

普通高等院校“十一五”规划教材
普通高等院校机械类精品教材



顾问 杨叔子 李培根

数控技术及装备

SHUKONG JISHU JI ZHUANGBEI

韩建海 主编

廖效果 主审

华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>





普通高等院校“十一五”规划教材
普通高等院校机械类精品教材

TG659/213

2007

顾 问 杨叔子 李培根

数控技术及装备



主 编 韩建海
副主编 胡东方 张明柱
主 审 廖效果

华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

数控技术及装备/韩建海 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2007年10月
ISBN 978-7-5609-4073-1

I. 数… II. 韩… 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(2007)第134830号

数控技术及装备

韩建海 主编

策划编辑:刘 锦

责任编辑:谢佩玲 万亚军

责任校对:张 梁

封面设计:潘 群

责任监印:张正林

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:华中科技大学印刷厂

开本:787mm×960mm 1/16

印张:22.75 插页:2

字数:486 000

版次:2007年10月第1版

印次:2007年10月第1次印刷

定价:34.80元

ISBN 978-7-5609-4073-1/TG·78

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本书为普通高等院校“十一五”规划教材、普通高等院校机械类精品教材。

全书共 8 章,包括数控技术概述、数控加工技术基础知识、数控编程技术、数控机床的操作、计算机数控装置、数控机床的驱动与位置控制、数控机床机械结构、数控机械设计实例等内容,每章均附有本章重点、难点和知识拓展以及一定数量的思考题与习题。本书的编写立足于数控理论知识和实际应用技术的恰当结合,以应用为本,融工艺、编程、操作、原理、机械结构和装备设计于一体。本书内容全面、丰富,重点突出,层次清楚,既包括基础理论,又包括实用技术和实用技能,强调知识的综合应用,力求体现先进性、实用性,反映了当今数控技术发展的新成就和新动向。

本书主要作为应用型本科院校的机械工程及其自动化、机械设计制造及其自动化、机械电子工程等机械类专业的教材,也可作为广大自学者及工程技术人员的自学和培训用书,对从事数控技术及装备开发设计和研究的科技人员也有一定的参考价值。

序

“爆竹一声除旧，桃符万户更新。”在新年伊始，春节伊始，“十一五规划”伊始，来为“普通高等院校机械类精品教材”这套丛书写这个“序”，我感到很有意义。

近十年来，我国高等教育取得了历史性的突破，实现了跨越式的发展，毛入学率由低于10%达到了高于20%，高等教育由精英教育而跨入了大众化教育。显然，教育观念必须与时俱进而更新，教育质量观也必须与时俱进而改变，从而教育模式也必须与时俱进而多样化。

以国家需求与社会发展为导向，走多样化人才培养之路是今后高等教育教学改革的一项重要任务。在前几年，教育部高等学校机械学科教学指导委员会对全国高校机械专业提出了机械专业人才培养模式的多样化原则，各有关高校的机械专业都在积极探索适应国家需求与社会发展的办学途径，有的已制定了新的人才培养计划，有的正在考虑深刻变革的培养方案，人才培养模式已呈现百花齐放、各得其所的繁荣局面。精英教育时代规划教材、一致模式、雷同要求的一统天下的局面，显然无法适应大众化教育形势的发展。事实上，多年来许多普通院校采用规划教材就十分勉强，而又苦于无合适教材可用。

“百年大计，教育为本；教育大计，教师为本；教师大计，教学为本；教学大计，教材为本。”有好的教材，就有章可循，有规可依，有鉴可借，有道可走。师资、设备、资料（首先是教材）是高校的三大教学基本建设。

“山不在高，有仙则名。水不在深，有龙则灵。”教材不在厚薄，内容不在深浅，能切合学生培养目标，能抓住学生应掌握的要言，能做

到彼此呼应、相互配套,就行,此即教材要精、课程要精,能精则名、能精则灵、能精则行。

华中科技大学出版社主动邀请了一大批专家,联合了全国几十个应用型机械专业,在全国高校机械学科教学指导委员会的指导下,保证了当前形势下机械学科教学改革的发展方向,交流了各校的教改经验与教材建设计划,确定了一批面向普通高等院校机械学科精品课程的教材编写计划。特别要提出的,教育质量观、教材质量观必须随高等教育大众化而更新。大众化、多样化决不是降低质量,而是要面向、适应与满足人才市场的多样化需求,面向、符合、激活学生个性与能力的多样化特点。“和而不同”,才能生动活泼地繁荣与发展。脱离市场实际的、脱离学生实际的一刀切的质量不仅不是“万应灵丹”,而是“千篇一律”的桎梏。正因为如此,为了真正确保高等教育大众化时代的教学质量,教育主管部门正在对高校进行教学质量评估,各高校正在积极进行教材建设、特别是精品课程、精品教材建设。也因为如此,华中科技大学出版社组织出版普通高等院校应用型机械学科的精品教材,可谓正得其时。

我感谢参与这批精品教材编写的专家们!我感谢出版这批精品教材的华中科技大学出版社的有关同志!我感谢关心、支持与帮助这批精品教材编写与出版的单位与同志们!我深信编写者与出版者一定会同使用者沟通,听取他们的意见与建议,不断提高教材的水平!

特为之序。

中国科学院院士
教育部高等学校机械学科指导委员会主任

杨红子

2006.1

前 言

数控技术及装备是现代先进制造技术的基础和核心,是发展新兴高新技术产业和尖端工业的使能技术和最基本的装备,是衡量一个国家国际竞争力的重要标志。它的技术水平和现代化程度决定着整个国民经济的水平和现代化程度。

随着数控技术及装备的发展与普及,现代企业对于懂得数控工艺、操作、编程、设计的技术人才的需求量越来越大,许多工科高校的学生和企业技术人员,都迫切期望了解和掌握数控技术及装备的各种知识与技能。为了适应这种发展的需要,根据高等院校应用型本科人才培养的教学要求,我们在普通高等院校机械类精品教材编委会的指导下,编写了本书。

本书编写的指导思想立足于数控理论知识和实际应用技术的最佳结合,融工艺、编程、操作、原理、机械结构和装备设计于一体,与当前企业对数控人才的需求相适应。本书强调数控应用能力的培养,以内容的系统性、先进性、实用性和完整性,更好地反映机械行业发展的需要。

全书共分8章。第1章为数控技术概述,主要介绍了数控机床、数控机床的种类及应用范围、现代数控技术在机械制造中的应用与发展;第2章为数控加工技术基础知识,介绍了数控加工的工艺处理、数控机床的刀具与工具系统、数控编程的基础知识;第3章为数控编程技术,介绍了数控车床编程、数控铣床和加工中心编程、数控自动编程技术;第4章为数控机床的操作,介绍了数控系统控制面板、数控机床的操作模式、数控机床的对刀、数控机床的刀具参数设置与自动换刀、数控机床的安全操作;第5章为计算机数控装置,介绍了CNC装置的硬件和软件结构、插补原理、刀具半径补偿原理、数控装置中的可编程控制器、开放式数控系统;第6章为数控机床的驱动与位置控制,介绍了进给和主轴驱动、检测元件;第7章为数控机床机械结构,介绍了数控机床的结构特点及要求、数控机床的进给运动及传动机构、数控机床的主传动系统及主轴部件、分度工作台和数控回转工作台、自动换刀机构和其他辅助装置;第8章为数控机械设计实例,介绍了装配机器人和典型数控铣床的设计方法。各章末均附有思考题与习题。

本书主要作为应用型本科院校的机械工程及其自动化、机械设计制造及其自动化、机械电子工程等机械类专业的教材,也可作为广大自学者及工程技术人员的自学和培训用书,对从事数控技术及装备开发设计和研究的科技人员也有一定的参考价值。

本书参考学时为64课时,有关章节内容可根据专业要求及学时情况酌情调整。

本书由河南科技大学老师参加编写,第1章由韩建海编写;第2章由韩建海,胡东方

编写;第3章由胡东方,杨丙乾编写;第4章由杨丙乾编写;第5章由彭晓南,张明柱编写;第6章由彭晓南,吴孜越编写;第7章由任小中编写;第8章由张明柱编写;全书由韩建海教授担任主编,胡东方、张明柱担任副主编,韩建海、胡东方完成了全书的统稿工作。

全书由华中科技大学的廖效果教授主审,他认真、仔细地审阅了全稿,提出了不少宝贵的意见和建议,编者在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中参阅了同行专家、学者的著作和一些院校的教材,在此谨致谢意。由于编者水平有限,书中难免存在不足和错误之处,敬请读者批评指正,以便进一步修改。

编 者
2007年7月

普通高等院校“十一五”规划教材

普通高等院校机械类精品教材

编审委员会

顾问: 杨叔子 华中科技大学

李培根 华中科技大学

总主编: 吴昌林 华中科技大学

委员: (按姓氏拼音顺序排列)

崔洪斌 河北科技大学

冯浩 景德镇陶瓷学院

高为国 湖南工程学院

郭钟宁 广东工业大学

韩建海 河南科技大学

孔建益 武汉科技大学

李光布 上海师范大学

李军 重庆交通大学

黎秋萍 华中科技大学出版社

刘成俊 重庆科技学院

柳舟通 黄石理工学院

卢道华 江苏科技大学

鲁屏宇 江南大学

梅顺齐 武汉科技学院

孟逵 河南工业大学

芮执元 兰州理工大学

汪建新 内蒙古科技大学

王生泽 东华大学

杨振中 华北水利水电学院

易际明 湖南工程学院

尹明富 天津工业大学

张华 南昌大学

张建钢 武汉科技学院

赵大兴 湖北工业大学

赵天婵 江汉大学

赵雪松 安徽工程科技学院

郑青春 天津理工大学

周广林 黑龙江科技学院

目 录

| | |
|-------------------------------|-------|
| 第 1 章 数控技术概述 | (1) |
| 1.1 数控机床简介 | (1) |
| 1.2 数控机床的种类及应用范围 | (6) |
| 1.3 现代数控技术在机械制造中的应用与发展..... | (16) |
| 思考题与习题 | (23) |
| 第 2 章 数控加工技术基础知识 | (24) |
| 2.1 数控加工的工艺处理..... | (24) |
| 2.2 数控机床的刀具与工具系统..... | (35) |
| 2.3 数控编程的基础知识..... | (45) |
| 思考题与习题 | (65) |
| 第 3 章 数控编程技术 | (66) |
| 3.1 数控车床编程..... | (66) |
| 3.2 数控铣床和加工中心编程..... | (84) |
| 3.3 数控自动编程技术 | (106) |
| 思考题与习题..... | (134) |
| 第 4 章 数控机床的操作 | (136) |
| 4.1 数控系统控制面板 | (136) |
| 4.2 数控机床的操作模式 | (155) |
| 4.3 数控机床的对刀 | (156) |
| 4.4 数控机床的刀具参数设置与自动换刀 | (162) |
| 4.5 数控机床的安全操作 | (164) |
| 思考题与习题..... | (169) |
| 第 5 章 计算机数控装置 | (170) |
| 5.1 概述 | (170) |
| 5.2 CNC 装置的硬件结构 | (175) |
| 5.3 CNC 装置的软件结构 | (183) |
| 5.4 CNC 装置的插补原理..... | (189) |
| 5.5 刀具半径补偿原理 | (201) |
| 5.6 数控装置中的可编程序控制器 | (204) |

| | |
|-------------------------------|-------|
| 5.7 开放式数控系统 | (210) |
| 思考题与习题 | (212) |
| 第6章 数控机床的驱动与位置控制 | (214) |
| 6.1 概述 | (214) |
| 6.2 开环进给伺服系统 | (219) |
| 6.3 闭环进给伺服系统 | (225) |
| 6.4 检测元件 | (242) |
| 思考题与习题 | (259) |
| 第7章 数控机床机械结构 | (260) |
| 7.1 数控机床的结构特点及要求 | (260) |
| 7.2 数控机床进给伺服系统的机械传动结构 | (262) |
| 7.3 数控机床的主传动系统 | (294) |
| 7.4 分度工作台和数控回转工作台 | (297) |
| 7.5 自动换刀装置 | (304) |
| 7.6 其他辅助装置 | (318) |
| 思考题与习题 | (323) |
| 第8章 数控机械设计实例 | (325) |
| 8.1 装配机器人 | (325) |
| 8.2 典型数控铣床设计实例 | (336) |
| 思考题与习题 | (355) |
| 参考文献 | (356) |

第 1 章 数控技术概述

由自动机床、组合机床和专用机床组成的自动化或半自动化生产线,是用于对大批量生产的产品进行高效加工的重要装备。但是,机械制造工业中,单件小批量生产的零件占机械加工总量的 75%~80%,尤其是宇航、造船、机床、重型机械及国防工业部门的一些零件,其精度要求高、形状复杂、加工批量小,且改型频繁、更新换代快,采用普通机床加工这些零件,效率低、劳动强度大,有时甚至不能加工。采用专用的自动机床加工这类零件显得很不合理,而调整或改装专用的“刚性”自动化生产线投资大,周期长,有时甚至不可能实现。为此,迫切需要一种灵活的、通用的、能够适应产品频繁变化的“柔性”自动化机床或生产线。这是一类什么样的装备?它们具有什么特点?其组成和工作原理如何?这类装备在机械制造工业中的应用前景怎么样?其发展状况如何?本章将揭开这层面纱。

1.1 数控机床简介

1.1.1 数控机床的基本概念

数字控制(NC, numerical control)是一种借助数字、字符或其他符号对某一工作过程(如加工、测量、装配等)进行自动控制的方法。

数控技术(numerical control technology)是指用数字量及字符发出指令并实现自动控制的技术,它是制造业实现自动化、柔性化和集成化生产的基础技术。由于计算机应用技术的发展,数控系统均采用了计算机数控,简称 CNC(computer numerical control),以区别于传统的 NC。

数控机床(numerical control machine tools)是用计算机通过数字信息来自动控制机械加工的机床。具体地说,数控机床通过编制程序,即通过数字(代码)指令来自动完成机床各个坐标的协调运动,正确地控制机床运动部件的位移量,并且按加工的动作顺序,自动控制机床各个部件的动作。数控机床是集计算机应用、自动控制、精密测量、微电子、机械加工等技术于一体的,一种具有高效率、高精度、高柔性和高自动化的机电一体化数控装备。

1.1.2 数控机床的特点

1. 数控机床的加工特点

1) 加工精度高、质量稳定

数控机床是以数字形式给出指令进行加工的,目前数控机床的脉冲当量(即每输出—

个脉冲后机床移动部件相应的移动量)可达到 $0.01\sim 0.0001\text{ mm}$,而且进给传动链的反向间隙与丝杆螺距误差等均可由数控装置进行补偿,因此,数控机床可以获得比机床本身精度更高的加工精度,且加工质量稳定。

2) 生产效率高

数控机床主轴转速和进给量的变化范围比普通机床大,每一道工序都可选用最佳的切削用量,这就有利于提高数控机床的切削效率。数控机床移动部件的快速移动和定位均采用加速、减速控制,并可选用很高的空行程运动速度,从而缩短了定位和非切削时间。工件装夹时间短,对刀、换刀快,更换被加工工件时几乎不需要重新调整机床,节省了工件安装调整时间。带有刀库和自动换刀装置的数控加工中心可实现多道工序的连续加工,生产效率的提高更为明显。与普通机床相比,数控机床的生产效率可提高 $2\sim 3$ 倍,有些可提高几十倍。

3) 适应性强

数控机床采用数字程序控制,当加工对象改变时,只要重新编制零件加工程序并输入,就能够实现对新零件的自动化加工。因此,在同一台机床上可实现对不同品种及尺寸规格零件的自动加工,无须制造、更换许多工具、夹具和检具,更不需要重新调整机床,这就使复杂结构的单件、小批量生产以及新产品试制非常方便。

4) 良好的经济效益

在使用数控机床加工零件时,虽然分摊到每个零件上的设备费用较高,但由于数控机床的适应性强,在单件、小批量生产情况下,可节省工艺装备费用和辅助生产工时、生产管理费用,以及降低废品率,从而使生产成本下降。此外,数控机床可实现一机多用。

5) 自动化程度高、劳动强度低

数控机床是按预先编制好的程序自动完成零件加工的,操作者一般只需装卸工件、操作键盘,无须进行繁杂的重复性手工操作,因而大大减轻了操作者的劳动强度和紧张程度,改善了劳动条件,还可减少对熟练技术工人的需求,可以一人管理多台机床加工。

6) 有利于实行现代化生产管理

采用数控机床加工,能方便地计算零件加工工时、生产周期和加工费用,并简化了检验程序以及工夹具和半成品的管理工作。利用数控系统的通信功能,采用数控标准代码,易于实现计算机联网,实现CAD/CAM一体化。

2. 数控机床的使用特点

1) 对操作、维修人员的要求

数控机床操作人员不仅应具有一定的工艺知识,还应在数控机床的结构、工作原理以及程序编制方面进行过专门的技术理论培训和操作训练,掌握操作和编程技能,并能对数控加工中出现的各种应急情况做出正确的判断和处理。数控机床维修人员应有较丰富的

理论知识和精湛的维修技术,并掌握相应的机、电、液专业知识,才能综合分析数控机床故障,判断故障点,实现高效维修,尽可能缩短故障停机时间。

2) 对夹具和刀具的要求

单件生产时一般采用通用夹具。批量生产时,为节省工时,应使用专用夹具,并要求夹具定位可靠,能实现自动夹紧,还应具有良好的排屑、冷却结构。

数控机床刀具应具有以下特点:较高的精度、寿命和几何尺寸稳定性;采用机夹不重磨式刀具,能实现机外预调、快速换刀;能很好地控制切屑的折断、卷曲和排出;具有良好的可冷却性能。

3. 数控机床的应用范围

一般来说,数控机床最适合加工具有以下特点的零件。

(1) 多品种,中、小批量生产的零件。由图 1-1(a)所示可看出,零件加工批量的增大对选用数控机床是不利的。原因在于数控机床价格昂贵,与大批量生产采用的专用机床相比,其生产效率还不够高。由图 1-1(b)所示可看出,在多品种,中、小批量生产情况下,采用数控机床的总费用更为合理,其中最小经济批量 N_{\min} ~ 最大经济批量 N_{\max} 是其适用范围。

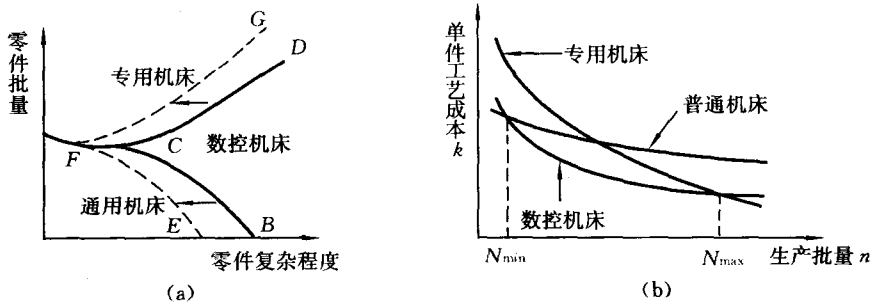


图 1-1 数控机床的适用范围

(2) 形状结构比较复杂的工件。由图 1-1(a)所示可看出,随着零件复杂程度和生产批量的变化,三种机床的应用范围也发生了变化。零件复杂程度愈高,数控机床显得愈适用。目前,随着数控机床的普及应用,其使用范围正由 BCD 线向 EFG 线复杂性较低的范围扩大。

(3) 需要频繁改型的工件。

(4) 需要最短生产周期的急需工件。

1.1.3 数控机床的工作原理及组成

1. 数控机床的工作原理

数控机床在加工工艺与表面成形方法上与普通机床基本相同,在实现自动控制的原理

理和方法上有很大的区别。数控机床是用数字化的信息来实现自动控制的。先将与加工零件有关的信息,即工件与刀具相对运动轨迹的尺寸参数、切削用量以及各种辅助操作等加工信息,用规定的文字、数字和符号组成代码,按一定的格式编写成加工程序,然后将加工程序输入数控装置。经过数控装置的处理、运算,按各坐标轴的移动分量送到各轴的驱动电路,经过转换、放大,用于伺服电动机的驱动,带动各轴运动,并进行反馈控制,使刀具、工件以及其他辅助装置严格按程序规定的顺序、轨迹和参数有条不紊地动作,从而加工出所需要的零件。

2. 数控机床的组成

数控机床一般由数控系统、伺服系统、主传动系统、强电控制装置、辅助装置和机床本体组成。图 1-2 所示为一种较典型的现代数控机床的组成框图。

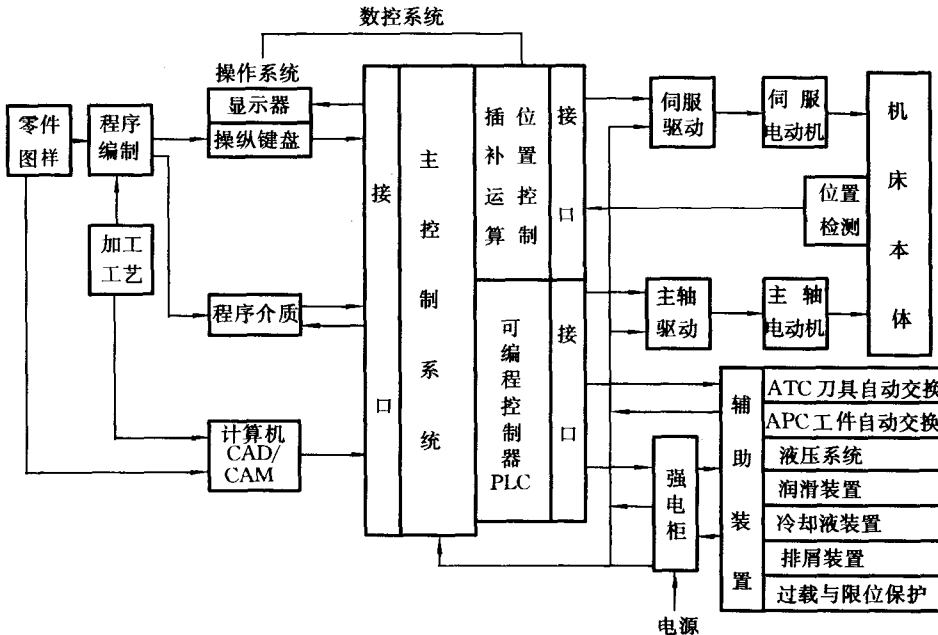


图 1-2 现代数控机床的组成框图

(1) 数控系统。数控系统是机床实现自动加工的核心,主要由操作系统、主控制系统、可编程控制器、各类 I/O 接口等组成。其主要功能有:多坐标控制和多种函数的插补功能,多种程序输入功能以及编辑和修改功能,信息转换功能,补偿功能,多种加工方法选择功能,显示功能,自诊断功能,通信和联网功能。其控制方式分为数据运算处理控制和时序逻辑控制两大类。其中,主控制器内的插补运算模块是通过译码、编译等信息处理,

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、速度反馈信号比较,控制机床各个坐标轴的位移。时序逻辑控制通常主要由可编程控制器 PLC 来完成,它根据机床加工过程对各个动作的要求进行协调,并按各检测信号进行逻辑判别,控制机床各个部件有条不紊地工作。

(2) 伺服系统。它是数控系统的执行部分,主要由伺服电动机、驱动控制系统及位置检测反馈装置等组成,并与机床上的执行部件和机械传动部件组成数控机床的进给系统。它根据数控装置发来的速度和位移指令控制运动部件的进给速度、方向和位移。伺服系统有开环、半闭环和闭环之分。在半闭环和闭环伺服系统中,还要使用位置检测装置去间接或直接测量执行部件的实际进给位移,并与指令位移进行比较,按闭环原理,将其误差转换放大后控制运动部件的进给。

(3) 主传动系统。它是机床切削加工时传递扭矩的主要部件之一。一般分为齿轮有级调速和电气无级调速两种类型。档次较高的数控机床都要求实现无级调速,以满足各种加工工艺的要求。它主要由主轴驱动控制系统、主轴电动机以及主轴机械传动机构等组成。

(4) 强电控制装置。强电控制装置通常也称为强电柜,是介于数控装置和机床机械、液压部件之间的控制系统,主要由各种中间继电器、接触器、变压器、电源开关、接线端子和各类电气保护元器件等构成。其主要作用是接收数控装置输出的主运动变速、刀具选择交换、辅助装置动作等指令信号,经必要的编译—逻辑判断—功率放大后直接驱动相应的电器、液压、气动和机械部件,完成指令所规定的动作。此外,行程开关和监控检测等开关信号也要经过强电控制装置送到数控装置进行处理。

(5) 辅助装置。它主要包括刀具自动交换装置(ATC, automatic tool changer)、工件自动交换装置(APC, automatic pallet changer)、工件夹紧放松机构、回转工作台、液压控制系统、润滑装置、冷却液装置、排屑装置、过载与限位保护装置等。

(6) 机床本体。它是指数控机床机械结构实体。它与普通机床相比,同样由主传动机构、进给传动机构、工作台、床身以及立柱等部分组成,但数控机床的整体布局、外观设计、传动机构、刀具系统及操作机构等具有如下特点。

- ① 采用高性能主传动及主轴部件。
- ② 进给传动采用高效传动件,一般采用滚珠丝杠螺母副、直线滚动导轨副等。
- ③ 具有较完善的刀具自动交换和管理系统。
- ④ 具有工件自动交换、工件夹紧与放松机构。
- ⑤ 床身机架具有很高的动、静刚度。
- ⑥ 采用全封闭罩壳。

1.2 数控机床的种类及应用范围

1.2.1 按工艺用途分类

1. 金属切削类数控机床

金属切削类数控机床可分为两类:一类是普通型数控机床,如数控车床、数控铣床等;另一类是加工中心,其主要特点是具有刀库和自动换刀机构,工件经一次装夹后,可以进行多种工序的加工。下面介绍几种典型数控机床及其应用。

1) 数控车床

数控车床又称为 CNC 车床。与普通车床相比,其结构上仍然是由主轴箱、刀架、进给传动系统、床身、液压系统、冷却系统、润滑系统等部分组成,只是数控车床的进给系统是采用伺服电动机,经滚珠丝杠传到滑板和刀架,实现纵向和横向进给运动。可见,数控车床进给传动系统的结构较普通车床大为简化。数控车床也有加工各种螺纹的功能。

(1) 数控车床的布局。数控车床的主轴、尾座等部件相对床身的布局形式与普通车床基本一致,而刀架和床身导轨的布局形式发生了根本的变化,这是因为刀架和床身导轨的布局形式直接影响数控车床的使用性能及车床的结构和外观。另外,数控车床上都设有封闭的防护装置。图 1-3 所示为某型数控车床的外观图。

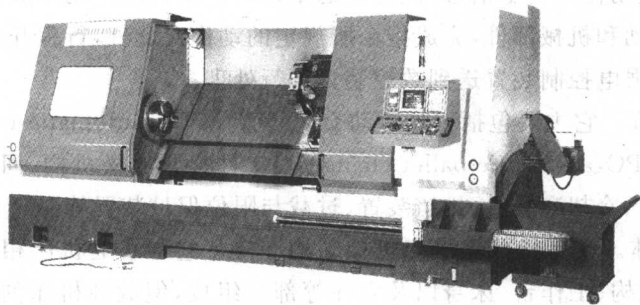


图 1-3 数控车床

① 床身和导轨的布局。数控车床床身与水平面的相对位置如图 1-4 所示,它有四种布局形式:图(a)所示为水平床身,图(b)所示为斜床身,图(c)所示为水平床身斜滑板,图(d)所示为立式床身。水平床身的工艺性好,便于导轨面的加工。水平床身配上水平放置的刀架可提高刀架的运动精度,一般用于大型数控车床或小型精密数控车床的布局。但是水平床身下部空间小,故排屑困难。从结构尺寸上看,刀架水平放置使得滑板横向尺寸较长,从而加大了车床宽度方向的结构尺寸。水平床身配上倾斜放置的滑板,并配置倾斜