

国家中职教育改革发展示范校项目建设成果

数控加工技术与工艺

（数控车工一体化教材）

SHUKONG JIAGONG JISHU YU GONGYI

主 编 纪东伟

参 编 王新国 蔡锐东 陈廷堡

主 审 陈 强 蓝韶辉



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

国家中职教育改革发展示范校项目建设成果

数控加工技术与工艺

(数控车工一体化教材)

主 编 纪东伟

参 编 王新国 蔡锐东 陈廷堡

主 审 陈 强 蓝韶辉



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

数控加工技术与工艺 / 纪东伟主编. —杭州:
浙江大学出版社, 2013.8
ISBN 978-7-308-11884-2

I. ①数… II. ①纪… III. ①数控机床—加工
IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 171611 号

内容简介

数控加工是具有代表性的先进制造技术,传统的机械制造方法已逐渐被取代,新工艺、新技术在机械制造领域得到了普遍应用,并且将越来越普及。

本书根据教学大纲要求,结合多年教学实践经验,并参考一些其它院校的经验编写而成,全书共四篇十一章,按普通加工工艺设计和数控加工工艺设计的实际设计程序,逐步阐述设计过程、设计内容和设计要求,循序渐进,内容力求具有系统性、完整性和先进性。

本书可作为职业院校数控加工专业相关课程的教材以及数控技术培训教材,也可供有关工程技术人员参考。

数控加工技术与工艺

主 编 纪东伟

参 编 王新国 蔡锐东 陈廷堡

责任编辑 杜希武

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 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州好友排版工作室

印 刷 杭州日报报业集团盛元印务有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 15.5

字 数 261 千

版 印 次 2013 年 8 月第 1 版 2013 年 8 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-11884-2

定 价 38.00 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联系方式: (0571) 88925591, <http://zjdxcb.tmall.com>

前 言

随着数控技术的迅速发展,传统的机械制造方法已逐渐被取代,新工艺、新技术在机械制造领域得到了普遍应用,并且将越来越普及。现在很多院校已开设了数控加工、数控编程等课程,学生在进行机械制造工艺设计时,已不仅仅局限于使用普通机床加工的方法,而更多采用数控加工。为了解决教学的需要,我们按教学大纲要求,结合多年教学实践经验,并参考一些其它院校的经验,编写了本书。在内容上力求具有系统性、完整性和先进性,但由于我们的水平所限,且时间紧迫,唯恐事与愿违。我们愿意在实践中不断改进,逐步完善。

本书按普通加工工艺设计和数控加工工艺设计的实际设计程序,逐步阐述设计过程、设计内容和设计要求,循序渐进。对设计中涉及到的必要知识,结合教材给予适当的扩展和讲解;对设计过程中应注意的问题进行了强调。在资料处理上尽量删繁就简、详略结合,既照顾到内容的完整性,又不使篇幅过大;既使学生受到全面的基本训练,又避免了不必要的重复。书中对于有关表格给出了查表说明和指导,并给出了零件机械加工工艺设计实例。

珠海市技师学院安排了专业能力强、教学经验丰富的教师来承担本书的编写工作。由纪东伟为主编,王新国、蔡锐东、陈廷堡为参编,陈强、蓝韶辉为主审,全书由蔡锐东进行校对。本书适用于职业院校数控加工专业或相近专业的师生使用,也可供有关工程技术人员参考。由于我们的水平所限、经验不足,参考资料欠缺,且时间紧迫,唯恐事与愿违,本书一定存在大量不足之处,我们恳切期望各位读者提出宝贵意见,以便修改。请通过以下方式与我们交流:

- 网 站: www.51cax.com
- E-mail: book@51cax.com
- 致 电: 0571-28811226, 28852522

珠海市技师学院深度合作企业珠海市旺磐精密机械有限公司詹益恭副总经理,在本课程建设及教材编写中给予了积极的技术指导;杭州浙大旭日科技

开发有限公司为本书配套提供立体教学资源库、教学软件及相关协助;在此,我们谨向所有为本书提供大力支持的有关人员、合作企业,以及在组织、撰写、研讨、修改、审定、打印、校对等工作中做出奉献的同仁表示由衷的感谢。

编 者

2013 年 7 月

目 录

第一篇 综合技能训练的内容

第 1 章 数控机床基本知识	3
1.1 数控机床的产生与发展过程	3
1.2 数控机床的构成与工作原理	4
1.2.1 数控加工程序及载体	5
1.2.2 输入/输出装置	5
1.2.3 数控装置	5
1.2.4 伺服驱动系统	5
1.2.5 机床主体	6
1.2.6 辅助装置	6
1.3 数控机床的类型	6
1.3.1 按加工功能分类	6
1.3.2 按机床运动方式分类	6
1.3.3 按进给伺服系统的类型分类	7
1.4 数控机床的坐标系	8
1.4.1 数控机床的坐标轴与运动方向	8
1.4.2 数控机床的坐标轴数与联动轴数	12
1.5 数控机床加工的功能特点与应用	12
1.5.1 数控机床加工的特点	12
1.5.2 数控机床加工的应用范围	13
第 2 章 数控机床选型、验收及日常保养	15
2.1 数控机床的选型	15
2.1.1 数控机床类型的选用	15

2.1.2	规格的选用	15
2.1.3	机床精度的选择	16
2.1.4	数控系统的选择	16
2.2	数控机床的安装、调试和验收	18
2.2.1	机床初就位和连接	18
2.2.2	数控系统的连接和调整	19
2.2.3	通电试车	20
2.2.4	机床精度和功能的调试	21
2.2.5	试运行	22
2.2.6	数控机床的验收	22
2.3	数控机床的使用原则及日常保养	25
2.3.1	数控机床的合理选用	25
2.3.2	数控机床的维护	26
第3章	机械加工工艺基础知识	30
3.1	机械加工工艺的基本概念	30
3.1.1	机械加工工艺及流程	30
3.1.2	《机械加工工艺过程综合卡片》的基本内容和要求	31
3.1.3	《工序简图》的绘制内容和要求	32
3.2	生产类型的确定	33
3.2.1	生产纲领	33
3.2.2	生产类型的确定	33
3.3	零件的工艺分析	36
3.3.1	零件的图纸审查	36
3.3.2	零件结构工艺性分析	36
3.3.3	零件的技术要求分析	36
3.4	毛坯的选择	37
3.4.1	毛坯的选择原则	37
3.4.2	绘制毛坯图(零件与加工余量综合图)	37
3.5	定位基准选择	38
3.5.1	精基准的选择原则	38
3.5.2	粗基准的选择原则	38

3.6 工艺路线的确定	39
3.6.1 选择表面加工方法和加工方案的原则	39
3.6.2 典型表面的加工方案及所能达到的经济加工精度和表面粗糙度	40
3.6.3 加工顺序的确定	42
3.7 机床及工艺装备的选择	43
3.8 工序尺寸与公差的确 定	44
3.8.1 总余量和工序余量的确定	44
3.8.2 工序尺寸及其公差的确 定	45
3.9 零件图尺寸链的计算	45
3.9.1 尺寸链的定义	45
3.9.2 尺寸链求解的方法	46
3.9.3 尺寸链计算中的一些名词	47
3.9.4 尺寸链的表示方法	48
3.9.5 尺寸链的计算	49
3.10 切削用量的确定	50
3.10.1 切削用量的确定顺序	50
3.10.2 切削用量的选择原则	51
3.11 时间定额	51

第二篇 综合技能训练的常用资料

第4章 机械加工余量	55
4.1 外圆柱表面加工余量及偏差	55
4.2 内孔加工余量及偏差	56
4.3 端面加工余量及偏差	62
4.4 平面加工余量及偏差	64
第5章 切削用量	66
5.1 车削与镗削	66
5.1.1 车削与镗削用量的选择原则	66

5.1.2	车削与镗削用量	71
5.1.3	车削力、车削功率和车削速度的计算	74
5.2	铣削	77
5.2.1	铣削用量的选择原则	77
5.2.2	铣削用量	77
5.3	钻削与铰削	79
5.3.1	钻削与铰削用量的选择	79
5.3.2	钻削与铰削用量	80
5.4	磨削	86
5.4.1	砂轮的特性及其选择	87
5.4.2	磨削用量的选择原则	92
第6章	常用工艺方法基本时间计算	94
6.1	车削基本时间的计算	94
6.2	铣削基本时间计算	95
6.3	磨削基本时间的计算	97
6.4	钻削的基本时间的计算	99

第三篇 数控加工

第7章	数控加工工艺基础	103
7.1	数控加工对象	103
7.1.1	数控车削对象	103
7.1.2	数控铣削对象	103
7.1.3	加工中心的加工对象	104
7.2	数控加工工艺分析	105
7.2.1	工艺分析	105
7.2.2	定位和装夹	106
7.3	数控加工工艺路线的确定	107
7.3.1	工序的划分	107
7.3.2	加工顺序的安排	108

7.3.3 数控加工工序与普通工序的衔接	108
7.3.4 走刀路线的确定	108
7.4 刀具的选择	111
7.4.1 车刀的选择	111
7.4.2 铣刀的选择	113
7.5 切削用量的选择	117
7.5.1 主轴转速的确定	117
7.5.2 进给速度的确定	118
7.5.3 背吃刀量	118
7.5.4 数控车、数控铣切削用量参考表	118
7.6 《数控加工工艺卡片》的基本内容	119
第8章 数控编程基础知识	121
8.1 数控机床编程的方法和内容	121
8.1.1 手工编程	121
8.1.2 计算机编程	124
8.2 数控编程中的基本术语	127
8.2.1 刀位点	127
8.2.2 编程坐标系和编程零点	128
8.2.3 工件坐标系与工件零点	128
8.2.4 刀架参考点与刀长	131
8.2.5 机床坐标系与机床参考坐标系	131
8.2.6 绝对坐标与增量坐标	133
8.2.7 最小设定单位	133
8.3 数控编程中常见的数值计算	134
8.3.1 基点坐标的计算	134
8.3.2 节点坐标的计算	134
8.3.3 公差分配	135
8.4 数控程序中的指令	135
第9章 数控车床编程	140
9.1 数控编程概述	140

9.1.1	数控编程的内容与方法	140
9.1.2	数控编程的种类	141
9.1.3	程序结构与格式	141
9.1.4	数控车床的编程特点	144
9.1.5	车床数控系统功能	145
9.2	常用指令的编程要点	149
9.2.1	数控机床的坐标系统及其编程指令	149
9.2.2	尺寸系统的编程方法	152
9.2.3	刀具功能 T、进给功能 F 和主轴转速功能 S	153
9.2.4	常用的辅助功能	153
9.2.5	运动路径控制指令的编程方法	154
9.3	刀具补偿指令及其编程	160
9.4	固定循环	161
9.4.1	FANUC 系统的车削固定循环	161
9.4.2	SIEMENS 802S/C 系统的车削固定循环	162
9.4.3	华中数控 HNC21/22T 车削系统的固定循环	163
9.4.4	车削固定循环编程实例	164
第 10 章	数控铣床编程	167
10.1	坐标系和编程零点	167
10.1.1	机床坐标系	167
10.1.2	工件坐标系与编程原点	167
10.2	常用功能编程方法	168
10.2.1	常用的辅助功能 M、主轴功能 S 及刀具功能	168
10.2.2	常用准备功能的编程方法	168
10.2.3	刀具补偿的建立、执行与撤销	172
10.3	铣削编程举例	175
10.3.1	铣削编程盖零件	175
10.3.2	铣销 T 字形凹槽	177
10.3.3	凹槽的铣销加工	179
10.3.4	组孔的铣销	181
10.3.5	综合案例	183

第四篇 机械制造工艺设计实例

第 11 章 数控加工工艺实例	195
11.1 加工任务情况	195
11.2 零件的工艺分析	195
11.2.1 零件的分析与毛坯的选择	195
11.2.2 机械加工工艺路线的制定	196
11.3 工艺计算	197
11.3.1 机械加工余量,工序尺寸及其公差确定	197
11.3.2 确定切削用量及基本时间 T_j 、辅助时间 T_f	200
11.4 数控加工程序编制	203
11.5 工艺文件编制	206
附 表	227
附表 1 标准公差表	227
附表 2 轴类零件用精轧圆棒料毛坯的直径	228
附表 3 车刀的前角及后角的参考值	229
附表 4 主偏角参考值	230
附表 5 副偏角参考值	230
附表 6 刃倾角参考值	230
附表 7 刀杆截面与长度尺寸	231
附表 8 SIMENS 802S/C 系统常用指令表	231
附表 9 华中世纪星 HNC—21/22T 数控车系统的 G 代码	232
附表 10 FANUC 0i—T 系统常用 G 指令表	233
附表 11 FAGOR 8055T 系统常用的 G 功能	234
附表 12 线性尺寸的极限偏差数值	235
附表 13 圆半径 R 和倒角高度尺寸 C 的极限偏差数值	235
附表 14 角度尺寸的极限偏差数值	235
参考文献	236

第一篇 综合技能训练的内容

第1章 数控机床基本知识

1.1 数控机床的产生与发展过程

数字控制(Numerical Control,简称 NC 或数控)技术是一种自动控制技术,凡是在生产过程中应用数字信息实现自动控制和操纵运行的生产设备,都被称为数控设备。数控机床就是一种采用了数字控制技术的机械设备,即对机床的运动及其加工过程进行数字化的控制,实现要求的机械动作,自动完成加工任务。数控机床是典型的技术密集且自动化程度很高的机电一体化加工设备。

数控机床的概念是由 John C. Parsons 在 20 世纪 40 年代后期提出的,1952 年为了加工直升机螺旋桨叶片轮廓的检查样板,美国 Parsons 公司与美国麻省理工学院合作研制成功世界上第一台三坐标数控铣床。这是一台以穿孔纸带为控制介质,用电子管构成数控装置,只能进行直线插补轮廓控制的数控机床。此后,其他一些国家(如德国、英国、日本、前苏联等)都开展了数控机床的开发和生产。1959 年,美国克耐·杜列克公司首次成功开发出数控加工中心,这是一种有自动换刀装置和回转工作台的数控机床,可以在一次装夹中对工件的多个平面进行多工序的加工。20 世纪 60 年代末,出现了直接数控系统 DNC(direct NC),即由一台计算机直接管理和控制一群数控机床。1967 年,英国出现了由多台数控机床连接而成的柔性加工系统,这便是最初的柔性制造系统(flexible manufacturing system,简称 FMS)。20 世纪 80 年代初,出现了以加工中心或车削中心为主体,配备工件自动装卸和监控检验装置的柔性制造单元(flexible manufacturing cell,简称 FMC)。进入 20 世纪 90 年代,又出现了以基本加工单元的计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing Systems,简称 CIMS),实现了生产决策、产品设计及制造、经营等过程的计算机集成管理和控制。

第一台数控机床的数控装置全部采用电子管元件,而后采用了晶体管元件和印刷电路板(1959 年),1965 年出现了小规模集成电路。以上三代数控系统

都是专用控制计算机数控系统,称为硬件 NC 系统,只能完成固定的控制功能。1970 年采用了大规模集成电路及小型计算机取代专用控制计算机数控系统,通过编制程序并存入计算机的专用存储器中,构成“控制软件”来实现多种控制功能,提高了系统的功能特征和可靠性,称为第四代数控系统(Computerized NC,简称 CNC),又称为“软件 NC”系统。1974 年又研制出以微处理器为核心的数控系统,这就是第五代数控系统(Micro-computerized NC,简称 MNC)。

随着微电子、计算机、信息、自动控制、精密检测及机械制造技术的高速发展,机床数控技术也得到了长足的进步。近几年一些相关技术的发展,如刀具及新材料的发展,主轴伺服和进给伺服、超高速切削等技术的发展,以及对机械产品质量的要求愈来愈高等,加速了数控机床的发展。目前,数控机床正朝着高速化、高精度化、高复合化、高工序集中度和高可靠性的方向发展。

1.2 数控机床的构成与工作原理

数控机床主要由 CNC 数控系统和机床主体组成,如图 1.1 所示。此外数控机床还有许多辅助装置,如自动换刀装置(Automatic Tool Changer,简称 ATC)、自动工作台交换装置、自动对刀装置、自动排屑装置以及冷却、润滑、防护等装置。一个完整的数控系统包括数控加工程序及其载体、输入/输出装置、数控装置、伺服驱动系统、检测装置、机床主体和其他辅助装置。

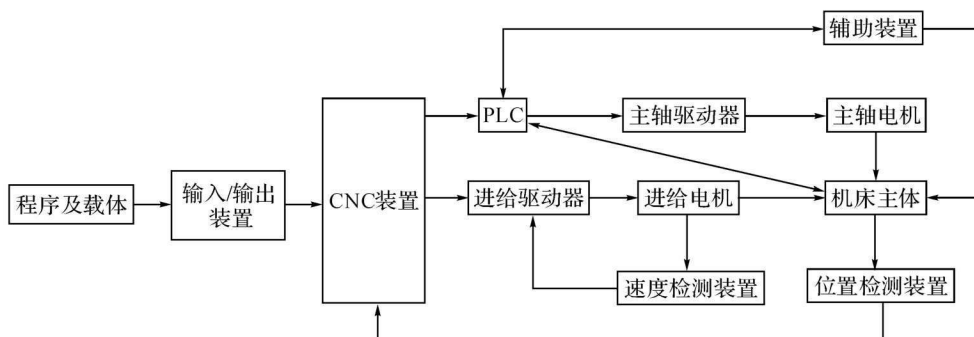


图 1.1 数控机床组成

数控机床的运行由数控加工程序控制。数控加工程序由输入/输出装置传入数控装置并存储在其内部的存储器中,程序运行时数控装置依次处理并发出各种指令信号,信号经伺服驱动器、PLC 等处理放大后驱动各执行部件,相应的

检测装置会实时检测执行部件的运行情况并反馈给数控装置,确保机床的运行与程序中的指令完全吻合。

1.2.1 数控加工程序及载体

数控加工程序是根据被加工零件的图纸,按照工艺要求编制出来的,包括全部用以控制机床运行的指令信息的集合。数控加工程序是一种用户软件,可以存储在数控装置的指定存储单元内,并可随时添加、修改和删除,也可存储在其他信息载体上。早期常使用的信息载体主要为穿孔纸带,目前穿孔纸带已被淘汰,而主要使用磁盘、U 盘等各种常用的计算机信息存储介质。

1.2.2 输入/输出装置

数控机床的操作面板是最主要的输入装置,其作用是机床操作者将操作指令输入数控装置。简单的数控加工程序也可以通过操作面板输入,而较长的程序一般是存储在介质上再通过磁盘驱动器或 RS232 串行通信接口输入数控装置。磁盘驱动器和串行通信接口也可以将存储在数控装置内的数控加工程序输出并存储到载体上,因此它们也是输出装置。

1.2.3 数控装置

数控装置是数控机床的核心。目前主要采用的是计算机数控装置也称为 CNC 装置,它本质上是一台由特定的硬件和软件组成的专用计算机。其硬件组成与一般的计算机基本相似,也是由各种输入输出接口电路、内部总线、微处理器(CPU)、存储器等组成。其软件是为了实现 CNC 系统的各项控制功能而编制的专用软件,又称为系统软件。

1.2.4 伺服驱动系统

伺服驱动系统是数控机床的执行机构之一,执行由 CNC 装置输出的运动指令。伺服驱动系统是由伺服驱动器、伺服电动机、检测反馈装置构成。按照有无检测反馈装置和检测装置的类型可将伺服驱动系统分为开环、闭环和半闭环三种控制方式。

CNC 装置输出的指令为弱电信号,由伺服驱动器放大成强电信号驱动伺服电机运转,同时检测装置将电机或工作台的运行情况反馈给伺服驱动器和数控装置。