的特点是只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,为了尽可能地减少移动部件的运动时间和定位时间,两相关点之间的移动先以快速移动到接近定位点的位置,然后进行连续降速或分级降速,使之慢速趋近定位点,以保证其定位精度。点位控制加工示意图如图 1-4 所示。采用这种控制方案的有数控钻床、数控镗床、数控冲床等。其相应的数控装置称为点位控制数控装置。

(2) 直线控制数控机床

直线控制(Straight Cut Control)又称平行切削控制(Parallet Cut Control)。这类控制除了控制点到点的准确位置之外,还要保证两点之间移动的轨迹是一条直线,而且对移动的速度也有控制,因为这一类机床在两点之间移动时要进行切削加工。

直线控制数控机床的特点是刀具相对于工件的运动不仅要控制两相关点的准确位置(距离),还要控制两相关点之间移动的速度和轨迹,其轨迹一般由与各轴线平行的直线段组成。它和点位控制数控机床的区别在于当机床移动部件移动时,可以沿一个坐标轴的方向进行切削加工,而且其辅助功能比点位控制的数控机床多。直线控制加工示意图如图 1-5 所示。

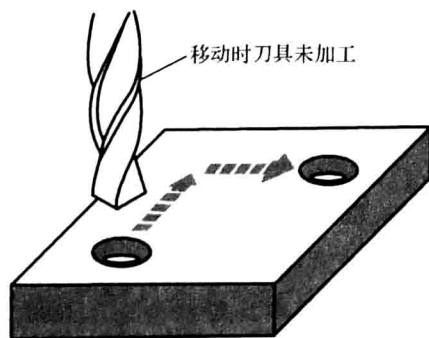


图 1-4 点位控制加工示意图

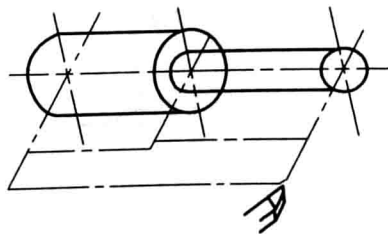


图 1-5 直线控制加工示意图

这类机床主要有经济型数控车床、数控磨床和数控镗铣床等,其相应的数控装置称为直线控制数控装置。

(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联动,具有插补功能。它不仅要控制加工过程中每一点的位

置和刀具移动速度,还要加工出任意形状的曲线或曲面。轮廓控制加工示意图如图 1-6 所示。

属于轮廓控制机床的有数控车床、数控铣床、加工中心等。其相应的数控装置称为轮廓控制数控装置。轮廓控制数控装置比点位控制数控装置、直线控制数控装置结构复杂,功能齐全。

2. 按机床控制的联动轴数分类

根据机床联动轴数不同,可细分为两轴联动数控机床、两轴半联动数控机床、三轴联动数控机床、四轴联动数控机床、五轴联动数控机床等。

(1)两轴联动。主要用于数控车床加工旋转曲面或数控铣床加工曲线柱面,如图 1-7 所示。

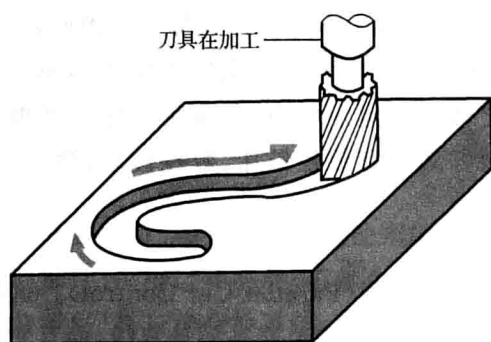


图 1-6 轮廓控制加工示意图

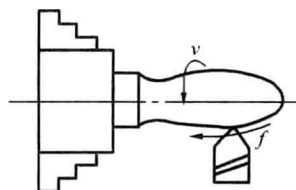


图 1-7 两轴联动加工

(2)两轴半联动。主要用于三轴以上机床的控制,其中任意两根轴联动,第三根轴作周期性进给。如图 1-8 所示为两轴半数控机床加工三维空间曲面。

(3)三轴联动。三轴联动是三个坐标轴 X 、 Y 、 Z 同时插补,是三维连续控制(图 1-9)。

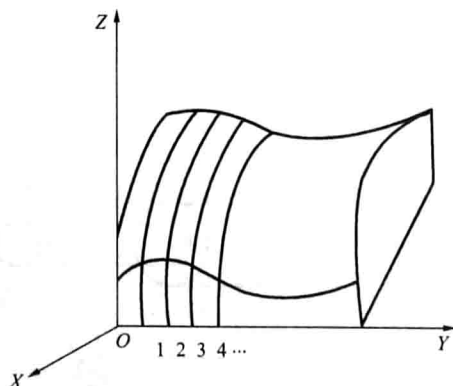


图 1-8 两轴半数控机床加工三维空间曲面

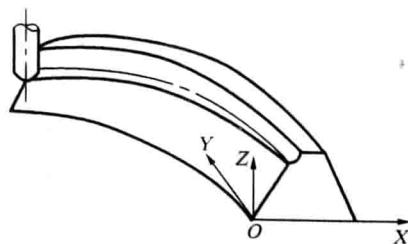


图 1-9 三轴联动加工

(4)四轴联动。同时控制 X 、 Y 、 Z 三个直线坐标轴与某一旋转坐标轴联动,如图 1-10 所示。

(5)五轴联动。五轴联动是一种很重要的加工形式(图 1-11),这时三个坐标轴 X 、 Y 、 Z 与工作台的回转、刀具的摆动同时联动(也可以是与两轴的数控转台联动,或刀具作两个方向的摆动)。由于刀尖可以按数学规律导向,使之垂直于任何双倍曲线平面,因此特别适合