

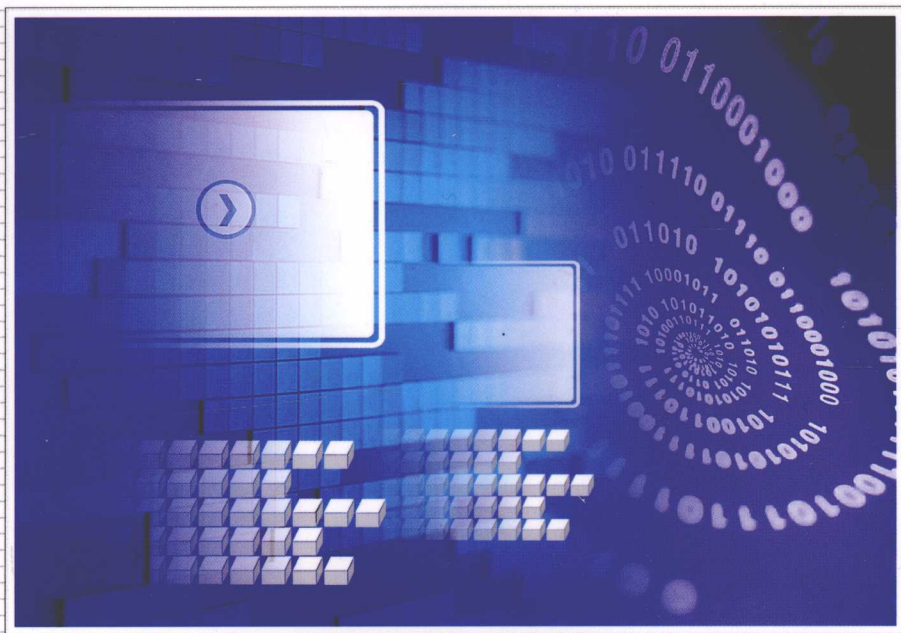


中等职业教育特色精品课程规划教材
中等职业教育课程改革项目研究成果

数控加工工艺与编程实训

shukong jiagong gongyi yu biancheng shixun

■ 主编 符兴承 宋光俊



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

内 容 提 要

本书共分为六个模块, 主要内容包括: 数控加工概述、数控加工工艺分析、机械加工质量、数控编程基础、数控车削工艺与编程、数控镗铣削工艺与编程。内容由浅入深、循序渐进, 突出了数控加工工艺和数控编程技术的实际应用。全书内容丰富、图文并茂, 具有较强的实用性。每章后面附有小锦囊, 以提高学习的兴趣, 拓宽视野。

版权专用 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

数控加工工艺与编程实训 / 符兴承, 宋光俊主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2009. 7
ISBN 978 - 7 - 5640 - 2530 - 4

I. 数… II. ①符…②宋… III. ①数控机床 - 加工工艺
②数控机床 - 程序设计 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 123931 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](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 / 10.25

字 数 / 262 千字

版 次 / 2009 年 7 月第 1 版 2009 年 7 月第 1 次印刷

定 价 / 16.00 元

责任校对/陈玉梅

责任印制/母长新

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

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,把职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



本书是依据中等职业学校、技工学校数控技术应用领域技能型紧缺人才培养培训指导方案编写的。根据职业教育的培养目标和教育特点，将数控加工工艺和数控编程有机地联系在一起，选材注重实用性和代表性。

本书共分为六个模块，主要内容包括：数控加工概述、数控加工工艺分析、机械加工质量、数控编程基础、数控车削工艺与编程、数控镗铣削工艺与编程。内容由浅入深、循序渐进，突出了数控加工工艺和数控编程技术的实际应用。全书内容丰富、图文并茂，具有较强的实用性。每模块后面附有小锦囊，以提高学习的兴趣，拓宽视野。

本书可作为中等职业学校、技工学校数控技术应用专业的教材，也可作为职业技术学院机电一体化、机械制造类专业的教材及机械工人的岗位培训和自学用书。由于时间仓促，编者水平和经验有限，书中难免有欠妥和错误之处，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

模块一 概述.....	1
项目一 数控加工概述.....	1
项目二 数控机床概述.....	3
项目三 数控技术的发展过程及趋势.....	4
模块二 数控加工工艺分析.....	7
项目一 数控加工工艺的基本概念.....	7
项目二 数控加工工艺规程的制订	11
项目三 数控加工工艺分析方法	15
项目四 典型零件数控加工工艺分析实例	43
模块三 机械加工质量	51
项目一 机械加工精度	51
项目二 机械加工表面质量	61
项目三 机械加工的生产率及技术经济分析	66
模块四 数控编程基础	74
项目一 数控编程概述	74
项目二 程序编制中的数值计算	80
项目三 常用指令的编程要点	85
模块五 数控车削工艺与编程	99
项目一 数控车削加工工艺分析	99



项目二 数控车削加工的编程.....	111
项目三 典型车削零件的编程实例.....	125
模块六 数控镗铣削工艺与编程.....	137
项目一 数控镗铣削加工工艺分析.....	137
项目二 数控镗铣削加工的编程.....	149

模块一

概 述

本章概述

本章介绍数控加工的概念、特点、加工对象和步骤,数控机床的组成和数控车床、铣床和加工中心的应用,数控技术的发展过程及发展趋势等。



学习目标

1. 重点掌握数控加工的概念,加工的对象和加工步骤,了解数控加工的优缺点。
2. 掌握数控机床的组成,知道几种常见的数控机床。
3. 了解数控机床的发展过程和发展趋势,知道自动编程系统和自动化生产系统的发展过程。

项目一 数控加工概述

一、基本概念

1. 数控

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。

2. 数控机床

数控机床是数字控制机床的简称,是一种装有程序控制系统的自动化机床。该控制系统能够逻辑地处理具有控制编码或其他符号指令规定的程序,并将其译码,从而使机床动作并加工零件。

3. 数控加工中心

数控加工中心是一种带有刀库并能自动更换刀具,对工件能够在一定的范围内进行多种加工操作的数控机床。

4. 数控加工

数控加工(numerical control machining)是指用数字信息控制零件和刀具位移的机械加工方法。它是解决航空航天产品零件品种多变、批量小、形状复杂、精度高等问题以及实现高效化和自动化加工的有效途径。



5. 机床主机

数控机床的主体,包括床身、主轴、进给传动机构等机械部件。

二、常见数控机床的类型

数控机床是在普通机床的基础上发展起来的,各种类型的数控机床基本上起源于同类型的普通机床,从应用角度出发,常见数控机床有以下几种。

1. 数控车床

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。档次较高的数控卧车一般都采用倾斜导轨。

2. 数控铣床

数控铣床是在一般铣床的基础上发展起来的,两者的加工工艺基本相同,结构也有些相似,但数控铣床是靠程序控制的自动加工机床,所以其结构也与普通铣床有很大区别。数控铣床一般由数控系统、主传动系统、进给伺服系统、冷却润滑系统等几大部分组成。

(1) 主轴箱 包括主轴箱体和主轴传动系统,用于装夹刀具并带动刀具旋转,主轴转速范围和输出扭矩对加工有直接的影响。

(2) 进给伺服系统 由进给电机和进给执行机构组成,按照程序设定的进给速度实现刀具和工件之间的相对运动,包括直线进给运动和旋转运动。

(3) 控制系统 数控铣床运动控制的中心,执行数控加工程序控制机床进行加工。

(4) 辅助装置 如液压、气动、润滑、冷却系统和排屑、防护等装置。

(5) 机床基础件 通常是指底座、立柱、横梁等,它是整个机床的基础和框架。

数控铣床按结构形式可以分为立式、卧式和龙门式数控铣床,按数控轴数可以分为三轴、四轴和多轴数控铣床。

3. 加工中心

加工中心(Machining Center, MC),是由机械设备与数控系统组成的用于加工复杂形状工件的高效率自动化机床。加工中心备有刀库,具有自动换刀功能,对工件一次装夹后进行多工序加工的数控机床。加工中心是高度机电一体化的产品,工件装夹后,数控系统能控制机床按不同工序自动选择、更换刀具,自动对刀、自动改变主轴转速、进给量等,可连续完成钻、镗、铣、铰、攻丝等多种工序。因而大大减少了工件装夹时间,测量和机床调整等辅助工序时间,对加工形状比较复杂,精度要求较高,品种更换频繁的零件具有良好的经济效果。

加工中心按主轴的布置方式分为立式和卧式两类。卧式加工中心一般具有分度转台或数控转台,可加工工件的各个侧面;也可作多个坐标的联合运动,以便加工复杂的空间曲面。立式加工中心一般不带转台,仅作顶面加工。此外,还有带立、卧两个主轴的复合式加工中心,和

主轴能调整成卧轴或立轴的立卧可调式加工中心,它们能对工件进行五个面的加工。

加工中心的自动换刀装置由存放刀具的刀库和换刀机构组成。刀库种类很多,常见的有盘式和链式两类。链式刀库存放刀具的容量较大。

换刀机构在机床主轴与刀库之间交换刀具,常见的为机械手;也有不带机械手而由主轴直接与刀库交换刀具的,称无臂式换刀装置。

项目二 数控机床概述

一、数控机床的组成

数控机床一般由输入、输出装置、数控装置、可编程控制器、伺服系统、检测反馈装置和机床主机等组成,如图 1-1 所示。

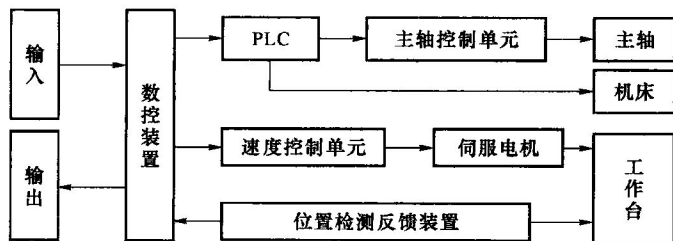


图 1-1 数控机床组成

1. 输入、输出装置

输入装置可将不同加工信息传递于计算机。在数控机床产生的初期,输入装置为穿孔纸带,现已趋于淘汰;目前,使用键盘、磁盘等,大大方便了信息输入工作。

输出指输出内部工作参数(含机床正常、理想工作状态下的原始参数,故障诊断参数等),一般在机床刚工作状态需输出这些参数作记录保存,待工作一段时间后,再将输出与原始资料作比较、对照,可帮助判断机床工作是否维持正常。

2. 数控装置

数控装置是数控机床的核心与主导,完成所有加工数据的处理、计算工作,最终实现数控机床各功能的指挥工作。它包含微计算机的电路,各种接口电路、CRT 显示器等硬件及相应的软件。

3. 可编程控制器

即 PLC,它对主轴单元实现控制,将程序中的转速指令进行处理而控制主轴转速;管理刀库,进行自动刀具交换、选刀方式、刀具累计使用次数、刀具剩余寿命及刀具刃磨次数等管理;控制主轴正反转和停止、准停、切削液开关、卡盘夹紧松开、机械手取送刀等动作;还对机床外部开关(行程开关、压力开关、温控开关等)进行控制;对输出信号(刀库、机械手、回转工作台等)进行控制。

4. 检测反馈装置

由检测元件和相应的电路组成,主要是检测速度和位移,并将信息反馈于数控装置,实现闭环控制以保证数控机床加工精度。

5. 机床主机

数控机床的主体,包括床身、主轴、进给传动机构等机械部件。

项目三 数控技术的发展过程及趋势

一、数控机床的发展过程及趋势

1. 发展过程

美国麻省理工学院于1952年成功地研制出世界上第一台数控机床。1955年用于制造航空零件的数控铣床正式问世。此后其他一些工业国家,如德国、日本、英国、俄罗斯等相继开始开发、研制和应用数控机床。

我国数控机床的研制始于1958年,由清华大学研制出了最早的样机。1966年我国诞生了第一台用直线-圆弧插补的晶体管数控系统。1970年初研制成功集成电路数控系统。1980年以来,通过研究和引进技术,我国数控机床发展很快,现已掌握了5~6轴联动、螺距误差补偿、图形显示和高精度伺服系统等多项关键技术。目前已有几十个单位在从事不同层次的数控机床的生产和开发,形成了具有小批量生产能力的生产基地。数控机床的品种已超过500种,其中金属切削机床品种的数控化率达20%以上。

2. 发展趋势

数控机床总的发展趋势是工序集中、高速、高效、高精度、高可靠性以及方便使用。

(1) 工序集中 加工中心使工序集中在一台机床上完成,减少了由于工序分散、工件多次装夹引起的定位误差,提高了加工精度,减少了工序间的辅助时间,同时也减少了机床的台数和占地面积,有效提高了数控机床的生产效率和数控加工的经济效益。

(2) 高速化 由于数控装置及伺服系统功能的改进,其主轴转速和进给速度大大提高,减少了切削时间。加工中心的主轴转速现已达到8 000~12 000 r/min,最高的可达100 000 r/min以上,磨床的砂轮线速度提高到100~200 m/s。正在开发的采用64位CPU的新型数控系统,可实现快速进给、高速加工、多轴控制功能,控制轴数最多可达到24个,同时联动轴数可达3~6轴,进给速度为20~24 m/min,最快可达60 m/min。

(3) 高效 数控机床的自动换刀和自动交换工作台时间大大缩短,现在数控车床刀架的转位时间可达0.4~0.6 s,加工中心自动交换刀具时间可达3 s,最快能达到1 s以内,交换工作台时间也可达到6~10 s,个别可达到2.5 s,提高了机床的加工效率。

(4) 高精度化 用户对产品精度要求的日益提高,促使数控机床的精度不断提高。工件的加工精度主要取决于:机床精度、编程精度、插补精度和伺服精度。目前,数控机床配置了新型、高速、多功能的数控系统,其分辨率可达到0.1 μm ,有的可达到0.01 μm ,实现了高精度加工。伺服系统采用前馈控制技术高分辨率的位置检测元件、计算机数控的补偿功能等,保证了数控机床的高加工精度。

(5) 多功能化 CNC装置功能的不断扩大,促进了数控机床的高度自动化及多功能化。数控机床的数控系统大多采用CRT显示,可实现二维图形的轨迹显示,有的还可以实现三维彩色动态图形显示,有的系统具有自适应控制系统,能在加工条件下改变机床的切削用量,以适应任一瞬间实际发生的加工情况,实现无人化管理。

(6) 结构新型化 一种完全不同于原来数控机床结构的新兴数控机床,近几年被开发成功,这种被称为“6条腿的加工中心”或虚轴机床的数控机床,没有任何导轨和滑台,采用能够伸缩的“6条腿”支撑并联,并与安装主轴头的上平台和安装工件的下平台相连。它可实现多坐标联动加工,其控制系统结构复杂,加工精度、加工效率较普通加工中心提高2~10倍。

(7) 编程技术自动化 随着数控加工技术的迅速发展,设备类型的增多,零件品种的增加以及形状的日益复杂,迫切需求速度快、精度高的编程,以便于直观检查。为弥补手工编程和NC语言编程的不足,近几年开发出多种自动编程系统,如图形交互式编程系统、数字化自动编程系统、语言数控编程系统等,其中图形交互式编程系统的应用越来越广泛。“图形交互自动编程”是一种计算机辅助编程技术,以计算机辅助设计(CAD)软件为基础。其特点是速度快、精度高、直观性好、使用简便,已成为国内外先进的CAD/CAM软件所采用的编程方法。目前常用的图形交互式自动编程软件有UG、PRO/E、MasterCAM等。

二、自动编程系统的发展过程

在20世纪50年代后期,美国首先研制成功了APT(Automatically Programmed Tools)系统。由于它具有语言直观易懂、制带快捷、加工精度高等优点,很快就成为广泛使用的自动编程系统。到了60年代和70年代,又先后发展了APTⅢ和APTⅣ系统,主要用于轮廓零件的编程,也可以用于点位加工和多坐标数控机床程序的编制。APT语言系统很庞大,需要大型通用计算机,不适用于中小型用户。为此,还发展了一些比较灵活,针对性强的可用小型计算机的自动编程系统,如用于两坐标轮廓零件编程的ADAPT系统等。

西欧和日本也在引进美国技术的基础上发展了各自的自动编程系统,如德国的EXAPT系统、法国的IFAPT系统、英国的2CL系统以及日本的FAPT和HAPT系统等。

我国的自动编程系统起步较晚,但发展很快,目前主要有用于航空零件加工的SKC系统以及ZCK、ZBC和用于线切割加工的SKC系统等。

三、自动化生产系统的发展过程

随着CNC技术、信息技术、网络技术以及系统工程学的发展,为单机数控化向计算机控制的多机制造系统自动化发展创造了必要的条件,在20世纪60年代末期出现了由一台计算机直接管理和控制多台数控机床的计算机群控系统,即直接数控系统DNC(Direct NC),1967年出现由多台数控机床连接成可调加工系统,这就是最初的柔性制造系统FMS(Flexible Manufacturing System)。80年代初又出现以1~3台加工中心或车削中心为主体,再配上工件自动装卸的可交换工作台及监控检验装置的柔性制造单元FMC(Flexible Manufacturing Cell)。近10多年来,FMC和FMS发展迅速,在1989年第八届欧洲国际机床展览会上,展出的FMS超过200条。目前,已经出现了包括生产决策、产品设计及制造和管理等全过程均由计算机集成管理和控制的计算机集成制造系统CIMS(Computer Integrated Manufacturing System),以实现工厂自动化。自动化生产系统的发展,使加工技术跨入了一个新的里程,建立了一种全新的生产模式。我国已开始在这方面进行了探索与研制,并取得可喜的成果,已有一些FMS和CIMS成功地用于生产。



我国数控加工技术发展概况

我国从1958年开始研究数控技术,20世纪60年代研制出了数控线切割机床、数控锥齿轮机床、数控非圆齿轮机等设备,并取得了良好效果。从1979年开始我国数控技术走入低谷,这期间主要是花高价从国外进口机床,但由于操作、编程、维修跟不上,又缺少备件,所以进口机床也没能很好地发挥作用。但1980年开始,我国数控机床的研制和生产开始走出低谷,通过引进和消化国外的数控技术,进行中级数控系统的研制和国产化,经济型数控系统的研究和生产也取得了很大的进展。车床数控系统已经比较成熟,三坐标、四坐标铣床数控系统及其他类型的数控系统也相继出现。

从此我国的数控技术进入了一个蓬勃发展的阶段,现在我们不仅让最早出现的数控线切割技术更加成熟,使数控车床、铣床、磨床等更加完善,软件开发也取得了很大的进展,尤其是人员的培养和维修,更是取得了前所未有的进步,推动了数控技术的迅速普及。现在很多工厂都有数控机床,高校和科研部门也把数控当作一个主要课题,连中等职业教育也在逐渐普及数控技术,这样一来,从理论到实践,从开发到使用就形成了一个完整的体系。数控领域也出现了日新月异、快速发展的局面。尽管我国目前数控机床产量不高,但品种已经不少。由于数控机床集高精度、高效率于一身,故在许多企业中,已经代替坐标镗床和万能铣床完成精密加工任务。随着数控机床的精度和自动化程度的不断提高,数控机床已经从满足单件、小批量生产中的精密复杂加工,逐步扩大到批量生产的柔性加工系统。

每章一练

1. 什么是数控、数控机床和数控加工?
2. 与传统机械加工方法相比,数控加工有哪些特点?
3. 数控加工的主要对象是什么?
4. 数控加工的步骤有哪些?
5. 数控机床主要由哪几部分组成?
6. 数控车床与普通车床的区别是什么?
7. 数控铣床与普通铣床的区别是什么?
8. 加工中心是指什么?有什么特点?

模块二

数控加工工艺分析



本章概述

本章介绍数控加工工艺的基础知识,包括生产过程和工艺过程、数控加工工艺过程的组成和主要内容;重点介绍了数控加工工艺规程的制订、数控加工工艺分析方法和步骤等内容。最后分别对数控车削和铣削典型零件加工工艺举例。



教学目标

1. 了解数控加工工艺的基本概念、组成和主要内容。
2. 掌握数控加工工艺规程的制定过程。
3. 掌握数控加工工艺分析方法。

项目一 数控加工工艺的基本概念

一、生产过程和工艺过程

1. 生产过程

机械产品制造时,由原材料到该机械产品出厂的全部劳动过程称为机械产品的生产过程。机械产品的生产过程包括以下各部分:

- 生产的准备工作,如产品的开发设计和工艺设计,专用装备的设计与制造,各种生产的组织及其他生产所需物资的准备工作;
- 原材料及半成品的运输和保管;
- 毛坯的制造过程,如铸造、锻造和冲压等;
- 零件的各种加工过程,如机械加工、焊接、热处理和表面处理等;
- 部件和产品的装配过程,包括组装、部装等;
- 产品的检验、调试、油漆和包装等。

需指出的是:上述的“原材料”和“产品”的概念是相对的。一个工厂的“产品”可能是另一个工厂的“原材料”,而另一个工厂的“产品”又可能是其他工厂的“原材料”。因为在现代制造业中,生产专业化的程度越来越高,如汽车上的轮胎、仪表、电器元件、标准件等许多零件都是由其他专业厂生产的,汽车制造厂只生产一些关键部件和配套件,并最后装配成完整产品——汽车。



2. 工艺过程

在机械产品的生产过程中,毛坯的制造、机械加工、热处理和装配等,这些与原材料变为成品直接有关的制造过程称为工艺过程。而在工艺过程中,用机械加工的方法直接改变毛坯形状、尺寸和表面质量,使之成为合格零件的那部分工艺过程称为机械加工工艺过程。

3. 生产类型

生产类型是指企业(或车间、工段、班组和工作地)生产专业化程度的分类。一般把机械制造生产分为以下3种类型。

(1)单件生产 单件生产是指产品品种多,而每一种产品的结构、尺寸不同,产量很少,各个工作地点的加工对象经常改变,且很少重复的生产类型。例如新产品试制、重型机械和专用设备的制造等均属于单件生产。

(2)大量生产 大量生产是指产品数量很大,大多数工作地点长期地按一定节拍进行某一个零件的某一道工序的加工。例如汽车、摩托车和柴油机等生产均属于大量生产。

(3)成批生产 成批生产是指一年中分批轮流地制造几种不同的产品,每种产品均有一定的数量,工作地点的加工对象周期性地重复。例如机床、电动机等均属于成批生产。

按照成批生产中每批投入生产的数量(即批量)大小和产品的特征,成批生产又可分为小批生产、中批生产和大批生产3种。小批生产与单件生产相似,大批生产与大量生产相似,常合称为单件小批生产、大批大量生产,而成批生产仅指中批生产。

二、数控加工工艺过程的组成

数控加工工艺过程是由一个或若干个顺序排列的工序组成的,而工序又可分为安装、工位、工步和行程。

所谓工序,是指一个或一组工人,在一个工作地对同一个或同时对几个工件所连续完成的那一部分工艺过程。区分工序的主要依据是设备(或工作地)是否变动和完成的那一部分工艺内容是否连续。零件加工的设备变动后,即构成了另一工序。工序不仅是制订工艺过程的基本单元,也是制订时间定额、配备工人、安排作业计划和进行质量检验的基本单元。

1. 工步与行程

在一个工序内,往往需要采用不同的工具对不同的表面进行加工。为了便于分析和描述工序的内容,工序还可以进一步划分工步。工步是指在加工表面(或装配时的连接表面)和加工(或装配)工具不变的条件下所完成的那部分工艺过程。一个工序可以包括几个工步,也可以只有一个工步。

一般构成工步的任一因素(加工表面、刀具)改变后,就划为另一工步。但对于那些在一次安装中连续进行的若干相同工步,如图2-1所示零件上的4个 $\phi 5\text{mm}$ 孔的钻削,可写成一个工步,即钻4- $\phi 15$ 孔。

为了提高生产率,用几把刀具同时加工几个表面的工步,称为复合工步。在工艺文件上,复合工步应视为一个工步。

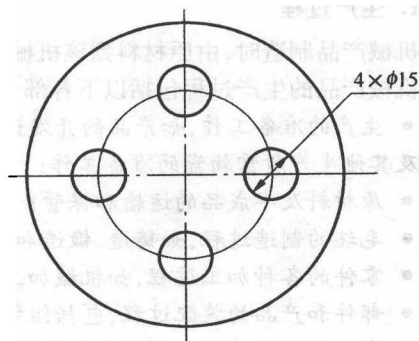


图2-1 4个 $\phi 15\text{mm}$ 孔的钻削

行程,又称进给次数,有工作行程和空行程。工作行程是指刀具以加工进给速度相对工件所完成一次进给运动的工步部分;空行程是指刀具以非加工进给速度相对工件所完成一次进给运动的工步部分。

2. 安装与工位

工件在加工之前,在机床或夹具上先占据一正确位置(定位),然后再予以夹紧的过程称为装夹。工件(或装配单元)经一次装夹后所完成的那一部分工序内容称为安装。在一个工序中,工件可能只需一次安装,也可能需要几次安装。工件加工中应尽量减少安装的次数,因为多一次安装就造成多一次的安装误差,而且还增加了辅助时间。

为了完成一定的工序内容,一次装夹工件后,工件(或装配单元)与夹具或设备的可动部分一起相对刀具或设备的固定部分所占据的每一个位置称为工位。为了减少工件安装的次数,在大批量生产时,常采用各种回转工作台、回转夹具或移位夹具,使工件在一次安装中先后处于几个不同位置进行加工。此时,工件在机床上占据每一个加工位置均称为工位。如图 2-2 所示为一种用回转工作台在一次安装中顺序完成装卸工件、钻孔、扩孔和铰孔 4 个工位加工的实例。

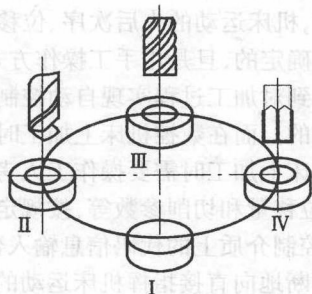


图 2-2 多工位加工

三、数控加工工艺的主要内容

1. 数控加工的工艺特点

普通加工工艺是数控加工工艺的基础和技术保障,由于数控加工采用计算机对机械加工过程进行自动化控制,使得数控加工工艺具有如下特点。

(1) 数控加工工艺远比普通机械加工工艺复杂 数控加工工艺要考虑加工零件的工艺性,加工零件的定位基准和装夹方式,也要选择刀具、制订工艺路线、切削方法及工艺参数等,而这些在常规工艺中均可以简化处理。因此,数控加工工艺比普通加工工艺要复杂得多,影响因素也多,因而有必要对数控编程的全过程进行综合分析、合理安排,然后整体完善。相同的数控加工任务,可以有多个数控工艺方案,既可以选择以加工部位作为主线安排工艺,也可以选择以加工刀具作为主线来安排工艺。数控加工工艺的多样化是数控加工工艺的一个特色,是与传统加工工艺的显著区别。

(2) 数控加工工艺设计要有严密的条理性 由于数控加工的自动化程度较高,相对而言,数控加工的自适应能力就较差。而且数控加工的影响因素较多,比较复杂,需要对数控加工的全过程深思熟虑,数控工艺设计必须具有很好的条理性,也就是说,数控加工工艺的设计过程必须周密、严谨,没有错误。

(3) 数控加工工艺的继承性较好 凡经过调试、校验和试切削过程验证的,并在数控加工实践中证明是好的数控加工工艺,都可以作为模板,供后续加工相类似零件调用,这样不仅节约时间,而且可以保证质量。作为模板本身在调用中也是一个不断修改完善的过程,可以达到逐步标准化、系列化的效果。因此,数控工艺具有非常好的继承性。

(4) 数控加工工艺必须经过实际验证才能指导生产 由于数控加工的自动化程度高,安全和质量是至关重要的。数控加工工艺必须经过验证后才能用于指导生产。在普通机械加工中,工艺员编写的工艺文件可以直接下到生产线用于指导生产,一般不需要上述的复杂过程。



2. 数控加工工艺的主要内容

数控加工与通用机床加工在方法与内容上有一些相似之处,但也有许多不同。最大的不同表现在控制方式上。以切削加工为例,用通用机床加工零件时,就某道工序而言,其工步的安排,机床运动的先后次序、位移量、走刀路线及有关切削参数的选择等,都是由操作者自行考虑和确定的,且是用手工操作方式来进行控制的。如果采用自动机床或仿型机床加工,虽然也能达到对加工过程实现自动控制的目的,但其控制方式是通过预先配置的凸轮、挡块或靠模来实现的。而在数控机床上加工时,情况就完全不同了。在数控机床加工前,我们要把原先在通用机床上加工时需要操作工人考虑和决定的操作内容及动作,如工步的划分与顺序、走刀路线、位移量和切削参数等,按规定的代码格式编制成数控加工程序,记录在控制介质上。加工时,控制介质上的代码信息输入数控机床的控制系统,控制系统对输入信息进行运算与控制,并不断地向直接指挥机床运动的机电功能转换部件——机床的伺服机构发送脉冲信号,伺服机构对脉冲信号进行转换与放大处理,然后由驱动装置和传动机构驱动机床按所编程序进行运动,就可以自动加工出我们所要求的零件形状。不难看出,实现数控加工的重要工作是编程。但只进行编程还不行,数控加工还包括编程前必须要做的一系列工艺准备工作及编程后的善后处理工作,即拟订数控加工工艺。

一般来说,数控加工工艺主要包括以下几个方面的内容:

- 通过零件图分析选择并确定进行数控加工的内容;
- 结合加工表面的特点和数控设备的功能对零件进行数控加工的工艺分析;
- 进行数控加工的工艺设计;
- 根据编程的需要,对零件图形进行数学处理和计算;
- 编写加工程序单(自动编程时为源程序,由计算机自动生成目标程序——加工程序);
- 按程序单制作控制介质,如穿孔纸带、磁带和磁盘等;
- 检验与修改加工程序;
- 首件试加工以进一步修改加工程序,并对现场问题进行处理;
- 编制数控加工工艺技术文件,如数控加工工序卡、刀具卡、程序说明卡和走刀路线图等。

3. 数控加工的适应性

数控机床是一种高度自动化的机床,有一般机床所不具备的许多优点,所以数控机床加工技术的应用范围在不断扩大,但数控机床是高度机电一体化产品,技术含量高,成本高,因此对使用与维修都有较高的要求。根据数控加工的优缺点及国内外大量应用实践,一般可按适应程度将加工零件分为下列三类。

(1) 最适应数控加工零件类

①形状复杂,加工精度要求高,用通用机床很难加工或虽然能加工但很难保证加工质量的零件。

②用数学模型描述的复杂曲线或曲面轮廓零件。

③具有难测量,难控制进给,难控制尺寸的不开敞内腔的壳体或盒形零件。

④必须在一次装夹中完成铣、镗、铰、钻或攻螺纹等多工序的零件。

(2) 较适应数控加工零件类

①在通用机床上加工时极易受人为因素干扰,零件价值又高,一旦失控便造成重大经济损失的零件。

②在通用机床上加工时必须制造复杂的专用工装的零件。

③需要多次更改设计后才能定型的零件。