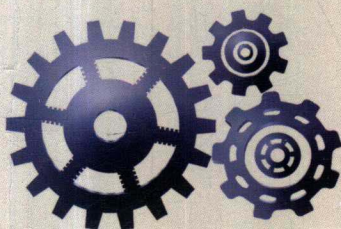




安阳职业技术学院 国家骨干高职院校建设项目成果

数控车床 编程与操作



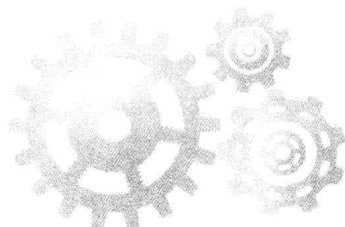
许光彬 主编

中国科学技术大学出版社



扬州职业技术学院

设项目成果

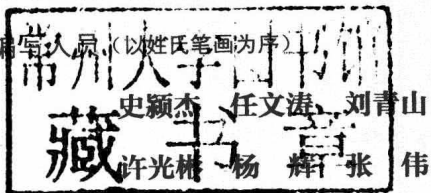


数控车床编程与操作

主 编 许光彬

副 主 编 杨 辉 张 伟 史颖杰

编写人员 (以姓氏笔画为序)



张朝国 黄东宇 戴永明

中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

本书以 FANUC-0i 系统为基础,以工作过程为导向,以典型工作任务为载体,从易到难,以完成“任务”所需的理论知识和实操技能为重点,介绍了数控车床的基础知识及基本操作、编程方法与编程技巧、数控车削加工工艺,重点培养学生数控车削的编程与加工技能、创新能力以及综合职业能力。全书共 10 个项目,包括:数控车床基础知识、数控车床编程指令、数控车床基本操作、数控车削加工工艺、简单轴类零件加工、切断及槽类零件加工、复杂轴类零件加工、孔套类零件加工、螺纹加工、非圆曲面零件加工。

本书可作为高职高专机电一体化技术专业、数控技术专业以及模具设计与制造专业的教学用书,也可作为中等职业学校教学和技术工人培训的教材,并可供机械制造业有关工程技术人员参考使用或作为自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

数控车床编程与操作/许光彬主编. —合肥:中国科学技术大学出版社,2014. 11
ISBN 978-7-312-03612-5

I. 数… II. 许… III. ①数控机床—车床—程序设计 ②数控机床—车床—操作
IV. TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 255192 号

出版 中国科学技术大学出版社
安徽省合肥市金寨路 96 号,230026
<http://press.ustc.edu.cn>
印刷 合肥学苑印务有限公司
发行 中国科学技术大学出版社
经销 全国新华书店
开本 787 mm×1092 mm 1/16
印张 18.25
字数 467 千
版次 2014 年 11 月第 1 版
印次 2014 年 11 月第 1 次印刷
定价 34.00 元

阜阳职业技术学院

国家骨干高职院校建设项目成果

数控技术专业系列教材编委会

主 任 田 莉 李 平

副 主 任 杨 辉 徐 力 王子彬

委 员 万海鑫 许光彬 王 宣

戴永明 刘志达 张宣升

张 伟 亓 华 刘青山

任文涛 张朝国 黄东宇

特邀委员 衡传富(阜阳轴承有限公司)

王子彬(安徽临泉智创精机有限公司)

靳培军(阜阳华峰精密轴承有限公司)

总 序

邹 斌

(阜阳职业技术学院院长、第四届黄炎培职业教育杰出校长)

职业院校最重要的功能是向社会输送人才,学校对于服务区域经济和社会发展的重要性和贡献度,是通过毕业生在社会各个领域所取得的成就来体现的。

阜阳职业技术学院从 1998 年改制为职业院校以来,迅速成为享有较高声誉的职业学院之一,主要就是因为她培养了一大批德才兼备的优秀毕业生。他们敦品励行、技强业精,为区域经济和社会发展做出了巨大贡献,为阜阳职业技术学院赢得了“国家骨干高职院校”的美誉。阜阳职业技术学院迄今已培养出近 3 万名毕业生,有的成为企业家,有的成为职业教育者,还有更多人成为企业生产管理一线的技术人员,他们都是区域经济和社会发展的中坚力量。

2012 年阜阳职业技术学院被列为国家百所骨干高职院校建设单位,学校通过校企合作,推行了计划双纲、管理双轨、教育“双师”、效益双赢,人才共育、过程共管、成果共享、责任共担的“四双四共”运行机制。在建设中,不断组织校企专家对建设成果进行总结与凝练,收获了一系列教学改革成果。

为反映阜阳职业技术学院的教学改革和教材建设成果,我们组织一线教师及行业专家编写了这套“国家骨干院校建设项目成果系列丛书”。这套丛书结合 SP-CDIO 人才培养模式,把构思(Conceive)、设计(Design)、实施(Implement)、运作(Operate)等过程与企业真实案例相结合,体现专业技术技能(Skill)培养、职业素养(Professionalism)形成与企业典型工作过程相结合。经过同志们的通力合作,并得到阜阳轴承有限公司等合作企业的大力支持,这套丛书于 2014 年 9 月起陆续完稿。我觉得这项工作很有意义,期望这些成果在职业教育的教学改革中发挥出引领与示范作用。

成绩属于过去,辉煌须待开创。在学校未来的发展中,我们将依然牢牢把握育人是学校的第一要务,在坚守优良传统的基础上,不断改革创新,提高教育教

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

学质量,培养造就更多更好的技术技能人才,为区域经济和社会发展做出更大贡献。

我希望丛书中的每一本书,都能更好地促进学生职业技术技能的培养,希望这套丛书越编越好,为广大师生所喜爱。

是为序。

2014 年 10 月

前 言

根据教育部教高〔2006〕16号文件《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》提出的要求,高等职业院校必须把培养学生动手能力、实践能力和可持续发展能力放在突出地位,编者依据多年的高职实际教学经验并结合学生的实际与目前机械制造业用人市场的发展要求编写了本书。

本书以 FANUC-0i 系统为基础,以工作过程为导向,以典型工作任务为载体,从易到难,以完成“任务”所需的理论知识和实操技能为重点,介绍了数控车床的基础知识及基本操作、编程方法与编程技巧、数控车削加工工艺,重点培养学生数控车削的编程与加工技能、创新能力以及综合职业能力。全书共 10 个项目,包括:数控车床基础知识、数控车床编程指令、数控车床基本操作、数控车削加工工艺、简单轴类零件加工、切断及槽类零件加工、复杂轴类零件加工、孔套类零件加工、螺纹加工、非圆曲面零件加工。

本书为 2014 年安徽省“数控车床与编程精品资源共享课程”的配套教材,本书可作为高职高专机电一体化技术专业、数控技术专业以及模具设计与制造专业的教学用书,也可作为中等职业学校教学和技术工人培训的教材,并可供机械制造业有关工程技术人员参考使用或作为自学用书。

本书具有以下特色:

(1) 在教材编写结构上采用“由浅入深”、“由易到难”的原则。在教学方法上,“任务目标”是完成“工作任务”所需要的知识、技能目标;“任务描述”是完成“工作任务”的基本内容与要求;“知识与技能”重点培养学生完成一个完整工作任务所需要的分析能力、编程方法和技巧以及加工工艺知识的运用等能力;“任务实施”实现知识与技能的综合应用。注重现实社会发展和就业需求,以培养就业岗位群的综合能力为目标,强化应用,有针对性地培养学生较强的职业技能。

(2) 本书体现了教学过程的实践性、开放性和职业性,体现了“学习的内容是工作,通过工作实现学习”的职业教育课程的本质特征。在本书的编写过程中,我们始终坚持以就业为导向,将数控车削加工工艺和程序编制方法等专业技术融合到实训操作中,充分体现了“教—学—做”一体化的项目式教学特色,让学生边学习理论知识边进行实训操作,加强感性认识,以达到事半功倍的效果。

(3) 本书例题丰富,图文并茂,通俗易懂,实用性强,适用面广,所介绍的数控系统和数控车床在生产实际中应用广泛,各“项目”后附有思考题或编程练习题,供读者编程实践。

本书由阜阳职业技术学院许光彬主编,阜阳职业技术学院杨辉、张伟和阜阳丰成机械有限公司史颖杰任副主编,参加编写的还有阜阳职业技术学院戴永明、张朝国、刘青山、黄东宇、任文涛。在本书编写过程中,阜阳轴承有限公司、阜阳开乐汽车制造有限公司、阜阳冶金机械设备有限公司的领导、技术负责同志给予了大力支持和帮助,在此表示衷心感谢。

由于时间仓促,加上编者水平和经验有限,书中错误和不妥之处在所难免,恳请读者批评指正,以尽早修订完善。

编 者

2014 年 10 月

目 录

总序	(i)
前言	(iii)
项目 1 数控车床基础知识	(1)
任务 1.1 认识数控车床	(1)
1.1.1 数控机床的产生和发展	(2)
1.1.2 数控车床的特点	(4)
1.1.3 数控车床的结构与组成	(6)
1.1.4 数控车床的分类	(8)
任务 1.2 数控机床坐标系	(14)
1.2.1 机床坐标系	(15)
1.2.2 机床坐标系与工件坐标系的关系	(19)
项目练习题	(20)
项目 2 数控车床编程指令	(23)
任务 2.1 数控车床编程基本知识	(23)
2.1.1 数控编程的方法	(24)
2.1.2 数控编程的步骤与程序结构	(27)
2.1.3 程序编制中的数学处理	(29)
2.1.4 数控车床的编程特点	(30)
任务 2.2 FANUC-0i 数控系统功能指令	(32)
2.2.1 G 准备功能	(33)
2.2.2 常用 G 准备功能编程指令	(35)
2.2.3 辅助功能(M 功能)	(38)
2.2.4 刀具功能(T 功能)	(39)
2.2.5 主轴功能(S 功能)	(40)
2.2.6 进给功能(F 功能)	(40)
项目练习题	(43)
项目 3 数控车床基本操作	(46)
任务 3.1 数控车床安全操作规程	(46)
3.1.1 安全操作流程	(47)
3.1.2 数控车床日常维护及保养	(49)
3.1.3 车床开机和关机注意事项	(50)
3.1.4 机床的暂停和急停	(50)

3.1.5 数控车床操作常见故障	(51)
任务 3.2 FANUC-0i 数控车床操作	(52)
3.2.1 数控车床操作面板	(53)
3.2.2 FANUC-0i 数控车床基本操作	(57)
任务 3.3 数控车床对刀操作	(65)
3.3.1 数控车床对刀的基本概念	(66)
3.3.2 数控车床试切法对刀	(67)
3.3.3 修改刀具补偿参数	(71)
任务 3.4 刀尖圆弧半径补偿	(73)
3.4.1 刀具半径补偿的目的	(74)
3.4.2 数控圆弧车刀刀尖加工误差分析	(74)
3.4.3 刀尖半径补偿指令及其偏置方向判断	(75)
3.4.4 圆弧车刀假想刀尖方位及补偿参数的设定	(76)
3.4.5 刀尖圆弧半径补偿过程	(77)
项目练习题	(79)
项目 4 数控车削加工工艺	(82)
任务 4.1 数控车削加工工艺设计	(82)
4.1.1 数控车削加工工艺的内容与特点	(83)
4.1.2 车削加工零件工艺性分析	(85)
4.1.3 数控车削加工工艺设计	(86)
任务 4.2 数控车削零件装夹与定位	(97)
4.2.1 数控车床常用装夹方法	(98)
4.2.2 数控车床定位基准的选择	(104)
任务 4.3 数控车削加工刀具	(108)
4.3.1 数控车削刀具的基础知识	(109)
4.3.2 数控可转位车刀及刀具系统	(113)
任务 4.4 数控车削加工的切削用量选择	(119)
4.4.1 切削用量的选择原则	(120)
4.4.2 切削用量的确定	(121)
4.4.3 切削用量的选用方法	(123)
4.4.4 提高表面质量的措施	(124)
任务 4.5 数控加工的工艺文件编制	(126)
4.5.1 数控加工技术文件概述	(127)
4.5.2 数控编程任务书	(127)
4.5.3 数控加工工序卡	(127)
4.5.4 数控刀具卡	(128)
4.5.5 数控加工程序单	(128)
项目练习题	(131)

项目 5 简单轴类零件加工	(134)
任务 阶梯轴的加工	(134)
5.1.1 外圆车刀及安装	(135)
5.1.2 车端面常用车刀	(136)
5.1.3 单一固定循环 G90	(137)
5.1.4 端面车削固定循环 G94	(140)
项目练习题	(146)
项目 6 切断及槽类零件加工	(149)
任务 6.1 简单槽或切断加工	(149)
6.1.1 数控车切槽与切断	(150)
6.1.2 切槽、切断刀的装夹	(152)
6.1.3 程序暂停 G04	(152)
任务 6.2 规律槽的加工	(155)
6.2.1 子程序的基本知识	(155)
6.2.2 子程序在槽加工中的应用	(156)
任务 6.3 宽槽与等距槽的加工	(159)
任务 6.4 内沟槽的加工	(163)
6.4.1 内沟槽的分类与应用	(164)
6.4.2 内沟槽车刀	(164)
6.4.3 车内沟槽的方法	(165)
6.4.4 内沟槽的检验与测量	(165)
项目练习题	(168)
项目 7 复杂轴类零件加工	(171)
任务 7.1 复杂外圆轴零件加工	(171)
7.1.1 内、外圆粗加工复合循环 G71	(172)
7.1.2 精车循环 G70	(173)
任务 7.2 复杂端面轴零件加工	(178)
任务 7.3 复杂轴类零件仿形加工	(184)
项目练习题	(192)
项目 8 孔套类零件加工	(196)
任务 8.1 轴套零件加工	(196)
8.1.1 常见孔类零件的加工方法与刀具	(197)
8.1.2 孔的测量方法	(199)
8.1.3 深孔钻削循环 G74	(200)
任务 8.2 薄壁孔零件加工	(205)
8.2.1 薄壁零件的加工	(206)
8.2.2 薄壁零件的加工注意事项	(208)
项目练习题	(210)

项目 9 螺纹加工	(214)
任务 9.1 普通外螺纹零件加工	(214)
9.1.1 螺纹加工的基础知识	(215)
9.1.2 螺纹车削方法	(218)
9.1.3 螺纹切削 G32 指令应用	(221)
9.1.4 螺纹切削 G92 指令应用	(223)
任务 9.2 普通内螺纹零件加工	(228)
9.2.1 普通内螺纹的车削加工	(229)
9.2.2 多线螺纹的切削	(230)
任务 9.3 梯形螺纹零件加工	(236)
9.3.1 梯形螺纹的基础知识	(237)
9.3.2 复合螺纹切削循环 G76	(242)
项目练习题	(249)
项目 10 非圆曲面零件加工	(253)
任务 10.1 椭圆手柄轴零件加工	(253)
10.1.1 宏程序变量	(254)
10.1.2 B 类宏程序运算指令	(255)
10.1.3 转移和循环指令	(256)
任务 10.2 椭圆轴套配合件加工	(262)
10.2.1 配合件的基础知识	(263)
10.2.2 精度控制方法	(263)
项目练习题	(273)
参考文献	(277)

项目 1 数控车床基础知识

随着科学技术和社会生产的迅速发展,机械产品日趋复杂,对机械产品的质量和生产率的要求越来越高。在航天、造船、军工和计算机等工业中,零件精度高、形状复杂、批量小、经常改动、加工困难,生产效率低、劳动强度大,质量难以保证。机械加工工艺过程自动化是适应上述发展特点的最重要手段。

为了解决上述问题,一种灵活、通用、高精度、高效率的“柔性”自动化生产设备——数控机床在这种情况下应运而生。目前数控技术已逐渐普及,数控机床在工业生产中得到了广泛应用,已成为机床自动化的一个重要发展方向。数控车床是使用最为广泛的数控机床之一,主要用于轴类、套类及盘类等零件的内外圆柱(锥)面、端面、球面以及螺纹的加工,并能进行切槽、钻孔、扩孔、铰孔及镗孔等,如图 1.1 所示。下面,为了更好地操作数控车床,先来学习数控车床的基本知识。

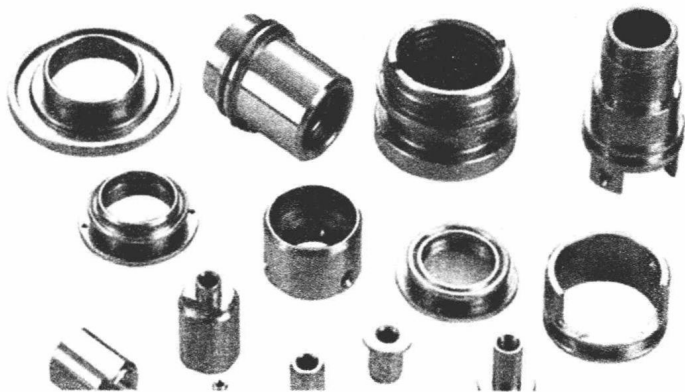


图 1.1 数控车削加工零件图

任务 1.1 认识数控车床

数控车床又称为 CNC 车床,即使用计算机数字控制的车床,是目前使用极为广泛的数控机床之一,大约占数控机床总数的 25%。数控车床是一种高精度、高效率的自动化机床,也是使用数量最多的数控机床,数控车床将编制完成的加工程序输送到数控系统中,由数控系统通过 X 、 Z 坐标轴伺服电机控制车床进给运动部件的动作顺序、位移和进给速度,再配合主轴的转速和转向,即可加工出各种形状不同的轴类和盘类等回转体零件。

任务目标

知识目标

- 了解数控机床的产生和发展;
- 掌握数控机床结构、特点、分类与应用;
- 了解典型数控系统。

能力目标

- 理解数控机床的组成及加工原理。

任务描述

图 1.2 为数控车床外形图。通过对数控车床的结构示意图的介绍,使学生回忆起之前其他课程知识,理解数控机床的产生与发展、原理和结构组成与特点以及工艺用途。



图 1.2 数控车床结构外形图

知识与技能

1.1.1 数控机床的产生和发展

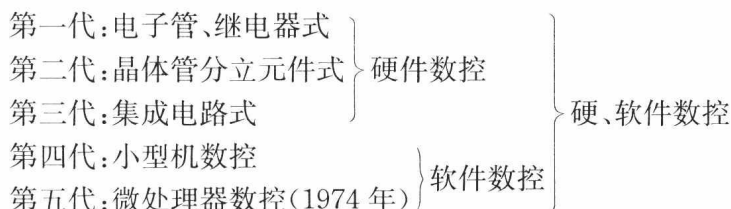
1. 数控机床的产生和发展

数控(numerical control, NC)机床,顾名思义,是一类由数字程序控制的机床,是将事先编好的程序输入到机床的专用计算机中,由计算机指挥机床各坐标轴的伺服电机控制机床各运动部件的先后动作、速度和位移量,并与选定的主轴转速相配合,从而加工出各种不同工件的设备。数控机床种类较多,如数控车床、数控铣床、加工中心、数控电火花机床、数控线切割机床等。

1948 年,美国 PARSONS 公司在研制加工直升机叶片轮廓用检查样板的机床时,首先提出了数控机床的设想,在麻省理工学院的协助下,于 1952 年试制成功世界上第一台数控机床样机数控铣床。后又经过三年时间的改进和自动程序编制的研究,数控机床进入实用

阶段,市场上出现了商品化数控机床。1958 年,美国 KEANEY & TRECKER 公司在世界上首先研制成功带有自动换刀装置的加工中心。

数控机床共经历了五代:现今的数控机床就是在 20 世纪 70 年代发展起来的一种新型数控技术。



2. 我国数控机床的发展概况

我国于 1958 年开始研制数控机床,到 60 年代末 70 年代初,简易的数控机床已在生产中广泛使用。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。

3. 数控机床的发展趋势

数控机床总的发展趋势是高速化、高精度化、高可靠性、多功能、复合化、智能化和开放式结构。主要发展动向是研制开发软、硬件都具有开发式结构的智能化全功能通用数控装置。

(1) 高速化与高精度化

数控机床的高速化需要新的数控系统、高速电主轴和高速伺服进给驱动,以及机床结构的优化和轻量化。高速加工不仅是设备本身,还是机床、刀具、刀柄、夹具和数控编程技术,以及人员素质的集成。数控机床的定位精度进入亚微米时代,在未来几年,精密化与高速化、智能化和微型化将汇合而成新一代机床。

(2) 复合化

复合化包括工序复合化和功能复合化。工件在一台设备上一次装夹后,通过自动换刀等各种措施,来完成多种工序和表面的加工。完整加工通过工艺过程集成,一次装卡就把一个零件加工过程全部完成。由于减少了装卡次数,提高了加工精度,易于保证过程的高可靠性和实现零缺陷生产。

(3) 智能化

随着人工智能技术的不断发展,并为适应制造业生产高度柔性化、自动化的需要,数控设备中引入了以下几种技术:自适应控制技术、专家系统、故障自诊断功能、智能化交流伺服驱动装置。

(4) 高柔性化

柔性指数控设备适应加工对象变化的能力。今天的数控机床对加工对象的变化有很强的适应能力,并在提高单机柔性化的同时,朝着单元柔性化和系统柔性化方向发展。

(5) 小型化

蓬勃发展的机电一体化技术对 CNC 装置提出了小型化的要求,以便将机、电装置糅合为一体。

(6) 开放式体系结构

新一代的数控系统体系结构向开放式系统方向发展。很多数控系统开发厂家根据个人计算机所具有的开发性、低成本、高可靠性、软硬件资源丰富等特点,开发出基于 PC 的 CNC。

4. 先进制造技术简介

随着数控加工技术、网络控制技术、信息技术的发展,目前已经出现的计算机直接数控系统、柔性制造单元和柔性制造系统及计算机集成制造系统,就是以数控机床为基础的自动化生产系统。

(1) 计算机直接数控系统(DNC)

DNC 是用一台中央计算机直接控制和管理一群数控设备进行零件加工或装配的系统,因此,也称它为计算机群控系统。在 DNC 系统中,各台数控机床都各自有独立的数控系统,并与中央计算机组成计算机网络,实现分级控制管理。中央计算机不仅用于编制零件的程序以控制数控机床的加工过程,而且能控制工件与刀具的输送,同时还具有生产管理、工况监控及刀具寿命管理等能力,形成了一条由计算机控制的数控机床自动生产线。

(2) 柔性制造单元(FMC)和柔性制造系统(FMS)

FMC 由加工中心(MC)与工件自动交换装置(AWC)组成,同时,数控系统还增加了自动检测与工况自动监控等功能,如工件尺寸测量补偿、刀具损坏和寿命监控等。柔性制造单元既可作为组成柔性制造系统的基础,也可用作独立的自动化加工设备。

FMS 是在 DNC 基础上发展起来的一种高度自动化加工生产线,由数控机床、物料和工具自动搬运设备、产品零件自动传输设备、自动检测和试验设备等组成。这些设备及控制分别组成了加工系统、物流系统和中央管理系统。

(3) 计算机集成制造系统(CIMS)

CIMS 的核心是一个公用的数据库,对信息资源进行存储与管理,并与各个计算机系统通信。在此基础上,需要有三个计算机系统:一是进行产品设计与工艺设计的计算机辅助设计与计算机辅助制造系统,即 CAD/CAM;二是计算机辅助生产计划与计算机生产控制系统,即 CAP/CAC,此系统对加工过程进行计划、调度与控制,FMS 是这个系统的主体;三是计算机工厂自动系统,它可以实现产品的自动装配与测试、材料的自动运输与处理等。

1.1.2 数控车床的特点

1. 适应性强,降低加工成本

适应性强是数控车床最突出的优点,当零件形状发生变化时,只需输入新的程序就能自动完成新零件的加工,不必用凸轮、靠模、样板或其他模具等专用工艺装备,且不需改变机械部分和控制部分的硬件。这为解决复杂结构零件的单件、中小批量生产以及试制新产品提供了极大的方便,大大缩短了更换机床硬件的技术准备时间,降低了加工成本。

2. 适合加工复杂型面的零件

由于数控车床能实现两轴或两轴以上的联动,所以能完成复杂型面的加工,特别是可用数学方程式和坐标点表示的形状复杂的零件。

3. 加工精度高,质量稳定

现代数控车床工作台的移动当量达到了 $0.01\sim 0.000\,1\text{ mm}$,而且具有反向间隙及丝杠螺距误差补偿功能,定位精度高,加工精度由过去的 $\pm 0.01\text{ mm}$ 提高到 $\pm 0.005\text{ mm}$,甚至更高。

数控车床是按编程指令进行加工的,避免了操作者人为产生的误差,提高了同一批零件生产的一致性,产品合格率高,加工质量稳定。数控车床加工所用刀具主要是各类车刀及钻头、镗刀、铰刀等。加工精度可达IT5~IT6,表面粗糙度可达 $Ra1.6$ 或更高。

4. 生产效率高

在数控车床上可以采用较大的切削用量,有效地节省了机动工时。还有自动调速、自动换刀和其他辅助操作自动化等功能,使辅助时间大为缩短,而且一般不需工序间的检验与测量,数控车床的加工时间利用率高达90%,而普通车床仅为30%~50%。所以,数控车床比普通车床的生产率高3~4倍,甚至更高。

5. 工序集中,一机多用

数控车床特别是车削中心,在一次装夹的情况下,几乎可以完成零件的全部加工工作。一台数控车床可以代替数台普通车床。这样可以减少装夹误差,节约工序之间的运输、测量和装夹等辅助时间,还可以节省车间的占地面积,带来较高的经济效益。

6. 自动化程度高,劳动强度低

数控车床加工过程是按输入的程序自动完成的,操作者只需起始对刀、装卸工件、更换刀具,在加工过程中,主要是观察和监督车床运行。操作者不需进行繁重的重复手工操作,大大降低了劳动强度。

7. 有利于新产品研制和改型

数控车床加工不需要重新设计工装,只要修改加工程序,就可以进行新产品研制及改型。因而大大缩短了新产品研制开发周期,为产品的改良、改型提供了捷径。

8. 价格较高且调试和维修较复杂

数控车床是一种技术含量高的设备,价格较高,而且要求具有较高技术水平的人员来操作和维修。

各种机床的使用范围如图1.3所示,各种机床的加工批量与成本的关系如图1.4所示。

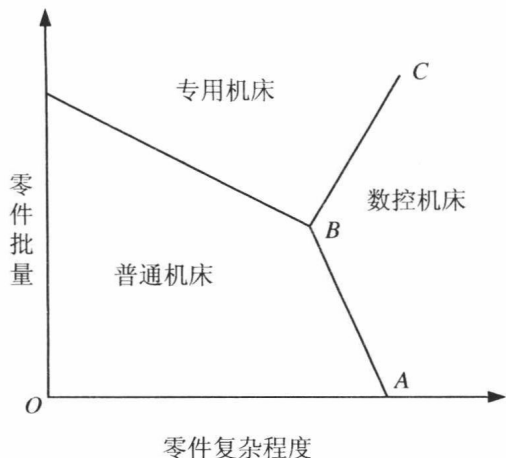


图 1.3 各种数控机床的使用范围

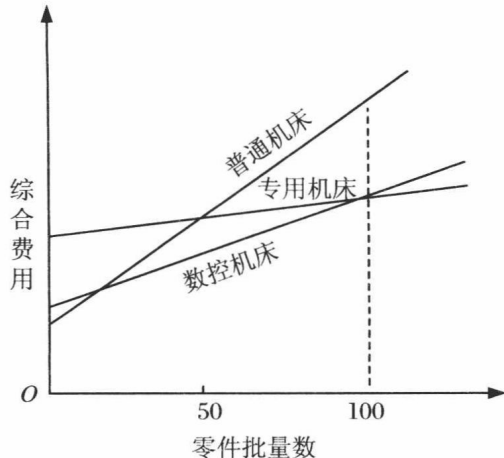


图 1.4 各种机床的加工批量与成本的关系