



中等职业教育特色精品课程规划教材
中等职业教育课程改革项目研究成果

数控车工

shukong chegong

■ 主编 符兴承 马卫国



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

数控职业教育培养的是面向生产的技术型人才,数控车工是一门重要实践课,主要任务是为学习后续的相关专业课程和从事车削加工工作打好基础。根据中等职业学校学生情况及国内外教材编写经验,本书删去了较深的理论推导,突出基本概念与应用,叙述深入浅出,力求做到“通俗易懂、好教好学”的特点。

该书第一章介绍了数控车工的入门知识,第二章讲解了数控编程的相关知识,第三章介绍了数控车削加工工艺,第四章主要叙述了SIEMENS系统数控车床的操作与编程的知识,第五章讲解了FANUC系统数控编程与操作的相关知识,第六章讲述了数控车床的日常维护和零件精度的测量等知识。

版权专用 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

数控车工/符兴承,马卫国主编. —北京:北京理工大学出版社,2009. 8

ISBN 978 - 7 - 5640 - 2582 - 3

I. 数… II. ①符…②马… III. 数控机床:车床-车削-教材 IV. TG519.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第137381号

出版发行/北京理工大学出版社

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010) 68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址/http://www. bitpress. com. cn

经 销/全国各地新华书店

印 刷/北京通县华龙印刷厂

开 本/787毫米×1092毫米 1/16

印 张/6.75

字 数/172千字

版 次/2009年8月第1版 2009年8月第1次印刷

定 价/11.00元

责任校对/陈玉梅

责任印制/母长新

出版说明

中等职业教育是以培养具有较强实践能力,面向生产、面向服务和管理第一线职业岗位的实用型、技能型专门人才为目的的职业技术教育,是职业技术教育的初级阶段。目前,中等职业教育教学改革已经从专业建设、课程建设延伸到了教材建设层面。根据教育部关于要求发展中等职业技术教育,培养职业技术人才的大纲要求,北京理工大学出版社组织编写了《21世纪中等职业教育特色精品课程规划教材》。该系列教材是中等职业教育课程改革项目研究成果。坚持以能力为本位,以就业为导向,以服务学生职业生涯发展为目的的指导思想。主要从以下三个角度切入:

1. 从专业建设角度

该系列教材摒弃了传统普通高等教育和传统职业教育“学科性专业”的束缚,致力于中等职业教育“技术性专业”。主体内容由与一线技术工作相关联的岗位有关知识所构成,充分体现职业技术岗位的有效性、综合性和发展性,使得该系列教材不但追求学科上的完整性、系统性和逻辑性,而且突出知识的实用性、综合性,把就业岗位所需要的知识和实践能力的培养融于一炉。

2. 从课程建设角度

该系列教材规避了现有的中等职业教育教材内容上的“重理论轻实践”、“重原理轻案例”,教学方法上的“重传授轻参与”、“重课堂轻现场”,考核评价上的“重知识的记忆轻能力的掌握”、“重终结性的考试轻形成性考核”的倾向,力求在整体教材内容体系以及具体教学方法指导、练习与思考等栏目中融入足够的实训内容,加强实践性教学环节,注重案例教学和能力的培养,使职业能力的提升贯穿于教学的全过程。

3. 从人才培养模式角度

该系列教材为了切合中等职业教育人才培养的产学结合、工学交替培养模式,注重有学就有练、学完就能练、边学边练的同步教学,吸纳新技术引用、生产案例等情景来激活课堂。同时,为了结合学生将来因为岗位或职业的变动而需要不断学习的实际,注重对新知识、新工艺、新方法、新标准引入,在培养学生创造能力和自我学习能力的培养基础上,力争实现学生毕业与就业上岗的零距离。

为了贯彻和落实上述指导思想,在本系列教材的内容编写上,我们坚持以下一些原则:

1. 适应性原则

在进行广泛的社会调查基础上,根据当今国家的政策法规、经济体制、产业结

构、技术进步和管理水平对人才的结构需求来确定教材内容。依靠专业自身基础条件和发展的可行性,以相关行业和区域经济状况为依托,特别强调面向岗位群体的指向性,淡化行业界限、看重市场选择的用人趋势,保证学生的岗位适应能力得到训练,使其有较强的择业能力,从而使教材有活力、有质量。

2. 特色性原则

在调整原有专业内容和设置专业新兴内容时,注意保留和优化原有的、至今仍适应社会需求的内容,但随着社会发展和科技进步,及时充实和重点落实与专业相关的新内容。“特色”主要是体现为“人无我有”,“人有我精”或“众有我新”,科学预测人才需求远景和人才培养的周期性,以适当超前性专业技术来引领教材的时代性。结合一些一线工作的实际需要和一些地方用人单位的区域资源优势、支柱产业及其发展方向,参考发达地区的发展历程,力争做到专业课内容的成熟期与人才需求的高峰期相一致。

3. 宽口径性原则

拓宽教材基础是提高专业适应性的重要保证之一。市场体制下的人才结构变化加快,科技迅猛发展引起技术手段不断更新,用人机制的改革使人才转岗频繁,由此要求大部分专门人才应是“复合型”的。具体课程内容应是当宽则宽,当窄则窄。在紧扣本专业课程内容基础上延伸或派生出一些适应需求的与其他专业课相关的综合技能。既满足了社会需求又充分锻炼学生的综合能力,挖掘了其潜力。

4. 稳定性和灵活性原则

中职职业教育的专业课程都有其内核的稳定性,这种内核主要是体现在其基本理论,基础知识等方面。通过稳定性形成专业课程教材的专业性特点,但同时以灵活的手段结合目标教学和任务教学的形式,设置与生产实践相切合的项目,推进教材教学与实际工作岗位对接。

为了更好地落实本教材的指导思想和编写原则,教材的编写者都是既有一定的教学经验、懂得教学规律,又有较强实践技能的专家,他们分别是:相关学科领域的专家;中等职业教育科研带头人;教学一线的高级教师。同时邀请众多行业协会合作参与编写,将理论性与实践性高度统一,打造精品教材。另外,还聘请生产一线的技术专家来审读修订稿件,以确保教材的实用性、先进性、技术性。

总之,该系列教材是所有参与编写者辛勤劳作和不懈努力的成果,希望本系列教材能为职业教育的提高和发展作出贡献。

北京理工大学出版社

前 言



数控技术的应用不但给传统制造业带来了革命性的变化，使制造业成为工业化的象征，而且随着数控技术的不断发展和应用领域的扩大，它对国计民生的一些重要行业（IT、汽车、轻工、医疗等）的发展起着越来越重要的作用；因为这些行业所需装备的数字化已是现代发展的大趋势。因此社会需要大量的数控编程和操作的技术型应用人才，本书力求把数控车床编程和操作知识讲解的浅显易懂，使更多的人更快地掌握数控加工的相关知识。

数控职业教育培养的是面向生产的技术型人才，数控车工是一门重要实践课，主要任务是为学习后续的相关专业课程和从事车削加工工作打好基础。根据中等职业学校学生情况及国内外教材编写经验，本书删去了较深的理论推导，突出基本概念与应用，叙述深入浅出，力求做到“通俗易懂、好教好学”的特点。

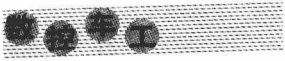
该书第一章介绍了数控车工的入门知识，第二章讲解了数控编程的相关知识，第三章介绍了数控车削加工工艺，第四章主要叙述了SIEMENS系统数控车床的操作与编程的知识，第五章讲解了FANUC系统数控编程与操作的相关知识，第六章讲述了数控车床的日常维护和零件精度的测量等知识。

在本书编写过程中参考了大量的文献资料，在此对其作者一并表示感谢。由于作者水平有限，加上时间仓促，书中难免存在不足之处，恳请读者多提宝贵意见，以便进一步修改。

编 者

目 录

第一章 数控车工入门知识	1
第一节 数控机床的发展历程.....	1
第二节 数控车床的分类.....	4
第三节 数控车床的组成及特点.....	6
第四节 数控车床的工作过程及加工对象.....	9
第二章 数控车床编程	12
第一节 数控车床编程基础知识	12
第二节 数控车床编制过程	13
第三节 数控编程的结构与格式	15
第三章 数控车削加工	18
第一节 数控车床的坐标系	18
第二节 数控车床刀架及工具系统	21
第三节 对刀操作	23
第四节 数控车削加工工艺	27
第四章 SIEMENS 系统数控车床的编程与操作	32
第一节 SIEMENS 802S/802C 控制面板操作	32
第二节 数控车床的操作	38
第三节 螺纹加工	42



第五章 FANUC 系统数控编程与操作	47
第一节 SFANUC -0i 系统功能指令介绍	47
第二节 FANUC -0i 系统数控车床的操作	50
第三节 等螺距螺纹切削指令 G32	59
第四节 综合件的加工	64
第六章 数控车床的日常维护和零件精度的测量	75
第一节 数控机床的维护保养	75
第二节 数控机床的故障维修	77
第三节 零件精度的测量	80
附录一 FANUC 系统各键说明	87
附录二 数控车工国家职业标准	90

数控车工入门知识



本章概述

本章主要讲述了数控车床的发展历程,从产生到发展,还简述了数控车床的分类;最后讲解了数控车床的组成及特点和数控车床的工作过程及加工对象。



教学目标

1. 了解数控机床的产生和发展历程。
2. 了解车床的分类。
3. 掌握数控车床的组成及特点。
4. 了解车床的工作原理。
5. 掌握数控车床的主要加工对象。

* * * * *

第一节 数控机床的发展历程

一、数控与数控机床的概念

数控(Numerical Control, NC)技术是指用数字、文字和符号组成的数字指令来实现一台或多台机械设备动作控制的技术。数控一般是采用通用或专用计算机实现数字程序控制,因此数控也称为计算机数控(Computer Numerical Control, CNC)国外一般都称为CNC,很少再用NC这个概念了。

数控技术的机床,就是采用了数控技术的车床;或者说是装备了数控系统的机床。从数控车床应用来说就是将加工零件过程所需的如主轴开和停、刀具移动和切削加工、松夹工件、换刀具位、主轴变速、开停切削等各种操作和工序步骤,以及刀具与工件之间的速度、方向等相对位移量都用数字化的代码来表示,将这些代码输入数控系统,数控系统对输入的代码进行处理与运算后发出各种指令控制伺服系统或其他辅助装置,使机床自动完成各种动作从而加工出所需的零件。



二、数控机床的产生

在现代机械制造业中,按年生产数量的多少,可分为单件小批生产、中批生产和大批生产,三种生产方式要相应采用不同的设备,以求获得良好的经济效益。

在机械制造中,有75%~80%属于单件小批量生产,一般多采用普通机床加工。这对一般工人的技术水平要求较高,且手工操作机床,生产效率难以提高。特别是对一些精密复杂的零件,在普通机床加工时,困难较多,有的甚至难以实现,为了解决对复杂零件加工的自动化问题,过去人们采用带靠模的仿形机床进行加工,但模具的制造、安装、调整都要付出大量的手工劳动,而且加工零件的精度要直接受到模具自身精度的影响。

实际上,数控机床的产生与计算机的诞生密切相关。1946年,世界上第一台电子计算机产生了,人们开始设想能否用电子计算机来协助人类解决复杂零件的加工问题。1952年试制成功了世界上第一台由电子计算机控制的三坐标立式铣床。后来,经过改进并发展自动编程技术研究,于1955年进入实用阶段,投产了100台类似产品,这对于加工复杂曲线、曲面和美国飞机工业的发展起了重要的作用。

人们把电子计算机以数字指令方式控制机床动作的技术称为数字控制技术,简称数控,采用数控技术的机床,称为数控机床。国际信息联盟第五技术委员会对数控机床做了如下定义:数控机床是一个装有程序控制系统的机床。该系统能够逻辑地处理具有使用号码或其他符号编码指令规定的程序。定义中的控制系统就是数控系统。

我国自1958年由清华大学和北京机床研究所联合研制国内第一台101数控机床以来,数控技术发展较快。特别是改革开放以来,由于引进国外的数控和伺服系统,使我国数控机床在品种、数量和质量方面都得到迅速发展。1986年,我国数控机床开始进入国际市场,从20世纪90年代起,数控机床已向高档方向发展。如图1-1所示为我国第一台数控车床。

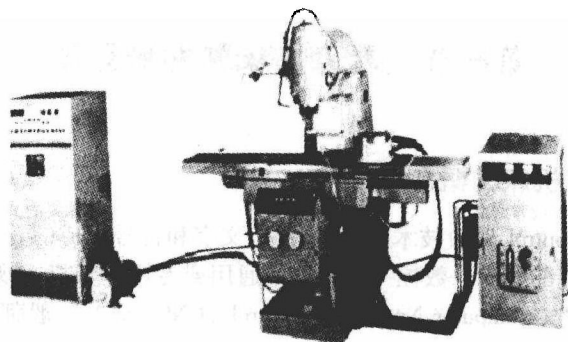


图 1-1 我国第一台数控车床

三、数控机床的发展

数控机床自诞生已有50多年的时间了。随着电子元器件的更新换代,数控系统也不断发展,特别是超大规模集成电路技术和微处理器引入数控系统,以及直流伺服和交流伺服驱动技术的成熟,大大推动了数控机床的发展。今天的数控机床已发展成为一种高度机电一体化的产品。

为了满足市场和科学技术发展的需要,为了达到现代制造技术对数控技术提出的更高的要求,数控机床未来仍然继续向开放式、基于 PC 的第六代方向、高速化和高精度化、智能化等方向发展。

1. 开放式

为适应数控进线、联网、普及型个性化、多品种、小批量、柔性化及数控迅速发展的要求,最重要的发展趋势是体系结构的开放性,设计生产开放式的数控系统,例如美国及日本发展开放式数控的计划等。

2. 基于 PC 的第六代方向

基于 PC 所具有的开放性、低成本、软硬件资源丰富等特点,更多的数控系统生产厂家走上这条道路。至少采用 PC 机作为它的前端机,来处理人机界面、编程、联网通信等问题,由原有的系统承担数控的任务。PC 机所具有的友好的人机界面,将普及到所有的数控系统。远程通信、远程诊断和维修将更加普遍。

3. 高速化、高效化

机床向高速化方向发展,可充分发挥现代刀具材料的性能,不但可大幅度提高加工效率、降低加工成本,而且还可提高零件的表面加工质量和精度。超高速加工技术对制造业实现高效、优质、低成本生产有广泛的适用性。20 世纪 90 年代以来,随着超高速切削机理、超硬耐磨长寿命刀具材料和磨料磨具,大功率高速电主轴、高加/减速度直线电机驱动进给部件以及高性能控制系统(含监控系统)和防护装置等一系列技术领域关键技术的解决,欧、美、日各国争相开发应用新一代高速数控机床,加快机床高速化发展步伐。高速主轴单元(电主轴,转速 15 000 ~ 100 000r/min)、高速且高加/减速度的进给运动部件(快移速度 60 ~ 120m/min,切削进给速度高达 60m/min)、高性能数控和伺服系统以及数控工具系统都出现了新的突破,达到了新的技术水平。

根据高效率、大批量生产需求和电子驱动技术的飞速发展,高速直线电机的推广应用,开发出一批高速、高效的高速响应的数控机床以满足汽车、农机等行业的需求。还由于新产品更新换代周期加快,模具、航空、军事等工业的加工零件不但复杂而且品种增多。

4. 高精度化

精密化是为了适应高新技术发展的需要,也是为了提高普通机电产品的性能、质量和可靠性,减少其装配时的工作量从而提高装配效率的需要。从精密加工发展到超精密加工(特高精度加工),是世界各工业强国致力发展的方向。其精度从微米级到亚微米级,乃至纳米级($<10\text{nm}$),其应用范围日趋广泛。超精密加工主要包括超精密切削(车、铣)、超精密磨削、超精密研磨抛光以及超精密特种加工(三束加工及微细电火花加工、微细电解加工和各种复合加工等)。随着现代科学技术的发展,对超精密加工技术不断提出了新的要求。新材料及新零件的出现,更高精度要求的提出等都需要超精密加工工艺,发展新型超精密加工机床,完善现代超精密加工技术,以适应现代科技的发展。

随着高新技术的发展和对机电产品性能与质量要求的提高,机床用户对机床加工精度的要求也越来越高。为了满足用户的需要,近 10 多年来,普通级数控机床的加工精度已由 $\pm 10\mu\text{m}$ 提高到 $\pm 5\mu\text{m}$,精密级加工中心的加工精度则从 $\pm 3 \sim \pm 5\mu\text{m}$ 提高到 $\pm 1 \sim \pm 1.5\mu\text{m}$ 。

5. 高可靠性

数控系统的可靠性要高于被控设备的可靠性在一个数量级以上,但也不是可靠性越高越好,仍然是适度可靠,因为是商品,受性能价格比的约束。对于每天工作两班的无人工厂而言,

如果要求在 16 小时内连续正常工作,无故障率 $P(t) = 99\%$ 以上的话,则数控机床的平均无故障运行时间 MTBF 就必须大于 3 000 小时。MTBF 大于 3 000 小时,对于由不同数量的数控机床构成的无人化工厂差别就大多了,我们只对一台数控机床而言,如主机与数控系统的失效率之比为 10:1 的话(数控的可靠比主机高一个数量级)。此时数控系统的 MTBF 就要大于 33 333.3 小时,而其中的数控装置、主轴及驱动等的 MTBF 就必须大于 10 万小时。

6. 智能化

随着人工智能在计算机领域的不断渗透和发展,数控系统的智能化程度将不断提高,智能化的内容包括在数控系统中的各个方面。

- 应用自适应控制技术 数控系统能检测过程中一些重要信息,并自动调整系统的有关参数,达到改进系统运行状态的目的。

- 引入专家系统指导加工 将熟练工人和专家的经验,加工的一般规律和特殊规律存入系统中,以工艺参数数据库为支撑,建立具有人工智能的专家系统。

- 引入故障诊断专家系统

- 智能化数字伺服驱动装置 可以通过自动识别负载,而自动调整参数,使驱动系统获得最佳的运行。

综上所述,由于数控机床不断采纳科学技术发展中的各种新技术,使得其功能日趋完善,数控技术在机械加工中的地位也显得越来越重要,数控机床的广泛应用是现代制造业发展的必然趋势。

第二节 数控车床的分类

数控车床可分为卧式和立式两大类。卧式车床又有水平导轨和倾斜导轨两种。档次较高的数控卧式一般都采用倾斜导轨。按刀架数量分类,又可分为单刀架数控车床和双刀架数控车床,前者是两坐标控制,后者是四坐标控制。双刀架卧式多数采用倾斜导轨。

数控车床与普通车床一样,也是用来加工零件旋转表面的。一般能够自动完成外圆柱面、圆锥面、球面以及螺纹的加工,还能加工一些复杂的回转面,如双曲面等。车床和普通车床的工件安装方式基本相同,为了提高加工效率,数控车床多采用液压、气动和电动卡盘。

数控车床的外形与普通车床相似,即由床身、主轴箱、刀架、进给系统、冷却和润滑系统等部分组成。数控车床的进给系统与普通车床有质的区别,传统普通车床有进给箱和交换齿轮架,而数控车床是直接用电机通过滚珠丝杠驱动溜板和刀架实现进给运动,因而进给系统的结构大为简化。

数控车床品种繁多,规格不一,可按如下方法进行分类。

一、按车床主轴位置分类

(1) 立式数控车床 立式数控车床简称为数控立车,其车床主轴垂直于水平面,一个直径很大的圆形工作台,用来装夹工件。这类机床主要用于加工径向尺寸大、轴向尺寸相对较小的大型复杂零件,如图 1-2 所示。

(2) 卧式数控车床 卧式数控车床又分为数控水平导轨卧式车床和数控倾斜导轨卧式车床。其倾斜导轨结构可以使车床具有更大的刚性,并易于排除切屑,如图 1-3 所示。

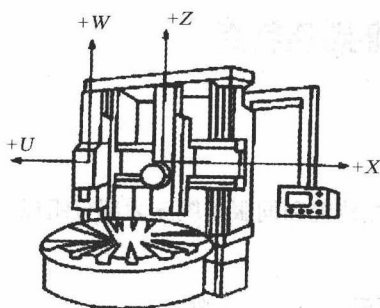


图 1-2 立式数控车床

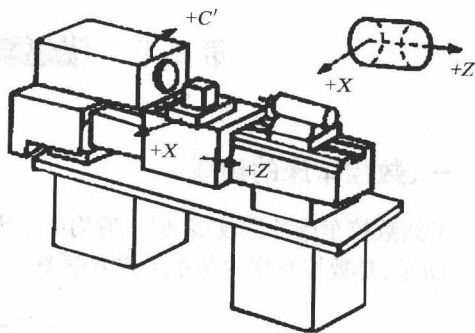


图 1-3 卧式数控车床

二、按加工零件的基本类型分类

(1) 卡盘式数控车床 这类车床没有尾座,适合车削盘类(含短轴类)零件。夹紧方式多为电动或液动控制,卡盘结构多具有可调卡爪或不淬火卡爪(即软卡爪)。

(2) 顶尖式数控车床 这类车床配有普通尾座或数控尾座,适合车削较长的零件及直径不太大的盘类零件。

三、按刀架数量分类

(1) 单刀架数控车床 数控车床一般都配置有各种形式的单刀架,如四工位卧动转位刀架或多工位转塔式自动转位刀架。

(2) 双刀架数控车床 这类车床的双刀架配置平行分布,也可以是相互垂直分布。

四、按功能分类

(1) 经济型数控车床 采用步进电动机和单片机对普通车床的进给系统进行改造后形成的简易型数控车床,成本较低,但自动化程度和功能都比较差,车削加工精度也不高,适用于要求不高的回转类零件的车削加工。

(2) 普通数控车床 根据车削加工要求在结构上进行专门设计并配备通用数控系统而形成的数控车床,数控系统功能强,自动化程度和加工精度也比较高,适用于一般回转类零件的车削加工。这种数控车床可同时控制两个坐标轴,即 X 轴和 Z 轴。

(3) 车削加工中心 在普通数控车床的基础上,增加了 C 轴和动力头,更高级的数控车床带有刀库,可控制 X 、 Z 和 C 三个坐标轴,联动控制轴可以是 (X, Z) 、 (X, C) 或 (Z, C) 。由于增加了 C 轴和铣削动力头,这种数控车床的加工功能大大增强,除可以进行一般车削外,可以进行径向和轴向铣削、曲面铣削、中心线不在零件回转中心的孔和径向孔的钻削等加工,其他分类方法:

按数控系统的不同控制方式等指标,数控车床可以分很多种类,如直线控制数控车床,两主轴控制数控车床等;按特殊或专门工艺性能可分为螺纹数控车床、活塞数控车床、曲轴数控车床等多种。

第三节 数控车床的组成及特点

一、数控车床的组成

虽然数控车床种类较多,但一般均由车床主体、数控装置和伺服系统三大部分组成。如图 1-4 所示,是数控车床的基本组成方框图。

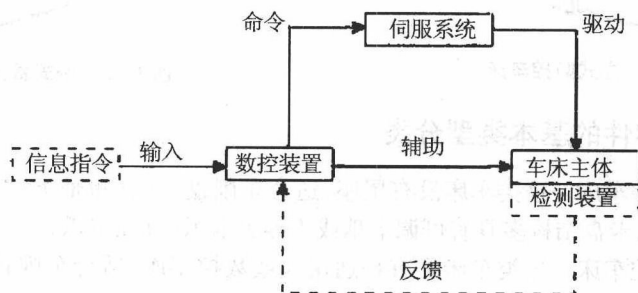


图 1-4 数控车床的基本组成方框图

1. 车床主体

除了基本保持普通车床传统布局形式的部分经济型数控车床外,目前大部分数控车床均已通过专门设计并定型生产。

(1) 主轴 数控车床主轴的回转精度,直接影响到零件的加工精度;其功率大小、回转速度影响到加工的效率;其同步运行、自动变速及定向准停等要求,影响到车床的自动化程度。

(2) 主轴箱 具有有级自动调速功能的数控车床,其主轴箱内的传动机构已经大大简化;具有无级自动调速(包括定向准停)的数控车床,起机械传动变速和变向作用的机构已经不复存在了,其主轴箱也成了“轴承座”及“润滑箱”的代名词;对于改造式(具有手动操作和自动控制加工双重功能)数控车床,则基本上保留其原有的主轴箱。

(3) 导轨 数控车床的导轨是保证进给运动准确性的重要部件。它在很大程度上影响车床的刚度、精度及低速进给时的平稳性,是影响零件加工质量的重要因素之一。除部分数控车床仍沿用传统的滑动导轨(金属型)外,定型生产的数控车床已较多地采用贴塑导轨。这种新型滑动导轨的摩擦系数小,其耐磨性、耐腐蚀性及吸震性好,润滑条件也比较优越。

(4) 机械传动机构 除了部分主轴箱内的齿轮传动等机构外,数控车床已在原普通车床传动链的基础上,作了大幅度的简化。如取消了挂轮箱、进给箱、溜板箱及其绝大部分传动机构,而仅保留了纵、横进给的螺旋传动机构,并在驱动电动机至丝杠间增设了(少数车床未增设)可消除其侧隙的齿轮副。

• 螺旋传动机构 数控车床中的螺旋副,是将驱动电动机所输出的旋转运动转换成刀架在纵、横方向上直线运动的运动副。构成螺旋传动机构的部件,一般为滚珠丝杠副,如图 1-5 所示。

滚珠丝杠副的摩擦阻力小,可消除轴向间隙及预紧,故传动效率及精度高,运动稳定,动作灵敏。但结构较复杂,制造技术要求较高,所以成本也较高。另外,自行调整其间隙大小时,难度亦较大。

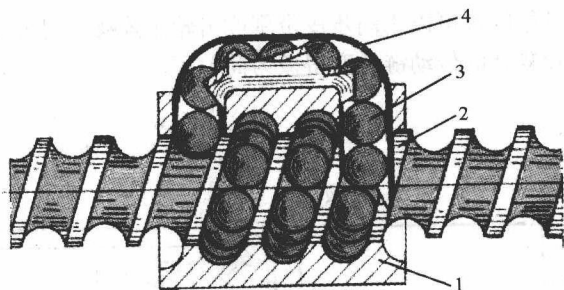


图 1-5 滚珠丝杠副

1—螺母;2—丝杠;3—滚珠;4—滚珠循环装置

• 齿轮副 在较多数控车床的驱动机构中,其驱动电动机与进给丝杠间设置有一个简单的齿轮箱(架)。齿轮副的主要作用是,保证车床进给运动的脉冲当量符合要求,避免丝杠可能产生的轴向窜动对驱动电动机的不利影响。

(5) 自动转动刀架 除了车削中心采用随机换刀(带刀库)的自动换刀装置外,数控车床一般带有固定刀位的自动转位刀架,有的车床还带有各种形式的双刀架。

(6) 检测反馈装置 检测反馈装置是数控车床的重要组成部分,对加工精度、生产效率和自动化程度有很大影响。检测装置包括位移检测装置和工件尺寸检测装置两大类,其中工件尺寸检测装置又分为机内尺寸检测装置和机外尺寸检测装置两种。工件尺寸检测装置仅在少量的高档数控车床上配用。

(7) 对刀装置 除了极少数专用性质的数控车床外,普通数控车床几乎都采用了各种形式的自动转位刀架,以进行多刀车削。这样,每把刀的刀位点在刀架上安装的位置,或相对于车床固定原点的位置,都需要对刀、调整和测量,并以确认,以保证零件的加工质量。

2. 数控装置和伺服系统

数控车床与普通车床的主要区别就在于是否具有数控装置和伺服系统这两大部分。如果说,数控车床的检测装置相当于人的眼睛,那么,数控装置相当于人的大脑,伺服系统则相当于人的双手。这样,就不难看出这两大部分在数控车床中所处的重要位置了。

(1) 数控装置 数控装置的核心是计算机及其软件,它在数控车床中起“指挥”作用:数控装置接收由加工程序送来的各种信息,并经处理和调配后,向驱动机构发出执行命令;在执行过程中,其驱动、检测等机构同时将有关信息反馈给数控装置,以便经处理后发出新的执行命令。

(2) 伺服系统 伺服系统准确地执行数控装置发出的命令,通过驱动电路和执行元件(如步进电机等),完成数控装置所要求的各种位移。

二、数控车床的特点

1. 数控车床的结构特点

与普通车床相比,数控车床除具有数控系统和伺服系统外,数控车床的结构还具有以下特点。

(1) 运动传动链 如图 1-6 所示,数控车床上有沿纵、横两个坐标轴方向的运动是通过伺服系统完成的,即由驱动电机、进给丝杠、床鞍及中滑板,免去了普通车床的主轴电机、主轴箱—挂轮箱、进给箱、溜板箱、床鞍及中滑板的冗长的传动链,用伺服电机直接与丝杠连接带动

刀架运动,伺服电机与丝杠间也可以用同步皮带副或齿轮副连接。另外,对于无级自动调速的数控车床,其主轴箱中较复杂的传动链也变得极为简单了。

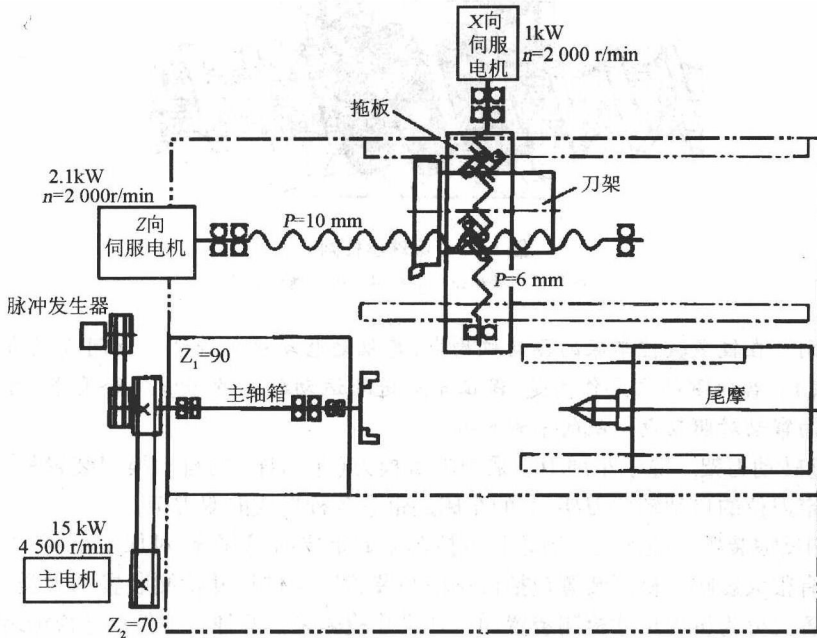


图 1-6 数控车床传动系统简图

(2)数控车床的刀架移动一般采用滚珠丝杠副,轻拖动 滚珠丝杠副是数控车床的关键机械部件之一,滚珠丝杠两端安装的滚动轴承是专用轴承,它的压力角比常用的向心推力球轴承要大得多。这种专用轴承配对安装,是选配的,最好在轴承出厂时就是成对的。

(3)运动副的耐磨性好,摩擦损失小,润滑充分,拖动轻便 要实现高精度的加工,各运动部件在频繁的运行过程中,必须动作灵敏,低速运行时无爬行。因此,对其移动副和螺旋副的结构、材料等各方面均有较高要求,并多采用油雾自动润滑形式。

(4)总体结构刚性好,抗振性好 数控车床的总体结构主要指机械结构,如床身、拖板、刀架等部件。只有刚性好,才能与数控系统的高精度控制功能相匹配,否则数控系统的优势将难以发挥。

(5)数控车床的冷却效果好于普通车床,具有加工冷却充分、防护较严密等特点,运转时一般都处于全封闭或半封闭状态。

(6)数控车床一般还配有自动排屑装置。

2. 数控车床的加工特点

数控车床加工和普通车床加工有很多相似的地方,但是数控加工有其独特的特点。

(1)加工精度高,加工质量稳定 数控机床的加工过程是由计算机根据预先输入的程序进行控制的,只要信息指令正确,又能保证数控车床精度,就能避免因操作者技术水平的差异而引起的产品质量的不同。数控车床本身的重复精度较高,在加工同一批零件时,能保证加工的一致性并有稳定的质量。另外,数控车床的加工过程不受人的体力、情绪变化的影响。

(2)加工能力强,柔性程度高 在数控机床上加工零件,主要取决于加工程序。加工不同

的零件时,只要重新编制或修改加工程序就可以迅速达到加工要求,而不需调整机床或机床附件适应加工零件的要求,大大缩短了更换机床硬件的技术准备时间,因此,适合多品种、单件或小批量生产。对于形状复杂的工件,普通机床几乎不可能完成,数控机床通过编制较复杂的程序就可以达到目的,还可用计算机辅助编程或计算机辅助加工,完成一些普通机床很难加工或根本无法加工的精密复杂零件的加工。

(3)降低劳动强度,改善劳动条件 数控车床加工过程是按事先编制的程序自动完成的,一般情况下,操作者通常进行面板操作、工件的装卸、刀具的准备、关键工序的中间测量以及观察机床的运行,不需要进行繁重的重复性的手工操作,体力劳动和紧张程度大为减轻,相应地改善了劳动条件。

(4)加工生产率高,加工成本低 数控车床的主轴转速和进给速度变化范围较大,全功能数控车床还可无级调速,具有恒转速和恒线速度等功能,加工时每道工序、工步、走刀都可选择最佳切削用量,使切削参数最优化,充分发挥工艺系统的潜能。数控车床移动部件空行程运动速度快,更换工件几乎不需重新调整机床,且加工精度比较稳定,一般只做首件检验和工序间关键尺寸的抽样检验,使安装时间减少,这样大大减少了安装、停机检验等辅助生产时间,提高了加工生产率,降低了加工成本,且生产批量越大,加工成本越低。

(5)良好的经济效益 改变数控车床加工对象时,只需重新编写加工程序,不需要制造、更换新机床;对于形状复杂和精度较高的零件,应用数控车床,可相应地减少普通车床的类型和台数,有效地节省了设备投资,有利于企业更好地发展再生产。在单件、小批量生产情况下,使用数控车床加工可以减少调整、加工、检验时间,直接节省生产费用。数控加工质量稳定,可以减少甚至避免废品的产生,使生产成本进一步下降。此外,数控车床加工便于实现工序集中管理,简化物流,降低管理成本,实现高效生产,能够获得良好的经济效益。

3. 数控车床的应用特点

数控车床的应用特点如下。

- 适用于分期进行的轮番生产;
- 适用于多品种、中、小批量的生产;
- 应用于大批量生产的趋势已逐步形成;
- 适于新工人的培养,普通车床加工复杂和精密零件时,需要老工人丰富的实践经验和熟练操作技巧,应用数控车床进行加工,可以使新工人摆脱技术上的很多束缚,利于人才培养,适应高速发展的需要;
- 有利于生产和技术管理水平的提高,数控车削加工有赖于各种数字化信息指令,数控车床为提高生产管理水平提供了科学和准确的依据;同时,加工程序的标准化和生产过程自动化,使管理工作特别适合采用计算机的先进管理。

第四节 数控车床的工作过程及加工对象

一、数控车床的工作过程

数控车床的工作过程如图 1-7 所示。

- 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;

- 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;
- 将加工程序的内容以代码形式完整记录在信息介质(如穿孔带或磁带)上;
- 通过阅读机把信息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程序,由编程软件生成的程序,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);
- 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;
- 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。

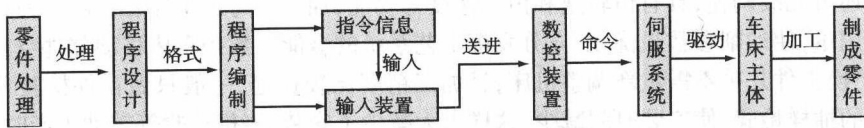


图 1-7 数控车床的工作过程

二、数控车床加工的主要对象

数控车床的功能与普通车床相近,主要用来加工轴、盘套等回转体零件表面。通过数控加工程序的运行,数控车床可自动完成内外圆柱面、圆锥面、成形表面、螺纹和端面等工序的切削加工,并能进行车槽、钻孔、扩孔、铰孔等工作。特别是在车削复杂回转表面和特殊螺纹时有其突出的优点。其加工对象主要有以下几类。

1. 精度要求高的回转体零件

由于数控车床的刚性好,制造和对刀精度高,以及能精确地进行刀具位置的人工补偿和自动补偿,所以,能够加工尺寸精度高的零件。在有些场合可以以车代磨。此外,由于数控车削时刀具运动是通过高精度插补运算和伺服驱动来实现的,且机床的刚性好,制造精度高,所以,它能加工对母线直线度、圆度、圆柱度等要求高的零件。对圆弧以及其他曲线轮廓的形状,加工出的形状与图纸上目标几何形状的接近程度比用仿形车削高得多。

2. 表面粗糙度要求高的回转体零件

数控车床刚性好、制造精度高,具有恒线速度切削功能,能加工出表面粗糙度值小而均匀的零件。在材质、精度、余量和刀具已定的情况下,表面粗糙度取决于进给量和切削速度。在普通车床上车削锥面和端面时,由于转速恒定不变,在切削加工中,随切削直径的不断变化,加工中线速度也不断变化,致使车削后的表面粗糙度不一致,只有某一直径处粗糙度值最小。使用数控车床的恒线速度切削功能,在切削圆锥面和端面时,选用最佳的切削线速度,可以加工出粗糙度值小且一致的表面。数控车床还适合于车削各部位表面粗糙度要求不同的零件,粗糙度要求高的部位用小的进给速度,粗糙度要求低的部位用大的进给速度。

3. 表面形状复杂或难以控制尺寸的回转体零件

数控车床具有直线和圆弧插补功能,可以加工由任意直线和曲线所组成的形状复杂的回转体零件。如图 1-8 所示的成形面零件,在普通车床上不仅难以加工,并且难以检测。采用数控车床加工时,其车刀刀尖运动轨迹由加工程序控制,可以方便地解决加工问题。