



应用型本科规划教材

A COURSE FOR THE OPERATING
AND PROGRAMMING OF CNC MACHINE TOOLS

数控机床操作与编程实践教程

◆ 主 编 张 伟
副主编 陈俊华 孙树峰
孙小权 吕 震



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大學出版社

应用型本科规划教材

数控机床操作与编程实践教程

主 编 张 伟

副主编 陈俊华 孙树峰

孙小权 吕 震

浙江大學出版社

内 容 提 要

本教材的编写以培养数控加工技能应用型高级人才为出发点。主要介绍数控车床、数控铣床、加工中心、数控线切割机床操作、工艺分析、编程等核心内容。数控系统涉及 FANUC、SIEMENS 及华中数控等主流系统。自动编程以 MasterCAM、Cimatron、UG 和 CAXA 等软件展开编程实例介绍。全书侧重应用层面,突出典型零件的工艺分析、编程以及数控机床操作技术要领的实践。

全书图文并茂,取材及编排力求合理。内容层次分明,精练理论,叙述清楚,辅以具体图例,以实例展开,便于教学和自学。

本书可作为高等院校理工科机械类应用型本科生的教材,也可作为高等职业技术教育类院校学生的专业教材及面向社会有关数控加工操作与编程技术的培训教材,还可作为数控机床加工编程、工艺及操作人员的技术参考书。

本书后附有《数控机床操作与编程实践》光盘作为配套使用。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床操作与编程实践教程 / 张伟主编. —杭州: 浙江大学出版社, 2007. 11

应用型本科规划教材

ISBN 978-7-308-05532-1

I. 数… II. 张… III. ①数控机床—操作—高等学校—教材②数控机床—程序设计—高等学校—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 139216 号

数控机床操作与编程实践教程

张 伟 主 编

丛书策划 樊晓燕

责任编辑 王 波

封面设计 刘依群

出版发行 浙江大学出版社

(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310028)

(E-mail: zupress@mail.hz.zj.cn)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 浙江大学出版社电脑排版中心

印 刷 杭州杭新印务有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 26

字 数 633 千

版 次 2007 年 11 月第 1 版 2007 年 11 月第 1 次印刷

印 数 0001—3000

书 号 ISBN 978-7-308-05532-1

定 价 39.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话(0571)88072522

应用型本科院校机械专业规划教材

编 委 会

主 任 潘晓弘

副主任 刘 桦 陈俊龙 胡夏夏

委 员 (以姓氏笔画为序)

马 光 文和平 孙树礼

朱根兴 张玉莲 张 伟

张美琴 陈志平 胡国军

徐 立

总 序

近年来我国高等教育事业得到了空前的发展,高等院校的招生规模有了很大的扩展,在全国范围内涌现了一大批以独立学院为代表的应用型本科院校,这对我国高等教育的全方位、持续、健康发展具有重大的意义。

应用型本科院校以着重培养应用型人才为目标,开设的大多是一些针对性较强、应用特色明确的本科专业,但与此不相适应的是,作为知识传承载体的教材建设远远滞后于应用型人才培养的步伐。应用型本科院校所采用的教材大多是直接选用普通高校的那些适用于研究型人才培养的教材。这些教材往往过分强调系统性和完整性,偏重基础理论知识,而对应用知识的传授却不足,难以充分体现应用类本科人才的培养特点,无法直接有效地满足应用型本科院校的实际教学需要。对于正在迅速发展的应用型本科院校来说,抓住教材建设这一重要环节,是实现其长期稳步发展的基本保证,也是体现其办学特色的基本措施。

浙江大学出版社认识到,高校教育层次化与多样化的发展趋势对出版社提出了更高的要求,即无论在选题策划,还是在出版模式上都要进一步细化,以满足不同层次的高校的教学需求。应用型本科院校是介于普通本科与高职之间的一个新兴办学群体,它有别于普通的本科教育,但又不能偏离本科生教学的基本要求,因此,教材编写必须围绕本科生所要掌握的基本知识与概念展开。但是,培养应用型与技术型人才又是应用型本科院校的教学宗旨,这就要求教材改革必须有利于进一步强化应用能力的培养。

为了满足当今社会对机械工程专业应用型人才的需要,许多应用型本科院校都设置了相关的专业。而这些专业的特点是课程内容较深、难点较多,学生不易掌握,同时,行业发展迅速,新的技术和应用层出不穷。针对这一情况,浙江大学出版社组织了十几所应用型本科院校机械工程类专业的教师共同开展了“应用型本科机械工程专业教材建设”项目的研究,共同研究目前教材的不适应之

处,并探讨如何编写能真正做到“因材施教”、适合应用型本科层次机械工程类专业人才培养的系列教材。在此基础上,组建了编委会,确定共同编写“应用型本科院校机械工程专业规划教材”系列。

本套规划教材具有以下特色:

在编写的指导思想上,以“应用型本科”学生为主要授课对象,以培养应用型人才为基本目的,以“实用、适用、够用”为基本原则。“实用”是对本课程涉及的基本原理、基本性质、基本方法要讲全、讲透,概念准确清晰。“适用”是适用于授课对象,即应用型本科层次的学生。“够用”就是以就业为导向,以应用型人才为培养目的,达到理论够用,不追求理论深度和内容的广度。突出实用性、基础性、先进性,强调基本知识,结合实际应用,理论与实践相结合。

在教材的编写上重在基本概念、基本方法的表述。编写内容在保证教材结构体系完整的前提下,注重基本概念,追求过程简明、清晰和准确,重在原理,压缩繁琐的理论推导。做到重点突出、叙述简洁、易教易学。还注意掌握教材的体系和篇幅能符合各学院的计划要求。

在作者的遴选上强调作者应具有应用型本科教学的丰富的教学经验,有较高的学术水平并具有教材编写经验。为了既实现“因材施教”的目的,又保证教材的编写质量,我们组织了两支队伍,一支是了解应用型本科层次的教学特点、就业方向的一线教师队伍,由他们通过研讨决定教材的整体框架、内容选取与案例设计,并完成编写;另一支是由本专业的资深教授组成的专家队伍,负责教材的审稿和把关,以确保教材质量。

相信这套精心策划、认真组织、精心编写和出版的系列教材会得到广大院校的认可,对于应用型本科院校机械工程类专业的教学改革和教材建设起到积极的推动作用。

系列教材编委会主任 潘晓弘

2007年1月

前 言

当今世界各国制造业广泛采用数控技术,以提高制造能力和水平,提高对动态多变市场的适应能力和竞争能力。数控技术对现代制造业的影响是多方面和重大的,制造业是各种产业的支柱工业,数控技术和数控装备是制造工业现代化的重要基础,直接影响到一个国家的经济发展和综合国力,关系到一个国家发展的战略地位。专家们预言:21 世纪机械制造业的竞争,其实质是数控技术的竞争。

加入世界贸易组织后,中国正在逐步变成“世界制造中心”。为了增强竞争能力,中国制造业开始广泛使用先进的数控技术。因此随着数控机床的发展与普及,现代化制造企业对于懂得数控加工技术、掌握数控机床操作和数控加工工艺、能进行数控加工编程的高级应用型人才的需求量必将不断增加。本书正是为了满足这种需求,面向应用型本科院校学生教育及高素质数控加工操作与编程人才培养,而整合提炼的一本介绍数控机床操作与加工编程技术与应用的教材。

本教材的编写以培养在数控加工的生产现场,可以完成数控加工工艺设计、数控程序编制、数控机床操作的高级应用型技术人员为出发点。主要介绍数控车床、数控铣床、加工中心;数控线切割机床操作、工艺分析、编程等核心内容。数控系统涉及 FANUC、SIMENS 及华中数控等主流系统。自动编程以 MasterCAM、Cimatron、UG 和 CAXA 等软件展开编程实例介绍。全书侧重应用层面,突出典型零件的工艺分析、编程以及数控机床操作技术要领的实践。书后还配有一张光盘,内含典型零件数控加工编程指导型实践和数控加工操作指导型实践。

教材编写力求体现以下风格与特点:(1)精练理论,力求表述简洁易懂,辅以具体图例,以实例展开;(2)强调实践和实践属性,通过具体的实例让学生实

训工艺设计、编程与操作等;(3)强调接近于生产实际的实训方式;(4)将必要的知识支撑点融于技能培养的过程中,注重实践性教学,注重知识的综合应用,将数控加工工艺、数控编程和加工操作有机结合起来,以达到满意的教学效果;(5)在素材的组织上,突出了实用的特点,收集了大量的相关权威资料并加以细致地整理,许多加工实例都来源于生产实际和教学实践,便于读者借鉴。

本教材由中国计量学院、浙江大学宁波理工学院、温州大学瓯江学院、浙江工业大学之江学院、浙江大学城市学院和杭州电子科技大学共同编写,由张伟担任主编,陈俊华、孙树峰、孙小权和吕震担任副主编。

数控加工技术概述(第1章)由张伟编写,程国标初审;数控车床加工单元(第2、第3章)由陈俊华和张健编写,孙小权和程国标初审;数控铣床加工单元(第4、第5章)由孙树峰、吕震和于保华编写,陈俊华初审;加工中心加工单元(第6、第7章)由孙小权和程国标编写,孙树峰初审;数控线切割单元(第8章)由盛刚和李贤义编写,张伟初审;图形交互自动编程单元(第9章)由张伟、孙树峰、吕震和李贤义编写,吕震初审。全书由张伟组织讨论、提炼编写大纲、负责全书统稿和定稿。

编著过程中,编者参考了国内外大量书籍、期刊及技术资料,在此谨向这些资料的作者致以衷心的感谢。

本教材的编写得到浙江大学出版社的有关同志深切关心和有力支持,也得到了许多专家与同行的大力支持和帮助,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏和错误,敬请广大读者斧正。

编 者

2007年8月于杭州

目 录

第 1 章 数控加工技术概述	1
1.1 数控加工	1
1.1.1 数控加工过程	1
1.1.2 数控加工内容	2
1.1.3 数控加工特点	3
1.2 数控机床	4
1.2.1 数控机床的组成	4
1.2.2 数控机床的工作原理与工作方式	6
1.2.3 数控机床的分类	10
1.3 数控加工工艺	12
1.3.1 数控加工工艺的基本特点	13
1.3.2 数控加工工艺的主要内容	14
1.3.3 数控机床的合理选用	14
1.4 数控加工编程	16
1.4.1 数控编程的步骤与内容	17
1.4.2 数控编程方法	18
1.4.3 数控机床的坐标系统	20
1.4.4 数控加工的刀具补偿	24
1.4.5 数控程序的结构与格式	29
1.5 数控系统及其加工功能	30
1.5.1 典型数控系统	30
1.5.2 数控系统的主要功能	32
第 2 章 数控车削加工编程及实例	36
2.1 数控车床结构	36
2.1.1 数控车床的组成	37
2.1.2 数控车床的主要技术参数	38
2.1.3 常用数控车床分类	39

2.1.4 数控车床附件·····	40
2.2 数控车削加工工艺制订及实例·····	42
2.2.1 数控车削加工工艺制订·····	42
2.2.2 数控车削加工工艺设计实例·····	44
2.3 数控车削加工编程基础·····	45
2.3.1 数控车床数控系统功能及编程特点·····	45
2.3.2 数控车削加工的基本工艺问题·····	46
2.4 典型表面数控车削加工编程实例·····	50
2.4.1 FANUC 系统数控车削编程实例·····	50
2.4.2 SIEMENS 系统数控车削编程实例·····	56
2.4.3 华中 HNC-21/22T 系统数控车削编程实例·····	59
2.5 典型零件数控车削加工编程实例·····	61
2.5.1 FANUC 系统数控车削编程实例·····	61
2.5.2 SINUMERIK 802S 系统数控车削编程实例·····	69
2.5.3 华中 HNC-21/22T 系统数控车削编程实例·····	77
2.6 数控车削加工编程实践·····	82
2.6.1 FANUC 系统数控车削编程实践·····	82
2.6.2 SIEMENS 系统数控车削编程实践·····	83
2.6.3 华中 HNC-21/22T 系统数控车削编程实践·····	83
第 3 章 数控车床的操作及加工实例·····	87
3.1 数控车床的操作·····	87
3.1.1 数控车床的操作按键介绍·····	88
3.1.2 数控车床基本操作步骤·····	101
3.1.3 数控车床安全操作规程·····	102
3.1.4 数控车床日常维护及保养·····	103
3.2 数控车床加工实例·····	104
3.2.1 零件及加工要求·····	104
3.2.2 准备工作及编程·····	105
3.2.3 操作步骤及内容·····	108
3.3 数控车床加工实践·····	114
3.3.1 FANUC 系统数控车削加工实践·····	114
3.3.2 SIEMENS 系统数控车削加工实践·····	115
3.3.3 华中 HNC-21/22T 系统数控车削加工实践·····	115
第 4 章 数控铣床加工编程及实例·····	118
4.1 数控铣床结构·····	118
4.1.1 数控铣床的组成·····	118
4.1.2 常用数控铣床的分类·····	120

4.1.3 数控铣床的刀具系统	121
4.1.4 数控铣床的附件	130
4.2 数控铣加工工艺制订及实例	132
4.2.1 数控铣加工工艺制订	132
4.2.2 数控铣加工工艺设计实例	140
4.3 数控铣加工编程基础	144
4.3.1 数控铣床常用数控系统编程指令简介	144
4.3.2 数控铣加工的基本工艺问题	148
4.4 数控铣加工编程实例	149
4.4.1 FANUC 系统数控铣加工编程实例	149
4.4.2 华中 HNC-21/22M 系统数控铣加工编程实例	157
4.4.3 SIEMENS 系统数控铣加工编程实例	178
4.5 数控铣加工编程实践	184
4.5.1 FANUC 系统数控铣加工编程实践	184
4.5.2 华中 HNC-21/22M 系统数控铣加工编程实践	185
4.5.3 SIEMENS 系统数控铣加工编程实践	186
第 5 章 数控铣床的操作及加工实例	189
5.1 数控铣床的操作	189
5.1.1 数控铣床的一般操作方法	189
5.1.2 数控铣床安全操作规程	206
5.1.3 数控铣床的日常维护及保养	207
5.2 数控铣床加工实例	209
5.2.1 零件及加工要求	209
5.2.2 准备工作	209
5.2.3 操作步骤及内容	211
5.3 数控铣床加工实践	226
5.3.1 华中系统数控铣加工实践	226
5.3.2 FANUC 系统数控铣加工实践	226
5.3.3 SIEMENS 系统数控铣加工实践	228
第 6 章 加工中心加工编程及实例	230
6.1 加工中心结构	230
6.1.1 加工中心的组成	230
6.1.2 常用加工中心	233
6.1.3 加工中心的刀具系统及辅助设备	234
6.2 加工中心加工工艺制订及实例	239
6.2.1 加工中心加工工艺制订	239
6.2.2 加工中心加工工艺设计实例	242

6.3 加工中心加工编程基础	245
6.4 加工中心加工编程实例	246
6.4.1 FANUC 系统加工中心加工编程实例	246
6.4.2 华中系统加工中心加工编程实例	257
6.4.3 SIEMENS 系统加工中心加工编程实例	263
6.5 加工中心加工编程实践	267
6.5.1 FANUC 系统加工中心编程实践	267
6.5.2 华中 HNC-21/22M 系统加工中心编程实践	269
6.5.3 SIEMENS 系统加工中心编程实践	271
第 7 章 加工中心的操作及加工实例	273
7.1 加工中心的操作	273
7.1.1 加工中心的基本操作方法	273
7.1.2 刀具在刀库中的设置	282
7.1.3 刀具长度补偿值的确定	282
7.1.4 工件坐标系设定	283
7.1.5 程序调试	285
7.1.6 加工中心安全操作规程	286
7.1.7 加工中心日常维护及保养	287
7.2 加工中心加工实例	289
7.2.1 零件及加工要求	289
7.2.2 准备工作	289
7.2.3 操作步骤及内容	289
7.3 加工中心加工实践	293
7.3.1 SIEMENS 系统加工中心加工实践	293
7.3.2 华中系统加工中心加工实践	294
7.3.3 FANUC 系统加工中心加工实践	294
第 8 章 数控快走丝线切割加工及其编程	297
8.1 数控快走丝线切割机床的组成及工作原理	297
8.1.1 数控快走丝线切割机床的组成及其作用	298
8.1.2 线切割加工的基本原理	302
8.1.3 线切割加工的特点和应用范围	302
8.1.4 数控快走丝线切割机床的主要技术参数	303
8.2 数控快走丝线切割加工工艺	304
8.2.1 数控快走丝线切割工艺参数	304
8.2.2 数控快走丝线切割加工工艺技巧	305
8.3 数控快走丝线切割加工编程	306
8.3.1 数控快走丝线切割加工的基本工艺问题	306

8.3.2 数控丝线切割加工编程基础	308
8.3.3 数控快走丝线切割加工编程实例	312
8.4 数控快走丝线切割机床的操作	316
8.4.1 线切割加工过程	316
8.4.2 机床调整	317
8.4.3 基本操作	319
8.4.4 加工操作步骤	325
8.4.5 数控线切割机床安全操作规程及其保养方法	325
8.5 数控快走丝线切割加工操作实例	326
8.6 数控快走丝线切割加工操作实践	329
第9章 图形交互自动编程	332
9.1 CAD/CAM 软件数控编程应用概述	332
9.1.1 常用 CAD/CAM 软件简介	332
9.1.2 图形交互自动编程软件学习要点	333
9.1.3 CAD/CAM 软件数控编程过程	334
9.2 MsterCAM 图形交互自动编程	335
9.2.1 MastercCAM 软件系统简介	335
9.2.2 基于 MasterCAM 数控车削编程实例	336
9.3 Cimatron 图形交互自动编程	350
9.3.1 Cimatron 软件系统简介	350
9.3.2 基于 Cimatron 的数控铣加工编程实例	353
9.4 UG 图形交互自动编程	365
9.4.1 UG CAM 软件简介	365
9.4.2 基于 UG 的数控铣加工编程实例	369
9.5 CAXA 线切割 V2 自动编程	376
9.5.1 CAXA 线切割 V2 简介	376
9.5.2 基于 CAXA 的线切割加工编程实例	379
附 录	392
附录 A	392
附录 B	393
附录 C	394
附录 D	396
附录 E	397
附录 F	399
参考文献	400

第 1 章 数控加工技术概述

内容提要:

本章对数控加工技术所涉及的相关内容作了简要介绍,具体包括以下方面:数控加工的过程与内容;数控机床组成及其工作原理;数控系统及其主要功能;数控加工工艺的内容及特点;数控编程内容、步骤与方法;数控机床坐标系统、数控程序的结构和格式等。

数控加工技术是指高效、优质地实现产品零件特别是复杂形状零件加工的有关理论、方法与实现技术,它是自动化、柔性化、敏捷化和数字化制造加工的基础与关键技术。

数控加工技术集传统的机械制造、计算机、现代控制、传感检测、信息处理、光机电技术于一体,是现代机械制造技术的基础,它的迅速发展和广泛应用,有效地解决了复杂、精密、小批多变零件的加工问题,使机械制造业的生产方式、产品结构发生了根本性的变化。数控加工技术的水平和普及程度,已经成为衡量一个国家综合国力和工业现代化水平的重要标志。

近年来,国内制造业发展迅速,全球制造业向我国转移的趋势十分明显。与此同时,代表先进制造技术的数控加工在制造业中的应用也日益普及。据统计,早在 1994 年以前数控加工已在我国 144 个机械行业中得到广泛应用,而在一些技术密集型的制造行业(如模具、汽车、飞机等),数控加工已成为一种常规的和必需的加工手段。为了适应这一发展趋势,国家将以数控机床为代表的基础机械确定为近期行业发展的重点之一。数控机床已是柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)、自动化工厂(FA)的基本构成单位。努力发展数控技术,并向更高层次的自动化、柔性化、敏捷化、网络化和数字化制造方向推进,是当前机械制造业的发展方向。

1.1 数控加工

1.1.1 数控加工过程

数控加工是根据被加工零件的图样和工艺要求,编制成以数码表示的程序,输入到机床的数控装置或控制计算机中,以控制工件和刀具的相对运动,使之加工出合格零件的方法。数控加工过程如图 1-1 所示。

数控加工与通用机床加工在方法与内容上有许多相似之处,不同点主要表现在控制方

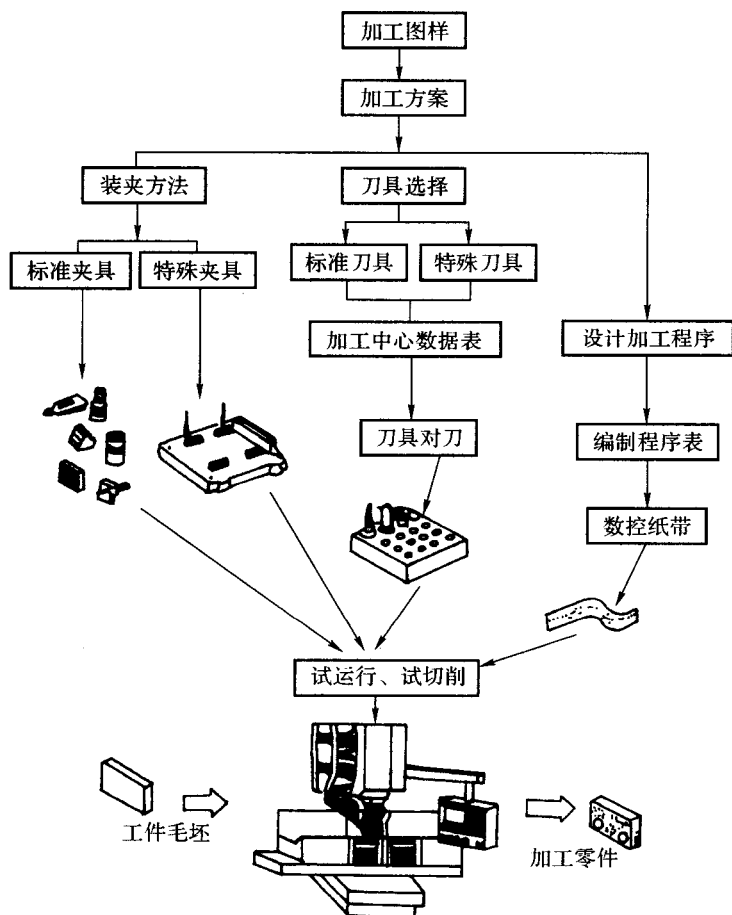


图 1-1 数控加工过程

式上。以机械加工为例,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,都是由操作工人自行考虑和确定的,且是用手工操作方式来进行控制的。

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,例如工步的划分与顺序、走刀路线、位移量和切削参数等,按规定的数码形式编成程序,记录在数控系统存储器或磁盘上,它们是实现人与机器联系起来的媒介物。加工时,控制介质上的数码信息输入数控机床的控制系统后,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。

1.1.2 数控加工内容

如图 1-1 所示,数控加工主要包括以下几个方面的内容:对零件进行加工工艺分析,以确定加工方法、加工工艺路线;正确地选择数控机床刀具和装夹方法;按照加工工艺要求,根据所用数控机床规定的指令代码及程序格式,将刀具的运动轨迹、位移量、切削参数(主轴转

速、进给量、吃刀深度等)以及辅助功能(换刀、主轴正转/反转、切削液开/关等)编写成加工程序,传送或输入到数控装置中,从而控制机床加工零件。

一般来说,数控加工技术涉及数控机床加工工艺和数控编程技术两大方面。数控机床是数控加工的硬件基础,其性能对加工效率、精度等方面具有决定性的影响。数控机床的运动可控性为数控加工提供了物质基础,但数控机床是按照提供给它的指令信息——加工程序来执行运动的。因此,零件加工程序的编制(简称数控编程,包括从分析加工要求到获得合格的零件程序的全过程)是实现数控加工的重要环节,对于产品质量的控制有着重要的作用。特别是对于复杂零件加工,其编程工作的重要性甚至超过数控机床本身。数控编程所追求的目标是如何更有效地获得满足各种零件加工要求的高质量数控加工程序,以更充分地发挥数控机床的性能,获得更高的加工效率与加工质量。

1.1.3 数控加工特点

与传统的加工手段相比,数控加工具有如下特点:

(1) 自动化程度高

数控机床对零件的加工是按事先编好的程序自动完成的,操作者除了操作面板、装卸零件、对关键工序进行中间测量以及观察机床的运行之外,不需要进行繁重的重复性手工操作,劳动强度与紧张程度均可大为减轻,劳动条件也得到相应的改善。

(2) 对加工对象改型的适应性强

在数控机床上改变加工零件时,只需要重新编制程序就能实现对零件的加工,故而它不同于传统的机床:不需要制造和更换许多工具、夹具和检具,更不需要重新调整机床。因此,数控机床可以快速地加工一种零件转变为加工另一种零件,这就为单件、小批量生产以及试制新产品提供了极大的便利。它不仅缩短了生产准备周期,而且节省了大量工艺装备费用。此外,数控加工运动的任意可控性使其能完成普通加工方法难以完成或者无法进行的复杂型面加工。

(3) 加工精度高、质量稳定

目前,普通数控加工的尺寸精度通常可达 $\pm 0.05\text{mm}$,最高的尺寸精度可达到 $\pm 0.01\mu\text{m}$ 。数控机床是按预先编制好的加工程序进行工作的,加工过程中无需人的参与或调整,因此不受操作工人的技术水平或情绪的影响,加工精度稳定。此外,数控机床可以通过在线自动补偿(实时补偿)技术来消除或减少热变形、力变形和刀具磨损的影响,使加工精度的一致性得到保证。这在传统机床上则是无法做到的,因此采用数控加工技术可以提高零件的加工精度和产品质量。

(4) 加工生产率高

零件加工所需要的时间包括机动时间与辅助时间两部分。数控机床能够有效地减少这两部分时间,因而加工生产率比一般机床高得多。数控机床主轴转速和进给量的范围比普通机床的范围大,每一道工序都能选用最有利的切削用量,良好的结构刚性允许数控机床进行大切削用量的强力切削,有效地节省了机动时间。数控机床移动部件的快速移动和定位均采用了加速与减速措施,因而选用了很高的空行程运动速度,消耗在快进、快退和定位的时间要比一般机床少得多。

数控机床在更换被加工零件时几乎不需要重新调整机床,而零件又都安装在简单的定

位夹紧装置中,可以节省停机时进行零件安装调整的时间。

数控机床的加工精度比较稳定,一般只做首件检验或工序间关键尺寸的抽样检验,因而可以减少停机检验的时间。因此,数控机床的利用率比一般机床高得多。但任何事物都有两重性,数控加工虽有上述各种优点,但也存在不足之处,如由于机床价格较高,维修难度大,加工中的调整又相对复杂,使其单位加工成本较高。

在使用带有刀库和自动换刀装置的数控加工中心机床时,在一台机床上实现了多道工序的连续加工,减少了半成品的周转时间,生产效率的提高就更为明显。

(5)良好的经济效益

使用数控机床加工零件时,分摊在每个零件上的设备费用是较昂贵的。但在单件、小批量生产情况下,可以节省工艺装备费用、辅助生产工时、生产管理费用及降低废品率,因此能够获得良好的经济效益。

(6)有利于生产管理的现代化

用数控机床加工零件,能准确地计算零件的加工工时,并有效地简化检验和工夹具、半成品的管理工作。这些特点都有利于使生产管理现代化。

(7)易于建立计算机通信网络

由于数控机床使用的是数字信息,易于与计算机辅助设计和制造(CAD/CAM)系统连接,形成计算机辅助设计和制造与数控机床紧密结合的一体化系统。另外,数控机床通过因特网(Internet)、内联网(Intranet)、外联网(Extranet),现在已可实现远程故障诊断及维修,已初步具备远程控制和调度,进行异地分散网络化生产的可能,从而为今后进一步实现制造过程网络化、智能化提供了必备的基础条件。

数控机床在应用中也有不利的一面,如提高了起始阶段的投资,对设备维护的要求较高,对操作人员的技术水平要求较高等。

1.2 数控机床

1.2.1 数控机床的组成

数控机床是一种利用数控技术,按照输入的数字程序信息进行自动加工的机床,其组成框图如图 1-2 所示。它集现代机械制造技术、自动控制技术及计算机信息技术于一体,是高效率、高精度、高柔性和高自动化的现代机械加工设备。数控机床主要由机床主机、数控(CNC)系统、伺服驱动等装置构成。其中,机床主机是加工执行机构,数控(CNC)系统是数控机床的控制核心,伺服驱动是数控系统运动信息的功率放大装置。在数控系统的控制下,数控机床各运动轴按照程序指令速度协调运动,实现复杂加工轨迹的控制。数控机床是数控加工的硬件基础,其性能对加工效率、精度具有决定性的影响。

数控机床各组成部分的功能简介如下。

1. 程序载体

数控机床是按照输入的零件加工程序运行的。零件加工程序中,包括机床上刀具和工件的相对运动轨迹、工艺参数(进给量、主轴转数等)和辅助运动等。零件加工程序用一定的格式和代码存储在一种载体上,如穿孔纸带、盒式磁带或软磁盘等,通过数控机床的输入装置,